

ほらいずん

# ST Foresight 2019 (速報版) の概要

## — 人間性の再興・再考による柔軟な社会を目指して —

科学技術予測センター センター長 横尾 淑子、上席フェロー 赤池 伸一

### 【概要】

科学技術予測センターでは、科学技術基本計画など科学技術イノベーション政策の検討に資することを目的に第11回科学技術予測調査を実施しており、2019年秋に最終結果報告を予定している。本稿では、これに先立ち7月に公表した速報版について概要を示す。

本調査は、2040年をターゲットイヤーに見据え、社会の未来像と科学技術の未来像を検討し、それらを統合して科学技術発展による社会の未来像を描くものである。社会の未来像検討では、専門家による分野融合的なワークショップにより50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では、702の科学技術トピックを設定し、約5,300名の専門家の見解を収集した。また、これらの科学技術トピックを自然言語処理によりクラスタリングした結果を基に分野の枠を超えた専門家の議論を経て、推進すべき16領域を抽出・選定した。これらを踏まえ、社会の未来像と科学技術の未来像を統合して目指す社会の姿を描き、「人間性の再興・再考による柔軟な社会」としてまとめた。

キーワード：科学技術予測，ワークショップ，デルファイ，分野横断，シナリオ

### 1. はじめに

科学技術予測センターでは、科学技術基本計画など科学技術イノベーション政策の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的として、「科学技術予測調査」をおよそ5年ごとに実施<sup>1)</sup>している。2017年には11回目となる調査を開始した。

前回調査(第10回)では、「ビジョン」「将来科学技術」「シナリオ」の3部構成で検討を行った。一連の検討を通じて、科学技術や社会の急速な変化をいち早く捉え対応することが今後の課題として挙げられた。そこで、第11回科学技術予測調査(以下、「本調査」という)では、前回調査の構成を踏まえつつも、変化の兆しを把握する工程を取り入れ、併せて科学技術と社会との関係性により留意した設計とした。2019年秋に調査報告を取りまとめる予定であるが、これに先立ち7月に速報版<sup>2)</sup>を公表した。図表1にその概要を示す。

本調査の特徴は、ICTの積極的な活用と多様なス

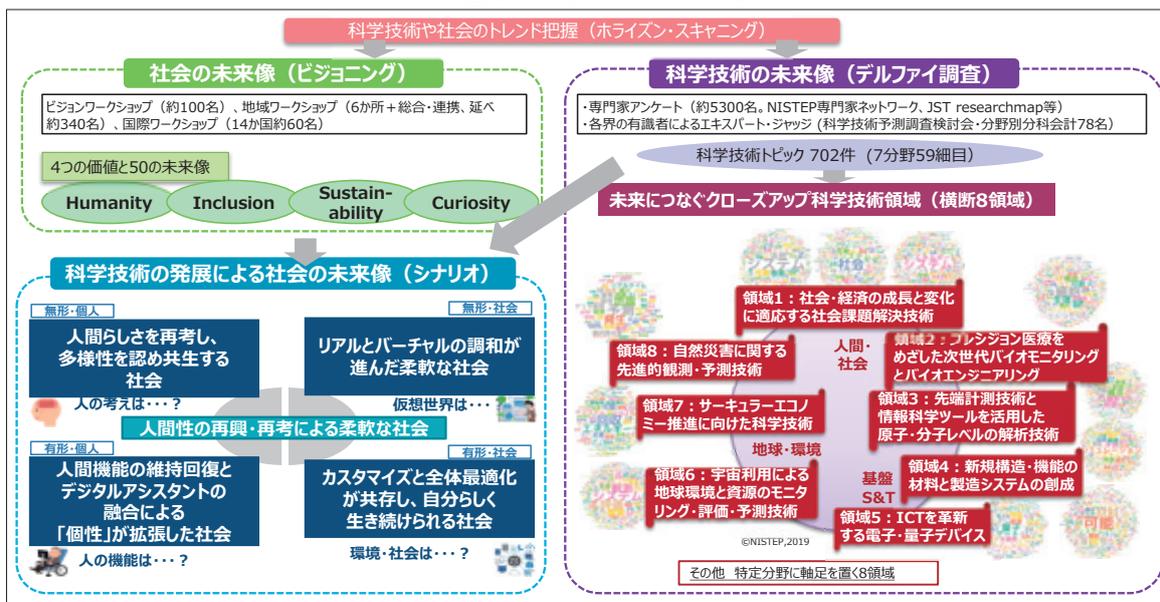
テークホルダーの参画である。具体的には、ICTを活用して、変化の兆しに関する情報収集を行うとともに、既存の分野の枠にとらわれない調査・分析を試みた。また、様々なバックグラウンドの参加者によるグループ討論を行い、複雑な科学技術と社会の関係性を捉えることを試みた。

