

「科学技術予測調査の実施について」 参考資料

2018年12月21日（金）
科学技術・学術政策研究所

全体像：	検討体制 -----	1～3
ビジョニング：	「日本社会の未来像」の検討 -----	4～5
	「世界の未来像」の検討 -----	6～7
	「地域の未来像」の検討 -----	8
デルファイ：	「科学技術の未来像」の検討 -----	9～13
シナリオ：	基本シナリオワークショップの実施概要 -----	14
基盤：	ICT基盤の活用 -----	15～16
過去調査：	科学技術予測調査の歴史 -----	17
	前回の科学技術予測調査の概要 -----	18～22
	過去のデルファイ調査の実施状況 -----	23～26
現状：	科学技術予測活動の現状・課題と今後の方向性 -----	27～29

検討体制－科学技術予測委員会

(敬称略)

	氏名	所属	備考
委員長	濱口 道成	科学技術振興機構理事長	科学技術・学術審議会 総合政策特別委員会主査
副委員長	須藤 亮	産業競争力懇談会専務理事 (株)東芝 特別囑託	内閣府政策参与 (SIP/PRISM/ ImPACTプログラム統括)
委員	福井 次矢	聖路加国際病院長	健康・医療・生命科学分科会座長
	亀岡 孝治	三重大学教授	農林水産・食品・バイオテクノロジー分科会 座長
	矢部 彰	新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター 再生可能エネルギーユニット長	環境・資源・エネルギー分科会座長
	越塚 登	東京大学教授	ICT・アナリティクス・サービス分科会座長
	榎 学	東京大学教授	マテリアル・デバイス・プロセス分科会座長
	藤野 陽三	横浜国立大学上席特別教授	都市・建築・土木・交通分科会座長
	雨宮 慶幸	東京大学特任教授	宇宙・海洋・地球・科学基盤分科会座長
	大島 まり	東京大学教授	ステークホルダー参画の視点
	永野 博	日本工学アカデミー専務理事	科学技術政策の視点

検討体制－分科会

(敬称略)

健康・医療・生命科学		農林水産・食品・バイオ	
福井 次矢	聖路加国際病院 院長 【座長】	亀岡 孝治	三重大学大学院生物資源学研究所 教授 【座長】
加藤 忠史	理化学研究所脳科学総合研究センター 精神疾患動態研究チーム シニアチームリーダー	加々美 勉	株式会社サカタのタネ 常務取締役
金谷 泰宏	国立保健医療科学院健康危機管理部 部長	加藤 鐵夫	(一社)日本木質バイオマスエネルギー協会 副会長
菅野 純夫	東京医科歯科大学難治疾患研究所 非常勤講師	勝川 俊雄	東京海洋大学 産学・地域連携推進機構 准教授
谷下 一夫	早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構 招聘研究員	後藤 英司	千葉大学大学院園芸学研究所 教授
知場 伸介	日本医療研究開発機構 創薬戦略部創薬企画・評価課 課長	高野 誠	農業・食品産業技術総合研究機構 機能利用研究部門 主席研究員
矢部 大介	京都大学大学院医学研究科 特定准教授	西出 香	オランダ応用科学研究機構(TNO) 事業開発マネージャー
山縣 然太郎	山梨大学大学院総合研究部 医学域社会医学講座 教授	二宮 正士	東京大学大学院農学生命科学研究科 附属生態調和農学機構特任教授
山口 照英	金沢工業大学加齢医工学先端技術研究所 所長	渡邊朋也	農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター所長
山田 康秀	浜松医科大学医学部臨床腫瘍学講座 教授		
環境・資源・エネルギー		ICT・アナリティクス・サービス	
矢部 彰	新エネルギー・産業技術総合開発機構 【座長】 技術戦略研究センター 再生可能エネルギーユニット長	越塚 登	東京大学大学院 情報学環 教授 【座長】
入江 一友	日本エネルギー経済研究所 常務理事	石戸 奈々子	NPO法人 CANVAS 理事長
江守 正多	国立環境研究所地球環境研究センター 副センター長	後藤 厚宏	情報セキュリティ大学院大学・学長
栗原 正典	早稲田大学理工学術院 教授	杉山 将	理化学研究所 革新知能統合研究センター長
古関 恵一	JXTGエネルギー株式会社中央技術研究所 技術戦略室 フェロー	高木 聡一郎	国際大学グローバルコミュニケーションセンター 教授
高村 ゆかり	東京大学国際高等研究所 サステナビリティ学連携研究機構 教授	田中 圭介	東京工業大学 情報理工学 教授
藤井 実	国立環境研究所社会環境システム研究センター 環境社会イノベーション研究室 室長	田中 秀幸	東京大学大学院 情報学環 学環長/教授
藤井 康正	東京大学原子力国際専攻 教授	中尾 彰宏	東京大学大学院 情報学環・学際情報学府 教授
藤野 純一	国立環境研究所社会環境システム研究センター 環境社会イノベーション研究室 主任研究員	中島 秀之	札幌市立大学 理事長(学長)
本庄 昇一	東京電力ホールディングス株式会社経営技術戦略研究所 技術開発部 部長代理	濱田 健夫	東京大学大学院 情報学環 学際情報学圏 助教
横張 真	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 教授	原 辰徳	東京大学 人工物工学研究センター 准教授
		比留川 博久	産業技術総合研究所ロボティクスイノベーション研究センター長
		暦本 純一	東京大学大学院 情報学環 教授

検討体制－分科会（続き）

(敬称略)

マテリアル・デバイス・プロセス		都市・建築・土木・交通	
榎 学	東京大学大学院工学系研究科 教授 【座長】	藤野 陽三	横浜国立大学先端科学高等研究院上席特別教授 【座長】
岸本 康夫	JFEスチール株式会社スチール研究所 研究技監	饗庭 伸	首都大学東京都市環境科学研究科 教授
久保 百司	東北大学金属材料研究所 教授	石田 哲也	東京大学大学院工学系研究科 教授
小山 珠美	昭和電工株式会社先端技術開発研究所 所長	伊藤 正秀	国土交通省国土技術政策総合研究所 研究総務官
瀬山 倫子	日本電信電話株式会社先端集積デバイス研究所 主幹研究員	腰原 幹雄	東京大学生産技術研究所 教授
高井 まどか	東京大学大学院工学系研究科 教授	竹内 真幸	清水建設株式会社フロンティア開発室海洋開発部 上席エンジニア
高見 知秀	工学院大学教育推進機構 教授	中村 いずみ	防災科学技術研究所地震減災実験研究部門 主任研究員
新野 俊樹	東京大学生産技術研究所 教授	古川 敦	鉄道総合技術研究所 研究開発推進部長
西川 恒一	株式会社豊田中央研究所 主席研究員	森川 高行	名古屋大学未来社会創造機構 教授
根本 香絵	国立情報学研究所 教授	吉田 憲司	宇宙航空研究開発機構航空技術部門 航空プログラムディレクター
藤田 大介	物質・材料研究機構 理事長特別補佐 先端材料解析研究拠点 拠点長		
昌原 明植	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 副部門長		
宇宙・海洋・地球・科学基盤			
雨宮 慶幸	東京大学大学院新領域創成科学研究科特任教授 【座長】		
伊藤 聡	物質・材料研究機構統合型材料開発・情報基盤部門 情報統合型物質・材料研究拠点 拠点長		
金谷 利治	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 教授		
河野 健	海洋研究開発機構 研究担当理事補佐		
武田 哲也	防災科学技術研究所地震津波火山ネットワークセンター 主任研究員		
野崎 光昭	高エネルギー加速器研究機構 名誉教授		
古谷 研	創価大学大学院工学研究科 教授		
本間 正修	宇宙航空研究開発機構 元理事		
湯本 潤司	東京大学大学院理学系研究科 教授		

