



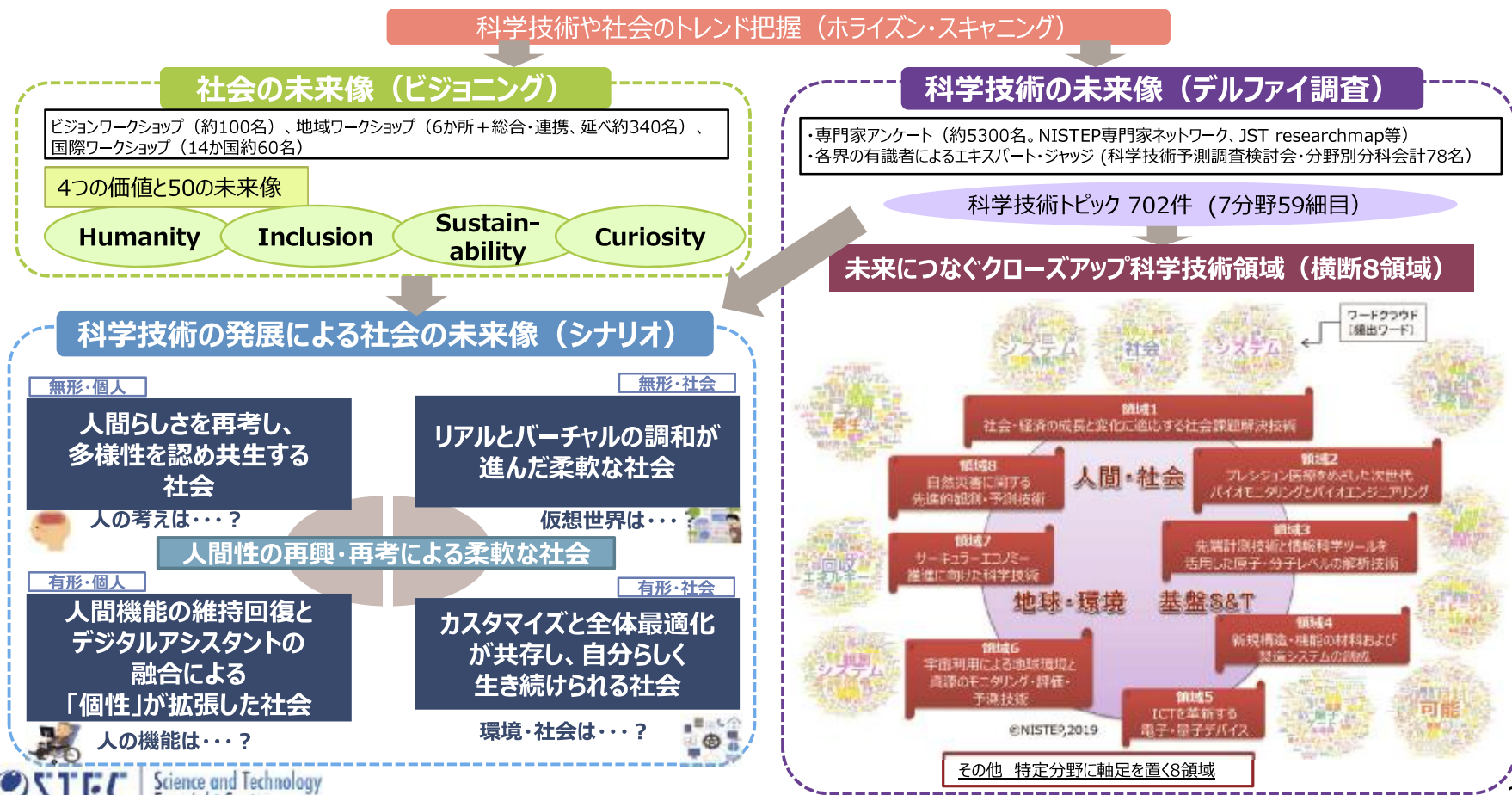
第11回科学技術予測調査  
**ST Foresight 2019 (速報版)**  
—「人間性の再興・再考による柔軟な社会」を目指して—

2019年7月

文部科学省科学技術・学術政策研究所  
科学技術予測センター

## ST Foresight 2019 (速報版)

- 次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立案のための基礎的な情報を提供することを目的として実施。1971年から約5年毎に実施、今回は11回目の調査。
- 科学技術の未来像と社会の未来像を描き、それらを統合して、科学技術の発展による社会の未来像を描く。
- ターゲットイヤーは2040年（調査としては2050年までを展望）。
- AI関連技術等のICTを情報収集・分析に積極的に活用（自然言語処理など）。





## 調査の枠組み

- 次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立案の議論のため、基礎的な情報を提供することを目的として実施。
- 専門家の知見を集約し、科学技術の発展による社会の未来像を描く。
- 科学技術予測調査は1971年から約5年毎に実施、今回は11回目の調査。

## ◆ 調査の目的

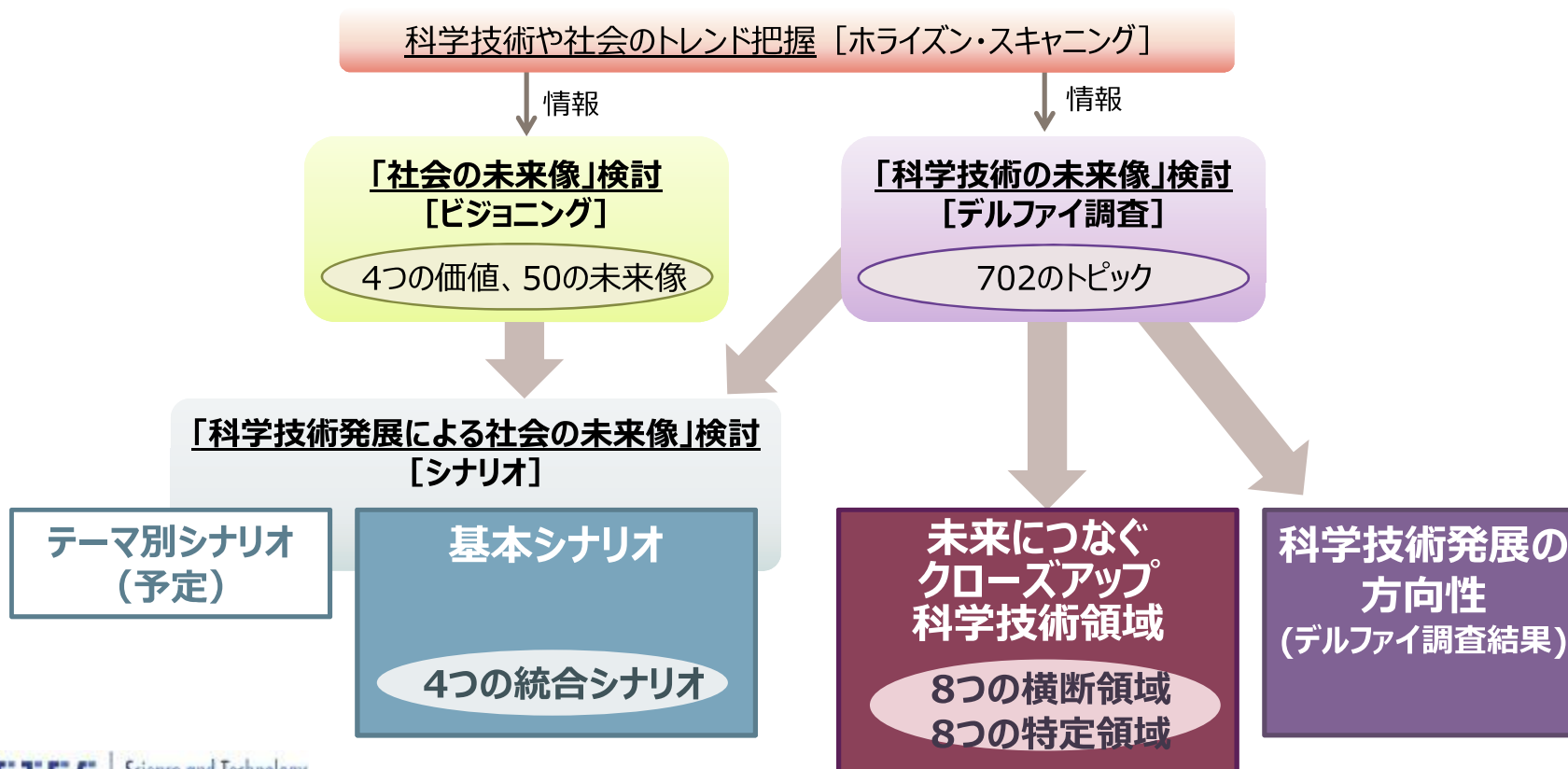
- 次期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション戦略・政策立案の議論のため、基礎的な情報を提供
- 将来の社会や科学技術イノベーションを議論するためのプラットフォームを提供

## ◆ 特徴

- ICTの活用  
プレスリリーススクローリング、関連データの自動収集など
- 多様なステークホルダーの参画
- NISTEP調査研究成果の活用  
サイエンスマップなど
- 関係機関による調査研究成果の活用  
JST-CRDS俯瞰報告書など
- 関係機関やプログラムとの連携  
JST、SciREXなど

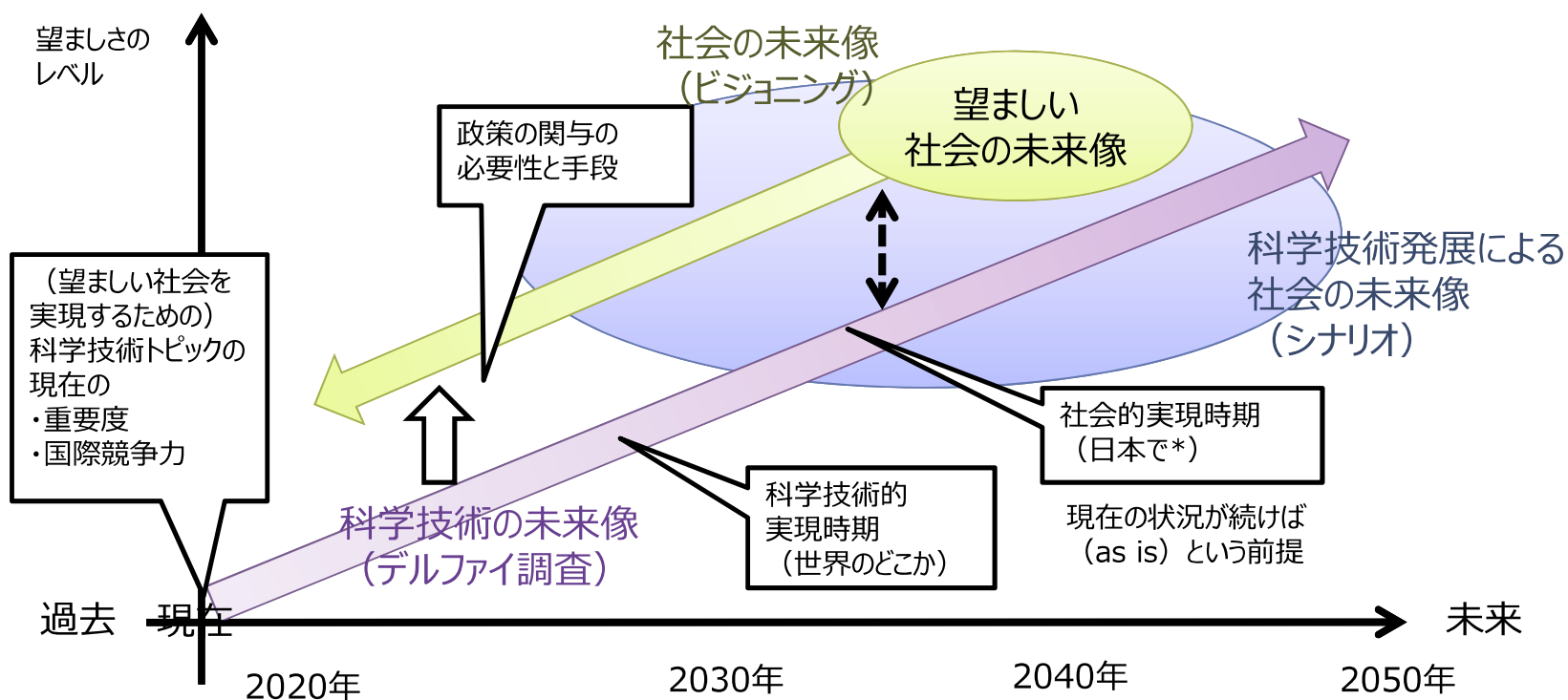


- ホライズン・スキャンニング、ビジョニング、デルファイ調査、シナリオの4部構成。
- 科学技術の未来像と社会の未来像を並行して検討、それらを統合して科学技術発展による社会の未来像を検討。