### 2. 調査の枠組み

#### 2-1 基本方針

本調査は、科学技術の発展による社会の未来像を検討するものである。社会の未来像検討の視点には、国家レベルでは産業、労働、社会保障、教育、医療、交通、食料、エネルギー、安全保障など様々な視点が考えられ、また、国際的にはSDGsや地球環境などの視点があり得る。科学技術はそれぞれの未来像実現に様々なレベルで関与するが、いずれも科学技術以外の要素の議論が不可欠である。本調査は、社会の未来像の中で科学技術が貢献する部分に焦点を当てたものであり、

図表 1 速報版の全体概要



産学官の様々な場で行われている未来像を描く取組<sup>3)</sup>の中で各々の目的に応じデータが活用されることで補完的な役割を果たすことを意図したものである。

## 2-2 調査の構成

本調査は、図表 1 に示すように、科学技術や社会のトレンド把握（ホライズン・スキャンニング）、社会の未来像検討（ビジョニング）、科学技術の未来像検討（デルファイ調査）、科学技術の発展による社会の未来像検討（シナリオ）から構成される。

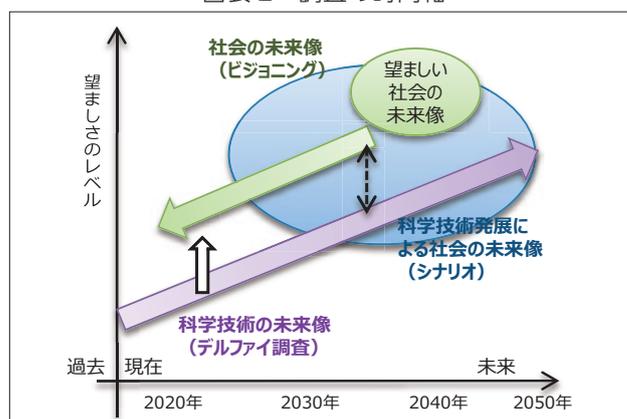
「科学技術や社会のトレンド把握」では、科学技術や社会のトレンドや変化の兆しを収集し、「社会の未来像検討」及び「科学技術の未来像検討」に提供した。「社会の未来像検討」では、ワークショップ形式で 2040 年に目指す社会の姿を検討した。「科学技術の未来像検討」では、実現が期待される 702 の科学技術トピック（以下、「トピック」という）について多数の専門家の見解を収集した。あわせて、類似するトピックをグループ化し、分野の枠を超えて推進すべき領域である「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」を選定した。「科学技術の発展による社会の未来像検討」では、「社会の未来像検討」で得られた 50 の未来像と「科学技術の未来像検討」で得られた 702 のトピックを統合して社会変化の基本的な方向性（以下、「基本シナリオ」という）についてまとめた。

## 2-3 調査の時間軸

本調査の時間軸を図表 2 に示す。将来展望の期間は 2050 年までの約 30 年間、社会の未来像を描くターゲットイヤーは 2040 年、と設定した。

この時間軸の下で、ありたい社会の実現に向けてど

図表 2 調査の時間軸



のような科学技術が必要かを考えること（ここでは「バックキャスト」という）と科学技術がどのように発展し、社会に何をもたらすのかを考えること（ここでは「フォーキャスト」という）の双方向からの検討を行った。

## 3. 検討結果

### 3-1 科学技術や社会のトレンド把握

文献調査、専門家・有識者からの情報収集、及びクローリングにより、科学技術や社会の最新トレンド情報を収集・整理し、社会の未来像や科学技術の未来像の議論に供した。図表 3 に情報の種類と情報源を示す。

