



第11回科学技術予測調査について

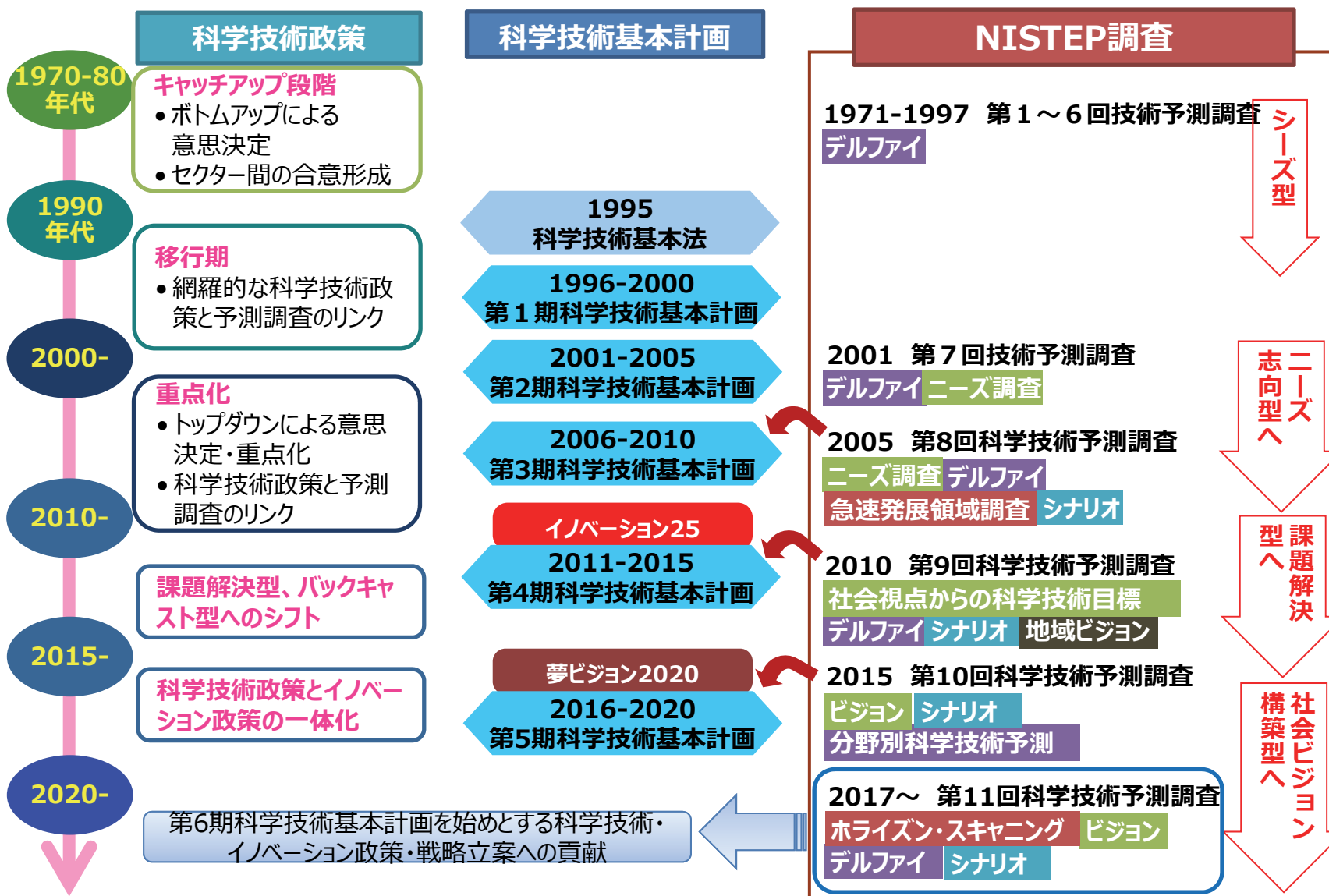
2019年12月9日

第12回政策研究レビューセミナー

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長 横尾淑子

科学技術予測調査の実施状況



過去調査の科学技術トピック例（ゲノム編集関連）

「ゲノム編集」技術のそれぞれの登場年

ZFNの登場(1996年初出) → TALENの登場(2010年初出) → CRISPR/Cas9の登場(2013年初出)

「遺伝子改変」「遺伝子発現操作」「ゲノム編集」に関わるトピックの変遷

- 第1回調査（1971年）～第7回調査（2001年）までの間は、改変技術自体を意識したトピックが中心。
- 第5回調査では「任意の位置の遺伝子改変」とあり、効率等はCRISPR級を意識したトピックの可能性もある。
- 第8回調査以降は、RNAiの発見(1998年)もあり、遺伝子発現に着目したトピックが中心になる。
- 言葉としての「ゲノム編集」は第10回(2015年)が初出。
- 「ゲノム」は第6回(1997年)が初出だが、ゲノム解析等、遺伝子配列の解析が中心。
- 第10回でも「遺伝子改変」はトピックにあるが、異種移植（医用モデルブタ）や、安全性を見るトピックに変化。

調査回	トピック	実現時期の予測
1回（1971）	遺伝子改造によって、型物質の転換が行われるようになる。	2000－
2回（1977）	有用植物（微生物は除く）の形質改良に、分子生物学的手法（遺伝子操作など）が実用化される。	1998
3回（1982）	高等動物の遺伝子の発現機構の解明が進み、その人為的操作が可能となる。	2004
4回（1987）	遺伝子治療のための技術（例えば染色体操作）が開発される。	2005
5回（1992）	生体系でヒトの染色体上の任意の位置への異種遺伝子、染色体断片の導入技術が開発される。	2008
7回(2001)	単原子・単分子を操作する技術がデバイス作製や遺伝子操作の技術として実用化される。	2015
8回(2005)	創薬に向けて、siRNAなどを用いて個体レベルで遺伝子発現を直接制御する技術	2014
8回(2005) 9回(2010)	時期および部位特異遺伝子発現などを利用し、人為的に導入した遺伝子の環境への拡散がない遺伝子組み替え植物	2014(8回) 2019(9回)
10回(2015)	ゲノム編集による優良（高品質・高収量）農産物作成技術	2025
10回(2015)	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	2024

過去調査の科学技術トピック例（量子関連）

- 「量子」の語を含むトピックは、4回調査（1988）が2件、5回調査（1992）が5件、6回調査（1997）が3件、7回調査（2001）が3件、8回調査（2005）が5件、9回調査（2010）が10件。
- 量子細線・量子ドットは、半導体微細加工技術の進展により、1980年代後半より注目されトピックとして登場し、2000年前後には一部技術などが実現している。
- 量子通信やコンピューティングは、超電導技術実現などを背景に2000年前後からトピックとして登場、2000年代に理論やデバイス実証研究が進み、アルゴリズムや情報機器に関するトピックが出ている。2005年以降ではIBMのプロトタイプ実現などを背景に量子情報関連トピックが増え、特定用途が2030年ごろ、汎用はそれ以降が実現時期として示されている。

調査回	トピック	実現時期の予測
5回（1992）	レーザの活性領域に量子細線や量子箱を用いた半導体レーザが普及する	2003
5回（1992）	光量子を用いた新たな暗号通信手段が開発される。	2013
5回（1992）	フォトンの量子状態を利用した光ファイバ通信方式が開発される。	2011
6回（1997）	例えば電子波の位相を制御するような、量子位相デバイスが実用化される。	2012
6回（1997）	光の量子状態を制御する技術を用いた高感度センシング技術が開発される。	2013
7回（2001）	光増幅器で発生する雑音をほとんど抑制することができる（ショットノイズリミット通信を可能とする）量子光通信方式が開発される。	2017
8回（2005）	実用的な量子暗号	2017/2027
8回（2005）	様々なアルゴリズムに適用可能な汎用性のある量子コンピューティング	2030/2036-
8回（2005）	高い安全性を保証する量子情報光通信システム	2018/2028
8回（2005）	現在の光通信の100万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術	2019/2029