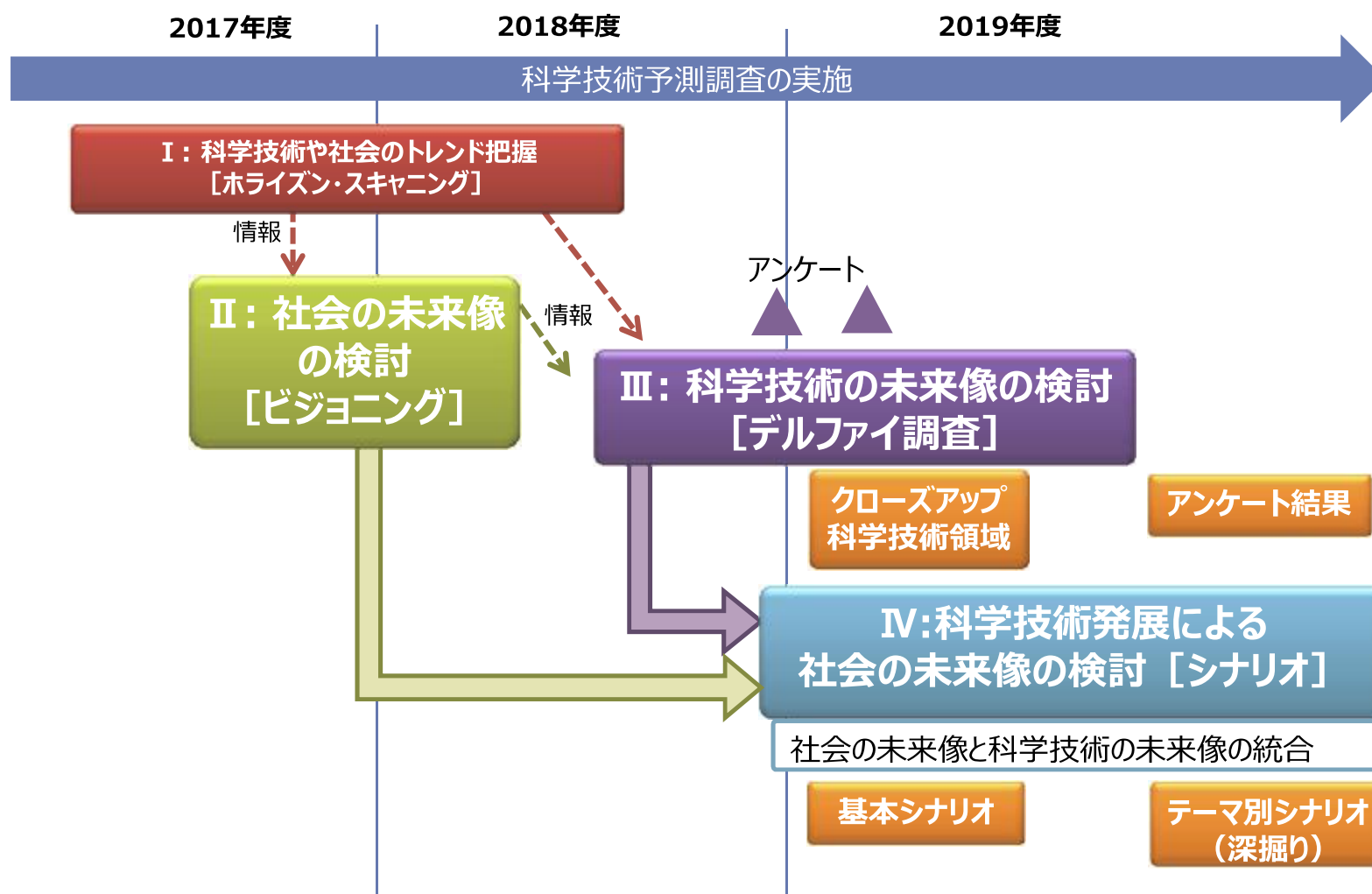
## 調査の時間軸

- 2040年をターゲットイヤーとし、2050年までを展望。
- バックキャストとフォーキャストの2方向から検討。



\*「日本で」には、日本が主体となって行う国際的な活動により実現する場合を含む。

# 調査のスケジュール

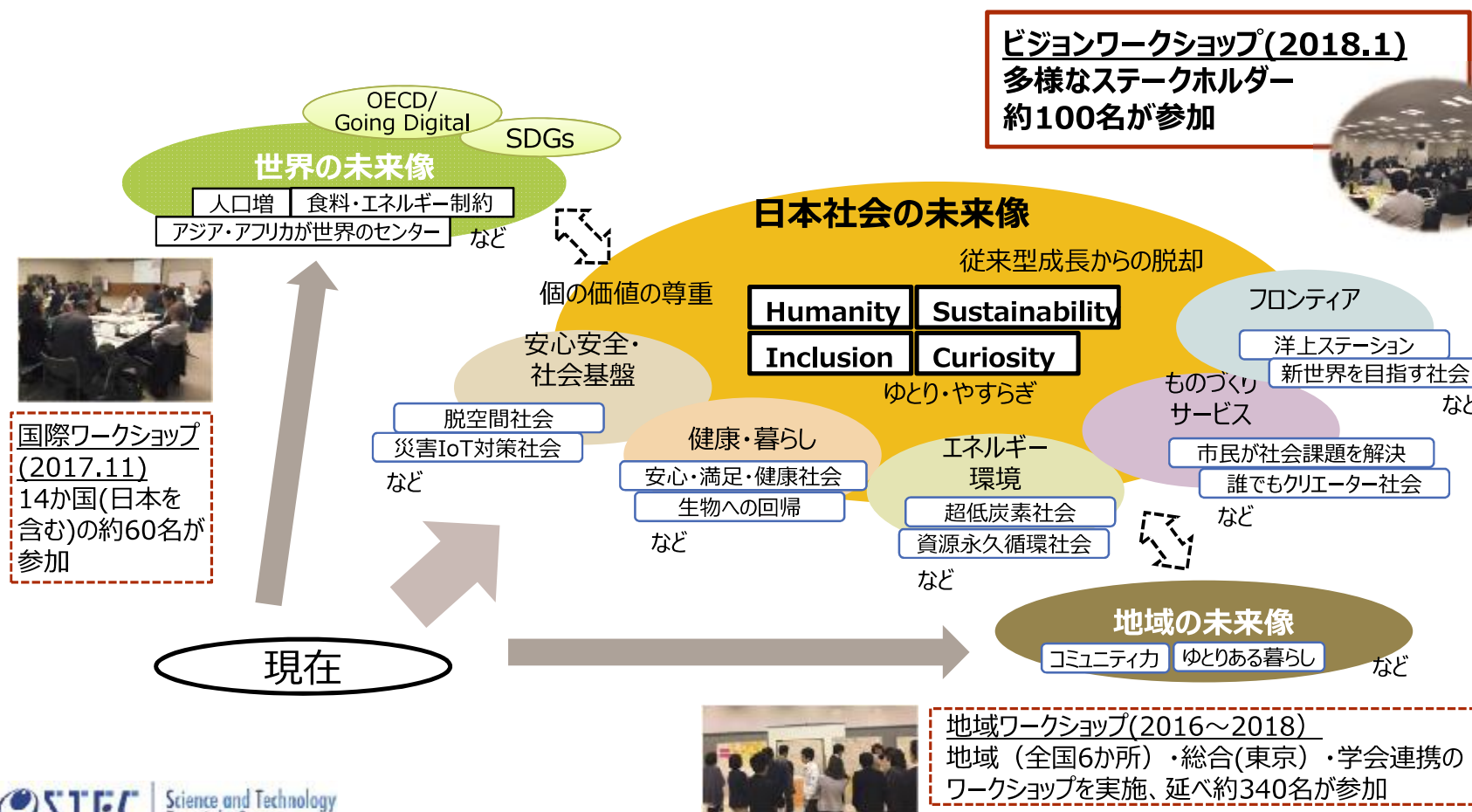




## 「社会の未来像」検討 (ビジョニング)



- 科学技術や社会のトレンドを踏まえ、2040年に目指す社会像を得ることを目的として実施。
- 多様なステークホルダーの参加によるビジョンワークショップを開催。世界の未来像及び地域の未来像も参照し、日本社会の未来像を検討。



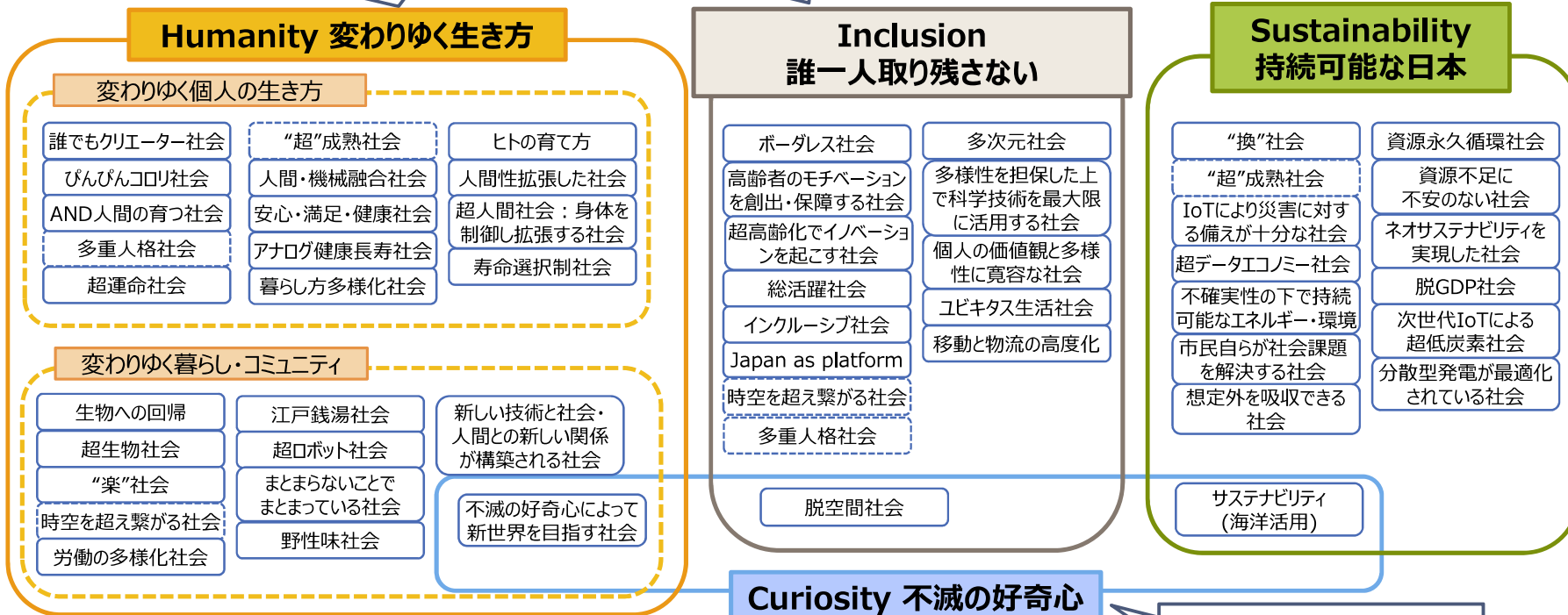
# 社会の未来像： 4つの価値と50の未来像

- ビジョンワークショップ結果を基に、50の日本社会の未来像を取りまとめ。
- 未来像を4つの価値（Humanity / Inclusion / Sustainability / Curiosity）に集約。