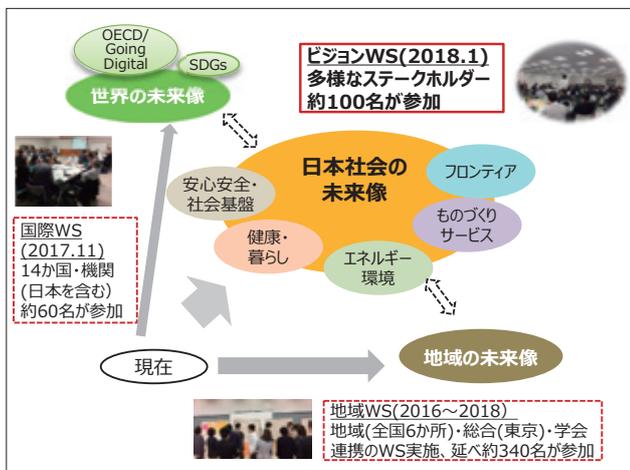
### 3-2 社会の未来像

社会の未来像の検討においては、図表 4 に示すように、世界の未来像と地域の未来像を参照しつつ、日本社会の未来像を描出するアプローチを採った。世界

図表 3 収集した情報

種類	情報源	提供先
トレンド情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>既往文献や政策文書からトレンドを抽出。</li> <li>国際 WS (図表 4 参照) 参加者から情報を収集。</li> </ul>	社会の未来像
きざしストーリー	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビジョン WS (図表 4 参照) 参加者から科学技術の新しい動きを収集。</li> </ul>	
研究情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>KAKEN から関連課題を抽出。</li> <li>クローリングにより、関連する科研費以外の外部資金の課題を抽出。</li> <li>クローリングにより、大学等からのプレスリリースを収集。</li> </ul>	科学技術の未来像
ファンディング情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>クローリングにより、関連するファンディングの件数及び予算額を推計。</li> <li>クローリングにより、関連する審議会等の情報を収集。</li> </ul>	

図表 4 社会の未来像の検討方法



の未来像については、14 か国・国際機関約 60 名の参加によるワークショップ、地域の未来像については 6 地域のべ約 340 名の参加によるワークショップにおいて議論を行った。続く日本社会の未来像の検討では、人文・社会科学者や若手研究者など多様な専門家・有識者約 100 名によるワークショップを開催して議論を行った。

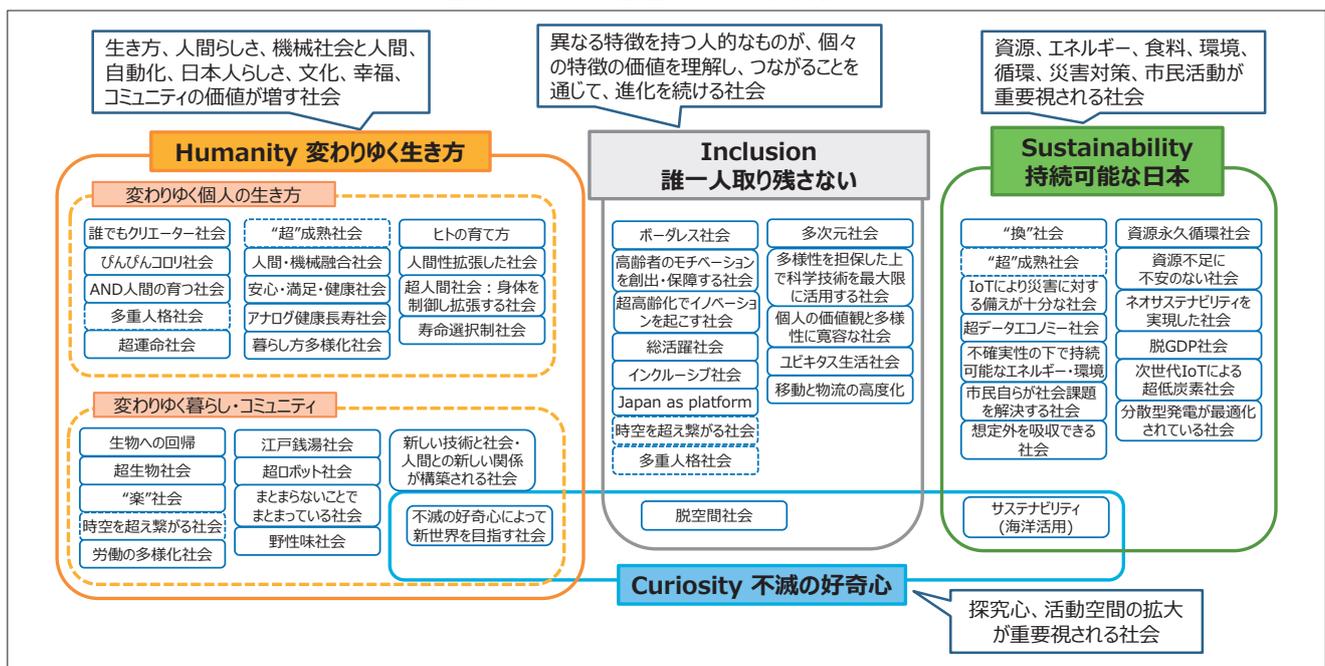
図表 5 に検討結果を示す。10 グループから 50 の未来像が提案され、その中から未来社会において重視すべき事柄として 4 つの価値が抽出された。Humanity の下では、AI やロボットなど機械と人間が共存する中で、人間らしさや人間同士の新しいつながりに価値を見いだす社会が描かれた。Inclusion の下では、人間も機械も各々の特徴を生かして有機的につながることにより進化する社会が描かれた。Sustainability の下では、エネルギー制約、食料需給、地球規模の環境など、様々な課題への対応が進んだ持続可能な社会が描かれた。Curiosity の下では、探求心・好奇心が十分に発揮される社会が描かれた。詳細は、報告書<sup>4)</sup> 及び本誌記事<sup>5)</sup> を参照されたい。

