

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、一般的に「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実現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げられているのは、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 年ごろの技術的実現、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、技術的実現は 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実施や、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 技術的実現時期は大部分 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、解決がいつかと思っても、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. 1 2. 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)

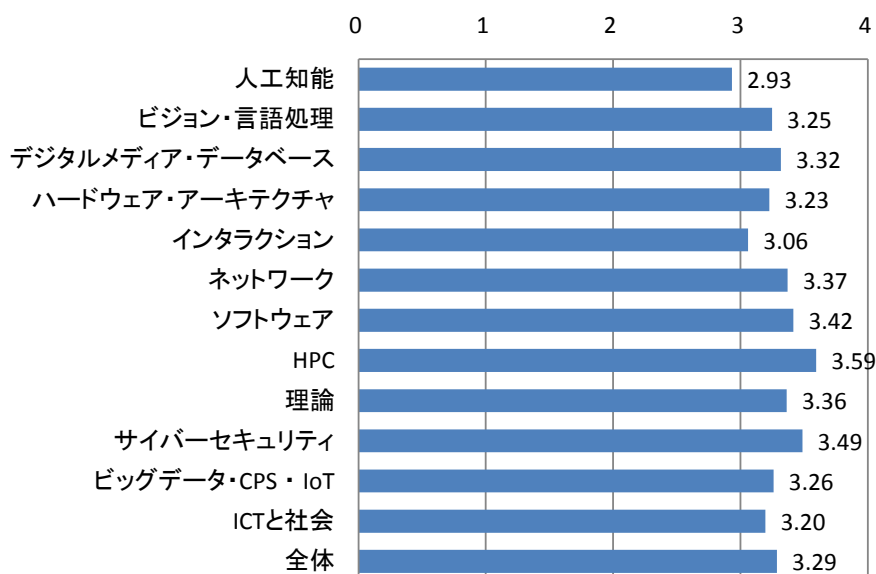
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
73	100万ノードを超える超大規模スパコンおよびビッグデータIDCシステムにおいて、性能電力比を現在の100倍高める技術(例:高エネルギー消費するデータ転送の最小化等アルゴリズム、ハードウェアの電力モデルと環境情報のセンシングを連動させる自動消費電力最適化、近閾値電圧(Near threshold voltage)回路やSilicon Photonics次世代省電力デバイスの超大規模システムへの適用、先進的液浸冷却や熱圧縮・回収による新たな超高効率冷却法)	3.78	2021	2025	HPC
69	エクサ〜ゼタバイトスケールのHPC・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ぐ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)

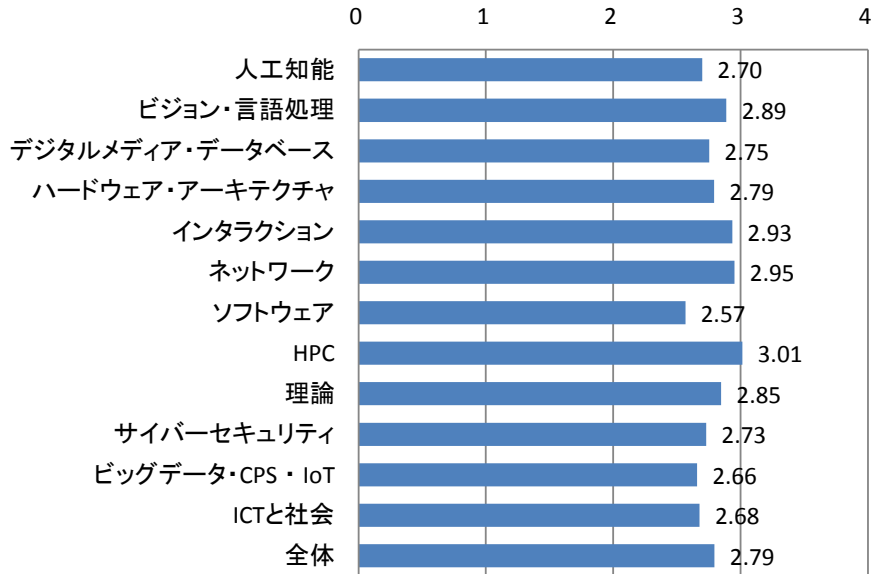
番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
69	エクサ〜ゼタバイトスケールのHPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新(例:全地球規模社会シミュレーション・病理診断や治療に繋がる脳や人体の機能シミュレーション・通常のシミュレーションの数万倍の大量な計算を要する逆問題を解くことによる設計最適化)	3.20	2022	2025	HPC
43	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・筋力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)	3.18	2021	2025	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に、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。)	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 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	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)

