

NISTEP REPORT No.183

第 11 回科学技術予測調査
S&T Foresight 2019
総合報告書

2019 年 11 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術予測センター

【調査研究体制】

赤池伸一	上席フェロー
横尾淑子	科学技術予測センター
伊藤裕子	科学技術予測センター
浦島邦子	科学技術予測センター
重茂浩美	科学技術予測センター
蒲生秀典	科学技術予測センター
河岡将行	科学技術予測センター
黒木優太郎	科学技術予測センター
白川展之	科学技術予測センター
林 和弘	科学技術予測センター
小柴 等	第2 調査研究グループ (2019 年 3 月まで、科学技術予測センター)
栗林美紀	科学技術予測センター (2019 年 3 月まで)
中島 潤	科学技術予測センター (2018 年 3 月まで)
矢野幸子	科学技術予測センター (2018 年 5 月まで)

【Contributors】

AKAIKE Shinichi	Senior Fellow
YOKOO Yoshiko	Science and Technology Foresight Center
ITO Yuko	Science and Technology Foresight Center
URASHIMA Kuniko	Science and Technology Foresight Center
OMOE Hiromi	Science and Technology Foresight Center
GAMO Hidenori	Science and Technology Foresight Center
KAWAOKA Masayuki	Science and Technology Foresight Center
KUROGI Yutaro	Science and Technology Foresight Center
SHIRAKAWA Nobuyuki	Science and Technology Foresight Center
HAYASHI Kazuhiro	Science and Technology Foresight Center
KOSHIBA Hitoshi	Second Policy-oriented Research Group (STFC* until March 2019) (Science and Technology Foresight Center (until March 2019))
KURIBAYASHI Miki	Science and Technology Foresight Center (until March 2019)
NAKASHIMA Jun	Science and Technology Foresight Center (until March 2018)
YANO Sachiko	Science and Technology Foresight Center (until May 2018)

*STFC: Science and Technology Foresight Center

本報告書の引用を行う際には、以下を参考に出典を明記願います。

Please specify reference as the following example when citing this NISTEP REPORT.

「第 11 回科学技術予測調査 S&T Foresight 2019 総合報告書」, *NISTEP REPORT*, No.183, 文部科学省科学技術・学術政策研究所.

DOI: <https://doi.org/10.15108/nr183>

* 本報告書は、「第 11 回科学技術予測調査」の総論(区分 1)に該当する。

“S&T Foresight 2019 – Summary report-,” *NISTEP REPORT*, No.183, National Institute of Science and Technology Policy, Tokyo.

DOI: <https://doi.org/10.15108/nr183>

第11回科学技術予測調査 S&T Foresight 2019 総合報告書

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター

要旨

本調査は、第6期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的として実施された。将来を展望する期間は2050年までの約30年、ターゲットイヤーは2040年である。まず科学技術や社会のトレンドや変化の兆しを把握し、次いで、社会の未来像(望ましい社会の未来像)の検討及び科学技術の未来像(科学技術発展の中長期展望)の検討を別個に実施した。最後に、これらを統合して科学技術発展による社会の未来像を検討した。

社会の未来像検討においては、50の日本社会の未来像と4つの価値を抽出した。科学技術の未来像検討においては、702の科学技術トピックを設定し、それらの重要度、国際競争力、実現見通しなどに関する専門家アンケートを実施した。また、分野の枠にとらわれずに内容の類似する科学技術トピックをクラスターリングし、推進すべき領域として「クローズアップ科学技術領域」を抽出した。最後に、50の日本社会の未来像と702の科学技術トピックを紐づけ、科学技術発展により目指す社会の未来像として「基本シナリオ」を作成した。

S&T Foresight 2019 – Summary report-

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

ABSTRACT

The purpose of this study is to provide basic information that contributes to the consideration in science and technology innovation policies and strategies, including the 6th Science and Technology Basic Plan. The prospective period is about 30 years until 2050, and the target year is 2040. First, the trends and signs of change in science and technology and society were obtained, and then the future image of society (the desired future image) and the future image of science and technology (the medium- and long-term perspective of science and technology development) were separately examined. Finally, these trends and images were integrated in order to examine the future images of society through the development of science and technology.

In examining the future image of society, 50 future images were extracted. For examination of the future image of science and technology, 702 science and technology topics were selected, and the expert questionnaire surveys were conducted regarding importance, international competitiveness, and prospects for implementation of the topics. Science and technology topics were also clustered focusing on the similarities of the contents across fields and “close-up science and technology areas” were extracted as the areas to be promoted. Finally, 50 basic visions and 702 science and technology topics were linked, and “basic scenario” was obtained as the desirable society through the development of science and technology.

目次

概要	i
本編	
1. 背景と目的.....	1
2. 調査の枠組み.....	1
2.1. 調査対象と時間軸	3
2.2. 調査の構成	3
2.3. 調査の特徴	6
2.4. 本調査の検討体制	7
2.5. 報告書の構成.....	8
3. 各パートの概要	9
3.1. トレンドの把握	9
3.2. 社会の未来像.....	11
3.3. 科学技術の未来像(デルファイ調査)	16
3.4. 科学技術の未来像(クローズアップ科学技術領域)	24
3.5. 科学技術発展による社会の未来像.....	34
4. まとめ.....	39
付録 1 デルファイ調査で取り上げた分野と細目	41
付録 2 主な科学技術トピック.....	42
付録 3 未来につなぐクローズアップ科学技術領域の概要.....	48
付録 4 検討体制.....	57
調査体制.....	61

概要

1. 背景と目的

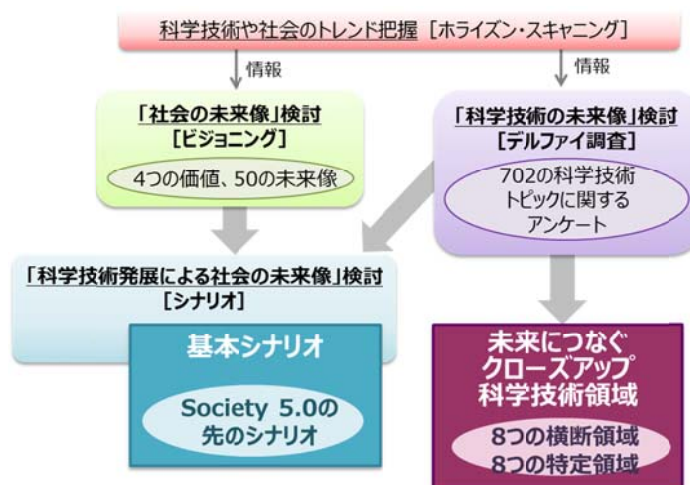
我が国では、1996年より5年毎に策定される科学技術基本計画の下、科学技術・イノベーション政策が推進されている。近年、ICT（情報通信技術）の急速な進展が社会の仕組みや人間の行動様式に大きな変化をもたらし、さらに、社会自体も国際情勢を含め先行きの不透明さを増している。このような変化の時代にあっては、科学技術の進展とそれが社会にもたらす様々な可能性、また社会の要請を中長期的な視点で幅広く捉えた上で、未来の不確実性に柔軟に対応できる政策形成が求められる。本調査は、こうした背景を踏まえ、第6期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的として実施した。

2. 調査の枠組み

科学技術予測調査は1971年からおおよそ5年毎に実施され、今回が11回目の調査となる。科学技術・イノベーション政策の方向性の変化に対応する形で、2000年頃を境として、科学技術発展から社会の未来を描く方向性から、目指す社会の姿から必要な科学技術を見出す方向性へと転換した。本調査では、近年科学技術と社会の関係が複雑化したことを受け、科学技術の視点と社会の視点の双方向から検討を行う構成とした（概要図表1）。まず、文献調査等により科学技術や社会のトレンドを把握した後、「社会の未来像（望ましい社会の未来像）」及び「科学技術の未来像（科学技術発展の中長期展望）」の検討を別個に実施し、最後に、「科学技術発展による社会の未来像」を検討した。併せて、「科学技術の未来像」の一環として、分野横断的な領域を抽出した。将来を展望する期間は2050年までの約30年間とし、約20年後の2040年をターゲットイヤーとした。この展望期間において、超スマート社会（Society 5.0）の取組が進んだ状況を想定した。

本調査の特徴は、情報収集及び分析にICTを積極的に活用したこと、並びに、検討プロセスに多様なステークホルダーの参画を促したことである。

概要図表 1 調査の構成



(本編図表 2-2)

3. 各パートの概要

3.1. トレンドの把握

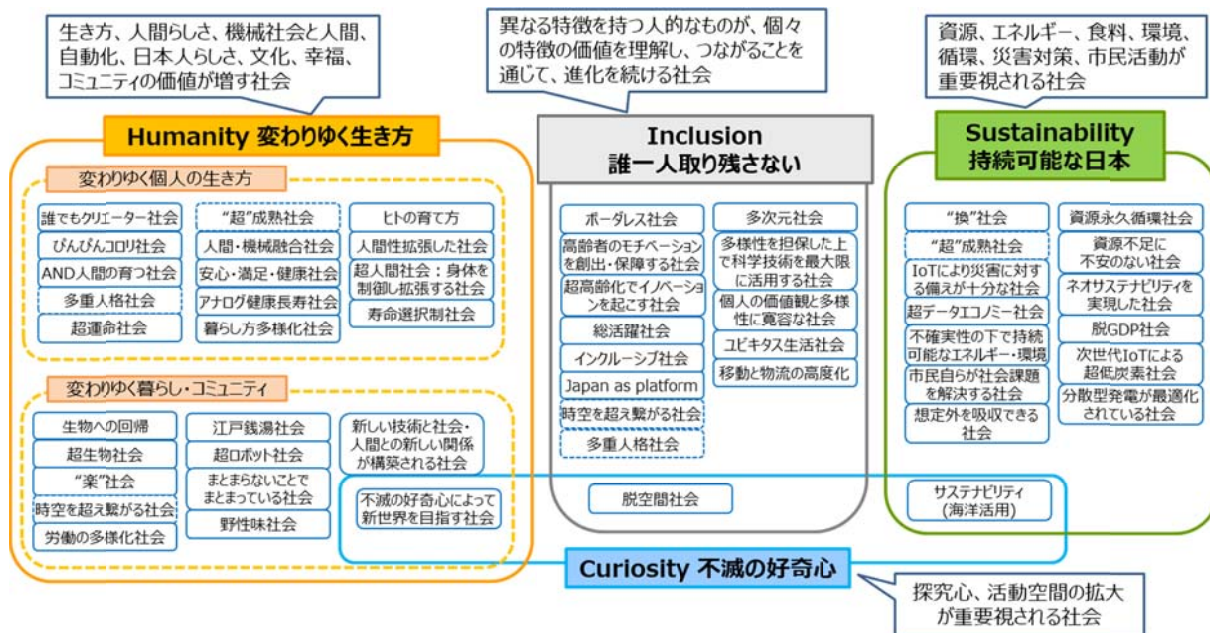
「社会の未来像」検討において望ましい社会の姿を描く際の背景情報として、また「科学技術の未来像」検討における科学技術トピック設定の際の参考情報として用いるため、既存資料等からのトレンド情報の抽出・整理を行った。収集対象とした情報は、「将来見通し」（将来展望に関する報告書・書籍等からの情報抽出）、「変化の兆し」（専門家や有識者の知見の収集）、「政策情報」（政府の戦略・計画等からの抽出）、「研究情報」（競争的資金の研究課題、研究機関のプレスリリース等の収集）である。また、別途検討を行った世界の未来像及び国内地域の未来像の検討結果を「変化の兆し」情報として活用した。

3.2. 社会の未来像

人文・社会科学や自然科学の専門家、若手研究者やシニア研究者、産学官の研究者・関係者など、多様な専門家・有識者約 100 名の参加によるビジョンワークショップを 2018 年 1 月に開催し、望ましい日本社会の未来像について議論を行った。その結果、2040 年に目指す社会の姿として 50 の日本社会の未来像が提案され、その中から重視すべき事項として 4 つの価値（Humanity、Inclusion、Sustainability、Curiosity）が抽出された（概要図表 2）。Humanity の下では、AI やロボットなど機械と人間が共存する中で、人間らしさや人間同士の多様なつながりを重視する社会が描かれた。Inclusion の下では、多様な人間や機械が、それぞれ特徴を生かして有機的につながることにより進化する社会が描かれた。Sustainability の下では、エネルギー制約、食料需給、地球規模の環境など、様々な課題へ

の対応が進んだ持続可能な社会が描かれた。Curiosity の下では、探求心・好奇心が十分に発揮される社会が描かれた。

概要図表 2 50 の日本社会の未来像と 4 つの価値



(本編図表 3-5)

3.3. 科学技術の未来像

○デルファイ調査

科学技術 7 分野について、分野別分科会（計 74 名の専門家から構成）での検討を経て 702 の科学技術トピックを設定した。科学技術トピックとは、2050 年までの実現が期待される、将来的に重要と考えられる研究開発課題である。2019 年 2 月～6 月に専門家アンケートを実施し、科学技術トピックの重要度、我が国の国際競争力、実現見通し、実現に向けた政策手段について 5352 名から回答を得た。主な結果は以下の通りである。

- ・ 重要度が相対的に高いのは、健康・医療・生命科学分野、ICT・アナリティクス・サービス分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野、都市・建築・土木・交通分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野である。このうち健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野は、我が国の国際競争力が相対的に低く、マテリアル・デバイス・プロセス分野、都市・建築・土木・交通分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野は国際競争力が相対的に高い。
- ・ 2035 年までに、科学技術トピックの約 9 割が社会に適用されると予測された。健康・医療・生命科学分野、環境・資源・エネルギー分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野は、総じて科学技術的実現及び社会的実現が遅い。
- ・ 科学技術的実現、社会的実現とも、実現に向けた政策手段のうち法規制整備の必要

性が高いのは、ICT・アナリティクス・サービス分野、次いで都市・建築・土木・交通分野である。倫理的・法的・社会的課題（ELSI）への対応の必要性が高いのは、健康・医療・生命科学分野及びICT・アナリティクス・サービス分野である。

各分野の概要を以下に示す。

分野	項目	概要（「」括りは、各分野に設定した細目名）
健康・医療・生命科学	重要度	老化、脳科学、医療機器関連が高い。
	競争力	再生・細胞医療、遺伝子治療、免疫系を基盤とする治療関連が高い。
	実現時期	脳科学、特に人間の高次精神機能の神経基盤解明の実現が遅い。
	政策手段	「情報と健康、社会医学」で、ELSI対応の必要性が高い。
農林水産・食品・バイオテクノロジー	重要度	人間を代替する農業ロボット、資源変動予測・管理技術、食と情報技術の融合関連が高い。
	競争力	気象予測と災害リスク評価、フードミクスに基づく機能性食品が高い。
	実現時期	科学技術の実現は、「資源エコシステム」が遅い。社会的実現は、「次世代バイオテクノロジー」が遅い。
	政策手段	「安全・安心・健康」は、法規制整備の必要性が高い。
環境・資源・エネルギー	重要度	二次電池、自然災害、放射線除去、地球温暖化、リスクマネジメント関連が高い。
	競争力	自動車関連、自然災害、水処理、廃棄物の回収・有効活用関連が高い。
	実現時期	科学技術の実現は、「エネルギーシステム」「水」「リスクマネジメント」が早く、「エネルギー変換」「資源開発」が遅い。社会的実現は、「水」が早く、「エネルギー変換」が遅い。
	政策手段	「リスクマネジメント」は人材の育成・確保、「資源開発」「リスクマネジメント」は国内連携、「地球温暖化」「水」は国際連携・標準化の必要性が高い。
ICT・アナリティクス・サービス	重要度	「社会実装」、「セキュリティ・プライバシー」、「IoT・ロボティクス」、「ネットワーク・インフラ」が高い。
	競争力	「ネットワーク・インフラ」、「IoT・ロボティクス」、「コンピュータシステム」、「インタラクション」が高い。
	実現時期	科学技術の実現は、「政策、制度設計支援技術」が遅い。社会的実現は、「コンピュータシステム」「産業、ビジネス、経営応用」「政策、制度設計支援技術」「社会実装」「インタラクション」が遅い。
	政策手段	「データサイエンス・AI」の人材育成の必要性が高い。「政策、制度設計支援」は、ELSI課題への対応の必要性が高い。
マテリアル・デバイス・プロセス	重要度	二次電池・太陽電池・燃料電池、ウェアラブルデバイス・バイオマテリアル、構造物診断関連トピックが高い。
	競争力	燃料電池、パワー半導体、二次電池関連トピックが高い。
	実現時期	科学技術の実現は、「応用デバイス・システム（ICT・ナノエレクトロニクス分野）」「応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）」が遅い。社会的実現は、「プロセス・マニュファクチャリング」が早く、「応用デバイス・システム（ICT・ナノエレクトロニクス分野）」が遅い。

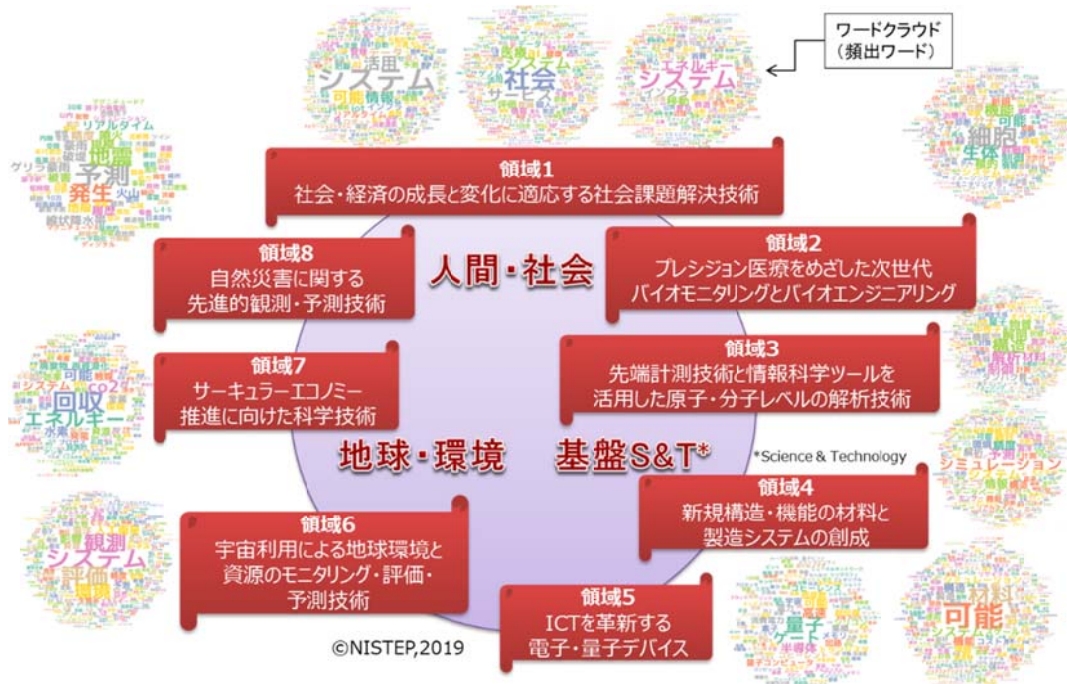
分野	項目	概要（「」括りは、各分野に設定した細目名）
	政策手段	「計算科学・データ科学」の人材育成・確保の必要性が高い。「応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）」の研究開発費・事業補助、研究基盤整備・事業環境整備の必要性が高い。「応用デバイス・システム（ライフ・バイオ分野）」の法規制の整備と ELSI 課題への対応の必要性が高い
都市・建築・土木・交通	重要度	「社会基盤施設」、「都市・環境」、「防災・減災情報」、次いで「交通システム」が高い。
	競争力	「防災・減災情報」及び「車・鉄道・船舶・航空」が高い。
	実現時期	実現が早いのは、「防災・減災情報」、「交通システム」、「国土利用・保全」のうち、災害、危険情報とモビリティに関するトピック。
	政策手段	自動運転など交通システム、車・鉄道・船舶・航空関係について、国際連携・標準化の必要性が高い。インフラメンテナンスに関するトピックは、国内連携・協力の必要性が高い。
宇宙・海洋・地球・科学基盤	重要度	量子ビームによる計測・解析、災害予測につながる技術、自動化のための測位技術のトピックが高い。
	競争力	現象解明に関わる基礎科学、局地豪雨等の予測及び複数ビームを利用した材料構造解析のトピックは、重要度も国際競争力も高い。
	実現時期	科学技術的・社会的実現とも、「量子ビーム：放射光」「量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等」が早く、「宇宙」「素粒子・原子核、加速器」が遅い。
	政策手段	「宇宙」「海洋」は総じて政策的支援の必要性が高い。全体的に、人材、研究費、基盤整備に加え、国際連携の必要性も高い。

○未来につなぐクローズアップ科学技術領域

近年、社会課題対応の点からも科学技術発展の点からも分野横断・融合領域が注目されていることから、分野別分科会で設定された 702 の科学技術トピックを基として、分野の枠にとらわれずに今後推進すべき研究開発領域の抽出を行った。本検討の特徴は、AI 関連技術（機械学習と自然言語処理を中心とする人工知能及び関連技術）を用いた処理とエキスパートジャッジを組み合わせて検討を行ったことである。具体的には、702 の科学技術トピックを AI 関連技術により 32 のクラスターに分類し、それを基に専門家による議論を行い、分野横断・融合のポテンシャルの高い 8 領域（概要図表 3）*及び特定分野に軸足を置く 8 領域を抽出した。

*科学技術トピック文を基に領域を形成しており、分野横断・融合する領域であることを直接示していないため、分野横断・融合の「ポテンシャルの高い」領域とした。

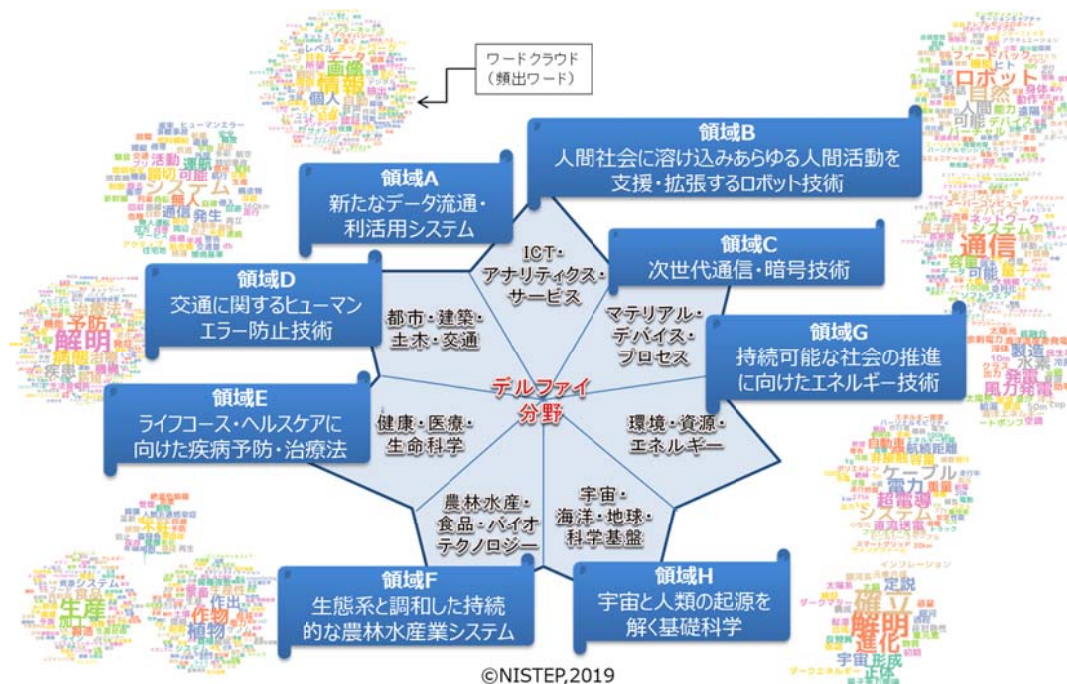
概要図表 3 分野横断・融合のポテンシャルの高い 8 領域



領域名	概要
1	社会的インフラストラクチャー、都市建築空間、教育、医療、金融などの多様な社会的共通資本のサービス・ソリューションに向けた AI、IoT、量子コンピューティング、ELSI (倫理的・法的・社会的課題) 対応、認知科学・行動経済学など、複雑な社会現象 (ラージ・ソーシャルコンプレックスシステムズ) が抱える課題を解決する科学技術領域
2	完全非侵襲・高感度・高精細・リアルタイムモニタリングにより、人の個体から組織・臓器、細胞、分子レベルにわたり生命現象を捉えることで、バイオエンジニアリングによる再生・細胞医療や次世代ゲノム編集技術による遺伝子治療のような高度医療の技術開発につなぐ科学技術領域
3	量子ビーム応用などの先端計測や、シミュレーション・インフォマティクス・AI などの情報科学ツールを活用した、構造・機能材料、高分子、生体分子などの構造や状態の解析・解明・予測、農作物や医薬品の開発・品質管理に関する科学技術領域
4	材料から構造物、環境、医療に関わる要素技術まで生活環境向上に寄与する、シミュレーションとデータ活用による材料の構造・物性予測や、材料・デバイスの実用化のための先進製造・流通システムやコスト低減に関する科学技術領域
5	ICT 革新に寄与する、高速・高密度・低消費電力の電子・情報デバイス、高効率パワーデバイス、高コヒーレンス量子デバイス (量子コンピューティング・センシング) に関する科学技術領域
6	地球環境・資源を地上や人工衛星から複合的にモニタリング・評価し、数理モデルで予測することにより、人間活動がもたらす地球環境の変化や自然災害への対処、エネルギー、地下・海洋資源や農林水産資源の探索に寄与する科学技術領域
7	資源の循環と持続可能な生産に向けた、CO2 や廃棄物の再資源化技術、バイオマス利用技術、高レベル放射性廃棄物処理技術、レアメタルの回収・利用技術、環境循環の中での有害化学物質等の管理技術に関する科学技術領域
8	豪雨や地震・火山噴火等の自然災害とそれらが及ぼす被害の先進的観測・予測技術と防災・減災技術、および山地や海岸線等の国土変化予測による国土保全、長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計等に関する科学技術領域