### 3-3 科学技術の未来像

#### (1) 専門家アンケート

科学技術の未来像検討のため、デルファイ法による専門家アンケート<sup>注</sup>を実施した。具体的には、計 74

図表 5 4 つの価値と 50 の未来像



注 回答を取れんさせるため、同一回答者に同一設問を繰り返すアンケート (本調査では 2 回繰り返す)。2 回目には、1 回目の集計結果を提示し再考を求める。

名の委員から成る分野別分科会での検討を経て7分野計702のトピックを設定し、2019年2月～6月に、トピックの重要度や実現見通し等に関するウェブアンケートを実施した。最終回答者は、5,352名である。実施に当たっては、関係機関の協力を得て幅広い回答者群を設定するとともに、回答しやすさに配慮してアンケートサイト上でのトピックの一覧性を高めた。

アンケート結果例として、重要度が高いトピックを図表6に示す。災害関連、人口減・高齢化対応など、今後深刻化すると見込まれる社会的な課題への対応

を図るトピックが多く挙げられている。

(2) 未来につながるクローズアップ科学技術領域

分野の枠を超えて今後推進すべき研究開発領域を抽出するため、702のトピックを基にした新興・融合領域の検討を行った。具体的には、自然言語処理により類似トピックをクラスタリングし、専門家の議論・判断を経て、分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域並びに特定分野に軸足を置く8領域を選定した。

図表7に分野横断・融合のポテンシャルの高い8

図表6 重要度の高いトピック (各分野上位3件)

分野	科学技術トピック
健康・医療・生命科学	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法
	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法
	病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化とAI導入
農林水産・食品・バイオテクノロジー	人間を代替する農業ロボット
	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・長時間解像度気象予測と災害リスク評価システム
	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術
環境・資源・エネルギー	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池
	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術
	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストのMW規模二次電池
ICT・アナリティクス・サービス	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善するAI、IoT、ロボット等技術
	重要インフラ、自動車などの制御システムや個人用IoT機器・サービスに対し不正な侵入を防止する技術
	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術
マテリアル・デバイス・プロセス	エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上の性能をもつ高容量高出力電池
	体内情報をモニタリングするウェアラブルデバイス
	変換効率50%を超える太陽電池
都市・建築・土木・交通	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術
	詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術
	IoT機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム
宇宙・海洋・地球・科学基盤	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうな火山を見出すための切迫度評価
	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、降雪等を予測する技術
	日本国内での軟X線向け高輝度放射光施設整備およびその利用

図表7 分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域

- 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
- 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がる科学技術領域
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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<sub>2</sub>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
- 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

領域の概要を示す。これらは、社会課題解決に資する領域と基盤的・共通的な領域とに二分され、社会の未来像の検討で抽出された内容との重複も多く見られる。図表 8 には、分野横断性は低いが高重要性が高いと判断された 8 領域を示す。詳細は、報告書<sup>6)</sup> 及び本誌記事<sup>7)</sup> を参照されたい。

