

概要

1. 背景と目的

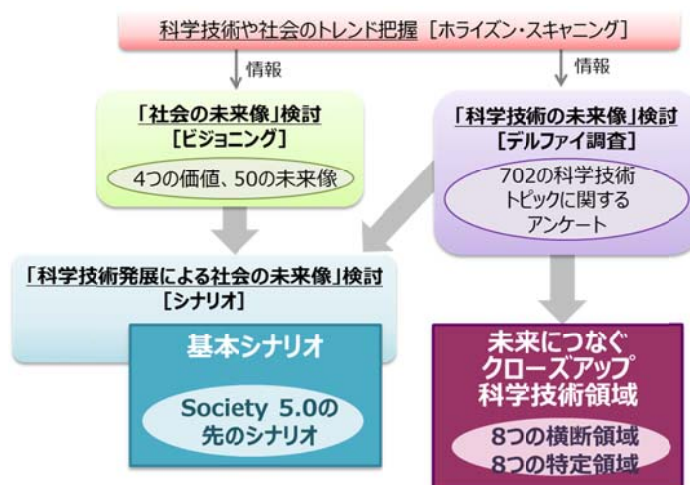
我が国では、1996年より5年毎に策定される科学技術基本計画の下、科学技術・イノベーション政策が推進されている。近年、ICT（情報通信技術）の急速な進展が社会の仕組みや人間の行動様式に大きな変化をもたらし、さらに、社会自体も国際情勢を含め先行きの不透明さを増している。このような変化の時代にあつては、科学技術の進展とそれが社会にもたらす様々な可能性、また社会の要請を中長期的な視点で幅広く捉えた上で、未来の不確実性に柔軟に対応できる政策形成が求められる。本調査は、こうした背景を踏まえ、第6期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的と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

2. 調査の枠組み

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

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

概要図表 1 調査の構成



(本編図表 2-2)

3. 各パートの概要

3.1. トレンドの把握

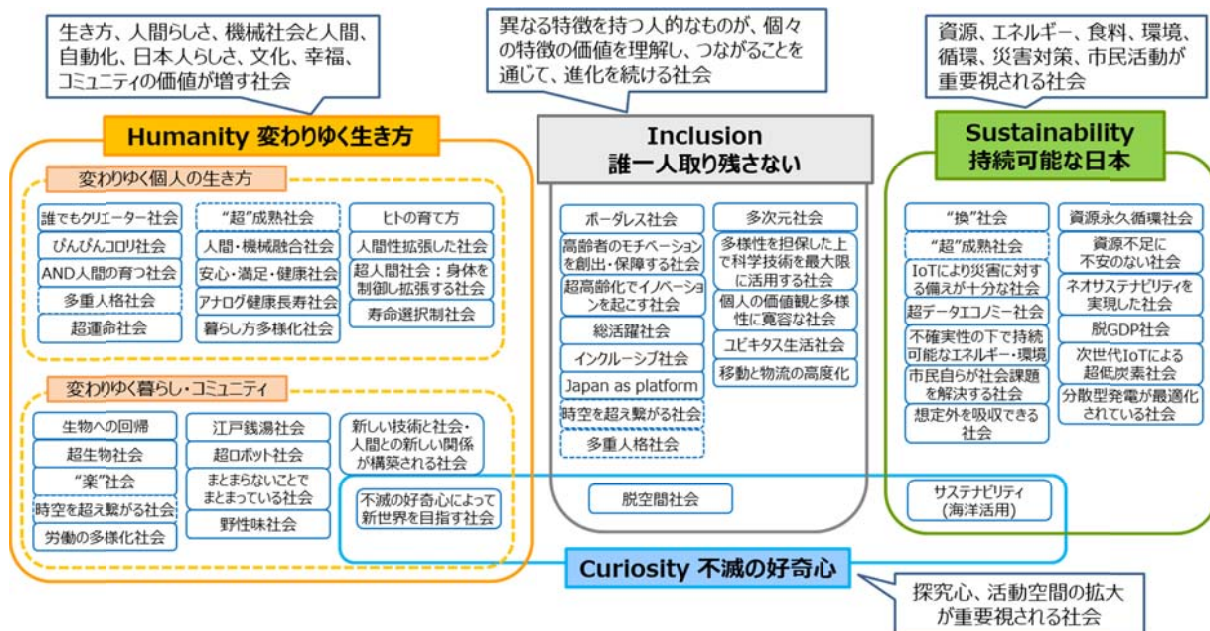
「社会の未来像」検討において望ましい社会の姿を描く際の背景情報として、また「科学技術の未来像」検討における科学技術トピック設定の際の参考情報として用いるため、既存資料等からのトレンド情報の抽出・整理を行った。収集対象とした情報は、「将来見通し」（将来展望に関する報告書・書籍等からの情報抽出）、「変化の兆し」（専門家や有識者の知見の収集）、「政策情報」（政府の戦略・計画等からの抽出）、「研究情報」（競争的資金の研究課題、研究機関のプレスリリース等の収集）である。また、別途検討を行った世界の未来像及び国内地域の未来像の検討結果を「変化の兆し」情報として活用した。

