

第10回科学技術予測調査
分野別科学技術予測

2015年9月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術動向研究センター

RESEARCH MATERIAL No.240

The 10th Science and Technology Foresight:
Future Perspectives on Science and Technology by Field

September 2015

Science and Technology Foresight Center
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan

本報告書の引用を行う際には、出典を明記願います。

第 10 回科学技術予測調査 分野別科学技術予測

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術動向研究センター

要旨

本調査では、第 10 回科学技術予測調査の一環として、今後 30 年程度の科学技術発展の方向性について分野別に検討を行った。まず、近年の ICT の急速な発展を背景として、データサイエンス、ネットワーク化、及びサービス化の視点を新たに取り入れ、8 分野計 932 の科学技術トピックを調査対象として設定した。次いで、関連学協会等の協力を得て、設定したトピックの重要度、実現可能性、推進方策等を問うウェブアンケートを実施し、約 4300 名の専門家の見解を収集した。主な結果は以下の通りである。

- ・ ICT・アナリティクス分野は、全体として重要度は高いが、国際競争力は相対的に評価されている。また、不確実性が高く、倫理性の考慮が必要とされるトピックが多い。
- ・ データサイエンス関連トピックの重要度及び国際競争力は、当該分野内比較において相対的に低い位置にある。
- ・ 技術的実現に向けては資源配分が、社会実装の推進に向けては、資源配分及び環境整備が有用な方策とされた。ICT・アナリティクス分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野については、人材戦略が有用との認識が見られた。
- ・ 今回取り上げたトピックを不確実性・非連続性及び国際競争力の点から類型化し、それぞれの特性に応じた研究開発支援の必要性を示唆した。

The 10th Science and Technology Foresight: Future Perspectives on Science and Technology by Field

Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

ABSTRACT

In this investigation, we examined the directionality of development of science and technology of the future for about 30 years, according to the fields as the part of the 10th Science and Technology Foresight. First, we established a total of 932 science and technology topics of 8 fields as the investigation objects, adopting viewpoints of data science, networking and servicing against the background of the rapid development in recent years of ICT. Second, with the cooperation of such related academic societies, we carried out a web questionnaire which asked importance, feasibility and promotion policy of the established topics, and collected the opinions of approximately 4,300 experts.

The main results are as follows:

- ・ The importance of the ICT · Analytics field is high as the whole, while its international competitiveness is relatively evaluated. And there are many topics evaluated as its uncertainty is high and the consideration of ethics is necessary.
- ・ Importance and international competitiveness of the data science related topics are relatively at lower positions in the comparison of the field concerned.
- ・ Resource allocation was considered to be a useful policy for technical realization, while resource allocation and environmental improvement were for promotion of the social implementation. Human resources strategy was recognized as useful in the fields of ICT · Analytics and material device process.
- ・ We typified the topics taken up this time from a point of uncertainty, non-continuity and the international competitiveness, and suggested the need for research and development support in accordance with the respective characteristics.

目次

概要	S-1
----------	-----

第Ⅰ編 全体結果

1. 調査の概要	1
2. 科学技術課題(トピック)の発展の方向性	13
3. 総合分析	35

第Ⅱ編 各分野の結果

本編の内容及び集計結果の見方	45
1. ICT・アナリティクス分野の調査結果	49
2. 健康・医療・生命科学分野の調査結果	149
3. 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野の調査結果	257
4. 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の調査結果	363
5. 環境・資源・エネルギー分野の調査結果	471
6. マテリアル・デバイス・プロセス分野の調査結果	551
7. 社会基盤分野の調査結果	631
8. サービス化社会分野の調査結果	705

資料

資料1 アンケートページ	789
資料2 協力学協会・団体等	793
資料3 調査協力者	795
資料4 これまでの調査実施状況	806

概要

本調査は、1971年公表の第1回技術予測調査から数えて10回目となる分野別科学技術予測である。その目的は、将来社会において重要になると考えられる科学技術に関して専門家の見解を広く収集し、科学技術によるイノベーション創出についての示唆を得ることである。

本調査では、今後30年程度の将来社会の姿を展望して重要と考えられる科学技術について、その重要性、国際競争力、実現可能性、推進方策等に関する専門家の見解を収集する。

1. 調査対象

本調査では、以下に示す8分野を調査対象として設定した。特徴は、膨大なデータの価値が注目されていることを受け、データサイエンスの視点を各分野で取り入れたことである。また、近年のサービス化及び情報化の潮流、並びに、インダストリー4.0に代表されるものづくりの新しい潮流を受け、サービス化社会を主題とする分野を新設した。

- ① ICT・アナリティクス分野
- ② 健康・医療・生命科学分野
- ③ 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野
- ④ 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野
- ⑤ 環境・資源・エネルギー分野
- ⑥ マテリアル・デバイス・プロセス分野
- ⑦ 社会基盤分野
- ⑧ サービス化社会分野

調査対象は、「分野－細目－科学技術トピック」という階層構造を持つ。分野別に専門家10名程度からなる委員会を設置し、過去の予測調査における設定トピックや前年度に実施した将来社会ビジョン調査の結果も参照しつつ、1細目10～20件程度、1分野100～150件程度を目処として科学技術トピック(以降、「トピック」という)を設定した。各分野の細目数及びトピック数を図表S-1に示す。

図表 S-1 各分野の細目数及びトピック数

分野	細目数	トピック数
ICT・アナリティクス [ICT]	12細目 [人工知能、ビジョン・言語処理、デジタルメディア・データベース、ハードウェア・アーキテクチャ、インタラクション、ネットワーク、ソフトウェア、HPC、理論、サイバーセキュリティ、ビッグデータ・CPS・IoT、ICTと社会]	114
健康・医療・生命科学 [健康医療]	10細目 [医薬、医療機器・技術、再生医療、コモンディージーズ・外傷・生殖補助医療、難病・希少疾患、精神・神経疾患、新興・再興感染症、健康・医療情報・疫学・ゲノム情報、生命科学基盤技術、その他]	171

分野	細目数	トピック数
農林水産・食品・バイオテクノロジー [農林水産]	17 細目 [農:高度生産、作物開発、疾病防除、バイオマス利用、環境保全/食品:高度生産、流通・加工、食品安全、食品機能性/水産:資源保全、育種・生産、環境保全/林:高度生産、バイオマス利用、環境保全/共通:情報サービス、その他]	132
宇宙・海洋・地球・科学基盤 [未踏]	10 細目 [宇宙、海洋、地球、地球観測・予測、加速器・素粒子・原子核、ビーム応用(放射光)、ビーム応用(中性子・ミュオン・荷電粒子等)、計算科学・シミュレーション、数理科学・ビッグデータ、計測基盤]	136
環境・資源・エネルギー [環境エネルギー]	11 細目 [エネルギー生産、エネルギー消費、エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送、資源、リユース・リサイクル、水、地球温暖化、環境保全、環境解析・予測、環境創成、リスクマネジメント]	93
マテリアル・デバイス・プロセス [マテリアル]	7 細目 [新しい物質・材料・機能の創成、アドバンスト・マニュファクチャリング、モデリング・シミュレーション、先端材料・デバイスの計測・解析手法、応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野、環境・エネルギー分野、インフラ分野)]	92
社会基盤 [社会基盤]	7 細目 [国土開発・保全、都市・建築・環境、インフラ保守・メンテナンス、交通・物流インフラ、車・鉄道・船舶・航空、防災・減災技術、防災・減災情報]	93
サービス化社会 [サービス]	10 細目 [経営・政策、知識マネジメント、製品サービスシステム(PSS)、社会設計・シミュレーション、サービスセンシング、サービスデザイン、サービスロボット、サービス理論、アナリティクス、人文系基礎研究]	101
全分野計	84 細目	932

2. 方法

2014年9月にウェブアンケートを実施し、専門家の見解を収集した。回答者は、科学技術・学術政策研究所が持つ専門家ネットワークに属する専門調査員、関連学協会会員、関連研究機関の研究者、及び、分野別委員会から推薦された専門家、計 4,309 名である。設問を図表 S-2 に示す。

図表 S-2 アンケートの設問

[研究開発特性]

項目	定義	選択肢
重要度	科学技術と社会の両面からみた総合的な重要度	
不確実性	研究開発において確率的要素が多く、失敗の許容・複数手法の検討が必要であること	非常に高い/高い/低い/非常に低い、から一つ選択
非連続性	研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的であること	*回答を数値化し、スコアを算出(非常に高い:4点、高い:3点、低い:2点、非常に低い:1点)
倫理性	研究開発において倫理性の考慮、社会受容の考慮が必要であること	
国際競争力	日本が外国に比べて国際競争力を有すること	

[実現可能性]

項目	定義	選択肢
技術的実現	技術的な実現予測時期(日本を含む世界のどこかでの実現)	実現済み/実現する/実現しない/分からない、から一つ選択
社会実装	日本社会での適用、あるいは日本が主体となって行う国際社会での適用時期	「実現する」を選択した場合、実現年(2015~2050年)を回答

[重点施策]

項目	選択肢
技術的実現のため最も重点を置くべき施策	人材戦略／資源配分／内外の連携・協力／環境整備
社会実装のため最も重点を置くべき施策	備／その他、から一つ選択

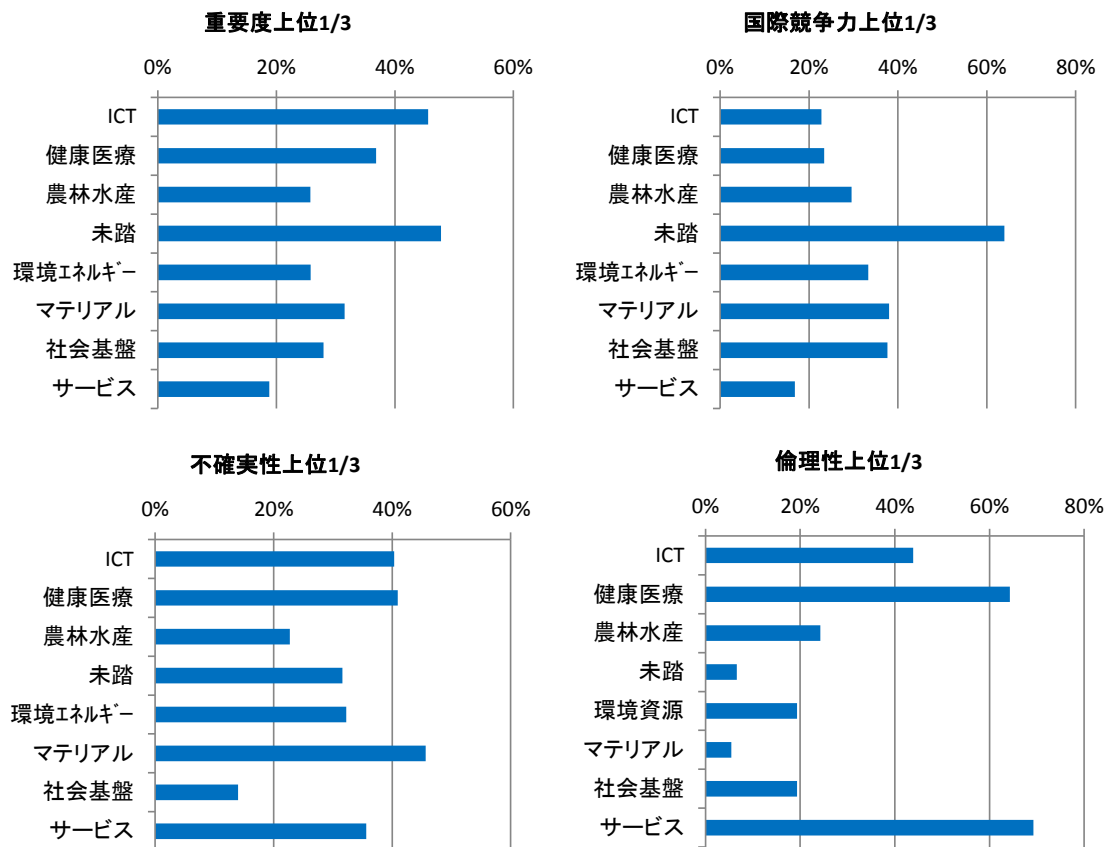
3. 全体結果

(1) 研究開発特性

各特性の回答から算出した指数の上位 1/3 に含まれるトピックを抽出し、分野分類を行った。

ICT・アナリティクス分野は、重要度の高いトピックが多いが、国際競争力は他分野と比べて低い。また、不確実性が高く、倫理面の配慮が必要である。健康・医療・生命科学分野は、国際競争力が他分野と比べて低く、また、不確実性が高く倫理面の配慮も必要なトピックが多い。マテリアル・デバイス・プロセス分野は、不確実性及び非連続性が高いトピックが多い。サービス化社会分野は、倫理面の配慮が必要なトピックが多い。

図表 S-3 各特性スコア上位 1/3 に含まれるトピックが各分野内で占める割合



(2) 実現可能性

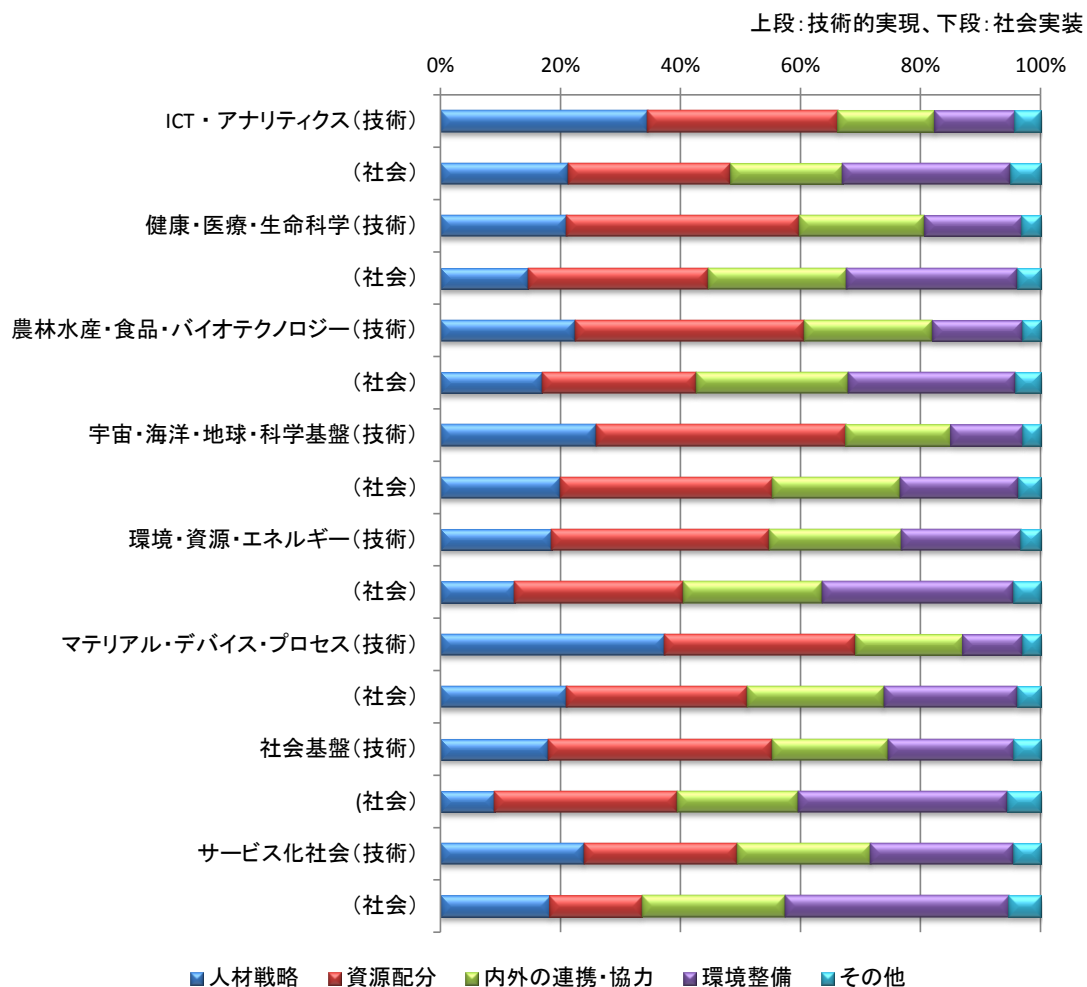
トピックの実現予測時期を見ると、技術的実現については 2020 年と 2025 年に、社会実装については 2025 年と 2030 年にピークが見られる。分野の特徴を見ると、ICT・アナリティクス分野、社

会基盤分野、及びサービス化社会分野において早い実現が予測されたトピックが多く、環境・資源・エネルギー分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野のトピックの実現は、遅めに予測されている。

(3) 重点施策

技術的実現のための重点施策を見ると、ほとんどの分野において「資源配分」が最も多く選択されており、次いで、「人材戦略」又は「内外の連携・協力」の順となっている。ICT・アナリティクス分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野においては、技術的実現に向けて「人材戦略」が最も重要とされている。一方、社会実装のための重点施策では、すべての分野において、「人材戦略」及び「資源配分」の割合が技術的実現の場合よりも減少し、代わって「環境整備」の割合が増加する。

図表 S-4 重点施策

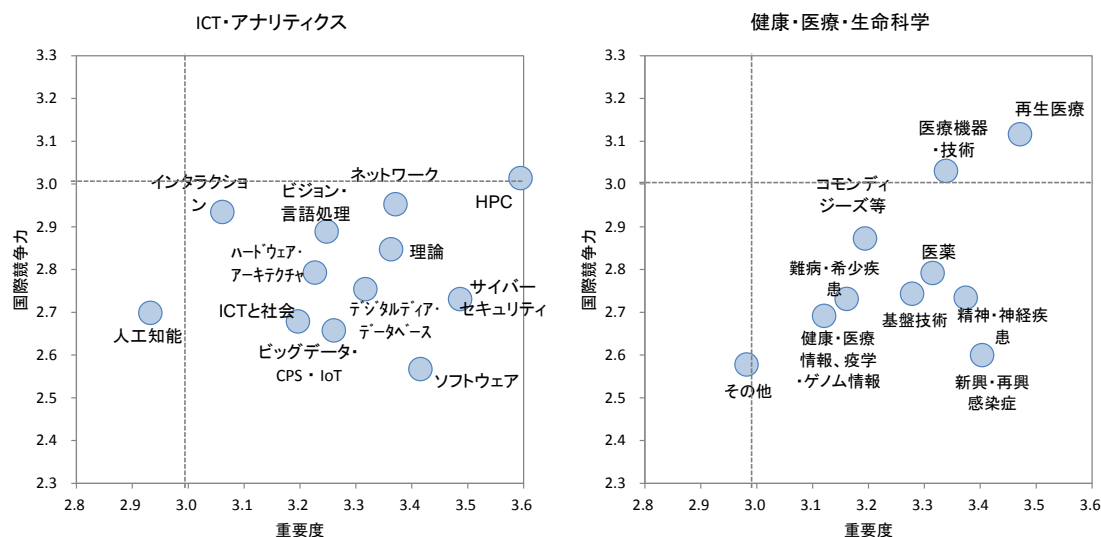


(4) 総合分析

重要度が高いと評価されたにもかかわらず国際競争力が相対的に低い細目として注目されるのは、「ソフトウェア」、「サイバーセキュリティ」(ICT・アナリティクス分野)、「新興・再興感染症」(健康・医療・生命科学分野)、「リスクマネジメント」(環境・資源・エネルギー分野)、「製品・サービスシステム(PSS)」(サービス化社会分野)である。

また、その潜在可能性から注目されているビッグデータ・データアナリシスに関わる細目、「ビッグデータ・CPS・IoT」(ICT・アナリティクス分野)、「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」(健康・医療・生命科学分野)、「アナリティクス」(サービス化社会分野)や人工知能に関わる細目「人工知能」(ICT・アナリティクス分野)については、国際競争力が低めであるばかりでなく、重要度もあまり高く評価されていない。

図表 S-5 重要度と国際競争力 (ICT・アナリティクス分野、健康・医療・生命科学分野)



重要度の高い上位 1/3 に含まれる 312 トピックを対象として、国際競争力、不確実性、非連続性の観点から類型化を行った (図表 S-6)。

カテゴリ I は、研究開発投資リスクを許容する支援システムにより、我が国において画期的な成果が生まれる可能性がある領域と言える。例として、再生医療、自動車用燃料電池・二次電池、地震発生予測等が挙げられる。

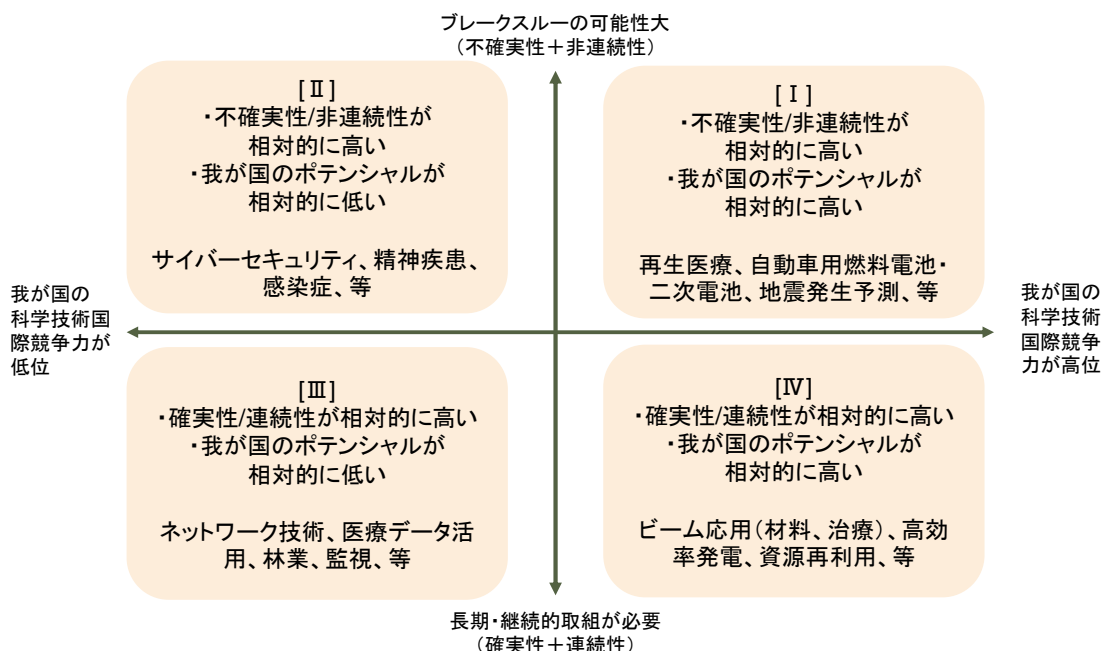
カテゴリ II は、研究開発投資のリスクを許容した支援が求められる領域と言える。また我が国のポテンシャルが相対的に低いことを考慮した上での推進方策が求められる。例として、サイバーセキュリティ、精神疾患、感染症等が挙げられる。

カテゴリ III には、長期的視点で着実に進めていくべきトピックが分類され、カテゴリ II と同様、我が国のポテンシャルが相対的に低いことから、戦略性を持って進めていく必要があると言える。例として、ネットワーク技術、健康・医療データ活用、林業、監視等が挙げられる。

カテゴリ IV は、カテゴリ III と同様、長期的視点で着実に進めていくべきトピックが含まれ、我が国

のポテンシャルは相対的に高いことから、継続的な支援を行うことにより相応の成果が見込める領域と言える。例として、ビーム応用(材料、治療)、高効率発電、資源再利用等が挙げられる。

図表 S-6 重要トピックの類型化



4. 各分野の概要

(1) ICT・アナリティクス

分野細目の設定に当たっては、まず、米国計算機学会 (ACM) や情報処理学会等の学術団体が設定した研究分野を参考にして基礎的な研究分野を設定した。さらに、上記の研究分野分類ではまだ取り上げられていないが、今後急速に重要性が高まると期待される分野を付け加えることとした。その結果、(a) 計算機の必須構成要素である「ハードウェア」、「ソフトウェア」及び必須処理対象に対応する「デジタルメディア・データベース」、(b) 計算機同士あるいは計算機と人間・社会をつなぐ「ネットワーク」、「インタラクション」、(c) 現時点で人間の知能に優位性がある分野を中心に計算機の能力向上を目指す「人工知能」、「ビジョン・言語処理」、(d) 極めて大規模あるいは高度に複雑な計算・データ・システムに焦点をあてた「HPC」、「ビッグデータ・CPS・IoT」、(e) 社会との関係を考え、良い意味での ICT のブレーキ役も果たす「サイバーセキュリティ」、「ICT と社会」、そして、(f) インパクトが大きな研究の基盤となる「理論」の計 12 細目である。

アンケートの結果、総じて重要度が高い、または非常に高いと評価された課題が多かった。重要度に関して回答者の平均点が高かった上位 10 課題を分類すると、HPC やビッグデータに関するもの 5 件、セキュリティ・プライバシーに関するもの 2 件、医療・介護・高齢者支援に関するもの 2 件、防災・減災に関するもの 1 件であった。HPC やビッグデータにより新たなフロンティアを開拓するとともに、我が国で特に問題となっている超高齢社会や災害などに備え、安全・安心な社会を実現することが求められていると考えられる。

技術的実現のための重点施策に関しては、全般的に「人材戦略」、「資源配分」の回答比率が高かった。特に、「理論」と「ソフトウェア」は「人材戦略」の比率が高く、「ネットワーク」は「資源配分」の比率が高い。一方、社会的実装の段階になると「環境整備」の比率が増えてくる。特に高いのは「ビッグデータ・CPS・IoT」である。社会に深く浸透するタイプの技術は、価値が極めて高い可能性がある反面、既存の制度等との不整合が生じやすく「環境整備」が大きな問題となるものと考えられる。研究の領域やフェーズによってかなり違った施策が必要となることが、アンケート結果からうかがえる。

実現・実装の時期に関しては、約 95%の課題の平均値として 2025 年までには技術的に実現され、2030 年までには社会的に実装されるとの回答があった。なお、これらの平均値は「実現しない」や「わからない」という回答を除いて計算されており、「実現しない」や「わからない」の回答比率が高い課題も少なからず存在する。2050 年頃までの予測を行うことを想定して課題を作成したが、予想に反して実現時期の早いものが多かった。ICT は特にイノベーションの加速化が進展している分野であることから、10～15 年以上先のことは専門家に聞いても確信をもって判断することが困難であることを反映していると考えられる。

(2) 健康・医療・生命科学

本分野の細目の設定に当たっては、平成 26 年 7 月 22 日に閣議決定された『健康・医療戦略』で重点化されている研究開発領域を基本とした。健康・医療戦略で重点化されている「がん」については、他の主要疾病等と合わせて拡張し、「コモンディゼース、外傷、生殖補助医療」とした。加えて、研究開発を支える上で重要な「生命科学基盤技術」、及び ELSI(倫理的・法的・社会的問題)等を含む「その他」の細目を設けた。

細目間の関係は、疾患の軸としての「コモンディゼース、外傷、生殖補助医療」「難病・希少疾患」「精神・神経疾患」「新興・再興感染症」の 4 細目に対し、解決手段の軸としての「医薬」「医療機器・技術」「再生医療」「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」「生命科学基盤技術」「その他」の 6 細目が交わる。

回答結果の全体的な傾向として、細目内のトピック平均を細目間で比較すると、重要度と国際競争力の双方について、「再生医療」がともに最も高かった。文部科学省、厚生労働省、経済産業省が進めてきたプログラムでの取組が、高い国際競争力につながっていると専門家が考えていることが推測できる。一方、「再生医療」に次いで重要度が高かった「新興・再興感染症」については、「その他」を除くと国際競争力が最も低いと考えられていた。近年、感染症対策は国際的な公衆衛生上の課題として重要視されていることから、我が国でも感染症疾患の制御に向けた研究開発の一層の推進が必要だと考えられる。

トピックの技術的実現のため最も重点を置くべき施策として、「コモンディゼース、外傷、生殖補助医療」を筆頭に、資源配分が最も高い割合で選ばれた。しかし、トピックによるばらつきが大きく、トピックごとに他の施策(人材戦略、内外の連携、環境整備)の重要性を見極めていくことが求められていると言える。

(3) 農林水産・食品・バイオテクノロジー

農林水産・食品・バイオテクノロジー分野は、本分野への社会的注目が高まっていることを受け、多くのトピックを抽出・設定した。以前の調査で用いられたトピックに加え、農業の 6 次産業化、ICT 技術の活用等最近の課題を反映したトピックも盛り込んだ。

重要度が高く、国際競争力が低いと評価されているトピックには、森林に関するトピックが比較的多く含まれていた。戦後に植林され、成長した樹木の「収穫」技術と、収穫後の森林造成技術の開発は、我が国の林業従事者の高齢化ともあいまって喫緊の課題と認識されていると考えられる。研究開発方策立案に当たり、短期的な競争力の低さととらわれない長期的な視点が求められる。

重要度が高いと評価されたトピックには、地球温暖化による環境の変化への対応策として、頻発する災害のリスク管理や、病虫害の増加を含む耕作不適環境でも収穫が期待できる作物の開発に関するものが多い。同様に、省力・低コスト栽培が可能な作物の育種や遺伝子組み換え技術等、将来に懸念される食糧不足に対応したトピックも重要度の評価が高い。マイワシ・マグロ等主要漁業資源の確保が現実の重要課題となっていることは周知のとおりであり、沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術も、早期の実現が望まれながらなかなか実現していないトピックといえる。また、資源保護と関連して、データを活用した環境の評価に関するトピックも重要度が高いという評価を受けた。

(4) 宇宙・海洋・地球・科学基盤

本分野の関連では、これまでの調査において宇宙、海洋、地球関連の科学技術を中心に取り上げてきた。今回調査においては、国が推進の主体となるものであり、かつ、イノベーション、科学技術発展、国民の安全確保の実現に向けた科学的な基盤を担う科学技術を扱うことを基本方針として、範囲の検討を行った。その結果、上述の従来細目、並びに、ビーム応用、計算科学・シミュレーション、数理科学・ビッグデータ、計測基盤を内容とする「科学基盤」細目を本分野の対象として設定することとした。

本分野は、全般的に、重要度、国際競争力とも高く評価され、また、重要度が高いトピックは国際競争力も高いとされる傾向が見られる。重要度及び国際競争力が特に高いと評価されたのは、ビーム応用関連のトピックである。その他、火山、地震、洪水など、災害の予測・シミュレーション技術も同様に重要度並びに国際競争力が高い評価とされたが、地震発生予測は不確実性が高いとされ、「実現しない」との回答も多かった。

一方、重要度は高いが国際競争力が相対的に低いと評価されたのは、海洋観測・探査関連トピックである。その他、安全で低コストの宇宙利用、大量データ利用技術も同様の傾向が見られる。

技術実現に向けて政府に求められる施策としては、全般的に「資源配分」が最も重要とされ、特に、海洋関連及び加速器関連において顕著である。次いで重要とされたのは、宇宙関連では「内外連携・協力」、その他は「人材戦略」である。

(5) 環境・資源・エネルギー

環境・資源・エネルギー分野は、日常生活から産業を支える基盤の全てに関連し、内容も多岐にわたっている。世界人口の増加、産業の発展に伴いエネルギー、資源の需要は増加し、環境へ

の負荷が大きくなることが予想される。持続的な社会の発展を念頭に、科学技術一辺倒ではなく、コンセンサスを得るための基礎データの収集、コミュニケーション技法、制度・法律の整備なども視野に入れトピックを設定した。

なお本調査では、人の身体に直接関係するものは「健康・医療」、農林水産物や個別の生物については「農林水産・食品・バイオテクノロジー」、具体的な個別の機器については「マテリアル・デバイス・プロセス」で扱うなど、関連性を考慮しつつトピックを各分野に割り振った。

重要度の高いトピックは、鉱物資源、水資源、汚染の除去、異常気象に関するものであった。特に地球温暖化関連のトピックが注目された。

エネルギー生産に関しては、大規模プラントでの生産とともに、再生可能エネルギーから、次世代の水素エネルギーの生産・利用に関しての注目度が高い。さらに、中・小規模で地域の状況に合わせたエネルギー生産に関して、賛否両論はあるものの関心の高さが伺えた。エネルギー消費に関しては、省エネ技術など我が国のエネルギーマネジメント技術の高さを踏まえて、重要度及び国際競争力が高いと認識されている。

資源に関しては、途上国での水の利・活用に関心が高く、鉱物資源の採取・採掘には、不確実性、非連続性が高いとの回答が多かった。

環境に関しては、気象災害の減災に寄与すると思われる観測・予測技術への関心とともに、放射線物質の除染、ウィルスの侵入やテロ対策のための微量物質の迅速検出などのトピックで重要度が高く、期待度の高さが伺える。技術的には2025年頃までには実現し、短期間で社会実装されるとの予測が多い。反面、気候変動の要因は複雑であることから、不確実性、非連続性が高いとの回答が多いことも特徴である。

(6) マテリアル・デバイス・プロセス

マテリアル・デバイス・プロセス分野は、環境・エネルギー、ライフサイエンス、インフラ等の社会課題解決のための分野横断的な基幹科学技術として位置づけられる。当分野における科学技術トピックは、コア(新材料創成、プロセス開発)、ツール(理論・計算、計測・解析)、応用(デバイス・システム)として、基礎から応用へシームレスに体系化できる。今回の調査では、各フェーズにおける主要トピックを網羅的に取り上げるとともに、デジタルファブリケーションやインフォマティクスなど、当分野の最近の課題に関するトピックも盛り込んでいる。なお本調査では、ターゲットが比較的明確な医療・バイオ等への応用に関しては、他分野(健康・医療、バイオテクノロジー等)で扱うこととした。

重要度が高いとされたのは、「応用デバイス・システム」の二次電池・太陽電池・燃料電池に関するトピック、並びに、高性能かつ低消費電力のLSIやメモリ関連のトピックであり、いずれも環境・エネルギーに関する社会課題解決に直結したトピック群である。また、コアやツールに属するトピック群に比較し、ICT・ナノテク、環境・エネルギー、インフラの各分野に対応する「応用デバイス・システム」のトピックは、全般的に重要度が高く、かつ国際競争力も高いと評価されており、我が国の強みを生かす重点化の方向性として注目される。一方、ツールとなる「モデリング・シミュレーション」は、重要度は高いが、国際競争力が低いとされたトピックが多数を占めている。これらについては、重点施策として技術実現・社会実装ともに、人材戦略が重要とする割合が非常に高く、我が国とし

での強化の方向性が示唆されている。2025年までに、全92トピック中90%が技術的実現、26%が社会実装され、2030年までには、全てのトピックが技術的に実現し、87%が社会実装されるとの結果となっている。

(7) 社会基盤

社会基盤には、その分野特性から社会情勢が色濃く表れた結果となり、重要度に関しては廃炉に関する技術に大きな注目が集まり、インフラのメンテナンスに関する技術、災害予測、災害救助に関する技術、航空関連の技術群が続いた。

予測年で見ると、自動運転自動車関連、避難行動を支援する情報インフラに関連する技術の実現が2020年前後に集まり、航空関連のトピックに関しては2030年以降の遅い実現予測となった(トピック60、31、61)。航空関連のトピックについては、不確実性と非連続性も高いとされた。

また、日本が国際競争力を持つとされたトピックとして、環境に配慮した鉄道や船舶の技術、災害救助に続いて、道路インフラにおけるセンサ関連技術が続き、国際競争が低いとされたトピックには、農業関連の技術が挙げられた。

(8) サービス化社会

欧州などで盛んに研究されている製造サービスシステム(Product-Service Systems: PSS)の議論、イノベートアメリカで取り上げられ脚光を浴びたサービス科学の議論などを踏まえ、今回新設した分野である。有形物の「製造」の製造・使用プロセスを対象とする考察に端を発し、無形物である「サービス」も含め、様々な主体の間で交換される価値や、そのプロセス、構成方法などを取り扱う分野であり、21世紀におけるシステムの科学ともいえる。

予測調査のフレームでは、これまで“科学技術予測調査”では取り扱われてこなかった、経済系のトピックや、人文系のトピックも取り扱う点などに特徴がある。特に、細目「経営・政策」及び「知識マネジメント」は回答者数も多く、政策を含めた“マネジメントの工学的支援”への期待・意気込みの高さが伺える。

重要度と国際競争力の観点では、「サービスロボット」をはじめ、「社会設計・シミュレーション」、「サービスセンシング」に関するトピックは重要度・国際競争力両面で高いポイントを得ており、継続的な支援によって今後も我が国が優位を保持続けられる可能性が見える。

一方、「製造サービスシステム(PSS)」は重要度が高い一方で、国際競争力は低いと評価されている。回答者の自由コメントの中には、「欧州の Horizon2020 などではサービス・PSS 分野に手厚い予算が割り振られている現状を鑑み、我が国が最低限の国際競争力を維持する上でも積極的な支援が必要ではないか」といった趣旨のコメントも見られた。

また、分野の歴史が浅いため研究者層の厚みが薄い、といった指摘も見られ、個別のトピック・細目の評価もさることながら、分野自体の振興を求める意見も多く見られた。

第 I 編 全体結果

1. 調査の概要

1-1. 背景

我が国では、1995年に制定された科学技術基本法の下、長期的展望を視野に入れた科学技術戦略が「科学技術基本計画」として5年ごとに策定され、科学技術の推進が図られてきた。経済の低迷、国際競争の激化、地球規模問題の深刻化等を背景に、2000年代後半から従来にない枠組みで新たな価値を生み出そうというイノベーション創出への期待が高まり、2006年度からの第3期科学技術基本計画においては「科学の発展と絶えざるイノベーションの創出」との言及がなされた。また、2008年の研究開発力強化法では、研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進は、「我が国における科学技術の水準の向上及びイノベーションの創出を図ることを旨として、行われなければならない」ことが、基本理念として掲げられた。そして、2011年度からの第4期科学技術基本計画においては、基本方針の一つとして「科学技術とイノベーション政策の一体的展開」が掲げられ、この基本方針の下、イノベーションを総合的に推進することを目的とした「科学技術イノベーション総合戦略」の策定が、2013年より毎年行われている。

こうした科学技術政策から科学技術イノベーション政策への展開は、科学技術予測の在り方にも大きな影響を与えた。すなわち、社会や科学技術の変化の兆候をどのようにして捉えるのか、そうした変化はどのようなイノベーションにつながるのかという問いへの対応が、科学技術予測に求められるようになった。これまで焦点が当てられてきた社会・経済ニーズへの対応、すなわち顕在化あるいは既に認識されている課題の解決に資する科学技術に加えて、潜在的な社会課題や科学技術の進展がもたらす社会変化の可能性も考慮することが期待されている。

1-2. 「科学技術予測調査」における本調査の位置付け

我が国では、1971年からいわゆる科学技術予測調査が実施されており、科学技術・学術政策研究所は、1992年の第5回調査以来、将来の科学技術発展の方向性に関する大規模調査を5年ごとに実施してきた。それまで技術の実現時期の予測が中心であった調査を拡充させ、近年は社会・経済ニーズの明確化や目指すべき将来社会の実現に向けたシナリオ作成などの複数手法を併用し、社会課題解決を中心に据えた調査を実施してきた。しかし、社会課題からのバックキャストにより科学技術発展の方向性を捉える場合、思考が想定範囲内に留まり、科学技術がもたらすかもしれない新たな可能性や問題点にまで考えが至らないおそれがある。例えば、昨今のICTの急速な発展とそれに伴う社会の様々な場面での変化は、技術シーズの発展を背景に需要側の発想が加味されて新たな価値を生み出している典型的な事例と言える。一方でこうした変化は、個人情報取り扱い、情報漏洩、ネット犯罪など新たな社会課題を生み出した。併せて、膨大なデータを蓄積・分析するためのハード及びソフト技術、認証技術など、新たな技術的課題も顕在化した。科学技術と社会課題の関係は、双方のマッチングという相対する関係、あるいは、社会課題から科学技術への展開といった一方通行の関係ばかりでなく、相互に影響を与えつつ科学技術・社会の双方が発展していくという関係も生まれている。

そこで、今般の第10回科学技術予測調査(以降、「予測調査」)においては、今後想定される社

会の変化を取り込んで将来像を描き(将来社会ビジョンの検討)、それを将来必須となる科学技術トピックの抽出と評価(分野別科学技術予測)に反映させること、さらに、こうした社会の変化や科学技術の発展の方向性を繋ぐ形で将来社会の姿を描くこと(シナリオプランニング)を試みた。また、予測調査全般にわたる俯瞰的なテーマ・視点として、「世界の中の日本」を掲げ、グローバル化の更なる進展が想定される中での我が国の位置づけや役割の検討を行った。

将来の確実あるいは不確実な社会変化や科学技術進展の可能性を考慮し、将来ビジョンから科学技術の発展、それらの結果を踏まえたシナリオ作成を順次実施し、さらに国際的視点からの検討を中心に据えたことが今般の予測調査の特徴である。

パート1[ビジョン]: 社会ビジョンに関する検討

人口構成及び産業構造の変化を軸とし、コネクタ化(人やモノが繋がる)の進展も踏まえ、将来社会の姿や価値観の変化について、ワークショップを開催して検討を行う。

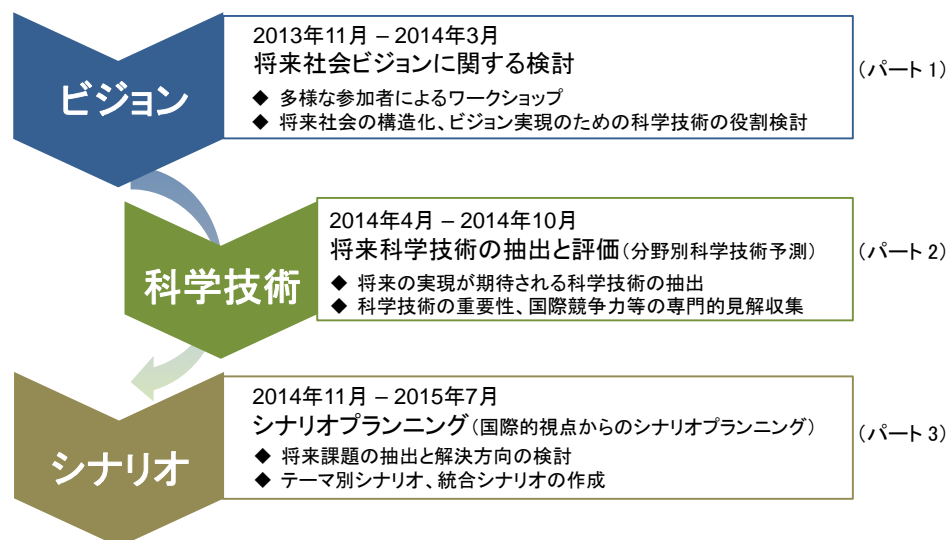
パート2[科学技術]: 科学技術の抽出と評価(分野別科学技術予測)

実現が期待される科学技術を抽出し、それらの重要度、国際競争力、実現可能性等に関する専門家の見解をウェブアンケートにより収集する。

パート3[シナリオ]: シナリオプランニング(国際的視点からのシナリオプランニング)

上述のパート1及び2の結果を踏まえ、個別テーマごとに専門家の見解を基に将来課題の抽出及び解決方向を検討した上で、国際的視点からの統合シナリオを作成する。

図 1-1-1 調査の全体像



1-3. 目的と特徴

本調査は、1971年公表の第1回技術予測調査から数えて10回目となる分野別科学技術予測である。その目的は、将来社会において重要になると考えられる科学技術に関して専門家の見解を広く収集し、科学技術によるイノベーション創出についての示唆を得ることである。

本調査は科学技術の視点からの検討との位置づけであるため、前回調査*1で導入した学際的アプローチではなく、既存の科学技術分野に沿って検討する方法をとった。分野構成については、前々回調査*2の構成を基に統合や分割を行った。特徴は、ICTの急速な発展により膨大なデータが生まれ、有用情報源としてその価値が注目されていることを受け、データサイエンスの視点を各分野で取り入れたことである。また、「将来社会ビジョンに関する検討」において知識産業及び製造業のサービス化をテーマとするワークショップで議論されたサービス化及び情報化の潮流、並びに、インダストリー4.0に代表されるものづくりの新しい潮流を受け、サービス化社会を主題とする分野を新設した。

*1 NISTEP Report No.140 「将来社会を支える科学技術の予測調査 第9回デルファイ調査」(2010年3月)

*2 NISTEP Report No.97 「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 デルファイ調査」(2005年5月)

1-4. 方法

本調査では、多数の専門家への繰り返しアンケートを実施する。2050年までの将来社会の姿を展望して重要と考えられる科学技術について、その重要度、国際競争力、実現可能性、推進方策等に関する見解を収集する。

(1) 展望期間

2016年から2050年までの将来展望を行う。従来は調査時点から30年間を展望してきたが、今般調査では区切りのよい2050年までを展望する。

(2) 調査対象

調査対象は、「分野－細目－科学技術課題(トピック)」という階層構造を持つ。まず、1-3節で述べた点を反映し、以下の8分野を調査対象分野として設定した。ICTについては、データ分析の視点の取り入れを明示する意味から「ICT・アナリティクス分野」とした。一部の製造関連技術については、サービスと一体化したシステムとして議論する必要性から、サービス化社会分野にも含めた。

- ① ICT・アナリティクス分野
- ② 健康・医療・生命科学分野
- ③ 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野
- ④ 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野
- ⑤ 環境・資源・エネルギー分野
- ⑥ マテリアル・デバイス・プロセス分野
- ⑦ 社会基盤分野
- ⑧ サービス化社会分野

各分野の検討は、分野別委員会(資料3参照)が担当した。まず、関連学協会における検討、各府省の戦略や審議会の議論などを参考に検討を行い、細目を決定した。続いて、細目ごとに検討を行い、「将来社会ビジョンに関する検討」で抽出した、将来の社会変化に対する対応策(打ち手)

や過去の予測調査で設定した科学技術課題も参照しつつ、1細目 10～20 件程度、1分野 100～150 件程度を目処に科学技術課題(以降、「トピック」という)を設定した。各分野で取り上げる内容の決定は委員会に任され、分野間の調整は行わないことを原則とした。ただし、他分野で取り上げた方が専門性の高い回答が得られると考えられる場合には、適宜分野変更を行った。

本調査では、広範な領域をカバーするため、あるいはより多数の専門家の見解を取り入れるため、一部の分野では分野別委員会とは別のグループを組織してトピック原案の検討を行った。委員会の下にワーキンググループを設置、委員から推薦された専門家への個別の協力依頼、関連研究機関への協力依頼、他機関と共同でのワークショップ実施など、状況に応じ適切な形態・体制により検討を実施した。

本調査で設定した細目及びトピックは、全分野計で 84 細目、932 トピックである(表 1-1-1)。

表 1-1-1 各分野の細目及びトピック数

分野	細目数及び細目詳細	トピック数
ICT・アナリティクス	12 細目 [人工知能、ビジョン・言語処理、デジタルメディア・データベース、ハードウェア・アーキテクチャ、インタラクション、ネットワーク、ソフトウェア、HPC、理論、サイバーセキュリティ、ビッグデータ・CPS・IoT、ICT と社会]	114
健康・医療・生命科学	10 細目 [医薬、医療機器・技術、再生医療、コモンディジーズ・外傷・生殖補助医療、難病・希少疾患、神経・精神疾患、新興・再興感染症、健康・医療情報・疫学・ゲノム情報、生命科学基盤技術、その他]	171
農林水産・食品・バイオテクノロジー	17 細目 [農: 高度生産、作物開発、疾病防除、バイオマス利用、環境保全 / 食品: 高度生産、流通・加工、食品安全、食品機能性 / 水産: 資源保全、育種・生産、環境保全 / 林: 高度生産、バイオマス利用、環境保全 / 共通: 情報サービス、その他]	132
宇宙・海洋・地球・科学基盤	10 細目 [宇宙、海洋、地球、地球観測・予測、加速器・素粒子・原子核、ビーム応用(放射光)、ビーム応用(中性子・ミュオン・荷電粒子等)、計算科学・シミュレーション、数理科学・ビッグデータ、計測基盤]	136
環境・資源・エネルギー	11 細目 [エネルギー生産、エネルギー消費、エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送、資源、リユース・リサイクル、水、地球温暖化、環境保全、環境解析・予測、環境創成、リスクマネジメント]	93
マテリアル・デバイス・プロセス	7 細目 [新しい物質・材料・機能の創成、アドバンスド・マニュファクチャリング、モデリング・シミュレーション、先端材料・デバイスの計測・解析手法、応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野、環境・エネルギー分野、インフラ分野)]	92
社会基盤	7 細目 [国土開発・保全、都市・建築・環境、インフラ保守・メンテナンス、交通・物流インフラ、車・鉄道・船舶・航空、防災・減災技術、防災・減災情報]	93
サービス化社会	10 細目 [経営・政策、知識マネジメント、製品サービスシステム(PSS)、社会設計・シミュレーション、サービスセンシング、サービスデザイン、サービスロボット、サービス理論、アナリティクス、人文系基礎研究]	101
全分野計	84 細目	932

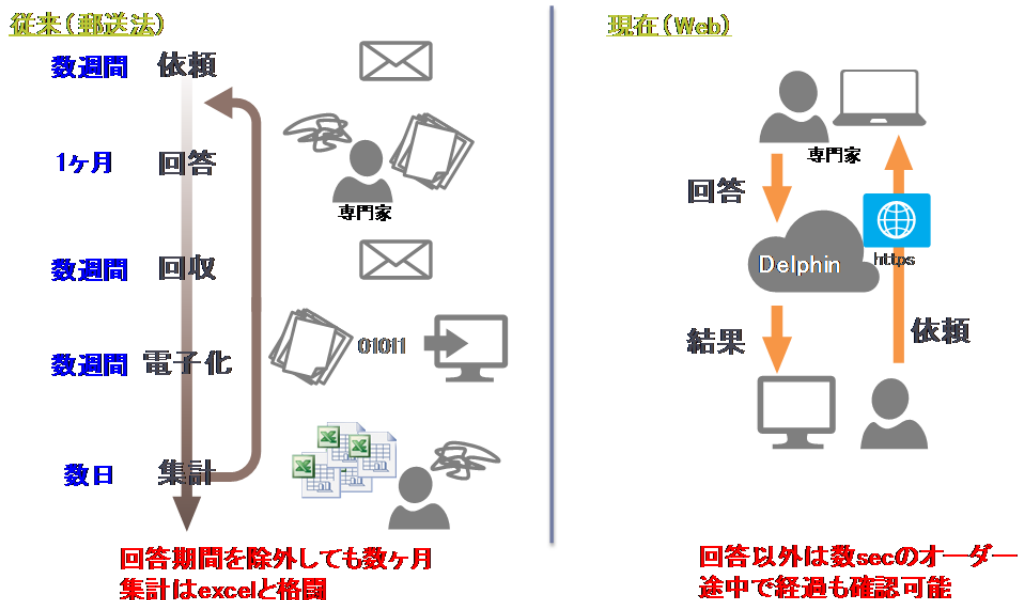
トピック設定方針は以下の通りである。

- ✓ 将来の社会変化への対応として重要、技術起点のイノベーション創出の観点から重要、科学技術の進展にとって重要など、将来社会が必要とすると考えられる科学技術を取り上げる。
- ✓ 科学技術の進展と関連の深い社会制度・システム、市民の意識、社会変化等、科学技術以外の事項も、必要に応じ設定可とする。
- ✓ 細目毎に検討を行うが、細目に収まらないトピックの設定も可とする。
- ✓ 俯瞰性を担保しつつ、今後特に注目すべき事項を入れ込む。
- ✓ 2020年、2030年、2050年頃の(前倒し)実現を意識した設定を行う。

(3) アンケート方法

本調査では、ウェブアンケートの形式をとった。回答者は、登録サイトにて回答協力者としての登録を行い、その後通知されたサイトにアクセスしてアンケートに回答した。アンケートページは細目単位で構成されており、回答者が分野と細目を選択すると、トピックと質問が順番に表示される(資料1参照)。回答者は、回答する分野を登録時に申請しているが、すべての分野及び細目を選択して回答することができる。ウェブアンケートに移行したことにより、従来の郵送による調査と比べ、調査期間の短縮化、集計結果の速達性の向上が図られた。

図 1-1-2 回答方式の比較



回答者は、科学技術・学術政策研究所が持つ専門家ネットワークの専門調査員(約 2000 名)、関連学協会会員、関連研究機関の研究者、及び分野別委員会から推薦された専門家である。専門調査員及び推薦された専門家に対しては、アンケートサイトを直接案内し、回答への協力を依頼した。関連機関の研究者については、当該機関の担当者を通じて研究者への協力依頼を行っ

た。関連学協会会員については、個人会員を対象にオープン形式で回答協力を募った。具体的には、各学協会事務局の協力を得て、学協会ウェブサイトへの掲載、メーリングリストや役員会などを通じての依頼を行った(協力いただいた学協会については、資料2参照)。広く学協会や研究機関からの協力を得ることにより、専門性の高い回答者を確保することを意図した。

なお、本調査では、従来調査と同様にデルファイ法*を用いたが、専門性の高い回答を効率的に得ることのできる体制が構築できたと考えられることから、1回目アンケート結果を最終結果として捉えることとし、2回目アンケート結果は差分に関する分析に用いた。

* デルファイ法(Delphi法):多数の人に同一内容の質問を複数回繰り返し、回答者の意見を収れんさせるアンケート手法。2回目以降のアンケートでは、前回の集計結果が回答者に示される。回答者は、全体の意見の傾向を見ながら自身の回答を再検討することができる。回答者の一部は多数意見に賛同するので、意見は収れんする方向に向かう。米国のランド・コーポレーションが開発した手法で、多くの神々がここに集まって未来を占ったとされる、アポロ神殿のあった古代ギリシャの地名Delfiから命名された。

(4)調査項目

調査対象であるトピックに対して、以下の質問項目を設定した。併せて、重要度が最も高いトピックを細目毎に1つ選択し、その技術を実現するために必要とされる要素技術及びその技術の実現によって得られる波及効果を尋ねる質問を設けた。以下に、トピックに対する質問を示す。

○トピックに対する回答者の専門度

トピックに対する回答者の専門度について、以下の選択肢から一つ回答する。

- 高 : 現在、当該トピックに関連した研究又は業務に従事している(文献による調査研究を含む)等により、当該トピックに関連した専門的知識を持っている
- 中 : 過去に当該トピックに関連した研究又は業務に従事したことがある。あるいは、隣接領域の研究又は業務に従事している等により、当該トピックに関連した専門的知識をある程度持っている
- 低 : 当該トピックに関連した専門的な本や文献を読んだり、専門家のお話を聞いたりしたことがある
- 全くなし: 専門的知識は全くない(以降の質問には回答しない)

○トピックの研究開発特性

研究開発特性として以下の5項目を取り上げ、項目毎に4段階の選択肢から一つ回答する。分析に当たっては、回答を数値化したスコアを用いる。

<研究開発特性>

- 重要度: 科学技術と社会の両面からみた総合的な重要度
- 国際競争力: 日本が外国に比べて国際競争力を有すること
- 不確実性: 研究開発において確率的要素が多く、失敗の許容・複数手法の検討が必要であること
- 非連続性: 研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的であること
- 倫理性: 研究開発において倫理性の考慮、社会受容の考慮が必要であること

< 選択肢 >

- 非常に高い (4 点)
- 高い (3 点)
- 低い (2 点)
- 非常に低い (1 点)
- わからない

○技術的実現の可能性及び実現予測時期

当該トピックの日本を含む世界のどこかでの技術的な実現の可能性について、以下の選択肢から一つ回答する。「実現する」を選択した場合、続いて、実現予測時期として、2050 年までのある年を回答する。

なお、技術的実現予測時期とは、所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期（例えば、研究室段階で技術開発の見通しがつく時期）を指す。また基礎的な内容であれば、原理や現象が科学的に明らかにされる時期を指す。

- 実現済
- 実現する
- 実現しない
- わからない

○技術的実現のための重点施策

当該トピックの技術的な実現のため最も重点を置くべき施策について、以下の選択肢から一つ回答する。

- 人材戦略
- 資源配分
- 内外の連携・協力
- 環境整備
- その他

○社会実装の可能性及び実装予測時期

当該トピックの日本社会での実装（日本国内での実装を目的としない、あるいは、実装の場が想定され得ない場合、日本が主体となって行い、海外で実装されることを含む）の可能性について、以下の選択肢から一つ回答する。「実現する」を選択した場合、続いて、実装予測時期として、2050 年までのある年を回答する。

なお、社会実装予測時期とは、実現された技術が製品やサービスなどとして、利用可能な状況となる時期を指す。課題によっては、普及の時期を指す場合もある。また、科学技術以外の内容であれば、制度が確立する、倫理規範が確立する、価値観が形成される、社会的合意が形成されるなどの時期を指す。

- 実現済

実現する
実現しない
わからない

○社会実装のための重点施策

当該トピックの社会実装のため最も重点を置くべき施策について、以下の選択肢から一つ選択する。

人材戦略
資源配分
内外の連携・協力
環境整備
その他

1-5. 実施概要

(1) アンケート実施概要

アンケートの実施時期及び回収状況は以下のとおりである。

1回目アンケート 実施時期：2014年9月1日～30日
対象者(登録者)：5237名 回答者：4309名(のべ6078名)

(2回目アンケート 実施時期：2014年10月6日～24日
対象者：4309名(のべ6078名) 回答者：1933名(のべ2652名))

回答者数はのべ6078名である。この属性を見ると、年代については30代から50代がそれぞれ2～3割を占める(図1-1-3、表1-1-5)。50代を中心として40代から60代が主な回答者層であった前回調査と比べ、およそ10年若返っている。所属機関種別では、大学などの学術機関が半数近くを占めること、研究開発従事者が8割を占めることは前回調査と同様である。

図 1-1-3 回答者の属性

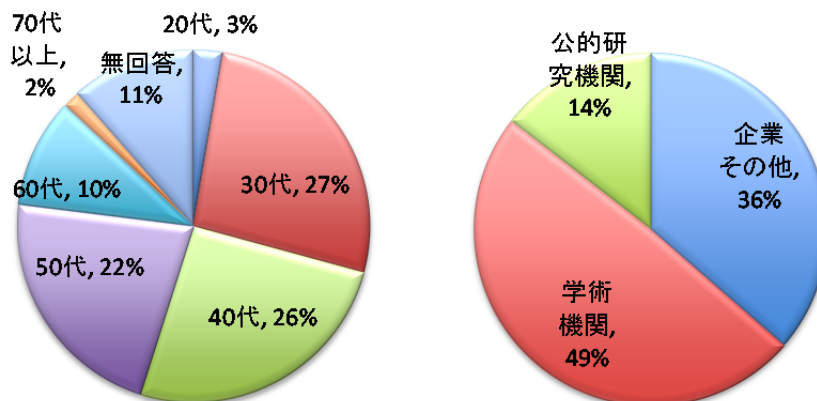


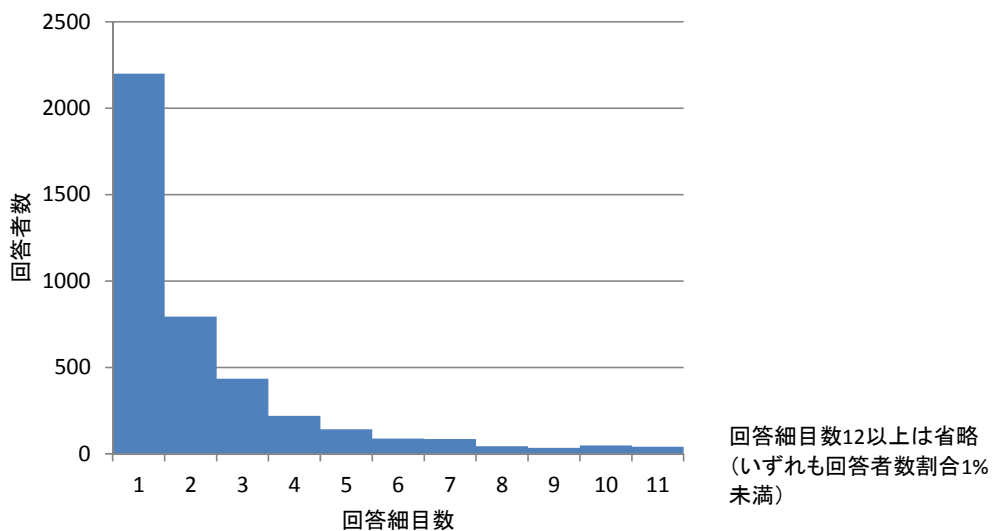
表 1-1-2 回答数

分野	1トピック当たり 回答者数	1人当たり 回答トピック数	参考)1細目当たり トピック数(平均)
ICT・アナリティクス	84	10.2	9.5
健康・医療・生命科学	57	11.1	17.1
農林水産・食品・バイオテクノロジー	32	8.6	7.8
宇宙・海洋・地球・科学基盤	96	9.1	13.6
環境・資源・エネルギー	73	8.2	8.5
マテリアル・デバイス・プロセス	70	9.6	13.1
社会基盤	61	11.1	13.3
サービス化社会	38	11.7	10.1
全分野	64	13.8	11.1

一人当たりの回答トピック数を見ると、1 細目に含まれるトピック数と同程度もしくは若干少なめとなっており(表 1-1-2)、また、一つの細目内のトピックのみに回答した者が 2199 名と全回答者の 5 割を占め、3 細目までの回答者で 8 割に達する(図 1-1-4)。

前回調査の回答者は当該分野の 4~7 割程度のトピックに回答していたことを考慮すると、本調査の回答者は自身の専門に近いトピックのみに回答した、すなわち、本調査においては従来と比較して専門性の高い回答が得られたものと推察される。トピックに対する回答者の専門度の自己申告は、分野全体を見通しての専門度ではなく、細目内での相対的な専門性の程度と考えられる。

図 1-1-4 回答細目数別回答者数



(2) 実施体制

本調査では、8つの分野別委員会を設置して、調査内容の検討及び結果分析・とりまとめを行った。実施体制を図 1-1-5 に示す。各委員会は、座長 1 名、メンバー 10 名程度から構成される。

第1回委員会では調査対象及び設問の検討を行い、第2回委員会では結果の分析を行った。なお、健康・医療・生命科学分野、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野、及びサービス化社会分野では、第1回、第2回において調査対象及び設問の検討を、第3回委員会において結果の分析を行った。表1-1-3に委員会の開催状況を示す。

図1-1-5 実施体制

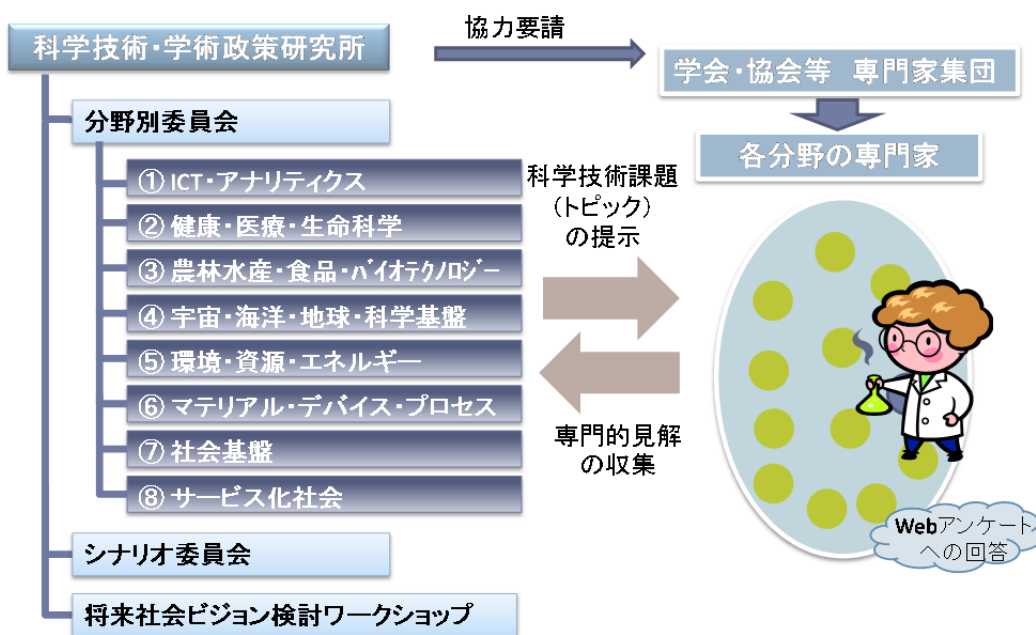


表1-1-3 委員会の開催状況

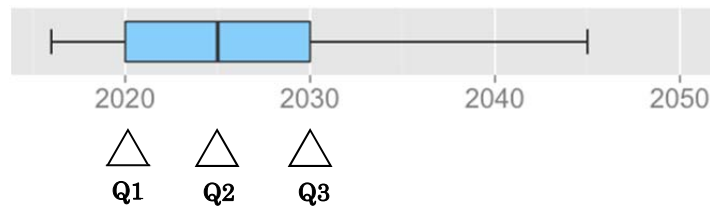
委員会	座長 (所属・肩書は2015年3月現在)	会合開催
ICT・アナリティクス	喜連川優 (国立情報学研究所長)	第1回:2014年8月1日(金) 第2回:2014年10月27日(月)
健康・医療・生命科学	小此木研二 (大阪大学産学連携教授) 高坂新一 (国立精神・神経医療センター神経研究所長) *共同座長	第1回:2014年7月29日(火) 第2回:2014年8月19日(火) 第3回:2014年11月11日(火)
農林水産・食品・バイオテクノロジー	亀岡孝治 (三重大学教授)	第1回:2014年7月31日(木) 第2回:2014年8月6日(水) 第3回:2014年11月5日(水)
宇宙・海洋・地球・科学基盤	土肥義治 (公益財団法人高輝度光科学研究センター理事長)	第1回:2014年7月28日(月) 第2回:2014年10月27日(月)
環境・資源・エネルギー	矢部彰 (独立行政法人産業技術総合研究所理事)	第1回:2014年7月30日(水) 第2回:2014年11月12日(水)
マテリアル・デバイス・プロセス	小関敏彦 (東京大学副学長・教授)	第1回:2014年7月28日(月) 第2回:2014年10月22日(水)
社会基盤	小池俊雄 (東京大学教授)	第1回:2014年8月7日(木) 第2回:2014年10月23日(木)
サービス化社会	持丸正明 (独立行政法人産業技術総合研究所サービス工学研究センター長)	第1回:2014年7月31日(木) 第2回:2014年8月7日(木) 第3回:2014年11月4日(火)

(3) 分析に用いる数値

○トピック間比較

トピック間の比較に当たっては、各トピックが持つ以下の数値を用いる。

- ・ 研究開発特性については、4つの選択肢に割り振られた点数に基づいて算出したスコアを用いる。
- ・ 回答者の専門度、技術的実現の可能性、技術的実現に向けての推進方策、社会実装の可能性、及び社会実装に向けての推進方策の設問については、トピックごとに各選択肢の選択割合を分析に用いる。
- ・ 技術的実現予測時期及び社会実装予測時期については、回答を時期の早い順に並べてその両端の1/4ずつを除いた中間の1/2の値を用いる。中間1/2の両端(Q1~Q3)を回答の幅とし、中央値(Q2)を実現・実装予測時期の代表値として用いる。



実現・実装予測時期の回答を時期の早い順に並べて、
Q1: 全体の1/4番目に当たる実現・実装予測時期
Q2: 全体の2/4番目に当たる実現・実装予測時期
Q3: 全体の3/4番目に当たる実現・実装予測時期

○分野間比較及び細目間比較

分野間比較及び細目間比較に当たっては、当該分野あるいは細目に属するトピックがもつ上述の数値の平均値を用いる。同一分野あるいは同一細目に属するトピック間で傾向が異なる場合があるため、分野間及び細目間の比較は、そうしたトピック間の違いを含んだものとなる。

(4) 分野名の略称

以降において、適宜、表 1-1-4 に示す略称を用いる。

表 1-1-4 分野の略称

分野名	略称
ICT・アナリティクス分野	ICT
健康・医療・生命科学分野	健康医療
農林水産・食品・バイオテクノロジー分野	農林水産
宇宙・海洋・地球・科学基盤分野	未踏
環境・資源・エネルギー分野	環境エネルギー
マテリアル・デバイス・プロセス分野	マテリアル
社会基盤分野	社会基盤
サービス化社会分野	サービス

表 1-1-5 アンケート回収状況

分野	課題(トピック)数	回答者数	年代							職業			職種		
			20代	30代	40代	50代	60代	70代以上	無回答	企業その他	学術機関	公的研究機関	研究・開発に従事	主として管理・運営に従事	上記以外の方
ICT・アナリティクス	114	936	4%	24%	26%	23%	7%	1%	15%	40%	52%	7%	82%	11%	6%
健康・医療・生命科学	171	877	2%	28%	26%	23%	7%	1%	13%	42%	51%	8%	71%	16%	13%
農林水産・食品・バイテクノロジー	132	496	2%	25%	27%	23%	9%	2%	12%	25%	44%	31%	79%	16%	6%
宇宙・海洋・地球・科学基盤	136	1,431	3%	25%	26%	22%	10%	1%	12%	34%	49%	17%	84%	11%	5%
環境・資源・エネルギー	93	833	2%	25%	24%	22%	14%	3%	11%	38%	47%	16%	73%	19%	9%
マテリアル・デバイス・プロセス	92	672	2%	36%	25%	17%	10%	1%	8%	29%	58%	13%	86%	10%	4%
社会基盤	93	509	1%	25%	26%	23%	15%	2%	8%	43%	42%	15%	70%	20%	10%
サービス化社会	101	324	2%	22%	27%	25%	10%	2%	10%	42%	43%	15%	75%	16%	9%
全分野計	932	6,078	3%	27%	26%	22%	10%	2%	11%	36%	49%	14%	78%	14%	7%
前回(第9回調査)全分野計	832	3,337	1%	8%	25%	38%	24%	5%	-	38%	47%	15%	77%	23%	0%

2. 科学技術課題(トピック)の発展の方向性

本章では、アンケートで得られた専門家の見解を基に、全般的な傾向及び分野の特徴を概観する。分野間あるいは細目間の比較に当たっては、当該分野あるいは当該細目に含まれるトピックの持つ値の平均値を用いる。分野内あるいは細目内のトピック間で傾向が異なる場合があり、そうした違いを含んだ上での解釈であることに留意が必要である。なお、各分野の結果詳細については、第Ⅱ編に記載する。

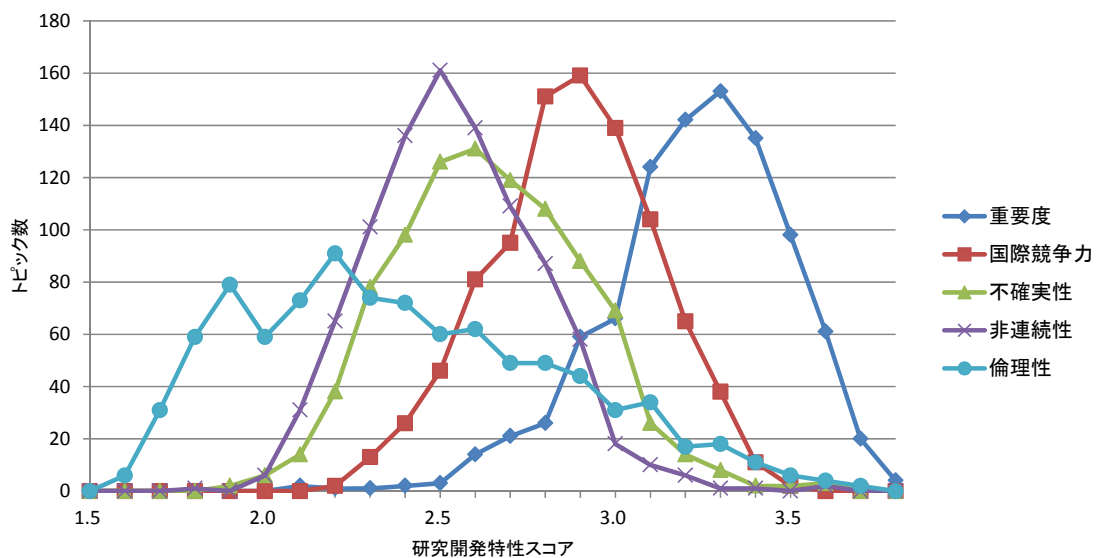
2-1. 研究開発特性

本調査では、各トピックの研究開発特性として、重要度、国際競争力、不確実性、非連続性、倫理性について問いを設けた。選択肢及びスコアは、非常に高い(4点)、高い(3点)、低い(2点)、非常に低い(1点)である。

全トピックの特性スコア分布を図 1-2-1 に示す。全トピックの平均スコアは、重要度 3.2、国際競争力 2.9、不確実性 2.6、非連続性 2.5、倫理性 2.4 である。重要度及び国際競争力については、それぞれ平均付近にピークを持ち、スコアの低い方向に長く広がる形で分布している。不確実性及び非連続性は、同様に平均付近にピークを持ち、比較的左右均等に分布している。一方倫理性は、鋭いピークを持たず、なだらかな分布を示す。選択肢に与えたスコアに従い 3.0 以上を「高い」と考えると、全トピックに占める「高い」トピックの割合は、重要度では 86%、国際競争力では 39%、不確実性では 14%、非連続性では 4%、倫理性では 13%となる。特性間の関係を見ると、不確実性と非連続性に強い相関(相関係数 $r=0.77$)が見られる。

以降では、各特性について分野の特徴を述べる。

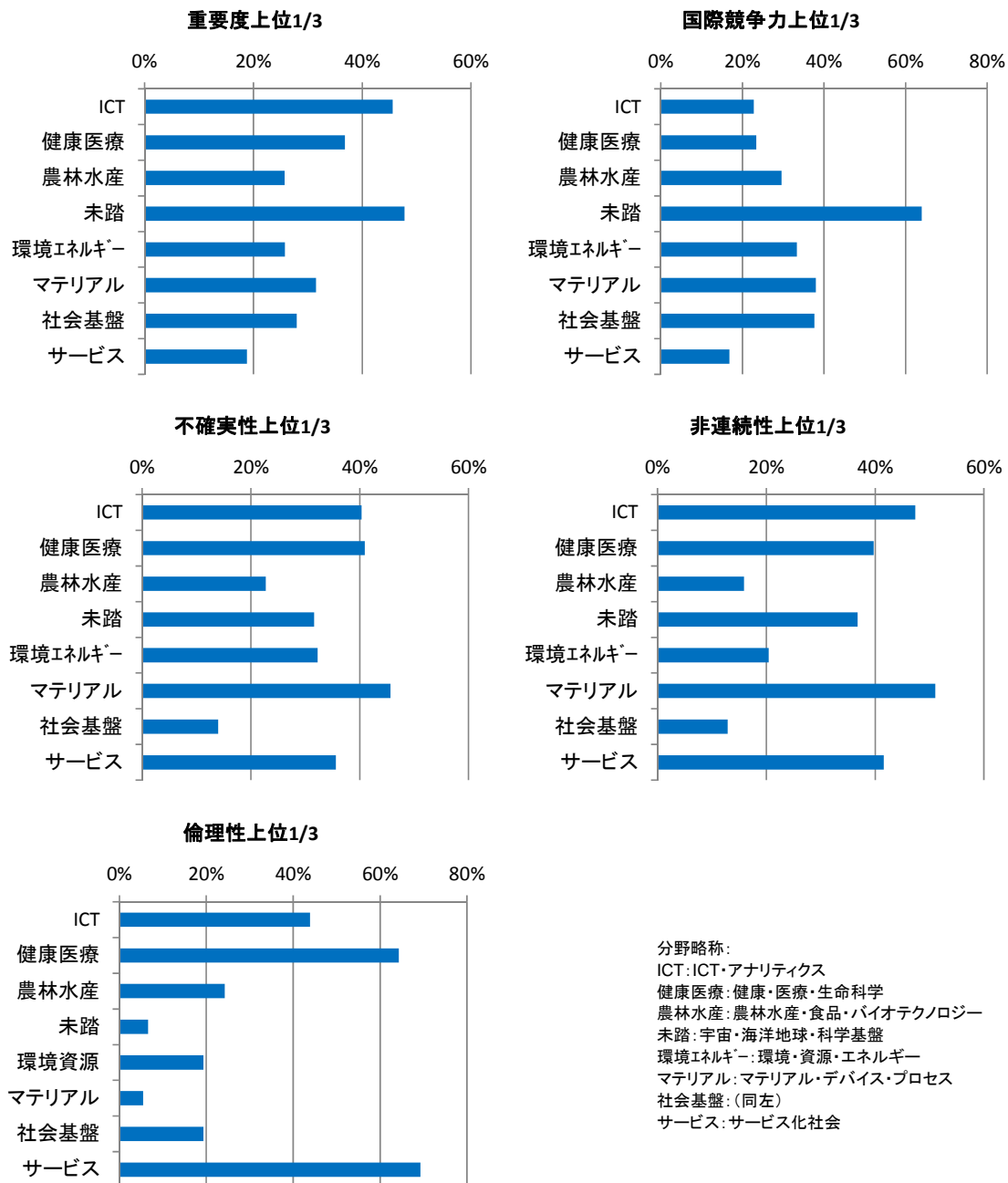
図 1-2-1 各特性のスコア分布



(1) 全般的な傾向

各特性スコアの上位 1/3 に含まれるトピックを抽出し、分野分類を行った。各分野の設定トピック数の多寡の影響を排除するため、上位 1/3 に含まれるトピックが当該分野全トピックの中で占める割合(均等に上位 1/3 に含まれていれば各分野の割合は等しく約 33%となる)について見たのが図 1-2-2 である。

図 1-2-2 各特性上位 1/3 に含まれるトピックが各分野内で占める割合



割合 (%) = 上位 1/3 に含まれるトピックのうち各分野トピックの数 / 各分野トピック総数

各特性において際だった傾向が見られるのは、ICT・アナリティクス分野、健康・医療・生命科学分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野、及び、サービス化社会分野である。

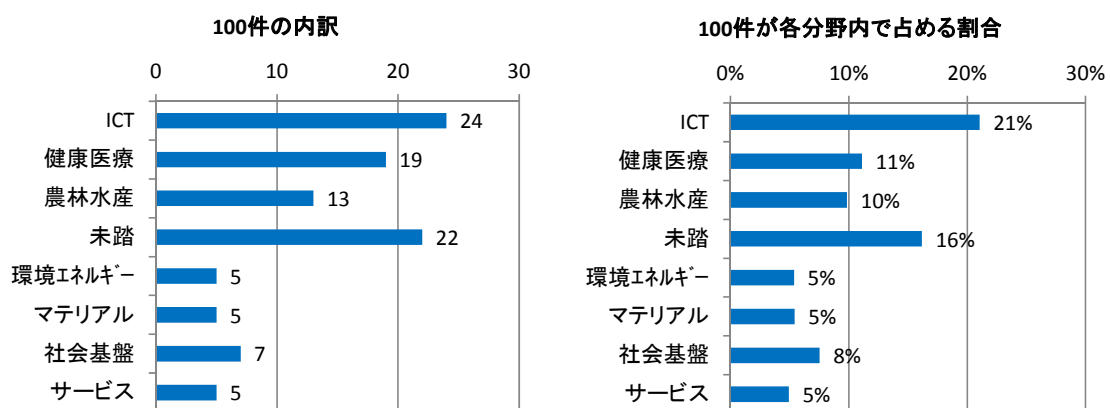
ICT・アナリティクス分野は、重要度の高いトピックが多いが、国際競争力は他分野と比べると低めである。また、不確実性が高く、倫理面の配慮が必要など研究開発におけるリスクを抱えている。一方で、非連続性の高いトピックも多く、適切な支援策を講じることにより、画期的な成果を生み出す可能性を秘めていると言える。健康・医療・生命科学分野は、国際競争力が他分野と比べて低く、また、不確実性が高く倫理面の配慮も必要なトピックが多いなど、ICT・アナリティクス分野と同様のリスクを抱えている。マテリアル・デバイス・プロセス分野は、不確実性及び非連続性が高いトピックが多いという特徴を持ち、研究開発リスクに配慮した支援の必要性が示唆される。サービス化社会分野は、倫理面の配慮が必要なトピックが多く、推進には関連する制度設計などが必須であることがうかがえる。国際競争力が相対的に低いことも、今後の推進に向けて考慮すべき事項である。宇宙・海洋・地球・科学基盤分野は、重要度、国際競争力共に高いトピックが多い。

(2)重要度

重要度スコア上位 1/3 に含まれる 312 件の内訳を見ると、図 1-2-2 に見られるように、ICT・アナリティクス分野及び宇宙・海洋・地球・科学基盤分野に重要度の高いトピックが多い。

特に重要なトピックの特徴を見るため、重要度スコア上位 100 位以内の 100 件について内訳を示したのが図 1-2-3 である。ここでも同様の傾向が見られ、ICT・アナリティクス分野が 24 件、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野が 22 件と際立っており、次いで、健康・医療・生命科学分野が 19 件、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野が 13 件となっている。トピックの内容を見ると、ICT・アナリティクス分野ではセキュリティやプライバシーに関わるトピックが多い。その他、災害、再生医療、高齢化関連のトピックが多く含まれている。環境関連では、気候変動・地球温暖化による農林水産資源への影響に関するトピックが上位に挙がっている。

図 1-2-3 重要度上位 100 位以内トピックの内訳



最も重要度が高いとされたのは、「100万kW級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立」である(表 1-2-1)。その他、「沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術」(農林水産・食品・バイオテクノロジー分野)、「水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術」(環境・資源・エネルギー分野)、「低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立」(環境・資源・エネルギー分野)などが100位以内に含まれている。また、「全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見い出すための切迫度評価」(宇宙・海洋・地球・科学基盤分野)、「津波の即時評価と連動した避難指示システム」(宇宙・海洋・地球・科学基盤分野)なども上位に位置しており、近年の災害発生の影響が色濃く表れている。

表 1-2-1 重要度の高いトピック (上位 20 位以内の 21 件)

分野	トピック	重要度スコア	技術的実現/社会実装*
社会基盤	100万kW級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	3.85	2029/2035
ICT	100万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータ IDC システムにおいて、性能電力比を現在の 100 倍高める技術	3.78	2021/2025
健康医療	安価で導入が容易な認知症介護補助システム(例えば、導入には 10 万円以下、月々維持費 1000 円以下、1DK でも設置可能なシステム)	3.78	2022/2025
ICT	エクサ〜ゼタバイトスケールの HPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新	3.77	2022/2025
ICT	介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム(医療・介護の社会的費用の年々の増加が停止)	3.74	2021/2025
健康医療	前がん状態からの発がんを抑制する予防薬	3.74	2025/2030
健康医療	聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術	3.74	2025/2025
環境資源	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	3.72	2025/2030
ICT	リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術	3.71	2025/2026
ICT	高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム	3.71	2025/2028
農林水産	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	3.70	2025/2026
ICT	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン: CPU の演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる 100 倍以上の電力性能比の向上	3.70	2024/2026
農林水産	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	3.69	2025/2025
農林水産	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	3.69	2025/2027
ICT	エクサ〜ゼタバイトスケールのビッグデータ解析の為の、HPC とビッグデータの Co-Design による統合化と、それによるデータ処理の 100 倍以上の高速化・大規模化	3.69	2021/2025
農林水産	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	3.68	2025/2033
ICT	1000 万〜10 億規模の並列性を前提とした新しい計算アルゴリズム、プログラミング手法、性能評価法	3.68	2022/2025

分野	トピック	重要度スコア	技術的実現/社会実装*
未踏	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	3.68	2020/2022
農林水産	地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発	3.67	2025/2035
ICT	プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証	3.67	2020/2025
未踏	全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価	3.67	2025/2030

*技術的実現/社会実装: 技術的実現年/社会実装年

(3) 国際競争力

国際競争力スコア上位 1/3 に含まれる 310 件の内訳を見ると、図 1-2-2 に見られるように、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野のトピックが多く、ICT・アナリティクス分野、健康・医療・生命科学分野、及びサービス化社会分野のトピックが少ない。

特に国際競争力が高いとされたスコア上位 100 位以内のトピックを見ると(図 1-2-4、表 1-2-2)、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野(図表中では「未踏」)の競争力の相対的高さ、及び、ICT・アナリティクス分野及びサービス化社会分野の相対的低さがさらに際立つ。ICT・アナリティクス分野のトピックは 75 位で初めて現れるが、100 位以内に含まれる 4 件のうちの 3 件が HPC (high performance computing) 関連である。サービス化社会分野のトピックは 77 位が最高位である。一方、健康・医療・生命科学分野は平均的と言うことができ、5 位に iPS 細胞関連トピックが挙がるのを始め、50 位以内に 7 件が位置している。

図 1-2-4 国際競争力上位 100 位以内トピックの内訳

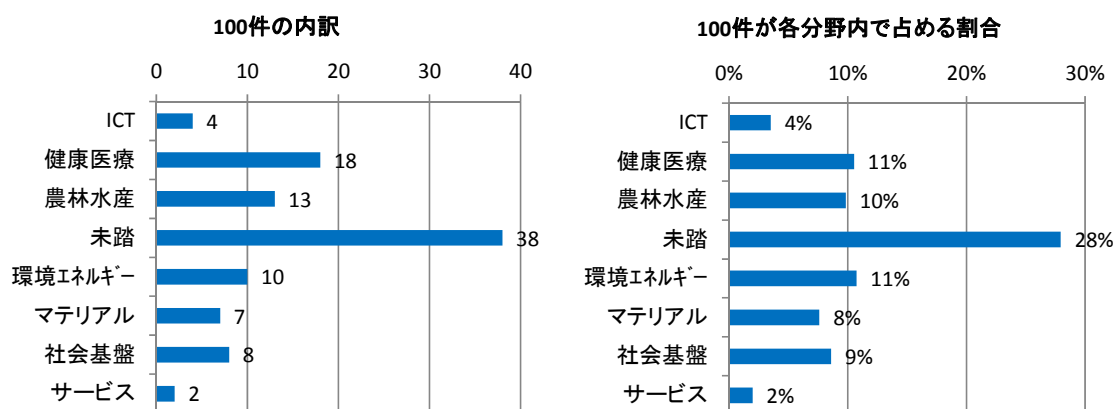


表 1-2-2 国際競争力の高いトピック (上位 20 位以内の 20 件)

分野	トピック	競争力スコア	技術的実現/社会実装*
未踏	黒体輻射シフト抑制等により高精度化し、ジオイド計測に応用可能な 10^{-18} 精度の光格子時計	3.53	2022/2026

分野	トピック	競争力スコア	技術的実現/社会実装*
農林水産	ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術	3.52	2023/2025
未踏	極低エミッタンス蓄積リングによる次世代の省コスト型・超高輝度放射光源	3.43	2020/2022
未踏	海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術	3.42	2020/2025
未踏	軟 X 線領域で SPring-8 を凌駕する中型高輝度放射光施設 (電子エネルギー 3 GeV, 水平エミッタンス 1.2 nmrad 以下、輝度 10^{20} phs/s/mm ² /mrad ² /0.1%b.w.以上)	3.41	2020/2020
健康医療	ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	3.41	2025/2035
マテリアル	降伏強さ 1800MPa (既存鋼材の 3 倍) 以上で脆性遷移温度が -40°C 以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材	3.40	2025/2030
未踏	イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術	3.39	2025/2030
未踏	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	3.39	2020/2021
未踏	複数の量子ビーム (中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等) を同一試料の同一位置に再現性よく、または同時に照射することで、複雑系や領域依存性の高い物質の原子構造・電子状態、一過性の過渡現象を複合的手法で多角的かつ精密に分析・解析・観察する技術	3.37	2025/2025
健康医療	直径 2mm 以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術	3.36	2022/2025
未踏	ニュートリノの CP 非対称性と質量階層性を解明するための大強度ニュートリノビーム生成技術及び大型ニュートリノ検出器技術	3.36	2025/2028
健康医療	分化細胞の初期化メカニズムの全容解明	3.36	2023/2025
未踏	単一イオンの飛跡を利用した機能付与、荷電粒子ビーム複合照射による微細加工・表面機能化技術 (高性能反応・分離膜、単一発光量子デバイス、疾病診断チップ、再生医療デバイス等への応用を想定)	3.34	2025/2030
未踏	生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術	3.34	2020/2025
農林水産	発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物 (サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど) の作出	3.33	2020/2025
環境エネルギー	民生用超高効率ヒートポンプ (空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)	3.33	2025/2030
社会基盤	新材料の利用や構造物、車両構造の技術改善により、新幹線の時速 350km での連続走行時に騒音の環境基準 (住宅地で 70dB(A) 以下) を満たす技術	3.33	2022/2025
未踏	機能性材料 (電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料) において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	3.33	2020/2022
未踏	1 秒間の演算速度が 10 エクサ = 10^{19} 回を超えるスーパーコンピュータ	3.32	2022/2025

* 技術的実現/社会実装: 技術的実現年/社会実装年

(4) 不確実性

不確実性スコア上位 1/3 に含まれる 310 件の内訳を見ると、図 1-2-2 に見られるように、マテリアル・デバイス・プロセス分野に不確実性が高いトピックが多く、次いで、ICT・アナリティクス分野、健康・医療・生命科学分野となっている。一方、不確実性の低いトピックが多い分野としては、社会基盤分野及び農林水産・食品・バイオテクノロジー分野が挙げられる。

特に不確実性の高いスコア上位 100 位以内のトピックについて各分野内で占める割合(図 1-2-5 右図)を見ると、ICT・アナリティクス分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野、サービス化社会分野の 3 分野の不確実性の高さがより鮮明になる。健康・医療・生命科学分野は設定トピック数が多いため、上位に挙がるトピックが多い。

この 100 件について実現可能性の回答を見ると、「実現する」または「実現済」と回答した者の割合は、技術的实现では 58%、社会実装では 53%(それぞれ 100 件の平均)となっている。技術的实现、社会実装とも実現すると考える専門家が半数に満たない(「実現する」、「実現済」の回答者割合の計が 50%未満)トピックは 14 件あり、その内訳は、健康・医療・生命科学分野及び宇宙・海洋・地球・科学基盤分野がそれぞれ 4 件、マテリアル・デバイス・プロセス分野が 3 件などとなっている。

図 1-2-5 不確実性上位 100 位以内トピックの内訳

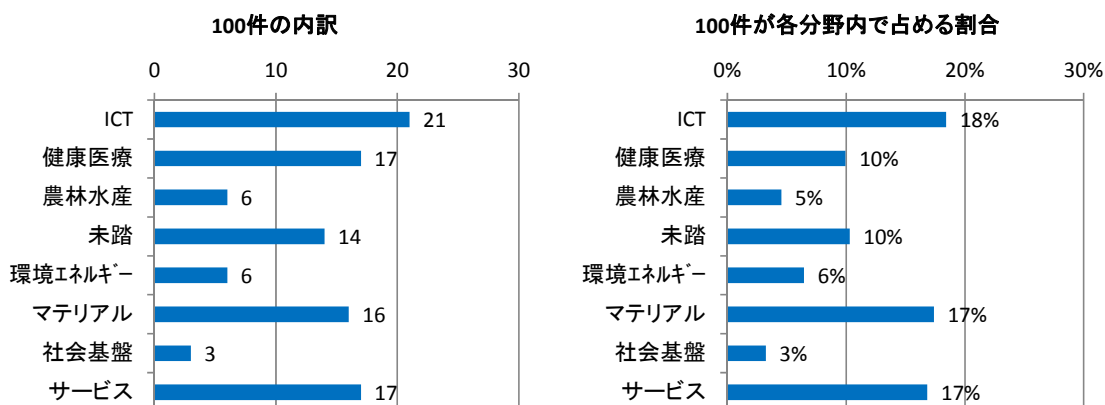


表 1-2-3 不確実性の高いトピック (上位 20 位以内の 21 件)

分野	トピック	不確実性スコア	技術的实现/社会実装*
ICT	ポスト・フォン・ノイマン HPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC 計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング技術の確立	3.63	2026/2033 51%/48%
未踏	M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	3.61	2030/2032 30%/29%

分野	トピック	不確実性 スコア	技術的実現 /社会実装*
ICT	10k 量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	3.59	2030/2038 52%/37%
未踏	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	3.51	2030/2030 36%/31%
マテリアル	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	3.46	2030/2035 38%/28%
マテリアル	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.41	2030/2040 41%/34%
ICT	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	3.38	2025/2032 50%/36%
ICT	100 億のニューロンと 100 兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	3.33	2024/2030 56%/41%
未踏	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	3.33	2040/2040 39%/33%
環境エネルギー	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	3.29	2030/2038 48%/34%
健康医療	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製	3.28	2027/2035 57%/48%
健康医療	ウイルス抗原変異等の影響なく、数回の接種で生涯感染予防が可能なインフルエンザワクチン	3.27	2025/2030 51%/54%
ICT	はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット	3.26	2030/2037 56%/48%
未踏	ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション	3.25	2025/2030 52%/42%
サービス	サービスを受ける人間が感じる価値を、数学モデルとして記述する価値モデルが確立し、数理的アプローチによる価値最大化のサービス設計ができるようになる	3.25	2020/2029 58%/56%
健康医療	意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明	3.25	2035/2040 44%/40%
サービス	クリエイターの思考プロセス、手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し、教育や発想支援システムの開発に応用される	3.24	2025/2030 62%/60%
ICT	生命系の維持システムの情報理論的な解明とその活用	3.24	2025/2030 65%/56%
サービス	デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する	3.23	2025/2030 54%/54%
健康医療	胎児の生育を可能にする人工子宮	3.22	2030/2040 30%/30%
サービス	(個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)	3.22	2025/2027 48%/44%

*技術的実現/社会実装: 上段は、技術的実現年/社会実装年。下段は、実現可能性(実現済、実現する、実現しない、わからない)について「実現済」または「実現する」と回答した者の割合

(5) 非連続性

非連続性スコア上位 1/3 に含まれる 313 件の内訳を見ると、図 1-2-2 に見られるように、ICT・アナリティクス分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野のトピックが多く、健康・医療・生命科学分野とサービス化社会分野がそれに続く。一方、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野、環境・資

源・エネルギー分野、及び社会基盤分野は、非連続性の高いトピックが少ない。この傾向は不確実性と類似しているが、分野間の対比がより明確に表れている。

特に非連続性の高いスコア上位 100 以内のトピックについても同様の傾向が見られ、ICT・アナリティクス分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野、サービス化社会分野の非連続性が高く、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野及び社会基盤分野が低い。この 100 件の実現可能性について技術的実現、社会実装とも実現すると考える専門家が半数に満たない(「実現する」、「実現済」の回答者割合の計が 50%未満)トピックは 11 件あり、うち、健康・医療・生命科学分野が 4 件、マテリアル・デバイス・プロセス分野が 3 件となっている。

不確実性、非連続性ともに高い(スコア 3.0 以上)トピックは 23 件あり、このうち ICT・アナリティクス分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野がそれぞれ 6 件ずつを占める。一方、不確実性は高いが非連続性は高くないトピックは 68 件あり、自然災害(地震、噴火、気象災害)の発生予測や発生機構解明に関わるトピックが代表例として挙げられる。

図 1-2-6 非連続性上位 100 以内トピックの内訳

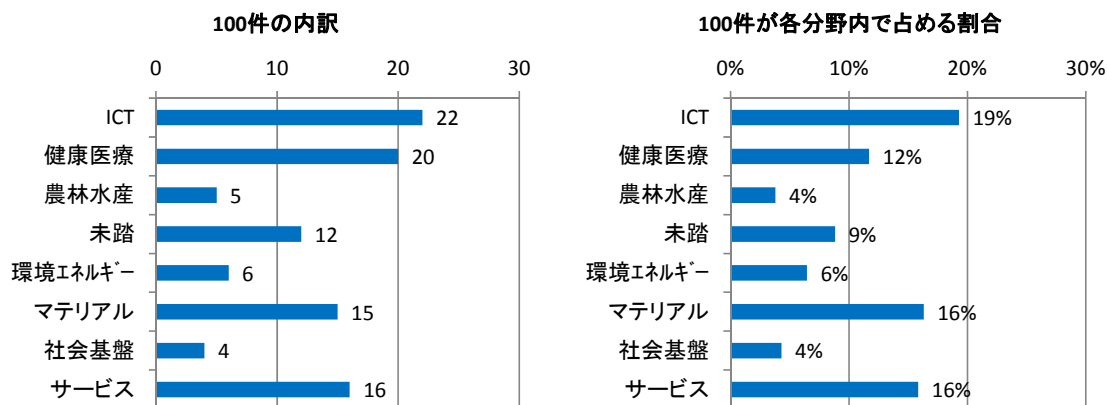


表 1-2-4 非連続性の高いトピック (上位 20 位以内の 20 件)

分野	トピック	非連続性スコア	技術的実現/社会実装*
ICT	ポスト・フォン・ノイマン HPC: 超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC 計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	3.58	2026/2033 51%/48%
ICT	10k 量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	3.56	2030/2038 52%/37%
マテリアル	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.37	2030/2040 41%/34%
健康医療	胎児の生育を可能にする人工子宮	3.33	2030/2040 30%/30%

分野	トピック	非連続性 スコア	技術的実現 /社会実装*
健康医療	投与するとがん組織を選択的に包み込んで治療することができるポリマー医療材料	3.23	2020/2025 54%/49%
マテリアル	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	3.22	2030/2035 38%/28%
ICT	はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット	3.19	2030/2037 56%/48%
未踏	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	3.18	2040/2040 39%/33%
ICT	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	3.17	2025/2032 50%/36%
マテリアル	大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な1原子/1分子が1ビットに対応するストレージ	3.15	2028/2035 60%/45%
サービス	(個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)	3.15	2025/2027 48%/44%
健康医療	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製	3.14	2027/2035 57%/48%
サービス	多数の顧客を対象とした個別対応型サービスをサポートするために必要な超複雑モデル(数百万超の超多数パラメータをもつモデル)を、リアルタイムで推定する統計技術が確立する	3.11	2020/2025 74%/74%
ICT	100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	3.10	2024/2030 56%/41%
マテリアル	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子	3.10	2030/2035 72%/57%
環境エネルギー	核融合発電	3.09	2040/2050 64%/51%
社会基盤	スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機	3.09	2025/2032 74%/59%
農林水産	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	3.09	2025/2030 64%/56%
サービス	クリエイターの思考プロセス、手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し、教育や発想支援システムの開発に応用される	3.06	2025/2030 62%/60%
ICT	スピントロニクスの原理に基づき情報処理を行うロジック LSI	3.05	2024/2025 68%/59%

*技術的実現/社会実装:上段は、技術的実現年/社会実装年。下段は、実現可能性(実現済み、実現する、実現しない、わからない)について「実現する」と回答した者の割合

(6) 倫理性

倫理性スコア上位 1/3 に含まれる 312 件の内訳を見ると、図 1-2-2 に見られるように、ICT・アナリティクス分野、健康・医療・生命科学分野、サービス化社会分野の 3 分野が突出している。

特に倫理性の高いスコア上位 100 位以内のトピック 108 件に着目した場合でも同様の傾向が見られ、サービス化社会分野に倫理性の高いトピックが多いことがさらに際立つ。

図 1-2-7 倫理性上位 100 位以内トピックの内訳

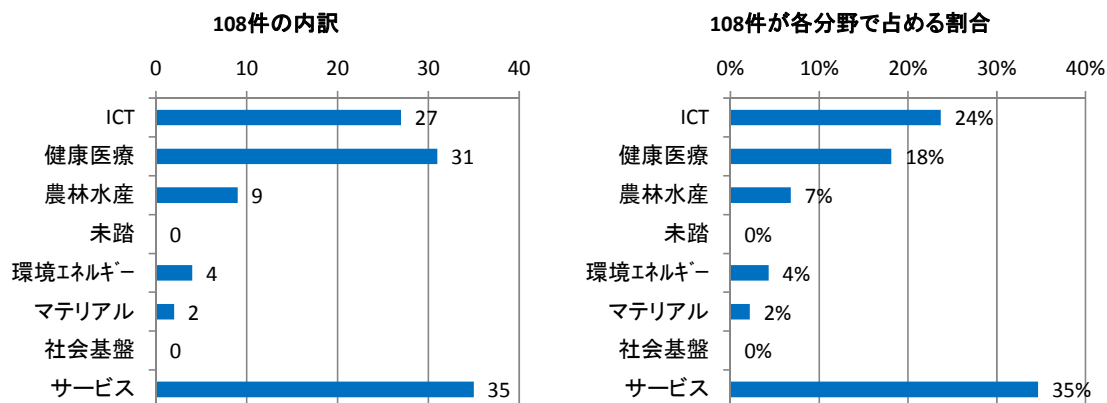


表 1-2-5 倫理性の高いトピック（上位 20 位以内の 20 件）

分野	トピック	倫理性スコア	技術的実現/社会実装*
健康医療	ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	3.89	2025/2035
サービス	健やかな高齢社会に向け、高齢者の趣味、健康状況、医療データ、生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される	3.70	2020/2025
サービス	従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される	3.66	2025/2026
サービス	クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報（センサ情報、購買履歴など）を代理管理する業種が誕生し、一般的に利用される	3.62	2018/2021
健康医療	胎児の生育を可能にする人工子宮	3.60	2030/2040
健康医療	動物性集合胚（動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚）から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器	3.56	2022/2032
健康医療	胚性幹細胞（ES 細胞）移植を用いた再生医療技術	3.55	2020/2025
ICT	医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。	3.53	2021/2025
ICT	エビデンス情報（provenance 等）を提供しつつ、個人データを保護し、安全に個人ビッグデータを統合的に利活用するための技術	3.52	2020/2024
ICT	機械（ロボット）と人間の関係について社会的合意に達する（新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する）。その結果、機械の経済への貢献が 40%になる。	3.49	2025/2030
マテリアル	バイオプリンティングによる再生臓器の製造	3.47	2025/2035
ICT	ライフログデータや身体データを大量に蓄積し、個人の日常的なデータの記録・管理・検索・分析する技術（ナチュラルユーザインタフェースで利用できるウェアラブルな外部脳機能システムとして提供される）	3.46	2020/2025
ICT	全てのセンサ類が ID 管理され、自分の行動が誰にどのようにセンサされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術	3.45	2020/2025
健康医療	公共財としての医療・ゲノムデータベースの利活用に関わる基本ガイドラインの確立	3.45	2020/2025

分野	トピック	倫理性 スコア	技術的実現 /社会実装*
サービス	脳科学や認知科学の知見にもとづいて、個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し、学習における生産性が向上する	3.42	2025/2030
環境資源	低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立	3.42	2025/2027
ICT	SNS などのソーシャルメディアのデータを分析し、行動予測するシステム(例:犯罪予測や消費者の購買行動予測)	3.40	2020/2022
ICT	介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム(医療・介護の社会的費用の年々の増加が停止)	3.40	2021/2025
サービス	大規模データを利用した個別世帯別バイズ型需要予測技法が確立する	3.40	2022/2025
ICT	自閉症・認知症・引きこもりなどの精神疾患を持った人たちとのコミュニケーション技術(非言語情報の把握・理解・概念体系の把握などを含む)	3.39	2025/2030

*技術的実現/社会実装: 技術的実現年/社会実装年

2-2. 実現可能性

取り上げたトピックの実現見通しについて、技術的実現、社会実装の各々について、実現可能性及び実現する時期を尋ねた。

(1) 実現可能性

各トピックの実現可能性について、回答者は「実現済」「実現する」「実現しない」「わからない」のうち一つを選択した。ここでは、「実現済」の選択割合(%)と「実現する」の選択割合(%)の計を「実現可能性割合」として取り上げ、実現可能性と関係が深いと考えられる、不確実性、非連続性、倫理性の三つの研究開発特性との関係を考察する。

実現可能性割合と研究開発特性との全般的な関係を見ると、技術的実現、社会実装とも、不確実性と負の相関(相関係数 $r=-0.63$ 、 -0.61)が見られる。特に、ICT・アナリティクス分野($r=-0.74$ 、 -0.74)、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野($r=-0.81$ 、 -0.78)、マテリアル・デバイス・プロセス分野($r=-0.70$ 、 -0.71)において関係が強い。

技術的実現と社会実装の実現可能性割合を比較すると、いずれの分野においても社会実装において実現可能性割合が低下している。技術的実現においては、全トピックの半数が実現可能性割合 80%以上であるのに対し、社会実装では 3 割程度である。全般的には、マテリアル・デバイス・プロセス分野に実現可能性割合の低いトピックが多い。

技術的実現の実現可能性割合が 50%未満のトピック(22 件)を見ると、健康・医療・生命科学分野が 6 件と最も多く、マテリアル・デバイス・プロセス分野 4 件、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野 3 件と続く。それらの研究開発特性を見ると、不確実性スコアが高い(3.0 以上)ものが 14 件と 6 割を占め、非連続性スコアが高い(3.0 以上)ものが 6 件(いずれも不確実性スコアも高い)、倫理性スコアが高い(3.0 以上)ものが 2 件(いずれも不確実性スコアも高い)となっている。3 特性のスコアのいずれも高くない(3.0 未満)トピックは 8 件である。

社会実装の実現可能性割合が 50%未満のトピック(66 件)の内訳は、ICT・アナリティクス分野

10件、健康・医療・生命科学分野13件、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野12件、マテリアル・デバイス・プロセス分野9件となっている。不確実性スコアが高い(3.0以上)ものが30件と半数を占め、非連続性スコアの高い(3.0以上)ものが14件(いずれも不確実性スコアも高い)、倫理性スコアの高い(3.0以上)ものが13件(このうち不確実性スコアも高いものが6件)となっている。3特性スコアのいずれも高くない(3.0未満)トピックは27件である。

技術的実現において不確実性の高さの影響が若干大きいこと、及び、社会実装において倫理性の影響が表れることが、特徴として挙げられる。

実現可能性割合が低いトピックの例を表1-2-6に示す。

図1-2-8 実現可能性割合の分布

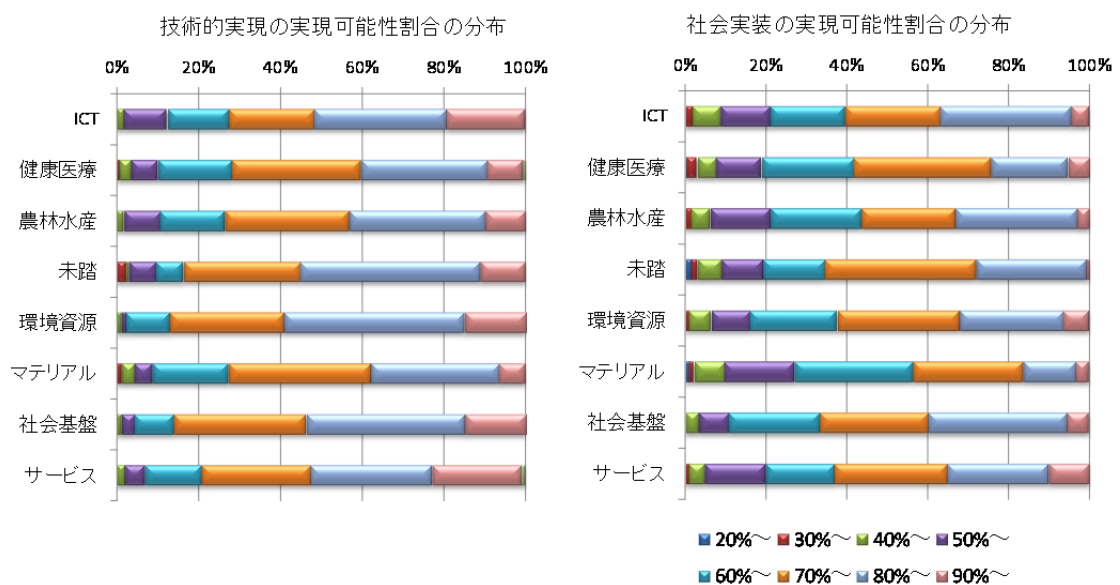


表1-2-6 実現可能性割合の低いトピック

分野	トピック	割合(%)*
健康医療	胎児の生育を可能にする人工子宮	30/30
未踏	M7以上の地震の発生時期(1年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	30/29
未踏	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8以上の大規模地震の発生を予測する技術	36/31
マテリアル	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	38/28
未踏	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	39/33
マテリアル	強相関電子を用いた室温超電導材料	41/34
健康医療	動脈硬化性病変を完全に修復できる薬物療法	43/39
未踏	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	43/42
サービス	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	43/43

分野	トピック	割合(%)*
健康医療	意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明	44/40
健康医療	蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法	44/28
農林水産	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	47/33
環境エネルギー	宇宙太陽発電システム	48/34

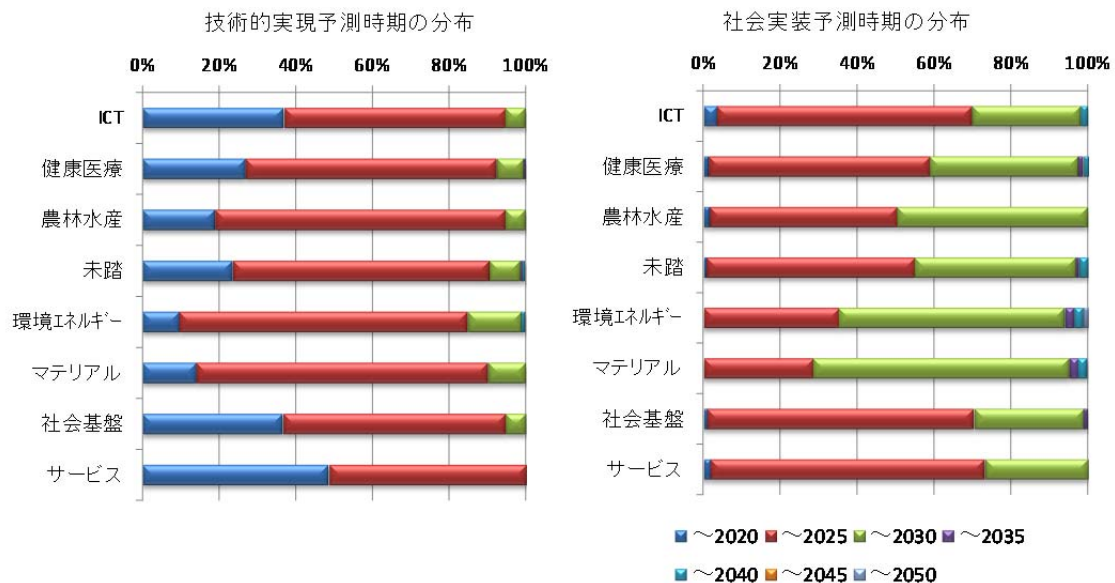
*技術的実現の実現可能性割合の最も低い10課題と社会実装の実現可能性割合の最も低い10課題(一部重複)を例示。割合の欄は、技術的実現の実現可能性割合(%)/社会実装の実現可能性割合(%)

(2) 実現・実装予測時期

実現・実装予測時期の分布を図 1-2-9 に示す。いずれの分野においても、ほとんどのトピックが 2025 年頃には技術的に目処が立ち、その 5 年後である 2030 年頃には社会実装されると予測されている。技術的実現については 2020 年と 2025 年に、社会実装については 2025 年と 2030 年に回答のピークが見られる。

分野の特徴を見ると、ICT・アナリティクス分野、社会基盤分野、及びサービス化社会分野において早い実現が予測されたトピックが多く、環境・資源・エネルギー分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野のトピックの実現は、遅めに予測されている。

図 1-2-9 実現・実装予測時期の分布

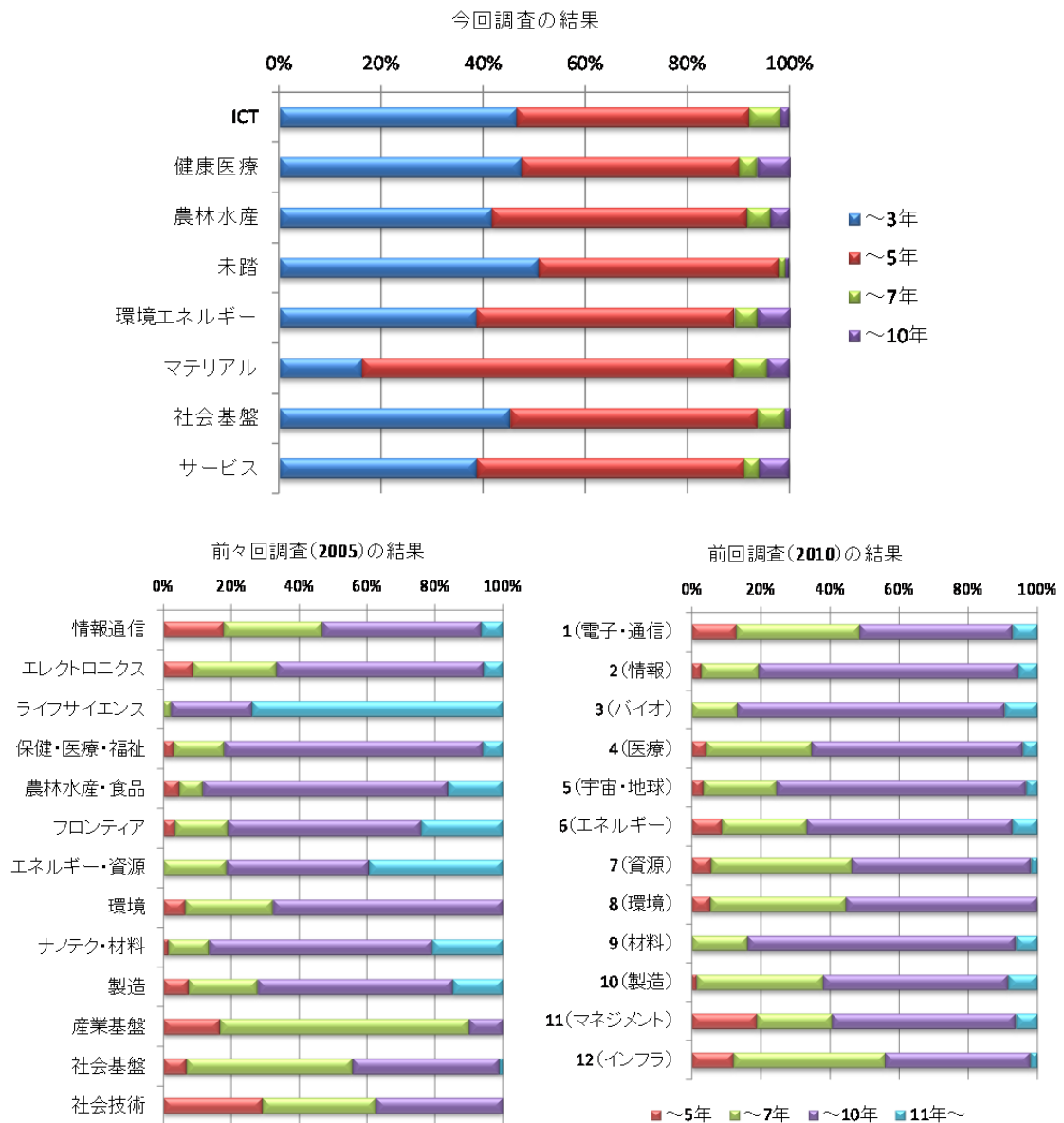


技術的実現から社会実装までの期間を見ると、図 1-2-10 に示すように、ほとんどのトピックにおいて 5 年以内となっている。5 年を超えるトピックは 75 件と、全体の 1 割に満たない。分野による大きな違いは見られないが、マテリアル・デバイス・プロセス分野においては、3 年以内のトピックが 20%に満たず、他の分野と比べて社会実装までの期間が長い。

前回の第 9 回調査(2010 年)においては、社会実装までの期間が 5 年以内のトピックは全体の 6%、6~10 年とするトピックがほとんどであり、技術的実現から社会実装までの期間が短縮したよう

に見える。しかし前回調査では10年後以降(2021年～)の実現については10年間隔の選択肢を設けており、前回調査とは選択肢が異なる。そこで、前回調査の結果を基に、①技術的実現については10年間隔の後半5年を選択した、②社会実装については10年間隔の前半5年を選択した、との仮定の下で、社会実装までの期間を試算した。その結果、技術的実現から社会的実現の期間は大きく減じ、69%のトピックが5年以内に収まり、平均は4年となったが、それでも今回の結果である92%には及ばない。また、前々回調査(2005年)と前回調査(2010年)との比較においても、前回調査において社会実装(前回は、「社会的実現」と表記)までの期間が短縮していた。

図 1-2-10 技術的実現から社会実装までの期間の分布



社会実装に向け様々な取組がなされていることから、回答者が社会実装までの障壁が解消されつつあると認識したことが推察される。ただし、定義は同一であるものの、今回調査では「社会的実

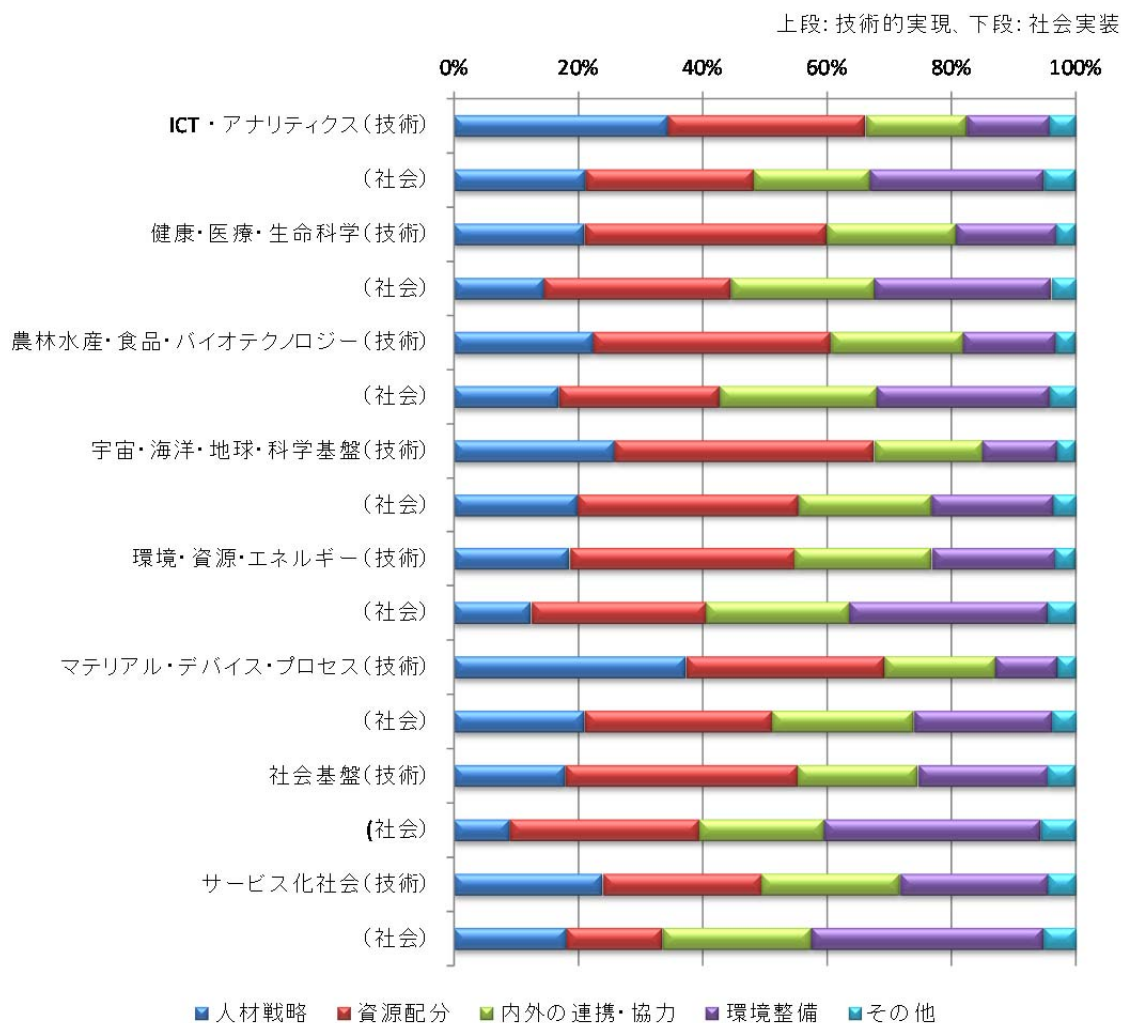
現」から「社会実装」へと表記を変更している。この変更により回答者が想定する実用化のレベルが変わり、普及の概念が薄れたことが影響している可能性もある。

2-3. 重点施策

(1) 全般的な傾向

当該トピックの技術的実現あるいは社会実装に向けた重点施策の選択肢は、人材戦略、資源配分、内外の連携・協力、環境整備、その他、である。

図 1-2-11 技術的実現/社会実装のための重点施策



技術的実現のための重点施策を見ると、ほとんどの分野において「資源配分」が最も多く選択されており、次いで、「人材戦略」または「内外の連携・協力」の順となっている。特に、施設の建設及び維持に費用を要する宇宙・海洋・地球・科学基盤分野において資源配分の選択された割合が大きい。ICT・アナリティクス分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野においては、技術的実現に

向けて「人材戦略」が最も重要とされている。

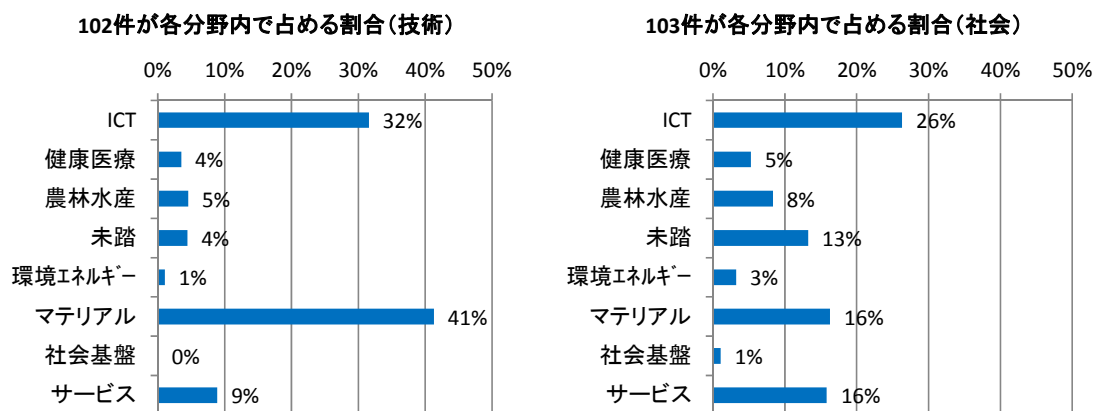
一方、社会実装のための重点施策では、全ての分野において、「人材戦略」及び「資源配分」の割合が技術的実現の場合よりも減少し、代わって「環境整備」の割合が増加する。「内外の連携・協力」は、技術的実現と社会実装の間、及び分野間の違いが小さく、いずれも 2 割程度である。技術的実現において「人材戦略」が多く選択された ICT・アナリティクス分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野においても「人材戦略」は 20%程度に留まり、「環境整備」の割合が増加している。「環境整備」の割合が高い分野は、サービス化社会分野、社会基盤分野、環境・資源・エネルギー分野である。

(2) 人材戦略

人材戦略は、(1)で述べたように、技術的実現に当たっては ICT・アナリティクス分野及びマテリアル・デバイス・プロセス分野において重要とされている。

「人材戦略」の選択割合が高い上位 100 位以内トピックの内訳を見るとその傾向はさらに顕著である(図 1-2-12)。技術的実現については、上位 100 件中 36 件が ICT・アナリティクス分野、38 件がマテリアル・デバイス・プロセス分野と、2 分野で全体の 7 割を占める。ICT・アナリティクス分野では「理論」細目、マテリアル・デバイス・プロセス分野では「モデリング・シミュレーション」細目のトピックが多く含まれる。社会実装については、ICT・アナリティクス分野が 30 件と依然として最多であり、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野(18 件)、マテリアル・デバイス・プロセス分野(15 件)、サービス化社会分野(16 件)が続く。

図 1-2-12 「人材戦略」上位 100 以内のトピックの内訳



割合(%) = 上位 100 位トピックのうち当該分野トピックの数 / 当該分野トピック総数

表 1-2-7 「人材戦略」の選択割合が高いトピック

技術的実現、社会実装、双方において上位 10 位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
ICT	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現：計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	80	47
マテリアル	触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術	65	47
ICT	数理計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数理計画法技術)	65	43
ICT	大規模ソフトウェアの自動検証と軽微なバグの自動修正を可能とする技術	80	47
ICT	バグの発生頻度を 100 万行あたり 1 個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術	65	47

技術的実現のみ上位 10 位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
ICT	自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築	65	32
マテリアル	材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術	59	42
ICT	大規模ソフトウェアの仕様の網羅的記述と妥当性確認を一般的な開発者が誤りなく行えるように支援する技術	58	43
ICT	大規模ソフトウェアにも適用可能で、確率的挙動(ハードウェア障害や環境の揺らぎへの対応、乱数や確率的アルゴリズムの利用など)を考慮した検証技術	57	40

社会実装のみ上位 10 位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
ICT	一般に使われているコンパイラ・OS・基本ライブラリの正しさ(スペック通り動作すること)を保証する技術	55	47
環境資源	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	44	46
マテリアル	ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術	56	46
マテリアル	電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術	57	44
農林水産	食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価	31	44

(3) 資源配分

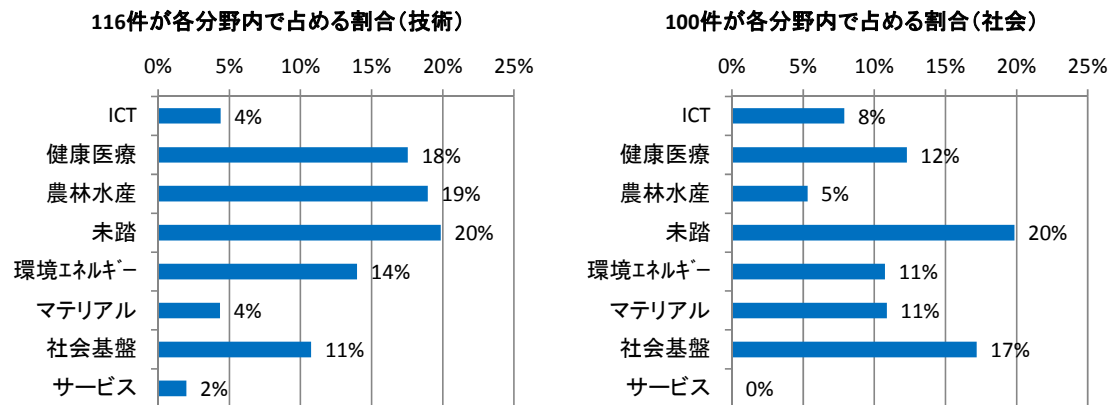
資源配分は、(1)で述べたように、技術的実現についてはほとんどの分野で最も多く選択された施策であり、社会実装においてもその割合は低下するものの他施策と同程度に重要と認識されている。

「資源配分」の選択割合が高い上位 100 位以内トピックの内訳を見ると、技術的実現においては、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野(27 件)、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野(25 件)、健

康・医療・生命科学分野(30件)のトピックが多く、社会実装においては、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野(27件)及び社会基盤分野(16件)のトピックが多く含まれる(図1-2-13)。

技術的実現における上位10件と社会実装における上位10件に共通するトピックは存在しない。上位100件を見るとおよそ半数が重複する。技術的実現、社会実装とも、上位10件のほとんどを健康・医療・生命科学分野が占める。

図1-2-13 「資源配分」上位100以内トピックの内訳



割合(%) = 上位100位トピックのうち当該分野トピックの数 / 当該分野トピック総数

表1-2-8 「資源配分」の選択割合が高いトピック

技術的実現のみ上位10位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
健康医療	他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬	74	47
健康医療	エピジェネティックな遺伝子の発現制御のモニタリングによる、がんや難病の発症リスクの診断法	73	42
未踏	11,000m級有人潜水船	73	53
健康医療	免疫抑制剤を用いない同種移植技術	70	40
健康医療	日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法	69	31
健康医療	臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬	68	47
未踏	係留索を用いない定点時系列観測技術	67	53
健康医療	前がん状態からの発がんを抑制する予防薬	67	43
社会基盤	災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに動画通信が可能な無線通信システム	67	38
健康医療	外傷性眼球損傷に対する、眼球移植による視機能回復	67	33

社会実装のみ上位10位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
社会基盤	線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術	53	61
未踏	海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術	60	58

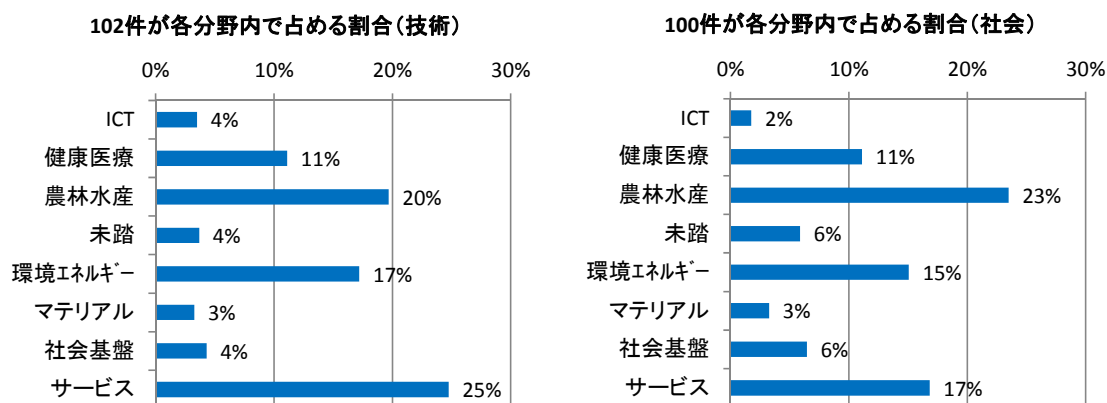
分野	トピック	技術(%)	社会(%)
環境エネルギー	チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術	46	58
未踏	自律無人探査機(AUV)同士が協調して作業する技術	51	57
健康医療	サルコペニアのメカニズム解明によるロコモティブシンドロームの効率的予防法	65	56
未踏	1秒間の演算速度が10エクサ=10 ¹⁹ 回を超えるスーパーコンピュータ	62	56
健康医療	特発性造血障害(再生不良性貧血、骨髄異形成症候群等)の発症予防法	56	56
健康医療	慢性疼痛の病態解明による分子標的薬の開発	53	56
健康医療	新規病原体に対して迅速に中和抗体を作製して、大量生産する技術	64	55
ICT	転送データ量あたりの消費電力が現在の 1/10 程度に低減されたバックボーンルーター	60	54

(4) 内外の連携・協力

内外の連携・協力は、(1)で述べたように、分野平均を見た限りでは分野による違いや技術的実現と社会実装の違いは見られない。

「内外の連携・協力」の選択割合が高い上位 100 位以内のトピックを見ると、技術的実現においても社会実装においてもサービス化社会分野(25 件、17 件)及び農林水産・食品・バイオテクノロジー分野(26 件、31 件)のトピックが多く含まれており、特に上位 10 件にはこの 2 分野のトピックが集中している。上位 10 件中 5 件が技術的実現と社会実装で共通している。

図 1-2-14 「内外の連携・協力」上位 100 位以内トピックの内訳



割合(%) = 上位 100 位トピックのうち当該分野トピックの数 / 当該分野トピック総数

表 1-2-9 「内外の連携・協力」の選択割合が高いトピック

技術的実現、社会実装、双方において上位 10 位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
農林水産	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	53	56
サービス	設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する	50	47
農林水産	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	46	50
農林水産	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	44	47
サービス	法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを確認し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される	44	53

技術的実現のみ上位 10 位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
農林水産	水棲バイオマスプラランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	55	27
サービス	製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法、契約設計支援ツールが開発・整備される	43	36
健康医療	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム	42	33
社会基盤	環境負荷低減に寄与する多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	41	33
サービス	製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法、契約設計支援ツールが開発・整備される	40	30

社会実装のみ上位 10 位以内

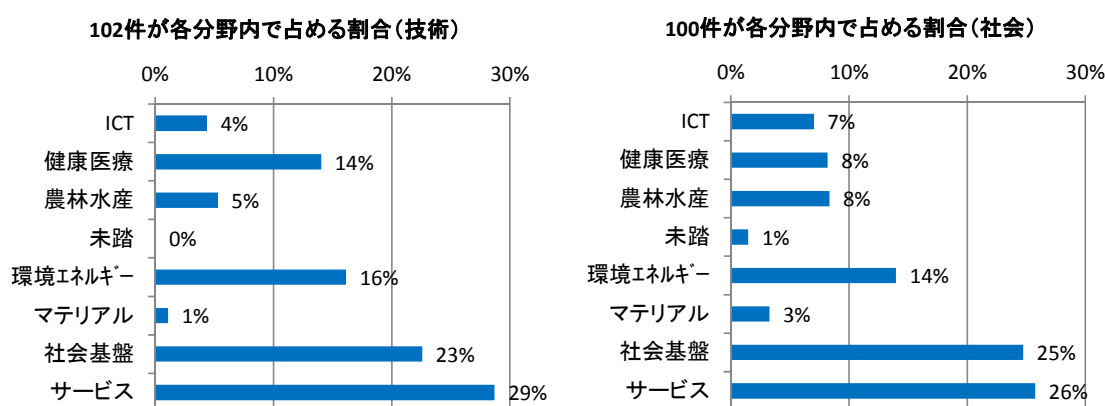
分野	トピック	技術(%)	社会(%)
農林水産	沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築	33	50
農林水産	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	33	50
農林水産	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	37	47
農林水産	マーケット・イン型の持続可能な農業の 6 次産業化ビジネスモデルの構築と実証	36	47
農林水産	個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム	29	46

(5) 環境整備

環境整備は、(1)で述べたように、全般的に社会実装に向けて有用な施策と認識されており、特にサービス化社会分野では環境整備が重要なトピックが多い。

「環境整備」の選択割合の高い上位 100 位以内のトピックを見ると、技術的实现、社会実装双方において、社会基盤分野及びサービス化社会分野のトピックが多い。次いで、技術的实现に向けては環境・資源・エネルギー分野及び健康・医療・生命科学分野が、社会実装に向けては環境・資源・エネルギー分野のトピックが多い。技術的实现と社会実装の上位 100 位以内トピックのうち 58 件が重複している。

図 1-2-15 「環境整備」上位 100 位以内トピックの内訳



割合(%) = 上位 100 課題のうち当該分野トピックの数 / 当該分野の総トピック数

表 1-2-10 「環境整備」の選択割合が高いトピック

技術的实现、社会実装、双方において上位 10 位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
環境エネルギー	全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する	57	62
環境エネルギー	自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム	50	62
社会基盤	走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム	48	65

技術的实现のみ上位 10 位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
サービス	個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出会いを装うような出会い支援サービスが普及する	57	58
サービス	クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を代理管理する業種が誕生し、一般的に利用される	56	56
社会基盤	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	51	55

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
サービス	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる	50	55
健康医療	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	50	49
サービス	地域の課題に対し地元民同士で助け合う形態から、ソーシャルネットワークサイトを通じて問題意識をもった地域外の者が有志で解決するというような、生活における共助の体制が広域化・オープン化する	50	39
サービス	従業員評価において、長期的な顧客との関係性、引いては顧客ライフタイムバリューへの貢献や社会への貢献という観点を加えた新たな指標に移行する企業が全企業の半数を超える	49	43

社会実装のみ上位 10 位以内

分野	トピック	技術(%)	社会(%)
サービス	自動運転技術が普及し、人が運転する必要のない道路が増えることで、物流効率が劇的に向上する	42	78
環境資源	燃料電池車が新車販売の 10%以上になる	44	69
健康医療	胎児の生育を可能にする人工子宮	33	67
農林水産	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	17	67
ICT	道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム	33	63
マテリアル	国内の送配電網の 8 割以上が直流スマートグリッドに置き換わる	47	62
健康医療	卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)	43	62

3. 総合分析

3-1. 重要トピックの特徴

本章では、研究開発特性のうち重要度に着目し、国際競争力、不確実性、非連続性との関連性を考察する。

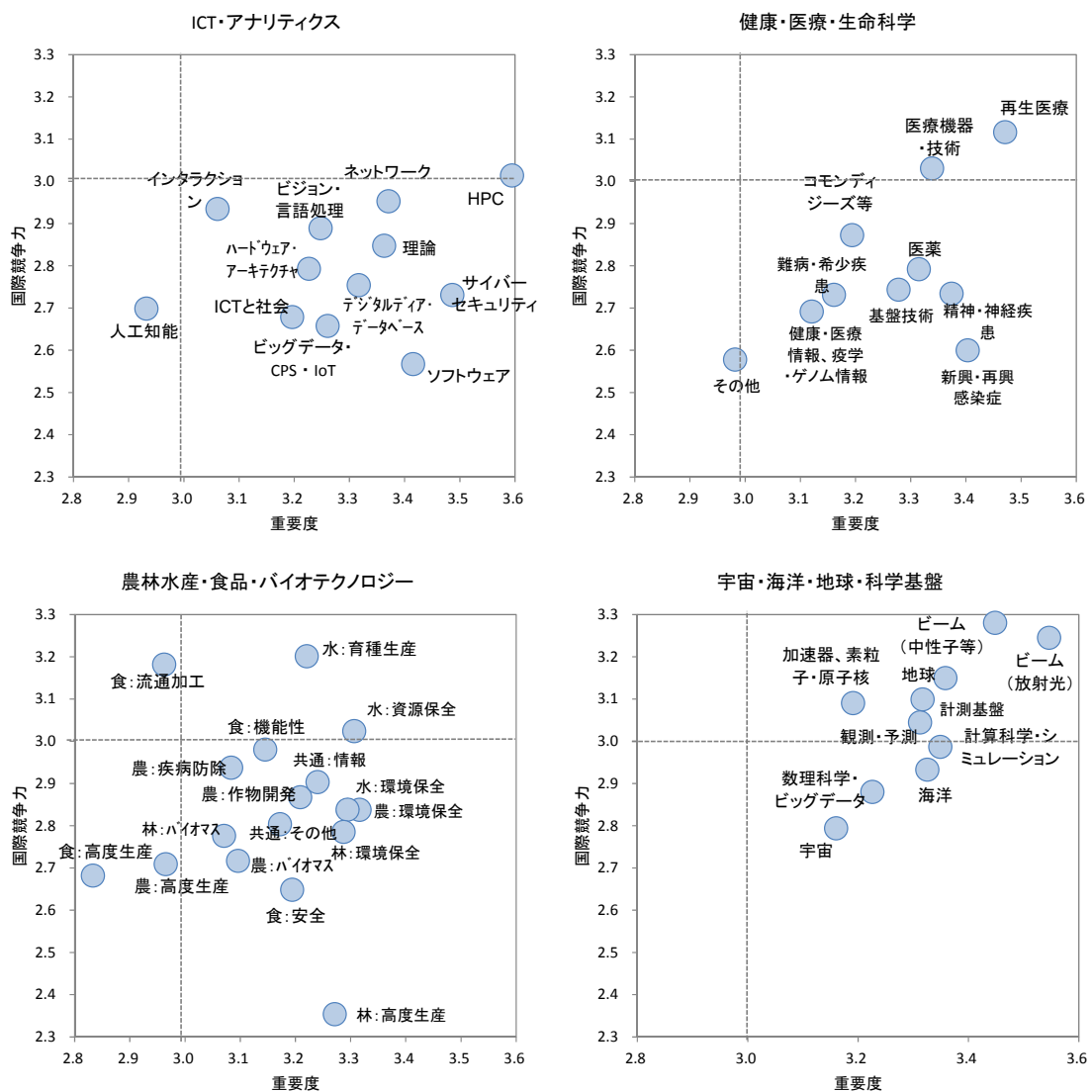
(1) 国際競争力との関連性

細目平均を用いて重要度と国際競争力の関係をプロットしたのが、図 1-3-1 である。宇宙・海洋・地球・科学基盤分野及び社会基盤分野において重要度と国際競争力に若干の相関が見られるのみで、一般的には重要度と国際競争力には相関は見られない。ほとんどの分野において、国際競争力は細目間に差が見られるが、マテリアル・デバイス・プロセス分野では細目間の国際競争力の差が小さい。

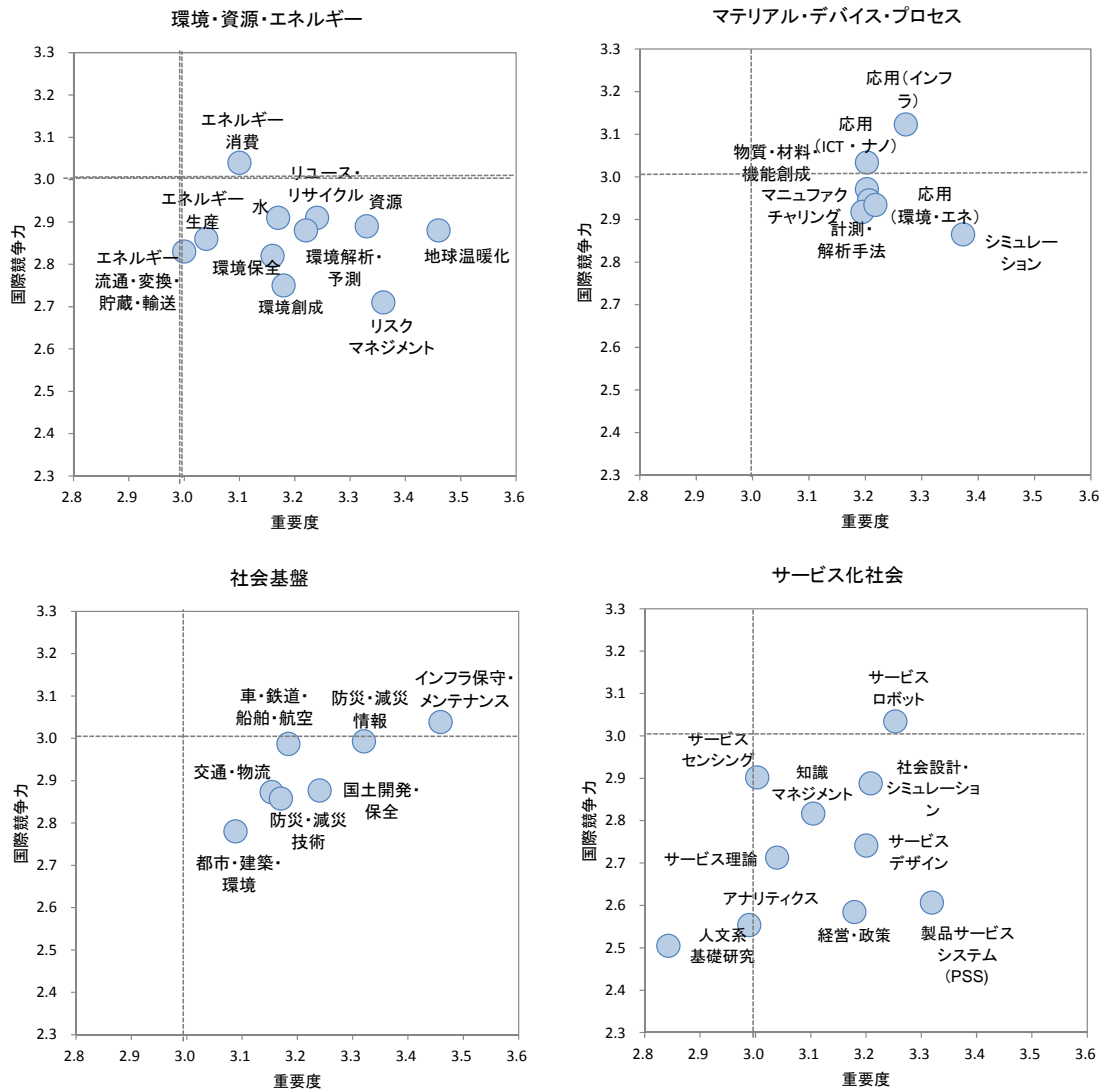
重要度が高いとされたにも関わらず国際競争力が相対的に低い細目として注目されるのは、「ソフトウェア」「サイバーセキュリティ」(ICT・アナリティクス分野)、「新興・再興感染症」(健康・医療・

生命科学分野)、「リスクマネジメント」(環境・資源・エネルギー分野)、「製品・サービスシステム(PSS)」(サービス化社会分野)である。また、その潜在可能性が注目されているビッグデータ・データアナリシスに関わる細目、「ビッグデータ・CPS・IoT」(ICT・アナリティクス分野)、「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」(健康・医療・生命科学分野)、「アナリティクス」(サービス化社会分野)、や人工知能に関わる細目「人工知能」(ICT・アナリティクス分野)については、国際競争力が低めであるばかりでなく、重要性もあまり高く評価されていない。専門的評価と社会の注目度合との差が見て取れ、技術的可能性と社会応用の可能性・問題点の見極めのための多様な関係者による議論が求められる領域と言える。

図 1-3-1 重要度と国際競争力



(図 1-3-1 続き)



(2) 国際競争力、不確実性・非連続性との関連性

重要度の高いスコア上位 1/3 に含まれる 312 トピックを対象として、国際競争力、不確実性、非連続性の観点から四つのカテゴリに類型化を行った(図 1-3-2)。不確実性及び非連続性は、ブレークスルーの可能性か着実な進展かの指標と解釈した。以下の方法により、上位あるいは下位トピックを抽出し、それぞれのカテゴリの特徴を見た。なお、特性スコアに基づく順位付けによる抽出・分類を行っているため、「高い、低い」の評価は絶対的なものではなく、本調査で取り上げたトピックの中での相対的な位置付けである。

- ① 重要度の高い 312 トピックの中から、不確実性スコアと非連続性スコアの合算値の高い 30 件(上位 10%)及び合算値の低い 30 件(下位 10%)を抽出。
- ② 上述で抽出した上位 30 件、下位 30 件を、それぞれ国際競争力スコアに応じて順位付け。

- ③ 合算値の高い上位 30 件のうち、国際競争力スコアの高い 10 件と低い 10 件をカテゴリ I と II に分類。合算値の低い下位 30 件のうち、国際競争力スコアの低い 10 件と高い 10 件をカテゴリ III と IV に分類。

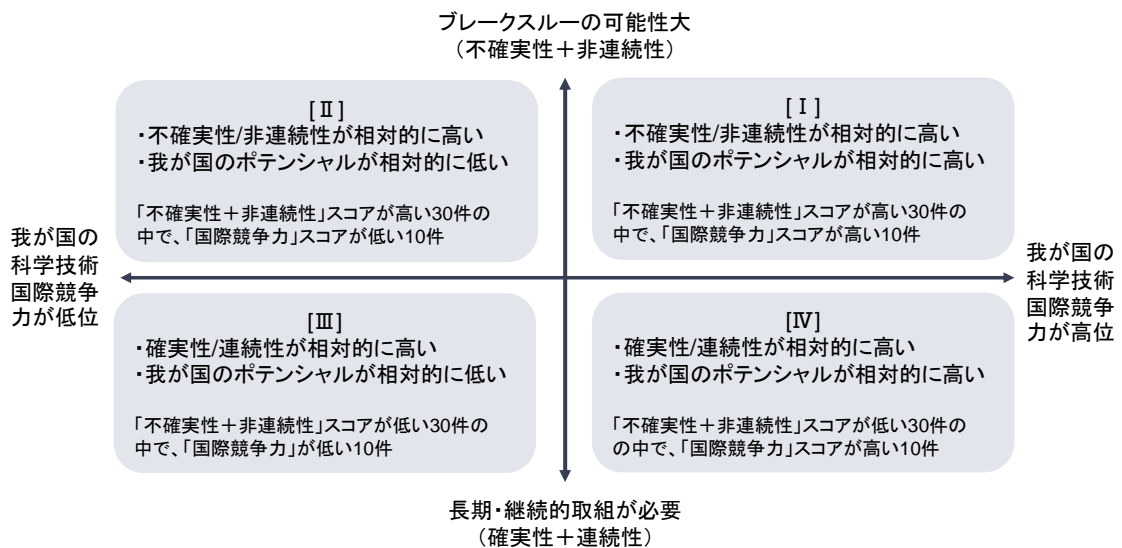
カテゴリ I は、不確実性・非連続性が相対的に高く、我が国のポテンシャルが相対的に高いトピックが分類される。研究開発投資リスクを許容する支援システムにより、我が国において画期的な成果が生まれる可能性がある領域と言える。例として、再生医療、自動車用燃料電池・二次電池、地震発生予測等が挙げられる。

カテゴリ II は、不確実性・非連続性が相対的に高く、カテゴリ I 同様、研究開発投資のリスクを許容した支援が求められる領域である。我が国のポテンシャルが相対的に低いことを考慮した上での推進方策が求められる。例として、サイバーセキュリティ、精神疾患、感染症等が挙げられる。

カテゴリ III は、確実性・連続性が相対的に高いことから、長期的視点で着実に進めていくトピックが分類される。カテゴリ II と同様、我が国のポテンシャルが相対的に低いことから、戦略性を持って進めていく必要がある。例として、ネットワーク技術、健康・医療データ活用、林業、監視等が挙げられる。

カテゴリ IV は、カテゴリ III と同様、長期的視点で着実に進めていくトピックが含まれる。我が国のポテンシャルは相対的に高いことから、継続的な支援を行うことにより成果が見込める領域と言える。例として、ビーム応用(材料、治療)、高効率発電、資源再利用等が挙げられる。

図 1-3-2 重要トピックの類型化



カテゴリ I のトピック

分野	トピック	実現/実装*
ICT	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	2025/2030
健康医療	分化細胞の初期化メカニズムの全容解明	2023/2025
健康医療	分化細胞から遺伝子導入によらず iPS 細胞などの幹細胞を作成する技術	2020/2025
農林水産	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	2023/2025
未踏	M7以上の地震の発生時期(1年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	2030/2032
未踏	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8以上の大規模地震の発生を予測する技術	2030/2030
マテリアル	強相関電子を用いた室温超電導材料	2030/2040
マテリアル	変換効率 50%を超える太陽電池	2025/2030
マテリアル	現行の大きさ、重量でも航続距離が 500km の性能(エネルギー密度 1kWh/kg 以上, 出力密度 1kW/kg 以上)をもつ自動車用二次電池	2025/2030
マテリアル	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	2025/2030

カテゴリ II のトピック

分野	トピック	実現/実装*
ICT	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデルを基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築	2027/2035
ICT	攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	2020/2022
ICT	システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術	2020/2024
健康医療	低分子化合物・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬	2024/2025
健康医療	統合失調症の脳病態解明に基づく、社会復帰に繋がる副作用の少ない新規抗精神病薬	2027/2031
健康医療	うつ病の脳病態による亜型診断分類に基づく、即効性で再発のない新規抗うつ治療法	2025/2029
健康医療	双極性障害の脳病態解明に基づく、再発予防が可能な副作用の少ない新規気分安定薬	2028/2030
健康医療	自閉スペクトラム症の脳病態に基づく、自律的な社会生活を可能とする治療・介入法	2025/2030
健康医療	ウイルス抗原変異等の影響なく、数回の接種で生涯感染予防が可能なインフルエンザワクチン	2025/2030
マテリアル	構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術	2025/2030

カテゴリⅢのトピック

分野	トピック	実現/実装*
ICT	時々刻々と利用可能状態が変化するネットワークへのアクセスを、媒体の変化を利用者が意識することなく提供可能な、有線・無線統合ネットワークの自動構成技術	2020/2022
ICT	システム内部や外部の動作状況に動的に適応するネットワーク仮想化技術によって、所望のサービスが高信頼かつ無停止で提供されるネットワーク	2020/2020
健康医療	ライフスタイルビッグデータ活用による疾病予防法	2020/2025
健康医療	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム	2020/2022
健康医療	病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術	2022/2025
農林水産	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	2024/2025
農林水産	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	2021/2025
農林水産	オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発	2020/2025
未踏	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の24時間高精度監視システム	2025/2025
社会基盤	低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機	2020/2025

カテゴリⅣのトピック

分野	トピック	実現/実装*
健康医療	日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法	2025/2030
未踏	海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術	2020/2025
未踏	軟X線領域でSPring-8を凌駕する中型高輝度放射光施設	2020/2020
未踏	中性子やX線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の3次元応力・ひずみ分布等を可視化し、その場観測する技術	2020/2022
未踏	光ファイバーネットワークによる周波数リンク技術によって、高精度標準、基準信号、位置情報などを遠隔でも同等に利用できる技術(光キャリア周波数を用いたファイバーリンク技術、光コム伝送技術、タイミング同期によるGPS技術の高安定化、超高精度化技術など)	2021/2025
環境資源	効率46%(HHV基準)を実現する720℃級超臨界圧火力発電	2022/2025
環境資源	大規模で高効率のガスタービン(入口温度1700℃以上)による大型複合サイクル発電	2021/2025
環境資源	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	2022/2026
環境資源	途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術	2020/2025
サービス	認知症の徘徊者をはじめ一般消費者が自然に身につけることのできる見守り端末技術が普及する	2020/2022

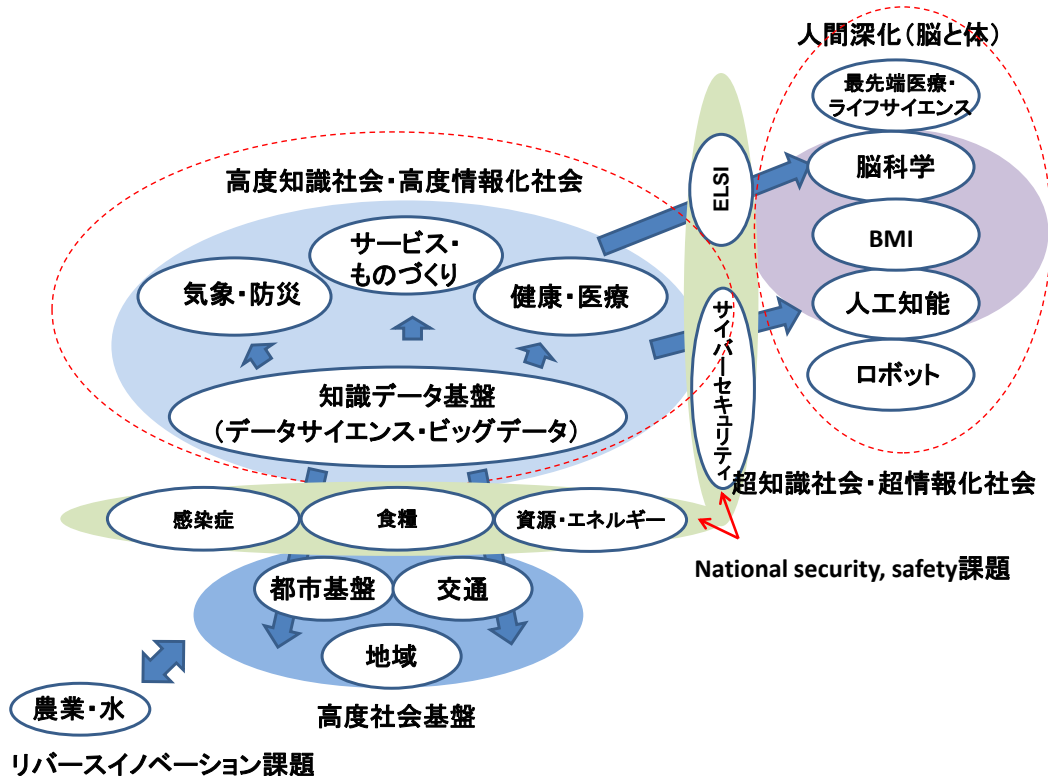
*実現/実装: 技術的实现年/社会実装年

3-2. 発展の方向性

(1) 全体像

本調査においては、ICT の急速な発展を背景に知識データ基盤・データサイエンスを一つの焦点として各分野の課題設定を行った。実現・実装時期も加味して取り上げたトピックを俯瞰すると図1-3-3のようになる。

図 1-3-3 科学技術発展の方向性



まず、知識データ基盤の発展により、高度知識社会・高度情報化社会への方向性が想定される。そこでは、膨大なデータから導き出された有用な情報が各所で利活用される。例えば、気象予測や防災・減災の領域においては、膨大な観測データの整備や非定型データの活用により、事象発生の予測から発生後の状況把握・救助・生活支援に至るまで各所での適正化が図られる。サービス・ものづくりの領域においては、有形の製品と無形のサービスが合体した新たな価値の提供が期待される。また、健康・医療の領域においては、膨大な個人データの収集及び解析に基づき、新たな予防医学や治療が検討されるであろう。さらにその先には、脳科学や人工知能のさらなる発展により、機械が人間の能力にどんどん近づく超知識社会・超情報社会が待ち受ける。その途中には、倫理的・法的・社会的問題(ELSI)やサイバーセキュリティなどへの取り組みが必至である。一方、知識データ基盤は、社会に浸透した現行のシステムや構造物ゆえに急激な変化が難しい社会基盤にも高度化をもたらす。その方向性の鍵となるのは、新興国発展や世界人口増を背景とした食糧、資源・エネルギー問題、また、グローバル化がもたらす新興・再興感染症の世界的拡大への対

応である。また、農業や水問題は、生きる上での最も基本的な要素であり、インフラの未整備な地域が目線での開発がその地域の問題解決に寄与するばかりでなく、想定した地域外でも便益をもたらす可能性がある。

以下では、知識データ基盤の応用先として、図に示した方向性に関連するトピック例を挙げる。

表 1-3-1 将来の方向性に関連するトピック例

○高度知識社会、高度情報社会

分野	トピック	実現/実装*
未踏	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	2025/2025
未踏	津波の即時評価と連動した避難指示システム	2020/2025
社会基盤	ターミナル駅や地下街、複合大規模施設における災害時の避難行動モデル	2020/2024
ICT	エクサ〜ゼタバイトスケールのHPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新（例：全地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化）	2022/2025
マテリアル	構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術	2025/2030
サービス	設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する	2025/2026
ICT	医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス	2021/2025
健康医療	病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術	2022/2025
健康医療	レシピ情報と電子カルテ情報等の統合により作成した全国規模の医療行為・結果データベースに基づく、疾患・治療・アウトカムイベントの即時悉皆型の多次元集計システム	2020/2022

○超知識社会、超情報化社会

分野	トピック	実現時期
ICT	危険を伴う道路・鉄道・電線などのメンテナンス作業を、専門知識とスキルをもつ多数の作業員と連携しながら行うロボット	2023/2025
ICT	HPC技術によるロボットなどに活用できる真の携帯可能な人工知能（例：単なる機能を実現するだけでなく、高度な人工知能により人との関わり合いを実現する、高度な介護・育児などのロボット等の実現。現在の世界トップパソコンの性能を弁当箱程度の大きさでデスクトップPC程度の消費電力で実現する。）	2025/2030
健康医療	個人ゲノム情報、臨床情報、生活行動情報、環境情報などの統合による、個人単位での疾病発症・重症化予測、生活習慣改善介入、診断や治療効果判定を可能にする情報システム	2023/2025
ICT	発話内容や話者の関係を理解し、途中から自然に会話に参加できる人工知能	2025/2030
ICT	はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット	2030/2037

分野	トピック	実現時期
健康医療	筋委縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる運動機能補完ロボット	2025/2029
健康医療	記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明	2030/2035
健康医療	意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明	2035/2040

○高度社会基盤

分野	トピック	実現時期
社会基盤	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム	2025/2027
社会基盤	渋滞抑制、環境負荷低減、道路管理コスト低減等、社会的負荷を総合的に抑制し道路ネットワーク全体を最適化するシステム	2022/2029
社会基盤	信号等の道路インフラおよび走行車両から得られるビッグデータを動的に活用した交通管制サービスシステム	2020/2025
環境資源	途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術	2020/2025
農林水産	農業データ(収量データ)と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術	2025/2030
環境資源	気候変動による食料生産への影響の予測技術	2025/2027
農林水産	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	2025/2028
健康医療	ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム	2025/2028

第Ⅱ編 各分野の結果

本編の内容及び集計結果の見方

第Ⅱ編では、分野ごとに一つの章を立て、各分野の調査結果概要を示す。なお、各章の内容は以下の通りである。

[章立て]

1. ICT・アナリティクス分野の調査結果
2. 健康・医療・生命科学分野の調査結果
3. 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野の調査結果
4. 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の調査結果
5. 環境・資源・エネルギー分野の調査結果
6. マテリアル・デバイス・プロセス分野の調査結果
7. 社会基盤分野の調査結果
8. サービス化社会分野の調査結果

[各章の内容]

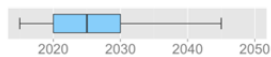
- ◆ 将来の展望
当該分野を担当した委員会の座長による、分野全体を俯瞰した概説
当該分野を担当した委員会の委員による、細目ごとの概説
- ◆ アンケートの回収状況
- ◆ 細目の設定
- ◆ トピックに関する設問について
研究開発特性(重要度、国際競争力、不確実性、非連続性、倫理性)、実現可能性(技術的実現及び社会実装の実現可能性と実現時期の予測)、実現に向けた推進方策
- ◆ 未来科学技術年表
技術的实现、社会実装の実現時期の予測(中央値)に基づく年表
- ◆ 細目別重要トピックにおける要素技術
回答者が重要トピックを選択し、それに関連する要素技術を記述した結果
- ◆ 集計結果一覧

次ページ以降に、集計結果の見方を示す。

集計結果の見方

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的实现	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
人工知能	1	サッカーなどのスポーツで人間に代わって審判を行う人工知能	166	13	35	52	2.63	2.61	2.62	2.38	2.27	2022	

①
②
③
④

技術的实现		技術的实现のための重点施策(%)					社会実装						社会実装のための重点施策(%)					
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅				実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他
								2020	2030	2040	2050							
6.6	8.4	27	25.8	21.4	18.2	7.5	2025		12.0	13.3	10.6	20.5	27.2	35.1	6.6			

⑤
⑥
⑦

① 回答者(数)

② 回答者の専門性

トピックに対する回答者の専門度について、「全くなし」を除いた有効回答者数、及び、有効回答者数に対する「高」「中」「低」の割合(%)を示す。

高 : 現在、トピックに関連した研究又は業務に従事している(文献による調査研究を含む)等により、当該課題に関連した専門的知識を持っている

中 : 過去にトピックに関連した研究又は業務に従事したことがある。あるいは、隣接分野の研究又は業務に従事している等により、当該課題(トピック)に関連した専門的知識をある程度、持っている

低 : トピックに関連した専門的な本や文献を読んだり、専門家の話を聞いたりしたことがある
全くなし: 専門的知識は全くない(以降の設定には回答しない)

③ 研究開発特性

5項目の研究開発特性について、各選択肢に付与した点数をもとに算出したスコアを示す。

重要度 : 科学技術と社会の両面からみた総合的な重要度

国際競争力 : 日本が外国に比べて国際競争力を有すること

不確実性： 研究開発において確率的要素が多く、失敗の許容・複数手法の検討が必要であること

非連続性： 研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的であること

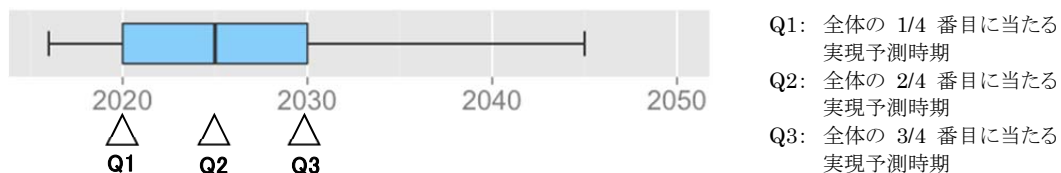
倫理性： 研究開発において倫理性の考慮、社会受容の考慮が必要であること

[選択肢]

非常に高い(4点) 高い(3点) 低い(2点) 非常に低い(1点) わからない

④ 技術的实现

日本を含む世界のどこかでの技術的な実現の可能性について、「実現する」と考える者が回答した実現予測年の中央値及び回答幅を示す。併せて、2050年までに「実現しない」「わからない」と考える者の割合(%)を示す。



⑤ 技術实现のための重点施策

技術的な实现のため、最も重点を置くべき各施策(人材戦略、資源配分、内外の連携・協力、環境整備、その他)が選択された割合(%)を示す。

⑥ 社会実装予測時期

日本社会での実装(日本国内での実装を目的としない、あるいは、実装の場が想定され得ない場合、日本が主体となって行い、海外で実装されることを含む)の可能性について、「実現する」と考える者が回答した実現予測年の中央値及び回答幅を示す。併せて、2050年までに「実現しない」「わからない」と考える者の割合(%)を示す。図示については、④参照。

⑦ 社会実装のための重点施策

日本社会での実装のため、最も重点を置くべき各施策(人材戦略、資源配分、内外の連携・協力、環境整備、その他)が選択された割合(%)を示す。

1. ICT・アナリティクス分野の調査結果

内容

1. 1 将来の展望	49
1. 1. 1. 総論	49
1. 1. 2. 人工知能	50
1. 1. 3. ビジョン・言語処理	51
1. 1. 4. デジタルメディア・データベース	52
1. 1. 5. ハードウェア・アーキテクチャ	53
1. 1. 6. インタラクション	54
1. 1. 7. ネットワーク	56
1. 1. 8. ソフトウェア	57
1. 1. 9. HPC	58
1. 1. 10. 理論	59
1. 1. 11. サイバーセキュリティ	60
1. 1. 12. ビッグデータ・CPS・IoT	61
1. 1. 13. ICTと社会	62
1. 2. アンケートの回収状況	64
1. 3. 細目の設定	65
1. 4. トピックに関する設問について	66
1. 4. 1. トピックの特性	66
1. 4. 2. 技術的実現予測時期	79
1. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策	81
1. 4. 4. 社会実装予測時期	86
1. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策	88
1. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間	93
1. 5. 未来科学技術年表	95
1. 5. 1. 技術的実現予測時期	95
1. 5. 2. 社会実装予測時期	100
1. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術	105
1. 7. 集計結果一覧	124

<概要>

分野細目の設定に当たっては、まず、米国計算機学会 (ACM) や情報処理学会等の学術団体が設定した研究分野を参考にして基礎的な研究分野を設定した。さらに、上記の研究分野分類ではまだ取り上げられていないが、今後急速に重要性が高まると期待される分野を付け加えることとした。その結果、(a) 計算機の必須構成要素である「ハードウェア」、「ソフトウェア」及び必須処理対象に対応する「デジタルメディア・データベース」、(b) 計算機同士あるいは計算機と人間・社会をつなぐ「ネットワーク」、「インタラクション」、(c) 現時点で人間の知能に優位性がある分野を中心に計算機の能力向上を目指す「人工知能」、「ビジョン・言語処理」、(d) 極めて大規模あるいは高度に複雑な計算・データ・システムに焦点をあてた「HPC」、「ビッグデータ・CPS・IoT」、(e) 社会との関係を考え、良い意味での ICT のブレーキ役も果たす「サイバーセキュリティ」、「ICT と社会」、そして、(f) インパクトが大きな研究の基盤となる「理論」の計 12 細目である。

アンケートの結果、総じて重要度が高い、または非常に高いと評価された課題が多かった。重要度に関して回答者の平均点が高かった上位 10 課題を分類すると、HPC やビッグデータに関するもの 5 件、セキュリティ・プライバシーに関するもの 2 件、医療・介護・高齢者支援に関するもの 2 件、防災・減災に関するもの 1 件であった。HPC やビッグデータにより新たなフロンティアを開拓するとともに、我が国で特に問題となっている超高齢社会や災害などに備え、安全・安心な社会を実現することが求められていると考えられる。

技術的実現のための重点施策に関しては、全般的に「人材戦略」、「資源配分」の回答比率が高かった。特に、「理論」と「ソフトウェア」は「人材戦略」の比率が高く、「ネットワーク」は「資源配分」の比率が高い。一方、社会的実装の段階になると「環境整備」の比率が増えてくる。特に高いのは「ビッグデータ・CPS・IoT」である。社会に深く浸透するタイプの技術は、価値が極めて高い可能性がある反面、既存の制度等との不整合が生じやすく「環境整備」が大きな問題となるものと考えられる。研究の領域やフェーズによってかなり違った施策が必要となることが、アンケート結果からうかがえる。

実現・実装の時期に関しては、約 95% の課題の平均値として 2025 年までには技術的に実現され、2030 年までには社会的に実装されるとの回答があった。なお、これらの平均値は「実現しない」や「わからない」という回答を除いて計算されており、「実現しない」や「わからない」の回答比率が高い課題も少なからず存在する。2050 年頃までの予測を行うことを想定して課題を作成したが、予想に反して実現時期の早いものが多かった。ICT は特にイノベーションの加速化が進展している分野であることから、10～15 年以上先のことは専門家に聞いても確信をもって判断をすることが困難であることを反映していると考えられる。

1. 1 将来の展望

1. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲

ICT・アナリティクス分野における研究領域の伝統的な分類に加え、最近特に発展が著しい研究領域の動向にも配慮して 12 の細目を設定した。具体的には、①計算機の必須構成要素である「ハードウェア」、「ソフトウェア」および必須処理対象に対応する「デジタルメディア・データベース」、②計算機同士あるいは計算機と人間・社会をつなぐ「ネットワーク」、「インタラクション」、③現時点で人間の知能に優位性がある分野を中心に計算機の能力向上を目指す「人工知能」、「ビジョン・言語処理」、④極めて大規模あるいは高度に複雑な計算・データ・システムに焦点をあてた「HPC」、「ビッグデータ・CPS・IoT」、⑤社会との関係を考え、良い意味での ICT のブレーキ役も果たす「サイバーセキュリティ」、「ICTと社会」、そして、⑥インパクトが大きな研究の基盤となる「理論」の計 12 細目である。

(2) 結果の総括

アンケートの結果、総じて重要度が高いまたは非常に高いと評価されたトピックが多かった。重要度に関して回答者の平均点が高かった上位 10 件を分類すると、HPC やビッグデータに関するもの 5 件、セキュリティ・プライバシーに関するもの 2 件、医療・介護・高齢者支援に関するもの 2 件、防災・減災に関するもの 1 件であった。HPC やビッグデータにより新たなフロンティアを開拓するとともに、我が国で特に問題となっている超高齢社会や災害などに備え、安全・安心な社会を実現することが求められていると考えられる。

一方、国際競争力に関しては、細目で分類すると「HPC」や「ネットワーク」が比較的強く、「サイバーセキュリティ」や「ソフトウェア」は重要度こそ高いものの比較的弱いとの結果であった。「ビッグデータ・CPS・IoT」や「ICT と社会」も比較的弱い。国際的に強い領域を伸ばすとともに、今後の社会の発展のために重要だが弱い領域の補強も考える必要がある。

技術的実現のための重点施策に関しては、全般的に「人材戦略」、「資源配分」の回答割合が高かった。特に、「理論」と「ソフトウェア」は「人材戦略」の割合が高く、「ネットワーク」は「資源配分」の割合が高い。一方、社会実装の段階になると「環境整備」の割合が増えてくる。特に高いのは「ビッグデータ・CPS・IoT」である。社会に深く浸透するタイプの技術は、価値が極めて高い可能性がある反面、既存の制度等との不整合が生じやすく「環境整備」が大きな問題となるのであろう。研究の領域やフェーズによってかなり違った施策が必要となることが、アンケート結果から窺える。

実現・実装の時期に関しては、約 95%のトピックで平均すると 2025 年までには技術的に実現され、ほぼ同数のトピックで平均すると 2030 年までには社会実装されるとの回答があった。なお、これらの平均値は「実現しない」や「わからない」という回答を除いて計算されており、「実現しない」や「わからない」の回答割合が高いトピックも少なからず存在する。2050 年頃までの予測を行うことを想定してトピックを作成したが、予想に反して実現時期が早いものが多かった。IT は特にイノベーションの加速化が進展している分野であることから、10～15 年以上先のことは専門家に聞いても確信をもって判断をすることが困難であることを反映していると考えられる。

(3) 今後の展望

アンケートの結果に基づき、ICT・アナリティクス分野の発展の方向性として重要と思われる点を示す。

まず、ムーアの法則に代表される指数的な成長が、この分野ではベースラインとなるが、物理限界や電力消費量の問題により、その成長率の余地が低下しているという危惧もある。だが、画期的な計算方式等の考案や ICT が創出するネットワーク効果によりベースラインをはるかに上回る成長が可能となることもある。この急速な成長をドライビングフォースとして、技術的あるいは経済的に従来は到達不可能であった領域を次々に切り拓いて

行くところに ICT の魅力がある。このような成長を加速し、新領域を切り拓く技術の研究開発は重要であり、ビッグデータ、HPC、ハードウェア、ネットワーク、理論などの広範な分野で研究開発の進展を支援する施策が重要となろう。

今後、IoT からのデータ創出量が爆発的に増大し、それにともないビッグデータ・アナリティクスの主戦場がシフトすることが予想される。また、ICT の「共有によるシナジー」を創出する力が、オープンデータの流れを加速させ、オープンサイエンスとともに産業界にも大きな影響を与えるであろう。データの利活用は一層加速され、Future Earth のような国際連携活動にも大きく貢献することが期待される。他の分野の調査結果でも言及されているように、これらは ICT・アナリティクス分野にとどまらず、広範な諸分野の研究開発の発展に資するものである。このとき、ICT の研究開発競争の焦点として、多様な解析技術を搭載したデータプラットフォームが重要となる。リアルタイム解析とビッグデータの融合、HPC と連携したシステム研究なども重要となるであろう。

一方、ICT の社会実装が加速され、人々の日々の生活により大きな影響を与えるようになればなるほど、情報の取り扱いにはより一層慎重な態度が求められるようになる。たとえば教育分野では、オンライン教育の普及により膨大な学習データが取得可能となってきた。学習効果をより向上させるために、学習履歴に加え、学習者の行動や健康状態のデータ(睡眠時間、血糖値等)なども統合してデータ解析を行うことが有効であることは容易に想像される。しかし、このようなシナリオには、未成年者の学習履歴のような機微な情報を秘匿すべきか、それとも限定的に共有すべきか等の丁寧な議論を避けては通れない課題がある。いわゆる ELSI の問題であり、情報分野と人文社会学との連携研究が不可欠と考えられる。

(喜連川 優)

1. 1. 2. 人工知能

(1) 本細目の検討範囲

1956 年のダートマス会議を契機に世界で本格的な取り組みの始まった人工知能分野において、コンピュータによって人間のように高い知性を持つ情報処理の実現をめざした研究開発が続けられてきた。人工知能技術は、1980 年代前半の人工知能ブームに続くいわゆる冬の時代を越えて、2010 年前後から、ビッグデータに支えられた機械学習・データマイニング技術の中核として、知覚・メディア情報処理技術、空間情報処理、ロボット技術と融合した成果が、Siri、IBM ワトソン、自動運転車といった実体として開花し、社会に大きなインパクトを与えた。今や人工知能の手法は数学的にも整備され、ビッグデータから価値を創出する多くの応用技術を支える基盤技術として定着し、大きな社会変革を引き起こす原動力として注目を浴びている。

(2) 本細目のトピック

人工知能技術に最近急速に注目が高まったのは、従来から蓄積されてきた多様な研究成果が計算基盤の発達でスケールアップしたこと、ビッグデータによって機械学習・データマイニングが効果を発揮する条件が整ったこと、Kinect に代表されるセンサー技術・ロボットに代表されるアクチュエータ技術の発展で物理世界とのインターフェースが整ったこと、ICT の成熟に伴い、知能情報処理による付加価値の要請が急速に高まったことなど、多くの要因が相乗したものであると考えられる。そのようなシーズ、その活用方法、今後の発展の方向を、専門家がどう捉えているかを解明することが本調査における主な狙いであった。本細目に関しては、技術活用に関するもの6項目、その基盤となるもの2項目、基礎研究に関わるもの1項目からなる9個の調査項目を設定した。なお、ビッグデータの活用技術は人工知能研究者たちが長い間取り組んできた課題であり、膨大な成果の蓄積もあるが、この話題により特化した項目(ビッグデータ)があったので、この細目での調査からは除外した。また、人工知能の能力が人間の専門家の能力を上回るかどうかといった純粋なエポックメイキングに関わる課題も除外し、社会実装されたとき市民生活や産業経済により直接的に影響を及ぼすと考えられる課題に重点をおい

た。

調査の結果、トピック 2 の高度な知識・知能を必要とする危険作業代行知能ロボット、トピック 3 の自立支援ロボットといった高い社会的要請があるという意識が共有されている出口イメージについては、重要性の認識が共有されるとともに、我が国の競争力も高く、実現の見通しも高く、技術的实现時期は 2023～2025 年くらいになるという予測が得られた。人工知能技術発展の次のステップとなると考えられる一般性の高い課題である、トピック 6 の専門知識写しとりや、トピック(7)の発達機能をもつ人工知能については、社会実装年はそれぞれ 2030 年、2037 年と困難である課題であると考えられる一方で、重要性が高い課題であると考えられていると解釈できる。他方、トピック 1 スポーツの人工知能審判、トピック 4 民事調停支援、トピック 9 バーチャル俳優などの狭い課題については、回答を平均すると重要が低いと考えられていることが分かった。トピック 5 人工知能による語学教師についてもこれに準じる。トピック 8 テレビドラマの内容が 90%理解できる知能技術については、登場人物の心の動きやそのコミュニケーション行動への表れ、さらには脚本家やディレクターや俳優の解釈が重層した表現など、人間の常識とコミュニケーションについての非常に高度な解釈能力が必要とされる課題であるが、回答を平均すると、すでに技術的にはかなり実現が進んでいると考えられている。

(3) 今後の展望

短期的には、人間と人工知能がチームとなって課題解決に当たるハイブリッド型ソリューションが主流となると考えられる。そこでは、人間社会と人工システムとの円滑で堅固な関係性の構築と発展が重要である。人間と人工知能のチームのつくり方、そこで生じた知の伝承と発展のシステム化、人間・人工知能チームの社会実装などについての実践的な取り組みが必要である。他方、広範な応用に対して機能する汎用性の高い課題の研究開発を進めるべきであるという意識はいまだに高く、個別課題への取り組み意欲は必ずしも高くない。長期的には、社会的及び倫理的視点からの検討を踏まえたうえで人工知能の汎用的な知的能力を高めていくことが必要であるが、それに並行して、現在の人工知能技術はすでに十分なポテンシャルがあるので、短期的には社会実装、つまり、社会での人工知能活用法にもっと徹底的に取り組むべきであろう。個別課題の社会実装を展開することは、人工知能の長期的な課題に関わる有益で実践的な知見を得るためにも重要である。

(西田 豊明)

1. 1. 3. ビジョン・言語処理

(1) 本細目の検討範囲

ビジョン・言語処理は、映像・画像や音声言語・文字言語など、視聴覚から入力される人間の知的活動の源泉となる情報を取り扱うもので、コンピュータによる知的情報処理、人々の知的活動支援の根本をなす研究開発分野である。

近年、コンピュータ環境の劇的進展、ウェブをはじめとする大規模データ、いわゆるビッグデータの出現、さらに、データに正解を与えて解析器を学習する機械学習の発展があり、従来は非常に困難であった物体認識、音声認識、構文解析など、ビジョン・言語処理の基本処理の精度が劇的に改善した。これにともない、クイズ番組で人間のチャンピオンに勝利した IBM の質問応答システム Watson、Siri やしゃべってコンシェルなどの音声対話システム、Google などの情報サービスの高度化等々、人々の知的活動を支援し、将来的には社会を変革する応用システムの可能性が見えつつある。最近では人工知能の発展に対する懸念の声が聞かれるようになってきたほどであるが、これはおもにビジョン・言語処理の進展に対するものである。

このような状況を踏まえ、本細目では画像・映像認識、機械翻訳、情報分析などに立脚し、意味解析、知識処理などの進展を必要とするトピックを設定した。

(2) 本細目のトピック

ビジョン・言語処理のアンケート結果を俯瞰すると、ICT 分野内の相対において、国際競争力は比較的高く、重要度は中程度であった。国際競争力が特に高いと回答されたトピックは機械翻訳や、意味解析によるウェブ情報分析などであり、これらは、従来から我が国が高い国際競争力を有する分野である。

また、全体として実現性は高く、不確実性・非連続性は低いという傾向にあった。この結果は、これまでビジョン・言語処理の分野が、データをきちっと集積し解析するということをベースに、いわば「地に足がついた」形で継続的に発展してきたこととも関連しているものと考えられる。このような順調な進展の延長線上で、社会に大きなインパクトを及ぼすシステムの実現があと一歩であるという期待が感じられる。

実現年については、すべてのトピックについて技術実現年が2020～2025年、社会実装年はその5年後という結果であり、ICT 全般に共通することであるが、技術実現から社会実装へは比較的短時間で移行できると認識されている。また、技術実現のための重点施策としては、意味解析によるウェブ情報分析、発話を理解する人工知能などにおいて人材戦略が重要であり、機械翻訳関係においては資源配分が重要であるとの結果であった。

(3) 今後の展望

本細目のトピックに対して重要度が中程度という回答が多かったことは、当該分野の進展が堅調であり、実現可能性が高いこととも関係していると考えられる。一方、細目「人工知能」において重要度が高いトピック、たとえば、専門知識をもつメンテナンス作業ロボットや高齢者・障害者自立支援システムなどについても、ビジョン・言語処理がその基盤となることは明らかである。次世代の高度知識情報処理分野において日本がイニシアチブをとるためにも、ビジョン・言語処理の技術発展の継続、国際競争力の維持が重要であり、政府が取り組むべき重要な分野の1つであると考えられる。

なお、アンケートのコメントにおいて目立ったものとしては、ビジョン・言語処理の発展を支えているデータの収集・利用を妨げないために著作権やプライバシー情報の取扱いに関する法律等を整備する必要がある、また、今後本格的に取り組むべき意味解析、知識処理の技術開発において、外資系 ICT 企業等と比して競争力のある形で人材育成、人材確保を行う必要がある、などの指摘があった。

(黒橋 禎夫)

1. 1. 4. デジタルメディア・データベース

(1) 本細目の検討範囲

本細目のトピックを設定した背景として、我が国の IT 政策(世界最先端 IT 国家創造宣言(平成 25 年 6 月 14 日閣議決定))で謳われている「情報資源/データ立国に向けてのオープンデータ/ビッグデータの利活用」がある。ウェブなどのインターネット情報、人の情報であるソーシャルメディア情報、実世界のセンサー情報が情報資源として巨大化しており、このようなビッグデータを利活用できるようにするためのトピックとして、本細目では、特に、デジタルコンテンツの獲得・保存・検索・分析・利活用技術として、次のようなトピックを設定した。

①映像コンテンツの個人適応型検索技術、②ライフログデータや身体データ等の個人の日常的なデータの獲得・検索・分析技術、③ソーシャルアノテーションと認識技術を併用したコンテンツのメタデータ生成技術、④放送・通信・マスメディア等で配信されるコンテンツのアーカイブ・利活用技術、⑤状況や達成目的で検索出来る新しい情報検索技術、⑥社会に配備される多種多様なセンサーのデータの統合・利活用技術、⑦ソーシャルメディアデータ分析による行動予測技術、⑧ウェブ・ソーシャルメディアの情報や、これらをマイニングして得られる知識の信憑性分析技術、⑨個人情報保護しつつ個人ビッグデータを分析する技術

ビッグデータの利活用に関しては、他の細目「ビッグデータ・CPS・IoT」でもトピックが設定されたが、この細目のトピックは、主に、ビッグデータの獲得・処理のためのハードウェア基盤、プラットフォーム技術、社会への応用

システムに焦点をあてたものである。一方、本細目は、ビッグデータの獲得・保存・検索・分析・利活用に関するソフトウェア技術に焦点をあてたものとなっている。

(2) 本細目のトピック

ICT・アナリティクス分野では 12 の細目が設定されたが、アンケート調査で、本細目のトピックは、その重要度・優先度は比較的高く (12 細目中 6 位)、研究開発における失敗の許容などが必要な「不確実性」や「革新性」は小さいと評価されている。一方、本細目は、社会における情報の取り扱いに関連するトピックを多く含んでいることから、「トピックの倫理性」(研究開発において倫理性や社会受容の考慮が必要なトピック)は極めて大きいと評価されている (ICT・アナリティクス分野の倫理性の高いトピック上位 20 件の中に 5 件が入る)。さらに、本細目のトピックは、他の細目に比べて技術的实现時期が早いと予測されている。トピックの実現のため最も重点を置くべき施策については、本細目のトピックや関連する細目 (ビッグデータ) の多くのトピックが「環境整備」が必要と評価されている。総じて、当該細目のトピックの重要度、国際競争力は、比較的高いが、12 細目中ですべても中位にあると評価されている。

(3) 今後の展望

ウェブなどのインターネット情報、人の情報であるソーシャルメディア情報、実世界のセンサー情報が情報資源として巨大化しているが、これらの情報資源を我が国として充実していくとともに、このような情報資源を検索・分析するための諸技術を開発していく必要がある。我が国は、利活用できるようなビッグデータの整備も遅れていると判断でき、また、ビッグデータを検索・分析してより高品質な知を創出していくための情報検索技術、情報分析技術も遅れているものと考えられる。この意味で、当該細目の研究開発をより進めていく必要があると考えられる。

(田中 克己)

1. 1. 5. ハードウェア・アーキテクチャ

(1) 本細目の検討範囲

本細目は、ICT に関連したハードウェア・アーキテクチャ全般を含む。コンピュータや液晶 TV のように、電子機器単体で価値を出す物理的実体を持った「情報システム」を実現するための研究分野である。要素技術の研究と要素技術を統合するためのシステムデザイン、及びそれらのディペンダビリティ・セキュリティに関する研究も含まれる。特に、テーマとして低消費電力、低環境負荷 (製造、運用、廃棄のライフサイクルを通じて)、小型化等がある。

(2) 本細目のトピック

本細目のトピック設定にあたり、「要素技術」と「システム技術」、「既存技術のスケーリング」と「新原理」に細分し、これらの組み合わせによって構成した。

- ・要素技術スケーリング系トピック 26～29
- ・新原理要素技術系トピック 30、31
- ・究極システムイメージ系トピック 32、33
- ・新原理システム系トピック 34、35

細目別比較の結果を参照すると、本細目の重要度と国際競争力は平均程度だが、不確実性は最も高い。また、非連続性も HPC に次いで 2 番目に高い。この特徴は、「100 億のニューロンと 100 兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム (トピック 34)」、「10k 量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ (トピック 35)」、「血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム (トピック 33)」によるところが大きい。トピック 34 と

35 は「技術的に実現しない」「社会実装しない」との回答割合も高い。また、トピック「スピントロニクスの原理に基づき情報処理を行うロジック LSI(トピック 30)」は国際競争力及び非連続性の高い上位 20 件に入っている。

技術的実現時期としては、2021～2025 年とする回答が最も多い。技術的実現に向けた重点施策としては資源配分が最も高く、次に人材戦略となっている。特にトピック「三次元積層技術により異種チップ(CPU・メモリ・センサーなど)が 10 層以上積層された LSI(トピック 27)」は細目別に見ても資源配分が重要との回答割合が高く、上位 5 トピックに入っている。

社会実装時期としては、2021～2025 年とする回答が最も多い。社会実装に向けた重点施策としては資源配分が最も高く、細目別に見てもネットワークに次いで 2 番目に高い。他方、環境整備については他の細目より低い傾向がある。

(3) 今後の展望

本細目の特徴の一つに、技術体系が極めて高度で、かつ研究開発などへの投資が莫大であることが挙げられる。現状、日本では多くの企業が産業競争力を失いつつある中で、米国では IBM やインテルなどの企業が将来のために必要な先進テクノロジーのリーダーシップに向けて着手しており、欧州でも IMEC などにおける国際的共同研究が活性化している。

本調査結果でも明らかになったように、本細目は非連続性や不確実性の高いトピックが多い。これらのトピックを国内企業の自助努力に任せることは、高水準での産業競争力の維持という観点でリスクが高いと言える。既存の強みを活かしつつ、量子コンピュータや脳型コンピューティングも含めて、資源配分を中心とする施策をより進めていく必要があると考えられる。

(事務局)

1. 1. 6. インタラクシオン

(1) 本細目の検討範囲

本細目は、計算機と人間の間のインターフェース、あるいは、それをさらに発展させたものとして、計算機システムによって人間の活動や生活をどのようにサポートしていくか、についての研究開発について扱う。当該分野における研究開発は、当初、マウスやキーボードを利用したワークステーションやPCを対象とした計算機インターフェースを対象として始まった。しかし、近年、スマートフォンやウェアラブルコンピュータ、および多様なセンサーや表示装置の普及を背景とし、より広い意味での計算機システム・情報化デバイスとのインタラクシオンを対象とするものとして発展してきている。今日の我々は、ほぼ 24 時間なんらかの計算機システムと接して生活しているといえ、当該分野の研究開発は非常に重要であるといえる。

今回の調査では、今後 25 年～50 年程度の間の実現される、あるいは実現を目指すべきと考えられる研究開発項目を集め、その中から比較的重要と思われるものを整理して列挙してアンケート調査を行った。前回の項目を出発点とし、その中から実現済みのものや漠然としすぎているもの、実現は不可能であろうと思われるものを削除し、最近の研究開発動向および社会状況を考慮して新しい項目をいくつか追加した。

(2) 本細目のトピック

本細目における項目で、重要度が高いと判断されたもの上位 3 件は以下であった。これらの 3 項目については、実現可能性も十分高いものと考えられており、技術的実現年としては 2020 年ごろ、社会実装年としては 2025 年ごろとの回答が多くなっている。

43: 視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス

- 42: ネットワーク越しでつながれた多くのユーザーの知恵を集めて複雑な問題を解決する技術
- 36: ウェアラブル生体信号センサーから得た情報を基にユーザーの意図を理解し、コンピュータの操作（メニューの選択や文章の入力など）を行う技術

トピック 43 は、情報機器、およびセンサー・アクチュエータなどの入出力機器の小型化、高性能化を背景に近年注目を集めている分野である。人間の知覚能力を拡張する技術としては、実世界の映像の上に、計算機の出力した情報を提示する拡張現実感がすでに実用化されている。身体能力の拡張としては、たとえば人間の身体に外から装着して歩行や運搬を支援したりする外骨格型ロボットなどが実用化されている。本項目で想定しているものは、これらをさらに拡張したものであり、社会的な要請は非常に高いものと考えられる。

トピック 43 が、物理的な世界における個人の活動を支援するものであるとすると、42 は集団としての人間が知的な問題を解決することを支援するものであるといえる。このようなネットワークを介した協調問題解決についてはソーシャルコンピューティングやクラウドソーシングといった形ですでに一部実用化されている他、より多様な問題解決への応用を目指して研究開発が活発に行われている。

トピック 36 は、もう少し細かいレベルでの、人間と計算機システムとのインタラクションに関する技術に関するものである。現状の計算機を操作するためには、メニューやボタンなどによって明示的に計算機に対して指示を出す必要がある。本項目で想定しているものは、そのような明示的な指示をせずとも、センサー情報などによってユーザーの意図を推測して自動的に実行するものであり、計算機操作を劇的に効率化することができるものと期待できる。

重要度の低いトピックとしては、トピック 44「個人の体験を、視覚情報のみならず匂いや温度などの感覚情報に加えて、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを伝達・体験・共有できるようにするメディア」が、トピックの不確実性の高いトピックとしては、トピック 39「発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置」などが挙げられている。トピック 44については、音声や映像を超える究極のメディアとして期待されるものであるが、本アンケート結果を見る限り、単に伝えるだけのメディアの重要度はあまり高くないと判断されたようである。トピック 39 については、被験者が思い浮かべている映像を脳波測定によって外部から推測する技術などが試験的に実現されており、これらが発展することで一部可能になると考えたが、アンケート結果では否定的であった。

全体的に、実現のための重点施策については、主に人材戦略と資源配分が重要であると回答されている。一般的に、技術的实现のためには人材戦略が、社会実装のためには資源配分が重要であるとの回答が多い。

(3) 今後の展望

当該細目で扱った、人間の能力を拡大する技術は、情報技術の発展とともにますます重要になっていくものと考えられる。まったく別の方向性として、人間の能力を拡張するのではなく、計算機やロボットの知的・身体的能力が高度化して、全自動で問題を解いたり作業したりできるようにするという考え方もある。しかし、それでも、何をしてほしいか・どんな問題を解くべきなのかを指定したり、問題解決して得られた結果を受け取ったりするのは最終的には人間であり、そのためのインタラクション手法の研究開発は不可欠であるといえる。

また、情報系の他分野の研究においては、目的が明らかであることが多い(ネットワークやHPCでは高速化、セキュリティでは安全性の向上、ビジョンや言語処理では性能の向上など)のに対し、インタラクション分野の研究開発は目的自体を探索するという側面がある。もともとは、単に計算機操作の効率を上げるという研究から始まっているが、現在は、計算機技術を利用して何をしたら人間の生活をより豊かに、満足度の高いものにできるかを模索していく、ということが重要になってきており、これが当該分野の焦点となってきた。その意味では、具体的なテーマをあらかじめ設定して、重要度や実現可能性をはかる本調査のような調査方法では、本質をとらえきれないのではとの懸念も残る。

(五十嵐 健夫)

1. 1. 7. ネットワーク

(1) 本細目の検討範囲

ネットワークは情報通信分野の発展の基盤をなすだけでなく、近年では、安心安全さらに信頼のできる社会を実現するためのさまざまな課題を解決するために、関連分野からの要請に応えながらさらなる発展が期待されている。さらに、新たな社会価値を創出するコア技術として、我が国の科学技術や関連する産業の発展においてますます重要になっている。本細目では、これらの視点に基づいて、情報通信基盤をなす光通信技術や無線通信技術に関する分野、それらを基盤として情報通信技術の社会展開の要請に柔軟に応えるための制御技術や管理技術に関する分野、今後の潮流として新たな情報流通基盤に関する分野から、特に今後重要と考えられるトピックを抽出した。情報流通基盤に関しては特に、今後発展が期待される IoT (Internet of Things) を支える基盤技術として、情報を名前によってアクセスすることが可能な ICN (Information Centric Network) 技術に焦点を絞っている。また、セキュリティ技術はネットワーク分野においても最重要項目のひとつであるが、細目「サイバーセキュリティ」に他の項目と併せて記載している。

(2) 本細目のトピック

本調査においては、光／無線通信技術など高速大容量化の観点からリニアな発展を確実に遂げてきた項目についても不確実性・非連続性を問うトピックを含めて設定したが、全体として国際競争力の高さが改めて示された。その結果、光／無線通信技術の高速大容量化をねらう項目に対しては国際競争力の維持を目的に資源配分の重要性が指摘されているが、特に最近の我が国の状況に鑑み、平常時と災害時においてシームレスに利用可能なネットワーク技術、消費電力を飛躍的に低減するルータ技術(現在に比して 1/10)や光通信技術(1/1000)に対して、研究開発のさらなる推進の必要性が指摘されている。

一方、非連続性が要求される項目として掲げた、電子回路との融合も含めた光通信技術の柔軟な構成技術、大規模 MIMO と端末との連携によるアクセス技術、有無線統合ネットワーク自動構成技術、大規模ネットワークの自己組織化による高信頼化技術等については、その重要性は認識されているものの、実現年については技術実現・社会実装とも確度が低い結果になっている。そのため、資源配分の重要性とともに、それらの研究開発を推進する人材育成の必要性を指摘する割合が、他の項目に比較して大きい結果となっている。ネットワーク分野においては、研究開発を推進することによって国際競争力を発揮すると同時に、相互接続技術や標準化など国際連携も欠かせない。ネットワーク仮想化については、その実現のために国際連携の重要性を指摘する割合が高くなっている。

(3) 今後の展望

以上まとめると、今回の調査によって以下が明らかになった。①高速大容量化をねらう光／無線通信技術については、国際競争力を維持するために継続的に研究開発を推進すること、②特に低消費電力化や災害耐性の強化技術などについては、研究開発を一層促進し、我が国の強みを発揮すること、③仮想化技術など相互接続技術も重要なものについては国際連携を積極的に推進すること、④ネットワークの自動構成・自己組織化管理制御技術や新しい情報流通基盤については、研究開発の推進だけでなく、将来の研究開発を担う人材育成も重要であること、が肝要である。特に、アンケートにおいても指摘されているように、新しいアーキテクチャを産み出す発想力と実行力、それらに基づいて統合的なシステムを構築できる研究開発人材の育成は、今後の社会実装に向けて喫緊の課題である。なお、QoE (Quality of Excellence) については、今回の調査では無線ネットワーク上の 8K 映像の品質に焦点を充てた項目としたが、人間工学や認知心理学との融合による研究開発が今後必要であると考えられる。

(村田 正幸)

1. 1. 8. ソフトウェア

(1) 本細目の検討範囲

ソフトウェアは、ICT の発展と歩調を合わせ、広く社会に普及・浸透した。数十年前ならソフトウェアの社会的インパクトはほぼゼロであったが、今日では情報通信や金融はもちろん、物流もエネルギーの供給もソフトウェアに依存している。もしソフトウェアがある日突然消えてしまったら、スマホが使えないという程度では済まず、大変な混乱や悲劇が発生することはほぼ確実である。今後 2050 年にかけて、ソフトウェアはさらに広く深く社会に根を下ろし、今まで以上に重要性を増していくであろう。また、産業面では、ソフトウェアが付加価値を生み出す傾向が高まっており、迅速かつ確実にソフトウェアを開発する能力が経済競争力をも左右する。

ソフトウェアの研究開発戦略を練る際に、従来は、複雑な機能を設計・実現し、環境の変化に耐えることに焦点を当てる傾向が強かった。一方、近年の傾向から将来を予測すると、ソフトウェアのセキュリティ、信頼性、安全性、可用性、弾力性などがより重視されるであろう。故障やサイバー攻撃に耐える情報システムをいかに構築し、自動運転車のような誤動作が人命にも影響するシステムの安全性をいかに保証するか等々が問題となる。今回のアンケートでは、バグの削減、ディペンダビリティやセキュリティの向上、CPS や重要インフラの安全性などを中心にトピックを設定した。

(2) 本細目のトピック

アンケート結果から伺える第一の点は、ソフトウェアの安全性を重視する傾向である。本細目で重要性について最高評価を得たトピックは、トピック 63「リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術」、2 番目はトピック 65「物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム(ロボット、自動運転車、医療システムなど)のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術」であった。サイバー攻撃がますます巧妙になってきたこと、CPS や組込みシステムへの注目が高いことなども影響していると考えられる。欧米で多額の研究開発投資が行われている分野とも重なる。

第二の点は「人材戦略」を重点施策にすべきとの回答が多いことである。記述式の回答では、「人の問題が占める割合が高い」、「先端技術を現場では使いこなせない」などの指摘が目についた。研究人材より現場の人材の質に対する危機感が感じられる。産業構造を考えると、一握りのトップ技術者だけでなく、多数の並の技術者にも使える技術が必要であり、ユーザビリティの高い自動化ツールの研究開発などが重要と思われる。

第三の点は、記述式の回答の中に、安全性や可用性のレベルはコストとのトレードオフで決まるとの指摘が見られたことである。安全性や可用性のためには追加コストが必要で、インセンティブがなければ、技術があっても使われない。社会実装のためには、安全基準などの制度設計も合わせて考える必要があるだろう。

(3) 今後の展望

ICT の新アイデアを社会で活用するためには、多くの場合、ソフトウェアとして実現する必要がある。社会インフラを制御するソフトウェアの安全性・安定性の保証、新しい戦略的分野で付加価値を生むソフトウェアの迅速な開発などを支援する技術の研究開発が重要である。関連するトピックは多岐にわたるが、例をあげると、前者に関してはセキュアなソフトウェアの構築方式、後者に関しては CPS や組込みシステムのソフトウェアの開発方式がある。

このようなトピック群に対し、①形式モデルや形式検証などの厳密な議論の土台を構築し、②一般的な技術者が利用可能なツールを提供することが最低限必要であろう。さらに、③効果もコストも低い方式から両方高い方式までポートフォリオを充実させ、④個別開発案件のリスクとコストを評価する方式を確立することが、適切な設計のために必要である。その際には、⑤モジュラーな検証や検証の再利用を行い易いアーキテクチャの考案なども考えるべきである。さらに、⑥生命、財産、プライバシー保護などに関する社会的コンセンサスを確立し、適切なインセンティブをもたらす制度の設計も求められる。

(柴山悦哉)

1. 1. 9. HPC

(1) 本細目の検討範囲

HPC あるいはそのプラットフォームであるスーパーコンピュータは、常に ICT 分野の大規模高速システムの最先端の技術分野として推移してきた。我が国では 2002 年の地球シミュレータ、2011 年の京コンピュータに続き、2020 年に「フラッグシップ 2020」という名称のポスト京コンピュータの開発が開始されている。最終的な性能は技術および予算的な状況で流動的だが、2020 年度までに世界のトップクラスの数百ペタフロップスの性能が実現される予定である。

スーパーコンピュータの有用性は二つに大きく分けられる；一つはその莫大な能力を活用し、通常の計算機では不可能なシミュレーションやデータ処理を行う科学・産業・社会における様々な問題解決の道具とすることである。特に、近年では単なる理論はあるも、実験では観測が不可能な事象が多く扱われており、シミュレーションは第三の手法として多く活用されている。もう一つは、ICT における技術先導的イノベーションの役割を果たす事であり、そこで開発・あるいは実証された技術が他の ICT 分野において活用されていく事である。例えば、HPC は、ペタフロップスから将来のエクサフロップスへの大規模システム開発において真っ先に電力効率の問題に直面し、その解決の手法は種々の ICT システムの省電力の技術イノベーションをもたらし、その一部は一般 IDC にも活用されつつある。

HPC 分野の研究開発戦略を練る際に、今までは我が国では単純に HPC 専用のプラットフォームに集中することが多かった。しかしながら、現在の ICT プラットフォーム分野全体において、その複雑性が常に増加し、フトウェアエコシステムの連続性、信頼・安全性、可用性、弾力性、省エネ性などが重視される中、世界の潮流としては IT システムベンダが HPC を技術的船頭とするも、IDC・クラウド・ビッグデータとの連続性を最重要視している。よって、今後の研究開発においても、単に HPC だけでなく、今後の ICT 全体の発展の観点からの施策が必須となる。

(2) 本細目のトピック

アンケート結果においても、HPC の各トピックは非常に点数が高く、かつ技術項目が ICT における根幹的な研究開発項目であることからして、(1)の后者の観点が重要視されている。

特に上位項目として挙がっているのは、73、74の超大規模スパコンや IDC において、現在の電力性能比率を 100 倍程度に高めるデバイスからシステムソフトウェアに至るまでの総合的な技術である。これは、処理能力の増加要求に伴い電力が数十メガワット級に肥大しつつある一般 IDC において、情報インフラ尾電力性能比が大きな社会問題となりつつある事が大きな要因であろう。ここで HPC においては、従来の IDC での手法であるコンソリデーションや DVFS などの手法のみならず、積極的なデバイスや新アーキテクチャの採用、それらに伴う新たな省電力システムソフトウェアやアルゴリズム・アプリケーションが課題となっている。

また、もう一つは 65、70 のエクサ～ゼタバイトスケールの HPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新であり、ビッグデータ・IoT 時代において莫大なデータと、それにたいする複雑な処理要求に対処するシステム技術を確保するとともに、HPC の産業利用においても、従来の単発のシミュレーションにおける性能至上主義から、実際の計測や実験との整合性や最適化を図るデータ同化や逆問題解法の効率化にシフトする事が重要であろう。

三番目には、71の超並列化・大規模化および不揮発性メモリなどの登場と、省電力やコストの制約によって生じる深いメモリ階層などに対する新しいアルゴリズムや、それをサポートする言語やシステムソフトウェアであり、スケーラブルな数値アルゴリズム、通信同期削減アルゴリズム、近似や精度を落とす計算手法、上記のアルゴリズムを容易にプログラミング可能にする言語や、それらの性能モデリングおよび予測・評価手法が挙げられる。

(3) 今後の展望

HPC 技術の発展、およびそれらの IDC 等への展開を鑑みるにさらに 2020～2030 年代から問題となってくるのはいわゆる「ムーアの法則」の終焉である。つまり、半導体リソグラフィーの微細化が実質的に終焉を迎えることにより、集積度が上がらなくなり、かつトランジスタ辺りの消費電力が微細化により下がらなくなる。今までの ITC の成長や、新たなアプリケーションや社会インフラ創出の源泉はムーア則による計算やデータ処理の高度化による一種の相変化が起きた事による。スーパーコンピュータでは良くある事象で、例えば気象シミュレーションでは 500m 程度の解像度以下になると、雲を直接シミュレーションすることが可能となり、ゲリラ豪雨の予測精度が飛躍的に高くなると期待されている。一般の IT でも、例えばネットと画像処理の電力効率の大幅な向上により、YouTube に代表されるユビキタスなビデオ環境が実現され、様々なビジネスや社会基盤として我々の生活を変えた。今後ポスト・ムーア時代にどのように性能向上を担保していくかは ITC 分野でもっとも重要なトピックの一つであるが、その点に関しても HPC は先導的役割を果たすだろう。電力効率の大幅な向上は既にそれを見据えた課題だが、より直接的には 76 の「ポスト・フォン・ノイマン」あるいは「ポスト・ムーア」の課題が重要であろう。これは大きく分けて、従来のフォン・ノイマン型の計算を進化させ高速させる方向性と、ニューロモーフィック計算や量子計算のように、新しい計算パラダイムを追及するものがある。実際、将来のスーパーコンピュータや IDC は両者のハイブリッドになるとも言われており、両方の研究開発が重要となるであろう。

(松岡 聡)

1. 1. 10. 理論

(1) 本細目の検討範囲

計算理論は情報科学技術の大きな方向性を左右する基盤であり、情報システムや情報社会を構築・評価し、進化・革新させるものである。理論的な挑戦の成果は、ICT の質的な転換を与え、情報社会変革の原動力として『不可能だったことを可能にする』威力と広い波及効果を与える。

古くはチューリング機械などの計算可能性の理論が、計算機が社会のありとあらゆる課題の解決に利用できるという万能性の担保になり、計算機開発の意義と価値を示した。現代的なテーマでは、遺伝子検証アルゴリズムはゲノム産業創出の大きな要素となり、データの関連性を見つけるアプリアリ法はデータマイニングを産業化し、安定マッチングの理論はノーベル経済学賞を受賞し、Web 検索アルゴリズムや公開鍵暗号プロトコルはネット社会の基盤となり、証明検証や学習理論はビッグデータを活用した知的情報処理を生んだ。

上述の理論から生じた近年のブレイクスルーの大部分は米国で生まれ、ICT での米国の現在の優位性の源である。これに対し、社会への波及効果を意識した戦略的な科学技術トピック設定により、日本から次世代の理論革新を創出し、急成長する情報産業での国際競争力の基盤となることが本細目に期待されている。

日本の理論研究は、既存の研究分野において高い国際競争力を保持している。一方で、研究トレンドの変遷が米国主導であったことは否めない。従って、古典的なテーマにおける改良研究にとどまることなく、直近の最先端技術開発のエンジンとなることはもちろん、将来の情報技術変革の方向性を与えるための挑戦的な研究を推進する必要がある。

それに従って、現状の計算理論分野や未解決課題を鳥瞰するというようなトピック設定ではなく、理論分野として確立していなくても、学術全体に波及し、近未来の社会変革に大きく寄与するであろうと考えるトピックを、応用や波及効果の観点を重視して設定している。

(2) 本細目のトピック

近未来の ICT の水先案内人の役割を担う挑戦型トピックとして挙げたのは、計算限界の解明のための新しい計算モデルの実現、個人の集団としての社会制御の理論、未来予測や意思決定の自動化、脳や生命に代表さ

れる自然界の計算機構の理論解明、高度な自習力を持つ学習アルゴリズムの理論である。

一方で、先端 ICT 分野において理論が貢献すべき課題解決型トピックとして挙げた、ビッグデータのポータブル活用、プライバシーを保ったデータ活用の理論保証、例外を受け入れるデータ分類手法の理論、スパコンなど実用モデルでの並列・分散計算理論の体系化、数理計画法等による汎用的問題解決パラダイムの効率化は、社会に大きな波及効果を持つ。

(3) 今後の展望

挑戦型トピックに関する調査結果では、実現の可能性は平均して 70%程度、2025 年ごろの技術的实现、2030 年ごろの社会実装が予測される。これらのテーマを主導する者が 20 年後の情報社会を制すると想定され、人材育成を含めた中長期的な戦略策定が必要である。

一方で課題解決型トピックの実現性は 80%強、技術的实现は 2020 年ごろ、社会実装は 2025 年ごろと予測されている。これらのトピックに関しては、情報社会における理論研究の先進性を保つため、迅速に戦略的な技術強化策を実施する必要がある。

さらに、アンケートに寄せられたコメントには、量子計算などの未来モデルを含めた、50 年、100 年先を見据えた基礎研究の戦略的实施や、ビッグデータ分野との積極的な協働の提案、理論限界迫及の重要性などが指摘されている。また、予見されない新理論が巨大な波及効果を生む歴史事実を考慮して、目先の実用に依存した重点化に偏らず、広い知見を持つ研究者による基礎理論研究の継続実施を重視した資金配分の必要性も指摘されている。これらは今後の研究戦略設定において重要な視点である。

(徳山 豪)

1. 1. 1.1. サイバーセキュリティ

(1) 本細目の検討範囲

社会は、ますます IT システムへの依存度を高めており、IT システムの安全が失われることの影響は非常に大きなものになってきている。一方、ソニー・ピクチャーズへの攻撃やベネッセ事件に見られるようにサイバー攻撃はますます巧妙化、悪質化しており、国際的対立の原因になったり、社会問題にもなったりしてきている。そして、この傾向は将来にわたり続くものと考えられ、サイバーセキュリティ対策はますます重要性を増すと考えられる。

(2) 本細目のトピック

サイバーセキュリティに関するアンケート結果から以下のようなことがいえる。

- ① サイバーセキュリティの重要性は高いが、国際競争力は低いと考えられている。
- ② 特に重要性が高いのは「リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術」や「パソコンなどからインターネット上の多くのサイトに長期間にわたりアクセスする場合にも、使いやすさと低コストを実現し、安全性面から安心して使える個人認証システム」「自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術」「攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術」である。
- ③ 国際競争力は一般に低い、「新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム」は特に低いと考えられている。一方、「100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術」の国際競争力は中位程度であると考えられている。
- ④ 技術的实现時期は大部分 2020 年ごろと考えられているが、「100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術」は、2023 年と少し遅れると考えられている。
- ⑤ これらの技術を実現するために必要性が高いのは「内外の連携・協力」であるという意見は、他細目に比

べて多い。

(3) 今後の展望

以上より、以下のようなことがいえると考ええる。

- ① サイバーセキュリティの重要性は上記アンケート結果からも多くの人の認めるところであり、2014年に成立したサイバーセキュリティ基本法でも、サイバーセキュリティに関する研究開発の推進の必要性が記述されている。したがって、国際競争力を回復する意味からも、この分野の研究開発の強化は不可欠であると考えられる。
- ② 一方、内閣官房情報セキュリティセンターの調査によると、2014年の日本政府のセキュリティ関連研究予算は、GDP費比率で、米国の12分の1であり十分とはいえない。
- ③ したがって、官における研究開発予算の増加をトリガーに、産官学が連携協力して、研究開発ならびに社会的実装の強化をしていくことが必要である。
- ④ アンケート結果で、「実現しない」や「わからない」という意見が少なからずみられたのは、セキュリティ対策は、解決が見つかったと思っても、攻撃側がさらに強力な攻撃を考案してくる可能性があるからだと考えられ、長期にわたる研究予算の確保が必要であるとともに、研究をする側も、個別の攻撃対応でない、より本質的な対策に関する研究の増加が必要であると考えられる。

(佐々木 良一)

1. 1. 12. ビッグデータ・CPS・IoT

(1) 本細目の検討範囲

計算速度や記憶容量など基盤となる情報技術が指数関数的に進化し、それに伴って大量のデータが生成されるようになった。これらのデータからより大きな価値を創造していくのが「ビッグデータ」という考え方である。一方、これらのデータの多くは、ITが組み込まれた実世界システムから生まれてくる。従って、ITと実世界の融合をトレンドとして捉える Cyber-Physical Systems (CPS)や Internet of Things (IoT)は、ビッグデータの動きと表裏一体の関係にある。

米国立科学財団(NSF)が CPS を重要な研究課題として認識しはじめたのは 2006 年の終わり頃であり、2009 年からは年間 3,000 万ドルの研究予算をつけている。一方ビッグデータについては、Google や amazon.com などインターネット上の膨大なユーザーの振る舞いの解析から大きな商業的成功を収めたことなどから、2011 年頃から急速に注目が集まり、2012 年 3 月にはオバマ政権が 2012 年 3 月にビッグデータの利活用を目的とした研究開発イニシアチブを発表した。2011 年に刊行された Mackinsey Global Institute のレポートでは、ビッグデータの多くは “exhaust data”、すなわち本来のビジネス活動の副産物として生成されたデータとしている。特に、CPS や IoT によってセンサーから大量の実世界データが得られるようになったことで、これらのビッグデータをどのように価値に繋げられるかが、問われている。

伝統的な IT が、給与計算や在庫管理など、本来人間がやっていたプロセスをそのまま継承した上で、機械によって効率化してきたのに対して、ビッグデータや、CPS、IoT が狙っているのは主に、今までにない新しい価値を IT から生み出そうとするものであり、そのために大量データの取得、処理、分析の技術が鍵となるのである。一方、新しい価値を生み出すためには、新しい技術と共に、新しいアプリケーションを創造しなければならない。これは、往々にして社会の仕組みの変化を伴うものであり、そのためこの分野では特徴的に、倫理性や環境整備など社会的受容をどのように達成するかにも多くのイノベーションが必要である。

(2) 本細目のトピック

ビッグデータの特徴は、その量(Volume)、生成速度(Velocity)、多様性(Variety)と言われるが、まず必要とされる量、速度、多様性に耐えられるデータ収集・処理基盤が必要となる。基盤技術の中には、位置情報や3次元形状など種々のセンサー技術、大量・多品種のセンサー群を効率よく生産システムとして展開する生産・システム技術、それらのセンサーから得られたゼタバイト(2^{70} バイト)クラスの量のデータを実時間で格納・検索・処理する技術などが挙げられる。

一方、ビッグデータ・CPS・IoTの応用分野としては、個人の特性に合わせたヘルスケアや教育、交通やエネルギーなどの社会インフラ、あるいは学術・自然科学など多岐にわたり、どれもが重要なトピックになり得る。また、応用に関しては、法律や商習慣など既成の制度を見直す必要があるものが多く、同時にプライバシーや社会における一般の価値概念に関する懸念があるものもある。従って、応用にあたっては、情報技術だけでなく、広く社会科学の知見を取り入れながら、分野横断的に研究開発を進める必要がある。

(3) 今後の展望

本領域に限らず、今回の調査ではビッグデータに関する注目が高かったことに注意したい。本調査では、マテリアル分野を除く8つの分野のすべてに「ビッグデータ」が現れていて、トピック数で言えば全932トピック中37トピックである。これは、ビッグデータが、ほぼすべての分野に共通な基礎技術として認識されていることを示している。さらに、「ビッグデータ」を含むトピックに対する回答数は平均84.3であり、これは全932トピックに対する回答数の平均63.1に比べて、統計的に有意に大きい(p値0.1%)。ビッグデータに関するトピックに対する、回答者の関心が高いことが現れている。今後、新しい成功事例が現れるに従って、ビッグデータ・CPS・IoTの重要性はますます広く認識されるようになり、研究開発も活発になっていくだろう。

(丸山 宏)

1. 1. 13. ICTと社会

(1) 本細目の検討範囲

ICTがビジネスのクリティカルインフラから社会のクリティカルインフラとして期待され、機能してくる時代になってきている。このとき、ICTや科学技術一般の社会適用が大きな課題となる。社会的納得性、合意形成、説明責任などをどのように図っていくのかである。そして、これらをSSH(Social Sciences and Humanities)とELSI(Ethics, Legal and Social Issues)の観点からも議論するものである。ICTの更なる発展が期待されるとき、ICTが、社会、人類にもたらす根本的な影響についても議論していく。

(2) 本細目のトピック

ICTの半世紀にもわたる指数関数的な進歩が、ICTの業界に革新的な進展をもたらしてきた。そして、近年、物理インフラとサイバーのインフラを融合して、新しい価値を生み出すというCPS(Cyber Physical Systems)が提唱され、ICTの社会サービス、社会インフラとしての期待が高まってきた。さらに、Internet of Thingsによって、ICTの対象が森羅万象と広がってきた。このように、ICTがビジネスのクリティカルインフラから社会のクリティカルインフラとして期待されてきたのである。このとき、ICTの専門家は、他の専門家とともに、どのように社会システムやサービスを構築するかという社会デザインに参画し、そのことの社会的納得性を生み出さなければならない。そのため、ICTを含む科学技術の社会適用において、SSHとELSIが、科学技術の研究・開発・実装において必須になってきている。また、現在のICTのフロンティアは、人間、集団、知になっており、その観点で、知能、文化、人間の行動、コミュニケーションの形態などにも着目した。

(3) 今後の展望

各設問は、次の問題意識を持っている。トピック 104 は、精神疾患を持つ人たちの世界観とコミュニケーション、トピック 105 は社会、集団の状況を認識して政策提言を行うシステムの到来、トピック 106 はプライバシーを新たな経済価値にできるかどうか、トピック 107 は日本の喫緊の課題である介護・医療にどのように貢献できるか、トピック 108 は、機械と人間の新しい関係に対する社会的合意、トピック 109 は ICT が社会のクリティカルインフラとして機能するために必須である社会コストの把握と効果、トピック 110 は究極のコミュニケーションの限界(空間、言語)と実現、トピック 111 は知識、知の蓄積、流通とその価値の再配分を行える社会システム、トピック 112 は文化、芸能、言語等の人類が培ってきた知恵(思想、体系、表現)の理解、トピック 113、114 は研究の倫理観、論文の正当性の保証からなる。

調査の結果、どの設問も予測したより早く技術実現や社会適用がなされるようになったのは少し驚きであった。トピック 112 の文化の理解を除いて、すべて 2025 年までには技術実現されるとの考えである。これは、技術の速さと社会的要求の強さが実感されるからであろう。機械と人間の新しい関係については、2025 年までに社会的合意ができるとみなされているが、それまでには達成しなければならないということかもしれない。

技術の実現、社会実装に向けた施策としては、社会システムとして、環境、法制度の整備が多かったのが特徴的である(トピック 106、111)。さらに、介護・医療、社会コストの把握、知識流通については資源配分が重要と見られている。つまり、社会共通インフラとして資源を重点的に投資することが重要なのだろう。また、政策助言システムや文化の理解・継承については圧倒的に人材への投資、つまり研究が必要だと考えられる。

総じて言えば、ICT の進歩が社会、生活に与える根本的な影響は、2025 年という早い時期に訪れ、そのための社会的合意、資源の重点投資が必要となるだろう。さらに、人類の培ってきた文化の理解・継承が、次のステップとして研究が進められて行くと考えられる。

今後、ますます ICT の社会、人、集団に与える影響が加速し、顕著になると見られる。このとき、SSH や ELSI の観点で、研究・開発、社会実装について、ICT のコミュニティを超えて議論し、社会的理解を得て、適切なビジョンとロードマップを社会で共有していくことが重要と考える。

(岩野 和生)

1. 2. アンケートの回収状況

ICT・アナリティクス分野についての回答者内訳は、以下のようになっている。

表 2-1-1 ICT・アナリティクス分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	40人	職業	企業その他	377人	回答者の専門度の構成	高	17.4%
	30代	228人		学術機関	491人		中	30.2%
	40代	241人		公的研究機関	68人			
	50代	218人	職種	研究開発従事	771人		低	52.4%
	60代	62人		管理・運営	106人			
	70代以上	6人		その他	59人			
	無回答	141人		合計	936人			

1. 3. 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、その前提として、ICT・アナリティクス分野において重要な細目についての議論を行い、これに基づいて、以下の細目を設定した。

表 2-1-2 本分野の細目の概要

細目名	概要
人工知能	人間が知能を使ってできることを機械に実現させるための研究。主として要素技術の研究が対象となり、要素技術の統合により実現されるサービスは他の分野で扱われるためここでの対象としない。関連分野として認知科学の研究も含める。ビジョン・言語処理は除く。
ビジョン・言語処理	自然言語処理と理解に関する技術。画像・映像の処理・理解に関する技術。
デジタルメディア・データベース	収集、蓄積、提供といったデータの生成から破棄に至るライフサイクル全般に係る技術として、汎用的な技術やデータの種類や利用目的に応じて必要な技術を対象とする。
ハードウェア・アーキテクチャ	コンピュータや液晶 TV のように、電子機器単体で価値を出す物理的実体を持った「情報システム」を実現するための研究分野。要素技術の研究と要素技術を統合するためのシステムデザイン、およびそれらのディペンダビリティ・セキュリティに関する研究も含まれる。
インタラクション	人間とコンピュータ、あるいはもっと広く人間と機械一般、さらには機械を介した人間と人間のインタラクションについての機械利用技術。人間や人間と機械から構成される系がどのように発展していくのか、発展していくべきかという問題意識も含む。
ネットワーク	情報の伝達、処理、加工、提供に関わる技術と、伝送経路と伝送機器の構成、運用に関わる技術のこと。
ソフトウェア	さまざまな計算機上で動くプログラムの開発、実行、運用、保守に関わる技術分野。基本ソフトとミドルウェア以外に代表的なアプリケーションソフトウェアも含む。
HPC	HPC を実現するためのアーキテクチャ、ネットワーク、ソフトウェアを中心とし、HPC によって実現される代表的アプリケーションを含む。
理論	情報の表現・蓄積・伝達や情報処理を支える基礎的な理論研究分野を対象とする。
サイバーセキュリティ	「サイバーセキュリティ戦略」実現に必要とされる技術と未来のサイバーセキュリティへの対応に必要とされる技術。
ビッグデータ・CPS・IoT	様々な分野のビッグデータの統合解析を可能にするデータ処理基盤、必要な知識を効率的に取り出すための技術、ビッグデータが広く活用されるための社会受容やステークホルダー同士の連携を促進するための技術と社会的仕組みを対象とする。CPS・IoT を実現するためのセンサー技術、データの活用方法。
ICT と社会	システム運用技術、ICT インフラの実現・運用に関する技術、オープンデータ(オープンガバメントを含む)の実現に関する技術、ICT による教育支援(初中等教育から MOOCs まで)

1. 4. トピックに関する設問について

1. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

①重要度の高いトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位20位まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「HPC」関連トピックが5件、「サイバーセキュリティ」関連トピックが5件を占める。技術的実現時期は2020年前後に予測されているトピックが多く、社会実装時期は2025年前後に予測されているトピックが多い。

表 2-1-3 重要度の高いトピック(上位20件)

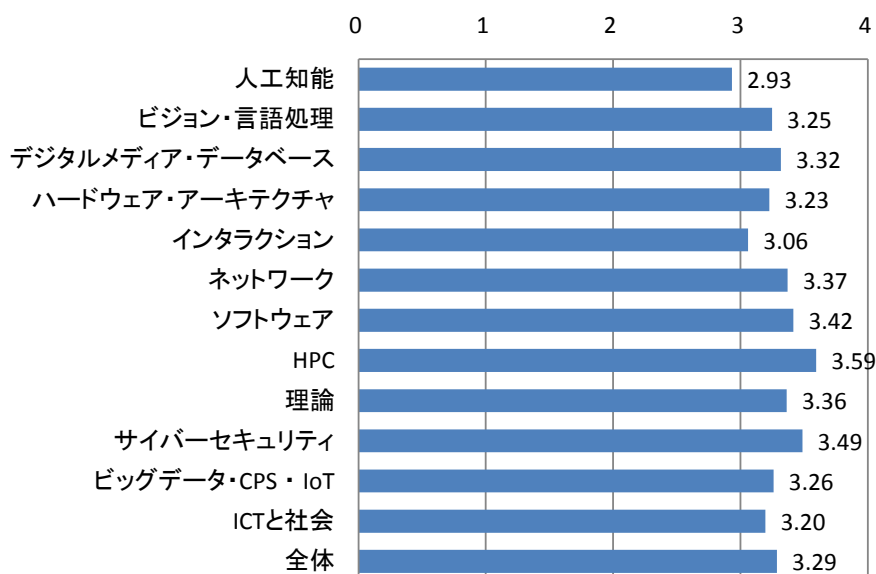
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
73	100万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータIDCシステムにおいて、性能電力比を現在の100倍高める技術(例:高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路やSilicon Photonics次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法)	3.78	2021	2025	HPC
69	エクサ〜ゼタバイトスケールのHPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新(例:全地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化)	3.77	2022	2025	HPC
107	介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム(医療・介護の社会的費用の年々の増加が停止)	3.74	2021	2025	ICTと社会
63	リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術	3.71	2025	2026	ソフトウェア
3	高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム	3.71	2025	2028	人工知能
74	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上	3.70	2024	2026	HPC
70	エクサ〜ゼタバイトスケールのビッグデータ解析の為の、HPCとビッグデータのCo-デザインによる統合化と、それによるデータ処理の100倍以上の高速化・大規模化(例:高速な疎行列演算、高性能グラフ解析、データ同化、高速分散検索・ソーティング、各種学習アルゴリズムや、エクサ〜ゼタ規模の大規模データの超並列処理を可能にするシステムソフトウェア、不揮発性メモリによるメモリとストレージの階層を統合化したアーキテクチャ、など)	3.69	2021	2025	HPC

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
71	1000万～10億規模の並列性を前提とした新しい計算アルゴリズム、プログラミング手法、性能評価法（例：超スケーラブルな数値アルゴリズム、通信同期削減アルゴリズム、近似や精度を落とす計算手法、上記のアルゴリズムを容易にプログラミング可能にする言語や、それらの性能モデリングおよび予測・評価手法）	3.68	2022	2025	HPC
80	プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証（技術的实现：安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装：理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展）	3.67	2020	2025	理論
53	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には人命救助をサポートしたり、被災地に迅速に展開され被災者がストレスなく音声・動画・パケット通信サービスを利用したりできる柔軟なネットワーク及びモバイル端末技術	3.66	2020	2022	ネットワーク
89	パソコンなどからインターネット上の多くのサイトに長期間にわたりアクセスする場合にも、使いやすさと低コストを実現し、安全性面から安心して使える個人認証システム	3.66	2020	2020	サイバーセキュリティ
65	物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム（ロボット、自動運転車、医療システムなど）のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術	3.65	2025	2030	ソフトウェア
2	危険を伴う道路・鉄道・電線などのメンテナンス作業を、専門知識とスキルをもつ多数の作業員と連携しながら行うロボット（社会実装：メンテナンス作業の過半数がロボットによって行われる）	3.65	2023	2025	人工知能
92	自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術（不正な通信の実現確率が事実上無視できる程度に低減される）	3.63	2020	2024	サイバーセキュリティ
91	攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	3.62	2020	2022	サイバーセキュリティ
86	実用的な計算機構における超並列・分散計算理論の体系化（技術的实现：スパコンやクラウド分散等の計算機構の発展方向に対応した、最先端アルゴリズムの体系化、社会実装：体系化されたアルゴリズムの手軽に使い、常に最先端に整備されるダイナミックパッケージ化）	3.60	2021	2025	理論
43	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス（消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される）	3.60	2021	2025	インタラクション
94	システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術（行動科学的技術を含み、内部犯罪の発生率を無視できるくらい小さくすることが可能）	3.58	2020	2024	サイバーセキュリティ
46	ペタビット級光ファイバー通信技術とテラビット級フレーム多重通信技術（情報量あたりの設置面積・設備重量・設置時間の全てが現在の1/10以下のデータセンター内光通信システムが実現される）	3.58	2020	2024	ネットワーク
88	セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術	3.57	2020	2022	サイバーセキュリティ

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「HPC」が 3.59 と最も大きく、次いで「サイバーセキュリティ」が 3.49 であった。

図 2-1-1 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、「重要度・優先度は低い」として、評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「人工知能」関連のトピックが多く含まれている。

表 2-1-4 重要度の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
44	個人の体験を、視覚情報のみならず匂いや温度などの感覚情報に加えて、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを伝達・体験・共有できるようにするメディア	2.67	2027	2030	インタラクション
8	テレビドラマの典型的な場面に含まれるモノとコトが90%の確度で把握できる技術	2.67	2023	2025	人工知能
1	サッカーなどのスポーツで人間に代わって審判を行う人工知能	2.63	2022	2025	人工知能
4	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員	2.57	2025	2030	人工知能
9	監督の演出意図を把握し、演技をするバーチャル俳優	2.09	2025	2030	人工知能

(2)国際競争力

①国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「インタラクション」および「HPC」関連トピックが各 5 件、「ネットワーク」関連トピックが 4 件占める。技術的実現時期は平均して 2020 年頃とするトピックが多い。

表 2-1-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

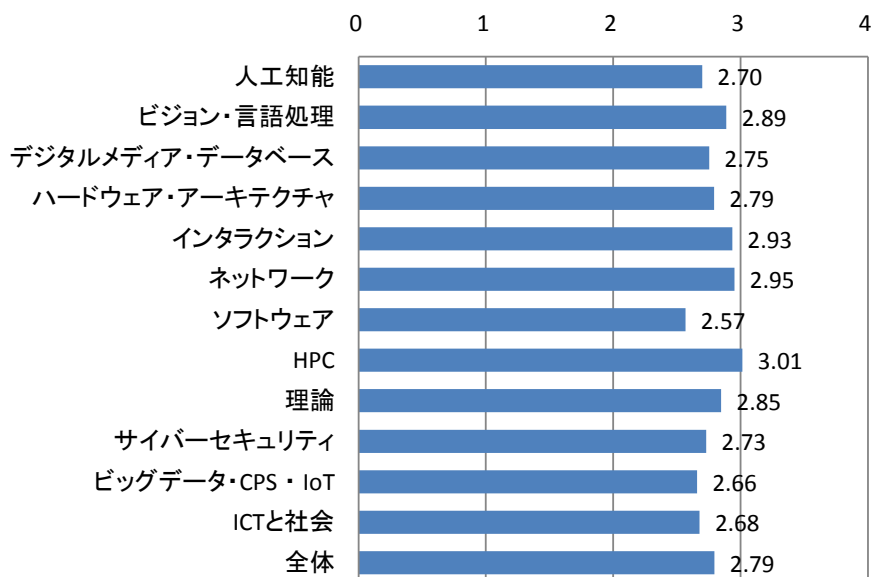
番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
69	エクサ〜ゼタバイトスケールのHPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新(例:全地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化)	3.20	2022	2025	HPC
43	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・筋力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)	3.18	2021	2025	インタラクション
73	100万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータIDCシステムにおいて、性能電力比を現在の100倍高める技術(例:高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路やSilicon Photonics次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法)	3.17	2021	2025	HPC
70	エクサ〜ゼタバイトスケールのビッグデータ解析の為の、HPCとビッグデータのコ・デザインによる統合化と、それによるデータ処理の100倍以上の高速化・大規模化(例:高速な疎行列演算、高性能グラフ解析、データ同化、高速分散検索・ソーティング、各種学習アルゴリズムや、エクサ〜ゼタ規模の大規模データの超並列処理を可能にするシステムソフトウェア、不揮発性メモリによるメモリとストレージの階層を統合化したアーキテクチャ、など)	3.17	2021	2025	HPC
56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	3.16	2025	2030	ネットワーク
2	危険を伴う道路・鉄道・電線などのメンテナンス作業を、専門知識とスキルをもつ多数の作業員と連携しながら行うロボット(社会実装:メンテナンス作業の過半数がロボットによって行われる)	3.15	2023	2025	人工知能
46	ペタビット級光ファイバー通信技術とテラビット級フレーム多重通信技術(情報量あたりの設置面積・設備重量・設置時間の全てが現在の1/10以下のデータセンター内光通信システムが実現される)	3.15	2020	2024	ネットワーク
47	規模・速度距離性能・階層に依存せずに伝送コア・スイッチコア・ネットワークを自在に構成できる光・電子融合回路(現在の100倍の体積あたりパフォーマンスを実現したトランスポートネットワーク装置が実現される)	3.14	2022	2025	ネットワーク
68	HPC技術によるロボットなどに活用できる真の携帯可能な人工知能(例:単なる機能を実現するだけでなく、高度な人工知能により人との関わりあいを実現する、高度な介護・育児などのロボット等の実現。現在の世界トップスパコンの性能を弁当箱程度の大きさでデスクトップPC程度の消費電力で実現する。)	3.13	2025	2030	HPC
108	機械(ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協動的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)。その結果、機械の経済への貢献が40%になる。	3.12	2025	2030	ICTと社会
3	高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム	3.06	2025	2028	人工知能

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
36	ウェアラブル生体信号センサーから得た情報を基にユーザーの意図を理解し、コンピュータの操作(メニューの選択や文章の入力など)を行う技術	3.06	2020	2023	インタラクション
37	匂いや味などをセンシングする5感センサーとその結果を再現できる5感ディスプレイ	3.06	2020	2025	インタラクション
30	スピントロニクス of の原理に基づき情報処理を行うロジックLSI	3.05	2024	2025	ハードウェア・アーキテクチャ
87	数値計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数値計画法技術)	3.05	2022	2025	理論
74	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上	3.04	2024	2026	HPC
53	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には人命救助をサポートしたり、被災地に迅速に展開され被災者がストレスなく音声・動画・パケット通信サービスを利用したりできる柔軟なネットワーク及びモバイル端末技術	3.03	2020	2022	ネットワーク
45	表情・身振り・感情・存在感などにおいて本物の人間と簡単には区別のできない対話的なバーチャルエージェント。受付や案内など、数分間のやりとりが自然に行えるようになる。	3.02	2022	2025	インタラクション
40	めがねを用いなくて見ることができ、視聴者が姿勢を変えるなどの自然な動きをしても立体像が変形しない立体動画表示装置	3.02	2022	2025	インタラクション
14	国際商取引の場面で、同時通訳者のように機能するリアルタイム音声翻訳装置	3.00	2025	2030	ビジョン・言語処理

②細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「HPC」が 3.01 と最も大きく、次いで「ネットワーク」が 2.95、「インタラクション」が 2.93 と続いている。

図 2-1-2 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「人工知能」および「ICTと社会」の関連トピックが各 2 件含まれている。

表 2-1-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
9	監督の演出意図を把握し、演技をするバーチャル俳優	2.43	2025	2030	人工知能
112	土着の文化・言語の思想・体系・表現を把握・理解する技術	2.42	2030	2032	ICTと社会
99	データの価値が視覚化され、市場原理に基づいて広く取引されるデータマーケットプレイス	2.40	2020	2024	ビッグデータ・CPS・IoT
106	プライバシーと経済行為・保険等に対する新しい理解を基に、新しい経済商品(保険商品も含む)が生まれ、それに関連した産業がGDPの20%に到達	2.39	2024	2025	ICTと社会
4	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員	2.30	2025	2030	人工知能

(3) 不確実性

①不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等、が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「理論」および「サイバーセキュリティ」関連トピックが 4 トピックを占める。技術的実現時期は 2025 年前後と予測するトピックが多い。

表 2-1-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

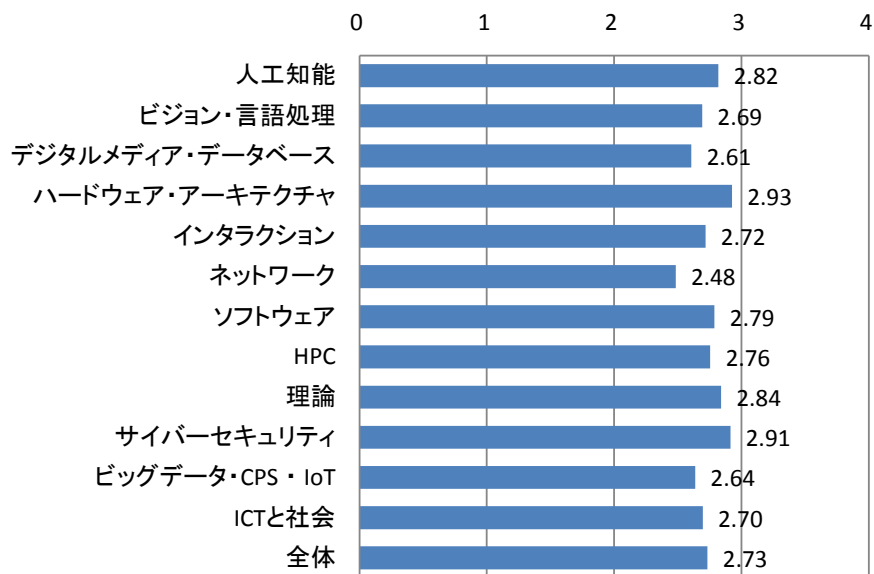
番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	3.63	2026	2033	HPC
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	3.59	2030	2038	ハードウェア・アーキテクチャ
83	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	3.38	2025	2032	理論
34	100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	3.33	2024	2030	ハードウェア・アーキテクチャ
7	はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット	3.26	2030	2037	人工知能
84	生命系の維持システムの情報理論的な解明とその活用(技術的实现:生体システムデザインを利用した高機能シミュレーションによる、高度自動医療診断システムの実現、社会実装:生体活動メカニズムを具現化した人工微生物作成や、人工光合成の実現への情報科学的貢献)	3.24	2025	2030	理論
93	新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム	3.17	2021	2025	サイバーセキュリティ
39	発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置	3.10	2025	2029	インタラクション
4	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員	3.08	2025	2030	人工知能
94	システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術(行動科学的技術を含み、内部犯罪の発生率を無視できるくらい小さくすることが可能)	3.07	2020	2024	サイバーセキュリティ
13	発話内容や話者の関係を理解し、途中から自然に会話に参加できる人工知能	3.06	2025	2030	ビジョン・言語処理
33	血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム	3.05	2023	2025	ハードウェア・アーキテクチャ
105	個人や集団が置かれている状況の把握をリアルタイムに行い、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む。法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定ができる)	3.05	2025	2030	ICTと社会
91	攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	3.04	2020	2022	サイバーセキュリティ
56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	3.02	2025	2030	ネットワーク
85	自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築	3.02	2025	2030	理論

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現： 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	3.01	2027	2035	理論
90	100kmを超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術	3.00	2023	2029	サイバーセキュリティ
63	リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術	3.00	2025	2026	ソフトウェア
6	高度な専門技能(例:畜産農家経営)を持つ人間に師事し、見習いを通して技能を吸収し、師匠に準じるレベルまで達する、技能複写システム	2.99	2025	2030	人工知能

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「ハードウェア・データベース」が2.93と最も大きく、次いで「サイバーセキュリティ」が2.91、「理論」が2.84であった。

図 2-1-3 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位5件まで)は、次表に示す通りである。「ネットワーク」のトピックが2件占める。

表 2-1-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
51	時々刻々と利用可能状態が変化するネットワークへのアクセスを、媒体の変化を利用者が意識することなく(通信が途切れることなく)提供可能な、有線・無線統合ネットワークの自動構成技術	2.27	2020	2022	ネットワーク
114	研究成果の真正を証明するため、研究により生じた全計測データ、全画像データを記録・保存し、原データを認証・保証するシステム	2.27	2020	2024	ICTと社会
55	システム内部や外部の動作状況に動的に適応するネットワーク仮想化技術によって、所望のサービスが高信頼かつ無停止で提供されるネットワーク	2.26	2020	2020	ネットワーク
95	目的に応じてネットからハード・ソフトの設計をダウンロードし、3Dプリンタ等で製造することにより、誰でも企画から1時間以内に製作・展開可能な低価格センサーノード	2.24	2020	2023	ビッグデータ・CPS・IoT
20	放送・通信・マスメディアなどで配信された過去の画像・映像・音声・文字データを高品質にアーカイブ化し、検索・分析・配信・利活用する技術	2.08	2020	2020	デジタルメディア・データベース

(4) 非連続性

① 非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「ハードウェア・アーキテクチャ」「HPC」「理論」関連トピックが各 4 トピックを占める。技術的実現時期は 2025 年前後と予測するトピックが多い。

表 2-1-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモrista等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	3.58	2026	2033	HPC
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	3.56	2030	2038	ハードウェア・アーキテクチャ
7	はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット	3.19	2030	2037	人工知能
83	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	3.17	2025	2032	理論
34	100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	3.10	2024	2030	ハードウェア・アーキテクチャ

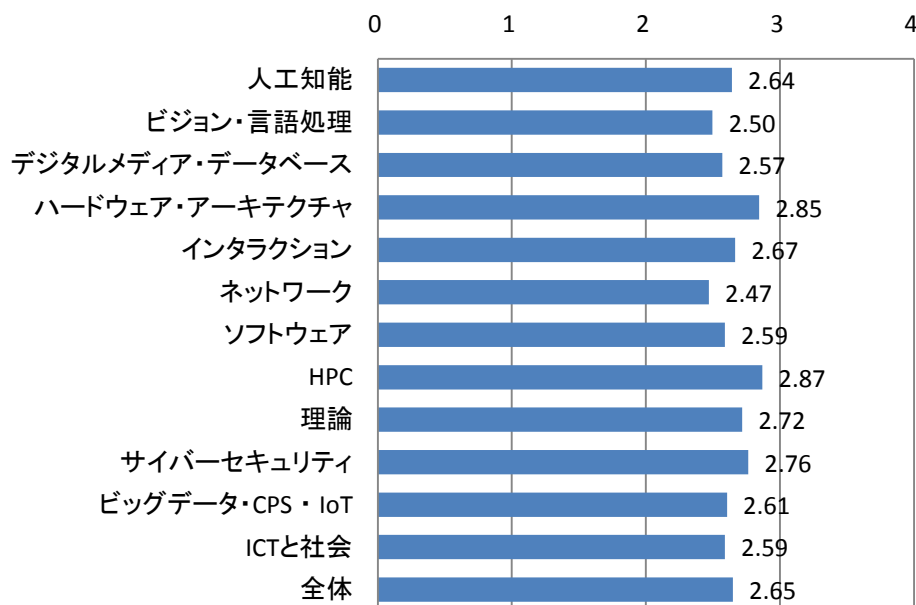
番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
30	スピントロニクスの原理に基づき情報処理を行うロジックLSI	3.05	2024	2025	ハードウェア・ アーキテクチャ
74	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上	3.03	2024	2026	HPC
93	新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム	3.01	2021	2025	サイバー セキュリティ
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	2.99	2027	2035	理論
33	血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム	2.97	2023	2025	ハードウェア・ アーキテクチャ
68	HPC技術によるロボットなどに活用できる真の携帯可能な人工知能(例:単なる機能を実現するだけでなく、高度な人工知能により人との関わりあいを実現する、高度な介護・育児などのロボット等の実現。現在の世界トップスパコンの性能を弁当箱程度の大きさとデスクトップPC程度の消費電力で実現する。)	2.94	2025	2030	HPC
90	100kmを超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術	2.92	2023	2029	サイバー セキュリティ
37	匂いや味などをセンシングする5感センサーとその結果を再現できる5感ディスプレイ	2.91	2020	2025	インタラクション
73	100万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータIDCシステムにおいて、性能電力比を現在の100倍高める技術(例:高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路やSilicon Photonics次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法)	2.91	2021	2025	HPC
84	生命系の維持システムの情報理論的な解明とその活用(技術的实现:生体システムデザインを利用した高機能シミュレーションによる、高度自動医療診断システムの実現、社会実装:生体活動メカニズムを具現化した人工微生物作成や、人工光合成の実現への情報科学的貢献)	2.91	2025	2030	理論
39	発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置	2.90	2025	2029	インタラクション
44	個人の体験を、視覚情報のみならず匂いや温度などの感覚情報に加えて、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを伝達・体験・共有できるようにするメディア	2.89	2027	2030	インタラクション
56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	2.89	2025	2030	ネットワーク
85	自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築	2.88	2025	2030	理論

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
91	攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	2.88	2020	2022	サイバーセキュリティ

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「HPC」が 2.87 と最も大きく、次いで「ハードウェア・アーキテクチャ」が 2.85 であった。

図 2-1-4 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「ネットワーク」が 2トピック含まれる。

表 2-1-10 非連続性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
48	QoE (Quality of Experience) が保証され、8K品質の遠隔会議や遠隔教育を移動端末を用いて可能な、無線アクセス技術	2.25	2020	2023	ネットワーク
57	転送データ量あたりの消費電力が現在の1/10程度に低減されたバックボーンルーター	2.23	2020	2023	ネットワーク
114	研究成果の真正を証明するため、研究により生じた全計測データ、全画像データを記録・保存し、原データを認証・保証するシステム	2.21	2020	2024	ICTと社会
12	喜怒哀楽や微妙なニュアンスの違いを表現できる音声合成技術	2.21	2020	2025	ビジョン・言語処理
20	放送・通信・マスメディアなどで配信された過去の画像・映像・音声・文字データを高品質にアーカイブ化し、検索・分析・配信・利活用する技術	2.10	2020	2020	デジタルメディア・データベース

(5) 倫理性

①倫理性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位 20 位までのトピック)は、以下のとおりである。

細目別では、「デジタルメディア・データベース」と「ICT と社会」の関連トピックが各 5 件を占める。技術的実現時期は 2020 年頃とするトピックが多い。

表 2-1-11 倫理性の高いトピック(上位 20 件)

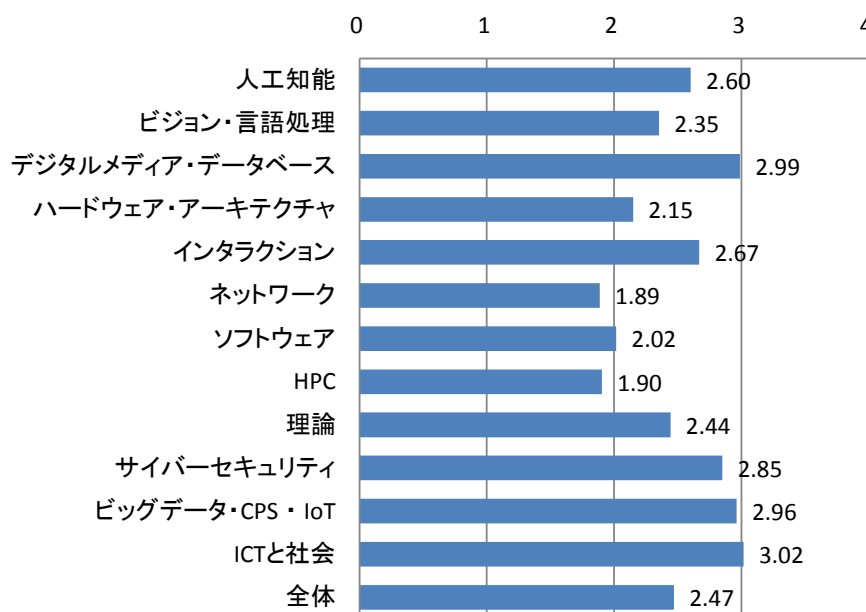
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
100	医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。	3.53	2021	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
25	エビデンス情報(provenance 等)を提供しつつ、個人データを保護し、安全に個人ビッグデータを統合的に利活用するための技術	3.52	2020	2024	デジタルメディア・データベース
108	機械(ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)。その結果、機械の経済への貢献が 40%になる。	3.49	2025	2030	ICT と社会
18	ライフログデータや身体データを大量に蓄積し、個人の日常的なデータの記録・管理・検索・分析する技術(ナチュラルユーザインタフェースで利用できるウェアラブルな外部脳機能システムとして提供される)	3.46	2020	2025	デジタルメディア・データベース
96	全てのセンサー類が ID 管理され、自分の行動が誰にどのようにセンシングされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術	3.45	2020	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
23	SNS などのソーシャルメディアのデータを分析し、行動予測するシステム(例:犯罪予測や消費者の購買行動予測)	3.40	2020	2022	デジタルメディア・データベース
107	介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム(医療・介護の社会的費用の年々の増加が停止)	3.40	2021	2025	ICT と社会
104	自閉症・認知症・引きこもりなどの精神疾患を持った人々とのコミュニケーション技術(非言語情報の把握・理解・概念体系の把握などを含む)	3.39	2025	2030	ICT と社会
4	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員	3.33	2025	2030	人工知能
94	システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術(行動科学的技術を含み、内部犯罪の発生率を無視できるぐらい小さくすることが可能)	3.31	2020	2024	サイバーセキュリティ
105	個人や集団が置かれている状況の把握をリアルタイムに行い、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む。法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定ができる)	3.29	2025	2030	ICT と社会
33	血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム	3.24	2023	2025	ハードウェア・アーキテクチャ
99	データの価値が視覚化され、市場原理に基いて広く取引されるデータマーケットプレイス	3.21	2020	2024	ビッグデータ・CPS・IoT

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
44	個人の体験を、視覚情報のみならず匂いや温度などの感覚情報に加えて、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを伝達・体験・共有できるようにするメディア	3.20	2027	2030	インタラクション
3	高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム	3.15	2025	2028	人工知能
106	プライバシーと経済行為・保険等に対する新しい理解を基に、新しい経済商品(保険商品も含む)が生まれ、それに関連した産業がGDPの20%に到達	3.13	2024	2025	ICTと社会
24	ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報やこれらからマイニングで得られる情報の信憑性・信頼性を分析する技術(デジタル画像鑑定技術も含む)	3.13	2020	2023	デジタルメディア・データベース
22	Internet of Things(IoT)の進展により、社会に大量に配備される多種多様なセンサー群のデータを、統合して検索・分析できるシステム	3.12	2020	2025	デジタルメディア・データベース
7	はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット	3.11	2030	2037	人工知能
80	プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証(技術的实现: 安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装: 理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展)	3.10	2020	2025	理論

②細目別のトピックの倫理性

細目別の平均でみた場合、「ICTと社会」が3.02と最も大きく、「デジタルメディア・データベース」と「ビッグデータ・CPS・IoT」が続く。

図 2-1-5 トピックの倫理性(細目別:指数)



③倫理性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位5件まで)は、以下のとおりである。ネットワーク関連トピックが2件含まれている。

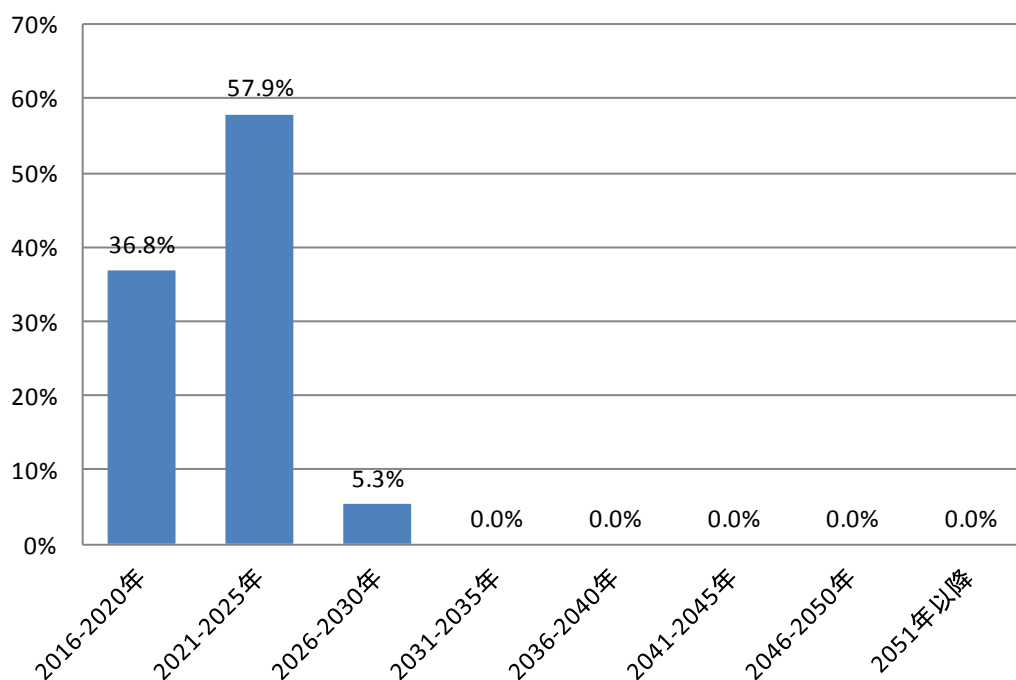
表 2-1-12 倫理性の低いトピック(下位5件)

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
74	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上	1.70	2024	2026	HPC
56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	1.69	2025	2030	ネットワーク
29	チップ内光インターコネクでオンチッププロセッサ間および外部との大容量通信が可能なLSI	1.64	2022	2025	ハードウェア・ アーキテクチャ
57	転送データ量あたりの消費電力が現在の1/10程度に低減されたバックボーンルーター	1.63	2020	2023	ネットワーク
87	数値計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数値計画法技術)	1.62	2022	2025	理論

1. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。

図 2-1-6 技術的実現予測時期の分布



技術的実現予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。「デジタルメディア・データベース」細目のトピックは、他の細目に比べ、技術的実現予測時期が早くなっている。

表 2-1-13 技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
人工知能	0	8	1					
ビジョン・言語処理	3	4	0					
デジタルメディア・データベース	9	0	0					
ハードウェア・アーキテクチャ	3	6	1					
インタラクション	3	6	1					
ネットワーク	9	3	0					
ソフトウェア	1	9	0					
HPC	1	7	1					
理論	3	7	1					
サイバーセキュリティ	5	2	0					
ビッグデータ・CPS・IoT	3	6	0					
ICTと社会	2	8	1					
全体	42	66	6					

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答が多いトピック(上位 5 件)は以下の通りである。「ソフトウェア」細目の関連トピックで、「実現しない」あるいは「わからない」などの回答が若干多い傾向がみられる。

表 2-1-14 「実現しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的実現時期	細目
61	バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術	3.40	35.9	2025	ソフトウェア
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	2.93	33.3	2030	ハードウェア・アーキテクチャ
4	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員	2.57	28.7	2025	人工知能
63	リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術	3.71	25.7	2025	ソフトウェア
34	100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	3.21	23.1	2024	ハードウェア・アーキテクチャ

表 2-1-15 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを	3.34	41.0	2026	HPC

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
	利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立				
83	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	3.39	36.0	2025	理論
39	発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置	2.88	32.7	2025	インタラクション
56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	3.48	31.6	2025	ネットワーク
65	物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム(ロボット、自動運転車、医療システムなど)のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術	3.65	30.0	2025	ソフトウェア

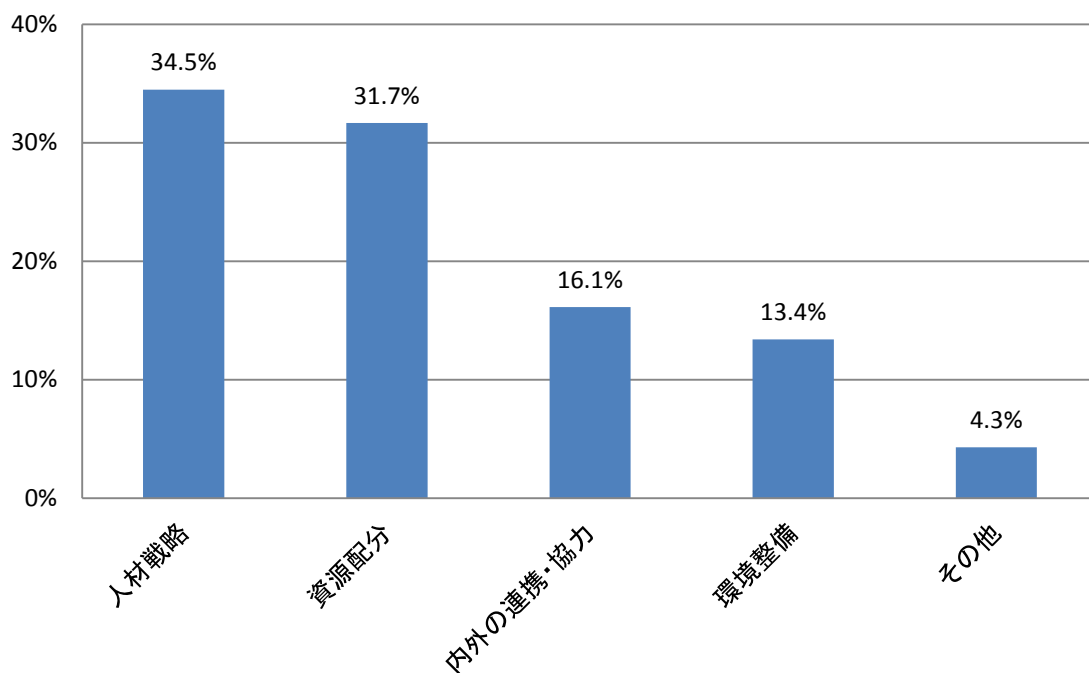
1. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「人材戦略」(34.5%)であり、次いで「資源配分」(31.7%)と続く。

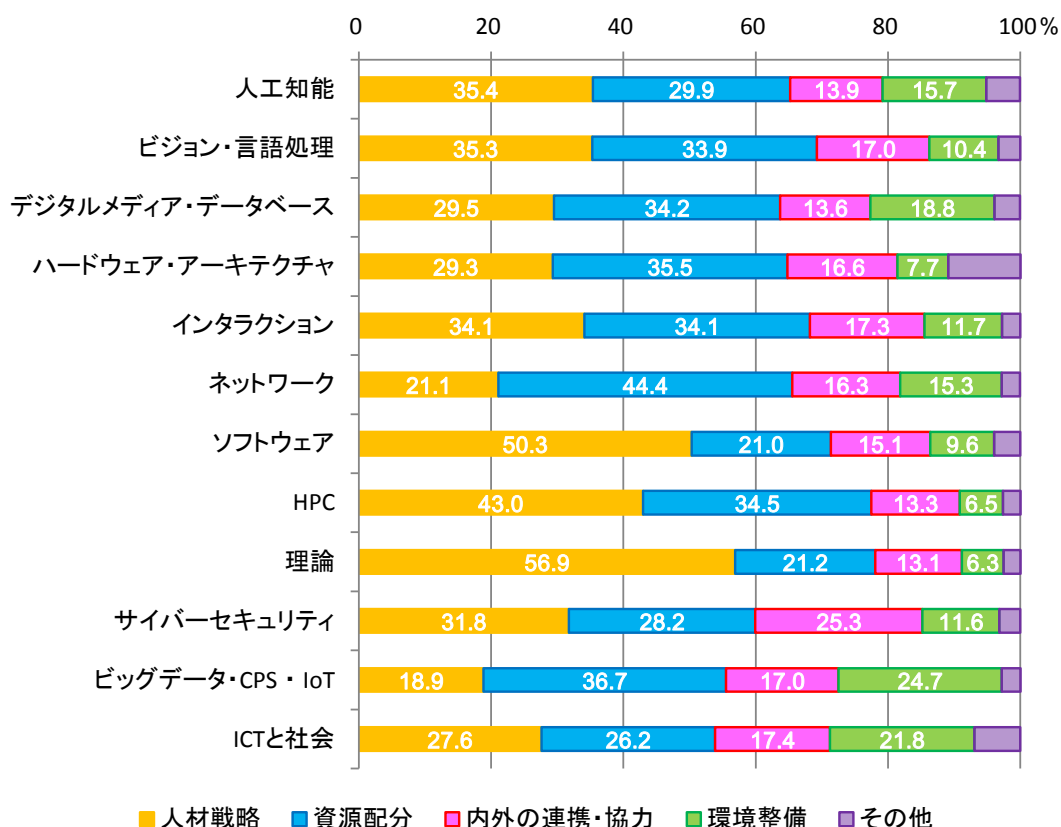
図 2-1-7 技術的実現に向けた重点施策(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「理論」、「ソフトウェア」、「HPC」等の細目では、トピックの技術的実現に向けた重要施策として、多くの回答者が「人材育成戦略」と回答している。また、「ビッグデータ・CPS・IoT」および「ICTと社会」の細目のトピックでは、重点施策として「環境整備」とする回答が高い。それ以外に、「ネットワーク」の細目のトピックでは、「資源配分」とする回答が他の細目と比べて高い。「サイバーセキュリティ」の細目のトピックでは、「内外の連携・協力」とする回答が他の細目と比べて高い。

図 2-1-8 技術的実現に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-1-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	79.7	2027	2035	理論
87	数理計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数理計画法技術)	65.2	2022	2025	理論
85	自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築	64.7	2025	2030	理論

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
80	プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証(技術的实现: 安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装:理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展)	59.4	2020	2025	理論
59	大規模ソフトウェアの仕様の網羅的記述と妥当性確認を一般的な開発者が誤りなく行えるように支援する技術	57.8	2025	2025	ソフトウェア
57	転送データ量あたりの消費電力が現在の1/10程度に低減されたバックボーンルーター	14.0	2020	2023	ネットワーク
97	GPSに代わり、1cmの空間分解能と100msの時間分解能を持つ位置検出技術(ユーザーの位置だけでなく姿勢やジェスチャーを検出でき、モバイルデバイスの新たな応用が広がる)	13.1	2025	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
114	研究成果の真正を証明するため、研究により生じた全計測データ、全画像データを記録・保存し、原データを認証・保証するシステム	12.9	2020	2024	ICTと社会
26	5nmテクノロジーのMOSTランジスタを集積したロジックLSI	12.1	2022	2025	ハードウェア・アーキテクチャ
95	目的に応じてネットからハード・ソフトの設計をダウンロードし、3Dプリンタ等で製造することにより、誰でも企画から1時間以内に製作・展開可能な低価格センサーノード	10.7	2020	2023	ビッグデータ・CPS・IoT

②資源配分

技術的实现に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-1-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
57	転送データ量あたりの消費電力が現在の1/10程度に低減されたバックボーンルーター	59.6	2020	2023	ネットワーク
97	GPSに代わり、1cmの空間分解能と100msの時間分解能を持つ位置検出技術(ユーザーの位置だけでなく姿勢やジェスチャーを検出でき、モバイルデバイスの新たな応用が広がる)	54.1	2025	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
27	三次元積層技術により異種チップ(CPU・メモリ・センサーなど)が10層以上積層されたLSI	52.9	2020	2023	ハードウェア・アーキテクチャ
46	ペタビット級光ファイバー通信技術とテラビット級フレーム多重通信技術(情報量あたりの設置面積・設備重量・設置時間の全てが現在の1/10以下のデータセンター内光通信システムが実現される)	51.1	2020	2024	ネットワーク
98	1ゼタバイト(2 ⁷⁰ バイト)のデータを格納し、実用時間内で検索や更新ができるプラットフォーム	50.7	2023	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
85	自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築	15.7	2025	2030	理論

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
112	土着の文化・言語の思想・体系・表現を把握・理解する技術	15.2	2030	2032	ICTと社会
80	プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証(技術的実現: 安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装:理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展)	14.1	2020	2025	理論
58	個人用途のマッシュアップ型ソフトウェアを自動合成する技術(素人が自然言語と例示で与えた不完全な仕様を、対話的に修正する機能を含む)	14.1	2020	2025	ソフトウェア
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実のかつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	8.9	2027	2035	理論

③内外の連携・協力

技術的実現に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-1-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
88	セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術	33.9	2020	2022	サイバーセキュリティ
92	自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率が事実上無視できる程度に低減される)	31.5	2020	2024	サイバーセキュリティ
89	パソコンなどからインターネット上の多くのサイトに長期間にわたりアクセスする場合にも、使いやすさと低コストを実現し、安全性面から安心して使える個人認証システム	30.7	2020	2020	サイバーセキュリティ
91	攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	29.9	2020	2022	サイバーセキュリティ
104	自閉症・認知症・引きこもりなどの精神疾患を持った人々とのコミュニケーション技術(非言語情報の把握・理解・概念体系の把握などを含む)	29.1	2025	2030	ICTと社会
56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	7.8	2025	2030	ネットワーク
8	テレビドラマの典型的な場面に含まれるモノとコトが90%の確度で把握できる技術	6.2	2023	2025	人工知能
87	数値計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数値計画法技術)	6.1	2022	2025	理論

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現：計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	5.1	2027	2035	理論
86	実用的な計算機構における超並列・分散計算理論の体系化(技術的実現：スパコンやクラウド分散等の計算機構の発展方向に対応した、最先端アルゴリズムの体系化、社会実装：体系化されたアルゴリズムの手軽に使い、常に最先端に整備されるダイナミックパッケージ化)	3.1	2021	2025	理論

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-1-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
102	道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム	32.9	2025	2030	ビッグデータ・CPS・IoT
114	研究成果の真正を証明するため、研究により生じた全計測データ、全画像データを記録・保存し、原データを認証・保証するシステム	32.3	2020	2024	ICTと社会
18	ライフログデータや身体データを大量に蓄積し、個人の日常的なデータの記録・管理・検索・分析する技術(ナチュラルユーザインタフェースで利用できるウェアラブルな外部脳機能システムとして提供される)	30.4	2020	2025	デジタルメディア・データベース
96	全てのセンサー類がID管理され、自分の行動が誰にどのようセンサされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術	29.9	2020	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
111	知識・情報・コンテンツの流通が行われるようになり、その価値に対する適切な値付けが行われるとともに、得られる経済価値や社会的名誉の再分配が行われる社会システム	29.4	2025	2025	ICTと社会
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現：計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	3.8	2027	2035	理論
67	大規模ソフトウェアにも適用可能で、確率的挙動(ハードウェア障害や環境の揺らぎへの対応、乱数や確率的アルゴリズムの利用など)を考慮した検証技術	3.7	2024	2030	ソフトウェア
74	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン：CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上	3.2	2024	2026	HPC

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
82	文章・映像・センサデータなどの多様な表現を融合し、意味的な特異性で概念を表現した、高精度なデータ分類・組織化手法の開発(技術的実現:多様性や多くの例外を受け入れる機能型データ分類技術の理論構築と開発、社会実装:高機能データ分類・組織化に基づく、ユーザーのインスピレーションを生み出す柔軟な類似・類推検索機能の実用化)	2.9	2020	2025	理論
34	100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	2.8	2024	2030	ハードウェア・アーキテクチャ

⑤その他

技術的実現に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

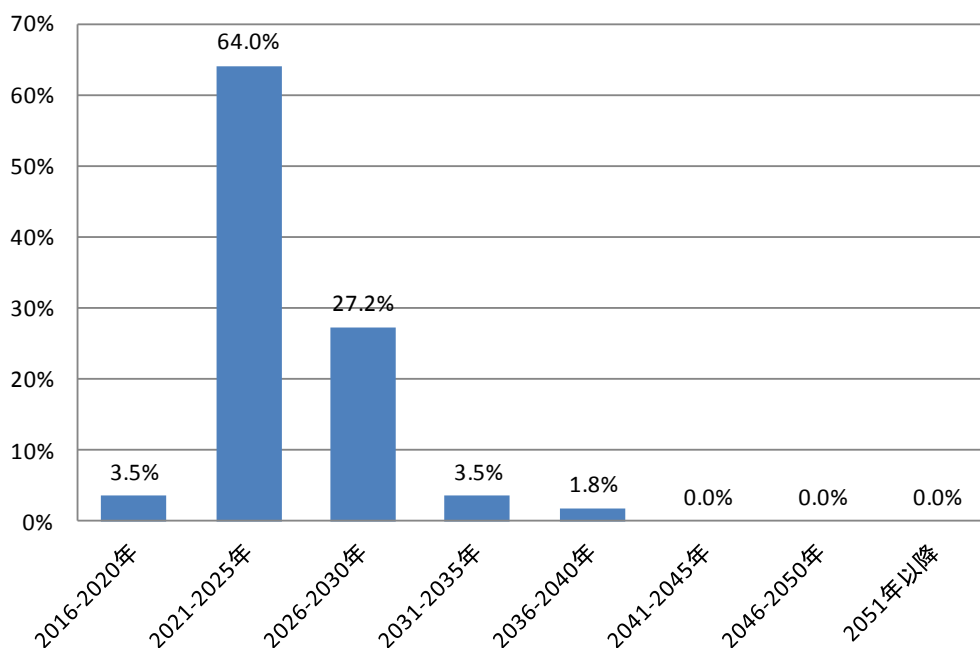
表 2-1-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
31	あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジックLSI	15.0	2020	2020	ハードウェア・アーキテクチャ
33	血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム	13.9	2023	2025	ハードウェア・アーキテクチャ
30	スピントロニクス of の原理に基づき情報処理を行うロジックLSI	13.2	2024	2025	ハードウェア・アーキテクチャ
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	13.0	2030	2038	ハードウェア・アーキテクチャ
32	ディスプレイとカメラをコンタクトレンズに内蔵したウェアラブルコンピュータ	11.9	2022	2025	ハードウェア・アーキテクチャ

1. 4. 4. 社会実装予測時期

社会実装予測時期の分布は下図の通りである。社会実装時期は、2021～2025 年の間にトピックの実装時期のピーク(64.0%)を迎える。

図 2-1-9 社会実装予測時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。

「人工知能」「ビジョン・言語処理」「ソフトウェア」細目のトピックは、他の細目に比べ、2026～2030年に社会実装予測時期を迎える割合が高い。

表 2-1-21 社会実装予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
人工知能		3	5		1			
ビジョン・言語処理		3	4					
デジタルメディア・データベース	1	8						
ハードウェア・アーキテクチャ	1	7	1		1			
インタラクション		8	2					
ネットワーク	1	10	1					
ソフトウェア		4	6					
HPC		6	2	1				
理論		5	4	2				
サイバーセキュリティ	1	5	1					
ビッグデータ・CPS・IoT		8	1					
ICTと社会		6	4	1				
全体	4	73	31	4	2			

ここでは、実装時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の多いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。「ハードウェア・アーキテクチャ」「人工知能」細目の関連トピックで、「実装しない」との回答が多く、また、「理論」、「HPC」等の細目のトピックの中には、社会実装について「わからない」との回答の多いトピックが含まれる。

表 2-1-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない(%)	社会実装時期	細目
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	2.9	40.7	2038	ハードウェア・アーキテクチャ
61	バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術	3.4	38.5	2025	ソフトウェア
4	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員	2.6	35.2	2030	人工知能
9	監督の演出意図を把握し、演技をするバーチャル俳優	2.1	28.7	2030	人工知能
34	100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	3.2	28.2	2030	ハードウェア・アーキテクチャ

表 2-1-23 「わからない」の回答が多いトピック

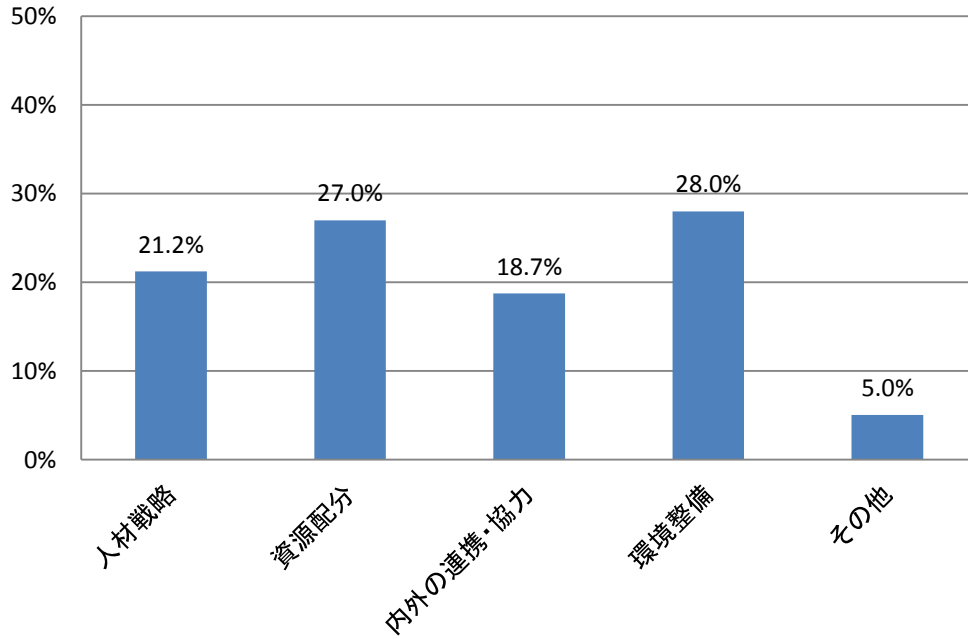
番号	トピック	重要度	わからない(%)	社会実装時期	細目
83	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	3.4	44	2032	理論
76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	3.3	42.2	2033	HPC
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現:計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	3.5	36.8	2035	理論
56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	3.5	33.3	2030	ネットワーク
31	あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジックLSI	3.3	32.6	2020	ハードウェア・アーキテクチャ

1. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1)分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策として、最も回答が多いのは「環境整備」(28.0%)であり、次いで、「資源配分」等の細目が続く。

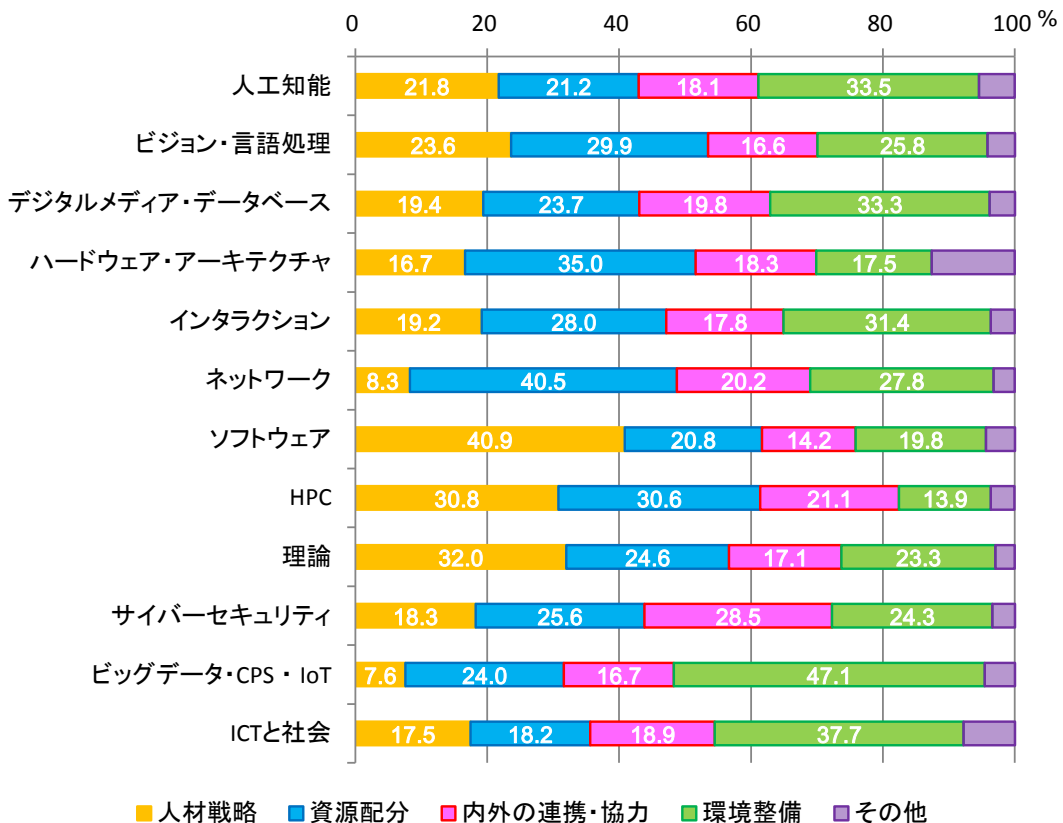
図 2-1-10 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