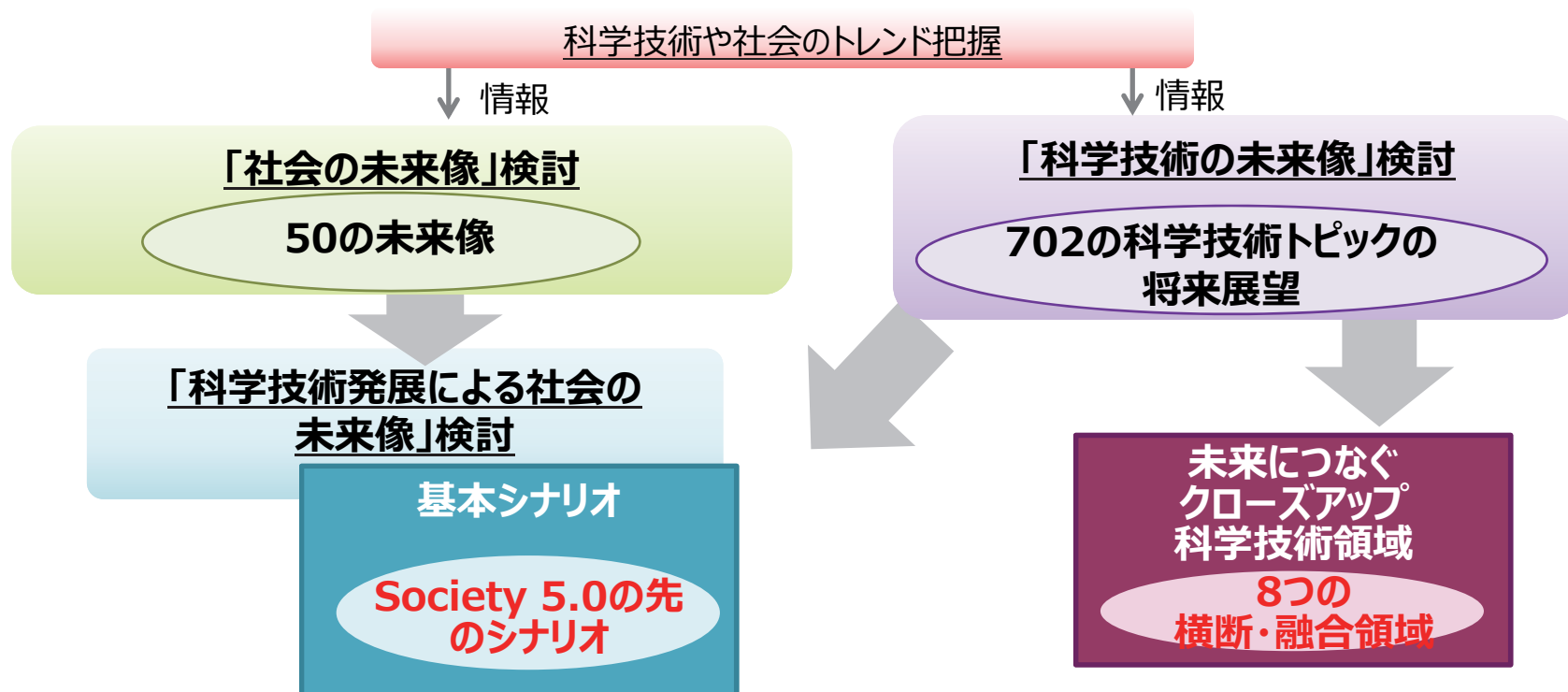
過去調査の科学技術トピック例（人工知能関連）

- 「人工知能/AI/エキスパートシステム」の語を含むトピックは、4回調査（1988）が14件、5回調査（1992）が17件、6回調査（1997）が11件、7回調査（2001）が7件、8回調査（2005）が3件、9回調査（2010）が0件、10回調査（2015）が6件。
- 過去の関連トピックのうち、現時点で何らかの進展が見られると思われるトピックの例は、以下の通り。

調査回	トピック	実現時期の予測
4回（1988）	脳の思考過程を模擬した人工知能技術が開発される。	
	ベテラン教師の知識経験、実績のあがった教育事例等の高度エキスパート知識を内蔵して、教師の能力拡大に資する教育用応答型人工知能システムが普及する。	2000
5回（1992）	各種の高度なセンサと人工知能（AI）をもち、食品加工工程全体を効率的に制御できる食品製造工場が普及する。	2005
	人工知能や人工現実感技術を導入したマンマシンインタフェースの改善により、建築の設計が容易かつ高度化する。	1999
	人工知能をもったリモコン型多目的農業ロボットが開発され、高齢者でも簡単に畑を耕したり、作物を収穫したりすることができるようになる。	2003
6回（1997）	プロ将棋の名人を破るソフトウェアが開発される。	2013
	レーダー等のセンサー技術や人工知能技術の発展により船舶の衝突回避システムが実用化される。	2007
7回（2001）	GPS等のセンサー技術や人工知能技術により船舶の自動離着岸システムが実用化される。	2010

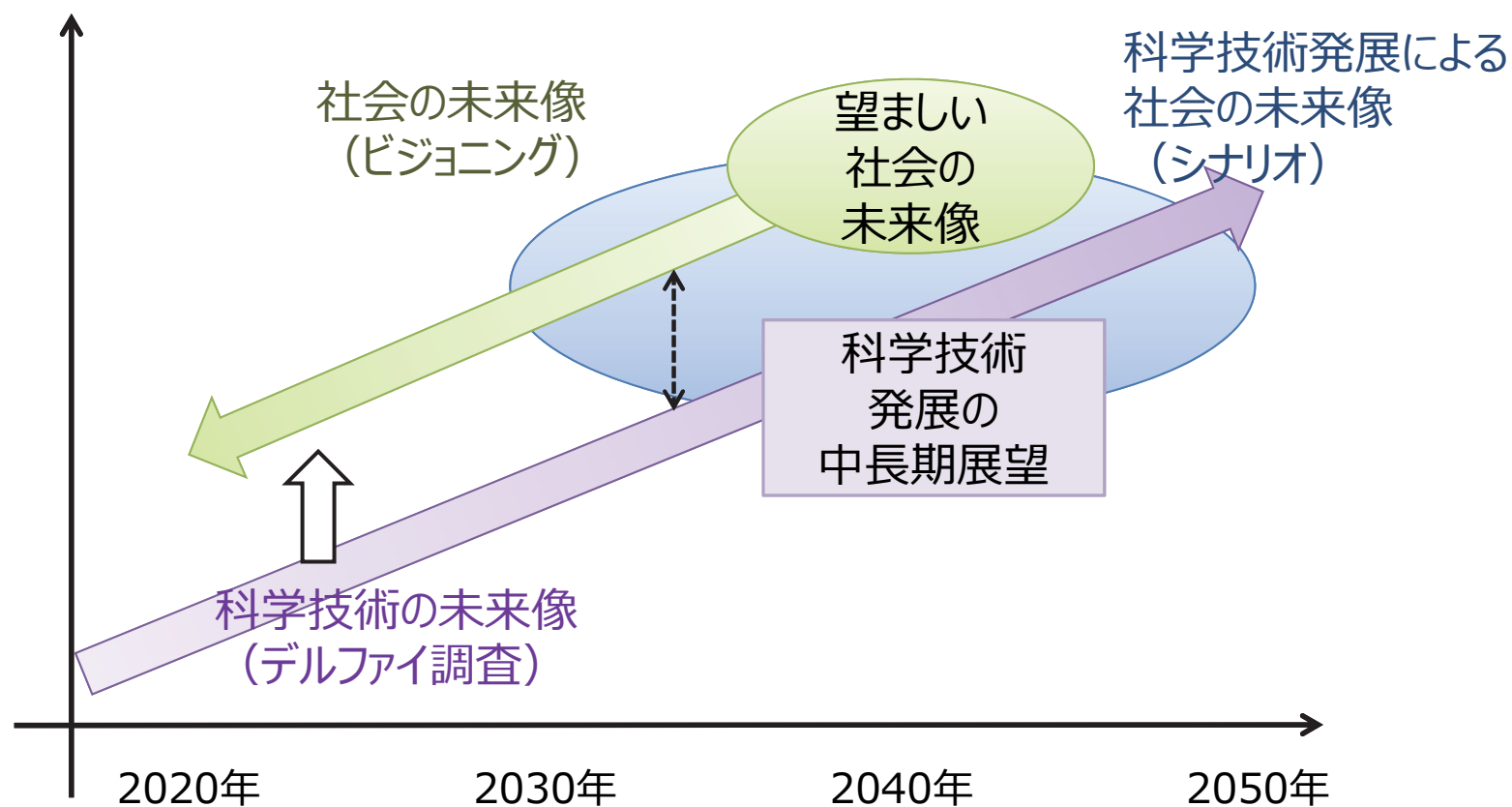
第11回科学技術予測調査の全体像

- 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に対して、基礎的な情報を提供することを目的として、2017年より実施。
- 1971年から約5年毎に実施、今回は11回目の調査。
- 社会の未来像、科学技術の未来像をそれぞれ検討、統合して科学技術発展による社会の未来像を描く。