生き方、人間らしさ、機械社会と人間、自動化、日本人らしさ、文化、幸福、コミュニティの価値が増す社会

異なる特徴を持つ人的なものが、個々の特徴の価値を理解し、つながることを通じて、進化を続ける社会

資源、エネルギー、食料、環境、循環、災害対策、市民活動が重要視される社会



## Humanity 変わりゆく生き方

### 変わりゆく個人の生き方

**誰でもクリエイター社会**  
複数の仕事をこなし、限界削減費用ゼロのサービスと最低限の生活を営む。データ等のやりとりで個人が欲しいものをリーズナブルに製造する。

**びびんコロリ社会**  
個人に対応した医療やウェアラブル健康センサにより、予防的な医療が進展する。それにより健康寿命が延伸し、入院や病死の概念がなくなる。

**AND人間の育つ社会**  
リアルとバーチャルの両方の体験を有する「AND人間」が育つ。

**多重人格社会**  
バーチャル空間の拡張を通じて人格が複数存在するようになり、それらを使い分ける社会となる。また、所属する国や組織も複数になる。

**超運命社会**  
身体拡張によりハンディキャップを克服するとともに、寿命という定めにも挑戦する。

**“超”成熟社会**  
社会の仕組みと人の行動様式が大きく変化する。単純重労働からの解放、健康寿命の延伸、自由時間の拡大が起こる。

**人間と機械が融合する社会**  
脳神経と外部データの接続や脳へのチップ埋込みなどにより、人間の能力を飛躍的に向上する。知的活動や感情面において機械が人間の役割をスムーズに行う。

**安心・満足・健康社会**  
予防医学のアプローチが進展する。脳機の解明、健康状態モニタリング、早期診断、治療技術の発達により、自立して暮らす。

**アナログ健康長寿社会**  
世代を超えた小さいコミュニティが受け皿となる。健康管理は自宅健康診断で行われ、健康な人にはインセンティブが与えられる。

**暮らし方多様化社会**  
職業も居住地も多様化する。人生二毛作時代となり、マルチトラック社会となる。

**ヒトの育て方**  
AIと共存する教育や様々な変化に対応できる教育がなされる。地域の大学がより身近な存在となり、知識の再分配が図られる。

**人間性の拡張した社会**  
データを知識化できる人・組織に富が集中する。一方、「リアル」、「切り離されていること」にも価値が見出される。VR・AR・AIをベースとした新しい生きがい社会が生まれ、自由を獲得することを最上位の目的とする。

**超人間社会：**  
**身体を制御し拡張する社会**  
人間生来の機能を良好に維持すると共に、生来の機能を超越する技術融合が起こる。自分の状態を把握でき、苦痛を伴う運動や生活習慣改善が不要になる。

**寿命選択制社会**  
生体計測技術の進歩や遺伝子への工学的操作により、人が自らの自由意思で自らの寿命を事前を選択し、それに従い生涯を全う。

### 変わりゆく暮らし・コミュニティ

**生物 (リアリティ) への回帰**  
AIの進展の中でリアルの価値が高まるとともに、地域の自立、地域資源の見直し、自然回帰が改めて注目される。

**超生物社会**  
“AI格”が付与されるが、人間>AIの関係性は確保される。VR/AR空間での生活時間が拡大する。

**“楽”社会**  
重労働の多くがロボットにより省力化する。バーチャル空間で1人の人間が複数エージェントとして活動する。人間の内面や主観に配慮した、人間に寄り添った製品が生み出される。

**新しい技術と社会・人間との新しい関係が構築される社会**  
技術と人間との新たな関係が構築される。新技術の利便性とリスクが浸透し、意識することなく機械と共存する。

**労働の多様化社会**  
AI、ロボット、ICT等により、在宅勤務が主となる。テレビ電話やネット・VR会議などの普及で、仕事のために人が移動しなくなる。

**江戸銭湯社会**  
匿名性と地域性が両立する稀有な空間としての銭湯と、「顔の見える関係」「広い意味での家族としてのコミュニティ」が互助社会として成立する。

**超ロボット社会**  
ロボット技術が高度に進展し、もはやロボットと人間を外形的にも内面的にも区別することが不可能となり、ロボットに人権が認められる。

**まとまらないことでもまとまっている社会**  
自分の価値観に合う生き方を追求するものの、社会全体としては調和がとれた社会が成立する。

**野性味社会**  
人の野性を生かした、自然と調和する社会となる。自分で歩いたり考えたりすることが高い価値を持つ。

**時空を超えて繋がる社会**  
五感を伝え、遠く離れた人同士がリアリティをもってつながる。個人のパーソナルデータログを活用し、物理的なハンディキャップを超えて仮想的な存在が再現される。

## Curiosity 不滅の好奇心

**不滅の好奇心によって新世界を目指す社会**  
月で資源開発・エネルギー産生、太平洋外洋牧場など、宇宙・深海・バーチャルに関する大航海時代が到来する。

**脱空間社会**  
宇宙空間にも活動域が広がる。

**サステナビリティ (海洋活用)**  
太平洋に面する日本が、平和的な手段で海洋資源及び海洋空間の利活用に積極的かつ国際協動的に取り組む。

Inclusion 誰一人取り残さない

Diversity	Inclusion
<p><b>脱空間社会</b> 職場や地域のしがらみから解放され、空間的・時間的な自由度が高まる。物理的ボーダレスとなり、公共機能を民間組織が担う。</p>	<p><b>多次元社会</b> バーチャル国家が多数生まれ、人は複数の帰属先やペルソナ、アイデンティティを持つ。</p>
<p><b>多重人格社会</b> バーチャル空間の拡張を通じて人格が複数存在するようになり、それらを使い分ける社会となる。また、所属する国や組織も複数になる。</p>	<p><b>多様性を担保した上で科学技術を最大限に活用する社会</b> 女性や高齢者も無理せず働く。死のマネジメントが必要な社会。また、AIより人間が優れた部分が残る、AIと共生する。</p>
<p><b>ボーダレス社会</b> 言葉の壁がなくなり、国境が曖昧になる。その一方で、文化の壁はより明確になる。移民やロボットの普及が人口減の対応に本格的に寄与する。</p>	<p><b>超高齢化でイノベーションを起こす社会</b> 高齢化をイノベーションの起爆剤とする。個別化医療の完成、エビジェネティクス工学の進歩による癌の克服、人工子宮、高齢者の起業等が実現する。</p>
<p><b>高齢者のモチベーションを創出・保障する社会</b> “未病”の概念が一般化。健康で長い人生と急速な社会変化を受けて、学び直しの重要性が高まり、高齢者の働く意欲と能力が生かされる。</p>	<p><b>個人の価値観と多様性に寛容な社会</b> 国・地域・コミュニティ・宗教などの相互理解が進み、その結果多様性をもった寛容な社会が実現する。</p>
<p><b>総活躍社会</b> モノからコトへのシフト、サービスデザイン、地域の価値が見直され、創造的な仕事が増加する。成果や貢献度が正しく評価される。</p>	<p><b>コピキタス生活社会</b> 地方に居ても都市で仕事、日本に居ても海外で学ぶなど、ボーダレスに活動できる。個人は分散しているがその距離は縮まっている。</p>
<p><b>時空を超えて繋がる社会</b> 五感を伝え、遠く離れた人同士がリアリティをもってつながる。個人のパーソナルデータログを活用し、物理的なハンディキャップを超えて仮想的な存在が再現される。</p>	<p><b>移動と物流の高度化社会</b> パーソナル物流システムが完備される。都市と地方の区別など様々なデバインドが消滅し、不公平や格差を感じない。</p>
<p><b>インクルーシブ社会</b> 出生から現在までのデータが履歴書に代わる。また外国人が国内で大量に働き、自動翻訳で会話がなされる。</p>	<p><b>Japan as platform</b> 帰属意識やユーザーメリットをコンテンツとして提供する形で日本の魅力がサービス化される。グローバルなファンから少額投資を受け入れるプラットフォーム制度ができる。</p>

Sustainability 持続可能な日本

<p><b>“換”社会</b> 資源をどれだけ高い変換効率で生産に結び付けるかを競い合う社会となる。また、地上での様々な活動が海中や空中など他の空間にも拡大する。</p>	<p><b>資源永久循環社会</b> 厳しい資源環境制約を克服し永久に循環できる技術が求められる。意識や価値観の変化も生じ、社会に浸透する。</p>
<p><b>“超”成熟社会 (環境保全)</b> 社会の仕組みと人の行動様式が大きく変化する。利便性や生産性の向上と環境保全とが両立する。</p>	<p><b>資源不足に不安のない社会</b> 物質循環とインフラ管理をベースに再編成される。水・エネルギー・都市の一体的構築を輸出し、リサイクルとものづくりが一体化される。農作業のロボット化により食料自給率が上昇する。</p>
<p><b>IoTにより災害に対する備えが十分な社会</b> 高度化するICTを防災面に応用して効果的な対策を取ることで、災害に対する備え・安全性が向上する。</p>	<p><b>ネオサステナビリティ実現社会</b> 温暖化ガスを排出しないエネルギーが産生される。すべての海産物の養殖や合成食により栄養と環境負荷のバランスが保たれる。社会インフラは移動可能となる。</p>
<p><b>超データエコノミー社会</b> ローコストなソフトウェアとデータ流通サービスを通じて、ヒト・モノ・コト・エネルギーのインテグレーションが実現する。レギュラトリーサイエンス整備、グローバルな経済関係構築がなされる。</p>	<p><b>脱GDP社会</b> GDPを豊かさの指標とする考えから転換する。大量消費サイクルから抜け出し、CO2排出量の削減を達成する。幸福感の形成を支援するデジタル経由の価値が流通する。</p>
<p><b>不確実性の下で持続可能なエネルギー・環境全体最適化が実現する。</b> セクター間・異業種連携により、脱炭素化や資源効率性を高める循環型社会となる。</p>	<p><b>次世代IoTによる超低炭素社会</b> 高度IoTによりモノの耐久性が著しく向上、環境負荷が低減する。使用者は長寿命化の手段を講じる。</p>
<p><b>市民自らが社会課題を解決する社会</b> 科学技術の方向性を市民が考え、専門家は技術の有用性を評価するようになる。マルチステークホルダーのガバナンスが成立する。</p>	<p><b>分散型発電が最適化されている社会</b> 再生可能エネルギーの大量導入など、個人宅で環境に配慮した発電が行われ、個別発電の最適化がなされる。</p>
<p><b>想定外を吸収できる社会</b> シミュレーション技術などにより意思決定の支援を受けながら、想定外は起こり得る前提で予め長期的視点で対策を講じる。</p>	<p><b>サステナビリティ (海洋活用)</b> 太平洋に面する日本が、平和的な手段で海洋資源及び海洋空間の利活用に積極的かつ国際協調的に取り組む。</p>



## 「科学技術の未来像」検討 (デルファイ調査)

- 科学技術全般にわたる中長期的な発展の方向性について、専門家の知見を得ることを目的として実施。
- 2040年をターゲットイヤーとし、2050年までの30年間を展望。
- 分野別分科会（7分科会、計74名）にて発展の方向性を検討、702の科学技術トピックを設定。ウェブアンケートにより、科学技術トピックに関する専門家の見解を収集。

## ◆ 調査分野

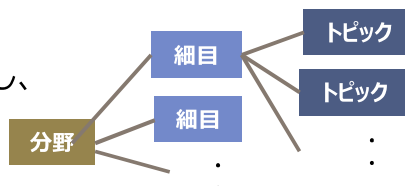
- ①健康・医療・生命科学
- ②農林水産・食品・バイオテクノロジー
- ③環境・資源・エネルギー
- ④ICT・アナリティクス・サービス
- ⑤マテリアル・デバイス・プロセス
- ⑥都市・建築・土木・交通
- ⑦宇宙・海洋・地球・科学基盤

## ◆ 科学技術トピック

2050年までの実現が期待される科学技術  
計702件（7分野59細目）

## ◆ 質問項目

重要度、国際競争力、実現見通し、  
実現に向けた政策手段



## ◆ アンケート期間

- 1回目：2019年2月20日～3月25日  
2回目：2019年5月16日～6月14日

## ◆ アンケート回答者

- 1回目：6697名  
2回目：5352名

\* 回答を収れんさせるため、同一回答者に同一設問を繰り返す  
デルファイ法により実施。2回目は、回答者に1回目の集計結果を  
示して再考を求めた。

### [2回目回答者の内訳]

- 年代) 20代:2% 30代:20% 40代:36%  
50代:27% 60代:12% 70代:3%
- 性別) 男性:86% 女性:13% 無回答1%
- 所属) 企業:10% 大学等:69% 公的機関:17%  
その他:4%
- 職種) 研究開発:87% マネジメント:5% その他:9%

# 科学技術の未来像（デルファイ調査）： 調査対象の7分野59細目

健康・医療・生命科学 (96)	農林水産・食品・バイオテクノロジー (97)	環境・資源・エネルギー (106)	ICT・アナリティクス・サービス (107)	マテリアル・デバイス・プロセス (101)	都市・建築・土木・交通 (95)	宇宙・海洋・地球・科学基盤 (100)
医薬品（再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む）(20)	生産エコシステム (19)	エネルギー変換 (25)	未来社会デザイン (5)	物質・材料 (11)	国土利用・保全 (11)	宇宙 (11)
医療機器開発 (12)	フードエコシステム (12)	エネルギーシステム (12)	データサイエンス・AI (11)	プロセス・マニュファクチャリング (12)	建築 (12)	海洋 (10)
老化及び非感染性疾患 (19)	資源エコシステム (14)	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル (3R) (28)	コンピュータシステム (12)	計算科学・データ科学 (13)	社会基盤施設 (11)	地球 (13)
脳科学（精神・神経疾患、認知・行動科学を含む）(10)	システム基盤 (12)	水 (12)	IoT・ロボティクス (9)	先端計測・解析手法 (16)	都市・環境 (9)	観測・予測 (10)
健康危機管理（感染症、救急医療、災害医療を含む）(10)	次世代バイオテクノロジー (15)	地球温暖化 (7)	ネットワーク・インフラ (11)	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野) (14)	建設生産システム (9)	計算・数理・情報科学 (11)
情報と健康、社会医学 (13)	バイオマス (9)	環境保全（解析・予測・評価、修復・再生、計画）(16)	セキュリティ、プライバシー (10)	応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）(9)	交通システム (12)	素粒子・原子核、加速器 (9)
生命科学基盤技術（計測技術、データ標準化等を含む）(12)	安全・安心・健康 (9)	リスクマネジメント (6)	サービスサイエンス (12)	応用デバイス・システム（インフラ・モビリティ分野）(11)	車・鉄道・船舶・航空 (13)	量子ビーム：放射光 (12)
	コミュニティ (7)		産業、ビジネス、経営応用 (10)	応用デバイス・システム（ライフ・バイオ分野）(15)	防災・減災技術 (9)	量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等 (13)
			政策、制度設計支援技術 (8) 社会実装 (10) インタラクション (9)		防災・減災情報 (9)	光・量子技術 (11)

# 科学技術トピックに対する質問項目

項目	内容	選択肢
<b>重要度</b> (単数選択)	30年後の望ましい社会を実現する上で、日本にとっての現在の重要度	非常に高い、高い、どちらでもない、低い、非常に低い、わからない
<b>国際競争力</b> (単数選択)	現在の日本が置かれた国際競争力の状況	非常に高い、高い、どちらでもない、低い、非常に低い、わからない
<b>科学技術的実現見通し</b> (単数選択)	日本を含む世界のどこかで科学技術的に実現する時期	実現済み、2025年以前、2026～2030年、2031～2035年、2036～2040年、2041～2045年、2046～2050年、2051年以降、実現しない、わからない
<b>科学技術的実現に向けた政策手段</b> (複数選択可)	科学技術的な実現に向け、求められる政策手段	人材の育成・確保、研究開発費の拡充、研究基盤整備、国内連携・協力、国際連携・標準化、法規制の整備、倫理的課題への対応、その他
<b>社会的実現見通し</b> (単数選択)	日本を含む世界のどこかでの科学技術的な実現に続き、日本で社会的に実現する時期	実現済み、2025年以前、2026～2030年、2031～2035年、2036～2040年、2041～2045年、2046～2050年、2051年以降、実現しない、わからない
<b>社会的実現に向けた政策手段</b> (複数選択可)	日本での社会的な実現に向け、求められる政策手段	人材の育成・確保、事業補助、事業環境整備、国内連携・協力、国際連携・標準化、法規制の整備、倫理的・法的・社会的課題への対応、その他