(本編図表 3-17)

概要図表 4 特定分野に軸足を置く 8 領域



領域名	概要
A 新たなデータ流通・利活用システム	産業・医療・教育に係るデータ、個人情報や研究データといった多種多様で大量の情報、適正かつ効果的に収集・共有・分析・活用するための科学技術領域
B 人間社会に受け込みあらゆる人間活動を支援・拡張するロボット技術	人間社会に受け込み、ものづくり・サービス、医療・介護、農林水産業、建設、災害対応などの多様な社会・産業活動や、運動・記憶などの個人の能力を自然な形で支援・拡張するロボットに関する科学技術領域
C 次世代通信・暗号技術	光・量子通信と量子暗号に代表される、超高速・超大容量、超長距離・超広帯域、超低遅延・超低消費電力、多数同時接続、かつセキュリティの高い通信に関する科学技術領域
D 交通に関するヒューマンエラー防止技術	鉄道、船舶、航空機での無人運転・運航・操縦に代表される、陸・海・空の各運輸モードでのヒューマンエラーを防止するための支援技術・システムに関する科学技術領域
E ライフコース・ヘルスケアに向けた疾病予防・治療法	人の発達過程における環境と疾病との関係性の解明、老化・機能低下のメカニズム解明やその制御、加齢性疾患の予防・診断・治療法開発など、人の胎児期から乳幼児期、就学期、就労期、高齢期までを連続的にとらえた生涯保健に関する科学技術領域
F 生態系と調和した持続的な農林水産業システム	動植物、微生物、環境、人間の相互作用（生態系）に着目した、農林水産業における生産性や品質の向上と効率化、環境への負荷低減や生産環境の保全、遺伝資源の保存と利用のための資源管理などに基づく新しい持続的生産システムの構築に関する科学技術領域
G 持続可能な社会の推進に向けたエネルギー技術	エネルギー源の多様化によるエネルギー安全保障の強化や低炭素社会を実現する太陽光・風力発電などの再生可能エネルギー技術や直流送電システム、超伝導技術、ワイアレス給電技術などの次世代電力ネットワークに関する科学技術領域
H 宇宙と人類の起源を解く基礎科学	太陽系・銀河系の形成、軽元素・重元素合成の進化過程、ダークマター・ダークエネルギーの正体、量子重力理論、インフレーション仮説等、宇宙の謎の解明、定説の確立など、宇宙と人類の起源に関する科学技術領域

(本編図表 3-18)

3.4. 科学技術発展による社会の未来像

「社会の未来像」検討で得られた 50 の日本社会の未来像と「科学技術の未来像」検討で設定した 702 の科学技術トピックを基に、「科学技術発展による社会の未来像」として基本シナリオを検討した（概要図表 5）。「基本シナリオ」は、日本社会の未来像のまとめ、関連する科学技術トピック、求められる政策対応から構成される。二つの軸（無形⇔有形、個人⇔社会）を設定し、50 の日本社会の未来像を 4 象限に割り振って検討を行った。「無形⇔有形」軸は、超スマート社会（Society5.0）の取組が進んでサイバー空間が現実空間と対置されるような独自の社会を形成するなど、形のないものの存在感が高まることを想定して設定した。「個人⇔社会」軸は、社会の未来像検討において個人の在り方（Humanity、Curiosity）の変化や社会の在り方（Inclusion、Sustainability）の変化が挙げられたことから設定した。「無形・個人」象限では、仕事や生活の拠点が分散する中で、価値観を共有する人々が地理的制約を超えて様々なコミュニティを形成して共生する社会が描かれた。「無形・社会」象限では、人、ロボット、モノなどがネットワークでつながり、様々なリソースを共有しつつ協調する社会が描かれた。「有形・個人」象限では、科学技術のサポートにより心身能力が拡張されることで新たな“個性”を獲得し、生活の質向上を図る社会が描かれた。「有形・社会」象限では、データ取得・解析に基づいて、個人ニーズとのバランスの取れた最適化や資源循環が実現する社会が描かれた。

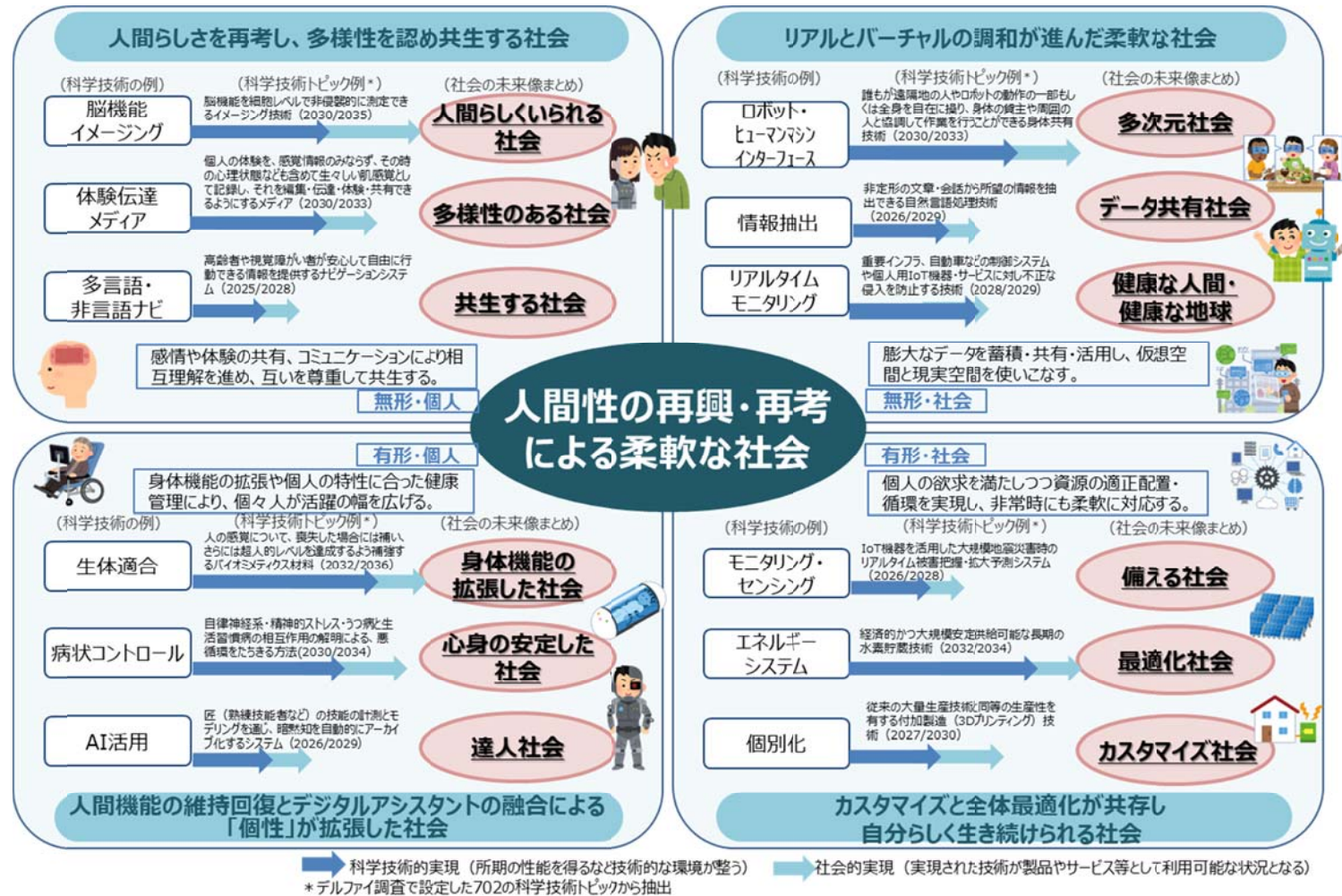
社会の未来像まとめと科学技術トピックとの紐づけの結果、健康・医療・生命科学分野、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野、環境・資源・エネルギー分野を中心に、470 の科学技術トピックが社会の未来像と関連する科学技術として抽出された。

4. まとめ

本調査は、第 6 期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的とした。社会的条件を所与とした上で、科学技術がもたらす可能性について検討を進め、科学技術発展をベースとして社会の未来像を描いた（概要図表 6）。「社会の未来像」検討（ビジョニング）では、50 の日本社会の未来像と 4 つの価値を抽出した。「科学技術の未来像」検討（デルファイ調査）では、702 の科学技術トピックについて 5352 名の専門家から重要度や実現見通し等の回答を得た。また、702 の科学技術トピックの機械的クラスタリングと専門家による議論を行い、分野横断・融合のポテンシャルの高い 8 領域及び特定領域に軸足を置く 8 領域を抽出した。最後の「科学技術の発展による社会の未来像」検討（シナリオ）では、社会の未来像と科学技術の未来像を統合し、基本シナリオを作成した。

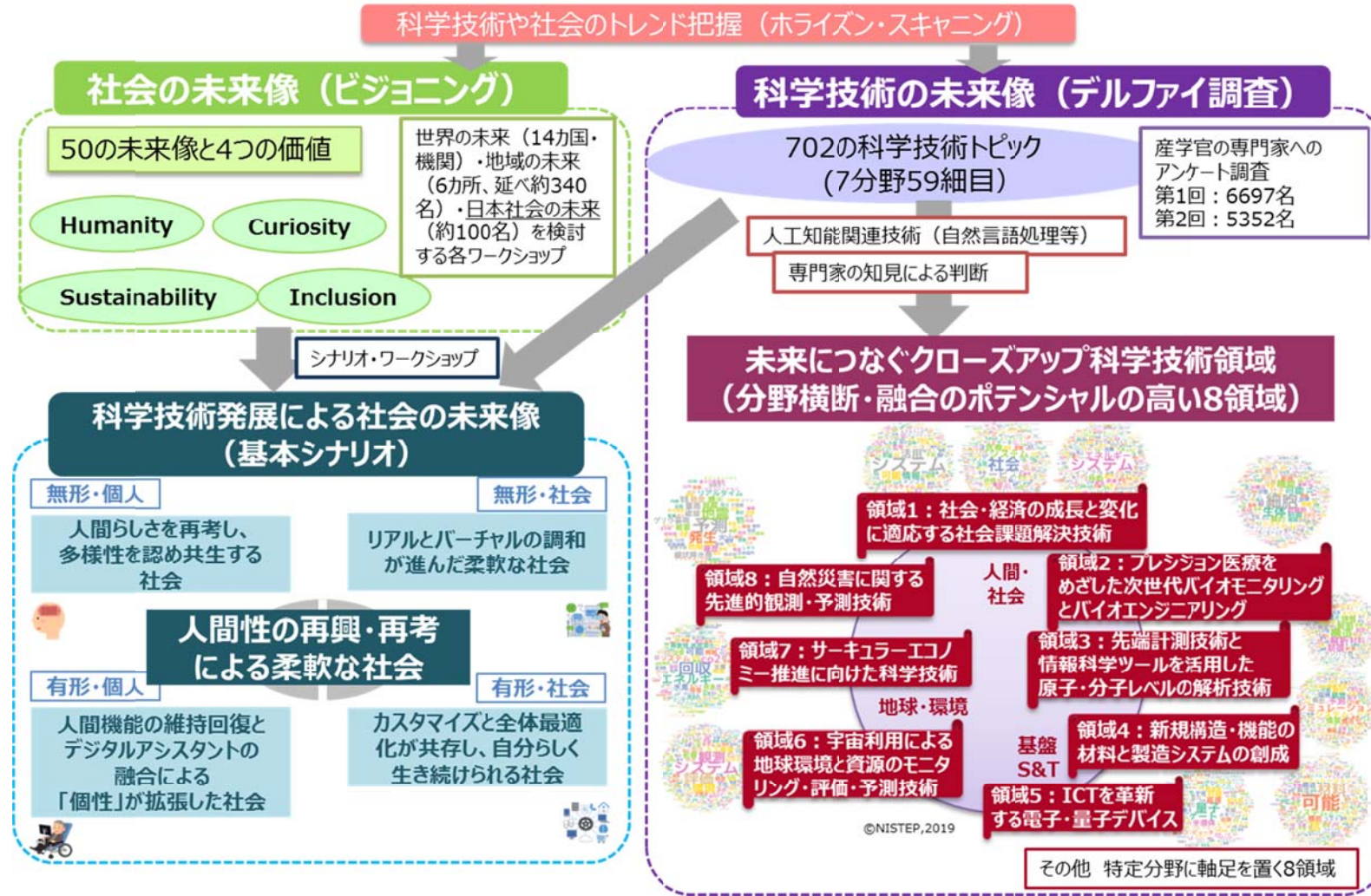
本調査は、科学技術をベースとした将来社会の検討であることから、この結果を基に、そのほかの条件設定や変化の想定を含めて発展的な議論がなされることが期待される。科学技術予測センターでは、テーマを設定して詳細な検討を行う予定である。

概要図表 5 基本シナリオの概要



xi

概要図表 6 調査の全体像



本編

1. 背景と目的

我が国では、科学技術政策の基本的な枠組みとなる科学技術基本法が1995年に施行され、1996年より5年毎に策定される科学技術基本計画の下、科学技術・イノベーション政策が推進されている。第2期及び第3期科学技術基本計画における分野の重点化、第4期科学技術基本計画における社会課題達成型の重点化を経て、現行の第5期科学技術基本計画では、大変革を先導し、「超スマート社会」(Society 5.0)を実現することが目標に掲げられている。「超スマート社会」とは、「サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会」と定義されている。

近年のAI(人工知能)を始めとするICT(情報通信技術)の急速な進展は、多様かつ大量のデータの取得と分析を可能とし、社会の仕組みや人間の行動様式に大きな変化をもたらしている。「超スマート社会」に向けて、科学技術によって次々と新しい可能性や選択肢が社会に提供される中、科学技術をどのように使いこなしていくのかなど、社会が科学技術を受け入れるための議論や社会システム整備が科学技術発展に追いつかなくなることが懸念されるほどである。一方、社会自体についても、政治や経済の国際的パワーバランスの変化、紛争や衝突の発生、地球温暖化の進行など、今後の世界の方向性を見通すことは難しく、さらに日本国内においては、生産年齢人口減と超高齢化の進行、経済情勢、社会保障制度や健康保険制度などの破綻のおそれ、地域インフラの維持・管理など、山積する課題にどう対処するのか議論の只中にある。このように未来の不確実性が高まる中にあることは、科学技術の進展とそれが社会にもたらす様々な可能性、また社会からの要請を中長期的な視点で幅広く捉えた上で、不確実性に柔軟に対応できる政策形成が求められる。

本調査は、こうした背景を踏まえ、第6期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的として、科学技術発展をベースとして社会の未来像を描く取組みである。まずは、未来を規定する社会的条件を所与とした上で、科学技術がもたらす可能性について検討を進める。

2. 調査の枠組み

科学技術予測調査は、1971年からおよそ5年毎に実施されており、今回が11回目の調査となる。科学技術・イノベーション政策の方向性が分散的に議論されていた時代、また国全体の研究開発費に占める政府投資額の割合が低い我が国において、科学技術予測調査は、科学技術発展の中長期的展望を示すことで、一定の方向性を関係者間で共有する役割を果たしてきた。科学技術基本法の下で科学技術基本計画が策定されるようになって

以降は、次期科学技術基本計画の検討時期に合わせて調査の実施時期を調整し、策定に向けた議論に有用な情報を提供するため、調査の枠組みや手法など調査設計の改良を重ねてきた。

1970～1980年代の科学技術予測調査はシーズに根差した設計を行っており、科学技術発展を展望し、それを基に科学技術が快適・便利・安全な社会を実現する姿を描いていた。1990年代に入ると、高齢化や地球環境問題等の社会的テーマを設定して分野横断的な検討が行われるようになったが、シーズ指向で発想された科学技術を社会的課題や社会ニーズに当てはめる形での検討であり、ニーズ指向の発想は取り入れられていなかった。一方で、科学技術は中立であっても悪用や誤用があり得ること、倫理面や文化面などに影響を及ぼす可能性があること、科学技術が正の影響と同時に別の面で負の影響をもたらす可能性があることなど、科学技術と社会の関係性についての関心が高まったことを受けて、科学技術の社会的影響に対する専門家の意見収集が行われるようになった。2000年以降は、研究開発投資の社会への成果還元や社会課題解決型の重点化など、政策形成において科学技術と社会との関係性がより重視されるようになり、科学技術予測調査においても、経済・社会ニーズ、社会課題、社会ビジョン等を議論し、その実現または解決に寄与する科学技術の検討が行われるようになった。科学技術予測調査は、2000年頃までは科学技術の発展から社会の未来を描く方向性であり、それ以降は目指す社会の姿から必要な科学技術を見出す方向性へと転換したと言える。

11回目に当たる本調査は、科学技術と社会の関係が複雑化したことを受け、科学技術の視点からと社会の視点から、二つの方向性から検討を行う複合的な枠組みで実施した。

図表 2-1 科学技術予測調査の歴史



2.1. 調査対象と時間軸

本調査は、科学技術発展による日本社会の未来像を検討するものである。日本社会を考える上では、産業、労働、社会保障、教育、医療、環境、交通、食料需給、エネルギー需給、外交・安全保障など、また、SDGsや地球環境など、国内・国際の様々な視点があり得る。科学技術はそれぞれの視点からの未来像に様々なレベルで関与すると考えられるものの一部を構成するに過ぎず、いずれの未来像の検討においても科学技術以外の要素の議論が欠かせない。本調査は、様々な視点による社会の未来像の中で科学技術が関わる部分が可能な部分に焦点を当てる、つまり、科学技術というレンズを通して未来像を切り取って検討を行うものである。現在、産学官の様々な場で未来像を描く取組^[1]が行われており、それらと補完的な役割を果たしつつ、目的に応じて活用されることを想定する。

未来を展望する期間は2050年までの約30年間とし、約20年後の2040年をターゲットイヤーとした。この展望期間において、超スマート社会(Society 5.0)の実現に向けた取組が進んだ状況を想定した。科学技術基本計画は今後10年を見越した5年計画であるが、さらにその10年先の可能性を示すことにより、長期的視点からの思考を支援する。また、2040年は、超高齢化社会の日本の未来を描く上で一つの区切りとなる時期である。2040年には団塊ジュニア世代が60歳代後半となり、2042年には高齢者人口が3,935万人とピークを迎えると推計^[2]されており、社会保障の在り方や地方自治体の存続など人口構成が大きく影響するテーマを中心として、2040年をターゲットイヤーとした議論が各所で行われている。本調査における科学技術ベースの検討が、社会の在り方の議論の中で活用される観点からも適切な設定と考えられる。

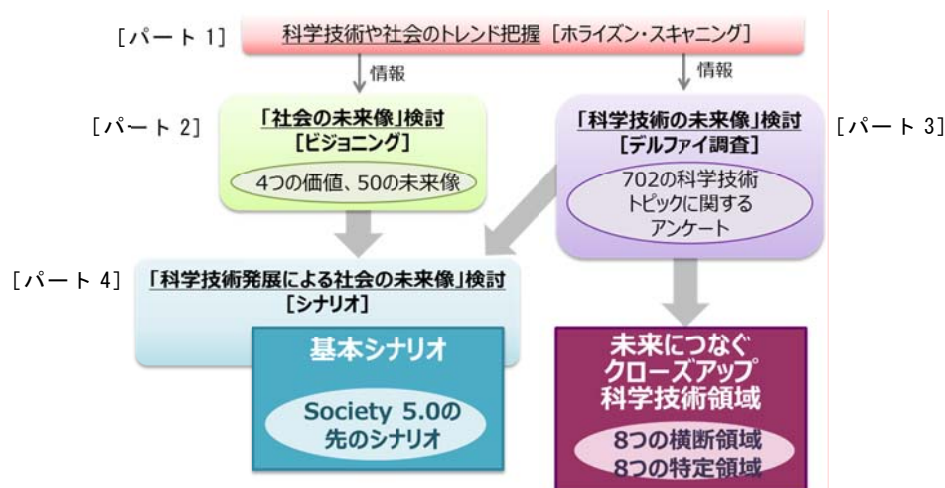
2.2. 調査の構成

前回の第10回調査(2015年公表)では、ビジョン、将来科学技術、シナリオの3部構成で検討を行った。最初のビジョン検討においては、グローバル化やネットワーク化が進展する中で人の分布や産業構造の変化について議論を行い、それを踏まえ、「世界の中の日本」をテーマとして総合的な議論を行った。続く将来科学技術の検討では、データサイエンス及びビッグデータ解析を検討の中心に据え、高度知識社会・高度情報化社会への移行と社会基盤の高度化を支える科学技術、またその先にある人間の深化に関連する科学技術について検討を行った。最後のシナリオ検討では、ビジョン検討での総合的議論を受け、国際的視点(リーダーシップ、国際協調、自律)を設定してシナリオを作成した。一連の検討を通じて、社会においても科学技術においても急速な変化が生じており、さらにその加速化が想定されることから、変化の兆しをいち早く捉えて調査に取り込むことが今後の課題として挙げられた。

そこで本調査では、前回調査の構成を基として、変化の兆しを把握する工程を明示的に取り入れた。すなわち本調査は、科学技術や社会のトレンドを把握する「ホライズン・スキヤニング」(パート1)、社会の未来像(望ましい社会の未来像)を検討する「ビジョニング」(パー

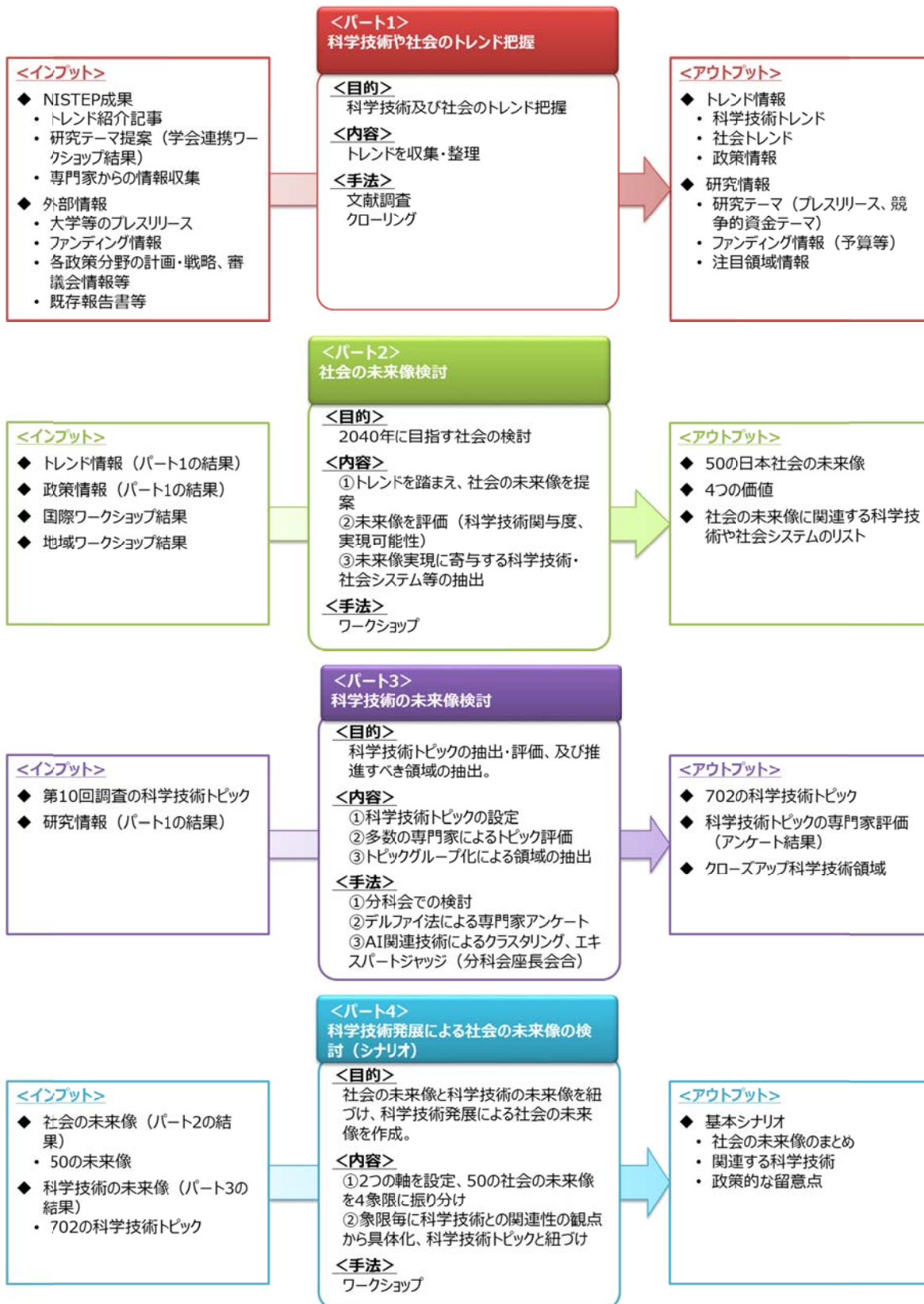
ト 2)、科学技術の未来像(科学技術発展の中長期展望)を検討する「デルファイ調査」(パート 3)、科学技術発展による社会の未来像を検討する「シナリオ」(パート 4)の 4 部構成となる。本調査の全体構成を図表 2-2 に示す。