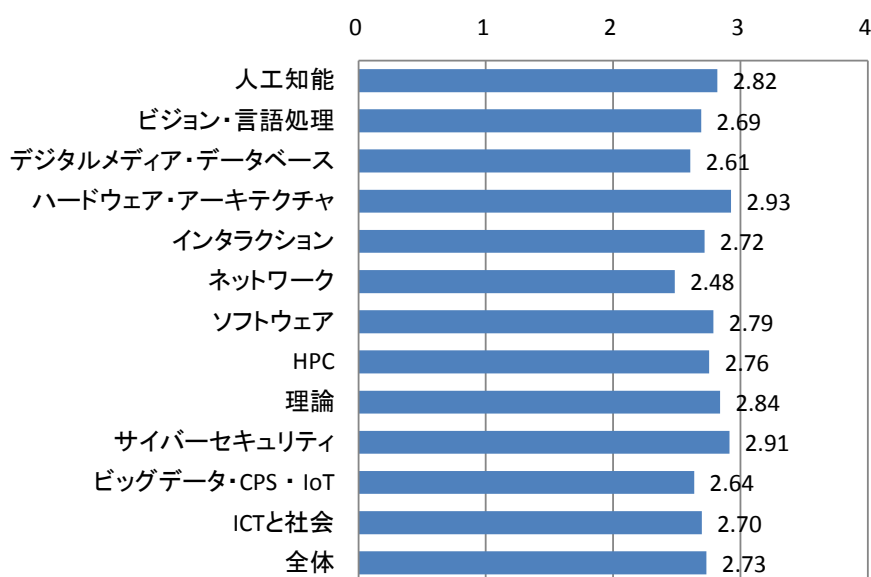
番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	3.63	2026	2033	HPC
35	10k量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高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	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

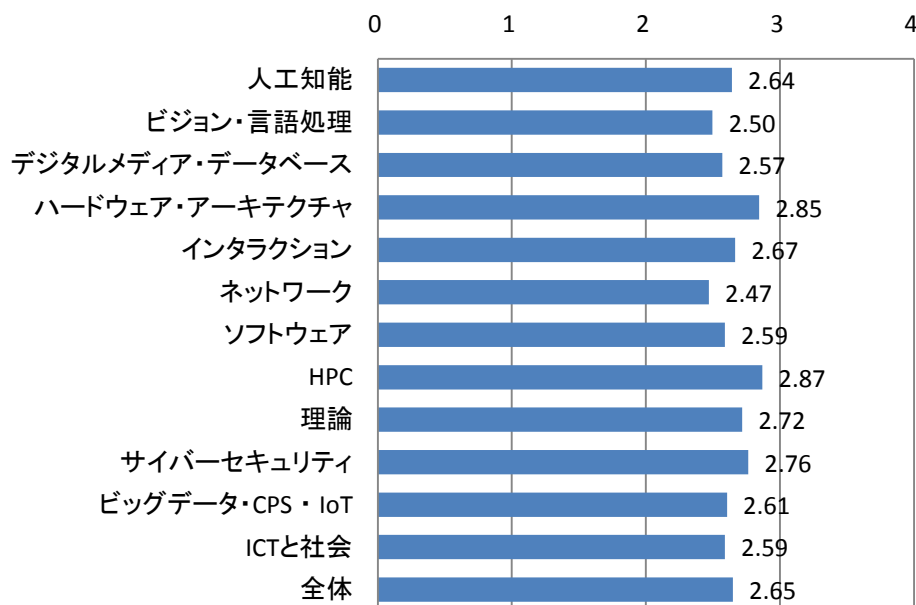
番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
30	スピントロニクスに基づき情報処理を行うロジックLSI	3.05	2024	2025	ハードウェア・ アーキテクチャ
74	先進デバイスを用いたポストムーア・エクサスケールスパコン:CPUの演算処理の速度最適化を主体とした現在のスパコンから、データ移動や処理のエネルギー最適化を中心としたスパコンアーキテクチャへの転換、そのための次世代デバイスの活用、それによる100倍以上の電力性能比の向上	3.03	2024	2026	HPC
93	新たな脆弱性が発見された場合に、関連するプログラム自体が自分を自動変更できるシステム	3.01	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)

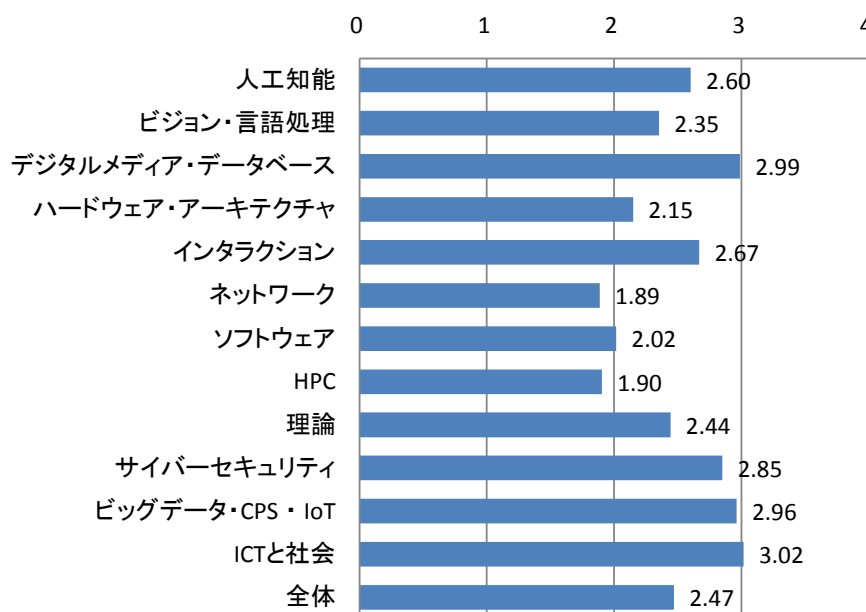
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
100	医療・食生活・運動など個人に関するあらゆる健康データを解析し、予測・予防医療を行うサービス。	3.53	2021	2025	ビッグデータ・CPS・IoT
25	エビデンス情報(provenance 等)を提供しつつ、個人データを保護し、安全に個人ビッグデータを統合的に利活用するための技術	3.52	2020	2024	デジタルメディア・データベース
108	機械(ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)。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(ナチュラルユーザー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)	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。