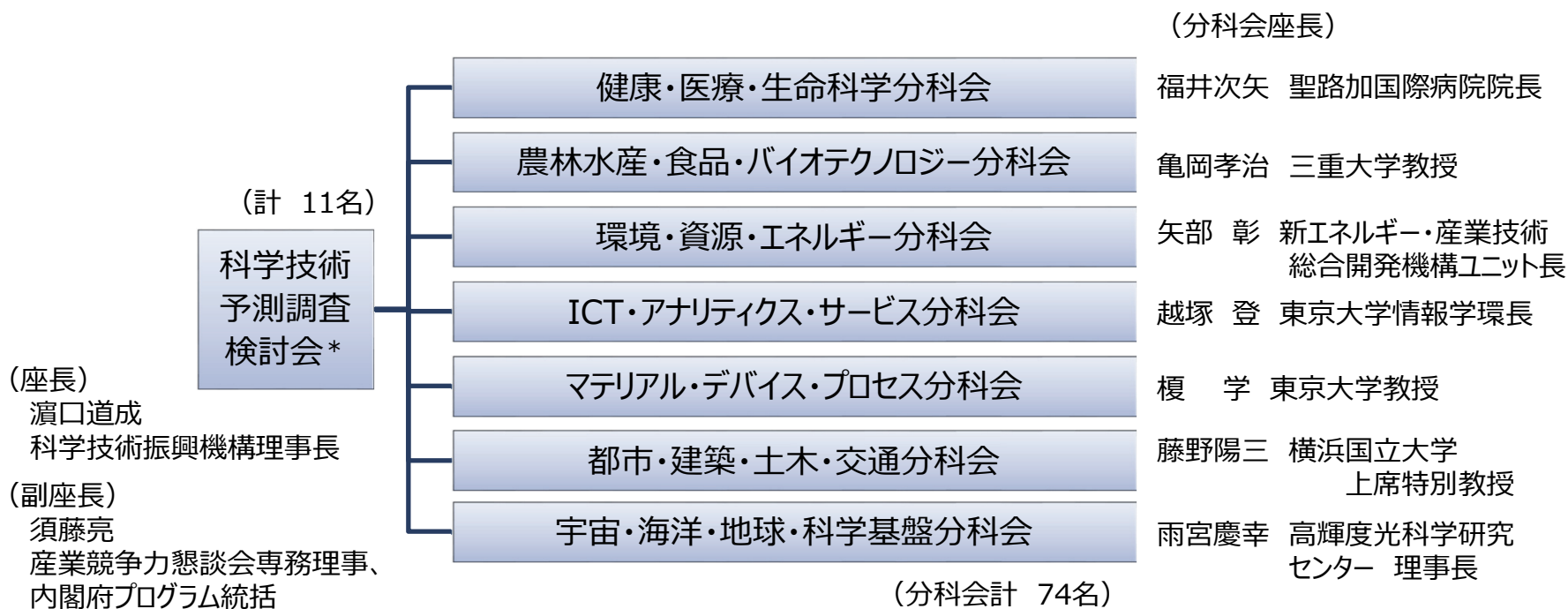
第11回科学技術予測調査の時間軸

- 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。

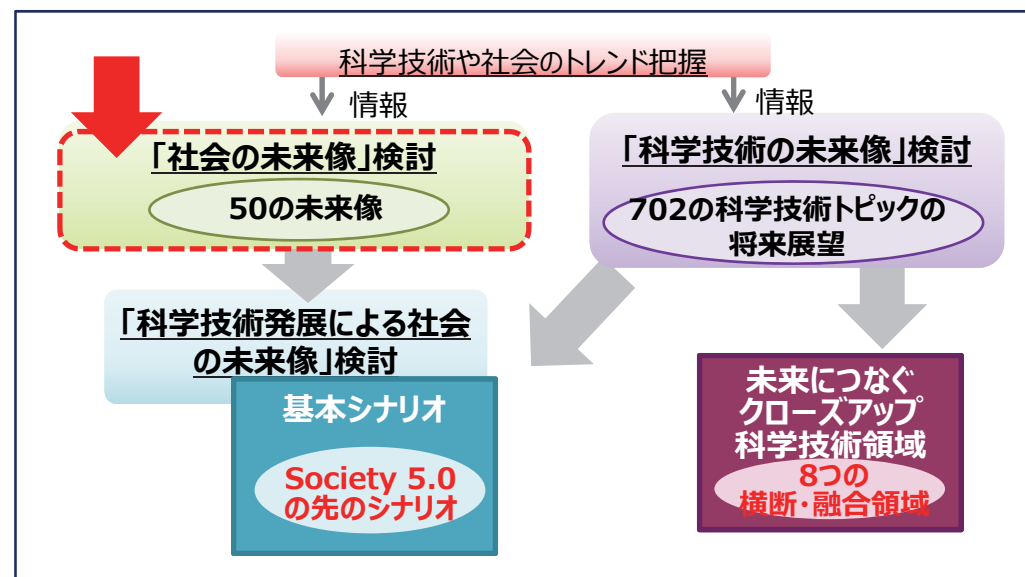


第11回科学技術予測調査の検討体制

- 科学技術予測調査検討会及び分野別分科会を設置。
- 科学技術予測調査検討会：分野横断的な視点から、調査の基本方針の検討及び結果取りまとめに向けた検討。
- 分野別分科会：科学技術トピックの設定及びアンケート結果分析等。



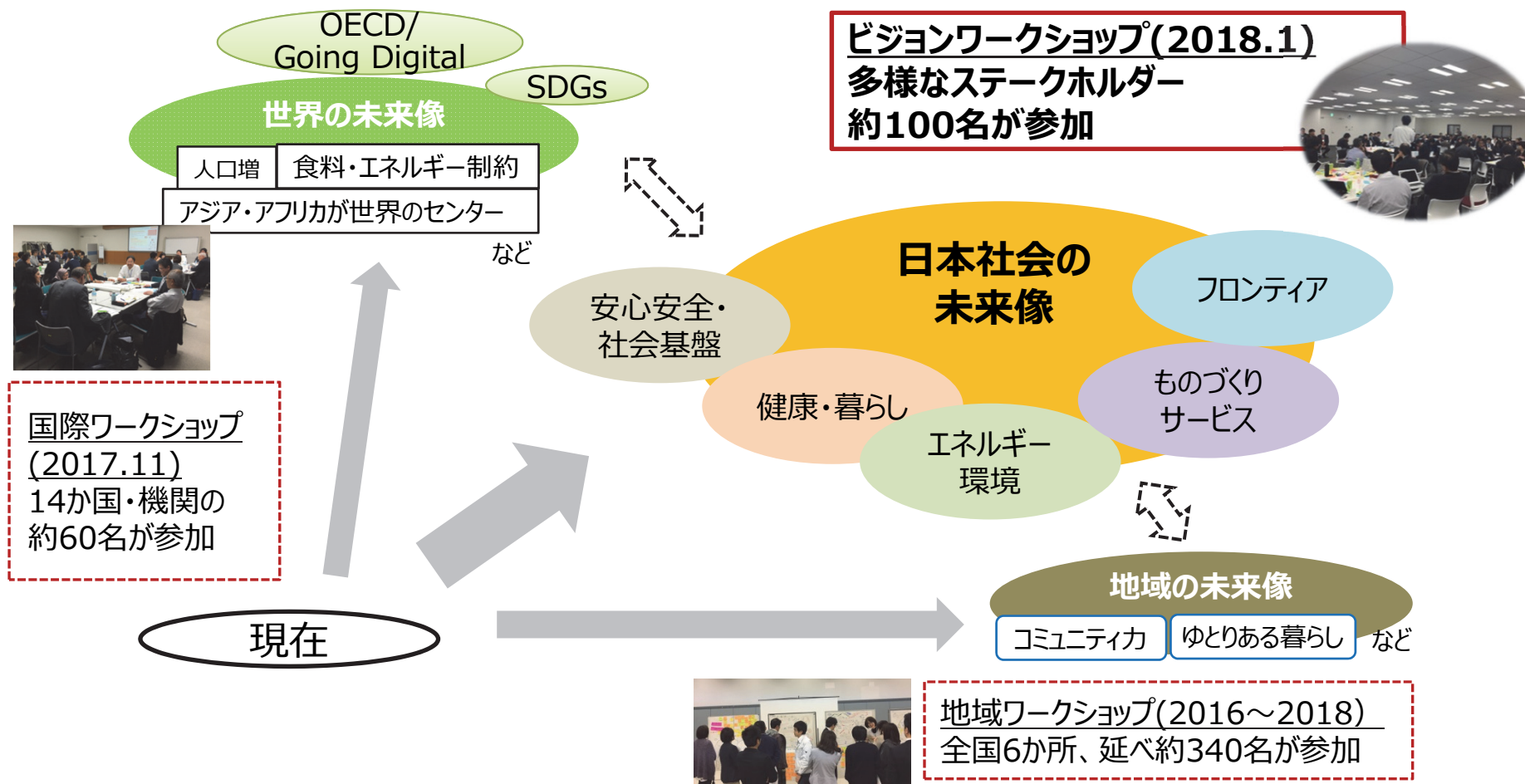
* 平成30(2018)年度は「科学技術予測委員会」



「社会の未来像」検討

「社会の未来像」の検討方法

- 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」の検討結果

- 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。
- 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