図表 2-2 調査の構成



本調査では、まずパート 1「科学技術や社会のトレンド把握(ホライズン・スキャンニング)」において、科学技術や社会のトレンドを既存資料等から収集・整理した。具体的には、文献調査、科学技術関連データベースからの情報抽出、クローリングによる研究開発関連情報収集、専門家からの情報収集等により、科学技術や社会のトレンドを収集・整理した。結果は、後のパートの基礎情報として利用した。併せて、別途実施した世界の未来像の検討(国際ワークショップ)結果及び国内地域の未来像の検討(地域ワークショップ)結果をトレンド情報に相当すると位置づけて活用した。パート 2「社会の未来像検討(ビジョニング)」では、パート 1からの情報や国際・地域ワークショップからの情報を踏まえ、2040年に目指す日本社会の未来像についてワークショップ形式で検討した。パート 3「科学技術の未来像検討(デルファイ調査)」では、7つの分野別分科会を設けて科学技術の未来像の検討を行った。具体的には、パート 1からの情報を踏まえて、各分科会において2050年までの実現が期待される科学技術について検討を行い、科学技術トピックを設定した。続いて、デルファイ法による専門家アンケート*を実施し、科学技術トピックに対する多数の専門家の意見を収集した。併せて、分野の枠にとらわれずに、内容の類似度により科学技術トピックをグループ化し、今後推進すべき科学技術領域を抽出した。最後に、パート 4「科学技術発展による社会の未来像検討(シナリオ)」において、2040年に目指す社会とそれに関与する科学技術について検討を行った。具体的には、「社会の未来像検討(ビジョニング)」で得られた日本社会の未来像、及び、「科学技術の未来像検討(デルファイ調査)」で設定された科学技術トピックを基に、科学技術起点と社会起点から検討を行い、全体を統合して「基本シナリオ」を作成した。各パートの検討の流れを図表 2-3 に示す。

図表 2-3 検討の流れ



2.3. 調査の特徴

本調査の構成上の特徴は、先に述べたように、科学技術の視点からと社会の視点から、双方向から検討する枠組みとしたことである。科学技術が社会課題の解決に寄与するばかりでなく、科学技術が社会の新しい仕組みを生み出す、科学技術が人の行動様式や考え方を変える、社会が科学技術の新領域創成や融合を誘導する、科学技術の社会適用に伴い生ずる課題に科学技術で対応するなど、科学技術と社会との関係性は複雑化している。それに対応するためには、社会の視点から科学技術を考えたり、科学技術の視点から社会を考えたり、行き来を繰り返す必要がある。社会的要請から科学技術を考えるのみでは、現時点で社会課題に直接結びつかない科学技術は抽出されにくく、また、科学技術の視点からの新領域創成や、新領域が生み出す新しい社会の姿を想定することは難しいと考えられる。

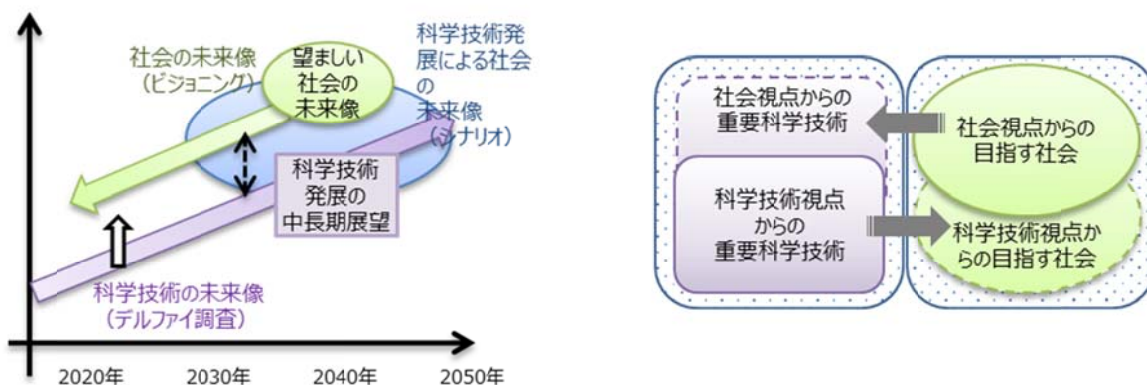
フォーキャストとは、現在を起点として未来へと外挿する方向性であり、バックキャストとは、未来のある時点を起点として規範的に今なすべきことを考える方向性である。本調査では、これに科学技術と社会の関係性を組み入れ、「将来有望な科学技術がどのように発展し、どのような社会を実現させるのか」と、現在を起点として科学技術の未来を描き、それがどのような未来社会につながるのかを考えることをフォーキャスト、「目指す社会の実現に向けてどのような科学技術が必要か」と、未来を起点として望ましい社会の姿を描き、その実現に向けた科学的的手段を考えることをバックキャストとする。本調査では双方向の検討を行ったため、科学技術の未来像も社会の未来像も共に、フォーキャストの未来像とバックキャストの未来像を持つことになる。この二つの検討結果を統合することにより未来の可能性をより幅広く捉えることができ、将来の不確実性への対応策ともとなり得ると考えられる。

本調査の手法上の特徴は、ICTの積極的な活用と多様なステークホルダーの参画である。ICT活用については、「科学技術や社会のトレンド把握」(ホライズン・スキヤニング)において、情報の自動収集・抽出を行うとともに、「科学技術の未来像」検討(デルファイ調査)において、AI関連技術を用いて科学技術トピックのクラスタリングを行った。これにより、大量の情報の中からキーワードに関する情報を抽出することができた。また既存の概念にとらわれないクラスタリングは、科学技術専門家に新たな発想を促すものとなった。

ステークホルダー参画については、「社会の未来像」検討(ビジョニング)において、人文・社会科学や科学技術の専門家、若手からシニアまでの研究者・有識者、産学官など多様な専門家・有識者が参加するワークショップを開催した。また、参考とした地域ワークショップにおいては、地元の企業、大学、自治体、金融機関の関係者や市民の参加を得た。「科学技術の未来像検討(デルファイ調査)」の専門家アンケートに当たっては、当センターが専門家の意見収集を目的として運営する専門家ネットワーク(約2000名)のほか、関係機関の協力を得て、幅広い回答依頼を行った。具体的には、研究者データベース researchmap を活用して10万人を超える幅広い研究者に回答依頼を行うとともに、学術団体や経済団体のネットワークを通じて回答依頼を行った。未来に関するデータが限られる中では、専門家や有識者の主観的評価がエビデンスとして一定の価値を持つと考えられる。多様な関係

者の参画は、様々な角度からの検討を可能とすることから、不確実性への対策として有用であると考えられる。

図表 2-4 フォーキャストの未来像とバックキャストの未来像

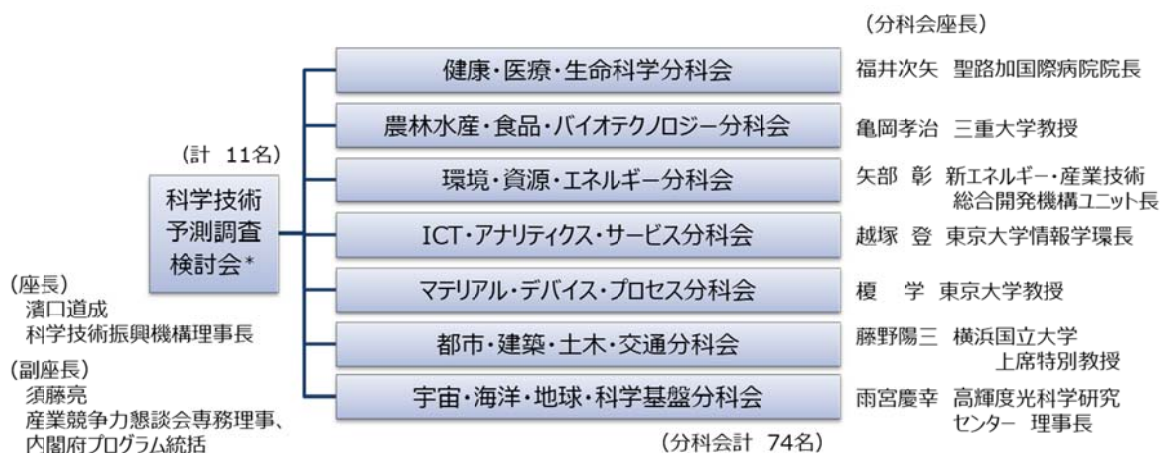


	社会の未来像(目指す社会)	科学技術の未来像(重要科学技術)
社会視点の検討(バックキャスト)	<ul style="list-style-type: none"> 50の未来像[ビジョニング] 2040年の社会像(社会起点の検討)[シナリオ] 	<ul style="list-style-type: none"> 基本シナリオに紐づいた科学技術トピック470件[シナリオ] ビジョン検討過程の技術キーワード[ビジョニング]
科学技術視点の検討(フォーキャスト)	<ul style="list-style-type: none"> 2040年の社会像(科学技術起点の検討)[シナリオ] 	<ul style="list-style-type: none"> 科学技術トピックの評価(アンケート結果)[デルファイ調査] クローズアップ科学技術領域[デルファイ調査]

2.4. 本調査の検討体制

本調査では、検討のため、科学技術予測調査検討会(2018年度は「科学技術予測委員会」)及び分野別分科会を設置した(図表 2-5)。

図表 2-5 検討体制



科学技術予測調査検討会は、座長 1 名、副座長 1 名、委員 9 名から構成された。委員は、デルファイ調査の分野別分科会（後述）の座長 7 名、及び、科学技術・イノベーション政策や科学コミュニケーションに関する有識者 2 名である。検討会の役割は、調査の基本方針決定、及び、調査結果取りまとめに向けた総合的な議論である。

デルファイ調査の 7 つの分野別分科会は、各分科会座長 1 名、委員 10 名程度から構成され、計 74 名の専門家が関わった。分科会の役割は、デルファイ調査各分野の基本方針決定、科学技術トピックの設定、アンケート結果の分析と解釈である。

また、科学技術の未来像検討の一環で実施した、未来につなぐクローズアップ科学技術領域の検討においては、分野別分科会座長による検討会合を開催し、分野横断的な視点から検討を行った。

2.5. 報告書の構成

本調査に係る報告書は、前述の調査の構成・検討プロセスに沿って、以下の構成で作成される。報告書題名には、シリーズ名「第 11 回科学技術予測調査」が記される。

区分	番号	内容
総論	1	全体概要(本報告書)
各論	2-1	社会の未来像検討*1
	2-2	科学技術の未来像検討:デルファイ調査
	2-3	科学技術の未来像検討:クローズアップ科学技術領域
	2-4	科学技術発展による社会の未来像検討:基本シナリオ
	2-5	科学技術発展による社会の未来像検討:テーマ別シナリオ(予定)
詳細分析・方法論	3-1～	各論に関連する詳細分析や方法論等*2

2019 年 10 月末時点で公表済の報告書は以下の通り。

*1 調査資料-276「第 11 回科学技術予測調査 2040 年に目指す社会の検討(ワークショップ報告)」^[3]

*2 Discussion Paper No.172「第 11 回科学技術予測調査[3-1] 未来につなぐクローズアップ科学技術領域－AI 関連技術とエキスパートジャッジの組み合わせによる抽出の試みー」^[4]

3. 各パートの概要

3.1. トレンドの把握

「社会の未来像」検討(ビジョニング)において望ましい社会の姿を描く際の背景情報として、また「科学技術の未来像」検討(科学技術発展の中長期展望)における科学技術トピック設定の際の参考情報として用いるため、既存資料等からの科学技術や社会の動きに関する情報抽出及び整理を行った。情報の種類、内容、及び提供先を図表 3-1 に示す。

図表 3-1 収集した情報

種類	情報源と方法	内容	提供先
将来見通し	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料から抽出、整理 	<ul style="list-style-type: none"> 社会、経済、科学技術、環境、政治に関する動向 	社会の未来像検討
変化の兆し	<ul style="list-style-type: none"> 専門家や有識者の知見を収集 国際ワークショップ、地域ワークショップ結果からの情報抽出 	<ul style="list-style-type: none"> 「きざしストーリー」(個人的知見や国際ワークショップ結果に基づく科学技術や社会の新しい動き。題名、概要、インパクト等を記述)計 140 件 地域の未来像まとめ 	社会の未来像検討
政策情報	<ul style="list-style-type: none"> 政府の計画・戦略等から抽出、整理 	<ul style="list-style-type: none"> 計画・戦略等からキーワードを抽出し、健康・暮らし、環境・エネルギー等の 6 区分に整理 	社会の未来像検討
	<ul style="list-style-type: none"> 審議会等の議事録のクロージング 	<ul style="list-style-type: none"> 設定したキーワードに関する、審議会等の議題 	科学技術の未来像検討
研究情報	<ul style="list-style-type: none"> 定常的動向調査からの抽出 (KIDSASHI、STI Horizon、学会連携ワークショップ、大学等研究機関プレスリリースのクロージング) KAKEN データベースからの自動抽出 競争的資金情報のクロージング 関連報告書等からの抽出 	<ul style="list-style-type: none"> 定常的調査活動から抽出した注目される科学技術 設定したキーワードに関連する、科学研究費課題リスト 設定したキーワードに関連する、トップダウン型競争的資金の予算と件数 関連報告書から抽出した注目される領域 	科学技術の未来像検討

別途検討を行った世界の未来像及び国内地域の未来像の検討から得られた情報については、「変化の兆し」と同様の性格を持つ情報と考えられることから、日本社会の未来像の検討において基礎情報として活用した。グローバル化の進展する中では世界の状況変化の把握が必須であり、その一方で、国を構成する各地域の状況を踏まえることも併せて重要と考えたためである。検討結果を図表 3-2 に示す。

図表 3-2 世界の未来像（上）と地域の未来像（下）の検討結果



世界の未来像^[7]については、2017年12月、14か国約60名の参加による国際ワークショップを開催して検討を行った。あらかじめ、海外機関からの参加者にトレンド（世界レベル／地域レベル／国レベル）情報の提供を依頼し、それを基にグループ討論を行った。気候変動等への対応や医療の進歩などの望ましい姿が描かれる一方で、勝者と敗者の格差や社会の分断など、科学技術発展に伴う光と影が描かれた。国内地域の未来像^[8]については、2016～2018年に6か所で地域ワークショップを開催、うち4か所については、地域ワークシ

ワークショップで描かれた目指す社会の姿を基にした科学技術専門家による関連科学技術の抽出、地域ワークショップ参加者と科学技術専門家による総合討論も実施した。各地域ワークショップには、地元の企業・大学・自治体・金融機関の関係者、市民など計 30 名程度、総勢のべ約 340 名が参加した。科学技術発展の恩恵を受けて地理的制約による格差から解放され、ゆるやかに結びついたコミュニティが機能するゆとりある生活が描かれた。

3.2. 社会の未来像

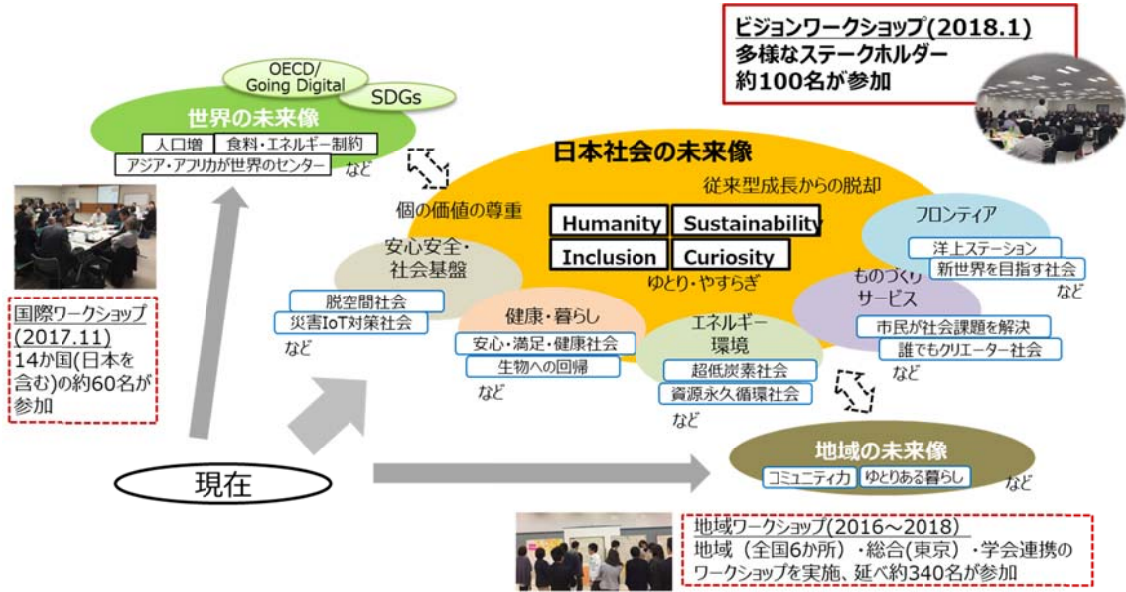
日本社会の未来像の検討に当たっては、2018 年1月、人文・社会科学や自然科学の専門家、若手研究者やシニア研究者、産学官の研究者など、多様な専門家・有識者約 100 名の参加によるビジョンワークショップを開催した^[3]。検討の流れを図表 3-3 に示す。まず、「科学技術や社会のトレンド把握(ホライズン・スキャニング)」から提供された情報を踏まえて社会の方向性を検討した後、2040 年の望ましい日本の社会像を検討した。次にこの社会像を科学技術関与度と実現可能性の軸でマッピングし、グループ毎に社会の未来像を取りまとめた。

図表 3-3 日本社会の未来像の検討の流れ

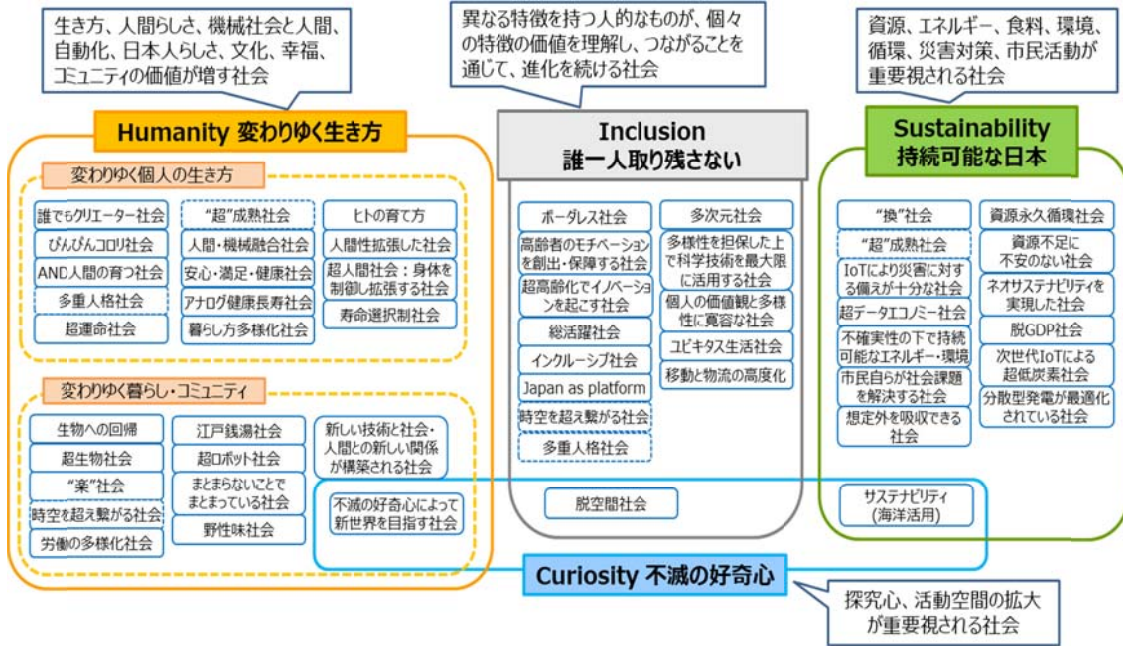


図表 3-4~6 に検討結果を示す。10 グループから 50 の未来像が提案され、その中から重視すべき事項として4つの価値が抽出された。Humanityの下では、AIやロボットなど機械と人間が共存する中で、人間らしさや人間同士の多様なつながりを重視する社会が描かれた。Inclusion の下では、多様な人間や機械が、それぞれ特徴を生かして有機的につながることにより進化する社会が描かれた。Sustainability の下では、エネルギー制約、食料需給、地球規模の環境など、様々な課題への対応が進んだ持続可能な社会が描かれた。Curiosity の下では、探求心・好奇心が十分に発揮される社会が描かれた。

図表 3-4 日本社会の未来像と世界／地域の未来像



図表 3-5 50の日本社会の未来像と4つの価値



図表 3-6 50 の日本社会の未来像の概要

Humanity

社会の未来像	概要
誰でもクリエイター社会	複数の仕事をこなし、限界削減費用ゼロのサービスと最低限の生活を営む。データ等のやりとりで個人が欲しいものをリーズナブルに製造する。
ぴんぴんコロリ社会	個人に対応した医療やウェアラブル健康センサにより、予防的な医療が進展する。それにより健康寿命が延伸し、入院や病死の概念がなくなる。
AND 人間の育つ社会	リアルとバーチャルの両方の体験を有する AND 人間が育つ。生き方を描ける力の養成が重視される。学校教育では単純記憶から抽出力や思考力が問われる。リカレント教育が一般化する。
多重人格社会	バーチャル空間の拡張を通じて人格が複数存在するようになり、それらを使い分ける社会となる。また、所属する国や組織も複数になる。
超運命社会	身体拡張によりハンディキャップを克服するとともに、寿命という定めにも挑戦する。
”超”成熟社会	技術が生活や産業のあり方を革新し、社会の姿・仕組みと人の行動様式が大きく変わる。利便性や生産性の向上と環境保全との両立が容易になる。単純重労働からの解放、健康寿命の延伸、自由時間の拡大も起こる。
人間と機械が融合する社会	膨大な情報を瞬時にインプットするため、脳神経と外部データを直接接続する I/F やデータそのものを脳にチップで埋め込むなど、人間の能力を飛躍的に向上させる。また、知的活動や感情面において機械が人間の役割をスムーズに行うようになる。
安心・満足・健康社会	健康でいられる時間を少しでも長くするよう、予防医学の視点からのアプローチが必要となる。脳機能の解明、健康状態のモニタリング技術、早期診断、治療技術の発達で自立して暮らせる人が増える。社会保障制度やデータ等の情報を取り扱う法制度が整備されていく。
アナログ健康長寿社会	長い人生の時間の使い方として対人ゲームが流行り、世代を越えた小さいコミュニティが受け皿となる。健康管理は自宅健康診断で行われ、健康な人にはインセンティブが与えられる。
暮らし方多様化社会	職業も居住地も多様化する。暮らし方によって都市に住む人と地方に住む人が分かれる。また、都市と田舎を行き来する人も増加する。人生二毛作時代となり、マルチトラック社会となる。
ヒトの育て方	自由な勉強が出来る。AIと共存するための教育や様々な変化に対応できる教育もなされている。地域の大学がより身近な存在となり、知識の再分配が図られている。
人間性の拡張した社会	技術により身体機能の拡張・代替ができるようになり、データを集めて知識化できる人や組織に富や資源が集中する。一方、「リアル」、「静けさ」、「切り離されていること」に価値が出ている。VR・AR・AIをベースとした新しい生きがい社会が生まれ、自由を獲得することを最上位の目的とする。
超人間社会：身体を制御し拡張する社会	人間生来の機能を良好に維持すると共に、生来の機能を超越する技術融合が図られる。自分の状態を把握でき、苦痛を伴う運動や生活習慣改善が不要になっている。
寿命選択制社会	生体計測技術の進歩や遺伝子への工学的操作により、人が自らの自由意思で自らの寿命を事前に選択し、それに従い生涯を全う出来るようになる。
生物(リアリティ)への回帰	AIの進展の中でリアルの価値が高まるとともに、地域の自立、地域資源の見直し、自然回帰が改めて注目される。
超生物社会	“AI格”が付与されるが、人間 > AIの関係性は確保される。VR/AR空間での生活時間が拡大する。
“楽”社会	重労働の多くがロボットにより省力化される。バーチャル空間では1人の人間が複数エージェントとして活動して省力化される。人間の内面や主観に配慮した、人間に寄り添った製品が生み出される。