「日本社会の未来像」の検討 ー検討方法（ビジョンワークショップの開催）

日本社会の未来像を検討するビジョンワークショップを開催

◆ 目的

- 社会の変化、科学技術の進展、社会と科学技術の関係性の変化など、様々な変化の可能性を踏まえて、2040年の社会を描く。
- 科学技術イノベーション政策の方向性に関する議論の基となる、2040年の社会を描く。

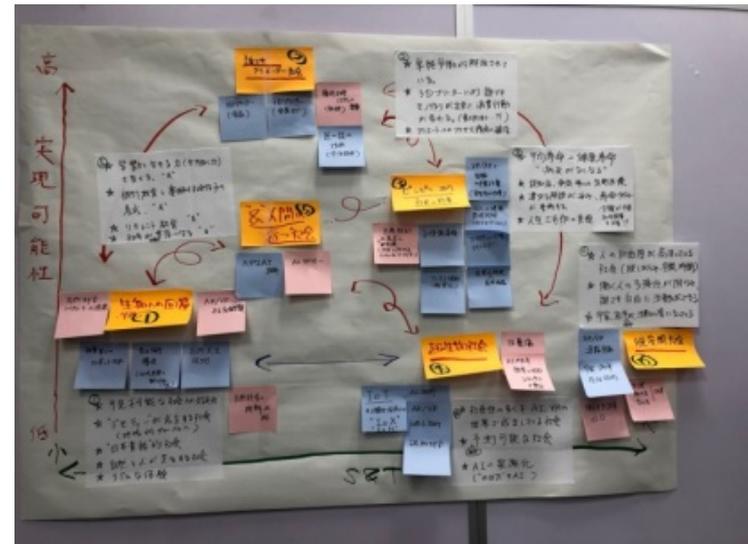
◆ 開催 2018年1月

◆ 参加者

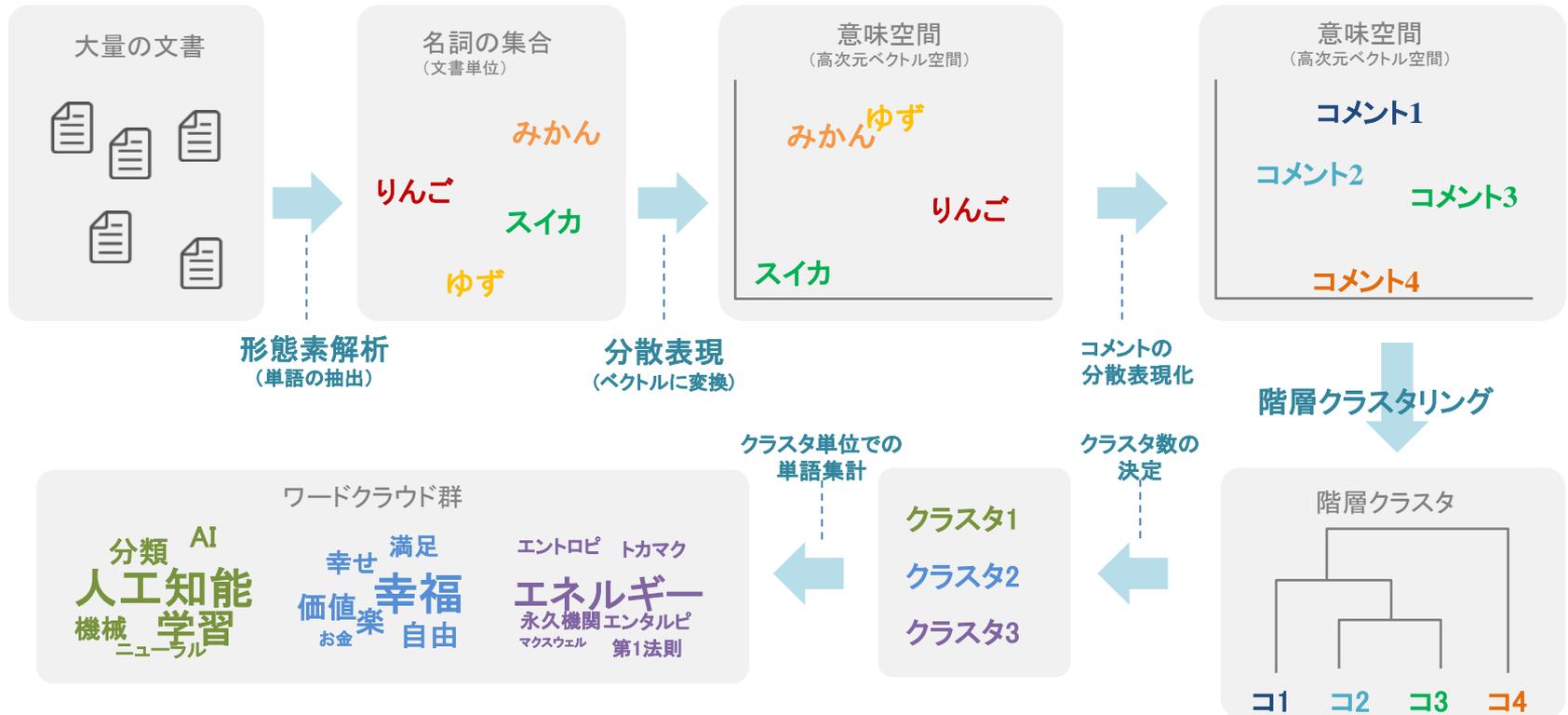
- 産学官の関係者100名が、10グループに分かれて議論し、各5個ずつ、計50個の望ましい日本社会の未来像を提案

◆ 検討事項

- 現在のトレンドの共有
- 望ましい日本社会の未来像とその内容の検討



「日本社会の未来像」の検討 - ビジョンワークショップ結果のキーワード分類方法



算出手続の詳細

- ◆ いわゆる人工知能※を用い、コメントの特徴量を高次元ベクトル空間に写像
 - ※ 自然言語処理, ここでは形態素解析と分散表現
 - ▶ 分散表現は深層学習で使われる技術を用い、単語の意味をベクトルに変換する手法
 - 学習データは、Wikipedia日本語版, 科研費課題, CiNiiの論文概要, 国会会議録, 科学技術白書など
- ◆ ベクトル空間であれば距離が計算できるので、近い人同士でグループを作る
 - ウォード法に基づく階層クラスタリング
- ◆ 解釈しやすい個数のクラスタ階層の単位で単語をカウント

「世界の未来像」の検討 – 国際ワークショップ結果

シンポジウム開催概要

開催日：2017年11月29日
講演：12名（8か国/機関）

ワークショップ開催概要

開催日：2017年11月30日～12月1日
参加者：約60名（うち海外22名（13か国））

科学技術発展の光と影（質の高い生活⇔格差）

コミュニティが管理するデジタルインフラが登場し、学習に自由にアクセスできる。AIが人間の創造性を支援し生産性を高めるため、人間は労働時間が減り、より多くの自由と高い生活の質を手にする。