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	“超”成熟社会	ヒトの育て方
びんぴんコロリ社会	人間・機械融合社会	人間性拡張した社会
AND人間の育つ社会	安心・満足・健康社会	超人間社会：身体を制御し拡張する社会
多重人格社会	アナログ健康長寿社会	寿命選択制社会
超運命社会	暮らし方多様化社会	

変わりゆく暮らし・コミュニティ

生物への回帰	江戸銭湯社会	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
超生物社会	超ロボット社会	
“楽”社会	まともでないことでまともになっている社会	不滅の好奇心によって新世界を目指す社会
時空を超え繋がる社会	野性味社会	
労働の多様化社会		

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

Inclusion 誰一人取り残さない

ボーダレス社会	多次元社会
高齢者のモチベーションを創出・保障する社会	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
超高齢化でイノベーションを起こす社会	個人の価値観と多様性に寛容な社会
総活躍社会	ユビキタス生活社会
インクルーシブ社会	移動と物流の高度化
Japan as platform	
時空を超え繋がる社会	
多重人格社会	

脱空間社会

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

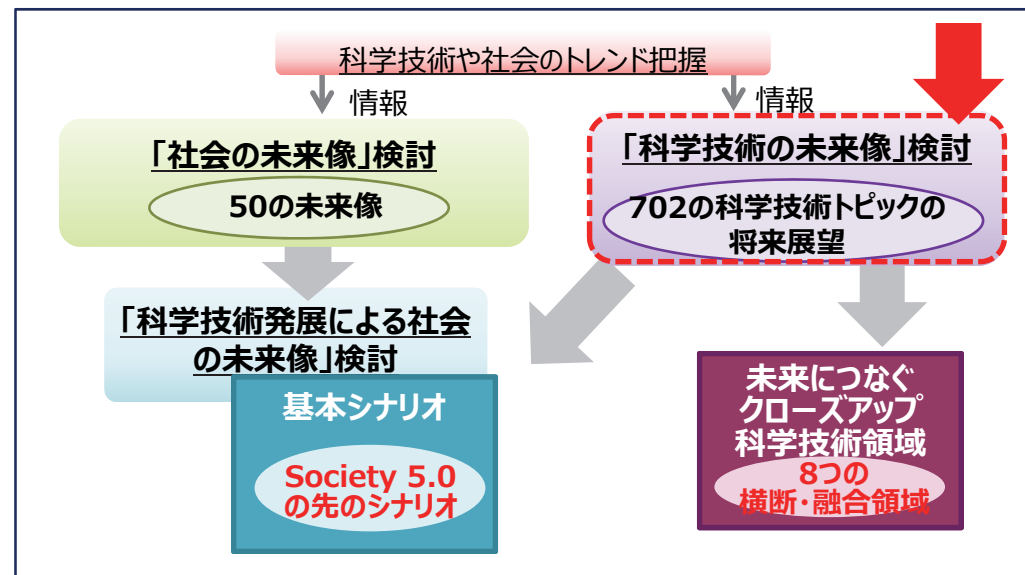
Sustainability 持続可能な日本

“換”社会	資源永久循環社会
“超”成熟社会	資源不足に不安のない社会
IoTにより災害に対する備えが十分な社会	ネオサステナビリティを実現した社会
超データエコノミー社会	脱GDP社会
不確実性の下で持続可能なエネルギー・環境	次世代IoTによる超低炭素社会
市民自らが社会課題を解決する社会	分散型発電が最適化されている社会
想定外を吸収できる社会	

サステナビリティ（海洋活用）

Curiosity 不滅の好奇心

探究心、活動空間の拡大が重要視される社会



「科学技術の未来像」検討 (デルファイ調査)

「科学技術の未来像」の検討方法（１）実施概要

- 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、多数の専門家の知見を得ることを目的として実施。
- 分野別分科会（7分科会、計74名）にて702の科学技術トピックを設定、専門家へのアンケートを実施。

◆ 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研究開発課題、計702件（7分野59細目）

◆ 科学技術トピックに対する質問項目

重要度、競争力、実現見通し、実現に向けた政策手段

◆ アンケート

実施期間：2019年2月～6月

回答者： 5352名

[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%

「科学技術の未来像」の検討方法（２）質問項目

項目	内容	選択肢
重要度 (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
国際競争力 (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
科学技術的実現見通し (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
科学技術的実現に向けた政策手段 (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
社会的実現見通し (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
社会的実現に向けた政策手段 (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。

「科学技術の未来像」の検討結果

(1) 各分野で重要度の高いトピック

分野	科学技術トピック（各分野の重要度の高い2件、[科学技術的実現時期/社会的実現時期]）
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 [2028/2030] アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法 [2032/2035]
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 [2026/2029] 人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム [2028/2030]
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 [2029/2032] 線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術 [2028/2029]
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 [2029/2031] 重要インフラ、自動車などの制御システムや個人用IoT機器・サービスに対し不正な侵入を防止する技術 [2028/2029]
マテリアル・デバイス・ プロセス	エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上（自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が500kmに相当）の性能をもつ高容量高出力電池 [2030/2032] 体内情報（薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分）をモニタリングするウェアラブルデバイス [2028/2031]
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 [2025/2026] 詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術 [2027/2028]
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い出すための切迫度評価 [2031/2033] 高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術 [2027/2029]

「科学技術の未来像」の検討結果

(2) 各分野で国際競争力の高いトピック

分野	科学技術トピック（各分野の競争力の高い2件、[科学技術的実現時期/社会的実現時期]）
健康・医療・生命科学	iPS細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法 [2028/2029] 生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術 [2028/2030]
農林水産・食品・バイオテクノロジー	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム [2028/2030] 高齢社会を意識したフードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品 [2027/2029]
環境・資源・エネルギー	エネルギー効率が50%の自動車エンジン [2029/2031] 電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池（寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下） [2029/2032]
ICT・アナリティクス・サービス	マルチコアファイバ・シリコンフォトニクスなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術 [2027/2028] 自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術 [2028/2030]
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 [2032/2033] 炭化ケイ素（SiC）、窒化ガリウム（GaN）を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体 [2029/2033]
都市・建築・土木・交通	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御 [2026/2028] アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速360kmでの連続走行時に騒音の環境基準（住宅地で70dB(A)以下）を満たす技術 [2027/2029]
宇宙・海洋・地球・科学基盤	地球上のどこでも18桁の精度での時間測定が実現し、地殻・地下水の変動やマグマだまりの移動の計測（ジオイド計測）が可能となる、光ファイバーを使用した光格子時計のネットワーク [2030/2033] 宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明 [2033/-]