社会の未来像	概要
時空を超えて繋がる社会	高速ネットワーク、仮想現実、触覚や臭覚など五感を伝えることで、遠く離れた人同士がリアリティをもってつながる。個人のパーソナルデータログを活用し、物理的なハンディキャップを超えて仮想的な存在を再現する。
労働の多様化社会	AI、ロボット、ICT 等により、在宅勤務が主流になる。テレビ電話やネット会議・VR会議などの普及で、仕事のために人が移動しなくて良くなる。
江戸銭湯社会	「匿名性」と「地域（現地）性」が両立する稀有な空間としての銭湯と、「顔の見える関係」「広い意味での家族としてのコミュニティ」が互助社会として成立し、シェアリングエコノミーが実現している。
超ロボット社会	ロボット技術が高度に進展し、もはやロボットと人間を外形的にも内面的にも区別することが不可能となり、ロボットに人権が認められる。
まとまらないことでまとまっている社会	自分の価値観に合う生き方を追求するものの、社会全体としては調和がとれた社会が成立する。この新しい価値観を日本から世界に発信する。
野性味社会	人の野性を生かす、自然と調和する社会となる。自分で歩いたり考えたりすることが高い価値を持つ。
新しい技術と社会・人間との新しい関係が構築される社会	技術と人間との新たな関係が構築される。新技術の利便性とリスクが浸透し、意識することなく機械と共存している。

Inclusion

社会の未来像	概要
ボーダレス社会	言葉の壁がなくなり、国境が曖昧になる。その一方で、文化の壁はより明確になる。移民やロボットの普及が人口減の対応に本格的に寄与する。
高齢者のモチベーションを創出・保障する社会	“未病”の概念が一般化する。健康で長い人生と急速な社会変化を受けて、学び直しの重要性が高まり、高齢者の働く意欲と能力が生かされる。
超高齢化でイノベーションを起こす社会	高齢化を逆手に取り、イノベーションの起爆剤とする。例えば、個別化医療の完成、エピジェネティクス工学の進歩による癌の克服、人工子宮、高齢者が起業等を通じて経済を牽引、などが想定される。
総活躍社会	モノからコトへのシフト、サービスデザイン、地域の価値が見直され、創造的な仕事に従事する人材が増加する。また、仕事の成果や貢献度が正しく評価される。
インクルーシブ社会	出生から現在までのデータが集積され、データが履歴書に代わる。また外国人が国内で大量に働くようになるが、自動翻訳で会話ができる。卵子の凍結保存や出生前診断の倫理的課題解決が図られている。
Japan as Platform 社会	帰属意識やユーザーメリットをコンテンツとして提供する形で日本の魅力をサービス化する。そしてグローバルなファンから少額投資（拡張された納税）を受け入れるプラットフォーム制度が成立する。
時空を超えて繋がる社会（再掲）	高速ネットワーク、仮想現実、触覚や臭覚など五感を伝えることで、遠く離れた人同士がリアリティをもってつながる。個人のパーソナルデータログを活用し、物理的なハンディキャップを超えて仮想的な存在を再現する。
多重人格社会（再掲）	バーチャル空間の拡張を通じて人格が複数存在するようになり、それらを使い分ける社会となる。また、所属する国や組織も複数になる。
多次元社会	バーチャル国家が多数生まれ、人は複数の帰属先やペルソナ、アイデンティティを持つようになる。リアルでの成長余地がなくなり、仮想成長を体験するVRサービスが盛んになる。
多様性を担保した上で科学技術を最大限に活用する社会	自動走行車、誰もが健康を維持増進するサービスなどにより、女性や高齢者も無理せず働くことが出来るが、死のマネジメントが必要な社会にもなっている。また、AIより人間が優れた部分が残る、AIと共生する。
個人の価値観と多様性に寛容な社会	国・地域・コミュニティ・宗教等間の相互理解が進み、その結果多様性をもった寛容な社会が実現する。

社会の未来像	概要
ユビキタス生活社会	地方に居ても都市で仕事、日本に居ても海外で学ぶなど、ボーダレスに活動できる。個人は分散しているがその距離は縮まっている。
移動と物流の高度化社会	パーソナル物流システムが完備される。都市と地方の区別など様々なデバインドが消滅し、不公平や格差を感じない社会になっている。

Sustainability

社会の未来像	概要
“換”社会	資源をどれだけ高い変換効率で生産に結び付けるかを競い合う社会となる。また、地上での様々な活動が海中や空中など他の空間にも拡大する。
”超”成熟社会(再掲)	技術が生活や産業のあり方を革新し、社会の姿・仕組みと人の行動様式が大きく変わる。利便性や生産性の向上と環境保全との両立が容易になる。単純重労働からの解放、健康寿命の延伸、自由時間の拡大も起こる。
IoTにより災害に対する備えが十分な社会	高度化するICTを防災面に応用して効果的な対策を取ることで、災害に対する備え・安全性が向上する。
超データエコノミー	ローコストなソフトウェアとそれによるローコストのデータ流通サービスを実現することを通じて、ヒト・モノ・コト・エネルギーのインテグレーションを実現する。データを流通させるためのレギュラトリーサイエンスを整備した上で、グローバルな経済関係をつくる。
不確実性の下で持続可能なエネルギー・環境	全体を俯瞰し、全体最適化を図る。脱炭素化や資源効率性を高める循環型社会のため、セクター間連携や異業種連携などが行われる。資源効率性を高める循環型社会の実現を目指す。
市民自らが社会課題を解決する社会	科学技術がどの方向に向かうのかなど、市民自らが考える社会となる。一方、科学技術の専門家は技術が市民に対して果たして有用なのかどうか、ニーズにどれだけ応えているのかの評価を行う。マルチステークホルダーのガバナンスを確立する。
想定外を吸収できる社会	シミュレーション技術などにより意思決定の支援を受けながら、想定外は起こり得る前提で予め長期的視点で対策を考え講じていく。
資源永久循環社会	人口増と経済発展により、資源環境制約が厳しくなり、それらを克服し永久に循環する技術が求められる。意識や価値観の変化も生じ、社会に浸透する。
資源不足に不安のない社会	物質循環＋インフラ管理をベースとした再編成が行われる。また、水、エネルギー、都市の一体的再構築などが輸出ビジネスになっている。リサイクル産業のデジタル化が進み、ものづくり産業と一体化する。農作業のロボット化、工業化により、農業人口の減少を補って食料自給率が上がる。
ネオサステナビリティを実現した社会	温暖化ガスを排出しないエネルギー産生が出来る。また、すべての海産物が養殖可能になるとともに、合成食により栄養と環境負荷のバランスが取れる。社会インフラは個人がどこでも作り移動させることが出来る。これらにより、江戸のような究極のリサイクル社会が誕生する。
脱GDP社会	GDPを豊かさの指標とする考え方の転換が図られる。例えば幸福度指数など個人の内面にまで踏み込んだ指標が市民権を得る。大量消費のサイクルから抜け出し、CO ₂ 排出量の削減を達成する。多様な幸福感の形成を支援するデジタル経由の価値の流通システムが登場する。
次世代IoTによる超低炭素社会	高度に発展したIoTにより、モノの耐久性が著しく向上し、環境負荷が極限まで低減。モノの使用者は部品の補修や交換を行う、または使用頻度自体を減少させるといった長寿命化の手段を講じる。
分散型発電が最適化されている社会	再生可能エネルギーの大量導入など、個人宅で環境に配慮した発電が行われ、個別発電の最適化が図られている。

Curiosity

社会の未来像	概要
不滅の好奇心によって新世界を目指す社会	漫画で見たような世界が実現している。月で資源開発・エネルギー産生、太平洋外洋牧場など、宇宙・深海・バーチャルに関する大航海時代が到来。
脱空間社会	職場や地域のしがらみから解放され、空間的・時間的な自由度が高まっている。物理的ボーダレスとなり、公共機能を民間組織が担っている。また、宇宙空間にも活動域が広がる。
サステナビリティ／海洋資源活用・洋上ステーション社会	太平洋に面する日本が、平和的な手段で海洋資源及び海洋空間の利活用に積極的かつ国際協動的に取り組む。

50 の未来像の中には、人間が科学技術をどのように受け入れ、どうハンドリングするかについて、また、人間が本来持っている能力と科学技術によって獲得する能力拡張等とのバランスをどう考えるかについて、相反する考えが見られた。例えば、地理的制約を超えてバーチャルにつながるコミュニティが生まれるという未来像の一方で、顔の見えるゆるやかなつながりのコミュニティを重視する未来像が挙げられ、また、人間とロボットが同等の関係を築く未来像の一方で、人間に本来備わっている能力を重視する未来像が描かれた。

3.3. 科学技術の未来像（デルファイ調査）

(1) 実施概要

科学技術の未来像検討のため、デルファイ調査を実施した。この調査は、広範な科学技術分野を対象としていること、今後 30 年間という中長期展望を行っていること、及び、多数の専門家の回答を収れんさせて平均的な見解を得ることを特徴とする。調査の実施概要を図表 3-7 に示す。

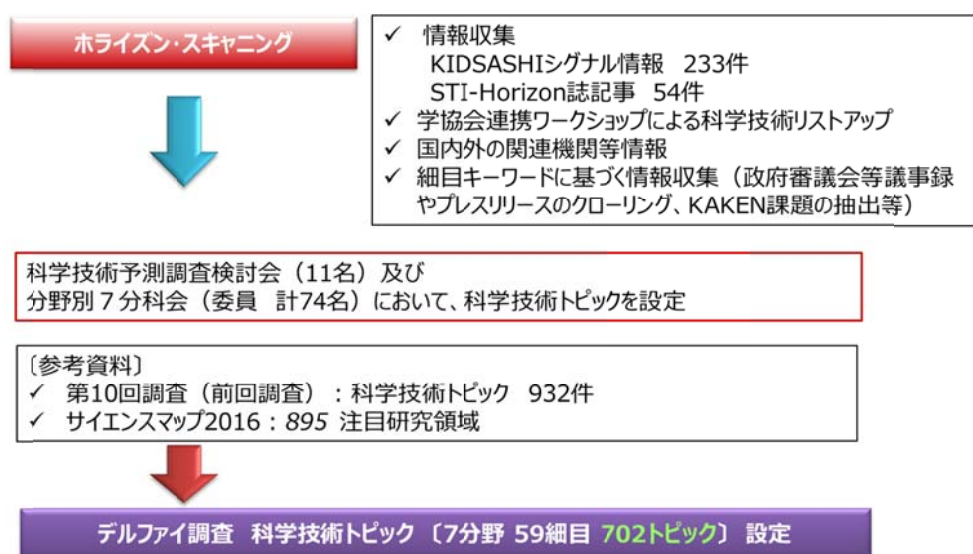
調査対象として、前回調査の分野構成を参照して7分野を設定した。前回調査では8分野を対象としたが、このうち「サービス化社会分野」で取り上げた科学技術トピックの内容について「ICT・アナリティクス分野」との重複が見られたため、本調査では2分野を統合し、「ICT・アナリティクス・サービス分野」を新たに設定した。分野毎に10名程度の専門家から構成される分野別分科会を設置し、各分野10程度の細目、各細目10程度の科学技術トピックを検討した。細目は、2050年までを展望して注目すべき事項を項目建てしたもので、粒度や方向性等を揃えた分野分類とは異なる。

科学技術トピックは、2050年までの実現が期待される、将来的に重要と考えられる研究開発課題で、7分野計702の科学技術トピックが設定された。なお、分科会での検討に当たっては、「科学技術や社会のトレンド把握（ホライズン・スキヤニング）」で収集した研究情報や政策情報、及び、前回調査で設定した科学技術トピック932件を参考とした。図表 3-8 に科学技術トピックの設定手順を示す。

図表 3-7 デルファイ調査の実施概要

<p>◆ 調査分野</p> <ul style="list-style-type: none"> ①健康・医療・生命科学 ②農林水産・食品・バイオテクノロジー ③環境・資源・エネルギー ④ICT・アナリティクス・サービス ⑤マテリアル・デバイス・プロセス ⑥都市・建築・土木・交通 ⑦宇宙・海洋・地球・科学基盤 <p>◆ 科学技術トピック</p> <p>2050年までの実現が期待される科学技術 計702件（7分野59細目）</p> <p>◆ 質問項目</p> <p>重要度、国際競争力、実現見通し、 実現に向けた政策手段</p>	<p>◆ アンケート期間</p> <p>1回目：2019年2月20日～3月25日 2回目：2019年5月16日～6月14日</p> <p>◆ アンケート回答者</p> <p>1回目：6697名 2回目：5352名</p> <p><small>* 回答を収れんさせるため、同一回答者に同一設問を繰り返す デルファイ法により実施。2回目は、回答者に1回目の集計結果を 示して再考を求めた。</small></p> <p>[2回目回答者の内訳]</p> <p>年代) 20代:2% 30代:20% 40代:36% 50代:27% 60代:12% 70代:3% 性別) 男性:86% 女性:13% 無回答1% 所属) 企業:10% 大学等:69% 公的機関:1.7% その他:4% 職種) 研究開発:87% マネジメント:5% その他:9%</p>
--	--

図表 3-8 科学技術トピックの設定手順



科学技術トピックに対する質問項目は、①望ましい社会を実現する上での重要度、②国際競争力、③世界のどこかでの科学技術的実現見通し、④日本社会での社会的実現見通し、⑤科学技術的実現に向けた政策手段、⑥社会的実現に向けた政策手段の6項目である。ここで言う「科学技術的実現」とは、所期の性能を得るなど技術的な環境が整うことを指し、「社会的実現」とは、実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となることを指す。

2019年2月～6月、デルファイ法による2回繰り返しウェブアンケートを実施した。回答者

については、科学技術予測センターが運営する専門家ネットワークの専門調査員約 2000 名のほか、分科会から推薦された学協会約 90 団体に対し周知協力依頼を行った。また、関係機関の協力を得て、国立研究開発法人科学技術振興機構の管理する researchmap、日本学術会議、一般社団法人日本経済団体連合会、一般社団法人産業競争力懇談会のネットワークを通じて協力依頼を行った。最終的に 5352 名からの回答を得た。

(2) アンケート結果

① 重要度と国際競争力

分野別の重要度及び国際競争力を図表 3-9 に示す。重要度については、平均的には、都市・建築・土木・交通分野が相対的に最も高く、環境・資源・エネルギー分野が相対的に最も低い。国際競争力については、平均的には、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野が相対的に最も高く、ICT・アナリティクス・サービス分野が相対的に最も低い。

図表 3-9 分野別の重要度及び国際競争力（指数の分野平均）

分野	重要度指数	国際競争力指数
健康・医療・生命科学	0.89	0.27
農林水産・食品・バイオテクノロジー	0.74	0.33
環境・資源・エネルギー	0.73	0.38
ICT・アナリティクス・サービス	0.86	0.11
マテリアル・デバイス・プロセス	0.90	0.50
都市・建築・土木・交通	<u>0.94</u>	0.49
宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.87	<u>0.58</u>

* 非常に高い(+2)、高い(+1)、どちらでもない(0)、低い(-1)、非常に低い(-2)として、指数を算出

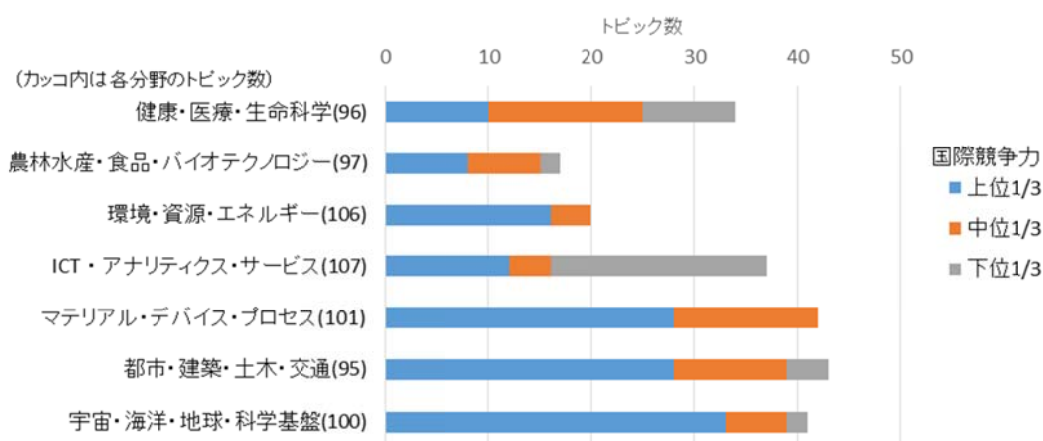
全 702 の科学技術トピックの重要度と国際競争力について、それぞれ上位 1/3、中位 1/3、下位 1/3 にグループ分けした結果を、図表 3-10 に示す。重要度・国際競争力ともに上位 1/3 に入る科学技術トピックが 135 件、ともに下位 1/3 に入るトピックが 117 件と、全区分の中で最も多い。

重要度の高い上位 1/3 に当たる 234 件の分野別分布を図表 3-11 に示す。健康・医療・生命科学分野、ICT・アナリティクス・サービス分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野、都市・建築・土木・交通分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野において、重要度上位に入る科学技術トピックが多い。これらの国際競争力について見ると、重要度上位トピックの多い分野のうち、マテリアル・デバイス・プロセス分野、都市・建築・土木・交通分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野では、国際競争力も上位 1/3 に入るものが多い。一方、健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野は、重要度上位に入る科学技術トピックの中で国際競争力上位 1/3 に入るものが少ない。環境・資源・エネルギー分野は、重要度上位トピックは少ないが、その 8 割が国際競争力上位 1/3 に入るトピックである。

図表 3-10 重要度と国際競争力の関係（全 702 トピックの分類）

	競争力上位 1/3	競争力中位 1/3	競争力下位 1/3
重要度上位 1/3	135	61	38
重要度中位 1/3	62	93	79
重要度下位 1/3	37	80	117

図表 3-11 重要度の高い上位 1/3 の科学技術トピック（234 件）の分野別分布



重要度上位 1/3 に半数以上の科学技術トピックが含まれる細目

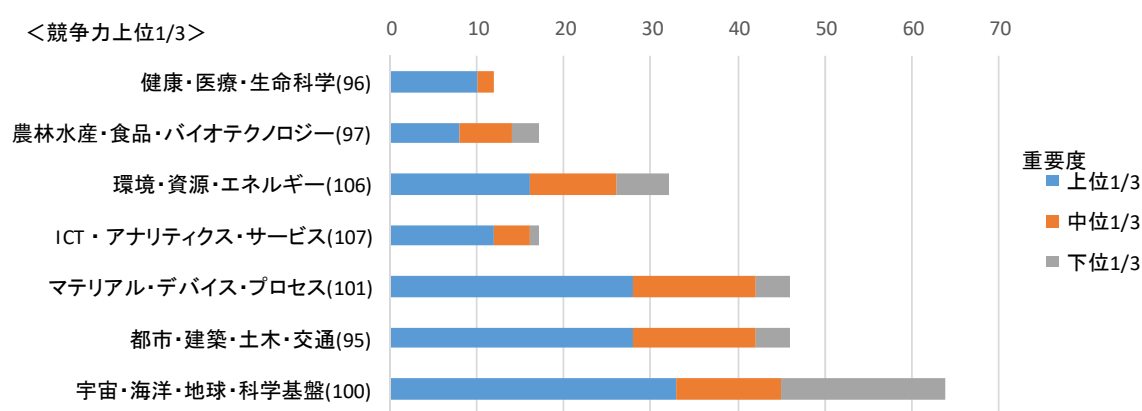
細目	分野
医療機器開発;脳科学	健康・医療・生命科学
地球温暖化;リスクマネジメント	環境・資源・エネルギー
IoT・ロボティクス; ネットワーク・インフラ; セキュリティ; プライバシー;社会実装	ICT・アナリティクス・サービス
計算科学・データ科学;応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ 分野); 応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	マテリアル・デバイス・プロセス
社会基盤施設;建設生産システム;交通システム;防災・減災技 術;防災・減災情報	都市・建築・土木・交通
海洋;地球;量子ビーム;放射光;光・量子技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤

重要度は相対的に高いが国際競争力の相対的に低い(重要度上位 1/3、競争力下位 1/3)科学技術トピック 38 件の内訳を見ると、ICT・アナリティクス・サービス分野が 21 件、続いて健康・医療・生命科学分野が 9 件である。ICT・アナリティクス・サービス分野では、「セキュリティ・プライバシー」、「社会実装」、「データサイエンス・AI」細目、健康・医療・生命科学分野では「情報と健康・社会医学」細目の科学技術トピックが挙がる。

次に、国際競争力の高い上位 1/3 にあたる 234 件の分野別分布を見たのが図表 3-12 である。宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の科学技術トピックが最も多く、次いで、マテリアル・デバイス・プロセス分野、都市・建築・土木・交通分野、環境・資源・エネルギー分野となる。健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野は、国際競争力上位 1/3 に入る科学技術トピックは少ないが、その中で重要度上位 1/3 にも入るトピックの割合が高い。

競争力は相対的に高いが重要度は相対的に低い(競争力上位 1/3、重要度下位 1/3) 科学技術トピックは、37 件である。このグループにおける重要度の平均値は 0.55 であり、絶対評価としての重要度はやや高いレベルと言える。また、重要度の設問が「望ましい社会を実現する上で、日本にとっての現在の重要度」となっているため、実現が見通しにくいトピック、社会との直接的な関わりの見えにくいトピック、海外展開が主となるトピックなどについては、重要度の評価が低めとなる可能性がある。重要度の相対的に低かった科学技術トピックについては、一律に低い評価に従うのではなく、海外展開の可能性やブレイクスルーの可能性など、将来的に重要度増となる可能性について一考が求められる。

図表 3-12 国際競争力の高い上位 1/3 の科学技術トピック (234 件) の分野別分布



国際競争力上位 1/3 に半数以上の科学技術トピックが含まれる細目

細目	分野
フードエコシステム	農林水産・食品・バイオテクノロジー
エネルギーシステム;水;地球温暖化	環境・資源・エネルギー
IoT・ロボティクス	ICT・アナリティクス・サービス
プロセス・マニュファクチャリング;先端計測・解析手法;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・モビリティ分野);応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	マテリアル・デバイス・プロセス
建築:社会基盤施設;車・鉄道・船舶・航空;防災・減災技術;防災・減災情報	都市・建築・土木・交通
宇宙;海洋;地球;観測・予測;量子ビーム;放射光;量子ビーム;中性子・ミュオン・荷電粒子等;光・量子技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤

②実現見通し

実現時期の予測を見ると、2030 年までに全科学技術トピックの 76%、2035 年までに 97% が科学技術的に実現し、社会的実現については、2030 年までに 39%、2035 年までに 87% が実現するとされた。健康・医療・生命科学分野、環境・資源・エネルギー分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野は、総じて科学技術的实现が遅い科学技術トピックが多い。科学技術的实现が 2036 年以降と予測された科学技術トピック 23 件を図表 3-13 に示す。内容として、原子力・核融合、宇宙科学及び開発、資源採取・回収、脳科学等が挙がる。

図表 3-13 科学技術的実現が遅い科学技術トピック

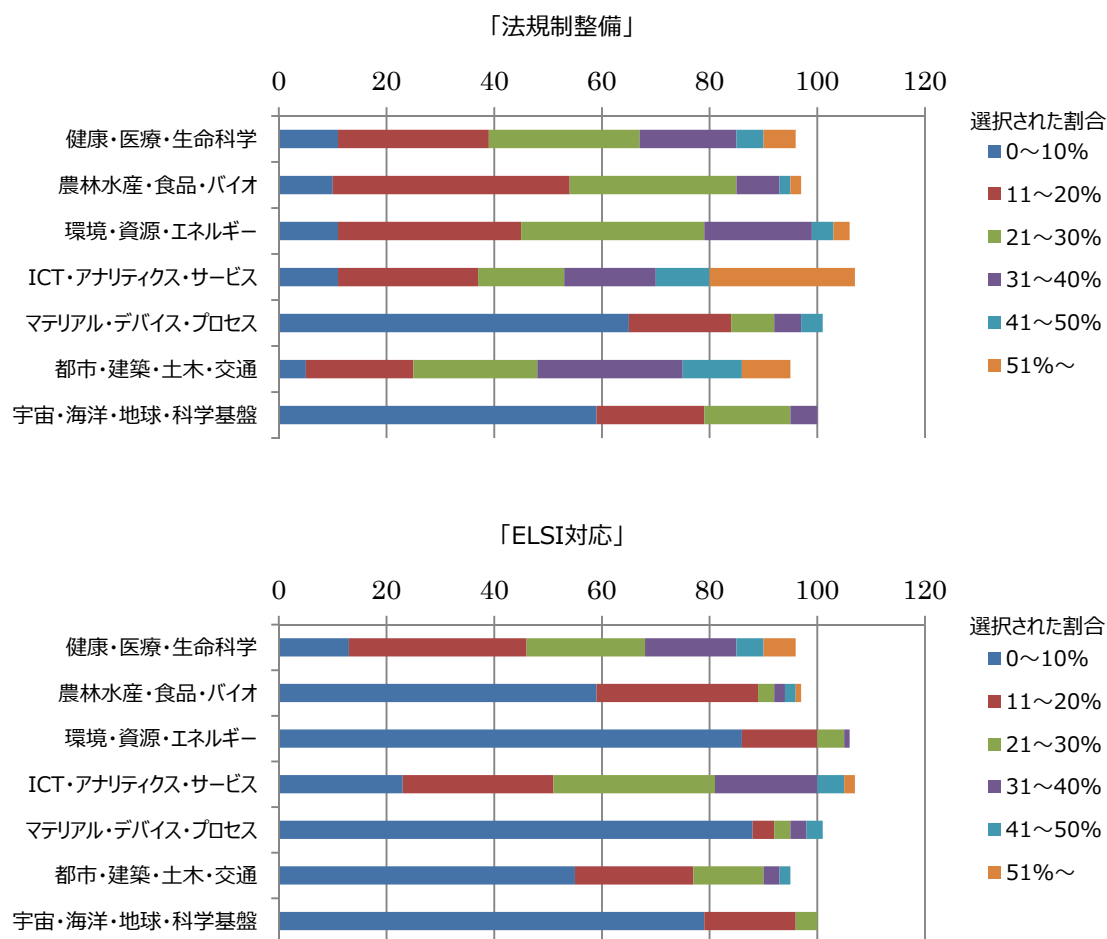
年	科学技術トピック	分野
2047	核融合発電	環境・資源・エネルギー
2043	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	都市・建築・土木・交通
2043	長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術	都市・建築・土木・交通
2043	量子重力理論の確立・検証	宇宙・海洋・地球・科学基盤
2043	ダークエネルギーの正体の解明	宇宙・海洋・地球・科学基盤
2041	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	環境・資源・エネルギー
2040	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)	環境・資源・エネルギー
2039	海水中から経済的にウランなどの希少金属を回収する技術	環境・資源・エネルギー
2039	深度 5000m 程度に存在する超臨界水を利用した地熱発電技術	環境・資源・エネルギー
2038	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	環境・資源・エネルギー
2037	記憶・学習・認知・情動等の脳機能および意識、社会性、創造性等の高次精神機能における神経基盤の全容解明	健康・医療・生命科学
2037	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	環境・資源・エネルギー
2037	宇宙で利用可能な重力波干渉計	宇宙・海洋・地球・科学基盤
2037	マグニチュード7以上の内陸地震の発生場所、規模、発生時期(30年以内)、被害の予測技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤
2036	うつ病・双極性障害の細胞レベルの脳病態分類に基づく、即効性で再発のない新規治療法	健康・医療・生命科学
2036	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	農林水産・食品・バイオ
2036	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軽水炉技術	環境・資源・エネルギー
2036	物質やエネルギーのスマートユースに基づく、自立型都市圏の設計手法	環境・資源・エネルギー
2036	メタンハイドレート採掘利用技術	環境・資源・エネルギー
2036	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	環境・資源・エネルギー
2036	CO ₂ の還元による再資源化(燃料や化学原料を合成)をエネルギー効率20%以上で可能とする、光還元触媒および人工光合成	マテリアル・デバイス・プロセス
2036	ZEB(ゼブ:ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築	都市・建築・土木・交通
2036	宇宙利用のためのインフラ設計・施工・維持管理技術	都市・建築・土木・交通