\* 科学技術的実現とは、所期の性能を得るなど技術的な環境が整う、例えば、研究室段階で技術開発の見通しがつくこと。または、原理・現象が科学的に明らかにされること。

\* 社会的実現とは、実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となること。トピックによっては普及すること。科学技術以外のトピックであれば、制度が確立する、倫理規範が確立する、価値観が形成される、社会的合意が形成される等。日本社会での実現ではなく、日本が主体となって行う国際的な活動により実現する場合も含む。



- 高い専門性を持つコア回答者群から、関係機関の協力を得て幅広く周知する回答者群まで、大規模な回答者群を構成。

① 専門家ネットワーク

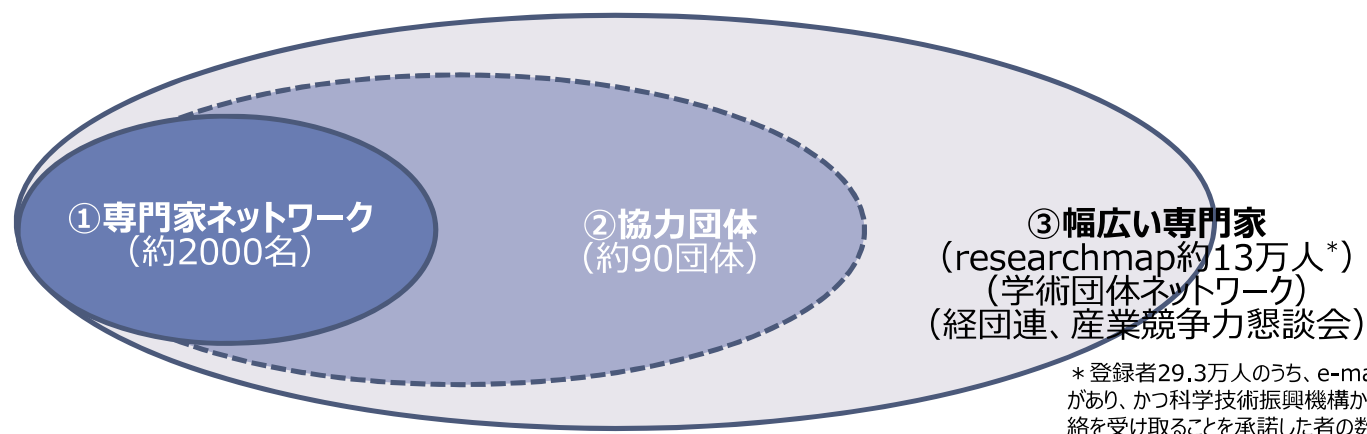
- ・ コア回答者群。NISTEPが産学官の専門家約2000名を専門調査員に委嘱。

② 協力団体

- ・ 積極的に協力を依頼する回答者群。分科会委員等からの推薦（約90団体）に基づき、内容的に関連の強い学会等に会員への周知を依頼。

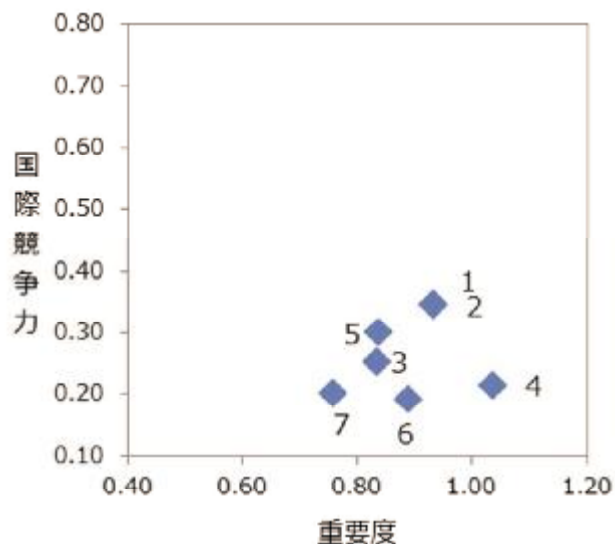
③ 幅広い専門家

- ・ 科学技術振興機構（researchmap）、日本学術会議（学術団体ネットワーク）、経済団体連合会、産業競争力懇談会など、関係機関の協力を得て関係者に広く周知。



## 科学技術の未来像（デルファイ調査）：アンケート結果例 重要度と競争力 [健康・医療・生命科学]

### 健康・医療・生命科学



\* 非常に高い (+2)、高い (+1)、どちらでもない (0)、低い (-1)、非常に低い (-2) としてスコアを算出。  
\* 本図の重要度及び国際競争力は、細目を構成する各トピックのスコアを平均した数値。

#### 細目：

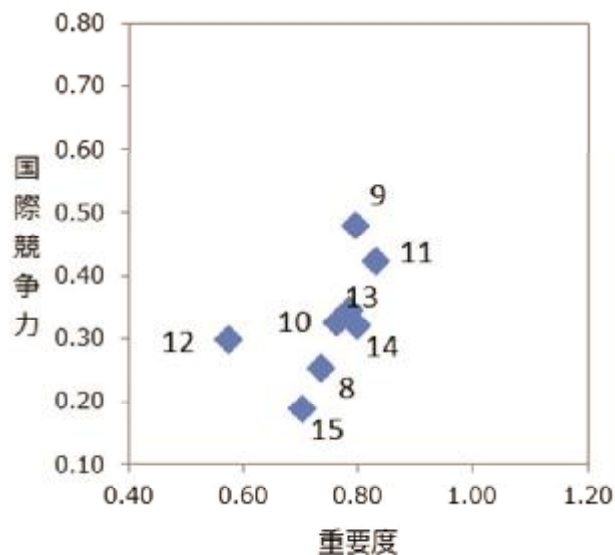
- 1 医薬品（再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む）
- 2 医療機器開発
- 3 老化及び非感染性疾患
- 4 脳科学（精神・神経疾患、認知・行動科学を含む）
- 5 健康危機管理（感染症、救急医療、災害医療を含む）
- 6 情報と健康、社会医学
- 7 生命科学基盤技術（計測技術、データ標準化等を含む）

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
3	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	1.56	0.55
4	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	1.55	0.54
2	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	1.46	0.44
3	血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング	1.46	0.61
2	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム（自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク）	1.36	0.37

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
5	iPS細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法	0.95	0.81
1	生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術	1.10	0.75
1	生体内に内在する幹細胞、あるいは移植された幹細胞の機能を制御することによる再生医療技術	1.12	0.71
3	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	1.24	0.71
1	細胞移植や遺伝子治療による、中枢神経回路網の機能不全（パーキンソン病、筋萎縮性側索硬化症（ALS）、脊髄損傷等）に対する治療法	1.18	0.64

## 科学技術の未来像（デルファイ調査）：アンケート結果例 重要度と競争力 [農林水産・食品・バイオテクノロジー]

農林水産・食品・バイオ



\* 非常に高い (+2)、高い (+1)、どちらでもない (0)、低い (-1)、非常に低い (-2) としてスコアを算出。  
\* 本図の重要度及び国際競争力は、細目を構成する各トピックのスコアを平均した数値。

細目：

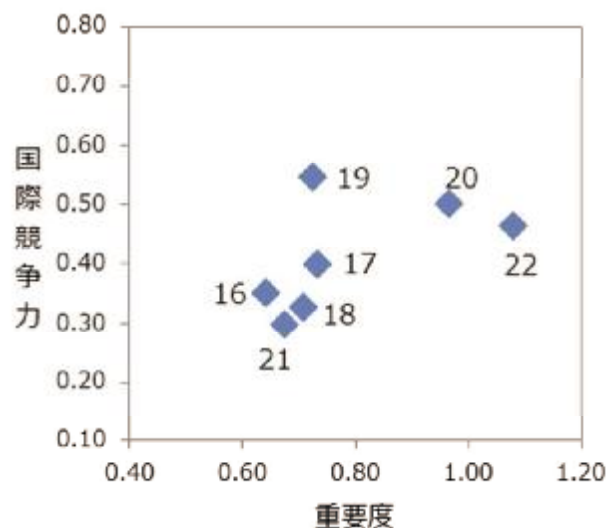
- 8 生産エコシステム
- 9 フードエコシステム
- 10 資源エコシステム
- 11 システム基盤
- 12 次世代バイオテクノロジー
- 13 バイオマス
- 14 安全・安心・健康
- 15 コミュニティ

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
8	人間を代替する農業ロボット	1.35	0.59
11	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	1.33	0.80
11	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	1.20	0.46
10	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	1.17	0.63
9	食品ロスの低減に向けたフードバリューチェーンのモニタリング・解析技術	1.16	0.37

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
11	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	1.33	0.80
9	高齢社会を意識したフードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品	1.10	0.80
9	冷凍せずに生鮮食料品の鮮度と品質を維持するための短期保蔵技術	0.93	0.79
9	食品生産ラインにおける有機物（毛髪など）の混入検出のための識別技術	0.57	0.76
9	農林水産物の品質（成分・物性・熟度）を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	1.13	0.71

## 科学技術の未来像（デルファイ調査）：アンケート結果例 重要度と競争力 [環境・資源・エネルギー]

環境・資源・エネルギー



\* 非常に高い (+2)、高い (+1)、どちらでもない (0)、低い (-1)、非常に低い (-2) としてスコアを算出。  
\* 本図の重要度及び国際競争力は、細目を構成する各トピックのスコアを平均した数値。

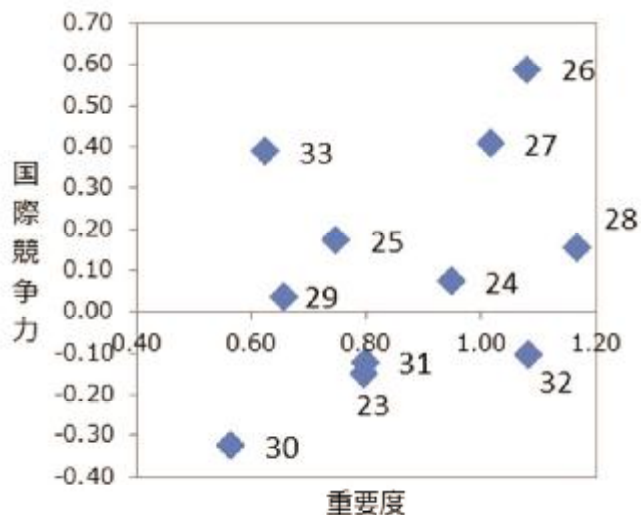
細目：  
16 エネルギー変換  
17 エネルギーシステム  
18 資源開発・リデュース・リユース・リサイクル (3R)  
19 水  
20 地球温暖化  
21 環境保全 (解析・予測・評価、修復・再生、計画)  
22 リスクマネジメント

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
17	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池 (寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下)	1.48	0.98
19	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	1.36	0.90
17	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストのMW規模二次電池 (寿命：20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)	1.32	0.70
21	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	1.27	0.91
18	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	1.27	0.86

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
16	エネルギー効率が50%の自動車エンジン	0.94	1.09
17	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池 (寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下)	1.48	0.98
21	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	1.27	0.91
19	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	1.36	0.90
18	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	1.27	0.86

## 科学技術の未来像（デルファイ調査）：アンケート結果例 重要度と競争力 [ICT・アナリティクス・サービス]

ICT・アナリティクス・サービス



\* 非常に高い (+2)、高い (+1)、どちらでもない (0)、低い (-1)、非常に低い (-2) としてスコアを算出。  
\* 本図の重要度及び国際競争力は、細目を構成する各トピックのスコアを平均した数値。

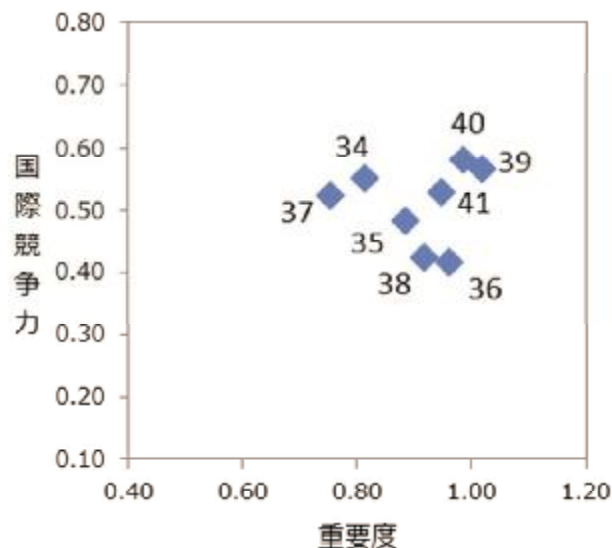
細目：	
23 未来社会デザイン	29 サービスサイエンス
24 データサイエンス・AI	30 産業、ビジネス、経営応用
25 コンピュータシステム	31 政策、制度設計支援技術
26 IoT・ロボティクス	32 社会実装
27 ネットワーク・インフラ	33 インタラクション
28 セキュリティ、プライバシー	

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
32	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	1.57	0.27
28	重要インフラ、自動車などの制御システムや個人用IoT機器・サービスに対し不正な侵入を防止する技術（不正な通信の実現確率を事実上無視できる程度に低減する技術）	1.56	0.24
26	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	1.50	0.73
26	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	1.47	0.78
27	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	1.47	0.63

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
27	マルチコアファイバ・シリコンフォトニクスなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術	1.07	0.82
26	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	1.47	0.78
25	現在用いられているものより電力性能比が大幅（100倍程度）に改善されたスーパーコンピュータ（並列化による大規模計算機システム）	1.33	0.75
26	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	1.50	0.73
27	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術	1.42	0.70