「科学技術の未来像」の検討結果

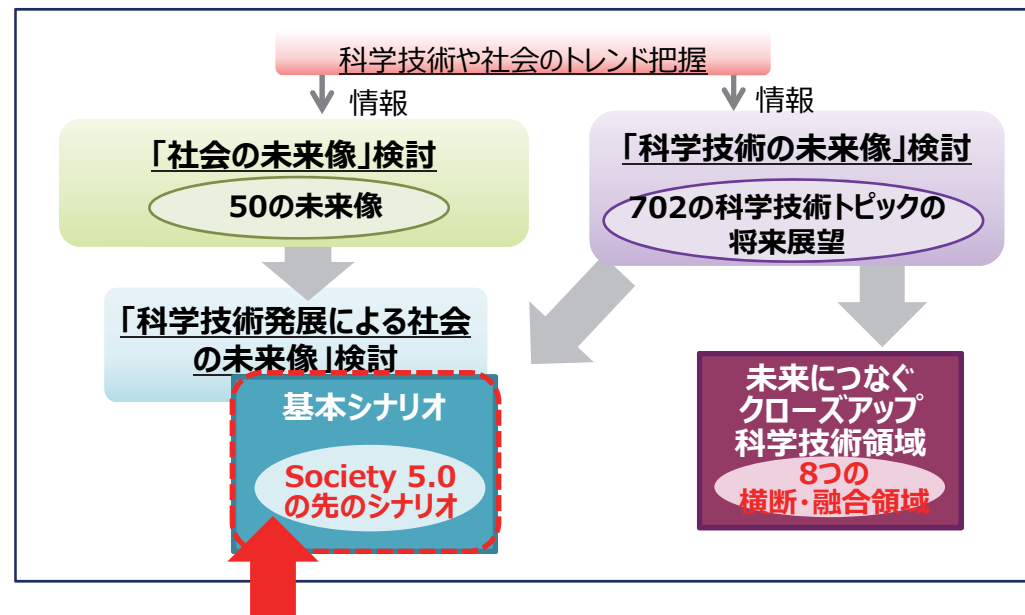
(3) 法規制整備の必要性が高いトピック

分野	トピック（科学技術的実現に向けた政策手段として、「法規制整備」を選択した回答者の多い上位10件）
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
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）
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
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）
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
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）
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」
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
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）
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

「科学技術の未来像」の検討結果

(4) ELSI対応の必要性が高いトピック

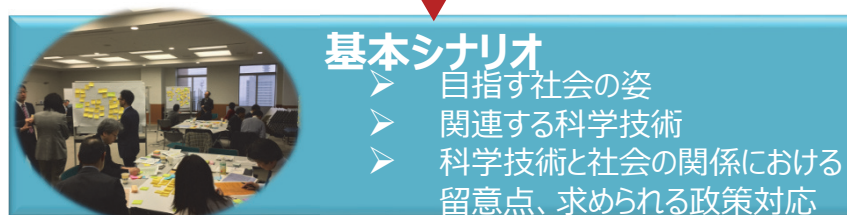
分野	トピック（科学技術の実現に向けた政策手段として、「倫理的・法的・社会的課題への対応」を選択した回答者の多い上位11件）
健康・医療・生命科学	新生児期からのゲノム情報の活用のためのELSIの解決策
ICT・アナリティクス・サービス	機械（AI、ロボット）と人間の関係について社会的合意に達する（新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する）
健康・医療・生命科学	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚（動物性集合胚）から作出されるヒト移植用臓器
健康・医療・生命科学	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組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
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
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
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
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
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
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
ICT・アナリティクス・サービス	法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム



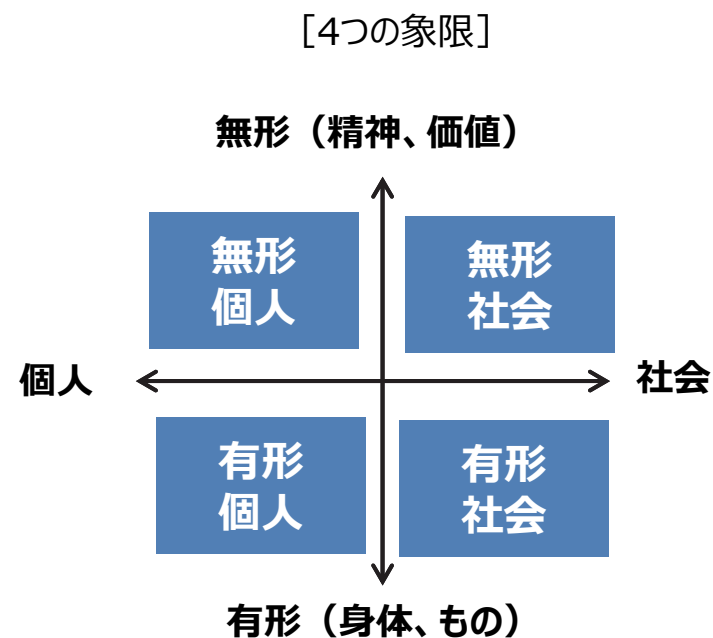
「科学技術発展による社会の未来像」 検討

「科学技術発展による社会の未来像」の検討方法

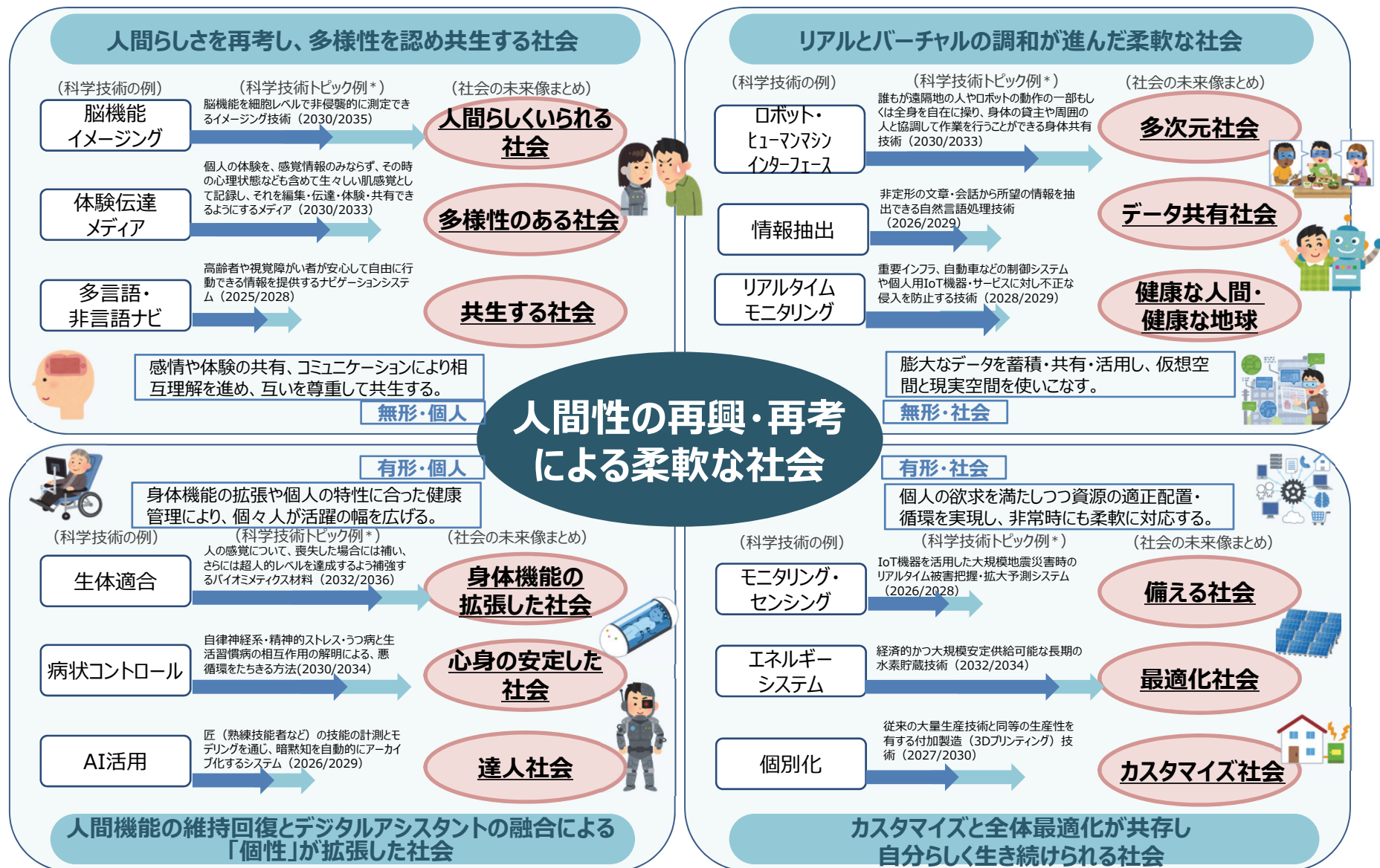
- 社会の未来像及び科学技術の未来像を基に、科学技術発展により目指す社会の姿を描くことを目的として実施。
- 基本シナリオワークショップを開催。2軸（無形⇔有形、個人⇔社会）を設定、4つの象限の下に社会の未来像と科学技術の未来像を統合。