細目別では、「ビッグデータ・CPS・IoT」、「ICT と社会」、「人工知能」「デジタルメディア・データベース」において、トピックの社会実装に向けて、「環境整備」が必要との回答が多い。また、「ソフトウェア」では、「人材戦略」との回答が他の細目と比べて高い。「ネットワーク」では、「資源配分」との回答が他の細目と比べて高い。「サイバーセキュリティ」では、「内外の連携・協力」との回答が他の細目と比べて高い。

図 2-1-11 社会実装に向けた重点施策(細目別) (%)



①人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-1-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
61	バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術	52.1	2025	2025	ソフトウェア
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	47.4	2027	2035	理論
60	大規模ソフトウェアの自動検証と軽微なバグの自動修正を可能とする技術	46.8	2024	2025	ソフトウェア
64	一般に使われているコンパイラ・OS・基本ライブラリの正しさ(スペック通り動作すること)を保証する技術	46.6	2025	2029	ソフトウェア
87	数値計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数値計画法技術)	42.9	2022	2025	理論
57	転送データ量あたりの消費電力が現在の1/10程度に低減されたバックボーンルーター	5.3	2020	2023	ネットワーク
90	100kmを超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術	4.4	2023	2029	サイバーセキュリティ
100	医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。	4.3	2021	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
95	目的に応じてネットからハード・ソフトの設計をダウンロードし、3Dプリンタ等で製造することにより、誰でも企画から1時間以内に製作・展開可能な低価格センサーノード	2.7	2020	2023	ビッグデータ・CPS・IoT
102	道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム	2.6	2025	2030	ビッグデータ・CPS・IoT

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-1-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
57	転送データ量あたりの消費電力が現在の1/10程度に低減されたバックボーンルーター	54.4	2020	2023	ネットワーク
56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード	53.8	2025	2030	ネットワーク
98	1ゼタバイト(2 ⁷⁰ バイト)のデータを格納し、実用時間内で検索や更新ができるプラットフォーム	51.5	2023	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
50	1ミリ秒以下の超低遅延広域無線ネットワーク技術(ロボット制御や自動運転制御に必要な実時間無線通信技術)	50.6	2020	2025	ネットワーク

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
47	規模・速度距離性能・階層に依存せずに伝送コア・スイッチコア・ネットワークを自在に構成できる光・電子融合回路(現在の100倍の体積あたりパフォーマンスを実現したトランスポートネットワーク装置が実現される)	49.3	2022	2025	ネットワーク
66	重要インフラ(金融、通信、交通、エネルギーなど)のソフトウェアを解析し、遵法的に動作することを確認する技術	12.0	2025	2030	ソフトウェア
4	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員	10.3	2025	2030	人工知能
101	個人の興味・能力・時間などに合わせ、かつ学習者の生体反応を見ながら最適な教育を行うシステム。(社会実装:我が国の教育制度の一部として取り込まれる)	9.1	2023	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
111	知識・情報・コンテンツの流通が行われるようになり、その価値に対する適切な値付けが行われるとともに、得られる経済価値や社会的名誉の再配分が行われる社会システム	9.1	2025	2025	ICTと社会
106	プライバシーと経済行為・保険等に対する新しい理解を基に、新しい経済商品(保険商品も含む)が生まれ、それに関連した産業がGDPの20%に到達	6.1	2024	2025	ICTと社会

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-1-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
92	自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率が事実上無視できる程度に低減される)	35.2	2020	2024	サイバーセキュリティ
88	セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術	32.4	2020	2022	サイバーセキュリティ
93	新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム	29.8	2021	2025	サイバーセキュリティ
91	攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	28.7	2020	2022	サイバーセキュリティ
54	情報を名前(URI)によってアクセスすることで、ネットワーク内ルータやスイッチにおいてキャッシュや処理が可能なコンテンツ流通システム	28.4	2020	2022	ネットワーク
38	高齢者や障害者などが自宅に居ながらにして、農作業のような物理的な作業を遠隔地で行うことができるテレグジスタンス技術	8.9	2023	2025	インタラクション
102	道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム	7.9	2025	2030	ビッグデータ・CPS・IoT
62	ハードウェア障害や実行環境の変化が避けられない状況で、99.9999%のサービス可用性(停止時間が10年間で5分間程度)をコストを大幅に増やすことなく実現可能とするソフトウェアの開発・運用技術	6.6	2025	2026	ソフトウェア

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
87	数理計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数理計画法技術)	6.3	2022	2025	理論
61	バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術	5.6	2025	2025	ソフトウェア

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-1-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
102	道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム	63.2	2025	2030	ビッグデータ・CPS・IoT
96	全てのセンサー類がID管理され、自分の行動が誰にどのようにセンシングされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術	55.8	2020	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
100	医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。	53.8	2021	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
99	データの価値が視覚化され、市場原理に基づいて広く取引されるデータマーケットプレイス	50.8	2020	2024	ビッグデータ・CPS・IoT
101	個人の興味・能力・時間などに合わせ、かつ学習者の生体反応を見ながら最適な教育を行うシステム。(社会実装:我が国の教育制度の一部として取り込まれる)	49.1	2023	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	9.6	2026	2033	HPC
74	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上	9.6	2024	2026	HPC
30	スピントロニクスの原理に基づき情報処理を行うロジックLSI	8.3	2024	2025	ハードウェア・アーキテクチャ
27	三次元積層技術により異種チップ(CPU・メモリ・センサーなど)が10層以上積層されたLSI	7.4	2020	2023	ハードウェア・アーキテクチャ
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	4.5	2030	2038	ハードウェア・アーキテクチャ

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック（上位 5 件）は、以下のとおりである。

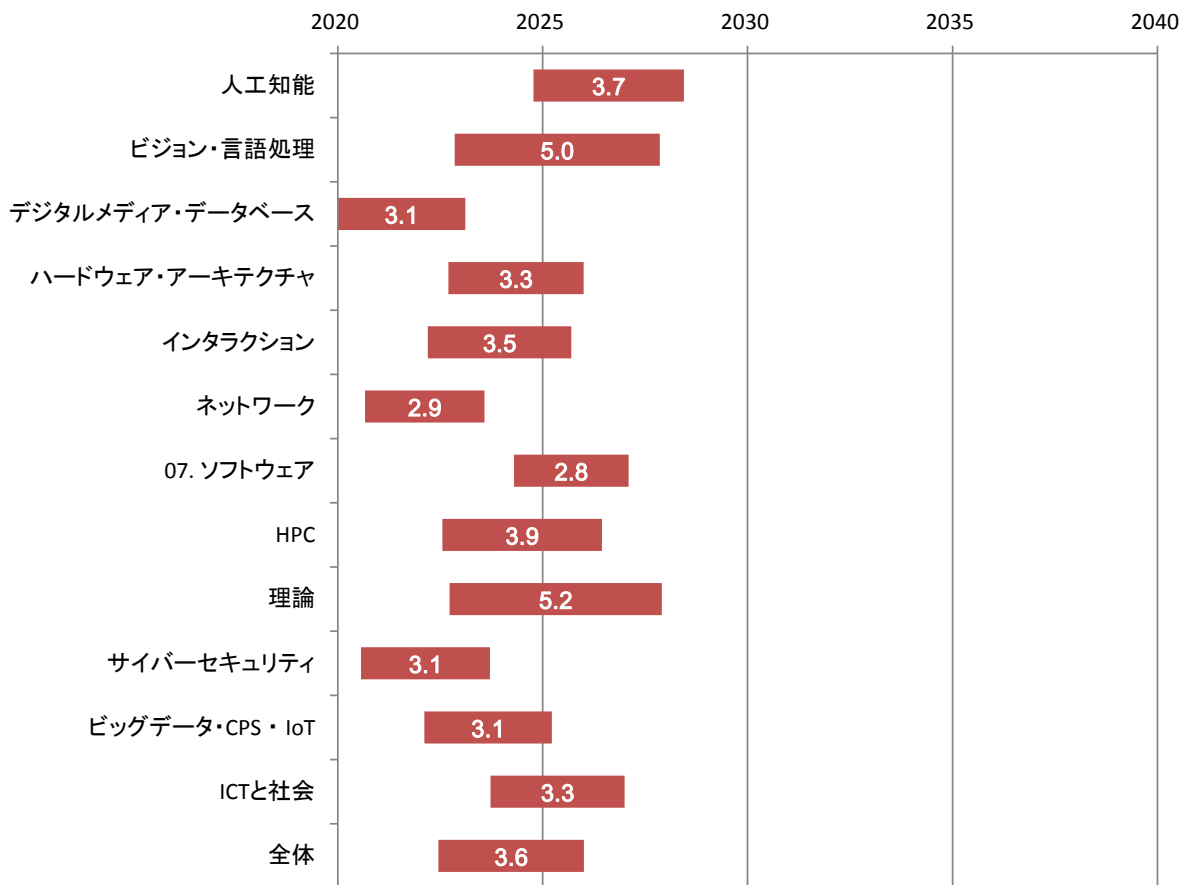
表 2-1-28 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	18.2	2030	2038	ハードウェア・アーキテクチャ
31	あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジックLSI	15.0	2020	2020	ハードウェア・アーキテクチャ
34	100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	14.7	2024	2030	ハードウェア・アーキテクチャ
32	ディスプレイとカメラをコンタクトレンズに内蔵したウェアラブルコンピュータ	14.0	2022	2025	ハードウェア・アーキテクチャ
33	血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム	13.9	2023	2025	ハードウェア・アーキテクチャ

1. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間

技術的実現から社会実装までの期間を細目別にみると、「理論」が 5.2 年と最も長く、一方で、「ネットワーク」、「ソフトウェア」の細目は 3 年未満と短い。

図 2-1-12 技術的実現から社会実装までの期間(年)



技術的実現から社会実装までの期間の長いトピック(上位 5 件)および期間の短いトピック(上位 5 件)は、それぞれ以下のとおりである。

表 2-1-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間(年)	細目
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	2030	2038	8	ハードウェア・アーキテクチャ
77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	2027	2035	8	理論
7	はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット	2030	2037	7	人工知能
83	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	2025	2032	7	理論
76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスト等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	2026	2033	7	HPC
20	放送・通信・マスメディアなどで配信された過去の画像・映像・音声・文字データを高品質にアーカイブ化し、検索・分析・配信・利活用する技術	2020	2020	0	デジタルメディア・データベース
55	システム内部や外部の動作状況に動的に適応するネットワーク仮想化技術によって、所望のサービスが高信頼かつ無停止で提供されるネットワーク	2020	2020	0	ネットワーク
59	大規模ソフトウェアの仕様の網羅的記述と妥当性確認を一般的な開発者が誤りなく行えるように支援する技術	2025	2025	0	ソフトウェア
31	あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジックLSI	2020	2020	0	ハードウェア・アーキテクチャ
61	バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術	2025	2025	0	ソフトウェア

1. 5. 未来科学技術年表

1. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2020	10 不鮮明な映像に対応した高速物体認識技術(海中での魚類の捕獲などで活用)
	11 群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム(大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効)
	12 喜怒哀楽や微妙なニュアンスの違いを表現できる音声合成技術
	17 映像視聴中に関連の映像情報を検索したい場合等に、ユーザーの関心・スキル・状況などの情報を各種センサーなどを駆使して収集し、ユーザーにもっとも適した結果を検索出力したり推薦するなど、アクセス要求の高度化に対応した個人適応型の検索・推薦技術
	18 ライフログデータや身体データを大量に蓄積し、個人の日常的なデータの記録・管理・検索・分析する技術(ナチュラルユーザインタフェースで利用できるウェアラブルな外部脳機能システムとして提供される)
	19 画像・動画・音声データに対するメタデータを、メディア認識技術と人手によるソーシャルアノテーションを併用して、自動生成する技術
	20 放送・通信・マスメディアなどで配信された過去の画像・映像・音声・文字データを高品質にアーカイブ化し、検索・分析・配信・利活用する技術
	21 キーワード検索ではなく、状況や達成目的や社会的な評価情報を入力するだけで、情報を高適合率・高再現率で検索・推薦する技術
	22 Internet of Things(IoT)の進展により、社会に大量に配備される多種多様なセンサー群のデータを、統合して検索・分析できるシステム
	23 SNSなどのソーシャルメディアのデータを分析し、行動予測するシステム(例:犯罪予測や消費者の購買行動予測)
	24 ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報やこれらからマイニングで得られる情報の信憑性・信頼性を分析する技術(デジタル画像鑑定技術も含む)
	25 エビデンス情報(provenance等)を提供しつつ、個人データを保護し、安全に個人ビッグデータを統合的に利活用するための技術
	27 三次元積層技術により異種チップ(CPU・メモリ・センサーなど)が10層以上積層されたLSI
	28 環境の熱や振動のエネルギー変換(エネルギーハーベスティング)により、半永久的に動作するシステムオンチップLSI
	31 あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジックLSI
	36 ウェアラブル生体信号センサーから得た情報を基にユーザーの意図を理解し、コンピュータの操作(メニューの選択や文章の入力など)を行う技術
	37 匂いや味などをセンシングする5感センサーとその結果を再現できる5感ディスプレイ
	42 ネットワーク越しでつながれた多くのユーザーの知恵を集めて複雑な問題を解決する技術(例:病気の治療法の発見、行政問題の解決、技術的問題の解決など。データの収集・取捨選択・推論・検証などを大勢で分担して組織的に行うことで、専門家を超越する問題解決能力を示す)
	46 ペタビット級光ファイバー通信技術とテラビット級フレーム多重通信技術(情報量あたりの設置面積・設備重量・設置時間の全てが現在の1/10以下のデータセンター内光通信システムが実現される)
	48 QoE(Quality of Experience)が保証され、8K品質の遠隔会議や遠隔教育を移動端末を用いて可能な、無線アクセス技術
49 基地局に百以上のアンテナが備えられ、近傍ユーザー端末の動的な連携によって、ユーザー密集地においても、ユーザーが輻輳を感じない無線通信技術	
50 1ミリ秒以下の超低遅延広域無線ネットワーク技術(ロボット制御や自動運転制御に必要な実時間無線通信技術)	
51 時々刻々と利用可能状態が変化するネットワークへのアクセスを、媒体の変化を利用者が意識することなく(通信が途切れることなく)提供可能な、有線・無線統合ネットワークの自動構成技術	
2020	53 平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には人命救助をサポートしたり、被災地に迅速に展開され被災者がストレスなく音声・動画・パケット通信サービスを利用したりできる柔軟なネットワーク及びモバイル端末技術

年	トピック
2020	54 情報を名前(URI)によってアクセスすることで、ネットワーク内ルータやスイッチにおいてキャッシュや処理が可能なコンテンツ流通システム
	55 システム内部や外部の動作状況に動的に適応するネットワーク仮想化技術によって、所望のサービスが高信頼かつ無停止で提供されるネットワーク
	57 転送データ量あたりの消費電力が現在の 1/10 程度に低減されたバックボーンルーター
	58 個人用途のマッシュアップ型ソフトウェアを自動合成する技術(素人が自然言語と例示で与えた不完全な仕様を、対話的に修正する機能を含む)
	75 迅速・安価にカスタム設計可能であると同時に、大幅な加速を実現し、time-to-solution を 100 倍短縮する次世代 HPC アクセラレータ技術(分子化学など特定アプリケーション領域に絞ったアクセラレータと、そのためのプログラミング言語・コンパイラ・システムソフトウェア等を、FPGA 等の再構成可能デバイスを用いたり、SoC や三次元実装技術を用いて、従来と比較して大幅に迅速・安価にカスタム化して実現。)
	79 ビッグデータの知識をポータブル記録デバイスに入れ、持ち運んで使える機能的圧縮技術の理論基盤(技術的实现:大規模データの知識抽出技法による機能的データ圧縮技法の実現、社会実装:「第二の記憶脳」としての機能的圧縮データ構造の利便化と、記憶媒体の活用・運用)
	80 プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証(技術的实现: 安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装:理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展)
	82 文章・映像・センサデータなどの多様な表現を融合し、意味的な特異性で概念を表現した、高精度なデータ分類・組織化手法の開発(技術的实现:多様性や多くの例外を受け入れる機能型データ分類技術の理論構築と開発、社会実装:高機能データ分類・組織化に基づく、ユーザーのインスピレーションを生み出す柔軟な類似・類推検索機能の実用化)
	88 セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術
	89 パソコンなどからインターネット上の多くのサイトに長期間にわたりアクセスする場合にも、使いやすさと低コストを実現し、安全性面から安心して使える個人認証システム
	91 攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術
	92 自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率が事実上無視できる程度に低減される)
	94 システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術(行動科学的技術を含み、内部犯罪の発生率を無視できるぐらい小さくすることが可能)
	95 目的に応じてネットからハード・ソフトの設計をダウンロードし、3D プリンタ等で製造することにより、誰でも企画から 1 時間以内に製作・展開可能な低価格センサーノード
96 全てのセンサー類が ID 管理され、自分の行動が誰にどのようにセンスされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術	
99 データの価値が視覚化され、市場原理に基づいて広く取引されるデータマーケットプレイス	
113 研究論文を解説し、論文データベースと照合した上で、その正当性(オリジナリティや、真正性を含む)を評価する技術	
114 研究成果の真正を証明するため、研究により生じた全計測データ、全画像データを記録・保存し、原データを認証・保証するシステム	
2021	43 視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)
	52 膨大で多様な情報通信機器同士が自己組織原理によって連携し、ネットワーク全体で通信途絶のない運用が可能となる技術
	70 エкса～ゼタバイトスケールのビッグデータ解析の為に、HPC とビッグデータの Co-Design による統合化と、それによるデータ処理の 100 倍以上の高速化・大規模化(例:高速な疎行列演算、高性能グラフ解析、データ同化、高速分散検索・ソーティング、各種学習アルゴリズムや、エクサ～ゼタ規模の大規模データの超並列処理を可能にするシステムソフトウェア、不揮発性メモリによるメモリとストレージの階層を統合化したアーキテクチャ、など)
73 100 万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータ IDC システムにおいて、性能電力比を現在の 100 倍高める技術(例:高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路や Silicon Photonics 次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法)	
2021	86 実用的な計算機構における超並列・分散計算理論の体系化(技術的实现:スパコンやクラウド分散等の計算機

年	トピック
	構の発展方向に対応した、最先端アルゴリズムの体系化、社会実装:体系化されたアルゴリズムの手軽に使い、常に最先端に整備されるダイナミックパッケージ化)
	93 新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム
	100 医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。
	107 介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム(医療・介護の社会的費用の年々の増加が停止)
	109 社会コスト(物流・食料・移動・エネルギーなど)がリアルタイムに把握され、その見える化・予測・最適化がなされる社会インフラ
2022	1 サッカーなどのスポーツで人間に代わって審判を行う人工知能
	26 5nm テクノロジーの MOS トランジスタを集積したロジック LSI
	29 チップ内光インターコネクでオンチッププロセッサ間および外部との大容量通信が可能な LSI
	32 ディスプレイとカメラをコンタクトレンズに内蔵したウェアラブルコンピュータ
	40 めがねを用いなくても見ることができ、視聴者が姿勢を変えるなどの自然な動きをしても立体像が変形しない立体動画表示装置
	41 専門的知識を持たない一般ユーザーが、自動車や家などの高度な人工物を、既存のライブラリから機能要素を選択するなどして、自分で設計・製作できるようにする技術
	45 表情・身振り・感情・存在感などにおいて本物の人間と簡単には区別できない対話的なバーチャルエージェント。受付や案内など、数分間のやりとりが自然に行えるようになる。
	47 規模・速度距離性能・階層に依存せずに伝送コア・スイッチコア・ネットワークを自在に構成できる光・電子融合回路(現在の 100 倍の体積あたりパフォーマンスを実現したトランスポートネットワーク装置が実現される)
	69 エクサ〜ゼタバイトスケールの HPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新 (例: 地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化)
	71 1000 万〜10 億規模の並列性を前提とした新しい計算アルゴリズム、プログラミング手法、性能評価法 (例: 超スケラブルな数値アルゴリズム、通信同期削減アルゴリズム、近似や精度を落とす計算手法、上記のアルゴリズムを容易にプログラミング可能にする言語や、それらの性能モデリングおよび予測・評価手法)
	72 100 万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータ IDC システムにおける、堅牢な耐故障・自律回復技術(例: 自然に耐故障な数値アルゴリズム(Naturally Fault Tolerant Algorithms)の理論およびアルゴリズムの確立、超大規模システムでのロバストな故障予想・検出・回復アルゴリズムおよびシステム、故障を外外部から修理しない自律修復システム)
	78 個人の自由な行動が集団としての社会をスムーズに動かす制御手法の理論基盤の構築(技術的実現: 大規模な社会的競合・協調の最適制御アルゴリズム理論の実用化、社会実装: 渋滞緩和や避難行動設計の自動最適化の実現、スマート都市におけるインセンティブ設計とそのリアルタイム運用)
	87 数理計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数理計画法技術)
	103 宇宙科学や生命科学など、科学研究で生成・分析されるデータが連携・共有され、すべての実験・観察結果がオンライン追跡可能になるサイエンス・ビッグデータ基盤。
2023	2 危険を伴う道路・鉄道・電線などのメンテナンス作業を、専門知識とスキルをもつ多数の作業員と連携しながら行うロボット(社会実装: メンテナンス作業の過半数がロボットによって行われる)
	8 テレビドラマの典型的な場面に含まれるモノとコトが 90%の確度で把握できる技術
	33 血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム
	38 高齢者や障害者などが自宅に居ながらにして、農作業のような物理的な作業を遠隔地で行うことができるテレインテリジェンス技術
	81 バーチャルコンサルタントを実現する意思決定支援アルゴリズムの開発に向けた、データの持つ知識の構造化のモデル開拓(社会実装: パーソナライズした意思決定支援システムの実用化)
	90 100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術
	98 1 ゼタバイト(2 ⁷⁰ バイト)のデータを格納し、実用時間内で検索や更新ができるプラットフォーム
	101 個人の興味・能力・時間などに合わせ、かつ学習者の生体反応を見ながら最適な教育を行うシステム。(社会実装: 我が国の教育制度の一部として取り込まれる)
2024	30 スピントロニクス の原理に基づき情報処理を行うロジック LSI

年	トピック
	34 100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム
	60 大規模ソフトウェアの自動検証と軽微なバグの自動修正を可能とする技術
	67 大規模ソフトウェアにも適用可能で、確率的挙動(ハードウェア障害や環境の揺らぎへの対応、乱数や確率的アルゴリズムの利用など)を考慮した検証技術
	74 先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上
	106 プライバシーと経済行為・保険等に対する新しい理解を基に、新しい経済商品(保険商品も含む)が生まれ、それに関連した産業がGDPの20%に到達
2025	3 高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム
	4 民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員
	5 語学学校等の現場で外国語教育を行える人工知能(社会実装:語学学校での外国語教育の過半数がAI教師によって教えられるようになる)
	6 高度な専門技能(例:畜産農家経営)を持つ人間に師事し、見習いを通して技能を吸収し、師匠に準じるレベルまで達する、技能複写システム
	9 監督の演出意図を把握し、演技をするバーチャル俳優
	13 発話内容や話者の関係を理解し、途中から自然に会話に参加できる人工知能
	14 国際商取引の場面で、同時通訳者のように機能するリアルタイム音声翻訳装置
	15 ネットワークを通じて、世界中のほとんどのTV番組を言語の障害なく視聴できる技術
	16 世界中のウェブで表明された多言語の意見や主張を、機械翻訳と深い意図解析(意味解析を含む)によって解釈・収集・要約するシステム
	39 発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置
	56 ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード
	59 大規模ソフトウェアの仕様の網羅的記述と妥当性確認を一般的な開発者が誤りなく行えるように支援する技術
	61 バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術
	62 ハードウェア障害や実行環境の変化が避けられない状況で、99.9999%のサービス可用性(停止時間が10年間で5分間程度)をコストを大幅に増やすことなく実現可能とするソフトウェアの開発・運用技術
	63 リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術
	64 一般に使われているコンパイラ・OS・基本ライブラリの正しさ(スペック通り動作すること)を保証する技術
	65 物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム(ロボット、自動運転車、医療システムなど)のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術
	66 重要インフラ(金融、通信、交通、エネルギーなど)のソフトウェアを解析し、合法的に動作することを確認する技術
	68 HPC技術によるロボットなどに活用できる真の携帯可能な人工知能(例:単なる機能を実現するだけでなく、高度な人工知能により人との関わりあいを実現する、高度な介護・育児などのロボット等の実現。現在の世界トップスパコンの性能を弁当箱程度の大きさとデスクトップPC程度の消費電力で実現する。)
	83 脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明
2025	84 生命系の維持システムの情報理論的解明とその活用(技術的实现:生体システムデザインを利用した高機能シミュレーションによる、高度自動医療診断システムの実現、社会実装:生体活動メカニズムを具現化した人工微生物作成や、人工光合成の実現への情報科学的貢献)
	85 自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築
	97 GPSに代わり、1cmの空間分解能と100msの時間分解能を持つ位置検出技術(ユーザーの位置だけでなく姿勢やジェスチャーを検出でき、モバイルデバイスの新たな応用が広がる)
	102 道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム
2025	104 自閉症・認知症・引きこもりなどの精神疾患を持った人たちとのコミュニケーション技術(非言語情報の把握・理解・概念体系の把握などを含む)

年	トピック
	105 個人や集団が置かれている状況の把握をリアルタイムに行い、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む。法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定ができる)
	108 機械(ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)。その結果、機械の経済への貢献が40%になる。
	110 空間(世界中どこでも)や言語空間(多言語でも)を超えて自由にコミュニケーションしたり学習できる技術
	111 知識・情報・コンテンツの流通が行われるようになり、その価値に対する適切な値付けが行われるとともに、得られる経済価値や社会的名誉の再配分が行われる社会システム
2026	76 ポスト・フォン・ノイマン HPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC 計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立
2027	44 個人の体験を、視覚情報のみならず匂いや温度などの感覚情報に加えて、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを伝達・体験・共有できるようにするメディア
	77 計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)
2030	7 はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教唆を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット
	35 10k 量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ
	112 土着の文化・言語の思想・体系・表現を把握・理解する技術

1. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2020	20 放送・通信・マスメディアなどで配信された過去の画像・映像・音声・文字データを高品質にアーカイブ化し、検索・分析・配信・利活用する技術
	31 あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジック LSI
	55 システム内部や外部の動作状況に動的に適応するネットワーク仮想化技術によって、所望のサービスが高信頼かつ無停止で提供されるネットワーク
	89 パソコンなどからインターネット上の多くのサイトに長期間にわたりアクセスする場合にも、使いやすさと低コストを実現し、安全性面から安心して使える個人認証システム
2021	19 画像・動画・音声データに対するメタデータを、メディア認識技術と人手によるソーシャルアノテーションを併用して、自動生成する技術
2022	23 SNS などのソーシャルメディアのデータを分析し、行動予測するシステム(例: 犯罪予測や消費者の購買行動予測)
	49 基地局に百以上のアンテナが備えられ、近傍ユーザー端末の動的な連携によって、ユーザー密集地においても、ユーザーが輻輳を感じない無線通信技術
	51 時々刻々と利用可能状態が変化するネットワークへのアクセスを、媒体の変化を利用者が意識することなく(通信が途切れることなく)提供可能な、有線・無線統合ネットワークの自動構成技術
	53 平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には人命救助をサポートしたり、被災地に迅速に展開され被災者がストレスなく音声・動画・パケット通信サービスを利用したりできる柔軟なネットワーク及びモバイル端末技術
	54 情報を名前(URI)によってアクセスすることで、ネットワーク内ルータやスイッチにおいてキャッシュや処理が可能なコンテンツ流通システム
	88 セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術
91 攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	
2023	17 映像視聴中に関連の映像情報を検索したい場合等に、ユーザーの関心・スキル・状況などの情報を各種センサーなどを駆使して収集し、ユーザーにもっとも適した結果を検索出力したり推薦するなど、アクセス要求の高度化に対応した個人適応型の検索・推薦技術
	24 ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報やこれらからマイニングで得られる情報の信憑性・信頼性を分析する技術(デジタル画像鑑定技術も含む)
	27 三次元積層技術により異種チップ(CPU・メモリ・センサーなど)が 10 層以上積層された LSI
	36 ウェアラブル生体信号センサーから得た情報を基にユーザーの意図を理解し、コンピュータの操作(メニューの選択や文章の入力など)を行う技術
	48 QoE (Quality of Experience) が保証され、8K 品質の遠隔会議や遠隔教育を移動端末を用いて可能な、無線アクセス技術
	57 転送データ量あたりの消費電力が現在の 1/10 程度に低減されたバックボーンルーター
	95 目的に応じてネットからハード・ソフトの設計をダウンロードし、3D プリンタ等で製造することにより、誰でも企画から 1 時間以内に製作・展開可能な低価格センサーノード
2024	25 エビデンス情報(provenance 等)を提供しつつ、個人データを保護し、安全に個人ビッグデータを統合的に利活用するための技術
	28 環境の熱や振動のエネルギー変換(エネルギーハーベスティング)により、半永久的に動作するシステムオンチップ LSI
	46 ペタビット級光ファイバー通信技術とテラビット級フレーム多重通信技術(情報量あたりの設置面積・設備重量・設置時間の全てが現在の 1/10 以下のデータセンター内光通信システムが実現される)
	75 迅速・安価にカスタム設計可能であると同時に、大幅な加速を実現し、time-to-solution を 100 倍短縮する次世代 HPC アクセラレータ技術(分子化学など特定アプリケーション領域に絞ったアクセラレータと、そのためのプログラミング言語・コンパイラ・システムソフトウェア等を、FPGA 等の再構成可能デバイスを用いたり、SoC や三次元実装技術を用いて、従来と比較して大幅に迅速・安価にカスタム化して実現。)
	92 自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率が事実上無視できる程度に低減される)
2024	94 システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術(行動科学的技術を含み、内部犯罪の発生率を無視できるぐらい小さくすることが可能)

年	トピック
	99 データの価値が視覚化され、市場原理に基いて広く取引されるデータマーケットプレイス
	114 研究成果の真正を証明するため、研究により生じた全計測データ、全画像データを記録・保存し、原データを認証・保証するシステム
2025	1 サッカーなどのスポーツで人間に代わって審判を行う人工知能
	2 危険を伴う道路・鉄道・電線などのメンテナンス作業を、専門知識とスキルをもつ多数の作業員と連携しながら行うロボット(社会実装:メンテナンス作業の過半数がロボットによって行われる)
	8 テレビドラマの典型的な場面に含まれるモノとコトが90%の確度で把握できる技術
	10 不鮮明な映像に対応した高速物体認識技術(海中での魚類の捕獲などで活用)
	11 群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム(大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効)
	12 喜怒哀楽や微妙なニュアンスの違いを表現できる音声合成技術
	18 ライフログデータや身体データを大量に蓄積し、個人の日常的なデータの記録・管理・検索・分析する技術(ナチュラルユーザインタフェースで利用できるウェアラブルな外部脳機能システムとして提供される)
	21 キーワード検索ではなく、状況や達成目的や社会的な評価情報を入力するだけで、情報を高適合率・高再現率で検索・推薦する技術
	22 Internet of Things(IoT)の進展により、社会に大量に配備される多種多様なセンサー群のデータを、統合して検索・分析できるシステム
	26 5nm テクノロジーの MOS トランジスタを集積したロジック LSI
	29 チップ内光インターコネクトでオンチッププロセッサ間および外部との大容量通信が可能な LSI
	30 スピントロニクス の原理に基づき情報処理を行うロジック LSI
	32 ディスプレイとカメラをコンタクトレンズに内蔵したウェアラブルコンピュータ
	33 血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム
	37 匂いや味などをセンシングする5感センサーとその結果を再現できる5感ディスプレイ
	38 高齢者や障害者などが自宅に居ながらにして、農作業のような物理的な作業を遠隔地で行うことができるテレレイグジスタンス技術
	40 めがねを用いなくても見ることができ、視聴者が姿勢を変えるなどの自然な動きをしても立体像が変形しない立体動画表示装置
	41 専門的知識を持たない一般ユーザーが、自動車や家などの高度な人工物を、既存のライブラリから機能要素を選択するなどして、自分で設計・製作できるようにする技術
	42 ネットワーク越しでつながれた多くのユーザーの知恵を集めて複雑な問題を解決する技術(例:病気の治療法の発見、行政問題の解決、技術的問題の解決など。データの収集・取捨選択・推論・検証などを大勢で分担して組織的に行うことで、専門家を超える問題解決能力を示す)
	43 視覚・嗅覚・触覚・記憶力・筋力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)
	45 表情・身振り・感情・存在感などにおいて本物の人間と簡単には区別のできない対話的なバーチャルエージェント。受付や案内など、数分間のやりとりが自然に行えるようになる。
	47 規模・速度距離性能・階層に依存せずに伝送コア・スイッチコア・ネットワークを自在に構成できる光・電子融合回路(現在の100倍の体積あたりパフォーマンスを実現したトランスポートネットワーク装置が実現される)
	50 1ミリ秒以下の超低遅延広域無線ネットワーク技術(ロボット制御や自動運転制御に必要な実時間無線通信技術)
	52 膨大で多様な情報通信機器同士が自己組織原理によって連携し、ネットワーク全体で通信途絶のない運用が可能となる技術
	58 個人用途のマッシュアップ型ソフトウェアを自動合成する技術(素人が自然言語と例示で与えた不完全な仕様を、対話的に修正する機能を含む)
	59 大規模ソフトウェアの仕様の網羅的記述と妥当性確認を一般的な開発者が誤りなく行えるように支援する技術
	60 大規模ソフトウェアの自動検証と軽微なバグの自動修正を可能とする技術
2025	61 バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術
	69 エкса～ゼタバイトスケールの HPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新(例:全地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通

年	トピック
	常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化)
	70 エクサ～ゼタバイトスケールのビッグデータ解析の為の、HPC とビッグデータのCo-デザインによる統合化と、それによるデータ処理の 100 倍以上の高速化・大規模化(例: 高速な疎行列演算、高性能グラフ解析、データ同化、高速分散検索・ソーティング、各種学習アルゴリズムや、エクサ～ゼタ規模の大規模データの超並列処理を可能にするシステムソフトウェア、不揮発性メモリによるメモリとストレージの階層を統合化したアーキテクチャ、など)
	71 1000 万～10 億規模の並列性を前提とした新しい計算アルゴリズム、プログラミング手法、性能評価法(例: 超スケラブルな数値アルゴリズム、通信同期削減アルゴリズム、近似や精度を落とす計算手法、上記のアルゴリズムを容易にプログラミング可能にする言語や、それらの性能モデリングおよび予測・評価手法)
	72 100 万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータ IDC システムにおける、堅牢な耐故障・自律回復技術(例: 自然に耐故障な数値アルゴリズム(Naturally Fault Tolerant Algorithms)の理論およびアルゴリズムの確立、超大規模システムでのロバストな故障予想・検出・回復アルゴリズムおよびシステム、故障を外部から修理しない自律修復システム)
	73 100 万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータ IDC システムにおいて、性能電力比を現在の 100 倍高める技術(例: 高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路や Silicon Photonics 次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法)
	79 ビッグデータの知識をポータブル記録デバイスに入れ、持ち運んで使える機能的圧縮技術の理論基盤(技術的実現: 大規模データの知識抽出技法による機能的データ圧縮技法の実現、社会実装: 「第二の記憶脳」としての機能的圧縮データ構造の利便化と、記憶媒体の活用・運用)
	80 プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証(技術的実現: 安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装: 理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展)
	82 文章・映像・センサデータなどの多様な表現を融合し、意味的な特異性で概念を表現した、高精度なデータ分類・組織化手法の開発(技術的実現: 多様性や多くの例外を受け入れる機能型データ分類技術の理論構築と開発、社会実装: 高機能データ分類・組織化に基づく、ユーザーのインスピレーションを生み出す柔軟な類似・類推検索機能の実用化)
	86 実用的な計算機構における超並列・分散計算理論の体系化(技術的実現: スパコンやクラウド分散等の計算機構の発展方向に対応した、最先端アルゴリズムの体系化、社会実装: 体系化されたアルゴリズムの手軽に使い、常に最先端に整備されるダイナミックパッケージ化)
	87 数理計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数理計画法技術)
	93 新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム
	96 全てのセンサー類が ID 管理され、自分の行動が誰にどのようにセンスされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術
	97 GPS に代わり、1cm の空間分解能と 100ms の時間分解能を持つ位置検出技術(ユーザーの位置だけでなく姿勢やジェスチャーを検出でき、モバイルデバイスの新たな応用が広がる)
	98 1 ゼタバイト(2 ⁷⁰ バイト)のデータを格納し、実用時間内で検索や更新ができるプラットフォーム
	100 医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。
	101 個人の興味・能力・時間などに合わせ、かつ学習者の生体反応を見ながら最適な教育を行うシステム。(社会実装: 我が国の教育制度の一部として取り込まれる)
	103 宇宙科学や生命科学など、科学研究で生成・分析されるデータが連携・共有され、すべての実験・観察結果がオンライン追跡可能になるサイエンス・ビッグデータ基盤。
	106 プライバシーと経済行為・保険等に対する新しい理解を基に、新しい経済商品(保険商品も含む)が生まれ、それに関連した産業が GDP の 20% に到達
	107 介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム(医療・介護の社会的費用の年々の増加が停止)
2025	109 社会コスト(物流・食料・移動・エネルギーなど)がリアルタイムに把握され、その見える化・予測・最適化がなされる社会インフラ
	111 知識・情報・コンテンツの流通が行われるようになり、その価値に対する適切な値付けが行われるとともに、得られる経済価値や社会的名誉の再配分が行われる社会システム
	113 研究論文を解読し、論文データベースと照合した上で、その正当性(オリジナリティや、真正性を含む)を評価

年	トピック
	する技術
2026	5 語学学校等の現場で外国語教育を行える人工知能(社会実装:語学学校での外国語教育の過半数が AI 教師によって教えられるようになる)
	62 ハードウェア障害や実行環境の変化が避けられない状況で、99.9999%のサービス可用性(停止時間が10年間で5分間程度)をコストを大幅に増やすことなく実現可能とするソフトウェアの開発・運用技術
	63 リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術
	74 先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上
	110 空間(世界中どこでも)や言語空間(多言語でも)を超えて自由にコミュニケーションしたり学習できる技術
2027	81 バーチャルコンサルタントを実現する意思決定支援アルゴリズムの開発に向けた、データの持つ知識の構造化のモデル開拓(社会実装:パーソナライズした意思決定支援システムの実用化)
2028	3 高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム
	78 個人の自由な行動が集団としての社会をスムーズに動かす制御手法の理論基盤の構築(技術的实现:大規模な社会的競合・協調の最適制御アルゴリズム理論の実用化、社会実装:渋滞緩和や避難行動設計の自動最適化の実現、スマート都市におけるインセンティブ設計とそのリアルタイム運用)
2029	39 発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置
	64 一般に使われているコンパイラ・OS・基本ライブラリの正しさ(スペック通り動作すること)を保証する技術
	90 100kmを超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術
2030	4 民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員
	6 高度な専門技能(例:畜産農家経営)を持つ人間に師事し、見習いを通して技能を吸収し、師匠に準じるレベルまで達する、技能複写システム
	9 監督の演出意図を把握し、演技をするバーチャル俳優
	13 発話内容や話者の関係を理解し、途中から自然に会話に参加できる人工知能
	14 国際商取引の場面で、同時通訳者のように機能するリアルタイム音声翻訳装置
	15 ネットワークを通じて、世界中のほとんどのTV番組を言語の障害なく視聴できる技術
	16 世界中のウェブで表明された多言語の意見や主張を、機械翻訳と深い意図解析(意味解析を含む)によって解釈・収集・要約するシステム
	34 100億のニューロンと100兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム
	44 個人の体験を、視覚情報のみならず匂いや温度などの感覚情報に加えて、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを伝達・体験・共有できるようにするメディア
	56 ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の1/1000に低減されたネットワークノード
	65 物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム(ロボット、自動運転車、医療システムなど)のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術
	66 重要インフラ(金融、通信、交通、エネルギーなど)のソフトウェアを解析し、遵法的に動作することを確認する技術
	67 大規模ソフトウェアにも適用可能で、確率的挙動(ハードウェア障害や環境の揺らぎへの対応、乱数や確率的アルゴリズムの利用など)を考慮した検証技術
	68 HPC技術によるロボットなどに活用できる真の携帯可能な人工知能(例:単なる機能を実現するだけでなく、高度な人工知能により人との関わりあいを実現する、高度な介護・育児などのロボット等の実現。現在の世界トップスパコンの性能を弁当箱程度の大きさでデスクトップPC程度の消費電力で実現する。)
	84 生命系の維持システムの情報理論的な解明とその活用(技術的实现:生体システムデザインを利用した高機能シミュレーションによる、高度自動医療診断システムの実現、社会実装:生体活動メカニズムを具現化した人工微生物作成や、人工光合成の実現への情報科学的貢献)
	85 自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築
102 道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム	

年	トピック
	104 自閉症・認知症・引きこもりなどの精神疾患を持った人たちとのコミュニケーション技術(非言語情報の把握・理解・概念体系の把握などを含む)
	105 個人や集団が置かれている状況の把握をリアルタイムに行い、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む。法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定ができる)
	108 機械(ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)。その結果、機械の経済への貢献が40%になる。
2032	83 脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明
	112 土着の文化・言語の思想・体系・表現を把握・理解する技術
2033	76 ポスト・フォン・ノイマン HPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC 計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立
2035	77 計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)
2037	7 はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット
2038	35 10k 量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ

1. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組として、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

1 サッカーなどのスポーツで人間に代わって審判を行う人工知能
○三次元画像認識・識別・三次元空間再構成、○音響認識・識別 センシング技術
2 危険を伴う道路・鉄道・電線などのメンテナンス作業を、専門知識とスキルをもつ多数の作業員と連携しながら行うロボット(社会実装:メンテナンス作業の過半数がロボットによって行われる)
<p>○専門知識の体系化とその判断基準、○暗黙知の形式知への変換。単なるロジックではなく、ニュアンスなどを含む形での変換、○データの可視化手法。専門知識とスキルを持つ作業員に如何に必要な情報を的確に伝えるか、○先進性。技術的な発展には必ずしも必要ないかもしれないが、新規参入には魅力が必要。○ロボットティーチングと実環境の差・ズレ違いを高精度で計測・取捨選択する技術、○ロボットティーチングと実環境の差・ズレ違いに応じて動作を修正する柔軟性を持った制御、○センシング、○データマイニング、○センサー、○計算速度、○耐久性、○遠隔から制御できるロボット技術および高度な判断は当該遠隔制御技術で人間に委ねるもの、末端の原初的動作とそのために必要な判断は自律的に行う自律制御技術、○種々の環境情報を取得するためのセンサデバイス技術とセンサー情報集約技術、○情報と判断を蓄積して次の事例にフィードフォワードするデータ蓄積分析活用技術、○ロボティクス、○コンピュータビジョン、○データ解析、○ロボット関連、○センサー、○大量データからの機械学習、○自律制御、○人間に近い、学習型人工知能の開発、○他個体とコミュニケーションを通して、課題を達成する技術、○ユーザインタフェース技術、○状況認識技術、○画像解析、○高精度位置認識と連動した移動手段、○感覚フィードバックを装備した作業用マニピュレータ、○柔軟に環境を認識をする技術、○計測情報に基づき、不安定な環境内で、ロボット自身の姿勢や位置を自律的に制御する技術、○異常状態を自律的に検出する技術、○センサー、○人工知能、○ロボット、○ロボットの感覚情報処理、視覚、聴覚、触覚など、○人間の意図を読み取り予測するための学習能力、○安全性の高い高性能高速ロボットシステムとその遠隔制御機能、○高度なセンサー技術、○歩行・移動技術、○メンテナンス範囲の切り分けの判断、○画像認識、○機能安全、○群制御・集団制御、○音声認識、○意図理解、○話者識別、○機能設計とその実装戦略を作成する技術(要素技術の進歩と社会要求の変化を適切に予想し機能を作りユーザーに提供する)、○AI、○機械、○メンテナンス作業をロボット向きに組み替える技術、○センシング、○データ解析、○リモート動作を長時間行う際に必要となる電源を蓄電できること、大容量かつ高効率のバッテリー技術、○軽量化、○小型化、○知識獲得、○現場での適応能力、○UWB(NDA 契約締結中のため詳細は開示不可)、○合成開口レーダー、○メンテナンス作業を行う物理的メカニズムの開発、○周辺環境の認識や人物の行動意図の推定技術、○画像認識・映像認識、○ヒューマンインタラクション、○故障やトラブルへの頑健性、○工事現場などの雑音環境下で頑健に動作する音声認識技術、○作業員の言葉を理解し的確な応答・瞬時の判断を下すことができる知的対話システム、○作業員との協調的な行動を行うことができる知的対話システム、○音声・画像解析、○空間理解、○プランニング○水中、悪天候、高温、高電場、高磁場など悪環境でも確実な移動・通信技術、○ユーザー(作業員)にとって使いやすいよう、機能がシンプルであること、○すでに確立した既存技術の連携。機械・情報・電気電子や適用分野での連携した研究開発がひつようである。</p>
3 高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム
<p>○人の動作を補助するためのウェアラブルスーツや高機能な車椅子、○自動物体認識、音声認識、音声合成、言語解析、○会話エージェント、○人間の脳波を感知し駆動するシステムなどの入力インターフェースの工夫、○安全装置(そもそも暴走しない制御やシステム)、○非侵襲・非接触のセンシング技術、○画像理解・音声理解技術、○機械学習技術、○人の様々な異常を検知する技術、○人・ロボット協調学習、○自然言語処理、○会話情報処理、○ロボットなどに生活動作の介助をさせようとするならば小型、低消費エネルギーで出力が大きいアクチュエータ技術、○小型、軽量で大容量なバッテリー技術、○センサー等を使用してヒトの生活行動中の生体及び環境情報を取得した場合には、多量に得られた情報から特徴を抽出するビッグデータ情報処理技術、○意識させずに個体差、個別個人要求を把握する技術、○標準を設定しない、個人が満足する介護を提供技術、○運動要素として、非常に原始的なシステムにおけるパワースーツ、○コミュニケーション要素として、感覚の指標化、○コミュニケーション要素として、感覚の相互変換、○利用者の状況によって適用しなければいけない技術は多様であるが、まず要介護度が高い被介護者の意図を読み取る技術が必要となる、○行動支援義肢ロボット:把握したいことから手足、体を必要量、微細に行動を支援するロボット義肢、○必要な力を出せる動力、○マンマシンインターフェイス、○高速かつ小消費電力計算資源、○推定理論や学習理論のブレークスルー、○自然言語による対話技術、○五感情報による状況理解技術:視聴覚が最重要、次が触覚、○介護、医療等の専門家システム、○行動支援ロボット、○人間行動理解技術、○対話技術、○生活行動を認識するセンサー技術と学習能力、○様々な場面において行動を支援するための携帯可能なデバイス(モバイルデバイスやウェアラブル)、○クラウドソーシングのような人間を介して機械学習を促進する機構、○介護される人の意図を機械に伝える機構、音声言語やジェスチャーの認識性能向上、○音声言語やジェスチャーの認識のためのインターフェース、○物理的な支援を行う機械機構、○自然言語処理、○視覚情報処理、○機械学習、○動作の安定性、安全性を確保するロボティクス技術、○状況を柔軟に判断できる人工知能技術、○人間とコンピュータをつなぐインターフェース技術、○UIの研究、○身体能力に応じたデバイスの研究、○個人の個性を認識し、最適な介助方法の提供、○高齢者の家庭内の移動のサポート、○食事・排泄の支援、○対話制御、○言語理解、○拡張現実感、○センサネットワーク、○人間の行動を過去の本人のデータ</p>

<p>や、一般の人の行動データに基づいて理解する技術、○センサー技術、視野にあるものを情報として取り込むことが最初に重要、○言語の情報処理技術、○知能ロボティクス、○ヒューマンインターフェース、○機械学習、○ロボット技術、○人間の意志(何をやろうとしているか etc)を高い精度で推定する仕組み、○部分観測マルコフ決定過程、○ディープラーニング、○強化学習、○人の状況および意図把握技術、○円滑なインタラクション技術、○人の行動を阻害しない行動サポート・情報提供技術、○環境の認識、○意図の取得、○意図理解、○高齢者や障害のある人の希望や要望を汲みあげて人工知能にプログラムできる現場サイドの人材と自立支援システム開発者の協力体制とコーディネーターの開発体制、○状況把握技術(センシング、状況推定技術)、○運動機能補助ロボット、○医療監視体制、○被介護者の意図を言語的、非言語的にくみ取る技術、○高齢者のニーズを把握する知能、○危険な場合に動きが止まる安全性、○電子デバイスによるネットワークと人的ネットワークの融合、○リスクを最小限にしたヒューマンロボットインタフェースの構築、○自己学習能力、○真の介護ニーズの把握、○人の行動原理を記録し、その人のパーソナルモデルを作るライフログ、○人を取り囲んでも度声でも支援出来るような、ユビキタスインタフェース、○センサー工学と認識工学の性能向上、○社会インフラのバリアフリー化と知能化、○ロボットや移動手段などのアクチュエータの小型軽量化、安全化、○ITC による見守りシステム、○ロボット化、○人口知能の開発、○人工知能による状況把握と連携したロボット技術による身体能力の補助、○コミュニケーション能力の不足を補う、人工知能による補助技術、○高齢者、障害のある多様な人のそれぞれにおける支援の効果的なあり方に関する人間の研究、○自立支援システムを構成する要素技術の見極め、○人と自立支援システムのインターフェース、コミュニケーションの方法、○見守りシステム、○歩行などの生活行動のアシストシステム、○インタラクション技術、○人間の生理状態や環境状態から感情を推定・理解する技術、○生活情報の取得、理解、活用を支援する技術、○利用者の意図を円滑に理解し、活動を支援する対話技術、○利用者の意思を情報として抽出する技術、○利用者の負担とならない動作機構</p>
<p>4 民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員</p> <p>○法律知識を理解する推論技術、○紛争当事者の表情等から紛争当事者の心証を推定する機能、○従来の調停案等の一貫性等を理解する事例ベース推論技術</p>
<p>5 語学学校等の現場で外国語教育を行える人工知能(社会実装:語学学校での外国語教育の過半数がAI教師によって教えらるようになる)</p> <p>○日英・英日 自動翻訳、○人間のように自然に対話する技術、○学習ログ・学習履歴の蓄積と分析による個人適応技術、○自然言語処理、○音声情報処理、○汎用的な知識ベースの記述方法、○深いインタラクション(感情の処理が可能)技術、○知識のメンテナンス技術、○言語モデル、○音声認識、○英文校正支援、○ヒューマンエージェントインタラクション、○音声認識、○自然言語理解、○自然言語処理、○エージェント技術、○インタラクション技術、○言語の構造と脳機能の関連に関する基礎研究が必要である</p>
<p>6 高度な専門技能(例:畜産農家経営)を持つ人間に師事し、見習いを通して技能を吸収し、師匠に準じるレベルまで達する、技能複写システム</p> <p>○技能習得のための学習システム(ネットワークを自動で最適化し、ネットワークパラメータを教師付学習で学習するシステム)、○言語認識システム、○視覚認識システム、○パターン認識のうち属性抽出、○属性が決まれば、Deep learning、○メカトロ部分、○クラウド活用による情報共有技術、○視覚化によるマニュアルにおける字読理解時間の低減、○この2件は「学習能力あり」システムで、ニューラルネットワークなどの技術を駆使して、実現したいものです、○自由発想能力と社会的に適切な方向を向くように誘導する技術、○言語の意味理解(曖昧さの適切な理解)、人の行動や表情の理解、人間社会のあり方の定量化などが必要、○目となるセンサー技術、○手足となるアクチュエータ技術、○情報を蓄積しランダムアクセス可能なデータベース技術、○運動などの技術の判別技術、○スキルサイエンス、○動き等をセンサーで把握した上で、収集したデータ処理、○言語認識、○学習機能、○専門技能の計測技術、○専門技能の意味説明・解釈技術、○専門技能のコーチング技術、○言葉として表現しやすい技能と技能の間にある暗黙知的なものを他種の技能に対する考察も参考にしてカテゴリ化できる技術、○コンピュータビジョン、○機会学習、○転移学習、○データマイニング、○パターン認識、○当該の専門技能の本質、つまり何ができればその技能が修得できたのかを推論可能な因果推論器の実装。現在ベイジアンネットワークが有力そうだが、計算コスト的な問題でまだ厳しい、○上記技術を実用的な時間で計算可能とするため、アルゴリズムの近似化や並列計算などの工夫が必須である、○単純に計算器パワーの向上もあれば望ましい。</p>
<p>7 はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット</p> <p>○自然言語処理、○強調連携システム、○不確実性、○意識の科学、○バリスティック量子コンピュータ、○基礎的学習能力をどう実現するか、○シンボルグラウンディング問題の解決、○計算機による状況把握技術、○社会的常識の収集と常識的判断、○専門的知識の理解と利用、○画像や音声を解析し意味情報としてまとめる技術、○解析したコーパス情報から行動を決定できる学習技術、○他人の心の状態を推論する能力、○人間の教示を認識し、外界からの情報を認識するための、センシング系技術、○作業スキルを汎用化し、ワールドワイドに共有、分析する枠組み作り、○ロボットの機構(特に手と指)の高度化技術、○機械学習、○環境認識、○マンマシンインタラクション、○知覚現象のモデリング、○学習のモデリング、○運動制御技術、○動画認識、○時系列学習、○運動の symbol grounding、○機械学習の個別手法、○微細で高感度な5感センサー、○強化学習の理論、○高度なセンサーとスーパーコンピュータのリアルタイム連携、○人間と同等の運動能力を持つロボット、○人間と同等の知覚能力を持つ高精度センサー、○脳の学習能力の解明、○システムの内部モデル(学習・記憶・連想・思考・推論等の機能を備える)、○CPU などの計算機技術、○センサー技術、○計算論的神経科学に基づく脳の情報処理アーキテクチャ(全脳アーキテクチャ)の解明、○ディープラーニングなどの機械学習技術、○低コスト・低消費電力の高性能計算機技術。○人間が行う知的推論(論理的推論、カテゴリ化など)を模倣した人工知能技術(汎用人工知能ではない)、○言</p>

語・非言語情報を通じた情報獲得・意味理解技術、○高速・高精度な機械学習技術
8 テレビドラマの典型的な場面に含まれるモノとコトが90%の確度で把握できる技術
○パターン認識技術、○オブジェクト認識、○メタデータ、○シーン理解、○パターン認識、○機械学習、○データ解析、○自然言語処理、○画像認識からの言語へのフィードバック
9 監督の演出意図を把握し、演技をするバーチャル俳優
○ヒューマンエージェントインタラクション、○ロボット技術、○感情を入力する技術、○言語入力を判断し、動作情報に変換する技術、○バーチャルアクターの空間認識の技術
10 不鮮明な映像に対応した高速物体認識技術(海中での魚類の捕獲などで活用)
○画像符号化技術、○高解像度高性能カメラ、○超高速画像処理専用コンピュータ、○Image processing、○Segmentation、○Deep learning、○不鮮明な画像を鮮明化する技術、○物体認識を高速に実現するアルゴリズム、○認識に寄与する特徴量を抽出するアルゴリズム、○高感度画像センサー技術、○安価な高速度撮影装置、○画像鮮鋭化技術、○ゴールを明確に定めた上での画像処理技術、画像認識技術、○処理・認識結果とそれに対する人間の評価を蓄積して次の処理・認識に活かす技術、○近似最近某探索やハッシングによる高速検索技術、○計量学習や判別分析などのクラス分類器の改良、○高速物体認識技術、○画像や映像データの品質の評価、分析、シミュレーション技術、○小型画像処理エンジンあるいはクライアント・サーバ型画像処理の共有に関する制度設計、○水中の光線空間をモデル化し、計算可能とする技術、端的には水中でのカメラ位置・姿勢を自動的に画像自身から推定する技術、○屈折・減衰などの光学現象を伴う画像にも適用可能な画像認識・理解技術、○ICT技術、○画像処理技術、○海中用カメラ
11 群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム(大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効)
○画像認識、○信号処理、○ユーザインタフェース、○着用デバイスの小型化技術、○着用センサー情報から危険や事故に繋がる要因を抽出する情報処理技術、○小型、軽量および大容量なバッテリー技術、○混雑環境下における高精度かつリアルタイムな人・自動車・環境などの認識技術、○人・自動車・環境情報に基づく危険予測技術、○上記センシング技術の低コストハードウェアでの実装・組み込み技術、○あらゆるセンサー情報を全て集めて解析する技術。効率も重要、○画像認識、○通信技術、○高精度画像認識・画像理解技術、○高性能・小型・省電力プロセッサ、○高性能・小型・省電力のカラー画像及び距離画像取得装置、○コンピュータビジョン、○パターン認識、○行動予測、○災害時にも対応可能なデバイスの研究、○SNS等を含めたマルチソースからの正確な情報提供、○プライバシーの保護と情報内容のリッチ化、○映像解析、○ウェアラブルデバイス、○一般物体認識、○画像内の物体を認識する技術、○認識した情報から事故などを予測する技術、○倫理的な問題を解決しつつ、多数のカメラ映像をデータ収集するシステムの構築、○インフラに過度に依存しない時空間センシング技術、○ディープラーニング、○ロバストな無線ネットワーク技術、○高速物体認識、○ウェアラブルコンピューティング、○コンピュータビジョン、○映像からの位置認識、○画像認識、○状況認識、○文字認識、○拡張現実感、○センサネットワーク、○ネットワーク化した情報通信基盤との連携、○雑踏下での人映像解析技術ーロバストな人物発見、追跡、行動解析、ジェスチャー認識、個人認証、○大規模三次元復元技術、○バッテリーの大容量化と小型化、○プライバシー保護をどのように扱うか、○軽量であり、子供からお年寄りまでが長時間着用可能なウェアラブルデバイス、○映像ビッグデータの高速処理・蓄積を実現するためのネットワークストレージ、○プライバシー保護を念頭においた(たとえば映像に映りたくない人を自動的に除外できる)映像認識技術、○データマイニング
12 喜怒哀楽や微妙なニュアンスの違いを表現できる音声合成技術
○精神物理学、○音響信号処理、○音声合成モデル、○音声に不自然性を感じる仕組みの解明
13 発話内容や話者の関係を理解し、途中から自然に会話に参加できる人工知能
○会話情報処理、○音声認識、○自然言語処理、○雑音環境下かつ自然発話音声に対して頑健に動作する音声認識、○音声認識結果から発話者の意図理解する技術、○人材育成、言語処理と意味理解とインタラクションと認知科学の境界領域で活躍できる人材が必要、○人間の対話の過程での心的過程を推定・理解してそれに働きかけるだけの人工知能、○自然言語処理・対話処理、○画像認識・表情認識、○音声認識によるニュアンス認識、○文脈解析、○音声認識(音節認識)、○知識データベース、○マルチパーティ、音声認識を意識しない状況下の発話を高精度で認識できる音声認識、○発話の意味・意図を理解できる高度な意味解析、○場の空気に応じた適切な応答を適切なタイミングで生成・発話できる知的対話システム
14 国際商取引の場面で、同時通訳者のように機能するリアルタイム音声翻訳装置
○音声認識技術、○意味解釈技術、○高速な音声認識、○広い分野を対象とし、会話(断片器的な発話)を扱うことができる機械翻訳技術、○会話の対象となる分野の知識を収集蓄積していく手法、○音声認識、○機械翻訳、○合成音声、○多言語翻訳技術、○高度な音声認識技術、○自然な音声合成技術、○精度の高い翻訳エンジン、○大量のコーパスデータの収集技術、○人工知能による自動翻訳技術、○高速リアルタイム処理技術、○音声認識、○機械翻訳、○商取引のような専門的な内容を解釈するための知識源、○音声合成、○音声認識、○機械翻訳、○音声信号処理、○発話理解、○高速音声認識及びその意図解析、○ゼロ照応解析や共参照解析など話し言葉で生じる省略語を認識・補完する技術、○業種間の用語の違いに対応可能なドメイン適用技術、○イントネーションの違いや方言に頑健な音声認識技術
15 ネットワークを通じて、世界中のほとんどのTV番組を言語の障害なく視聴できる技術

<p>○自然言語、翻訳装置、○人間の翻訳者・通訳者の業務効率を飛躍的に高める技術、○異なる言語の間をつなぐための、言語資源(多言語辞書、多言語コーパスなど)の構築・利用技術、○異なる基盤に基づく言語処理技術(翻訳技術)を融合した技術</p>
<p>16 世界中のウェブで表明された多言語の意見や主張を、機械翻訳と深い意図解析(意味解析を含む)によって解釈・収集・要約するシステム</p>
<p>○機械翻訳、○意見分析、○可視化、○数理論理学、○理論言語学、○機械学習、○自然言語で書かれている事態間の因果関係や時間的前後関係、含意関係、矛盾関係、言い換え関係などの意味的な関係を自動的に認識する言語処理技術、○ウェブ上の文書には明示的には書かれていないが妥当だと考えられる知識を、それら文書に書かれている知識や情報の断片から、仮説として自動的に合成する言語的仮説自動合成技術、○照応・省略解析や談話構造解析をはじめとする、(従来中心だった「文」単位の言語処理技術ではなく、)複数の文あるいは段落、文書といった「文脈」単位での言語処理技術、○テキストから意味理解する言語処理技術、○動画や音声から言語情報を抽出する音声認識技術、○多言語を扱うための機械翻訳技術、○多言語機械翻訳技術、○分散処理、○機械学習アルゴリズム、○機械翻訳、○意味解析、○意見分析、○幅広い領域の専門知識と日常の常識的な知識を大規模な言語データや映像データ等から自動獲得する知識獲得技術、○大規模な専門知識・常識的知識を使って自然言語の行間(言語の表面に現れない深い意図など)を読むことができる深い言語理解技術、○言語の表面に現れない深い意図などを適切に翻訳できる高度な翻訳技術、○話題の専門知識をシステムに組み込むこと、○さまざまなレベルでの曖昧性を排除すること、○汎用性のあるモデルを作成すること、○述語項構造解析、○推論(含意関係認識)、○機械翻訳、○実時間言語処理、○人間の対話には大量の背景知識が必要になるため、実世界の情報を解釈できる大規模学習システム(数万次元、数億件規模の楽手を可能にすること)、○オントロジー、シソーラスなど各言語に関する巨大なメタデータの集積、及び、これらを活用する技術、○くだけた表現やスラング等、多様な表現にも頑健な言語処理技術、○文章単独でなく、その文章の置かれた文脈まで考慮する意味解析・機械翻訳、○画像等、文章以外の部分も含めて文書を理解する技術、○多様な意見を纏めている、最も関連の深い「まとめ記事」の発見、○情報抽出、○自動要約、○機械翻訳技術、○情報抽出、テキストマイニング技術、○要約、可視化技術、○多言語機械翻訳技術、○高速で高精度な言語処理、○リアルタイムでクローリングする技術、○世界中のウェブで表明された多言語の意見や主張を収集、蓄積する技術、○文書に書かれている表現の意味を機械に理解させるための意味解析技術(例:照応解析、談話解析、言い換え・矛盾、言語表現の意味マッピングなど)、○意味レベルで文書の重要な箇所を把握し要約する技術、○多言語翻訳技術、○文書内から書き手の意図、主張の根拠等を文を越えて捉える文脈解析技術、○文書間である文書に書かれた内容が他の文書の根拠となる等を捉える文書横断的な情報分析技術、○分野に依存しない機械翻訳技術、○情報抽出技術、○自然言語の意味理解、○広い文脈を考慮した意味解析、○同じような意味を表す表現の集約、○Web データを利用しやすいようにするための法整備(fare use など)、○感情分析技術(ネガ・ポジだけでない多値的な分類手法)、○機械学習技術の発展、○多言語処理用コーパス、○言語翻訳エンジン、○要約技術、○機械翻訳、○自動要約、○常識等の知識獲得、○人の持つ常識的な知識も含めて、意味解析を行うための知識ベースを大量のテキストから自動的に構築する技術、○自動構築された知識ベースを用いて、自動的に推論、意味解析を行い、社会問題の影響や解決策に関しても有用な仮説等を提示できる技術、○異なる意見、主張間の関係性やそれぞれの主張の伝搬の経緯を認識して要約し、社会のダイナミクスを容易に把握可能にし、また、ユーザーの意思決定を支援する技術、○意見や主張の属性(国、時期、主題分類、関連情報)などを自動的に解析し、タグ化する技術、○感情分析(sentiment analysis)等の、意見や主張についての評価を分類する技術、○完全な機械翻訳ではなく、意見や主張を収集するのに十分なレベルの多言語を扱う技術(言語横断検索、多言語知識ベースの構築等)、○論文などの長い文章を文脈を考慮して解析、翻訳する技術、○異なる言語、異なる表現でも同じ内容、類似した内容であることを認識できる技術、○主張の根幹に関わる表現と末節に関わる表現とを区別する技術、○意味・関係・感情などの知識を自動的に獲得する技術、○多言語のテキストをレイアウト等によるメタな情報を含めてを解析する技術、○収集された情報の利用権のコントロールに関する技術、○多言語機械翻訳技術の精度向上、○構文解析等統語構造の解析技術向上、○述語項構造、照応解析、モダリティ解析等の意味解析の基礎解析技術の発展、○意図解析、○要約する手法、○意図・意味理解技術(そもそも意図・意味とは何か?)、○テキスト情報の解釈・要約技術、○高精度な多言語翻訳技術、○意味解析、○機械翻訳、○検索</p>
<p>17 映像視聴中に関連の映像情報を検索したい場合等に、ユーザーの関心・スキル・状況などの情報を各種センサーなどを駆使して収集し、ユーザーにもっとも適した結果を検索出力したり推薦するなど、アクセス要求の高度化に対応した個人適応型の検索・推薦技術</p>
<p>○ユーザー毎、環境毎、状況毎に異なる条件を前提にした認識処理技術、○様々な条件の入力、認識、抽出、蓄積技術、○条件と認識結果の評価の蓄積・活用技術</p>
<p>18 ライフログデータや身体データを大量に蓄積し、個人の日常的なデータの記録・管理・検索・分析する技術(ナチュラルユーザーインターフェースで利用できるウェアラブルな外部脳機能システムとして提供される)</p>
<p>○センサー(小型化、電力、通信)技術、○セキュリティ、○データ解析、○マルチメディアコンテンツ解析、○マルチメディアコンテンツ生成、○パターン認識、○ライフログデータと個々人のデータとを結びつけるモデルを構築するための技術、○ライフログデータを大量に蓄積して相互利用するために社会的なコンセンサスを得られるような技術(個人情報に配慮しつつデータを利用できる技術)、○個人の嗜好に合わせてフィードバックする内容を調整できる技術、○拡張現実感、○ビッグデータ解析、○個人情報保護、○服などに埋め込まれる e-Textile 技術、○人体センサーの情報がとられている状況を収集するための IoT 技術、○ウェアラブルセンサと IoT センサーを結びつけてクラウド上の DB に繋げる、センサネットワーク、○個人データのプライバシー保護、○大規模データの効率的な管理技術、○データマイニング技術</p>
<p>19 画像・動画・音声データに対するメタデータを、メディア認識技術と人手によるソーシャルアノテーションを併用して、自動生成する技術</p>

<p>○メディア認識技術、○追加学習、○ユーザインタフェース、○画像認識、○音声認識、○言語処理、○高度なメディアコンテンツの認識・理解技術、○ソーシャルアノテーションと信号処理・機械学習の統合技術、○ソーシャルアノテーションを促すインタラクション技術、○クラウドソーシング、○データマイニング・機械学習、○ユーザインタフェース、○映像・音声のシーン分割技術、○分割されたシーンに含まれる人物・場所・時刻などの認識・理解技術、○ソーシャルアノテーションを促進するユーザインタフェース技術、○メディア分析技術、○意味解析技術、○感性情報処理技術</p>
<p>20 放送・通信・マスメディアなどで配信された過去の画像・映像・音声・文字データを高品質にアーカイブ化し、検索・分析・配信・利活用する技術</p>
<p>○大容量データベース、○マルチキャストシステム、○アーカイブデータ保全のための技術、○高効率データ圧縮・解凍技術、○著作権・肖像権との兼ね合い、○自然言語の意味レベルでの高精度な同定・言い換え技術、○画像・映像中の被写体や状況の認識技術、○画像・映像中の被写体や状況の自然言語表現生成技術、○エクサバイト級大容量ストレージ技術</p>
<p>21 キーワード検索ではなく、状況や達成目的や社会的な評価情報を入力するだけで、情報を高適合率・高再現率で検索・推薦する技術</p>
<p>○音声、画像信号のセマンティクス認識、○意味情報の表現・分類・蓄積技術、○キーワード・マッチング、○各分野のデータが連係可能な機構、○各種専門文書や統計の計算機による高度な理解、○ユーザーの意図推定技術、○コンテキスト分析技術、○精度の高い推薦アイテムランキング技術、○ユーザー嗜好抽出技術、○状況抽出技術、○情報検索モデル、○メディアインタラクション、○クロスメディア技術、○状況、達成目的などの表現手段、ユーザーとのインターフェース(おそらく日本語などの自然言語を介したインターフェースにならざるを得ないと回答者は考えている。)、○ユーザーの入力となる、柔軟かつ複雑な状況、達成目的などの表現手段と、Web、SNS等を柔軟に照合する、テキスト等の柔軟で深い意味処理解析技術、○ユーザーの入力と、Web、SNS等の情報の意味的ギャップを埋める、常識的知識を持った自動推論技術、○状況入力、○達成目的入力、○社会的情報入力</p>
<p>22 Internet of Things(IoT)の進展により、社会に大量に配備される多種多様なセンサー群のデータを、統合して検索・分析できるシステム</p>
<p>○異種データ発生源を連携するためのプラットフォーム技術(横断的なインデックス、検索技術、クラウド連携)、○参加型センシングを考慮したデータ検索、解析技術、○大量の高次元データに対する効率的な検索技術、○高速かつ安定したネットワーク、○データセンター、○ビッグデータの分析・検索、○大量のデータの蓄積技術、○横断的な検索技術、○横断的な分析技術、○膨大なセンサー情報をリアルタイムに収集・処理するためのデータストリーム処理技術、○センサー情報に関する様々な問合せを処理可能とするセンサデータベース技術、○IoTが有する高度なセマンティクスを表現・理解するためのメタデータ技術、○情報処理、○通信、○各用途に最適な小型低消費電力センサーの開発、○十分な帯域を持つワイヤレスネットワーク、○多様で大規模なセンサデータの分析・蓄積・検索等の技術、○社会基盤を構成するセンサー機器への組み込み及びセンサデータ取り出しAPI標準化、○ユビキタス環境でセンサー情報を蓄積・管理するためのクラウド基盤、○多種多様なデータの分析技術、○大量データのリアルタイムでの収集・蓄積・分析技術、○センサー情報を収集するネットワーク技術、○ビッグデータマニング、○高速データ分析技術、○非構造型の大量データの蓄積・検索技術、○データマイニング、○IoTのインフラ管理技術、○異種・異分野のセンサデータを横断的に統合・検索・分析するデータベース・データウェアハウス技術、○IoT上のデータ収集と流通基盤技術</p>
<p>23 SNSなどのソーシャルメディアのデータを分析し、行動予測するシステム(例:犯罪予測や消費者の購買行動予測)</p>
<p>○自然言語処理、オントロジー、同義語の処理、○言い換えの表現をひとまとめで同一と判断するモデル、○データの蓄積と高速検索、○ユーザーの嗜好の抽出技術、○ユーザーに対し情報の効能を訴える説得技術、○ユーザーの行動を変更させる(改善させる)行動誘導技術、○プライバシーを保護しつつデータマイニングをする技術、○データの提供者とデータの利用者がともに得をするような枠組み、○SNSと実際の行動を突き合わせる技術、○データマイニングの技術、○行動予測の技術、○ユーザプロファイリング、○時空間情報マイニング、○エンティティマイニング、○有意と思われるデータを選別するフィルタリング(ノイズの除去)技術、○予測結果の精度を向上させるためのフィードバック技術、○蓄積された類似行動との相関から異常状況を判定する技術、○データ検索と収集の高速化技術、○大容量な検索つきデータベース、○行動予測パターン分析と予測数理モデルの構築、○長期的なデータ解析のための基盤技術</p>
<p>24 ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報やこれらからマイニングで得られる情報の信憑性・信頼性を分析する技術(デジタル画像鑑定技術も含む)</p>
<p>○画像信号処理技術、○言語解析、○デジタル法科学技術、○テキスト、画像、映像、音声データのマイニング技術、○言語処理技術、○IoT技術(環境データのセンシング)、○高度データベース・データ間インテグレーション技術、○個人の特性評価、○検索の高速性、○結果の妥当性評価方法、○ネット上の情報の流通・来歴を分析する技術、○ネット上の情報量の偏り具合、情報のネット上での偏在状況を分析する技術、○ネット上のコミュニティを分析する技術</p>
<p>25 エビデンス情報(provenance等)を提供しつつ、個人データを保護し、安全に個人ビッグデータを統合的に利活用するための技術</p>
<p>○エビデンス情報を効率よく格納・利用可能なデータベースコア技術の実用化、○格納されたエビデンス情報を適切に取捨選択・加工し、利用者に対してデータの安全性や信頼性を直感的に把握させるためのデータ処理・可視化技術、○安全なビッグデータ利用のためのエビデンス情報付与手法、○ライフログと個人とのコミュニケーションインターフェイス、○実時間データマ</p>

<p>イニング技術、○選択的な開示・利用を制御できるプライバシーポリシー管理技術、○暗号技術への集中的な研究投資、○暗号技術者とコンピュータアーキテクチャ技術者の協業の推進、○個人情報保護しながら活用するためのアクセス制御技術、○暗号化技術、○プライバシー保護とデータ利活用を共に可能とするデータ曖昧化技術、○秘密計算、秘密分散などの技術</p>
<p>26 5nm テクノロジーの MOS トランジスタを集積したロジック LSI</p>
<p>○EUV リソグラフィ スループット、欠陥密度の改善による実用化、○消費電力低減技術、○ばらつき対策、大きなばらつきがあっても動作可能な回路技術、○フォトレジストではない微細加工技術、○経済的に成り立つ LSI 製造システムの構築が最も重要、○特に小規模生産でも成り立つ方式の確立が急務、○微細化については最先端で無くても良いが、あまり遅れずについていくことが重要</p>
<p>27 三次元積層技術により異種チップ(CPU・メモリ・センサーなど)が 10 層以上積層された LSI</p>
<p>○高信頼な TSV や高信頼な薄化(Thinning)を含めた高信頼な積層技術、○積層中の LSI に対するテスト技術、○非接触式チップ間データ転送方式、○チップの発熱対応方策、○誘導結合 TCI の研究を続けるべきである、○低消費電力技術、○継続的な研究環境、○誘導結合、○ワイヤレス三次元積層技術、○Network-on-Chip、○所望の機能を実現するために必要となる積層 LSI のアーキテクチャ設計を支援する技術、○応用プログラムを最適化できるシステムアーキテクチャ、○汎用機能・アクセラレータ・メモリの融合・スケジューリング技術、○大容量高バンド幅外部メモリとの接続・ルーティング技術、○信頼性向上技術、○3 次元配線技術、○熱対策、○キラーアプリケーション、○コンパイラ、システムソフト、○通信技術、○積層技術、○チップ間インターフェースの開発、○異種チップのコ・デザイン(協調設計)</p>
<p>28 環境の熱や振動のエネルギー変換(エネルギーハーベスティング)により、半永久的に動作するシステムオンチップ LSI</p>
<p>○半導体の微細化による低電力化、○低電力で動作するセンサー開発、○電池も含めた発電システム、○超低消費電力での LSI の駆動実現、○超低損失の DCDC コンバータあるいは ACDC コンバータの開発、○エネルギー供給が断たれたことを知らせるために必要となる予備電力の充電機構と充電素子、○変換効率の良い素子</p>
<p>29 チップ内光インターコネクでオンチッププロセッサ間および外部との大容量通信が可能な LSI</p>
<p>○Si Photonics、○Si 導波路、○プロセッサならびにメモリアーキテクチャ技術、○光デバイス実装技術、○システム統合技術、○光通信、○インターコネクの制御方法、○電気/光、光/電気変換素子、○光実装技術、○電子回路、光回路のトータルコーディネート、○異種材料接合技術、○異種材料積層技術、○光学的特性を維持できる精度(面の平坦さ)、○シリコンレーザー、○歩留り向上に向けた半導体微細加工プロセス技術の改善、○低損失光インターコネク技術、○マイクロプロセッサ等の MOS デバイス上に形成でき、高速度、低消費電力な光送受信素子、○簡易かつ高信頼な光接続デバイス(接続メディア)、○クリーンルームなど周辺環境も含めた LSI 製造技術、○異なるレイヤ間でのデータ転送技術、○デバイス内部と外部とのデータ転送技術(光通信および低消費電力 I/O 技術開発を含む)</p>
<p>30 スピントロニクス原理に基づき情報処理を行うロジック LSI</p>
<p>○スピントロニクスを利用したハードウェアを抽象化するためのソフトウェア・ミドルウェア I/F 技術、○スピントロニクスを利用した高速な不揮発記憶素子の長寿命化と高集積化、○スピントロニクスを利用した LSI による超低消費電力回路の特徴を生かした利用システム、○スピントロニクスの物性的な深い理解、○動作温度の高温化、○新しいデバイス動作原理の開発、○異なる原理(電氣的、スピントロニクスの)でもって動作する素子を 1 枚の LSI チップに混載可能とする技術、○異なる原理でもって動作する素子を適材適所で用いるアーキテクチャ概念設計、○MTJ デバイスの高性能化、書き込みの低消費電力化、○不揮発 LSI に特化したミドルウェア</p>
<p>31 あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジック LSI</p>
<p>○初期故障・偶発故障(ソフトウェア、電源ノイズなど)・劣化故障(NBTI, TDDB, EM, HCI など)の要因の調査・モデル化・シミュレーション環境整備、○フォールトレラントかつ劣化状況をモニタリング可能なデジタル・アナログ回路の開発・設計・テスト、○各故障要因を対象とした試作チップのストレステスト、○適切なタイミングで機能を停止するアポトーシス技術の開発、○オンライン故障検出技術、○ディペンダブルシステム技術</p>
<p>32 ディスプレイとカメラをコンタクトレンズに内蔵したウェアラブルコンピュータ</p>
<p>○超小型・超薄型デバイス技術:ディスプレイ素子や撮像素子、集積回路をコンタクトレンズに実装できるサイズにするための製造技術、○電源技術:2 次電池をコンタクトレンズ内に集積する技術、外部から電源を供給する技術、あるいは、自己発電する技術、○超低電力無線通信技術:ウェアラブルコンピュータと外部機器間を通信するための技術、○生体適合デバイス技術、○無線エネルギー供給技術、○合焦するための光学設計技術</p>
<p>33 血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム</p>
<p>○半導体素子の微小化、3 次元集積化、○半導体 信号処理機能、表示機能、無線回路、制御の低消費電力化とシミュレーション設計環境、○MEMS による運動制御機能</p>
<p>34 100 億のニューロンと 100 兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステ</p>

ム
○新しい脳型情報処理モデルの確立、○低電力・耐故障型超高集積 LSI 技術、○グリア細胞の役割の解明、○高集積化技術、○低電力化技術、○アーキテクチャ、○デバイス技術、○(学習)アルゴリズム、○効率的に問題を解くことができるシステムの構築、○トランジスタ技術にとらわれないニューラルネットワークに適した回路の実現。(シナプスを如何に効率的に接続するかがポイント)、○神経細胞の動作メカニズムの解明、○100 兆ものシナプスを実現するための 3 次元実装技術
35 10k 量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ
○量子ビットを実現する物理系は色々あるが、システム論の基礎となる「制御」、「記憶」、「輸送」を考えたとき一長一短である。量子ビットの情報を保持しながら違う物理系に転換される量子状態転写の技術は、量子計算機が大きな複雑な問題を解く計算機に成長するためには不可欠になると思われる、○量子もつれネットワーク技術開発、○量子メモリーデバイス開発、○量子メディア間の変換技術開発、○閾値の低い誤り耐性量子計算アーキテクチャの発見、○1 量子ビット、2 量子ビットゲートの更なる高フィデリティ化、○量子可干渉性を阻害するデコヒーレンスの抑制方法・量子フィードバック
36 ウェアラブル生体信号センサーから得た情報を基にユーザーの意図を理解し、コンピュータの操作(メニューの選択や文章の入力など)を行う技術
○システムの操作性、ユーザインタフェース、○デバイスの小型化、バッテリー持ち等、○インフラの整備、通信速度等、○インタラクションモデル(どのような情報を基に何をどのように操作するか)の構築、○ユーザーの負担にならない生体信号センサー技術、○コンピュータの操作に関する人間の運動モデル、○信号処理技術、○生体信号のセンシング技術、○ウェアラブルセンサ、e-Textile 技術、○ライフログ技術、○神経信号の解析と再製を行うシステム
37 匂いや味などをセンシングする 5 感センサーとその結果を再現できる 5 感ディスプレイ
○クロスモーダルインタフェース(感覚間相互作用を利用した感覚提示)、○マイクロセンサ技術、○認知科学・脳科学に基づいたインターフェース技術
38 高齢者や障害者などが自宅に居ながらにして、農作業のような物理的な作業を遠隔地で行うことができるテレグジスタンス技術
○人・ロボット協調技術、○会話情報処理、○自然言語処理、○通信インフラの超大容量化、○ユビキタス化、○通信インフラが整備されていない人口非密集地域での広帯域・低遅延通信を実現する技術、○作業現場からの五感情報を作業員へ提示するリアルタイム五感センシング+ディスプレイ技術(五感をそのまま提示するばかりでなく、作業の種類や作業員の能力・環境に応じたタイプに提示する)、○作業員の意図を汲みテレグジスタンスロボットを自律移動・動作させる技術(遠隔操作そのものに起因する認知負荷を軽減し、作業自体に集中できるようにする)、○多様な特性を持つテレグジスタンスロボットと作業員の情報をプールし、適切な場面で適切な作業の提供を可能にするマッチングプラットフォーム技術、○対象を正確に操作する制御技術、○高速に追従する通信技術とデータ処理技術、○想定外のイベントに対応できるディペンダビリティ技術
39 発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置
○ブレイン・マシン・インターフェース、○脳特定部位刺激技術、○脳活動の高精度・高時間分解能での非侵襲的測定、○注視点光学動向技術
40 めがねを用いないで見ることができ、視聴者が姿勢を変えるなどの自然な動きをしても立体像が変形しない立体動画表示装置
○光学素子開発、○光技術者・情報科学者・メディアアーティストによる拠点形成(MIT メディアラボのような組織)、○東京オリンピックまでのロードマップ策定
41 専門的知識を持たない一般ユーザーが、自動車や家などの高度な人工物を、既存のライブラリから機能要素を選択するなどして、自分で設計・製作できるようにする技術
○現在の積層による造形概念を超えるものが必須であるが、3 次元に居ながら 4 次元をイメージするようなものである。今の積層概念は、3次元のものを2次元に落とし込んで造形しているともいえるので、3次元のまま造形できる新しい考え方と技術が必要である、○専門知識をユーザーの代わりにカバーしてくれるための計算に耐えうる、コンピュータの性能やシミュレーション技術、○専門知識を数式化、アルゴリズム化させる必要性
42 ネットワーク越しでつながれた多くのユーザーの知恵を集めて複雑な問題を解決する技術(例:病気の治療法の発見、行政問題の解決、技術的問題の解決など。データの収集・取捨選択・推論・検証などを大勢で分担して組織的に行うことで、専門家を超越する問題解決能力を示す)
○高速通信技術、○高速演算技術、○データの収集・分析を行う、大規模分散コンピューティング技術、○専門家の知見を分析の視点に活かす、推論エンジン構築技術、○意図理解、○感情分析、○コミュニケーション支援、○高速低廉なインターネット回線、○問題意識や価値観の共有を支援することが可能な技術、○協調作業支援技術、○知識抽出、○行動科学的なア

<p>ブローチによる合意形成モデル等の集合知の形成メカニズムの分析、評価、○群衆(crowds)から知恵を集積するための方法論やシステムデザイン、○群衆(crowds)を集めるプラットフォームの開発、○よい知恵を出した人やグループに報酬(例:金銭, 名誉, 評判)やフィードバックを返すシステム</p>
<p>43 視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)</p> <p>○バーチャルリアリティ、○センサー、○ユーザインタフェース、○センサー技術、情報表示技術、○高性能、小型、小電力プロセッサ及び通信装置、○小型バッテリー技術。超高エネルギー密度かつ安全なバッテリーの開発、○環境理解(コンテキスト理解)技術、○小型高性能センサー、センシング技術、○人間への感覚提示機能、○アシストロボット機能、○ユーザーの状況や動作を認識するセンシング・認識技術、○能力拡張を行うアクチュエータ技術</p>
<p>44 個人の体験を、視覚情報のみならず匂いや温度などの感覚情報に加えて、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを伝達・体験・共有できるようにするメディア</p> <p>《特になし》</p>
<p>45 表情・身振り・感情・存在感などにおいて本物の人間と簡単には区別のできない対話的なバーチャルエージェント。受付や案内など、数分間のやりとりが自然に行えるようになる。</p> <p>○対話要素の分析(言語・パラ言語・身振り情報)、○個性・性格・感情の認知と表出、○高度な動画像(3DCG 等)処理あるいはロボットの自然な所作の設計、○ヒューマンエージェントインタラクション、○ロボティクス、○自然言語理解、○自然言語処理、○コンピュータグラフィクス、○ユーザインタラクション、○音声対話、○ロボティクス、○人工知能、○対話相手と自分のアバタである CG キャラクタの身体動作を制御できる仮想環境で、身体的コミュニケーションを構成論的に解析する手法とシステム、○うなずきや身振りなどの身体的リズムの引き込みを発話音声から自動生成する身体的コミュニケーション技術、○場を盛り上げる身体性メディア場の生成・制御技術</p>
<p>46 ペタビット級光ファイバー通信技術とテラビット級フレーム多重通信技術(情報量あたりの設置面積・設備重量・設置時間の全てが現在の 1/10 以下のデータセンター内光通信システムが実現される)</p> <p>○マルチコアファイバ用光コネクタの開発等の容易な光結合技術の開発、○光無線、○空間多重伝送技術、○新原理に基づく高速 LSI 技術、○集積による排熱処理、○通信ケーブルの柔軟性、○高集約化による電力供給の問題、○波長多重とファイバーの多心化によって既にテラビット伝送は実現されているが、適用する環境がない。実戦で使わないと技術が進歩しない。国としての投資が必要、○国防上、DataCenter が国外に逃げるのは阻止する必要がある。国の環境整備が必要。</p>
<p>47 規模・速度距離性能・階層に依存せずに伝送コア・スイッチコア・ネットワークを自在に構成できる光・電子融合回路(現在の 100 倍の体積あたりパフォーマンスを実現したトランスポートネットワーク装置が実現される)</p> <p>○スイッチの制御方法、○フォトニックネットワークプロセッサ技術、○デジタルコヒーレント信号処理技術、○トランスポート NFV 構成技術、○トポロジー構成の最適化、○光ファイバーケーブルの技術発展、○シリコンレーザ、○シリコン光増幅器、○SDN、○通信デバイス・回路技術、○仮想化技術</p>
<p>48 QoE (Quality of Experience) が保証され、8K 品質の遠隔会議や遠隔教育を移動端末を用いて可能な、無線アクセス技術</p> <p>○8K 映像の圧縮技術、○QoE の評価技術、○高速無線アクセス技術、○サービスの質を評価するサービスサイエンスと新たな情報理論、○ネットワーク制御技術</p>
<p>49 基地局に百以上のアンテナが備えられ、近傍ユーザー端末の動的な連携によって、ユーザー密集地においても、ユーザーが輻輳を感じない無線通信技術</p> <p>○自律分散協調技術、○超小型アンテナを低コストで作成する技術、○無線干渉抑制技術、○無線リソースを多くのユーザー端末が行う無線信号送受信に対し効率よく割り当てる技術、○Massive MIMO 技術、○異種ネットワーク(HetNet)技術、○スモールセル拡張技術、○高周波数帯 Massive MIMO 技術、○ユーザー連携技術、○近距離高速通信技術、○Massive MIMO 技術、○ミリ波通信技術、○シングルキャリアブロック伝送技術、○ユーザー密集地のローカルエリアで良いと判断された連携がネットワーク全体にとって良い連携とは限らないため、そのギャップを埋める技術、○ユーザーの密度に影響されにくいスケールビリティを有した輻輳制御技術、○携帯キャリア間共通のプラットフォーム、○ルーティング制御、○電力制御</p>
<p>50 1 ミリ秒以下の超低遅延広域無線ネットワーク技術(ロボット制御や自動運転制御に必要な実時間無線通信技術)</p> <p>○パケット衝突対策、○送信権公平性、○緊急通信の優先権取得、○無線通信の物理層技術、○無線通信のメディアアクセス制御技術、○変調、○通信路符号化、○信号処理、○高度な無線ネットワーク技術、○周波数戦略、○現状の通信プロトコル(イーサネット、CAN, LIN など)は、イベントドリブン方式が主となっているので、タイムトリガー方式の新たな簡易通信プロトコル開発が必要、○人と装置のインターフェース開発が必要(人間と機械の調和)、○特定個人しか割り込み制御ができないセキュリティ管理技術が必要</p>
<p>51 時々刻々と利用可能状態が変化するネットワークへのアクセスを、媒体の変化を利用者が意識することなく(通信が途切れることなく)提供可能な、有線・無線統合ネットワークの自動構成技術</p> <p>○ID 通信、○NFV、○ネットワーク計測、○端末にとって最適なメディアを検出する技術、○通信を途切れないようにするため</p>

<p>のクロスレイヤ設計</p>
<p>52 膨大で多様な情報通信機器同士が自己組織原理によって連携し、ネットワーク全体で通信途絶のない運用が可能となる技術</p>
<p>○低負荷でルーティングを最適化する技術、○アドホックネットワーク、○モビリティ・マネジメント、○コグニティブネットワーク、○これまでのインターネットよりも組織的、階層的なアドレス割振、割当技術、○複数のアドレスを利用することによるマルチホーム技術。複数アドレスを用いて迂回経路を確保する、○ネットワークリソースを有効利用しつつ多数の情報通信機器が効率的な通信を実現するための通信方式、○多端末間の当時通信が可能で、異種ネットワーク間での効率的な通信を実現するためのネットワーク技術、○環境情報・行動特性の利用による自律的なトポロジー構築技術、○時空間ダイナミクスに関する基礎理論の充実、○Swarm Intelligence 技術との融合、○IOT を実現するためには、今までのキーボードやモニターと言ったレガシーなものが入出力装置の中心となるのではなく、もっとあらゆるデバイスが入力装置であり出力装置となるような仕組みが必要である、○リアルタイム性を前提としない、非同期のデータベースや、DTNのような非同期のアクセス網を用いてもサービスが上手く動く仕組みが必要である、○常時接続が当たり前になった世の中ではあるが、それ故、ネットワークが切断されたときの不便性のギャップや影響が致命的になるシステムが多くなってきている。ネットワーク自体の性能を突き詰めていくと、それが機能しないときの影響が大きい。一方ではネットワークがなくても既存のシステムが問題なく動くような新しい技術の開発が必要である、○第5世代携帯電話網、○自己組織型ネットワーク制御技術、○無線アクセス制御技術、○P2P ネットワーキング、○モバイルアドホックネットワーク、○DTN</p>
<p>53 平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には人命救助をサポートしたり、被災地に迅速に展開され被災者がストレスなく音声・動画・パケット通信サービスを利用したりできる柔軟なネットワーク及びモバイル端末技術</p>
<p>○大容量衛星通信、○メガスケールの自律的な無線ネットワーク構築技術、○災害時の情報映像など時空間データの効率的な収集・配布技術、○周波数共用技術、○ネットワークのモニターに関する技術、○ネットワーク機能のスケールアウト、スケールアップなどに関する技術、○通信の優先度などの基準を判断する技術、○不完全な状況でも動作するネットワーク技術、○ネットワーク内に存在する情報を可能な限り提供できる管理技術、○平時と災害時それぞれに有用なアプリケーション開発技術、○新しいネットワークアーキテクチャの創出、○多レイヤにわたるソフトウェア定義型ネットワークの実現、○複雑なネットワークをオペレーションする技術の実現、○Delay/disruption Tolerant Network (DTN) 技術、○無線通信技術、○アプリケーション、○OVSAT などの衛星通信技術、○Ka 帯などの周波数開拓、○SDN ソフトウェアオーバーレイ技術、○CPU 速度の高速化、○M2M 通信との連携、○Software Defined Network 技術、○デジタルコヒーレントを用いた光多値変調技術、○Si フォトニクスを用いた光スイッチノード技術、○インターネットやクラウドが利用できない環境でもアプリケーションを配布できる技術、○クラウドへのアクセスができない状況でもサービス(地図、災害情報など)を利用できるようにする技術、○インターネットやクラウドを経由しない端末間通信技術</p>
<p>54 情報を名前(URI)によってアクセスすることで、ネットワーク内ルータやスイッチにおいてキャッシュや処理が可能なコンテンツ流通システム</p>
<p>○スケラブルにルーティング可能なコンテンツへの名前付け、○効率的なキャッシング手法、○高速なパケットのフォワーディング、○情報指向(もしくはコンテンツ指向)ネットワーク技術、○ネットワーク内処理(ネットワーク内キャッシュ、ネットワーク内トランスコーディング、輻輳制御、エラー訂正技術など)、○広域テストベッド、○名前解決メカニズム(ルータのアドレス検索、名前解決プロトコル)、○コンテンツ傾向に基づくキャッシュの効率的な配置手法、○データ指向型ネットワーク(ICN: Information Centric Networking)プロトコル開発および標準化、○高速・高集積ネットワークストレージ、○名前(URI)の高速処理が可能な高レイヤ処理ルータ、○名前設定方法、○パケットルックアップ、○キャッシュ制御、○効率的にキャッシュを行うための情報価値の判断技術、○情報の局地性などを考慮した動的キャッシュ分散技術、○複数キャッシュポイントから効率的に所望のデータを高速に取得可能なデータ取得技術、○DNS</p>
<p>55 システム内部や外部の動作状況に動的に適応するネットワーク仮想化技術によって、所望のサービスが高信頼かつ無停止で提供されるネットワーク</p>
<p>○システム、システム内で動作するソフトウェア、リソースなどの動作状況を把握するためのセンサー技術、○センサー情報をもとにサービス継続を行うための適応制御技術、○システム内外の動作状況を適切に知るために必要な情報の整理、○経路選択アルゴリズムの改良(評価関数のパラメータ検討)、○複数のシナリオに沿ったシミュレーションによるサービス稼働状況の評価、○Software Defined Networking、○Network Functions Virtualisation、○ネットワークの仮想化技術、○セキュリティ技術とリカバリ技術、○ネットワーク可視化技術、○仮想化されたネットワークの動作状況を適確に把握する技術、○仮想化技術を使ってネットワークの構成を自由自在に制御する技術、○サービス提供中にシステム構成を切り替えることが難しい現場において、これを安心・安全に行えるようにするための運用技術、○Software Defined Networking</p>
<p>56 ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の 1/1000 に低減されたネットワークノード</p>
<p>○光信号処理技術、○ナノテクノロジー、○材料工学、○根本的な発想の転換、○半導体などの製造技術、○並列処理のための新しいアルゴリズムの開発</p>
<p>57 転送データ量あたりの消費電力が現在の 1/10 程度に低減されたバックボーンルーター</p>
<p>《特になし》</p>

58 個人用途のマッシュアップ型ソフトウェアを自動合成する技術(素人が自然言語と例示で与えた不完全な仕様を、対話的に修正する機能を含む)
《特になし》
59 大規模ソフトウェアの仕様の網羅的記述と妥当性確認を一般的な開発者が誤りなく行えるように支援する技術
<p>○自然言語による要件・仕様記述からプログラムレベルの要件・仕様を抽出する技術、○プログラム仕様を形式検証可能な形に変換する技術、○大規模な仕様に対する形式検証技術、○要求工学、○ソフトウェアツール、○要求仕様のメタ構造(定義項目)の確立、○要求トレーサビリティの可視化およびトレーサビリティ関連の複雑さを計測し単純化すること、○上項の自動化アルゴリズムや単純化しやすい開発アーキテクチャ、○仕様記述言語の開発、○論理記述の検証方法、○ソフトウェア開発ライフサイクル全体にわたるソフトウェア構成要素を洗い出し、整理、分析する技術、○最上流の開発手法の整備(現状では現場に定着した手法が不在)、○ソフトウェア構成要素に関する何らかの理論、○理論的背景に基づく高い信頼性を持ち、高レベルの(抽象度の高い)記述が可能なプログラミング言語処理系、○ソフトウェアの側面ごとに最適な仕様記述言語を組み合わせ、相互の一貫性を維持して仕様検証を支援するツール、○検証済みの仕様記述をプログラムに反映するツール、○システム記述の定義と知識の汎用ライブラリー化、○システム記述からの選択したプログラムの自動化、○テスト仕様の自動化記述とテストの自動化、○形式的仕様記述、○証明支援、○インタラクティブな形式仕様記述環境、○ソフトウェア仕様を網羅するための記法や図法。およびそれらをコンピュータ上で作成するための描画用ソフトウェアと電子ファイルのフォーマット。○仕様記述を表現する方法、○仕様記述が妥当かどうか計算する方法</p>
60 大規模ソフトウェアの自動検証と軽微なバグの自動修正を可能とする技術
<p>○コーディングの規範確立、○自動検証、○形式手法、○テスト技術、○ソフトウェア依存・非依存に定義する不変条件の整理、○バグ分類および対応する欠陥修正方法の定義、○自動修正後のソフトウェアの妥当性検証、○モデル検査、○大規模なソフトウェアの形式仕様をモジュール化等の技術を用いて見通しよく記述する技術、○モデル検査技術。特に CEGAR 等の抽象化をサポートする技術や高階モデル検査技術など、○検証に用いる定理等の再利用技術。特に証明済みのプログラムや定理をデータベース化する技術。</p>
61 バグの発生頻度を 100 万行あたり 1 個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術
<p>○ソフトウェア解析技術、○ソフトウェア自動合成、○ソフトウェア要求工学、○関数型プログラミング言語や関数プログラミングに基づくアプローチ(誤ったプログラムを書きにくくすることができる)、○労働環境の整備、その為の人月が変わる仕事量の客観的な測定技術の確立、○要件定義・設計・開発技術、○テスト・レビュー技術、○プロダクト解析技術、○定理証明支援系、○形式的仕様記述、○人工知能、○シミュレーション技術</p>
62 ハードウェア障害や実行環境の変化が避けられない状況で、99.9999%のサービス可用性(停止時間が10年間で5分間程度)のコストを大幅に増やすことなく実現可能とするソフトウェアの開発・運用技術
<p>○ハード、ソフトの多重化と検証システム、○上記を確保するための RDB による情報管理システム、情報探索型異常検出技術とニューラルネットワークのような知識蓄積に基づく探索のハイブリッド技術、○仮想化技術、○オペレーティングシステム、○システムソフトウェア、○故障やバグが発生したときに、素早く検出する手法、○故障やバグにかかわらず、サービスを継続するための理論基盤と実装法、○計算機資源の高レベルの仮想化技術、○バグを最小化するソフトウェア設計・検証技術、○リカバリを容易にするアーキテクチャ技術、○環境変化に適応するシステム運用技術、○実行状態を管理する技術、○サービス内容を高水準に記述するための言語技術、○運用中のソフトウェア保全を可能とする技術、○インタークラウド技術、○ネットワーク仮想化技術、○クラウド運用技術</p>
63 リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術
<p>○ソフトウェア形式記述・検証、○攻撃技術、○オペレーティングシステムによるセキュリティ技術、○プロセッサにおけるセキュリティ技術、○コンパイラによるセキュリティ技術、○機械学習による異常状態の検出、○ネットワーク上のトラフィックの内容の解析、○基盤ソフトウェア(OS 等)による保護技術、○安全なソフトウェア記述手法(言語など)、○オペレーティングシステムを中心とするシステムソフトウェア技術、○ソフトウェア工学、○セキュリティ技術</p>
64 一般に使われているコンパイラ・OS・基本ライブラリの正しさ(スペック通り動作すること)を保証する技術
<p>○独自 OS の研究開発、○形式手法、○要素技術となる安全性の高いプログラミング言語や検証技術は現在一般的に使われているコンパイラ・OS・基本ライブラリが整備されたところに比べて格段に進展していると言える。今後はそのような高信頼要素技術をコンパイラ・OS・基本ライブラリに応用していくことが求められる。</p>
65 物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム(ロボット、自動運転車、医療システムなど)のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術
<p>○ソフトウェアの state machine をソースコードから図として表現する技術、○物理系と情報系の統合モデリング、○ハイブリッド検証技術、○サイバーフィジカルシステムのリスク評価、○開発用言語、○ハードとの連携、○集積回路の高密度化、○設計検証技術のさらなる進展、○サステナブルなシステム設計技術、○物理情報システムのモデルベース開発と、ソフトウェア工学の融合、○ソフトウェア工学の拡張。特に連続量と離散量の両方を扱うための理論的基盤の確立、○(テストや検証など)開発におけるソフトウェア品質向上手法に対する、人間の「カン」と「コツ」によるサポートの、定式化と融合、○センサー技術、○何</p>

<p>が安全かを定義する技術、○ソフトウェアと物理系が組み合わさったシステムの動作を正しく捉える数学的理論、○その数学的理論に基づいたシステム記述について挙動の予測をするための、ソフトウェア検証理論や制御理論に基づく手法と、そこで使われる「仕様」を一般技術者が読み書きできるための支援、○上記手法を実装するための実装技術と計算資源、○形式仕様記述とそれに基づく自動検証技術。○モデル検査技術、○要求工学、○人の行動理解、○リアルタイムデータ処理技術、○センサデバイス技術(精度・感度など)、○画像・信号処理技術、○物理動作の仕様記述とそのプログラミング技術の開発、○仕様やプログラムの自動検証技術、○メーカー側に基本的な重要情報の提供を義務付ける法的整備または行政指導。○フィールドでの検証、○ソフトウェアの解析技術、○機械とソフトウェアのインターフェースの検証</p>
<p>66 重要インフラ(金融、通信、交通、エネルギーなど)のソフトウェアを解析し、遵法的に動作することを確認する技術</p> <p>○デリバティブ</p>
<p>67 大規模ソフトウェアにも適用可能で、確率的挙動(ハードウェア障害や環境の揺らぎへの対応、乱数や確率的アルゴリズムの利用など)を考慮した検証技術</p> <p>○確率・統計の理論、○確率的アルゴリズムの解析技法</p>
<p>68 HPC 技術によるロボットなどに活用できる真の携帯可能な人工知能(例:単なる機能を実現するだけでなく、高度な人工知能により人との関わり合いを実現する、高度な介護・育児などのロボット等の実現。現在の世界トップスパコンの性能を弁当箱程度の大きさでデスクトップ PC 程度の消費電力で実現する。)</p> <p>○機械学習、○超並列、○低消費電力、○Deep Learning などのように人工知能・学習におけるさらなるブレークスルー、○上記の人工知能・学習を支える膨大なデータ処理基盤の構築、○低消費電力で動作するデバイス、生体分子デバイスなど、あるいは量子計算機、○プログラム開発環境、○ナノ技術アクチュエータ、○高信頼なデジタル信号処理を前提としない(エラーを許容する)アルゴリズム、○低信頼だが大幅な低消費電力化を実現する素子、○認識能力を大きく向上させる新しい CPU のアーキテクチャ、○センサー類との連携、あるいは、スマートセンサ化による CPU とセンササイドでの処理との分担、○高度な機械学習</p>
<p>69 エクサ〜ゼタバイトスケールの HPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新(例:全地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化)</p> <p>○長高速通信ネットワーク技術、○低消費電力ハードウェア、○高信頼ハードウェア、○計算機システムの性能を最大化できるコーディング、○消費電力削減、○自動チューニング、○コンパイラ、○プロセッサアーキテクチャ、○センサー、データ収集システム、○大規模データ処理システム、○確信的シミュレーション技術、○多様かつ複雑なビッグデータを体系的・網羅的・効率的に解析できる革新的なデータ解析技術、○センシングデータなど膨大かつ連続的な計測ビッグデータと大規模シミュレーションをつなぐデータ同化技術、○対象分野の深い専門知識を表現・獲得して活用できる人工知能技術、○超省電力化技術、○超高密度化実装技術、○超並列アーキテクチャを前提としたソフトウェア技術、○メモリ容量と転送速度、○CPU の整数演算性能、○何か役に立つ応用分野を見つけること、○生化学、電気、力学を含むマルチフィジックスシミュレーションを実現するための専用スーパーコンピュータの開発、○CT や MRI などの医療画像から形状データを抽出する技術の開発とツール化、○高速可視化技術、○機械学習など高度アナリティクス処理の高速化技術、スケラブル処理技術、○応用への適用技術開発</p>
<p>70 エクサ〜ゼタバイトスケールのビッグデータ解析の為の、HPC とビッグデータのコ・デザインによる統合化と、それによるデータ処理の 100 倍以上の高速化・大規模化(例:高速な疎行列演算、高性能グラフ解析、データ同化、高速分散検索・ソーティング、各種学習アルゴリズムや、エクサ〜ゼタ規模の大規模データの超並列処理を可能にするシステムソフトウェア、不揮発性メモリによるメモリとストレージの階層を統合化したアーキテクチャ、など)</p> <p>○システムソフトウェア技術、○計算機アーキテクチャ技術、○数値演算能力とメモリバンド等のトレードオフ関係の把握、○計算量とデータ移動量の正確な推定、○疎性やサイズなどのデータ特性と性能値の見極め、○先進的アルゴリズム、○高速疎行列計算、○高速グラフ解析、○不揮発性メモリに関するデバイス技術、デバイスをアプリケーション・サービスから制御するソフトウェア技術、○GPU アクセラレータなどによるデータ処理の高速化技術、デバイスをアプリケーション・サービスから制御するソフトウェア技術、○不揮発性メモリや GPU アクセラレータなどの先進的なデバイスを前提としたアルゴリズム技術、○ビッグデータ処理技術(Hadoop などとその拡張)、○大規模・高性能ストレージ技術、○ビッグデータサイエンティストの育成技術、○超並列計算を可能にする、膨大な計算ノード、○不揮発メモリなどの次世代メモリ、○高速ネットワーク、○超高性能リレーショナルデータベースシステム、○超高性能アレイ(配列)データベースシステム、○超高性能ストリーム処理技術、○投機計算手法、○対話的な視覚解析技術、○センサー網と HPC システムの広域連携技術、○日本独自の技術に拘らず国際的な協業が必要。具体的には 2TB /Sec を超える高速な I/O 性能の実現、○ノードあたり TB レベルの大容量メモリの搭載技術、○超高速ノード間通信(100Gbps 以上)、○cpu の高速化技術、○分散 CPU 分散計算技術、○データベースの分散化とメタデータ生成技術、○並列ファイルシステムのビッグデータ・HPC への高度化、○不揮発性メモリ技術の積極的利用と利用技術の高度化</p>
<p>71 1000 万〜10 億規模の並列性を前提とした新しい計算アルゴリズム、プログラミング手法、性能評価法(例:超スケラブルな数値アルゴリズム、通信同期削減アルゴリズム、近似や精度を落とす計算手法、上記のアルゴリズムを容易にプログラミング可能にする言語や、それらの性能モデリングおよび予測・評価手法)</p>

<p>○自動チューニング技術、○頻繁に利用される計算構造とその高速な実装手法、○ソースコードを動的に環境に合わせて変換する技術(上の 1 に少し重複)、○計算の表現に関する新たなコンセプト、○並列計算の構成に関する新たなコンセプト、○ポスト・ムーアや耐障害性○部分空間射影法による問題規模の縮小、○固有値分解・特異値分解を利用した低ランク近似による問題規模の縮小、○Communication-Avoiding 技術、○軽量非同期アルゴリズムまたはカーネルコードの実現、○超高並列で漸近的・近似数値アルゴリズムの開発、○陰解法利用の最小限化、○ドメインスペシフィックなアルゴリズム最適化、○自動チューニング、○数値解析、○プログラミングモデル、○コンパイラ、○ランタイム、○超並列プログラミングを可能にするプログラミング言語、およびその基礎理論、○超並列プログラミングを可能にする OS や言語処理系のソフトウェア基盤の開発、○超並列プログラミングを可能にするデバッグ・シミュレーション環境の構築、○PSE (Problem Solving Environment): 問題解決環境、○インターコネクト オフローディング、○インターコネクト 低レイテンシー、○オブジェクト指向プログラミング、○スケラブルで安定な疎行列計算アルゴリズム、○省電力指向の新プログラミング言語およびチューニング環境、○超並列数値計算アルゴリズム、○混合精度計算、○自動チューニング(AT)技術の体系的基盤の作成、○データの所在位置を顕わに示したプログラミング言語およびプログラミング手法、○新規性の高いアルゴリズムの開発、○基盤的なソフトウェアの整備、○アプリケーションオリエンテッドなアルゴリズム開発、○通信削減、通信隠ぺいなど、何らかの方法で実行時間中に現れる通信時間を削減し、高いスケラビリティを達成するための技術全般、○超並列かつ複雑なシステムおよびアルゴリズムの両方を意識したプログラミングは困難であり、それらを抽象化するプログラミングの手法・環境が必要、○上記の技術は、性能だけではなく電力消費や耐障害性なども意識して設計・開発される必要がある、○高水準(プログラミングが容易)でありながら、計算機の各階層における通信コストの reasoning が可能なプログラミングモデル、○上記のプログラミングモデルを実現する言語処理系、言語処理系構築をサポートするツールや拡張可能な処理系、○上記のプログラミングモデルの実現をサポートするハードウェアサポート、○経験・実験に基づく数値計算アルゴリズムの検証技法、○コンパイラ技術</p>
<p>72 100 万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータ IDC システムにおける、堅牢な耐故障・自律回復技術(例:自然に耐故障な数値アルゴリズム(Naturally Fault Tolerant Algorithms)の理論およびアルゴリズムの確立、超大規模システムでのロバストな故障予想・検出・回復アルゴリズムおよびシステム、故障を外部から修理しない自律修復システム)</p> <p>○低消費電力技術、高信頼化技術、○ノード間の相互作用・熱要素を含む新たな確率故障モデルの確立、○アルゴリズムをシミュレーションできる環境の構築と公開、○高速性と信頼性のトレードオフ関係の明瞭化、○故障後の実行継続を支援する基盤ソフトウェア技術、○故障検知及び通知を行うハードウェア・ソフトウェア連携基板、○故障の状況を即座に、かつ正確に検知し、実行中のソフトウェアに通知する技術、○フォールトの発生を予防する技術、○潜在するフォールトを早期に発見し除去する技術、○フォールトが存在しても正常に機能するアルゴリズムとアーキテクチャの技術、○実行状態保全管理技術、○プログラミング言語とコンパイラ技術、○障害検出技術</p>
<p>73 100 万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータ IDC システムにおいて、性能電力比を現在の 100 倍高める技術(例:高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路や Silicon Photonics 次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法)</p> <p>○NVRAM 等の高集積化と高信頼性化、○冷却技術、○データ解析に特化した新規プロセッサ設計、○データ移動を最小化する、アプリケーションとアーキテクチャの協調設計によるハードウェア設計技術、○動的な動作電圧変更や細粒度クロックゲーティング等による省電力技術、○高効率の光電変換素子、○低損失(高効率)な配線/実装技術、○継続的な研究環境、○各回路要素への最適な電力配分、○三次元実装、○回路技術、アーキテクチャ技術、システム技術を統合して最適化できる設計技術、○自動並列化技術・並列プログラミング環境、○ヘテロジニアスコンピューティング技術(アクセラレータ実装・利用技術)、○デバイス・HW・SW の協調による低消費電力化技術および消費電力制御技術とその標準化、○性能電力費を高めるハードウェア技術、○データ転送の最小化アルゴリズム</p>
<p>74 先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPU の演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる 100 倍以上の電力性能比の向上</p> <p>○チップ間インターコネクト、○シリコンフォトニクス、○次世代デバイスの電力性能比の高効率化、○スパコンアーキテクチャの転換に伴う、次世代アーキテクチャに最適化された高性能ソフトウェアの開発モデルまたは実行モデル、○次世代アーキテクチャ型スパコンの性能モデルや性能最適化、○データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたアルゴリズム・計算方式の確立、○資源としてのスパコンの理解と、それに基づく計算機アーキテクチャ設計、○次世代並列計算機を最大限に生かすプログラミングモデルおよびコンパイラ・最適化・自動チューニング技術、○デバイス技術、○シリコンフォトニクス、○アーキテクチャ</p>
<p>75 迅速・安価にカスタム設計可能であると同時に、大幅な加速を実現し、time-to-solution を 100 倍短縮する次世代 HPC アクセラレータ技術(分子化学など特定アプリケーション領域に絞ったアクセラレータと、そのためのプログラミング言語・コンパイラ・システムソフトウェア等を、FPGA 等の再構成可能デバイスを用いたり、SoC や三次元実装技術を用いて、従来と比較して大幅に迅速・安価にカスタム化して実現。)</p> <p>○FPGA、○3 次元積層技術、○統合デバッグ機能を持つ開発システム。プログラムを書けばすぐにハード・コンパイラ・アルゴリズム・サービスレベルでのバグと思いきポイントを指摘してくれる、そのような総合的な言語モデル・ハード・ライブラリなどの連動システム。これ潤沢な計算資源で実現すること、○デバッグ実行システム。サービスレベルでのバグらしきものをある程度検証・検出してくれるようなテストベクタを作ってくれるシステム。(プログラム挙動モデル→フォーマル検証が完了、や入力パターン・タイミングを自動生成して投げ込んでくれるようなもの、モデルを書いた紙 1 枚をコピー機にいれたら○/×が出るようなもの)、</p>

<p>○統合ライブラリ。組み込みシステムではIPやC言語ソースを読み込んだような開発環境があるが、それを進化させたもの。サービス実現の観点からライブラリやインターフェース、使うIPコアや命令セットなどを制御するようなもの。ある程度一人で見渡せるような複雑性に落とし込みたい、○極微細加工技術の進展、○素子の冷却技術の開発、○低消費電力デバイス製造技術、○アプリケーションドリブンなデバイスアーキテクチャ提案技術、○(システムレベルから見た包括的な)デバイス設計技術および設計環境(プログラミング言語～シミュレータまでを含む)、○Co・デザイン技術、○アクセラレータプラットフォーム開発技術、○性能ツールやメモリ管理通信等のシステムソフトウェア</p>
<p>76 ポスト・フォン・ノイマン HPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモrista等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立</p>
<p>○新デバイス製造技術、○新デバイスの活用を前提としたアーキテクチャ技術、○新デバイスの活用を前提としたシステム設計技術、○素子の集積化技術と生産性の向上。大学では難しいテーマなので企業が絡むべき、○ハードとシステムを繋げる力。現段階では、それぞれの専門家が別々の観点で研究を進めているのではないか。これらが緊密にかかわりあって初めて実現できる技術だと考える、○脳科学、生物学の知見</p>
<p>77 計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現: 計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)</p>
<p>○アルゴリズム、○計算量理論、○計算におけるランダム性の本質的役割の解明、○実世界の諸問題に対して近似的・安定的・弾力的な解決を与えるアルゴリズム設計、○異なる知識や計算能力をもつ複数の主体が関わる情報処理の数理的理解、○理論の進展、○人材確保、○国内外の連携・協力、○アルゴリズム理論、○計算量理論、○数理計画法、○数学、特に離散数学、○組合せ最適化の理論、○列挙など周辺アルゴリズム、○理論研究者の交流を促進するプログラム、あるいはミーティングプレイスの整備などの環境整備、○理論研究者のコミュニティ内での、意識共有。コミュニティとして取り組むべき課題の整理、○海外との人材交流とそれを促す資金配分、○計算困難問題の理論、○確率的証明手法、○量子計算の複雑さの分類、○長時間のコヒーレンスと高い操作性を兼ね備えた量子ビットの開発</p>
<p>78 個人の自由な行動が集団としての社会をスムーズに動かす制御手法の理論基盤の構築(技術的实现:大規模な社会的統合・協調の最適制御アルゴリズム理論の実用化、社会実装:渋滞緩和や避難行動設計の自動最適化の実現、スマート都市におけるインセンティブ設計とそのリアルタイム運用)</p>
<p>《特になし》</p>
<p>79 ビッグデータの知識をポータブル記録デバイスに入れ、持ち運んで使える機能的圧縮技術の理論基盤(技術的实现:大規模データの知識抽出技法による機能的データ圧縮技法の実現、社会実装:「第二の記憶脳」としての機能的圧縮データ構造の利便化と、記憶媒体の活用・運用)</p>
<p>○記憶デバイス、○必要なデータの読み出し、書き込み</p>
<p>80 プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証(技術的实现:安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装:理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展)</p>
<p>○情報の漏れを適切に形式化して、その不在を証明するための論理的手法(形式検証手法の一つの応用として)、○プログラムやプロトコルの正しさを機械的に保証するための理論的考察、○プライバシーを正確に定義すること、○プライバシーを保護するための暗号技術、○暗号プロトコル、○安全性の形式的検証技術、○個人認証技術、○暗号化技術、○分散データベース技術、○準同形暗号、○秘匿の安全性に関する数理統計基礎理論</p>
<p>81 バーチャルコンサルタントを実現する意思決定支援アルゴリズムの開発に向けた、データの持つ知識の構造化のモデル開拓(社会実装:パーソナライズした意思決定支援システムの実用化)</p>
<p>○deep learning、○distributed computing</p>
<p>82 文章・映像・センサデータなどの多様な表現を融合し、意味的な特異性で概念を表現した、高精度なデータ分類・組織化手法の開発(技術的实现:多様性や多くの例外を受け入れる機能型データ分類技術の理論構築と開発、社会実装:高機能データ分類・組織化に基づく、ユーザーのインスピレーションを生み出す柔軟な類似・類推検索機能の実用化)</p>
<p>○パターン認識・機械学習などの技術とビッグデータ処理技術の融合技術、○ディープラーニング等の新しいパラダイムに基づく分析技術の開発、○データ分類技術、○データ形式のオープン化と相互の変換</p>
<p>83 脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明</p>
<p>○生得的な本能、特に言語に関する本能の数理的モデル、○後天的な脳の学習機能、○脳の計測技術の向上:神経細胞レベルで脳全体の活動を測定する技術、○脳信号の処理技術、○神経回路の理論とシミュレーション技術の向上、○計算論的神経科学における脳全体の情報処理アーキテクチャ(全脳アーキテクチャ)の解明、○大脳皮質の計算論的モデルの解明、</p>

○言語野や前頭前野などの脳の高次機能に関わる領野の情報処理アーキテクチャの解明、○脳の活動状況をできるだけ詳細にモニタリングする技術
84 生命系の維持システムの情報理論的な解明とその活用(技術的実現:生体システムデザインを利用した高機能シミュレーションによる、高度自動医療診断システムの実現、社会実装:生体活動メカニズムを具現化した人工微生物作成や、人工光合成の実現への情報科学的貢献)
《特になし》
85 自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築
○人工知能、○機械学習、○プログラム理論、○予測理論に関する数学の理論の発展
86 実用的な計算機構における超並列・分散計算理論の体系化(技術的実現:スパコンやクラウド分散等の計算機構の発展方向に対応した、最先端アルゴリズムの体系化、社会実装:体系化されたアルゴリズムの手軽に使い、常に最先端に整備されるダイナミックパッケージ化)
○人材交流、国際協力、○Hadoop およびそれに代わるシステム、○超並列・分散計算の現実劇的モデルの確立、○超並列・分散計算のための並列・分散アルゴリズムの設計論の確立
87 数理計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数理計画法技術)
○大規模な環境下での数理モデルの構築、○リアルタイムなデータ収集及びデータ蓄積技術、○並列性が高く非常に高性能な数理計画法のソフトウェア、○問題による適用手法の最適選定方法、○問題がどの種類の問題であるかを判別するアルゴリズム、○規模が大きくなったときの簡略化方法や量子計算などの効率的計算方法などの処理方法、○劣線形計算技術、劣線形時間アルゴリズム、特に定数時間アルゴリズム(すなわち巨大なデータの一部から全体に対する解答を計算するアルゴリズム)、○分散アルゴリズム理論と計算の複雑さの理論、○瞬時にデータをやりとりできる、世界的な計算機ネットワーク、○効率的なアルゴリズム開発、○大規模データを扱うためのメモリ技術、○ビッグデータに対応できる高速なアルゴリズムの開発と、その計算時間を理論的に保証する解析技術の開発、○従来は解ける問題が限られている手法を詳細に分析していましたが、機械学習等の知見も吸収し、パラダイムの飛躍が必要です、○現実の問題を最適化問題に落とし込むことにも知識と経験が必要で、幅広い人材育成が必要です、○信号、画像、形状、映像などマルチメディアを対象にした最適化アルゴリズム、○テンソルや曲がった空間を対象にした最適化アルゴリズム、○最先端の数値解析と最先端の最適化の再融合、○最適化問題に対する効率の良い下界値計算、○前処理技術による(入力)データの簡素化、○高性能計算技術
88 セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術
○潜在的なリスクを含め様々なリスク要因を扱うことが可能な、定量評価を行うためのリスクモデル、○進化する攻撃技術のレベルと必要コストおよびスキルを評価する技術、○主要な脅威の発生確率を算定するビッグデータシステムの開発、○主要な脅威の要因となる主要な脆弱性を算定するビッグデータシステムの開発、○攻撃手法の網羅的な把握とそれらの評価スキル、○防御手法の網羅的な把握とそれらの実装スキル、○リスク予測技術、○確率微積分学を用いた理論、○コストとリスクは時々刻々と変化するものであり、これらをどのようなモデルで定量化させるか、○ビッグデータ解析をベースとし変動するリスク(企業または個人自身および環境)を定量的に常時計算可能な技術、○リスクとコストの自動定量化技術、○複雑なリスク算出技術、○可視化技術、○セキュリティ資産に関する、内部リスクおよび外部リスクに対する知識を有し、リスクを正しく評価する技術、○内部リスクおよび外部技術に対抗するために必要な、セキュリティアプライアンス知識および新たなアプライアンスの開発、○インシデント発生時の迅速な対応を可能とする事前準備、○情報配信における個人情報特定、流通リスクの定量化手法。または、個人情報の匿名状態の定量化とその流通に向けたプラットフォーム化の推進、○リスクアセスメント、○リスク評価、○リスク心理学、○システム分析技術、○セキュリティ技術、○情報システムの構成・運用方法の定式化および記述の標準化、○既存セキュリティインシデントにおける脆弱性・脅威の態様と被害内容との関係の定式化と、それに基づく事例蓄積、○情報システムの構成とリスクモデルとを用いて脅威やリスクを推論する技術、○リスクのモデル化、○リスクの定量的評価、○リスク・信頼性工学、○経営工学
89 パソコンなどからインターネット上の多くのサイトに長期間にわたりアクセスする場合にも、使いやすさと低コストを実現し、安全性面から安心して使える個人認証システム
○耐タンパー技術、○認証技術、○バイオメトリクス、○パスワードに代わる認証技術、○使いやすさと厳格な認証のバランスをとった UI 技術、○セキュリティの技術を意識することなくセキュアな利用を実現、○生体認証技術、○回線認証・端末認証技術、○プライバシー保護技術、○現代暗号理論、○アルゴリズムの設計と解析技法、○認証に必要な秘密情報を安全に保管する技術、○万一、秘密情報が漏えいした場合に、漏えいしたことを検知し、情報を無効化する技術、○認証情報と個人を結びつける技術、○個人特定技術(安価で組織非破壊でDNA判定する技術)、○リスト型攻撃など、IDの不正取得を狙う攻撃が現実化しているため、○不正送金などの具体的な被害が出ているため、○パスワード認証や生体認証を使った個人認証技術、○複数の認証方式を組み合わせることができる統合認証システム、○幅広い年齢層で使いやすいユーザビリティを考慮したユーザインタフェース技術、○SAML、○多要素認証、○記憶情報や生体情報などのエントロピの小さい秘密情報を用いて、いかに安全を確保するかに関する技術、○生体情報などの曖昧な秘密情報を用いて、いかに精度よく認証を実現するかに関する技術、○人間の利便性を損なうことなく、いかに安全を確保するかに関する技術、○バイオメトリクス/バイオセンサー、○体内埋込デバイス/皮膚装着デバイス、○暗号理論、○暗号化技術、○ヒューマンファクターの研究、○ユーザインタフ

<p>エース、○Identity Federation、○属性利用技術、○Public Key Infrastructure、○生体認証、○ID プロバイダ、○生体認証技術、○暗号したまま加算、乗算などができる暗号技術、○状況に応じてセキュリティポリシーを変更可能なコンテキストウェアセキュリティ技術、○負担の少ない生体認証技術(シール型センサ、生体埋め込み型センサ等)、○行動ログ等パーソナルデータに基づく相関分析による個人特定技術、○パーソナルデータおよび派生する分析データを本人が編集できるポータル技術、○クライアントでの認証処理の信頼性をわかるようにする技術、○バイオメトリクスの適用、○シングルサインオン技術の普及、○機械学習、○データアナリシス、○プライバシー保護技術、○マルウェアによるゼロデイ攻撃などを検知し回避する技術、○オンラインバンキングなどでの MITB 攻などを回避する技術、○時間的に隔たる複数のセッションが同一人物によることを証明する認証技術、○あるセッションが特定の公的登録情報を持った個人によるものであることを証明する認証技術、○ある個人が特定の資源にアクセスすることができるかどうかを匿名で判定することができる認可技術</p>
<p>90 100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術</p> <p>《特になし》</p>
<p>91 攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術</p> <p>○ビックデータ解析、○高速なパケットインスペクション技術、○高速な動的・静的なサービス動作分析技術、○攻撃パターンの収集、○新規攻撃パターンの解析、○マルウェア解析技術、○オペレーティングシステムのセキュリティ技術、○コンパイラによるセキュアコード生成技術、○機械学習、○攻撃者の間での情報戦に係る技術として、攻撃者のプロファイリングする技術、攻撃者をだましての情報収集や行動の誘導を行う技術が必要になると考える、○デジタル・フォレンジック、○ネットワーク、○大規模なイベント、ログデータの相関付けと分析、○リアルタイムな判断機能を実現する並列分散人工知能技術、○人間の最終判断を支援する可視化やユーザインタフェース技術、○攻撃側の情報を漏洩せずに、サイバー攻撃を仕掛ける技術(攻撃力=対策力)、○多種多様なソーシヤルエンジニアリング、○ソフトウェア・ネットワーク構成、○暗号、○データ分析(心理学的な探求による成果の利活用を含む)</p>
<p>92 自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率が事実上無視できる程度に低減される)</p> <p>○全般に情報セキュリティ技術をスリム化し、可用性重視に組み替えた制御システム向けセキュリティ技術体系の構築が必要である、○自動車では、コンシューマ端末としての利便性と制御システムに求められる信頼性重視の両立が不可欠であり、特に軽量なファイアウォールは必須技術、○端末、チップ間の機器認証システム(従来の PKI に比べて低コスト、低遅延、省ネットワークリソース)と、攻撃を検出した場合の安全停止フェーズへの移行手順確立、○制御システムの構成要素および全体設計における、暗号技術を含む情報セキュリティアーキテクチャ設計、○M2M 通信における暗号技術の適切な実装、○暗号プロトコルの設計、および安全性の評価技術、○認証技術、○制御システムを数理的手法の適用が容易になるレベルでモデル化する技術、○モデル化したシステムに対して攻撃の可能性を定量的に評価する技術、○モデル化したシステムを忠実に実システムとして実装する技術、○自動車内のネットワークを目的別に分離する(VPN でも良い)、○外部とのネットワークプロトコルを限定する、○高度な機能を持つ暗号技術、○安全性が数学的に保証された暗号技術、○パターンマッチング技術、○プロトコル解析技術、○人工知能、○脆弱性の発生を予防するシステムアーキテクチャと設計技術、○潜在的な脆弱性を検知し除去するソフトウェア技術、○不正侵入を検知し、診断するディペンダビリティ技術、○制御システムを構成する制御プログラムの言語と記述方法、○不正な侵入を防止するだけでなく制御システムが被る被害を最小に留める技術、○制御システムにおける制御ネットワークの設計、○段階的自己破壊素子を組み込んだ超 LSI 素子の開発、○基本的安全運行を司る中枢の機能と高度な付加価値をもたらす大脳皮質の機能を分離した多階層セキュア OS の開発、○あらゆるリスクとその対抗措置の組み合わせを網羅的に検証可能なシミュレーションプラットフォームの開発</p>
<p>93 新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム</p> <p>○インテリジェントな判断ができるコンピュータシステムの構築、○脆弱性データベース、○サービス継続チェック技術</p>
<p>94 システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術(行動科学的技術を含み、内部犯罪の発生率を無視できるぐらい小さくすることが可能)</p> <p>○行動科学的検討をメインとし、これを技術応用すること。システムに対する人的エラーの発生を抑えるためには人間の行動パターンを利用する防止策や防止システムが必要と考える、○暗号技術、準同型暗号など、○認証技術、○監視技術、○否認防止等の暗号技術、○audit、○分散処理技術、○検証可能性技術、○不正行為等をされても、実質的な被害・損害を低減できるセキュリティ技術(例 データの暗号化など)、○不審な行為(攻撃の前段階)を検知する技術、○システムにおけるリスク分析を工学的・定量的に、属人的な経験等に依存せず、測定する技術、○心理学・行動科学的観点からの内部者のインセンティブ設計が適切に可能となる、人間の行動に関するメンタルモデル化技術、○ヒューマンファクターの観測と制御の技術、○プライバシー保護の技術、○人の内的動機付けに関する心理学的な知見と統計データ、○心理学、社会学的な観点の行動観察結果を定量的に評価し計算機に落とし込む技術、○人間観察する際に必要なプライバシーとデータの有効性の両立が可能な匿名化技術または、それが許される法的裏づけ、○オペレーティングシステムや仮想化技術など基盤ソフトウェアに関する知識</p>
<p>95 目的に応じてネットからハード・ソフトの設計をダウンロードし、3D プリンタ等で製造することにより、誰でも企画から1時間以内に製作・展開可能な低価格センサーノード</p>

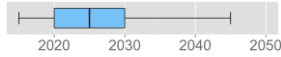
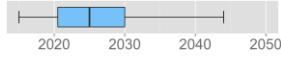
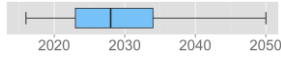

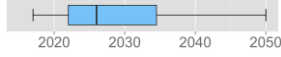
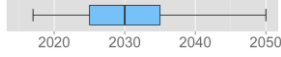
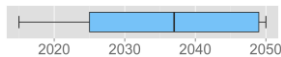
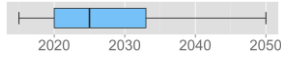
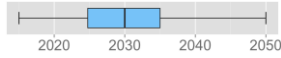
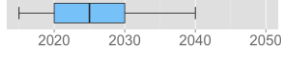
<p>○3D プリンタ技術、○3D プリンタなどデジタルファブ리케이션の充実、○上記機材を制御するソフトウェアの簡便化、○統一されたファイルフォーマット、○実動作可能なデバイスを3D プリンタのみで具現化する技術</p>
<p>96 全てのセンサー類がID 管理され、自分の行動が誰にどのようにセンサされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術</p>
<p>○ID 管理レジストリ、○個人のプライバシーを保護できるデータ管理技術、○プライバシーに関する新しい社会的合意、○プライバシーポリシーマネジメント、○匿名化、○プライバシー法制度の整備、○プライバシーを軽視するIT 業者の駆逐、○プライバシー情報の管理、セキュリティの徹底化、○ユーザーが自分のデータがどこで使われるかの制御方法特に暗号化された場合など、○大規模サーバでの ID 管理システムの実現、高速かつ世界規模での管理技術、○ID&Auth、○暗号、○位置測定、○モバイル通信</p>
<p>97 GPS に代わり、1cm の空間分解能と100ms の時間分解能を持つ位置検出技術(ユーザーの位置だけでなく姿勢やジェスチャーを検出でき、モバイルデバイスの新たな応用が広がる)</p>
<p>○位置推定基盤技術、○高性能センサー開発技術、○ビッグデータのリアルタイム処理技術、○省電力・高精度な測位を実現可能な新たな測位方式、○人間の錯覚などを利用した累積測位誤差の補正方式、○信号処理、○機械学習、○姿勢やジェスチャーを認識するためのパターン認識技術、○屋内における位置検出技術、○低消費電力位置・行動センシング技術、○既に環境に存在するWifi 電波の強弱を用いる等、インフラ整備にコストのかからないセンシング技術、○観測ノイズを高速に除去する手法、○キャリブレーション頻度を減らしても高精度であることを保証する手法、○高分解能の位置検出技術、衛星外の隠れた部分の位置判定との連携、○画像認識もしくは画像収集装置、○大容量のネットワーク技術 および 画像圧縮技術</p>
<p>98 1 ゼタバイト(2⁷⁰ バイト)のデータを格納し、実用時間内で検索や更新ができるプラットフォーム</p>
<p>○ヒューマンアクティビティセンシングが可能な衣服用等のマテリアル、○省電力ウェアラブル技術、○データのバックアップをどのようにするか、電子化データは読み込みデバイスの変更、経年劣化が激しい。石盤と違って文化・思想その他情報を後世に残すことができるかも含めて考える、○高速で検索するアルゴリズム、○大規模分散データベースシステム技術、○専用ハードウェアを用いたデータ処理加速化機構(例:Netezza、Oracle ExaData)、○HPC とストレージ技術の連携・融合、○大容量ストレージ機器の開発、○超高速ストレージエリアネットワーク(SAN)、○電力効率がよく、小型で高性能なコンピュータシステム、○コンピュータを接続する広帯域で低遅延で管理が容易なネットワーク、○検索や更新を実現するソフトウェアシステム</p>
<p>99 データの価値が視覚化され、市場原理に基いて広く取引されるデータマーケットプレイス</p>
<p>○データの価値が外部から不正に操作(改竄等)されないようにする技術、○データからの価値創出、○価値を可視化する視覚化技術、○データの安全な保管技術、○価値の測定技術、○セキュリティ:不正アクセスや利用を防ぐ</p>
<p>100 医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。</p>
<p>○多型解析・共生微生物メタゲノム解析など 広義のゲノム解析、○データマイニング 機械学習、○着用の負担・ストレスの少ない常用生体モニターの開発、○セキュリティ、○倫理、○健康情報を収集するためのセンサー技術、○収集したデータの処理技術、○収集したデータのやりとりを行うための通信技術、○個人の医療データを蓄積し、時系列で追跡可能にするためのマイナンバー制度ならびにデータ形式の標準化、○常にバイタルを計測できるよう、センサーの小型化、○より詳細なバイタルを計測するため、新たな体内センサーの開発、○体の各部位の影響を適切に把握するための、シミュレーションモデルの開発、○医療統計、特に複数の要因とアウトカムの因果関係を検定する技術、○データプライバシー保護技術、○機械学習・データマイニング、○データ解析技術、○Hadoop、○NoSQL、○プライバシー保護技術、○IoT、センサー技術、○データの安全管理技術、○複数システム、分散されたデータの連携、○法的な整備、○個人の健康状態やその変遷を精度よく予測するための統計モデル、○精度の高い統計モデルを構築するための大規模な健康に関するデータ、○セキュリティ管理技術・匿名化技術、○データサイエンスの分析技術、○データを収集するにあたっての、検査計測の方法・記録形式などの標準化、○医療や生体だけではなく、人の文化的活動に付随する移動(交通等)に関する予防安全も重要な課題である、○データ標準化、○プライバシー保護技術、○センサネットワーク、○ユビキタスセンサ技術、○IoT 技術、○健康データのビッグデータ解析技術、○プライバシー保護技術、○プライバシー保護についての、技術&社会制度の開発、○医療現場とビッグデータ研究者が連携した個々の応用技術開発</p>
<p>101 個人の興味・能力・時間などに合わせ、かつ学習者の生体反応を見ながら最適な教育を行うシステム。(社会実装:我が国の教育制度の一部として取り込まれる)</p>
<p>○人間の情動の把握と効果的なインセンティブを与えるための技術。個人だけでなく集団としての振る舞いも重要、○文脈を捉えて人間と言語的および非言語的にコンピュータがコミュニケーションするための技術。背景としての常識の獲得や利用技術も重要、○人間に適応的な推論やそのための知識の表現や蓄積の技術。○被験者に心理的かつ肉体的に負担の小さいモニタリング技術、○様々な学習項目の相互依存関係の体系化技術、○ポートフォリオの標準化、○学習に対する意欲と成果の定量的表現、○個人の学習理解度を正しく計測する技術、○言語、非言語による相手に状態把握、○最適化技術、特にマッチング、○生体計測、○教育の最適化技術、○教育効果測定評価技術、○機械学習、○コンテンツマネジメント、○コンピュータによる教育支援技術</p>
<p>102 道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム</p>
<p>○製造・導入・運用コスト及び携帯性に優れた人間側機器の実現、○アベイラビリティにすぐれ、国土全体を網羅可能な、通信技術、○自動車の自動運転技術、○高モビリティ環境におけるロバストな D2D 通信ネットワーク及びセルラネットワークとの融</p>

<p>合、○GPS データやセンサデータ、ソーシャルデータなどビッグデータを用いた交通情報解析及び分散処理技術、○情報セキュリティ技術、○センサー技術、○大容量ワイヤレス通信技術、○人のセンシング技術(人であることを認識し、その正確な位置情報を取得する技術)、○通信手段(現在の携帯電話の進化したもの)、○センサデータの管理システム(ローカル、かつ、全体)、○多数のデータの意味を理解するセンサネットワーク技術、○想定外のイベントに対応するディペンダビリティ技術、○悪意の攻撃に対応するセキュリティ技術、○自動走行技術、○車々間通信技術、○高速な車車間通信技術、○リアルタイムデータ処理技術、○道路等のインフラの情報化技術</p>
<p>103 宇宙科学や生命科学など、科学研究で生成・分析されるデータが連携・共有され、すべての実験・観察結果がオンライン追跡可能になるサイエンス・ビッグデータ基盤。</p> <p>○データ共有のための辞書、データをリンク・交換する仕組み、○データを公開すること、その信頼性による研究者への評価体制、○データ形式、メタデータ等の標準化・統合、○証跡管理、○大規模データの保存と利用技術、○大規模ストレージの管理・運用技術、○大規模データ処理のためのクラウド技術、○メタデータ等のデータ連携技術、○クラウド、○オントロジー、○来歴を含めたデータ管理体制の整備、○データ保存だけでなく、データ処理をも結合したプラットフォーム、○データリンケージ技術、○データ間の関連性のモデリング技術、○データマイニング、○異分野データの横断的利活用技術(構造化、検索、可視化等)、○Provenance 等のデータ利活用のセキュリティ技術</p>
<p>104 自閉症・認知症・引きこもりなどの精神疾患を持った人たちとのコミュニケーション技術(非言語情報の把握・理解・概念体系の把握などを含む)</p> <p>○脳波の解析技術、○精神疾患の神経科学的病理構造の解明、○脳波の言語化、○正常者の概念体系の構築、○記憶と言語の獲得のモデル、○SNS などから患者の状態を把握する技術、○患者及、介護者、および周囲の人を含めた支援技術、○適切な時期に適切な治療情報を提供する技術、○ICT 技術、○画像処理技術、○コミュニケーションシステム</p>
<p>105 個人や集団が置かれている状況の把握をリアルタイムに行い、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む。法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定ができる)</p> <p>○群衆センシング技術、○個人の状況把握技術、○独立した複数のデータ群を時系列に関連付けながらその関係性を学習させる機械学習技術、○データ連結によるプライバシー侵害のリスクと、それによる社会的便益を、社会的選好を加味しながら半定量的に比較し、社会と対話しながらビッグデータの活用を推進するコミュニケーション技術、○必要なデータを過不足なく収集する技術、○大量データをリアルタイムに処理する技術、○社会における様々なステークホルダーの関係性、役割、受容性などを含む高度で広い範囲の知識を集積する技術、○個人や集団の物理的状況だけではなく、その意図やニーズの把握を行える技術、○1 の高度な知識を 2 で把握した状況や目的に合わせて用いることで、状況に適切な助言やリスクの評価を行う技術、○統計数理、○センサー技術、○ICT システム、○言語および非言語による人間の意図理解技術、○個人や集団のおかれているコンテキストを総合的に把握する技術、○コンテキストに基づき個人や集団がとるべき行動の抽出とその帰結を模擬する技術、○診断支援システム、○自然言語処理、○行動認識技術、○個人、集団の置かれている状況を適切に認識し、表現できる技術、○個人、集団の置かれている状況に合わせて、助言やリスクの推定を能動的に行える仮説推論システム、○そもそも助言、リスクは人の持つ常識的知識から深い科学的知識まで多種多様なものに基づいて得られるはずであり、そうした膨大な知識を様々なメディアから広く収集できるシステムが必須である、○状況のリアルタイム把握、○適切な提言の作成</p>
<p>106 プライバシーと経済行為・保険等に対する新しい理解を基に、新しい経済商品(保険商品も含む)が生まれ、それに関連した産業が GDP の 20%に到達</p> <p>○個人の認証技術、○セキュリティ技術、○個人の監視技術(特に体調など)、○認証、セキュリティ</p>
<p>107 介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム(医療・介護の社会的費用の年々の増加が停止)</p> <p>○患者に対するセンサーを含めたヒューマンインターフェースのイノベーション、○データ収集技術、○データ解析技術、○軽量で安価なデバイス、○センサーの小型化、信頼性や使い勝手の向上、○センサー技術、○ブレイン・マシン・インターフェース技術、○ネットワーク技術の革新、セキュリティ保護は当然とし、ユビキタス実現のコストの低下、○ICT のプロバイダレスの社会実現(プロバイダの収益に貢献でなく、0 円のネットワーク化)、○人工知能、○ヒューマンインターフェース、○システム、○非接触計測技術、○画像処理技術、○音声評価技術、○介護の現場で、日々起こることの体系化と、状態変化に応じた対処の、整理、○医療の現場で、日々起こることの体系化と、状態変化に応じた対処の、整理。医師との分業の円滑化、○家族の要望を、円滑に認識し、対処に反映できるシステムのフォーマット化、○人間の状態を計測するセンサー、その結果から人間の内的状態を推定する人間科学の促進、○センサーやロボットなどを介護・医療の現場におくことに関する社会的受容、○個人情報利用に関する社会的ルール確立、○データ収集形式の標準化、○多様な情報を収集するセンサー技術、○大量の情報を分析、理解、判定する人工知能技術、○想定外の自体に対応するディペンダビリティ技術、○センサネットワーク技術、特に M2M 等の基盤技術と、位置計測などのセンシング対象情報以外の付帯情報を取得する基盤技術、○オープンデータベース技術、および、オープンデータベースの整備。</p>
<p>108 機械(ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)。その結果、機械の経済への貢献が 40%になる。</p> <p>○対話ロボット技術、○インタラクション技術、○ロボットの遠隔操作技術</p>

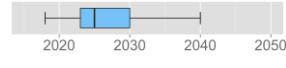
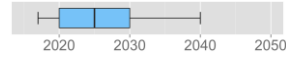
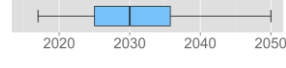
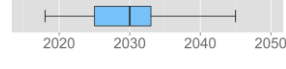
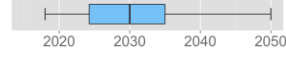
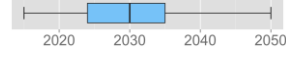
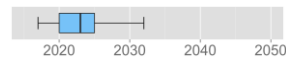
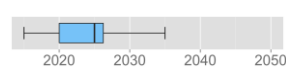


109 社会コスト(物流・食料・移動・エネルギーなど)がリアルタイムに把握され、その見える化・予測・最適化がなされる社会インフラ
○社会的コストを測る技術、○予測・最適化を行う技術、○予測結果等を活かし、その効果を測る技術、○NFV によるネットワーク内データ処理、○ネットワークによるコスト配信技術、○センシング技術、○情報収集技術、○リアルタイムなデータ取得が可能なセンサネットワーク、○適切なデータの抽象化技術、○中央と末端でのデータ処理を最適化する分散処理技術、○業界を横断するすべての企業間での商品・資源・部品のマスタ情報の標準化、○異なる企業間でのマスタ情報同期化技術、○データの保護、○広域にまたがる膨大なデータをリアルタイムで収集する技術、○社会コストの定義と意味付け、○社会価値と経済価値との整合性を理解する土壌の育成、○データの提供、横割り行政の推進、○社会コストの客観的な把握のためのルールが必要になるのではないかな
110 空間(世界中どこでも)や言語空間(多言語でも)を超えて自由にコミュニケーションしたり学習できる技術
○データマイニング技術、○機械学習技術、○精度の非常に高い多言語音声翻訳技術、○五感情報伝送技術、○視線や手ぶりなども含めたバーチャルコミュニケーション、○衛星などを用いたどこでも通信できる技術、○機械翻訳、○クラウド技術、○精度の高い自然言語翻訳技術。口語を対象としつつ、状況や話題の流れを考慮して、リアルタイムで翻訳可能、○SNS と自動翻訳の融合、○誤りの少ない機械翻訳技術の実現、○容易に多言語による自分の声の音声合成モデルを作成できる技術、○多言語に対応した音声認識技術
111 知識・情報・コンテンツの流通が行われるようになり、その価値に対する適切な値付けが行われるとともに、得られる経済価値や社会的名誉の再配分が行われる社会システム
○知識情報コンテンツへの評価手法、○最適化技術、○メカニズムデザイン、○適切な利益配分システム、○ヒューリスティックな手法による納得性のある評価尺度
112 土着の文化・言語の思想・体系・表現を把握・理解する技術
《特になし》
113 研究論文を解読し、論文データベースと照合した上で、その正当性(オリジナリティや、真正性を含む)を評価する技術
○実践的な統計学に習熟した専門職の育成、○論論文書に書かれた内容を言語処理で利用できるようにするための用語の等価性判定、照応・省略解析などの文脈解析技術などの基盤技術
114 研究成果の真正を証明するため、研究により生じた全計測データ、全画像データを記録・保存し、原データを認証・保証するシステム
○電子カルテの3原則と同じ「真正性・保存性・見読性」を担保する、データベース技術とセキュリティ技術(研究者自身の研究記録は、患者自身の診療録と同じようなものである)、○計測データ等をリアルタイム記録可能な制御技術とネットワーク技術、○データベース、○Web アプリケーション技術、○クラウドストレージ、○一般的なフォレンジック技術、○電子透かし技術

1. 7. 集計結果一覧

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
人工知能	1	サッカーなどのスポーツで人間に代わって審判を行う人工知能	166	13	35	52	2.63	2.61	2.62	2.38	2.27	2022	
	2	危険を伴う道路・鉄道・電線などのメンテナンス作業を、専門知識とスキルをもつ多数の作業員と連携しながら行うロボット(社会実装:メンテナンス作業の過半数がロボットによって行われる)	155	13	25	63	3.65	3.15	2.59	2.47	2.37	2023	
	3	高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム	174	12	29	59	3.71	3.06	2.81	2.63	3.15	2025	
	4	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員	108	8	21	70	2.57	2.30	3.08	2.77	3.33	2025	
	5	語学学校等の現場で外国語教育を行える人工知能(社会実装:語学学校での外国語教育の過半数がAI教師によって教えられるようになる)	144	10	31	59	2.90	2.52	2.66	2.51	2.45	2025	
	6	高度な専門技能(例:畜産農家経営)を持つ人間に師事し、見習いを通して技能を吸収し、師匠に準じるレベルまで達する、技能複写システム	133	14	29	58	3.10	2.81	2.99	2.81	2.46	2025	
	7	はじめは幼児と同等の知覚能力と基礎的学習能力と身体能力をもち、人間の教示を受けて、外界から情報を取り入れながら、成人レベルの作業スキルを獲得することのできる知能ロボット	158	15	29	56	3.08	2.82	3.26	3.19	3.11	2030	
	8	テレビドラマの典型的な場面に含まれるモノとコトが90%の確度で把握できる技術	141	13	32	55	2.67	2.58	2.51	2.32	2.03	2023	
	9	監督の演出意図を把握し、演技をするバーチャル俳優	94	11	22	67	2.09	2.43	2.85	2.71	2.25	2025	
言語処理・AI	10	不鮮明な映像に対応した高速物体認識技術(海中での魚類の捕獲などで活用)	89	19	36	45	3.24	2.81	2.55	2.28	2.02	2020	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.6	8.4	27	25.8	21.4	18.2	7.5	2025		12.0	13.3	10.6	20.5	27.2	35.1	6.6	
5.2	2.6	27.2	33.3	24.5	14.3	0.7	2025		4.5	5.2	21.1	19	25.2	33.3	1.4	
3.4	8.0	29.9	35.3	10.2	22.2	2.4	2028		2.9	12.1	18	19.9	16.1	44.7	1.2	
28.7	18.5	38.8	18.4	14.3	21.4	7.1	2030		35.2	23.1	18.6	10.3	20.6	40.2	10.3	
13.2	9.0	32.8	31.3	11.9	20.1	3.7	2026		14.6	16.7	22.1	19.8	13	40.5	4.6	
17.3	15.0	38.1	34.7	9.3	11.9	5.9	2030		18.8	18.8	24.1	22.4	15.5	32.8	5.2	
22.8	21.5	43.9	27.3	11.5	10.8	6.5	2037		24.7	27.8	26.1	19.4	15.7	32.8	6.0	
8.5	10.6	37.5	36.7	6.2	12.5	7	2025		9.9	16.3	22.4	36.8	9.6	24	7.2	
21.3	19.1	43.2	25.9	16	9.9	4.9	2030		28.7	24.5	32.9	22.8	20.3	17.7	6.3	
0.0	9.0	37.3	33.7	14.5	10.8	3.6	2025		0.0	13.5	20.2	41.7	14.3	17.9	6.0	

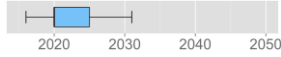
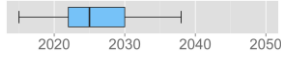
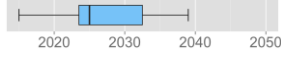
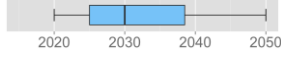
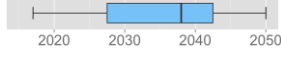
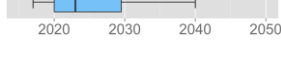
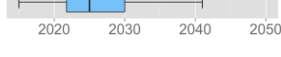

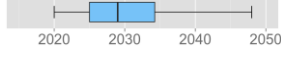
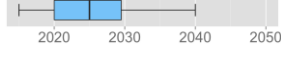
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術の実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
音声・言語処理	11	群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム(大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効)	104	13	29	59	3.34	2.80	2.56	2.49	2.93	2020	
	12	喜怒哀楽や微妙なニュアンスの違いを表現できる音声合成技術	92	11	27	62	2.98	2.93	2.36	2.21	2.14	2020	
	13	発話内容や話者の関係を理解し、途中から自然に会話に参加できる人工知能	111	19	27	54	3.15	2.84	3.06	2.83	2.51	2025	
	14	国際商取引の場で、同時通訳者のように機能するリアルタイム音声翻訳装置	109	21	27	52	3.53	3.00	2.81	2.56	2.29	2025	
	15	ネットワークを通じて、世界中のほとんどのTV番組を言語の障害なく視聴できる技術	99	15	26	59	3.07	2.89	2.63	2.42	2.18	2025	
	16	世界中のウェブで表明された多言語の意見や主張を、機械翻訳と深い意図解析(意味解析を含む)によって解釈・収集・要約するシステム	117	31	27	42	3.43	2.95	2.88	2.69	2.40	2025	
デジタルメディアデータベース	17	映像視聴中に関連の映像情報を検索したい場合等に、ユーザーの関心・スキル・状況などの情報を各種センサーなどを駆使して収集し、ユーザーにもっとも適した結果を検索出力したり推薦するなど、アクセス要求の高度化に対応した個人適応型の検索・推薦技術	90	23	39	38	3.11	2.70	2.61	2.53	2.72	2020	
	18	ライフログデータや身体データを大量に蓄積し、個人の日常的なデータの記録・管理・検索・分析する技術(ナチュラルユーザインタフェースで利用できるウェアラブルな外部脳機能システムとして提供される)	98	14	36	50	3.24	2.80	2.64	2.60	3.46	2020	
	19	画像・動画・音声データに対するメタデータを、メディア認識技術と人手によるソーシャルアノテーションを併用して、自動生成する技術	89	24	35	42	3.16	2.80	2.46	2.46	2.59	2020	
	20	放送・通信・マスメディアなどで配信された過去の画像・映像・音声・文字データを高品質にアーカイブ化し、検索・分析・配信・利活用する技術	91	19	36	45	3.26	2.77	2.08	2.10	2.52	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.0	5.8	22.2	35.4	19.2	22.2	1.0	2025		1.9	15.4	15.2	19.2	20.2	44.4	1.0	
2.2	6.5	33.7	43.4	14.5	4.8	3.6	2025		1.1	8.7	22.4	34.1	17.6	22.4	3.5	
9.0	16.2	47.1	24	17.3	5.8	5.8	2030		7.2	22.5	33	27.2	12.6	20.4	6.8	
0.9	10.1	32.4	41.9	13.3	8.6	3.8	2030		3.7	12.8	25.7	31.4	15.2	22.9	4.8	
2	8.1	28	30.1	25.8	15.1	1.1	2030		6.1	13.1	18.3	26.9	20.4	31.2	3.2	
2.6	6.8	46.4	29.1	14.5	5.5	4.5	2030		4.3	7.7	30.6	28.7	15.7	21.3	3.7	
5.6	3.3	28.7	26.4	17.2	21.8	5.7	2023		5.6	11.1	20.7	15.9	24.4	35.4	3.7	
6.1	2.0	22.8	29.3	14.1	30.4	3.3	2025		6.1	6.1	18.9	15.8	21.1	40	4.2	
1.1	2.2	33.3	39.3	13.1	13.1	1.2	2021		2.2	3.4	19	28.6	21.4	28.6	2.4	
1.1	1.1	19.5	41.5	14.6	22	2.4	2020		1.1	5.5	12.9	28.2	22.4	35.3	1.2	

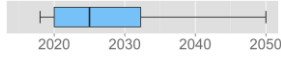
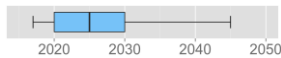

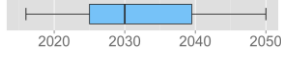
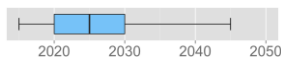
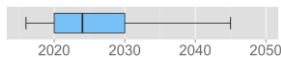
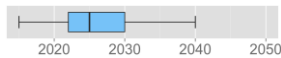
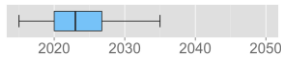
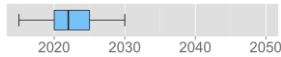

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術の実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
デジタルメディアデータベース	21	キーワード検索ではなく、状況や達成目的や社会的な評価情報を入力するだけで、情報を高適合率・高再現率で検索・推薦する技術	78	31	26	44	3.28	2.58	2.75	2.70	2.43	2020	
	22	Internet of Things(IoT)の進展により、社会に大量に配備される多種多様なセンサー群のデータを、統合して検索・分析できるシステム	88	20	34	45	3.45	2.80	2.64	2.72	3.12	2020	
	23	SNS などのソーシャルメディアのデータを分析し、行動予測するシステム(例: 犯罪予測や消費者の購買行動予測)	96	22	33	45	3.32	2.78	2.67	2.53	3.40	2020	
	24	ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報やこれらからマイニングで得られる情報の信憑性・信頼性を分析する技術(デジタル画像鑑定技術も含む)	83	19	34	47	3.46	2.74	2.81	2.74	3.13	2020	
	25	エビデンス情報(provenance 等)を提供しつつ、個人データを保護し、安全に個人ビッグデータを統合的に利活用するための技術	64	16	31	53	3.57	2.82	2.80	2.75	3.52	2020	
インタラクション	26	5nm テクノロジーの MOS トランジスタを集積したロジック LSI	68	10	34	56	3.43	2.64	2.77	2.41	1.72	2022	
	27	三次元積層技術により異種チップ(CPU・メモリ・センサーなど)が 10 層以上積層された LSI	71	13	35	52	3.51	2.99	2.60	2.54	1.83	2020	
	28	環境の熱や振動のエネルギー変換(エネルギーハーベスティング)により、半永久的に動作するシステムオンチップ LSI	56	5	29	66	3.36	2.91	2.75	2.70	1.91	2020	
	29	チップ内光インターコネクでオンチッププロセッサ間および外部との大容量通信が可能な LSI	65	9	40	51	3.25	2.94	2.62	2.62	1.64	2022	
	30	スピントロニクス の原理に基づき情報処理を行うロジック LSI	41	5	24	71	3.20	3.05	2.98	3.05	1.81	2024	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
2.6	12.8	34.3	41.4	10	8.6	5.7	2025		1.3	15.4	22.9	31.4	18.6	21.4	5.7	
2.3	8	20	44.7	12.9	20	2.4	2025		2.3	10.2	15.9	24.4	19.5	35.4	4.9	
1	7.3	31.8	25	13.6	25	4.5	2022		3.1	8.3	22.5	19.1	16.9	37.1	4.5	
2.4	16.9	39.1	29	11.6	15.9	4.3	2023		1.2	18.1	21.1	23.9	16.9	35.2	2.8	
3.1	12.5	36.2	31	15.5	12.1	5.2	2024		1.6	15.6	20.7	25.9	17.2	31	5.2	
0.0	14.7	12.1	47	22.7	12.1	6.1	2025		8.8	16.2	12.5	37.5	21.9	20.3	7.8	
1.4	7	16.2	52.9	20.6	4.4	5.9	2023		2.8	11.3	11.8	45.6	27.9	7.4	7.4	
8.9	14.3	21.2	42.3	15.4	13.5	7.7	2024		12.5	16.1	11.8	37.3	17.6	23.5	9.8	
7.7	15.4	30.6	38.7	14.5	4.8	11.3	2025		10.8	15.4	16.4	39.3	23	9.8	11.5	
12.2	19.5	36.8	34.2	10.5	5.3	13.2	2025		17.1	24.4	13.9	44.4	19.4	8.3	13.9	

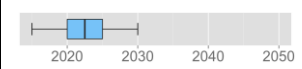
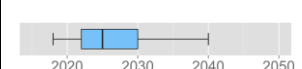


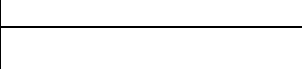
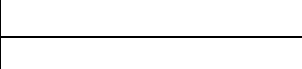
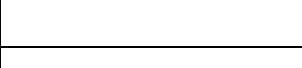



細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性 (%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
ハードウェア・アーキテクチャ	31	あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジック LSI	46	17	37	46	3.28	2.71	2.96	2.87	1.77	2020	
	32	ディスプレイとカメラをコンタクトレンズに内蔵したウェアラブルコンピュータ	47	4	28	68	2.78	2.58	2.61	2.64	2.93	2022	
	33	血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム	38	0	18	82	3.33	2.88	3.05	2.97	3.24	2023	
	34	100 億のニューロンと 100 兆のシナプスを有し人間の脳と同等の情報処理を行うことのできるニューロシナプティックシステム	39	0	33	67	3.21	2.57	3.33	3.10	2.72	2024	
	35	10k 量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ	27	22	19	59	2.93	2.67	3.59	3.56	1.92	2030	
インタラクション	36	ウェアラブル生体信号センサーから得た情報を基にユーザーの意図を理解し、コンピュータの操作(メニューの選択や文章の入力など)を行う技術	75	27	33	40	3.31	3.06	2.79	2.80	2.96	2020	
	37	匂いや味などをセンシングする 5 感センサーとその結果を再現できる 5 感ディスプレイ	59	7	34	59	2.95	3.06	2.95	2.91	2.47	2020	
	38	高齢者や障害者などが自宅に居ながらにして、農作業のような物理的な作業を遠隔地で行うことができるテレグジスタンス技術	58	21	24	55	3.10	2.98	2.41	2.35	2.52	2023	
	39	発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置	49	8	27	65	2.88	2.69	3.10	2.90	2.73	2025	
	40	めがねを用いなくても見ることができ、視聴者が姿勢を変えるなどの自然な動きをしても立体像が変形しない立体動画表示装置	54	19	19	63	2.94	3.02	2.50	2.47	1.92	2022	

技術的実現予測		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
19.6	26.1	37.5	30	12.5	5	15	2020		19.6	32.6	22.5	35	10	17.5	15	
17.0	14.9	28.6	31	16.7	11.9	11.9	2025		17	25.5	14	25.6	14	32.6	14	
18.4	23.7	25	33.3	19.4	8.3	13.9	2025		21.1	28.9	8.3	22.2	22.2	33.3	13.9	
23.1	20.5	41.7	27.8	16.7	2.8	11.1	2030		28.2	30.8	23.5	26.5	17.6	17.6	14.7	
33.3	14.8	43.5	17.4	17.4	8.7	13	2038		40.7	22.2	31.8	36.4	9.1	4.5	18.2	
6.7	5.3	36.2	36.2	15.9	11.6	0	2023		5.3	14.7	21.7	21.7	14.5	42	0	
8.5	8.5	34	30.2	22.6	11.3	1.9	2025		8.5	16.9	20.4	29.6	24.1	20.4	5.6	
5.2	3.4	25	33.9	16.1	23.2	1.8	2025		8.6	10.3	14.3	33.9	8.9	41.1	1.8	
12.2	32.7	34.1	26.8	24.4	9.8	4.9	2029		14.3	30.6	24.4	17.1	26.8	24.4	7.3	
3.7	5.6	32.6	41.3	15.2	4.3	6.5	2025		3.7	9.3	21.7	32.6	19.6	21.7	4.3	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
インターネットコミュニケーション	41	専門的知識を持たない一般ユーザーが、自動車や家などの高度な人工物を、既存のライブラリから機能要素を選択するなどして、自分で設計・製作できるようにする技術	45	16	27	58	2.80	2.73	2.53	2.53	2.34	2022	
	42	ネットワーク越しにつながれた多くのユーザーの知恵を集めて複雑な問題を解決する技術(例: 病気の治療法の発見、行政問題の解決、技術的問題の解決など。データの収集・取捨選択・推論・検証などを大勢で分担して組織的に行うことで、専門家を超える問題解決能力を示す)	57	19	32	49	3.48	2.64	2.58	2.61	2.87	2020	
	43	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・筋力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)	56	20	25	55	3.60	3.18	2.75	2.67	2.80	2021	
	44	個人の体験を、視覚情報のみならず匂いや温度などの感覚情報に加えて、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを伝達・体験・共有できるようにするメディア	47	19	19	62	2.67	2.97	2.98	2.89	3.20	2027	
	45	表情・身振り・感情・存在感などにおいて本物の人間と簡単には区別のできない対話的なバーチャルエージェント。受付や案内など、数分間のやりとりが自然に行えるようになる。	53	25	30	45	2.88	3.02	2.59	2.53	2.89	2022	
ネットワーク	46	ペタビット級光ファイバー通信技術とテラビット級フレイム多重通信技術(情報量あたりの設置面積・設備重量・設置時間の全てが現在の1/10以下のデータセンター内光通信システムが実現される)	92	14	37	49	3.58	3.15	2.46	2.43	1.84	2020	
	47	規模・速度距離性能・階層に依存せずに伝送コア・スイッチコア・ネットワークを自在に構成できる光・電子融合回路(現在の100倍の体積あたりパフォーマンスを実現したトランスポートネットワーク装置が実現される)	74	11	30	59	3.47	3.14	2.71	2.83	1.78	2022	
	48	QoE (Quality of Experience) が保証され、8K品質の遠隔会議や遠隔教育を移動端末を用いて可能な、無線アクセス技術	105	23	39	38	3.15	2.99	2.31	2.25	1.92	2020	
	49	基地局に百以上のアンテナが備えられ、近傍ユーザー端末の動的な連携によって、ユーザー密集地においても、ユーザーが輻輳を感じない無線通信技術	95	26	39	35	3.34	2.91	2.36	2.28	1.82	2020	
	50	1ミリ秒以下の超低遅延広域無線ネットワーク技術(ロボット制御や自動運転制御に必要な実時間無線通信技術)	89	21	33	46	3.48	2.99	2.69	2.58	1.93	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.7	6.7	32.6	30.2	11.6	23.3	2.3	2025		8.9	20	19	23.8	19	33.3	4.8	
3.5	10.5	36	28	24	10	2	2025		3.5	15.8	16	24	16	42	2.0	
3.6	7.1	34	47.2	13.2	3.8	1.9	2025		3.6	8.9	20.8	32.1	11.3	34	1.9	
12.8	23.4	41.9	30.2	14	11.6	2.3	2030		14.9	29.8	16.7	35.7	19	26.2	2.4	
7.5	7.5	34.7	36.7	16.3	8.2	4.1	2025		11.3	11.3	16.7	29.2	18.8	29.2	6.2	
1.1	14.1	14.4	51.1	18.9	14.4	1.1	2024		3.3	13	10.2	44.3	19.3	25	1.1	
4.1	28.4	24.6	39.1	17.4	13	5.8	2025		6.8	27	10.4	49.3	14.9	17.9	7.5	
1.0	6.7	17.2	43.4	15.2	22.2	2	2023		2.9	11.4	9.1	31.3	25.3	30.3	4.0	
7.4	11.6	14.6	47.2	19.1	14.6	4.5	2022		8.4	13.7	7.9	34.8	13.5	39.3	4.5	
4.5	12.4	27.4	47.6	8.3	14.3	2.4	2025		3.4	16.9	9.6	50.6	15.7	22.9	1.2	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
ネットワーク	51	時々刻々と利用可能状態が変化するネットワークへのアクセスを、媒体の変化を利用者が意識することなく(通信が途切れることなく)提供可能な、有線・無線統合ネットワークの自動構成技術	108	21	48	31	3.37	2.92	2.27	2.29	1.84	2020	
	52	膨大で多様な情報通信機器同士が自己組織原理によって連携し、ネットワーク全体で通信途絶のない運用が可能となる技術	102	32	33	34	3.39	2.88	2.66	2.59	2.00	2021	
	53	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には人命救助をサポートしたり、被災地に迅速に展開され被災者がストレスなく音声・動画・パケット通信サービスを利用したりできる柔軟なネットワーク及びモバイル端末技術	111	34	35	31	3.66	3.03	2.44	2.34	2.19	2020	
	54	情報を名前(URI)によってアクセスすることで、ネットワーク内ルータやスイッチにおいてキャッシュや処理が可能なコンテンツ流通システム	81	28	31	41	2.93	2.65	2.35	2.58	2.18	2020	
	55	システム内部や外部の動作状況に動的に適應するネットワーク仮想化技術によって、所望のサービスが高信頼かつ無停止で提供されるネットワーク	87	24	38	38	3.37	2.87	2.26	2.37	1.86	2020	
	56	ナノフォトニック技術などにより、転送データ量あたりの消費電力が現在の 1/1000 に低減されたネットワークノード	57	18	25	58	3.48	3.16	3.02	2.89	1.69	2025	
	57	転送データ量あたりの消費電力が現在の 1/10 程度に低減されたバックボーンルータ	63	16	32	52	3.24	2.75	2.28	2.23	1.63	2020	
ソフトウェア	58	個人用途のマッシュアップ型ソフトウェアを自動合成する技術(素人が自然言語と例示で与えた不完全な仕様を、対話的に修正する機能を含む)	69	14	25	61	2.94	2.44	2.69	2.54	2.02	2020	
	59	大規模ソフトウェアの仕様の網羅的記述と妥当性確認を一般的な開発者が誤りなく行えるように支援する技術	87	21	29	51	3.39	2.58	2.72	2.40	1.81	2025	
	60	大規模ソフトウェアの自動検証と軽微なバグの自動修正を可能とする技術	85	25	33	42	3.48	2.51	2.64	2.47	1.80	2024	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.9	5.6	16.8	37.6	22.8	19.8	3	2022		2.8	10.2	5.8	35	23.3	34	1.9	
6.9	12.7	30.2	38.5	15.6	14.6	1	2025		7.8	19.6	11.5	38.5	19.8	29.2	1	
2.7	4.5	19	46.7	18.1	15.2	1	2022		4.5	9.9	5.7	32.1	22.6	37.7	1.9	
4.9	12.3	26	37	16.4	19.2	1.4	2022		9.9	19.8	6.8	25.7	28.4	36.5	2.7	
1.1	10.3	17.9	35.9	25.6	16.7	3.8	2020		1.1	13.8	7.7	35.9	23.1	29.5	3.8	
5.3	31.6	31.4	49	7.8	7.8	3.9	2030		5.3	33.3	9.6	53.8	19.2	11.5	5.8	
0	15.9	14	59.6	10.5	12.3	3.5	2023		0	17.5	5.3	54.4	17.5	19.3	3.5	
10.1	15.9	54.7	14.1	21.9	7.8	1.6	2025		15.9	15.9	32.3	22.6	19.4	22.6	3.2	
10.3	26.4	57.8	19.3	12	8.4	2.4	2025		10.3	28.7	42.7	20.7	15.9	19.5	1.2	
7.1	18.8	57.7	21.8	14.1	5.1	1.3	2025		11.8	24.7	46.8	19	19	15.2	0	

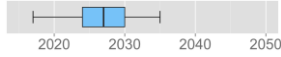
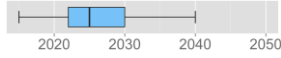

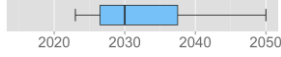
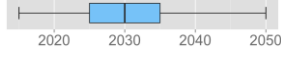
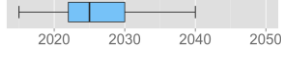
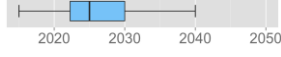


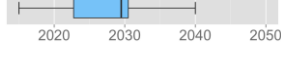
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
ソフトウェア	61	バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術	78	23	38	38	3.40	2.49	2.96	2.76	1.74	2025	
	62	ハードウェア障害や実行環境の変化が避けられない状態で、99.9999%のサービス可用性(停止時間が10年間で5分間程度)をコストを大幅に増やすことなく実現可能とするソフトウェアの開発・運用技術	68	21	35	44	3.47	2.64	2.77	2.59	1.81	2025	
	63	リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術	70	21	30	49	3.71	2.62	3.00	2.77	2.07	2025	
	64	一般に使われているコンパイラ・OS・基本ライブラリの正しさ(スペック通り動作すること)を保証する技術	79	23	34	43	3.47	2.49	2.62	2.35	1.76	2025	
	65	物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム(ロボット、自動運転車、医療システムなど)のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術	70	11	36	53	3.65	2.77	2.88	2.65	2.64	2025	
	66	重要インフラ(金融、通信、交通、エネルギーなど)のソフトウェアを解析し、合法的に動作することを確認する技術	59	10	34	56	3.29	2.48	2.95	2.72	2.64	2025	
	67	大規模ソフトウェアにも適用可能で、確率的挙動(ハードウェア障害や環境の揺らぎへの対応、乱数や確率的アルゴリズムの利用など)を考慮した検証技術	58	16	38	47	3.35	2.65	2.66	2.66	1.87	2024	
CPU	68	HPC技術によるロボットなどに活用できる真の携帯可能な人工知能(例:単なる機能を実現するだけでなく、高度な人工知能により人との関わり合いを実現する、高度な介護・育児などのロボット等の実現。現在の世界トップスパコンの性能を弁当箱程度の大きさでデスクトップPC程度の消費電力で実現する)	124	28	28	44	3.50	3.13	2.80	2.94	2.38	2025	
	69	エクサ〜ゼタバイトスケールのHPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的のものづくりなどへの適用による革新(例:地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化)	154	48	26	26	3.77	3.20	2.49	2.67	2.18	2022	
	70	エクサ〜ゼタバイトスケールのビッグデータ解析のための、HPCとビッグデータのコーデザインによる統合化と、それによるデータ処理の100倍以上の高速化・大規模化(例:高速な疎行列演算、高性能グラフ解析、データ同化、高速分散検索・ソーティング、各種学習アルゴリズムや、エクサ〜ゼタ規模の大規模データの超並列処理を可能にするシステムソフトウェア、不揮発性メモリによるメモリとストレージの階層を統合化したアーキテクチャ、など)	144	47	29	24	3.69	3.17	2.42	2.66	2.06	2021	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)						社会実装				社会実装のための 重点施策(%)					
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他		
35.9	19.2	57.1	18.6	11.4	5.7	7.1	2025		38.5	16.7	52.1	16.9	5.6	18.3	7		
14.7	23.5	38.7	32.3	11.3	14.5	3.2	2026		13.2	26.5	37.7	31.1	6.6	19.7	4.9		
25.7	25.7	48.4	16.1	21	8.1	6.5	2026		22.9	30	38.7	17.7	21	16.1	6.5		
5.1	21.5	54.8	20.5	12.3	9.6	2.7	2029		5.1	25.3	46.6	19.2	11	19.2	4.1		
7.1	30	41.3	25.4	15.9	15.9	1.6	2030		8.6	28.6	33.3	22.2	17.5	23.8	3.2		
18.6	27.1	35.3	25.5	17.6	17.6	3.9	2030		18.6	30.5	38	12	16	28	6		
5.2	19	57.4	16.7	13	3.7	9.3	2030		6.9	22.4	40.4	26.9	9.6	15.4	7.7		
4.8	16.1	37.6	36.8	16.2	6	3.4	2030		5.6	18.5	29.2	25.7	23	18.6	3.5		
1.3	5.8	39.6	38.9	12.1	8.1	1.3	2025		1.9	6.5	29.9	32	20.4	15.6	2		
0.7	4.9	40	37	11.9	8.9	2.2	2025		1.4	9	31.3	30.6	17.2	19.4	1.5		

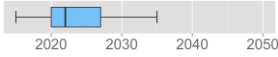
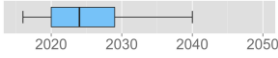
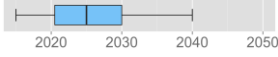
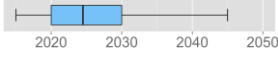
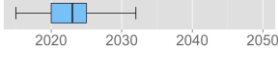



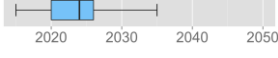
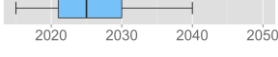
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
CPU	71	1000万~10億規模の並列性を前提とした新しい計算アルゴリズム、プログラミング手法、性能評価法(例:超スケラブルな数値アルゴリズム、通信同期削減アルゴリズム、近似や精度を落とす計算手法、上記のアルゴリズムを容易にプログラミング可能にする言語や、それらの性能モデリングおよび予測・評価手法)	145	48	24	28	3.68	2.94	2.53	2.74	1.71	2022	
	72	100万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータIDCシステムにおける、堅牢な耐故障・自律回復技術(例:自然に耐故障な数値アルゴリズム(Naturally Fault Tolerant Algorithms)の理論およびアルゴリズムの確立、超大規模システムでのロバストな故障予想・検出・回復アルゴリズムおよびシステム、故障を外部から修理しない自律修復システム)	119	30	35	34	3.51	2.88	2.67	2.67	1.81	2022	
	73	100万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータIDCシステムにおいて、性能電力比を現在の100倍高める技術(例:高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路やSilicon Photonics次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法)	104	34	38	29	3.78	3.17	2.75	2.91	1.73	2021	
	74	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上	107	30	33	37	3.70	3.04	2.88	3.03	1.70	2024	
	75	迅速・安価にカスタム設計可能であると同時に、大幅な加速を実現し、time-to-solutionを100倍短縮する次世代HPCアクセラレータ技術(分子化学など特定アプリケーション領域に絞ったアクセラレータと、そのためのプログラミング言語・コンパイラ・システムソフトウェア等を、FPGA等の再構成可能デバイスを用いたり、SoCや三次元実装技術を用いて、従来と比較して大幅に迅速・安価にカスタム化して実現。)	103	37	28	35	3.39	2.87	2.63	2.63	1.75	2020	
	76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモrista等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	83	12	28	60	3.34	2.74	3.63	3.58	1.83	2026	
理論	77	計算困難性の解明における新しい計算モデルの実現:計算困難な問題を理論的に解けるモデル(対話計算、量子計算、確率的証明検証モデルなど)を基盤にした現実的かつ限界的な問題解決プラットフォームの構築(革新的モデル構築に向けた理論探究を含む)	87	28	37	36	3.53	2.88	3.01	2.99	1.71	2027	
	78	個人の自由な行動が集団としての社会をスムーズに動かす制御手法の理論基盤の構築(技術的実現:大規模な社会的競合・協調の最適制御アルゴリズム理論の実用化、社会実装:渋滞緩和や避難行動設計の自動最適化の実現、スマート都市におけるインセンティブ設計とそのリアルタイム運用)	68	19	21	60	3.47	2.90	2.71	2.73	2.72	2022	
	79	ビッグデータの知識をポータブル記録デバイスに入れ、持ち運んで使える機能的圧縮技術の理論基盤(技術的実現:大規模データの知識抽出技法による機能的データ圧縮技法の実現、社会実装:「第二の記憶脳」としての機能的圧縮データ構造の利便化と、記憶媒体の活用・運用)	58	10	28	62	3.17	2.92	2.35	2.44	2.35	2020	
	80	プライバシーを保ったデータ活用手法の開発とその理論的保証(技術的実現:安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するための、プライバシー情報を漏らさずにデータを活用する手法開発と理論的保証、社会実装:理論的安全性を与える標準化と法規制を基盤にした安全性の社会への説得と、それによるデータ活用による社会発展)	70	14	31	54	3.67	2.82	2.71	2.57	3.10	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)						社会実装						社会実装のための 重点施策(%)					
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅				実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	15.2	53.7	27.9	11.8	4.4	2.2	2025					2.8	16.6	41	23.1	20.1	10.4	5.2	
5.0	15.1	45.4	26.9	12.0	12.0	3.7	2025					3.4	19.3	29.6	23.1	25.0	17.6	4.6	
1.9	14.4	34.7	32.6	24.2	6.3	2.1	2025					2.9	17.3	25	33.3	25.0	13.5	3.1	
2.8	18.7	42.6	40.4	9.6	3.2	4.3	2026					2.8	19.6	25.5	37.2	23.4	9.6	4.3	
3.9	8.7	39.6	42.9	9.9	4.4	3.3	2024					5.8	12.6	30.1	38.7	15.1	10.8	5.4	
8.4	41	53.4	27.4	12.3	5.5	1.4	2033					9.6	42.2	35.6	31.5	20.5	9.6	2.7	
5.7	27.6	79.7	8.9	5.1	3.8	2.5	2035					4.6	36.8	47.4	15.4	21.8	12.8	2.6	
2.9	11.8	45.9	21.3	19.7	11.5	1.6	2028					2.9	16.2	20.6	25.4	23.8	28.6	1.6	
3.4	17.2	56.9	23.5	9.8	7.8	2.0	2025					3.4	19	29.4	35.3	11.8	21.6	2.0	
4.3	12.9	59.4	14.1	17.2	7.8	1.6	2025					7.1	14.3	24.6	13.1	24.6	34.4	3.3	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術の実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
理論	81	バーチャルコンサルタントを実現する意思決定支援アルゴリズムの開発に向けた、データの持つ知識の構造化のモデル開拓(社会実装:パーソナライズした意思決定支援システムの実用化)	44	11	25	64	2.86	2.65	2.93	2.58	2.74	2023	
	82	文章・映像・センサデータなどの多様な表現を融合し、意味的な特異性で概念を表現した、高精度なデータ分類・組織化手法の開発(技術的実現:多様性や多くの例外を受け入れる機能型データ分類技術の理論構築と開発、社会実装:高機能データ分類・組織化に基づく、ユーザーのインスピレーションを生み出す柔軟な類似・類推検索機能の実用化)	42	10	33	57	3.24	2.69	2.81	2.66	2.51	2020	
	83	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	50	14	20	66	3.39	2.93	3.38	3.17	3.06	2025	
	84	生命系の維持システムの情報理論的な解明とその活用(技術的実現:生体システムデザインを利用した高機能シミュレーションによる、高度自動医療診断システムの実現、社会実装:生体活動メカニズムを具現化した人工微生物作成や、人工光合成の実現への情報科学的貢献)	34	6	21	74	3.22	2.57	3.24	2.91	3.00	2025	
	85	自ら経験し自習する計算システムのアルゴリズム理論構築	61	13	30	57	3.32	2.93	3.02	2.88	2.33	2025	
	86	実用的な計算機構における超並列・分散計算理論の体系化(技術的実現:スパコンやクラウド分散等の計算機構の発展方向に対応した、最先端アルゴリズムの体系化、社会実装:体系化されたアルゴリズムの手軽に使い、常に最先端に整備されるダイナミックパッケージ化)	68	22	31	47	3.60	2.98	2.45	2.44	1.73	2021	
	87	数理計画法による問題解決パラダイムのスケーラビリティの改善(地球規模の最適化問題をリアルタイムで求解する数理計画法技術)	71	24	34	42	3.51	3.05	2.63	2.54	1.62	2022	
サイバーセキュリティ	88	セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術	118	37	32	31	3.57	2.64	2.83	2.56	2.97	2020	
	89	パソコンなどからインターネット上の多くのサイトに長期間にわたリアクセスする場合にも、使いやすさと低コストを実現し、安全性面から安心して使える個人認証システム	120	40	30	30	3.66	2.84	2.64	2.57	3.04	2020	
	90	100kmを超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術	81	5	16	79	3.01	3.00	3.00	2.92	2.23	2023	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
9.1	22.7	50	19.4	19.4	5.6	5.6	2027		9.1	22.7	22.2	13.9	22.2	36.1	5.6	
4.8	14.3	54.3	25.7	14.3	2.9	2.9	2025		7.1	16.7	38.2	26.5	14.7	17.6	2.9	
14	36.0	45.2	31	14.3	4.8	4.8	2032		20.0	44.0	30.8	30.8	23.1	10.3	5.1	
14.7	20.6	50	19.2	23.1	3.8	3.8	2030		17.6	26.5	29.2	20.8	16.7	29.2	4.2	
4.9	24.6	64.7	15.7	11.8	5.9	2	2030		4.9	27.9	32	28	10	28	2.0	
0.0	8.8	54.7	32.8	3.1	9.4	0	2025		0.0	10.3	34.9	31.7	12.7	19	1.6	
2.8	22.5	65.2	21.2	6.1	6.1	1.5	2025		2.8	23.9	42.9	30.2	6.3	19	1.6	
3.4	11.9	38.4	18.8	33.9	7.1	1.8	2022		5.1	16.1	34.2	17.1	32.4	14.4	1.8	
0.8	8.3	23.7	27.2	30.7	15.8	2.6	2020		4.2	11.7	13.2	25.4	24.6	34.2	2.6	
4.9	24.7	22.2	45.8	9.7	15.3	6.9	2029		17.3	32.1	4.4	32.4	23.5	33.8	5.9	

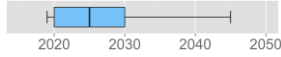
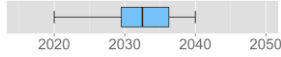
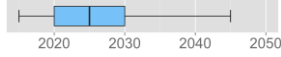
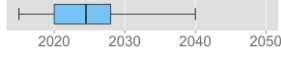
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
サイバーセキュリティ	91	攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	115	24	37	39	3.62	2.67	3.04	2.88	2.89	2020	
	92	自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率が事実上無視できる程度に低減される)	111	16	32	51	3.63	2.86	2.65	2.59	2.77	2020	
	93	新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム	99	15	37	47	3.33	2.45	3.17	3.01	2.76	2021	
	94	システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術(行動科学的技術を含み、内部犯罪の発生率を無視できるぐらい小さくすることが可能)	108	21	40	39	3.58	2.66	3.07	2.82	3.31	2020	
ビッグデータ・CPS・IoT	95	目的に応じてネットからハード・ソフトの設計をダウンロードし、3D プリンタ等で製造することにより、誰でも企画から1時間以内に製作・展開可能な低価格センサーノード	84	11	31	58	3.11	2.57	2.24	2.33	2.50	2020	
	96	全てのセンサー類がID管理され、自分の行動が誰にどのようにセンサされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術	87	9	39	52	3.37	2.60	2.73	2.57	3.45	2020	
	97	GPS に代わり、1cm の空間分解能と100ms の時間分解能を持つ位置検出技術(ユーザーの位置だけでなく姿勢やジェスチャーを検出でき、モバイルデバイスの新たな応用が広がる)	72	14	32	54	3.19	2.83	2.78	2.86	3.03	2025	
	98	1 ゼタバイト(2^70 バイト)のデータを格納し、実用時間内で検索や更新ができるプラットフォーム	74	15	27	58	3.46	2.68	2.68	2.61	2.12	2023	
	99	データの価値が視覚化され、市場原理に基いて広く取引されるデータマーケットプレイス	70	11	36	53	3.12	2.40	2.74	2.65	3.21	2020	
	100	医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。	102	21	25	55	3.53	2.79	2.51	2.57	3.53	2021	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.1	14.8	38.3	23.4	29.9	5.6	2.8	2022		7.0	15.7	22.2	24.1	28.7	22.2	2.8	
0.9	9.9	17.6	36.1	31.5	11.1	3.7	2024		2.7	11.7	13.0	30.6	35.2	18.5	2.8	
18.2	27.3	42.5	26.4	20.7	6.9	3.4	2025		19.2	30.3	17.9	28.6	29.8	17.9	6.0	
13.0	24.1	39.8	19.4	20.4	19.4	1	2024		14.8	29.6	22.9	20.8	25	29.2	2.1	
6.0	9.5	10.7	42.7	14.7	26.7	5.3	2023		8.3	11.9	2.7	38.7	13.3	40	5.3	
4.6	8.0	16.9	27.3	24.7	29.9	1.3	2025		10.3	21.8	9.1	16.9	15.6	55.8	2.6	
5.6	15.3	13.1	54.1	11.5	19.7	1.6	2025		11.1	22.2	6.5	32.3	16.1	43.5	1.6	
4.1	10.8	23.2	50.7	14.5	8.7	2.9	2025		4.1	18.9	11.8	51.5	13.2	20.6	2.9	
10.0	14.3	26.2	27.9	19.7	21.3	4.9	2024		12.9	18.6	9.8	14.8	18	50.8	6.6	
1.0	3.9	19.8	33	16.5	28.6	2.2	2025		2.0	12.7	4.3	18.3	18.3	53.8	5.4	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
ビッグデータ・CS・IoT	101	個人の興味・能力・時間などに合わせ、かつ学習者の生体反応を見ながら最適な教育を行うシステム。(社会実装:我が国の教育制度の一部として取り込まれる)	64	11	22	67	3.06	2.63	2.63	2.59	3.08	2023	
	102	道路での交通信号を事実上撤廃できるような、人間・車両間の通信による協調移動システム	82	11	32	57	3.21	2.97	2.98	2.83	3.06	2025	
	103	宇宙科学や生命科学など、科学研究で生成・分析されるデータが連携・共有され、すべての実験・観察結果がオンライン追跡可能になるサイエンス・ビッグデータ基盤。	87	18	29	53	3.30	2.45	2.46	2.45	2.68	2022	
ICTと社会	104	自閉症・認知症・引きこもりなどの精神疾患を持った人々とのコミュニケーション技術(非言語情報の把握・理解・概念体系の把握などを含む)	57	9	19	72	3.42	2.70	2.97	2.81	3.39	2025	
	105	個人や集団が置かれている状況の把握をリアルタイムに行い、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む。法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定ができる)	76	12	26	62	3.23	2.65	3.05	2.81	3.29	2025	
	106	プライバシーと経済行為・保険等に対する新しい理解を基に、新しい経済商品(保険商品も含む)が生まれ、それに関連した産業がGDPの20%に到達	39	5	31	64	2.74	2.39	2.92	2.64	3.13	2024	
	107	介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム(医療・介護の社会的費用の年々の増加が停止)	77	14	30	56	3.74	2.99	2.63	2.60	3.40	2021	
	108	機械(ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)。その結果、機械の経済への貢献が40%になる。	61	2	31	67	3.35	3.12	2.92	2.84	3.49	2025	
	109	社会コスト(物流・食料・移動・エネルギーなど)がリアルタイムに把握され、その見える化・予測・最適化がなされる社会インフラ	90	7	21	72	3.41	2.96	2.41	2.48	2.67	2021	
	110	空間(世界中どこでも)や言語空間(多言語でも)を超えて自由にコミュニケーションしたり学習できる技術	84	5	26	69	3.29	2.75	2.55	2.54	2.35	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
15.6	10.9	27.3	29.1	14.5	27.3	1.8	2025		18.8	20.3	16.4	9.1	21.8	49.1	3.6	
11.0	15.9	16.4	30.1	16.4	32.9	4.1	2030		17.1	28.0	2.6	18.4	7.9	63.2	7.9	
5.7	16.1	16.2	35.1	20.3	27	1.4	2025		14.9	21.8	5.4	16.2	25.7	47.3	5.4	
3.5	21.1	25.5	25.5	29.1	18.2	1.8	2030		1.8	29.8	27.8	18.5	27.8	22.2	3.7	
6.6	15.8	31.9	29	13	18.8	7.2	2030		9.2	23.7	17.4	17.4	14.5	42	8.7	
15.4	23.1	25.8	16.1	22.6	29	6.5	2025		23.1	23.1	18.2	6.1	21.2	42.4	12.1	
0.0	10.4	19.4	31.9	22.2	23.6	2.8	2025		0.0	10.4	10.8	23.0	17.6	45.9	2.7	
11.5	19.7	34	28.3	17	9.4	11.3	2030		21.3	18	17	13.2	18.9	39.6	11.3	
4.4	5.6	21.2	32.5	13.8	25	7.5	2025		6.7	10.0	13.4	22.0	22.0	36.6	6.1	
4.8	10.7	28.6	32.5	16.9	18.2	3.9	2026		4.8	13.1	13	26.0	18.2	36.4	6.5	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
ICTと社会	111	知識・情報・コンテンツの流通が行われるようになり、その価値に対する適切な値付けが行われるとともに、得られる経済価値や社会的名誉の再配分が行われる社会システム	75	11	29	60	3.21	2.53	2.70	2.63	3.00	2025	
	112	土着の文化・言語の思想・体系・表現を把握・理解する技術	36	0	28	72	2.81	2.42	2.69	2.53	2.77	2030	
	113	研究論文を解説し、論文データベースと照合した上で、その正当性(オリジナリティや、真正性を含む)を評価する技術	82	4	23	73	3.01	2.51	2.54	2.42	2.84	2020	
	114	研究成果の真正を証明するため、研究により生じた全計測データ、全画像データを記録・保存し、原データを認証・保証するシステム	70	4	30	66	2.96	2.44	2.27	2.21	2.85	2020	

技術的実現予測		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
12.0	28.0	25	25	11.8	29.4	8.8	2025		16.0	26.7	19.7	9.1	15.2	47	9.1	
5.6	27.8	54.5	15.2	9.1	12.1	9.1	2032		8.3	30.6	25	21.9	18.8	25	9.4	
11.0	12.2	25	23.6	18.1	23.6	9.7	2025		14.6	13.4	18.3	19.7	15.5	36.6	9.9	
2.9	10.0	12.9	29	17.7	32.3	8.1	2024		8.6	11.4	11.5	23	18	41	6.6	

2. 健康・医療・生命科学分野の調査結果

内容

2. 1. 将来の展望	149
2. 1. 1. 総論	149
2. 1. 2. 医薬	150
1. 1. 3. 医療機器・技術	151
1. 1. 4. 再生医療	153
1. 1. 5. コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療	154
1. 1. 6. 難病・希少疾患	155
1. 1. 7. 精神・神経疾患	156
1. 1. 8. 新興・再興感染症	157
1. 1. 9. 健康・医療情報、疫学・ゲノム情報	158
1. 1. 10. 生命科学基盤技術	159
1. 1. 11. その他	161
2. 2. アンケートの回収状況	163
2. 3 細目の設定	164
2. 4. トピックに関する設問について	165
2. 4. 1. トピックの特性	165
2. 4. 2. 技術的实现予測時期	176
2. 4. 3. 技術的实现に向けた重点施策	177
2. 4. 4. 社会実装予測時期	182
2. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策	184
2. 4. 6. 技術的实现から社会実装までの期間	189
2. 5. 未来科学技術年表	191
2. 5. 1. 技術的实现予測時期	191
2. 5. 2. 社会実装予測時期	197
2. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術	203
2. 7. 集計結果一覧	220

<概要>

本分野の細目の設定に当たっては、平成 26 年 7 月 22 日に閣議決定された『健康・医療戦略』で重点化されている研究開発領域を基本とした。健康・医療戦略で重点化されている「がん」については、他の主要疾病等と合わせて拡張し、「コモンディゼーズ、外傷、生殖補助医療」とした。加えて、研究開発を支える上で重要な「生命科学基盤技術」、及び ELSI(倫理的・法的・社会的問題)等を含む「その他」の細目を設けた。

細目間の関係は、疾患の軸としての「コモンディゼーズ、外傷、生殖補助医療」「難病・希少疾患」「精神・神経疾患」「新興・再興感染症」の 4 細目に対し、解決手段の軸としての「医薬」「医療機器・技術」「再生医療」「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」「生命科学基盤技術」「その他」の 6 細目が交わる。

回答結果の全体的な傾向として、細目内のトピック平均を細目間で比較すると、重要度と国際競争力の双方について、「再生医療」がともに最も高かった。文部科学省、厚生労働省、経済産業省が進めてきたプログラムでの取組が、高い国際競争力につながっていると専門家が考えていることが推測できる。一方、「再生医療」に次いで重要度が高かった「新興・再興感染症」については、「その他」を除くと国際競争力が最も低いと考えられていた。近年、感染症対策は国際的な公衆衛生上の課題として重要視されていることから、我が国でも感染症疾患の制御に向けた研究開発の一層の推進が必要だと考えられる。

トピックの技術的実現のため最も重点を置くべき施策として、「コモンディゼーズ、外傷、生殖補助医療」を筆頭に、資源配分が最も高い割合で選ばれた。しかし、トピックによるばらつきが大きく、トピックごとに他の施策(人材戦略、内外の連携、環境整備)の重要性を見極めていくことが求められていると言える。

2. 1. 将来の展望

2. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲

広義の生命科学には農林水産分野も含まれるが、科学技術の性格・問題解決手法に違いがあるため、本分野では人における健康・医療に特化して将来動向を調査することとした。しかし、100 を優に超える医学関連学会が存在することから容易に想像できるように、医療関連科学技術は極めて多岐・多様であり、すべてを網羅することは不可能である。そこで疾患とそれらを克服するための手段という構成とし、個別の疾患としてはアンメットニーズの高い「精神・神経疾患」「難病・希少疾患」および「新興・再興感染症」を取り上げ、がんをはじめとするそのほかの疾患は「コモンディゼーズ」としてまとめた。

一方、疾患に対処する手段としては、「生命科学基盤技術」「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」「再生医療」「医療機器・技術」「医薬」および「その他」の細目を設けて調査すべきトピックを設定した。

結果として 171 トピックの設定となったが、これでも多様な医療領域を網羅することは不可能であり、多くの疾患を調査対象から外さざるを得なかった。従って、本予測調査の結果はモデルケースとしてとらえていただきたい。

(2) 結果の総括

総数 877 名から回答をいただき、回答者所属の内訳は大学・公的研究機関が 70%、製薬会社が 11%、医療機関が 8%、その他が 11%であった。「医薬」「医療機器・技術」および「生命科学基盤技術」のトピックに対しては 30%を超える方から回答があった。回答者にとって親密度の高いトピックが多かったためと思われる。しかし、エボラ出血熱やデング熱の感染拡大が懸念されていた期間の調査にも関わらず、「新興・再興感染症」のトピックの回答者ももっとも低く 11%であったのは意外であった。

相対的な重要度および国際競争力比較では「再生医療」が最も高く評価された。iPS 細胞が日本発の技術であり、実用化の面でも再生網膜色素上皮細胞の移植が日本で最初に実施されたことなどの点が大きく影響していると考えられる。先進医療機器では欧米の後塵を拝していると思われているが、「医療機器・技術」の国際競争力は高いという評価であった。先進医療機器を日本の要素技術が支えていることおよび内視鏡等の一部の医療機器が世界の先頭を走っていることが本調査結果につながっているものと考えられる。日本企業が得意とするきめの細かい工夫を加えることによって、先進医療機器の日本製改良版が世界に普及していくことが期待される。重要度が高いとみなされた「精神・神経疾患」研究の国際競争力は必ずしも高くないという評価であった。これらの疾患は患者数が多く、深刻度も高いので、基礎研究および治療・創薬研究の両面からテコ入れが必要である。「新興・再興感染症」も重要度が高いと判定されたにも関わらず国際競争力が低いとみなされている。日本は衛生環境が整っており周囲を海に囲まれているため新興感染症の脅威にさらされる可能性が低い。国際交流がますます活発化することを考えると、リスク対策としての感染症研究・教育の充実が必要であろう。「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」は重要度スコア 3.1 であり決して低い評価ではないが健康・医療・生命科学分野内での重要度評価は相対的に低く、国際競争力も高くないとの評価であった。格段に複雑化してきている健康・医療・生命科学研究においては情報処理の高度化なくして発展は考えられない。意識改革、人材育成も含めて推進戦略の再考が必要であろう。

不確実性と非連続性がともに高いとみなされる細目として、「精神・神経疾患」「医薬」および「再生医療」が挙げられた。このような性格の分野では柔軟性のある研究環境下での突出した着想によって突破口が開かれる事が多い。従って安易なトップダウン方式の選択と集中は避けるべきであり、起業が欧米ほど活発でない風土の日本では、官民ともにある程度広く薄い研究資源を増加させる別の仕組み作りが必要であろう。

「再生医療」の全トピックが 2025 年までに技術的に実現し、13 トピックが 2025 年までに実装されるとした回答

者が半数を超えた。しかしながら、規制、倫理的側面、安全性、医療費等超えなければならないトピックが多いことを考えるとやや楽観的に過ぎる可能性もある。また、ある細目ではトピック設定が全容解明といった包括的な設問が多く設定され、別の細目では極めて具体的な技術的設問などが多く設定されるなど、細目間でトピックの設定のされ方が異なっている点は、調査結果を判断する上で注意を要すると考えられる。

(3) 今後の展望

生命科学研究は分子生物学的研究手法の確立およびヒトゲノム解読によって大いに発展したが、まだまだブラックボックスの多い健康・医療・生命科学分野では、次なる革新的研究手法の開発および膨大化する情報の活用による新たな展開が世界的に求められている。このような状況下で日本においては以下のような施策が望まれる。

- ・ 幹細胞基盤研究の再生医療への応用展開
- ・ 精神・神経疾患に対する基礎、創薬、治療の面からの研究推進方策の見直し
- ・ リスク対策としての感染症研究・教育の充実
- ・ 生命科学研究へ情報科学を取り入れるための人材育成
- ・ 強い要素技術力ときめ細かな気配りに基づく使いやすい先進医療機器の開発
- ・ 欧米でのベンチャー起業に代わる、裾野が広がった研究投資の仕組み創り
- ・ トップダウンによる短期決戦型重点研究推進と独創的なシーズを育てる補助金型基金の充実などバランスのとれた研究投資の仕組み造り

(小此木 研二、高坂 新一)

2. 1. 2. 医薬

(1) 本細目の検討範囲

医薬は人々の健康を維持するための手段として古来大いに注目され、多くの物質が医薬として使用されてきた。第二次大戦後には、ペニシリンが発見され、受容体拮抗薬や核酸誘導体が発明され、人類の健康への貢献からいずれもノーベル賞の対象となってきた。しかし、真にサイエンスに裏付けされた医薬が開発されるようになったのは、構造生物学に基づいた薬理学が確立された 20 世紀末になってからであり、酵素阻害、受容体拮抗等の作用機序が明確な低分子医薬がこの 30 年間で多数開発された。その後、画期的大型新薬の中心はバイオ医薬に移り、現在ではトップ 10 医薬の世界売上額の 7 割以上を抗体医薬を中心とするバイオ医薬品が占めている。

しかし、これら従来型医薬に関しては開発の余地が狭くなってきており、既存の医薬品企業における新薬創製のスピードと頻度が明らかにダウンしている。この閉塞感を打破するために、創薬標的探索、創薬手法の両面から新たなアプローチが試みられており、特に欧米ではそれらを自由度の高いアカデミア発ベンチャー企業が担っている。

以上のような医薬を取り巻くグローバルな環境変化を勘案して、本細目では、新たな創薬標的・素材・手法に関するトピックを中心にアンケートを行った。

(2) 本細目のトピック

アンケートの結果、医薬細目における重要度スコア 1 位と 3 位が iPS 細胞の創薬への応用であった。研究的要素の多い iPS 細胞を用いた再生医療や疾患 iPS 細胞の創薬研究への展開はアカデミア主導で進めざるを得ないが、よりハードルが低い iPS 細胞の創薬スクリーニングや安全性評価への利用は民間主導で進むことが期

待される。

「低分子化合物・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬」が重要度スコア 2 位となったことは、現在の創薬手法が限界に近づいてきていると感じる人が多いことの表れであるが、核酸医薬に関してはその課題が明確化され開発が緒に就いたところであり、今後 5 年ないし 10 年の間に真価が問われることになる。Protein-protein interaction (PPI) 阻害薬、新規メカニズムの抗ウイルス薬、病態のシステムの把握に基づく薬物療法への高い期待は、新たな観点に立つての創薬の重要性を示すものであり、物性等に問題のある医薬候補化合物の体内動態改善や細胞内標的に作用する抗体医薬の高い重要度スコアは、DDS 技術のブレイクスルーが求められていることを示す。また、細胞内標的に作用する抗体医薬、病態のシステムの把握に基づく薬物療法、新規機能分子の医薬に関する設問に回答した人の数がそれぞれ 200 人を超えており、これらの技術に対する関心の高さが窺われる。

医薬の研究開発は不確実性、非連続性が非常に高いことが指摘されてきたが、今回のアンケート結果にもそれが表れている。医薬はまさにハイリスク・ハイリターン知識集約型産業であり、人類の健康に貢献するばかりでなくその売上規模を考えると国富にも貢献する産業であり、新薬創製が可能な国は日本を含めて十指に満たない。しかし、アンケート回答者は日本の医薬研究開発力は必ずしも国際的に突出して高いとはみなしておらず、今後とも継続した創薬施策の打ち出しが必要である。

(3) 今後の展望

従来の医薬は疾患のキーとなるひとつの標的をひとつの分子で制御することを前提に開発されてきた。そのような医薬がすでに多く世に送り出され、人々の健康に寄与しているが、現有医薬で対処できない疾患もまだ多い。このことはゲノム解読以降に進められてきた網羅的創薬手法が限界にきていること、つまり製薬産業が大きな過渡期に来ていることを示している。新たな展開の糸口はアカデミアでの疾患研究や創薬手法研究に負うところが大きく、基本に立ち返った医・薬学研究の重要性が増している。実用化への道が開けつつある核酸医薬に関しても、これを大きく花開かせるためにはアカデミアでの基礎技術研究が必要である。

不確実性、非連続性がますます高まってきている(結果の予測が困難でゴールが見えにくい)創薬研究は、知の結集による応用研究開発を得意とする大企業より研究発想の自由度の高いベンチャー企業に向いている。実際、欧米、特に米国では最近の画期的新薬の多くがアカデミア発ベンチャー企業によって生み出されてきた。しかし、他者との違いを尊重する風土、失敗に対する許容性、ベンチャーキャピタルの充実度が欧米と異なる日本では、欧米と同じ手法をとることは難しい。不確実性が高いということは、失敗の可能性が高い、つまり選択と集中には多大なリスクを伴うことを意味している。ベンチャー起業はある意味で広く薄い研究投資であり、日本でもこの広く薄い研究投資の仕組みを欧米型ベンチャーシステムに対抗して作る必要がある。

医薬に占める比率が増加しているバイオ医薬は相対的に高額であり、今後期待される核酸医薬も低分子医薬より高額にならざるを得ない。医療費を抑制して医療財政の破綻を未然に防ぐために新薬の製造原価低減のための技術開発も喫緊の課題である。

(小此木 研二、後藤 俊男)

1. 1. 3. 医療機器・技術

(1) 本細目の検討範囲

医療機器・技術はいわば“医療者の目と手”である。常に医療の傍にあり、患者と医療者のパートナーとして近代医療・医学の発展を支えてきた。最近では、内視鏡外科手術のように患者の心身に与える負担をよりいっそう軽減しようとする“低侵襲医療”、患者個人によりいっそう適した医療を提供しようとする“個別化医療”、さらにはパワーダスーツやブレイン・マシン・インターフェース(BMI)のように機器と人との融合により生活動作支援

の効果を一時的に高めようとする“サイバネティクス”における発展が目覚ましく、国内外で活発な研究開発が進められている。

医療機器・技術に対する需要は、世界的な人口高齢化の進展やアジア・新興国の隆盛を背景に拡大基調にある。わが国において医療機器・技術は成長産業として位置づけられ、特にわが国の優れたものづくり技術を活かした“革新的な医療機器・技術”の実現と、その成果による国内外の臨床現場への貢献が期待されている。

医療機器・技術は健康・医療・生命科学分野の中でも特に多岐多様であることから、科学技術トピックの設定にあたっては、トピックの網羅性を意識しつつ、臨床的意義および社会的意義に基づき、将来の医療機器・技術の発展を代表するトピックが選定された。調査トピックは合計 18 件が設定され、その内訳は「検査・診断」に関して 4 件、「治療」に関して 9 件、「介護・福祉」に関して 5 件である。

(2) 本細目のトピック

アンケートの結果、医療機器・技術の“重要度”は 10 細目中 4 位であり、“国際競争力”は同 2 位であった。重要度については、人口高齢化やアジア・新興国の隆盛に伴う世界的な需要拡大を反映している。トピック別にみると、介護補助システム、超低侵襲・内視鏡治療技術、新しい癌治療技術の重要度が高く評価された。

国際競争力については、医療機器の完成品こそ輸入超過ではあるものの、革新的な医療機器を具現化する技術力(ものづくり技術の優位性)に対する認識が現われたと考えられる。海外製の医療機器に日本製の部品・部材が多用されていることはよく知られている。トピック別にみると、内視鏡手術デバイス、歩行支援型ロボット、注射針や鋼製小物に関する国際競争力が高く評価された。

また、“非連続性”は 10 細目中 4 位であり、“不確実性”は同 8 位であった。非連続性が高く、不確実性が低い。細目全体としてみると、独創的なアイデアに基づくイノベーティブな開発が期待されており、しかも、そうした開発につながる技術的ブレイクスルーが起りやすいと評価されている。

“技術的実現の時期”をみると、2016～2020 年に 8 件、2021～2025 年に 10 件が分布し、10 細目の中で比較的早期の技術的実現が予測された。2020 年代前半までの実現が期待されるトピックとしては、介護補助システムと超低侵襲・内視鏡治療技術が重要度上位にあげられた。2020 年代後半以降の実現が期待されるトピックとしては、ウェアラブル透析装置が重要度上位にあげられた。

“技術的実現のための重点施策”をみると、「資源配分」が 39%、「内外連携・協力」が 28%、「人材戦略」と「環境整備」がともに 15%であった。医療機器・技術は、開発リスクが高く、技術的実現のために「資源配分」が重要であることは言うまでもない。「内外連携・協力」は 10 細目中でも最も高かった。このことは、この細目の重要な特徴を現している。医療機関や大学・研究機関、企業、行政機関等の国内外の多様な関係者の関与が必要である。

“社会実装の時期”をみると、2016～2020 年に 1 件、2021～2025 年に 14 件、2026～2030 年に 3 件が分布し、2025 年までに 18 トピック中 15 件が社会実装されると予測された。“社会実装のための重点施策”をみると、「資源配分」が 30%、「内外連携・協力」が 27%、「環境整備」が 26%、「人材戦略」が 14%であった。技術的実現に比べて「環境整備」の割合が高くなった。医療機器・技術の普及にあたっては、科学的根拠や臨床現場でのガイドラインを含めた環境整備が重要である。

(3) 今後の展望

我が国の医療機器・技術については、日本の優れた技術力が十分に発揮されていないことが指摘されてきた。従来の開発を紐解くと、工学的技術(技術シーズ)側からの発想にやや偏った開発も少なくなかった。今後は、臨床現場や社会の要請(臨床現場ニーズ)に立脚することの重要性がより強く意識されるようになり、しかも世界トップレベルの技術を融合させた研究開発が加速し、安全で有効性の高い医療機器・技術が実現されるだろう。

このためには、医療現場とものづくり現場とによる“異分野の融合”が必須であるが、2014 年頃から医療機関内における医療機器開発人材育成が開始されるなど、医療現場とものづくり現場との融合が本格化する兆しが

現われている。医療現場ニーズとものづくりの技術を融合させる研究開発コンソーシアムが日本中で形成されるだろう。わが国においては、自動車産業や半導体産業、精密機器など地方特異的に高レベルな技術力が集積していることから、地域の特性に合わせた取り組みが展開される。異分野融合を推し進めるためには、人材育成が肝要であり、大学や大学院における医療機器開発のためのカリキュラムや社会人対象の人材育成システムの構築が必要である。

医療機器・技術にもものづくり技術を活かそうとする取り組みは“医工連携”と呼ばれ、全国各地で活性化している。医工連携では“出口戦略”が重要である。研究開発の成果を確実に臨床現場に届けることを目指して、最近では医療機器・技術の市場と法規制に長けた主体（医療機器メーカー等）と優れたものづくり技術を有する主体（ものづくり企業や大学・高専等）とが連携し、臨床現場のニーズに応えるスタイルが増加している。特に、臨床ニーズに細やかに応える観点から、比較的小規模な売上を見込む医療機器・技術であっても実現できる主体として、東京都文京区本郷を中心に多数存在する中小規模の医療機器メーカーが注目されている。また、医療機器・技術は小さな改良開発を繰り返すうちに新たな応用が見出されるなどイノベーティブな製品へと進化を遂げることがある。このようなイノベーションの創出にも期待して、中小規模の医療機器メーカーとの連携による小さな改良開発を多発させる取り組みが全国に広がっている。大量の改良開発から偶発的に生まれるイノベーションの萌芽をとらえ育てていく手法は、わが国の医療機器・技術における新たなイノベーション創出システムとなる可能性がある。こうした取り組みに着目し、アカデミアの参画と研究投資を促進することが重要であろう。

（谷下 一夫、柏野 聡彦）

1. 1. 4. 再生医療

(1) 本細目の検討範囲

再生医療は、患者またはドナーから採取した体性幹細胞や、細胞を加工して得た多能性幹細胞から細胞機能を高めた分化細胞や組織を作製し、これを患者へ移植することにより臓器欠損や機能低下に対する再建を図る新しい医療である。その開発に世界中の研究者が凌ぎをけずっている。再生医療の実現には、iPS 細胞を始めとした幹細胞研究や、立体造形による機能的な生体組織製造技術の開発がさらに必要である。現在、培養表皮、培養軟骨などが産業化され、その他心筋シート、角膜シートなどが臨床導入されているが、現状の再生医療で適応できる疾患はごく限られており、広く普及させるためには、基盤研究を含めた更なる研究開発が必要である。現在、再生医療普及のための法整備も進み、近い将来医療立国である日本の医療の一翼を担うことが期待されている。

(2) 本細目のトピック

再生医療は、重要度、実現性、国際競争力が高く評価されている。アンケート調査では、中枢神経系疾患の治療、聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術を始めとして、再生医療を用いないと解決できないと思われる疾患群があり、超高齢社会を迎えるわが国においては、再生医療は社会的な関心がきわめて高い医療技術となっていることが示唆される。また、2012年に山中伸弥教授がノーベル賞を受賞したiPS細胞は国民の関心も高く、再生医療の実現化へ向けた様々な努力がなされている。このような社会的な背景もあり、幹細胞研究における国際競争力は特に高く評価されている。今後、移植後に腫瘍化する懸念がある細胞を検出する技術や大量培養技術なども、iPS細胞を現場の再生医療に導入するためには極めて重要なトピックであることから、アンケート調査に於いても重要度の高い医療技術として着目されている。iPS細胞は日本発の歴史的な発明として科学史に刻み込まれているが、iPS細胞の作製機序である、「分化細胞の初期化メカニズムの全容解明」は、更なる医療技術を生み出し、医療分野における日本の国際競争力を飛躍的に向上させる可能性がある。そのため、初期化メカニズムの解明といった基盤研究にも注力していく必要がある。アンケート調査においては、再生医

療および、iPS 細胞や ES 細胞を始めとする幹細胞を中心とした再生医学両者の車の両輪的な推進の必要性と期待が明確に示されている結果となった。産業化を図るためには、同種移植を実現化することが重要トピックとされている。さらに、再生医療の近い将来の展望として、「生体内に元来内在する幹細胞の賦活化技術」「再生医療製品の長期保存(2週間)・輸送技術」「特定の種類の細胞へとある程度分化した細胞、または分化する方向にコミットされた(運命が決定された)細胞を治療部位に注入し、その部位で組織を再生させることによる機能回復を図る細胞療法的な技術」なども実現が見込まれるものとして期待が高まっていることが明らかとなった。

(3) 今後の展望

2014 年秋には、再生医療新法が施行となり、より安全な再生医療製品が迅速に患者に届くよう法整備が着実に進みつつある。今後は、iPS 細胞などの幹細胞研究をさらに発展させて安全で確実な再生医療を実現すると同時に、組織工学的な技術を発展させ、再生医療製品の3次元化や高機能化を進め、すそ野の広い再生医療研究を進めてゆく必要がある。さらに、細胞療法も今後の医療として期待が高まり、同時に同種移植の重要性も認識されている。

(高戸 毅、高坂 新一)

1. 1. 5. コモンディーズ、外傷、生殖補助医療

(1) 本細目の検討範囲

当細目では、コモンディーズとして、日本人の主要な死因となっている、がんや生活習慣病など日常生活の中で比較的遭遇しやすい疾患群に焦点を当てた。これらの疾患は、未曾有の超高齢社会を迎える我が国の継続的な社会発展に必須の国民の健康寿命に最大の影響を与えるため、その克服・画期的治療法の開発にトピックを選定した。また、外傷においては、重大な障害を残す脊髄損傷や四肢欠損について最新の治療をトピックとして検討した。生殖補助医療に関しては少子高齢社会の主要なトピックとして位置づけし、生殖を直接補助するようなトピックを選定した。これらは、いずれも社会的な要請が高い領域である。合計 36 トピックが採択された。

(2) 本細目のトピック

本細目は、国民の健康、生活に深く関連する分野である。解析にあたり、多岐な分野に及ぶコモンディーズは、国際競争力、重要度が全体の平均的な位置にあると解析されたが、細目をさらに詳細に「がん」と「それ以外」に分けて解析すると、「がん」は、重要度、国際競争力の評価が非常に高く、また、不確実性、非連続性、倫理性は低く、実現性が非常に高いわが国で最も期待される領域であることが確認された。エピジェネティックな遺伝子の発現制御のモニタリングによる、がんや難病の発症リスクの診断法や、前がん状態からの発がんを抑制する予防薬は、実現可能性が高いトピックとして注目される。これに対して、生活習慣病その他の疾患については、重要度、国際競争力についてはやや評価が低かったが、不確実性、非連続性も低く、将来の疾患克服の実現性に対する期待は大きいものと考えられた。アンケート調査では、コモンディーズ全体として今後の技術開発実現のために資源配分が最も必要と評価されており、がん以外でも罹患者数が多く QOL の低下に直結するアレルギー性疾患やサルコペニアなどが資源配分の重要性の高いトピックに挙げられていた。

一方、生殖補助医療に関連するトピックは、トピックの不確実性、非連続性、倫理性での検討が求められた。胎児の生育を可能にする人工子宮などは不確実性が高いと評価されているものの、実現すれば大きなインパクトがあり、検討の価値はあろう。ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療などは、国際競争力に対する評価が高く、今後の発展が期待される分野となっている。

(3) 今後の展望

本細目は「医療機器・技術」「再生医療」「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」と深く関係しており、他の細目に分類されたトピックの多くが、本細目に分類され得る、あるいは、研究開発を進める上で緊密な連携が求められるトピックが多数認められた。例えば、重要度が高く国際競争力が高いとされたトピックの中でも、医療機器・技術に分類された「直径2mm以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる傷が残らない超低侵襲手術」はコモンディゼース(がん)との関連が深い。また、がん組織の検出技術、3次元リアルタイム可視化する術中診断のための装置、手術支援デバイスなども同様である。また、最新の免疫学の導入によるがん免疫療法の改良、新しい線源や照射技術を活用した放射線療法、加齢・老化とも結びつきの深い生活習慣病の克服のための「再生医療」技術、なども期待がもたれる。同じ疾患でも個々の患者における病態が多様であり罹患者が多いコモンディゼースの克服という本研究細目の推進のためには、ゲノムやオミックスデータ、ビッグデータの解析、医療情報システム、個人情報や疫学データベースなど「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」の重要トピックとの連携が不可欠である。このような研究の推進や得られた研究成果の社会への還元のためにも、「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」を推進する社会基盤の整備も求められる。これらの分野の高い科学技術をより一層統合することで、国際的な競争力を保ち、産業創生と国民の健康に貢献することが可能であると期待される。

(高戸 毅、植木 浩二郎)

1. 1. 6. 難病・希少疾患

(1) 本細目の検討範囲

難病とは、原因不明で治療方法も未確立でありかつ生活面での長期にわたる支障がある疾患とされ、我が国においては1972年より病態解明に向けた研究が進められてきた。とりわけ、これら難病の多くは、患者数が少ないことから、全国規模での症例の登録が必要であり、2001年より国の指定する難病(特定疾患)について国のデータベースへの登録が進められてきた。一方で、2011年度より次世代遺伝子解析装置を用いた難病の原因究明、治療法開発プロジェクトが開始されたことで、遺伝子データと臨床データを組み合わせることの重要性が指摘されて来た。更に2012年度より疾患特異的iPS細胞を活用した難病研究が開始されたことで、ここ数年、加速度的に難病の病態解明と創薬が進みつつある。世界に先駆けて難病対策を法制度化したわが国において、研究開発の現状を把握し、いかなる方向で研究を進めていくかについて知ることは、わが国の独自性を維持する上で極めて大きな意義を持つ。

(2) 本細目のトピック

本細目においては、難病・希少疾患の診断・病態解明、予防・治療法(遺伝子治療、幹細胞移植、免疫系再構築、細胞内蓄積阻害)に関して13のトピックを設定し、アンケート調査を実施した。回答者数から明らかとなり、難病・希少疾患は、相対的に関心が低い領域であることが分かる。細目間での比較においても重要度、国際競争力で全体平均を下回った。特に国際競争力が低いと指摘されたトピックは、いずれも細胞内異常蛋白質の蓄積を阻害する技術の開発に関するものであった。しかしながら、2014年に京都大学大学院理学研究科の森和俊教授が、「小胞体ストレス応答の発見とその主要シグナル伝達経路の解明」においてラスカー賞を受賞されるなど、この分野におけるわが国の競争力は必ずしも低いとは思われない。むしろ、研究成果の応用が期待される難病に関する情報が研究者に十分に伝わっていない可能性がある。一方で、国際競争力が高いとされたものとして、腸管微生物叢の再構築による、難治性疾患(潰瘍性大腸炎、クローン病等)の予防・治療法があげられているが、これはヘリコバクター・ピロリ除菌の疫学的検証において我が国の果たした役割が大きいことも影響していると思われる。

不確実性と非連続性の点においては、ほぼ平均か、それを上回る指数となっている。これは、難病・希少疾患

の治療技術の開発には、さらなる技術革新が必要であることを意味している。これらの項目のいずれにおいても高い指数を得たものとして、免疫器官の再生、標的組織特異的なゲノム・エピゲノム編集に基づく遺伝子治療があげられている。

難病の細目の中で、特に重要性が高いとされたトピックは、全国規模での疾患登録データを活用した希少性疾患の予後評価のためのバイオマーカーの探索であり、その次に位置付けられているものとして、バイオチップや次世代シーケンサーを用いた疾患の予後、リスク評価手法があげられるなど、本細目に求められるものとして全国規模での疾患情報基盤の構築があげられる。このため、倫理性についても、他の細目と比較しても高い指数となっている。

(3) 今後の展望

本細目は「医薬」「医療機器・技術」「再生医療」「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」「生命科学基盤技術」と深く関係している。とりわけ、難病の多くは希少な疾患であることから、その社会的な認知は低く、全国規模での症例登録を推進していくための土壌作りが必要である。本調査においては、回答数が少ないながらも、共通して疾患の病態解明に向けた疾患データベースの構築が重要視されており、これらは 2030 年までの社会実装が可能とされ、社会実装に向けて環境整備が強く求められている。すでに、難病の領域においては、臨床データおよび遺伝子データの登録が全国規模で進められつつあり、今後の展望として、これらのデータをいかに創薬に活かしていくかが鍵となるものと思われる。一方で、これら難病に対する治療法の開発については、他の細目と比較した場合、必ずしも国際競争力が高いとは言えないことから、国際共同研究の枠組みも考慮していく必要がある。

(金谷 泰宏、高坂 新一)

1. 1. 7. 精神・神経疾患

(1) 本細目の検討範囲

精神・神経疾患は、全ての疾患の中でも社会負担の大きな疾患群であり、特に認知症、うつ病、統合失調症、自閉スペクトラム症などの疾患では社会的にも大きな問題となっている。そのため、これらの疾患の診断法、治療法、予防法、介入法の開発が急務となっている。一方、脳がネットワークとして機能する複雑な臓器であるため、その機能の解明が途上であることから、神経科学の基礎研究と疾患研究を平行して行っていく必要がある。精神・神経疾患のうち、神経疾患においては、既に多くの疾患で原因遺伝子や神経病理学的な所見が特定されており、動物モデルを用いた研究も進展しているが、精神疾患においては、未だゲノム要因は探索中であり、神経病理学的所見も乏しいため、疾患モデル動物もほとんど確立されていないのが現状である。即ち神経疾患と精神疾患の研究戦略には共通性が多いものの、両者の研究ステージには大きな違いがある。

上記の認識に基づき、本調査においては、基盤研究(神経科学の基礎研究)のトピックを 5 件、精神疾患のトピックを 7 件、神経疾患のトピックを 5 件設定した。

(2) 本細目のトピック・今後の展望

今回のアンケート結果から、精神神経疾患研究は、重要度が高いが、これまでの科学技術と不連続性があるため、技術の実現可能性については不確実性が高いと考えられている傾向が見られた。非連続性と不確実性は関連しており、精神疾患、基盤研究、神経疾患の順に高く、又、国際競争力は、基盤研究、神経疾患、精神疾患の順に高かった。これはそれぞれの分野での研究の進展度合いに差異があることを反映していると考えられる。精神疾患研究においては、その研究の難しさに加え、大学紛争後の混乱が、日本における生物学的精神医学の発展に負の影響を与えたことは否めない。

精神疾患では倫理性の点数が予想されたように高い傾向が見られたが、項目別で見ると、トップを占めたのは生殖補助医療、再生医療、健康・医療情報などであり、精神疾患研究における倫理面のハードルは、以前に比べ、相対的に低下していると思われた。

技術的実現時期は、他細目に比べ約 5 年遅くなっていた。これまで、脳研究のプロジェクトは、他細目と同様に 5 年単位であることが多かったが、精神神経疾患研究は、10 年単位でじっくり取り組むべきトピックであることを示唆している。こうした認識は、平成 20 年度開始の「脳科学研究戦略プログラム」が 5 年のプロジェクトであったのに対し、平成 26 年度開始の「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト」が 10 年のプロジェクトとして開始されているように、既に一部政策に取り入れられているが、今後もこうした取り組みが必要と考えられる。

個別項目で最も重要とされたのは、認知症のバイオマーカーに基づく先進医療であり、現在の社会的問題ともなっている認知症対策に対する国民的関心の高さを反映しているものと考えられる。社会実装では、「内外の連携、協力」が最も高く、全細目中最も高かった。我が国では、基盤研究、臨床研究、創薬研究は独立に行われることが多く、それぞれの研究者が密に連携しているとは言いがたい現状がある。「一つの疾患について、ある程度の治療から研究、さらに創薬までできる単一機関の設立が望まれる」といった自由コメントに代表されるように、今後基礎と臨床の一層の連携強化を図る必要がある。

(加藤 忠史、高坂 新一)

1. 1. 8. 新興・再興感染症

(1) 本細目の検討範囲

昨今、SARS(重症急性呼吸器症候群)をはじめ、新型インフルエンザ、さらにはエボラ出血熱と新たな感染症の脅威は、年々高まりつつある。とりわけ、これら新興感染症に対しては、平時におけるサーベイランスが重要であり、いかに患者の発生を早期に捉え、迅速に感染者を隔離することで感染拡大を阻止できるかにかかっている。このためには、新たな病原体を同定し、解析できるラボ体制が必要であり、正確かつ迅速に検査できる技術の開発と製品化が求められる。さらに、次の段階として、予防法(ワクチン)と治療法の開発を進めることになる。一方で、新興感染症の拡大を未然に防ぐためには、国際的な協力体制が不可欠とされる。

また、世界保健機関(WHO)は温暖化の影響で蚊が媒介するデング熱やマラリアなどの感染症が各国で増える可能性があると警鐘を鳴らしているが、平成 26 年 9 月にデング熱患者が国内で集団発生するなど、再興感染症への対応も急務とされている。

(2) 本細目のトピック

新興・再興感染症に関しては、予防・治療法、危機管理システムの視点から 12 のトピックについてアンケート調査を実施した。他の細目との比較において、重要度では、再生医療に次いで高い指数を得た。しかしながら、国際競争力は「その他」を除く全ての細目で最も低い指数であった。不確実性、非連続性、倫理性については、全体平均レベルであった。特に重要度が高いとされたトピックは、「慢性ウイルス感染症(HIV/AIDS、慢性肝炎等)に対する根治的治療」「新規病原体に対して迅速に中和抗体を作製して、大量生産する技術」があげられている。特に、抗体生産技術については、国際競争力の指数が本細目で後述するシミュレーションに次いで低い指数となった。なお、この技術の実現、社会実装に資源配分が必要とする意見が多く見受けられたことから、臨床試験に係る体制や組織よりも資金面での課題を問題視しているものと思われた。一方、「ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略の立案を支援するためのシミュレーションシステム」の開発は重要度が低いとされた。シミュレーション技術については、技術実現、社会実装のいずれの評価項目において実現するとした者の比率が 50%台とやや低い傾向にあり、その実現に向けて人材戦略をあげる意見が多く、国際競争力も最も低いとされるなどわが国におけるシミュレーション技

術のさらなる強化が求められる。これらのトピックの中で、最も技術的、社会実装に近いものとして、「電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム」があげられていることは興味深い。とりわけ、本技術の実装に向けて環境整備を 50%が指摘していることから、医療機関と保健行政間のデータ交換上の課題を問題視しているものと思われた。

(3) 今後の展望

新興・再興感染症の重要性は、多くの研究者が認識しているところであるが、国際競争力という視点で見た場合、わが国独自で、あらゆる病原体の検査ができるラボ環境にない。

検査が困難であれば、これらに対応できる医薬品、ワクチン開発もさらに難しい。そういう意味で、本調査結果は、わが国の現状をよく捉えているものと思われる。現状では、早急に全ての病原体に対応できるラボの構築を望むことは難しく、今回の調査でも指摘されているが、わが国独自で行えないものについては、内外の研究機関の連携が求められる。一方で、サーベイランスやシミュレーション技術の開発に関しては、既存のカルテシステムを始め、周辺インターネット環境の整備とこれに関わる人材の育成を進めていく事が期待される。

(金谷 泰宏、齋藤 智也)

1. 1. 9. 健康・医療情報、疫学・ゲノム情報

(1) 本細目の検討範囲

個人ベースのゲノム情報、時系列的な臨床情報から得られる臨床上の表現特性情報、短期もしくは長期におよぶ生活習慣情報や環境要因データ、この 3 つをそれぞれ大規模に収集・集積し、これらを関連づけて統計学的に解析することは極めて大きな知見を健康・医療・生命科学分野にもたらす。その観点から、本細目は今回から新たに設定されたものである。(1)健康・医療情報、(2)疫学、(3)ゲノム情報、のそれぞれが有する固有の研究開発トピックを単独に取り上げるのではなく、これらが融合して初めて実現できるトピック、およびその実現の基盤として必須となる大規模で網羅的な生活環境情報の収集や医療情報の電子的な収集システムの実現、にフォーカスをあてた 25 のトピック設定が行われた。

(2) 本細目のトピック

まず、調査結果から、25トピックのうち全細目全トピックの平均より高い点のついた件数は、重要度 7 件、不確実性 4 件、非連続性 5 件、倫理性 21 件、逆に低いほうから 25%タイル点以下となった件数は、それぞれ 11 件、11 件、12 件、0 件と 2 分されているのが特徴と言えるかもしれない。重要度が高かった 7 件のなかで非連続性が平均超のものは 3 件、25%タイル点以下のもの 3 件であったが、技術的な実現年はいずれも 2020~23 年で大差なかった。重要度が高く非連続性の高い 3 件は、「医薬品の個人別副作用リスク予測」「迅速で安価なゲノム・オミックス検査技術」「個人単位での疾病発症・重症化予測、生活習慣改善介入、診断や治療効果判定」といった個人指向の健康医療サービス実現に直結する技術、重要度が高く非連続性の低い 3 件は、「疾患・治療・アウトカムイベントの即時悉皆型の多次元集計システム」「国内すべての医療機関におけるほぼすべて電子カルテ化」「生体センターを利用した慢性疾患の遠隔診療」など現状の医療サービス改善に貢献するシステムに関するものであった。

倫理性の面で、4 件が倫理性の点で全細目全トピックの平均を下回った以外はすべて平均を上回り、12 件は 75%タイル点も超えた。健康医療データベースを活用して治療効果判定や診断予測、生活習慣介入支援を行うシステム、ゲノム情報を含む個人健康情報の自己管理技術などがいずれも高い倫理性スコアとなっていることはある程度予想できるが、同時に「迅速で安価なゲノム・オミックス検査技術」そのものも高い倫理性スコアを獲得しており、この領域のデータ利用やデータ収集・蓄積全般のみならず、個人に深く依存するデータをあらかじめ網羅的に得る技術自体に対して慎重に対処すべきという示唆を与えているのかもしれない。

(3) 今後の展望

非連続性、不確実性はそれほど高くないが重要度は高いとされた 3 件は、いずれも本細目領域で近い将来の達成が目指されるべきトピックであろう。このうち「疾患・治療・アウトカムイベントの即時悉皆型の多次元集計システム」は、現在の電子化状況でも実現可能性があるが、電子カルテ化率 30%以下の現状での信頼性は心もとない。もう 1 件の「国内すべての医療機関における、ほとんどの診療記録の電子的な保存・利用を可能とする電子カルテの導入」はそれを解決する唯一の解法であることからこの 2 件は一体的に考えるべきである。ただ、これらはいずれも倫理性の観点で十分な配慮を必要とするとの調査結果を考慮しなければならない。

一方、重要度は高いが、非連続性、不確実性も高いとされたトピックは、新しいゲノム情報解析技術、新たな生物統計学手法と関係し、さらなる研究開発を必要としたトピックであり、倫理性の面を十分に配慮しつつ、今後、さらに研究を進めていく必要があると考えられる。

重要度、国際競争力が比較的高いものとして、生体センサーを活用した在宅慢性疾患管理いわゆる遠隔診療が上がった。ウェアラブルセンサーのデータを活用して生活習慣病の管理が少ない通院回数で可能となる医療供給体制の構築は、海外展開も可能であり、技術開発はもとより制度設計を急ぎ早急に実現を目指すべきではないだろうか。

医療の専門分化教育によって総合的診断能力をもった中堅医師の減少時代を迎え医療用人工知能などの計算機システムによる、初期診断システムは、今回の調査では重要度がそれほど高くない結果となったが、一方で 75%が 10 年で実現すると考えており、他の障害要因も高くないこと、特に医師が実例を経験したことのない再興感染症や複数疾患合併状況の初期診断の必要性は今後高くなることが予想され、我が国の医療状況からみれば力を入れておくべき課題と考えられる。

(大江 和彦、菅野 純夫)

1. 1. 10. 生命科学基盤技術

(1) 本細目の検討範囲

本細目では、健康・医療に限定されない生命科学研究の基盤を支える科学技術について、その未来動向を問うトピック設定を行った。このような基盤的な科学技術は健康医療分野へのイノベーションをもたらす背景であると同時に、生命科学全分野の極めて高いニーズをうけ、それに根源的な形で対応しようとして発展してきた歴史がある。したがって、健康・医療・生命科学分野のくくりでトピック設定を行ったが、より広く農学、環境科学、バイオテクノロジーなど他分野にも関係するトピック設定となっている。

現在の生命科学は、生命を多数の多様な分子からなる機械ととらえ、その分子レベルでの構成と動作原理を明らかにしようとしている。すなわち 20 世紀の後半から始まった分子生物学に始まる流れである。これを踏まえて、本細目では、生命基盤技術として、①様々な測定技術についてのトピックを 4 件(脳機能イメージング、動的ネットワークバイオマーカー、循環体液中分子のリアルタイムモニタリング、1 細胞プロテオーム解析)、また、②タンパク質機能予測(タンパク質作用予測、タンパク質の動的立体構造推定)、③ゲノム科学(非コード領域の機能解明、全生物のゲノム情報取得)、④生命の数理的理解・合成生物学(生体機能を記述する定量的関係式、人工細胞)に関係したトピックを各 2 件設定した。基盤技術でも再生医療と関係したもの、ゲノム科学でも医学と関係したものは除いてある。また、ゲノム改変技術のように極めて重要であるが、既にかかなりの程度実現しているものは除き、その一部は実現しているが十分ではないもの、重要であるが具体的にどのように実現するかははっきりしないものを中心にトピックを設定した。

(2) 本細目のトピック

研究開発面から見た重要度、国際競争力、不確実性、非連続性、倫理性などの諸特性は、本細目全体については、倫理性を除き、全細目の平均と大きく異なっていない。倫理性のスコアが低い点については、基盤技術では社会実装の形がイメージしにくいので倫理面での問題があらわでない可能性がある。実現年は、「技術実現」についても、「社会実装」についても遅めの予想となっている。これは、「技術実現」では、②タンパク質機能予測、③ゲノム科学、④生命の数理的理解・合成生物学のトピックで、「社会実装」では、①測定技術、③ゲノム科学、④生命の数理的理解・合成生物学のトピックで実現年が遅く予想されている結果である。

項目として設定した①から④の中では、④生命の数理的理解・合成生物学の項目の回答が他と著しく異なる傾向を示した。例えば、研究の実現を疑問視する不確実性や、これまでの研究の延長線上にないことを示す非連続性のスコアが著しく高く、特に技術実現について、通常は6-7%である「実現しない」という回答が15%を超える結果になっている。技術実現年予想も2026年と極めて遅く(全体の平均が2023年)、社会実装年も2031年(全体平均2027年)と予想されている。設問数が2問と少なく、やや漠然とした問いで答え難いトピックであったことを考慮しても、この④生命の数理的理解・合成生物学については、難しいトピックと認識されているのが明らかである。また、本細目では、技術実現のための重要施策として、「人材戦略」を上げる回答者の割合が高いが(全体平均22%に対し32%)、この項目④では40%と著しく高いことも特徴であった。自由コメントでも、人材養成の必要性を訴える声が目立った。

一方、②タンパク質機能予測、③ゲノム科学では、技術実現について「実現済み」とする回答が、それぞれ13%と10%(通常は7-8%、④は2.3%)と高かった。しかしながら、平均の技術実現年は2025年と必ずしも早く無く、一部実現したとしても、研究開発に時間のかかる基盤技術の特性が意識されている。また、技術実現のための重要施策として、②タンパク質機能予測では「人材戦略」を、③ゲノム科学では「資源配分」をあげる回答者の割合が高かった。特に③では「資源配分」が40%を超えゲノム科学の分野の特性が反映された形である。

①測定技術については、実現可能性について「実現する」とする回答が77%と高く、実現年も2022年と他の項目より早く全体の平均と同様となっていて、はるかに見通しの良い結果となっている。社会実装実現年も2026年で、全体の平均とほぼ一致している。この項目は、実現すれば健康モニタリングや医療に素直に応用可能であるという認識であろう。また、この項目が実現するためには「人材戦略」と「資源配分」がそれぞれに必要という結果になっている。

(3) 今後の展望

本細目は、ニーズの切実さが他の細目に比較すると必ずしも高いとは言えない細目である。それにもかかわらず、他の細目とそれほど異ならない重要性のスコアを得た。このことは回答者である研究関連の方々が一貫して、イノベーションのためには基盤技術の拡充が重要であると認識していることを示している。自由コメントでも応用に対する基礎研究の重要性を指摘するものが多かった。

物理学の歴史を振り返ると、ティコ・ブラーエによる観測の段階、ヨハネス・ケプラーによる関係性発見の段階、アイザック・ニュートンによる統一的説明の段階と、段階を追って発展したことが分かる。④生命の数理的理解・合成生物学に対する回答の傾向を見ると、現代の医学生物学研究はブラーエの段階あるいはケプラーの段階にあり、ニュートンの段階にはまだ間があるという認識と考えられる。しかも、それを担うべき研究者層はほとんど存在せず、その育成が必要とされている。現代の文明を支える工学の中核がニュートン力学をはじめとする古典物理学で形成されていることを考えると、これらの認識は今後行うべきことに大きな示唆を与えている。

しかしながら、自由コメントの中に研究環境の悪化を指摘する声が多かったのは、大きな懸念材料である。研究費の配分だけでなく、人材育成にかかわる大学等の運営環境の悪化や制度的な面での疲弊が感じられるとするコメントも散見された。特に、その結果としての将来の研究の空洞化を懸念する声は強く、過去の遺産の食いつぶしといった声も聞かれた。現代の医学生物学は、医学生物学におけるニュートンの出現を予感させる段階にある。ニュートンに続く時代に産業革命が起こったことを考えると、医学生物学の革命も生命の数理的理解

の後に続いて起こりうる。21 世紀が生命科学の世紀と呼ばれる所以である。近視眼的にならずに、長期的視野でイノベーションの持続を考える時期に来ている。

(菅野 純夫、小此木 研二)

1. 1. 11. その他

(1) 本細目の検討範囲

本細目では、①評価システムやガイドライン、合意形成といった制度的な面、②不登校・いじめ、スポーツ、安全性検査といった従来の健康医療分野ではとらえにくい面についてトピックの設定を行った。実際、生命科学の発展は従来の健康医療分野の枠を超えて社会に影響を与えるはずであり、現在当然と考えられている社会的常識の根拠を見直す必要が出てくることが考えられる。さらに、制度的問題が、研究の進展やその社会実装を阻害する要因になることも考えられる。本細目では、その様な項目につきトピックの設定を試みたが、最終的には個別の設定が前面に出る結果になった可能性が高い。今後の検討事項であろう。

(2) 本細目のトピック

本細目の第一の特徴はまず回答数が少ないということである。細目ごとで比べると最低の回答数となっている。今回の調査が研究者および研究に密接に関係した方々であることを考えると、日本では多くの研究者が評価システムやガイドライン、合意形成といった制度的な面には関心が薄く、自身の専門とする研究分野の外に関心が向いていない現状を示しているように見える。もちろん、それは自分自身が不案内な分野には発言を控えるという節度ある態度の反映である可能性もある。ただ、研究面でのイノベーションを社会実装していく場合に遭遇する制度的な問題への想像力を欠いているとも見ることができる。1 分野のイノベーションを援用し他分野のイノベーションにつなげるという姿勢も不足しているのかもしれない。しばしば日本人研究者の欠点とされる自分の専門を守ればそれで良しとする態度が現れているのかもしれない。

回答された中での特徴は、①評価システムやガイドライン、合意形成といった制度的な面についての技術実現年、社会実装年の予想が比較的早いことである。設定されたトピックがそのような性質を持つものが多かったのかもしれないが、制度的な面の変更は、実際の研究より容易と考えられているといえよう。これらのトピック実現のために重要なのは人材養成でも資源配分でもなく環境整備であるという、ある意味、至極当然の結果も出ている。

一方、②従来の健康医療分野ではとらえにくい分野のトピックについては、他の細目と同程度の実現年を予想する回答が多かった。実現の困難度は、他分野とほぼ同等と考えられているようである。ただ、問いの表現の問題もあるが、「実現できない」「わからない」とする回答も多かった。

興味深かったのは、「遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成」というトピックに対し、「形成済み」とする回答の割合が高かった点である。自由コメントでも、拒否する方向での合意形成済みとするコメントが散見されたが、本トピックは議論を尽くして決着された状況にあるとは言い難い。討論による波風を避ける文化・風土のなせる業であろうか。回答者が生命科学の研究者主体であったことを考えるとさらに興味深い。

(3) 今後の展望

本細目からは、研究者が、①評価システムやガイドライン、合意形成といった制度的変革について、比較的楽観的にとらえている実態が見えてきた。回答者が少なかったことを考え合わせると、意見がすでに固定している人、または関心が薄い人が本細目に楽観的な回答をし、関心はあるが深く考えるゆとりがないまたは習慣ができていない人は回答を控えた可能性も考えられる。一方で、従来の分野に分類されない分野での研究については研究者の関心が薄く、研究の困難さに目が行く傾向があった。このような傾向が、イノベーションを実現しそれを社会に実装していくうえで有利に働くか不利に働くかは今後の検討課題であろう。日本文化の中には新しい

外来のものを無批判に取りこむ面と、従来のものに強いこだわりを示す面と 2 面性が存在する。その実態を踏まえ、イノベーションに資するよううまく方向付けていく必要がある。

本細目については、現在の設問である程度の動向が見えている面があるものの、トピック設定をさらに工夫していく必要があると考えられた。

(菅野 純夫、小此木 研二)

※一部において、委員に加えワーキンググループの専門家に執筆いただいた。

2. 2. アンケートの回収状況

健康・医療・生命科学分野についての回答者内訳は、以下のようになっている。

表 2-2-1 健康・医療・生命科学分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	19人	職業	企業その他	366人	回答者の専門度の構成	高	12.9%
	30代	245人		学術機関	443人		中	29.6%
	40代	226人		公的研究機関	68人			
	50代	198人	職種	研究開発従事	625人		低	57.5%
	60代	65人		管理・運営	142人			
	70代以上	11人		その他	110人			
	無回答	113人		合計	877人			

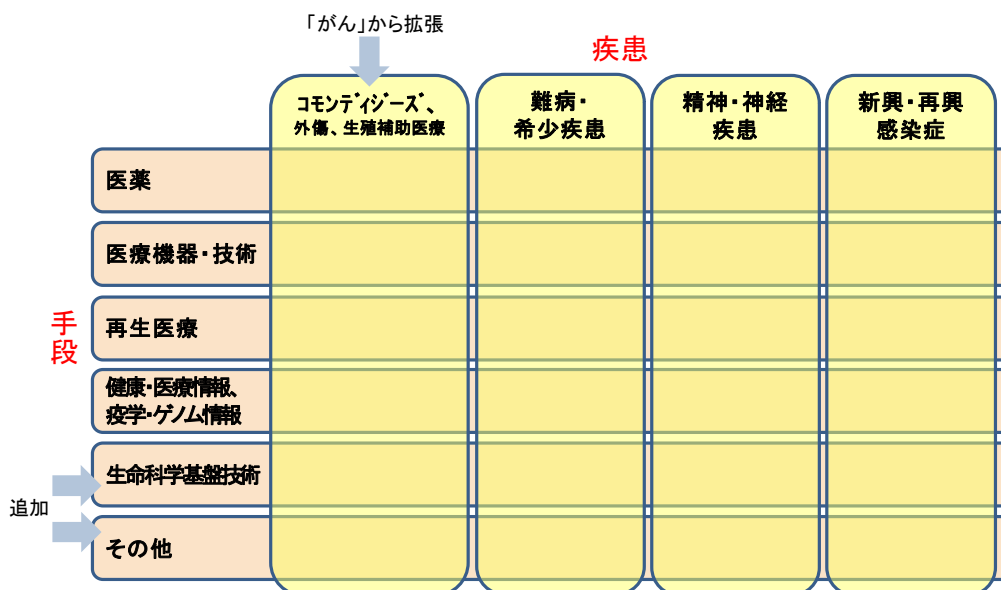
2. 3 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、『健康医療戦略』(平成26年7月22日閣議決定)で重点化されている研究開発領域を基本として拡張した以下の細目を設定した(10細目)。

表 2-2-2 本分野の細目の概要

細目名	概要
医薬	創薬、DDS
医療機器・技術	診断、治療、低侵襲手術、手術、介護ロボット、介護・福祉
再生医療	幹細胞、再生、組織工学等
コモンディゼース、外傷、生殖補助医療	がん、生活習慣病、その他各種疾患、老化、外傷、生殖補助医療等
難病・希少疾患	診断・病態解明、予防・治療法(遺伝子治療、幹細胞移植、免疫系再構築、細胞内蓄積阻害)
精神・神経疾患	神経回路網、脳・精神機能の神経基盤、各種疾患の脳病態解明、予防・治療法等
新興・再興感染症	予防・治療法、危機管理システム
健康・医療情報、疫学・ゲノム情報	健康医療データベース、人工知能、ゲノム・オミックスデータ、個人医療介入、医療行為モニタリング等
生命科学基盤技術	理論、解析技術、相互作用・構造予測等
その他	ELSI (倫理的・法的・社会的問題)、教育・スポーツ

図 2-2-1 健康・医療・生命科学分野の細目設定の考え方



2. 4. トピックに関する設問について

2. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

①重要度の高いトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位20件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「再生医療」関連トピックが8件、「医療機器・技術」関連トピックが5件、「精神・神経疾患」関連トピックが3件を占める。技術的実現時期は2023年前後と予測するトピックが多い。

表 2-2-3 重要度の高いトピック(上位20件)

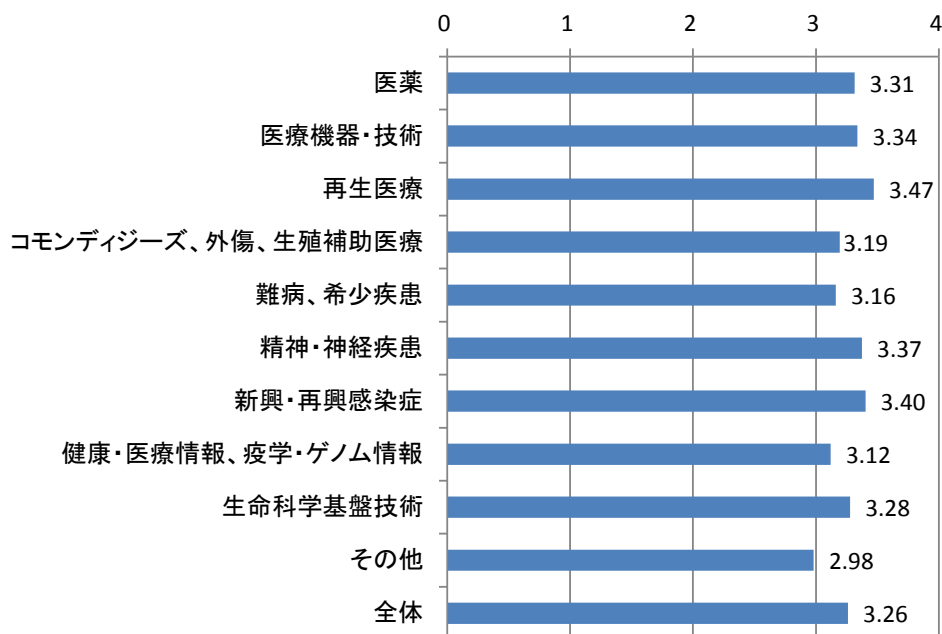
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
31	安価で導入が容易な認知症介護補助システム(例えば、導入には10万円以下、月々維持費1000円以下、1DKでも設置可能なシステム)	3.78	2022	2025	医療機器・技術
50	前がん状態からの発がんを抑制する予防薬	3.74	2025	2030	コモンディゼーズ、外傷、生殖補助医療
45	聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術	3.74	2025	2025	再生医療
23	直径2mm以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術	3.64	2022	2025	医療機器・技術
36	iPS細胞などの幹細胞を用いた再生医療において、腫瘍化した移植細胞を検出する技術	3.64	2020	2024	再生医療
41	安全性確保と免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品	3.63	2022	2025	再生医療
46	神経回路網再構築を実現する脊髄損傷治療法	3.64	2025	2027	再生医療
105	認知症の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防に繋がる先制医療	3.61	2025	2030	精神・神経疾患
37	幹細胞移植による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋委縮性側索硬化症(ALS)等)に対する治療法	3.61	2024	2025	再生医療
48	特定の種類の細胞へとある程度分化した細胞、または分化する方向にコミットされた(運命が決定された)細胞を治療部位に注入し、その部位で組織を再生させることによる機能回復療法	3.60	2022	2027	再生医療
101	記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明	3.60	2030	2035	精神・神経疾患
39	生体内に元来内在する幹細胞の賦活化技術	3.60	2023	2025	再生医療
170	公共財としての医療・ゲノムデータベースの利活用に関わる基本ガイドラインの確立	3.57	2020	2025	その他
7	薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器	3.56	2025	2025	医薬
54	がん幹細胞を標的とした難治性がんの治療薬	3.56	2022	2025	コモンディゼーズ、外傷、生殖補助医療
14	任意の位置の1mm以下のがん組織の検出技術	3.56	2020	2025	医療機器・技術

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
42	再生医療製品の長期保存(2週間)・輸送技術	3.56	2020	2020	再生医療
20	日常生活に支障を来たさず腎機能を維持できるウェアラブルな透析装置	3.55	2025	2028	医療機器・技術
21	投与するとがん組織を選択的に包み込んで治療することができるポリマー医療材料	3.54	2020	2025	医療機器・技術
98	神経回路網の発生、成熟、維持、老化における分子機構の全容解明	3.53	2030	2035	精神・神経疾患

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「再生医療」が3.47と最も大きく、次いで「新興・再興感染症」(3.40)、「精神・神経疾患」(3.37)と続く。

図 2-2-2 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、重要度が低いと評価されたトピック(下位6件まで)は、以下のとおりである。

表 2-2-4 重要度の低いトピック(下位6件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
10	溶媒を用いない化合物合成技術	2.80	2025	2025	医薬
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	2.80	2030	2040	コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療
72	百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明	2.71	2025	2029	コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療
91	免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとした	2.69	2030	2032	難病、希少疾患

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
	リンパ器官の再生				
166	強いストレス状況下において、アスリートが自らの持つ能力を最大限に発揮するためのメンタルコントロール法(集中度とリラックス度が共に高い状態の誘導法等)	2.33	2021	2024	その他
165	競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置	2.05	2025	2028	その他

(2) 国際競争力

①国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「再生医療」関連トピックが 10 件、「医療機器・技術」「コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療」の関連トピックが各 4 件占める。技術的実現時期は平均して 2022 年頃とするトピックが多い。

表 2-2-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

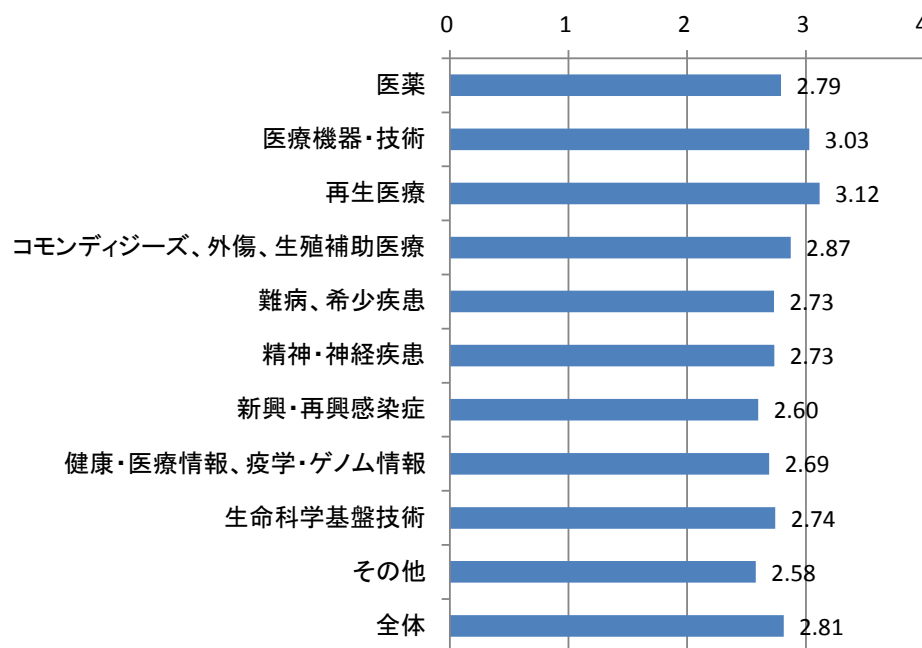
番号	トピック	国際 競争力	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
81	ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	3.41	2025	2035	コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療
23	直径 2mm 以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術	3.36	2022	2025	医療機器・技術
32	分化細胞の初期化メカニズムの全容解明	3.36	2023	2025	再生医療
35	分化抵抗性の未分化幹細胞を選択的に除去して、iPS 細胞などの幹細胞から分化した細胞を純化する技術	3.31	2020	2023	再生医療
73	日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法	3.31	2025	2030	コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療
45	聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術	3.28	2025	2025	再生医療
7	薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器	3.26	2025	2025	医薬
74	がん細胞と正常細胞が混在している悪性度の高いがん(脳腫瘍等)の治療を目指したホウ素中性子捕捉療法(BNCT)	3.25	2023	2027	コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療
33	分化細胞から遺伝子導入によらず iPS 細胞などの幹細胞を作成する技術	3.25	2020	2025	再生医療
27	歩行支援型ロボットを用いて脊髄損傷により失われた下肢機能を回復させる治療法	3.23	2020	2025	医療機器・技術
41	安全性確保と免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品	3.23	2022	2025	再生医療
13	iPS 細胞などの幹細胞由来分化細胞を用いた薬剤反応性のハイスループット・スクリーニング(HTS)技術	3.22	2020	2023	医薬
37	幹細胞移植による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋委縮性側索硬化症(ALS)等)に対する治療法	3.21	2024	2025	再生医療
84	卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法	3.20	2025	2031	コモンディゼー

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
	(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)				ズ、外傷、生殖補助医療
19	ステンレス製と同等の切れ味を有するディスプレイザブルな樹脂製剪刀(医療用ハサミ)	3.19	2020	2022	医療機器・技術
36	iPS 細胞などの幹細胞を用いた再生医療において、腫瘍化した移植細胞を検出する技術	3.18	2020	2024	再生医療
34	再生医療を可能とする造血系幹細胞の大量培養技術	3.17	2020	2025	再生医療
46	神経回路網再構築を実現する脊髄損傷治療法	3.16	2025	2027	再生医療
18	蚊の針ほどの細さ(直径 50 μ m 程度)の無痛微小注射針	3.16	2020	2020	医療機器・技術
48	特定の種類の細胞へとある程度分化した細胞、または分化する方向にコミットされた(運命が決定された)細胞を治療部位に注入し、その部位で組織を再生させることによる機能回復療法	3.10	2022	2027	再生医療

②細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「再生医療」が 3.12 と最も大きく、次いで「医療機器・技術」が 3.03 となっている。

図 2-2-3 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。

表 2-2-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
150	国内における全ての医療機関で保管されている全医療データ(過去の紙カルテを含む)の電子化	2.41	2020	2025	健康・医療情報、疫学・ゲノム情報
124	ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム	2.39	2025	2028	新興・再興感染症
164	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	2.35	2024	2026	その他
169	遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成	2.34	2025	2025	その他
60	臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬	2.28	2025	2028	コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療

(3) 不確実性

①不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「精神・神経疾患」関連トピックが 6 件、「コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療」関連トピックが 4 件を占める。技術的実現時期は 2026 年前後と予測するトピックが多い。

表 2-2-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

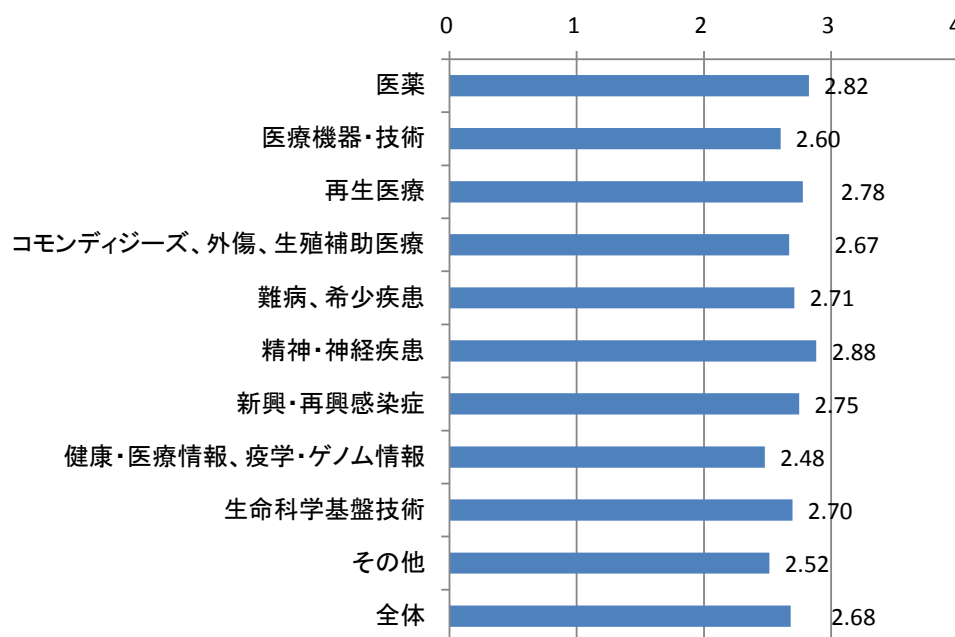
番号	トピック	不確実性	技術的実現時期	社会実装時期	細目
154	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製	3.28	2027	2035	生命科学基盤技術
118	ウイルス抗原変異等の影響なく、数回の接種で生涯感染予防が可能なインフルエンザワクチン	3.27	2025	2030	新興・再興感染症
102	意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明	3.25	2035	2040	精神・神経疾患
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	3.22	2030	2040	コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療
110	自閉スペクトラム症の脳病態に基づく、自律的な社会生活を可能とする治療・介入法	3.10	2025	2030	精神・神経疾患
21	投与するとがん組織を選択的に包み込んで治療することができるポリマー医療材料	3.08	2020	2025	医療機器・技術
68	動脈硬化性病変を完全に修復できる薬物療法	3.05	2030	2033	コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療
107	うつ病の脳病態による亜型診断分類に基づく、即効性で再発のない新規抗うつ治療法	3.05	2025	2029	精神・神経疾患
108	双極性障害の脳病態解明に基づく、再発予防が可能な副作用の少ない新規気分安定薬	3.03	2028	2030	精神・神経疾患

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
47	動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器	3.02	2022	2032	再生医療
3	低分子化合物・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬	3.01	2024	2025	医薬
61	若返りを誘導する因子の投与または老化誘導物質の抑制による健康寿命の延伸	3.00	2027	2035	コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療
80	免疫抑制剤を用いない同種移植技術	3.00	2025	2029	コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療
91	免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生	3.00	2030	2032	難病、希少疾患
153	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	3.00	2025	2028	生命科学基盤技術
39	生体内に元来内在する幹細胞の賦活化技術	2.99	2023	2025	再生医療
33	分化細胞から遺伝子導入によらず iPS 細胞などの幹細胞を作成する技術	2.98	2020	2025	再生医療
89	難病・希少疾患に対する、標的組織特異的なゲノム・エピゲノム編集に基づく遺伝子治療法	2.97	2025	2029	難病、希少疾患
101	記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明	2.97	2030	2035	精神・神経疾患
98	神経回路網の発生、成熟、維持、老化における分子機構の全容解明	2.97	2030	2035	精神・神経疾患

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「精神・神経疾患」が2.88と最も大きく、次いで「医薬」が2.82、「再生医療」が2.78であった。

図 2-2-4 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」関連トピックが 2 トピックを占める。

表 2-2-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装 時期	細目
130	OTC 医薬品や健康食品などの使用履歴をリアルタイムに集積・共有し、臨床評価に役立てられる情報システム	2.18	2020	2022	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
63	各栄養素の生体恒常性に与える影響の統合的理解に基づく、生活習慣病に対する栄養療法・食事療法	2.17	2022	2025	コモンディジェ ズ、外傷、生殖補 助医療
18	蚊の針ほどの細さ(直径 50 μm 程度)の無痛微小注射針	2.10	2020	2020	医療機器・技術
152	医療行為に伴う放射線被ばくの実態把握と防護を目的とした、疫学データベースの構築	2.04	2020	2025	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
159	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化	1.95	2025	2025	生命科学基盤 技術

(4) 非連続性

①非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療」関連トピックが 6 件、「再生医療」関連トピックと「精神・神経疾患」関連トピックがそれぞれ 4 件を占める。技術的実現時期は 2025 年前後と予測されているトピックが多い。

表 2-2-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

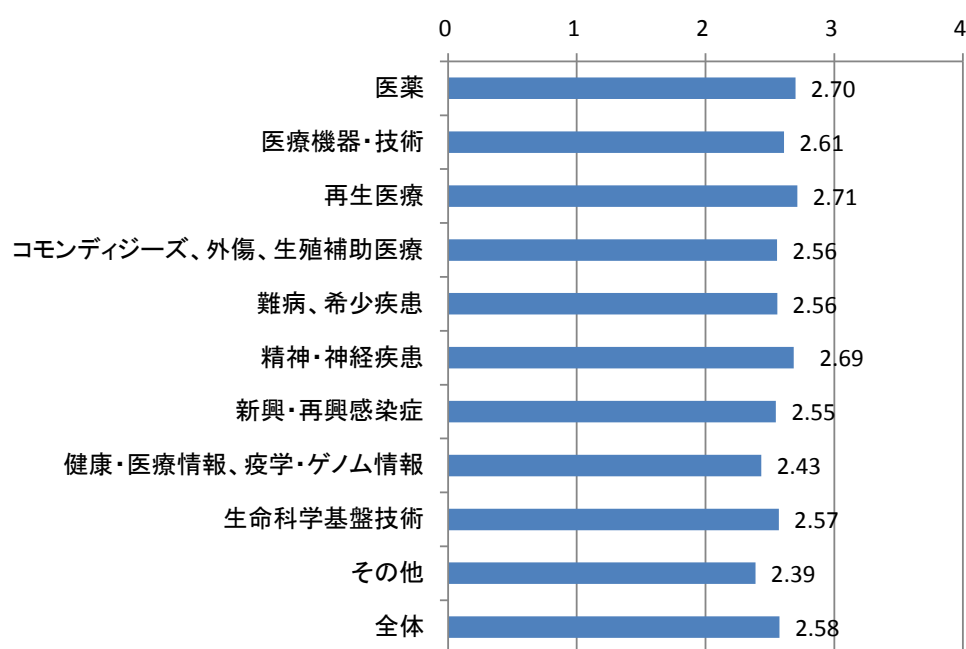
番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装 時期	細目
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	3.33	2030	2040	コモンディジェ ズ、外傷、生殖補 助医療
21	投与するとがん組織を選択的に包み込んで治療することができるポリマー医療材料	3.23	2020	2025	医療機器・技術
154	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製	3.14	2027	2035	生命科学基盤 技術
107	うつ病の脳病態による亜型診断分類に基づく、即効性で再発のない新規抗うつ治療法	2.98	2025	2029	精神・神経疾患
39	生体内に元来内在する幹細胞の賦活化技術	2.97	2023	2025	再生医療
118	ウイルス抗原変異等の影響なく、数回の接種で生涯感染予防が可能なインフルエンザワクチン	2.97	2025	2030	新興・再興感染症
3	低分子化合物・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬	2.96	2024	2025	医薬
81	ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	2.94	2025	2035	コモンディジェ ズ、外傷、生殖補 助医療
102	意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明	2.93	2035	2040	精神・神経疾患
33	分化細胞から遺伝子導入によらず iPS 細胞などの幹細胞を作成する技術	2.91	2020	2025	再生医療

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
32	分化細胞の初期化メカニズムの全容解明	2.91	2023	2025	再生医療
95	蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法	2.88	2025	2035	難病、希少疾患
47	動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器	2.88	2022	2032	再生医療
110	自閉スペクトラム症の脳病態に基づく、自律的な社会生活を可能とする治療・介入法	2.88	2025	2030	精神・神経疾患
61	若返りを誘導する因子の投与または老化誘導物質の抑制による健康寿命の延伸	2.88	2027	2035	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
57	胎生期から乳幼児期の環境因子に起因するエピゲノムに作用する、生活習慣病の予防・治療薬	2.88	2025	2030	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
12	標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶ、外部エネルギー制御(磁気誘導等)やメゾ制御(3-300nm 程度の微細な人工制御システム)、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を利用した、ナノキャリアシステム	2.86	2025	2030	医薬
69	膵β細胞を再生・増加させ糖尿病を治癒させる薬剤	2.86	2025	2030	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
101	記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明	2.85	2030	2035	精神・神経疾患
50	前がん状態からの発がんを抑制する予防薬	2.85	2025	2030	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「再生医療」が2.71と最も大きく、次いで「医薬」が2.70、「精神・神経疾患」が2.69であった。

図 2-2-5 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」関連トピックが 2 件を占める。

表 2-2-10 非連続性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
121	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム	2.15	2020	2022	新興・再興感染症
167	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	2.10	2020	2022	その他
131	医療品質管理を目的とした、臨床品質指標(患者の重症度を考慮した治療アウトカムや診療機能等の病院特性を加味した再入院率等)を自動計算するためのアルゴリズムとデータベース	2.08	2020	2023	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
159	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化	2.05	2025	2025	生命科学基盤技術
152	医療行為に伴う放射線被ばくの実態把握と防護を目的とした、疫学データベースの構築	1.96	2020	2025	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報

(5) 倫理性

①倫理性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」関連トピックが 6 件、「その他」関連トピックが 4 件を占める。技術的実現時期は平均して 2023 年頃とするトピックが多い。

表 2-2-11 倫理性の高いトピック(上位 20 件)

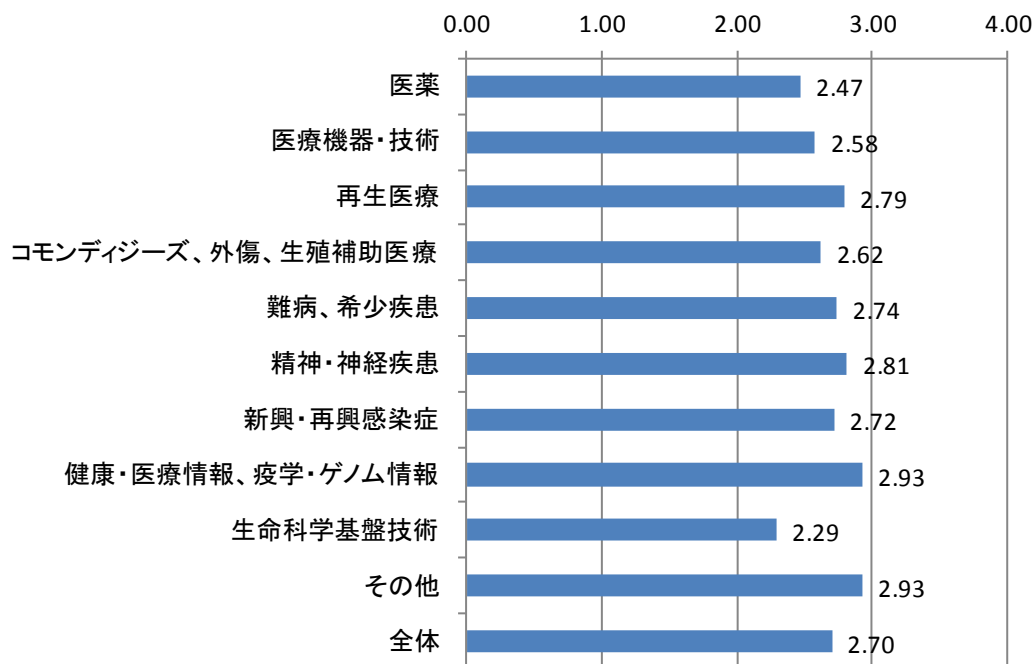
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
81	ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	3.89	2025	2035	コモンディジーズ、 外傷、生殖補助医療
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	3.60	2030	2040	コモンディジーズ、 外傷、生殖補助医療
47	動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器	3.56	2022	2032	再生医療
38	胚性幹細胞(ES 細胞)移植を用いた再生医療技術	3.55	2020	2025	再生医療
170	公共財としての医療・ゲノムデータベースの利活用に関わる基本ガイドラインの確立	3.45	2020	2025	その他
84	卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)	3.36	2025	2031	コモンディジーズ、 外傷、生殖補助医療

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
136	個人ゲノム情報、臨床情報、生活行動情報、環境情報などの統合による、個人単位での疾病発症・重症化予測、生活習慣改善介入、診断や治療効果判定を可能にする情報システム	3.30	2023	2025	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
134	個別化医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証などによる病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	3.28	2020	2024	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
135	ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)	3.25	2020	2025	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
169	遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成	3.24	2025	2025	その他
133	全国民の70%以上が自由意思で登録する健康医療データバンク(国民へ健康・医療・介護サービスを効果的・効率的に提供するための、登録した国民自身と許可された保健・医療・介護サービス提供者だけが参照可能なデータバンク)	3.23	2020	2023	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
7	薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器	3.18	2025	2025	医薬
171	ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)技術の国家的倫理ガイドラインの確立	3.18	2021	2026	その他
89	難病・希少疾患に対する、標的組織特異的なゲノム・エピゲノム編集に基づく遺伝子治療法	3.16	2025	2029	難病、希少疾患
164	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	3.16	2024	2026	その他
37	幹細胞移植による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋委縮性側索硬化症(ALS)等)に対する治療法	3.11	2024	2025	再生医療
132	レセプト情報と電子カルテ情報等の統合により作成した全国規模の医療行為・結果データベースに基づく、疾患・治療・アウトカムイベントの即時悉皆型の多次元集計システム(医療の標準化・効率化及びサービスの向上に資する)	3.11	2020	2022	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
86	次世代シーケンサーを用いた難治性疾患特異的ゲノムデータベースの構築と発症機序の解析法	3.11	2023	2025	難病、希少疾患
149	国内すべての医療機関における、ほとんどの診療記録の電子的な保存・利用を可能とする電子カルテの導入	3.11	2022	2025	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
1	慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法	3.10	2025	2025	医薬

②細目別のトピックの倫理性

細目別の平均でみた場合、「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」と「その他」が2.93と最も大きく、「精神・神経疾患」(2.81)、「再生医療」(2.79)と続いた。

図 2-2-6 トピックの倫理性(細目別:指数)



③倫理性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「医薬」関連トピックが 3 件含まれる。

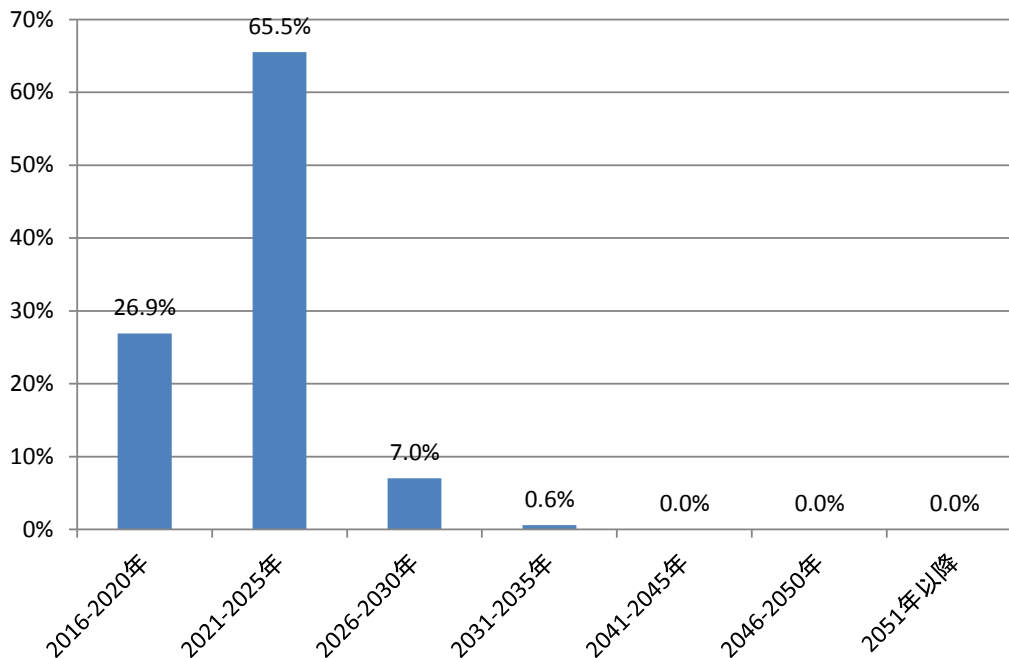
表 2-2-12 倫理性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
9	アロステリック結合部位の予測に基づく、薬物の分子設計技術	2.04	2024	2025	医薬
6	ポスト「京」次世代スパコンによる、生体応答・分子挙動のシミュレーション技術を活用した in silico 創薬	2.02	2025	2025	医薬
10	溶媒を用いない化合物合成技術	1.91	2025	2025	医薬
160	タンパク質の一次配列・高次構造情報から、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-DNA/RNA 間、タンパク質-化合物間の相互作用を予測する技術	1.76	2025	2025	生命科学基盤技術
161	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術	1.73	2025	2029	生命科学基盤技術

2. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は、下図の通り、2021～2025年がピークとなっている。

図 2-2-7 技術的実現予測時期の分布



技術的実現予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。「医療機器・技術」「再生医療」「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」細目のトピックは、他の細目に比べて早い時期の技術的実現を予測されている。逆に「精神・神経疾患」細目のトピックは、技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 2-2-13 技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
医薬	4	9						
医療機器・技術	8	10						
再生医療	8	9						
コモンディーズ、外傷、生殖補助医療	6	27	3					
難病、希少疾患	2	10	1					
精神・神経疾患		10	7	1				
新興・再興感染症	1	11						
健康・医療情報、疫学・ゲノム情報	13	12						
生命科学基盤技術	1	8	1					
その他	3	6						
全体	46	112	12	1				

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答が多いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。「難病、希少疾患」細目の関連トピックで「わからない」の回答が多い

ものが3件含まれた。

表 2-2-14 「実現しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的 実現時期	細目
165	競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置	2.05	25.0	2025	その他
150	国内における全ての医療機関で保管されている全医療データ(過去の紙カルテを含む)の電子化	2.82	24.7	2020	健康・医療情報、 疫学・ゲノム情報
68	動脈硬化性病変を完全に修復できる薬物療法	3.17	21.7	2030	コモンディジー ズ、外傷、生殖補 助医療
164	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	3.11	21.6	2024	その他
47	動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器	2.95	20.9	2022	再生医療