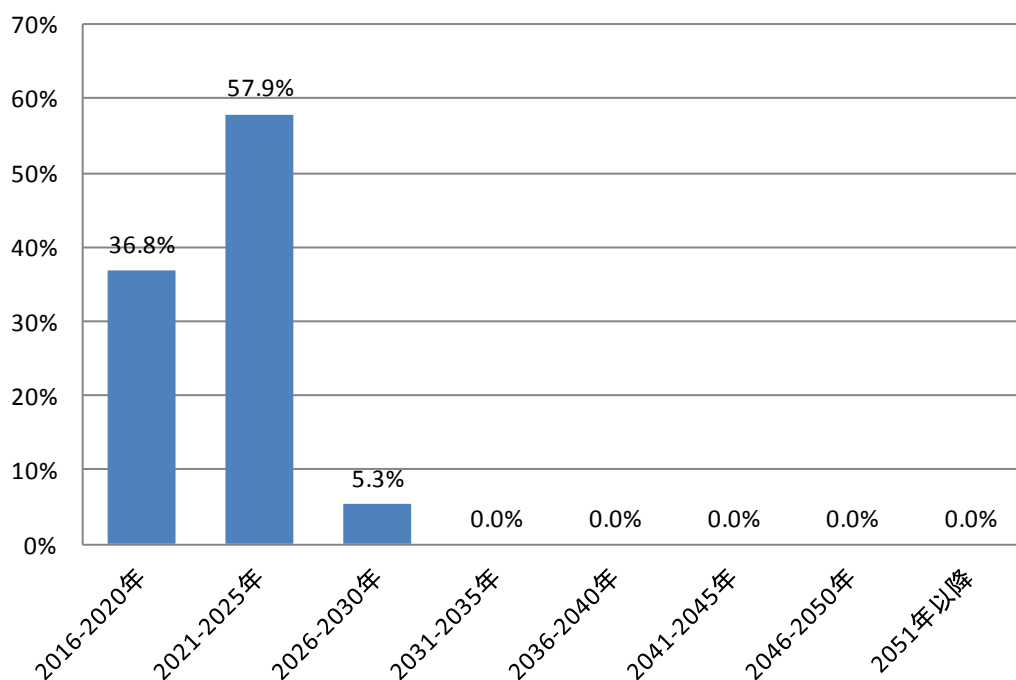
表 2-1-12 倫理性の低いトピック(下位5件)

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

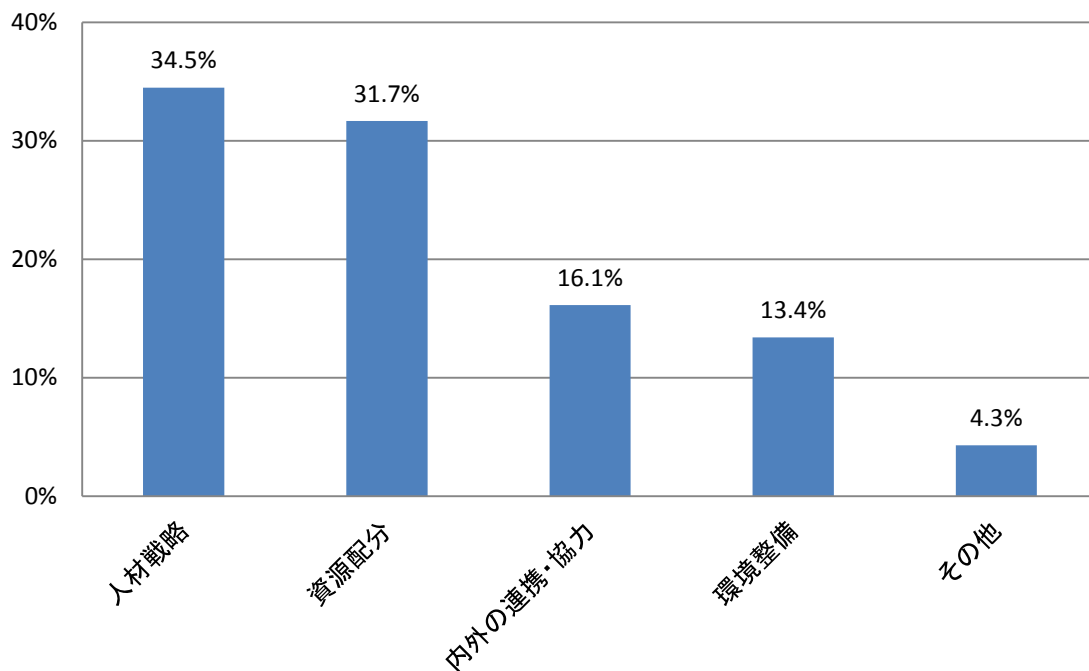
1. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(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。