③実現に向けた政策手段

科学技術的実現手段については、総じて、人材育成、研究開発費、研究基盤整備が三大手段とされた。図表 3-14 に、科学技術的実現に向けた政策手段として、法規制整備、倫理的・法的・社会的課題(ELSI)対応が選択された割合(回答率)別に科学技術トピック数をカウントした結果を示す。法規制整備については、ICT・アナリティクス・サービス分野及び都市・建築・土木・交通分野において選択割合が高めの科学技術トピックが多い。特にICT・アナリティクス・サービス分野は、回答者の半数以上が「法規制整備」を選択した科学技術トピックが27件存在し、また、選択割合の高い上位10件中8件を占めるなど、他分

野と比較して圧倒的に多い。一方、倫理的・法的・社会的課題(ELSI)への対応については、個人情報、遺伝子・ゲノム情報、生命倫理など、健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野において、必要な手段とされた科学技術トピックが多数存在する。

図表 3-14 「法規制整備」「ELSI 対応」の選択された割合別のトピック数分布
(科学技術的実現)



④各分野の結果概要

各分野の結果概要を図表 3-15 に示す。

図表 3-15 各分野の結果概要

分野	項目	概要
健康・医療・生命科学	重要度	老化、脳科学、医療機器関連が高い。
	競争力	再生・細胞医療、遺伝子治療、免疫系を基盤とする治療関連が高い。
	実現時期	脳科学、特に人間の高次精神機能の神経基盤解明の実現が遅い。
	政策手段	「情報と健康、社会医学」で、ELSI 対応の必要性が高い。

分野	項目	概要
農林水産・食品・バイオテクノロジー	重要度	人間を代替する農業ロボット、次いで、資源変動予測・管理技術などシステム基盤構築関連、食と情報技術の融合関連が高い。
	競争力	気象予測と災害リスク評価、フードミクスに基づく機能性食品が高い。
	実現時期	「資源エコシステム」の科学技術的実現が遅い。「次世代バイオテクノロジー」の社会的実が遅い。
	政策手段	「安全・安心・健康」は、法規制整備の必要性が高い。
環境・資源・エネルギー	重要度	二次電池、自然災害、放射線除去、地球温暖化、リスクマネジメント関連が高い。
	競争力	自動車関連、自然災害、水処理、廃棄物の回収・有効活用関連が高い。
	実現時期	「エネルギーシステム」「水」「リスクマネジメント」の科学技術的実現が早い。「エネルギー変換」「資源開発」の実現が遅い。「水」の社会的実現時期早く、「エネルギー変換」の関連が遅い。
	政策手段	「リスクマネジメント」は人材の育成・確保、「資源開発」「リスクマネジメント」は国内連携、「地球温暖化」「水」は国際連携・標準化の必要性が高い。
ICT・アナリティクス・サービス	重要度	「社会実装」、「セキュリティ・プライバシー」、「IoT・ロボティクス」、「ネットワーク・インフラ」が高い。
	競争力	「ネットワーク・インフラ」、「IoT・ロボティクス」、「コンピュータシステム」、「インタラクション」が高い。
	実現時期	「政策、制度設計支援技術」の科学技術的実現が遅く、「コンピュータシステム」「産業、ビジネス、経営応用」「政策、制度設計支援技術」「社会実装」、「インタラクション」の社会的実現が遅い。
	政策手段	「データサイエンス・AI」の人材育成の必要性が高い。「政策、制度設計支援」は、ELSI 課題への対応の必要性が高い。
マテリアル・デバイス・プロセス	重要度	二次電池・太陽電池・燃料電池、ウェアラブルデバイス・バイオマテリアル、構造物診断関連トピックが高い。
	競争力	燃料電池、パワー半導体、二次電池関連トピックが高い。
	実現時期	「応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)」「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」の科学技術的実現が遅い。「プロセス・マニュファクチャリング」の社会的実現が早く、「応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)」が遅い。
	政策手段	「計算科学・データ科学」の人材育成・確保の必要性が高い。「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」の研究開発費・事業補助、研究基盤整備・事業環境整備の必要性が高い。「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」の法規制の整備と ELSI 課題への対応の必要性が高い。
都市・建築・土木・交通	重要度	「社会基盤施設」、「都市・環境」、「防災・減災情報」、次いで「交通システム」が高い。
	競争力	「防災・減災情報」及び「車・鉄道・船舶・航空」が高い
	実現時期	実現が早いのは、「防災・減災情報」、「交通システム」、「国土利用・保全」のうち、災害、危険情報とモビリティに関するトピック。
	政策手段	自動運転など交通システム、車・鉄道・船舶・航空関係について、国際連携・標準化の必要性が高い。インフラメンテナンスに関するトピックは、国内連携・協力の必要性が高い。
宇宙・海洋・地球・科学基盤	重要度	量子ビームによる計測・解析、災害予測につながる技術、自動化のための測位技術のトピックが高い。
	競争力	現象解明に関わる基礎科学、局地豪雨等の予測及び複数ビームを利用した材料構造解析のトピックは、重要度も国際競争力も高い。
	実現時期	「量子ビーム:放射光」「量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等」の実現が早く、「宇宙」「素粒子・原子核、加速器」の実現が遅い。

分野	項目	概要
	政策手段	「宇宙」「海洋」は総じて政策的支援の必要性が高い。全体的に、人材、研究費、基盤整備に加え、国際連携の必要性も高い。

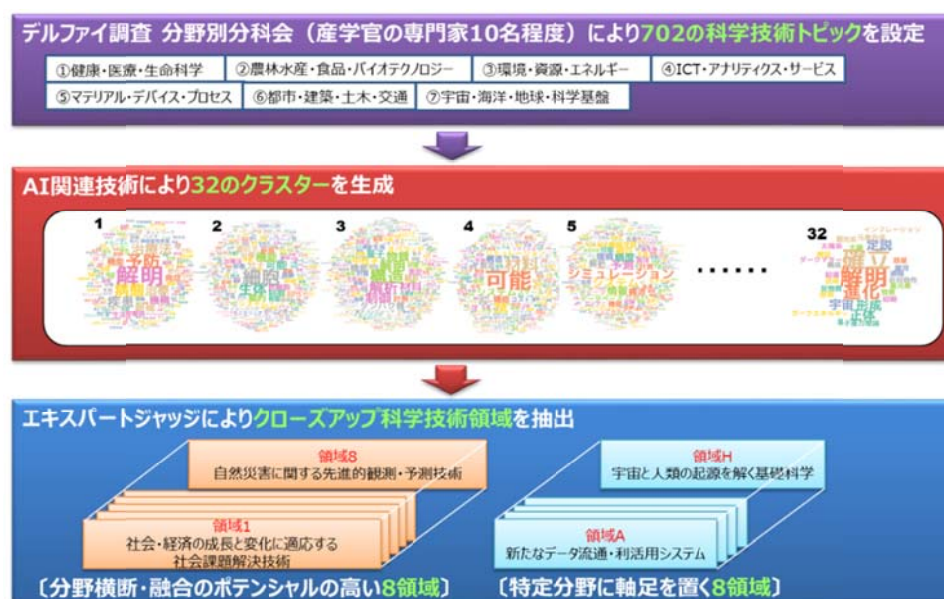
3.4. 科学技術の未来像（クローズアップ科学技術領域）

近年、既存の科学技術分野の枠を超えた領域に注目が集まっている。その背景には、複雑化する社会問題解決への寄与のためには、既存の学問体系では対応しきれなくなっていることがある。また、イノベーション創出までを視野に入れると、科学技術各分野内に閉じた議論では立ち行かない。さらに、新しい領域は既存分野の辺縁や境界で生まれ、学問分野を拡大、発展させると考えられることから、既存の分野にとらわれない検討によって新興領域を見出し、支援することが、科学技術及び社会の発展に不可欠と考えられる。

デルファイ調査においては、一定の範囲を限定して議論するため、7つの分野別分科会を設けて検討を行った。ただし、科学技術トピックの検討において、他分野と関連性の高い科学技術トピック候補を抽出して分科会間で共有するプロセスを設けるとともに、基盤的なマテリアル・デバイス・プロセス分野では、応用先を特定した細目を設けるなどの工夫を行い、分野の枠を超えた検討の必要性に対応した。

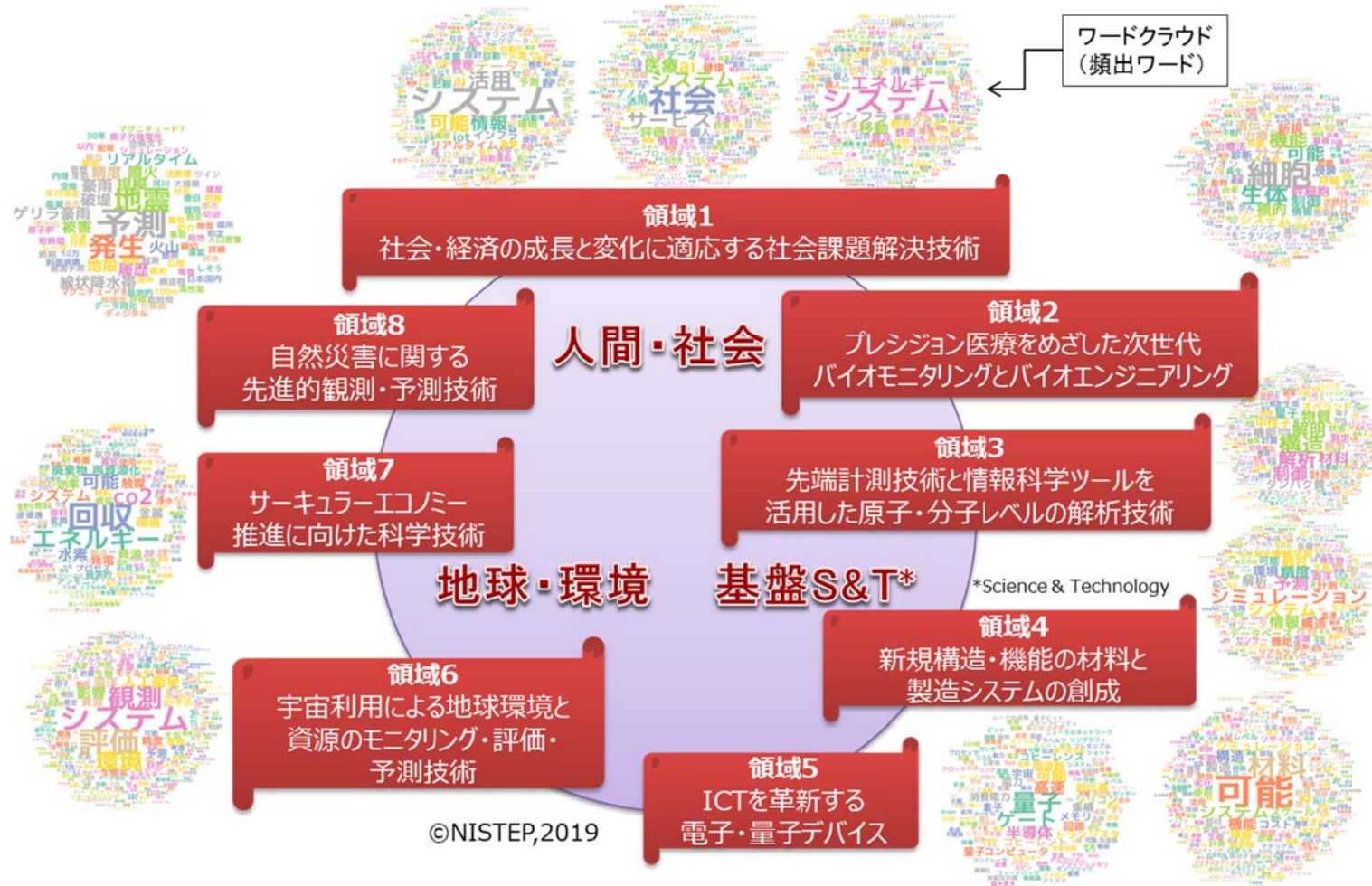
ここでは、科学技術の視点から新興・融合領域の発展の方向性を探るため、分野別分科会で設定された702の科学技術トピックを基として、分野の枠にとらわれずに今後推進すべき研究開発領域を抽出することを試みた。検討の流れを図表3-15に示す。まず、AI関連技術（機械学習と自然言語処理を中心とする人工知能及び関連技術）を用いて702のトピックを類似度により32のクラスターに機械的に分類した。科学技術トピックは、平均150字程度の文章であり、インターネット上の情報や参考資料等からの抽出と比べ形式が整っているため、雑音が少ないと考えられる。続いて、分野別分科会の座長7名による会合、及び、科学技術予測調査検討会での議論を踏まえ、内容的に近似するクラスターの統合や、各クラスターの表す内容の精査等を行った。AI関連技術を用いた機械的処理とエキスパートジャッジを組み合わせることで検討を行ったことが、本検討の特徴である。

図表 3-16 検討の流れ



検討の結果を図表 3-17、3-18 に示す。デルファイ調査において設定した7分野のうち比較的多くの分野の科学技術トピックを含む領域を、「分野横断・融合のポテンシャルの高い領域」として抽出した。ここでは、科学技術トピック文を基に領域を形成しており、分野横断・融合する領域であることを直接示していないため、「ポテンシャルの高い」領域とした。これらに含まれる科学技術トピックは22～152件である。併せて、分野横断性は低い、同様に重要性が認められ、今後推進すべきと考えられる領域として、「特定分野に軸足を置く領域」8領域も抽出した。これらに含まれる科学技術トピックは8～40件であり、1～2分野の科学技術トピックを含んでいる。これら16領域は、社会課題対応の領域、すなわち人間・社会に関わる領域と地球・環境に関わる領域、そして共通基盤的な領域とに分類される。各領域に含まれる科学技術トピックを精査し、それぞれ5件または10件の代表的な科学技術トピックを抽出した。図表 3-19 に、分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域の科学技術トピックをデルファイ調査アンケートにおいて得られた社会的実現予測時期と共に示す。

図表 3-17 分野横断・融合のポテンシャルの高い 8 領域



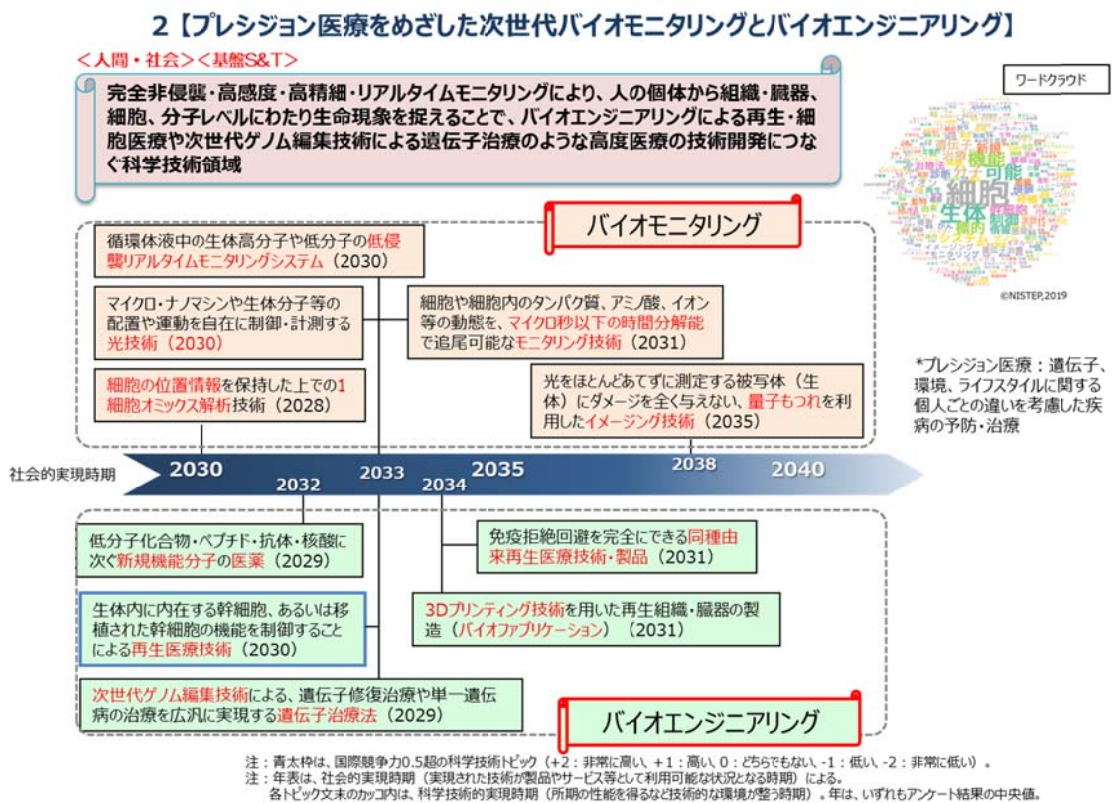
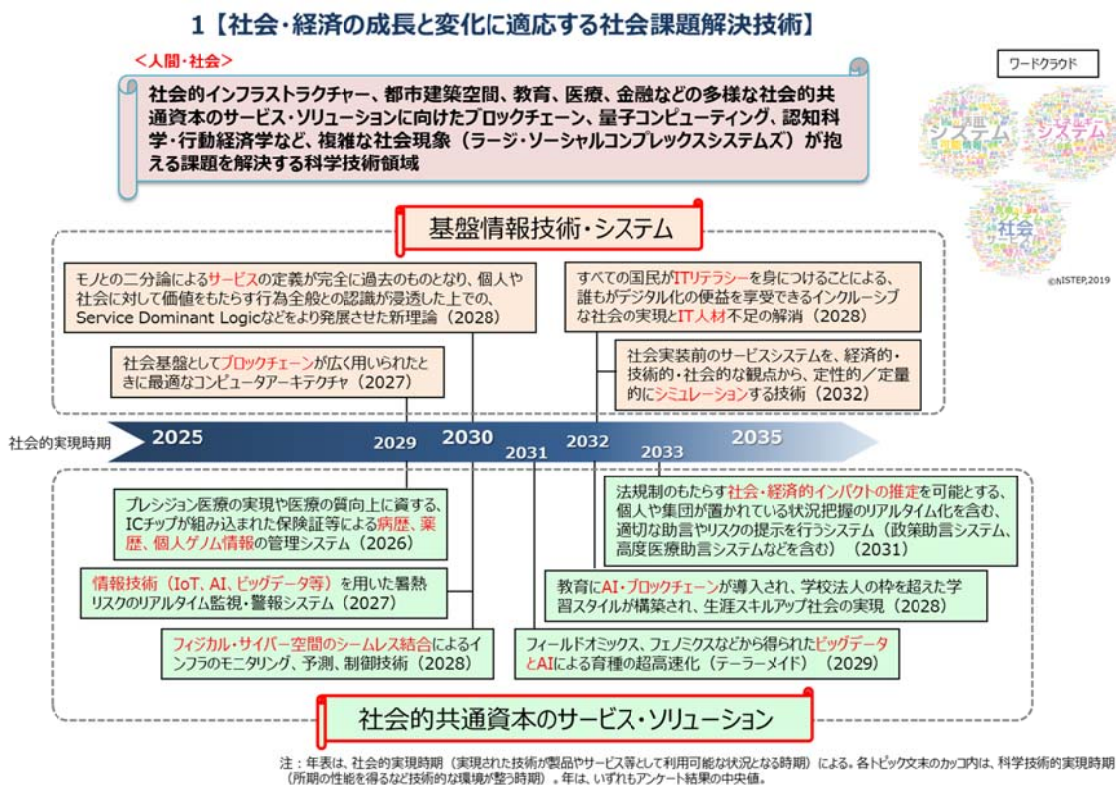
(図 3-17 の続き)

	領域名	概要
1	社会・経済の成長と変化に適応する社会課題解決技術	社会的インフラストラクチャー、都市建築空間、教育、医療、金融などの多様な社会的共通資本のサービス・ソリューションに向けた AI、IoT、量子コンピューティング、ELSI(倫理的・法的・社会的課題)対応、認知科学・行動経済学など、複雑な社会現象(ラージ・ソーシャルコンプレックスシステムズ)が抱える課題を解決する科学技術領域
2	プレジジョン医療をめざした次世代バイオモニタリングとバイオエンジニアリング	完全非侵襲・高感度・高精細・リアルタイムモニタリングにより、人の個体から組織・臓器、細胞、分子レベルにわたり生命現象を捉えることで、バイオエンジニアリングによる再生・細胞医療や次世代ゲノム編集技術による遺伝子治療のような高度医療の技術開発につなぐ科学技術領域
3	先端計測技術と情報科学ツールを活用した原子・分子レベルの解析技術	量子ビーム応用などの先端計測や、シミュレーション・インフォマティクス・AI などの情報科学ツールを活用した、構造・機能材料、高分子、生体分子などの構造や状態の解析・解明・予測、農作物や医薬品の開発・品質管理に関する科学技術領域
4	新規構造・機能の材料と製造システムの創成	材料から構造物、環境、医療に関わる要素技術まで生活環境向上に寄与する、シミュレーションとデータ活用による材料の構造・物性予測や、材料・デバイスの実用化のための先進製造・流通システムやコスト低減に関する科学技術領域
5	ICT を革新する電子・量子デバイス	ICT 革新に寄与する、高速・高密度・低消費電力の電子・情報デバイス、高効率パワーデバイス、高コヒーレンス量子デバイス(量子コンピューティング・センシング)に関する科学技術領域
6	宇宙利用による地球環境と資源のモニタリング・評価・予測技術	地球環境・資源を地上や人工衛星から複合的にモニタリング・評価し、数理モデルで予測することにより、人間活動がもたらす地球環境の変化や自然災害への対処、エネルギー、地下・海洋資源や農林水産資源の探索に寄与する科学技術領域
7	サーキュラーエコノミー推進に向けた科学技術	資源の循環と持続可能な生産に向けた、CO ₂ や廃棄物の再資源化技術、バイオマス利用技術、高レベル放射性廃棄物処理技術、レアメタルの回収・利用技術、環境循環の中での有害化学物質等の管理技術に関する科学技術領域
8	自然災害に関する先進的観測・予測技術	豪雨や地震・火山噴火等の自然災害とそれらが及ぼす被害の先進的観測・予測技術と防災・減災技術、および山地や海岸線等の国土変化予測による国土保全、長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計等に関する科学技術領域

(図表 3-18 の続き)