技術とAIの普及で所得格差・社会格差がなくなり、ロボットと拡張現実がコミュニティ間の距離を縮め、新たなユートピアが誕生する

ビッグデータ革命、オープンデータ、予測活動、オープンサイエンスに促され証拠に基づく科学技術政策が進展する。

ウェアラブル技術で人々の情報を共有できるようになる。

精神科医、データ専門家が勝者になる一方、スキル再教育が遅れた労働者は敗者になる。世代間の対立や暗号通貨の崩壊が、不確定要素になる。

技術により人間の心身の能力が高まる。こうした技術にアクセスできる人やIT企業が勝者になり、アクセスできない人や技術の導入が遅れた国は敗者になる

人間とサイボーグの格差が生じる。少数の企業がデジタルインフラを管理し、人間の価値を判定する。価値が低いとみなされた人間は追放され、これが激変の脅威につながる。

力が巨大IT企業に移行、国家と企業のパワーバランスが崩れる。国家は、企業に対する責任と国民に対する責任のバランスのジレンマに直面する。

社会の分断

社会が若者と高齢者に分裂し、権利を奪われ取り残された若者が革命を起こす。

気候変動・資源問題への対応

合成食品により各国の食糧安全保障が実現する。食の安全、アレルギー対策、抗生物質への取り組み、標準化に重点。

大規模なサイバー攻撃によりエネルギーシステムが数週間停止し、これを受けてより強靱なシステムが構築される。

他の惑星にも人間が住めるようテラフォーミングが進められ、地球上の全ての人々が勝者になる。

気候変動の緩和に失敗するが、炭素捕捉・貯蔵技術等により変動の緩和・逆転が進みはじめる。

医療のパラダイムシフト

AIと技術変化により医療のパラダイムシフトが起こり、バーチャル病院が登場する。

技術進歩により、医療サービスが供給過剰になる。移植などの新たな医療により平均余命が延び、新たな問題や責任が生まれる。

「世界の未来像」の検討ー海外事例

“Going Digital Scenarios: The Digital Transformation to 2030 “(OECD)



10 Big Ideas for Future NSF Investments (2016)

European Science Open Forum 2018
Sharing Science: towards new horizons
Scientific Programme

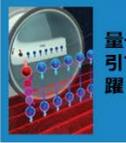
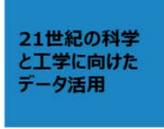
Scientific Themes

- ◆ Sustainable cities, sustainable living
- ◆ Global change: challenges and opportunities
- ◆ Science policy and transformation of research practice
- ◆ Frontier research and exploring extremes
- ◆ Health in our societies
- ◆ Understanding divided societies
- ◆ New trends and technologies in transport
- ◆ The use/mis-use of research and scientific advice
- ◆ Sharing knowledge
- ◆ A digital world

Cross-cutting Themes

- ◆ Risk and safety
- ◆ Inequalities
- ◆ Gender issues
- ◆ Ethics

研究のアイデア

 <p>最先端の人間工学による未来の働き方</p>	 <p>天体、宇宙物理の観測</p>	 <p>量子革命を牽引する量子飛躍</p>
 <p>21世紀の科学と工学に向けたデータ活用</p>	 <p>北極海の航路</p>	 <p>生命ルールの理解：表現型の予測</p>

方法のアイデア

 <p>中規模な実験・研究基盤への資金提供</p>	 <p>2026年のNSFに向け、イノベーションの種まき</p>
 <p>NSFにおける研究の組み合わせの促進</p>	 <p>NSF INCLUDES (インクルージョン&ダイバーシティを通じて、STEMを強化)</p>

「地域の未来像」の検討 – 地域ワークショップ結果

地域ワークショップ

開催：2016～2018年、全国6か所で実施
 関連して、総合ワークショップ、学会連携ワークショップを実施
 参加者：約340名



健康・暮らし

- 医療に頼らない健康コミュニティ
- 医療機会の平等
- ストレスの少ない社会
- 地域の魅力の再開発
- 稼げる農林水産業
- 誰もが学び続けることができる

環境・エネルギー

- 必要な時にいきたい場所に自分で行ける
- 環境に優しい行動に価値を見出す
- 真の高効率実現
- エネルギーの地産地消
- 家の建替えなしで、快適に暮らす
- 豊かな自然を維持・活用

ものづくり・地方創生

- ゆるく繋がるネットワーク社会
- グローカルな新産業で世界が注目
- 生活中心の働き方へ
- 次世代型観光で地域を楽しむ
- 地域資源を活かした研究・教育で人を呼ぶ
- 新世代の少子高齢社会

安全安心・インフラ

- 移動ストレスフリー
- 人と技術が奏でるやさしい社会
- 無駄な空間なんてない
- 吸引力～まちの魅力が人を引き寄せる～
- まちが人を育てる
- ちょうどいい田舎

【専門性】 この科学技術トピックに関するあなたの専門性の程度について、以下から一つ選択してください。

選択肢：高、中、低

【重要度】 この科学技術トピックについて、あなたが考える30年後の望ましい未来社会を実現するため、我が国にとっての現在の重要度を以下から一つ選択してください。

選択肢：非常に高い、高い、高くも低くもない、低い、非常に低い、わからない

【国際競争力】 この科学技術トピックについて、我が国における現在の国際競争力を以下から一つ選択してください。国際競争力とは、我が国が有する科学技術の面での優位性を意味します。

選択肢：5非常に高い、高い、高くも低くもない、低い、非常に低い、わからない

【科学技術的実現時期】 この科学技術トピックについて、日本を含む世界のどこかでの科学技術的な実現予測時期を以下から一つ選択してください。

選択肢：実現済み、～2025年、2026～2030年、2031～2035年、2036～2040年、2041～2045年、2046～2050年、2051年～、実現しない、わからない

【科学技術的実現の手段】 この科学技術トピックについて、科学技術的実現に向けて政府がとるべき手段を以下から選択してください（複数回答可）。

選択肢

- 政府がとるべき手段はない
- 人材：研究関係従事者（研究者、研究補助者、技能者、研究マネジメント、その他の関係者）の確保・養成や学生の教育など
- 研究開発費：研究費の拡充など
- 研究開発環境：研究施設・設備や知的基盤・情報基盤の整備など
- 連携・協力：産学官・分野間の連携強化など
- 国際展開：国際共同研究、オープンサイエンスの推進、国際標準化の推進など
- 規制：法令、基準などの緩和・廃止、あるいは強化・新設など
- 倫理的・法的・社会的課題（ELSI）への対応：ガイドライン策定、社会的コンセンサスづくりなど
- その他
- わからない

「科学技術の未来像」の検討

—科学技術トピックに対する質問（続き）

【社会的実現時期】 この科学技術トピックについて、日本を含む世界のどこかでの科学技術的な実現に続き、日本社会での社会的な実現予測時期を以下から一つ選択してください。

選択肢：実現済み、～2025年、2026～2030年、2031～2035年、2036～2040年、2041～2045年、2046～2050年、2051年～、実現しない、わからない

【社会的実現の手段】 この科学技術トピックについて、社会的実現に向けて政府がとるべき手段を以下から選択してください（複数回答可）。

選択肢：

- 政府がとるべき手段はない
- 人材：研究関係従事者（研究者、研究補助者、技能者、研究事務その他の関係者）の確保・養成や学生の教育など
- 連携・協力：産学官・分野間の連携強化など
- ビジネス環境：ベンチャーや新規ビジネスを支援するための資金面・税制面の措置など
- 国際展開：国際的な事業や国際標準化の推進など
- 規制：法令、基準などの緩和・廃止、あるいは強化・新設など
- 倫理的・法的・社会的課題（ELSI）への対応：ガイドライン策定、社会的コンセンサスづくりなど
- その他
- わからない

【自由記述】 この科学技術トピックについて、以下の項目に関する特記すべき事柄がありましたらご記入ください。

- 重要度に関する事柄
- 国際競争力に関する事柄
- 科学技術的実現に関する事柄
- 社会的実現に関する事柄
- 科学技術以外で対処すべき事柄（社会的実現を阻害している具体的な制度など）
- その他

分野・細目の選択

- ICT・アナリティクス
 - 人口知能(99)
 - ビジョン・言語処理(99)
 - デジタルメディア・データベース(99)
 - ハードウェア・アーキテクチャ(99)
 - インタラクション
 - ネットワーク(99)
 - ソフトウェア(99)
 - HPC(99)
 - 理論(99)
 - サイバーセキュリティ(99)
 - ビッグデータ・CPS・IoT(99)
 - ICTと社会(99)
- 健康・医療・生命科学
- 農林水産・食品・バイオテクノロジー
- 宇宙・海洋・地球科学基盤
- 環境・エネルギー
- マテリアル・デバイス・プロセス