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



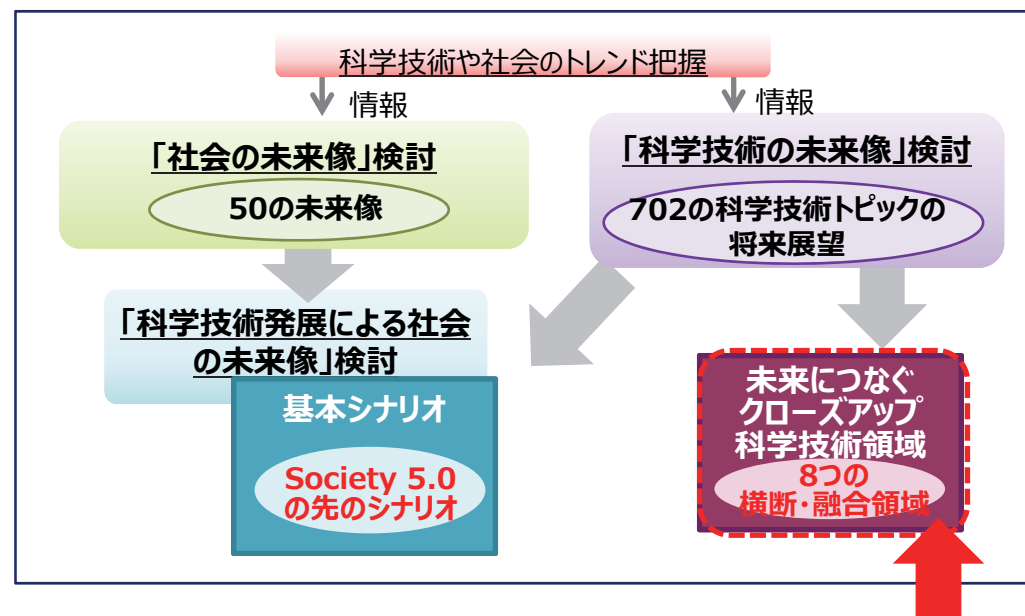
「科学技術発展による社会の未来像」の検討結果



科学技術の実現 (所期の性能を得るなど技術的な環境が整う)

社会的実現 (実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる)

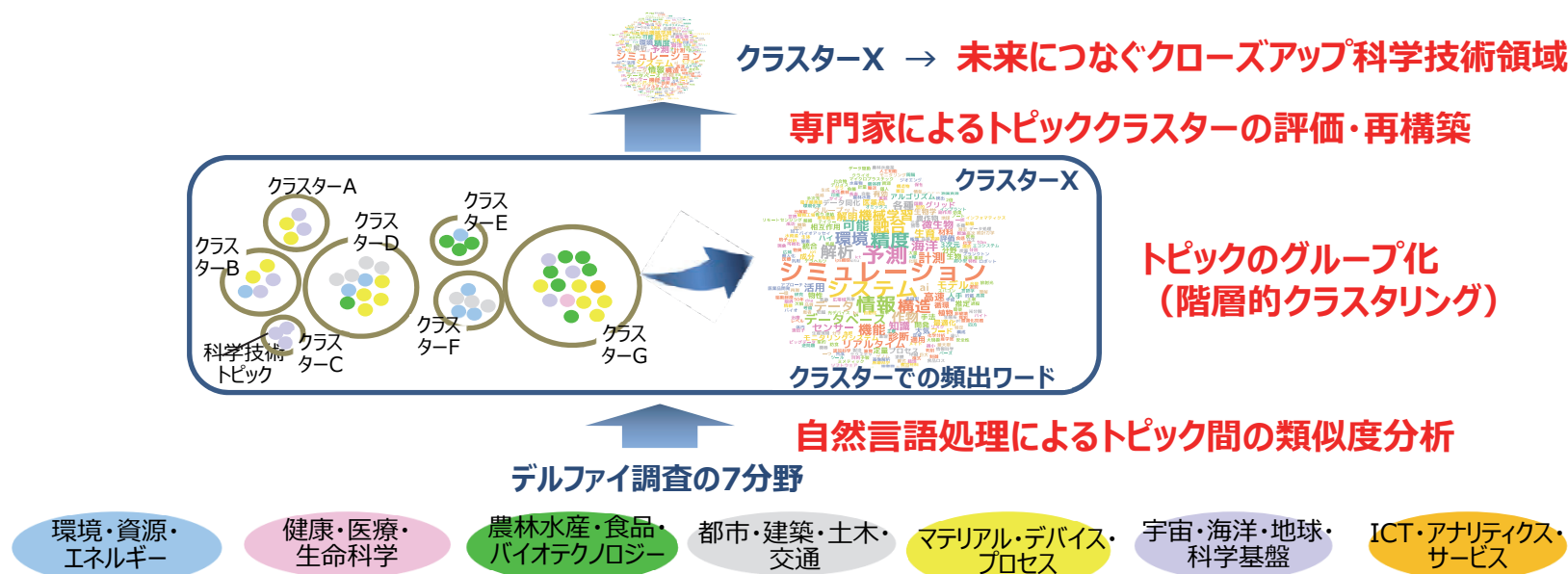
*デルファイ調査で設定した702の科学技術トピックから抽出



「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」検討

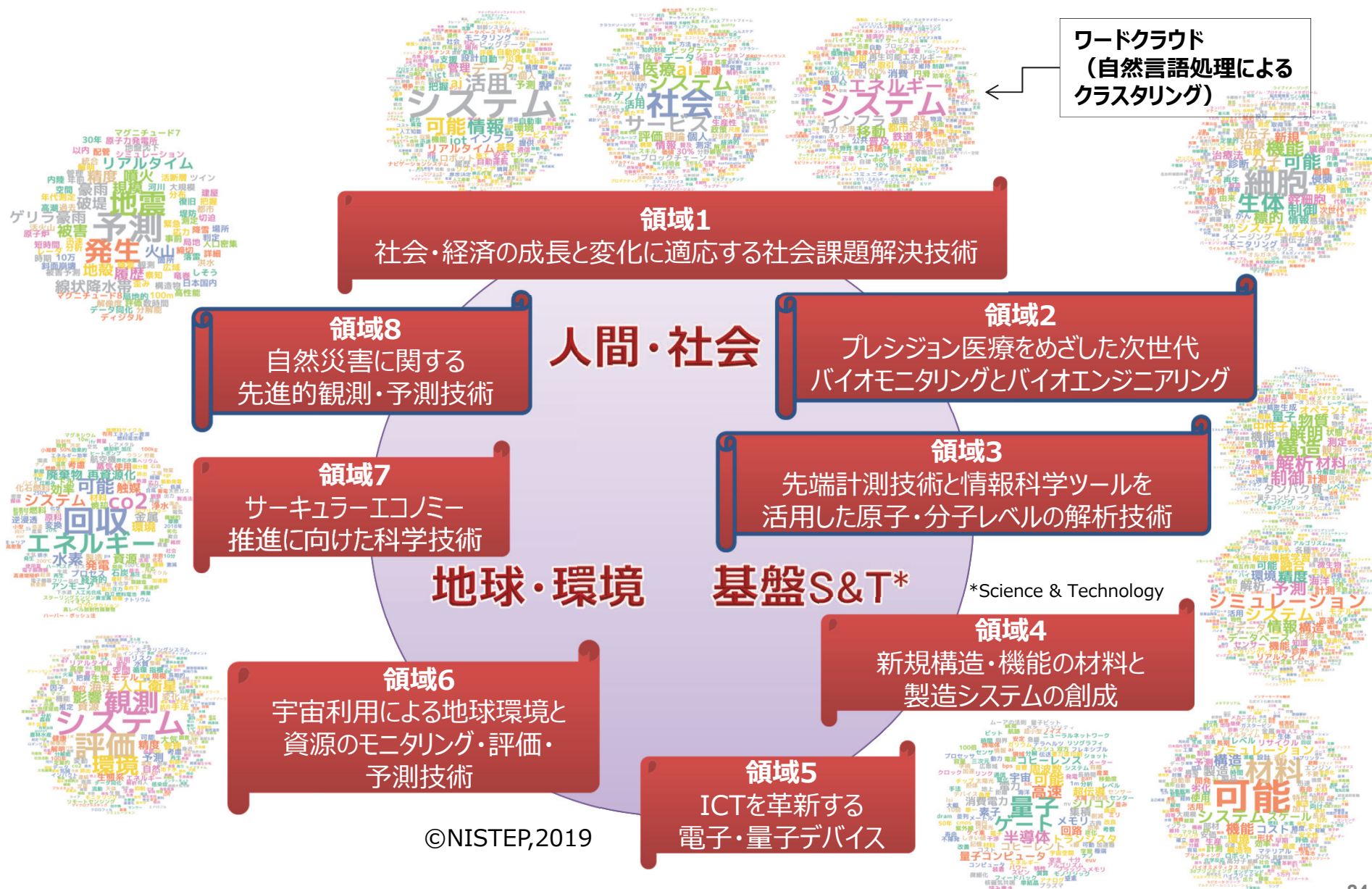
「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」の検討方法