表 2-2-15 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的 実現時期	細目
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	2.80	50.0	2030	コモンディジー ズ、外傷、生殖補 助医療
92	免疫器官の再生による、自己免疫疾患の発症予防と治癒	3.05	47.4	2025	難病、希少疾患
95	蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法	3.18	44.4	2025	難病、希少疾患
102	意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明	3.30	38.6	2035	精神・神経疾患
96	脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、進行性神経筋疾患(ミトコンドリア病等)に対する発症予防及び進行を遅らせるための治療法	3.14	38.1	2020	難病、希少疾患

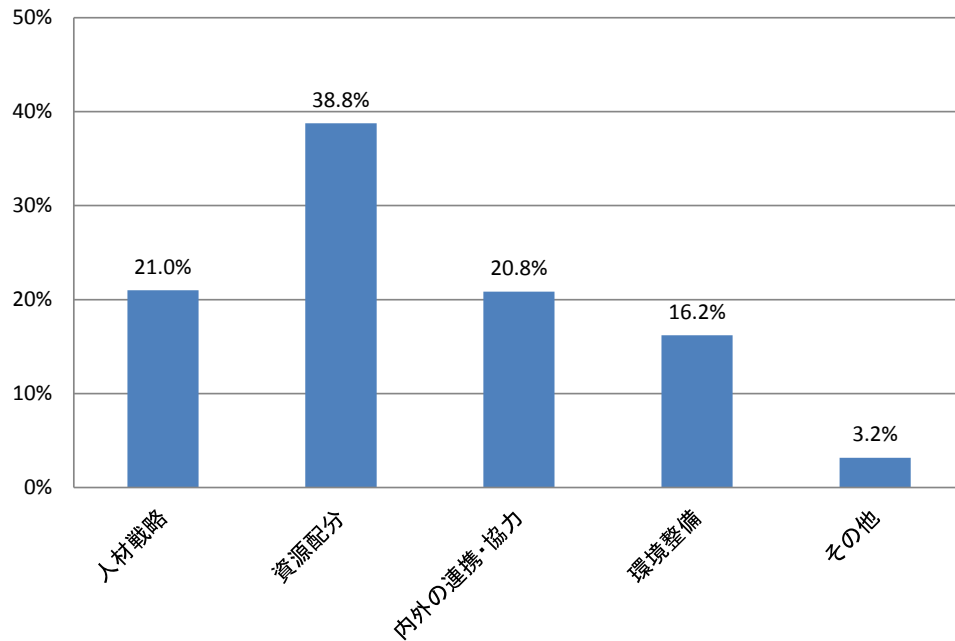
2. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「資源配分」(38.8%)であり、次いで「人材戦略」(21.0%)、「内外の連携・協力」(20.8%)と続く。

図 2-2-8 技術的実現に向けた重点施策(%)



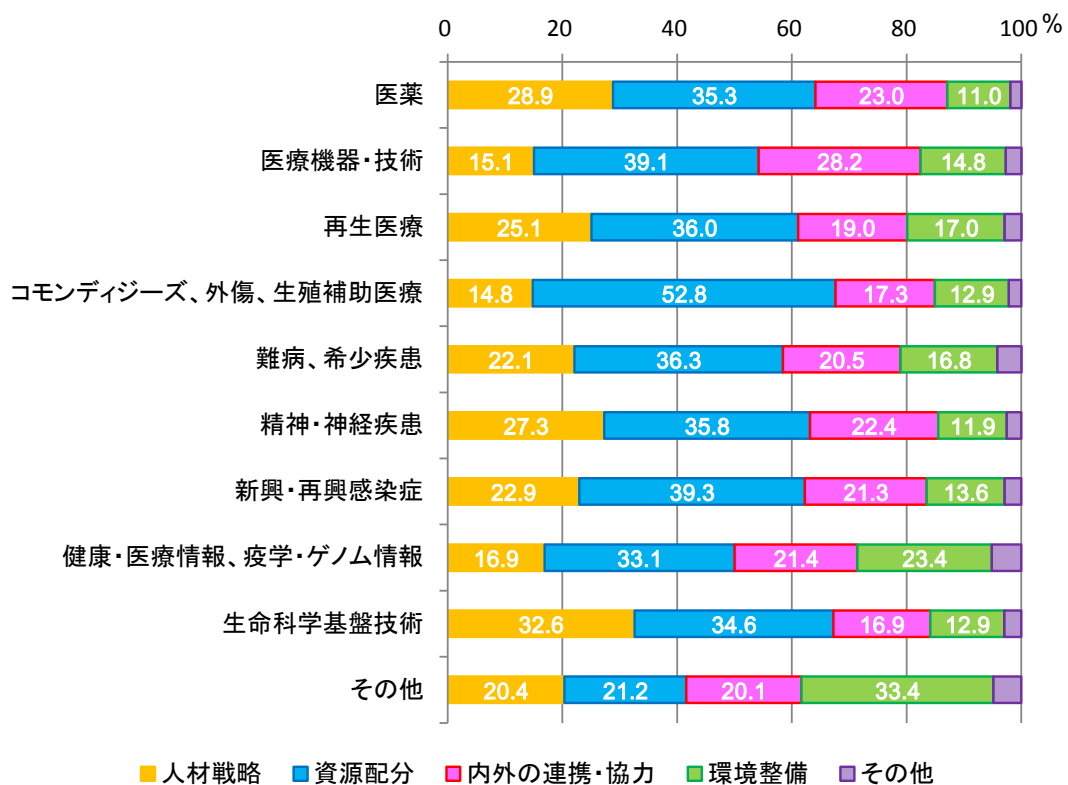
(2) 細目別の傾向

細目別では、「生命科学基盤技術」では、トピックの技術的実現に向けた重要施策として、比較的多くの回答者が「人材戦略」と回答している。

また、「コモンディゼイズ、外傷、生殖補助医療」、「新興・再興感染症」「医療機器・技術」のトピックでは、重点施策として「資源配分」とする回答が比較的高い。

それ以外に、「医療機器・技術」の細目のトピックでは「資源配分」に加えて「内外の連携・協力」、「その他」の細目のトピックでは、「環境整備」とする回答が他の細目と比べ、高い。

図 2-2-9 技術的実現に向けた重点施策(細目別) (%)



①人材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 6 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-2-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
160	タンパク質の一次配列・高次構造情報から、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-DNA/RNA 間、タンパク質-化合物間の相互作用を予測する技術	44.9	2025	2025	生命科学基盤技術
101	記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明	43.9	2030	2035	精神・神経疾患
153	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	42.3	2025	2028	生命科学基盤技術
9	アロステリック結合部位の予測に基づく、薬物の分子設計技術	40.4	2024	2025	医薬
124	ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム	40.0	2025	2028	新興・再興感染症
100	ニューロン-グリア相互作用における分子機構の全容解明	40.0	2025	2030	精神・神経疾患
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	0	2030	2040	コモンディーズ、外傷、生殖補助医療
81	ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	0	2025	2035	コモンディーズ、外傷、生殖補助医療
83	不妊治療のための、最適時期にホルモンデリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節	0	2020	2030	コモンディーズ、外傷、生殖補助医療
80	免疫抑制剤を用いない同種移植技術	0	2025	2029	コモンディーズ、外傷、生殖補助医療
84	卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)	0	2025	2031	コモンディーズ、外傷、生殖補助医療

②資源配分

技術的実現に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-2-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
70	他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬	73.7	2025	2035	コモンディーズ、外傷、生殖補助医療

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
51	エピジェネティックな遺伝子の発現制御のモニタリングによる、がんや難病の発症リスクの診断法	73.3	2025	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
80	免疫抑制剤を用いない同種移植技術	70.0	2025	2029	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
73	日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法	69.2	2025	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
60	臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬	68.4	2025	2028	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
170	公共財としての医療・ゲノムデータベースの利活用に関わる基本ガイドラインの確立	17.4	2020	2025	その他
153	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	16.7	2025	2028	生命科学基盤技術
124	ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム	15.0	2025	2028	新興・再興感染症
171	ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)技術の国家的倫理ガイドラインの確立	11.8	2021	2026	その他
169	遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成	7.3	2025	2025	その他

③内外の連携・協力

技術的实现に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の小さいトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-2-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
121	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム	42.1	2020	2022	新興・再興感染症
114	てんかんの病型分類の構築による、適切な治療法	37.0	2025	2030	精神・神経疾患
52	細胞組織検査に代わる、リキッドバイオプシーによるがん治療の選択法	36.8	2020	2025	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
169	遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成	36.6	2025	2025	その他
53	統合的オミックス解析情報に基づいた個別化がん医療	35.7	2023	2025	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
73	日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法	7.7	2025	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
71	変形性関節症の病因解明と治療標的分子の同定	7.1	2025	2029	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
167	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	5.8	2020	2022	その他
165	競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置	5.6	2025	2028	その他
79	外傷性眼球損傷に対する、眼球移植による視機能回復	0	2025	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 9 件)は、以下のとおりである。

表 2-2-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
167	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	50.0	2020	2022	その他
83	不妊治療のための、最適時期にホルモンデリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節	44.4	2020	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
134	個別化医療の実現や医療の質向上に資する、IC チップが組み込まれた保険証などによる病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	42.9	2020	2024	健康・医療情報、疫学・ゲノム情報
84	卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)	42.9	2025	2031	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
72	百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明	41.7	2025	2029	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
19	ステンレス製と同等の切れ味を有するディスプレイザブルな樹脂製剪刀(医療用ハサミ)	0	2020	2022	医療機器・技術
80	免疫抑制剤を用いない同種移植技術	0	2025	2029	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
67	運動が困難な高齢者・障害者も利用可能な、運動効果を模倣できる生活習慣病治療薬	0	2020	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
60	臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬	0	2025	2028	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
77	老化に伴う咀嚼・嚥下機能低下の予防・治療法	0	2020	2024	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
126	生体(粘膜等)を含めどこにでも使用可能かつ芽胞を対象を問わず滅菌が可能な消毒技術	0	2025	2030	新興・再興感染症
70	他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬	0	2025	2035	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
73	日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法	0	2025	2030	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
71	変形性関節症の病因解明と治療標的分子の同定	0	2025	2029	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療

⑤その他

技術的実現に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

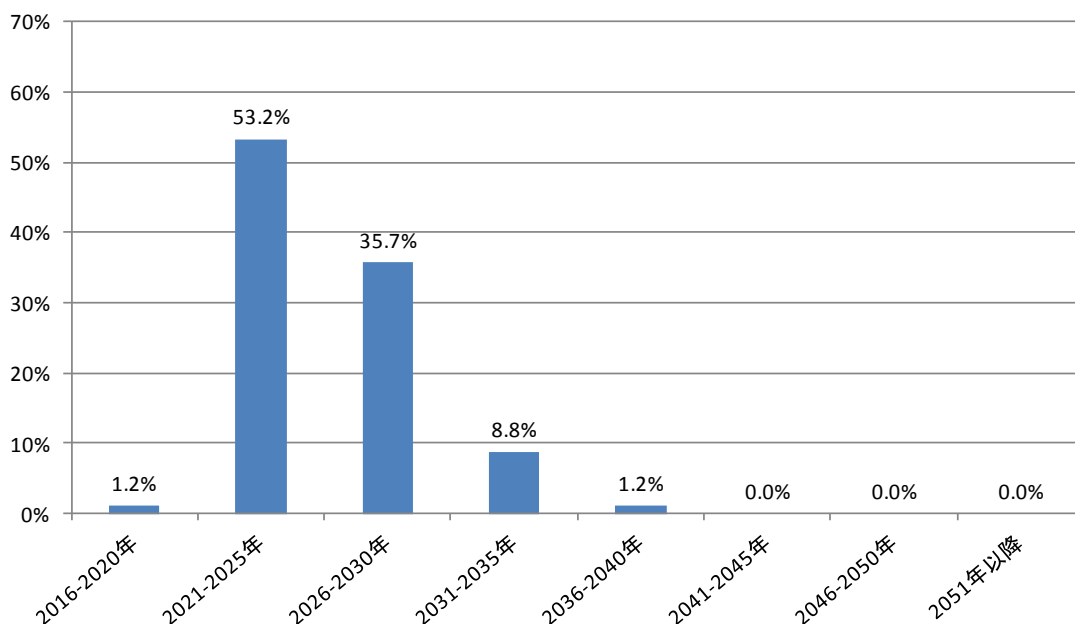
表 2-2-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
78	緊急大量輸血に対応可能な人工赤血球	25.0	2020	2025	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
91	免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生	13.3	2030	2032	難病、希少疾患
95	蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法	12.5	2025	2035	難病、希少疾患
140	医療用人工知能による、プライマリケア医向け初期自動診断システム	11.8	2024	2026	健康・医療情報、疫学・ゲノム情報
165	競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置	11.1	2025	2028	その他

2. 4. 4. 社会実装予測時期

社会実装予測時期の分布は、下図の通りである。社会的実装時期は 2021～2025 年の間にトピックの実装時期のピーク(53.2%)を迎える。

図 2-2-10 社会実装予測時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」、「医療機器・技術」、「再生医療」、「医薬」の細目のトピックは、比較的社会実装予測時期が早くなっている。

表 2-2-21 社会実装予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
医薬		11	2					
医療機器・技術	1	14	3					
再生医療	1	12	3	1				
コモンディーズ、外傷、生殖補助医療		13	16	6	1			
難病、希少疾患		2	8	3				
精神・神経疾患		1	12	4	1			
新興・再興感染症		4	8					
健康・医療情報、疫学・ゲノム情報		24	1					
生命科学基盤技術		5	4	1				
その他		5	4					
全体	2	91	61	15	2			

ここでは、実装時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答が多いトピック(上位6件、5件)は、以下のとおりである。

「再生医療」関連トピックで、「実装しない」との回答が2件、「コモンディーズ、外傷、生殖補助医療」関連トピックで、「わからない」との回答が3件あった。

表 2-2-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	細目
150	国内における全ての医療機関で保管されている全医療データ(過去の紙カルテを含む)の電子化	2.82	31.2	2025	健康・医療情報、疫学・ゲノム情報
47	動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器	2.95	30.2	2032	再生医療
38	胚性幹細胞(ES細胞)移植を用いた再生医療技術	3.00	26.6	2025	再生医療
165	競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置	2.05	25.0	2028	その他
154	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製	3.13	22.6	2035	生命科学基盤技術
44	細胞プリンティング技術による臓器様構造体(臓器モックアップ)の作製技術	3.06	22.6	2025	再生医療

表 2-2-23 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
95	蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法	3.18	55.6	2035	難病、希少疾患
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	2.80	50.0	2040	コモンディーズ、外傷、生殖補助医療

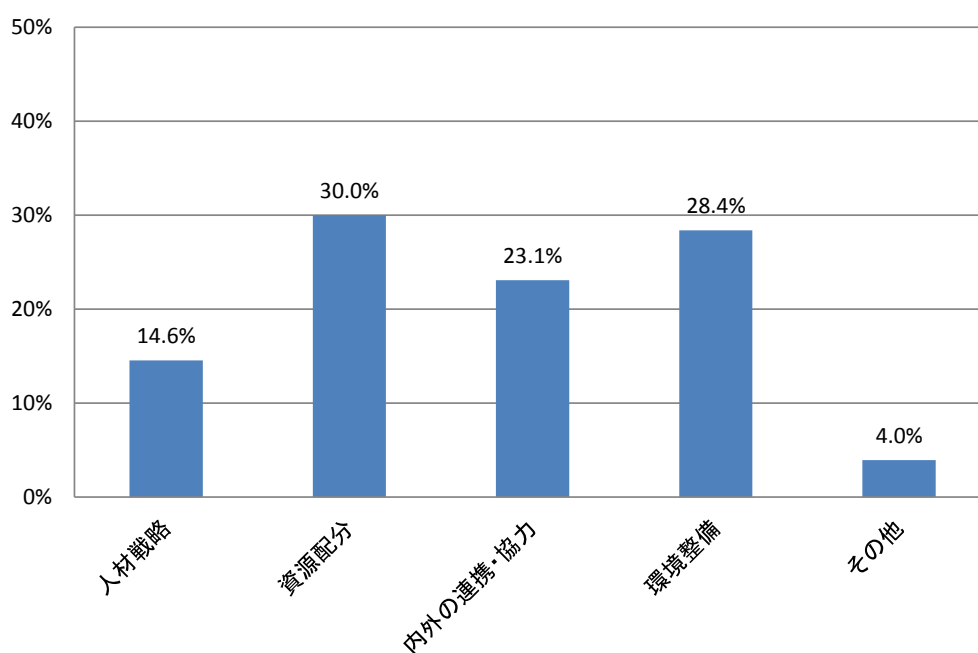
番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
92	免疫器官の再生による、自己免疫疾患の発症予防と治癒	3.05	47.4	2032	難病、希少疾患
78	緊急大量輸血に対応可能な人工赤血球	3.23	46.2	2025	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
61	若返りを誘導する因子の投与または老化誘導物質の抑制による健康寿命の延伸	3.13	44.0	2035	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療

2. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策として、最も回答が多いのは「資源配分戦略」(30.0%)であり、次いで、「環境整備」「内外の連携・協力」等が続く。

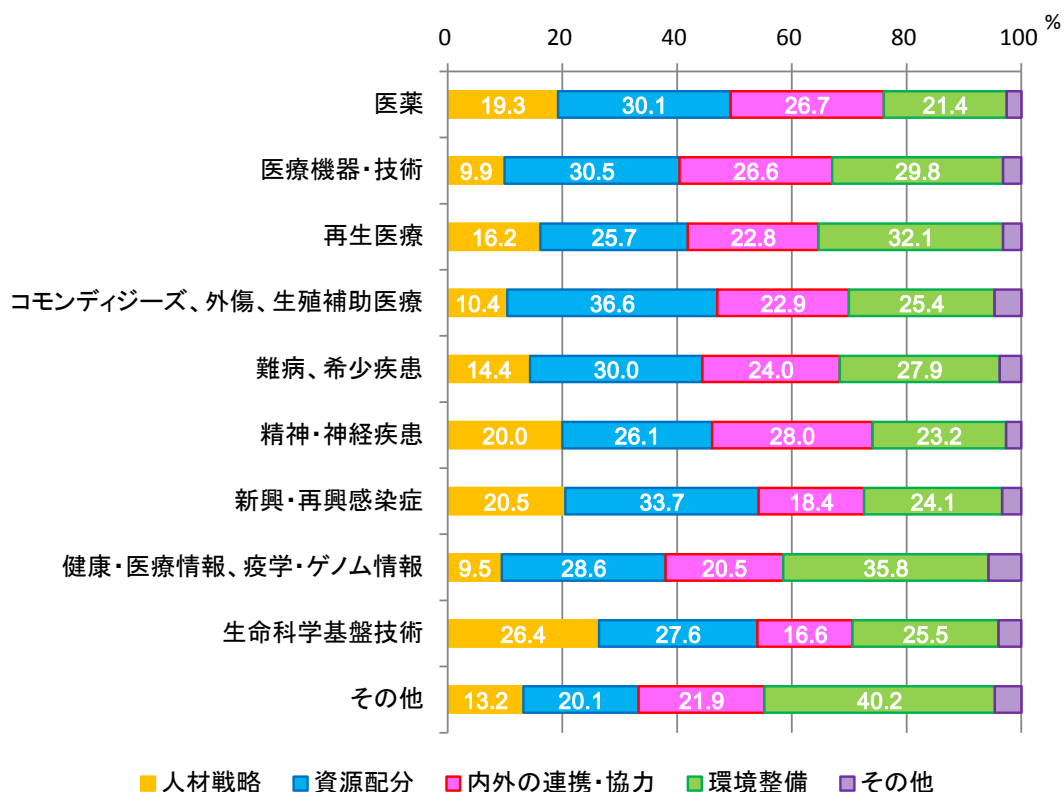
図 2-2-11 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

細目別では、「生命科学基盤技術」関連トピックの社会実装に向けて、「人材戦略」が必要との回答が比較的多い。また、「コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療」「新興・再興感染症」関連トピックは「資源配分」が、「精神・神経疾患」関連トピックでは「内外の連携・協力」が、「その他」「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」「再生医療」関連トピックでは「環境整備」との回答が比較的多くなっている。

図 2-2-12 社会実装に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位7件)は、以下のとおりである。

表 2-2-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
154	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製	37.2	2027	2035	生命科学基盤技術
101	記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明	36.5	2030	2035	精神・神経疾患
153	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	35.9	2025	2028	生命科学基盤技術
160	タンパク質の一次配列・高次構造情報から、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-DNA/RNA 間、タンパク質-化合物間の相互作用を予測する技術	34.6	2025	2025	生命科学基盤技術
91	免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生	33.3	2030	2032	難病、希少疾患
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	0	2030	2040	コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療
75	転移がんの治療を目指した、内用放射線治療技術(放射性物質を組み込んだ薬剤)	0	2024	2032	コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
52	細胞組織検査に代わる、リキッドバイオプシーによるがん治療の選択法	0	2020	2025	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
87	特発性造血障害(再生不良性貧血、骨髄異形成症候群等)の発症予防法	0	2023	2030	難病、希少疾患
83	不妊治療のための、最適時期にホルモンデリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節	0	2020	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
152	医療行為に伴う放射線被ばくの実態把握と防護を目的とした、疫学データベースの構築	0	2020	2025	健康・医療情報、疫学・ゲノム情報
121	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム	0	2020	2022	新興・再興感染症

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-2-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
66	サルコペニアのメカニズム解明によるロコモティブシンドロームの効果的予防法	56.2	2022	2025	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
76	慢性疼痛の病態解明による分子標的薬の開発	55.6	2025	2028	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
87	特発性造血障害(再生不良性貧血、骨髄異形成症候群等)の発症予防法	55.6	2023	2030	難病、希少疾患
127	新規病原体に対して迅速に中和抗体を作製して、大量生産する技術	54.5	2025	2030	新興・再興感染症
54	がん幹細胞を標的とした難治性がんの治療薬	51.9	2022	2025	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
124	ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム	15.0	2025	2028	新興・再興感染症
163	医薬品・医療機器の審査に資する、費用対効果の評価システム	13.6	2020	2024	その他
91	免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生	13.3	2030	2032	難病、希少疾患
134	個別化医療の実現や医療の質向上に資する、IC チップが組み込まれた保険証などによる病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	12.2	2020	2024	健康・医療情報、疫学・ゲノム情報
169	遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成	4.9	2025	2025	その他

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-2-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
72	百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明	40.0	2025	2029	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
16	計算流体力学に基づく脳動脈瘤の成長・破裂リスクに関する指標	40.0	2023	2025	医療機器・技術
122	病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術 注)病原体データベース:ヒトおよびヒト以外の動物等の病原体の網羅的な遺伝子・タンパク情報データベース	39.1	2022	2025	新興・再興感染症
114	てんかんの病型分類の構築による、適切な治療法	37.0	2025	2030	精神・神経疾患
113	次世代シーケンサーを用いた全ゲノム解析に基づく、神経筋疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)患者の新たな診断・治療法	36.4	2024	2025	精神・神経疾患
126	生体(粘膜等)を含めどこにでも使用可能かつ芽胞等対象を問わず滅菌が可能な消毒技術	6.2	2025	2030	新興・再興感染症
171	ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)技術の国家的倫理ガイドラインの確立	6.2	2021	2026	その他
119	特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー	4.5	2025	2026	新興・再興感染症
79	外傷性眼球損傷に対する、眼球移植による視機能回復	0	2025	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	0	2030	2040	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 6 件)と割合の低いトピック(下位 6 件)は、以下のとおりである。

表 2-2-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	66.7	2030	2040	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
84	卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)	61.5	2025	2031	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
83	不妊治療のための、最適時期にホルモンデリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節	55.6	2020	2030	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
169	遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成	51.2	2025	2025	その他
121	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム	50.0	2020	2022	新興・再興感染症
79	外傷性眼球損傷に対する、眼球移植による視機能回復	50.0	2025	2030	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
60	臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬	10.5	2025	2028	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
70	他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬	10.5	2025	2035	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
72	百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明	10.0	2025	2029	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
80	免疫抑制剤を用いない同種移植技術	10.0	2025	2029	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
91	免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生	6.7	2030	2032	難病、希少疾患
71	変形性関節症の病因解明と治療標的分子の同定	0	2025	2029	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

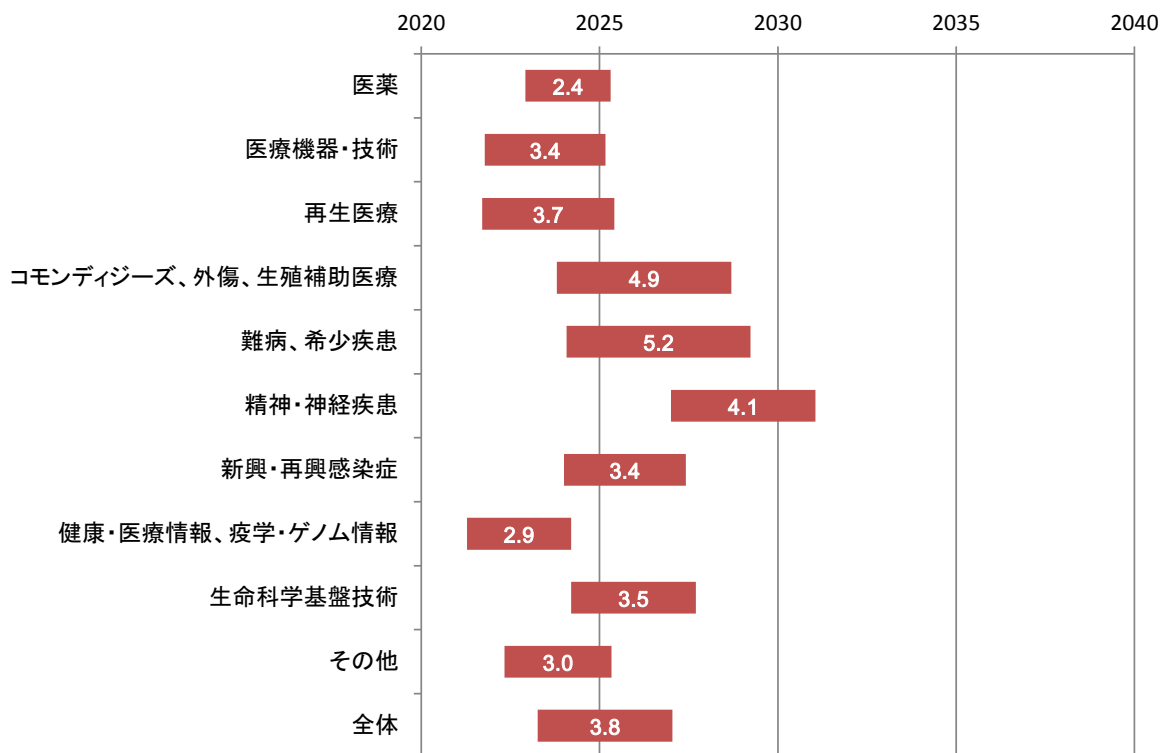
表 2-2-28 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
78	緊急大量輸血に対応可能な人工赤血球	27.3	2020	2025	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
72	百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明	20.0	2025	2029	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
91	免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生	13.3	2030	2032	難病、希少疾患
64	miRNAなどの機能性RNAを用いた慢性炎症の早期診断法	13.0	2021	2025	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療
55	過半の固形がん種に対する免疫制御技術を基盤としたがん治療法	12.0	2025	2028	コモンディジェーズ、外傷、生殖補助医療

2. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間

技術的実現から社会実装までの期間を細目別にみると、「難病・希少疾患」が 5.2 年、「コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療」が 4.9 年と長い一方で、「医薬」は 2.4 年、「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」の細目は 2.9 年と比較的短くなっている。

図 2-2-13 技術的実現から社会実装までの期間(年)



技術的実現から社会実装までの期間の長いトピック(上位 7 件)および期間の短いトピック(下位 14 件)は、それぞれ以下のとおりである。

表 2-2-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
81	ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	2025	2035	10	コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療
82	胎児の生育を可能にする人工子宮	2030	2040	10	コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療
95	蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法	2025	2035	10	難病、希少疾患
47	動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器	2022	2032	10	再生医療

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
70	他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬	2025	2035	10	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
83	不妊治療のための、最適時期にホルモンデリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節	2020	2030	10	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
67	運動が困難な高齢者・障害者も利用可能な、運動効果を模倣できる生活習慣病治療薬	2020	2030	10	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
62	腸管微生物叢の再構築による健康寿命の延伸	2025	2025	0	コモンディジェズ、外傷、生殖補助医療
18	蚊の針ほどの細さ(直径 50 μ m 程度)の無痛微小注射針	2020	2020	0	医療機器・技術
10	溶媒を用いない化合物合成技術	2025	2025	0	医薬
169	遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成	2025	2025	0	その他
104	脳画像診断法による、細胞レベルの脳病態を反映する、精神疾患の生物学的分類の構築	2030	2030	0	精神・神経疾患
160	タンパク質の一次配列・高次構造情報から、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-DNA/RNA 間、タンパク質-化合物間の相互作用を予測する技術	2025	2025	0	生命科学基盤技術
6	ポスト「京」次世代スパコンによる、生体応答・分子挙動のシミュレーション技術を活用した in silico 創薬	2025	2025	0	医薬
29	筋委縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる意思伝達装置(ブレイン・マシン・インターフェース; BMI)	2025	2025	0	医療機器・技術
1	慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法	2025	2025	0	医薬
45	聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術	2025	2025	0	再生医療
7	薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器	2025	2025	0	医薬
159	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化	2025	2025	0	生命科学基盤技術
42	再生医療製品の長期保存(2週間)・輸送技術	2020	2020	0	再生医療
94	脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、先天性代謝障害(ライソゾーム病等)の予防・治療法	2025	2025	0	難病、希少疾患

2. 5. 未来科学技術年表

2. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2020	2 細胞内標的に作用する抗体医薬
	5 タンパク質間相互作用 (Protein-Protein Interaction:PPI) を阻害する化合物を設計する技術
	8 全身投与で肝臓以外の疾病も治療が可能な、siRNA、アンチセンスなどの核酸医薬
	13 iPS 細胞などの幹細胞由来分化細胞を用いた薬剤反応性のハイスループット・スクリーニング (HTS) 技術
	14 任意の位置の 1mm 以下のがん組織の検出技術
	15 体外からの操作により自由自在に移動が可能なカプセル型内視鏡
	17 患者の三次元画像に基づく、質感などの生体物性が忠実に再現された、手術シミュレーションのための人体モデル
	18 蚊の針ほどの細さ(直径 50 μ m 程度)の無痛微小注射針
	19 ステンレス製と同等の切れ味を有するディスプレイザブルな樹脂製剪刀(医療用ハサミ)
	21 投与するとがん組織を選択的に包み込んで治療することができるポリマー医療材料
	22 外科医師の経験を補い、直径 1mm 以下の血管の円滑な吻合を可能にする手術支援デバイス
	27 歩行支援型ロボットを用いて脊髄損傷により失われた下肢機能を回復させる治療法
	33 分化細胞から遺伝子導入によらず iPS 細胞などの幹細胞を作成する技術
	34 再生医療を可能とする造血系幹細胞の大量培養技術
	35 分化抵抗性の未分化幹細胞を選択的に除去して、iPS 細胞などの幹細胞から分化した細胞を純化する技術
	36 iPS 細胞などの幹細胞を用いた再生医療において、腫瘍化した移植細胞を検出する技術
	38 胚性幹細胞 (ES 細胞) 移植を用いた再生医療技術
	42 再生医療製品の長期保存(2 週間)・輸送技術
	43 三次元形状制御を可能にする、生体組織機能を有する再生医療用足場素材
	44 細胞プリンティング技術による臓器様構造体(臓器モックアップ)の作製技術
	49 ライフスタイルビッグデータ活用による疾病予防法
	52 細胞組織検査に代わる、リキッドバイオプシーによるがん治療の選択法
	67 運動が困難な高齢者・障害者も利用可能な、運動効果を模倣できる生活習慣病治療薬
	77 老化に伴う咀嚼・嚥下機能低下の予防・治療法
	78 緊急大量輸血に対応可能な人工赤血球
	83 不妊治療のための、最適時期にホルモンデリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節
	93 腸管微生物叢の再構築による、難治性疾患(潰瘍性大腸炎、クローン病等)の予防・治療法
	96 脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、進行性神経筋疾患(ミトコンドリア病等)に対する発症予防及び進行を遅らせるための治療法
	121 電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム
	128 糖尿病、高血圧等の慢性疾患患者を定期通院から解放するための、生体センサーを活用した在宅での疾病管理に基づく遠隔診療
	129 医療者が患者ごとに診療ガイドラインに準拠した診療が出来るようにナビゲートする機能をもつ電子カルテシステム
	130 OTC 医薬品や健康食品などの使用履歴をリアルタイムに集積・共有し、臨床評価に役立てられる情報システム
	2020

年	トピック
	性を加味した再入院率等)を自動計算するためのアルゴリズムとデータベース
	132 レセプト情報と電子カルテ情報等の統合により作成した全国規模の医療行為・結果データベースに基づく、疾患・治療・アウトカムイベントの即時悉皆型の多次元集計システム(医療の標準化・効率化及びサービスの向上に資する)
	133 全国民の70%以上が自由意思で登録する健康医療データベース(国民へ健康・医療・介護サービスを効果的・効率的に提供するための、登録した国民自身と許可された保健・医療・介護サービス提供者だけが参照可能なデータベース)
	134 個別化医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証などによる病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム
	135 ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)
	143 患者に装着可能なウェアラブルセンサーやベッドサイドの高精度センサーを用いた、入院患者の転倒・転落につながる行動を90%以上の精度で検知して直ちに看護・介護者へ注意喚起ができるシステム
	144 生活環境のセンシングやライフログセンシングによる脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知と、それに基づいた救急医療情報システム
	148 ゲノムに加え、オミックスデータ(エピゲノム・プロテオーム・メタボローム)を数時間以内に1万円以下で体液サンプルからモニタリングする検査技術
	150 国内における全ての医療機関で保管されている全医療データ(過去の紙カルテを含む)の電子化
	152 医療行為に伴う放射線被ばくの実態把握と防護を目的とした、疫学データベースの構築
	158 1細胞レベルでのプロテオーム解析
	163 医薬品・医療機器の審査に資する、費用対効果の評価システム
	167 研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム
	170 公共財としての医療・ゲノムデータベースの利活用に関わる基本ガイドラインの確立
2021	26 患者の体内情報を誤差1mm以下の精度で提示する、拡張現実感技術を用いた外科手術支援システム(術中ナビゲーション)
	64 miRNAなどの機能性RNAを用いた慢性炎症の早期診断法
	65 心血管イベントや脳血管イベントの発症リスクをバイオマーカー・バイオイメージングにより定量的に予測する技術
	166 強いストレス状況下において、アスリートが自らの持つ能力を最大限に発揮するためのメンタルコントロール法(集中度とリラックス度が共に高い状態の誘導法等)
	171 ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)技術の国家的倫理ガイドラインの確立
2022	4 ウイルス構成因子・粒子等の感染細胞内オルガネラ間移動阻害による、近縁ウイルスに共通して効果を示す抗ウイルス薬
	23 直径2mm以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術
	24 高感度力覚(触覚等)の検知・フィードバック機能により、組織・臓器の質感が術者の手元に伝えられる手術ロボット
	25 臓器深部の病変を3次元でリアルタイムに可視化する、術中診断のための装置
	31 安価で導入が容易な認知症介護補助システム(例えば、導入には10万円以下、月々維持費1000円以下、1DKでも設置可能なシステム)
	41 安全性確保と免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品
	47 動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器
	48 特定の種類の細胞へとある程度分化した細胞、または分化する方向にコミットされた(運命が決定された)細胞を治療部位に注入し、その部位で組織を再生させることによる機能回復療法
	54 がん幹細胞を標的とした難治性がんの治療薬
	63 各栄養素の生体恒常性に与える影響の統合的理解に基づく、生活習慣病に対する栄養療法・食事療法
2022	66 サルコペニアのメカニズム解明によるロコモティブシンドロームの効果的予防法
	122 病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術 注)病原体データベース:ヒトおよびヒト以外

年	トピック
	の動物等の病原体の網羅的な遺伝子・タンパク情報データベース
	138 電子化された診療録、看護記録から重要な臨床イベントを自動検出したり、医療者向けのサマリーを自動生成するシステム
	141 ほとんどの介護記録をほぼ確実に音声入力でき、自動的に電子介護記録として保存できる情報システム
	146 患者からの健康相談やインフォームド・チョイス/デシジョンなどに役立つコンサルテーション機能をもったコンピュータシステム(仮想医療者)
	147 分子薬理知識や生体分子相互作用および患者ゲノムに関する情報に基づく、医薬品の個人別副作用リスクの知的推論アルゴリズムを実装した情報システム
	149 国内すべての医療機関における、ほとんどの診療記録の電子的な保存・利用を可能とする電子カルテの導入
	151 医療技術の海外展開や医療ツーリズムの推進に向けた、医療用語の自動的な言語間相互翻訳を含む情報処理機能を搭載した多言語医療情報システム
	157 循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム
2023	11 吸収性、代謝安定性、溶解度などに問題がある化合物を確実に標的疾患部位に運べる DDS
	16 計算流体力学に基づく脳動脈瘤の成長・破裂リスクに関する指標
	32 分化細胞の初期化メカニズムの全容解明
	39 生体内に元来内在する幹細胞の賦活化技術
	40 生体内に移植された幹細胞の自律的な増殖と分化を促す再生医療技術
	53 統合的オミックス解析情報に基づいた個別化がん医療
	56 自律神経系・精神的ストレス・うつ病の生活習慣病に与える影響およびそのメカニズムの解明
	74 がん細胞と正常細胞が混在している悪性度の高いがん(脳腫瘍等)の治療を目指したホウ素中性子捕捉療法(BNCT)
	86 次世代シーケンサーを用いた難治性疾患特異的ゲノムデータベースの構築と発症機序の解析法
	87 特発性造血障害(再生不良性貧血、骨髄異形成症候群等)の発症予防法
	90 幹細胞移植による筋ジストロフィー患者の筋再生
	120 iPS細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法
	123 新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム
	136 個人ゲノム情報、臨床情報、生活行動情報、環境情報などの統合による、個人単位での疾病発症・重症化予測、生活習慣改善介入、診断や治療効果判定を可能にする情報システム
	137 診察室での医療者と患者との対話を自動認識し、整形された文章として自動的に記録できる自動カルテ記録システム
	139 医師の経験に基づいて評価されている個人の観察情報(顔色、歩き方、話し方等)がセンサーとデータ処理技術により定量化され、収集・分析できるシステム
	145 医療機器・システムの誤操作や患者状態に合わない設定などに起因する医療過誤の解消に向けた、知的アラート・意思決定支援の機能を搭載した医療情報システム
	155 予防医療・先制医療に資する、動的ネットワークバイオマーカーを用いた疾病発症・病態悪化の予兆検出(注)動的ネットワークバイオマーカー:個々の単一のバイオマーカーとしての性能は高くなくても、それらのネットワークとしては極めて高機能な、複雑系数理モデル学に基づく新しい概念のバイオマーカー
2024	3 低分子化合物・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬
	9 アロステリック結合部位の予測に基づく、薬物の分子設計技術
	37 幹細胞移植による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋委縮性側索硬化症(ALS)等)に対する治療法
	58 糖尿病・高血圧・動脈硬化性疾患などの生活習慣病に対する、統合的オミックス解析による病因・病態分類に基づく治療法
2024	75 転移がんの治療を目指した、内用放射線治療技術(放射性物質を組み込んだ薬剤)
	97 難病法(難病の患者に対する医療等に関する法律)に基づく全国規模のデータベースを活用した、神経変性

年	トピック	
	疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)、筋ジストロフィーや希少筋疾患の予後を評価するバイオマーカーの開発	
	112 精神・神経疾患に対する深部脳刺激療法、ニューロフィードバックなどの生理学的治療法	
	113 次世代シーケンサーを用いた全ゲノム解析に基づく、神経筋疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)患者の新たな診断・治療法	
	140 医療用人工知能による、プライマリケア医向け初期自動診断システム	
	142 安全で質の高い在宅介護を保障する、介護行動識別センサーを活用したモニタシステム	
	164 情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	
2025	1 慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法	
	6 ポスト「京」次世代スパコンによる、生体応答・分子挙動のシミュレーション技術を活用した in silico 創薬	
	7 薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器	
	10 溶媒を用いない化合物合成技術	
	12 標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶ、外部エネルギー制御(磁気誘導等)やメゾ制御(3-300nm 程度の微細な人工制御システム)、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を利用した、ナノキャリアシステム	
	20 日常生活に支障を来たさず腎機能を維持できるウェアラブルな透析装置	
	28 触圧覚、痛覚、温覚、冷覚の全ての皮膚感覚を実現する義手(皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手)	
	29 筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる意思伝達装置(ブレイン・マシン・インターフェース:BMI)	
	30 筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる運動機能補完ロボット(ブレイン・マシン・インターフェース:BMI)	
	45 聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術	
	46 神経回路網再構築を実現する脊髄損傷治療法	
	50 前がん状態からの発がんを抑制する予防薬	
	51 エピジェネティックな遺伝子の発現制御のモニタリングによる、がんや難病の発症リスクの診断法	
	55 過半の固形がん種に対する免疫制御技術を基盤としたがん治療法	
	57 胎生期から乳幼児期の環境因子に起因するエピゲノムに作用する、生活習慣病の予防・治療薬	
	59 加齢による身体機能低下・認知機能低下に対する、統合的オミックス解析情報に基づく個別化予防プログラム	
	60 臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬	
	62 腸管微生物叢の再構築による健康寿命の延伸	
	69 膵β細胞を再生・増加させ糖尿病を治癒させる薬剤	
	70 他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬	
	71 変形性関節症の病因解明と治療標的分子の同定	
	72 百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明	
	73 日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法	
	76 慢性疼痛の病態解明による分子標的薬の開発	
	79 外傷性眼球損傷に対する、眼球移植による視機能回復	
	80 免疫抑制剤を用いない同種移植技術	
	81 ヒトiPS細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	
	84 卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)	
	2025	85 バイオチップを用いた難治性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)、クローン病等)の発症リスクの把握と最適な治療の選択法
		88 ほぼ全ての単一遺伝性疾患の遺伝子治療法
		89 難病・希少疾患に対する、標的組織特異的なゲノム・エピゲノム編集に基づく遺伝子治療法
		92 免疫器官の再生による、自己免疫疾患の発症予防と治癒

年	トピック
	94 脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、先天性代謝障害(ライソゾーム病等)の予防・治療法
	95 蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法
	100 ニューロン-グリア相互作用における分子機構の全容解明
	103 神経変性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)の病態進行を反映するバイオマーカー
	105 認知症の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防に繋がる先制医療
	107 うつ病の脳病態による亜型診断分類に基づく、即効性で再発のない新規抗うつ治療法
	110 自閉スペクトラム症の脳病態に基づく、自律的な社会生活を可能とする治療・介入法
	111 神経変性疾患(アルツハイマー病等)における細胞内凝集体形成の抑制に基づく、神経変性疾患の発症予防法と治療法
	114 てんかんの病型分類の構築による、適切な治療法
	115 神経疾患患者にみられる精神症状や睡眠障害の発症機構の解明による、新たな治療法
	116 慢性ウイルス感染症(HIV/AIDS、慢性肝炎等)に対する根治的治療
	117 発生が希少等により研究開発への社会的な投資意欲が低い感染症(薬剤耐性菌、顧みられない熱帯病等)に対する診断法・ワクチン・薬剤の効率的な開発・供給体制
	118 ウイルス抗原変異等の影響なく、数回の接種で生涯感染予防が可能なインフルエンザワクチン
	119 特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー
	124 ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム
	125 薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新たなアプローチ等))
	126 生体(粘膜等)を含めどこにでも使用可能かつ芽胞等対象を問わず滅菌が可能な消毒技術
	127 新規病原体に対して迅速に中和抗体を作製して、大量生産する技術
	153 多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築
	156 脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術
	159 ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化
	160 タンパク質の一次配列・高次構造情報から、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-DNA/RNA 間、タンパク質-化合物間の相互作用を予測する技術
	161 タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術
	162 ゲノムの非コード領域の50%以上の領域の機能解明
	165 競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置
	168 輸入食品全数検査を可能とする、食品の安全性検査(毒性、微生物等)
	169 遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成
2027	61 若返りを誘導する因子の投与または老化誘導物質の抑制による健康寿命の延伸
	106 統合失調症の脳病態解明に基づく、社会復帰に繋がる副作用の少ない新規抗精神病薬
	154 多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製
2028	108 双極性障害の脳病態解明に基づく、再発予防が可能な副作用の少ない新規気分安定薬
2028	109 依存症(薬物、アルコール等)に共通な脳病態の解明に基づく、予防法・再発防止法
2030	68 動脈硬化性病変を完全に修復できる薬物療法
	82 胎児の生育を可能にする人工子宮
	91 免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生
	98 神経回路網の発生、成熟、維持、老化における分子機構の全容解明
	99 神経回路網およびシナプスでの神経伝達物質を介在する情報処理機構の全容解明

年	トピック
	101 記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明
	104 脳画像診断法による、細胞レベルの脳病態を反映する、精神疾患の生物学的分類の構築
2035	102 意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明

2. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2020	18 蚊の針ほどの細さ(直径 50 μ m 程度)の無痛微小注射針
	42 再生医療製品の長期保存(2 週間)・輸送技術
2021	143 患者に装着可能なウェアラブルセンサーやベッドサイドの高精度センサーを用いた、入院患者の転倒・転落につながる行動を 90%以上の精度で検知して直ちに看護・介護者へ注意喚起ができるシステム
2022	19 ステンレス製と同等の切れ味を有するディスプレイザブルな樹脂製剪刀(医療用ハサミ)
	121 電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム
	129 医療者が患者ごとに診療ガイドラインに準拠した診療が出来るようにナビゲートする機能をもつ電子カルテシステム
	130 OTC 医薬品や健康食品などの使用履歴をリアルタイムに集積・共有し、臨床評価に役立てられる情報システム
	132 レセプト情報と電子カルテ情報等の統合により作成した全国規模の医療行為・結果データベースに基づく、疾患・治療・アウトカムイベントの即時悉皆型の多次元集計システム(医療の標準化・効率化及びサービスの向上に資する)
	167 研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム
2023	13 iPS 細胞などの幹細胞由来分化細胞を用いた薬剤反応性のハイスループット・スクリーニング(HTS)技術
	35 分化抵抗性の未分化幹細胞を選択的に除去して、iPS 細胞などの幹細胞から分化した細胞を純化する技術
	128 糖尿病、高血圧等の慢性疾患患者を定期通院から解放するための、生体センサーを活用した在宅での疾病管理に基づく遠隔診療
	131 医療品質管理を目的とした、臨床品質指標(患者の重症度を考慮した治療アウトカムや診療機能等の病院特性を加味した再入院率等)を自動計算するためのアルゴリズムとデータベース
	133 全国民の 70%以上が自由意思で登録する健康医療データバンク(国民へ健康・医療・介護サービスを効果的・効率的に提供するための、登録した国民自身と許可された保健・医療・介護サービス提供者だけが参照可能なデータバンク)
2024	17 患者の三次元画像に基づく、質感などの生体物性が忠実に再現された、手術シミュレーションのための人体モデル
	36 iPS 細胞などの幹細胞を用いた再生医療において、腫瘍化した移植細胞を検出する技術
	77 老化に伴う咀嚼・嚥下機能低下の予防・治療法
	134 個別化医療の実現や医療の質向上に資する、IC チップが組み込まれた保険証などによる病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム
	138 電子化された診療録、看護記録から重要な臨床イベントを自動検出したり、医療者向けのサマリーを自動生成するシステム
	163 医薬品・医療機器の審査に資する、費用対効果の評価システム
	166 強いストレス状況下において、アスリートが自らの持つ能力を最大限に発揮するためのメンタルコントロール法(集中度とリラックス度が共に高い状態の誘導法等)
2025	1 慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法
	2 細胞内標的に作用する抗体医薬
	3 低分子化合物・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬
	5 タンパク質間相互作用(Protein-Protein Interaction:PPI)を阻害する化合物を設計する技術
	6 ポスト「京」次世代スパコンによる、生体応答・分子挙動のシミュレーション技術を活用した in silico 創薬
	7 薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器
	8 全身投与で肝臓以外の疾患も治療が可能な、siRNA、アンチセンスなどの核酸医薬
	9 アロステリック結合部位の予測に基づく、薬物の分子設計技術
	10 溶媒を用いない化合物合成技術
	2025

年	トピック
	14 任意の位置の 1mm 以下のがん組織の検出技術
	15 体外からの操作により自由自在に移動が可能なカプセル型内視鏡
	16 計算流体力学に基づく脳動脈瘤の成長・破裂リスクに関する指標
	21 投与するとがん組織を選択的に包み込んで治療することができるポリマー医療材料
	22 外科医師の経験を補い、直径 1mm 以下の血管の円滑な吻合を可能にする手術支援デバイス
	23 直径 2mm 以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術
	24 高感度力覚(触覚等)の検知・フィードバック機能により、組織・臓器の質感が術者の手元に伝えられる手術ロボット
	25 臓器深部の病変を 3 次元でリアルタイムに可視化する、術中診断のための装置
	26 患者の体内情報を誤差 1mm 以下の精度で提示する、拡張現実感技術を用いた外科手術支援システム(術中ナビゲーション)
	27 歩行支援型ロボットを用いて脊髄損傷により失われた下肢機能を回復させる治療法
	29 筋委縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる意思伝達装置(ブレイン・マシン・インターフェース:BMI)
	31 安価で導入が容易な認知症介護補助システム(例えば、導入には 10 万円以下、月々維持費 1000 円以下、1DK でも設置可能なシステム)
	32 分化細胞の初期化メカニズムの全容解明
	33 分化細胞から遺伝子導入によらず iPS 細胞などの幹細胞を作成する技術
	34 再生医療を可能とする造血系幹細胞の大量培養技術
	37 幹細胞移植による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋委縮性側索硬化症(ALS)等)に対する治療法
	38 胚性幹細胞(ES 細胞)移植を用いた再生医療技術
	39 生体内に元来内在する幹細胞の賦活化技術
	41 安全性確保と免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品
	43 三次元形状制御を可能にする、生体組織機能を有する再生医療用足場素材
	44 細胞プリンティング技術による臓器様構造体(臓器モックアップ)の作製技術
	45 聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術
	49 ライフスタイルビッグデータ活用による疾病予防法
	52 細胞組織検査に代わる、リキッドバイオプシーによるがん治療の選択法
	53 統合的オミックス解析情報に基づいた個別化がん医療
	54 がん幹細胞を標的とした難治性がんの治療薬
	56 自律神経系・精神的ストレス・うつ病の生活習慣病に与える影響およびそのメカニズムの解明
	58 糖尿病・高血圧・動脈硬化性疾患などの生活習慣病に対する、統合的オミックス解析による病因・病態分類に基づく治療法
	62 腸管微生物叢の再構築による健康寿命の延伸
	63 各栄養素の生体恒常性に与える影響の統合的理解に基づく、生活習慣病に対する栄養療法・食事療法
	64 miRNA などの機能性 RNA を用いた慢性炎症の早期診断法
	65 心血管イベントや脳血管イベントの発症リスクをバイオマーカー・バイオイメージングにより定量的に予測する技術
	66 サルコペニアのメカニズム解明によるロコモティブシンドロームの効果的予防法
	78 緊急大量輸血に対応可能な人工赤血球
	86 次世代シーケンサーを用いた難治性疾患特異的ゲノムデータベースの構築と発症機序の解析法
	94 脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、先天性代謝障害(ライソゾーム病等)の予防・治療法
2025	113 次世代シーケンサーを用いた全ゲノム解析に基づく、神経筋疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)患者の新たな診断・治療法

年	トピック
	120 iPS 細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法
	122 病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術 注) 病原体データベース: ヒトおよびヒト以外の動物等の病原体の網羅的な遺伝子・タンパク情報データベース
	123 新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム
	135 ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)
	136 個人ゲノム情報、臨床情報、生活行動情報、環境情報などの統合による、個人単位での疾病発症・重症化予測、生活習慣改善介入、診断や治療効果判定を可能にする情報システム
	137 診察室での医療者と患者との対話を自動認識し、整形された文章として自動的に記録できる自動カルテ記録システム
	139 医師の経験に基づいて評価されている個人の観察情報(顔色、歩き方、話し方等)がセンサーとデータ処理技術により定量化され、収集・分析できるシステム
	141 ほとんどの介護記録をほぼ確実に音声入力でき、自動的に電子介護記録として保存できる情報システム
	142 安全で質の高い在宅介護を保障する、介護行動識別センサーを活用したモニタシステム
	144 生活環境のセンシングやライフログセンシングによる脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知と、それに基づいた救急医療情報システム
	145 医療機器・システムの誤操作や患者状態に合わない設定などに起因する医療過誤の解消に向けた、知的アラート・意思決定支援の機能を搭載した医療情報システム
	146 患者からの健康相談やインフォームド・チョイス/デジジョンなどに役立つコンサルテーション機能をもったコンピュータシステム(仮想医療者)
	147 分子薬理知識や生体分子相互作用および患者ゲノムに関する情報に基づく、医薬品の個人別副作用リスクの知的推論アルゴリズムを実装した情報システム
	148 ゲノムに加え、オミックスデータ(エピゲノム・プロテオーム・メタボローム)を数時間以内に1万円以下で体液サンプルからモニタリングする検査技術
	149 国内すべての医療機関における、ほとんどの診療記録の電子的な保存・利用を可能とする電子カルテの導入
	150 国内における全ての医療機関で保管されている全医療データ(過去の紙カルテを含む)の電子化
	151 医療技術の海外展開や医療ツーリズムの推進に向けた、医療用語の自動的な言語間相互翻訳を含む情報処理機能を搭載した多言語医療情報システム
	152 医療行為に伴う放射線被ばくの実態把握と防護を目的とした、疫学データベースの構築
	155 予防医療・先制医療に資する、動的ネットワークバイオマーカーを用いた疾病発症・病態悪化の予兆検出注)) 動的ネットワークバイオマーカー: 個々の単一のバイオマーカーとしての性能は高くなくても、それらのネットワークとしては極めて高機能な、複雑系数理モデル学に基づく新しい概念のバイオマーカー
	157 循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム
	158 1細胞レベルでのプロテオーム解析
	159 ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化
	160 タンパク質の一次配列・高次構造情報から、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-DNA/RNA 間、タンパク質-化合物間の相互作用を予測する技術
	169 遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成
	170 公共財としての医療・ゲノムデータベースの利活用に関わる基本ガイドラインの確立
2026	4 ウイルス構成因子・粒子等の感染細胞内オルガネラ間移動阻害による、近縁ウイルスに共通して効果を示す抗ウイルス薬
	97 難病法(難病の患者に対する医療等に関する法律)に基づく全国規模のデータベースを活用した、神経変性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)、筋ジストロフィーや希少筋疾患の予後を評価するバイオマーカーの開発
2026	119 特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー
	140 医療用人工知能による、プライマリケア医向け初期自動診断システム
	164 情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法

年	トピック
2027	46 神経回路網再構築を実現する脊髄損傷治療法
	48 特定の種類の細胞へとある程度分化した細胞、または分化する方向にコミットされた(運命が決定された)細胞を治療部位に注入し、その部位で組織を再生させることによる機能回復療法
	74 がん細胞と正常細胞が混在している悪性度の高いがん(脳腫瘍等)の治療を目指したホウ素中性子捕捉療法(BNCT)
	96 脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、進行性神経筋疾患(ミトコンドリア病等)に対する発症予防及び進行を遅らせるための治療法
2028	20 日常生活に支障を来さず腎機能を維持できるウェアラブルな透析装置
	55 過半の固形がん種に対する免疫制御技術を基盤としたがん治療法
	60 臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬
	76 慢性疼痛の病態解明による分子標的薬の開発
	124 ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム
	125 薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新たなアプローチ等))
	153 多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築
	165 競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置
	168 輸入食品全数検査を可能とする、食品の安全性検査(毒性、微生物等)
2029	30 筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる運動機能補完ロボット(ブレイン・マシン・インターフェース:BMI)
	40 生体内に移植された幹細胞の自律的な増殖と分化を促す再生医療技術
	71 変形性関節症の病因解明と治療標的分子の同定
	72 百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明
	80 免疫抑制剤を用いない同種移植技術
	89 難病・希少疾患に対する、標的組織特異的なゲノム・エピゲノム編集に基づく遺伝子治療法
	93 腸管微生物叢の再構築による、難治性疾患(潰瘍性大腸炎、クローン病等)の予防・治療法
	107 うつ病の脳病態による亜型診断分類に基づく、即効性で再発のない新規抗うつ治療法
	112 精神・神経疾患に対する深部脳刺激療法、ニューロフィードバックなどの生理学的治療法
	161 タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術
2030	12 標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶ、外部エネルギー制御(磁気誘導等)やメゾ制御(3-300nm程度)の微細な人工制御システム)、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を利用した、ナノキャリアシステム
	28 触圧覚、痛覚、温覚、冷覚の全ての皮膚感覚を実現する義手(皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手)
	50 前がん状態からの発がんを抑制する予防薬
	51 エピジェネティックな遺伝子の発現制御のモニタリングによる、がんや難病の発症リスクの診断法
	57 胎生期から乳幼児期の環境因子に起因するエピゲノムに作用する、生活習慣病の予防・治療薬
	59 加齢による身体機能低下・認知機能低下に対する、統合的オミックス解析情報に基づく個別化予防プログラム
	67 運動が困難な高齢者・障害者も利用可能な、運動効果を模倣できる生活習慣病治療薬
2030	69 膵β細胞を再生・増加させ糖尿病を治癒させる薬剤
	73 日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法
	79 外傷性眼球損傷に対する、眼球移植による視機能回復
	83 不妊治療のための、最適時期にホルモンドリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節
	85 バイオチップを用いた難治性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)、クローン病等)の発症リスクの把握と最適な治療の選択法

年	トピック
	87 特発性造血障害(再生不良性貧血、骨髄異形成症候群等)の発症予防法
	88 ほぼ全ての単一遺伝性疾患の遺伝子治療法
	90 幹細胞移植による筋ジストロフィー患者の筋再生
	100 ニューロン-グリア相互作用における分子機構の全容解明
	103 神経変性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)の病態進行を反映するバイオマーカー
	104 脳画像診断法による、細胞レベルの脳病態を反映する、精神疾患の生物学的分類の構築
	105 認知症の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防に繋がる先制医療
	108 双極性障害の脳病態解明に基づく、再発予防が可能な副作用の少ない新規気分安定薬
	109 依存症(薬物、アルコール等)に共通な脳病態の解明に基づく、予防法・再発防止法
	110 自閉スペクトラム症の脳病態に基づく、自律的な社会生活を可能とする治療・介入法
	111 神経変性疾患(アルツハイマー病等)における細胞内凝集体形成の抑制に基づく、神経変性疾患の発症予防法と治療法
	114 てんかんの病型分類の構築による、適切な治療法
	115 神経疾患患者にみられる精神症状や睡眠障害の発症機構の解明による、新たな治療法
	116 慢性ウイルス感染症(HIV/AIDS、慢性肝炎等)に対する根治的治療
	117 発生が希少等により研究開発への社会的な投資意欲が低い感染症(薬剤耐性菌、顧みられない熱帯病等)に対する診断法・ワクチン・薬剤の効率的な開発・供給体制
	118 ウイルス抗原変異等の影響なく、数回の接種で生涯感染予防が可能なインフルエンザワクチン
	126 生体(粘膜等)を含めどこにでも使用可能かつ芽胞等対象を問わず滅菌が可能な消毒技術
	127 新規病原体に対して迅速に中和抗体を作製して、大量生産する技術
	156 脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術
	162 ゲノムの非コード領域の50%以上の領域の機能解明
2031	84 卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)
	106 統合失調症の脳病態解明に基づく、社会復帰に繋がる副作用の少ない新規抗精神病薬
2032	47 動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器
	75 転移がんの治療を目指した、内用放射線治療技術(放射性物質を組み込んだ薬剤)
	92 免疫器官の再生による、自己免疫疾患の発症予防と治癒
	91 免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生
2033	68 動脈硬化性病変を完全に修復できる薬物療法
2035	70 他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬
2035	61 若返りを誘導する因子の投与または老化誘導物質の抑制による健康寿命の延伸
	70 他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬
	81 ヒトiPS細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療
	95 蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法
	98 神経回路網の発生、成熟、維持、老化における分子機構の全容解明
	99 神経回路網およびシナプスでの神経伝達物質を介在する情報処理機構の全容解明
2035	101 記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明
2040	82 胎児の生育を可能にする人工子宮
	102 意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明

2. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組みとして、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

<p>1 慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法</p> <p>○次世代ゲノム遺伝子解析、○エピゲノム解析、○超高感度質量分析微量蛋白解析、○実用的なシステムバイオロジーを可能とするマルチオミクス(特に、トランスクリプトミクスとプロテオミクスの融合解釈)解析技術、○既存薬物投与における生体内中オミクス変化のデータ収集とデータベース化、○疾患の病態生理的メカニズムの把握(モデル動物等を用いた基礎医学研究からのデータに基づく。)、○in vivo における慢性疾患の病態システムの詳細ならびに他の臓器に及ぼす影響の把握、○ヒトにおける病態メカニズムの把握、○遺伝情報の管理と使用に関する適切な情報管理システムの構築、○遺伝子情報を臨床に応用することに対する国民のコンセンサスの形成、○遺伝子ネットワークに基づき推奨される薬物療法の実際の効果の検証、○生体内可視化技術、○トランスクリプトミクス解析による疾患関連遺伝子発現解析技術、○プロテオミクス解析による血中バイオマーカーの網羅解析技術、○メタボロミクス解析によるバイオマーカーの網羅解析技術、○高精度解析可能なコンピュータ環境、○なるべく多くの検体、○なるべく安価な全ゲノムシーケンス、○全ゲノムシーケンスの結果を解析する数理モデル、○環境整備、○パイオインフォマティクス人材育成と地位向上、○医・薬・工・物を含むすべての分野における研究アイデアの融合、○遺伝子解析、○人工臓器、○人的資源の育成、○人的資源の配分、○環境整備、○慢性疾患モデル動物の開発、○薬物標的蛋白多変異の機能解析、○機能性蛋白の構造解析、抗体作成技術、○予防的治療方法への関心と理解。それに向けた創薬活動の推奨、○時間経過にともなった病勢進行の研究、○人外挿できる動物モデルの構築、○多因子遺伝の疾病が多く、解析に時間がかかる、○患者データの一元管理、○パイオインフォマティクス、○倫理指針、○遺伝子機能の解析技術・解析法の開発、○臨床的事項をいかにして統合データベース上に載せるか、○臨床的事項の再整理と再評価が必要、○国民への情報発信(リスクとベネフィットを伝える)、○高血圧患者のACE genotypeのよる高圧薬剤の効果の違いは我が国の研究者によって研究されている、○専門家間の学際的、国際的な連携による共同研究、○大規模データ集積と処理システム、○病態の発症機構の解明、○薬剤のデザイン、スクリーニング、○蛋白質の機能を可視化して、高い時間および空間解像度で、長期間に渡って評価できる技術、○疾患の有無や病勢の強弱による遺伝子発現の変動といった間接的な情報をもとに、遺伝子ネットワークの構成を予測するにあたり、より詳細な情報を簡便に得るとともに、より正確な予測を可能とする技術、○特定の操作が各種遺伝子ネットワークに与える影響を簡便かつ正確に予測する技術、及び実験的に証明する技術を基に、特定の遺伝子ネットワークを特異的に自在に操作する技術、○次世代シーケンサーを用いた個人ゲノム情報取得 データ管理 データ解析、○ゲノム解析、○血液、尿等から疾患に関わる物質を検出する技術、○1と2を関連付け、診断や投与薬物を選択するシステム、○人間を対象とした臨床研究、○電子カルテの整備、○遺伝子解析などの生化学的手法</p>
<p>2 細胞内標的に作用する抗体医薬</p> <p>○(プロ)レニン受容体、○作用機作に基づくスクリーニング技術、○抗体製造技術、○副作用とそのコントロール、○最適抗原の特定、○multi-specific/multi-functional 抗体の作製、○膜通過が不可能とされている巨大分子を通過させるようにする技術、○native な抗体の機能を保持したまま、巻く通過可能となるように改良した機能タンパク製造技術、○ターゲットとなる抗体の選抜技術、○抗体の迅速大量増幅技術、○抗体機能の簡便な検査技術、○細胞内標的の可視化、○抗体医薬の高度製造技術、○抗体-ドラッグ複合体などの融合技術、○細胞内に抗体を導入する技術、○細胞内シグナリングに関連する分子を特異的に認識できる抗体探索に特化した抗体ライブラリーの作製とスクリーニング技術の確立、○細胞内の標的分子(タンパク質)は、高次構造を保持した状態で細胞内に存在している。それをそのままの状態では認識するには、標的分子の高次構造を認識できる抗体の作製が必須となる、○高次構造認識モノクローナル抗体の作製には、DNA 免疫、抗原発現マイクロマ細胞による目的の抗体産生 B 細胞の選択が重要である、○ヒト型高次構造認識モノクローナル抗体作製には、ヒト抗体産生トランスジェニックマウスの利用が必要となる、○困難と思われるが、秘密となっている知的財産の閲覧、○成長ホルモンを作る脳の活動を弱めない薬を早く開発して欲しい、○HGH プラスが安く手にはいるように、○副作用の研究も進めて欲しい。</p>
<p>3 低分子化合物・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬</p> <p>○コスト低減が可能な製造システムの確立、○欧米に先駆けたガイドラインの制定(レギュラトリーサイエンス)、○オーファンレセプターの機能解析、○in silico を含めた物質間相互作用の解析、○有機合成化学、○コンビナトリアル合成化学、○分子インプリンティング法(標的分子に対する鑄型を人工材料中に構築する鑄型重合法の一つ)、○配列制御重合法(タンパク質のようにモノマー単位で配列を制御することが可能な重合法)、○分子構造を解析する技術の発展(今風に言うと、分子の見える化)、○分子科学的視点を習得した人材の育成、○ミクロな結果を個々に分析評価するのではなく、その相乗効果を評価できるようなマクロな評価系の確立、○腸内細菌フローラで疾患コントロールは、かなり、実現性あり、○感染症治療薬、○低コスト、○高い安全性、○質量分析器、○製薬企業の側面支援、○ジェネリック推奨による製薬企業衰退の防止、○ペプチドを基本とする中分子化合物の合成技術、○ゲノムを標的とする機能性タンパク質の創出技術、○抗体以外のタンパク質を医薬品として利用するためのデリバリーなどの周辺技術、○医師がもっとニーズを明らかにする臨床研究をする、○医師指導試験を安く出来る方法も研究として募集する、○医薬になりうる化合物群の特定、○化学合成法の確立、○大規模な化合物のスクリーニングライブラリーの作成、○通常は何の作用も示さないが、何らかの外部刺激により作用を示す医薬品に変換するような概念を実現するための新規反応系の探索、○治療に貢献する免疫系の活性化を促すのにもかわらず、他の臓器には直接作</p>

<p>用しないような医薬品の開発、○低分子化合物とタンパク質との中間に位置し、タンパク質に似た働きをする中分子医薬の開発と、それを細胞内または核内へと届ける DDS 技術の開発、○生体機能に関する基礎的な知見の蓄積、○有機化学</p>
<p>4 ウイルス構成因子・粒子等の感染細胞内オルガネラ間移動阻害による、近縁ウイルスに共通して効果を示す抗ウイルス薬</p> <p>○ウイルスの細胞内オルガネラ間移動のメカニズムの解明およびオルガネラ間移動に関与する分子の同定、○ウイルスの細胞内オルガネラ間移動に関与する分子を標的とする医薬の開発、○抗ウイルス薬の細胞内への移送技術の開発、○細胞内環境の物理化学の研究、○細胞内トランスポートの分子生物学、○微小抗体</p>
<p>5 タンパク質間相互作用 (Protein-Protein Interaction:PPI) を阻害する化合物を設計する技術</p> <p>○タンパク質相互作用が、培養下ではなく、生体内でどのように起こっているのか正確に把握し、阻害標的が特異的であることを証明する必要があると思います、○NMR 構造生物学。探索初期の低活性の候補阻害化合物が、標的タンパク質の表面に作用しているかどうかを確実に判定できる唯一の方法、○タンパク質試料の調製法 (安定同位体による標識技術) とそのコストダウンの方法。上記 1 に活用するためには標識タンパク質が必要、○インシリコスクリーニングの高精度化。まず溶媒効果を取り入れたドッキングエンジンの開発が必要で、京などスパコン利用が必須、○中分子ライブラリーに関する設計、合成、およびスクリーニング、○in silico 技術の活用、○DDS 技術の活用、○タンパク質間相互作用の動的解析技術、○具体的なタンパク分子間相互作用を確かめる複数の手法、○細胞生物学的な背景、○物理化学的な手法の開発、○分子の追跡方法、可視化方法のグレードアップ、○化合物ライブラリー、○ハイスループット・スクリーニング、○ケミカルバイオロジー、○蛍光イメージング、○創薬化学、○タンパク質の精密立体構造解析、○化合物の合成技術、○ハイスループット・スクリーニング技術・アッセイ系の開発、○既存のスクリーニング装置の高感度化、非特異的シグナルの低減化、○ラベルフリー解析技術 (NMR、質量分析、BLI、DMR など) の PPI スクリーニングへ向けた技術対応、○より確実な結晶構造解析、○化学者 (特に有機化学者) の参入の活性化、○in vitro から in vivo へ連携する生物学者の協力、○in silico 計算技術の普及、○PPI 阻害を極力精密に予想できる in silico 手法。その際に有用となる立体情報の取得技術 (今までは結晶化・解析しにくかったものも可能にしていく等)、○複雑な構造の新規化合物を効率的・多数合成できる技術・手法の継承と新規開拓、○フラグメントスクリーニングと、フラグメントを組み合わせて中～大分子化する方法論の進歩、○計算による相互作用部位の精密なデータ (X 線等のデータがなくて可能ならばかなり有用)、○タンパク質の三次元構造のデータ (X 線、計算でも)、○化合物ライブラリーから標的の化合物を選択する技術、○PPI を阻害する多様性を持つ化合物ライブラリー (プール) の作成技術、○PPI をシミュレーションしより精度を高めた分子を設計する技術、○分子の結合を原子レベルで説明するための実験技術 (水中での水素結合力、分子間力、イオン結合の測定法の開発)、○水溶液中での分子の振る舞いと結合を計算するための基礎データ (水中での水分子の内部エンタロピー測定、水分子内での疎水性、親水性の説明)、○化合物では不可能な空間配置を可能とする技術、○新しい薬物設計の考え方</p>
<p>6 ポスト「京」次世代スパコンによる、生体応答・分子挙動のシミュレーション技術を活用した in silico 創薬</p> <p>○計算速度の向上 (次世代スパコンの開発)、○「京」の民間企業 (あるいは製薬会社のコンソーシアム) への開放 (成果独占方式)、○受容体全体のフレキシビリティ、水分子と化合物の相互作用を計算できる正確さとスピード、○情報学者と臨床医の連携研究は多くの果実をもたらす、○薬物の溶解度・膜吸収・体内動態・血管内での吸着など、薬物設計に続くフェーズでの予測技術の開発、○溶液のままのタンパク質立体構造および水分子を含む精緻な構造取得技術の開発、○上記 1 実現のための超高速・大規模計算環境の整備 (ベンチマークテストではなく実用レベルで利用できること)、○連携のシステム化○ハードウェアの専門家ではなく創薬専門家によるハードウェアの設計。つまり、究極の目的指向型研究推進</p>
<p>7 薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器</p> <p>○人工臓器だけでなく、移植した細胞を使って最大の治療効果を引き出すための技術、○移植された細胞の分布・機能を制御する技術、○iPS 細胞による各臓器の幹細胞、転写因子の同定、○iPS 細胞による各臓器の幹細胞の分化誘導を促す幹細胞、転写調節物質の安定供給、○iPS 細胞による各臓器の幹細胞の分化誘導を促す転写調節物質の投与の自動化 (衛生管理、濃度調節、温度管理など)、○再現性の高い分化誘導方法の開発、○臓器特異的欠損動物の作成、○iPS 細胞の簡便な継代培養法の確立、○遺伝子・人工的に作成された臓器の利用に関する法律の整備、○臨床試験に対する倫理的問題の整備、○コストパフォーマンス的な問題、○幹細胞バンクの拡大、○複雑な権利関係の整理、ライセンス環境整備、○複雑な臓器への分化誘導技術、○人工臓器作成の際にモデル臓器の生体環境を再現できたかを判定するための評価系、またはこれを確立するための基礎研究、○ヒト生体環境に近いモデル動物の多能性幹細胞の樹立 (正常臓器と異常臓器の比較が容易に行えるため研究の第一段階として)、○倫理面の課題クリア、○臓器の成長を観察できるイメージング技術、○人工臓器を生体外で工業的に作るための擬似生体内装置技術、○代謝物の微量精密測定技術、○三次元培養、立体的形態を維持する技術、○一つの臓器 (腎臓など) で複数の機能を持たせるように分化誘導出来る技術、○新規培養補助装置 (自動、大量、3次元など)、○新規培養補助素材 (培養膜、培養補助リコンビナントタンパクなど)、○生体材料の品質評価装置、○ナノテクノロジー (微小機械の開発)、○生体適合性物質の開発、○細胞分化制御機構の解明、○組織親和性の高い足場材料</p>
<p>8 全身投与で肝臓以外の疾病も治療が可能な、siRNA、アンチセンスなどの核酸医薬</p> <p>○ハイドロダイナミック遺伝子導入法、○イメージガイドによる臓器選択的カテーテル挿入、○安全性の高い (特に免疫賦活作用) 送達基材の創出、○部位特異的送達を可能とする基材表面修飾リガンドの発見、あるいは磁気誘導などによる部位特異的送達技術の確立、○標的細胞に選択的に作用できるような核酸配列の発見、○制御可能な自律複製型ベクターの開発、○DDS 技術等を用いた毒性作用の軽減、○オフターゲット作用の予測法の向上、○核酸医薬を使用した基礎研究での実施例の増加、○核酸医薬に関わる試薬の開発、○デリバリー技術 (DDS)、○核酸医薬の安定化技術、○臓器や組織内へのデリ</p>

バリー技術、オリボソーム等とは異なる送達技術(新規キャリアの創製)
9 アロステリック結合部位の予測に基づく、薬物の分子設計技術
○構造解析技術、○生理機能解析技術、○臨床との密接な関係、○X線結晶構造解析、核磁気共鳴法、SAXSなどの構造生物学的解析技術、○結晶解析に必要な抗体作成などの周辺技術、○PCを用いた解析などの技術的強化
10 溶媒を用いない化合物合成技術
○マイクロリアクターのような反応装置の革新、○有機分子触媒(プロリン触媒等)や金属触媒反応を含めた合成技術の開発、及びその反応の応用(全合成)による一般性の普及、○高精度な分離精製技術、○高精度な反応温度制御技術、○高耐久性を持つフロー反応装置の設計製造技術
11 吸収性、代謝安定性、溶解度などに問題がある化合物を確実に標的疾患部位に運べる DDS
○臓器・組織特異的な DDS 技術、○キャリア自体の安全性の確保、○標的疾患部位を選択的に認識するための技術、○当該化合物を内包でき、かつ標的部位で壊れて放出させるようなナノ粒子作製技術、○ナノ粒子の動態を非侵襲的に追跡できる技術、○特定の疾患部位に親和性を持つ標的指向性分子の開発、○高い薬物保持能力を持つナノ粒子の構築方法、○薬物放出制御を有するナノ粒子の開発、○多機能ポリマーや粒子径制御などの製剤技術、○革新的な薬剤キャリア(リボソーム高分子ミセル 抗体修飾キャリア など)の開発、○低価格で安全性の高い薬剤キャリアの開発、○医薬工学の連携、○ヒト臨床試験への倫理基準の緩和。少なくとも欧米よりは先進的でなければ、先見性の面で遅れをとる、○糖(配糖体)や糖鎖修飾による物質の水溶性向上、○糖鎖と体内レクチンとの相互作用による DDS
12 標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶ、外部エネルギー制御(磁気誘導等)やメゾ制御(3-300nm 程度の微細な人工制御システム)、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を利用した、ナノキャリアシステム
○生体に安全な材料開発と大量生産、○メカニズム評価、○代謝方法の解決、○生分解性材料の開発、○ナノ構造制御技術の開発、○キャリアシステムの生体内での分解・生体からの排泄機構の解明と評価技術の確立、○安全性の高い材料やシステムの構築、○薬の運搬技術、○ μ 加工技術、○マイクロ通信技術、○遺伝子を扱う技術、○タンパク質等のためのチャンネルの作成法、○膜脂質を自由にとり扱う技術
13 iPS 細胞などの幹細胞由来分化細胞を用いた薬剤反応性のハイスループット・スクリーニング(HTS)技術
○iPS 細胞調製の CMC、○幹細胞から特定の細胞に短期間で分化させる技術、○幹細胞から特定の細胞に確実に分化させる技術、○細胞内の反応を選択的かつ感度良く可視化できる技術、○iPS 細胞由来細胞の安定化技術、○分化メカニズム・機能と病態との関連についての知見、○幹細胞利用に係る環境整備、○iPS 細胞を用いた実験の再現性の向上、○使用する iPS 細胞の基準作成(単純なテラトーマ作成実験だけではなく、全ゲノムのメチル化状態や RNA-seq などの発現遺伝子の網羅的解析)、○疾患の原因となる細胞の特定と、iPS からの分化、培養技術、○疾患の状態を再現できる培養方法の確立、○疾患の状態を評価できる測定方法の確立、○MEMS などのマイクロチップ作製技術による組織工学技術、○幹細胞生物学、○数理生物学による定量解析、○安定的機能を保持する iPS 細胞などの幹細胞由来分化細胞の樹立方法の確立、○その機能を評価するハイスループット技術の確立、○HTSに用いる細胞の標準化、○バンク化と配布、○分化誘導技術、○個体再現性の確認、○幹細胞の分化誘導をはじめとした培養技術、○細胞機能の標準化、基準の作成、○iPS 細胞の目的細胞への効率的な分化誘導技術、○iPS 細胞及び分化細胞を安価に維持する技術、○各臓器の特性を有する細胞への幹細胞由来分化細胞の確実な形態変化誘導法の確立、○アイデア・iPS 細胞・研究者の集約と適切な資源配分、○そのためのスクリーニングセンターの設立と企業ライブラリーの集約化、○創薬経験者が研究をリードすることが必要。創薬支援 NW 内に iPS 基盤を設置することが望ましく、企業からの要望に応じる事業化も可能である。
14 任意の位置の 1mm 以下のがん組織の検出技術
○高磁場の磁気共鳴イメージング技術の高度化と低価格化、○がんが集積するナノ粒子などの DDS 技術を土台としたプローブ技術の高度化、○三次元的かつリアルタイム画像解析技術の高度化、○種々の粒子線を発生できる精密制御可能なハイブリッド型粒子線源、○極細 X 線源と高感度・高 S/N 検出器、○共焦点顕微鏡の高速化、○補償光学、○分子プローブ、○がん特異的な検出プローブ、○高感度な検出器、○より高精度な画像を作成するためのコンピュータアルゴリズム、○超高解像度光子(X線)検出デバイス、○フォトンカウンティング型光子検出デバイス、○最高精度の PET/CT や PET/MRI、○がん組織に特異的に取り込まれるあるいは付着するナノ物質に発光あるいは放射線物質をつける技術、○高感度検出装置の開発、○特異性の高い検出手法の確立、○医工連携、○放射線の進行方向を操作もしくは捉える技術、○飛躍的な感度を持ちがんの特異性が高い陽性の MRI 造影剤、○高速撮像技術もしくはモーションアーティファクトの低減技術、○次世代、フォトンカウンティング CT の実現、○自動画像読み込み、がん組織の検出ソフトウェア、○触診を実現するセンサーシステムの開発、○超音波、PET、MRI などの画像装置の高度化、○超高感度イメージング装置の開発、○特異性が高く、感度の高いイメージング剤の開発、○実現するには、半減期の短い放射性物質で標識することになるので、イメージング剤の供給体制や検査施設の集中化が必要、○高感度の画像化技術、○プローブ、○放射性同位元素の製造技術、○放射性同位元素をがん組織のみに輸送する分子(抗体やペプチド、化合物など)の開発技術、○高い空間分解能で放射線を検出する技術、○PET-CT の高感度トレーサー開発、○患者の認識レベルを上げる、○がん予防、早期発見の認識を上げる、○血中循環癌由来物の超高感度測定技術、○微小がんが高く集積し、周辺の正常組織には集積しない高コントラストイメージングプローブ、○プローブからのシグナル(放射線・光など)を高感度に検出するための検出器、○検出されたシグナルを高精度に画像再構成できる技術、○インビボイメージング技術、○画像技術、○微弱近赤外光計測技術、○診断薬剤の開発、○検出装置の開発、○がんとは非がんの統計的識別技術、○低侵襲性検出技術、○がん細胞のフェノタイプ診断、○多次元データの自動パターン認識、○

画像認識技術、○画像処理技術、○放射線被曝などを最小限で検査可能な装置、○検出器の空間解像力を高める技術、○がん細胞から検出感度の高いシグナルを発信する技術
15 体外からの操作により自由自在に移動が可能なカプセル型内視鏡
○カプセル型内視鏡の推進装置、○マイクロマシニングの精細化による内視鏡の小型化、○体外からカプセルをコントロールするための無線技術、○カプセルの駆動源、○自由に移動させるための推進制御方式の開発、○カプセル内臓用超小型電池の開発、○病巣採取のための採集メカの開発
16 計算流体力学に基づく脳動脈瘤の成長・破裂リスクに関する指標
○流体力学理論の正確な理解、○計算手法の正確な理解と実験による検証、○移動境界値問題、○生体組織のモデリング、○スーパーコンピュータの高速化、○工学者と医学者の密接な連携、○周辺分野の人材育成、○臨床データの蓄積、○工学者と医学者の高度かつ密接な共同研究、○エクサスケールの超大規模演算
17 患者の三次元画像に基づく、質感などの生体物性が忠実に再現された、手術シミュレーションのための人体モデル
○生体の物性値をモデル化する理論の確立、○生体の物性値を計測する技術、○CT、MRI、US 等の情報から質感などの物性評価が可能な技術、○臓器別の質感等が再現できる力覚提示デバイスの開発、○高精度の Mixed Reality システムの開発
18 蚊の針ほどの細さ(直径 50 μm 程度)の無痛微小注射針
○大量生産が可能になるような製造機器の作成、○微細加工技術、○生体適合性材料に関する明確なガイドライン、○皮膚の薬剤透過メカニズムについての基盤研究、○金属以外の注射針素材
19 ステンレス製と同等の切れ味を有するディスプレイ用樹脂製剪刀(医療用ハサミ)
《特になし》
20 日常生活に支障を来たさず腎機能を維持できるウェアラブルな透析装置
○既に研究中の外国の研究者との協力、○研究者への国の資金援助、○学会(日本腎臓学会、日本透析医学会等)の協力、○法整備、○血液内の老廃物の除去状況を正確に計測するセンサー、○血液及び透析液を循環させる小型システム、○小型透析膜モジュール
21 投与するとがん組織を選択的に包み込んで治療することができるポリマー医療材料
○DDS、○新規材料開発、○生体適合性、安全性、生分解性、○がん組織選択性、薬物徐放性、○がんの種類と悪性度を見分ける性能、悪性度に応じて投与する薬剤量を自律制御する、○37 度で固体になるようなポリマー樹脂の開発、○生体に毒性をもたない事、○吸収されない事、○刺激応答性付与(がん組織に対してのみ選択的に応答するポリマー材料を合成する技術)、○がん組織を選択できる技術:現状では炎症反応と鑑別が難しい、臓器特性によってがん組織のみに特異的に反応を示すものがない、○生体に不利益を生じない材料:標的組織に確実に届いた上に、一定期間、駐留し、かつ生体への安全性が確立できる材料の開発が必須、○がん組織を治療する仕組み:現状では抗癌剤・生物学的製剤であるが、これが上記の材料に適合する必要がある、○樹脂の選定、開発、○注入位置決め用装置の開発、○注入装置の開発、○正常組織を害さずにがん組織を選択的にデリバリーする経路の確保、○がん組織にとどまり、そこから拡散しないポリマー素材、○生体内で分解される、または生体内に長期的に残存しても体内に影響を及ぼさないこと、○ハイパーサーミア誘導加熱ができる小型・低価格の装置の開発(マグネタイトを注入して加熱する)、○体内深部を局所的に加熱することができる特殊な加熱装置の開発、○新しい画期的なハイパーサーミア方法の研究(誘導加熱法、HIPEC、集束超音波ばかりなので、それ以外の新しい方法の開発)、○重合ポリマーの開発技術、○脱水重合時の発熱制御シミュレーション技術、○樹脂の粘性の制御技術、○材料の変化(包み込む)速度や範囲の調整技術、○生体適合性が高くかつ修飾の容易な高分子、○高い率で選択的に腫瘍細胞と反応する分子、○ドラッグデリバリー技術
22 外科医師の経験を補い、直径 1mm 以下の血管の円滑な吻合を可能にする手術支援デバイス
○医師の腕に装着するタイプのデバイスで、スケールアップされた操作による手術を可能にする技術
23 直径 2mm 以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術
○大出力、高剛性で、かつ把持などの目的に適した大変形が可能なジョイントレス細径柔軟機構、○組織把持力、機器の剛性力、機器の自由度(指の動きの再現性)、○カメラの耐久性、○肺切除の場合、現在は組織をとりだすのにある程度の創の大きさは必要になるので、まったく傷が残らなくはないと思います、○直径 2mm 以下でも臓器を把持可能で、なおかつ把持した姿勢を維持できる形状保持機能、○過去の内視鏡開発に携わる企業に各々プレゼンをしてもらい、その得意分野を統合させる、○非平衡プラズマによる治療技術、○小型光学系(レンズ)、○空間的な操作自由度の高い多関節の先端微小手術具(鉗子、メス、縫合用など)、○内視鏡先端の作業空間における視野の適切な確保、及びその奥(裏側)にある不可視な解剖学的情報のリアルタイム提示(シミュレーション)、○内視鏡先端の作業空間で、複数の術具を同時に操作できる仕組み(複数の医師が連携して異なる術具を同時に操作できる環境)、○手術器具の超小型化、超精度化のための機械加工技術、○小型機器の実装技術、○極細ワイヤを用いた内視鏡および手術デバイスアクチュエータの開発、○微細な手術デバイスの開発技術、○内視鏡による広範囲の術野画像取得技術、○実三次元術野画像(取得・処理・表示)技術、○材料工学、○精密加工、○制御技術、○内視鏡内蔵可能な癌検知技術、○内視鏡内蔵可能な癌の切除技術、○内視鏡観察や手術をサポートする VR システムや操作インターフェース、○撮像技術、○組み立て技術、○生体医工学

24 高感度力覚(触覚等)の検知・フィードバック機能により、組織・臓器の質感が術者の手元に伝えられる手術ロボット
○小型で、ヒトの感覚を計測可能な触覚センサーあるいは、ヒトの感覚より高精度な触覚センサー、○触覚センサーの出力をヒトの感覚に置き換え、感覚を呈示デバイスの出力に変換するデータ処理技術、○軽量で安全な感覚の呈示デバイス
25 臓器深部の病変を3次元でリアルタイムに可視化する、術中診断のための装置
○画像処理技術、○術場(オペ室)で臓器深部を撮影できる装置の開発が必要、○微弱な波動を高感度に検出する技術、○高速画像処理技術、○高輝度・高出力・高機能波動光源技術、○CT、MRIなどのモダリティ装置の精度向上、○病変部位の動きを予測するシミュレーション技術、○専用計算機の開発、○人体に超微弱な疑似雑音であるM系列符号を連続して照射、SARで反射してくるM系列符号を連続受信するレーダー技術を応用、○術中MRIのリアルタイム化、○蛍光などを用いた光画像の3次元化
26 患者の体内情報を誤差1mm以下の精度で提示する、拡張現実感技術を用いた外科手術支援システム(術中ナビゲーション)
○術中臓器変形にともなうリアルタイムシミュレーション等との連携技術、○術中の患者のバイタルサイン・麻酔深度等をリアルタイムで術野に表示するための技術、○MRIやPETなど複数の医用画像データの自動レジストレーション技術、○生体組織(臓器や血管、神経束など)の自動セグメンテーション及びモデリング技術、○手術顕微鏡や内視鏡装置画像への生体モデルのAR技術、○細胞レベルの患部診断技術、○患部と得られた術中診断情報との精密な位置合わせ技術、○手術をより直観的に迅速に行うための情報提示技術、○コンピュータグラフィクス、○手術技術の計測・分析
27 歩行支援型ロボットを用いて脊髄損傷により失われた下肢機能を回復させる治療法
○歩行運動動作を実現・サポートできる装着可能なロボット装具・機構、○遠心的シグナルの支援を同時に、求心的シグナルでフィードバックする電気刺激等の神経伝達再構築システム、○装着可能な電源・動力源、○情報の収集部分の改良、○情報を用いたロボットの動作制御、○安全に向けた対応、○電極を簡単に接続する手法、○体内の微小な信号(脳波、生体電流)の取得
28 触圧覚、痛覚、温覚、冷覚の全ての皮膚感覚を実現する義手(皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手)
《特になし》
29 筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる意思伝達装置(ブレイン・マシン・インターフェース:BMI)
○構成する設備、○記録電極、○信号解析技術、○脳情報計測、センシング技術、○脳情報解読技術、○非侵襲、低侵襲の計測技術、○小型、簡易な非侵襲脳機能計測技術、○信号解析アルゴリズム
30 筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる運動機能補完ロボット(ブレイン・マシン・インターフェース:BMI)
○生体信号としての純粋度の高い脳活動計測技術、○脳活動のより詳細な解析
31 安価で導入が容易な認知症介護補助システム(例えば、導入には10万円以下、月々維持費1000円以下、1DKでも設置可能なシステム)
○コンピュータ、ロボットの開発、○予備知識なしで使用可能なインターフェースを備えたウェアラブル端末(支援者用)、○10m程度のグリッドで電子タグ所持者の定位が可能な地域無線インフラ、○ロボット、○遠隔モニタリング、○プライバシー確保のためのセキュリティ、○動体の変化を認識する機器の開発、○情報を伝達し対応者に知らせるシステムの開発、○一定範囲の情報を集約しコントロールするシステムの開発、○ウェアラブルな生体情報(心拍、呼吸数、体温、酸素飽和度など)センサーによる患者の生体情報の連続監視システム、○徘徊監視システム(生体内信号埋め込み等)、コミュニケーションロボット等は普及により安価にできる、○初期認知症の進行予防のための人的介入システム、○ロボット、○ヒューマンインターフェース、○ゲーム機器、○技術的にはすでに可能
32 分化細胞の初期化メカニズムの全容解明
○分子生物学的な十分な検証技術、○リプログラミングの過程において転写因子がエピジェネティクスを制御するメカニズムの解明、○リプログラミング前の細胞に発現する組織特異的遺伝子の発現が抑制されるメカニズムの解明、○リプログラミング後の細胞に発現する組織特異的遺伝子の発現が誘導されるメカニズムの解明、○細胞のフェノタイプを特徴付ける分子検出技術、○生体内複数遺伝子ネットワーク動態可視化技術、○エピゲノム編集技術、○複数遺伝子発現調節技術、○細胞内環境を解析するための、高解像度顕微鏡、可視化技術
33 分化細胞から遺伝子導入によらずiPS細胞などの幹細胞を作成する技術
○小分子化合物スクリーニング
34 再生医療を可能とする造血系幹細胞の大量培養技術
○当面はさい帯血を活用した培養、○自己の脂肪細胞を活用した培養、○分化誘導技術、○高純度の細胞分離・精製技術、○誘導・分離・精製した幹細胞の品質確認・保証方法、○骨髄内微小環境の解明と再現、○産業における製造技術と連

携、○細胞評価、統合化プロセス開発
35 分化抵抗性の未分化幹細胞を選択的に除去して、iPS 細胞などの幹細胞から分化した細胞を純化する技術
○生物化学工学的手法による大量処理、○物理化学的なマイクロマシンにより、時々透析のようにして異常な細胞を除去すれば、がん予防になるのでは、○そのために細胞を精密に見分けるマーカーを見つけることや、電磁気学的、力学的手法も試行錯誤して試みるのが大事なのは、○がん遺伝子が既に見つかっている場合もあるので、これに対する人工免疫臓器を創るのも良いかと思えます、○未分化細胞を選択的に除去する薬剤スクリーニングのための創薬技術、○未分化細胞除去技術
36 iPS 細胞などの幹細胞を用いた再生医療において、腫瘍化した移植細胞を検出する技術
○腫瘍化するとなると、再生医療の負の側面となりうるため、○生体内微細構造物の検出技術
37 幹細胞移植による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)に対する治療法
○幹細胞の分化誘導を制御する技術、○規制当局の協力、○移植された細胞を正しく神経回路に組み込む(移植された細胞を軸索伸長因子、神経栄養因子等に相当する医薬品によりコントロールする)、○抗体医薬品による細胞死を引き起こしている原因因子の除去、○細胞の効率的な培養法(製造コストの低減)、○凍結保存技術、○投与前のサンプル処理の簡便化(手術室で可能なレベルの操作で保存送付用細胞を投与可能にするための解凍や培地交換)
38 胚性幹細胞(ES 細胞)移植を用いた再生医療技術
○ES 細胞を大量に入手できる体制、技術の確立が必要、○実用化可能な状態での細胞の集積化技術(膜状であれば厚さの制御、塊状であれば毛細血管の形成など)の確立
39 生体内に元来内在する幹細胞の賦活化技術
○幹細胞の増殖および分化を制御する分子の同定、○幹細胞の確立、○幹細胞の基礎的な研究、○既存細胞との関係性、○狙った細胞のみを活性化させる技術、○iPS 細胞の成熟分化誘導方法の確立をベースとした生体内幹細胞誘導への応用、○高い時間・空間分解能を有した幹細胞不活化因子探索のための生体外中枢神経モデルの構築、○代謝産物量の網羅的な経時変化計測技術、○不活化システムの模倣技術の開発、○過去の確立された治療法が生体内に内在する幹細胞に影響を与えているか否かを再検証する、○理研 CDB の再構築によって、以前よりも頑強な再生研究(基礎研究)のプラットフォームを立ち上げること、○世界各国にある再生研究センターと比べて遜色のない人材確保・環境整備の強化、○In vivo イメージング技術、○幹細胞の信頼性のある(in vivo)での機能に相関する)、そして短時間・簡便に行える機能評価技術、○幹細胞を賦活化させるメカニズムの解明、○幹細胞を賦活化させる薬物の探索・開発
40 生体内に移植された幹細胞の自律的な増殖と分化を促す再生医療技術
《特になし》
41 安全性確保と免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品
○細胞を確実に封じ込めるカプセル化技術、○組織反応が少なく、細胞を長期冠機能させるカプセル化技術、○皮下など安全な移植部位への移植技術(血管新生誘導など)、○安全であることの定義と検出技術、○免疫反応をおこさない免疫表現型ライブラリーの作成
42 再生医療製品の長期保存(2 週間)・輸送技術
○過冷却技術
43 三次元形状制御を可能にする、生体組織機能を有する再生医療用足場素材
○三次元細胞培養、○三次元組織構築技術、○3 次元の組織の形態を制御する技術、○様々な素材を検討する必要がある、○酸素を供給するための血管構造を作製する技術、○iPS 細胞などを数種類の細胞とともに足場に播種し、ある程度増殖させたあとに分化させながら周囲の細胞と自己組織化させる技術、○まとまった量の iPS 細胞などを得るための細胞培養技術、○脱細胞化生体組織、○高効率・高純度な分化誘導法の開発、○生体適合性・分解性を持つ材料の開発、○非侵襲的生体イメージングの開発、○新生体材料の開発、○MEMS、○バイオリアクタ、○粘膜、関節、血管、肝臓などの臓器再生のため、生体高分子やセラミック、チタン金属などのバイオマテリアルに FGF や BMP、VEGF などの成長因子を導入することが重要と考える、○生体親和性素材を用いた生体内幹細胞の足場剤、○生体吸収性高分子の多孔質化技術、○新たなアイデア
44 細胞プリンティング技術による臓器様構造体(臓器モックアップ)の作製技術
《特になし》
45 聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術
○国の資金援助、○治療環境の更なる整備、○倫理的問題、○設備、○感覚細胞の移植・再生技術、○神経回路の再生・可塑性に関する技術、○再生医療製品の品質管理技術
46 神経回路網再構築を実現する脊髄損傷治療法
○再生医療技術・細胞の分化誘導技術. 具体的には、神経細胞を iPS で作成し移植・生着させる技術、○インビボイメージング

特に生体内深部可視化技術、○コモンマーモセットなど、霊長類の動物モデル、○脊髄内の運動や感覚等の一個一個の経路が正しく接続するための方法を開発すること
47 動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器
○三次元構造であるヒトの臓器は、二次元シート構造を重ね合わせても再現することは不可能である。動物個体のような三次元培養環境が必須となる、○将来的には、動物個体よりも効率よく培養できる三次元環境が望まれる、○再現された臓器から、三次元培養動物由来の組織(血管など)を除去する技術、もしくはヒト由来のみの純粋な臓器再現技術が必要である。
48 特定の種類の細胞へとある程度分化した細胞、または分化する方向にコミットされた(運命が決定された)細胞を治療部位に注入し、その部位で組織を再生させることによる機能回復療法
○移植細胞の確実な注入法・定着安定性、○細胞移植の安全性の確認、○移植細胞の効果持続性の確立、○自己集合的な患部への細胞集積技術、○生体内微小環境の生物学的解明、○生着向上に関する技術、○毒性、癌化回避のアセスメント法、○特定の分化細胞群のみを効率よく分離する技術、○角膜、網膜、血球細胞などを iPS 細胞から分化誘導する技術、○HLA ホモ接合体のヒトから iPS 細胞ストックを作成して、アロ iPS 細胞を用いた再生医療を実現する技術、○無血清培養下における脂肪組織由来間葉系幹細胞の目的とする細胞(組織)への分化・誘導技術、○分化・誘導された細胞を安全かつ長期に機能維持が可能な Device(免疫隔離、scaffold) の開発が必要、○疾患モデル動物(霊長類による疾患モデル動物)の作製、○免疫寛容の付与の技術、○生体内で長期間機能しうる持続性を付与する技術、○必要とする臓器または組織に安定して分化誘導する技術、
49 ライフスタイルビッグデータ活用による疾病予防法
○データ使用に関する法整備
50 前がん状態からの発がんを抑制する予防薬
○がん化の機序解析
51 エピジェネティックな遺伝子の発現制御のモニタリングによる、がんや難病の発症リスクの診断法
《特になし》
52 細胞組織検査に代わる、リキッドバイオプシーによるがん治療の選択法
○少数の細胞からの腫瘍細胞検出技術
53 統合的オミックス解析情報に基づいた個別化がん医療
《特になし》
54 がん幹細胞を標的とした難治性がんの治療薬
○研究開発から認証治療までの明確な社会的法的整備、○がん発生/転移メカニズムの解明、○DDS 技術、○バイオ医薬製造技術、○標的薬としての抗体医薬の開発、○がん幹細胞の正確な判定技術、○がん幹細胞のイメージング技術、○正常幹細胞・正常細胞に影響を与えずにがん幹細胞を殺す方法・化合物の発見
55 過半の固形がん種に対する免疫制御技術を基盤としたがん治療法
○ヒト免疫機能が完全に再現された in vivo モデル動物の樹立(遺伝子編集技術の活用など)、○がん特異的免疫細胞療法、○がんワクチン、○抗体療法、○リンパ球を自在に活性化する技術、○免疫応答を自在に収束させる技術、○リンパ球の活性化状態を正確にモニタリングする技術
56 自律神経系・精神的ストレス・うつ病の生活習慣病に与える影響およびそのメカニズムの解明
○生活習慣をリアルタイムに正確に補足するためのウェアラブルデバイス、○イメージングなどの非侵襲性脳機能検査の充実、○ビッグデータ処理、○遺伝子スクリーニング
57 胎生期から乳幼児期の環境因子に起因するエピゲノムに作用する、生活習慣病の予防・治療薬
○エピゲノム解析技術、○妊産婦を対象とする疫学研究、○ヒト材料を用いた研究の推進
58 糖尿病・高血圧・動脈硬化性疾患などの生活習慣病に対する、統合的オミックス解析による病因・病態分類に基づく治療法
○オミックス技術を使える基礎研究者と、生活習慣を診察している臨床研究医とを結ぶ懸け橋となるようなトランスレーショナル研究が進むと良いと思います、○ビッグデータ解析に必要な患者の登録、○ビッグデータの解析に必要な解析装置、○バイオマーカー検索、○バイオイメージング、○国の資金援助、○メタボロミクス、○プロテオミクス、○ゲノミクス
59 加齢による身体機能低下・認知機能低下に対する、統合的オミックス解析情報に基づく個別化予防プログラム
《特になし》
60 臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬

○研究者への国家の援助、○研究環境の整備、○基礎研究の拡充、○研究者の育成
61 若返りを誘導する因子の投与または老化誘導物質の抑制による健康寿命の延伸
《特になし》
62 腸管微生物叢の再構築による健康寿命の延伸
《特になし》
63 各栄養素の生体恒常性に与える影響の統合的理解に基づく、生活習慣病に対する栄養療法・食事療法
○オミクス解析
64 miRNA などの機能性 RNA を用いた慢性炎症の早期診断法
○再現性、確実性
65 心血管イベントや脳血管イベントの発症リスクをバイオマーカー・バイオイメージングにより定量的に予測する技術
○ビッグデータを簡易に取り込める情報収集システム、○データに間違いが無いかどうかを容易に確認出来るシステム構築、 ○適切な解析が迅速に出来るシステム、○放射線医学研究所や理化学研究所が、たくさんの研究者を雇い、研究のステージ を開放する、○網羅的バイオマーカー探索、○上記と疫学データの融合
66 サルコペニアのメカニズム解明によるロコモティブシンドロームの効果的予防法
○高齢で生じる障害を、若年で解析できる動物モデルの確立(時間の短縮の目的で)、○人口統計や、介入によるデータの変 化などに容易にアクセス出来て、解析ができるサポートシステム
67 運動が困難な高齢者・障害者も利用可能な、運動効果を模倣できる生活習慣病治療薬
《特になし》
68 動脈硬化性病変を完全に修復できる薬物療法
《特になし》
69 膵β細胞を再生・増加させ糖尿病を治癒させる薬剤
《特になし》
70 他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬
○類症鑑別技術の向上
71 変形性関節症の病因解明と治療標的分子の同定
《特になし》
72 百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明
《特になし》
73 日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法
○粒子線照射装置用イオン源、○加速器の小型化
74 がん細胞と正常細胞が混在している悪性度の高いがん(脳腫瘍等)の治療を目指したホウ素中性子捕捉療法(BNCT)
《特になし》
75 転移がんの治療を目指した、内用放射線治療技術(放射性物質を組み込んだ薬剤)
○治療に適した放射性同位元素(RI)の開発、○治療用 RI をがん組織に選択的に輸送する抗体やペプチドなどの開発
76 慢性疼痛の病態解明による分子標的薬の開発
《特になし》
77 老化に伴う咀嚼・嚥下機能低下の予防・治療法
《特になし》
78 緊急大量輸血に対応可能な人工赤血球
《特になし》
79 外傷性眼球損傷に対する、眼球移植による視機能回復

《特になし》
80 免疫抑制剤を用いない同種移植技術
○組織、細胞移植におけるカプセル化技術
81 ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療
○まずは、iPS 細胞だけではなく、ES 細胞などの多分化能をもつ細胞を培養下で正常な配偶子に分化させる技術、○分化させた配偶子を正常に受精させて、発生させる技術、○分化誘導メカニズムの理解と誘導技術の確立、○誘導後の細胞の評価法
82 胎児の生育を可能にする人工子宮
《特になし》
83 不妊治療のための、最適時期にホルモンデリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節
《特になし》
84 卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)
○体外での卵子形成・成熟技術、○着床、妊娠の補助技術とあわせて進める必要あり。○卵巣の保存技術および原始卵胞の体外培養技術の高度化、○卵巣の凍結保存技術、○卵母細胞の培養技術、○卵子のプロテオミクスを解析する技術、○卵子内の細胞内挙動を高解像度でイメージングする技術、○デザインした老化抑制薬剤を体内の卵母細胞にデリバリーする技術
85 パイオチップを用いた難治性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)、クローン病等)の発病リスクの把握と最適な治療の選択法
○iPS を用いた発症メカニズムの解明、○iPS 技術を用いた創薬
86 次世代シーケンサーを用いた難治性疾患特異的ゲノムデータベースの構築と発症機序の解析法
○出力データを効率的に処理するバイオ IT 技術、○他のオミクスデータとの組合せ・連携による、解析結果の信頼性検証が可能なバイオ IT 技術、○安全な公的機関 個人情報も多く扱うため、納得できる機関でない、遺伝子情報を個人が提出を拒む。、○シーケンサーおよび機器類・設備、消耗品、設備をおく場所と建物、情報提供医療機関、○シーケンサーや情報を扱う人間、○データベースに自由にアクセスできる環境、○患者検体で検証実験を行うための環境整備(初代培養細胞、iPS 細胞のバンク)、○ヒトゲノムレベルの莫大なゲノム情報を用いて比較ゲノム解析が可能な人材、○個別化医療が次世代の最大の課題と考える、○難治性疾患患者情報を統合してデータベース化し、より精度の高いゲノムデータベースの構築を目指すことが必要、○各難治性疾患の診断項目を標準化し、ゲノムデータと対応させることのできる客観的な疾患情報を抽出する、○情報学、○統計学、○一分子シーケンス
87 特発性造血障害(再生不良性貧血、骨髄異形成症候群等)の発症予防法
《特になし》
88 ほぼ全ての単一遺伝性疾患の遺伝子治療法
○iPS 細胞を用いた臓器再生、○遺伝子改変動物、○RNA 医薬開発技術一般、○ゲノム編集技術の活用
89 難病・希少疾患に対する、標的組織特異的なゲノム・エピゲノム編集に基づく遺伝子治療法
○患者さんやご家族の皆様からのご協力、○ゲノム編集技術の簡素化、○患者データベースの充実、○標的組織選択的な遺伝子編集技術、○患者の長期的安全性の確認、○組換え効率の高い方法の確率、○安全かつ高効率、特異的なデリバリーシステムの構築、○病態評価方法の開発
90 幹細胞移植による筋ジストロフィー患者の筋再生
○インビボイメージング技術の高度化、○再生医療の実用化、○動物愛護と霊長類の動物実験の倫理解釈や法整備
91 免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生
○胸腺萎縮機構の解明、○免疫細胞維持機構の解明、○再生をメリットとする疾患の特定、○人工リンパ節、リンパ管の開発、○胸腺の代わりとなる、リンパ球のネガティブセレクションが行われる場の再生医療、あるいは人工臓器の開発
92 免疫器官の再生による、自己免疫疾患の発症予防と治療
○免疫器官再生の実現性
93 腸管微生物叢の再構築による、難治性疾患(潰瘍性大腸炎、クローン病等)の予防・治療法
○メタゲノム解析、○ヒトの難治性疾患と腸管微生物細菌叢環境の関係の解明
94 脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、先天性代謝障害(ライソゾーム病等)の予防・治療法

○糖鎖改変、発現技術
95 蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法
《特になし》
96 脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、進行性神経筋疾患(ミトコンドリア病等)に対する発症予防及び進行を遅らせるための治療法
○安全性の高い核酸やタンパクの送達技術(全身性あるいは部位特異的)の確立、○病態部位特異的なナノ薬剤などへの投与技術
97 難病法(難病の患者に対する医療等に関する法律)に基づく全国規模のデータベースを活用した、神経変性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)、筋ジストロフィーや希少筋疾患の予後を評価するバイオマーカーの開発
○疾患特異性の高い予後バイオマーカーの発見、○必要な検体入手までに時間がかかり、また多くの検体を回収できないため、健康人及び患者の検体(血液・尿)を研究施設(大学・企業等)が簡便な手続きで測定できるような仕組みづくりが必要、○微量成分解析技術の向上
98 神経回路網の発生、成熟、維持、老化における分子機構の全容解明
○遺伝子改変動物の作成と飼育、○脳神経関連データベースの整備、○神経回路網の「つながり方」の詳細(どの脳領域の神経細胞が、どこに投射しているのか)を調べる技術(狂犬病ウイルスの改変?)、○誕生した神経細胞が個性を持ち、神経回路網へ組み込まれる過程を可視化・操作する技術、○脳の老化と、他の臓器の関連(臓器間の連携)を解析する技術、○optogenetics、○霊長類を用いた解析
99 神経回路網およびシナプスでの神経伝達物質を介在する情報処理機構の全容解明
○PET の新規リガンド開発、○複数の神経細胞の活動をモニターするための高性能な電位依存性色素の開発、○単一のシナプス小胞の活動、およびそれを担っている分子の活動を観察するための手法の開発、○複数の神経細胞の詳細な活動を包括した数理モデルの構築、○イメージング MS など分析技術の進歩、○in vivo 二光子イメージング、○in vivo 電気生理、○形態学
100 ニューロン-グリア相互作用における分子機構の全容解明
○設備投資、○人材育成、○グリアイメージングに必要な PET などの大型研究施設をもう少し多くの施設に配備すること
101 記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明
○計測技術の進展と、大量データ取得によるデータベースの構築、○脳機能を解明するための遺伝子改変動物作成技術の改善、○脳機能をモニターするための高性能顕微鏡の開発、○脳機能をシミュレートするためのコンピュータモデルの開発、○特定の神経回路をラベルするための技術、前臨床においてはウイルスベクターや Tg 動物など、ヒトにおいては神経伝達を可視化するための放射性プローブなど、○認知機能が発達した霊長類動物モデルにおける神経回路操作法(光遺伝学や化学遺伝学)の開発、○精神・神経疾患モデル動物(特に霊長類)の開発、○神経回路の機能的な解析を高い時空間解像度で可能にする技術 たとえば、光による神経活動操作と神経活動記録、○神経細胞への遺伝子操作をより簡便化する技術 たとえば、神経細胞種ごとの特異的プロモーターの網羅的探索など、○計算論的神経科学(理論)にもとづくトップダウンの機能推定、○コネクトーム技術による全脳のマクロな神経回路構造およびミニコラム内の微小な神経回路構造の解明、○時間分解能・空間分解能が高く、広く深く観察できる神経活動観察技術。
102 意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明
○神経ネットワークの解明、○高次脳機能の検査系、実験系の確立、○マウスにおける脳機能イメージング、○ヒトにおける脳機能イメージング
103 神経変性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)の病態進行を反映するバイオマーカー
○ごく微量の分子マーカーを簡便に検出できる装置。例えば、次世代のデジタル PCR など
104 脳画像診断法による、細胞レベルの脳病態を反映する、精神疾患の生物学的分類の構築
《特になし》
105 認知症の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防に繋がる先制医療
○認知症の発症機構解明を目的とした、神経ネットワークに依存するプロテオミクス解析技術、○新たなバイオマーカーの探索、○タイプ別の予防法の開発、○非侵襲的な脳活動測定による大規模被験者群による横断的データが必要。脳波や fMRI 画像による認知機能の加齢と認知能力の照らし合わせ、○バイオマーカーとなるものが明らかではないので、顔や文字認知や、動く物体への認知など、多角的に調査する必要がある、○体温計のように家庭レベルで使うことができる低レベル(高感度、中程度の特異度)なバイオマーカー計測装置、○診断機関で確定診断をするための高レベル(高感度、高特異度)なバイオマーカーの計測法の開発、○進行を停止するまたは原因を除去する薬剤、○エビデンスに基づいた発症予防法の確立、○臨床データの蓄積技術(単にプロジェクトに対し予算を出しただけでは不十分。大学病院などの疲弊を改善し必要な人材が集まる状況にしないといけない。) サロゲートマーカーの開発、○現在よりも優れた疾患モデル動物の開発、○高リスク患者を発

見する発症前バイオマーカーの開発、○認知症の鑑別を正確に分類できる技術、○実際の認知症患者からバイオマーカーを発見する技術、○早期診断による認知症予防可能な治療技術、○イメージングなどの非侵襲性脳機能検査
106 統合失調症の脳病態解明に基づく、社会復帰に繋がる副作用の少ない新規抗精神病薬
《特になし》
107 うつ病の脳病態による亜型診断分類に基づく、即効性で再発のない新規抗うつ治療法
○ヒト脳の収集・保存・分配のシステム、○凍結死後脳の大切片の形態解析を行う薄切・染色技術、○固定死後脳の透明化・染色・3D 画像化技術、○疾患におけるセロトニンなどの神経伝達物質の変異、大脳の活動異常といった病態の解明、○現在行われている、病状の主観的評価による亜型診断分類から、バイオマーカーなどを対象とした客観的な亜型診断分類への変更
108 双極性障害の脳病態解明に基づく、再発予防が可能な副作用の少ない新規気分安定薬
○若年発症の確定的な症例の集積、○臨床ならびに研究の一体的かつ単一機関の設立、○国主導の官民合同研究
109 依存症(薬物、アルコール等)に共通な脳病態の解明に基づく、予防法・再発防止法
○予防教育、○啓発活動、○アディクションに対する渴望予防薬の開発、○アディクションに対する効果的な治療プログラムの開発
110 自閉スペクトラム症の脳病態に基づく、自律的な社会生活を可能とする治療・介入法
○脳内ニューロンネットワークの解明、○問診に頼らない診断方法(例、脳画像診断、感覚器の応答反応など)
111 神経変性疾患(アルツハイマー病等)における細胞内凝集体形成の抑制に基づく、神経変性疾患の発症予防法と治療法
○細胞内凝集体に対する抗体医薬品の開発、○適切なバイオマーカーの同定、○発症メカニズムの理解、○新規なイメージング手法、○疾患モデル動物、○in silico でのモデル研究
112 精神・神経疾患に対する深部脳刺激療法、ニューロフィードバックなどの生理学的治療法
《特になし》
113 次世代シーケンサーを用いた全ゲノム解析に基づく、神経筋疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)患者の新たな診断・治療法
○細胞モデルの構築、○ゲノムビッグデータの解析技術
114 てんかんの病型分類の構築による、適切な治療法
○診断の均一性、○患者データベースの充実、○治療薬の開発
115 神経疾患患者にみられる精神症状や睡眠障害の発症機構の解明による、新たな治療法
○有効とされる薬物について、二重盲検試験ができる環境(ショートステイ代わりに入所させて、二重盲検試験ができる環境)患者家族にメリットがなければどうしてもエントリー時点でバイアスがかかってしまう、○比較的容易に偽薬が用意できる環境
116 慢性ウイルス感染症(HIV/AIDS、慢性肝炎等)に対する根治的治療
○防御因子を活性化する低分子化合物の開発、○ウイルスの易変異性を制御する低分子化合物またはワクチンの開発
117 発生が希少等により研究開発への社会的な投資意欲が低い感染症(薬剤耐性菌、顧みられない熱帯病等)に対する診断法・ワクチン・薬剤の効率的な開発・供給体制
○人材育成、○内外の研究者間での連携、○国レベルの具体的な戦略と計画、○質の高い研究者の育成、○バクテリオファージの医療応用、○ファージセラピー、○ワクチン、○感染症薬やワクチン開発への補助金、○ワクチン重要性に関する国民への啓蒙、○医学部課程における感染症科目の必修、○抗生物質など組み合わせに関する知識の普及、○資源配分による裾野の広い研究支援体制の拡充とその統括的役割を果たす組織運営(NIH など)、○製薬企業が率先して開発を行わないため、文科省や厚労省による研究費配分が重要、○非営利研究機関に、時限付きではない形での研究開発グループの設置
118 ウイルス抗原変異等の影響なく、数回の接種で生涯感染予防が可能なインフルエンザワクチン
○インフルエンザワクチンの有効性を握る最も重要な抗原決定基の同定、○遺伝子分節ごとの変異速度の解析、○抗原変異による免疫応答性の変化に関する解析、○抗原性に低くても抗体を誘導する技術、○機能的に重要で変異を許容しない部位を同定する技術、○中和抗体からの逃避機構を解明する技術。
119 特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー
○デバイス開発、○検出技術の開発

120 iPS 細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法
○病原体侵入門戸(例:腸管上皮)を試験管内で再現する技術、○病原体の侵入・増殖を細胞レベルで検知・可視化する技術、○増殖した病原体の変異速度を定量する技術、○創薬において iPS 等細胞試験が動物実験に代用できる という国の見解、○iPS 細胞大量生産などを産業業種として推進する 基盤整備
121 電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム
《特になし》
122 病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術 注) 病原体データベース:ヒトおよびヒト以外の動物等の病原体の網羅的な遺伝子・タンパク情報データベース
○既存の次世代シーケンシング法のさらなる簡易化と低コスト化、○新規シーケンシング法の開発、○純培養を必要としない質量分析同定法の開発、○現代の感染症においては、これまでの技術で培養可能な菌のみを対象にされていたため、メタゲノム技術を応用して、多くの感染症についての遺伝子情報データベースを構築することが重要、○そのためには、多額の資金が必要となるが、現在の状況では、それは望むことができない。そのため、国として、どの程度資金を使えるのかについて明確にしてほしい。
123 新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム
《特になし》
124 ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム
○経験と危機管理理想集約技術
125 薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新たなアプローチ等))
○特に病院の集中治療室等で必要で環境整備や人材育成等により達成可能、○豊富な研究費、○研究者、研究室の相互国際交流、○人材育成、○薬剤耐性機構の獲得メカニズムの解明による、獲得メカニズムの破壊もしくは制御技術、○新規薬剤の開発、○まん延を制御する社会システムの開発(市民の教育および病院の体制)、○異分野融合研究。医学的なアプローチではなく、工学(例えばテラヘルツ波による病原微生物の早期感知)や数理モデルによる薬剤耐性の変異パターン予測などを取り入れる、○資金。特異分野融合研究への資金投下、○公衆衛生学、獣医学、環境科学の融合的研究の支援、○小学校で手洗いがなぜ重要性なのかを繰り返し教える。同時に極端な除菌は無意味であることを教える、○医療従事者への薬剤の適切使用の教育の徹底
126 生体(粘膜等)を含めどこにでも使用可能かつ芽胞等対象を問わず滅菌が可能な消毒技術
○新規消毒薬剤の開発
127 新規病原体に対して迅速に中和抗体を作製して、大量生産する技術
○生産技術の開発、○新たなヒト型モノクローナル抗体作製システムの開発、○新しいコンセプトに基づくエピトープ同定システムの開発
128 糖尿病、高血圧等の慢性疾患患者を定期通院から解放するための、生体センサーを活用した在宅での疾病管理に基づく遠隔診療
○血糖値の体外からモニタリングできるセンサーの開発
129 医療者が患者ごとに診療ガイドラインに準拠した診療が出来るようにナビゲートする機能をもつ電子カルテシステム
○データベース構築技術および高速処理技術、○ガイドライン作成のための推定アルゴリズムの開発、○患者情報の隠ぺい化、セキュリティ技術、○医療者の教育、特に連携に関する意識向上、○在宅医療など、病院外での医療提供を見据えたシステム構築、○疾患ごとの標準治療の確立
130 OTC 医薬品や健康食品などの使用履歴をリアルタイムに集積・共有し、臨床評価に役立てられる情報システム
○健康食品については不要と思うが、OTC 医薬品に関しては副作用情報や効果など情報を集めて再評価も可能であるし、これから奨学校などでも薬育など必要と思うので、薬剤に対するリアルタイムな情報は必要と考える、
131 医療品質管理を目的とした、臨床品質指標(患者の重症度を考慮した治療アウトカムや診療機能等の病院特性を加味した再入院率等)を自動計算するためのアルゴリズムとデータベース
○患者診断名、重症度データの確立。標準化、○OSS-MIX2 の枠の見直し、コンテンツの標準化の推進。JAHIS 等使わず、世界標準のままでの導入の方が企業の思惑が入らない、○評価を「再入院率」では、適切ではない。結果の指標もよく検討された、○医療のクオリティ指標の定義、○医学統計学・疫学的手法の考え方を取り入れたアルゴリズム、○データのクオリティ

が管理された診療データベース
132 レセプト情報と電子カルテ情報等の統合により作成した全国規模の医療行為・結果データベースに基づく、疾患・治療・アウトカムイベントの即時悉皆型の多次元集計システム(医療の標準化・効率化及びサービスの向上に資する)
○診療情報の標準化普及を推進する技術、もしくは政策。たとえば各種「自動化」に電子カルテベンダーが取り組むインセンティブ、○医療用統一 ID 政策とその ID を安全に運用する技術、○公共目的と個人情報の保護に関する法的整理。(匿名データの提供は公共に対する国民の義務であるという考え方)、○法整備、○セキュアネットワーク、○ビッグデータ解析技術、○情報技術基盤、○通信基盤、○規制緩和、○医療機関及び自治体の協力、○資源、○コンピュータ、○情報科学、○必要性が社会に認識されること、○多施設のデータベースを統合する技術の開発
133 国民の 70%以上が自由意思で登録する健康医療データバンク(国民へ健康・医療・介護サービスを効果的・効率的に提供するための、登録した国民自身と許可された保健・医療・介護サービス提供者だけが参照可能なデータバンク)
○定量的計測手技の構築(標準化)、○医・介・健 の領域におけるデータ互換とセキュリティ、○国民標準化できるインターフェースデバイス、と日常計測化できるデバイスの構築、○セキュリティ面で安全な情報ネットワークインフラの整備、○安価・高速の大容量データ保存技術、○セキュリティ、匿名化技術、○大規模データベース技術、○ネットワークの利用料の低減化(暗号化、匿名化などの技術も含めた)
134 個別化医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証などによる病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム
○現在県や医師会毎に医療情報ネットワークが構築されて来ているが国がそれを更に発展させた形で実現出来ると考える、○高度なデータセキュリティの構築、○徹底した個人情報保護が必要、○膨大なデータを要素別に分けたりするシステムも必要、○カード紛失の際のバックアップシステムおよび悪用防止策、○全国津々浦々での医療機関での異なるフォーマットのカルテの一元規格化
135 ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)
○センサーの感度、○センサーの確度、○ロバスト性、○倫理面での法整備、○データベース構築のための人材育成
136 個人ゲノム情報、臨床情報、生活行動情報、環境情報などの統合による、個人単位での疾病発症・重症化予測、生活習慣改善介入、診断や治療効果判定を可能にする情報システム
○エピゲノム解析技術、○先制医療に資する個人の健康・栄養状態および疾患リスクの定量的評価技術、○食事および生活習慣履歴の定量的評価技術、○高精度の解析が可能となるコンピュータなどの環境整備、○ビッグデータ、○データマイニング、○アナリティクス、○個人のゲノム情報を安全に管理する仕組み、○個人のゲノム情報の品質の担保や保険収載、○大規模ゲノムコホートを用いた研究・開発、○各医療機関の電子カルテシステムに、必要データを構造化データとして収集するための入力を誘導するシステムの構築、○各医療機関の電子カルテシステムから必要データを抽出してデータセンターに送り出す仕組みの開発、○患者が医療機関を移った場合でも、医療機関をまたがって追跡フォローできる連携システムの構築、○臨床現場の電子カルテデータ、いわゆるリアルワールドデータを如何に共通化し、全国レベルで統合できるかどうか、○そのリアルワールドデータとゲノム情報を如何にマッチングさせ、臨床現場へとフィードバック出来るか、○このような領域に対し、医療、工学面双方の知識を広く持ち、活用できる人材育成をどの様に行うか、○医療情報(用語コードを含む)の標準化技術、○健康、医療、ゲノム情報等の大規模データの収集、蓄積、解析技術(ビッグデータ処理、自然言語処理、機械学習等を含む)、○セキュリティ技術(データ秘匿化等)
137 診察室での医療者と患者との対話を自動認識し、整形された文章として自動的に記録できる自動カルテ記録システム
○文章として整形・記録した後に、どこが重要かを把握する技術。ただ記録されたデータは要点が把握できない
138 電子化された診療録、看護記録から重要な臨床イベントを自動検出したり、医療者向けのサマリーを自動生成するシステム
○臨床用の自然言語処理技術、○言語処理、○医学用語ソーラス、○人工知能、○医療用自然言語処理、○大規模な日本語電子カルテコーパス
139 医師の経験に基づいて評価されている個人の観察情報(顔色、歩き方、話し方等)がセンサーとデータ処理技術により定量化され、収集・分析できるシステム
○計測対象の選定、○評価指標の設定
140 医療用人工知能による、プライマリケア医向け初期自動診断システム
○臨床医学用オントロジーの開発、○診療用ターミノロジーの整備、○診療データの標準化、○医療における診断戦略の計算機記述、○主要疾患と症状やその推移に関する知識の計算機によるハンドリング、○医学概念と用語のデータベースの構築
141 ほとんどの介護記録をほぼ確実に音声入力でき、自動的に電子介護記録として保存できる情報システム
《特になし》

142 安全で質の高い在宅介護を保障する、介護行動識別センサーを活用したモニタシステム
《特になし》
143 患者に装着可能なウェアラブルセンサーやベッドサイドの高精度センサーを用いた、入院患者の転倒・転落につながる行動を90%以上の精度で検知して直ちに看護・介護者へ注意喚起ができるシステム
○加速度及びジャイロセンサーのウェアラブルセンシング、○電波ソナーセンサー、画像モニタリングによるベッドサイドでの身体活動行動モニタリング技術と自動的にインターネットにリンクする技術、○総合的なデータの変化における感度・特異度に基づく人工知能からアラートを発するシステム、○センサー、○アルゴリズム、○介護
144 生活環境のセンシングやライフログセンシングによる脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知と、それに基づいた救急医療情報システム
○医工連携、○ウェアラブル端末の改良、○遠隔モニタリングの高度化
145 医療機器・システムの誤操作や患者状態に合わない設定などに起因する医療過誤の解消に向けた、知的アラート・意思決定支援の機能を搭載した医療情報システム
《特になし》
146 患者からの健康相談やインフォームド・チョイス/デジジョンなどに役立つコンサルテーション機能をもったコンピュータシステム(仮想医療者)
《特になし》
147 分子薬理知識や生体分子相互作用および患者ゲノムに関する情報に基づく、医薬品の個人別副作用リスクの知的推論アルゴリズムを実装した情報システム
○薬理作用の個人差に関与する遺伝情報の特定と収集の技術革新、○薬物代謝や薬物動態に関する膨大な情報収集とその統合、○処方された薬物が、7~8種類程度までは、相互作用も含めて推測可能なアルゴリズムやコンピュータ解析技術の革新、○個人情報保護を徹底した上で、ゲノム情報解析と患者の薬剤への反応歴等のデータベース構築、○エピゲノムやその他のバイオマーカーも取り入れないと、単なる SNP 等だけでは不十分であろう。
148 ゲノムに加え、オミックスデータ(エピゲノム・プロテオーム・メタボローム)を数時間以内に1万円以下で体液サンプルからモニタリングする検査技術
○微量化、○高速化、○情報処理、○分析機器の発展、○分析機器の量産による低価格化、○微量タンパク分子同定定量、○遺伝子断片の同定、○微量代謝産物の同定定量、○質量分析、○エピゲノム解析技術の簡易化、高速化、精度、○プロテオーム解析技術の簡易化、高速化、精度、○検査結果を解析するための情報処理、○高速オミックス解析技術、○次世代シーケンサー
149 国内すべての医療機関における、ほとんどの診療記録の電子的な保存・利用を可能とする電子カルテの導入
○クラウド及びセキュリティを確保した医療ネットワーク等のインフラ整備、○医師の理解、○医師会の承諾、○厚労省の承認、○医療行為の標準化コードの推進、○各医療機関への設備投資に対するインセンティブ、○監査指導體制及び方法の再検討が必要である、○国民総番号制など、国民の理解。
150 国内における全ての医療機関で保管されている全医療データ(過去の紙カルテを含む)の電子化
○財源、○個人情報、○厚生労働省からの専門家の各病院への派遣 専門家は医師が望ましい
151 医療技術の海外展開や医療ツーリズムの推進に向けた、医療用語の自動的な言語間相互翻訳を含む情報処理機能を搭載した多言語医療情報システム
《特になし》
152 医療行為に伴う放射線被ばくの実態把握と防護を目的とした、疫学データベースの構築
○フィルムバッチ等の管理方法の確立 すぐ結果がわかるもの、○被曝線量の定量、○臓器別の被曝線量の予測値の決定
153 多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築
○「生体機能を記述する定量的関係式を構築する」という問題に対して、数学的な観点から取り組むこと、○どのような生命機能が重要で、実験を行う価値があるかを実験生物学者がしっかり把握すること、○1, 2 のどちらにも精通したプロフェッショナルな人材を育成すること、○数理生物学、○統計学(現象を統計的・確率的に記述するモデル)、○生体内分子、構造物を定量的にリアルタイムで定量的に計測できる技術(顕微鏡、プローブ、画像処理・解析)、○データマイニング、機械学習、多変量解析、○数理モデリング、○シミュレーション、○定量的ライブイメージング、○1分子粒度の実験・観察の自動化・ハイスループット化、○専用計算機開発等を含む、シミュレーション・解析のための計算機技術・計算科学の進展、○日本全国の研究者が自由・安価に共用できる、総合共用施設の構築や、それに準ずる施設利用の積極的推進、○若手研究者への技術・マテリアルの積極的提供
154 多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製

<p>○生命構成要素分子の低コスト多種類合成調達技術、○ライブイメージング、○コンピュータシミュレーション、○基礎理論の確立、○ゲノムの理論設計技法、○細胞膜・細胞内小器官の製造方法、○高感度な質量分析解析技術、○組成の異なる脂質を非対称に配置したリボソームの作成技術、○リボソームの内部に蛋白質を封入する技術、○内部コンポーネントと連携して自律的に分裂可能な細胞内外を隔てる膜やポリマー、○自己複製可能な情報保持分子あるいは情報保持機構、○細胞間コミュニケーションを実現する化学分子や電気、電磁波等の発信と受信、情報処理システム、○タンパク質解析技術、○遺伝子解析技術、○分子動力学解析技術、○細胞モデルの実空間での構築、○細胞機能の自己組織化、○非平衡開放系の物理的手法、○多種多様なゲノム編集技術、○新たな遺伝子組み換えの枠組みを定めた法令の整備、○合成生物学的アプローチと分子生物学的アプローチを繋げる技術、○プロテオーム解析技術、○全生物のゲノム情報データベース、○非コードゲノム領域の機能解明、○進化学、○ゲノム編集技術、○リボソームやマイクロ Tus などの微小反応系、○効率的な人工膜への膜タンパク質再構成技術、○人工細胞内での自律的なエネルギー循環システム、○人工膜形成、○高感度顕微観察、○ソフトマターの物理化学、○人工細胞の生体への生着、○タンパク質合成技術、○細胞内小器官の機能の完全な解明</p>
<p>155 予防医療・先制医療に資する、動的ネットワークバイオマーカーを用いた疾病発症・病態悪化の予兆検出 (注))動的ネットワークバイオマーカー:個々の単一のバイオマーカーとしての性能は高くなくても、それらのネットワークとしては極めて高性能な、複雑系数理モデル学に基づく新しい概念のバイオマーカー</p>
<p>○生命構成要素分子の低コスト多種類合成調達技術、○ライブイメージング、○コンピュータシミュレーション、○基礎理論の確立、○ゲノムの理論設計技法、○細胞膜・細胞内小器官の製造方法、○高感度な質量分析解析技術、○組成の異なる脂質を非対称に配置したリボソームの作成技術、○リボソームの内部に蛋白質を封入する技術、○内部コンポーネントと連携して自律的に分裂可能な細胞内外を隔てる膜やポリマー、○自己複製可能な情報保持分子あるいは情報保持機構、○細胞間コミュニケーションを実現する化学分子や電気、電磁波等の発信と受信、情報処理システム、○タンパク質解析技術、○遺伝子解析技術、○分子動力学解析技術、○細胞モデルの実空間での構築、○細胞機能の自己組織化、○非平衡開放系の物理的手法、○多種多様なゲノム編集技術、○新たな遺伝子組み換えの枠組みを定めた法令の整備、○合成生物学的アプローチと分子生物学的アプローチを繋げる技術、○プロテオーム解析技術、○全生物のゲノム情報データベース、○非コードゲノム領域の機能解明、○進化学、○ゲノム編集技術、○リボソームやマイクロ Tus などの微小反応系、○効率的な人工膜への膜タンパク質再構成技術、○人工細胞内での自律的なエネルギー循環システム、○人工膜形成、○高感度顕微観察、○ソフトマターの物理化学、○人工細胞の生体への生着、○タンパク質合成技術、○細胞内小器官の機能の完全な解明、○質の高いバイオマーカーの保存技術、○微量バイオマーカーの検出技術、○多種のバイオマーカーのネットワーク解析技術、○アンジオテンシノーゲン、○(プロ)レニン受容体、○安価な網羅的なタンパク、ゲノム解析技術、○ネットワーク解析技術、○疾病発症・病態の精度の高い診断技術、○イメージング、○生体分子の標識、○生体膜機能の解明、○ある程度、疾患特異性の高いバイオマーカーの開発、○ある程度、感度のよいバイオマーカーの開発、○バイオマーカーの測定値を統合し、リスク値の算出や診断を行うためのソフトウェア、○病態に応じた分子機能のネットワーク組み合わせ解析技術、○電子カルテによる大規模疾病情報研究、○各種疾患に関連する動的ネットワークバイオマーカーの探索、○疾患関連バイオマーカーの非侵襲的検出法の確立、○疾患関連動的ネットワークバイオマーカーの複合的な情報を疾患発症・病態悪化のリスク予測に変換するシミュレーション技術の開発、○単一バイオマーカーの適切なメトリックの抽出、○メトリック変数間から相関等の自明な構造以上のものを見つけ出し記述する数理手法の開発、○メトリックの定量化の精度向上、○イメージング技術と遺伝病理学的現象を関連付けて研究がで座新できる人材の発掘。</p>
<p>156 脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術</p>
<p>○超高磁場の磁気共鳴イメージング技術、○高度な画像解析・補正技術、○光源開発、○プローブ開発、○刺激技術、○イメージング結果の解析技術、○光源開発、○光検出器の高感度化、○遠赤外領域の単色性が強い高出力レーザー、○生体の光散乱特性を考慮した画像補正法、○fMRI、○高くて均一な磁場を設計するなどの高度な磁気工学、○脳機能に関して創造的な発想と寄与ができる脳科学者、○電子顕微鏡の技術開発、○高精細映像技術との連携、○計測技術:レーザー、ナノテクノロジー技術、○信号処理技術:時系列解析、機械学習、データマイニング技術、○近赤外光イメージング標識材料、○動物疾患モデル、○近赤外光測定機器、○信号対ノイズ比が極めて高いMRI装置、○実験動物からヒトへのハードルを下げる、○脳機能だけでなく全身をScanできるPET技術の構築、○fMRIは現在最も優れた低侵襲イメージング法であるが、Bold信号は血流を観察している以上どんなに精度を上げてても神経細胞は見えない。fMIRの信号で神経細胞由来の信号を拾えるかが重要、○二光子顕微鏡の技術革新、○fMRI、○MEG、○検出器の空間解像度を高める技術、○脳機能を反映するプローブ開発の技術、○長時間空間分解能計測技術の開発、○侵襲できる深度の向上、○複数情報の同時計測可能な技術の開発</p>
<p>157 循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム</p>
<p>○低侵襲性微小センサーの開発、○データ送信解析</p>
<p>158 1細胞レベルでのプロテオーム解析</p>
<p>○微量タンパク質をロスなくサンプル処理するロボティクス技術、○超超高感度質量分析技術、○得られた質量情報をペプチド配列情報へ短時間で正確に変換する情報技術、○質量分析パイプラインの高精度化、高速化、○質量分析のためのサンプル調製技術、○全国的にサンプル収集とその解析を行うためのインフラ整備、○質量分析、○プロテインチップ、○前処理カラム、○がん診断、○再生医療、○薬剤開発、○細胞選別技術の向上、○質量分析データの蓄積を有効化するためのデータベースやソフトの充実、○1細胞レベルでの精密採取技術、○微量成分の高感度分析技術、○電気泳動やフローサイトメトリーなどを応用・組み合わせた、高次元における生体分子分離法、○網羅計測、○解析技術</p>
<p>159 ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化</p>

<p>○塩基配列解読の並列化、○データベースのオープンアクセス化、○次世代シーケンサー、○シーケンス技術開発、○バイオインフォマティクス人材育成、○次世代シーケンサーあるいは受託解析サービスの低価格化、○大容量配列解析ツールの充実、○次世代シーケンス技術の精度向上、○専門性の高い人材を集約した(仮想的な)研究機関の設立、○次世代シーケンサーによるゲノム情報の大量取得技術、○バイオインフォマティクス、○技術的な困難さは無いので、大量の資金を投入し速やかに課題を終了できるか(他国との競争に勝てるか?)が問題になる、○3年以内にゲノム取得を完了させるべき重要生物の選定すること、○ゲノム情報だけでなく、細胞レベルでの遺伝子発現情報データベースも整備すること、○産業応用されている細胞の解析技術、○微生物などを純粋培養しなくても特定生物種のゲノム情報を読み取る技術、○ゲノムの繰り返し配列の多い領域をうまく読み取る技術、○安価な大型並列計算機利用方法の普及、○セマンティックウェブ技術、○国内におけるデータのライセンス問題の明確化</p>
<p>160 タンパク質の一次配列・高次構造情報から、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-DNA/RNA 間、タンパク質-化合物間の相互作用を予測する技術</p>
<p>○タンパク質の構造解析技術、○タンパク質の分子構造を予測できる計算技術、○バイオインフォマティクス技術の進歩、○大分子量のダイナミクスを高速に計算できる計算機及び常温の現実を反映できる計算コード、○構造や相互作用のデータベース構築、○構造や相互作用を予測する情報科学および計算科学技術、○NMR 構造生物学とバイオインフォマティクスの連携体制。十分な予算措置のもと、予測→検証→予測法の改善→検証のPDCA サイクルを複数回まわす体制の構築、○X線結晶学とバイオインフォマティクスの連携体制。十分な予算措置のもと、予測→検証→予測法の改善→検証のPDCA サイクルを複数回まわす体制の構築、○計算機資源、○人的資源、○構造生命科学 NMR、X線結晶構造解析、電子顕微鏡、○分子間相互作用の検出技術 SPR、QCM、ITC、○動的な状態での構造解析技術、○動的な状態の解析に対応できる計算機、○情報の解析、蓄積の方法論、○より汎用性の高いタンパク質・タンパク質 orRNAroDNA 複合体の立体構造解析技術、○計算による予測技術、○実際に相互作用し、機能を持った溶媒条件下でタンパク質構造を解析できる技術、○構造生物学、○情報学、○統計学、○高次構造を正確に予想するシステム、○分子間相互作用を正確に測定するシステム:結晶化せずに3次元構造解析、○分子間相互作用を正確に予想するシステム、○生体高分子の自由エネルギーや構造の動きなどを高精度に計算できる技術、○化合物との相互作用(結合部位、結合の向き、結合の強さ)を正確に算出できる技術、○上記の計算が正しいかどうかについて、膨大な計算結果を効率よく検証できる実験の技術、○計算技術の性能向上、○in silico によるスクリーニング、○NMR による構造解析技術、○イメージング・顕微鏡技術のハイスループット化、○スーパーコンピュータの高機能化、○構造生物学の汎用性</p>
<p>161 タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術</p>
<p>○立体構造予測以前の、「蛋白質の分子構造と機能」の関係を(インフォマティクスではなく)分子構造・分子化学に基づいて明らかにする手法の確立、○NMR、OMS、○分子動力学シミュレーション、○NMR、○生体高分子の分子動態シミュレーション技術、○生理的環境にある生体高分子の一分子レベルの構造・動態解析技術、○排除体積効果や分子クラウディングなどを含めた細胞内環境に対する統合的理解、○活性状態のタンパク質の動的立体構造に関する実証データの蓄積、○上記1のため、活性状態でその立体構造を計測できる技術。従来のX線構造解析に代わる技術。例えば原子間力顕微鏡を用いた計測技術が考えられる、○特に膜タンパク質に関する知識の蓄積が重要、○タンパク質の立体構造を簡易に解析できる技術、○細胞生物学、生物物理学、生物情報学などの他分野間の連携、○高分解能X線結晶構造解析、○時間分解振動分光学、○In vivo でのタンパク質構造解析技術、○種々の溶媒で測定可能なNMRおよび高圧NMRなど、○タンパク質は多種多様なので意義的に決める事とは出来ない、○典型的なタンパク質をいくつか、まずは、特定すること、○誰でもが気軽に使えるNMR、X線解析技術開発、○タンパク質の機能解析技術、○アミノ酸配列解読(質量分析も含む)、○遺伝子配列およびアミノ酸配列のデータベース化、○NMR等を利用したタンパク質結晶構造解析</p>
<p>162 ゲノムの非コード領域の50%以上の領域の機能解明</p>
<p>○CRISPRを用いた細胞レベルでの網羅的ゲノム非コード領域の破壊・改変法、○CRISPRを用いた個体レベルでの網羅的ゲノム非コード領域の破壊・改変法、○個体レベルでの機能測定法、○非コード領域の配列保存性はコード領域のそれと比べると低いため、高品質かつ多サンプル由来の個体間バリエーションカタログを構築することが重要だと思われる。そのためにはショートリード系の次世代シーケンス結果を既存リファレンスゲノムにマップするのではなく、個体ゲノムをショットガン的に高信頼度で長く読み個体ゲノムをアセンブルする技術の革新が必要だろう、○非コード領域の役割として、何らかのDNA結合因子との物理的関係の場となることや、機能的非コードRNAの発現を担う可能性が挙げられる。このため、配列特異的結合が期待されるDNA結合因子の結合塩基配列やエピジェネティックな結合環境を分子レベルやエピゲノムのレベルで網羅的に把握することや、RNAの立体構造や結合因子や物性を予測する技術を発展させることが重要な意味をもつだろう、○全世界におけるヒト集団のゲノムあるいは日本におけるヒト集団のゲノムにおいて多様性に富む領域や多様性の乏しい領域を(コード領域と非コード領域を含めて)明らかにすることができれば、疾患との関連を調査する上での優先順位の設定にその情報が寄与すると期待される、○ゲノム編集技術、○遺伝子改変動物</p>
<p>163 医薬品・医療機器の審査に資する、費用対効果の評価システム</p>
<p>○効能、安全性の判断に対する標準、基準データ、○医薬品の効果を正しく評価できる体制が必要(関係者が関与しない)、○医薬品の効果の統一基準(抗癌剤で1年寿命が延びるとして、その1年分の命の値段をいくらにするか)、○情報工学技術と医学、医療の融合、○医療知識に基づく経済学、○がんの温熱治療に関わる機器の開発と保険制度の改定</p>
<p>164 情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法</p>

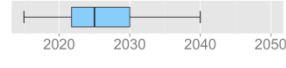




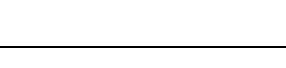
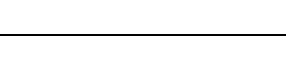
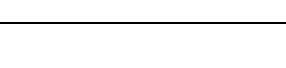


○教育者に対する医学的啓蒙活動の推進、○研究で明らかになった要素をとりいれ、かつ評価するシステムの開発(オキシトシンの効果の臨床研究や、fMRI など客観的評価法など)、○情動に関しては、本人の主観的な理解と客観的な基準を対応させることが必要で、日常の各場面に相当する状況を作りデータ化することが必要。
165 競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置
《特になし》
166 強いストレス状況下において、アスリートが自らの持つ能力を最大限に発揮するためのメンタルコントロール法(集中度とリラックス度が共に高い状態の誘導法等)
《特になし》
167 研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム
○大規模のデータベース技術と長期間にわたる保存管理の方法、○原データであることの認証技術、○技術というより研究者の意識改革、○人材育成＝研究倫理教育の見える化が、要素技術として確立しなければ、絵に描いた餅の課題になってしまうと感じます
168 輸入食品全数検査を可能とする、食品の安全性検査(毒性、微生物等)
○免疫測定法
169 遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成
○政治家による説得、○遺伝子組み換え食品に対する科学的知識の普及
170 公共財としての医療・ゲノムデータベースの利活用に関わる基本ガイドラインの確立
○ビックデータ管理技術:現在のレセプト情報だけでは情報不足であり、カルテ記載情報を標準し、診断、薬効評価等の情報を正確に収集できるシステム開発が必要、○ビックデータ解析技術:医療の専門家でも、統計の専門家でもだめで、両方を理解する研究者が必要、○バイオバンクの併設も必要:診療情報で生えられないゲノム情報(匿名可した)等も得られ、世界に打ち勝つ強力な情報源となる、○専門的知識に対する専門家の固執に対する意識変革の啓蒙、○専門知識を理解するための基礎教育、○専門家と非専門家における平等の意識の啓蒙、○規制当局が率先して、環境整備を実施する。、○人材を育てるための、投資、○疾患との関連が不明な遺伝子多型について、配列決定の信頼度に基づいて網羅的かつ迅速に疾患との関わりを抽出できるソフトウェア群の整備、○患者ゲノムの場合、匿名性を維持しつつできるだけ多様な視点から疾患に関連する情報を抽出できる仕組みの整備、○ゲノム情報および疾患情報(症状なしも含めて)を近親者間でひも付けできる仕組みの整備、○省庁間協力、○ガイドラインの簡潔・簡単なまとめ : ガイドラインが多く、内容が重なっていたりするのでまとめた方がよいと思われる、○人材の育成 : 実際にガイドラインを読んで内容まで理解している人の方が珍しいように感じている、○データベースや提供システムの整備、○遺伝子解析能力、○診断技術、○ビックデータの個人情報保護技術、○個人の医療情報のみならず、健康情報(どのような運動をしているか、食事は何を食べているか、等)などを統合したデータベースの構築、○BigData からのデータマイニング技術、○個人情報の高度な保護。さらに特定データや解析結果を個人にフィードバック可能なセキュアなシステム構築、○国民番号制度に対する許容を得るための意見集約の方法の開発(メリットとデメリットの数量的評価方法)、○疫学研究へのリテラシー教育、○国民(一般の方)への必要性の周知と合意、○データベースへのアクセスの整備、○使用した際の成果の公開
171 ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)技術の国家的倫理ガイドラインの確立
○患者本人や家族に対して BMI の目的と現在の限界、今後の発展性を齟齬なく説明する資料

2. 7. 集計結果一覧

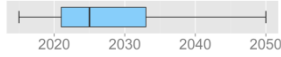

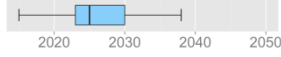
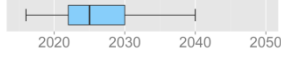
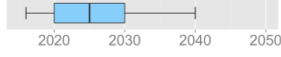
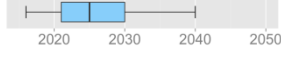

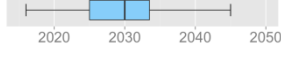
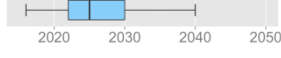

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性 (%)			研究開発特性 (指数)				年	技術的実現 実現年幅	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性			倫理性
医薬	1	慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法	211	20	31	49	3.38	2.73	2.89	2.60	3.10	2025	
	2	細胞内標的に作用する抗体医薬	237	12	30	58	3.35	2.70	2.83	2.66	2.56	2020	
	3	低分子化合物・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬	203	26	26	48	3.47	2.76	3.01	2.96	2.59	2024	
	4	ウイルス構成因子・粒子等の感染細胞内オルガネラ間移動阻害による、近縁ウイルスに共通して効果を示す抗ウイルス薬	98	7	22	70	3.40	2.55	2.88	2.77	2.58	2022	
	5	タンパク質間相互作用(Protein-Protein Interaction:PPI)を阻害する化合物を設計する技術	176	20	39	41	3.43	2.78	2.82	2.67	2.20	2020	
	6	ポスト「京」次世代スパコンによる、生体応答・分子挙動のシミュレーション技術を活用した in silico 創薬	145	10	26	65	3.26	2.85	2.85	2.64	2.02	2025	
	7	薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器	190	8	25	67	3.56	3.26	2.91	2.83	3.18	2025	
	8	全身投与で肝臓以外の疾病も治療が可能な、siRNA、アンチセンスなどの核酸医薬	154	9	33	58	3.18	2.54	2.96	2.67	2.59	2020	
	9	アロステリック結合部位の予測に基づく、薬物の分子設計技術	119	11	31	58	3.16	2.68	2.76	2.55	2.04	2024	
	10	溶媒を用いない化合物合成技術	65	25	25	51	2.80	2.61	2.63	2.72	1.91	2025	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
2.8	17.5	26.6	27.6	31	14.3	0.5	2025		6.2	19.9	24.9	16.9	28.4	27.9	2.0	
8.4	14.8	23.6	36.9	26.2	10.2	3.1	2025		11	18.1	18.4	28.7	27.8	20.2	4.9	
1.0	23.6	34.0	37.6	18.6	8.8	1.0	2025		3.4	26.1	24.2	33.2	24.7	16.8	1.1	
3.1	20.4	32.6	35.8	15.8	11.6	4.2	2026		3.1	24.5	17.9	32.6	30.5	13.7	5.3	
1.7	14.8	29.8	38.7	22.6	7.7	1.2	2025		3.4	15.3	20.7	37.8	28	12.2	1.2	
10.3	11.7	31.8	31.1	19.7	14.4	3.0	2025		9.7	17.2	23.1	28.4	17.2	27.6	3.7	
3.2	11.6	30.3	34.3	17.4	16.9	1.1	2025		4.7	14.2	18.8	33	20.5	26.7	1.1	
5.8	16.9	28	32.9	28	9.8	1.4	2025		9.1	19.5	18.2	28.7	30.1	20.3	2.8	
1.7	22.7	40.4	30.3	21.1	7.3	0.9	2025		4.2	24.4	22	29.4	25.7	20.2	2.8	
12.3	24.6	27.6	31	20.7	15.5	5.2	2025		13.8	24.6	17.2	29.3	24.1	24.1	5.2	

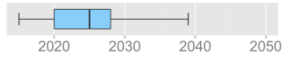
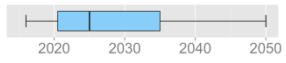
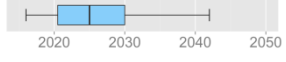
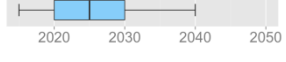


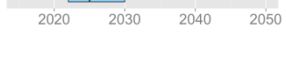

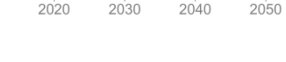

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
医薬	11	吸収性、代謝安定性、溶解度などに問題がある化合物を確実に標的疾患部位に運べる DDS	150	17	28	55	3.41	2.84	2.86	2.75	2.17	2023	
	12	標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶ、外部エネルギー制御(磁気誘導等)やメゾ制御(3-300nm 程度の微細な人工制御システム)、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を利用した、ナノキャリアシステム	72	8	17	75	3.26	2.78	2.91	2.86	2.55	2025	
	13	iPS 細胞などの幹細胞由来分化細胞を用いた薬剤反応性のハイスループット・スクリーニング(HTS)技術	158	8	25	67	3.43	3.22	2.41	2.41	2.63	2020	
医療機器・技術	14	任意の位置の 1mm 以下のがん組織の検出技術	132	23	23	54	3.56	3.08	2.64	2.64	2.65	2020	
	15	体外からの操作により自由自在に移動が可能なカプセル型内視鏡	109	8	18	73	3.21	3.00	2.41	2.38	2.48	2020	
	16	計算流体力学に基づく脳動脈瘤の成長・破裂リスクに関する指標	66	12	29	59	3.19	2.83	2.76	2.46	2.58	2023	
	17	患者の三次元画像に基づく、質感などの生体物性が忠実に再現された、手術シミュレーションのための人体モデル	91	12	23	65	3.11	2.77	2.26	2.25	2.29	2020	
	18	蚊の針ほどの細さ(直径 50μm 程度)の無痛微小注射針	93	4	18	77	3.21	3.16	2.10	2.21	2.35	2020	
	19	ステンレス製と同等の切れ味を有するディスプレイナブルな樹脂製剪刀(医療用ハサミ)	40	8	30	63	3.00	3.19	2.26	2.56	2.31	2020	
	20	日常生活に支障を来たさず腎機能を維持できるウェアラブルな透析装置	65	8	14	78	3.55	3.08	2.77	2.80	2.68	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
2.0	17.3	20.9	46	25.9	5.0	2.2	2025		6.0	16.7	12.9	35.3	31.7	18.0	2.2	
5.6	19.4	28.4	40.3	26.9	4.5	0.0	2030		8.3	22.2	16.7	25.8	31.8	25.8	0.0	
1.3	3.8	21.1	36.1	24.5	17.0	1.4	2023		0.6	4.4	15.3	31.9	26.4	25	1.4	
3.0	14.4	22	31.7	28.5	15.4	2.4	2025		8.3	12.9	12.5	25.8	32.5	27.5	1.7	
0.9	9.2	9.7	41.7	25.2	18.4	4.9	2025		4.6	8.3	8.7	24.0	31.7	32.7	2.9	
7.6	19.7	21.0	21.0	35.5	19.4	3.2	2025		10.6	24.2	13.3	16.7	40.0	25.0	5.0	
3.3	2.2	14.5	36.1	30.1	15.7	3.6	2024		8.8	11.0	7.4	27.2	29.6	30.9	4.9	
1.1	6.5	9.6	47.0	18.1	18.1	7.2	2020		2.2	6.5	10.6	34.1	21.2	28.2	5.9	
2.5	15.0	9.1	51.5	33.3	0.0	6.1	2022		5.0	15.0	8.8	38.2	29.4	17.6	5.9	
12.3	18.5	11.9	40.7	32.2	11.9	3.4	2028		13.8	20.0	12.1	34.5	19.0	29.3	5.2	

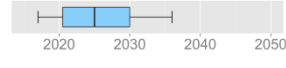
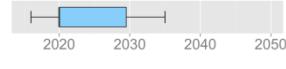
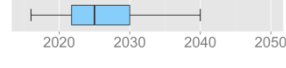
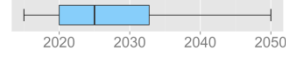
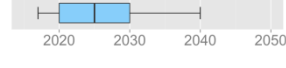
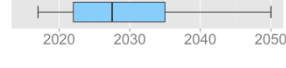
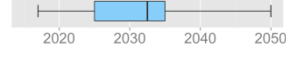
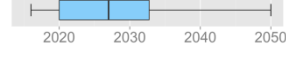


細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
医療機器・技術	21	投与するとがん組織を選択的に包み込んで治療することができるポリマー医療材料	67	18	31	51	3.54	3.08	3.08	3.23	2.92	2020	
	22	外科医師の経験を補い、直径 1mm 以下の血管の円滑な吻合を可能にする手術支援デバイス	52	13	21	65	3.33	3.04	2.62	2.73	2.62	2020	
	23	直径 2mm 以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術	62	18	27	55	3.64	3.36	2.67	2.74	2.48	2022	
	24	高感度力覚(触覚等)の検知・フィードバック機能により、組織・臓器の質感が術者の手に伝えられる手術ロボット	69	12	22	67	3.22	3.00	2.60	2.72	2.45	2022	
	25	臓器深部の病変を 3 次元でリアルタイムに可視化する、術中診断のための装置	82	13	33	54	3.52	3.09	2.48	2.54	2.45	2022	
	26	患者の体内情報を誤差 1mm 以下の精度で提示する、拡張現実感技術を用いた外科手術支援システム(術中ナビゲーション)	59	17	25	58	3.24	2.91	2.69	2.60	2.42	2021	
	27	歩行支援型ロボットを用いて脊髄損傷により失われた下肢機能を回復させる治療法	66	5	24	71	3.35	3.23	2.33	2.39	2.39	2020	
	28	触圧覚、痛覚、温覚、冷覚の全ての皮膚感覚を実現する義手(皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手)	53	4	26	70	3.08	2.87	2.93	2.81	2.53	2025	
	29	筋委縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる意思伝達装置(ブレイン・マシン・インターフェース: BMI)	66	3	24	73	3.32	2.89	2.92	2.65	2.89	2025	
	30	筋委縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる運動機能補完ロボット(ブレイン・マシン・インターフェース: BMI)	62	2	26	73	3.27	2.96	2.80	2.77	2.97	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)						社会実装予測時期				社会実装のための 重点施策(%)					
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他		
14.9	31.3	23.7	33.9	25.4	8.5	8.5	2025		14.9	35.8	15.5	32.8	27.6	15.5	8.6		
1.9	21.2	14.3	44.9	28.6	12.2	0.0	2025		9.6	19.2	10.2	40.8	24.5	24.5	0.0		
6.5	6.5	14.3	41.1	28.6	14.3	1.8	2025		6.5	9.7	11.1	38.9	22.2	25.9	1.9		
5.8	7.2	11.1	39.7	31.7	17.5	0.0	2025		11.6	7.2	15.9	25.4	27.0	31.7	0.0		
4.9	8.5	16.9	45.5	22.1	14.3	1.3	2025		4.9	9.8	9.2	32.9	22.4	32.9	2.6		
1.7	11.9	9.3	44.4	24.1	18.5	3.7	2025		8.5	10.2	13.5	28.8	13.5	40.4	3.8		
4.5	3.0	11.5	36.1	27.9	24.6	0.0	2025		6.1	4.5	3.3	26.2	31.1	39.3	0.0		
9.4	22.6	13	41.3	32.6	13.0	0.0	2030		18.9	20.8	6.5	30.4	34.8	28.3	0.0		
6.1	25.8	18.3	33.3	31.7	15.0	1.7	2025		10.6	28.8	3.2	29.0	32.3	32.3	3.2		
6.5	27.4	22	33.9	28.8	13.6	1.7	2029		8.1	32.3	7.0	35.1	21.1	33.3	3.5		

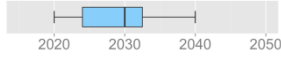

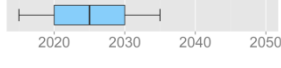

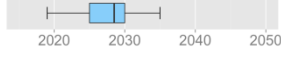





細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
医療機器・技術	31	安価で導入が容易な認知症介護補助システム(例えば、導入には10万円以下、月々維持費1000円以下、1DKでも設置可能なシステム)	45	9	22	69	3.78	3.00	2.56	2.51	2.98	2022	
	32	分化細胞の初期化メカニズムの全容解明	103	21	33	46	3.52	3.36	2.89	2.91	3.08	2023	
再生医療	33	分化細胞から遺伝子導入によらずiPS細胞などの幹細胞を作成する技術	91	14	35	51	3.47	3.25	2.98	2.91	2.92	2020	
	34	再生医療を可能とする造血系幹細胞の大量培養技術	79	11	27	62	3.52	3.17	2.52	2.54	2.69	2020	
	35	分化抵抗性の未分化幹細胞を選択的に除去して、iPS細胞などの幹細胞から分化した細胞を純化する技術	65	18	37	45	3.52	3.31	2.63	2.57	2.55	2020	
	36	iPS細胞などの幹細胞を用いた再生医療において、腫瘍化した移植細胞を検出する技術	62	16	27	56	3.64	3.18	2.80	2.69	2.82	2020	
	37	幹細胞移植による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)に対する治療法	80	8	29	64	3.61	3.21	2.87	2.84	3.11	2024	
	38	胚性幹細胞(ES細胞)移植を用いた再生医療技術	79	13	30	57	3.00	2.92	2.74	2.56	3.55	2020	
	39	生体内に由来内在する幹細胞の賦活化技術	80	20	28	53	3.60	3.02	2.99	2.97	2.53	2023	
	40	生体内に移植された幹細胞の自律的な増殖と分化を促す再生医療技術	66	20	35	45	3.47	3.05	2.94	2.73	2.80	2023	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
15.6	6.7	19.0	40.5	23.8	16.7	0.0	2025		15.6	6.7	9.5	28.6	19	40.5	2.4	
6.8	7.8	33.7	30.6	22.4	12.2	1.0	2025		5.8	18.4	20.2	23.4	27.7	27.7	1.1	
2.2	19.8	36.6	30.5	23.2	4.9	4.9	2025		4.4	23.1	24.4	25.6	24.4	24.4	1.2	
1.3	12.7	25.0	35.5	22.4	15.8	1.3	2025		0.0	13.9	17.1	27.6	21.1	32.9	1.3	
1.5	12.3	21.0	37.1	22.6	11.3	8.1	2023		3.1	15.4	11.5	27.9	26.2	26.2	8.2	
1.6	16.1	30.9	38.2	16.4	10.9	3.6	2024		1.6	17.7	18.9	30.2	26.4	20.8	3.8	
2.5	13.8	21.3	30.7	24.0	24.0	0.0	2025		3.8	15.0	16.7	19.4	25.0	38.9	0.0	
17.7	26.6	16.9	26.8	14.1	35.2	7.0	2025		26.6	31.6	9.9	15.5	21.1	46.5	7.0	
5.0	21.2	21.9	41.1	16.4	19.2	1.4	2025		6.2	27.5	15.9	27.5	23.2	29.0	4.3	
4.5	22.7	26.2	29.5	26.2	13.1	4.9	2029		7.6	24.2	16.7	21.7	30.0	26.7	5.0	

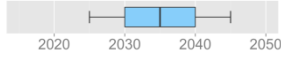
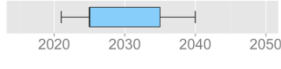

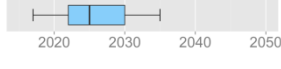
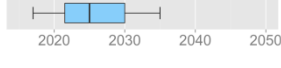
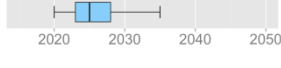
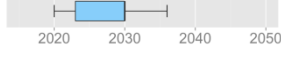
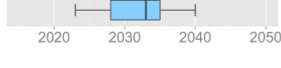


細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術の実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
再生医療	41	安全性確保と免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品	68	19	31	50	3.63	3.23	2.79	2.69	2.94	2022	
	42	再生医療製品の長期保存(2週間)・輸送技術	52	17	33	50	3.56	2.94	2.46	2.42	2.22	2020	
	43	三次元形状制御を可能にする、生体組織機能を有する再生医療用足場素材	76	25	37	38	3.50	3.06	2.51	2.54	2.27	2020	
	44	細胞プリンティング技術による臓器様構造体(臓器モックアップ)の作製技術	53	19	34	47	3.06	2.92	2.72	2.64	2.26	2020	
	45	聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術	61	8	26	66	3.74	3.28	2.75	2.78	2.62	2025	
	46	神経回路網再構築を実現する脊髄損傷治療法	62	10	40	50	3.63	3.16	2.88	2.80	2.71	2025	
	47	動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器	43	9	37	53	2.95	2.84	3.02	2.88	3.56	2022	
	48	特定の種類の細胞へとある程度分化した細胞、または分化する方向にコミットされた(運命が決定された)細胞を治療部位に注入し、その部位で組織を再生させることによる機能回復療法	65	25	37	38	3.60	3.10	2.73	2.67	2.86	2022	
コンディショニング、外傷、生殖補助医療	49	ライフスタイルビッグデータ活用による疾病予防法	44	14	25	61	3.40	2.71	2.31	2.33	2.93	2020	
	50	前がん状態からの発がんを抑制する予防薬	23	9	39	52	3.74	3.05	2.91	2.85	2.52	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
5.9	20.6	29.2	30.8	15.4	20.0	4.6	2025		5.9	19.1	15.6	25	18.8	35.9	4.7	
0.0	1.9	16.3	51.0	14.3	18.4	0.0	2020		0.0	3.8	8.2	34.7	16.3	40.8	0.0	
0.0	13.2	26.4	44.4	15.3	13.9	0.0	2025		1.3	18.4	17.1	35.7	21.4	22.9	2.9	
18.9	9.4	22.9	39.6	16.7	16.7	4.2	2025		22.6	13.2	13.6	31.8	18.2	31.8	4.5	
0.0	13.1	33.9	33.9	16.1	14.3	1.8	2025		0.0	16.4	21.1	21.1	21.1	35.1	1.8	
4.8	14.5	25.5	38.2	25.5	9.1	1.8	2027		6.5	16.1	17.9	25.0	23.2	30.4	3.6	
20.9	23.3	15.8	31.6	13.2	34.2	5.3	2032		30.2	27.9	11.4	17.1	17.1	48.6	5.7	
0.0	9.2	22.4	43.1	19.0	15.5	0.0	2027		1.5	12.3	19.0	27.6	25.9	27.6	0.0	
0.0	9.1	18.6	30.2	32.6	18.6	0.0	2025		0.0	9.1	11.9	28.6	31.0	28.6	0.0	
4.3	13.0	9.5	66.7	19.0	4.8	0.0	2030		4.3	13.0	9.5	42.9	23.8	23.8	0.0	

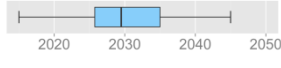
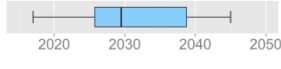

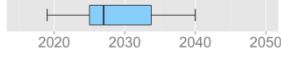


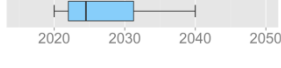



細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療	51	エピジェネティックな遺伝子の発現制御のモニタリングによる、がんや難病の発症リスクの診断法	34	6	35	59	3.25	2.96	2.79	2.61	2.94	2025	
	52	細胞組織検査に代わる、リキッドバイオプシーによるがん治療の選択法	19	5	47	47	3.33	2.94	2.35	2.44	2.47	2020	
	53	統合的オミックス解析情報に基づいた個別化がん医療	30	7	30	63	3.27	2.57	2.70	2.54	2.86	2023	
	54	がん幹細胞を標的とした難治性がんの治療薬	33	6	21	73	3.56	2.96	2.94	2.71	2.38	2022	
	55	過半の固形がん種に対する免疫制御技術を基盤としたがん治療法	28	14	39	46	3.43	3.04	2.71	2.46	2.54	2025	
	56	自律神経系・精神的ストレス・うつ病の生活習慣病に与える影響およびそのメカニズムの解明	35	9	29	63	3.14	2.52	2.66	2.61	2.77	2023	
	57	胎生期から乳幼児期の環境因子に起因するエピゲノムに作用する、生活習慣病の予防・治療薬	25	8	28	64	2.88	2.79	2.96	2.88	3.04	2025	
	58	糖尿病・高血圧・動脈硬化性疾患などの生活習慣病に対する、統合的オミックス解析による病因・病態分類に基づく治療法	42	21	36	43	3.24	2.89	2.40	2.46	2.64	2024	
	59	加齢による身体機能低下・認知機能低下に対する、統合的オミックス解析情報に基づく個別化予防プログラム	25	8	16	76	3.20	2.63	2.68	2.68	2.64	2025	
	60	臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬	24	17	17	67	3.00	2.28	2.78	2.74	2.09	2025	

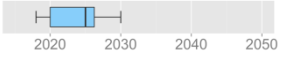
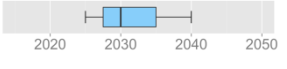





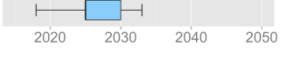

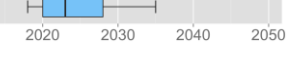
技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
2.9	23.5	6.7	73.3	10.0	10.0	0.0	2030		2.9	29.4	6.5	41.9	19.4	29.0	3.2	
0.0	21.1	5.3	47.4	36.8	10.5	0.0	2025		0.0	26.3	0.0	47.4	31.6	15.8	5.3	
6.7	13.3	10.7	46.4	35.7	7.1	0.0	2025		6.7	20.0	7.1	32.1	28.6	32.1	0.0	
3.0	21.2	14.3	64.3	14.3	7.1	0.0	2025		3.0	24.2	3.7	51.9	22.2	22.2	0.0	
0.0	10.7	23.1	50	11.5	11.5	3.8	2028		0.0	21.4	12.0	40.0	24.0	12.0	12.0	
0.0	22.9	35.3	32.4	23.5	8.8	0.0	2025		0.0	37.1	17.6	26.5	35.3	17.6	2.9	
12.0	28.0	12	44	24.0	16.0	4.0	2030		12.0	28.0	16.0	32.0	32.0	16.0	4.0	
4.8	19.0	12.2	43.9	29.3	9.8	4.9	2025		4.8	26.2	17.5	40.0	17.5	22.5	2.5	
8.0	24.0	16.7	29.2	16.7	37.5	0.0	2030		12.0	24.0	8.7	34.8	26.1	26.1	4.3	
12.5	16.7	15.8	68.4	15.8	0.0	0.0	2028		8.3	29.2	5.3	47.4	31.6	10.5	5.3	

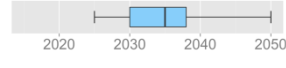
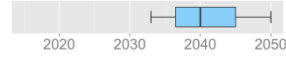
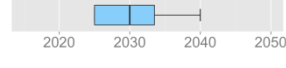
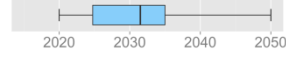




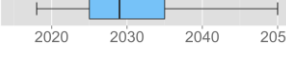

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
コンディージーズ、外傷、生殖補助医療	61	若返りを誘導する因子の投与または老化誘導物質の抑制による健康寿命の延伸	25	8	12	80	3.13	2.75	3.00	2.88	2.84	2027	
	62	腸管微生物叢の再構築による健康寿命の延伸	25	12	12	76	3.09	2.68	2.68	2.48	2.21	2025	
	63	各栄養素の生体恒常性に与える影響の統合的理解に基づく、生活習慣病に対する栄養療法・食事療法	30	17	17	67	3.28	2.79	2.17	2.28	2.33	2022	
	64	miRNAなどの機能性RNAを用いた慢性炎症の早期診断法	28	11	14	75	2.93	2.74	2.74	2.63	2.44	2021	
	65	心血管イベントや脳血管イベントの発症リスクをバイオマーカー・バイオイメージングにより定量的に予測する技術	28	14	36	50	3.39	3.04	2.39	2.32	2.59	2021	
	66	サルコペニアのメカニズム解明によるロコモティブシンドロームの効果的予防法	19	11	21	68	3.17	2.88	2.32	2.32	2.53	2022	
	67	運動が困難な高齢者・障害者も利用可能な、運動効果を模倣できる生活習慣病治療薬	19	0	26	74	3.06	2.56	2.61	2.56	2.56	2020	
	68	動脈硬化性病変を完全に修復できる薬物療法	23	9	35	57	3.17	2.71	3.05	2.82	2.18	2030	
	69	膵β細胞を再生・増加させ糖尿病を治癒させる薬剤	36	8	36	56	3.39	2.77	2.89	2.86	2.49	2025	
	70	他の生体防御機構には影響を与えない、罹患アレルギー疾患特異的な免疫調節薬	20	25	25	50	3.25	2.93	2.90	2.67	2.05	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
20.0	36.0	14.3	61.9	9.5	14.3	0.0	2035		20.0	44.0	5.0	50.0	25.0	15.0	5.0	
8.0	24.0	22.7	40.9	18.2	9.1	9.1	2025		4.0	40.0	19.0	23.8	28.6	19.0	9.5	
3.3	20.0	23.1	38.5	23.1	15.4	0.0	2025		3.3	30.0	23.1	30.8	15.4	30.8	0.0	
10.7	14.3	13.0	56.5	17.4	4.3	8.7	2025		14.3	17.9	4.3	34.8	26.1	21.7	13.0	
0.0	0.0	12.0	60.0	16.0	12.0	0.0	2025		0.0	0.0	16.0	40.0	32.0	12.0	0.0	
0.0	21.1	11.8	64.7	11.8	11.8	0.0	2025		0.0	21.1	12.5	56.2	18.8	12.5	0.0	
0.0	26.3	35.3	47.1	17.6	0.0	0.0	2030		0.0	31.6	11.8	47.1	29.4	11.8	0.0	
21.7	34.8	11.1	55.6	22.2	5.6	5.6	2033		17.4	43.5	5.6	44.4	27.8	16.7	5.6	
0.0	30.6	18.8	59.4	12.5	9.4	0.0	2030		0.0	33.3	12.5	37.5	21.9	28.1	0.0	
15.0	20.0	10.5	73.7	10.5	0.0	5.3	2035		15.0	20.0	10.5	47.4	26.3	10.5	5.3	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療	71	変形性関節症の病因解明と治療標的分子の同定	14	7	50	43	3.29	2.91	2.69	2.39	2.14	2025	
	72	百寿者(100歳以上の高齢者)遺伝子解析による、疾患抑制機構・老化機構の解明	15	0	13	87	2.71	3.08	2.67	2.40	2.67	2025	
	73	日常生活に支障なく短期間でのがん治療を可能とする、強度変調型小型粒子線照射装置を用いた治療法	14	0	36	64	3.50	3.31	2.23	2.15	2.43	2025	
	74	がん細胞と正常細胞が混在している悪性度の高いがん(脳腫瘍等)の治療を目指したホウ素中性子捕捉療法(BNCT)	12	8	25	67	3.33	3.25	2.58	2.42	2.50	2023	
	75	転移がんの治療を目指した、内用放射線治療技術(放射性物質を組み込んだ薬剤)	14	7	36	57	3.29	3.09	2.69	2.46	2.69	2024	
	76	慢性疼痛の病態解明による分子標的薬の開発	22	5	32	64	3.14	2.87	2.60	2.35	2.19	2025	
	77	老化に伴う咀嚼・嚥下機能低下の予防・治療法	18	11	28	61	3.39	3.07	2.65	2.28	2.39	2020	
	78	緊急大量輸血に対応可能な人工赤血球	13	0	15	85	3.23	2.89	2.33	2.17	2.54	2020	
	79	外傷性眼球損傷に対する、眼球移植による視機能回復	6	0	17	83	3.00	2.50	2.50	2.50	3.00	2025	
	80	免疫抑制剤を用いない同種移植技術	13	8	38	54	2.92	2.82	3.00	2.62	2.31	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	28.6	21.4	64.3	7.1	0.0	7.1	2029		0.0	28.6	14.3	42.9	35.7	0.0	7.1	
6.7	6.7	8.3	25.0	25.0	41.7	0.0	2029		13.3	20.0	10.0	20.0	40.0	10.0	20.0	
0.0	7.1	23.1	69.2	7.7	0.0	0.0	2030		0.0	7.1	7.7	30.8	7.7	46.2	7.7	
0.0	8.3	16.7	58.3	16.7	8.3	0.0	2027		0.0	8.3	16.7	25.0	16.7	41.7	0.0	
0.0	35.7	18.2	54.5	18.2	9.1	0.0	2032		0.0	28.6	0.0	45.5	18.2	36.4	0.0	
0.0	9.1	21.1	52.6	21.1	5.3	0.0	2028		0.0	9.1	5.6	55.6	27.8	11.1	0.0	
0.0	27.8	31.2	50.0	12.5	0.0	6.2	2024		0.0	27.8	25.0	25.0	18.8	25.0	6.2	
7.7	23.1	25.0	33.3	8.3	8.3	25.0	2025		7.7	46.2	9.1	27.3	18.2	18.2	27.3	
0.0	16.7	16.7	66.7	0.0	16.7	0.0	2030		0.0	16.7	16.7	33.3	0.0	50.0	0.0	
15.4	15.4	0.0	70.0	30.0	0.0	0.0	2029		15.4	23.1	20.0	40.0	30.0	10.0	0.0	

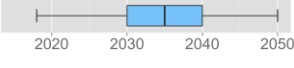

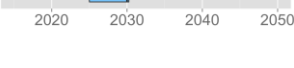
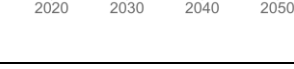

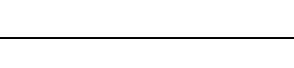
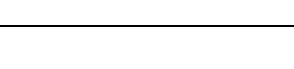
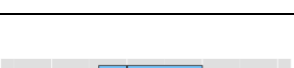


細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
コモンディージーズ、外傷、生殖補助医療	81	ヒト iPS 細胞から分化誘導した生殖細胞を用いる不妊治療	18	6	17	78	2.88	3.41	2.88	2.94	3.89	2025	
	82	胎児の生育を可能にする人工子宮	10	0	20	80	2.80	2.83	3.22	3.33	3.60	2030	
	83	不妊治療のための、最適時期にホルモンデリバリーを可能にする皮内埋め込み型マイクロチップによる排卵調節	9	0	22	78	2.88	3.00	2.56	2.44	2.67	2020	
	84	卵子の老化抑制・機能的若返りによる不妊の予防・治療法(卵巣機能温存、老化抑制薬剤等)	14	7	36	57	3.36	3.20	2.62	2.50	3.36	2025	
難病、希少疾患	85	バイオチップを用いた難治性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)、クローン病等)の発病リスクの把握と最適な治療の選択法	28	4	36	61	3.29	2.82	2.71	2.46	3.00	2025	
	86	次世代シーケンサーを用いた難治性疾患特異的ゲノムデータベースの構築と発症機序の解析法	47	9	36	55	3.26	2.71	2.28	2.36	3.11	2023	
	87	特発性造血障害(再生不良性貧血、骨髄異形成症候群等)の発症予防法	12	0	25	75	3.08	2.89	2.83	2.33	2.58	2023	
	88	ほぼ全ての単一遺伝性疾患の遺伝子治療法	39	0	41	59	3.23	2.52	2.68	2.63	3.08	2025	
	89	難病・希少疾患に対する、標的組織特異的なゲノム・エピゲノム編集に基づく遺伝子治療法	38	0	26	74	3.19	2.58	2.97	2.73	3.16	2025	
	90	幹細胞移植による筋ジストロフィー患者の筋再生	22	0	36	64	3.23	2.78	2.77	2.64	2.86	2023	

技術的実現予測		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
11.1	22.2	0.0	58.8	11.8	29.4	0.0	2035		11.1	38.9	5.9	23.5	11.8	47.1	11.8	
20.0	50.0	0.0	55.6	11.1	33.3	0.0	2040		20.0	50.0	0.0	22.2	0.0	66.7	11.1	
0.0	22.2	0.0	44.4	11.1	44.4	0.0	2030		0.0	22.2	0.0	33.3	11.1	55.6	0.0	
7.1	7.1	0.0	42.9	14.3	42.9	0.0	2031		7.1	21.4	7.7	15.4	15.4	61.5	0.0	
0.0	25	20.8	33.3	20.8	25.0	0.0	2030		0.0	25.0	20.8	25.0	25	29.2	0.0	
2.1	8.5	18.2	45.5	20.5	13.6	2.3	2025		2.1	12.8	14.0	34.9	34.9	16.3	0.0	
16.7	25.0	22.2	55.6	11.1	11.1	0.0	2030		16.7	25.0	0.0	55.6	11.1	33.3	0.0	
2.6	30.8	23.7	28.9	23.7	18.4	5.3	2030		10.3	25.6	13.9	25.0	25.0	33.3	2.8	
10.5	26.3	16.7	38.9	19.4	22.2	2.8	2029		13.2	26.3	8.1	27.0	21.6	40.5	2.7	
4.5	9.1	35.0	30.0	10.0	15.0	10.0	2030		4.5	13.6	19.0	23.8	14.3	33.3	9.5	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
難病、 希少疾患	91	免疫システムの制御機構の解明による、胸腺をはじめとしたリンパ器官の再生	16	13	44	44	2.69	2.88	3.00	2.56	2.44	2030	
	92	免疫器官の再生による、自己免疫疾患の発症予防と治癒	19	16	47	37	3.05	2.88	2.95	2.82	2.61	2025	
	93	腸管微生物叢の再構築による、難治性疾患(潰瘍性大腸炎、クローン病等)の予防・治療法	21	19	33	48	3.20	3.00	2.50	2.47	2.25	2020	
	94	脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、先天性代謝障害(ライソゾーム病等)の予防・治療法	24	4	29	67	3.25	2.47	2.27	2.26	2.52	2025	
	95	蛋白質の細胞内蓄積の阻害による、プリオン病の治療法	18	0	6	94	3.18	2.58	2.94	2.88	2.38	2025	
	96	脂質、蛋白質等の細胞内蓄積の阻害による、進行性神経筋疾患(ミトコンドリア病等)に対する発症予防及び進行を遅らせるための治療法	21	10	29	62	3.14	2.53	2.75	2.65	2.58	2020	
	97	難病法(難病の患者に対する医療等に関する法律)に基づく全国規模のデータベースを活用した、神経変性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)、筋ジストロフィーや希少筋疾患の予後を評価するバイオマーカーの開発	32	3	31	66	3.31	2.89	2.59	2.44	3.03	2024	
精神・ 神経疾患	98	神経回路網の発生、成熟、維持、老化における分子機構の全容解明	59	34	25	41	3.53	2.88	2.97	2.68	2.78	2030	
	99	神経回路網およびシナプスでの神経伝達物質を介する情報処理機構の全容解明	60	27	32	42	3.42	2.84	2.71	2.54	2.48	2030	
	100	ニューロン-グリア相互作用における分子機構の全容解明	49	14	47	39	3.35	2.89	2.84	2.65	2.47	2025	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.2	37.5	26.7	26.7	26.7	6.7	13.3	2032		18.8	37.5	33.3	13.3	33.3	6.7	13.3	
5.3	47.4	21.1	31.6	21.1	21.1	5.3	2032		15.8	47.4	15.8	36.8	21.1	15.8	10.5	
0.0	9.5	16.7	33.3	11.1	38.9	0.0	2029		4.8	14.3	22.2	27.8	16.7	33.3	0.0	
0.0	25.0	14.3	47.6	33.3	4.8	0.0	2025		0.0	29.2	4.8	38.1	33.3	23.8	0.0	
11.1	44.4	25.0	31.2	18.8	12.5	12.5	2035		16.7	55.6	6.7	20.0	26.7	40.0	6.7	
0.0	38.1	26.3	42.1	26.3	5.3	0.0	2027		4.8	38.1	11.1	38.9	27.8	22.2	0.0	
3.1	15.6	20.7	27.6	24.1	24.1	3.4	2026		3.1	18.8	17.2	24.1	20.7	34.5	3.4	
10.2	18.6	28.1	43.9	17.5	10.5	0.0	2035		13.6	33.9	21.4	28.6	28.6	19.6	1.8	
6.7	25.0	38.6	40.4	10.5	10.5	0.0	2035		6.7	28.3	22.2	24.1	31.5	22.2	0.0	
6.1	26.5	40.0	40.0	17.8	2.2	0.0	2030		10.2	34.7	22.5	35.0	27.5	15.0	0.0	

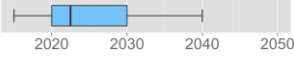




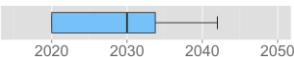

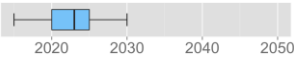
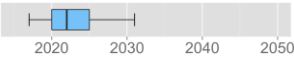
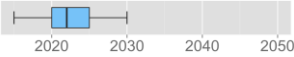
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
精神・神経疾患	101	記憶・学習、認知・情動など特定の脳機能を支える神経基盤の全容解明	70	31	29	40	3.60	2.93	2.97	2.85	2.84	2030	
	102	意識、社会性、創造性等の高次の精神機能における神経基盤の全容解明	57	21	26	53	3.30	2.69	3.25	2.93	3.05	2035	
	103	神経変性疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)の病態進行を反映するバイオマーカー	46	13	30	57	3.39	2.57	2.64	2.47	2.77	2025	
	104	脳画像診断法による、細胞レベルの脳病態を反映する、精神疾患の生物学的分類の構築	46	22	24	54	3.42	2.83	2.91	2.76	2.93	2030	
	105	認知症の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防に繋がる先制医療	58	19	29	52	3.61	2.88	2.84	2.62	2.98	2025	
	106	統合失調症の脳病態解明に基づく、社会復帰に繋がる副作用の少ない新規抗精神病薬	51	27	43	29	3.47	2.71	2.96	2.84	2.78	2027	
	107	うつ病の脳病態による亜型診断分類に基づく、即効性で再発のない新規抗うつ治療法	46	26	39	35	3.47	2.74	3.05	2.98	2.93	2025	
	108	双極性障害の脳病態解明に基づく、再発予防が可能な副作用の少ない新規気分安定薬	41	20	49	32	3.49	2.81	3.03	2.80	2.77	2028	
	109	依存症(薬物、アルコール等)に共通な脳病態の解明に基づく、予防法・再発防止法	44	7	39	55	3.20	2.49	2.91	2.81	2.74	2028	
	110	自閉スペクトラム症の脳病態に基づく、自律的な社会生活を可能とする治療・介入法	42	17	31	52	3.38	2.61	3.10	2.88	2.90	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
10.0	25.7	43.9	33.3	15.2	7.6	0.0	2035		14.3	30.0	36.5	20.6	22.2	20.6	0.0	
17.5	38.6	37.3	31.4	13.7	13.7	3.9	2040		15.8	43.9	28.0	18.0	28.0	22.0	4.0	
0.0	21.7	15.9	38.6	27.3	15.9	2.3	2030		0.0	21.7	11.6	25.6	32.6	27.9	2.3	
13.0	13.0	20.5	34.1	22.7	18.2	4.5	2030		15.2	15.2	27.9	27.9	18.6	20.9	4.7	
3.4	15.5	23.6	36.4	23.6	14.5	1.8	2030		3.4	17.2	14.3	23.2	33.9	26.8	1.8	
7.8	21.6	20.0	48.9	20.0	11.1	0.0	2031		7.8	23.5	13.6	38.6	27.3	20.5	0.0	
13.0	23.9	25.0	34.1	22.7	13.6	4.5	2029		15.2	23.9	19.5	29.3	19.5	26.8	4.9	
9.8	19.5	21.1	36.8	23.7	13.2	5.3	2030		9.8	19.5	13.9	25.0	25.0	30.6	5.6	
9.1	27.3	32.5	30.0	25.0	10.0	2.5	2030		11.4	29.5	23.1	23.1	28.2	23.1	2.6	
9.5	23.8	30.8	30.8	15.4	17.9	5.1	2030		9.5	28.6	30.8	15.4	20.5	25.6	7.7	

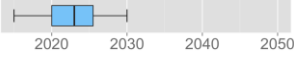
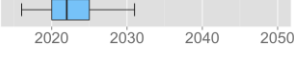


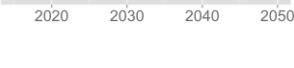
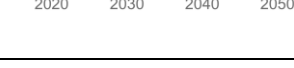
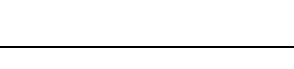
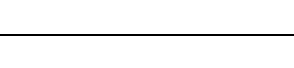

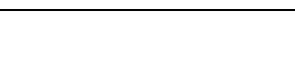
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
精神・神経疾患	111	神経変性疾患(アルツハイマー病等)における細胞内凝集体形成の抑制に基づく、神経変性疾患の発症予防法と治療法	54	17	31	52	3.50	2.74	2.81	2.62	2.64	2025	
	112	精神・神経疾患に対する深部脳刺激療法、ニューロフィードバックなどの生理学的治療法	38	11	34	55	3.14	2.50	2.92	2.57	3.03	2024	
	113	次世代シーケンサーを用いた全ゲノム解析に基づく、神経筋疾患(筋萎縮性側索硬化症(ALS)等)患者の新たな診断・治療法	36	11	17	72	3.06	2.61	2.67	2.29	3.00	2024	
	114	てんかんの病型分類の構築による、適切な治療法	30	3	40	57	3.10	2.64	2.54	2.41	2.72	2025	
	115	神経疾患患者にみられる精神症状や睡眠障害の発症機構の解明による、新たな治療法	40	15	33	53	3.31	2.84	2.82	2.67	2.84	2025	
新興・再興感染症	116	慢性ウイルス感染症(HIV/AIDS、慢性肝炎等)に対する根治的治療	40	20	28	53	3.50	2.67	2.87	2.51	2.92	2025	
	117	発生が希少等により研究開発への社会的な投資意欲が低い感染症(薬剤耐性菌、顧みられない熱帯病等)に対する診断法・ワクチン・薬剤の効率的な開発・供給体制	42	26	33	40	3.32	2.51	2.85	2.46	2.81	2025	
	118	ウイルス抗原変異等の影響なく、数回の接種で生涯感染予防が可能なインフルエンザワクチン	35	14	31	54	3.43	2.50	3.27	2.97	2.71	2025	
	119	特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー	27	7	37	56	3.33	2.65	2.81	2.62	2.78	2025	
	120	iPS細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法	30	7	27	67	3.41	3.04	2.79	2.72	2.62	2023	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装予測時期					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
11.1	18.5	16.3	40.8	28.6	10.2	4.1	2030		11.1	20.4	12.2	30.6	30.6	22.4	4.1	
7.9	18.4	22.9	37.1	22.9	11.4	5.7	2029		7.9	21.1	16.7	25.0	25.0	30.6	2.8	
8.3	27.8	21.2	36.4	27.3	12.1	3.0	2025		8.3	30.6	15.2	33.3	36.4	12.1	3.0	
0.0	23.3	29.6	22.2	37.0	11.1	0.0	2030		0.0	23.3	18.5	18.5	37.0	25.9	0.0	
2.5	30.0	24.3	29.7	32.4	10.8	2.7	2030		5.0	30.0	11.4	28.6	31.4	25.7	2.9	
5.0	20.0	11.4	57.1	20.0	11.4	0.0	2030		10.0	12.5	17.1	42.9	17.1	20.0	2.9	
4.8	7.1	20.5	51.3	12.8	7.7	7.7	2030		11.9	9.5	15.8	39.5	21.1	18.4	5.3	
11.4	37.1	25	50.0	18.8	3.1	3.1	2030		11.4	34.3	23.3	43.3	10.0	16.7	6.7	
7.4	22.2	22.7	45.5	13.6	13.6	4.5	2026		14.8	25.9	18.2	50.0	4.5	18.2	9.1	
10.0	16.7	30.8	38.5	15.4	15.4	0.0	2025		10.0	20.0	24.0	44.0	8.0	24.0	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
新興・再興感染症	121	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム	21	19	10	71	3.48	2.53	2.25	2.15	2.95	2020	
	122	病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術 注) 病原体データベース: ヒトおよびヒト以外の動物等の病原体の網羅的な遺伝子・タンパク情報データベース	26	23	23	54	3.46	2.67	2.36	2.29	2.69	2022	
	123	新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム	27	19	19	63	3.48	2.56	2.78	2.63	2.73	2023	
	124	ワクチン・薬剤等の迅速な開発が困難な新興感染症に対する戦略(医療的な介入および注意喚起・行動変容を促すこと等の非医療的な介入)の立案を支援する、リアルタイムシミュレーションシステム	22	18	23	59	3.18	2.39	2.86	2.63	2.95	2025	
	125	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新たなアプローチ等))	30	20	33	47	3.47	2.61	2.63	2.30	2.59	2025	
	126	生体(粘膜等)を含めどこにもでも使用可能かつ芽胞等対象を問わず滅菌が可能な消毒技術	18	22	39	39	3.28	2.67	2.72	2.61	2.50	2025	
	127	新規病原体に対して迅速に中和抗体を作製して、大量生産する技術	24	8	33	58	3.50	2.41	2.79	2.67	2.35	2025	
健康・医療情報、疫学・ゲノム情報	128	糖尿病、高血圧等の慢性疾患患者を定期通院から解放するための、生体センサーを活用した在宅での疾病管理に基づく遠隔診療	89	11	36	53	3.26	2.93	2.26	2.27	2.70	2020	
	129	医療者が患者ごとに診療ガイドラインに準拠した診療が出来るようにナビゲートする機能をもつ電子カルテシステム	92	20	28	52	3.03	2.58	2.36	2.29	2.90	2020	
	130	OTC 医薬品や健康食品などの使用履歴をリアルタイムに集積・共有し、臨床評価に役立てられる情報システム	71	17	28	55	2.97	2.63	2.18	2.17	2.96	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	4.8	5.3	26.3	42.1	26.3	0.0	2022		0.0	9.5	0.0	16.7	33.3	50.0	0.0	
0.0	3.8	12.0	32.0	32.0	24.0	0.0	2025		0.0	7.7	21.7	17.4	39.1	21.7	0.0	
7.4	22.2	36.4	18.2	27.3	13.6	4.5	2025		11.1	25.9	31.8	18.2	22.7	22.7	4.5	
9.1	27.3	40.0	15.0	20.0	20.0	5.0	2028		13.6	31.8	30.0	15.0	25.0	25.0	5.0	
3.3	20.0	15.4	30.8	26.9	23.1	3.8	2028		10.0	16.7	16.7	25.0	25.0	33.3	0.0	
16.7	27.8	37.5	43.8	12.5	0.0	6.2	2030		16.7	27.8	25.0	37.5	6.2	25.0	6.2	
4.2	16.7	18.2	63.6	13.6	4.5	0.0	2030		4.2	25.0	22.7	54.5	9.1	13.6	0.0	
1.1	5.6	8.3	31.0	25.0	32.1	3.6	2023		4.5	7.9	8.5	26.8	24.4	37.8	2.4	
9.8	4.3	15.9	25	28.4	23.9	6.8	2022		13.0	8.7	12.5	15.9	25.0	37.5	9.1	
14.1	5.6	11.8	22.1	20.6	38.2	7.4	2022		18.3	9.9	7.5	22.4	22.4	43.3	4.5	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
健康・医療情報、疫学・ゲノム情報	131	医療品質管理を目的とした、臨床品質指標(患者の重症度を考慮した治療アウトカムや診療機能等の病院特性を加味した再入院率等)を自動計算するためのアルゴリズムとデータベース	51	20	41	39	2.88	2.46	2.29	2.08	2.90	2020	
	132	レセプト情報と電子カルテ情報等の統合により作成した全国規模の医療行為・結果データベースに基づく、疾患・治療・アウトカムイベントの即時悉皆型の多次元集計システム(医療の標準化・効率化及びサービスの向上に資する)	74	28	24	47	3.34	2.61	2.38	2.38	3.11	2020	
	133	全国民の70%以上が自由意思で登録する健康医療データバンク(国民へ健康・医療・介護サービスを効果的・効率的に提供するための、登録した国民自身と許可された保健・医療・介護サービス提供者だけが参照可能なデータバンク)	75	21	32	47	3.15	2.61	2.43	2.50	3.23	2020	
	134	個別化医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証などによる病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	88	18	26	56	3.20	2.77	2.28	2.35	3.28	2020	
	135	ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)	79	23	41	37	3.19	2.66	2.47	2.51	3.25	2020	
	136	個人ゲノム情報、臨床情報、生活行動情報、環境情報などの統合による、個人単位での疾病発症・重症化予測、生活習慣改善介入、診断や治療効果判定を可能にする情報システム	76	25	37	38	3.37	2.77	2.63	2.62	3.30	2023	
	137	診察室での医療者と患者との対話を自動認識し、整形された文章として自動的に記録できる自動カルテ記録システム	60	12	42	47	2.83	2.46	2.75	2.56	2.95	2023	
	138	電子化された診療録、看護記録から重要な臨床イベントを自動検出したり、医療者向けのサマリーを自動生成するシステム	62	23	34	44	3.10	2.66	2.62	2.45	2.92	2022	
	139	医師の経験に基づいて評価されている個人の観察情報(顔色、歩き方、話し方等)がセンサーとデータ処理技術により定量化され、収集・分析できるシステム	48	8	38	54	2.85	2.67	2.81	2.83	3.00	2023	
	140	医療用人工知能による、プライマリケア医向け初期自動診断システム	54	22	24	54	2.98	2.77	2.63	2.53	2.85	2024	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
7.8	11.8	22.7	29.5	15.9	27.3	4.5	2023		11.8	13.7	14.6	22.9	12.5	41.7	8.3	
5.4	9.5	17.4	24.6	20.3	30.4	7.2	2022		10.8	10.8	13.0	17.4	23.2	40.6	5.8	
12.0	8.0	11.4	25.7	15.7	40.0	7.1	2023		21.3	9.3	7.1	24.3	17.1	41.4	10.0	
4.5	10.2	10.7	20.2	21.4	42.9	4.8	2024		10.2	14.8	6.1	12.2	28.0	47.6	6.1	
6.3	7.6	21.6	27.0	17.6	28.4	5.4	2025		7.6	12.7	13.5	24.3	20.3	37.8	4.1	
6.6	11.8	22.4	34.3	19.4	17.9	6.0	2025		7.9	11.8	17.1	18.6	24.3	34.3	5.7	
15.0	15.0	21.2	32.7	19.2	19.2	7.7	2025		20.0	18.3	12.0	30.0	22.0	28.0	8.0	
6.5	8.1	32.1	33.9	12.5	17.9	3.6	2024		11.3	9.7	14.0	28.1	17.5	35.1	5.3	
12.5	25.0	31.7	29.3	19.5	14.6	4.9	2025		14.6	27.1	12.5	25.0	20.0	32.5	10.0	
11.1	11.1	27.5	31.4	21.6	7.8	11.8	2026		9.3	14.8	10.0	34.0	20.0	28.0	8.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
健康・医療情報、疫学・ゲノム情報	141	ほとんどの介護記録をほぼ確実に音声入力でき、自動的に電子介護記録として保存できる情報システム	51	10	35	55	2.90	2.49	2.47	2.35	2.77	2022	
	142	安全で質の高い在宅介護を保障する、介護行動識別センサーを活用したモニタシステム	43	9	40	51	3.21	2.83	2.33	2.33	2.86	2024	
	143	患者に装着可能なウェアラブルセンサーやベッドサイドの高精度センサーを用いた、入院患者の転倒・転落につながる行動を90%以上の精度で検知して直ちに看護・介護者へ注意喚起ができるシステム	58	21	26	53	3.24	2.91	2.39	2.34	2.66	2020	
	144	生活環境のセンシングやライフログセンシングによる脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知と、それに基づいた救急医療情報システム	41	5	51	44	3.44	2.92	2.54	2.54	2.95	2020	
	145	医療機器・システムの誤操作や患者状態に合わない設定などに起因する医療過誤の解消に向けた、知的アラート・意思決定支援の機能を搭載した医療情報システム	44	25	39	36	3.25	2.81	2.68	2.64	2.73	2023	
	146	患者からの健康相談やインフォームド・チョイス/デジジョンなどに役立つコンサルティング機能をもったコンピュータシステム(仮想医療者)	50	14	44	42	2.84	2.69	2.76	2.64	2.84	2022	
	147	分子薬理知識や生体分子相互作用および患者ゲノムに関する情報に基づく、医薬品の個人別副作用リスクの知的推論アルゴリズムを実装した情報システム	46	15	37	48	3.41	2.86	2.60	2.64	2.76	2022	
	148	ゲノムに加え、オミックスデータ(エピゲノム・プロテオーム・メタボローム)を数時間以内に1万円以下で体液サンプルからモニタリングする検査技術	66	20	21	59	3.38	2.74	2.66	2.71	2.95	2020	
	149	国内すべての医療機関における、ほとんどの診療記録の電子的な保存・利用を可能とする電子カルテの導入	83	24	24	52	3.28	2.60	2.36	2.35	3.11	2022	
	150	国内における全ての医療機関で保管されている全医療データ(過去の紙カルテを含む)の電子化	77	23	36	40	2.82	2.41	2.45	2.26	3.00	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
5.9	13.7	19.0	40.5	19.0	16.7	4.8	2025		7.8	13.7	9.1	40.9	9.1	34.1	6.8	
4.7	9.3	10.3	48.7	23.1	12.8	5.1	2025		7.0	9.3	13.2	42.1	13.2	28.9	2.6	
3.4	5.2	9.6	46.2	26.9	15.4	1.9	2021		6.9	5.2	3.9	43.1	19.6	31.4	2.0	
7.3	12.2	8.3	47.2	27.8	13.9	2.8	2025		9.8	9.8	2.7	37.8	21.6	32.4	5.4	
4.5	11.4	23.1	35.9	20.5	15.4	5.1	2025		2.3	11.4	12.5	32.5	20.0	27.5	7.5	
8.0	16.0	24.4	41.5	14.6	9.8	9.8	2025		14	18.0	9.8	36.6	22.0	24.4	7.3	
2.2	13.0	23.1	35.9	12.8	25.6	2.6	2025		2.2	15.2	12.8	35.9	15.4	33.3	2.6	
6.1	18.2	18.3	41.7	26.7	8.3	5.0	2025		6.1	19.7	11.5	32.8	13.1	34.4	8.2	
13.3	4.8	5.5	26.0	26.0	41.1	1.4	2025		15.7	9.6	4.1	23.0	24.3	47.3	1.4	
24.7	10.4	4.8	22.6	29.0	38.7	4.8	2025		31.2	16.9	3.0	19.7	22.7	48.5	6.1	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
健康・医療情報、疫学、ゲノム情報	151	医療技術の海外展開や医療ツーリズムの推進に向けた、医療用語の自動的な言語間相互翻訳を含む情報処理機能を搭載した多言語医療情報システム	40	13	43	45	3.18	2.95	2.64	2.55	2.58	2022	
	152	医療行為に伴う放射線被ばくの実態把握と防護を目的とした、疫学データベースの構築	47	11	23	66	2.92	2.51	2.04	1.96	2.62	2020	
生命科学基盤技術	153	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	84	20	26	54	3.28	2.68	3.00	2.67	2.19	2025	
	154	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞の作製	93	10	33	57	3.13	2.67	3.28	3.14	2.84	2027	
	155	予防医療・先制医療に資する、動的ネットワークバイオマーカーを用いた疾病発症・病態悪化の予兆検出(注))動的ネットワークバイオマーカー:個々の単一のバイオマーカーとしての性能は高くなくても、それらのネットワークとしては極めて高機能な、複雑系数理モデル学に基づく新しい概念のバイオマーカー	76	14	36	50	3.40	2.77	2.75	2.73	2.65	2023	
	156	脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術	106	14	26	59	3.42	2.77	2.80	2.64	2.71	2025	
	157	循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム	71	10	35	55	3.28	2.86	2.49	2.54	2.48	2022	
	158	1細胞レベルでのプロテオーム解析	112	7	44	49	3.18	2.78	2.52	2.43	2.07	2020	
	159	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化	124	15	40	45	3.22	2.64	1.95	2.05	2.33	2025	
	160	タンパク質の一次配列・高次構造情報から、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-DNA/RNA間、タンパク質-化合物間の相互作用を予測する技術	143	21	31	48	3.36	2.78	2.72	2.46	1.76	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
7.5	7.5	16.2	43.2	24.3	13.5	2.7	2025		7.5	7.5	5.4	32.4	32.4	27.0	2.7	
4.3	6.4	5.0	32.5	27.5	32.5	2.5	2025		12.8	12.8	0.0	35.1	21.6	40.5	2.7	
14.3	20.2	42.3	16.7	16.7	17.9	6.4	2028		15.5	22.6	35.9	15.4	15.4	28.2	5.1	
19.4	23.7	37.8	24.4	18.3	14.6	4.9	2035		22.6	29.0	37.2	24.4	12.8	20.5	5.1	
6.6	13.2	28.6	38.6	15.7	11.4	5.7	2025		7.9	14.5	18.6	28.6	17.1	27.1	8.6	
4.7	8.5	31.2	36.6	20.4	10.8	1.1	2030		7.5	16.0	24.2	22.0	23.1	28.6	2.2	
2.8	11.3	28.1	32.8	23.4	14.1	1.6	2025		4.2	14.1	19.4	30.6	19.4	27.4	3.2	
5.4	6.2	18.8	50.5	16.8	11.9	2.0	2025		4.5	16.1	18.6	33.0	15.5	30.9	2.1	
4.0	9.7	22.1	46.0	15.0	15.9	0.9	2025		5.6	14.5	16.2	38.1	17.1	27.6	1.0	
7.0	11.9	44.9	29.1	15.0	8.7	2.4	2025		7.0	20.3	34.6	25.2	14.2	22.0	3.9	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
生命科学基盤技術	161	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術	123	17	33	50	3.29	2.76	2.74	2.50	1.73	2025	
	162	ゲノムの非コード領域の 50%以上の領域の機能解明	107	14	31	55	3.24	2.74	2.73	2.55	2.16	2025	
その他	163	医薬品・医療機器の審査に資する、費用対効果の評価システム	47	23	28	49	3.34	2.60	2.47	2.29	2.87	2020	
	164	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	37	8	19	73	3.11	2.35	2.73	2.49	3.16	2024	
	165	競技場におけるアスリートのストレス度を非接触かつ遠隔的に測定できる装置	20	5	20	75	2.05	2.41	2.74	2.53	2.53	2025	
	166	強いストレス状況下において、アスリートが自らの持つ能力を最大限に発揮するためのメンタルコントロール法(集中度とリラクセス度が共に高い状態の誘導法等)	22	5	14	82	2.33	2.45	2.50	2.33	2.60	2021	
	167	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	55	4	24	73	3.05	2.41	2.30	2.10	2.93	2020	
	168	輸入食品全数検査を可能とする、食品の安全性検査(毒性、微生物等)	35	3	29	69	3.29	2.88	2.39	2.39	2.38	2025	
	169	遺伝子組み換え食品の利用についての社会的合意形成	43	7	26	67	3.27	2.34	2.45	2.17	3.24	2025	
170	公共財としての医療・ゲノムデータベースの利活用に関わる基本ガイドラインの確立	50	10	20	70	3.57	2.84	2.36	2.45	3.45	2020		

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装						社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他		
4.9	17.9	37.6	33.9	14.7	11.0	2.8	2029		5.7	24.4	31.1	31.1	17	17.9	2.8		
5.6	22.4	34.4	37.8	13.3	12.2	2.2	2030		6.5	33.6	27.9	27.9	14.0	24.4	5.8		
6.4	17.0	24.4	20.0	17.8	33.3	4.4	2024		8.5	14.9	25.0	13.6	22.7	36.4	2.3		
21.6	18.9	25.7	25.7	28.6	17.1	2.9	2026		18.9	21.6	14.3	22.9	31.4	28.6	2.9		
25.0	25.0	11.1	33.3	5.6	38.9	11.1	2028		25.0	30.0	5.6	27.8	16.7	44.4	5.6		
9.1	22.7	35.0	25.0	10.0	25.0	5.0	2024		13.6	27.3	10.0	25.0	35.0	25.0	5.0		
3.6	18.2	17.3	19.2	5.8	50.0	7.7	2022		5.5	23.6	13.2	18.9	11.3	49.1	7.5		
17.1	14.3	18.8	31.2	18.8	31.2	0.0	2028		14.3	22.9	12.1	27.3	18.2	39.4	3.0		
7.0	18.6	14.6	7.3	36.6	39.0	2.4	2025		9.3	25.6	4.9	4.9	34.1	51.2	4.9		
2.0	10.0	13.0	17.4	28.3	37.0	4.3	2025		2.0	14.0	8.7	21.7	21.7	43.5	4.3		

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
その他	171	ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)技術の国家的倫理ガイドラインの確立	17	12	12	76	2.82	2.92	2.71	2.75	3.18	2021	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装				社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他
11.8	29.4	23.5	11.8	29.4	29.4	5.9	2026		5.9	41.2	25.0	18.8	6.2	43.8	6.2

3. 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野の調査結果

内容

3.1 将来の展望	257
3.1.1 総論	257
3.1.2 農:高度生産・疾病防除・バイオマス利用	261
3.1.3 農:作物開発	267
3.1.4 農:環境保全	268
3.1.5 食品:高度生産	269
3.1.6 食品:流通加工	271
3.1.7 食品:食品安全	273
3.1.8 食品:食品機能性	274
3.1.9 水産	276
3.1.10 林分野	278
3.1.11 共通:情報サービス	283
3.2 アンケートの回収状況	285
3.3 細目の設定	286
3.4 トピックに関する設問について	287
3.4.1 トピックの特性	287
3.4.2 技術的実現予測時期	298
3.4.3 技術的実現に向けた重点施策	300
3.4.4 社会実装時期	304
3.4.5 社会実装に向けた重点施策	306
3.4.6 技術的実現から社会実装までの期間	311
3.5 未来科学技術年表	313
3.5.1 技術的実現予測時期	313
3.5.2 社会実装予測時期	317
3.6 細目別重要トピックにおける要素技術	321
3.7 集計結果一覧	334

<概要>

農林水産・食品・バイオテクノロジー分野は、本分野への社会的注目が高まっていることを受け、多くのトピックを抽出・設定した。以前の調査で用いられたトピックに加え、農業の6次産業化、ICT技術の活用等最近の課題を反映したトピックも盛り込んだ。

重要度が高く、国際競争力が低いと評価されているトピックには、森林に関するトピックが比較的多く含まれていた。戦後に植林され、成長した樹木の「収穫」技術と、収穫後の森林造成技術の開発は、我が国の林業従事者の高齢化ともあいまって喫緊の課題と認識されていると考えられる。研究開発方策立案に当たり、短期的な競争力の低さにとらわれない長期的な視点が求められる。

重要度が高いと評価されたトピックには、地球温暖化による環境の変化への対応策として、頻発する災害のリスク管理や、病虫害の増加を含む耕作不適環境でも収穫が期待できる作物の開発に関するものが多い。同様に、省力・低コスト栽培が可能な作物の育種や遺伝子組み換え技術等、将来に懸念される食糧不足に対応したトピックも重要度の評価が高い。マイワシ・マグロ等主要漁業資源の確保が現実の重要課題となっていることは周知のとおりであり、沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術も、早期の実現が望まれながらなかなか実現していないトピックといえる。また、資源保護と関連して、データを活用した環境の評価に関するトピックも重要度が高いという評価を受けた。

3. 1 将来の展望

3. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲

農林水産業は、食品産業側から見ると原材料が供給される産業という位置づけであり、バイオテクノロジーは農林水産業・食品産業はもとより、新しい医療、環境、エネルギー産業の発展にも大きく貢献している。農林水産業の対象生物は代表的農作物・樹木・海藻などの植物、きのこなどの菌類、乳酸菌・微細藻類などの細菌、家畜などの動物である。

さて、20世紀の成功の裏で進行した環境負荷の増大、水資源の枯渇、土壌の塩類集積などが世界各地で深刻な状況を生み出し続けている。このような状況を打破するための持続可能な農業システムとして、環境保全型あるいは生態調和型農業、様々な形でICT(センサネットワーク)を援用するスマート農業などの実践が始まっている。また、現状の技術による食料増産では世界の更なる人口増に対応できないとの予測から、農作物の戦略的育種技術の早急な確立が望まれている。気候変動などに伴う露地栽培でのリスク対応として、水耕栽培を基本に清浄な環境下での農作物の工学的生産システムにも期待が持たれているが、高コスト体質を考慮すると、生産立地は保存や流通コストが少ない大都市郊外の地域に限定せざるを得ないと考えられる。また、我国は大量の穀物を輸入し、この穀物を飼料として家畜や家禽に与え嗜好性が高く高付加価値の動物性食品を生産し、流通させている。世界的な自由貿易の流れの中で増加しつつある畜肉の輸入も、大量の穀物消費の上に成立しているという事を踏まえた理解が必要である。

植物科学は世界のトップレベルにあり、モデル作物の開発を行う実験室レベルでの個別技術要素については蓄積が出来ているが、社会実装を目指した次の研究段階として、フィールドと実験室を効率的につなぐ研究システムの構築が必要である。また、個別の遺伝子レベルを超えて、遺伝子ネットワークの機能を理解し、それを品種開発につなげるためには、さらなる基礎的研究の積み上げが必要と考えられる。

気候変動の影響が顕在化する中で、森林の保全はこれまで以上に重要となっている。世界の森林面積は先進国では横ばいないし微増で推移しているのに対し、アフリカ、南米、東南アジアにおいては減少を続けており、熱帯林の保全と乾燥地帯等での森林の再生といった森林の多様な機能を的確に発揮させるための持続可能な森林システム整備が緊急の課題となっている。

21世紀には、海洋を人類の食料生産の場として有効利用を図ることが極めて重要になると予想される。そのためには、自然環境を守るための保全を目的とした技術開発、そこに棲息する魚類・貝類・甲殻類・軟体動物などの資源管理を徹底する技術開発、そして人為的な魚介類の効率生産に向けた畜産的研究開発を国際的連携のもとで推進する方向性が求められる。特に近年の特徴としては、適正な資源管理を行い、持続可能な水産物の確保を図ろうとする技術開発が多く認められる。

21世紀の日本の農林水産業の難しさは、国際的シナリオと国内的シナリオが必ずしも一致しないことであろう。世界人口の増加傾向とは異なり、日本の人口は減少し始めており、2050年には中位推定で約9500万人の人口となり、2050年から2100年までは65歳以上の高齢化率が約40%で推移すると予測されている。農林水産業がコミュニティへの依存性が高い産業であることを考えると、実現可能で持続可能な農林水産業の地域性を重視する国内シナリオの設計が急務となっている。近年、農林水産業は食糧や食品の原料だけでなくエネルギーの原料を産出する産業としての側面も持ち始めているため、地域・食料・エネルギー・経済を要素とする地域経済モデルの構築とモデルを実践するための戦術・戦略が必要となっている。

人口が減少する地域社会で持続可能性を持つ農林水産業を実践するためには、医療費の増大に対抗しうる「食と健康」をキーワードに加工食品までを視野に入れた六次産業化、地産地消と再生可能エネルギーによる地域設計が求められる。特に、高齢化社会における生活の質の基盤となる「健康寿命の延伸」の重要性を考えると、生活習慣病の予防は、悪性新生物、糖尿病、高血圧性疾患、脳血管疾患をはじめ、健康寿命の延伸との

関係もあり、個人の生活の質を保ち、結果として医療費削減に繋がることとなる。

一方、地域では再生可能エネルギー戦略の一環として、バイオマス利用による低炭素・循環型社会に向けた活発な技術開発が行われてきているが、旧来からの直接燃焼法やメタン発酵などを除き、新技術の日本社会への実装はいまだ限定的である。豊富な森林資源をもつわが国でバイオマスの社会利用が進むためには、バイオマス資源の生産、広範囲に分布する資源の効率的収集・供給、資源のエネルギーあるいはマテリアルへの変換、生産されたエネルギーやマテリアルの利用者への供給、およびその過程で生ずる廃棄物の利用・処理のすべてのプロセスについて効率的な技術が開発され、それら諸技術を統合したバイオマス利用システムがコストや内在する環境価値の面で社会に受け入れられる必要がある。

(2) 結果の総括

環境保全型農業、生態調和型農業を世界レベルで実現するためには、農業生産に伴う資源循環や生態系の変化をモニタリングするための ICT を活用した仕組み作りと、このモニタリング結果に基づき生態調和と環境の最適化を意識しつつエネルギー投入量のスマート化と農業生産量の最大化を実現する戦略構築が求められている。また、農作物の戦略的育種も不可欠な技術であり、植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワーク、成長制御のシグナル伝達機構などの解明のための適切な施策と人材戦略が求められている。また加速度的に蓄積されるゲノム情報を作物開発に生かすには遺伝子組換え技術の実用化が重要とも考えられ、わが国の遺伝子組換え作物に対する社会的受容の困難さへの真摯な対応が求められる。

環境調和性の高い農業を実現させつつ、高品質・機能的農産物を安全に生産する技術の中で、生物学的方法で病害虫防除と作物の生育促進を目指す技術の重要性が高まることが予想される。年々激しさを増す気候変動リスク下での食料安全保障への対応として、気象予測を栽培管理に活用する ICT がキーとなるが、このような新しい農業を実践するには、灌漑・排水のための基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術、および農業者の最適な栽培管理を実現する完全自動化にこだわらない適切な自動化・ロボット化も重要である。気候変動に伴い新規の病害虫の侵入リスクが高まり、人・物が容易に国境を越える今日、動植物の疾病防除技術は農業生産の維持に欠かせないものである。

バイオマスエネルギーやバイオケミカルズ利用の社会実装が期待されて久しいが、コスト面での障害を打破するブレークスルー技術が必要であり、酵素を用いたバイオマスの分解・発酵に関連する技術開発に期待が持たれる。木質バイオマス等の有効活用に関しては、木材を構成する主要な成分であるリグニンの高効率な有効活用技術開発、燃料利用面では合成燃料製造の高効率システム構築が必要となる。また、農山村地域における地産型バイオマス利用やバイオマス供給の実態に即した弾力的な対応を可能にするための新たな小型発電技術が期待される。さらにバイオマス利用技術の総合検討ツールの開発は早急に取り組むべき重要トピックである。

森林管理に関しては、国際的視点では、熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術が不可欠である。樹木が生育しにくい環境の拡大に対応するために世界レベルで進められているスーパー樹木の開発や、各国で進められている主要な商業利用樹種に関する遺伝的地域区分の把握技術への対応が必要である。さらに、獣害対策、マツ枯れ病の完全制圧、防災対応の森林管理技術などが重要トピックである。人工林を有効に利用拡大していくことも重要で、林業労働を重筋労働から解放する飛躍的な技術開発と、その担い手の確保に加え、人工林の高林齢化に伴う伐採・搬出・加工の革新的技術、主伐後の再生産を確保するための森林造成技術の開発、さらに、木材の付加価値を高めるための技術開発が必要である。

水産資源の持続的管理技術開発は極めて重要であるが、確実性が低く進展する研究テーマを除けば、研究開発における失敗の許容や複数手法の検討等の必要性や人材戦略が重要と考えられる。育種・生産に関しては、国際競争力の高いウナギの人工生産システム開発に大きな期待がもたれるが、一般的に育種技術開発では技術的実現及び社会実装に向けて内外の連携と協力が必要と思われる。環境保全面では、東日本大震災での原子力発電所事故現場からの拡散放射性物質の水産物汚染の関連で、複数手法の検討を伴う沿岸域に

おける漁業の再生を図るための放射性物質除去技術は極めて重要である。

食品加工を重視する六次産業化の中で特に食品素材の高度生産技術が重視されている。人工光合成技術で生産される小分子量の有機化合物(酢酸、ギ酸、メタノール)を微生物と醗酵技術を用いて、より付加価値の高い食品素材(蛋白質や脂質といった栄養素)に変換することにより食品素材と食料の工場生産が可能となる。大都市近郊の工場空地を活用し、ICTを用いることで24時間無人での高効率な操業も可能となるため、高効率な工場生産を可能にするための、必要栄養素や有用物質を高品質で安価に生産する基盤的技術開発が求められる。流通・加工技術面では、わが国の魚介類で育まれた生体や低温での流通システムや高度な凍解凍技術、スリミ加工技術は世界をリードする水準であることと輸送コストを削減する観点から、収穫後も生きている野菜や果実などの植物性食材の品質を保持し短期間、食品内部の水を制御することができる新しい低温保蔵技術開発が重要視されている。

食品の安全に関わる問題は、安全管理に関わる問題、バイオテロとして取り扱う問題、食品情報の偽装など倫理に関わる問題に分けて考える必要があるとともに、安全が確保されても安心に必ずしも結びつかないという心理的な問題を含んでいる難しさがある。水産業と同様、拡散放射性物質の農産物汚染では、安全は確保されたものの安心に対する問題が完全に解決されていないため、その影響は食品の海外輸出においても重大な障壁となっている。これは日常的な食品の安全性に関する国の指導が徹底していないことに加え、問題が生じてから場あつち的に急遽安全性情報を提供しても消費者の理解は得られないことを示唆している。一般に、食品の安全性の伝達では、食品の生産、保存、流通、加工の各段階でデータの透明性と合わせて消費者の科学的理解を高める施策が極めて重要である。食品の安全性に関する技術開発では早期の解決が求められるため、時間と費用が必要であることを考えると、新たな人材の養成と広汎な研究を支える施策の実施が求められる。

機能性食品面では、遺伝子の解析と改変操作技術の進歩により、食品原料となる農作物中の生理活性物質の含量を増大させることが可能となってきたことが重要である。このような農作物を作出し消費者個人の多様な生理的要求に適切に応えるには、基礎的な検討から生産や流通の体制、過剰摂取の防止策などを総合的に解決する必要がある。この技術は生活習慣病の予防や発症後の症状の改善に資するだけにとどまらず、日常の「生活の質」の向上につながることは言うまでもない。ヒトゲノム解析完了後、新規の機能性を有する食材を食生活に適切に組み込む検討も広汎に行われているが、両者が調和する様なガイドラインはないため、ビッグデータの活用を含め新規な研究展開が必須である。

農林水産業では、ICTを用いたさまざまなプラットフォームでのセンシング・モニタリング、衛星・UAV等を用いたりリモートセンシング、最先端の分光計測などによるキャノピーマネジメントのための近接場センシング、および植物工場・養殖工場の計測・制御技術などが必要となるため、他分野で開発されつつある要素技術を組み合わせるシステムを構築し研究を行うことが重要である。また、地球規模でのセンシング・モニタリングシステム構築では、国際的に通じる理念と経済性に基づく国際連携体制の構築と国際プロジェクトが不可欠である。また、本分野でもビッグデータ解析が重要になることも予想されるが、データの持つ構造を重視するボトムアップ型でデータドリブンなデータベース設計と新たな解析手法の導入も必要となろう。

食品の健康・医療につながる情報では、「健康に資する食品」と「美味しさ」に関わるトピックが重要である。食品と薬品とは本質的に役割が異なるため、食物の薬品化が進行している現状は好ましくなく、生産者に対する指導とともに科学的な栄養生理学的知見に基づいた食育の充実が求められる。また、現状での「美味しさ」研究に関しては、認知科学の知見を活かした官能評価の高度化が確実な方法であるため関連分野の総合的な基礎研究の高度化が必要である。

(3) 今後の展望

著しい経済発展とげつつある BRICS(ブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカ)などの穀物消費の増加により世界の食料需要が増加する一方で、穀物生産の伸びが鈍化し、食料安全保障が世界の重要課題となつてきている。しかし、20世紀から続く世界の人口増に対し、2012年に人口のピークを迎え減少が始まっている日本で

は世界とは異なる食料安全保障戦略が求められている。本分野では、分野を構成する3つの要素(農林水産・食品・バイオテクノロジー)が有機的に連携され持続可能性を持ちながら、この分野が強化される戦略構築が必要である。

農薬や化学肥料の使用を抑え、自然生態系本来の力を利用して行う農業、すなわち持続可能な「環境保全型農業」が推進されている。わが国では、稲作を中心とする露地栽培では収量性よりも環境の保全や食の安全・安心および品質を重視した農業が展開されてきたが、今日、消費者あるいは食品産業側が求める農作物の品質設計を可能とする科学的農業への転換が必要となっている。野菜工場を含む施設栽培でさえも農産物の品質設計は現状不可能であり、生育環境・農作物・栽培管理用のセンサ開発と共に ICT を活用し、品質設計と高い生産性を可能にする「環境保全型農業」の構築が求められている。重要関連技術としての品種開発では、耐病性など単純な農業形質を支配する遺伝子の解明が進み、ゲノム育種による品種化が実現している。今後の対象は、環境耐性や収量性などの複数の遺伝子の相互作用による農業形質であるが、このような農業形質を正確に評価する技術開発も併せて必要であり、遺伝子発現情報など、いわゆるビッグデータの解析と合わせ、情報工学分野との連携が極めて重要である。

我が国では人口が減少し、地域コミュニティを健全な形で存続させることが重要課題となってきた。地産地消とバイオマスなど再生可能エネルギーの利用は地域保全にとって確かな方向であり、また資源の乏しい日本において、唯一豊富な森林資源と研究蓄積を活用した森林バイオマス利用は高い可能性を有している。その実現には、原料となるバイオマス資源の生産と供給から、バイオマスのエネルギーやバイオケミカルズへの変換と利用者への供給、及びその過程で生ずる廃棄物の処理・利用までのプロセスについて整合性を持つ技術開発とそれを統合する社会受容性の高い利用システムの構築が求められる。今後は、新規の技術開発及び既存技術の効率化・低コスト化とともに、それらを核とする利用システムについて、社会技術に照らして評価し社会実装試験に取り組むことがバイオマス利用の加速化に求められる。また、新しい日本農業やバイオマス利用社会の創造には、先端科学を担う研究者のみならず、社会の抱える課題解決を担う研究者を育成する施策に加えて、一貫した政策のもとでの産・学・官連携の一層の強化が求められる。

森林バイオマスとも関係の深いわが国の林業について少し述べる。我が国においては、森林管理の粗放化の中で、適切な手入れがされていない森林、病虫害や獣害等を受けている森林が多く存在する。また、わが国の森林は木材生産という面での利用に乏しいが、木材利用が森林の整備に直結し地球温暖化の防止にも役立つことなどを考えると、成分利用を含め木材の全てを利用するとともに、エネルギー利用を含めカスケード型利用の視点に立つ木材生産の一層の拡大と関連する技術開発が必要である。

世界的に陸上での動・植物性タンパク質源の供給が増えない中、今後魚介類への依存を高めることは間違いないと考えられ、養殖生産量の増加を図るための育種技術の開発が不可欠である。また、天然の魚介類を持続的に安定生産するために海洋(河川・湖沼を含む)環境の保全と、資源管理技術を駆使した保全が必要となる。特に、水産資源の持続的利用のためには国際連携に基づく海域を特定した管理と公海上を含めた総合的な管理システムの構築が必須である。また、今後の海洋資源の保全と開発研究は単にわが国に資するだけでなく、世界の人口増加への対応を考える必要があるため、産官学の一致した水産・海洋に関する拠点形成(組織改編)を伴う重点化と財政的な支援が重要である。

食料や食品の高度生産では、土壌の有無に関わらない野菜工場などの生産システムや、海水魚介類の内陸養殖などが登場し、既存技術の高度化による農水産物生産基盤が大きく変わりつつある。大都会近郊にある海外移転した工場や跡地は少ない初期投資で野菜工場化することが可能であるため、戦略的な国レベルの対応が望まれる。わが国では食品の鮮度維持のために原料農産物と加工食品に対して保存、流通、加工の各段階で厳しい品質管理が求められる。このような中で創り上げられてきた様々な要素技術を総合的に統一し、最先端の分析技術と分子生物学的解析とを組み合わせれば、世界をリードする食品管理システムの構築が可能となるため、その実現に向けて、食品の生産、保存、流通、加工各プロセスでの費用対効果に応える共同研究の推進が必要と考えられる。安全・安心の面で GMO(遺伝子組換え作物、Genetically Modified Organism)について触

れておきたい。GMO が未知の毒性物質を産生する可能性については、実験動物による従来の食体験のある非 GMO との比較実験で生物学的同等性が証明されることが認可の前提であるため、GMO の安全性に関わる論文の問題提起の取り扱いは政府などの公的機関による評価が極めて重要である。併せて、人口増加で食糧生産が頭打ちになる中で、GMO を含めより効率良く穀物に含まれる蛋白質を、我々にとって有用な動物性蛋白質に転換する畜産業の発展がより一層重要になると考えられる。

国民の蛋白質栄養状態を良好に維持することは、健康日本の礎であり高齢化進展の中で活動的な高齢者を支えることにつながる。ウシなどでは人工授精技術の一般化により嗜好性と価格の高い牛肉生産が行われているが、穀物を中心とした飼育の効率の高度化や畜産廃棄物の処理や高度な利用技術、トリインフルエンザ等の伝染性疾患の防御技術はワクチン等の開発が不十分であり、残念ながら患畜の全頭処分や輸入食肉の検疫などの水際での対応であり、より一層の技術開発が求められる。休耕田や耕作放棄地を活用して飼料用穀物の生産拡大を行うことが極めて重要と考えられるが、そのためには我国の気候風土に合致した生産性の高い作物の戦略的育種とそのためのおミックス戦略および圃場を用いたフィールドフェノミクスセンターの創設は必須の条件となろう。

近年、機能性食品に関心が集まり、特定の食材を適切に摂取すれば症状に応じて一定程度の効用が期待されるため、有効成分を濃縮したサプリメントが大きな市場を形成している。しかし、消費者が目安量に基づいてサプリメントを食品として摂取し、用法用量は消費者の判断にまかせている現状は好ましい健康管理ではないと考えられる。個人レベルの健康に合わせて必要量だけが摂取出来るシステム構築と徹底した食生活の指導が行われるべきであり、薬物とサプリメントの併用での評価手法の確立が求められる。食の「美味しさ」に対する期待は極めて高く有史以来の希求課題でもあるが、現状では統一的に説明できる状況ではない。「美味しさ」に関しては、食由来の要素信号の脳内処理の仕組みの解明が先決課題であり、当面は官能評価データと補完的情報として機器分析データを持つデータベース構築が優先されるべきである。

まとめとして、地域社会の変遷予測と持続可能性に基づく食・農・環境・経済モデル構築とその実証拠点について触れる。それは、地域資源を活用しながら、再生可能エネルギーをベースに、モニタリングに基づき高度に最適化された環境保全型露地栽培や高度施設栽培を戦略的に組み合わせ、農林水産業の六次産業化をはかるようなスマートビレッジの実現である。また、このスマートビレッジを維持・管理するための地域独自のコーディネータ、アグリゲータ、ファミリテータなどの人材育成と、育成された人材が持続的に活躍できるシステム構築が求められる。

最後に、今回の調査では触れられなかった社会技術 (Science and Technology for Society) に触れておきたい。現実の実現可能なシステムを考える場合、資金をどのように調達するか、あるいは社会の人々にその導入の必要性をどのように伝えるか、が大きな課題となるため、自然科学と社会科学が融合して取り組む社会技術は極めて重要であり、総合的な実現可能性について理論的にアドバイスできる社会科学の専門家の育成が求められている。

(亀岡 孝治)

3. 1. 2. 農：高度生産・疾病防除・バイオマス利用

(1) 本細目の検討範囲

細目の「農：高度生産」、「農：疾病防除」及び「農：バイオマス利用」に、これらと関連の深い3トピック「共通：その他(121. アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)、123. アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術及び124. 農作業を完全自動化するロボット技術)」を本区分の検討対象とした。

20 世紀末に過剰基調であった世界の食料・農業をめぐる情勢は今世紀になって不足基調に転じた。すなわ

ち、途上国の引き続く人口増と経済発展に伴い食料需要が増大する一方で、食料生産に不可欠な水・土地などの資源制約の強まり、途上国の進まない生産インフラ整備、世界的な穀物収量の伸び悩み、および地球温暖化の影響とみられる異常気象の頻発などにより、世界の穀物生産の伸びが鈍化し、食料安全保障が世界の重要課題となってきた。

我が国では、稲作技術革新によるコメの増産と食の多様化に伴うコメ消費の減少により、その生産過剰の問題が生じ、1970年から減反政策が導入され今日にいたっている。これを受けてわが国の農業技術開発研究も、それまでの生産性向上を目指す研究から、環境の保全と食の品質・健康機能性や安全にかかわる研究へと大きくシフトした。この状況が30年以上続き、その間に他国では類をみないほどに安全・高品質な農産物の生産や環境調和性の高い農業の実現をみたが、一方で収量性の増加はほとんど見られず、麦、大豆などの収量は欧米諸国の約1/2という低水準に陥り、今日の日本農業低迷の一因ともなっている。

このように世界食料が不確実性を増す中で、より生産性が高く自給率の高い農業の創成がわが国の食料安全保障上の重要課題となっており、これを反映して今回の本調査でも、細目「農：高度生産」および「農：疾病防除」で、これまでの環境、安全や品質を対象とするトピックに加え、生産性の向上を対象とするトピックを重視する傾向が認められる。すなわち、これまで重視されてきた環境保全や人の健康にかかわるトピックとして、農薬・肥料の半減技術「農：高度生産(6. 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等))」や農業生態系を活用した病虫害抑制技術「農：疾病防除(37. 農業生態系を活用した病虫害発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系)」及び人獣共通感染症の動物体内からの排除技術「農：疾病防除(36. 人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術)」が重要度の高い技術と評価される一方で、今後重要度を増す作物や家畜の生産性向上にかかわるトピックとして、高生産性の水田輪作農業「農：高度生産(5. 地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及びICTの統合による高生産性水田農業)」、気候変動に対応可能な栽培最適化システム「農：高度生産(8. 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム)」腸内細菌の制御による非反芻家畜の生産性向上技術「農：高度生産(1. 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上)」及び農業生産の基盤となる農業水利施設の維持管理技術「共通：その他(121. アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など))」に高い重要度が与えられている。

一方、細目「農：バイオマス利用」に関しては、これまでバイオマス利用による低炭素・循環型社会に向けた高い期待と政策のもとに活発な技術開発が行われてきているが、旧来からの直接燃焼法やメタン発酵などを除き、新技術の日本社会への実装はいまだ限定的である。豊富な森林資源をもつわが国でバイオマスの社会利用が進むためには、バイオマス資源の生産、広範囲に分布する資源の効率的収集・供給、資源のエネルギーあるいはマテリアルへの変換、生産されたエネルギーやマテリアルの利用者への供給、およびその過程で生ずる廃棄物の利用・処理のすべてのプロセスについて効率的な技術が開発され、それら諸技術を統合したバイオマス利用システムがコストや内在する環境価値の面で社会に受容される必用がある。

それゆえ、今回の本調査で、バイオマス利用社会の経済・社会・環境的価値を評価する技術「農：バイオマス利用(42. バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術)」に最も高い重要度が与えられたことは当をえたものと考えられる。また、バイオマス利用にかかわるすべての個別プロセスについてブレークスルーを目指すトピックが提示されたが、そのなかでバイオマス資源のエネルギーやマテリアルへの変換にかかわるセルロースの分解技術「農：バイオマス利用(39. セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術)」や発酵技術「農：バイオマス利用(40. 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発)」および地域資源を利用した産業用酵素の製造技術「農：バイオマス利用(38. 微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術)」に高い重要度評価が与えられている。

(2) 本細目のトピック

「農:高度生産」

冒頭で述べたように、本細目ではこれまで、食料過剰基調のもとで環境保全型の農業及び高品質・機能性農産物の生産技術や食の安全のための技術が中心であったが、今回のトピック「農:高度生産(3. オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術)、(4. エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術)、(6. 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等))及び(7. 抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術)」もその継続もしくは延長線上に位置づけられる。その中で、生物学的な方法で病害虫防除や作物の生育促進も目指す「農:高度生産(3. オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術)及び(6. 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等))」は環境調和性の高い農業への寄与が期待できる技術として、引き続き重要である。

一方、近年の世界食料の逼迫を受けて食料安全保障が重要課題となる中で、食料生産性の画期的向上を目指す「地下水制御システム、多様な作物の輪作技術および ICT の統合による高生産性水田農業」は重要なトピックである。このトピックは、これまで水を溜めて稲を作る装置であった水田に、地下水制御システムを備えて水分の最適制御を行い、稲のみならず麦や大豆などを土地を休ませることなく栽培する、ICT 利用の高度輪作システムを構築することで、年間トータルとして画期的に高い土地生産性と労働生産性をもつ農業の創造につながる。この技術の実現可能性は高いと評価されており、実現すれば世界最先端の高生産性農業として、現在低迷を続けている日本農業のブレークスルーにつながるのみならず、かつての日本発の「緑の革命」のように技術移転を通じて、世界の食料安全保障に貢献することが期待される。また、「気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム」も、年々激しさを増す気候変動の中での食料安全保障にとって重要なトピックであり、その実現には気象予測を栽培管理に活用する ICT がキーとなる。さらに、これらの新しい農業の実践には、その基盤となる「共通:その他(121.アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術」、および増加する農業者の作業負担の軽減のための「共通:その他(124.農作業を完全自動化するロボット技術)」も重要である。ただし、この後者では、完全自動化にこだわらず、農業の発展段階に応じた適切なロボット化を目指すべきと考える。

「農:疾病防除」

国境を越えた人・物の移動が増え、また温暖化に伴い新規の病害虫の侵入リスクが高まる中で、安定した農業生産の維持に欠かせない動植物の疾病防除技術の重要性はこれまで以上に高まっている。中でも、高病原性鳥インフルエンザ、BSE、デング熱、西ナイルウイルス病などの人獣共通感染症は人の健康を害すると同時に、数 10 万羽(頭)もの家畜の殺処分など、産業に重大な損失を与えうる。それゆえ、ワクチンや抗ウイルス剤などを利用した「人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術」は取り組むべき重要トピックである。このトピックは、人獣共通感染症に限ることなく宮崎県で発生して莫大な損害を与えた口蹄疫など、それ以外の重要感染症をも対象に、感染を防ぐ防疫や畜舎環境管理などと一体的に取り組むべきと考える。

「超音波や振動などによる昆虫の行動制御」は新しいトピックであるが、昆虫が特定の振動数をもつ音波に反応する事例が得られつつあることから、リスクはあるものの環境を汚染しない新規の害虫防除技術になりうる可能性もっており、チャレンジに値する。

「農:バイオマス利用」

これまでにバイオマスのエネルギーやバイオケミカルズ利用に関して様々な技術開発が行われてきたが、これらの社会実装が進まないのは、コスト面での障害が大きいと考えられる。それゆえ、そのブレークスルー技術

の開発が望まれるが、今回の本調査では酵素を用いたバイオマスの分解・発酵に関連する3トピックが提案された。その中で、「微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術」は、糖化酵素などをオンサイト生産することで、これまでの食品産業にとどまらずバイオマス変換にも利用可能な技術として重要と考える。「セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物繊維の分解利用技術」は、食料との競合が少ないリグノセルロース系バイオマスの利用に重要な技術であり、コスト面でのハードルがクリアーできる技術の創出を期待したい。一方、「農:バイオマス利用(41. メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム)」のトピックは、現在利用が進んでいるメタン発酵技術の普及拡大上のネックとなっている廃棄物を肥料化することで、バイオマスの耕・畜循環系を目指すもので、地味ではあるが社会的に重要な成果が期待できる。

バイオマス利用には今回提案された酵素技術以外にも、バイオマスの熱分解による生成ガスを触媒反応あるいは微生物を利用して液体燃料に変換したり発電したりする技術の中に、現状のブレークスルーにつながる可能性をもつものもあり、それらも含めて検討すべきと考える。そのような検討のためのツールとして、「バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術」の開発は早急に取り組むべき重要トピックである。

(3) 今後の展望

今世紀になって、世界の人口増と、中国など著しい経済発展とげつつある国・地域の穀物消費の増加などにより、食料需要が増加する一方で、穀物生産の伸びが鈍化し、食料安全保障が再び重要課題となってきた。穀物生産の伸びの鈍化の背後には、冒頭で述べたように様々な要因がかかわっているが、その中で、農学分野からみて穀物収量の伸び悩みは深刻な問題である。これは、食糧難の戦後日本の稲作技術革新に端を発する「緑の革命 (Green Revolution)」と称される、灌漑、半矮性多収品種及び肥料多投をセットにした増収技術が、世界のそれが適用できる地域に一通り普及し終えた 1990 年頃以降、それに代わる増収技術が未だ開発されないことによるものである。そのため、「緑の革命」期に増加した世界の人口一人当たりの穀物生産は 1990 年頃を境に減少に転じ、穀物の国際価格の上昇や途上国の食料危機を招いており、これを受けて世界的に「第2の緑の革命」が強く求められるようになった。わが国では、これまでの約 30 年間、世界的な食料過剰基調の下で、収量性よりも環境の保全や食の安全・安心および品質を重視した農業が展開されてきたため、その間収量の増加はほとんどなく、欧米諸国に収量で大きく水をあけられる結果となり、それが今日の日本農業低迷の一因ともなっている。世界食料が不確実性を増す中で、これまでに培われてきた環境保全的で安全・高品質な食料生産技術に立脚しつつも、画期的に高い生産性のもとで高い食料自給力をもつ日本農業の創造が今後目指すべき方向であろう。

作物の収量性向上を目指す技術開発はこれまでゲノム研究に依拠した品種開発を中心に進められてきたが、その成果は限られている、一方、栽培技術の革新によって現在の土地生産性を2~3倍に高めうる余地は大きく、今回の設定したトピック「地下水位制御システム、多様な作物輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業」は、それに応えうる可能性をもつものの一つである。世界の気候が不安定性を増す中で、このような高生産性農業を可能にするには、「農:高度生産(8. 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム)」のトピックが不可欠である。また、栽培技術革新には ICT や「農:共通・その他(124. 農作業を完全自動化するロボット技術)」などのロボット技術も欠かせない。さらに、これまで環境保全や食の安全・安心を中心に進められてきた細目「疾病防除」の技術開発も、今後はそれに高生産性のキーワードを加えることが重要になると考える。

地球温暖化などの環境問題が深刻化するなかで、バイオマスなど再生可能エネルギーの利用は人類の目指すべき確かな方向であり、また資源の乏しい日本において、唯一豊富な森林資源と研究蓄積を活用したバイオマス利用は高い可能性をもっている。その実現には、原料となるバイオマス資源の生産と供給から、バイオマスのエネルギーやバイオケミカルズへの変換と利用者への供給、及びその過程で生ずる廃棄物の処理・利用まで

のプロセスについて整合性もった技術開発とそれを統合して社会受容性の高い利用システムの構築が求められる。バイオマス利用に関し、これまで、直接燃焼、炭化処理、メタン発酵、糖質・デンプン系のアルコール発酵、BDF製造、熱分解ガス化発電、ソフト・ハードセルロース系の糖化・エタノール発酵、リグノセルロース系からのバイオマテリアルの製造、ガス化・液体燃料製造(BTL)、水素ガス化など多岐にわたる技術が提案され、その優劣は地域や社会条件により異なると考えられる。今後は、新規の技術開発及び既存技術の効率化・低コスト化とともに、それらを核とする利用システムについて、その社会受容性を経済・環境・社会的価値に照らして評価し、それをもとに社会実装試験に取り組むことがバイオマス利用の加速化に求められる。

このような新しい日本農業やバイオマス利用社会の創造に最も必要なことは人材の育成と産・学・官連携の強化である。この約30年間に農学の生命科学や環境科学への細分化が進んだ今日、上で述べたような新しい農業やシステムを地域ごとにグランドデザインし、その実現に向けた地域プロジェクトをコーディネートできる、土地一人間一生物系の統合科学としての農学本来の人材は枯渇化傾向にある。先端科学を担う研究者のみならず、社会の抱える課題解決を担う研究者を育成する施策が求められる。加えて、新しい日本農業やバイオマス利用社会の創造には、一貫した政策のもとでの産・学・官連携の一層の強化が求められる。

(堀江 武)

「木材のバイオマス利用」

・38.微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術

①概要(現状):国内では、食品用酵素を中心に産業用酵素が生産されている。酵素生産に利用される原料は特別に、地域資源を活用しているわけではなく、炭素源、窒素源、ミネラル、微量活性成分を資材として購入し、製造しているのが現状である。

②今後の動向:産業用酵素をオンサイトで生産することで製品のコストを削減できる可能性は高く、特にバイオマスの糖化酵素はオンサイト生産しなければコスト的に見合わない。バイオマスを利用するためにバイオマス変換酵素が必要となる可能性は高いと考えられる。その場合にはバイオマスの集積地で酵素を生産することになると考えられる。

③重要度:バイオマス変換として重要な多糖(セルロースやヘミセルロース)の活用の一つが糖への変換であり、多糖分解酵素生産技術開発は重要な分野である。多成分を含むバイオマスの変換に適した酵素生産は重要なテーマである。

・39.セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術

①概要(現状):セルロースの結晶度を緩和させるために用いられる人工タンパク質は、セルラーゼである。酵素分解によってセルロースの結晶を分解し、グルコース生産を行う研究が行われ、糸状菌のトリコデルマ菌由来のセルラーゼがバイオエタノール生産のために最も強力な酵素であり、現在も酵素活性の向上を図って、国内外で多くの研究がなされている。また、遺伝子工学的な手法を用いることにより、バイオマス分解とエタノール等の生産を同時に行う微生物の開発が進められ、酵素生産、糖化、発酵の過程を全て統合化するプロセス(CBP; consolidated bioprocessing)の研究も進展している。

②今後の動向:バイオエタノール原料としてリグノセルロース系バイオマスへの転換の流れは変わらないものと考えられる。酵素分解過程は温和な条件での反応であり、廃液処理等環境への負担は少ない方法である。従って今後、トリコデルマ菌意外にもクロストリジウム菌等セルロースの強力な分解を行う酵素の探索、βグルコシダーゼ等セルラーゼ成分の組み合わせやヘミセルラーゼの導入、タンパク工学的な手法を用いたセルラーゼ比活性の強化等更なる発展が見込まれる。また、CBPの研究は、エタノール生産性の高い酵母へのセルラーゼの導入等のトピックは多いが、効率的なシステムとして今後の期待が大きいところである。

③重要度:セルロースは結晶領域を含むので分解が困難であるため、バイオリファイナリーとしての利用の

進展が進まない。しかし、環境低負荷な方法であるという点で、セルラーゼ利用は最適な方法であり、持続可能な社会構築のために重要な技術である。ネックとなるのは、コストの問題である。

・40. 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発

①概要(現状): 複合微生物系の利用ではバイオマスの減容化までの技術。物質生産を目的とした場合の技術開発はまだあまり進んでいない。

②今後の動向: バイオマスの減容化に寄与している微生物群の解析が進んでいる状況と思われる。その中から物質生産に活用できる微生物に改良し、これまで二酸化炭素と水に分解していた部分を物質生産へシフトさせていく技術開発が求められている。

③重要度: 新しい技術としては複合微生物系の活用は期待したい。ただし、技術開発には微生物群の解析、物質生産のための遺伝子組換えも含めた微生物の改良、微生物の再構成による実証などテーマは多い。

・42. バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術

①概要(現状): 世界バイオマス協会(2014)によれば、世界の一次エネルギー供給のうち、再生可能エネルギー13%であるが、その77%はバイオエネルギーによるものである。また、バイオエネルギーの89%は固形バイオマスに由来することから、再生可能エネルギーの約70%が木質バイオマスによって供給されているとすることができる。これまでは、木質バイオマスを中心としたエネルギー供給事業の実行可能性評価や原燃料バイオマスの供給ポテンシャル推計、内外のバイオマス利用に関するLCA評価などの研究が行われてきた。

②今後の動向: IEA(2011)によれば、世界のバイオマス利用は2030年までに現在の2倍弱まで増加する見通しとなっている。これは、新しい技術開発をともなうものと考えられ、そうした技術を経済・社会・環境の観点から評価する必要が出てくる。また、既に一部の国では、林地残材の収集ではバイオマス需要に対応できず、伐根や早生樹種等による供給拡大に取り組んでいる。こうした動きについては、持続可能性や食料生産との競合等の観点からの評価が必要となつてこよう。

③重要度: 我が国においては、固定価格買取制度の下で、膨大なバイオマス需要が創出されようとしており、バイオマスの安定供給システムの評価や、そうした需要が地域へ及ぼす影響、輸入バイオマスとの関係などに関する、経済・社会・環境の観点からの評価は今後より一層重要になってくると思われる。

・43. バイオマス資源作物の熱利用に向けた高リグニン含量品種の開発

①概要(現状): 最近の基礎研究により、竹含有の抽出成分、リグニン、セルロースの化学的特性や機能性が注目されており、今後は、i) それらの実用化を図るための効率的な抽出・分離システムの開発、ii) 優れた抗菌性や抗ウイルス性を有する竹抽出成分を活かした消毒資材の開発、iii) 竹リグニンの機能を活かした樹脂類の開発、iv) 竹セルロースナノファイバーの機能を活かした機能性材料や食品の開発等が重要なトピックとなるだろう。

②今後の動向: エネルギー用バイオマスでは特にリグニンに特化して品種開発される可能性は少ないが、マテリアルとしてリグニンの重要性・需要が高まれば、高リグニン含量の品種育成は一気に進む可能性がある。

③重要度: リグニンの含有量をどのくらい制御できるのか、どれだけの遺伝子が関与して、どのような過程を経て生合成がされるのか、未解明な点も多く、どのレベルまで高リグニン品種を開発できるかは不透明である。一方で、マテリアル利用の可能性は高まってきていることから高リグニン含量の品種の開発を現段階で試験的に進めておく必要がある。

(加藤 鐵夫)

3. 1. 3. 農：作物開発

(1) 本細目の検討範囲

これまでの作物開発はイネに偏重する傾向があったが、次世代シーケンサーの登場とその性能の加速度的な向上により、様々な作物でゲノムが解読され、これまでゲノム構造が複雑でかつサイズが大きくて解読が現実的でないと考えられていた小麦でさえも、全ゲノム塩基配列が明らかにされようとしている。このようにして得られた塩基配列情報は農業形質に関わる多くの遺伝子の同定やその機能解明に大きく貢献し、これらの研究成果は、イネやダイズなどでは DNA マーカー選抜育種に利用され、病虫害抵抗性遺伝子の導入といった品種改良の効率化が進んだ。しかしながら、品種開発の現場では、急速に充実したゲノム情報を有効に利用しきれていない。

また、地球規模で持続的農業を普及させる観点から、植物のもっているさまざまな環境ストレス耐性や生産機能を向上させ、効率的な生産システムを開拓する必要がある。多くの科学技術の中で日本がトップレベルにしているのが植物科学であり、特にストレス科学は多くの優れた基礎的研究が日本から発信されている。モデル作物の開発を行う実験室レベルでの個別技術要素については蓄積が出来ているが、社会実装を目指した次の研究段階として、フィールドと実験室を効率的につなぐ研究システムの構築が必要である。また、個別の遺伝子レベルを超えて、遺伝子ネットワークの機能を理解し、それを品種開発につなげるためには、さらなる基礎的研究の積み上げが必要と考えられる。

遺伝子組換え技術を用いた植物の生産機能の開発については、多くの試みと進展が報告されているが、国内では未だに社会的コンセンサスが得られず、その実用化は限定的である。一方、近年、ヨーロッパを中心に新しい育種技術(new plant breeding techniques; NBT)の開発が急速に進展し、現在の遺伝子組換え技術の限界を克服する方法として期待されている。日本でもイネや果樹等で、世界でトップレベルの研究成果が発表されている。

(2) 本細目のトピック

「17.砂漠等の耕作不適環境でも収穫可能な作物」、「23.地球温暖化の影響を受けにくい作物開発」、「9.省力・低コスト栽培可能な作物育種(GMOを含む)」が、重要度スコア上位にランクされ、これらの技術の実現可能性も80%以上の人が10年後までの実現を予測している。これらのトピックは、作物のゲノムが解読され、いろいろな遺伝子の機能解明が進み、「18.植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明」や「19.植物における成長制御のシグナル伝達機構の解明」も進展することによって、今後世界の持続的な食糧生産に必要な技術として実現すべき重要なトピックと認識されていることが分かる。ただ、社会実装年は、「17.砂漠等の耕作不適環境でも収穫可能な作物」が2033年、「23.地球温暖化の影響を受けにくい作物開発」が2035年と予測されており、社会実装の難しさも想定される。

一方で「16.C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発」や「10.特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術」「29.任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする技術」など、画期的な作物開発を可能にする技術については、不確実性や非連続性のスコアが高く、技術の実現に必要な施策も人材戦略が重要視されている。ブレークスルーが必要との認識と推測される。

「14.導入遺伝子が環境に影響しない遺伝子組換え植物」、「28.農畜産物に医薬品や機能性分子を効率的に産生させる技術」、「33.異種移植が可能な医用モデルブタの開発」、「9.省力・低コスト栽培可能な作物育種(GMOを含む)」が、倫理性で上位にランクされた。他の細目でも遺伝子組換えに関わるトピックは、倫理性が重要視されている。これらのトピックでは、社会実装に必要な施策として環境整備が抜きん出ており、日本における遺伝子組換え作物に対する社会的受容の困難さを反映していると思われる。ただ、いずれのトピックも重要度が3を超えており、加速的に蓄積しているゲノム情報を作物開発に生かすためにも遺伝子組換え技術の実用化が重要と考えられる。また、それを補完する技術として「26.ゲノム編集技術による優良農作物作成技術」が、重要

度で高いスコア(3.5)を得ていると考えられる。ただ、この技術についても社会実装には環境整備が重要との意見が多かった。

(3) 今後の展望

耐病性など単純な農業形質を支配する遺伝子については解明が進み、ゲノム育種による品種化が実現している。今後研究開発の対象となるのはアンケートで重要度スコアが高かった環境耐性や収量性などの複数の遺伝子の相互作用による農業形質である。また、そのような農業形質を正確に評価する技術開発も必要であり、遺伝子発現情報など、いわゆるビッグデータの解析と合わせ、情報工学分野との連携が重要になってくる。

世界の遺伝子組換え農作物の栽培面積は1996年に初めて商業栽培が始まって以来、毎年着実に増加しており、2013年には1億7500万ヘクタールにまで拡がり、世界の全耕地面積の12%弱を占めるに至っている。その裏には、グローバル企業による新たな遺伝子組換え作物の絶え間ない研究開発がある。一方、日本では、大量の遺伝子組換え作物を輸入しながら、それが一般消費者の目に見えない形で市場に出回るため、いわゆる「国民理解」が得られずに、国内の地方自治体や民間の研究機関では遺伝子組換え研究が事実上出来ない事態にまで陥っている。将来の食料安全保障のこと等を考えると、遺伝子組換え技術やゲノム編集のような新しい技術に対して、過剰な規制を改正して国内はもとより海外に対する優位性を確立できるような体制を作り、産官学が一体となって作物開発を進める必要がある。

遺伝子組換えに対する国民理解も20年前に比較するとかなり向上したと考えられる。科学技術に対する国民理解は簡単に向上するものでないことを理解すると、常に工夫しつつ継続して広報・教育を行っていくことが重要であることが分かる。そのためには、研究経験者のみならず、科学コミュニケーションの専門家や実践者を有効に活用するような人的な確保についても検討が必要であろう。

また、最近、植物がバイオ医薬品生産の新たなプラットフォームとして注目されている。タバコで作られた未承認抗体医薬ZMappがエボラ出血熱で効果を示したと云う報道は記憶に新しい。植物プラットフォームは、大量の医薬品原料を低価格で短期間に生産できる、動物病原体を持っていない等の特長を持っている。2012年にニンジンの培養細胞で生産された組換えグルコセレブロンダーゼ(I型ゴーシュ病の治療薬)が植物生産医薬品として初めてFDAの承認を得たが、その他にもフェーズII、IIIの段階のものが数多く存在する。遺伝子組換え作物の受容が進まないのに対して、医薬品ではすでにバイオ医薬の大部分が遺伝子組換え生物で生産されている。遺伝子組換え作物で医薬品を生産し、そのメリットを消費者に直接アピールすることで、遺伝子組換え作物に対する社会的認識を変える糸口が得られる可能性がある。しかしながら、規制面での整備など技術面以外でのトピックが多く、政策的な後押しが必要であろう。

(高野 誠)

3. 1. 4. 農：環境保全

(1) 本細目の検討範囲

20世紀、みどりの革命による新品種の開発や灌漑技術の発達には作物の大増産に成功して爆発する人口増を支えた。しかしその成功は化学肥料や農薬の多投入に依存し、河川や海域の富栄養化など農業による環境負荷も増大させてしまった負の側面もあった。また、農業生産には大量の水を必要とするが、増産による水資源の枯渇や、誤った灌漑による土壌の塩類集積なども多くの地域で深刻である。さらに、化学物質生産、機械化、輸送、加工など食料供給に関わるエネルギー投入量も増大し続け、とくに先進国の豊かな食では人がその食料から得ることのできるエネルギーより相当多いエネルギーを投入している状況にある。さらに農業生産は炭酸ガスより温室効果が遙かに高いメタンや亜酸化窒素の最大の排出源になっており、その排出抑制も大きな課題となっている。

一方、食料への需要は人口増や経済成長にともなうより豊かな食生活の変化により、増大し続け将来にわたり十分な供給ができるか危惧が広がっている。そのため、人類は限られた水・土地・エネルギー資源のもと、水質や土壌の保全、農業起源の温室効果ガスの削減、生物多様性の維持など環境保全をはかり、しかも気候変動とも戦いながら生産性の向上をはからなくてはならないという難問に直面している。

(2) 本細目のトピック

農業生産におけるカーボンフットプリントやエコロジカルフットプリント等の動態を知るため、農場レベル、地域レベル、国レベル、世界レベルでモニタリングシデータベース化、生産統計情報などのオープンデータと組み合わせながらクラウドなどでビッグデータ化するしくみの確立が必須である。センサネットワーク等を用いた効率的な農林水産生態系の循環モニタリングや予測が重要となるが、そのための安価で維持が容易なセンサー開発や ICT を活用した情報収集技術、作物モデル等の高度化が必須となる。

モニタリング結果に基づき、肥料投入量や農薬散布を必要最小限にとどめながら生産量を最大化する一方、メタンや亜酸化窒素の排出抑制、炭素の土壌中の貯留を実現する栽培技術の確立が必要である。また、減農薬や減肥料を実現する総合的防除、総合的雑草管理、総合的肥培管理などの高度化とそれらを最適に組み合わせる技術も必要となる。とくに、作物による肥料の吸収効率を上げる栽培技術や、作物の共生微生物・自然免疫系や有機資材を活用し、減化学肥料・減農薬を実現できる栽培技術の確立が強く求められる。

また、路地、施設を問わず栽培にかかるエネルギー投入量をスマート化する技術や、節水栽培技術や効率的な水利技術および水資源を保全する技術、熱帯雨林などの伐採による農地拡大がこれ以上拡大できない中、原発事故被災地や塩害土壌など耕作不適地を修復する技術なども重要となってくる。

さらに肥料利用効率が高い品種や耐病性品種、従来の栽培不適環境に耐える耐乾燥性品種や耐塩性品種の開発なども結果として環境保全に貢献できる。

(3) 今後の展望

水・土地・エネルギー資源の制約のもと、気候変動による影響にも抗しながら、カーボンフットプリントやエコロジカルフットプリント十分に意識した持続的農業生産の実現が必須となっている。栽培技術を中心にさまざまな要素技術の革新と積み上げを通して、ローカルな農場レベルから地球レベルまでいたる全体最適化技術の確率が目標となる。地域を例にあげれば、地域資源を活用しながら、自然エネルギーをベースに、モニタリングに基づき高度に最適化された環境保全型露地栽培や高度施設栽培が戦略的に組み合わせ農業の6次産業化をはかるようなスマートビレッジの実現である。

(二宮 正士)

3. 1. 5. 食品：高度生産

(1) 本細目の検討範囲

食品として摂取される動植物の組織は蛋白質、炭水化物、脂質などが集積した可食部分であり、鮮度を保ち腐敗や変質を防ぎより嗜好性が高まるを創意工夫を保存から加工に至る過程で技術として集積して来た。食材は見映え、味、匂、食感などにより価格が左右されるので従来の技術開発の方向は、果実ではより大きく甘いこと、穀物では粒形が均一で大きいこと、畜肉では成長が早く可食部の重量が大きく、炭水化物摂取により糖尿病にならずに筋組織で脂肪の分布が高いことなどが動植物の育種の目標となっている。食糧の安定的生産と高品質かつ生産性の高い食材の開発と生産のシステムは食糧安全保障から重要である。我が国の畜産物生産は輸入した大量の飼料原料により支えられている。食肉生産における飼料由来蛋白質の転換率は10%程度で栄養学的に限界に近いと考えられている。穀物に含まれる蛋白質は約10%であるので、他の有用蛋白質源を太

陽光エネルギーなどを利用出来る光合成微生物に高発現させることにより飼料に使用される食糧を節約出来る。農業の工学的生産システムは、水耕栽培を基本に清浄な環境で比較的高価で流通し、鮮度が重要な野菜やイチゴなどが具体化しているが、高コスト体質は生産立地が保存や流通コストが少ない大都会郊外などに限定せざるを得ない。又、魚介類の養殖技術は内陸での生産を実現しているが、餌料の中心は低価格の魚類であり、蛋白質の転換率はやはり 10%程度である。従って大量の食糧が飼料や餌料に利用されている。これらは当然我々が摂取出来る重要な食糧であるが、生産者がより高付加価値の食材生産する傾向があり、国内で調達が困難な食糧資源を海外に求めることになる。世界的には人口増加に食糧生産が追い付かない現実があるので、国内外で食糧の高度生産に必要量を確保する仕組みづくりの必要性が今後急速に高まると考えられる。しかし、食糧生産余力は世界的に少なくなり、新規の食糧(栄養素)の高効率生産システム開発により動物性蛋白質を安価かつ高品質で大量生産し、飼料や餌料に利用することで食糧の節約と嗜好性の高い農水産物の確保との両立が可能となる。この技術の国際的展開により高効率生産される食糧は我が国の食糧自給率の改善にとどまらず、生産国の食糧不足から生じる政情不安を抑制することにつながる。すでに良い前例がある。我が国発の醗酵技術によりサトウキビの蔗糖蜜や澱粉を糖化した原料より生産される必須アミノ酸は世界中の飼料や餌料に不足する特定の必須アミノ酸(リジン、トリプトファン)などを適切に添加することにより飛躍的に蛋白質の利用率を高め生産性の向上による食肉や乳製品の安定した生産と供給につながっている。食体験のある有用微生物などを利用した先端的な分子生物学的アプローチは大いに期待が持てる技術と考えよう。

(2) 本細目のトピック

1970年代に安価で利用出来た石油を原料に有用微生物を利用して蛋白質を生産するプロジェクトが展開され出口に近づいたが、度重なる石油ショックを経て石油価格が高騰しコスト割れになり中断した。これは有用微生物に高品質で大量の蛋白質、炭水化物、脂質を生産出来る可能性を示した我が国のオリジナル技術であった。光エネルギーを高効率で有機物に転換する人工光合成技術で小分子量の有機化合物(酢酸、ギ酸、メタノール)の生産が可能になりつつある。これらを醗酵技術を活かして微生物を用いてより付加価値の高い栄養素(蛋白質や脂質)に変えることにより、食料や栄養素を高効率な工場生産が可能となる。一方、就農人口の減少と高齢化により、放置される耕作に利用されない農地は増大しており今後も継続されることが考えられる。農地を集約し大規模化による生産効率を高めた農業法人は我が国の食料生産を担い、大都市近郊の工場空地を活用した栄養素の工場生産はIT化により24時間無人での操業も可能となる。この様に微生物により生産される栄養素は味や匂がなく嗜好性が低いので消費者は敬遠するが飼料や餌料に利用することは栄養学的に問題がない。従来有用微生物は醗酵生産に向けた種を自然界から選抜育種して醸造を支えるシステムに組み入れ技術を発達させて来た。遺伝子工学的手法を組み合わせることが可能となった現在、必要とするあらゆる栄養素や有用物質を高品質で安価に生産する基盤的技術開発が求められる。

(3) 今後の展望

食糧や食品の高度生産は生産現場の基盤となる技術の開発と既存技術との有機的な集約が成否に大きく関わる。長年農水産物は自然界が持つ生産性を基本に必要なに応じて施肥、バイオマスの利用、気象条件の克服、疾病予防保存、技術などで産業化し食生活を支えて来た。野菜工場の様な土壌の有無に関わらず生産するシステムや、海水魚介類の内陸での養殖はなど既存の技術の高度化による農水産物生産の基本が大きく変わろうとしている。徹底した衛生管理環境で生産される食材は消費者の受容性も高いが、現在は高価格で日持ちしないが嗜好性が高い食材に限られている。我が国の工学的技術集積は企業に存在し、新規技術の開発能力もあるが、特に農業分野には企業の参入に高い障壁があり、生産物の加工や流通に経験不足があるため本格的な生産には至っていない。慣れない分野への進出は新規技術の開発費用や異分野での生産展開がリスクが高く参入メリットが見透せないことから、大型投資をためらう傾向がある。我が国は農水産物生産に関して従来の生産者を保護する政策から異業種の企業への制約が多く参入が容易でないことが背景にある。海外移転した工

場や跡地は大都会近郊にあり初期投資も少なく野菜工場化することは可能である。従って、新規もしくは自社で従来の作物を改良した場合は新薬同様一定期間投資を回収し利益が生じる様規制を少なくして生産が自由に出来る施策(特区指定)で生産に移行すれば短期で基本および周辺技術が育まれると考える。

(鳥居 邦夫)

3. 1. 6. 食品：流通加工

(1) 本細目の検討範囲

畜産物、魚介類、果物や野菜などは鮮度が商品価値を左右し如何に保持するかは生産者と消費者とを結ぶ食品の流通および付加価値を高める様加工する企業にとって最も重要な課題である。動植物の栄養素組成は死後細胞内の酵素群により蛋白質はペプチドやアミノ酸に、DNAなどは5'-リボヌクレオチドに分解されうま味を呈し、炭水化物は糖質などに分解され甘味を呈する熟成が生じる。一般に食材を乾燥や塩蔵して微生物による腐敗を防ぎつつ長期保存する技術により熟成を進行し嗜好性の向上が生じることから、食品の流通や加工分野では世界中で伝統的に行われて来た。しかしこのプロセスでは高い鮮度は維持出来ない。実際に畜肉は2~3週間衛生管理された冷涼な条件で熟成し嗜好性が向上するのを待って市場に流通させている。一方、鮮度が急速に低下する魚介類や野菜などは生産地周辺で短期間に加工調理することで嗜好性を維持することで対応する。鮮度が低下しやすい魚介類も一部食材は水槽で飼育するが、大部分は氷冷や冬期の厳寒の環境では凍結して保存流通させている。経験的に乾燥や塩蔵しなくても鮮度が一定期間保持できることから、冷蔵や冷解凍技術が一般化した後は、生産から加工現場まで低温下で流通、加工各段階を保持して品質と嗜好性の安定化がはかられて来た。しかし、動植物の組織を凍結すると程度の差はあるが細胞膜が破綻し細胞内の栄養素などが細胞外に漏出拡散し、食感や呈味が悪化する。流通、加工現場からの要請により冷解凍技術が進歩して来たが、未だ新鮮な冷蔵した状態とは言えない。従って、消費者は栄養価は相同にもかかわらず冷解凍よりは冷蔵保存した食材を求める傾向があり、市場では一物二価の状態でも流通している。従って冷解凍技術の高度化は生産、流通、加工、消費各段階で強い要望があり、特に魚介類では卓越し、世界に日本初の技術として発信出来る。

食品にとってもう一つの重大問題は保存中に生じる過酸化脂対策である。動植物の組織は細胞膜や脂肪組織などに脂質が存在し、構成成分の不飽和脂肪酸は酸素により過酸化脂となり悪臭を生じ嗜好性を著しく低下させる。過酸化脂肪酸は体内で分解排泄も出来ず、蓄積し身体(特に肝)機能を阻害する原因となるので、一般的に動物は摂食時に特有な匂などで感知し嗜好性は著しく低下し基本的に摂取しないので、商品価値を失う。この抜本的な対策は可能な限り酸素と接触させないことであるので酸素透過性のないビン詰や缶詰が考案され、現在は酸素透過性のない機能型プラスチック薄膜による包装も汎く利用されている。酸素との接触を最小限にする工夫は加工段階での脱気(酸素)、食品の保存段階での酸素吸着剤の利用、窒素封入などの技術はかなり高度化して来た。一方、消費者は抗酸化剤などの化学物質の利用は科学的理解よりも安全性の危惧から保存料そのものの利用に対して強い抵抗を示す。最近では高価な魚介類は生きた状態で流通させたり、現地で仮死状態や放血冷蔵し航空便などを利用して高速輸送したりすることで、より付加価値を高める工夫が行われている。一般的に価格が低く大量に得られる魚介類への適用は費用対効果の点から困難であるが、新規技術の開発などさらなる工夫の余地は十分ある。加工段階では異物の混入や包材の微少な穴など肉眼的観察では発見出来ないレベルの問題点は完全に防ぐことは至難であるが異物の混入や食品の変性などで消費者から告発されれば一気に信頼性は崩壊し速やかに全品回収しても容易には信頼されず企業活動にとって死活問題である。

最近、畜肉や乳製品、そのまま調理出来る大型魚の切身や貝柱などの魚介類が消費者に好まれる傾向がある。これは調理や摂食の利便性が高く骨や内臓が除去され可食部分だけが流通している。小魚などは丸ごと食

べることが栄養学的に優れているが、摂取に手間がかかり敬遠される傾向が若い世代に生じている。日本の伝統的な文化や食習慣である食材を味わって食べつくし感謝する気持ちが育たない可能性がある。勿論スリミなどの加工食品は原料の栄養素がそのまま残り優れた食材であることは言うまでもない。自然からの恵みを工夫して加工してでも食べつくすのは我が国のすばらしい伝統的マナーとして強調したい。

(2) 本細目のトピック

我が国の食品の加工と流通の技術は、東京の様な大都市においても生産地と同等以上に鮮度が高い多様な食材が豊富で、流通から加工に至るすべてのプロセスで温度など管理が徹底していることがある。我が国では当然のことと考えられるが、欧米では魚介類の流通、加工各段階で我が国の技術者が現地で指導し、初期段階の適切な処理で鮮度を維持する技術を習熟した生産者からの食材は、国産同様生の状態で嗜好性高く摂取出来るが、当然従来型で処理された食材は加熱調理が前提となる。欧米では冷蔵あるいは高速冷解凍技術と加工処理技術が我が国の水準に近づき、並行してあまり好まれていなかった生の魚介類を寿司や刺身で提供するレストランが急速に一般化して来た。

世界全体で鮮度管理が向上した 2013 年動物性脂質が少ないがおいしく満足感が得られる日本食が無形文化遺産に国連のユネスコで認められた。世界的に魚介類に対する受容性が高まり資源の争奪が激化し資源の涸渇が問題になって来た。一方、畜肉は冷凍保存し流通する技術はすでに一般化し解凍による嗜好性の低下も少ない。我が国では冷凍保存した食材は解凍品と表示し流通しているが、消費者は食肉は基本的に冷解凍に流通していると考えており、加熱調理するので問題にしていなない。

我が国の魚介類で育まれた生体や低温での流通システムや高度な凍解凍技術、スリミ加工技術は世界をリードする水準である。最近匠の業として食材の前処理や一流調理人の調理技術を動作確認し、ロボットに同様の作業を行わせることにより食べ易い様な魚の除骨や嗜好性の高い料理の提供が一部の食品加工メーカーやレストランなどで取り入れられている。多様な料理の全過程が IT 化すれば鮮度高く保存された食材を自動選択し前処理、加熱調理、レストランや家庭で料理として消費者へ提供することは技術開発すれば困難なことではない。この技術はファーストフード店や冷凍した料理を解凍し一部加熱調理するレストランでは異物の混入や食材の保存による劣化もなしに全体のコストパフォーマンスは維持出来る。野菜や果実などの植物性食材は収穫後も生きている状態であるので、冷温環境でエチレンガスの除去により鮮度は維持することが容易である。又、キノコやサラダの様な工場生産出来る食材の範囲を広げれば大都市でも駐車場のスペースで生産可能であり我が国の得意分野である。

(3) 今後の展望

東アジア地域はウシなどの大型草食動物で流産を生じる寄生虫(トキソプラズマなど)の感染を防衛するため、我が国では農耕用として一頭ずつ農家で飼育され、乳および乳製品の利用も極めて限定的であった。我が国でも開国以降欧米から近代農業が導入されたが食習慣として畜肉や乳製品の利用が一般化したのは戦後である。経済成長と食の欧米化により動物性食品の摂取量が漸次増大し、蛋白質栄養状態は急速に改善され体位が著しく向上した。一方、食文化や食習慣は伝統を維持しつつ欧米型も取り入れ現在に至っている。その大きな背景は我々の代謝調節能力は基本的には大きく変化していないので欧米型の食生活に対して代謝的適応に限界があり、健康を維持することを優先した結果と言えよう。一方、嗜好性の高い食肉などは新鮮と判断出来れば魚介類と同様に加熱しないで摂取する傾向があり、人畜共通伝染性疾患の罹患防止には、厳しい検査システムの構築と行政的指導が必要である。この消費者の食に対する考えは食品の鮮度維持や異物の混入を忌避する感情から食材そして加工した食品に対して保存、流通、加工各段階で厳しい品質管理を求めている。この様に厳しい消費者の期待に応える一連の技術は日々向上することになり我が国の食にかかわる革新的な技術の創造へとつながって行く。従って従来の蓄積した個々の技術を総合的に統一し、最先端の分析と分子生物学的解析とを組み合わせる管理システムを構築することで世界をリードすることが可能となる。その実現には食

品の生産、保存、流通、加工各プロセスの費用対効果に応える共同研究の推進が必要と考える。

(鳥居 邦夫)

3. 1. 7. 食品：食品安全

(1) 本細目の検討範囲

穀物を中心に食物の流通は急速にグローバル化が進み、安価で大量生産出来る国と輸入する消費国とで農薬、動物薬、食品添加物、病原体、遺伝子改変作物(GMO)、残留放射性物質などに関して必ずしも同一基準での規制ではなく、消費者の安全性に対する意識は高い。我が国は食糧自給率(エネルギーベース)が40%を下回っており、大量の食糧や加工した食品、時間距離が比較的短い東アジアの国々から果物や野菜、あるいは魚介類や水産加工物が輸入され消費されている。加工食品では生産地での収穫、保存、加工の各段階、輸入手続段階での抜き取り検査で我が国の規制に合致していないと判断した場合は排除出来る。このためには小型かつ安価で信頼性が高い、分析装置が必須で分析の精度管理上サンプルの全処理に多様で高度な技術に習熟した技術者、さらに査察によるデータの公正な管理などが前提となる。現在加工食品を含め食品の在庫、流通はIT化されているので、安全上問題となるデータが発覚した場合はどの原料が原因かを速やかに同定、生産を停止し消費現場から回収している。このシステムには原料から加工後の食品に至る信頼性の高い分析データの一元管理が最も重要である。輸入される食材は生産現場や集荷段階では高度な分析が困難であるので、輸入段階での分析で安全性を維持している。当然すべての段階で規制を厳密に順守されている国産食材に高い信頼を置く消費者は多く、輸入食材に対して懐疑的で現地での分析データへの信頼性も低いが、コスト面の優位性から国産食材での代替は困難であり今後も同様の傾向と考える。

一方、我が国の消費者は遺伝子改変技術の実際を科学的に理解せず感情的に忌避する傾向が強く、これを助長する様なマスメディアの情報により遺伝子改変作物(GMO)の摂取に抵抗感がある。即ちGMOやこれを含む食品を購入しないことになりメーカー側も「ジャンププレミアム」と言われる高価格な非GMOを原料として輸入するか、さらに高価な国内産を原料に加工し「GMO不使用」を表示して販売している。当然GMO食材は世界中で大量に生産されているので、生産が限られる非GMOは割高で供給そのものも減少している。その理由はGMOは抗病性や生産性が高く、農薬の低減、農作業の簡便化、安定した収穫などから生産農家にとって有利であり、作付面積は食糧の大生産国を中心に拡大している。従って認可されたGMOの安全性に関するデータを積極的に公開し消費者の納得が得られる説明責任が行政側に求められる。

(2) 本細目のトピック

我が国の就農人口は先進工業国の中でも急速に減少しつづけ大規模専業農家の育成や法人化など生産構造の革新は食糧安全保障の点でも重要である。又、平均年齢も高齢者のレベルに近づいており急速な生産拡大が困難なので、食糧の需給バランスを維持する上で穀物を中心に農水産物のグローバルな輸入は必須条件である。最近の食品をめぐる安全性に関わる課題として我が国では禁止されている農薬や防腐剤を使用した輸入食品などの規制違反にとどまらず、廃棄すべき食材を違法に加工した食品などは通常分析では判明しない犯罪的事例など、消費者は輸入食材に懐疑的で国産食材を選択する傾向が高まった。

一方、東北地方太平洋沖地震による原子力発電所事故現場からの拡散放射性物質の食材の汚染は、科学的な判断ではなく風評として当該地で生産された農水産物に対する消費抑制が生じ、その影響は食品の海外輸出においても重大な障壁となっている。我が国は国連や国際機関が安全とする基準値より厳しく規制し、安全と判定された食材のみ流通を許可にしているにも関わらずなかなか消費者の納得が得られない。これは日常的な食品の安全性に関する国の指導が徹底していないことに加え、問題が生じてから場あつち的に急遽安全性情報を提供しても消費者の理解は得られない。絶対に安全としてきた今回の原子力発電所の事故発生の影響は、

安全とは何かをゼロから見直し、残留放射性物質の安全性に関する高度な基礎研究をねばり強く行い新知見を国民と共有する努力を継続することが強く求められている。

加工食品メーカーも原料生産から収穫、集荷と保存、加工、流通までの各段階で可能な限り信頼性のある分析をし、必要に応じてデータ公開し透明性を確保し、同じ業態の企業は安全性の考え方や分析技術などの情報を共有するなど努力を続けている。何と云っても食品の安全性の基本は食品の生産、保存、流通、加工の各段階でデータの透明性と合わせて消費者の科学的理解を高める施策が極めて重要である。アンケート結果では食品の安全性に関する技術開発は早期の解決を求めている。GMO や残留放射性物質の安全性評価手法の確立や、食物の規制順守と品質管理に関する合理的な仕組みの構築は強く求められている。既存技術の組合せでも充分対応出来るが、時間と費用が必要であるので思い切った人材の養成と広汎な研究を支える施策の実施が求められる。そもそも食物は生命維持に必要な多様な栄養素の集合体であり、組み合わせた食品の組成はさらに複雑となり安全性における加害因子の同定や他因子との相互作用を解明することは従来のアプローチを超える抜本的な新規評価法の開発が必要である。

(3) 今後の展望

我が国の分析技術を生産国に指導定着させるには現地で使いこなせる安価な分析装置開発と前処理を含めた操作担当者の育成はデータの信頼性確保の点から必須と考えられる。我々の身体は動植物の組成を食材としてそのまましくは加熱調理して摂取し、消化吸收した多様な栄養素で支えられている。消化吸收過程で当然遺伝子(DNA や RNA)の核酸ベースは完全に再利用されない状態まで分解される。従って、魚介類を刺身で食べても全く遺伝学上の問題は生じない。GMO が未知の毒性物質を産生する可能性についても実験動物による従来の食体験のある非 GMO との比較実験で生物学的同等性が証明されることが認可の前提であり過去 GMO で安全性において問題が生じたとの報告は国連や OECD などの国際機関が推奨するプロトコールに従っていない実験で偶発的な事象を安全上問題であると強調した論文を除くと学術的には報告は無い。今後は GMO の安全性に関わる論文の問題提起の取り扱いには政府などの公的機関による評価が重要である。追加実験が必要と判断された場合は検証結果が出そろうまでは当該食品の流通をひかえることは当然であるが、安全性が立証された後はデータの公開と速やかな規制解除を行う公的機関の設置が求められ、我が国は他国に先駆けてそのモデルを示すべきと考える。又、国際的に認可され利用されている GMO に関しては、国としてより積極的に PR すべきであり、根拠のない安全性に関する情報の流布に対しては告発を含めて厳しい態度で挑むべきと考える。

(鳥居 邦夫)

3. 1. 8. 食品：食品機能性

(1) 本細目の検討範囲

我が国は周囲を海に囲まれ湿潤で降雨に恵まれ、温帯を中心に亜熱帯から亜寒帯までの地理的条件により多様な食材の生産に適した環境であり、仏教による肉食の制約を超えて、うま味の強い出汁を基本とした動物性脂肪の少ない食文化(日本食)を形成して来た。先進工業国としての経済発展による栄養改善と教育の充実、公衆衛生の改善や定期的な健康診断を定着させ、世界トップレベルの長寿国となった。乳幼児死亡率は極めて低く壮年期の延長により核家族化と少子高齢化が著しく進展した結果、医療や介護費用が急速に増大した。従って、健康を維持して医療費を出来るだけかけずに、寿命を全うしたいと考えるのは高齢者ばかりでなく国民的コンセンサスとなり、行政側の財政上の要請も急速に高まっている。

基本的に薬物は「一剤一薬効」を基本に開発認可されているが、生体異物であるので副作用は疾患数に応じて増大する。健康の基本は身体を支える体液(血液)中の各栄養素の濃度や総量が、常に正常値範囲に終

日維持されていることが前提となるが、加齢に伴って何らかの恒常性の失調が長期化すると重篤な代謝性疾患の誘因となる。加えて生活様式、特に活動性や食生活はこれら疾患の発症時期や病態の進展に深く関わっていることは疫学調査により明らかである。遺伝的素因や生活様式により時期は異なるが、加齢に伴い発症する代謝性疾患に対して薬物による代謝調節は必須であり、必然的に何らかの副作用を生じる。食事指導の徹底と代謝の調節機能を有する生理活性物質を多く含む様開発された食材の開発と利用により薬剤さらに副作用の低減につながるので、大きな期待がある。伝統的に食材の中には代謝や体調などを改善する機能を有する場合が知られ、代謝酵素の阻害活性を有する食材やその抽出物などが伝統的な民間療法として扱われてきた歴史的背景があり、消費者の受容性も高いと考えられる。

一般に免疫機能は生後高まり、成長期は安定し加齢の進行により低下することが知られているが、富栄養状態下での成長は促進され、完全離乳し食物アレルギーに対する耐性が不十分な小児が非加熱の蛋白質などを摂取することなどにより食物アレルギーは易発症となり、アトピー症等により長期に亘る食生活の制約と不快なストレスと戦うことになる。並行して高ストレス環境などによる免疫機能の不安定化は自己免疫疾患や悪性新生物（癌腫など）の産生などにも関与している。免疫性疾患の中で食物アレルギーは小児期での食生活の指導で防止出来るが、やむなく抗原感作した後は同定した抗原を含まない食材を摂取することが最も重要となる。これらの食材は需要が限定的で高価になり患者にとっては経済的負担になることに加え、抗原が主食や嗜好性の高い食材の場合、代替食材では食の楽しみが強く制約される。

(2) 本細目のトピック

遺伝子の解析と改変操作技術の進歩は、食材に期待される生理活性物質の含量を増大させることが可能となっている。目的とする物質を発現増大させた広汎な作物を作出し消費者個人の多様な生理的要求に適切に応えるには、基礎的な検討から生産や流通の体制、過剰摂取の防止策などを総合的に解決する必要がある。この技術は生活習慣病の予防や発症後の症状の改善に資するだけにとどまらず小児から高齢者までの活動性に関わる「生活の質」の向上につながることは言うまでもない。ヒトゲノム解析完了後、特定疾患発症にかかわる特定遺伝子の解明が進展しており、新規の機能性を有する食材を食生活に適切に組み込む検討も広汎に行われているが、両者が調和する様なガイドラインはない。ビッグデータの活用を含め新規な研究展開が必須である。

一方、高齢化社会の進展は加齢に伴う記憶学習能力の低下や社会的不適な行動異常などが生じ、患者の急激な増加に施設や介護人材などが量的質的に不十分で社会的課題となっている。残念ながら加齢に伴う脳機能障害の発症機構は基礎研究段階であり、抜本的治療法は未だ確立されていない。又、加齢に伴う過酸化物の蓄積はどの加齢に伴う諸疾患の発症や増悪にも共通しており、抗酸化機能を有する物質を含む食物や抽出物への期待が高まっている。各疾患発症での抗酸化物質による抑制効果は完全には科学的立証に至っていないが、加齢の主因と考えられる過酸化物の蓄積抑制は充分有用性が期待出来る。

(3) 今後の展望

我が国では発熱、消化不良、栄養失調などに対して特定の食物をより多く選択摂取する「食養生」の考え方が広汎に受け入れられてきた。漢方薬のように科学的解明により有効物質が薬物として利用されている様になるとは限らないが、症状に応じて特定の食材を適切に摂取すれば一定程度の効用が期待され、有効成分を濃縮したサプリメントも大きな市場を形成している。しかし、薬物のように医師や薬剤師の処方の下で用法容量が規制されている状態でなく、消費者が食品として目安量に基づいてサプリメントを摂取し、用法用量は消費者の判断にまかしている現状は健康にとって好ましいことではない。サプリメントの主成分は、高濃度の栄養素の単品か混合物であり必要とする物質以外は余剰な摂取になる。個人レベルの健康に関わる情報をもとに設定した必要量を摂取し、食生活の指導を徹底すべきであり、現状では毒性が発現しない様に摂取量を適切に助言することは困難である。

又、代謝調節機能を有する特定物質を継続的に摂取すると栄養素であっても生体恒常性の乱れの原因とな

るので、体内での分解速度が早くなりサプリメントの有用性が低下し、逆に摂取量が増大するという悪循環に陥ることになり、肝や腎の機能障害の誘因となる。消費者の要請に応える様、より明確な有用性を生じる既存薬物を添加するなど危険なサプリメントも出現している。一方、患者にとって効果が副作用を超えるよう設定された薬物の用法容量がサプリメントの利用である程度低下させる可能性があり、両者併用での評価手法の確立が求められる。

高齢者は何らかの疾患があり治療を受けている場合がほとんどで、薬物代替の効果が期待出来る機能を有する食物の作出は薬物に比べ副作用など身体への負担が少ないことからアンケートでは強く期待されている。自然界で新規に見出された食体験のない有用な食材や既知の機能性を高めた遺伝子改変作物に関しては公的機関による厳密な安全性／有用性の評価と結果の公開とを義務付けることが消費者の納得性や期待に応える上で必須と考える。

(鳥居 邦夫)

3. 1. 9. 水産

(1) 本細目の検討範囲

水産分野を大きく分類すると、水産資源の保全、水産物の生産や育種、海洋(陸水を含む)の環境保全の3つ(<資源保全><育種・生産><環境保全>)に分けることができる。すなわち、自然環境を守る、保全を目的とした技術開発と、そこに生息する有用魚介類(魚類・貝類・甲殻類・軟体動物など)の資源管理を徹底する技術開発の2つの方向性と、人為的に魚介類を効率よく生産していこうとする、いわゆる畜産的(家魚化ともいう)研究開発の方向性に大きく分けられる。いずれにせよ、海洋を人類の食料生産の場として有効利用を図るもので、そのための研究および技術開発を目的としている。近年の特徴としては、大量の人工種苗(赤ちゃん)を用いた資源添加により魚介類を増加させようとするよりも、適正な資源管理を行い、持続可能な水産物の確保を図ろうとする試みの技術開発が多い。また、魚介類生産では、発工学的手法を用いて、より短期間に有用な形質を作出しようとする家魚化のための育種技術の開発が多くなっている。また2011年に発生した東日本大震災による福島原発事故に伴う、放射能汚染に対する水産物の汚染状況やその除去についても関心が高まっている。

(2) 本細目のトピック

研究開発の特性のうち、重要度と国際競争力との関係では水産の3つの細目はいずれも他の農・林・食品・共通と比較して高い値を示している。そして、3細目の各トピックについては重要度と国際競争力の間に正の相関関係があり、「育種生産」が最も傾きが高く、国際競争力があることを示し、次いで、「資源保全」であった。なお、「環境保全」は総じて国際競争力が低いという特徴を示していた。

<資源保全>

「水産:資源保全(トピック64-70)」の細目には7件ある。その中で、「水産:資源保全(トピック66. 環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術及び70. 持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術)」は全トピック中重要度がトップにランクされた。いずれも水産資源の持続的管理技術開発についてのトピックである。さらに、トピック66の「マイワシ・マグロ等の主要漁業資源の長期予測変動とそれらの適正管理技術」については不確実性が高く、技術的実現に向けて人材戦略が必要と評価された。すなわち、研究開発における失敗の許容や複数手法の検討等の必要性や、人材戦略の重要性が高いトピックと判断された。一方、トピック64の「生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存」については不確実性が低く、技術実現年は2020年と5年後である技術と判断され、技術的実現には資源配分が重要で、その結果、確実に進展する研究テーマとみることができる。トピック68の「超小型電子チップの

埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング」は社会実装に向けた「資源配分」が重要とする一方、外国で高性能のものが開発されており、国として推進すべきでないとの意見があった。

<育種・生産>

「水産：育種・生産(トピック71-77)」の細目の7件は、国際競争力はトピック71の「ウナギ人工種苗を大量生産し、生育させ、出荷する生産システム技術」が全トピック中最も高い値を示し、研究開発の成果が現在の延長ではなく革新的なトピックと位置付けられた。また、その実装年は2025年とした。次いで、育種技術開発のトピック72「発生工学的技術を利用した優良形質導入による水産生物の作出」が上位にランクされた。同じ育種技術であるトピック76の「完全不妊養殖魚の開発とその利用促進」では、技術的実現及び社会実装に向けて「内外の連携・協力」が必要とする回答が多かった。トピック77の「遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物での外来遺伝子発現技術」は不確実性と非連続性が高く、かつ技術的実現に向けた人材戦略と社会実装に向けた環境整備が必要と評価された。すなわち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場は破壊的・革新的であることから、失敗の可能性がある、複数手法の検討が必要で、そのための人材戦略と環境整備が必要であるが、一方では、技術的実現について「わからない」という回答が多かった。さらに本トピックは、遺伝子組換えを行うことから、倫理性についても考慮が必要と評価された。一方、トピック73の「工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上養殖などの養殖工場の開発」は、不確実性が低いことから、既存の技術開発により成し遂げられると判断された。その技術的実現は2023年である。

<環境保全>

「水産：環境保全」(トピック78-84)の細目の7件で、トピック84の「沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術」が最も重要度が高く、複数手法の検討が必要となる不確実性が高いトピックと評価された。トピック78の「生分解性素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化」は、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野の中で、最も不確実性と非連続性が低いトピックであり、技術実現年と社会実装年が逆転(2023年と2022年)している。すなわち、これまでの研究の延長で早期に実現が可能と判断された。また、トピック80の「微小海洋生物の識別が可能で3次元画像解析システム」は国際競争力がきわめて低く、必要な設備が十分に備わっていないことが危惧された。ただし、その技術的実現は2020年と比較的近いと予想されている。

(3) 今後の展望

水産では3つの細目、各7トピックの計21トピックについてのアンケートを集計したが、海洋エネルギーの利用など、新たな研究テーマも出てきており、水産に関する項目は多岐にわたっており、今回のトピックで十分であるとは言えない。とはいえ、今回の調査で多くの方向性が見えてきたことも確かである。

現在、陸上における動・植物性タンパク質源の供給が増えない中、今後魚介類にその供給を依存していくことは間違いない。人口がこの20年間に20億人近く増加している中で、1人1年あたりの世界の魚介類供給量は14kg/人年から19kg/人年と着実に増えており、絶対量は著しく増加している。さらに水産物は、世界的にタンパク源や食味だけでなく、栄養面での評価が高まるとともに、日本食の世界的な普及と相まって増大しており、水産物の輸出の可能性も示唆される。

世界の漁業総生産量を見ると、現在1億8千万と20年前の1億トンに比較して、著しい伸びを示している。しかしその増加量を見ると、漁獲量は9千万トン前後と頭打ちで、養殖生産量の増加に依存しているのが現状である。今後さらなる養殖生産量の増加を図るためには、育種技術の開発が不可欠である。現在の養殖魚の生産には生の魚やその魚を粉末にした魚粉を主体とした餌に依存しており、安価な魚を食べさせ高価な魚を、すなわち魚で魚を生産しているに過ぎない。そのため、家畜のように植物性原料を用いて生産できる魚、いわゆる家魚の作出が必須となろう。すべての養殖魚を完全な人為化で再生産する完全養殖技術開発も必須である。それらの技術として、遺伝子組換えではない発生工学的手法は重要である。もちろん、遺伝子組換え魚介類の

研究は将来の重要なツールとして継続した研究が必要で、特に特許などについては積極的に取得しておく必要がある。

一方、魚介類を持続的に安定生産することは重要である。そのためには海洋(河川・湖沼を含む)環境の保全と、資源管理技術を駆使した保全が必要となる。近年の温暖化による海水温の上昇や二酸化炭素による海水の酸性化などが取りだたされているが、これらの自然環境のモニタリングと継続的な魚介類の資源量の把握や生態系の研究は時間がかかるが必要なことであり、海洋の調査・研究なくしては新たな資源管理技術の開発は望めない。そのツールとしての海洋調査船や研究船、さらに海底掘削船などは必須のアイテムである。そしてこれらの資源管理は、1国では不可能であり、世界的規模での管理運営が必要となる。そのためには、社会科学系の海洋政策関連の研究課題は重要である。海域を特定すること、そしてその海域の管理のみならず公海上を含めた総合的な管理システムを構築しなければ、水産資源の持続的利用は望めないといえる。

我が国は世界第6位の排他的経済水域(EEZ)を誇るとともに、研究領域は海洋の海面から、海中および海底まで重層的に広がっており、その範囲は広い。今後の海洋における資源の保全及び開発研究は我が国の国民のためのみならず、世界の人口増加に対応すべく重点的に行うべきであり、産官学の一致した水産・海洋に関する核の形成(組織改編)と財政的な支援が重要である。

(竹内 俊郎)

3. 1. 10. 林分野

◇「林:高度生産」

(1)人工林の成熟化への対応

戦後植栽された人工林が成熟期を迎えてきている。1千万haにのぼる人工林の平均林齢は45年生を上回っており、現在の伐採傾向からみれば、今後さらに高林齢化すると見込まれる。これまでは間伐を中心にその取扱いが議論されてきているが、高林齢化に伴い、主伐(皆伐)も視野において考えていくことが必要となる。

それぞれの箇所の自然的、社会的条件や林木の成長状況等を勘案しながら、どこを間伐を継続しつつ長伐期化していくか、どこを皆伐していくか、あるいは、どこを天然木の生育を促しながら植栽された造林木と天然木が混在する森林に仕立てていくか等々の森林の取り扱いを明確にするとともに、生産及びその後の森林造成を効率的かつ着実に行える技術体系を整えていく必要がある。特に、木材は国際的な競争にさらされており、さらに今後は、国内資源の有効活用から国産材輸出も必要となることを考慮すれば、低コストで行える技術開発が重要である。なお、森林の取り扱いの検討に当たっては、森林情報のネットワーク・データベース化を図ることも必要である。

(2)これからの社会を見据えた担い手の確保

成熟化した人工林を有効に利用拡大していくためには、新規若年就業者の確保を図り、林業諸活動の担い手を育成していかなければならない。

しかし、これからの社会では、人口の減少とりわけ農山村における減少が予測されるとともに、IT化等により一般的な就業形態が肉体的からより頭脳的に変化しており、肉体的にハードで労働災害の危険性も相対的に高い林業労働に就業する若年者の確保が困難になることも想定される。従って、林業労働を見直し、若年者にとって魅力あるものにしていかなければならない。

(3)大径材の伐採・搬出・加工の新技术

人工林の高林齢化に伴い、生産の対象になる木材も小・中径材から中・大径材に変わっていくこととなる。そのためには、現在も行われているように路網の整備を進め、大型の機械が導入できるようにしていくことが必要

である。

しかしながら、我が国の急傾斜の地形や複雑で崩壊しやすい地質等を勘案すれば、大型機械が導入できる道幅がありかつ強固である路網を整備していくことは容易ではない。従って、機械のあり方や機械に使用する材料の見直し等により小型、軽量でかつ強力な伐採・搬出機械や大径材に適した選別・切削・加工機械の開発等伐採、搬出、加工を通じた革新的な技術開発を行うことが重要である。

(4) 主伐後の再生産を確保するための森林造成技術

昭和 20 年代から 40 年代にかけての大造林時代は、木材価格の上昇と農山村における豊富な労働力という二つの要因に恵まれていた。今後はグローバル経済の中で木材価格も国際化し我が国独自での上昇を見込むことは困難であり、また、労働力についても省力化が重要で、効率的で低コストな造成技術が求められる。

主伐後の森林造成については、どのような森林を造成していくのかがまず問われなければならないし、天然力をできるだけ生かしていくことが必要である。とはいえ、我が国の複雑な植生を制御し効率的な木材生産を行っていくためには、植栽し育成していく森林造成も不可欠である。

このことについては、植栽時期を選ばないコンテナ苗の技術が実用化され実際に拡大されようとしているが、これからの社会を展望すれば、天然力の活用も含め、さらなる革新的な森林造成技術の開発が重要である。この場合、個々の技術のみならず、地域性に対応した総合的な植栽から育成、生産までの施業システムとして検討されることが必要である。なお、このような技術開発には、スーパー樹木の技術を活用し生産期間の短縮等を図ることもありうる。

(5) 林業労働を重筋労働から解放する技術

肉体的、繰り返しの労働等については、IT 化やロボット化、介護におけるようなパワースーツの開発等が進められるとともに、自動車については自動運転が具体化されるような状況となっている。

林業労働においても、高性能林業機械の導入等が進められており、労働環境は従来から比較すれば改善されているが、以上のような状況とその今後の進展から見れば、それで十分とはならない。生産、森林造成、森林管理、森林調査等の主要な林業労働全般に亘りその労働実態を分析するとともに、他分野での技術開発の動向等も踏まえつつ、労働の軽減と安全の確保のための飛躍的な技術を開発する必要がある。

◇「林: バイオマス利用」

(1) 我が国の木材需給の現状と課題

我が国の森林は、蓄積が 50 億 m³(立木材積)に近づこうとしており、毎年の成長量も約 1 億 2 千万 m³(立木材積)にのぼる。また、地球温暖化防止のための低炭素社会を作り上げていくためには、再生可能資源である木材を有効に使っていくことが重要である。このような森林資源の充実と木材利用の効用についての国民的な理解の浸透等に伴い、木材需要なканずく国産材利用が増大してきており、自給率も向上し始めている。とはいえ、総木材需要は 1 億 m³(丸太材積)を超えていたかつての水準からみれば 7 割程度であり、うち国産材は 2 千万 m³(立木材積では約 4 千万 m³)で、毎年約 8 千万 m³(立木材積)の蓄積が増加している。いわば、我が国の森林は、木材生産について十分な利用がされていないが、木材利用が森林の整備に直結し、また、地球温暖化の防止にも役立つこと等から、その一層の拡大が望まれる。この場合、成分利用を含め木材の全てを利用するとともに、エネルギー利用を含めカスケード型利用を徹底することが基本であり、そのための更なる技術開発が必要である。

(2) 中高層木造建築や土木分野等に利用可能な高強度木質部材等の開発

国産材需要は、これまで戸建住宅が中心になってきているが、今後我が国の住宅着工数は減少していかざるを得ず、国産材の需要開拓のためには、中高層建築等他部門への利用の増進を図る必要がある。このため既

に1時間耐火構造の部材等が開発され4階建てまでの木造建築が建設され始めてきているとともに、最近では、直交集成板(CLT)が実用化されてきている。

今後は、中高層木造建築部材として、2時間耐火構造や3時間耐火構造に対応する高強度の構造部材の開発が必要である。そのような木造建築は、建物の重量を減らし、化石燃料消費の大きい鉄やコンクリートの使用量削減にも貢献できることとなるとともに、新しい文化的構造物をつくり出すことになる。

このことは、土木分野においても同様である。高強度で高耐久性の木材を開発することにより、木橋やガードレール、木道、法面保護工等々に使われ、自然と調和した景観が保全されることになる。

(3)リグニンの高能率な有効活用技術

リグニンは、セルロースやヘミセルロースと並ぶ木材を構成する主要な成分である。低分子化リグニン(モノマー)を生産することにより様々な化学的利用が可能であり、石油化学への依存を低減させることができる。しかし、構造及び分解物の組成が複雑で技術的なトピックが多い。

その中で超臨界水分解法によりバニリンやシリンガアルデヒドを生産することが可能となっているが、生産収率の改善が必要である。このほか、高温高压の有機系試薬によるバイオマス変換が検討されている。

現在、世界各国でリグニンの低分子化に関する技術開発が行われており、将来的な脱石油に向けて我が国としても、製紙業界等との連携も図りながら、エネルギー収支の低減や低コスト化の取り組みを進め、実用化できる技術の開発を進める必要がある。

(4)未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム

木質バイオマス等の燃料利用については、ペレットやトレファクション、廃棄物におけるRDF製造等が実際に行われている。

合成燃料とは、原料をガス化しFTDやGMEなどのディーゼル燃料、メタノールとしてガソリン代替燃料、あるいは水素を取り出して燃料電池として用いること等を行うものであるが、特にバイオマスを原料とするBTLは二酸化炭素の排出量が少なく環境に優しい燃料といえることができる。ポストバイオエタノールとしての新燃料になりうるとともに、エネルギー安定供給の選択肢としても重要であり、技術開発を進める必要があるが、製造過程におけるエネルギー消費を抑制し経済性を高めることに留意しなければならない。

未利用バイオマスの中には、竹についても有効利用を図る必要がある。近年、竹林が繁茂し他の植生等に侵入して問題になっているが、竹炭等としての利用が一部にあるのみである。竹は生長の早い貴重なバイオマス資源であり、木材と異なる竹の特性を生かした利用方法について検討していく必要がある。その一環としてバイオリファイナリーによる高度利用技術の開発も望まれる。

(5)未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電技術

未利用材の利用や木材のカスケード利用の最終段階のためには、バイオマス発電等による利用が欠かせない。一般的に行われている蒸気タービンの中・大型発電が効率的であり必要とされるバイオマス量も大量となる。

農山村における地産型バイオマス利用やバイオマス供給の実態に即した弾力的な対応を可能にするためには小型発電が必要であり、ガス化発電技術が期待される。この技術は、既にヨーロッパで実用化されているが、我が国では、それが円滑に稼働できていない。従って、タールの処理等も含め原料となる我が国の木質バイオマスの特徴に見合ったガス化発電技術の改良・開発が求められている。

◇「林:環境保全」

(1)地球環境保全と森林の保全

地球温暖化の影響が顕在化してきており、森林の保全はこれまで以上に重要となっている。世界の森林面積

の動向をみると、先進国では横ばいないし微増で推移しているのに対し、アフリカ、南米、東南アジアにおいては引き続き減少しており、熱帯林の保全が喫緊の課題である。また、乾燥地帯等での森林の再生にもこれまで以上に取り組む必要がある。

一方、我が国においては、森林管理の粗放化の中で、適切な手入れがされていない森林がみられるほか、病虫害や獣害等を受けている森林もある。このような被害は、被害そのものの問題のほか、森林所有者等の経営意欲を阻害するという事態を招いている。

さらに、温暖化に伴う森林への影響の把握と適応について検討しておく必要があり実際にも取り組まれているが、集中豪雨の頻発等も懸念され、山地災害の予防についても改めて重要なトピックと認識する必要がある。なお、森林の保全は、温暖化防止のみならず、森林の多様な機能を的確に発揮させるために必要であり、科学技術として取り組むべきトピックはここで取り上げられている以上に多岐に亘っている。

(2) 熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術

熱帯林の保全のためには、これまで再生技術の開発や保全への地域住民の参加の促進等に取り組み、現在でも REDD+ の議論がされている。

しかしながら、今後の熱帯林保全を効果的に行っていくためには、熱帯林の動態、生物多様性等の動的変化及び人間活動による影響について観測し評価するとともに、将来を予測しつつ適切な対策を実施していくことが必要となる。ただし、そのことには、熱帯林諸国の協力を含む国際的な連携が構築されなければならないだろう。そのことは容易ではないが、まず、その前提となる観測技術及びそれによる膨大なデータを集約し評価する技術が具体的に提示できるかどうか問われることとなり、その技術開発が必要である。なお、このような技術開発が森林管理の国際的なあり方に大きな影響を及ぼし、世界の森林保全のより効果的な実施につながる可能性がある。

温暖化への対応については、温暖化が世界の森林に与える影響をモニタリングしながら資源の変化の予測等を行い、適切な適応対策を行っていくことも必要である。

(3) スーパー樹木の開発による劣悪地等での森林造成

温暖化では、雨量が増大する地域だけでなく少雨化により乾燥する地域もあり、それによりさらに塩害や酸性化を惹き起こし、樹木の生育しにくい環境が拡大する可能性がある。このことに対応するため、遺伝子組換えによって特定の性質を高める「遺伝子組換え樹木」＝スーパー樹木の開発が進められている。

遺伝子組換えのためには、それぞれの樹木の遺伝子の構成、遺伝子の機能等の情報を把握し、解析し、実際の効果を確かめることが必要で多大の時間と労力を要する。しかし、スーパー樹木の技術は、様々な問題に対して応用可能であり、将来の重要な技術として世界で進められており、我が国においても積極的、戦略的に取り組む必要がある。ただし、遺伝子操作については、そのことによる生態系への影響や安全性に不安があり、いわゆるカルタヘナ法を順守するとともに、国民への説明が重視されなければならない。なお、最近、遺伝子組換えの痕跡を残さない「植物における新育種技術(NBT)」が注目され、作物や樹木への利用が進められている。

(4) 商業利用樹種に関する遺伝的地域区分の把握技術

各国で主要な商業利用樹種については、全ゲノムの解読や発現遺伝子の塩基配列情報の大規模収集が活発に進められている。

これまでは、樹木集団の地域分化や遺伝的多様性の評価について一部の DNA マーカーを用いて解析されてきたが、各樹種の成長や着花性等有用な遺伝形質との対応関係は十分に解析されていない。今後は、多数の DNA マーカーを用い、各地域が望む遺伝形質を適切に評価することが必要である。このことにより、商業植林に適合した各樹種の選抜に利用できるとともに、樹木集団の遺伝構造が詳細に解析でき、遺伝的地域区分も遺伝形質との対応関係で把握できることとなる。勿論、希少樹種となった遺伝資源の持続的利用、違法伐採の

防止に向けたトレーサビリティにもこうした手法が役立つ。

(5) 獣害をもたらす野生鳥獣の効果的な捕獲技術

シカやイノシシ等による獣害が、個体数の増加と生息域の拡大等により年々増大するとともに、生態系の破壊や人工造林が危機に至っている地域も少なくない。そこで、生息数を調査し捕獲すべき頭数を定める個体数管理は各地で行われているが、猟師の高齢化、減少等により捕獲が計画通り進まない事態となっている。このため、これまでの猟銃やワナ猟による方法に様々な工夫を凝らした実施がなされており、最近では、エサを使ったシャープシューティング等も行われている。

しかし、適切な個体数管理が行われるためには、より一層効果的で効率的な方法を開発する必要がある。その場合、捕殺すると土中に埋める等の処理が必要となるが、捕獲したものに付加価値を付け経済的にも成り立つよう食肉利用できるようにしていくことが重要である。例えば、牛肉は1kgを生産するために11kgのエサを必要とするうえに、シカ肉は鉄分が豊富で低脂肪・高たんぱくな健康食である。従って、捕獲対象の把握から捕獲の手法さらに衛生管理を念頭に置いた運びだし、流通までを一貫して検討しそれらの全般に亘る効果的で効率的なシステムを開発しなければならない。

(6) マツ枯れ病の完全制圧

マツノザイセンチュウによるマツ枯れについては、その発生メカニズムがおおむね解明され対策が実施されている。ただし、防除が農薬を使用することから反対されるところもあり、また、被害木については徹底した駆除が必要で、対策が徹底されにくく完全に制圧することは困難になっている。

しかし、これまでの対策のあり方を抜本的に見直し完全制圧するためにどうすべきか考えることは重要である。自然生態系に於ける生物間相互作用を活用した天敵生物や誘引ホルモン等の開発のみならず、近年多分野で急速に発展しているIT技術などの導入を図ること等により環境負荷の小さい管理技術を開発することが急務である。それらのことにより、新たな革新的な方法が開発されるとすれば、マツノザイセンチュウのみでなくカシノナガキクイムシによるナラ枯れ等の対策にも役立つこととなる。また、温暖化の影響で病虫害の拡大が起こる可能性もありそれらへの対策にも応用できる。

(7) 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術

台風、火山などの自然災害に対応する森林管理技術としては、これまでも重要なトピックとして様々な取り組みが行われてきている。しかし、温暖化に伴う気候変動などによる集中豪雨・豪雪等の頻発や、東北地方太平洋沖地震以降の地殻環境の変化が予測され、災害の態様も変わる可能性があり、災害防止のために森林管理がどうあるべきかが改めて問われている。

そのためには、過去の山地災害に関するデータベースを整備し、災害の種類ごとに発生メカニズムの解析と数値モデルによる災害発生危険度予測技術の高度化を図ることが求められる。また、広域から小流域、さらには個別斜面までを単位とした遠隔探査、地上・地中設置型リアルタイム観測と、情報ネットワークによる大容量データ処理技術を開発することが実効性のある総合技術として不可欠である。それらによるリスク評価を踏まえながら、どのような森林管理を行うべきかを明らかにするとともに、土木的な手法の必要性についても検討できるようにしていかなければならない。また、これらの解析結果とリアルタイムに把握する山地気象予測とを連動させ災害予測を図るような技術についても開発が期待される。

(加藤 鐵夫)

3. 1. 11. 共通：情報サービス

(1) 本細目の検討範囲

全地球レベルの食糧と生物多様性の視点から、気候変動や環境・生態変化のモニタリングの重要性はますます高まると予想される。また、先進工業国の中で高齢化社会の進展が著しい我国にとっては、環境・生態系とフードシステムのバランスのとれた地域社会の再構築が急務となっている。農林水産業は、食品産業側から見ると原材料が供給される産業という位置づけであり、バイオテクノロジーは農林水産業・食品産業はもとより、新しい医療、環境、エネルギー産業の発展にも大きく貢献している。農林水産業の対象生物は代表的農作物・樹木・海藻などの植物、きのこなどの菌類、乳酸菌・微細藻類などの細菌、家畜などの動物とであり、生育環境の計測対象はマクロ・メソ・マイクロ気象、物理・化学・生物な意味での土壌・草地あるいは海洋である。さらに、農業者・林業者・水産業者のさまざまな管理行動・管理技術などを可視化するために行われる各種計測も重要になってきている。ところで、食品は農林水産業との共通性と共に、健康・医療との大きな共通性を有する。直接的な臨床診断に加え、生活習慣の中で特に食生活のチェックが必須になりつつある現在、加齢に伴う身体の機能低下や障害の発症を抑制することは早期に解決すべき重要トピックである。調理手法が確立し嗜好性が高い伝統的な食材を基本に生活様式により不足が生じやすい特定の栄養素をより多く含む品種の作出、栄養的に優れているが嗜好性で問題のある食材の品種や調理法の改良、そして不足しがちな栄養素の適切な量的摂取に結びつける楽しい食生活の指導方法の確立が求められている。

(2) 本細目のトピック

農林水産業では、ICT(センサネットワーク)を用いたさまざまなプラットフォームでのセンシング・モニタリング、衛星・UAV 等を用いたリモートセンシング、最先端の分光計測などによるキャンピーマネジメントのための近接場センシング、および植物工場・養殖工場の計測・制御技術などがあげられる。さらに計測対象は、生育環境・生態、対象生物、農林水産業現場で管理に携わる人に大別できる。本細目のトピックの特徴は、他分野で開発されつつある要素技術を組み合わせてシステムを構築し研究を行うという点である。主要要素技術としては、ICT(インターネット、データベース、無線通信技術)、X線からテラヘルツをカバーする分光技術、衛星・UAV、MEMS 技術などがあげられる。トピックを達成するためには、これらの要素技術の適用を可能にするためのデータ蓄積・データベース構築、要素技術への耐候性付与、先端センサなどの設置ノウハウの確立といった内容を包含する長期プロジェクトが必須となる。地球規模でのセンシング・モニタリングシステム構築では、国際的に通じる理念と経済性に基づく国際連携体制の構築と国際プロジェクトが不可欠である。国内での森林・海洋などの広域を対象とする場合、計測システムの構築と合わせたそれぞれの生態系の GIS ベースの数理モデル構築などが要求される。また、農林水産業の現場でのセンシング・モニタリングシステムでは、対象農作物の制御につながるシステムとサービスの設計が不可欠であろう。センシング・モニタリングに伴って、本分野でもビッグデータ解析が重要になることも予想されるが、データの持つ構造を重視するボトムアップ型でデータドリブンなデータベース設計と新たな解析手法の導入も必要となろう。食品の健康・医療につながる情報では、「健康に資する食品」と「美味しさ」に関わるトピックが重要である。食品と薬品とは本質的に役割が異なるため、食物の薬品化が進行している現状は好ましくなく、生産者に対する指導とともに科学的な栄養生理学的知見に基づいた食育の充実が求められる。我が国では嗜好性が高く健康な食文化が形成されてきたが、欧米型の食事は嗜好性が高くエネルギーを中心に栄養素摂取が生理的に過剰で、結果として活動性の低下を生じ加齢も加速することになる。高齢者のフレイルティ・サイクル(虚弱のサイクル)の予防は、健康寿命の延伸の観点から、個のリスクアセスメントに応じたソリューションのデザイン、科学的エビデンスの蓄積が必要な分野である。運動器障害や認知症のリスクを下げる身体活動と食の組合せに係わる科学的エビデンス構築等、社会実装に必要な体制及び態勢を念頭においた協働の枠組が必要である。また、「美味しさ」を人がどの様に脳内で認知し評価しているかを高分解能でモニター出来る MRI 計測システムの開発が研究現場の最大のトピックである。現状では、認知科学の知見を活

かした官能評価の高度化が確実な方法であるため、「美味しさ」に関わる言葉の定義の統一、標準となる「美味しい」食の官能評価、「美味しさ」に対応する信号を脳局所から見出す基礎研究の高度化が必要である。

(3) 今後の展望

今回提示されたICTに関するトピックのほとんどが2025年にはプロトタイプが完成し2030頃には社会実装されると予測されている。しかし、これらのトピックが複数の要素技術で組み上げられるシステムであることを考えると、確実性を高めるためには地道な基礎実験と長期にわたる調査データの集積が必要であり、これらを効率的に解析しつつシステムの最適化を図る必要がある。さらに実用化のためには、地球規模を対象とする場合、国際連携が不可欠となる。また地域対象では、地域社会の変遷予測と持続可能性に基づく食・農・環境・経済モデル構築が大前提であろう。農林水産業現場でのセンシング・モニタリングでは対象生物の構造的・機能的モデルの整備が求められる。このように、本細目のトピックでは、短期的な研究評価は行われるべきではなく、長期的展望に立つ確実な継続的な研究が望まれる。あわせて、ICTや分光技術などの要素技術を提供する分野との継続的で緻密な連携が不可欠である。早期にトピックの具体化が求められている健康・医療と繋がりを持つ食品関連トピックの展望を示す。ビッグデータの利用が可能な現在では、個人レベルで生活様式に応じた必要栄養素の要求量の設定と食生活を含めた生活様式の把握とにより適切な栄養学的助言や高度な食のリハビリの手法確立が最も有用かつ有効な手段と考える。個のニーズに応える価値の連鎖の進化には、最適化デザインに必要な作用メカニズムの解明、ヒト試験(長期コホート、介入試験)に必要な枠組み・資金・人材育成を、中長期的な国策として後押しすると共に、社会実装においては、「日本食」の洗練された組合せ・選択肢を活かしたモデルが、地域・農林水産・食・管理栄養士・医による協創のプラットフォーム上で協創され、持続可能な地域経営に活かされることが肝要である。また、施策として個人レベルでの栄養学のさらなる発展を含め栄養生理学、運動生理学分野での有為な人材による総合的かつ抜本的な研究展開の積極的支援が求められる。食の「美味しさ」に対する期待は極めて高く有史以来の希求課題でもある。世界中の食品企業、料理人、又家庭レベルで日夜創意工夫し試行錯誤が行われているが、現状では統一的に説明できる状況ではない。「美味しさ」に関しては、食由来の要素信号の脳内処理の仕組みの解明が先決トピックであり、当面は官能評価が中心で機器分析は補完的情報としてデータベースを構築すべきである。

(亀岡 孝治)

3. 2. アンケートの回収状況

農林水産・食品・バイオテクノロジー分野についての回答者内訳は、以下のようになっている。

表 2-3-1 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	9人	職業	企業その他	125人	回答者の専門度の構成	高	12.6%
	30代	126人		学術機関	217人			
	40代	132人		公的研究機関	154人			
	50代	115人	職種	研究開発従事	390人		中	25.6%
	60代	46人		管理・運営	77人			
	70代以上	8人		その他	29人			
	無回答	60人		無回答	1人			
				合計	496人			

3. 3. 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、その前提として、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野において重要な細目についての議論を行い、これに基づいて、以下の細目を設定した。

表 2-3-2 本分野の細目の概要

細目名		概要
農	高度生産	エピジェネティクス、植物ゲノム、シグナル伝達機構
	作物開発	生殖工学、環境適応
	疾病防除	病害虫抑制、感染症排除、免疫系
	バイオマス利用	バイオマス発酵、分解、バイオ燃料
	環境保全	減農薬、放射性物質モニタリング
林	高度生産	伐採技術、造成技術
	バイオマス利用	バイオマスエネルギー、人工種苗
	環境保全	害獣対策、温暖化対策、防災
水産	資源保全	資源量モニタリング、予測
	育種・生産	養殖技術
	環境保全	沿岸環境、微生物モニタリング
食品	高度生産	微生物活用
	流通・加工	ロボット、保存技術
	食品安全	トレーサビリティ、成分分析
	食品機能性	テラーメイド、食味分析
共通	情報サービス	ICT 利活用、データベース構築、リモートセンシング
	その他	地域振興、経済、需給予測

3. 4. トピックに関する設問について

3. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

①重要度の高いトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位20件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「農_作物開発」関連トピックが5件、「共通_情報サービス」及び「共通_その他」関連トピックがともに3件を占める。技術的実現時期は概ね2024年前後と予測されている。

表 2-3-3 重要度の高いトピック(上位20件)

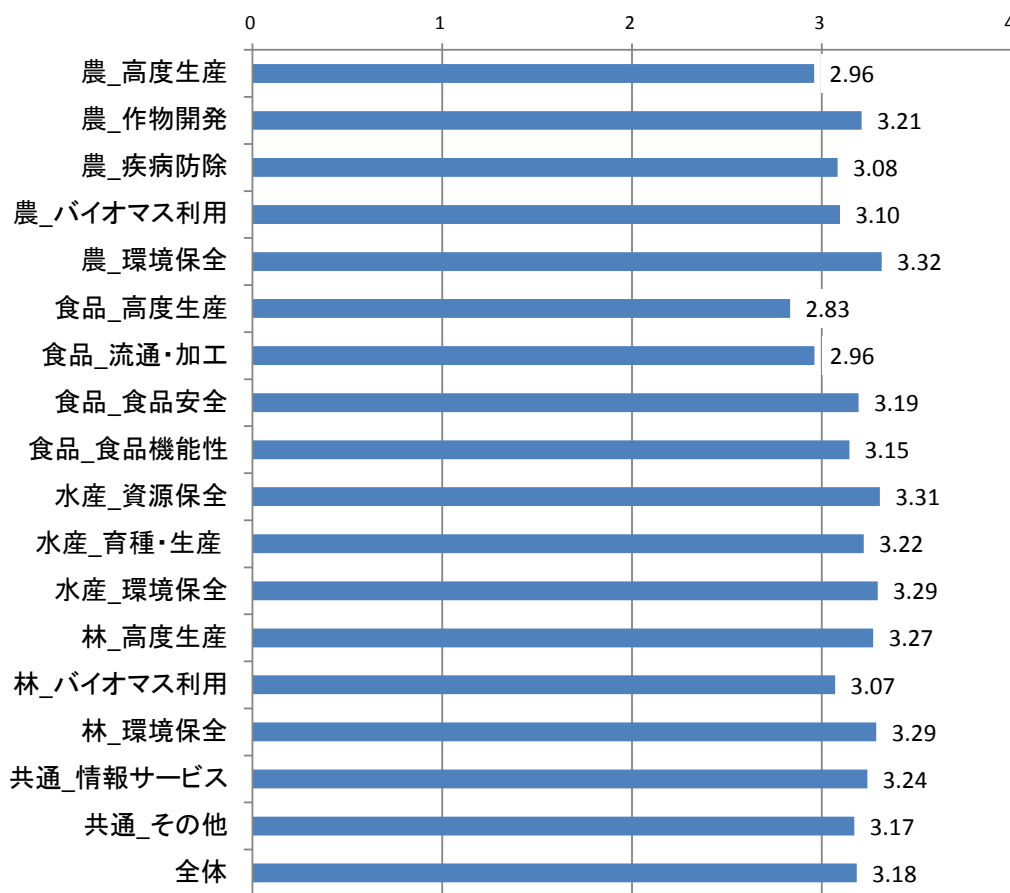
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
66	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	3.70	2025	2026	水産_資源保全
70	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	3.69	2025	2025	水産_資源保全
84	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	3.69	2025	2027	水産_環境保全
17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	3.68	2025	2033	農_作物開発
23	地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発	3.67	2025	2035	農_作物開発
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	3.65	2025	2032	共通_ 情報サービス
55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	3.63	2024	2025	食品_食品安全
96	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	3.59	2024	2027	林_環境保全
117	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	3.59	2025	2030	共通_ 情報サービス
46	環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定	3.57	2024	2025	農_環境保全
51	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	3.56	2023	2025	食品_流通・加工
86	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	3.55	2021	2025	林_高度生産
9	省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)	3.53	2025	2029	農_作物開発
14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	3.51	2025	2029	農_作物開発
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	3.50	2025	2028	共通_その他
132	出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減	3.50	2024	2028	共通_その他
99	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	3.49	2030	2032	林_環境保全
26	ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術	3.48	2025	2029	農_作物開発

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	3.45	2025	2030	共通_その他
116	海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム	3.44	2024	2025	共通_情報サービス

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「農_環境保全」が 3.32 と最も高く、次いで「水産_資源保全」が 3.31、「水産_環境保全」及び「林_環境保全」がともに 3.29 などとなっている。

図 2-3-1 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、重要度が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。

表 2-3-4 重要度の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	2.61	2025	2029	共通_その他

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	2.60	2025	2030	農_高度生産
49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	2.60	2021	2024	食品_流通・加工
127	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	2.60	2024	2027	共通_その他
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	2.44	2020	2020	食品_流通・加工

(2)国際競争力

①国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「水産_育種・生産」関連トピックが6件、「共通_情報サービス」の関連トピックが4件などとなっている。技術的実現時期は平均して 2023 年頃となっている。

表 2-3-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

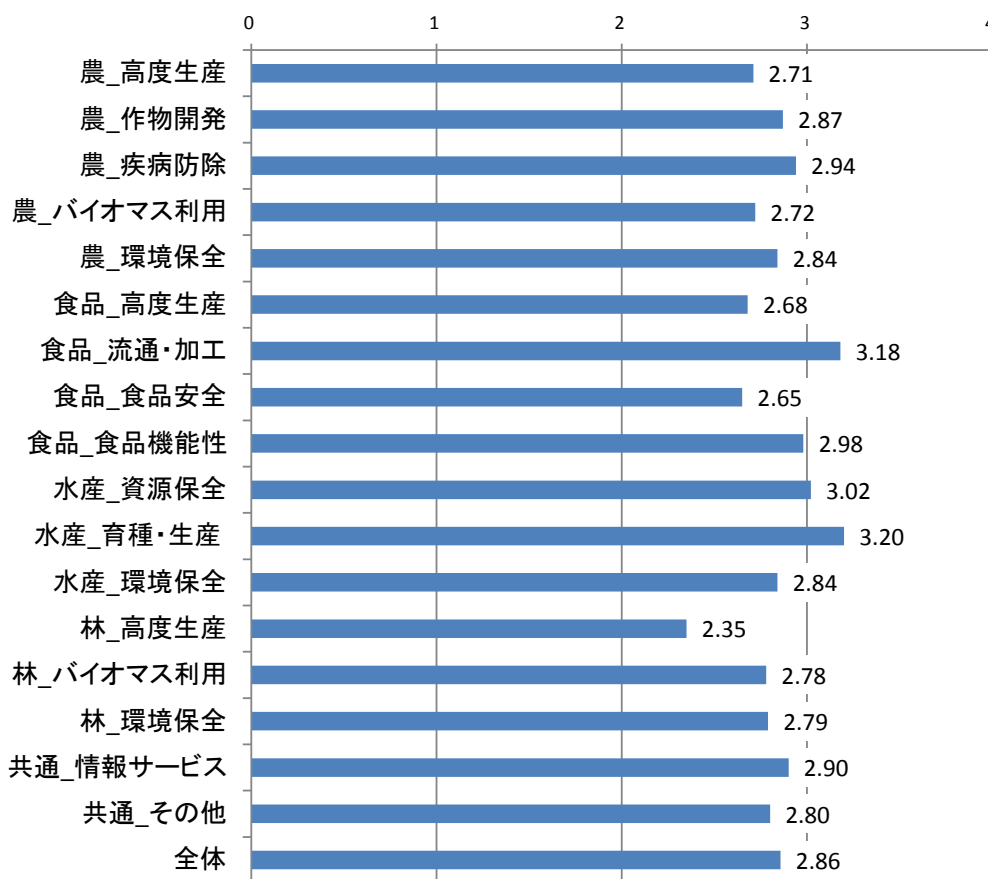
番号	トピック	国際 競争力	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
71	ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術	3.52	2023	2025	水産_育種・生産
72	発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出	3.33	2020	2025	水産_育種・生産
51	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	3.32	2023	2025	食品_流通・加工
124	農作業を完全自動化するロボット技術	3.32	2021	2028	共通_その他
105	個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム	3.30	2020	2025	共通_情報サービス
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	3.29	2020	2020	食品_流通・加工
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	3.28	2025	2030	農_作物開発
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	3.21	2025	2032	共通_情報サービス
50	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術	3.20	2020	2022	食品_流通・加工
101	X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム	3.20	2025	2028	共通_情報サービス
74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	3.20	2021	2025	水産_育種・生産
73	生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発	3.20	2023	2025	水産_育種・生産
65	沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築	3.17	2023	2025	水産_資源保全
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.14	2020	2025	水産_育種・生産
67	計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術	3.14	2025	2030	水産_資源保全

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
19	植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明	3.14	2025	2030	農_作物開発
117	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	3.13	2025	2030	共通_情報サービス
121	アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)	3.10	2021	2026	共通_その他
76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	3.10	2025	2030	水産_育種・生産
58	アレルギー計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	3.10	2022	2025	食品_食品機能性

②細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「水産_育種・生産」が 3.20 と最も高く、次いで「食品_流通・加工」が 3.18 などとなっている。

図 2-3-2 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「林_高度生産」関連トピックが 3 件含まれる。

表 2-3-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
87	人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術	2.29	2025	2025	林_高度生産
86	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	2.26	2021	2025	林_高度生産
95	野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術	2.25	2025	2025	林_環境保全
54	食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術	2.22	2022	2026	食品_食品安全
85	政策目標の木材自給率 50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技术	2.18	2020	2025	林_高度生産

(3) 不確実性

① 不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「農_作物開発」及び「共通_情報サービス」の関連トピックがともに 5 件で最も多かった。技術的実現時期は 2025 年前後と予測するトピックが多い。

表 2-3-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

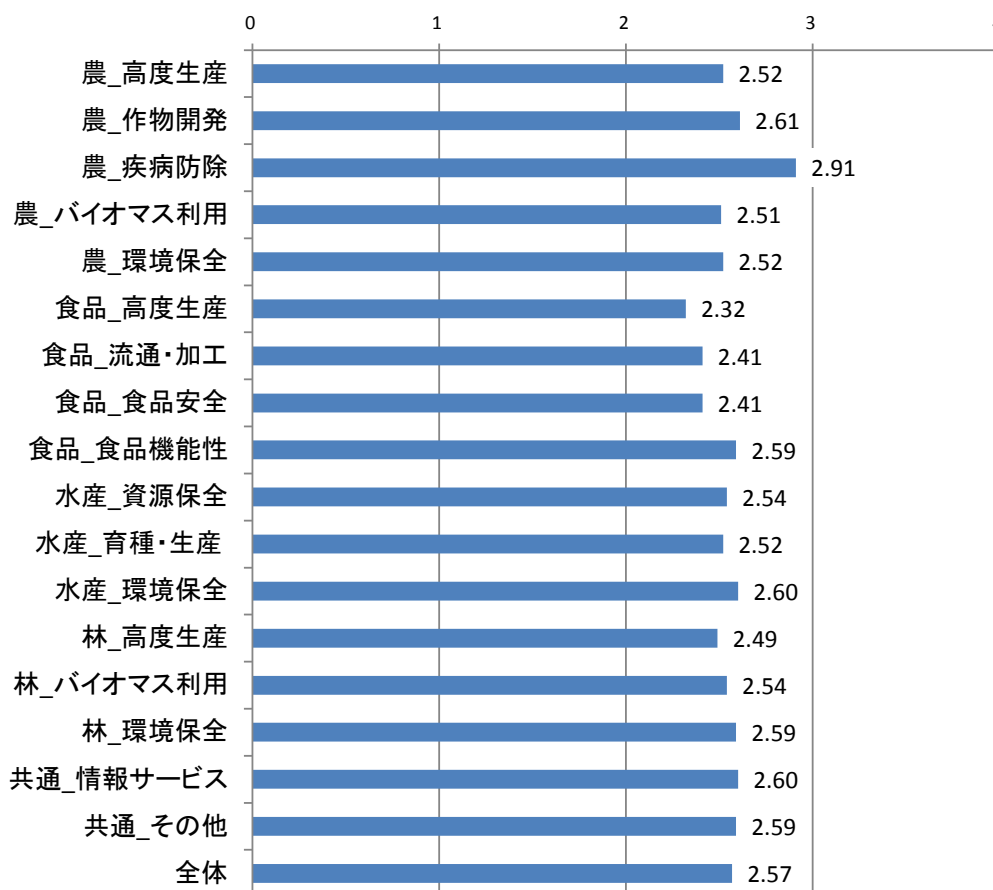
番号	トピック	不確実性	技術的実現時期	社会実装時期	細目
37	農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系	3.14	2025	2030	農_疾病防除
16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	3.05	2027	2035	農_作物開発
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	3.00	2025	2032	共通_情報サービス
51	物流において生鮮食料品を 1 週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	3.00	2023	2025	食品_流通・加工
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.00	2020	2025	水産_育種・生産
91	高能率(超臨界水分解を用いて 1 分程度)かつ大量(1 か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	3.00	2025	2025	林_バイオマス利用
29	植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術	2.97	2029	2030	農_作物開発
66	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	2.96	2025	2026	水産_資源保全
17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	2.93	2025	2033	農_作物開発
117	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	2.93	2025	2030	共通_情報サービス

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	2.93	2025	2025	共通_ 情報サービス
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のためのシステムの作出	2.92	2027	2035	農_作物開発
22	乾物で50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物	2.91	2025	2030	農_作物開発
119	深海情報通信ネットワークの構築	2.89	2025	2030	共通_ 情報サービス
84	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	2.87	2025	2027	水産_環境保全
34	カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	2.86	2028	2030	農_疾病防除
108	土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出	2.86	2027	2030	共通_ 情報サービス
99	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	2.85	2030	2032	林_環境保全
36	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	2.85	2025	2027	農_疾病防除
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	2.84	2025	2030	農_高度生産

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「農_疾病防除」が2.91と最も高く、次いで「農_作物開発」が2.61などとなっている。

図 2-3-3 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「食品_流通・加工」のトピックが 2 件占める。

表 2-3-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	2.09	2025	2025	林_環境保全
64	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存	2.07	2020	2025	水産_資源保全
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	2.07	2020	2020	食品_流通・加工
49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	2.00	2021	2024	食品_流通・加工
78	生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化	1.88	2023	2022	水産_環境保全

(4) 非連続性

① 非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック（上位 20 件まで）は、以下のとおりである。細目別では、「農_作物開発」関連トピックが 11 件を占める。技術的実現時期は 2024 年前後と予測されているトピックが多い。

表 2-3-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

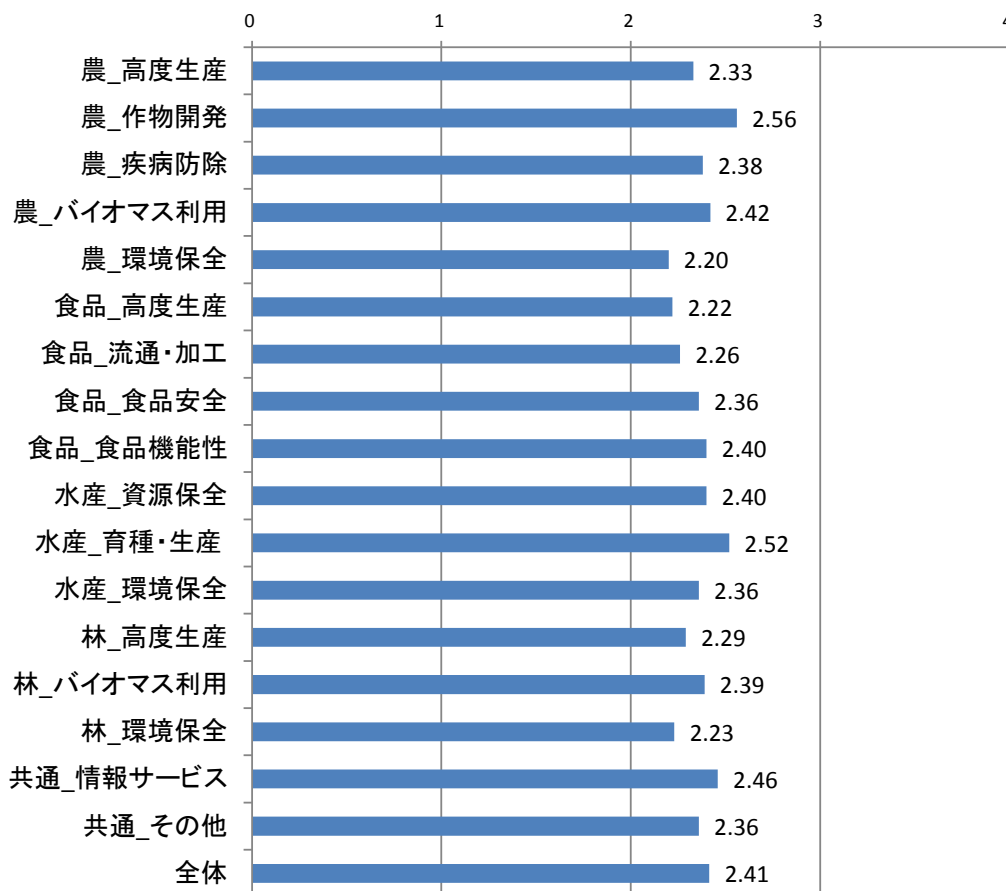
番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
10	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	3.09	2025	2030	農_作物開発
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.00	2020	2025	水産_育種・生産
16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	2.90	2027	2035	農_作物開発
119	深海情報通信ネットワークの構築	2.89	2025	2030	共通_ 情報サービス
29	植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術	2.86	2029	2030	農_作物開発
80	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3次元画像解析システム	2.83	2020	2025	水産_環境保全
51	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	2.83	2023	2025	食品_流通・加工
17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	2.75	2025	2033	農_作物開発
22	乾物で 50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物	2.75	2025	2030	農_作物開発
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	2.74	2025	2030	農_高度生産
26	ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術	2.74	2025	2029	農_作物開発
14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	2.71	2025	2029	農_作物開発
21	植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物	2.71	2025	2030	農_作物開発
15	食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術	2.70	2025	2030	農_作物開発
31	作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明	2.67	2025	2030	農_作物開発
43	バイオマス資源作物の熟利用に向けた高リグニン含量品種の開発	2.67	2025	2030	農_ バイオマス利用
107	植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築	2.67	2026	2026	共通_ 情報サービス
71	ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術	2.67	2023	2025	水産_育種・生産
25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	2.65	2025	2030	農_作物開発

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	2.64	2025	2025	共通_情報サービス

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「農_作物開発」が 2.56 と最も高く、次いで「水産_育種・生産」が 2.52 などとなった。

図 2-3-4 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「食品_流通・加工」の関連が 2 件含まれる。

表 2-3-10 非連続性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	2.07	2025	2025	林_環境保全

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	2.07	2021	2024	食品_流通・加工
35	超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	2.06	2025	2030	農_疾病防除
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	2.06	2020	2020	食品_流通・加工
86	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	2.04	2021	2025	林_高度生産
78	生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化	1.82	2023	2022	水産_環境保全

(5) 倫理性

① 倫理性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「農_作物開発」関連トピックが 8 件、「水産_育種・生産」の関連トピックが 3 件を占める。技術的実現時期は平均して 2023～2024 年頃となっている。

表 2-3-11 倫理性の高いトピック(上位 20 件)

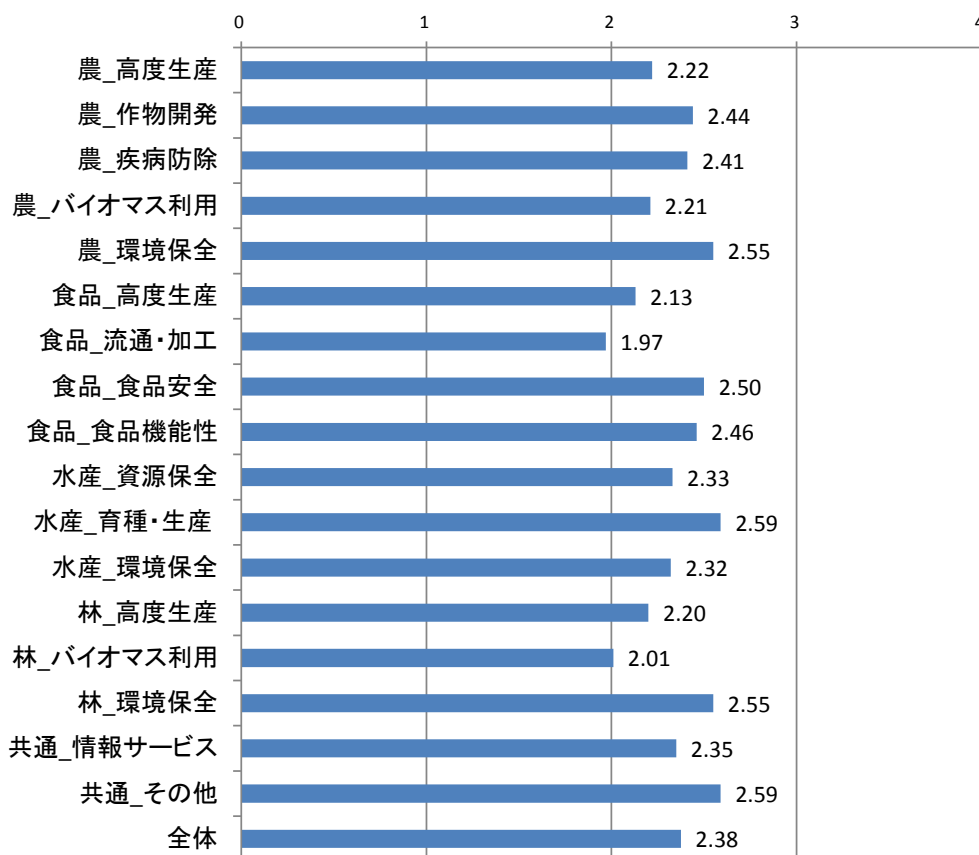
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	3.33	2025	2029	農_作物開発
125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	3.30	2025	2030	共通_その他
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	3.24	2025	2030	農_作物開発
28	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	3.18	2025	2030	農_作物開発
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.13	2020	2025	水産_育種・生産
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	3.10	2025	2030	農_高度生産
55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	3.08	2024	2025	食品_食品安全
123	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	3.08	2020	2025	共通_その他
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が 6 次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	3.07	2025	2025	共通_情報サービス
9	省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)	2.95	2025	2029	農_作物開発
105	個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム	2.93	2020	2025	共通_情報サービス

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
72	発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出	2.90	2020	2025	水産_育種・生産
16	遺伝子組換えによるC4光合成イネ、窒素固定イネの開発	2.87	2027	2035	農_作物開発
95	野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術	2.83	2025	2025	林_環境保全
32	配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種	2.82	2020	2023	農_作物開発
26	ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術	2.80	2025	2029	農_作物開発
76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	2.80	2025	2030	水産_育種・生産
36	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	2.76	2025	2027	農_疾病防除
84	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	2.75	2025	2027	水産_環境保全
10	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	2.75	2025	2030	農_作物開発

②細目別のトピックの倫理性

細目別の平均でみた場合、「水産_育種・生産」及び「共通_その他」がともに2.59と最も高くなっている。

図 2-3-5 トピックの倫理性(細目別:指数)



③倫理性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位5件まで)は、以下のとおりである。「農_作物開発」関連の2件が含まれる。

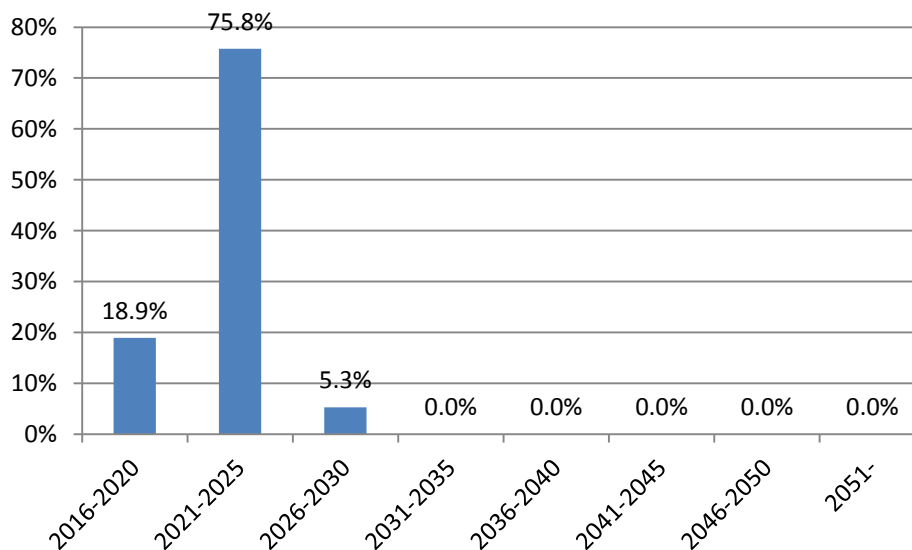
表 2-3-12 倫理性の低いトピック(下位5件)

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
94	竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術	1.88	2021	2025	林_バイオマス利用
5	地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業	1.79	2020	2025	農_高度生産
25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	1.78	2025	2030	農_作物開発
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	1.75	2020	2020	食品_流通・加工
27	作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発	1.69	2025	2030	農_作物開発

3. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通り、2021～2025 年がピークとなっている。

図 2-3-6 技術的実現予測時期の分布



技術的実現予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。「食品_食品安全」や「共通_情報サービス」関連のトピックは、他の細目に比べてやや早い時期の技術的実現を予測されているトピックがやや目立つ。逆に「農_作物開発」関連のトピックは、技術的実現予測時期が遅いものが多少ある。

表 2-3-13 技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
農_高度生産	1	7						
農_作物開発	2	20	3					
農_疾病防除		3	1					
農_バイオマス利用	2	4						
農_環境保全		3						
食品_高度生産		1						
食品_流通・加工	2	2						
食品_食品安全	4	2						
食品_食品機能性		6						
水産_資源保全	2	5						
水産_育種・生産	2	5						
水産_環境保全	1	6						
林_高度生産	1	3						
林_バイオマス利用	2	4						
林_環境保全		4	1					
共通_情報サービス	4	15	2					
共通_その他	2	10						
全体	25	100	7					

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答が多いトピック(上位5件)は以下の通りである。「共通_情報サービス」、「農_疾病防除」、「農_作物開発」、「共通_その他」の各細目の関連が2件ずつとなっている。

表 2-3-14 「実現しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的 実現時期	細目
128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	2.61	33.3	2025	共通_その他
124	農作業を完全自動化するロボット技術	2.91	27.3	2021	共通_その他
112	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	2.79	26.7	2025	共通_情報サービス
98	日本におけるマツガレ病の完全制圧	3.17	24.5	2025	林_環境保全
34	カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	2.73	22.7	2028	農_疾病防除

表 2-3-15 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例: 自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	3.29	50.0	2025	共通_情報サービス
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	2.93	46.7	2027	農_作物開発
32	配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種	3.00	35.3	2020	農_作物開発
35	超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	3.06	35.3	2025	農_疾病防除
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.11	33.3	2020	水産_育種・生産
74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	3.20	33.3	2021	水産_育種・生産

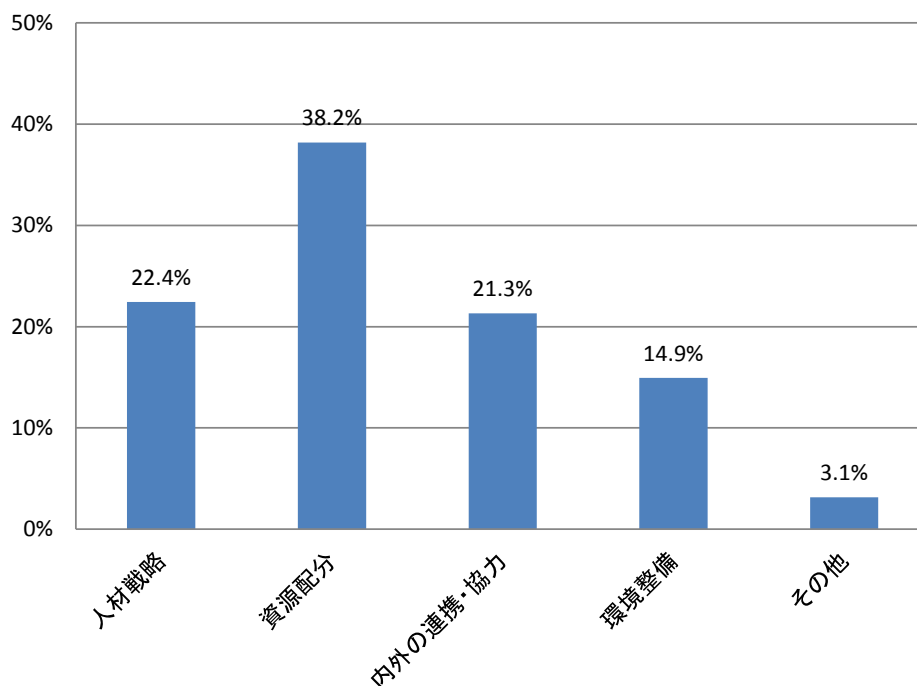
3. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「資源配分」(38.2%)であり、次いで「人材戦略」(22.4%)、「内外の連携・協力」(21.3%)と続いている。

図 2-3-7 技術的実現に向けた重点施策(%)

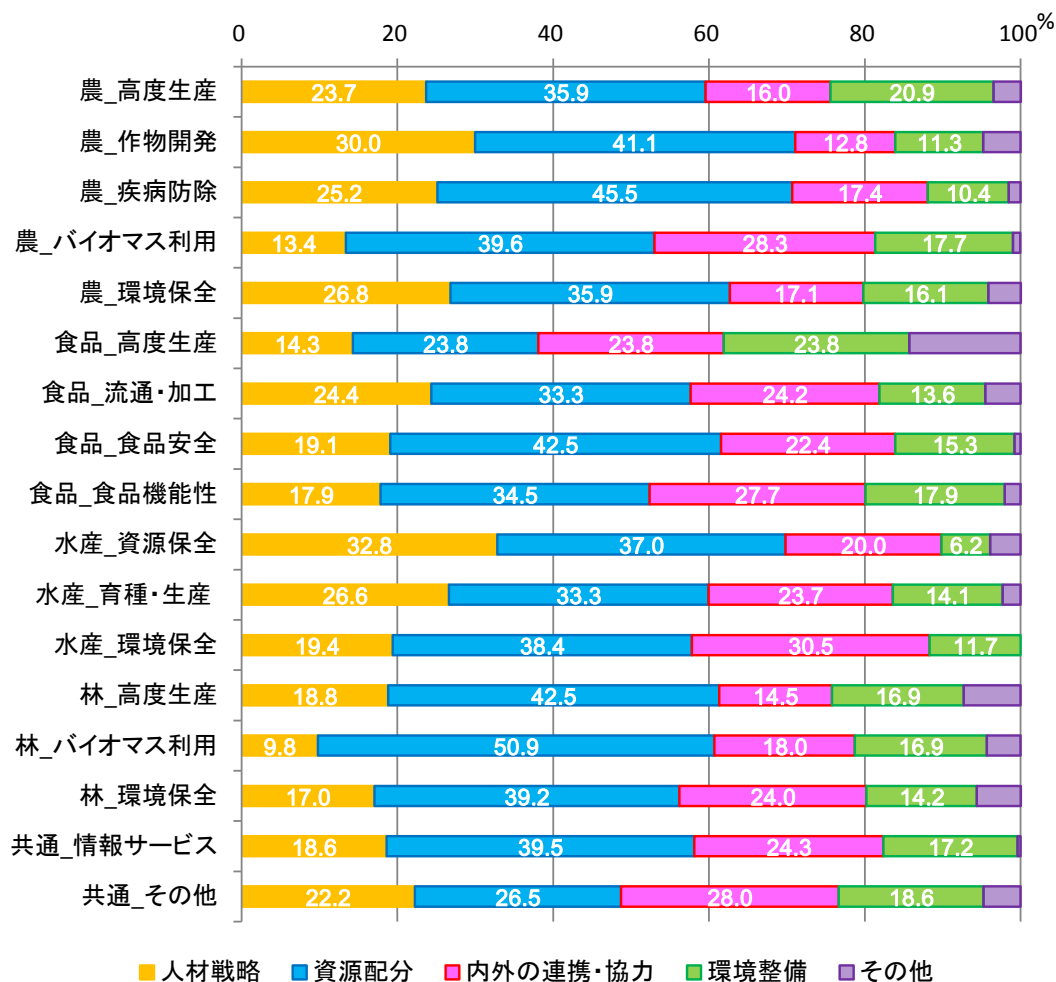


(2) 細目別の傾向

細目別では、「水産_資源保全」、「農_作物開発」で、トピックの技術的実現に向けた重要施策として 30%以上の回答者が「人材戦略」と回答している。

また、「林_バイオマス利用」、「農_疾病防除」などのトピックでは、重点施策として「資源配分」とする回答が比較的高くそれぞれ 50.9%、45.5%が挙げている。

図 2-3-8 技術的実現に向けた重点施策(細目別)(%)



① 人材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	50.0	2020	2025	水産_育種・生産
66	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	46.2	2025	2026	水産_資源保全

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
10	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	43.5	2025	2030	農_作物開発
79	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	41.7	2025	2026	水産_環境保全
25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	40.0	2025	2030	農_作物開発
93	未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム	6.7	2023	2025	林_バイオマス利用
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	5.6	2025	2030	農_作物開発
55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	4.3	2024	2025	食品_食品安全
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリンガアルデヒドに分解する技術	4.0	2025	2025	林_バイオマス利用
90	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発	4.0	2020	2025	林_バイオマス利用

②資源配分

技術的実現に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は以下のとおりである。

表 2-3-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
93	未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム	63.3	2023	2025	林_バイオマス利用
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	57.1	2025	2025	林_環境保全
64	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存	57.1	2020	2025	水産_資源保全
80	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3次元画像解析システム	56.2	2020	2025	水産_環境保全
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリンガアルデヒドに分解する技術	56.0	2025	2025	林_バイオマス利用
130	マーケット・イン型の持続可能な農業の 6 次産業化ビジネスモデルの構築と実証	14.3	2020	2025	共通_その他
132	出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減	13.3	2024	2028	共通_その他
126	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	12.5	2025	2032	共通_その他
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	6.7	2025	2028	共通_その他
125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	3.4	2025	2030	共通_その他

③内外の連携・協力

技術的実現に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
82	水棲バイオマスプラントリーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	54.5	2025	2025	水産_環境保全
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	53.3	2025	2028	共通_その他
76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	45.5	2025	2030	水産_育種・生産
126	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	43.8	2025	2032	共通_その他
58	アレルギー計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	37.5	2022	2025	食品_食品機能性
27	作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発	3.6	2025	2030	農_作物開発
29	植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術	2.9	2029	2030	農_作物開発
31	作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明	2.2	2025	2030	農_作物開発
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	0.0	2020	2025	水産_育種・生産
131	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術	0.0	2022	2030	共通_その他

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
56	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	40.0	2020	2020	食品_食品安全
41	メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム	33.3	2022	2025	農_ バイオマス利用
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	33.3	2025	2030	農_作物開発
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	33.3	2025	2032	共通_ 情報サービス
2	地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術	32.1	2025	2030	農_高度生産
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	2.4	2025	2025	林_環境保全

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
69	魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築	0.0	2022	2025	水産_資源保全
54	食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術	0.0	2022	2026	食品_食品安全
82	水棲バイオマスプラントーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	0.0	2025	2025	水産_環境保全
68	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング	0.0	2020	2022	水産_資源保全

⑤その他

技術的実現に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

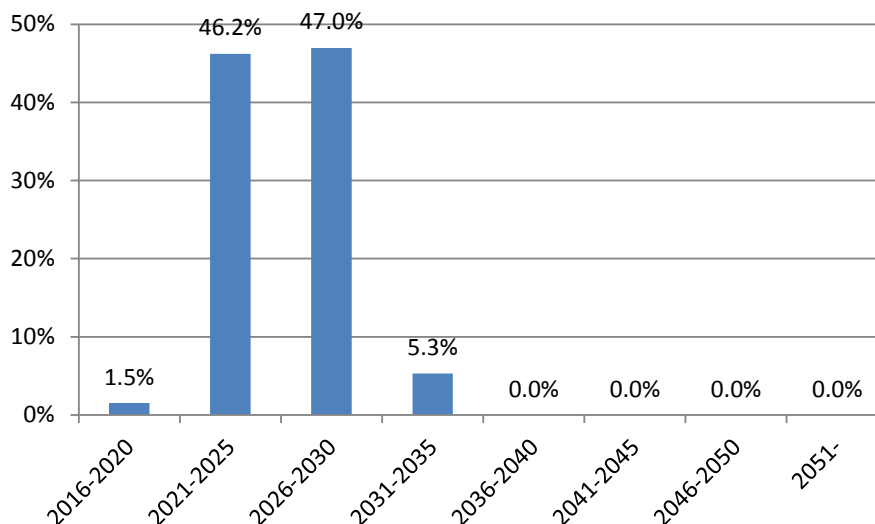
表 2-3-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	16.7	2027	2035	農_作物開発
47	酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術	14.3	2022	2028	食品_高度生産
127	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	14.3	2024	2027	共通_その他
32	配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種	14.3	2020	2023	農_作物開発
45	同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術	12.5	2025	2027	農_環境保全

3. 4. 4. 社会実装時期

社会実装予測時期の分布は、以下のとおりである。社会実装時期は2026～2030年が47.0%、2021～2025年が46.2%に達している。

図 2-3-9 社会実装時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。「農_作物開発」の細目のトピックは、比較的社会的実装予測時期の遅いものが目立っている。

表 2-3-21 社会実装予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
農_高度生産		4	4					
農_作物開発		3	18	4				
農_疾病防除			4					
農_バイオマス利用		4	2					
農_環境保全		2	1					
食品_高度生産			1					
食品_流通・加工	1	3						
食品_食品安全	1	4	1					
食品_食品機能性		5	1					
水産_資源保全		5	2					
水産_育種・生産		6	1					
水産_環境保全		4	3					
林_高度生産		3	1					
林_バイオマス利用		6						
林_環境保全		2	2	1				
共通_情報サービス		8	12	1				
共通_その他		2	9	1				
全体	2	61	62	7				

ここでは、実現時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かったトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

「過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保」が「実装しない」との回答比率が38.9%と比較的高く、また、「家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出」や「深海

情報通信ネットワークの構築」などのトピックが、社会実装について「わからない」との回答比率がやや高くなっている。

表 2-3-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	細目
128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	2.61	38.9	2029	共通_その他
112	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	2.79	33.3	2030	共通_情報サービス
16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	2.97	29.7	2035	農_作物開発
126	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	3.12	29.4	2032	共通_その他
34	カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	2.73	27.3	2030	農_疾病防除
124	農作業を完全自動化するロボット技術	2.91	27.3	2028	共通_その他

表 2-3-23 「わからない」の回答が多いトピック

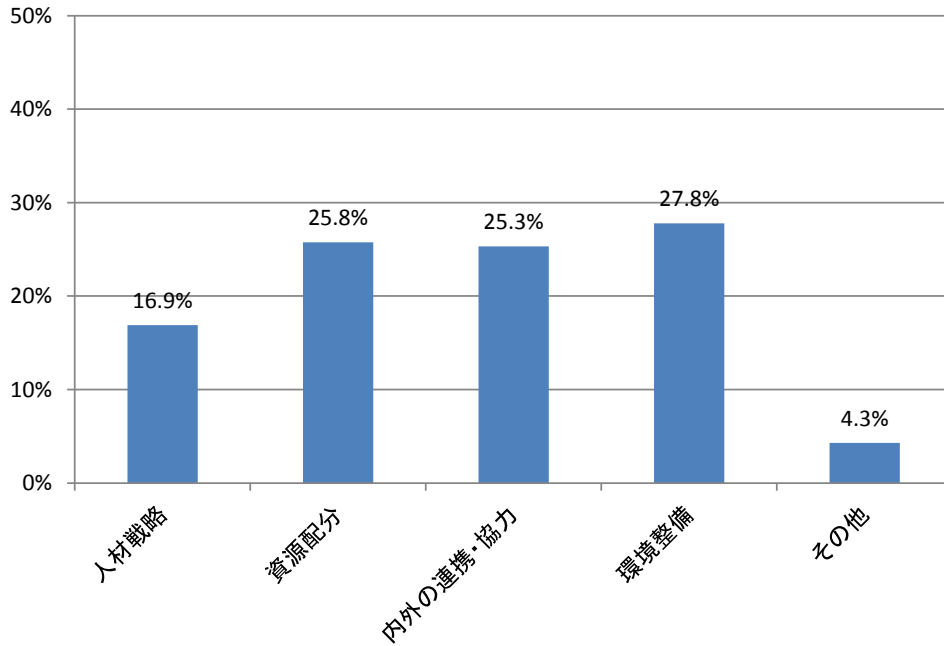
番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	2.93	46.7	2035	農_作物開発
119	深海情報通信ネットワークの構築	3.11	44.4	2030	共通_情報サービス
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	3.29	42.9	2025	共通_情報サービス
35	超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	3.06	41.2	2030	農_疾病防除
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	2.60	40.6	2030	農_高度生産

3. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策としては、最も回答が多いのは「環境整備」(27.8%)で、「資源配分戦略」、「内外の連携・協力」に近い割合で続いている。

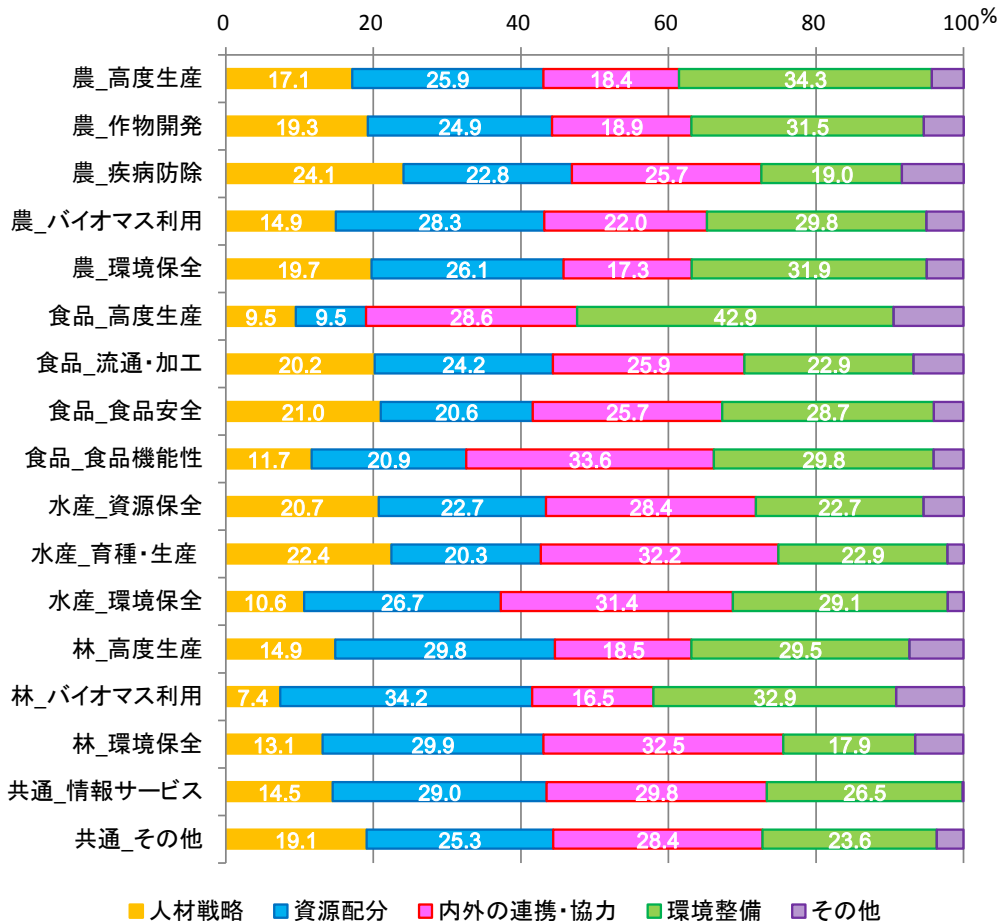
図 2-3-10 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

細目別では、「林_バイオマス利用」は社会実装に向けて、「資源配分戦略」が必要との回答が 34.2%と比較的多い。また、「農_疾病防除」は「人材戦略」、「食品_食品機能性」では「内外の連携・協力」、「食品_高度生産」では「環境整備」との回答が比較的多くなっている。

図 2-3-11 社会実装を牽引する重点施策(細目別) (%)



①人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
53	食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価	43.8	2020	2023	食品_食品安全
69	魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築	41.7	2022	2025	水産_資源保全
74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	41.7	2021	2025	水産_育種・生産
37	農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系	35.0	2025	2030	農_疾病防除
25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	33.3	2025	2030	農_作物開発
123	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	33.3	2020	2025	共通_その他
54	食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術	33.3	2022	2026	食品_食品安全
55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	4.3	2024	2025	食品_食品安全
115	果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム	4.3	2020	2025	共通_情報サービス
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	4.2	2025	2025	林_バイオマス利用
113	紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築	4.2	2022	2027	共通_情報サービス
90	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発	4.0	2020	2025	林_バイオマス利用
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	0.0	2025	2032	共通_情報サービス

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
124	農作業を完全自動化するロボット技術	50.0	2021	2028	共通_その他
113	紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築	50.0	2022	2027	共通_情報サービス
99	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	44.2	2030	2032	林_環境保全

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	43.8	2025	2029	共通_その他
68	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング	42.1	2020	2022	水産_資源保全
70	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	7.4	2025	2025	水産_資源保全
130	マーケット・イン型の持続可能な農業の6次産業化ビジネスモデルの構築と実証	6.7	2020	2025	共通_その他
116	海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム	6.7	2024	2025	共通_情報サービス
125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	3.3	2025	2030	共通_その他
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	0.0	2020	2025	水産_育種・生産

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位5件)と割合の低いトピック(下位5件)は、以下のとおりである。

表 2-3-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	56.2	2025	2028	共通_その他
76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	50.0	2025	2030	水産_育種・生産
65	沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築	50.0	2023	2025	水産_資源保全
112	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	50.0	2025	2030	共通_情報サービス
96	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	46.9	2024	2027	林_環境保全
92	未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電	9.8	2024	2025	林_バイオマス利用
131	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術	9.5	2022	2030	共通_その他
28	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	9.1	2025	2030	農_作物開発
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	8.3	2025	2025	林_バイオマス利用
123	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	8.3	2020	2025	共通_その他

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位5件)と割合の低いトピック

(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	66.7	2020	2025	水産_育種・生産
28	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	61.4	2025	2030	農_作物開発
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	53.3	2025	2030	農_高度生産
14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	50.6	2025	2029	農_作物開発
132	出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減	50.0	2024	2028	共通_その他
75	環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖	10.0	2022	2024	水産_育種・生産
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	6.2	2025	2028	共通_その他
37	農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系	5.0	2025	2030	農_疾病防除
121	アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)	0.0	2021	2026	共通_その他
74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	0.0	2021	2025	水産_育種・生産

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

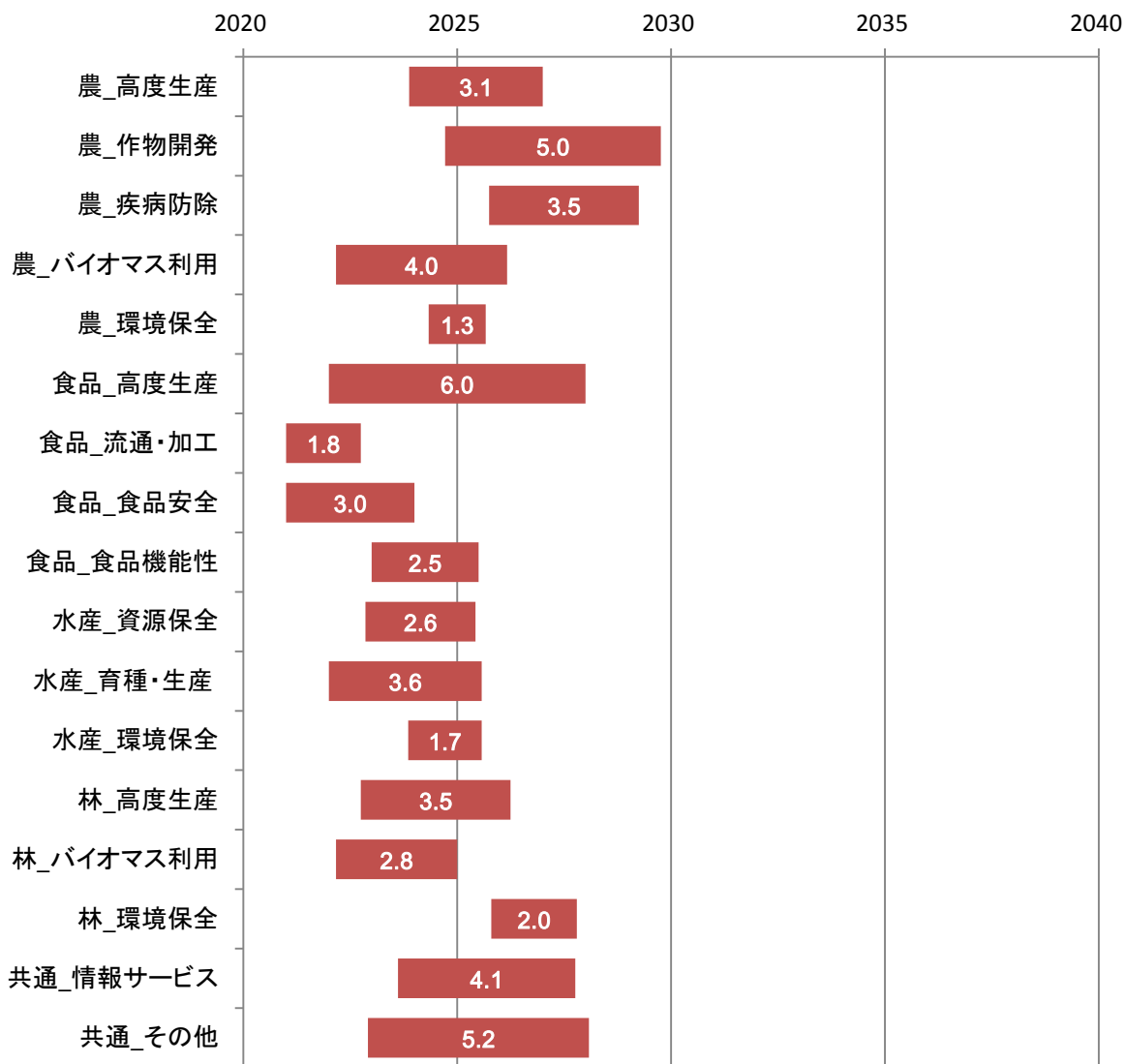
表 2-3-28 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	16.7	2025	2025	林_バイオマス利用
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	16.7	2025	2030	農_作物開発
68	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング	15.8	2020	2022	水産_資源保全
49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	15.4	2021	2024	食品_流通・加工
127	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	14.3	2024	2027	共通_その他

3. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間

技術的実現から社会実装までの期間を細目別にみると、「食品_高度生産」が 6.0 年と最も長い一方で、「農_環境保全」は 1.3 年、「水産_環境保全」は 1.7 年、「食品_流通・加工」は 1.8 年などと比較的短くなっている。

図 2-3-12 技術的実現から社会実装までの期間(年)



技術的実現から社会実装までの期間の長いトピック(上位 5 件)および期間の短いトピック(下位 5 件)は、それぞれ以下のとおりである。

表 2-3-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
23	地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発	2025	2035	10	農_作物開発
16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	2027	2035	8	農_作物開発

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	2025	2033	8	農_作物開発
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	2027	2035	8	農_作物開発
131	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術	2022	2030	8	共通_その他
4	エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術	2025	2025	0	農_高度生産
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	2020	2020	0	食品_流通・加工
56	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	2020	2020	0	食品_食品安全
62	フードミクスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発	2025	2025	0	食品_食品機能性
70	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	2025	2025	0	水産_資源保全
81	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	2025	2025	0	水産_環境保全
82	水棲バイオマスプラントーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	2025	2025	0	水産_環境保全
87	人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術	2025	2025	0	林_高度生産
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	2025	2025	0	林_ バイオマス利用
95	野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術	2025	2025	0	林_環境保全
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	2025	2025	0	林_環境保全
107	植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築	2026	2026	0	共通_ 情報サービス
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	2025	2025	0	共通_ 情報サービス
78	生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化	2023	2022	*	水産_環境保全

* 技術の実現時期と社会実装時期が逆転したトピック

3. 5. 未来科学技術年表

3. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2020	5 地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業
	11 植物の観賞性に関わる色・形・香りの制御技術
	32 配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種
	38 微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術
	42 バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術
	48 食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術
	50 食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術
	52 食品のトレーサビリティを高めるために、生育過程のあるいは生産物の組織に由来する極微量サンプルから 1 分以内に全 DNA または全 RNA の塩基配列を明らかにする配列解読技術
	53 食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価
	56 食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム
	57 原料農産物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム
	64 養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存
	68 超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング
	72 発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出
	77 遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術
	80 微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム
	85 政策目標の木材自給率 50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技術
	89 オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発
	90 土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発
	105 個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム
111 フレイルティ・サイクルの予防に向けた、農林水産物の品種・生産・加工・調理特性と栄養・機能性・食味の最適化プラットフォーム及びデータベース構築	
115 果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム	
118 圃場作物の「健康状態」を知るための可搬型生体情報モニタリングシステム	
123 アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	
130 マーケット・イン型の持続可能な農業の 6 次産業化ビジネスモデルの構築と実証	
2021	12 植物の観賞性に関わる老化の制御技術
	49 飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械
	59 高齢者に特有の、抗酸化機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品
	74 魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術
	86 人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術
	94 竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術
	102 農作業中でもコンピュータやインターネットが常時利用できるウェアラブルコンピュータ(体に装着できる超小型コンピュータ)を用いた、生産履歴情報の自動入力システム及び、農薬の使用可否、病害虫対策などに関するナビゲーションシステム
2021	121 アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)

年	トピック
	124 農作業を完全自動化するロボット技術
2022	1 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上
	41 メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム
	47 酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術
	54 食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術
	58 アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術
	63 生活習慣病予防を目的とする、個人の体質に応じた機能性食品
	69 魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築
	75 環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖
	100 リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム
	113 紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築
	131 植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術
2023	39 セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術
	40 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発
	51 物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術
	60 高齢者に特有の、脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食事法
	65 沿岸域の環境(離島を含む)に適した海藻・海藻資源の持続的利用データベース構築
	71 ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術
	73 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発
	78 生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化
	93 未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム
	122 農村のため池群を主体にしたレジリエントな防災・減災技術(地震・豪雨時のため池決壊リスクの逐次予測に基づく地域住民への情報伝達技術など)
2024	8 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム
	20 イネの遺伝子・環境相互作用の解明に基づく、生育過程のモデル化
	44 タイミングを考慮した減農薬散布、メタンや亜酸化窒素の排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業ヘシフトさせる技術
	46 環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定
	55 遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立
	83 海洋における波力・潮汐・潮流等を用いた再生可能エネルギー施設の設置とその利用
	92 未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電
	96 熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術
	103 生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク
	116 海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム
	127 森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法
	132 出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減
2025	2 地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術
	3 オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術
	4 エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術
2025	6 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティバータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等)

年	トピック
	7 抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術
	9 省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)
	10 特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術
	13 絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出技術および保存技術
	14 人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物
	15 食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術
	17 砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物
	18 植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明
	19 植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明
	21 植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物
	22 乾物で 50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物
	23 地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発
	24 作物の全遺伝子発現情報から様々な農業形質を予測可能な発現遺伝子マーカーの開発
	25 品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定
	26 ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術
	27 作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発
	28 作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術
	31 作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
	33 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発
	35 超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術
	36 人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術
	37 農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系
	43 バイオマス資源作物の熱利用に向けた高リグニン含量品種の開発
	45 同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術
	61 ビッグデータを活用した、テーラーメイド機能性食品
	62 フードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発
	66 環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術
	67 計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術
	70 持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術
	76 完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進
	79 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術
	81 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術
	82 水棲バイオマスプラントリーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム
	84 沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術
	87 人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術
	88 スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木の開発
	91 高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術
2025	95 野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術
	97 世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握

年	トピック
	98 日本におけるマツガレ病の完全制圧
	101 X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
	104 地球規模のセンサネットワークを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
	106 短・中期気象予報と作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
	109 農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握にむけ、リモートセンシング技術等を活用した農業データのグローバルグリッド(格子間隔:1km 四方)データベース化
	110 農業データ(収量データ)と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術
	112 「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
	114 地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報源となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化
	117 地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術
	119 深海情報通信ネットワークの構築
	120 衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価
	125 遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成
	126 都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会
	128 過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保
	129 世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発
2026	107 植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築
2027	16 遺伝子組換えによるC4光合成イネ、窒素固定イネの開発
	30 家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出
	108 土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出
2028	34 カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム
2029	29 植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術
2030	99 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術

3. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2020	48 食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術
	56 食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム
2022	50 食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術
	68 超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング
	78 生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化
2023	32 配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種
	53 食品における複数の有害因子の相互作用がもたらす毒性評価
2024	49 飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械
	75 環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖
2025	1 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上
	4 エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術
	5 地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業
	8 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム
	11 植物の観賞性に関わる色・形・香りの制御技術
	12 植物の観賞性に関わる老化の制御技術
	38 微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術
	40 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発
	41 メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム
	42 バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術
	44 タイミングを考慮した減農薬散布、メタンや亜酸化窒素の排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業ヘシフトさせる技術
	46 環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定
	51 物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術
	52 食品のトレーサビリティを高めるために、生育過程のあるいは生産物の組織に由来する極微量サンプルから1分以内に全 DNA または全 RNA の塩基配列を明らかにする配列解読技術
	55 遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立
	57 原料農産物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム
	58 アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術
	59 高齢者に特有の、抗酸化機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品
	60 高齢者に特有の、脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食事法
	62 フードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発
	63 生活習慣病予防を目的とする、個人の体質に応じた機能性食品
	64 養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存
	65 沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築
	69 魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築
	70 持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術
	71 ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術
	72 発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出
	73 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発

年	トピック
2025	74 魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術
	77 遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術
	80 微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な3次元画像解析システム
	81 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術
	82 水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム
	85 政策目標の木材自給率50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技術
	86 人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術
	87 人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術
	89 オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発
	90 土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で50年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発
	91 高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリンガルデヒドに分解する技術
	92 未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電
	93 未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム
	94 竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術
	95 野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術
	97 世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握
	100 リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム
	102 農作業中でもコンピュータやインターネットが常時利用できるウェアラブルコンピュータ(体に装着できる超小型コンピュータ)を用いた、生産履歴情報の自動入力システム及び、農薬の使用可否、病害虫対策などに関するナビゲーションシステム
	105 個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム
	111 フレイルティ・サイクルの予防に向けた、農林水産物の品種・生産・加工・調理特性と栄養・機能性・食味の最適化プラットフォーム及びデータベース構築
114 地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	
115 果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム	
116 海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム	
118 圃場作物の「健康状態」を知るための可搬型生体情報モニタリングシステム	
123 アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	
130 マーケット・イン型の持続可能な農業の6次産業化ビジネスモデルの構築と実証	
2026	6 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティバータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等)
	20 イネの遺伝子・環境相互作用の解明に基づく、生育過程のモデル化
	54 食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術
	66 環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術
	79 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術
	107 植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築
2026	121 アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造

年	トピック
	物の点検・診断技術など)
2027	36 人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術
	39 セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術
	45 同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術
	84 沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術
	96 熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術
	113 紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築
	127 森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法
2028	47 酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術
	61 ビッグデータを活用した、テーラーメイド機能性食品
	101 X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
	124 農作業を完全自動化するロボット技術
	129 世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発
	132 出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減
2029	9 省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)
	14 人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物
	26 ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術
	83 海洋における波力・潮汐・潮流等を用いた再生可能エネルギー施設の設置とその利用
	122 農村のため池群を主体にしたレジリエントな防災・減災技術(地震・豪雨時のため池決壊リスクの逐次予測に基づく地域住民への情報伝達技術など)
	128 過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保
2030	2 地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術
	3 オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術
	7 抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術
	10 特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術
	13 絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出技術および保存技術
	15 食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術
	18 植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明
	19 植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明
	21 植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物
	22 乾物で50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物
	24 作物の全遺伝子発現情報から様々な農業形質を予測可能な発現遺伝子マーカーの開発
	25 品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定
	27 作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発
	28 作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術
	29 植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術
	31 作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
	33 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルプラタの開発
34 カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	
35 超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	
2030	37 農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系

年	トピック
	43 バイオマス資源作物の熱利用に向けた高リグニン含量品種の開発
	67 計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術
	76 完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進
	88 スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木の開発
	98 日本におけるマツガレ病の完全制圧
	103 生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク
	104 地球規模のセンサネットワークを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
	106 短・中期気象予報と作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
	108 土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出
	109 農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握にむけ、リモートセンシング技術等を活用した農業データの全球グリッド(格子間隔:1km 四方)データベース化
	110 農業データ(収量データ)と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術
	112 「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
	117 地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術
	119 深海情報通信ネットワークの構築
	125 遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成
	131 植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術
2032	99 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術
	120 衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価
	126 都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会
2033	17 砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物
2035	16 遺伝子組換えによるC4光合成イネ、窒素固定イネの開発
	23 地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発
	30 家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出

3. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組みとして、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

<p>1 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上</p> <p>○異なる分野の研究者による共同研究を推進し、評価技術を確立、○メタゲノム解析法:腸内細菌の分類を正確に行うことができる。有用な細菌種の検出・分離ができる、○腸内細菌の培養法:有用な細菌の単離・培養を行うことで、細菌内の遺伝子発現変動、生理活性物質の代謝など生化学・分子生物学的解析を可能とする、○ホストの遺伝子発現プロファイル解析:腸管粘膜組織と腸内細菌との相互作用を検討するため、腸管での遺伝子発現の変動をとらえる、○非反芻家畜の栄養生理機能解明、○生菌剤の養魚飼料への添加物としての承認</p>
<p>2 地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術</p> <p>○日持ち性品種の開発、○海外輸出を想定した鮮度保持技術の開発、○新規の広報システムの開発</p>
<p>3 オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術</p> <p>○ゲノムの解読と遺伝子予測により、対象とする植物種の遺伝子と大まかな機能が明らかになること、○多品種のゲノム配列解読と形質の評価による大規模アソシエーション解析技術、○樹木の育種を効率的に行う手法の確立(ゲノム編集など)、○更なる大規模シーケンス技術とバイオインフォマティクスの高度化、○エピゲノミクスや多数の遺伝子が関わる形質についての理解の進展、○ゲノムワイド関連解析等による育種の効率化、○安価な果実ゲノム診断技術の開発、○果実の品質や食味にかかわるゲノムデータの蓄積とゲノムベースの構築、○早期着花・開花・結実を確実に実現できること、○栽培土壌の影響を考慮できるシステムを構築すること、○果樹のサイズが大きくなった時の食味成分の変化等についてしっかりとデータを保持しておくこと、○次世代シーケンサーなどを利用した、ゲノムワイドな DNA マーカーの大量開発技術および高速ジェノタイプング技術、○品質・食味を迅速に定量化する技術。プロテオーム・メタボローム解析など、関連する代謝産物を定量化する技術も含む、○早期開花により果樹において世代を短期間に促進する技術(遺伝子組換えやゲノム編集の利用も含む)、○日本優位の状況確保のための予算付け、○人材の積極的活用、○基盤情報の整備およびそのための研究資金の確保、○ゲノム情報、遺伝子情報、○食味や品質を正確に評価する技術、○ゲノミックセレクションなどの新しい育種方法</p>
<p>4 エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術</p> <p>○作物毎に対応するエンドファイトのスクリーニング、○安価で容易なエンドファイトの検出技術、○食物のホルモン応答の解析、○エンドファイトによる植物生長促進作用の分子機構の解明、○エンドファイトの植物の共生に関わる分子の解明、○エンドファイトを微生物資源としてカルチャーコレクションに収集する、○液剤・粉剤等に加工する技術、○生態系への影響評価、○生物間相互作用の基礎研究、○エンドファイトの培養法の確立</p>
<p>5 地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業</p> <p>○通信技術の高度化・低廉化、○FOEAS、○連作障害の要因把握、○RTK-GPS、○地下水シミュレーションの高度化、○世界的競争力のあるコメ生産の安全、高品質、高収量を実現する技術に特化する。低農薬、良食味、高収量品種の開発。○コメの輸出産業化のためコメ生産コストの低減技術。大規模、多数枚圃場を前提とした ICT 農業システムの開発、○コメの輸出産業化のためコメ生産コストの低減技術。日本型コメの直播技術の開発。そのため圃場均平度確保技術、水管理技術、直播用除草技術が必要、○土壌管理技術の体系化、○耐湿性大豆、高品質小麦などの育種、○出荷から販売での新システムの開発、○農業用車両の高精度自動操行・作業機高さ制御技術、○高精度高速大豆播種技術、○農業機械・施設制御のハードウェア・ソフトウェア規格の統一、○輪作を考える上で湿害の発生を最小限にする必要がある。そのためには土壌化学と植物生理(作物学・育種学)の人材の有機的な連携が必須、○コムギ、ダイズの作物モデルの実用化、○諸外国で増加している“高畦栽培”の機械化体系、○病虫害診断技術、○穀物(イネ、ムギ、マメ)・野菜(ナス、トマト、キュウリ)における洪水(含・湿害)抵抗性および干ばつ抵抗性新品種の開発</p>
<p>6 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベーター・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等)</p> <p>○対象となる作物のゲノム情報を整備するための DNA シークエンス技術、○天敵の選別(抽出)、○突然変異体の作出(卵を産まない等)、○研究機関の連携強化(プロジェクトを作って、研究費を配分し、定期的に会合などを行い、情報交換を促進する)、○海外との情報交換の場を作る。(シンポジウムを行う。人の交流の活発化を図る)、○専属のサイエンスコミュニケーターを採用し、アウトリーチを充実させ、早い段階から国民やマスコミに周知する、○効果の確認、○効果の再現性、○安全性、○プラントアクティベーター、○生物農薬、○行動制御</p>

7 抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術
○体細胞クローン、遺伝子編集技術などの発展によって技術レベルは向上しているが、形質転換家畜に対する国民のイメージを変えていく努力が必要である、○遺伝子導入技術、○幹細胞技術、○繁殖生物技術
8 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム
○コンピュータ環境制御技術、○冷暖房施設の低コスト化、○幅広い気候に対応する育種力、○再生エネルギー技術、○養液栽培技術、○施設栽培のユニット化、○植物の環境応答機構に関する分子レベルの知見の拡充、○環境変動に応じたゲノムレベルの遺伝子発現変動モニタリング技術、○環境変動に応じた遺伝子発現変動の数値モデリング、 ○「農業経営工学」とも呼ぶ学問体系が必要、○気象予測システム、○気候と植物の両方のモニタリング技術、○栽培に対応する施設、○気候変動による作物の収量・品質への影響程度をより明確に把握することが第一に重要、○想定される気候変動の範囲における重要度の評価、○重要度の評価に基づき最適化するための作物の応答特性の把握、○稲作工場の実現に対する政治的抵抗勢力の排除、○環境調節機能被覆資材の開発、○簡易型環境制御 ICT 統合システムの開発、○情報通信技術の高度利用(低コストセンシングデバイスの開発、時系列空間情報処理の深化、農業ビッグデータの確立と利用)、○高品質・高収量を実現する生物科学の発展(育種)、○局地的な気象変化の予測法、○安価かつ簡易な農業用施設設置技術、○農業用施設の防災技術(減災技術)、○気候変動および局地的気象予測技術とそれを活用した対策技術、○露地栽培用低コスト対策技術、○完全自立型施設栽培技術、○具体的数値として任意地点の気象を推定できる気象予測技術、○ICT・GIS 等の多様な技術の融合、○現場の生産者も参加した研究開発プロジェクトの企画、○簡易省エネ加温・冷却システムの構築、○高度センシング技術
9 省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)
○多収を得るための素材の開発、○ゲノム解析、○栽培方法の変革、○遺伝子組換え技術、○機械化技術の向上、○遺伝子組換え技術、○育種年限を短縮化する技術、○形質評価の確実性、それらを担う若手人材育成、○交雑育種、○遺伝子組換え、○種々のストレス環境下で作物の生産性にかかわる遺伝的能力を正確に評価する技術、○個々の遺伝子および遺伝子ネットワークについて作物生産性に対する貢献度を評価する技術、○遺伝子組換え作物の効率的な作出にかかわる技術、○国内外の農業と食料生産に貢献する有用技術として研究開発推進を明示する国の政策(予算含め)、○科学コミュニケーションの現場を理解した政策と実践者の確保(予算、ポジション含め)、○国内での GMO 栽培を可能にする共存政策(EUの事例を元に)
10 特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術
○マイクロマニピュレーションの技術、○効果的なセレクションの技術
11 植物の観賞性に関わる色・形・香りの制御技術
○研究開発者の人材育成、○研究環境と研究資金の整備、○対象植物はライフサイクルが長いための、安定した雇用、○様々な種類の植物への導入技術、○これらの形質に関与する遺伝子の単離、○さまざまな植物に遺伝子を導入する技術、○組換え体作出のための土台としての不稔植物の作出(出来れば非組換えによる)、○1. を実現するための DNA マーカーおよびゲノム配列解析、○植物の培養増殖技術、○多様な観賞用植物に応用可能な遺伝子導入及び機能発現制御技術、○染色体の特定の位置に必要なコピー数の外来遺伝子を導入する技術、○観賞性に係わる部位の形態に悪影響を及ぼさない雄性雌性不稔形質付与技術、○遺伝子組換え技術、○継木の技術、○組み合わせ技術
12 植物の観賞性に関わる老化の制御技術
《特になし》
13 絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出技術および保存技術
○細胞培養、○凍結保存
14 人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物
○環境への影響(遺伝子の流出?)がないことの確認技術、○染色体の特定部分を改変できる技術
15 食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術
○簡単に光合成活性を測定できる装置の開発、○キーとなる因子の同定、○光合成機構が高い遺伝資源の探索、○個体レベルや個体群レベルでの光合成能力の評価方法、○過剰施肥の環境汚染、
16 遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発
○C4 光合成の成立に必要な遺伝子の探索。解析の手がかりを与える野生植物をえらび、詳しい解析を行って候補遺伝子を特定する、○候補遺伝子の働きを、その植物または他のモデル植物において破壊または抑制して C4 光合成に与える影響から同定する。形質転換技術およびゲノム編集技術が必要、○C4 光合成の成立に必須の遺伝子間の発現制御ネットワークの研究による、制御のヒエラルヒーの解明とそれにより、改変や導入の必要な遺伝子数を最小にする
17 砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物

○気象予報精度の向上、○農家・圃場レベルでの対処策、○ストレス抵抗性改良品種、○ストレス耐性のメカニズム解明、○遺伝子組換え、○基礎的な不適環境への耐性機構の解明(分子生物学的、分子遺伝学的研究)、○基礎的知見の実用作物品種への実装、○不適環境を多く抱える諸国(海外)の現場での栽培支援、○好塩性、耐塩性植物の機能解明、○高温、低温耐性の機能解明
18 植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明
○遺伝子組換え技術、○有機物の網羅的解析、○無機物質の元素分析、○個別遺伝子の機能、発現様式の徹底解明とデータ化、○発現の協調性、独自性、補完性など相互関係のデータ化、○代謝産物、吸収無機栄養素と遺伝子発現制御の相互関係解明、○植物細胞の形質、発現、再生などを制御するゲノムの解明、○セルロース、ヘミセル、リグニン等の形質や機能を制御する育種技術、○植物細胞機能を活かした素材変換プロセス技術、○個々の遺伝子の機能解明、○生細胞内遺伝子ネットワークの動的可視化技術、○ゲノム編集技術、○ゲノム研究で培われた技術の推進、○オミクス手法、○質量分析法、○パイオインフォマティクス、○解析技術を植物体内で検証する技術
19 植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明
○特定の遺伝子だけを目的に応じて変異させる技術、○GWAS など、特定の遺伝子だけでなく、遺伝子の影響を総合的に評価する技術、○ケミカルスクリーニングのシグナル伝達機構解明への応用、○ストレスや成長に応答する植物ホルモン等の解析、○細菌やウイルスの検出技術
20 イネの遺伝子・環境相互作用の解明に基づく、生育過程のモデル化
○各遺伝子の働きの解明、○環境が遺伝子発現に及ぼす影響の解明、○表現型として、環境がイネの生育に及ぼす影響の解明、○生育段階ごと、植物体部位ごとの遺伝子発現プロファイルのデータベース化
21 植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物
○精密圃場での大規模な栽培試験、○土壌栽培環境等のモニタリング技術、○栽培環境と連動した窒素固定能力、リン吸収能力のシミュレーション技術、○根粒共生や菌根共生のメカニズムの解明、○植物の形質転換技術の向上、○関連する植物、微生物のゲノム情報の解明
22 乾物で 50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物
○実験室内よりも農業現場における技術開発、○作物(生き物)を対象とした育種技術
23 地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発
○植物遺伝資源の適切な評価と維持、○育種過程での多面的な評価と選抜、○遺伝子組換え技術、○ゲノム編集技術、○作物モデルの開発(コムギ、ダイズなど)と改良(イネ)、○圃場における作物の形質調査(表現型評価)技術、○栽培技術設計手法(栽培技術専門家が減少している中で、作物生産の課題解決の道筋を総合的に検討し提示するための人材育成と情報分析支援システム)、○アカデミアによる技術力向上と産業界の連携。技術的トピックを透明性を持って示すリーダーシップをどこが取るのか(各省庁、学会など)、○主要穀物における洪水(含・湿害)抵抗性および干ばつ抵抗性新品種の開発、○秋播き性程度の異なる極早生多収ムギ品種の開発
24 作物の全遺伝子発現情報から様々な農業形質を予測可能な発現遺伝子マーカーの開発
○パイオインフォマティクス、○形質の自動評価手法、○スーパーコンピュータによるパイオインフォマティクス解析技術の発展
25 品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定
○超多変量の予測モデルの構築・最適化のための統計・機械学習技術、○実環境での作物形質を高速・高精度に測定する技術、○遺伝子型データ・トランスクリプトームデータ・環境データ・作物モデルの統合による環境応答包括型ゲノム選抜モデル
26 ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術
○より効率的な外来遺伝子導入方法の確立、○さまざまな作物(特にイネ以外)における遺伝子導入・ゲノム編集技術の高度化・高効率化、○ゲノム編集のターゲットとなる遺伝子の網羅的特定・機能解明、○ゲノム編集によって作出された作物に対する社会的な理解の浸透、○全ての作物への遺伝子導入技術の確立、○安全性の検証、○日本独自のゲノム編集技術、○GMO と違う規制や制度づくり、○公的機関からの PA づくり、○優良形質に関わる遺伝子の同定、○最新のゲノム編集技術(CRISPR/Cas9)を扱える人材の育成、○ゲノム編集技術を国内の研究者に広く利用できるようオープンラボのようなものを設けて多くの研究室で技術導入しやすくする、○非宿主の遺伝子情報を挿入した痕跡が残らない技術開発、○有用遺伝子の効率的な同定技術、○対象作物における効率的な遺伝子組換え技術、○CRISPR や TALEN のオフターゲット解消技術
27 作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発
《特になし》

28 作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術
《特になし》
29 植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術
○既に解析されたイネやトマト以外の重要な作物における全ゲノム配列の解析、○遺伝子座の位置解析と機能性の解明、○相同組換え技術の確立
30 家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出
《特になし》
31 作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
《特になし》
32 配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種
○1細胞、ゲノム・エピゲノム解析技術
33 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発
○免疫抑制技術と移植技術の向上、○生物工学分野との連携、特に評価技術、○家畜の幹細胞技術、○家畜の遺伝子改変技術、○家畜をクリーンな環境で飼育する基盤技術
34 カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム
○固体の耐病性の向上、○物理的害虫の防除技術、○温熱療法による病害抑制
35 超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術
○超音波素子、○振動素子
36 人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術
○スクリーニング技術、○感染のメカニズムや感染経路の解明、○抗体産生技術、○ワクチン生産技術、○核酸などの病原体由来成分を様々な検体から迅速かつ正確に検出する技術、○プロバイオティクスなど、抗生物質などに頼らない病原体の排除技術、○病原体特異的な抗生物質あるいはワクチンの開発、○病原体の自然界における分布・生態の解明、○人獣共通感染症等の家畜における防除技術の開発(ワクチン等)・・・野生動物は制御が難しいが、家畜は制御が可能、○人獣共通感染症等の媒介小動物・昆虫等のコントロール技術の開発、○感染実験を大規模に実施可能な環境整備の必要性、○薬剤を体内に誘導するドラッグデリバリーのキャリアーの探索、○薬剤を体内に誘導するドラッグデリバリーの効果を追跡する手法の開発、○感染分子機構の解明、○ホスト・パラサイトの関係の解明、○免疫など研究しても全くの無駄である(免疫研究で歴史的に克服された感染症は未だゼロである)
37 農業生態系を活用した病虫害発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系
○植物の環境応答(病理学を含む)研究における基礎的知識、○具体的には植物、微生物、昆虫 3 者の相互作用研究の深化、○植物のアレロパシー利用の場合は拡散、普及しやすいので、これを優先すべき。もっともよいのは、育成する作物自体が有するアレロパシーの活用、○昆虫や動物による抑制技術の場合、普及や実用化の際に、生産(どう増やすか)、利用(効果の空間限定可能か)、輸出(法規への準拠)における課題を開発前からあたる必要がある、○低環境負荷、生態学的手法とされるため、より効果を求める際に遺伝子組換えをするか、しないかの議論が生じる。研究開発前に、早々に制度開発、実施環境整備が必要、○植物用のセンサを核とする ICT システム、○非平衡プラズマの制御合成と活性酸素種の制御生成、○病虫害に対する抵抗性品種の時間のかからない作出技術、○病虫害が抵抗性を持ちにくい薬剤の開発と使用法の確立、○病虫害の発生を制御する耕種法の確立、○耕種的防除、○化学的防除、○生物的防除
38 微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術
○酵素の立体構造にもとづく機能解明と改良にむけた方針、○微生物ゲノムマイニングによる新規な微生物酵素の発見、○酵素の立体構造と配列によるファミリー分類、○地域資源の開拓と処理技術、○微生物機能探索のためのスクリーニング技術、○酵素機能向上のためのタンパク質結晶構造解析、○地域資源に特化した株のプラットフォームとなる安全性の高い微生物、○酵素の精製、輸送技術、○微生物の培養生産技術、○多様な機能をもつ微生物資源の戦略的収集、○新規有用機能の戦略的探索・大規模スクリーニング、○タンパク発現系の改良、○遺伝子組換えにより微生物の代謝を調節する技術、○微生物を効率的に培養する技術、○遺伝子改変微生物の利用、○微生物遺伝資源の確保、○酵素の同定、○微生物の改良方法、○酵素の利用方法、○微生物ソースの選定、○有用酵素の同定、利用技術開発、○酵素高機能化
39 セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術
○植物細胞壁多糖(セルロース、ヘミセルロース、ペクチン)の生合成分子機構の完全解明、○植物細胞壁多糖(セルロース、ヘミセルロース、ペクチン)の分解酵素の完全同定、○セルロースへ結合するタンパク質を定量的に機能解析する方法論の確

<p>立。現在、存在しない、○進化学などを利用したセルロース結合性蛋白質の選択方法、○より高効率で作用するタンパク質の作出、○安価なタンパク質生産技術、○国内外における遺伝子組換え植物利用の普及、○人工タンパク質の植物体内での発現制御技術、○人工タンパク質の微生物生産による大量生産、○非食系バイオマスを原料とした酵素生産技術の確立、○タンパク質生産技術、○タンパク質改良技術、○木質バイオマスの利用の観点から、植物糖鎖分解に関わるグリコシダーゼについて、糖鎖基質を用いた詳細な基質特異性解析の網羅的研究、○植物糖鎖分解酵素の多量発現系の構築、○ヘミセルロース分解酵素の基質特異性の把握と反応効率の改良</p>
<p>40 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発</p>
<p>○目標とする生産物を、複数の微生物の同時培養で効率よく生産させる技術開発は、統一理論がないため個別に開発しなければならないが、その点が最も重要な課題となる、○微生物菌叢や代謝産物のモニタリング技術の同時開発が必要である、○遺伝子組換えにより育種した微生物の導入も必要となると考える、○リグニンの生物分解機構の解明、○糸状菌のメタボリックエンジニアリング技術の開発、○用途に適した微生物の探索・開発、○バイオマス原料の改良</p>
<p>41 メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム</p>
<p>○乾式メタン発酵により、消化残渣からの脱離水を減量し、かつ濃厚にする、○パイプラインで山林へ供給する。一度に大量に供給すると地下水汚染になるので、ごく少量ずつ、長期に滴下、○濃縮したメタンの貯蔵方法の確立、○成分安定肥料の圃場への施用のための農業機器の開発、○肥料の施用時期、施用位置、施用量などに関する土壌肥料的解析、○低コストな濃縮技術</p>
<p>42 バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術</p>
<p>○バイオマスエネルギー利用による環境影響・コストを正確に評価する手法・技術、○環境影響・経済性・社会影響を比較可能な形で評価する手法・技術、○希望的観測よりも現実的なデータに基づく評価技術、○ICTを用いた社会評価アンケートシステム、○ミクロ経済学、○原材料の集配技術、○菜種などエネルギー作物の育種と栽培技術、○植物工場的な環境負荷の少ない栽培方法、○中小型メタン発酵システムによる分散型地域再生エネルギーシステム、○稲わら・木材など繊維性バイオマスのメタン発酵適用に向けた省コスト微粉碎等可溶化技術、○LCAをベースとして、総消費エネルギー量に対するバイオマス等再生可能エネルギー由来の量を指標とする</p>
<p>43 バイオマス資源作物の熱利用に向けた高リグニン含量品種の開発</p>
<p>○遺伝子組換え技術の向上、○リグニン合成経路の調節機構の解明、○リグニン生合成系のコントロールができる遺伝子組換えもしくはゲノム編集技術の確立、○作物種や遺伝子型に左右されない形質転換技術、○高熱量リグニンの細胞壁蓄積技術</p>
<p>44 タイミングを考慮した減農薬散布、メタンや亜酸化窒素の排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業へシフトさせる技術</p>
<p>○家畜排せつ物管理・反芻家畜の消化管から排出される温室効果ガス、富栄養化物質の削減技術、○生産性を維持しつつ環境影響を削減する技術・生産体系、○農作物・畜産物生産における環境影響を評価する技術・手法、○生産現場の意識改革・教育、○負荷削減技術の適用による負荷削減量の評価、○施肥投入量の管理手法の開発として GIS など面的な情報管理手法の開発と農家が負担に感じない入力方法の開発、○環境汚染物質の長期モニタリング、○省エネルギーと省コストと持続性を兼ね備えた浄化技術の開発、○様々な慣行農法を対象にした簡便モニタリング方法の開発、○天然物由来原料の利用、○生物農薬、○対抗植物・緑肥、○無農薬栽培を成功させている農家の、営農法の科学研究、○情報処理技術、○軽労化支援のロボット、○圃場等でのフィールドモニタリングシステム(水質、土壌、作物)の改良。特に、連続的なモニタリングを自動化するための工夫が必要、○減農薬散布、○メタン抑制、○亜酸化窒素抑制</p>
<p>45 同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術</p>
<p>○育種学、○遺伝子工学、○生態学、○市民の懸念に対応するような遺伝子組換え(植物育種)技術の開発、○社会的合意形成に向けた取り組み、○マルチライン</p>
<p>46 環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定</p>
<p>○標準化されたモニタリング手法と分析手法、○生育環境、土壌中での動態、遺伝子発現および作物内での動態の相互作用の解明、○農学、分子生物学、分析化学だけでなく、鉱物学、地質学、地球科学など、作物を取り巻く環境全体をマクロにミクロに観察できる分野の参画、○土壌中の微量成分の物質挙動、および植物への取り込みメカニズムの把握、○更に医学、疫学等の参画による、作物中の存在形態での摂取時の毒性・安全性評価とコホート研究によるデータの積み上げ、○森林分野における専門的研究者の確保、○セシウムの吸収・転流・蓄積機構の解明、○非接触農薬検出技術、○有毒化学物質、放射性物質の土壌吸着阻害技術、○有害化学物質や放射性物質の微量分析技術の開発、○微量放射性物質の簡易分析技術、○低線量被曝の疫学的な解析技術、○調査者の低線量被曝の防除技術、○分析技術</p>
<p>47 酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術</p>
<p>○バイオマスが原料となることが想定されるが、対象微生物が利用可能な低分子化技術が実用化のための課題と考える。酵素利用等の基本技術は海外も含めて進んでおり、特にコスト低減が最重要課題と考える、○コスト低下のためには微生物の高密度培養技術が必要である。実用化に低コストでコンタミネーションがない培養方法の確立が必要、○遺伝子組換えによる微</p>

生物育種も重要な手法となると思われるが、その場合は工業規模でのハザード対策技術を整備する必要がある、○培養工学、生産技術検討、○微生物の生産する油脂の組成を制御する技術、○微生物の大量培養技術、○酵母・糸状菌等の微生物による食用油脂の製造、○酵母・糸状菌等の微生物による燃料用油脂の製造、○形質転換技術等の遺伝子改変技術、○細胞膜トランスポーター機能改変技術
48 食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術
《特になし》
49 飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械
《特になし》
50 食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術
○光学計測・画像処理技術、○超音波・振動計測技術、○有機物であるか否かを検出する化学系の計測技術、○簡易的な遺伝子解析技術、○どの有機物成分に対する認識を行うかの着想と基本技術の集積が最も重要、○検出・識別方法については、既存技術の選択と改良で可能と思われる、○テラヘルツ波等の利用によるセンシング精度向上、○非接触に混入有機物と加工食品とを弁別する要素技術、○カメラや分光計等の光学機器、○可能な限り多くの混入有機物の測定データの蓄積(データベース化)
51 物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術
○過冷却保存技術、○非加熱手段による殺菌・静菌技術、○酸素・水分などの移動を抑制する包装材料・技術、○交流電界技術、○梱包等に用いる材料開発、○鮮度のモニタリング技術、○品種の改良、○微生物の増殖制御、○生鮮食品本体の自己消化や酸化抑制に関する栽培・飼育段階における品質制御、○圧力操作に堪える容器の開発が必須、○フィルム技術(ガスバリアー)、○ガス重点技術、○定温・定湿環境を維持する流通システムの構築、○流通過程の損傷を低減させる流通容器の開発・改良、○各々の青果物における鮮度低下を招く要因(化学的・生物的)のデータベース化、○無菌化、殺菌技術、○ガス環境制御技術、○包材の研究、○生物もしくは細胞組織を生かしながら保存する技術開発、○定量的鮮度評価技術、○非破壊計測技術、○生理モニタリング技術、○密閉系容器、○保冷剤、○鮮度保持剤
52 食品のトレーサビリティを高めるために、生育過程のあるいは生産物の組織に由来する極微量サンプルから1分以内に全DNAまたは全RNAの塩基配列を明らかにする配列解読技術
○抗原抗体法などの免疫機構の利用、○核酸抽出技術、○遺伝子情報、つまりはゲノムタイプ情報のみではなく、表現型つまりはフェノタイプとリンクさせて研究を行うことが重要と思う。特に、農産物は商品とした場合、表現型が重要とであり、ほとんど遺伝子情報が解明されていないと考えた方が正しい。そのため、厳密に育種がコントロールできる環境が必要と考える、○効率的に遺伝子を抽出するための試薬、○次世代シーケンズ技術の改良
53 食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価
○毒性の作用機序を解明するためのモデル動物開発、○毒物に対するバイオマーカーの開発
54 食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術
《特になし》
55 遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立
○遺伝子改変の影響のシミュレーション技術、○「安全性とは何か」ということに関する社会的合意を伴う概念的な研究、○食品添加物の安全性評価技術が基本である、○遺伝子改変作物に対する冷静な社会環境の構築、○国民、特にマスコミへの啓蒙
56 食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム
○物量会計を自動化するための情報技術、○心理学、人間行動学に基づいたモニタリング技術、○X線解析技術、○高速フォトンカウンティング、○食品中の有害物質や細菌のリアルタイム検出方法、○食品に影響を与えない低温殺菌方法、○継続した追跡を可能とするための簡易評価システム、○データの速やかな開示・報告、○複合的かつ客観的なトレーサビリティシステムの開発。今日の食品業界ではまだまだプロパー依存のトレースにとどまっているのが実態であるから、そこをどうシフトするかが大きな課題、○中途半端な法的検査基盤の見直し。たとえば食鳥検査法などは、専門性のある獣医師が客観性を持って検査している状況にはなく、実態としてはほとんど(90%以上)フードディフェンスとしては機能していないが20年間なにも改良されずに放置されている、○シードレベル(品種のタネ)の国内開発の促進。シードの海外依存の高い食品については、シードレベルでの汚染管理ができない。たとえば養鶏産業はその典型である、○人の行動トレースと行動解析、○持ち込み品の自動検査技術、○法律や省令の改革
57 原料農産物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム
○分光センシングシステム、○分析装置の超小型化、○センサ技術、○携帯型解析システム、○測定対象物の選択性向上:夾雑物との分離、○測定対象の絞り込み:品質に影響を与える成分の特定

58 アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術
<p>○原料段階での品質検査レベルを向上させるための分光分析技術、○簡便、安価、かつ再現性の高いアレルゲン計測技術の確立、○この製造技術に基づいた食品の製造コストおよび食品としての嗜好性の確保するための技術、○食品だけでなく、多くのアレルゲンの網羅的解析を国家的に行う必要がある、○アレルゲンタンパク質の立体構造に依存したエピトープをどうやって解析するか、○技術開発が必須、○特定アレルゲンを取り除くための食品加工技術。酵素による分解、液化窒素などによる抽出など、安価で大規模な加工が行える工業的技術が必要、○基礎研究としての、アレルギーの発症機構などの、より詳細な研究結果。アレルギー応答についての簡便な測定法などの開発を含む、○アレルゲン部位の同定とその部位特異的な抗体などの作成</p>
59 高齢者に特有の、抗酸化機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品
<p>○抗酸化作用の判定が可能な簡便な血中マーカーの開発、○食品成分の血中動態・作用の解明、○吸収しやすい抗酸化成分の開発・選別、○機能性成分の体内動態分析技術、○機能性成分の長期保存技術、○多地域でのコホート研究とヒト介入試験、○機能性素材の探索とスクリーニング、○機能性のメカニズムの解明、○抗酸化機能を有する新規食品の検索および開発、○抗酸化機能を有する既存の食品成分の適切な処理による抗酸化機能の増進、○各種抗酸化を有する食品の最適組み合わせによる老化防止効果の発現、○魚食の健康増進効果を示す物質の検索、○動物実験だけでなく疫学調査、○魚食のリスクとベネフィット</p>
60 高齢者に特有の、脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食事法
<p>○脳機能や咀嚼機能の評価のためのバイオマーカーの確立、○高齢者の食事の量、質、タイミングを客観的に評価できる調査票、○高齢者の個人の特性に応じた食事指導ができる専門職の数と力量、○加齢による味覚の変化、○加齢における脳の受容体の解析、○脳機能・咀嚼機能の評価法の確立、○脳機能・咀嚼機能保持(もしくは回復)と関連する食品の機能性(物性、機能性、嗜好性など)の解明、○食事方法や調理方法なども含めた、医歯学+食品学(農学)+家政・調理学+感性学+行動学などの広い分野での相互理解と協力、○日本でのコホート研究や介入研究が必要、○アルツハイマーへの対応研究の促進が必要、○認知症予防食の開発研究への積極的投資(人材、資金、制度)、○誤嚥のない半固形状食品、○ヒトを介したテクスチャの客観評価方法の発展</p>
61 ビッグデータを活用した、テーラーメイド機能性食品
<p>○機能性食品の開発技術、○ビッグデータ解析技術、○メタボリックプロファイリング、○機能性スクリーニング評価技術、○人介入試験等に係る規制緩和</p>
62 フードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発
<p>○網羅的メタボローム解析技術(MS, NMR等の要素技術は実現済み)、○機能性の迅速評価技術、○機能性とメタボロームの相関解析技術(多変量解析等の統計処理技術)、○効果の評価基準の標準化を整備すること、○メタボロミクス、○分析技術の進歩、○ビッグデータの解析技術の進歩、○乾燥技術、○エネルギー、○機能性</p>
63 生活習慣病予防を目的とする、個人の体質に応じた機能性食品
<p>○簡易、かつ精度よく個人の体質を調べることのできるDNAマイクロアレイなどの測定技術の進歩、○生活習慣病を予防する食品成分とその作用機序を解明する基礎研究、○基礎研究と臨床研究をつなぐシステム(保健指導)の確立、○個人データの継時的推移の蓄積と将来予想を可能とする技術、○確かな情報に基づいた安全性に関する知見の集約、○医学と栄養科学などの連携が必須。特に医者との理解が重要、○倫理面での理解の周知が必須、○企業との連携も重要、○医師による個人データの集積と解析、○機能性のバイオマーカーの確立と生活週間病との関連性の確立、○個人単位の健康診断結果、病院カルテの統合管理、日常生活(摂食、運動、睡眠、住環境)の客観的状況把握法の確立、それらの総合的な管理法、○2項目の個人単位のビックデータに基づく、生活習慣病予防法の提案ソフトの開発、○次世代シーケンサーによる個人の遺伝子解析、○メタボロミクス解析、○機能性評価の新しい評価技術、○各疾病の発症メカニズムの解明、○機能性食品の網羅的探索と機能性食品データベースの構築、○生活習慣病を予防する効果のある機能性食品に関する基礎的知見とそれを活用する技術、さらにその効果を経時的に追ってデータとして集めてまとめる技術、○生活習慣病自体の症状、メカニズムに関する知見とそれを活用する技術、○それを摂取する方法や実際に成分が吸収されるか、代謝動態に関する知見とそれを活用する技術、○オミクス解析の横断的活用:ゲノムから代謝までをカバーし、個人の抱える問題を特定</p>
64 養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存
<p>○生殖細胞を効率的に収集するための技術、○生殖細胞を安定的に保存し、個体を再生する技術、○生殖細胞を産み出す技術</p>
65 沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築
<p>○海藻の育種技術(分子レベルでの解析技術を含む)、○海藻成分の機能解析技術、○海中GPS、○高解像度・多色色の人工衛星撮影装置、○統一された手法による相互比較可能かつ少ないコストで持続可能な藻場モニタリング技術、○地域特異性が高く複雑で多様な沿岸域の藻場生態系を利用しやすい形で適切にデータベース化する技術、○生物構成種など質的情報だけではなく、量的・速度的な情報(面積、季節変化量、炭素換算生物量、生物生産速度など)を含んだモニタリング技術</p>
66 環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術

<p>○主固有の環境応答があるため、フィールド調査による各種の生活史の把握が必要である、○同時に飼育実験による特定環境への応答を把握する必要がある、○これらの統合するモデル開発をできる人材育成を進めるべきである、○母数変動する水産資源の解析方法、○海洋環境のモニタリングシステム、○衛星からのビックデータの活用によるモニタリング技術、○海洋環境観測技術の高度化、人工衛星データの活用、PALACE ブイデータベースの活用による海洋環境の中期予測モデルの開発、○主要対象資源の資源状態のモニタリング技術の向上(地球規模での)、○管理技術の開発と、その技術の応用による試行錯誤によって、管理技術の精度を高める、○正確なデータの収集、○過去のデータの有効活用、○定期的な再アセスメントと方法論の見直し、○海洋生物調査・観測技術、○リモートセンシングデータ解析技術、○全データを統合解析するインフォマティクス技術、○生物特性の正確な把握、○地球規模現象を把握するための異なる海洋生態系間比較、○数理モデルの高精度化と複数分野間の共同、○海洋生態系モデルの開発と普及、○社会・経済・生物を統合した管理効果評価手法の開発</p>
67 計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術
《特になし》
68 超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング
○電子チップ、○モニタリング、○水産資源生物
69 魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築
○音声認識技術:顔判別のようなビックデータを活用した社会観測システムが実用化されている。見えない生物を音声をたよりに判別する技術が海洋でも必要とされる、○音声データベース技術:判別の基礎となる種が既知の音声のアーカイブ。ゲノムの読み取り結果がDB化されているように、海洋生物音声も分類し利用可能な状態で保存されることが必要、○海洋の生物観測ネットワーク:大気中と異なり水中の遠隔観測メディアは音波しかない。海中構造物や船舶、AUV やグライダーなど、様々なプラットフォームを利用した海洋音響ネットワークが必要、○バイオリギング、○音響自動抽出プログラム、○超小型記録計、
70 持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術
○人的資源を要請する仕組み、教育推進が必要、○国際的で、精度の高い漁獲統計の整備がまず必要、○国際協調型 ICT システム、○研究よりは行政対応が必要、○漁業協同組合等との連携の強化と社会心理学等的手法を用いた資源管理、○リアルタイム回遊ルート測定技術、○海流による汚染物質の拡散と漂着予測と状況把握技術、○養殖と外洋漁業の有機的結合、○漁獲高管理技術の構築には生産者側の意識改革と行政側の熱意が不可欠、○高精度の水産資源量の推定技術、○適切な資源配分技術、○魚種や大きさを獲り分ける技術、○個々の魚種や漁業事業主の動向をデータ化する技術
71 ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術
○仔稚魚の食性や消化生理に適合した飼料の開発とその基盤となる基礎研究(栄養生理や発育生理など)、○仔稚魚の飼育環境適正化のための飼育装置ならびに飼育技術の開発・改善、○仔稚魚生産のための生殖生物学的な知見(卵成長・卵成熟・排卵・性分化・配偶子形成の分子細胞機構など)や発生生物学的な知見(受精の生理、発生ステージと環境耐性など)の充実、○飼料の改良、○仔稚魚飼育の省力化、○餌の開発、○ウナギ稚仔魚に適した餌、○ウナギ稚仔魚の飼育水をクリーンに保つ技術、○人工飼料の開発、○大量培養のための省力化と省エネ化、○成長の促進によるシラス到達日数の短縮化
72 発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出
○発生工学技術、○繁殖生理技術、○養殖技術、○魚肉の代謝研究、○魚肉の品質評価技術(K 値や pH ではなく、ちゃんと品質を評価できるもの)、○肉質の非破壊測定技術
73 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発
○海水浄化技術、○水質管理・浄化技術、○新規養殖魚の養殖技術、○水浄化システム、○エネルギーシステム、○水質管理システム
74 魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術
○感染のメカニズムの解明、○感染の早期発見技術、○遺伝子発現解析、○人に対する安全性試験
75 環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖
《特になし》
76 完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進
《特になし》
77 遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術
○ゲノム解析技術、○遺伝子導入技術、○外来遺伝子の導入技術、○高効率な遺伝子導入方法、○遺伝子導入藻体(宿主)の生理学および分子生物学的理解、○長期的な研究ができる仕組みを作る。数年任期では実現が難しい、○遺伝子組換

えの法的な規則が厳しいので、ここの規制緩和が必要、○個人が簡単にベンチャーをおこせるように、施設を安価に使える仕組みを作る
78 生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化
○生分解性素材の生産技術、○トウモロコシ、○ポリ乳酸、○射出成型
79 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術
○数値モデルの精度向上、○モデル検証のための観測データの取得、モニタリング体制の構築、○一般の方がわかりやすい急潮流「注意報」の基準と注意報発令後の対応の研究、○沿岸急潮流の発生機構解明のための自動観測ブイなどを用いたリアルタイムモニタリング技術、○沿岸域の複雑な地形による影響を精緻に再現することのできる高解像度海洋物理モデル技術、○高解像度モデルへのデータ同化に必要な静止軌道衛星による沿岸高解像度リモートセンシング技術、○観測ブイの開発
80 微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な3次元画像解析システム
○共焦点顕微鏡を用いた自動識別システムの開発、○フローサイトメーター的手法を用いた微小海洋生物の同定もしくは分類技術の開発、○装置の小型化、○医学分野等で最新の機器を海洋野外調査に導入すること
81 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術
○植生技術、○海水曝気装置の開発、○モニタリング技術の高度化
82 水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム
《特になし》
83 海洋における波力・潮汐・潮流等を用いた再生可能エネルギー施設の設置とその利用
○迅速な海洋生物観測技術:建設前の環境評価と建設後の魚類等の増集効果判定、○社会実装のための解析の自動化:種ごとの個体数およびその時系列表示を観測データから出力、○発電効率の向上、○電力搬送技術、○発電効率、○耐久性、○施設設置としての環境・生態系評価の記述
84 沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術
○セシウムやストロンチウムを低コストで集める技術、○有機態放射性セシウムの除去技術、○特異的に海中の放射性物質を吸着する素材あるいはシステムの開発、○超小型 ROV の開発とその運用
85 政策目標の木材自給率 50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技術
○木材の耐久性・耐火性能の担保による木造建築物に対する意識改革、○木材の伐採搬出に関わる林業技術基盤の整備、○林業・木材産業を振興するための政策判断と予算措置、○大径材に対応した機械開発、○森林路網を大径材に対応した大型機械が走行した場合の安全性の解明。大型機械が走行可能な森林路網の作設技術開発、○森林資源の計測技術、○搬出・加工機械開発、○システム構築、○伐採後の搬出困難地域における搬出技術、○大径材の伐採・搬出のための機械開発、○大径材を伐出するための基盤整備(路網の設計)、○効率的な大径材伐出作業システムの構築、○合板や集成材など既存製品と価格競争しない、新しいカテゴリの木質系工業材料(例えば CLT や J パネル)の普及に向けた高効率木材乾燥・木材接着技術の開発、○スギ、トドマツ等の国産針葉樹材の高付加価値化や広葉樹材に対する競争力確保に向けた表面性改質、難燃性向上技術の開発、○国内木材消費の用途別内訳の中で、輸入材率の最も高いバルブ・チップ用途への国産化促進に向けたチップ化技術の開発、○日本の自然環境(傾斜地、多雨、地震、火山)、社会環境(道路交通法など法規)にあった伐採機械開発、運材車輛開発、道路技術、製材機械開発、それらを連携させる情報技術開発、○木材利用技術、○人工乾燥材生産比率の向上、○人工乾燥機の普及、○大径材を製材したあとの端材の有効活用方法の検討、○伐採技術、○林道技術、○更新技術、○ワイヤーロープで培ってきた技術を繊維ロープを使用できるようにする技術、○伐採の機械化、○搬出のローコスト化、○加工技術の開発、○大径木の伐採・搬出・加工コストの低減技術
86 人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術
○疎植において形質を維持する育種、○低コストで実現できる獣害対策、○多様な目標林形が達成可能な育林技術、○低コストな種苗生産技術、○シカ害の抑制技術、○高能率で安全な収穫技術、○持続的な植林と生育環境を保全できる林道整備と皆伐技術、○森林土壌環境(生育環境)を維持できる再植林・育林技術、混交林化技術、○競合植生の制御、○スギ・ヒノキ以外の多様な木材生産にむけた広葉樹林再生、○伐採と造林を一括で実施し、低コスト育林の技術を開発する、○山林所有者の造林意欲を満たす魅力的な品種の開発をする、○有用広葉樹林の簡易な現場造成技術、○針広混交林の保育技術、○大面積皆伐によらない森林造成技術、○実験デザインを明確にした上での実証試験の積み重ね:たとえば、地形条件にそった作業効率の変化の評価について明確な実験デザインの元で実証試験を行う、○実証試験データに基づく技術適用範囲のモデル構築:たとえば、日本全国について、地形条件や人足数を下に作業効率を計算できるモデルの構築を行う、○上記モデルの不確実性の評価および精度向上:たとえば、モデルの不確実性を示すとともに、精度の向上に取り組む、○森林造成技術者や専門家の育成(農林工学科、木材流通システム工学科、などの整備)、○伐材処理機械の高度化・低コスト化、○自治体、森林組合等の意識改革
87 人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術

<p>○革新的な技術の創出、○わが国の自然条件に適した林業機械の開発、○傷害予防のための防護服などの開発、○ロボット工学の林業生産分野への応用、○傾斜地走行技術、○ハンドリング技術、○ロボット技術、○急斜面で操作できる林業用機械、○日本の大半の林業地が立地する急峻な山地に、豪雨にも耐える森林作業路網を整備するための技術、○1 に示したような作業路網を作設するために、斜面(地形・地質・水文環境等)を見極め、適切な対応方法を判定する技術、○現場作業員を含めた関連技術者・技能者に、2 の技術を身につけさせるための教育方法、○重労働となる作業の洗い出しとそれを改善する作業システムの開発</p>
<p>88 スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木の開発</p>
<p>○スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報の高度な解析、○ゲノムやエピゲノムの情報と優良形質とを結びつけるマーカー等の開発とそれを利用した育種、○遺伝子組換え技術や新育種技術(NPBT: New Plant Breeding Techniques)の各種樹木への応用と安全性の確認及び社会的受容、○樹木のゲノム情報の蓄積、○樹木の生理機能の解明、○ヘテロ性のある樹木の高速育種技術、○対象樹種のゲノム解読、○遺伝子関連と表現型及びその可塑性の両方に深い理解をもつ人材の育成と登用、○世代交代に年月のかかる樹木ならではの特長である、将来(20-30 年後)を見据えた研究材料の整備、○低コストでのシーケンシング技術、○バイオインフォマティクス</p>
<p>89 オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発</p>
<p>○規制緩和、○建築材料の耐久性の評価方法の確立、○十分な耐久性を確保できるような木材接着剤の開発、○樹木、丸太、木材の 1 本 1 本の性能のばらつきを計測するための方法の開発、○国内に豊富に存在する杉を使用した CLT(Cross Laminated Timber)の安全性試験、○CLT の効率的な建築工法、○強度性能の評価手法、○環境に負荷を与えない耐火薬剤の開発、○木質部材を利用した建築物の設計技術、○低コスト原材料供給技術の開発、○従来の素材と同様の設計・施工を可能にする技術開発、○木質耐火技術の開発、○CLT 開発技術、○建築技術、○高強度接合部材(または接合構法)の開発、○2 時間耐火性能を有する木質材料の開発、○木質構造部材生産技術の開発</p>
<p>90 土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発</p>
<p>○木材腐食メカニズム解明、○木材への効率的なインサイジング技術、○天然由来防腐薬剤、○木酢油、○薬剤処理技術</p>
<p>91 高能率(超臨界水分解を用いて 1 分程度)かつ大量(1 か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術</p> <p>《特になし》</p>
<p>92 未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電</p>
<p>○低価格高温耐久材の開発、○ガス化後の残渣処理技術、○未利用バイオマスを効率よく回収するシステム</p>
<p>93 未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム</p>
<p>○種々のバイオマスに対応するスーパー酵素、○超臨界・亜臨界技術の省コスト化、○社会インフラシステムの構築、○いずれの課題にしても、原料をいかに効率的に供給できるかが最大の課題である、○微生物機能の有効利用、○燃料製造工程の前処理の技術、○地域の森林バイオマス利用システムの構築、○合成燃料を利用した多様な機器の開発、○有害物質の除去と安全な廃棄技術、○セルロース分解技術(メカノケミカル、サーモケミカル、バイオケミカル全て)</p>
<p>94 竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術</p>
<p>○竹の生物的特性の調査(ゲノム解析、遺伝子発現解析など)、○各種目的に適した竹の遺伝的改良技術(遺伝子組換え、細胞培養など)、○竹の物性・化学特性とその変異についての基礎情報の収集、○竹の成長メカニズムに関する理解</p>
<p>95 野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術</p>
<p>○野生獣類の生息数や生息地域の把握技術、○野生獣類の個体数管理技術、○安全かつ効率的な捕獲技術、○鳥獣生息密度の評価技術、○生息地管理技術、○捕獲動物の人獣共通感染症の簡易検査手法の開発、○狩猟のための銃の使用方法に関する法的整備の推進、○技術を現場に適用するにあたって不可欠な、現場の技術者の育成、○効果的な捕獲技術、○個体数変動予測技術、○森林管理を通じた個体数調整技術、○現地における捕獲、処理方法の統一化、○捕獲から流通までのシームレス化、○捕獲、消費による経済的メリットの算定、○大学における教育、○野生動物管理と資源の流通システムの融合、○狩猟学の実践、○シカ及びクマ個体群の適性密度管理技術。特に効率的で安全な捕獲方法としてのシャープシューティングの技術の熟成、○上記達成のための法律の改正(一部はなされた)及び国市町村の体制整備、○シカ肉の流通・安全性確保に関する技術的問題の解決及びその社会実装、○野生獣の個体数観測技術の高度化、○野生獣の食肉規制の制度改革、○野生獣を捕獲、食肉化する人材の確保、○ICT を用いた防除技術、○生態把握に基づいた個体群管理技術、○生態把握に基づいた生息地管理技術、○狩猟者の育成、○法整備</p>
<p>96 熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術</p>
<p>○政府の温暖化対策に対する方針、○熱帯天然植生の有する環境保全機能の定量的解明と人為改変による劣化の評価、○劣化した熱帯林をリモートセンシングで検出する技術、○熱帯諸国との国際連携、○研究資金確保、○樹木生理研究、○</p>

植林技術開発、○森林生態解明、○グランド・トゥールースによる調査の効率化、○リモートセンシング技術の高度化、○現地適用技術の開発、○森林炭素変化量の観測・評価技術、○森林炭素変化量の将来予測技術、○森林減少を抑制する森林管理技術、○高性能、高機能のリモートセンシング技術の開発、○森林生態系の観測ネットワークの構築、○自動観測システムの開発とネットワーク化、○熱帯林の生物多様性や炭素蓄積量など生態系サービスの経済的価値の評価技術の確立とそのモニタリング、○リモートセンシング等を用いた観測技術、○気象観測等から熱帯林生態系の動的変化を予測するモデル技術、○熱帯林における物質循環モニタリングを継続するシステム、○衛生データ等を用いた熱帯林資源の精度の高い広域観測システム、○熱帯における持続可能な森林資源等の環境負荷の少ない利用システム、○食料生産力の増進、○熱帯雨林の再生技術の確立
97 世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握
《特になし》
98 日本におけるマツガレ病の完全制圧
○現場と研究の緊密な連携、○広範な研究分野の横断的研究、○防除に関して正しい知識と技術を持った人材の育成、○カミキリの発生数、枯れ松数の毎年のモニタリング、○ゾーニングすることによる被害地域の局所的根絶の繰り返し、○ゲノム解析、○有性不稔誘導、○殺菌剤、○散布技術
99 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術
○災害危険エリアからの住居や木材生産林の撤退戦略、○我が国の山林に合った林産業機械の開発、○製材所が連携し合って、住宅業者が要求する材の量と質を提供できるシステムの開発、○日本の林産業が成り立つためのトータルシステムの構築、○樹種や森林タイプ、立木密度などと地盤支持力との関係の明確化、○居住地域のゾーニング、○森林管理が放棄されることでの将来予測、○森林管理の必要性を人命以外でいかに数値化できるか、○樹木根系の崩壊防止機能を評価する技術開発、○間伐に伴う樹木根系の崩壊防止機能を評価する技術開発、○植生と土砂災害の関係の解明、○航空撮影による植生調査技術、○森林根系の機能の解明、○崩壊メカニズムを考慮した森林管理、○森林生活圏のゾーニング、○間伐材処理機械の開発、○森林内での水・土砂動態を把握するための技術、○衛星、○高精度レーザ測量などの測量技術の精度の向上と低コスト化
100 リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム
○静止衛星を利用した高解像度・高頻度リモートセンシング技術、○沿岸域の高濁度水の影響および都市から大気汚染物質の影響を補正する技術、○自動巡回ロボットによる広域高頻度モニタリング技術
101 X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
○膨大なスペクトルデータから有用な情報を抽出するための解析アルゴリズムの開発、○X線、○ICT、○計測技術
102 農作業中でもコンピュータやインターネットが常時利用できるウェアラブルコンピュータ(体に装着できる超小型コンピュータ)を用いた、生産履歴情報の自動入力システム及び、農業の使用可否、病害虫対策などに関するナビゲーションシステム
○ITとインフラの開発と運用戦略、○開発・運用管理の技術者育成
103 生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク
○メタゲノム解析
104 地球規模のセンサネットワークを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
○地域における物質循環モニタリング継続システムの確立、○簡易な携帯式の観測・分析システム技術の開発、○データの統合化と解析システムの構築
105 個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム
《特になし》
106 短・中期気象予報と作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
《特になし》
107 植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築
《特になし》
108 土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出
《特になし》

109 農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握にむけ、リモートセンシング技術等を活用した農業データの全球グリッド(格子間隔:1km 四方)データベース化
○リモートセンシングの情報把握精度の向上、○データからの有意な情報抽出技術、○気象予測のグリッドとの整合による全球レベルでの豊凶予測技術
110 農業データ(収量データ)と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術
○収量データのデータベース化、○データベースの構築にあたり、オントロジーの利用など統一語彙で記述、○全球農業データベース(収量、栽培暦など)が収量予測の基盤情報となる、○季節～季節内スケールの気候予測が収量予測の基盤情報となる、○統計数理手法(データ同化)がデータに基づく予測において重要な役割を果たす、○クラウドコンピューティング技術、○ICT、○営農技術、○ビッグデータの蓄積、○マイクロ情報の収集解析、○リモートセンシングデータの意味を解析するデータベース、○気候変動を考慮するためのアルゴリズム
111 フレイルティ・サイクルの予防に向けた、農林水産物の品種・生産・加工・調理特性と栄養・機能性・食味の最適化プラットフォーム及びデータベース構築
《特になし》
112 「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
○国際的な研究班の構築、○測定手法の国際標準化、○それぞれの分野の専門家の交流、○「美味しさ」の定量的評価手法の大規模調査による妥当性検証、○「美味しさ」のメタ文化的分析手法、○統計的評価に耐えうる食味評価の2重盲検査手法の確立
113 紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築
《特になし》
114 地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化
《特になし》
115 果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム
《特になし》
116 海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム
○無人観測機器の開発、○自動情報送信装置の開発、○消費者との双方向情報通信技術の開発、○海洋環境の継続的なモニタリング、調査船調査の担保、○海洋流動モデル、シミュレーション技術、○利活用シーン、アプリケーション、コンテンツ等の具体化、○安価な通信技術、○センサへの海洋生物不着防止技術、○漁業者でもわかる使いやすいデータ受信体制
117 地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術
○環境変動に対する樹木の応答機構の解明、○予測モデルの構築、○データ処理技術の開発、○資源の種類ごとの影響評価技術、○総合的な観測システムの構築と運用、○シミュレーション技術、○社会・行政での活用、○非二酸化炭素の温暖化影響因子に関する知見(生成、蓄積、消費)の集積、○農地および林地による炭素固定能に関する直接的な比較研究
118 圃場作物の「健康状態」を知るための可搬型生体情報モニタリングシステム
○分光センシング技術、○非破壊計測技術
119 深海情報通信ネットワークの構築
《特になし》
120 衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価
○気象条件と各災害の進行メカニズムの解明
121 アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)
《特になし》

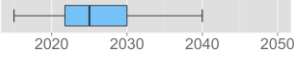
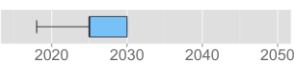





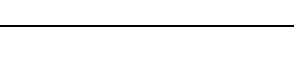
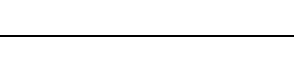
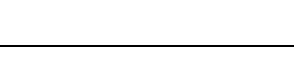
122 農村のため池群を主体にしたレジリエントな防災・減災技術(地震・豪雨時のため池決壊リスクの逐次予測に基づく地域住民への情報伝達技術など)
○土構造物内の浸潤挙動観測技術
123 アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術
○家畜及び養殖魚の低コスト型個別行動リモートセンシングシステム、○3D センサ技術を活用した家畜及び養殖魚の行動によるメッセージの解析技術、○家畜及び養殖魚の飼養環境整備ロボット、○ウェルフェアの指標化、○生産性の評価、○マーケット(消費者)へのコマース
124 農作業を完全自動化するロボット技術
○作業車両の位置制御、作業制御、緊急時対応などのアルゴリズムの構築、○精度・性能とコストとのバランス感覚、○利用者を限定しない機械とするためのユーザインターフェースの開発、○ロボット開発(自分で状況を判断して作業を実現できる)、○人材育成(ロボットの操作・メンテナンスができる)
125 遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成
○リスクに関するコミュニケーション技法、○サイエンスに関するコミュニケーション技法、○教育現場(おもに小中高)における遺伝子組換え技術に関する教育(正確な情報の提供と議論)
126 都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会
○モニタリング技術の高度化、○基準値の見える化技術の確立、○窒素循環量の推定値の精緻化と不確実性の評価、○都市から農村への窒素還元システムの構築
127 森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法
○客観的な人間の快適性を測る簡易な指標・装置の開発、○都市公園から奥山登山までレクリエーション活動のビックデータ利用技術、○森林のリクリエーション利用における安全の教育とその技術開発
128 過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保
○設備投資のコストダウン、○光源のコストダウン、○工場生産化、○トレーサビリティ、○作物ごとの工場製造プロセスの開発
129 世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発
○ビッグデータ解析、○資源等に関する統計データベースのオープンデータ化、○農業データ(収量)と気象データの整合に基づいた全球レベルの高生産技術、○農業データ(収量)と気象データの整合に基づいた全球レベルの生産性予測技術、○全球レベルのロジスティック
130 マーケット・イン型の持続可能な農業の6次産業化ビジネスモデルの構築と実証
○流通システムの高度化技術、○土地法制改革、○適切な品種選択、○品種ごとの品質特性計測、○ビジネスモデル研究の深化、○実証試験・アクションリサーチ手法の深化
131 植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術
○様々な生物が持つ特有のダイオキシンや金属との結合活性や酵素活性の解明、○モデル生物以外での生物の有機分子の解析技術の進展、○メタゲノム解析、○メタボローム解析、○回収機構の解明
132 出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減
《特になし》

3. 7. 集計結果一覧

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農・高度生産	1	腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上	44	14	30	57	3.02	2.50	2.57	2.10	2.36	2022	
	2	地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術	57	12	19	68	2.90	2.48	2.41	2.27	2.00	2025	
	3	オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術	50	18	20	62	2.71	2.89	2.35	2.27	1.92	2025	
	4	エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術	45	4	36	60	2.86	2.71	2.69	2.48	2.05	2025	
	5	地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業	48	13	29	58	3.15	2.84	2.17	2.11	1.79	2020	
	6	化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等)	60	3	18	78	3.15	2.73	2.64	2.39	2.46	2025	
	7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	32	9	28	63	2.60	2.73	2.84	2.74	3.10	2025	
	8	気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム	56	14	20	66	3.32	2.78	2.51	2.26	2.13	2024	
農・作物開発	9	省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)	88	39	30	32	3.53	2.88	2.54	2.39	2.95	2025	
	10	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	25	20	28	52	3.08	2.71	2.67	3.09	2.75	2025	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
4.5	27.3	17.5	32.5	25.0	22.5	2.5	2025		9.1	38.6	22.0	19.5	26.8	24.4	7.3	
3.5	8.8	17	26.4	18.9	32.1	5.7	2030		7.0	12.3	14.5	18.2	23.6	38.2	5.5	
10.0	12.0	31.2	31.2	20.8	12.5	4.2	2030		10.0	22.0	18.8	33.3	22.9	22.9	2.1	
17.8	22.2	25.6	41.9	14.0	16.3	2.3	2025		20.0	26.7	18.6	32.6	16.3	27.9	4.7	
4.2	6.2	19.6	41.3	13.0	19.6	6.5	2025		6.2	6.2	18.6	32.6	14.0	30.2	4.7	
3.3	18.3	30.4	30.4	12.5	23.2	3.6	2026		8.3	21.7	17.2	22.4	12.1	44.8	3.4	
12.5	21.9	27.6	37.9	6.9	24.1	3.4	2030		21.9	40.6	10.0	20.0	10.0	53.3	6.7	
0.0	8.9	20.8	45.3	17.0	17.0	0.0	2025		3.6	8.9	17.3	28.8	21.2	32.7	0.0	
1.1	6.8	32.2	35.6	8.0	19.5	4.6	2029		5.7	13.6	19.3	17.0	13.6	44.3	5.7	
16.0	20.0	43.5	26.1	13.0	13.0	4.3	2030		16.0	28.0	17.4	26.1	17.4	30.4	8.7	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農作物開発	11	植物の観賞性に関わる色・形・香りの制御技術	65	17	31	52	2.78	3.02	2.25	2.21	2.24	2020	
	12	植物の観賞性に関わる老化の制御技術	54	15	30	56	2.74	2.78	2.27	2.26	2.15	2021	
	13	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出技術および保存技術	33	12	24	64	3.33	2.93	2.26	2.30	2.32	2025	
	14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	80	26	29	45	3.51	2.81	2.52	2.71	3.33	2025	
	15	食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術	69	22	38	41	3.30	2.89	2.81	2.70	2.41	2025	
	16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	64	8	27	66	2.97	2.83	3.05	2.90	2.87	2027	
	17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	77	23	35	42	3.68	2.97	2.93	2.75	2.54	2025	
	18	植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明	71	20	34	46	3.25	3.03	2.54	2.49	2.13	2025	
	19	植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明	67	22	36	42	3.26	3.14	2.40	2.43	2.10	2025	
	20	イネの遺伝子・環境相互作用の解明に基づく、生育過程のモデル化	56	20	25	55	3.17	3.09	2.37	2.37	1.91	2024	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.5	4.6	29.7	35.9	18.8	15.6	0.0	2025		1.5	10.8	15.9	25.4	17.5	41.3	0.0	
3.7	9.3	30.0	42.0	18.0	6.0	4.0	2025		3.7	11.1	14.3	26.5	20.4	36.7	2.0	
3.0	9.1	30.0	46.7	16.7	3.3	3.3	2030		3.0	15.2	26.7	30.0	23.3	16.7	3.3	
8.8	10.0	22.1	35.1	14.3	24.7	3.9	2029		13.8	20.0	16.9	15.6	13.0	50.6	3.9	
11.6	13.0	39.1	35.9	14.1	9.4	1.6	2030		17.4	18.8	21.5	21.5	24.6	30.8	1.5	
21.9	25.0	35.0	33.3	16.7	8.3	6.7	2035		29.7	28.1	12.3	17.5	15.8	45.6	8.8	
9.1	10.4	38.4	35.6	17.8	5.5	2.7	2033		13.0	15.6	17.6	27.0	33.8	20.3	1.4	
7.0	7.0	39.4	40.9	12.1	4.5	3.0	2030		9.9	21.1	21.0	35.5	19.4	21.0	3.2	
3.0	6.0	39.1	35.9	17.2	3.1	4.7	2030		6.0	20.9	29.0	33.9	19.4	12.9	4.8	
5.4	8.9	38.9	27.8	20.4	11.1	1.9	2026		14.3	16.1	17.3	28.8	23.1	25.0	5.8	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農作物開発	21	植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力を持つ植物	55	15	31	55	3.26	2.80	2.79	2.71	2.44	2025	
	22	乾物で 50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物	48	17	33	50	3.21	2.61	2.91	2.75	2.30	2025	
	23	地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発	67	34	27	39	3.67	2.92	2.69	2.52	2.19	2025	
	24	作物の全遺伝子発現情報から様々な農業形質を予測可能な発現遺伝子マーカーの開発	59	14	32	54	3.20	2.93	2.39	2.47	1.95	2025	
	25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	42	14	17	69	3.05	2.67	2.68	2.65	1.78	2025	
	26	ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術	67	22	31	46	3.48	2.86	2.57	2.74	2.80	2025	
	27	作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発	31	16	35	48	3.10	2.78	2.35	2.33	1.69	2025	
	28	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	46	20	26	54	3.09	2.95	2.47	2.45	3.18	2025	
	29	植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術	38	5	32	63	3.19	2.65	2.97	2.86	2.64	2029	
	30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のためのシステムの作出	15	13	33	53	2.93	2.50	2.92	2.39	2.29	2027	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
16.4	16.4	27.5	43.1	15.7	7.8	5.9	2030		20.0	21.8	18.4	18.4	24.5	30.6	8.2	
14.6	27.1	25.6	46.5	11.6	11.6	4.7	2030		18.8	33.3	15.4	30.8	20.5	28.2	5.1	
6.0	10.4	30.8	49.2	12.3	6.2	1.5	2035		9.0	14.9	21.0	32.3	17.7	27.4	1.6	
10.2	10.2	25.0	46.4	16.1	8.9	3.6	2030		13.6	16.9	23.2	32.1	25.0	14.3	5.4	
11.9	21.4	40.0	37.5	12.5	5.0	5.0	2030		16.7	23.8	33.3	28.2	23.1	10.3	5.1	
6.0	6.0	29.9	47.8	6.0	13.4	3.0	2029		11.9	17.9	18.2	19.7	12.1	47.0	3.0	
6.5	6.5	32.1	50.0	3.6	7.1	7.1	2030		6.5	9.7	17.9	21.4	25.0	28.6	7.1	
6.5	4.3	22.7	45.5	11.4	18.2	2.3	2030		8.7	13.0	11.4	15.9	9.1	61.4	2.3	
13.2	23.7	35.3	50.0	2.9	5.9	5.9	2030		13.2	36.8	18.2	39.4	12.1	24.2	6.1	
6.7	46.7	8.3	41.7	8.3	25.0	16.7	2035		20.0	46.7	30.8	7.7	15.4	38.5	7.7	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農作物開発	31	作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明	49	12	22	65	3.17	2.76	2.79	2.67	1.91	2025	
	32	配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種	17	12	29	59	3.00	2.92	2.40	2.40	2.82	2020	
	33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	21	14	29	57	3.26	3.28	2.68	2.58	3.24	2025	
農疾病防除	34	カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	22	5	27	68	2.73	3.00	2.86	2.40	2.45	2028	
	35	超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	17	0	18	82	3.06	3.07	2.80	2.06	2.25	2025	
	36	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	22	18	14	68	3.23	2.78	2.85	2.55	2.76	2025	
	37	農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系	22	9	27	64	3.32	2.90	3.14	2.52	2.18	2025	
農バイオマス利用	38	微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術	47	23	40	36	3.31	2.93	2.51	2.36	2.24	2020	
	39	セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術	33	21	30	48	3.32	2.66	2.67	2.52	2.03	2023	
	40	複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発	41	12	32	56	2.98	2.81	2.57	2.40	2.03	2023	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.1	20.4	34.8	50.0	2.2	8.7	4.3	2030		12.2	24.5	25.6	41.9	16.3	11.6	4.7	
5.9	35.3	14.3	50.0	14.3	7.1	14.3	2023		11.8	35.3	13.3	20.0	13.3	40.0	13.3	
0.0	14.3	5.6	38.9	16.7	33.3	5.6	2030		19.0	19.0	5.6	11.1	16.7	50.0	16.7	
22.7	27.3	20	45.0	25.0	10.0	0.0	2030		27.3	31.8	15.0	30.0	15.0	30.0	10.0	
5.9	35.3	18.8	50.0	18.8	6.2	6.2	2030		11.8	41.2	20.0	20.0	26.7	20.0	13.3	
13.6	22.7	25.0	45.0	10.0	20.0	0.0	2027		9.1	31.8	26.3	26.3	21.1	21.1	5.3	
4.5	22.7	36.8	42.1	15.8	5.3	0.0	2030		4.5	22.7	35.0	15.0	40.0	5.0	5.0	
0.0	10.6	9.1	40.9	34.1	15.9	0.0	2025		2.1	8.5	13.6	25.0	34.1	27.3	0.0	
3.0	21.2	16.7	50.0	26.7	6.7	0.0	2027		6.1	30.3	13.8	34.5	20.7	31.0	0.0	
4.9	22.0	11.8	44.1	23.5	17.6	2.9	2025		7.3	29.3	11.4	28.6	28.6	20.0	11.4	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農・バイオマス利用	41	メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム	21	0	24	76	2.80	2.71	2.32	2.26	2.28	2022	
	42	バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術	38	11	32	58	3.35	2.72	2.36	2.29	2.51	2020	
	43	バイオマス資源作物の熟利用に向けた高リグニン含量品種の開発	29	7	28	66	2.82	2.48	2.63	2.67	2.18	2025	
農・環境保全	44	タイミングを考慮した減農薬散布、メタンや亜酸化窒素の排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業ヘシフトさせる技術	42	10	43	48	3.38	2.92	2.61	2.23	2.56	2024	
	45	同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術	27	4	22	74	3.00	2.59	2.71	2.18	2.50	2025	
	46	環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定	37	22	22	57	3.57	3.00	2.24	2.20	2.60	2024	
食品・高度生産	47	酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術	24	21	17	63	2.83	2.68	2.32	2.22	2.13	2022	
食品・流通・加工	48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	16	6	13	81	2.44	3.29	2.07	2.06	1.75	2020	
	49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	15	7	7	87	2.60	2.92	2.00	2.07	2.00	2021	
	50	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術	28	4	36	61	3.25	3.20	2.58	2.08	2.04	2020	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
4.8	23.8	11.1	22.2	33.3	33.3	0.0	2025		4.8	23.8	10.5	26.3	15.8	42.1	5.3	
0.0	13.2	20.6	32.4	26.5	17.6	2.9	2025		5.3	13.2	32.4	20.6	17.6	23.5	5.9	
3.4	31.0	11.1	48.1	25.9	14.8	0.0	2030		13.8	34.5	7.7	34.6	15.4	34.6	7.7	
7.1	2.4	29.3	34.1	19.5	17.1	0.0	2025		11.9	4.8	17.1	24.4	19.5	36.6	2.4	
22.2	29.6	20.8	25.0	16.7	25.0	12.5	2027		22.2	33.3	25.0	16.7	12.5	33.3	12.5	
2.7	5.4	30.3	48.5	15.2	6.1	0.0	2025		2.7	8.1	17.1	37.1	20.0	25.7	0.0	
0.0	12.5	14.3	23.8	23.8	23.8	14.3	2028		8.3	16.7	9.5	9.5	28.6	42.9	9.5	
18.8	6.2	21.4	28.6	28.6	14.3	7.1	2020		18.8	6.2	16.7	25.0	33.3	25.0	0.0	
13.3	13.3	7.1	50.0	21.4	14.3	7.1	2024		13.3	13.3	23.1	15.4	15.4	30.8	15.4	
3.6	7.1	30.8	30.8	23.1	11.5	3.8	2022		3.6	0.0	14.8	25.9	33.3	18.5	7.4	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
食品加工・流通	51	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	25	16	44	40	3.56	3.32	3.00	2.83	2.08	2023	
食品・食品安全	52	食品のトレーサビリティを高めるために、生育過程のあるいは生産物の組織に由来する極微量サンプルから1分以内に全DNAまたは全RNAの塩基配列を明らかにする配列読解技術	22	0	36	64	3.09	2.55	2.45	2.38	2.59	2020	
	53	食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価	17	18	35	47	3.35	2.73	2.56	2.50	2.59	2020	
	54	食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術	11	9	9	82	2.73	2.22	2.50	2.30	2.20	2022	
	55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	24	21	25	54	3.63	2.70	2.35	2.30	3.08	2024	
	56	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	22	14	32	55	3.32	2.80	2.33	2.33	2.48	2020	
	57	原料農産物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム	20	20	15	65	3.05	2.89	2.28	2.33	2.05	2020	
食品・食品機能性	58	アレルギー計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	45	20	44	36	3.20	3.10	2.67	2.27	2.42	2022	
	59	高齢者に特有の、抗酸化機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品	52	31	37	33	3.14	3.02	2.56	2.33	2.37	2021	
	60	高齢者に特有の、脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食事法	47	15	34	51	3.40	3.10	2.66	2.43	2.42	2023	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
4.0	24.0	38.1	23.8	23.8	14.3	0.0	2025		4.0	20.0	26.1	30.4	21.7	17.4	4.3	
9.1	4.5	19.0	52.4	14.3	9.5	4.8	2025		9.1	4.5	9.5	19.0	28.6	38.1	4.8	
11.8	11.8	31.2	43.8	18.8	6.2	0.0	2023		11.8	17.6	43.8	31.2	12.5	12.5	0.0	
0.0	9.1	30.0	40.0	30.0	0.0	0.0	2026		9.1	9.1	33.3	11.1	33.3	22.2	0.0	
8.3	16.7	4.3	43.5	26.1	26.1	0.0	2025		8.3	25.0	4.3	17.4	34.8	39.1	4.3	
9.1	22.7	15.0	20.0	25.0	40.0	0.0	2020		4.5	22.7	15.0	15.0	20.0	45.0	5.0	
10.0	15.0	15.0	55.0	20.0	10.0	0.0	2025		15.0	10.0	20.0	30.0	25.0	15.0	10.0	
6.7	8.9	20.0	32.5	37.5	7.5	2.5	2025		8.9	8.9	14.6	17.1	36.6	26.8	4.9	
13.5	7.7	15.2	52.2	17.4	10.9	4.3	2025		13.5	5.8	6.5	26.1	30.4	28.3	8.7	
2.1	14.9	25.0	25.0	27.5	22.5	0.0	2025		4.3	12.8	12.2	14.6	39.0	31.7	2.4	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
食品・食品機能性	61	ビッグデータを活用した、テーラーメイド機能性食品	38	11	42	47	2.68	2.65	2.57	2.47	2.58	2025	
	62	フードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発	36	19	36	44	3.11	3.06	2.60	2.41	2.38	2025	
	63	生活習慣病予防を目的とする、個人の体質に応じた機能性食品	51	18	41	41	3.33	2.96	2.48	2.50	2.59	2022	
水産・資源保全	64	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存	15	7	20	73	3.13	3.08	2.07	2.47	2.60	2020	
	65	沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築	21	19	14	67	3.29	3.17	2.40	2.19	2.14	2023	
	66	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	28	32	18	50	3.70	3.04	2.96	2.35	2.31	2025	
	67	計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術	25	8	32	60	3.26	3.14	2.63	2.46	1.96	2025	
	68	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング	21	10	33	57	3.00	2.78	2.48	2.48	2.57	2020	
	69	魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築	15	13	20	67	3.07	3.00	2.50	2.43	2.20	2022	
	70	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	29	14	34	52	3.69	2.96	2.74	2.44	2.50	2025	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
15.8	13.2	24.2	30.3	21.2	24.2	0.0	2028		21.1	18.4	18.8	18.8	31.2	28.1	3.1	
5.6	16.7	9.7	32.3	32.3	22.6	3.2	2025		8.3	11.1	9.1	27.3	27.3	33.3	3.0	
3.9	13.7	13.0	34.8	30.4	19.6	2.2	2025		5.9	15.7	8.7	21.7	37.0	30.4	2.2	
0.0	20.0	14.3	57.1	14.3	7.1	7.1	2025		0.0	20.0	6.7	26.7	13.3	46.7	6.7	
4.8	9.5	22.2	27.8	33.3	16.7	0.0	2025		4.8	14.3	18.8	18.8	50.0	12.5	0.0	
3.6	14.3	46.2	30.8	19.2	3.8	0.0	2026		3.6	17.9	14.8	22.2	29.6	29.6	3.7	
8.0	16.0	34.8	34.8	21.7	8.7	0.0	2030		4.0	16.0	25.0	25.0	29.2	20.8	0.0	
9.5	9.5	38.9	44.4	5.6	0.0	11.1	2022		23.8	14.3	15.8	42.1	15.8	10.5	15.8	
6.7	20.0	36.4	45.5	9.1	0.0	9.1	2025		13.3	20.0	41.7	16.7	16.7	16.7	8.3	
0.0	17.2	37.0	18.5	37.0	7.4	0.0	2025		0.0	17.2	22.2	7.4	44.4	22.2	3.7	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
水産・育種・生産	71	ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術	21	19	24	57	3.43	3.52	2.57	2.67	2.38	2023	
	72	発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出	19	16	21	63	3.32	3.33	2.67	2.56	2.90	2020	
	73	生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発	22	9	9	82	3.18	3.20	2.18	2.15	2.27	2023	
	74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	15	7	27	67	3.20	3.20	2.50	2.43	2.27	2021	
	75	環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖	14	7	21	71	3.21	2.91	2.29	2.36	2.36	2022	
	76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	11	18	27	55	3.09	3.10	2.40	2.50	2.80	2025	
	77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	9	22	11	67	3.11	3.14	3.00	3.00	3.13	2020	
水産・環境保全	78	生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化	17	0	18	82	3.18	2.81	1.88	1.82	2.59	2023	
	79	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	14	14	36	50	3.43	3.00	2.83	2.33	2.14	2025	
	80	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な3次元画像解析システム	19	5	21	74	3.17	2.59	2.72	2.83	2.11	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	14.3	31.6	26.3	26.3	10.5	5.3	2025		0.0	14.3	14.3	33.3	28.6	19.0	4.8	
10.5	21.1	23.5	23.5	23.5	23.5	5.9	2025		10.5	21.1	29.4	11.8	23.5	29.4	5.9	
0.0	22.7	10.0	40.0	25.0	20.0	5.0	2025		0.0	13.6	15.0	30.0	35.0	15.0	5.0	
0.0	33.3	30.8	38.5	23.1	7.7	0.0	2025		0.0	33.3	41.7	16.7	41.7	0.0	0.0	
7.1	21.4	22.2	44.4	22.2	11.1	0.0	2024		7.1	21.4	30.0	30.0	30.0	10.0	0.0	
9.1	18.2	18.2	27.3	45.5	9.1	0.0	2030		9.1	27.3	10.0	20.0	50.0	20.0	0.0	
11.1	33.3	50.0	33.3	0.0	16.7	0.0	2025		11.1	33.3	16.7	0.0	16.7	66.7	0.0	
5.9	5.9	13.3	33.3	33.3	20.0	0.0	2022		0.0	0.0	5.9	23.5	29.4	35.3	5.9	
0.0	14.3	41.7	25.0	25.0	8.3	0.0	2026		0.0	7.1	7.7	30.8	30.8	30.8	0.0	
10.5	15.8	12.5	56.2	18.8	12.5	0.0	2025		10.5	15.8	11.8	35.3	35.3	17.6	0.0	

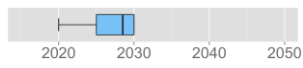
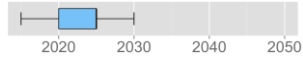


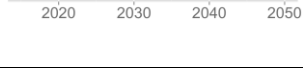
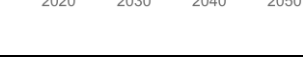
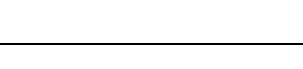
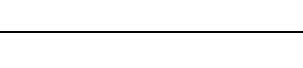


細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
水産・環境保全	81	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	23	9	30	61	3.39	2.95	2.67	2.36	2.44	2025	
	82	水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	13	0	23	77	2.92	2.75	2.58	2.50	2.15	2025	
	83	海洋における波力・潮汐・潮流等を用いた再生可能エネルギー施設の設置とその利用	21	0	19	81	3.29	2.83	2.61	2.32	2.05	2024	
	84	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	16	6	19	75	3.69	2.93	2.87	2.33	2.75	2025	
林・高度生産	85	政策目標の木材自給率 50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技术	50	26	38	36	3.30	2.18	2.31	2.17	2.20	2020	
	86	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	51	39	33	27	3.55	2.26	2.34	2.04	2.04	2021	
	87	人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術	48	15	33	52	3.43	2.29	2.47	2.42	2.20	2025	
	88	スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木の開発	37	27	16	57	2.81	2.68	2.83	2.54	2.36	2025	
林・バイオマス利用	89	オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発	26	19	27	54	3.39	2.58	2.19	2.31	1.92	2020	
	90	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発	26	8	35	58	3.00	2.90	2.67	2.21	2.16	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
4.3	26.1	22.7	27.3	27.3	22.7	0.0	2025		4.3	21.7	8.7	21.7	34.8	30.4	4.3	
0.0	23.1	9.1	36.4	54.5	0.0	0.0	2025		7.7	15.4	27.3	18.2	27.3	27.3	0.0	
0.0	14.3	21.1	36.8	31.6	10.5	0.0	2029		0.0	19.0	5.3	26.3	31.6	31.6	5.3	
12.5	31.2	15.4	53.8	23.1	7.7	0.0	2027		12.5	37.5	7.7	30.8	30.8	30.8	0.0	
2.0	8.0	18.8	35.4	22.9	20.8	2.1	2025		6.0	14.0	20.8	29.2	18.8	25.0	6.2	
2.0	7.8	22.4	34.7	12.2	22.4	8.2	2025		2.0	9.8	20.4	20.4	14.3	38.8	6.1	
2.1	16.7	15.2	45.7	17.4	10.9	10.9	2025		4.2	18.8	6.8	40.9	29.5	11.4	11.4	
2.7	18.9	18.9	54.1	5.4	13.5	8.1	2030		10.8	27.0	11.4	28.6	11.4	42.9	5.7	
0.0	3.8	8.0	40.0	24.0	28.0	0.0	2025		0.0	3.8	7.7	38.5	19.2	30.8	3.8	
3.8	19.2	4.0	52.0	24.0	20.0	0.0	2025		3.8	19.2	4.0	28.0	28.0	36.0	4.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
林バイオマス利用	91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	26	8	31	62	2.92	2.95	3.00	2.64	2.00	2025	
	92	未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電	42	12	31	57	3.17	2.73	2.48	2.35	2.05	2024	
	93	未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム	33	15	24	61	3.18	2.90	2.41	2.41	2.03	2023	
	94	竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術	26	15	31	54	2.77	2.59	2.48	2.40	1.88	2021	
林環境保全	95	野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術	62	11	31	58	3.27	2.25	2.60	2.12	2.83	2025	
	96	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	67	15	33	52	3.59	2.93	2.61	2.19	2.74	2024	
	97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	44	18	14	68	2.91	2.95	2.09	2.07	2.37	2025	
	98	日本におけるマツガレ病の完全制圧	53	11	32	57	3.17	3.02	2.80	2.27	2.37	2025	
	99	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	56	13	21	66	3.49	2.78	2.85	2.50	2.44	2030	
共通・情報サービス	100	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム	40	8	30	63	3.38	3.00	2.58	2.44	2.10	2022	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
11.5	19.2	4.0	56.0	24.0	12.0	4.0	2025		19.2	26.9	4.2	41.7	8.3	29.2	16.7	
4.8	11.9	8.1	54.1	10.8	18.9	8.1	2025		7.1	19.0	4.9	31.7	9.8	48.8	4.9	
3.0	27.3	6.7	63.3	13.3	6.7	10.0	2025		6.1	30.3	6.7	40.0	16.7	23.3	13.3	
3.8	19.2	28.0	40.0	12.0	16.0	4.0	2025		3.8	26.9	16.7	25.0	16.7	29.2	12.5	
1.6	17.7	27.9	18.0	24.6	23	6.6	2025		4.8	14.5	18.0	19.7	29.5	27.9	4.9	
1.5	23.9	19	30.2	36.5	12.7	1.6	2027		1.5	23.9	18.8	20.3	46.9	10.9	3.1	
4.5	18.2	9.5	57.1	26.2	2.4	4.8	2025		4.5	29.5	9.5	26.2	45.2	11.9	7.1	
24.5	20.8	11.8	47.1	19.6	15.7	5.9	2030		26.4	22.6	7.8	39.2	29.4	15.7	7.8	
16.1	26.8	17.0	43.4	13.2	17.0	9.4	2032		10.7	26.8	11.5	44.2	11.5	23.1	9.6	
0.0	12.5	16.2	40.5	24.3	18.9	0.0	2025		2.5	15.0	13.5	21.6	29.7	32.4	2.7	

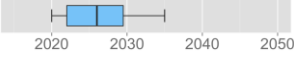

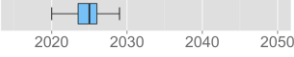






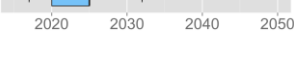
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
共通情報サービス	101	X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム	17	12	29	59	3.29	3.20	2.56	2.29	2.18	2025	
	102	農作業中でもコンピュータやインターネットが常時利用できるウェアラブルコンピュータ(体に装着できる超小型コンピュータ)を用いた、生産履歴情報の自動入力システム及び、農薬の使用可否、病害虫対策などに関するナビゲーションシステム	32	6	25	69	3.06	2.75	2.19	2.39	2.22	2021	
	103	生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク	21	14	19	67	3.33	2.88	2.38	2.24	2.33	2024	
	104	地球規模のセンサネットワークを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム	24	13	38	50	3.33	2.95	2.83	2.61	2.17	2025	
	105	個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム	14	7	43	50	3.36	3.30	2.50	2.50	2.93	2020	
	106	短・中期気象予報と作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム	23	9	9	83	3.39	2.81	2.57	2.44	2.17	2025	
	107	植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築	12	0	17	83	3.33	2.78	2.58	2.67	2.67	2026	
	108	土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出	14	0	7	93	2.86	2.70	2.86	2.46	2.50	2027	
	109	農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握にむけ、リモートセンシング技術等を活用した農業データの全球グリッド(格子間隔:1km 四方)データベース化	28	7	25	68	3.14	2.88	2.78	2.52	2.29	2025	
	110	農業データ(収量データ)と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術	22	14	18	68	3.36	2.74	2.75	2.45	2.32	2025	

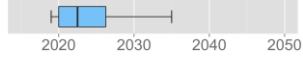
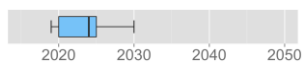
技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
11.8	11.8	13.3	46.7	33.3	6.7	0.0	2028		11.8	11.8	26.7	40.0	20.0	13.3	0.0	
0.0	9.4	12.9	41.9	29	16.1	0.0	2025		3.1	12.5	20.7	31.0	20.7	27.6	0.0	
0.0	19.0	21.1	52.6	15.8	10.5	0.0	2030		0.0	19.0	15.0	35.0	20.0	30.0	0.0	
4.2	25.0	13.6	40.9	18.2	27.3	0.0	2030		8.3	25.0	13.6	27.3	27.3	31.8	0.0	
0.0	14.3	28.6	21.4	28.6	21.4	0.0	2025		0.0	14.3	7.7	23.1	46.2	23.1	0.0	
0.0	13.0	22.7	36.4	18.2	22.7	0.0	2030		0.0	13.0	21.7	26.1	17.4	34.8	0.0	
0.0	25.0	16.7	25.0	33.3	16.7	8.3	2026		0.0	25.0	18.2	36.4	27.3	18.2	0.0	
14.3	14.3	23.1	38.5	30.8	7.7	0.0	2030		21.4	21.4	23.1	30.8	23.1	23.1	0.0	
3.6	17.9	15.4	38.5	30.8	15.4	0.0	2030		10.7	14.3	12.0	28.0	36.0	24.0	0.0	
4.5	22.7	9.5	33.3	33.3	23.8	0.0	2030		4.5	18.2	20.0	30.0	20.0	30.0	0.0	

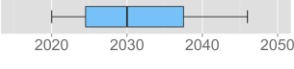
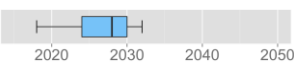
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
共通情報サービス	111	フレイルティ・サイクルの予防に向けた、農林水産物の品種・生産・加工・調理特性と栄養・機能性・食味の最適化プラットフォーム及びデータベース構築	6	0	0	100	3.00	2.75	2.50	2.50	2.50	2020	
	112	「美味しさ」を簡単に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	15	13	33	53	2.79	3.00	2.64	2.27	2.33	2025	
	113	紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築	25	8	20	72	3.12	2.36	2.12	2.16	2.12	2022	
	114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報源となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	14	7	7	86	3.29	2.64	2.93	2.64	3.07	2025	
	115	果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム	24	8	25	67	3.13	2.95	2.17	2.13	2.17	2020	
	116	海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム	16	6	25	69	3.44	3.00	2.31	2.63	2.13	2024	
	117	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	29	21	24	55	3.59	3.13	2.93	2.46	2.41	2025	
	118	圃場作物の「健康状態」を知るための可搬型生体情報モニタリングシステム	19	5	21	74	3.11	2.94	2.47	2.32	2.21	2020	
	119	深海情報通信ネットワークの構築	9	0	0	100	3.11	3.00	2.89	2.89	2.11	2025	
	120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	17	6	24	71	3.65	3.21	3.00	2.63	2.35	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	16.7	16.7	50.0	16.7	16.7	0.0	2025		0.0	16.7	16.7	33.3	33.3	16.7	0.0	
26.7	20.0	16.7	41.7	33.3	8.3	0.0	2030		33.3	20.0	8.3	16.7	50.0	25.0	0.0	
8.0	24.0	16.0	52.0	24.0	8.0	0.0	2027		8.0	28.0	4.2	50.0	25.0	20.8	0.0	
0.0	50.0	35.7	21.4	28.6	14.3	0.0	2025		0.0	42.9	21.4	28.6	21.4	28.6	0.0	
4.2	8.3	13.0	47.8	21.7	17.4	0.0	2025		8.3	4.2	4.3	34.8	30.4	30.4	0.0	
6.2	12.5	18.8	31.2	18.8	31.2	0.0	2025		6.2	12.5	26.7	6.7	40.0	26.7	0.0	
3.4	27.6	29.6	40.7	18.5	11.1	0.0	2030		3.4	27.6	7.4	33.3	33.3	25.9	0.0	
5.3	10.5	15.8	47.4	31.6	5.3	0.0	2025		5.3	10.5	10.5	26.3	36.8	26.3	0.0	
0.0	22.2	28.6	28.6	14.3	28.6	0.0	2030		0.0	44.4	12.5	12.5	37.5	37.5	0.0	
0.0	23.5	6.7	53.3	6.7	33.3	0.0	2032		0.0	23.5	0.0	37.5	31.2	31.2	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
共通 その他	121	アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)	11	0	9	91	3.36	3.10	2.45	2.45	2.27	2021	
	122	農村のため池群を主体にしたレジリエントな防災・減災技術(地震・豪雨時のため池決壊リスクの逐次予測に基づく地域住民への情報伝達技術など)	12	0	8	92	3.42	2.70	2.36	2.36	2.42	2023	
	123	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	12	8	25	67	3.08	2.55	2.33	2.17	3.08	2020	
	124	農作業を完全自動化するロボット技術	22	9	14	77	2.91	3.32	2.73	2.55	2.36	2021	
	125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	33	12	27	61	3.45	2.56	2.67	2.37	3.30	2025	
	126	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	17	0	24	76	3.12	2.64	2.69	2.19	2.65	2025	
	127	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	15	0	20	80	2.60	2.43	2.50	2.29	2.40	2024	
	128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	18	6	28	67	2.61	2.63	2.61	2.56	2.50	2025	
	129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	18	17	6	78	3.50	2.79	2.72	2.33	2.39	2025	
	130	マーケット・イン型の持続可能な農業の6次産業化ビジネスモデルの構築と実証	15	20	27	53	3.20	2.91	2.79	2.43	2.50	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
9.1	9.1	18.2	36.4	36.4	9.1	0.0	2026		0.0	9.1	27.3	36.4	36.4	0.0	0.0	
0.0	8.3	8.3	50.0	8.3	25.0	8.3	2029		0.0	0.0	16.7	33.3	16.7	33.3	0.0	
0.0	25.0	27.3	18.2	27.3	27.3	0.0	2025		8.3	25.0	33.3	25.0	8.3	33.3	0.0	
27.3	9.1	11.1	55.6	22.2	5.6	5.6	2028		27.3	9.1	5.0	50.0	25.0	15.0	5.0	
12.1	21.2	27.6	3.4	27.6	31.0	10.3	2030		18.2	27.3	23.3	3.3	30.0	30.0	13.3	
17.6	17.6	25.0	12.5	43.8	18.8	0.0	2032		29.4	11.8	13.3	13.3	46.7	26.7	0.0	
20.0	20.0	21.4	35.7	14.3	14.3	14.3	2027		20.0	13.3	14.3	28.6	21.4	21.4	14.3	
33.3	11.1	13.3	33.3	33.3	13.3	6.7	2029		38.9	5.6	12.5	43.8	18.8	18.8	6.2	
11.1	5.6	33.3	6.7	53.3	6.7	0.0	2028		11.1	5.6	25.0	12.5	56.2	6.2	0.0	
6.7	0.0	21.4	14.3	35.7	21.4	7.1	2025		0.0	0.0	26.7	6.7	46.7	20.0	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
共通 その他	131	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術	26	4	31	65	3.31	2.96	2.65	2.54	2.54	2022	
	132	出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減	16	6	13	81	3.50	3.08	2.63	2.13	2.63	2024	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装				社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他
0.0	23.1	33.3	38.1	0.0	23.8	4.8	2030		0.0	34.6	19.0	38.1	9.5	28.6	4.8
6.2	12.5	26.7	13.3	33.3	26.7	0.0	2028		6.2	12.5	12.5	12.5	25.0	50.0	0.0

4. 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の調査結果

内容

4.1 将来の展望	363
4.1.1 総論	363
4.1.2 宇宙	364
4.1.3 海洋	366
4.1.4 地球	367
4.1.5 地球観測・予測	368
4.1.6 加速器、素粒子・原子核	369
4.1.7 ビーム応用:放射光	370
4.1.8 ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等	372
4.1.9 計算科学・シミュレーション	374
4.1.10 数理科学・ビッグデータ	376
4.1.11 計測基盤	377
4.2 アンケートの回収状況	380
4.3 細目の設定	381
4.4 トピックに関する設問について	382
4.4.1 トピックの特性	382
4.4.2 技術的实现予測時期	393
4.4.3 技術的实现に向けた重点施策	395
4.4.4 社会実装時期	399
4.4.5 社会実装に向けた重点施策	401
4.4.6 技術的实现から社会実装までの期間	405
4.5 未来科学技術年表	411
4.5.1 技術的实现予測時期	411
4.5.2 社会実装予測時期	416
4.6 細目別重要トピックにおける要素技術	421
4.7 集計結果一覧	442

<概要>

本分野の関連では、これまでの調査において宇宙、海洋、地球関連の科学技術を中心に取り上げてきた。今回調査においては、国が推進の主体となるものであり、かつ、イノベーション、科学技術発展、国民の安全確保の実現に向けた科学的な基盤を担う科学技術を扱うことを基本方針として、範囲の検討を行った。その結果、上述の従来細目、並びに、ビーム応用、計算科学・シミュレーション、数理科学・ビッグデータ、計測基盤を内容とする「科学基盤」細目を本分野の対象として設定することとした。

本分野は、全般的に、重要度、国際競争力とも高く評価され、また、重要度が高いトピックは国際競争力も高いとされる傾向が見られる。重要度及び国際競争力が特に高いと評価されたのは、ビーム応用関連のトピックである。その他、火山、地震、洪水など、災害の予測・シミュレーション技術も同様に重要度並びに国際競争力が高い評価とされたが、地震発生予測は不確実性が高いとされ、「実現しない」との回答も多かった。

一方、重要度は高いが国際競争力が相対的に低いと評価されたのは、海洋観測・探査関連トピックである。その他、安全で低コストの宇宙利用、大量データ利用技術も同様の傾向が見られる。

技術実現に向けて政府に求められる施策としては、全般的に「資源配分」が最も重要とされ、特に、海洋関連及び加速器関連において顕著である。次いで重要とされたのは、宇宙関連では「内外連携・協力」、その他は「人材戦略」である。

4. 1 将来の展望

4. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲

本分野では、基礎科学からイノベーションまで広く科学技術や社会の発展をもたらす基盤的な事項を扱っている。前回調査では、科学的探求及び社会応用の観点から、宇宙及び地球の諸現象を捉えるための科学技術を主に取り上げた。今回調査においては、科学技術の進展を下支えする技術と位置づけられる計測・解析技術、及び、計測・解析により得られる大量データの利用技術を検討範囲に加えた。これらの科学技術は、いくつかの分野で散発的に扱われてきていたが、独立した細目として明示的に取り上げることは大きな意味を持つ。

本分野の検討範囲に含まれる科学技術の多くは、多額の予算、大型装置・施設を要すること、多様な研究者が関与すること、手段あるいは結果の供用を前提としていること、といった特徴を持っている。科学技術イノベーションを支える基盤として、あるいは、産業界へのスピノフの可能性を持つ先端研究開発として、政府の関与が求められる分野と言える。

宇宙及び地球を対象とした探査・観測技術は、宇宙の進化や生命起源の探究など基礎科学の進展に寄与すると共に、地球環境や安全確保など社会の様々な課題解決に向けた展開の可能性を持ち、商業利用を想定しての研究開発の方向性も見られる。国際的な連携協力枠組みの下での活動や我が国の地理的特性に基づく先導的役割への期待など、国際的に相応の貢献が求められる領域でもある。

計測・解析技術については、従来捉えきれなかった現象の観察が可能となることにより新たな発見やアプローチがもたらされ、それが我が国の科学技術力や産業競争力の強化に繋がることが期待される。生み出される成果のみならず、装置・施設の開発自体も我が国の科学技術力を示すものとなる。

大量データの利用技術は、今後の科学技術発展や社会に大きな変革をもたらす可能性があることから、注目を集めている。計測・解析技術の発展に付随して推進すべき技術として、データベース構築やデータ統合などの基盤構築、及び、モデリングやシミュレーション技術が挙がる。データ保存・転送技術やハイパフォーマンスコンピューティングの進展も求められる。さらに、大量の非構造化データの活用も将来に向けて検討すべき事項である。

そこで今回調査では、従来から取り上げている宇宙・海洋・地球領域においては、基礎科学の進展の側面と共に、地球環境や防災等の社会課題を考慮した科学技術を取り上げた。計測・解析に関しては、産業界のイノベーションへの大きな寄与が見込まれるビーム応用、シミュレーション技術、及び、数理科学・社会数理を新たに取り上げた。また、計測基盤として、新たな可能性を拓く光計測技術を取り上げた。設定した細目は、計 10 細目である。科学技術トピックの中には複数細目に跨がるものも存在するが、トピック設定の視点や回答しやすさ等を考慮し、いずれかの細目に属させた。

(2) 結果の総括

本分野で取り上げたトピックについては、全般的に、重要度と国際競争力が高く、重要度が高いトピックは国際競争力も高いとの評価がなされた。また、不確実性や非連続性は相対的に低い、すなわち継続性が高いこと、また倫理面の考慮はあまり求められないことが示された。我が国の高い国際競争力は、過去の投資により世界有数の施設を保有し、最先端の研究を可能とする環境を備えていることと無関係ではないだろう。研究環境がすべてではないが、科学技術の世界に新たな展開をもたらすことは確かである。それが十分でない場合、研究の機会が大きく減じられ、その結果、国際競争力が高まらず、人材も育たない虞がある。重点施策として「資源配分」が選択された割合が他分野と比べて高いことが本分野の特徴を端的に表している。当然資源の総額は限られており、すべてを満たす配分は不可能である。限られた資源を最大限有効に生かすため、いつ何を整備すべきか、国内外または産学官の連携・協力をどう進めるか等、戦略的な議論が求められる。

(3) 今後の展望

分野全体を概観すると、第一に、長期的視野に立った継続的な推進の必要性が挙げられる。独自開発であれ国際共同であれ、画期的な成果を生み出す装置・施設はその計画から稼働まで長期間を要するためである。また、自然の諸現象データはその時々でないと取得できないため、必要となった時点で取得体制が整っているか否かですべてが決まる。長期にわたる継続的なデータがあつて初めて意味を持つ例も少なくないことも忘れてはならない。早期の計画立案は、その必要性が一般に認知されにくいことから、社会受容のための説明も求められよう。併せて、装置・施設などの稼働のため、あるいは得られたデータの加工のためのソフトウェア開発と人材育成も適時に着手する必要がある。

将来のニーズと科学技術発展や社会経済に与えるインパクトを想定し、さらに整備からその後の運用や維持管理まで含めたリソースを見越し、優先度の高い装置・施設等の整備に向けた適時の取り組みが求められる。人材も、短期的な成果に着目するのではなく、長期的視点での育成が必要となる。

第二に、基盤としての認識の明確化と分野を超えた一体的推進のための検討の必要性も挙げられる。本分野で扱う科学技術は横断的な技術であり、応用先の分野の知見を取り入れることによって社会実装への展開につながると考えられる。こうした基盤的な領域は社会実装の観点からの議論の流れの中では見過ごされやすいが、意識して明確に位置づけていく必要がある。

(土肥 義治)

4. 1. 2. 宇宙

(1) 本細目の検討範囲

国内においては 2008 年の宇宙基本法の成立以来、宇宙基本計画が作成・改定され宇宙利用の拡大、産業振興などの方向性が示され宇宙システムの社会インフラ化、宇宙産業の競争力強化等が叫ばれている。直近の計画改定にあたっては宇宙空間の安全保障上の重要性の増大、インド・中国を始めとする新興国や民間企業による宇宙活動の活発化とそれらに伴う安全な宇宙空間の利用のためのリスク低減の必要性やエネルギー、大規模自然災害、環境、食糧等の地球規模課題の解決に向けた宇宙技術の貢献などが重要な背景として認識されている。宇宙科学・探査や有人宇宙の分野ではこれまで多くの計画で世界的に高い評価を得ておりこれらの実績をベースに更なる世界的成果の創出等を目指した取組が行われようとしている。また大学や新しい企業による衛星開発も盛んになってきている。世界に目を向けると宇宙科学・探査や地球観測の分野においては国際協力による計画推進が多く見られる。さらに米国などでは宇宙の商業化が進み、宇宙ステーションへの民間の宇宙輸送システムによる物資補給やIT企業やベンチャー企業など異業種からの宇宙分野への参入も見受けられるようになった。

宇宙科学においては宇宙からの観測と地上からの観測が車の両輪となって宇宙の誕生・進化の謎を解明しつつある。地上ではハワイのすばる望遠鏡やチリのアルマ望遠鏡による研究が着実に成果を上げる一方で、次世代の TMT 望遠鏡計画が国際協力で進められている。また世界初の重力波観測を目指した KAGRA 実験が装置の建設段階にある。宇宙空間においては、これまでに打ち上げられた数々の科学衛星の実績を元に、大型科学衛星 ASTRO-H やイプシロンロケットを用いた小型衛星によるユニークな研究が進められている。このような状況において、今回の調査では新しい技術によって新しい展開が期待されるトピックを取り上げた。

これらの状況の下、次のような 14 のトピックが設定され調査対象とされた。

1. 宇宙利用の低コスト化実現のためのシステム
2. 地球外天体における有人活動拠点
3. 地球外生命探査技術

4. 宇宙デブリ回収システム
5. 宇宙エレベーター
6. 宇宙太陽光発電システム
7. 国土の24時間高精度監視システム
8. 衛星による数センチの精度の測位技術
9. 宇宙の商業利用の円滑化のための宇宙機管制システム
10. 宇宙初期のインフレーション仮説の検証のための観測技術
11. ダークマターが未知の粒子であるという仮説を検証する技術
12. ダークエネルギー解明のための観測技術
13. 重力波の直接観測技術
14. 宇宙線ミュオンを用いたイメージング技術

(2) 本細目のトピック

宇宙システムの社会利用分野に関するトピックについて、国民の安全安心の確保のための衛星による国土の24時間高精度監視システムが高い重要度を有する調査結果となった。これにより安全保障への貢献に加えて地球規模の災害や温暖化などの課題解決への貢献が期待される。また宇宙の社会インフラ化が進むにつれてその安定的利用や低コスト化が問題になると思われるが、そのコストを低減させるために必要なシステム(再使用型輸送機、衛星等への燃料補給・修理点検・機器交換などのサービス技術)や安全な利用のための宇宙デブリの回収システムも重要度が高い技術として識別された。これらの重要度は高いとの結果であったがその国際競争力という観点では高いという調査結果は得られなかった。

最近研究が盛んになりつつある宇宙エレベーターであるが、これについては未だ重要性の認識は低く実現性についても否定的な意見が多くあった。

宇宙分野全般に言えることであるが、その実現に向けて国際協力・連携が重要であるとの声が多く特に宇宙デブリの回収や地球外天体への有人活動拠点の構築などはこれらの協力連携の必要性が高いとの調査結果になった。

宇宙科学分野の研究開発の重要性・国際競争力は平均的であるが、ダークエネルギーやダークマター等、研究の最前線においてその正体が未知の観測対象については不確実性が高い。関連して実現可能性が低いトピックが多い。技術実現・社会実装のために必要な施策の中では内外の連携・協力が重要視されている。

(3) 今後の展望

安全保障分野での宇宙システムの活用が求められているが、この推進のためには衛星のサバイバル性の向上、通信妨害対策やスペースデブリ対策などの技術開発が今後重要となろう。また、この分野の当面の課題とされる宇宙状況監視(SSA)や海洋状況監視(MDA)であるが、これらに関する技術開発が必要である。環境問題や大規模災害などの課題へのより一層の貢献のためには地上システムによる観測データと宇宙からの観測データの連携を深める必要があるためビッグデータ処理技術の活用が重要である。この結果自然災害の予測研究などに大きな貢献が期待される。これらの分野への宇宙システムによるより継続的で安定した貢献が実現されるためにはそれに係るコストの低減化が重要である。

このためには低コスト宇宙輸送システムや軌道上における宇宙機修理技術などの研究開発を行う必要がある。宇宙技術の革新的進展のためには宇宙利用分野における技術開発に加えて、宇宙探査・宇宙科学・有人宇宙技術などの先進分野における技術開発を推進することも重要である。これらを積極的に取り入れた我が国の宇宙技術の競争力強化を図る施策が必要と考える。

民間における商業宇宙活動が活発になるにつれて宇宙の安全な利用のための行動規範やそれを支え実現するためにスペースデブリ除去や国際的な安全管理のための宇宙機管制技術等も必要となろう。

宇宙科学においては、資源配分だけではなく、人材戦略と内外の連携が重要である。次世代のトピック設定及び関連技術の開発において、国内外の研究者が連携して研究戦略を策定することが一層望まれる。

(小澤 秀司、野崎 光昭)

4. 1. 3. 海洋

(1) 本細目の検討範囲

海洋は今や未踏地域の探求の場としてではなく、我々の生活に不可欠な役割を担う場として見なされており、その探査技術にはイノベーションが期待されている。現在、社会問題となっている地球温暖化に対しては、熱や二酸化炭素のリザーバーとしての役割を持ち、その機能の定量的な解明が待たれている。多種多様な生物が生息しており、生物多様性確保の観点からも実態調査が重要とされている。また、海洋酸性化をはじめとする環境変化による影響調査も喫緊の課題である。さらに近年では、熱水鉱床やメタンハイドレートなど資源開発の場としても注目されている。これらの背景を踏まえ、細目としての「海洋」では、海中・海底探査の基盤となる無人探査機や通信技術、環境調査技術、生物調査技術、資源開発技術についてトピックを設定した。なお、海洋によせられる期待は大きく、分野も多岐にわたるため、いくつかのトピックについては他の細目に含まれている。

(2) 本細目のトピック

研究開発特性については、研究開発の重要性は総じて高い(平均 3.3)。また、不確実性(2.63)と非連続性(2.61)は低めである。研究開発を進めるにあたっての倫理的配慮の必要性(2.19)は低い。しかし、国際競争力(2.93)については必ずしも高いとは言えない。これらの傾向は、他細目に含まれる項目を考慮しても変わらない。不確実性、非連続性、倫理的配慮の必要性が低いと判断されていることを反映し、トピックが実現する、との予測が大勢を占めており(平均約 8 割)、その実現年の予測は 2021 年から 2025 年に集中している。また、社会実装年の予測も 2021 年から 2025 年に集中しており、実現から実装までの期間が短い。技術的実現に向けた重点施策は、人材戦略、資源配分、内外の連携・協力、環境整備、その他が、それぞれ 18.5%、52.0%、17.1%、10.8%、1.5%となっており、資源配分が突出していることが特徴となっている。他細目に含まれる項目を考慮すると実現するとの予想が平均約 7 割程度、また社会実装年が平均的に数年遅れ、資金配分の突出度合いが若干下がるが、定性的な傾向は変わらない。他細目にある関連項目を含め、資源関係の項目の重要度が相対的に高く、環境調査技術関連がそれに次ぐ。社会的な要請の度合いを反映と見ることができよう。

(3) 今後の展望

要約すれば、海洋研究開発は、総じて社会的意義が大きく、また実現する可能性は高く社会実装までの期間が短いと予測されている一方、人材や施設は相対的に整備されているものの、トピック実現のためのリソースが不足していると判定されている。その結果、研究開発のポテンシャルはあるものの国際競争力が高いとはいえない、という評価につながっている。海洋国家である我が国にとって海洋監視・観測技術は言うまでもなく国の自立・自律性を確保するために不可欠なものである。このことは、本調査によって、環境変動監視・防災・資源開発など多岐にわたる項目についてその重要性が広く認知されていることから明白で、いわば国としての「核」となる技術である。生活に直結することから社会からの要請は強いと考えら、さらに開発に伴うリスクは低い。AUV や海中における通信技術などは様々な分野への波及も期待できる。効果的なリソース配分によって、躍進が期待できる分野である。

(河野 健)

4. 1. 4. 地球

(1) 本細目の検討範囲

地震・火山噴火現象を科学的に解明することは、それらの発生予測やそれに伴って生じる地震動、津波、火山灰、マグマの噴出などによる災害に備える上で重要である。文部科学省科学技術・学術審議会測地学分科会では、平成25年11月に地震及び火山噴火に関する観測研究の方向性として、「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(平成26～30年)」を建議している。

本観測研究計画の建議において、地震・火山噴火の発生予測に関する研究は、長期的な防災・減災対策の基礎となる発生頻度と規模の評価を行うものと、日本国内に整備された地震火山観測網のデータから地殻活動とその推移を予測するものとされており、本調査はこの予測技術の具体的なトピックを抽出したものと見える。

(2) 本細目のトピック

科学技術と社会の両面からみた総合的な重要度では、「全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価」のトピックが136件中が一番高いスコアとなっており、不確実性の高いトピックでも上位にランクされている。また、技術実現に向けた重点施策の人材戦略でも上位にランクされており、火山研究者の人材不足が問われているものと推察される。本調査は、御嶽山噴火前に実施されたものであるが、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって火山活動の活発化が懸念されていることもあり、活発化している火山への対策が喫緊の課題として認識されていることがわかる。火山災害は、長期間にわたり噴火が続くことがあり、噴石や噴煙、火山灰や土石流によって周辺地域の生活や経済活動にも多大な影響を与えるため、迅速な災害対応や避難行動、適切な避難解除による早期復旧・復興等のためにも、早期に自治体や住民等に切迫性のある情報を提供すること必要であり、本調査では2025年に技術的に実現し、2030年に社会実装されることが期待されている。

日本が外国に比べて国際競争力を有するトピックでは、「海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術」が2番目に高いスコアとなっている。また、技術実現に向けた重点施策の資源配分でも上位にランクされており、社会実装に向けた重点施策の資源配分では一番高いスコアとなっている。文部科学省研究開発局地震・防災研究課では、東北地方太平洋沖に日本海溝海底地震津波観測網(S-net)、南海トラフ沿いに地震・津波観測監視システム(DONET)を整備しているが、これらはケーブル式によるものである。ブイ式津波・地殻変動観測技術の開発は、津波の直接観測と地震前後の地殻変動観測が可能となるため、国際的な地震・津波監視体制の強化に貢献することが期待される。

不確実性の高いトピックでは、「M7以上の地震の発生時期(1年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術」が一番高いスコアになっており、技術実現に向けた重点施策の人材戦略でも上位にランクされている。1995年兵庫県南部地震から今年で20年になるが、地震予知の手法は未だ確立していないため、長期的視野に立ち、若手研究者や防災研究・防災業務に携わる人材育成を体系的かつ継続的に行う必要がある。

(3) 今後の展望

地震・火山災害から国民の生命と暮らしを守るためには、長期的な視点に立ち、地震・火山噴火の現象を理解するための観測研究を推進し、地震・火山噴火の発生を予測するとともに、地震動、津波、降灰、溶岩噴出などの災害の直接的な原因(災害誘因)の発生・推移を予測することが重要である。

「地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8以上の大規模地震の発生を予測する技術」のトピックでは、不確実性の高いトピックとして上位にランクされており、社会実装に向けた重点施策の連携・協力でも上位にランクされている。今後の地震・火山噴火の予測技術開発では、地震学や火山学を中核として、理学、工学、人文・社会科学分野と連携し、総合的かつ学際的研究として推進することが必要である。

(大井 昌弘)

4. 1. 5. 地球観測・予測

(1) 本細目の検討範囲

地球観測は地震や津波、豪雪、台風や高潮、豪雨や洪水、山体崩壊、火山噴火、竜巻などの地球物理学的事象を監視し、可能な限り予測して自然災害による被害を最小限に抑えるのに大きく貢献していると共に、地球温暖化に伴う気候変動など、地球規模の長期的な環境変動の探知やメカニズムの解明、そして予測精度の向上に役立っている。また、国連気候変動枠組み条約では気候変動に関する科学的知見が国際政治や国の基本的施策に直結しているし、北極海の海水の長期変化は北極海航路の可能性を通じて沿岸各国や世界の海運関係者の関心の的となっている。

観測推定される地形変化や気温、海面水温、土地被覆などのデータそのものにも価値があるが、ICT 技術の発達に伴い、地球観測と数値モデルとを組み合わせるデータ同化手法が近年の観測・予測精度の向上に大いに貢献しており、効率的な漁業のための海況情報提供や異常気象をもたらすエルニーニョ南方振動の監視、普段の天気予報などに生かされている。

そうした観点から「地球観測・予測」細目では衛星や野外拠点などによる地球観測と、数値モデルによる気象、海象、水象などのモニタリングと予測、防災・減災に貢献する社会実装などに関連する 11 のトピックを設定した。なお、「海洋」「地球」「計算科学・シミュレーション」「数理学・ビッグデータ」などの細目にも関連トピックが含まれている。

(2) 本細目のトピック

「地球観測・予測」細目の中では「高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術」(以下、『高解像度予測技術』とする)が「宇宙・海洋・地球・科学基盤」分野における「科学技術と社会の両面からみた総合的な重要度」において 6 番につけ、「人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で高精度・高感度に観測する技術(GCOM-C で分解能 250m、観測幅 1000km 程度。GCOM-W で 1450km 程度。)」も上位 20 に入った。また、別の細目に分類されているが関連するトピックとして「台風時の高潮・高波と降雨による内水・外水氾濫を統合して扱う沿岸災害予測」や「津波の即時評価と連動した避難指示システム」も重要トピックの上位となっている。

近年頻発しているとされる自然災害による被害軽減に直結するトピックへの関心の高さがうかがわれる一方で、「衛星搭載センサーで測定した大気上空の酸素の同位体比の情報を大気数値モデルのデータ同化に用い、天気予報の精度を向上させる技術」は重要度が低いというアンケート結果となっているが、データ同化自体の重要性は認知されていると考えられるし、天気予報の精度がすでに十分であると認識されているとも思えないので、当該トピック自体がまだ発展途上で将来の有効性がわからないということであろう。

トピックの将来予測の不確実性に関しては細目は異なるが「衛星観測並びに地上観測に基づき、人間活動も考慮した陸面水循環モデルを用いたシミュレーションによる、数時間から数日先までの全世界の洪水や渇水の予測」や「21 世紀末に至る全大陸上のエネルギー・水・物質(CO₂ 等)の収支が推計され、再生可能エネルギーや食料、水などの資源、人間健康、生態系サービスに関して今後懸念される問題点が 1km といった超高解像度で明らかになるシステム」などの関連トピックが上位に入っているのに対し、「地球観測・予測」細目では、「短期の気象から長期の気候変動までを単一のモデルのフレームワークによって取り扱うシームレス予測技術」ならびに『高解像度予測技術』が上位 20 の相対的には下位につけており、自然科学の知見だけでは実現できないトピックやそもそも予測可能性があるのかどうか根本的な疑問がないわけではないトピックの不確実性が指摘されている。

逆に、「水産業等に利用するため、人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム」(以下『海況監視』)については不確実性が低いという結果となっており、すでに一部現業化が実現しているトピックに対する正当な評価である。

非連続性が高いという評価を上位で受けたトピックがなく、「降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術」(以下『雪氷災害』)と『海況監視』が非連続性の低さで上位につけている点が「地球観測・予測」細目の特徴であり、地球科学の叡智を国際社会に生かす重要性は認められるものの、科学的な華々しさ、アイデアの目新しさでは他の「宇宙・海洋・地球・科学基盤」分野のトピックに譲っている。また、倫理性にかかわる問題が低いという共通認識である点も「地球観測・予測」細目の特徴であり、特に『雪氷災害』は倫理性があまり問われないと認識されている。

国際競争力に関しては上位にも下位にも「地球観測・予測」細目のトピックはランキングしておらず、良く知られていないというのが実態なのであろう。そうした実態を反映してか、技術的実現時期としては 11 トピックすべてが 2021～25 年と予測されており、今すぐ可能とはならないが、しばらくすると可能になるだろうと思われるようである。社会的実現についても 8 トピックが同時期、3 トピックが 2026～30 年と予測されており、技術的に可能となればすぐにも社会実装されると期待されている。

そうした技術的実現、社会実装にもっとも必要なのは他の細目と同様、主に「資源配分」であると考えられており、特に「東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能 30m で常時観測する技術」では社会実現のために特に資源配分が重要であると考えられている。一方で「30km 程度の格子間隔で、表面から海底までの水温、塩分、溶存酸素、栄養塩、全炭酸を高精度で自動計測する技術」では「内外の連携・協力」が重要だと考えられている。

(3) 今後の展望

日常的に自然災害被害軽減に貢献しつつ現状を記録して将来世代の地球規模変動研究に資するという短長期の両側面が地球観測・予測分野にはある。現在の状況は今観測しておかないと将来になってからでは二度と観測不可能であり、現在の不適切な観測体制が将来の環境変動研究に大きな禍根を残すという意味でも、地球物理学的な突発現象に伴う被害を監視と予測によって軽減するという意味でも地球観測・予測の各トピックに対する期待は高い。

地球観測・予測分野では継続的な現業観測、データの蓄積が重要であるため、長期的な資源配分の確保が重要となるが、各国の財政的逼迫のため、国際的な協力と分業をせざるを得ない状況である。そうした中で主導権を握るためには、逆説的ではあるが、他国機関などにおいて現実的な投資では現時点では実現不可能なセンサーや観測プラットフォーム、数値モデル、データ同化手法などからなる地球観測システムを保持している必要がある。そのため、観測の継続だけではなく新たな観測技術開発への挑戦を支える資源配分も常に必要であり、特に広い裾野を持つ研究者コミュニティの維持、研究開発人材の絶えざる育成確保が国際的な優位性保持の鍵となる。

衛星や船舶、航空機などからの地球観測と地上 in-situ 観測データを、数値モデルを用いたデータ同化手法によって融合する技術はますます発展すると期待されるが、そうして構築された膨大な地球観測・予測情報が広く国民に浸透し利用されるよう、携帯端末等のメディアに対するユーザーインターフェースの構築も社会実装としては非常に重要であると考えられる。

(沖 大幹)

4. 1. 6. 加速器、素粒子・原子核

(1) 本細目の検討範囲

ノーベル物理学賞が数多くの加速器・測定器の技術に与えられてきたことからわかるように、新しい技術は新しいサイエンスを産み出す原動力となってきた。なかでも素粒子・原子核物理学は加速器・測定器技術とともに発展してきた。戦後、日本の素粒子物理学は理論研究が先行したが、1980 年代には超伝導加速技術を駆使

した世界最高エネルギーの電子・陽電子コライダーが稼働し、素粒子物理の実験研究を大きく発展させた。2000年代には最先端のビーム制御技術等により世界最高のルミノシティを達成し、小林・益川理論の検証に大きな貢献をした。大強度陽子加速器と標的技術を駆使したニュートリノビーム実験では、神岡鉱山内に設置された巨大光検出装置と連携して、世界に先駆けてニュートリノ振動を検証した。このように最先端の加速器は数多くのサイエンスの成果を産み出している。

近年、加速器が生成する放射光やパルス中性子等は、物質科学・生命科学における重要な研究基盤のひとつとなり、基礎科学に留まらず産業・医療利用等、幅広く展開されている。今回の調査では、加速器で生成されるビームの高度化及びその利用技術の新たな展開、ならびに加速器・測定器そのものの開発の両面を調査対象とした。後者は主に素粒子・原子核研究に直結するものである。

(2) 本細目のトピック

実用化が視野に入ったビーム技術は概ね「連続」「確実」と評価された。逆に「不確実」「非連続」が高い技術は、プラズマまたは誘電体航跡場加速技術、100 TeV級のハドロンコライダー、大強度陽子加速器によるADS技術である。100 TeV級コライダーについては今年度からCERNで基礎研究開発が始まり、本調査でも国際連携の必要性が本細目中最も高い。「不確実」「不連続」技術とはいえ重要度は決して低くはないので、地道な基礎研究の継続が必要と考えられる。ADS技術に関しては「重要度」が高い一方で、「実現性」は低く「倫理性」が高い。国の原子力政策と密接に関連する技術だけに、「環境整備」が本細目中最も高い。

ビームの高度化を実現するトピックについては、技術実現・社会実装の両面で、「資源配分」が最も重要な要因である。一方、素粒子・原子核物理関連のトピックでは、資源配分だけではなく、「内外の連携・協力」が高い。またテーマの「重要度」では、一般にビームの高度化の「重要度」が高く、基礎物理学などは比較的低い。TeV級の電子・陽電子コライダーとマヨラナニュートリノの研究は「重要度」がビーム高度化に匹敵する。スーパーコンピュータを使った素粒子研究は「人材戦略」が他のトピックに比べて高く、注目される。

(3) 今後の展望

全体的に見ると、ビームの高度化については技術的確実性・連続性は高く、適切な資源投入により確実に成果が上がると期待される。素粒子・原子核研究の大型加速器計画については資源投入だけではなく、内外の連携・協力が重要な鍵となる。

スパコンによる素粒子研究、X線光学素子開発、極超短パルス光の発生技術においては、特に人材戦略が重要と考えられている。いずれも技術とサイエンスを繋ぐコーディネータが重要な役目を果たす分野であり、今後の人材育成が望まれる。

最も実現が困難な技術は以下の3技術である；①プラズマまたは誘電体航跡場加速は、原理は実証されたものの、加速器として使える段階ではなく、実用化までの道は遠いが、加速器利用に革命をもたらす革新技術である。②ADS技術も同様に原子力エネルギーの利用システムに大変革をもたらす。③100 TeVコライダーに必要なとされる技術は、素粒子研究に留まらず幅広い波及効果をもたらすことが期待される。このようなハイリスクの技術は戦略的に推進する必要がある。

(野崎 光昭)

4. 1. 7. ビーム応用：放射光

(1) 本細目の検討範囲

我が国は、世界初の放射光利用専用施設を1974年に建設した。1990年代における欧州と米国での大型放

射光施設建設に続き、世界で最大かつ最高の電子エネルギーをもつ大型放射光施設 SPring-8 を 1997 年に建設した。さらに、X 線自由電子レーザー施設においても独自技術によるコンパクトな施設 SACLA を 2011 年に建設した。我が国が開発した放射光基盤技術によって、現在では、中規模放射光施設において、大型施設に迫る高性能の放射光を発生させることが可能になり、一部のエネルギー領域(波長領域)では大型放射光施設を凌駕する性能が諸外国で達成されている。以上のように、過去 40 年間、放射光利用に特化した加速器技術、光源・光学技術、計測技術を発展させて、我が国は本分野を先導し牽引してきた。しかしながら、現在、我が国において中型放射光施設の建設や大型施設の高度化計画が欧米に比して遅れている。放射光分野では技術開発と利用者ニーズとのマッチングが極めて重要であり、利用者を含む研究者らによる当該細目の調査結果とその総括は政策立案のための重要な資料となる。世界最先端の放射光技術基盤を有する我が国は、加速器技術、光源・光学技術、計測技術において今後も技術革新を達成し、それらの技術を応用して先端施設を整備することが期待されている。

(2) 本細目のトピック

世界を先導してきた我が国の放射光利用研究は、学術の進歩と産業の発展に大きく貢献したことにより、各国でその重要性が認識された。さらに、我が国が開発した先端技術を基盤とする中型放射光施設は、高い性能を有し、大型放射光施設に比べ建設費用も抑えられることから、世界各国で中型放射光施設の建設ラッシュが起きている。我が国は世界的にも放射光施設の多い国であり、それらの利活用による学術と産業への貢献は高いが、最先端中型放射光施設の建設は進んでいない。その結果、軟 X 線領域の放射光利用では、欧米と東アジア諸国の後塵を拝する危機にある。また、大型放射光施設においては、欧米で高度化計画が実行に移されつつあり、硬 X 線領域の放射光利用においても、その先端計測技術の競争が激化している。我が国が今後も放射光利用研究の推進において世界を先導し牽引し続けるためには、組織的かつ戦略的に当該分野の科学技術開発を進展させ、既存施設の高度化と先端施設の建設を進める必要がある。

当該細目には、化学反応カインेटクス、物質のダイナミクスや機能発現・構造・電子状態の解析、電子デバイスの動作メカニズムの解析、創薬のためのタンパク質解析など、現代社会の持続的発展と課題解決のために必要不可欠な先端放射光分析技術が列挙されている。それらの技術内容は、中型高輝度放射光施設の建設、最先端高輝度・低エミッタンス・高コヒーレント・省コスト型光源の開発と実現など放射光源にかかわる科学技術、nm オーダーの微小領域、高い空間分解能、ps~fs 領域の高速、高時間分解能での放射光計測技術の開発などである。また、これらの計測に必要な、X 線顕微鏡技術、X 線イメージング技術、反応中でのその場観察技術、オペランド観察技術などの基盤技術項目も挙げられている。関連する技術としては、「加速器・素粒子・原子核」細目において、X 線光学素子、省エネルギー・省メンテナンス X 線光源の開発などもトピックとして挙げられている。このように当該細目は、放射光施設の加速器・光源・光学にかかわる基盤技術開発から先端光源を活用した利用研究に資する計測技術開発まで多岐にわたる。

このような多様な科学技術目標に対して、各トピックの重要度の平均値、最高値はそれぞれ 3.55、3.68 であり、国際競争力の平均値、最高値はそれぞれ 3.24、3.43 と、非常に高い値を示している。一方で、不確実性の平均値は 2.36、倫理性の平均値は 2.01 と低い値を示しており、各項目の実現可能性が高く、実施における倫理的問題は低い。これらの結果は、これまでの我が国の本分野におけるリーダーシップに対する高い評価と今後の更なる発展への強い期待の表れであると理解できる。トピックの多様性、複合性、先端性を考慮しても、非連続性の平均値 2.9 は比較的低い値であり、実現化が視野に入ったトピックであると評価されている。各トピックの技術実現年の多くが 2020 年、実装可能年が 2020 年代前半と予測されており、有効な人材戦略と資源配分戦略の下で各トピックの実現に向けて努力する必要がある。

これらの調査結果は、最先端中型放射光施設の建設、最先端光源へのアップグレード、放射光・X 線にかかわる光学技術や計測技術の高度化において、資源と技術開発を集中するよう求めている。また、我が国の各放射光施設に対して、光子エネルギー領域(UV、軟 X 線、硬 X 線)、利活用目的(学術利用、産業活用)、利活用

形態(先端研究、ルーチンワーク)、地域性などを考慮した役割分担を戦略的に行うよう求めている。さらに、将来に予想される大型放射光施設の高度化のための停止期間においては、国内での産学官の利用研究が停滞しないよう、施設間での利用調整など運営上の配慮を求めている。

(3) 今後の展望

放射光施設では、高輝度、低エミッタンス、高コヒーレンシーの先端光源を省コスト、省エネルギーで実現することが求められており、技術開発における世界的潮流でもある。また、利用研究においては、高性能な材料、素子、医薬などを創成するための機能発現機構の理解を目的として、多様な物質の状態を nm オーダーの空間分解能や fs オーダーの時間分解能で可視化し分析することが求められている。目標の実現に向けた科学技術開発は、現在、各施設で精力的に進められている。当該細目の各項目は、いずれも社会的課題に関連した科学技術開発であり、本調査によって産学官の研究社会における重要な科学技術開発目標であることが明らかとなった。多くの項目において、技術実現は 2020 年頃、そして社会実装は 2020 年代前半と予測されている。これらの予測は、我が国の人材、技術基盤、資金などの資源を必要十分に戦略投入すれば実現可能な理想値である。国内の放射光関連組織と利用者コミュニティは連携して、本調査の各項目を実現するよう努力することが肝要である。

(土肥 義治、藤原 明比古)

4. 1. 8. ビーム応用：中性子・ミュオン・荷電粒子等

(1) 本細目の検討範囲

レントゲンによるX線の発見から、放射線は基礎科学から産業応用までの幅広い分野で利用され、基礎科学において数多くのノーベル賞受賞者を輩出するとともに、産業応用では放射線を用いた半導体加工・製造、突然変異育種、先進的がん診断・治療など、工業、農業、医療等の分野における革新的技術の創出、産業振興等を通して、我が国の経済発展、国民の福祉及び生活の水準向上に大きく貢献してきた。昨今では、人工的に発生させ、高度に制御された電磁波(レーザー、X線、ガンマ線等)、レプトン(電子、陽電子、ミュオン、ニュートリノ等)、ハドロン(陽子、中性子、メソン、イオン等)がつくる波動性と粒子性を併せ持つ高品位の放射線は、「量子ビーム」と呼ばれている。量子ビームは、科学技術イノベーションを産み出すための基盤技術であり、我が国の科学技術イノベーション戦略上、極めて重要かつ有用であることから、「第 4 期科学技術基本計画」(平成 23 年 8 月閣議決定)や「科学技術イノベーション総合戦略 2014～未来創造に向けたイノベーションの懸け橋～」(平成 26 年 6 月閣議決定)においては、領域横断的科学技術の強化として、先端計測及び解析技術等の発展につながり、分野横断技術を下支えする「光・量子科学」の活用推進が言及されている。

また、量子ビームは優れた観察・解析手段であると同時に、物質を構成する原子や分子と相互作用して、その配列や組成、結合状態や電子状態を変化させることから、原子・分子レベルの加工が可能な優れた加工・改質手段である。このような量子ビームの応用(ビーム応用)は、物質・材料科学、生命科学等の幅広い領域での革新的成果の創出を促進し、我が国の科学技術・学術の発展、産業の振興等につながることから、当該技術が科学基盤の中核と位置付けられ、前項細目「ビーム応用：放射光」とあわせ、細目「ビーム応用：中性子、ミュオン、荷電粒子等」として取り上げられたものである。当該細目における個別トピックについては、基礎から応用分野における利活用ニーズに基づき、将来技術として重要性の高い 14 トピックが選出・設定された。

(2) 本細目のトピック

量子ビーム応用技術は、基礎から応用までの広範な分野で革新的成果を創出するための科学基盤として期待され、大強度陽子加速器施設 J-PARC、研究炉 JRR-3、イオン照射研究施設 TIARA、RI ビームファクトリー

RIBF、高強度レーザーシステム J-KAREN、大型放射光施設 SPring-8、X線自由電子レーザー施設 SACLA 等の量子ビーム施設が稼働し、量子ビームの発生・制御・利用技術の開発・高度化が精力的に進められるとともに、幅広く産学官の利用に供されている。本細目が対象とする中性子、ミュオン、荷電粒子等においても、放射光と同様、学会や産業界から期待が大きいのは観察・解析手段としての利用であるが、この観点からは、表面・界面をはじめ物質の局所構造解析のニーズが高まりつつある。最近では、スピントロニクス の隆盛に代表されるように、物質内のスピン状態を精密に把握する要望が大きく、中性子、ミュオン、陽電子等のスピン偏極度を制御したビームを用いて、物質の局所的磁気構造を高精度で観測する技術開発に対し期待が高まっている。特に陽電子は、物質に対して正の結晶ポテンシャルを有すること、即ち物質から斥力を受けるため、物質最表面の原子配列やスピン状態をモデルフリーで決定できるという特長を有し、世界最高強度 ($10^{10} e^+ / \text{sec}$ オーダー) 陽電子ビーム施設の整備並びに偏極陽電子ビームの生成・制御・利用技術の開発は今後注力すべき重要トピックとみなされ、その実現に向けた資源配分、人材戦略が求められている。

産業応用面では、各種材料の信頼性・耐久性評価及び性能向上に係る可視化技術開発に対する強い要望から、中性子や X 線等を利用した、実働過程における機能・構造材料の 3 次元応力・ひずみ分布の可視化・その場観測技術、局所的金属組成分析や金属部品内微細構造の 3 次元可視化計測技術等に注目が集まっている。これらを実現するためのハード面では、細目「加速器、素粒子・原子核」のトピックとして掲載されているパルス極冷中性子源や大強度中性子発生 (中性子束 $5 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 / \text{sec}$) 研究用原子炉の整備に加え、これを利用した中性子集束計測技術 (中性子マイクロビーム、偏極中性子顕微鏡等) の開発等に期待したい。

また、実使用環境下で各種材料・デバイスに生じる現象を時系列で直接観察する「オペランド解析」にも関心が高まっており、放射光やレーザー等を用いて結晶成長中・デバイス動作下など実際の製造・使用条件下で、材料構造を原子レベルで測定する計測・分析技術開発の有用性が本調査結果で裏付けられた。一方、量子ビームを加工・解析手法として活かす観点から、高性能反応・分離膜、単一発光量子デバイス、疾病診断チップ、再生医療デバイス等の先端機能材料開発への応用を想定した、単一イオンの飛跡を利用した機能付与、荷電粒子ビーム複合照射による微細加工・表面機能化技術が、国際競争力の高い優れた技術として注視されており、その実現に向けた戦略的取り組みが望まれる。

異なる量子ビームの特長を活かした複数の量子ビームの相補的・複合的利用による多角的観察・加工技術開発の取り組みは、科学技術イノベーション創出の観点から最も期待が大きい。関連する個別トピックとして挙げられている複数の量子ビーム (中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等) を同一試料の同一位置に再現性良く同時に照射することで、複雑系や領域依存性の高い物質の原子構造・電子状態や一過性の過渡現象を複合的手法で多角的かつ精密に分析・解析・観察する技術、並びに複数の量子ビームを複合的・相補的に利用して nm~mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術については、世界をリードする技術として重要視されている。

本調査を通して、ビーム応用技術は、国民生活に密着した医療、農業分野において極めて有望視されていることがあらためて浮き彫りになった。精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な ^{211}At 等の放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術、生体細胞塊内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術及び三次元的な局所線量付与分布を正確に計測・推定する技術、イオンビーム等による突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、目的の突然変異を確実に獲得する技術等のトピックは、重要性が非常に高い上、技術的な非連続性が高く、イノベーション創出につながるものと予期されることから、様々な施策を通して早期に社会実装を目指すべきと言えよう。

原子力エネルギー開発への寄与が期待される核物理・化学分野でも、ビーム応用技術は有用視されている。大強度陽子加速器を利用した加速器駆動原子炉及び核変換技術、長寿命核種 ^{135}Cs の核変換による無害化に向けた高強度 THz パルスによる Cs 同位体選択分離技術、イオン加速器と高強度レーザーの融合で短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術等が注目され、社会受容は考慮すべきものの、新たな原子力技術を切り拓くものとして期待は高まりつつある。

(3) 今後の展望

ビーム応用は、我が国にとって、科学技術と社会の両面から重要性が高いとの調査結果が得られており、トピックの非連続性の観点から、イノベーションを引き起こす革新的技術とも捉えられている。さらに、我が国における量子ビーム科学技術のアクティビティが高いことを反映して、調査結果においても国際競争力が極めて高いと評価され、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の上位 20 トピックのうち半数を当該細目関連トピックが占めた。また、技術的実現から社会実装までの期間は比較的短く、開発技術を早期に社会に還元できると期待されていることが読み取れる。これらを総合すると、当該細目「ビーム応用：中性子・ミュオン・荷電粒子等」は、「ビーム応用：放射光」とともに、我が国として取り組むべき最も重要な技術領域であると言える。

科学基盤の中核をなす本技術領域を伸展させるためには、適切な資源配分と人材戦略により、世界最先端の量子ビーム施設・設備を計画的に整備・増強して、量子ビーム施設群と利用技術研究者から構成する「量子ビームプラットフォーム」を構築し、量子ビームの高品位化、複合的・相補的利用を含むビーム利用技術の開発・高度化を絶え間なく推し進めるとともに、定常的・安定的な施設の運転や技術支援を行い、世界最高レベルの量子ビーム技術を産学官に幅広く提供していく必要がある。さらに、量子ビームの優れた機能を総合的に活用した先導的研究への戦略的投資により、基礎から応用にわたる広範な分野における革新的成果の創出を促し、幅広い発信・普及を通して、我が国の科学技術・学術の発展、地域・産業の振興、次代を担う若手人材の育成等に結び付けることが肝要である。

(南波 秀樹、伊藤 久義)

4. 1. 9. 計算科学・シミュレーション

(1) 本細目の検討範囲

実験、理論に次ぐ第三の学問的手法として計算科学・シミュレーション技術は自然科学のみならず社会科学の分野でも確立しつつある。また、産業界ではシミュレーションなしには製品開発が出来ない状況となっており、自動車、機械、材料、医薬品等の大企業はもちろん、中小企業においても CAD/CAM の活用は急速に普及しているのが現状である。

こうした計算科学・シミュレーション技術を支えるものはハードウェアであり、ソフトウェアである。すでに我が国では、世界最高性能級のスパコン「京」が 2012 年 9 月より本格稼働し、産官学の研究者・技術者が利用できる環境にあり、2014 年度からはその後継プロジェクトとして、2020 年を目処に「京」の 100 倍の処理能力を有するシステムの開発を目指す“フラッグシップ 2020”が開始されている。これらのハードウェアの整備事業に並行して、その高性能性を十分に引き出すソフトウェアの研究開発も進められており、流体解析、構造解析、分子科学、物性科学、素粒子、気象、地震等の各分野で活用できるソフトウェアがすでに数十本開発され、だれでも利用できる状況になっている。さらに、我が国には「京」以外にも高性能スパコンが大学等に設置されているが、これらを高速ネットワークで相互接続し、有機的な利用も可能とする制度(革新的 HPCI)も施行されており、こうした環境によって「京」を中核とした産官学の HPC コミュニティーが構築されつつある。

シミュレーション技術は新しい原理原則の発見、ものづくりの高度化・迅速化に活用できるだけでなく、地震や津波、台風といった災害を引き起こす自然現象の影響評価とそれに基づく減災やビッグバン時点からの銀河の形成のような実験出来ない事象の研究、さらには経済現象や交通流、感染症伝播等の社会現象といった法則性(基礎方程式)が知られていない現象を解析することができる。これまでは実験を置き換える存在であったシミュレーション技術は、ハードウェア、ソフトウェアの飛躍的な進歩もあって、現在では科学技術・生産技術そのものを先導する時代となっている。

(2) 本細目のトピック

今回の調査結果では、ハードウェア的な項目については開発資源が律速するにせよ、短期間での実現が期待されているのに対して、ソフトウェア的な項目については人材戦略が課題であり、その成果の達成には長期間を要するだろうという傾向がみられる。これは一つには、ソフトウェアの研究開発に従事する人材が他国に比べて数量的に不足しているということだけでなく、供給側の学における育成の考え方と受け入れ側の産における人材に対する考え方とにミスマッチがあり、かならずしも適切なソフトウェア人材が必要十分には社会に供給されていない状況を反映しているものと思われる。また、この分野は新興分野であるだけに、キャリアパスに関する施策が今後より重要になると考えられる。

シミュレーション技術がもっとも力を発揮する分野の一つが実際に実験出来ない現象の解析である。しかしながら社会生活に密接する災害予測や材料劣化評価、動物実験を代替する技術、社会政策評価等の設問に対しては実現見通しが低い結果が得られている。従来のシミュレーション技術は、計算資源の貧弱さもあり、理想化された系を扱って現実系をどれだけ説明できるか、という面に注力してきたこともあり、現実の社会現象そのものの予測には受け入れがたい不安・不審を抱いているものと思われる。技術的にはここ数十年でシミュレーション環境は大きく変わり、現象の説明・解析から実験の代替・精密予測の段階に入っている。しかしその成果を実際に活用するにはシミュレーション技術の社会受容性を増す必要がある。

(3) 今後の展望

ハイエンド HPC 技術は諸外国では国家安全保障の観点から、すなわち国防・軍事技術として研究開発が進められており、とくに近年、この分野での中国の進展は著しく、システムの心臓部であるスパコン向け CPU も自国技術で開発中である。これらは数値核実験、高速飛翔体設計、暗号解析等に用いられているようである。一方、我が国のハイエンド HPC 技術は学問上あるいは産業上の課題を解決することを目的に研究開発・整備が進められている。民生技術から国防技術への転用としてのデュアルユースは、今後、広く議論が行われるべき内容であるが、民生技術が軍事技術より劣ってよいという理由はなく、科学技術を先導するためにも、今後も世界最高性能レベルのハイエンド HPC の環境整備は進めなければならない。

現代の社会活動の本質は情報のハンドリング(収集・加工・伝達)である。しかし、いわゆる情報化社会以前は、情報はモノを介在してしか扱うことが出来なかった。計算科学・シミュレーション技術は情報そのものを扱うことができる分野である。このため、感染症伝播、経済活動、交通流等の社会現象を情報の処理として直接扱うことができるが、その結果を受け取るべき社会にまだ受容性が十分には醸成されてはいないようである。人の活動にかかわる内容については倫理的な面も含めて、研究者・技術者のコミュニティーと一般市民のコミュニティーの間で認識を共有化し、社会的な合意形成を行う必要がある。そのためには国および HPC コミュニティーは広い意味での啓発活動・施策を実施すべきであると同時に、先端的な成果を早期に社会実装し、その事例(感染症拡散防止等の成功例)によって計算科学・シミュレーション技術の効果を国民に示すべきである。

我が国の産業競争力強化の面でも、HPC 技術は必要不可欠なものである。広くその利用環境を迅速に整備することは産業界全体にとっても重要なことであるが、その一方で、一企業で行うには投資負担が大きすぎる状況になっている。したがって科学技術および産業上の我が国の国家基盤インフラとして、当面は国が開発・整備し、その後、国から公的組織・非営利組織による運営・整備に移行していく方策が望まれる。このようなインフラ整備によって、中小企業も HPC 技術を活用することが出来、さらには計算科学・シミュレーション技術を活用した課題解決ビジネス等の新市場が切り開かれると期待される。

このようにしてハード、ソフト、利用環境が整備されれば、設計開発の超上流段階からシミュレーション技術を活用することが今後は当然のこととして進行すると思われる。産業界での利用においてはとくに解析結果の品質(解析品質)の吟味はなお一層重要になってくる。しかし、解析品質の研究は欧米に比べ我が国では取り組みが遅れているのが現状であり、この方面へのさらなる取り組みが必要である。一方で、今後の HPC の高性能化が主に演算処理の並列度の向上によって実現されることを考慮すれば、計算科学的には並列アルゴリズムの研

究開発が重要である。固有値問題のような標準的アルゴリズムが存在する問題に関しても並列化の観点や、さらにはクラウド的な観点も含めた新しいアルゴリズムの研究が進められるべきである。また、精度保証付き数値解析アルゴリズムも研究されなければならない。

(伊藤 聡)

4. 1. 10. 数理学・ビッグデータ

(1) 本細目の検討範囲

理論、実験、計算に次ぐ第四の科学としてデータ科学が昨今、言われており、とくに産業界からはビッグデータは広大なビジネスを提供する未開拓領域として期待が大きい。我が国では数学・数理学は基礎科学として扱われたこともあり、“忘れられた科学”とすら言われた時期もあった。しかし、2014年には、文部科学省は「数学イノベーション戦略」を策定し、数学・数理学が主導するイノベーションの在り方を公表した。また、数理学の研究開発を支援する「数学協働プログラム」の実施や、数理学と他分野を繋ぐ研究拠点形成事業を「世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)」の一つとして推進している。さらには九州大学マスコアインダストリ研究所をはじめいくつかの大学には応用数学に関する研究拠点が設置されている。データ解析に関しては統計数理研究所など実績のある研究施設もある。しかしながら研究人材に対しては課題があり、とくにデータ科学分野における人材不足は深刻で、米国での十分の一以下の学位取得者しか育成できていない状況にある。

ICT 技術、なかでもインターネットとウェアラブル・モバイルが急激に発達したため、医療現場や医薬品・新規材料の開発においてもビッグデータ解析が重要な役割を果たしている。バイオにおけるこの動きはバイオインフォマティクスとして20年以上前から活発化しているが、2011年6月に米国オバマ政権は米国における製造業振興政策としてマテリアルゲノムイニシアティブ(MGI)を打ち出した。この施策に基づき二次電池電極材料の開発などで成果が出始めている。我が国でもJST-CRDS等でマテリアルインフォマティクスの調査検討が行われてきたが、2014年度より開始された「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」においては、実施課題の一つとして設定されている。

産業界においては個々の物流データ・流通データを集約する仕組みはすでに確立していたが、さらに電子マネーの普及、携帯機器のGPS機能の活用によって個人行動のデータ化も可能となり、これらのデータを関連付けた扱いが新しいビジネスを生みつつある。こうした仕組みの基礎には数理学とくに数理モデル化理論の進展があることも見逃すことが出来ない。

(2) 本細目のトピック

ビッグデータ分野に関する動向調査は今回が初めてであるが、その重要度は高く認識されているものの、社会現象や人そのものにかかわる技術であるだけに、回答には環境整備の重要性を指摘する傾向がみられる。ビッグデータの出所の多くは個人活動に基づくものであるため、個人情報保護のみならず倫理性の観点からも、国民の間での合意形成が不可欠であるが、現状では不十分であると言わざるを得ないことを反映していると思われる。また、政策等の社会制度設計・評価におけるビッグデータ解析に関しては、従来の学問的分類では括りきれないものであり、現状ではあまり馴染みのないデータ駆動型科学の特徴が強く反映されることもあって、その実現には長期間かかる結果も得られている。これらを踏まえ、ビッグデータを活用することの社会的合意形成とともに、その結果の社会的受容性を高めることが必要である。

数理学・ビッグデータ解析は、急速に進展しつつある分野でもあるので、その技術実現および社会実装においても人材戦略の重要性を指摘する傾向がみられる。この分野の人材戦略には二つの面がある。第一に、諸外国に比べて数量的に劣っているデータサイエンティストの育成は我が国の喫緊の課題である。現実の課題に対して実データを用いたデータ解析を必要十分な形で行い、課題を解決できる研究者・技術者の層を厚くしな

ければならない。第二に、ビッグデータ解析では多くの場合、基礎方程式(法則性)がわかっておらず、解析方法そのものをまず開発する必要がある。これには純粋数学も含めた新しいモデル化理論を開拓できる研究人材の育成を行っていかなければならない。

(3) 今後の展望

ビッグデータ解析においては、大規模かつ網羅的なデータの収集とその活用が前提である。海外では Amazon、Google、Facebook 等がグローバルにデータの収集を進めており、これに対して我が国の産業界には強い危機感がある。一方で、匿名化した電子マネー利用データのビジネス応用に対して国民の間から強い批判が起きたことからわかるように、ビッグデータ解析ビジネスは今の段階では産業界としてはリスクの高い市場でもある。しかし、複雑な現象(たとえば健康増進の在り方や経済活動の推移等)では演繹的方法はもちろん、従来の帰納的手法ですら難しいように思われる。大量のデータの在り方やその関連性解析はこうした課題を解決できる可能性がある。すなわち“データに語る”必要がある。

こうした現状を踏まえ、国はデータ収集とその利用に関するガイドラインを早急に策定するとともに国民の理解増進にも努めるべきである。さらに公的機関は現状でも多くのデータを保有しているため、これらを研究活動および経済活動に利用できる制度を整備する必要がある。これには匿名化技術や新しい数理モデル化理論の研究も必要になるであろう。とくに多くのセンシングデバイスを用いて得られる多数の社会活動データを組み合わせることにより必然的に個人が同定される可能性がある反面、そうした多様なデータ収集と解析によって局所的かつ短時間に発生する自然災害の高い確率での予測・対応も可能になるため、ビッグデータ解析のメリットとリスクを広く議論し、早期の社会的合意を目指す必要がある。

我が国の科学技術力は優れたものであるが、今回の調査回答にもみられるように、要素技術に対しては技術実現性も社会実装性も高いが、一方でシステム技術やソリューション技術に関しては、日本は弱いところがある。ソリューション技術は既存技術の組み合わせ作業ではなく、解くべき課題が明確になっていること、その課題に対して正しい数理モデル化が行われること、その結果として定量的解析が行われ課題が解決できることが重要である。そのためには俯瞰的な視点に立って数理科学力を発揮する必要がある。現代社会はますます複雑化をきわめており、こうした作業を個人レベルで行うことが現実には難しくなっていることを鑑みると、現在設置されている学問的な数理科学の公的研究所では不十分であり、産業界と学界・大学等が等しく参画する新たな組織(たとえばデータソリューションセンターのようなもの)の設置を検討すべき時期に来ていると考えられる。

本分野は本動向調査の「計算科学・シミュレーション」分野と密接に関係おり、今後その区分は不要になるであろう。とくに網羅的にデータを収集し、現象を数理モデル化し、それを計算機で解析するという一連の流れにおいて、現状のHPCを活用した科学技術計算主導から trillion sensors universe と広域分散処理を基礎としたデータ駆動型のコグニティブコンピューティングへと移行していくと思われる。急速に進むこの技術革新に対して、産官学一体となって、基礎から応用まで研究開発に取り組むべきである。

(伊藤 聡)

4. 1. 11. 計測基盤

(1) 本細目の検討範囲

計測は「科学技術の母」と呼ばれる。「測れないものは作れない」のであり、知の形成も産業も成立しない。計測技術の進歩が科学技術を支えると同時に、しばしば最先端の計測技術が従来にない概念を生み出し科学技術の進歩を先導していく。本トピックでは、このような先端的・先導的な「計測基盤」に焦点を当てた。従来から、下支えとしての計測技術は取り上げられており、各分野に分散したトピックが設定されてきた。しかし、分野横断的な横串としての計測基盤は、それ自体が時代の最先端の科学技術の粋を集め、日本の科学技術を牽引すべ

きイノベーションの宝庫である。なかでも、近年の光科学技術の進展は目覚しく、誕生から 50 年を経たレーザーの進展に支えられ、情報通信、ナノ、ライフ、環境、エネルギーに至るあらゆる分野の共通基盤技術として、ますます存在感が増している。そこで、本トピック設定においては、計測基盤のうち、特に「光科学・光技術による計測基盤」を軸足として、広範な計測基盤の共通トピックを抽出することを目指した。その際には、偏りを恐れずに、より急速な進展が期待され、共通基盤としてのインパクトの大きいトピックスを挙げることに心を砕いた。これらのトピックは、光の高速・並列・高強度・精密性を使い尽くすことで、従来考えられなかったレベルの精密さで広範囲の物理量を扱えるようになってきたことを背景としている。これらの光源や周辺技術の進展により、イノベーションの牽引役としての計測基盤の役割はますます発展していくと期待される。

(2) 本細目のトピック

近年、計測技術の基盤となる光波制御技術に大きな革新があった。それは、「光コム(櫛)」と呼ばれる先端光源であり、20 世紀末に登場し 2005 年にノーベル物理学賞が与えられている「人類が手にした最も正確なものさし」である。それにより、全ての物理量の中で最も精密な周波数を軸とした光波制御技術の進展を生み出し、あらゆる基礎物理量の計測を統合する道筋が見えてきた。同時に、単なる超精密に留まらない技術領域のリンクや融合が実現し、基礎科学や情報通信、半導体、製造、安全、宇宙、環境、医療など広範な分野に従来想定できなかった革新的基盤ツールをもたらし始めている。これらの動向はまさに今後を占う軸となる横串にふさわしい技術であり、以下の具体的トピックが挙げられる。

まずは、基盤となる『先端光源技術』においては、光コムの革新に支えられ、電波、テラヘルツ波から光波、X 線領域に至る周波数領域の超高精度な電磁波の発生と、それらのコヒーレントなリンク技術が進展している。これらの光波を中心とした強度、周波数、位相などの自在な制御「光シンセサイザ技術」の進展が加速すると同時に、実用光源技術の進展が望まれる。これらの恩恵を直接的に受けるのが、『次世代標準』分野である。近年、光時計の圧倒的な高精度化が日本の先導で進展するなど、基礎科学の根幹に関わる重要なトピックスが進展すると同時に、遠隔利用技術など産業分野への普及も進行している。

次に、橋渡しとしてのミドルウェア技術である『高機能計測制御技術』の進展が不可欠で、今後、力を入れるべきレイヤーである。光コムなどの先端技術を生かした、未踏領域の超高精度、多次元性、超高ダイナミックレンジを持つ、自在な計測基盤技術の誕生が目前である。同時に新原理に基づく次世代計測技術の進展も期待される。さらに応用への実装には、『実用計測制御システム』が必要である。光ファイバー網や、光のポテンシャルを十分に生かしたオール光技術、マイクロシステム化などと同時に、低環境負荷、安全・安心、極限環境への適用性拡大などが重要となってくる。

最後に、個別応用分野の基盤技術が不可欠である。生体、医療やソフトマテリアル、環境、工業プロセス、宇宙・天文などの制約が大きい対象、半導体から宇宙までを自在に扱えるダイナミックレンジ、対象の特性に適應するアダプティブ性の獲得など先端的なトピックが多い。同時に、光コムを核とした分光、センシング、天文など分野融合的な新規トピックスの加速により、基盤技術の進展にフィードバックされていくことが期待される。

「計測基盤」は限られた数の調査項目に収まりきれない宿命にあり、アンケートにおいても、対象が広く予測として絞りにくいとの意見が寄せられた。しかし、逆に、取り上げられたトピックの重要性、発展性は明確で、また国として長期的視点に立って推進すべきとの結果が得られたといえる。特に、分野融合と国際連携を本質とすることから、研究開発を担う人材育成の重要性が挙げられた。これは、既存の分野別の教育システムの限界もあり、専門教育においても最先端の研究開発に即した On the Job Training 的な人材育成が望まれる。そのためには、短期的成果主義に偏らない研究開発資源の投入が必要で、技術のシーズ育成と人材育成を一体として推進できるような長期的視点に立った基盤の整備が望まれる。

(3) 今後の展望

本トピックで取り上げた新たな技術潮流は、それ自身の進展もさることながら、周辺分野に留まらず、より広範

な科学技術、そして社会のイノベーションを牽引していくものと期待される。そのためには、現状では、計測基盤研究とエンドユーザー研究の間に立ちだかるギャップを乗り越え「間をつなぐ技術」の研究開発が必要である。点から面への連携を推進し、真の分野融合がますます加速されると期待される。

以上のように、計測基盤は、その横串としての性格から、従来の出口に立脚した重点分野の切り口にはまりにくい面があった。これは、資源の投入に反映することから、研究開発の進展及び人材育成において重大な影響をもたらす。科学技術立国である日本には、産業・社会における現状の閉塞感を打ち破る独創的科学技術が世界から期待されており、将来のイノベーションの核となる計測基盤を長期的視点に立って推進することが、国の施策として求められる。

(美濃島 薫)

4. 2. アンケートの回収状況

宇宙・海洋・地球・科学基盤分野についての回答者内訳は以下のようになっている。

表 2-4-1 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	50人	職業	企業その他	481人	回答者の専門度の構成	高	14.9%
	30代	363人		学術機関	701人			
	40代	371人		公的研究機関	249人			
	50代	316人	職種	研究開発従事	1197人		中	26.1%
	60代	147人		管理・運営	156人			
	70代以上	19人		その他	77人			
	無回答	165人		無回答	1人		低	59.0%
				合計	1431人			

4. 3. 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、その前提として、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野において重要な細目についての議論を行い、これに基づいて、以下の細目を設定した。

表 2-4-2 本分野の細目の概要

細目名	概要
宇宙	宇宙利用・探査 宇宙物理
海洋	海洋観測・探査 生物資源、鉱物資源
地球	火山 地殻変動、地震
地球観測・予測	大気・植生・海洋観測 海象、気象 気候変動、水循環
加速器、素粒子・原子核	
ビーム応用:放射光	設備の省エネ化、省メンテナンス化、小型化、大強度・高輝度 電子状態・化学状態・磁気構造・タンパク質構造等解析、イメージング等
ビーム応用:中性子・ ミュオン・荷電粒子等	
計算科学・シミュレーション	データ同化、シミュレーション
数理科学・ビッグデータ	社会数理モデル 大規模データ保存・転送
計測基盤	光計測、計測標準

4. 4. トピックに関する設問について

4. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

①重要度の高いトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位20位まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「ビーム応用:放射光」関連トピックが10件、「地球」関連トピックが3件を占める。技術的実現時期は概ね2022年前後と予測されている。

表 2-4-3 重要度の高いトピック(上位20件)

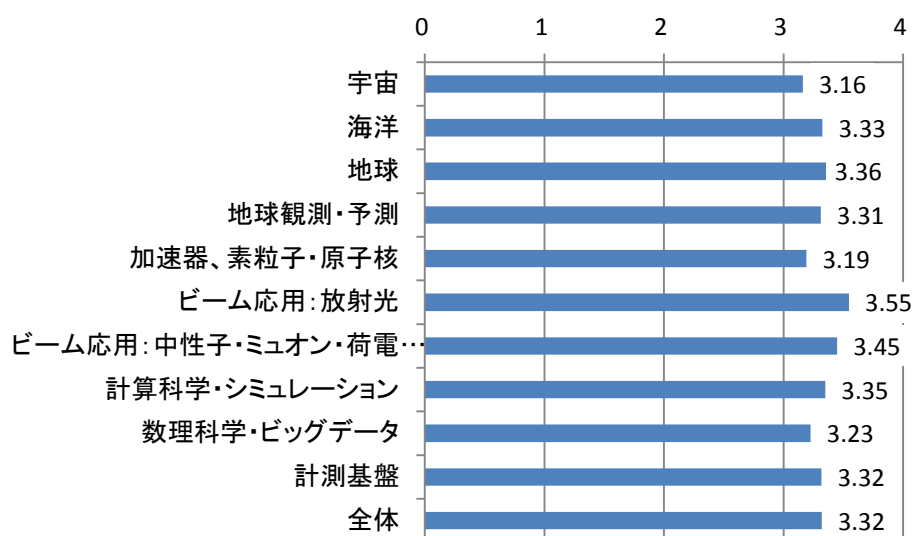
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
71	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートル・フェムト秒オーダーで観測する技術	3.68	2020	2022	ビーム応用: 放射光
30	全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価	3.67	2025	2030	地球
68	軟X線領域でSPring-8を凌駕する中型高輝度放射光施設(電子エネルギー3 GeV, 水平エミッタンス 1.2 nmrad 以下、輝度 10^{20} phs/s/mm ² /mrad ² /0.1%b.w.以上)	3.64	2020	2020	ビーム応用: 放射光
101	台風時の高潮・高波と降雨による内水・外水氾濫を統合して扱う沿岸災害予測	3.62	2025	2026	計算科学・ シミュレーション
79	原子力安全性向上のための水素処理触媒開発や廃炉のための燃料デブリ組成・状態分析に必要な、高線量放射性物質または高線量環境下試料の構造・化学状態を放射光で解析する技術	3.61	2020	2022	ビーム応用: 放射光
48	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雪、落雷、降雪等を予測する技術	3.60	2025	2025	地球観測・予測
69	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ps~fs オーダー分解能)放射光分析基盤	3.60	2020	2021	ビーム応用: 放射光
112	津波の即時評価と連動した避難指示システム	3.60	2020	2025	数理科学・ ビッグデータ
90	生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術	3.60	2020	2025	ビーム応用:中性 子・ミュオン・荷電 粒子等
72	ナノ分解能でミクロンオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの化学結合状態を3次元でイメージング可能な次世代X線顕微鏡	3.59	2020	2023	ビーム応用: 放射光
87	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによるAt211などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	3.58	2020	2025	ビーム応用:中性 子・ミュオン・荷電 粒子等
70	極低エミッタンス蓄積リングによる次世代の省コスト型・超高輝度放射光源	3.58	2020	2022	ビーム応用: 放射光

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
75	創薬や生命起源解明のためのナノメートルスケールでのタンパク質分子群可視化が可能な、先進的量子ビーム(放射光、レーザープラズマ X 線等)による超高速高解像 X 線顕微技術やコヒーレント X 線によるイメージング技術などの解析技術	3.58	2020	2025	ビーム応用: 放射光
19	自律無人探査機(AUV)により、完全自動化された調査を長期的(数か月)に実施する技術	3.57	2025	2025	海洋
40	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で高精度・高感度に観測する技術(GCOM-C で分解能 250m、観測幅 1000km 程度。GCOM-W で 1450km 程度。)	3.56	2021	2025	地球観測・予測
74	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	3.56	2020	2023	ビーム応用: 放射光
80	1 光子検出が可能な 2 次元 X 線検出器の高分解能化、高速化、大型化による低線量診断	3.55	2020	2024	ビーム応用: 放射光
73	サブナノメートル分解能からマイクロメートル分解能まで連続倍率可変な構造・化学状態・電子状態分析のための放射光イメージング技術	3.55	2020	2023	ビーム応用: 放射光
35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	3.55	2030	2030	地球
4	安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム	3.54	2025	2030	宇宙

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「ビーム応用:放射光」が 3.55 と最も大きく、次いで「ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等」が 3.45 であった。

図 2-4-1 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、重要度が低いと評価されたトピック(下位 5 位まで)は、次表に示す通りである。

表 2-4-4 重要度の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
38	地球内部で発生しているニュートリノを用いた地球内部の探査技術	2.90	2025	2030	地球
117	将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム	2.88	2025	2030	数理科学・ビッグデータ
66	クォーク 3 個またはクォーク・反クォーク対で構成される通常のハドロンとは異なるエキゾチックハドロン of 解明に資する加速器・測定器技術	2.71	2025	2025	加速器、素粒子・原子核
50	衛星搭載センサーで測定した大気上空の酸素の同位体比の情報を大気数値モデルのデータ同化に用い、天気予報の精度を向上させる技術	2.67	2025	2030	地球観測・予測
5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	2.63	2040	2040	宇宙

(2) 国際競争力

① 国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 位まで)は、以下のとおりである。細目別では、「ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等」関連トピックが 10 件、「ビーム応用: 放射光」の関連トピックが各 5 件占める。技術的実現時期は平均して 2022 年頃とするトピックが多い。

表 2-4-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

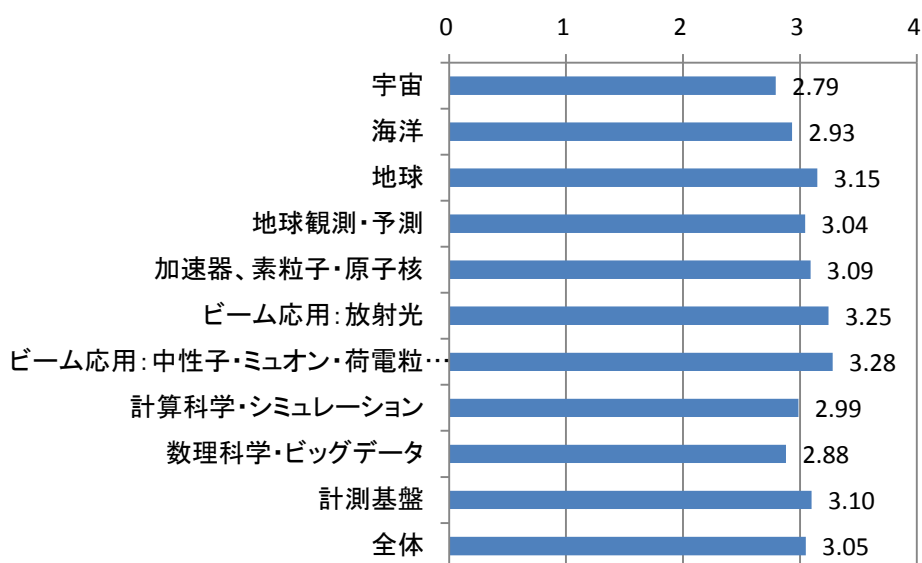
番号	トピック	国際 競争力	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
124	黒体輻射シフト抑制等により高精度化し、ジオイド計測に応用可能な 10^{-18} 精度の光格子時計	3.53	2022	2026	計測基盤
70	極低エミッタンス蓄積リングによる次世代の省コスト型・超高輝度放射光源	3.43	2020	2022	ビーム応用: 放射光
37	海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術	3.42	2020	2025	地球
68	軟 X 線領域で SPring-8 を凌駕する中型高輝度放射光施設(電子エネルギー 3 GeV, 水平エミッタンス 1.2 nrad 以下、輝度 10^{20} phs/s/mm ² /mrad ² /0.1%w.以上)	3.41	2020	2020	ビーム応用: 放射光
94	イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術	3.39	2025	2030	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
83	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	3.39	2020	2021	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
85	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を同一試料の同一位置に再現性よく、または同時に照射することで、複雑系や領域依存性の高い物質の原子構造・電子状態、一過性の過渡現象を複合的手法で多角的かつ精密に分析・解析・観察する技術	3.37	2025	2025	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
64	ニュートリノの CP 非対称性と質量階層性を解明するための大強度ニュートリノビーム生成技術及び大型ニュートリノ検出器技術	3.36	2025	2028	加速器、 素粒子・原子核

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
91	単一イオンの飛跡を利用した機能付与、荷電粒子ビーム複合照射による微細加工・表面機能化技術(高性能反応・分離膜、単一発光量子デバイス、疾病診断チップ、再生医療デバイス等への応用を想定)	3.34	2025	2030	ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
90	生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術	3.34	2020	2025	ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
71	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートル・フェムト秒オーダーで観測する技術	3.33	2020	2022	ビーム応用: 放射光
118	1秒間の演算速度が10エクサ=10 ¹⁹ 回を超えるスーパーコンピュータ	3.32	2022	2025	数理科学・ビッグデータ
86	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm～mmの幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術	3.32	2020	2025	ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
92	大強度中性子イメージング技術の高度化による、局所の金属組成分析や金属部品内微細構造の3次元可視化計測技術	3.32	2020	2024	ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
81	偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術	3.31	2020	2025	ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
88	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術	3.31	2025	2030	ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
73	サブナノメートル分解能からマイクロメートル分解能まで連続倍率可変な構造・化学状態・電子状態分析のための放射光イメージング技術	3.30	2020	2023	ビーム応用: 放射光
62	TeV級の電子・陽電子コライダー技術	3.29	2025	2028	加速器、素粒子・原子核
75	創薬や生命起源解明のためのナノメートルスケールでのタンパク質分子群可視化が可能な、先進的量子ビーム(放射光、レーザープラズマX線等)による超高速高解像X線顕微技術やコヒーレントX線によるイメージング技術などの解析技術	3.28	2020	2025	ビーム応用: 放射光
39	海底測地測量技術	3.27	2025	2025	地球
84	偏極陽電子を生成・制御し、表面第1層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術	3.27	2020	2023	ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等

②細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等」が3.28と最も大きく、次いで「ビーム応用:放射光」が3.25となっている。

図 2-4-2 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 位まで)は、以下のとおりである。「宇宙」関連が3トピック含まれる。

表 2-4-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	2.70	2030	2035	計算科学・シミュレーション
3	衛星の直接踏査等による対象天体の地球外生命探査技術	2.62	2030	2030	宇宙
5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	2.58	2040	2040	宇宙
117	将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム	2.38	2025	2030	数理科学・ビッグデータ
2	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	2.32	2035	2040	宇宙

(3)不確実性

①不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「計算科学・シミュレーション」、「地球」、「宇宙」の関連トピックがいずれも 5 件を占める。技術的実現時期は 2028 年前後と予測するトピックが多い。

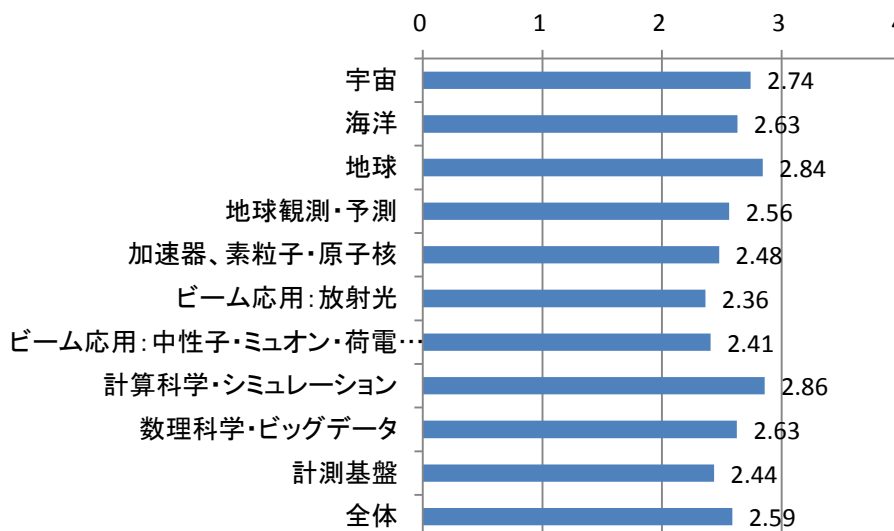
表 2-4-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
34	M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	3.61	2030	2032	地球
35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	3.51	2030	2030	地球
5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	3.33	2040	2040	宇宙
102	ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション	3.25	2025	2030	計算科学・シミュレーション
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	3.18	2030	2031	宇宙
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	3.14	2030	2035	計算科学・シミュレーション
100	衛星観測並びに地上観測に基づき、人間活動も考慮した陸面水循環モデルを用いたシミュレーションによる、数時間から数日先までの全世界の洪水や渇水の予測	3.11	2025	2030	計算科学・シミュレーション
2	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	3.09	2035	2040	宇宙
30	全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価	3.08	2025	2030	地球
3	衛星の直接踏査等による対象天体の地球外生命探査技術	3.06	2030	2030	宇宙
31	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術	3.06	2025	2030	地球
98	21 世紀末に至る全大陸上のエネルギー・水・物質(CO ₂ 等)の収支が推計され、再生可能エネルギーや食料、水などの資源、人間健康、生態系サービスに関して今後懸念される問題点が 1km といった超高解像度で明らかになるシステム	3.03	2027	2030	計算科学・シミュレーション
107	ほとんどの材料(開発対象となる材料の 90%程度)において、特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発	3.00	2030	2035	計算科学・シミュレーション
117	将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム	2.99	2025	2030	数理科学・ビッグデータ
63	100TeV 級の陽子・陽子コライダー技術	2.96	2030	2040	加速器、素粒子・原子核
114	非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム	2.96	2025	2026	数理科学・ビッグデータ
11	ダークマターが未知の粒子であるという仮説に基づき、そのような粒子を検出する技術	2.95	2025	2027	宇宙
49	短期の気象から長期の気候変動までを単一のモデルのフレームワークによって取り扱うシームレス予測技術	2.95	2025	2025	地球観測・予測
28	地球深部物質を汚染なしに取得するための大深度科学掘削技術	2.95	2025	2030	地球
48	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	2.94	2025	2025	地球観測・予測

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「計算科学・シミュレーション」が 2.86 と最も大きく、次いで「地球」が 2.84、「宇宙」が 2.74 などとなっている。

図 2-4-3 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「ビーム応用:放射光」のトピックが 2 件占める。

表 2-4-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
78	マイクロメートルの空間分解能、マイクロ秒以下の時間分解能での高エネルギー放射光による、レーザー加工中材料のその場時分割計測・分析技術	2.16	2020	2021	ビーム応用: 放射光
126	光ファイバーネットワークによる周波数リンク技術によって、高精度標準、基準信号、位置情報などを遠隔でも同等に利用できる技術(光キャリア周波数を用いたファイバーリンク技術、光コム伝送技術、タイミング同期による GPS 技術の高精度化、超高精度化技術など)	2.15	2021	2025	計測基盤
87	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	2.13	2020	2025	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
44	水産業等に利用するため、人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム	2.09	2021	2025	地球観測・予測
68	軟 X 線領域で SPring-8 を凌駕する中型高輝度放射光施設(電子エネルギー 3 GeV、水平エミッタンス 1.2 nrad 以下、輝度 10^{20} phs/s/mm ² /mrad ² /0.1%b.w. 以上)	1.96	2020	2020	ビーム応用: 放射光

(4) 非連続性

① 非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック（上位20件まで）は、以下のとおりである。細目別では、「ビーム応用：放射光」関連トピックが6件を占める。技術的実現時期は2026年前後と予測されているトピックが多い。

表 2-4-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

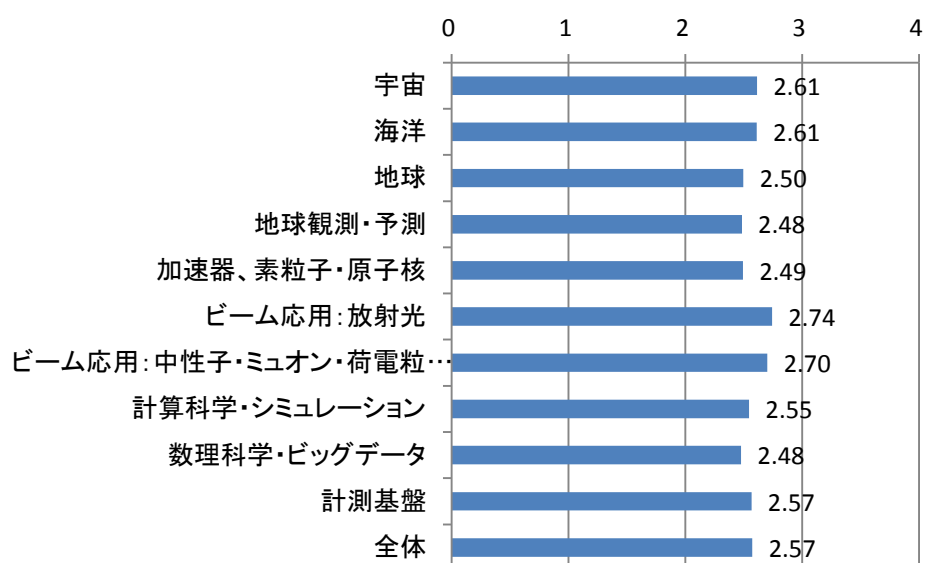
番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	3.18	2040	2040	宇宙
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	2.97	2030	2031	宇宙
54	レーザー駆動またはビーム駆動によるプラズマまたは誘電体航跡場を利用し、飛躍的な加速勾配を実現する新しい粒子加速技術(小型・可搬型の加速器・自由電子レーザー、アフターバーナー技術、高エネルギーコライダーへの展開)	2.96	2025	2030	加速器、素粒子・原子核
77	タンパク質 1 分子を試料として、その構造解析を行う X 線回折技術	2.94	2024	2025	ビーム応用：放射光
94	イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術	2.93	2025	2030	ビーム応用：中性子・ミュオン・荷電粒子等
93	放射性廃棄物中の長寿命核種 ^{135}Cs を核変換技術によって無害化するために必要となる Cs 同位体分離に向けた、高強度 THz パルスを用いた量子制御技術に基づく新しい物質分離手法(同位体選択的加熱)	2.89	2025	2030	ビーム応用：中性子・ミュオン・荷電粒子等
71	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	2.89	2020	2022	ビーム応用：放射光
75	創薬や生命起源解明のためのナノメートルスケールでのタンパク質分子群可視化が可能で、先進的量子ビーム(放射光、レーザープラズマ X 線等)による超高速高解像 X 線顕微技術やコヒーレント X 線によるイメージング技術などの解析技術	2.87	2020	2025	ビーム応用：放射光
83	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	2.87	2020	2021	ビーム応用：中性子・ミュオン・荷電粒子等
133	半導体の極限的な微細加工により可能となる光と物質の相互作用を用いた、通常のサイズの装置では考えにくい原理や性能を持つセンサー	2.87	2025	2030	計測基盤
34	M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	2.87	2030	2032	地球
69	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ps~fs オーダー分解能)放射光分析基盤	2.85	2020	2021	ビーム応用：放射光
2	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	2.84	2035	2040	宇宙
102	ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション	2.84	2025	2030	計算科学・シミュレーション

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	2.83	2030	2035	計算科学・シミュレーション
72	ナノ分解能でミクロンオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの化学結合状態を3次元でイメージング可能な次世代X線顕微鏡	2.82	2020	2023	ビーム応用: 放射光
11	ダークマターが未知の粒子であるという仮説に基づき、そのような粒子を検出する技術	2.82	2025	2027	宇宙
73	サブナノメートル分解能からマイクロメートル分解能まで連続倍率可変な構造・化学状態・電子状態分析のための放射光イメージング技術	2.81	2020	2023	ビーム応用: 放射光
88	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術	2.81	2025	2030	ビーム応用: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
107	ほとんどの材料(開発対象となる材料の90%程度)において、特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発	2.80	2030	2035	計算科学・シミュレーション

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「ビーム応用:放射光」が2.74と最も大きく、次いで「ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等」が2.70であった。

図 2-4-4 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位5件まで)は、以下のとおりである。「地球観測・予測」、「加速器、素粒子・原子核」等のトピックが含まれる。

表 2-4-10 非連続性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
32	火山噴火史を解明するため、5～10 万年前の年代測定精度を向上させる技術	2.22	2025	2025	地球
47	降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術	2.18	2023	2026	地球観測・予測
44	水産業等に利用するため、人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム	2.17	2021	2025	地球観測・予測
66	クォーク 3 個またはクォーク・反クォーク対で構成される通常のハドロンとは異なるエキゾチックハドロン of 解明に資する加速器・測定器技術	2.09	2025	2025	加速器、 素粒子・原子核
67	ハドロン of 構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)	2.07	2025	2027	加速器、 素粒子・原子核

(5) 倫理性

① 倫理性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位 20 件)は、以下のとおりである。細目別では、「数理科学・ビッグデータ」関連トピックが 6 件、「宇宙」の関連トピックが各 4 件を占める。技術的実現時期は平均して 2025 年頃とするトピックが多い。

表 2-4-11 倫理性の高いトピック(上位 20 件)

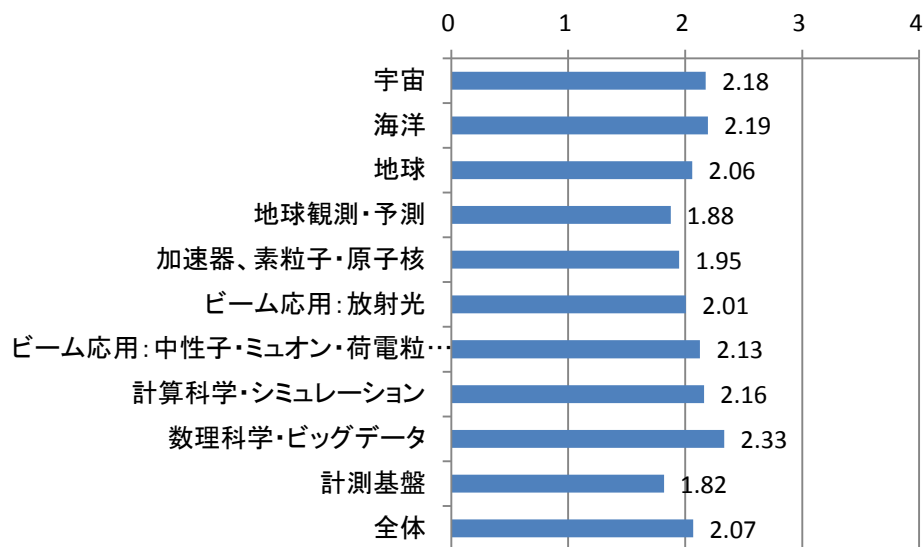
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	2.94	2030	2035	計算科学・ シミュレーション
117	将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム	2.80	2025	2030	数理科学・ ビッグデータ
88	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術	2.79	2025	2030	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
111	災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション	2.77	2020	2025	数理科学・ ビッグデータ
55	大強度陽子加速器を利用した加速器駆動原子炉及び核変換技術	2.72	2030	2035	加速器、 素粒子・原子核
7	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム	2.69	2025	2025	宇宙
2	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	2.63	2035	2040	宇宙
114	非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム	2.62	2025	2026	数理科学・ ビッグデータ
115	観測データ、センサーデータ、ソーシャルメディアデータ等を統合した自然災害・被害状況の把握	2.58	2022	2025	数理科学・ ビッグデータ

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
26	メタンハイドレートの経済的な採取技術	2.56	2025	2030	海洋
3	衛星の直接踏査等による対象天体の地球外生命探査技術	2.51	2030	2030	宇宙
113	現在地及び避難経路の被災状況（現状及び予測）に関する大量の定型・非定型情報を統合して、適切な避難場所まで誘導するシステム	2.48	2020	2025	数理学・ビッグデータ
90	生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術	2.44	2020	2025	ビーム応用： 中性子・ミュオン・荷電粒子等
87	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	2.43	2020	2025	ビーム応用： 中性子・ミュオン・荷電粒子等
112	津波の即時評価と連動した避難指示システム	2.43	2020	2025	数理学・ビッグデータ
23	超小型電子チップ埋め込み等の技術を用いた海洋（深海含む）におけるバイオリギング技術	2.37	2020	2025	海洋
79	原子力安全性向上のための水素処理触媒開発や廃炉のための燃料デブリ組成・状態分析に必要な、高線量放射性物質または高線量環境下試料の構造・化学状態を放射光で解析する技術	2.37	2020	2022	ビーム応用： 放射光
28	地球深部物質を汚染なしに取得するための大深度科学掘削技術	2.33	2025	2030	地球
18	海洋中の距離 10,000m で、100kbps を超える高速通信技術	2.30	2025	2030	海洋
6	宇宙太陽光発電システム	2.29	2030	2035	宇宙

②細目別の課題の倫理性

細目別の平均でみた場合、「数理学・ビッグデータ」が 2.33 と最も大きくなっている。

図 2-4-5 トピックの倫理性（細目別：指数）



③倫理性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位5件まで)は、以下のとおりである。「加速器、素粒子・原子核」、「計測基盤」の各2件が含まれる。

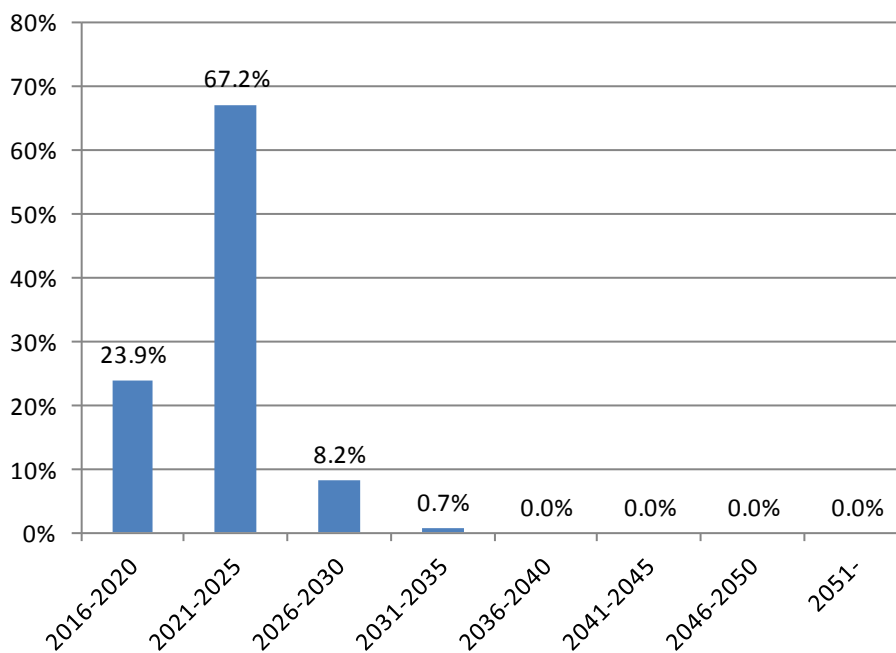
表 2-4-12 倫理性の低いトピック(下位5件)

番号	トピック	倫理性	技術的実現時期	社会実装時期	細目
51	波長変換や非線形屈折率変化等の非線形現象を用いた新たなX線光学素子	1.70	2022	2025	加速器、素粒子・原子核
126	光ファイバーネットワークによる周波数リンク技術によって、高精度標準、基準信号、位置情報などを遠隔でも同等に利用できる技術(光キャリア周波数を用いたファイバーリンク技術、光コム伝送技術、タイミング同期によるGPS技術の高安定化、超高精度化技術など)	1.69	2021	2025	計測基盤
132	デバイス集積化のための微小領域の変位絶対計測(ピコメートル精度、ミリメートル範囲、真空中および大気中)	1.66	2020	2025	計測基盤
47	降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術	1.65	2023	2026	地球観測・予測
67	ハドロン構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)	1.61	2025	2027	加速器、素粒子・原子核

4. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通り、2021～2025年がピークとなっている。

図 2-4-6 技術的実現予測時期の分布



技術的実現予測時期別のトピック数は下表の通りである。「ビーム応用:放射光」細目のトピックは、他の細目に比べて早い時期の技術的実現を予測されている。逆に「宇宙」細目のトピックは、若干、技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 2-4-13 技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
宇宙		8	4	1	1			
海洋	2	11						
地球	1	9	2					
地球観測・予測		11						
加速器、素粒子・原子核	1	14	2					
ビーム応用:放射光	12	1						
ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等	8	6						
計算科学・シミュレーション		10	3					
数理科学・ビッグデータ	4	10						
計測基盤	4	11						
全体	32	91	11	1	1			

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かったトピック(上位 5 件)は以下の通りである。「地球」細目の関連トピックで、「実現しない」あるいは「わからない」などの回答比率が高いものがやや目立っている。

表 2-4-14 「実現しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的実現時期	細目
5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	2.63	41.0	2040	宇宙
34	M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	3.54	40.2	2030	地球
35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	3.55	28.0	2030	地球
102	ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション	3.28	24.7	2025	計算科学・シミュレーション
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	3.13	24.5	2030	計算科学・シミュレーション

表 2-4-15 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	3.17	36.7	2030	宇宙

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	3.55	36.0	2030	地球
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	3.13	32.1	2030	計算科学・シミュレーション
30	全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価	3.67	30.3	2025	地球
114	非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム	3.02	29.4	2025	数理科学・ビッグデータ

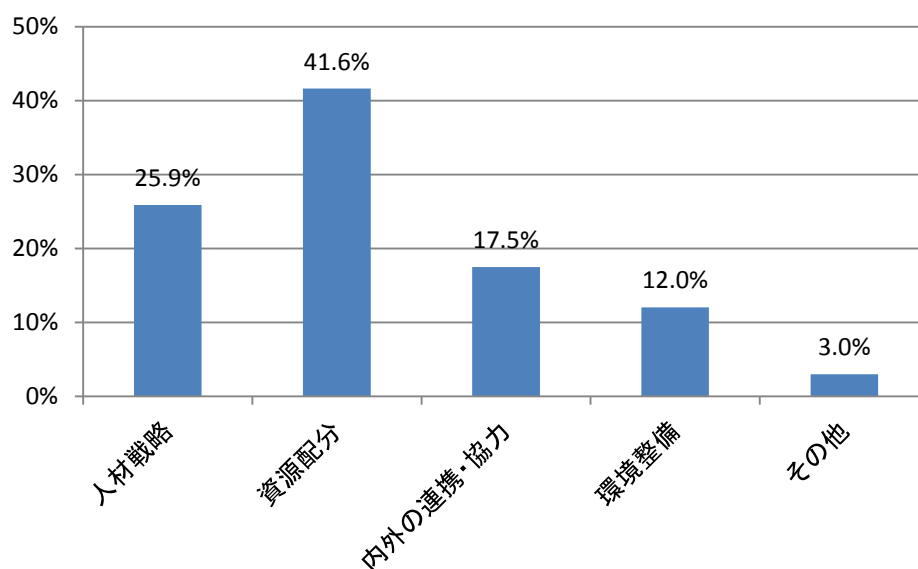
4. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「資源配分」(41.6%)であり、次いで「人材戦略」(25.9%)と続く。

図 2-4-7 技術的実現に向けた重点施策 (%)



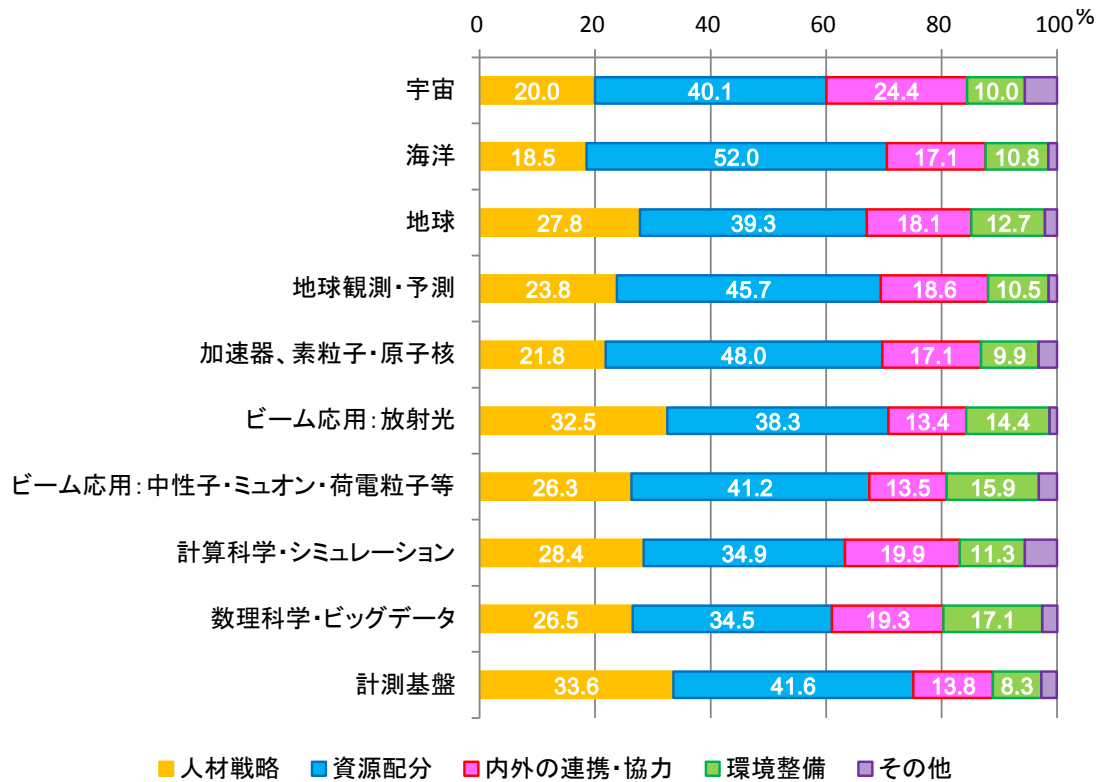
(2) 細目別の傾向

細目別では、「計測基盤」、「ビーム応用:放射光」、「計算科学・シミュレーション」等の細目では、トピックの技術的実現に向けた重要施策として、比較的多くの回答者が「人材戦略」と回答している。

また、「海洋」、「加速器、素粒子・原子核」などのトピックでは、重点施策として「資源配分」とする回答が比較的高い。

それ以外に、「宇宙」の細目のトピックでは「内外の連携・協力」、「数理科学・ビッグデータ」の細目のトピックでは「環境整備」とする回答が他の細目と比べ、高い。

図 2-4-8 技術的実現に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-4-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
51	波長変換や非線形屈折率変化等の非線形現象を用いた新たな X 線光学素子	47.5	2022	2025	加速器・素粒子・原子核
83	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	44.9	2020	2021	ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等
130	計測、伝送、信号処理からアクションまでをオール光でアダプティブに対応する、計測制御システム	42.2	2025	2027	計測基盤
74	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	40.1	2020	2023	ビーム応用:放射光
111	災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション	39.4	2020	2025	数理科学・ビッグデータ
39	海底測地測量技術	11.4	2025	2025	地球
87	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	10.6	2020	2025	ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等
4	安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム	10.2	2025	2030	宇宙
6	宇宙太陽光発電システム	8.1	2030	2035	宇宙

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
16	11,000m 級有人潜水船	4.5	2024	2025	海洋

②資源配分

技術的実現に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-4-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
16	11,000m 級有人潜水船	72.7	2024	2025	海洋
22	係留索を用いない定点時系列観測技術	66.7	2025	2025	海洋
39	海底測地測量技術	63.6	2025	2025	地球
19	自律無人探査機(AUV)により、完全自動化された調査を長期的(数か月)に実施する技術	62.2	2025	2025	海洋
61	高平均出力レーザーからテラワット・ペタワット級高ピークパワーレーザーまで、レーザー装置の小型化、高安定化、高耐久化及び信頼性向上のためのコヒーレント結合技術	62.1	2025	2030	加速器、素粒子・原子核
35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	20.9	2030	2030	地球
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	20.0	2030	2035	計算科学・シミュレーション
34	M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	17.6	2030	2032	地球
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	16.7	2030	2031	宇宙
111	災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション	10.6	2020	2025	数理科学・ビッグデータ

③内外の連携・協力

技術的実現に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-4-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
4	安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム	38.9	2025	2030	宇宙
63	100TeV 級の陽子・陽子コライダー技術	34.4	2030	2040	加速器、素粒子・原子核
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	33.3	2030	2031	宇宙
21	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術	30.3	2025	2025	海洋
98	21 世紀末に至る全大陸上のエネルギー・水・物質(CO ₂ 等)の収支が推計され、再生可能エネルギーや食料、水などの資源、人間健康、生態系サービスに関して今後懸念される	29.5	2027	2030	計算科学・シミュレーション

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
	問題点が 1km といった超高解像度で明らかになるシステム				
31	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術	8.2	2025	2030	地球
132	デバイス集積化のための微小領域の変位絶対計測(ピコメートル精度、ミリメートル範囲、真空中および大気中)	8.1	2020	2025	計測基盤
118	1 秒間の演算速度が 10 エクサ=10 ¹⁹ 回を超えるスーパーコンピュータ	8.0	2022	2025	数理学・ビッグデータ
60	非周期物質生命系研究とその産業応用拡大に資する、パルス極冷中性子源や大強度中性子発生(中性子束 5x10 ¹⁴ n/cm ² /sec) 研究用原子炉、及び中性子集束計測技術(中性子マイクロビーム、偏極中性子顕微鏡等)	7.1	2025	2030	加速器、素粒子・原子核
127	計測対象、環境、条件の変動に瞬時・自在・高精度・広帯域に対応し、目的の計測そのものを用いて変動要因を補正する技術	4.9	2022	2025	計測基盤

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-4-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
119	家庭でも利用できる、通信速度 1Tbps のネットワークインフラ	28.6	2022	2025	数理学・ビッグデータ
108	大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム	27.3	2020	2025	数理学・ビッグデータ
79	原子力安全性向上のための水素処理触媒開発や廃炉のための燃料デブリ組成・状態分析に必要な、高線量放射性物質または高線量環境下試料の構造・化学状態を放射光で解析する技術	23.7	2020	2022	ビーム応用：放射光
87	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	22.7	2020	2025	ビーム応用：中性子・ミュオン・荷電粒子等
82	中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ分布等を可視化し、その場観測する技術	21.7	2020	2022	ビーム応用：中性子・ミュオン・荷電粒子等
11	ダークマターが未知の粒子であるという仮説に基づき、そのような粒子を検出する技術	5.7	2025	2027	宇宙
61	高平均出力レーザーからテラワット・ペタワット級高ピークパワーレーザーまで、レーザー装置の小型化、高安定化、高耐久化及び信頼性向上のためのコヒーレント結合技術	5.2	2025	2030	加速器、素粒子・原子核
132	デバイス集積化のための微小領域の変位絶対計測(ピコメートル精度、ミリメートル範囲、真空中および大気中)	4.8	2020	2025	計測基盤
67	ハドロン構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)	2.6	2025	2027	加速器、素粒子・原子核

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
136	従来の手法では計測困難な材料(ソフトマテリアル等)の劣化診断や非破壊検査が可能な3次元イメージング技術(テラヘルツ領域で3次元空間分解能100um、光波領域でサブマイクロメートル)	2.6	2021	2025	計測基盤

⑤その他

技術的実現に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

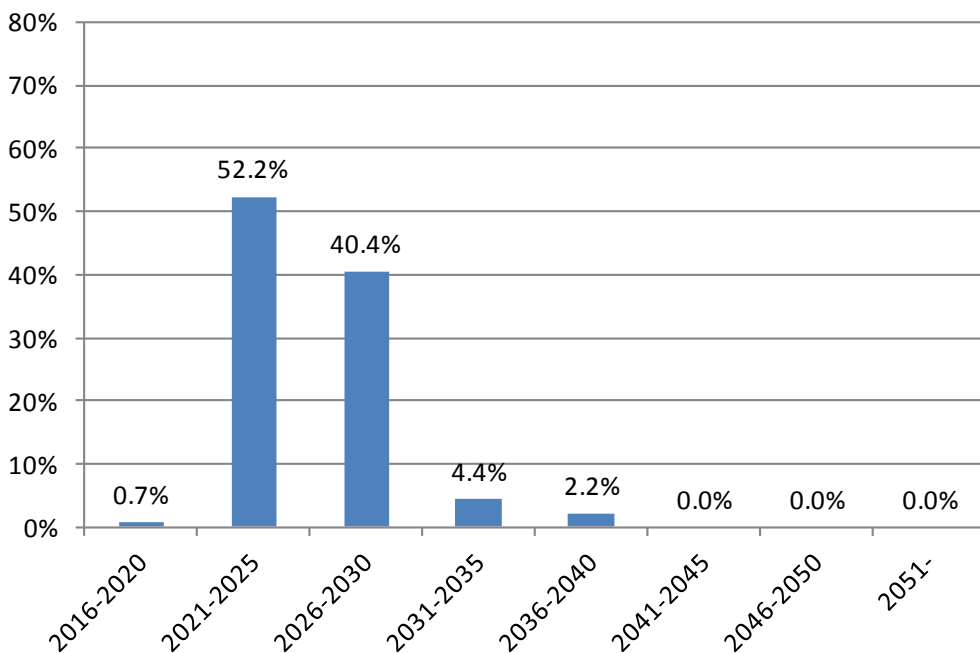
表 2-4-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	20.0	2030	2035	計算科学・シミュレーション
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	10.0	2030	2031	宇宙
5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	9.6	2040	2040	宇宙
11	ダークマターが未知の粒子であるという仮説に基づき、そのような粒子を検出する技術	8.6	2025	2027	宇宙
9	宇宙の商業利用(有人、超小型衛星など)の円滑な推進のための簡便で汎用可能な宇宙機管制システム	8.2	2025	2026	宇宙

4. 4. 4. 社会実装時期

社会実装予測時期の分布は下図の通りである。社会的実装時期は2021～2025年の間が半数超(52.2%)で最も多いが、2026～2030年の間も40.4%に達している。

図 2-4-9 社会実装時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。

「ビーム応用:放射光」、「ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等」の細目のトピックは、比較的社会実装予測時期が早くなっている。

表 2-4-21 社会実装予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
01. 宇宙		4	6	2	2			
02. 海洋		9	4					
03. 地球		3	8	1				
04. 地球観測・予測		8	3					
05. 加速器、素粒子・原子核		7	8	1	1			
06. ビーム応用:放射光	1	12						
07. ビーム応用:中性子・ミュオン・荷電粒子等		10	4					
08. 計算科学・シミュレーション		1	10	2				
09. 数理科学・ビッグデータ		9	5					
10. 計測基盤		8	7					
全体	1	71	55	6	3			

ここでは、実装時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かったトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

「地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター」や「M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術」細目の関連トピックで、「実装しない」との回答比率が高く、また、「ダークエネルギーの正体を解明する観測技術」、「基礎物理定数の精密測定に基づく、光子の運動量を単位とした極微小な質量測定や力測定技術」等の細目のトピックの中には、社会実装について「わからない」との回答比率の高いトピックが含まれる。

表 2-4-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	細目
5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	2.63	46.2	2040	宇宙
34	M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	3.54	43.9	2032	地球
63	100TeV 級の陽子・陽子コライダー技術	2.98	34.7	2040	加速器、素粒子・原子核
35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	3.55	32.0	2030	地球
102	ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション	3.28	31.5	2030	計算科学・シミュレーション

表 2-4-23 「わからない」の回答が多いトピック

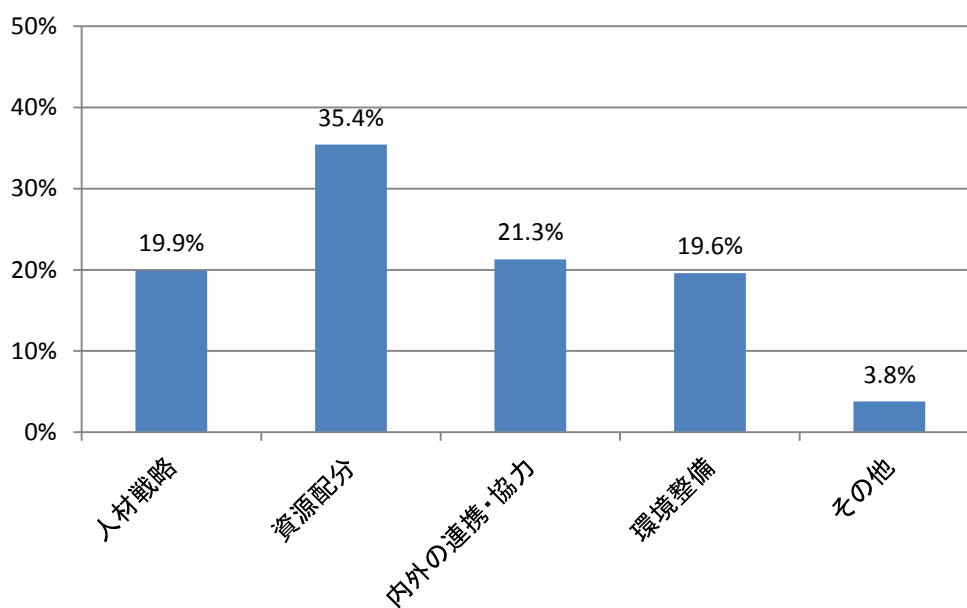
番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	3.17	44.9	2031	宇宙
125	基礎物理定数の精密測定に基づく、光子の運動量を単位とした極微小な質量測定や力測定技術	3.25	43.1	2030	計測基盤
114	非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム	3.02	41.2	2026	数理学・ビッグデータ
111	災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)をもたらす社会的影響のシミュレーション	3.08	38.3	2025	数理学・ビッグデータ
35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	3.55	37.3	2030	地球

4. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策として、最も回答が多いのは「資源配分戦略」(30.1%)であり、次いで、「内外の連携・協力」、「環境整備」等の細目が続く。

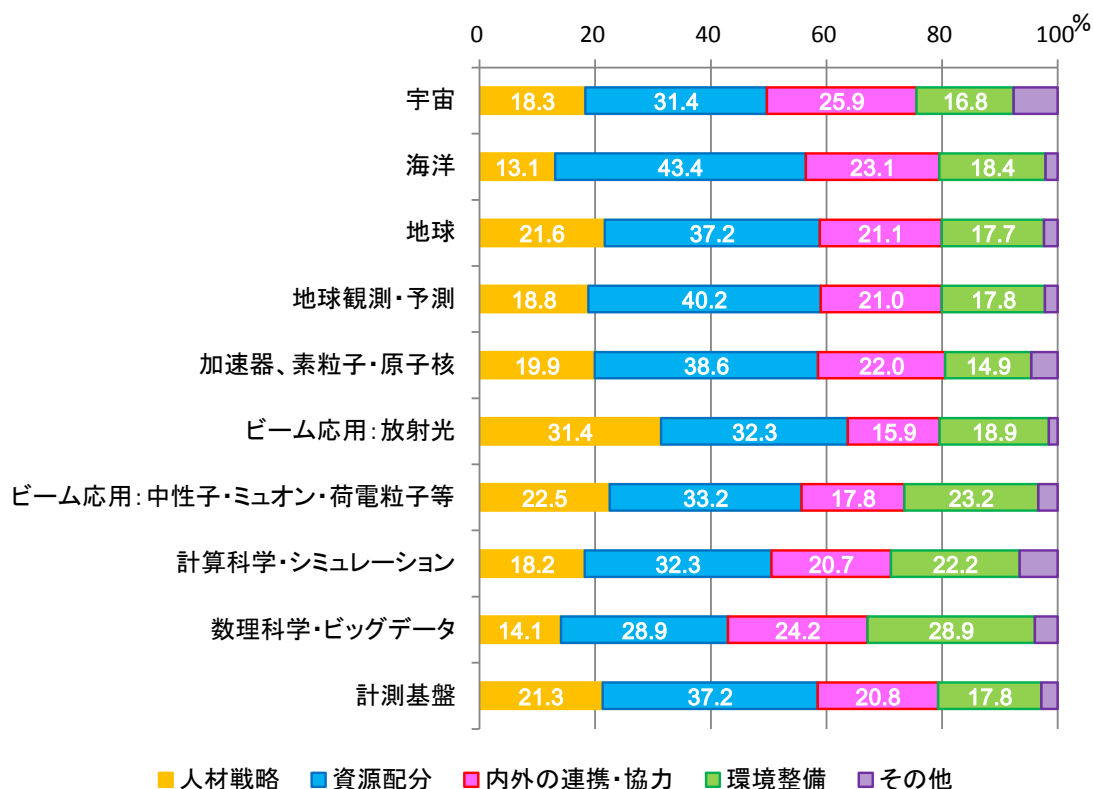
図 2-4-10 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

細目別では、「海洋」、「地球観測・予測」等のトピックの社会実装に向けて、「資源配分戦略」が必要との回答が比較的多い。また、「ビーム応用:放射光」は「人材戦略」、「宇宙」では「内外の連携・協力」、「数理学・ビッグデータ」では「環境整備」との回答が比較的多くなっている。

図 2-4-11 社会実装に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-4-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
51	波長変換や非線形屈折率変化等の非線形現象を用いた新たな X 線光学素子	37.3	2022	2025	加速器、素粒子・原子核
74	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	37.2	2020	2023	ビーム応用:放射光
67	ハドロン構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)	36.8	2025	2027	加速器、素粒子・原子核
72	ナノ分解能でマイクロオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの化学結合状態を 3 次元でイメージング可能な次世代 X 線顕微鏡	33.9	2020	2023	ビーム応用:放射光
76	酵素の反応機構を解明する時分割タンパク質解析技術	33.6	2020	2024	ビーム応用:放射光
109	数週間先までの雪氷災害発生予測に基づき、道路、交通、電力、農業施設等の事前対策を可能とするシステム	8.6	2023	2025	数理科学・ビッグデータ

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
121	年間 1 エксаバイトの割合で生成される実験データを記録・保存し、1Tbps 級のネットワークを通して世界中の大学・研究機関の研究者の利用に供する技術	7.5	2025	2027	数理科学・ビッグデータ
27	我が国の排他的経済水域における大水深下のレアアース・レアメタル探査及び採掘技術	7.2	2025	2030	海洋
108	大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム	7.0	2020	2025	数理科学・ビッグデータ
119	家庭でも利用できる、通信速度 1Tbps のネットワークインフラ	3.9	2022	2025	数理科学・ビッグデータ

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-4-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
37	海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術	57.8	2020	2025	地球
20	自律無人探査機(AUV)同士が協調して作業する技術	56.6	2025	2025	海洋
118	1 秒間の演算速度が 10 エкса = 10^{19} 回を超えるスーパーコンピュータ	55.6	2022	2025	数理科学・ビッグデータ
18	海洋中の距離 10,000m で、100kbps を超える高速通信技術	54.2	2025	2030	海洋
43	東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能 30m で常時観測する技術	53.4	2025	2025	地球観測・予測
108	大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム	18.0	2020	2025	数理科学・ビッグデータ
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	17.0	2030	2031	宇宙
114	非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム	17.0	2025	2026	数理科学・ビッグデータ
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	15.6	2030	2035	計算科学・シミュレーション
111	災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション	7.9	2020	2025	数理科学・ビッグデータ

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-4-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
63	100TeV 級の陽子・陽子コライダー技術	38.8	2030	2040	加速器、 素粒子・原子核
45	30km 程度の格子間隔で、表面から海底までの水温、塩分、溶存酸素、栄養塩、全炭酸を高精度で自動計測する技術	38.3	2025	2029	地球観測・予測
21	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術	36.5	2025	2025	海洋
4	安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム	35.8	2025	2030	宇宙
2	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	35.3	2035	2040	宇宙
127	計測対象、環境、条件の変動に瞬時・自在・高精度・広帯域に対応し、目的の計測そのものを用いて変動要因を補正する技術	9.8	2022	2025	計測基盤
118	1 秒間の演算速度が 10 エкса=10 ¹⁹ 回を超えるスーパーコンピュータ	9.7	2022	2025	数理学・ ビッグデータ
79	原子力安全性向上のための水素処理触媒開発や廃炉のための燃料デブリ組成・状態分析に必要な、高線量放射性物質または高線量環境下試料の構造・化学状態を放射光で解析する技術	9.6	2020	2022	ビーム応用: 放射光
119	家庭でも利用できる、通信速度 1Tbps のネットワークインフラ	6.8	2022	2025	数理学・ ビッグデータ
94	イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術	6.0	2025	2030	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-4-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
119	家庭でも利用できる、通信速度 1Tbps のネットワークインフラ	49.5	2022	2025	数理学・ ビッグデータ
87	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	46.9	2020	2025	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
108	大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム	44.5	2020	2025	数理学・ ビッグデータ
55	大強度陽子加速器を利用した加速器駆動原子炉及び核変換技術	35.7	2030	2035	加速器、 素粒子・原子核

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
126	光ファイバーネットワークによる周波数リンク技術によって、高精度標準、基準信号、位置情報などを遠隔でも同等に利用できる技術(光キャリア周波数を用いたファイバーリンク技術、光コム伝送技術、タイミング同期による GPS 技術の高安定化、超高精度化技術など)	34.3	2021	2025	計測基盤
51	波長変換や非線形屈折率変化等の非線形現象を用いた新たな X 線光学素子	8.5	2022	2025	加速器、素粒子・原子核
65	ニュートリノと反ニュートリノが同じ粒子か異なる粒子かを検証するための大型検出器技術	8.0	2025	2025	加速器、素粒子・原子核
13	重力波を直接観測する技術	7.8	2025	2030	宇宙
61	高平均出力レーザーからテラワット・ペタワット級高ピークパワーレーザーまで、レーザー装置の小型化、高安定化、高耐久化及び信頼性向上のためのコヒーレント結合技術	5.2	2025	2030	加速器、素粒子・原子核
67	ハドロンの構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)	2.6	2025	2027	加速器、素粒子・原子核

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

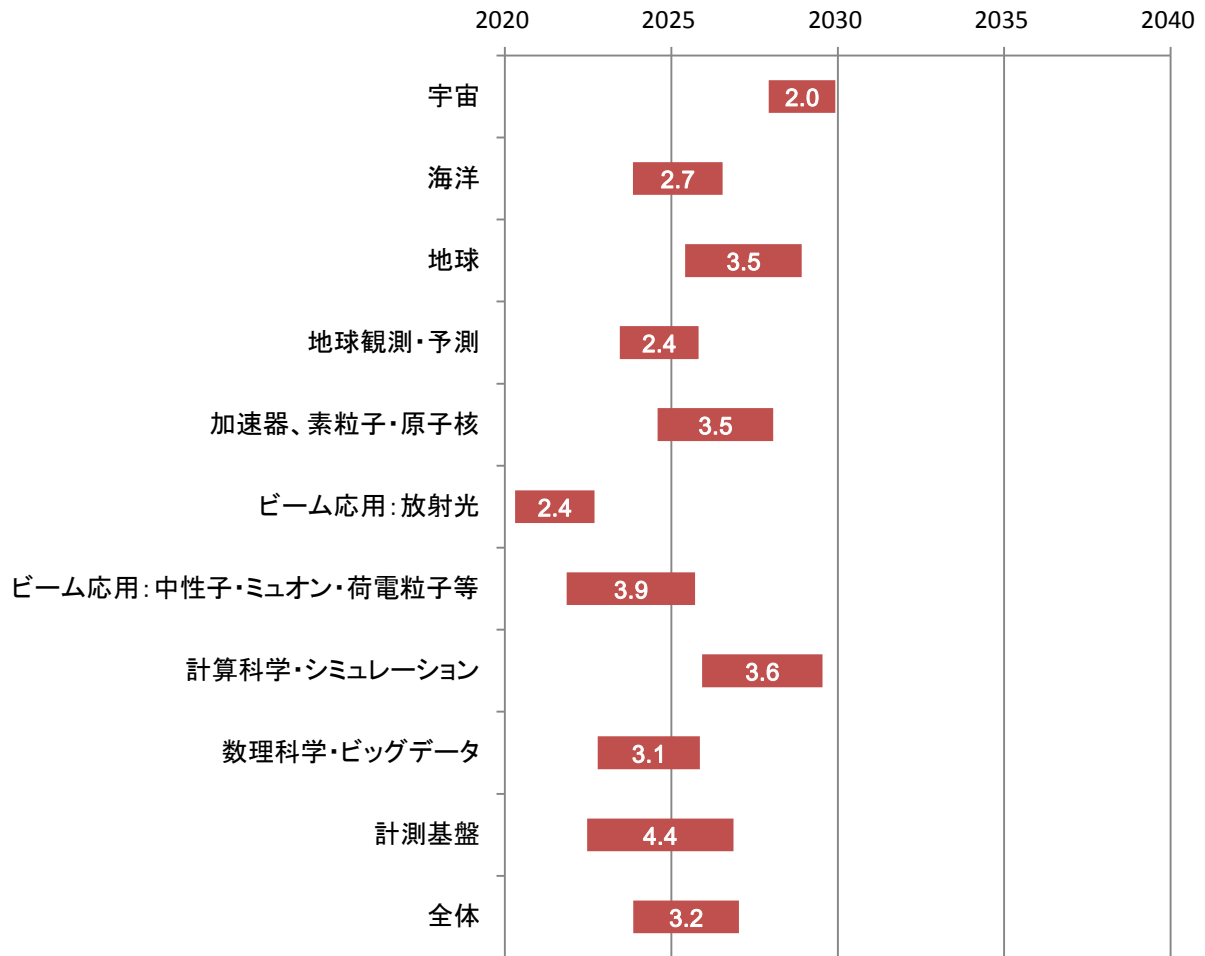
表 2-4-28 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	20.0	2030	2035	計算科学・シミュレーション
13	重力波を直接観測する技術	14.7	2025	2030	宇宙
11	ダークマターが未知の粒子であるという仮説に基づき、そのような粒子を検出する技術	13.1	2025	2027	宇宙
12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	12.5	2030	2031	宇宙
14	宇宙線ミュオンを用いたイメージング技術	9.6	2026	2025	宇宙
102	ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション	9.6	2025	2030	計算科学・シミュレーション

4. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間

技術的実現から社会実装までの期間を細目別にみると、「計測基盤」が 4.4 年と最も長い一方で、「宇宙」は 2.0 年、「地球観測・予測」、「ビーム応用:放射光」の細目は 2.4 年と比較的短くなっている。

図 2-4-12 技術的実現から社会実装までの期間(年)



技術的実現から社会実装までの期間の長いトピック(上位 57 件)および期間の短いトピック(下位 23 件)は、それぞれ以下のとおりである。

表 2-4-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
63	100TeV 級の陽子・陽子コライダー技術	2030	2040	10	加速器、 素粒子・原子核
52	現行に比べ 70%以上の省エネルギー・省メンテナンス型の X 線光源	2022	2028	6	加速器、 素粒子・原子核
122	電波領域からテラヘルツ、赤外光、可視光、UV、X 線領域までの広帯域コヒーレント周波数リンク技術	2024	2030	6	計測基盤
1	宇宙利用を低コストで実現できるシステム(再使用型輸送システム、衛星等への燃料補給・修理点検・機器交換などのサービス技術等)	2025	2030	5	宇宙
2	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	2035	2040	5	宇宙
4	安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム	2025	2030	5	宇宙
6	宇宙太陽光発電システム	2030	2035	5	宇宙

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
13	重力波を直接観測する技術	2025	2030	5	宇宙
15	海面から海底までのCO ₂ を測定可能なセンサー	2020	2025	5	海洋
18	海洋中の距離10,000mで、100kbpsを超える高速通信技術	2025	2030	5	海洋
23	超小型電子チップ埋め込み等の技術を用いた海洋(深海含む)におけるバイオリギング技術	2020	2025	5	海洋
25	深海環境を再現し生物を大規模に飼育する技術	2025	2030	5	海洋
26	メタンハイドレートの経済的な採取技術	2025	2030	5	海洋
27	我が国の排他的経済水域における大水深下のレアアース・レアメタル探査及び採掘技術	2025	2030	5	海洋
28	地球深部物質を汚染なしに取得するための大深度科学掘削技術	2025	2030	5	地球
29	人工衛星及び海洋・海中センサー等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム	2025	2030	5	地球
30	全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価	2025	2030	5	地球
31	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術	2025	2030	5	地球
33	火山噴火に伴う津波や融雪災害の発生予測・評価技術	2025	2030	5	地球
36	地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術	2025	2030	5	地球
37	海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術	2020	2025	5	地球
38	地球内部で発生しているニュートリノを用いた地球内部の探査技術	2025	2030	5	地球
50	衛星搭載センサーで測定した大気上空の酸素の同位体比の情報を大気数値モデルのデータ同化に使い、天気予報の精度を向上させる技術	2025	2030	5	地球観測・予測
53	産業用自由電子レーザー(FEL)ベースEUVリソグラフィ光源	2020	2025	5	加速器、 素粒子・原子核
54	レーザー駆動またはビーム駆動によるプラズマまたは誘電体航跡場を利用し、飛躍的な加速勾配を実現する新しい粒子加速技術(小型・可搬型の加速器・自由電子レーザー、アフターバーナー技術、高エネルギーコライダーへの展開)	2025	2030	5	加速器、 素粒子・原子核
55	大強度陽子加速器を利用した加速器駆動原子炉及び核変換技術	2030	2035	5	加速器、 素粒子・原子核
60	非周期物質生命系研究とその産業応用拡大に資する、パルス極冷中性子源や大強度中性子発生(中性子束 $5 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$)研究用原子炉、及び中性子集束計測技術(中性子マイクロビーム、偏極中性子顕微鏡等)	2025	2030	5	加速器、 素粒子・原子核
61	高平均出力レーザーからテラワット・ペタワット級高ピークパワーレーザーまで、レーザー装置の小型化、高安定化、高耐力化及び信頼性向上のためのコヒーレント結合技術	2025	2030	5	加速器、 素粒子・原子核
75	創薬や生命起源解明のためのナノメートルスケールでのタンパク質分子群可視化が可能な、先進的量子ビーム(放射光、レーザープラズマX線等)による超高速高解像X線顕微技術やコヒーレントX線によるイメージング技術などの解析技術	2020	2025	5	ビーム応用: 放射光
81	偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術	2020	2025	5	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
86	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm～mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術	2020	2025	5	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
87	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	2020	2025	5	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
88	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術	2025	2030	5	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
90	生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術	2020	2025	5	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
91	単一イオンの飛跡を利用した機能付与、荷電粒子ビーム複合照射による微細加工・表面機能化技術(高性能反応・分離膜、単一発光量子デバイス、疾病診断チップ、再生医療デバイス等への応用を想定)	2025	2030	5	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
93	放射性廃棄物中の長寿命核種 135Cs を核変換技術によって無害化するために必要となる Cs 同位体分離に向けた、高強度 THz パルスを用いた量子制御技術に基づく新しい物質分離手法(同位体選択的加熱)	2025	2030	5	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
94	イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術	2025	2030	5	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
97	1km といった超高解像度の気象大循環モデルを用いた、20世紀初頭から21世紀末に至るグローバルな気候変動の数値シミュレーション	2025	2030	5	計算科学・ シミュレーション
99	衛星からの水面高度計測や氾濫面積計測と数値モデルとを用いた逆解析により、河川の水深や流速を世界規模で広域に推計するシステム	2025	2030	5	計算科学・ シミュレーション
100	衛星観測並びに地上観測に基づき、人間活動も考慮した陸面水循環モデルを用いたシミュレーションによる、数時間から数日先までの全世界の洪水や渇水の予測	2025	2030	5	計算科学・ シミュレーション
102	ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション	2025	2030	5	計算科学・ シミュレーション
105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	2030	2035	5	計算科学・ シミュレーション
106	劣化に起因する事故を発生させない、大型工業製品(タービン、プラント、架橋等)等のシミュレーションによる劣化解析技術と高感度非破壊診断技術	2025	2030	5	計算科学・ シミュレーション
107	ほとんどの材料(開発対象となる材料の 90%程度)において、特性を要求値に適合させる逆問題的材料開発	2030	2035	5	計算科学・ シミュレーション
108	大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム	2020	2025	5	数理科学・ ビッグデータ
111	災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション	2020	2025	5	数理科学・ ビッグデータ
112	津波の即時評価と連動した避難指示システム	2020	2025	5	数理科学・ ビッグデータ
113	現在地及び避難経路の被災状況(現状及び予測)に関する大量の定型・非定型情報を統合して、適切な避難場所まで誘導するシステム	2020	2025	5	数理科学・ ビッグデータ

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
117	将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム	2025	2030	5	数理科学・ビッグデータ
123	平坦な広帯域スペクトル発生、位相レベルのタイミング制御、精密なモード操作・利用・合成など、個別応用ニーズに合わせて光波のあらゆるパラメータを自在に操作・制御して任意波形を発生させ、計測・物性科学等に応用する技術	2025	2030	5	計測基盤
125	基礎物理定数の精密測定に基づく、光子の運動量を単位とした極微小な質量測定や力測定技術	2025	2030	5	計測基盤
129	深い穴を持つ工業製品など高いアスペクト比を持つ対象を始め、任意の形状を高速・高精度に多点計測し、イメージングに展開する技術	2020	2025	5	計測基盤
131	長距離絶対計測技術(精度サブマイクロメートル、範囲 100m 以上、長時間安定性)	2020	2025	5	計測基盤
132	デバイス集積化のための微小領域の変位絶対計測(ピコメートル精度、ミリメートル範囲、真空中および大気中)	2020	2025	5	計測基盤
133	半導体の極限的な微細加工により可能となる光と物質の相互作用を用いた、通常のサイズの装置では考えにくい原理や性能を持つセンサー	2025	2030	5	計測基盤
134	天文学(アストロコム)、分光データベース、環境分析、医療診断などへの応用のための、電波領域から光、X線領域までの超広帯域精密分光技術による絶対精度の測定技術	2025	2030	5	計測基盤
135	赤外からテラヘルツ領域の波長を利用した、エアロゾル混在揮発性有機化合物(VOC)ガスの in situ 分析技術(検出感度 10ppm~1%@気体分子種に依存)	2020	2025	5	計測基盤
3	衛星の直接踏査等による対象天体の地球外生命探査技術	2030	2030	0	宇宙
5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	2040	2040	0	宇宙
7	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム	2025	2025	0	宇宙
8	農業の無人化・自動化及び農業管理による生産性向上のため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)	2025	2025	0	宇宙
10	宇宙初期のインフレーション仮説を検証するための観測技術	2025	2025	0	宇宙
19	自律無人探査機(AUV)により、完全自動化された調査を長期的(数か月)に実施する技術	2025	2025	0	海洋
20	自律無人探査機(AUV)同士が協調して作業する技術	2025	2025	0	海洋
21	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術	2025	2025	0	海洋
22	係留索を用いない定点時系列観測技術	2025	2025	0	海洋
32	火山噴火史を解明するため、5~10 万年前の年代測定精度を向上させる技術	2025	2025	0	地球
35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	2030	2030	0	地球
39	海底測地測量技術	2025	2025	0	地球
43	東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能 30m で常時観測する技術	2025	2025	0	地球観測・予測

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
48	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	2025	2025	0	地球観測・予測
49	短期の気象から長期の気候変動までを単一のモデルのフレームワークによって取り扱うシームレス予測技術	2025	2025	0	地球観測・予測
56	中性子線や X 線等を用いて、地下構造、地上構造物、機械構成材料の 3 次元応力・ひずみ分布を非破壊、非接触で、その場測定するための小型・可搬型加速器	2025	2025	0	加速器、 素粒子・原子核
65	ニュートリノと反ニュートリノが同じ粒子か異なる粒子かを検証するための大型検出器技術	2025	2025	0	加速器、 素粒子・原子核
66	クォーク 3 個またはクォーク・反クォーク対で構成される通常のハドロンとは異なるエキゾチックハドロンの解明に資する加速器・測定器技術	2025	2025	0	加速器、 素粒子・原子核
68	軟 X 線領域で SPring-8 を凌駕する中型高輝度放射光施設 (電子エネルギー 3 GeV, 水平エミッタンス 1.2 nmrad 以下、輝度 10^{20} phs/s/mm ² /mrad ² /0.1%b.w.以上)	2020	2020	0	ビーム応用: 放射光
85	複数の量子ビーム (中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等) を同一試料の同一位置に再現性よく、または同時に照射することで、複雑系や領域依存性の高い物質の原子構造・電子状態、一過性の過渡現象を複合的手法で多角的かつ精密に分析・解析・観察する技術	2025	2025	0	ビーム応用: 中性子・ミュオン・ 荷電粒子等
104	実物試作をほとんどせずに自動車や大型工業製品を設計・開発することを可能にする、現実に忠実なシミュレーション	2025	2025	0	計算科学・ シミュレーション
120	1 エクサバイトのデータを 1 秒で検索できる検索技術	2025	2025	0	数理科学・ ビッグデータ
14	宇宙線ミュオンを用いたイメージング技術	2026	2025	*	宇宙

* 技術の実現時期と社会実装時期が逆転したトピック

4. 5. 未来科学技術年表

4. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2020	15 海面から海底までの CO ₂ を測定可能なセンサー
	23 超小型電子チップ埋め込み等の技術を用いた海洋(深海含む)におけるバイオリギング技術
	37 海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術
	53 産業用自由電子レーザー(FEL)ベース EUV リソグラフィ光源
	68 軟 X 線領域で SPring-8 を凌駕する中型高輝度放射光施設(電子エネルギー3 GeV, 水平エミッタンス 1.2 nmrad 以下、輝度 10 ²⁰ phs/s/mm ² /mrad ² /0.1%b.w.以上)
	69 化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ps~fs オーダー分解能)放射光分析基盤
	70 極低エミッタンス蓄積リングによる次世代の省コスト型・超高輝度放射光源
	71 機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術
	72 ナノ分解能でマイクロオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの化学結合状態を3次元でイメージング可能な次世代 X 線顕微鏡
	73 サブナノメートル分解能からマイクロメートル分解能まで連続倍率可変な構造・化学状態・電子状態分析のための放射光イメージング技術
	74 細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析
	75 創薬や生命起源解明のためのナノメートルスケールでのタンパク質分子群可視化が可能な、先進的量子ビーム(放射光、レーザープラズマ X 線等)による超高速高解像 X 線顕微技術やコヒーレント X 線によるイメージング技術などの解析技術
	76 酵素の反応機構を解明する時分割タンパク質解析技術
	78 マイクロメートルの空間分解能、マイクロ秒以下の時間分解能での高エネルギー放射光による、レーザー加工中材料のその場時分割計測・分析技術
	79 原子力安全性向上のための水素処理触媒開発や廃炉のための燃料デブリ組成・状態分析に必要な、高線量放射性物質または高線量環境下試料の構造・化学状態を放射光で解析する技術
	80 1光子検出が可能な2次元 X 線検出器の高分解能化、高速化、大型化による低線量診断
	81 偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術
	82 中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の3次元応力・ひずみ分布等を可視化し、その場観測する技術
	83 超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術
	84 偏極陽電子を生成・制御し、表面第1層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術
	86 複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm~mmの幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術
	87 精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術
	90 生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術
92 大強度中性子イメージング技術の高度化による、局所の金属組成分析や金属部品内微細構造の3次元可視化計測技術	
108 大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム	
111 災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション	
112 津波の即時評価と連動した避難指示システム	
2020	113 現在地及び避難経路の被災状況(現状及び予測)に関する大量の定型・非定型情報を統合して、適切な避

年	トピック
	難場所まで誘導するシステム
	129 深い穴を持つ工業製品など高いアスペクト比を持つ対象を始め、任意の形状を高速・高精度に多点計測し、イメージングに展開する技術
	131 長距離絶対計測技術(精度サブマイクロメートル、範囲 100m 以上、長時間安定性)
	132 デバイス集積化のための微小領域の変位絶対計測(ピコメートル精度、ミリメートル範囲、真空中および大気中)
	135 赤外からテラヘルツ領域の波長を利用した、エアロゾル混在揮発性有機化合物(VOC)ガスの in situ 分析技術(検出感度 10ppm~1%@気体分子種に依存)
2021	40 人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で高精度・高感度に観測する技術(GCOM-C で分解能 250m、観測幅 1000km 程度。GCOM-W で 1450km 程度。)
	44 水産業等に利用するため、人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム
	89 放射光やレーザー等を用いて、結晶成長中・デバイス動作下など実際に製造・使用されている条件下で、ナノスケールの材料の構造を原子レベルで測定する計測・分析技術
	126 光ファイバーネットワークによる周波数リンク技術によって、高精度標準、基準信号、位置情報などを遠隔でも同等に利用できる技術(光キャリア周波数を用いたファイバーリンク技術、光コム伝送技術、タイミング同期による GPS 技術の高安定化、超高精度化技術など)
	136 従来の手法では計測困難な材料(ソフトマテリアル等)の劣化診断や非破壊検査が可能な 3 次元イメージング技術(テラヘルツ領域で 3 次元空間分解能 100um、光波領域でサブマイクロメートル)
2022	41 人工衛星等による、イメージング分光計技術を用いた大気微量成分観測システム
	51 波長変換や非線形屈折率変化等の非線形現象を用いた新たな X 線光学素子
	52 現行に比べ 70%以上の省エネルギー・省メンテナンス型の X 線光源
	57 物質・生命科学研究に利用するため、軟 X 線および X 線領域における回折限界光を生成・加工する技術
	58 電子ビームとレーザーの相互作用を利用し、アト秒パルスの放射光を発生させる技術
	115 観測データ、センサーデータ、ソーシャルメディアデータ等を統合した自然災害・被害状況の把握
	118 1 秒間の演算速度が 10 エクサ=10 ¹⁹ 回を超えるスーパーコンピュータ
	119 家庭でも利用できる、通信速度 1Tbps のネットワークインフラ
	124 黒体輻射ソフト抑制等により高精度化し、ジオイド計測に応用可能な 10 ⁻¹⁸ 精度の光格子時計
	127 計測対象、環境、条件の変動に瞬時・自在・高精度・広帯域に対応し、目的の計測そのものを用いて変動要因を補正する技術
	128 光源、計測装置を一体化したマイクロシステム化、チップ化
2023	17 海中において、母船等の補助なしで、絶対位置を計測できる技術(海中ロラン、海中 GPS 等)
	24 海洋中の微小生物(1mm まで)の in situ 遺伝子解析技術
	42 人工衛星等による、ライダー技術を用いた植生環境把握システム
	46 沿岸海域や縁辺海を含む全球の海象状況や海底地形を把握するための、干渉 SAR 技術による高精度海面高度観測システム
	47 降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術
	109 数週間先までの雪氷災害発生予測に基づき、道路、交通、電力、農業施設等の事前対策を可能とするシステム
2024	16 11, 000m 級有人潜水船
	77 タンパク質 1 分子を試料として、その構造解析を行う X 線回折技術
	122 電波領域からテラヘルツ、赤外光、可視光、UV、X 線領域までの広帯域コヒーレント周波数リンク技術
2025	1 宇宙利用を低コストで実現できるシステム(再使用型輸送システム、衛星等への燃料補給・修理点検・機器交換などのサービス技術等)
	4 安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム
2025	7 国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム
	8 農業の無人化・自動化及び農業管理による生産性向上のため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度

年	トピック
	の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)
	9 宇宙の商業利用(有人、超小型衛星など)の円滑な推進のための簡便で汎用可能な宇宙機管制システム
	10 宇宙初期のインフレーション仮説を検証するための観測技術
	11 ダークマターが未知の粒子であるという仮説に基づき、そのような粒子を検出する技術
	13 重力波を直接観測する技術
	18 海洋中の距離 10, 000m で、100kbps を超える高速通信技術
	19 自律無人探査機(AUV)により、完全自動化された調査を長期的(数か月)に実施する技術
	20 自律無人探査機(AUV)同士が協調して作業する技術
	21 氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術
	22 係留索を用いない定点時系列観測技術
	25 深海環境を再現し生物を大規模に飼育する技術
	26 メタンハイドレートの経済的な採取技術
	27 我が国の排他的経済水域における大水深下のレアアース・レアメタル探査及び採掘技術
	28 地球深部物質を汚染なしに取得するための大深度科学掘削技術
	29 人工衛星及び海洋・海中センサー等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム
	30 全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価
	31 山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術
	32 火山噴火史を解明するため、5～10 万年前の年代測定精度を向上させる技術
	33 火山噴火に伴う津波や融雪災害の発生予測・評価技術
	36 地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術
	38 地球内部で発生しているニュートリノを用いた地球内部の探査技術
	39 海底測地測量技術
	43 東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能 30m で常時観測する技術
	45 30km 程度の格子間隔で、表面から海底までの水温、塩分、溶存酸素、栄養塩、全炭酸を高精度で自動計測する技術
	48 高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術
	49 短期の気象から長期の気候変動までを単一のモデルのフレームワークによって取り扱うシームレス予測技術
	50 衛星搭載センサーで測定した大気上空の酸素の同位体比の情報を大気数値モデルのデータ同化に用い、天気予報の精度を向上させる技術
	54 レーザー駆動またはビーム駆動によるプラズマまたは誘電体航跡場を利用し、飛躍的な加速勾配を実現する新しい粒子加速技術(小型・可搬型の加速器・自由電子レーザー、アフターバーナー技術、高エネルギーコライダーへの展開)
	56 中性子線やX線等を用いて、地下構造、地上構造物、機械構成材料の3次元応力・ひずみ分布を非破壊、非接触で、その場測定するための小型・可搬型加速器
	59 世界最高強度(10^{20} e ⁺ /sec オーダー)陽電子ビーム施設
	60 非周期物質生命系研究とその産業応用拡大に資する、パルス極冷中性子源や大強度中性子発生(中性子束 5×10^{14} n/cm ² /sec)研究用原子炉、及び中性子集束計測技術(中性子マイクロビーム、偏極中性子顕微鏡等)
	61 高平均出力レーザーからテラワット・ペタワット級高ピークパワーレーザーまで、レーザー装置の小型化、高安定化、高耐力化及び信頼性向上のためのコヒーレント結合技術
	62 TeV 級の電子・陽電子コライダー技術
	64 ニュートリノの CP 非対称性と質量階層性を解明するための大強度ニュートリノビーム生成技術及び大型ニュートリノ検出器技術
2025	65 ニュートリノと反ニュートリノが同じ粒子か異なる粒子かを検証するための大型検出器技術
	66 クォーク 3 個またはクォーク・反クォーク対で構成される通常のハドロンとは異なるエキゾチックハドロンの解明

年	トピック
	に資する加速器・測定器技術
	67 ハドロン構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)
	85 複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を同一試料の同一位置に再現性よく、または同時に照射することで、複雑系や領域依存性の高い物質の原子構造・電子状態、一過性の過渡現象を複合的手法で多角的かつ精密に分析・解析・観察する技術
	88 イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術
	91 単一イオンの飛跡を利用した機能付与、荷電粒子ビーム複合照射による微細加工・表面機能化技術(高性能反応・分離膜、単一発光量子デバイス、疾病診断チップ、再生医療デバイス等への応用を想定)
	93 放射性廃棄物中の長寿命核種 135Cs を核変換技術によって無害化するために必要となる Cs 同位体分離に向けた、高強度 THz パルスを用いた量子制御技術に基づく新しい物質分離手法(同位体選択的加熱)
	94 イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術
	95 データ同化やパラメータ最適化等の技術を導入した、大気・海洋の組成、生態系、物質循環などに関する地球環境予測モデル
	96 生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による水循環変動及び水士砂災害等の予測
	97 1km といった超高解像度の地球大気循環モデルを用いた、20 世紀初頭から 21 世紀末に至るグローバルな気候変動の数値シミュレーション
	99 衛星からの水面高度計測や氾濫面積計測と数値モデルとを用いた逆解析により、河川の水深や流速を世界規模で広域に推計するシステム
	100 衛星観測並びに地上観測に基づき、人間活動も考慮した陸面水循環モデルを用いたシミュレーションによる、数時間から数日先までの全世界の洪水や渇水の予測
	101 台風時の高潮・高波と降雨による内水・外水氾濫を統合して扱う沿岸災害予測
	102 ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション
	103 地震動・津波の直接被害のほか、構造物倒壊、火災、液化化、漂流物等も含めた、広域複合災害の予測システム
	104 実物試作をほとんどせずに自動車や大型工業製品を設計・開発することを可能にする、現実に忠実なシミュレーション
	106 劣化に起因する事故を発生させない、大型工業製品(タービン、プラント、架橋等)等のシミュレーションによる劣化解析技術と高感度非破壊診断技術
	110 大規模噴火の降灰に対する都市機能や地域経済の脆弱性評価手法
	114 非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム
	116 大型輸送機器(船舶、鉄道、航空機等)の高信頼設計を可能とする、過去の事故・災害データや想定される気象災害シミュレーション結果等を用いた統合安全評価システム
	117 将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム
	120 1 エクサバイトのデータを 1 秒で検索できる検索技術
	121 年間 1 エクサバイトの割合で生成される実験データを記録・保存し、1Tbps 級のネットワークを通して世界中の大学・研究機関の研究者の利用に供する技術
	123 平坦な広帯域スペクトル発生、位相レベルのタイミング制御、精密なモード操作・利用・合成など、個別応用ニーズに合わせて光波のあらゆるパラメータを自在に操作・制御して任意波形を発生させ、計測・物性科学等に應用する技術
	125 基礎物理定数の精密測定に基づく、光子の運動量を単位とした極微細な質量測定や力測定技術
	130 計測、伝送、信号処理からアクションまでをオール光でアダプティブに対応する、計測制御システム
2025	133 半導体の極限的な微細加工により可能となる光と物質の相互作用を用いた、通常のサイズの装置では考えにくい原理や性能を持つセンサー
	134 天文学(アストロコム)、分光データベース、環境分析、医療診断などへの応用のための、電波領域から光、X 線領域までの超広帯域精密分光技術による絶対精度の測定技術

年	トピック
2026	14 宇宙線ミュオンを用いたイメージング技術
2027	98 21世紀末に至る全大陸上のエネルギー・水・物質(CO ₂ 等)の収支が推計され、再生可能エネルギーや食料、水などの資源、人間健康、生態系サービスに関して今後懸念される問題点が1kmといった超高解像度で明らかになるシステム
2030	3 衛星の直接踏査等による対象天体の地球外生命探査技術
	6 宇宙太陽光発電システム
	12 ダークエネルギーの正体を解明する観測技術
	34 M7以上の地震の発生時期(1年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術
	35 地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8以上の大規模地震の発生を予測する技術
	55 大強度陽子加速器を利用した加速器駆動原子炉及び核変換技術
	63 100TeV級の陽子・陽子コライダー技術
	105 動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション
	107 ほとんどの材料(開発対象となる材料の90%程度)において、特性を要求値に適合させる逆問題的材料開発
2035	2 科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築
2040	5 地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター

4. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2020	68 軟 X 線領域で SPring-8 を凌駕する中型高輝度放射光施設 (電子エネルギー 3 GeV, 水平エミッタンス 1.2 nmrad 以下、輝度 10^{20} phs/s/mm ² /mrad ² /0.1%w.以上)
2021	69 化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速 (ps~fs オーダー分解能)放射光分析基盤
	78 マイクロメートルの空間分解能、マイクロ秒以下の時間分解能での高エネルギー放射光による、レーザー加工中材料のその場時分割計測・分析技術
	83 超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術
2022	70 極低エミッタンス蓄積リングによる次世代の省コスト型・超高輝度放射光源
	71 機能性材料 (電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料) において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術
	79 原子力安全性向上のための水素処理触媒開発や廃炉のための燃料デブリ組成・状態分析に必要な、高線量放射性物質または高線量環境下試料の構造・化学状態を放射光で解析する技術
	82 中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ分布等を可視化し、その場観測する技術
2023	72 ナノ分解能でミクロンオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの化学結合状態を 3 次元でイメージング可能な次世代 X 線顕微鏡
	73 サブナノメートル分解能からマイクロメートル分解能まで連続倍率可変な構造・化学状態・電子状態分析のための放射光イメージング技術
	74 細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析
	84 偏極陽電子を生成・制御し、表面第 1 層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術
2024	42 人工衛星等による、ライダー技術を用いた植生環境把握システム
	76 酵素の反応機構を解明する時分割タンパク質解析技術
	80 1 光子検出が可能な 2 次元 X 線検出器の高分解能化、高速化、大型化による低線量診断
	92 大強度中性子イメージング技術の高度化による、局所の金属組成分析や金属部品内微細構造の 3 次元可視化計測技術
2025	7 国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム
	8 農業の無人化・自動化及び農業管理による生産性向上のため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術 (原子時計の性能向上を含む)
	10 宇宙初期のインフレーション仮説を検証するための観測技術
	14 宇宙線ミュオンを用いたイメージング技術
	15 海面から海底までの CO ₂ を測定可能なセンサー
	16 11, 000m 級有人潜水船
	17 海中において、母船等の補助なしで、絶対位置を計測できる技術 (海中ロラン、海中 GPS 等)
	19 自律無人探査機 (AUV) により、完全自動化された調査を長期的 (数か月) に実施する技術
	20 自律無人探査機 (AUV) 同士が協調して作業する技術
	21 氷海域 (氷海下含む) における海洋環境モニターや海底探査 (石油、天然ガス、鉱物資源等) 技術
	22 係留索を用いない定点時系列観測技術
	23 超小型電子チップ埋め込み等の技術を用いた海洋 (深海含む) におけるバイオリギング技術
	24 海洋中の微生物 (1mm まで) の in situ 遺伝子解析技術
	32 火山噴火史を解明するため、5~10 万年前の年代測定精度を向上させる技術
	37 海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術
	39 海底測地測量技術
40 人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で高精度・高感度に観測する技術 (GCOM-C で分解能 250m、観測幅 1000km 程度。GCOM-W で 1450km 程度。)	

年	トピック
2025	41 人工衛星等による、イメージング分光計技術を用いた大気微量成分観測システム
	43 東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能 30m で常時観測する技術
	44 水産業等に利用するため、人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム
	46 沿岸海域や縁辺海を含む全球の海象状況や海底地形を把握するための、干渉 SAR 技術による高精度海面高度観測システム
	48 高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術
	49 短期の気象から長期の気候変動までを単一のモデルのフレームワークによって取り扱うシームレス予測技術
	51 波長変換や非線形屈折率変化等の非線形現象を用いた新たな X 線光学素子
	53 産業用自由電子レーザー (FEL) ベース EUV リソグラフィ光源
	56 中性子線や X 線等を用いて、地下構造、地上構造物、機械構成材料の 3 次元応力・ひずみ分布を非破壊、非接触で、その場測定するための小型・可搬型加速器
	57 物質・生命科学研究に利用するため、軟 X 線および X 線領域における回折限界光を生成・加工する技術
	58 電子ビームとレーザーの相互作用を利用し、アト秒パルスの放射光を発生させる技術
	65 ニュートリノと反ニュートリノが同じ粒子か異なる粒子かを検証するための大型検出器技術
	66 クォーク 3 個またはクォーク・反クォーク対で構成される通常のハドロンとは異なるエキゾチックハドロンの解明に資する加速器・測定器技術
	75 創薬や生命起源解明のためのナノメートルスケールでのタンパク質分子群可視化が可能な、先進的量子ビーム(放射光、レーザープラズマ X 線等)による超高速高解像 X 線顕微技術やコヒーレント X 線によるイメージング技術などの解析技術
	77 タンパク質 1 分子を試料として、その構造解析を行う X 線回折技術
	81 偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術
	85 複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を同一試料の同一位置に再現性よく、または同時に照射することで、複雑系や領域依存性の高い物質の原子構造・電子状態、一過性の過渡現象を複合的手法で多角的かつ精密に分析・解析・観察する技術
	86 複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm~mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術
	87 精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術
	89 放射光やレーザー等を用いて、結晶成長中・デバイス動作下など実際に製造・使用されている条件下で、ナノスケールの材料の構造を原子レベルで測定する計測・分析技術
	90 生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術
104 実物試作をほとんどせずに自動車や大型工業製品を設計・開発することを可能にする、現実忠実なシミュレーション	
108 大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム	
109 数週間先までの雪氷災害発生予測に基づき、道路、交通、電力、農業施設等の事前対策を可能とするシステム	
111 災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション	
112 津波の即時評価と連動した避難指示システム	
113 現在地及び避難経路の被災状況(現状及び予測)に関する大量の定型・非定型情報を統合して、適切な避難場所まで誘導するシステム	
115 観測データ、センサーデータ、ソーシャルメディアデータ等を統合した自然災害・被害状況の把握	
118 1 秒間の演算速度が 10 エクサ=10 ¹⁹ 回を超えるスーパーコンピュータ	
119 家庭でも利用できる、通信速度 1Tbps のネットワークインフラ	

年	トピック
2025	120 1 エクサバイトのデータを1秒で検索できる検索技術
	126 光ファイバーネットワークによる周波数リンク技術によって、高精度標準、基準信号、位置情報などを遠隔でも同等に利用できる技術(光キャリア周波数を用いたファイバーリンク技術、光コム伝送技術、タイミング同期によるGPS技術の高安定化、超高精度化技術など)
	127 計測対象、環境、条件の変動に瞬時・自在・高精度・広帯域に対応し、目的の計測そのものを用いて変動要因を補正する技術
	128 光源、計測装置を一体化したマイクロシステム化、チップ化
	129 深い穴を持つ工業製品など高いアスペクト比を持つ対象を始め、任意の形状を高速・高精度に多点計測し、イメージングに展開する技術
	131 長距離絶対計測技術(精度サブマイクロメートル、範囲100m以上、長時間安定性)
	132 デバイス集積化のための微小領域の変位絶対計測(ピコメートル精度、ミリメートル範囲、真空中および大気中)
	135 赤外からテラヘルツ領域の波長を利用した、エアロゾル混在揮発性有機化合物(VOC)ガスのin situ分析技術(検出感度10ppm~1%@気体分子種に依存)
	136 従来の手法では計測困難な材料(ソフトマテリアル等)の劣化診断や非破壊検査が可能な3次元イメージング技術(テラヘルツ領域で3次元空間分解能100um、光波領域でサブマイクロメートル)
	2026
47 降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術	
59 世界最高強度($10^9 e^+ / sec$ オーダー)陽電子ビーム施設	
101 台風時の高潮・高波と降雨による内水・外水氾濫を統合して扱う沿岸災害予測	
110 大規模噴火の降灰に対する都市機能や地域経済の脆弱性評価手法	
114 非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム	
124 黒体輻射シフト抑制等により高精度化し、ジオイド計測に応用可能な 10^{-18} 精度の光格子時計	
2027	
	67 ハドロン構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)
	103 地震動・津波の直接被害のほか、構造物倒壊、火災、液状化、漂流物等も含めた、広域複合災害の予測システム
	121 年間1エクサバイトの割合で生成される実験データを記録・保存し、1Tbps級のネットワークを通して世界中の大学・研究機関の研究者の利用に供する技術
	130 計測、伝送、信号処理からアクションまでをオール光でアダプティブに対応する、計測制御システム
	2028
62 TeV級の電子・陽電子コライダー技術	
64 ニュートリノのCP非対称性と質量階層性を解明するための大強度ニュートリノビーム生成技術及び大型ニュートリノ検出器技術	
95 データ同化やパラメータ最適化等の技術を導入した、大気・海洋の組成、生態系、物質循環などに関する地球環境予測モデル	
96 生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による水循環変動及び水士砂災害等の予測	
116 大型輸送機器(船舶、鉄道、航空機等)の高信頼設計を可能とする、過去の事故・災害データや想定される気象災害シミュレーション結果等を用いた統合安全評価システム	
2029	
	2030
3 衛星の直接踏査等による対象天体の地球外生命探査技術	
2030	4 安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム

年	トピック
	13 重力波を直接観測する技術
	18 海洋中の距離 10, 000m で、100kbps を超える高速通信技術
	25 深海環境を再現し生物を大規模に飼育する技術
	26 メタンハイドレートの経済的な採取技術
	27 我が国の排他的経済水域における大水深下のレアアース・レアメタル探査及び採掘技術
	28 地球深部物質を汚染なしに取得するための大深度科学掘削技術
	29 人工衛星及び海洋・海中センサー等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム
	30 全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価
	31 山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術
	33 火山噴火に伴う津波や融雪災害の発生予測・評価技術
	35 地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術
	36 地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術
	38 地球内部で発生しているニュートリノを用いた地球内部の探査技術
	50 衛星搭載センサーで測定した大気上空の酸素の同位体比の情報を大気数値モデルのデータ同化に用い、天気予報の精度を向上させる技術
	54 レーザー駆動またはビーム駆動によるプラズマまたは誘電体航跡場を利用し、飛躍的な加速勾配を実現する新しい粒子加速技術(小型・可搬型の加速器・自由電子レーザー、アフターバーナー技術、高エネルギーコライダーへの展開)
	60 非周期物質生命系研究とその産業応用拡大に資する、パルス極冷中性子源や大強度中性子発生(中性子束 $5 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{sec}$) 研究用原子炉、及び中性子集束計測技術(中性子マイクロビーム、偏極中性子顕微鏡等)
	61 高平均出力レーザーからテラワット・ペタワット級高ピークパワーレーザーまで、レーザー装置の小型化、高安定化、高耐力化及び信頼性向上のためのコヒーレント結合技術
	88 イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術
	91 単一イオンの飛跡を利用した機能付与、荷電粒子ビーム複合照射による微細加工・表面機能化技術(高性能反応・分離膜、単一発光量子デバイス、疾病診断チップ、再生医療デバイス等への応用を想定)
	93 放射性廃棄物中の長寿命核種 ^{135}Cs を核変換技術によって無害化するために必要となる Cs 同位体分離に向けた、高強度 THz パルスを用いた量子制御技術に基づく新しい物質分離手法(同位体選択的加熱)
	94 イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術
	97 1km といった超高解像度の地球大気大循環モデルを用いた、20 世紀初頭から 21 世紀末に至るグローバルな気候変動の数値シミュレーション
	98 21 世紀末に至る全大陸上のエネルギー・水・物質(CO_2 等)の収支が推計され、再生可能エネルギーや食料、水などの資源、人間健康、生態系サービスに関して今後懸念される問題点が 1km といった超高解像度で明らかになるシステム
	99 衛星からの水面高度計測や氾濫面積計測と数値モデルとを用いた逆解析により、河川の水深や流速を世界規模で広域に推計するシステム
	100 衛星観測並びに地上観測に基づき、人間活動も考慮した陸面水循環モデルを用いたシミュレーションによる、数時間から数日先までの全世界の洪水や渇水の予測
	102 ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション
	106 劣化に起因する事故を発生させない、大型工業製品(タービン、プラント、架橋等)等のシミュレーションによる劣化解析技術と高感度非破壊診断技術
	117 将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム
	122 電波領域からテラヘルツ、赤外光、可視光、UV、X 線領域までの広帯域コヒーレント周波数リンク技術
2030	123 平坦な広帯域スペクトル発生、位相レベルのタイミング制御、精密なモード操作・利用・合成など、個別応用ニーズに合わせて光波のあらゆるパラメータを自在に操作・制御して任意波形を発生させ、計測・物性科学等に应用する技術
	125 基礎物理定数の精密測定に基づく、光子の運動量を単位とした極微小な質量測定や力測定技術

年	トピック
	133 半導体の極限的な微細加工により可能となる光と物質の相互作用を用いた、通常のサイズの装置では考えにくい原理や性能を持つセンサー
	134 天文学(アストロコム)、分光データベース、環境分析、医療診断などへの応用のための、電波領域から光、X線領域までの超広帯域精密分光技術による絶対精度の測定技術
2031	12 ダークエネルギーの正体を解明する観測技術
2032	34 M7以上の地震の発生時期(1年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術
2035	6 宇宙太陽光発電システム
	55 大強度陽子加速器を利用した加速器駆動原子炉及び核変換技術
	105 動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション
	107 ほとんどの材料(開発対象となる材料の90%程度)において、特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発
2040	2 科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築
	5 地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター
	63 100TeV級の陽子・陽子コライダー技術

4. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組みとして、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

<p>1 宇宙利用を低コストで実現できるシステム(再使用型輸送システム、衛星等への燃料補給・修理点検・機器交換などのサービス技術等)</p>
<p>○微小重力下での液体制御技術、○熱管理技術、○繰り返し使用できる宇宙への輸送システム、○繰り返し利用の推進系、○高いレンジを有する機体開発、○社会的理解、○推進エンジン開発、○軽量高耐熱高剛性素材、○資源探査、○開発資金の導入、○推進装置(エンジン)、○熱防御システム、○ロボティクス、○微小重力発生装置(3Dクリノスタットなど)、○再使用／部分再使用型の機体開発。特に有人モジュールの開発、○推進系の制御技術を、より簡易に制御できるよう開発する必要がある、○宇宙利用のメリットを周知するための広報活動、○通信技術、○制御技術、○輸送技術、○現状より飛躍的に安価なロケットシステム、○再使用型ロケットシステム技術、○安価な推進薬の開発、○信頼性の高い宇宙輸送機器、○汎用化された技術・部品の利用、○高信頼・低コストな推進技術、○確実に帰還できるアポート技術、○軽量低コスト構造設計技術、○高性能エンジン技術、○手間の要らない再使用技術(帰還して簡単な点検で再度利用できること)、○ロケットエンジンの寿命と高効率輸送システムの確立、○ロケットの材料開発、○モーションコントロールシステム、○資金、○国際連携、○輸送機の振動特性やエンジンのシミュレーション技術、○輸送機の設計支援ツール、○人的な運用コストの改善、○軽量高強度材料の開発、○先端技術開発では無く、信頼性の高いシステムの構築、○前に続くが継続性によるコスト低下と信頼性向上を目指すシステム構築、○低コスト再使用エンジンと回収システム、○高比推力スラスター、○レーザーエネルギー伝送システム、○推進系技術、○熱防護技術、○地上と低軌道間の宇宙輸送コストを劇的に低減する再使用宇宙輸送システムの実現に資する超軽量熱防御システム、○宇宙空間で軌道間輸送機に燃料を補給したり、機器の修理・点検・保守等を行ったりする高機能な宇宙ロボット、○電気推進等による宇宙機の燃費改善、○宇宙機の共通バス開発、○低価格高性能で量産可能な液体燃料ロケットエンジンの開発、○低コストな機体回収システムの開発</p>
<p>2 科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築</p>
<p>○現地の資源を現地で活用する in situ resource utilization、○高信頼性の自立制御ロボティクス、○宇宙環境における人体の放射線被曝線量の計測および記録に関する技術、○地球外天体における人を含む生物の詳細な生命活動モニタリング技術(動物個体・組織におけるリアルタイムでの細胞死や再生の観察技術を含む)、○国際協力・国際連携、○国民の理解・支援、○財政面の支援、○大型宇宙往還機技術、○生命環境維持技術、○大型ロケット技術、○精度のより軌道制御技術(惑星周回軌道投入、エアロブレーキング、着陸技術等)、○軽量で信頼性の高い宇宙機バスシステム、○深宇宙通信技術、○有人飛行技術、○宇宙における人工物建築・資源探査技術、○宇宙における長期滞在に対する技術、○大まかに言って、スペースステーション技術等で基本的なものはすでにあると思う、○人類の生存のためには地球外への移住を可能にしておくことが必要という認識の共通化が必要、○地球外の居住区に関して、従来の国土に立脚したルールでなく、人類共同の財産であるという新たなルールを作ることが必要、○宇宙輸送機技術(特に液体推進薬管理技術(蒸発量低減技術))、○過酷な環境下で動作する機器類(ローバ等)</p>
<p>3 衛星の直接踏査等による対象天体の地球外生命探査技術</p>
<p>○生命科学の基礎研究(研究開発)への人的資産的投資が必要、○既存の有機物質による汚染が無いクリーン化技術(滅菌や殺菌ではなく、物理的・化学的にクリーンである環境を実現する)、○直接踏査による探査は太陽系内に限定される。宇宙望遠鏡などへの投資によって、大量に存在し多様な太陽系外惑星系での生命探査を推進すべきである、○具体的には、冷却宇宙望遠鏡、高精度の宇宙機の姿勢制御システム、大量のデータを地上に伝送する通信系などが必要になる。技術的障壁は大きくない、○小型・省電力・高精度搭載測器開発、○深宇宙通信技術、○深宇宙航行技術、○蛍光顕微鏡を用いて微生物を探査する技術</p>
<p>4 安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム</p>
<p>○宇宙デブリの捕獲方法によって違うので、たくさんあると思う、○地上および衛生からのデブリ観測システム、○観測に基づくデブリの位置予測システム、○安価なロケット打ち上げ技術、○デブリ回収および軌道変更技術、○デブリ把握技術、○低コスト、デブリ発生なしに宇宙と地上を行き来できる技術、○安全にデブリを捕獲できる技術、○宇宙空間における高エネルギーイオンビーム加速器の利用・応用、○大出力宇宙レーザー、○ロボット技術の向上、○遠隔操作技術の向上、○人工知能技術の向上、○安定した宇宙船の開発、○デブリの掌握システム(観測技術)、○デブリの破壊、落下、あるいは集塵システム、○国際的な衛星情報公開および、相互技術への信頼</p>
<p>5 地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター</p>
<p>○軌道安定化技術、○エレベーター安定化技術、○自然災害対策(台風、成層圏での気流・強風・高圧、雲間雷)、○カーボンナノチューブの大規模化</p>

6 宇宙太陽光発電システム
<p>○半導体製造技術の向上、○放射線に対する耐性、○大規模予算の確保、○地上へのエネルギー伝送技術、○太陽風に対する対策、○太陽からの放出物・放出エネルギーを宇宙空間において正確に評価定量する技術、○総合的なエネルギー収支を考察し、実現可能性を事前評価する技術、○火星の資源を利用して地球外で発電パネルを製造する技術、○再利用可能な宇宙輸送システム、○マイクロ波による安全な送電システム、○素子の対環境特性の向上、○マイクロ波送電技術、○太陽光直接励起レーザーの開発、○軽量高剛性な展開構造システム、○軌道上での構造物の自律的組立技術、○マイクロ波送電におけるビーム制御、○発電エネルギーの高効率変換技術、○発電エネルギーの地上への伝送技術、○宇宙プラズマ環境下耐久性向上、○太陽光全波長スペクトルでの変換効率向上、○宇宙ー地上間におけるエネルギー輸送技術開発、○宇宙への低コスト輸送システムの構築、○長距離無線電力送電技術の構築、○大型宇宙機の軌道上建設技術の構築、○安価に資材を静止軌道まで運ぶ、ロケットシステムの開発。種々の宇宙開発と連携して、安価なロケット開発がキーポイントであり、科学技術立国として重要なテーマ、○静止軌道から地上の受信アンテナまでの距離が相当有る。ピンポイントでマイクロ波を定期的に送る技術開発が急務、○過渡的に太陽エネルギーを衛星間で送るような、システム(小電力輸送)の利用が重要。その後、大型化していく、○発電後のエネルギー貯蔵方法の高機能化。高エネルギー密度・パワー密度のエネルギーデバイスの構築、○エネルギーの伝送技術。高エネルギー無線伝搬技術や宇宙エレベーターを通した有線低損失エネルギー伝搬技術の開発、○太陽エネルギーの電気変換の高効率化技術、○科学衛星などを用いた定常的な観測による地球周辺の宇宙環境の理解と、宇宙環境変動の宇宙太陽光発電システムへの影響評価、○宇宙太陽光発電システムから地上への送電技術の開発と、送電における地球環境への影響評価</p>
7 国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム
<p>○高精度リアルタイム単独測位、○撮像地点数を増加させるため、大口径望遠鏡を備えた大型光学観測衛星の高機動姿勢制御技術、○電気推進システムの実現と搭載システム技術の確立、○24 時間高精度に監視するための複数人口衛星の管制制御、○高精度に監視する基礎となる合成開口レーダー、○高度暗号化通信技術(量子暗号等)、○類似画像検索技術を含む高度なオブジェクト検出技術、○人工衛星の計測機器の高精度化、○人工衛星そのものの高信頼性化(太陽電池を含む電源や各種エレクトロニクス)、○気象観測の精度向上(リアルタイム情報処理および表示技術)、○高精度位置決定精度を定める姿勢決定システム、○データのリアルタイム処理および自動データ判読・解析する地上システム、○高分解能の画像センサー、○ビッグデータを含む状況認識処理分析技術、○いつでもどこでも情報取得伝達と 3 次元表示技術、○異常気象や大気汚染などの空間分布情報の高精度観測のためのレーザーセンシング技術、○高精度測定機器の開発にかかるリソースの配分、○大規模な計測データをリアルタイムで処理解析する技術の開発、○一地点について 24 時間連続監視は困難で、天候や昼夜も考慮し、独の RapidEye のような観測戦略を確立することが必要、○高性能の観測センサー技術(例えば高空間分解能の可視域センサーや熱赤外センサーなど)、○観測データからの情報抽出・提供技術、○安価で高信頼性の衛星打ち上げ技術</p>
8 農業の無人化・自動化及び農業管理による生産性向上のため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)
<p>○高精度 複数のポジショニング衛星の運用技術、○自動運転の安全確保技術、○GPS デバイスの低電力下、○農作物リソースを用いた高付加価値アプリケーションとそれに必要なプロセス技術(化学原料等から化学製品までのプロセス等)開発、○通信等を用いた他の位置計測システム、地理情報システムとの密な連携手法、○農業機械側での位置情報取り扱い技術の標準化</p>
9 宇宙の商業利用(有人、超小型衛星など)の円滑な推進のための簡便で汎用可能な宇宙機管制システム
<p>○宇宙ステーションの有効利用、○月探査の生命科学に関する基礎的研究、○火星探査の生命科学に関する基礎的研究、○衛星の軌道精度向上のための推進系の高度化、○システムの高度化、低コスト化(地上、衛星(打ち上げも含む))、○観測技術の向上</p>
10 宇宙初期のインフレーション仮説を検証するための観測技術
<p>○マイクロ波背景放射の超精密測定、○衛星上で測定装置を運用する技術、○データ解析、○理論的な解析</p>
11 ダークマターが未知の粒子であるという仮説に基づき、そのような粒子を検出する技術
<p>○観測装置の大型化・精密化、○人的・資金的バックアップ、○極低放射能技術、○大型化技術、○高感度光センサー技術、○超高感度量子センサー技術、○超低バックグラウンド実現のための高性能放射線同位元素分離技術、○加速器技術、○検出器技術、○ビーム制御技術、○検出器技術、○データ取得および処理技術、○低バックグラウンドで大型の検出器を実現すること、○光センサー、○低放射能化技術、○地下実験室環境の整備、○従来の 2 倍の磁場を発生する超伝導電磁石を従来並みのコストで製造する技術、○円形電子・陽電子コライダーのエネルギーとルミノシティを最大限に高めるためのビーム力学的設計、○検出器の開発、○超低温技術、○低ノイズデータ取得技術</p>
12 ダークエネルギーの正体を解明する観測技術
<p>○宇宙を広範囲かつ詳細に観測する望遠鏡技術、○ガンマ線、エックス線から遠赤外線にわたる広範囲の波長に対する光観測技術</p>
13 重力波を直接観測する技術

○重力波との相互作用に関する基礎理論の構築、○極低温技術、○大規模計算機制御技術、○超高性能光学技術(超高性能反射鏡など)、○電波望遠鏡を使ったパルサータイミングアレイのためのデータ解析手法、○人材育成、○国際競争に勝つために、計画の停滞をさけること、○効率的な冷却技術、○制震技術、○低温材料技術、○レーザー光学、○周波数安定化レーザー、○量子力学(素粒子に関する研究)、○制御工学(大規模レーザー干渉計の振動制御)、○極低温技術(大規模レーザー干渉計の制御)
14 宇宙線ミュオンを用いたイメージング技術
○大面積高位置分解能検出器、○安定的屋外検出器設置技術、○宇宙線と直接関係ないのですが、世界に1台しかないμSRなどの装置をちゃんと性能向上・普及・活用して行くことは大切です、○解像度の高い検出器が必要です
15 海面から海底までのCO ₂ を測定可能なセンサー
○現在のセンサーの6000m耐圧化、○白色光ライダ、○高感度のセンサー、○長寿命電池、○データ伝送、○まずは、水平方向および垂直方向の連続性を把握すること
16 11,000m級有人潜水船
○配電装置、ケーブルの耐圧、耐水性能、○重圧下の全体構造検討、機器の性能維持、○耐圧殻の製造技術、○有人潜水船の運用技術(運航・操縦・整備と活用を含む)、○深海まで潜れる耐圧性の確保、○長時間潜水をかなえるため、船内の空間確保、○潜水船と母船をつなぐ有線の軽量化・耐久性の確保、○若手の安定雇用、○耐圧殻の材料(薄く、軽く、強い)の選定と加工技術
17 海中において、母船等の補助なしで、絶対位置を計測できる技術(海中ロラン、海中GPS等)
○地磁気センシング、○音源定位技術、○音響測距の高精度化、○低消費電力の姿勢センサーの開発、○低消費電力・高機能の自律制御システム、○水中音響技術(音波伝搬についての高度な理解と応用)、○水中の温度分布計測、予測技術(音波伝搬に直接影響する温度分布の詳細な計測と予測)、○音響トモグラフィ解析技術
18 海洋中の距離10,000mで、100kbpsを超える高速通信技術
○水中レーザー通信技術
19 自律無人探査機(AUV)により、完全自動化された調査を長期的(数か月)に実施する技術
○AUVのハード面、ソフト面での総合的性能の向上、○AUV動作に必要なエネルギー供給手法の開発、○海水中でのデータ校正機能を伴う現場センサーの開発、○音響計測技術の向上、○深海潜水船構成素材、○深海位置制御・航法、○深海との通信、○モーターや通信デバイス等の省エネルギー化技術、○AI技術、○海水中の通信技術、○海洋の温度差発電によるエネルギーの自給技術、○観測データを浮上せずに定期的に送信する技術、○海中での絶対位置計測技術、○人工知能をはじめとするソフトウェア、○センサー技術、○搭載生物地球化学・生物センサーの開発、○駆動電源の確保、○生物付着、○電源の開発もしくは原子力電源の利用可能な社会環境、○人材育成。船舶や探査機自体ではなく情報・機械系のプログラミングが得意な人材の海洋分野での育成、○ROVやAUV技術の標準化による、開発プラットフォームの開放、○海中での位置出しを行える技術、○大量のエネルギーを確保する技術(燃料電池かそれ以上の性能)、○海中での長距離大容量通信技術
20 自律無人探査機(AUV)同士が協調して作業する技術
○海水からのエネルギー供給、○海中GPS、○自律推進制御
21 氷海域(氷海も含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術
○氷海域で活動可能な砕氷船等のプラットフォーム、○豊富な資金、○国際的にリーダーシップをとれる人材育成、もしくはすでにリタイアした人の再雇用、○氷海用AUV(自立型無人潜水艇)と無人航空機、○極域通信網整備、○船体ヘルスマonitoring用簡易型センサー群の開発、○AUVが基地から長距離離れた場所で継続的に活動するための技術開発、○海底からの石油噴出等を抑制して安全に資源を探査する技術、○海底仕上げ・生産設備とメンテナンス技術、○砕氷輸送技術、○低温氷海域での構造物建造・運転技術
22 係留索を用いない定点時系列観測技術
○海上での高精度海上気象計測、○衛星通信技術、○水中音響技術、○定点保持を行う水中グライダー等の国内での開発が必要、○搭載するセンサーも国内製品を利用し、部品調達が容易な環境で繰り返し試験を実施することが必要、○集中的な予算と人員の投入が必要、○ロボット分野の技術の積極的な導入、○再生エネルギーを活用した定点維持システムまたは移動システム、○物理、化学、生物センサーの開発、○レーザーなど音響技術を用いた広範囲観測技術の開発、○航路、漁船、飛行機など日常的に対象範囲を通過している乗り物にリアルタイムモニターセンサーをとりつけて、定点観測に適用する技術の開発および適用、○宇宙からのリモートセンシング技術の適用、○リアルタイム伝送システム、○腐食防止機構、○安定したセンサー群の開発、○自動昇降機能、○母船、○自然環境の情報の収集技術、○浮体の制御技術、○流れに抗して、効率的に低燃費で位置を制御する技術
23 超小型電子チップ埋め込み等の技術を用いた海洋(深海含む)におけるバイオリギング技術
○電子チップの超小型化、○電子チップの回収方法、○電子チップの耐圧性、○日本初のこの技術を伸ばすため、予算的措

置が最も重要な課題である、○バッテリー容量が記録時間の制限要因となっているので、バッテリーの開発が重要、○データを得るために現在は装置(記録計)の回収を必要とするが、データ転送技術が発達するとこの問題をクリアできる、○バイオリギングセンサーの開発、特に映像技術、○バイオリギングセンサーの実装、特に飛翔性鳥類
24 海洋中の微小生物(1mm まで)の in situ 遺伝子解析技術
○多様な試料を現場で分析するための分析機材、○ハイスループット環境メタゲノム解読を、原核生物と真核生物の両方を同時にアセンブリまで正確に行なう技術、○海洋のあらゆる環境からあらゆるものをサンプリングできる技術(例えばフルデプス有人潜水艇を含む)、○メタゲノム解析により存在が確認された生物の培養・飼育技術、○ナノボアテクノロジーによる遺伝子解析技術、○insitu フローサイトメーター、○insitu 次世代シーケンサー、○高度な光量子センサー、○特殊な光で反応する遺伝子の発見、○海洋中の微小生物からの遺伝子精製法、○目的を限定して考える必要がある、○現行の技術の延長でも 15 年程度あれば実現が可能かもしれないが、ブレイクスルー的な新しい解析法が生まれれば、早まる可能性が大、○遺伝子解析のための高性能機器の開発
25 深海環境を再現し生物を大規模に飼育する技術
○動物プランクトンの鉛直移動の解明、○内部潮汐によるプランクトンの輸送過程の解明、○効率的な深海調査技術、○対象生物を生きたまま捕獲回収する技術、○飼育環境を再現する技術
26 メタンハイドレートの経済的な採取技術
○大気を汚染しないで効率よく採取する事、○深海から、物を安価に引き上げる技術、○集中的に産出するための技術開発、○産出すること自体に必要なコストの削減や削減技術の開発、○国の理解と予算配分、○高圧環境下でのメタンの気化、○エネルギーのコストパフォーマンス、○安価な水平掘削、メタンガスハイドレート取り出し技術、○掘削リグの開発、生産能力、○海底パイプラインおよび洋上天然ガス液化技術、○掘削技術、○オンサイト測定技術、○輸送技術、○深海からメタンハイドレートが豊富に存在する場所を調査する、○メタンハイドレートの無人採掘技術を開発する、○深海作業に係わる作業状況の情報収集、採掘作業管理の方策を確立する、○資源量評価技術、○大規模掘削時の環境影響評価、○内部侵食、○目詰まり、○安価に深海から採取できる経済的な方法の確立、○地球温暖化に配慮した利用方法の確立、○採集後の輸送技術が不可欠、○コスト低減、○メタンハイドレートの分解(ガス化)を阻害する機構の確立
27 我が国の排他的経済水域における大水深下のレアアース・レアメタル探査及び採掘技術
○自然保全技術の確率、○大水深環境からの採掘試料の効率的かつ大規模運搬技術、○探査技術、○回収技術、○精製技術
28 地球深部物質を汚染なしに取得するための大深度科学掘削技術
○採取されたサンプリングコアの保管研究環境の更なる向上と整備が必要、○コアビット付近でのその場観測技術の拡充、○深海底掘削技術
29 人工衛星及び海洋・海中センサー等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム
○政治力、○データ処理システムの融合(同化)がキーとなると思います、○人工衛星打ち上げによる GPS 実現技術、○センサー技術、○高解像度リモートセンシング、○センシングデータ(ビッグデータ)処理による実際データを精度良く再現できるモデリング技術、○スパースモデリング、○船舶、○有人・無人探査機、○AUV、○長期間の観測可能なセンサーの開発、○赤外線領域等の観測センサー技術、○観測データからの情報抽出・提供技術、○三次元的に地下資源の分布状況を把握する技術開発が必要になっている
30 全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見出すための切迫度評価
○全活火山のうち約半数にしか整備されていない火山監視・研究観測施設を、全活火山に整備することが最重要、○気象庁、大学、関係研究機関が連携し、大量のデータから異常を検知し、総合的に判定する手法の開発に重点的に取り組む、○個々の火山形成史を編むための地質調査、○岩石の年代測定法、○噴火規模見積りの高度定量化、○現在の地表観測に加えて、ミュオグラフィ技術を支える観測設備の強化、その小型化にむけての改良、○人材育成。特に大学の常勤研究者を増やすこと。特に地方にある火山観測所の人員増が必要(その分東京を減らしてよい)。気象庁の火山部署への火山学を専攻した博士学位取得者の採用が欠かせない、○基礎研究の充実。火山構造、噴火機構、マグマ蓄積評価の研究推進。特に、これらの研究の中心である定常的な火山観測を行っている組織での論文生産性の向上が必要、○老朽化した観測施設の更新。特に大学が持つ定常的な火山観測施設の老朽化が著しく、法人化以降新設はない。大学の観測施設の更新が急務、○火山体内部、特にマグマ溜りの挙動を捉えることのできる技術(従来の地震学的手法以外の新技術)、○火山性地震観測、○山体地殻測量(変動測量)技術、○有史火山噴火史解明、○個々の火山の詳細な火山地質調査(1960 年代の地質データが未だに使われている火山が多いが、詳細な火山地質調査のできる人材が減っている)、○地球物理測定技術の向上、火山観測地点を増やすこと、地質年代測定技術(特に 5 万年から 10 万年前の年代測定)の向上、○火山地質と火山物理学の連携(火山地質と火山物理学の両方を理解できる人が少ない。人材の育成が必要)、○この分野への研究者人口の確保、○研究組織や機構の設置、○長期的かつ継続性のある研究資金確保
31 山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術
○レーザー地形測量の全国的かつ定期的な実施体制、○山体地下に存在する脆弱性材料の分布把握技術、○砂防、○センサー設計、○地理情報システム、○デジタル地形モデル、○深部探査技術

32 火山噴火史を解明するため、5～10 万年前の年代測定精度を向上させる技術
○マルチコレクターを用いた Ar 同位体高精度分析装置の開発と普及、○若手火山研究者の育成、○単に年代測定のみではなく、過去の噴火史・活動履歴を噴出物層序に基づき明らかにする、火山地質・層序学の基盤的技術
33 火山噴火に伴う津波や融雪災害の発生予測・評価技術
○コンピュータ・シミュレーション、○この課題に関連した地質情報の取得、○モデル実験と実例解析に基づくシミュレーション技術の向上
34 M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術
○マイクロゾーニングを考慮した地震動の振動特性予測の精度向上、○毒劇物、危険物の貯蔵保管状況に関する実態把握の精度向上、○地震被害モードの予測に関する精度向上、○高精度 GPS 網を用いた地表面微移動から地震を予測する技術、○人材育成、○社会的理解、○地殻内断層蓄積を測定する技術、○地殻内断層ズレの時期を予測する技術、○観測網の継続的維持管理、○新たな観測技術の開発、○地震予測モデルの開発、○M7 クラスの地震は、M8 クラスの巨大地震に比べてデータが少なく、活断層も多く、調査は不十分であり、調査技術の開発と現地調査を推進すべき、○震源が浅い地震が多く、被害も激甚になるので、大きな外力による被害の予測技術を確立すべき、○不確実性の評価とそれに対する社会的合意形成が重要
35 地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術
○全国に多点型光ファイバー式ひずみセンサー網を設置し、地殻ひずみ分布を連続測定する、○地殻ひずみ分布の時間変化と地震発生の関係を理論的および経験的に評価する、○断層面上における歪み、応力、構成物質等の観測データの取得、○断層面上における摩擦法則の解明、○過去の地震履歴の分析、○地表と大気圏の静電気蓄積量をエリアごとに計測する技術、○地震の発生履歴を調べるための高精度な年代測定技術、○活断層が連動するか否かを判断するための評価手法、○稠密な広帯域地震計等による観測、○海域におけるできるだけ稠密な広帯域地震計等による観測、○地殻のひずみ変化を正確に観測するための陸域・海域での地殻変動観測技術、○過去の地震の履歴を数千年にわたって調べるための地形・地質学的調査手法の確立、○周辺域との相互作用やランダム性を考慮するための断層帯での地震発生シミュレーション技術、○海底での長期的な重力観測、○地殻の応力場の観測、○GPS による地殻変動観測の高密度化、○地質調査による断層の調査、○現在のみならず長い時間スケールにおける過去の地殻変動を正確に把握する、○物質科学研究による鉱物と岩石の物性特定。これも短時間のみならず長時間に於ける変形を明らかにする必要がある、○現在国内で行われている地殻変動測定データの蓄積とさらなる解析
36 地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術
○日本列島の太平洋側に、海底ケーブル地震計観測網を満遍なく配置することが必要
37 海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのブイ式津波・地殻変動観測技術
○長期モニタリングシステム、○腐食防止、○洋上からの海底変動計測手法、○多数展開した際の維持管理に関する技術、○安価に信頼性の高い装置を製造・設置する技術、○安価にデータ収集・メンテ可能にする技術
38 地球内部で発生しているニュートリノを用いた地球内部の探査技術
○高感度撮像技術、○海底敷設技術、○ニュートリノ検出設備技術(カミオカンデ)、○世界各地にニュートリノ検出設備を設置するアライアンス、○地殻構造、核融合反応・反応痕跡を明らかにする解析技術、○低エネルギーのニュートリノの測定技術
39 海底測地測量技術
○砕氷性能と音響測定装置設置の両立、○海中音響測距技術の高度化、○省電力型の高精度姿勢・重力センサーの開発、○遠距離音響データ通信、○研究費、○人材、○技術開発、○海底基準点精密測定技術の普及化(特別な測量船に限らず、普通の観測船でも海底基準点が測定でき、その測定成果が応用できるようにする技術)、○レーザー技術、○音響技術
40 人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で高精度・高感度に観測する技術(GCOM-C で分解能 250m、観測幅 1000km 程度。GCOM-W で 1450km 程度。)
○多波長の同時観測、解析技術、○打ち上げ後のセンサー校正の高精度化、○衛星本体およびセンサーの耐久性の向上、○衛星観測が連続的になされるような戦略がまず必要である、○1. を実現するため、高精度地球観測衛星を作ると同時にコストを抑えて継続性を重視した「量産型」衛星を作ることが必要である、○1. 2. で得られたデータを効率良く利用できる枠組みを日本を中心にグローバルで展開させること、○雲とエアロゾルの判別手法の確立、○高解像度と精度を兼ね備えたセンサー技術、○複数の衛星を同一軌道に乗せるコンステレーション技術(国際的には実施されているが、日本だけでそれが可能か?)、○高頻度観測に伴うデータ増大への対応(データ保存技術、転送技術、高速解析技術)、○地球物理および熱流体力学などの研究をもっとすすめるべきではない、○すでに衛星の主要部分は開発済みである、○データの長期取得とモニタリングが必要であり、シリーズ化が重要である、○マイクロ波サウンダの高性能化、○雲レーダー、降水レーダーの高性能化と軽量化、○水蒸気、降水、雲エアロゾルの同時観測と継続観測
41 人工衛星等による、イメージング分光計技術を用いた大気微量成分観測システム

<p>○遠方の静止軌道から十分な SN で観測可能な衛星センサーの開発、○衛星観測データを効率的にダウンリンクする技術開発:場合によってはレーザービームによる光通信も、○地上検証のためのハイパースペクトルカメラなどセンサー開発およびアルゴリズム開発、○レーザー技術 耐衝撃性 無保守化 長寿命化、○光検出器の性能向上、○面的に連続的な濃度情報を精度よく取得するための分光技術(回折格子、フーリエ変換赤外分光計等)、○真値を保証するための精度の高い地上からの検証観測システム、○非常に微弱な吸収度しか示さない重要な微量成分濃度の導出技術</p>
<p>42 人工衛星等による、ライダー技術を用いた植生環境把握システム</p>
<p>○地上検証データの整備、○長期的気候観測との連携、○人口動態との連携</p>
<p>43 東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能 30m で常時観測する技術</p>
<p>○衛星高度が高いことから、大型の望遠鏡を静止軌道まで打ち上げて運用する技術、○衛星高度が高いことから、衛星の姿勢制御技術、○晴天時以外に代替となる技術(光学観測だけでなく、電波観測も含めた検討)、○軌道上で超大型アンテナを展開するための技術革新、○静止衛星の観測能力の向上は、高頻度 高分解能観測を可能にする。そのためのセンサーの高度化、○レーダー衛星を中心とした天候に左右されない観測体制および変化抽出手法の確立、○データ同化、○衛星リモートセンシング観測、○モデルシミュレーション、○土砂の動きの短時間把握、○雲下の画像再現技術、○取得画像の高解像度化技術、○現地観測の強化、○高い空間分解能のセンサー技術、○センシング技術、○データ通信技術、○利用分野のデータ解析研究</p>
<p>44 水産業等に利用するため、人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム</p>
<p>○陸-海間の高速通信技術の開発、○海水耐性の強い機器の開発、○洋上発電装置の開発、○複数センサーの統合による同時観測、○大量データ伝送システム、○水産業従事者などが容易にタブレット端末などから海況データを利用できるような web ベースのデータ配信技術、○雲などによる赤外や可視域の光学データ欠損を他のデータや数値モデルにより補うためのデータ補完技術、○得られた海況データを元に漁業資源量を推定可能な全球海洋生態系物質循環モデル技術、○リモートセンシング、○衛星関連技術、○衛星搭載センサーの精度向上、○データ解析システムの開発</p>
<p>45 30km 程度の格子間隔で、表面から海底までの水温、塩分、溶存酸素、栄養塩、全炭酸を高精度で自動計測する技術</p>
<p>○現在観測している ARGO フロートでは流されてしまうため、水中グライダー(国産)の開発が必要、○大量の水中グライダーの投入が必要なため、コストダウンのために、本体および測器の小型化が必要、○大量の水中グライダーの投入・回収を行う母船の創設が必要、○耐圧型の pH センサーをできるだけ安価に開発すること、○海洋酸性化に対する生物(炭酸塩プランクトン)の応答を把握するための現場型資料採取装置、○長期間観測に耐えられるセンサー、○キャリブレーションシステム、○メンテナンスのための母船、○海中の溶存酸素と衛星観測によって得られるスペクトルとの関係解析</p>
<p>46 沿岸海域や縁辺海を含む全球の海象状況や海底地形を把握するための、干渉 SAR 技術による高精度海面高度観測システム</p>
<p>○送信衛星から送信されて、海面で反射した電磁波を捉えられる位置に正確に受信衛星を配置する技術、○複数衛星間で送受信を行って干渉 SAR 画像を得るための解析技術、○捉えたい海象状況の時間スケールで 1 シーンの撮影を完了するよう走査時間を高速化する技術、○干渉 SAR 技術による海面高度の測定技術、○衛星の姿勢の感知および制御技術、○大容量データの地上へのダウンリンク技術、○沿岸域の海面高度は、外洋域に比べて潮汐や副振動など相対的に雑音が大きくなり、それを除去するモデル開発が必要</p>
<p>47 降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術</p>
<p>○地形に係わらず正確に降水量を把握できる技術、○地形・地質と雪氷災害を結び付けられる技術、○データ伝送技術、○地球規模気候シミュレーション</p>
<p>48 高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術</p>
<p>○計算機の高精度化、○シミュレーションで使用される式の高精度化、○リモートセンシングに基づく観測ネットワークの充実(特に衛星観測と地上設置のレーダーやライダーなど)、○データ同化技術の向上、○数値モデルの性能向上(雲物理過程や乱流過程、放射過程などの物理過程も含む)、○計算機資源、○人材育成、○観測網の充実(地上レーダー、航空観測 など)、○災害リスク回避行動の基本的考え方の転換、○多偏波多波長レーダ気象観測、○高速度コンピューターの開発、○スーパーコンピューティングシステム(ポスト京)、○静止衛星観測、○気象ドップラーレーダー、○気象シミュレーション技術の高度化が必要、○観測データ(時系列)の空間的、時間的処理が重要、○予測結果と実際の気象データとの突合せによる技術的な見直しシステム(常時改良できるシステム)の開発が重要、○乱流構造解析、○液-気連成解析、○マルチスケール解析、○高解像度の計算を可能とするスーパーコンピュータ、○データ同化に必要な現場観測データ、○極端現象のシミュレーションに必要な雲などのパラメタリゼーションの開発、○メソスケールの諸現象の発生メカニズム、発生環境に対する観測的な解明、○超大容量、超高速計算機システムの構築、○高密度レーダー観測網、○高解像度シミュレーション、○小スケールデー</p>

<p>タ同化、○小スケール大気力学、○詳細な地上リモートセンシング網、○海上センシング情報の安価かつ大量の送信、○可読型プログラミング技術の開発、○観測網の細密化、○モニタリング</p>
<p>49 短期の気象から長期の気候変動までを単一のモデルのフレームワークによって取り扱うシームレス予測技術</p> <p>○異なるスケールの気象現象を統合するようなモデル、○シミュレーション、○局地的気象現象の観測装置の密度の向上、○シミュレーションのための計算機の開発、○NICAM など気候変動力学フレームの発展、○排出インベントリ、地表面データ、将来シナリオなど入力データの整備、○予測検証のための観測データの蓄積、○研究者の安定雇用。モデル開発には時間がかかるので、数年単位での結果を求め過ぎない、○スーパーコンピュータの開発運用、○気象業務法の緩和</p>
<p>50 衛星搭載センサーで測定した大気上空の酸素の同位体比の情報を大気数値モデルのデータ同化に用い、天気予報の精度を向上させる技術</p> <p>○検証用データとしての降水中酸素同位体比測定ネットワークの構築、○検証用データとしての地上水蒸気中酸素同位体比測定ネットワークの構築</p>
<p>51 波長変換や非線形屈折率変化等の非線形現象を用いた新たな X 線光学素子</p> <p>○精確な理論計算、計算機シミュレーション、○X 線の光学技術、○結晶の安定化、高速化、最適化</p>
<p>52 現行に比べ 70%以上の省エネルギー・省メンテナンス型の X 線光源</p> <p>○永久磁石を用いた偏向磁石などの製作、○精密な集束電磁石のアライメント技術、○ビームの振る舞いを制御するビーム工学技術、○次世代放射光技術、○永久磁石を用いた加速器光学系技術の開発、○高周波回路や電磁石用の省エネ電源回路</p>
<p>53 産業用自由電子レーザー (FEL) ベース EUV リソグラフィ光源</p> <p>○電子源。500kV 程度の高電圧と 10mA 級の大電流が必要。前者は JAEA、KEK で、後者はコーネル大で別々に実現済、○超伝導加速器。KEK のコンパクト ERL で試作機を使ってビーム試験中、○高輝度大電流電子ビームをアンジュレータに導くビーム圧縮・輸送技術。コーネル大学で 10MeV まで実現、○光源強度、○省スペース化、○高変換効率、○CW 超伝導空洞、○高輝度電子銃、○高性能アンジュレータ</p>
<p>54 レーザー駆動またはビーム駆動によるプラズマまたは誘電体航跡場を利用し、飛躍的な加速勾配を実現する新しい粒子加速技術 (小型・可搬型の加速器・自由電子レーザー、アフターバーナー技術、高エネルギーコライダーへの展開)</p> <p>○大電流に耐える超伝導技術。粒子の加速が実現出来たとして実用に供するには省電力が必須の技術、○ビーム密度の観測及び制御技術、○大強度超短パルスレーザー生成及び制御技術、○100 MeV 級の高エネルギーイオンビームの同定手法開発、○プラズマ状態を実時間モニターするプラズマ診断装置開発、○高繰返し・高安定な加速勾配を提供する種々のターゲット技術開発、○コントラスト比の低いレーザー装置の開発、○レーザー伝送の自動化 (レーザーの光軸制御)、○レーザー技術者の育成、○レーザー装置の小型化・高効率化、○高出力レーザー開発、○フェムト秒時間分解能計測技術、○プラズマ制御技術、○大強度レーザー設備の整備、○加速粒子の高エネルギー化技術、○高安定性、高連続性の粒子発生技術、○生成粒子の正確な計測、制御技術、○レーザー装置の開発、○プラズマ計測技術、○ビーム輸送技術、○レーザー駆動粒子線加速技術、○高輝度レーザー光源</p>
<p>55 大強度陽子加速器を利用した加速器駆動原子炉及び核変換技術</p> <p>○超伝導陽子リニアック、○熔融塩炉、○トリウム核燃料サイクル、○加速器の大強度化または複数使用での大強度実現、○非常に高いビームパワーを安全に扱えるようにする周辺技術。放射線レベルや機器異常検出から停止への適切な操作、○実験設備、○理論・実験双方の連携、○人材、○陽子加速器の大強度化、○加速器駆動原子炉と発電用エネルギー取出しの方法の開発、○中性子生成ターゲット技術、○未臨界炉技術、○社会的受容性、○加速器駆動原子炉はエネルギー効率の観点から不相当だと考える、○核変換技術はビームのエネルギー損失と核反応のエネルギー依存性から非常に難しいと思われるが、非常に重要な問題なので取り組むべき。ビームに対する核燃料廃棄物の配置が非常に重要であると考え、○核変換を行うターゲットや原子炉設計の要素技術の確立を早急に進めることが重要と考える、○高信頼性大電流超伝導陽子加速器システム、○大電流による発熱に耐えるビーム窓の開発、○システムの信頼性確保と LCC 低減のための固体高周波電源の開発 (電子管に対して)、○大強度陽子加速器の開発、○ターゲット冷却と熱回収の経済的なサイクルの確立、○高レベル放射線環境下で稼働する高機能作業ロボットの開発</p>
<p>56 中性子線や X 線等を用いて、地下構造、地上構造物、機械構成材料の 3 次元応力・ひずみ分布を非破壊、非接触で、その場測定するための小型・可搬型加速器</p> <p>○小型電子加速器、○大面積位置敏感型 X 線検出器、○多チャンネル信号処理回路、高速信号処理技術、○小型加速器技術、○小型検出器技術、○簡易な取扱い方法、○加速器の小型化、ローコスト化、○小型加速器の低要素数化、信頼性の向上、○省エネ、○原子分子の力学と連続体物理学をシームレスに接続する理論、○小型の加速器技術、○放射線遮蔽、○flag-erit 等の開発、○イオン源、○超電導技術、○小型中性子源、○小型高強度 X 線源、○ソフトウェア開発</p>
<p>57 物質・生命科学研究に利用するため、軟 X 線および X 線領域における回折限界光を生成・加工する技術</p>

○20MeV 大電流電子蓄積リング、○10KW 入射機、○ダイヤモンドライクカーボン薄膜生成、○先端加速器技術、○先端光学素子技術、○先端計測技術、○光源用電子加速器技術、光ビーム制御技術
58 電子ビームとレーザーの相互作用を利用し、アト秒パルスの放射光を発生させる技術
○高精度な高エネルギー電子加速器、○アト秒同期レーザー
59 世界最高強度($10^{19}e^+/sec$ オーダー)陽電子ビーム施設
○スピン偏極陽電子ビーム発生・制御技術、○陽電子コンバータ冷却技術、○陽電子モデレータメンテナンスシステム、○高出力かつ低コストの電子ビーム加速器技術、○高強度陽電子源の開発、○電子利用と同様の広がりをもつ、陽電子利用関連の研究者・技術者の協力、○高強度陽電子ビームターゲットの冷却技術を国内技術として確立すること。世界的には実現している、○偏光フォトカソード・リニアックを利用した高強度スピン偏極陽電子ビーム生成、○高等教育からの教育を含めた基礎学力の向上と人材の育成、○多くの施設に分散して発展される方が良い(互いに独自の競争力を高めるため、共同研究で進めるのはかえってマイナスと考える)、○加速器技術。わが国にはすでに多くの技術があり、それを利用すれば実現は可能である、○陽電子生成の技術。わが国にはすでに多くの技術があり、それを利用すれば実現は可能である、○陽電子ビーム高品質化の技術。わが国にはすでに多くの技術があり、それを利用すれば実現は可能である、○電子ビームドライブ方式では、高耐熱性ターゲット、○逆コンプトン方式では、高強度レーザーや高変換効率ターゲット、○アンジュレータ方式では、小型・省電力加速器
60 非周期物質生命系研究とその産業応用拡大に資する、パルス極冷中性子源や大強度中性子発生(中性子束 $5 \times 10^{14}n/cm^2/sec$)研究用原子炉、及び中性子集束計測技術(中性子マイクロビーム、偏極中性子顕微鏡等)
○中性子高感度高 S/N 検出器、○中性子収束光学系、○効率的な中性子遮蔽体、○高出力密度に耐えうる燃料要素開発技術、○高度核計算技術、○高度熱計算技術、○理想的な減速特性をもった中性子減速材の研究開発、○高い位置分解能、高計数率を有する中性子検出器の開発、○物質の動的構造因子や磁気相互作用を含めた中性子輸送計算が可能なシミュレーションコード、○偏極中性子発生技術、○中性子集束技術、○高輝度中性子発生技術、○大強度中性子用原子炉は欧米に各 1 台づつしかなく、炉技術のキャッチアップが必要
61 高平均出力レーザーからテラワット・ペタワット級高ピークパワーレーザーまで、レーザー装置の小型化、高安定化、高耐久化及び信頼性向上のためのコヒーレント結合技術
○コヒーレント合成(高出力レーザーを束ねる技術)、○半導体レーザー、○高耐久光学素子、○レーザー設計・開発できる研究者の養成、○極限集光技術、○光学素子の安定性と再現性、○レーザーの位相制御技術、レーザーの空間モードの分割・結合技術と帯域の分割・結合技術の両方のアプローチが必要、○高耐久の光学素子製造技術、多層膜によるレーザー鏡、回折格子等の分散素子のレーザー耐性の向上が必要、○高平均出力レーザー技術、コヒーレント結合を前提とした、パルスあたりの出力よりは繰り返し周期の向上を目指した新型レーザーの開発、○超低ジッター位相ロックシステム、○フィードフォワード制御、○最新のコンピュータ制御技術を兼ね備えた新しいパワーレーザーを開発すること、○高耐久光学素子を損傷誘発原因の物理解釈までさかのぼって解明すること、○コンピュータ制御に資するレーザー性能診断技術を開発すること
62 TeV 級の電子・陽電子コライダー技術
○高勾配加速空洞、○ビーム収束系、○ビームプロファイルモニター、○超伝導加速技術、○コライダー測定器技術、○加速器技術、○超伝導空洞の量産化技術、○陽電子源の確実性を向上する技術、○超伝導加速技術のコストダウン、○省エネルギー技術、○高度なビーム制御、○高電界超伝導加速空洞、○ナノビーム制御、○最先端粒子測定器、○超伝導加速空洞技術、○ナノサイズのビーム制御技術、○超高精度量子検出器技術、○大強度陽電子源、○ナノメータ電子・陽電子衝突技術、○安定超伝導線形加速器技術、○超伝導加速技術、○衝突点でのビーム収束、○陽電子生成技術、○長期間、安定に陽電子ビームを供給できる技術、○加速勾配が確実に担保できる超伝導加速空洞の量産、○ナノサイズのビーム制御、○超高加速電場空洞によるコンパクトかつ安価な加速装置、○低エミッタンス入射ビームの生成技術、○高電界加速空洞の開発、○長距離の精密測量技術、○衝突点での nm オーダーのビーム集束、○超伝導加速空洞、○高精度ビーム制御、○効率の良い加速方法の開発、○ルミノシティを向上させる方法の開発、○高効率、高い PID、汎用性の高い検出器とそのデータの解析システムの開発、○加速空洞のコストの削減、○超伝導加速技術、○超小型半導体光センサー、○超微細ピクセル半導体粒子測定器、○超伝導加速空洞、○ナノメートルビーム収束技術、○実験のための最先端粒子検出器とそれらを統合した測定器システム、○超伝導加速空洞の製作技術の確立、○大強度陽電子源の技術確立、○衝突点付近のビームダイナミクス、○大量生産を念頭においた超伝導空洞に関する技術開発、○大型ヘリウム冷凍機設備に関する技術開発、○高品質ビーム生成に関する技術開発、○超伝導加速器技術、○ナノビーム制御技術、○大強度陽電子源実現の技術
63 100TeV 級の陽子・陽子コライダー技術
○新しい超伝導素材、○地下トンネル掘削コストを低減するための土木技術、○ $>16T$ の超伝導電磁石。LHC(8T)の 2 倍の磁場の電磁石を少なくとも長さ当り同じ値段で実現する。高温超伝導体とも組み合わせる
64 ニュートリノの CP 非対称性と質量階層性を解明するための大強度ニュートリノビーム生成技術及び大型ニュートリノ検出器技術
○J-PARC 陽子加速器の陽子ビーム強度の強化、○ニュートリノ検出器用新型光センサー及び電源、電子回路など周辺装置を含めた低コスト化、○大口径微弱光検出器技術、○加速器の大強度化、○小型高エネルギー加速器技術

<p>65 ニュートリノと反ニュートリノが同じ粒子か異なる粒子かを検証するための大型検出器技術</p> <p>○極低放射能環境、○大型装置、○高感度光センサー</p>
<p>66 クォーク 3 個またはクォーク・反クォーク対で構成される通常のハドロンとは異なるエキゾチックハドロンの解明に資する加速器・測定器技術</p> <p>《特になし》</p>
<p>67 ハドロンの構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)</p> <p>《特になし》</p>
<p>68 軟 X 線領域で SPring-8 を凌駕する中型高輝度放射光施設(電子エネルギー3 GeV、水平エミッタンス 1.2 nmrad 以下、輝度 10^{20} phs/s/mm²/mrad²/0.1%w.以上)</p> <p>○現在の技術の改良で実現可能である、○土地、○計測技術、○加速器の総合的技術、○ビーム動力学計算技術、○高機能高性能電磁石の製作・制御技術、○理論的最適化と実現可能磁気コンポーネントによる超低エミッタンスリングの設計、○技術的な問題は、ほぼ解決済み、○現有する要素技術の洗練と連携、○不確実性の高い要素技術の開発はあまりないと思われる、○新たな放射光施設、○加速器開発の人的資源が限られているので、国内外の連携・協力体制の構築が非常に重要だと思います、○技術的にはそれほど困難ではないと思います、○国産の光学素子、○国産の計測機器、○制御技術、○ミニギャップアンジュレーター技術、○ナノメートルサイズのビーム集光技術、○高精度電子加速器、○低エミッタンス&大電流電子ビームの長期的安定供給を可能とする電子銃。(ERL の場合)、○大電流電子ビームの加速、エネルギー回収を可能とする超伝導空洞および周辺技術(カプラ、HOMダンパー等)。(ERL の場合)、○低エミッタンスビームの輸送、安全系を含むビーム制御技術、○蓄積リング技術、○ビームライン技術、○測定技術、○中型高輝度光源に関しては、その技術はすでに日本にあるだけでなく、挿入光源技術を考えると世界のトップといえるので政府が資源さえ投入すれば実現可能な課題である、○Photon Factory のアップグレード、○若手人材の育成、○低エミッタンスリングを安定に運転するために必要な立地条件選定、および、加速器とビームライン光学技術、○低エミッタンス、かつ、高輝度の軟 X 線を利活用するための先端実験装置開発、○すでに基本となる要素技術は手中にあると考える、○電子蓄積リングのラティス設計とその実装、○既に日本が保有する技術で実現可能、○何よりもそういう施設の企画から運営まで俯瞰出来る組織委員会、○高い機器の安定度:電源電圧、環境温度、環境湿度、低い機械振動振幅、○高輝度かつ広い安定性を有するビームオプティクス、○放射光の光源技術、○メカトロニクス、○量子力学、○材料科学、○低電力高機能な超伝導マグネットの開発、○高機能な集光ミラー及びモノクロメーターの開発、○光源性能を活かす高精度、高機能回折計の開発、○特に開発すべき新たな要素技術はないが、しいて挙げるなら加速器要素(各種電磁石、ビーム位置モニター等)の精密加工と微小誤差での設置技術、○技術よりも、資金と考えられる。資金さえ投入すれば実現すると思われる、○電子蓄積リングの小型化・低コスト化技術、○高精度の電磁石製作技術、○高精度の電磁石設置技術、○超高真空システム技術、○加速器技術、○電子分光技術、○加速器技術、○真空技術、○磁石材料、○資金と研究者間の協力、○費用、○設置場所の決定、○人材、○技術面よりは、社会への有用性アピール、特に産業界へのアピールと継続的利用のための制度整備が重要(SPring-8 の反省)、○技術的には確立している、○最先端リング型加速器、○既存技術で十分対処可能である、○予算、○人員配置、○低エミッタンス放射光リング、○要素技術よりも建設母体と予算が最大の問題、○既存の最先端技術により可能</p>
<p>69 化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ps~fs オーダー分解能)放射光分析基盤</p> <p>○高輝度・単バンチの XFEL もしくは ERL、○フェムト秒~アト秒のレーザー装置及び時間分解計測装置、○超高速データ処理装置、○X 線自由レーザー、○局所分析のための高輝度放射光の集束技術、○高輝度放射光の検出技術の向上(時間分解能、空間分解能)、○高感度、高分解能検出器開発技術、○検出器の高速、高分解能化、ダイナミックレンジ範囲拡大、○X 線自由電子レーザーのビームタイムの拡充、○電子分光へ適用可能なエネルギー分解能および時間分解能を同時に満たす超短パルス電子線源の開発、○液体サンプルあるいは大気圧下の条件下で動作する電子分光技術の確立、○特にフェムト秒(fs)の時間オーダーで、励起光(レーザー)とプローブ光(放射光)とのタイミングジッターを精度良くモニターし計測する技術、○物質の反応ダイナミクスの変化を捉える為に、放射光の強度および位置揺らぎをモニターし、検出系のバックグラウンドが無く感度良く計測する技術、○光相関分光などによる高精度の時間計測技術、○構造や電子状態のスナップショット像を適切に可視化出来る時間分解能をもった分光技術、○高速分光に適した試料調整技術、○新たな分光計測技術の開発、○マッシュエンダー干渉計を用いた、あらゆる波長の分光技術、○SACLA よりも優れた XFEL の開発、○高輝度・高分解能放射光と超短パルスレーザーの同期実験技術、○光電子エネルギー分析技術、および、光電子顕微鏡技術</p>
<p>70 極低エミッタンス蓄積リングによる次世代の省コスト型・超高輝度放射光源</p> <p>○電子バンチの運動を超精密に制御する技術、○加速器技術(真空技術、電子制御、計測・制御技術、ソフトウェア技術も含む)、○分光技術(X 線を含む軌道放射光の分光と集光にかかわる光学系の設計と制御)、○データ解析技術(末端実験装置の設計と計測・制御、データ処理)、○加速器構成要素の高精度化、高安定化、○極低エミッタンス加速器技術、○機能複合型電磁石の高精度アライメント手法、○ビーム位置モニタの高精度(~10 ミクロン)アライメント手法、○永久磁石を用いた磁石開発</p>
<p>71 機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な</p>

<p>情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術</p> <p>○温度変化発電のための、「自発分極の大きな、強誘電体材料」開発、○非破壊でナノスケールの構造解析が国際的に競争力を有する機能性材料の創成に不可欠、○XAFS、○既存放射光施設より高い輝度を有する軟 X 線放射光施設の設営、○高い輝度を有する磁気モーメントをそろえた中性子線施設（磁性材料には必須）、○超短パルス X 線源の開発、○X 線発生手法の安定化、低コスト化、○加速器の小型化、○安価で安定なレーザー開発技術、○観測のための量子ビーム高品位化、○電子状態観測における深さ分析技術（硬 X 線光電子分光法等）のさらなる検出効率の向上、○機能発現の解明における反応中の”その場”観測技術、○時間分解観測におけるレーザー-pump-probe 技術や SACLA の短パルス技術、○低エミッタンスな放射光（各種部材のあるデバイス内で、非解体でその場解析が可能となる）、○局所領域からのナノスケール電磁場検出技術、○局所領域からの高速な電磁場検出技術、○高輝度・高エネルギー分解能を実現した新しい放射光光源、○高速・高エネルギー分解能で電子スペクトル、吸収スペクトルなどを計測する技術、○新機能性材料を創生するための発現メカニズムの実観測、○微細材料作製技術、○データ解析技術、○X 線集光技術、○高輝度放射光、○適切なバックグラウンドを持った研究者の育成、○適切なバックグラウンドを持った技術者（装置の管理、維持）の育成、○材料技術、○放射光解析技術、○計算化学、○放射光ビームライン機器技術開発及びそれに用いる素子開発（結晶、反射鏡、回折格子、ゾーンプレート、検出器）、○先端的性能を狙わず安定した運転をおこなう機器（永久磁石、電磁石、電源等）の品質管理向上及び加速器運転制御技術の開発、○上記 1、2 に精通した研究者、技術者の養成及び地位向上、○高輝度放射光施設の建設、○広いダイナミックレンジをもつ検出器の開発、○振動吸収定盤、○高速データ処理システム、○光電子顕微鏡の収差補正技術、○放射光切り出しのための高速チョッパー、○ナノビーム整形技術、ビーム位置の安定化技術、○極低エミッタンス光源、○高検出効率、高速度の検出器、○データストレージおよびデータ解析環境、○検出器の性能向上、○多くの研究者・技術者が希望する時に使用出来るように十分な数の施設を準備する、○1 の施設のレベルを維持出来るよう、十分な人材を確保する、○超低エミッタンスかつ短パルス特性をもった X 線レーザー、○ナノメートルスケールの分解能を担保する超高安定な試料環境、○光源性能を活かすことのできる超高速超高分解能なフォトンカウンティングタイプの 2 次元検出器、○フェムト秒・アト秒オーダーの時間応答を示す、無機・有機ポッケルス EO 結晶、○メタマテリアルによるメートルオーダーでの無減衰導波路の開発、○検出器の感度の向上、○極低エミッタンスの放射光光源（課題 68、70）の実現と幅広いユーザーに対応する研究環境の構築、○非接触原子間力顕微鏡・走査トンネル顕微鏡・電子顕微鏡等におけるより高感度な信号検出技術、○FPGA をはじめとした高速制御・計測技術、○これらが完全な形で達成できることは難しく、なにかを犠牲にする必要があり、十分な理解の上にとの部分優先するかをうまくコントロールする必要がある、○ナノメートルフォーカス可能な高輝度軟 X 線放射光ビームライン、○高分解能光電子エネルギー分析技術（内殻吸収、光電子分光、蛍光分光）、○放射光回折、○中性子回折、○量子ビーム光源技術、○高性能・高速検出器開発、○目的性能の発現メカニズム解明および機能性材料の物性と目的する性能との相関把握、○材料／モジュール設計および作製技術、○システム設計／構築技術、○X 線吸収微細構造解析、○小角・広角 X 線散乱法、○第一原理シミュレーション、○基本的な物理量の測定技術、○研究成果の迅速な発信方法、○データ処理技術</p>
<p>72 ナノ分解能でマイクロメートルの視野を有し、かつ元素ごとの化学結合状態を 3 次元でイメージング可能な次世代 X 線顕微鏡</p>
<p>○高い開口 (NA) を持つ X 線集光光学系、○超精密多層膜技術、○高繰返し小型軟 X 線レーザーの開発、○色収差のないゾーンプレートの開発、○高精度ミラー加工技術、○高精度アライメント機構の開発、○X 線集束技術の開発、○元素固有のエネルギーから元素を選別できる 2 次元検出器（海外メーカーが開発中で、一部が市販される段階に入りつつある）、○CT（コンピュータトモグラフィ）処理用の安価で高速な計算処理システム、○X 線を拡大・結像できる高精度な光学系、○フレネルゾーンプレートの高精度化、○検出器、○ソフトウェア、○新しい放射光光源、○高感度、高分解能、かつ高速の検出器、○イメージを解析して有用な情報を取り出す技術、○ナノメートル空間分解能を実現するための X 線レンズ、○低エミッタンス高輝度 X 線源（小型光源も含む）、○エネルギー分解能の高い高感度・大視野・高空間分解能・画像検出器、○放射光集光技術、○微小領域の分析技術、○透過能、エネルギー分解能等に優れた分光器の開発、○X 線顕微システムの開発、○シミュレーションとの整合性検討、○SPRING-8 の 100 倍のフラックスを提供する高輝度光源、○ナノ分解能を達成するための高精度 X 線光学素子、○試料の放射線損傷と照射強度がバランスのとれた新規顕微手法</p>
<p>73 サブナノメートル分解能からマイクロメートル分解能まで連続倍率可変な構造・化学状態・電子状態分析のための放射光イメージング技術</p>
<p>○自由度の高い新規光学系、○高強度光源およびビームサイズ可変ビームライン光学系、○吸収分光解析技術、○広範なエネルギー範囲に対応する検出器技術、○顕微分光法開発、○高い効率のスピン検出器開発、○高エネルギー分解能電子分光器開発、○課題 80 とつながるが、高効率な検出器が非常に高価である。日本の技術で安くできることが望まれる、○可視レーザーのように極めて安定した、揺らがないシングルモード光源。光路上に分光器のような不安定なもの、窓の様にコヒーレンスを乱すものはなるべく入らない事が望ましい、○広い散乱領域をカバーし、かつダイナミックレンジの大きな (10^6 以上) 大面積かつ高空間分解能 (10 ミクロン/ピクセル) を有する 2 次元検出器。APD (アバランシェフォトダイオード) アレイの様なもの、○X 線光学素子 (結晶) の高度化開発、○放射光源技術、○X 線集光技術、○X 線検出技術、○高感度高分解能なイメージモニターの開発、○高輝度光源あるいはビーム加工技術、○画像解析技術およびシミュレーション、○高感度、高ダイナミックレンジ、大面積、高分解能を兼ね備えた高速イメージングデバイス、○各種光学素子からの不要な散乱成分を完全に抑制または除去し、理想的な放射光プローブを形成する光学素子</p>
<p>74 細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析</p>
<p>○データ解析技術、○コヒーレント X 線生成技術の高度化、○実用的な高コヒーレンス光源の実現、○汎用的な解析手法の確立、○測定に適したサンプル処理法やモデルサンプルの選定、○測定手法、○統一的な解析手法の確立、○放射光の性能の向上 (コヒーレント性、ビーム径、輝度)、○解析技術 (構造のイメージ化、逆空間→実空間の変換モデル)、○検出器の性能</p>

<p>の向上(分解能、分解時間、S/N 比)、○放射光を用いた構造解析により得られた情報を、企業が利用して新しい材料開発に生かせるための産学間の協力</p>
<p>75 創薬や生命起源解明のためのナノメートルスケールでのタンパク質分子群可視化が可能な、先進的量子ビーム(放射光、レーザープラズマ X 線等)による超高速高解像 X 線顕微技術やコヒーレント X 線によるイメージング技術などの解析技術</p> <p>○放射光施設、○人材育成、○レーザー電子加速を利用した XFEL、○項目 1 を実現するための安定な高強度レーザーの開発、○項目 1 を実現するためのレーザー電子加速技術の開発、○コヒーレント X 線光源などの X 線光源の高平均出力化、○高効率の X 線光学素子開発。既存のモリブデンシリコン多層膜(13nm の波長に利用可能)以外の広範な波長領域で高い反射率を持つ軟 X 線鏡の製造技術開発、○高性能レーザーの開発(我が国はレーザー技術開発が世界の先進国のなかでも著しく遅れをとっている)、○現状の SACLA より 4 ケタ以上高輝度なコヒーレント X 線光源、○高感度・高精度かつ高速な 2 次元 X 線検出器、○タンパク質分子のハンドリング技術、○X 線しぼり技術、○高速、精密掃引技術、○放射光の高輝度化、○高輝度放射光の安定供給、○解析技術の向上</p>
<p>76 酵素の反応機構を解明する時分割タンパク質解析技術</p> <p>○ナノメートルサイズのビームが使える放射光実験施設の充実、○酵素反応に由来する弱いシグナルを感度よく検出できる検出器の開発技術、○酵素やタンパク質の抽出、精製技術、○分光学的な研究を酵素やタンパク質に応用した解析技術</p>
<p>77 タンパク質 1 分子を試料として、その構造解析を行う X 線回折技術</p> <p>○高輝度コヒーレンス光の実現、○ビーム輝度の向上、○ビームコヒーレンスの向上、○短パルス 5fs 以下かつ 10^{22} photons/pulse、○回折検出器の解析、ダイナミックレンジが 10^{10} 程度必要、○データ処理技術、○タンパク質の損傷をいかに防ぐか、○XFEL の高輝度化、○X 線による試料損傷の詳細な解析、○X 線集光技術、○高感度で低ノイズな検出器の開発、○真空カメラなどのバックグラウンドの低減技術、○ビーム強度の向上と、その検出を劇的に向上させる何らかの技術革新、○固定技術、○ダメージ抑制技術、○高分解能検出器、○高強度 X 線、○高感度、高 S/N 比、高速読み取り検出器</p>
<p>78 マイクロメートルの空間分解能、マイクロ秒以下の時間分解能での高エネルギー放射光による、レーザー加工中材料のその場時分割計測・分析技術</p> <p>○大型二次元検出器、○ビーム集光技術、○高い量子効率を実現した 2 次元検出器、○2 次元検出器の低価格化(存在しても普及しない技術であっては利用されない)、○大型 2 次元検出器の高度化(時間分解能 1msec 以下、空間分解能 $10 \mu\text{m}$ 以下、画素サイズ 8096×8096 以上)、○放射光における人材育成システムの構築</p>
<p>79 原子力安全性向上のための水素処理触媒開発や廃炉のための燃料デブリ組成・状態分析に必要な、高線量放射性物質または高線量環境下試料の構造・化学状態を放射光で解析する技術</p> <p>○放射性物質を取り扱えるビームラインの整備、○放射性同位体の短寿命化、○極短超高出力光パルスの発生・制御技術</p>
<p>80 1 光子検出が可能な 2 次元 X 線検出器の高分解能化、高速化、大型化による低線量診断</p> <p>○モリシックセンサー技術、○三次元デバイスの技術、○更なる微細加工を可能とする超 LSI 技術、○優れた放射線物性を有する X 線検出媒体、○大容量データを高速処理可能なソフトウェア、○X 線検出器のための微細加工技術、○大量の検出データの高速処理技術、○広範囲エネルギー領域で動作可能な X 線検出器技術、○新規アイデアに基づく X 線検出器の実現</p>
<p>81 偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術</p> <p>○ヘリウム 3 の核スピン偏極技術、○高いエネルギーの中性子にも使えるスーパーミラー、○中性子光学系の高度化による中性子ビームを格段に集束する技術、○中性子の飛来位置の分解能を格段に高分解能で計測できる技術。現在の技術はベストでも 50 ミクロン程度であるが、ミクロンを切る技術の開発が欠かせない、○大強度パルス中性子源を使うとなると中性子検出器の時間分解能がナノ秒の高速性が必要である、○ヘリウム 3 のオプティカルポンピングによるスピン偏極を中性子に移行する技術、○磁性人工超格子による中性子全反射ミラー、○高精度磁場制御技術とシミュレーション、○中性子の偏極化技術、○中性子源の高度化、○中性子光学素子の高度化、○コンパクトな無磁場環境の構築、○高効率高寿命偏極フィルタの開発、○広いエネルギー範囲(1meV~数 100meV)までの中性子を 90%以上の偏極率で偏極するデバイス。(完全偏極状態を 100%とする)、○試料での散乱後の偏極率を測定する検極子で、かつ大立体角(散乱角にして 130 度の範囲をカバーできるもの)、○飛行中の中性子のスピンの向きを制御するデバイス、とくに J-PARC での白色中性子用、○熱外中性子に対するスピン偏極フィルタ開発、○偏極中性子散乱を効率的に測定する為の分光法開発、○核偏極を含めた試料環境偏極技術の開発、○中性子回折</p>
<p>82 中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ分布等を可視化し、その場観測する技術</p> <p>○装置の台数を増加、○科学スタッフの増員、○利用条件の簡素化、○X 線を用いて非破壊に測定した部材表面のひずみデータから部材全域の残留応力分布を推定する複雑な計算プログラムを汎用化するソフトウェア開発、○現場で測定可能な可搬式 X 線回折装置の性能改善に伴う測定精度の更なる向上、○中性子・X 線回折測定技術、○高輝度中性子・X 線発生装置、○高位置分解能かつ積分型の 2 次元検出器、○量子ビーム施設と利用者を結ぶ人的資源を含めたネットワーク環境、○中性子・X 線イメージング技術、○応力およびひずみ評価技術、○高効率・高分解能な中性子検出器、○高強度中性子源、○実</p>

働環境を模擬する試料環境装置、○高速、大面積の二次元検出器
83 超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術
○超低速ミュオンを生成するためのレーザー、○超低速ミュオンの偏極度を高く保つ技術、○超低速ミュオンの絶対数、○大強度ミュオン源の実現、○高強度レーザーの開発と安定化、○大容量データの収集と解析、○パルスレーザーの大強度化と安定化に関する技術、○第一原理計算に基づき物質内部での荷電粒子の状態を決定する要素技術、○加速器で生成されるビームの高強度化に関する技術要素、○高強度ライマンαレーザー、○低速ミュオン再加速装置、○超高真空下試料交換装置、○大強度陽子加速器、○大強度紫外線レーザー、○効率的なミュオン収集。現有の施設においても低予算でミュオン収集効率を増倍させることが可能である。資源・予算の配分を見直して、各施設でのミュオン活用効率を上げる、○大強度レーザー開発。現実的利用計画にまだレーザー強度が追いついていない。強度のみを追い求めるよりもある程度の安定性をもつレーザー開発へ研究方針のかじを切る、○効率的なレーザー照射方法。たった一回の照射では超低速ミュオン発生効率が悪い。レーザー光路を変える技術を活用し、同じレーザーでもよりおおくの超低速ミュオンを発生させる技術開発へ方針を展開する。、○超低速ミュオン生成技術、○超低速ミュオン加速技術、○最も、重要且つ困難である部分はレーザーによる熱ミュオンの解離反応を高効率に行うこと、○大強度パルス真空紫外(VUV)レーザー源の開発、○スピン再偏極技術、○ミュオン加速
84 偏極陽電子を生成・制御し、表面第1層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術
○加速器ベース大強度低速陽電子ビームのさらなる高強度化、○レーザー逆コンプトン散乱による大強度スピン偏極低速陽電子ビーム生成、○陽電子回折実験による物質最表面及び表面近傍のホログラフィーイメージ取得、○強力偏極陽電子ビーム生成技術、○偏光フォトカソード・リニアックを利用した高強度スピン偏極陽電子ビーム生成
85 複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を同一試料の同一位置に再現性よく、または同時に照射することで、複雑系や領域依存性の高い物質の原子構造・電子状態、一過性の過渡現象を複合的手法で多角的かつ精密に分析・解析・観察する技術
○同一場所における複数の加速器照射技術、○量子ビームタイミング制御技術、○入射ビーム精密制御可能なデバイス、○ビーム発生源の小型化、ex. 中性子サイトにレーザー発信源を作る、○ビーム生成技術の融合、複数量子ビームを同時に生成する、○それぞれの量子ビームの大強度のマイクロビーム生成技術、○エネルギー、光量等の安定した量子ビームの生成技術、○量子ビームの取り回し及び局所照射を行う技術、○特性の異なる量子ビームの時間及び空間的な精密計測技術、○基礎理論の構築、○種々の量子ビームの正確な照準照射技術、○複数の量子ビームの正確な同期照射技術、○複数の量子ビームを相互の干渉無しに精密に計測する技術、○複数の加速器・装置の利用なので、各加速器・装置の安定化技術、○照射効果等の指標となる信号の計測技術の開発、○電子状態や構造状態等分析結果と「物性」との相関性の解析技術、○レーザー光学技術、○電子分光技術、○電子検出技術、○コンパクト中性子源、○中性子非弾性散乱実験、○同時照射と言える輝度の実現、○高性能かつ汎用性の高い量子ビーム源の整備、○上記を継続的に維持・高度化するための資源(人的を含む)配分、○高効率で各量子ビームを生成する技術、○各量子ビームの時空間制御技術、○時空間での高精度計測技術、○材料科学の発展と新規現象の発見につながる極めチャレンジングな研究のため、人材育成が非常に重要になる、○特に大学組織に戦略的に施設建設することで若手の人材を育成することが重要となる(ポスト組織からなる研究所ではブレイクスルーは望めない)、○高輝度量子ビーム線源の開発、○量子ビーム制御技術(ビーム輸送・集光・スピン偏極・パルス同期など)の高度化、○各量子ビームの高度化・ナノビーム化、○位置再現技術、○各量子ビームにより得られたデータを相補的に利用するための解析技術、○加速器などビーム発生技術、○放射線等の計測技術、○中性子での微小試料実験が可能となること、○放射光で極端条件下の単結晶実験が出来ること
86 複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm～mmの幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術
○高精度な量子ビーム照射技術、○高精度、長時間分解能の材料観測技術、○個々の量子ビーム装置を融合する技術、○中性子光学技術など、中性子ビーム形状や輝度などを精密に制御する技術、○量子ビームを利用した研究の発展は目覚ましいものがある、とはいえ、今後の大きなブレイクスルーには、複数量子ビームの相補的利用にあると思われる、○これら量子ビーム利用が可能な人材の育成は、喫緊の課題である、○中性子や放射光等の施設の高度化、特にビーム強度の増強と単色化、○複数の量子ビームを利用し易く、利用の機会を増やすこと、○解析技術を普及させ、量子ビーム研究者だけでなく材料研究者の参加を促すこと、○材料本位の装置高度化、○中性子源の高輝度化、○高分解能かつ大面積の検出器、並びにそれらを支える大型計算機、データ解析システム、○ナノプロセス技術、○空間・時間分解能を引き上げるための高精度検出器及び分析システム開発、○解析結果と照合しながら行える精密加工技術・システム、○量子ビーム集束・高輝度化技術、○量子ビーム照射位置精密測定および制御技術、○Producing technologies of the nanocrystal ion beam with a monodisperse size distribution、○High-energy acceleration technologies of the nanocrystal ion beam with a high intensities、○High-functional analysis technologies of the nanocrystal ion beam with a monodisperse size distribution、○それぞれのビームを同じ試料位置に同時入射するための連携およびビーム発生源の小型化、○3D プリント技術、○ビーム収束技術、○その場観察技術
87 精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術
○荷電粒子による大電流照射に耐えうる固体ターゲット照射技術、○照射済ターゲットからの超微量生成 RI の分離および高純度化精製技術、○高線量非密封 RI の取り扱いに関する技術(人材育成)、○大強度ビームの発生技術、○大強度ビームの熱エネルギーによる溶解に耐えうるターゲット照射システム、○生成放射能のターゲットからのオンライン分離技術、○中性子

<p>やイオンビームの発生と照射制御技術、○照射後ターゲットから目的とする放射性同位元素を分離・生成・標識する技術、○標識した分子(化合物)の細胞照射効果や生体内安定性など、放射性薬剤として利用するための特性評価技術、○大強度の加速器を安定的に、低コストで運転する技術、○計画的な元素生成のための理論、○設備計画、○生体用放射線技術、○At211などの放射性同位元素を大量かつ安定的に製造するための中性子・イオンビーム照射用試料の作製技術の確立、中性子・イオンビームを効率的に照射可能にする照射装置の整備ならびに照射技術の開発、○中性子・イオンビーム照射によって製造した At211 などの放射性同位元素を高収率(少なくとも 80%以上)で分離精製する技術の確立ならびに分離精製技術の装置化、○製造した At211 などの放射性同位元素がどのような化学形で存在し、放射性薬品開発に利用可能な純度を有しているかどうかを分析する技術の開発、○大強度加速器の建設、○高中性子束の研究用あるいは RI 製造を主目的とした原子炉の建設、○At-211 を大量に製造する設備および施設、○照射されたターゲットから At-211 を回収する技術、○純度の高い At-211 を得るための精製方法の開発、○イオンビーム等の照射技術および分離精製技術の開発、○大量製造にむけた加速器、照射装置、分離装置の開発、○着実な医療への応用にむけた標識実験技術ならびに生体内での線量等評価技術の開発、○大量製造に適した照射ターゲット部の設計、○大量製造に適した ²¹¹At の分離法の開発</p>
<p>88 イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術</p>
<p>○突然変異を導入する対象生物の遺伝情報、○対象生物の網羅的な遺伝子配列解析情報、○対象生物の環境応答に関する情報</p>
<p>89 放射光やレーザー等を用いて、結晶成長中・デバイス動作下など実際に製造・使用されている条件下で、ナノスケールの材料の構造を原子レベルで測定する計測・分析技術</p>
<p>○ナノサイズのビーム集光技術、○高輝度放射光源、大強度レーザーの開発、○高時間分解能、高検出率を有する 2 次元検出器、○光源の同期技術、○光電子顕微鏡の導入、○X 線光電子分光装置、○透過型電子顕微鏡、○TIARA 等の高エネルギーイオンビーム、○中性子回折</p>
<p>90 生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術</p>
<p>○マイクロビームをさらに高度化する必要があるため、さらにビームを絞れる技術を開発する、○高精度な二次粒子計測技術、○孤立ナノ粒子標的の実現、○次世代光源の開発(卓上小型放射光発生装置、レーザー駆動陽子線発生装置など)、○高精度位置検出、位置調整技術(ナノメートルオーダーの高精度位置制御技術)、○高精細画像解析システムの開発(高精度ビーム検出および照射領域計算技術の開発)、○生体組織内部でのマイクロビーム照射効果を非破壊的かつリアルタイムに高感度検出するための蛍光イメージング技術、○生体組織内部を模擬した三次元局所線量計の開発と実測データに基づいた線量付与分布のシミュレーション技術、○高エネルギーの荷電粒子又はエックス線マイクロビームの形成及び生体組織照射技術</p>
<p>91 単一イオンの飛跡を利用した機能付与、荷電粒子ビーム複合照射による微細加工・表面機能化技術(高性能反応・分離膜、単一発光量子デバイス、疾病診断チップ、再生医療デバイス等への応用を想定)</p>
<p>○放射線利用技術とその普及、○放射線グラフト重合技術、○高分子材料複合技術、○高品質な荷電粒子ビームを安定して供給する技術、○微細領域の化学構造変化を観察する技術、○単一イオンを任意の位置に精度よく照射する技術、マイクロビーム、シングルイオンヒット技術、○材料の物理的・化学的構造変化をナノレベルで分析する技術、○複数の量子ビームをナノレベルで照準して同時に照射する技術、○機能付与の物理的領域の制御技術の確立が必要だと考えている、○各種イオンをナノメートルレベルで制御して注入する技術、○一つ一つのイオンを正確に計測する技術、○単一イオン照射技術、○低真空度や大気中等で高エネルギーの重粒子線を、含水高分子などの生体材料に照射できる技術、○単一イオン照射と他の照射を同時、或いは雰囲気を制御した状態で他の量子ビームを逐次照射できる複合処理技術、○単一イオンビームを、精度良く狙った位置に照射できる、高精度マイクロビーム技術、○フラーレン等のクラスターの高強度イオンビームや金属等の生成の難しいイオンを安定に生成する技術、○小型で安価な加速器及びこれを用いて上記ビームをマイクロビームに形成する技術、○一定の教育訓練により容易に上記装置を運転・操作できるように、ハード・ソフトの両面を高度化することが重要</p>
<p>92 大強度中性子イメージング技術の高度化による、局所の金属組成分析や金属部品内微細構造の 3 次元可視化計測技術</p>
<p>○中性子イメージング技術、○画像データ高速処理・可視化技術、○超高精度な中性子ビーム制御技術、○超高空間分解能中性子検出器、○各要素技術の開発はできており、それらを組み合わせる組織またはシステム、ソフトウェアを作ることが重要であろう</p>
<p>93 放射性廃棄物中の長寿命核種 ¹³⁵Cs を核変換技術によって無害化するために必要となる Cs 同位体分離に向けた、高強度 THz パルスを用いた量子制御技術に基づく新しい物質分離手法(同位体選択的加熱)</p>
<p>○THz パルスによって誘起される分子内部のダイナミクスを取り扱うための数理論物理学的理論の構築、○同位体選択的に加熱されたセシウムを分離回収できるガス吸着材・ガス分離膜の開発、○メタマテリアルによるテラヘルツ波の位相制御デバイスの開発、○高輝度 THz パルスの発生および制御技術、○高強度中赤外光パルスの発生および制御技術、○セシウム原子の取扱技術、○THz および振動励起用中赤外光源開発、○遠心力ひずみに対応した分散制御技術、○模擬の分子集団に対する同位体選択的回転及び振動励起の実証試験、○高強度 THz パルスの波形制御技術・位相制御技術・反射防止膜製作等の基盤技術、○中赤外高強度ピコ秒パルスの発生技術、○セシウムの分離回収技術</p>

<p>94 イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術</p>
<p>○高強度レーザーを安定に運転する技術、○加速器サイトへのペタワット級レーザーの設置、○診断を含めたレーザープラズマ制御技術、○レーザー技術(大強度で可変波長)、○イオン操作技術(イオンのトラップ・荷電変換・識別の技術)、○レーザー研究開発、○イオン計測技術、○高強度レーザーと物質の相互作用の解明、○レーザーの安定化技術、○必要とされる要素技術は、高エネルギー加速器の小型化・低コスト化技術、○必要とされる要素技術は、大強度レーザーの大強度化・小型化・低コスト化技術、○レーザーの高強度化技術、○安定した高強度レーザーの開発、○高強度・高輝度レーザー開発、○先進的ビーム計測システムの開発</p>
<p>95 データ同化やパラメータ最適化等の技術を導入した、大気・海洋の組成、生態系、物質循環などに関する地球環境予測モデル</p>
<p>○地球環境の物理モデルの高精度化、○パラメータの同定方法の確立、○生物・化学過程についての実験・観測、○生態系についての現場データが不足しているため、モデルの高度化が不十分であり、予測の確実性を担保できていない、○非線形モデリング、○高度な並列計算、○複雑系、○計算機の性能向上、○人工衛星などを用いた広域高精度計測技術、○関連する衛星観測の充実、○地球環境数値モデルの開発、○データ同化技術の開発、○データ同化手法、○大気化学・エアロゾルモデリングの向上、○スーパーコンピューティングシステム、○高精度な衛星観測、○情報処理機器の高速化、○世界中にちらばる計測機器からのデータ収集およびその解析を実現するICT技術。それらは低消費電力かつ自律性を有した組み込み型デバイスからスパコン等の大規模データ解析・シミュレーションプラットフォームを含み、そのようなICT技術を駆使することが重要、○データ同化やパラメータ最適化に必要な多岐にわたる膨大な観測データを広域・高頻度にモニタリングする技術、○物理・化学・生物・計算機学など多岐にわたる研究分野の膨大な知見を整理し、適切に定式化する技術、○モデルの出力結果についてそれらの予測の不確実性を含めて適切に社会へ情報発信する技術、○それぞれの専用センサーの開発と観測、データからの特徴抽出とその統計処理手法の開発、○各地域における物質循環のモニタリング技術、○各地域における微気象観測の技術、○データの統合化システム、○スーパーコンピュータの一層の発展</p>
<p>96 生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による水循環変動及び水土砂災害等の予測</p>
<p>○有限要素法の連成解析技術、○森林生態系と海洋を含む水系生態系のモニタリング、○生態系全般のシミュレーション、○シミュレーションをもとに適切な予測情報に変換する教育、○シミュレーション結果の検証のための同位体マッピングとモデリング</p>
<p>97 1kmといった超高解像度の気象大循環モデルを用いた、20世紀初頭から21世紀末に至るグローバルな気候変動の数値シミュレーション</p>
<p>○並列計算技術、○数値計算アルゴリズム、○気象モデル、○高解像度の計算を行うスーパーコンピュータ、○現象の再現に必要な雲などのパラメタリゼーションの開発、○信頼性の高い詳細物理モデル開発、○超並列計算機による高速処理(量子コンピュータなど)、○ロバストな数値解析手法の開発、○スーパーコンピュータによる計算機資源</p>
<p>98 21世紀末に至る全大陸上のエネルギー・水・物質(CO₂等)の収支が推計され、再生可能エネルギーや食料、水などの資源、人間健康、生態系サービスに関して今後懸念される問題点が1kmといった超高解像度で明らかになるシステム</p>
<p>○観測・統計データの世界的な共有、○計算機、○入力データの整備、および即時提供のためのシステム構築、○同化技術と連動させた全体としてのシステム作り、○情報通信技術(ICT)の広帯域化及び大容量化、○コンピューティング環境における更なる処理能力の向上、○測定データの一元化、○過去のデータと結果の比較の公開、○エネルギーや資源、その他の流れのモデル化</p>
<p>99 衛星からの水面高度計測や氾濫面積計測と数値モデルとを用いた逆解析により、河川の水深や流速を世界規模で広域に推計するシステム</p>
<p>《特になし》</p>
<p>100 衛星観測並びに地上観測に基づき、人間活動も考慮した陸面水循環モデルを用いたシミュレーションによる、数時間から数日先までの全世界の洪水や渇水の予測</p>
<p>○世界各国からのリソースの提携、○正確なデータの入手、○リアルタイムでの大容量データの共有技術、○衛星観測精度、○気象予測の高精度化、○水利用・防災インフラなどの人間活動の要素情報、○人工物・自然物における水循環経路の詳細でリアルタイム(～週単位程度)な把握、○降水量の局所的な予測・推定の高精度化と、その幅広い活用、○上記両者に含まれる不確実性を考慮したアンサンブルシミュレーションと、それを適切に理解できる社会的理解</p>
<p>101 台風時の高潮・高波と降雨による内水・外水氾濫を統合して扱う沿岸災害予測</p>
<p>○精緻な地形情報の整備、○計測インフラの強化(通信機能を持つ水位計・降雨計の多点設置、リアルタイム氾濫モニター+シミュレータの運用、放送網への自動的な配信など)、○多数のシミュレーション結果から構築される、降雨パターンから検索可能な氾濫予測データベースの整備、○気象台風モデル、局所的な豪雨を予測可能なモデル、海面・水位・降雨を統合した災害シミュレーション技術の実現、○観測データの整備、○シミュレーション技術の精緻化、○人工衛星による気象・海洋のモニタリング、○河川の水位や流量をリアルタイムでモニターできる観測網、○リアルタイムで予測モデルを動かせる大型計算機と数値</p>

モデル
102 ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション
○地震発生のシミュレーションは現在でも行われているが、現実の地震発生を予測するほどの精度が得られることは、データ同化を進めたとしても期待できない、○稠密な観測網、○高精度・高確度の観測データ解析、○複雑な計算を高速処理できるスーパーコンピュータ(京よりも通信速度が速いもの)、○観測データ(特に断層面上における)の取得、○摩擦法則の解明、○現在、「京」クラスの計算機資源を必要とするので、実用化にあたっては同化手法の高速化アルゴリズムの検討も必要では？、○大規模点過程モデルのシミュレーション技術、○リアルタイム計測とリアルタイム解析技術、○計算機の発達、○地震波とプレート移動の地球規模解析
103 地震動・津波の直接被害のほか、構造物倒壊、火災、液状化、漂流物等も含めた、広域複合災害の予測システム
○震源断層から都市までを含む地震応答シミュレーションにより、地震災害のリスクを総合的に評価するためのアプリケーション開発技術、○地震現象を第一原理的に計算し、現象の理解を助けるための、大規模シミュレーション技術、○都市の人間活動の災害応答シミュレーション技術、○流体と固体の連成シミュレーションの大規模化、○高精度かつ合理的な物理モデルの効率的な構築技術、○あいまいさに対する感度の効率的かつ合理的な評価法、○高速かつ低コストのスーパーコンピュータ、○破壊解析、○連成解析、○ダイナミクス、○広域地盤・構造物の連成地震動・液状化現象シミュレーション解析技術、○津波のシミュレーション予測技術、○地震予知技術、○個々の事象のシミュレーション技術の開発、○人材育成、○地震被害把握技術、○津波伝搬予測技術、○火災延焼予測技術、○観測網のさらなる充実、○非連続体の動的挙動を記述する非線形運動方程式の定式化とその数値解法、○超大規模数値計算機、○関連する専門分野の間の学祭的連携、○プロセスベースの水一土砂・構造物・漂流物連成計算手法、○安易に運用可能な高速計算機、○計算力学、○不連続性体力学、○HPC、○構造物、液状化地盤、漂流物の移動など、個々の構成要素の力学挙動シミュレーションの高精度化、○シミュレーションの精度保証、○シミュレーションモデル生成のためのデータ整備と、簡易にモデル生成するための手法確立、○個別の評価技術法の精度向上、○複合災害を議論する研究分野の形成とそれを可能にする研究・技術者の育成組織の必要、○高分解能データの取得と公開、○海域での地震・津波観測システム、○被害予測シミュレータ
104 実物試作をほとんどせずに自動車や大型工業製品を設計・開発することを可能にする、現実に忠実なシミュレーション
○多様な物理現象の連成解析技術、○大規模解析を高速に行うための数値計算アルゴリズムやモデルの低次元化技術、○複雑な物理現象のモデル化や同定技術、○スーパーコンピュータの産業界での利用の促進 利用コストの低減とシミュレーションソフトウェアの提供、○汎用並列処理ライブラリ、○多要素モデリング統合技術、○国産ソフトウェアの開発(海外ソフトウェアであっても、その国内サポート人材の長期的育成)、○大学での普及教育(実現象と数理モデルや大規模シミュレーションをつなげる人材の育成、さらには手計算でアタリをつけられる人材の育成)、○エンジニアがもてはやされる時代の到来(現状:なんかわからないこととして、キモイ、オタク、人付き合いが下手?) 小中高の教員ですら、エンジニアのことがわからないこと多い、○こちらが御教授頂きたく、○計算速度、データ転送速度、実メモリ空間ともそれぞれ現在にくらべ 1~2 桁以上高い性能を持つ計算機、○高機能 PC、○情報技術教育、○人間は自己の気持が最も良く現れるのは表情である。6 基本表情は、万国共通とされているが、自然な形で被験者にそのような気持ちにさせることが 困難であり、顔の各部位によって表情を記述する、従来の FACS(Facial Action Coding System)も必ずしも正しくはないと言う 問題もある、○マルチスケール・マルチフィジックスのシミュレーションを成功に導く方法 :数理、物理・化学・生物等とコンピュータ科学との融合領域において、マイクロとマクロを結ぶマルチスケール・マルチフィジックスの基礎理論とソフトウェアを開発できる人材を育成すること、○数学・数理学や情報科学を前面にした研究推進と人材育成のミッションを有す 共同拠点の設置(第 22 期学術会議 計算科学シミュレーションと工学設計分科会からの第 22 期学術の大型施設計画・大規模研究計画への応募資料「計算科学シミュレーション先端基盤国際共同拠点」)、○構造系以外に、制御系、流体系など製品を構成する種々の物理特性を統合・連成して計算するマルチフィジックス・シミュレーション技術、および種々の物理特性の時間スケールや空間スケールが異なるものを統合して計算するマルチスケール・シミュレーション技術、○金属材料に比べて物理定数が不確かな高分子材料特性(FRP を含む)のばらつきなどを考慮した計算手法。その特性のばらつきを無くす製造技術、○「京」に代表されるような超高速計算機の計算速度を上回る計算機、○高速なコンピュータの開発、○実時間でのシミュレーションを可能とする計算手法の開発、○データ入力を省力化できるプリプロセッサの開発、○高精度な物理現象のモデリング技術、および形状データのハンドリング技術、○短時間で大規模な計算を実行する高速計算技術と実行環境、○確からしさを担保するための検証データベースの整備、可視化分析技術、○より大規模な計算を可能とするスーパーコンピュータの開発、○シミュレーション結果を検証するための実験、○スーパーコンピュータ、○シミュレーションソフトウェア、○従来の延長線上にない、革新的なシミュレーション技術、○メッシュなどの解析モデルを高速かつ高精度に作成する技術、○複合現象やソフト・制御も含めた連成解析・一貫解析、○暗黙的技術・技法を変質させることなくシステム化する技術、○コンピュータの世界と現物の世界を結ぶ技術、○計算力学、○高速計算機、○想定外事象のシミュレーション技術、○計算機性能を最大限発揮させるシミュレーションの実装技術、○多分野統合設計技術、○シミュレーションを実現するための実験データ、○大型計算機の開発および整備、○シミュレーション理論の開発および発展、○現物試作能力の向上、○基礎的な機械工作技術の初等教育の導入、○機械工作技術の教育人材の育成、○工作機械など生産設備の詳細なシミュレーションモデル、○切削加工など加工プロセスの詳細なシミュレーションモデル、○工業製品を構成する要素部品の詳細なシミュレーションモデル、○自動車に関してはほぼ実現済みと思われる。大型工業製品に関しては、情報の蓄積が必要、○異種連続体の相互作用問題のシミュレーション技術の向上。とくにロケットエンジンなどの振動特性や燃焼特性のシミュレーション、○流体シミュレーションに使える低温物性(たとえば液体水素・液体酸素)は未開拓、○生体力学・産業への応用を見据えた、熱輸送を考慮した原子分子・連続体の解析技術の向上、○高性能な計算機、○高性能な実験装置、○これまでの方法とは異なるアプローチ(ビッグデータの利用、知識処理など)、○人工物の構成科学、○モデリング技術の精緻化、○シミュレーション技術、○材料物性の正確な把握、○工業製品の組み上げ精度確保、○ユーザー行動の上流工

程におけるモデリング、○スーパーコンピュータ、○スーパーコンピュータ用のシミュレーションツール
105 動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション
○立体生体組織による培養等の基礎データの蓄積、○基礎医学の理解、○数理モデルの確立、○モデルの各要素のパラメータの決定、○個体内生理現象のモデル化、○生体物質の動態の実験的網羅、○実験的に得られた生体物質の動態を完全に再現できるシミュレーション、○医薬品の対象部位のシミュレーションモデル、○実験データからパラメータ推定を行う技術、○高性能計算技術、○タンパク質などの巨大分子シミュレーションの精度向上、○マイクロな一分子からマクロな細胞レベルをつなぐモデル構築、シミュレーション技術の向上、○あらゆる生体内分子の相互作用を網羅したデータベースの構築、○バイオインフォマティクスを活用した解析技術、○生物体内代謝の微量および連続測定技術
106 劣化に起因する事故を発生させない、大型工業製品(タービン、プラント、架橋等)等のシミュレーションによる劣化解析技術と高感度非破壊診断技術
○実験データの積み上げ、○理論の進展、○理論に基づいたシミュレーションモデルの発達、○量子ビームを活用した先端観測技術、○スパコンではない一般の計算機の性能向上、○人材育成、○予算配分、○大型工業製品の実際の劣化データの蓄積・解析技術、○劣化に起因する事故の発生確率を推定する確率モデル、○自動で劣化事故の可能性をフィードバックするセンサー技術、○過去の事故例の分析、○シミュレーションに対するチェック、○計測技術、○シミュレーションスケールの大規模化、○時間発展型の方程式を解くシミュレーション全般の時間積分法、○経年変化センシング(MEMS等による単なる情報センシング)、○現象のスケールが異なるシミュレーションのブリッジング(空間と時間のスケールが異なる現象を直接カップリングするのではなく、結果の橋渡し)、○センシングとシミュレーションの組み合わせによるモニタリング(劣化度合い、破壊度合いを判断出来るモニタリング)、○インフラの劣化診断、安価で扱いやすいDBが必要、○各種計測技術、○各種遠隔監視技術、○材料特性把握
107 ほとんどの材料(開発対象となる材料の90%程度)において、特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発
○特性発現のメカニズム解明、○計算機の演算速度の飛躍的向上、○ナノ技術(加工、測定等すべて)、○分子原子レベルでの材料設計シミュレーション技術、○製品レベルへの組み込み時の最適化技術、○鉱物資源や化石資源由来の素材創出や生産技術は多くあるが、生物資源由来の素材変換技術や複合材合成技術は緒に就いたばかり、○石油化学素材代替よりも、生物資源の特性を活かした新規素材開発分野に大きな期待がかかる、○目標とする新規素材の特性を発揮・助長するような資源の開発(生物科学研究による細胞や繊維の形質制御技術)がこの分野の発展を促す、○スーパーコンピュータ、○クラウドワークステーション、○表面と固体内部をシームレスに計算する手法および計算理論、○省電力・高効率大規模計算機。特にメモリアクセスの高速化・効率化、○DFTなど第一原理計算理論で使用する交換相関ポテンシャルの高精度化、○材料評価技術(機械的性質評価、電子顕微鏡観察やリアルセクションングなど3次元組織観察など)、○情報処理技術(材料特性のデータベース)、○強度および機能から適した材料組織を見出すためのシミュレーション技術(有限要素法やマイクロメカニクスなど)、○強力な演算能力を持つ計算機、○高度に並列化されたシミュレーションソフトウェア、○効率的な計算アルゴリズム
108 大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム
○統計力学、○統計物理学、○力学系理論、○トラフィックシミュレーション、○プローブカー分析、○道路利用者の行動計画を集約する仕組み、○道路の利用状況が把握できるデータの取得と利用できる仕組み、○高性能計算、○渋滞発生の数理メカニズムの解明、○交通量を測定し、即座に通信するシステム、○大規模データの取得、○モデリング、○データ同化技術(時系列解析技術)、○Macroscopic Fundamental Diagram、○渋滞の要因分析の把握と現状の交通設備システムの課題分析手法、○人間の行動パターン分析手法、○ナビゲーションの情報が具現化できる交通システム
109 数週間先までの雪氷災害発生予測に基づき、道路、交通、電力、農業施設等の事前対策を可能とするシステム
○気象予測の向上がカギである。予測精度に応じた確率予報の利用が必要。短期(~3日)、中期(3~10日)、長期(10~40日)で、利用法を変える必要がある、○個々の技術開発というよりはどのように既存の技術を統合するかといったシステムの構築、○関係する各機関の協力といった人的な協力の仕組み、○非数値データと数値データを区別しないビッグデータのデータマイニングに関する基礎理論、○環境の整備が必要だと思います、○産学での連携と相互ネットワーク環境の整備、○確率予報に基づく意思決定手法、○少数の失敗を許容できるシステム作り、○民間を含めた配分可能資源の公開
110 大規模噴火の降灰に対する都市機能や地域経済の脆弱性評価手法
○信頼できる気象データとの連携した解析、○mオーダーの地図情報(建造物含む)の整備、○脆弱性評価手法そのものの高度化、○要素技術は既にあると思われるので、後は人材育成と予算投入が必要だと考える、○火山灰の粒径分布と降灰量の時空間的リアルタイム予測、○降灰量と降灰率による都市機能インフラへの影響の評価技術
111 災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション
○過去の事例の調査・分析、○人間心理行動の数理モデルおよびシミュレーション技術
112 津波の即時評価と連動した避難指示システム
○津波シミュレーションの近似・半経験的解法による高速化、○事前計算によるデータベース整備などにより、地震発生から震源及び海底変位量を津波予測用に簡易推定するまでの時間の短縮、○緊急地震速報システムを拡張し、津波予測結果を伝える、○沖合津波計測ブイシステム、○微細地形に対応した津波予測技術、○10cm程度の精度での、外洋の海面高の高頻

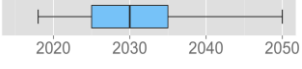
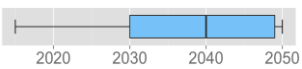

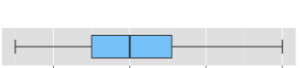



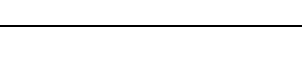


<p>度観測、○人工衛星からの高速大容量ダウンリンクステーション、○海上での常時接続できる高速ネットワークインフラ、○津波予測技術、○情報伝達技術、○情報の集積技術、センサーや情報を何に記録するかなど、○情報の解析技術、○情報の伝達技術、得られた情報を解析し一般人に伝える</p>
<p>113 現在地及び避難経路の被災状況(現状及び予測)に関する大量の定型・非定型情報を統合して、適切な避難場所まで誘導するシステム</p> <p>○通信・電力の保全に向けた強靱な環境、○災害に強い観測網の整備、○データのリアルタイムでの公開、○避難経路の予測技術、○携帯情報端末での利用、○災害時、避難時などの緊急時の、避難路、被災者その他の状況について正確性を担保できる情報をいかに収集し、あるいは抽出するかの方法、○津波や火砕流など一刻を争うような場合に適切な避難場所がない、つまり極めて危険な場合の情報提供のあり方、○正常性バイアスを克服して危機であることを認識させるインタフェースや情報提供のあり方、○高速アルゴリズム(ネットワークフロー、経路検索、配置問題等)特に劣線形計算技術、○データの蓄積とそれを学者が自由に使える環境、○高速データ検索、転送技術、○大まかな災害発生時の人間行動予測、○大まかな自然災害の被害予測、○災害時も途切れない情報提供網</p>
<p>114 非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム</p> <p>○人材、○国内外の連携、○グローバルな観測網、○スパースモデリング、○ベイズ推定、○計算工学、○シミュレーションと情報の連成、○乱舞するデータを整理し評価するシステム技術</p>
<p>115 観測データ、センサーデータ、ソーシャルメディアデータ等を統合した自然災害・被害状況の把握</p> <p>○学際研究の評価体制づくり、優秀な研究者のキャリアパス形成、○公共データ利用のガイドライン作成、倫理面の法整備、○観測地点の増加と観測の高精度化、○情報弱者への対応、○スパースモデリング、○自然言語処理、○超高速データ通信、○非定型データから、望む特性のデータを抜き出すデータ抽出技術、○冗長性の高い、災害時にも稼働できるネットワーク環境、○センサー網・観測網の構築、○多数のデータ収集・処理技術、○災害に対し強靱なネットワーク網の構築およびそれに関連する技術、○災害地の即時把握技術(衛星・UAV・地中レーダー)、○土砂臭気観測技術、○災害状況簡易 WebGIS サイト開発</p>
<p>116 大型輸送機器(船舶、鉄道、航空機等)の高信頼設計を可能とする、過去の事故・災害データや想定される気象災害シミュレーション結果等を用いた統合安全評価システム</p> <p>○事故データの収集・解析・検索システム、○気象災害予測モデル</p>
<p>117 将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム</p> <p>○シナリオモデリング・シミュレーション技術、○シナリオモデリング・シミュレーションの為のデータを取得・組織化する技術、○統計データ等の社会知識データベース上のプログラミング技術、○数理モデルを構築するために必要となる、対象そのものに対する数理的構造の理解、○モデルが例えば微分方程式という形で記述される場合、その理論的あるいは数値的に解く手法の確立、○モデルと実データを比較検討する手法の確立、○数理科学者と社会学、経済学、工学との連携を押し進める必要がある、○諸分野と連携を推進することができる若手研究者の育成が必要である、○政策評価、○人工知能、○機械学習、○統計数理、○政策の都合に左右されないモデルを作る、○実空間でセンシングする各種センサー技術、○社会の動きを察知するセンサーフュージョン技術、○プライバシーに配慮しつつ高速に現状を分析、予測するビッグデータ処理技術、○社会科学者と数学者と数理科学者の連携</p>
<p>118 1秒間の演算速度が10エクサ=10¹⁹回を超えるスーパーコンピュータ</p> <p>○高速計算機に対する膨大な入力・出力データを高速に移動・保管するためのストレージ技術、○高い並列性能を可能にする高速通信技術、○大規模計算機環境の性能を生かせるアプリケーション開発技術、○幅広い基礎研究、量子コンピュータの例にも見られる、○並列計算機ハードウェア、○並列計算アルゴリズム、○数値モデル化、応用の開拓、○情報科学の基盤技術(アルゴリズム)、○演算装置(計算ノード)間を接続する広帯域、低遅延な内部結合ネットワーク、○浮動小数点演算、整数演算を高速に処理するマルチコアプロセッサ、大容量・広帯域・低遅延なメモリモジュール、○利用者にとって使い易く生産性が高いプログラム開発環境の整備、○国が技術の維持発展に努力すること、○無歪、低損失伝送技術、○大規模演算素子をこれまである技術ではない方法、例えばフォトン演算素子の開発、○資源配分、○コンピュータの処理能力を総合的に飛躍的に高めること、○メモリアクセスを高速化する技術。ランダムアクセスの高速性を放棄し、シーケンシャルアクセスに特化する、など、○半導体集積回路技術(CPU やメモリの広帯域化、省電力化)、○光・高周波回路技術(CPU メモリ間、ノード間の通信)、○ソフトウェア技術(並列計算の最適化など)、○超高速プロセッサ技術、○並列演算技術、○超高速メモリアクセス、○計算ノード間を超高速で通信可能な技術、○莫大な数となるCPUの消費電力を低く抑え技術、○莫大な量の計算結果を超高速で容易に利用できるような形で保存する技術、○グリッドコンピューティングなどのネットワーク環境の整備、○計算機技術が1000倍進歩しても、三次元問題の解像度は、各辺で高々10倍増加にすぎない。優れた数理解析の専門家も同時に養成し、両輪で攻めるべき、○計算機の進歩に合わせ、可視化技術はますます困難を極めている。見つけるべき現象(異常)を認識する解析方法の発展が必要、○半導体技術、○超電導物質、○信号処理技術、○高速演算を可能にする新基盤(半導体)が必要不可欠、○磁性体開発(スピントロニクス)、○CPUの演算速度に直結するため、それを組み立てる高性能ナノ材料の構築技術(FETのチャネル長が50nm以下で動作するような素子の超微細化や新材料の配置の技術)、○微小個所への素子の詰め込み技術、○性能を持続するソフトウェア技術、○メモリ技術、○CPU技術</p>

119 家庭でも利用できる、通信速度 1Tbps のネットワークインフラ
○後世の低格 PIXEL vs sinnosaka no naka、○光通信と CMOS 技術の融合、○広帯域 I/O を実現する 3 次元実装等の実装技術、○超高速光スイッチ、○光ファイバノイズキャンセルシステム、○光情報処理技術。特に光と電子信号間の情報転写の高速化、または光のままでの情報処理、○光ファイバー、○光ファイバー技術の高度化、○転送のためのデータ分割・圧縮・結合技術、○データ暗号化技術
120 1 エクサバイトのデータを 1 秒で検索できる検索技術
○アルゴリズムの開発、○組み合わせ論などによる数学的なアルゴリズムの開発、○確率論や計算代数統計などを用いた計算時間の上限の見積もりや、情報統計物理学を用いた決定論ではない確率的な最適化の開発
121 年間 1 エクサバイトの割合で生成される実験データを記録・保存し、1Tbps 級のネットワークを通して世界中の大学・研究機関の研究者の利用に供する技術
○拠点となる大学や研究機関の夫々に高速コンピュータが必要とされ、グローバルなネットワークの構築も必要とされる。○受益者負担には必ずしもならない仕組みを夫々の国々でどうやって構築するのか、或いは適切な受益者負担システムをどう構築するのが課題、○既に行われているものとしては ResearchGate が存在している。これらも参考にすることが必要である、○通信・コンピュータ を安価にダイナミックに超並列化する技術、○通信回線などのハードウェア、○データの標準化、○データの関連づけ
122 電波領域からテラヘルツ、赤外光、可視光、UV、X 線領域までの広帯域コヒーレント周波数リンク技術
○伝送デバイス、○テラヘルツ光源技術、○テラヘルツ検出技術、○複素比誘電率の分光計測技術、○該当電磁波帯域における日本独自の計測技術、○高感度高精度検出器、○コヒーレント光波の各種パラメータの独立制御フィードバック技術、○超高出力極短光パルス発生技術と原子核との相互作用制御技術、○データ解析上のリンク技術、○それぞれの周波数領域の専門家間の技術協力、○光周波数コム、○広帯域光生成技術、○超短パルスファイバーレーザー技術、○効率的なセンサー技術、○エネルギー変換技術、○表示技術、○周波数コム、○レーザー制御
123 平坦な広帯域スペクトル発生、位相レベルのタイミング制御、精密なモード操作・利用・合成など、個別応用ニーズに合わせて光波のあらゆるパラメータを自在に操作・制御して任意波形を発生させ、計測・物性科学等に应用する技術
○赤外域レーザー発振技術(波長変換に頼らない直接レーザー発振の達成)、○赤外・テラヘルツ域 位相変調素子、○光波の高精度な制御技術(パルス包絡線波形、電界位相、偏光、周波数軸上のモード、空間分布などのパラメータを高精度に制御する)、○広帯域化にかかわる非線形ファイバー・波長変換デバイス、○固体・分子などにおける光波特性を利用した計測・操作技術、○超広帯域スペクトルを安定かつ高効率に発生する手法、○超広帯域なスペクトル領域を同時に計測できる検出器、○高強度レーザー技術、○レーザー光の位相精度の精密制御技術、○多波長の光波を計測する技術、○光コム、超短パルスレーザー、光ファイバー、光学素子などの光源とその周辺技術、○光と物質の相互作用など、物理や材料科学などに関する知見や制御技術、○制御や検出などのエレクトロニクス技術、○光源の信頼性・確実性の向上、○光源のコンパクト化・集積化、○変動検出と制御精度技術の向上、○安定・簡便・精密な光波面計測・制御技術、○レーザー光源技術、○光波制御技術、○光周波数コム、○光周波数標準、○メンテナンスフリーでコヒーレンスの高いレーザー、○特に CEP を安定化した日本製のレーザー 現在海外製のものしかないが、これでは先端技術を発信しようがない、○高速デジタル(25GHz サンプリング、75GHz 帯域以上の性能をもつ)、○高安定なギガヘルツ光周波数コム(自在に制御するための光源としてギガヘルツ間隔の光周波数コムで安定でハイパワーな光源が望まれます)、○シリコンフォトニクス(機能デバイスの集積化により位相制御を可能とするシステムのチップ集積化が望まれます)、○周波数間のコヒーレンスを保った広帯域光源、高い空間コヒーレンスを持つ光源等、広範な操作・制御を受け入れる光源、○光を空間モード・周波数成分等に分解し、操作後に合成する技術。分解した光路間の光路長差の安定技術や偏光状態の時空間変調技術を含む、○目的の波形に合わせた最適な分解・操作・合成手順を探索する技術。機械学習や脳型コンピュータ等の IT 技術の活用を含む
124 黒体輻射シフト抑制等により高精度化し、ジオイド計測に応用可能な 10^{-18} 精度の光格子時計
○ペイロードへの搭載(可搬)性実現のための技術開発(宇宙での実験を含む)、○コヒーレント光源技術、○可搬型超高真空装置。特に、新しいタイプの原子線源(超低消費電力、冷却水不要など)の開発が必要、○可搬型狭線幅レーザー装置、○可搬型光周波数コム装置、○光学部品の超精密加工技術、○光学素子、電気回路の安定化技術および制御技術(ノイズ低減、SN 比の向上)、○実験環境の安定化技術
125 基礎物理定数の精密測定に基づく、光子の運動量を単位とした極微小な質量測定や力測定技術
○光放射圧の精密制御、○光放射圧の精密測定、○光放射圧による物質運動制御、○現在の重力場から 4 次元空間を考える場合など、光子や電子の散乱確率等からそれらの位置を把握しているが微小時間でとらえるため、その検出技術やマッピング技術が必要である、○絶対光子数カウンティング技術、○極微小質量、力検出センサー
126 光ファイバーネットワークによる周波数リンク技術によって、高精度標準、基準信号、位置情報などを遠隔でも同等に利用できる技術(光キャリア周波数を用いたファイバリンク技術、光コム伝送技術、タイミング同期による GPS 技術の高安定化、超高精度化技術など)
○周波数安定度が高く、安価かつ堅牢な光周波数標準の開発、○伝送経路における雑音を低減する技術

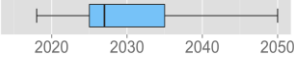
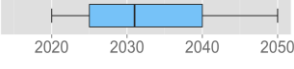
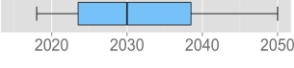
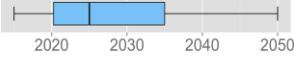
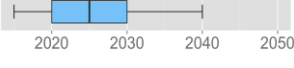


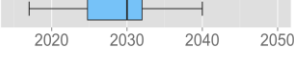


○高感度のイメージ素子、○スペクトルデータから効率的・効果的に必要となる情報を抽出する解析技術(ケモメトリックス)、○光源や検出器の小型化と低コスト化、○高出力な光源、○高感度な検出器、○高速に多機能な計測技術、○テラヘルツ分光学の確立、○テラヘルツ分光装置の高速、低価格化、○x線画像センサー、○波長以下の分解能を持つ光画像センサー、○回折限界を超えた高速光計測システム、○テラヘルツ、赤外における高分解能センシング技術、○超解像技術の開発、○新規原理の提案、○電子顕微鏡と光学顕微鏡の融合、○劣化のメカニズムの解明、○計測手法の確立、○高空間分解能技術の開発、○超高感度 2D 検出技術、○高速画像処理技術、○テラヘルツ光源のさらなる発展、○イメージングを構築するアルゴリズム、○簡便に使える小型で強力かつ周波数可変のテラヘルツ光源の開発、○簡便に使える高感度テラヘルツ検出器の開発、○高出力テラヘルツ光源、○高感度テラヘルツ波検出器、○テラヘルツ領域の分光スペクトルデータベース、○ソフトマテリアルにおいて重要となる赤外～可視域における近接場光技術(振動分光)。特にその実材料・実製品への展開、○生体適用のための周辺基盤技術の開発、○超短パルスレーザー技術、○精密周波数計測技術、○偏光計測など新しい計測法を用いた診断技術

4. 7. 集計結果一覧

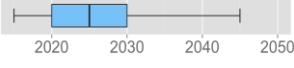
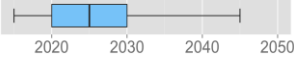
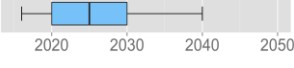
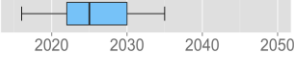
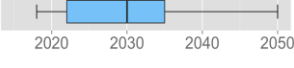



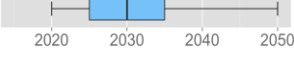
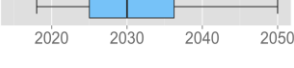
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)				年	技術的実現 実現年幅	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性			倫理性
宇宙	1	宇宙利用を低コストで実現できるシステム(再使用型輸送システム、衛星等への燃料補給・修理点検・機器交換などのサービス技術等)	119	21	27	52	3.46	2.84	2.66	2.45	2.17	2025	
	2	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	121	9	31	60	2.98	2.32	3.09	2.84	2.63	2035	
	3	衛星の直接踏査等による対象天体の地球外生命探査技術	112	8	29	63	3.10	2.62	3.06	2.77	2.51	2030	
	4	安全な宇宙利用のための宇宙デブリの回収システム	114	9	25	66	3.54	2.75	2.87	2.60	2.24	2025	
	5	地上(海上)ステーションと静止軌道上ステーションをつなぐ宇宙エレベーター	117	3	15	82	2.63	2.58	3.33	3.18	2.26	2040	
	6	宇宙太陽光発電システム	130	8	26	65	3.04	2.79	2.81	2.62	2.29	2030	
	7	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の24時間高精度監視システム	112	7	24	69	3.46	2.91	2.17	2.23	2.69	2025	
	8	農業の無人化・自動化及び農業管理による生産性向上のため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数cm程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)	93	4	26	70	3.06	2.86	2.29	2.25	2.23	2025	
	9	宇宙の商業利用(有人、超小型衛星など)の円滑な推進のための簡便で汎用可能な宇宙機管制システム	77	6	34	60	3.15	2.74	2.39	2.31	2.25	2025	
	10	宇宙初期のインフレーション仮説を検証するための観測技術	106	14	21	65	3.14	2.88	2.63	2.50	1.85	2025	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
3.4	2.5	17.1	49.6	22.2	9.4	1.7	2030		5.9	11.8	18.6	40.7	20.3	17.8	2.5	
11.6	9.1	15.3	45.8	27.1	7.6	4.2	2040		24.8	14.9	16.4	29.3	35.3	16.4	2.6	
9.8	10.7	17.1	44.8	28.6	6.7	2.9	2030		17.9	22.3	13.6	36.9	29.1	16.5	3.9	
7.9	7.9	10.2	40.7	38.9	9.3	0.9	2030		12.3	14.0	15.1	30.2	35.8	17.0	1.9	
41.0	20.5	15.4	32.7	27.9	14.4	9.6	2040		46.2	21.4	13.6	28.2	32.0	17.5	8.7	
19.2	13.1	8.1	53.7	17.1	14.6	6.5	2035		23.8	19.2	10.7	38.5	19.7	22.1	9.0	
0.9	7.1	14.0	53.3	17.8	8.4	6.5	2025		3.6	11.6	10.1	44.0	18.3	21.1	6.4	
4.3	5.4	16.1	48.3	14.9	17.2	3.4	2025		6.5	6.5	15.3	38.8	14.1	27.1	4.7	
2.6	11.7	21.9	34.2	26.0	9.6	8.2	2026		6.5	10.4	16.2	28.4	27.0	18.9	9.5	
3.8	17.9	30.7	33.7	24.8	7.9	3.0	2025		9.4	33.0	29.8	24.5	29.8	8.5	7.4	

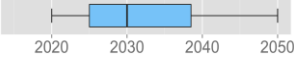
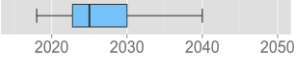
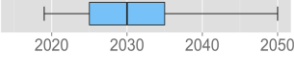
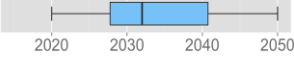





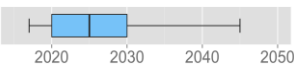
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
宇宙	11	ダークマターが未知の粒子であるという仮説に基づき、そのような粒子を検出する技術	111	17	24	59	3.25	2.92	2.95	2.82	1.90	2025	
	12	ダークエネルギーの正体を解明する観測技術	98	14	28	58	3.17	2.82	3.18	2.97	1.90	2030	
	13	重力波を直接観測する技術	115	15	27	58	3.27	2.95	2.71	2.61	1.81	2025	
	14	宇宙線ミュオンを用いたイメージング技術	78	17	24	59	3.00	3.13	2.23	2.45	1.74	2026	
海洋	15	海面から海底までの CO ₂ を測定可能なセンサー	80	9	30	61	3.42	2.97	2.47	2.37	2.01	2020	
	16	11,000m 級有人潜水船	68	9	25	66	3.05	3.26	2.45	2.34	2.24	2024	
	17	海中において、母船等の補助なしで、絶対位置を計測できる技術(海中ロラン、海中 GPS 等)	62	8	31	61	3.40	2.86	2.67	2.64	2.16	2023	
	18	海洋中の距離 10,000m で、100kbps を超える高速通信技術	48	8	15	77	3.33	2.73	2.89	2.76	2.30	2025	
	19	自律無人探査機(AUV)により、完全自動化された調査を長期的(数か月)に実施する技術	75	9	27	64	3.57	2.97	2.41	2.57	2.10	2025	
	20	自律無人探査機(AUV)同士が協調して作業する技術	55	13	20	67	3.28	2.92	2.53	2.67	2.00	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)						社会実装				社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
3.6	27.0	35.2	30.5	20.0	5.7	8.6	2027		9.0	36.9	27.3	20.2	28.3	11.1	13.1	
10.2	36.7	33.3	16.7	33.3	6.7	10.0	2031		14.3	44.9	28.4	17.0	30.7	11.4	12.5	
4.3	15.7	27.8	33.3	24.1	7.4	7.4	2030		7.8	28.7	27.5	27.5	22.5	7.8	14.7	
3.8	11.5	17.3	44.0	18.7	14.7	5.3	2025		3.8	21.8	13.7	35.6	19.2	21.9	9.6	
0.0	10.0	23.4	41.6	23.4	10.4	1.3	2025		1.3	13.8	10.8	39.2	31.1	18.9	0.0	
4.4	4.4	4.5	72.7	12.1	9.1	1.5	2025		13.2	10.3	9.1	53.0	13.6	19.7	4.5	
8.1	12.9	14.8	52.5	19.7	11.5	1.6	2025		9.7	11.3	13.1	49.2	26.2	11.5	0.0	
8.3	27.1	20.8	54.2	14.6	8.3	2.1	2030		10.4	22.9	14.6	54.2	16.7	14.6	0.0	
2.7	8.0	14.9	62.2	16.2	6.8	0.0	2025		6.7	13.3	17.8	46.6	21.9	12.3	1.4	
7.3	12.7	17.0	50.9	22.6	9.4	0.0	2025		10.9	14.5	13.2	56.6	20.8	9.4	0.0	

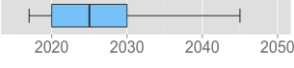


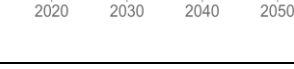

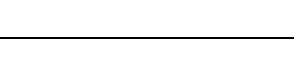

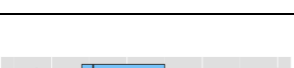


細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
海洋	21	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術	69	12	20	68	3.49	2.84	2.69	2.73	2.28	2025	
	22	係留索を用いない定点時系列観測技術	61	15	39	46	3.45	2.77	2.55	2.47	1.93	2025	
	23	超小型電子チップ埋め込み等の技術を用いた海洋(深海含む)におけるバイオリング技術	65	12	17	71	3.33	2.91	2.38	2.52	2.37	2020	
	24	海洋中の微小生物(1mm まで)の in situ 遺伝子解析技術	54	7	15	78	3.10	2.84	2.57	2.63	2.14	2023	
	25	深海環境を再現し生物を大規模に飼育する技術	42	7	17	76	2.95	3.00	2.85	2.77	2.15	2025	
	26	メタンハイドレートの経済的な採取技術	88	6	15	80	3.42	3.10	2.90	2.77	2.56	2025	
	27	我が国の排他的経済水域における大水深下のレアアース・レアメタル探査及び採掘技術	72	11	15	74	3.44	2.96	2.86	2.72	2.27	2025	
地球	28	地球深部物質を汚染なしに取得するための大深度科学掘削技術	62	21	24	55	3.12	3.07	2.95	2.53	2.33	2025	
	29	人工衛星及び海洋・海中センサー等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム	61	8	31	61	3.48	2.95	2.57	2.44	2.16	2025	
	30	全活火山に対し、次に噴火しそうな火山を見い出すための切迫度評価	76	22	28	50	3.67	3.20	3.08	2.54	2.19	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
2.9	10.1	13.6	48.5	30.3	7.6	0.0	2025		2.9	23.2	12.7	38.1	36.5	12.7	0.0	
1.6	8.2	12.3	66.7	12.3	7.0	1.8	2025		1.6	11.5	10.2	52.5	20.3	15.3	1.7	
4.6	6.2	28.6	39.7	15.9	15.9	0.0	2025		4.6	7.7	20.3	35.9	18.8	25.0	0.0	
1.9	20.4	26.5	49.0	12.2	12.2	0.0	2025		5.6	25.9	12.5	39.6	20.8	20.8	6.3	
4.8	21.4	25.6	48.7	10.3	10.3	5.1	2030		16.7	26.2	12.8	38.5	23.1	20.5	5.1	
10.2	14.8	21.2	41.2	18.8	16.5	2.4	2030		12.5	17.0	15.7	24.1	28.9	28.9	2.4	
9.7	12.5	17.1	48.6	14.3	15.7	4.3	2030		12.5	15.3	7.2	36.2	21.7	29.0	5.8	
6.5	25.8	21.7	41.7	23.3	11.7	1.7	2030		17.7	32.3	14.3	37.5	26.8	17.9	3.6	
4.9	18.0	28.6	37.5	16.1	17.9	0.0	2030		6.6	19.7	22.2	35.2	27.8	14.8	0.0	
11.8	30.3	37.8	31.1	14.9	16.2	0.0	2030		10.5	31.6	26.8	32.4	18.3	22.5	0.0	

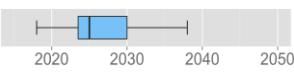
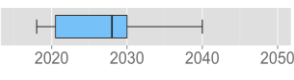
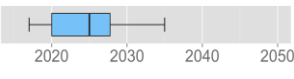
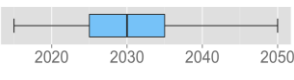
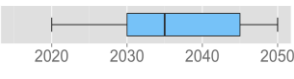
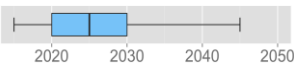
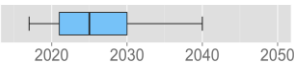
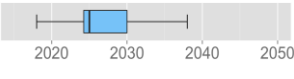
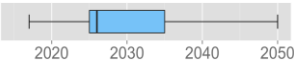
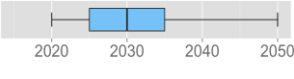
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
地球	31	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術	64	20	27	53	3.48	3.08	3.06	2.45	2.13	2025	
	32	火山噴火史を解明するため、5~10 万年前の年代測定精度を向上させる技術	50	20	22	58	3.04	2.88	2.44	2.22	1.91	2025	
	33	火山噴火に伴う津波や融雪災害の発生予測・評価技術	56	16	14	70	3.43	3.14	2.89	2.32	2.06	2025	
	34	M7 以上の地震の発生時期(1 年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	82	17	26	57	3.54	3.10	3.61	2.87	2.26	2030	
	35	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	75	16	24	60	3.55	3.24	3.51	2.74	2.10	2030	
	36	地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術	58	12	31	57	3.19	3.21	2.74	2.42	1.76	2025	
	37	海底ケーブルシステムが敷設されていない海域でのプイ式津波・地殻変動観測技術	48	23	13	65	3.46	3.42	2.21	2.30	2.11	2020	
	38	地球内部で発生しているニュートリノを用いた地球内部の探査技術	49	8	10	82	2.90	3.25	2.73	2.75	1.70	2025	
	39	海底測地測量技術	46	13	22	65	3.46	3.27	2.31	2.39	2.02	2025	
地球観測・予測	40	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で高精度・高感度に観測する技術(GCOM-C で分解能 250m、観測幅 1000km 程度。GCOM-W で 1450km 程度。)	94	17	27	56	3.56	3.12	2.40	2.37	1.87	2021	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
14.1	20.3	37.7	41.0	8.2	11.5	1.6	2030		21.9	18.8	25.4	39.0	16.9	18.6	0.0	
2.0	18.0	27.7	42.6	19.1	10.6	0.0	2025		4.0	22.0	32.6	41.3	17.4	8.7	0.0	
10.7	16.1	35.8	30.2	26.4	7.5	0.0	2030		10.7	16.1	30.8	28.8	19.2	21.2	0.0	
40.2	29.3	37.8	17.6	24.3	12.2	8.1	2032		43.9	26.8	24.3	24.3	28.4	14.9	8.1	
28.0	36.0	31.3	20.9	23.9	16.4	7.5	2030		32.0	37.3	17.6	23.5	33.8	19.1	5.9	
8.6	20.7	30.2	43.4	9.4	15.1	1.9	2030		13.8	29.3	22.6	35.8	15.1	22.6	3.8	
4.2	6.3	13.3	60.0	15.6	11.1	0.0	2025		6.3	10.4	11.1	57.8	15.6	15.6	0.0	
10.2	12.2	20.0	42.2	22.2	11.1	4.4	2030		16.3	24.5	20.5	43.2	15.9	13.6	6.8	
0.0	8.7	11.4	63.6	13.6	11.4	0.0	2025		0.0	8.7	11.4	47.7	18.2	22.7	0.0	
1.1	8.5	19.3	53.4	14.8	11.4	1.1	2025		3.2	11.7	19.3	38.6	21.6	20.5	0.0	

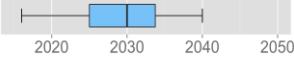


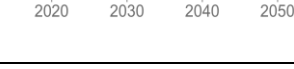

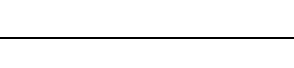

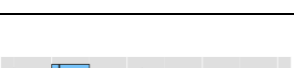


細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
地球観測・予測	41	人工衛星等による、イメージング分光計技術を用いた大気微量成分観測システム	70	14	26	60	3.38	3.00	2.47	2.47	1.84	2022	
	42	人工衛星等による、ライダー技術を用いた植生環境把握システム	66	14	23	64	3.17	2.93	2.46	2.47	1.86	2023	
	43	東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能 30m で常時観測する技術	79	14	25	61	3.47	3.13	2.50	2.54	2.13	2025	
	44	水産業等に利用するため、人工衛星等により、海水、海面温度、波浪、海流、クロロフィル等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム	72	13	24	64	3.39	3.02	2.09	2.17	1.87	2021	
	45	30km 程度の格子間隔で、表面から海底までの水温、塩分、溶存酸素、栄養塩、全炭酸を高精度で自動計測する技術	50	10	18	72	3.32	2.98	2.59	2.57	2.02	2025	
	46	沿岸海域や縁辺海を含む全球の海象状況や海底地形を把握するための、干渉 SAR 技術による高精度海面高度観測システム	56	7	34	59	3.33	3.04	2.43	2.55	1.91	2023	
	47	降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術	52	12	21	67	3.30	2.91	2.46	2.18	1.65	2023	
	48	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	91	11	29	60	3.60	3.22	2.94	2.61	1.93	2025	
	49	短期の気象から長期の気候変動までを単一のモデルのフレームワークによって取り扱うシームレス予測技術	65	11	34	55	3.25	3.18	2.95	2.64	1.82	2025	
	50	衛星搭載センサーで測定した大気上空の酸素の同位体比の情報を大気数値モデルのデータ同化に用い、天気予報の精度を向上させる技術	37	8	22	70	2.67	2.97	2.89	2.75	1.74	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.4	10.0	16.2	51.5	14.7	16.2	1.5	2025		4.3	15.7	10.6	40.9	25.8	21.2	1.5	
0.0	13.6	19.7	59.0	9.8	11.5	0.0	2024		1.5	25.8	16.9	45.8	22.0	13.6	1.7	
1.3	22.8	16.7	55.6	18.1	8.3	1.4	2025		2.5	21.5	13.7	53.4	21.9	11.0	0.0	
1.4	19.4	16.4	49.3	22.4	10.4	1.5	2025		1.4	16.7	19.1	35.3	23.5	20.6	1.5	
8.0	20.0	25.5	46.8	21.3	6.4	0.0	2029		8.0	24.0	12.8	38.3	38.3	10.6	0.0	
3.6	19.6	20.0	52.0	16.0	10.0	2.0	2025		5.4	21.4	10.0	50.0	18.0	18.0	4.0	
0.0	25.0	30.4	39.1	21.7	8.7	0.0	2026		1.9	25.0	28.3	32.6	15.2	21.7	2.2	
9.9	7.7	36.0	36.0	17.4	8.1	2.3	2025		13.2	8.8	22.6	42.9	14.3	16.7	3.6	
10.8	15.4	33.3	31.7	20.0	11.7	3.3	2025		10.8	21.5	30.5	37.3	13.6	15.3	3.4	
13.5	27.0	28.1	28.1	28.1	12.5	3.1	2030		21.6	29.7	23.3	26.7	16.7	26.7	6.7	

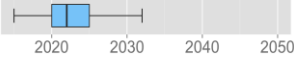
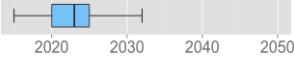
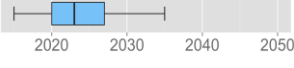
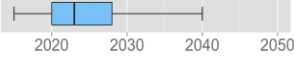
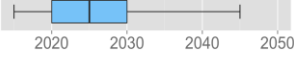
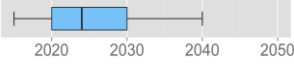
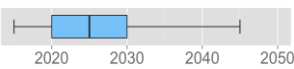
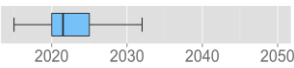
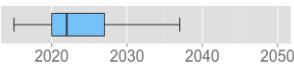
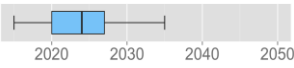
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
加速器、素粒子・原子核	51	波長変換や非線形屈折率変化等の非線形現象を用いた新たな X 線光学素子	65	12	40	48	3.21	3.05	2.56	2.68	1.70	2022	
	52	現行に比べ 70%以上の省エネルギー・省メンテナンス型の X 線光源	78	17	37	46	3.18	3.11	2.43	2.41	1.84	2022	
	53	産業用自由電子レーザー(FEL)ベース EUV リソグラフィ光源	86	19	34	48	3.13	3.10	2.31	2.40	1.82	2020	
	54	レーザー駆動またはビーム駆動によるプラズマまたは誘電体航跡場を利用し、飛躍的な加速勾配を実現する新しい粒子加速技術(小型・可搬型の加速器・自由電子レーザー、アフターバーナー技術、高エネルギーコライダーへの展開)	117	19	38	44	3.28	2.97	2.94	2.96	1.80	2025	
	55	大強度陽子加速器を利用した加速器駆動原子炉及び核変換技術	123	6	33	62	3.27	3.07	2.94	2.77	2.72	2030	
	56	中性子線や X 線等を用いて、地下構造、地上構造物、機械構成材料の 3 次元応力・ひずみ分布を非破壊、非接触で、その場測定するための小型・可搬型加速器	116	9	40	51	3.32	3.10	2.38	2.50	2.27	2025	
	57	物質・生命科学に利用するため、軟 X 線および X 線領域における回折限界光を生成・加工する技術	69	29	30	41	3.36	3.15	2.29	2.41	1.93	2022	
	58	電子ビームとレーザーの相互作用を利用し、アト秒パルスの放射光を発生させる技術	80	23	36	41	3.11	3.03	2.50	2.52	1.90	2022	
	59	世界最高強度(10 ⁹ e ⁺ /sec オーダー)陽電子ビーム施設	91	20	33	47	3.11	3.10	2.29	2.44	1.99	2025	
	60	非周期物質生命系研究とその産業応用拡大に資する、パルス極冷中性子源や大強度中性子発生(中性子束 5x10 ¹⁴ n/cm ² /sec)研究用原子炉、及び中性子集束計測技術(中性子マイクロビーム、偏極中性子顕微鏡等)	58	17	38	45	3.28	3.07	2.24	2.44	2.09	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)						社会実装						社会実装のための 重点施策(%)					
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他				
1.5	13.8	47.5	28.8	13.6	8.5	1.7	2025		6.2	20.0	37.3	30.5	22.0	8.5	1.7				
7.7	11.5	28.2	46.5	14.1	9.9	1.4	2028		7.7	14.1	23.2	34.8	21.7	18.8	1.4				
8.1	10.5	19.0	44.0	17.9	14.3	4.8	2025		10.5	17.4	18.1	38.6	14.5	21.7	7.2				
10.3	15.4	26.2	44.9	15.9	9.3	3.7	2030		13.7	23.1	21.4	35.9	19.4	16.5	6.8				
13.0	26.8	20.7	38.8	19.0	17.2	4.3	2035		17.1	33.3	9.8	29.5	19.6	35.7	5.4				
4.3	14.7	22.3	48.5	8.7	15.5	4.9	2025		3.4	19.0	16.8	32.7	15.9	29.9	4.7				
0.0	8.7	12.1	57.6	16.7	10.6	3.0	2025		1.4	11.6	25.8	43.9	12.1	12.1	6.1				
3.8	12.5	36.4	41.6	15.6	6.5	0.0	2025		8.8	21.3	20.3	47.3	23.0	9.5	0.0				
4.4	9.9	12.8	61.6	10.5	11.6	3.5	2026		7.7	19.8	19.3	43.2	17.0	14.8	5.7				
1.7	3.4	12.5	60.7	7.1	16.1	3.6	2030		5.2	12.1	12.7	40.0	21.8	21.8	3.6				

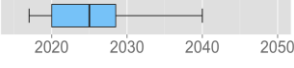
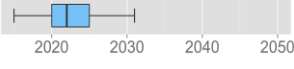
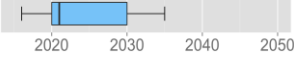
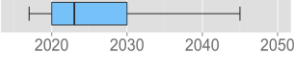
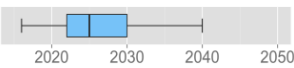




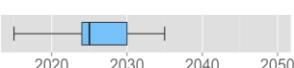
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性 (%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
加速器、素粒子・原子核	61	高平均出力レーザーからテラワット・ペタワット級高ピークパワーレーザーまで、レーザー装置の小型化、高安定化、高耐久化及び信頼性向上のためのコヒーレント結合技術	63	21	29	51	3.34	2.98	2.45	2.60	1.85	2025	
	62	TeV 級の電子・陽電子コライダー技術	107	28	35	37	3.30	3.29	2.40	2.53	2.06	2025	
	63	100TeV 級の陽子・陽子コライダー技術	98	16	45	39	2.98	2.74	2.96	2.74	2.08	2030	
	64	ニュートリノの CP 非対称性と質量階層性を解明するための大強度ニュートリノビーム生成技術及び大型ニュートリノ検出器技術	80	21	35	44	3.20	3.36	2.25	2.26	1.88	2025	
	65	ニュートリノと反ニュートリノが同じ粒子か異なる粒子かを検証するための大型検出器技術	60	20	33	47	3.37	3.16	2.59	2.60	1.83	2025	
	66	クォーク 3 個またはクォーク・反クォーク対で構成される通常のハドロンとは異なるエキゾチックハドロンの解明に資する加速器・測定器技術	60	18	32	50	2.71	3.18	2.38	2.09	1.77	2025	
	67	ハドロンの構造及びハドロン間相互作用を第一原理計算とスーパーコンピュータを用いて解明するための手法(計算機技術と計算物理の最適化)	43	14	21	65	3.09	3.10	2.23	2.07	1.61	2025	
ビーム応用・放射光	68	軟 X 線領域で SPring-8 を凌駕する中型高輝度放射光施設(電子エネルギー 3 GeV, 水平エミッタンス 1.2 nmrad 以下、輝度 10^{20} phs/s/mm ² /mrad ² /0.1%b.w.以上)	373	47	28	25	3.64	3.41	1.96	2.61	2.04	2020	
	69	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ps~fs オーダー分解能)放射光分析基盤	297	24	34	42	3.60	3.25	2.40	2.85	1.92	2020	
	70	極低エミッタンス蓄積リングによる次世代の省コスト型・超高輝度放射光源	257	35	30	35	3.58	3.43	2.16	2.69	1.99	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	15.9	15.5	62.1	13.8	5.2	3.4	2030		0.0	17.5	22.4	46.6	22.4	5.2	3.4	
6.5	12.1	19.2	50.0	22.1	5.8	2.9	2028		16.8	19.6	15.3	42.9	28.6	9.2	4.1	
14.3	26.5	13.3	40.0	34.4	7.8	4.4	2040		34.7	36.7	12.9	29.4	38.8	11.8	7.1	
2.5	10.0	14.9	55.4	21.6	6.8	1.4	2028		12.5	30.0	15.9	39.1	30.4	11.6	2.9	
6.7	18.3	14.8	48.1	24.1	9.3	3.7	2025		10.0	30.0	16.0	44.0	28.0	8.0	4.0	
5.0	10.0	19.2	40.4	23.1	11.5	5.8	2025		10.0	28.3	14.9	36.2	25.5	14.9	8.5	
2.3	16.3	35.9	46.2	12.8	2.6	2.6	2027		2.3	27.9	36.8	42.1	13.2	2.6	5.3	
0.5	10.2	32.0	37.8	18.8	10.8	0.6	2020		1.9	13.1	31.6	27.1	22.6	17.8	0.8	
1.0	13.5	35.3	31.8	14.8	17.3	0.7	2021		2.4	15.8	29.7	28.7	20.1	21.1	0.4	
0.8	10.9	25.1	48.6	17.3	7.8	1.2	2022		1.6	14.4	26.9	38.4	18.2	15.7	0.8	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)				技術的実現		
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
ビーム応用 放射光	71	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	310	38	31	31	3.68	3.33	2.39	2.89	1.96	2020	
	72	ナノ分解能でマイクロオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの化学結合状態を3次元でイメージング可能な次世代X線顕微鏡	278	21	32	46	3.59	3.27	2.46	2.82	1.93	2020	
	73	サブナノメートル分解能からマイクロメートル分解能まで連続倍率可変な構造・化学状態・電子状態分析のための放射光イメージング技術	271	25	31	44	3.55	3.30	2.38	2.81	1.95	2020	
	74	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	250	17	32	51	3.56	3.27	2.45	2.80	2.02	2020	
	75	創薬や生命起源解明のためのナノメートルスケールでのタンパク質分子群可視化が可能な、先進的量子ビーム(放射光、レーザープラズマX線等)による超高速高解像X線顕微鏡技術やコヒーレントX線によるイメージング技術などの解析技術	216	18	27	55	3.58	3.28	2.46	2.87	2.06	2020	
	76	酵素の反応機構を解明する時分割タンパク質解析技術	140	20	29	51	3.49	3.16	2.41	2.66	1.99	2020	
	77	タンパク質1分子を試料として、その構造解析を行うX線回折技術	161	19	26	55	3.48	3.27	2.83	2.94	1.93	2024	
	78	マイクロメートルの空間分解能、マイクロ秒以下の時間分解能での高エネルギー放射光による、レーザー加工中材料のその場時分割計測・分析技術	179	12	31	56	3.19	3.10	2.16	2.50	1.87	2020	
	79	原子力安全性向上のための水素処理触媒開発や廃炉のための燃料デブリ組成・状態分析に必要な、高線量放射性物質または高線量環境下試料の構造・化学状態を放射光で解析する技術	121	12	30	58	3.61	3.10	2.28	2.46	2.37	2020	
	80	1光子検出が可能な2次元X線検出器の高分解能化、高速化、大型化による低線量診断	143	15	29	56	3.55	3.04	2.39	2.75	2.05	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.3	13.5	36.1	35.7	15.5	12.4	0.3	2022		1.3	15.5	31.4	32.8	18.5	17.1	0.3	
1.4	17.3	34.9	35.7	11.6	16.7	1.2	2023		2.2	19.1	33.9	31.5	14.6	18.9	1.2	
1.8	18.8	35.4	35.8	15.7	11.4	1.6	2023		2.6	22.5	31.3	32.1	17.1	17.5	2.0	
2.4	18.4	40.1	34.1	11.6	12.5	1.7	2023		2.4	22.8	37.2	27.3	14.7	18.6	2.2	
2.8	16.7	36.7	39.7	9.5	13.1	1.0	2025		3.2	19.0	32.2	35.7	13.1	18.1	1.0	
1.4	17.1	34.1	36.4	11.6	17.1	0.8	2024		1.4	20.7	33.6	34.4	12.5	18.0	1.6	
8.1	24.2	32.4	34.5	11.7	17.9	3.4	2025		8.1	25.5	33.3	29.3	11.6	21.8	4.1	
1.7	13.4	26.5	44.0	10.2	18.1	1.2	2021		3.4	16.8	28.9	33.1	16.3	19.9	1.8	
3.3	14.9	25.4	36.0	14.0	23.7	0.9	2022		4.1	17.4	32.2	28.7	9.6	27.8	1.7	
1.4	16.1	28.7	47.8	12.5	8.8	2.2	2024		0.7	18.9	26.1	41.0	17.2	13.4	2.2	

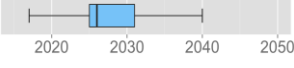
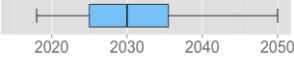
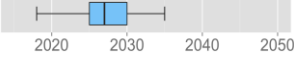
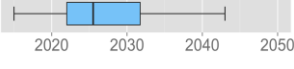





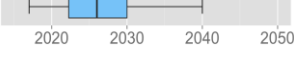
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
ビーム応用・中性子・ミュオン・荷電粒子等	81	偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術	89	27	31	42	3.53	3.31	2.28	2.48	1.92	2020	
	82	中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ分布等を可視化し、その場観測する技術	124	17	29	54	3.46	3.17	2.23	2.45	1.95	2020	
	83	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	72	18	22	60	3.40	3.39	2.55	2.87	1.93	2020	
	84	偏極陽電子を生成・制御し、表面第 1 層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術	59	20	24	56	3.36	3.27	2.30	2.71	1.82	2020	
	85	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を同一試料の同一位置に再現性よく、または同時に照射することで、複雑系や領域依存性の高い物質の原子構造・電子状態、一過性の過渡現象を複合的手法で多角的かつ精密に分析・解析・観察する技術	131	30	39	31	3.52	3.37	2.50	2.77	2.01	2025	
	86	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm~mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術	123	34	28	37	3.45	3.32	2.30	2.74	1.97	2020	
	87	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	67	18	24	58	3.58	3.15	2.13	2.59	2.43	2020	
	88	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術	74	19	23	58	3.41	3.31	2.72	2.81	2.79	2025	
	89	放射光やレーザー等を用いて、結晶成長中・デバイス動作下など実際に製造・使用されている条件下で、ナノスケールの材料の構造を原子レベルで測定する計測・分析技術	100	18	35	47	3.43	3.26	2.34	2.70	1.95	2021	
	90	生体組織の細胞塊の内部を正確に局部照射するマイクロビーム技術、および三次元的な局所線量付与分布を正確に計測あるいは推定する技術	81	20	27	53	3.60	3.34	2.30	2.58	2.44	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	14.6	35.7	31.0	13.1	15.5	4.8	2025		2.2	18.0	25.6	26.8	23.2	17.1	7.3	
0.8	14.5	31.3	29.6	15.7	21.7	1.7	2022		2.4	16.1	21.7	28.7	19.1	27.8	2.6	
1.4	23.6	44.9	34.8	8.7	11.6	0.0	2021		2.8	26.4	25.8	37.9	19.7	16.7	0.0	
0.0	13.6	23.2	41.1	16.1	17.9	1.8	2023		0.0	18.6	29.8	31.6	17.5	19.3	1.8	
3.1	13.7	20.2	43.5	18.5	14.5	3.2	2025		3.1	24.4	26.6	35.5	17.7	17.7	2.4	
0.8	11.4	21.4	41.9	20.5	12.8	3.4	2025		4.9	18.7	22.4	32.8	19.8	22.4	2.6	
0.0	11.9	10.6	51.5	13.6	22.7	1.5	2025		1.5	19.4	10.9	26.6	14.1	46.9	1.6	
8.1	21.6	24.3	38.6	11.4	18.6	7.1	2030		9.5	24.3	18.1	27.8	16.7	30.6	6.9	
2.0	18.0	22.6	51.6	10.8	11.8	3.2	2025		2.0	20.0	19.4	36.6	16.1	24.7	3.2	
0.0	12.3	24.1	44.3	13.9	15.2	2.5	2025		0.0	13.6	25.3	41.8	13.9	16.5	2.5	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
ビーム応用：中性子・ミュオン・荷電粒子等	91	単一イオンの飛跡を利用した機能付与、荷電粒子ビーム複合照射による微細加工・表面機能化技術(高性能反応・分離膜、単一発光量子デバイス、疾病診断チップ、再生医療デバイス等への応用を想定)	63	41	22	37	3.38	3.34	2.37	2.68	2.11	2025	
	92	大強度中性子イメージング技術の高度化による、局所の金属組成分析や金属部品内微細構造の3次元可視化計測技術	91	13	30	57	3.42	3.32	2.23	2.63	2.00	2020	
	93	放射性廃棄物中の長寿命核種 135Cs を核変換技術によって無害化するために必要となる Cs 同位体分離に向けた、高強度 THz パルスを用いた量子制御技術に基づく新しい物質分離手法(同位体選択的加熱)	57	21	25	54	3.40	2.98	2.86	2.89	2.26	2025	
	94	イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術	54	22	35	43	3.33	3.39	2.59	2.93	2.20	2025	
計算科学・シミュレーション	95	データ同化やパラメータ最適化等の技術を導入した、大気・海洋の組成、生態系、物質循環などに関する地球環境予測モデル	138	9	22	68	3.41	3.00	2.88	2.44	2.04	2025	
	96	生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による水循環変動及び水士砂災害等の予測	120	10	27	63	3.44	2.97	2.78	2.37	2.12	2025	
	97	1km といった超高解像度の気象大気循環モデルを用いた、20 世紀初頭から 21 世紀末に至るグローバルな気候変動の数値シミュレーション	129	8	25	67	3.24	3.10	2.84	2.38	1.91	2025	
	98	21 世紀末に至る全大陸上のエネルギー・水・物質(CO2 等)の収支が推計され、再生可能エネルギーや食料、水などの資源、人間健康、生態系サービスに関して今後懸念される問題点が 1km といった超高解像度で明らかになるシステム	92	7	21	73	3.18	2.84	3.03	2.72	2.24	2027	
	99	衛星からの水面高度計測や氾濫面積計測と数値モデルとを用いた逆解析により、河川の水深や流速を世界規模で広域に推計するシステム	76	7	20	74	3.20	2.84	2.81	2.51	2.09	2025	
	100	衛星観測並びに地上観測に基づき、人間活動も考慮した陸面水循環モデルを用いたシミュレーションによる、数時間から数日先までの全世界の洪水や渇水の予測	77	8	17	75	3.35	2.95	3.11	2.69	2.24	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
3.2	14.3	23.8	49.2	9.5	14.3	3.2	2030		3.2	15.9	19.0	41.3	22.2	14.3	3.2	
0.0	8.8	31.8	31.8	14.8	20.5	1.1	2024		1.1	11.0	27.0	27.0	21.3	24.7	0.0	
5.3	22.8	31.6	38.6	12.3	10.5	7.0	2030		12.3	26.3	19.6	30.4	21.4	21.4	7.1	
1.9	13.0	22.6	49.1	9.4	15.1	3.8	2030		1.9	25.9	24.0	40.0	6.0	24.0	6.0	
4.3	13.0	37.0	26.8	25.2	8.7	2.4	2028		7.2	21.0	25.0	31.5	19.4	20.2	4.0	
5.8	15.0	28.4	38.5	19.3	9.2	4.6	2028		5.8	18.3	19.1	32.7	19.1	22.7	6.4	
5.4	14.7	26.5	43.6	16.2	12.0	1.7	2030		7.0	20.9	18.0	36.9	19.8	20.7	4.5	
19.6	21.7	26.9	28.2	29.5	10.3	5.1	2030		19.6	23.9	15.8	30.3	27.6	18.4	7.9	
7.9	14.5	21.7	39.1	26.1	8.7	4.3	2030		10.5	22.4	13.4	37.3	22.4	20.9	6.0	
9.1	16.9	27.1	35.7	22.9	12.9	1.4	2030		9.1	20.8	17.6	30.9	14.7	32.4	4.4	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
計算科学・シミュレーション	101	台風時の高潮・高波と降雨による内水・外水氾濫を統合して扱う沿岸災害予測	82	7	20	73	3.62	3.08	2.50	2.24	2.13	2025	
	102	ビッグデータによるデータ同化を用いた地震発生シミュレーション	89	8	16	76	3.28	3.10	3.25	2.84	2.16	2025	
	103	地震動・津波の直接被害のほか、構造物倒壊、火災、液状化、漂流物等も含めた、広域複合災害の予測システム	100	16	14	70	3.45	3.11	2.77	2.40	2.28	2025	
	104	実物試作をほとんどせずに自動車や大型工業製品を設計・開発することを可能にする、現実に忠実なシミュレーション	119	20	27	53	3.37	3.00	2.44	2.37	1.97	2025	
	105	動物実験なしに化粧品・医薬品等の開発を可能にする、薬物動態シミュレーション	53	2	19	79	3.13	2.70	3.14	2.83	2.94	2030	
	106	劣化に起因する事故を発生させない、大型工業製品(タービン、プラント、架橋等)等のシミュレーションによる劣化解析技術と高感度非破壊診断技術	77	6	26	68	3.50	3.09	2.61	2.52	2.11	2025	
	107	ほとんどの材料(開発対象となる材料の90%程度)において、特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発	52	4	29	67	3.37	3.04	3.00	2.80	1.85	2030	
数理科学・ビッグデータ	108	大都市圏での渋滞を発生させない、数理科学的渋滞予測モデルに基づくリアルタイムナビゲーションシステム	143	7	15	78	3.21	2.89	2.47	2.23	2.12	2020	
	109	数週間先までの雪氷災害発生予測に基づき、道路、交通、電力、農業施設等の事前対策を可能とするシステム	83	4	14	82	3.21	2.94	2.84	2.61	2.17	2023	
	110	大規模噴火の降灰に対する都市機能や地域経済の脆弱性評価手法	68	1	10	88	3.14	2.83	2.81	2.45	2.15	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.2	13.4	20.5	43.8	20.5	11.0	4.1	2026		1.2	14.6	14.1	43.7	18.3	19.7	4.2	
24.7	23.6	37.3	28.0	17.3	9.3	8.0	2030		31.5	27.0	19.2	23.3	17.8	30.1	9.6	
1.0	22.0	28.4	31.8	26.1	11.4	2.3	2027		2.0	26.0	19.8	30.2	25.6	22.1	2.3	
6.7	10.1	30.9	34.5	13.6	13.6	7.3	2025		6.7	9.2	22.9	34.9	18.3	17.4	6.4	
24.5	32.1	24.4	20.0	17.8	17.8	20.0	2035		26.4	32.1	8.9	15.6	24.4	31.1	20.0	
2.6	14.3	27.3	42.4	15.2	10.6	4.5	2030		1.3	16.9	19.7	36.4	25.8	15.2	3.0	
13.5	25.0	32.6	41.3	8.7	10.9	6.5	2035		13.5	28.8	22.7	36.4	15.9	18.2	6.8	
4.9	9.8	21.1	21.9	28.1	27.3	1.6	2025		7.0	14.7	7.0	18.0	29.7	44.5	0.8	
18.1	18.1	29.0	23.2	26.1	17.4	4.3	2025		16.9	19.3	8.6	28.6	25.7	30.0	7.1	
13.2	11.8	26.8	28.6	21.4	17.9	5.4	2026		13.2	16.2	19.6	25.0	26.8	25.0	3.6	


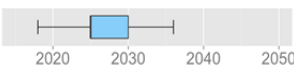
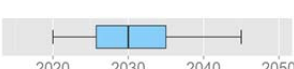
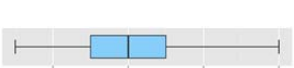


細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
数理科学・ビッグデータ	111	災害発生時の人間行動(避難渋滞、パニック、買い占め、流言飛語等)がもたらす社会的影響のシミュレーション	81	7	17	75	3.08	2.71	2.91	2.55	2.77	2020	
	112	津波の即時評価と連動した避難指示システム	95	8	18	74	3.60	3.16	2.53	2.35	2.43	2020	
	113	現在地及び避難経路の被災状況(現状及び予測)に関する大量の定型・非定型情報を統合して、適切な避難場所まで誘導するシステム	86	6	21	73	3.33	2.99	2.76	2.53	2.48	2020	
	114	非定型・主観的・散逸的なビッグデータとシミュレーションを連成させ、災害による被害の加速化を予測するシステム	68	6	12	82	3.02	2.75	2.96	2.61	2.62	2025	
	115	観測データ、センサーデータ、ソーシャルメディアデータ等を統合した自然災害・被害状況の把握	116	9	14	78	3.35	2.93	2.64	2.42	2.58	2022	
	116	大型輸送機器(船舶、鉄道、航空機等)の高信頼設計を可能とする、過去の事故・災害データや想定される気象災害シミュレーション結果等を用いた統合安全評価システム	49	8	14	78	3.22	2.80	2.40	2.26	2.25	2025	
	117	将来の社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルを用いてシミュレーションを行い、政策の意志決定を支援するシステム	69	6	23	71	2.88	2.38	2.99	2.72	2.80	2025	
	118	1秒間の演算速度が10エクサ=10 ¹⁹ 回を超えるスーパーコンピュータ	163	10	23	67	3.45	3.32	2.36	2.51	1.85	2022	
	119	家庭でも利用できる、通信速度1Tbpsのネットワークインフラ	119	4	17	79	3.02	2.92	2.27	2.37	2.01	2022	
	120	1エクサバイトのデータを1秒で検索できる検索技術	100	1	19	80	3.34	2.82	2.47	2.63	2.19	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
13.6	28.4	39.4	10.6	27.3	21.2	1.5	2025		14.8	38.3	25.4	7.9	28.6	31.7	6.3	
2.1	12.6	24.1	38.6	21.7	15.7	0.0	2025		2.1	15.8	17.9	27.4	23.8	28.6	2.4	
5.8	20.9	21.4	44.3	14.3	17.1	2.9	2025		7.0	25.6	11.4	24.3	28.6	30.0	5.7	
14.7	29.4	38.2	27.3	18.2	12.7	3.6	2026		14.7	41.2	17.0	17.0	32.1	28.3	5.7	
2.6	13.8	21.4	32.7	28.6	15.3	2.0	2025		3.4	16.4	11.5	25.0	31.3	30.2	2.1	
10.2	14.3	25.6	46.2	17.9	10.3	0.0	2028		12.2	20.4	12.8	38.5	25.6	23.1	0.0	
21.7	21.7	37.5	28.6	16.1	14.3	3.6	2030		24.6	26.1	22.6	26.4	34	9.4	7.5	
0.6	14.7	20.7	62.0	8.0	6.7	2.7	2025		1.8	19.0	14.6	55.6	9.7	17.4	2.8	
4.2	19.3	13.3	45.7	8.6	28.6	3.8	2025		5.9	20.2	3.9	35.0	6.8	49.5	4.9	
1.0	28.0	35.2	34.1	13.6	14.8	2.3	2025		4.0	30.0	17.6	37.6	14.1	28.2	2.4	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
ビッグデータ・数理科学	121	年間 1 エクサバイトの割合で生成される実験データを記録・保存し、1Tbps 級のネットワークを通して世界中の大学・研究機関の研究者の利用に供する技術	118	7	18	75	3.34	2.88	2.38	2.44	2.27	2025	
	122	電波領域からテラヘルツ、赤外光、可視光、UV、X 線領域までの広帯域コヒーレント周波数リンク技術	120	40	29	31	3.50	3.24	2.44	2.75	1.92	2024	
計測基盤	123	平坦な広帯域スペクトル発生、位相レベルのタイミング制御、精密なモード操作・利用・合成など、個別応用ニーズに合わせて光波のあらゆるパラメータを自在に操作・制御して任意波形を発生させ、計測・物性科学等に応用する技術	102	33	40	26	3.45	3.19	2.53	2.66	1.86	2025	
	124	黒体輻射シフト抑制等により高精度化し、ジオイド計測に応用可能な 10 ⁻¹⁸ 精度の光格子時計	59	12	22	66	3.36	3.53	2.39	2.79	1.93	2022	
	125	基礎物理定数の精密測定に基づく、光子の運動量を単位とした極微小な質量測定や力測定技術	65	18	20	62	3.25	2.93	2.76	2.71	1.81	2025	
	126	光ファイバーネットワークによる周波数リンク技術によって、高精度標準、基準信号、位置情報などを遠隔でも同等に利用できる技術(光キャリア周波数を用いたファイバーリンク技術、光コム伝送技術、タイミング同期による GPS 技術の高安定化、超高精度化技術など)	73	15	32	53	3.43	3.22	2.15	2.35	1.69	2021	
	127	計測対象、環境、条件の変動に瞬時・自在・高精度・広帯域に対応し、目的の計測そのものを用いて変動要因を補正する技術	64	17	25	58	3.38	3.02	2.52	2.64	1.90	2022	
	128	光源、計測装置を一体化したマイクロシステム化、チップ化	101	15	32	53	3.39	3.09	2.30	2.55	1.82	2022	
	129	深い穴を持つ工業製品など高いアスペクト比を持つ対象を始め、任意の形状を高速・高精度に多点計測し、イメージングに展開する技術	75	25	33	41	3.24	3.06	2.19	2.33	1.76	2020	
	130	計測、伝送、信号処理からアクションまでをオール光でアダプティブに対応する、計測制御システム	68	15	37	49	3.15	2.98	2.49	2.56	1.75	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
3.4	22.0	17.0	39.6	20.8	19.8	2.8	2027		6.8	27.1	7.5	37.7	21.7	29.2	3.8	
1.7	8.3	36.2	27.6	22.4	10.3	3.4	2030		4.2	13.3	26.5	29.2	23.9	16.8	3.5	
1.0	14.7	34.7	42.1	13.7	7.4	2.1	2030		2.9	22.5	23.7	38.7	23.7	11.8	2.2	
0.0	18.6	37	37.0	16.7	7.4	1.9	2026		3.4	22	21.2	36.5	17.3	23.1	1.9	
0.0	26.2	30.4	41.1	17.9	7.1	3.6	2030		3.1	43.1	21.8	30.9	25.5	18.2	3.6	
0.0	6.8	30.4	39.1	8.7	18.8	2.9	2025		1.4	9.6	10.4	32.8	20.9	34.3	1.5	
3.1	20.3	37.7	39.3	4.9	11.5	6.6	2025		3.1	25.0	31.1	32.8	9.8	21.3	4.9	
0.0	9.9	25.0	50.0	16.7	7.3	1.0	2025		0.0	14.9	19.4	40.9	25.8	12.9	1.1	
0.0	6.7	30.4	44.9	13.0	10.1	1.4	2025		1.3	9.3	18.8	36.2	20.3	23.2	1.4	
7.4	19.1	42.2	37.5	14.1	6.3	0.0	2027		8.8	25.0	27.0	41.3	15.9	14.3	1.6	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
計測基盤	131	長距離絶対計測技術(精度サブマイクロメートル、範囲 100m 以上、長時間安定性)	59	8	29	63	3.22	3.07	2.37	2.48	1.84	2020	
	132	デバイス集積化のための微小領域の変位絶対計測(ピコメートル精度、ミリメートル範囲、真空中および大気中)	67	13	31	55	3.28	3.07	2.47	2.44	1.66	2020	
	133	半導体の極限的な微細加工により可能となる光と物質の相互作用を用いた、通常のサイズの装置では考えにくい原理や性能を持つセンサー	76	17	37	46	3.33	3.04	2.89	2.87	1.77	2025	
	134	天文学(アストロコム)、分光データベース、環境分析、医療診断などへの応用のための、電波領域から光、X線領域までの超広帯域精密分光技術による絶対精度の測定技術	75	24	33	43	3.30	3.04	2.31	2.51	1.79	2025	
	135	赤外からテラヘルツ領域の波長を利用した、エアロゾル混在揮発性有機化合物(VOC)ガスの in situ 分析技術(検出感度 10ppm~1%@気体分子種に依存)	55	11	38	51	3.19	2.92	2.24	2.30	1.90	2020	
	136	従来の手法では計測困難な材料(ソフトマテリアル等)の劣化診断や非破壊検査が可能な3次元イメージング技術(テラヘルツ領域で3次元空間分解能100um、光波領域でサブマイクロメートル)	80	25	24	51	3.31	3.09	2.50	2.56	1.89	2021	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
3.4	11.9	28.6	46.4	16.1	7.1	1.8	2025		6.8	13.6	17.9	32.1	28.6	17.9	3.6	
1.5	17.9	35.5	50.0	8.1	4.8	1.6	2025		1.5	19.4	22.0	49.2	10.2	18.6	0.0	
1.3	18.4	37.7	42.0	11.6	7.2	1.4	2030		1.3	22.4	14.9	41.8	23.9	16.4	3.0	
5.3	8.0	39.4	33.3	12.1	7.6	7.6	2030		6.7	13.3	24.2	31.8	22.7	13.6	7.6	
0.0	14.5	29.4	39.2	17.6	9.8	3.9	2025		0.0	18.2	22.0	36.0	22.0	16.0	4.0	
1.3	12.5	28.9	53.9	13.2	2.6	1.3	2025		2.5	17.5	18.2	48.1	22.1	9.1	2.6	

5. 環境・資源・エネルギー分野の調査結果

内容

5.1 将来の展望	471
5.1.1 総論	471
5.1.2 エネルギー生産	472
5.1.3 エネルギー消費	473
5.1.4 エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送	474
5.1.5 資源	475
5.1.6 リユース・リサイクル	476
5.1.7 水	477
5.1.8 地球温暖化	478
5.1.9 環境保全	479
5.1.10 環境解析・予測	480
5.1.11 環境創成	481
5.1.12 リスクマネジメント	482
5.2 アンケートの回収状況	483
5.3 細目の設定	484
5.4 トピックに関する設問について	485
5.4.1 トピックの特性	485
5.4.2 技術的実現予測時期	495
5.4.3 技術的実現に向けた重点施策	496
5.4.4 社会実装時期	500
5.4.5 社会実装に向けた重点施策	502
5.4.6 技術的実現から社会実装までの期間	506
5.5 未来科学技術年表	509
5.5.1 技術的実現予測時期	509
5.5.2 社会実装予測時期	512
5.6 細目別重要トピックにおける要素技術	515
5.7 集計結果一覧	530

<概要>

環境・資源・エネルギー分野は、日常生活から産業を支える基盤の全てに関連し、内容も多岐にわたっている。世界人口の増加、産業の発展に伴いエネルギー、資源の需要は増加し、環境への負荷が大きくなることが予想される。持続的な社会の発展を念頭に、科学技術一辺倒ではなく、コンセンサスを得るための基礎データの収集、コミュニケーション技法、制度・法律の整備なども視野に入れたトピックを設定した。

なお本調査では、人の身体に直接関係するものは「健康・医療」、農林水産物や個別の生物については「農林水産・食品・バイオテクノロジー」、具体的な個別の機器については「マテリアル・デバイス・プロセス」で扱うなど、関連性を考慮しつつトピックを各分野に割り振った。

重要度の高いトピックは、鉱物資源、水資源、汚染の除去、異常気象に関するものであった。特に地球温暖化関連のトピックが注目された。

エネルギー生産に関しては、大規模プラントでの生産とともに、再生可能エネルギーから、次世代の水素エネルギーの生産・利用に関しての注目度が高い。さらに、中・小規模で地域の状況に合わせたエネルギー生産に関して、賛否両論はあるものの関心の高さが伺えた。エネルギー消費に関しては、省エネ技術など我が国のエネルギーマネジメント技術の高さを踏まえて、重要度及び国際競争力が高いと認識されている。

資源に関しては、途上国での水の利・活用に関心が高く、鉱物資源の採取・採掘には、不確実性、非連続性が高いとの回答が多かった。

環境に関しては、気象災害の減災に寄与すると思われる観測・予測技術への関心とともに、放射性物質の除染、ウイルスの侵入やテロ対策のための微量物質の迅速検出などのトピックで重要度が高く、期待度の高さが伺える。技術的には 2025 年頃までには実現し、短期間で社会実装されるとの予測が多い。反面、気候変動の要因は複雑であることから、不確実性、非連続性が高いとの回答が多いことも特徴である。

5. 1 将来の展望

5. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲及び結果の総括

東日本大震災以降、エネルギーおよび環境分野は大きな政策転換を余儀なくされている。また京都議定書に次ぐ新たな地球温暖化問題への対応など、わが国の国際社会への対応は、各国からも注目を浴びている。そのような中、今回取り上げたトピックスを俯瞰すると、資源配分を進めることにより、おのおのの技術実現が確実視されるような傾向が多く見られる結果となった。一方で、重要性が高いが不確実性あるいは非連続性の高い細目としては、地球温暖化、リスクマネジメント、資源に属するトピックが多く取り上げられた。これらの課題解決のためには、ブレークスルーが必要であり、積極的な研究開発が極めて重要である。

我が国はエネルギー自給率が極めて低く、安全・安心社会の実現のためにエネルギー生産の技術開発は重要な課題と言える。本分野は新技術の開発だけではなく、既存技術との組み合わせや、革新的技術の開発が、社会に多大な影響を及ぼすことから、将来を見据えた長期展望に立った政策的支援が必要な分野と言える。そして実現のためには特に事業採算性をクリアする必要がある。

エネルギーに関しては、生産から利用、マネジメントに加え地球温暖化対応の視点も忘れてはならない。電池技術、内燃機関などのハード面からの技術開発のみならず、ICT やシステム開発といった、ソフトの面からの技術開発も重要であり、さらにこうした種々の技術の連携や、環境にも配慮した一体化したシステム開発体制の構築が必要である。そして、エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送に関するトピックとして、新規の水素貯蔵材料技術、一時エネルギー源が変化しても有効に活用するための技術可能性の追求が必要である。さらに、エネルギー生産技術としての核融合発電の重要性も指摘された。

地球温暖化に関しては、激甚気象災害の発生機構解明、ゲリラ豪雨予測、地球温暖化の定量的モデル、温室効果ガス削減排出削減対策と選択手法、化石燃料を使用しない船舶・飛行機の開発、気候変動による食糧生産の予測が重要である。これらは社会科学に関連した分野の研究トピックなので、非連続性は低い。

資源に関する技術として、海洋鉱物資源の採鉱、揚鉱技術、深海底金属資源の経済的採取技術、メタンハイドレート採掘利用技術、環境汚染のないシェールガス採掘技術が特に重要である。

リサイクル・リユースに関しては、重点施策等は際立った項目がないが、あえて言うならば、内外連携に関する回答割合が比較的高い。社会実装に向けては、地域主体の形成や市民合意等の社会受容性を高める仕組みといったような、社会システムとしての取組みが重要である。どの分野でも人材不足は大きな課題であるが、特に放射性廃棄物処理や、レアメタルに関して懸念されている。

水は、連続的に進化していく技術で国際連携等に配慮し進めていくことが、世界のビジネスを先導していく上で重要とされる。

(2) 今後の展望

環境問題は、一カ国だけでは解決が不可能なグローバルな課題が多いことから、広い視野での対応が求められる。わが国では高度経済成長とともに発生した大気汚染を改善するための技術開発が発達し、いまや世界でトップクラスを誇るが、一方で隣国中国からの PM2.5 問題など、新たな問題への対応が迫られている。そしてグローバル社会の進展とともに日常生活を取り巻く多様なリスク、例えば国外からの外来種の侵入と移動拡散、生態系の多様性と機能、そして持続可能社会を具現化するためのスマート都市システムの設計などについても、2020 年のオリンピックを契機に今後新たな展開が重要となってくるであろう。そして、エネルギーや環境問題への対応には、リスクマネジメント技術が不可欠であるが、特に今回の調査では化学物質のリスク管理、汚染物質の低減技術、低線量放射線リスクに関する合意形成手法が重要という結果となった。

(矢部 彰)

5. 1. 2. エネルギー生産

(1) 本細目の検討範囲

我が国の一次エネルギー自給率は極めて低く、ほとんどのエネルギー源を輸入に頼っており、根本的な脆弱性を有している。また、東日本大震災後の原発停止による化石燃料の輸入増大で、巨額の貿易赤字が発生しており、原発再開の動きもあるものの、経済成長への影響が懸念される場所である。このため、より安全・安心な社会の実現、その維持・発展において、省エネ・創エネは重要な課題と言える。

本細目では省エネ・創エネの観点で、化石エネルギーの高効率利用、再生可能エネルギー利用、未利用エネルギー活用、エネルギー貯蔵、核融合、原子力の幅広い分野でトピック設定を行った。数の制限がある中、注目すべき技術は網羅できたものとする。

(2) 本細目のトピック

環境・資源・エネルギー分野における全トピックを俯瞰した中での本細目の特徴を以下に述べる。

「重要度」上位20位中に上げられたエネルギー生産に関するトピックはひとつと少なく、「重要度・優先度」の低い5トピック中、3件を占める結果となった。これは、エネルギー確保とその安定供給の重要性は認識されているものの、実体験として不便を感じない我が国の豊かさを表しているものとする。

「国際競争力」の高い上位20位までに3件が入っており、ボイラー、タービン技術と核融合技術が高く評価されている。

「不確実性」の高い上位20位までに3トピック、低い5トピックには、該当なしとなった。そもそも本細目にはローテクの組合せ技術と超ハイテクの組合せ技術が混在している特長があるが、原子力、核融合、宇宙発電の3トピックが「不確実性」の高い上位20以内にはいった。また、「非連続性」および「倫理性」の高い上位20位までに4トピックが入ったが、そのうち3トピックは前述と同じ原子力、核融合、宇宙発電である。そして「技術的実現」および「社会実装」に対して「実現しない」とする回答比率の上位5トピック中4件が、技術革新が必要な原子力、核融合、宇宙発電に関するトピックであった。

「社会実装に向けた重点施策」では「環境整備」の比率が高かった。これは実現に伴うリスク低減要望の表れとする。

(3) 今後の展望

前述したようにエネルギー資源の限られた我が国において、省エネ・創エネの観点での研究開発は極めて重要である。技術的には旧来の延長上にある技術の組合せや、技術革新を要するものまで千差万別であるが、いずれにおいても実現するには事業採算性をクリアする必要がある。しかしながら、実在するインフラとの競争を勝ち抜くには安全・安心を確信できる実績と性能が必要であり、それを実現するには相当の時間と費用が掛かる。このため、長期的なエネルギー戦略を立案し、それを実現するための科学技術に集中投資すべきではないか。様々な施策に着手するには限界があり、結果的には何も実現できない恐れもある。現在、水素社会実現に向けた取組が活発化しているが、水素は電気、ガス、石油に次ぐ第4のエネルギーと言えるが、規模の観点で当面他エネルギーとの競争力はなく事業採算性はない。よって、水素はこれから長期展望に立った政策的支援が必要な典型的な例と言える。

(吉田 正寛)

5. 1. 3. エネルギー消費

(1) 本細目の検討範囲

エネルギー分野はエネルギー生産、エネルギー流通(変換、貯蔵、輸送含む)、エネルギー消費に細分化される。地球温暖化の原因となる CO₂ 発生を削減し、持続可能な社会を形成するためにはエネルギー分野の科学技術の進歩に期待するところは大である。特に東日本大震災以降の原子力発電所の停止に伴う慢性的な電力供給不足が続く我が国において、政府の成長戦略を実現するためにも、この分野のいっそうの進展が望まれている。その中の細目として位置づけられている「エネルギー消費」分野では、昨今スマートコミュニティシステムの技術開発が進み、国内外において多くの実証試験が展開されている。これらの知見を広く全国に展開し、街ぐるみでの省エネルギーシステムを実現する施策が必要である。特に ICT を活用し、リアルタイムに多量のデータを処理して最適なエネルギー消費を導くためのソフトウェア開発も含めたシステム構築が急務である。さらに個々の技術開発では既に展開は始まっている固体高分子型燃料電池のいっそうの高効率化、大幅な高効率を実現する新しい燃料電池の実用化、車載用燃料電池の開発等燃料電池への期待、リチウムイオン電池等の新型蓄電池の多方面への展開、ヒートポンプ技術の進歩と適用推進等が期待されている。電力エネルギー以外では革新的な燃焼技術の進歩による高効率エンジンの開発等が重要な課題となっている。

以上のような背景のもと、エネルギー消費の分野からスマートコミュニティー・グリッド関連の3トピック、燃料電池関連の2トピック、ヒートポンプ関連の2トピック、新型エンジン等のトピックを抽出し、アンケートに供した。

(2) 本細目のトピック

エネルギー消費全体の傾向として、研究の重要性はさほど高くないが国際競争力は高い。したがって、既に技術としては実現済あるいは実現できるといった回答率が高く、その実現時期も 2025 年までと比較的早く見込まれている。そして普及のための環境整備が必要との傾向がある。

トピック別に見てみると、小都市(人口 10 万人未満)において 100%再生可能エネルギーの実現やエネルギー自給自足、完全クローズサイクル実現については技術的に実現できるが 60%以上あるが、実現できない、分からないも 30%以上、社会的には約半数が実現できない、分からないと回答している点が注目される。個々の要素技術を統合してシステムとして実現できるかどうか回答者がその実現可能性を疑っていると思われる。

燃料電池、蓄電池の利用拡大のいくつかのトピックについては、国際競争力もあり、実現できるが多数を占めている。

また、電力以外では、エネルギー効率 50%以上の自動車用エンジンについては重要度も比較的高く、国際競争力もあり、技術的実現時期が 2025 年頃、社会実装時期が 2030 年頃と予測されており、大きな期待が感じられる。

世界の全エネルギー消費の 10%(工業向けエネルギーの 10%弱、全エネルギーの約 1%)を占めるハーバー・ボッシュ法に代わる、エネルギー消費の少ないアンモニア製造法は、トピックの不確実性、非連続性ともに高く、市場破壊的・革新的と捉えられているが、実現可能性は高く、技術的実現時期は 2025 年頃に予想されている。

(3) 今後の展望

既に述べたが、本細目の各トピックは、地球温暖化対応として解決が必須のものである。燃料電池やスマートコミュニティーの各要素技術は、国際競争力もあり実現に向けて着実に進んでいる。しかしながら、いずれも本格的な導入、展開には、個々の要素技術を全体最適化したシステムとしての作りこみが必要であり、今後、人材育成、資源投入、社会実装に向けた環境整備を急ぐ必要がある。このためには、ICT 技術との融合が不可欠であり、ソフトウェア開発も含めて新たな取組みを構築する必要がある。

個別の技術では、水素社会実現とも関連した各種新型燃料電池の開発、高効率エンジンの開発等、既に内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)での推進も開始されており、これと連携し一体化した開

発体制の構築が必要である。併せていっそうの省エネに供する半導体デバイスの開発も不可欠であることを追記しておく。

(須藤 亮)

5. 1. 4. エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送

(1) 本細目の検討範囲

本細目では、従来のエネルギー流通技術である電力流通技術における革新的技術開発の実現性に加え、水素などの新しいエネルギーキャリアに関する技術見通し、バイオマスなど地球温暖化対策上重要であるエネルギーに関する変換技術など、11 のトピックに関しアンケートを実施した。この中には、自動車の走行中の非接触充電技術(トピック 28)など、依然として基礎研究段階の技術も含まれており、技術実現に関する期待感も含めてアンケートにて問うこととした。

(2) 本細目のトピック

11 トピックの重要度に対する回答を見ると、長寿命二次電池(トピック 36)、水素貯蔵材料(トピック 29)、燃料電池自動車の水素供給インフラ(トピック 30)などが上位となっており、現在、総合科学技術・イノベーション会議で取り組んでいる重要技術開発と一致している。重要度以外の「研究開発特性」に関する回答では、「不確実性」、「非連続性」、「倫理性」などはいずれも 3 未満の指数となっており、着実な研究開発が技術実現に結びつくトピックであることを示している。この結果として、「技術実現年」は 11 トピックとも 2024 年±1 年と 10 年程度の研究開発により実現する技術であるとみなされている。この中で、CO₂フリー未利用熱源スターリングエンジン(トピック 31)で 19.3%、バイオテクノロジーを用いた GTL(トピック 35)で 18.3%の回答が技術的に実現しないとしているが、これは記述式のコメント欄への記載内容から判断すると、「技術的实现」の条件として経済性の成立も含めているためと考えられる。「技術的实现のための重点施策」ではトピックに応じた重みづけとなっているが、非接触充電技術(トピック 28)、燃料電池自動車の水素供給インフラ(トピック 30)、木質系バイオマス発電の経済性向上(トピック 34)では、「環境整備」が 40%以上となっており、技術実現のためにも関係法令あるいは規格基準などの社会的な条件整備が不可欠であることを示している。

一方、「社会実装」に関しては個別のトピックの研究開発状況が反映された結果となっている。これまでのプロジェクト研究により研究開発が進んでいる超電導送電ケーブル(トピック 27)、超電導磁気エネルギー貯蔵システム(トピック 33)では、「社会実装年」は 2025 年と「技術実現年」とほぼ同時となっているのに対し、他の 9 トピックでは 2030 年あるいはその 2~3 年前となっており、「技術的实现」からさらに数年の研究開発を経て社会実装されると予測している。また、CO₂フリー未利用熱源スターリングエンジン(トピック 31)、電力貯蔵用超電導フライホイール(トピック 32)、超電導磁気エネルギー貯蔵システム(トピック 33)に関しては、ほぼ 1/4 の回答が社会実装は「実現しない」としており、回答者の専門性を確認したうえで、今後の技術開発政策へ反映させるか否かの判断が求められる。「社会実装のための重点施策」は、ほぼ「技術的实现のための重点施策」と同じような傾向ではあるが、いずれのトピックとも「環境整備」に対する割合が「技術実現」に対してよりも増加しており、社会実装のためには制度整備などが重要となることを示唆している。直流送電システム(トピック 26)に関しては「内外の連携・協力」が 31.2%と最大となっているが、これは 1000kV 級の直流送電技術は我が国では適用場所がなく、海外での「社会実装」を想定した回答であるためと思われる。

(3) 今後の展望

「エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送」は、一次エネルギー源がどのように変化していても、エネルギーを有効に活用するためには不可欠の技術であり、常に技術発展の可能性を追求することが必須である。一方、今回

のアンケート結果からも見られるように、社会実装のためには法令、技術標準などの制度面との整合性も重要であり、今後、エネルギー面からどのような国の形を目指すのかの議論と離れた技術開発ではありえない。今回のアンケート結果でも示されているが、これまで長く研究開発を続けてきた技術が、必ずしも今後の社会実装を期待されている技術ではない可能性も高い。望ましいエネルギーシステムを実現するための「エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送」技術との視点がますます重要となってくる。

(秋田 調)

5. 1. 5. 資源

(1) 本細目の検討範囲

この細目におけるトピック設定は、資源小国と言われる我が国における、新たにポテンシャルを有する海底熱水金属やガスハイドレートのようなエネルギー資源等の探鉱と採鉱・揚鉱技術に関する科学技術トピックで構成される。

(2) 本細目のトピック

概して、細目「資源」のいずれのトピックにおいても、重要度としては高い値を示しており、我が国においても第一次産業である資源開発の重要性に対する認知度は高い。また、国際競争力においても、本細目の各研究トピックは、比較的高い数値となって表れている。重要度を詳しくみると、例えば、トピック 38 の「海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術」では重要度の指数としては 3.72 を示し「環境・資源・エネルギー」分野のなかでも最も高い数値となっている。トピックの中身を眺めると、熱水鉱床資源やメタンハイドレート等の資源開発を目的としたトピック 38、42 及び 45 のように、我が国の周辺海域での海底資源の開発に関する期待の大きさがみてとれる。その原因の一つとして、海底資源開発を好意的に伝えるマスメディアの影響を受けた国民の期待値としてトピックの重要度が高くなっているように思われる。また、トピック 39、40、41 のように、放射性物質やヒ素といった金属資源の採鉱等の際に伴って産する有害物資を、安全かつ効率的に除去する開発法が重要度の高いトピックとして取り扱われている。ただし、トピック 42 の「メタンハイドレート採掘利用技術」に関しては、変動する世界のエネルギー事情を受け、自国で産出できるエネルギー供給源としての期待が膨らむ一方で、洋上産出試験で問題となった掘削孔内での出砂対策等の技術的課題の多難さからか、期待だけでなくその実現性を冷ややかにみるといった二極化がみられることは興味深い。

本細目のトピックの重点施策として求められているのは資源配分であり、研究開発に巨額の融資が必要な一次産業としての資源研究の特徴がこの結果からもよく表れている。極論を言えば、資源配分がなされれば研究段階から社会実装へと移行することが出来ると考える回答者が多くいることが分かる。また、倫理性については、資源開発技術の推進に際してすることで、実装前から人間社会や生物コミュニティへの影響を心配する声が少ないこともみてとれる。一方、社会実装に関しては、提案されているトピックはいずれも研究段階であるが実現可能であると考えられている。特徴として、重要度とは異なり、炭化水素資源を扱うトピック 39 及び 42 では比較的慎重な態度が数値に表れており、こうした結果は回答者からは我が国での自前の炭化水素資源の開発に対し、前向きでないことの表れなのかも知れない。他方、研究とは異なり、社会実装への重点政策としては、人材戦略、資源配分と環境整備の 3 つにそれぞれバランスよく配分された数値となり、技術確立後の社会実装のフェーズでは、中長期的な視点からバランスの取れた政策を期待していることが読み取れる。

(3) 今後の展望

今回の調査結果もそうであるが、回答者は①技術のフィジビリティ、②採算性と、③ナショナル・セキュリティの 3 つの異なる観点に基づきそれぞれ多くコメントしている。とりわけ、「資源」や「エネルギー」においては、ナショ

ナル・セキュリティの観点に基づく回答やコメントが多い事については特筆すべきである。この違いは、推進においても、オープンに国際協力の推進をとする意見と、日本の独自性を意識し、むしろ国策としてオールジャパンで進めるべきと相反する回答結果としても表れている。このあたりの違いを認識し、これらの回答結果をどう政策立案に反映させるのか、国としてのより戦略的な選択が求められることを最後に付け加えておきたい。

(東 垣)

5. 1. 6. リユース・リサイクル

(1) 本細目の検討範囲

人類は産業革命以後、特に 20 世紀後半から資源・エネルギーを大量消費することによって急速な経済成長を成し遂げ、豊かな文化的社会を構築した。しかしながら、その大量生産、大量消費型社会は、地球規模の環境問題、廃棄物の大量発生、資源価格の高騰などを引き起こし、更に今後確実に起こるであろうエネルギー不足や資源の枯渇も懸念されている。環境制約、資源制約を克服し、人類が持続的発展を続けるためには、貴重な資源のリユース、リサイクルを基盤とした循環型社会を構築することが必須となる。また、我が国では、自動車、電子材料、エネルギー関連産業に至るまで、レアメタルは必要不可欠な材料である。しかしながら、レアメタル資源の地域的偏在性や産出国の政策、政情による供給リスクが存在することから、レアメタルのリサイクルが重要トピックとなっている。

このような背景のもと、リユース、リサイクル分野として、①トピック 46「空気中から効果的にヘリウムを回収する技術」、②トピック 47「レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術」、③トピック 48「小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術」、④トピック 49「多くのレアメタルの必要資源量の 50%以上が都市鉱山から供給される」、⑤トピック 50「各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成の実現」、⑥トピック 51「廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術」、⑦トピック 52「高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術」の 7 トピックを選択し、アンケートに供した。

(2) 本細目のトピック

本分野の中で本細目のトピックは、国際競争力上位 20 トピック中に 2 件(トピック 47、48、49)、重要度上位 20 トピック中に 2 件(トピック 47、48) 入っており、循環型社会構築に向けて、我が国が世界をリードできる重要なトピックと認識されていると思われる。これらのトピックはいずれもレアメタルの分離・回収技術に関するものであり、我が国のものづくり産業にとって極めて重要な技術であるものと判断できる。レアメタルリサイクルに関しては、経済性を重要視すべきである(制約とならざるをえない)との多数のコメントがあり、社会実装を実現するためには、技術的な開発のみならずコスト、社会システム整備などの社会的要因を十分に検討する必要がある。ただし、これらの事項はリユース・リサイクル技術全般に当てはまる。

一方、高レベル放射性廃棄物に関する技術(トピック 52)は、不確実性、非連続性、倫理性がいずれも高く、技術的实现から社会実装までの期間が長いと判断されており、実現するためには多くのハードルを越える必要があることを示唆しているが、重要度が 3.28 と我が国の将来のエネルギー政策にとって重要なトピックであることも分かる。ここではリサイクルと言う視点よりも、適切な処理技術に重きが置かれているものと考えられる。また、バイオマスリファイナリー(トピック 50)に関しては、重要な開発トピックとの認識はあるが、原料の安定供給もしくは調達、食糧問題との整合性、他の資源価格との競合などの問題点を有していることが特徴的である。

(3) 今後の展望

重点施策としては資源配分、内外の連携・協力がやや高いが、特に際立っているほどではなく、全て(人材戦

略、資源配分、内外の連携・協力、環境整備)をバランス良く行うことが重要と考えられる。リユース・リサイクル技術は産業及び実社会との結びつきが極めて強く、単なる科学技術開発にとどまらず、国・研究機関・企業との連携による経済性を考慮した実用技術開発が重要である。更に、社会実装のためには個々の開発だけではなく、社会システム化するための開発も必要となる。消費者側からの視点も重要であり、地域主体形成や市民合意などの社会受容性を高めるための仕組み作りについても積極的に取り組むべきである。最後に、レアメタルリサイクルにしても、放射性廃棄物処理にしても人材不足が強く指摘されており、将来の産業の基盤を担う人材育成に向けた施策が望まれていることを付け加えたい。

(宝田 恭之)

5. 1. 7. 水

(1) 本細目の検討範囲

「水」は、科学技術的な見地から見て地球全体での循環があり、再利用が重要な技術課題となっている代表的な物質である。また、21世紀以降、特にエネルギーや食糧と同様に国家戦略の対象となる重要課題となり、水資源の覇権、水ビジネス等が大きな社会的関心を集め、市場規模も拡大しており、将来技術の予測等が大きな社会的要請となっている。

そこで本細目では、広く水に関わる技術的課題をトピックの検討対象とし、それらに対する重要性や技術的な実現時期、社会実装時期等を調査した。

具体的には、①水資源の拡大②水および水域の総合管理、③水の循環利用・浄化、④水質の評価指標の確立と評価に関するそれぞれの技術課題に分けて検討した。

(2) 本細目のトピック

本分野において、重要度上位20に水に関する3つのトピックがランクされている。そのうち「途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術」と「都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術」は国際競争力も高いことが示されている。また、不確実性の高いおよび非連続性の高いトピックにはランクされておらず、「技術的実現はしない」にもはっていないことから、水に関する研究開発は確実に推進されるであろうと予想されている。

技術的実現に向けては、人材育成や資源配分が特に重要である結果となった。そして社会実装については、人材育成や資源配分のほか、連携・協力が重要である。特に人材育成に関しては、全トピックの上位5トピックのうち2トピックがランクしている。そして、技術的実現から社会実装までの期間がほかの細目に比べて2.5年と短い結果となった。これは、技術そのものが社会実装を意図している内容であることを表した結果である。

本細目の結果を踏まえると、水資源の拡大に関しては、地下水マップや雪資源の利用を対象としたが、いずれも10年程度で実現可能との結果であった。水域の総合管理に関しては、都市洪水、高潮、地盤沈下等の統合的水管理、連続モニタリング等を対象にしたが、10年程度で実現可能で、資源配分により実現するという予測であった。また、水の循環利用・浄化に関しては、途上国用汚染水浄化・再利用技術、下水からのエネルギー・資源回収が重要性が高く、10年程度で実現可能であると予測している。水質の評価指標の確立と評価技術に関しては、上水供給における連続モニタリング技術が重要で、10年程度で実現可能であり、資源配分が大切との予測であった。

(3) 今後の展望

水に関する技術開発に関しては、連続的に進化していくことが確実視され、10年程度で実現することが予想される。そのためには資源配分をしっかりと、国際連携等に配慮することが大切である。国際的に見ると技術面

は日本は強く、水資源確保に関しては国際的な連携が重要である。水の循環利用や水質評価技術等で世界をリードし、世界の水ビジネスを先導することが期待されている。

(矢部 彰)

5. 1. 8. 地球温暖化

(1) 本細目の検討範囲

この細目におけるトピック設定は、地球温暖化に関する現象解明、地球温暖化による影響分析および適応策、温室効果ガス削減に資する対策技術に関する科学技術トピックで構成される。2013年から2014年にかけてIPCC第5次評価報告書が公表され、2015年11月末からフランス・パリで行われるCOP21では、すべての国が世界全体の平均気温の上昇を2°Cに抑制する目標を念頭におきながら、温暖化対策に関する約束草案を提出する予定であるなど、本細目に関する関心が高まっている。

非常に幅広い観点を含む本細目に対して、地球温暖化の現象解明に関連して、トピック70「大気大循環と海洋大循環を組み合わせた温暖化の定量的モデルの確立」、トピック65「温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明」、トピック69「局所的ゲリラ豪雨等を100mメッシュで予測する技術」、影響および適応に関連して、トピック68「気候変動による食料生産への影響の予測技術」、トピック67「海洋酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響調査技術」、そして温暖化対策に関連して、トピック64「化石燃料を使用しない船舶・飛行機」、トピック66「トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法」の7トピックを選択し、アンケートに供した。

(2) 本細目のトピック

環境・資源・エネルギー分野の中で、地球温暖化のトピックは重要度上位10トピック中に5件(トピック68、69、66、70)、不確実性上位10トピック中に4件(トピック65、69、70、66)が入っており、不確実ながらもしくは、不確実だから対応すべき重要なトピックと認識されていると思われる。

技術的実現のための重点施策は、全般的には資源配分や人材戦略がこの細目では重要とされた。トピック66「トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法」では、倫理性についても関心が高いトピックだった。技術的実現に向けて、内外の連携・協力が必要とする回答が高かった。

トピック69「局所的ゲリラ豪雨等を100mメッシュで予測する技術」は、技術的実現が81.2%、社会実装が84.7%と実現、実装に向けた期待・願望が高いトピックであった。一方、トピック64「化石燃料を使用しない船舶・飛行機」は、実現/実装しない、実現/実装はわからないとする回答が高かった。

技術的実現に向けては、資源配分施策は重要としつつ、社会実装では内外連携、環境整備にシフトしていることが伺えた。

(3) 今後の展望

環境・資源・エネルギー分野の中で地球温暖化のトピック群に対する重要度が最も高かった。特に、関心が高かったトピックは、モニタリングや発生メカニズム、影響に関するものだった。近年の豪雨やそれによる土砂災害の多発により、国民の関心も温暖化による異常気象と災害の発生およびその防止に強く向けられていることが伺える。かつての台風などによる大規模災害がレーダーや観測衛星の発達による情報基盤の整備と河川などに対する土木技術の発展によって、被害の減少傾向が見られたが、近年は拡大する都市域における極めて局所的な災害が目立っており、それが温暖化と結びつけられて、環境問題としてのとらえ方が一般的になりつつあると云うことであろう。

一方で、IPCC第5次評価報告書の一つの知見として、世界平均気温の上昇を2°Cに抑制する目標を達成し

ようとする、2100年の世界の温室効果ガス排出量をほぼゼロからマイナスにしないといけないという結果が示されている。科学技術による解決策を示すことに加えて、それを実現する社会経済的な制度構築に関する科学技術面からの検討がより重要になる。

(藤野 純一)

5. 1. 9. 環境保全

(1) 本細目の検討範囲

本細目は、大気汚染、化学物質、それらの浄化などを扱う環境保全に関する科学技術トピックであるが、第9回科学技術予測調査までの環境保全関連の細目とは異なり、東日本大震災および震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、災害からの復旧・復興にかかるトピックが複数含まれている。

具体的には、トピック72「環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術」とトピック73「アオコ、赤潮を引き起こす藻類の発生を抑制する細菌、捕食する微小動物の利用技術」とはいままでアンケート調査を行った範囲での新たなトピックだが、トピック71「塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術の開発」、トピック74「水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術」は、前者は津波被害による農耕地対策、後者は原子力事故に伴う環境保全技術である。

(2) 本細目のトピック

環境・資源・エネルギー分野の中で、環境保全のトピックは、重要度で4位(トピック74)に、不確実性の下位(つまり技術的には一部を含め実現していると認識されているトピック)の8位と9位(トピック71、72)、倫理性の6位(トピック74)に挙げられている。つまり、トピック74「水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術」は、リスクマネジメント細目と表裏一体の課題として、重要度が高いトピックの一つに認識されていた。

トピック72「環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術」について、技術の実現時期や施策はすでに実現済との回答が30.3%あった。また社会実装済みとの回答も12.1%で、環境保全の4つのトピックのうち最大の回答率になった。どの程度の除去を求められるかによって実現済みとも、課題が残されているともとらえられるトピックのため、回答者の専門範囲や知識レベル、設問の解釈の仕方によって実現の判断が異なっていたとも解釈できよう。

トピック74「水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術」は実現しないと考えている回答者が13.3%と環境保全の4トピックの中で最も多かった。回答の一つに「確実な除染技術としていることから、放射性物質を多少取り除く技術は進展するものの、完全な除染となると難しい」との指摘があった。回答者によって実現の度合いについての解釈の違い(例えば、多少は取り除けるが、技術的に、または経済的に確実に除染できない恐れがあると解釈するか、わずかでもその範囲において予算制約なく取り除ければ確実に除染できたと解釈するか等)があり、次回以降の科学技術予測調査では、より明確な設問設定が求められる。

(3) 今後の展望

本調査では、東日本大震災を契機に進められた科学技術トピックへの関心が、旧来から存在する科学技術のトピックより、重要度や倫理性において高く取り上げられていた。復旧・復興に向けて、より広い範囲で、簡易に、安全に実施できる技術開発が求められる。

一方で、水銀除去やアオコ・赤潮の回避は、日本ではある地域に限られた問題だが、アジアをはじめとする発展地域では今まさに直面しているもしくは、直面する重要課題である。今までの研究蓄積・対処してきた経験をそのような地域に展開できるかが課題になってくる。

(藤野 純一)

5. 1. 10. 環境解析・予測

(1) 本細目の検討範囲

この細目におけるトピック設定では、日常生活を取り巻く多様なリスクの低減を目指している。その主要なリスク要因として、国外からの外来種の侵入と移動拡散、生態系の多様性と機能および越境大気汚染による影響の把握、そして持続可能社会を具現化するためのスマート都市システムの設計について取り上げている。加えて、生活環境におけるリスク管理、危機管理の観点から、多数が利用する交通システムにおける安全性確保のための検知システムにも着目している。

生活環境を保全し安心・安全な社会を実現するためには、モニタリング結果等に基づいて環境の質および状態を的確に解析・評価し、その変化を予測することによって、安心・安全や持続性を脅かす多様なリスク要因をまず把握する。それらのリスクを合理的に低減するための予防措置、すなわち事前の対策が求められており、それに対する社会の要請が今後、一層強くなると予想される。モニタリングや解析・評価によって把握されたリスクに対して、それを低減するための対策を推進する社会システムの構築を進める一方で、微量な物質や僅かな変化に対して高い感度で分析・モニタリングを可能とする、世界的な先端技術の研究開発が併せて求められている。

(2) 本細目のトピック

前記の5トピックが科学技術予測トピックとして設定された。この中で、「公共・集客施設や交通インフラにおける安全を高いレベルで確保するための迅速かつ正確な検知システム」に対して、専門性を問わずその重要度が高く位置づけられており、テロや犯罪によるリスクを低減するために、世界的にも公共性の高い場でのセキュリティー向上が強く求められていることが反映していると考えられる。リスク低減には、セキュリティーチェックのレベル向上が欠かせないが、一方で不便さなどの課題があり、多様な分析や検査のための先進技術、簡易技術の研究開発とその実装が強く求められている。極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物等の検知には、多様な原理や化学的・生物学的手法を駆使した先進分析技術、モニタリング技術の開発が必要になり、この課題への対応は科学技術の研究開発推進と社会の安心・安全の両面に貢献できる。中位・上位の専門性を有する回答者からは、この分野は高い国際競争力を有しているとの回答を得ている。

外来種に関する対策技術の確立に対しては、専門性の高い回答者はその重要性を指摘している。マスコミ等を通して話題性があるトピックではあるが、専門性が中位、低位の回答者では、生態系保全に対するとらえ方にもよると思われるが、必ずしもこのトピックに対して高い重要性を感じていない。生態系機能のモニタリングの重要度に関して、専門性の高低による差が顕著であり、専門性が高い回答者はその重要さを指摘する一方で、多様な要因が複雑に絡み合う環境生態系を対象とした研究開発に対して不確実性の高さを認識している。

持続可能社会の実現には、資源・エネルギーの消費と環境負荷の低減が不可欠であるが、それを実現するためには、人間活動、産業活動における物質およびエネルギーのフローを明らかにし、リスク要因の抽出・評価に基づいて、持続可能性を向上するための適切な対応を策定する必要がある。すなわち資源・エネルギーの消費と環境負荷を併せて低減しながら人間活動に必要な機能を過不足なく提供できる社会、すなわち社会のスマート化を実現する都市や地域システムを設計する手法の確立が求められている。社会の状況を的確に解析・把握し、安心・安全で持続可能な社会を実現するための基盤として、物質フロー、エネルギーフローの解析とリスク要因抽出と解析・評価の重要性を指摘しておきたい。

(3) 今後の展望

安心・安全で持続可能な社会を実現するのは、定量的なデータや情報の適切な収集と集積、それらのデータや情報にもとづく現状の診断が不可欠である。すなわちデータや情報を収集・集積を容易に行い環境の状態を診断するための「環境解析・評価」は、多様な要因が複雑に絡み合っている環境や生態系におけるリスク要因の

解明、その結果に基づく適切な対策に対して一層重要性を増している。加えて、環境質の向上に関する社会の要求が増加している事、一方で、簡易化やコストの削減にも対応する必要があることを踏まえた研究開発が推進されるべきである。

この細目分野の研究開発を推進する要因として資源配分と人材戦略が、社会実装には資源配分と内外の連携・協力の重要性が指摘された。

(藤江 幸一)

5. 1. 11. 環境創成

(1) 本細目の検討範囲

この細目において設定されているトピックは、環境生態インパクトの評価、気候変動と災害の緩和、生態系を考慮した健全な水循環、生態系の多様性や生息域を保存・再生する技術など、人間活動によって環境生態系にもたらされる多様なインパクトを的確に把握し、多様な生態系を保全あるいは修復することによって、人間活動と環境生態系が共生できる社会の構築を目指すためのものである。21 世紀環境立国戦略(平成 19 年6月1日閣議決定)では、低炭素社会、循環型社会に加えて、自然共生社会の実現を中核に据えており、この細目で設定されたトピックは自然共生社会を実現するための主要な要因を構成するものである。

途上国を中心として森林の伐採、鉱物資源の採掘、農耕地の拡大、水質汚濁の進行など、目に見える形で生態系の破壊や改変が進行しており、破壊の抑止や破壊された生態系の修復や新たな創生に対する期待が強くなっている。急激な気候変動による生態系インパクトの低減、砂漠化進行の抑止や影響の緩和も重要な課題である。加えて、生態系の保全や復元をスムーズに行うための市場経済的手法の実現も大きな課題となっている。

(2) 本細目のトピック

環境創生に係るトピックについては、各テーマの重要度において専門性による大きな違いがみられる。すなわち、専門性が低い回答者よりも、専門性が高い回答者は、環境生態インパクト評価手法の確立、生物生息環境と調和した水循環、湿地の再生技術、砂漠化の抑制等に関するトピックの重要度が高いとしている。水循環および湿地の再生に関する研究について、専門性の高い回答者が国際競争力の高さを評価しているが、環境創生に関する他のトピックの国際競争力については、中位程度との評価がなされている。専門性に関わらず、不確実性、非連続性は低いとの評価になっていることから、取り組み具合に見合った研究成果が得られるものと判断していることが窺える。技術の実現・社会実装のためになすべき施策として、この細目に設定されたトピックの特徴は、資源配分と環境整備が特に重要とされていることであろう。この分野の研究開発を担う人的資源はある程度確保されており、このような技術開発を推進するための環境整備、すなわちその重要性が社会的に認知されるとともに、適切な資源の配分がなされることによって、技術の実現は大きく前進し、5 年程度のタイムラグは生じるものの社会実装も実現できるとの予測がなされている。生態系の保全や修復を対象とする技術の研究開発や社会への実装を推進するには、啓蒙や合意形成などの社会活動が併せて必要であるとの考えが反映していると判断される。単なる先進技術の実現にとどまらず、自然生態系と共生するために、人間活動や社会のあり方を併せて問うことも関連している。ライフスタイルを始めとした社会の在り方、社会の発展の方向性も再考する機会になり得るものと考えられる。

(3) 今後の展望

国連気候変動枠組条約第 20 回締約国会議(COP20)では、途上国も含めたすべての国が参加して温室効果ガスの排出削減に向けた努力がなされることになるなど、途上国においても環境インパクト低減、環境生態系の保全・修復に対する関心が高まり、それを実現するための技術やシステムが一層重要になってくると判断

される。

生態系機能を保全するとともに、その機能に依拠した気候変動の緩和、自然災害を低減するための適応技術について、一層の関心が集まるものと判断される。このような技術の開発・創成は、複雑に絡み合う環境・生態系を対象とすることから、技術開発や実装における不確実性は高いものと判断される。これを克服するためには、自然科学系・人文社会科学系が連携して、自然環境や自然生態系をより深く理解した上で、地域の自然環境や地域の文化・人間活動の特性にも適合した自然共生型社会を構築するための、他地域にも展開できる統合的な手法が確立されることが強く期待される。

(藤江 幸一)

5. 1. 12. リスクマネジメント

(1) 本細目の検討範囲

近年、社会に技術が導入されるためには性能やコストだけでなく、環境性や安全性が重視されつつある。取り分け、地球温暖化や原子力事故と放射線の問題は、技術や経済だけでなく、それぞれが持つリスクについて、社会的なコンセンサスづくりの構築が求められている。環境や安全面で社会のコンセンサスを得るためにリスクを包括的に検討する「リスクマネジメント」は、健康被害、影響評価、リスク管理、安全基準の策定、リスクコミュニケーションなどからなる。リスクマネジメントは、その対応が国や地域によって大きく異なる。環境・資源・エネルギー分野におけるリスクマネジメントは多岐に及ぶが、細目では日本社会が直面している社会的影響力が大きいリスク問題、すなわち「ナノ粒子使用の安全基準」、「有害性を持つ化学物質のリスク管理」、「放射線による健康影響」、「エネルギー技術・システムのリスクコミュニケーション」が取り上げられた。

(2) 本細目のトピック

リスクマネジメントは、短期的に対応すべき課題であることから、重要度は比較的高く評価されている。トピックは、それぞれの国や地域において利害関係者間で検討すべきものという特性を有しており、アンケート結果は解決には社会的合意性など技術以外の倫理問題として扱われる必要があると判断されている。また地球温暖化問題を除いて地域性が高いトピックであることから国際競争力に対する評価は低かった。

すべてのトピックスについて不確実性が高いと判断され、とりわけ「自然界へ与える定量的な影響評価予測」と「有害化学物質のリスク管理」への不確実性が高かった。これは、リスク評価が事象の大きさのほかに発生頻度という不確実性を扱うトピックであることが原因していると考えられる。

トピックに対する評価は、全体を通して世相を反映した結果となっている。2011年に発生した原子力事故の影響は大きく、放射性物質の土壤汚染や事故炉の廃炉などはできるだけ早期に解決していくトピックとなっている。そのことから、2025年までに実現が期待されるトピックとして「低線量放射線リスクに関する社会的合意形成」と「エネルギーシステムの双方向型リスクコミュニケーションの確立」が重要であると判断されている。また、それらを実現していく上で最も重要なことは人材育成であるという評価は極めて妥当と思える。

(3) 今後の展望

リスクマネジメントは、本細目で取り上げたトピックだけでなく科学技術すべてに係わっている課題である。科学技術がもたらすベネフィットとリスクをできるだけ正確に分析することで未来予測の精度が高まる。リスクマネジメントの社会実装に向けた取り組みとしては、リスクについての情報伝達だけでなく、リスクへの対処の仕方や安全を高める行動についても適切な知識を共有することが大切になる。それには、これまでのような専門家による一方的な情報伝達ではなく、それぞれのリスクに関わるステークホルダーが、互いに、意見を交換し合うことでコンセンサスが得られる仕組みづくりが求められる。

(内山 洋司)

5. 2 アンケートの回収状況

環境・資源・エネルギー分野についての回答者内訳は、以下のようになっている。

表 2-5-1 環境・資源・エネルギー分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	17人	職業	企業その他	314人	専門度	高	11.7%
	30代	211人		学術機関	388人		中	28.3%
	40代	197人		公的研究機関	131人			
	50代	180人	職種	研究開発従事	605人		低	60.0%
	60代	115人		管理・運営	156人			
	70代以上	25人		その他	72人			
	無回答	88人		合計	833人			

5. 3 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、その前提として、環境・資源・エネルギー分野において重要な細目についての議論を行い、これに基づいて、以下の細目を設定した。

表 2-5-2 本分野の細目の概要

細目名	概要
エネルギー生産	水素、太陽熱、地熱、風力、宇宙発電、海洋温度差、核融合、原子炉、発電
エネルギー消費	CO ₂ 、省エネ、エネルギーマネジメント
エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送	燃料電池、水素、コージェネレーション、送電、貯蔵、燃料、二次電池、廃棄物
資源	鉱物、炭化水素、未利用
リユース・リサイクル	リユース、リサイクル、コプロダクション
水	水資源、水環境
地球温暖化	温暖化の評価・対策、環境モニタリング
環境保全	大気汚染、化学物質、浄化
環境解析・予測	モニタリング、シミュレーション、在来種、環境経済
環境創成	生態、生物多様性、緑化、地域づくり
リスクマネジメント	環境リスク評価、リスク管理、リスクコミュニケーション

5. 4. トピックに関する設問について

5. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

① 重要度の高いトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位20件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「地球温暖化」関連トピックが5件、次いで「水」、「リスクマネジメント」関連トピックが各3件を占める。技術的実現時期は、平均して2024年頃であるが、トピック87「乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術」やトピック81「生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術」のように、技術的実現時期が2030年頃としたトピックも含まれる。

表 2-5-3 重要度の高いトピック(上位20件)

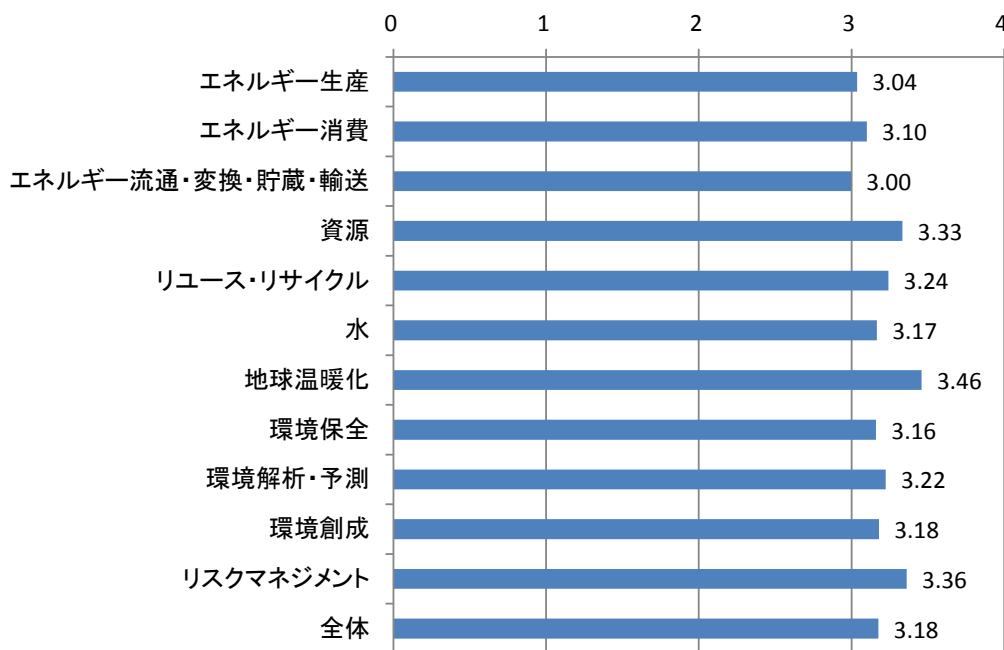
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
38	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	3.72	2025	2030	資源
68	気候変動による食料生産への影響の予測技術	3.65	2025	2027	地球温暖化
61	途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術	3.64	2020	2025	水
74	水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術	3.57	2025	2029	環境保全
92	低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立	3.53	2025	2027	リスクマネジメント
75	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	3.50	2020	2030	環境解析・予測
69	局所的ゲリラ豪雨等を100mメッシュで予測する技術	3.49	2022	2025	地球温暖化
65	温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明	3.48	2025	2028	地球温暖化
66	トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法	3.48	2025	2030	地球温暖化
70	大気大循環と海洋大循環を組み合わせた温暖化の定量的モデルの確立	3.47	2025	2026	地球温暖化
55	都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	3.46	2025	2025	水
87	乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術	3.45	2028	2033	環境創成
7	大規模で高効率のガスタービン(入口温度1700℃以上)による大型複合サイクル発電	3.43	2021	2025	エネルギー生産
24	エネルギー効率が50%の自動車エンジン	3.43	2025	2030	エネルギー消費
91	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	3.43	2025	2030	リスクマネジメント
89	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	3.43	2022	2025	リスクマネジメント
81	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術	3.42	2030	2030	環境創成
47	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術	3.41	2025	2030	リユース・リサイクル

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
57	上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術	3.40	2020	2025	水
48	小型電子機器類、廃棄物・下水污泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	3.39	2022	2026	リユース・リサイクル

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「地球温暖化」が 3.46 と最も大きく、次いで「リスクマネジメント」が 3.36 であった。

図 2-5-1 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、「重要度」は低いとして、評価されたトピック(下位5件まで)は、次表に示す通りである。「エネルギー生産」、「エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送」関連のトピックが複数含まれる。

表 2-5-4 重要度の低いトピック(下位5件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
11	メガワットクラス以上の出力を有する波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等の海洋エネルギー資源利用発電技術	2.76	2024	2030	エネルギー生産
2	微生物発酵による水分解等を利用した水素製造技術	2.76	2025	2030	エネルギー生産
32	1MW、50kWh 級電力貯蔵用超電導フライホイール	2.73	2024	2030	エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	2.56	2030	2038	エネルギー生産
31	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム	2.54	2025	2028	エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送

(2) 国際競争力

① 国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 位まで)は、以下のとおりである。細目別では、「エネルギー消費」、「資源」関連が各 4 件、「エネルギー生産」、「リユース・リサイクル」、「水」関連トピックが各 3 件含まれる。技術的実現時期は平均して 2025 年頃である。

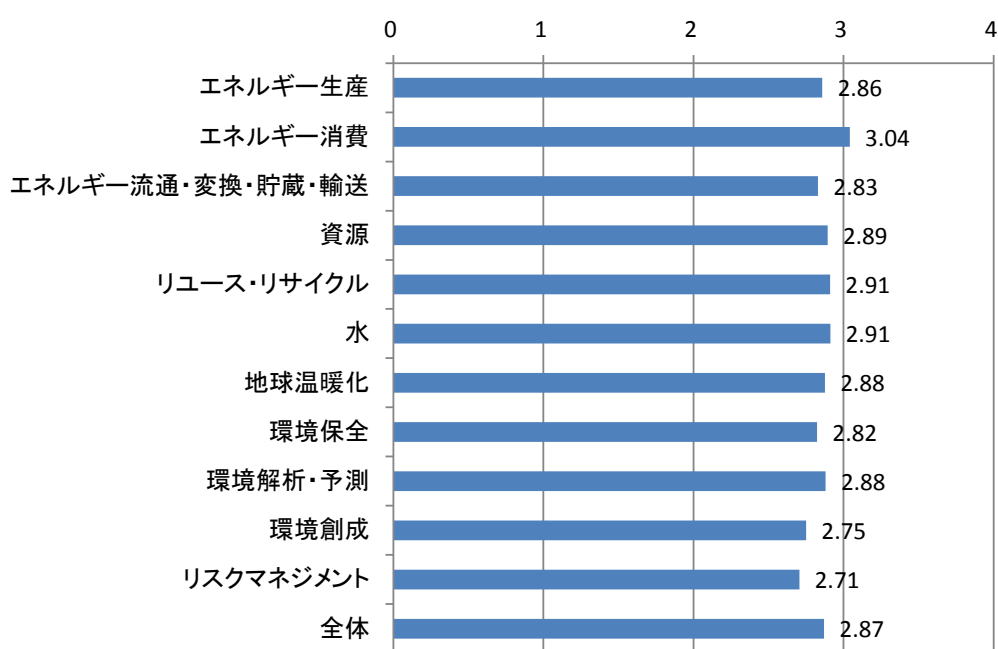
表 2-5-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
19	民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)	3.33	2025	2030	エネルギー消費
17	燃料電池車が新車販売の 10%以上になる	3.29	2025	2030	エネルギー消費
24	エネルギー効率が 50%の自動車エンジン	3.26	2025	2030	エネルギー消費
6	効率 46%(HHV 基準)を実現する 720℃級超臨界圧火力発電	3.26	2022	2025	エネルギー生産
60	エネルギー効率を 50%以上向上した逆浸透膜浄水技術	3.23	2022	2025	水
47	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術	3.23	2025	2030	リユース・リサイクル
7	大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電	3.22	2021	2025	エネルギー生産
61	途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術	3.21	2020	2025	水
48	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	3.19	2022	2026	リユース・リサイクル
18	200℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ	3.16	2022	2025	エネルギー消費
40	チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術	3.16	2025	2030	資源
42	メタンハイドレート採掘利用技術	3.14	2025	2030	資源
41	銅鉱山におけるヒ素処理保存技術	3.14	2025	2025	資源
13	核融合発電	3.12	2040	2050	エネルギー生産
55	都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	3.10	2025	2025	水
49	多くのレアメタルの必要資源量の 50%以上が都市鉱山から供給される	3.09	2025	2030	リユース・リサイクル
38	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	3.08	2025	2030	資源
69	局所的ゲリラ豪雨等を 100m メッシュで予測する技術	3.06	2022	2025	地球温暖化
30	燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000 箇所)	3.05	2025	2028	エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送
29	新規の水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)	3.05	2025	2030	エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送

② 細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「エネルギー消費」が 3.04 と最も大きく、次いで「水」、「リユース・リサイクル」が 2.91 と続く。

図 2-5-2 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。

表 2-5-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
84	農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)の開発	2.42	2025	2033	環境創成
89	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	2.41	2022	2025	リスクマネジメント
34	木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための森林生産システムの構築	2.36	2025	2027	エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送
39	環境汚染のないシェールガス採掘技術	2.29	2025	2028	資源
46	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	2.25	2026	2031	リユース・リサイクル

(3) 不確実性

①不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「地球温暖化」関連トピックが最も多く、6 件を占める。次いで、「エネルギー生産」、「資源」、「リスクマネジメント」関連トピックが各 3 件を占める。技術的実現時期は平均で 2027 年であり、2030 年頃に技術的実現時期を迎えるとするトピックも複数含まれる。

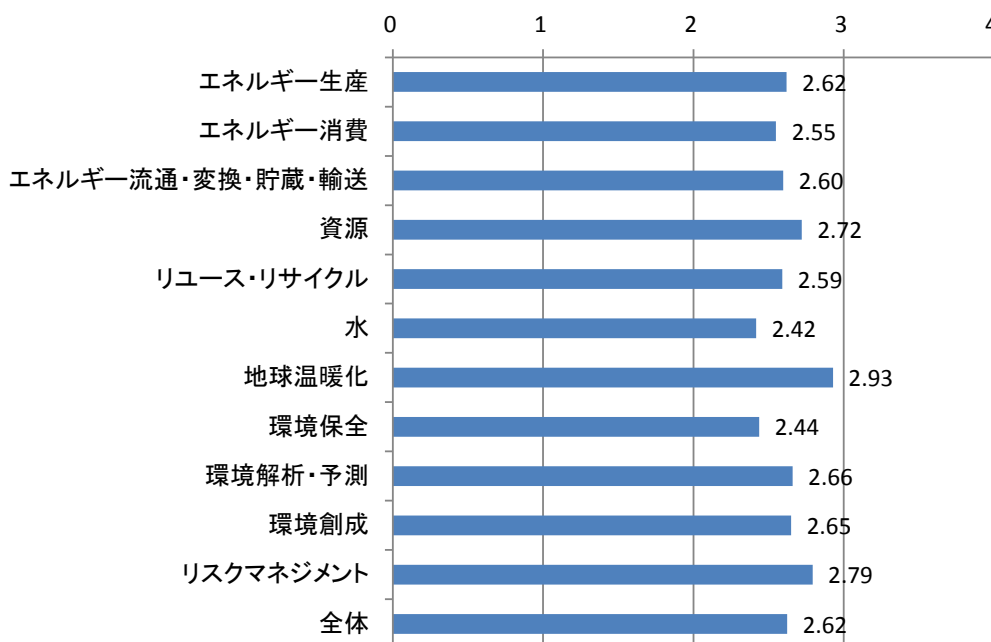
表 2-5-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	3.29	2030	2038	エネルギー生産
13	核融合発電	3.19	2040	2050	エネルギー生産
44	深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする超深度掘削技術	3.17	2030	2034	資源
52	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	3.13	2030	2040	リユース・リサイクル
65	温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明	3.07	2025	2028	地球温暖化
69	局所的ゲリラ豪雨等を 100m メッシュで予測する技術	3.01	2022	2025	地球温暖化
81	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術	2.97	2030	2030	環境創成
70	大気大循環と海洋大循環を組み合わせた温暖化の定量的モデルの確立	2.97	2025	2026	地球温暖化
93	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術	2.91	2025	2030	リスクマネジメント
38	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	2.89	2025	2030	資源
14	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	2.89	2030	2035	エネルギー生産
66	トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法	2.89	2025	2030	地球温暖化
91	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	2.89	2025	2030	リスクマネジメント
92	低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立	2.88	2025	2027	リスクマネジメント
29	新規の水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)	2.88	2025	2030	エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送
64	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	2.88	2030	2035	地球温暖化
76	外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術の確立	2.87	2025	2030	環境解析・予測
25	現在、世界の全エネルギー消費の 10%を占めるハーバー・ボッシュ法に代わる、エネルギー消費の少ないアンモニア製造法	2.86	2025	2030	エネルギー消費
68	気候変動による食料生産への影響の予測技術	2.86	2025	2027	地球温暖化
45	熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術	2.85	2030	2035	資源

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「地球温暖化」が 2.93 と最も大きく、次いで「リスクマネジメント」、「資源」が続く。

図 2-5-3 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「エネルギー消費」、「環境保全」の関連トピックが複数占める。

表 2-5-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
58	抗生物質成分を除去する下水処理技術	2.22	2024	2025	水
23	自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム	2.21	2020	2025	エネルギー消費
71	塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術の開発	2.15	2023	2025	環境保全
72	環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術	2.12	2021	2025	環境保全
20	新規建築の 30%以上に普及可能な汎用型 BEMS、HEMS システム	2.10	2020	2025	エネルギー消費

(4) 非連続性

①非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「資源」関連トピックが 7 件、次いで「エネルギー生産」関連トピックが 4 件を占める。技術的実現時期は平均で 2027 年頃であり、2030 年以降に技術的実現時期を迎えるトピックも複数含まれる。

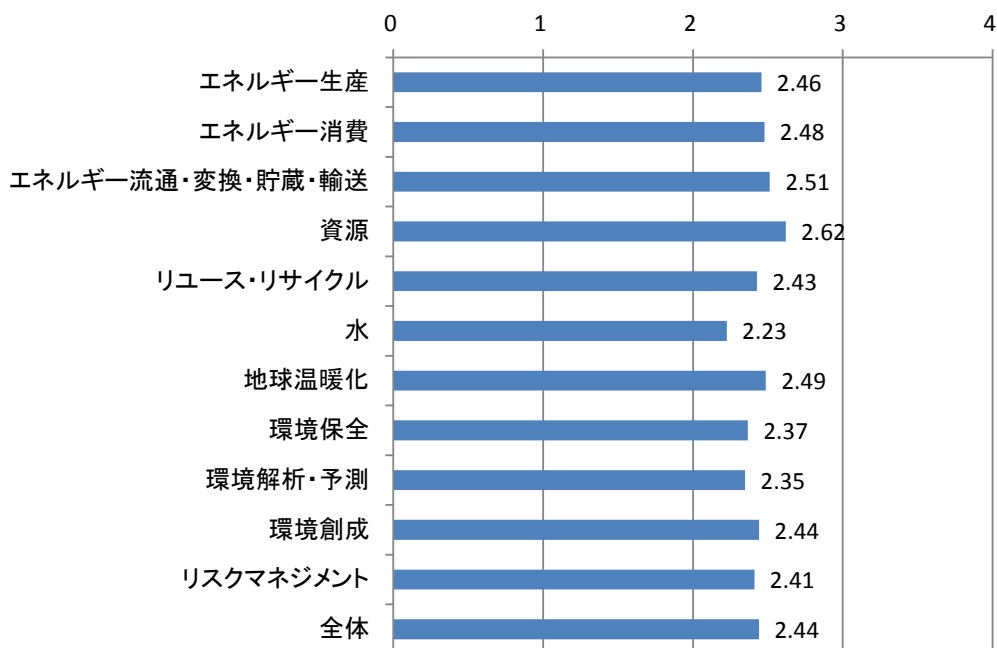
表 2-5-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

番号	課題	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
13	核融合発電	3.09	2040	2050	エネルギー生産
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	3.00	2030	2038	エネルギー生産
25	現在、世界の全エネルギー消費の 10%を占めるハーバー・ボッシュ法に代わる、エネルギー消費の少ないアンモニア製造法	2.94	2025	2030	エネルギー消費
29	新規の水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)	2.86	2025	2030	エネルギー流通・ 変換・貯蔵・輸送
52	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	2.85	2030	2040	リユース・ リサイクル
44	深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする超深度掘削技術	2.84	2030	2034	資源
42	メタンハイドレート採掘利用技術	2.83	2025	2030	資源
64	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	2.76	2030	2035	地球温暖化
4	ナトリウム、マグネシウムを用いたエネルギー技術	2.74	2025	2030	エネルギー生産
45	熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術	2.73	2030	2035	資源
38	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	2.70	2025	2030	資源
43	海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術	2.69	2026	2035	資源
22	小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足、完全資源循環のクローズドサイクル化の実現(燃料電池、バイガス、自然エネルギー、雨水などを統合)	2.66	2025	2030	エネルギー消費
86	ヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための技術	2.66	2026	2030	環境創成
40	チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術	2.65	2025	2030	資源
36	MW 規模の系統連系安定化用長寿命二次電池(サイクル寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)	2.65	2025	2030	エネルギー流通・ 変換・貯蔵・輸送
74	水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術	2.65	2025	2029	環境保全
14	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	2.64	2030	2035	エネルギー生産
50	各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成の実現	2.64	2025	2031	リユース・ リサイクル
39	環境汚染のないシェールガス採掘技術	2.63	2025	2028	資源

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「資源」が 2.62 と最も大きく、次いで「エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送」が 2.51 と続く。

図 2-5-4 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位5位まで)は、以下のとおりである。「水」細目の関連トピックが2件含まれる。

表 2-5-10 非連続性の低いトピック(下位5課題)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
8	全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する	2.11	2022	2025	エネルギー生産
61	途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術	2.11	2020	2025	水
20	新規建築の30%以上に普及可能な汎用型 BEMS、HEMS システム	2.08	2020	2025	エネルギー消費
62	バラスト水の有効利用	2.07	2022	2025	水
51	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術	2.02	2020	2025	リユース・リサイクル

(5) 倫理性

①倫理性の高い上位20位までのトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位20件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「リスクマネジメント」関連トピックが5件、次いで「エネルギー生産」の関連トピックが4件、「環境創成」の関連トピックが3件を占める。技術的実現時期は平均して2026年頃とし、2030年以降に技術的実現時期を迎えるトピックも複数含まれる。

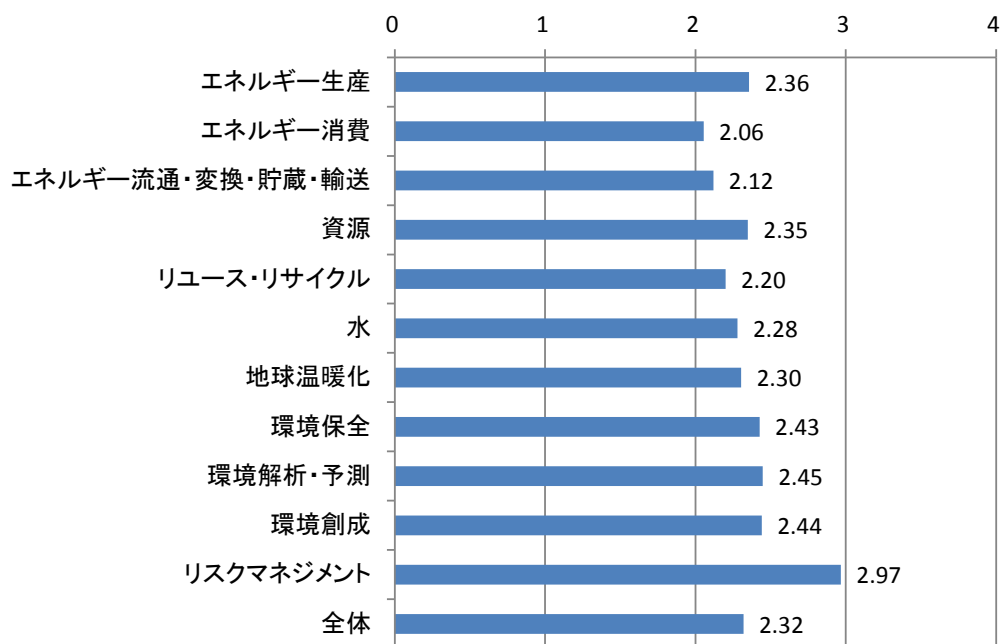
表 2-5-11 倫理性の高いトピック(上位 20 件)

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
92	低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立	3.42	2025	2027	リスクマネジメント
14	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	3.19	2030	2035	エネルギー生産
15	濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	3.15	2030	2030	エネルギー生産
89	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	3.14	2022	2025	リスクマネジメント
90	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	2.91	2024	2025	リスクマネジメント
74	水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術	2.83	2025	2029	環境保全
52	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	2.82	2030	2040	リユース・リサイクル
13	核融合発電	2.80	2040	2050	エネルギー生産
66	トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法	2.75	2025	2030	地球温暖化
91	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	2.75	2025	2030	リスクマネジメント
84	農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)の開発	2.74	2025	2033	環境創成
75	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	2.73	2020	2030	環境解析・予測
39	環境汚染のないシェールガス採掘技術	2.69	2025	2028	資源
76	外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術の確立	2.68	2025	2030	環境解析・予測
83	絶滅危惧種について遺伝的多様性を保存し再生する技術	2.68	2025	2030	環境創成
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	2.64	2030	2038	エネルギー生産
93	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術	2.62	2025	2030	リスクマネジメント
55	都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	2.60	2025	2025	水
88	森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステム	2.57	2030	2035	環境創成
57	上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術	2.54	2020	2025	水

②細目別のトピックの倫理性

細目別の平均でみた場合、「リスクマネジメント」が 2.97 と最も大きく、次いで「環境解析・予測」、「環境創成」、「環境保全」と続く。

図 2-5-5 トピックの倫理性(細目別:指数)



③倫理性の低いトピック

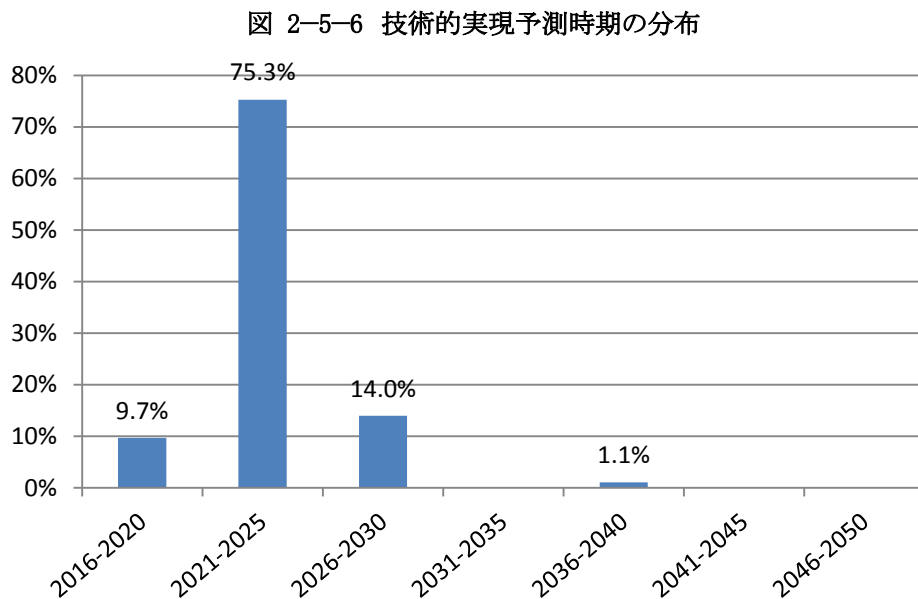
本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送」細目の関連トピックが 2 件含まれる。

表 2-5-12 倫理性の低いトピック(下位 5 件)

番号	課題	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
40	チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術	1.89	2025	2030	資源
32	1MW、50kWh 級電力貯蔵用超電導フライホイール	1.85	2024	2030	エネルギー流通・ 変換・貯蔵・輸送
24	エネルギー効率が 50%の自動車エンジン	1.84	2025	2030	エネルギー消費
31	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム	1.83	2025	2028	エネルギー流通・ 変換・貯蔵・輸送
46	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	1.71	2026	2031	リユース・ リサイクル

5. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図のとおりである。



技術的実現予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。

トピックの約 95%が 2025 年までに技術的に実現するとしている。「エネルギー生産」、「資源」、「環境創成」細目の関連トピックは、他の細目に比べ、2026 年以降に実現するトピックが複数含まれている。

表 2-5-13 技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
エネルギー生産	1	10	3		1			
エネルギー消費	2	8						
エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送		11						
資源		6	3					
リユース・リサイクル	1	4	2					
水	2	9						
地球温暖化		6	1					
環境保全		4						
環境解析・予測	3	2						
環境創成		5	4					
リスクマネジメント		5						
全体	9	70	13		1			

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かったトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。「エネルギー生産」細目の関連トピックで「実現しない」とする回答比率が高い。

表 2-5-14 「実現しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的実現時期	細目
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	2.56	37.1	2030	エネルギー生産
14	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	3.11	25.6	2030	エネルギー生産
15	濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	2.98	23.4	2030	エネルギー生産
22	小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足、完全資源循環のクローズドサイクル化の実現(燃料電池、バイガス、自然エネルギー、雨水などを統合)	3.03	21.1	2025	エネルギー消費
13	核融合発電	3.24	21	2040	エネルギー生産

表 2-5-15 「わからない」の回答比率が高いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
44	深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする超深度掘削技術	3.12	32.0	2030	資源
46	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	2.87	25.0	2026	リユース・リサイクル
76	外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術の確立	3.26	22.5	2025	環境解析・予測
65	温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明	3.48	21.6	2025	地球温暖化
52	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	3.28	20.0	2030	リユース・リサイクル
4	ナトリウム、マグネシウムを用いたエネルギー技術	2.84	20.0	2025	エネルギー生産
73	アオコ、赤潮を引き起こす藻類の発生を抑制する細菌、捕食する微小動物の利用技術	2.98	20.0	2025	環境保全

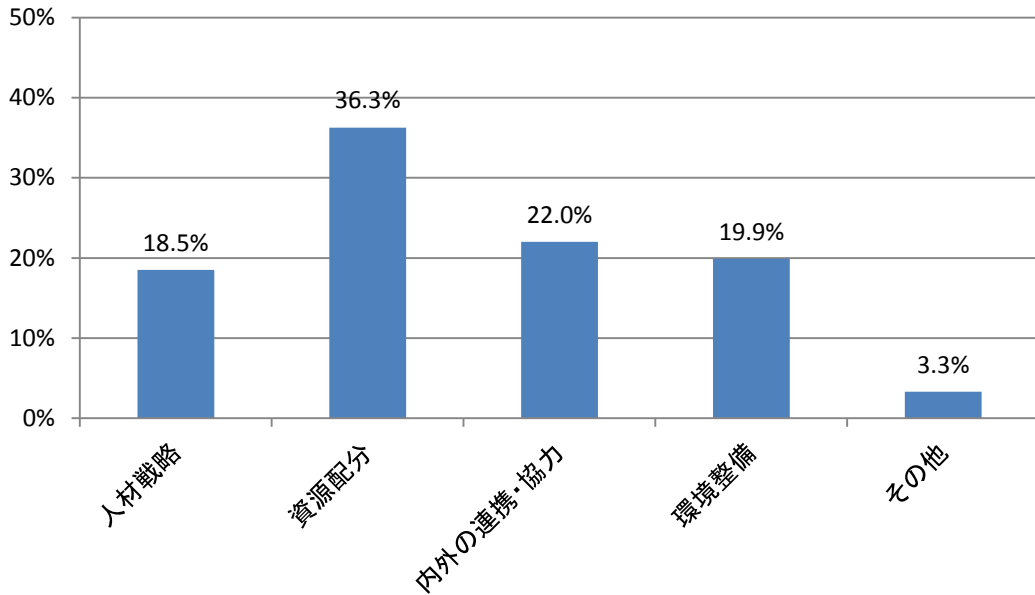
5. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1)分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「資源配分戦略」(36.3%)であり、次いで「内外の連携・協力」(22.0%)と続く。

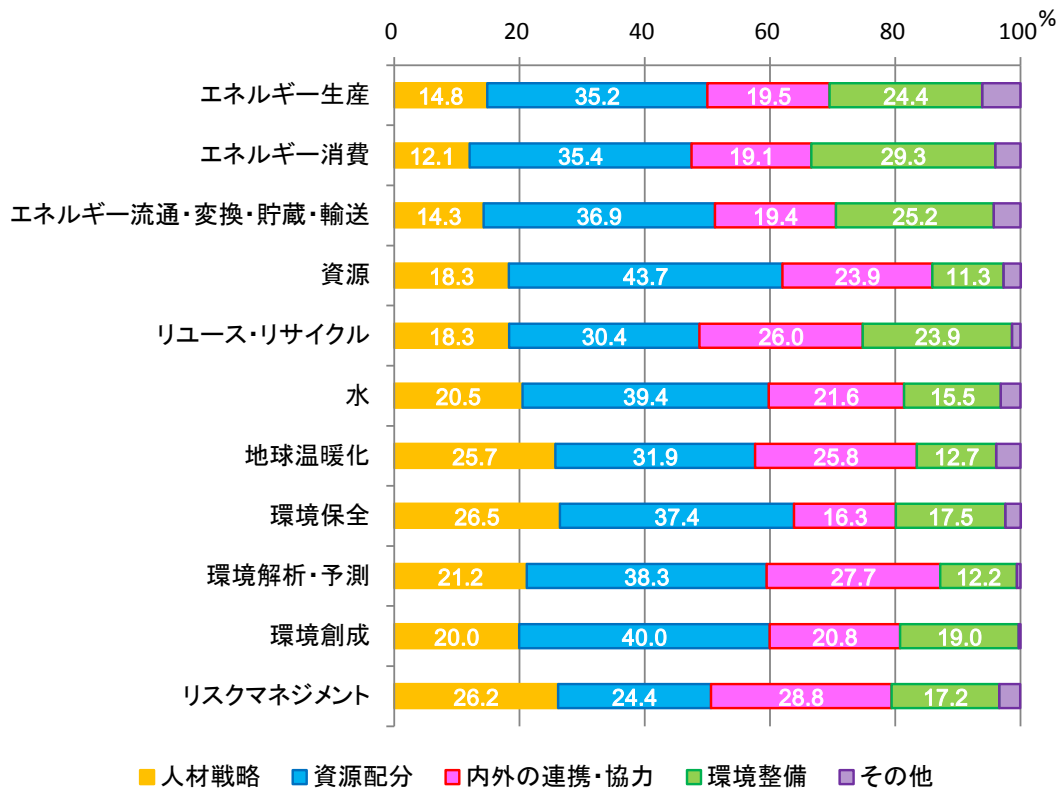
図 2-5-7 技術的実現に向けた重点施策(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「資源」、「環境創成」、「水」、「環境解析・予測」等の細目では、トピックの技術的実現に向けた重要施策として、「資源配分戦略」と回答している。また、「リスクマネジメント」、「地球温暖化」細目では「人材戦略」を、「リスクマネジメント」、「環境解析・予測」、「リユース・リサイクル」細目では「内外の連携・協力」を、「エネルギー消費」細目では「環境整備」とする回答が他の細目と比べ高い。

図 2-5-8 技術的実現に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-5-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
89	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	43.6	2022	2025	リスクマネジメント
70	大気大循環と海洋大循環を組み合わせた温暖化の定量的モデルの確立	38.3	2025	2026	地球温暖化
73	アオコ、赤潮を引き起こす藻類の発生を抑制する細菌、捕食する微小動物の利用技術	36.6	2025	2028	環境保全
68	気候変動による食料生産への影響の予測技術	33.7	2025	2027	地球温暖化
65	温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明	32.9	2025	2028	地球温暖化
16	家庭用燃料電池システムが新築住宅の 10%以上で採用される	4.7	2025	2025	エネルギー消費
21	小都市(人口 10 万人未満)における 100%再生エネルギーのスマートシティ化を実現する、簡易版スマートグリッド制御システム	4.7	2025	2028	エネルギー消費
8	全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する	4.1	2022	2025	エネルギー生産
20	新規建築の 30%以上に普及可能な汎用型 BEMS、HEMS システム	3.1	2020	2025	エネルギー消費
23	自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム	2.0	2020	2025	エネルギー消費
30	燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000 箇所)	1.6	2025	2028	エネルギー流通・ 変換・貯蔵・輸送

②資源配分

技術的実現に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-5-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
85	湿地における生態系および生物多様性の再生技術	58.8	2025	2030	環境創成
87	乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術	57.7	2028	2033	環境創成
82	生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立するインフラストラクチャー整備技術	56.8	2025	2030	環境創成
7	大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電	56.3	2021	2025	エネルギー生産
19	民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)	54.5	2025	2030	エネルギー消費

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
8	全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する	19.6	2022	2025	エネルギー生産
34	木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための森林生産システムの構築	14.3	2025	2027	エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送
46	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	13.0	2026	2031	リユース・リサイクル
92	低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立	11.6	2025	2027	リスクマネジメント
89	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	7.7	2022	2025	リスクマネジメント

③内外の連携・協力

技術的実現に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-5-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
66	トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法	35.7	2025	2030	地球温暖化
46	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	34.8	2026	2031	リユース・リサイクル
90	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	34.4	2024	2025	リスクマネジメント
78	物質フロー、エネルギーフロー、リスク評価に基づくスマート都市システム設計手法	34.3	2020	2025	環境解析・予測
39	環境汚染のないシェールガス採掘技術	34.3	2025	2028	資源
82	生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立するインフラストラクチャー整備技術	13.5	2025	2030	環境創成
27	現在の 275kV CV ケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル)と同等の容量をもつ 66-77kV 超電導送電ケーブル	12.5	2025	2025	エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送
43	海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術	12.0	2026	2035	資源
56	雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、情報提供技術(半年、3ヶ月、1週間等)	9.8	2025	2027	水
73	アオコ、赤潮を引き起こす藻類の発生を抑制する細菌、捕食する微小動物の利用技術	9.8	2025	2028	環境保全

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-5-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
8	全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する	56.7	2022	2025	エネルギー生産
23	自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム	49.5	2020	2025	エネルギー消費
16	家庭用燃料電池システムが新築住宅の 10%以上で採用される	46.5	2025	2025	エネルギー消費
30	燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000 箇所)	45.1	2025	2028	エネルギー流通・ 変換・貯蔵・輸送
17	燃料電池車が新車販売の 10%以上になる	44.4	2025	2030	エネルギー消費
41	銅鉱山におけるヒ素処理保存技術	6.5	2025	2025	資源
93	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術	6.2	2025	2030	リスクマネジメント
24	エネルギー効率が 50%の自動車エンジン	5.8	2025	2030	エネルギー消費
87	乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術	3.8	2028	2033	環境創成
58	抗生物質成分を除去する下水処理技術	2.6	2024	2025	水

⑤その他

技術的实现に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

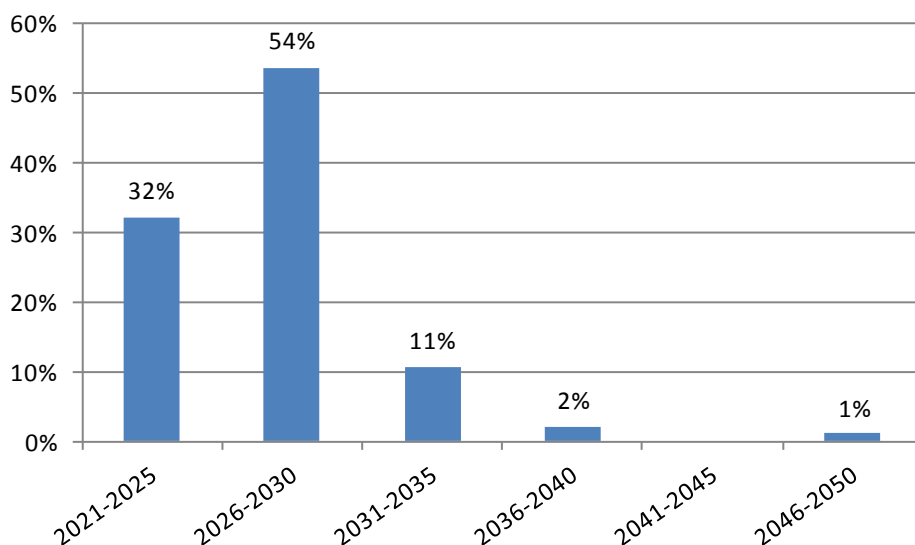
表 2-5-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
4	ナトリウム、マグネシウムを用いたエネルギー技術	11.7	2025	2030	エネルギー生産
62	バラスト水の有効利用	11.1	2022	2025	水
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	10.7	2030	2038	エネルギー生産
2	微生物発酵による水分解等を利用した水素製造技術	8.1	2025	2030	エネルギー生産
34	木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための森林生産システムの構築	7.9	2025	2027	エネルギー流通・ 変換・貯蔵・輸送

5. 4. 4. 社会実装時期

社会実装予測時期の分布は下図の通りである。本分野のトピックの約 86%が、2030 年までに社会実装時期を迎える。また、2031 年以降に社会実装するトピックも 14%を含まれる。

図 2-5-9 社会実装時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。

「エネルギー生産」、「リユース・リサイクル」、「環境創成」細目のトピックは、他の細目に比べ、社会実装時期が遅い予測となっている。

表 2-5-21 社会実装予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
エネルギー生産		7	5	1	1		1	
エネルギー消費		4	6					
エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送		2	9					
資源		1	5	3				
リユース・リサイクル		1	3	2	1			
水		8	3					
地球温暖化		1	5	1				
環境保全		2	2					
環境解析・予測		2	3					
環境創成			6	3				
リスクマネジメント		2	3					
全体		30	50	10	2		1	

ここでは、実装時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かったトピック(上位 5 件)は以下の通りである。「エネルギー生産」細目の関連トピックで、「実装しない」との回答比率が高い。

表 2-5-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	細目
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	2.56	44.3	2038	エネルギー生産

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	細目
14	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	3.11	31.9	2035	エネルギー生産
13	核融合発電	3.24	30.3	2050	エネルギー生産
15	濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	2.98	27.9	2030	エネルギー生産
22	小都市(人口10万人未満)における、エネルギー自給自足、完全資源循環のクローズドサイクル化の実現(燃料電池、バイガス、自然エネルギー、雨水などを統合)	3.03	27.8	2030	エネルギー消費

表 2-5-23 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
46	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	2.87	33.3	2031	リユース・リサイクル
65	温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明	3.48	28.4	2028	地球温暖化
44	深度15km、温度400℃を基本仕様とする超深度掘削技術	3.12	28	2034	資源
79	携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム	2.94	27.8	2025	環境解析・予測
2	微生物発酵による水分解等を利用した水素製造技術	2.76	27.6	2030	エネルギー生産

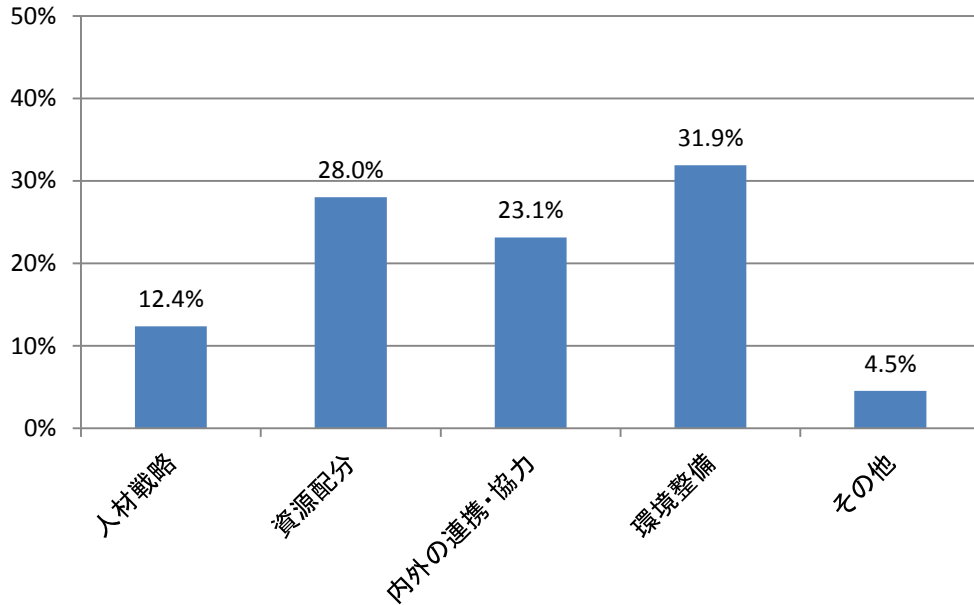
5. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

最も回答が多いものとして、「環境整備」(31.9%)があげられ、次いで「資源配分戦略」(28.0%)と続く。

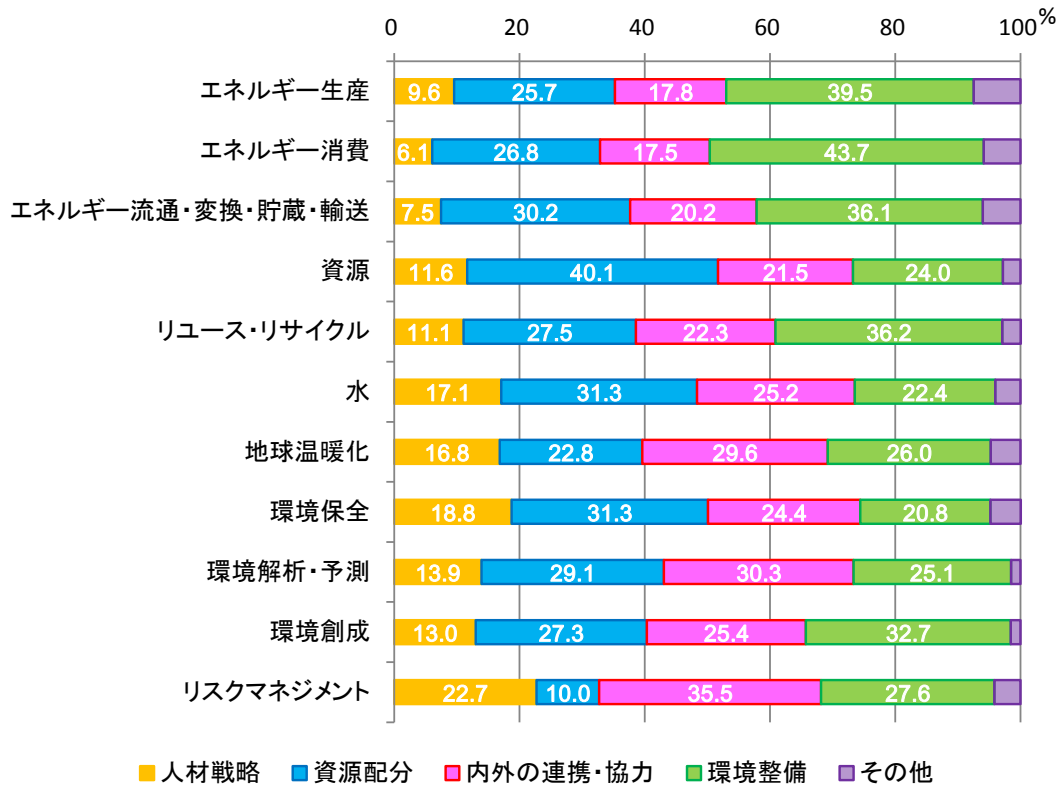
図 2-5-10 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

細目別では、エネルギー関連の「エネルギー生産」、「エネルギー消費」、「エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送」の細目では、トピックの社会実装に向けて「環境整備」を必要とする回答が多い。また、「資源」の細目では、「資源配分戦略」とする回答が、「リスクマネジメント」細目では「内外の連携・協力」、「人材戦略」を要するとの回答が他の細目の回答と比べ高かった。

図 2-5-11 社会実装に向けた重点施策(細目別) (%)



①人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位5件)と割合の低いトピック(下位5件)は、以下のとおりである。

表 2-5-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
89	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	45.9	2022	2025	リスクマネジメント
54	水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術	31.4	2025	2025	水
65	温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明	29.8	2025	2028	地球温暖化
92	低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立	23.4	2025	2027	リスクマネジメント
53	衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化	22.7	2025	2026	水
45	熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術	3.2	2030	2035	資源
16	家庭用燃料電池システムが新築住宅の10%以上で採用される	3.0	2025	2025	エネルギー消費
20	新規建築の30%以上に普及可能な汎用型BEMS、HEMSシステム	3.0	2020	2025	エネルギー消費
85	湿地における生態系および生物多様性の再生技術	2.9	2025	2030	環境創成
23	自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム	0.9	2020	2025	エネルギー消費

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位5件)と割合の低いトピック(下位5件)は、以下のとおりである。

表 2-5-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
40	チタンを現在の50%以下のコストで製錬する技術	57.7	2025	2030	資源
87	乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術	50.0	2028	2033	環境創成
25	現在、世界の全エネルギー消費の10%を占めるハーバー・ボッシュ法に代わる、エネルギー消費の少ないアンモニア製造法	49.0	2025	2030	エネルギー消費
7	大規模で高効率のガスタービン(入口温度1700℃以上)による大型複合サイクル発電	48.4	2021	2025	エネルギー生産
45	熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術	48.4	2030	2035	資源
91	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	12.2	2025	2030	リスクマネジメント
8	全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する	12.1	2022	2025	エネルギー生産

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
90	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	9.4	2024	2025	リスクマネジメント
92	低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立	4.3	2025	2027	リスクマネジメント
89	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	2.7	2022	2025	リスクマネジメント

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-5-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
61	途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術	44.9	2020	2025	水
67	海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響調査技術	42.0	2025	2030	地球温暖化
90	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	40.6	2024	2025	リスクマネジメント
93	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術	39.4	2025	2030	リスクマネジメント
77	森林に対する越境大気汚染等の影響評価技術の確立	37.8	2023	2030	環境解析・予測
44	深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする超深度掘削技術	13.0	2030	2034	資源
7	大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電	11.9	2021	2025	エネルギー生産
52	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	10.8	2030	2040	リユース・リサイクル
88	森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステム	10.7	2030	2035	環境創成
17	燃料電池車が新車販売の 10%以上になる	9.9	2025	2030	エネルギー消費

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-5-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
17	燃料電池車が新車販売の 10%以上になる	68.7	2025	2030	エネルギー消費
23	自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム	61.7	2020	2025	エネルギー消費
8	全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する	61.6	2022	2025	エネルギー生産

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
20	新規建築の30%以上に普及可能な汎用型BEMS、HEMSシステム	58.2	2020	2025	エネルギー消費
16	家庭用燃料電池システムが新築住宅の10%以上で採用される	56.8	2025	2025	エネルギー消費
37	IT、衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術	11.8	2025	2028	資源
24	エネルギー効率が50%の自動車エンジン	11.8	2025	2030	エネルギー消費
61	途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術	11.6	2020	2025	水
87	乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術	11.5	2028	2033	環境創成
40	チタンを現在の50%以下のコストで製錬する技術	11.5	2025	2030	資源

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

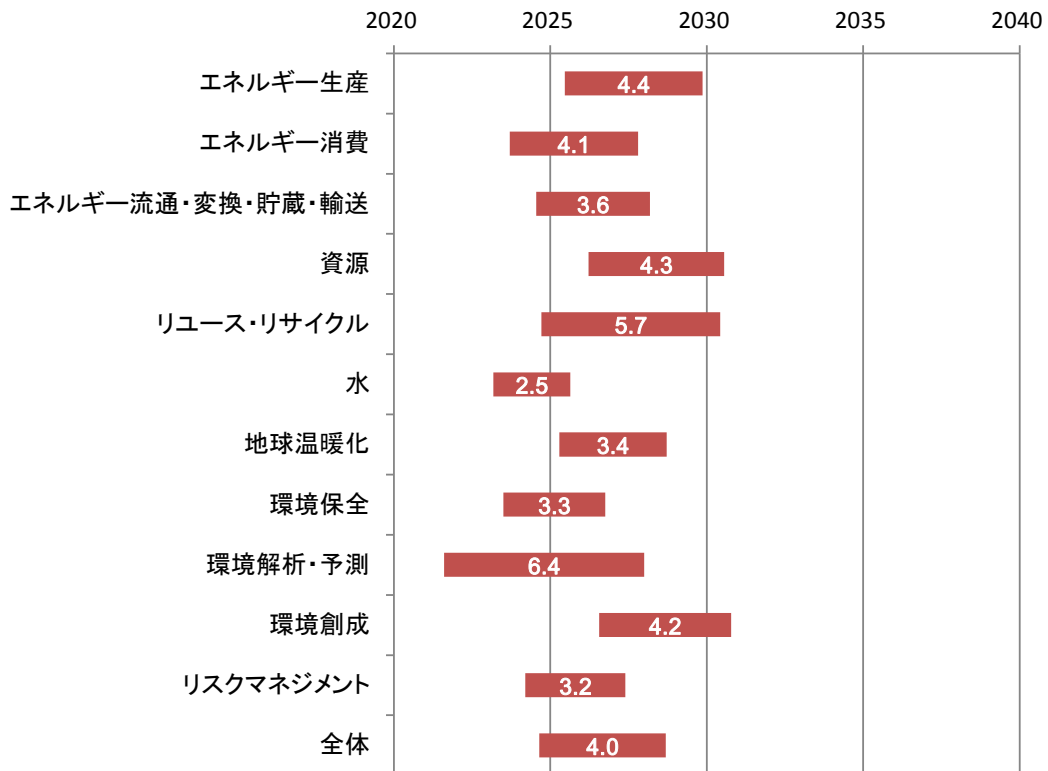
表 2-5-28 「その他」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	15.0	2030	2038	エネルギー生産
4	ナトリウム、マグネシウムを用いたエネルギー技術	11.5	2025	2030	エネルギー生産
18	200℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ	11.1	2022	2025	エネルギー消費
58	抗生物質成分を除去する下水処理技術	10.3	2024	2025	水
15	濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	10.0	2030	2030	エネルギー生産

5. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間

技術的実現から社会実装までの期間を細目別にみると、「環境解析・予測」が6.4年と最も長く、一方で、「水」の細目は2.5年と短い。

図 2-5-12 技術的実現から社会実装までの期間(年)



技術的実現から社会実装までの期間の長いトピック(上位 5 位)および期間の短いトピック(下位 5 位)はそれぞれ以下の表の通りである。

表 2-5-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会 実装時期	期間 (年)	細目
13	核融合発電	2040	2050	10	エネルギー生産
52	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	2030	2040	10	リユース・リサイクル
75	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	2020	2030	10	環境解析・予測
43	海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術	2026	2035	9	資源
12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	2030	2038	8	エネルギー生産
84	農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)の開発	2025	2033	8	環境創成
15	濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	2030	2030	0	エネルギー生産
16	家庭用燃料電池システムが新築住宅の 10%以上で採用される	2025	2025	0	エネルギー消費

番号	トピック	技術的 実現時期	社会 実装時期	期間 (年)	細目
27	現在の 275kV CV ケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル)と同等の容量をもつ 66-77kV 超電導送電ケーブル	2025	2025	0	エネルギー流通・ 変換・貯蔵・輸送
41	銅鉱山におけるヒ素処理保存技術	2025	2025	0	資源
54	水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術	2025	2025	0	水
55	都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	2025	2025	0	水
81	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術	2030	2030	0	環境創成

5. 5. 未来科学技術年表

5. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2020	10 10MW 級洋上浮体式風力発電
	20 新規建築の30%以上に普及可能な汎用型 BEMS、HEMS システム
	23 自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム
	51 廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術
	57 上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術
	61 途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術
	75 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物の迅速かつ正確な検知システム
	78 物質フロー、エネルギーフロー、リスク評価に基づくスマート都市システム設計手法
	79 携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム
2021	7 大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電
	72 環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術
2022	5 褐炭などの低品位化石燃料を利用する CO ₂ 回収型ガス化複合発電
	6 効率 46%(HHV 基準)を実現する 720℃級超臨界圧火力発電
	8 全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する
	9 バイナリー発電やヒートポンプなどによる 1MW クラスの中低温地熱資源利用技術
	18 200℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ
	48 小型電子機器類、廃棄物・下水污泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術
	60 エネルギー効率を 50%以上向上した逆浸透膜浄水技術
	62 パラスタ水の有効利用
	63 BOD、COD、T-N 等に代替して水環境の質を評価できる統合水質指標の確立
	69 局所的ゲリラ豪雨等を 100m メッシュで予測する技術
89 エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	
2023	28 自動車の走行中の非接触充電技術
	71 塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術の開発
	77 森林に対する越境大気汚染等の影響評価技術の確立
2024	3 バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション
	11 メガワットクラス以上の出力を有する波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等の海洋エネルギー資源利用発電技術
	26 1000kV 級の直流送電システム
	32 1MW、50kWh 級電力貯蔵用超電導フライホイール
	33 数 kWh ないし数十 kWh 規模の電力安定度向上用の超電導磁気エネルギー貯蔵システム
	58 抗生物質成分を除去する下水処理技術
90 化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	
2025	1 太陽熱等を利用した水素製造技術
	2 微生物発酵による水分解等を利用した水素製造技術
	4 ナトリウム、マグネシウムを用いたエネルギー技術
	16 家庭用燃料電池システムが新築住宅の 10%以上で採用される
	17 燃料電池車が新車販売の 10%以上になる

年	トピック
	19 民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)
	21 小都市(人口 10 万人未満)における 100%再生エネルギーのスマートシティ化を実現する、簡易版スマートグリッド制御システム
	22 小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足、完全資源循環のクローズドサイクル化の実現(燃料電池、バイガス、自然エネルギー、雨水などを統合)
	24 エネルギー効率が 50%の自動車エンジン
	25 現在、世界の全エネルギー消費の 10%を占めるハーバー・ボッシュ法に代わる、エネルギー消費の少ないアンモニア製造法
	27 現在の 275kV CV ケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル)と同等の容量をもつ 66-77kV 超電導送電ケーブル
	29 新規の水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)
	30 燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000 箇所)
	31 CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム
	34 木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための森林生産システムの構築
	35 バイオテクノロジーを用いた GTL(Gas To Liquid)技術
	36 MW 規模の系統連系安定化用長寿命二次電池(サイクル寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)
	37 IT、衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術
	38 海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術
	39 環境汚染のないシェールガス採掘技術
	40 チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術
	41 銅鉱山におけるヒ素処理保存技術
	42 メタンハイドレート採掘利用技術
	47 レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術
	49 多くのレアメタルの必要資源量の 50%以上が都市鉱山から供給される
	50 各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成の実現
	53 衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化
	54 水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術
	55 都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術
	56 雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、情報提供技術(半年、3ヶ月、1週間等)
	59 エネルギー・資源を回収する下水処理技術
	65 温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明
	66 トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法
	67 海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響調査技術
	68 気候変動による食料生産への影響の予測技術
	70 大気大循環と海洋大循環を組み合わせた温暖化の定量的モデルの確立
	73 アオコ、赤潮を引き起こす藻類の発生を抑制する細菌、捕食する微小動物の利用技術
	74 水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術
	76 外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術の確立
	80 身近な生態系の変化を指標とした環境生態インパクト評価手法の確立
	82 生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立するインフラストラクチャー整備技術
2025	83 絶滅危惧種について遺伝的多様性を保存し再生する技術
	84 農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)の開発
	85 湿地における生態系および生物多様性の再生技術

年	トピック
	91 人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術
	92 低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立
	93 開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術
2026	43 海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術
	46 空気中から効果的にヘリウムを回収する技術
	86 ヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための技術
2028	87 乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術
2030	12 宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)
	14 核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術
	15 濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術
	44 深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする超深度掘削技術
	45 熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術
	52 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術
	64 化石燃料を使用しない船舶・飛行機
	81 生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術
	88 森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステム
2040	13 核融合発電

5. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2025	3 バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション
	5 褐炭などの低品位化石燃料を利用する CO ₂ 回収型ガス化複合発電
	6 効率 46%(HHV 基準)を実現する 720℃級超臨界圧火力発電
	7 大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電
	8 全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する
	9 バイナリー発電やヒートポンプなどによる 1MW クラスの中低温地熱資源利用技術
	10 10MW 級洋上浮体式風力発電
	16 家庭用燃料電池システムが新築住宅の 10%以上で採用される
	18 200℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ
	20 新規建築の 30%以上に普及可能な汎用型 BEMS、HEMS システム
	23 自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム
	27 現在の 275kV CV ケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル)と同等の容量をもつ 66-77kV 超電導送電ケーブル
	33 数 kWh ないし数十 kWh 規模の電力安定度向上用の超電導磁気エネルギー貯蔵システム
	41 銅鉱山におけるヒ素処理保存技術
	51 廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術
	54 水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術
	55 都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術
	57 上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術
	58 抗生物質成分を除去する下水処理技術
	60 エネルギー効率を 50%以上向上した逆浸透膜浄水技術
	61 途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術
	62 バラスト水の有効利用
	63 BOD、COD、T-N 等に代替して水環境の質を評価できる統合水質指標の確立
	69 局所的ゲリラ豪雨等を 100m メッシュで予測する技術
	71 塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術の開発
	72 環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術
	78 物質フロー、エネルギーフロー、リスク評価に基づくスマート都市システム設計手法
	79 携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム
	89 エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立
	90 化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定
2026	48 小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術
	53 衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化
	70 大気大循環と海洋大循環を組み合わせた温暖化の定量的モデルの確立
	80 身近な生態系の変化を指標とした環境生態インパクト評価手法の確立
2027	34 木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための森林生産システムの構築
	56 雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、情報提供技術(半年、3ヶ月、1週間等)
	68 気候変動による食料生産への影響の予測技術
	92 低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立
2028	21 小都市(人口 10 万人未満)における 100%再生エネルギーのスマートシティ化を実現する、簡易版スマートグリッド制

年	トピック
	御システム
	28 自動車の走行中の非接触充電技術
	30 燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000 箇所)
	31 CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム
	37 IT, 衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術
	39 環境汚染のないシェールガス採掘技術
	65 温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明
	73 アオコ、赤潮を引き起こす藻類の発生を抑制する細菌、捕食する微小動物の利用技術
2029	26 1000kV 級の直流送電システム
	59 エネルギー・資源を回収する下水処理技術
	74 水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術
2030	1 太陽熱等を利用した水素製造技術
	2 微生物発酵による水分解等を利用した水素製造技術
	4 ナトリウム、マグネシウムを用いたエネルギー技術
	11 メガワットクラス以上の出力を有する波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等の海洋エネルギー資源利用発電技術
	15 濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術
	17 燃料電池車が新車販売の 10%以上になる
	19 民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)
	22 小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足、完全資源循環のクローズドサイクル化の実現(燃料電池、バイガス、自然エネルギー、雨水などを統合)
	24 エネルギー効率が 50%の自動車エンジン
	25 現在、世界の全エネルギー消費の 10%を占めるハーバー・ボッシュ法に代わる、エネルギー消費の少ないアンモニア製造法
	29 新規の水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)
	32 1MW、50kWh 級電力貯蔵用超電導フライホイール
	35 バイオテクノロジーを用いた GTL(Gas To Liquid)技術
	36 MW 規模の系統連系安定化用長寿命二次電池(サイクル寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)
	38 海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術
	40 チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術
	42 メタンハイドレート採掘利用技術
	47 レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術
	49 多くのレアメタルの必要資源量の 50%以上が都市鉱山から供給される
	66 トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法
	67 海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響調査技術
	75 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物の迅速かつ正確な検知システム
	76 外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術の確立
	77 森林に対する越境大気汚染等の影響評価技術の確立
	81 生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術
	82 生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立するインフラストラクチャー整備技術
	83 絶滅危惧種について遺伝的多様性を保存し再生する技術
	85 湿地における生態系および生物多様性の再生技術

年	トピック
	86 ヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための技術
	91 人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術
	93 開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術
2031	46 空気中から効果的にヘリウムを回収する技術
	50 各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成の実現
2033	84 農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)の開発
	87 乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術
2034	44 深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする超深度掘削技術
2035	14 核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術
	43 海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術
	45 熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術
	64 化石燃料を使用しない船舶・飛行機
	88 森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステム
2038	12 宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)
2040	52 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術
2050	13 核融合発電

5. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組みとして、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

<p>1 太陽熱等を利用した水素製造技術</p> <p>○還元、○太陽光レーザー、○太陽炉利用、水分解システム、○太陽熱利用高効率発電システム(ランキンサイクル、超臨界CO₂利用ガスタービン等)、○自動車用に水素ステーションが整備されると思う、○光触媒による水分解の太陽光変換効率10%、○水素輸送貯蔵、輸送技術、○光電変換高効率触媒の開発、○太陽光集光技術、○新たな触媒等の物質変換材料、デバイス開発、○半導体ヘテロ構造、○表面・界面技術、○高効率電気分解技術、○燃料電池技術、○大容量水素の貯蔵・輸送技術(→水素タンカー船)、○太陽電池の高効率化、○革新的かつ安価な水素発生触媒の開発、○水素エネルギーを効率的に取り出す新エネルギーシステムの構築、○エネルギー変換技術、水素貯蔵技術など幅広い周辺技術の開発が同時に必要、○光触媒材料開発、○大量の水素製造可能なプラント設計、○基礎的技術は揃っている、○送電側ではなく需要家側に水素を供給することにより、需要家内平準化を目指せば直ぐにでも実現可能である、○太陽熱より高効率に水素を製造する技術、○光触媒を用いた水の分解技術(人工光合成)、○太陽熱の蓄熱、○熱水素変換技術、○水素輸送技術、○安価な元素から構成される半導体光触媒の開発、○励起電子と正孔の高い利用効率を実現できる半導体光触媒の開発、○半導体光触媒表面で起こる水素、酸素生成反応を促進する触媒サイトの構築、○設備の安全・信頼性技術、○設備の大型化技術、○太陽熱を効率よく吸収する波長選択的・方向特性制御技術、○価格の安い、長寿命の太陽光発電セルの開発、○効率の良いDC-DCコンバーター、○大容量キャパシタ、○革新的な材料の開発、○光励起電子移動技術、○水素発生触媒の改良、○水素生産酵素の有効利用、○人工光合成技術などの革新技術、○水素運搬の効率を飛躍的に向上するエネルギーキャリア技術、○水の直接太陽光分解・水素発生のための触媒開発、○太陽光を受け止める土地、○太陽熱回収を高効率化する技術、○接触熱抵抗制御技術、○太陽熱の非定常性に対応する技術、○人的資源の投入、○設置するための設備、環境、○設置するための国際協力、○製造技術の開発、○水素貯蔵技術、○熱媒体輸送技術、○熱輸送システム、○表面科学的見地に基づく反応場デザイン技術、○逆反応(発生した水素・酸素による水生成)の抑制技術、○製造コストの削減、○水素製造炉、○熱媒体など熱輸送方法、○耐熱材料、○水素転換触媒</p>
<p>2 微生物発酵による水分解等を利用した水素製造技術</p> <p>○石油菌とよばれる微生物研究、○再生可能エネルギーから有機ハイドライド等の水素キャリアを直接合成する技術、○タンパク工学、ゲノム改変技術や形質転換技術を用いる有用微生物の育種技術</p>
<p>3 バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション</p> <p>○反応場および触媒開発、○バイオマスの収集、○触媒等による化学的変換技術(伝統的ながら最重要)、○生成物の分離技術、○化学的変換を行う前の前処理技術、○需要の推移に答えられるような多様な有用物質の作成を可能とする触媒ライブラリーの開発、○有価物精製技術、○バイオマスエネルギーにインセンティブを与えること(技術とは言えないが)、○エネルギー効率、○成分を分離精製する技術の開発と性能向上、○低品位エネルギー回収・利用技術、○バイオマスおよびバイオマス残渣を階層的に有効利用するための多様なユニットプロセスで構成されるシステム設計および評価のための技術と手法、○多種多様なバイオマスが混在する条件において、同一様に、長期間安定的にエネルギーや化学品原料に変換できる固体触媒の設計・開発やシステムの構築、○バイオマスの変換により多様な生成物が得られる中で、目的とする物質を選択的かつ効率的に生成できる固体触媒の設計・開発やシステムの構築、○原料として十分な量を確保するため、バイオマスの生産量・生産速度の向上と定常的なバイオマス生産技術、○耐久性と活性に優れた分子触媒、○バイオマス分解活性を有する新たな酵素、あるいは細菌、○社会システム技術、○行政政策、○原料の確保・輸送、○目的生成物と副生成物の分離、○有用物質を得るための触媒開発、○実験室レベルからプラントレベルへの実験・検証が行えるような、産官学の連携強化が必要、○重点的な予算配分、○有用バイオマスの特定、○新しい触媒技術の開発、○反応及び分離プロセスの開発、○バイオマス原料の種類、供給法、規模の違いによる技術選択、○触媒技術、○バイオマスを用いた有用物質に変換するための触媒、○海洋バイオマス(海藻)広域養殖、収穫技術体系の確立、○海洋バイオマスから有用物質とエネルギーを生産できる微生物の構築、○藻類バイオマス等からのオイル等の有用物質高度利用におけるコストダウン、○有用物質産生能を有する藻類等の新しいリソースの探索・開発とそれらのバイオリソース整備、○藻類バイオマス生産等を担う研究者・技術者の育成、○バイオマスから有用物質に変換できる高性能固体触媒の開発、○バイオマス変換では、生成物が複数生じやすく選択性を高くするための触媒および反応プロセスの開発が必要、○木本・草本や古紙の集積、○反応がうまく行くようにするための前処理技術、○それらバイオマスをモノマーに効率的に分解できる触媒系開発、○海外のバイオマス供給国との国を挙げた連携体制(日本国としての支援)、○バイオマス基幹化合物からのモノマー合成、○微細藻類等、非可食バイオマス源の開発とそこから低エネルギーなバイオマス分離・抽出技術、○森林バイオマスの管理技術(バイオマスチップの製造、管理、流通)、○農業生産において発生する非食料系廃棄物を活用したプラスチックなど資源の製造、○木質バイオマスの効率的糖化技術の開発、○セルロース系バイオマスからの各種基礎化学品への変換ルートの開拓、○民間企業等の技術の革新、○バイオマス原料の低コスト集荷、○生産コスト削減のため、精製原料のみならず粗精製バイオマス原料の利用に対応できる高活性、高耐久性触媒の開発、○目的生成物のみを得るための高選択性触媒の開発、○リグノセルロースの新しい分離法の開発、分離された個々の成分を有用化成品に転換する新しい触媒反応系の構築、○固体酸触媒の開発、○固体触媒による木質系バイオマスから得られる炭化</p>

<p>水素類から必須化学品原料への変換、○人材、○ネットワーク、○バイオケミカルズ、ナノセルロースファイバーなど素材への変換プロセス技術、○素材化に向けて成分分離、解繊などがしやすいバイオマス資源（細胞形質等）の育種技術、○天候によらないバイオマス資源の確保およびバイオマス資源の安定的な確保、○炭化水素など、蒸留などに頼らない効率的な膜分離技術の開発、○エネルギー産生効率の向上、○衰退する国内農業・農村の過疎化といった、別の問題とのマッチアップおよびベストミックス、○高齢者等の人材を生かすため、オペレーションの容易な形態での社会実装、○都市廃棄物とバイオマスのリンクにかかる行政の協力、○エネルギー変換効率、○リグニンをできるだけ壊さない抽出、ジオキサン混合溶媒抽出が候補、○残渣としてのセルロース、ヘミセルのアルブ利用技術、○抽出リグニンの有効利用、代用アスファルトへ、○生物材料の遺伝子組み換え技術による代謝工学的調節技術の確立、○エネルギー生産用の原料と有用物質生産用の原料の競合回避、○メタボロミクス解析ツールの簡素化、低コスト化、○高密度・連続培養技術開発（低コスト化）、精製プロセスの簡素化、○バイオマスを用いた有用物質に変換するための新たな手法の開発、○新規触媒の開発、○高温高压水中でのガス化、○高温高压水中での加水分解、○メンブレンリアクター、○ベトナムではほぼ実現していて、実用化に向けた体制を整えつつあります。日本では原料の確保が厳しいです、○ベトナムでも安価な油脂であったなます油が中国の大量買付けにより値段が高騰して問題となっています。中国の動きには注意する必要があります、○バイオマス材料から効率的に成分を抽出するための前処理・効率的技術開発、○バイオマスからの基幹化合物からの有用物質を生産する発酵または化学反応技術の開発、○バイオマス効率利用のための複合体微生物機能の総括的理解と利用、○バイオマスのローコストの乾燥技術、○焼却灰の利活用、○バイオマス資源の搬入コースと、○バイオマス燃焼排ガス中のCO₂の分離回収技術の確立、○バイオ増す燃焼排ガス中の窒素酸化物NO_xの完全除去技術の確立。NO_xが微量含まれると、CO₂を植物栽培に適用する際に、生育にマイナスの影響を与えるため、○バイオマス発電におけるエネルギー変換効率の向上、○低コストかつ環境負荷のない高効率なバイオマスの成分分離技術 特に Deep eutectic solvent（非常に安価でグリーンな有機材料（糖やビタミン、グリセリン）から作られ、バイオマスの高分子成分を溶かすことが出来る特殊な液体）を利用した木材成分の成分分離技術に重点を置くことが望まれる、○バイオマス産地における低コストかつ高効率な収穫システムの開発、○収穫したバイオマスの低コストかつ高効率な輸送技術、○バイオマスの分解・糖化、○チャレンジングな研究課題に対する支援、○バリエーションのある研究推進、○長期的視点での研究支援</p>
<p>4 ナトリウム、マグネシウムを用いたエネルギー技術</p>
<p>○材料開発、○革新電池用生産システムの確立、○太陽子励起レーザーの効率</p>
<p>5 褐炭などの低品位化石燃料を利用するCO₂回収型ガス化複合発電</p>
<p>○褐炭の自然発火抑制技術の確立、○高密度熱輸送媒体、○微量元素のクリーン化、○材料技術、○環境技術、○省エネルギー型のガス分離技術、○燃料のクリーン化技術、○CO₂の利用技術と隔離貯蔵技術、○低品位石炭の高効率ガス化技術、○高温ガスタービン開発、○CO₂の資源化技術開発、○高効率ガス化炉、○安価なCO₂回収技術、○CO₂貯蔵技術、○石炭ガス化技術、○ガスタービン燃焼器におけるクリーンで安定的な燃焼技術、○ガス精製技術、○回収したCO₂の処理技術、○触媒開発</p>
<p>6 効率46%(HHV基準)を実現する720℃級超臨界圧火力発電</p>
<p>○高強度・高温材料の開発、○CO₂回収技術、○プラント維持管理技術、○超高温構造材料の開発と評価手法の確立、○熱流体シミュレーション技術のさらなる向上、○システムインテグレーション技術、○耐熱材料の開発、○国の縦割り行政の排除、○金属材料の開発とその溶接技術の確立、○設計指針の確立、○ボイラー耐熱材料、○異材接合技術、○熱流体解析技術、○新規耐熱鋼の開発、○寿命予測などの信頼性評価技術、○高温で耐久性のある鋼材の開発およびこれらの材料の経年劣化、補修技術、○発生するCO₂を規制条件下で回収しても効率が46%を担保できるようなCCS技術、○発生するNO_x、SO_xを経済的に合理的に回収できる水処理技術</p>
<p>7 大規模で高効率のガスタービン(入口温度1700℃以上)による大型複合サイクル発電</p>
<p>○石炭の燃焼における影響因子の明確化、○空気以外の窒素成分を含まない酸化剤の選定、○冷却技術、○遮熱コーティング技術、○超合金技術、○タービン翼の遮熱技術、○高温燃焼に耐える材料（コーティング等含むの開発）、○燃焼機器の最適設計、○耐熱技術、○流体力学、○製造技術、○高耐熱材料開発、○タービン翼を中心とした製造技術開発、○燃焼現象の解明、○耐熱材料の開発、○材料開発が大事である、○低NO_x燃焼技術、○排気ガス再循環システムと低酸素濃度場での燃焼安定性確保技術、○高温排気ガスに耐える材料・冷却技術、○耐高温材料の開発、○タービンの耐熱技術、○高温材料技術、○高温部品の冷却技術、○寿命診断技術、○高温材料、○CCS（要素技術ではありませんが、非常に重要）</p>
<p>8 全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する</p>
<p>○ゼーベック・ペルチェ素子を用いた直接型発電システムの開発、○マグマの流動性や熱採取性等の物性研究の開発、○周辺の自然環境を破壊しない、また地震・溶岩等の災害に強い発電システムの開発、○設備の小型化、○硫黄分の除去技術、○熱電発電技術、○行政及び民間の理解、○低価格の耐腐食性材料と加工技術、○簡便な、リアルタイム地下水系のモニタリング技術、○凝集水の、低コスト処理技術、○熱電変換材料、○温泉協会の地熱発電への理解、○全国民への地熱発電の理解、○観光業を営む地域住民の理解</p>
<p>9 バイナリー発電やヒートポンプなどによる1MWクラスの中低温地熱資源利用技術</p>
<p>○圧縮機技術、○熱交換技術、○冷媒技術、○地下水に関する研究、○低温・高圧蒸気タービンや低温ガスタービンの開発、○蒸気の超高压化技術</p>
<p>10 10MW級洋上浮体式風力発電</p>

<p>○小型・大容量の蓄電技術、○風車の制御技術、○安定供給する技術、○メンテナンスを低コストに抑える技術、○送電技術、○耐環境(腐食)性を備えた設備/管理、○台風対策などの構造検討、○機器の保守、○発電サイトでの大容量蓄電装置、または水素製造装置開発、○トライボロジ、○送電(海底)、○風力発電装置(ギアレズなど)、○雷対策は怠らない様にするべき、○超電導技術、○冷却技術、○動力伝達系の強度信頼性確保、○材料開発、○浮体制御、○増速ギアレズに対応した低速の大容量同期発電機、○大水深海域での浮体構造の安定を保つ係留施設、○浮体構造、○係留、○海洋土木、○低コストのメンテナンス技術、○スーパー台風への対応技術、○予想外のトラブルへの対応技術、○風車及び浮体の連成運動評価、○発電量評価</p>
<p>11 メガワットクラス以上の出力を有する波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等の海洋エネルギー資源利用発電技術</p> <p>○台風等、激しい気象海象条件の中でもこれを回避するもしくは乗り越える様な発電プラットフォーム技術、○発電された電気を陸上に送電する海底ケーブル、○発電プラットフォームと送電ケーブルを監視する AUV 技術、○潮流発電のコスト削減技術、○海洋温度差の大量取水技術、○環境影響関連技術</p>
<p>12 宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)</p> <p>○高温作動型太陽電池技術、○レーザー太陽光発電技術、○高効率レーザーダイオード技術、○エネルギー伝送用レーザー(マイクロ波)開発技術、○マイクロ波送電技術、○エネルギー伝送システムの開発、○地球全体のエネルギーバランスを保つ方法の開発、○耐放射線が高く高効率な化合物太陽電池の経済的な製造方法の確立、○宇宙への打ち上げコスト低減の為の再利用型運搬システムの開発、○宇宙から地上への効率的な電力送信システムの開発、○安価に資材を宇宙に送る為のロケット開発が必要。外国との競争あり、○マイクロ波エネルギーをピンポイントで受信アンテナに送る技術、○宇宙での装置をロボット技術で維持管理する、無人メンテナンス技術</p>
<p>13 核融合発電</p> <p>○既存原発の早期稼働、○プラズマ中の核融合反応で発生したアルファ粒子のエネルギーをプラズマに付与(プラズマの自己加熱)する状況を定常に維持すること、○境界層プラズマと炉壁が接触するダイバータと呼ばれる機構において、定常および間欠的に発生するプラズマからの熱流束を分散すること、○核融合反応で発生した中性子のエネルギーを効率よく熱に変換し発電に供すると同時に燃料となるトリチウムを増殖すること、○高密度中性子線に対する防御材料、○高熱流束制御技術、○トリチウム増殖技術、○炉心プラズマ制御技術、○核融合反応の自己点火及び持続的な核燃焼の科学的実証、○核融合炉工学技術の実証(材料、加熱装置、超電導コイル、遠隔保守など)、○核融合炉の安全性の実証、○炉心プラズマ制御技術、○発電ブランケット技術、○プラズマ対向材料開発、○高温超電導マグネット、○高放射線環境下での測定技術、○SiC 複合材料、○低放射化材を使った核融合炉システムの設計・製作技術、○遠隔操作やロボットを使ったメンテナンス技術、○トリチウムの取り扱い技術、○原型炉としてのシステムインテグレーション、○原型炉設計・建設のための事業団 (JAEA などとは別組織として、メーカーとの積極的な連携を試みる)、○第一壁の材料開発、○燃焼プラズマの制御技術、○高繰返し可能な超高強度レーザーの開発、○プラズマ制御技術、○ブランケット技術、○高周波加熱、ビーム加熱、高熱負荷材料、超電導等の各種工学技術、○担当組織の大幅な変更、○担当する人材の大幅な変更、○熱負荷耐性、低放射化材料の開発(あるいは、熱負荷や放射化損失の影響を低減するような設計)、○核融合反応による自己加熱プラズマの維持手法の確立、○プラズマを診断・予測するシミュレーションコードの開発、○高熱負荷、高中性子負荷に耐え得るダイバータ等の材料開発、○長時間運転ができる高温超電導コイルの開発、○トリチウム等、燃料供給制御手法の確立と、核融合反応後に生成されるヘリウム灰の効率的除去、○第一壁とダイバータの材料選択、○トリチウムの取扱い・利用技術、○ブランケット開発、○高熱負荷耐性材料開発、○トリチウム生成回収技術、○高温超電導技術、○燃焼プラズマの閉じ込め物理の解明、○核融合炉として成立するための工学的実証、○核燃焼プラズマの実現とその特性の把握、○核融合原型炉に向けた炉工学を中心とした技術開発、○ITER の成功による総合システムとしての実証、○テスト・ブランケットの開発と ITER での試験による次期装置(実証炉)の設計の確定、○基本技術の確立、○社会的受容マインドの育成、○継続的人材育成、○炉心プラズマ制御技術、○炉内機器技術、○トリチウム取扱い技術、○数か月単位の長時間にわたる核燃焼プラズマの磁場閉じ込め技術、○構造物とプラズマとの接触部(ダイバータ部)からの熱除去技術、○プラズマ中に混入する不純物イオンの計測・制御技術、○金属製複雑機器の3D プリンターなどなどによる製造技術、○計算機シミュレーションによるバーチャル設計技術、○リチウム6の濃縮技術、○核融合発電の定常プラズマの燃焼維持技術。或いは、定常運転に優れた磁場配位の最適化、○燃料として用いるトリチウム生成技術、その材料となるリチウム生産技術、○耐中性子性の高い材料の開発、○臨界電流・臨界磁場・臨界温度が高く、製作しやすい超電導線材の開発、○放射線環境下に耐える熱電導率の高い構造材料の開発、○遠隔操作による保守技術、○ITER の成功、○原型炉段階への移行、○ダイバータの開発、○ブランケットの開発、○発電原理の提案、○高温・高密度プラズマの閉じ込め技術、○炉壁材料とその寿命、○プラズマの特性向上、○核融合炉の材料技術、○いきなり放射線(高速中性子)を出さない核融合反応は実現できないので、段階を追っていく必要があると考えているので、まずは DT から始める、○材料:ブランケット、ダイバータ、超電導コイルへ適用する材料、○炉システム工学:システムとしての核融合炉を建設・運用・検査するエンジニアリング、○高温プラズマ制御、○核融合炉システム技術(超電導技術、プラズマ加熱技術、大型構造物製作技術、高熱負荷機器開発技術、遠隔保守技術、トリチウム取扱い技術、リチウム回収技術など)、○耐中性子材料開発技術(低放射化材料開発技術、中性子照射技術)、○トリチウムの大量供給を行い得る増殖技術の開発、○高熱負荷への耐力を有する壁材及び対向機器の開発、○高温超電導を可能とする材料および加工技術の開発、○熱負荷制御、○トリチウム増殖、○ディスプレイ予測緩和、○高い中性子束を長期間(約 40 年)照射しても強度が劣化しない核融合炉材料、○高応力下でも安全に動作する超電導コイル技術、○トカマク型核融合炉をパルス運転ではなく定常運転できる技術、○高エネルギー密度状態の制御技術(生成、計測含む)、○原子力エネルギー・放射線利用に関する安全技術、○科学技術分野についてのコミュニケーション技術、○高度技術の統合化、○材料開発、○ブランケット工学技術、○高性能炉心プラズマ閉じ込め技術、○自己加熱の理解、○炉壁開発、○高温のプラズマに耐えうる材料の開発、○中性子に対しての低放射化鋼材の開発、○プラズマ制御</p>

<p>14 核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術</p> <p>○液体ナトリウムの腐食に耐える材料の開発、○液体ナトリウムに代わる冷却材の開発、○炉心構成材料、○溶解技術、○燃料製造、○再処理技術、○再処理を必要としない(濃縮も必要としない)高速炉設計、○安全技術(特に反応度係数に係わる事項)、○溶融ガラスの取り扱い技術、○ナトリウムなどの液体金属の取り扱い技術、○高温、低圧、高速流体に対する構造解析手法、構造材、○静的、固有の安全システム、○核分離、○冷却用材の安全性と MA の燃焼特性解析、○資源配分、○乾式再処理に係る技術の確立、○湿式再処理技術の確立、信頼性の向上、定常運転が可能設備信頼性の確保、運転および保守技術の確立、○安全性を考慮した設計技術、○発電効率の良い設計、○技術者の養成と運転経験、運転実績、○同位体分離を含む分離変換技術、○乾式再処理技術、○金属燃料</p>
<p>15 濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術</p> <p>○過酷事故対応安全技術、○耐久性の高い燃料被覆管、○事故に強い核燃料、○圧力容器の検査技術、○国民に正しい放射線知識を周知するためのカリキュラムと教材、○日本の発展を好ましくないと考える排外主義者が今住む日本社会の価値を正しく理解するための、近現代科学技術世界史教育カリキュラム、○核分裂関連新素材技術、核分裂反応計測制御技術、設備運用を効率的かつ安全に実行するためのヒューマノイドロボット技術、○長寿命炉実現のための予防保全技術の確立、○新しい高濃縮度燃料の試験による実証、○免震プラント等の次世代プラントの標準化の確立、○事故耐性が高く水素を生じがたい炉心材料技術、○原子炉免震技術、○超ウラン元素(TRU)、超長寿命核分裂生成物(LLFP)を減容する技術、○耐放射線性圧力容器材料の開発、○原子炉の安全運転性の向上、○溶接技術の革新、○濃縮度5%超燃料での炉心設計およびシミュレーション技術、○金属構造物の腐食の抑制、○オンラインでのモニタリング技術とその評価方法、○原子炉の一生をシミュレートできるバーチャルプラントの実現、○システムの簡素化(むりやり効率を上げるための系統構成にしない、監視項目・点検項目の削減)、○耐震・免震材料・工法の改良、○この課題より、トリウム溶融塩炉を検討するべきと思う、○トリウム溶融塩炉では、高温に耐える設備の製作が問題だが、セラミックで作成する方法があるのでは、○3D印刷技術の発展</p>
<p>16 家庭用燃料電池システムが新築住宅の10%以上で採用される</p> <p>○原料の安定供給(都市ガス or 水素)、○更なる低価格化と長寿命化、○小型化、○水素製造の非化石化、○電線やパイプラインに頼らない自立型燃料電池システム、○水素や灯油などのタンクにより供給しうる燃料供給システムの信頼度向上、○数十年以上に亘る安定運転をサポートするサービスシステムの構築、○家庭用燃料電池システムの低価格化、○耐久性向上、○低コスト化</p>
<p>17 燃料電池車が新車販売の10%以上になる</p> <p>○燃料電池用高活性高耐久触媒、高耐久電解質膜などの材料技術、○低価格な水素燃料の製造・輸送・貯蔵・充填技術、○水素燃料の車載貯蔵技術(従来の CFRP 製高圧タンクに代わる安価で安全で小型な貯蔵システムの開発)、○蓄電、○水素製造、○水素輸送、○人材育成、○環境整備、○内外の協力・連携、○水素供給インフラの整備、○エタノールの改質装置、○水素貯蔵方法、○触媒部品の低価格化、○水素貯蔵システムの高密度化、○水素ステーションに代表される燃料インフラ整備、○低コストセル開発、○コンパクト軽量な水素貯蔵容器、○白金を用いない燃料電池電極触媒、○高圧水素タンクを用いない、オンボード改質技術、○再生可能エネルギーからの水素生産技術、○高圧水素の製造コストの低減、○高純度水素の製造コストの低減、○高圧機器の製造コスト低減と長寿命化、○水素ステーションの安全運用技術、○燃料電池車の低価格化実現技術、○車載用の軽量・安全な水素貯蔵装置の開発、○安価な水素製造システムの開発、○水素供給システム、○安全性、○安価な電極の開発、○水素ステーション普及、○軽量化燃料電池の製造、○製造コストの低減、○燃料電池触媒の低コスト化、新規材料群の発見、○安全な水素輸送・貯留技術</p>
<p>18 200℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ</p> <p>○高効率ヒートポンプサイクルの技術開発、○熱交換器、圧縮機等の高効率化、○200℃の高温に耐えるコンプレッサの潤滑方法(小型の容積型の場合)、○新しい作動流体の開発、○高性能圧縮機の開発</p>
<p>19 民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP\geq12、給湯用 COP\geq8)</p> <p>○空調冷房時にヒートポンプから排気される排熱の処理システム、○開発されたヒートポンプの利用効率を最大化させるための建築システム(ゼロ・エネルギー・ビル・システム)、○熱源(地下水等)の熱だまり解消のための条件探索、○ヒートポンプの規格の統一化(設置要領、ヒートパイプ接続口)、○熱交換器の高性能化、○電動機の高効率化、○冷媒、○高効率熱交換器のサイズを小さくするための技術開発が必要、○圧縮機技術、○熱交換技術、○冷媒技術、○高効率熱交換を可能にする流路構造技術</p>
<p>20 新規建築の30%以上に普及可能な汎用型 BEMS、HEMS システム</p> <p>○ソフトウェア(クラウドを使ったリアルタイム処理、ビッグデータ処理)、○個人の特性に合わせたエネルギー管理技術の高度化、○スマートメータ等データ通信機器の高度化(高速無線通信技術、超低消費電力デバイス等)、○住宅のEPRを算出するシステムおよびデータベース、○断熱性・通風性、エネルギー源、上下水道の改良工事があつたら可能な住宅建築技術、○住宅耐用年数を原則100年とする建築技術、○社会的なコンセンサス</p>
<p>21 小都市(人口10万人未満)における100%再生エネルギーのスマートシティ化を実現する、簡易版スマートグリッド制御システム</p> <p>○今後起こりうる自然災害に帯する防災減災に対応した都市整備との対応(技術というよりは)、○気象予測をベースとした太</p>

<p>陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーによる分散型電源に対する発電予測技術、○スマートシティ(スマートコミュニティ)における電力需給予測シミュレーション・モニタリング技術、○スマートシティ(スマートコミュニティ)における電力需給変動に対応可能な充放電制御機能を備えた蓄電システム技術、○高耐圧(6. 6kV 以上)・低損失(現状 Si の 50%以下)のパワー半導体、○上記パワー半導体を適用したパワエレ装置:特に長期信頼性と MTBF の向上、○蓄電池の電極、電解質材料、○高度な情報処理を可能とする ICT 技術、○極めて高性能の二次電池、○極めて高性能の自然エネルギー発電システム、○エネルギーロスの少ない送・配電網、○各家庭への消費電力監視システムの普及、○最適な電力配分技術、○高効率な蓄電技術、○再生可能エネルギー技術、○省エネルギー技術、○エネルギーマネジメントシステム技術</p>
<p>22 小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足、完全資源循環のクローズサイクル化の実現(燃料電池、パイガス、自然エネルギー、雨水などを統合)</p>
<p>○環境整備に尽きる。問題は高度な情報社会かつ自由な国際化の中で、地域の中で閉じた系を作成することに矛盾があること、閉鎖社会でしか実現ができないこと、○人材育成、○地域産業の育成、○政府、自治体による資源、環境整備、○10 万人規模を前提とした最適制御システム、○10 万人という小規模のメリットを生かした合意形成・責任と権限の仕組み、○消費者の経済的なインセンティブや、コンクリートロールセンターの事業収支、○送配電システム、○省エネ技術、○エネルギーマネジメント、○土地利活用最適化、○資源の供給システム、○デジタルネットと連携した電力供給システムの構築、○電力の供給電標準の構築、○マネジメント技術、○自然エネルギーからの高効率な燃料製造・貯蔵技術、○分散型バイオガス化技術、○分散型バイオマス発電技術</p>
<p>23 自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム</p>
<p>○太陽エネルギー等を利用した水素製造設備の開発、○水素の貯蔵、輸送システムの開発、○燃料電池のコスト削減、○水素生成法、○水素を供給する施設の普及、○電池技術、○インバータ技術、○安価で充電放電できる設備の開発、○電極内部でのイオンの運動をシミュレーションできる技術、○電池の中でイオンの運動と位置を観察できる計測技術、○エンジン設計、○燃焼解析、○試験的に行われていると聞いたことがあり、自動車と家庭や需要家間エネルギーマネジメントシステム、○低コスト蓄電池の開発、○売電・買電の消費者の理解醸成の仕組み</p>
<p>24 エネルギー効率が 50%の自動車エンジン</p>
<p>○パワートレインの高度ハイブリッド化、○高圧縮比を実現するエンジン用材料開発、○エンジン制御技術、○燃焼技術、○燃料の着火制御技術、○廃熱回収システム、○ガソリン、ディーゼルでは燃焼技術の改善(燃焼シミュレーションの高度化、サイクルの改善など、○現状エンジンで未利用のエネルギーの活用(冷却損失低減、排気熱の利用など、○車両軽量化、○燃料電池、○蓄電池(二次電池)、○高効率ディーゼル機関、○合成燃料、○触媒開発、○高エクセルギー効率燃焼技術、○廃熱回収技術、○フリクション低下技術、○良質燃料の低価格製造、○希薄高効率燃焼技術、○高効率過給技術、○基礎燃焼技術、特に燃焼化学反応、層流火炎、乱流火炎の基礎現象の把握とモデル化、○エンジン燃焼技術、○上記に適した燃料製造技術、○動力伝達装置の高効率化、○エンジンシリンダ内の高耐圧な遮熱材料、低摩擦材料、○廃熱回収システム、○これまで以上に詳細な燃焼の計測・シミュレーション技術、○新しいエンジンの冷却損失低減技術、○排熱回収システムの確立、○燃焼診断技術、○断熱技術、○ガス分析技術、○エンジン内燃焼解析、○摩擦損失低減、○燃焼制御技術、○高効率燃焼技術、○エネルギー効率、○燃費、○環境技術、○エンジン内での燃焼状況改善、○エンジンにおける各損失低減、○広範な出力範囲における安定的な低燃費駆動、○熱効率向上の飛躍的向上に必要な極限条件における燃焼技術、特に超燃料希薄条件や大量の排気再循環条件における燃焼促進技術や新燃焼方法に関わる燃焼技術、○燃焼制御技術、特にノッキングやプリイグニッション等の異常燃焼を制御する技術、○排気処理技術、特にリーン NOx 触媒</p>
<p>25 現在、世界の全エネルギー消費の 10%を占めるハーバー・ボッシュ法に代わる、エネルギー消費の少ないアンモニア製造法</p>
<p>○反応場および触媒開発、○前のページの最後に記入しました、○Ru 系高性能触媒の安定性、耐久性の向上、○同触媒の大量生産および供給法の確立、○製造法に関する知識がないので要素技術はわかりません、○100~200 気圧程度の高圧、400 度以上の高温で行われている現行プロセスを 30 気圧以下の低圧、300 度未満の低温プロセスにする、○低温、低圧でも効率よく作動する新規触媒材料の開発、○化石資源由来ではなく、水を水素源とする新プロセスの開発、○革新的触媒技術、○電界合成法などの新規製造プロセスの確立、○プロセス実現のための材料開発、○触媒技術、○第一原理などにより反応場の検証と中間媒体の発見、○触媒の耐久性、○新規触媒材料の開発、○非熱平衡プラズマ、○触媒探索、○高活性かつ信頼性高い革新的触媒、○アンモニア製造に代わる窒素導入技術</p>
<p>26 1000kV 級の直流送電システム</p>
<p>○電磁場による環境影響評価に関する評価手法の開発、○高絶縁 低誘電率を実現するための技術、○終端部の技術、○電力変換技術、○直流高電圧技術、○高電圧を制御するパワーデバイスが必要であるが、技術的要素以上に政治的配慮が重要な課題だと考えられる、○冷却コストの低減(さらなる高効率冷却システムの開発)、○大量生産化技術(長尺化)、○直流用遮断機の開発、○直流送電を含む系統解析技術、○交直変換器の開発とそれらの系統導入に伴う電力品質問題(高調波・フリッカーなど)の評価・低減技術、○空間電荷蓄積を抑制できる絶縁材料開発・製造技術、○量子科学計算に基づく空間電荷挙動評価技術、○低損失パワー半導体技術(低損失の変換器開発技術)、○雷などからの保護技術(避雷装置や遮断器など)、○電磁界の生態や環境への影響の解明、○超電導材料の低コスト化、○送電、○絶縁問題の解決、○直流遮断器の開発、○電力変換用の半導体素子の開発</p>
<p>27 現在の 275kV CV ケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル)と同等の容量をもつ 66-77kV 超電導送電ケーブル</p>

<p>○高温超電導ケーブルの低コスト化、○77K 冷凍機の低価格化、○効率的な冷却システムシステムの構築が求められる。実用においては超電導送電ケーブルに特化した冷凍システムの開発も視野にいれるべき、○短絡事故等の系統事故に対する耐性を十分に検証する必要がある、○液体窒素循環冷却技術・断熱技術、○酸化物系超電導材料の可撓性向上、○送電線の敷設方法、○高効率の冷却技術</p>
<p>28 自動車の走行中の非接触充電技術</p>
<p>○距離が多少(30cm 程度)離れていても、大容量の電力を高効率で搬送できる方式の開発、○周囲の電磁界を乱さない搬送方式の開発、○誘導コイルのデザイン、○自動車自動走行技術、○耐候性送電アンテナシステムおよび送電アンテナへの電力供給システム、○原子力発電等、高 EPR 発電技術、○大電力送電方法の実現、○人体安全の確保、○現実化のための法整備、○停止時の非接触充電システムはバスなどの試験が行われているが、走行中であれば、停止時に比べて非常に難しい。材料、システムのブレークスルーが必要、○実証試験段階であり、技術的な課題は多くないと思われる。社会実装のためにインフラ整備が必要</p>
<p>29 新規の水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)</p>
<p>○ナノ構造材料設計・分析技術、○海外からの輸送も可能であり、繰り返し利用(あるいは再生可能)な水素貯蔵材料の設定、○自然エネルギーを利用した水素製造と製造した水素を用いた水素貯蔵材料の低温(100~250℃)合成技術、○放出温度 100℃を可能とする材料のチューニング、○分子シミュレーションやコンビケム等による材料探索、○新規材料の発見および工業化、○アンモニアを水素貯蔵材料とする場合は、アンモニア合成および分解を低エネルギー(低温、低圧)で行える新規触媒材料の開発、○有機ハイドライドを(炭化水素)を水素貯蔵材料とする場合は、低温・低圧で水素化、脱水素を行い、かつ副反応を進行させない触媒の開発、○上記とは異なる新たな水素貯蔵材料の開発、○新規ナノ材料の開発、○水素貯蔵のための新規材料開発、○材料構造の解明のための分光技術の発展、○水素貯蔵材料の開発、○水素貯蔵、運搬インフラの構築、○水素貯蔵材料の開発、○メチルシクロヘキサンなどの水素キャリアからの、高効率脱水素技術の確立。具体的には低温排熱で脱水素可能な膜反応器技術、○材料開発、○水素吸蔵材料の開発、○安全性も考慮し、水素単体を低いエネルギー供給手段で取り出せる新化学物質(分子)の開発が重要、○貴金属を用いず安価で長寿命の機能維持が図れる白金並み以上の化学物質の開発、○生物もしくは有機化学物質から効率よく水素を取り出せる技術の開発(光電効果の新応用技術開発を含む)、○新規材料開発</p>
<p>30 燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000 箇所)</p>
<p>○安定した水素の供給システム、○短時間での水素供給技術、○水素輸送密度(体積、質量基準共に)の向上が重要と考えます、○水素製造の高効率化、従来原子力を利用した水素製造が考えられていたが、この方法は日本の現状に即した検討も必要になるであろう、○水素の安定貯蔵、○法整備、○人材育成、○環境整備、○水素を安全に長期間保管できる水素ステーションの構築技術、○一般の人にもガソリンスタンドと同様に給水素できる設備の導入、○水素ステーションに水素源を恒常的に供給でき、水素ステーションの拡大にも対応できるインフラ設備の構築、○効率的な水素貯蔵技術の開発、○トータルでの利用システム水素構築、○安全性、○立地の確保、○水素貯蔵・輸送材料、○高効率水素製造技術、○高効率水素貯蔵技術、○水素脆化防止材料、○まずは合理的規制への普段の見直し、○補助金に依存しないで自立したビジネスとするための産官学民金の議論の場、○水素ステーションの安全運用・設置技術、○行政の理解、○資金、○産学官の連携、○社会へのうまいアピール、○固体高分子形燃料電池の更なる低コスト化(触媒の脱貴金属化など)、○燃料電池自動車以外の水素利用技術の進展(家庭用、工業用燃料電池、水素エンジン、水素ガスタービンなど)、○水素輸送、貯蔵技術の更なる進展、特に水素キャリア(アンモニア、有機ハイドライド)の製造、利用技術の向上、○有機ハイドライド等、水素の大量輸送貯蔵技術、○燃料電池の低コスト化技術、○水素キャリア技術、○社会受容性の向上、○高圧水素ではなく CO₂を炭素源として水素を液体燃料に変える技術、○太陽光による水の光分解、○水素貯蔵・供給の安全性確保、○水素輸送・貯蔵技術、○普及に向けた社会の整備</p>
<p>31 CO₂フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム</p>
<p>《特になし》</p>
<p>32 1MW、50kWh 級電力貯蔵用超電導フライホイール</p>
<p>《特になし》</p>
<p>33 数 kWh ないし数十 kWh 規模の電力安定度向上用の超電導磁気エネルギー貯蔵システム</p>
<p>○高温超電導線材の性能向上、○巻き線技術、○効率的な冷却技術、○MgB₂ 超電導体の基礎開発、○超電導線材技術</p>
<p>34 木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための森林生産システムの構築</p>
<p>○日本の地形に合わせた伐採、運搬、輸送技術、○森林管理手法や伐採技法、搬送手段などの発展が不可欠、○原材料の集配技術、○送電システムの構築、○地域再生と振興・活性化推進の中での、森林活用の地域的特定、○森林資源の利用法についての、広範囲な関係者(建材業者・家具業者・観光業者・エネルギー業者、等)間の調整と合意、○表層の把握・水系・植生・都市化等を考慮した、森林の強靱化、○チップボイラーの低コスト化、耐久性向上、制御性向上を進め、標準化した機器の普及が必要、○一般に大型化、高効率化などが産業技術向上を支えてきたが、木質バイオマス利活用は中小規模の広範囲な普及が重要、○要素技術開発とは言えないが、熱電離用+マテリアル利用など需要側の産業とのバランスのとれた需給システム(地域産業連携)が必要で、このようなシステム開発が重要、○木材利用技術。複合化技術 成形技術などの応用技術により木材の活用分野の拡大、○バイオマスの有効利用法の開発、○植林のために道路の整備および輸送方法の確立、○木</p>

質資源の回収技術、○低コストシステム、○燃焼廃棄物処理システム、○木材を安価に運搬・収集するために最適な路網の整備(GIS等利用)、○森林成長速度・蓄積量の正確な管理(GPS等を用いた)
35 バイオテクノロジーを用いたGTL(Gas To Liquid)技術
○FTプロセスの効率向上
36 MW規模の系統連系安定化用長寿命二次電池(サイクル寿命:20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)
○電極材料開発、○革新的触媒材料開発(低コスト)、○電池残存寿命評価秘術、○新しい反応機構を触媒電極、○新しいイオン吸放機構を持つ電解質、○生産効率向上、○設計見直し、○大規模エネルギー貯蔵に関して、単独の蓄電池では対応が困難であり、複合化した蓄電池等を運用するシステム構築等も検討すべき、○新しい二次電池反応の発見と実用化、○一次電池を使って、その正極材料を低コストに再生するシステムで二次電池と同等の機能を発現させるシステム、○電力をコストで購入するのではなく、価値で購入する仕組みを導入しないと、二次電池に投資出来ないの、まずは電力の購入システムを本来の形に変えるべきである、○この電力の購入システム(価値で購入)は、新エネを含めた全てのエネルギー源を公正に扱うことで、公正な技術発展を促すことが出来る、○電力市場のようなライフラインを投機の対象にすべきではないし、補助金代わりの固定価格買い取り制で、特定集団のみを利してはならない、○材料開発、○蓄電システム、○電池の材料技術(正極・負極・電解液)、○コスト削減のための生産技術、およびシステム、○安全性向上技術(システム制御・管理)、○レアメタルを用いない二次電池の開発、○レドックスフロー電池の信頼性向上、○二次電池開発、○系統との情報伝達技術、○大容量二次電池の開発、○新規電極活物質の開発(高サイクル特性、高容量)、○高容量電池セルの安全性確保、○材料技術、○変換器技術、○システム制御技術、○コスト低減の為に量産技術の確立、○コンパクトサイズ化、○屋外設置型、○高性能二次電池の開発
37 IT, 衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術
○センサー技術、○リモートコントロール技術、○IT、○衛星、○鉱山探査技術、○高性能な衛星観測センサーの開発、○衛星観測データの継続的な提供、○衛星観測データからの情報抽出技術
38 海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術
○深海艇開発、○ロボット技術、○海底輸送技術、○揚鉱ライザー、○採鉱ロボット、○管内摩耗評価技術、○排出物の低コスト海底処理技術(有用採掘物のみ洋上に送達し、それ以外のは環境汚染を引き起こさない形で海洋投棄可能な技術の開発)、○ソナー以外の海中無線通信技術、○環境影響の少ない鉱物資源の採取、揚鉱技術、○経済性のある大量採取、揚鉱技術、○広範囲の資源量を測定する技術
39 環境汚染のないシェールガス採掘技術
○ガスと液体の分離技術、○水処理、○メタン漏洩防止、○井戸仕上げ、○汚染排水の浄化技術、○メタンによる大気汚染の浄化技術、○モニタリングも活用した水平坑井とフラクチャーの長期間維持技術、○酸性成分分離除去処分と排水処理等の環境汚染防止技術、○自動化や無人化を取り入れた中長期プロジェクトマネジメント技術、○掘削に伴う汚水処理技術、○掘削技術、○モニタリング、センサー、○輸送現象論的解析
40 チタンを現在の50%以下のコストで製錬する技術
○活性金属の効果的抽出技術、○金属中不純物元素の無害化、利用材料設計技術との連携、○酸化チタンまたは塩化チタンから低エネルギーでチタン単体を抽出する技術、○小型精錬もしくは大型精錬へのどちらかへの統一、○鉱石と回収されたスクラップとの混合により精錬できる技術、○スクラップとして回収できるようにする法整備
41 銅鉱山におけるヒ素処理保存技術
○銅鉱石からのヒ素除去技術、○保存時のヒ素化合物、○ヒ素の吸着脱着機構の解明、○要素技術は特になし、国内外の鉱山との連携が求められる、○ヒ素の選択的選鉱技術、○分離したヒ素の不溶化技術、○銅鉱石中のヒ素の分離技術(選鉱学的手法および湿式製錬的手法)の高度化、○生成汚泥の性状および取り込み機構に注目したヒ素廃水処理の高度化、○ヒ素等有害元素の理想的な循環および保管を戦略的に実現するための社会学的検討(リスクコミュニケーション等)
42 メタンハイドレート採掘利用技術
○高水圧化における硬メタンハイドレートの効率的採掘技術、○メタンハイドレートの塊からメタンへ迅速かつ漏洩なしにガス化し、メタンガスのみを選択的に分離・回収・濃縮する技術、○メタンガスの化学品原料への転換技術、○資源調査技術、○採掘回収技術、○目詰まり、○内部侵食、○海底からの採掘技術、○ガス分離技術、○連続生産技術、○消費地への経済的輸送技術、○メタン分離技術、○大型採掘船運用技術、○耐圧技術、○分離技術、○採掘技術、○採掘されたハイドレートの格納・保存技術、○コストの低価格化、○海底採掘施工技術
43 海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術
○さらに効率的な補修のための樹脂等の開発、○さらに長期の信頼性の実証、○さらに大型のシステムとしての実証、○海水中の資源の所有権の問題をクリアすること、○経済性の問題、○希少金属を回収するための優れた担体の開発、○グラフト重合あるいはタンニン担持法によるモール状ウラン捕集材製造技術、○海域におけるモール状捕集材の係留・回収技術 特に船舶を用いない天候に左右されない安全な係留・回収技術、○高選択性かつ高容量な金属捕集材の開発(放射線照射技術(電子線及びガンマ線)・放射線グラフト重合法等の放射線加工技術)、○海水中への大規模捕集材浸漬システム、○コスト

<p>計算(資源や経済に関する専門家)、○放射線グラフト重合材の高度化(高容量、高選択性)、○放射線グラフト重合材の大量合成技術の確立、○捕集したウランの回収、および精製技術の確立、○ウランなどを回収するための高性能捕集材の開発、○ウランなどを捕集するための海洋システムの研究開発と実証、○低コスト回収、○分別技術、○放射線グラフト重合技術</p>
<p>44 深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする超深度掘削技術</p> <p>○深度 15km、温度 400℃において動作し、到達したことを確認するための観測機器の構築</p>
<p>45 熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術</p> <p>○重金属類、採掘作業にて発生する海洋汚染防止、○物理探査技術(特に電磁気探査)、○掘削技術、○開発工学技術(特に輸送、精製)、○ボーリング調査だけではなく、様々な手法を組み合わせることで深海底鉱物資源の分布状況を 3 次元的に把握する技術が必要になる</p>
<p>46 空気中から効果的にヘリウムを回収する技術</p> <p>《特になし》</p>
<p>47 レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術</p> <p>○精錬技術、○環境負荷を削減する分離・回収技術、○サプライチェーンを通じた資源利用と散逸構造の同定技術(発生箇所、発生量、組成の把握)、○センサーソーティング技術を含めた選別技術の開発(および適切な選別フローの構築)、○二次資源および二次資源から再生された製品の品質を保証する技術、○回収目的のレアメタル用の多種多様な放射線グラフト重合材の開発、○放射線グラフト重合材に吸着した高濃縮されたレアメタルの回収</p>
<p>48 小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術</p> <p>○バイオマス生産に必要な栄養素を低エネルギー投資で高効率に回収可能な技術の開発、○発生源に移動可能な小型モバイルリサイクルモジュール、○複雑混合水溶液からのショートパス分離抽出技術、○混入有機物の迅速安定処理技術、○効率の良い粉碎技術、○微生物を利用した選択的レアメタル回収技術、○電子機器類の部品、材料のトレーサビリティ技術、情報データベースの確立、○レアメタル抽出技術、○廃棄物分別技術、○有用機能をもつ微生物資源、○電子機器・廃棄物・飛灰を効率よく液化する技術、○精製、精錬技術 溶液反応制御技術、○国内需要量との量的関係を十分考慮した対象物の選定と、それに特化した技術開発、○大量処理が可能な回収・利用技術の開発、○亜鉛、鉛、銅など枯渇性の高いベースメタルの省エネルギー的なリサイクル技術、○粉碎・選別技術等、低コスト、低環境負荷である手法の高度化(シミュレーション、モニタリング技術の導入を含む)、○エコデザインの推進(動脈産業と静脈産業の産学交流、技術的提携)、○有用金属を適切に保管、循環させるための社会的システムの構築、そのためのシミュレーションあるいはモデリング技術の開発、○分離に用いる反応場の開発、○ドライブプロセスの開発</p>
<p>49 多くのレアメタルの必要資源量の 50%以上が都市鉱山から供給される</p> <p>○資源回収しやすいルートを確認すること、○設計段階で資源回収のしやすさを考慮すること、○スクラップ類の分別・回収システム、○レアメタル製錬・精錬技術</p>
<p>50 各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成の実現</p> <p>○セルロースを原料とした化学変換技術、○リグニンを原料とした化学変換技術、○石油化学リファイナリーに相当するコンビナートシステムのデザイン設計、○バイオマスを化学製品原料に効率的かつ選択的に目的とする生成物に変換できる固体触媒の設計・開発、○多様な組成で構築されているバイオマスから効率的かつ長期間安定的に化学品原料を生産するためのプラント・エンジニアリング設計技術、○バイオマス原料は基本的に含酸素官能基を多く含むため、それらを効率よく還元できる触媒の開発、○木質系バイオマスの場合、リグニンの反応性が低いためそれを効率よく除去する技術の開発、○有機物の質変換技術、○触媒開発と応用技術、○レブリン酸を基幹物質とする選択的化学品合成触媒の開発、○適切な原料バイオマスの確保、○ガス化等の分解技術高度化、○不純物処理、○木質バイオマスの効率的糖化技術の開発、○セルロース系バイオマスからの各種基礎化学品製造ルートの開拓、○セルロース、ヘミセルロース、リグニンから固体触媒による環境低負荷プロセスによる化学資源獲得、○触媒開発、○バイオマスの成分分離技術、セルロースの解繊技術、バイオケミカルズへの変換技術、セルロースナノファイバー等合成技術、○素材変換技術に適したバイオマス資源(植物細胞)育種技術、細胞形質制御技術、○粉体工学的操作によるバイオディーゼル高効率生産法の構築、○地域性を考慮した原料調達手法の確立</p>
<p>51 廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術</p> <p>○細かく粉碎しない状態での選別技術、特に光学的手法、○映像解析技術(色、形状の識別など)、○X 線解析技術(物質組成解析など)、○顔認証システムの応用、○LIBS の精度アップ、○シュレッターの大型化、○回収率を上げるための法整備、○非破壊検査、○選別システム、○分別システム</p>
<p>52 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術</p> <p>○廃棄物から同一同位体を濃縮する技術、○高エネルギー陽子照射材料の技術。材料耐久性、ハンドリング、液体鉛ビスマス取り扱い、○未臨界高速炉物理技術。反応度制御。炉心設計、核断面積、○ビームが止まらない安定な陽子加速器技術、○廃棄物減容化が可能な数少ない手段であり、実現には十分な予算による設計と建設が必要である、○高レベル放射性廃棄物の取り扱い技術、○効率よく核変換せることのできる核種の探索、○核反応技術、○プラズマ、○放射性核種の分離・精製技術(同位体分離含む)、○放射性核種の核変換技術、○加速器ターゲットの作成技術</p>

53 衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化
○すべての観測データの誤差を勘案し、できるだけ矛盾なく説明可能な地下モデルを探索する技術、○観測データを説明可能な地下モデルの候補から、現実に近いモデルへと絞り込むための調査戦略を構築する方法、○三次元地下空間および地下水の時間スケールを可視化可能な地理情報システム、○充実した観測網の設置、○地下水に関連する経済界との協力、○デジタルデータ以前の紙データのデジタル化、○地下水管理・調査用の井戸の拡充
54 水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術
○機器が自然環境に耐える力、○市民への啓発(なぜ連続で測定しなければならないのか)
55 都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術
○航空機、衛星、無人ヘリなどによる高解像度都市モデル作成技術、○地下空間も考慮した高解像度氾濫解析モデル、○データ同化等を活用した数値解析等によるリアルタイム予測技術、○気候変動に伴う将来の都市洪水、高潮の変化の予測技術、○洪水・高潮災害に対する適応策の費用便益分析、○情報を受け取る(利用する)側のガバナンス、○都市計画、建築計画分野での水管理(特に洪水管理)概念の導入、○河川、水道、下水道、都市、建築物など、関連分野の共通認識のもとによる統合的な研究開発、社会実装、○都市のコンパクト化と統合的水管理を総合化した研究開発、○ビッグデータ解析技術の確立、○水循環物質数値モデルの高度化、○降雨予測プログラム、○大容量貯留システム・排水システム、○モニタリング技術、○集中豪雨の予測技術、○すべての水害リスク(河川外水氾濫、内水氾濫、高潮)を都市の細密なスケールで評価できるモデルの開発、○気象変化や海岸地形に応じた潮位の観測、推算、予測技術の向上、○気候変動、○水文モデル、○総合影響評価モデル、○土地利用規制をはじめとした都市計画と河川・下水道計画との統合、○広域避難計画の立案技術、○水害リスクに関する情報基盤の整備とリスクコミュニケーション技術の開発、○国・行政・個人の統合的水管理技術とシステムの確立、○都市に住む人々の洪水・高潮・地盤沈下等にたいする危機管理に関する教育と訓練の実施、○いざと言う時の避難先ビル等の明確化と誘導システム、○水文モデルのスーパーコンピュータによる高解像度化、○防災と環境とのトレードオフを解析するツール、○センサーネットワーク、○高速コンピュータ計算機の開発および汎用使用
56 雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、情報提供技術(半年、3ヶ月、1週間等)
○降雪量の空間分布把握、○流出モデル、○河川水質測定、○高解像度気候モデル(特に降水、降雪プロセス)の研究開発、○降水、降雪量の経験的予測、○降雪量の高精度分布マップ、○高精度天気予報、○山岳域における気象および雪氷モニタリング、○斜面勾配や斜面の向きの違いによる積雪の非一様性を考慮した積雪融雪過程のモデル化、○季節予報の改善、○雪資源、○気候観測、○降雪モデル観測、○降雪・融雪に関する部分を強化した気候システムモデルの開発
57 上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術
○装置を設置するための予算、○自動測定装置の開発、○有害微量化学物質の定量技術の簡略化、○病原微生物検出技術の簡易的手法の構築、○上水供給現場における分析機器の充実およびその運用するための人材育成、○微量有害物質の連続センシング技術、○法体制を整える、○病原性微生物の同定
58 抗生物質成分を除去する下水処理技術
○抗生物質成分を選択的に回収可能な高機能新素材の開発、○コンパクト、省エネルギーな下水処理システムの構築、○回収した抗生物質成分を高感度で検知するオンサイトシステムの開発、
59 エネルギー・資源を回収する下水処理技術
○安価な有害物質除去材料の開発、○高効率熱回収技術、○熱濃縮技術、○センシング技術、○活性汚泥の低コスト可溶化技術、○藻類等有用物質を生産する微生物の培養と下水処理をカップリングする低コスト最適システムの設計、○下水処理と資源回収・エネルギー生産に最適な藻類あるいは他の生物の探索・開発、○新規材料開発、○下水汚泥からのリン肥料製造技術、○下水汚泥からの有害元素の除去技術、○ガス、水素の回収技術(ほぼ確立、大規模実証必要)、○エネルギー変換効率の高効率化、○高効率ヒートポンプ、○高効率凝集剤、○高効率固液分離技術、○下水と上水との直接熱交換による採熱技術、○下水からのリン回収技術(既に国交省で技術開発済み)の実証、○下水汚泥と産業廃液・食品加工廃棄物との混合メタン醗酵技術、○下水処理水からの熱エネルギー回収技術、○下水汚泥の低コスト有効活用技術(リン資源やメタン発酵などのエネルギー資源として)、○下水処理水の低コスト再利用技術、○有価物の選択的、効率的な凝集および吸着処理技術、○ケミカルフリーな処理技術、○可逆的な分散、凝集処理技術、○特殊粉碎、物理選別、安価な薬剤を用いたリーチングなど、汚泥からの有用金属回収技術の開発、
60 エネルギー効率を50%以上向上した逆浸透膜浄水技術
○逆浸透膜の材料の改良、○プラントの改良、○新物質探索、○材料制御技術、○デバイス化技術
61 途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術
○ろ過膜以外の浄水技術の性能向上、○嫌気性処理技術、○好気性処理技術、○膜処理技術(MF, UF)、○その国で経済的に成り立つ維持管理技術、○糞便、尿の再生利用技術、○雑排水の再生利用技術、○メソポーラス材料など新規吸着剤の開発、○衛生工学的な水質処理技術(砂ろ過、生物処理など)、○教育、○日本国民の理解、○要素技術はほぼ完成している。政府の支援が必要、○膜技術、○脱塩処理技術、○自治体や住民が可能な簡易的な計測、分析キット。現在、現場に普及している装置ではDOなど安定的に測りにくい、○強度があり維持が簡便なパイプライン。汚染水の漏水が課題、○軽量なキ

<p>ャリアと運搬システム、○技術の輸出、オープン化、○反応性プラズマを利用した汚染水浄化技術、○低コスト、○ロバスト性</p>
<p>62 バラスト水の有効利用</p> <p>○国際法の改正</p>
<p>63 BOD、COD、T-N 等に代替して水環境の質を評価できる統合水質指標の確立</p> <p>○水質の評価に関する合意形成手法の開発、○重要だがモニタリング対象から外れている水質項目の迅速な分析技術の開発、○自動モニタリング機器の開発、○望ましい水環境の社会的合意形成、○簡易な測定技術の開発、○化学的指標のみでなく、生物指標も検討する、○国際的な視点で議論を進める、○溶存有機物を分子レベルで分別定量する技術、○測定精度の向上と分析機器等の安価化、○生物応答試験の導入</p>
<p>64 化石燃料を使用しない船舶・飛行機</p> <p>○藻類からの低コスト炭化水素大量生産技術、○高度に炭化水素生産能を有する新奇生物(藻類)の探索、○最適大量生産システム的设计(炭化水素の最適改変技術開発を含む)、○燃料合成技術、○炭酸ガスを用いた燃料合成技術、○新エンジン開発、○新規エネルギー変換、○新規材料創出技術、○再生可能エネルギー創出、○多様な燃料に対応できるエンジン技術、○インフラの整備、○バイオディーゼルの効率的な大量生産、○微細藻類培養システムの改良。光環境の制御、○微細藻類培養にかかわる水の再利用システムの構築、○炭化水素抽出残渣の安全な飼料化、○低コストでの植物由来燃料の生産、○高温超電導材料の開発、○燃料電池、○水素、○蓄電器、○水素吹きエンジンを想定すると、水素輸送・貯留技術、○再生可能エネルギーの活用を想定すると、大容量・高効率・高安全性の太陽光発電技術と二次電池の開発、○化石燃料を使用せずに得られる電力で、大量に水素を作る技術</p>
<p>65 温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明</p> <p>○非常に高性能のコンピュータ、○優秀な気象力学の研究者、○プログラミング技術が優れた技術者、○この前提としての大気大循環・海洋大循環結合モデルの空間解像度向上や領域気候モデルの改善など、○スーパーコンピューティングやデータストレージ、大容量データ通信技術の向上、○人工衛星観測も含めた観測技術の向上や長期モニタリングの拡充、○大気汚染物質の気候・気象影響過程の詳細なモデル化、○汚染物質の観測網の充実と観測技術の向上、○観測網の整備・充実、○観測とモデル研究を組み合わせた研究の推進、○激甚気象災害を、想定外なく俯瞰的に把握し、災害発生可能性マップを作成する、○発生激甚複合災害から、社会や住民を守る対策を構築する、○この対策遂行上、不可欠ではあるが、不足している「更なる発生機構」について解明する、○大規模観測網の設置とデータ解析技術、○気候モデルの改良、○気候変動予測に専用で使えるスパコン、○温室効果ガスや大気汚染物質などの観測の強化、○優秀な人材による数値モデルの構築、○計算機リソースの飛躍的進歩、○モニタリング、○人工衛星による気象・海洋のモニタリング、○アメダスに代表される高空間分解能の地上観測網の整備、○予報モデルの高度化</p>
<p>66 トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法</p> <p>○様々な産業分野・生産物について、温室効果ガス排出量等の個別環境影響と経済性を正確に評価する技術・手法、○個々の環境影響を経済価値を含め単一指標に変換する技術・手法、○メタン資化性微生物のもつメタンオキシゲナーゼを高効率で植物において発現させる技術、○課題 64 を含む全く新しいエネルギー利用システムの開発、○再生可能エネルギーの利用技術の開発、○組み込む制御技術の発展、○原発の再稼働、○安全性の高い原発の開発、○増殖炉の齎起動、○温室効果ガス削減技術の開発、○省エネ技術の開発、○社会実証(技術ではないですが)ー技術は既にあります、○温室効果ガス排出削減対策の負の経済効果の数値化。CO₂ 市場の価格は投機的で正しい経済価値とは言えない、○経済・社会的な仕組み作り、○電気自動車の普及促進、○電気自動車の性能向上のための電池の開発、○電気自動車の充電方式の簡易化、○CO₂ 貯留技術、吸収システムの開発、○人工光合成システムの開発、○地球外太陽光発電システムの開発、○環境を重視した法的支援</p>
<p>67 海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響調査技術</p> <p>○様々な海洋生物の幼生の生育と pH の関係性を明らかにする、○海洋酸性化など海洋における気候変動影響の将来予測技術、○酸性化に対する水産生物の反応や適応に関する網羅的な評価、○酸性化とほかの気候変動(温暖化、水位上昇)との相互作用影響の評価、○酸性化が及ぼす影響の解明、○酸性化のメカニズムの解明、○酸性化防止手法の開発、○長期の連続観測が可能なセンサーの開発、○水中二酸化炭素検出技術(非接触で広範囲を可視化できるものが望ましい)、○現実的な海洋酸性化(濃度・速度)を再現できる海洋生物の飼育・評価システムの確立、○海洋酸性化を予測できる海洋生態系モデルの開発、○漁業資源に対する生物多様性の影響評価+漁業が生物多様性に及ぼす影響評価</p>
<p>68 気候変動による食料生産への影響の予測技術</p> <p>○オゾンや黒色炭素などの短寿命気候影響汚染物質の観測と解析、○食糧自給率の向上への取り組み、○世界の土地利用、水利用、農業生産等の基礎情報の収集とデータベース化の技術が必要、○気候変動による主要作物収量への影響評価の技術、○IT を含む高度コンピュータ解析技術、○気候変動は何かその内容を明確にする技術、○気候変動のメカニズムの解析技術、○リモートセンシングによる農作物の収穫量予測技術の開発、○リモートセンシング可能な低コストかつ低打ち上げコストである小型人工衛星の開発、○地下水・深層水利用技術、○熱交換技術、○陸水循環システムの変革、○水資源と食</p>

糧生産のダイナミクスモデルの開発、○より精細な気候モデルの構築、○農業分野の品種改良などの適応策、○よりフェアな資源分配のための社会基盤整備、○衛星リモートセンシング観測、○領域気象モデルの発展、○収穫量予測モデルの発展、○温暖化に伴う海洋生物の分布に関する研究、○温暖化に伴う海洋生態系の構造と機能の変化に関する研究、○季節予測(猛暑か冷夏か等)の精度向上、○農業観測のデータサーベイランスシステムの確立、○できるだけ多くの品種について気候応答特性を把握する、○塩害や土壌劣化の影響を取り込んだ作物生育モデルの開発、○精度の高い将来気候予測情報の提供、○気候変動予測モデル、○作物遺伝子組換え技術、○生態系動態モデル

69 局所的ゲリラ豪雨等を100mメッシュで予測する技術

○狭帯域レーダーの開発、フェーズドアレイレーダーの開発等豪雨検地システムの開発、○測定結果に基づく予測シミュレーション技術の開発、○上記システムを構成するレーダー素子材料、フィルター材料等の材料技術、○観測ネットワークの構築、○データ同化技術の開発、○数値予報モデルの精密化、○局所気候を決定づける要因のモニタリング技術、○局所気候を瞬時に予測する解析技術、○局所的ゲリラ豪雨の防止技術、○小型気象観測装置の開発と多数配置、○多数の拠点データを元にした気象予測技術、○大規模な気象データの搬送・取り込み技術、○高速コンピュータの開発、○高度な専門知識と技術を持つ専門家の育成、○計算機資源の拡充とより高速なコンピュータの開発、○レーダーをはじめとする観測技術の高度化

70 大気大循環と海洋大循環を組み合わせた温暖化の定量的モデルの確立

○大型計算機計算能力の向上、○大気及び海洋観測データの精度向上とモニター技術の向上、○データ同化技術の向上、○海洋、大気それぞれのモニタリング体制の強化(経済的に持続可能でできるだけ高密度高頻度モニタリングができる方法、体制)、○超大型計算の効率的実施のための計算技術(ソフトウェア)、○超高速計算機(スーパーコンピュータ)、○炭素等温暖化物質の物質循環過程の解明(地下を含む)、○微生物を含む各圏の生態系とそれによる温暖化関連物質循環の解明、○極域海洋科学の中でも、海氷と海洋の相互作用、特に微細構造の解明とモデル化、○大気プロセスの中でも、雲形成など1キロメートル以下のスケールを持つ現象で、海洋との相互作用が重要なものの解明とモデル化、○複数のシナリオで長期計算が可能なスーパーコンピュータ、○モデルの結果を検証する観測データ、○大気海洋系の結合モデリングの進化

71 塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術の開発

○大型計算機計算能力の向上、○大気及び海洋観測データの精度向上とモニター技術の向上、○データ同化技術の向上、○海洋、大気それぞれのモニタリング体制の強化(経済的に持続可能でできるだけ高密度高頻度モニタリングができる方法、体制)、○超大型計算の効率的実施のための計算技術(ソフトウェア)、○超高速計算機(スーパーコンピュータ)、○炭素等温暖化物質の物質循環過程の解明(地下を含む)、○微生物を含む各圏の生態系とそれによる温暖化関連物質循環の解明、○極域海洋科学の中でも、海氷と海洋の相互作用、特に微細構造の解明とモデル化、○大気プロセスの中でも、雲形成など1キロメートル以下のスケールを持つ現象で、海洋との相互作用が重要なものの解明とモデル化、○複数のシナリオで長期計算が可能なスーパーコンピュータ、○モデルの結果を検証する観測データ、○大気海洋系の結合モデリングの進化、○地域ごとに異なる塩害発生要因の解明と動態シミュレーション

72 環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術

○既存技術(脱硫、脱硝、脱塵)の適切な活用、○帯電・集じん技術、○再生または抽出技術、○活性炭あるいはモレキュラーシーブによる吸着除去、○高温における物質の移動現象、○排ガス発生時の反応機構

73 アオコ、赤潮を引き起こす藻類の発生を抑制する細菌、捕食する微小動物の利用技術

○殺藻細菌など有用微生物の存在量を決定する環境要因の評価、○有用微生物の機能を発揮させるための生態系管理の検討、○微小動物の分子機能を解明し、生体機能を制御する技術、○藻類の発生を抑制する細菌のスクリーニングと機能解析により抑制機構の解明とその知見の工学的応用、○微小動物と細菌の種間相互作用を明らかにし、微小動物もしくは細菌の浄化機能の活性をモニターする技術、○水域の微小生物同定のための遺伝子解析などを進める、○赤潮を発生させる植物プランクトンを抑制する殺藻細菌の単離・大量培養技術、○赤潮プランクトンを有効利用し付加価値の高いものへと変換可能な生物の同定技術、○環境中で活用できる有用生物の単離、○上記微生物の制御技術の確立、○漁業や物質生産などの周辺領域の技術との協調による価値向上も含めた、低コスト化、○微小動物の培養技術の確立、○赤潮の発生予測技術の確立、○微小動物の動態の解明

74 水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術

○膨大な量存在する汚染土壌からの効果的な放射性セシウムの分離技術、○予算、○人員の確保、○水・土壌中の放射性核種の挙動解明可能な分析技術(大型放射光施設に依らない高度分析技術など)、○高感度、リアルタイムの放射線モニタリングシステム(例えば現行のガンマ線カメラのように、リアルタイムで可視化できる技術)、○地層処分確立(除染後の行き先の確保と、その時の貯蔵形態の確定)、○常時モニタリング、○放射性物質の土壌、水における形態解析技術、○放射性物質の高度吸着技術、○放射性物質の最終処分技術の開発、○様々な種類の土壌における放射性核種・非放射性核種の選択性の調査、モデル化、○除去した放射性物質を安全に保管する場所の確保、○放射性物質を効率よく吸着できる新規材料の開発、○放射線汚染されたゴミが多く排出されないために、吸着剤として単位重量あたりの体積が小さい必要がある、○回収した放射性物質の保管、無害化技術の開発、○放射性物質を選択的に非常に高い能力で吸着する材料、○セシウムの形態を考慮した洗浄技術の効率化、○濃縮技術と保管技術、○保管のための市民とのリスクコミュニケーション、○研究予算の継続的な配分、○福島などの現地へのアクセス、○長期的な人材育成、○圧縮、固化技術、○搬送技術、○吸着後の処理技術の開発、○有用機能をもつ微生物資源の収集、○低レベル放射性廃棄物(これまでの除染で出た土壌など)をハイスループットに処理していく設備の整備・作業フローの確立、○メカニズムとしての常温核変換の検証、○実規模の装置開発、○より低温で

<p>の土壌粒子に吸着した放射性物質の脱離、○ケミカルフリーな除去技術、○生態系内での放射性物質の動態予測、○放射性物質の化学的特性を有効に利用する技術開発、○高性能な吸着剤の開発、○新しい抽出方法の開発、○安価な汎用性物質(捕集材料)と安定同位体を含む除染対象物質を用いた予備的な回収試験の加速、○放射性物質の分離技術、○汚染している福島県をきれいにしようという財政と政治力、○水溶液中から放射性物質を除去する膜浸透方法の開発、○除染した物質の処理・減容化技術、○低線量被曝の疫学的評価の確立、○現場における簡易な放射性物質のモニタリング技術、○国民のエネルギーを選択するためにも重要な科学技術である、○特に低線量・低線量率放射線の生物・人体影響の研究は重要である、○汚泥、汚染土壌を可能な限り減容化する特殊粉碎や洗浄、低環境負荷な薬剤を用いたリーチング技術の開発、○水酸化第二鉄を始めとする種々の水酸化物、複合水酸化物に対する放射性物質の収着機構の系統的解明、○吸着剤、○セシウム、○濃縮、○放射線グラフト重合技術、○放射性壊変を起こさない安定同位体を用いた分離に関する基礎研究</p>
<p>75 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物の迅速かつ正確な検知システム</p>
<p>○予算配分、○中性子およびガンマ線検知システムの小型化、○テラヘルツ、赤外における高速、高精度センシング技術、○検出技術の開発、○非常に微量でかつ離れた位置からの物質検出技術、○従来の発想を超える検出技術、○極微量の非接触遠隔モニタリングシステム、○時間的連続性のある位置情報検知システム、○極微量の影響度予測システム、○微量成分の迅速分析技術の確立、○分析装置の導入コスト削減、○捜査犬の育成(アレルギーに注意)、○公共施設内の検知方法の確立(臭い、放射線、画像解析)、○病原微生物(血液検査など)に関しては、検知システム(捜査犬含む)による2次的被害に気を付けてください、○高感度・高選択化学センサー、バイオセンサー素子の開発、○センサーからの信号処理技術、○爆薬や麻薬などの高感度検出分析技術、○クロスコンタミネーション抑制技術</p>
<p>76 外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術の確立</p>
<p>○外来種の早期発見を可能にする観測網の整備、○外来種の効果的な排除技術の開発、○社会影響までふくめた総合的な侵略リスクの評価手法の開発、○外来種の分布、生態、その他の生物学的データの蓄積、○上記の生物学的知見を用いた効率的な駆除手法、およびその効果の定量的評価、○生態学者が倫理学、政治学、社会学によりつよくコミットする、生態学的な妥当性を尊重しつつ、保全に関する社会的合意を形成できる専門家育成、○DNA バーコード技術、○必要なモニタリングデータ取得に資金をかける、○外来種の分布と遺伝子浸透の実態を把握、○在来種と外来種間での雑種形成機構の解明、○外来種の移動拡散を解析し予測する技術の開発(分布予測可能生や侵入リスクのマップ作成など)は可能である。しかしその予測をいかに実行するかが重要である</p>
<p>77 森林に対する越境大気汚染等の影響評価技術の確立</p>
<p>○高精度な各種の汚染物質の濃度測定器、○典型的な森林への乾性沈着量の測定、○全国的な森林への沈着量の見積もり、○越境大気汚染の把握、○量子ビーム等計測技術、○森林学との連携技術、○越境大気汚染と国内の大気汚染の寄与とを分けて予測評価する環境動態予測シミュレーション技術、○大気汚染による森林の悪影響の評価技術、○越境汚染と汚染沈着に関する実態把握のための計測精緻化、○上記観測結果をもとに、現状把握・将来予測するための大気化学輸送モデルの検証と精緻化、○上記沈着への応答を調べるための植物生理・生物地球化学、生態学的な観測とモデル化、○大気汚染物質計測手法の開発実用化、○森林に対する影響評価手法の開発実用化、○越境大気汚染の評価手法の開発実用化、○モニタリング、○大気循環の局地的な詳細シミュレーション、○越境大気汚染の寄与率を確実に推定する方法の確立、○汚染物質の森林に対する影響評価方法の確立、○施肥効果など交絡因子の区別</p>
<p>78 物質フロー、エネルギーフロー、リスク評価に基づくスマート都市システム設計手法</p>
<p>○バイオメテイクス、○情報学、○ナノ工学、○資源フロー、エネルギーフロー、都市機能、都市の価値などの定量化によるスマート都市評価技術の構築、○資源フロー、エネルギーフローのリアルタイム・モニタリング技術、およびそれらデータのビッグデータ解析技術の開発、○NON-Energy Benefit に関する計算手法の社会的コンセンサス、○業界ごとの縦割りのフローから、産業間を横断するフローの構築、○世界標準の指標の検討</p>
<p>79 携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム</p>
<p>○リモートモニタリング技術、○ビッグデータ処理、リアルタイム処理技術、○各種センシング技術、センシングデバイス技術、○一般からの情報の収集と、その信頼性を確保する技術、○継続的な環境モニタリングに対しての社会的理解を基盤とした長期的視点に基づく衛星計画、○民間航空機や無人機などを活用した上空からのユビキタスモニタリングシステムの構築、○携帯端末やリモートセンシングで取得される光学的データを科学的に役立てるための植物や生態系、その基礎となる放射環境や土壌環境の科学的理解の進展、○航空観測技術(観測手法、分析手法)の飛躍的精度向上、○大容量データの統一集積、分析システム、○衛星よりのセンサーデータと植生分布との関連を繋げる技術、○小型人工衛星の開発と運用技術の普及、○小型人工衛星の準天頂型衛星としての運用、○継続的な衛星リモートセンシング観測、○情報処理技術、○リモートセンシング等の広域波長域の安価な利用技術、○レーザー測量機器等による森林等植生の立体構造の簡易な測定技術、○現場における微気候等の安価で簡易モニタリングシステムの確立、○IT、○ビッグデータ、○リモートセンシング、○オープンソースのGIS・リモートセンシングシステム(特にデータベースの処理や管理)の高度化、○携帯情報端末利用者へのモニタリング技術や適切なアプリ・ソフト・ゲームの普及、生態系調査技術者へのITリテラシー教育、○生態系機能そのものの研究の進展、計測</p>

技術の向上
80 身近な生態系の変化を指標とした環境生態インパクト評価手法の確立
○インパクトレスポンスの統合的な調査、研究体系、○長期的な取り組みを評価する研究評価体系、○DNA バーコード、○メタゲノム解析、○環境ビッグデータの収集および解析、○継続的な環境モニタリング
81 生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術
○空間情報にもとづく防災減災機能の評価技術、○空間情報にもとづく生態系サービスの評価技術、○行政における部局間連携を促進するための仕組みづくり、○生態系機能を解明し、その基礎的知見を利用した生態系構成生物の制御技術、○気候変動と災害の緩和がどの程度達成できるのかを評価する技術、○気候変動や気候変動による災害に適応していく技術、○生態地盤学の展開
82 生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立するインフラストラクチャー整備技術
○湧水と水循環の関連、○湧水と水生生物の関係、○グリーンインフラの推進、○地下水を含めた水循環のモデル化、○水環境の連続性と生物生息環境の関係の把握
83 絶滅危惧種について遺伝的多様性を保存し再生する技術
○生態学者と分子生物学者の更なる協力、○遺伝的多様性地図の作製、○シードバンクの創設・種子繁殖法の確立、○標本から全ゲノムを解読する技術の確立
84 農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)の開発
○新しい物質生産に寄与する藻類利用や、循環利源利用技術の実現化、○日本型の持続可能な大規模農業・生産技術(今ある農地の保全)、○生物多様性の価値を的確に判断する評価技術の実用化、○モニタリング、○環境負荷を評価するための環境評価手法の開発および信頼性の向上、○都道府県および市町村における専門家の育成
85 湿地における生態系および生物多様性の再生技術
○樹木の湛水環境での適応機構の解明、○樹木の湛水環境下での造林技術の開発
86 ヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための技術
《特になし》
87 乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術
○遺伝子組換えを用いずに、高乾燥ストレス耐性を有する植物の研究開発、○半乾燥地における植物生産と放牧等の経済活動のバランスシステム、○河川流路の変更や地下水くみ上げによる環境負荷への影響評価、○共生菌による植物乾燥耐性の向上メカニズムの解明と活用技術、○土壌改良、○堆肥、○水分、○人工的簡易土壌の開発
88 森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステム
○環境モニタリング技術(センシング技術を含む)、○環境シミュレーション技術の高度化、○森林地域へのアクセスを良くする、○森林保全技術の発展、○林業の再生、○都市のローカル大気汚染と越境大気汚染の解明、○情報学、○フェノミクス、○バイオテクノロジー、○両者共存のベネフィット分析、○両者共存の長期維持管理計画作成手法、○両者相互の影響度評価、○インフラ劣化予測技術、○環境影響評価予測技術、○未来志向の都市社会における合意形成技術、○都市社会の生態学的研究(アンケート等、既存の社会調査等ではない客観的な社会調査手法の確立)、○生物、社会インフラ等のモニタリング技術
89 エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立
○リスクコミュニケーション、○合意形成、○消費者行動、○産地産消エネルギーの開発(シェールガス・低レベル石炭)、○一次エネルギーを必要としない(少ない量)システム(燃料電池)の低コスト化、○安全性評価、○人材育成、特に、ファシリテータの育成、○モニタリング技術、○技術ではなく、社会合意の問題(合意形成のテクニックを技術と呼んでよいのであればそれが該当)、○日本国の主要エネルギーに対し、資源国での資源生産から国際輸送システムにおける各種リスクと双方向コミュニケーション内容の、特定と評価、○日本国の主要エネルギーに対し、資源国での資源生産から国際輸送システムにおける各種リスクに関する相方向コミュニケーションの目的と範囲の、特定、○日本国の主要エネルギーに対し、資源国での資源生産から国際輸送システムと国内利用システムに亘り、極力想定外の無いリスクの緩和コンセンサス項目の、評価と特定、○日頃からの近隣住民との対話と信頼関係の構築、○適切かつ論理的なリスクアセスメント、○簡易な ICT、○技術のリスクについて議論できる環境の整備と人々の議論に対する意識の向上
90 化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定
○ナノ粒子の細胞毒性確認、○ナノ粒子を用いた動物実験、○研究資金、○国際標準化手法の確立、○国内外研究者の協力、○ナノの測定技術、○ナノの毒性評価手法開発、○ナノの除去、無毒化技術、○安全基準、○ナノ粒子、○粉碎技術
91 人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術

○法的規制の徹底と罰則の強化、○社会的合意形成プロセスも含めたリスク管理に対する新たな考え方の導入、○生態系への影響評価手法の高度化、○多様な長期毒性、継世代毒性の評価手法の高度化、○物質特性の評価、予測技術、○有害性をコストパフォーマンス良好に試験評価する技術、○革新的有害物質削減技術、○難分解・高蓄積性物質を短時間、低コストで効率的に評価(実測技術)する技術、○難分解・高蓄積性物質、高毒性物質を計算により予測評価する技術、○環境中で化学物質がどの媒体にどのように残留するか予測・評価する技術、○化学分析と併用できる生物によるリスク解析技術の開発、○有害化学物質の検出・同定技術の開発、○有害化学物質の作用機序を明らかにした上での低減化技術の開発、○毒性試験、有害試験方法の迅速な評価試験法の確立、○農薬の使用に係るリスク&ベネフィット分析技術の開発、○小中高校における農薬に関連した理解度の向上、○低濃度有害化学物質(VOC等)に対してはプラズマ・触媒複合技術、○低温高活性触媒:金ナノ粒子を担持した春田触媒など(去年度ノーベル賞候補)

92 低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立

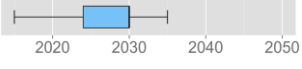
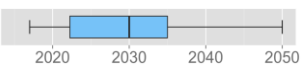

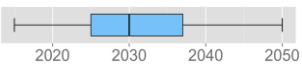
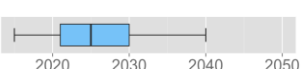
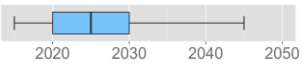
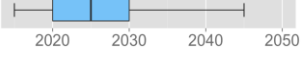
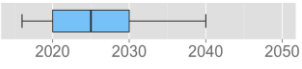
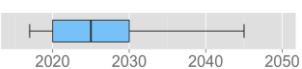

○多面的な放射線測定技術、○放射線影響医学データの蓄積と解析(データ処理技術)、○放射線影響を評価する遺伝子解析技術、○調査しにくい。予算も少なく調査可能範囲も実際限定され国のサポートも無いに等しい。少なくとも調査に前向きではない、○医学的視点に立った経年影響度の知見(含む、年齢、性別による影響)、○時系列的な大気伝搬・拡散の解析、○低線量放射線程度の遮蔽や漏洩防止する技術、○統一見解が見出せる生物学的と物理・化学的な手法の開発、○測定データの公開、○エビデンスに基づいたガイドラインの策定、○低線量放射線が生体に及ぼす影響評価、○被ばく者の疫学調査と生物影響研究による低線量放射線被ばくの発がん及び非がんリスクの定量化技術、○小中学校における放射線と被ばくリスクに関する初等・中等教育の実施、○放射線生物・疫学研究者と心療内科医師の協同による低線量放射線リスク講演会の継続的な実施、○手法はあるので、それを確立できるかどうかである

93 開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術

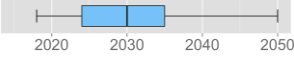
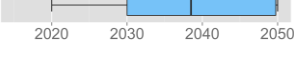
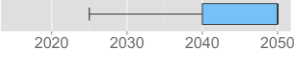
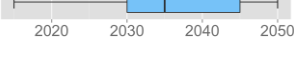

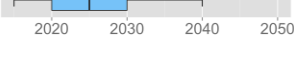
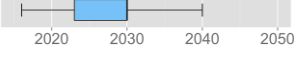

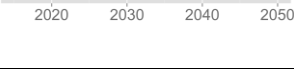
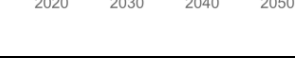
○数理モデリング技術とデータ同化、○数理的最適意思決定、○タグチメソッドのようなロバストパラメータ設計

5. 7. 集計結果一覧

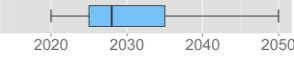
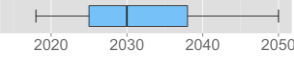
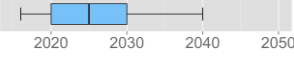
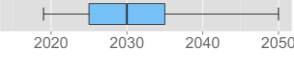

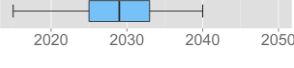
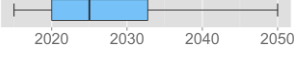
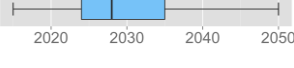


細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)				年	技術的実現 実現年幅	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性			倫理性
エネルギー生産	1	太陽熱等を利用した水素製造技術	224	14	24	62	3.20	2.79	2.60	2.51	2.06	2025	
	2	微生物発酵による水分解等を利用した水素製造技術	123	7	23	71	2.76	2.61	2.71	2.61	2.19	2025	
	3	バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション	227	20	30	50	3.25	2.71	2.47	2.38	2.20	2024	
	4	ナトリウム、マグネシウムを用いたエネルギー技術	110	7	24	69	2.84	2.79	2.73	2.74	2.02	2025	
	5	褐炭などの低品位化石燃料を利用するCO ₂ 回収型ガス化複合発電	146	7	27	66	3.28	3.04	2.24	2.15	2.11	2022	
	6	効率46%(HHV基準)を実現する720°C級超臨界圧火力発電	100	9	29	62	3.36	3.26	2.41	2.19	2.05	2022	
	7	大規模で高効率のガスタービン(入口温度1700°C以上)による大型複合サイクル発電	129	11	26	64	3.43	3.22	2.26	2.15	1.97	2021	
	8	全国の温泉地で地熱を利用した発電が普及する	206	7	19	74	2.79	2.84	2.35	2.11	2.29	2022	
	9	バイナリー発電やヒートポンプなどによる1MWクラスの中低温地熱資源利用技術	117	8	28	64	2.91	2.93	2.30	2.19	2.17	2022	
	10	10MW級洋上浮体式風力発電	157	8	18	74	3.07	2.61	2.49	2.26	2.36	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
8.9	6.7	16.1	30.9	25.8	22.1	5.1	2030		12.9	15.6	12.7	22.1	19.2	41.3	4.7	
19.5	17.1	18.0	31.5	22.5	19.8	8.1	2030		24.4	27.6	10.0	25.5	14.5	40.9	9.1	
4.8	8.8	16.0	35.7	23.5	19.7	5.2	2025		6.2	14.5	12.1	19.5	18.1	41.9	8.4	
17.3	20	21.4	29.1	22.3	15.5	11.7	2030		18.2	26.4	10.6	23.1	20.2	34.6	11.5	
4.8	8.2	15.2	44.9	14.5	22.5	2.9	2025		4.1	14.4	9.3	30.0	18.6	38.6	3.6	
2.0	9.0	12.4	52.6	18.6	14.4	2.1	2025		3.0	10.0	7.3	39.6	15.6	34.4	3.1	
2.3	7.0	13.5	56.3	15.1	14.3	0.8	2025		1.6	8.5	6.3	48.4	11.9	31.0	2.4	
10.2	4.9	4.1	19.6	13.9	56.7	5.7	2025		16.5	9.7	5.1	12.1	13.6	61.6	7.6	
4.3	8.5	9.2	34.9	18.3	33.0	4.6	2025		5.1	14.5	6.4	24.5	17.3	48.2	3.6	
7.6	10.2	10.0	38.7	14.0	30.7	6.7	2025		11.5	15.3	7.3	25.8	16.6	43.0	7.3	

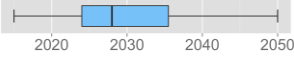
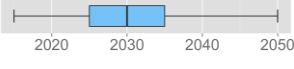
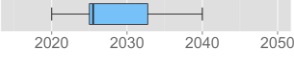
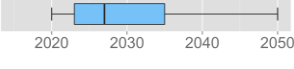
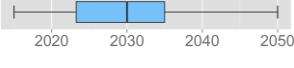
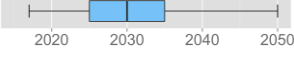
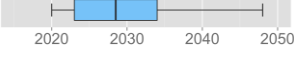


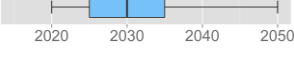
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
エネルギー生産	11	メガワットクラス以上の出力を有する波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等の海洋エネルギー資源利用発電技術	124	8	20	72	2.76	2.61	2.70	2.45	2.17	2024	
	12	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	167	4	18	78	2.56	2.56	3.29	3.00	2.64	2030	
	13	核融合発電	195	25	23	52	3.24	3.12	3.19	3.09	2.80	2040	
	14	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	160	14	34	53	3.11	2.94	2.89	2.64	3.19	2030	
	15	濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	111	11	31	59	2.98	2.85	2.68	2.39	3.15	2030	
エネルギー消費	16	家庭用燃料電池システムが新築住宅の 10%以上で採用される	139	9	35	56	2.98	3.05	2.24	2.22	2.04	2025	
	17	燃料電池車が新車販売の 10%以上になる	137	10	37	53	3.08	3.29	2.68	2.56	2.05	2025	
	18	200°Cを越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ	40	10	43	48	3.00	3.16	2.60	2.50	2.05	2022	
	19	民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP≧12、給湯用 COP≧8)	49	10	37	53	3.22	3.33	2.49	2.45	2.08	2025	
	20	新規建築の 30%以上に普及可能な汎用型 BEMS、HEMS システム	68	16	32	51	3.09	2.89	2.10	2.08	2.16	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
10.5	16.1	9.4	41.9	16.2	25.6	6.8	2030		16.9	22.6	6.8	29.9	16.2	39.3	7.7	
37.1	15.0	15.4	34.2	22.1	17.4	10.7	2038		44.3	22.2	10.2	25.2	24.5	25.2	15.0	
21.0	15.4	28.3	25.5	26.6	12.5	7.1	2050		30.3	18.5	18.6	27.1	26.0	19.8	8.5	
25.6	10.6	17.1	22.6	20.5	32.2	7.5	2035		31.9	20.0	10.6	15.6	19.1	44.7	9.9	
23.4	13.5	16.5	29.1	18.4	29.1	6.8	2030		27.9	20.7	10.0	17.0	15.0	48.0	10.0	
9.4	4.3	4.7	25.2	18.9	46.5	4.7	2025		15.1	7.9	3.0	21.2	15.2	56.8	3.8	
11.7	8.8	4.8	31.5	16.9	44.4	2.4	2030		19.7	13.1	3.8	14.5	9.9	68.7	3.1	
2.5	17.5	16.2	40.5	27.0	10.8	5.4	2025		2.5	17.5	5.6	36.1	13.9	33.3	11.1	
6.1	10.2	13.6	54.5	13.6	15.9	2.3	2030		10.2	16.3	6.7	37.8	20.0	31.1	4.4	
2.9	2.9	3.1	30.8	21.5	43.1	1.5	2025		4.4	7.4	3.0	19.4	14.9	58.2	4.5	

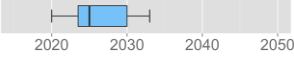
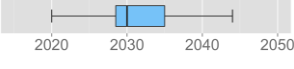

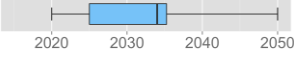

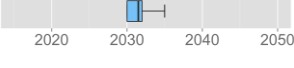
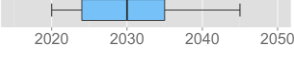



細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)				技術的実現		
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
エネルギー消費	21	小都市(人口 10 万人未満)における100%再生エネルギーのスマートシティ化を実現する、簡易版スマートグリッド制御システム	91	11	23	66	3.09	2.85	2.70	2.56	2.21	2025	
	22	小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足、完全資源循環のクローズドサイクル化の実現(燃料電池、バイガス、自然エネルギー、雨水などを統合)	90	9	23	68	3.03	2.70	2.80	2.66	2.20	2025	
	23	自動車に搭載されている蓄電池や燃料電池を用い、家庭や需要家等への給電・配電制御を可能とするシステム	112	8	27	65	2.89	3.05	2.21	2.20	1.90	2020	
	24	エネルギー効率が50%の自動車エンジン	75	25	29	45	3.43	3.26	2.81	2.60	1.84	2025	
	25	現在、世界の全エネルギー消費の10%を占めるハーバー・ボッシュ法に代わる、エネルギー消費の少ないアンモニア製造法	55	13	20	67	3.18	2.84	2.86	2.94	2.02	2025	
エネルギー流通・変換・貯蔵・輸送	26	1000kV 級の直流送電システム	68	24	28	49	3.07	2.98	2.37	2.44	2.34	2024	
	27	現在の275kV CVケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル)と同等の容量をもつ66-77kV超電導送電ケーブル	49	12	24	63	2.92	3.04	2.46	2.50	2.00	2025	
	28	自動車の走行中の非接触充電技術	91	8	20	73	3.01	3.05	2.56	2.52	2.20	2023	
	29	新規の水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量10重量%以上、放出温度100°C程度)	107	11	37	51	3.32	3.05	2.88	2.86	2.08	2025	
	30	燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000箇所)	133	8	35	56	3.30	3.05	2.46	2.41	2.48	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
16.5	13.2	4.7	36.0	19.8	34.9	4.7	2028		27.5	19.8	3.4	19.3	19.3	50.0	8.0	
21.1	12.2	11.9	28.6	19.0	34.5	6.0	2030		27.8	24.4	3.6	13.3	24.1	49.4	9.6	
6.2	2.7	2.0	25.7	17.8	49.5	5.0	2025		8.9	8.9	0.9	13.1	15.0	61.7	9.3	
18.7	8.0	27.5	43.5	18.8	5.8	4.3	2030		18.7	8.0	20.6	44.1	20.6	11.8	2.9	
5.5	14.5	32.0	38.0	18.0	8.0	4.0	2030		7.3	23.6	10.2	49.0	22.4	16.3	2.0	
2.9	10.3	7.5	34.3	31.3	19.4	7.5	2029		11.8	14.7	6.2	25.0	31.2	28.1	9.4	
10.2	12.2	14.6	50.0	12.5	20.8	2.1	2025		18.4	12.2	8.5	36.2	21.3	29.8	4.3	
11.0	13.2	8.3	31	16.7	40.5	3.6	2028		13.2	19.8	7.3	19.5	13.4	54.9	4.9	
10.3	16.8	26.0	33.3	17.7	21.9	1.0	2030		12.1	19.6	10.3	30.9	22.7	32.0	4.1	
6.8	7.5	1.6	33.6	16.4	45.1	3.3	2028		10.5	8.3	5.0	24.8	16.5	52.1	1.7	

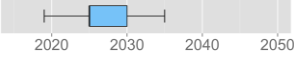
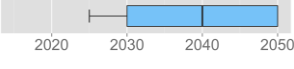
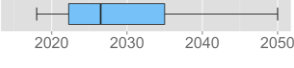
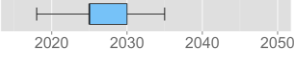
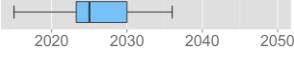
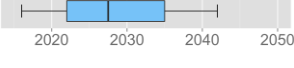
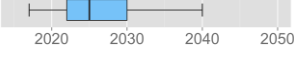
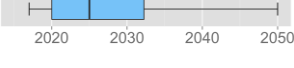


細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
エネルギー 流通・変換・貯蔵・輸送	31	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム	57	4	25	72	2.54	2.52	2.61	2.35	1.83	2025	
	32	1MW、50kWh 級電力貯蔵用超電導フライホイール	61	5	33	62	2.73	2.74	2.47	2.35	1.85	2024	
	33	数 kWh ないし数十 kWh 規模の電力安定度向上用の超電導磁気エネルギー貯蔵システム	54	13	30	57	2.80	2.79	2.58	2.59	1.91	2024	
	34	木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための森林生産システムの構築	69	14	32	54	3.03	2.36	2.58	2.43	2.40	2025	
	35	バイオテクノロジーを用いた GTL(Gas To Liquid)技術	60	7	28	65	2.88	2.52	2.83	2.56	2.30	2025	
	36	MW 規模の系統連系安定化用長寿命二次電池(サイクル寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)	68	18	37	46	3.35	3.03	2.78	2.65	1.94	2025	
資源	37	IT, 衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術	38	11	26	63	3.32	2.78	2.31	2.17	2.17	2025	
	38	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	37	8	35	57	3.72	3.08	2.89	2.70	2.46	2025	
	39	環境汚染のないシェールガス採掘技術	69	4	13	83	3.33	2.29	2.75	2.63	2.69	2025	
	40	チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術	26	8	19	73	3.27	3.16	2.73	2.65	1.89	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
19.3	15.8	20.0	30.0	22.0	22.0	6.0	2028		24.6	24.6	6.2	29.2	16.7	41.7	6.2	
16.4	14.8	8.6	48.3	22.4	19.0	1.7	2030		26.2	24.6	7.1	39.3	19.6	28.6	5.4	
14.8	14.8	13.7	45.1	21.6	15.7	3.9	2025		24.1	22.2	7.8	35.3	15.7	33.3	7.8	
11.6	15.9	15.9	14.3	19.0	42.9	7.9	2027		14.5	17.4	6.3	15.9	25.4	44.4	7.9	
18.3	10.0	21.8	36.4	14.5	20.0	7.3	2030		25.0	21.7	9.4	30.2	24.5	26.4	9.4	
5.9	5.9	18.8	50.0	18.8	9.4	3.1	2030		8.8	10.3	8.2	45.9	14.8	26.2	4.9	
2.6	7.9	25	27.8	30.6	11.1	5.6	2028		5.3	10.5	20.6	32.4	29.4	11.8	5.9	
2.7	8.1	14.3	45.7	25.7	14.3	0.0	2030		5.4	5.4	17.1	42.9	20.0	20.0	0.0	
10.1	13.0	16.4	28.4	34.3	16.4	4.5	2028		17.4	21.7	10.9	26.6	26.6	29.7	6.2	
3.8	15.4	26.9	46.2	19.2	7.7	0.0	2030		3.8	15.4	15.4	57.7	15.4	11.5	0.0	

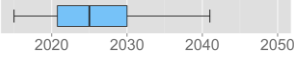
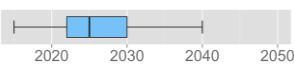
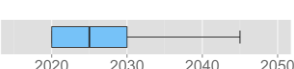
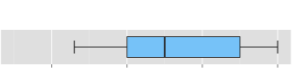

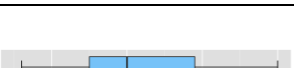
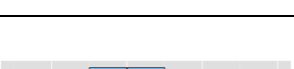
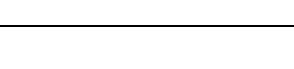
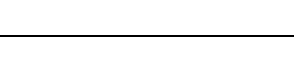
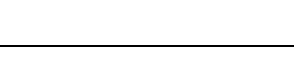
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)				年	技術的実現 実現年幅	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性			倫理性
資源	41	銅鉱山におけるヒ素処理保存技術	32	13	31	56	3.38	3.14	2.33	2.33	2.53	2025	
	42	メタンハイドレート採掘利用技術	66	3	20	77	3.35	3.14	2.83	2.83	2.45	2025	
	43	海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術	53	13	30	57	3.15	3.04	2.63	2.69	2.42	2026	
	44	深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする超深度掘削技術	25	12	36	52	3.12	2.64	3.17	2.84	2.12	2030	
	45	熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術	33	15	24	61	3.36	2.77	2.85	2.73	2.42	2030	
リユース・リサイクル	46	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	24	0	25	75	2.87	2.25	2.61	2.42	1.71	2026	
	47	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術	54	26	11	63	3.41	3.23	2.42	2.42	2.15	2025	
	48	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	62	26	18	56	3.39	3.19	2.36	2.20	2.10	2022	
	49	多くのレアメタルの必要資源量の 50%以上が都市鉱山から供給される	57	28	14	58	3.23	3.09	2.47	2.46	2.14	2025	
	50	各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成の実現	49	27	22	51	3.21	2.79	2.85	2.64	2.40	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
3.1	3.1	25.8	45.2	22.6	6.5	0.0	2025		3.1	3.1	6.5	38.7	25.8	29.0	0.0	
12.1	13.6	11.5	50.8	23.0	13.1	1.6	2030		13.6	16.7	9.8	32.8	23.0	32.8	1.6	
7.5	7.5	24.0	46.0	12.0	12.0	6.0	2035		9.4	18.9	8.3	33.3	14.6	35.4	8.3	
0.0	32.0	8.3	50.0	29.2	8.3	4.2	2034		8.0	28.0	13.0	47.8	13.0	26.1	0.0	
6.1	18.2	12.5	53.1	18.8	12.5	3.1	2035		6.1	18.2	3.2	48.4	25.8	19.4	3.2	
20.8	25.0	30.4	13.0	34.8	21.7	0.0	2031		25	33.3	13.0	26.1	34.8	26.1	0.0	
1.9	13.0	13.7	31.4	25.5	27.5	2.0	2030		5.6	20.4	9.8	25.5	19.6	43.1	2.0	
3.2	9.7	15.5	37.9	17.2	29.3	0.0	2026		8.1	9.7	8.8	24.6	21.1	40.4	5.3	
5.3	17.5	15.4	36.5	15.4	30.8	1.9	2030		12.3	21.1	7.7	19.2	21.2	46.2	5.8	
4.1	16.3	15.6	31.1	31.1	22.2	0.0	2031		12.2	20.4	18.2	27.3	25.0	27.3	2.3	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
リユース・リサイクル	51	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術	54	17	22	61	3.32	2.96	2.30	2.02	2.08	2020	
	52	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	40	15	18	68	3.28	2.86	3.13	2.85	2.82	2030	
水	53	衛星観測と地上観測の効果的な統合により、全国の地下水マップの一般化	71	15	24	61	3.13	2.80	2.82	2.38	2.22	2025	
	54	水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術	54	6	31	63	3.11	2.76	2.57	2.30	2.08	2025	
	55	都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	65	15	37	48	3.46	3.10	2.44	2.20	2.60	2025	
	56	雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、情報提供技術(半年、3ヶ月、1週間等)	52	10	33	58	2.92	2.58	2.42	2.24	2.02	2025	
	57	上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術	57	12	46	42	3.40	3.02	2.26	2.24	2.54	2020	
	58	抗生物質成分を除去する下水処理技術	41	15	37	49	2.85	2.70	2.22	2.13	2.53	2024	
	59	エネルギー・資源を回収する下水処理技術	71	15	27	58	3.34	2.97	2.43	2.32	2.16	2025	
	60	エネルギー効率を50%以上向上した逆浸透膜浄水技術	39	5	31	64	3.24	3.23	2.32	2.14	1.97	2022	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.9	9.3	8.0	36.0	34.0	22.0	0.0	2025		1.9	11.1	3.9	37.3	23.5	35.3	0.0	
17.5	20.0	29.7	27.0	24.3	13.5	5.4	2040		22.5	25.0	16.2	32.4	10.8	35.1	5.4	
11.3	12.7	23.2	31.9	26.1	14.5	4.3	2026		11.3	18.3	22.7	25.8	30.3	21.2	0.0	
7.4	11.1	21.6	45.1	13.7	17.6	2.0	2025		11.1	13.0	31.4	39.2	13.7	13.7	2.0	
3.1	6.2	30.2	30.2	22.2	15.9	1.6	2025		3.1	9.2	14.3	25.4	27.0	30.2	3.2	
1.9	17.3	23.5	41.2	9.8	25.5	0.0	2027		3.8	21.2	15.7	35.3	15.7	31.4	2.0	
3.5	1.8	14.8	50.0	20.4	13.0	1.9	2025		3.5	3.5	18.9	34.0	20.8	22.6	3.8	
4.9	7.3	25.6	51.3	17.9	2.6	2.6	2025		9.8	17.1	17.9	33.3	20.5	17.9	10.3	
0.0	5.6	20.0	46.2	15.4	16.9	1.5	2029		0.0	14.1	17.6	29.4	19.1	29.4	4.4	
2.6	10.3	17.1	45.7	22.9	11.4	2.9	2025		5.1	7.7	16.7	44.4	19.4	19.4	0.0	

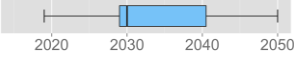
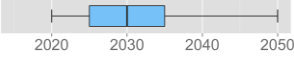

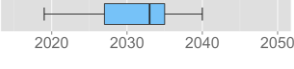
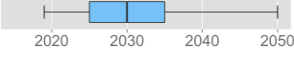

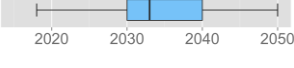


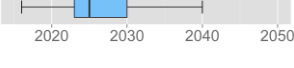
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
水	61	途上国で一般利用できる経済性のある汚染水浄化・再利用技術	74	11	30	59	3.64	3.21	2.33	2.11	2.40	2020	
	62	バラスト水の有効利用	30	3	23	73	2.83	2.93	2.31	2.07	2.28	2022	
	63	BOD、COD、T-N 等に代替して水環境の質を評価できる統合水質指標の確立	57	28	40	32	2.91	2.75	2.46	2.37	2.30	2022	
地球温暖化	64	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	75	8	27	65	3.35	2.73	2.88	2.76	2.23	2030	
	65	温暖化と大気汚染等との組み合わせによる激甚気象災害(異常気象)発生機構の解明	88	19	20	60	3.48	2.89	3.07	2.54	2.27	2025	
	66	トレードオフ、経済性等を考慮した温室効果ガス排出削減対策と選択手法	73	11	36	53	3.48	2.79	2.89	2.54	2.75	2025	
	67	海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響調査技術	54	4	22	74	3.30	2.82	2.83	2.33	2.35	2025	
	68	気候変動による食料生産への影響の予測技術	88	8	23	69	3.65	2.83	2.86	2.37	2.39	2025	
	69	局所的ゲリラ豪雨等を 100m メッシュで予測する技術	85	12	29	59	3.49	3.06	3.01	2.47	2.01	2022	
	70	大気大循環と海洋大循環を組み合わせた温暖化の定量的モデルの確立	86	16	23	60	3.47	3.01	2.97	2.40	2.13	2025	

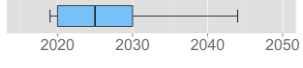
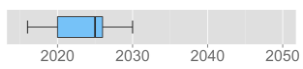
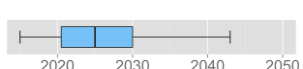
技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	4.1	18.8	34.8	30.4	13.0	2.9	2025		1.4	4.1	7.2	33.3	44.9	11.6	2.9	
6.7	0.0	11.1	29.6	29.6	18.5	11.1	2025		10.0	3.3	12.0	28.0	36.0	16.0	8.0	
7.0	14.0	19.2	26.9	28.8	21.2	3.8	2025		8.8	26.3	13.7	15.7	29.4	33.3	7.8	
9.3	17.3	20.5	32.9	24.7	17.8	4.1	2035		16.0	21.3	12.3	26.0	21.9	30.1	9.6	
6.8	21.6	32.9	28.2	25.9	8.2	4.7	2028		10.2	28.4	29.8	16.7	25.0	23.8	4.8	
4.1	8.2	18.6	24.3	35.7	14.3	7.1	2030		8.2	15.1	12.9	12.9	35.7	34.3	4.3	
5.6	16.7	19.6	37.3	29.4	9.8	3.9	2030		7.4	22.2	12.0	18.0	42.0	22.0	6.0	
3.4	12.5	33.7	24.1	27.7	10.8	3.6	2027		6.8	17.0	18.1	20.5	32.5	25.3	3.6	
5.9	10.6	16.5	48.1	13.9	20.3	1.3	2025		4.7	10.6	13.9	35.4	17.7	30.4	2.5	
3.5	17.4	38.3	28.4	23.5	7.4	2.5	2026		5.8	22.1	18.8	30.0	32.5	16.2	2.5	

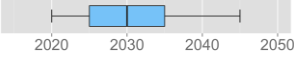
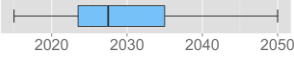
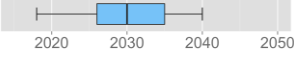
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
環境保全	71	塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術の開発	58	7	21	72	3.16	2.75	2.15	2.17	2.26	2023	
	72	環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術	33	6	39	55	2.94	2.97	2.12	2.18	2.18	2021	
	73	アオコ、赤潮を引き起こす藻類の発生を抑制する細菌、捕食する微小動物の利用技術	50	8	24	68	2.98	2.61	2.71	2.47	2.44	2025	
	74	水・土壌からの放射性物質の確実な除染技術	90	16	29	56	3.57	2.96	2.76	2.65	2.83	2025	
環境解析・予測	75	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	39	15	28	56	3.50	3.03	2.61	2.58	2.73	2020	
	76	外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術の確立	40	5	35	60	3.26	2.62	2.87	2.22	2.68	2025	
	77	森林に対する越境大気汚染等の影響評価技術の確立	50	10	24	66	3.25	2.91	2.62	2.13	2.19	2023	
	78	物質フロー、エネルギーフロー、リスク評価に基づくスマート都市システム設計手法	38	16	26	58	3.16	2.97	2.61	2.46	2.46	2020	
	79	携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム	54	9	30	61	2.94	2.88	2.60	2.35	2.18	2020	
環境創成	80	身近な生態系の変化を指標とした環境生態インパクト評価手法の確立	47	13	36	51	3.17	2.68	2.70	2.13	2.37	2025	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
5.2	13.8	19.2	38.5	21.2	19.2	1.9	2025		6.9	19.0	22.6	30.2	24.5	17.0	5.7	
3.0	6.1	22.6	38.7	16.1	19.4	3.2	2025		3.0	6.1	13.3	30	26.7	23.3	6.7	
10.0	20.0	36.6	39.0	9.8	14.6	0.0	2028		18.0	26	16.7	33.3	23.8	26.2	0.0	
13.3	16.7	27.4	33.3	17.9	16.7	4.8	2029		12.2	18.9	22.4	31.8	22.4	16.5	7.1	
0.0	5.1	28.9	44.7	15.8	10.5	0.0	2030		2.6	10.3	13.9	36.1	22.2	27.8	0.0	
7.5	22.5	18.4	31.6	34.2	15.8	0.0	2030		10.0	27.5	16.2	27.0	29.7	24.3	2.7	
2.0	12	15.6	42.2	33.3	8.9	0.0	2030		2.0	20	15.6	22.2	37.8	24.4	0.0	
2.6	10.5	20.0	31.4	34.3	11.4	2.9	2025		2.6	23.7	11.1	30.6	27.8	27.8	2.8	
1.9	16.7	22.9	41.7	20.8	14.6	0.0	2025		1.9	27.8	12.8	29.8	34.0	21.3	2.1	
2.1	10.6	26.8	34.1	29.3	7.3	2.4	2026		2.1	10.6	19.0	23.8	28.6	21.4	7.1	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
環境創成	81	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術	36	11	33	56	3.42	2.84	2.97	2.58	2.53	2030	
	82	生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立するインフラストラクチャー整備技術	41	15	34	51	3.15	2.83	2.49	2.35	2.37	2025	
	83	絶滅危惧種について遺伝的多様性を保存し再生する技術	31	0	42	58	3.00	2.79	2.45	2.42	2.68	2025	
	84	農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)の開発	35	14	29	57	2.94	2.42	2.77	2.57	2.74	2025	
	85	湿地における生態系および生物多様性の再生技術	36	17	36	47	3.11	2.78	2.53	2.28	2.28	2025	
	86	ヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための技術	29	3	31	66	3.17	2.91	2.75	2.66	2.41	2026	
	87	乾燥・砂漠地帯における植生の再生と維持管理技術	29	3	31	66	3.45	2.80	2.69	2.45	2.03	2028	
	88	森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステム	30	10	40	50	3.21	2.69	2.50	2.53	2.57	2030	
リスクマネジメント	89	エネルギー供給技術・システムについてコンセンサスが得られる双方向型リスクコミュニケーションの確立	42	17	29	55	3.43	2.41	2.71	2.45	3.14	2022	
	90	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	34	15	21	65	3.24	2.70	2.58	2.30	2.91	2024	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
5.6	11.1	28.1	34.4	25.0	12.5	0.0	2030		8.3	13.9	21.9	25	25	28.1	0.0	
0.0	12.2	10.8	56.8	13.5	18.9	0.0	2030		2.4	12.2	7.9	28.9	26.3	36.8	0.0	
6.5	6.5	25.0	28.6	25.0	21.4	0.0	2030		9.7	6.5	20.7	20.7	20.7	37.9	0.0	
2.9	14.3	21.9	28.1	25.0	25.0	0.0	2033		11.4	22.9	18.8	12.5	31.2	34.4	3.1	
0.0	5.6	11.8	58.8	17.6	11.8	0.0	2030		0.0	8.3	2.9	41.2	20.6	35.3	0.0	
0.0	13.8	11.5	26.9	19.2	42.3	0.0	2030		3.4	20.7	7.7	15.4	30.8	42.3	3.8	
0.0	3.4	23.1	57.7	15.4	3.8	0.0	2033		3.4	6.9	3.8	50.0	34.6	11.5	0.0	
6.7	10.0	20.7	34.5	17.2	27.6	0.0	2035		10.0	16.7	14.3	28.6	10.7	46.4	0.0	
2.4	16.7	43.6	7.7	30.8	12.8	5.1	2025		7.1	14.3	45.9	2.7	27.0	21.6	2.7	
0.0	2.9	9.4	31.2	34.4	21.9	3.1	2025		0.0	2.9	18.8	9.4	40.6	31.2	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
リスクマネジメント	91	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	44	25	27	48	3.43	2.85	2.89	2.42	2.75	2025	
	92	低線量放射線リスクに関する合意形成手法の確立	49	10	43	47	3.53	2.82	2.88	2.38	3.42	2025	
	93	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術	34	3	29	68	3.18	2.75	2.91	2.50	2.62	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.8	9.1	19.5	34.1	26.8	17.1	2.4	2030		9.1	13.6	19.5	12.2	34.1	29.3	4.9	
6.1	16.3	30.2	11.6	30.2	27.9	0.0	2027		12.2	22.4	23.4	4.3	36.2	31.9	4.3	
11.8	17.6	28.1	37.5	21.9	6.2	6.2	2030		11.8	20.6	6.1	21.2	39.4	24.2	9.1	

6. マテリアル・デバイス・プロセス分野の調査結果

内容

6. 1	将来の展望	551
6. 1. 1.	総論	551
6. 1. 2.	新しい物質・材料・機能の創成	552
6. 1. 3.	アドバンスド・マニュファクチャリング	555
6. 1. 4.	モデリング・シミュレーション	557
6. 1. 5.	先端材料・デバイスの計測・解析手法	560
6. 1. 6.	応用デバイス・システム（ICT・ナノテク分野）	561
6. 1. 7.	応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）	562
6. 1. 8.	応用デバイス・システム（インフラ分野）	563
6. 2.	アンケートの回収状況	565
6. 3.	細目の設定	566
6. 4.	トピックに関する設問について	567
6. 4. 1.	トピックの特性	567
6. 4. 2.	技術的実現予測時期	577
6. 4. 3.	技術的実現に向けた重点施策	579
6. 4. 4.	社会実装予測時期	583
6. 4. 5.	社会実装に向けた重点施策	585
6. 4. 6.	技術的実現から社会実装までの期間	589
6. 5.	未来科学技術年表	591
6. 5. 1.	技術的実現予測時期	591
6. 5. 2.	社会実装予測時期	594
6. 6.	細目別重要トピックにおける要素技術	597
6. 7.	集計結果一覧	610

<概要>

マテリアル・デバイス・プロセス分野は、環境・エネルギー、ライフサイエンス、インフラ等の社会課題解決のための分野横断的な基幹科学技術として位置づけられる。当分野における科学技術トピックは、コア（新材料創成、プロセス開発）、ツール（理論・計算、計測・解析）、応用（デバイス・システム）として、基礎から応用へシームレスに体系化できる。今回の調査では、各フェーズにおける主要トピックを網羅的に取り上げるとともに、デジタルファブリケーションやインフォマティクスなど、当分野の最近の課題に関するトピックも盛り込んでいる。なお本調査では、ターゲットが比較的明確な医療・バイオ等への応用に関しては、他分野（健康・医療、バイオテクノロジー等）で扱うこととした。

重要度が高いとされたのは、「応用デバイス・システム」の二次電池・太陽電池・燃料電池に関するトピック、並びに、高性能かつ低消費電力のLSIやメモリ関連のトピックであり、いずれも環境・エネルギーに関する社会課題解決に直結したトピック群である。また、コアやツールに属するトピック群に比較し、ICT・ナノテク、環境・エネルギー、インフラの各分野に対応する「応用デバイス・システム」のトピックは、全般的に重要度が高く、かつ国際競争力も高いと評価されており、我が国の強みを生かす重点化の方向性として注目される。一方、ツールとなる「モデリング・シミュレーション」は、重要度は高いが、国際競争力が低いとされたトピックが多数を占めている。これらについては、重点施策として技術実現・社会実装ともに、人材戦略が重要とする割合が非常に高く、我が国としての強化の方向性が示唆されている。2025年までに、全92トピック中90%が技術的实现、26%が社会実装され、2030年までには、全てのトピックが技術的に実現し、87%が社会実装されるとの結果となっている。

6. 1 将来の展望

6. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲

マテリアル・デバイス・プロセス分野は、ICT、環境・エネルギー、ライフサイエンス、インフラ等に関わる社会課題解決のための分野横断的な基幹科学技術分野であり、細目はそのコアとなる「新しい物質・材料・機能の創製」、「アドバンスト・マニュファクチャリング」、ツールとなる「モデリング・シミュレーション」、「先端材料・デバイスの計測・解析手法」、応用となる「応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)」、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」、「応用デバイス・システム(インフラ分野)」の7つから構成され、分野の基礎から応用までが体系的にカバーされた。当分野は全体的に日本が国際的に強い分野であり、当分野の今後を、本調査を通して予測することは、日本の科学技術の発展と国際的な優位性、産業の競争力や持続可能社会の実現を検討する上で極めて重要である。今回の調査ではそれを意識し、それぞれの細目に対応する計 92 トピックを取り上げたが、その中にはデジタルファブリケーションやインフォマティクスなどの当分野の最近のトピックに関する課題も盛り込んでいる。なお本調査では、ターゲットが比較的明確な医療・バイオ等への応用に関しては他分野(健康・医療、バイオ等)で扱うこととしトピックを設けていない。

(2) 結果の総括

総数 672 名から回答を得たが、今回から Web を通じた調査となったため、前回と比較して回答者の年齢層に変化が見られた。回答者で最も多かったのは 30 代で全体の 36%、次いで 40 代の 25%であるのに対し、前回回答者が最も多かった 50 代は 17%に留まった。したがって今回の結果は比較的若手の意見が強く反映されているといえる。また回答者の所属は学術機関が最も多く 58%、職種は大部分が研究開発で 86%であったが、これらは他分野と比較しても高く、当分野は学術機関の研究者の意見が相対的に多く含まれているといえる。

結果を概括すると、先ず重要度や国際競争力に関しては、ICT・ナノテク、環境・エネルギー、インフラの各分野に対応する「応用デバイス・システム」のトピック群が、コアおよびツールに関わるトピック群より相対的に重要度が高く、かつ国際競争力も高いと評価されており、わが国の強みを活かす今後の重点化の方向を示すものと考えられる。特に、二次電池、太陽電池、燃料電池に関するトピック、ならびに高性能かつ低消費電力の LSI やメモリに関わるトピックが重要と評価されているが、その多くは環境・エネルギーに関する社会課題解決に直結したトピック群である。また、ツールとなる「モデリング・シミュレーション」は、重要度は高かったが、国際競争力は低いと評価されたトピックが多く、強化が必要と考えられる。

多くのトピックが、2025 年までに技術的实现、2030 年までに社会実装、リードタイムは 5 年程度との予測であったが、マニュファクチャリングや計測・解析手法などは実現・実装の時期がそれよりやや早まる予測であった。技術的实现を促すためには、「新しい物質・材料・機能の創製」、「モデリング・シミュレーション」、「先端材料・デバイスの計測・解析手法」では人材戦略が重要であり、応用デバイス・システムの各分野(ICT・ナノテク分野、環境・エネルギー分野、インフラ分野)、ならびに「アドバンスト・マニュファクチャリング」では人材戦略と共に資源配分も重要であることが指摘された。社会実装を促すためには、いずれのトピック群も総じて資源配分が重要であるとされているが、「モデリング・シミュレーション」では、技術的实现、社会実装、いずれにおいても人材戦略が重要とする割合が突出して高く、強化の方向性を明確に示している。実際、トピックの多くが、人材戦略が必要なトピックの上位を占めた。また「新しい物質・材料・機能の創製」や「アドバンスト・マニュファクチャリング」では内外の連携・協力が必要との評価も多く、技術の広がりや標準化のための連携・協力の必要性を示している。他方、害虫駆除や再生臓器などは倫理性とともに社会実装における環境整備の必要性が指摘された。室温超電導材料や人工的核変換装置などの革新的な材料や技術の開発は実現の不確実性・非連続性が高いと評価された。

(3) 今後の展望

マテリアル・デバイス・プロセス分野は、わが国の科学技術や産業競争力の基盤を担う基幹分野であり、これまでも日本の強みを発揮してきた分野であるが、今回の調査を通して今後の重点化の方向性について示唆が得られた。

エネルギー変換や貯蔵に関連するデバイス・システム、高性能で低消費電力型の情報処理や記憶に関連するデバイス・システムなどの研究開発は、持続可能社会や高度情報社会に対応する技術開発として必要性の認識が高く、今後も重点化を継続する必要がある。同時にこれらの研究開発はナノテクノロジーを駆使した材料、デバイス開発を基盤としており、日本の国際競争力の維持・強化の上でも重要である。なお今回の調査で重要度の評価は、トピックごとに示された目標数値にも負うところもあり、言い換えれば、今後の研究開発でも適切なターゲットの設定が重要である。また、その実現には、性能向上が限界に近い現行の材料から更に高度の性能を有する新たな材料への転換が必須であり、「新しい物質・材料・機能の創製」の基礎研究とは不可分の関係にある。有機半導体やグラフェン、室温超電導材料などはその一例である。今回の調査では「新しい物質・材料・機能の創製」の重要性は必ずしも明示的でないが、重要度の高いトピックの実現を継続的に可能にするためにも基礎・応用にまたがる適切な人材戦略と資源配分が重要である。

「モデリング・シミュレーション」の研究開発の重点化も今後重要である。新たな研究開発や技術開発において対象となる物質・材料の数は近年飛躍的に増えており、従来の試行錯誤的な研究開発から脱却してマルチフィジックス・マルチスケールの高度なシミュレーションを援用した高効率な研究開発が必要である。実際、世界ではその流れの中で高度な計算とデータを融合したマテリアルズ・インフォマティクスや ICME (Integrated Computational Materials Engineering) が極めて活発に検討されており、米国の MGI (Materials Genome Initiative) もその代表的なものである。今回の調査でも重要性は評価されたが、同時にわが国の競争力は低く、今後の人材戦略が必須との指摘がなされた。このことから、わが国として今後、モデリングやシミュレーションを十分に活用して物質・材料創製やデバイス・システムの創製を加速するために、人材戦略を中心としたこの分野の充実と競争力強化を図る必要がある。

また、モデリングやシミュレーションに加えて、研究開発の実現を加速するためには高度な計測・解析手法の開発も極めて重要である。さらに研究開発の実現ルートの多様化や社会実装に向けてはアドバンスド・マニュファクチャリング技術の確立も重要である。

なお、研究開発を進める上で、人材戦略や資源配分と共に、トピックによっては内外との連携・協力や、倫理性への配慮が必要なトピックもあることに留意する必要がある。前者は、標準化が必要な技術課題や非連続性や不確実性の高いチャレンジングな課題に関わるもので、複数の研究者や研究機関の連携によってその達成が加速される可能性があり、そういった連携・協力体制作りが重要である。また後者はバイオテクノロジーを用いたデバイスやプロセスに関わるもので、倫理性への配慮と共に、それらが理解・承認される環境整備も重要である。

マテリアル・デバイス・プロセス分野は、ICT、環境・エネルギー、ライフサイエンス、インフラ等に関わる社会課題解決のための分野横断的な基幹科学技術分野であり、今回の調査を活かした研究開発の重点化や、その実現の加速に向けた適切な人材戦略や資源配分、連携協力体制の構築などが望まれる。さらにそれらを通して次世代を担う当分野の人材育成が継続的に行われることも重要であることを併せて付記する。

(小関 敏彦)

6. 1. 2. 新しい物質・材料・機能の創成

(1) 本細目の検討範囲

細目「新しい物質・材料・機能の創成」は、新規な物質、材料の合成およびそれらの実現による新たな機能の

発現を意図するもので、まさしくマテリアル分野の根幹になるものである。近年のテクノロジーの発展の多くの部分(あるいはほとんどの部分)が新たな材料の合成、材料の高品質化、材料の組み合わせ・加工が基礎となっていることは誰も否定できない。今後もこの分野の重要度が高く、今回のアンケートにおいても 17 のトピックを取り上げた。

トピックは、期待機能を実現する新規材料(トピック 1、4、5、6、9、14、15、16)、期待機能を発揮する材料技術(トピック 10、13、17)、新規材料による新機能素子(トピック 2、3、7、8、11、12)に分類できる。

(2) 本細目のトピック

本細目では、各トピックが比較的広い範囲での応用が可能であり、回答者による実現の受け取り方が様々に解釈可能であることから、アンケート結果にばらつきが大きくなることが考えられる。それぞれのトピックの受け持つ範囲、受け取り方の範囲の大きさに違いはあるが、全般的にすべて高い重要度との関心が示されている。特に新規機能の発現が具体的に予測できそうなトピックの重要度が高くなっているように思われる。これら重要度が高くなっているトピックに関しては、回答者数も多い傾向が認められる。本アンケートでの回答者数が多いということは、すでに当該トピックに注目し、あるいは現在研究ターゲットにしている研究者が比較的多いことが推測できる。それに対して、比較的トピックの示す可能性範囲の広いものは、本細目範囲内では相対的に重要度が低く回答者数も少なくなっている。ただし、どちらのトピック群においても技術的実現年の予測には大きな差が表れていない。また、技術的実現年の予測と社会実装年の予測とがすべて 5 年以内であり、本分野においていかに物質・材料そのものの開発が重要であるかがうかがえる。

○トピック 4 「リサイクル可能な架橋性樹脂」

地球環境問題との関連にゴミ公害、プラスチック公害問題があり、とりわけ架橋性樹脂はリサイクルが困難な点が課題である。そこでリサイクル可能な架橋性樹脂が創出できればグリーンイノベーションに直結できる科学技術と考える。

熱硬化性樹脂を高温で溶融リサイクルできる架橋性ポリオレフィン樹脂の開発が報告されている。160℃～200℃で架橋—解離反応が起こり、250℃では熱可塑性樹脂のように成形・溶融リサイクルができる。ポリエチレンの分子主鎖に 2 種類の官能基をグラフトして反応点の周辺構造をエステル結合が架橋—解離に動くように設計されたものである。また、リサイクル可能なゴム、加硫並みの柔軟性とリサイクル可能な熱可塑性ゴムの開発も報告されている。これはポリマー分子の架橋を水素結合にして架橋部位の結合と解離を簡単に行えるようにしたもので、熱を加えるだけで成形可能なポリマー分子に戻るとのことで自動車ゴムとしての応用を期待したものであった。その後、ディールス反応とレトロディールス反応を利用した熱的に自己修復可能な架橋ポリマー材料、自己修復可能な架橋エポキシ樹脂、超分子集合体由来の自己修復性・熱可逆ゴムについても報告されている。生物の自己治癒能力の様に、合成高分子においても構造再編成可能な動的共有結合ポリマー、末端に水素結合性部位を持つ修復性ポリマー、シクロデキストリンの様なホスト高分子とゲスト高分子による自己組織化と自己修復性については活発な研究が行われている。

リサイクル可能な熱硬化性樹脂(架橋性樹脂)については、バイオマス由来プラスチックと同様に地球環境問題の視点でも重要であり、上記のホスト—ゲスト相互作用を基盤とした高分子材料のような新概念に基づく新材料の創出が期待される。

○トピック 5 「自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料」

生物が作り出す鉱物をバイオミネラル、作り出す作用をバイオミネラリゼーションという。真珠、貝殻、骨、甲殻類の外骨格などは、高機能・低環境負荷・省エネルギー性の機能性材料といえる。この材料の構造制御に高分子の協調的な相互作用が重要な役割を發揮していると言われる。従って、このバイオミネラリゼーションにならって人工的に自己組織化プロセスを用いた新規な高分子と無機ハイブリッド材料は将来の重要な材料と考える。

この分野の研究は国内で活発に行われており、自然界には無い透明アモルファスハイブリッド材料の創出、従来の有機無機ハイブリッド材料の限界を克服する無機元素ブロックを含む構造制御した有機・無機ハイブリッド材料の創出、希土類錯体高分子による光磁気材料の開発など世界最先端の研究が行われている。

これら材料を実用化するには研究者間の綿密な連携と企業との連携が必須であり、研究推進コーディネーターが必要と考える。

○トピック 7 「低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ」

印刷可能で安定なフレキシブルな有機半導体トランジスタは、ユビキタスセンシングや生体装着用の医療デバイスなど、今後成長が期待される産業分野での利用に向け開発が進められている。以前は、移動度がシリコンの100分の1以下でしかなかったが、最近になって、急速に物質開発及び溶液からの結晶化などのプロセス開発が進み、シリコンの10分の1程度まで向上してきたため、論理回路やアナログ回路への応用がより現実味を帯びてきている。今後、更なる物質科学研究によって、シリコン並みの性能を目指すことにより、その適用範囲がさらに広がって、多数のセンサによる建造物やインフラ設備の状態の管理が可能な安心で安全な社会の実現が期待される。

この分野で、日本の研究の貢献度が非常に高く、アンケートにおいて、国際競争力が高い(16位)結果に反映されている。また、資源配分すべき技術の1位となっているトピック24の「少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム」の素材として、本命であるため今後いっそう研究開発を加速するべき項目である。

○トピック 8 「ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ」

ノーベル賞受賞にも現れているように、グラフェンの研究分野に対する関心はきわめて高く、類似の二次元構造を有する MoS_2 などの物質への興味がここ数年で高まってきている。これらの物質群は、電子伝導面が移動度の高いシリコンと同様の共有結合を有し、かつ二次元面間は弱いファンデルワールス力で結びつくため、ダングリングボンドのない良好な表面を自然に形成し、グラフェン同様表面にキャリアを注入する高移動度デバイスを作製するのが容易である特徴を有する。エネルギーギャップのあるグラフェンともいえる電界効果スイッチングが可能なグラフェン化合物である。特異な光物性や高い移動度に興味が集まっているが、今後大面積のプロセスが容易に可能になると、産業応用への道が一気に拓かれるインパクトを有する。

アンケートにもこうした事情が反映されて、不確実性(14位)、非連続性(14位)、実現予測時期がわからない(5位)、社会実装時期がわからない(2位)となっている。日本の一部グループの研究レベルも極めて高いため、プロセスにおけるブレイクスルーが得られれば、社会的に意義が大きい研究となる。

○トピック 14 「光など電磁波を閉じ込めてほとんど逃がさない反射体」

ナノピラー構造を有した反射防止機能を有した材料はディスプレイ産業への応用展開が進み、一部の液晶テレビに適用されている。ナノインプリントとはナノスケールの構造を簡便に量産化できる可能性を有する加工技術であり、この微細構造と自然界に存在している生体表面構造との類似性については既に報告されているが、この技術を進化させることで反射体の分野は実用化が加速されると考える。

○トピック 15 「ビル等の建築構造物の機能を維持できる自己修復材料」

建築構造物に自己修復(自己治癒)能力をもたせることができれば、安全性や信頼性が各段に向上することが期待される。ビルやトンネルなどの建造物のひび割れや屋外施設の劣化の防止については材料表面が傷ついた時に傷の部分に材料内部に混ぜた成分が染み出し傷を修復することであれば原理的に可能であるが、亀裂修復のメカニズムの解析、亀裂修復の温度、時間、修復材の高温時の機械的特性などの詳細な解析が必要

である。また、これら技術は航空機の損傷の抑制などにも期待される技術であり、異分野の専門家の技術融合が必要であろう。

○トピック 16 「強相関電子を用いた室温超電導材料」

室温での超伝導が実現すると間違いなく社会変革を引き起こすインパクトを有する。30年前の銅酸化物、10年前の鉄系化合物など、日本の研究が極めて競争力を有する分野で、これまでも室温超伝導に向けた取り組みが精力的に続けられている。一方、どうすれば実現するかという方策について、いまだアイデアが必ずしも明確でないためリスクが大きい材料開発研究であるとの位置づけをされることが多くなっている。ハイリスクハイリターン研究の典型である。

アンケートでは、非連続性(1位)、国際競争力(6位)、実現性が低い(4位)、実現性が不明(1位)、社会実装しない(5位)、社会実装するかどうかわからない(1位)、技術的実現から社会実装までの時間がかかる(2位)という結果が得られており、関心の高さや期待度、ブレークスルーの大きさの両方に特徴が現れている。

○トピック 17 「部品の超長寿命化(現在の2倍以上)のための表面改質・トライボロジー」

病気の予防・診断・治療などのヘルスケアイノベーション実現のためには、生体接触界面における安全性が高く、異物反応の少ない生体親和性材料が必要である。これらのうち変形性関節症や関節リュウマチなどの疾患によって悪くなった関節の表面をとり除いて金属、セラミック、ポリエチレンなどの人工関節に置き換えることが行われているが、人工関節の寿命が極めて重要である。

ポリマーブラシを形成するためのリビングラジカル重合は日本の高分子研究者が世界的に最も活躍している分野である。自然を模倣した低付着性防汚表面設計、生体親和性高分子材料の設計(生理環境下における高分子の構造・運動性解析、機能評価)と上記リビング重合技術を融合することにより部品の超長寿命化のための表面改質・トライボロジーの進展が期待される。

(3) 今後の展望

本細目における新規物質・材料の合成は新規機能の発現に直結し、様々な分野への展開の可能性が高く、現在また今後の取り組みの重要性が改めて理解されたものと言える。特に新規技術の発展が社会実装へ直接的に繋がり、他の技術発展の基礎となることは重要である。

アンケート結果に表れる関心の高さには注目すべきであり、重要度の高いトピックが多い分野である。ただし、重要度に比較して国際競争力が低く出ていることが懸念となる点である。現在および将来における当該分野での研究・開発環境がその重要度に対して不備な点があると感じている結果だとも考えられる。アンケート結果では技術実現のための重点施策としてどのトピックにおいても人材戦略および資源配分の重要性が高くなっており、この点でも現在の人材活用、資源配分が競争力向上に必要であるとの認識に共通する。さらに社会実装は、技術開発後に比較的短期間で達成可能とみているが、その実現のためには基礎研究と応用開発、研究・開発者と生産者、生産者と材料利用者などを含めた内外の連携協力、基礎となる材料技術と商品への展開橋渡しのシステムが求められている。

(井上 俊英、竹谷 純一、安藤 寿浩)

6. 1. 3. アドバンスド・マニュファクチャリング

(1) 本細目の検討範囲

今回の調査では、前回の調査に用いたトピックを基礎に、近年注目を浴びている付加製造技術(Additive Manufacturing、いわゆる3Dプリンティング)に関連するトピックを追加し、また、トピックが実現する社会的価値の

革新が見えやすいようにトピックを設定した。

(2) 本細目のトピック

○重要度と国際競争力

マテリアル・デバイス・プロセス分野の全7細目中、本細目、アドバンスド・マニュファクチャリングの重要度と国際競争力の平均値はそれぞれ5位と4位となった。重要度において1位の「モデリング・シミュレーション」の平均値が3.37であるのに対して、2位と7位(最下位)の平均値がそれぞれ3.27、3.19であり、1位と2位には大きな差があったものの2位以下の差は小さかったことから、本細目の重要度(3.21)は低位ではあるが、本分野の他の細目に比べて有意に低いとまでは考えられない。また、国際競争力の分散は全体的に小さく、他の細目に比べて有意に低いとは考えられない。

本細目内の個別のトピックをみると、「直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術(3.43)」、「匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム(3.41)」、「1 μ m以下の加工精度の切削を用いない(ネットシェイプ)成形加工(3.41)」、「バイオプリンティングによる再生臓器の製造(3.39)」の重要度が高位であった。これらのトピックに技術的な共通点は見いだせず、本技術分野において重要度が高いと考えられているトピックは、技術分野内に広く分散していると解釈できる。

また、付加製造技術(Additive Manufacturing、3Dプリンティング技術)に関連したトピックについては、回答数が少なかった。このことは、技術トピックが十分に周知されておらず、回答者が回答を差し控えた結果ではないかと想像できる。

○不確実性と非連続性

本細目の不確実性と非連続性は、それぞれ6位と5位であり、今回の調査では本分野のトピックは比較的達成しやすく、課題解決までの大きな障害もないと考えられていることがわかった。なお、本細目の中でもっとも不確実性の高かった「バイオプリンティングによる再生臓器の製造(3.0)」でさえも、マテリアル・デバイス・プロセス分野の全トピックの中で13番目であり、極めて高いものではなかった。

○倫理性

本細目のトピックの倫理性の平均値は、本分野の細目の中で1位であった。また、「バイオプリンティングによる再生臓器の製造(3.47)」を始めとして、3トピックが上位10位以内に、5トピックが20位以内に入っている。これらのトピックは、再生臓器、食品、匠の技能、パーソナル生産、オンデマンド生産といった、人間との関わりや個人とのかかわりの深いトピックが多かった。

○技術的実現とそれに向けた重点施策

2020年までの技術的実現が可能であるとされるトピックの割合は、本分野全体では14%であるのに対して、本細目内だけをみると20%台となり、本細目のトピックの実現性が総じて高く評価されていることがわかる。また、トピック実現に必要な施策については、全体では1位が人材戦略(37%)、2位が資源配分(32%)となり人材戦略と資源配分の差が有意であるのに対して、本細目では共に30%と同等であった。全体的に人より資金等の資源投入が必要であると考えられていることが分かる。

○社会実装の実現とそれに向けた重点施策

社会実装の実現時期は、分野全体では2021年～2025年が25%、2026年～2030年が60%であるとの回答に対して、本細目では、2021年～2025年、2026年～2030年がそれぞれ45%ずつと、技術的実現同様、本細目のトピックが比較的短期に社会実装できると考えられている。また、実現に必要な施策についても、分野全体では資源配分30%、人材戦略20%であるのに対して、本細目では資源配分30%、人材戦略15%と、相対的に

はより資源配分に重きが置かれている傾向は、技術的実現と同様となった。

(3) 今後の展望

マニュファクチャリング(製造)技術は、材料を加工して製品や部品を製造する技術であり、材料から製品をつくり社会に価値を提供するという工業の流れの中流に位置する。社会にあたえる価値の格段の向上、いわゆるイノベーションの創出に大きなインパクトを及ぼすのは、ひとつには新たな製品の技術である。また、材料技術の進歩によって製品の性能が格段に向上することも容易に合点が行く。一方で、材料と製品の間の橋渡しをする製造技術はイノベーションの創出にももちろん不可欠であるものの、製造技術の進歩のみで革新をおこすと想像することは難しい。今回、本細目のトピックの重要度が全体の中でわずかながら低かったことには、製造技術の発展とイノベーション創出の関連を主張することが難しいことに一因があると考えられる。また今回の調査で、重要度の上位に位置づけられたトピックの多くには、「低環境負荷」「匠の技能の伝承」「再生医療」などといった社会的な価値を表す文言が入ったものが多かったのも、このような言葉がイノベーションとの関連を想起させていたためである。イノベーションを創出するためには、先進的な製造技術が常に必要であり、我が国がそのような競争力を維持するためには、材料技術、製品技術と連関して効果的な人的・金銭的資源投入を行うことが重要である。

「3D プリンタ」と言うわかりやすい辞で表現される付加製造技術は、従来の除去加工、成形加工といった概念と大きく異なる加工技術であり、特色を生かした出口の創出と加工性能そのものの向上をめざして各国が競争している新技術である。今回、トピックを追加したが、残念ながら十分な回答数が得られていなかったのは無理からぬことであり、次回の調査までに、関連した技術が成熟し社会への浸透が進んでいることを期待する。

従来の技術に対して不連続性を有し、未開拓分野に挑戦する技術開発も重要であるが、一方で既存の技術を維持、発展させていく基盤分野の技術も重要である。基盤分野は未開拓分野に比べて革新的には見えないが、革新的製品が既存技術の格段の向上によって実体化されることはままある。また、その実現の後には、その製造技術を低価格化し、品質を安定させる努力が必ず必要になり、それを支えるのは広範な基盤分野である。今回の調査において、基盤分野の重要性を問うトピックは設定できなかったが、今後の施策においてこのような技術に十分な注意を払う必要がある。

(新野 俊樹)

6. 1. 4. モデリング・シミュレーション

(1) 本細目の検討範囲

①モデリング・シミュレーションの意義

マテリアル・デバイス・プロセス分野において、理論とシミュレーションに基づき、原理原則やメカニズムを明らかにした上での、材料設計・材料開発が強く求められている。特に、資源が少なく、人件費が高いわが国では、研究開発の高度化、効率化、迅速化が必須課題であるため、理論とシミュレーションを最大限に活用することで、無駄な試行錯誤実験を最小限に減らし、高度な設計理論に基づく実験研究が遂行できる環境を整えることが必須かつ重要であると広く認識されている。その意味で、今後もモデリング・シミュレーション技術に対する期待は益々、高くなるものと考えられる。

また、この数十年間の技術開発や研究の進展により、研究者が対象とする物質・材料の数は数十倍、数百倍に増大しており、今後新たな世界で最先端の物質・材料を開発するには、既存の物質・材料データとそれに関わる技術の蓄積(データベース)に、飛躍的に進歩したコンピュータを如何に活用するかにかかっている。

②モデリング・シミュレーションにおけるトピック設定の背景・考え方

第一原理計算、分子動力学法、モンテカルロ法、有限要素法、流体力学、インフォマティクスなど多様なモデリング・シミュレーション技術が、近年、急速な発展を遂げ、比較的単純な系に関しては高い計算精度で、メカニズムの解明や材料設計が行えるレベルになってきている。これに対し、化学反応と物理現象など様々な要因が複雑に絡み合った現象(マルチフィジックス現象)や、ナノスケールからマクロスケールの広範囲にわたる要因が複雑に絡みあった現象(マルチスケール現象)におけるメカニズムと原理原則の解明が強く求められるようになってきている。

上記のようなマルチフィジックス・マルチスケール現象の解明には、大規模計算・長時間計算の実現が必須であり、スーパーコンピュータをはじめとするハードウェアの性能向上と並列計算等の技術革新が不可欠となっている。そのためには、国家プロジェクトとして次世代スーパーコンピュータの建設と、異分野の計算科学者が結集した研究協力体制の確立が強く求められている。

また、理論に基づく材料設計を実現するための環境作りとして、計算科学者が、実験研究者や計測・分析の研究者と強く連携することが求められている。計算科学と実験・計測から得られた大量の情報から、材料設計・材料開発に有効な原理原則や設計指針を得るためのマテリアルズ・インフォマティクス技術の推進も、今後、日本の科学技術が進むべき道として重要視されている。2011年に米国で Material Genome Initiative(MGI)プロジェクトが開始されて以来、先進各国の関心も急激に高まり、豪州では主要都市に設置したスーパーコンピュータのネットワークが構築され、中国でも MGI を加速するために 100 億円前後の予算が研究機関や大学に投入されているようで、日本もマテリアルズ・インフォマティクスの推進の具体的な枠組みが検討されている。

(2) 本細目のトピック

今回の調査の結果、マテリアル・デバイス・プロセス分野において、モデリング・シミュレーションの重要度が非常に高いとの回答が得られており、マテリアル・デバイス・プロセス分野において重要度が高いとされた上位 10 トピックのうち 3 件がモデリング・シミュレーションの設定トピックであった。また、マテリアル・デバイス・プロセス分野において、モデリング・シミュレーションに対しては若い回答者の関心も高く人材戦略が非常に重要とする回答が突出しており、人材戦略(技術的实现)において重要とされる上位 10 トピックのうち 7 件、人材戦略(社会実装)において重要とされる上位 10 トピックのうち 8 件が、モデリング・シミュレーションの設定トピックであった。これは国家戦略として、モデリング・シミュレーション技術を強化していく必要があるとの方向性が示されたものとなっている。モデリング・シミュレーション分野の内容の詳細としては、マルチフィジックス・マルチスケールシミュレーション技術の発展を重要とする回答が多いことが特徴的である。その次には、計算科学と実験・計測から得られた情報を材料設計に応用するマテリアルズ・インフォマティクス技術への展開を重要とする回答が多かった。下記にその概要をまとめる。

①マルチフィジックスシミュレーション技術の理論構築と計算手法の開発(トピック 31、33、34、35)

第一原理計算を活用することで、比較的単純な系に対しては、絶対零度における化学反応予測、物性予測、構造予測、機能予測は、容易にシミュレーションが可能な時代となってきた。これに対し、最近では静的な材料設計に加えて、量子論に基づき動的なプロセスをシミュレーションすることが可能になりつつある。その中でも、多数の複雑な因子が絡みあった現象、いわゆるマルチフィジックス現象の解明が切望されている。例えば、表面・界面で起こる化学反応に対して、摩擦、衝撃、応力、流体、電場、熱、光などの多様な物理的因子が与える影響を解明可能なマルチフィジックスシミュレーション技術の開発が期待されている。さらに、そのようなマルチフィジックスシミュレーション技術を発展させることで、合成プロセス、加工プロセス、機能予測を一貫して予測可能なシミュレーション技術が開発できるものと期待されている。今後、より多様な因子が複雑に絡み合った現象を、量子論に基づき解明可能なシミュレーション技術の開発・発展が強く求められている。

②マルチスケールシミュレーション技術の理論構築と計算手法の開発(トピック 32、37)

近年、第一原理計算、分子動力学法、モンテカルロ法、有限要素法、流体力学などの多様なシミュレーション技術が、それぞれ個別に顕著な発展を遂げている。しかし、それぞれは計算することが可能なサイズ、時間スケールが異なるため、例えば電子スケールで起こる化学反応が、マクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるような異なるスケールの要因が複雑に絡みあった現象を扱うマルチスケールシミュレーション技術の開発への期待が高まっている。このようなマルチスケールシミュレーション技術は、将来的には、電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までを統一的に設計することが可能な技術にまで発展することが期待されている。

③マテリアルズ・インフォマティクスを活用した材料予測手法の開発（トピック 39、40、41、42）

スーパーコンピュータ上で、第一原理計算などのシミュレーションを系統的に大量実行することで、膨大な量の計算結果、いわゆるビッグデータを得ることが可能な時代となってきた。今後は、この得られたビッグデータから、いかに材料設計にとって重要な情報を引き出すかが重要な鍵となって行く。ビッグデータを統計的に処理し、そこから得られる情報により、材料設計のための原理原則、設計指針を得る技術はマテリアルズ・インフォマティクスと呼ばれ、今後、このマテリアルズ・インフォマティクス技術の発展により、試行錯誤的な実験を最小限に減らす環境作りが求められている。

さらに、理論に基づく材料設計・材料開発を実現するための環境作りとして、計算科学者に、実験研究者や計測・分析の研究者との強い連携が求められている。特に近年、大型放射光、大強度陽子加速器、新規高分解能電子顕微鏡などの高度な計測・分析技術が大きく進展し、従来は得られなかった電子・原子レベルの情報が実験的にも大量に集積されるようになり、第一原理計算などのシミュレーション結果と直接的な比較・検討が行えるようになってきた。今後は、実験・計測で得られたビッグデータを、シミュレーション結果と連動させることで、マテリアルズ・インフォマティクス技術を活用した材料設計への展開が期待されている。

④戦略的課題における計算科学シミュレーションの貢献（トピック 36、38）

燃料電池、蓄電池、バイオマス変換触媒、シェールガス変換触媒などの高効率エネルギー変換技術・省エネルギー技術やレアメタル代替・使用量低減技術などは、迅速かつ強力に日本全体で国家プロジェクトとして推進することが求められている。マルチフィジクス・マルチスケール現象を高精度にシミュレーションする技術の開発・発展を通して、計算科学シミュレーションが、日本が推進すべき多様な戦略的課題において大きな貢献をすることが強く求められている。

(3) 今後の展望

①モデリング・シミュレーションにおける人材育成

今回の調査の回答者の多くが、モデリング・シミュレーションにおいて次世代人材育成に重点的に取り組むべきであると回答している。これは、マテリアル・デバイス・プロセス分野において突出して高い数字である。

日本がマテリアル・デバイス・プロセス分野において、新材料と新技術の開発を継続し世界に対して先導的な地位を確保し、科学技術立国としての地位をゆるぎないものとするには、試行錯誤的な研究開発から脱却し、原理原則やメカニズムを明らかにした上での材料設計・材料開発を実現できる環境整備が不可欠である。そのためには、モデリング・シミュレーション技術の基盤となる理論的な基礎教育の充実と、理論の定式化とプログラム開発能力を有する若い人材の育成が重要課題である。しかし、現実には大学においてシミュレーションを専門とする研究室の数が、近年、明らかに減少の傾向をたどっている。さらに、実験、計測、シミュレーションがチームを構成する応用的な研究プロジェクトは増えているのに対し、シミュレーションの基礎技術の発展、日本発のシミュレータの開発に注力した基礎的な国家プロジェクトは減少の傾向をたどっている。モデリング・シミュレーションにおける人材養成のために、今後、シミュレーションを専門とする大学の研究室の増強や、シミュレーション技術やシミュレータの開発を目的とした国家プロジェクトの策定が強く求められる。

②高性能スーパーコンピュータと国産ソフトウェアの開発による計算科学の推進

前述のように、マルチフィジックス・マルチスケールシミュレーションの実現には、多様な物理的・化学的因子が複雑に絡みあった現象、多様なスケールの要因が複雑に絡みあった現象を扱う必要性から、大規模計算、長時間計算の実現が必須である。そのためには、超並列計算環境の整備と高度化が必須であり、計算機のコア数の指数関数的な増加と、コア数の増加に伴う超並列計算アルゴリズムの開発が強く求められる。しかし、日本の計算機資源は、国際的ランキングにおける低下が著しく、欧米のみならず、台頭が目覚ましい中国を含むアジアの中でも優位性を失いつつある。日本がモデリング・シミュレーション技術において確固たる地位を築くためには、高性能スーパーコンピュータの建設や国産ソフトウェアの開発推進など、国家戦略として、この分野に対する継続的な重点投資が不可欠である。

③計算科学における国際的リーダーシップ

前述のように、日本が科学技術立国として持続的な発展を遂げるためには、モデリング・シミュレーション技術の発展、拡充は欠かせない。また、技術継承のためにも出来るだけ多くの既存の物質・材料データとそれに関わる技術のデータベースを速やかに構築することも重要である。それらの実現のためには、マルチフィジックスシミュレーションセンター、マルチスケールシミュレーションセンター、マテリアルズ・インフォマティクスセンターのような世界の中心となるシミュレーション技術のセンターを立ち上げ、日本がこれら分野の国際的リーダーシップを果たす意思があることを明確に示す必要がある。国際的リーダーシップを果たすことにより、情報の集結、海外からの優秀な人材の集結、異分野交流による新規なソフトウェアの開発など、その効果は計りしれない。国家戦略として、日本がモデリング・シミュレーション技術において国際的リーダーシップを果たすための枠組みの構築が強く求められる。

(久保 百司、緒形 俊夫)

6. 1. 5. 先端材料・デバイスの計測・解析手法

(1) 本細目の検討範囲

計測・解析技術は、先端材料やデバイスの加工、制御、そして評価を行う上で必要となる基盤技術であり、科学的な原理原則に基づいて設計され開発されてきた。従来の固体のバルクや表面観察だけでなくカーボンナノチューブ、フラーレン、グラフェンなどのナノ炭素材料や粉体・微粒子、イオン液体、そしてバイオ材料の計測など、様々な先端材料の計測解析が要求されている現状において、従来の計測分析の高度化、高速化、高精度化、高分解能化、そして複合化などだけでなく、ありのままの材料観察が必要となってきている。

電子顕微鏡における疑似凹レンズの開発により加速電圧 15 kV での原子分解能を有する透過型電子顕微鏡が実現され、軽元素の可視化が可能となった。また、前世紀末で開発された走査プローブ顕微鏡法では高速化が実現されているだけでなく、最近では溶液中の計測だけでなく液体界面の計測も可能となってきた。更に、一分子計測と呼ばれる分野が急速に発展して、ナノポアのように最先端加工技術を応用した計測解析技術も可能となった。

このような空間や時間の分解能の高度化に加え、材料を作製したそのままの状態(*in situ*)で観察する、デバイスが動作している状態(*in operando*)で観察する、更には生体の細胞内での状態(*in cellulo*)で観察する、といった計測・解析が求められている。本アンケートではこのような科学技術動向を鑑みて 12 トピックが設定された。

(2) 本細目のトピック

本計測・解析分野では他の区分と異なり、2020 年までに実現可能とされるトピックが多くみられた (ナノ材料

生理学的安全性推測・電池内部物質移動変化可視化・触媒オペランド解析・細胞内分子動態計測)。これは、本分野は既知の科学的な原理原則に基づいて設計され開発されていることに起因する。そして、バイオテクノロジー関連技術については他分野同様に倫理性が要求されているというアンケート結果になった。そして本細目内では、2050年までの今後35年間の展望を踏まえた重要性が最も高いトピックとして、「固体における欠陥を、非破壊・その場で超高感度検出・解析する技術」が選ばれた。

技術的実現のための重点施策としては人材戦略が50%近くとなっているトピックが多く、社会実装のための重点施策としては資源配分が50%近くとなっているトピックが多かった。また、内外の連携・協力については技術的実現・社会実装のどちらにおいても重点は多くなく、環境整備については、2件(ナノ材料生理学的安全性推測・広波長偏極中性子)を除いてあまり重点がおかれなかったという結果になった。

以上のアンケートの結果から現れているように、本細目において技術的実現のために重要となるのは人材戦略であり、社会実装のために重要となるのは資源配分である。特に最近では、ES細胞やiPS細胞のような胚性幹細胞における細胞工学を支える基盤計測技術が必要とされており、このような生物系分野への応用が求められている社会情勢や政策を踏まえて、従来の計測・解析のように土俵に上がってくるものを対象にするのではなく、細胞核内の一分子動態計測など様々な要求に答えた計測解析が必要になっている。

(3) 今後の展望

上記に挙げた様々な技術課題を乗り越えるには次の三つが鍵となる。先端材料等を用いて計測解析装置を改良していくこと、走査プローブ顕微鏡法のように従来のインプット・アウトプットで体系化された考えから脱却した計測法の創生、そして電子顕微鏡における球面収差補正機構(疑似凹レンズ)のように開発への地道な弛みない努力である。

計測・解析技術は、既知の科学的原理原則に基づいて設計される。例えば、本細目で設定されたトピックのひとつである、100 V以下の原子分解能電子顕微鏡の実現には、100 V電子線のドブロイ波長が0.1 nmという事を鑑みて、対物レンズの開口数を1にする必要がある。既知の科学的原理原則から高度な計測解析を実現するには、それを可能とする材料と技術が重要となる。例えば、電子分光法の分野においては、瀬谷波岡分光器や二次元表示型球面鏡アナライザ(大門アナライザ)など日本の独自技術で開発されてきた分光器があるが、これに先立って提案されたEastman分光器は大型の楕円メッシュが必要となり、現状の技術では実現していない。また、走査トンネル顕微鏡と同じ原理はNISTのRussell YoungによってTopographinerとして1970年代に考案されていたが、これが実現できたのはノーベル賞受賞者のBinnigとRohrerの寄与だけでなくChristoph Gerberという「世界で初めて走査トンネル顕微鏡と原子間力顕微鏡を作った、科学に対しても見識を持つ技術者」の存在を忘れてはならない。以上のような先端計測解析技術を開発するには、それを実現する材料技術の開発と先端科学を熟知した科学技術者の育成、この二つが不可欠となる。

(高見 知秀、近藤 寛)

6. 1. 6. 応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)

(1) 本細目の検討範囲

本細目は新しい材料、デバイス、プロセス技術を基盤とした情報通信技術やナノテクノロジー応用に関する将来技術を取り上げている。取り上げた12トピックは、情報処理応用が8件、情報通信応用が1件、ディスプレイ応用が2件、機械応用が1件である。ビッグデータ時代を迎えて、情報処理デバイス、システムに要求される性能はますます高まるばかりであり、その状況を受けてICT応用のトピックを多く設定した。

(2) 本細目のトピック

シリコン CMOS 集積回路の高性能化は主にデバイスの微細化により実現されてきたが、微細化の限界が間近に迫ってきており、将来の情報デバイス候補として新材料を用いた新原理デバイスの研究へとシフトしつつある。新デバイスの性能指数としては、単位消費電力当たりの情報処理能力の向上が重要になってきている。社会全体で取り扱う情報量が膨大になってきたために、データセンターやネットワークルータなどの情報機器に用いる電力低減が社会課題になりつつあることが背景にある。アンケート結果からも、「現在のスパコン能力を 1 チップで実現する集積回路」が重要トピックのトップであり、将来も情報処理能力の向上ニーズが高いこと、およびその際に消費電力を抑えて処理能力を向上させることが必要であることがわかる。シリコン集積回路では微細化により高性能化に必要な高速化、集積度向上、低消費電力化が両立できていたが、加工寸法が 45nm 以下ではそれらの両立が困難となり、新材料や新構造の導入が必要となっている。さらに微細化を行うにはシリコンベースのデバイスでは限界となり、デバイスの主材料の変更が求められている。また、情報記憶技術も重要度ランキング上位にあり、DRAM とは桁違いの低消費電力化、高速化や、超高密度記録技術、原子／分子による情報記録が重要と認識されている。これらのトピックへの具体的な取り組みが、現在活発な研究開発が行われている新材料を用いた不揮発メモリ(MRAM、PRAM、ReRAM など)や超高密度磁気記録技術の開発である。

一方、有機エレクトロニクスについても重要トピックとして高く位置付けられている。急速に期待が高まりつつある Internet of Things(もののインターネット化)を促進するためには従来のシリコンベースの半導体デバイスと異なる場所にエレクトロニクスを実装できる技術が必要であり、その有力候補が印刷技術を利用した有機エレクトロニクスであると認識されていると考えられる。また、これらのトピックは国際競争力ランキングでも上位に位置しており、我が国の強みを活かしたイノベーション候補であると言える。

(3) 今後の展望

インターネットにつながるものが、従来の情報機器のみではなく、人や機械さらには構造物までもが接続される社会においては、データを生成するセンサ、データを伝える通信デバイス、データを処理するデバイスは高性能化とともに多様化が求められるようになる。それを実現するための新材料、新プロセスの重要性はこれまで以上に求められることになる。例えば、ICT・アナリティクス分野のトピックとして取り上げている新アーキテクチャを用いたコンピューティングには、シリコン集積回路以外のデバイス技術が不可欠となり、当分野で取り上げた単一スピンを情報担体とする情報素子などの技術が必要となる。また、それらの開発を行う上でシミュレーションを利用することは試行錯誤の材料、デバイス開発の効率化という観点から必須となる。

(金丸 正剛)

6. 1. 7. 応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）

(1) 本細目の検討範囲

環境・エネルギー問題は国境を越えた地球規模での人類共通の普遍的問題である。エネルギー資源の問題は、古くから世界経済、各国の外交戦略、安全保障、ナショナリズム等、あらゆる問題に関連してきた。さらに 20 世紀後半から、それら資源エネルギーの大量消費、破棄による地球全体への環境負荷に関する問題が重要となってきている。従来のエネルギー問題は、如何に新しいエネルギー資源を探索・開発するかという点に最重点が置かれてきていたように思われる。地球上から新しい化石エネルギー源を如何に見つけるかが、第一であった。現に新しい油田の開発、古い油田からの採油量の増加も盛んに検討されている。また、シェールオイル・ガス、メタンハイドレート等新しい化石資源の開発も行われている。しかしながら地球の資源、環境が有限であることが強く認識されるようになってきた近年、資源の有効活用、環境維持が現代の人類生活維持に欠かせないものとなってきているとの認識は益々強まっている。

マイクロ視点からの先端技術である材料開発、特に分子・原子レベルの制御によるナノテクノロジーが上述の地

球規模でのマクロな問題解決に、大きな貢献を期待されているということが、本細目「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」の存在理由である。

(2) 本細目のトピック

問われたトピックは、他の分野にも増して広範多岐に渡り、そこに登場する候補材料群は様々な種類である。あるいは現時点で特定の材料を想定できないトピックもある。ところが一方でその目的とする出口課題は他の分野の中でも比較的具体的なものが見えているように思われる。具体的なトピックはエネルギー問題に関するものが多くを占めた(20 トピック中 16 件)。環境問題として直接的にトピック名に問われているものは少ないが、エネルギー問題の解決とは、従来のエネルギー資源の消費の減少を意味し、すなわち環境負荷の低減にも間接的にはあるが必ず関連するものである。エネルギー関連トピックは大きくは、①エネルギー変換に関するもの、②エネルギー貯蔵・輸送に関するもの、③エネルギー消費の低減に関するものに分類できる。①は太陽電池を例とするような、これまで我々があまり有効に利用できていなかった太陽光、温度差、風力などいわゆる再生可能エネルギーを有効に変換・利用できるシステム、素子に関するものである。②の代表はいわゆる電池、キャパシタ類である。①②に関して、原理を掲げているが具体的な材料系までは想定していないトピックから、具体的な材料系、さらには具体的な数値目標まで掲げているものまでであるのが、特徴である。

燃料電池材料に関するトピックは、①にも②にもまたがるトピックであり、また実用用途として自動車が第一に想定されていることから、その具体的な目標数値なども出されている。回答の重要度ランキングをみると、このように比較的具体的に数値目標が分かりやすいトピックが上位になっていることが分かる。

環境問題に関するトピックは、全体としてエネルギー問題と比較すると数値的目標が与え難く、したがって重要度ランクも上位にはならなかったものと思われる。

(3) 今後の展望

原子・分子レベルのナノテクノロジーによる新規物質・材料の合成、さらにその組み合わせによる新規機能が、地球規模での問題に直結してきたのが 21 世紀の科学技術の特徴を代表しているように思われ、回答者による結果もそれを強く意識していることが示唆されている。

ナノテクノロジー、材料開発において先進性、優位性を持つ我が国の研究者がこれらの問題に関しても重要度を高く認識していることは明らかであるが、アンケート結果において、国際競争力がかなり低く見積もられている。

石油の確保が経済、外交、安全保障上の最重要であった 20 世紀に代わり、本細目に示すトピック類が世界のエネルギー、環境問題の解決になるとの認識であれば、国際競争力の低さは問題である。これまでの実績を見る限りでは、エネルギー、環境分野でも我が国の科学技術の貢献は大きいと思われるが、将来の期待が大きい分野だけに、この分野に対する人材活用、資金配分などの全体的研究開発投資が重点施策として必要であることを訴える結果だと見ることができる。

(安藤 寿浩)

6. 1. 8. 応用デバイス・システム (インフラ分野)

(1) 本細目の検討範囲

効率的な流通・移動ネットワーク機能を持ち、かつ人口の疎密に対応した生活と産業を下支えするのが社会共有基盤たるインフラ(ストラクチャ)である。インフラがいかにか安全・安心、高効率性であるかは、いずれの国においても現代経済社会の存立基盤を規定している。日本は、地震多発、高温多湿、台風、洪水などの自然環境が、欧米先進国は言うに及ばず、多くの発展途上国に比べても著しく厳しいという自然条件にある。したがって、

日本のこの分野の技術の信頼性は国際的に見ても高いものとならざるを得ない。その高信頼性の一端を素材が担ってきたことは言うまでもない。また、量的需要が大きいことから、高価、希少な材料の一般使用は避け、資源的に心配の少ない材料の最大効率での利用が鍵となる。日本で試され済みの素部材、材料技術の国際競争力は必然的に高くなる。

さて、日本のインフラの多くは、戦後の高度経済成長時代に大半が整備されてきたため、折しも人口の高齢化と並行して、老朽化している。したがって、社会インフラの老朽化対策のための高機能な新規材料の創製に加えて、点検診断技術、補修技術、劣化予測技術などとパッケージにしたインフラ維持管理マネジメントシステムの構築のための総合的なアプローチが必要となっている。

今回調査の以下のインフラ5項目の設問は、以上のような背景を考慮して選ばれている。

- ・ トピック 88「小型軽量で1人でも操作可能な建築構造物ヘルスマニタリング技術」
- ・ トピック 89「損傷を受けると損傷箇所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料」
- ・ トピック 90「降伏強さ 1800MPa(既存鋼材の3倍)以上で脆性遷移温度が -40°C 以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材」
- ・ トピック 91「中間緩衝層なしで直接セラミックスに接合できる鉄鋼材料」
- ・ トピック 92「超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料」

これらはいずれも近年の先進的な研究開発で注目度の高いトピックだが、今回の設問ではさらにその先を展望し、かつひとり材料開発に留まらない総合性を目指す工夫が見える。

(2) 本細目のトピック

まず、注目すべき点は、マテリアル・デバイス・プロセス分野の中で、細目インフラの国際競争力が平均値として明白に最も高いと評価された(3.12点)ことである。今回の調査では回答者における若手比率が大幅に増したので、広い世代でこの評価が定着しているのではないかと推測される。この点は我が国の将来を考える上で明るい材料となる。重要度についても二番目に高い平均値(3.27点)となっている。設問別でも(89)以外は、重要度、国際競争力のいずれも3.0点以上のスコアとなっている。施策的にも大いに参考とすべき回答である。

回答者の具体的コメントに共通する大事なことは、1)この細目ではすべてが総合的であるし、基礎こそ重要であること、2)必要資材等の多さからして「低コスト」を前提とした研究開発でないという意味をなさないという鋭い指摘があることを忘れてはいけない。

(3) 今後の展望

高い競争力があると見なされたことと相まって、トピックの不確実性、トピックの非連続性は相対的に「低い」となっているのは頷ける。また、実現時期においても分野の中では平均的に最も早期で、社会実装までも平均4.2年という短期リードタイムが期待されていることにも連なる。技術的実現、社会実装のための重点施策においても「資源配分が大事」が最も高い回答率だったことも一連の結果とみることができる。

確かに早期の実現が強く望まれるが、従来の経験値で言えば思いの外、年月が必要となる。期待の実力通りの早期実現を確実にするためには、資源配分を重視すると共に、利害関係者間の情報交換、交流を円滑にし、なるべく多面的な連携、協力体制の下で研究開発を進めることで、投入資源の効果が分散せずに集中・維持できるように工夫することが求められるだろう。また、社会実装を考えると現場で開発技術を駆使できる人材育成の継続的育成が不可欠であり、人材育成を包含した研究開発体制の工夫も必須だろう。回答者コメントにも同様の意見が多く見られた。

(長井 寿)

6. 2. アンケートの回収状況

マテリアル・デバイス・プロセス分野についての回答者内訳は、以下のようになっている。

表 2-6-1 マテリアル・デバイス・プロセス分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	16人	職業	企業その他	195人	回答者の専門度の構成	高	12.2%
	30代	241人		学術機関	392人		中	28.7%
	40代	171人		公的研究機関	85人			
	50代	117人	職種	研究・開発	579人		低	59.2%
	60代	64人		管理・運営等	66人			
	70代以上	8人		その他	27人			
	無回答	55人		合計	672人			

6. 3. 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、その前提として、マテリアル・デバイス・プロセス分野において重要な細目についての議論を行い、これに基づいて、以下の課題の細目を設定した。

表 2-6-2 本分野の細目の概要

細目名	概要
新しい物質・材料・機能の創成	無機材料(可塑性)、導電性高分子材料、ハイブリッド材料、架橋性樹脂(リサイクル)、自己組織化、自己修復材料、熱電素子、蓄光材料、パワー半導体、人工バルク半導体、有機半導体、高移動度トランジスタ、半導体レーザアレイ、メタマテリアル材料、電磁波反射体、室温超電導材料、微小物体の制御・計測、トライボロジー
アドバンスト・マニュファクチャリング	付加製造、オンデマンド生産、パーソナル生産、変種大量生産、ネットシェイプ加工、オンデマンドファブシステム、超精密プロセス技術、バイオプリンティング、アミロース・糖類の生産、アトリトルオーダーの物質注入、立体固体造形、暗黙知のアーカイブ化、技術継承、低環境負荷精錬技術
モデリング・シミュレーション	マルチフィジクス/マルチスケールシミュレーション、合成・加工プロセスシミュレーション、三次元造形機能・構造予測シミュレーション、動的プロセス設計、触媒反応、ダイナミクスシミュレーション、化学反応経路検索、マテリアルズ・インフォマティクス、モデル最適化技術、新規物質検索性予測ツール
先端材料・デバイスの計測・解析手法	時空分解解析、リアルタイム三次元可視化、物質のゆらぎ、固体欠陥解析、オペランド解析、触媒反応素過程、実時間解析、ナノ材料、生理学的安全性推測、細胞への自動インジェクション、分子動態追尾、電子顕微鏡、高温超電導、スピントロニクス、偏極中性子
応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)	プリンタブル LSI、プリントド・システム・オン・プラスチック、フレキシブル・マン・マシン・インターフェース、ナノ機械システム、単層グラフェンデバイス、二次元半導体、1チップ集積回路、ディスプレイ、デジタルジレンマ、超高密度記録技術、低消費電力メモリ、単一スピン情報素子、量子暗号通信、単一光子、大容量ストレージ
応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)	熱電変換素子、高エネルギー消費効率冷凍機、太陽電池、直流スマートグリッド、低温温水発電システム、高層偏西風、プラスチック創成(CO ₂ 利用)、人工核変換、遺伝子マーキング、高効率エネルギーハーベスト、自動車用二次電池、空気電池、マグネシウム、リサイクル、炭素質キャパシタ、希少金属、燃料電池、低濃度 NO _x 酸化剤、高密度水素貯蔵材料、実用光触媒、人工光合成、CO ₂ 燃料化、膜分離技術、低環境負荷デバイス(グラフェン、ナノチューブ)
応用デバイス・システム (インフラ分野)	ヘルスマonitoring、自己診断表示材料、高強度高靱性鉄鋼製建築構造材、金属・セラミクス直接接合、炭素系構造材料

6. 4. トピックに関する設問について

6. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

①重要度の高いトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 件)は、以下のとおりである。

細目別では、「モデリング・シミュレーション」関連トピックが 6 件、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」関連トピックが 5 件を占める。トピック 84「植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術」を除いて、技術的実現時期は 2026 年まで、社会実装時期は 2031 年までと予測している。

表 2-6-3 重要度の高いトピック(上位 20 件)

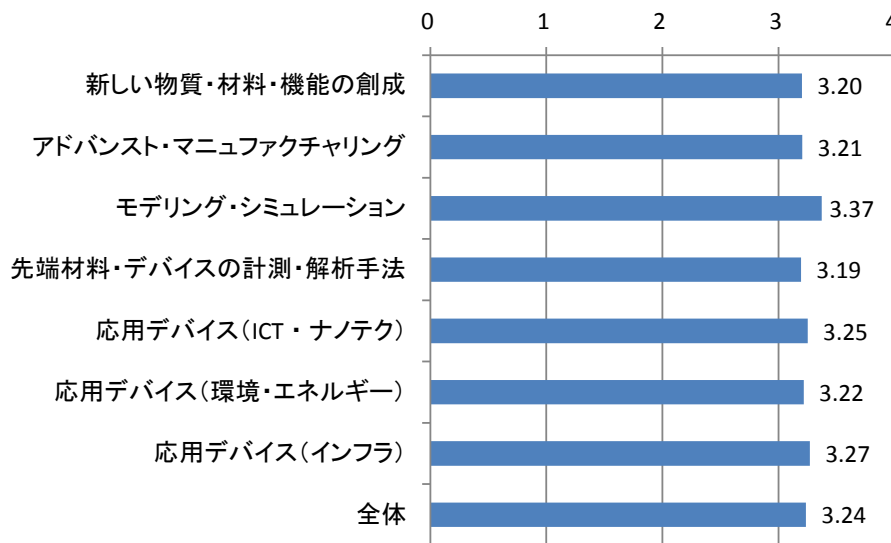
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
60	単位面積当たりの消費電力を増加させずに情報処理能力を向上させて、現在のスパコン程度の性能を 1 チップで実現する集積回路技術	3.61	2025	2030	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
77	現行の大きさ、重量でも航続距離が 500km の性能(エネルギー密度 1kWh/kg 以上, 出力密度 1kW/kg 以上)をもつ自動車用二次電池	3.60	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
63	現在の DRAM に比べ、100 倍のメモリバンド幅を持ち、100 分の 1 の消費電力で動作するメモリ	3.56	2025	2028	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
80	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	3.55	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
34	構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術	3.53	2025	2030	モデリング・ シミュレーション
69	変換効率 50%を超える太陽電池	3.49	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
84	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	3.49	2030	2040	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
78	マグネシウムなどを用いた、エネルギー密度が高く、再生・リサイクルが容易な空気電池	3.48	2026	2031	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
31	表面・界面で起こる化学反応に対して、摩擦、衝撃、応力、流体、電場、熱、光などの多様な物理的因子が与える影響を解明可能なマルチフィジックスシミュレーション技術	3.48	2025	2030	モデリング・ シミュレーション
37	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術	3.47	2025	2030	モデリング・ シミュレーション
92	超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料	3.46	2025	2030	応用デバイス・システム (インフラ分野)
2	SiC、GaN よりも低損失の電力用の実用パワー半導体	3.45	2024	2025	新しい物質・材料・機能 の創成
88	小型軽量で 1 人でも操作可能な建築構造物ヘルスマニタリング技術	3.44	2020	2025	応用デバイス・システム (インフラ分野)
33	合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、機能予測を一環して可能なシミュレーション技術	3.44	2025	2029	モデリング・ シミュレーション

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
32	電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術	3.44	2025	2030	モデリング・シミュレーション
30	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術	3.43	2025	2030	アドバンスト・マニュファクチャリング
35	材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術	3.42	2025	2030	モデリング・シミュレーション
23	1 μ m以下の加工精度の切削を用いない(ネットシェイプ)成形加工	3.41	2025	2030	アドバンスト・マニュファクチャリング
62	デジタルジレンマを打破する超高密度記録技術	3.41	2025	2030	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
29	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム	3.41	2023	2025	アドバンスト・マニュファクチャリング

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「モデリング・シミュレーション」が 3.37 と最も大きく、次いで「応用デバイス・システム(インフラ分野)」が 3.27 であった。

図 2-6-1 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、「重要度は低い」として、評価されたトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。「応用デバイス・システム」関連のトピックが含まれる。

表 2-6-4 重要度の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
89	損傷を受けると損傷個所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料	2.88	2020	2025	応用デバイス・システム (インフラ分野)
50	生存確率が 1 割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション	2.86	2021	2027	先端材料・デバイスの 計測・解析手法

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
81	低濃度 NOx を酸化剤として利用可能な燃料電池	2.81	2025	2031	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
61	特定の人にしか可視化できないディスプレイ	2.71	2021	2026	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	2.68	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)

(2) 国際競争力

① 国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 件)は、次表に示すとおりである。細目別では、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」と「応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)」の関連トピックが 5 件、「新しい物質・材料・機能の創成」の関連トピックが各 4 件占める。技術的実現時期は 2025 年頃、社会実装時期は 2030 年頃とするトピックが多い。

表 2-6-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

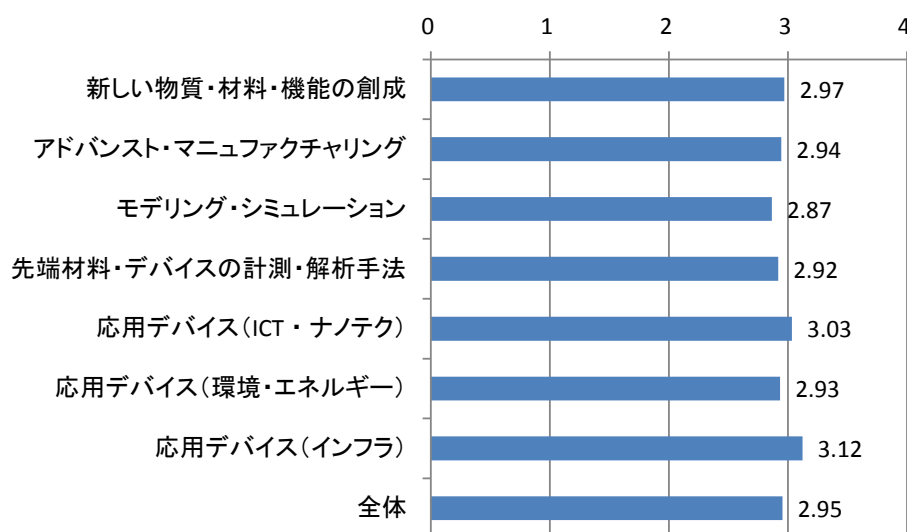
番号	トピック	国際 競争力	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
90	降伏強さ 1800MPa(既存鋼材の 3 倍)以上で脆性遷移温度が-40℃以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材	3.40	2025	2030	応用デバイス・システム (インフラ分野)
92	超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料	3.31	2025	2030	応用デバイス・システム (インフラ分野)
80	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	3.30	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
77	現行の大きさ、重量でも航続距離が 500km の性能(エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上)をもつ自動車用二次電池	3.27	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
64	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子	3.24	2030	2035	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
16	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.19	2030	2040	新しい物質・材料・ 機能の創成
91	中間緩衝層なしで直接セラミックスに接合できる鉄鋼材料	3.18	2024	2025	応用デバイス・システム (インフラ分野)
25	ビーム技術(イオン、電子、レーザなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストロームオーダーの超精密プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング)	3.16	2025	2030	アドバンスト・ マニュファクチャリング
83	太陽光で水を分解できる実用的な光触媒	3.16	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
55	高性能有機半導体をベースとしたセンサ用論理回路などに適用でき、かつ低コストで少量多品種生産を可能とする、プリンタブル LSI	3.16	2020	2025	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
78	マグネシウムなどを用いた、エネルギー密度が高く、再生・リサイクルが容易な空気電池	3.16	2026	2031	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
62	デジタルジレンマを打破する超高密度記録技術	3.14	2025	2030	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
57	近未来の車などの移動式居住空間において利用可能な、低コストかつ大面積曲面に装着できるデバイスで構成されたフレキシブル・マン・マシンインタフェース	3.14	2022	2025	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
29	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム	3.12	2023	2025	アドバンスト・マニュファクチャリング
69	変換効率 50%を超える太陽電池	3.12	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
7	低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ	3.12	2025	2028	新しい物質・材料・機能の創成
23	1 μ m以下の加工精度の切削を用いない(ネットシェイプ)成形加工	3.12	2025	2030	アドバンスト・マニュファクチャリング
5	自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料	3.11	2020	2025	新しい物質・材料・機能の創成
56	センサと集積回路などを一体化し機能統合した、薄型電子デバイスの製作プラットフォーム(プリンテッド・システム・オン・プラスチック)	3.11	2020	2025	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
2	SiC、GaN よりも低損失の電力用の実用パワー半導体	3.10	2024	2025	新しい物質・材料・機能の創成

②細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「応用デバイス・システム(インフラ分野)」が 3.12 と最も大きく、次いで「応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)」が 3.03 である。

図 2-6-2 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」細目のトピックが複数含まれる。

表 2-6-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
40	ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術	2.73	2025	2029	モデリング・シミュレーション
89	損傷を受けると損傷個所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料	2.73	2020	2025	応用デバイス・システム(インフラ分野)
75	遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術	2.59	2025	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	2.55	2030	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	2.52	2025	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)

(3) 不確実性

① 不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等、が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件)は、以下のとおりである。

細目別では、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」関連トピックが 10 件を占める。技術的実現時期は 2025 年以降、社会実装時期は 2030 年以降と予測するトピックが多い。

表 2-6-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

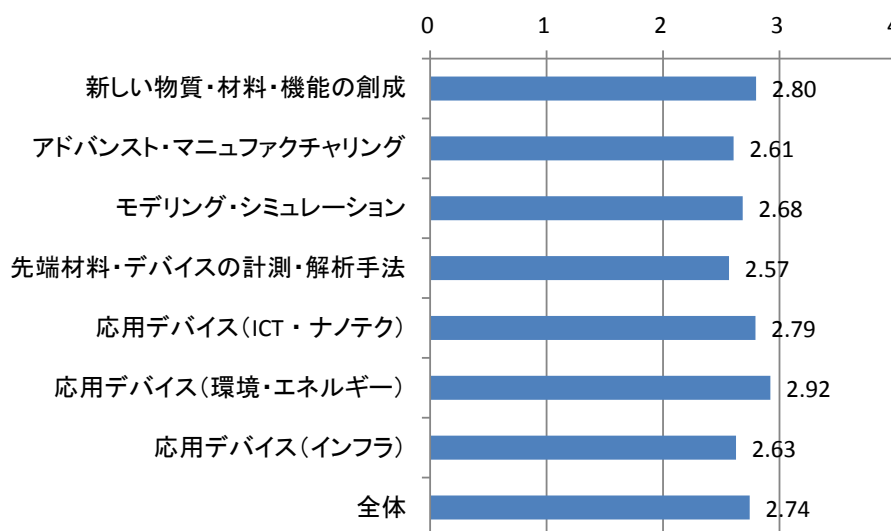
番号	トピック	不確実性	技術的実現時期	社会実装時期	細目
74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	3.46	2030	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
16	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.41	2030	2040	新しい物質・材料・機能の創成
64	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子	3.21	2030	2035	応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)
84	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	3.17	2030	2040	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
66	大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ	3.17	2028	2035	応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)
85	CO ₂ の光還元触媒による燃料化	3.13	2030	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
79	東京から大阪まで連続走行できる電気自動車用炭素質キャパシター	3.09	2030	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
40	ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術	3.06	2025	2029	モデリング・シミュレーション
81	低濃度 NOx を酸化剤として利用可能な燃料電池	3.05	2025	2031	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
65	量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス	3.04	2025	2030	応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
6	室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料	3.04	2025	2030	新しい物質・材料・機能の創成
69	変換効率 50%を超える太陽電池	3.01	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
19	バイオプリンティングによる再生臓器の製造	3.00	2025	2035	アドバンスト・ マニュファクチャリング
8	ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ	3.00	2025	2030	新しい物質・材料・ 機能の創成
34	構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術	2.99	2025	2030	モデリング・ シミュレーション
67	効率が 40%以上の熱電変換素子	2.98	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
80	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	2.96	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
58	生体分子モータを模倣し、分子の力で動くナノ機械システム	2.96	2024	2030	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
82	水素密度 10wt%以上で放出温度 100℃以下の高密度水素貯蔵材料	2.95	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
83	太陽光で水を分解できる実用的な光触媒	2.92	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」が 2.92 と最も大きく、次いで「新しい物質・材料・機能の創成」が 2.80、「応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)」が 2.79 であった。

図 2-6-3 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。「アドバンスト・マニュファクチャリング」のトピックが 2 件占める。

表 2-6-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的実現時期	社会実装時期	細目
20	形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産(変種大量生産/10 万個規模)	2.40	2021	2025	アドバンスト・マニファクチャリング
42	マテリアルズ・インフォマティクスを活用し、3次元造形による構造および機能性材料が開発される	2.38	2025	2028	モデリング・シミュレーション
43	光エネルギー変換材料におけるキャリア移動の時空間分解解析技術	2.36	2022	2025	先端材料・デバイスの計測・解析手法
88	小型軽量で1人でも操作可能な建築構造物ヘルスマニタリング技術	2.35	2020	2025	応用デバイス・システム(インフラ分野)
24	少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム	2.34	2020	2025	アドバンスト・マニファクチャリング

(4)非連続性

①非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック(上位 20 件)は、以下のとおりである。細目別では、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」関連トピックが 11 件を占める。技術的实现時期は 2025 年以降、社会実装時期は 2030 年以降と予測するトピックが多い。

表 2-6-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

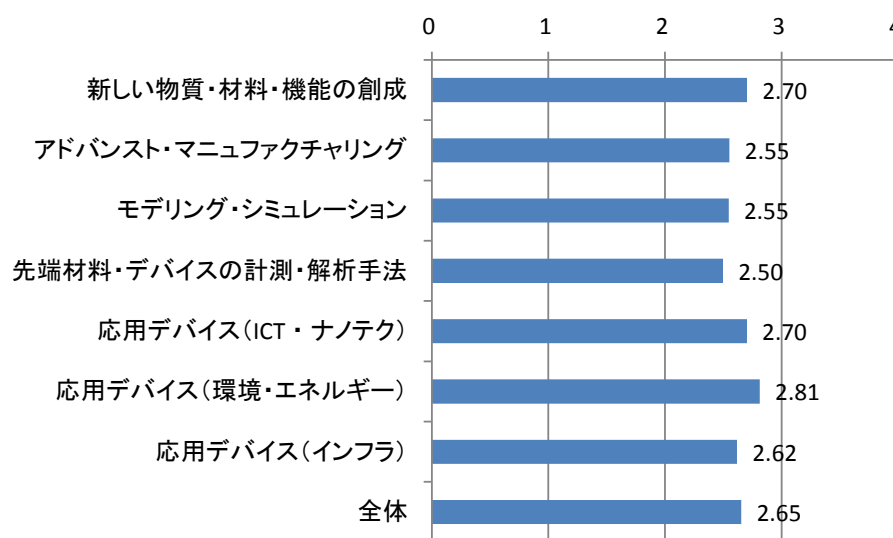
番号	トピック	非連続性	技術的実現時期	社会実装時期	細目
16	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.37	2030	2040	新しい物質・材料・機能の創成
74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	3.22	2030	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
66	大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ	3.15	2028	2035	応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)
64	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子	3.10	2030	2035	応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)
85	CO ₂ の光還元触媒による燃料化	3.03	2030	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
84	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	3.01	2030	2040	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
80	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	2.97	2025	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
6	室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料	2.94	2025	2030	新しい物質・材料・機能の創成
34	構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術	2.93	2025	2030	モデリング・シミュレーション
77	現行の大きさ、重量でも航続距離が 500km の性能(エネルギー密度 1kWh/kg 以上, 出力密度 1kW/kg 以上)をもつ自動車用二次電池	2.93	2025	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
79	東京から大阪まで連続走行できる電気自動車用炭素質キャパシター	2.88	2030	2035	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
19	バイオプリンティングによる再生臓器の製造	2.86	2025	2035	アドバンスト・ マニュファクチャリング
67	効率が40%以上の熱電変換素子	2.86	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
8	ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ	2.85	2025	2030	新しい物質・材料・機能 の創成
87	環境にCO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	2.85	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
83	太陽光で水を分解できる実用的な光触媒	2.84	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
78	マグネシウムなどを用いた、エネルギー密度が高く、再生・リサイクルが容易な空気電池	2.83	2026	2031	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
58	生体分子モータを模倣し、分子の力で動くナノ機械システム	2.83	2024	2030	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
69	変換効率50%を超える太陽電池	2.83	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
54	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	2.82	2025	2030	先端材料・デバイスの 計測・解析手法

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」が2.81と最も大きく、次いで「新しい物質・材料・機能の創成」、「応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)」が2.70であった。

図 2-6-4 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位5件)は、以下のとおりである。「建築構

造物ヘルスマニタリング技術」、「ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術」等のトピックが含まれる。

表 2-6-10 非連続性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
88	小型軽量で 1 人でも操作可能な建築構造物ヘルスマニタリング技術	2.33	2020	2025	応用デバイス・システム (インフラ分野)
49	ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術	2.33	2020	2025	先端材料・デバイスの 計測・解析手法
12	ミラーを用いずにレーザー光の出射方向を自由に制御可能な半導体レーザーアレイ	2.31	2023	2027	新しい物質・材料・機能 の創成
38	量子化学計算に基づき化学反応経路を自動的に探索することで、励起状態、溶液内反応、表面反応、新規化合物合成などのシミュレーションを可能にする計算システム	2.27	2025	2029	モデリング・ シミュレーション
18	コンシューマプロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産	2.27	2020	2025	アドバンスト・ マニユファクチャリング

(5) 倫理性

① 倫理性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位 20 件)は、以下のとおりである。

細目別では、「アドバンスト・マニユファクチャリング」関連トピックが 5 件、「先端材料・デバイスの計測・解析手法」と「応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)」の関連トピックが各 4 件占める。技術的実現時期は平均して 2023 年頃とするトピックが多い。

表 2-6-11 倫理性の高いトピック(上位 20 件)

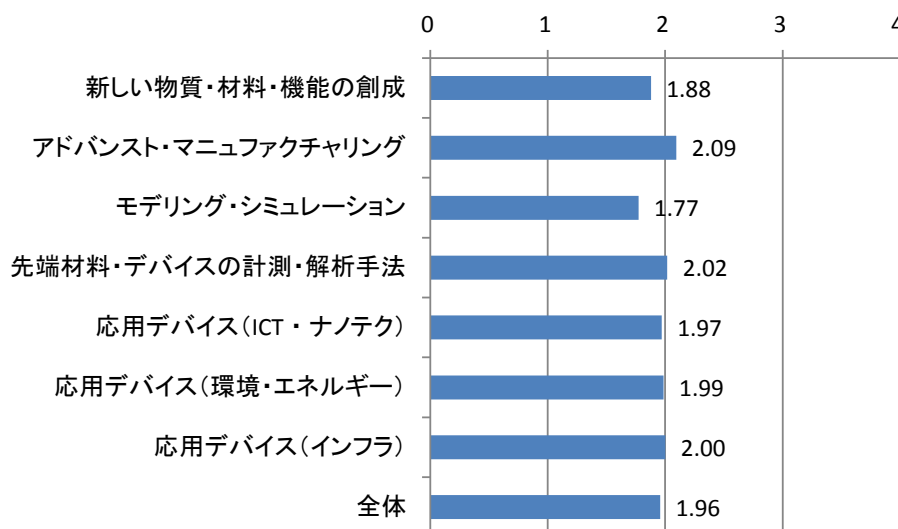
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
19	バイオプリンティングによる再生臓器の製造	3.47	2025	2035	アドバンスト・ マニユファクチャリング
75	遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術	3.19	2025	2035	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
49	ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術	2.83	2020	2025	先端材料・デバイスの 計測・解析手法
50	生存確率が 1 割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション	2.80	2021	2027	先端材料・デバイスの 計測・解析手法
74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	2.75	2030	2035	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
51	細胞内の分子動態をマイクロ秒以下の時間分解能で追尾できる計測技術	2.42	2020	2025	先端材料・デバイスの 計測・解析手法
26	木材や紙などセルロースから食用となるアミロースや糖類を大量かつ安価に製造する方法	2.39	2024	2028	アドバンスト・ マニユファクチャリング
29	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム	2.34	2023	2025	アドバンスト・ マニユファクチャリング
58	生体分子モータを模倣し、分子の力で動くナノ機械システム	2.27	2024	2030	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
54	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー（波長）範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	2.17	2025	2030	先端材料・デバイスの計測・解析手法
61	特定の人にしか可視化できないディスプレイ	2.15	2021	2026	応用デバイス・システム（ICT・ナノテク分野）
22	大量生産品と同等の精度・品質を持った部品・製品のパーソナル生産	2.12	2020	2025	アドバンスト・マニファクチャリング
18	コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産	2.10	2020	2025	アドバンスト・マニファクチャリング
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	2.10	2025	2030	応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）
88	小型軽量で1人でも操作可能な建築構造物ヘルスマonitoring技術	2.09	2020	2025	応用デバイス・システム（インフラ分野）
64	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子	2.09	2030	2035	応用デバイス・システム（ICT・ナノテク分野）
4	リサイクル可能な架橋性樹脂	2.08	2024	2027	新しい物質・材料・機能の創成
91	中間緩衝層なしで直接セラミックスに接合できる鉄鋼材料	2.08	2024	2025	応用デバイス・システム（インフラ分野）
70	国内の送配電網の 8 割以上が直流スマートグリッドに置き換わる	2.05	2030	2035	応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）
57	近未来の車などの移動式居住空間において利用可能な、低コストかつ大面積曲面に装着できるデバイスで構成されたフレキシブル・マン・マシンインタフェース	2.03	2022	2025	応用デバイス・システム（ICT・ナノテク分野）

②細目別のトピックの倫理性

細目別の平均でみた場合、「アドバンスト・マニファクチャリング」が 2.09 と最も大きい。

図 2-6-5 トピックの倫理性（細目別：指数）



③倫理性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。「モデリング・シミュレーション」、「先端材料・デバイスの計測・解析手法」細目のトピックが含まれる。

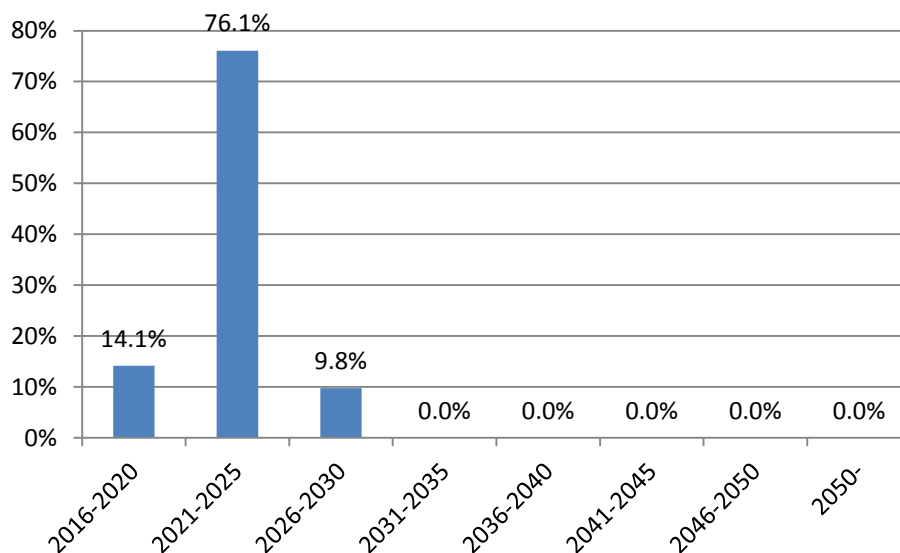
表 2-6-12 倫理性の低いトピック(上位 5 トピック)

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
84	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	1.69	2030	2040	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
45	固体における欠陥を、非破壊・その場で超高感度検出・解析する技術	1.68	2022	2025	先端材料・デバイスの 計測・解析手法
31	表面・界面で起こる化学反応に対して、摩擦、衝撃、応力、流体、電場、熱、光などの多様な物理的因子が与える影響を解明可能なマルチフィジックスシミュレーション技術	1.65	2025	2030	モデリング・ シミュレーション
32	電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術	1.60	2025	2030	モデリング・ シミュレーション
52	原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡	1.60	2025	2025	先端材料・デバイスの 計測・解析手法

6. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。

図 2-6-6 技術的実現予測時期の分布



技術的実現予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。

「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」細目のトピックは、他の細目に比べ、若干、技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 2-6-13 技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
新しい物質・材料・機能の創成	1	15	1					
アドバンスド・マニュファクチャリング	3	10						
モデリング・シミュレーション		12						
先端材料・デバイスの計測・解析手法	5	7						
応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)	2	8	2					
応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)		15	6					
応用デバイス・システム(インフラ分野)	2	3						
総計	13	70	9					

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答が多いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」細目の関連トピックで、「実現しない」あるいは「わからない」などの回答比率が高い傾向がみられる。

表 2-6-14 「実現しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的実現時期	細目
74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	3.27	35.8	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
79	東京から大阪まで連続走行できる電気自動車用炭素質キャパシター	3.11	30.6	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	2.68	29.2	2025	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
16	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.39	26.5	2030	新しい物質・材料・機能の創成
82	水素密度 10wt%以上で放出温度 100℃以下の高密度水素貯蔵材料	3.27	21.4	2025	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)

表 2-6-15 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
16	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.39	32.6	2030	新しい物質・材料・機能の創成
67	効率が 40%以上の熱電変換素子	3.35	30.3	2025	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
81	低濃度 NO _x を酸化剤として利用可能な燃料電池	2.81	30.2	2025	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
85	CO ₂ の光還元触媒による燃料化	3.35	29.4	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
8	ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ	2.96	28.9	2025	新しい物質・材料・機能の創成

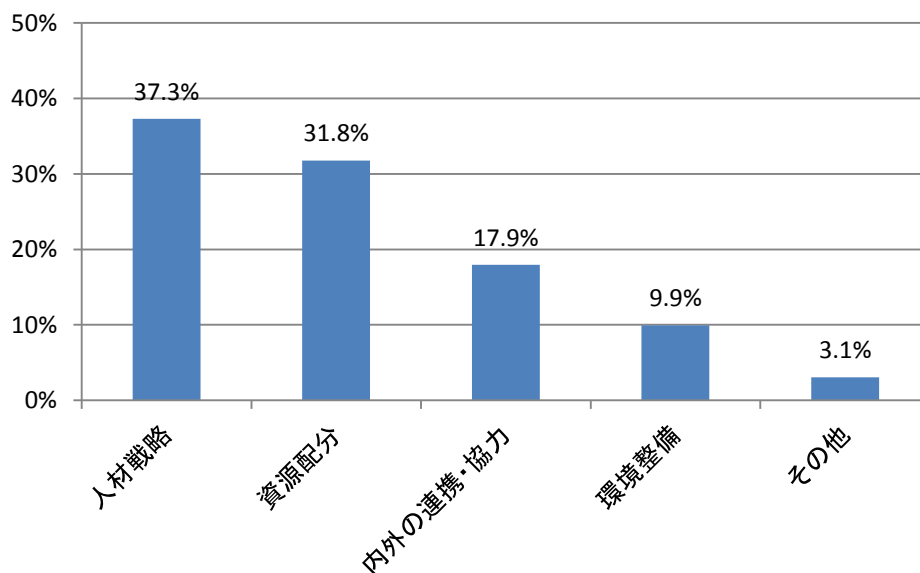
6. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「人材戦略」(37.3%)であり、次いで「資源配分」(31.8%)と続く。

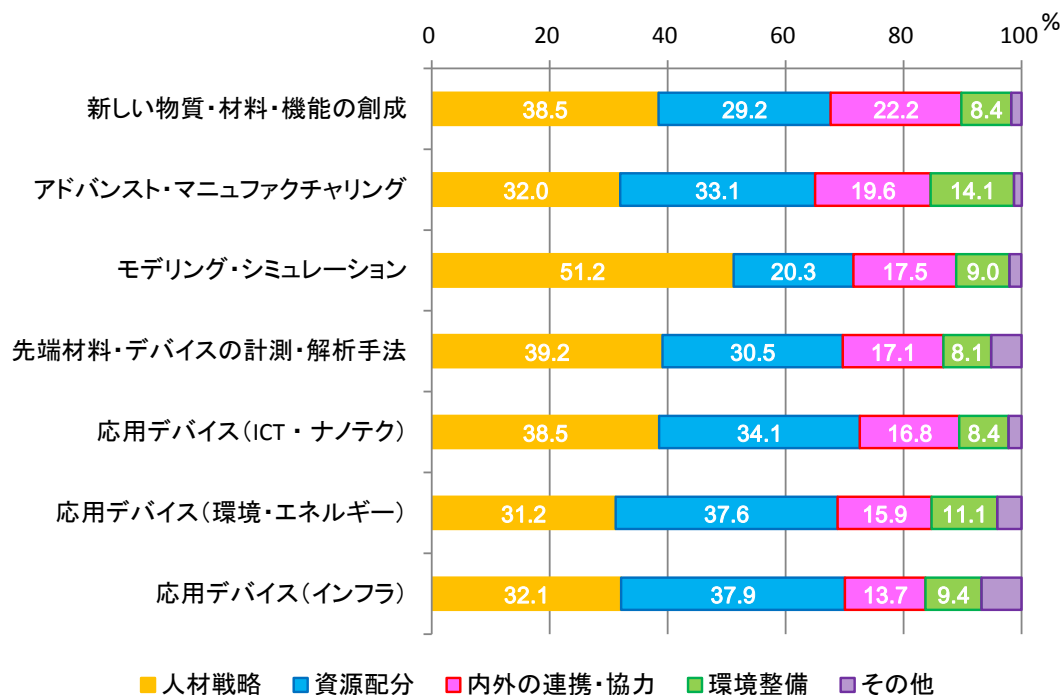
図 2-6-7 技術的実現に向けた重点施策(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「新しい物質・材料・機能の創成」、「アドバンスト・マニュファクチャリング」、「モデリング・シミュレーション」、「先端材料・デバイスの計測・解析手法」、「応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)」等の細目では、トピックの技術的実現に向けた重要施策として、多くの回答者が「人材戦略」と回答している。また、「応用デバイス・システム」の環境・エネルギー分野やインフラ分野のトピックでは、重点施策として「資源配分」とする回答が高い。それ以外に、「アドバンスト・マニュファクチャリング」の細目のトピックでは、「環境整備」とする回答が他の細目と比べ高い。

図 2-6-8 技術的実現に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-6-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
36	触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術	65.2	2025	2029	モデリング・シミュレーション
35	材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術	59.0	2025	2030	モデリング・シミュレーション
32	電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術	56.9	2025	2030	モデリング・シミュレーション
34	構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術	56.2	2025	2030	モデリング・シミュレーション
40	ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術	55.9	2025	2029	モデリング・シミュレーション
74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	20.8	2030	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	17.5	2025	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
24	少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム	16.9	2020	2025	アドバンスト・マニファクチャリング

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
20	形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産(変種大量生産/10 万個規模)	15.6	2021	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング
70	国内の送配電網の 8 割以上が直流スマートグリッドに置き換わる	4.2	2030	2035	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)

②資源配分

技術的実現に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-6-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
24	少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム	55.4	2020	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング
77	現行の大きさ、重量でも航続距離が 500km の性能(エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上)をもつ自動車用二次電池	53.3	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
78	マグネシウムなどを用いた、エネルギー密度が高く、再生・リサイクルが容易な空気電池	51.4	2026	2031	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
87	環境に CO ₂ を排出せず、石炭から水素を製造する膜分離技術	50.0	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
25	ビーム技術(イオン、電子、レーザなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストロームオーダーの超精密プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング)	49.4	2025	2030	アドバンスト・マニユファクチャリング
32	電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術	16.9	2025	2030	モデリング・シミュレーション
18	コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産	16.7	2020	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング
40	ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術	14.7	2025	2029	モデリング・シミュレーション
29	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム	13.6	2023	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング
36	触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術	10.9	2025	2029	モデリング・シミュレーション

③内外の連携・協力

技術的実現に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-6-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
18	コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産	35.4	2020	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング
4	リサイクル可能な架橋性樹脂	31.9	2024	2027	新しい物質・材料・機能の創成
20	形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産(変種大量生産/10万個規模)	31.1	2021	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング
26	木材や紙などセルロースから食用となるアミロースや糖類を大量かつ安価に製造する方法	26.7	2024	2028	アドバンスト・マニユファクチャリング
6	室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料	26.2	2025	2030	新しい物質・材料・機能の創成
23	1m以下の加工精度の切削を用いない(ネットシェイプ)成形加工	8.2	2025	2030	アドバンスト・マニユファクチャリング
61	特定の人にしか可視化できないディスプレイ	8.1	2021	2026	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
87	環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	7.1	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
50	生存確率が1割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション	7.1	2021	2027	先端材料・デバイスの計測・解析手法
35	材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術	4.9	2025	2030	モデリング・シミュレーション

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位5件)と割合の低いトピック(下位5件)は、以下のとおりである。

表 2-6-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
70	国内の送配電網の8割以上が直流スマートグリッドに置き換わる	46.5	2030	2035	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
18	コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産	25.0	2020	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	24.6	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
54	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	20.7	2025	2030	先端材料・デバイスの計測・解析手法
88	小型軽量で1人でも操作可能な建築構造物ヘルスマonitoring技術	20.0	2020	2025	応用デバイス・システム (インフラ分野)
91	中間緩衝層なしで直接セラミックスに接合できる鉄鋼材料	2.8	2024	2025	応用デバイス・システム (インフラ分野)
87	環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	2.4	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
41	大規模材料データからの新規物質探索をスピードアップする物性予測ツール	2.2	2023	2025	モデリング・シミュレーション
52	原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡	1.7	2025	2025	先端材料・デバイスの計測・解析手法
50	生存確率が 1 割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション	0.0	2021	2027	先端材料・デバイスの計測・解析手法

⑤その他

技術的実現に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

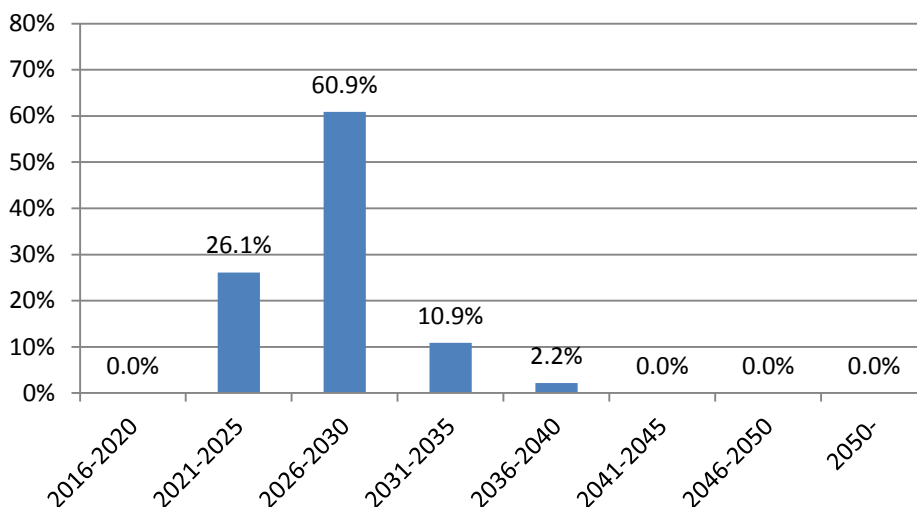
表 2-6-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
92	超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料	10.6	2025	2030	応用デバイス・システム (インフラ分野)
89	損傷を受けると損傷個所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料	10.5	2020	2025	応用デバイス・システム (インフラ分野)
54	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	10.3	2025	2030	先端材料・デバイスの計測・解析手法
68	超電導送電の実用化を可能とする高エネルギー消費効率の冷凍機	9.0	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
83	太陽光で水を分解できる実用的な光触媒	7.2	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)

6. 4. 4. 社会実装予測時期

社会実装予測時期の分布は下図の通りである。社会実装時期は 2026～2030 年の間に課題の実装時期のピーク(60.9%)を迎える。

図 2-6-9 社会実装時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。

「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」細目のトピックは、他の細目に比べ、社会実装予測時期が遅くなっている。

表 2-6-21 細目別にみた課題の社会実装予測時期

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
新しい物質・材料・機能の創成		2	14		1			
アドバンスド・マニファクチャリング		6	6	1				
モデリング・シミュレーション		1	11					
先端材料・デバイスの計測・解析手法		9	3					
応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)		3	7	2				
応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)			13	7	1			
応用デバイス・システム(インフラ分野)		3	2					
総計		24	56	10	2			

ここでは、実現時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答が多いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」細目の関連トピックで、「実装しない」との回答比率が高く、また、「新しい物質・材料・機能の創成」、「応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)」等の細目のトピックの中には、社会実装について「わからない」との回答比率の高いトピックが含まれる。

表 2-6-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	細目
74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	3.27	37.7	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	2.68	33.8	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
79	東京から大阪まで連続走行できる電気自動車用炭素質キャパシター	3.11	33.3	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
81	低濃度 NOx を酸化剤として利用可能な燃料電池	2.81	30.2	2031	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
16	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.39	26.5	2040	新しい物質・材料・機能の創成

表 2-6-23 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
16	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.39	39.4	2040	新しい物質・材料・機能の創成
8	ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ	2.96	35.5	2030	新しい物質・材料・機能の創成
74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	3.27	34	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)