科学技術トピックの選択と回答

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

未回答

課題番号：1001002

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）

課題番号：1001001

未回答

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

専門性

この課題に対するあなたの専門性を教えて下さい

高 中 低 なし

重要性

我が国にとって、この課題の重要性をどのように考えますか？

非常に高い 高い 低い 非常に低い わからない

国際競争力

この課題について、我が国の国際競争力をどのように考えますか？

基本シナリオ検討ワークショップを開催

◆ 目的

- 日本社会の未来像と科学技術の未来像を紐づけて検討

◆ 日時： 2019年2月28日（木）（予定）

◆ 場所： 科学技術・学術政策研究所会議室

◆ 規模： 30名程度

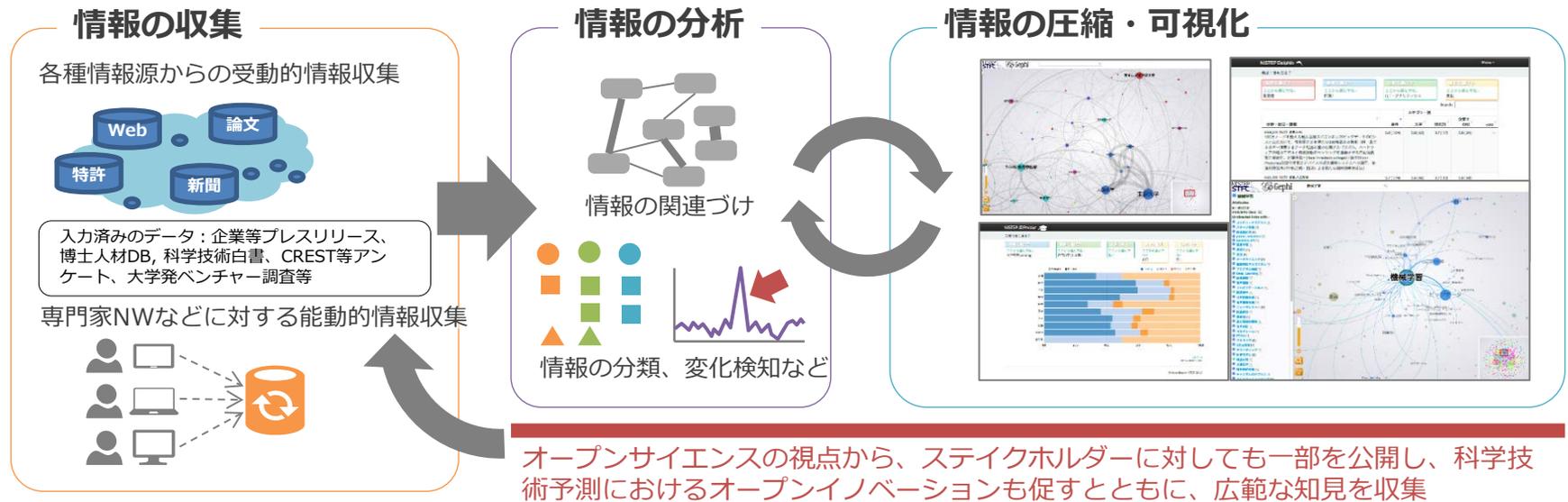
- ビジョンワークショップ参加者、デルファイ分科会委員、若手研究者、人文・社会科学系の研究者、政策担当者等が参加予定

◆ 内容：

- ビジョンワークショップの取りまとめ結果を基に、科学技術との関わりをイメージしながら日本社会の未来像として具体化する。
- 具体化した未来像と関連の深い科学技術を抽出する。

ICT基盤の活用 —予測オープンプラットフォームの構築

- ◆ ICTを活用し、予測活動のための情報基盤を構築
 - 科学技術及び社会に関する多種多様な情報を恒常的・自動的に収集・蓄積
 - 膨大なデータの分析結果を圧縮・フィルタリングして提示（可視化）するシステム



具体例：専門家ネットワーク（約2000人）に対する戦略目標・研究開発目標の策定に資するアンケート結果の可



ICT基盤の活用 —政策課題と科学技術トピックの紐付け例

◆ いわゆるAI*1を用い、SDGs課題のような短文に対して「類似する内容の文書」を見つけ出す仕組み



SDGsと科学技術トピック*2のマッチング例



SDGs			NISTEP科学技術予測調査デルファイ課題			
H1 H2	ID	課題	関連度	分野	課題	
1	5	1_5	2030年までに、貧困層や脆弱な状況にある人々の強靱性（レジリエンス）を構築し、気候変動に関連する極端な気象現象やその他の経済、社会、環境的ショックや災害に暴露や脆弱性を軽減する。	72.8%	環境・資源・エネルギー	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術
3	5	3_5	薬物乱用やアルコールの有害な摂取を含む、物質乱用の防止・治療を強化する。	50.9%	健康・医療・生命科学	依存症（薬物、アルコール等）に共通な脳病態の解明に基づく、予防法・再発防止法
3	d	3_d	すべての国々、特に開発途上国の国家・世界規模な健康危険因子の早期警告、危険因子緩和及び危険因子管理のための能力を強化する。	68.7%	環境・資源・エネルギー	外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術の確立
4	1	4_1	2030年までに、すべての子どもが男女の区別なく、適切かつ効果的な学習成果をもたらす、無償かつ公正で質の高い初等教育及び中等教育を修了できるようにする。	72.5%	ICT・アナリティクス	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）
6	3	6_3	2030年までに、汚染の減少、投棄廃絶と有害な化学物質や物質の放出の最小化、未処理の排水の割合半減及び再生利用と安全な再利用の世界的規模での大幅な増加させることにより、水質を改善する。	65.3%	農林水産・食品・バイオテクノロジー	環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定
6	6	6_6	2020年までに、山地、森林、湿地、河川、帯水層、湖沼などの水に関連する生態系の保護・回復を行う。	57.0%	環境・資源・エネルギー	湿地における生態系および生物多様性の再生技術
7	a	7_a	2030年までに、再生可能エネルギー、エネルギー効率及び先進的かつ環境負荷の低い化石燃料技術などのクリーンエネルギーの研究及び技術へのアクセスを促進するための国際協力を強化し、エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資を促進する。	74.0%	農林水産・食品・バイオテクノロジー	バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術
8	1	8_1	国内の金融機関の能力を強化し、すべての人々の銀行取引、保険及び金融サービスへのアクセスを促進・拡大する。	61.3%	サービス化社会	銀行が融資する際の企業のリスク評価や、デューデリジェンス（企業の合併・買収前の企業価値評価）において、無形の共創価値（顧客に関する情報の蓄積や、従業員幸福度など）が重要な項目として使用される
9	b	9_b	産業の多様化や商品への付加価値創造などに資する政策環境の確保などを通じて、開発途上国の国内における技術開発、研究及びイノベーションを支援する。	78.9%	サービス化社会	知財の法的・商業的扱いに関する課題を解決する具体的な枠組みが普及し、オープンイノベーションによって市場に投入される新製品・サービスの20%を超える