	領域名	概要
A	新たなデータ流通・利活用システム	産業・医療・教育に係るデータ、個人情報や研究データといった多種多様で大量の情報を、適正かつ効果的に収集・共有・分析・活用するための科学技術領域
B	人間社会に溶け込みあらゆる人間活動を支援・拡張するロボット技術	人間社会に溶け込み、ものづくり・サービス、医療・介護、農林水産業、建設、災害対応などの多様な社会・産業活動や、運動・記憶などの個人の能力を自然な形で支援・拡張するロボットに関する科学技術領域
C	次世代通信・暗号技術	光・量子通信と量子暗号に代表される、超高速・超大容量、超長距離・超広帯域、超低遅延・超低消費電力、多数同時接続、かつセキュリティの高い通信に関する科学技術領域
D	交通に関するヒューマンエラー防止技術	鉄道、船舶、航空機での無人運転・運航・操縦に代表される、陸・海・空の各運輸モードでのヒューマンエラーを防止するための支援技術・システムに関する科学技術領域
E	ライフコース・ヘルスケアに向けた疾病予防・治療法	人の発達過程における環境と疾病との関係性の解明、老化・機能低下のメカニズム解明やその制御、加齢性疾患の予防・診断・治療法開発など、人の胎児期から乳幼児期、就学期、就労期、高齢期までを連続的にとらえた生涯保健に関する科学技術領域
F	生態系と調和した持続的な農林水産業システム	動植物、微生物、環境、人間の相互作用(生態系)に着目した、農林水産業における生産性や品質の向上と効率化、環境への負荷低減や生産環境の保全、遺伝資源の保存と利用のための資源管理などに基づく新しい持続的生産システムの構築に関する科学技術領域
G	持続可能な社会の推進に向けたエネルギー技術	エネルギー源の多様化によるエネルギー安全保障の強化や低炭素社会を実現する、太陽光・風力発電などの再生可能エネルギー技術や直流送電システム、超伝導技術、ワイアレス給電技術などの次世代電力ネットワークに関する科学技術領域
H	宇宙と人類の起源を解く基礎科学	太陽系・銀河系の形成、軽元素・重元素合成の進化過程、ダークマター・ダークエネルギーの正体、量子重力理論、インフレーション仮説等、宇宙の謎の解明、定説の確立など、宇宙と人類の起源に関する科学技術領域

図表 3-19 分野横断・融合のポテンシャルの高い領域の構成要素

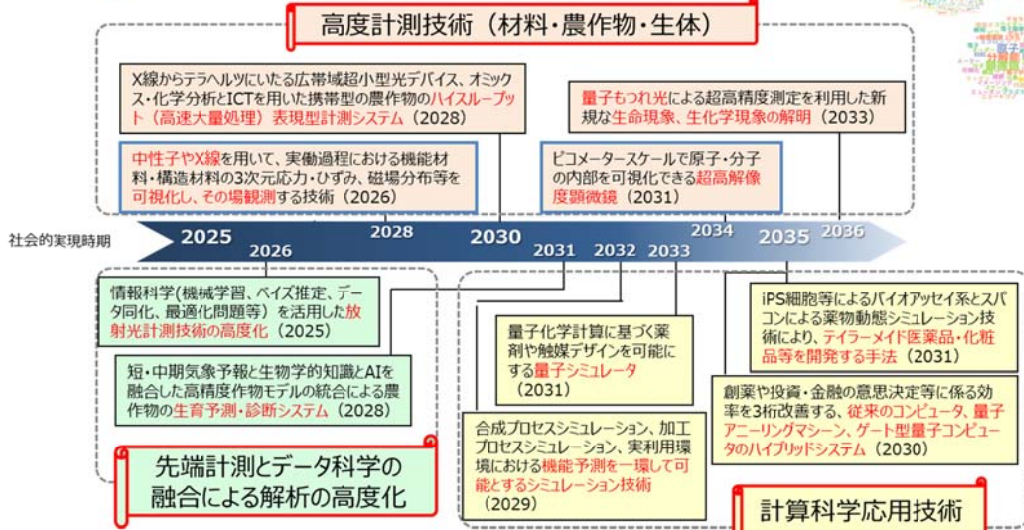


3【先端計測技術と情報科学ツールを活用した原子・分子レベルの解析技術】

<基盤S&T>

量子ビーム応用などの先端計測や、シミュレーション・インフォマティクス・AIなどの情報科学ツールを活用した、構造・機能材料、高分子、生体分子などの構造や状態の解析・解明・予測、農作物や医薬品の開発・品質管理に関する科学技術領域

ワードクラウド



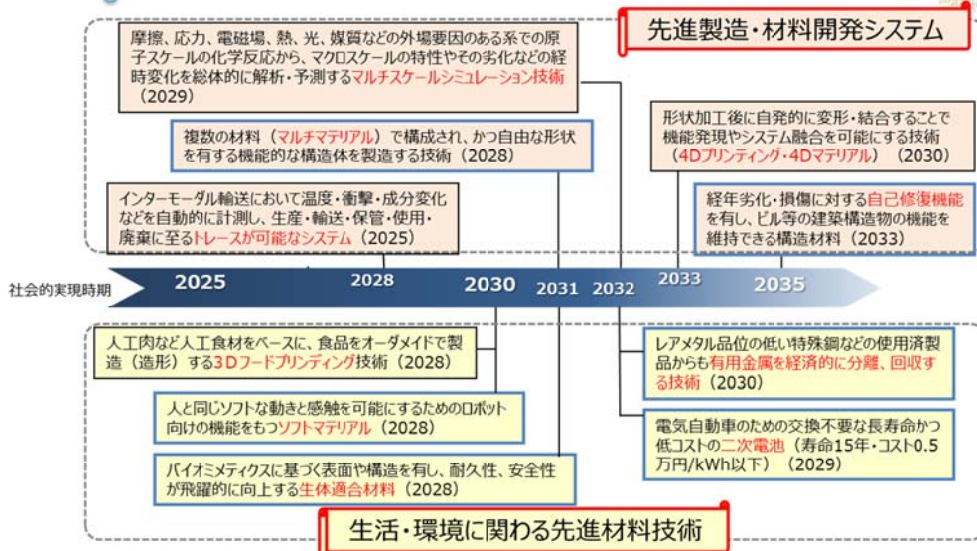
注: 青太枠は、国際競争力0.5超の科学技術トピック (+2: 非常に高い, +1: 高い, 0: どちらでもない, -1: 低い, -2: 非常に低い)。
注: 年表は、社会的実現時期 (実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期) による。
各トピック文末のカッコ内は、科学技術的实现時期 (所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期)。年は、いずれもアンケート結果の中央値。

4【新規構造・機能の材料と製造システムの創成】

<基盤S&T>

材料から構造物、環境、医療に関わる要素技術まで生活環境向上に寄与する、シミュレーションとデータ活用による材料の構造・物性予測や、材料・デバイスの実用化のための先進製造・流通システムやコスト低減に関する科学技術領域

ワードクラウド



注: 青太枠は、国際競争力0.5超の科学技術トピック (+2: 非常に高い, +1: 高い, 0: どちらでもない, -1: 低い, -2: 非常に低い)。
注: 年表は、社会的実現時期 (実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期) による。
各トピック文末のカッコ内は、科学技術的实现時期 (所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期)。年は、いずれもアンケート結果の中央値。

5【ICTを革新する電子・量子デバイス】

<基礎S&T>

ICT革新に寄与する、高速・高密度・低消費電力の電子・情報デバイス、高効率パワーデバイス、高コヒーレンス*量子デバイス（量子コンピューティング・センシング）に関する科学技術領域

ワードクラウド



高機能・省エネルギー電子デバイス

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**（2029）

急峻on/offトランジスタ・アナログ記憶素子のモリッシュ三次元集積により実現する**超並列・低消費電力AIチップ**（2030）

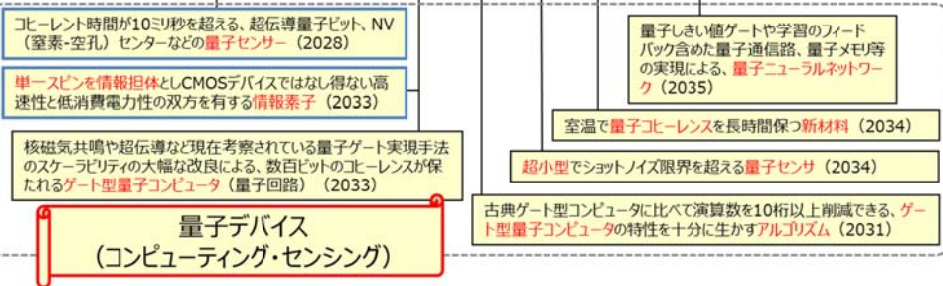
炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用**高効率パワー半導体**（2029）

*ここでは量子状態の持続時間（安定性）を示す。

©NISTEP,2019

社会的実現時期

2030 2032 2033 2035 2036 2037 2038 2040



注：青太枠は、国際競争力0.5超の科学技術トピック（+2：非常に高い、+1：高い、0：どちらでもない、-1：低い、-2：非常に低い）。

注：年表は、社会的実現時期（実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期）による。

各トピック文末のカッコ内は、科学技術的実現時期（所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期）。年は、いずれもアンケート結果の中央値。

6【宇宙利用による地球環境と資源のモニタリング・評価・予測技術】

<地球・環境>

地球環境・資源を地上や人工衛星から複合的にモニタリング・評価し、数理モデルで予測することにより、人間活動がもたらす地球環境の変化や自然災害への対処、エネルギー、地下・海洋資源や農林水産資源の探索に寄与する科学技術領域

ワードクラウド



地球環境のモニタリング・評価・予測

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（2028）

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（2029）

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（2029）

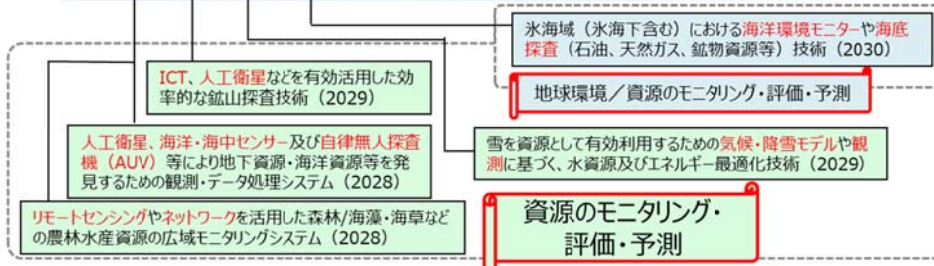
衛星観測と**地上観測**の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化（2029）

高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環を**データ同化**によって考慮した**地球環境予測モデル**に基づく、100年にわたる長期地球環境変動予測（2032）

©NISTEP,2019

社会的実現時期

2030 2031 2032 2033 2035 2040

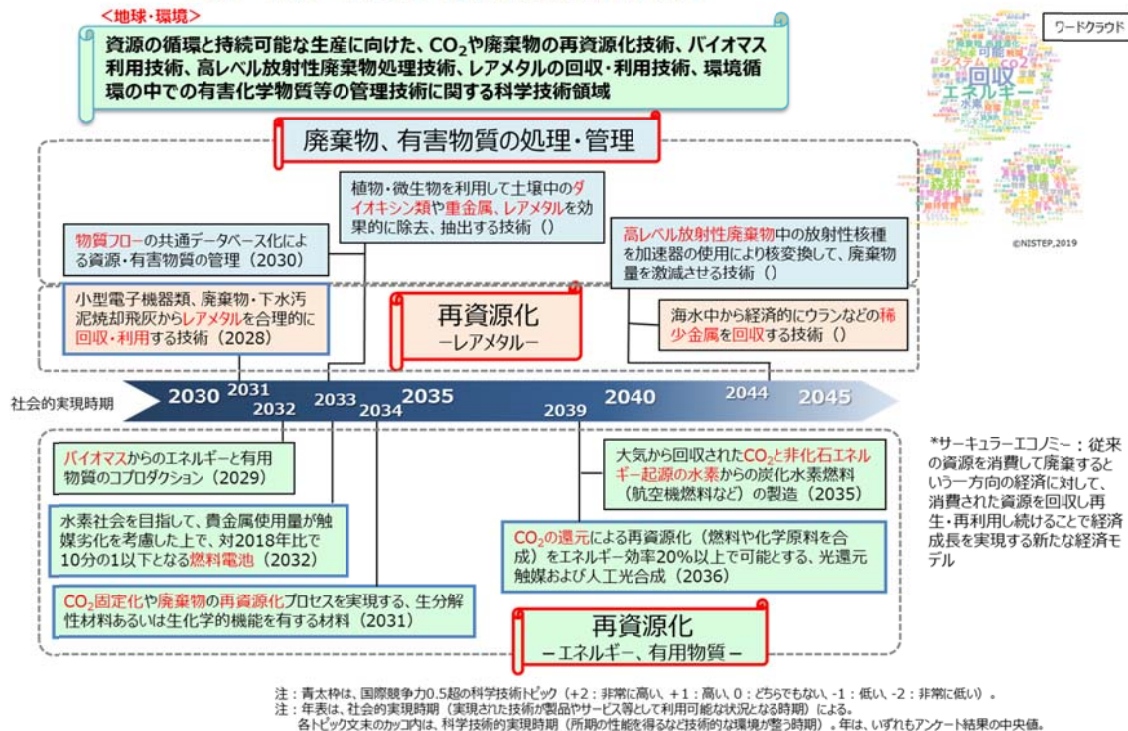


注：青太枠は、国際競争力0.5超の科学技術トピック（+2：非常に高い、+1：高い、0：どちらでもない、-1：低い、-2：非常に低い）。

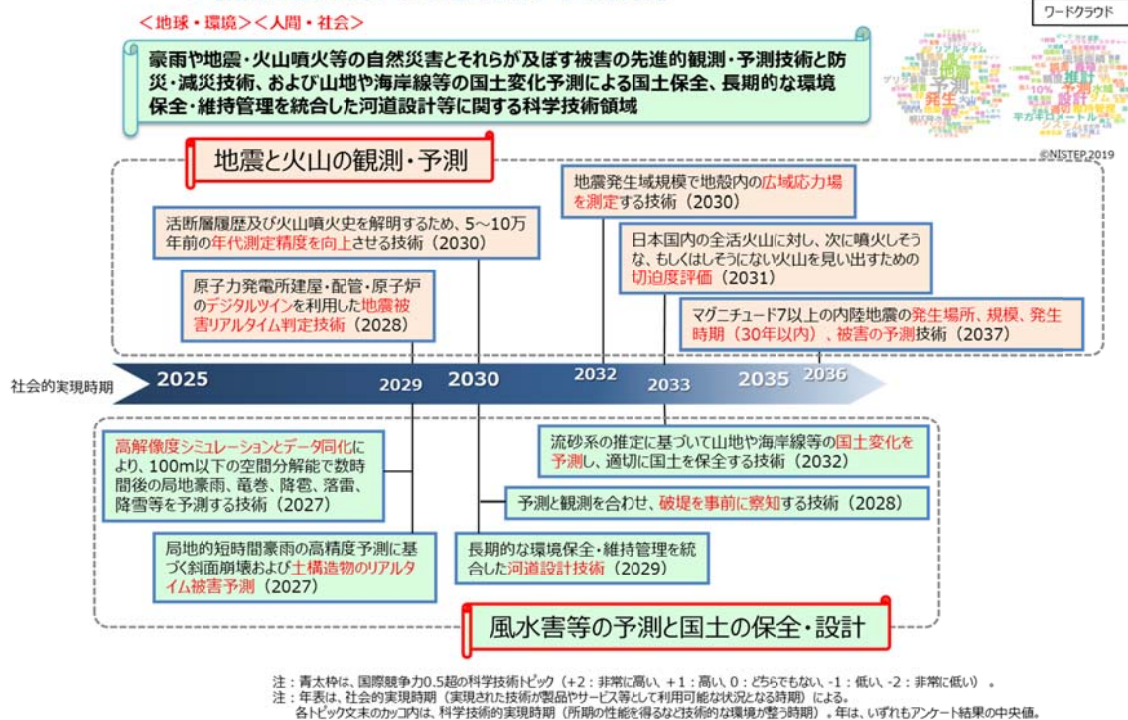
注：年表は、社会的実現時期（実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期）による。

各トピック文末のカッコ内は、科学技術的実現時期（所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期）。年は、いずれもアンケート結果の中央値。

7【サーキュラーエコノミー推進に向けた科学技術】



8【自然災害に関する先進的観測・予測技術】



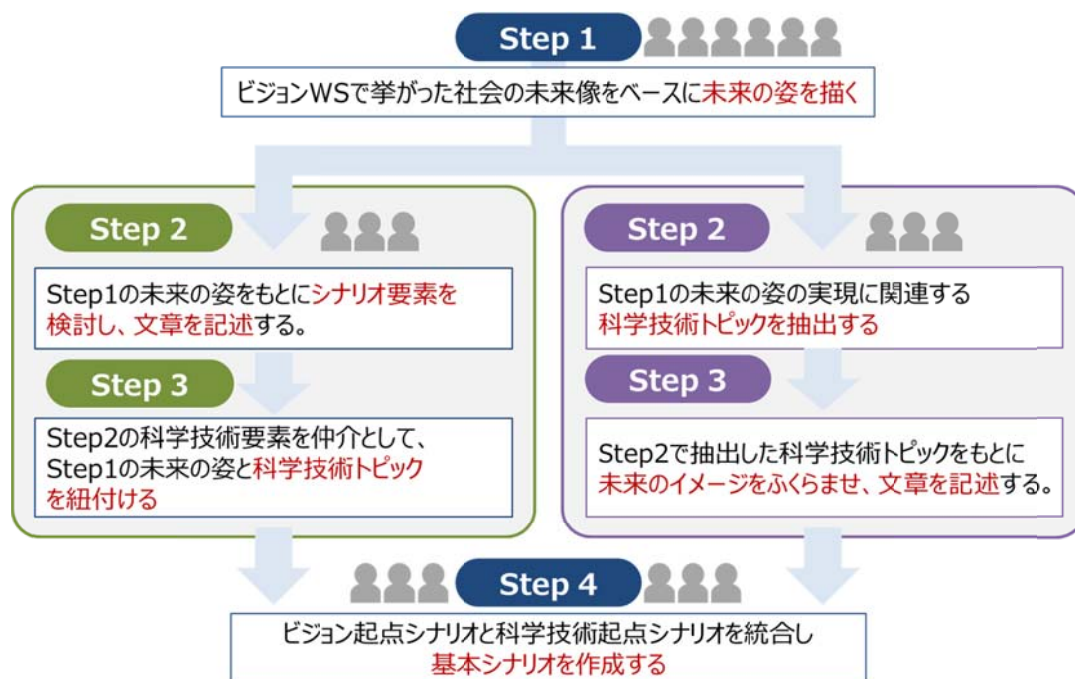
3.5. 科学技術発展による社会の未来像

「社会の未来像」検討で抽出した 50 の日本社会の未来像と「科学技術の未来像」検討で設定した 702 の科学技術トピックを基に、これらを統合して「科学技術発展による社会の未来像」の検討を行った。この全体像を「基本シナリオ」と呼び、社会の未来像まとめ、関連する科学技術トピック群、求められる政策対応を構成要素とした。

検討手順を図表 3-20 に示す。まず、二つの軸(無形⇄有形、個人⇄社会)を設定して 50 の日本社会の未来像を 4 象限に分類・整理した。「無形⇄有形」軸は、超スマート社会(Society5.0)の取組が進んでサイバー空間がフィジカル空間と対置されるような独自の社会を形成するなど、形のないものの存在感が高まることを想定して設定した。「個人⇄社会」軸は、「社会の未来像」検討において個人の在り方(Humanity、Curiosity)や社会の在り方(Inclusion、Sustainability)の変化が挙げられたことから設定した。

「社会の未来像」の検討を行ったビジョンワークショップの参加者、「科学技術の未来像」検討において科学技術トピックを設定した分野別分科会委員など、計 22 名の参加によるシナリオワークショップを開催し、社会起点(図 3-20 左側)からと科学技術起点(同右側)から検討を行い、結果を統合させた。

図表 3-20 「基本シナリオ」の検討手順



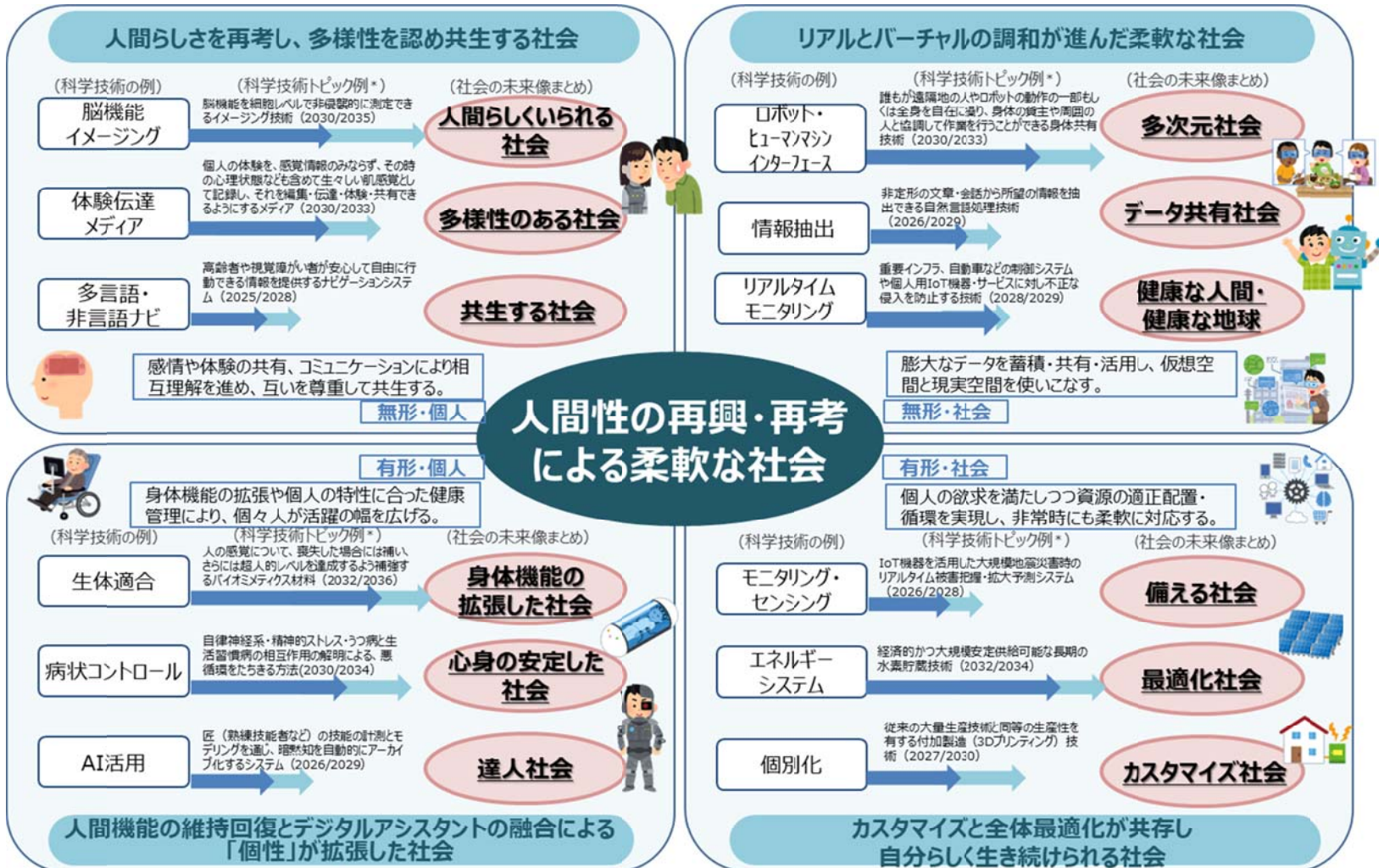
検討結果は、図表 3-21、3-22 の通りである。「無形・個人」象限では、「人間らしさを再考し、多様性を認め共生する社会」が描かれた。これは、感情や体験の共有、コミュニケーションにより相互理解を進め、互いを尊重して共生する社会である。活動や生活の拠点が分散する中で、人同士が感情や心の動きを可視化して伝えることにより、価値観を共有してつな

がる様々なコミュニティが形成される。「無形・社会」象限では、「リアルとバーチャルの調和が進んだ柔軟な社会」が描かれた。これは、膨大なデータを蓄積・共有・活用し、仮想空間と現実空間を使いこなす社会である。従来の枠組みを超えて、人同士、人とロボット・モノ、ロボット・モノ同士がネットワークでつながり、リソースを共有しつつ協調する。人間・人工物・自然を対象とするセンシング・モニタリングによるデータ共有がそれを支えている。「有形・個人」象限では、「人間機能の維持回復とデジタルアシスタントの融合による“個性”が拡張した社会」が描かれた。これは、身体機能の拡張や個人の特性に合った健康管理により、個々人が活躍の場を広げる社会である。身体機能の補綴・拡張、個々の状態や性格に合わせた医療や精神的支援、外部化された知能や技能の習得など、科学技術の支援により心身能力が拡張されることで新たな“個性”を獲得し、生活の質向上が図られる。「有形・社会」象限は、「カスタマイズと全体最適化が共存し、自分らしく生き続けられる社会」が描かれた。これは、個人の欲求を満たしつつ、資源の適正配置・循環を実現し、非常時にも柔軟に対応する社会である。センシングやモニタリングによってデータを取得し、この解析を基に個のニーズに即したカスタマイズ、必要不可欠な冗長性を備えた真の最適化、資源循環が適切に行われる。

社会の未来像まとめと 702 の科学技術トピックを紐づけた結果、実現に寄与する科学技術トピックとして 470 件が抽出された。この 470 件の科学技術トピックは、社会的貢献が直接的に期待される科学技術トピックである。その分野構成を見ると、健康・医療・生命科学分野は 89%、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野は 96%、環境・資源・エネルギー分野は 91%の科学技術トピックが紐づけられたのに対し、社会あるいは科学技術発展の基盤となる、ICT・アナリティクス・サービス分野、都市・建築・土木・交通分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野は、それぞれ 67%、43%、31%の科学技術トピックが紐づけられるに留まった。