## 科学技術の未来像（デルファイ調査）：アンケート結果例 重要度と競争力 [マテリアル・デバイス・プロセス]

マテリアル・デバイス・プロセス



\* 非常に高い (+2)、高い (+1)、どちらでもない (0)、低い (-1)、非常に低い (-2) としてスコアを算出。  
\* 本図の重要度及び国際競争力は、細目を構成する各トピックのスコアを平均した数値。

細目：

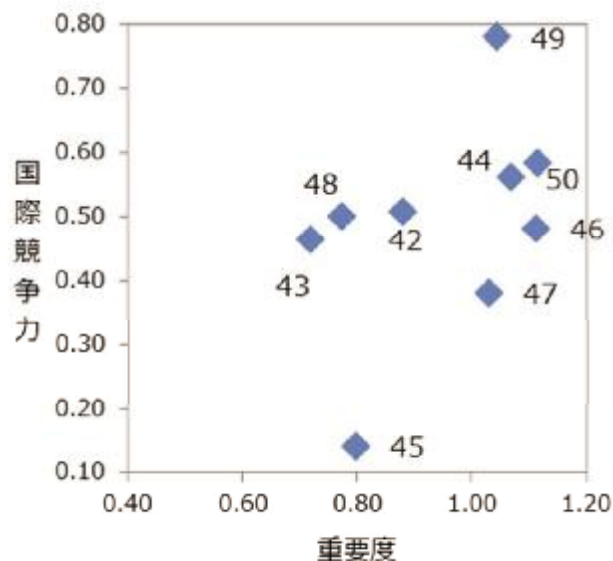
- 34 物質・材料
- 35 プロセス・マニファクチャリング
- 36 計算科学・データ科学
- 37 先端計測・解析手法
- 38 応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)
- 39 応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)
- 40 応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ分野)
- 41 応用デバイス・システム (ライフ・バイオ分野)

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
39	エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が500kmに相当)の性能をもつ高容量高出力電池	1.50	0.91
41	体内情報 (薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分) をモニタリングするウェアラブルデバイス	1.32	0.58
39	変換効率50%を超える太陽電池	1.31	0.71
40	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	1.29	0.71
41	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	1.26	0.82

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
39	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対2018年比で10分の1以下となる燃料電池	1.23	0.94
34	炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体	1.18	0.92
39	エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が500kmに相当)の性能をもつ高容量高出力電池	1.50	0.91
34	超大橋など大規模構造物に利用できる、軽量高強度・高耐食・長寿命の炭素系構造材料および、そのリサイクル技術	1.04	0.83
41	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	1.26	0.82

## 科学技術の未来像（デルファイ調査）：アンケート結果例 重要度と競争力 [都市・建築・土木・交通]

都市・建築・土木・交通



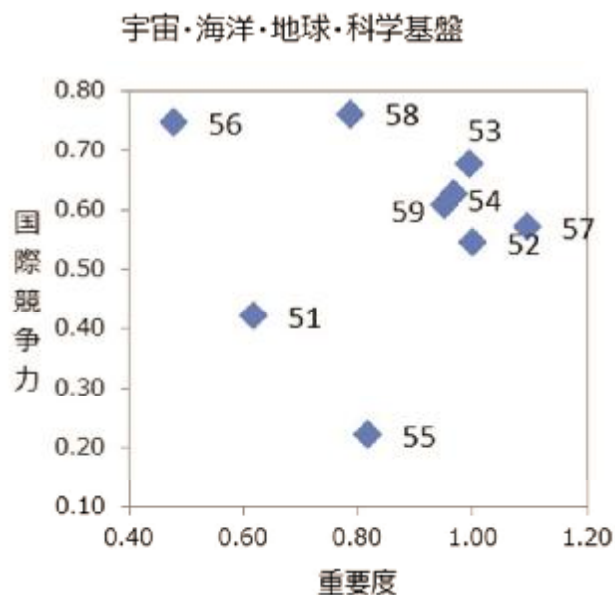
\* 非常に高い (+2)、高い (+1)、どちらでもない (0)、低い (-1)、非常に低い (-2) としてスコアを算出。  
\* 本図の重要度及び国際競争力は、細目を構成する各トピックのスコアを平均した数値。

細目：	
42 国土利用・保全	47 交通システム
43 建築	48 車・鉄道・船舶・航空
44 社会基盤施設	49 防災・減災技術
45 都市・環境	50 防災・減災情報
46 建設生産システム	

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
44	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	1.53	0.80
45	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	1.51	0.99
50	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	1.48	0.85
47	高齢者や視覚障がい者が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	1.43	0.35
47	超高齢社会において、高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム	1.42	0.19

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
49	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	1.33	1.16
48	アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速360kmでの連続走行時に騒音の環境基準（住宅地で70dB(A)以下）を満たす技術	0.83	1.10
49	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダ	1.33	1.09
49	アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物	0.95	1.00
45	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	1.51	0.99

## 科学技術の未来像（デルファイ調査）：アンケート結果例 重要度と競争力 [宇宙・海洋・地球・科学基盤]



\* 非常に高い (+2)、高い (+1)、どちらでもない (0)、低い (-1)、非常に低い (-2) としてスコアを算出。  
\* 本図の重要度及び国際競争力は、細目を構成する各トピックのスコアを平均した数値。

細目：

- 51 宇宙
- 52 海洋
- 53 地球
- 54 観測・予測
- 55 計算・数理・情報科学
- 56 素粒子・原子核、加速器
- 57 量子ビーム（放射光）
- 58 量子ビーム（中性子・ミュオン・荷電粒子等）
- 59 光・量子技術

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
53	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはそうにない火山を見出すための切迫度評価	1.51	0.91
54	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	1.50	1.05
57	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	1.43	0.63
57	機能性材料（電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料）において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	1.38	0.74
51	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数cm程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術（原子時計の性能向上を含む）	1.32	0.80

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
59	地球上のどこでも18桁の精度での時間測定が実現し、地殻・地下水の変動やマグマだまりの移動の計測（ジオイド計測）が可能となる、光ファイバーを使用した光格子時計のネットワーク	0.74	1.11
56	宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明	0.53	1.07
54	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	1.50	1.05
58	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	0.89	1.04
56	ニュートリノのマヨラナ性の解明	0.39	1.00



- 科学技術的実現に向けて法規制整備の必要性が高い上位10件のうち、ICT関連が8件を占める。
- 社会的実現に向けては、必要性がさらに高まる。

分野	トピック	技術	社会
ICT・アナリティクス・サービス	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	81%	90%
ICT・アナリティクス・サービス	すべての経済取引を電子化する技術（すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる）	77%	81%
ICT・アナリティクス・サービス	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	71%	78%
ICT・アナリティクス・サービス	機械（AI、ロボット）と人間の関係について社会的合意に達する（新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する）	68%	71%
ICT・アナリティクス・サービス	分散台帳技術やスマートコントラクトなどの活用による、知的財産の流通における中央機関のない自律分散化	66%	73%
ICT・アナリティクス・サービス	個人の社会活動や企業の経済活動を、ほぼ100%キャッシュレス（暗号通貨含む）に実現できる、セキュアで効率的、かつ安心感を持てる経済基盤（金融機関だけでなく、商店、個人まで）	65%	77%
都市・建築・土木・交通	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	64%	80%
健康・医療・生命科学	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	64%	74%
ICT・アナリティクス・サービス	AI技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム（法令文書が紙媒体前提からリンクトデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる）	64%	77%
ICT・アナリティクス・サービス	地域における公共交通網の維持や、物流分野の変革を実現する、自動走行、ドローンなど多様な移動手段、およびそれらの管理・運用支援技術	63%	75%

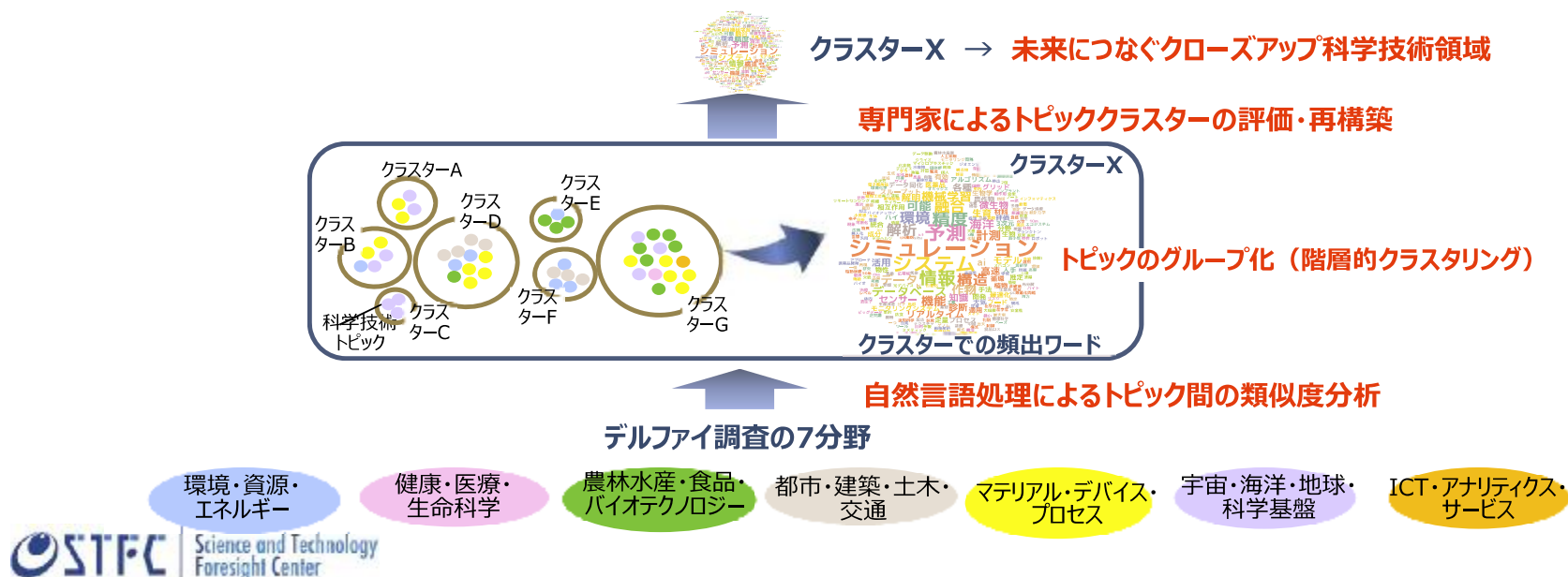
- 科学技術的実現に向けて倫理的・法的・社会的課題（ELSI）対応の必要性が高いのは、遺伝子・ゲノム・生殖関連、個人情報関連、及び、AI・ロボットとの共存など。
- 社会的実現に向けては、必要性がさらに高まる。

分野	トピック	技術	社会
健康・医療・生命科学	新生児期からのゲノム情報の活用のためのELSI（倫理的・法的・社会的課題）の解決策	70%	73%
ICT・アナリティクス・サービス	機械（AI、ロボット）と人間の関係について社会的合意に達する（新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する）	62%	69%
健康・医療・生命科学	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚（動物性集合胚）から作出されるヒト移植用臓器	61%	69%
健康・医療・生命科学	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	60%	67%
健康・医療・生命科学	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	58%	71%
ICT・アナリティクス・サービス	ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム（未病社会を実現）	56%	67%
健康・医療・生命科学	ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース（大規模コホート研究の推進に資する）	56%	64%
健康・医療・生命科学	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法	55%	72%
農林水産・食品・バイオ	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	54%	69%
ICT・アナリティクス・サービス	AIが普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約30%が働かない社会となる	50%	52%
ICT・アナリティクス・サービス	法規制のもたらず社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム（政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む）	50%	50%



## 未来につなぐ クローズアップ科学技術領域

- 科学技術の視点から今後推進すべきと考えられる分野横断的な研究開発領域を抽出することを目的として実施。
- 選定方法
  - デルファイ調査の702科学技術トピック（以降、トピック）に対して、自然言語処理によりトピック間の類似度を分析してグループ化、専門家による評価・再構築を経て選定
- 特徴
  - AI関連技術を活用した機械的処理（トピックの自然言語処理による類似度分析とクラスタリング）と、エキスパートジャッジ（科学技術予測調査検討会）との組合せによる選定



デルファイ調査 分野別分科会（産学官の専門家10名程度）により702の科学技術トピックを設定

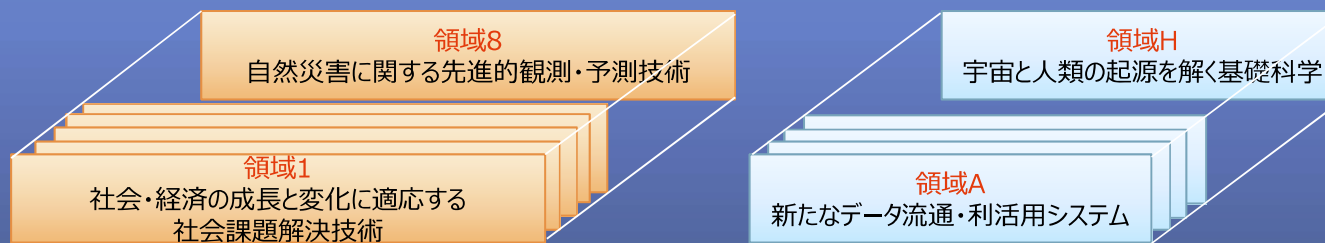
- |                  |                    |                |                   |
|------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| ①健康・医療・生命科学      | ②農林水産・食品・バイオテクノロジー | ③環境・資源・エネルギー   | ④ICT・アナリティクス・サービス |
| ⑤マテリアル・デバイス・プロセス | ⑥都市・建築・土木・交通       | ⑦宇宙・海洋・地球・科学基盤 |                   |



AI関連技術により32のクラスターを生成



エキスパートジャッジによりクローズアップ科学技術領域を抽出



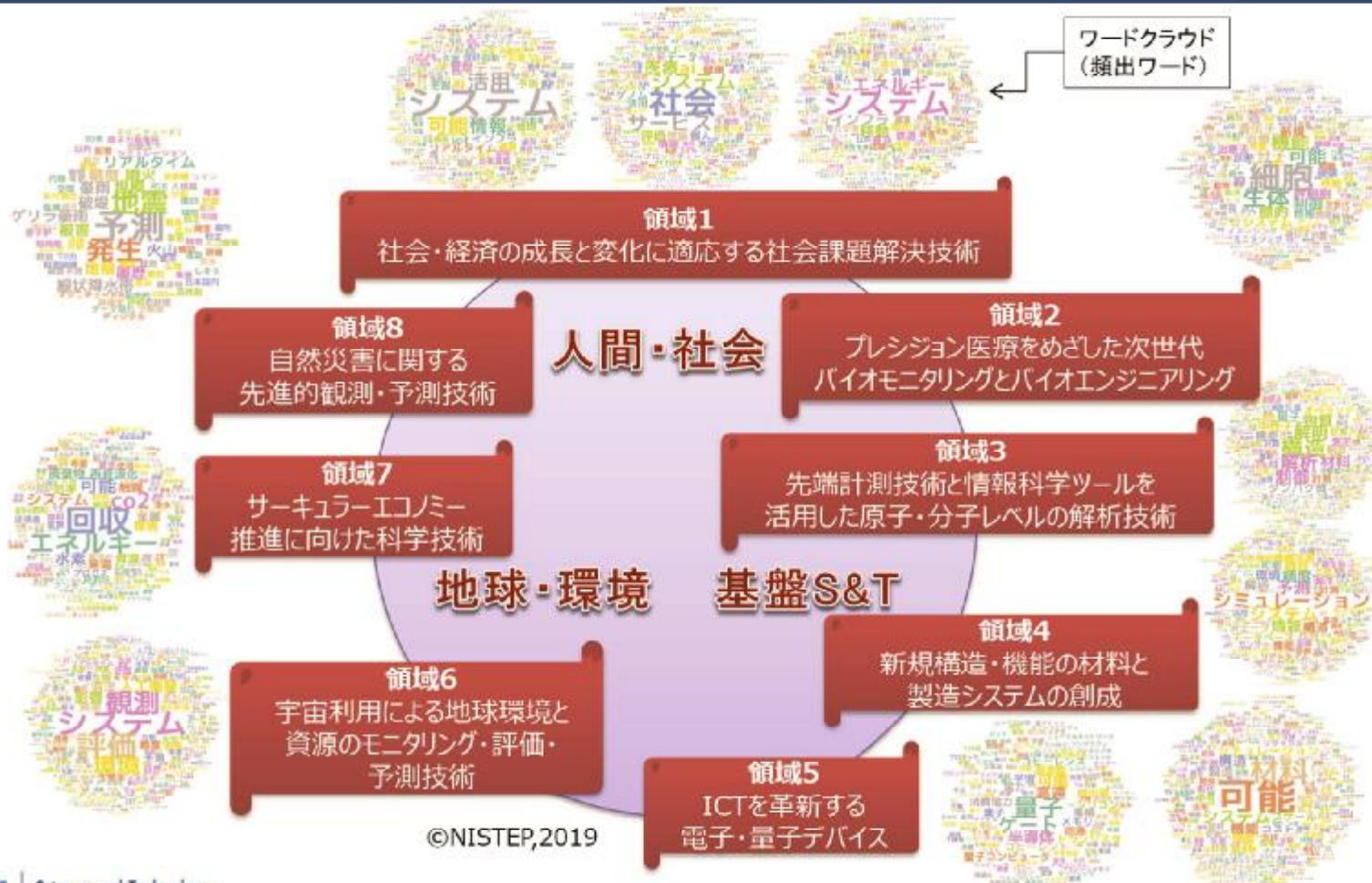
〔分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域〕

〔特定分野に軸足を置く8領域〕

クローズアップ科学技術領域：

# 分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域

- 基礎科学から社会技術まで適用されるデータサイエンスに着目
- キーとなる技術として、計測・観測（モニタリング）、シミュレーション、インフォマティクス・AI、量子技術



# 分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域の概要

No.	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、CO2や廃棄物の再資源化技術、バイオマス利用技術、高レベル放射性廃棄物処理技術、レアメタルの回収・利用技術、環境循環の中での有害化学物質等の管理技術に関する科学技術領域
8	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

ICT・アナリティクス・サービス

都市・建築・土木・交通

環境・資源・エネルギー

健康・医療・生命科学

農林水産・食品・バイオテクノロジー

## 領域概要

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



©NISTEP DP172,2019

## 科学技術トピック

### <ICT・アナリティクス・サービス>

- ✓ 社会基盤としてブロックチェーンが広く用いられたときに最適なコンピュータアーキテクチャ
- ✓ モノとの二分論によるサービスの定義が完全に過去のものとなり、個人や社会に対して価値をもたらす行為全般との認識が浸透した上での、Service Dominant Logicなどをより発展させた新理論
- ✓ 法規制をもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム（政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む）
- ✓ 社会実装前のサービスシステムを、経済的・技術的・社会的な観点から、定性的／定量的にシミュレーションする技術
- ✓ 教育にAI・ブロックチェーンが導入され、学校法人の枠を超えた学習スタイルが構築され、生涯スキルアップ社会の実現
- ✓ すべての国民がITリテラシーを身につけることによる、誰もがデジタル化の便益を享受できるインクルーシブな社会の実現とIT人材不足の解消

### <健康・医療・生命科学>

- ✓ プレシジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム

### <農林水産・食品・バイオテクノロジー>

- ✓ フィールドオミックス、フェノミクスなどから得られたビッグデータとAIによる育種の超高速（テラーメイド）

### <環境・資源・エネルギー>

- ✓ 情報技術（IoT、AI、ビッグデータ等）を用いた暑熱リスクのリアルタイム監視・警報システム

### <都市・建築・土木・交通>

- ✓ フィジカル・サイバー空間のシームレス結合によるインフラのモニタリング、予測、制御技術



## 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

健康・医療・  
生命科学

マテリアル・デバイス・  
プロセス

#### 領域概要

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

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



©NISTEP DP172, 2019

#### 科学技術トピック

##### <健康・医療・生命科学>

- ✓ 低分子化合物・ペプチド・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬
- ✓ 生体内に内在する幹細胞、あるいは移植された幹細胞の機能を制御することによる再生医療技術
- ✓ 免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品
- ✓ 次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法
- ✓ 循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム
- ✓ 細胞の位置情報を保持した上での1細胞オミックス解析技術

##### <マテリアル・デバイス・プロセス>

- ✓ マイクロ・ナノマシンや生体分子等の配置や運動を自在に制御・計測する光技術
- ✓ 光をほとんどあてずに測定する被写体（生体）にダメージを全く与えない、量子もつれを利用したイメージング技術
- ✓ 3Dプリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造（バイオアプリケーション）
- ✓ 細胞や細胞内のタンパク質、アミノ酸、イオン等の動態を、マイクロ秒以下の時間分解能で追尾可能なモニタリング技術

### 3. 先端計測技術と情報科学ツールを活用した 原子・分子レベルの解析技術

宇宙・海洋・地球・  
科学基盤

マテリアル・デバイス・  
プロセス

農林水産・食品・  
バイオテクノロジー

#### 領域概要

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

#### 科学技術トピック

<宇宙・海洋・地球・科学基盤>

- ✓ iPS細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法
- ✓ 情報科学(機械学習、バイズ推定、データ同化、最適化問題等)を活用した放射光計測技術の高度化
- ✓ 中性子やX線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の3次元応力・ひずみ、磁場分布等を可視化し、その場観測する技術
- ✓ 創業や投資・金融の意思決定等に係る効率を3桁改善する、従来のコンピュータ、量子アニーリングマシン、ゲート型量子コンピュータのハイブリッドシステム

<マテリアル・デバイス・プロセス>

- ✓ 合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、実利用環境における機能予測を一環して可能とするシミュレーション技術
- ✓ ピコメートルスケールで原子・分子の内部を可視化できる超高解像度顕微鏡
- ✓ 量子化学計算に基づく薬剤や触媒デザインを可能にする量子シミュレータ
- ✓ 量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明

<農林水産・食品・バイオテクノロジー>

- ✓ X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイス、オミックス・化学分析とICTを用いた携帯型の農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
- ✓ 短・中期気象予報と生物学的知識とAIを融合した高精度作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム



©NISTEP DP172,2019

## 4. 新規構造・機能の材料と製造システムの創成

マテリアル・デバイス・プロセス

都市・建築・土木・交通

環境・資源・エネルギー

### 領域概要

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



©NISTEP DP172,2019

### 科学技術トピック

#### <マテリアル・デバイス・プロセス>

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

#### <環境・資源・エネルギー>

- ✓ 電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池（寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下）
- ✓ レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術

#### <都市・建築・土木・交通>

- ✓ インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム

マテリアル・デバイス・  
プロセス

ICT・アナリティクス・  
サービス

宇宙・海洋・地球・  
科学基盤

## 領域概要

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。



©NISTEP DP172, 2019

## 科学技術トピック

### <マテリアル・デバイス・プロセス>

- ✓ 炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体
- ✓ 室温で量子コヒーレンスを長時間保つ新材料
- ✓ 低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ
- ✓ 単一スピンを情報担体としCMOSデバイスではなし得ない高速性と低消費電力性の双方を有する情報素子
- ✓ 急峻on/offトランジスタ・アナログ記憶素子のモノリシック三次元集積により実現する超並列・低消費電力AIチップ
- ✓ 超小型でショットノイズ限界を超える量子センサ

### <ICT・アナリティクス・サービス>

- ✓ 核磁気共鳴や超伝導など現在考察されている量子ゲート実現手法のスケールビリティの大幅な改良による、数百ビットのコヒーレンスが保たれるゲート型量子コンピュータ（量子回路）
- ✓ 量子しきい値ゲートや学習のフィードバックを含めた量子通信路、量子メモリ等の実現による、量子ニューラルネットワーク

### <宇宙・海洋・地球・科学基盤>

- ✓ 古典ゲート型コンピュータに比べて演算数を10桁以上削減できる、ゲート型量子コンピュータの特性を十分に生かすアルゴリズム
- ✓ コヒーレント時間が10ミリ秒を超える、超伝導量子ビット、NV（窒素-空孔）センタなどの量子センサー

## 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

環境・資源・  
エネルギー

宇宙・海洋・地球・  
科学基盤

農林水産・食品・  
バイオテクノロジー

### 領域概要

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。



©NISTEP DP172,2019

### 科学技術トピック

#### <環境・資源・エネルギー>

- ✓ ICT、人工衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術
- ✓ 衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化
- ✓ 水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術
- ✓ 雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、水資源及びエネルギー最適化技術
- ✓ 高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100年にわたる長期地球環境変動予測
- ✓ 携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム

#### <宇宙・海洋・地球・科学基盤>

- ✓ 氷海域（氷海下含む）における海洋環境モニターや海底探査（石油、天然ガス、鉱物資源等）技術
- ✓ 人工衛星、海洋・海中センサー及び自律無人探査機（AUV）等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム
- ✓ 東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能30mで常時観測する技術

#### <農林水産・食品・バイオテクノロジー>

- ✓ リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム

環境・資源・  
エネルギー

マテリアル・デバイス・  
プロセス

農林水産・食品・  
バイオテクノロジー

## 領域概要

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。



©NISTEP DP172, 2019

## 科学技術トピック

### <環境・資源・エネルギー>

- ✓ バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション
- ✓ 大気から回収されたCO<sub>2</sub>と非化石エネルギー起源の水素からの炭化水素燃料（航空機燃料など）の製造
- ✓ 海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術
- ✓ 小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術
- ✓ 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術
- ✓ 物質フローの共通データベース化による資源・有害物質の管理

### <マテリアル・デバイス・プロセス>

- ✓ 水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対2018年比で10分の1以下となる燃料電池
- ✓ CO<sub>2</sub>の還元による再資源化（燃料や化学原料を合成）をエネルギー効率20%以上で可能とする、光還元触媒および人工光合成
- ✓ CO<sub>2</sub>固定化や廃棄物の再資源化プロセスを実現する、生分解性材料あるいは生化学的機能を有する材料

### <農林水産・食品・バイオテクノロジー>

- ✓ 植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術

## クローズアップ科学技術領域－分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域

### 8. 自然災害に関する先進的観測・予測技術

宇宙・海洋・地球・  
科学基盤

都市・建築・土木・  
交通

#### 領域概要

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。

#### 科学技術トピック

##### <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、もしくはしそうにない火山を見い出すための切迫度評価
- ✓ 活断層履歴及び火山噴火史を解明するため、5～10万年前の年代測定精度を向上させる技術
- ✓ マグニチュード7以上の内陸地震の発生場所、規模、発生時期（30年以内）、被害の予測技術
- ✓ 地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術
- ✓ 高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術

##### <都市・建築・土木・交通>

- ✓ 予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術
- ✓ 長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術
- ✓ 流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術
- ✓ 局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測
- ✓ 原子力発電所建屋・配管・原子炉のデジタルツインを利用した地震被害リアルタイム判定技術



©NISTEP DP172, 2019

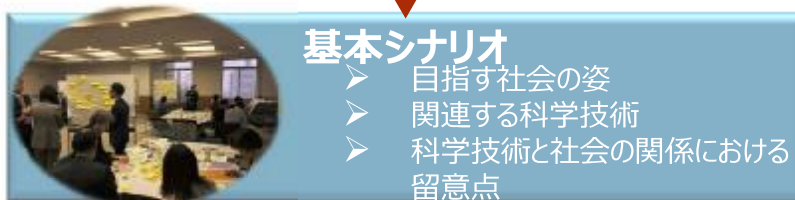
No.	領域名	概要
A	新たなデータ流通・利活用システム	産業・医療・教育に係るデータ、個人情報や研究データといった多種多様で大量の情報を、適正かつ効果的に収集・共有・分析・活用するための科学技術領域
B	人間社会に溶け込みあらゆる人間活動を支援・拡張するロボット技術	人間社会に溶け込み、ものづくり・サービス、医療・介護、農林水産業、建設、災害対応などの多様な社会・産業活動や、運動・記憶などの個人の能力を自然な形で支援・拡張するロボットに関する科学技術領域
C	次世代通信・暗号技術	光・量子通信と量子暗号に代表される、超高速・超大容量、超長距離・超広帯域、超低遅延・超低消費電力、多数同時接続、かつセキュリティの高い通信に関する科学技術領域
D	交通に関するヒューマンエラー防止技術	鉄道、船舶、航空機での無人運転・運航・操縦に代表される、陸・海・空の各運輸モードでのヒューマンエラーを防止するための支援技術・システムに関する科学技術領域
E	ライフコース・ヘルスケアに向けた疾病予防・治療法	人の発達過程における環境と疾病との関係性の解明、老化・機能低下のメカニズム解明やその制御、加齢性疾患の予防・診断・治療法開発など、人の胎児期から乳幼児期、就学期、就労期、高齢期までを連続的にとらえた生涯保健に関する科学技術領域
F	生態系と調和した持続的な農林水産業システム	動植物、微生物、環境、人間の相互作用（生態系）に着目した、農林水産業における生産性や品質の向上と効率化、環境への負荷低減や生産環境の保全、遺伝資源の保存と利用のための資源管理などに基づく新しい持続的生産システムの構築に関する科学技術領域
G	持続可能な社会の推進に向けたエネルギー技術	エネルギー源の多様化によるエネルギー安全保障の強化や低炭素社会を実現する、太陽光・風力発電などの再生可能エネルギー技術や直流送電システム、超伝導技術、ワイアレス給電技術などの次世代電力ネットワークに関する科学技術領域
H	宇宙と人類の起源を解く基礎科学	太陽系・銀河系の形成、軽元素・重元素合成の進化過程、ダークマター・ダークエネルギーの正体、量子重力理論、インフレーション仮説等、宇宙の謎の解明、定説の確立など、宇宙と人類の起源に関する科学技術領域



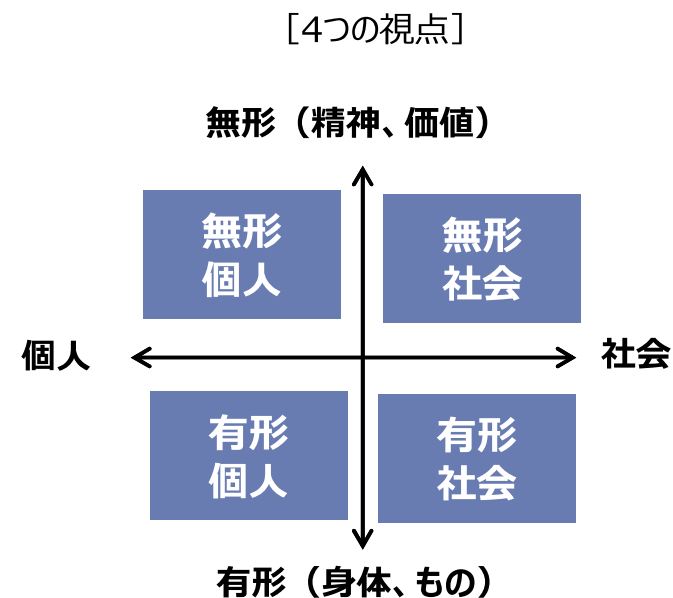


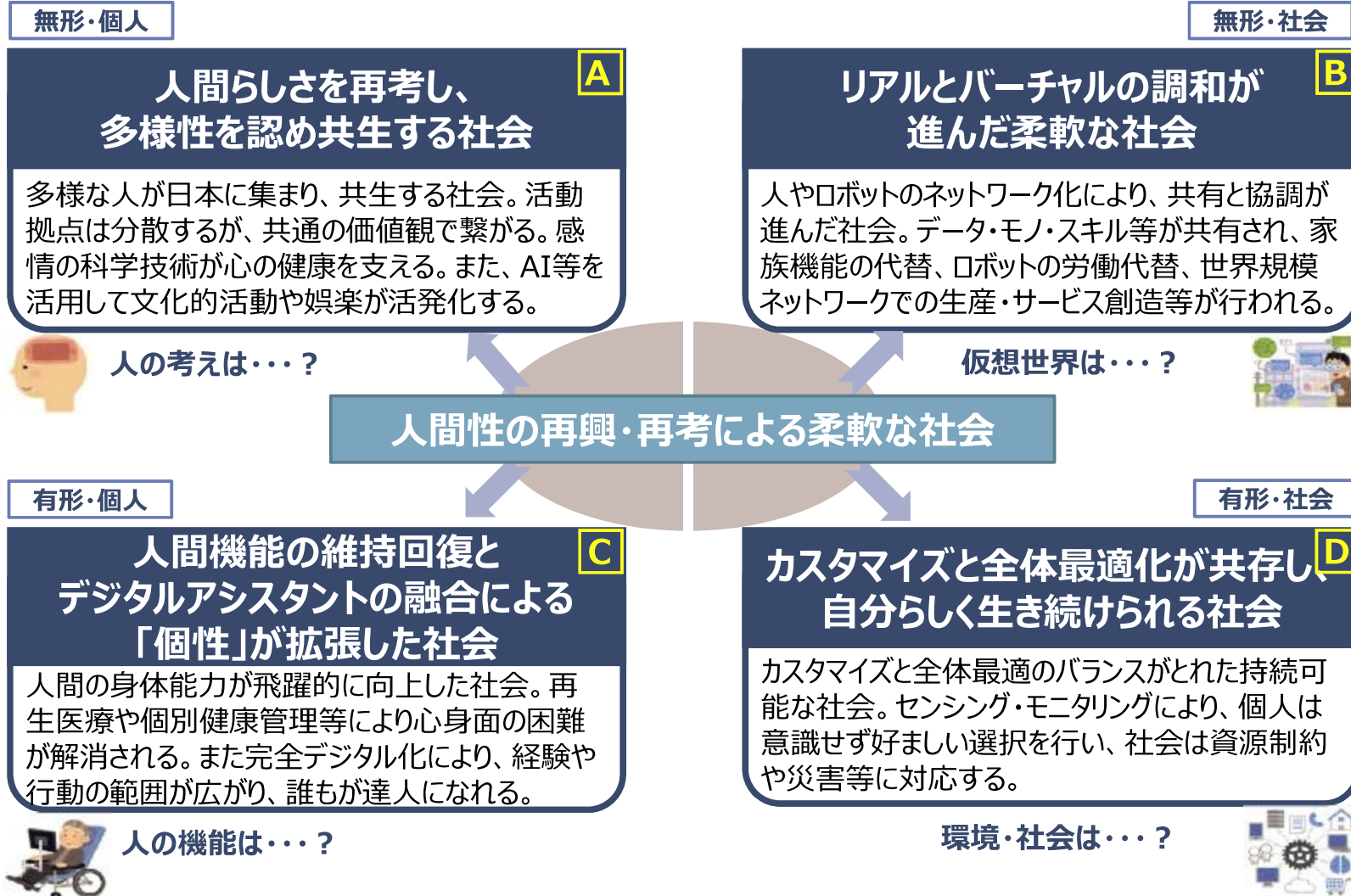
## 基本シナリオ

- 社会の未来像及び科学技術の未来像を基に、科学技術発展により目指す社会の姿を描くことを目的として実施。
- 基本シナリオワークショップを開催。ビジョンワークショップ結果より導出した4つの視点から、社会の未来像と科学技術の未来像を統合。



**基本シナリオワークショップ(2019.2)**  
ビジョンワークショップ参加者、デルファイ調査分科会委員など、22名が参加





基本シナリオ：

【A】人間らしさを再考し、多様性を認め共生する社会

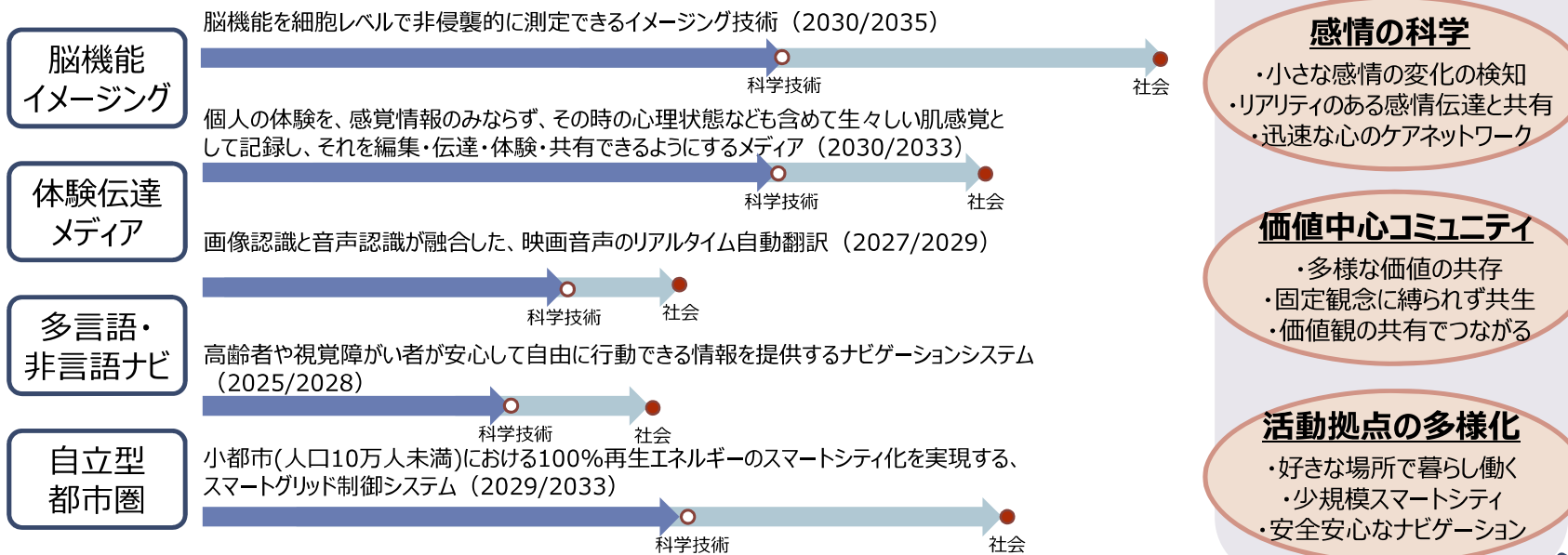
無形・個人

概要

多様な文化や価値観を持つ人が日本に集まり、認め合い、共生する社会。生活や仕事の拠点は分散するが、孤立することなく共通の価値観で繋がり、協力し合う。心や感情の計測・伝達技術が心の健康を支える。自動化等により人手不足が解消して時間的余裕も生まれ、AI等も活用して文化的活動や娯楽が活発化する。

関連科学技術トピック例

(科学技術：科学技術的実現時期 社会：社会的実現時期)



2040年の社会像

感情の科学

- ・小さな感情の変化の検知
- ・リアリティのある感情伝達と共有
- ・迅速な心のケアネットワーク

価値中心コミュニティ

- ・多様な価値の共存
- ・固定観念に縛られず共生
- ・価値観の共有でつながる

活動拠点の多様化

- ・好きな場所で暮らし働く
- ・少規模スマートシティ
- ・安全安心なナビゲーション

留意点

- ・コミュニティ内での興味・関心の閉塞化や、他のコミュニティとの対立・無関心によるコミュニティの分断のおそれ
- ・異質の文化や価値観に触れる機会や、コミュニティ間で共通の体験・経験を生み出す機会づくり
- ・持続的にサービスを利用するためのインフラメンテナンスコストの確保