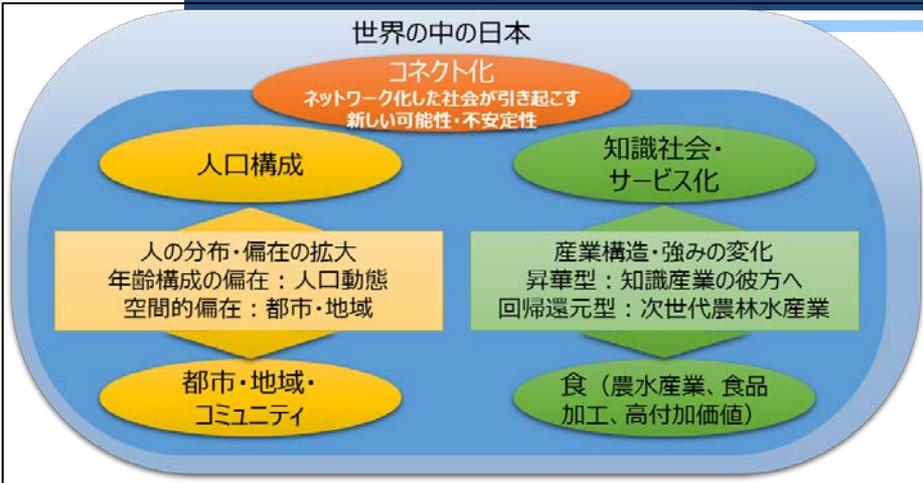
*1 本件においては分散表現を含む自然言語処理

*2 第10回科学技術予測調査で取り上げた科学技術トピック

科学技術予測調査の歴史



前回の科学技術予測調査(2015)の結果 - 全体構成



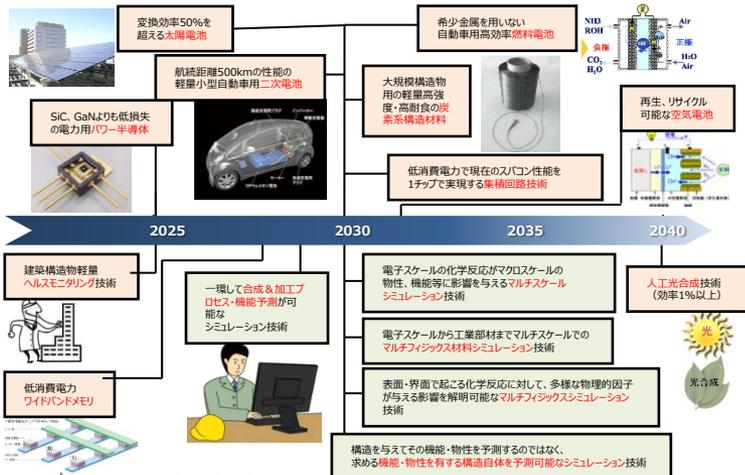
パート1 : ビジョン

社会変化の構造化とビジョンのキーワード (グローバル化/ネットワーク化/人の分布/産業構造) の検討

分野	トピック	重要度	不確実性	非連続性	国際競争力	実現時期
ICT・アナリティクス	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	3.0	2.9	3.2	2025 2030
健康・医療・生命科学	分化細胞の初期化メカニズムの全容解明	3.5	2.9	2.9	3.4	2023 2025
健康・医療・生命科学	分化細胞から遺伝子導入によらずIPS細胞などの幹細胞を作成する技術	3.5	3.0	2.9	3.2	2020 2025
農林水産・食品・バイオテクノロジー	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	3.6	3.0	2.8	3.3	2023 2025
宇宙・海洋・地球・科学基盤	M7以上の地震の発生時期 (1年以内)、規模、発生地域、被害の予測技術	3.5	3.6	2.9	3.1	2030 2032
宇宙・海洋・地球・科学基盤	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、M8以上の大規模地震の発生を予測する技術	3.5	3.5	2.7	3.2	2030 2030
マテリアル・デバイス・プロセス	強相関電子を用いた室温超電導材料	3.4	3.4	3.4	3.2	2030 2040
マテリアル・デバイス・プロセス	変換効率50%を超える太陽電池	3.5	3.0	2.8	3.1	2025 2030
マテリアル・デバイス・プロセス	現行の大きさ、重量でも航続距離が500kmの性能 (エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上) をもつ自動車用二次電池	3.6	2.8	2.9	3.3	2025 2030
マテリアル・デバイス・プロセス	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	3.6	3.0	3.0	3.3	2025 2030

パート2 : 科学技術

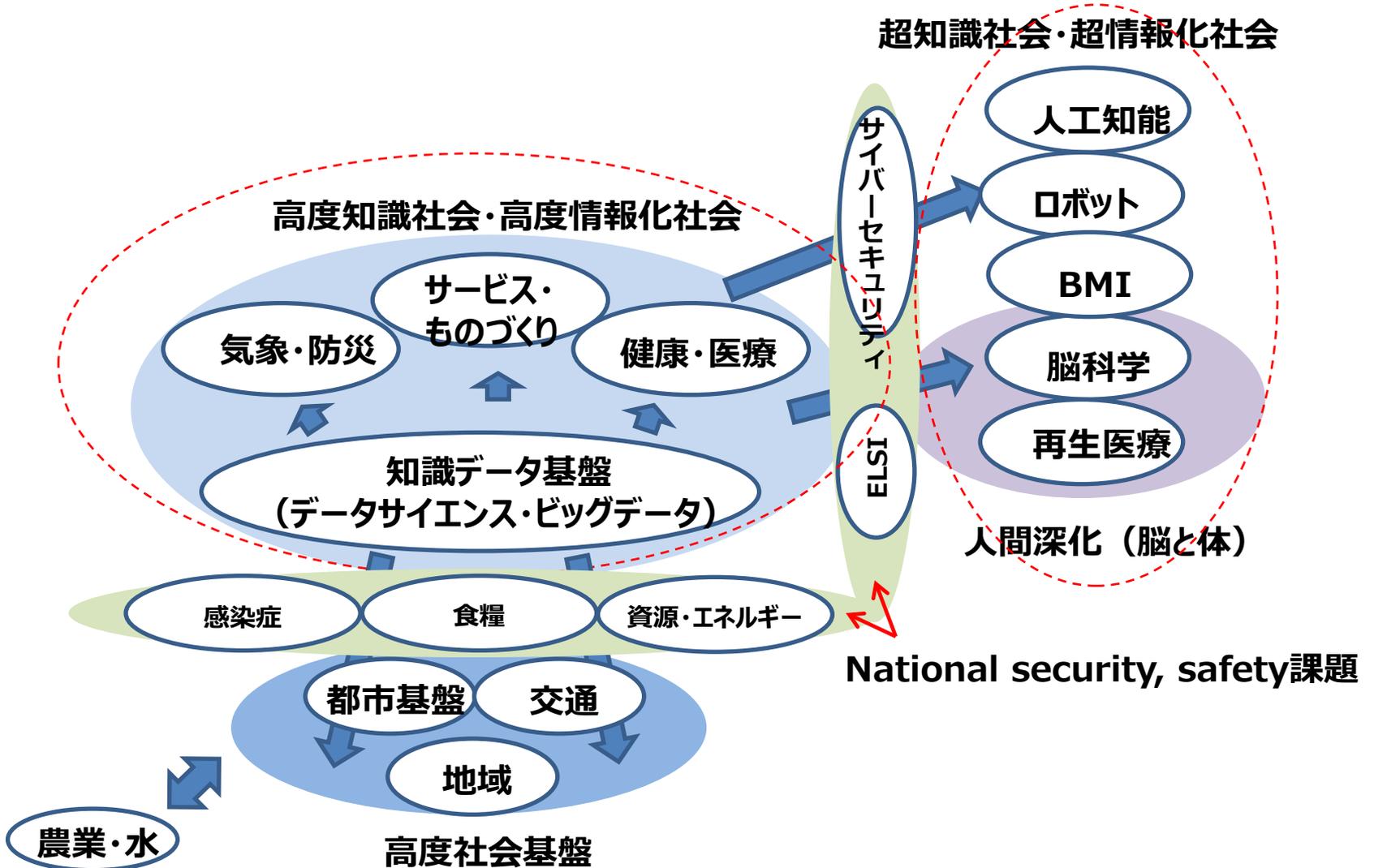
科学技術トピックに対する専門家評価 (重要度/不確実性/実現時期などに関するアンケート)



パート3 : シナリオ

国際競争、国際協調、自律性の観点から、2035年の目指すべき姿の実現に向けたシナリオを作成

前回の科学技術予測調査の結果 - 科学技術発展の全体像



リバーシノベーション課題 (WEHAB+P UN,OECD課題)