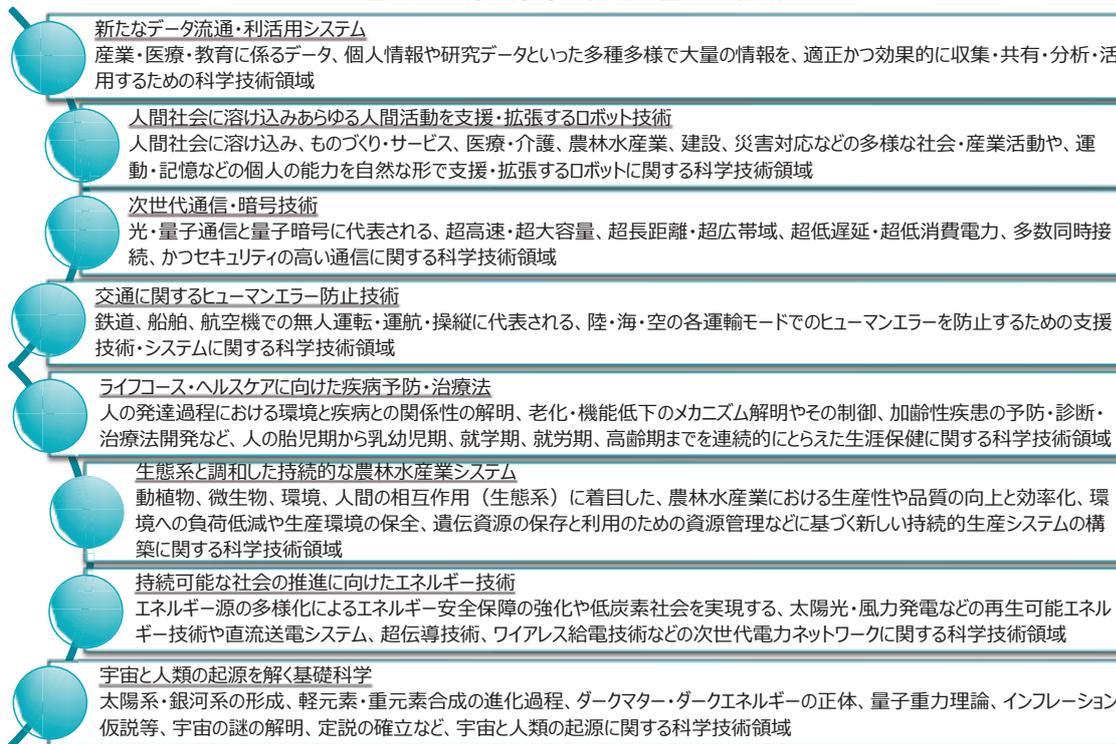
### 3-4 科学技術の発展による社会の未来像

「社会の未来像検討」で得られた 50 の未来像と「科学技術の未来像検討」で設定した 702 のトピックを基に、科学技術発展による社会の未来像を描く「基本

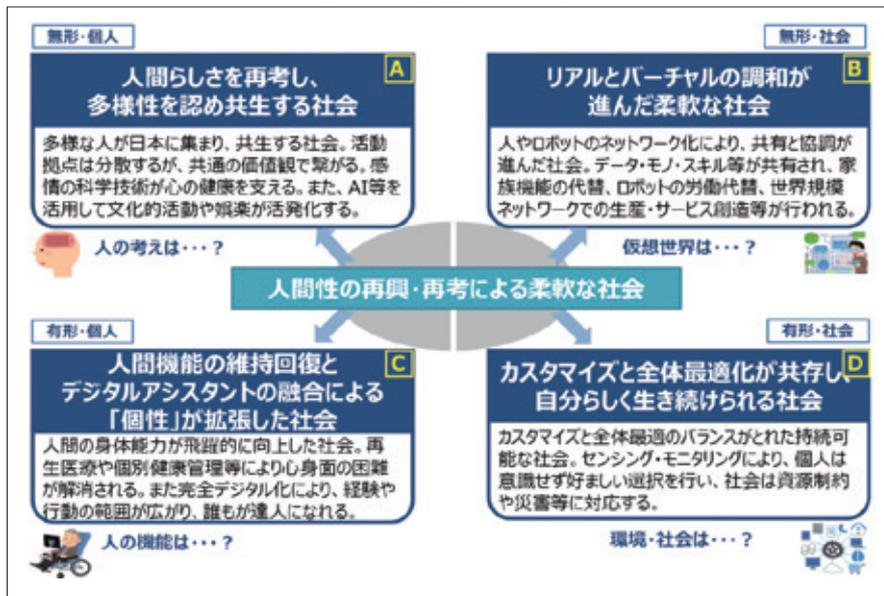
シナリオ」を作成した。「基本シナリオ」は、目指す社会の姿、関連する科学技術トピック群、並びに望ましい社会を実現するに当たっての留意点から構成される。