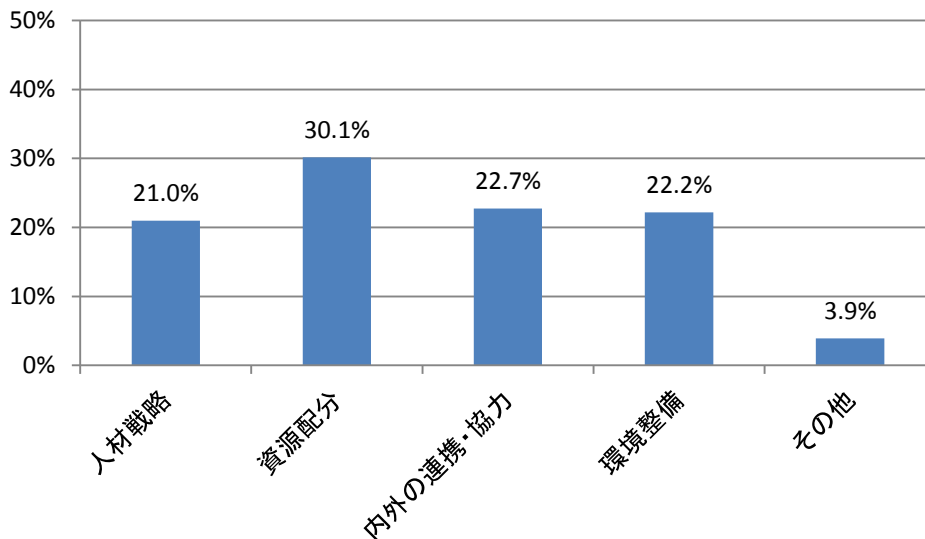
番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
66	大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な1原子/1分子が1ビットに対応するストレージ	3.32	34	2035	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)
58	生体分子モータを模倣し、分子の力で動くナノ機械システム	2.97	33.8	2030	応用デバイス・システム (ICT・ナノテク分野)

6. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策として、最も回答が多いのは「資源配分」(30.1%)であり、次いで、「内外の連携・協力」、「環境整備」等が続く。

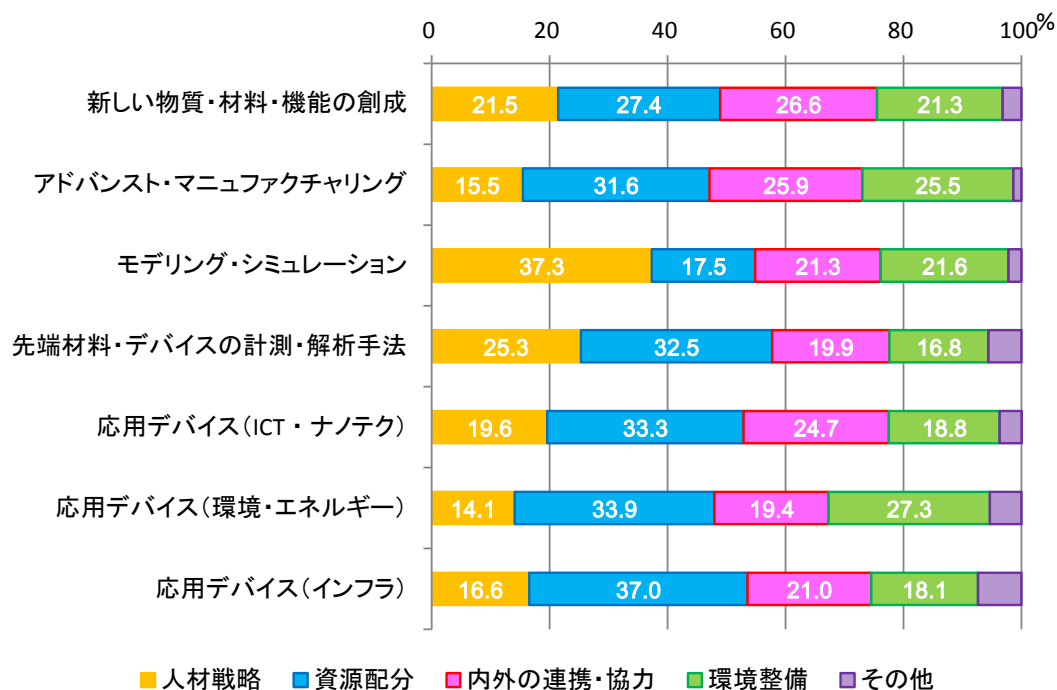
図 2-6-10 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

細目別では、「アドバンスド・マニュファクチャリング」、「先端材料・デバイスの計測・解析手法」、「応用デバイス・システム」の環境・エネルギー分野及びインフラ分野において、トピックの社会実装に向けて、「資源配分」が必要との回答が多い。また、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」では、「環境整備」との回答が他の細目と比べ、高かった。

図 2-6-11 社会実装に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-6-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
36	触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術	46.7	2025	2029	モデリング・シミュレーション
40	ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術	45.5	2025	2029	モデリング・シミュレーション
32	電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術	43.8	2025	2030	モデリング・シミュレーション
35	材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術	41.7	2025	2030	モデリング・シミュレーション
41	大規模材料データからの新規物質探索をスピードアップする物性予測ツール	41.5	2023	2025	モデリング・シミュレーション
92	超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料	6.5	2025	2030	応用デバイス・システム(インフラ分野)
76	出力数ワット以上の高効率エネルギーハーベスト技術	5.8	2025	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	5.3	2025	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
75	遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術	3.4	2025	2035	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
26	木材や紙などセルロースから食用となるアミロースや糖類を大量かつ安価に製造する方法	3.3	2024	2028	アドバンスト・ マニュファクチャリング

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-6-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
28	鋳型を使わず液体から直接立体形状固体を造形する革新的生産技術	46.4	2025	2025	アドバンスト・ マニュファクチャリング
82	水素密度 10wt%以上で放出温度 100℃以下の高密度水素貯蔵材料	44.9	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
90	降伏強さ 1800MPa(既存鋼材の 3 倍)以上で脆性遷移温度が-40℃以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材	43.9	2025	2030	応用デバイス・システム (インフラ分野)
87	環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	43.9	2025	2030	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
50	生存確率が 1 割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション	42.9	2021	2027	先端材料・デバイスの計測・解析手法
39	シミュレーションデータと実測データの同化を通じて材料の局所的物性とマクロ物性を接続する、より精緻に予測可能なモデル最適化技術	15.5	2024	2030	モデリング・ シミュレーション
42	マテリアルズ・インフォマティクスを活用し、3次元造形による構造および機能性材料が開発される	14.7	2025	2028	モデリング・ シミュレーション
70	国内の送配電網の 8 割以上が直流スマートグリッドに置き換わる	13.7	2030	2035	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
36	触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術	13.3	2025	2029	モデリング・ シミュレーション
31	表面・界面で起こる化学反応に対して、摩擦、衝撃、応力、流体、電場、熱、光などの多様な物理的因子が与える影響を解明可能なマルチフィジックスシミュレーション技術	12.5	2025	2030	モデリング・ シミュレーション

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-6-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
3	水冷ラジエータ等の部品化可能な熱電素子	36.2	2025	2029	新しい物質・材料・機能の創成
2	SiC、GaN よりも低損失の電力用の実用パワー半導体	34.9	2024	2025	新しい物質・材料・機能の創成
10	計算により得た所望のエネルギーバンド構造を基に、人工的にバルク半導体を創成する技術	32.6	2025	2030	新しい物質・材料・機能の創成
27	体積がピコリットルオーダーの閉鎖空間にアトリットルオーダーの物質を注入する方法	31.8	2022	2028	アドバンスト・マニユファクチャリング
29	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム	31.6	2023	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング
88	小型軽量で1人でも操作可能な建築構造物ヘルスマニタリング技術	12.2	2020	2025	応用デバイス・システム(インフラ分野)
40	ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術	12.1	2025	2029	モデリング・シミュレーション
53	超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa以上)など極限環境での、触媒、金属、溶融塩などの電子顕微鏡観察技術	11.8	2025	2029	先端材料・デバイスの計測・解析手法
43	光エネルギー変換材料におけるキャリア移動の時空間分解解析技術	11.1	2022	2025	先端材料・デバイスの計測・解析手法
28	鋳型を使わず液体から直接立体形状固体を造形する革新的生産技術	10.7	2025	2025	アドバンスト・マニユファクチャリング

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位5件)と割合の低いトピック(下位5件)は、以下のとおりである。

表 2-6-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
70	国内の送配電網の8割以上が直流スマートグリッドに置き換わる	61.6	2030	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
75	遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術	48.3	2025	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
19	バイオプリンティングによる再生臓器の製造	45.2	2025	2035	アドバンスト・マニユファクチャリング
72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	38.6	2025	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
4	リサイクル可能な架橋性樹脂	36.6	2024	2027	新しい物質・材料・機能の創成
32	電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術	12.5	2025	2030	モデリング・シミュレーション

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
52	原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡	10.5	2025	2025	先端材料・デバイスの計測・解析手法
90	降伏強さ 1800MPa(既存鋼材の 3 倍)以上で脆性遷移温度が-40℃以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材	9.8	2025	2030	応用デバイス・システム(インフラ分野)
60	単位面積当たりの消費電力を増加させずに情報処理能力を向上させて、現在のスパコン程度の性能を 1 チップで実現する集積回路技術	8.6	2025	2030	応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)
50	生存確率が 1 割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション	7.1	2021	2027	先端材料・デバイスの計測・解析手法

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

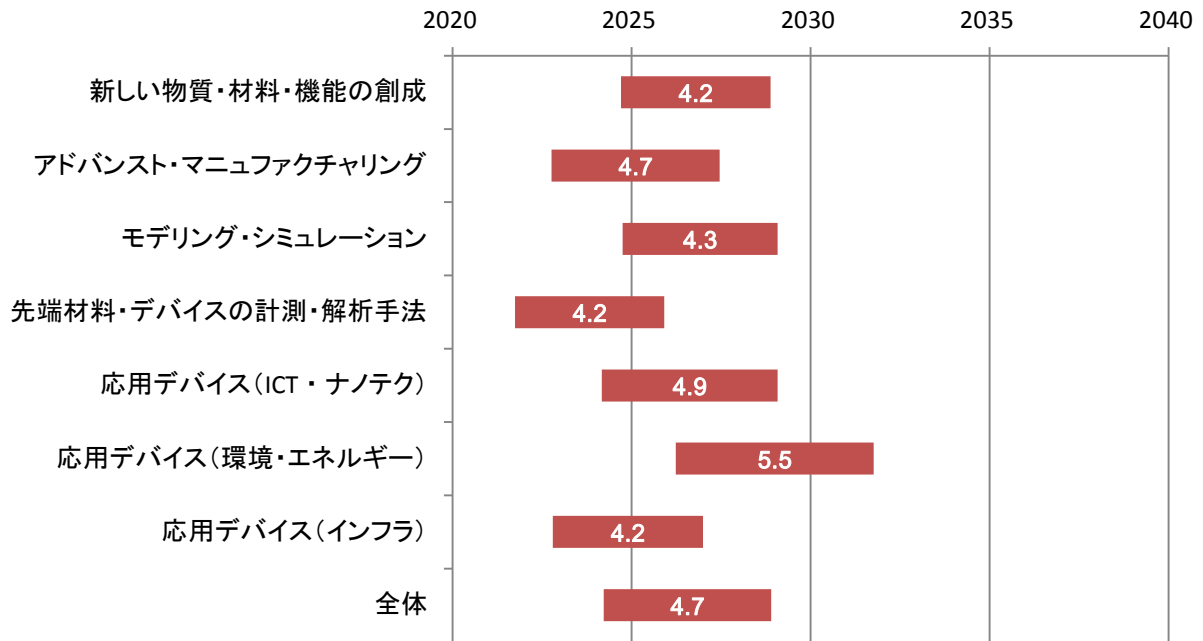
表 2-6-28 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
89	損傷を受けると損傷個所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料	13.2	2020	2025	応用デバイス・システム(インフラ分野)
92	超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料	10.9	2025	2030	応用デバイス・システム(インフラ分野)
54	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	10.7	2025	2030	先端材料・デバイスの計測・解析手法
75	遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術	10.3	2025	2035	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
68	超電導送電の実用化を可能とする高エネルギー消費効率の冷凍機	9.2	2025	2030	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)

6. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間

技術的実現から社会実装までの期間を細目別にみると、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」が 5.5 年と最も長く、一方で、「新しい物質・材料・機能の創成」、「先端材料・デバイスの計測・解析手法」、「応用デバイス・システム(インフラ分野)」等の細目は 4.2 年と短い。

図 2-6-12 技術的実現から社会実装までの期間(年)



技術的実現から社会実装までの期間の長いトピック(上位 5 件)および期間の短いトピック(下位 5 件)は、それぞれ以下のとおりである。

表 2-6-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
19	バイオプリンティングによる再生臓器の製造	2025	2035	10	アドバンスド・マニュファクチャリング
75	遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術	2025	2035	10	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
16	強相関電子を用いた室温超電導材料	2030	2040	10	新しい物質・材料・機能の創成
84	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	2030	2040	10	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)
66	大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ	2028	2035	7	応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)
2	SiC、GaN よりも低損失の電力用の実用パワー半導体	2024	2025	1	新しい物質・材料・機能の創成
91	中間緩衝層なしで直接セラミックスに接合できる鉄鋼材料	2024	2025	1	応用デバイス・システム(インフラ分野)
9	実用照明の輝度で 8 時間連続使用可能な蓄光材料	2025	2026	1	新しい物質・材料・機能の創成
28	鋳型を使わず液体から直接立体形状固体を造形する革新的生産技術	2025	2025	0	アドバンスド・マニュファクチャリング
52	原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡	2025	2025	0	先端材料・デバイスの計測・解析手法

6. 5. 未来科学技術年表

6. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2020	5 自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料
	18 コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産
	22 大量生産品と同等の精度・品質を持った部品・製品のパーソナル生産
	24 少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム
	44 充放電時における電池内部の物質移動および物質変化のリアルタイム 3 次元可視化技術
	46 超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術
	47 触媒の多チャンネル同時計測によるオペランド解析
	49 ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術
	51 細胞内の分子動態をマイクロ秒以下の時間分解能で追尾できる計測技術
	55 高性能有機半導体をベースとしたセンサ用論理回路などに適用でき、かつ低コストで少量多品種生産を可能とする、プリンタブル LSI
	56 センサと集積回路などを一体化し機能統合した、薄型電子デバイスの製作プラットフォーム(プリンテッド・システム・オン・プラスチック)
	88 小型軽量で 1 人でも操作可能な建築構造物ヘルスマonitoring 技術
	89 損傷を受けると損傷個所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料
	2021
21 付加製造(アディティブ・マニュファクチャリング)によるメタマテリアルのコンシューマープロダクトへの適用	
48 触媒反応素過程の実時間追跡	
50 生存確率が 1 割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション	
61 特定の人にしか可視化できないディスプレイ	
2022	27 体積がピコリットルオーダーの閉鎖空間にアトリットルオーダーの物質を注入する方法
	43 光エネルギー変換材料におけるキャリアー移動の時空間分解解析技術
	45 固体における欠陥を、非破壊・その場で超高感度検出・解析する技術
	57 近未来の車などの移動式居住空間において利用可能な、低コストかつ大面積曲面に装着できるデバイスで構成されたフレキシブル・マン・マシンインタフェース
2023	12 ミラーを用いずにレーザ光の出射方向を自由に制御可能な半導体レーザアレイ
	29 匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム
	41 大規模材料データからの新規物質探索をスピードアップする物性予測ツール
2024	2 SiC、GaN よりも低損失の電力用の実用パワー半導体
	4 リサイクル可能な架橋性樹脂
	13 数 100nm \sim μ m サイズの領域において、非接触・高精度に pN \sim nN オーダーの微小力を発生し、マイクロ/ナノマシンや生体分子等の微小物体の配置や運動を自在に制御・計測する光技術
	26 木材や紙などセルロースから食用となるアミロースや糖類を大量かつ安価に製造する方法
	39 シミュレーションデータと実測データの同化を通じて材料の局所的物性とマクロ物性を接続する、より精緻に予測可能なモデル最適化技術
	58 生体分子モータを模倣し、分子の力で動くナノ機械システム
	91 中間緩衝層なしで直接セラミックスに接合できる鉄鋼材料
2025	1 高分子並みに塑性加工が容易な耐熱性無機材料
	3 水冷ラジエータ等の部品化可能な熱電素子
2025	6 室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料

年	トピック
	7 低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ
	8 ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ
	9 実用照明の輝度で8時間連続使用可能な蓄光材料
	10 計算により得た所望のエネルギーバンド構造を基に、人工的にバルク半導体を創成する技術
	11 nm オーダーの微細な幾何学構造により、任意の誘電率・透磁率、偏光特性を有するメタマテリアル材料を用いた光学素子
	14 光など電磁波を閉じ込めてほとんど逃がさない反射体
	15 ビル等の建築構造物の機能を維持できる自己修復材料
	17 部品の超長寿命化(現在の2倍以上)のための表面改質・トライボロジー
	19 バイオプリンティングによる再生臓器の製造
	23 1 μ m以下の加工精度の切削を用いない(ネットシェイプ)成形加工
	25 ビーム技術(イオン、電子、レーザなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストROOMオーダーの超精密プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング)
	28 鋳型を使わず液体から直接立体形状固体を造形する革新的生産技術
	30 直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術
	31 表面・界面で起こる化学反応に対して、摩擦、衝撃、応力、流体、電場、熱、光などの多様な物理的因子が与える影響を解明可能なマルチフィジックスシミュレーション技術
	32 電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術
	33 合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、機能予測を一環して可能なシミュレーション技術
	34 構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術
	35 材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術
	36 触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術
	37 電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術
	38 量子化学計算に基づき化学反応経路を自動的に探索することで、励起状態、溶液内反応、表面反応、新規化合物合成などのシミュレーションを可能にする計算システム
	40 ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術
	42 マテリアルズ・インフォマティクスを活用し、3次元造形による構造および機能性材料が開発される
	52 原子分解能を有する100ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡
	53 超高温(800℃以上)かつ高压反応(3kPa以上)など極限環境での、触媒、金属、熔融塩などの電子顕微鏡観察技術
	54 高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術
	59 単層グラフェンデバイス等の2次元系半導体のデバイス化プロセスと集積化技術
	60 単位面積当たりの消費電力を増加させずに情報処理能力を向上させて、現在のスパコン程度の性能を1チップで実現する集積回路技術
	62 デジタルジレンマを打破する超高密度記録技術
	63 現在のDRAMに比べ、100倍のメモリバンド幅を持ち、100分の1の消費電力で動作するメモリ
	65 量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス
	67 効率が40%以上の熱電変換素子
	68 超電導送電の実用化を可能とする高エネルギー消費効率の冷凍機
2025	69 変換効率50%を超える太陽電池
	71 40~100℃で発電可能な低温温水発電システム

年	トピック
	72 高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム
	73 CO ₂ を利用してプラスチックを創成する技術
	75 遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術
	76 出力数ワット以上の高効率エネルギーハーベスト技術
	77 現行の大きさ、重量でも航続距離が 500km の性能(エネルギー密度 1kWh/kg 以上, 出力密度 1kW/kg 以上)をもつ自動車用二次電池
	80 希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池
	81 低濃度 NO _x を酸化剤として利用可能な燃料電池
	82 水素密度 10wt%以上で放出温度 100℃以下の高密度水素貯蔵材料
	83 太陽光で水を分解できる実用的な光触媒
	86 グラフェンやカーボンナノチューブを用いた、金属を用いない低環境負荷デバイス
	87 環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術
	90 降伏強さ 1800MPa(既存鋼材の 3 倍)以上で脆性遷移温度が-40℃以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材
	92 超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料
2026	78 マグネシウムなどを用いた、エネルギー密度が高く、再生・リサイクルが容易な空気電池
2028	66 大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ
2030	16 強相関電子を用いた室温超電導材料
	64 単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子
	70 国内の送配電網の 8 割以上が直流スマートグリッドに置き換わる
	74 人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置
	79 東京から大阪まで連続走行できる電気自動車用炭素質キャパシター
	84 植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術
	85 CO ₂ の光還元触媒による燃料化

6. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2025	2 SiC、GaN よりも低損失の電力用の実用パワー半導体
	5 自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料
	18 コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産
	20 形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産(変種大量生産/10 万個規模)
	22 大量生産品と同等の精度・品質を持った部品・製品のパーソナル生産
	24 少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム
	28 鋳型を使わず液体から直接立体形状固体を造形する革新的生産技術
	29 匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム
	41 大規模材料データからの新規物質探索をスピードアップする物性予測ツール
	44 充放電時における電池内部の物質移動および物質変化のリアルタイム 3 次元可視化技術
	43 光エネルギー変換材料におけるキャリアー移動の時空間分解解析技術
	45 固体における欠陥を、非破壊・その場で超高感度検出・解析する技術
	46 超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術
	47 触媒の多チャンネル同時計測によるオペランド解析
	48 触媒反応素過程の実時間追跡
	49 ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術
	51 細胞内の分子動態をマイクロ秒以下の時間分解能で追尾できる計測技術
	52 原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡
	55 高性能有機半導体をベースとしたセンサ用論理回路などに適用でき、かつ低コストで少量多品種生産を可能とする、プリンタブル LSI
	56 センサと集積回路などを一体化し機能統合した、薄型電子デバイスの製作プラットフォーム(プリンテッド・システム・オン・プラスチック)
	57 近未来の車などの移動式居住空間において利用可能な、低コストかつ大面積曲面に装着できるデバイスで構成されたフレキシブル・マン・マシンインタフェース
88 小型軽量で 1 人でも操作可能な建築構造物ヘルスマonitoring 技術	
89 損傷を受けると損傷個所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料	
91 中間緩衝層なしで直接セラミックスに接合できる鉄鋼材料	
2026	9 実用照明の輝度で 8 時間連続使用可能な蓄光材料
	21 付加製造(アディティブ・マニュファクチャリング)によるメタマテリアルのコンシューマープロダクトへの適用
	61 特定の人にしか可視化できないディスプレイ
2027	1 高分子並みに塑性加工が容易な耐熱性無機材料
	4 リサイクル可能な架橋性樹脂
	12 ミラーを用いずにレーザー光の出射方向を自由に制御可能な半導体レーザーアレイ
	50 生存確率が 1 割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション
2028	7 低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ
	13 数 100nm \sim μ m サイズの領域において、非接触・高精度に pN \sim nN オーダーの微小力を発生し、マイクロ/ナノマシンや生体分子等の微小物体の配置や運動を自在に制御・計測する光技術
	26 木材や紙などセルロースから食用となるアミロースや糖類を大量かつ安価に製造する方法
	27 体積がピコリットルオーダーの閉鎖空間にアトリットルオーダーの物質を注入する方法
	42 マテリアルズ・インフォマティクスを活用し、3 次元造形による構造および機能性材料が開発される
2028	63 現在の DRAM に比べ、100 倍のメモリバンド幅を持ち、100 分の 1 の消費電力で動作するメモリ

年	トピック
2029	3 水冷ラジエータ等の部品化可能な熱電素子
	11 nm オーダーの微細な幾何学構造により、任意の誘電率・透磁率、偏光特性を有するメタマテリアル材料を用いた光学素子
	33 合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、機能予測を一環して可能なシミュレーション技術
	36 触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術
	38 量子化学計算に基づき化学反応経路を自動的に探索することで、励起状態、溶液内反応、表面反応、新規化合物合成などのシミュレーションを可能にする計算システム
	40 ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術
	53 超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa 以上)など極限環境での、触媒、金属、熔融塩などの電子顕微鏡観察技術
2030	6 室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料
	8 ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ
	10 計算により得た所望のエネルギーバンド構造を基に、人工的にバルク半導体を創成する技術
	14 光など電磁波を閉じ込めてほとんど逃がさない反射体
	15 ビル等の建築構造物の機能を維持できる自己修復材料
	17 部品の超長寿命化(現在の2倍以上)のための表面改質・トライボロジー
	23 1μm 以下の加工精度の切削を用いない(ネットシェイプ)成形加工
	25 ビーム技術(イオン、電子、レーザなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オングストロームオーダーの超精密プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング)
	30 直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術
	31 表面・界面で起こる化学反応に対して、摩擦、衝撃、応力、流体、電場、熱、光などの多様な物理的因子が与える影響を解明可能なマルチフィジックスシミュレーション技術
	32 電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術
	34 構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術
	35 材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術
	37 電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術
	39 シミュレーションデータと実測データの同化を通じて材料の局所的物性とマクロ物性を接続する、より精緻に予測可能なモデル最適化技術
	54 高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術
	58 生体分子モータを模倣し、分子の力で動くナノ機械システム
	59 単層グラフェンデバイス等の2次元系半導体のデバイス化プロセスと集積化技術
	60 単位面積当たりの消費電力を増加させずに情報処理能力を向上させて、現在のスパコン程度の性能を1チップで実現する集積回路技術
	62 デジタルジレンマを打破する超高密度記録技術
	65 量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス
	67 効率が40%以上の熱電変換素子
	68 超電導送電の実用化を可能とする高エネルギー消費効率の冷凍機
	69 変換効率50%を超える太陽電池
71 40~100℃で発電可能な低温温水発電システム	
72 高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	
2030	73 CO ₂ を利用してプラスチックを創成する技術
	76 出力数ワット以上の高効率エネルギーハーベスト技術

年	トピック
	77 現行の大きさ、重量でも航続距離が 500km の性能(エネルギー密度 1kWh/kg 以上, 出力密度 1kW/kg 以上)をもつ自動車用二次電池
	80 希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池
	82 水素密度 10wt%以上で放出温度 100℃以下の高密度水素貯蔵材料
	83 太陽光で水を分解できる実用的な光触媒
	86 グラフェンやカーボンナノチューブを用いた、金属を用いない低環境負荷デバイス
	87 環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術
	90 降伏強さ 1800MPa(既存鋼材の 3 倍)以上で脆性遷移温度が-40℃以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材
	92 超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料
2031	78 マグネシウムなどを用いた、エネルギー密度が高く、再生・リサイクルが容易な空気電池
	81 低濃度 NO _x を酸化剤として利用可能な燃料電池
2035	19 バイオプリンティングによる再生臓器の製造
	64 単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子
	66 大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ
	70 国内の送配電網の 8 割以上が直流スマートグリッドに置き換わる
	74 人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置
	75 遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術
	79 東京から大阪まで連続走行できる電気自動車用炭素質キャパシター
	85 CO ₂ の光還元触媒による燃料化
2040	16 強相関電子を用いた室温超電導材料
	84 植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術

6. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組みとして、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

<p>1 高分子並みに塑性加工が容易な耐熱性無機材料</p> <p>○無機材料の原料として必要となる微細粉末の作製技術、○利用想定温度よりも高温での超塑性加工が可能な高温加工技術、○最終加工品が低温度領域で脆いと実用化が困難なため、高韌性を持たせる組織制御技術、○要求特性を満たすような材料組成の設計技術、○作成された材料の迅速な信頼性評価技術、○現行材料を製造するのと同程度の低コスト化、○継続的な予算(決して短期集中ではなく長期的な支援)、○人材の確保、○材料開発、○加工技術、○高速超塑性特性を有する超急冷金属材料の大型・低コスト量産技術の開発、○高速超塑性特性を有する超急冷金属材料の合金設計と組織設計、○超急冷金属材料の高速超塑性特性を利用した塑性加工技術の開発</p>
<p>2 SiC、GaN よりも低損失の電力用の実用パワー半導体</p> <p>○新しい材料合成プロセスの開発、○新材料探索、○デバイス設計技術、○量産技術、○高熱伝導性材料と絶縁膜のハイブリッド化および積層技術、○顧客ニーズに沿った性能のカスタマイズ化、○材料設計、○材料合成(製造)、○炭素系材料の化学合成技術、○炭素系材料の表面反応制御技術、○炭素系材料のデバイス化技術、○高品質・大口径ダイヤモンド半導体結晶合成技術、○ダイヤモンド半導体ドーピング・キャリア制御技術、○実用に耐えうる結晶(素材)の製造技術、○デバイス化に必要なプロセス技術(エッチング、電極形成、等)、○材料を大量生産する合成技術、○材料合成プロセスの特性と、合成された材料・素材特性と、製作された半導体の特性との系統的関係の解明、○材料探索、○量産化、○ダイヤモンドウエハの製造技術、○ダイヤモンド中の欠陥密度の低減、○結晶作成技術、○欠陥抑制、評価技術、○不純物導入技術、ドーピング温度の低温化、結晶性をそこなわない高濃度ドーピング技術、○基本デバイス構造でのテスト動作実証、○官民連携によるエレクトロニクス開発、○ワイドギャップ半導体の物性物理の検証、○材料の選択が重要、新しい材料に注目、○SiC/GaN が市場を作ることが先決、○結晶成長技術、○結晶評価技術(X線、透過電子顕微鏡など)、○ダイヤモンド成長技術、○不純物ドーピング制御技術、○表面・界面制御技術、○新材料、例えばダイヤモンド、○高品質、大面積ダイヤモンド結晶の供給、○ダイヤモンドのウエハ加工技術の構築、○ダイヤモンドデバイス構造の設計と動作確認、○結晶成長、○混晶化、○第一原理計算</p>
<p>3 水冷ラジエータ等の部品化可能な熱電素子</p> <p>○高発電効率熱電変換材料、○環境低負荷熱電変換材料、○ナノ構造制御・製造プロセスによる新規熱電変換材料(超格子・量子構造等)、○熱電半導体の高性能化、○高効率熱電材料、○デバイス化技術、○新物質探索、○デバイス化技術、○素子内での熱伝導と電子伝導の役割分担化、○低い温度差での発電効率の向上、○新規物質の探索、○高度微構造制御のための作製プロセス、○低温でZT2を超える超高性能な熱発電素子、○BeTeを超える熱電材料の開発、○ナノギャップを利用した高効率熱電子発電技術の開発、○ナノレベルの有機無機ハイブリッド構造を精密に制御する技術</p>
<p>4 リサイクル可能な架橋性樹脂</p> <p>○制御/リビングラジカル重合、○樹脂材料を低コストで生産するための技術、○リサイクルのための装置や設備の開発、○耐久性の評価</p>
<p>5 自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料</p> <p>○有機無機の相互作用界面の分子構造の解明、○無機物質を制御する新たな有機分子の発見、○錯体形成過程の動的解析、○錯体の分析定量技術、○ナノ構造作製技術、○ナノ構造評価技術、○高分子材料の機能や構造のデザイン技術、○ハイブリッド材料の効率の良い評価技術、○分野融合による技術開発、○無機材料のナノサイズ化および高機能性付与、○異種界面接合技術開発、○自己組織化により得られる構造のナノサイズ化・精緻化、○自己組織化、自己階層化の制御、○エキゾチック自己組織化材料の構築、○単分散性高分子微粒子、複合高分子微粒子の利用、○精密合成、○ナノ粒子の表面改質・分散化、○分子設計技術、化学合成技術、○大面積化できる成膜技術、○対象とする素材の選択、○応用分野の明確化、○原子スケールでの界面制御が重要、○分子技術を駆使した生体模倣デバイスの創出、○生物模倣(バイオミメティクス)、○目的とする高分子を合成する技術、○高分子と無機の複合化技術とそのための表面改質技術、○構造安定化技術、耐環境(温度、湿度など)性能の向上技術、○自己組織化過程のその場観察技術の開発、○自己組織体およびハイブリッド材料の構造および機能解析技術の開発、○材料の物理化学的測定技術の高度化、○材料組織化のシミュレーション技術の発達、○無機材料合成、○高分子・無機材料間を接着する”化学”、○表面分析技術、○自己組織化プロセスの開発、○ハイブリッド化手法の多様化、○工業化するための生産技術、○階層構造と機能の相関、○材料のドメイン内だけでなくドメイン間も考慮した材料設計、○メゾスケール構造体の自己組織化、○用途に適した高分子素材と無機素材の組み合わせ、○実用に耐える機械的特性を持つ構造を実現できるハイブリッド化プロセス、○コストパフォーマンスの高いハイブリッド化プロセス、○高分子による無機物質の生成の制御技術、○ハイブリッド材料の特性を予測する技術、○界面解析、○分子シミュレーション、○精密高分子合成</p>

6 室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料
○高分子材料の固体物理的視点による評価、○高分子材料の階層構造の精密制御、○低分子で設計方針の確立、○分子・結晶構造と伝導物性の相関の調査、○設計方針を高分子へ適用、○電子構造、○分子構造、○ナノコンポジット技術、○新規重合法の精密重合法の開発、○材料コストの削減、○耐久性向上のための斬新なアイデア
7 低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ
○安価で空気下で長寿命な有機半導体素子の開発、○高移動度を維持したまま、溶液プロセスでの有機半導体素子をデバイスへ組み込む技術、○より導電性の高いフレキシブルで透明な電極の開発、○電極と半導体界面における分子レベルのエネルギー状態の把握、○有機半導体材料、○塗布技術、○有機分子の配列制御に関する革新的手法、○有機分子の電気伝導性に関する精密な予測技術、○有機半導体材料の合成、○有機半導体材料の内部構造制御、○塗布プロセスによる微細構造の制御、○機能性有機分子の配列制御技術、○素子およびデバイスの簡便な性能評価法、○高移動度の有機半導体材料の創製、○半導体デバイスとして利用するための効果的なドーピング技術の開発、○有機半導体を製膜するための技術、○有機半導体の長寿命化・高耐久性技術、○有機半導体の成膜技術、○有機半導体の性能向上技術、○有機半導体のプラズマプロセス技術、○鍵となる共役系高分子の開発、○ポリマー溶液をインクにできるプリンタと精密印刷技術等、素子作成のための装置開発、○耐久性の向上(有機材料全般)、○封止技術、○レアメタルフリー・リサイクル、○高性能有機半導体材料合成、○印刷法による製造技術、○金属ナノ粒子インク製造技術、○構造から物性を制御する材料設計技術(理論)、○制御性が高くかつシンプルな合成技術、○各種デバイスの封止・実装技術、○計算化学・計算物理による分子設計と構造設計、○有機材料合成と薄膜形成技術、○異種界面物性評価と界面作製プロセス制御技術、○長寿命化、○大きい質の高いグラフェンの調整技術の確立、○デバイス製造プロセス、○高品質有機結晶成長、○単結晶シリコンレベルの移動度を持つ有機物・高分子の開発、○全く違う発想によるトランジスタ動作原理、○分子界面の超精密制御
8 ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ
○界面準位を形成しない高移動度2次元物質の作製と物性制御技術の確立、○高移動度2次元物質の大面积形成技術の確立、○ナノテクノロジー(微細加工技術)の更なる普及、○物理学者と化学者の連携、○若手研究者の養成、○研究プロジェクトの協力体制、○研究予算(金額より長期に安定して供給されること)、○人的資源、○高品質界面の作成技術、○高品質界面上の成膜技術
9 実用照明の輝度で8時間連続使用可能な蓄光材料
《特になし》
10 計算により得た所望のエネルギーバンド構造を基に、人工的にバルク半導体を創成する技術
○原子マニピュレーション技術、○大規模計算技術、○所望の結晶構造の物質を創成するプロセス技術、○計算化学者と実験化学者の連携が容易になるようなプラットフォーム作り、○実験化学者が容易に扱えるプログラムインターフェースの開発、○エネルギーバンド構造から逆算した材料構造・組成の計算技術、○結晶成長技術、○原子レベルでの構造解析技術、○材料製造プロセス、○第一原理計算と材料特性決定要因のパラメータの抽出
11 nm オーダーの微細な幾何学構造により、任意の誘電率・透磁率、偏光特性を有するメタマテリアル材料を用いた光学素子
○ボトムアップ、トップダウンの両微細加工技術、○大面积かつ nm オーダーの微細加工技術、○高精度な成膜、加工技術、○微細プロセス技術、○電磁波シミュレーション技術、○シングルナノオーダーの構造を自己組織的に大量に作る作製技術、○作製した構造体を配列するための配列技術、○光学素子を薄膜化するための積層技術、○微細加工技術、○微細材料評価技術、○極短紫外線光学系の開発、○マルチスケール解析技術、○最適設計技術、○可視光領域で応答可能なナノメートルスケールの三次元構造体の作製方法。大量に作製可能な手法のブレークスルーが必要、○シミュレーション技術、○製造技術、○微視的幾何構造の熱的不安定性をどのように克服できるかが最大の問題であり、それは材料素子の精度、限界サイズ、応答速度など様々な因子に関わる、○結晶工学、○不斉合成、○大面积に渡る正確な微細加工技術、○超微細加工を可能にする高解像、低コスト、高スループットな新規微細加工技術、○メタマテリアルとして利用可能な、金属、半導体などの基礎研究と素子・デバイスへの展開、○電磁波設計、○学問的背景、○技術的課題
12 ミラーを用いずにレーザー光の出射方向を自由に制御可能な半導体レーザーアレイ
○フォトニック結晶を使ったレーザー研究の進展、○メタサーフェスを使ったデバイスの進展、○位相を制御可能な半導体レーザー光源
13 数 100nm～ μ m サイズの領域において、非接触・高精度に pN～nN オーダーの微小力を発生し、マイクロ/ナノマシンや生体分子等の微小物体の配置や運動を自在に制御・計測する光技術
○光と物質の相互作用の解明と理論を基にした制御、○微小物体の高精度製造技術、○微小力の発生と微小空間での制御、○1 分子計測技術、○持続的に動作する分子系の構築、○ナノテクノロジー、○計測技術、○微細な検出機構(位置決め技術)、○光によって運動を制御するアクチュエーターの開発が必要、応答時間や発生力について定量的な目標設定を持って研究を進める必要、○光応答性材料開発、○MEMS技術、○長波長のレーザー焦点の精密な位置制御。多焦点の設定が可能な技術、○マイクロサイズ空間内における動画像取得とその処理の技術、○タグ化技術

14 光など電磁波を閉じ込めてほとんど逃がさない反射体
○微細構造体の作成方法の確立、○閉じ込め特性の微細構造体のサイズ依存性及び材料種依存性、○材料選定、○材料のスペクトロデータベース（赤外光から紫外光まで）、○高性能なナノ加工プロセス、○大規模な電磁界シミュレーションの実現
15 ビル等の建築構造物の機能を維持できる自己修復材料
○非共有結合、および、動的共有結合の強度を向上させるために、協同性(あるいは多価効果)を詳細に理解し、厳密な分子設計を行う、○新たな刺激応答性分子を開発する、○新しい修復機能の開発／解明、○修復機能付加によるオリジナル機能低下の抑制、○金属や無機材料を主体とした材料科学技術と、それらを解析するための X 線や電子顕微鏡など構造解析技術の向上、○バイオミメティック(生物模倣)、○劣化機構を解明してどのようなコンセプトの材料が必要かを設計する
16 強相関電子を用いた室温超電導材料
○高度な合成・製膜技術、○計算科学による予測手段の確立、○安価な製造方法の確立、○強相関系超伝導体の理論、○結晶配向性精密制御成膜技術、○理論解析、○構造解析、○しっかりとした指針に基づいた物質開発、○新しい構造設計に基づく強相関材料開発(大胆な発想が必要)、○超伝導理論の深化、○強相関理論の深化による、材料設計技術の開発、○強相関をベースにした戦略からの脱却、○材料合成技術の革新、○若手自在の確保、○新しい物質を探索する研究を行う、十分な人材が必要、○化学ドープや欠陥の構造などに関して詳細に実測し制御する技術、○光電子分光その他による電子状態の解明、○超薄膜積層体構造の界面平滑性、○量子化学計算による材料選定ならびにメカニズムの開発、○合成技術の向上による高品質超伝導材料の作製、○温度制御環境下における電気伝導測定装置・技術の開発、○複合化技術と複合材料、○材料の機能を精密に設計するための技術(スーパーコンピュータによる理論予測など)、○異分野交流による新しい材料設計に関する概念、○メカニズムの解明、○様々のアイデア、結果を失わずこれからも維持し続ける社会的投資、○強相関電子系における超伝導発現メカニズムの解明、○光励起超伝導の発見、○光励起超伝導の機構解明、○光励起超伝導物質の多様化、○独自でオリジナリティーがある重要な基礎科学的発見を重視する文化、○揺籃期または、発芽前の技術、人材を見抜くシステムの開発、○継続的な基礎研究、○磁束ピンニング制御技術(室温で超伝導になっても実用的な電流が流せなければ使いようが無い)、○超伝導線材技術(コイル、ケーブル化するための要素技術)、○第一原理計算、○結晶、材料創生技術、○各種「場」の中での材料創生
17 部品の超長寿命化(現在の2倍以上)のための表面改質・トライボロジー
○表面開始重合、○コーティング技術、○粘性を制御可能な潤滑剤、○表面状態の影響を高精度に計算可能なシミュレーションシステム、○上記計算を高速で行うためのコンピューティング技術、○表面改質のための高精度な加工技術、○表面処理技術、コーティング、○超精密分子配列制御技術、○分子レベルでの表面分析技術、○新しい表面改質技術、○レーザを利用した熱処理技術、○PVD、CVD 等の蒸着技術、○溶射技術、○試験方法の確立、○長時間試験、○表面改質の定量性確保、○表面観察・故障解析、○ショットピーニングによる材料表面の結晶粒微細化および高硬度化、○遠心鑄造技術を応用した固体潤滑材料の表面分散技術、○浸炭あるいは表面窒化技術による材料表面の高強度化、○DLC コーティング、○プラズマ成膜技術、○精密かつ安価な表面改質技術、○表面創製・改質のための製造技術とそのメカニズム解明、○創製された表面の物理的・化学的評価技術とそのメカニズム解明、○川下から川上までを含んだ製造業連合と大学等の学と官の連合組織、○表面テクスチャの付与技術、○表面化学状態の分析技術、○表面改質、○トライボロジー、○超潤滑性を示す界面の創成技術、○被膜の密着強度の向上技術
18 コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産
○3D プリンタ等のラピッドプロトタイプ装置の高精度化、汎用化、
19 バイオプリンティングによる再生臓器の製造
○機能の確認技術、○安全性を迅速に確認する技術、○バイオプリンティングにおいて、外部刺激などにより細胞増殖速度を向上させることによって臓器製造速度の向上を図ること、○生きた細胞の 3 次元インクジェットプリンティング技術の開発、○幹細胞からの細胞分化技術の発展と低コスト化
20 形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産(変種大量生産/10 万個規模)
○高精度・高スループットの 3 次元造形技術、○構造物やデバイス等の内部形状を含めた 3 次元構造のデータ作成技術、○デジタルファブリケーションシステム、○強度等において十分な特性をもった材料と形状を付与するためのプロセス技術の開発、○カスタマイゼーションを実現するソフトウェア技術の開発、○ロボット技術(形状が異なる部品をパーツ交換無くハンドリングできる機構、制御システムの開発)
21 付加製造(アディティブ・マニュファクチャリング)によるメタマテリアルのコンシューマープロダクトへの適用
○多くの実験とそれを元にした製作ソフト、○被加工材(金属粉体)の熔融結合形態制御、○被加工材(金属粉体)の急速加熱組織制御

22 大量生産品と同等の精度・品質を持った部品・製品のパーソナル生産
○単純な構造をもちメンテナンスが容易な精密運動機構、○運動方向の変更が容易で少ない部品、共有化した部品からなる精密運動機構、○簡便なセンシング技術と複数のセンシング技術を統合して扱い易い位置・状態情報を提供するシステム、○3Dプリンティング技術、○レーザ加工技術、○ベアリングやモータなどの機械要素技術、○機械の制御技術、○機械の高度利用に関するソフトウェア技術
23 1μm以下の加工精度の切削を用いない(ネットシェイプ)成形加工
○モニタリング・計測制御技術、○プレス技術、○積層造形
24 少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム
○様々なプロセスが可能な小型装置開発技術、○多様な材料の小口径ウエハ生産技術、○工場として成立させることに必要なファクトリー技術、○真空装置の低価格化、もしくは真空を使わないプロセス技術、○ランニングコストの低減、○少量多品種向けの生産に適したフットプリントやサイズを有する微細加工装置群の開発、○局所的な空間で半導体デバイスの製造に適したクリーン環境を実現する技術、○大規模生産のシステムと少量多品種向けのシステムを連結させるためのウエハ輸送機器等の開発、○局所クリーン化技術、クリーンルームを不要とすることで巨大設備を不要とする、人が運ぶとウエハが汚染させるので精密な機械システムの開発が必要、○小型化が困難な CVD、イオン注入、電子ビーム露光等のプロセス装置を超小型化するための総合的な要素技術開発が必要、○設計コストを下げ、かつ設計資産を広く共有するためのシンプル設計システムの開発と、設計士のネットワーク共有技術開発、および設計データをオンデマンドで製造へ直結する技術開発、○LSI の設計技術、○微細加工技術を含む半導体のプロセス技術、○光リソグラフィー技術、○電子線リソグラフィー技術、○局所空間内部の発熱・排熱を制御する技術
25 ビーム技術(イオン、電子、レーザなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストロームオーダーの超精密プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング)
○種々の表面加工現象の解明、○ロバスト性の高いセンサ、○加工技術の確立、○in-situ モニタリング技術の確立、○高出力の長短パルスレーザ製造技術、○超高精度な電子ビーム制御法、○大電流ビームの集束技術(レンズ)、○揺らぎを抑制したプラズマプロセス、○人材育成、○資源配分、○赤外分光によるその場計測技術のさらなる開発、○ビームの精密制御および精密計測技術、○X線制御技術、○ナノ加工計測、○超精密光学素子、○多波長コンパクトレーザ、○メタマテリアルなどを用いた、レーザビームの高度な集光技術、○被加工物質に生じる、内部構造の過渡的変化を計測する技術、○ピコ秒程度で行われる物質解離過程を柔軟に制御する技術、○高エネルギー粒子ビームエンジニアリング、○単一フォトンデバイス
26 木材や紙などセルロースから食用となるアミロースや糖類を大量かつ安価に製造する方法
○新規機能微生物探索、○セルロースの低エネルギー単離技術
27 体積がピコリットルオーダーの閉鎖空間にアトリットルオーダーの物質を注入する方法
○閉鎖空間製作技術(材質、表面処理、平面度)、○注入技術(困難度が高く、既存技術では出来そうにない)、○インジェクション装置の高機能化と高精度化、○エレクトロポレーションなど電気パルス制御の高精度化、○ナノスケールオーダーの微細加工技術、○各分野の連携と資金注入が必要
28 鋳型を使わず液体から直接立体形状固体を造形する革新的生産技術
○樹脂材料の改善、○3Dプリンタによる金属の加工技術の改善、○3Dプリンタの吐出ノズル形状・機構および吐出用ポンプとバルブ技術、○吐出位置(座標)・吐出量を司るべく協同開発されるCAMおよびCAE技術、○造形される立体形状個体の素材開発(強化複合材, 低融点合金, 通電材, 導光・集光材など)、○凝固解析技術、○浮遊鋳造技術、○材料組織解析技術
29 匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム
○ウェアラブルカメラ、○ウェアラブル触覚センサ、○生体工学、○センサ技術、○技術のモデル化をどのように進めるか、○モデルの流出を防ぐガイドラインの構築、○正確な計測装置と方法の開発、○正確なモデリングの構築、○暗黙知をデータ化するための技術(コンピュータ言語など)、○技能、経験の内容を科学的に理解するための技術(コンピュータシミュレーションなど)、○最適化や逆問題に関するデータ解析手法の開発、○動作記録及び解析システム、○人間の機能表現、○意思決定のアルゴリズム、○評価のアルゴリズム、○ビッグデータ処理、○センサ(センシング)、○高齢者の活用を促進するための社会体制の構築および高齢者の報酬制度の見直し、○技能伝承を効率的に行うためのマネジメント手法の構築およびIT技術を利用したハード対策、○高齢者を活用するための会社組織の改良、○柔軟な発想、○計測技術○ビッグデータ技術、○シミュレーション・モデリング技術、○暗黙知の表現技術
30 直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術
○既成概念に囚われないアイデア、○装置設計、○一連の新しい製造プロセス、○触媒、自己触媒作用、○反応活性の局所集中、○電子スピン軌道を考慮した電荷移動過程の理解、○バイオミメティック工学の展開、○還元剤、○バイオマス資源、○再生エネルギー、○炭材内装塊成鉄の開発

<p>31 表面・界面で起こる化学反応に対して、摩擦、衝撃、応力、流体、電場、熱、光などの多様な物理的因子が与える影響を解明可能なマルチフィジックスシミュレーション技術</p>
<p>○多様な実験データのビッグデータ化、○従来の細分化領域にこだわらない統合的材料科学の構築、○Particle in Cell simulation (PIC)、○Finite-difference time-domain method (FDTD)、○Molecular Dynamics method (MD)、○表面分析・評価技術、○高真空技術、○高精度、高速なシミュレーション技術の開発、○コンピュータ利用環境の整備、○化学反応の状態をミクロなレベルで解析できる計測技術、○原子、分子レベルでの各物理的因子との相互作用の解明とモデリング、○ミクロ、マクロを統合して実用的な時間内でシミュレーションできるソフトウェア・ハードウェア(超高速コンピュータ)技術、○摩擦など、エネルギーの散逸機構の解明、あるいはそのモデル化、○表面の電場解析に適用可能な力学作用の影響を考慮した電気化学モデルの開発、○表面の電気化学特性を評価できるマイクロ電場計測技術の開発、○境界要素法(電場)や有限要素法(応力場)や有限体積法(流体場)を複合して使用する計算手法の開発、○それぞれの物理現象をシミュレートする要素技術間を融合するための方法の開発、○大規模な計算を処理できる計算システム、○マルチフィジックス現象を解明可能な高性能アプリケーションソフトウェアの開発、○マルチフィジックスシミュレーションを実現するための 100 万コア超のプロセッサによる超並列化技術、○100 万コアを超える超並列システムにおける大量のプロセッサ間やノード間を高信頼・高速につなぐ技術、○モデル構築のための物性値の高精度計測、○多様な物理的因子によって発生する現象の計測・検証技術およびそれを可能にするために多数の専門家の連携体制</p>
<p>32 電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術</p>
<p>○高速演算速度コンピュータ、○計算速度の向上、○シミュレーション技術、○特性の測定技術、○微細スケールのモデルのエッセンスを抽象化・縮約した上で、上位スケールのモデルへ情報を提供するマクロモデル化技術、○マクロモデルの妥当性を第 1 原理的なシミュレーションによって検証するための High Performance Computation 環境の低コストでの一般提供、○量子化学計算技術の発展、○スーパーコンピューティング技術ならびに計算装置の開発、○ナノスケールでの精密な直接観察技術、○正しいモデリング技術、○実際の実験データの蓄積・解析、○理論的正しさの裏づけ</p>
<p>33 合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、機能予測を一環して可能なシミュレーション技術</p>
<p>○複合的な素材や機能を持つデバイスを組み合わせた際に生じる実データ(閉鎖空間における熱や流速など)を容易かつ無侵襲に計測できる技術、○定性シミュレーション、○要求(機能)の定式化、○多大な合成プロセスをどのように計算過程に示すか、○無数の材料と合成プロセスの把握・データベース化、○量子力学計算の高速化、○古典論ベースでの原子間相互作用ポテンシャルモデルの精度の向上、○マルチスケール計算における時空間スケールギャップの解消の理論的手法、○熱的・機械的加工にともなう材料挙動を結晶組織レベルで評価できる手法、○数値シミュレーション技術、○物理現象に対する正確な理解を得るための実験技術、○電子論に基づく物性、化学反応性予測技術、○レーザ、力場、熱の効果を取り込んだ、非平衡ダイナミクスを扱う計算手法、○材料の形状予測を可能とする、マクロモデルを、ミクロな計算から構築する方法論</p>
<p>34 構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術</p>
<p>○数理モデリング、○逆問題の解法、○最適化問題の解法、○材料開発者と計算技術者の連携、○従来技術にとらわれない発想を持った人材の育成とその環境提供、○大規模演算処理装置と 3 次元構造構築可視化装置の普及拡大、○計算機の計算速度ならびに扱えるメモリの大容量化、メモリと CPU のデータ転送速度の高速化(それぞれ 1 桁以上の向上)、○複雑な微細構造を安価に作製可能な製造技術、例えばサブミクロン程度の精度を持ち金属かセラミック材料も作ることができる 3D プリンタのようなもの、あるいは自己組織化の制御技術による構造作製法開発、○物性発現に必要な要件の解明、データベース化、○第一原理計算の高精度化・高速化、○経験的データによらない純粋な第一原理計算手法の開発、○マルチスケール解析技術との融合、○様々な分野との連携、資金投入、環境整備が必要、○理論</p>
<p>35 材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術</p>
<p>○第一原理計算の基礎理論および計算方法の開発、○物性物理と電子工学に関する広範な基礎知識、○演算速度向上技術、○可視化技術</p>
<p>36 触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術</p>
<p>○OLDA, GGA を超えた汎関数、○大規模高速計算機</p>

37 電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術
○計算速度が速く大規模なモデルを扱えるコンピュータ、○コンピュータが経済的な価格で広く使えること、○簡便かつ高精度な量子力学を考慮した原子モデリングの計算理論および技術の確立、○マイクロとメゾスケールの物性を直接的・定量的に結び付けることの出来る統計力学的理論、○全員が共有できるソフトウェアのフレームワークの構築、○マルチスケール物理シミュレーション手法、○マルチスケール塑性論の確立、○有限要素法、○3次元材料組織評価法、○情報処理技術、○個々のスケールで主要な計算技術:第一原理電子状態計算法(特にDFTベース)、分子動力学(MD)法、フェーズフィールド(Phase Field)法、均質化法、有限要素法(FEM)、○材料組織構造の分析法:CT スキャン・TEM・各種分光法、○企業の使用に耐えるソフトウェア・ユーザーインターフェイス:アプリケーション開発技術、Java 技術、データベース技術、○分子動力学計算と連続体力学計算を繋ぐ方法論、○計算機のさらなる高性能化、○ユーザーインターフェイス技術
38 量子化学計算に基づき化学反応経路を自動的に探索することで、励起状態、溶液内反応、表面反応、新規化合物合成などのシミュレーションを可能にする計算システム
○スケーラブルな数値計算技術、○非断熱過程を含む新たな計算機シミュレーションの手法、○量子化学計算理論、○量子化学計算アルゴリズム、○シミュレーションソフトウェア、○ガウシアンに変わるソフトの開発、○スーパーコンピュータなどの計算機資源、○コンピュータ言語のプログラミングができる研究者、○量子化学計算ソフトの開発、○計算機のパフォーマンス向上
39 シミュレーションデータと実測データの同化を通じて材料の局所的物性とマクロ物性を接続する、より精緻に予測可能なモデル最適化技術
○局所的物性の測定技術、測定値を集めたデータベース構築、○局所物性評価技術、○大型部材非破壊検査技術
40 バイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術
《特になし》
41 大規模材料データからの新規物質探索をスピードアップする物性予測ツール
○現在、部分的にはあるが物性のデータベース化が進行、より多角的かつ正確なデータベース化が重要
42 マテリアルズ・インフォマティクスを活用し、3次元造形による構造および機能性材料が開発される
○3次元微細加工技術、○非破壊機能検査技術、○情報処理技術、○統計解析技術、○データベース構築手法の確立、○ビッグデータ解析、○構造物性相関のアルゴリズム、○実装データとシミュレーションデータの融合、○3次元造形、○機能性材料
43 光エネルギー変換材料におけるキャリア移動の時空間分解解析技術
○超高速量子ビーム発生制御技術、○高解像イメージング技術、○キャリアの時空間分解測定の高分解化、○光源(レーザ等)、○検出器、○分光器、○分光測定、○新規キャリア検出法、○時間分解測定を可能にするパルスレーザ技術、○空間分解解析を可能にするSTM(Scanning Tunneling Microscope)などのナノメートル分解測定技術、○パルスレーザ技術とナノメートル分解測定技術を融合する技術、○時間分解能をもつ光学分光(紫外可視～赤外～テラヘルツ)、○時間分解能をもつ電子スピン共鳴分光、○ガス中(望むらくは)液中で動作する XPS のような元素分析法、○キャリアの移動を実空間で光学観察可能な高分解能観察技術、○光とキャリアの相互作用の高精度シミュレーション技術、○高感度計測技術
44 充放電時における電池内部の物質移動および物質変化のリアルタイム 3次元可視化技術
○物質内イオンの時間空間分布を計測する為の分光技術、○安価で安定なレーザ開発技術、○コンパクトな X 線発生装置の整備、○X 線の空間分解能向上や検出器の時間分解能向上による放射光技術の向上、○高い性能(エネルギー分解、検出効率などで)を持つ検出器の開発、○数マイクロオーダーの特殊加工技術、○高速高分解能 2次元 X線検出器の開発、○放射光によるオペランドキャリアダイナミクス計測技術、○高エネルギー分光施設・技術の開発、○表面、界面分析技術の開発、○物質移動の定量化、○イオンを知る

45 固体における欠陥を、非破壊・その場で超高感度検出・解析する技術
○光と物質の相互作用の広い波長域での詳細な解明、○シンクロトロンを利用した固体電子構造の観察および解析技術、○陽電子消滅を利用したカチオン空孔検出技術、○イオン像(SIMS)を利用した可視化、マッピング技術、○長波長領域における高精度な分光技術、○半導体ウエハ内部の欠陥検出技術、○量子ビーム制御技術、○センサー技術、○データ処理解析技術、○検出した欠陥とデバイス(or 構造物)の故障、破壊寿命との相関関係を解明する技術、樹脂と金属・無機物などの複合体からなる材料の破壊力学、○デバイス内において計測・解析を行う所定の界面や断面を低ダメージで加工して形成する技術、○デバイス内の材料の組成や結晶構造に影響を与えることなく、電子線やエックス線をナノスケールの空間分解能で照射する技術・検出する技術、○超音波を用いたき裂の可視化技術、○赤外線サーモグラフィによる構造物の非破壊検査技術、○有限要素法による欠陥を含む構造体の強度評価、○光、○超音波、○光源・受光技術、○非破壊検査、○超高感度検出・解析技術、○光を用いた非接触計測技術、とりわけ反転対称性がないドメインに選択的な二次非線形分光法を用いた計測技術、○走査プローブ顕微鏡、○光電子分光顕微鏡、○光第二高調波発生や二光子吸収フォトルミネッセンスによる半導体結晶中の転位、積層欠陥の非破壊、三次元観察、○放射光 X 線トポグラフィや X 線 CT による半導体結晶中の転位の非破壊、三次元観察
46 超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術
○高分解能光解析技術、○in-situ 解析技術、○微細領域の分析(X 線回折、電子線回折)、○時間分解能の向上(放射光の利用)
47 触媒の多チャンネル同時計測によるオペランド解析
○量子ビームの高度活用、○先端分光の高度化、○触媒の物理現象の把握、○多チャンネル化信号の表示技術、○解析手法、○触媒反応が実際に起きている状態を観測する技術はここ数年急速に発展し世界的なブームになっている、特に圧力条件を満たすことが技術的なチャレンジ
48 触媒反応素過程の実時間追跡
○量子ビームオペランド計測技術、○多重反射型などを開発することにより、赤外分光法による計測技術の発展させることが必要、○赤外分光装置自体の計測時間の高速化、○赤外領域以外での分光技術、○構造やサイズがナノレベルで制御された触媒試料の作製技術、「素過程」を解析するためにはよく定義された土俵が必要、それが実現すれば現在ある分析手法でも多くの事実が分かると予想
49 ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術
○スーパーコンピュータ技術、○In vivo 実験とシミュレーションを繋ぐ技術、○新規細胞毒性計測デバイスの開発、○長期的な経過観察方法の確立、○生体安全性の手法はあるので、それをきちんとやるかだけの問題、○ナノ材料合成法:たとえばナノ粒子の合成法、○長期間暴露の評価技術
50 生存確率が 1 割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション
○マイクロfluidics:インジェクション(または選択的な薬品処理操作)・回収が可能となる、○一細胞診断技術を支える一細胞診断学の知見
51 細胞内の分子動態をマイクロ秒以下の時間分解能で追尾できる計測技術
○細胞のエンジニアリング技術、○細胞マニピュレーション、○分子識別技術、○高感度顕微分光、○分光スペクトルの数値情報処理基盤、○超高速応答が可能な光もしくは単一光子検出器技術
52 原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡
○この電圧で作動する理論と実証、○低コストで製造できる技術、○数年以内の実現が重要(長期間の開発は理論が実現できないという証明)、○従来実用化されている電子源を凌駕する超コヒーレント電子源の開発、○超高感度高分解能の電子線検出器の開発、○電子線の単色化(モノクロメーターの導入)、○各種収差補正装置の導入(球面収差補正、色収差補正)、○球面収差係数および色収差係数を軽減し、分解能を向上させる、○真空度の安定性、○低速電子顕微鏡法(LEEM)への球面収差補正技術の適用、○反射高速電子顕微鏡法(REM)の加速電圧の低電圧化、○SEM の低電圧化と高分解能化、○ノイズ対策
53 超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa 以上)など極限環境での、触媒、金属、熔融塩などの電子顕微鏡観察技術
○試料環境と測定条件の両立、○位置制御精度に優れた電子顕微鏡用超高温ステージの実現、○高圧反応用環境セルの実現、○センサ材料、○高圧下での電子ビーム制御技術、○電子顕微鏡内にマイクロ加工などを用いて超微小容器を製作する技術
54 高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術
○ヘリウム 3 の核スピンを偏極させる技術、○強い磁場勾配を発生させる技術、○平行で強い中性子ビームを発生させる技術、○強度の高い放射光施設

55 高性能有機半導体をベースとしたセンサ用論理回路などに適用でき、かつ低コストで少量多品種生産を可能とする、プリンタブル LSI
○アプリケーションの明確化、○デバイスの歩留まり向上、○回路設計を行うのに必要な、シミュレーション用のデバイス・モデル、○高性能有機半導体(移動度だけでなく)の開発、○プリンタブル可能な LSI 作製の為の材料とプロセス開発、○論理回路を組むための閾値制御技術、○材料開発が重要、○有機半導体の劣化抑制技術、○均一成膜・アニール技術、○単結晶ではなくアモルファスで高い性能を示す塗布型有機半導体の開発、○センサー用論理回路、○高性能有機半導体、○高導電性材料の開発、○設計技術の共通化、○電力供給回路の小型化と共通化
56 センサと集積回路などを一体化し機能統合した、薄型電子デバイスの製作プラットフォーム(プリンテッド・システム・オン・プラスチック)
○ナノプリンティング、○フレキシブルプラットフォーム上への無機半導体トランジスタ技術の開発、○フレキシブルプラットフォーム上へのスピントロニクス技術の開発、○フレキシブルプラットフォーム上へのエネルギー供給技術(太陽電池または熱電素子)の開発、○ナノインプリント技術、○有機・無機材料技術、○MEMS と LSI の集積技術、○表面改質技術、○設計技術・個別部品結束(接続・固定)技術、○個別部品技術、○接合技術、○センサデバイスと集積デバイス混在回路の制約を解く材料開発、○単一物理現象にだけ感応するデバイス、○統合化開発環境の整備、○デバイス製造プロセス、○低コスト製造技術、○エナジーハーベスティングや無線電力伝送、小型電池など給電システム、○劣化・破損等に対して強靱な回路設計技術、○100 μm 角以下で動作する高感度な各種センサ、○数 100 μm 角チップをフレキシブル基板に自律的に実装するセルフアSEMBL 技術
57 近未来の車などの移動式居住空間において利用可能な、低コストかつ大面積曲面に装着できるデバイスで構成されたフレキシブル・マン・マシンインタフェース
○材料寿命を伸ばすための材料開発、○フレキシブル薄型ディスプレイ、○軽量化、○実装部材技術、○低温大気圧で実行可能な異種材料一括接合・接着技術、○微小欠陥から破壊進展に至るまでのマルチスケール信頼性解析理論
58 生体分子モータを模倣し、分子の力で動くナノ機械システム
○生体分子モータの作動原理の解明、○生体分子モータの作動原理に基づいて精密に分子設計、○生体分子モータの構造と動作メカニズムの計測技術、とくに分子が活性状態の下で計測できる技術が必要、○ナノレベルでの精密加工製作技術、○バイオミメティック工学の展開、○超精密レーザ加工技術、○ナノ加工計測、○光子運動量計測応用計測、○ナノ領域の環境制御
59 単層グラフェンデバイス等の 2 次元系半導体のデバイス化プロセスと集積化技術
○高品質膜成膜技術、○安定ドーパント注入技術、○合成技術、○分析技術、○低コスト、○炭素系材料の化学合成技術、○炭素系材料表面・界面の構造・物性制御技術、○炭素系材料の微細加工あるいは自己組織化技術、○デバイス化が可能な品質の実用的な面積の素材の製膜技術、○ドープ、電極形成、(極少量域)素子化技術、○単層グラフェン合成技術、○BN 薄膜合成技術、○グラフェンへのバンドギャップ形成技術、○研究者の育成、○微細加工技術の普及、○物理的特性を制御した炭素材料の製造方法、○半導体プロセス技術、○巨大プラントを高度に効率的に運用する技術、○高度なマネジメント技術、○デバイス評価技術、○ビア接続をカーボンナノチューブで接合する技術、○カーボンナノチューブのカイラリティー制御、○グラフェンの化学的、電気的安定性
60 単位面積当たりの消費電力を増加させずに情報処理能力を向上させて、現在のスパコン程度の性能を 1 チップで実現する集積回路技術
○低電圧動作回路製造技術、○低電圧動作回路設計技術、○低電圧動作回路テスト技術、○シリコン以外の材料を用いた三次元トランジスタの構造・プロセスの最適化と多層積層化技術、○論理回路、ユニバーサルメモリ等も積層化する技術、○積層されている論理回路やメモリ間とつなぐ超高速 I/O や、それを活かすためのソフトシステム技術、○プロセス微細化技術、○モデリング・設計技術、○半導体露光装置の高精度位置決め技術(ステージ、搬送系)、○コンタミネーション制御技術、○表面活性化技術、○大量のデータ伝送をチップ内で行う光伝送技術、○電子デバイスと光伝送技術の有機的連携、○微細化の極限技術の進展、○新規構造や材料の導入、○新規概念のおよびそれを実現するデバイス構造の開発、○超伝導体をベースとした大規模論理回路の作製技術、○極低温動作する高速・高集積化メモリ、○超高速・超低消費電力な光-電気変換技術、○微細加工技術の進展(グラフェンやカーボンナノチューブなどナノカーボン系の形成技術含む)、○光技術(光通信、光配線)との融合、○高速動作する不揮発性メモリの小型化・高集積化、○LIS を光配線することによる高密度な情報伝送技術、○シリコンフォトニクス、○高性能トランジスタ、○半導体微細加工技術
61 特定の人にしか可視化できないディスプレイ
○空間光学技術、○ウェアブル端末小型化技術、○Transformation optic
62 デジタルジレンマを打破する超高密度記録技術
○様々な特性を有する磁性合金材料の形成技術、○スピン流を生成・制御するエレクトロニクス技術、○マイクロマグネティクスを記述する計算モデリング技術、○ナノスケール高速加工技術、○ナノスケール高速検出技術、○記録用素材開発、○ナノレベルでの組織構造形成技術、○多重記録・読取技術開発

<p>63 現在の DRAM に比べ、100 倍のメモリバンド幅を持ち、100 分の 1 の消費電力で動作するメモリ</p> <p>○新材料探索、○プロセス技術、○ナノ材料制御技術、○センシング技術、○デバイス化技術、○ばらつき低減による低電圧動作を可能とする製造プロセス、○通信能力の向上、○強誘電体のドメイン壁を用いた導電性変調技術、○強誘電体ドメイン壁物性の解析、○ドメイン壁の選択形成技術、○MRAM 技術開発、○新メモリ技術に適した材料開発。メカニズムが異なるメモリ技術ごとに最適な材料探索が必要、○低消費電力で動作するメモリに最適化された制御方法やアルゴリズムの開発、○低消費電力動作が進展した際に顕在化する事が想定されるノイズを低減させるための技術、○コスト、○高性能磁性薄膜、○磁性薄膜選択的エッチング技術、○STT-MRAM、○垂直磁化材料、○電圧磁化反転技術、○メモリ素子の方式、○インターフェースと回路技術とパッケージング技術、○インターフェースやソフトウェアの互換性に対するサポート</p>
<p>64 単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子</p> <p>○窒素原子内包フラーレンの合成と制御、○単一スピンの安定化技術、○超高分解能の計測技術、○CMOS プロセス技術による集積化が可能でスピン緩和の長い材料の探索とそのデバイス応用、○室温で動作する単一スピン素子、○InGaAs のような多スピン(8 ビット分)を有する場合、スピン方向を 8 ビット演算に使用した際の検出技術、○電子移動度の向上化技術(材料革新)</p>
<p>65 量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス</p> <p>○量子ドット半導体製造技術、○試料作製技術の発展、○適切な発光体、発光準位の選定、○量子ドットの作製技術の高度化(量子ドットの成長位置の制御、発光効率の高効率化等)、○高性能な微小サイズの光共振器の実現とその動的な制御、○光通信波長帯で室温動作する単一光子源、○モノリシック光共振器作成技術、○高速な光スイッチ、○単一発光体の制御技術</p>
<p>66 大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ</p> <p>○超高密度磁気記録・再生技術、○Spin-MRAM の研究開発、○原子・分子の高集積化技術、○量子メモリ技術開発、○単一スピン操作技術開発、○量子状態転写技術開発、○製造方法の確立、○1 分子のメモリ機能のメカニズム解明、○評価方法の確立、○適切な機能を持つ物質の理論予測法、○適切な原子配列を可能とする新しい手法の開発、○スピン偏極走査トンネル顕微鏡、○STM 等を用いて、単一分子を操作する技術、○既存の集積回路とのハイブリッド化のために、室温の Si(001) 基板上で単一分子を操作する技術</p>
<p>67 効率が 40%以上の熱電変換素子</p> <p>○新規熱電変換デバイスの概念の創出、○シリコン系の素材を使った素子の開発、おそらく太陽光パネルの技術の応用が期待できる、○新規材料開発、○理論計算の援用、○ナノ構造を利用した高効率化、○新材料開発、○熱電発電システムの開発、○フォノンエンジニアリング、○新たな機構で熱電変換を発現する材料の創出、○蓄熱や放熱に関して熱管理設計の幅を広げるための高熱伝導性や大きな熱容量を有する材料の開発、○高温耐熱性とフレキシビリティとを兼ね揃えた材料とその材料の加工技術、○新規材料探索、○結晶配向などの高度な微構造組織制御プロセス、○高い熱電性能指数を持つ材料開発、○新素材、○新構造</p>
<p>68 超電導送電の実用化を可能とする高エネルギー消費効率の冷凍機</p> <p>○冷凍原理の新しい概念・手法、○高効率高信頼の高速インバータ技術、回転体である圧縮機や膨張機を駆動あるいは動力回収を行うための電力変換技術、○小型熱交換器・冷凍機でもっとも大きな容積を占めるのが熱交換器、大型化すれば効率は向上するが高価格にもなり場所が制約される、冷凍機の基本は気兼ねなくあることを意識しなくて使えるというコンセプト、そのため高効率かつ小型の熱交換器の研究が進むことが望ましい</p>
<p>69 変換効率 50%を超える太陽電池</p> <p>○電極材料開発、○電極製造プロセスの開発、○良質の結晶を製造する、○製造するために、流体力学、物質移動の学理を応用する、○新半導体材料の開発、○化合物半導体積層技術(量子ドット、細線含む)、○複数接合太陽電池形成技術、○モジュール製造技術、○マルチジャンクションに依らない SQ リミットを超える太陽電池の現状に合った理論的検討、○低光量でも発電可能な太陽電池(発電総量が高いことも重要)、○研究開発資金の供給、○産官学による重点的な研究の展開、○半導体ヘテロ構造作製技術、○革新的デバイス構造の確立、○光吸収材料の創製、○低コスト発電システムの実現、○量子ドット、ワイヤ等の合成、○表面欠陥の低減、○多接合太陽電池用の材料開発、○多接合太陽電池用のプロセス開発、○低コストで合成可能なプロセス開発、○物質開発と実社会への応用をつなぐ研究者間の連携、○すでに 40%の変換効率を超える太陽電池は開発されているので、それを踏まえた低コスト製膜技術が必要、○50%を超える変換効率は、新しいタンデム化技術や貼り合わせ技術必要、○多接合型太陽電池;もっとも有望・確実な技術、○多接合型太陽電池は高価故、低コスト化する技術が必須、○量子ドット太陽電池は理論的に 60%を超えるが、技術的には現実味なし、○光学特性に優れた格子整合しない物質同士のスタック技術、○多層接合太陽電池の各層の定量的な特性評価、○シリコンに変わる新材料探索、○波長変換技術、○熱-光変換技術、○幾つかの技術を集約して高効率デバイスを作製すること、○GaAs に代わる耐熱型太陽電池の開発、○特定波長の光のみ反射する反射鏡の開発、○光電変換機能を有する反射鏡の開発</p>

70 国内の送配電網の8割以上が直流スマートグリッドに置き換わる
○電流・電圧センサデバイス実現のための低光弾性ガラスの新規開発、○送電の監視、○効率シミュレーション技術の開発、○低損失伝送を可能にする材料開発ならびに接合・接着技術開発、○直流電源に関する対人安全設計、○空間電荷蓄積を抑制できる絶縁材料、○大容量半導体遮断器、○必要な電圧・電流変換などの半導体デバイス、○配線のための軽量で導電率の高い金属材料の開発と、コーティングなどによる絶縁材料の開発、○旧来のシステムを更新するスマートグリッドの構築、○日本の、100-200V、50-60Hz 送電システムを更新し、220V 統一給電が望ましい、市中においても地下直流高電圧給電システムが望ましい、電機企業との連携が必要、○太陽光、風力、水力、揚水などの小電力出力を送電網に組み込み、たえず高効率な送電を制御できるスマートグリッドを作る、モデル都市でまず実験を行い全国に広める、○パワー半導体デバイス技術の進展、○パワーエレクトロニクス回路・実装技術の成熟
71 40~100℃で発電可能な低温温水発電システム
○100℃以下でピークを有する高効率熱電変換材料、○高効率バイナリー発電技術、○負荷準化のための蓄熱技術、○湯の花の付着対策、○環境アセスメントの整理、○高効率熱輸送技術、○有機熱電発電が有力
72 高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム
○気象、○マイクロ波送電システム、○GPS 利用の高高度航空機システムの開発、○太陽光利用動力システムの開発
73 CO ₂ を利用してプラスチックを創成する技術
○遺伝子組換え、○MEMS 技術、○高効率回収技術、○高強度な力学的特性の実現、○化学的に安定な組成の実現、○光エネルギーの活用、○C-C 結合の合成と切断を行う触媒開発
74 人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置
○高エネルギー粒子発生装置の小型化
75 遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術
○駆除対象の生物の全ゲノム解析、○人工核酸等を用いた核酸医薬的手法研究、○核酸医薬を用いる場合、駆除対象が動物である際は薬剤の皮下投与方法の検討が必要、○生物種インベントリー作成のための分類技術、○薬剤のターゲットとなる遺伝子・タンパク質の解明、○利用可能な薬剤の開発
76 出力数ワット以上の高効率エネルギーハーベスト技術
○圧電振動子、○高性能圧電材料、○設計・シミュレーション技術、○強誘電体。圧電体を用いた振動発電デバイスの実現、○強誘電体・圧電体を用いた発電の高効率化技術、○高周波から直流へと変換するための整流素子の高効率化（低立ち上がり電圧、低損失、etc.）、○直流マネジメント技術の発展、○（電磁波を利用するエネルギーハーベスティング技術限定で）小型かつ高利得なアンテナ、○熱（温度差）を利用したエネルギー回収技術、○同様に熱を反射、遮蔽、透過を自由にコントロールできる技術
77 現行の大きさ、重量でも航続距離が500kmの性能（エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上）をもつ自動車用二次電池
○高容量電池材料の熱安定性の研究（容易に熱暴走にいたらない材料の実現）、○正極活物質の開発、○材料開発のみではなく電池システムや車両設計まで至る統合的な研究技術、○充放電速度向上のための速度論に基づく電極設計技術、○近隣諸国の人海戦術に似た電池開発に対抗するべく、電極構造設計理論や支援技術（シミュレーション）の開発、○新規活物質の開発、○寿命特性の向上、○安全性、○新規な蓄電システム、○電極構造の制御技術、○電極-電解質界面の構造制御技術、○高性能電解質開発、○高性能電池材料開発、○デバイス化技術、○自動車軽量化、○材料探索、○高エネルギー密度材料（空気、硫黄等）を用いた正極の繰り返し充放電技術、○リチウム金属負極の繰り返し充放電技術と安全性、○安定性の高い、安全性の高い電解液の開発、○電池材料設計（正極・負極）、○電池生産技術（材料コストダウン、設計の標準化）、○電気自動車認知に関する社会意識、○電極材料の開発、○電池を安全に使用可能な制御技術の開発、○寿命の向上、○製膜技術、○界面制御技術、○新規材料開発、○長時間耐久試験評価法の開発、○材料開発、○繰り返し充放電により劣化が起りにくく、高速充電を可能にする新規電解質、○高エネルギー密度化を達成し得る新規電極材料
78 マグネシウムなどを用いた、エネルギー密度が高く、再生・リサイクルが容易な空気電池
○負極が安定に動作する電解液の開発、○空気極の触媒性能の向上、○環境整備、○人材育成、○内外の協力・連携、○空気電池に用いる空気極の電極触媒技術、○金属-空気電池の金属リサイクル技術、○高電流密度のための電極の微細構造制御技術、○マグネシウム素材そのものの開発、○マグネシウムなどの低エネルギー消費、あるいは再生可能エネルギーを用いた還元技術と安価還元（精錬）設備、○電池反応制御技術＝低インピーダンス化、電流値変動への許容度拡大、○基本的なメカニズムの解明

79 東京から大阪まで連続走行できる電気自動車用炭素質キャパシター
○電極材料による大静電容量化(ナノスケール構造制御炭素系電極材料・金属酸化物系材料)、○イオン性液体・固体電解質等(可燃性電解質を超える材料)、○EDLC・LIB の良点を採り込む複合セル構造蓄電システム(LIC)、○任意の構造制御を可能にする炭素材料合成技術、○エネルギー密度の向上に資する新しい電解質の開発、○安全かつ高効率なキャパシター構造の設計と実現、○特殊な電極の開発(材料科学)、○特殊な電解液の開発、○超高容量な炭素電極の開発、○高電圧充電、長期使用などの過酷な環境に対して格段の耐久性を示す炭素電極の開発、○上記の炭素電極を量産する技術、○高い比表面積を有する炭素材料、○重金属を含まない炭素材料、○バイオマス資源
80 希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池
○触媒化学、電気化学をベースとした新規燃料電池反応系の構築、○非白金触媒の高性能化、及び高耐久化、○高活性な触媒の開発、○メカニズム解明、○高性能触媒の開発、○触媒劣化機構の解明、○環境負荷の低い水素製造方法、○直接炭化水素燃料で駆動することが可能な固体酸化物形燃料電池
81 低濃度 NOx を酸化剤として利用可能な燃料電池
《特になし》
82 水素密度 10wt%以上で放出温度 100℃以下の高密度水素貯蔵材料
○国家戦略として資金投入すべき、でないとは他国に規格を取られる
83 太陽光で水を分解できる実用的な光触媒
○光触媒の量子効率向上、○水分解プラントの設計、○酸化チタンを超える効率と耐久性に優れた光触媒、○太陽光を長波長側の光まで効率よく利用可能な光触媒材料及び電荷分離・電荷注入・耐久性向上のための表面修飾、○触媒の開発、○システム開発、○触媒技術、○システム化、○長期間活性を保持できる耐久性の高い光触媒材料の開発、○コストとエネルギー変換効率を両立できる材料作製技術の開発、○光触媒性能の向上、○大規模水素製造装置の設計、○有機、無機化学 双方の協調を基盤とした光材料技術開発体制、○高効率な光波長の高低変換技術、○光触媒の高性能化
84 植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術
○天然光合成メカニズムの解明、○エントロピーに基づくエネルギー転換、○植物の光合成機能の完全な解明、特に主要な反応を触媒する酵素の特定、○特定された酵素の人工合成、○光合成メカニズムの模倣技術、○使用材料のコスト低減技術、○触媒、○電子受容体、○密度の薄い太陽光を光源として集光する技術、○光合成生物から機能性有用蛋白質や色素を取り出し、リプレイス可能素子としてそのままエネルギー生産に利用する技術
85 CO ₂ の光還元触媒による燃料化
○光触媒、○システムの最適化、○二酸化炭素の取り込み
86 グラフェンやカーボンナノチューブを用いた、金属を用いない低環境負荷デバイス
○革新的製造プロセス、○革新的材料、○炭素系材料の化学合成技術、○炭素系材料のデバイス化技術、○炭素系材料の構造・物性の相互制御技術、○グラフェンの低コスト、大面積生産技術、○CNT の分散技術、○グラフェンの作製技術、○高集積化技術、○既存技術とのシステム融合、○炭素材料の大量生産技術の確立、○プラズマ化学気相堆積法、○グラフェンやカーボンナノチューブ等の炭素材料は二次電池やキャパシタなどのエネルギー貯蔵デバイス応用した際に、充放電容量を現行のグラファイトや活性炭より向上できる可能性があり、グラフェンやチューブを組み合わせた無機材料のような強固な 3D ネットワーク構造の構築技術が必要、○原子レベルの微細構造の制御方法の確立、○従来活性炭技術と新規ナノカーボン分野との融合による 3次元アセンブリ技術、○グラフェンエッジ安定化、または、活性化技術、○大量生産技術、○カーボンナノ材料を高密度に集積化するプロセス技術、
87 環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術
○膜材料開発、○膜分離技術(石炭ガス化時の CO と H ₂ の選択分離)、○水素関連技術
88 小型軽量で 1 人でも操作可能な建築構造物ヘルスマニタリング技術
○UAV といった小型ラジコンヘリを活用した診断システム、○内部損傷のセンシング技術、○非破壊検査技術、○外観などの画像処理診断技術、○AE センサなどの音響データ処理診断技術、○化学的データによる診断技術、○欠陥検出のためのセンサ、○データ収集システム、○材料損傷検出技術、○デバイス技術、○IT 技術、○構造物センシング技術、○センサ情報解析技術、○信頼性予測推定技術、○放射線プローブ源、○マーカーとなるナノテクインテリジェント材料、○ヘルスマニタリング検出精度の保証、○ヘルスマニタリング検出結果に基づく建築構造物の健全性判定基準の確立、○センサー技術、○構造解析技術

<p>89 損傷を受けると損傷個所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料</p> <p>○センシングとの連携、○機械応力に応じて磁性や分極の変化する材料、○キラル材料、○自己組織化材料、○応力をモニタリングできる塗装材料、○応力・劣化をシミュレート出来る計算機およびアルゴリズム、○これらを組み込める材料系、○不均一材料に関する破壊についての数理解理解</p>
<p>90 降伏強さ 1800MPa (既存鋼材の 3 倍) 以上で脆性遷移温度が-40℃以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材</p> <p>○脆性遷移の本質的の原理解明、○原理に基づく鉄鋼材料組織最適化、加工熱処理プロセスの検討、○材料開発は予想不可能なところが大きく、この問題に関してもブレークスルーとなる技術要素は現時点では想定困難、○新材料設計、○新鍛造技術、○加工技術、○研究者人口および研究装置の導入、○研究資金の投入、○マイクロ、ナノの視点の解析技術とマクロをつなぐ技術、○鉄鋼材料の相変態制御技術、○加工熱処理技術、○ナノマテリアル技術、○ウィスカ結晶制御技術、○原子レベルでの構造観察・解析技術、○第一原理計算による特性予測</p>
<p>91 中間緩衝層なしで直接セラミックスに接合できる鉄鋼材料</p> <p>○新規コーティング技術の開発、○画期的な常温から 200℃程度の低温で信頼性高く接合する技術、○表面活性化接合技術が、大面積化とコストダウンにより汎用化される必要、○電子顕微鏡等による界面の原子配列解析技術、○界面の原子配列の安定性や特性を予測する第一原理計算などの理論計算技術</p>
<p>92 超大橋など大規模構造物に利用できる軽量高強度・高耐食の炭素系構造材料</p> <p>○ナノカーボン材料の大量かつ精密な生産技術、○超高分子量の難燃性ポリマーの生産技術、○製造インフラ、○実際の大規模構造物を模擬した試作物の強度や耐食性の評価方法と評価機器、○炭素系材料の化学合成技術、○接合技術の開発、○高性能炭素系材料の開発、○加工技術、○溶接技術、○蓄積疲労と腐食状況の診断技術、○炭素系構造材料、○大規模構造物、○量産化技術</p>

6. 7. 集計結果一覧

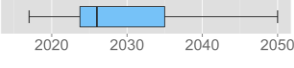
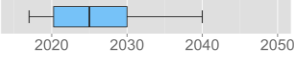
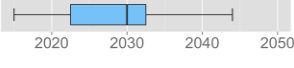
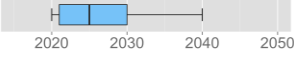
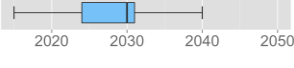
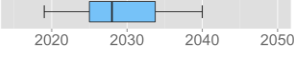
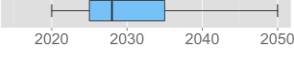
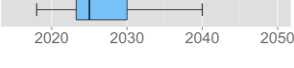

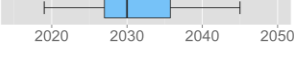
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
新しい物質・材料・機能の創成	1	高分子並みに塑性加工が容易な耐熱性無機材料	135	14	25	61	3.22	3.09	2.83	2.75	1.94	2025	
	2	SiC、GaN よりも低損失の電力用の実用パワー半導体	142	14	21	65	3.45	3.10	2.65	2.58	1.90	2024	
	3	水冷ラジエータ等の部品化可能な熱電素子	101	8	29	63	3.18	2.84	2.57	2.57	1.90	2025	
	4	リサイクル可能な架橋性樹脂	100	8	33	59	3.13	2.93	2.62	2.51	2.08	2024	
	5	自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料	163	21	34	45	3.26	3.11	2.58	2.60	1.89	2020	
	6	室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料	119	8	31	61	3.28	2.98	3.04	2.94	1.89	2025	
	7	低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ	161	15	27	58	3.37	3.12	2.87	2.81	1.94	2025	
	8	ファンデルワールス力による高品質界面を利用した、新規高移動度トランジスタ	76	12	34	54	2.96	2.83	3.00	2.85	1.82	2025	
	9	実用照明の輝度で 8 時間連続使用可能な蓄光材料	71	4	31	65	3.01	2.89	2.91	2.63	1.80	2025	
	10	計算により得た所望のエネルギーバンド構造を基に、人工的にバルク半導体を創成する技術	101	6	36	58	3.22	2.95	2.91	2.74	1.84	2025	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
8.1	23.0	42.2	21.9	25.0	7.0	3.9	2027		8.1	25.2	21.8	27.4	29.0	16.9	4.8	
4.2	16.9	34.6	31.6	21.1	11.3	1.5	2025		2.8	18.3	23.3	22.5	34.9	17.8	1.6	
5.0	16.8	34.7	28.4	25.3	9.5	2.1	2029		9.9	20.8	19.1	23.4	36.2	18.1	3.2	
6.0	11.0	33.0	23.4	31.9	8.5	3.2	2027		7.0	14.0	17.2	18.3	25.8	36.6	2.2	
2.5	8.6	36.2	32.2	20.4	9.9	1.3	2025		2.5	14.7	24.8	22.9	26.8	22.2	3.3	
18.5	21.0	43.9	23.4	26.2	5.6	0.9	2030		21.0	27.7	29.5	25.7	29.5	13.3	1.9	
16.1	13.7	40.4	26.0	24.0	7.5	2.1	2028		16.1	19.9	27.1	19.4	29.2	20.8	3.5	
13.2	28.9	47.1	20.6	23.5	5.9	2.9	2030		21.1	35.5	18.8	31.2	25	18.8	6.2	
14.1	26.8	36.5	31.7	15.9	14.3	1.6	2026		14.1	32.4	17.5	28.6	23.8	27.0	3.2	
13.9	21.8	41.3	27.2	25.0	5.4	1.1	2030		15.8	32.7	19.1	24.7	32.6	20.2	3.4	

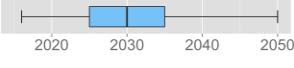
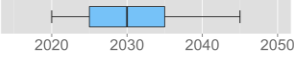
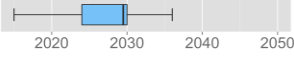
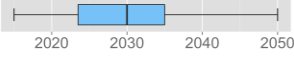
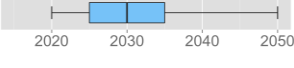
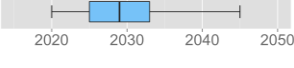



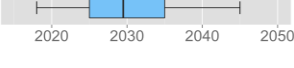
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
新しい物質・材料・機能の創成	11	nm オーダーの微細な幾何学構造により、任意の誘電率・透磁率、偏光特性を有するメタマテリアル材料を用いた光学素子	129	16	33	51	3.34	2.83	2.82	2.81	1.77	2025	
	12	ミラーを用いずにレーザー光の出射方向を自由に制御可能な半導体レーザーアレイ	64	8	36	56	3.00	2.97	2.53	2.31	1.76	2023	
	13	数 100nm~μm サイズの領域において、非接触・高精度に pN~nN オーダーの微小力を発生し、マイクロ/ナノマシンや生体分子等の微小物体の配置や運動を自在に制御・計測する光技術	95	7	26	66	3.11	2.92	2.64	2.55	1.99	2024	
	14	光など電磁波を閉じ込めてほとんど逃がさない反射体	86	13	26	62	3.12	2.88	2.76	2.66	1.86	2025	
	15	ビル等の建築構造物の機能を維持できる自己修復材料	78	8	26	67	3.15	2.81	2.88	2.79	1.93	2025	
	16	強相関電子を用いた室温超電導材料	132	16	23	61	3.39	3.19	3.41	3.37	1.78	2030	
	17	部品の超長寿命化(現在の 2 倍以上)のための表面改質・トライボロジー	113	21	31	48	3.27	3.07	2.57	2.51	1.86	2025	
アドバンスド・マニファクチャリング	18	コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産	50	16	16	68	3.06	2.82	2.42	2.27	2.10	2020	
	19	バイオプリンティングによる再生臓器の製造	46	4	15	80	3.39	2.93	3.00	2.86	3.47	2025	
	20	形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産(変種大量生産/10 万個規模)	48	10	23	67	3.21	3.00	2.40	2.45	1.85	2021	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
5.4	12.4	46.2	29.4	16.0	8.4	0.0	2029		10.1	26.4	22.3	28.6	28.6	17.9	2.7	
6.2	15.6	35.1	36.8	21.1	7.0	0.0	2027		7.8	17.2	24.6	40.4	19.3	14.0	1.8	
5.3	12.6	39.1	29.9	21.8	8.0	1.1	2028		8.4	22.1	21.8	26.4	23.0	26.4	2.3	
7.0	17.4	34.2	30.4	22.8	11.4	1.3	2030		8.1	25.6	17.7	36.7	19.0	22.8	3.8	
19.2	12.8	31.2	35.9	20.3	12.5	0.0	2030		21.8	19.2	19.7	28.8	16.7	33.3	1.5	
26.5	32.6	48.8	24.8	16.8	4.8	4.8	2040		26.5	39.4	27.1	26.3	23.7	16.9	5.9	
2.7	8.0	29.2	42.5	19.8	6.6	1.9	2030		3.5	10.6	13.3	35.2	29.5	19.0	2.9	
4.0	12.0	22.9	16.7	35.4	25.0	0.0	2025		10.0	16.0	14.6	18.8	29.2	35.4	2.1	
2.2	15.2	36.4	29.5	18.2	15.9	0.0	2035		10.9	26.1	11.9	23.8	19.0	45.2	0.0	
0.0	4.2	15.6	35.6	31.1	17.8	0.0	2025		0.0	6.2	10.9	32.6	30.4	26.1	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
アドバンスド・マニファクチャリング	21	付加製造(アディティブ・マニファクチャリング)によるメタマテリアルのコンシューマープロダクトへの適用	47	19	17	64	3.09	2.79	2.67	2.52	1.89	2021	
	22	大量生産品と同等の精度・品質を持った部品・製品のパーソナル生産	63	21	11	68	3.14	2.92	2.44	2.43	2.12	2020	
	23	1μm以下の加工精度の切削を用いない(ネットシェイプ)成形加工	53	21	36	43	3.41	3.12	2.70	2.67	1.85	2025	
	24	少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム	72	7	29	64	3.18	2.87	2.34	2.35	1.70	2020	
	25	ビーム技術(イオン、電子、レーザなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンストロームオーダーの超精密プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング)	82	15	29	56	3.33	3.16	2.53	2.54	1.84	2025	
	26	木材や紙などセルロースから食用となるアミロースや糖類を大量かつ安価に製造する方法	32	3	22	75	2.97	2.83	2.72	2.56	2.39	2024	
	27	体積がピコリットルオーダーの閉鎖空間にアトリットルオーダーの物質を注入する方法	23	4	26	70	3.00	2.95	2.83	2.70	1.91	2022	
	28	鋳型を使わず液体から直接立体形状固体を造形する革新的生産技術	60	5	30	65	3.07	2.78	2.63	2.64	1.88	2025	
	29	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム	59	10	25	64	3.41	3.12	2.53	2.48	2.34	2023	
	30	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術	35	6	26	69	3.43	3.00	2.69	2.71	1.89	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
2.1	4.3	40.9	27.3	15.9	13.6	2.3	2026		8.5	4.3	14	34.9	27.9	20.9	2.3	
1.6	4.8	32.8	24.1	25.9	15.5	1.7	2025		4.8	7.9	15.3	23.7	28.8	30.5	1.7	
5.7	5.7	36.7	44.9	8.2	8.2	2.0	2030		5.7	11.3	25.0	35.4	25.0	12.5	2.1	
1.4	11.1	16.9	55.4	10.8	16.9	0.0	2025		12.5	8.3	7.8	40.6	23.4	26.6	1.6	
1.2	9.8	23.4	49.4	13	11.7	2.6	2030		3.7	13.4	13.0	41.6	26.0	19.5	0.0	
6.2	12.5	33.3	26.7	26.7	10	3.3	2028		15.6	25	3.3	30.0	30.0	33.3	3.3	
0.0	17.4	50	22.7	9.1	18.2	0.0	2028		4.3	21.7	18.2	31.8	31.8	18.2	0.0	
6.7	13.3	24.1	44.4	18.5	11.1	1.9	2025		8.3	13.3	21.4	46.4	10.7	19.6	1.8	
5.1	15.3	49.2	13.6	20.3	13.6	3.4	2025		11.9	15.3	28.1	19.3	31.6	17.5	3.5	
2.9	8.6	33.3	39.4	21.2	6.1	0.0	2030		2.9	8.6	17.6	32.4	23.5	26.5	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
モデリング・シミュレーション	31	表面・界面で起こる化学反応に対して、摩擦、衝撃、応力、流体、電場、熱、光などの多様な物理的因子が与える影響を解明可能なマルチフィジックスシミュレーション技術	85	19	40	41	3.48	2.84	2.55	2.44	1.65	2025	
	32	電子スケールで起こる化学反応がマクロスケールの物性、機能、劣化、破壊に影響を与えるマルチスケールシミュレーション技術	69	16	42	42	3.44	2.92	2.66	2.67	1.60	2025	
	33	合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、機能予測を一環して可能なシミュレーション技術	59	17	36	47	3.44	2.93	2.63	2.43	1.82	2025	
	34	構造を与えてその機能・物性を予測するのではなく、求める機能・物性を有する構造自体を予測可能なシミュレーション技術	75	17	37	45	3.53	2.90	2.99	2.93	1.84	2025	
	35	材料設計のみならず、動的なプロセスの設計が可能な量子論に基づくシミュレーション技術	64	17	38	45	3.42	2.88	2.86	2.69	1.72	2025	
	36	触媒反応における選択率、温度などの環境効果、多体効果などを解明可能なダイナミクスシミュレーション技術	47	6	32	62	3.34	2.95	2.70	2.52	1.76	2025	
	37	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術	72	25	38	38	3.47	2.88	2.64	2.61	1.72	2025	
	38	量子化学計算に基づき化学反応経路を自動的に探索することで、励起状態、溶液内反応、表面反応、新規化合物合成などのシミュレーションを可能にする計算システム	56	16	32	52	3.35	2.90	2.68	2.27	1.70	2025	
	39	シミュレーションデータと実測データの同化を通じて材料の局所的物性とマクロ物性を接続する、より精緻に予測可能なモデル最適化技術	61	16	33	51	3.39	2.89	2.57	2.44	1.77	2024	
	40	ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術	35	11	31	57	3.18	2.73	3.06	2.64	1.91	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
7.1	10.6	50.0	17.1	25.6	6.1	1.2	2030		9.4	11.8	35.0	12.5	30.0	20.0	2.5	
5.8	17.4	56.9	16.9	20.0	6.2	0.0	2030		8.7	21.7	43.8	20.3	23.4	12.5	0.0	
1.7	15.3	49.1	22.8	17.5	7.0	3.5	2029		1.7	16.9	33.3	15.8	19.3	28.1	3.5	
10.7	24	56.2	17.8	19.2	4.1	2.7	2030		13.3	28	36.1	20.8	19.4	18.1	5.6	
6.2	20.3	59.0	18.0	4.9	16.4	1.6	2030		12.5	26.6	41.7	23.3	16.7	18.3	0.0	
2.1	17	65.2	10.9	13.0	10.9	0.0	2029		6.4	19.1	46.7	13.3	20.0	17.8	2.2	
5.6	12.5	47.8	17.4	26.1	7.2	1.4	2030		9.7	15.3	34.3	16.4	23.9	23.9	1.5	
5.4	10.7	50.9	22.6	13.2	11.3	1.9	2029		8.9	14.3	32.7	19.2	21.2	25.0	1.9	
3.3	19.7	44.8	19.0	15.5	19.0	1.7	2030		8.2	21.3	31.0	15.5	20.7	31.0	1.7	
14.3	14.3	55.9	14.7	14.7	8.8	5.9	2029		14.3	14.3	45.5	21.2	12.1	18.2	3.0	

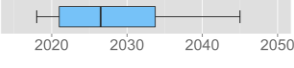

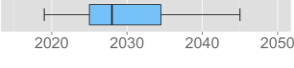

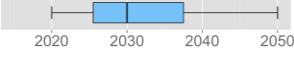



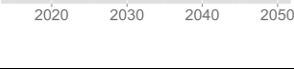
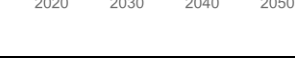
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
モデリング・シミュレーション	41	大規模材料データからの新規物質探索をスピードアップする物性予測ツール	49	10	31	59	3.27	2.75	2.48	2.36	1.80	2023	
	42	マテリアルズ・インフォマティクスを活用し、3次元造形による構造および機能性材料が開発される	38	13	32	55	3.18	2.80	2.38	2.54	2.00	2025	
先端材料・デバイスの計測・解析手法	43	光エネルギー変換材料におけるキャリア移動の時空間分解解析技術	66	24	24	52	3.14	3.00	2.36	2.42	1.76	2022	
	44	充放電時における電池内部の物質移動および物質変化のリアルタイム3次元可視化技術	65	8	26	66	3.34	2.94	2.51	2.52	1.83	2020	
	45	固体における欠陥を、非破壊・その場で超高感度検出・解析する技術	98	16	35	49	3.26	2.87	2.43	2.38	1.68	2022	
	46	超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術	58	12	40	48	3.00	2.80	2.60	2.54	1.85	2020	
	47	触媒の多チャンネル同時計測によるオペランド解析	26	15	31	54	3.31	2.88	2.46	2.42	1.85	2020	
	48	触媒反応素過程の実時間追跡	42	17	31	52	3.19	2.91	2.55	2.52	1.71	2021	
	49	ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術	55	7	18	75	3.38	2.75	2.57	2.33	2.83	2020	
50	生存確率が1割を超える細胞への蛋白質や蛍光物質の自動インジェクション	14	0	43	57	2.86	2.77	2.71	2.54	2.80	2021		

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
8.2	12.2	40.0	31.1	22.2	2.2	4.4	2025		10.2	16.3	41.5	17.1	19.5	17.1	4.9	
2.6	26.3	38.2	35.3	17.6	8.8	0.0	2028		7.9	26.3	26.5	14.7	29.4	29.4	0.0	
6.1	10.6	43.1	24.6	21.5	6.2	4.6	2025		6.1	22.7	20.6	38.1	11.1	23.8	6.3	
4.6	9.2	37.5	34.4	17.2	9.4	1.6	2025		7.7	16.9	27.0	36.5	22.2	12.7	1.6	
2.0	8.2	24.7	41.9	19.4	9.7	4.3	2025		4.1	12.2	19.4	33.3	25.8	18.3	3.2	
6.9	24.1	43.9	28.1	15.8	8.8	3.5	2025		13.8	29.3	34.5	23.6	20	18.2	3.6	
11.5	15.4	50.0	23.1	19.2	3.8	3.8	2025		11.5	23.1	29.2	29.2	20.8	16.7	4.2	
9.5	14.3	45.0	27.5	17.5	5.0	5.0	2025		19.0	16.7	26.3	34.2	21.1	13.2	5.3	
9.1	18.2	39.2	21.6	17.6	17.6	3.9	2025		9.1	27.3	19.6	19.6	25.5	27.5	7.8	
7.1	14.3	50	35.7	7.1	0.0	7.1	2027		14.3	14.3	28.6	42.9	14.3	7.1	7.1	

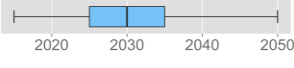
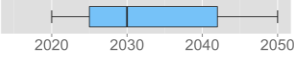
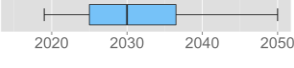
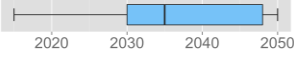
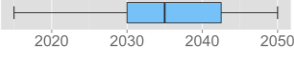
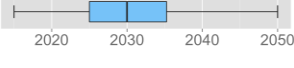



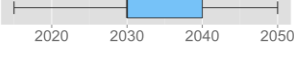
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
先端材料・デバイスの計測・解析手法	51	細胞内の分子動態をマイクロ秒以下の時間分解能で追尾できる計測技術	45	4	33	62	3.29	2.98	2.68	2.45	2.42	2020	
	52	原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡	60	12	20	68	3.25	3.07	2.53	2.54	1.60	2025	
	53	超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa以上)など極限環境での、触媒、金属、熔融塩などの電子顕微鏡観察技術	53	8	34	58	3.12	3.08	2.64	2.49	1.73	2025	
	54	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	30	10	30	60	3.21	2.96	2.77	2.82	2.17	2025	
応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)	55	高性能有機半導体をベースとしたセンサ用論理回路などに適用でき、かつ低コストで少量多品種生産を可能とする、プリンタブル LSI	81	19	20	62	3.27	3.16	2.62	2.44	1.87	2020	
	56	センサと集積回路などを一体化し機能統合した、薄型電子デバイスの製作プラットフォーム(プリントド・システム・オン・プラスチック)	87	20	25	55	3.35	3.11	2.41	2.43	1.85	2020	
	57	近未来の車などの移動式居住空間において利用可能な、低コストかつ大面積曲面に装着できるデバイスで構成されたフレキシブル・マン・マシンインタフェース	61	13	30	57	3.22	3.14	2.43	2.38	2.03	2022	
	58	生体分子モータを模倣し、分子の力で動くナノ機械システム	68	13	22	65	2.97	2.92	2.96	2.83	2.27	2024	
	59	単層グラフェンデバイス等の 2 次元系半導体のデバイス化プロセスと集積化技術	101	19	23	58	3.15	2.94	2.71	2.65	1.83	2025	
	60	単位面積当たりの消費電力を増加させずに情報処理能力を向上させて、現在のスパコン程度の性能を 1 チップで実現する集積回路技術	62	18	26	56	3.61	3.02	2.76	2.72	1.85	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.7	13.3	45.5	25.0	18.2	4.5	6.8	2025		15.6	15.6	20.9	37.2	23.3	14.0	4.7	
15.0	20.0	34.5	43.1	15.5	1.7	5.2	2025		16.7	23.3	22.8	36.8	24.6	10.5	5.3	
9.4	24.5	28.8	40.4	15.4	9.6	5.8	2029		13.2	24.5	33.3	29.4	11.8	17.6	7.8	
6.7	20.0	27.6	20.7	20.7	20.7	10.3	2030		10.0	26.7	21.4	28.6	17.9	21.4	10.7	
6.2	6.2	36.8	30.3	18.4	9.2	5.3	2025		9.9	11.1	19.7	25	26.3	21.1	7.9	
1.1	2.3	27.7	44.6	19.3	7.2	1.2	2025		2.3	10.3	22	32.9	23.2	19.5	2.4	
3.3	3.3	27.3	36.4	20.0	14.5	1.8	2025		4.9	3.3	15.8	28.1	19.3	35.1	1.8	
10.3	17.6	41.5	20.0	20.0	16.9	1.5	2030		13.2	33.8	17.5	27	28.6	22.2	4.8	
7.9	16.8	40.8	29.6	18.4	9.2	2.0	2030		11.9	24.8	25.3	31.6	26.3	13.7	3.2	
9.7	12.9	27.6	44.8	19.0	6.9	1.7	2030		12.9	16.1	20.7	41.4	25.9	8.6	3.4	

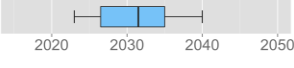
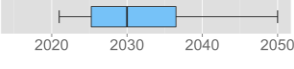
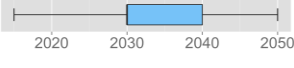
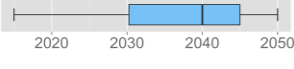
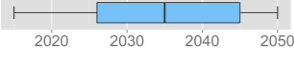
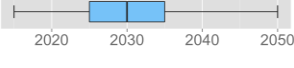

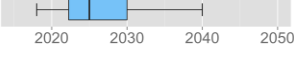
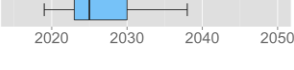
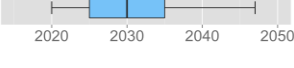
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
応用デバイス・システム(ICT・ナノテク分野)	61	特定の人にしか可視化できないディスプレイ	41	7	27	66	2.71	2.86	2.63	2.60	2.15	2021	
	62	デジタルジレンマを打破する超高密度記録技術	44	11	30	59	3.41	3.14	2.77	2.66	2.02	2025	
	63	現在のDRAMに比べ、100倍のメモリバンド幅を持ち、100分の1の消費電力で動作するメモリ	54	24	20	56	3.56	3.06	2.81	2.66	1.89	2025	
	64	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子	58	17	16	67	3.33	3.24	3.21	3.10	2.09	2030	
	65	量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス	47	11	36	53	3.13	3.02	3.04	2.79	1.91	2025	
	66	大量の情報データを高速に蓄積・検索可能な1原子/1分子が1ビットに対応するストレージ	53	11	26	62	3.32	2.80	3.17	3.15	1.89	2028	
応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)	67	効率が40%以上の熱電変換素子	119	11	24	66	3.35	2.81	2.98	2.86	1.77	2025	
	68	超電導送電の実用化を可能とする高エネルギー消費効率の冷凍機	72	4	28	68	3.03	2.97	2.74	2.63	1.83	2025	
	69	変換効率50%を超える太陽電池	150	19	27	54	3.49	3.12	3.01	2.83	1.92	2025	
	70	国内の送配電網の8割以上が直流スマートグリッドに置き換わる	78	4	36	60	3.00	2.83	2.47	2.49	2.05	2030	

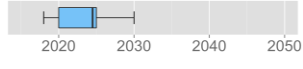
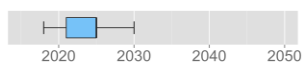
技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
9.8	24.4	54.1	27.0	8.1	8.1	2.7	2026		12.2	31.7	27.8	30.6	16.7	22.2	2.8	
0.0	11.4	32.6	37.2	20.9	4.7	4.7	2030		0.0	13.6	11.9	42.9	26.2	14.3	4.8	
7.4	7.4	34.0	47.2	15.1	3.8	0.0	2028		9.3	13.0	15.7	39.2	27.5	15.7	2.0	
6.9	20.7	49.1	30.9	12.7	5.5	1.8	2035		13.8	29.3	22.2	31.5	27.8	13.0	5.6	
6.4	12.8	48.9	26.7	17.8	4.4	2.2	2030		10.6	23.4	15.9	27.3	27.3	25.0	4.5	
15.1	24.5	42.0	34.0	12.0	10.0	2.0	2035		20.8	34.0	20.8	41.7	20.8	14.6	2.1	
19.3	30.3	28.4	36.7	22.0	6.4	6.4	2030		20.2	33.6	21.0	37.1	19.0	16.2	6.7	
12.5	19.4	20.9	49.3	11.9	9.0	9.0	2030		16.7	23.6	10.8	38.5	20.0	21.5	9.2	
12.7	17.3	31.9	37.7	21.0	4.3	5.1	2030		18.0	24.0	17.6	32.1	17.6	26.7	6.1	
12.8	19.2	4.2	25.4	21.1	46.5	2.8	2035		15.4	26.9	8.2	13.7	12.3	61.6	4.1	

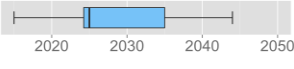
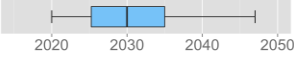
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)	71	40~100°Cで発電可能な低温温水発電システム	82	11	22	67	3.06	2.80	2.59	2.51	1.84	2025	
	72	高層の偏西風や台風を利用した風力発電システム	65	3	18	78	2.68	2.52	2.89	2.65	2.10	2025	
	73	CO2 を利用してプラスチックを創成する技術	87	6	34	60	3.17	2.99	2.79	2.64	2.00	2025	
	74	人工的核変換により放射能を低減できる移動可能な装置	53	2	21	77	3.27	2.55	3.46	3.22	2.75	2030	
	75	遺伝子へのマーキングにより害虫や外来種を特定の薬剤により駆除できる技術	32	0	13	88	2.91	2.59	2.88	2.81	3.19	2025	
	76	出力数ワット以上の高効率エネルギーハーベスト技術	58	12	36	52	3.35	2.89	2.84	2.79	1.70	2025	
	77	現行の大きさ、重量でも航続距離が500km の性能(エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上)をもつ自動車用二次電池	98	21	34	45	3.60	3.27	2.85	2.93	1.92	2025	
	78	マグネシウムなどを用いた、エネルギー密度が高く、再生・リサイクルが容易な空気電池	79	15	33	52	3.48	3.16	2.86	2.83	1.94	2026	
	79	東京から大阪まで連続走行できる電気自動車用炭素質キャパシター	72	18	35	47	3.11	2.97	3.09	2.88	1.90	2030	
	80	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	113	21	31	48	3.55	3.30	2.96	2.97	1.91	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
9.8	12.2	26.1	42.0	11.6	15.9	4.3	2030		19.5	18.3	14.5	29.0	14.5	36.2	5.8	
29.2	23.1	17.5	28.1	22.8	24.6	7.0	2030		33.8	24.6	5.3	29.8	19.3	38.6	7.0	
6.9	19.5	35.1	36.4	10.4	14.3	3.9	2030		11.5	26.4	15.8	34.2	21.1	22.4	6.6	
35.8	26.4	20.8	39.6	22.9	10.4	6.2	2035		37.7	34.0	10.9	26.1	23.9	32.6	6.5	
6.2	21.9	29.0	35.5	12.9	19.4	3.2	2035		21.9	31.2	3.4	20.7	17.2	48.3	10.3	
8.6	19.0	25	48.1	23.1	3.8	0.0	2030		8.6	22.4	5.8	40.4	23.1	28.8	1.9	
8.2	6.1	27.2	53.3	15.2	4.3	0.0	2030		11.2	5.1	10.0	42.2	22.2	24.4	1.1	
6.3	13.9	25.7	51.4	10.8	6.8	5.4	2031		6.3	19.0	17.8	42.5	19.2	16.4	4.1	
30.6	23.6	48.4	25.8	16.1	6.5	3.2	2035		33.3	25.0	25.8	32.3	17.7	17.7	6.5	
7.1	16.8	27.9	44.2	19.2	6.7	1.9	2030		7.1	20.4	14.7	37.3	21.6	23.5	2.9	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)	81	低濃度 NOx を酸化剤として利用可能な燃料電池	43	12	30	58	2.81	2.84	3.05	2.74	2.00	2025	
	82	水素密度 10wt% 以上で放出温度 100°C 以下の高密度水素貯蔵材料	56	13	38	50	3.27	2.90	2.95	2.75	1.86	2025	
	83	太陽光で水を分解できる実用的な光触媒	103	17	39	45	3.38	3.16	2.92	2.84	1.75	2025	
	84	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	70	17	21	61	3.49	3.03	3.17	3.01	1.69	2030	
	85	CO2 の光還元触媒による燃料化	68	12	28	60	3.35	2.94	3.13	3.03	1.72	2030	
	86	グラフェンやカーボンナノチューブを用いた、金属を用いない低環境負荷デバイス	100	19	33	48	3.10	3.06	2.91	2.81	2.02	2025	
	87	環境に CO2 を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	48	6	35	58	3.13	2.93	2.83	2.85	1.89	2025	
応用デバイス・システム(インフラ分野)	88	小型軽量で 1 人でも操作可能な建築構造物ヘルスマニタリング技術	43	7	16	77	3.44	3.00	2.35	2.33	2.09	2020	
	89	損傷を受けると損傷個所と損傷程度を自己診断表示する安価な塗装材料	43	2	28	70	2.88	2.73	2.65	2.51	1.98	2020	
	90	降伏強さ 1800MPa(既存鋼材の 3 倍)以上で脆性遷移温度が -40°C 以下の高強度高靱性鉄鋼製建築構造材	44	9	39	52	3.37	3.40	2.76	2.79	1.86	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
18.6	30.2	45.0	25.0	12.5	15.0	2.5	2031		30.2	27.9	20.5	28.2	20.5	28.2	2.6	
21.4	14.3	36.7	32.7	12.2	16.3	2.0	2030		23.2	23.2	10.2	44.9	16.3	24.5	4.1	
13.6	13.6	37.1	35.1	13.4	7.2	7.2	2030		16.5	20.4	12.8	37.2	22.3	20.2	7.4	
12.9	22.9	55.6	25.4	12.7	3.2	3.2	2040		17.1	28.6	27.9	32.8	14.8	19.7	4.9	
10.3	29.4	40.0	33.3	20.0	3.3	3.3	2035		13.2	32.4	12.9	37.1	24.2	21	4.8	
10	13.0	36.3	35.2	15.4	7.7	5.5	2030		16.0	22	17.4	31.5	20.7	25	5.4	
16.7	16.7	35.7	50	7.1	2.4	4.8	2030		20.8	18.8	12.2	43.9	19.5	19.5	4.9	
2.3	2.3	22.5	40.0	15.0	20.0	2.5	2025		0.0	4.7	19.5	41.5	12.2	24.4	2.4	
7.0	18.6	31.6	36.8	10.5	10.5	10.5	2025		9.3	20.9	21.1	36.8	13.2	15.8	13.2	
2.3	25.0	40.0	37.5	10.0	7.5	5.0	2030		2.3	25.0	19.5	43.9	22.0	9.8	4.9	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
応用デバイス・システム (インフラ分野)	91	中間緩衝層なしで直接セラミックスに 接合できる鉄鋼材料	42	14	19	67	3.20	3.18	2.73	2.80	2.08	2024	
	92	超大橋など大規模構造物に利用できる 軽量高強度・高耐食の炭素系構造 材料	50	4	28	68	3.46	3.31	2.64	2.66	2.00	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装				社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他
11.9	21.4	38.9	38.9	13.9	2.8	5.6	2025		16.7	21.4	16.2	32.4	27.0	18.9	5.4
6.0	10.0	27.7	36.2	19.1	6.4	10.6	2030		6.0	16.0	6.5	30.4	30.4	21.7	10.9

7. 社会基盤分野の調査結果

内容

7.1 将来の展望	631
7.1.1 総論	631
7.1.2 国土開発・保全	632
7.1.3 都市・建築・環境.....	633
7.1.4 インフラ保守・メンテナンス.....	634
7.1.5 交通・物流インフラ.....	635
7.1.6 車・鉄道・船舶・航空	635
7.1.7 防災・減災技術	637
7.1.8 防災・減災情報	639
7.2 アンケートの回収状況.....	641
7.3 細目の設定	642
7.4 トピックに関する設問について	643
7.4.1 トピックの特性.....	643
7.4.2 技術的実現予測時期	653
7.4.3 技術的実現に向けた重点施策	655
7.4.4 社会実装時期	659
7.4.5 社会実装に向けた重点施策	660
7.4.6 技術的実現から社会実装までの期間	664
7.5 未来科学技術年表	667
7.5.1 技術的実現予測時期	667
7.5.2 社会実装予測時期.....	670
7.6 細目別重要トピックにおける要素技術	673
7.7 集計結果一覧	684

<概要>

社会基盤には、その分野特性から社会情勢が色濃く表れた結果となり、重要度に関しては廃炉に関する技術に大きな注目が集まり、インフラのメンテナンスに関する技術、災害予測、災害救助に関する技術、航空関連の技術群が続いた。

予測年で見ると、自動運転自動車関連、避難行動を支援する情報インフラに関連する技術の実現が2020年前後に集まり、航空関連のトピックに関しては2030年以降の遅い実現予測となった(トピック60、31、61)。航空関連のトピックについては、不確実性と非連続性も高いとされた。

また、日本が国際競争力を持つとされたトピックとして、環境に配慮した鉄道や船舶の技術、災害救助に続いて、道路インフラにおけるセンサ関連技術が続き、国際競争が低いとされたトピックには、農業関連の技術が挙げられた。

7. 1 将来の展望

7. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲

急激な人口減少と少子高齢化が進み、経験したことのない規模の災害が多発している。一方、国際競争が厳しさを増すなかで、わが国は高度経済成長の外挿から大きく下方修正された経済の安定成長期にある。また、人々の価値観の多様化が進み、合意の形成が困難になってきている。このような状況下で、安全で安心で、活力のある豊かな社会を支える社会基盤の形成における科学技術の役割はますます高まっている。時間的、空間的規模が大きく、顕在化していない課題への対応をも求められる本分野の科学技術トピックの重点化に当たっては、トピックの研究開発の特性の理解とそれに基づく重点化方針が重要となる。

本調査では、まず、社会基盤に関連する省庁の重点施策をクラスタリングして、マッピングすることにより、「作る」、「メンテナンス」、「次世代インフラ」、「レジリエンス」の4つに概念整理した。その上で、過去の科学技術トピックや新規トピックにクラスタリングすることによって、7細目、93件を設定した。

(2) 結果の総括及び今後の展望

これらのトピックに対するデルファイアンケート調査を実施して、30～60代を中心に、特定の年代に偏ることなく、500名あまりの有効回答を得た。分野全体を俯瞰すると以下の特徴が見出される。

研究開発の特性として、重要度と国際競争力の評価を直行する軸に取り、各トピックの評価結果をプロットすると、細目間の相対的な位置関係を理解することができる。例えば、「インフラ保守・メンテナンス」の細目のトピックはいずれも、重要度と国際競争力が高く評価されており、「防災・減災情報」の細目にもこの2点の評価が高いトピックが多く含まれている。「車・鉄道・船舶・航空」の細目では、重要度の評価はトピックによって広く分布しているが、国際競争力の面では他の細目のトピックと比較して高い値を示している。ただしその中でも、航空に関するトピックは重要度が高いのが特徴である。防災・減災に関して情報関連のトピックと技術関連のトピックを比較すると、重要度と国際競争力の双方で情報関連のトピックの多くが高く評価されているのに対して、技術関連のトピックは双方が相関を持ちながら幅広く分布している。このようなマッピングをもとにした相互比較によって、各トピックの成熟度、新規性、社会の変化との関連性、ニーズと現状レベルのギャップなど、トピックの特性を理解し、施策の時間軸(継続的、短期重点的)や規模の指針や、トピック間の連携による総合化の推進などに活かすべきである。

施策の重点化に関しては、すべての細目の共通事項として、技術実現を導くには資源配分が、また社会実装には資源配分に加えて環境整備が、それぞれ重要と評価されている。人材戦略、資源配分、内外の連携・協力、環境整備のそれぞれの施策を重視すべきと評価されるトピックは、細目を超えて、また技術実現と社会実装において、異なっている。ただし、技術実現に関しては防災・減災の分野で人材戦略や資源配分が、社会実装に関しては国際協調に関する分野で人材戦略や環境整備が重要という結果が読み取れる。このような特性を抽出することによって、メタなレベルで施策の重点化を包括的に考えていくことが肝要であろう。

また重点化すべき施策と技術実現時期の関係の特徴としては、2020年代前半に技術実現が見込まれるトピックでは、社会実装のための環境整備が重視されている。一方、2020年代後半に技術実現が見込まれるトピックは、技術実現のための人材戦略と社会実装のための内外の連携・協力の重要性が強調されている。このように、科学技術の成熟度、達成感に応じて、重点施策を適応させていく工夫が必要となる。

(小池 俊雄)

7. 1. 2. 国土開発・保全

(1) 本細目の検討範囲

社会基盤分野の科学技術は、総じて、国土に様々な装置を具備させ、人と国土との関係を長期にわたり良好なものにする基本条件を整えるという性格を有している。とりわけ本細目は、元々の(自然のままの)国土の特性や仕組みの理解に立って、また、今まで構築してきた社会基盤とそれらとのマッチングに関わる新たなニーズ・問題を踏まえ、人と国土との関係をレベルアップするという側面が強い。そのレベルアップにおいては、個々の社会インフラの整備・改良・高度化というよりも、社会インフラ群の更なる活用を内包する「総合的な国土マネジメント」の定着、それを通じた「国土システム」の高度化が重要な位置を占め、そのことが本細目の意義にもつながる。本細目のトピック設定に際しては、このような着眼点が求められる。

(2) 本細目のトピック

アンケート結果に基づくトピック間の単純比較には慎重になるべきとの立場を取りつつ、アンケート結果から導き出せそうなトピックの特徴をあげると、以下ようになる。まず、重要度については、トピック単位では上位 20 番目までに入っていないものの、本細目トピックの平均値は全体平均を上回っており、他細目に見劣りしていない。不確実性については、3件が 20 位内に入り、本細目トピックの平均値は全細目中最高で、本細目が全体的に難しいと認識されているようである。一方、非連続性に関する本細目トピックの平均値は全体平均をやや下回り、他細目に比べると、本細目における実現の難しさと“革新性”との結びつきは弱いと見なされているようである。国際競争力についての本細目トピックの平均値は他細目並み(全体平均のやや下)であり、No.1(工事現場で人の代わりに働く知能ロボット)のみ上位 20 件に入っている。

以上からは、「実現により革新的な展開が期待されるような“派手さ”はないが、平均以上に重要であり、実現には相当の困難性を伴う」という本細目に対する全般的認識を読み取ることができる。そしてこの認識は、(1) に述べた本細目の特徴を反映している可能性がある。すなわち、国土マネジメントや国土システムに関わる科学技術は、1つの突破が全体に波及して状況が一気に変わるような構造にはなく、国土が持つ複雑性・個別性・履歴性に発する困難さを正面から見据えた地道な取り組みを求めるものと言えそうである。

(3) 今後の展望

本細目に対しては、国際的波及性や革新性が必ずしも高くないことに囚われず、その重要性和困難性を踏まえ、着実な取り組みが継続的になされる状況をつくるというスタンスが求められる。対象が時空間スケールの非常に大きい国土というシステムであることをよく理解し、個々のトピックの研究開発の進捗だけでなく各トピックの取り組みの総合化や有機的結合に力を入れることも大事である。また、取り組み成果の実装による変化を実感しにくい、あるいは実感するまでに長期間を要する分野であることを踏まえ、国土を取り巻く自然環境の長期的変化と人の側すなわち社会経済面での長期的な政策課題を十分に取り込むとともに、研究開発や実装の過程で、その成果を人々が実感できる仕組みを内包させる工夫が必要となる。さらに、科学技術としての普遍性が他分野に比べ不明確というある種のハンディに萎縮せず、このような分野の取り組み成果、特に実装の成果を世界に発信する方策を戦略的に考え実践していくことが望まれる。

アンケート結果から導出できる個別具体の方向に関する示唆として次のような着眼がある。本細目で設定された各トピックの中で、重要度が相対的に高く、予測達成年(技術的实现および社会実装)がより将来になっているものがある(たとえば、No.7:破堤を事前に察知する技術/No.9:長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術)。このようなトピックには、その重要度に応じて達成年を前倒しする努力を傾注すべきとの判断が成立しうる。本細目の分野は広範な裾野を持つので、このような観点も参考にしつつ、これらのトピックさらには今回設定されたトピックに限らず、取り組みを強化すべきトピックを掘り起こしていくことも重要であろう。

(藤田 光一、宮田 喜壽)

7. 1. 3. 都市・建築・環境

(1) 本細目の検討範囲

都市・建築・環境を担う不動産＋建設は、国内総生産の 17.6% (83.6 兆円)、国内就業者数の 9.6% (609 万人)を担う基幹産業であるにもかかわらず、「科学技術振興という視点」で捉えることが遅れている分野と言える。しかし時代背景は変革期を迎え、都市・建築・環境の分野も、変革期に対応する手段の1つとして「科学技術振興」への期待は大である。

Ex 従来は科学技術成熟分野 →就労人口減少と高齢化で、自動化施工に急速にシフト

Ex 従来は国際技術競争不要 →3Dプリンター方式施工等、技術的な国際競争の時代へ

Ex 従来は個別案件対応分野 →スマート化、ストック対応、安全安心等の統一化

(2) 本細目のトピック

①全体の傾向

○「特殊な社会変動」を色濃く反映

当分野は、社会変動→生産供給変化→技術変化というプロセスを経る傾向が強く、「2011年の東日本大震災」と「2020年の東京オリンピック」の中間に位置する今回調査では、前者の回答反映は明確で、後者の回答反映は不明確という傾向が強い。

○潜在的、継続的な変動は「深堀が必要」

高齢化のような潜在的な社会課題も重要とされているが、内容的には深堀が必要である。

○技術的実現のトピックは「環境整備」が重要

具体的には、関連法令整備、規制緩和必要、公的促進策、プライバシー配慮、政治問題等がある。

②個別分野のトピック

○東日本大震災を受けたトピック

「駅、地下街、複合大規模施設の災害時避難行動」に代表され、高い重要度の傾向が見られる。

○高齢化社会を受けたトピック

「高齢者、身障者対応ロボット組み込み住宅」に代表され、高い重要度の傾向が見られる。

ただし、ロボット側への期待と住宅側での期待等の役割分担と統合の深堀が必要である。

(3) 今後の展望

①技術発展に向けた施策等

技術的実現に向けた重要施策では「環境整備」の重要度回答が高く、「技術と政策の時間的及び内容的な緊密連動」の必要性が大きい。

②社会実装に向けた施策等

東日本大震災に代表される特殊社会変動に対する技術資源配分は充実しているが、「3Dプリンター式建設自動化施工」、「都市・建物のスマート化,CEMS,BEMS,HEMS」「高齢者、障がい者のアクセシビリティ対策」等の「潜在的かつ継続的な社会変動や国際競争」に対する施策を「科学技術振興という視点」でも捉えることが重要である。

(竹内 真幸)

7. 1. 4. インフラ保守・メンテナンス

(1) 本細目の検討範囲

現在、我が国においては、インフラ高齢化による重大事故のリスクが顕在化するとともに、そのリスクを回避し健全な国民生活を送るためのインフラの維持管理費用の不足が懸念されている。このため、予防保全によるインフラ維持管理水準の向上を低コストで実現する必要性が生じている。

(2) 本細目のトピック

社会基盤分野では7細目93件が設定されているが、この「インフラ保守・メンテナンス」細目では、93件のうち、①[橋・ダム・トンネルなどの代表的構造物について、供用を維持しつつ再生する技術]、②[防災、防犯、介護支援機能をユーザに提供する生活支援型ロボット]、③[現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術]、④[構造物の劣化度や劣化に関わる環境あるいは外力作用履歴、状態変化を知らせる長期使用可能なセンサにより代表的構造物の劣化に関わる諸診断を行う技術]の4件が挙げられている。

本細目及び各トピックの特性は以下のものである。まず、**重要度**としては、社会基盤分野の上位20位以内にトピック④(3位)、トピック①(5位)、トピック③(12位)の4件中3件が入っており、細目別の平均でみた場合の科学技術と社会の両面からみた総合的な重要度は最も高く評価されている。ただし、これらの**トピックに対する不確実性**では、上位20位以内にトピック③(15位)が入っており、細目別の平均でも「国土開発・保全」細目について不確実性が高く、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討が必要と評価されている。また、**トピックの非連続性**についても上位20位以内にトピック②(13位)とトピック③(20位)が入っており、細目別の平均値が最も高く、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的な技術が必要と評価されている。**倫理性**については、トピック②のみが3位と高く評価されており、研究開発における倫理性の考慮、社会受容の考慮が必要とされている。**研究開発における国際競争力**についてはトピック④が10位となっているのみであるが、細目別の平均では最も高い評価であった。

さらに、インフラ保守・メンテナンスに関する4件すべてが2025年までに技術的に実現すると評価されているが、技術的实现に向けた重要施策として多くの回答者が「資源配分戦略」と回答している。成果の技術的实现から社会実装までの期間は2.0年とされており、特にトピック③「現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術」については技術的に実現すると直ぐに社会実装されると評価されているが、この社会実装に向けた重点施策も技術的实现の場合と同様「資源配分戦略」だった。

回答者の属性については、社会基盤系は、学術機関と企業その他のメンバーがそれぞれ42%強であり、主として研究・開発に従事している者が約70%であった。年代的には30代、40代、50代が各々25-28%でほぼ均等な配分となっていた。

(3) 今後の展望

インフラ保守・メンテナンスに関しては、現在我が国の喫緊の課題として認識されており、これは本調査結果の細目別重要度の高さに反映されている。この喫緊さを背景に、多くの評価者が必要な技術の開発が2025年までには開発され、開発後時間をおかずに社会実装されるべきだと考えている。この技術開発、社会実装の実現に対しては資源を投入して、集中的に開発すれば可能だとされている。

しかし、この分野の技術については、本調査結果にも表れているように、これまでの技術の延長線上の技術開発では困難であり、市場破壊的・革新的な技術開発が要求されている。この場合、インフラ関係とは接点が少なかった革新的技術を適用しようとする時、インフラ分野のニーズと革新的技術(シーズ)との整合性が必要となるが、この整合性の薄さがこの分野の技術開発の障害となっている。今後本分野の技術開発、社会実装を実現するためにも、これまで以上に他分野に門戸を開き、共同研究を進めることが必要であろう。

(天野 玲子)

7. 1. 5. 交通・物流インフラ

(1) 本細目の検討範囲

人や物の移動は、生活の向上や機会の拡大には欠かせない、人間社会の根本的な活動であり、情報が時空を超えて移動できる高度情報化社会の現代においてもその重要性は変わらない。それを担う「交通システム」は、移動する人や物、移動に使われる乗り物(自動車、鉄道車両、航空機など)、インフラ(道路、鉄道、空港など)、そして感性や運営のためのソフトウェアなどから構成される。乗り物に関する研究課題は、別細目で取り上げられているため、本細目では交通インフラそのものや上記の構成要素の組み合わせによるシステムに関する研究課題を取り上げる。

交通システム研究の重要性は、上述のように豊かさを求める人間社会の欲求に直接かかわっていることに加え、交通に付随する負の影響の大きさにもある。すなわち、化石資源の4割程度をその燃料に使い、温暖化ガスの2割程度を排出しているような地球環境的課題、大気汚染や騒音などの地域環境問題、交通事故による大量の死傷者、そして車の渋滞による大きな経済的損失などの課題がますます世界的に先鋭化しているからである。

(2) 本細目のトピック

情報通信技術の進展と機器の普及によって、交通システムの知能化、いわゆる ITS (Intelligent Transport Systems) が今世紀に入って加速している。カーナビ、渋滞情報提供、ETC などの技術はすでに飽和時期に入りつつあるが、車両とインフラが協調して安全性を高めたり、渋滞をコントロールしたりする技術は、まだ黎明期にあり、今後の技術開発と制度整備が期待される。各自動車からアップリンクされる情報を活用するプローブカーシステムは、個々の技術は確立しているが、情報をだれが集めて管理・有用化し、どのようなビジネスモデルで配信するかは課題が残ったままである。マルチモーダルな移動体の情報を一括管理し有用化するシステムにも同様の課題が残っている。

世界に先駆けて超高齢化社会を迎えるわが国として、とくに地方都市や中山間地における高齢者のモビリティ確保の問題は世界の先駆的研究となりうる。介添者なしで高齢者が単独で自由に移動できる社会が、老年医療・介護・社会保障などの問題の緩和となるなど、「移動」を介在した社会システム研究として成立しうるテーマと思われる。

(3) 今後の展望

本細目では、超高齢化対応と環境的持続可能性という社会的課題に対して、わが国が強みを持つ、次世代自動車、公共交通を基軸とした都市、そして情報通信技術などを利用した研究が主軸となってくるであろう。化石燃料以外を使った超小型車や自動運転車がインフラと協調しながら高密度でスムーズなネットワーク流を形成し、安全で環境負荷の少ない移動を実現するための研究は不可欠であろう。また、これからの高齢者は(世界的に見ても)、ICT リテラシーを見込むことができるため、高齢者向き交通システムに積極的に ICT を活用することも考えられる。

(森川 高行)

7. 1. 6. 車・鉄道・船舶・航空

I) 車

(1) 本細目の検討範囲

自動車における研究開発は、省エネ・温暖化防止および混雑・交通事故対策を目的として、技術的には電動

化(EV、HEV、燃料電池車)、自動化(予防安全技術、自動運転)、情報接続(Connected Car)の三つが重要分野である。

本調査では、自動車分野における日本の先端技術競争力は総じて高いと評価された。これら、日本の自動車産業が持つ高い国際競争力を反映したものと言える。一方で、技術的実現は比較的早いのが、社会実装のためには環境整備が必要との回答率が高い項目が多く見受けられた点は注目に値する。今後の重要分野は、道路インフラ、情報インフラと連携したシステム化が必要な技術分野であるため、産業を跨る連携や行政においても横断的な制度の見直しや相互協力が必要であって、企業の個別努力では社会実装に至ることが困難なケースが増えると理解されていることが窺える。

(2) 本細目のトピックおよび今後の展望

① 電動化対応などの道路側の整備を伴うトピック

騒音低減のための舗装技術、交差点や高速道路における非接触給電、水素ステーションの全国整備)においては、全国規模で整備することが必要とした場合、その投資規模は大きく時間も要する。デバイス側としての車両の進化とインフラの整備速度に乖離があることや、インフラ側の設備の維持管理・更新の可能性などを考えると、どの技術を選択するかについては慎重な検討が必要と思われる。

我が国の国際競争力を考えると他国に先んじて技術の見極めができることが望ましく、その方法としては、特定用途、例)特定路線の大型トラックの水素化、路線固定の基幹バス等の路面からの給電、あるいは特定の場所での実証型の試験運用(リビング・ラボ、テスト・ベッドなどと呼ばれる)が考えられる。

② 自動化に関するトピック

自動運転の技術は、2030年までの長期のスコープで進展が見込める分野であるが、社会実装の進め方は未だ不透明と感じられる。例えば、全車両がドライバなしで自動運行される状態を最終段階と考えた場合、現状からどのような段階を経て社会実装されていくのか、その道筋を設定するのが大変難しい。今回調査では、出会い頭事故防止のための自動停止機能という安全技術と、運転手の監視下での自動運行のふたつの設問を設定したが、このふたつの間には技術的にも社会的にも不連続性がある。不連続性が高い自動運転に関しては、わが国でも広く一般の人に技術理解が深まるような実証の試みが増えることを期待したい。

③ 自動車の情報接続に関するトピック

主に別分野でトピック設定されているが、クラウド化、モバイル化に加えてIoTの進展により、自動車のネット接続とその活用技術についても革新が見込まれる。ここでも、日本の自動車に関するモノづくり側の強みを生かした戦略の早期の立案が望まれる。

(原 加代子)

II) 鉄道

(1) 本細目の検討範囲

トピック設定にあたっては、高齢社会の進展、災害時のインフラの機能維持、他の交通システムとの協調・連携、国際競争力などの点を考慮している。鉄道単独の技術開発よりは、他の交通システムとどうかかわって社会を支えていくかという視点からのトピック設定が多くなっている。

(2) 本細目のトピック

「国際競争力」上位トピックには、「新材料の利用や構造物、車両構造の技術改善により、新幹線の時速350kmでの連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で70dB(A)以下)を満たす技術」が最も期待されるものの一つとして挙げられた。新幹線の技術開発力に対する期待の大きさを表すものといえる。

「連携・協力」上位トピックには、「環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術」があげられており、交通システムの連携・協力への期待がうかがわれる。

(3) 今後の展望

今後は、高速化などの技術課題に引き続き取り組んでいくとともに、都市内外でのシームレスな移動への寄与や災害時の交通機関の連携・協調のための技術開発などが求められていくと考えられる。

(奥村 文直)

Ⅲ) 船舶・航空

(1) 本細目の検討範囲

航空交通輸送は今後 20 年で 2.5 倍に増加すると予測されており、船舶輸送もグローバル化の拡大において物流の中心となり続けることは疑問の余地がない。このような状況下で船舶・航空の技術分野における社会の期待は、環境性能や安全性能の向上にあり、これらを実現する多面的なトピックを設定した。

一方、船舶・航空は成熟した産業分野であり、今後の日本のシェア維持、拡大には他の国がマネのできない高付加価値技術を取り込むことが重要である。そのため、トピック設定に当たっては鳥のように翼の形状を変化させて省エネルギーで飛行できる航空機など革新的な将来技術も取り上げた。

(2) 本細目のトピック

アンケート結果から見える我が国の国際競争力は、同じモダリティ・システムである車・鉄道分野の数多くのトピックが平均より高いと評価されているに比べ、船舶・航空分野では上位 20 件のうち 2 件が上げられたのみで、技術的に世界に遅れを取っているとの危機感がうかがえる。技術実現のための重点施策では、国が十分に資源配分をすることを望む回答が目立ち、複雑・巨大システムに対する国全体での科学技術政策の関与が期待されている。一方、環境負荷低減型スペースプレーンのような革新システムでも 2030 年には技術実現されるであろうと予測されており、民間ベンチャー企業による挑戦的な開発もこの分野のドライブ・フォースになっていると認識されている。

(3) 今後の展望

船舶・航空のような成熟した産業分野で日本の競争力を確保するためには、高付加価値技術による差別化と国と民間が連携した業界参入への努力が必要である。航空分野では 50 年ぶりの国産機である MRJ の開発が国と民間が上手く連携して行われている。ただ、差別化技術の多くが外国製であり、現時点の国際競争力がいつまで保つことができるか不透明さもある。自前の差別化技術を持つためには、ハード重視の志向からソフト重視の志向へ転換することも重要と思われる。CO2 排出半減のクリーンシップ、高密度運航を可能にする管制システムなど、単にハードだけで実現できるものではなく、ソフトも含むシステム全体の研究開発の重要度が高いとされたのは、今後、国家プロジェクトのあり方を検討する上で重要な意見と考える。

(張替 正敏)

7. 1. 7. 防災・減災技術

(1) 本細目の検討範囲

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災と、それに引き続いて発生した福島第 1 原子力発電所事故が与えたインパクトが非常に大きく、この細目でのトピックの傾向に決定的な影響を与えている。具体的には、防災・減災技術分野で取り上げた 16 件のうちの 10 件が地震・原発事故など東日本大震災と福島第 1 原発事故をイメ

ージした大規模災害に関連したものであり、残りの 6 件が、日常災害などそれ以外の災害に関するトピックであった。

一方、過去 5 年間に世界各地で発生した災害で、大きな被害をもたらしたか、あるいは、もたらす可能性があった事例を振り返ると、「隕石落下(ロシア)」、「巨大竜巻(米国)」、「台風にともなう高潮(アジア)」、「林野火災(北米・豪州)」、「河川氾濫(欧州)」、「ウイルス疾病(アフリカ)」等々があったが、これらの災害についてはトピックとして挙げられていない。

また、我が国で発生した、火山噴火、都市部土砂災害などは、発生時期が今回の調査開始後であったことによると思われるが、トピックとして挙がっていない。

防災・減災技術のトピックが、その社会が直近に経験した災害を頭に描いて選ばれる傾向になることは、「現在直面している危険に対処すべきものである」という、防災・減災技術の特性から、ある程度はやむを得ないことである。

しかし、最近の多様な想定外の災害が多発するという事態は、「現に直面している災害危険ではあるが、顕在化してはいないために認識されていない課題をどうとらえるか」が、防災・減災技術の予測には重要であることを示したといえる。

(2) 本細目のトピック

社会基盤分野の7細分93件中で、防災・減災技術の細目には16件含まれており、割合としては17.2%を占めている。

社会基盤分野での重要度上位7件に、防災・減災技術の2件(「100万Kw級原子炉…」と「ガレキ中からの救助…」)が入っており、28.6%を占めることになる。

国際競争力の上位9件中に、2件(「ガレキ中からの救助…」と「災害現場で、生存者を識別し、救助できる災害救助ロボット」(22.2%)、「非連続性」と高い相関があると考えられる”不確実性”について、上位7件に、2件(「津波を減衰させる…」と「100万Kw級原子炉…」)(28.6%)が入っている。

これらのことから、防災・減災技術で揚げられたトピックは、全体として、社会基盤分野の中でも、重要度と不確実性が高く、国際競争力がやや高い傾向を有するといえる。

技術的実現時期が2026年以降とされた5件の中で、防災・減災技術に関するトピックが2件(40%)を占めており、技術的実現に時間のかかるとされる課題が多い。しかし、社会実装時期については、31年以降と評価された6件の中で防災・減災技術関連は2件(33%)であり、技術的実現後、社会実装までの時間を短くする期待があるという特徴が読み取れる。

アンケートで各課題に寄せられた意見数をトピックごとに見ると、「災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援するシステム」が21件となり最多、次いで「低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機」の19件、「災害履歴と地盤情報のデータベースを活用した液状化対策技術」、「屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット」と「津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術」の3課題が18件で並んでいる。

アンケート意見が多く寄せられた細目は、その意見が肯定的であれ否定的であれ、関心が高いことを示しているといえるので、意見数の多い上述5件は、関心をもたれている課題ということになるのではないだろうか。意見数の少ない課題の中には、課題の対象が特殊であり関心を広くは引かないものと、必要性を評価されないものの両者が含まれているようである。前者の場合には肯定的な意見が、後者の場合には否定的な意見の比率が、それぞれ高い。

細目が具体的にイメージしづらいとの意見については、課題内容についての補足説明を示すなどの工夫が必要であったのではないかと思う。また、トピックが対象とする災害について経験と知識が一般に十分普及しているとは限らない場合にも、適切な評価と意見の獲得は困難な場合がある。例えば、「水溶性可燃物の火災を消火可能な脱フロン消火薬剤」というトピックについて、脱ハロゲン社会を目指すという地球環境問題からの要

求が、火災拡大を抑制する効果を担っていたハロゲンの使用抑制につながり、消火困難な火災が発生してきているという、特殊な背景の説明なしにトピックを挙げたことは、このトピックのイメージを伝え、適切な意見を求めることに無理があったのではないかと感じる。

(3) 今後の展望

災害に対応し、その被害を軽減させるための関連する科学技術は、実際にその災害を経験する国で、かつ、科学技術の研究開発を遂行できる国で行われる。エボラ出血熱の治療薬の開発に、欧米先進諸国が取り組んでこなかったこと、地震研究が地球物理学的視点ではなく、自然災害の視点から重要視されているのは地震被害を受ける国であることなどは、その例である。

国際的な移動がかつてなく盛んとなっている現代社会においては、疾病は局地的にとどまる災害ではないであろう。従来は水際作戦が功を奏して来た、地政学的に極東の島国であるという我国の有利さにいつまでも頼ってはもらえないと懸念される。

多種災害が発生するとともに、科学技術の発達した高度工業化社会であるという特性を有する我国は、防災・減災技術において国際的な貢献が出来る国でもある。防災・減災技術は社会基盤分野の中で国際競争力が高いと評価された調査結果も、こうした特性によるものではないかと推察される。

我国の研究開発資源は有限であることを考えると、世界で発生するすべての災害に対して防災・減災技術の研究開発を行うことは不可能であり、優先順位をつけて取り組むことは当然である。

その優先順位づけにおいて、我国のために役立つという視点だけでなく、これまでの蓄積、我国の技術的蓄積がある分野での防災・減災技術を国際貢献に役立てるという視点も含まれても良いのではないだろうか。台風など既に我が国が過去に直面し、対策が社会実装されている技術も、国際的に見れば、まだまだ未実装な国が多く、貢献できる可能性が高い。

隕石落下と類似の災害を引き起こすことが危惧されるスペースデブリ(space debris、宇宙ゴミ)や、小惑星の大気圏突入について対応しているのは、米国以外に無く、我国の安全は、米国の成果に依存している。太陽フレアが地球に及ぼす災害については、我国もNICT(情報通信研究機構)の宇宙天気情報のような活動を行っているが、こうした活動は、科学技術の先進国として担うべき責務として捉えることが必要なのかもしれない。

今、防災・減災技術のトピックを再整理すれば、噴火、豪雨災害が加わるのではないかとと思われる。直面する災害というものを、より長期的な視点で整理して置く基本的な努力が必要だと思われる。

(松原 美之、米田 雅子、浅見 泰司)

7. 1. 8. 防災・減災情報

(1) 本細目の検討範囲

防災・減災対策として、施設などを強化するハード対策と規制・警報・避難などをスムーズにするためのソフト対策を相乗効果が得られるように展開する重要性が認識されている。ソフト対策はハード対策より遅れており、新しい技術の出現が期待されている。今回の科学技術予測調査では、全 93 の社会基盤技術のトピックのうち 14 件について防災・減災情報に関する技術の重要性や国際競争力が検討された。

今回設定されたトピックは大きく、自然災害に関するものと、交通インフラ使用時の各種リスクに関するものに分類できる。前者は地殻変動や気候変動に伴う自然災害が顕在化している現在、世界中の人々が大きな関心と期待を持っている技術分野である。後者は、急速な高齢化と国際化を迎えている我が国の現状において対応が急がれている技術分野である。

(2) 本細目のトピック

防災・減災情報に関する技術の重要度は、平均で3.4、国際競争力は3.0(最高点は4.0)と、他の技術分野と比べ重点的に取り込むべきトピックという評価結果となった。我が国は他国に比べ災害の数・バリエーション共に多い。その対応の必要性と、これまで培ってきた技術を起点にできる点、基盤技術となる情報産業について、我が国が高い国際競争力を有しているという現状認識のもと、このような結果が得られたと考えることができる。

(3) 今後の展望

今回検討された自然災害に関するトピックは、質の高い社会基盤施設の運用・活用のための技術と、災害前後に情報をスムーズに伝達するための技術とに分類される。施設の整備・運用に関しては、リアルタイム被害把握・拡大予測システムの重要性が注目された。東日本大震災以降、BCP 対策、人命救助のための初動対応を可能にする技術の重要性が各方面で指摘されている。これらのことを受けての結果と考えられる。また、関連技術では、1時間程度の事前予測のための観測システム、線状構造物の断層変位対策について、国際競争力が高いという意見が多く示された。これらを可能にするには、センサとネットワークの両方が重要になる。整備には資源配分を重点化する必要があるという意見が多く寄せられたが、それらは上記の新しいインフラを細やかに整備する必要があるという考えのもとであろう。国はインフラ技術の国際展開を図る施策を進めている。国内展開と海外展開は必要とされる技術の内容も異なるので、中長期の整備・展開計画をたて、最終的には背化レベルでのシステム運用を行うようなグローバルな視点で社会実装に関する研究を進める必要がある。ビッグデータから有益な情報を見出す解析技術も重要な研究になるだろう。断層変位対策や大規模構造物の災害防止システムについては、複数の管理者をまたぐことになるという現状分析のもと、内外の連携・協力が特に重要という意見が多く示された。情報共有、対策ルールの一統化のためのソフト技術の開発を急ぐ必要がある。情報管理のためのセキュリティー管理や社会サービス継続のための新しい技術についても取り組むべき課題が多い。

交通インフラ使用時の各種リスクに関する技術では、2020 年代前半までに技術実現が見込まれるトピックとして、テロ対策技術の重要性が上位に評価された。2020 年の東京オリンピックを控え、整備のための技術開発を急ぐ必要がある分野である。韓国で起きた海難事故の影響もあり、各種事故を回避する技術の重要性も高いという意見が多く示された。我が国は航空機分野や鉄道分野で、優れた危機回避システムを有している。それらを様々な交通インフラに展開していくための技術開発が今後の課題になると思われる。

(宮田 喜壽、藤田 光一)

7. 2. アンケートの回収状況

社会基盤分野についての回答者内訳は、以下のようになっている。

表 2-7-1 社会基盤分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	6人	職業	企業その他	218人	回答者の専門度の構成	高	6.6%
	30代	128人		学術機関	216人			
	40代	133人		公的研究機関	75人			
	50代	116人	職種	研究開発従事	358人		中	20.5%
	60代	76人		管理・運営	102人			
	70代以上	11人		その他	49人			
	無回答	39人		合計	509人		低	72.9%

7. 3. 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、その前提として、社会基盤分野において重要な細目についての議論を行い、これに基づいて、以下の細目を設定した。

表 2-7-2 本分野の細目の概要

細目名	概要
国土開発・保全	土木(陸海空)
都市・建築・環境	建築、スマートシティ/コンパクトシティ、生活環境、スマート
インフラ保守・メンテナンス	保守、インフラセンシング
交通・物流インフラ	モビリティシステム、道路、ロジスティクス
車・鉄道・船舶・航空	自動車交通、鉄道交通、船舶、航空
防災・減災技術	防災、防災技術(ハード技術)
防災減災情報	防災情報システム、減災、予測

7. 4. トピックに関する設問について

7. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

① 重要度の高いトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位20件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「車・鉄道・船舶・航空」関連トピックが6件、次いで「防災・減災情報」関連トピックが5件を占める。トピック79「100万Kw級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立」、トピック61「離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル90%減、燃費半減)」を除いて、技術的実現時期は概ね2025年より前に予測している。

表 2-7-3 重要度の高いトピック(上位20件)

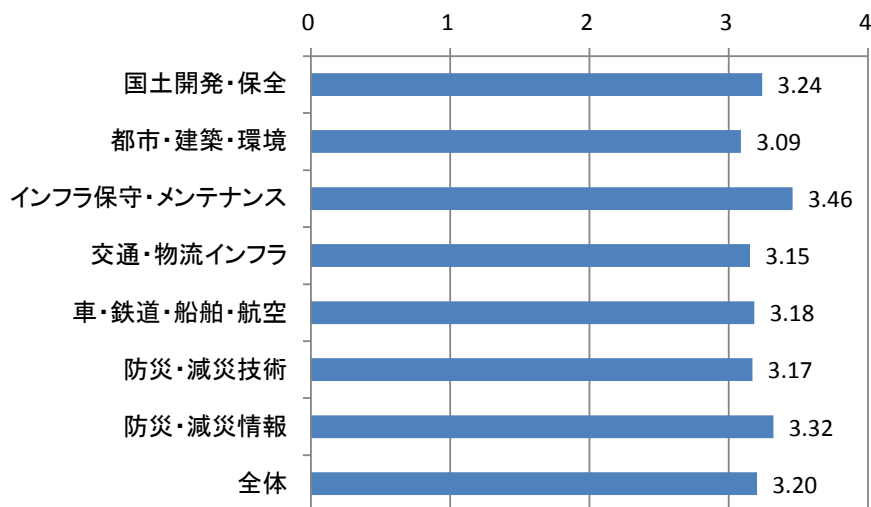
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
79	100万kW級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	3.85	2029	2035	防災・減災技術
61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル90%減、燃費半減)	3.65	2030	2035	車・鉄道・船舶・航空
25	構造物の劣化度や劣化に関わる環境あるいは外力作用履歴、状態変化を知らせる長期使用可能なセンサにより代表的構造物の劣化に関わる諸診断を行う技術	3.61	2024	2025	インフラ保守・メンテナンス
59	万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を活用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機	3.61	2025	2031	車・鉄道・船舶・航空
22	橋・ダム・トンネルなどの代表的構造物について、供用を維持しつつ再生する技術	3.59	2023	2025	インフラ保守・メンテナンス
69	ガレキ中からの救助、建物内の救急搬送などで活躍できるロボット	3.57	2024	2025	防災・減災技術
83	大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム	3.57	2021	2025	防災・減災情報
57	航空機と航空管制の双方で高精度運航システムを用いることにより、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術	3.49	2024	2026	車・鉄道・船舶・航空
91	災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム	3.49	2025	2029	防災・減災情報
80	斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる埋め込み型センサ技術と警報・避難支援システム	3.49	2020	2025	防災・減災情報
86	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける極微量の爆薬、麻薬の迅速かつ正確な検知システム	3.47	2020	2025	防災・減災情報
24	現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術	3.45	2025	2025	インフラ保守・メンテナンス
63	機体毎の情報から不具合の検出あるいは事前予測をすることにより、メンテナンスコストを低減する整備システム	3.44	2025	2030	車・鉄道・船舶・航空

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
19	ターミナル駅や地下街、複合大規模施設における災害時の避難行動モデル	3.42	2020	2024	都市・建築・環境
35	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	3.41	2023	2025	交通・物流 インフラ
40	道側センサと車両の通信(V2I)や車車間通信(V2V)により、出会い頭などの事故を防止できるシステム	3.41	2020	2023	車・鉄道・船舶・ 航空
56	所要馬力が20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	3.41	2025	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
26	高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	3.38	2022	2025	交通・物流 インフラ
64	低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機	3.38	2020	2025	防災・減災技術
88	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	3.38	2025	2027	防災・減災情報

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「インフラ保守・メンテナンス」が 3.46 と最も大きく、次いで「防災・減災情報」が 3.32 であった。

図 2-7-1 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、「重要度は低い」として、評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「都市・建築・環境」関連のトピックが、複数含まれる。

表 2-7-4 重要度の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
47	走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム	2.78	2020	2025	車・鉄道・船舶・ 航空

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
11	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨のための接着剤の耐久性・耐火性向上による新規建築への適用	2.72	2023	2024	都市・建築・環境
17	各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンシング・情報ネットワーク技術	2.70	2021	2029	都市・建築・環境
77	中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の開発	2.67	2021	2025	防災・減災技術
32	手軽に畳めて専有面積が現在の半分以下になる自転車と、それを利用した高効率シェアサイクルシステム(デポ設計と再配置方法を含む)	2.58	2020	2022	交通・物流 インフラ

(2) 国際競争力

① 国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「車・鉄道・船舶・航空」関連トピックが 9 件と最も多く、次いで「防災・減災情報」の関連トピックが 5 件占める。技術的実現時期は平均して 2022 年頃とするトピックが多い。

表 2-7-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

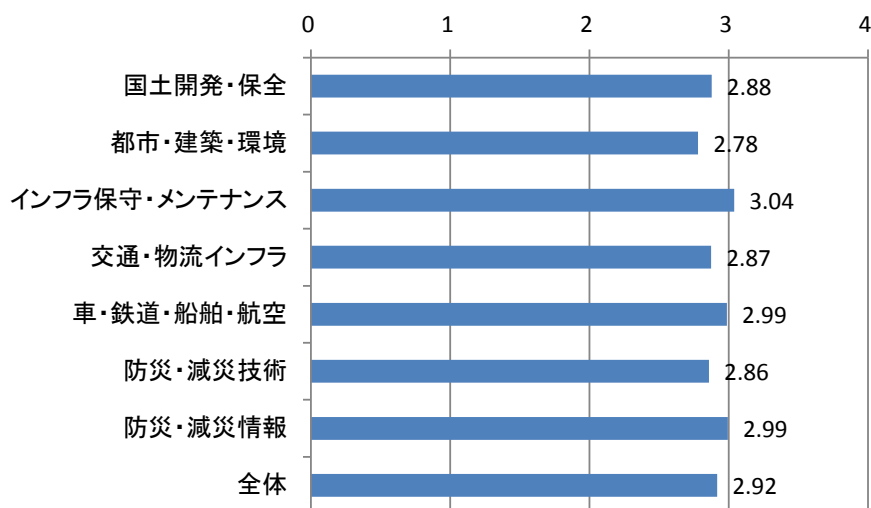
番号	トピック	国際 競争力	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
50	新材料の利用や構造物、車両構造の技術改善により、新幹線の時速 350km での連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で 70dB(A)以下)を満たす技術	3.33	2022	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
55	CO2 排出量を半減及び NOx 排出量を今の 20%程度に低減したクリーンシップ	3.26	2025	2028	車・鉄道・船舶・ 航空
91	災害の事前予測(1 時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム	3.19	2025	2029	防災・減災情報
74	災害現場で、生存者を識別し、救助できる災害救助ロボット	3.17	2025	2029	防災・減災技術
69	ガレキ中からの救助、建物内の救急搬送などで活躍できるロボット	3.17	2024	2025	防災・減災技術
56	所要馬力が 20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	3.17	2025	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
93	線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術	3.17	2022	2025	防災・減災情報
40	道側センサと車両の通信(V2I)や車車間通信(V2V)により、出会い頭などの事故を防止できるシステム	3.16	2020	2023	車・鉄道・船舶・ 航空
48	車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故防止システム(車両、インフラ両方含めて)	3.16	2020	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
25	構造物の劣化度や劣化に関わる環境あるいは外力作用履歴、状態変化を知らせる長期使用可能なセンサにより代表的構造物の劣化に関わる諸診断を行う技術	3.13	2024	2025	インフラ保守・ メンテナンス
38	パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術	3.13	2020	2025	車・鉄道・船舶・ 航空

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
52	非接触給電によりパンタグラフを必要としない高速鉄道(在来方式鉄道)システム	3.12	2023	2025	車・鉄道・船舶・航空
92	個々の建築物、構造物の諸元や利用形態、強度を考慮した浸水・被害予測システム	3.12	2020	2025	防災・減災情報
42	燃料電池自動車への水素供給ステーションが全国 5000 箇所に整備される	3.12	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
79	100 万 Kw 級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	3.12	2029	2035	防災・減災技術
1	工事現場で人の代わりに働く知能ロボット	3.11	2020	2025	国土開発・保全
44	運転者の監視の下で、条件が整った道路での自動走行	3.10	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
12	高齢者や身障者が、食事、入浴、排泄、娯楽等を介助者なしに自ら行うことを支援するロボットや機器を組み込んだ住宅	3.10	2025	2025	都市・建築・環境
84	災害発生時にも遮断されず、輻輳も起きずに動画通信が可能な無線通信システム	3.09	2020	2025	防災・減災情報
83	大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム	3.09	2021	2025	防災・減災情報

②細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「インフラ保守・メンテナンス」が 3.04 と最も大きく、次いで「車・鉄道・船舶・航空」、「防災・減災情報」が 2.99 と続く。

図 2-7-2 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「都市・建築・環境」細目のトピックが 2 件含まれる。

表 2-7-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
47	走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム	2.58	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
65	成層圏および有人機の管制圏内で飛行可能で、減災・安全保障のための通信・観測を目的とした高高度無人航空機	2.58	2025	2025	防災・減災技術
32	手軽に畳めて専有面積が現在の半分以下になる自転車と、それを利用した高効率シェアサイクルシステム(デポ設計と再配置方法を含む)	2.50	2020	2022	交通・物流 インフラ
20	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	2.49	2025	2025	都市・建築・環境
21	農林業再生と広域自然管理の定量的評価技術	2.39	2024	2025	都市・建築・環境

(3) 不確実性

① 不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等、が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「車・鉄道・船舶・航空」、「防災・減災技術」関連トピックが各 5 件を占める。技術的実現時期は平均で 2025 年前後であるが、2030 年頃に技術的実現時期を迎えるとするトピックも 4 件含まれる。

表 2-7-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

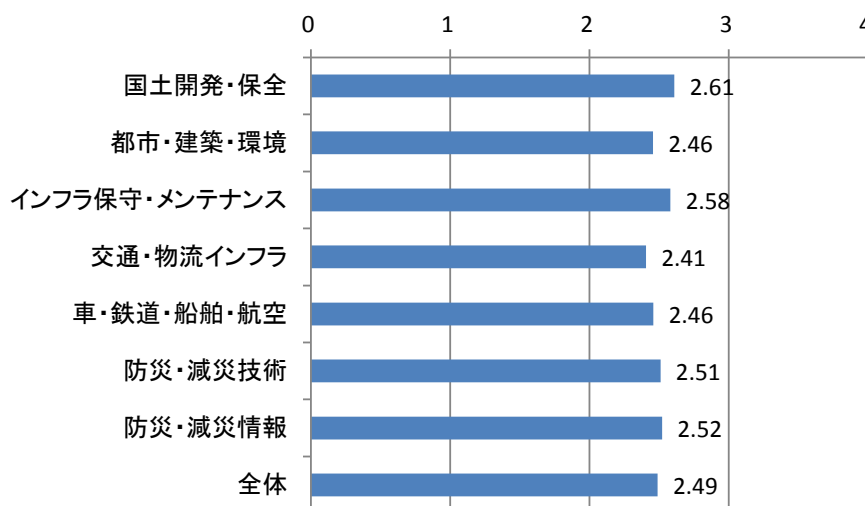
番号	トピック	不確実性	技術的実現時期	社会実装時期	細目
6	適切な国際的の管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	3.06	2025	2027	国土開発・保全
58	スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機	3.06	2025	2032	車・鉄道・船舶・航空
60	環境負荷低減型スペースプレーン	3.03	2030	2035	車・鉄道・船舶・航空
71	津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術	2.97	2025	2030	防災・減災技術
59	万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を活用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機	2.95	2025	2031	車・鉄道・船舶・航空
79	100 万 Kw 級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	2.94	2029	2035	防災・減災技術
7	予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術	2.86	2025	2027	国土開発・保全
91	災害の事前予測(1 時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム	2.85	2025	2029	防災・減災情報
88	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	2.84	2025	2027	防災・減災情報
31	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	2.83	2025	2030	交通・物流 インフラ
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	2.83	2025	2026	防災・減災技術

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル90%減、燃費半減)	2.81	2030	2035	車・鉄道・船舶・航空
74	災害現場で、生存者を識別し、救助できる災害救助ロボット	2.78	2025	2029	防災・減災技術
83	大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム	2.73	2021	2025	防災・減災情報
24	現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術	2.73	2025	2025	インフラ保守・メンテナンス
53	現行船舶と同等のコストで運用可能な 50～60 ノット級の高速海上輸送船	2.73	2027	2030	車・鉄道・船舶・航空
11	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨のための接着剤の耐久性・耐火性向上による新規建築への適用	2.69	2023	2024	都市・建築・環境
4	地下水質・流動観測推定技術	2.69	2025	2025	国土開発・保全
10	大重量構造物において、溶接に替わる高強度・高耐久性接着技術による火無し工法	2.64	2020	2025	都市・建築・環境
67	内湾での大規模な貧酸素水塊の発生を防止・解消する海水流動制御技術	2.64	2030	2035	防災・減災技術

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「国土開発・保全」が 2.61 と最も大きく、次いで「インフラ保守・メンテナンス」が 2.58 であった。

図 2-7-3 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「車・鉄道・船舶・航空」のトピックが 3 件占める。

表 2-7-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
37	道路交通騒音を環境基準以下にするための、新材料を用いた舗装技術	2.11	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
32	手軽に畳めて専有面積が現在の半分以下になる自転車と、それを利用した高効率シェアサイクルシステム(デポ設計と再配置方法を含む)	2.09	2020	2022	交通・物流 インフラ
15	自然エネルギーの利用と雨水・地下水のシステムの利用を可能とする戸建住宅技術	2.06	2020	2024	都市・建築・環境
46	ウェアラブル/モバイル端末による都市情報(道路・交通標識、案内表示、看板等)のマルチリンガル化	2.04	2020	2022	車・鉄道・船舶・航空
49	高齢者が必要ときに利用できる公共交通(デマンドバスなど)システム	1.93	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空

(4) 非連続性

① 非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「車・鉄道・船舶・航空」関連トピックが 7 件を占める。技術的実現時期は 2025 年前後と予測するトピックが多い。

表 2-7-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

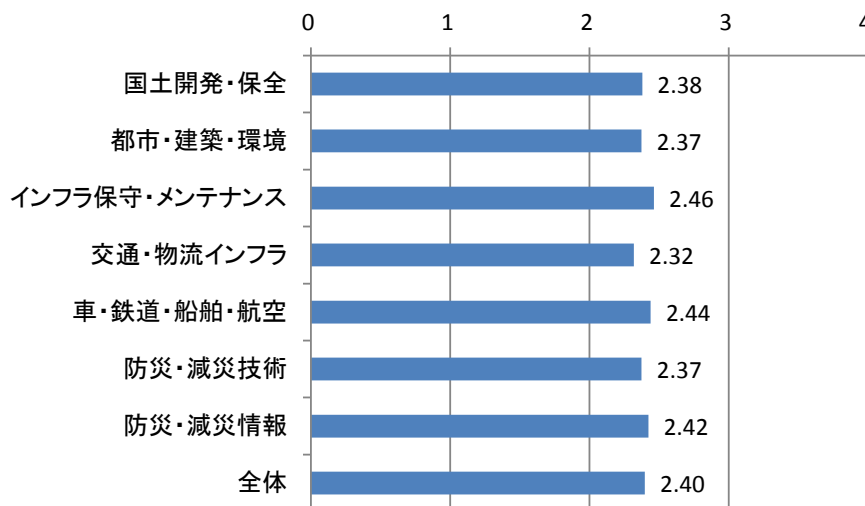
番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
58	スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機	3.06	2025	2032	車・鉄道・船舶・航空
60	環境負荷低減型スペースプレーン	3.03	2030	2035	車・鉄道・船舶・航空
59	万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を活用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機	2.92	2025	2031	車・鉄道・船舶・航空
88	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	2.90	2025	2027	防災・減災情報
71	津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術	2.79	2025	2030	防災・減災技術
61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)	2.78	2030	2035	車・鉄道・船舶・航空
31	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	2.78	2025	2030	交通・物流 インフラ
91	災害の事前予測(1 時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム	2.69	2025	2029	防災・減災情報
79	100 万 Kw 級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	2.69	2029	2035	防災・減災技術
53	現行船舶と同等のコストで運用可能な 50~60 ノット級の高	2.68	2027	2030	車・鉄道・船舶・

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
	速海上輸送船				航空
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	2.67	2025	2026	防災・減災技術
74	災害現場で、生存者を識別し、救助できる災害救助ロボット	2.65	2025	2029	防災・減災技術
23	防災、防犯、介護支援機能をユーザに提供する生活支援型ロボット	2.61	2025	2030	インフラ保守・メンテナンス
56	所要馬力が20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	2.61	2025	2025	車・鉄道・船舶・航空
63	機体毎の情報から不具合の検出あるいは事前予測をすることにより、メンテナンスコストを低減する整備システム	2.61	2025	2030	車・鉄道・船舶・航空
11	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨のための接着剤の耐久性・耐火性向上による新規建築への適用	2.59	2023	2024	都市・建築・環境
6	適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	2.58	2025	2027	国土開発・保全
20	我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な企業化された農業	2.58	2025	2025	都市・建築・環境
83	大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム	2.57	2021	2025	防災・減災情報
24	現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術	2.56	2025	2025	インフラ保守・メンテナンス

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「インフラ保守・メンテナンス」が2.46と最も大きく、次いで「車・鉄道・船舶・航空」が2.44、「防災・減災情報」2.42と続く。

図 2-7-4 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位5件まで)は、以下のとおりである。「車・鉄道・船舶・航空」細目の道路交通関連トピックが含まれる。

表 2-7-10 非連続性の低いトピック(上位 5 トピック)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	区分
15	自然エネルギーの利用と雨水・地下水のシステム的利用を可能とする戸建住宅技術	2.08	2020	2024	都市・建築・環境
47	走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム	2.07	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
77	中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の開発	2.02	2021	2025	防災・減災技術
37	道路交通騒音を環境基準以下にするための、新材料を用いた舗装技術	2.02	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
49	高齢者が必要ときに利用できる公共交通(デマンドバスなど)システム	2.00	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空

(5) 倫理性

① 倫理性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位 20 件、同率含め 21 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「都市・建築・環境」関連トピックが 6 件、次いで「防災・減災情報」の関連トピックが 4 件占める。技術的実現時期は平均して 2022 年頃となっており、実現時期が短期のトピックが多い。

表 2-7-11 トピックの倫理性 上位 20 トピック

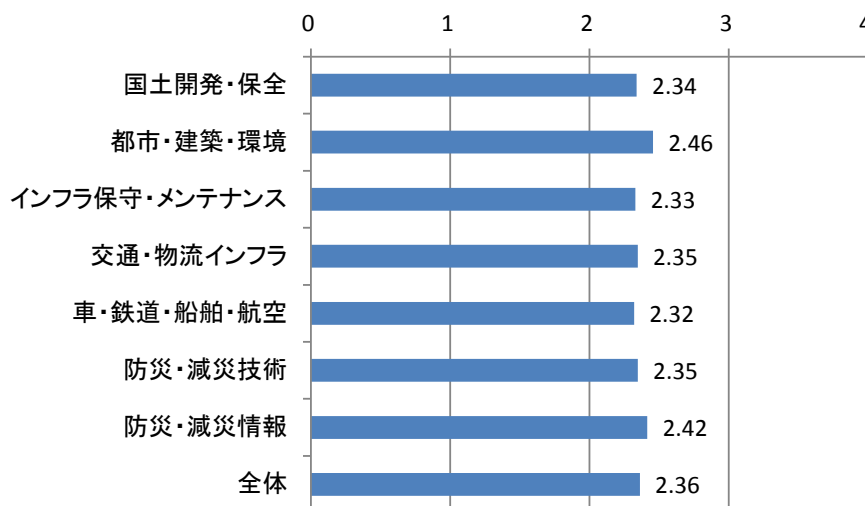
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	区分
79	100 万 Kw 級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	2.92	2029	2035	防災・減災技術
12	高齢者や身障者が、食事、入浴、排泄、娯楽等を介助者なしに自ら行うことを支援するロボットや機器を組み込んだ住宅	2.91	2025	2025	都市・建築・環境
23	防災、防犯、介護支援機能をユーザに提供する生活支援型ロボット	2.90	2025	2030	インフラ保守・メンテナンス
16	屋内外を問わずシームレスな位置情報を測位する技術	2.89	2020	2024	都市・建築・環境
62	1 人で運航可能な旅客機操縦システム	2.85	2025	2030	車・鉄道・船舶・航空
43	都市公共空間において高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	2.85	2022	2025	車・鉄道・船舶・航空
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	2.82	2025	2026	防災・減災技術
44	運転者の監視の下で、条件が整った道路での自動走行	2.76	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
26	高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	2.71	2022	2025	交通・物流 インフラ
89	避難活動をスムーズに行うための個人携帯端末を活用したナビゲーションシステム	2.70	2020	2021	防災・減災情報
90	SNS を活用した確度の高い避難情報を把握するシステム	2.68	2020	2020	防災・減災情報

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	区分
88	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	2.68	2025	2027	防災・減災情報
83	大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム	2.66	2021	2025	防災・減災情報
30	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム	2.65	2025	2027	交通・物流 インフラ
18	人口構造の変動、高齢化の進展、建築物やインフラの経年劣化を反映した市街地環境の変化予想モデルの開発	2.65	2020	2025	都市・建築・環境
64	低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機	2.65	2020	2025	防災・減災技術
13	温度や湿度のみならず感染予防に対応した、センサ機能および室内環境制御技術	2.63	2020	2025	都市・建築・環境
19	ターミナル駅や地下街、複合大規模施設における災害時の避難行動モデル	2.58	2020	2024	都市・建築・環境
20	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	2.57	2025	2025	都市・建築・環境
6	適切な国際的管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	2.56	2025	2027	国土開発・保全
41	信号等の道路インフラおよび走行車両から得られるビッグデータを動的に活用した交通管制サービスシステム	2.56	2020	2025	車・鉄道・船舶・ 航空

②細目別のトピックの倫理性

細目別の平均でみた場合、「都市・建築・環境」が 2.46 と最も大きく、次いで「防災・減災情報」が 2.42 と続く。

図 2-7-5 トピックの倫理性(細目別:指数)



③倫理性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「車・鉄道・船舶・航空」細目の関連トピックが 3 件、「防災・減災技術」細目のトピックが 2 件含まれる。

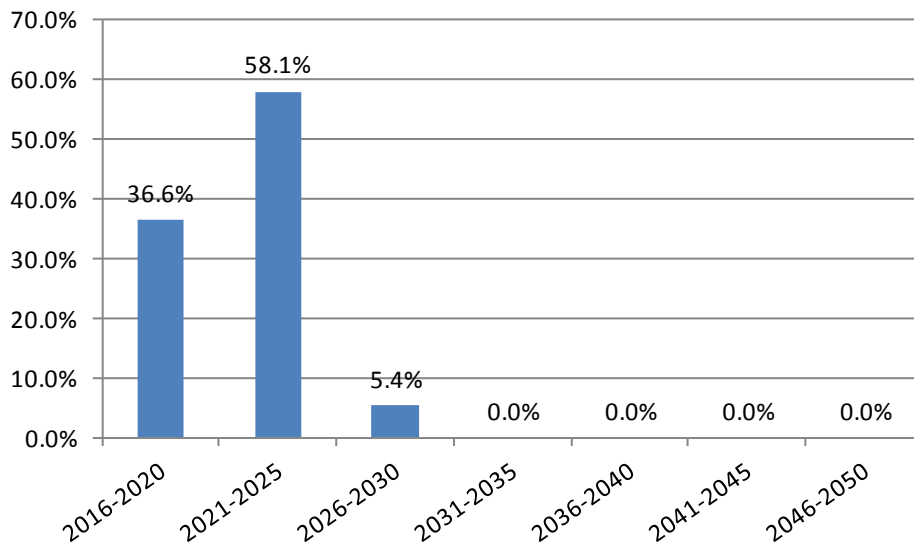
表 2-7-12 倫理性の低いトピック(上位 5 トピック)

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	区分
56	所要馬力が 20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	2.03	2025	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
72	水溶性可燃物の火災を消火可能な脱フロン消火薬剤	2.02	2021	2025	防災・減災技術
77	中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の 開発	1.98	2021	2025	防災・減災技術
53	現行船舶と同等のコストで運用可能な 50~60 ノット級の高速海上輸送船	1.97	2027	2030	車・鉄道・船舶・ 航空
61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、 更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)	1.89	2030	2035	車・鉄道・船舶・ 航空

7. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は、下図の通りである。

図 2-7-6 技術的実現予測時期の分布



技術的実現予測時期別のトピック数は下表の通りである。

トピックの約 95% が 2025 年までに技術的に実現するとしている。「車・鉄道・船舶・航空」、「防災・減災技術」細目のトピックは、他の細目に比べ、2026 年以降に実現するトピックが含まれている。

表 2-7-13 技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
01. 国土開発・保全	2	7						
都市・建築・環境	7	5						
インフラ保守・メンテナンス		4						
交通・物流インフラ	2	9						
車・鉄道・船舶・航空	12	12	3					
防災・減災技術	2	12	2					
防災・減災情報	9	5						
全体	34	54	5					

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の多いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。「防災・減災技術」、「車・鉄道・船舶・航空」細目の関連トピックで「実現しない」とする回答比率が高く、「防災・減災情報」細目の関連トピックで「わからない」とする回答比率が高い。

表 2-7-14 「実現しない」の回答の多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的実現時期	区分
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	2.90	29.3	2025	防災・減災技術
71	津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術	3.19	28.4	2025	防災・減災技術
60	環境負荷低減型スペースプレーン	3.14	19.4	2030	車・鉄道・船舶・航空
52	非接触給電によりパンタグラフを必要としない高速鉄道(在来方式鉄道)システム	3.04	17.6	2023	車・鉄道・船舶・航空
11	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨のための接着剤の耐久性・耐火性向上による新規建築への適用	2.72	17.2	2023	都市・建築・環境

表 2-7-15 「わからない」の回答の多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	区分
20	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	3.15	35.4	2025	都市・建築・環境
72	水溶性可燃物の火災を消火可能な脱フロン消火薬剤	2.91	32.6	2021	防災・減災技術
88	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	3.38	31.3	2025	防災・減災情報
31	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	3.19	28.8	2025	交通・物流インフラ
6	適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	3.19	26.5	2025	国土開発・保全

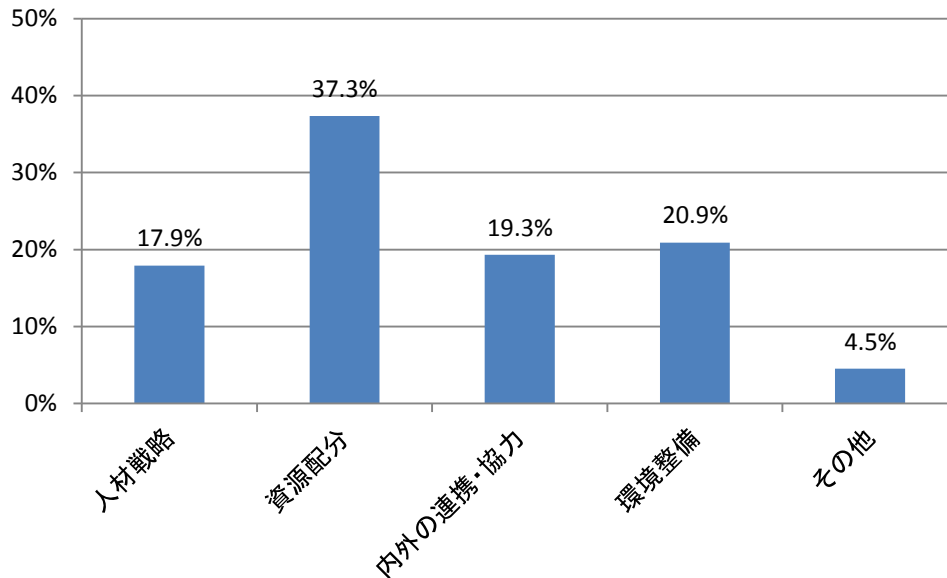
7. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「資源配分戦略」(37.3%)であり、次いで「環境整備」(20.9%)と続く。

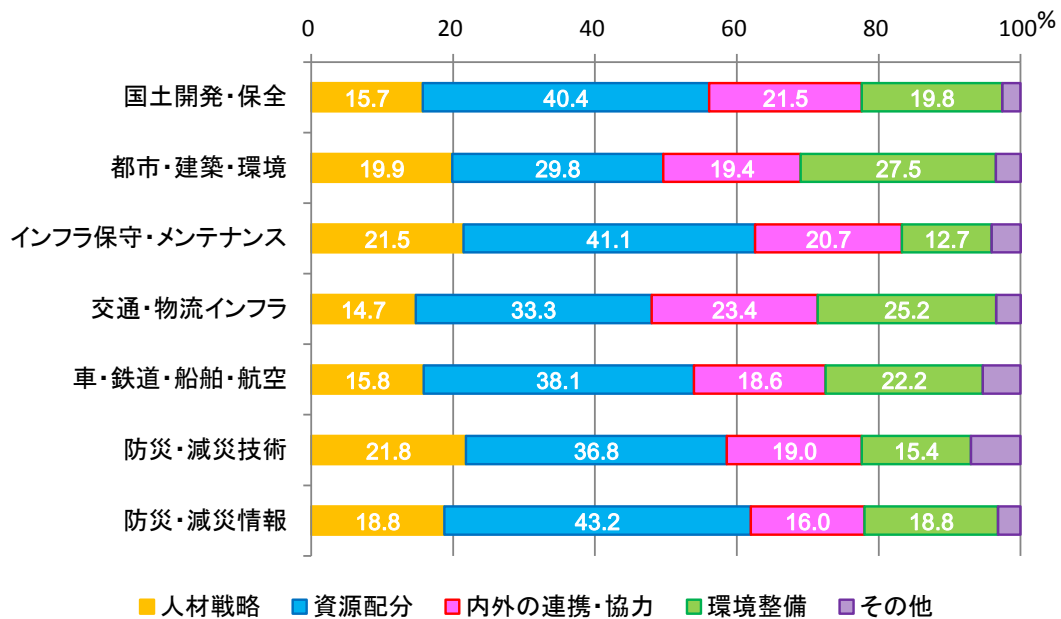
図 2-7-7 技術的実現に向けた重点施策(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「国土開発・保全」、「インフラ保守・メンテナンス」、「車・鉄道・船舶・航空」、「防災・減災情報」等の細目では、トピックの技術的実現に向けた重要施策として、多くの回答者が「資源配分戦略」と回答している。また、「都市・建築・環境」、「交通・物流インフラ」細目の関連トピックでは、重点施策として「環境整備」とする回答が他の細目と比べ、高い。

図 2-7-8 技術的実現に向けた重点施策(細目別)(%)



① 材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-7-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
88	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	37.0	2025	2027	防災・減災情報
79	100 万 Kw 級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	32.8	2029	2035	防災・減災技術
9	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	32.7	2025	2028	国土開発・保全
59	万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を活用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機	30.6	2025	2031	車・鉄道・船舶・航空
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	30.4	2025	2026	防災・減災技術
3	エネルギー・資源を回収する下水処理技術	6.2	2020	2025	国土開発・保全
49	高齢者が必要なときに利用できる公共交通(デマンドバスなど)システム	6.1	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
27	環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	6.0	2021	2025	交通・物流 インフラ
5	既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術	4.7	2025	2025	国土開発・保全
42	燃料電池自動車への水素供給ステーションが全国 5000 箇所に整備される	1.4	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空

②資源配分

技術的実現に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-7-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
84	災害発生時にも遮断されず、輻輳も起きずに動画通信が可能な無線通信システム	66.7	2020	2025	防災・減災情報
80	斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる埋め込み型センサ技術と警報・避難支援システム	57.7	2020	2025	防災・減災情報
60	環境負荷低減型スペースプレーン	55.2	2030	2035	車・鉄道・船舶・航空
61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)	54.3	2030	2035	車・鉄道・船舶・航空
93	線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術	52.9	2022	2025	防災・減災情報

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
47	走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム	23.0	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
21	農林業再生と広域自然管理の定量的評価技術	21.4	2024	2025	都市・建築・環境
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	20.3	2025	2026	防災・減災技術
16	屋内外を問わずシームレスな位置情報を測位する技術	19.6	2020	2024	都市・建築・環境
20	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	18.6	2025	2025	都市・建築・環境

③内外の連携・協力

技術的実現に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-7-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
45	環境負荷低減に寄与する多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	40.9	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
27	環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	34.9	2021	2025	交通・物流 インフラ
30	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム	32.8	2025	2027	交通・物流 インフラ
6	適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	31.3	2025	2027	国土開発・保全
57	航空機と航空管制の双方で高精度運航システムを用いることにより、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術	29.3	2024	2026	車・鉄道・船舶・航空
87	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける放射性物質の迅速かつ正確な検知システム	9.4	2020	2025	防災・減災情報
75	屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット	9.3	2025	2028	防災・減災技術
93	線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術	5.9	2022	2025	防災・減災情報
53	現行船舶と同等のコストで運用可能な 50~60 ノット級の高速度海上輸送船	5.6	2027	2030	車・鉄道・船舶・航空
84	災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに動画通信が可能な無線通信システム	3.9	2020	2025	防災・減災情報

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-7-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
20	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	51.2	2025	2025	都市・建築・環境
47	走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム	47.5	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
28	超高齢社会において高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム	41.8	2023	2030	交通・物流 インフラ
17	各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンサリング・情報ネットワーク技術	41.7	2021	2029	都市・建築・環境
16	屋内外を問わずシームレスな位置情報を測位する技術	41.2	2020	2024	都市・建築・環境
91	災害の事前予測(1 時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム	6.5	2025	2029	防災・減災情報
25	構造物の劣化度や劣化に関わる環境あるいは外力作用履歴、状態変化を知らせる長期使用可能なセンサにより代表的構造物の劣化に関わる諸診断を行う技術	6.0	2024	2025	インフラ保守・ メンテナンス
86	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける極微量の爆薬、麻薬の迅速かつ正確な検知システム	4.0	2020	2025	防災・減災情報
61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)	2.9	2030	2035	車・鉄道・船舶・ 航空
58	スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機	0.0	2025	2032	車・鉄道・船舶・ 航空

⑤その他

技術的実現に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

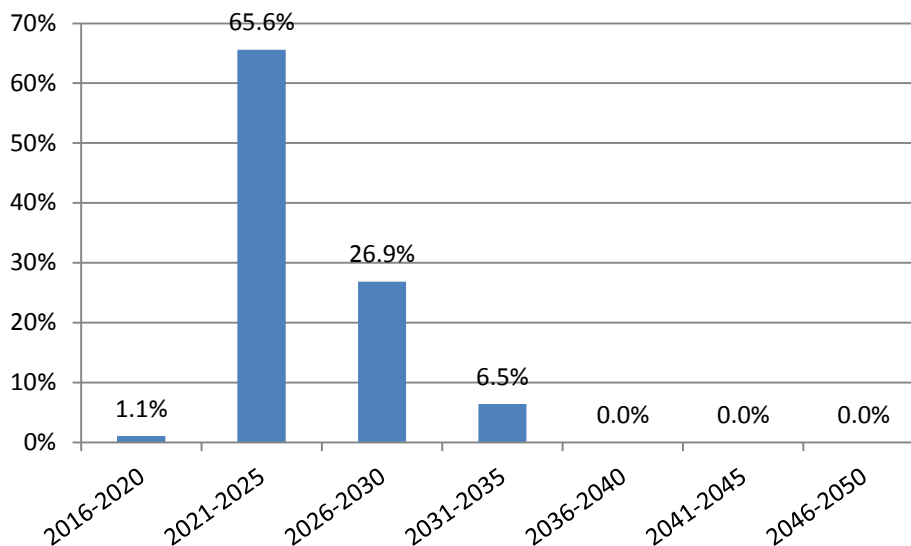
表 2-7-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	17.4	2025	2026	防災・減災技術
77	中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の開発	17.1	2021	2025	防災・減災技術
71	津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術	14.3	2025	2030	防災・減災技術
75	屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット	11.1	2025	2028	防災・減災技術
90	SNSを活用した確度の高い避難情報を把握するシステム	10.3	2020	2020	防災・減災情報

7. 4. 4. 社会実装時期

社会実装予測時期の分布は下図の通りである。本分野のトピックの約 65%が、2021～2025 年までに社会実装時期を迎える。また、2031 年以降に社会実装するとしたトピックも 6.5%を含まれる。

図 2-7-9 社会実装時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。

「防災・減災情報」細目のトピックは、他の細目に比べ、社会実装時期が若干早期となっているのに対して、「車・鉄道・船舶・航空」細目のトピックは、社会実装時期が長期の予測となっている。

表 2-7-21 社会実装予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
01. 国土開発・保全		5	4					
都市・建築・環境		11	1					
インフラ保守・メンテナンス		3	1					
交通・物流インフラ		6	5					
車・鉄道・船舶・航空		17	6	4				
防災・減災技術		9	5	2				
防災・減災情報	1	10	3					
全体	1	61	25	6				

ここでは、実装時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の多いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

「防災・減災技術」、「車・鉄道・船舶・航空」細目の関連トピックで、「実装しない」との回答比率が高く、また、「都市・建築・環境」細目のトピックで、社会実装について「わからない」との回答比率の高いトピックが含まれる。

表 2-7-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	区分
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	2.90	37.3	2026	防災・減災技術
71	津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術	3.19	30.7	2030	防災・減災技術
39	高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に給電可能なインフラ技術	2.96	24.3	2026	車・鉄道・船舶・航空
53	現行船舶と同等のコストで運用可能な 50～60 ノット級の高速海上輸送船	2.92	21.1	2030	車・鉄道・船舶・航空
17	各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンシング・情報ネットワーク技術	2.70	20.0	2029	都市・建築・環境
62	1人で運航可能な旅客機操縦システム	2.83	20.0	2030	車・鉄道・船舶・航空

表 2-7-23 「わからない」の回答が多いトピック

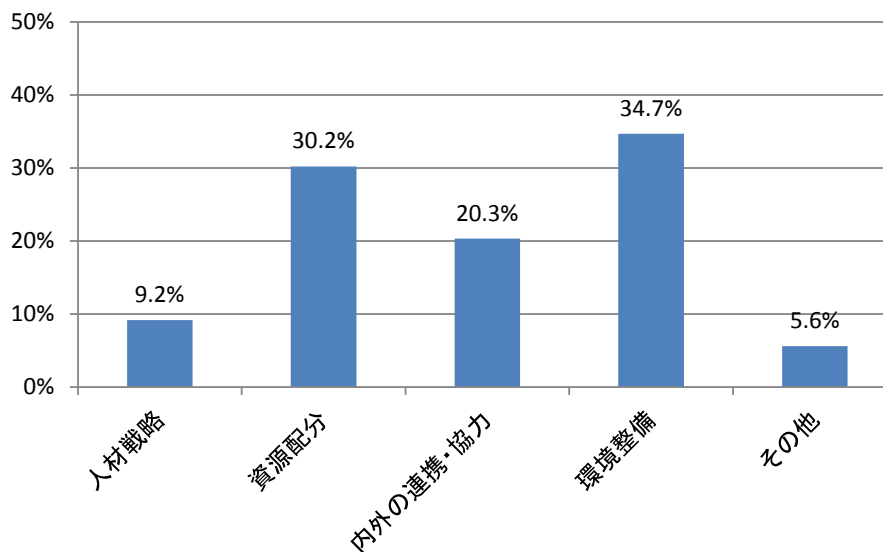
番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	区分
20	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	3.15	41.7	2025	都市・建築・環境
21	農林業再生と広域自然管理の定量的評価技術	3.00	40.0	2025	都市・建築・環境
31	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	3.19	34.2	2030	防災・減災技術
72	水溶性可燃物の火災を消火可能な脱フロン消火薬剤	2.91	30.4	2025	防災・減災技術
91	災害の事前予測(1 時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム	3.49	29.6	2029	防災・減災情報

7. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策の回答結果は、以下のとおりである。最も回答が多いものとして、「環境整備」(34.7%)があげられ、次いで「資源配分戦略」(30.2%)と続く。

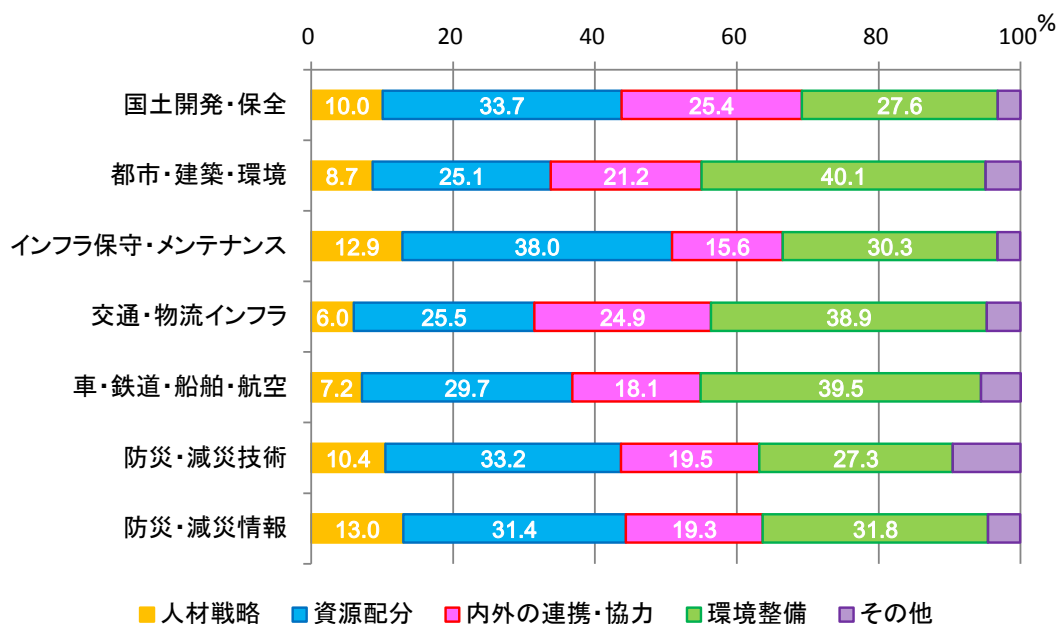
図 2-7-10 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

細目別では、「都市・建築・環境」、「交通・物流インフラ」、「車・鉄道・船舶・航空」の細目のトピックの社会実装に向けて、「環境整備」が必要とする回答が多い。また、「インフラ保守・メンテナンス」の細目では、「資源配分戦略」とする回答が、「国土開発・保全」や「交通・物流インフラ」の細目では「内外の連携・協力」を要するとの回答が他の細目の回答と比べ高かった。

図 2-7-11 社会実装に向けた重点施策(細目別) (%)



① 人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-7-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
79	100 万 Kw 級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	30.0	2029	2035	防災・減災技術
88	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	22.2	2025	2027	防災・減災情報
86	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける極微量の爆薬、麻薬の迅速かつ正確な検知システム	20.0	2020	2025	防災・減災情報
67	内湾での大規模な貧酸素水塊の発生を防止・解消する海水流動制御技術	19.4	2030	2035	防災・減災技術
18	人口構造の変動、高齢化の進展、建築物やインフラの経年劣化を反映した市街地環境の変化予想モデルの開発	18.9	2020	2025	都市・建築・環境
28	超高齢社会において高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム	1.5	2023	2030	交通・物流 インフラ
42	燃料電池自動車への水素供給ステーションが全国 5000 箇所に整備される	1.3	2020	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
27	環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	1.2	2021	2025	交通・物流 インフラ
17	各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンシング・情報ネットワーク技術	0.0	2021	2029	都市・建築・環境
45	環境負荷低減に寄与する多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	0.0	2020	2025	車・鉄道・船舶・ 航空

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-7-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
93	線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術	60.6	2022	2025	防災・減災情報
61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)	51.5	2030	2035	車・鉄道・船舶・ 航空
81	衛星を利用して山地部、急傾斜地や大規模構造物の地形・形状変化を計測する災害防止システム	51.3	2020	2025	防災・減災情報
31	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	45.3	2025	2030	車・鉄道・船舶・ 航空
60	環境負荷低減型スペースプレーン	48.3	2030	2035	車・鉄道・船舶・ 航空
85	転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システム	14.8	2025	2027	防災・減災情報

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
21	農林業再生と広域自然管理の定量的評価技術	14.3	2024	2025	都市・建築・環境
27	環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	13.3	2021	2025	交通・物流 インフラ
57	航空機と航空管制の双方で高精度運航システムを用いることにより、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術	11.9	2024	2026	車・鉄道・船舶・ 航空
90	SNSを活用した確度の高い避難情報を把握するシステム	11.6	2020	2020	防災・減災情報

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-7-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
54	北極海などの海域を航行可能な砕氷商船	39.0	2021	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
27	環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	38.6	2021	2025	交通・物流 インフラ
6	適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	35.7	2025	2027	国土開発・保全
10	大重量構造物において、溶接に替わる高強度・高耐久性接着技術による火無し工法	33.3	2020	2025	都市・建築・環境
45	環境負荷低減に寄与する多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	33.3	2020	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
60	環境負荷低減型スペースプレーン	10.3	2030	2035	車・鉄道・船舶・ 航空
31	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	10.1	2025	2030	車・鉄道・船舶・ 航空
93	線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術	9.1	2022	2025	防災・減災情報
56	所要馬力が 20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	8.6	2025	2025	車・鉄道・船舶・ 航空
49	高齢者が必要なときに利用できる公共交通(デマンドバスなど)システム	7.6	2020	2025	車・鉄道・船舶・ 航空

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-7-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
47	走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム	65.0	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
44	運転者の監視の下で、条件が整った道路での自動走行	59.3	2020	2025	車・鉄道・船舶・航空
28	超高齢社会において高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム	55.9	2023	2030	交通・物流 インフラ
20	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	54.5	2025	2025	都市・建築・環境
40	道側センサと車両の通信(V2I)や車車間通信(V2V)により、出会い頭などの事故を防止できるシステム	53.4	2020	2023	車・鉄道・船舶・航空
9	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	18.8	2025	2028	国土開発・保全
61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル90%減、燃費半減)	18.2	2030	2035	車・鉄道・船舶・航空
75	屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット	17.5	2025	2028	防災・減災技術
4	地下水質・流動観測推定技術	15.7	2025	2025	国土開発・保全
6	適切な国際的の管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	10.7	2025	2027	国土開発・保全

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

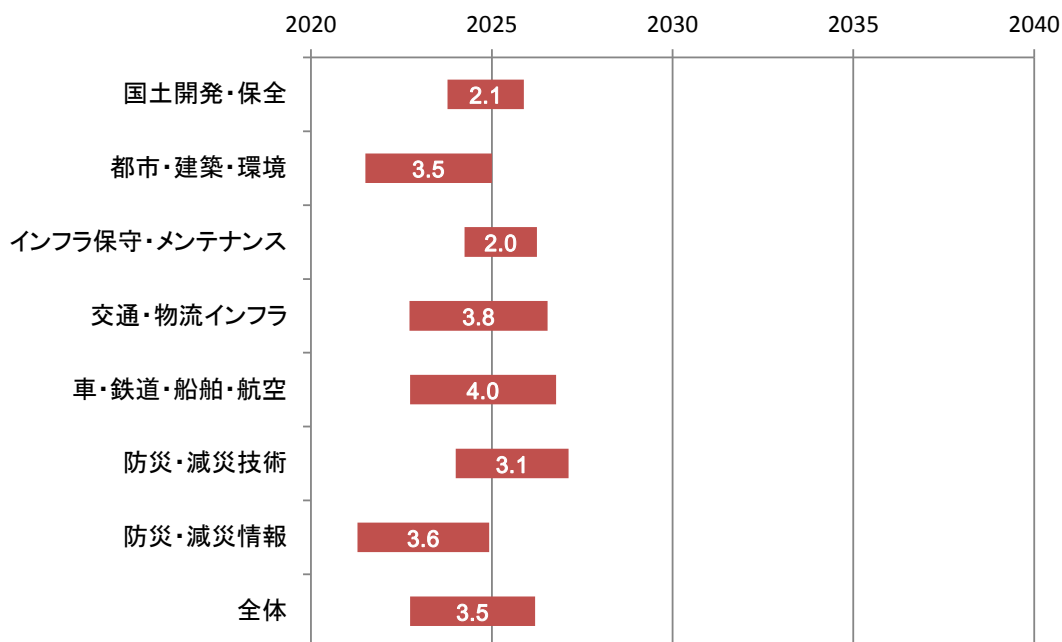
表 2-7-28 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
77	中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の開発	21.4	2021	2025	防災・減災技術
78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	20.0	2025	2026	防災・減災技術
75	屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット	17.5	2025	2028	防災・減災技術
71	津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術	16.0	2025	2030	防災・減災技術
90	SNSを活用した確度の高い避難情報を把握するシステム	11.6	2020	2020	防災・減災情報

7. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間

技術的実現から社会実装までの期間を細目別にみると、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)車・鉄道・船舶・航空」が4年と最も長く、一方で、「国土開発・保全」の細目は2.1年と短い。

図 2-7-12 技術的実現から社会実装までの期間(年)



技術的実現から社会実装までの期間の長いトピック(上位5位まで6件)および期間の短いトピック(下位5位まで9件)は、それぞれ以下のとおりである。

表 2-7-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
17	各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンサリング・情報ネットワーク技術	2021	2029	8	都市・建築・環境
58	スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機	2025	2032	7	車・鉄道・船舶・航空
33	渋滞抑制、環境負荷低減、道路管理コスト低減等、社会的負荷を総合的に抑制し道路ネットワーク全体を最適化するシステム	2022	2029	7	交通・物流インフラ
28	超高齢社会において高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム	2023	2030	7	交通・物流インフラ
59	万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を活用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機	2025	2031	6	車・鉄道・船舶・航空
79	100万Kw級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	2029	2035	6	防災・減災技術
90	SNSを活用した確度の高い避難情報を把握するシステム	2020	2020	0	防災・減災情報
65	成層圏および有人機の管制圏内で飛行可能で、減災・安全保障のための通信・観測を目的とした高高度無人航空機	2025	2025	0	防災・減災技術
24	現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術	2025	2025	0	インフラ保守・メンテナンス

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
56	所要馬力が20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	2025	2025	0	車・鉄道・船舶・航空
2	海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)	2025	2025	0	国土開発・保全
5	既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術	2025	2025	0	国土開発・保全
20	我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な企業化された農業	2025	2025	0	都市・建築・環境
12	高齢者や身障者が、食事、入浴、排泄、娯楽等を介助者なしに自ら行うことを支援するロボットや機器を組み込んだ住宅	2025	2025	0	都市・建築・環境
4	地下水質・流動観測推定技術	2025	2025	0	国土開発・保全

7. 5. 未来科学技術年表

7. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2020	1 工事現場で人の代わりに働く知能ロボット
	3 エネルギー・資源を回収する下水処理技術
	10 大重量構造物において、溶接に替わる高強度・高耐久性接着技術による火無し工法
	13 温度や湿度のみならず感染予防に対応した、センサ機能および室内環境制御技術
	14 コンクリート造の超高層建築物において、解体を容易にする設計技術(構工法)及び解体施工技術
	15 自然エネルギーの利用と雨水・地下水のシステム的利用を可能とする戸建住宅技術
	16 屋内外を問わずシームレスな位置情報を測位する技術
	18 人口構造の変動、高齢化の進展、建築物やインフラの経年劣化を反映した市街地環境の変化予想モデルの開発
	19 ターミナル駅や地下街、複合大規模施設における災害時の避難行動モデル
	32 手軽に畳めて専有面積が現在の半分以下になる自転車と、それを利用した高効率シェアサイクルシステム(デポ設計と再配置方法を含む)
	34 自動車が収集したプローブデータを道路インフラの保守に活用するシステム
	37 道路交通騒音を環境基準以下にするための、新材料を用いた舗装技術
	38 パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術
	40 道側センサと車両の通信(V2I)や車車間通信(V2V)により、出会い頭などの事故を防止できるシステム
	41 信号等の道路インフラおよび走行車両から得られるビッグデータを動的に活用した交通管制サービスシステム
	42 燃料電池自動車への水素供給ステーションが全国 5000 箇所に整備される
	44 運転者の監視の下で、条件が整った道路での自動走行
	45 環境負荷低減に寄与する多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術
	46 ウェアラブル/モバイル端末による都市情報(道路・交通標識、案内表示、看板等)のマルチリンガル化
	47 走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム
	48 車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故防止システム(車両、インフラ両方含めて)
	49 高齢者が必要ときに利用できる公共交通(デマンドバスなど)システム
	51 「開かずの踏切」に起因する周辺道路の渋滞や、自動車進入による踏切事故が半減する ITS を活用した安全システム
	64 低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機
	70 放射線の中での作業において、放射線強度により着色する作業服
	80 斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる埋め込み型センサ技術と警報・避難支援システム
	81 衛星を利用して山地部、急傾斜地や大規模構造物の地形・形状変化を計測する災害防止システム
	82 事故履歴と地理情報の統合により、リスク低減に繋がる情報共有システム
	84 災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに動画通信が可能な無線通信システム
	86 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける極微量の爆薬、麻薬の迅速かつ正確な検知システム
	87 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける放射性物質の迅速かつ正確な検知システム
	89 避難活動をスムーズに行うための個人携帯端末を活用したナビゲーションシステム
90 SNS を活用した確度の高い避難情報を把握するシステム	
92 個々の建築物、構造物の諸元や利用形態、強度を考慮した浸水・被害予測システム	

年	トピック
2021	17 各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンシング・情報ネットワーク技術
	27 環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術
	54 北極海などの海域を航行可能な砕氷商船
	72 水溶性可燃物の火災を消火可能な脱フロン消火薬剤
	77 中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の開発
	83 大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム
2022	26 高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム
	33 渋滞抑制、環境負荷低減、道路管理コスト低減等、社会的負荷を総合的に抑制し道路ネットワーク全体を最適化するシステム
	43 都市公共空間において高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム
	50 新材料の利用や構造物、車両構造の技術改善により、新幹線の時速 350km での連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で 70dB(A)以下)を満たす技術
	93 線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術
2023	11 鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨のための接着剤の耐久性・耐火性向上による新規建築への適用
	22 橋・ダム・トンネルなどの代表的構造物について、供用を維持しつつ再生する技術
	28 超高齢社会において高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム
	35 インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術
	52 非接触給電によりパンタグラフを必要としない高速鉄道(在来方式鉄道)システム
	66 災害履歴と地盤情報のデータベースを活用した液状化対策技術
	73 火災発生時の火災拡大、煙の流れをあらかじめ制御することで、居住者への被害を最小限にする住宅
	76 ため池群を活用した防災・減災のためのリアルタイム水理解析技術
2024	8 緊急破堤締切工法技術
	21 農林業再生と広域自然管理の定量的評価技術
	25 構造物の劣化度や劣化に関わる環境あるいは外力作用履歴、状態変化を知らせる長期使用可能なセンサにより代表的構造物の劣化に関わる諸診断を行う技術
	36 インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム
	57 航空機と航空管制の双方で高精度運航システムを用いることにより、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術
	69 ガレキ中からの救助、建物内の救急搬送などで活躍できるロボット
	2025
4 地下水質・流動観測推定技術	
5 既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術	
6 適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	
7 予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術	
9 長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	
12 高齢者や身障者が、食事、入浴、排泄、娯楽等を介助者なしに自ら行うことを支援するロボットや機器を組み込んだ住宅	
20 我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な企業化された農業	
23 防災、防犯、介護支援機能をユーザに提供する生活支援型ロボット	
24 現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術	

年	トピック
2025	29 都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステム
	30 非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム
	31 化石燃料を使用しない船舶・飛行機
	39 高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に給電可能なインフラ技術
	55 CO2 排出量を半減及び NOx 排出量を今の 20%程度に低減したクリーンシップ
	56 所要馬力が 20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術
	58 スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機
	59 万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を活用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機
	62 1 人で運航可能な旅客機操縦システム
	63 機体毎の情報から不具合の検出あるいは事前予測をすることにより、メンテナンスコストを低減する整備システム
	65 成層圏および有人機の管制圏内で飛行可能で、減災・安全保障のための通信・観測を目的とした高高度無人航空機
	68 はしご車の届かないような場所や川の中州や崖の上など、容易に近寄れない場所にいる、要救助者が使用できる避難道具(ビル避難用”ウイングスーツ”など)や救助装備(”フライングプラットフォーム”など)
	71 津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術
	74 災害現場で、生存者を識別し、救助できる災害救助ロボット
	75 屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット
	78 災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム
	85 転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システム
88 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	
91 災害の事前予測(1 時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム	
2027	53 現行船舶と同等のコストで運用可能な 50~60 ノット級の高速海上輸送船
2029	79 100 万 Kw 級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立
2030	60 環境負荷低減型スペースプレーン
	61 離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)
	67 内湾での大規模な貧酸素水塊の発生を防止・解消する海水流動制御技術

7. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2020	90 SNSを活用した確度の高い避難情報を把握するシステム
2021	89 避難活動をスムーズに行うための個人携帯端末を活用したナビゲーションシステム
2022	32 手軽に畳めて専有面積が現在の半分以下になる自転車と、それを利用した高効率シェアサイクルシステム(デポ設計と再配置方法を含む)
	46 ウェアラブル/モバイル端末による都市情報(道路・交通標識、案内表示、看板等)のマルチリンガル化
2023	40 道側センサと車両の通信(V2I)や車車間通信(V2V)により、出会い頭などの事故を防止できるシステム
2024	11 鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨のための接着剤の耐久性・耐火性向上による新規建築への適用
	15 自然エネルギーの利用と雨水・地下水のシステムの利用を可能とする戸建住宅技術
	16 屋内外を問わずシームレスな位置情報を測位する技術
	19 ターミナル駅や地下街、複合大規模施設における災害時の避難行動モデル
2025	1 工事現場で人の代わりに働く知能ロボット
	3 エネルギー・資源を回収する下水処理技術
	10 大重量構造物において、溶接に替わる高強度・高耐久性接着技術による火無し工法
	13 温度や湿度のみならず感染予防に対応した、センサ機能および室内環境制御技術
	14 コンクリート造の超高層建築物において、解体を容易にする設計技術(構工法)及び解体施工技術
	18 人口構造の変動、高齢化の進展、建築物やインフラの経年劣化を反映した市街地環境の変化予想モデルの開発
	34 自動車が収集したプローブデータを道路インフラの保守に活用するシステム
	37 道路交通騒音を環境基準以下にするための、新材料を用いた舗装技術
	38 パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術
	41 信号等の道路インフラおよび走行車両から得られるビッグデータを動的に活用した交通管制サービスシステム
	42 燃料電池自動車への水素供給ステーションが全国 5000 箇所に整備される
	44 運転者の監視の下で、条件が整った道路での自動走行
	45 環境負荷低減に寄与する多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術
	47 走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム
	48 車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故防止システム(車両、インフラ両方含めて)
	49 高齢者が必要ときに利用できる公共交通(デマンドバスなど)システム
	51 「開かずの踏切」に起因する周辺道路の渋滞や、自動車進入による踏切事故が半減する ITS を活用した安全システム
	64 低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機
	70 放射線の中での作業において、放射線強度により着色する作業服
	80 斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる埋め込み型センサ技術と警報・避難支援システム
	81 衛星を利用して山地部、急傾斜地や大規模構造物の地形・形状変化を計測する災害防止システム
	82 事故履歴と地理情報の統合により、リスク低減に繋がる情報共有システム
	84 災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに動画通信が可能な無線通信システム
86 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける極微量の爆薬、麻薬の迅速かつ正確な検知システム	
87 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける放射性物質の迅速かつ正確な検知システム	
92 個々の建築物、構造物の諸元や利用形態、強度を考慮した浸水・被害予測システム	
2025	2 海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)

年	トピック
2025	4 地下水質・流動観測推定技術
	5 既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術
	12 高齢者や身障者が、食事、入浴、排泄、娯楽等を介助者なしに自ら行うことを支援するロボットや機器を組み込んだ住宅
	20 我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な企業化された農業
	21 農林業再生と広域自然管理の定量的評価技術
	22 橋・ダム・トンネルなどの代表的構造物について、供用を維持しつつ再生する技術
	24 現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術
	25 構造物の劣化度や劣化に関わる環境あるいは外力作用履歴、状態変化を知らせる長期使用可能なセンサにより代表的構造物の劣化に関わる諸診断を行う技術
	26 高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム
	27 環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術
	35 インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術
	36 インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム
	43 都市公共空間において高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム
	50 新材料の利用や構造物、車両構造の技術改善により、新幹線の時速350kmでの連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で70dB(A)以下)を満たす技術
	52 非接触給電によりパンタグラフを必要としない高速鉄道(在来方式鉄道)システム
	54 北極海などの海域を航行可能な砕氷商船
	56 所要馬力が20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術
	65 成層圏および有人機の管制圏内で飛行可能で、減災・安全保障のための通信・観測を目的とした高高度無人航空機
	66 災害履歴と地盤情報のデータベースを活用した液状化対策技術
	69 ガレキ中からの救助、建物内の救急搬送などで活躍できるロボット
72 水溶性可燃物の火災を消火可能な脱フロン消火薬剤	
73 火災発生時の火災拡大、煙の流れをあらかじめ制御することで、居住者への被害を最小限にする住宅	
76 ため池群を活用した防災・減災のためのリアルタイム水理解析技術	
77 中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の開発	
83 大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム	
93 線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術	
2026	8 緊急破堤締切工法技術
	39 高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に給電可能なインフラ技術
	57 航空機と航空管制の双方で高精度運航システムを用いることにより、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術
	68 はしご車の届かないような場所や川の中州や崖の上など、容易に近寄れない場所にいる、要救助者が使用できる避難道具(ビル避難用”ウイングスーツ”など)や救助装備(”フライングプラットフォーム”など)
	78 災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム
2027	6 適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計
	7 予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術
2027	30 非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム
	85 転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システム

年	トピック
	88 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム
2028	9 長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術
	55 CO2 排出量を半減及び NOx 排出量を今の 20%程度に低減したクリーンシップ
	75 屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット
2029	17 各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンシング・情報ネットワーク技術
	29 都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステム
	33 渋滞抑制、環境負荷低減、道路管理コスト低減等、社会的負荷を総合的に抑制し道路ネットワーク全体を最適化するシステム
	74 災害現場で、生存者を識別し、救助できる災害救助ロボット
	91 災害の事前予測(1 時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム
2030	23 防災、防犯、介護支援機能をユーザに提供する生活支援型ロボット
	28 超高齢社会において高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム
	31 化石燃料を使用しない船舶・飛行機
	53 現行船舶と同等のコストで運用可能な 50~60 ノット級の高速海上輸送船
	62 1 人で運航可能な旅客機操縦システム
	63 機体毎の情報から不具合の検出あるいは事前予測をすることにより、メンテナンスコストを低減する整備システム
	71 津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術
2031	59 万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を活用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機
2032	58 スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機
2035	60 環境負荷低減型スペースプレーン
	61 離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)
	67 内湾での大規模な貧酸素水塊の発生を防止・解消する海水流動制御技術
	79 100 万 Kw 級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立

7. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組みとして、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

1 工事現場で人の代わりに働く知能ロボット
<p>○長時間・大容量バッテリー技術、○施工プロセスの体系化、○工事データベースの構築、○人工知能技術、○知能を形成・発達・進化させ、共に成長する基本 OS。、○上記同様、第三者やコントローラーから、知識・知恵・ノウハウ等を吸収し、自己成長する自律型アプリケーション。、○人間を投入出来ない過酷な環境での活動に耐えるハードウェアと機能性、○センサ技術の高度化、○制御技術の高度化、○自動制御、○パターン認識、○3次元空間での位置計測、○IT技術の進歩、○精密機械の耐久性向上技術、○職人の技術を模倣できるロボットマニピュレータ、○箇所毎に選択肢を示せるエキスパートデータベース、○ロボット技術の開発、○ロボット化に対応した構造及び工法の技術開発、○ロボット化に対応した材料及び製品の技術開発、○生産に関わるデータの蓄積(人工知能の基となるビッグデータ活用技術)、○機構技術、○計測技術、○制御技術、○要素技術は既に開発されており、今後は技術導入の環境整備が必要だと思われる、○アクチュエータの力制御技術、○多関節稼働プログラミング技術、○職人技術伝承技術、○量子線イメージング技術、○人工知能技術との連携、○移動・歩行機能の高度化…多様な現場状況にも対応した移動性能を有すること、○構造体の強靱性向上、とくに耐衝撃性、○位置検知機能の高精度化、○基本的な動作はほぼ開発完了しているが、長時間動作のための電源や人間の介入のインターフェースは未熟、○位置の取得、○安全、○IT技術(CADを含めた)、○3次元モデリング技術(地形、地質など3次元スキャニング、構造物の3次元スキャニングなど)、○機械制御技術、○単純な作業はロボットに任せ、人は創造する仕事に特化していく</p>
2 海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)
<p>○建設を推進する強い政府方針の提示、○浮遊式海洋構造物設計・建造・維持運転技術、○海底・海中との各種通信技術、○搭載設備の動力設備と計測制御技術、○波浪(津波、高潮)に対する浮体の安定性評価技術、○浮体の係留技術・施工技術、○固定式同等の浮体安定化技術、○モジュール同士を接続できる接続拡張技術、○モジュール上のさまざまなインフラモジュール、○浮体構造物の安定化技術(台風や津波に対しても安定な構造)、○大型船舶の連結技術等の応用</p>
3 エネルギー・資源を回収する下水処理技術
<p>○資源配分、○都市縮退に伴うマネジメントとの連携技術、○火山灰が道路などに堆積し下水に流出した事態に備えるべき、○老朽化した下水道の維持回収技術、○発酵技術のさらなる改良、○下水汚泥等を資源と考えること、○リンの回収、○エネルギー(発電)への応用、○エネルギー回収、○資源回収、○下水処理技術</p>
4 地下水質・流動観測推定技術
<p>○野外において、水質を連続計測することが可能な観測システムの構築、○環境負荷が無視できる地下水トレーサーの開発、○観測とシミュレーションを統合的に用いて、効率的に調査・モデリングを行う技術</p>
5 既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術
<p>○水量のモニタリング、○モデルによる水量の推定、○河川水の土砂濃度の増加に伴う河川生態・環境への影響評価のための継続的モニタリング、○降雨情報を基にした出水時にダムに流入する土砂量(濃度)の実時間予測手法の開発、○土砂堆積防止のためのダム操作の開発と治水・利水・環境上の影響の評価の分析、○ダムの下流の住民の理解、○魚類などの生態系への影響の解明と影響回避技術、○コスト、○この技術が日本のエネルギー戦略上重要であるという国民的合意を得ること</p>
6 適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計
<p>○国内外の地下水観測網の充実とデータシェアの国際協力</p>
7 予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術
<p>○浸透破壊メカニズム解明、○堤体変状探知技術、○技術・危機管理判断の手順、○計測技術、○崩壊メカニズムの解明、○地盤力学におけるマルチスケールフィジクス、○土砂水理学、○築堤途中、築堤後、供用途中でも、強度と透水係数の双方を点検するシステム、○実践的な現場透水試験器の開発、○上記の現場透水試験機の自動計測技術開発、○計測技術、○施工技術、○近隣住民への注意喚起の仕組みなど、ソフトな防災ネットワーク、○計測精度と判断基準、○価格、○国土交通省が所有するデータなどを広く公開し、研究機関・コンサルと共有して事例理解を深めていくことが重要と思います。、○堤体の破壊・変形メカニズムの解明、○解析技術の高度化、○非破壊探索技術、○堤体特性と地盤の多相系物理・破壊機構の包括的理解に基づく破堤予知技術、○簡易かつ精度の高いモニタリング技術、○堤体内部、堤体基礎の地盤プロファイルの把握技術(計測技術)、○気候変動の長期的な予測</p>

8 緊急破堤締切工法技術
○破堤している箇所動的な水圧に耐えて締め切りを構築する技術、○気象予報技術の向上、○流体力学、○地理情報システム(GIS)やGPSの利用
9 長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術
○河道に棲む生き物の生態を考慮した技術開発。専門的知識を持つ方による監修。、○河川環境のインパクト・レスポンスの体系的、総合的な解明、○土砂流出、河道内堆積・侵食、海岸部での挙動を総合的に捉える土砂循環把握、解明技術、○河川を持つ多面的機能(治水、水供給、自然環境、水質浄化、河川利用、水産資源再生産、空間形成など)の価値を具体的に捉える価値の計量化、○地球上の全ての生命維持を踏まえた、理想の地球論を構築するべく、人口問題、異常気象等々のデータを基にしたシミュレーション技術。、○環境汚染に対する即効的除去技術。例えば、PM2.5を即座にクリーン化するなど。、○環境、防災/減災、利活用、これらを以下にバランスよく考える環境を整えるための政策が必要である。水に関しては、水利権などの権利が錯綜し、省庁の枠を越えた調整ができる環境の整備が必須である。、○河道の設計技術などは、かなり蓄積があるので、それらの棚卸しを民間に任せるのでは政策構築者が自ら行い、自ら悩んで検討することが重要である。、○河川周辺における災害に関する技術的な情報を、国民に周知することが重要である。そのために、地震や津波なども含めた防災教育を、学校教育に含めることが必須である。、○生態系調査と河川ごとのデータ蓄積、○自然財を用いた河川構造物設計の構造解析、○農地を含めた総合的開発計画の策定、○河道計画技術、○堤体内の調査技術(不可視箇所の調査解析技術)、○環境のモニタリング技術、○土木工学分野と化学などの分野を超えた研究が必要、○光ファイバーやブリリアン散光などを複合した高精度な維持管理技術、○ラグランジュの未定乗数法や重み付けにより非線形問題を線形問題に簡略化
10 大重量構造物において、溶接に替わる高強度・高耐久性接着技術による火無し工法
○高力ボルト、○ソケット接合、○コンクリート、○高張力ボルトによる摩擦接合、○溶接は個別対応になっているため詳細な規格が作りにくい、○鉄鋼産業だけでなくユーザーを含めた研究開発が必要だが知財戦略の観点から非常に難しい
11 鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨のための接着剤の耐久性・耐火性向上による新規建築への適用
○材料開発、○計画技術検証技術、○施工管理運用管理技術、○接着材の開発、○接着施工方法の開発
12 高齢者や身障者が、食事、入浴、排泄、娯楽等を介助者なしに自ら行うことを支援するロボットや機器を組み込んだ住宅
○センサーネットワーク、○マン・マシン・インターフェース(BMI)、○高齢者の身体的課題は、人それぞれに異なるため、必要になった時に、すぐ、必要な機能が手に入れられる制度や仕組みが必要、○通常の住宅、自宅を大幅改造することなく利用できる装置で、特に、狭い場所で利用できることが重要、○センサ技術、○画像認識技術、○人工知能、○高齢者の気持ちを理解できる人材育成、○話すことの機能を失っていない高齢者にとっては音声認識のみですべての機能が実現される必要がある。、○国民のITスキルの向上、○住宅の構造・耐久性能の向上、○地域コミュニティの成熟、○住宅インフラの確立、○利用者の要望の確実な把握
13 温度や湿度のみならず感染予防に対応した、センサ機能および室内環境制御技術
○感染能力(感染活性のある)ウイルスを培養ではなくリアルタイムのDNA解析からおこなう技術の確立
14 コンクリート造の超高層建築物において、解体を容易にする設計技術(構工法)及び解体施工技術
○発破による超高層ビルの解体、○プレキャストコンクリート、○コンクリート部材同士の接合法
15 自然エネルギーの利用と雨水・地下水のシステム的利用を可能とする戸建住宅技術
○自然エネルギーや雨水・地下水の利用可能量を予測するための全国的なデータベース整備およびそれに基づくシミュレーション、○雨水タンクなどの維持管理方法、○雨仕舞い技術の進歩、○技術の標準準備化、○メンテナンスフリー化技術、○コスト低減技術、○自然エネルギー利用技術、○雨水・地下水の利用技術
16 屋内外を問わずシームレスな位置情報を測位する技術
○不明。、○GPS以外の測位方法、○同一平面の別の階に在ることをどのように表現するか(インターフェース技術)、○GPSと屋内無線GPSとの情報連携技術、○センサーネットワークによる屋内無線GPSの構築、○測位情報発信機(模擬準天頂衛星)の小型化・低価格化
17 各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンシング・情報ネットワーク技術
《特になし》
18 人口構造の変動、高齢化の進展、建築物やインフラの経年劣化を反映した市街地環境の変化予想モデルの開発

<p>○人の反応を適切に組み込んだモデルの開発、○検証データセット、○人の移動予測モデル、○防災性の評価・自然災害脅威の予測方法の深度化、○居住地選考モデルの精度向上、○人口変動の将来予測モデルの利活用および高精度化、○人口構造等について社会経済変動に伴う動的变化を地域特性を反映させて予測する技術、○建築物、インフラ単体の経年劣化が市街地レベルの環境変化に及ぼす影響を予測する技術、○人と物との経年的な変化とその相互作用を予測する技術、○小地域レベルでの詳細な人口・世帯予測技術、○インフラ・サービスの維持・更新に関する時系列的な行政コストの算定技術、○市街地整備に係る対策(維持、再編、縮小)別地区分類技術、○都市・市街地の変化に対応した地球温暖化ガス(CO2)の排出量の予測モデルの開発、○都市・市街地の変化に対応した建築物・インフラの維持管理・更新コストの予測モデルの開発、○都市・市街地の変化に対応した住民の生活の質(QOL)の予測モデルの開発、○既存の建築物やインフラの性能評価と将来性能予測、○人口移動状況の把握技術</p>
<p>19 ターミナル駅や地下街、複合大規模施設における災害時の避難行動モデル</p>
<p>○多数の事例・行動要素を効率よく組み込むための革新的なモデリング技術が必要、○高層ビル等の災害時における人の縦(上下)方向の行動を明確にすることが必要である、○実災害時の観測、○代表的なターミナルや地下街、複合大規模施設の住民や勤務者の通常の行動を、いくつかモデル化する。、○代表的なターミナルや地下街、複合大規模施設の住民や勤務者の非常時の避難行動を、いくつかモデル化する。、○当該状況下で緊急ひ必要とされる、交通手段・安否確認等の通信手段・医療介護手段・必要物資備蓄配布手段を考慮した避難行動計画指針を作成する。、○混雑状況を加味した群衆の避難行動モデル、○避難行動モデルを補強するデータを取得するための大規模避難行動実験、○自然災害等の外力の適切な予測と、施設全体としての被害想定、被災の連関の定量化など</p>
<p>20 我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な企業化された農業</p>
<p>○技術はあるが実現のための制度が必要、○大規模でない農地の効率的なマネジメント技術、○土地の確保、○植物工場においては、エネルギー消費低減技術、○高栄養価の農物栽培技術、○食糧輸入率の高いわが国において、農業の企業化は不可欠なことであり、その為には農業政策の抜本的改革が必要。、○農業従事者の認識の改革。個人農業からグループ農業への転換と企業化、○農業組合制度の廃止</p>
<p>21 農林業再生と広域自然管理の定量的評価技術</p>
<p>○生産現場と消費までの一貫したマネジメント技術、○物質循環予測技術、○農村の癒しの効果の評価方法、○衛星等を活用したモニタリング技術</p>
<p>22 橋・ダム・トンネルなどの代表的構造物について、供用を維持しつつ再生する技術</p>
<p>○施工管理技術、○仮設技術、○スピート施工技術、○構造物の残存性能評価技術、○補修補強効果の定量評価技術、○実構造物での試行機会の提供、○溶接工学、○溶接部の長寿命化技術、○き裂などの欠陥検出技術、○き裂の補修技術。主に現場溶接による補修のための溶接技術と材料開発、○残留応力評価技術。現場での簡易な測定が可能なが望ましい。、○非破壊検査による劣化箇所の早期検知、○鉄筋の腐食度を非破壊で計測する技術、○構造物の損傷後の残存性能を評価可能になる、○急速施工技術、○一時的に機能を代替できる仮設物構築技術、○部材最小化技術、○構造物の現在の状態を把握するための観測(計測)技術の高度化、○観測データから構造物の状態を推定するための逆解析手法の高度化、○インフラのアセットマネジメント手法の開発。マクロ経済におけるインフラ構造物の役割を適切に評価する手法の開発。政治的過小評価を排する言論力を共有すること。、○長期寿命予測(確立統計的予測)から乖離して急激に劣化する橋梁を早期に検出する、実測データに基づくスクリーニング技術、○供用中でも実施可能で低コストな補修補強技術の開発。特に、苛酷な環境にあるコンクリート構造物の補修技術。、○水中作業ロボット、○監視、モニタリング技術(動態変化)、○構造物の性能をグローバルに評価しする技術、○供用しつつ再生のための工事を施工する技術</p>
<p>23 防災、防犯、介護支援機能をユーザに提供する生活支援型ロボット</p>
<p>○ロボット制御技術、○センシング技術、○アクチュエータ技術、○画像処理技術、○危険予知技術、○マニピュレータ技術、○防災、防犯、介護支援機能に関する仕様決定技術の、○ロボットと言うシステムの定義を見直す 人とのインターフェイスデザインに注力する、○異常を検知するセンサ技術、○大量情報を分析し、診断し、異常箇所を特定するデータ分析、処理技術、○想定外のイベントに対処するディペンダビリティ技術、○生活支援型ロボット、○ロボットの機能や操作性の基本的なコンセプトの確立</p>
<p>24 現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術</p>
<p>○センサとなる安定した物質の研究開発、○判断基準の実証的検証、○画像処理・音響信号処理技術。よいデータを取得するためのセンサデバイスとともに、膨大な情報を分析するデータ処理(ソフト)技術が必要。、○ロボット技術。メンテナンス現場でのよいデータ収集のためには、高度なアクチュエータが不可欠。、○データ配信やマイニング技術。日本各地に存在する設備群のデータを一元的に管理し共有する制度が必要、○センサ技術、○制御技術、○情報処理技術、○陸上構造物基礎部の連続的モニタリング技術、○海洋構造物の腐食・減耗・蓄積疲労進行状況の連続的モニタリング技術、○電力設備や電線の活線診断技術、○非接触で遠隔から検査ができる技術、○遠隔から補修する技術</p>
<p>25 構造物の劣化度や劣化に関わる環境あるいは外力作用履歴、状態変化を知らせる長期使用可能なセンサにより代表的構造物の劣化に関わる諸診断を行う技術</p>

<p>○センサ情報の生データと状態変化や劣化を関連付ける、信号処理技術・物理構造シミュレーション技術、○実用的な容量のバッテリーにより数年間動作可能な、センサ、通信モジュール、マイコンを備えた超低消費電力端末、○大量の過去のセンサデータを蓄積し時間や劣化特徴などに応じた検索を高速に行える索引構造を備えたデータベースシステム、○知的なセンサ、○(限定されたデータから(確率的に)全体を判断する論理、○本技術の必要性の社会的な承認、○高効率電源/環境発電技術、○高効率無線通信、○データ解析/劣化予測技術、○センサの要素技術、○各種の劣化を測定するためのセンサの開発が必要である。、○非破壊技術、○環境地盤工学、○計測技術、○レーザー技術、○超音波技術、○地球環境保全の観点から、この種の技術開発と実際への適用が重要である。、○実際の有用性を証明するためには、実際の構造物の劣化を同定した実証が必要であり、時間も必要だと思います。、○環境発電技術、○低消費電力回路技術、○システム化技術、○AE センサや加速度センサ、光ケーブルセンサ等に代表されるセンサ技術を応用した要素技術が必要であり、これらのセンサにより長期間のモニタリングが可能となること。、○構造物は設置環境や外力作用履歴がさまざまであり、個々の特性を反映させたモニタリング技術・評価技術が必要である。、○弾性波トモグラフィ法や AE トモグラフィ法等を活用し、視覚的に損傷位置が明らかになる技術が望まれる。、○長期使用可能なセンサの開発・評価、○知識情報処理技術、○構造物の環境条件、劣化の種類、構造物の種類や形式等の様々な条件に応じてセンサを選択するためのスキーム、○1 のスキームに該当する長寿命なセンサ開発、○センサ情報を一元化して回収するためのシステムと構造物の診断にまで繋がられるシステム開発、○構造物の簡易な劣化評価方法の開発、○計測データの合理的なデータベース化と活用方法の開発、○計測データによる劣化予測の更新と将来予測方法の開発</p>
<p>26 高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム</p>
<p>○ネットワークモビリティ、○センサモビリティ、○正確な GPS 位置情報管理システム、○詳細な地理情報システムとの連動、○画像処理技術、○位高精度置検出技術、○コミュニケーション技術、○高精度 GPS 技術、○感覚器官の機能を代替できる信頼性の高いセンサ技術、○人間の運動機能を目的別に補佐できる個々のロボット技術、○介助犬ロボット、○周囲環境のセンシングと高齢者や身障者の行動知識とのマッピング技術</p>
<p>27 環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術</p>
<p>○あらゆる移動体情報を一元集約/管理するための、情報プラットフォーム技術、○積極的な移動体コントロールを実現するための、交通需要マネジメント技術、○環境負荷定量評価技術、○環境負荷定量評価のためのデータベース、○リアルタイムモニタリング技術、○ビッグデータの通信&収集システム、○収集したデータを高速処理し・解析し、各システムの管制に活用できるようにするシステム、○管理を一元化するための統一された情報提供フォーマットの実現、○可用性の高いモバイルネットワーク、○プライバシーに配慮した移動情報収集、○高速コンピューターの開発</p>
<p>28 超高齢社会において高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム</p>
<p>○人間行動モデル、○個人情報考慮した予約・管理システム、○通信技術、○ニーズ選別技法(技術)、○アシスト基盤技術、○介護ロボットの延長で室内外をシームレスにつなぎユーザーをサポートする技術、○高度なナビゲーションシステムと高度運転支援、○効率的なライドシェアリングを可能にするシステム、○高齢者の移動需要と供給(公共交通・デマンド交通・ライドシェアオフター)をマッチングさせるシステム</p>
<p>29 都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステム</p>
<p>○新幹線鉄道貨物輸送、○コンテナ積み替え技術、○車両、○ターミナルデザイン、○交通システムシミュレーション技術、○データ計測フィードバックシステム、○高効率インフラ設計技術、○個々の出荷窓口(個人の住宅や、事業所の発送口という意味で)における、高速動作ロボットを活用した完全無人・自動化、○無線 IC タグの活用による高いトレーサビリティの向上により、運送業者を問わない同一方面向け貨物の混載の促進、○国際標準の EDI(edifact, Ansix. 12)の解読と実装を、日本の Sler が学習すること。もしくは、海外の企業 GXS、デカルトシステムズなどが幅広く活躍できる環境整備、○国内貨物輸送の大半を占めるトラック輸送の高効率化。具体的には無人運転技術の開発、EV 化に向けた蓄電池、モータの開発。、○異なる事業者間で共有できるトランスシステムの構築。、○積替え時間短縮・コスト削減を狙った自動貨物積替え技術の開発。構内作業用の自律・自動運転技術と貨物識別技術の開発。、○道路による輸送手段の能動的制御、○鉄道輸送網の新設・整備</p>
<p>30 非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム</p>
<p>○浮体式構造に関する技術開発(平時は憩いの場として、災害時は移手段として活用できるような浮体式公園等の開発)、○都市交通、○情報伝達、○通常の通信環境が途絶した中での代替的なネットワークの構築、○国、自治体等の協力体制、○一般の方々の政策への理解、○最適化、○シミュレーション</p>
<p>31 化石燃料を使用しない船舶・飛行機</p>
<p>○船舶に適した小型原子炉の開発(たとえば熔融塩炉)、○事故時の対応策の検証、○原子力船の入港が可能な港湾設備の整備の可否、○電気モーター、○高出力バッテリー、○長寿命バッテリー、○高効率大型燃料電池、○高効率大型太陽電池、</p>

○高性能大容量蓄電池、○自然エネルギー利用に関する研究、○環境からのエネルギー回収技術、○二次電池などの蓄エネルギー技術とその軽量化およびコンパクト化、○省エネルギーで作動する動力源と移動体の超軽量化
32 手軽に畳めて専有面積が現在の半分以下になる自転車と、それを利用した高効率シェアサイクルシステム(デポ設計と再配置方法を含む)
《特になし》
33 渋滞抑制、環境負荷低減、道路管理コスト低減等、社会的負荷を総合的に抑制し道路ネットワーク全体を最適化するシステム
○システム開発(渋滞発見、渋滞予想に対する迂回指示)、○休暇の分散、○道路の交通容量などのデータと実際の交通量(リアルタイム)データの収集とオープン化、○交通利用者の移動予定、目的地などの集計、○時間空間に交通を配分するロジック、○社会的負荷を適正に定量評価できる技術、○大規模ネットワークの最適化計算が可能なコンピュータ(量子コンピュータ)、○サービスレベルの削減が適当と評価された道路について、それを実現する社会的な方法論、○直接制御ではなく標識等による誘導での自動車の流動速度を制御する技術、○リアルタイムで交通流動を誘導するシステム技術、○管理コストの低い構造物の開発、○渋滞感知システムの拡充(日本道路交通情報センターレベルではだめ)、○パーソントリップのビッグデータの解析、○車両重量検知システム、○最適化の計算に必要な汎用型スーパーコンピューター、○道路管理に必要な、現況の交通インフラに関するデータベース(老朽化が激しいのはどの路線か、など)、○道路管理者と交通管理者の連携、○運転支援システム、○車両制御技術、○シミュレーション実験、○大域的最適化アルゴリズムの高度化、○種々の環境負荷を定量化する技術、○V2I 通信で自動車運転者の行先などの意思を管制センターにリアルタイムに伝える技術
34 自動車が収集したプローブデータを道路インフラの保守に活用するシステム
○センシング技術(画像、電波、レーザ)、○テスト(モックアップ)環境、○プローブ情報の収集技術、○プローブデータの処理・解析技術、○自動車が収集したプローブデータ
35 インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術
○インフラの維持管理は緊急な課題であり、そのためには点検・診断技術の開発が必須である。、○画像解析技術、○弾性波法(衝撃弾性波法や AE 法)、超音波法などの技術を適用範囲を理解した上で適切に利用することが望ましい。、○開発段階の手法を供試体レベルから実構造物レベルに適用できるよう、既設構造物への試みを容易にすることが望ましい。、○解体後の構造物を部材ごとに保存し、開発中の手法を適用できるような環境を整えることが望ましい。(国総研では一部実施)、○センシング技術、○データ処理技術、○小型化技術、○小型量子線源、○現在有る有用な診断法の現場での実証実験、○新規性の高い診断手法への予算配分、○テラヘルツ波、○放射線、○赤外線、○広範囲かつ非接触、水中の診断に必要な情報を回収できる非破壊検査技術、○非破壊検査情報を自動で回収*分析するシステム開発、○安価な装置、○社会基盤構造物の時間軸照査技術の構築、○鉄道・自動車等、および大気環境等を考慮した都市モデルシミュレーションと社会基盤構造物の劣化シミュレーションの連続化、○センサ技術、○評価技術、○センサ技術、○シミュレーション技術
36 インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム
○リサイクルシステム、もしくは、自然に還元できる材料による製造法の確立、○個別の技術としては確立されているため、それぞれの技術の連携によりシステムは構築可能と思われる
37 道路交通騒音を環境基準以下にするための、新材料を用いた舗装技術
《特になし》
38 パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術
○高効率な送電、○kW クラスなので安全性確保
39 高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に給電可能なインフラ技術
○蓄電池の耐久性向上、○急速給電技術の開発、○電気自動車等の購買に対する現在よりも強力な法的規制と優遇策
40 道側センサと車両の通信(V2I)や車車間通信(V2V)により、出会い頭などの事故を防止できるシステム
○情報処理を事故防止に間に合うようにリアルタイムで処理できる高速なアルゴリズムと小型演算装置の開発、○切迫度及び運転者に必要な情報を選別し、自動停止したり、危険内容を的確に伝えるアルゴリズム、○車両、インフラセンサー技術、○フィードバック駆動・停止技術、○事故防止ソフトウェア、○周囲及び自車の運動状態を数値として把握すること、○資源量が豊富かつ低コスト、低環境負荷光センサ、○無線技術
41 信号等の道路インフラおよび走行車両から得られるビッグデータを動的に活用した交通管制サービスシステム
○路車間通信、○ネットワーク内処理技術、○トラフィックモデリング技術、○トラフィックシミュレーション、○トラフィック予測、○車両-インフラ間通信技術、○交通流計測技術、○交通シミュレーション技術、○交通需要ならびに渋滞の予測技術、○予測情報に基づく動的なナビゲーション(経路探索)技術、○各自動車に行先情報入力やナビ情報表示用の専用端末が必要にな

るため、一般のカーナビと兼用できる機種の開発
42 燃料電池自動車への水素供給ステーションが全国 5000 箇所に整備される ○水素を効率よく製造、貯蔵、運搬する技術、○水素ガスの安全な取扱い法についての技術開発、○水素ガスの取扱い安全基準・規格の整備、○水素脆性対策をはじめとする構造材料の安全性確保、○高効率な水素生成方法の開発、○最適化、○シミュレーション、○流通と備蓄
43 都市公共空間において高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム ○盲導犬的介護ロボット技術
44 運転者の監視の下で、条件が整った道路での自動走行 ○現在よりもはるかに低コストで、より車両周辺の環境を把握可能なセンサ技術(とくにレーザーレーダの低コスト化もしくは代替技術の開発)、○センサ情報処理や制御アルゴリズムなど高度・複雑・非決定的な車載プログラムを欠陥なく開発可能なソフトウェア開発・検証技術、○高度な制御プログラムと、ハードリアルタイムな車両制御プログラムを協調させながら動作させるための、分散協調制御技術、○センシング技術(画像、電波、レーザ)、○ドライバの状態把握手法、○車内通信と安全性、○運転環境の認識技術、○状況理解と判断技術、○1, 2 に基づく車両制御技術
45 環境負荷低減に寄与する多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術 ○移動体の動静を一元管理する組織と情報システム、○移動体の動静把握を行う路車・車車間通信システム、○各移動体の特性を踏まえた環境負荷低減のための最適運行アルゴリズム、○情報を一元集約/管理するための、情報プラットフォーム技術、○移動体の運行を適正にバランスさせる、交通需要マネジメント技術、○情報伝達、○各移動体の計器等の接続・通信の規格化、標準化、○各移動体の配置、運用の最適化、○競合企業間の水平的協力や機器メーカーから運用者まで垂直的協力体制、○高速移動対応無線通信技術、○ミリ波無線通信システム、○Massive MIMO 技術
46 ウェアラブル/モバイル端末による都市情報(道路・交通標識、案内表示、看板等)のマルチリンガル化 ○AR 技術、○自動翻訳技術、
47 走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム ○個別車両課金システム、○公平性を考慮した課金再配分システム、○経路情報探索システム
48 車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故防止システム(車両、インフラ両方含めて) ○異なる車(国、メーカー)同士で安全で確実に通信できる、通信技術、○運転車に対して車がオーバーライドする際の報知を含めたインターフェース技術
49 高齢者が必要なときに利用できる公共交通(デマンドバスなど)システム ○マネジメント
50 新材料の利用や構造物、車両構造の技術改善により、新幹線の時速 350km での連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で 70dB(A)以下)を満たす技術 ○転動音防止のため、線路・車輪・台車への新素材の適用、○車両・路盤(防音壁等も含めた)双方への空力的付加物、○軽量高強度部材の開発、○低騒音軌道構造の研究、○車体の空力特性の改善、○車両の先頭形状、○音の回折減水、○車両と防音壁の多重反射を低減する吸音板、○騒音を吸収する材料等の開発、○低騒音パンタグラフ、○直流第 3 軌条電化システム、○非接触集電システム
51 「開かずの踏切」に起因する周辺道路の渋滞や、自動車進入による踏切事故が半減する ITS を活用した安全システム ○鉄道の踏切制御システムとカーナビとの連携、○鉄道の列車運行システムとカーナビ及び道路管制システムとの連携、○自動車の踏切への誤進入防止のためのハード、ソフト面からのシステム、○踏切横断時の歩行者・自動車挙動シミュレーションシステム、○可変的な踏切鳴動時間設定システム、○踏切内異常検知システムの高性能化
52 非接触給電によりパンタグラフを必要としない高速鉄道(在来方式鉄道)システム ○大電力の非接触給電技術、○非接触給電式、○高速鉄道システム
53 現行船舶と同等のコストで運用可能な 50~60 ノット級の高速海上輸送船 《特になし》
54 北極海などの海域を航行可能な砕氷商船 ○船舶の低気温、低水温に対する機能保持に関する技術、○低温金属技術、○極地環境下、無人作業システム、○砕氷技術

55 CO2 排出量を半減及びNOx 排出量を今の 20%程度に低減したクリーンシップ
○高効率エンジン開発、○ハイブリットエンジン制御設計、○船型開発、自然エネルギー利用、機関効率向上、燃料油改善、摩擦抵抗低減、省エネデバイス等を統合し最適な設計を行う船舶の総合設計力の向上が必要。、○効果の評価を透明性を持って行うため、実海域に投入した場合の性能評価技術の確立が望まれる。、○抵抗低減のための最適付加物、○船体抵抗を軽減する技術(船体形状の改良、摩擦抵抗低減技術等)、○推進効率を向上する技術(機関、プロペラ等の開発、自然エネルギー利用等)、○運航管理技術の向上(最適航路選定、運航情報モニタリング等)
56 所要馬力が 20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術
○潤滑油粘性のモニタリングを行う小型粘度センサ
57 航空機と航空管制の双方で高精度運航システムを用いることにより、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術
○運航管理技術、○ICT 技術、○航法センサ技術、○官民の連携、○国際会議など国際的なプレゼンスの向上
58 スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機
○荷重伝達と柔軟な変形を両立する材料技術、○設計形状への変形を可能とする駆動技術、○鳥の様な柔軟性を付与しつつ必要な荷重に耐えられる機体を成立させるための設計技術、○小型、軽量、高速、高パワー、という、ほぼ完全なアクチュエータ開発技術○柔軟性もち、かつ、空気力に耐えられる材料技術、○異方性材料技術(構造の強度と柔軟性の両立・確保)、柔軟材料技術(耐久性ある柔軟素材)、○アクチュエータ技術(小型・高性能、スマート材料含む)、○設計解析技術(空力・構造・制御の連成解析技術)
59 万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を活用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機
○物理的安定性か、制御による適正化か。、○物理的安定性は系が変化しなければ、動作は確実。安定点が変わったら、それに合わせた変化。、○積極的な制御は有効範囲内であればいいのですが、限界はある。制御システムの故障もある。他のアンケート内容と関連。、○航空機電動化技術、○部分自動操縦又は操縦支援技術、○飛行制御(耐故障飛行制御、突風応答軽減制御など)、○突風計測(風計測ライダーなど)、○機体の異常検出・同定(冗長系センサによるヘルスマニタリングなど)
60 環境負荷低減型スペースプレーン
《特になし》
61 離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)
○摩擦抵抗低減、○低騒音化、○高バイパス比エンジンの機体統合技術
62 1 人で運航可能な旅客機操縦システム
《特になし》
63 機体毎の情報から不具合の検出あるいは事前予測をすることにより、メンテナンスコストを低減する整備システム
○不具合分析技術、○材料トレーサビリティ技術、○運用荷重を含む履歴のモニタリング技術、○設計と運用との差異を評価し補正する技術、○トータルライフ予測技術、○多くの機体情報から不具合発生の限界値を設定して、個々の数値のトレンドモニターによる危険予測手法
64 低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機
○自律安定飛行(微気候等)のためのロバスト性の高い技術開発全般、○情報通信技術、○画像解析技術、○情報処理技術、○画像/映像認識技術、○自律的飛行制御、○位置や航行の管制、○低高度向け地理情報(送電線等)、○超低高度航行技術(建築物、樹木、他の航行物体、人等との衝突回避等)
65 成層圏および有人機の管制圏内で飛行可能で、減災・安全保障のための通信・観測を目的とした高高度無人航空機
○被災時の通信機能回復と対応する通信システムの統合的開発が必要。、○対応する通信システムとは、TV 会議や電話でなく、伝えるべき情報の整理されたシステムで、中でも電子カルテ共有システム、在宅医療システムで住民医療介護の災害時対応により継続性が重要。、○普段使いのシステムを災害時に利用できるようにすることが機能的にもコスト的にも、セキュリティ上も重要、○長時間の飛行に支障がない操縦性と安全性、○目的の場所の近くに停留する飛行技術と気流の予測技術、○軽量複合材構造物、○消費電力の少ないレーダーなどの半導体デバイス技術、○太陽電池、○GPS を利用した制御システム、○通

信技術、○成層圏から地上での各種災害が把握できるカメラやセンサ
66 災害履歴と地盤情報のデータベースを活用した液状化対策技術
○様々な地盤条件、地下水位に対応した液状化対策工法の開発、○宅地の立地条件(既存建物や埋設物の存在等)の制約下において効果が期待できる液状化対策工法の開発、○液状化対策工法の効果の担保とコストのバランス確保、○地盤に応じた液状化対策技術の開発、○長期間にわたる災害履歴データベースの構築、○広範囲にわたる地盤情報データベースの構築、○戸建て住宅に適用可能な安価な液状化対策技術で、特に、細粒分を含み、地表から 3m 以内の地盤に対する液状化対策技術を開発する必要がある。、○液状化した地盤を特定するための調査技術を開発する必要がある。、○液状化した地盤において噴砂を起こした後の締固まり状態を把握する技術が必要である。、○比較的安価な地盤対策技術、○地盤の変形メカニズム、○構成式研究、○極超微粒子セメントの浸透固化工法による液状化対策技術、○地盤情報の整備、○土地取引や都市計画に関わる制度設計、○地震動の連成作用下の液状化機構解明と評価・予測技術、○GIS、○高速計算、○地盤内リモートセンシング、○地盤材料物性に基づく合理的な液状化判定基準の確立と地盤情報データに基づく簡便な液状化判定法の確立、○データベース構築のための災害履歴の記録と地盤情報の収集・集約方法の確立、○データベースを有効に活用した技術的防災対策のための技術基準の確立
67 内湾での大規模な貧酸素水塊の発生を防止・解消する海水流動制御技術
○海水流動のコンピュータシミュレーション技術の高度化、○多様な海洋生物の総合的かつ持続的な調査と数値モデルの開発、○水系一貫の物質輸送の総合的な調査とシミュレーション技術の開発、○内湾での流動機構の解明
68 はしご車の届かないような場所や川の中州や崖の上など、容易に近寄れない場所にいる、要救助者が使用できる避難道具(ビル避難用”ウイングスーツ”など)や救助装備(”フライングプラットフォーム”など)
《特になし》
69 ガレキ中からの救助、建物内の救急搬送などで活躍できるロボット
○災害救助犬に装着可能な機器の開発、○災害救助犬と連携できるロボットの開発、○災害救助犬の指示に対応できるロボットの開発、○ロボット制御技術、○不整地走行技術、○画像処理技術等含むセンシング技術、○ガレキ内での作業空間分布の把握技術、○高出力で小型のエンジンの開発、○軽くて、丈夫な新材料の開発、○安全な新エネルギー技術の開発、○産学連携、○狭い隙間に入り込むような小さく、かつハイパワーなロボット構築技術、○電波が届きにくい空間でのコントロール技術、○救助技術、○ロボット、○緊急搬送、○被災者の検出技術など
70 放射線の中での作業において、放射線強度により着色する作業服
《特になし》
71 津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術
○海岸の津波防潮堤の設計、○原発の津波防潮堤の十二分な準備、○温暖化現象にともなう高潮対策、○海岸に直面した市街地など、従来技術では津波減衰施設が設置できない地域における減殺施設の研究開発、○水-土-構造の連成解析、○現地および海底地盤内の流れの可視化技術、○マルチスケール解析、○津波を単にせき止めるのではなく、波相に変化を与えエネルギーを散逸させる技術、○津波伝播予測技術、○構造物構築技術、○海水に対する耐久性向上技術、○非線型波動現象と境界の相互作用に関する理論的研究、○大規模シミュレーションによる対策の確認、○二線堤、○数値シミュレーション技術、○ビッグデータ解析技術、○可視化技術、○つなみ発生・評価システムの構築、○防波堤など強靱な構造物の設計技術
72 水溶性可燃物の火災を消火可能な脱フロン消火薬剤
《特になし》
73 火災発生時の火災拡大、煙の流れをあらかじめ制御することで、居住者への被害を最小限にする住宅
《特になし》
74 災害現場で、生存者を識別し、救助できる災害救助ロボット
○センサ、センシング技術、○遠隔操作技術、テレイドジスタンス、○高性能アクチュエータ、充電池の開発、○対象災害の分離と、個別対応の階層的な特定。、○暴爆仕様・動力供給・自己診断修復能力など、災害現場で直ちに投入可能なロボット仕様を実現する技術。、○ロボットと共に行動し、ロボットに適切な指示を与えられる現場力ある人材の育成。、○無線通信技術、○物理・化学センサ技術、○テレイドジスタンス技術、○ロボットの基本的機能の開発(特に生存者識別の方法の多様化、音声・視覚・呼吸・心拍など)、○災害現場の解析技術、○ロボットの機能強化、○生存者検知システム
75 屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット
《特になし》
76 ため池群を活用した防災・減災のためのリアルタイム水理解析技術
《特になし》
77 中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の開発

○大型木質部材評価のための試験装技術の確立、○木質部材の耐火性付加技術の開発、○木材への薬液注入技術
78 災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム
○世界中の既存の都市等に基づき、都市が実現すべき機能を抽出してパラメータ化し、それを機械学習させる技術、○提案した都市の機能をシミュレーションする技術、○遺伝的アルゴリズム等により、人間の案も取り入れながら試行錯誤的に都市計画を改良提案する技術、○合意可能性を組み込んだモデル化、○スマートフォンなどを活用した被害状況把握技術、○多様な情報を整理するための論理的・演繹的基盤(数理論理学、人工知能)、○物理情報システム、センサーネットワーク、ロボティクス、○ユーザーインターフェイス、○東日本大震災等の過去の震災の分析、○過去の災害時の復旧・復興プロセスに関する情報のデータベース化、○建築物・インフラ・人口・産業等に関する情報管理システム、○災害に対するセンサ技術(放射線災害であれば放射線計測など)、○測定データを共有するネットワーク技術、○シミュレーション技術
79 100万Kw級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立
○廃棄物の固定化(吸着剤の開発、ガラス固化技術および安定的な地中保存技術)、○遮蔽技術(放射線を遮蔽するスーツもしくは遠隔操作ロボットは不可欠)、○使用後の炉材破棄処分技術の確立、○社会的合意形成のためのリスクコミュニケーション技術、○コスト・安全性を考慮した各種処分施設への放射性廃棄物最適分配方法の評価技術、○サイトの長期的安全性に関する各種技術要素を包括した体系的評価技術、○国際廃炉研究機構(IRID)で検討されている技術、○高レベル放射能からの人体防御技術、○高レベル放射能の封じ込め技術、○切断・溶解などのレーザやプラズマ技術、○遠隔地操作技術、○安全に廃棄物を輸送技術(無人のトラックなど)、○放射性廃棄物の長期安定保管技術、○高精度な放射線検出の技術開発、○ロボット等による遠隔操作技術、○放射線遮へい技術の高度化、○高度放射線量下で十分に活動可能な無人装置の開発促進、○廃棄物処分場における地下水脈遮断技術、および周辺の放射線学的環境(大気、土壌、水系)の詳細かつリアルタイムモニタリング網の確立、○無人作業ロボットの開発、○東京電力福島第一発電所の事故以来多くの技術が開発されている。、○廃棄物の非放射性化技術、○放射能の遮蔽技術、○放射能の半減期加速技術、○地下水流れ制御技術、○高放射線下における施工を容易にする放射線遮蔽技術、○遠隔無人施工技术
80 斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる埋め込み型センサ技術と警報・避難支援システム
○不安定現象を検知するセンサ技術、○センサからの無線データ送信・データ処理・警報発信技術、○メカニズムの解明、○不安定化を検知できるセンサ、○情報伝送技術、○データ処理技術、○無線センサネットワーク技術(超小型センサ、無線通信技術、超低消費電力のセンサノード)、○MEMS等による超小型、低コストのセンサ製造技術、○防災行政組織における運用技術、○センサ技術、○予測技術、○情報通信技術、○高耐久性センサーシステム、○モニタリング評価技術、○簡易かつ精度の高いモニタリング技術(センサ)の開発、○長期的なモニタリング、安定的な計測技術の開発、○モニタリングデータの活用技術、警報、避難支援のための情報抽出技術の開発
81 衛星を利用して山地部、急傾斜地や大規模構造物の地形・形状変化を計測する災害防止システム
○山地部・急傾斜地におけるInSARデータの解析精度向上、○DEMの精度向上、○鉛直方向の精度の高い(cmオーダー)測位技術、○複数衛星による解析技術、○地被物下の地表測位技術
82 事故履歴と地理情報の統合により、リスク低減に繋がる情報共有システム
○各組織が所有する情報のシームレス化の推進、○リスク回避モデルの高精度化
83 大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム
○Pia to Pia、○クラウド、○省電力、○人間の反応部分のシミュレーション技術、○災害時に落ちない情報伝達手段の整備、○群衆センシング技術、○メガオーダーの人や車の行動モデリング、○環境センシング技術、○ネバーダイネットワーク、○個人向け避難誘導ナビゲーション、○センサの信頼性(耐久性含む)、○センシングデータのクレンジング、○一般的PC環境下でのリアルタイム分析(超高速演算)、○陸測観測技術、○地質学、水文学、○シミュレーションモデル、○平時の在宅介護、地域医療連携システムは地域の避難困難者を把握し(DBを持っている)、避難状況の利用が可能になる。避難場所での医薬品等のニーズも収集できる。、○災害時用のDBを作っても最新データの収集の問題あり、平時システムの応用利用に予算の枠を広げて欲しい。、○被害把握技術、○被害の予測技術、○拡大の予測手法、○情報系のインフラを守る・代替する・回復する技術、○応用力学、○新たな原理に基づくセンサ開発、○情報処理技術、○センサ技術、○想定される原因リスクの網羅的把握と、被害拡大予測と対策法の立案。、○大規模災害と防衛と治安維持とを連携させた、被害拡大予測と対策法の立案。、○近隣国に起因する大規模災害を想定した、被害拡大予測と対策法の立案。、○計測技術、○通信技術、○観測網の整備、○予測手法の開発、○予測情報を効果的に伝える技術の確立、○曖昧・不正確な情報をもとに発生した状況を推測するとともに、それに基づく高速な拡大予測、○予測計算の大規模分散化
84 災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに動画通信が可能な無線通信システム
《特になし》
85 転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システム
○遠隔監視・制御システム、○自律運転システム、
86 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける極微量の爆薬、麻薬の迅速かつ正確な検知システム
○微量物質の検知技術、○クロスコンタミネーション防止技術、○爆薬感知センサ、○麻薬感知センサ、○検知システム、○化

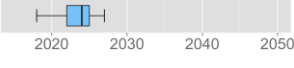
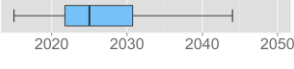
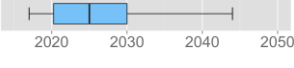
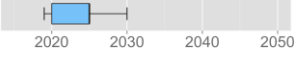
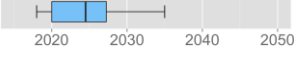
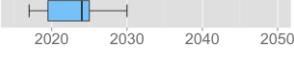
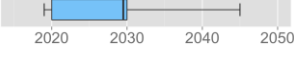
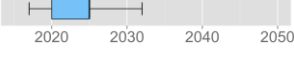
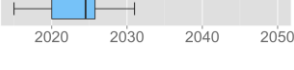

学分析(質量分析)
87 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける放射性物質の迅速かつ正確な検知システム
《特になし》
88 公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム
《特になし》
89 避難活動をスムーズに行うための個人携帯端末を活用したナビゲーションシステム
○迅速にリスクを計算、通信できる技術、○詳細な解像度を持った災害ハザード情報基盤の整備、○災害情報とGPS機能を活用したリアルタイム避難経路最適化手法の開発、○地図情報システムとの連携が必要である、○災害時でも強い携帯電話通信網が不可欠である。、○地域・企業・インターネット上などの情報を安全に集約し、個人情報漏洩リスクが少なく、定量情報の結合が可能となる情報の匿名化技術、○定常的な情報配信システムと、非常時の情報配信が両立できる情報配信システム、○高速大容量通信網、○安全な個人情報保護システム、○情報管理施設、○刻々と変化する情報を適切に収集し加工する技術、○個々の避難者のニーズに合った情報提供技術、○現状のナビタイムシステムと災害発生状況に関する情報とのマッピング技術、○家族など登録した人の現在位置をマッピングし目的地に誘導するナビゲーションシステム
90 SNSを活用した確度の高い避難情報を把握するシステム
○道徳的判断技術、○半導体製造コスト低減技術、○防水・耐水技術、○技術的な問題点は小さく、関係者が正しく理解し、制度として実装すること。、○誤情報を識別するためのヒューマン・コンピューテーション技術、○誤情報拡散の根底にある不安や誤った重要性の認知などの心理的反応を緩和する情報呈示技術
91 災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム
○地球観測衛星および測位衛星の整備と拡充、○幅広い(ごく一部だけではない)産官学の連携、○効果的な(本当の意味での)社会への啓蒙と普及、○高性能なドップラーレーダーの高密度全国配置と連携、○超高解像度領域気象モデル、○エクサフロップス級スーパーコンピュータ、○衛星リモートセンシング、○計算機・ネットワーク、○ひまわり8号、○海域の観測の充実:水位、風、流速、海域の観測は充実していない、海洋レーダーや海底ケーブルによる観測は拡張すべきである。、○観測データのリアルタイムのオープン化:活用の促進、データをより早く広く取得しやすい状態で公開してその活用を促進すべきである。、○災害に強いインターネットなどのネットワークシステムの強靱化、携帯通信や衛星通信の強靱性が重要である
92 個々の建築物、構造物の諸元や利用形態、強度を考慮した浸水・被害予測システム
○複雑系の要素を浸水・被害の数値シミュレーションに入れるための計算機技術の開発と、計算機資源、○数値シミュレーション技術、○可視化技術、○ビッグデータ解析技術、○自由なGISデータの利用、○京コンピュータ、○予測シミュレーションの入力データとしての個々の建築物、構造物の諸元や利用形態、強度のデータベース整備
93 線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術
《特になし》

7. 7. 集計結果一覧

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
国土開発・保全	1	工事現場で人の代わりに働く知能ロボット	85	5	20	75	3.26	3.11	2.55	2.42	2.50	2020	
	2	海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)	80	5	25	70	3.12	2.90	2.41	2.26	2.31	2025	
	3	エネルギー・資源を回収する下水処理技術	67	6	10	84	3.32	2.98	2.38	2.38	2.17	2020	
	4	地下水質・流動観測推定技術	55	11	22	67	3.11	2.90	2.69	2.37	2.22	2025	
	5	既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術	67	9	21	70	3.25	2.88	2.54	2.39	2.40	2025	
	6	適切な国際的管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	34	6	18	76	3.19	2.72	3.06	2.58	2.56	2025	
	7	予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術	73	12	30	58	3.36	2.90	2.86	2.46	2.21	2025	
	8	緊急破堤締切工法技術	46	11	24	65	3.27	2.77	2.49	2.36	2.27	2024	
	9	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	52	13	31	56	3.29	2.73	2.50	2.21	2.41	2025	
都市・建築・環境	10	大重量構造物において、溶接に替わる高強度・高耐久性接着技術による火無し工法	28	7	36	57	3.00	2.84	2.64	2.39	2.07	2020	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.2	3.5	18.3	31.7	25.6	23.2	1.2	2025		1.2	7.1	11.3	20.0	22.5	43.8	2.5	
2.5	3.8	10.3	41.0	20.5	23.1	5.1	2025		3.8	6.3	6.6	26.3	22.4	40.8	3.9	
6.0	7.5	6.2	44.6	15.4	30.8	3.1	2025		6.0	9.0	4.7	26.6	14.1	51.6	3.1	
1.8	16.4	18.9	43.4	24.5	13.2	0.0	2025		1.8	18.2	11.8	43.1	29.4	15.7	0.0	
4.5	13.4	4.7	48.4	15.6	28.1	3.1	2025		9.0	14.9	1.6	31.1	24.6	39.3	3.3	
14.7	26.5	6.2	43.8	31.3	15.6	3.1	2027		14.7	29.4	10.7	35.7	35.7	10.7	7.1	
5.5	9.6	22.9	40.0	21.4	12.9	2.9	2027		6.8	17.8	7.2	34.8	27.5	27.5	2.9	
6.5	15.2	21.4	35.7	19.0	19.0	4.8	2026		8.7	21.7	9.1	43.2	20.5	22.7	4.5	
1.9	9.6	32.7	34.7	20.4	12.2	0.0	2028		7.7	9.6	14.6	39.6	27.1	18.8	0.0	
14.3	14.3	18.5	33.3	25.9	18.5	3.7	2025		14.3	17.9	11.1	22.2	33.3	25.9	7.4	



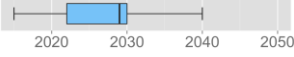







細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
都市・建築・環境	11	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨のための接着剤の耐久性・耐火性向上による新規建築への適用	29	10	31	59	2.72	2.69	2.69	2.59	2.14	2023	
	12	高齢者や身障者が、食事、入浴、排泄、娯楽等を介助者なしに自ら行うことを支援するロボットや機器を組み込んだ住宅	58	5	21	74	3.36	3.10	2.41	2.49	2.91	2025	
	13	温度や湿度のみならず感染予防に対応した、センサ機能および室内環境制御技術	44	5	25	70	3.17	3.05	2.51	2.48	2.63	2020	
	14	コンクリート造の超高層建築物において、解体を容易にする設計技術(構工法)及び解体施工技术	39	8	28	64	3.18	2.83	2.18	2.21	2.21	2020	
	15	自然エネルギーの利用と雨水・地下水のシステマ的利用を可能とする戸建住宅技術	67	6	27	67	3.18	2.76	2.06	2.08	2.16	2020	
	16	屋内外を問わずシームレスな位置情報を測位する技術	55	4	25	71	3.11	2.85	2.17	2.25	2.89	2020	
	17	各家庭に分散している水・エネルギー供給設備や排水・生ごみ・し尿処理・再生設備を集中管理することにより住民の健康・安全を守るセンサリング・情報ネットワーク技術	40	10	8	83	2.70	2.76	2.41	2.21	2.38	2021	
	18	人口構造の変動、高齢化の進展、建築物やインフラの経年劣化を反映した市街地環境の変化予想モデルの開発	58	7	29	64	3.07	2.64	2.58	2.40	2.65	2020	
	19	ターミナル駅や地下街、複合大規模施設における災害時の避難行動モデル	72	4	39	57	3.42	2.97	2.58	2.37	2.58	2020	
	20	我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な企業化された農業	48	4	8	88	3.15	2.49	2.60	2.58	2.57	2025	

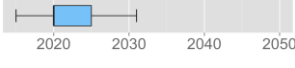
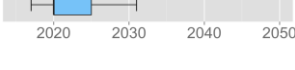

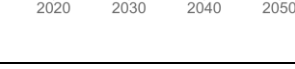

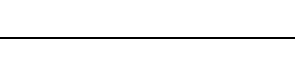
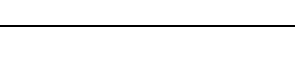



技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
17.2	20.7	14.3	35.7	28.6	17.9	3.6	2024		17.2	20.7	3.6	28.6	32.1	28.6	7.1	
1.7	8.6	18.2	41.8	20.0	20.0	0.0	2025		5.2	10.3	7.3	32.7	20.0	40.0	0.0	
2.3	13.6	29.3	31.7	14.6	17.1	7.3	2025		2.3	15.9	5.0	35.0	15.0	37.5	7.5	
2.6	5.1	21.6	43.2	10.8	21.6	2.7	2025		2.6	10.3	10.8	40.5	10.8	32.4	5.4	
1.5	6.0	11.1	34.9	19.0	34.9	0.0	2024		3.0	11.9	6.2	32.8	14.1	45.3	1.6	
0.0	12.7	13.7	19.6	19.6	41.2	5.9	2024		0.0	20.0	3.9	19.6	19.6	49.0	7.8	
10.0	25	11.1	27.8	13.9	41.7	5.6	2029		20.0	25.0	0.0	22.2	16.7	52.8	8.3	
10.3	15.5	29.1	23.6	27.3	16.4	3.6	2025		12.1	25.9	18.9	17.0	24.5	34.0	5.7	
4.2	8.3	26.9	25.4	20.9	20.9	6.0	2024		4.2	13.9	12.3	18.5	23.1	41.5	4.6	
6.3	35.4	16.3	18.6	14.0	51.2	0.0	2025		10.4	41.7	6.8	18.2	20.5	54.5	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
都市・建築・環境	21	農林業再生と広域自然管理の定量的評価技術	30	3	10	87	3.00	2.39	2.63	2.47	2.30	2024	
インフラ保守・メンテナンス	22	橋・ダム・トンネルなどの代表的構造物について、供用を維持しつつ再生する技術	70	16	34	50	3.59	3.06	2.43	2.20	2.17	2023	
	23	防災、防犯、介護支援機能をユーザに提供する生活支援型ロボット	58	3	17	79	3.19	2.95	2.54	2.61	2.90	2025	
	24	現状よりも少人員でインフラ設備が維持可能になるよう、設備損傷箇所を検出し自動修復する技術	72	13	31	57	3.45	3.02	2.73	2.56	2.18	2025	
	25	構造物の劣化度や劣化に関わる環境あるいは外力作用履歴、状態変化を知らせる長期使用可能なセンサにより代表的構造物の劣化に関わる諸診断を行う技術	72	25	35	40	3.61	3.13	2.61	2.47	2.07	2024	
	26	高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	86	7	14	79	3.38	2.93	2.30	2.21	2.71	2022	
交通・物流インフラ	27	環境負荷低減に寄与する、多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	88	7	25	68	3.05	2.98	2.24	2.21	2.35	2021	
	28	超高齢社会において高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム	75	5	19	76	3.22	2.91	2.38	2.37	2.51	2023	
	29	都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステム	79	5	28	67	3.21	2.76	2.39	2.22	2.16	2025	
	30	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム	72	4	18	78	3.32	2.84	2.58	2.48	2.65	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.7	23.3	28.6	21.4	17.9	28.6	3.6	2025		6.7	40.0	17.9	14.3	25.0	39.3	3.6	
0.0	10.0	13.1	37.7	21.3	23.0	4.9	2025		0.0	12.9	9.5	38.1	20.6	30.2	1.6	
3.4	12.1	26.0	38.0	18.0	14.0	4.0	2030		6.9	12.1	14.0	24.0	14.0	46.0	2.0	
9.7	13.9	28.8	39.4	18.2	7.6	6.1	2025		11.1	15.3	14.1	45.3	10.9	23.4	6.2	
1.4	11.1	17.9	49.3	25.4	6.0	1.5	2025		1.4	13.9	13.8	44.6	16.9	21.5	3.1	
1.2	10.5	17.3	30.9	19.8	29.6	2.5	2025		2.3	12.8	12.2	20.7	19.5	46.3	1.2	
9.1	8.0	6.0	24.1	34.9	31.3	3.6	2025		18.2	14.8	1.2	13.3	38.6	42.2	4.8	
10.7	17.3	11.9	28.4	16.4	41.8	1.5	2030		12.0	24.0	1.5	16.2	25.0	55.9	1.5	
3.8	16.5	8.2	31.5	23.3	32.9	4.1	2029		8.9	21.5	4.1	21.9	30.1	37.0	6.8	
12.5	19.4	17.2	26.6	32.8	21.9	1.6	2027		16.7	20.8	4.5	19.7	21.2	48.5	6.1	

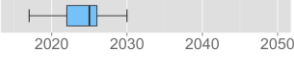
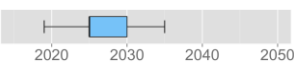
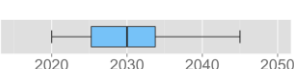




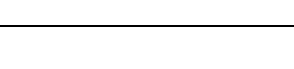
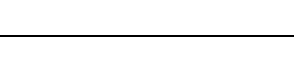
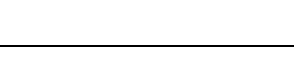
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
交通・物流インフラ	31	化石燃料を使用しない船舶・飛行機	73	5	15	79	3.19	3.02	2.83	2.78	2.24	2025	
	32	手軽に置めて専有面積が現在の半分以下になる自転車と、それを利用した高効率シェアサイクルシステム(デポ設計と再配置方法を含む)	55	5	9	85	2.58	2.50	2.09	2.11	2.07	2020	
	33	渋滞抑制、環境負荷低減、道路管理コスト低減等、社会的負荷を総合的に抑制し道路ネットワーク全体を最適化するシステム	85	9	14	76	3.29	2.89	2.48	2.29	2.46	2022	
	34	自動車収集したプローブデータを道路インフラの保守に活用するシステム	75	11	17	72	3.10	2.89	2.28	2.24	2.30	2020	
	35	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	88	7	27	66	3.41	3.06	2.43	2.32	2.08	2023	
	36	インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム	67	3	13	84	2.95	2.83	2.45	2.28	2.27	2024	
車・鉄道・船舶・航空	37	道路交通騒音を環境基準以下にするための、新材料を用いた舗装技術	65	3	17	80	2.91	2.93	2.11	2.02	2.17	2020	
	38	パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術	73	7	25	68	3.16	3.13	2.38	2.40	2.18	2020	
	39	高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に給電可能なインフラ技術	70	7	21	71	2.96	3.06	2.54	2.46	2.28	2025	
	40	道側センサと車両の通信(V2I)や車車間通信(V2V)により、出会い頭などの事故を防止できるシステム	75	5	24	71	3.41	3.16	2.44	2.39	2.55	2020	

技術的実現予測		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
8.2	28.8	27.3	39.4	13.6	12.1	7.6	2030		11.0	34.2	10.1	49.3	10.1	20.3	10.1	
7.3	18.2	8.7	37.0	19.6	28.3	6.5	2022		14.5	20.0	8.2	20.4	24.5	40.8	6.1	
7.1	15.3	14.5	30.3	23.7	26.3	5.3	2029		9.4	21.2	4.0	30.7	20.0	38.7	6.7	
5.3	9.3	8.7	40.6	29.0	21.7	0.0	2025		5.3	10.7	2.9	31.9	29	34.8	1.4	
0.0	5.7	23.8	43.8	16.2	12.5	3.8	2025		1.1	9.1	8.4	48.2	19.3	19.3	4.8	
4.5	11.9	18.3	33.3	28.3	18.3	1.7	2025		7.5	17.9	6.6	31.1	24.6	34.4	3.3	
1.5	10.8	13.6	45.8	13.6	27.1	0.0	2025		3.1	7.7	11.7	46.7	11.7	30.0	0.0	
6.8	13.7	7.7	26.2	26.2	36.9	3.1	2025		12.3	12.3	2.9	25.0	17.6	52.9	1.5	
17.1	10.0	9.7	30.6	19.4	32.3	8.1	2026		24.3	14.3	4.7	26.6	14.1	46.9	7.8	
4.0	1.3	14.1	33.8	16.9	28.2	7.0	2023		6.7	5.3	5.5	19.2	17.8	53.4	4.1	

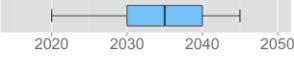
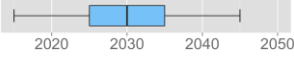
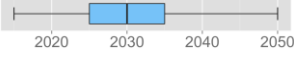
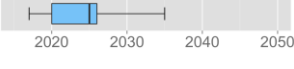
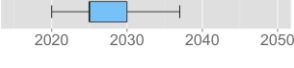
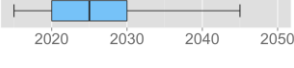
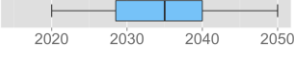
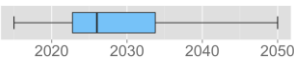
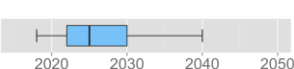
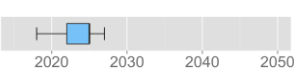
細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
車・鉄道・船舶・航空	41	信号等の道路インフラおよび走行車両から得られるビッグデータを動的に活用した交通管制サービスシステム	80	8	19	74	3.26	3.04	2.31	2.35	2.56	2020	
	42	燃料電池自動車への水素供給ステーションが全国 5000 箇所に整備される	80	5	20	75	3.10	3.12	2.54	2.41	2.41	2020	
	43	都市公共空間において高齢者や身障者(目の不自由な人)が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	59	8	19	73	3.29	3.04	2.49	2.37	2.85	2022	
	44	運転者の監視の下で、条件が整った道路での自動走行	84	5	24	71	3.07	3.10	2.41	2.46	2.76	2020	
	45	環境負荷低減に寄与する多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	70	9	19	73	3.17	3.02	2.46	2.42	2.46	2020	
	46	ウェアラブル/モバイル端末による都市情報(道路・交通標識、案内表示、看板等)のマルチリンガル化	56	2	14	84	2.88	2.85	2.04	2.13	2.23	2020	
	47	走行する道路の場所と時間(または混雑程度)によって課金される道路利用料金システム	68	4	18	78	2.78	2.58	2.15	2.07	2.44	2020	
	48	車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故防止システム(車両、インフラ両方含めて)	65	5	23	72	3.35	3.16	2.39	2.32	2.42	2020	
	49	高齢者が必要なときに利用できる公共交通(デマンドバスなど)システム	69	7	16	77	3.19	2.82	1.93	2.00	2.36	2020	
	50	新材料の利用や構造物、車両構造の技術改善により、新幹線の時速 350km での連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で 70dB(A)以下)を満たす技術	58	7	31	62	3.28	3.33	2.26	2.12	2.16	2022	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.3	3.8	16.0	25.3	28.0	28.0	2.7	2025		3.8	3.8	5.1	20.5	20.5	52.6	1.3	
6.3	10.0	1.4	46.6	12.3	37.0	2.7	2025		8.8	15.0	1.3	36.4	19.5	40.3	2.6	
1.7	8.5	14.5	29.1	21.8	30.9	3.6	2025		5.1	15.3	3.6	25.0	19.6	48.2	3.6	
2.4	6.0	10.1	32.9	17.7	32.9	6.3	2025		7.1	9.5	4.9	17.3	11.1	59.3	7.4	
12.9	7.1	12.1	25.8	40.9	16.7	4.5	2025		18.6	8.6	0.0	18.2	33.3	40.9	7.6	
8.9	5.4	10.2	32.7	18.4	32.7	6.1	2022		10.7	8.9	7.7	23.1	19.2	46.2	3.8	
8.8	4.4	6.6	23.0	18.0	47.5	4.9	2025		16.2	7.4	5.0	15.0	11.7	65.0	3.3	
0.0	3.1	11.9	30.5	22.0	28.8	6.8	2025		3.1	1.5	4.9	19.7	16.4	52.5	6.6	
4.3	5.8	6.1	39.4	13.6	34.8	6.1	2025		5.8	8.7	4.5	36.4	7.6	45.5	6.1	
1.7	8.6	20.0	43.6	14.5	16.4	5.5	2025		5.2	6.9	14.5	34.5	20.0	27.3	3.6	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
車・鉄道・船舶・航空	51	「開かずの踏切」に起因する周辺道路の渋滞や、自動車進入による踏切事故が半減する ITS を活用した安全システム	59	3	27	69	3.21	3.00	2.26	2.16	2.31	2020	
	52	非接触給電によりパンタグラフを必要としない高速鉄道(在来方式鉄道)システム	51	12	24	65	3.04	3.12	2.37	2.39	2.06	2023	
	53	現行船舶と同等のコストで運用可能な 50~60 ノット級の高速海上輸送船	38	5	16	79	2.92	2.92	2.73	2.68	1.97	2027	
	54	北極海などの海域を航行可能な砕氷商船	42	7	21	71	3.02	2.88	2.31	2.33	2.05	2021	
	55	CO2 排出量を半減及び NOx 排出量を今の 20%程度に低減したクリーンシップ	43	12	7	81	3.37	3.26	2.51	2.44	2.16	2025	
	56	所要馬力が 20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	37	3	14	84	3.41	3.17	2.40	2.61	2.03	2025	
	57	航空機と航空管制の双方で高精度運航システムを用いることにより、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術	43	7	16	77	3.49	2.92	2.54	2.46	2.17	2024	
	58	スマート複合材料とモーフィング技術を活用して鳥の翼のように自在に形状を変化させ省エネルギーで飛行できる航空機	34	21	15	65	3.03	2.66	3.06	3.09	2.27	2025	
	59	万一異常な姿勢に陥ったとしても自動的にもとの姿勢に回復させる制御等を利用して離着陸時にも墜落を防止できる安全な航空機	38	8	13	79	3.61	2.97	2.95	2.92	2.51	2025	
	60	環境負荷低減型スペースプレーン	31	3	32	65	3.14	2.93	3.03	2.94	2.40	2030	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
6.8	10.2	16.1	37.5	19.6	19.6	7.1	2025		11.9	10.2	7.0	26.3	15.8	45.6	5.3	
17.6	9.8	17.8	44.4	11.1	17.8	8.9	2025		19.6	13.7	4.4	42.2	11.1	31.1	11.1	
13.2	21.1	25.0	44.4	5.6	16.7	8.3	2030		21.1	26.3	8.3	38.9	19.4	22.2	11.1	
2.4	7.1	14.6	43.9	24.4	12.2	4.9	2025		4.8	11.9	2.4	26.8	39.0	22.0	9.8	
9.3	11.6	17.1	39.0	19.5	14.6	9.8	2028		11.6	14	9.8	26.8	17.1	41.5	4.9	
8.1	16.2	28.6	45.7	11.4	8.6	5.7	2025		5.4	18.9	14.3	45.7	8.6	25.7	5.7	
7.0	4.7	14.6	29.3	29.3	24.4	2.4	2026		9.3	9.3	7.1	11.9	28.6	47.6	4.8	
8.8	17.6	28.1	50.0	15.6	0.0	6.2	2032		17.6	23.5	18.8	28.1	12.5	31.2	9.4	
10.5	10.5	30.6	36.1	19.4	11.1	2.8	2031		13.2	13.2	11.4	31.4	25.7	25.7	5.7	
19.4	12.9	13.8	55.2	13.8	10.3	6.9	2035		16.1	16.1	10.3	48.3	10.3	24.1	6.9	

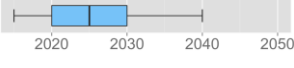
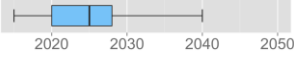
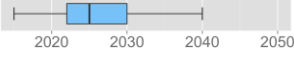
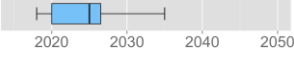
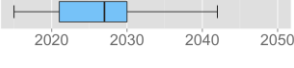
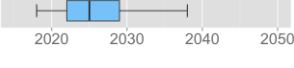


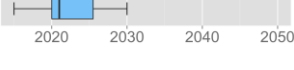
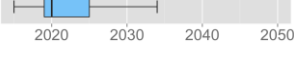
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
車・鉄道・船舶・航空	61	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果した低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル90%減、燃費半減)	37	11	19	70	3.65	2.86	2.81	2.78	1.89	2030	
	62	1人で運航可能な旅客機操縦システム	35	0	20	80	2.83	2.70	2.51	2.54	2.85	2025	
	63	機体毎の情報から不具合の検出あるいは事前予測をすることにより、メンテナンスコストを低減する整備システム	43	7	21	72	3.44	2.93	2.47	2.61	2.14	2025	
防災・減災技術	64	低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機	96	3	14	83	3.38	2.90	2.31	2.34	2.65	2020	
	65	成層圏および有人機の管制圏内で飛行可能で、減災・安全保障のための通信・観測を目的とした高高度無人航空機	63	2	10	89	3.05	2.58	2.29	2.28	2.30	2025	
	66	災害履歴と地盤情報のデータベースを活用した液状化対策技術	120	12	23	65	3.35	3.03	2.40	2.15	2.29	2023	
	67	内湾での大規模な貧酸素水塊の発生を防止・解消する海水流動制御技術	35	6	14	80	3.18	2.90	2.64	2.42	2.15	2030	
	68	はしご車の届かないような場所や川の中州や崖の上など、容易に近寄れない場所にいる、要救助者が使用できる避難道具(ビル避難用"ウイングスーツ"など)や救助装備("フライングプラットフォーム"など)	38	0	5	95	3.05	2.76	2.49	2.16	2.37	2025	
	69	ガレキ中からの救助、建物内の救急搬送などで活躍できるロボット	95	1	8	91	3.57	3.17	2.52	2.50	2.38	2024	
	70	放射線の中での作業において、放射線強度により着色する作業服	54	7	7	85	3.22	2.98	2.47	2.45	2.34	2020	

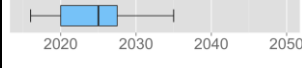
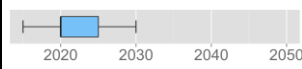
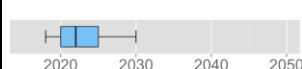
技術的実現		技術実現のための重点施策(%)						社会実装						社会実装のための重点施策(%)					
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他				
10.8	16.2	22.9	54.3	14.3	2.9	5.7	2035		16.2	13.5	9.1	51.5	15.2	18.2	6.1				
8.6	20.0	22.6	32.3	19.4	22.6	3.2	2030		20.0	20.0	9.4	18.8	18.8	46.9	6.3				
0.0	4.7	22.0	51.2	14.6	7.3	4.9	2030		0.0	9.3	4.8	40.5	26.2	23.8	4.8				
0.0	8.3	11.5	39.1	23.0	23.0	3.4	2025		5.2	12.5	3.4	25.8	23.6	39.3	7.9				
9.5	11.1	17.5	38.6	28.1	8.8	7.0	2025		14.3	14.3	6.8	32.2	25.4	27.1	8.5				
5.0	6.7	26.1	28.7	17.4	20.0	7.8	2025		5.0	8.3	8.7	31.3	22.6	27.8	9.6				
14.3	22.9	25.0	37.5	18.8	15.6	3.1	2035		14.3	22.9	19.4	35.5	12.9	22.6	9.7				
2.6	15.8	30.3	33.3	18.2	15.2	3.0	2026		5.3	21.1	11.8	44.1	14.7	20.6	8.8				
0.0	10.5	20.0	47.8	16.7	13.3	2.2	2025		1.1	11.6	9.0	43.8	23.6	21.3	2.2				
3.7	24.1	10.0	52.0	24.0	10.0	4.0	2025		5.6	22.2	8.2	40.8	22.4	24.5	4.1				

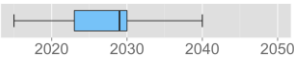
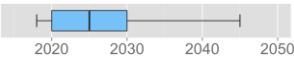
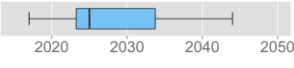
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
防災・減災技術	71	津波を減衰させる、あるいは伝播方向を制御する技術	88	6	23	72	3.19	2.96	2.97	2.79	2.19	2025	
	72	水溶性可燃物の火災を消火可能な脱フロン消火薬剤	46	2	4	93	2.91	2.70	2.35	2.21	2.02	2021	
	73	火災発生時の火災拡大、煙の流れをあらかじめ制御することで、居住者への被害を最小限にする住宅	40	0	13	88	3.10	2.74	2.31	2.24	2.35	2023	
	74	災害現場で、生存者を識別し、救助できる災害救助ロボット	73	0	7	93	3.37	3.17	2.78	2.65	2.50	2025	
	75	屋根の雪下ろしや家屋周り、道路の除雪を安全かつ効率的に処理するロボット	59	2	7	92	3.07	2.76	2.30	2.18	2.12	2025	
	76	ため池群を活用した防災・減災のためのリアルタイム水理解析技術	46	9	20	72	2.87	2.65	2.41	2.23	2.17	2023	
	77	中高層の木造建築物を実現するための高強度木質部材の開発	44	0	20	80	2.67	2.66	2.16	2.02	1.98	2021	
	78	災害時迅速な復旧復興を自動的に立案する意思決定を支援システム	75	7	21	72	2.90	2.65	2.83	2.67	2.82	2025	
	79	100万Kw級原子炉の廃炉技術・放射性廃棄物処分技術の確立	65	6	20	74	3.85	3.12	2.94	2.69	2.92	2029	
防災・減災情報	80	斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる埋め込み型センサ技術と警報・避難支援システム	102	7	32	61	3.49	3.04	2.51	2.21	2.14	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
28.4	26.1	19.5	41.6	15.6	9.1	14.3	2030		30.7	26.1	9.3	40.0	14.7	20.0	16.0	
2.2	32.6	21.4	38.1	14.3	19.0	7.1	2025		2.2	30.4	7.1	33.3	16.7	35.7	7.1	
12.5	7.5	16.2	37.8	18.9	24.3	2.7	2025		17.5	10.0	5.6	27.8	25.0	38.9	2.8	
5.5	16.4	17.4	46.4	21.7	8.7	5.8	2029		8.2	16.4	10.3	39.7	20.6	22.1	7.4	
8.5	13.6	22.2	46.3	9.3	11.1	11.1	2028		16.9	11.9	7.0	45.6	12.3	17.5	17.5	
6.5	19.6	29.3	31.7	12.2	24.4	2.4	2025		8.7	28.3	12.5	27.5	22.5	32.5	5.0	
15.9	13.6	19.5	24.4	24.4	14.6	17.1	2025		18.2	15.9	7.1	26.2	21.4	23.8	21.4	
29.3	10.7	30.4	20.3	15.9	15.9	17.4	2026		37.3	20.0	10.8	21.5	18.5	29.2	20	
6.2	20.0	32.8	24.6	26.2	13.1	3.3	2035		6.2	24.6	30.0	16.7	15.0	33.3	5.0	
1.0	11.8	17.5	57.7	12.4	10.3	2.1	2025		2.0	12.7	15.6	37.5	19.8	27.1	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
防災・減災情報	81	衛星を利用して山地部、急傾斜地や大規模構造物の地形・形状変化を計測する災害防止システム	88	6	26	68	3.31	2.99	2.41	2.31	2.20	2020	
	82	事故履歴と地理情報の統合により、リスク低減に繋がる情報共有システム	72	7	31	63	3.20	2.79	2.46	2.39	2.52	2020	
	83	大規模災害時における効果的な応急対応活動のためのリアルタイム被害把握・拡大予測システム	95	12	28	60	3.57	3.09	2.73	2.57	2.66	2021	
	84	災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに動画通信が可能な無線通信システム	58	7	33	60	3.37	3.09	2.23	2.18	2.21	2020	
	85	転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システム	30	3	17	80	3.27	2.96	2.43	2.39	2.33	2025	
	86	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける極微量の爆薬、麻薬の迅速かつ正確な検知システム	31	0	26	74	3.47	2.89	2.53	2.53	2.39	2020	
	87	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける放射性物質の迅速かつ正確な検知システム	39	5	21	74	3.24	2.80	2.46	2.32	2.47	2020	
	88	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	32	0	13	88	3.38	2.93	2.84	2.90	2.68	2025	
	89	避難活動をスムーズに行うための個人携帯端末を活用したナビゲーションシステム	92	10	22	68	3.22	3.01	2.39	2.33	2.70	2020	
	90	SNSを活用した確度の高い避難情報を把握するシステム	76	14	25	61	3.15	2.84	2.35	2.27	2.68	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.1	13.6	15.2	51.9	16.5	15.2	1.3	2025		3.4	17.0	10.0	51.3	17.5	20.0	1.2	
4.2	8.3	11.9	29.9	22.4	32.8	3.0	2025		9.7	8.3	16.7	22.7	27.3	28.8	4.5	
1.1	10.5	18.0	36.0	23.6	20.2	2.2	2025		3.2	12.6	9.9	30.8	23.1	30.8	5.5	
3.4	19.0	9.8	66.7	3.9	19.6	0.0	2025		5.2	22.4	9.4	37.7	15.1	34.0	3.8	
0.0	13.3	19.2	38.5	19.2	23.1	0.0	2027		0.0	16.7	7.4	14.8	29.6	44.4	3.7	
0.0	22.6	20.0	52.0	24.0	4.0	0.0	2025		0.0	22.6	20.0	32.0	16.0	32.0	0.0	
0.0	20.5	15.6	40.6	9.4	34.4	0.0	2025		5.1	28.2	17.6	17.6	17.6	41.2	5.9	
12.5	31.2	37.0	29.6	18.5	11.1	3.7	2027		15.6	28.1	22.2	29.6	14.8	25.9	7.4	
3.3	6.5	13.8	30.0	16.3	32.5	7.5	2021		5.4	8.7	9.5	21.4	20.2	41.7	7.1	
7.9	7.9	16.2	25.0	17.6	30.9	10.3	2020		7.9	10.5	14.5	11.6	17.4	44.9	11.6	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
防災・減災情報	91	災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制を可能とする、全国的な気圏、水圏、地圏の観測システム	71	10	18	72	3.49	3.19	2.85	2.69	2.39	2025	
	92	個々の建築物、構造物の諸元や利用形態、強度を考慮した浸水・被害予測システム	66	11	32	58	3.15	3.12	2.50	2.34	2.31	2020	
	93	線状構造物(トンネル・縦坑等)の断層変位対策技術	41	5	32	63	3.20	3.17	2.63	2.49	2.15	2022	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装				社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他
9.9	18.3	17.7	48.4	21.0	6.5	6.5	2029		9.9	29.6	9.4	40.6	18.8	23.4	7.8
6.1	12.1	27.1	45.8	13.6	8.5	5.1	2025		7.6	19.7	10.3	31.0	24.1	29.3	5.2
7.3	14.6	23.5	52.9	5.9	14.7	2.9	2025		9.8	17.1	9.1	60.6	9.1	21.2	0.0

8. サービス化社会分野の調査結果

内容

8.1 将来の展望	705
8.1.1. 総論	705
8.1.2. 経営・政策	706
8.1.3. 知識マネジメント	707
8.1.4. 製品サービスシステム(PSS)	708
8.1.5. 社会設計・シミュレーション	709
8.1.6. サービスセンシング	710
8.1.7. サービスデザイン	711
8.1.8. サービスロボット	712
8.1.9. サービス理論	713
8.1.10. アナリティクス	713
8.1.11. 人文系基礎研究	714
8.2. アンケート調査の回収状況	717
8.3. 細目の設定	718
8.4. トピックに関する設問について	719
8.4.1. トピックの特性	719
8.4.2. 技術的实现予測時期	731
8.4.3. 技術的实现に向けた重点施策	733
8.4.4. 社会実装時期	738
8.4.5. 社会実装に向けた重点施策	740
8.4.6. 技術的实现から社会実装までの期間	745
8.5. 未来科学技術年表	747
8.5.1. 技術的实现予測時期	747
8.5.2. 社会実装予測時期	751
8.6. 細目別重要トピックにおける要素技術	755
8.7. 集計結果一覧	766

<概要>

欧州などで盛んに研究されている製造サービスシステム(Product-Service Systems: PSS) の議論、イノベートアメリカで取り上げられ脚光を浴びたサービス科学の議論などを踏まえ、今回新設した分野である。有形物の「製造」の製造・使用プロセスを対象とする考察に端を発し、無形物である「サービス」も含め、様々な主体の間で交換される価値や、そのプロセス、構成方法などを取り扱う分野であり、21 世紀におけるシステムの科学ともいえる。

予測調査のフレームでは、これまで“科学技術予測調査”では取り扱われてこなかった、経済系のトピックや、人文系のトピックも取り扱う点などに特徴がある。特に、細目「経営・政策」及び「知識マネジメント」は回答者数も多く、政策を含めた“マネジメントの工学的支援”への期待・意気込みの高さが伺える。

重要度と国際競争力の観点では、「サービスロボット」をはじめ、「社会設計・シミュレーション」、「サービスセンシング」に関するトピックは重要度・国際競争力両面で高いポイントを得ており、継続的な支援によって今後も我が国が優位を保ち続けられる可能性が見える。

一方、「製造サービスシステム(PSS)」は重要度が高い一方で、国際競争力は低いと評価されている。回答者の自由コメントの中には、「欧州の Horizon2020 などではサービス・PSS 分野に手厚い予算が割り振られている現状を鑑み、我が国が最低限の国際競争力を維持する上でも積極的支援が必要ではないか」といった趣旨のコメントも見られた。

また、分野の歴史が浅いため研究者層の厚みが薄い、といった指摘も見られ、個別のトピック・細目の評価もさることながら、分野自体の振興を求める意見も多く見られた。

8. 1 将来の展望

8. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲

競争力の高い高度な科学技術が、必ずしも付加価値が高く市場性の大きい製品に繋がるわけではない。最終顧客にとって過剰性能な製品になり、基本機能を同じくする低価格商品に取って代わられている。このような社会情勢の中で、モノの構造や機能を高度化して価値提供するという考え方から、モノが使用される時点で提供者と使用者が相互に協力しながら価値を創造するという考え方への転換が求められている。これは、製品の高付加価値化や市場創成という産業領域だけでなく、高齢化や地域過疎化などの社会問題解決のための公的事業にも通じることである。このような背景の中、新たにサービス化社会分野が設定された。製造業がサービス化し PSS を目指す社会、さらには、さまざまな事業活動がサービス学を基盤として設計、運用され、持続的に価値を生産できる社会の実現を指向している。ここでは、このような社会を産み出すために求められる科学技術・学術研究について、その技術動向と国際競争力を見極め、社会問題解決のためにどのように研究資源を投入すべきか、その成果がどの時期に社会実装されていくかを調査した。本稿では、その調査結果から、サービス化社会分野全体の位置付けと方向性について俯瞰する。

(2) 結果の総括及び今後の展望

サービス化社会分野は、経営学や経済学などの人文社会系を含む分野であることを特徴とする。顧客接点階層の科学技術、製品・サービス設計というマネジメント階層での方法論、それらの基盤としての理論的基礎研究があり、研究階層間の相互連成が求められる点も、この分野の特徴であると考えている。他分野の調査結果と比較した場合、サービス化社会分野は、回答者数がやや少ない。これは、新分野であって、成熟した大きな学術団体に支えられているわけではないことにも起因している。年齢層や大学、企業、公的機関の比率などは他分野とほとんど変わりが無い。

他分野と比較した場合、重要度が高いとされたトピックの数が相対的に少ない。冒頭に記述した通りサービス化社会分野は、日本の社会変革を指向するものであり、それ自体の重要性が低いと言うことは考えにくい。重要性が低いという結果は、そのような社会変革の意義は認めた上で、その変革に科学技術がいかに貢献できるかが明瞭ではない点にあると思われる。また、サービス化社会分野の研究は、その国際競争力が低いという結果になっている。これは、研究層の薄さ、研究が文理に分かれ個別に進められている現状、政府系の研究資金が十分ではなく、また民間企業もサービス設計や運用のための科学技術に十分な資金投入をしていないことが遠因と考えている。関係する著名国際会議での発表件数などを見る限り、この分野の研究者個人の研究能力が乏しいわけではない。さらに、サービス化社会分野のトピックについては、その実現について、不確実性が高く、また、非連続性が求められるという調査結果が得られている。加えて、倫理的観点においても、同分野は非常にハードルが高い研究領域であるという結果になっている。サービス化社会は、サービスを通じてさまざまな個人の行動情報や環境情報が収集され、連結されてビッグデータとして分析され、新しい知識を構成していく社会である。このような社会は、個人情報保護や、サービス介入による行動操作という観点において科学技術が正しく運用されない場合の倫理的リスクを内包している。工学系だけで、この分野の研究を推し進めるべきではない理由がここにも存在する。

このような調査結果を俯瞰すると、サービス化社会分野の大きな方向性が伺える。第一は、文系と工学系に分かれ、個別分散的に進められている国内研究の連携を深め、文理融合でなければ解決し得ない大きな社会的課題に取り組む研究を推進することである。すでに、北欧やドイツでは、公的研究機関(VTT や Fraunhofer)に工学系の研究者とともに経営学や社会学を専門とする研究者が常勤職員として雇用され融合的な研究が進められている。大学や研究機関の人事採用の硬直化を解消するとともに、学会などで文理融合型の研究を推進し

ていくことが必要であろう。第二は、実装を担う社会側の意識改革である。社会をサービス化する担い手は研究者だけでなく、それを利用し実装する実社会側のパートナー（産業、地域行政）との連携が不可欠である。パートナーによる研究資源の提供だけでなく、パートナー自身がサービス化への高い意識を持つことが求められる。その上で、顧客接点階層として競争力のあるセンシングやロボットをマネジメント階層と連携させ、PSSとしてデザインし、ビジネスとしてマネジメントするような研究課題に取り組んでいくべきである。そのサービスを通じて蓄積される情報について知識マネジメントが用いられ、その知識が再びサービスの高度化設計や生産性向上に環流する。これらが個別に進められるのではなく、社会実装を目標とする具体的なプロジェクトとして文理、産学連携で推進することが、この分野の研究ポテンシャルを高め、国際認知を高めることに繋がる。これらのプロジェクト指向型研究の基盤として、サービス理論、アナリティクスなどの基礎的研究を進め、新しい理論的パラダイムの変換を目指す。このような戦略的な研究活動と社会実装実績によって初めて、当該分野の科学技術がサービス化社会への変革に不可欠のものと社会認知され、その重要性が理解されることになろう。それが、倫理的ハードルが高く、非連続性、不確実性が高いこの分野に果敢に挑戦する研究者を増やし、層を厚くしていく。

サービス化社会分野のトピックの多くは、他の分野に比べ、研究開発の実現年が近い将来に設定され、かつ、研究開発から社会実装実現までのスパンが短い傾向があった。研究課題の難しさや倫理的ハードルの高さとは、相反する結果のようでもある。環境・エネルギー分野にも似たような短期化の傾向が見られることから、サービス化社会で解決しなければならない課題の多くが永く待つことのできない喫緊の課題であることを意味していると考えている。文理融合、産学連携によって、サービス化社会をいち早く産み出すことが求められている。

(持丸 正明)

8. 1. 2. 経営・政策

(1) 本細目の検討範囲

日本学術会議の「日本の展望-学術からの展望 2010」にもあるとおり、従来の科学技術の指す自然科学のみでなく、人文・社会科学も含めた諸科学の総合が 21 世紀の人類社会の課題解決には必要である。世界経済におけるサービス化の進展がサービス研究を加速させている現在、サービス化社会を論じる際、企業経営の視点・政策的視点は欠かせない。本細目では急速にサービス化していく現代社会において、企業や行政の視点で取り組むべき課題に関する設問を設定した。具体的には、世界的な貧富差の解消に関わる BOP 問題（経済）、情報や知識といった無形財の取り扱いに関する法令・知財（法律）、成果の発現までに物財よりも時間がかかるサービスを評価するための財務諸表・株式評価・サービス価格（会計）、また、顧客や従業員などの人の問題を扱う顧客・従業員評価（マーケティング・マネジメント）といった広範な経営・政策課題が対象となった。

(2) 本細目のトピック

重要度に関しては、上記の BOP（世界的な生活の質の向上）問題、無形財である知財利用の枠組み確立、政策立案へのビッグデータ利用への評価が高く、次いで、企業の KPI 関連（短期・経済成果重視から長期・社会的価値への移行）の項目が続いた。重要度に対し、本細目全般に言えることだが、国際的競争力の評価は低い。この点を前提に、本細目における 3 つの特徴を指摘したい。ひとつ目は、技術実現年予測と社会実装年予測間に 0 年から最大で 5 年程度の差しかないことである。これは、経営・政策に関わる課題は、技術が開発されても解決せず、社会実装されて初めて完結すること、すなわち、社会実装そのものが研究対象となることが正しく捉えられているためと考えられる。第 2 点目として、技術実現・社会実装両面において、環境整備の必要性が強く認識されている。本細目では、単独企業での実現が難しい社会的課題を含んでいる。例えば、企業成果の長期評価への移行は、有価証券報告書形式や、株式・金融市場の枠組み全体に関係し、また、法制度の変更などの環境整備も伴う。第 3 点目として、BOP 市場への対応、企業と顧客の長期的関係性・従業員評価などで、人材戦

略に重点を置くべきとの指摘がされている。その系の中にヒトが存在するシステムであるサービスにおいて、人材戦略はこれら課題解決の要であるとの認識がなされている。

(3) 今後の展望

世界経済のサービス化が進む中、国際競争力の弱さは重要な指摘であり、強い危機感の表れでもある。冒頭でも述べたとおり、社会経済現象に関わる本細目のトピックは、従来の科学技術のみでは解決せず、社会実装そのものが研究課題となることを理解した上での、科学技術政策が急がれる。

(戸谷 圭子)

8. 1. 3. 知識マネジメント

(1) 本細目の検討範囲

多くのサービスでは、サービス提供者として人間が関与する。そこでは、サービス提供者の知識がサービスの質と効率に大きく影響する。また、サービスをサービス提供者と需要者の価値共創と捉えるならば、サービス需要者の知識もサービスに影響する。従来から、サービスにおける知識の重要性は認識されており、マニュアルやノウハウといった形式知や熟練者の暗黙知として扱われてきたが、今後は最新のICTやサービス学の研究成果を活かして、より科学的(情報科学、社会科学)なマネジメント(知識創造、蓄積、移転、教育、評価)手法の技術開発及び社会実装を行い、サービスの質と効率を革新的に向上することが望まれている。

(2) 本細目のトピック

チェーンストア化された小売店(コンビニエンスストア)、飲食店、宿泊施設のサービスに代表されるように、形式知化が容易な知識に関しては、手順化やマニュアル化などの体系的な知識マネジメントが進んでおり社会実装されてきた。しかし、手順やマニュアルに落とし込めない暗黙的な知識の科学的な扱いは発展段階であり、活発に研究開発が行われている。特に、ICTによる新しいサービスセンシングにより、暗黙的な知識への科学的なアプローチが可能になってきた。具体的には、職人的熟練者の技能やスキルをメディア(画像、音声など)やセンサ(位置、加速度)等で計測し、データベース化し、その伝承を支援する研究開発が行われており、国際競争力も高いと認識されている。一方、医療や介護の分野では、体系的な形式知化の取り組みは継続して行われてきたが、超高齢化社会に対応する医療・介護地域包括ケアには多職種の知識の体系化と共通言語化が重要だと認識されている。さらに、サービスセンシングで蓄積された知識の活用法に関しても、ICTを利用することでサービス提供者へのナビゲーションやeラーニングとOJTのハイブリッド教育など、従来は科学的に扱っていなかった暗黙的を含む知識の移転や教育が重要だとされている。一方、おもてなしなどのハイコンテクストなサービスの知識マネジメントのICTを使った自動化に関しては、不確実性および非連続性が高いと認識されている。

(3) 今後の展望

知識マネジメントに関しては、技術的実現と社会実装までの平均期間が3.3年と比較的短い。これは、知識マネジメントの技術開発自体が、社会実装のための課題解決がターゲットであるからであろう。また、知識マネジメントに関しては、技術だけでなく意識改革や制度改革が必要であるという意見も多い。一般的に、サービスの知識マネジメントは、技術的なブレークスルーで急な変化が起こるものではなく、意識改革や制度改革を含めて地道な積み上げが必要であろう。一方、熟練技術の伝承などの限定された分野では、サービスセンシングの革新が知識マネジメントに大きな変化点をもたらすという期待も大きい。

(内平 直志)

8. 1. 4. 製品サービスシステム (PSS)

(1) 本細目の検討範囲

新興国の技術向上や製品のコモデティ化の急速な進展に起因する、先進国製造業の極めて厳しい状況を打開するために、製品中心型で大量生産思想型のこれまでのビジネスモデルとは異なる新たな価値創出の枠組みが求められており、製品の生涯、提供者と受給者双方による活動の全般を対象としてサービスを提供する「製造業のサービス化」が、産学官の注目を集めている。製品とサービスの高度な統合により、製品の使用価値、文脈価値を最大化するビジネスモデルは「製品サービスシステム(Product-Service Systems, PSS)」と呼ばれる。

(2) 本細目のトピック

本科学技術調査においても、サービス化社会分野における細目別のトピックの平均重要度においてPSSに関する値が突出しており、このことを裏付けている。PSSは製品とサービスの単なる統合を意味するものではなく、これを中核として価値創出する社会基盤、ステークホルダーによる共同・協業のためのネットワーク構造の構築を促すものである。PSS研究は、2000年代前半から欧州と日本を中心に進められてきた。欧州は事例分析、事例開発にその研究開発の主軸を置き、旧来型ビジネスからPSS型ビジネスへの移行方法に関する研究を行ってきた。ドイツでは、2020年までの中期計画・High-Tech Strategy 2020 Action Planに基づく国策として、Industry 4.0(第4次産業革命)と呼称する国家プロジェクトが進められている。モノづくりとITの高度統合による高付加価値達成の考え方は、極めてPSSの思想と近く、Smart FactoryやInternet of Things(IoT)、Machine to Machine Communication(M2M)などの技術コンセプトは、提供者と受給者双方による活動の全般を対象としてサービスを提供するPSSのコンセプトとともに実用化されるものであり、Industry 4.0の進行に伴い、PSSの研究開発がこれまで以上に急伸する可能性が高い。英国では、PSSと近い動機に基づくPrivate Finance Initiative(PFI)やPartneringなどによる事業実績が蓄積され、実践的な研究開発が進行している。現代社会における保守・保全サービスの重要性に着目し、Through-life Engineering Service等の呼称のもとで、保守・保全に関する研究開発とPSS研究開発の統合化、横断化が加速している。他方日本では、PSSの設計方法論とそれに基づく設計支援手法、設計支援ツールの開発が進み、欧州のPSS設計研究に先行している。しかし産業界におけるPSSの開発事例は少なく、その応用研究、産業化は欧州と比較して著しく遅れている。この理由に、日本が英国やフランスとは異なり、PFIやPerformance Based Logistics(PBL)、Partnering等の実績に乏しく、国内でのPSSに対する理解が進まないこと、および関連する法整備の遅れがある。加えて、高度成長期の大量生産・販売により成長を遂げた国内製造業にとって、製品販売により得られる交換価値よりも、サービスの提供によって得られる使用価値、文脈価値を重視するPSS型ビジネスモデルは、その意味・意義を理解することは出来ても、その業態へ実際に転換し、ビジネスを展開することには大きな抵抗が存在する。本科学技術調査においても、サービス化社会分野においてPSSの国際競争力の低さが指摘されており、回答者のここでいう抵抗の存在に対する認識、危機感を裏付けるものと考えられる。これ以上の国内製造業の弱体化を抑止し、国際競争力の再獲得による国益の維持・向上を達成するに、この障壁を効果的かつ速やかに解消するための効果的な手立てを国策として整備することが極めて急がれる。

(3) 今後の展望

PSSの国内進展を促す鍵は、法整備による公共事業の民間委託の助長と、国内製造業の脱物質的なビジネス志向、積極的な横断的協業推進へのマインドセットの変革を促すことにある。特に後者に関しては、現状の製造業によるAsIsのビジネスモデルを起点とするフォアキャストによるビジネス設計から脱却し、マクロな社会動向のWillBe予測からToBeを定めるバックキャスト型のビジネス設計に移行し、AsIsからのフォアキャストでは決して導出できないToBe像、およびその実現に際してAsIsに不足するレバレッジを見出し、その補間を可能とするステークホルダーによる共同・協業のためのネットワーク構造の構築を画策すべきである。またこのネットワーク

構築に際しては、異企業間のみならず、企業グループ内においても現状の過度な分業、独立化、およびそれに伴う排他的体質を見直し、製品とサービスの高度な統合により、製品の使用価値、文脈価値を最大化する共同・協業のためのネットワーク構造の構築を促すことが極めて重要である。

(下村 芳樹)

8. 1. 5. 社会設計・シミュレーション

(1) 本細目の検討範囲

社会設計は、特に社会的サービスを楽しむ側が何を必要だと考え、何を不要だと感じているのかを適切に踏まえ、あるべき社会像を適切にイメージし設計していかなければならない。この実現のためのキーワードが、「公共サービス」、「高齢者／障害者」、「地域」、「危機対応」などである。生活者が便利で安心して暮らせる社会は、設計段階から仕組みが導入された後の社会やその変化を適切に予測し、その実現を目指さなければならない。必然的に精度の高い将来予測が求められるが、その実現に必要なデータを継続的に測定し続けることはどれだけ測定技術が進展しても困難であり、それを代替する頑健な技術開発が必要になる。

本領域は前段の問題意識に基づき、サービス化社会を高度化するために必須だと考えられる社会設計のための「シミュレーション技術」と上述した4つのキーワードに対応する「直接的に生活者の暮らしを便利にする技術」から構成することにした。

(2) 本細目のトピック

社会設計・シミュレーション領域の技術に対する、現在から中長期的な時点での期待される効果は、結果を総合的に勘案し評価すると、他のサービス化社会技術に比べて高い結果となっている。回答者の多くが、社会設計・シミュレーション技術が実現できればより良い社会が実現できる一助に出来ると考えていると推察できる。その意味でこの結果は、予想した結果と一致する。

重要度指数によれば、社会設計・シミュレーション領域の技術の重要度は、本分野の他領域の重要度に比べて高い。個別トピックの重要度では「健やかな高齢社会に向け、(中略)データベースとして管理・分析される」や「高齢者や障害を持つ方が(中略)ロボットも共生し易い住宅設計技術が確立する」などの高齢者、障害者に関連する技術は、特に期待されている。一方で、社会設計・シミュレーションの技術の革新性(非連続性)は、平均的にみるとそれほど高くないが、「超多数ノード(個人)により構成された(中略)シミュレーション技術が確立する」については101トピック中6位となっており、技術的革新性が重要という認識の課題も存在している。

社会設計・シミュレーション領域の技術的实现については、技術实现の不確実性も低く、相対的に高い結果である。ただし、技術实现のために最も重点を置くべきトピックについては、「資源配分」という認識が示されている。これは要素技術としては实现可能だと考えられるが、そのためには資源配分が必須であり、逆に言えば資源配分できなければ当該技術を実現できない可能性が高いという判断であろう。

(3) 今後の展望

高齢化等の社会変化が生じている日本社会で、活気のある、サステナブル社会を実現するためには、現実の姿を前提として適切に設計したサービス化社会を実現しなければならない。洗練されたサービス化社会は、サービス需要者のニーズを反映した、しかも供給者が長期にわたってサービスを提供し続けられるように設計された社会である。しかし、その前提となる「サービス需要者のニーズ把握」は不確実性が高く、しかも継続的かつ正確に把握することは困難である。前節の調査結果に示したように、社会設計・シミュレーション技術の不確実性は低いという認識であるが、その前提となる需要サイドの不確実性は極めて高いのである。その点に対応可能な社会設計技術を開発しなければ、社会に役立つ社会設計技術にはなりえない。そこで脚光の当たる技術

の1つが、シミュレーション技術である。実世界の複雑現象に対応可能なシミュレーションが実現できて初めて、サービス化社会で有効な技術になるのである。ただし、本調査結果が示すように必ずしもその難しさが社会的に共有されているわけではない。そのような困難に対応するには、今後、サービス化社会における社会設計・シミュレーション技術の重要性を国民に理解してもらうことが、「資源配分」を担保し、その高度化をはかるための最重要事項だと考えられる。

(佐藤 忠彦)

8. 1. 6. サービスセンシング

(1) 本細目の検討範囲

サービス提供者と需要者が価値共創を行うサービスシステムにおいて、サービス提供者、サービス需要者、およびサービスが行われる環境の状態を計測して、それを価値共創に活用する情報・知識処理基盤をサービスセンシングと呼ぶ。具体的には、サービス需要者(顧客、患者、高齢者)やサービス提供者(従業員、ケアスタッフ)の行動や生体情報の計測および気づきや感情の計測、サービス施設などの環境の状態の計測、および計測された情報や知識の蓄積と処理を行うシステムであり、部品としてのセンサデバイス技術やアナリティクス技術は本細目の範囲外とする。サービスセンシングは、サービスシステムの中で情報通信技術の進化の恩恵を直接的に受ける部分であり、サービスシステムのイノベーションの起点として極めて重要である。

(2) 本細目のトピック

センサおよびウェアラブルデバイスの小型化と高性能化、IoT (Internet of Things)や M2M (Machine to Machine)のインフラの整備、および収集した情報・知識処理(画像処理や音声認識を含む)の高度化により、サービスセンシングは大きな変化点を迎えつつある。現時点ではサービスセンシングの活用はまだまだ発展途上であり、オンラインや IC カードの購買行動分析などは社会実装されているが、位置や加速度などの物理センサの高度な活用は研究や試行評価は行われているものの、本格的な社会実装はこれからである。ただ、他の細目に比べると技術的实现時期および社会実装時期は比較的早いと予想されており、また国際競争力も高いと評価されている。具体的には、高齢者の見守りや店内顧客行動リアルタイム測定が重要だと認識されている。ここで、IoT や M2M インフラがオープンかつ低コストで利用できるようになることも重要である。また、物理的なセンサだけに依存せずに、人間の気づき(人間センサ)の補完的な利用も考慮すべきであろう。一方、人間の行動、生体、感情などの個人情報の扱いには倫理的課題の指摘が他の細目に比べて最も大きく、インフォームド・コンセントなどの環境面の整備の重要性が指摘されている。

(3) 今後の展望

今後、日進月歩で発展するセンサ、ネットワーク、情報・知識処理を活かしたサービスセンシングが、現実のショッピングやヘルスケアに代表されるサービスで活用され、サービスのイノベーションを起こしていくことは確実であろう。ただし、倫理的課題をどのようにクリアできるかがポイントとなる。一方、サービス品質評価に関しては、アンケートなどの間接的な評価法はある程度確立しているが、センサによる主観や感情の直接的な計測に関しては、不確実性や非連続性が高いと認識されており、脳機能計測などの何らかの技術的なブレークスルーが起きるのか現状の状況が継続するのかが要注視である。また、サービスセンシングの国際競争力があっても、サービスシステムとして競争力を持つためには、サービスセンシングを活かしたサービスデザイン力が求められる。

(内平 直志)

8. 1. 7. サービスデザイン

(1) 本細目の検討範囲

タブレット画面のタップやホームページ上のクリックで自動車が購入できる時代、サービスはどのようにデザインされるべきか。ICT の技術進化と普及によって、時間の制約、空間の制約を飛び越えた多様なサービスが夢物語でなくなったにもかかわらず、我々はまだその恩恵を十分には享受できていない。サービスのデザイン手法が確立していないことと、ICT などの技術進化と普及にサービスデザインの進化が間に合っていない点である。いまだに物理的なショーケースをただホームページの写真集に置き換えただけのサービスサイトや、パソコンの前で熟考して買い物する顧客しか想定できず、寝室やトイレデータタブレットから通販サイトをめぐる新たな購買者に対応できていないショッピングサイトなど、サービスという概念そのもののアップデートが急務である。

今回、サービス化社会の細目「サービスデザイン」においては、サービスデザイン手法の確立や支援技術に関する 6 つのトピック(49～54)と、サービスデザインの普及にともなう社会変革に関する 4 つのトピック(55～58)とに大別してアンケート項目として設定した。

(2) 本細目のトピック

アンケートからは、トピック 49「『おもてなし』の様な固有の文化に大きく依存するサービス提供のコンテキストを明示するための、サービスプロセス記述手法が確立する」、トピック 50「サービスの故障診断、リスク回避など、サービスの信頼性向上のための汎用性を有する技術、ツールが整備される」など、サービスプロセスの記述手法が確立し、サービスの固有性、信頼性にかかわる技術開発が重要視されていることが伺える。

サービスデザインの 10 のトピック設定のほとんどで、実現可能性や社会実装については、2020 年から 2025 年とおよそ次の 10 年のあいだには実現していると予測されているが、たとえば「56 デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する」のように、不確実でその実現性も疑問視されているトピックも残っている。これは、知的協調活動や創造的活動に関する学術的体系化がまだまだ十分でないという研究者の共通理解によるものと思われる。しかし一方で、SNS を介した分散ものづくりのビジネスモデルがすでに登場してきており、アイデア出しに 5%、CAD データの作成に 7%、工程設計に 10%、などと貢献度に応じた報酬分配型のものづくり実践がサービスとしてすでに先行しており、学術的体系化を経験的分配が牽引する体制がしばらく続きそうだ。

サービスデザインのトピック設定の全般において、倫理性の項目への関心がそう大きくなかったことが意外な点であった。これはセンシング技術によって得られる生データや、個人情報の取り扱いそのものの方が倫理的課題を内包していて、サービスデザインの段階ではすでに普遍化されたデータに対する対応になるであろうということで懸念が少なかったものと解釈できる。その中でも、倫理性に関する懸念を残すトピックとしては、トピック 51「自動車や学校教育など、インターネット上で売買されてこなかった生活上の大きな購買に関わる意思決定までもがネット上で行われることに配慮した新たな UX(User experience)デザインが重要となる」、トピック 55「情報技術を用いたデザイン支援ツールの拡充と 3D プリンター等の普及に伴い、ユーザ自身での製品・サービスのカスタマイズやリデザインが一般化する」が挙げられる。これらは、既にサービスの実践がスタートしており、具体的課題が露呈し始めたことによるものと考えられる。

(3) 今後の展望

技術実現と社会実装のための重要政策としては、ソフトウェア設計における UML のような標準化や大学の一般教養科目に組み込まれるような人材戦略への関心が特に高い(トピック 52、53)。サービスデザイン人材の裾野が広がるのが、当該分野の成長に欠かせず、特に ICT とサービスの融合領域における人事交流が活性化することが今後は特に重要と思われる。

さらにサービスデザインが社会変革へとつながるには、サービスデザイン手法やサービスデザイン支援ツール

がより爆発的に普及し、これまでサービスの消費者とされてきた人たちが、いかにサービスを生み出す側に回れるかが重要である。現状は、サービスデザインの経験的な実践が先行しているため、今後さらにサービス化社会に関する実践的研究や体系化が加速することに期待したい。

(塩瀬 隆之、竹中 毅)

8. 1. 8. サービスロボット

(1) 本細目の検討範囲

サービスロボットの定義は未だ決して一意に定まってはいるが、ごく一般的にはこれまで産業用ロボットと称されてきた、工場内での製品製造工程の自動化手段として用いられてきたロボットとは異なり、より広範なフィールドにおいて多様な目的のもとで使用されるロボットの総称として用いられている用語である。国際的にもロボットの適用範囲の急速な拡大に大きな注目が寄せられており、例えば物流大手の Amazon 社が Kiva System 社を買収し、自社の物流システムの機能強化を図り、また、インターネットに関連する総合サービスを提供する巨大企業である Google 社が複数のロボット企業を買収し、自動運転車を始めとする smart machine と、ビッグデータを伴う情報サービスとの高度統合を画策する話題など、極めて刺激的でロボット技術の新たなビジネス展開の可能性を示すニュースが日々多くのメディアで取り沙汰されている。日本国内においては、製造業を取り巻く状況が継続して厳しさを増す中で、国際市場において日本製ロボットの占める割合が未だ過半数を占めるなど、自国製造業を支える基幹製品として安定的な強みを発揮していることに対する強い信頼感に加えて、産業用ロボットからサービスロボットへの適用範囲の拡大によるロボットビジネスの爆発的成長への渴望、国勢の少子高齢化の進行に伴う、来るべく労働力人口の確実な不足への対抗手段としての多機能ロボットへの要請など、サービスロボットに対する期待は日々一層高まる傾向にある。

(2) 本細目のトピック及び今後の展望

本科学技術調査においても、サービス化社会の分野にて、総合的に重要とされたトピック上位 20 位のうち 8 件がサービスロボットに関するものであることに加えて、そのほとんどが上位トピックに位置していること、また、国際競争力の高さを指摘する回答がこの事実を極めて強く裏付けている。このような背景のもと、国策としてロボットの研究開発に対する継続的な投資が行われてきた結果、国内のロボット技術は海外のそれとは異なる独自性を持つ成長を遂げ、我が国のメカトロニクス関連技術の総括的な立場を確立するとともに、サービスロボットと呼ばれる新たな市場を迎えるための課題がより明確に把握されるに至っている。その代表的なものが、適用フィールドの広範さ、多様さに伴う環境の非構造的な対応問題である。工場という極めて構造的ななされた環境で使用される産業用ロボットと異なり、サービスロボットは、商業、食品、医療、介護、農業など、多様で非構造的な場における雑多な作業の自動化および人間の作業支援をすることが要望されており、これまでの産業用ロボットの単純な延長では実現困難な課題を多数有している。本科学技術調査においても、サービスロボットに関するトピックは、全般的にトピックの不確実性が低いと評価されている一方で、一部のトピックにおける非連続性が指摘されている。また、その結果、ロボットのハードウェアよりも寧ろ複雑な動作制御や HCI に関連するソフトウェア開発に多大なコストが必要とされることが予想されており、これを単純な高価格化につなげることなく、いかにビジネスとして成立させ、広く社会に普及させるかという課題も存在している。また、国策としてサービスロボットに取り組む理由の一つは、これにより国内製造業の強化と活性化、国内製造業のものづくり技術、ビジネス力の底上げを図ることであるが、この目的を達成するためには、これまでインハウスの開発が中心に行われてきたロボット業界において、いかに知識と技術の共有レベルを高め、オープンな協業を実現するプラットフォーム環境を実現するのかという課題を解決することが極めて重要である。本科学技術調査においても、サービスロボットの社会実装に向けた重点施策に関しては環境整備がほぼ 50%という非常に高い値を示しており、このトピックに対する回答者の認識の高さの現れであると考えられる。

(下村 芳樹)

8. 1. 9. サービス理論

(1) 本細目の検討範囲

サービス化社会分野は、物財中心の社会からサービス財(ここでは狭義のサービス財定義である無形財を指す)中心の社会への転換という社会的現象を対象とする。こういった対象を扱うためには、理工学的な技術のみではなく、社会や人の問題を扱う人文・社会科学に基づく理論構築が必須となる。そこで、サービス理論を対象とする本細目が設定された。具体的には、これまで分離されてきた物財とサービス財を融合的に扱う新理論の構築・普及とそれに伴う新たな産業分類、経営分野で鍵概念となりつつある価値共創理論の精緻化、サービス提供者・被提供者間の共創価値を測定する尺度や生成過程のモデル化、そこでの人間の感情の役割を解明する理論構築などのトピックが設定された。

(2) 本細目のトピック

重要度に関しては、物とサービスの融合理論の構築、製造業サービス化に伴う新産業分類の確立への評価が高く、次いで、価値共創の尺度化、サービス提供者・被提供者のダイナミズム解明やリテラシー向上システムなど、共創価値に関連するトピック、また、サービス工業化(IT・ロボットなどで人の代替)における効果的効率化のフレームワークに関する項目が重要とされている。一方で、それらの国際的競争力評価は一貫して低く、早急な対応が必要と考えられる。本細目に特徴的な部分としては、サービス生産に参加する人間の感性や感情の構造解明・モデル化に関するトピックは、不確実性・非連続性が高く、チャレンジングな研究トピックと捉えられている点であろう。それを反映して、これらの技術実現・社会実装実現のためには、人材戦略に重点を置くべきとする意見が多い。同時に、海外ではすでに共創に関する理論構築がある程度先行して進んでいることから、CSV理論精緻化・ステークホルダーの相互作用の理論化などに関しては、資源配分・内外の連携・協力を注力すべきことが指摘されている。また、サービス理論は技術的な実現から社会実装にかけて、より時間がかかると考えられており、実現年が2030年以降とされるものが複数ある。

(3) 今後の展望

サービス理論の構築は、人間同士のダイナミズムを扱うなど、これまでの研究とは非連続的、且つ不確実性の高い、チャレンジングな研究領域といえよう。世界経済全体が急速にサービス化し、先進各国が本分野の政策的育成に注力する中、日本は国際競争力において劣っており、サービス研究者数も少ない。基盤となる理論が構築されなければ、サービス化社会のための科学技術研究は、その進む方向を見誤る可能性もあり、本領域の研究者育成、そのための資源配分・内外の連携・協力といった政策は極めて重要と考える。

(戸谷 圭子)

8. 1. 10. アナリティクス

(1) 本細目の検討範囲

サービスには、その供給者と需要者が存在する。供給者が企業等の組織で、需要者が個人という形態が一般的であるが、必ずしもその形態ばかりではなく、個人が供給者であり、需要者であるといった形態も存在する。サービスの「場」では、供給者-需要者間、需要者-需要者間等のプレイヤー間の様々な相互作用が存在し、結果、サービスが消費されていく。ICTの進展により、サービスの場における様々な需要者の行動の結果データが大量に蓄積されるようになっている(ビッグデータ)。サービス分野でも他の領域と変わらず、このビッグデータの高度活用が期待されている。

ビッグデータを統計的に解析し、需要者個々の行動に至るメカニズムや行動の予測が出来るようになれば、

サービスの形態、その質または効率を高めることができる。そのような観点から、本領域はサービスにおけるビッグデータの進展を前提とした、統計モデル、機械学習の高度利用による個人行動のメカニズム解明、行動予測、マクロ的流行予測などに関連する技術から構成することにした。

(2) 本細目のトピック

アナリティクス領域の技術に対する、現在から中長期的な時点での期待される効果は、結果を総合的に勘案し評価すると、他のサービス化社会技術に比べて、それほど高くない結果となっている。これは回答者の多くが、アナリティクス技術のサービス化社会高度化へ向けた活用の難しさを認識していることを反映していると推察できる。一方で、アナリティクス技術の国際競争力が低いという評価は、逆説的ではあるが国際競争力を高めてほしいという願望を表すものである。この結果は予想された結果と一致する。

アナリティクス領域の技術の重要度については、相対的に見た場合重要度指数が低い。しかしながら、個別トピックの重要度では「演繹推論(シミュレーション)と帰納推論(統計的モデリング)を融合した技術(データ同化)」や「センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータのリアルタイム利用によって」個人行動を予測する技術については期待度が大きい。また、アナリティクスの技術の革新性(非連続性)については、平均的に見た場合他の領域と大きな差はないが、「多数の顧客を対象とした個別対応型サービスをサポートするために必要な超複雑モデル」については101トピック中2位となっており、技術的革新性が必要という認識の課題も存在している。

アナリティクス領域の技術的实现については、相対的に高い結果である。一方で、技術实现のために最も重点を置くべき課題については、人材戦略という認識が示されている。これは要素技術としては、実現可能だと考えられるがそこで必要になる人材が絶対的に不足している現状を反映した認識であろう。

(3) 今後の展望

サービスに関わる行動データの蓄積は、今後もますます進んでいくことになる。こういったデータを有効に活用できるかどうかによって、サービス提供企業の競争優位性、サービス自体の質、サービス消費者の満足度など、サービスの様々な側面に影響する時代になる。すなわち、サービス化社会を高度化するためにはアナリティクス技術の高度化が必要不可欠なのである。また、サービス化社会も含まれる社会科学分野では、アナリティクスというとデータを高速に選り分けたり、判別したりする技術に焦点が当てられがちであるが、それだけでは不十分である。サービスに関連するデータが生じるメカニズムにまで踏みこめるモデル化技術が開発できて初めて、サービス化社会で有効な技術になるのである。ただし、本調査結果が示すように必ずしもその認識が社会的に共有されているわけではない。今後、サービス化社会におけるアナリティクス技術の重要性を国民に理解してもらうことが、当該領域における現時点で最も重要な課題と考えられる。

(佐藤 忠彦)

8. 1. 11. 人文系基礎研究

(1) 本細目の概要

サービス化が進む社会においては、顧客や従業員といった人間的側面のより深い理解と支援が産業全体の持続的な発展と生活の質の向上のために極めて重要である。特に、顧客や従業員の行動や意見が大量のデータとして蓄積されるようになった現代社会においては、人のプライバシーを守りながらも、よりパーソナライズされた利便性の高いサービスが求められている。また、SNS やクラウドサービス等の発展により、集団や社会の活動が情報としてネットワーク化されるようになった結果、場所や地域を超えた集団的な意思決定が可能になりつつある。

そのような背景から、主に科学・工学的な技術が予測対象とされてきた科学技術予測調査において、「人文系基礎研究」という人間活動を扱う領域が新たに加わったことは、時代にあった大きなチャレンジであると言える。また、そこには脳科学や心理学、社会学といった人間科学分野で研究が進められてきた基礎研究を社会を支援する技術として発展させていくことに対する大きな期待が含まれている。

(2) 本細目のトピック

本領域では 11 個の質問項目によって構成された。そこでの主なトピックやキーテクノロジーは大きく以下の 3 つの方向性にまとめられる。

- A) 大規模なデータから多様な人間の行動を理解し、モデル化する技術
- B) サービスに関する現場のノウハウを知識化し、従業員など個人の効率的な学習を促進するための技術
- C) サービスに関わる顧客の従業員の心理や満足度の構造を理解し、より付加価値の高いサービスの提供を可能とする技術。また海外の顧客のニーズや文化を理解しカスタマイズするための技術。

A に関して、例えば、「人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する」というトピックに対して、重要度が高く、かつ近い将来に実現可能であるという回答が多かった。これはビッグデータ時代において、このような技術が現実的に喫緊の課題となっていることを示唆している。また、その実現に向けては「人材戦略」が重要という意見が多いことから、現状では、実務的にデータ分析をする人材が不足しているという認識が多くあるのではないかと推測される。

B に関しては、例えば「脳科学や認知科学に基づいて、個人の最適な学習方法を発見する技術が確立し、教育や発想支援システムの開発に応用される」というトピックについて重要度が高い評価された。ただし、倫理性や不確実性も高く、個人のパーソナルデータの取扱いへの懸念等への配慮が不可欠であろう。また、学習を支援する技術に関して、「クリエイターの思考プロセス、手法と言った暗黙知を形式知化、アーカイブし、教育や発想支援システムの開発に応用される」や「サービス現場で生じる従業員の失敗に対する顧客の評価アルゴリズムが明らかになるとともに失敗事例の社会的蓄積と社会的合意が進み(以下省略)」など、個人の暗黙知を活用できる仕組みについては、重要性があるものの不確実性、非連続性が高く、倫理性も高いという評価が多く得られた。このような技術に関しては、心理学等で培われた知見を生かしながら、試行錯誤を通して有効な技術を構築していく必要があるものと思われる。

C に関しては、「サービスの機能と顧客の満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる」ことや「顧客の嗜好性を簡単な質問によって類型化できるようになる」といった顧客心理の詳細な理解を可能とする技術に関して、現在でもある程度の取り組みがあることなどから、重要度よりも倫理性が高く評価された。また「従業員の適性検査が一般化し、従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる」といった質問や「従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される」といった質問に関しては、実際にサービス事業者からのニーズは高いと考えられる一方で、今回の調査では非常に倫理性が高い技術であるとの意見が多かった。このように、人間活動の評価や分類に関する技術は、倫理性や人間性に深く依存するため、技術そのものだけでなく、プライバシーやコンプライアンスを考慮したシステムや制度と同時に技術予測を考えることが重要であると考えられる。

(3) 今後の展望

労働集約性の高いサービス産業においては顧客や従業員といった人間の活動を支援することが極めて重要である。しかしながら心理学や脳科学に代表されるように、人間活動を分析しモデル化する研究(技術)と、それを利用して新たなサービスを構成(シンセシス)していくこととの間には、倫理的な課題が多く存在する。この分野での研究開発を推進するためには、人間科学、社会科学と工学等、真に分野融合的な取り組みが必要であると

ともに、社会的なコンセンサスを得るための制度やルール設計が今後ますます重要になってくるものと考えられる。

(竹中 毅)

8.2. アンケート調査の回収状況

サービス化社会分野についての回答者内訳は、以下のようになっている。

表 2-8-1 サービス化社会分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	7人	職業	企業その他	137人	回答者の専門度の構成	高	22.9%
	30代	71人		学術機関	138人			
	40代	88人		公的研究機関	49人			
	50代	82人	職種	研究開発従事	243人		中	35.4%
	60代	34人		管理・運営	53人			
	70代以上	8人		その他	28人			
	無回答	34人		合計	324人		低	41.7%

8. 3. 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、その前提として、サービス化社会分野において重要な細目についての議論を行い、これに基づいて、以下の細目を設定した。

表 2-8-2 本分野の細目の概要

細目名	概要
経営・政策	経営戦略、イノベーション戦略、政策の科学などマネジメントに関連する技術
知識マネジメント	知識移転・継承、コンテキストマネジメント、人材育成など知識科学に関わる技術
製品サービスシステム(PSS)	製品・サービス統合設計、ライフサイクルマネジメント・デザイン、サービスブループリントなど、プロダクト・サービス・システム(PSS)に関わる技術
社会設計・シミュレーション	公共サービスをはじめとする制度設計と、それを支援するためのシミュレーションに関する技術
サービスセンシング	顧客理解、従業員行動理解などを目的とした人間行動の計測・蓄積・流通技術と、計測されたデータに含まれるプライバシー情報を適切に秘匿する技術
サービスデザイン	UX、UI、IEなどユーザ接点に関わるデザイン技術や、デザイン思考・コンセプトデザイン、プロセスモデリングなどデザインそのものに関する技術
サービスロボット	対人、対物に対してサービスを提供するロボット技術や、業種別特殊ロボットなどに関する技術
サービス理論	価値共創理論(Service Dominant Logic など)や、価値論、サービス分類学など、サービスの本質を分析・理解するための技術
アナリティクス	顧客接点などで収集される多種多様なデータを分析・理解するための技術、ベイジアンモデリング、統計モデリング、データ融合、機械学習など
人文系基礎研究	サービス理論などに繋がる基礎的技術、認知科学、行動経済学、実験経済学、社会心理学、金融工学、文化・比較人類学など

8. 4. トピックに関する設問について

8. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

①重要度上位 20 位までのトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである(同率のトピックが存在するため、上位 20 トピックは 22 件存在する)。

細目別では、「サービスロボット」関連トピックが 8 件、「製品サービスシステム(PSS)」関連トピックが 5 件を占める。技術的実現時期はいずれも 2020-2025 年の間となっている。

表 2-8-3 重要度の高いトピック(上位 20 件)

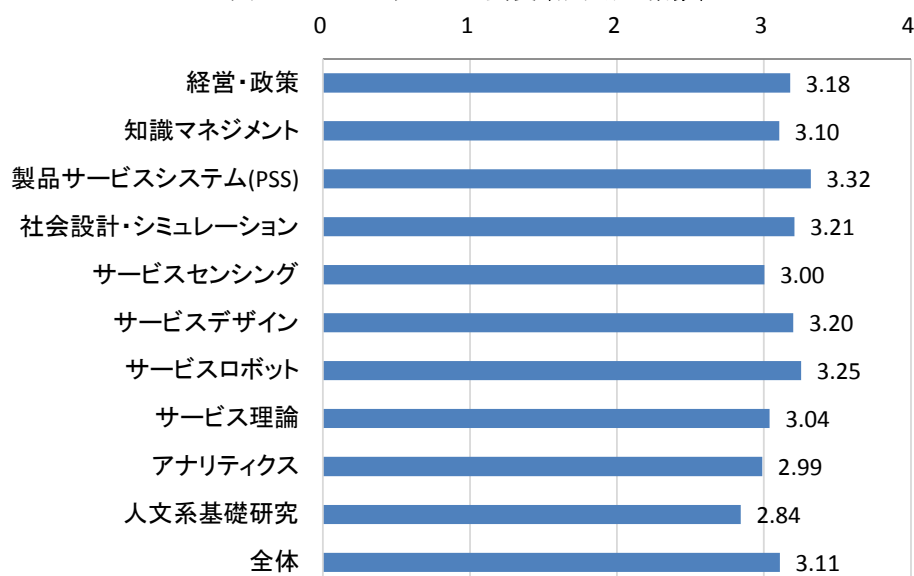
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
62	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴う、建物・インフラ点検のロボット点検化技術が一般化する	3.63	2020	2025	サービスロボット
13	高齢者の医療・介護サービスにおける様々な知識が体系化され、関係する多職種サービス提供者の共通言語として活用される	3.61	2021	2025	知識マネジメント
59	介護やコミュニケーションロボットを導入するにあたっての、ヒトとの安全および接触時の動作スピードアップの両立技術が普及する	3.54	2020	2025	サービスロボット
25	設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する	3.53	2025	2026	製品サービスシステム(PSS)
39	認知症の徘徊者をはじめ一般消費者が自然に身につけることのできる見守り端末技術が普及する	3.53	2020	2022	サービスセンシング
70	農業の企業進出の法制度改革が行われ、農作業の自動ロボット化などの新たなビジネスが創出(食の安全による国内回帰)	3.51	2022	2025	サービスロボット
64	自動運転技術が普及し、人が運転する必要のない道路が増えることで、物流効率が劇的に向上する	3.51	2020	2028	サービスロボット
61	生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し危険予知を行うシステムの実現により、高齢者の外出・社会参加が促進される(高齢者等の QOL 改善)	3.51	2021	2025	サービスロボット
65	遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活支援を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気づかない危険を回避するなどの知能を有する)が普及する	3.50	2025	2030	サービスロボット
67	テレオペレーションの高度化により離島などの遠隔地でも医療等のサービスを受けることができるようになる	3.50	2025	2025	サービスロボット
69	HCI(Human-Computer Interface)がヘルスケア産業で活用される事例が増え、医療看護分野におけるサービス生産性が向上する	3.48	2020	2025	サービスロボット
26	製品サービスシステムを対象とするライフサイクル設計の支援手法が確立され、多くの産業分野で利用されるようになる	3.47	2022	2025	製品サービスシステム(PSS)
22	製品サービスシステムの上流～下流設計を一貫してガイドする実践的な設計ナビゲートツールが整備される	3.41	2020	2025	製品サービスシステム(PSS)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
46	サービスの現場で、あらゆる機器をネットワークで繋ぐM2M(Machine to Machine)プラットフォームをオープンかつ低コストで利用可能になる	3.40	2020	2025	サービスセンシング
3	知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し、オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの20%を超える	3.39	2023	2025	経営・政策
57	サービスブループリンティング, EX テーブル, シナリオモデリング, コンテキストモデリングなど, サービスのプロセス設計を支援する技術, ツールが統合化され, 産業分野で利用されるようになる	3.37	2020	2025	サービスデザイン
50	サービスの故障診断, リスク回避など, サービスの信頼性向上のための汎用性を有する技術, ツールが整備される	3.37	2020	2025	サービスデザイン
23	PFI (Private Finance Initiative), PBL (Performance Based Logistics), Partnering などの受給者が享受する利用価値を最大化するビジネスモデルの構成法が確立する	3.36	2020	2028	製品サービスシステム(PSS)
1	BOP(Base of the Economic Pyramid)市場への先進国の参入が進み, 生活必需製品からサービス提供に移行し, 世界的に QOL が向上する	3.35	2025	2025	経営・政策
71	モノとサービスの二分論が, 理論上完全に過去のものとなり, モノとサービスの融合について Service Dominant Logic をより一般化・社会化した新理論が普及する	3.33	2020	2025	サービス理論
31	健やかな高齢社会に向け, 高齢者の趣味, 健康状況, 医療データ, 生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される	3.33	2020	2025	社会設計・シミュレーション
27	顧客価値, 社会情勢の将来予想に基づいて, 製品サービスシステムの成長シナリオをバックキャスト的に予測し, 自社ビジネスの中長期計画をより論理的に構成可能とするビジネスシナリオプランニング手法が開発・整備される	3.33	2022	2025	製品サービスシステム(PSS)

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「製品サービスシステム(PSS)」が 3.32 と最も大きく、次いで「サービスロボット」が 3.25 であった。

図 2-8-1 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、「重要度」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである(同率のトピックが存在するため、下位 5 トピックは 6 件存在する)。

表 2-8-4 重要度の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	2.57	2020	2025	サービス理論
88	家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく、食材、日用雑貨の自動宅配サービスが実現する	2.57	2019	2025	アナリティクス
99	従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される	2.46	2025	2026	人文系基礎研究
66	厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し、8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される	2.46	2024	2027	サービスロボット
94	従業員の適性検査が一般化し、従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)	2.44	2025	2025	人文系基礎研究
47	個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出会いを装うような出会い支援サービスが普及する	2.15	2019	2023	サービス センシング

(2) 国際競争力

①国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「サービスロボット」関連トピックが 9 件、「サービスセンシング」の関連トピックが 4 件占める。技術的実現時期は平均すると 2022 年頃である。

表 2-8-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

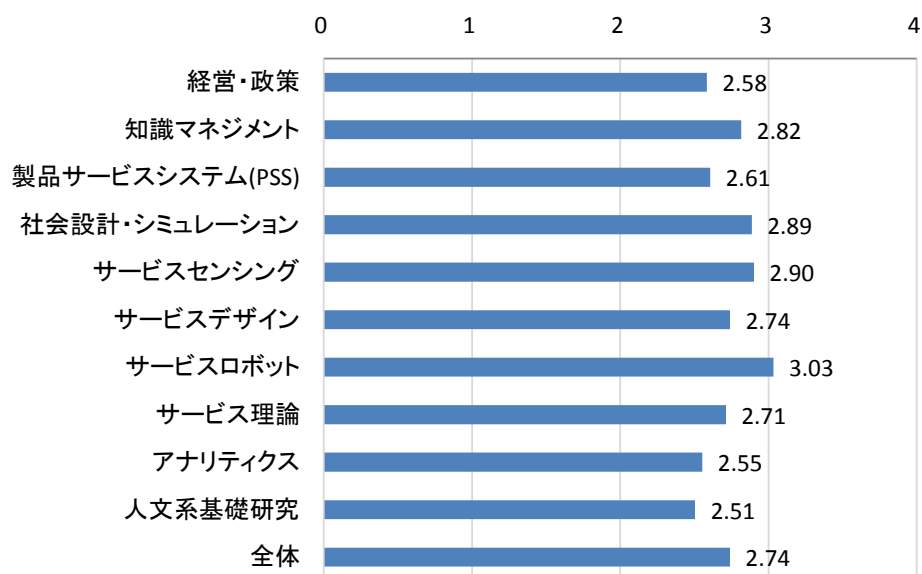
番号	トピック	国際 競争力	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
59	介護やコミュニケーションロボットを導入するにあたっての、ヒトとの安全および接触時の動作スピードアップの両立技術が普及する	3.19	2020	2025	サービスロボット
39	認知症の徘徊者をはじめ一般消費者が自然に身につけることのできる見守り端末技術が普及する	3.17	2020	2022	サービスセンシング
62	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴う、建物・インフラ点検のロボット点検化技術が一般化する	3.15	2020	2025	サービスロボット
65	遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活支援を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気づかない危険を回避するなどの知能を有する)が普及する	3.15	2025	2030	サービスロボット
64	自動運転技術が普及し、人が運転する必要のない道路が増えることで、物流効率が劇的に向上する	3.14	2020	2028	サービスロボット

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
34	高齢者や障害を持つ方が「当たり前生活」ができるためのバリアフリー設計の先にある、ロボットも共生しやすい住宅設計技術が確立する	3.14	2025	2030	社会設計・シミュレーション
38	店舗に設置された各種環境センサのデータが統計処理された上で蓄積され、その 8 割以上がオープンデータとして公開される	3.10	2020	2025	サービスセンシング
10	優れた芸人の所作や匠(熟練技術者など)の技能の計測とモデリングを通じた形式知と暗黙知のアーカイブ化による文化・技術の伝承システムが活用される	3.09	2024	2025	知識マネジメント
68	コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される	3.05	2024	2025	サービスロボット
32	公共交通が仮想化され、ユーザは行き先を指示するだけで最適の乗り物が見えるようになる(単なるナビではなく、交通機関の方がデマンドに合わせることを含む)	3.03	2020	2025	社会設計・シミュレーション
48	店舗内顧客行動(視線、表情、移動導線、売場立ち寄り時間、買上商品等)のリアルタイム測定技術が確立する	3.02	2020	2025	サービスセンシング
11	様々なセンサを活用して自動的に収集されるサービスのログに基づく振り返り分析により、サービスの質と効率を向上させるための教育システムが実現する	3.02	2020	2025	知識マネジメント
67	テレオペレーションの高度化により離島などの遠隔地でも医療等のサービスを受けることができるようになる	3.00	2025	2025	サービスロボット
63	自身の代理となる等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットが登場し、当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることが一般化する	3.00	2025	2028	サービスロボット
37	超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術が確立する	3.00	2025	2030	社会設計・シミュレーション
61	生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し危険予知を行うシステムの実現により、高齢者の外出・社会参加が促進される(高齢者等の QOL 改善)	3.00	2021	2025	サービスロボット
13	高齢者の医療・介護サービスにおける様々な知識が体系化され、関係する多職種サービス提供者の共通言語として活用される	3.00	2021	2025	知識マネジメント
40	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる	2.98	2019	2020	サービスセンシング
66	厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し、8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される	2.97	2024	2027	サービスロボット
78	サービス業の人的サービス提供が IT・ロボットなどで代替される際、品質を損なわずに効率化を実現するためのフレームワークが開発される	2.96	2025	2030	サービス理論

②細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「サービスロボット」が 3.03 と最も大きく、次いで「サービスセンシング」が 2.90 である。

図 2-8-2 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「製品サービスシステム(PSS)」細目のトピックが 2 件あげられている。

表 2-8-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	2.38	2020	2025	サービス理論
29	製品サービスシステム提供対象ビジネスの Business Case Analysis とその結果に基づくリスクマネジメントの統合手法が整備される	2.35	2022	2028	製品サービスシステム(PSS)
82	センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータを利用した、大規模テーマパークやショッピングセンタにおけるリアルタイム顧客行動予測(何をするか)の予測)技術が確立する	2.33	2020	2024	アナリティクス
28	製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法、契約設計支援ツールが開発・整備される	2.31	2020	2025	製品サービスシステム(PSS)
94	従業員の適性検査が一般化し、従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)	2.27	2025	2025	人文系基礎研究

(3) 不確実性

①不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等、が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「人文系基礎研究」関連トピックが 6 トピックを占める。技術的実現時期はいずれも 2020-2025 年の間となっている。

表 2-8-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

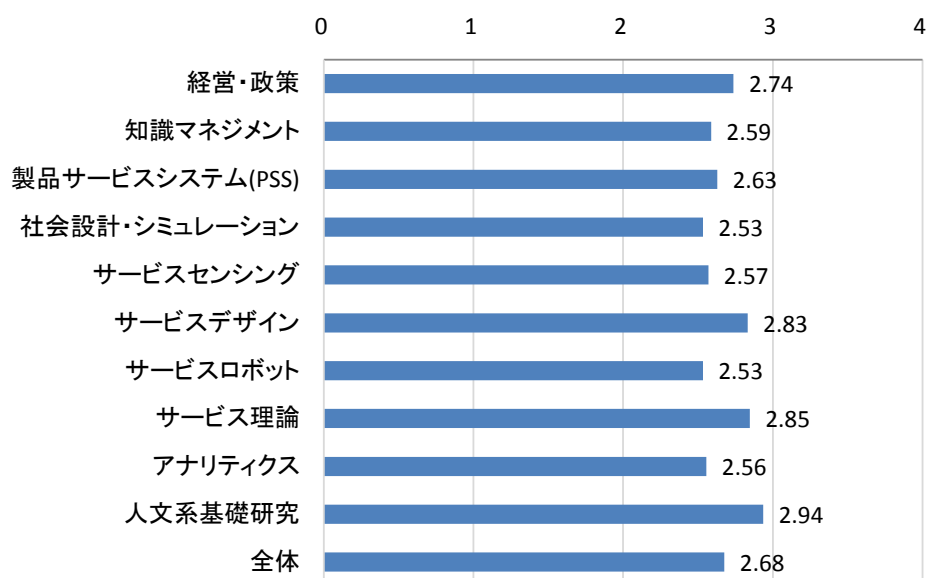
番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
72	サービスを受ける人間が感じる価値を、数学モデルとして記述する価値モデルが確立し、数理的アプローチによる価値最大化のサービス設計ができるようになる	3.25	2020	2029	サービス理論
91	クリエイターの思考プロセス、手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し、教育や発想支援システムの開発に応用される	3.24	2025	2030	人文系基礎研究
56	デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する	3.23	2025	2030	サービスデザイン
97	(個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)	3.22	2025	2027	人文系基礎研究
74	リアルタイムの対人サービスにおいて、コンテキストに応じて変化する人間の感情とその構造(コンテキストに依存する要素としない要素・その影響度合い・結果的に起こる感情の種類など)がモデル化される	3.21	2025	2030	サービス理論
42	サービスにおける受給者の主観性や多様性を考慮する品質測定技術が確立され、多くの産業分野で利用される	3.14	2021	2025	サービス センシング
96	国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し、サービスレベルを適切に調整する仕組みができる	3.11	2025	2030	人文系基礎研究
92	脳科学や認知科学の知見にもとづいて、個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し、学習における生産性が向上する	3.11	2025	2030	人文系基礎研究
37	超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術が確立する	3.07	2025	2030	社会設計・ シミュレーション
77	共創によって生成される価値の性質が解明され、具体的な測定尺度として理論化される	3.04	2022	2025	サービス理論
101	コミュニティ、自治体、国・地球の各レベルにおいて、固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される	3.04	2025	2027	人文系基礎研究
95	人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する	3.03	2025	2030	人文系基礎研究
4	財務諸表・有価証券報告書に数値としての測定が難しい、顧客・従業員の感情面や知識・スキル面の価値がなんらかの統一基準で記載され、企業評価の基準の一つとして一般化する	3.02	2023	2025	経営・政策
49	「おもてなし」の様な固有の文化に大きく依存するサービス提供のコンテキストを明示するための、サービスプロセス記述手法が確立する	3.00	2020	2024	サービスデザイン
75	CSV(Creating Shared Value)理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する	3.00	2025	2030	サービス理論
12	財・サービスの消費によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情の研究が進み、消費者の感情を直接に分析、測定、評価して、それを財・サービスの研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法が確立する	2.98	2024	2025	知識マネジメント
54	社会実装前のサービスシステムを、経済的・技術的・社会的な観点から、定性的/定量的にシミュレーションする技術が確立する	2.98	2020	2025	サービスデザイン

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
14	サービスにおける「おもてなし」のメカニズムが解明され、「おもてなし」ができるロボットや計算機システムが実際のサービス現場で活用される	2.95	2025	2025	知識マネジメント
58	サービス、製品を含むサービスシステムの提供において、人的・製品リソースの同時最適配置手法が確立され、20%以上の企業で利用される	2.94	2022	2030	サービスデザイン
51	自動車や学校教育など、インターネット上で売買されてこなかった生活上の大きな購買に関わる意思決定までもがネット上で行われることに配慮した新たな UX(User experience) デザインが重要となる	2.89	2024	2025	サービスデザイン

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「人文系基礎研究」が 2.94 と最も大きく、次いで「サービス理論」が 2.85、「サービスデザイン」が 2.83 であった。

図 2-8-3 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。

表 2-8-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
83	買上商品のリアルタイムトラッキングに基づく、同時リコメンデーション技術が確立する	2.23	2019	2020	アナリティクス
31	健やかな高齢社会に向け、高齢者の趣味、健康状況、医療データ、生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される	2.21	2020	2025	社会設計・シミュレーション

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
68	コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される	2.16	2024	2025	サービスロボット
40	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる	2.16	2019	2020	サービス センシング
19	決まった時間に決まった場所に集まって行う従来の学校型授業に加えて、ICT を用い、好きな時間に好きなペースで進める形の授業も取り入れられる	2.00	2020	2021	知識マネジメント

(4)非連続性

①非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「人文系基礎研究」関連トピックが最も多く(5 件)、次いで「サービス理論」関連トピック(4 件)となっている。技術的実現時期はいずれも 2000-2025 年の間である。

表 2-8-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

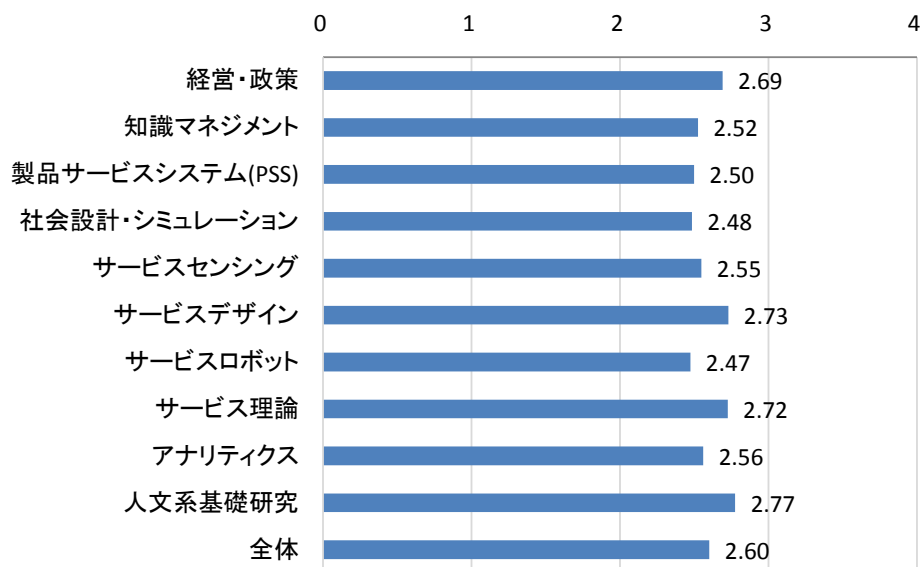
番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
97	(個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)	3.15	2025	2027	人文系基礎研究
89	多数の顧客を対象とした個別対応型サービスをサポートするために必要な超複雑モデル(数百万超の超多数パラメータをもつモデル)を、リアルタイムで推定する統計技術が確立する	3.11	2020	2025	アナリティクス
91	クリエイターの思考プロセス、手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し、教育や発想支援システムの開発に応用される	3.06	2025	2030	人文系基礎研究
74	リアルタイムの対人サービスにおいて、コンテキストに応じて変化する人間の感情とその構造(コンテキストに依存する要素としない要素・その影響度合い・結果的に起こる感情の種類など)がモデル化される	3.03	2025	2030	サービス理論
56	デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する	2.97	2025	2030	サービスデザイン
37	超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術が確立する	2.97	2025	2030	社会設計・ シミュレーション
92	脳科学や認知科学の知見にもとづいて、個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し、学習における生産性が向上する	2.95	2025	2030	人文系基礎研究
96	国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し、サービスレベルを適切に調整する仕組みができる	2.93	2025	2030	人文系基礎研究
77	共創によって生成される価値の性質が解明され、具体的な測定尺度として理論化される	2.93	2022	2025	サービス理論

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
4	財務諸表・有価証券報告書に数値としての測定が難しい、顧客・従業員の感情面や知識・スキル面の価値がなんらかの統一基準で記載され、企業評価の基準の一つとして一般化する	2.92	2023	2025	経営・政策
72	サービスを受ける人間が感じる価値を、数学モデルとして記述する価値モデルが確立し、数理的アプローチによる価値最大化のサービス設計ができるようになる	2.89	2020	2029	サービス理論
71	モノとサービスの二分論が、理論上完全に過去のものとなり、モノとサービスの融合について Service Dominant Logic をより一般化・社会化した新理論が普及する	2.87	2020	2025	サービス理論
63	自身の代理となる等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットが登場し、当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることが一般化する	2.86	2025	2028	サービスロボット
101	コミュニティ、自治体、国・地球の各レベルにおいて、固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される	2.86	2025	2027	人文系基礎研究
14	サービスにおける「おもてなし」のメカニズムが解明され、「おもてなし」ができるロボットや計算機システムが実際のサービス現場で活用される	2.85	2025	2025	知識マネジメント
86	演繹推論(シミュレーション)と帰納推論(統計的モデリング)を融合した技術(データ同化)によって、高精度リアルタイム顧客行動予測が実現する	2.84	2020	2023	アナリティクス
42	サービスにおける受給者の主観性や多様性を考慮する品質測定技術が確立され、多くの産業分野で利用される	2.83	2021	2025	サービスセンシング
3	知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し、オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの20%を超える	2.82	2023	2025	経営・政策
12	財・サービスの消費によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情の研究が進み、消費者の感情を直接に分析、測定、評価して、それを財・サービスの研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法が確立する	2.82	2024	2025	知識マネジメント
43	日常生活の中で自然かつ継続的に記録された個々人の表情データなどに基づき、感情や気分の状態推定・遷移予測を行う技術が確立する(慮り・共感技術)	2.81	2020	2025	サービスセンシング

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「人文系基礎研究」が 2.77 と最も大きく、次いで「サービスデザイン」が 2.73、「サービス理論」が 2.72 であった。

図 2-8-4 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。

表 2-8-10 非連続性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
40	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる	2.22	2019	2020	サービス センシング
19	決まった時間に決まった場所に集まって行う従来の学校型授業に加えて、ICT を用い、好きな時間に好きなペースで進める形の授業も取り入れられる	2.19	2020	2021	知識マネジメント
88	家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく、食材、日用雑貨の自動宅配サービスが実現する	2.18	2019	2025	アナリティクス
31	健やかな高齢社会に向け、高齢者の趣味、健康状況、医療データ、生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される	2.13	2020	2025	社会設計・ シミュレーション
68	コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される	2.08	2024	2025	サービスロボット

(5) 倫理性

①倫理性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「サービスセンシング」関連トピックが 7 件、「人文系基礎研究」の関連トピックが各 5 件占める。技術的実現時期は平均すると 2022 年頃である。

表 2-8-11 倫理性の高いトピック(上位 20 件)

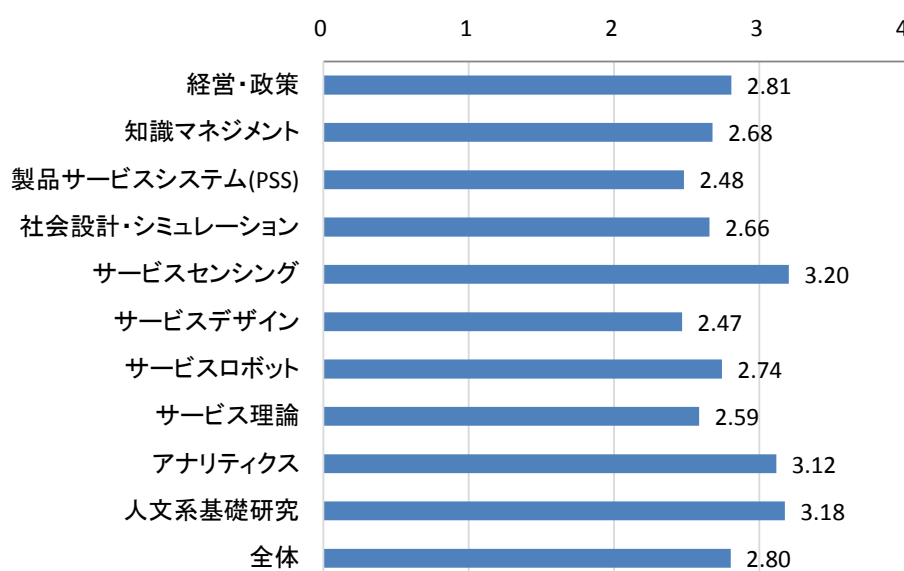
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
31	健やかな高齢社会に向け、高齢者の趣味、健康状況、医療データ、生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される	3.70	2020	2025	社会設計・シミュレーション
99	従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される	3.66	2025	2026	人文系基礎研究
41	クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を代理管理する業種が誕生し、一般的に利用される	3.62	2018	2021	サービスセンシング
92	脳科学や認知科学の知見にもとづいて、個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し、学習における生産性が向上する	3.42	2025	2030	人文系基礎研究
87	大規模データを利用した個別世帯別サイズ型需要予測技法が確立する	3.40	2022	2025	アナリティクス
47	個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出会いを装うような出会い支援サービスが普及する	3.39	2019	2023	サービスセンシング
90	スーパーマーケットでの買い物行動や WEB 上での情報探索行動などの消費者行動の異質かつ動的なメカニズムを評価する統計技術が確立する	3.38	2023	2025	アナリティクス
94	従業員の適性検査が一般化し、従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)	3.36	2025	2025	人文系基礎研究
93	サービス現場で生じる「従業員の失敗」に対する顧客の評価アルゴリズムが明らかになるとともに、失敗事例の社会的蓄積と社会的合意が進み、あらゆる失敗に対し経済的な評価とリスク予測が可能になる	3.33	2025	2028	人文系基礎研究
101	コミュニティ、自治体、国・地球の各レベルにおいて、固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される	3.32	2025	2027	人文系基礎研究
67	テレオペレーションの高度化により離島などの遠隔地でも医療等のサービスを受けることができるようになる	3.29	2025	2025	サービスロボット
12	財・サービスの消費によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情の研究が進み、消費者の感情を直接に分析、測定、評価して、それを財・サービスの研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法が確立する	3.28	2024	2025	知識マネジメント
48	店舗内顧客行動(視線、表情、移動導線、売場立ち寄り時間、買上商品等)のリアルタイム測定技術が確立する	3.28	2020	2025	サービスセンシング
39	認知症の徘徊者をはじめ一般消費者が自然に身につけることのできる見守り端末技術が普及する	3.28	2020	2022	サービスセンシング
63	自身の代理となる等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットが登場し、当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることが一般化する	3.27	2025	2028	サービスロボット
44	脳活動や視線計測を含め、センシングできる人間の生体情報が商品購買動向およびその満足度の分析に使われることが一般的になる	3.27	2022	2025	サービスセンシング
11	様々なセンサを活用して自動的に収集されるサービスのログに基づく振り返り分析により、サービスの質と効率を向上させるための教育システムが実現する	3.27	2020	2025	知識マネジメント

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
38	店舗に設置された各種環境センサのデータが統計処理された上で蓄積され、その 8 割以上がオープンデータとして公開される	3.27	2020	2025	サービス センシング
83	買上商品のリアルタイムトラッキングに基づく、同時リコメンデーション技術が確立する	3.23	2019	2020	アナリティクス
43	日常生活の中で自然かつ継続的に記録された個々人の表情データなどに基づき、感情や気分の状態推定・遷移予測を行う技術が確立する(慮り・共感技術)	3.21	2020	2025	サービス センシング

②細目別のトピックの倫理性

細目別の平均でみた場合、「サービスセンシング」が 3.20 と最も大きく、次いで、「人文系基礎研究」の 3.18、「アナリティクス」の 3.12 となる。

図 2-8-5 トピックの倫理性(細目別:指数)



③倫理性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位 5 位まで)は、以下のとおりである(同率のトピックが存在するため、下位 5 トピックは 6 件存在する)。「サービスデザイン」、「社会設計・シミュレーション」細目のトピックが 2 件ずつ含まれる。

表 2-8-12 倫理性の低いトピック(下位 5 件)

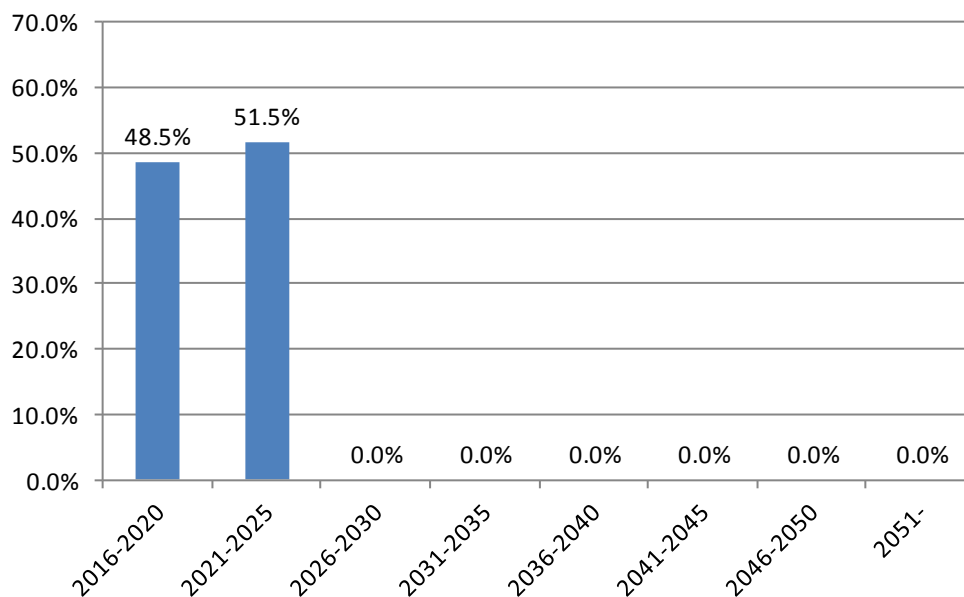
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	2.18	2020	2025	サービス理論
53	サービスデザイン手法が確立し、大学の一般教養科目に組み込まれる	2.18	2020	2025	サービスデザイン

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
35	マイクロ(HEMSレベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し、電気自動車の充電電池に蓄えられた電力を、移動先(通勤先のオフィスなど)で売電するなど電力の融通取引が行われる	2.17	2021	2026	社会設計・シミュレーション
52	サービスデザイン手法が、ソフトウェア設計におけるUMLのように業界標準化され共通言語となっている	2.13	2020	2025	サービスデザイン
68	コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される	2.05	2024	2025	サービスロボット
33	地域で活動する小型移動体やロボットのための非接触充電インフラを、最適配置する設計支援技術が整備される	1.90	2020	2025	社会設計・シミュレーション

8. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図のとおりである。

図 2-8-6 技術的実現予測時期の分布



技術的実現予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。技術的実現予測時期が比較的早いのは、「サービスセンシング」、「アナリティクス」、「サービスデザイン」といった細目であり、逆に遅いのは「経営・政策」、「人文系基礎研究」である。

表 2-8-13 細目別にみた課題の技術的実現予測時期

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
経営・政策	1	8						
知識マネジメント	6	5						
製品サービスシステム(PSS)	5	4						
社会設計・シミュレーション	4	4						
サービスセンシング	9	2						
サービスデザイン	7	3						
サービスロボット	4	8						
サービス理論	4	6						
アナリティクス	8	2						
人文系基礎研究	1	10						
全体	49	52						

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答が多い課題(上位 5 課題)は、以下のとおりである。「人文系基礎研究」細目の関連課題で、「実現しない」あるいは「わからない」などの回答比率が高い傾向がみられる。

表 2-8-14 「実現しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的実現時期	細目
97	(個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)	2.93	33.3	2025	人文系基礎研究
56	デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性, 知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する	2.97	31.4	2025	サービスデザイン
80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が, サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	2.57	30.4	2020	サービス理論
94	従業員の適性検査が一般化し, 従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)	2.44	28.6	2025	人文系基礎研究
99	従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される	2.46	27.6	2025	人文系基礎研究

表 2-8-15 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
36	地域の課題に対し地元民同士で助け合う形態から, ソーシャルネットワークサイトを通じて問題意識をもった地域外の者が有志で解決するというような, 生活における共助の体制が広域化・オープン化する	3.23	31.2	2021	社会設計・シミュレーション
42	サービスにおける受給者の主観性や多様性を考慮する品質測定技術が確立され, 多くの産業分野で利用される	3.14	27.0	2021	サービスセンシング

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	2.57	26.1	2020	サービス理論
91	クリエイターの思考プロセス, 手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し, 教育や発想支援システムの開発に応用される	2.94	24.3	2025	人文系基礎研究
49	「おもてなし」の様な固有の文化に大きく依存するサービス提供のコンテキストを明示するための, サービスプロセス記述手法が確立する	3.24	23.8	2020	サービスデザイン

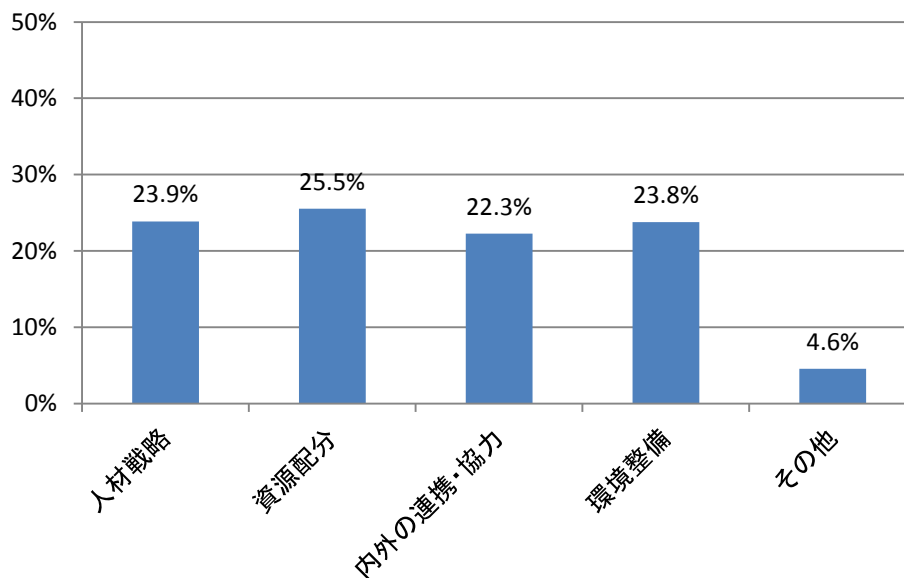
8. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は、以下のとおりである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「資源配分」(25.5%)であるが、施策間で大きな差異はみられない。

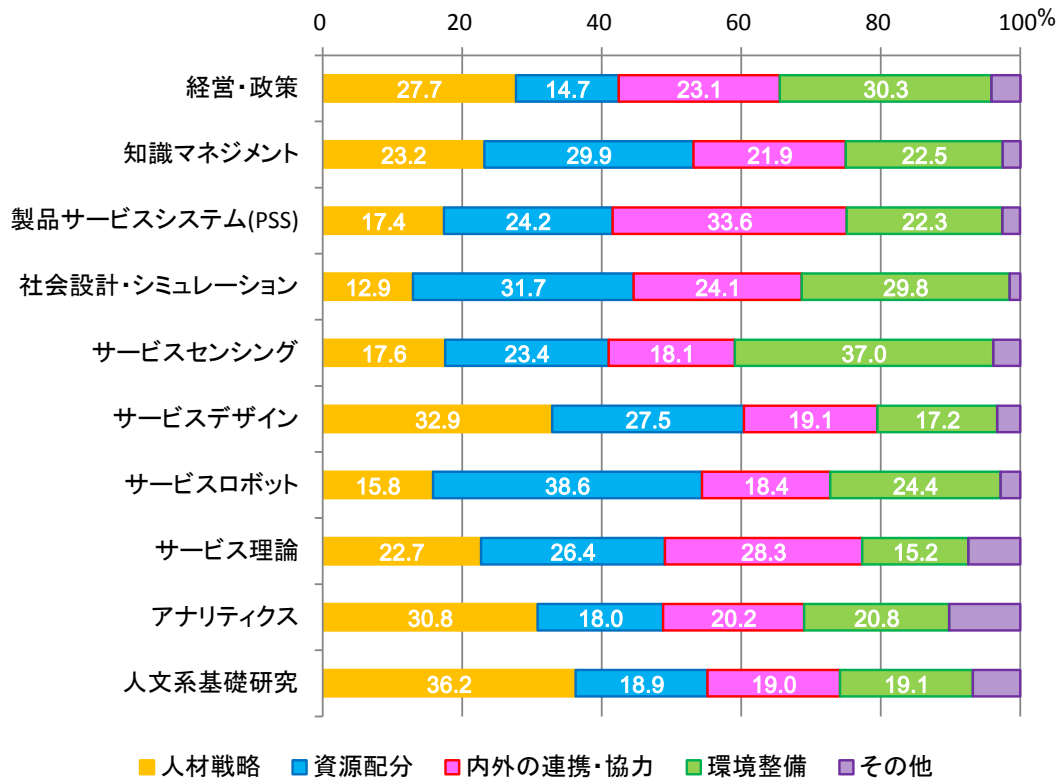
図 2-8-7 技術的実現に向けた重点施策(%)



(2) 細目別の傾向

課題の技術的実現に向けた重要施策について、「人材戦略」が最も重要とする回答者が多かったのは、「サービスデザイン」、「アナリティクス」、「人文系基礎研究」である。「知識マネジメント」、「社会設計・シミュレーション」、「サービスロボット」といった細目では、重点施策として「資源配分」とする回答が高い。また、「製品サービスシステム(PSS)」、「サービス理論」は「内外の連携・協力」が、「経営・政策」、「サービスセンシング」は「環境整備」がそれぞれ多い。

図 2-8-8 技術的実現に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-8-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
81	センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータのリアルタイム利用によって、高精度の個人別空間移動予測(どこへ行くかの予測)が実現する	46.7	2020	2030	アナリティクス
53	サービスデザイン手法が確立し、大学の一般教養科目に組み込まれる	45.9	2020	2025	サービスデザイン
96	国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し、サービスレベルを適切に調整する仕組みができる	45.8	2025	2030	人文系基礎研究
91	クリエイターの思考プロセス、手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し、教育や発想支援システムの開発に応用される	45.5	2025	2030	人文系基礎研究
3	知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し、オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの 20%を超える	42.2	2023	2025	経営・政策
38	店舗に設置された各種環境センサのデータが統計処理された上で蓄積され、その 8 割以上がオープンデータとして公開される	7.3	2020	2025	サービスセンシング
28	製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法、契約設計支援ツールが開発・整備される	7.1	2020	2025	製品サービスシステム(PSS)

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
33	地域で活動する小型移動体やロボットのための非接触充電インフラを、最適配置する設計支援技術が整備される	6.7	2020	2025	社会設計・シミュレーション
24	HEMS のようにトップダウンで構築されたエネルギーマネジメントシステムでなくとも、すでに家の中にある家電製品やAV 機器などにアタッチメントをつけるだけでエネルギーマネジメントシステムに取り込まれて制御できるような付加的なシステムデザインが確立される	3.3	2020	2025	製品サービスシステム(PSS)
35	マイクロ(HEMS レベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し、電気自動車の充電電池に蓄えられた電力を、移動先(通勤先のオフィスなど)で売電するなど電力の融通取引が行われる	0.0	2021	2026	社会設計・シミュレーション

②資源配分

技術的実現に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-8-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
70	農業の企業進出の法制度改革が行われ、農作業の自動ロボット化などの新たなビジネスが創出(食の安全による国内回帰)	55.0	2022	2025	サービスロボット
62	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴う、建物・インフラ点検のロボット点検化技術が一般化する	50.0	2020	2025	サービスロボット
30	大規模ターミナル駅周辺(約 5km 四方)における 10 万人規模、6 時間分の人流について、各種情報提供の効果と個々の状況判断を含めて 100 万ケースのシミュレーションを 1 ヶ月程度で完了出来るようになる	48.6	2020	2022	社会設計・シミュレーション
57	サービスブループリンティング, EX テーブル, シナリオモデリング, コンテキストモデリングなど, サービスのプロセス設計を支援する技術, ツールが統合化され, 産業分野で利用されるようになる	48.1	2020	2025	サービスデザイン
68	コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される	47.2	2024	2025	サービスロボット
3	知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し, オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの 20%を超える	6.7	2023	2025	経営・政策
9	従業員評価において, 長期的な顧客との関係性, 引いては顧客ライフタイムバリューへの貢献や社会への貢献という観点を加えた新たな指標に移行する企業が全企業の半数を超える	6.7	2024	2025	経営・政策
88	家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく, 食材, 日用雑貨の自動宅配サービスが実現する	5.6	2019	2025	アナリティクス
101	コミュニティ, 自治体, 国・地球の各レベルにおいて, 固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される	3.7	2025	2027	人文系基礎研究

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
36	地域の課題に対し地元民同士で助け合う形態から、ソーシャルネットワークサイトを通じて問題意識をもった地域外の者が有志で解決するというような、生活における共助の体制が広域化・オープン化する	3.3	2021	2025	社会設計・シミュレーション

③内外の連携・協力

技術的実現に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-8-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
25	設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する	50.0	2025	2026	製品サービスシステム(PSS)
2	法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを確認し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される	43.6	2024	2025	経営・政策
28	製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法、契約設計支援ツールが開発・整備される	42.9	2020	2025	製品サービスシステム(PSS)
29	製品サービスシステム提供対象ビジネスの Business Case Analysis とその結果に基づくリスクマネジメントの統合手法が整備される	40.0	2022	2028	製品サービスシステム(PSS)
35	マイクロ(HEMS レベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し、電気自動車の充電池に蓄えられた電力を、移動先(通勤先のオフィスなど)で売電するなど電力の融通取引が行われる	39.3	2021	2026	社会設計・シミュレーション
94	従業員の適性検査が一般化し、従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)	9.1	2025	2025	人文系基礎研究
55	情報技術を用いたデザイン支援ツールの拡充と3Dプリンター等の普及に伴い、ユーザ自身での製品・サービスのカスタマイズやリデザインが一般化する	7.9	2020	2023	サービスデザイン
57	サービスブループリンティング、EX テーブル、シナリオモデリング、コンテキストモデリングなど、サービスのプロセス設計を支援する技術、ツールが統合化され、産業分野で利用されるようになる	7.4	2020	2025	サービスデザイン
19	決まった時間に決まった場所に集まって行う従来の学校型授業に加えて、ICT を用い、好きな時間に好きなペースで進める形の授業も取り入れられる	7.0	2020	2021	知識マネジメント
98	「ありがとう」と言われてうれしく感じたり、顔を覚えてもらっていることをうれしく感じる認知メカニズムが明らかになる	4.5	2020	2025	人文系基礎研究

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-8-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	課題	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
47	個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出会いを装うような出会い支援サービスが普及する	56.7	2019	2023	サービスセンシング
41	クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を代理管理する業種が誕生し、一般的に利用される	56.2	2018	2021	サービスセンシング
36	地域の課題に対し地元民同士で助け合う形態から、ソーシャルネットワークサイトを通じて問題意識をもった地域外の者が有志で解決するというような、生活における共助の体制が広域化・オープン化する	50.0	2021	2025	社会設計・シミュレーション
40	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる	50.0	2019	2020	サービスセンシング
9	従業員評価において、長期的な顧客との関係性、引いては顧客ライフタイムバリューへの貢献や社会への貢献という観点を加えた新たな指標に移行する企業が全企業の半数を超える	48.9	2024	2025	経営・政策
96	国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し、サービスレベルを適切に調整する仕組みができる	8.3	2025	2030	人文系基礎研究
22	製品サービスシステムの上流～下流設計を一貫してガイドする実践的な設計ナビゲートツールが整備される	7.9	2020	2025	製品サービスシステム(PSS)
95	人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する	7.1	2025	2030	人文系基礎研究
89	多数の顧客を対象とした個別対応型サービスをサポートするために必要な超複雑モデル(数百万超の超多数パラメータをもつモデル)を、リアルタイムで推定する統計技術が確立する	6.3	2020	2025	アナリティクス
77	共創によって生成される価値の性質が解明され、具体的な測定尺度として理論化される	4.5	2022	2025	サービス理論

⑤その他

技術的実現に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。(割合が低いトピックについては、0.0%が 23 件あり煩雑になるため割愛する。)

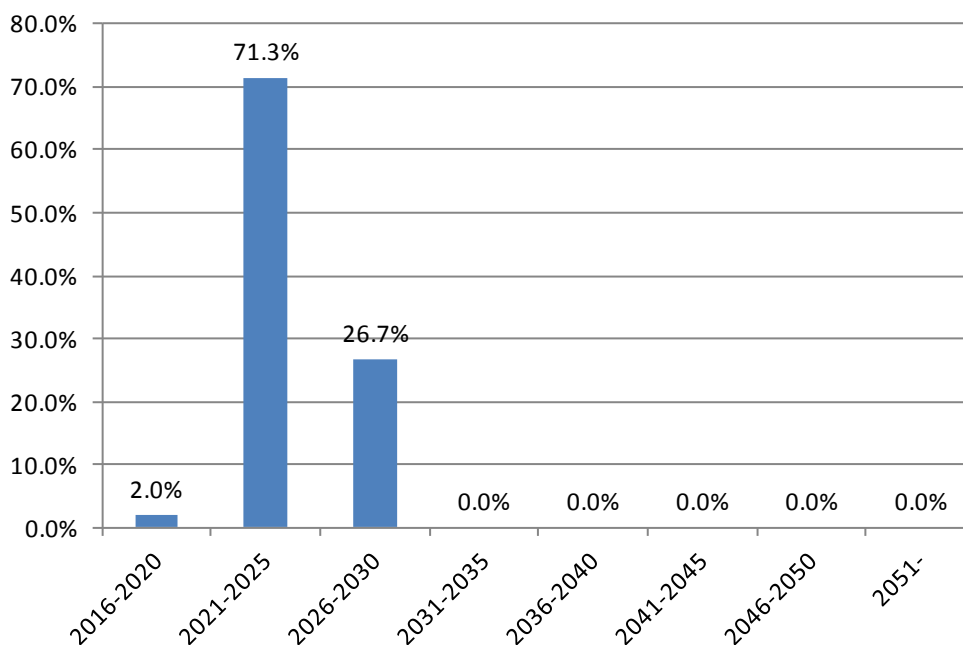
表 2-8-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	課題	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
85	SNS (Twitter, Facebook, ブログなど) から獲得できる非構造型ビッグデータに基づき、流行の予兆を自動的に発見するための機械学習技術が確立する	18.2	2020	2022	アナリティクス
88	家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく、食材、日用雑貨の自動宅配サービスが実現する	16.7	2019	2025	アナリティクス
80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	16.7	2020	2025	サービス理論
83	買上商品のリアルタイムトラッキングに基づく、同時リコメンデーション技術が確立する	16.7	2019	2020	アナリティクス
66	厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し、8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される	14.3	2024	2027	サービスロボット

8. 4. 4. 社会実装時期

社会実装予測時期の分布は、下図の通りである。社会的実装時期は 2021～2025 年の間に、トピックの実装時期のピーク(71.3%)を迎える。

図 2-8-9 社会実装時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は下表の通りである。

「人文系基礎研究」や「サービス理論」といった細目のトピックは、他の細目に比べ、社会実装予測時期が遅くなっている。

表 2-8-21 社会実装予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
経営・政策		9						
知識マネジメント		11						
製品サービスシステム(PSS)		6	3					
社会設計・シミュレーション		5	3					
サービスセンシング	1	10						
サービスデザイン		8	2					
サービスロボット		8	4					
サービス理論		4	6					
アナリティクス	1	8	1					
人文系基礎研究		3	8					
全体	2	72	27					

ここでは、実現時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の多いトピック(上位 5 件)は以下の通りである。「人文系基礎研究」細目の関連トピックが「実装しない」、「わからない」のそれぞれに 3 件ずつあげられている。「サービス理論」細目の関連トピックも「実装しない」に 2 件があがっている。

表 2-8-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	細目
99	従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される	2.46	37.9	2026	人文系基礎研究
93	サービス現場で生じる「従業員の失敗」に対する顧客の評価アルゴリズムが明らかになるとともに、失敗事例の社会的蓄積と社会的合意が進み、あらゆる失敗に対し経済的な評価とリスク予測が可能になる	2.88	32.0	2028	人文系基礎研究
80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	2.57	30.4	2025	サービス理論
75	CSV(Creating Shared Value)理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する	2.82	30.4	2030	サービス理論
97	(個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)	2.93	29.6	2027	人文系基礎研究

表 2-8-23 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
47	個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出会いを装うような出会い支援サービスが普及する	2.15	36.1	2023	サービスセンシング
101	コミュニティ、自治体、国・地球の各レベルにおいて、固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される	3.14	32.1	2027	人文系基礎研究

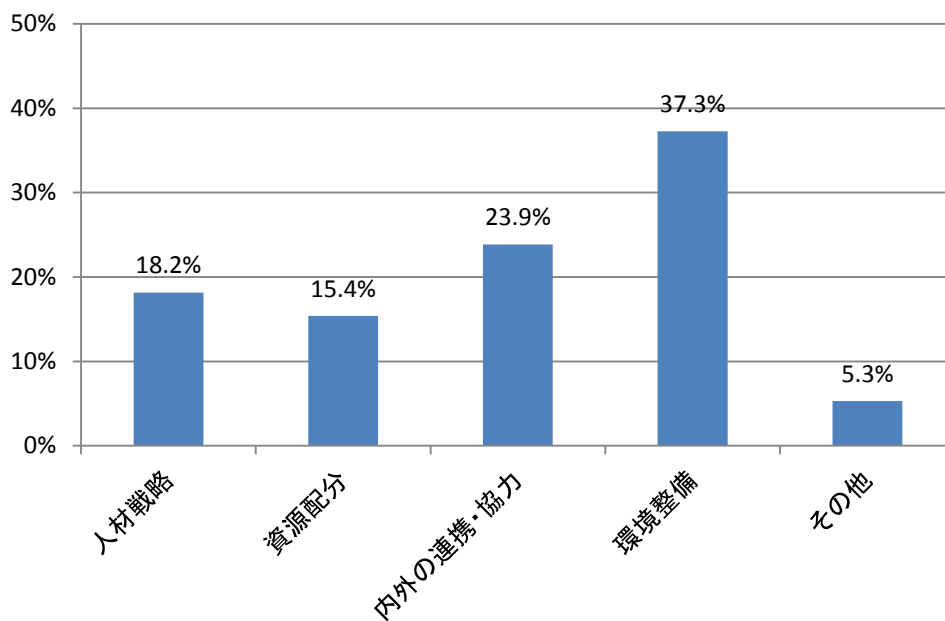
番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
33	地域で活動する小型移動体やロボットのための非接触充電インフラを、最適配置する設計支援技術が整備される	3.07	31.2	2025	社会設計・シミュレーション
92	脳科学や認知科学の知見にもとづいて、個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し、学習における生産性が向上する	3.08	28.9	2030	人文系基礎研究
94	従業員の適性検査が一般化し、従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)	2.44	28.6	2025	人文系基礎研究

8. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策として、最も回答が多いのは「環境整備」(37.3%)であり、次いで、「内外の連携・協力」、「人材戦略」等が続く。

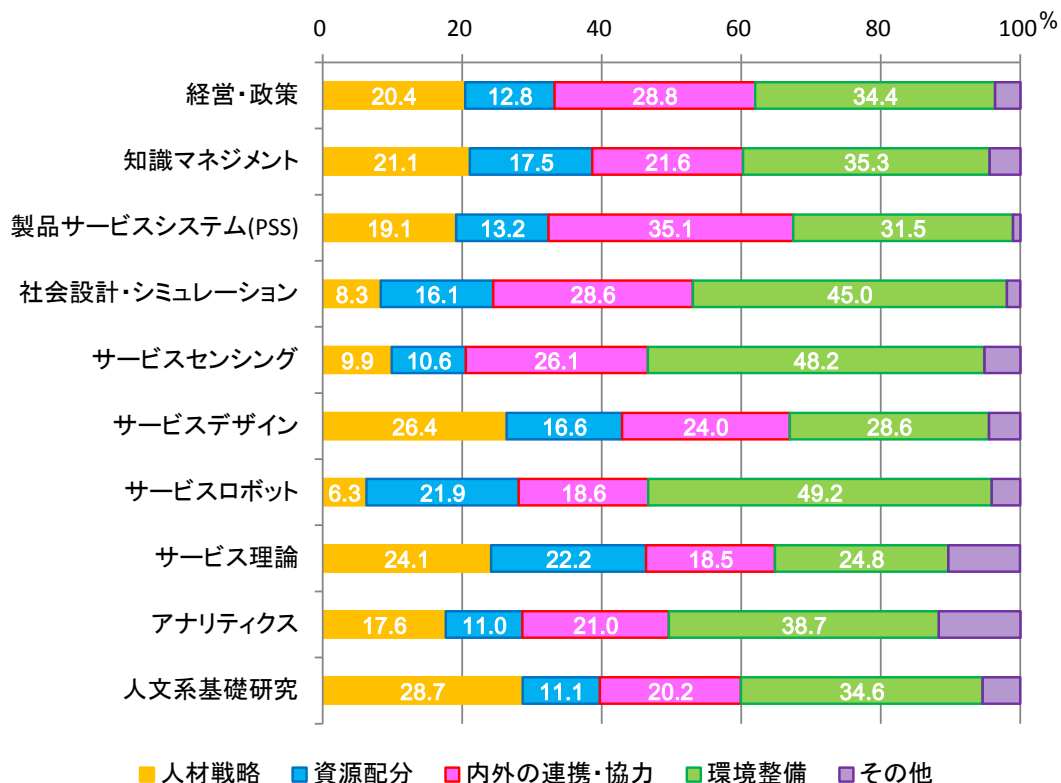
図 2-8-10 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

すべての細目において、「環境整備」が社会実装に向けた重要施策として最も多く選ばれている。「内外の連携・協力」は、多くの細目において2番目に重要な施策となっているが、「サービスデザイン」、「サービス理論」、「人文系基礎研究」の3細目では、「人材戦略」がより重要視されていると言える。

図 2-8-11 社会実装に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-8-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的实现時期	社会実装時期	細目
56	デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する	37.9	2025	2030	サービスデザイン
96	国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し、サービスレベルを適切に調整する仕組みができる	36.0	2025	2030	人文系基礎研究
95	人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する	35.7	2025	2030	人文系基礎研究
52	サービスデザイン手法が、ソフトウェア設計における UML のように業界標準化され共通言語となっている	35.3	2020	2025	サービスデザイン
53	サービスデザイン手法が確立し、大学の一般教養科目に組み込まれる	35.1	2020	2025	サービスデザイン
40	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる	2.4	2019	2020	サービスセンシング
61	生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し危険予知を行うシステムの実現により、高齢者の外出・社会参加が促進される(高齢者等の QOL 改善)	2.2	2021	2025	サービスロボット

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
35	ミクロ(HEMS レベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し、電気自動車の充電電池に蓄えられた電力を、移動先(通勤先のオフィスなど)で売電するなど電力の融通取引が行われる	0.0	2021	2026	社会設計・シミュレーション
31	健やかな高齢社会に向け、高齢者の趣味、健康状況、医療データ、生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される	0.0	2020	2025	社会設計・シミュレーション
24	HEMS のようにトップダウンで構築されたエネルギーマネジメントシステムでなくとも、すでに家の中にある家電製品やAV 機器などにアタッチメントをつけるだけでエネルギーマネジメントシステムに取り込まれて制御できるような付加的なシステムデザインが確立される	0.0	2020	2025	製品サービスシステム(PSS)

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-8-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
76	サービスにおける共創価値の生成過程、すなわち提供者・受給者の提供する資源の効果的組み合わせや、両者の相互作用のダイナミズムが理論化される	40.9	2020	2030	サービス理論
75	CSV (Creating Shared Value) 理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する	38.9	2025	2030	サービス理論
30	大規模ターミナル駅周辺(約 5km 四方)における 10 万人規模、6 時間分の人流について、各種情報提供の効果と個々の状況判断を含めて 100 万ケースのシミュレーションを 1 ヶ月程度で完了出来るようになる	35.1	2020	2022	社会設計・シミュレーション
65	遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活支援を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気づかない危険を回避するなどの知能を有する)が普及する	30.4	2025	2030	サービスロボット
20	「おもてなし」のような暗黙的な知識も学習できる OJT と e ラーニングのハイブリッド型サービス教育システムが普及する	29.7	2020	2025	知識マネジメント
101	コミュニティ、自治体、国・地球の各レベルにおいて、固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される	3.7	2025	2027	人文系基礎研究
95	人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する	3.6	2025	2030	人文系基礎研究
56	デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する	3.4	2025	2030	サービスデザイン
38	店舗に設置された各種環境センサのデータが統計処理された上で蓄積され、その 8 割以上がオープンデータとして公開される	2.3	2020	2025	サービスセンシング

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
41	クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報(センサ情報, 購買履歴など)を代理管理する業種が誕生し, 一般的に利用される	0.0	2018	2021	サービスセンシング

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-8-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	課題	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
2	法令情報検索により, 提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを確認し, 提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される	52.5	2024	2025	経営・政策
25	設計, 開発, 生産, 品質管理, 製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し, 統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する	46.9	2025	2026	製品サービスシステム(PSS)
26	製品サービスシステムを対象とするライフサイクル設計の支援手法が確立され, 多くの産業分野で利用されるようになる	37.1	2022	2025	製品サービスシステム(PSS)
3	知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し, オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの 20%を超える	37.0	2023	2025	経営・政策
5	銀行が融資する際の企業のリスク評価や, デューデリジェンス(企業の合併・買収前の企業価値評価)において, 無形の共創価値(顧客に関する情報の蓄積や, 従業員幸福度など)が重要な項目として使用される	36.0	2025	2025	経営・政策
76	サービスにおける共創価値の生成過程, すなわち提供者・受給者の提供する資源の効果的組み合わせや, 両者の相互作用のダイナミズムが理論化される	9.1	2020	2030	サービス理論
98	「ありがとう」と言われてうれしく感じたり, 顔を覚えてもらっていることをうれしく感じる認知メカニズムが明らかになる	9.1	2020	2025	人文系基礎研究
97	(個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)	8.7	2025	2027	人文系基礎研究
66	厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し, 8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される	8.6	2024	2027	サービスロボット
54	社会実装前のサービスシステムを, 経済的・技術的・社会的な観点から, 定性的/定量的にシミュレーションする技術が確立する	8.3	2020	2025	サービスデザイン
90	スーパーマーケットでの買い物行動や WEB 上での情報探索行動などの消費者行動の異質かつ動的なメカニズムを評価する統計技術が確立する	5.3	2023	2025	アナリティクス

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-8-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会実装 時期	細目
64	自動運転技術が普及し、人が運転する必要のない道路が増えることで、物流効率が劇的に向上する	77.5	2020	2028	サービスロボット
47	個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出会いを装うような出会い支援サービスが普及する	58.1	2019	2023	サービス センシング
35	マイクロ(HEMS レベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し、電気自動車の充電電池に蓄えられた電力を、移動先(通勤先のオフィスなど)で売電するなど電力の融通取引が行われる	57.1	2021	2026	社会設計・シミュレーション
19	決まった時間に決まった場所に集まって行う従来の学校型授業に加えて、ICT を用い、好きな時間に好きなペースで進める形の授業も取り入れられる	57.1	2020	2021	知識マネジメント
32	公共交通が仮想化され、ユーザは行き先を指示するだけで最適の乗り物が見えるようになる(単なるナビではなく、交通機関の方がデマンドに合わせることを含む)	56.8	2020	2025	社会設計・ シミュレーション
57	サービスブループリンティング、EX テーブル、シナリオモデリング、コンテキストモデリングなど、サービスのプロセス設計を支援する技術、ツールが統合化され、産業分野で利用されるようになる	16.0	2020	2025	サービスデザイン
74	リアルタイムの対人サービスにおいて、コンテキストに応じて変化する人間の感情とその構造(コンテキストに依存する要素としない要素・その影響度合い・結果的に起こる感情の種類など)がモデル化される	15.0	2025	2030	サービス理論
1	BOP(Base of the Economic Pyramid)市場への先進国の参入が進み、生活必需製品からサービス提供に移行し、世界的に QOL が向上する	14.6	2025	2025	経営・政策
76	サービスにおける共創価値の生成過程、すなわち提供者・受給者の提供する資源の効果的組み合わせや、両者の相互作用のダイナミズムが理論化される	13.6	2020	2030	サービス理論
75	CSV(Creating Shared Value)理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する	11.1	2025	2030	サービス理論

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。(割合が低いトピックについては、0.0%が 24 件あり煩雑になるため割愛する。)

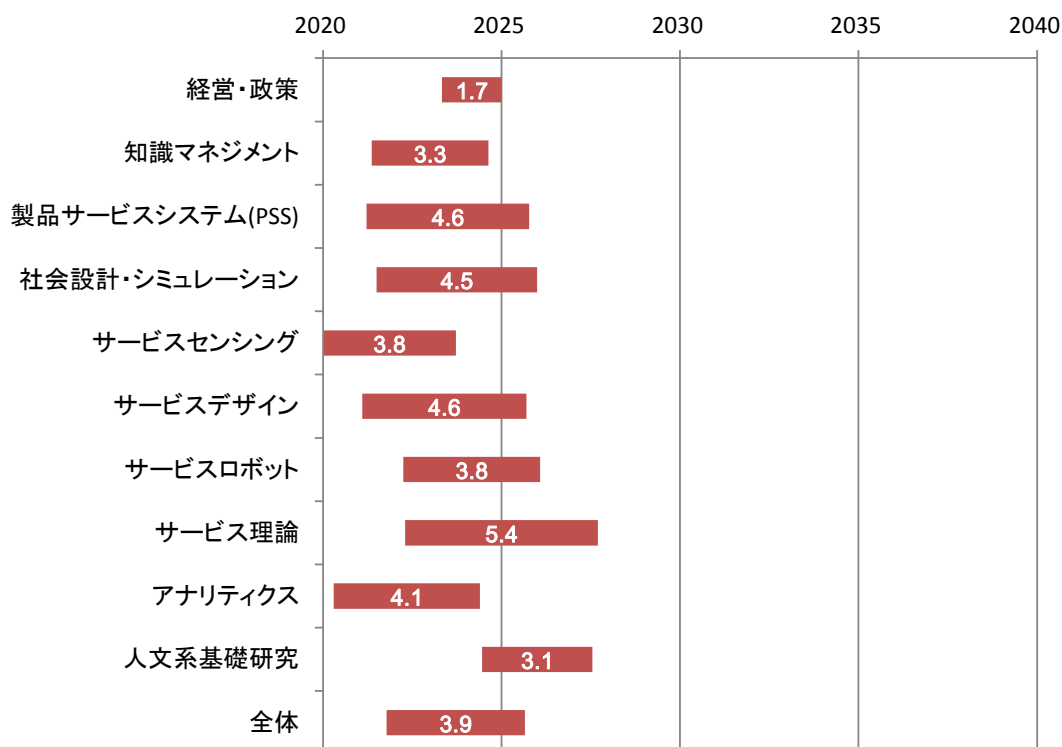
表 2-8-28 「その他」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
88	家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく、食材、日用雑貨の自動宅配サービスが実現する	22.2	2019	2025	アナリティクス
83	買上商品のリアルタイムトラッキングに基づく、同時リコメンデーション技術が確立する	20.0	2019	2020	アナリティクス
85	SNS (Twitter, Facebook, ブログなど) から獲得できる非構造型ビッグデータに基づき、流行の予兆を自動的に発見するための機械学習技術が確立する	18.2	2020	2022	アナリティクス
80	AMA (American Marketing Association) などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	16.7	2020	2025	サービス理論
75	CSV (Creating Shared Value) 理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する	16.7	2025	2030	サービス理論

8. 4. 6. 技術的实现から社会実装までの期間

技術的实现から社会実装までの期間を細目別にみると、「製品・サービスシステム (PSS)」、「サービスデザイン」が 4.6 年と最も長く、一方で、「経営・政策」は 1.7 年と短い。

図 2-8-12 技術的实现から社会実装までの期間(年)



技術的实现から社会実装までの期間の長いトピック(上位 5 位、6 件)および期間の短いトピック(下位 5 位、6 件)はそれぞれ以下の表のとおりである。

表 2-8-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
76	サービスにおける共創価値の生成過程, すなわち提供者・受給者の提供する資源の効果的組み合わせや, 両者の相互作用のダイナミズムが理論化される	2020	2030	10	サービス理論
81	センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータのリアルタイム利用によって, 高精度の個人別空間移動予測(どこへ行くかの予測)が実現する	2020	2030	10	アナリティクス
72	サービスを受ける人間が感じる価値を, 数学モデルとして記述する価値モデルが確立し, 数理的アプローチによる価値最大化のサービス設計ができるようになる	2020	2029	9	サービス理論
23	PFI (Private Finance Initiative), PBL (Performance Based Logistics), Partnering などの受給者が享受する利用価値を最大化するビジネスモデルの構成法が確立する	2020	2028	8	製品サービスシステム(PSS)
64	自動運転技術が普及し, 人が運転する必要のない道路が増えることで, 物流効率が劇的に向上する	2020	2028	8	サービスロボット
58	サービス, 製品を含むサービスシステムの提供において, 人的・製品リソースの同時最適配置手法が確立され, 20%以上の企業で利用される	2022	2030	8	サービスデザイン
94	従業員の適性検査が一般化し, 従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)	2025	2025	0	人文系基礎研究
14	サービスにおける「おもてなし」のメカニズムが解明され, 「おもてなし」ができるロボットや計算機システムが実際のサービス現場で活用される	2025	2025	0	知識マネジメント
6	顧客自身がサービス生産において提供する資源の量を決定でき, その量によって価格が決定される仕組みができる	2025	2025	0	経営・政策
1	BOP(Base of the Economic Pyramid)市場への先進国の参入が進み, 生活必需製品からサービス提供に移行し, 世界的に QOL が向上する	2025	2025	0	経営・政策
5	銀行が融資する際の企業のリスク評価や, デューデリジェンス(企業の合併・買収前の企業価値評価)において, 無形の共創価値(顧客に関する情報の蓄積や, 従業員幸福度など)が重要な項目として使用される	2025	2025	0	経営・政策
67	テレオペレーションの高度化により離島などの遠隔地でも医療等のサービスを受けることができるようになる	2025	2025	0	サービスロボット

8. 5. 未来科学技術年表

8. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2018	41 クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報(センサ情報, 購買履歴など)を代理管理する業種が誕生し, 一般的に利用される
2019	40 個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し, 携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる
	47 個人が身に付けるセンサや, 街に配備されるセンサを利用し, 自然な出合いを装うような出合い支援サービスが普及する
	83 買上商品のリアルタイムトラッキングに基づく, 同時リコメンデーション技術が確立する
	88 家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく, 食材, 日用雑貨の自動宅配サービスが実現する
2020	7 政策立案の際, 従来の統計データに加え, 機械学習を用いたビッグデータ解析など, データマイニング技術の成果も活用されるようになる
	11 様々なセンサを活用して自動的に収集されるサービスのログに基づく振り返り分析により, サービスの質と効率を向上させるための教育システムが実現する
	15 サービス知識がデータベース化され, 状況変化に適応したサービスの提供をリアルタイムで支援するナビゲーションツールが開発される
	16 業種ごとにサービスのベストプラクティスを蓄積するデータベースが構築され, 事例に基づく教育や人材育成が一般的に行われる
	18 サービス提供者のスキルを診断する手法(ITスキル診断のサービス版)が確立し, 教育や育成のプロセスで指標としていくつかの業種で使われるようになる
	19 決まった時間に決まった場所に集まって行う従来の学校型授業に加えて, ICTを用い, 好きな時間に好きなペースで進める形の授業も取り入れられる
	20 「おもてなし」のような暗黙的な知識も学習できるOJTとeラーニングのハイブリッド型サービス教育システムが普及する
	21 パーソナルアプリケーションが普及し, ハイアマチュアや複数人の共同によって作成される製品が増え, 製造物責任の法制度改正や新しい損害保険サービスなど制度面での対応が必要となる
	22 製品サービスシステムの上流~下流設計を一貫してガイドする実践的な設計ナビゲートツールが整備される
	23 PFI(Private Finance Initiative), PBL(Performance Based Logistics), Partneringなどの受給者が享受する利用価値を最大化するビジネスモデルの構成法が確立する
	24 HEMSのようにトップダウンで構築されたエネルギー管理システムでなくとも, すでに家の中にある家電製品やAV機器などにアタッチメントをつけるだけでエネルギー管理システムに取り込まれて制御できるような付加的なシステムデザインが確立される
	28 製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法, 契約設計支援ツールが開発・整備される
	30 大規模ターミナル駅周辺(約5km四方)における10万人規模, 6時間分の人流について, 各種情報提供の効果と個々の状況判断を含めて100万ケースのシミュレーションを1ヶ月程度で完了出来るようになる
	31 健やかな高齢社会に向け, 高齢者の趣味, 健康状況, 医療データ, 生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される
	32 公共交通が仮想化され, ユーザは行き先を指示するだけで最適の乗り物が使えるようになる(単なるナビではなく, 交通機関の方がデマンドに合わせることを含む)
	33 地域で活動する小型移動体やロボットのための非接触充電インフラを, 最適配置する設計支援技術が整備される
	38 店舗に設置された各種環境センサのデータが統計処理された上で蓄積され, その8割以上がオープンデータとして公開される
	39 認知症の徘徊者をはじめ一般消費者が自然に身につけることのできる見守り端末技術が普及する
	43 日常生活の中で自然かつ継続的に記録された個々人の表情データなどに基づき, 感情や気分の状態推定・遷移予測を行う技術が確立する(慮り・共感技術)
	2020

年	トピック
	以上のサービス現場に普及する
	46 サービスの現場で、あらゆる機器をネットワークで繋ぐ M2M(Machine to Machine)プラットフォームをオープンかつ低コストで利用可能になる
	48 店舗内顧客行動(視線, 表情, 移動導線, 売場立ち寄り時間, 買上商品等)のリアルタイム測定技術が確立する
	49 「おもてなし」の様な固有の文化に大きく依存するサービス提供のコンテキストを明示するための, サービスプロセス記述手法が確立する
	50 サービスの故障診断, リスク回避など, サービスの信頼性向上のための汎用性を有する技術, ツールが整備される
	52 サービスデザイン手法が, ソフトウェア設計における UML のように業界標準化され共通言語となっている
	53 サービスデザイン手法が確立し, 大学の一般教養科目に組み込まれる
	54 社会実装前のサービスシステムを, 経済的・技術的・社会的な観点から, 定性的/定量的にシミュレーションする技術が確立する
	55 情報技術を用いたデザイン支援ツールの拡充と 3D プリンター等の普及に伴い, ユーザ自身での製品・サービスのカスタマイズやリデザインが一般化する
	57 サービスブループリンティング, EX テーブル, シナリオモデリング, コンテキストモデリングなど, サービスのプロセス設計を支援する技術, ツールが統合化され, 産業分野で利用されるようになる
	59 介護やコミュニケーションロボットを導入するにあたっての, ヒトとの安全および接触時の動作スピードアップの両立技術が普及する
	62 ヒトが点検を行うとコスト高になったり, 危険が伴う, 建物・インフラ点検のロボット点検化技術が一般化する
	64 自動運転技術が普及し, 人が運転する必要のない道路が増えることで, 物流効率が劇的に向上する
	69 HCI(Human-Computer Interface)がヘルスケア産業で活用される事例が増え, 医療看護分野におけるサービス生産性が向上する
	71 モノとサービスの二分論が, 理論上完全に過去のものとなり, モノとサービスの融合について Service Dominant Logic をより一般化・社会化した新理論が普及する
	72 サービスを受ける人間が感じる価値を, 数学モデルとして記述する価値モデルが確立し, 数理的アプローチによる価値最大化のサービス設計ができるようになる
	76 サービスにおける共創価値の生成過程, すなわち提供者・受給者の提供する資源の効果的組み合わせや, 両者の相互作用のダイナミズムが理論化される
	80 AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が, サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される
	81 センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータのリアルタイム利用によって, 高精度の個人別空間移動予測(どこへ行くかの予測)が実現する
	82 センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータを利用した, 大規模テーマパークやショッピングセンタにおけるリアルタイム顧客行動予測(何をするか)の予測)技術が確立する
	84 ウェブブラウジングやショールーミング(実店舗で商品を見て WEB で購入, もしくはその逆)といった消費者行動を解明するための基礎となる, WEB データとモルタルデータの融合技術が確立する
	85 SNS(Twitter, Facebook, ブログなど)から獲得できる非構造型ビッグデータに基づき, 流行の予兆を自動的に発見するための機械学習技術が確立する
	86 演繹推論(シミュレーション)と帰納推論(統計的モデリング)を融合した技術(データ同化)によって, 高精度リアルタイム顧客行動予測が実現する
	89 多数の顧客を対象とした個別対応型サービスをサポートするために必要な超複雑モデル(数百万超の超多数パラメータをもつモデル)を, リアルタイムで推定する統計技術が確立する
	98 「ありがとう」と言われてうれしく感じたり, 顔を覚えてもらっていることをうれしく感じる認知メカニズムが明らかになる
2021	8 株式会社アナリストの企業評価が可視化しやすい短期的・経済的成果中心から, 可視化しにくい長期的・社会的な価値, より具体的には内部サービスと外部サービスの評価へと移行する
	13 高齢者の医療・介護サービスにおける様々な知識が体系化され, 関係する多職種サービス提供者の共通言語として活用される
2021	17 産業界において, 製品サービスシステム(PSS)の基本理念および設計・マネジメント手法を教育するコンテンツやツールが整備され, 業種を問わず広く利用されるようになる

年	トピック
	35 ミクロ(HEMS レベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し、電気自動車の充電機に蓄えられた電力を、移動先(通勤先のオフィスなど)で充電するなど電力の融通取引が行われる
	36 地域の課題に対し地元民同士で助け合う形態から、ソーシャルネットワークサイトを通じて問題意識をもった地域外の者が有志で解決するというような、生活における共助の体制が広域化・オープン化する
	42 サービスにおける受給者の主観性や多様性を考慮する品質測定技術が確立され、多くの産業分野で利用される
	60 一部の高級なケースを除き、サービスロボットもしくは電子的に合成された販売員が、店頭において、人間の利用者の対応をすることが一般化する
	61 生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し危険予知を行うシステムの実現により、高齢者の外出・社会参加が促進される(高齢者等の QOL 改善)
2022	26 製品サービスシステムを対象とするライフサイクル設計の支援手法が確立され、多くの産業分野で利用されるようになる
	27 顧客価値、社会情勢の将来予想に基づいて、製品サービスシステムの成長シナリオをバックキャスト的に予測し、自社ビジネスの中長期計画をより論理的に構成可能とするビジネスシナリオプランニング手法が開発・整備される
	29 製品サービスシステム提供対象ビジネスの Business Case Analysis とその結果に基づくリスクマネジメントの統合手法が整備される
	44 脳活動や視線計測を含め、センシングできる人間の生体情報が商品購買動向およびその満足度の分析に使われることが一般的になる
	58 サービス、製品を含むサービスシステムの提供において、人的・製品リソースの同時最適配置手法が確立され、20%以上の企業で利用される
	70 農業の企業進出の法制度改革が行われ、農作業の自動ロボット化などの新たなビジネスが創出(食の安全による国内回帰)
	77 共創によって生成される価値の性質が解明され、具体的な測定尺度として理論化される
	79 Service Dominant Logic に基づき提供者/受給者双方のサービス・コンピテンシー/サービス・リテラシーを段階的に涵養するシステム構成手法が整備される
	87 大規模データを利用した個別世帯別サイズ型需要予測技法が確立する
2023	3 知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し、オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの 20%を超える
	4 財務諸表・有価証券報告書に数値としての測定が難しい、顧客・従業員の感情面や知識・スキル面の価値がなんらかの統一基準で記載され、企業評価の基準の一つとして一般化する
	90 スーパーマーケットでの買い物行動や WEB 上での情報探索行動などの消費者行動の異質かつ動的なメカニズムを評価する統計技術が確立する
2024	2 法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを確認し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される
	9 従業員評価において、長期的な顧客との関係性、引いては顧客ライフタイムバリューへの貢献や社会への貢献という観点を加えた新たな指標に移行する企業が全企業の半数を超える
	10 優れた芸人の所作や匠(熟練技術者など)の技能の計測とモデリングを通じた形式知と暗黙知のアーカイブ化による文化・技術の伝承システムが活用される
	12 財・サービスの消費によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情の研究が進み、消費者の感情を直接に分析、測定、評価して、それを財・サービスの研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法が確立する
	51 自動車や学校教育など、インターネット上で売買されてこなかった生活上の大きな購買に関わる意思決定までもがネット上で行われることに配慮した新たな UX(User experience)デザインが重要となる
	66 厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し、8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される
	68 コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される
	73 製造業のサービス化(Servitization)が進み、製造・サービスといった産業分類がなくなり、新たな分類軸が出現する
	100 それぞれのサービスにおける顧客の嗜好性を簡単な質問(実験)によって類型化できるようになる
2025	1 BOP(Base of the Economic Pyramid)市場への先進国の参入が進み、生活必需製品からサービス提供に移行し、全世界的に QOL が向上する
	5 銀行が融資する際の企業のリスク評価や、デューデリジェンス(企業の合併・買収前の企業価値評価)におい

年	トピック
	て、無形の共創価値(顧客に関する情報の蓄積や、従業員幸福度など)が重要な項目として使用される
	6 顧客自身がサービス生産において提供する資源の量を決定でき、その量によって価格が決定される仕組みができる
	14 サービスにおける「おもてなし」のメカニズムが解明され、「おもてなし」ができるロボットや計算機システムが実際のサービス現場で活用される
	25 設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する
	34 高齢者や障害を持つ方が「当たり前の生活」ができるためのバリアフリー設計の先にある、ロボットも共生しやすい住宅設計技術が確立する
	37 超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術が確立する
	56 デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する
	63 自身の代理となる等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットが登場し、当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることが一般化する
	65 遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活支援を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気づかない危険を回避するなどの知能を有する)が普及する
	67 テレオペレーションの高度化により離島などの遠隔地でも医療等のサービスを受けることができるようになる
	74 リアルタイムの対人サービスにおいて、コンテキストに応じて変化する人間の感情とその構造(コンテキストに依存する要素としない要素・その影響度合い・結果的に起こる感情の種類など)がモデル化される
	75 CSV(Creating Shared Value)理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する
	78 サービス業の人的サービス提供がIT・ロボットなどで代替される際、品質を損なわずに効率化を実現するためのフレームワークが開発される
	91 クリエイターの思考プロセス、手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し、教育や発想支援システムの開発に応用される
	92 脳科学や認知科学の知見にもとづいて、個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し、学習における生産性が向上する
	93 サービス現場で生じる「従業員の失敗」に対する顧客の評価アルゴリズムが明らかになるとともに、失敗事例の社会的蓄積と社会的合意が進み、あらゆる失敗に対し経済的な評価とリスク予測が可能になる
	94 従業員の適性検査が一般化し、従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)
	95 人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する
	96 国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し、サービスレベルを適切に調整する仕組みができる
	97 (個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)
	99 従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される
	101 コミュニティ、自治体、国・地球の各レベルにおいて、固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される

8. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2020	40 個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる
	83 買上商品のリアルタイムトラッキングに基づく、同時リコメンデーション技術が確立する
2021	41 クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を代理管理する業種が誕生し、一般的に利用される
	19 決まった時間に決まった場所に集まって行う従来の学校型授業に加えて、ICTを用い、好きな時間に好きなペースで進める形の授業も取り入れられる
2022	30 大規模ターミナル駅周辺(約5km四方)における10万人規模、6時間分の人流について、各種情報提供の効果と個々の状況判断を含めて100万ケースのシミュレーションを1ヶ月程度で完了出来るようになる
	39 認知症の徘徊者をはじめ一般消費者が自然に身につけることのできる見守り端末技術が普及する
	85 SNS(Twitter, Facebook, ブログなど)から獲得できる非構造型ビッグデータに基づき、流行の予兆を自動的に発見するための機械学習技術が確立する
2023	47 個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出会いを装うような出会い支援サービスが普及する
	55 情報技術を用いたデザイン支援ツールの拡充と3Dプリンター等の普及に伴い、ユーザ自身での製品・サービスのカスタマイズやリデザインが一般化する
	86 演繹推論(シミュレーション)と帰納推論(統計的モデリング)を融合した技術(データ同化)によって、高精度リアルタイム顧客行動予測が実現する
2024	49 「おもてなし」の様な固有の文化に大きく依存するサービス提供のコンテキストを明示するための、サービスプロセス記述手法が確立する
	82 センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータを利用した、大規模テーマパークやショッピングセンタにおけるリアルタイム顧客行動予測(何をするか)の予測)技術が確立する
2025	1 BOP(Base of the Economic Pyramid)市場への先進国の参入が進み、生活必需製品からサービス提供に移行し、全世界的にQOLが向上する
	2 法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを確認し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される
	3 知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し、オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの20%を超える
	4 財務諸表・有価証券報告書に数値としての測定が難しい、顧客・従業員の感情面や知識・スキル面の価値がなんらかの統一基準で記載され、企業評価の基準の一つとして一般化する
	5 銀行が融資する際の企業のリスク評価や、デューデリジェンス(企業の合併・買収前の企業価値評価)において、無形の共創価値(顧客に関する情報の蓄積や、従業員幸福度など)が重要な項目として使用される
	6 顧客自身がサービス生産において提供する資源の量を決定でき、その量によって価格が決定される仕組みができる
	7 政策立案の際、従来の統計データに加え、機械学習を用いたビッグデータ解析など、データマイニング技術の成果も活用されるようになる
	8 株式アナリストの企業評価が可視化しやすい短期的・経済的成果中心から、可視化しにくい長期的・社会的な価値、より具体的には内部サービスと外部サービスの評価へと移行する
	9 従業員評価において、長期的な顧客との関係性、引いては顧客ライフタイムバリューへの貢献や社会への貢献という観点を加えた新たな指標に移行する企業が全企業の半数を超える
	10 優れた芸人の所作や匠(熟練技術者など)の技能の計測とモデリングを通じた形式知と暗黙知のアーカイブ化による文化・技術の伝承システムが活用される
	11 様々なセンサを活用して自動的に収集されるサービスのログに基づく振り返り分析により、サービスの質と効率を向上させるための教育システムが実現する
	12 財・サービスの消費によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情の研究が進み、消費者の感情を直接に分析、測定、評価して、それを財・サービスの研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法が確立する
	13 高齢者の医療・介護サービスにおける様々な知識が体系化され、関係する多職種サービス提供者の共通言語として活用される
2025	14 サービスにおける「おもてなし」のメカニズムが解明され、「おもてなし」ができるロボットや計算機システムが実

年	トピック
	際のサービス現場で活用される
	15 サービス知識がデータベース化され、状況変化に適応したサービスの提供をリアルタイムで支援するナビゲーションツールが開発される
	16 業種ごとにサービスのベストプラクティスを蓄積するデータベースが構築され、事例に基づく教育や人材育成が一般的に行われる
	17 産業界において、製品サービスシステム(PSS)の基本理念および設計・マネジメント手法を教育するコンテンツやツールが整備され、業種を問わず広く利用されるようになる
	18 サービス提供者のスキルを診断する手法(ITスキル診断のサービス版)が確立し、教育や育成のプロセスで指標としていくつかの業種で使われるようになる
	20 「おもてなし」のような暗黙的な知識も学習できるOJTとeラーニングのハイブリッド型サービス教育システムが普及する
	21 パーソナルファブ리케이션が普及し、ハイアマチュアや複数人の共同によって作成される製品が増え、製造物責任の法制度改正や新しい損害保険サービスなど制度面での対応が必要となる
	22 製品サービスシステムの上流～下流設計を一貫してガイドする実践的な設計ナビゲートツールが整備される
	24 HEMSのようにトップダウンで構築されたエネルギーマネジメントシステムでなくとも、すでに家の中にある家電製品やAV機器などにアタッチメントをつけるだけでエネルギーマネジメントシステムに取り込まれて制御できるような付加的なシステムデザインが確立される
	26 製品サービスシステムを対象とするライフサイクル設計の支援手法が確立され、多くの産業分野で利用されるようになる
	27 顧客価値、社会情勢の将来予想に基づいて、製品サービスシステムの成長シナリオをバックキャスト的に予測し、自社ビジネスの中長期計画をより論理的に構成可能とするビジネスシナリオプランニング手法が開発・整備される
	28 製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法、契約設計支援ツールが開発・整備される
	31 健やかな高齢社会に向け、高齢者の趣味、健康状況、医療データ、生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される
	32 公共交通が仮想化され、ユーザは行き先を指示するだけで最適の乗り物が見えるようになる(単なるナビではなく、交通機関の方がデマンドに合わせることを含む)
	33 地域で活動する小型移動体やロボットのための非接触充電インフラを、最適配置する設計支援技術が整備される
	36 地域の課題に対し地元民同士で助け合う形態から、ソーシャルネットワークサイトを通じて問題意識をもった地域外の者が有志で解決するというような、生活における共助の体制が広域化・オープン化する
	38 店舗に設置された各種環境センサのデータが統計処理された上で蓄積され、その8割以上がオープンデータとして公開される
	42 サービスにおける受給者の主観性や多様性を考慮する品質測定技術が確立され、多くの産業分野で利用される
	43 日常生活の中で自然かつ継続的に記録された個々人の表情データなどに基づき、感情や気分の状態推定・遷移予測を行う技術が確立する(慮り・共感技術)
	44 脳活動や視線計測を含め、センシングできる人間の生体情報が商品購買動向およびその満足度の分析に使われることが一般的になる
	45 様々なセンサを用いてサービス提供者の多様な“気づき”をその場で簡単に収集し活用できるシステムが30%以上のサービス現場に普及する
	46 サービスの現場で、あらゆる機器をネットワークで繋ぐM2M(Machine to Machine)プラットフォームをオープンかつ低コストで利用可能になる
	48 店舗内顧客行動(視線、表情、移動導線、売場立ち寄り時間、買上商品等)のリアルタイム測定技術が確立する
	50 サービスの故障診断、リスク回避など、サービスの信頼性向上のための汎用性を有する技術、ツールが整備される
	51 自動車や学校教育など、インターネット上で売買されてこなかった生活上の大きな購買に関わる意思決定までもがネット上で行われることに配慮した新たなUX(User experience)デザインが重要となる
	52 サービスデザイン手法が、ソフトウェア設計におけるUMLのように業界標準化され共通言語となっている
2025	53 サービスデザイン手法が確立し、大学の一般教養科目に組み込まれる

年	トピック
	54 社会実装前のサービスシステムを、経済的・技術的・社会的な観点から、定性的／定量的にシミュレーションする技術が確立する
	57 サービスブループリンティング, EX テーブル, シナリオモデリング, コンテキストモデリングなど, サービスのプロセス設計を支援する技術, ツールが統合化され, 産業分野で利用されるようになる
	59 介護やコミュニケーションロボットを導入するにあたっての, ヒトとの安全および接触時の動作スピードアップの両立技術が普及する
	60 一部の高級なケースを除き, サービスロボットもしくは電子的に合成された販売員が, 店頭において, 人間の利用者の対応をすることが一般化する
	61 生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し危険予知を行うシステムの実現により, 高齢者の外出・社会参加が促進される(高齢者等の QOL 改善)
	62 ヒトが点検を行うとコスト高になったり, 危険が伴う, 建物・インフラ点検のロボット点検化技術が一般化する
	67 テレオペレーションの高度化により離島などの遠隔地でも医療等のサービスを受けることができるようになる
	68 コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される
	69 HCI(Human-Computer Interface)がヘルスケア産業で活用される事例が増え, 医療看護分野におけるサービス生産性が向上する
	70 農業の企業進出の法制度改革が行われ, 農作業の自動ロボット化などの新たなビジネスが創出(食の安全による国内回帰)
	71 モノとサービスの二分論が, 理論上完全に過去のものとなり, モノとサービスの融合について Service Dominant Logic をより一般化・社会化した新理論が普及する
	73 製造業のサービス化(Servitization)が進み, 製造・サービスといった産業分類がなくなり, 新たな分類軸が出現する
	77 共創によって生成される価値の性質が解明され, 具体的な測定尺度として理論化される
	80 AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が, サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される
	84 ウェブルーミングやショールーミング(実店舗で商品を見てWEBで購入, もしくはその逆)といった消費者行動を解明するための基礎となる, WEB データとモルタルデータの融合技術が確立する
	87 大規模データを利用した個別世帯別バイズ型需要予測技法が確立する
	88 家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく, 食材, 日用雑貨の自動宅配サービスが実現する
	89 多数の顧客を対象とした個別対応型サービスをサポートするために必要な超複雑モデル(数百万超の超多数パラメータをもつモデル)を, リアルタイムで推定する統計技術が確立する
	90 スーパーマーケットでの買い物行動やWEB 上での情報探索行動などの消費者行動の異質かつ動的なメカニズムを評価する統計技術が確立する
	94 従業員の適性検査が一般化し, 従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)
	98 「ありがとう」と言われてうれしく感じたり, 顔を覚えてもらっていることをうれしく感じる認知メカニズムが明らかになる
	100 それぞれのサービスにおける顧客の嗜好性を簡単な質問(実験)によって類型化できるようになる
2026	25 設計, 開発, 生産, 品質管理, 製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し, 統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する
	35 ミクロ(HEMS レベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し, 電気自動車の充電機に蓄えられた電力を, 移動先(通勤先のオフィスなど)で売電するなど電力の融通取引が行われる
	99 従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される
2027	66 厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し, 8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される
	97 (個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)
2027	101 コミュニティ, 自治体, 国・地球の各レベルにおいて, 固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される
2028	23 PFI (Private Finance Initiative), PBL (Performance Based Logistics), Partnering などの受給者が享受する利用価値を最大化するビジネスモデルの構成法が確立する
	29 製品サービスシステム提供対象ビジネスの Business Case Analysis とその結果に基づくリスクマネジメントの統

年	トピック
	合手法が整備される
	63 自身の代理となる等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットが登場し、当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることが一般化する
	64 自動運転技術が普及し、人が運転する必要のない道路が増えることで、物流効率が劇的に向上する
	79 Service Dominant Logic に基づき提供者／受給者双方のサービス・コンピテンシー／サービス・リテラシーを段階的に涵養するシステム構成手法が整備される
	93 サービス現場で生じる「従業員の失敗」に対する顧客の評価アルゴリズムが明らかになるとともに、失敗事例の社会的蓄積と社会的合意が進み、あらゆる失敗に対し経済的な評価とリスク予測が可能になる
2029	72 サービスを受ける人間が感じる価値を、数学モデルとして記述する価値モデルが確立し、数理的アプローチによる価値最大化のサービス設計ができるようになる
2030	34 高齢者や障害を持つ方が「当たり前の生活」ができるためのバリアフリー設計の先にある、ロボットも共生し易い住宅設計技術が確立する
	37 超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術が確立する
	56 デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する
	58 サービス、製品を含むサービスシステムの提供において、人的・製品リソースの同時最適配置手法が確立され、20%以上の企業で利用される
	65 遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活支援を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気づかない危険を回避するなどの知能を有する)が普及する
	74 リアルタイムの対人サービスにおいて、コンテキストに応じて変化する人間の感情とその構造(コンテキストに依存する要素としない要素・その影響度合い・結果的に起こる感情の種類など)がモデル化される
	75 CSV(Creating Shared Value)理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する
	76 サービスにおける共創価値の生成過程、すなわち提供者・受給者の提供する資源の効果的組み合わせや、両者の相互作用のダイナミズムが理論化される
	78 サービス業の人的サービス提供がIT・ロボットなどで代替される際、品質を損なわずに効率化を実現するためのフレームワークが開発される
	81 センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータのリアルタイム利用によって、高精度の個人別空間移動予測(どこへ行くかの予測)が実現する
	91 クリエイターの思考プロセス、手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し、教育や発想支援システムの開発に応用される
	92 脳科学や認知科学の知見にもとづいて、個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し、学習における生産性が向上する
	95 人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する
	96 国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し、サービスレベルを適切に調整する仕組みができる

8. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組みとして、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

1 BOP(Base of the Economic Pyramid)市場への先進国の参入が進み、生活必需製品からサービス提供に移行し、全世界的にQOLが向上する
○ユニバーサルデザインによる製造、○見えにくい価値を定量化する技術、○技術的な課題というよりも各企業や顧客の意識改革が必要と考える。特に日本にはサービスに金を払う文化がないのでこれを変化させることは非常に困難だと考える。、○学校教育などでもっと課題解決とは何なのかを教える必要がある(サービスは課題解決のアウトソーシングという一面があり、これをよく教え価値を認識させなければサービスの価値も認められないのではないか)、○要するに製造業に特化し、工場で働く人間を作ってきた学校教育を変える必要がある
2 法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを確認し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される
○コーパス、○統計学、○専門司書人材、○世界中の法令を正確に自動的に評価できる機械学習、○世界中の法令情報や判例情報を収集・検索するネットワーク技術(Bot)、○法律、公的ガイドライン、範例などを集合論的に記述する言語、○確定的に判定可能な部分と厳密に確認すべき条件とを分かり易く提示できるユーザインターフェイス、○多言語、あいまい検索、インタラクティブ問答、各国逐次更新可能なデータベース
3 知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し、オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの20%を超える
○リスクファイナンス、○国際協力体制の構築、○産業政策、○国全体のビジネスシステムのリニューアル、○人材育成への投資、○知的財産のトラブル解決に特化した裁判外紛争処理手続き(ADR)の充実化、○知的財産の保護期間等の明確化、先進諸国との保護の在り方における相違点の明確化、○知的財産の保護に係る国際機関の設立と各国の参加(特に中国など、海賊版が作成されていると推測されている諸国)、○新しい技術を生み出す集合知メカニズム、○新しい技術を普及するためのネットワークシステム、○新しい技術を保存するデータベースシステム、○データベース、○国際標準化、○データベース(クラウド)の充実、○ITの普及(高速通信回線の普及)、○ITの高度化(ソフトウェアの整備・普及)
4 財務諸表・有価証券報告書に数値としての測定が難しい、顧客・従業員の感情面や知識・スキル面の価値がなんらかの統一基準で記載され、企業評価の基準の一つとして一般化する
○xbrlに組み込むアイデアが必要、○記述する担当者の教育、○担当者が学ぶべき教科書の製作が重要、○顧客満足度や知覚品質の定量的評価手法、○知識の定量化のための指標設計と観測技術、○スキルの定量化のための指標設計と観測技術、○モラル・モチベーションの定量化のための指標設計と観測技術
5 銀行が融資する際の企業のリスク評価や、デューデリジェンス(企業の合併・買収前の企業価値評価)において、無形の共創価値(顧客に関する情報の蓄積や、従業員幸福度など)が重要な項目として使用される
○顧客価値を評価する指標の作成、○幸福度を測る指標の作成、○価値の新しい定義、○評価のための指標の開発、○企業のさらなる情報公開、および統計の整備(財務諸表以外の情報)
6 顧客自身がサービス生産において提供する資源の量を決定でき、その量によって価格が決定される仕組みができる
《特になし》
7 政策立案の際、従来の統計データに加え、機械学習を用いたビッグデータ解析など、データマイニング技術の成果も活用されるようになる
○機械学習、○ビックデータ解析、○データマイニング、○安価かつ正確なデータのクリーニング技術、○データマイニング、○スーパーコンピュータ、○データ収集・蓄積技術、○HPC、○インフォーマルデータマイニング、○データサイエンティストの育成技術(大量のデータからシグナルを抜き出せる、社会科学と数理学との両方に通じた人材の教育技術)、○統計学とその解析を専攻とする教育、○仮説立案を軸とした思考の高等教育の充実、○データサイエンス、○情報セキュリティ技術(個人情報保護)、○データの標準化、○機械学習によるビッグデータ処理法の確立、○データ品質が良い、○データ取得技術、○データ解析技術、○政策立案とはなにかの定義、○政策立案に影響する要因の定義、○死亡者数といった具体的に削減すればよい指標以外の、よりよい社会とか幸福などの定義が難しい指標の定義、○データマイニング技術、○社会シミュレーション、○適用対象に即した個別機械学習法の確立、○リスク(解析結果の誤り)を許容する思考風土の醸成

8 株式会社アナリストの企業評価が可視化しやすい短期的・経済的成果中心から、可視化しにくい長期的・社会的な価値、より具体的には内部サービスと外部サービスの評価へと移行する
○定性的な評価とされてきたデータの体系的・長期的な蓄積
9 従業員評価において、長期的な顧客との関係性、引いては顧客ライフタイムバリューへの貢献や社会への貢献という観点を加えた新たな指標に移行する企業が全企業の半数を超える
○IT 技術の進歩、○共創価値を測る指標開発、○従業員の行動履歴を自動的に蓄積する技術、○不確実性を伴うビッグデータの解析技術、○長期的価値の予測技術、○評価のための指標開発、○人事評価のシステムを顧客満足、顧客ロイヤルティ構築への貢献度、その上での利益貢献度と連動させるシステムを構築する必要がある。○顧客を含むステークホルダーによる評価システムの構築を導入する必要がある。○業界ごとの標準指標の確立を急ぐ必要がある。○ビッグデータ収集・分析技術、○収集・分析したビッグデータの可視化技術、○従業員評価の指標となるコンピテンシーの客観的な策定とアセスメントに関する技術、○新たな指標と企業業績指標との因果関係解明のためのビッグデータ解析技術
10 優れた芸人の所作や匠(熟練技術者など)の技能の計測とモデリングを通じた形式知と暗黙知のアーカイブ化による文化・技術の伝承システムが活用される
○センシング技術、○データ解析技術、○ヴァーチャルリアリティなどのインタフェース、○匠の技術の伝承を確実に行う必要がある、○技能レベルのモデリングによる尺度化、○技能伝承における身体知の形式知化、○技能伝承・指導のコーチング技術、○データマイニング、○センシング技術、○簡便化された動作測定解析技術、既存の技術では測定においても大がかりなものとなり、自然な測定はかなり困難である、○技術伝承を行える場の設定、○技術要素分析の技術、○人間の感じる手ごたえを測定できる機器の開発 現在の装置ではわずかな手ごたえは測定できない、○匠の見極めの判断を測定できる機器の開発
11 様々なセンサを活用して自動的に収集されるサービスのログに基づく振り返り分析により、サービスの質と効率を向上させるための教育システムが実現する
○サービスセンシング技術、○サービス生産性評価技術、○サービス品質評価技術、○センシング技術、○無線伝送技術、○エネルギーハーベスティング技術、
12 財・サービスの消費によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情の研究が進み、消費者の感情を直接に分析、測定、評価して、それを財・サービスの研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法が確立する
○感情測定の生理的なセンサ、○感情解析アルゴリズム
13 高齢者の医療・介護サービスにおける様々な知識が体系化され、関係する多職種サービス提供者の共通言語として活用される
○シンプルなインターフェイス、○負担の少ない状態計測技術、○状態アセスメント技術、○状態に適応した介入選択とその実施をナビゲートするシステム技術
14 サービスにおける「おもてなし」のメカニズムが解明され、「おもてなし」ができるロボットや計算機システムが実際のサービス現場で活用される
○環境センシング、○感情の推論、○その場を取り繕える柔軟な判断力
15 サービス知識がデータベース化され、状況変化に適応したサービスの提供をリアルタイムで支援するナビゲーションツールが開発される
○画像認識、パターン認識、○翻訳技術、○ウェアラブル機器、○コーパス、○機械学習、○専門司書、○サービス知識記述を支える基盤的概念体系(オントロジー)、○状況を記述し、適応させる状況適応技術
16 業種ごとにサービスのベストプラクティスを蓄積するデータベースが構築され、事例に基づく教育や人材育成が一般的に行われる
○プラクティスの評価にかかる定量化技術・技法、○データ蓄積・処理技術、○事例の抽象化技術、○事例の検索技術、○何を持ってベストプラクティスとするか、の認定基準の開発(ねらっている利用者像を明確にして、判断する必要があるだろう)、○知識の分類方法に関する技術、○人材育成に関する IT をつかった支援技術、○ノウハウをデータベース化する方法論としての知識科学、○知識を効率的効果的に伝えるための教育工学、○知財の共有化に関する社会基盤、○ベストプラクティスを記述する様式
17 産業界において、製品サービスシステム(PSS)の基本理念および設計・マネジメント手法を教育するコンテンツやツールが整備され、業種を問わず広く利用されるようになる
○サービスモデリング、○PSS モデルの記述(既存製造事業とサービス拡張した PSS)、○PSS モデルの評価(ビジネス視点)(将来は、CS、EPR、従業員満足度、etc もあるかもしれませんが)、○事例獲得手法(事例元データ獲得、整理、入力スキルを持つ人材も含め)、○PSS の設計・開発方法論の整備、○PSS 理念の教育システムの整備、○企業間アライアンスの構築フレームワークの整備、○技術というよりは、国際標準への取り組みが重要となる
18 サービス提供者のスキルを診断する手法(IT スキル診断のサービス版)が確立し、教育や育成のプロセスで指標としていく

つかの業種で使われるようになる
○認知科学
19 決まった時間に決まった場所に集まって行う従来の学校型授業に加えて、ICT を用い、好きな時間に好きなペースで進める形の授業も取り入れられる
○機械学習技術、○ヒューマンインタラクション技術、○ユビキタスネットワーク技術、○軽量・長時間・蓄電池技術、○学習履歴・蓄積・検索技術、○学習者の自己学習を支援する教育設計手法、および、教育マネジメントツール、○学習者の学習目的や教育における使用価値を分析する手法、○学習者の満足度を評価する手法、○オンデマンド知識提供(漢字変換の際に、同音異義の用例が表示されるようなもの)、○事前学習のオンデマンド学習化、○学習コンテンツのビジュアル化短時間習得可能化
20 「おもてなし」のような暗黙的な知識も学習できる OJT と e ラーニングのハイブリッド型サービス教育システムが普及する
《特になし》
21 パーソナルファブリケーションが普及し、ハイアマチュアや複数人の共同によって作成される製品が増え、製造物責任の法制度改正や新しい損害保険サービスなど制度面での対応が必要となる
○製品のリスクマネジメント技術……あらゆるリスクを網羅し、その予防技術を確立し、メーカー・ユーザーを啓蒙、○因果関係把握技術の確立、○損害賠償・保障のスムーズな制度構築と国際法のサーベイ、○ユーザ向けの CAD ツール(専門家向けの CAD に比べれば簡易的だが、要素の組み合わせその他によって、ユーザごとに適した製品の構成が可能なデザインツール)、○パーソナルファブリケーションを通じて生み出されたユーザによる創意工夫・アイデアを、地理的・仮想的コミュニティの双方、ならびに一般社会—産業界—学术界の間で循環させるための仕組みづくり、○技術面に限らず、設問にある通り、製造物責任の法制度改正や新しい損害保険サービスなどの制度面が必要
22 製品サービスシステムの上流～下流設計を一貫してガイドする実践的な設計ナビゲートツールが整備される
○顧客要求など不確かかつ定性的な情報を用いた評価・シミュレーション技術、○製品サービスシステム設計において行うべきことを整理したタスクリストと、これらのタスクを管理するツール、○製品サービスシステムの設計解を蓄積したデータベースと、このデータベースを用いて設計界の導出を支援する設計支援ツール、○人間社会の中での製品サービスシステムの役割と機能のモデル化、○エスノグラフィの活用、○概念設計ツール、○SSME、サービス工学、PSS、○上流設計の不確実情報をコントロールするための設計方法論、○知識マネジメント、○各種シミュレーション技術、○製品とサービスの内容を統合的にモデル化する技法、○設計プロセスをモデル化する技法、○最大化すべき価値の定義、○多数ステークホルダーの価値モデル設計、○サービスモデル設計、価値評価、ビジネスモデル分析、○スタートアップ支援(仮説整理、取得データ、判断基準、検証最小構成、優先度設定など)、○顧客のニーズ、価値を予測、表現する手法、○サービスのモデル化手法、○サービスの評価手法、○関係性デザインアプローチを具現化するツール開発、○デザイン(デザイナー)と設計(機能設計者)のコラボレーションを可能とするツール開発、○設計プロセスの見える化ツール、縦割り組織間のコミュニケーションツール
23 PFI (Private Finance Initiative), PBL (Performance Based Logistics), Partnering などの受給者が享受する利用価値を最大化するビジネスモデルの構成法が確立する
《特になし》
24 HEMS のようにトップダウンで構築されたエネルギー管理システムでなくとも、すでに家の中にある家電製品や AV 機器などにアタッチメントをつけるだけでエネルギー管理システムに取り込まれて制御できるような付加的なシステムデザインが確立される
○電気エネルギーの入出力ノードのコモデティ化、○エネルギーノードにおける無線 LAN などの情報アクセスノード技術
25 設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する
○プロセス間のコミュニケーション技術、○統一規格を多くのステークホルダーが採用するインセンティブ設計技術、○当初想定外のことが多く発生すると想像される。例外事項への対処と、それを順次標準にしていく仕組み、○設計・生産・消費の各段階を統合する情報循環手法、○仮想生産設備の構築、○設計、開発、生産、品質管理などの異なる分野間での技術情報の共有および相互理解、○企業内での秘密情報の位置づけの見直し、○一連のプロセスの知識化とそのマネジメント、○(関係者の意図も含めた)情報の記述方法・情報共有方法
26 製品サービスシステムを対象とするライフサイクル設計の支援手法が確立され、多くの産業分野で利用されるようになる
○設計段階で利用可能な、ライフサイクル上でのサービスの実施と効果を評価するシミュレーション技術、○製品サービスシステムをシミュレーションなどの特定の目的に即して記述するモデリング技術、○製品ライフサイクル設計のためのシミュレーション技術(経済性、環境負荷、社会的公平性等を評価可能な計算機シミュレーション技術)、○オープンデータ(Web 上の様々な公開統計情報)を用いた製品サービスシステムのシナリオ作成支援技術、○製品サービスシステム事例を有効に活用した製品ライフサイクル設計支援システム、○設計手法の多様化・標準化?、○対象モデリング技術(特に定性的、抽象的な情報の記述)、○種々のモデルを統合的に扱うための操作技術、○一つは万人に理解しやすい形にこれらの理論・哲学を纏めることが必要である。ここ 10 年で様々な実践研究がなされており、そろそろこれらを纏め社会に浸透させるフェイズが来ていると考え

<p>る、○二つ目にこれらの概念、哲学を社会に浸透させるために学校教育などのシステムを変えていく必要がある。私見だが、学校教育での課題解決に対する取組が薄いためサービスの価値などが理解してもらえないのではないか。○製品サービスシステムのライフサイクル設計支援手法の開発、○上記設計支援手法の社会普及のための施策</p>
<p>27 顧客価値、社会情勢の将来予想に基づいて、製品サービスシステムの成長シナリオをバックキャスト的に予測し、自社ビジネスの中長期計画をより論理的に構成可能とするビジネスシナリオプランニング手法が開発・整備される</p> <p>○大胆なシナリオや将来予想を体系的に行う技術(トラックとともにドローンが高速道路上を自動航行する、人口が 20%減り一人当たりの土地所有面積が増える等)</p>
<p>28 製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法、契約設計支援ツールが開発・整備される</p> <p>《特になし》</p>
<p>29 製品サービスシステム提供対象ビジネスの Business Case Analysis とその結果に基づくリスクマネジメントの統合手法が整備される</p> <p>《特になし》</p>
<p>30 大規模ターミナル駅周辺(約 5km 四方)における 10 万人規模、6 時間分の人流について、各種情報提供の効果と個々の状況判断を含めて 100 万ケースのシミュレーションを 1 ヶ月程度で完了出来るようになる</p> <p>○HPC による網羅的シミュレーション技術、○ビッグデータマイニングによる行動モデル構築、○まちなかセンシング技術、○群集行動の数理モデルに基づいた定量評価技術、○エージェントシミュレーション技術、○高性能計算を実現のための技術(大規模データ処理)、○シミュレーションログ解析のための技術(マイニング等)、○社会シミュレーション、○エージェントのモデル化、○並列計算</p>
<p>31 健やかな高齢社会に向け、高齢者の趣味、健康状況、医療データ、生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される</p> <p>○プライバシーとデータの利活用のトレードオフを取る技術、○大規模なデータマイニング技術、○生体情報、行動情報の取得技術、○各種データベースからの集計技術(特に医療情報などレガシーシステムとの祖結合連携など)、○開示手続きとセキュリティ技術、○データを提供する側の個人を中心としたデータ管理技術、○データの利用範囲に関する個人の意向を反映させるためのしくみ</p>
<p>32 公共交通が仮想化され、ユーザは行き先を指示するだけで最適の乗り物が使えるようになる(単なるナビではなく、交通機関の方がデマンドに合わせることを含む)</p> <p>○オンデマンド交通のための配車技術、○ITS(各移動体の現在位置や乗車人数、立ち寄り箇所、渋滞状況などの収集管理)、○デマンドや交通量の高精度なシミュレーション技術、○高速で高精度な最適化技術、○公共交通利用者がデマンドを送信してから結果が返ってくるまでの時間が数秒となるための計算機の高性能化、○交通流シミュレーションの計算高速化、不正防止策を備えた予約システムの開発、○社会実験のための環境整備(実際のデータ収集)、○通信技術、○ユーザーインターフェース</p>
<p>33 地域で活動する小型移動体やロボットのための非接触充電インフラを、最適配置する設計支援技術が整備される</p> <p>○現在の「道路」の概念を超えるもの。車輪に依存しないもの。○社会的普及レベルに落とし込んだネットワークセンシング技術、○移動パターンをモデル化し、そのモデルに基づき最適配置する設計アルゴリズム、○モデルを逸脱した移動を反映した最適設計アルゴリズム、</p>
<p>34 高齢者や障害を持つ方が「当たり前の生活」ができるためのバリアフリー設計の先にある、ロボットも共生し易い住宅設計技術が確立する</p> <p>○人間の心との連携</p>
<p>35 ミクロ(HEMS レベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し、電気自動車の充電機に蓄えられた電力を、移動先(通勤先のオフィスなど)で売電するなど電力の融通取引が行われる</p> <p>○現行の電力供給システムをより自由化するという規制緩和という社会技術が重要である、</p>
<p>36 地域の課題に対し地元民同士で助け合う形態から、ソーシャルネットワークサイトを通じて問題意識をもった地域外の者が有志で解決するというような、生活における共助の体制が広域化・オープン化する</p> <p>○感性レベルコミュニケーション、○モニタリング&アドバイス</p>
<p>37 超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術が確立する</p> <p>○マルチスケールモデリング、○マルチエージェントシミュレーション、○シミュレーション、○実環境の計測、○多種多様の人間の行動のモデル化技術、○シミュレーション結果を評価する技術、○高精細なシミュレーションを大量に実施するための大規</p>

<p>模計算技術、○きわめて多様性の高い、しかも精度も高い人間モデルを構成する技術、○実際の人間社会の動きの観測とシミュレーション結果との整合性を多角的に評価する技術</p>
<p>38 店舗に設置された各種環境センサのデータが統計処理された上で蓄積され、その8割以上がオープンデータとして公開される</p> <p>○複数のセンサから複雑な状況や意味を抽出する技術、○センサを分類し、精度や設置位置などを表現する技術、○プライバシーを保護するルール作りなど社会環境</p>
<p>39 認知症の徘徊者をはじめ一般消費者が自然に身につけることのできる見守り端末技術が普及する</p> <p>○モバイルセンシング、○動作認識技術、○屋外、屋内のシームレス測位、○低コストかつ高保守性を持つサーバ運用体制および関連技術、○より現実的な行動認識技術、○省電力・適応測位型のセンシング技術、○センサデータの解析(異常検知)、○プライバシー保護基盤、○固体識別技術、○体調分析技術、○低消費電力な通信&センシングデバイス、○高性能バッテリー、○健康状態の認識技術、○行動パターンマイニング、○データ解析、○ウェアラブルセンシング、○端末による血液や脳波計測と認知モード検出技術、○端末カプセルの埋め込み技術(倫理課題の解決)</p>
<p>40 個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる</p> <p>《特になし》</p>
<p>41 クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を代理管理する業種が誕生し、一般的に利用される</p> <p>《特になし》</p>
<p>42 サービスにおける受給者の主観性や多様性を考慮する品質測定技術が確立され、多くの産業分野で利用される</p> <p>○サービスの構成要素(製品や従業員)の属性と、受給者の主観評価の関係性を表現するモデル、○生体情報などの受給者情報から受給者の主観評価を推定する技術、○受給者の主観評価におけるばらつきが最小となる受給者カテゴリを特定する技術、○統計的な概念を超えた測定技術が必要。、○ビジョンやセンサを用いた人間の感覚の代行、○行動のセンシングおよび個人の社会における多様な活動を記録するライフログ技術、○記録されたライフログから受けたサービスによって変化した状態・行動を分析することで客観的に主観的品質を定量化する分析手法</p>
<p>43 日常生活の中で自然かつ継続的に記録された個々人の表情データなどに基づき、感情や気分の状態推定・遷移予測を行う技術が確立する(慮り・共感技術)</p> <p>○センサーデータの統合的解析アルゴリズムの研究</p>
<p>44 脳活動や視線計測を含め、センシングできる人間の生体情報が商品購買動向およびその満足度の分析に使われることが一般的になる</p> <p>《特になし》</p>
<p>45 様々なセンサを用いてサービス提供者の多様な“気づき”をその場で簡単に収集し活用できるシステムが30%以上のサービス現場に普及する</p> <p>○サービス提供者の行動追跡(測位技術)、○サービス提唱者の行動分析技術、○ユーザからのフィードバックを明示的・暗示的に取得するシステム、○ユーザの様々な行動をプライバシーに配慮しながら認識するセンサ技術、○長期間計測可能な行動計測技術、○情報入力支援技術、○ディープラーニング</p>
<p>46 サービスの現場で、あらゆる機器をネットワークで繋ぐM2M(Machine to Machine)プラットフォームをオープンかつ低コストで利用可能になる</p> <p>○低消費電力無線ネットワーク装置の開発、 ○IOT技術、○無線伝送技術、○法的整備、○低コスト(ワイヤレス)アクセス技術、○広域M2Mネットワーク技術、○低消費電力デバイス技術</p>
<p>47 個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出会いを装うような出会い支援サービスが普及する</p> <p>《特になし》</p>
<p>48 店舗内顧客行動(視線、表情、移動導線、売場立ち寄り時間、買上商品等)のリアルタイム測定技術が確立する</p> <p>○環境設置型センサと装着型センサの融合によるリアルタイムロバスト測位技術の開発、○センシング技術(センサ、カメラ認識等)、○環境の整備、データの標準化、○サービス現場へのリアクション、○(リアルタイム)行動測定技術、○POS(購入情報など)、CRM(会員情報、過去の購買履歴など)連携技術、○販売機会、防犯の視点での顧客特定とアラートなどの店舗スタッフ</p>

<p>のユーザインターフェース技術、○センサ技術(ハードウェア)、○信号処理、○人工知能、○販売側との会話分析</p>
<p>49 「おもてなし」の様な固有の文化に大きく依存するサービス提供のコンテキストを明示するための、サービスプロセス記述手法が確立する</p>
<p>《特になし》</p>
<p>50 サービスの故障診断、リスク回避など、サービスの信頼性向上のための汎用性を有する技術、ツールが整備される</p>
<p>○サービス障害とフォールトのモデリング技術、○サービス信頼性の評価計測技術、○リスク分析技術、○セキュリティ技術(ハッカソンからの攻撃の防御)、○ネットワーク、セキュリティ、クラウドの技術統合、○端末デバイスマネジメント</p>
<p>51 自動車や学校教育など、インターネット上で売買されてこなかった生活上の大きな購買に関わる意思決定までもがネット上で行われることに配慮した新たなUX(User experience)デザインが重要となる</p>
<p>○拡張現実感、○シミュレーション、○ビッグデータの活用環境</p>
<p>52 サービスデザイン手法が、ソフトウェア設計におけるUMLのように業界標準化され共通言語となっている</p>
<p>○プロセス、メソッド、記法の標準化、国内/国際規格化、○話し合い</p>
<p>53 サービスデザイン手法が確立し、大学の一般教養科目に組み込まれる</p>
<p>《特になし》</p>
<p>54 社会実装前のサービスシステムを、経済的・技術的・社会的な観点から、定性的/定量的にシミュレーションする技術が確立する</p>
<p>○シナリオモデリング技術、○シナリオシミュレーション技術、○ライフサイクルシミュレーション技術、○物理モデル、行動科学、各所での制約などを踏まえた定量シミュレーション技術、○実データからのシミュレーションモデル動的フィッティング技術、○クラウドシステムとサービスシステムの融合、○サービスの可視化、○サービスの適正化、○サービスのデマンドやリソースなどの関係を定性的に表現するモデル、○サービスのデマンドやリソースの状態からサービスの可用性を評価するシミュレーション技術、○精度をあげるために、個人の身体的・行動的データを串刺し計測で十分に取得しモデル化すること、○既存サービスシステムをモデリングするためのデータ収集技術、○シミュレーション結果と現実の差異を漸次的に吸収するための適応学習技術、○インタラクションの予測を行うことの出来る手法の開発、○シミュレーション結果が利益を生むような方法を提案する、○社会シミュレーション技術、○オープンデータ(技術ではないが)</p>
<p>55 情報技術を用いたデザイン支援ツールの拡充と3Dプリンター等の普及に伴い、ユーザ自身での製品・サービスのカスタマイズやリデザインが一般化する</p>
<p>○ユーザが必要とするモノ・システムの具体化支援ツール、○直感的(コンピュータの介在を意識させないような)な三次元CAD、○積層による成形を超えた3Dプリンター、○顧客ニーズの予測技術とその設計方法論、○インタラクション技術、特にデザイン支援ツールのユーザインタフェース技術など</p>
<p>56 デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する</p>
<p>○知的協調活動を記録したデータベースの共有、○知的協調活動の記録方法の確立、○知的協調活動の定義、○センシング技術と位置情報技術、○感情認識技術、○脳科学の研究知見に基づく簡便な生体情報収集センサー技術、○議論や対話に関する、現状よりも高度な構文解析、意味解析、コンテキスト解析</p>
<p>57 サービスブループリンティング、EX テーブル、シナリオモデリング、コンテキストモデリングなど、サービスのプロセス設計を支援する技術、ツールが統合化され、産業分野で利用されるようになる</p>
<p>○サービスのデザインを行うための設計者支援方法の確立(どのような目的に対してどのような手法を使ったらいいかの明確化)、○サービスデザインのための設計者支援計算機環境(設計支援ソフトウェア)の開発、○サービスのコンセプトを実際のビジネスにまでつなげるプロセスの明確化、○サービスプロセスに現れるモデル要素の分野や手法を超えた一般化/統合化、○サービスプロセス記述のための標準記法、言語、○定性・定量シミュレーションの統合的利用技術、○大規模情報からのサービスコンテキスト発見技術、○サービスモデリング、○ナレッジマネジメント、○対象の属性(業種、粒度、フェーズなど)から手法の選定できる統合ツール(個々は素結合でも)、○経済面を含む多面的シミュレーション、○仮説検証の支援(仮説整理、実証実験必要条件、判定基準、シミュレーション反映など)</p>
<p>58 サービス、製品を含むサービスシステムの提供において、人的・製品リソースの同時最適配置手法が確立され、20%以上の企業で利用される</p>
<p>《特になし》</p>
<p>59 介護やコミュニケーションロボットを導入するにあたっての、ヒトとの安全および接触時の動作スピードアップの両立技術が普及する</p>
<p>○人との安全性を考慮して柔軟な構造でつくられた柔らかい機械の高性能化、高機能化、およびその機械システム全体の小型化、軽量化、省エネルギー化を実現する構造系と制御系の統合的デザイン技術、○ロボット使用感の評価技術を定めるための指標に関する定量的研究、○倫理・安全対策の技術への落とし込み、○小型・軽量アクチュエータやセンサ等のための材料開</p>

発
60 一部の高級なケースを除き、サービスロボットもしくは電子的に合成された販売員が、店頭において、人間の利用者の対応をすることが一般化する
○対ロボットという人間ならびに社会的インターフェイス
61 生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し危険予知を行うシステムの実現により、高齢者の外出・社会参加が促進される(高齢者等の QOL 改善)
○各種センサーデータを統合して状況を意味解釈・分析可能にするためのセマンティックデータプラットフォーム、○多様なセンサを用いた高齢者の状態認識技術、○シンプルな設定で使えるセキュアネットワーク技術
62 ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴う、建物・インフラ点検のロボット点検化技術が一般化する
○ロボットの感覚情報処理、特に視覚情報処理、○小型高性能アクチュエータの開発、○トレイグジスタンス、人間への感覚提示、○点検作業の階層化と遠隔地での監視と運転技術の整理、○ロボットへの動力供給手法と、非作業ロボットの回復・回収を行うサポートロボットの開発、○耐圧防爆仕様の適用と、軽量化、○センシング技術、○特殊移動技術、○通信インフラとの連携による遠隔操作の実現、○画像や打音などによる信号の自動診断技術
63 自身の代理となる等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットが登場し、当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることが一般化する
《特になし》
64 自動運転技術が普及し、人が運転する必要のない道路が増えることで、物流効率が劇的に向上する
○有人運転自動車とのコミュニケーション方法が重要。無人とわかると交差点で道を譲らない人が出て無人運転車が立ち往生する可能性がある、○世界標準のナビゲーションシステム、○大手運送会社が採用する荷物コンテナを標準化し、荷物の積みおろしを含めたトータルシステム、○自律運転のための制御・センサ・ナビ、○アクチュエータ技術、○センサ技術(RFID を含む)、○サービス提供用ソフトウェア技術
65 遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活支援を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気づかない危険を回避するなどの知能を有する)が普及する
○映像等からの高精度な状況認識、○高精度な音声認識技術、○人の心の動きを促す会話技術、○画像処理技術
66 厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し、8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される
《特になし》
67 テレオペレーションの高度化により離島などの遠隔地でも医療等のサービスを受けることができるようになる
○安定したネットワークインフラの確保、○スレーブロボットと人間が混在する手術室における現在のチーム医療のような連携の「場」の再現および再定義、○触覚を含むさまざまな間隔フィードバックの確立、○通信速度、安定性の向上、○サービス提供のためのインフラ整備、○高精細映像システム(医師とのコミュニケーションインターフェイスを含む)
68 コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される
○建物、バックヤードの新たな設計方法、○商品のタグ付け、○複雑な物体を操作するマニピュレーター
69 HCI(Human-Computer Interface)がヘルスケア産業で活用される事例が増え、医療看護分野におけるサービス生産性が向上する
○ユーザの行動履歴などに基づく作業予測、○定期的な作業内容の振り返りを促すシステム(技術だけでなく運用設計を含む)、○ユーザと環境中の物体との接触を感知するセンサ技術、○ロボット技術、○ICT 技術、○負荷のないウェアラブルデバイス、○医療、介護スタッフの日常会話の共有、ロギング、分類、配信、○知的日常会話(話者の回答理解、文脈理解、応答作成、時事情報反映など)、○ユーザインタフェース技術、 ○日常的な健康状態を計測するウェアラブルセンサのデバイス開発、○ウェアラブルデバイスの情報を収集し、クラウド情報で情報管理やサービスを提供するシステムの開発、○個人情報扱う運用上のシステム作りや、健康アドバイスなどの説得技術の開発、
70 農業の企業進出の法制度改革が行われ、農作業の自動ロボット化などの新たなビジネスが創出(食の安全による国内回帰)
○ユビキタスセンサー、○ロボットへのパワーサプライ、○野外での通信環境、○実世界ハプティクス技術の多自由度化、○農業・工業の間を取り持つ人材育成、○作物種に応じた作業機構の開発、○必要な作物種を網羅する、栽培知識ベース(種蒔、手入れ、施肥、灌漑、収穫等に関するノウハウ)の構築、○需要を綿密に把握して供給をバランスさせる生産調整の自動化

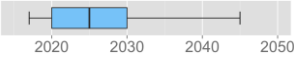
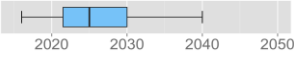
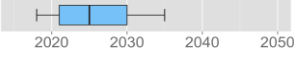
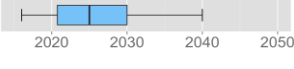
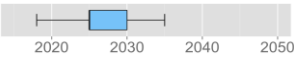
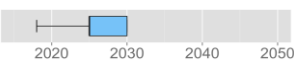
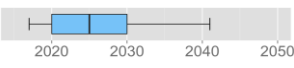
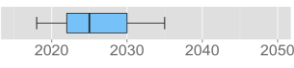
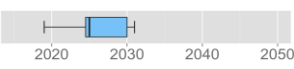

71	モノとサービスの二分論が、理論上完全に過去のものとなり、モノとサービスの融合について Service Dominant Logic をより一般化・社会化した新理論が普及する
	○生産者と利用者が持つ情報の非対称性を解決する基盤—たとえば、価値提案(モノやサービス)の利用価値を適応的に引き出せるデータベースの構築、○モノの利用・保守を容易にする相互補助的なネットワーク、○共創価値の定量的モデル、○サービス化経済の理論(雇用はどうなるか等)、○人間の感性モデリング、○詳細な数理モデル、○上記の解析技法(シミュレーション)
72	サービスを受ける人間が感じる価値を、数学モデルとして記述する価値モデルが確立し、数理的アプローチによる価値最大化のサービス設計ができるようになる
	○認知科学と経済学の意味決定理論の学術的交流と融合、○代数学、○HPC、○受益者の価値の定義(固有因子、変動因子、主観、客観、経済効果、非経済効果)、○数学モデル、○現実的同定手法、○満足における感情の影響に関する基礎研究、○価格、機能、満足の3つの価値の関係を定量的に分析する技術
73	製造業のサービス化(Servitization)が進み、製造・サービスといった産業分類がなくなり、新たな分類軸が出現する
	○技術というより経営者のマインドの転換が重要、○月次サイクルでの、ビッグデータの抜いで産業連関分析の極小細密度版の設計、データ入手、データ集計、表示技術
74	リアルタイムの対人サービスにおいて、コンテキストに応じて変化する人間の感情とその構造(コンテキストに依存する要素としない要素・その影響度合い・結果的に起こる感情の種類など)がモデル化される
	○コンテキストの検出と人間の感情とその変化の検出技術、○定量化あるいは定性的分類手法、○モデル詳細化のためのインフラ実装、○事前期待を共通的な事前期待、個別的事前期待、状況で変化する事前期待、潜在的な事前期待に分解する、○それぞれの事前期待をリアルタイムに把握するヒアリングや観察の着眼点を明確にする、○上記で得られる情報をできるだけ定量化して、モデル化する
75	CSV(Creating Shared Value)理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する
	○経済的価値以外に発生している価値の測定尺度開発、○多数のステークホルダー間の複雑な関係を分析する分析手法(システムダイナミクス等既存手法では不十分)、○多数のステークホルダーからの情報を安全に保管する技術
76	サービスにおける共創価値の生成過程、すなわち提供者・受給者の提供する資源の効果的組み合わせや、両者の相互作用のダイナミズムが理論化される
	○計算機上でのダイナミズムのモデル化と計算機シミュレーション、○システム理論、○ユーザーイノベーション
77	共創によって生成される価値の性質が解明され、具体的な測定尺度として理論化される
	○知識創造論(SECIモデル)、○脳センシング技術
78	サービス業の人的サービス提供がIT・ロボットなどで代替される際、品質を損なわずに効率化を実現するためのフレームワークが開発される
	○セキュリティへの対応技術
79	Service Dominant Logic に基づき提供者/受給者双方のサービス・コンピテンシー/サービス・リテラシーを段階的に涵養するシステム構成手法が整備される
	○価値共創とコンピテンシー・リテラシーの関係を明らかにするモデル、○サービスにおけるコンピテンシー・リテラシーの定義の明確化と、これらの評価技術、○コンピテンシー・リテラシーを高めるためのメカニズムを組み込んだサービスの設計手法
80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される
	《特になし》
81	センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータのリアルタイム利用によって、高精度の個人別空間移動予測(どこへ行くかの予測)が実現する
	○大規模時系列予測技術、○異種データ統合分析技術、○ディープラーニング、○モバイル端末などからの個人位置情報自動集積基盤、○個人情報利用に関する社会的合意など情報利用基本法の制定、○大規模質的選択モデリング理論とモデルの同定に関わる数理科学的技術
82	センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータを利用した、大規模テーマパークやショッピングセンタにおけるリアルタイム顧客行動予測(何をするかの予測)技術が確立する
	○顧客行動モデルの構築技術、○リアルタイム観測データからの機械学習技術、○顧客行動モデルを活用したアプリケーション技術
83	買上商品のリアルタイムトラッキングに基づく、同時リコメンデーション技術が確立する

《特になし》
84 ウェブルーミングやショールーミング(実店舗で商品を見てWEBで購入,もしくはその逆)といった消費者行動を解明するための基礎となる,WEBデータとモルタルデータの融合技術が確立する
○EC および実店舗での目的買い行動と因子の理解(調査、解析、シミュレーション、同定)、○コンバージョンレート向上施策および効果測定、○EC および実店舗での衝動買い行動と因子の理解(調査、解析、シミュレーション、同定)、励起施策および効果測定、○融合のアルゴリズム
85 SNS(Twitter, Facebook, ブログなど)から獲得できる非構造型ビッグデータに基づき,流行の予兆を自動的に発見するための機械学習技術が確立する
《特になし》
86 演繹推論(シミュレーション)と帰納推論(統計的モデリング)を融合した技術(データ同化)によって,高精度リアルタイム顧客行動予測が実現する
○データへのアクセス(要素技術ではないが,これがないと何も出来ない)
87 大規模データを利用した個別世帯別サイズ型需要予測技法が確立する
《特になし》
88 家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく,食材,日用雑貨の自動宅配サービスが実現する
○パーソナルデータ活用のための環境整備、○家庭での食品在庫を記録するための新しいスマート家電、○セキュリティ
89 多数の顧客を対象とした個別対応型サービスをサポートするために必要な超複雑モデル(数百万超の超多数パラメータをもつモデル)を,リアルタイムで推定する統計技術が確立する
《特になし》
90 スーパーマーケットでの買い物行動やWEB上での情報探索行動などの消費者行動の異質かつ動的なメカニズムを評価する統計技術が確立する
○統計感覚の普及、○情動の理解、○選択肢に対する意思決定理論
91 クリエイターの思考プロセス,手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し,教育や発想支援システムの開発に応用される
○だれでもがその情報を望めば享受できるように,情報の公開のシステム、○知識を得よう,使って向上したいとおもうためのモチベーション:仕事があることが大事だと思います。雇用の改善、○Photoshopなどの製作過程をすべて記録する技術、○例えばopenFrameworksといった芸術作品の制作のためのプログラミングライブラリの統一化、○クリエイターとクリエイター以外の協創から得られる知見の蓄積、○クリエイター自身の情報の社外含めた情報共有、○簡易,高速化された三次元動作記録・解析システム(解析においては単なる統計的な処理のみでなく,暗黙知的内容でも歴史および文化的な側面から蓄積され明文化されている知との照合を通して,そこにあると思われる共通性・普遍性を洗い出すことができる技術およびその技術の構成概念)
92 脳科学や認知科学の知見にもとづいて,個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し,学習における生産性が向上する
○脳機能の測定機器の発展、○脳計測、○記憶とその定着をどのように解明するか、○想起とひらめきなどがどのように脳の中でおこなわれているかなど、○個人のパーソナリティ類型化技術、○個人の学習方法類型化技術、○ごく普通に仕事や勉強をしている最中に脳活動を精度良く取得することが可能なイメージング技術、○学習到達度、学習結果、成績の多様な客観的評価手法の開発
93 サービス現場で生じる「従業員の失敗」に対する顧客の評価アルゴリズムが明らかになるとともに,失敗事例の社会的蓄積と社会的合意が進み,あらゆる失敗に対し経済的な評価とリスク予測が可能になる
《特になし》
94 従業員の適性検査が一般化し,従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)
《特になし》
95 人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する
○技術よりも連携の問題、○観測技術の刷新
96 国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し,サービスレベルを適切に調整する仕組みができる
○モデル対象者と生活シーンの抽出、○国、地域、宗教、人種毎のモデル対象者、生活シーン毎の行為、意味などのデータ取得(来日して困ったことなどのヒアリングも必要かも)、○生活シーン毎の差異抽出(特徴的差異)

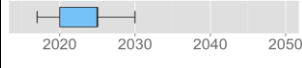
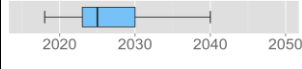

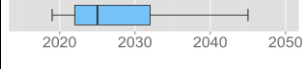


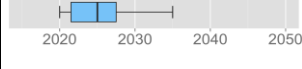

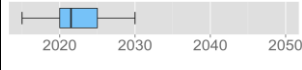
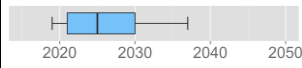
97 (個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)
○認知科学・脳科学、○心理データのセンシング手法、○統計分析手法、○サービス工学、○実験心理学、○脳科学
98 「ありがとう」と言われてうれしく感じたり、顔を覚えてもらっていることをうれしく感じる認知メカニズムが明らかになる
○表情と視線の相互作用研究、○顔の記憶研究、○対人コミュニケーションを円滑に行うための認知、感情、行動研究、○感情を表現することが出来る映像ロボットの開発、○大脳生理学、○センサ技術
99 従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される
《特になし》
100 それぞれのサービスにおける顧客の嗜好性を簡単な質問(実験)によって類型化できるようになる
○個人の嗜好を把握して売れる商品を用意することはすでに一部で開発済みだが、一般化は難しく、サービスごとに分析することの積み重ねが必要
101 コミュニティ, 自治体, 国・地球の各レベルにおいて, 固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される
○地域固有の文化・風土の特性の類型化手法、○異なる文化・風土を抱えた市民間の適切なコミュニケーション手法、○異なる文化・風土を抱えた市民間の適切な合意形成手法、○WEB、○統計学、○仮説立案モデル(KJ 法)などの深化、○ロードマップ핑手法の応用

8. 7. 集計結果一覧

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
経営・政策	1	BOP(Base of the Economic Pyramid)市場への先進国の参入が進み、生活必需製品からサービス提供に移行し、世界的にQOLが向上する	51	24	25	51	3.35	2.67	2.74	2.64	2.86	2025	
	2	法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを確認し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される	42	5	31	64	3.07	2.58	2.59	2.56	2.64	2024	
	3	知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し、オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの20%を超える	50	22	28	50	3.39	2.64	2.75	2.82	2.74	2023	
	4	財務諸表・有価証券報告書に数値としての測定が難しい、顧客・従業員の感情面や知識・スキル面の価値がなんらかの統一基準で記載され、企業評価の基準の一つとして一般化する	52	23	31	46	3.04	2.53	3.02	2.92	2.98	2023	
	5	銀行が融資する際の企業のリスク評価や、デュエリジェンス(企業の合併・買収前の企業価値評価)において、無形の共創価値(顧客に関する情報の蓄積や、従業員幸福度など)が重要な項目として使用される	53	21	23	57	3.10	2.54	2.80	2.64	2.81	2025	
	6	顧客自身がサービス生産において提供する資源の量を決定でき、その量によって価格が決定される仕組みができる	44	16	30	55	3.00	2.46	2.71	2.64	2.70	2025	
	7	政策立案の際、従来の統計データに加え、機械学習を用いたビッグデータ解析など、データマイニング技術の成果も活用されるようになる	71	17	27	56	3.32	2.65	2.50	2.53	3.03	2020	
	8	株式アナリストの企業評価が可視化しやすい短期的・経済的成果中心から、可視化しにくい長期的・社会的な価値、より具体的には内部サービスと外部サービスの評価へと移行する	49	18	24	57	3.15	2.65	2.83	2.77	2.68	2021	
	9	従業員評価において、長期的な顧客との関係性、引いては顧客ライフタイムバリューへの貢献や社会への貢献という観点を加えた新たな指標に移行する企業が全企業の半数を超える	47	21	30	49	3.19	2.54	2.70	2.70	2.82	2024	
マネジメント	10	優れた芸人の所作や匠(熟練技術者など)の技能の計測とモデリングを通じた形式知と暗黙知のアーカイブ化による文化・技術の伝承システムが活用される	59	29	32	39	3.21	3.09	2.75	2.54	2.56	2024	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
2.0	9.8	41.7	20.8	22.9	12.5	2.1	2025		9.8	7.8	31.3	20.8	29.2	14.6	4.2	
4.8	7.1	17.9	20.5	43.6	17.9	0.0	2025		9.5	7.1	10.0	17.5	52.5	20.0	0.0	
4.0	18.0	42.2	6.7	33.3	17.8	0.0	2025		10.0	20.0	19.6	15.2	37.0	28.3	0.0	
19.2	11.5	23.5	11.8	23.5	35.3	5.9	2025		25.0	13.5	16.7	12.5	25.0	41.7	4.2	
5.7	18.9	24.0	8.0	20.0	40.0	8.0	2025		11.3	20.8	10.0	8.0	36.0	42.0	4.0	
11.4	18.2	21.1	21.1	21.1	31.6	5.3	2025		22.7	20.5	25.6	10.3	28.2	28.2	7.7	
2.8	2.8	32.3	21.5	12.3	30.8	3.1	2025		2.8	9.9	21.2	15.2	15.2	47.0	1.5	
12.2	20.4	22.2	15.6	15.6	37.8	8.9	2025		14.3	22.4	20	6.7	20.0	44.4	8.9	
17.0	12.8	24.4	6.7	15.6	48.9	4.4	2025		21.3	17.0	29.5	9.1	15.9	43.2	2.3	
8.5	6.8	25.9	33.3	20.4	20.4	0.0	2025		8.5	8.5	23.5	23.5	21.6	31.4	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
知識マネジメント	11	様々なセンサを活用して自動的に収集されるサービスのログに基づく振り返り分析により、サービスの質と効率を向上させるための教育システムが実現する	56	23	36	41	3.25	3.02	2.61	2.55	3.27	2020	
	12	財・サービスの消費によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情の研究が進み、消費者の感情を直接に分析、測定、評価して、それを財・サービスの研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法が確立する	58	22	21	57	3.05	2.72	2.98	2.82	3.28	2024	
	13	高齢者の医療・介護サービスにおける様々な知識が体系化され、関係する多職種サービス提供者の共通言語として活用される	45	29	27	44	3.61	3.00	2.59	2.54	3.07	2021	
	14	サービスにおける「おもてなし」のメカニズムが解明され、「おもてなし」ができるロボットや計算機システムが実際のサービス現場で活用される	45	22	27	51	2.74	2.95	2.95	2.85	2.64	2025	
	15	サービス知識がデータベース化され、状況変化に適応したサービスの提供をリアルタイムで支援するナビゲーションツールが開発される	54	22	37	41	3.08	2.78	2.64	2.62	2.68	2020	
	16	業種ごとにサービスのベストプラクティスを蓄積するデータベースが構築され、事例に基づく教育や人材育成が一般的に行われる	51	25	39	35	3.18	2.78	2.32	2.34	2.46	2020	
	17	産業界において、製品サービスシステム(PSS)の基本理念および設計・マネジメント手法を教育するコンテンツやツールが整備され、業種を問わず広く利用されるようになる	42	26	40	33	3.19	2.76	2.33	2.27	2.29	2021	
	18	サービス提供者のスキルを診断する手法(ITスキル診断のサービス版)が確立し、教育や育成のプロセスで指標としていくつかの業種で使われるようになる	38	29	47	24	2.92	2.61	2.53	2.36	2.60	2020	
	19	決まった時間に決まった場所に集まって行う従来の学校型授業に加えて、ICTを用い、好きな時間に好きなペースで進める形の授業も取り入れられる	56	23	32	45	3.18	2.46	2.00	2.19	2.34	2020	
	20	「おもてなし」のような暗黙的な知識も学習できるOJTとeラーニングのハイブリッド型サービス教育システムが普及する	42	26	33	40	2.74	2.80	2.76	2.70	2.26	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
3.6	8.9	15.4	34.6	23.1	25.0	1.9	2025		7.1	14.3	17.0	17.0	20.8	41.5	3.8	
6.9	12.1	21.6	41.2	19.6	15.7	2.0	2025		8.6	20.7	21.6	15.7	19.6	41.2	2.0	
6.7	13.3	23.8	26.2	31.0	19.0	0.0	2025		6.7	13.3	24.4	9.8	24.4	41.5	0.0	
17.8	22.2	21.1	28.9	15.8	26.3	7.9	2025		17.8	24.4	21.6	18.9	16.2	35.1	8.1	
13.0	7.4	20.4	38.8	12.2	22.4	6.1	2025		9.3	13.0	16.3	24.5	18.4	32.7	8.2	
9.8	11.8	26.7	26.7	24.4	22.2	0.0	2025		9.8	13.7	23.9	13.0	28.3	32.6	2.2	
2.4	11.9	31.6	21.1	34.2	13.2	0.0	2025		4.8	16.7	28.2	10.3	25.6	30.8	5.1	
10.5	13.2	25.7	17.1	34.3	20.0	2.9	2025		13.2	13.2	22.9	14.3	28.6	28.6	5.7	
0.0	7.1	14.0	32.6	7.0	41.9	4.7	2021		0.0	14.3	8.2	16.3	10.2	57.1	8.2	
16.7	19.0	28.9	28.9	18.4	21.1	2.6	2025		21.4	19.0	24.3	29.7	24.3	16.2	5.4	

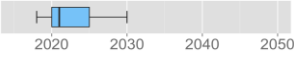
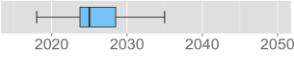
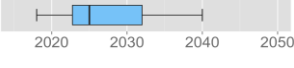
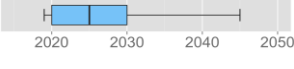

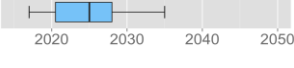
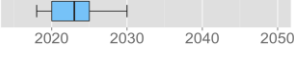
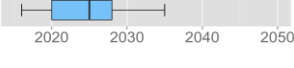

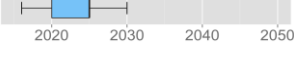
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
製品サービスシステム(PSS)	21	パーソナルファブリケーションが普及し、ハイアマチュアや複数人の共同によって作成される製品が増え、製造物責任の法制度改正や新しい損害保険サービスなど制度面での対応が必要となる	35	11	34	54	3.31	2.58	2.63	2.69	3.00	2020	
	22	製品サービスシステムの上流～下流設計を一貫してガイドする実践的な設計ナビゲートツールが整備される	42	38	24	38	3.41	2.63	2.55	2.48	2.26	2020	
	23	PFI (Private Finance Initiative), PBL (Performance Based Logistics), Partnering などの受給者が享受する利用価値を最大化するビジネスモデルの構成法が確立する	26	8	42	50	3.36	2.52	2.72	2.60	2.60	2020	
	24	HEMS のようにトップダウンで構築されたエネルギー管理システムでなくとも、すでに家の中にある家電製品や AV 機器などにアタッチメントをつけるだけでエネルギー管理システムに取り込まれて制御できるような付加的なシステムデザインが確立される	32	9	38	53	3.22	2.77	2.34	2.31	2.28	2020	
	25	設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する	34	35	38	26	3.53	2.73	2.71	2.79	2.50	2025	
	26	製品サービスシステムを対象とするライフサイクル設計の支援手法が確立され、多くの産業分野で利用されるようになる	36	36	42	22	3.47	2.94	2.39	2.28	2.31	2022	
	27	顧客価値、社会情勢の将来予想に基づいて、製品サービスシステムの成長シナリオをバックキャスト的に予測し、自社ビジネスの中長期計画をより論理的に構成可能とするビジネスシナリオプランニング手法が開発・整備される	33	30	45	24	3.33	2.63	2.88	2.52	2.39	2022	
	28	製品サービスシステムによる提供者と受給者の間の多様な契約形態を支援する契約設計手法、契約設計支援ツールが開発・整備される	31	13	48	39	3.10	2.31	2.68	2.48	2.71	2020	
	29	製品サービスシステム提供対象ビジネスの Business Case Analysis とその結果に基づくリスクマネジメントの統合手法が整備される	29	14	41	45	3.14	2.35	2.76	2.35	2.28	2022	
社会設計シミュレーション	30	大規模ターミナル駅周辺(約 5km 四方)における 10 万人規模、6 時間分の人流について、各種情報提供の効果と個々の状況判断を含めて 100 万ケースのシミュレーションを 1 ヶ月程度で完了出来るようになる	42	21	31	48	3.20	2.89	2.54	2.46	2.46	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
5.7	11.4	34.5	10.3	31.0	20.7	3.4	2025		11.4	8.6	20.0	10.0	33.3	36.7	0.0	
7.1	2.4	28.9	26.3	31.6	7.9	5.3	2025		7.1	4.8	20.0	17.1	34.3	25.7	2.9	
11.5	11.5	13.0	34.8	13.0	34.8	4.3	2028		11.5	11.5	25.0	12.5	29.2	29.2	4.2	
0.0	3.1	3.3	33.3	30.0	33.3	0.0	2025		6.2	6.2	0.0	13.8	34.5	51.7	0.0	
0.0	8.8	9.4	15.6	50.0	21.9	3.1	2026		8.8	11.8	9.4	9.4	46.9	34.4	0.0	
5.6	2.8	20.0	31.4	25.7	20.0	2.9	2025		5.6	5.6	22.9	14.3	37.1	22.9	2.9	
9.1	12.1	24.1	27.6	37.9	10.3	0.0	2025		15.2	12.1	34.5	13.8	34.5	17.2	0.0	
6.5	9.7	7.1	14.3	42.9	35.7	0.0	2025		12.9	9.7	14.3	10.7	35.7	39.3	0.0	
10.3	20.7	16.0	24.0	40.0	16.0	4.0	2028		10.3	24.1	26.1	17.4	30.4	26.1	0.0	
0.0	16.7	18.9	48.6	10.8	18.9	2.7	2022		4.8	19.0	8.1	35.1	24.3	32.4	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現予測時期	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
社会設計・シミュレーション	31	健やかな高齢社会に向け、高齢者の趣味、健康状況、医療データ、生活行動情報などがデータベースとして管理・分析される	39	10	36	54	3.33	2.94	2.21	2.13	3.70	2020	
	32	公共交通が仮想化され、ユーザは行き先を指示するだけで最適の乗り物が見えるようになる(単なるナビではなく、交通機関の方がデマンドに合わせることを含む)	40	25	25	50	3.21	3.03	2.53	2.58	2.26	2020	
	33	地域で活動する小型移動体やロボットのための非接触充電インフラを、最適配置する設計支援技術が整備される	32	6	41	53	3.07	2.71	2.33	2.33	1.90	2020	
	34	高齢者や障害を持つ方が「当たり前」の生活ができるためのバリアフリー設計の先にある、ロボットも共生し易い住宅設計技術が確立する	26	4	31	65	3.32	3.14	2.52	2.52	2.72	2025	
	35	ミクロ(HEMS レベル)・マクロ(地域レベル)の高精度電力消費予測が実現し、電気自動車の充電池に蓄えられた電力を、移動先(通勤先のオフィスなど)で売電するなど電力の融通取引が行われる	31	10	39	52	3.17	2.64	2.33	2.40	2.17	2021	
	36	地域の課題に対し地元民同士で助け合う形態から、ソーシャルネットワークサイトを通じて問題意識をもった地域外の者が有志で解決するというような、生活における共助の体制が広域化・オープン化する	32	16	44	41	3.23	2.75	2.74	2.48	2.94	2021	
	37	超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術が確立する	30	30	33	37	3.14	3.00	3.07	2.97	3.10	2025	
サービスセンシング	38	店舗に設置された各種環境センサのデータが統計処理された上で蓄積され、その8割以上がオープンデータとして公開される	46	26	50	24	3.15	3.10	2.56	2.56	3.27	2020	
	39	認知症の徘徊者をはじめ一般消費者が自然に身につけることのできる見守り端末技術が普及する	51	22	47	31	3.53	3.17	2.24	2.30	3.28	2020	
	40	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し、携帯端末などで持ち歩くことで初めて訪れる店舗でもある程度カスタマイズされたサービスを受けられる	46	30	35	35	2.95	2.98	2.16	2.22	3.13	2019	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	5.1	13.5	24.3	18.9	40.5	2.7	2025		2.6	7.7	0.0	18.4	34.2	44.7	2.6	
2.5	17.5	8.3	30.6	22.2	38.9	0.0	2025		5.0	22.5	8.1	5.4	27.0	56.8	2.7	
0.0	21.9	6.7	26.7	26.7	36.7	3.3	2025		3.1	31.2	6.5	16.1	29.0	48.4	0.0	
0.0	15.4	12.0	44.0	24.0	20.0	0.0	2030		0.0	15.4	13.0	17.4	26.1	43.5	0.0	
3.2	16.1	0.0	35.7	39.3	21.4	3.6	2026		6.5	22.6	0.0	10.7	28.6	57.1	3.6	
0.0	31.2	20.0	3.3	26.7	50.0	0.0	2025		6.2	28.1	19.4	6.5	29.0	38.7	6.5	
10.0	20.0	24.0	40.0	24.0	12.0	0.0	2030		13.3	23.3	11.5	19.2	30.8	38.5	0.0	
8.7	6.5	7.3	24.4	24.4	39.0	4.9	2025		8.7	13.0	14.0	2.3	27.9	53.5	2.3	
2.0	5.9	9.1	25.0	18.2	43.2	4.5	2022		2.0	5.9	10.4	12.5	25.0	50.0	2.1	
6.5	8.7	10.0	17.5	15.0	50.0	7.5	2020		6.5	8.7	2.4	9.5	28.6	54.8	4.8	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
サービスセンシング	41	クレジットカード会社や銀行のように個人の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を代理管理する業種が誕生し、一般的に利用される	39	18	38	44	2.64	2.70	2.41	2.33	3.62	2018	
	42	サービスにおける受給者の主観性や多様性を考慮する品質測定技術が確立され、多くの産業分野で利用される	37	24	38	38	3.14	2.94	3.14	2.83	2.97	2021	
	43	日常生活の中で自然かつ継続的に記録された個々人の表情データなどに基づき、感情や気分の状態推定・遷移予測を行う技術が確立する(慮り・共感技術)	43	23	35	42	2.91	2.76	2.86	2.81	3.21	2020	
	44	脳活動や視線計測を含め、センシングできる人間の生体情報が商品購買動向およびその満足度の分析に使われることが一般的になる	44	18	45	36	3.00	2.85	2.80	2.70	3.27	2022	
	45	様々なセンサを用いてサービス提供者の多様な“気づき”をその場で簡単に収集し活用できるシステムが 30%以上のサービス現場に普及する	44	23	36	41	3.05	2.90	2.84	2.75	2.98	2020	
	46	サービスの現場で、あらゆる機器をネットワークで繋ぐ M2M(Machine to Machine)プラットフォームをオープンかつ低コストで利用可能になる	38	21	45	34	3.40	2.94	2.34	2.51	2.84	2020	
	47	個人が身に付けるセンサや、街に配備されるセンサを利用し、自然な出合いを装うような出合い支援サービスが普及する	36	19	56	25	2.15	2.57	2.56	2.50	3.39	2019	
	48	店舗内顧客行動(視線、表情、移動導線、売場立ち寄り時間、買上商品等)のリアルタイム測定技術が確立する	47	36	36	28	3.13	3.02	2.38	2.49	3.28	2020	
サービスデザイン	49	「おもてなし」の様な固有の文化に大きく依存するサービス提供のコンテキストを明示するための、サービスプロセス記述手法が確立する	42	31	33	36	3.24	2.93	3.00	2.78	2.56	2020	
	50	サービスの故障診断、リスク回避など、サービスの信頼性向上のための汎用性を有する技術、ツールが整備される	41	15	49	37	3.37	2.90	2.68	2.60	2.21	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
15.4	5.1	9.4	9.4	18.8	56.3	6.3	2021		23.1	12.8	5.9	0.0	29.4	55.9	8.8	
13.5	27.0	29.0	25.8	25.8	12.9	6.5	2025		16.2	27.0	12.9	12.9	32.3	35.5	6.5	
7.0	7.0	30.8	28.2	12.8	28.2	0.0	2025		11.6	11.6	12.8	15.4	17.9	51.3	2.6	
11.4	13.6	28.2	25.6	10.3	30.8	5.1	2025		20.5	22.7	15.8	10.5	18.4	44.7	10.5	
6.8	11.4	25.6	28.2	15.4	28.2	2.6	2025		11.4	20.5	18.4	15.8	28.9	34.2	2.6	
5.3	5.3	14.7	29.4	29.4	26.5	0.0	2025		7.9	7.9	6.1	15.2	30.3	48.5	0.0	
16.7	13.9	10.0	13.3	16.7	56.7	3.3	2023		25.0	36.1	3.2	6.5	22.6	58.1	9.7	
2.1	2.1	19.0	31.0	11.9	35.7	2.4	2025		4.3	4.3	7.0	16.3	25.6	44.2	7.0	
7.1	23.8	29.7	24.3	29.7	13.5	2.7	2024		7.1	26.2	21.6	16.2	24.3	27.0	10.8	
9.8	14.6	32.4	20.6	20.6	20.6	5.9	2025		9.8	17.1	21.2	18.2	24.2	33.3	3.0	

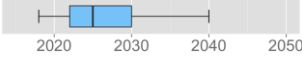
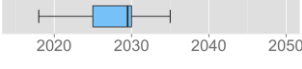
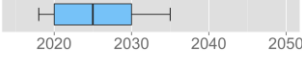
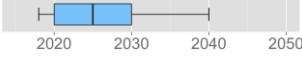
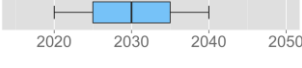
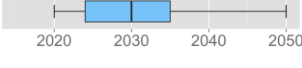

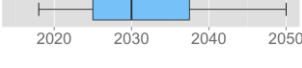
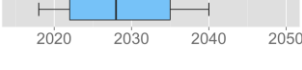
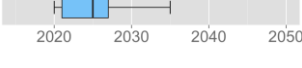
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現予測時期	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
サービスデザイン	51	自動車や学校教育など、インターネット上で売買されてこなかった生活上の大きな購買に関わる意思決定までもがネット上で行われることに配慮した新たなUX(User experience)デザインが重要となる	37	22	35	43	3.16	2.58	2.89	2.76	2.82	2024	
	52	サービスデザイン手法が、ソフトウェア設計におけるUMLのように業界標準化され共通言語となっている	40	25	35	40	3.21	2.64	2.85	2.72	2.13	2020	
	53	サービスデザイン手法が確立し、大学の一般教養科目に組み込まれる	42	21	31	48	3.22	2.68	2.62	2.61	2.18	2020	
	54	社会実装前のサービスシステムを、経済的・技術的・社会的な観点から、定性的/定量的にシミュレーションする技術が確立する	42	21	45	33	3.21	2.83	2.98	2.73	2.46	2020	
	55	情報技術を用いたデザイン支援ツールの拡充と3Dプリンター等の普及に伴い、ユーザ自身での製品・サービスのカスタマイズやリデザインが一般化する	43	21	42	37	3.14	2.74	2.51	2.57	2.81	2020	
	56	デザインや創造的問題解決などの知的作業の生産性、知的協調活動における貢献度を計測・評価する手法が確立する	35	26	34	40	2.97	2.52	3.23	2.97	2.72	2025	
	57	サービスブループリンティング、EX テーブル、シナリオモデリング、コンテキストモデリングなど、サービスのプロセス設計を支援する技術、ツールが統合化され、産業分野で利用されるようになる	30	43	37	20	3.37	2.79	2.63	2.77	2.29	2020	
	58	サービス、製品を含むサービスシステムの提供において、人的・製品リソースの同時最適配置手法が確立され、20%以上の企業で利用される	34	26	32	41	3.12	2.81	2.94	2.79	2.50	2022	
サービスロボット	59	介護やコミュニケーションロボットを導入するにあたっての、ヒトとの安全および接触時の動作スピードアップの両立技術が普及する	48	17	50	33	3.54	3.19	2.58	2.51	3.15	2020	
	60	一部の高級なケースを除き、サービスロボットもしくは電子的に合成された販売員が、店頭において、人間の利用者の対応をすることが一般化する	43	26	35	40	2.88	2.95	2.57	2.52	2.70	2021	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
8.1	2.7	39.4	21.2	18.2	12.1	9.1	2025		8.1	13.5	25.0	12.5	18.8	37.5	6.3	
12.5	15.0	38.2	23.5	20.6	14.7	2.9	2025		10.0	20.0	35.3	5.9	32.4	20.6	5.9	
7.1	19.0	45.9	10.8	29.7	13.5	0.0	2025		11.9	21.4	35.1	8.1	27.0	29.7	0.0	
2.4	21.4	22.2	36.1	13.9	22.2	5.6	2025		2.4	23.8	22.2	27.8	8.3	36.1	5.6	
2.3	2.3	21.1	36.8	7.9	34.2	0.0	2023		4.7	9.3	21.1	23.7	10.5	42.1	2.6	
31.4	14.3	36.7	16.7	30.0	13.3	3.3	2030		28.6	17.1	37.9	3.4	34.5	20.7	3.4	
6.7	6.7	33.3	48.1	7.4	11.1	0.0	2025		6.7	16.7	28.0	24.0	28.0	16.0	4.0	
11.8	11.8	30.0	36.7	13.3	16.7	3.3	2030		17.6	14.7	16.1	25.8	32.3	22.6	3.2	
0.0	2.1	19.1	42.6	17.0	19.1	2.1	2025		0.0	4.2	8.7	21.7	26.1	39.1	4.3	
2.3	0.0	17.1	24.4	31.7	24.4	2.4	2025		7.0	7.0	4.9	24.4	17.1	51.2	2.4	

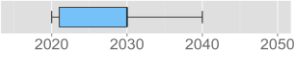
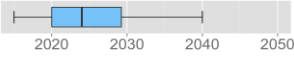
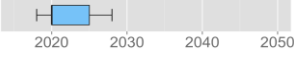
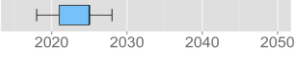
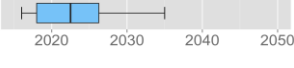
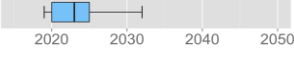
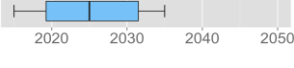

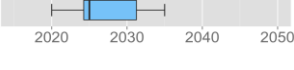
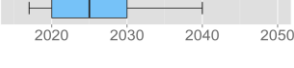
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現予測時期	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
サービスロボット	61	生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し危険予知を行うシステムの実現により、高齢者の外出・社会参加が促進される(高齢者等の QOL 改善)	49	27	37	37	3.51	3.00	2.43	2.29	3.10	2021	
	62	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴う。建物・インフラ点検のロボット点検化技術が一般化する	46	22	26	52	3.63	3.15	2.53	2.44	2.20	2020	
	63	自身の代理となる等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットが登場し、当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることが一般化する	44	23	43	34	2.59	3.00	2.84	2.86	3.27	2025	
	64	自動運転技術が普及し、人が運転する必要のない道路が増えることで、物流効率が劇的に向上する	45	16	18	67	3.51	3.14	2.61	2.66	2.73	2020	
	65	遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活支援を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気づかない危険を回避するなどの知能を有する)が普及する	50	16	48	36	3.50	3.15	2.62	2.54	3.08	2025	
	66	厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し、8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される	38	11	32	58	2.46	2.97	2.35	2.27	2.22	2024	
	67	テレオペレーションの高度化により離島などの遠隔地でも医療等のサービスを受けることができるようになる	50	12	38	50	3.50	3.00	2.65	2.49	3.29	2025	
	68	コンビニエンスストアなどサービス業のドメインで商品の補充などバックヤード業務を代替してくれるロボットが開発される	39	18	28	54	2.92	3.05	2.16	2.08	2.05	2024	
	69	HCI(Human-Computer Interface)がヘルスケア産業で活用される事例が増え、医療看護分野におけるサービス生産性が向上する	42	26	31	43	3.48	2.90	2.45	2.43	2.93	2020	
	70	農業の企業進出の法制度改革が行われ、農作業の自動ロボット化などの新たなビジネスが創出(食の安全による国内回帰)	43	12	42	47	3.51	2.90	2.60	2.60	2.21	2022	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	10.2	13.6	27.3	13.6	43.2	2.3	2025		4.1	16.3	2.2	26.7	15.6	51.1	4.4	
0.0	0.0	19.6	50.0	21.7	8.7	0.0	2025		0.0	0.0	4.5	25.0	31.8	38.6	0.0	
9.1	11.4	15.4	43.6	12.8	23.1	5.1	2028		29.5	13.6	10.5	15.8	18.4	42.1	13.2	
2.2	2.2	14.6	31.7	12.2	41.5	0.0	2028		4.4	2.2	2.5	10.0	10.0	77.5	0.0	
2.0	4.0	23.9	39.1	15.2	21.7	0.0	2030		2.0	4.0	6.5	30.4	23.9	37.0	2.2	
2.6	5.3	11.4	37.1	14.3	22.9	14.3	2027		7.9	7.9	5.7	22.9	8.6	48.6	14.3	
2.0	4.0	10.9	26.1	32.6	28.3	2.2	2025		4.0	4.0	9.1	15.9	22.7	52.3	0.0	
5.1	2.6	8.3	47.2	19.4	19.4	5.6	2025		7.7	2.6	2.7	29.7	13.5	45.9	8.1	
0.0	4.8	28.2	38.5	15.4	17.9	0.0	2025		0.0	4.8	12.8	15.4	17.9	53.8	0.0	
2.3	2.3	7.5	55.0	15.0	22.5	0.0	2025		2.3	2.3	4.9	24.4	17.1	53.7	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現予測時期	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
サービス理論	71	モノとサービスの二分論が、理論上完全に過去のものとなり、モノとサービスの融合について Service Dominant Logic をより一般化・社会化した新理論が普及する	31	55	29	16	3.33	2.80	2.68	2.87	2.40	2020	
	72	サービスを受ける人間が感じる価値を、数学モデルとして記述する価値モデルが確立し、数値的アプローチによる価値最大化のサービス設計ができるようになる	36	28	47	25	3.06	2.66	3.25	2.89	2.74	2020	
	73	製造業のサービス化(Servitization)が進み、製造・サービスといった産業分類がなくなり、新たな分類軸が出現する	32	53	31	16	3.32	2.83	2.53	2.77	2.31	2024	
	74	リアルタイムの対人サービスにおいて、コンテキストに応じて変化する人間の感情とその構造(コンテキストに依存する要素としない要素・その影響度合い・結果的に起こる感情の種類など)がモデル化される	29	28	38	34	2.97	2.89	3.21	3.03	2.96	2025	
	75	CSV(Creating Shared Value)理論の精緻化が進み、具体的な測定方法が開発され、一般的に普及する	23	22	35	43	2.82	2.40	3.00	2.64	2.68	2025	
	76	サービスにおける共創価値の生成過程、すなわち提供者・受給者の提供する資源の効果的組み合わせや、両者の相互作用のダイナミズムが理論化される	30	43	33	23	3.03	2.85	2.50	2.57	2.41	2020	
	77	共創によって生成される価値の性質が解明され、具体的な測定尺度として理論化される	27	41	41	19	3.11	2.60	3.04	2.93	2.46	2022	
	78	サービス業の人的サービス提供が IT・ロボットなどで代替される際、品質を損なわずに効率化を実現するためのフレームワークが開発される	29	21	41	38	3.10	2.96	2.76	2.69	2.90	2025	
	79	Service Dominant Logic に基づき提供者／受給者双方のサービス・コンピテンシー／サービス・リテラシーを段階的に涵養するシステム構成手法が整備される	26	38	31	31	3.08	2.76	2.73	2.50	2.80	2022	
	80	AMA(American Marketing Association)などの世界の主要なマーケティング関連組織のマーケティング定義が、サービスにおける価値共創を主軸とするものに改訂される	23	13	39	48	2.57	2.38	2.77	2.36	2.18	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
9.7	3.2	20.0	28.0	32.0	12.0	8.0	2025		12.9	12.9	26.1	21.7	21.7	26.1	4.3	
25.0	16.7	28.6	21.4	28.6	17.9	3.6	2029		27.8	16.7	29.6	18.5	22.2	25.9	3.7	
9.4	9.4	19.2	26.9	23.1	26.9	3.8	2025		9.4	9.4	14.8	18.5	29.6	33.3	3.7	
17.2	13.8	31.6	31.6	21.1	10.5	5.3	2030		20.7	17.2	35.0	20.0	15.0	15.0	15.0	
26.1	8.7	10.5	36.8	31.6	10.5	10.5	2030		30.4	13.0	16.7	38.9	16.7	11.1	16.7	
10.0	10.0	26.1	30.4	30.4	8.7	4.3	2030		13.3	16.7	22.7	40.9	9.1	13.6	13.6	
14.8	7.4	22.7	27.3	36.4	4.5	9.1	2025		14.8	11.1	25.0	20.0	15.0	25.0	15.0	
6.9	13.8	17.4	21.7	17.4	34.8	8.7	2030		6.9	24.1	9.5	19.0	14.3	52.4	4.8	
11.5	7.7	28.6	28.6	28.6	9.5	4.8	2028		11.5	7.7	28.6	19.0	19.0	23.8	9.5	
30.4	26.1	22.2	11.1	33.3	16.7	16.7	2025		30.4	26.1	33.3	5.6	22.2	22.2	16.7	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現予測時期	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
アナリティクス	81	センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータのリアルタイム利用によって、高精度の個人別空間移動予測(どこへ行くかの予測)が実現する	18	28	39	33	3.17	2.41	2.72	2.72	3.11	2020	
	82	センサなどネットワーク辺縁部で生じるエッジヘビーデータを利用した、大規模テーマパークやショッピングセンタにおけるリアルタイム顧客行動予測(何をするか)の予測)技術が確立する	20	25	35	40	2.90	2.33	2.45	2.35	3.20	2020	
	83	買上商品のリアルタイムトラッキングに基づく、同時リコメンデーション技術が確立する	26	27	38	35	3.04	2.39	2.23	2.35	3.23	2019	
	84	ウェブルーミングやショールーミング(実店舗で商品を見てWEBで購入、もしくはその逆)といった消費者行動を解明するための基礎となる、WEBデータとモルタルデータの融合技術が確立する	19	26	32	42	3.00	2.50	2.47	2.42	3.05	2020	
	85	SNS(Twitter, Facebook, ブログなど)から獲得できる非構造型ビッグデータに基づき、流行の予兆を自動的に発見するための機械学習技術が確立する	25	16	24	60	2.92	2.57	2.36	2.32	3.00	2020	
	86	演繹推論(シミュレーション)と帰納推論(統計的モデリング)を融合した技術(データ同化)によって、高精度リアルタイム顧客行動予測が実現する	25	16	52	32	3.20	2.75	2.80	2.84	2.92	2020	
	87	大規模データを利用した個別世帯別ベイズ型需要予測技法が確立する	20	30	30	40	2.85	2.63	2.75	2.65	3.40	2022	
	88	家庭内在庫状況推定および顧客嗜好推定に基づく、食材、日用雑貨の自動宅配サービスが実現する	22	18	41	41	2.57	2.60	2.27	2.18	2.91	2019	
	89	多数の顧客を対象とした個別対応型サービスをサポートするために必要な超複雑モデル(数百万超の超多数パラメータをもつモデル)を、リアルタイムで推定する統計技術が確立する	19	26	42	32	3.11	2.71	2.74	3.11	2.95	2020	
	90	スーパーマーケットでの買い物行動やWEB上での情報探索行動などの消費者行動の異質かつ動的なメカニズムを評価する統計技術が確立する	22	36	23	41	3.14	2.65	2.76	2.67	3.38	2023	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
11.1	0.0	46.7	13.3	20.0	13.3	6.7	2030		11.1	5.6	26.7	6.7	20.0	33.3	13.3	
5.0	0.0	26.3	15.8	21.1	31.6	5.3	2024		5.0	0.0	16.7	5.6	22.2	50.0	5.6	
7.7	3.8	29.2	20.8	16.7	16.7	16.7	2020		7.7	3.8	12.0	12.0	20.0	36.0	20.0	
5.3	0.0	27.8	16.7	22.2	22.2	11.1	2025		5.3	0.0	11.1	11.1	27.8	38.9	11.1	
12.0	4.0	22.7	9.1	22.7	27.3	18.2	2022		12.0	8.0	13.6	4.5	18.2	45.5	18.2	
8.0	12.0	40.9	22.7	13.6	18.2	4.5	2023		8.0	12.0	29.2	12.5	20.8	33.3	4.2	
0.0	10.0	33.3	27.8	22.2	11.1	5.6	2025		5.0	20.0	22.2	16.7	27.8	27.8	5.6	
18.2	13.6	22.2	5.6	22.2	33.3	16.7	2025		18.2	27.3	11.1	5.6	16.7	44.4	22.2	
5.3	21.1	31.3	31.3	25.0	6.3	6.3	2025		5.3	21.1	12.5	25.0	31.3	25.0	6.3	
4.5	18.2	27.8	16.7	16.7	27.8	11.1	2025		4.5	18.2	21.1	10.5	5.3	52.6	10.5	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現予測時期	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
人文系基礎研究	91	クリエイターの思考プロセス、手法といった“暗黙知”を“形式知”化・アーカイブ化し、教育や発想支援システムの開発に応用される	37	24	27	49	2.94	2.46	3.24	3.06	2.83	2025	
	92	脳科学や認知科学の知見にもとづいて、個人の“最適な学習方法”を発見する技術が確立し、学習における生産性が向上する	38	13	34	53	3.08	2.50	3.11	2.95	3.42	2025	
	93	サービス現場で生じる「従業員の失敗」に対する顧客の評価アルゴリズムが明らかになるとともに、失敗事例の社会的蓄積と社会的合意が進み、あらゆる失敗に対し経済的な評価とリスク予測が可能になる	25	28	24	48	2.88	2.65	2.83	2.58	3.33	2025	
	94	従業員の適性検査が一般化し、従業員もその判断に納得して仕事ができるようになる(リーダータイプなど)	28	18	36	46	2.44	2.27	2.86	2.63	3.36	2025	
	95	人間行動を記述するためのモデル構築に関する方法論が確立する	33	27	27	45	3.03	2.53	3.03	2.78	3.12	2025	
	96	国や地域ごとに異なる顧客の文化的差異をモデル化し、サービスレベルを適切に調整する仕組みができる	28	25	36	39	3.07	2.56	3.11	2.93	3.07	2025	
	97	(個々の)顧客のサービスの機能と満足度の関係に関するアルゴリズムが明らかになる(機能的効用関数のようなもの)	27	26	33	41	2.93	2.40	3.22	3.15	2.96	2025	
	98	「ありがとう」と言われてうれしく感じたり、顔を覚えてもらっていることをうれしく感じる認知メカニズムが明らかになる	27	15	44	41	2.58	2.64	2.67	2.62	2.74	2020	
	99	従業員の行動履歴から従業員間の人間関係を自動的に判定できるシステムが開発される	29	14	24	62	2.46	2.56	2.62	2.50	3.66	2025	
	100	それぞれのサービスにおける顧客の嗜好性を簡単な質問(実験)によって類型化できるようになる	28	25	25	50	2.71	2.57	2.57	2.48	3.11	2024	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)						社会実装						社会実装のための 重点施策(%)					
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他				
13.5	24.3	45.5	21.2	18.2	9.1	6.1	2030		16.2	24.3	29.4	11.8	23.5	35.3	0.0				
15.8	21.1	35.3	26.5	14.7	14.7	8.8	2030		15.8	28.9	33.3	15.2	24.2	24.2	3.0				
20.0	8.0	40.9	9.1	27.3	18.2	4.5	2028		32.0	12.0	27.3	4.5	27.3	31.8	9.1				
28.6	21.4	31.8	13.6	9.1	31.8	13.6	2025		28.6	28.6	27.3	4.5	13.6	45.5	9.1				
15.2	9.1	39.3	25.0	25.0	7.1	3.6	2030		18.2	15.2	35.7	3.6	35.7	21.4	3.6				
10.7	14.3	45.8	16.7	25.0	8.3	4.2	2030		17.9	25.0	36.0	12.0	20.0	32.0	0.0				
33.3	18.5	37.5	16.7	16.7	16.7	12.5	2027		29.6	25.9	30.4	17.4	8.7	30.4	13.0				
7.4	7.4	27.3	40.9	4.5	22.7	4.5	2025		7.4	11.1	27.3	27.3	9.1	31.8	4.5				
27.6	17.2	33.3	9.5	14.3	38.1	4.8	2026		37.9	17.2	30.0	10.0	15.0	40.0	5.0				
10.7	17.9	25.0	25.0	20.8	20.8	8.3	2025		10.7	25.0	20.0	12.0	12.0	44.0	12.0				

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現予測時期	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
人文系基礎研究	101	コミュニティ、自治体、国・地球の各レベルにおいて、固有の文化・風土を踏まえた問題解決を探るための参加型シミュレーション技術が開発される	28	11	25	64	3.14	2.42	3.04	2.86	3.32	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装				社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他
17.9	17.9	37.0	3.7	33.3	22.2	3.7	2027		17.9	32.1	18.5	3.7	33.3	44.4	0.0

資 料

資料1 アンケートページ

1001ICT・アナリティクス[細目名：人工知能]

0% 100%

課題1: サッカーなどのスポーツで人間に代わって審判を行う人工知能

- 課題に対するあなたの専門度 ***必須**
 当該課題に関するあなたの専門性の程度について、該当するものをひとつ選択してください。
 「全くなし」を選ばれた場合、以降の質問へのご回答は不要です。
 なお、専門度については、下記のように区分していますが、当該課題に対して強いご感心をお持ちの場合等は、専門度「低」として以降の質問にご回答下さい、また、専門性があっても回答を希望しない場合には「全くなし」とご回答ください。

以下から一つをお選び下さい。

- 高：現在、当該課題に関連した研究又は業務に従事している（文献による調査研究を含む）等により、当該課題に関連した専門的知識を持っている
- 中：過去に当該課題に関連した研究又は業務に従事したことがある。あるいは、隣接分野の研究又は業務に従事している等により、当該課題に関連した専門的知識をある程度、持っている
- 低：当該課題に関連した専門的な本や文献を読んだり、専門家のお話を聞いたりしたことがある
- 全くなし：専門的知識は全くない

- 研究開発特性

課題の研究開発特性に関する以下の5項目にお答えください。 ***全て必須**

なお、「重要度」とは科学技術と社会の両面からみた総合的な重要度、「不確実性」とは研究開発において確率的要素が多く、失敗の許容・複数手法の検討が必要であること、「非連続性」とは研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的であること、「倫理性」とは研究開発において倫理性の考慮、社会受容の考慮が必要であること、「国際競争力」とは日本が外国に比べて国際競争力を有することを意味します。

	非常に高い	高い	低い	非常に低い	わからない
重要度	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
不確実性	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
非連続性	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
倫理性	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
国際競争力	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*

●技術的实现 *必須

当該課題の技術的な実現予測時期（日本を含む世界のどこかでの実現）について該当するものをひとつ選択して下さい。

技術的实现予測時期とは、所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期を指します（例えば、研究室段階で技術開発の見通しがつく時期）。また基礎的な課題であれば、原理、現象が科学的に明らかにされる時期を指します。

以下から一つをお選び下さい。

- 実現済み
- 実現する
- 実現しない
- わからない

*

つまみをクリックの後ドラッグして、答えを入力してください。



●技術的实现のための重点施策 *オプション

課題の技術的实现のため最も重点を置くべき施策について該当するものをひとつ選択して下さい。なお、「その他」を選択した際には、質問票最後のコメント欄に具体的にお書きください。

以下から一つをお選び下さい。

- 人材戦略
- 資源配分
- 内外の連携・協力
- 環境整備
- その他

*

●社会実装 *必須

当該課題の日本社会での適用、あるいは日本が主体となって行う国際社会での適用時期について予測して下さい。予測時期について該当するものをひとつ選択して下さい。

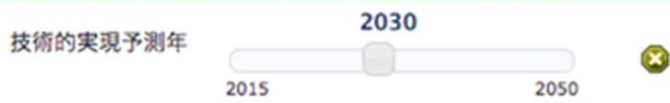
社会実装予測時期とは、実現された技術が製品やサービスなどとして、利用可能な時期を指します。課題によっては、普及の時期を指す場合もあります。

また、科学技術以外の課題であれば、制度が確立する、倫理規範が確立する、価値観が形成される、社会的合意が形成されるなどの時期を指します。

以下から一つをお選び下さい。

- 実現済み
- 実現する
- 実現しない
- わからない

つまみをクリックの後ドラッグして、答えを入力してください。



●社会実装のための重点施策 *オプション

課題の社会実装のため最も重点を置くべき施策について該当するものをひとつ選択してください。なお、「その他」を選択した際には、質問票最後のコメント欄に具体的にお書きください。

以下から一つをお選び下さい。

- 人材戦略
- 資源配分
- 内外の連携・協力
- 環境整備
- その他

●コメント *オプション

当該課題について、最近のトピック、(実現へ向けた)阻害要因など、特記すべき事柄がありましたら、ご記入下さい。

細目ごとの質問内容

2050年までの将来を展望し、本調査票が対象とする科学技術に対する我が国の取り組み（1001ICT・アナリティクス[細目名：人工知能]）について、回答した課題の中で最も重要性が高い課題を1つお選び下さい。なお、本細目のすべての課題に対して「専門度:全くなし」とお答えになった場合には、本項目への回答は不要です。

上の技術が実現するために必要とされる要素技術をお答えください（最大3件。本項目は自由記入ですが、技術の内容はできるだけ具体的にご記入下さい。）*オプション

回答欄

1.	<input type="text"/>
2.	<input type="text"/>
3.	<input type="text"/>

上の技術の実現によって得られる波及効果についてお答えください（最大3件。本項目は自由記入ですが、技術の内容はできるだけ具体的にご記入下さい。）

回答欄

1.	<input type="text"/>
2.	<input type="text"/>
3.	<input type="text"/>

1001ICT・アナリティクス[細目名：人工知能]に関する我が国の科学技術政策について、ご見解をご記入下さい。

資料2 協力学協会・団体等

本調査の回答者の参集に協力いただいた主な学協会・団体は、以下の通りである。

エネルギー・資源学会	日本公衆衛生学会
横断型基幹科学技術推進協議会	日本再生医療学会
応用物理学会	日本地震工学会
海洋理工学会	日本自然災害学会
環境科学会	日本循環器学会
環境資源工学会	日本消化器内視鏡学会
極限環境生物学会	日本食品工学会
軽金属学会	日本植物学会
計測自動制御学会	日本植物生理学会
高エネルギー物理学研究者会議	日本神経学会
高分子学会	日本神経化学会
サービス学会	日本腎臓学会
地盤工学会	日本水産増殖学会
情報処理学会	日本生化学会
植物化学調節学会	日本整形外科学会
植物細胞分子生物学会	日本精神神経学会
水産海洋学会	日本生物工学会
水文・水資源学会	日本生物物理学会
静電気学会	日本製薬工業協会
精密工学会	日本雪氷学会
石油学会	日本船舶海洋工学会
先端加速器科学技術推進協議会	日本地球惑星科学連合
炭素材料学会	日本地形学連合
低温生物工学会	日本地質学会
テラヘルツテクノロジーフォーラム	日本中性子科学会
電気学会	日本鉄鋼協会
電気化学会	日本統計学会
電気情報通信学会	日本糖尿病学会
電子情報処理学会	日本都市計画学会
日本味と匂学会	日本内視鏡外科学会
日本医療情報学会	日本人間工学会
日本栄養・食糧学会	日本農学会
日本エネルギー学会	日本農芸化学会
日本沿岸域学会	日本バイオフィードバック学会
日本応用数理学会	日本品質管理学会

日本オペレーションズ・リサーチ学会
日本海洋学会
日本核医学会
日本火山学会
日本加速器学会
日本加速器学会
日本活断層学会
日本癌学会
日本感性工学会
日本感染症学会
日本癌治療学会
日本技術士会
日本気象学会
日本計算工学会
日本外科学会
日本ゲノム微生物学会
日本原子力学会
日本建築学会
日本工学会
日本光学会
日本航空宇宙学会
日本口腔科学会

日本物理学会
日本プランクトン学会
日本分光学会
日本分子生物学会
日本分子生物学会
日本ベンチャー学会
日本ベントス学会
日本放射化学会
日本放射光学会
日本水環境学会
日本免疫学会
日本薬学会
日本リモートセンシング学会
日本レオロジー学会
日本ロボット学会
農業気象学会
農業食料工学会
バイオインダストリ協会
保健医療福祉情報システム工業会
マリンバイオテクノロジー学会
レーザー学会

※その他、多くの団体より調査に協力いただいた。

資料3 調査協力者

1. 分野別委員会

(2015年3月現在)

[ICT・アナリティクス分野]

座長	喜連川 優	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所 所長
委員	五十嵐 健夫	東京大学大学院 情報理工学研究科 教授
	岩野 和生	独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー
	黒橋 禎夫	京都大学大学院 情報学研究科 教授
	小池 帆平	独立行政法人産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 エレクトロインフォマティクスグループ グループ長
	佐々木 良一	東京電機大学 未来科学部 教授
	柴山 悦哉	東京大学 情報基盤センター 教授
	田中 克己	京都大学大学院 情報学研究科 教授
	徳山 豪	東北大学大学院 情報科学研究科 教授
	西田 豊明	京都大学大学院 情報学研究科 教授
	松岡 聡	東京工業大学 学術国際情報センター 教授
	丸山 宏	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 統計数理研究所 教授
	村田 正幸	大阪大学大学院 情報科学研究科 教授
	美濃 導彦	京都大学 学術情報メディアセンター 教授 (文部科学省 科学官)

[健康・医療・生命科学分野]

座長	小此木 研二	大阪大学 産学連携本部 産学連携教授
	高戸 毅	東京大学 医学部附属病院 22世紀医療センター センター長
委員	植木 浩二郎	東京大学大学院 医学系研究科 特任教授
	後藤 俊男	理化学研究所 創薬・医療技術基盤プログラムディレクター
	谷下 一夫	早稲田大学 ナノ理工学研究機構 教授
	高坂 新一	国立精神・神経医療研究センター 神経研究所 所長
	菅野 純夫	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
	大江 和彦	東京大学大学院 医学系研究科 教授
	加藤 忠史	独立行政法人理化学研究所 脳科学総合研究センター 精神疾患研究動態チーム シニア・チームリーダー
	金谷 泰宏	国立保健医療科学院 健康危機管理研究部 部長

柏野 聡彦 三菱UFJリサーチ&コンサルティング 政策研究事業本部
経済・社会政策部 主任研究員

[農林水産・食品・バイオテクノロジー分野]

座長 亀岡 孝治 三重大学大学院 生物資源学研究科 教授
委員 加藤 鐵夫 一般社団法人日本森林技術協会 理事長
高野 誠 独立行政法人農業生物資源研究所 遺伝子組換え研究センター
センター長
竹内 俊郎 東京海洋大学 海洋生物資源学部門 教授
鳥居 邦夫 株式会社鳥居食情報調節研究所 代表
二宮 正士 東京大学大学院 農学生命科学研究科附属 生態調和農学機構
副機構長
林 正浩 静岡大学 イノベーション社会連携推進機構 教授
林 良博 国立科学博物館 館長
堀江 武 独立行政法人農業・食品産業技術研究機構 特別顧問
両角 和夫 東京農業大学総合研究所 教授
横田 光正 医食農連携プラットフォーム研究会 副会長

[宇宙・海洋・地球・科学基盤分野]

座長 土肥義治 公益財団法人高輝度光科学研究センター 理事長
委員 伊藤 聡 独立行政法人理化学研究所 計算科学研究機構 企画部
コーディネーター
大井昌弘 独立行政法人防災科学研究所 社会防災システム研究領域
主任研究員
沖大幹 東京大学 生産技術研究所 教授
金田 義行 名古屋大学 減災連携研究センター 特任教授
河野 健 独立行政法人海洋開発研究機構 地球環境観測研究開発センター
センター長
小澤 秀司 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 元理事
南波 秀樹 独立行政法人日本原子力研究開発機構 理事
伊藤 久義 独立行政法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 量
子ビーム応用研究センター センター長 (南波委員代理)
野崎 光昭 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
国際連携推進室 室長
原 勉 浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 常務取締役、中央研究所長
美濃島 薫 電気通信大学 情報理工学研究科 教授
湯原 哲夫 一般財団法人キャノングローバル戦略研究所 理事・研究主幹

[環境・資源・エネルギー分野]

座長	矢部 彰	独立行政法人産業技術総合研究所 理事
委員	秋田 調	一般財団法人電力中央研究所 理事
	東 垣	独立行政法人海洋研究開発機構 執行役
	伊藤 康	千葉商科大学 人間社会学部 教授
	入江 一友	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 研究理事
	内山 洋司	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 教授
	川本 克也	岡山大学 環境管理センター長
	須藤 亮	株式会社東芝 顧問
	高村 典子	独立行政法人国立環境研究所 生態系環境研究センター長
	宝田 恭之	群馬大学 理工学研究院環境創生部門 教授
	畠山 史郎	東京農工大学大学院 農学研究院 教授
	藤江 幸一	横浜国立大学大学院 環境情報研究院 教授
	藤野 純一	独立行政法人国立環境研究所 主任研究員
	吉田 正寛	JX 日鉱日石リサーチ株式会社 副社長

[マテリアル・デバイス・プロセス分野]

座長	小関 敏彦	東京大学 副学長、大学院 工学系研究科 教授
委員	安藤 寿浩	独立行政法人物質・材料研究機構 先端的共通技術部門 先端材料プロセスユニット カーボン複合材料グループ グループリーダー
	伊藤 順司	住友電気工業株式会社 常務執行役員、 パワーシステム研究開発センター センター長
	井上 俊英	東レ株式会社 研究本部 フェロー
	緒形 俊夫	独立行政法人物質・材料研究機構 環境・エネルギー材料部門 特命研究員
	金丸 正剛	独立行政法人産業技術総合研究所 情報通信・エレクトロニクス分野 /ナノテクノロジー・材料・製造分野 研究総括
	久保 百司	東北大学大学院 工学研究科 附属エネルギー安全科学国際研究センター 教授
	近藤 寛	慶應義塾大学 理工学部 教授
	高見 知秀	広島大学大学院 理学研究科 数理分子生命理学専攻 クロマチン動態数理研究拠点 特任教授
	竹谷 純一	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
	長井 寿	独立行政法人物質・材料研究機構 ナノ材料科学環境拠点 拠点マネージャー
	新野 俊樹	東京大学 生産技術研究所 教授

[社会基盤分野]

座長	小池 俊雄	東京大学大学院 工学系研究科 教授
委員	浅見 泰司	東京大学大学院 工学系研究科 教授
	天野 玲子	独立行政法人防災科学技術研究所
	奥村 文直	公益財団法人鉄道総合技術研究所 理事
	竹内真幸	清水建設株式会社 環境・技術ソリューション本部 主査
	原 加代子	日産自動車株式会社 モビリティ・サービス研究所 シニアリサーチエンジニア
	張替 正敏	独立行政法人宇宙航空研究開発機構 航空宇宙本部 事業推進部長
	藤田 光一	国土交通省 国土技術政策総合研究所 研究総務官
	松原 美之	日本消防検定協会 理事
	宮田 喜壽	防衛大学校 防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科 教授
	森川 高行	名古屋大学 未来社会創造機構 教授
	米田 雅子	慶応義塾大学 特任教授

[サービス化社会分野]

座長	持丸 正明	独立行政法人産業技術総合研究所 サービス工学研究センター センター長 デジタルヒューマン工学研究センター センター長(兼任)
委員	内平 直志	北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 教授
	折目 貴司	大和ハウス工業株式会社 総合技術研究所 フロンティア技術研究室 グローバル技術研究グループ グループ長
	佐藤 忠彦	筑波大学 ビジネス科学研究科 教授
	澤谷 由里子	早稲田大学 研究戦略センター 教授
	塩瀬 隆之	京都大学 総合博物館 准教授
	下村 芳樹	首都大学東京 システムデザイン学部 教授
	竹中 毅	独立行政法人産業技術総合研究所 サービス工学研究センター 主任研究員
	戸谷 圭子	明治大学 グローバル・ビジネス研究科 教授
	中島 秀之	公立はこだて未来大学 学長
	松波 晴人	大阪ガス行動観察研究所株式会社 所長
	松室 寛治	京都工芸繊維大学 研究推進本部 教授

2. トピック作成協力

(所属・役職は、2014年7月現在、または、ワークショップ開催時点)

[健康・医療・生命科学分野]

関水 和久	東京大学薬学研究科微生物薬品化学教室 教授
坂口 志文	大阪大学免疫学フロンティア研究センター 教授
米田 悦啓	医薬基盤研究所 理事長
本島 清人	明治薬科大学学生化学 教授
竹内 誠	日本製薬工業協会研究開発委員会委員長 (アステラス製薬株式会社)
池浦 義典	日本製薬工業協会研究開発委員会副委員長 (武田薬品工業株式会社)
花崎 浩二	日本製薬工業協会研究開発委員会副委員長(塩野義製薬株式会社)
横田 博	日本製薬工業協会研究開発委員会委員長(第一三共株式会社)
吉田 博明	日本製薬工業協会 研究振興部長
伊関 洋	早稲田大学理工学術院先進理工学研究科 教授
正宗 賢	東京女子医科大学先端生命医科学研究所 教授
佐藤 隆幸	高知大学医学部医学科生理学教育研究部医療学系基礎医学部門 教授
島田 順一	京都府立医科大学大学院医学研究科呼吸器外科学 准教授(病院教授)
田邊 稔	東京医科歯科大学肝胆膵・総合外科 教授
後藤 信哉	東海大学医学部内科学系循環器内科学 教授
林 正晃	第一医科株式会社 代表取締役社長
星野 利彦	京都大学 iPS 細胞研究所基盤技術研究部門 所長補佐、教授
井上 治久	京都大学 iPS 細胞研究所増殖分化機構研究部門 教授
松山 晃文	独立行政法人医薬基盤研究所難病・疾患資源研究部 難治性疾患治療開発・支援室 研究リーダー
星 和人	東京大学大学院医学系研究科外科学専攻 准教授
坪田 一男	慶應義塾大学医学部眼科 教授
梅澤 明弘	国立成育医療研究センター 副所長、再生医療センター長、 生殖・細胞医療研究部部長
鄭 雄一	東京大学大学院工学系研究科 バイオエンジニアリング専攻(医学系研究科兼任) 教授
吉岡 康弘	富士フィルム株式会社 執行役員、R&D 統括本部再生医療研究所長
垣見 和宏	東京大学医学部附属病院免疫細胞治療学講座 特任教授
河上 裕	慶應義塾大学医学部先端医科学研究所細胞情報研究部門 所長、教授
仲尾 功一	タカラバイオ株式会社 代表取締役社長
森尾 友宏	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科発生発達病態学分野 教授、細胞治療センター長
田中 栄	東京大学大学院医学系研究科整形外科学 教授
熊ノ郷 淳	大阪大学大学院医学系研究科内科学講座・

呼吸器免疫アレルギー内科学講座 教授

福田 恵一 慶応大学循環器内科 教授

西山 和利 北里大学医学部神経内科学 主任教授

大津 敦 国立がん研究センター早期・探索臨床研究センター センター長、東病院臨床開発センター センター長

渡辺 守 東京医科歯科大学消化器内科 教授

藤澤 茂義 独立行政法人理化学研究所脳科学総合研究センターシステム神経生理学研究チーム チームリーダー

村山 正宜 独立行政法人理化学研究所脳科学総合研究センター行動神経生理学研究チーム チームリーダー

笠井 清登 東京大学大学院医学系研究科精神医学分野、医学部附属病院精神神経科 教授

尾崎 紀夫 名古屋大学大学院医学系研究科精神医学・親と子どもの心療学分野 教授

山脇 成人 広島大学大学院医歯薬保健学研究院応用生命科学部門精神神経医科学 教授

青木 正志 東北大学医学系研究科・医学部 神経内科学 教授

西澤 正豊 新潟大学脳研究所神経内科 教授、神経内科科長

齋藤 智也 国立保健医療科学院健康危機管理研究部 上席主任研究官

岡田 美保子 川崎医療福祉大学医療福祉マネジメント学部医療情報学科 教授

中島 直樹 九州大学病院メディカル・インフォメーションセンター 教授

澤 智博 帝京大学医療情報システム研究センター 教授

鶴田 陽和 北里大学医療衛生学部 臨床工学専攻 教授

美代 賢吾 東京大学医学部附属病院企画情報運営部 准教授、部長

加藤 和人 大阪大学大学院医学系研究科 医の倫理と公共政策学 教授

大久保 公策 国立遺伝学研究所遺伝子発現解析研究室 教授

柴田 龍弘 国立がん研究センター研究所がんゲノミクス研究分野 分野長

上田 泰己 東京大学大学院医学系研究科機能生物学専攻薬理学講座システムズ薬理学 教授

石川 俊平 東京医科歯科大学難治疾患研究所ゲノム応用医学研究部門ゲノム病理学分野 教授

米倉 義晴 独立行政法人放射線医学総合研究所 理事長

野田 耕司 独立行政法人放射線医学総合研究所重粒子医科学センター物理工学部長

石田 敦郎 独立行政法人放射線医学総合研究所 企画部長

白土 博樹 北海道大学大学院医学研究科病態情報学講座放射線医学分野 教授

[農林水産・食品・バイオテクノロジー分野]

佐藤 忍 筑波大学大学院生命環境化学研究科 教授

佐治 光 国立環境研究所生物・生態系環境研究センター 上級主席研究員

美川 智 独立行政法人農業生物資源研究所

北本 宏子	農業生物先端ゲノム研究センター 家畜ゲノム研究ユニット長 独立行政法人農業環境技術研究所 生物生態機能研究領域 上席研究員
山本 敏央	独立行政法人農業生物資源研究所 農業生物先端ゲノム研究センター イネゲノム育種研究ユニット長
高須賀 明典	独立行政法人水産総合研究センター 中央水産研究所 資源管理研究センター 資源生態グループ長
潮 秀樹	東京大学農学部・大学院農学生命科学研究科 教授
吉崎 悟朗	東京海洋大学海洋生物資源学部門 教授
秋庭 正人	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛生研究所 細菌・寄生虫研究領域 主任研究員
新井 鐘蔵	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛生研究所 病態研究領域 上席研究員
池 正和	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 食品素材科学研究領域 主任研究員
我有 満	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター 畜産草地研究領域 上席研究員
亀山 眞由美	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 食品分析研究領域長
草場 新之助	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 栽培・流通利用研究領域 上席研究員
榊原 祥清	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 食品バイオテクノロジー研究領域 主任研究員
田中 良和	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 企画管理部 業務推進室 企画チーム長
樽屋 啓之	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 水利工学研究領域 上席研究員
徳安 健	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 食品素材科学研究領域 上席研究員
中嶋 勇	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 施設工学研究領域 上席研究員
長嶋 等	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 食品安全研究領域長
鍋谷 浩志	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 食品工学研究領域長
西島 隆明	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 花き研究所 花き研究領域 上席研究員
細川 寿	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター 作業技術研究領域長
堀 俊和	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 施設工学研究領域 上席研究員
本多 健一郎	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター 病虫害研究領域長
薬師堂 謙一	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

	バイオマス研究統括コーディネーター	
山本(前田)万里	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	食品総合研究所 食品機能研究領域長
柚山 義人	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	農村工学研究所 資源環境工学研究領域 上席研究員
横山 隆	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	動物衛生研究所 企画管理部長
横山 浩	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	畜産草地研究所 畜産環境研究領域 主任研究員
和田 雅人	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	果樹研究所 リンゴ研究領域 上席研究員
岩波 徹	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	果樹研究所 企画管理部 研究調整役
久松 完	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	花き研究所 花き研究領域 主任研究員
杉浦 俊彦	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	果樹研究所 栽培・流通利用研究領域 上席研究員
西島 隆明	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	花き研究所 花き研究領域 上席研究員
田中 章浩	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	九州沖縄農業研究センター 畜産草地研究領域 上席研究員
林 清忠	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構	中央農業総合研究センター 農業経営研究領域 上席研究員
田中 茂穂	独立行政法人国立健康・栄養研究所	基礎栄養研究部 部長
鬼頭 守和	味の素株式会社	イノベーション研究所 専任部長
土屋 陽一	サッポロホールディングス株式会社	グループ研究戦略推進部長
今田 正男	株式会社ヤクルト本社	執行役員
夏目 裕	株式会社ヤクルト本社	広報室 室長
武永 早苗	ニチレイフーズ	家庭用事業部 ウェルネス部長
青山 敏明	日清オイリオグループ株式会社	執行役員
田村 茂雄	カゴメ株式会社	執行役員
伊藤 裕之	株式会社 明治	執行役員
千葉 幸弘	独立行政法人森林総合研究所	企画部 研究企画科長
田中 浩	独立行政法人森林総合研究所	研究コーディネータ
清野 嘉之	独立行政法人森林総合研究所	研究コーディネータ
木口 実	独立行政法人森林総合研究所	研究コーディネータ
井上 明生	独立行政法人森林総合研究所	研究コーディネータ
松本 光朗	独立行政法人森林総合研究所	研究コーディネータ
高橋 正通	独立行政法人森林総合研究所	研究コーディネータ
小泉 透	独立行政法人森林総合研究所	研究コーディネータ
河原 孝行	独立行政法人森林総合研究所	研究コーディネータ
中嶋 康博	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授

[宇宙・海洋・地球・科学基盤分野]

藤原 明比古	公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門 副部門長
大橋 治彦	公益財団法人高輝度光科学研究センター 光源・光学系部門・光学系グループ グループリーダー
矢橋 牧名	独立行政法人理化学研究所 放射光科学総合研究センター XFEL 研究開発部門ビームライン研究開発グループ グループディレクター
熊坂 崇	公益財団法人高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室 室長代理
渡部 貴宏	公益財団法人高輝度光科学研究センター 加速器部門加速器第Ⅱグループ
村上 洋一	高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 副所長、教授
設楽 哲夫	高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 教授
浦川 順治	高エネルギー加速器研究機構 加速器科学支援センター シニアフェロー
内海 渉	独立行政法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 量子ビーム応用研究センター 副センター長
片山 芳則	独立行政法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 量子ビーム応用研究センター 副センター長
田中 淳	独立行政法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 量子ビーム応用研究センター研究推進室 室長
呉田 昌俊	独立行政法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 原子力基礎工学研究センター
瀬川 麻里子	独立行政法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 原子力基礎工学研究センター
河宮 未知生	独立行政法人海洋研究開発機構 統合的気候変動予測研究分野 分野長
志村 拓也	独立行政法人海洋研究開発機構 海洋工学センター 水中音響技術グループ グループリーダー代理
布浦 拓郎	独立行政法人海洋研究開発機構 海洋生命理工学研究開発センター 生命機能研究グループ グループリーダー
藤倉 克則	独立行政法人海洋研究開発機構 海洋生物多様性研究分野 分野長
藤原 義弘	独立行政法人海洋研究開発機構 海洋生物多様性研究分野 分野長代理
吉田 弘	独立行政法人海洋研究開発機構 海洋工学センター 海洋技術開発部 部長
渡邊 真吾	独立行政法人海洋研究開発機構 シームレス環境予測研究分野 分野長
関口 渉次	独立行政法人防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 地震・火山防災研究ユニット ユニット長
岩波 越	独立行政法人防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット ユニット長

上石 勲	独立行政法人防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 雪氷防災研究センター センター長
梶原 浩一	独立行政法人防災科学技術研究所 減災実験研究領域 兵庫耐震工学研究センター センター長
藤原 広行	独立行政法人防災科学技術研究所 社会防災システム研究領域 災害リスク研究ユニット ユニット長
洪 鋒雷	独立行政法人産業技術総合研究所 計測標準研究部門 計測標準研究部門時間周波数科 科長
大苗 敦	独立行政法人産業技術総合研究所 計測標準研究部門 上級主任研究員
安井 武史	徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 教授

[環境・資源・エネルギー分野]

日本学術振興会水の先進理工学第 183 委員会との共同ワークショップ (2014 年 4 月開催)

高井 治	関東学院大学
井須 紀文	株式会社LIXIL
宇山 晴夫	凸版印刷株式会社
葛谷 昌之	中部学院大学
國本 雅宏	早稲田大学
木口 崇彦	名古屋大学
土井 達也	信州大学
中原 勝	京都大学
沼子 千弥	千葉大学
橋本 剛	株式会社名城ナノカーボン
堀 克敏	名古屋大学
増子 昇	東京大学
山内 四郎	多田電機株式会社
山崎 友紀	法政大学
由井 宏治	東京理科大学

[サービス化社会分野]

渡辺 健太郎	独立行政法人産業技術総合研究所 サービス工学研究センター
木見田 康治	首都大学東京 システムデザイン学部 助教
西野 成昭	東京大学 大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻 准教授
原 辰徳	東京大学工物工学研究センター 准教授
小坂 満隆	北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科 教授
神田 陽治	北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科 教授
白肌 邦生	北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科 准教授
増田 央	北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科 助教
山崎 和彦	千葉工業大学
安藤 昌也	千葉工業大学

[全分野]

日本機械学会との共同ワークショップ (2014年3月開催)

一般社団法人日本機械学会

矢部 彰	会長 (独立行政法人産業技術総合研究所)
久保 司郎	筆頭副会長 (摂南大学)
勝田 正文	副会長 (早稲田大学)
須藤 亮	副会長 (株式会社東芝)
宮木 正彦	副会長 (株式会社デンソー)
須田 義大	庶務理事 (東京大学)
但野 茂	庶務理事 (北海道大学)
坂 真澄	編修理事 (東北大学)
塩幡 宏規	編修理事 (茨城大学)
伊藤 宏幸	企画理事 (ダイキン工業株式会社)
大野 信忠	企画理事 (名古屋大学)
木村 繁男	企画理事 (金沢大学)
後藤 彰	監事 (株式会社荏原製作所)
秋澤 淳	環境工学部門部門長 (東京農工大学)
伊藤 慎一郎	スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス専門会議委員長 (工学院大学)
井上 裕嗣	材料力学部門幹事 (東京工業大学)
大富 浩一	技術ロードマップ委員会委員 (株式会社東芝)
梶原 逸朗	機械力学・計測制御部門次期部門長 (北海道大学)
久保内 昌敏	技術ロードマップ委員会委員 (東京工業大学)
桑野 博喜	マイクロ・ナノ工学部門副部門長 (東北大学)
鈴木 健司	情報・知能・精密機器部門部門長 (工学院大学)
高田 一	技術と社会部門副部門長 (横浜国立大学)
辰野 恭市	技術ロードマップ委員会委員 (名城大学)
田中 克昌	スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス専門会議幹事 (工学院大学)
戸枝 毅	産業・化学機械と安全部門部門長 (富士電機株式会社)
西岡 靖之	生産システム部門副部門長 (三菱電機株式会社)
野間口大	技術ロードマップ委員会委員 (大阪大学)
平澤 茂樹	技術ロードマップ委員会委員長 (神戸大学)
矢野 智昭	技術ロードマップ委員会委員 (近畿大学)
山根 隆志	バイオエンジニアリング部門部門長 (神戸大学)
吉川 暢宏	材料力学部門副部門長 (東京大学)
吉田 敬介	技術ロードマップ委員会委員 (九州大学)
吉田 健一郎	技術ロードマップ委員会副委員長 (経済産業省)
渡邊 政嘉	イノベーションセンターセンター長 (経済産業省)
岸本 喜久雄	オブザーバ (東京工業大学)
久保田 裕二	オブザーバ (株式会社東芝)

資料4 これまでの調査実施状況

注1:技術開発をとりまく周辺事項に関する設問にてアンケートを実施

注2:個別技術開発課題に関する課題にてアンケートを実施

	調査の対象	予測期間	アンケートの進め方	課題数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者(人)	回収数(人)	回収率(%)
第1回調査	①社会開発(生活の向上(衣・食・住)、レジャー、都市開発、交通機関の向上、公害・災害の防止、教育の向上、②情報、③医療保健、④食糧農業、⑤工業・資源(宇宙開発、海洋開発、エネルギー開発、資源開発、鉱工業の高度化、新材料の開発)	2000年までの30年間	(1)課題の設定 アンケート対象者に仮の設問を掲示して、それに関連した課題を発掘してもらう。 (2)アンケート対象者の選定 ゼネラリスト及びスペシャリストを対象とし、第1回アンケートを実施 (3)アンケートの実施 課題発掘のため第1回アンケートを実施し、そこで設定した課題について、重要度の評価や実現時期の予測等を行うため第2回及び第3回のアンケートを実施した。	課題発掘のためのアンケート調査 課題数49 個別技術開発課題に関する設問 課題数644	第1回	1970年 9月18日	1970年 10月15日	2,414	1,863	77
					第2回	1971年 1月18日	1971年 1月30日	4,100	3,108	76
					第3回	1971年 3月5日	1971年 3月23日	3,108	2,482	80
第2回調査	①資源・エネルギー(食料資源、森林資源、水資源、エネルギー)、②環境・安全(環境、安全)、③家庭生活・教育(家庭生活、余暇、教育)、④健康(保健・医療、労働)、⑤国土利用(輸送、情報、建設)、⑥工業生産、⑦先導的・基盤的科学技术(宇宙開発、海洋開発、ライフサイエンス、ソフトサイエンス)	2005年までの30年間	(1)課題の設定 技術予測検討会及び分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 ゼネラリスト及びスペシャリスト (3)アンケートの実施 ゼネラリストに対しては「技術開発をとりまく周辺事項に関する設問」及び「個別技術開発課題に関する設問」について、スペシャリストに対しては、「個別技術開発に関する設問」について、第1回及び第2回のアンケートを実施した。なお、アンケート対象者に対して課題の設定及び設問に関する視点を明確にするため、当該分野における現状、問題点、今後の展望等を明示したシナリオ及び関連樹木図を提示した。	技術開発をとりまく周辺事項に関する設問 設問数87 個別技術開発課題に関する設問 課題数656	第1回	1976年 3月6日	1976年 3月19日	注1 1,037	注1 720	注1 69
								注2 2,239	注2 1,576	注2 70
					第2回	1976年 6月14日	1976年 6月30日	注1 720	注1 606	注1 84
								注2 1,576	注2 1,316	注2 84

	調査の対象	予測期間	アンケートの進め方	課題数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者(人)	回収数(人)	回収率(%)
第3回調査	①エネルギー・鉱物資源・水資源、②農林・水産資源、③生活・教育、④環境・安全、⑤保健・医療、⑥ライフサイエンス、⑦都市・建築・土木、⑧交通・運輸、⑨通信・情報・エレクトロニクス、⑩宇宙、⑪海洋、⑫材料・素子、⑬生産・労働	2010年までの30年間	(1)課題の選定 技術予測検討会及び分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 産・学・官等各界の自然科学分野だけでなく、人文、社会科学分野にわたる、各分野の専門家を対象とし、年齢層が広い範囲にわたるよう配慮して選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。なお、アンケートに当たっては、課題の選定及び設問に関する頂点を明確にすることより技術開発の信頼性を高めるため当該分野の「客観的背景」を提示した。	技術開発課題に関する設問 課題数800	第1回	1981年 12月11日	1981年 12月25日	2,242	1,962	88
					第2回	1982年 7月19日	1982年 7月31日	1,962	1,727	88
第4回調査	①物資・材料・加工、②情報・電子・ソフト、③ライフサイエンス、④宇宙、⑤海洋、⑥地球、⑦農林水産、⑧鉱物・水資源、⑨エネルギー、⑩生産・労働、⑪保健・医療、⑫生活・教育、文化、⑬運輸、⑭通信、⑮都市・建築、⑯環境、⑰安全	2015年までの30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 産・学・官等各界の自然科学分野だけではなく、人文、社会科学分野にわたる、各分野の専門家を対象とした。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,071	第1回	1986年 6月15日	1986年 6月30日	3,142	2,487	79
					第2回	1986年 11月25日	1986年 12月10日	2,487	2,007	81
第5回調査	①材料・プロセス、②情報・エレクトロニクス、③ライフサイエンス、④宇宙、⑤素粒子、⑥海洋・地球、⑦鉱物・水資源、⑧エネルギー、⑨環境、⑩農林水産、⑪生産、⑫都市・建築・土木、⑬通信、⑭交通、⑮保健・医療、⑯社会生活	2020年までの30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 産・学・官等各界の各分野の専門家を対象とした。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,149	第1回	1991年 7月17日	1991年 8月5日	3,334	2,781	83
					第2回	1991年 12月9日	1992年 1月17日	2,781	2,385	86

	調査の対象	予測 期間	アンケートの進め方	課題数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者 (人)	回収数 (人)	回収率 (%)
第 6 回 調 査	①材料・プロセス、②エレクトロニクス、③情報、④ライフサイエンス、⑤宇宙、⑥海洋・地球、⑦資源・エネルギー、⑧環境、⑨農林水産、⑩生産・機械、⑪都市・建築・土木、⑫通信、⑬交通、⑭保健・医療・福祉	2025年 までの 30年間	(1)課題の選定 分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題 に関する設問 課題数1,072	第1回	1996年 8月7日	1996年 8月26 日	4,868	4,220	87
					第2回	1996年 12月10日	1996年 12月24日	4,196	3,586	85
第 7 回 調 査	①情報・通信、②エレクトロニクス、③ライフサイエンス、④保健・医療、⑤農林水産・食品、⑥海洋・地球、⑦宇宙、⑧資源・エネルギー、⑨環境、⑩材料・プロセス、⑪製造、⑫流通、⑬経営・管理、⑭都市・建築・土木、⑮交通、⑯サービス	2030年 までの 30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測、全分野共通に「我が国の重点科学技術分野」を問う設問、30年後の世界や日本の状況を問う分野固有の設(5分野のみ)を設けて、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題 に関する設問 課題数1,065 重点科学技術 分野に関する 設問 設問数 2	第1回	2000年 8月7日	2000年 8月31日	4,448	3,813	86
					第2回	2000年 12月5日	2000年 12月27日	3,809	3,106	82

	調査の対象	予測 期間	アンケートの進め方	課題数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者 (人)	回収数 (人)	回収率 (%)
第 8 回 調 査	①情報・通信、②エレクトロニクス、③ライフサイエンス、④保健・医療・福祉、⑤農林水産・食品、⑥フロンティア、⑦エネルギー・資源、⑧環境⑨材料・プロセス⑩製造⑪産業基盤⑫社会基盤⑬社会技術	2035年 までの 30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 分野・領域-予測課題という階層構造を前提として調査対象として領域を導入した。領域については、現時点および中期的な効果、現在および5年後の日本の研究開発水準を問う設問を設けた。個別課題については、技術的実現時期と社会的適用時期の2つの実現時期、それぞれにおける政府の関与等を問う質問を設けた。また、全分野共通に「我が国の科学技術分野の展開」を問う設問、30年後の社会の予測を問う分野固有の設問を設けて、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数 858 領域に関する設問 設問数 4 全分野共通設問 設問数 2	第1回	2004年 9月24日	2004年 10月18日	4,219	2,659	63
					第2回	2004年 12月2日	2005年 1月5日	2,659	2,239	84

	調査の対象	予測期間	アンケートの進め方	課題数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者(人)	回収数(人)	回収率(%)
第9回調査	No.1～No.12 分科会 ※各分科会の視点は下記のとおり。 ①ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす、②情報処理をメディアやコンテンツまで拡大して議論、③バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる、④ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる、⑤宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学技術、⑥多彩なエネルギー技術変革を起こす、⑦水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う、⑧環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する技術、⑨物質、材料、ナノシステム、加工、計測などの基盤技術、⑩産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術、⑪科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般、⑫生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群	2040年までの30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 分科会(学際性を加味した話題別分野)・区分・予測課題という階層構造を前提として調査対象として領域を導入した。 個別課題については、技術的実現時期と社会的実現時期の2つの実現時期、それぞれにおける実現を牽引するセクターを問う質問を設けた。なお、区分については、予測課題に関する設問後、将来の世界的課題・国民的課題の解決となる区分、区分における重点的に取り組むべき研究開発テーマ、区分を発展させる上で国際関係のあるべき姿、関係強化国、政府が重点的に取り組むべき事項、地球環境問題対応・持続的発展の両立に向けた研究開発テーマ等を問う設問を設けた。	技術開発課題に関する設問 課題数 832 区分に関する設問 設問数 5	第1回	2009年 10月17日	2009年 12月18日	3,992	3,337	84
					第2回	2010年 1月30日	2010年 2月19日	3,331	2900	87

調査担当

(2015年3月現在)

文部科学省科学技術・学術政策研究所
科学技術動向研究センター

[統括]

小笠原 敦 センター長

[アンケートシステム]

小柴 等 研究員
七丈 直弘 上席研究官
林 和弘 上席研究官
大阿久 瑤子 事務補助員

[分野担当]

梅沢 加寿夫 特別研究員 (農林水産・食品・バイオテクノロジー)
[2014年6月から]

浦島 邦子 上席研究官 (環境・資源・エネルギー、社会基盤)
小笠原 敦 センター長 (宇宙・海洋・地球・科学基盤)
重茂 浩美 上席研究官 (健康・医療・生命科学)
蒲生 秀典 特別研究員 (マテリアル・デバイス・プロセス)
小柴 等 研究員 (サービス化社会)
七丈 直弘 上席研究官 (ICT・アナリティクス)
相馬 りか 上席研究官 (農林水産・食品・バイオテクノロジー)
中沢 孝 特別研究員 (農林水産・食品・バイオテクノロジー)

[2014年5月まで]

林 和弘 上席研究官 (社会基盤)
本間 央之 特別研究員 (健康・医療・生命科学)
村田 純一 特別研究員 (環境・資源・エネルギー)
横尾 淑子 上席研究官 (宇宙・海洋・地球・科学基盤)

委託先:

公益財団法人未来工学研究所 [各分野調査]

大竹 裕之	政策調査分析センター	主任研究員
野呂 高樹	政策調査分析センター	主任研究員
依田 達郎	政策調査分析センター	主任研究員
三重野 覚太郎	政策調査分析センター	主任研究員
田原 敬一郎	政策調査分析センター	主任研究員

有限会社 DIP [アンケートサイトの構築及び管理]

野元 恒志	代表
-------	----

調査資料-240

第 10 回科学技術予測調査
分野別科学技術予測

2015 年 9 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術動向研究センター

〒100-0013

東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第 7 号館 東館 16 階

TEL:03-3581-0605 FAX:03-3503-3996