前回の科学技術予測調査の結果 — シナリオテーマ

テーマ別シナリオ

[ものづくり] 未来の産業創造と社会変革に向けた新しいものづくりプラットフォーム

ICT及びサービスとの高度な融合による「未来の産業創造と社会変革」に寄与する新しいものづくりプラットフォーム

[サービス、ICT] ICTの活用による未来共創型サービス

様々な要素を構成してユーザーの要望に応える新しい価値サービスを共創するサービスイノベーション

[健康・医療情報、脳とこころ] 健康長寿社会の実現に向けた心身の健全化

超高齢社会におけるQoL及び労働力の持続的な確保に向けた疾病対策、及び、脳とこころの健全化

[地域資源・農と食] 地域資源を活用した食料生産と生態系サービスの維持

食、サステナビリティ、人材育成を軸とした検討

[レジリエントな社会インフラ] 大規模災害や少子高齢化等に対応するレジリエントな社会インフラ

大規模自然災害への対応、国土監視、社会インフラ統合管理

[エネルギー・環境・資源] 持続可能な未来構築に貢献するエネルギー・環境・資源

エネルギーのベストミックスと気候変動問題解決に貢献するためのエネルギー・環境・資源

統合シナリオ

統合 シナリオ

[リーダーシップ]

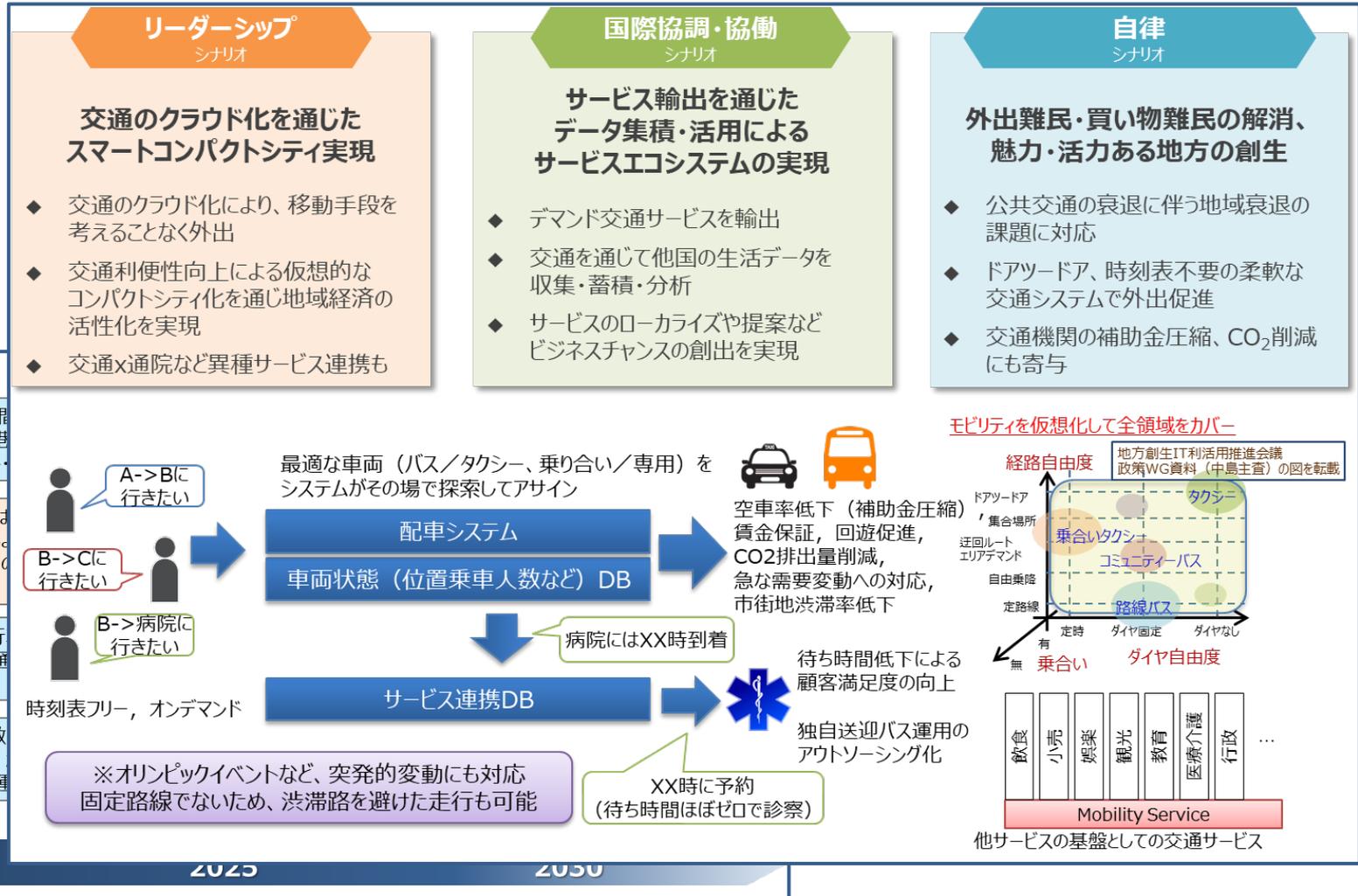
[国際協調・
協働]

[自律性]

「世界の中の日本」

前回の科学技術予測調査の結果 - シナリオの例

テーマ：ICTの活用による未来共創型サービス-ICTを活用した交通のクラウド化と新サービス創出



前回の科学技術調査の結果 — 関連科学技術トピックの社会的実現見通しの例

テーマ：未来の産業創造と社会変革に向けた新しいものづくり プラットフォーム

デジタルファブ리케이션 (3Dプリンティング)



- 匠（熟練技能者など）の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知のアーカイブ化、技能継承を行うシステム
- 大量生産品と同等の精度・品質を持った部品・製品のパーソナル生産
- 形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産（変種大量生産/10万個規模）
- 鋳型を使わず液体から直接立体形状固体を造形する革新的生産技術

- 付加製造（アディティブ・マニュファクチャリング）によるメタマテリアルのコンシューマープロダクトへの適用
- バイオプリンティングによる再生臓器の製造

コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産



大規模材料データからの新規物質探索をスピードアップする物性予測ツール



マテリアルズ・インフォマティクス

シミュレーションデータと実測データの同化を通じて材料の局所的物性とマクロ物性を接続する、より精緻に予測可能なモデル最適化技術

ベイズ推定やニューラルネットワークなど情報統計力学手法の応用により材料科学上の逆問題から材料の構造や生成プロセスを推定できる技術

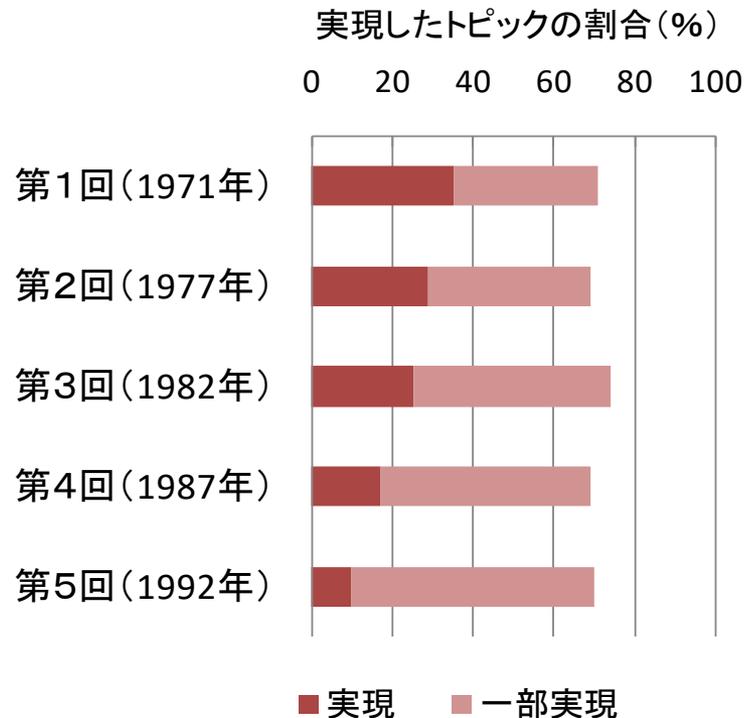
マテリアルズ・インフォマティクスを活用し、3次元造形による構造および機能性材料が開発される