各象限をまとめると、ロボットなど機械との共存や人間の機能拡張などを背景に、人間の本来持つ可能性と新たに獲得する可能性について改めて考える方向性、また、センシング・モニタリングなどから得られるデータを基にした社会の新しい仕組みや変化に柔軟に対応して最適な社会を目指す方向性が浮かび上がった。そこで、2040 年の社会の未来像を「人間性の再興・再考による柔軟な社会」と総括した。

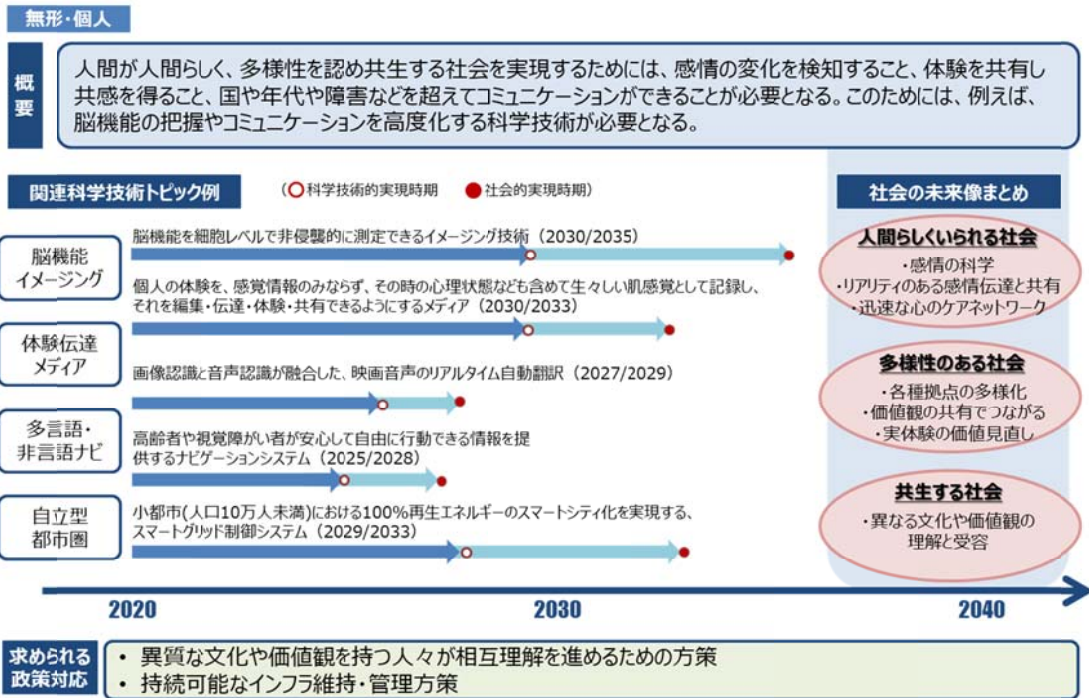
図表 3-21 基本シナリオの概要



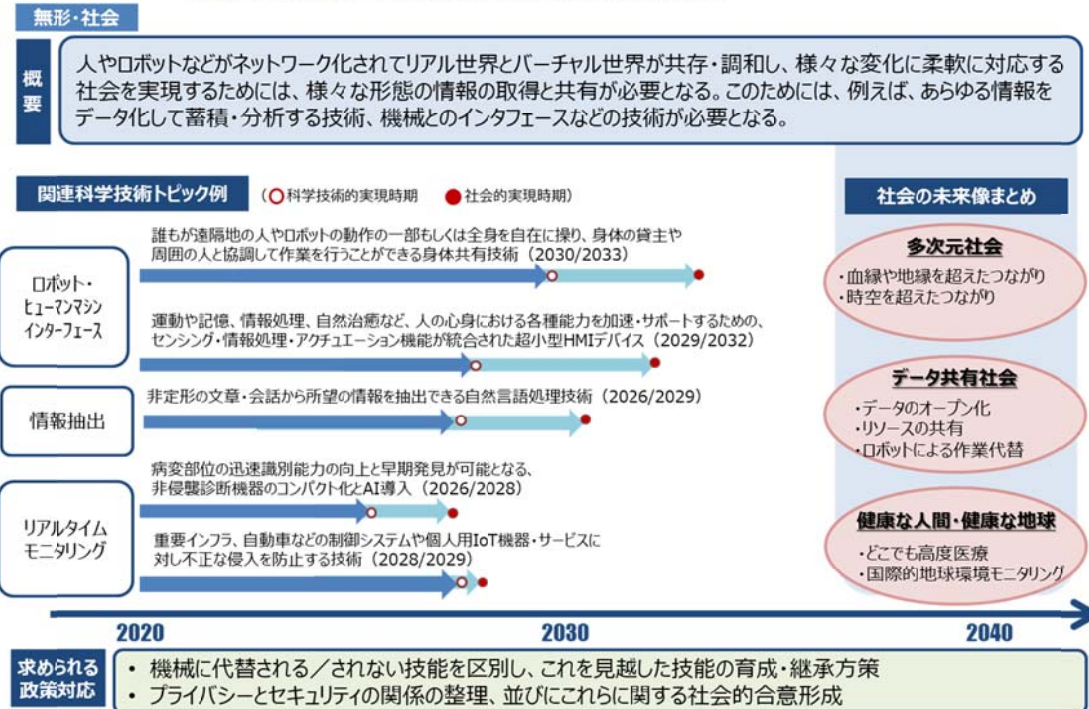
■ 科学的実現 (所期の性能を得るなど技術的な環境が整う) ■ 社会的実現 (実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる)
* デルファイ調査で設定した702の科学技術トピックから抽出

図表 3-22 基本シナリオの詳細

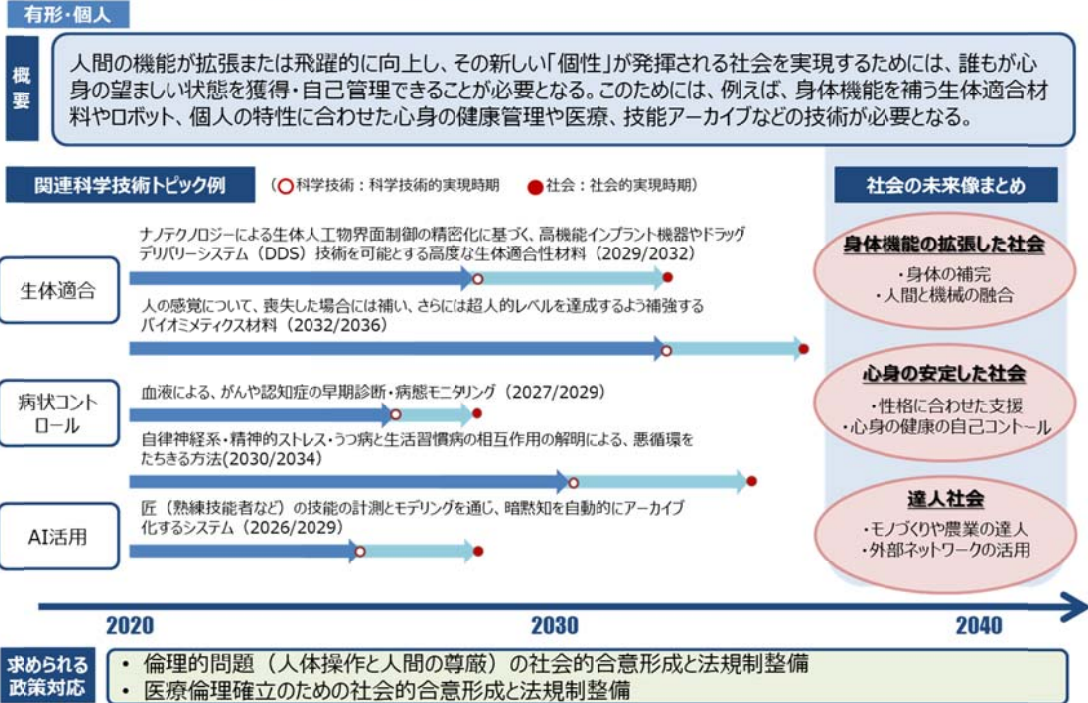
【A】人間らしさを再考し、多様性を認め共生する社会



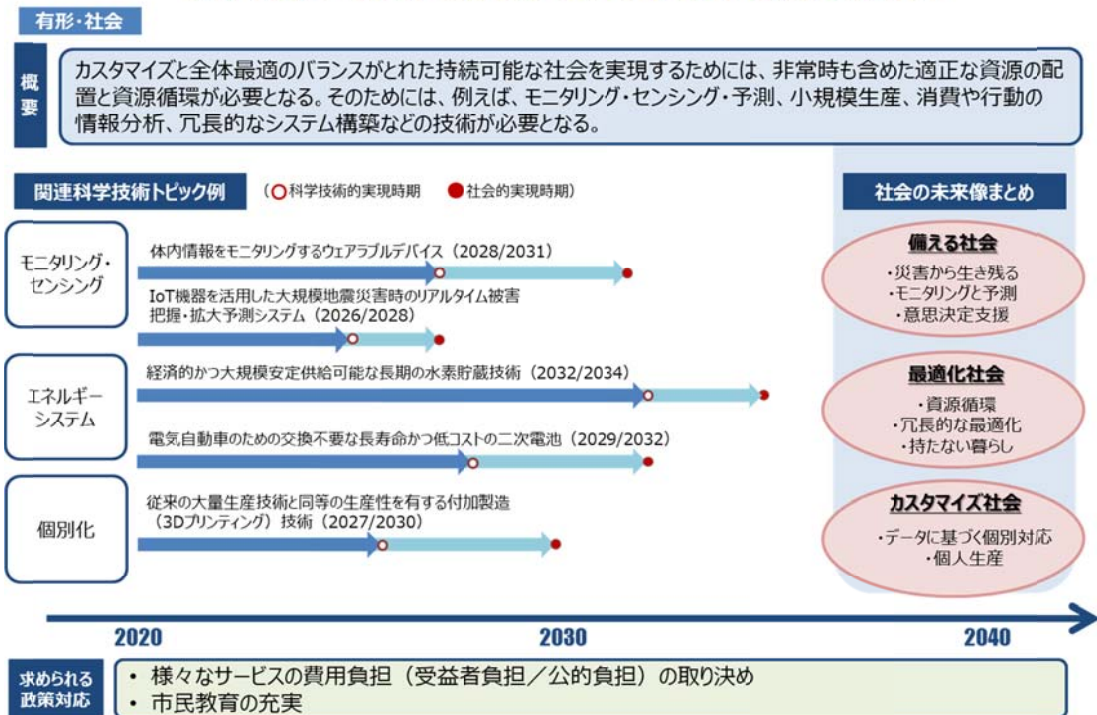
【B】リアルとバーチャルの調和が進んだ柔軟な社会



[C] 人間機能の維持回復とデジタルアシスタントの融合による「個性」が拡張した社会



[D] カスタマイズと全体最適化が共存し、自分らしく生き続けられる社会



4. まとめ

科学技術の急速な発展、政治・経済情勢の不透明性の増大など、将来の不確実性の高まりを受け、各所で社会の未来についての議論が行われている。また、将来的に主要領域となる可能性のある新領域探索への期待も大きい。

本調査は、第6期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的とした。社会的条件を所与とした上で、科学技術がもたらす可能性について検討を進め、科学技術発展をベースとして社会の未来像を描いた。

調査は、科学技術や社会のトレンド把握(ホライズン・スキャニング)、「社会の未来像」検討(ビジョニング)、「科学技術の未来像」検討(デルファイ調査、及び、未来来につなぐクローズアップ科学技術領域)、「科学技術発展による社会の未来像」検討(シナリオ)の4部構成とした。「社会の未来像」検討及び「科学技術の未来像」検討(デルファイ調査)を並行して実施し、最後に「科学技術発展による社会の未来像」検討において両者を統合した。未来を展望する期間は2050年までの約30年間とし、約20年後の2040年をターゲットイヤーとした。

「社会の未来像」検討では、2040年に目指す姿として、50の日本社会の未来像と4つの価値を抽出した。「科学技術の未来像」検討のうちデルファイ調査では、2050年までの実現が期待される702の科学技術トピックを設定し、5000名を超える専門家からの評価を得た。また、「科学技術の未来像」検討のうち、未来につなぐクローズアップ科学技術領域の抽出については、分野の枠にとらわれずに科学技術トピックのクラスタリングを行い、分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域、及び、特定領域に軸足を置く8領域を抽出した。最後の「科学技術発展による社会の未来像」検討では、社会の未来像と科学技術の未来像を統合して、4つの象限からなる基本シナリオを作成した。それを踏まえ、2040年に目指す社会を、人間を中心に据え、様々な変化に柔軟に対応する「人間性の再興・再考による柔軟な社会」と総括した。

本調査では、科学技術の視点から、専門家・有識者の描く平均的な未来像について検討を行った。本調査は、科学技術の視点で切り取った社会を検討したものであり、この結果を材料として、社会的な諸条件を含めた発展的な議論がなされることが期待される。

また本調査における科学技術と社会の紐づけは、関連科学技術のリストアップの段階に留まる。今後、焦点を絞ったテーマを設定し、どのような科学技術が新しい社会を形作っていくのか、日本の強みはどこにあるのか、各ステークホルダーは何をなすべきかなど、深掘りの検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 例えば、経済団体連合会「Society 5.0—ともに創造する未来」、経済同友会「Japan 2.0」、日立製作所、理化学研究所、総務省「未来をつかむ TECH 戦略」、経済産業省「新産業構造ビジョン」など。参照記事は以下の通り。
黒木優太郎・伊藤裕子・横尾淑子、シリーズ—未来を創る—日立京大ラボの描く未来、STI Horizon Vol.5 No.2(2019) : <http://doi.org/10.15108/stih.00174>
黒木優太郎・横尾淑子・赤池伸一、シリーズ—未来を創る—理化学研究所未来戦略室のイノベーションデザイン、STI Horizon Vol.5 No.1(2019) :
<http://doi.org/10.15108/stih.00165>
- [2] 国立社会保障・人口問題研究所、「日本の将来推計人口(平成 29 年推計)」、2017 年 4 月
- [3] 科学技術予測センター、「第 11 回科学技術予測調査 2040 年に目指す社会の検討(ワークショップ報告)」、調査資料-276、科学技術・学術政策研究所(2018) :
<http://doi.org/10.15108/rm276>
- [4] 重茂浩美・蒲生秀典・小柴等、「第 11 回科学技術予測調査[3-1] 未来につなぐクローズアップ科学技術領域—AI 関連技術とエキスパートジャッジの組み合わせによる抽出の試み—」、Discussion Paper No.172、科学技術・学術政策研究所(2019) :
<http://doi.org/10.15108/dp172>
- [5] 例えば、「2050 年の技術:英「エコノミスト」誌は予測する」「2050 年の世界:英「エコノミスト」誌は予測する」(英エコノミスト編集部、文芸春秋)、「2050 年の世界地図」(ローレンス・スミス、NHK 出版)、など
- [6] KIDSASHI: <https://stfc.nistep.go.jp/horizon2030/index.php/ja>
- [7] 科学技術予測センター、「第 8 回予測国際会議「未来の戦略構築に貢献するための予測」開催報告」、調査資料-275、科学技術・学術政策研究所((2018):
<http://doi.org/10.15108/rm275>
- [8] 科学技術予測センター、「地域の特徴を生かした未来社会の姿～2035 年の「高齢社会×低炭素社会」～」、調査資料-259、科学技術・学術政策研究所(2017) :
<http://doi.org/10.15108/rm259>

付録 1 デルファイ調査で取り上げた分野と細目

分野	細目	
健康・医療・生命科学 (96)	医薬品(20); 医療機器開発(12); 老化及び非感染性疾患(19); 脳科学(10);	健康危機管理(10); 情報と健康、社会医学(13); 生命科学基盤技術(12)
農林水産・食品・バイオテクノロジー (97)	生産エコシステム(19); フードエコシステム(12); 資源エコシステム(14); システム基盤(12);	次世代バイオテクノロジー(15); バイオマス(9); 安全・安心・健康(9); コミュニティ(7)
環境・資源・エネルギー (106)	エネルギー変換(25) エネルギーシステム(12) 資源開発・リデュース・リユース・リサイクル (28) 水(12)	地球温暖化(7); 環境保全(16); リスクマネジメント(6)
ICT・アナリティクス・サービス (107)	未来社会デザイン(5) データサイエンス・AI(11) コンピュータシステム(12); IoT・ロボティクス(9); ネットワーク・インフラ(11); セキュリティ、プライバシー(10);	サービスサイエンス(12); 産業、ビジネス、経営応用(10); 政策、制度設計支援技術(8); 社会実装(10); インタラクション(9)
マテリアル・デバイス・プロセス (101)	物質・材料(11); プロセス・マニュファクチャリング(12); 計算科学・データ科学(13); 先端計測・解析手法(16); 応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)(14);	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)(9); 応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)(11) 応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)(15)
都市・建築・土木・交通 (95)	国土利用・保全(11); 建築(12); 社会基盤施設(11); 都市・環境(9); 建設生産システム(9);	交通システム(12); 車・鉄道・船舶・航空(13); 防災・減災技術(9); 防災・減災情報(9)
宇宙・海洋・地球・科学基盤 (100)	宇宙(11); 海洋(10); 地球(13); 観測・予測(10); 計算・数理・情報科学(11);	素粒子・原子核、加速器(9); 量子ビーム:放射光(12); 量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等 (13); 光・量子技術(11)

*カッコ内は、含まれる科学技術トピック数

付録 2 主な科学技術トピック

(1) 各分野の結果

* 科学技術: 科学技術的実現時期(年) 社会: 社会的実現時期(年)

<健康・医療・生命科学分野>

重要度の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術*	社会*
老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	2028	2030
アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	2032	2035
病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化とAI導入	2026	2028
血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング	2027	2029
遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)	2028	2030

競争力の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
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	2028	2029
生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術	2028	2030
生体内に内在する幹細胞、あるいは移植された幹細胞の機能を制御することによる再生医療技術	2030	2033
がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	2029	2030
細胞移植や遺伝子治療による、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)、脊髄損傷等)に対する治療法	2029	2032

<農林水産・食品・バイオテクノロジー分野>

重要度の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
人間を代替する農業ロボット	2026	2029
人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	2028	2030
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	2028	2031
土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	2031	2033
食品ロスの低減に向けたフードバリューチェーンのモニタリング・解析技術	2027	2028

競争力の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・長時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	2028	2030
高齢社会を意識したフードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品	2027	2029
冷凍せずに生鮮食料品の鮮度と品質を維持するための短期保蔵技術	2026	2027
食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)の混入検出のための識別技術	2025	2026
農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	2026	2028

<環境・資源・エネルギー分野>

重要度の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下)	2029	2032
線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、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	2028	2029
系統連系安定化のための長寿命かつ低コストの MW 規模二次電池(寿命:20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)	2030	2033
放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	2030	2031
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	2028	2031

競争力の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
エネルギー効率が50%の自動車エンジン	2029	2031
電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下)	2029	2032
放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	2030	2031
線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、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	2028	2029
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	2028	2031

<ICT・アナリティクス・サービス分野>

重要度の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善する AI、IoT、ロボット等技術	2029	2031
重要インフラ、自動車などの制御システムや個人用 IoT 機器・サービス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を事実上無視できる程度に低減する技術)	2028	2029

科学技術トピック	科学技術	社会
ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	2025	2027
自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	2028	2030
大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	2027	2028

競争力の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
マルチコアファイバ・シリコンフォトニクスなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術	2027	2028
自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	2028	2030
現在用いられているものより電力性能比が大幅(100倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	2028	2029
ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	2025	2027
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、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術	2027	2029

<マテリアル・デバイス・プロセス分野>

重要度の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	2030	2032
体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	2028	2031
変換効率 50%を超える太陽電池	2033	2036
インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	2028	2029
生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	2029	2033

競争力の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	2032	2033
炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体	2029	2033
エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	2030	2032
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・長寿命の炭素系構造材料および、そのリサイクル技術	2030	2034
生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	2029	2033

<都市・建築・土木・交通分野>

重要度の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
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	2025	2026
詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	2027	2028
IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム	2026	2028
高齢者や視覚障がい者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	2025	2028
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	2028	2031

競争力の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	2026	2028
アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速 360km 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	2027	2029
線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダ	2025	2026
アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物	2034	2037
詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	2027	2028

<宇宙・海洋・地球・科学基盤分野>

重要度の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくははしそうにない火山を見出すための切迫度評価	2031	2033
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	2027	2029
日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	2024	2024
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	2027	2029
自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、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)	2026	2027

競争力の高い上位 5 件

科学技術トピック	科学技術	社会
地球上のどこでも 18 桁の精度での時間測定が実現し、地殻・地下水の変動やマグマだまりの移動の計測(ジオイド計測)が可能となる、光ファイバーを使用した光格子時計のネットワーク	2030	2033

科学技術トピック	科学技術	社会
宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明	2033	
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	2027	2029
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	2027	2028
ニュートリノのマヨラナ性の解明	2032	2033

(2) 実現に向けた政策手段が特徴的な科学技術トピック

* 科学技術: 科学技術の実現に向けた政策手段の選択割合
 社会: 社会的実現に向けた政策手段の選択割合

○法規制整備が必要なトピック例

分野	トピック（科学技術の実現に向けた政策手段として選択された割合の高い上位10件）	科学技術	社会
ICT・アナリティクス・サービス	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	81%	90%
ICT・アナリティクス・サービス	すべての経済取引を電子化する技術（すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる）	77%	81%
ICT・アナリティクス・サービス	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	71%	78%
ICT・アナリティクス・サービス	機械（AI、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）	68%	71%
ICT・アナリティクス・サービス	分散台帳技術やスマートコントラクトなどの活用による、知的財産の流通における中央機関のない自律分散化	66%	73%
ICT・アナリティクス・サービス	個人の社会活動や企業の経済活動を、ほぼ100%キャッシュレス（暗号通貨含む）に実現できる、セキュアで効率的、かつ安心感を持てる経済基盤（金融機関だけでなく、商店、個人まで）	65%	77%
都市・建築・土木・交通	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	64%	80%
健康・医療・生命科学	プレジジョン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等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	64%	74%
ICT・アナリティクス・サービス	AI技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム（法令文書が紙媒体前提からリンクデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる）	64%	77%
ICT・アナリティクス・サービス	地域における公共交通網の維持や、物流分野の変革を実現する、自動走行、ドローンなど多様な移動手段、およびそれらの管理・運用支援技術	63%	75%

○倫理的・法的・社会的課題(ELSI)対応が必要なトピック例

分野	トピック（科学技術の実現に向けた政策手段として選択された割合の高い上位 10 件）	科学技術	社会
健康・医療・生命科学	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	70%	73%
ICT・アナリティクス・サービス	機械(AI、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)	62%	69%
健康・医療・生命科学	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	61%	69%
健康・医療・生命科学	プレジジョン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等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	60%	67%
健康・医療・生命科学	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	58%	71%
ICT・アナリティクス・サービス	ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム(未病社会を実現)	56%	67%
健康・医療・生命科学	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)	56%	64%
健康・医療・生命科学	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法	55%	72%
農林水産・食品・バイオ	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	54%	69%
ICT・アナリティクス・サービス	AIが普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	50%	52%

付録 3 未来につなぐクローズアップ科学技術領域の概要

分野横断・融合のポテンシャルの高い領域

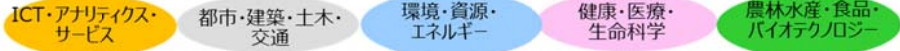
1	社会・経済の成長と変化に適応する社会課題解決技術
2	プレシジョン医療をめざした次世代バイオモニタリングとバイオエンジニアリング
3	先端計測技術と情報科学ツールを活用した原子・分子レベルの解析技術
4	新規構造・機能の材料と製造システムの創成
5	ICTを革新する電子・量子デバイス
6	宇宙利用による地球環境と資源のモニタリング・評価・予測技術
7	サーキュラーエコノミー推進に向けた科学技術
8	自然災害に関する先進的観測・予測技術

特定分野に軸足を置く領域

A	新たなデータ流通・利活用システム
B	人間社会に溶け込みあらゆる人間活動を支援・拡張するロボット技術
C	次世代通信・暗号技術
D	交通に関するヒューマンエラー防止技術
E	ライフコース・ヘルスケアに向けた疾病予防・治療法
F	生態系と調和した持続的な農林水産業システム
G	持続可能な社会の推進に向けたエネルギー技術
H	宇宙と人類の起源を解く基礎科学

分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域

1. 社会・経済の成長と変化に適応する社会課題解決技術



領域概要

社会的インフラストラクチャー、都市建築空間、教育、医療、金融などの多様な社会的共通資本のサービス・ソリューションに向けたAI、IoT、量子コンピューティング、ELSI（倫理的・法的・社会的課題）対応、認知科学・行動経済学など、複雑な社会現象（ラージ・ソーシャルコンプレックスシステムズ）が抱える課題を解決する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

- <ICT・アナリティクス・サービス>
 - ✓ 社会基盤としてブロックチェーンが広く用いられたときに最適なコンピュータアーキテクチャ
 - ✓ モノの二分論によるサービスの定義が完全に過去のものとなり、個人や社会に対して価値をもたらす行為全般との認識が浸透した上で、Service Dominant Logicなどをより発展させた新理論
 - ✓ 法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、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）
 - ✓ 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
 - ✓ 教育にAI・ブロックチェーンが導入され、学校法人の枠を超えた学習スタイルが構築され、生涯スキルアップ社会の実現
 - ✓ すべての国民がITリテラシーを身につけることによる、誰もがデジタル化の便益を享受できるインクルーシブな社会の実現とIT人材不足の解消
- <健康・医療・生命科学>
 - ✓ プレシジョン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等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム
- <農林水産・食品・バイオテクノロジー>
 - ✓ フィールドオミックス、フェミックスなどから得られたビッグデータとAIによる育種の超高速（テラレーメイド）
- <環境・資源・エネルギー>
 - ✓ 情報技術（IoT、AI、ビッグデータ等）を用いた暑熱リスクのリアルタイム監視・警報システム
- <都市・建築・土木・交通>
 - ✓ フィジカル・サイバー空間のシームレス結合によるインフラのモニタリング、予測、制御技術

©NISTEP DP172, 未来につながるクロスアップ領域, 2019

分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域

2. プレシジョン医療をめざした次世代バイオモニタリングとバイオエンジニアリング



領域概要

完全非侵襲・高感度・高精細・リアルタイムモニタリングにより、人の個体から組織・臓器、細胞、分子レベルにわたり生命現象を捉えることで、バイオエンジニアリングによる再生・細胞医療や次世代ゲノム編集技術による遺伝子治療のような高度医療の技術開発につなぐ科学技術領域。

※プレシジョン医療：遺伝子、環境、ライフスタイルに関する個人ごとの違いを考慮した疾病の予防・治療



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

- <健康・医療・生命科学>
 - ✓ 低分子化合物・ペプチド・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬
 - ✓ 生体内に内在する幹細胞、あるいは移植された幹細胞の機能を制御することによる再生医療技術
 - ✓ 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
 - ✓ 次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広く実現する遺伝子治療法
 - ✓ 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
 - ✓ 細胞の位置情報を保持した上での1細胞オミックス解析技術
- <マテリアル・デバイス・プロセス>
 - ✓ マイクロ・ナノマシンや生体分子等の配置や運動を自在に制御・計測する光技術
 - ✓ 光をほとんどあてずに測定する被写体（生体）にダメージを全く与えない、量子もつれを利用したイメージング技術
 - ✓ 3Dプリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造（バイオファブリケーション）
 - ✓ 細胞や細胞内のタンパク質、アミノ酸、イオン等の動態を、マイクロ秒以下の時間分解能で追尾可能なモニタリング技術

©NISTEP DP172, 未来につながるクロスアップ領域, 2019

分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域

3. 先端計測技術と情報科学ツールを活用した
原子・分子レベルの解析技術

宇宙・海洋・地球・
科学基盤

マテリアル・デバイス・
プロセス

農林水産・食品・
バイオテクノロジー

領域概要

量子ビーム応用などの先端計測や、シミュレーション・インフォマティクス・AIなどの情報科学ツールを活用した、構造・機能材料、高分子、生体分子などの構造や状態の解析・解明・予測、農作物や医薬品の開発・品質管理に関する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

- <宇宙・海洋・地球・科学基盤>
- ✓ iPS細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テラメド医薬品・化粧品等を開発する手法
- ✓ 情報科学(機械学習、ベイズ推定、データ同化、最適化問題等)を活用した放射光計測技術の高度化
- ✓ 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、磁場分布等を可視化し、その場観測する技術
- ✓ 創薬や投資・金融の意思決定等に係る効率を3桁改善する、従来のコンピュータ、量子アニーリングマシン、ゲート型量子コンピュータのハイブリッドシステム
- <マテリアル・デバイス・プロセス>
- ✓ 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、実用環境における機能予測を一環して可能とするシミュレーション技術
- ✓ ピコメートルスケールで原子・分子の内部を可視化できる超高解像度顕微鏡
- ✓ 量子化学計算に基づく薬剤や触媒デザインを可能にする量子シミュレータ
- ✓ 量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明
- <農林水産・食品・バイオテクノロジー>
- ✓ X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイス、オミックス・化学分析とICTを用いた携帯型の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
- ✓ 短・中期気象予報と生物学的知識とAIを融合した高精度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

©NISTEP DP172, 未来につながるクローズアップ領域, 2019

分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域

4. 新規構造・機能の材料と製造システムの創成

マテリアル・デバイス・
プロセス

都市・建築・土木・
交通

環境・資源・
エネルギー

領域概要

材料から構造物、環境、医療に関わる要素技術まで生活環境向上に寄与する、シミュレーションとデータ活用による材料の構造・物性予測や、材料・デバイスの実用化のための先進製造・流通システムやコスト低減に関する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

- <マテリアル・デバイス・プロセス>
- ✓ 形状加工後に自発的に変形・結合することで機能発現やシステム融合を可能にする技術(4Dプリンティング・4Dマテリアル)
- ✓ 複数の材料(マルチマテリアル)で構成され、かつ自由な形状を有する機能的な構造物を製造する技術
- ✓ 摩擦、応力、電磁場、熱、光、媒質などの外場要因のある系での原子スケールの化学反応から、マクロスケールの特性やその劣化などの経時変化を総体的に解析・予測するマルチスケールシミュレーション技術
- ✓ 経年劣化・損傷に対する自己修復機能を有し、ビル等の建築構造物の機能を維持できる構造材料
- ✓ 人工肉など人工食材をベースに、食品をオーガメドで製造(造形)する3Dフードプリンティング技術
- ✓ 人と同じような動きと感触を可能にするためのロボット向けの機能をもつソフトマテリアル
- ✓ バイオメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料
- <環境・資源・エネルギー>
- ✓ 電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下)
- ✓ 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
- <都市・建築・土木・交通>
- ✓ 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

©NISTEP DP172, 未来につながるクローズアップ領域, 2019

特定分野に軸足を置く8領域

A. 新たなデータ流通・利活用システム

ICT・アナリティクス・サービス

領域概要

産業・医療・教育に係るデータ、個人情報や研究データといった多種多様で大量の情報を、適正かつ効果的に収集・共有・分析・活用するための科学技術領域。

科学技術トピック

<ICT・アナリティクス・サービス>

- ✓ 非定形の文章・会話から所望の情報を抽出できる自然言語処理技術
- ✓ 自然画像から所望の情報を抽出できる画像処理技術
- ✓ あらゆるデータのオントロジーの統一による、世界中のデータ流通や共有コストの劇的減少
- ✓ プライバシーを保護しつつ、PCや個人用IoT機器に加え、走行中の自動車など、異なる環境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
- ✓ ニュースの取りまとめサイトや、ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報、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、分野毎の特性（政治、経済、学術、等）に応じて分析する技術（自動翻訳技術、デジタル画像鑑定技術も含む）
- ✓ 個人データを保護しながら、安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するために、プライバシー情報を漏らさずに機微な個人データを活用する技術（安全性レベルの標準化を含む）
- ✓ AI技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム（法令文書が紙媒体前提からリンクデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる）

<その他の分野※>

- ✓ 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
- ✓ ダイナミックな情報、自動的な更新情報の収集も含めた、国土基盤となる電子地図
- ✓ 文字、音声、画像等の情報から意味を抽出し、主要な情報欠落のない形で要約作成や情報媒体間変換・関連付け（実験結果の図から物理量を読み取る等）を行う知識集約型のデータマイニング技術



©NISTEP DP172,2019

※ICT・アナリティクス・サービス分野に軸足を置く領域であり、
その他分野のトピックは多様な出口があることを示す。

©NISTEP DP172, 未来につなぐクローズアップ領域, 2019

特定分野に軸足を置く8領域

B. 人間社会に溶け込みあらゆる人間活動を支援・拡張する ロボット技術

ICT・アナリティクス・サービス

領域概要

人間社会に溶け込み、ものづくり・サービス、医療・介護、農林水産業、建設、災害対応などの多様な社会・産業活動や、運動・記憶などの個人の能力を自然な形で支援・拡張するロボットに関する科学技術領域。

科学技術トピック

<ICT・アナリティクス・サービス>

- ✓ ヒトと違和感なくコミュニケーションが取れる対話技術
- ✓ 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を実現する、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の開発と普及
- ✓ 誰もが遠隔地の人やロボットの動作の一部もしくは全身を自在に操り、身体の貸主や周囲の人と協調して作業を行うことができる身体共有技術
- ✓ 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）
- ✓ 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
- ✓ 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）

<その他の分野※>

- ✓ 全ての皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手
- ✓ 人間を代替する農業ロボット
- ✓ 運動や記憶、情報処理、自然治癒など、人の心身における各種能力を加速・サポートするための、センシング・情報処理・アクチュエーション機能が統合された超小型HMI（ヒューマン・マシンインターフェイス）デバイス
- ✓ 知能化された無限定環境（未知環境）での自律移動が可能な災害対応ロボット



©NISTEP DP172,2019

※ICT・アナリティクス・サービス分野に軸足を置く領域であり、
その他分野のトピックは多様な出口があることを示す。

©NISTEP DP172, 未来につなぐクローズアップ領域, 2019

特定分野に軸足を置く8領域
C. 次世代通信・暗号技術

ICT・アナリティクス・サービス
マテリアル・デバイス・プロセス

領域概要

光・量子通信と量子暗号に代表される、超高速・超大容量、超長距離・超広帯域、超低遅延・超低消費電力、多数同時接続、かつセキュリティの高い通信に関する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

- <ICT・アナリティクス・サービス>
- ✓ 電子タグの小型近距離無線通信などにより、1兆個のインテリジェントデバイスのインターネット接続実現
 - ✓ 人が直接触れるデジタルデバイスの通信がすべて無線通信化され、通信ケーブルが削減
 - ✓ 大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信を同時に実現する有無線移動通信技術
 - ✓ 高密度多重化による大容量通信、端末の動きを予測・追従し、選択的に大容量通信、端末間通信を実現する移動通信技術
 - ✓ マルチコアファイバ・シリコンフォトニクスなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術
 - ✓ 量子暗号を利用した革新的にセキュアな量子通信
 - ✓ エンド・ツー・エンドでアプリケーションやサービスを非干渉に収容するスライス技術

<マテリアル・デバイス・プロセス>

 - ✓ オンデマンドで単一光子を高レートで発生できる新デバイス
 - ✓ 量子コンピュータ間の量子インターネットを可能にする高効率な量子通信素子技術
 - ✓ 量子暗号を用いた高セキュリティな金融システムのための量子メモリ

©NISTEP DP172, 未来につなぐクローズアップ領域, 2019

特定分野に軸足を置く8領域
D. 交通に関するヒューマンエラー防止技術

都市・建築・土木・交通

領域概要

鉄道、船舶、航空機での無人運転・運航・操縦に代表される、陸・海・空の各運輸モードでのヒューマンエラーを防止するための支援技術・システムに関する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

- <都市・建築・土木・交通分野>
- ✓ 自律航行可能な無人運航船舶
 - ✓ 航空機と航空管制の双方による高精度運航システムを用いて、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術に基づく、ヒューマンエラー発生確率よりも故障確率が小さい無人操縦旅客機
 - ✓ 踏切等、外部から人が立ち入り可能な箇所がある路線における鉄道の無人運転
 - ✓ 踏切への列車接近を周辺の自動車に通信し、自動で踏切侵入を防止するシステム（自動車との通信による踏切事故防止）
 - ✓ 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

©NISTEP DP172, 未来につなぐクローズアップ領域, 2019

特定分野に軸足を置く8領域

E. ライフコース・ヘルスケアに向けた疾病予防・治療法

健康・医療・生命科学

領域概要

人の発達過程における環境と疾病との関係性の解明、老化・機能低下のメカニズム解明やその制御、加齢性疾患の予防・診断・治療法開発など、人の胎児期から乳幼児期、就学期、就労期、高齢期までを連続的にとらえた生涯保健に関する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

＜健康・医療・生命科学＞

- ✓ 血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング
- ✓ がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測
- ✓ 非感染性疾患に対する、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
- ✓ 老化に伴う運動機能低下の予防・治療法
- ✓ 元気高齢者の遺伝子解析と環境要因の分析による、疾患抑制機構・老化機構の解明
- ✓ 代謝臓器連関を標的とした、生活習慣病、神経変性疾患の予防・治療法
- ✓ 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
- ✓ アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法
- ✓ Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD)の解明などに基づく、ライフコース・ヘルスケアの視点からの各年齢ステージでの適切な予防・治療
- ✓ 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技術

©NISTEP DP172, 未来につながるクローズアップ領域, 2019

特定分野に軸足を置く8領域

F. 生態系と調和した持続的な農林水産業システム

農林水産・食品・バイオテクノロジー

領域概要

動植物、微生物、環境、人間の相互作用（生態系）に着目した、農林水産業における生産性や品質の向上と効率化、環境への負荷低減や生産環境の保全、遺伝資源の保存と利用のための資源管理などに基づく新しい持続的生産システムの構築に関する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

＜農林水産・食品・バイオテクノロジー＞

- ✓ 世界の様々な環境に適応した野生種のゲノム編集による栽培作物化（ネオドメステイケーション）
- ✓ 雑種強勢のメカニズムを利用した家畜生産のための系統作出
- ✓ 完全不妊養殖魚
- ✓ 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性向上技術
- ✓ 生産性を損わずに高品質を実現する生態調和型農業生産システム
- ✓ 昆虫資源を含む新規タンパク源の製造加工技術
- ✓ 廃棄食品再利用による新規資源生成技術（例えばフード3Dプリンターのような）
- ✓ 生産・流通・加工・消費を通じた完全循環型フードバリューチェーン
- ✓ 作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
- ✓ 光合成能力を飛躍的に高めた植物（イネ・藻類）によるCO₂の大量・大規模固定（sequestering）と生産性向上システム

©NISTEP DP172, 未来につながるクローズアップ領域, 2019

特定分野に軸足を置く8領域

G. 持続可能な社会の推進に向けたエネルギー技術

環境・資源・エネルギー

マテリアル・デバイス・プロセス

領域概要

エネルギー源の多様化によるエネルギー安全保障の強化や低炭素社会を実現する、太陽光・風力発電などの再生可能エネルギー技術や直流送電システム、超伝導技術、ワイアレス給電技術などの次世代電力ネットワークに関する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

<環境・資源・エネルギー>

- ✓ 太陽熱等を利用した水素製造技術
- ✓ 50MW級洋上浮体式風力発電
- ✓ 10MW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
- ✓ ウィンドファーム用の直流送電ケーブルシステム
- ✓ 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
- ✓ 自動車の走行中の非接触充電技術
- ✓ 5MW級の電力貯蔵用超電導フライホイール
- ✓ 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
- ✓ <マテリアル・デバイス・プロセス>
- ✓ エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が500kmに相当)の性能をもつ高容量高出力電池
- ✓ 高圧直流送電用機器(電力変換機、絶縁体、ケーブル)の低コスト・小型化によるスマートグリッド

©NISTEP DP172, 未来につながるクローズアップ領域, 2019

特定分野に軸足を置く8領域

H. 宇宙と人類の起源を解く基礎科学

宇宙・海洋・地球・科学基盤

領域概要

太陽系・銀河系の形成、軽元素・重元素合成の進化過程、ダークマター・ダークエネルギーの正体、量子重力理論、インフレーション仮説等、宇宙の謎の解明、定説の確立など、宇宙と人類の起源に関する科学技術領域。



©NISTEP DP172,2019

科学技術トピック

<宇宙・海洋・地球・科学基盤>

- ✓ 銀河及び銀河系の形成と進化に関する定説の確立
- ✓ 量子重力理論の確立・検証
- ✓ 宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明
- ✓ ダークマターの正体の解明
- ✓ 宇宙初期の軽元素合成から星の進化に伴う重元素合成までの進化過程の解明

©NISTEP DP172, 未来につながるクローズアップ領域, 2019

付録 4 検討体制

(2019年9月現在、敬称略)

◇ 科学技術予測調査検討会

(座長)	濱口 道成	国立研究開発法人科学技術振興機構 理事長
(副座長)	須藤 亮	一般社団法人産業競争力懇談会 専務理事
	雨宮 慶幸	公益財団法人高輝度光科学研究センター 理事長
	榎 学	東京大学大学院工学研究科 教授
	大島まり	東京大学大学院情報学環／生産技術研究所 教授
	亀岡 孝治	三重大学大学院西部資源学研究所 教授
	越塚 登	東京大学大学院情報学環・学際情報学府 学環長・教授
	永野 博	公益社団法人日本工学アカデミー 専務理事
	福井 次矢	聖路加国際大学 学長／聖路加国際病院 院長
	藤野 陽三	横浜国立大学先端科学高等研究院 上席特別教授
	矢部 彰	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合機構 技術戦略研究センター ユニット長

◇ 分野別分科会

健康・医療・生命科学分科会

(座長)	福井 次矢	聖路加国際大学 学長／聖路加国際病院 院長
	加藤 忠史	国立研究開発法人理化学研究所脳神経科学研究センター精神疾患動態研究チーム チームリーダー
	金谷 泰宏	東海大学医学部 教授
	菅野 純夫	東京医科歯科大学難治疾患研究所 非常勤講師
	谷下 一夫	慶應義塾大学名誉教授／一般社団法人日本医工ものづくりコモンズ 理事長
	知場 伸介	国立研究開発法人日本医療研究開発機構創薬戦略部創薬企画・評価課 課長
	山縣 然太朗	山梨大学大学院総合研究部 教授
	山口 照英	金沢工業大学加齢医工学先端技術研究所 所長
	山田 康秀	浜松医科大学医学部 教授
	矢部 大介	岐阜大学大学院医学系研究科 教授

農林水産・食品・バイオテクノロジー分科会

(座長)	亀岡 孝治	三重大学大学院西部資源学研究所 教授
	加々美 勉	株式会社サカタのタネ 常務取締役

勝川 俊雄	東京海洋大学産学・地域連携推進機構 准教授
加藤 鐵夫	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会 副会長
後藤 英司	千葉大学大学院園芸学研究科 教授
高野 誠	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門 主席研究員
西出 香	オランダ応用科学研究機構 事業開発マネージャー
二宮 正士	東京大学大学院農学生命科学研究科 特任教授
渡邊 朋也	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター 所長

環境・資源・エネルギー分科会

(座長) 矢部 彰	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合機構 技術戦略研究センター ユニット長
入江 一友	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 常務理事
江守 正多	国立環境研究所地球環境研究センター 副センター長
栗原 正典	早稲田大学理工学術院 教授
古関 恵一	JXTGエネルギー株式会社中央技術研究所 技術戦略室 フェロー
高村 ゆかり	東京大学未来ビジョン研究センター 教授
藤井 実	国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム 研究センター環境社会イノベーション研究室 室長
藤井 康正	東京大学大学院工学系研究科 教授
藤野 純一	公益財団法人地球環境戦略研究機関 プログラムディレクター
本庄 昇一	東京電力ホールディングス株式会社経営技術戦略研 究所技術開発部 部長代理
横張 真	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 教授

ICT・アナリティクス・サービス分科会

(座長) 越塚 登	東京大学大学院情報学環・学際情報学府 学環長・教授
石戸 奈々子	NPO 法人 CANVAS 理事長／ 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 教授
後藤 厚宏	情報セキュリティ大学院大学 学長
杉山 将	国立研究開発法人理化学研究所革新知能統合研 究センター長／東京大学教授

高木 聡一郎	東京大学大学院情報学環 准教授／国際大学グローバルコミュニケーションセンター主幹研究員
田中 圭介	東京工業大学情報理工学院 教授
田中 秀幸	東京大学大学院情報学環 教授
中尾 彰宏	東京大学大学院情報学環・学際情報学府 教授
中島 秀之	札幌市立大学 理事長・学長／東京大学特任教授
濱田 健夫	東京大学大学院情報学環学際情報学圏 助教
原 辰徳	東京大学大学院工学系研究科 主幹研究員／慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 特任准教授
比留川 博久	国立研究開発法人産業技術総合研究所 ロボットイノベーション研究センター長
暦本 純一	東京大学大学院情報学環・学際情報学府 教授

マテリアル・デバイス・プロセス分科会

(座長) 榎 学	東京大学大学院工学系研究科 教授
岸本 康男	JFE スチール株式会社スチール研究所 研究技監
久保 百司	東北大学金属材料研究所 教授
小山 珠美	昭和電工株式会社 理事／先端技術ラボ 所長
昌原 明植	国立研究開発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 副部門長
瀬山 倫子	NTT 先端集積デバイス研究所 主幹研究員
高井 まどか	東京大学大学院工学系研究科 教授
高見 知秀	工学院大学教育推進機構基礎・教養科 教授
新野 俊樹	東京大学生産技術研究所 教授
西川 恒一	株式会社豊田中央研究所 主席研究員
根本 香絵	国立情報学研究所 教授
藤田 大介	国立研究開発法人物質・材料研究機構 理事長特別補佐／先端材料解析研究拠点

都市・建築・土木・交通分科会

(座長) 藤野 陽三	横浜国立大学先端科学高等研究院 上席特別教授
饗庭 伸	首都大学東京都市環境科学研究科都市政策科学域 教授
天野 邦彦	国土技術政策総合研究所 研究総務官
石田 哲也	東京大学大学院工学系研究科 教授
腰原 幹雄	東京大学生産技術研究所 教授
竹内 真幸	清水建設株式会社フロンティア開発室海洋開発部

上席エンジニア

中村 いずみ 国立研究開発法人防災科学技術研究所
地震減災実験研究部門(兵庫耐震工学研究センター)
主任研究員

古川 敦 公益財団法人鉄道総合技術研究所 総務部長

森川 高行 名古屋大学未来社会創造機構 教授

吉田 憲司 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
航空技術部門 航空プログラムディレクタ

宇宙・海洋・地球・科学基盤分科会

(座長) 雨宮 慶幸 公益財団法人高輝度光科学研究センター 理事長

伊藤 聡 国立研究開発法人物質・材料研究機構統合型材料開発・情報基盤部門情報統合型物質・材料研究拠点 拠点長

金谷 利治 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所 教授/J-PARC 物質・生命科学実験施設 ディビジョン長

河野 健 国立研究開発法人海洋研究開発機構
研究担当理事補佐

武田 哲也 独立行政法人防災科学技術研究所地震津波火山ネットワークセンター (兼)地震津波防災研究部門 主任研究員

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
名誉教授、研究支援戦略推進部主任 URA

古谷 研 創価大学大学院工学研究科 教授

本間 正修 元宇宙航空研究開発機構理事

湯本 潤司 東京大学大学院理学系研究科 教授
/附属フotonサイエンス研究機構長

調査体制

<全体統括>

赤池伸一 上席フェロー

<総括>

横尾淑子 科学技術予測センター長

黒木優太郎 科学技術予測センター 研究官

中島潤 科学技術予測センター 特別研究員 (2018年3月まで)

矢野幸子 科学技術予測センター 特別研究員 (2018年5月まで)

<ステークホルダー参画設計>

林和弘 科学技術予測センター 上席研究官

栗林美紀 科学技術予測センター 主任研究官 (2019年3月まで)

<ホライズン・スキヤニング>

横尾淑子 科学技術予測センター長

中島潤 科学技術予測センター 特別研究員 (2018年3月まで)

重茂浩美 科学技術予測センター センター長補佐

蒲生秀典 科学技術予測センター 特別研究員

小柴等 第2調査研究グループ 上席研究官

<ビジョニング>

矢野幸子 科学技術予測センター 特別研究員 (2018年5月まで)

中島潤 科学技術予測センター 特別研究員 (2018年3月まで)

横尾淑子 科学技術予測センター長

<デルファイ調査>

分野担当

重茂浩美 科学技術予測センター センター長補佐 [健康・医療・生命科学]

伊藤裕子 科学技術予測センター センター長補佐

[農林水産・食品・バイオテクノロジー]

浦島邦子 科学技術予測センター センター長補佐 [環境・資源・エネルギー]

河岡将行 科学技術予測センター 特別研究員 [環境・資源・エネルギー]

黒木優太郎 科学技術予測センター 研究官 [ICT・アナリティクス・サービス]

蒲生秀典 科学技術予測センター 特別研究員 [マテリアル・デバイス・プロセス]

白川展之 科学技術予測センター 主任研究官 [都市・建築・土木・交通]
横尾淑子 科学技術予測センター長 [宇宙・海洋・地球・科学基盤]

アンケート設計・システム

重茂浩美 科学技術予測センター センター長補佐
白川展之 科学技術予測センター 主任研究官
森 薫 科学技術予測センター 技術参与

<クローズアップ科学技術領域>

重茂浩美 科学技術予測センター センター長補佐
蒲生秀典 科学技術予測センター 特別研究員
小柴等 第2調査研究グループ 上席研究官

<シナリオ>

浦島邦子 科学技術予測センター センター長補佐
伊藤裕子 科学技術予測センター センター長補佐
蒲生秀典 科学技術予測センター 特別研究員
河岡将行 科学技術予測センター 特別研究員
黒木優太郎 科学技術予測センター 研究官

NISTEP REPORT No.183

「第 11 回科学技術予測調査 S&T Foresight 2019 総合報告書」

2019 年 11 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術予測センター

〒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

S&T Foresight 2019 – Summary report –

November 2019

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

<https://doi.org/10.15108/nr183>



<https://www.nistep.go.jp>