まず、二つの軸（無形・有形、個人・社会）を設定し、50 の未来像を 4 グループに分類・整理した。「社会の未来像検討」あるいは「科学技術の未来像検討」に参加した専門家・有識者 22 名によるワークショップを開催し、科学技術起点の発想と社会起点の発想を統合させる試みを行った。図表 9 に目指す社会の姿を示す。

図表 8 特定分野に軸足を置く 8 領域



図表 9 目指す社会の姿



一連の議論の結果、2040年に目指す社会は、人間を中心に据え、様々な変化に対応できる「人間性の再興・再考による柔軟な社会」とまとめられた。これは、「人間はより良い在り方を模索して自分らしく生きる、社会は多様な人間が緩やかにつながり共生する環境を提供する、そして科学技術は、人間や社会の営みに優しく寄り添い支える」社会である。詳細は、本誌記事<sup>8)</sup>を参照されたい。

#### 4. 今後に向けて

科学技術の急速な発展、政治・経済情勢の不透明性の増大など、将来の不確実性の高まりを受け、社会の未来について様々な議論が行われている。また科学技術・イノベーション政策においては、将来的に主流となる可能性のある新領域探索への期待も大きい。本調査では、科学技術に視点を置き、専門家の想

定による平均的な未来像について検討を行った。本調査の結果を基に、関係者により発展的な議論がなされることが期待される。

当センターでは、アンケート結果の詳細分析や専門家の見解等を加え、2019年秋に報告書を取りまとめる予定である。また、公表済みのビジョンワークショップ報告<sup>4)</sup>、クローズアップ科学技術領域方法論<sup>6)</sup>に続き、デルファイ調査、クローズアップ科学技術領域の内容分析、基本シナリオについて取りまとめることとしている。あわせて、関連する詳細分析や方法論も適宜取りまとめる予定である。

また今後の調査として、「基本シナリオ」と「未来につながるクローズアップ科学技術領域」の関係性を踏まえ各論に関するテーマを設定し、科学技術発展による社会の未来像について深掘りすることを検討していく。

#### 参考文献・資料

- 1) 科学技術・学術政策研究所の研究領域「科学技術予測・科学技術動向」ページ；  
<https://www.nistep.go.jp/research/science-and-technology-foresight-and-science-and-technology-trends>
- 2) 科学技術予測センター、「第11回科学技術予測調査 ST Foresight 2019 (速報版)」(2019年7月)；  
<http://doi.org/10.15108/stfc.foresight11.101>
- 3) 例えば、経済団体連合会「Society 5.0 -ともに創造する未来-」、経済同友会「Japan 2.0」、日立製作所(シリーズ-未来を創る- 日立京大ラボの描く未来、STI Horizon Vol.5 No.2 (2019年6月)： <http://doi.org/10.15108/stih.00174>)、理化学研究所(シリーズ-未来を創る- 理化学研究所 未来戦略室のイノベーションデザイン、STI Horizon Vol.5 No.1 (2019年3月)： <http://doi.org/10.15108/stih.00165>)、総務省「未来をつかむTECH戦略」、経済産業省「新産業構造ビジョン」など。
- 4) 科学技術予測センター、「第11回科学技術予測調査 2040年に目指す社会の検討(ワークショップ報告)」、調査資料No.276 (2018年9月)；<http://doi.org/10.15108/rm276>
- 5) 矢野幸子、「2040年の科学技術と社会について考える~ビジョンワークショップ開催報告~」、STI Horizon Vol.4 No.2 (2018年5月)；<http://doi.org/10.15108/stih.00125>
- 6) 重茂浩美・蒲生秀典・小柴等、「第11回科学技術予測調査 [3-1] 未来につながるクローズアップ科学技術領域-AI関連技術とエキスパートジャッジの組み合わせによる抽出の試み」、DISCUSSION PAPER No.172 (2019年7月)；  
<http://doi.org/10.15108/dp172>
- 7) 蒲生秀典・小柴等・重茂浩美、「未来につながるクローズアップ科学技術領域-AI関連技術とエキスパートジャッジを組み合わせた抽出」、STI Horizon Vol.5 No.3 (2019年9月)；<https://doi.org/10.15108/stih.00179>
- 8) 黒木優太郎・河岡将行、「基本シナリオ-科学技術の発展により目指す社会の姿-」、STI Horizon Vol.5 No.3 (2019年9月)；<https://doi.org/10.15108/stih.00186>