過去のデルファイ調査の実施状況 - 実現状況

◆ 実現状況調査（2009年12月実施）

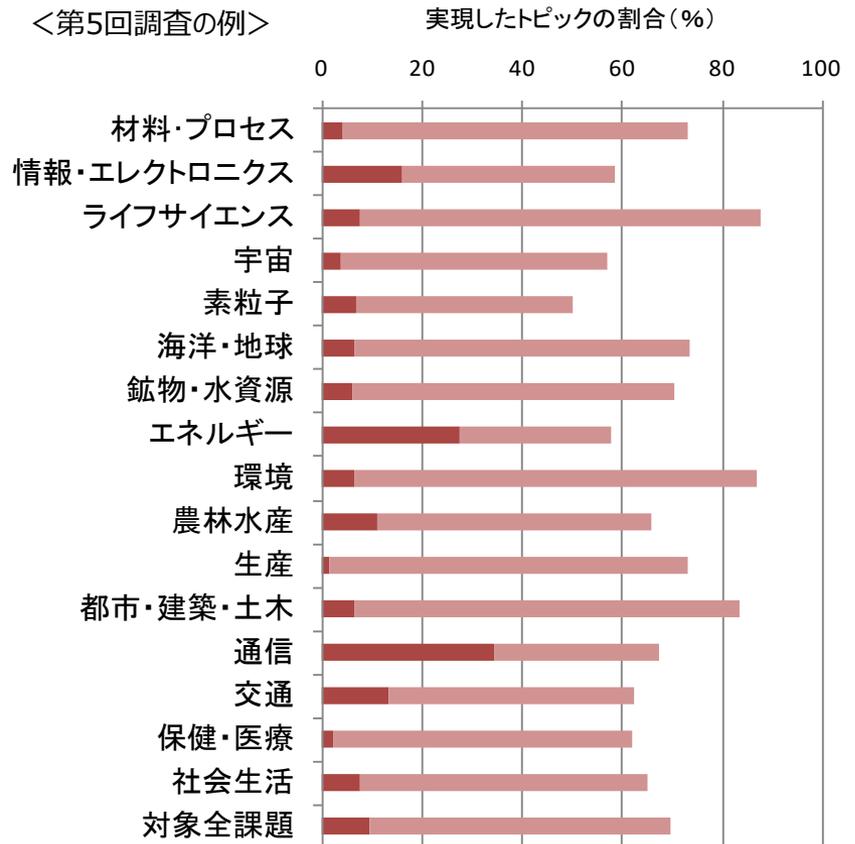
- 調査実施から20年以上経過した第1回調査(1971)から第5回調査(1992)の科学技術トピックについて、その時点での実現有無（実現年は問わない）を第9回デルファイ調査分科会委員が評価
 - 約7割のトピックが実現
 - 全体を通じて、実現率が高いのは、ライフサイエンス、環境など、低いのは、エネルギー、交通など。

<第1～5回調査の実現率>



*「一部実現」とは、要求されている内容の一部が実現したことを指す。

<第5回調査の例>



過去のデルファイ調査の実施状況

—注目科学技術の取り上げ状況（ゲノム編集）

「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(2012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

過去のデルファイ調査の実施状況

ー注目トピックの取り上げ状況（量子）

- 「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	実現予測年
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）	高い安全性を保證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

過去のデルファイ調査の実施状況

－注目トピックの取り上げ状況（人工知能）

- 「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。	2002
	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

先見性を持って研究開発投資を行うためには、科学技術発展の方向性とその社会的インパクト、また社会変化の方向性を長期的視点から探り、将来の様々な可能性を踏まえた検討が必要です。NISTEP の科学技術予測は、これまで、国の政策検討や企業の長期ビジョンに向けた将来社会イメージづくりなど、各セクターの戦略検討に活用されてきました。本稿では、大規模な科学技術予測を中心とするNISTEP の予測活動を振り返るとともに、今後の課題について述べます。

1. 「科学技術」から「科学技術と社会との関係性」の将来展望へ

NISTEP の大規模な科学技術予測は、幅広い分野の科学技術をベースとして今後30年間の将来展望を行う調査です。第1回調査から50年近い歴史を持ち、第5回調査（1992年公表）からNISTEPが実施主体となっています。これまで、科学技術イノベーション関連政策の議論に資することを目的として、ほぼ5年毎に調査を実施してきました。科学技術基本計画が策定されるようになって以降は、その検討と時期を合わせて実施しています。技術シーズ志向から社会ニーズ志向、社会課題解決志向へ、そして社会ビジョン構築へと調査の枠組みを変え、政策の潮流に対応してきました。

NISTEP が実施した第5～10回の調査の中で大きな転換点と言えるのは、第8回調査（2005年公表）です。この調査では、従来の技術シーズ検討に加え、基礎科学の発展動向や社会ニーズにまで対象を広げ、客観的な情報と主観的な情報を組み合わせて検討を行いました。検討に当たっては、多様な視点の取入れや属性に因る偏りへの対応を意識して新しい方法を取り入れました。例えば、一般市民への社会ニーズアンケート、シナリオ作成者選定におけるコノミネーション、科学技術の将来インパクト評価における専門性バイアス補正などです。

得られた結果を分析し、情報通信、ライフサイエンス、ナノテク・材料、環境の4分野の潜在可能性が高いことや各分野において推進すべき領域をデータにより示しました。この結果は、「第3期科学技術基本計画」における重点分野の検討や分野別推進戦略の検討に用いられました。

また、長期戦略指針「イノベーション25」（2007年6月1日閣議決定）のために実施した調査「2025年に目指すべき社会の姿」も転換点の一つです。この調査では、将来社会像からのバックキャストによる戦略立案が謳われる中、NISTEPの科学技術予測においても初めて、まず目指すべき姿を議論し、次いでそれに寄与する科学技術を抽出するという手順で検討を行いました。結果は、指針の中間とりまとめ「イノベーションで拓く2025年の日本の姿」に貢献しました。

現在実施中の第11回調査においては、科学技術と社会の関係性の深化を踏まえ、分野横断的視点からビジョン実現に向けた戦略的な研究開発投資のための検討を行う計画です。近年の調査回では、比較的短期間で実現すると予測される科学技術トピックが多くを占めるようになっており、科学技術進展が加速化し、先を見通しにくくなっていることが推察されます。いかにして将来の芽を見出して調査に取り込んでいくかが問われています。

併せて、大規模科学技術予測を補完することを目的として、学協会や地方自治体など関係機関等と連携してケーススタディを実施しています。例えば、特定テーマに焦点を当てた検討、一般市民や地元企業・金融機関など多様なステークホルダーの参画による地域の将来像検討などがあります。こうした議論の場は、日常の思考の枠を超えて中長期的な将来を展望する機会、また、異なる分野やセクター間の議論から気づきが生まれる機会ともなっています。

科学技術予測活動の現状・課題と今後の方向性

「科学技術予測 – 未来を創る、未来に備える」(続き)

2. 科学技術トレンドを把握する仕組みの整備

科学技術予測の実施に当たっては、その基盤として、科学技術の新しい動きを常時把握しておく必要があります。1990年代は、材料やバイオテクノロジーなど特定領域に焦点を当てた調査を単発で実施しました。

2001年からは、定常業務として科学技術トレンドを探索・分析する仕組みを整備してきました。その一つとして、専門的知見を収集することを目的として、産学官の専門家約2,000名から構成される専門家ネットワークを構築しました。