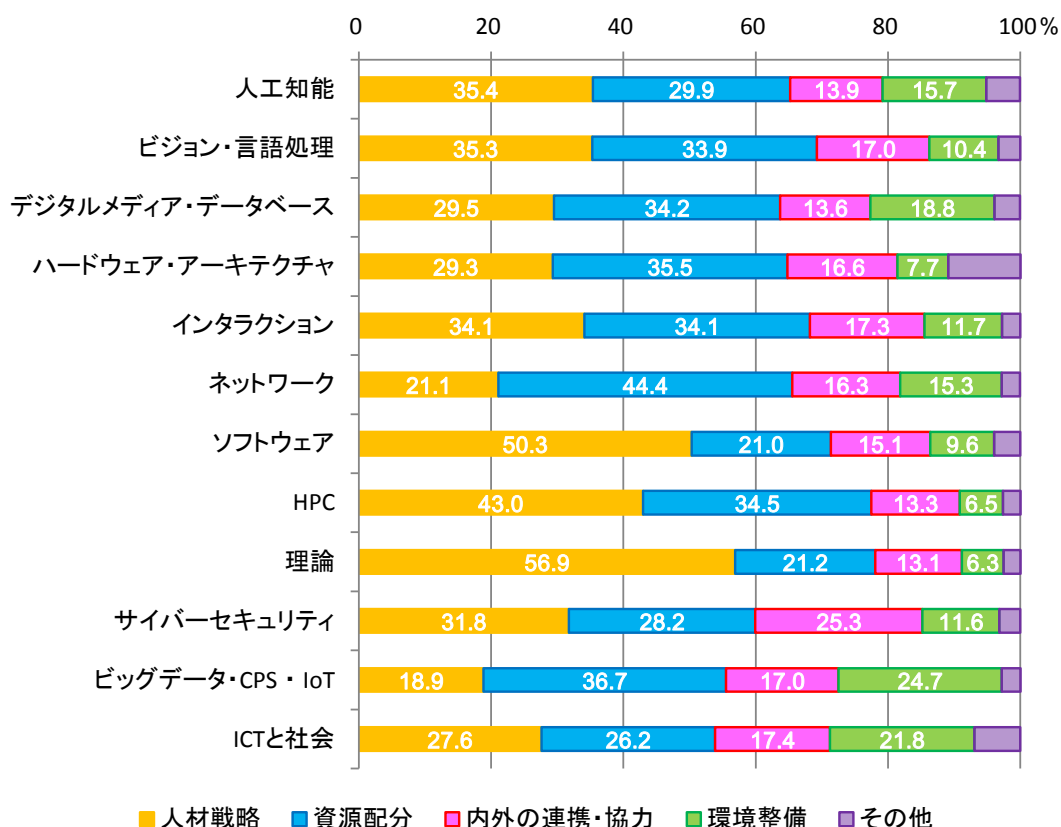
図 2-1-7 技術的実現に向けた重点施策(%)



(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)	3.1	2021	2025	理論

④環境整備

技術的实现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。

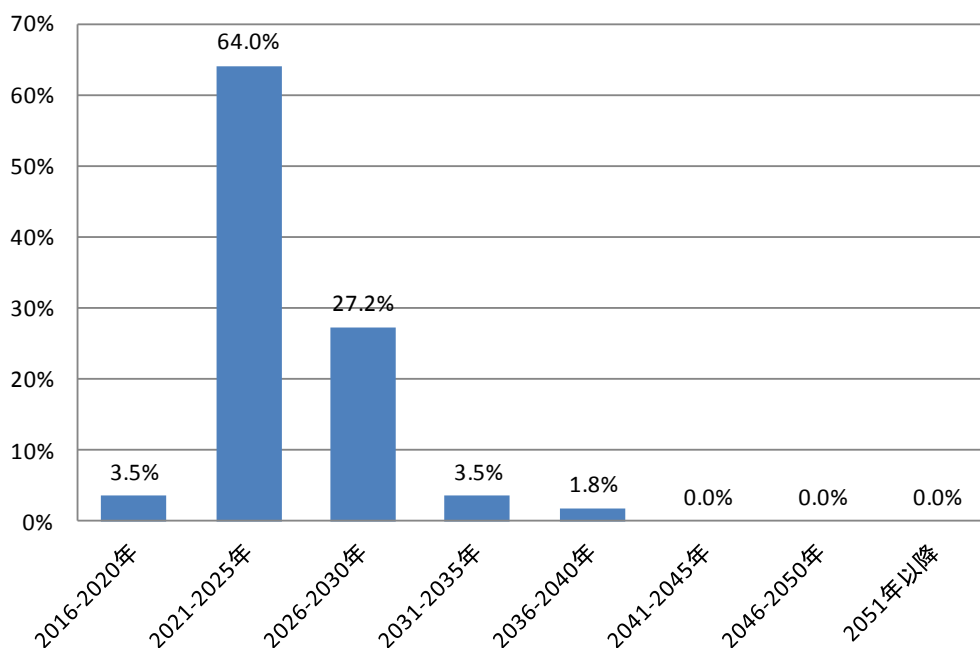
表 2-1-20 「その他」とする割合の高いトピック

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

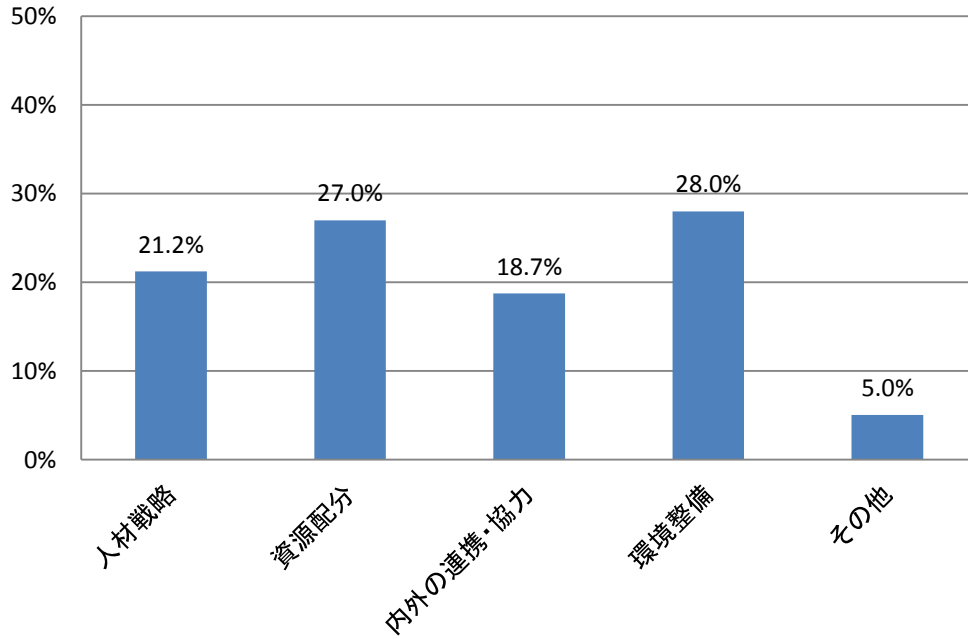
番号	トピック	重要度	わからない(%)	社会実装時期	細目
83	脳における知的処理の理論的解明とそのモデル化による、脳の能力の限界の解明	3.4	44	2032	理論
76	ポスト・フォン・ノイマンHPC:超伝導単一磁束量子(SFQ)回路、カーボンナノチューブ、スピントロニクス素子、メモリスタ等のポストシリコンデバイスの実現と、それらデバイスを利用したプロセッサアーキテクチャ技術、量子コンピュータの(分子軌道計算や、組み合わせ最適化等を対象とした)HPC計算への応用、脳機能を模したニューロンモデルを利用したコンピューティング(Neuromorphic computing)技術の確立	3.3	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。

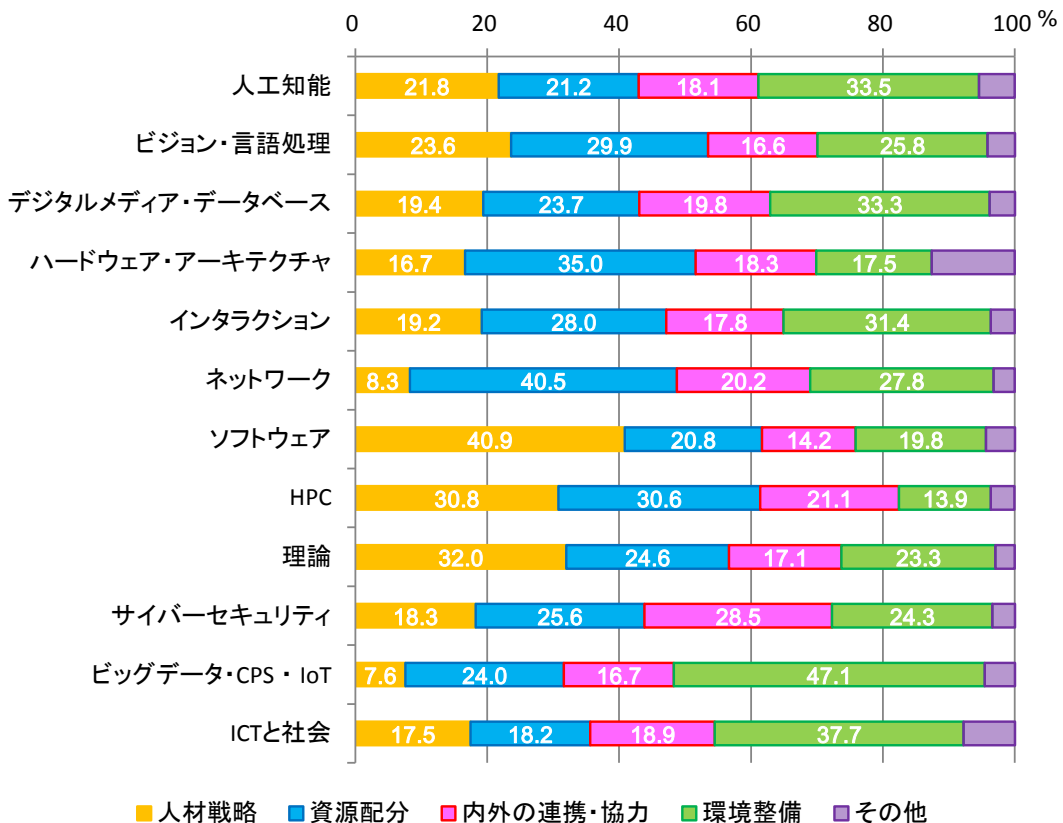
図 2-1-10 社会実装に向けた重点施策



(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)	6.3	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	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。

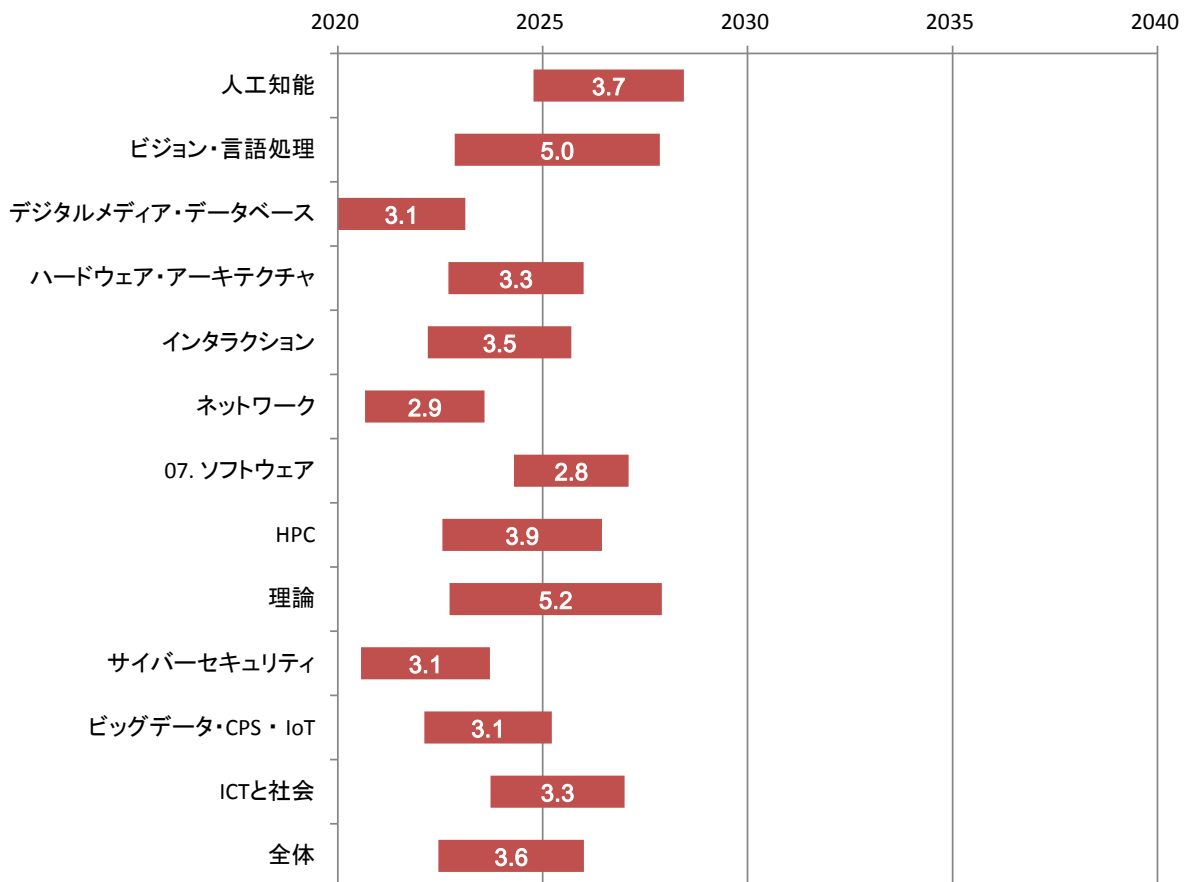
表 2-1-28 「その他」とする割合の高いトピック

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	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、故障を外側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ジスタンス技術
	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、遵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。)
	2030
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)。

<p>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</p>
<p>○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</p>
<p>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>
<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>
<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>
<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ライズできる技術、○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、カテゴリー化など)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、○高速な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つい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係する技術、○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人個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>

○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
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
○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
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
○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
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
○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
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)
○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
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)
○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
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
○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>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 の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ム</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・環境に応じたアダプティブに提示する)、○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、○周波数共有技術、○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者、○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)
《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)
○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>

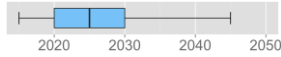
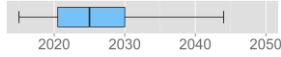
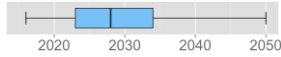

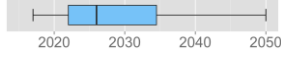
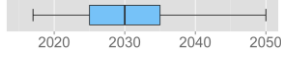
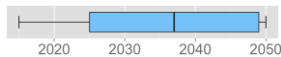
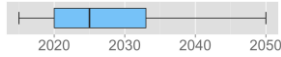
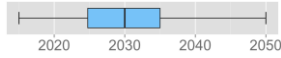
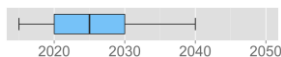
<p>○3D プリンタ技術、○3D プリンタなどデジタルファブ리케이션の充実、○上記機材を制御するソフトウェアの簡便化、○統一されたファイルフォーマット、○実動作可能なデバイスを3D プリンタのみで具現化する技術</p>
<p>96 全てのセンサー類がID 管理され、自分の行動が誰にどのようにセンサされているかを把握可能にすることで、プライバシーと利便性のバランスが柔軟に設定できるプライバシー管理技術</p>
<p>○ID 管理レジストリ、○個人のプライバシーを保護できるデータ管理技術、○プライバシーに関する新しい社会的合意、○プライバシーポリシーマネジメント、○匿名化、○プライバシー法制度の整備、○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>

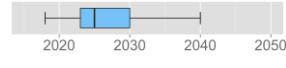
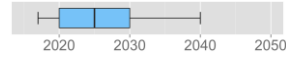
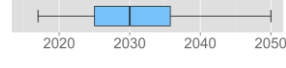
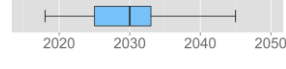
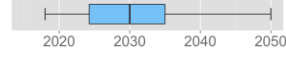
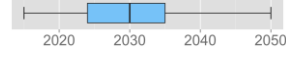
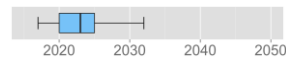
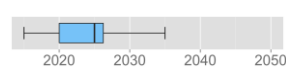


109 社会コスト(物流・食料・移動・エネルギーなど)がリアルタイムに把握され、その見える化・予測・最適化がなされる社会インフラ
○社会的コストを測る技術、○予測・最適化を行う技術、○予測結果等を活かし、その効果を測る技術、○NFV によるネットワーク内データ処理、○ネットワークによるコスト配信技術、○センシング技術、○情報収集技術、○リアルタイムなデータ取得が可能なセンサネットワーク、○適切なデータの抽象化技術、○中央と末端でのデータ処理を最適化する分散処理技術、○業界を横断するすべての企業間での商品・資源・部品のマスタ情報の標準化、○異なる企業間でのマスタ情報同期化技術、○データの保護、○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
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	
6.6	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	

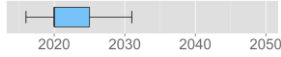
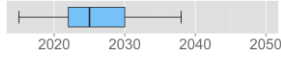
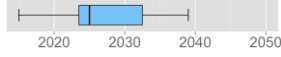
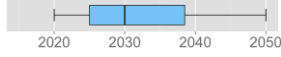
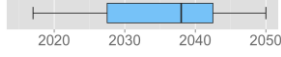
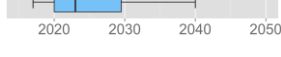
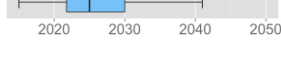

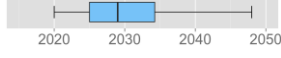
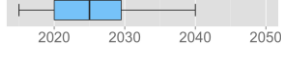
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術の実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
音声・言語処理	11	群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム(大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効)	104	13	29	59	3.34	2.80	2.56	2.49	2.93	2020	
	12	喜怒哀楽や微妙なニュアンスの違いを表現できる音声合成技術	92	11	27	62	2.98	2.93	2.36	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	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	

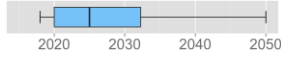
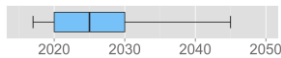

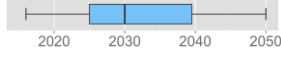
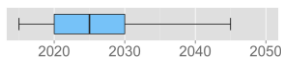
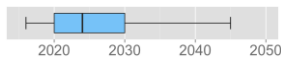
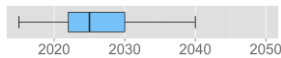
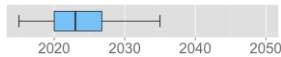
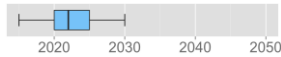

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術の実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
デジタルメディアデータベース	21	キーワード検索ではなく、状況や達成目的や社会的な評価情報を入力するだけで、情報を高適合率・高再現率で検索・推薦する技術	78	31	26	44	3.28	2.58	2.75	2.70	2.43	2020	
	22	Internet of Things(IoT)の進展により、社会に大量に配備される多種多様なセンサー群のデータを、統合して検索・分析できるシステム	88	20	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	

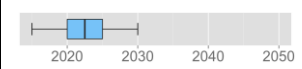
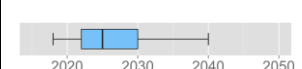


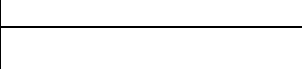
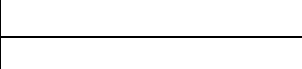
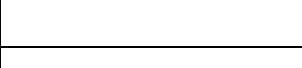



細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
ハードウェアアーキテクチャ	31	あらゆる故障に対して自己修復機能を有する耐故障型ロジック LSI	46	17	37	46	3.28	2.71	2.96	2.87	1.77	2020	
	32	ディスプレイとカメラをコンタクトレンズに内蔵したウェアラブルコンピュータ	47	4	28	68	2.78	2.58	2.61	2.64	2.93	2022	
	33	血管内を移動可能な微小な医療コンピュータシステム	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、ユーザーが輻射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	

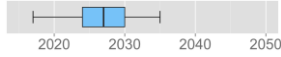
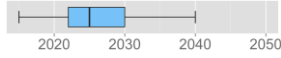

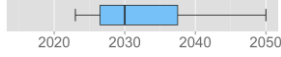
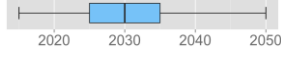
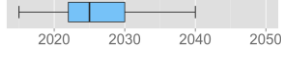
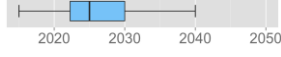


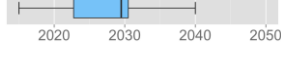
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
ソフトウェア	61	バグの発生頻度を100万行あたり1個程度以下まで抑えることを可能とするソフトウェアの開発技術	78	23	38	38	3.40	2.49	2.96	2.76	1.74	2025	
	62	ハードウェア障害や実行環境の変化が避けられない状態で、99.9999%のサービス可用性(停止時間が10年間で5分間程度)をコストを大幅に増やすことなく実現可能とするソフトウェアの開発・運用技術	68	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、遵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)	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		

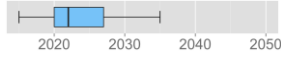
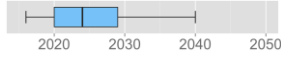
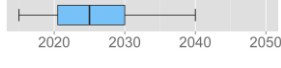
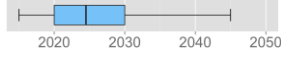
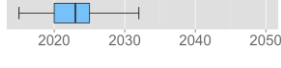
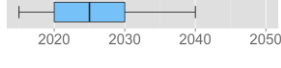
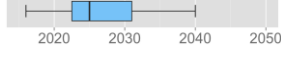
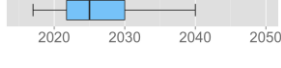
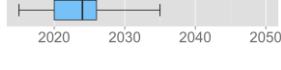

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
CPU	71	1000万~10億規模の並列性を前提とした新しい計算アルゴリズム、プログラミング手法、性能評価法(例:超スケラブルな数値アルゴリズム、通信同期削減アルゴリズム、近似や精度を落とす計算手法、上記のアルゴリズムを容易にプログラミング可能にする言語や、それらの性能モデリングおよび予測・評価手法)	145	48	24	28	3.68	2.94	2.53	2.74	1.71	2022	
	72	100万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	

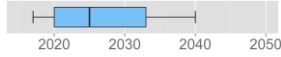
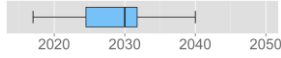
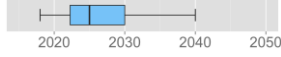
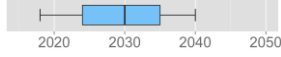
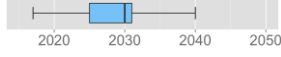

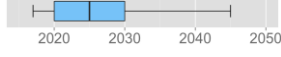

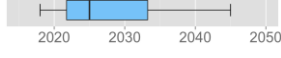
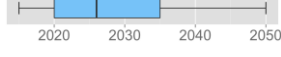
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術の実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
理論	81	バーチャルコンサルタントを実現する意思決定支援アルゴリズムの開発に向けた、データの持つ知識の構造化のモデル開拓(社会実装:パーソナライズした意思決定支援システムの実用化)	44	11	25	64	2.86	2.65	2.93	2.58	2.74	2023	
	82	文章・映像・センサデータなどの多様な表現を融合し、意味的な特異性で概念を表現した、高精度なデータ分類・組織化手法の開発(技術的実現: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	

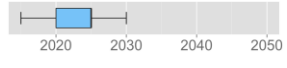
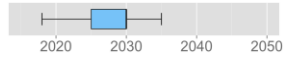
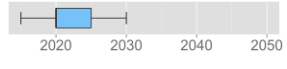
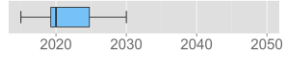
技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
9.1	22.7	50	19.4	19.4	5.6	5.6	2027		9.1	22.7	22.2	13.9	22.2	36.1	5.6	
4.8	14.3	54.3	25.7	14.3	2.9	2.9	2025		7.1	16.7	38.2	26.5	14.7	17.6	2.9	
14	36.0	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	

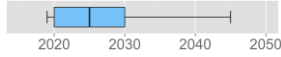
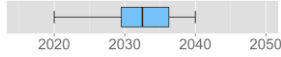
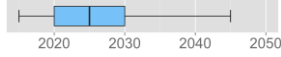
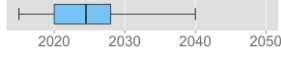
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
サイバーセキュリティ	91	攻撃者の攻撃パターンの動的変化を認識して、その攻撃に適した防御を自動的に施す技術	115	24	37	39	3.62	2.67	3.04	2.88	2.89	2020	
	92	自動車などの制御システムに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率が事実上無視できる程度に低減される)	111	16	32	51	3.63	2.86	2.65	2.59	2.77	2020	
	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	