## 基本シナリオ： 【B】リアルとバーチャルの調和が進んだ柔軟な社会

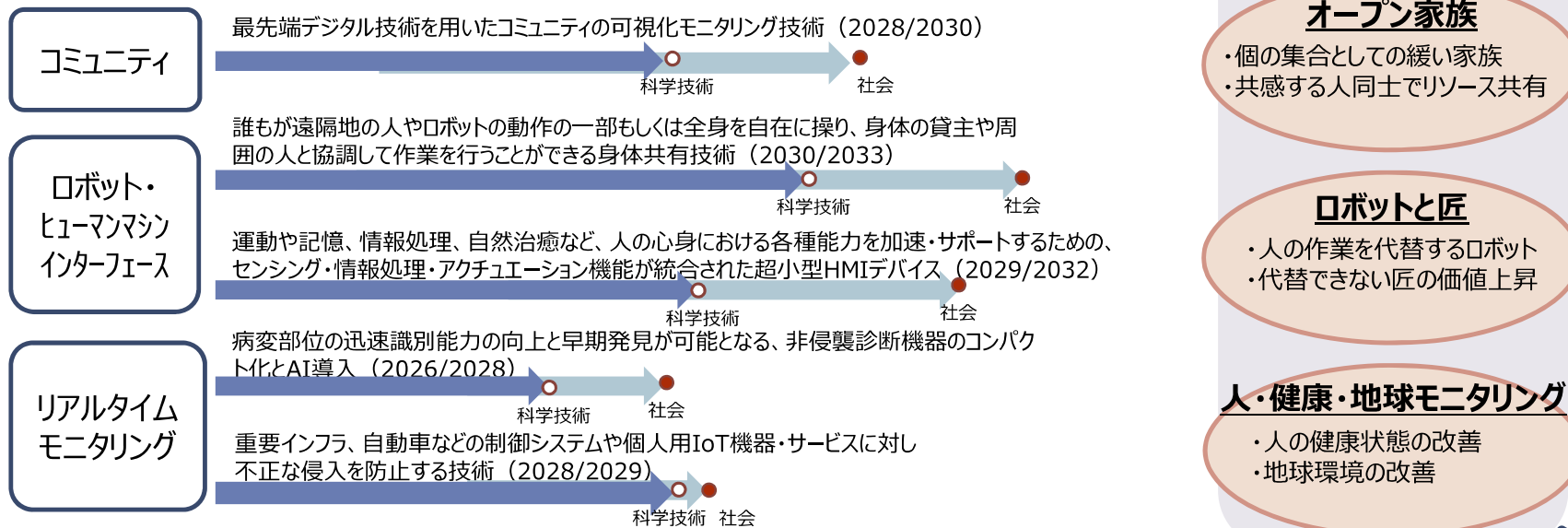
無形・社会

概要

人やロボットがネットワークで繋がり、共有と協調が進んだ社会。価値観を共有する人の繋がりが家族機能を果たし、モノやスキルが共有される。データ共有により、大半の作業がロボットに代替され、世界規模のネットワークで生産・サービス創造が行われる。また、人の健康や地球環境のデータ共有により、状態が改善される。

関連科学技術トピック例

(科学技術：科学技術的実現時期 社会：社会的実現時期)



2040年の社会像

### オープン家族

- ・個の集合としての緩い家族
- ・共感する人同士でリソース共有

### ロボットと匠

- ・人の作業を代替するロボット
- ・代替できない匠の価値上昇

### 人・健康・地球モニタリング

- ・人の健康状態の改善
- ・地球環境の改善

2020

2030

2040

留意点

- ・分身であるアバターの存在価値と、全人格の総体としての存在価値の衝突
- ・ロボットで代替される技能系職業の駆逐や発展停止と、データ化・標準化の困難な匠の技やサービスについての対応。
- ・健康状態モニタリングにおけるプライバシーとセキュリティの関係の整理や、健康改善によるさらなる高齢化への対応。
- ・データ悪用等による世界規模のパニック発生など、人そのものの不確実性といった変動要因への対応。

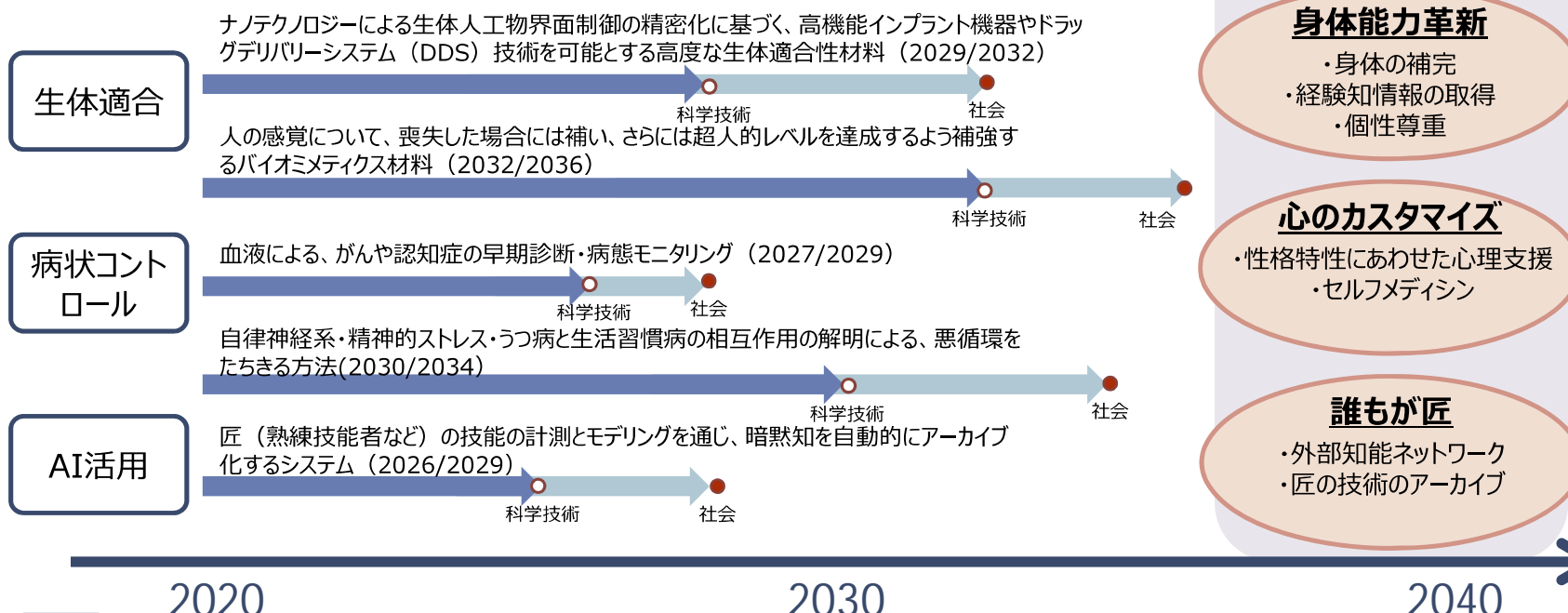
有形・個人

概要

人間の身体能力が拡張または飛躍的に向上した社会。再生医療や個人に合わせた健康管理・治療等により心身面の困難が解消される。また完全デジタル化による外部情報の取得・活用の拡大により、経験や行動の範囲やコミュニケーションの幅が広がり、誰もが達人になれる。

関連科学技術トピック例

(科学技術：科学技術的実現時期 社会：社会的実現時期)



留意点

・ 人体操作・改造と人間の尊厳の対立という倫理的問題、心身の操作についての社会的受容、法規制、個性喪失のおそれ、遺伝子情報・精神状態等の機微情報の保護、均質化に伴う副作用（社会不安）、医療倫理

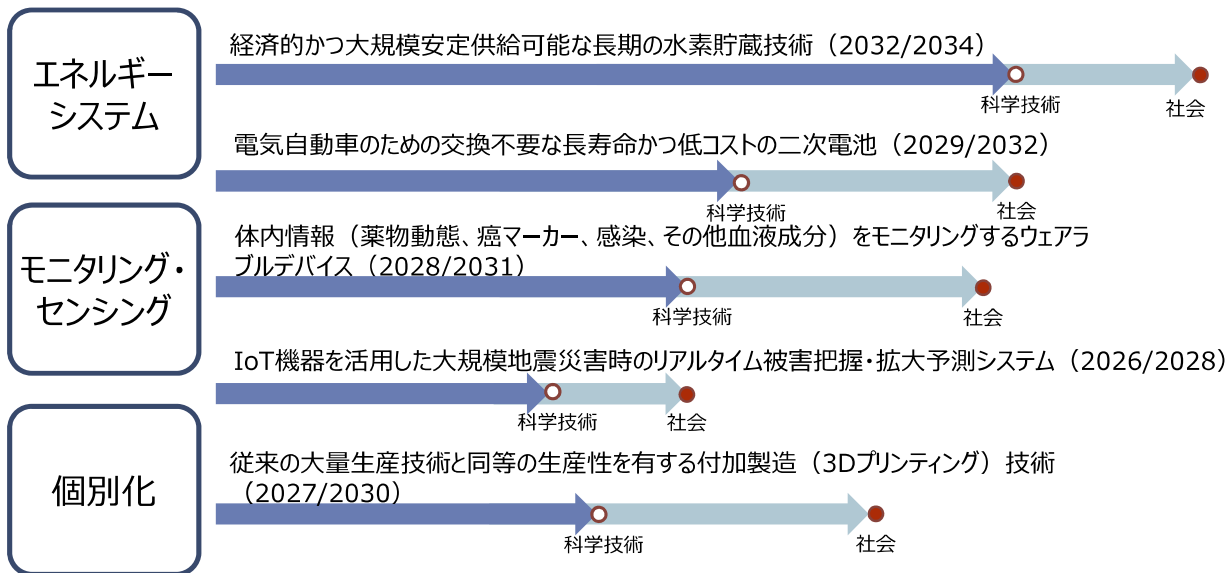
有形・社会

概要

カスタマイズと全体最適のバランスがとれた持続可能な社会。あらゆるセンシング・モニタリングにより、データに基づくカスタマイズ生産とその拠点の最適配置、災害時を想定した冗長性の担保、輸送の最適化、異常の検知と意思決定支援などが行われる。個人は意識せず好ましい選択を行い、社会は資源制約や災害等に対応する。

関連科学技術トピック例

(技術：科学技術的实现時期 社会：社会的实现时期)



2040年の社会像

資源循環

- ・生産と消費の冗長的最適化
- ・移動や輸送の効率化
- ・持たない暮らし

事前の備え

- ・災害から生き残る
- ・センシング、モニタリング
- ・意思決定支援

カスタマイズ

- ・健康モニタリング
- ・個人生産
- ・データに基づく個別対応

2020

2030

2040

留意点

- ・個人欲求のコントロール、費用負担 (国、個人)、効率性と冗長性のトレードオフ、市民教育 (リテラシー問題)、事故への対応、空間・上空の権利、ドローン輸送に伴う空の景観問題等、
- ・個人データのプライバシー保護、プライバシー侵害と自己認識の崩壊、データの管理権

## 基本シナリオ： 科学技術と社会の関係における留意点の整理

基本シナリオワークショップのまとめ		追加意見聴取結果
項目	シナリオに記された留意点	具体的な論点（検討すべき事項）例
個人情報の扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>健康状態モニタリングにおけるプライバシーとセキュリティ</li> <li>個人データの保護、プライバシー侵害と自己認識の崩壊</li> <li>遺伝子情報・精神状態等の機微情報の保護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会の共通利益と自己決定・選択のバランスについての社会的合意</li> <li>個人の自由度をどこまで認めるかの取り決め</li> </ul>
心身操作の倫理	<ul style="list-style-type: none"> <li>人体操作・改造と人間の尊厳の対立</li> <li>心身操作の社会的受容</li> <li>個性の喪失、平等化の副作用として生じる社会不安</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>心身操作が生む格差についての議論</li> <li>様々なデータが人間の行動に影響を与える中、自己決定とはどういうことかの議論</li> </ul>
データの管理・利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>データの悪用等によるパニック発生</li> <li>データの管理権の所在</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重要インフラの依存関係（弱点）の変化を認識して備える</li> <li>公平性、透明性、信頼など、法規制の前提となる事項の社会的合意</li> <li>質のよいデータを作り、共有するプラットフォームの構築</li> <li>膨大なデータを有効に利用することに対する社会の理解</li> </ul>
トレードオフ	<ul style="list-style-type: none"> <li>持続的サービス利用のためのインフラのメンテナンス・コスト</li> <li>費用負担（公か個人か）</li> <li>最適化と冗長性のトレードオフ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リスクとベネフィットのバランスについての社会的合意</li> <li>複雑化するトレードオフ関係の整理</li> </ul>
権利と責任	<ul style="list-style-type: none"> <li>個人欲求のコントロール</li> <li>市民教育（リテラシー問題）</li> <li>空間や上空の権利（ドローン輸送に景観問題等）</li> <li>事故発生時の対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事故の責任所在の明確化</li> <li>自己決定/自由競争と責任に関する社会的合意</li> <li>個人が情報を基に自分で判断できる教育、個人判断の集積から社会合意に至る仕組み</li> <li>リスクを受け入れ、別途被害者救済策の検討</li> </ul>
医療倫理	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>先進的な高額医療の費用負担、保険制度カバー範囲の設定</li> <li>診断・検査結果の情報提供に伴うケアの仕組み</li> </ul>
人間関係の変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>人とアバター（自分の分身）との存在意義の衝突</li> <li>コミュニティの閉塞化や分断</li> <li>健康改善によるさらなる高齢化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>多様な価値観による議論を通じた、共有できる物語の形成</li> </ul>
技能の維持	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボットで代替される技能系職業の駆逐や発展停止</li> <li>データ化・標準化の困難な匠の技やサービスの維持</li> </ul>	—
全般	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハードロー（法令、条約等）と技術の間を埋める、ソフトロー（ガイドライン、指針等）の充実</li> <li>科学技術を受け入れた社会から、科学技術へのフィードバック</li> <li>社会課題対応研究の意義の認識と予算配分措置</li> <li>想定され得る大きな将来課題・問題を前提とした検討</li> <li>留意点の対応・対策検討を担う人材育成・確保</li> <li>入れ替わりの早い海外（β版を出しダメなら次へ）への対応</li> <li>社会の包括的デザイン</li> </ul>