このネットワークを利用して、科学技術予測を始め、NISTEPのその他の調査研究や政策部局の要請に応えるアンケートを実施し、適時に知見を提供しています。併せて、科学技術の新しい動きに関する情報を定期的に提供するため、月刊誌「科学技術動向」を創刊しました。2015年までに、最新動向を簡潔に紹介する「トピックス」を約900本、特定テーマについて国内外の情報を収集・分析する「特集／レポート」を約400本掲載しました。

近年は、萌芽的な科学技術の情報収集・分析に取り組んでいます。科学技術情報に関しては論文被引用や特許の分析が広く行われていますが、これらが適さない分野も存在します。また、これらは近過去の情報であり、「今」の動きを捉えきれない可能性もあります。そこで、学術集会のセッション構成や発表内容に着目し、情報通信分野における国際・国内学会のプロシーディングスを用いた分析を行いました。また、不確実性を許容することを前提にウェブサイトで迅速に情報提供する調査活動（KIDSASHI（きざし））を2016年から開始しました。サイトでは、大学等研究機関のプレスリリースのクローリング結果分析、並びにNISTEPのスタッフなどが収集した新しい動きの概説を提供しています。

3. 国際的活動の発展

NISTEP が科学技術予測を担当するのと時を同じくして、海外においても科学技術予測の政策立案ツールとしての有用性が認識されるようになり、欧州の主要国や国際機関が科学技術予測に取り組み始めました。その後、アジア、アフリカなどの国々も着手するようになり、現在では世界各国で科学技術予測が行われています。それに伴い、国際機関を中心としたネットワーク構築と会合開催、主要国における国際会議開催も盛んになりました。こうした会合は、調査設計、手法改良、政策との関係性など、科学技術予測の有用性を高めるための議論を行う貴重な機会となっています。

NISTEPでは、定期的に海外での会合に参加して情報・意見交換を行うほか、数年おきに国内外の関係者を招聘して国際会議を開催しています。2000年にタイAPEC技術予測センター（当時）と共催で第1回予測国際会議を開催して以来、政策の優先順位づけ、社会課題解決、政策や戦略立案への貢献などのテーマを掲げ、8回の公開シンポジウムと4回の国際ワークショップを実施しました。

また、国際比較や新たな手法の検討などを目的として、個別機関との共同研究も実施しています。海外機関が科学技術予測に取り組み始めた1990年代半ばには、ドイツ連邦研究技術省及びフランス高等教育・研究省の調査に当たって第5回調査結果を提供するなどの協力を行いました。ドイツの調査を担当したフラウンホーファー応用研究促進協会システム・技術革新研究所とは、科学技術の実現見通しや重要度に関する国際比較や科学技術トピックの抽出から評価まで共同で行う研究を実施しました。その結果、重要度は国の事情により異なるものの、実現見通しについては共通の認識があることがわかりました。一方、2000年代後半には、将来社会の検討に豊富な経験を持つフィンランド技術庁と共同研究を実施し、社会の視点からの検討と科学技術の結び付けを試行しました。

さらに、国際プロジェクト等のアドバイザーボードメンバーとしての協力、これから科学技術予測に取り組みたいと考える海外機関に対しての講師・アドバイザー派遣などの協力を行っています。

科学技術予測活動の現状・課題と今後の方向性

「科学技術予測 – 未来を創る、未来に備える」(続き)

4. 一体的な科学技術予測活動に向けて

近年、科学技術と社会の共創によるイノベーションや未来社会についての議論が、大学、研究機関、産業界など様々な場でこれまでになく活発化しています。ICTを始めとする科学技術の急速な進展と普及が社会の仕組みを変え、人々の生活や価値観に影響を与える一方、社会が科学技術に新しい可能性をもたらすなど、科学技術と社会の関係が複雑さを増していることがその背景の一つと推測されます。

こうした中、科学技術予測には、科学技術発展、社会変化、そしてそれらの相互作用を踏まえ、多様な可能性を考慮した上で政策立案に貢献することが求められています。そのためには、情報収集・分析の高度化、多様な視点からの検討、並びに科学技術予測活動における統合的アプローチに取り組む必要があります。こうして科学技術予測活動を再構成することにより、科学技術予測の有用性が益々高まるものと考えます。

(情報収集・分析の高度化 – ICT の活用)

情報収集・分析に当たっては、その量的拡大と質向上が不可欠です。これまでの科学技術予測は、専門家の知見や洞察を主要な情報源としてきました。これに加え、今後は、現状を表すデータの自動収集・抽出・可視化のための基盤構築をさらに進め、専門家の議論を経て、得られた情報を科学技術予測の検討に結びつけるプロセスが求められます。

(多様な視点からの検討 – ステークホルダーインボルブメント)

属性の異なる者が共に議論することは新しい可能性の発見につながりますが、一機関、一プロジェクトが扱える範囲は限定的にならざるを得ません。NISTEPは、科学技術の中長期的な将来展望に関する豊富な経験と情報を有しています。今後、各所の議論の取り込みや共同での議論を通じて、多様なステークホルダーの参画する科学技術予測へと進化させる必要があります。一方、NISTEPの成果を各所の議論に提供することにより、議論の核としての役割を果たすことができると考えます。

(予測活動における統合的アプローチ)

前述の大規模科学技術予測、ケーススタディ、科学技術トレンド把握、国際的活動を通じて得られた知見を相互に活用することが、今後取り組むべき事項です。さらに、NISTEPの資産である、論文分析、指標、人材、産学連携などの調査研究成果も活用する必要があります。

【報告書】

- 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-276 / 2018.9]
<http://doi.org/10.15108/rm275>
- 第8回予測国際会議「未来の戦略構築に貢献するための予測」開催報告 [調査資料-275 / 2018.9]
<http://doi.org/10.15108/rm276>
- 地域の特徴を生かした未来社会の姿～2035年の「高齢社会×低炭素社会」～ [調査資料-259 / 2017.6]
<http://doi.org/10.15108/rm259>
- 第10回科学技術予測調査
国際的視点からのシナリオプランニング [NISTEP REPORT No.164 / 2015.9] <http://hdl.handle.net/11035/3079>
分野別科学技術予測 [調査資料-240 / 2015.9] <http://hdl.handle.net/11035/3080>
第10回科学技術予測調査 科学技術予測に資する将来社会ビジョンの検討～2013年度実施ワークショップの記録～ [調査資料-248 / 2016.3] <http://doi.org/10.15108/rm248>

【STI Horizon誌】

- 赤池伸一、「科学技術予測の半世紀と第11回科学技術予測調査に向けて」（2018夏号）
<http://doi.org/10.15108/stih.00130>
- 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～」(2018夏号)
<http://doi.org/10.15108/stih.00125>
- 栗林美紀、「第8回予測国際会議『未来の戦略構築に貢献するための予測』の開催報告」（2018夏号）
<http://doi.org/10.15108/stih.00131>
- 蒲生秀典・浦島邦子、「2040年ビジョンの実現に向けたシナリオの検討～応用物理学会連携ワークショップより～」(2018夏号)
<http://doi.org/10.15108/stih.00133>
- 予測・スキャニングユニット、「『2035年の理想とする“海洋産業の未来”ワークショップ in しずおか』活動報告」（2018春号）
<http://doi.org/10.15108/stih.00118>
- 予測・スキャニングユニット、「持続可能な『高齢社会×低炭素社会』の実現に向けた取組（その1～4）」(2016冬号～2017秋号)
<http://doi.org/10.15108/stih.00057> ; <http://doi.org/10.15108/stih.00070> ; <http://doi.org/10.15108/stih.00079> ;
<http://doi.org/10.15108/stih.00088>

【その他（ホライズンスキャニングの取組）】

- KIDSASHI（きざし） <https://stfc.nistep.go.jp/horizon2030/>