- 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抽出を目的として実施。
- 方法
 - ・ デルファイ調査の702の科学技術トピックに対して、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・再構築を経て設定。
- 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）との組合せによる抽出。



「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」の検討結果 分野横断・融合のポテンシャルの高い領域

ワードクラウド
(自然言語処理による
クラスタリング)



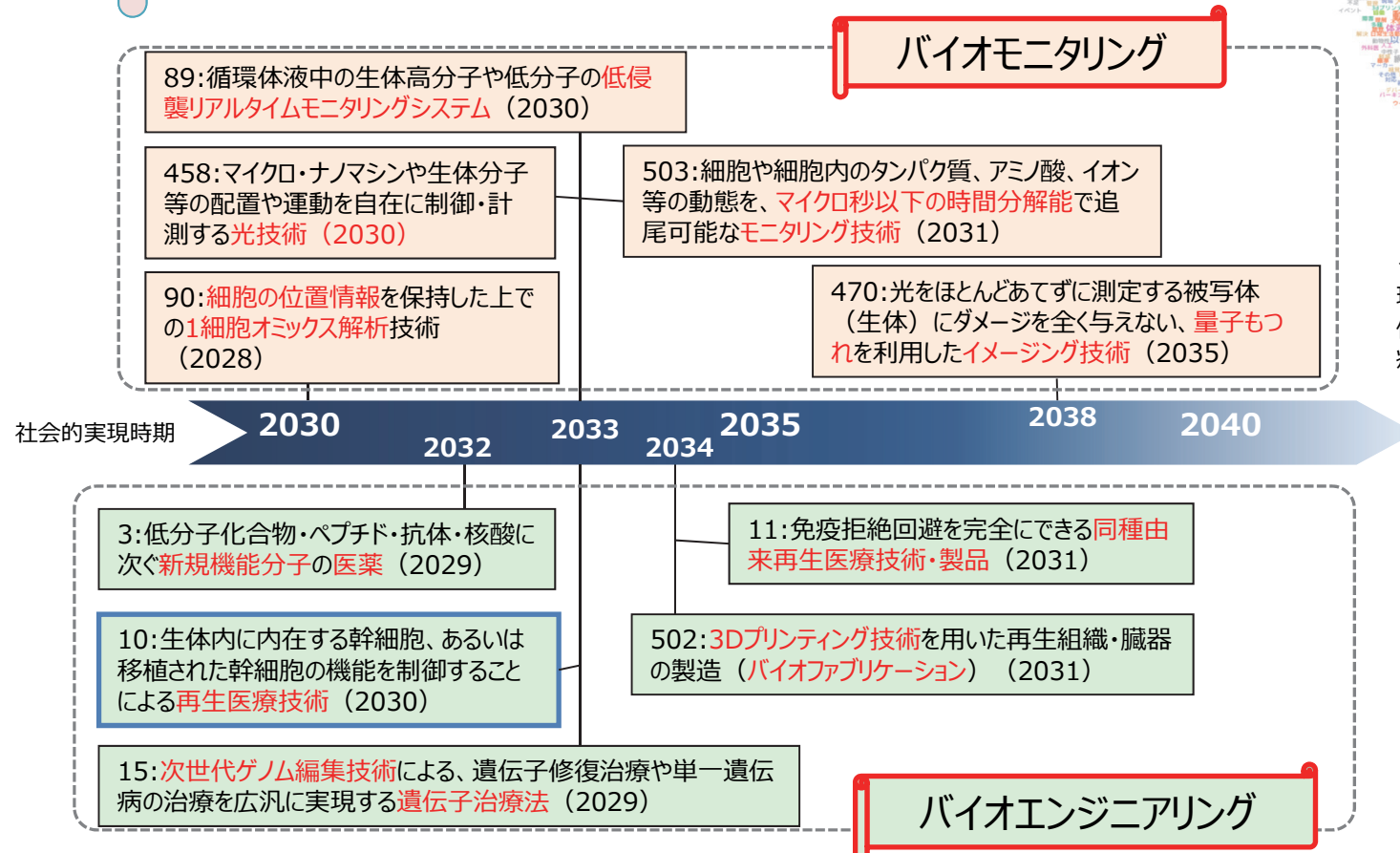
©NISTEP,2019

「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」の検討結果

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

<人間・社会><基盤S&T>

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



ワードクラウド



©NISTEP,2019

*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

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

注：年表は、社会的実現時期（実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期）による。各トピック文末のカッコ内は、科学技術の実現時期（所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期）。年は、いずれもアンケート結果の中央値。科学技術トピックの先頭数字はID番号。

「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」の検討結果

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

<基盤S&T>

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

ワードクラウド



©NISTEP,2019

高度計測技術（材料・農作物・生体）

107: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**（2028）

505: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**（2033）

680: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（2026）

453:ピコメータースケールで原子・分子の内部を可視化できる**超高解像度顕微鏡**（2031）

社会的実現時期

2025 2026 2028 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036

676:情報科学(機械学習、ベイズ推定、データ同化、最適化問題等)を活用した**放射光計測技術の高度化**（2025）

108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**（2028）

先端計測とデータ科学の融合による解析の高度化

469: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**（2031）

431: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**（2029）

649: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、**オーダーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法**（2031）

696:創薬や投資・金融の意思決定等に係る効率を3桁改善する、**従来のコンピュータ、量子アニーリングマシン、ゲート型量子コンピュータのハイブリッドシステム**（2030）

計算科学応用技術

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

注：年表は、社会的実現時期（実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期）による。各トピック文末のカッコ内は、科学技術的実現時期（所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期）。年は、いずれもアンケート結果の中央値。科学技術トピックの先頭数字はID番号。

「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」の検討結果

領域8：自然災害に関する先進的観測・予測技術

<地球・環境><人間・社会>

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

ワードクラウド



©NISTEP,2019

地震と火山の観測・予測

631: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 (2030)

585: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 (2028)

634:地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術 (2030)

629: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い出すための切迫度評価 (2031)

632: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 (2037)

社会的実現時期

2025

2029

2030

2032

2033

2035

2036

644:高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術 (2027)

539: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 (2027)

515: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 (2032)

512:予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術 (2028)

514:長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術 (2029)

風水害等の予測と国土の保全・設計

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

注：年表は、社会的実現時期（実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期）による。各トピック文末のカッコ内は、科学技術的实现時期（所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期）。年は、いずれもアンケート結果の中央値。科学技術トピックの先頭数字はID番号。