3.2. 社会の未来像

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

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

概要図表 2 50 の日本社会の未来像と 4 つの価値



(本編図表 3-5)

3.3. 科学技術の未来像

○デルファイ調査

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

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

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

各分野の概要を以下に示す。

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

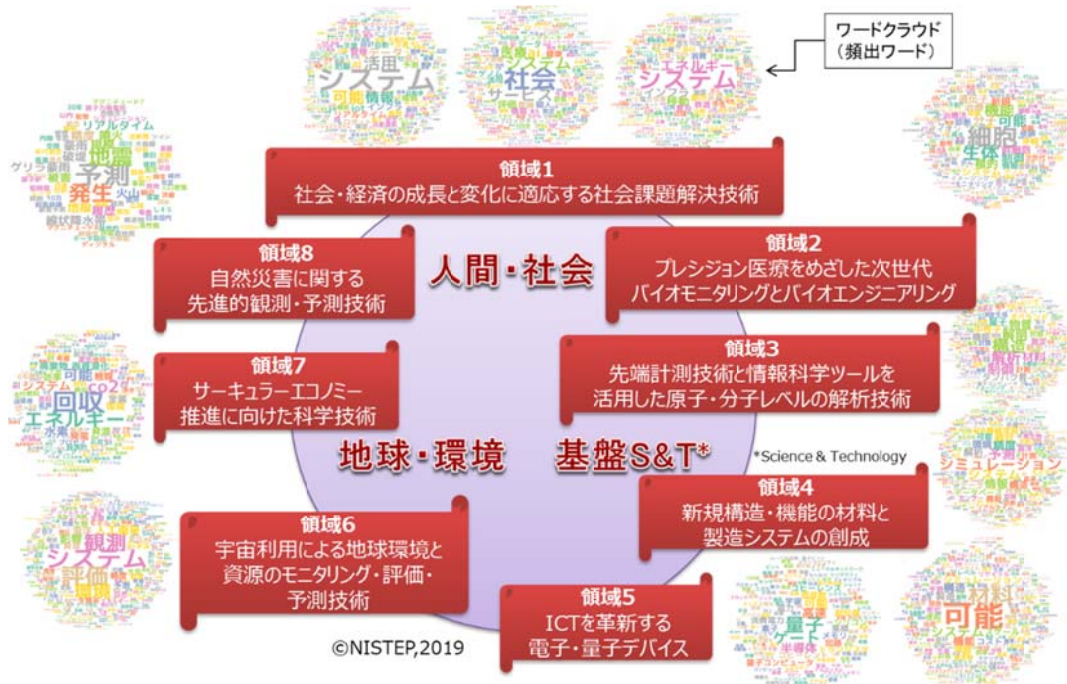
分野	項目	概要（「」括りは、各分野に設定した細目名）
	政策手段	「計算科学・データ科学」の人材育成・確保の必要性が高い。「応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）」の研究開発費・事業補助、研究基盤整備・事業環境整備の必要性が高い。「応用デバイス・システム（ライフ・バイオ分野）」の法規制の整備と ELSI 課題への対応の必要性が高い
都市・建築・土木・交通	重要度	「社会基盤施設」、「都市・環境」、「防災・減災情報」、次いで「交通システム」が高い。
	競争力	「防災・減災情報」及び「車・鉄道・船舶・航空」が高い。
	実現時期	実現が早いのは、「防災・減災情報」、「交通システム」、「国土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

○未来につなぐクローズアップ科学技術領域

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

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

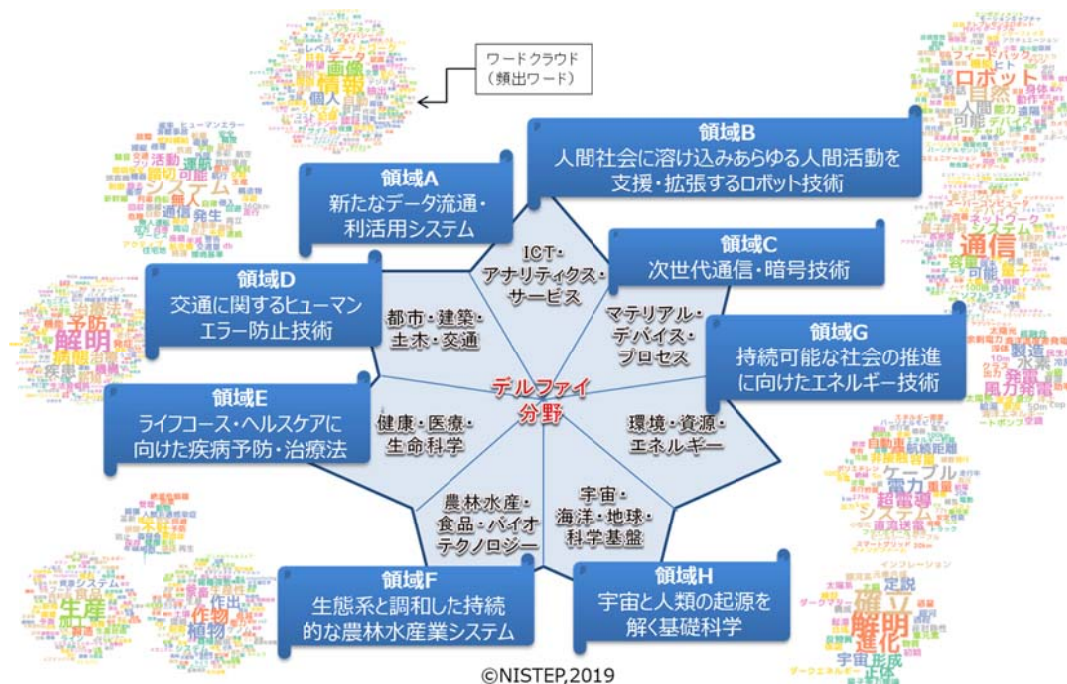
概要図表 3 分野横断・融合のポテンシャルの高い 8 領域



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

(本編図表 3-17)

概要図表 4 特定分野に軸足を置く 8 領域



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

(本編図表 3-18)

3.4. 科学技術発展による社会の未来像

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

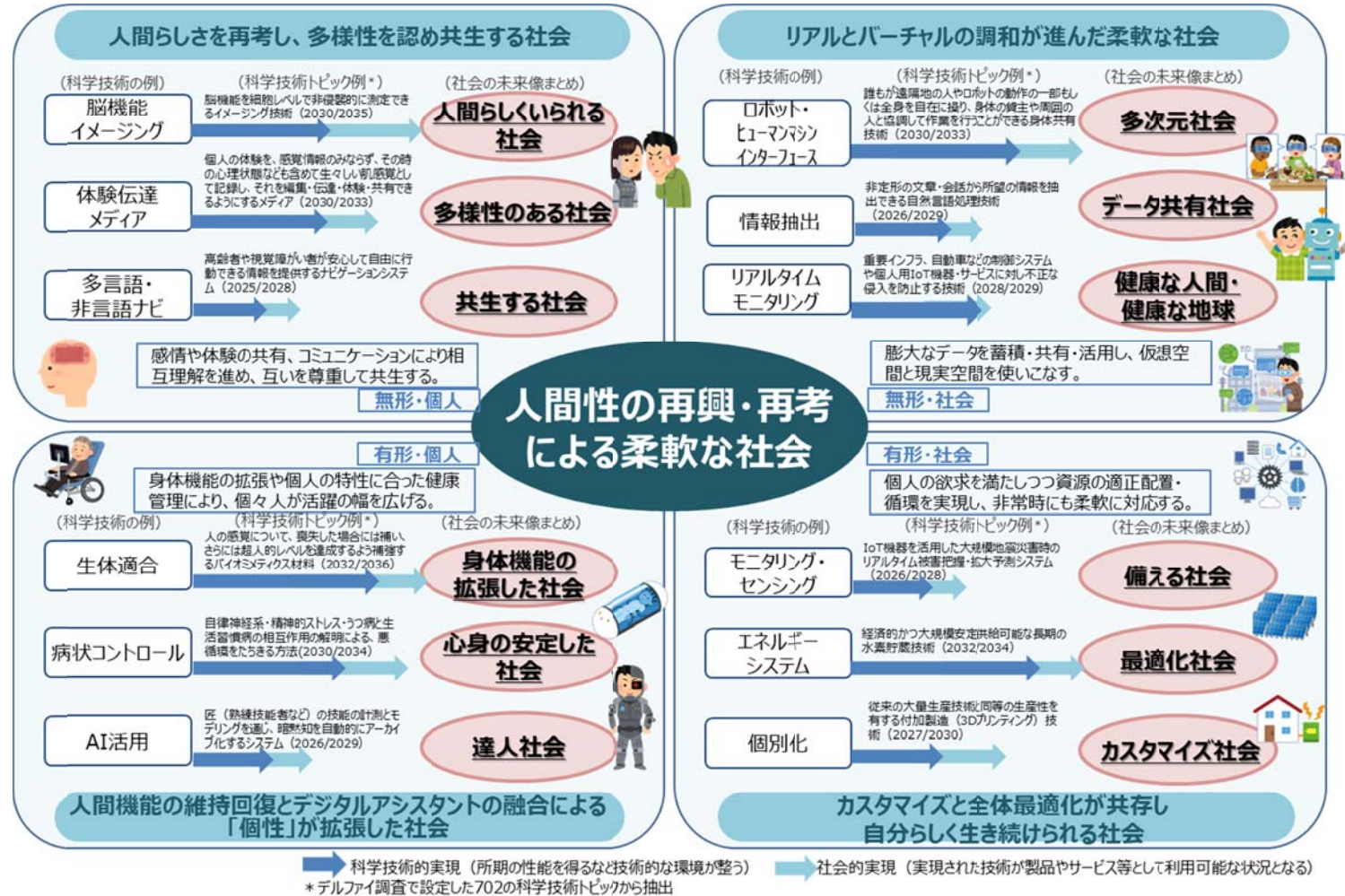
社会の未来像まとめと科学技術トピックとの紐づけの結果、健康・医療・生命科学分野、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野、環境・資源・エネルギー分野を中心に、470 の科学技術トピックが社会の未来像と関連する科学技術として抽出された。

4. まとめ

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

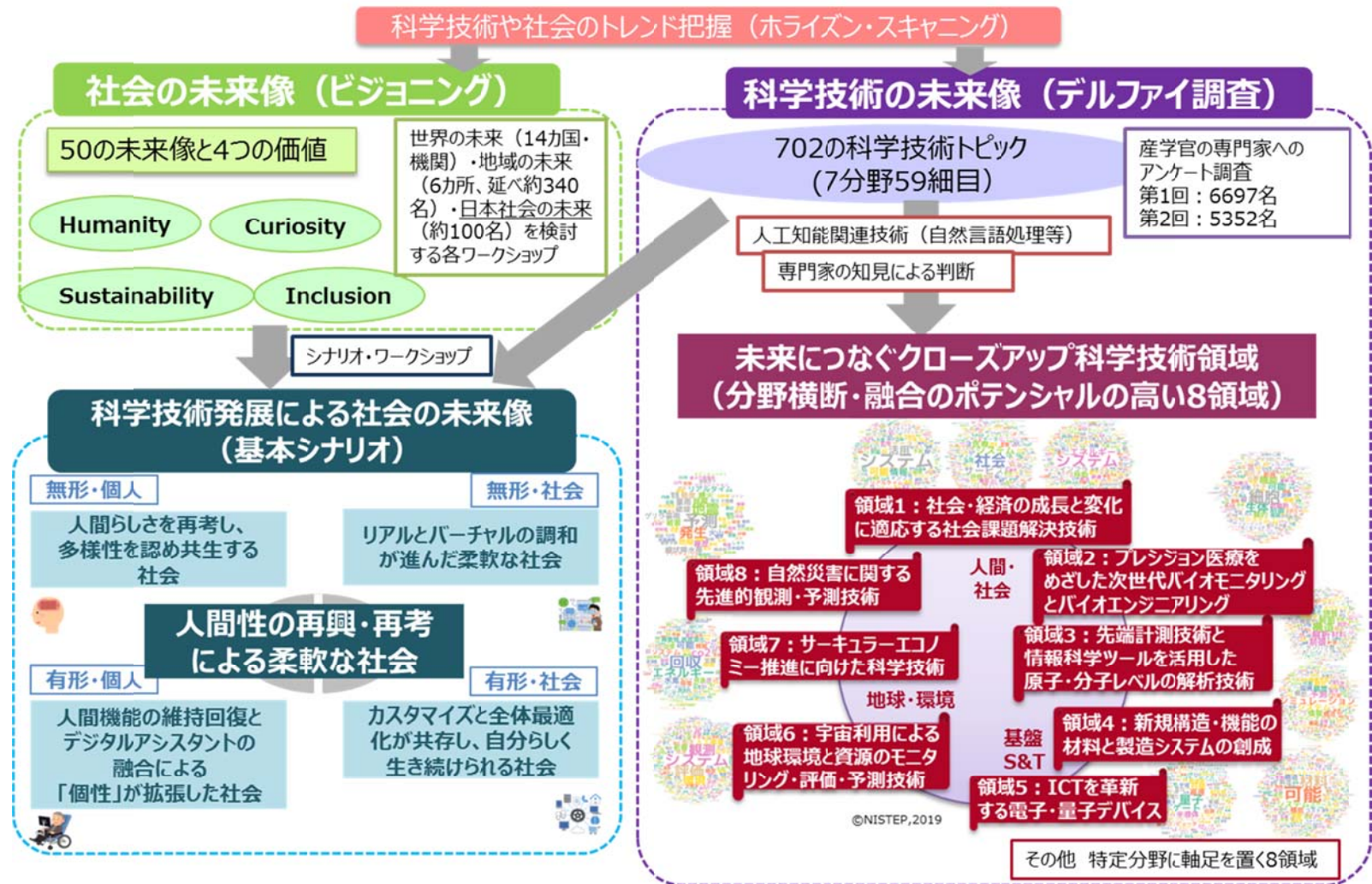
本調査は、科学技術をベースとした将来社会の検討であることから、この結果を基に、そのほかの条件設定や変化の想定を含めて発展的な議論がなされることが期待される。科学技術予測センターでは、テーマを設定して詳細な検討を行う予定である。

概要図表 5 基本シナリオの概要



xi

概要図表 6 調査の全体像



x