調査結果の展開

■ 基調講演

- ◆ 上山隆大 総合科学技術・イノベーション会議 議員
- ◆ 濱口道成 科学技術振興機構 理事長

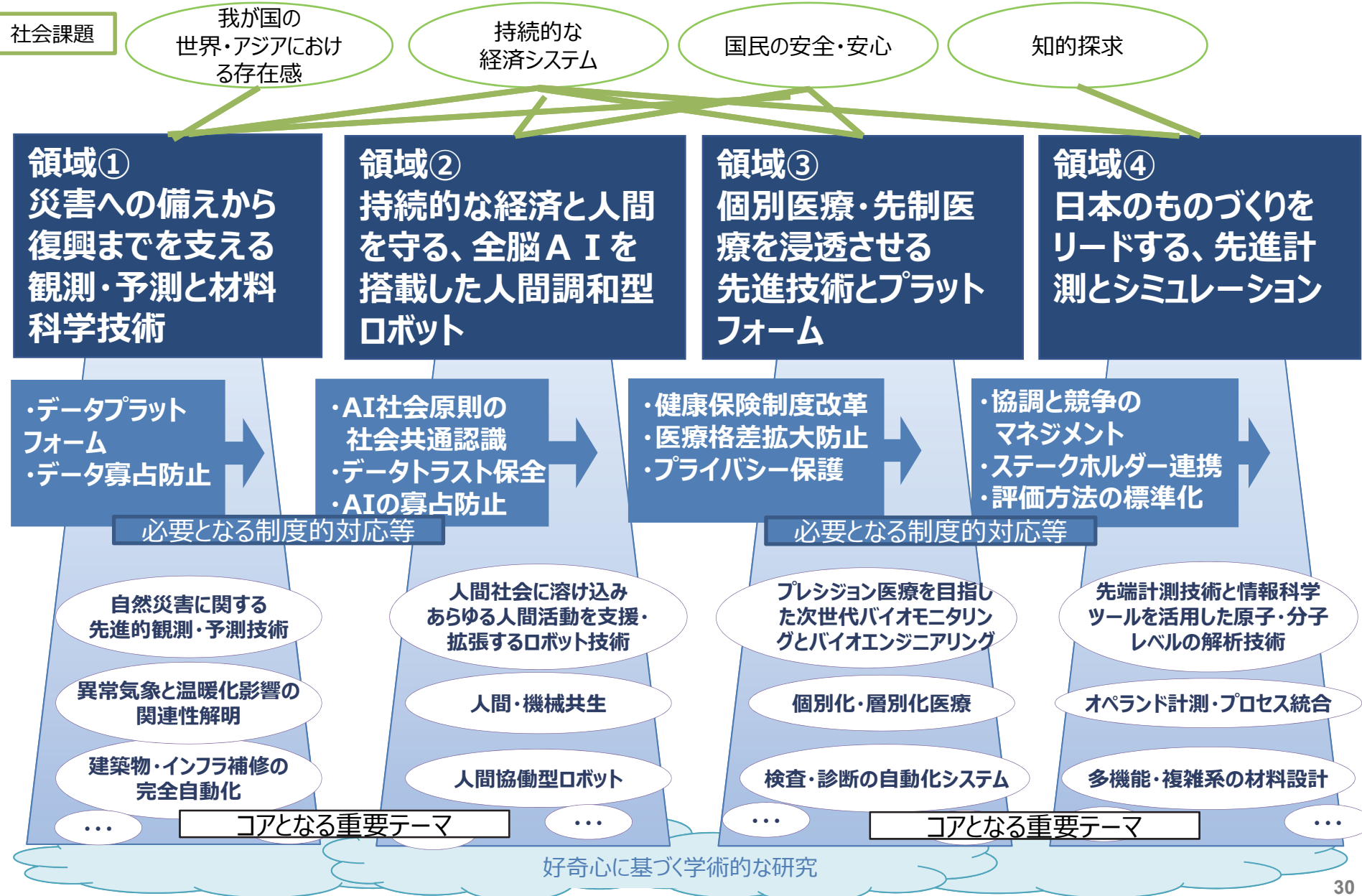
■ 未来展望の取組紹介

- ◆ 共催3機関（NISTEP、JST-CRDS、NEDO-TSC）の取組み紹介
- ◆ 関連シンクタンクの専門家によるワークショップ結果

■ パネル討論

- ◆ 未来展望の取組み紹介
 - 渡辺美代子 日本学術会議副会長
 - 須藤亮 産業競争力懇談会専務理事
- ◆ 討論（ファシリテータ：濱口道成 JST理事長）
 - 安西 祐一郎 日本学術振興会 顧問
 - 岸 輝雄 外務大臣 科学技術顧問
 - 永井 良三 自治医科大学 学長
 - 山本 佳世子 日刊工業新聞社 論説委員兼編集委員
 - 上山 隆大 総合科学技術・イノベーション会議 議員
 - 須藤 亮 産業競争力懇談会 専務理事
 - 渡辺 美代子 日本学術会議 副会長

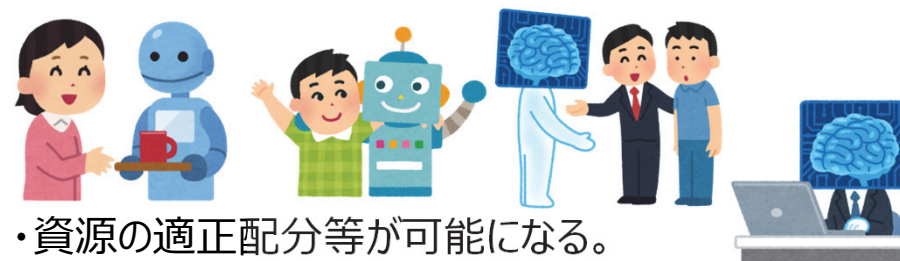
関連シンクタンクの専門家によるワークショップ（検討結果）



コアとなる重要テーマの例

- 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・機械共生
 - 人間協働型ロボット
 - 多言語対応世話人ロボット
 - 動物型パートナーロボット
- :NISTEP ◆:CRDS ■:TSC

人間の心と生活を守りながら、持続的な経済の発展



- ・資源の適正配分等が可能になる。
- ・人間の身体や知的能力をやさしく補完する。

例えば… **会議等も自己のアバター同士で完結可能。**
人間の要望に対し人間と同じ思考で応じるサービスの供給。

現在ある科学技術

- ・顔データまで含めたコミュニケーション解析用データセット⁽¹⁾
- ・自動運転可能な電動車イス⁽²⁾
- ・店舗や公共空間でのサービス業務支援を行う自律ロボット⁽³⁾

必要となる制度的対応等

- ・AI社会原則の統一策定と、その社会的共通認識
- ・DFFT（データ・フリー・フロー・ウィズ・トラスト）、データ・トラストの保全
- ・AIの活用にとまなう制度的課題への対応（AIの寡占問題への対処など）

2040年頃までの科学技術課題例

- ・ヒトと違和感なくコミュニケーションが取れる対話技術（2030）
- ・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（2030）
- ・当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることを実現する、等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットの開発と普及（2031）

※括弧内は社会的実現見込み年

(1) NEDO ニュースリリース「世界初、顔データまで含めたコミュニケーション解析用データセットを公開」

(2) JAL：協働プレスリリース「羽田空港における次世代型電動車いすの自動運転の試験走行を実施」

(3) 日立 ホームページ「EMIEW3とロボットIT基盤：ロボティクス」



参考

- 第11回科学技術予測調査結果を以下で御覧いただけます。

公表のお知らせ

<https://www.nistep.go.jp/archives/42863>

総合報告書

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

デルファイ調査分野別速報

健康・医療・生命科学

<http://doi.org/10.15108/stfc.foresight11.201>

農林水産・食品・バイオテクノロジー

<http://doi.org/10.15108/stfc.foresight11.202>

環境・資源・エネルギー

<http://doi.org/10.15108/stfc.foresight11.203>

ICT・アナリティクス・サービス

<http://doi.org/10.15108/stfc.foresight11.204>

マテリアル・デバイス・プロセス

<http://doi.org/10.15108/stfc.foresight11.205>

都市・建築・土木・交通

<http://doi.org/10.15108/stfc.foresight11.206>

宇宙・海洋・地球・科学基盤

<http://doi.org/10.15108/stfc.foresight11.207>

「2040年に目指す社会の検討」報告書 <http://doi.org/10.15108/rm276>

「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」報告書

<http://doi.org/10.15108/dp172>

形態素の抽出

■ 文章から名詞句のみを抽出

MeCab + mecab-ipadic-neologd

◆ 例

- 非定形の文章・会話から所望の情報を抽出できる自然言語処理技術
- 非定型, 文章, 会話, 情報, 抽出, 自然言語, 処理, 技術

分散表現化

■ 名詞句を分散表現（ベクトル，座標値）に変換

FastText

◆ 併せて，ベクトルを線形加算 & 正規化し，文章の特徴量に

- 非定型, 文章, 会話, 情報, 抽出, 自然言語, 処理, 技術
- $v = (0.1, 0.6, 0.5, \dots, 0.8, 0.8, 0.1)$

クラスタリング

■ 距離を計算して，近いもの同士でグループを作る

hclust@R

◆ 今回は階層クラスタリングを利用

- 複数階層でまとめてみて，理解しやすいサイズを採用
 - ▶ 今回の試行では，距離はユークリッド距離，併合法は最遠法

次元圧縮

■ 2次元に再配置し，可視性を調整

UMAP

◆ 今回はUMAP※を利用

- 「基本的には」似たもののほど近くに配置される

※ UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction