



科学技術予測調査の概要及び 研究開発領域抽出の試み

2019年12月18日
総合政策特別委員会

科学技術・学術政策研究所

1. 第11回科学技術予測調査の概要

1-1. 第11回科学技術予測調査の全体像	4
1-2. 第11回科学技術予測調査の結果概要	5
1-3. デルファイ調査	
• 検討方法	6
• 結果例	7
1-4. クローズアップ科学技術領域	
• 抽出フロー	9
• 分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域	10
• 特定分野に軸足を置く8領域	11

2. STI政策関係シンクタンクの専門家連携

2-1. NISTEPフォーサイトシンポジウム	13
2-2. STI政策関係シンクタンクの専門家連携によるワークショップ	
• 検討方法	14
• 検討結果：抽出した4領域（仮）	15

3. 社会課題に結びついた研究開発領域の抽出に向けた試行

3-1. 検討プロセス	19
3-2. 研究開発領域検討の時間軸	20
3-3. 試行的分析結果	21

4. まとめ

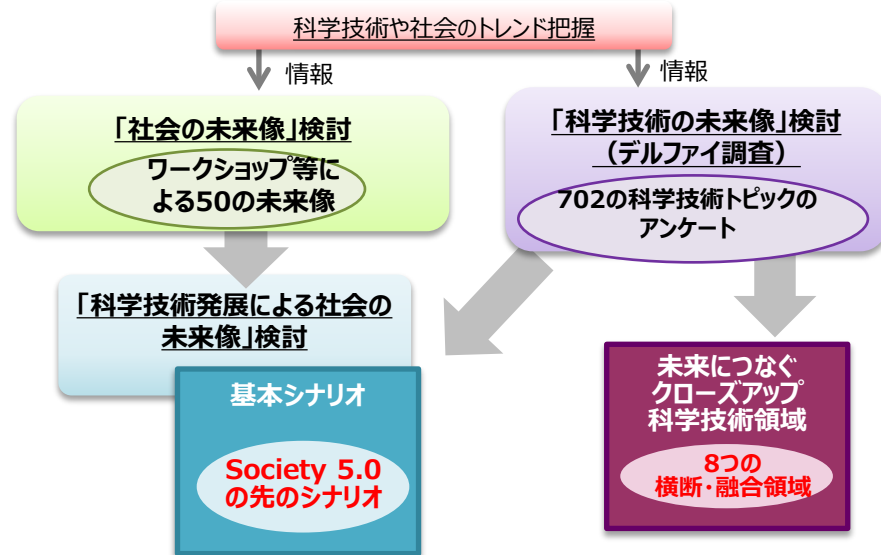
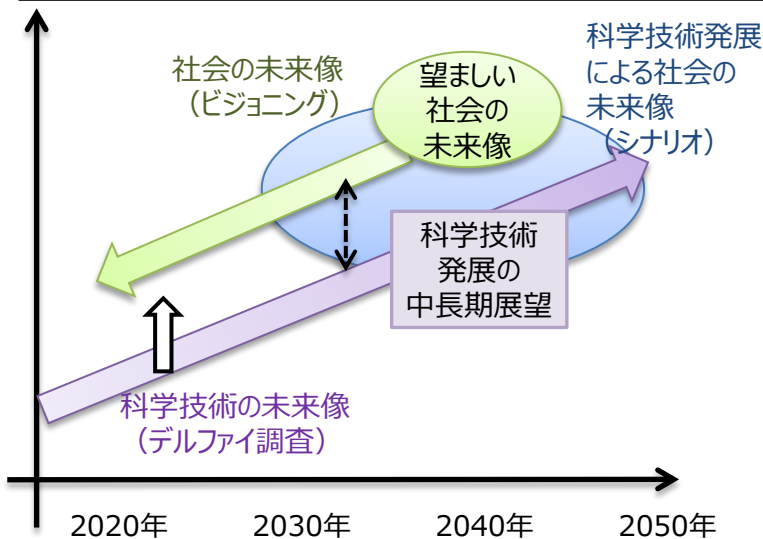


1. 第11回科学技術予測調査の概要

1-1. 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。
- ターゲットイヤーは2040年（調査対象としては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）。
- 社会の未来像 及び **科学技術の未来像** を検討。それらを基に、科学技術発展による社会の未来像として 基本シナリオ 及び **クローズアップ科学技術領域** を作成。
- 調査・検討にあたり、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：デルファイ調査を担当。科学技術トピックの設定及びアンケート結果分析等。

第11回科学技術予測調査 速報版：2019年7月公表
 第11回科学技術予測調査 総合報告書：2019年11月公表



1-2. 第11回科学技術予測調査の結果概要

科学技術や社会のトレンド把握 (ホライズン・スキニング)

社会の未来像 (ビジョニング)

50の未来像と4つの価値

Humanity

Curiosity

Sustainability

Inclusion

世界の未来 (14カ国・機関)・地域の未来 (6カ所、延べ約340名)・日本社会の未来 (約100名)を検討する各ワークショップ

シナリオ・ワークショップ

科学技術発展による社会の未来像 (基本シナリオ)

無形・個人

人間らしさを再考し、多様性を認め共生する社会

無形・社会

リアルとバーチャルの調和が進んだ柔軟な社会

人間性の再興・再考による柔軟な社会

有形・個人

人間機能の維持回復とデジタルアシスタントの融合による「個性」が拡張した社会

有形・社会

カスタマイズと全体最適化が共存し、自分らしく生き続けられる社会

科学技術の未来像 (デルファイ調査)

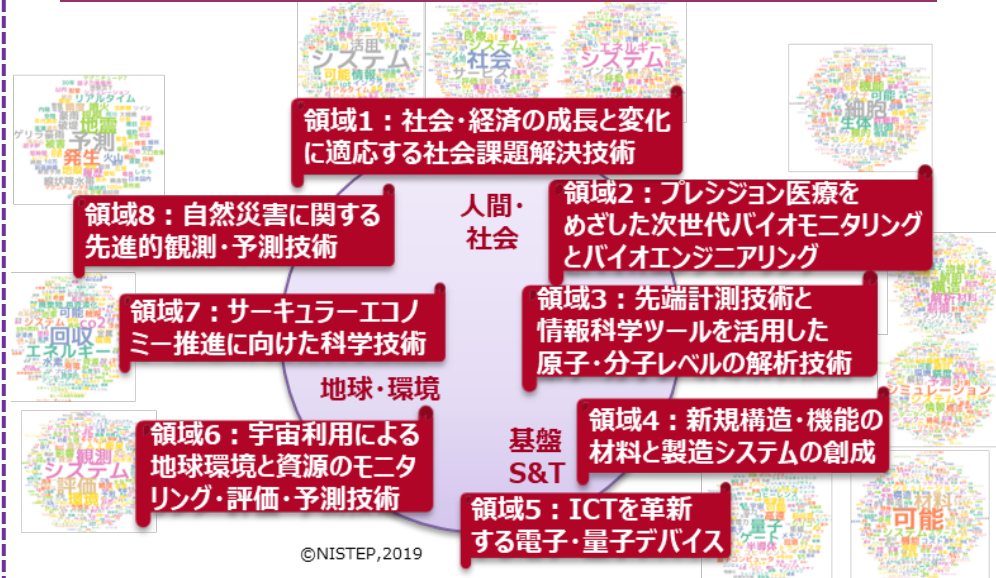
702の科学技術トピック (7分野59細目)

産学官の専門家へのアンケート調査
第1回: 6697名
第2回: 5352名

人工知能関連技術 (自然言語処理等)

専門家の知見による判断

未来につながる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)



その他 特定分野に軸足を置く8領域

- 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年間の展望。
- 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

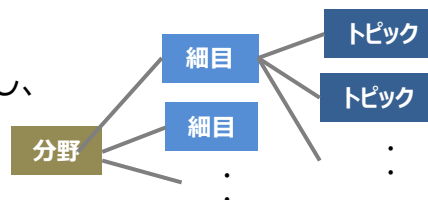
- ①健康・医療・生命科学
- ②農林水産・食品・バイオテクノロジー
- ③環境・資源・エネルギー
- ④ICT・アナリティクス・サービス
- ⑤マテリアル・デバイス・プロセス
- ⑥都市・建築・土木・交通
- ⑦宇宙・海洋・地球・科学基盤

◆ 科学技術トピック

2050年までの実現が期待される研究開発
課題 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

* 回答を取れんさせるため、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%

1-3. デルファイ調査

結果例：各分野において重要度の高い科学技術トピック

➤ 高齢化、人手不足、災害対応、インフラ点検など、社会課題対応のトピックが上位に挙がる。

分野	科学技術トピック（各分野の重要度の高い2件）	重要度*	国際競争力*	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	1.56	0.55	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	1.55	0.54	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	1.35	0.59	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	1.33	0.80	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	1.48	0.98	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	1.36	0.90	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	1.57	0.27	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	1.56	0.24	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	1.50	0.91	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	1.32	0.58	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	1.53	0.80	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	1.51	0.99	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	1.51	0.91	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	1.50	1.05	2027	2029

*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。

**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。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。

1-3. デルファイ調査

結果例：各分野において国際競争力の高い科学技術トピック

➤ 再生医療、気象観測、エネルギー効率化、減災、ロボットなどが挙がる。

分野	科学技術トピック（各分野の国際競争力の高い2件）	重要度*	国際競争力*	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	0.95	0.81	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	1.10	0.75	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	1.33	0.80	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	1.10	0.80	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	0.94	1.09	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）	1.48	0.98	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	1.07	0.82	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	1.47	0.78	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	1.23	0.94	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	1.18	0.92	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	1.33	1.16	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	0.83	1.10	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	0.74	1.11	2030	2033
	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	2033	-

* 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。

** 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。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。

1-4. クローズアップ科学技術領域 抽出フロー

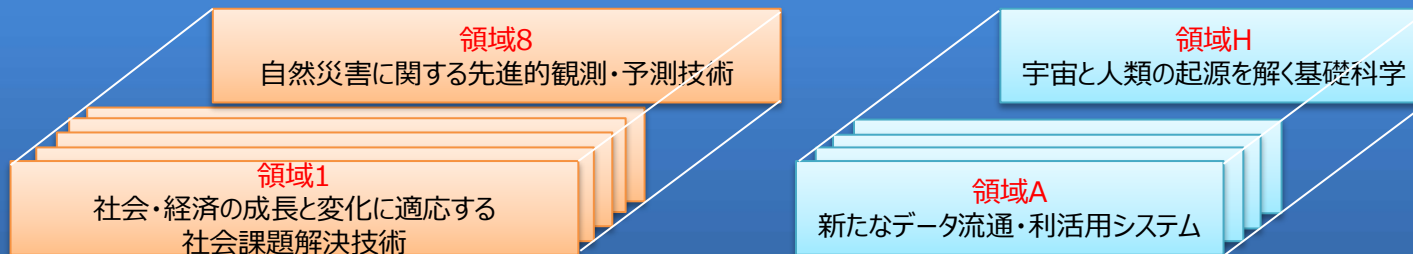
デルファイ調査 分野別分科会（産学官の専門家10名程度）により702の科学技術トピックを設定

- | | | | |
|------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| 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

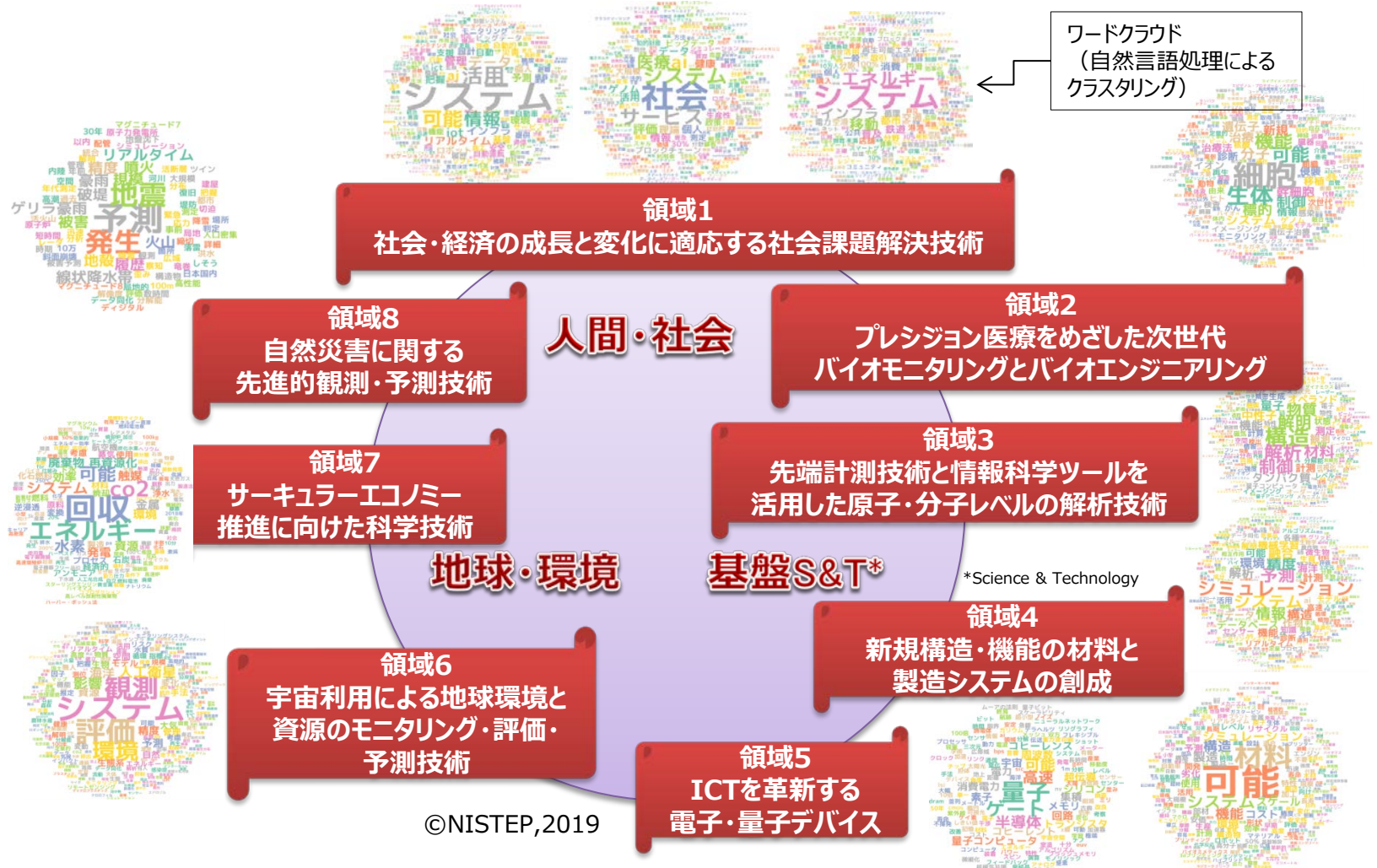


〔分野横断・融合のポテンシャルの高い8領域〕

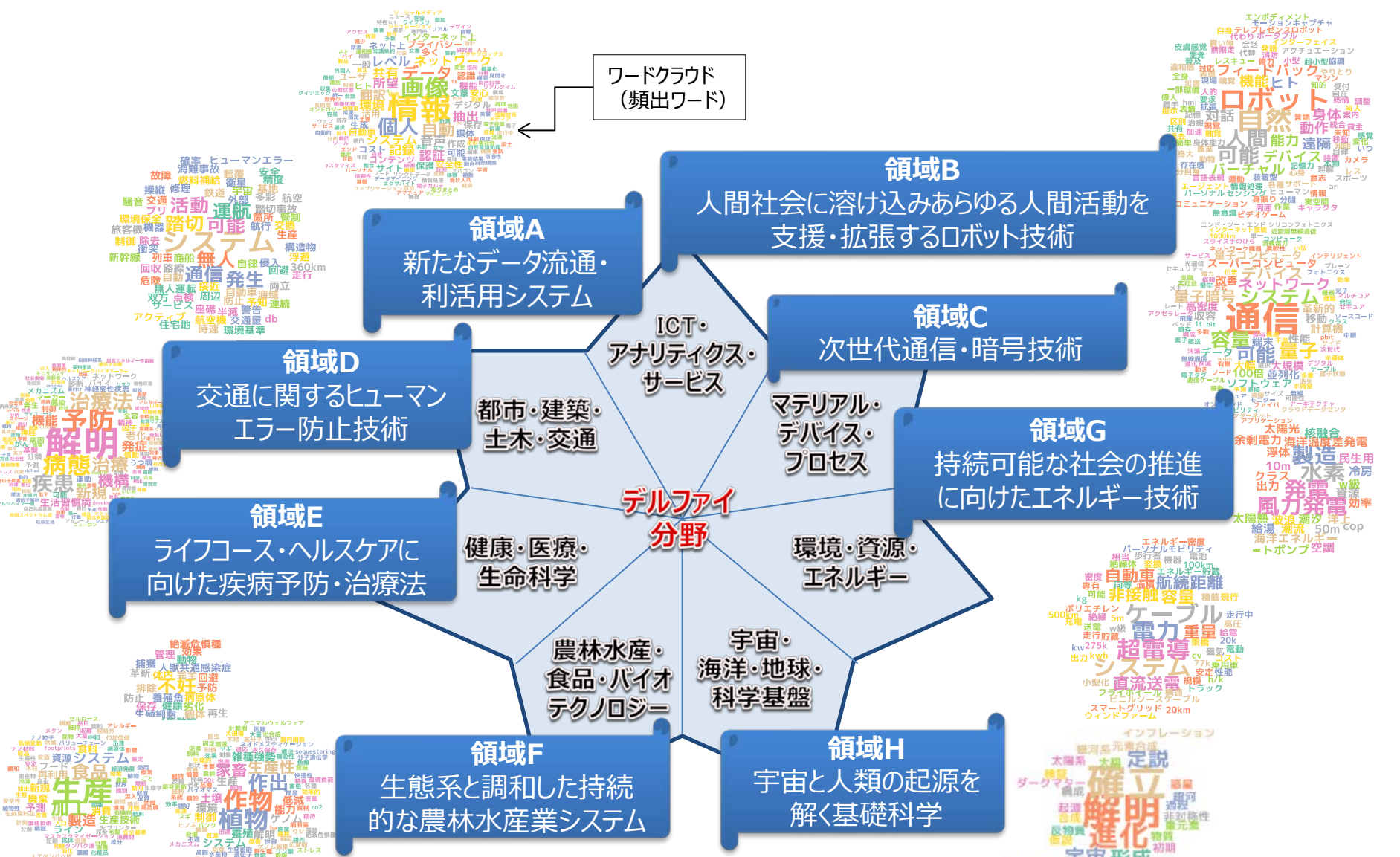
〔特定分野に軸足を置く8領域〕

1-4. 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

- 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。
- デルファイ調査の702の科学技術トピックを、自然言語処理による類似度分析によりクラスタリング、専門家による議論を経て、領域を再構築。



1-4. クローズアップ科学技術領域 特定分野に軸足を置く8領域





2. STI政策関係シンクタンクの 専門家連携

開催趣旨

第6期科学技術基本計画の検討に資するため、関係機関の連携による取組を共有するとともに、有識者による討論を通じて、世界の中での我が国の未来像と科学技術イノベーションの役割を展望

プログラム

I. 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

II. 未来展望の取組紹介

- ・科学技術・学術政策研究所
- ・科学技術振興機構 研究開発戦略センター
- ・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
- ・横断的取り組みの紹介

： STI政策関係シンクタンクの専門家連携によるワークショップ報告

III. パネル討論

<パネリスト (50音順)>

- 安西 祐一郎 日本学術振興会顧問
- 上山 隆大 総合科学技術・イノベーション会議議員
- 岸 輝雄 外務大臣科学技術顧問
- 須藤 亮 産業競争力懇談会専務理事
- 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
- 渡辺 美代子 日本学術会議副会長

<ファシリテータ>

- 濱口 道成 科学技術振興機構理事長



FORESIGHT

～第6期科学技術基本計画に向けて日本の未来像を展望する～

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) は1971年より科学技術予測調査を実施しており、本年10月末に第11回調査の結果を公開いたします。また、近年では、産官学の様々な主体が未来を展望する取組 (フォーサイト) を行っております。本シンポジウムでは第6期科学技術基本計画の検討に資するため、関係機関の連携による取組を共有するとともに、有識者による討論を通じて、世界の中での我が国の未来像と科学技術イノベーションの役割を展望します。

開催日時
2019年 **11月6日(水)** 13:30～18:00 (開場13:00)

場所 文部科学省 第一講堂
(千代田区霞が関3-2-2 中央合同庁舎第7号館東館)

プログラム
開会挨拶
濱谷 桂介 (科学技術・学術政策研究所 所長)
来賓挨拶
● 基調講演
● 未来展望の取組紹介
● パネル討論
未来展望の取組事例紹介
パネリストディスカッション
ファシリテータ
閉会挨拶

定員 300名
事前登録制 (無料)
申込締切 **11月1日(金)**
※定員になり次第、締切ります
申込みフォーム
<https://www.nistep.go.jp/archives/42383>

主催 文部科学省 科学技術・学術政策研究所 (NISTEP)
共催 科学技術振興機構 (JST) ※予定
新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) ※予定
後援 内閣府 ※予定

お問合わせ:
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
E-mail: yosoku11@nistep.go.jp

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
科学技術予測調査検討会 産長
科学技術・学術審議会 総合政策特別委員会 主席



波辺 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



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



濱口 道成
科学技術振興機構 理事長



角田 英之 (科学技術・学術政策研究所 総務研究官)



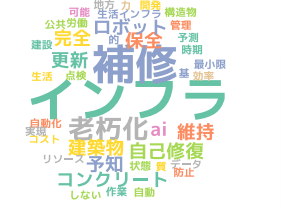
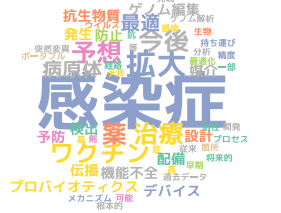
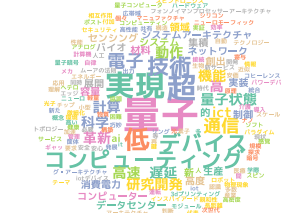
趣旨

科学技術イノベーション政策に関連するシンクタンクから専門家が参集し、共通して重要であるとする科学技術領域と、その社会実装に向けて必要な制度等を検討。

手法等

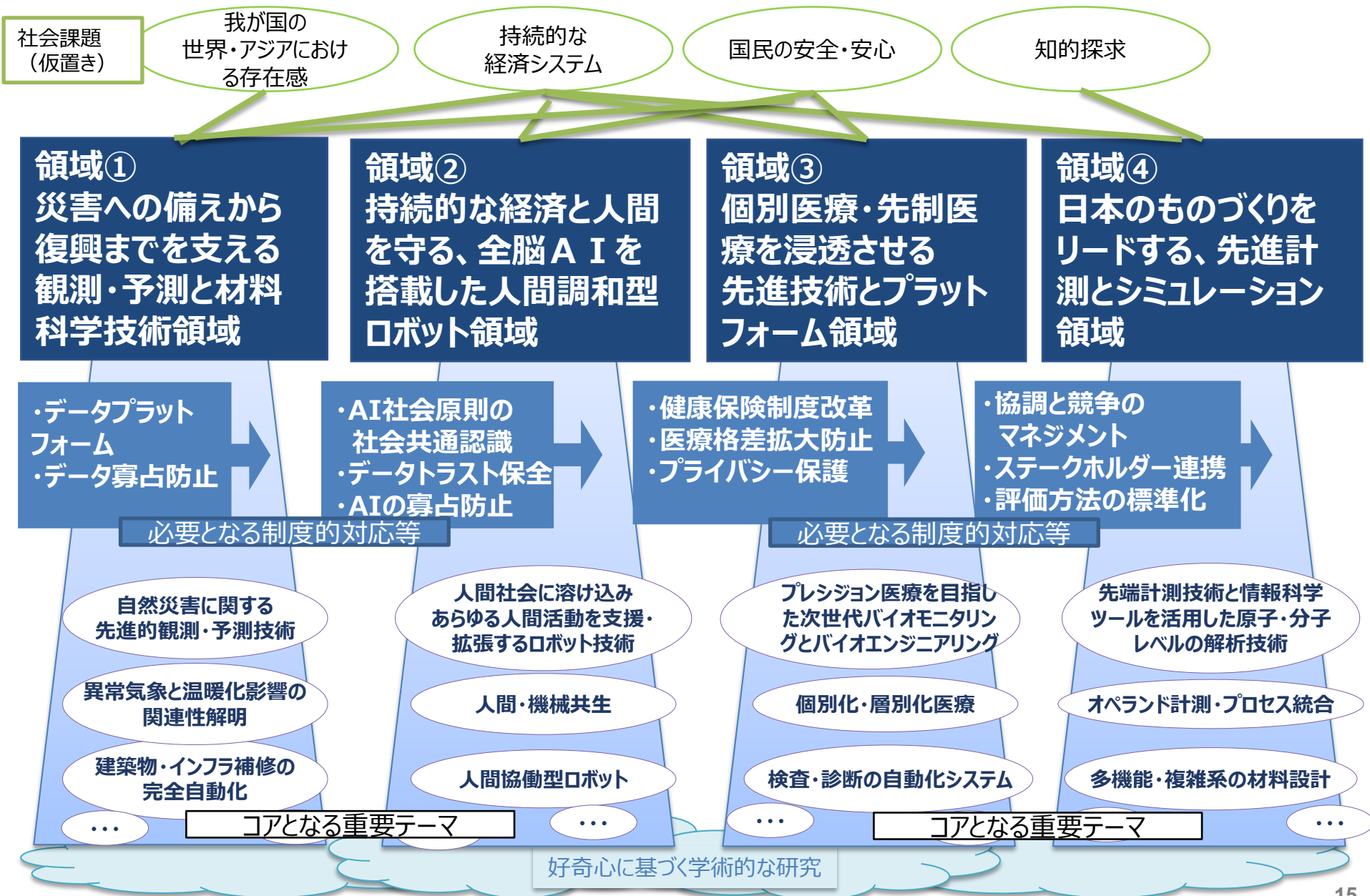
- ◆ 各シンクタンクから合計104の重要テーマを持ち寄り、事前にAI関連技術で16クラスタにクラスタリング
- ◆ 16クラスタについて、ワークショップで4つの仮領域を抽出
- ◆ ワークショップを2019年10月に開催、コアとなる科学技術、社会実装上のボトルネック等の検討

重要テーマ (計104)	NISTEP : 「クローズアップ科学技術領域」より、 分野横断的領域8 + 特定分野に軸 足を置く領域8を抜粋 (合計16)	JST-CRDS : 「分野別俯瞰報告書」より、 今後の展望・方向性の章から抜粋 (合計38)	NEDO-TSC : 「重点技術領域の探索・分析手法の 高度化に係る調査」より、 重要技術領域を抜粋 (合計50)
-----------------	--	--	--



- ◆ 参加者 (19名)
 - 科学技術・学術政策研究所 (NISTEP)
 - 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター (JST/CRDS)
 - 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター (NEDO/TSC)
- ◆ オブザーバーとして検討に協力 (10名)
 - 内閣府、文部科学省、日本学術振興会(JSPS)、政策研究大学院大学(GRIPS) SciREXセンター、公益財団法人未来工学研究所*、株式会社三菱総合研究所* (* 第5期科学技術基本計画フォローアップ調査を内閣府より受託)

2-2. STI政策関係シンクタンクの専門家連携によるワークショップ 検討結果：抽出した4領域（仮）



2-2. STI政策関係シンクタンクの専門家連携によるワークショップ 領域④日本のものづくりをリードする、先進計測とシミュレーション領域 領域に含まれる重要テーマの例

クラス ID	組織	テーマ	テーマの概説
3	NISTEP	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
3	NISTEP	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
3	CRDS	トランススケール力学制御	航空機・自動車等におけるCO2排出量の大幅削減、摩擦などによるエネルギー損失を大幅低減した機械機器、社会インフラ材料の超長寿命 化や修復など、持続可能社会に貢献する材料・デバイスを創製するためには、ナノスケールにおける諸現象の理解をベースに、マクロな力学特性 発現メカニズムを解明し、「接着・接合・剥離」「摩擦・摩耗」「自己修復」といった力学特性を自在に設計・制御する技術開発が必要である。
3	CRDS	バイオアダプティブ材料	生体環境に適合した材料の探索という従来の概念から脱却し、生体との相互作用を積極的に活用して能動的に制御する機能をもつ材料を設計・創製する。生体との相互作用を積極的に活用することで初めて実現可能な機能を持つ材料、具体的には、生体現象を制御する機能を持つ材料や、現状の網羅的探索の延長では達成不可能な極めて高い生体適合性を有する材料の創出基盤を構築する。
3	CRDS	サステナブル元素戦略	厳しい資源制約のあるわが国において、グローバルの課題解決に資する魅力的な機能を持った材料・デバイスを継続的に創出するには、新機能 の追求と同時に元素・物質の循環に代表されるサステナビリティを重視した材料創製を可能にする強固な材料開発基盤の構築が必要である。これまで材料研究開発の世界的な流れを先導してきた「元素戦略」をさらに進化させ、新機能の追求と同時に希少資源の極限的な回収や、プラスチック素材の再資源化など、限りなく「ゼロ・マテリアル・エミッション」に近づけることを目指す。材料の原料調達から、創製、リサイクル、廃棄までのライフサイクル全体を考慮した材料設計指針の確立を行う。
3	CRDS	多機能・複雑系の材料設計	蓄電池や燃料電池の構成材料（正極、負極、電解質、セパレータ、バインダ）、超伝導材料、磁性材料、触媒材料などでは相反する機能や 複数の機能を同時実現することが求められ、その高性能化には結晶構造の多元素化、複合化が避けられない。このような複雑な材料システム では多様な結晶構造が可能になり、要求に対し最適の特性を有する結晶構造（結晶の安定相）をどのように設計するか、どのようなプロセスで 実現するかが材料開発の鍵を握っている。グローバルな開発競争が激化している現状においては、従来のような絨毯爆撃的な材料設計から脱 却し、進展が著しいシミュレーションやデータ科学、さらにはオペランド計測を駆使した精緻な材料設計、プロセス設計手法を確立し、ハイスルー プットの材料創製に結びつける必要がある。
3	CRDS	オペランド計測・プロセス統合ものづくり	反応プロセス中の物質・材料もしくは実動作下の材料・デバイスを対象にオペランド計測を実行し、得られた計測結果に対してデータ科学的手法 も駆使して高速・高効率なデータ解析を行うことが、今後の新物質・材料開発には欠かせない。解析結果をただちに合成プロセス条件や動作条 件にフィードバックすることで、より高品質な物質・材料創製もしくはよりリアルな実動作下の材料・デバイスの特性評価が可能となる。データ科学を 活用しつつ、計測とプロセスを一体化したものづくり技術の開発が必要である。

➤ 各領域の科学技術関連用語をワークショップにて抽出

領域①

災害への備えから
復興までを支える
観測・予測と材料
科学技術領域

- ・アダプテーション
- ・関連性解明
- ・インフラ保全
- ・災害対応
- ・復興
- ・自動修復
- ・観測、予測、保全
- ・予測と最適制御
- ・バイオテクノロジー
- ・エネルギーマネジメント
- ・フード

領域②

持続的な経済と人間
を守る、全脳AIを
搭載した人間調和型
ロボット領域

- ・ロボット
- ・AI
- ・サービスロボット
- ・ヒューマン・ロボット・
インタラクション
- ・人間調和型ロボット
- ・情報基盤
- ・デジタルツイン
- ・データベース
- ・全脳アーキテクチャ
- ・全脳AI
- ・統合AI
- ・汎用AI

領域③

個別医療・先制医
療を浸透させる
先進技術とプラット
フォーム領域

- ・ヘルスケアプラット
フォームサービス
- ・個別医療
- ・先制医療
(医療プラットフォーム)
- ・耐性向上
- ・バイオエコノミー
- ・病原体・感染源
- ・個別化・層別化医療
- ・プレジジョン医療
- ・自動化・ライフロギング

領域④

日本のものづくりを
リードする、先進計
測とシミュレーション
領域

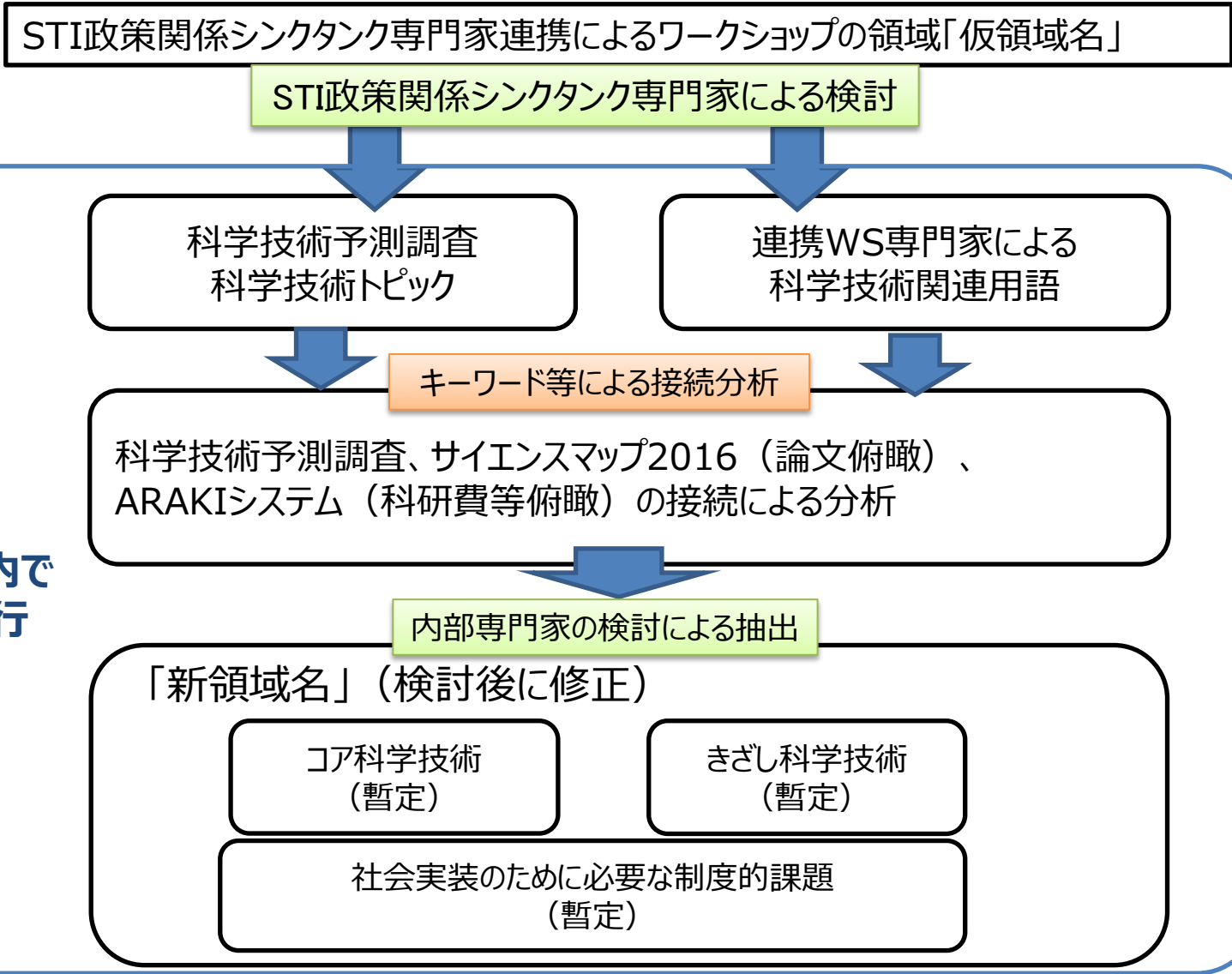
- ・オペランド計測
- ・マテリアルインフォマティクス
- ・生産技術
(材料設計、シミュレーション、
計測、製造など)
- ・次世代材料
(生体材料など)
- ・次世代計算機
- ・第一原理シミュレーション
- ・物理シミュレーション
- ・バイオ・インスパイアード技術
- ・次世代半導体
- ・次世代コンピューティング
- ・シミュレーション
- ・計測・解析・予測
(マイクロな単位での)
- ・デジタルツイン
- ・ポスト5G



3. 社会課題に結びついた 研究開発領域の抽出に向けた試行

3-1. 検討プロセス

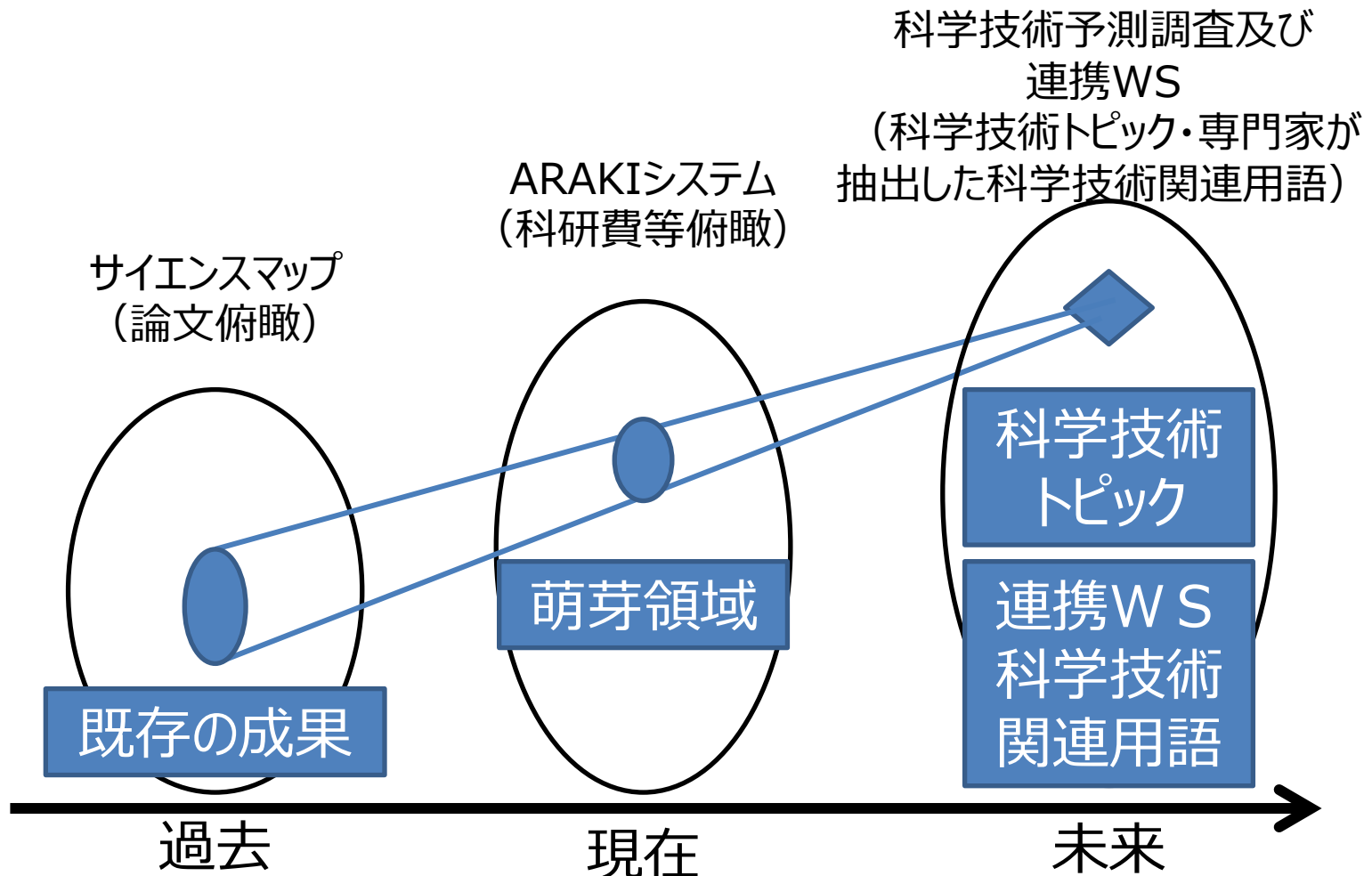
NISTEP内で
行った試行



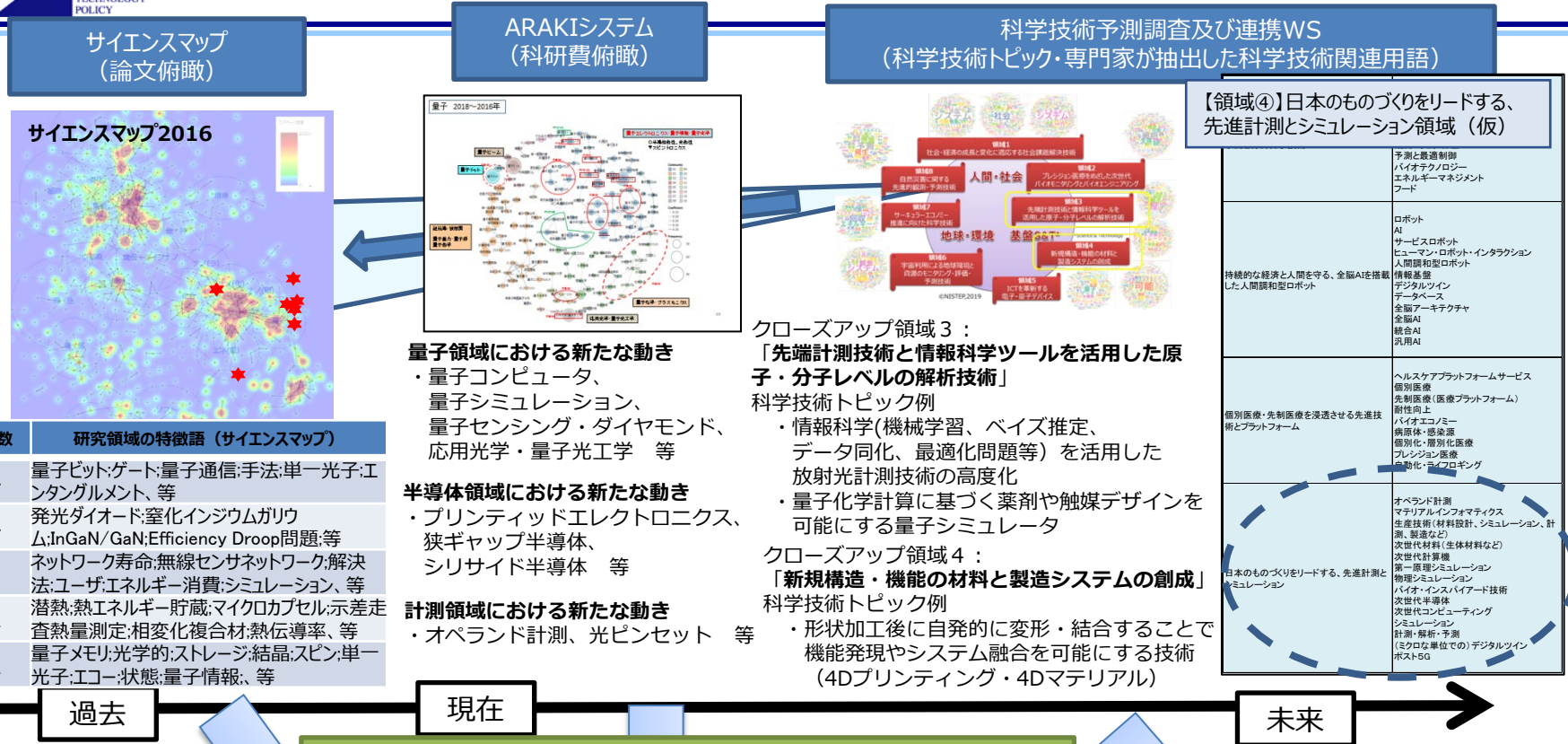
注) コア科学技術：日本の産業競争力や（広義の）安全保障上重要となる科学技術（専門家のコンセンサス重視）
 きざし科学技術：メインストリームでは無いが、注目すべき科学技術（専門家の目利き重視）

3-2. 研究開発領域検討の時間軸

- 科学技術予測調査科学技術トピック、連携WS専門家による科学技術関連用語をキーワード等によって接続し、論文及び科研費等を俯瞰分析
- 各分析間のデータの接続による分析、NISTEP内部のエキスパートジャッジにより精査



3-3. 試行的分析結果（領域④の例）



量子領域における新たな動き

- 量子コンピュータ、量子シミュレーション、量子センシング・ダイヤモンド、応用光学・量子光学 等

半導体領域における新たな動き

- プリンティッドエレクトロニクス、狭ギャップ半導体、シリサイド半導体 等

計測領域における新たな動き

- オペランド計測、光ピンセット 等

クローズアップ領域 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」
科学技術トピック例

- 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
- 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

クローズアップ領域 4:
「新規構造・機能の材料と製造システムの創成」
科学技術トピック例

- 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)

接続数	研究領域の特徴語 (サイエスマップ)
14	量子ビット;ゲート;量子通信;手法;単一光子;エンタングルメント、等
14	発光ダイオード窒化インジウムガリウム;InGaN/GaN;Efficiency Droop問題;等
13	ネットワーク寿命;無線センサネットワーク;解決法;ユーザ;エネルギー消費;シミュレーション、等
12	潜熱;熱エネルギー貯蔵;マイクロカプセル;示差走査熱量測定;相変化複合材;熱伝導率、等
12	量子メモリ;光学的ストレージ;結晶;スピン;単一光子;エコー状態;量子情報、等



試行分析結果 (新領域名) 「次世代製造技術のための先端計測と計算・データ科学の高度融合領域 (仮)」

コア科学技術 (暫定)

- 高時空間分解能およびオペランド計測
- 次世代電子・量子デバイス、次世代コンピューティング
- マテリアルズインフォマティクス&キュレーション
- ソフトマテリアル、バイオマテリアル

きざし科学技術 (暫定)

- 格子暗号: 量子コンピュータの解読に耐える暗号
- メタマテリアルやプラズモニクス等を活用した、全く新しい光学素子によるイメージング・センシング
- 4Dプリンティング、4Dマテリアル

海外動向 (量子関連)

- 米国が量子法案を制定する等、巨額投資を開始した他、中国が合肥市に1兆円研究所を設立。ドイツも巨額投資を決定。米国はハイパーウェーザーにも投資を開始。

今後のエキスパートジャッジ、外部機関の知見による検証

既存の研究助成・施策 (量子関連)

- 量子情報処理、量子計測・センシング等、縦の研究助成は「光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)」等があるが、数学等の異分野融合の促進が必要ではないか

社会実装のために必要な制度的課題 (暫定)

- データ共有における企業間の協調と競争のマネジメント
- 材料科学分野と情報科学分野の人材連携 等

本格分析へ

- 第11回科学技術予測調査の一環で、設定した702の科学技術トピックを、元々の分野にこだわらず類似度によりグループ化、今後推進すべき領域を抽出。
 - ◆ 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

- STI政策関係シンクタンク（NISTEP、JST-CRDS、NEDO-TSC）の専門家連携によるワークショップにより、以下の4つの仮領域を抽出。
 - ◆ 災害への備えから復興までを支える観測・予測と材料科学技術領域
 - ◆ 持続的な経済と人間を守る、全脳AIを搭載した人間調和型ロボット領域
 - ◆ 個別医療・先制医療を浸透させる先進技術とプラットフォーム領域
 - ◆ 日本のものづくりをリードする、先進計測とシミュレーション領域

- NISTEP成果を俯瞰して、社会課題に結びついた研究開発領域と、領域を構成する科学技術要素の検討を試行。
 - ◆ 専門家連携ワークショップ結果と、論文や科研費課題から得られた情報を俯瞰し、各領域を構成する科学技術要素を抽出。
 - ◆ 今後、海外動向や既存の研究助成・施策等を含め、外部機関と連携しつつ本格的に検証予定。



参考資料

1. これまでの科学技術予測調査の評価の例 「量子」に関連する過去調査の科学技術トピック-----	24
2. 未来につなぐクローズアップ科学技術領域 -----	26
3. STI政策関係シンクタンクの専門家連携によるワークショップ結果 -----	34
4. 科研費の俯瞰分析について -----	38
5. サイエンスマップとは -----	41
6. 社会の未来像 -----	45
7. 科学技術発展による社会の未来像（基本シナリオ） -----	46
8. 科学技術予測調査検討会名簿-----	51

これまでの科学技術予測調査の評価の例 「量子」に関連する過去調査の科学技術トピック

- 「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）	高い安全性を保障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を行うための量子通信技術	2019/2029

「量子」に関連する過去調査の科学技術トピック の実現状況（暫定版）

調査回	トピック（ [] 内は当時予測された実現年）	実現状況
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]	1996年発売のDVDプレーヤに搭載。現在の半導体レーザーの多くで利用。
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]	1992年に原理実証、2003年に量子暗号装置が発売。
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]	単一光子での通信は1993年ぐらいに実現済み、2000年代前半に量子鍵配送でフィールド実験されている。
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]	原理実証は実現済み、実用化は未実現。
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]	原理実証は実現済み、実装技術は未実現。
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]	単一光子での通信は1993年ぐらいに実現済み。雑音を抑制するのに誤り訂正を使うという意味では未実現。
8回 (2005)	実用的な量子暗号 [2017/2027]	短距離であれば実現済み、長距離では未実現。
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-]	未実現
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]	単一光子での通信は1993年ぐらいに実現済み、2000年代前半に量子鍵配送でフィールド実験されている。
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]	未実現

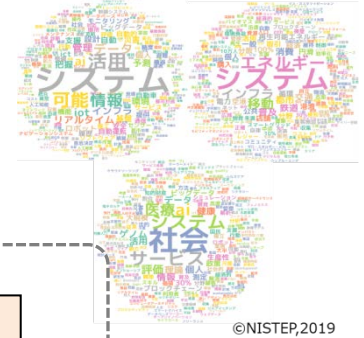
クローズアップ科学技術領域：分野横断・融合領域

1【社会・経済の成長と変化に適応する社会課題解決技術】

<人間・社会>

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ブロックチェーン、量子コンピューティング、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

ワードクラウド



©NISTEP,2019

基盤情報技術・システム

362:モノとの二分論によるサービス^{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（2028）

397:すべての国民がITリテラシー^{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^{IT人材}不足の解消（2028）

321:社会基盤としてブロックチェーン^{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（2027）

383: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^{シミュレーション}する技術（2032）

2025

2029

2030

2031

2032

2033

2035

社会的実現時期

73: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^{病歴}、薬歴^{薬歴}、個人ゲノム情報^{個人ゲノム情報}の管理システム（2026）

293: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（2027）

534: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（2028）

381: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（政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む）（2031）

393: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（2028）

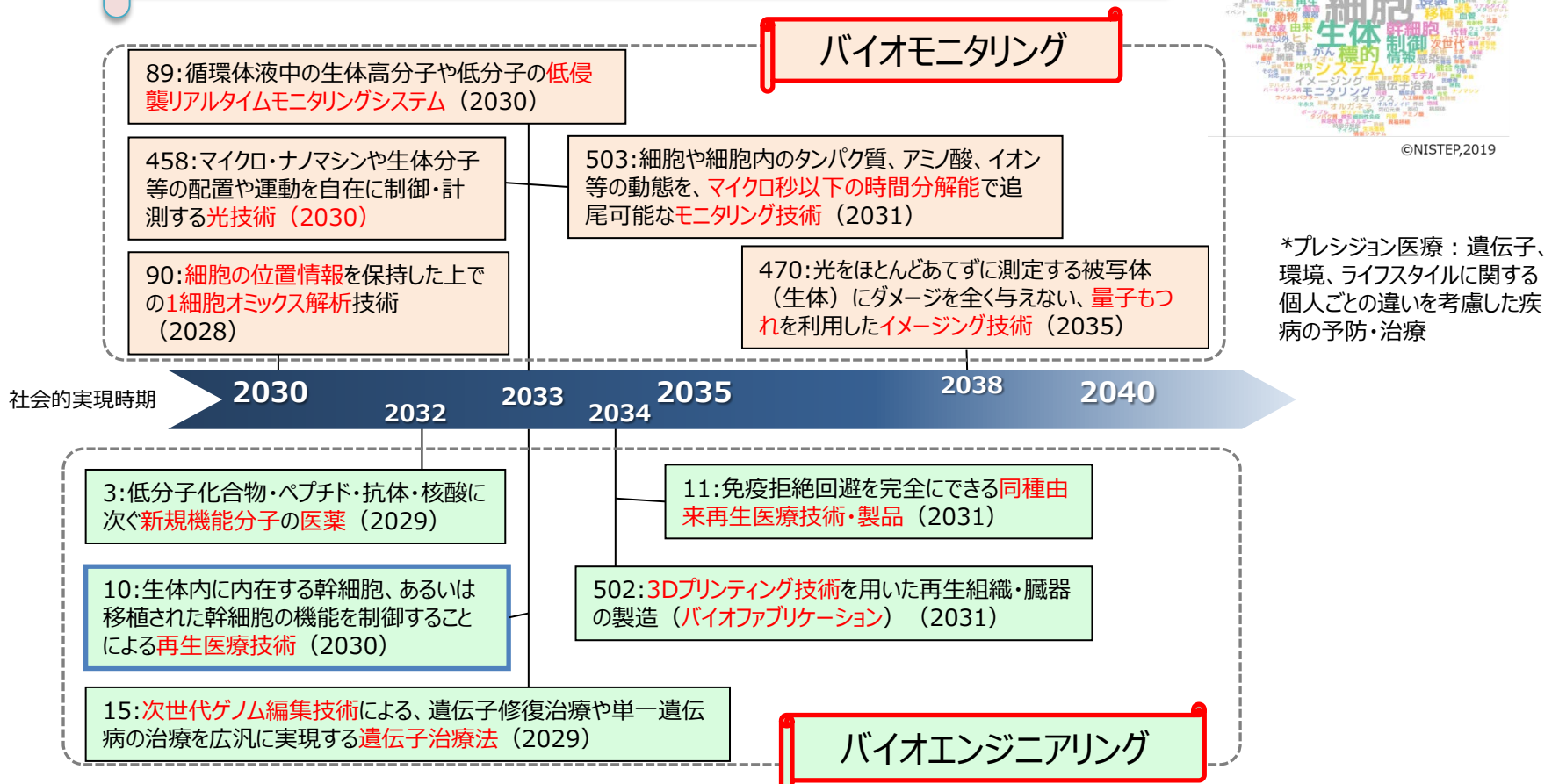
112:フィールドオミックス、フェノミクスなどから得られたビッグデータとAIによる育種の超高速化（テラーメイド）（2029）

社会的共通資本のサービス・ソリューション

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。

<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がる科学技術領域



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。

<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



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**（2031）

©NISTEP, 2019

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、**テーラーメイド医薬品・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。



<基盤S&T>

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

先進製造・材料開発システム

430: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** (2029)

423: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 (2028)

565: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** (2025)

419: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**) (2030)

483: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 (2033)

社会的実現時期

2025

2028

2030

2031

2032

2033

2035

493:人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造 (造形) する**3Dフードプリンティング技術** (2028)

495: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** (2028)

499:バイオミメ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** (2028)

241: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** (2030)

227: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)

生活・環境に関わる先進材料技術

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。

<地球・環境>

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

地球環境のモニタリング・評価・予測

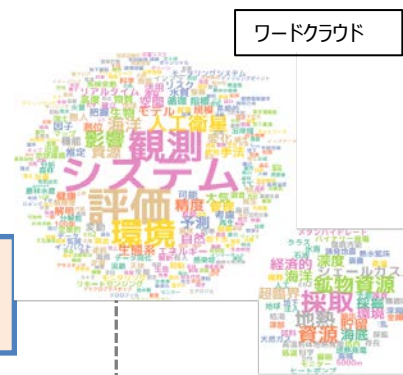
284: 携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム (2028)

260: 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 (2029)

640: 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 (2029)

259: 衛星観測と地上観測の効果的な統合により、全国の地下水マップの一般化 (2029)

277: 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 (2032)



©NISTEP,2019

社会的実現時期

2030

2031

2032

2033

2035

2040

231: ICT、人工衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術 (2029)

628: 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 (2028)

142: 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 (2028)

623: 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 (2030)

地球環境/資源のモニタリング・評価・予測

262: 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 (2029)

資源のモニタリング・評価・予測

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。

<地球・環境>

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

廃棄物、有害物質の処理・管理

253: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 (2030)

181: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 (2031)

245: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 (2041)

242: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 (2028)

再資源化 -レアメタル-

237: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 (2039)

社会的実現時期

2030

2031

2032

2033

2034

2035

2039

2040

2044

2045

195: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 (2029)

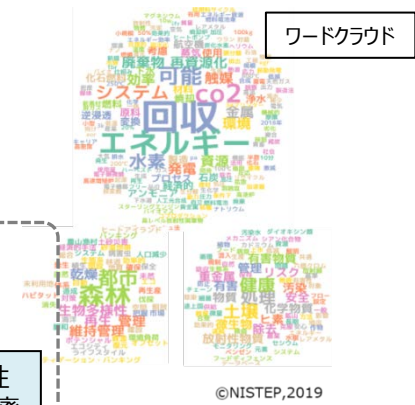
475:水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対2018年比で10分の1以下となる燃料電池 (2032)

507:CO₂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 (2031)

216:大気から回収されたCO₂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 (2035)

479:CO₂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 (2036)

再資源化 -エネルギー、有用物質-



*サーキュラーエコノミー：従来の資源を消費して廃棄するという方向の経済に対して、消費された資源を回収し再生・再利用し続けることで経済成長を実現する新たな経済モデル

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。

<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



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、もしくはしそうにない火山を見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)

2025

2029

2030

2032

2033

2035

2036

社会的実現時期

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)。

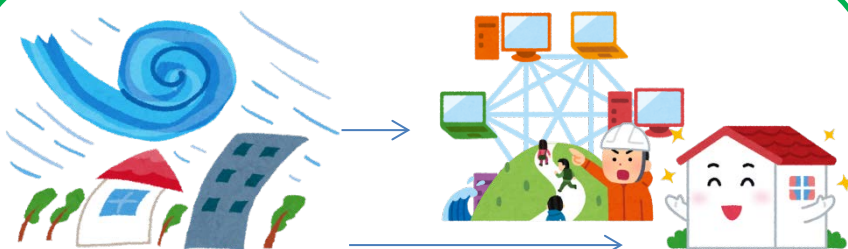
注：年表は、社会的実現時期(実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期)による。各トピック文末のカッコ内は、科学技術的实现時期(所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期)。年は、いずれもアンケート結果の中央値。科学技術トピックの先頭数字はID番号。

コアとなる重要テーマの例

- 自然災害に関する先進的観測・予測技術
- ◆ 温暖化に伴う異常気象による災害への対応（洪水・土砂災害）
- ◆ 異常気象と温暖化影響の関連性解明
- 建築物・インフラ補修の完全自動化
- AI・ロボットによるインフラ予知保全

●:NISTEP ◆:CRDS ■:TSC

安心・安全で災害に強い日本



・リアルタイム予測や自己修復する建造物の実現

例えば… **リアルタイムの災害対応や復興までの支援**

現在ある科学技術

- ・被災者からの問合せに対応するAIチャットボット⁽¹⁾
- ・土石流が発生した溪流にワイヤーセンサー等を設置し下流側に警報するシステム⁽²⁾
- ・自己治癒/修復材料⁽³⁾

必要となる制度的対応等

- ・いつまでに、どこに避難すれば安全かわかるデータプラットフォーム
- ・有用データの寡占防止

2040年頃までの科学技術トピック例

- ・リアルタイム津波予測に地域住民に必要な避難に必要な情報を提供するSNS情報分析システム（2027）
- ・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（2029）
- ・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（2035）

※括弧内は社会的実現見込み年

(1) AI 防災協議会「令和元年台風第15号による千葉県被災者からの問合せに対応する「LINE」AIチャットボットの開発・提供開始について」
 (2) 平成30年7月豪雨を踏まえた豪雨地盤災害に対する地盤工学の課題-地盤工学からの提言-【暫定版】
 (3) JST 先進的低炭素開発技術(ALCA)：「自己治癒機能を有する革新的セラミックタービン材料の開発」

コアとなる重要テーマの例

- 人間社会に受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



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の活用にも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トピック例

- ・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」

* 先制医療：発症前診断により各個人に適切な治療を行い、発症を未然に防ぐ医療

コアとなる重要テーマの例

- プレシジョン医療を目指した次世代
バイオモニタリングとバイオエンジニアリング
- ライフコース・ヘルスケアに向けた疾病予防・
治療法
- ◆ 個別化・層別化医療
- 検査・診断の自動化システム

● :NISTEP ◆ :CRDS ■ :TSC

超高齢化社会における 国民一人ひとりの健康増進



・個々のライフコースを通じたヘルスケアの実現

例えば… 非侵襲の診断デバイスによって、**本人の苦痛等がなく、一瞬で健康診断の実施**が可能になる。

現在ある科学技術

- ・光電式脈波センサー⁽¹⁾
- ・がん診断のための尿中の
micro RNAの分離・回収
デバイス⁽²⁾
- ・5ナノメートルの量子センサー⁽³⁾

必要となる制度的対応等

- ・健康保険制度の改革（健康維持、
未病の部分を社会保険に組み込む）
- ・科学技術が行き届かない地域へ医療
格差が広がらないような政策手段
- ・ライフログのプライバシーの問題と、
ライフログ提供のインセンティブ付与
- ・本人が望む以上の情報を与えない、
知らない権利を守る仕組み

2040年頃までの科学技術トピック例

- ・生活環境のセンシングやライフログセンシングによる、
脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管
イベントの検知に基づいた救急医療情報システム(2033)
- ・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（2033）
- ・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
(2038)
※括弧内は社会的実現見込み年

(1) ローム株式会社(<https://www.rohm.co.jp/pulse-wave-sensor>)

(2) ICARiA株式会社 (<https://icariacorp.com/>)

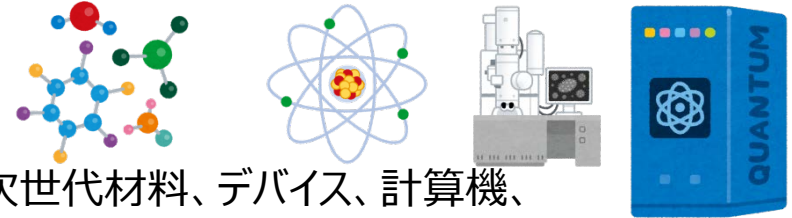
(3) 量子科学技術研究開発機構 ニュースリリース「世界最小のダイヤモンド量子センサーの作成に成功」

④ 日本のものづくりをリードする、先進的計測とシミュレーション

コアとなる重要テーマの例

- 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
 - 新規構造・機能の材料と製造システムの創成
 - ◆ オペランド計測・プロセス統合
 - ◆ 多機能・複雑系の材料設計
- :NISTEP ◆ :CRDS

日本のものづくりがリードする持続的な経済



- ・次世代材料、デバイス、計算機、ネットワークとそれらを支える生産技術の実現
 - ・未知で複雑な材料の解析と合成
- 例えば… **複雑な材料設計を可能にする、リアルタイムの計測の実現。未知の物質科学のフロンティアの開拓。**

現在ある科学技術

- ・100 ナノメートルオーダーの空間分解能を有する軟X線顕微分光システムによる電気化学オペランド測定法⁽¹⁾
- ・ほぼ絶対零度下での超高速量子シミュレーター⁽²⁾
- ・分解能5nmの確率的光学再構築顕微鏡⁽³⁾

必要となる制度的対応等

- ・企業によるデータの抱え込みに関して、協調領域と競争領域の線引きなどのマネジメント
- ・異なるステークホルダーの連携
- ・長期的な投資が必要な計測施設（放射光など）の利用の公平性等に関するルール
- ・材料・デバイスの評価方法の標準化

2040年頃までの科学技術トピック例

- ・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（2032）
- ・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ー(2033)
- ・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(2034)

※括弧内は社会的実現見込み年

(1) 産総研・東大 先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリー (<https://unit.aist.go.jp/operando-oil/>)

(2) 自然科学研究機構 分子科学研究所 ニュース「原子レベルで動作する世界最速の量子シミュレーター（大森教授ら）」

(3) ThermoFisher社 確率的光学再構築顕微鏡 (Stochastic optical reconstruction microscopy ; STORM)

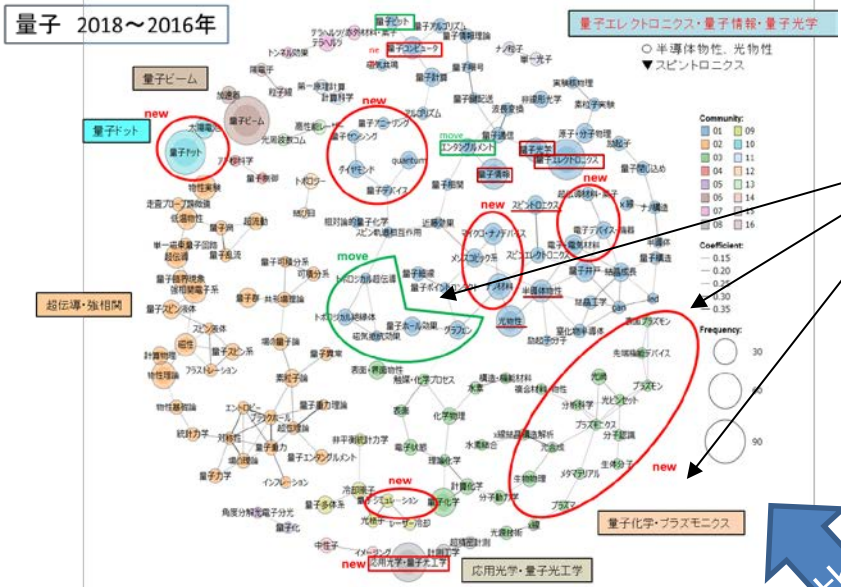
研究開発動向を把握するためのデータ

	研究			開発		
	科研費等	予稿集	論文	特許	リリース	株価
速報性	◎	○	×	○	△	△
メタ情報	△	×	◎	◎	×	△
更新頻度	△	△	△	◎	◎	◎
データ量	△	△	◎	◎	○	△
国際比較	△	△	◎	◎	△	○
入手容易性	△	×	◎	○	×	◎
把握精度	○	?	◎	?	?	?

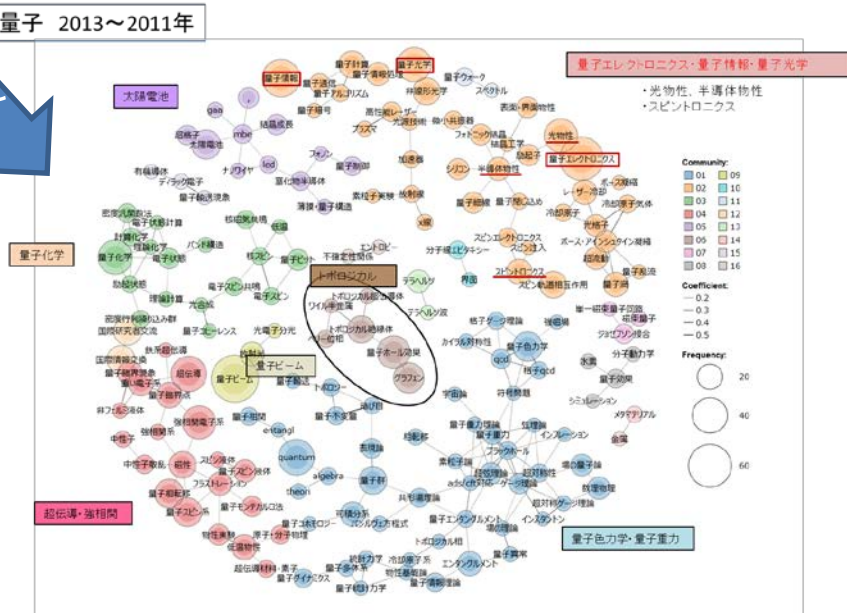
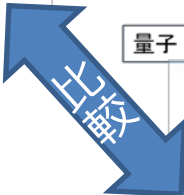
※ メタ情報：書誌情報のような付随情報。機械処理のために重要

※ 把握精度：研究開発トレンドの把握精度の期待値・主観確率

「Advanced Research Analysis in KAKEN Investigation」 (ARAKIシステム) による科研費の俯瞰について



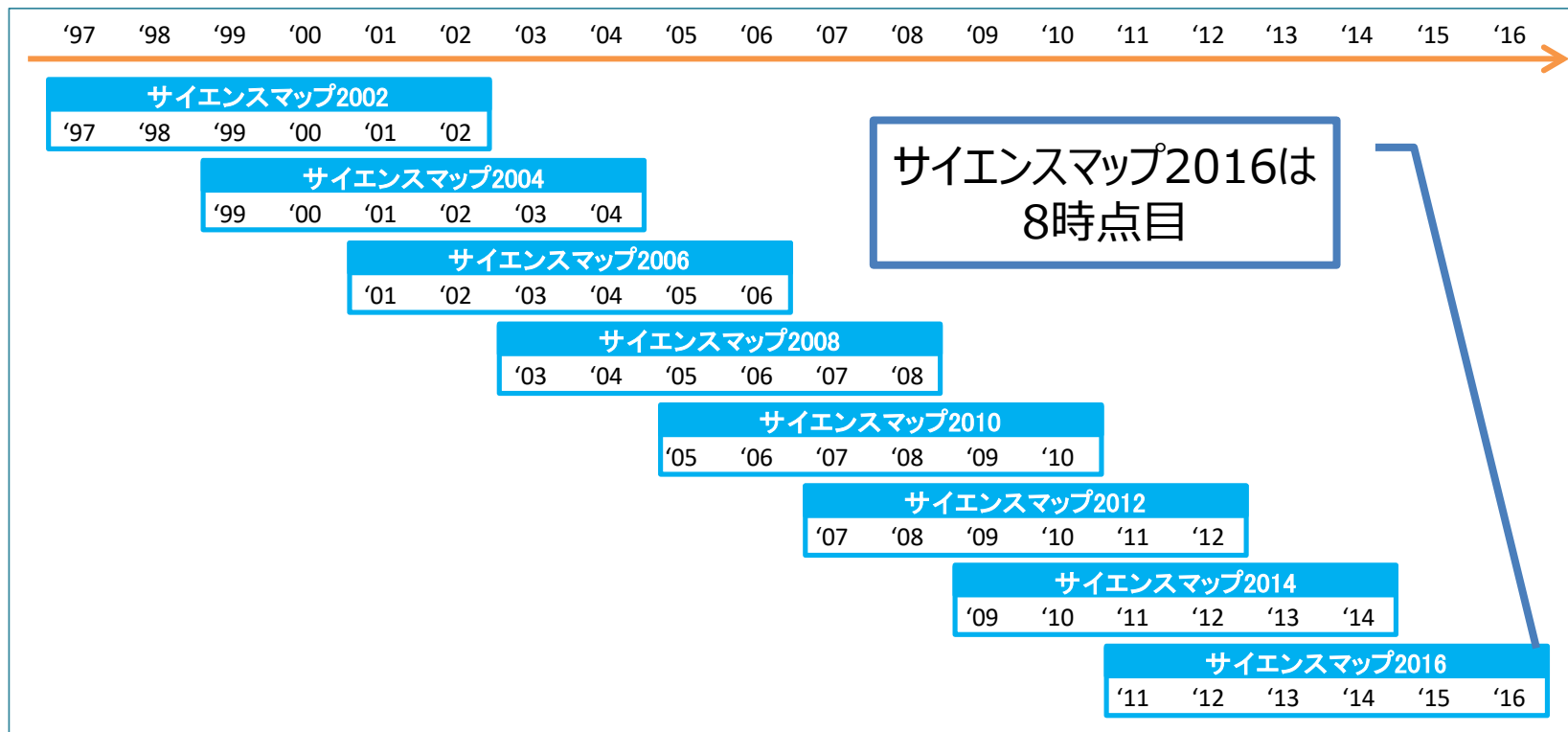
2011~2013年におけるキーワードの俯瞰状況と2016~2018年におけるキーワードの俯瞰状況を比較して新しく出てきたキーワードやそのキーワードの共起関係の変化を専門家の知見で解析



「科学研究費助成事業データベース」に収録されている量子に関する「キーワード」を分析・解析し、共起ネットワーク分析したもの
(KH Coderで可視化、専門家の知見による判断)

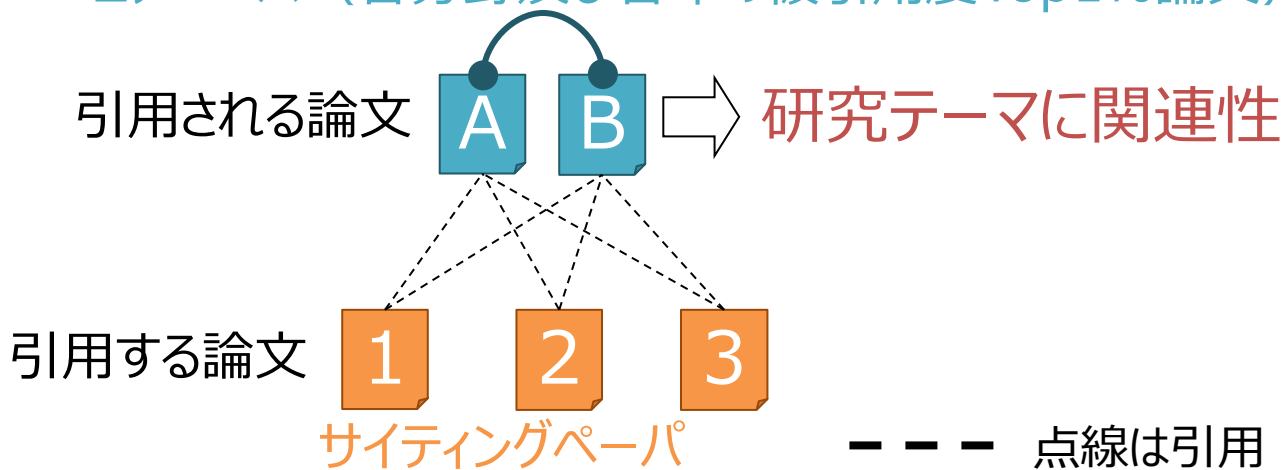
- NISTEPでは、論文データベース分析により国際的に注目を集めている研究領域を抽出・可視化した「サイエスマップ」を作成し、世界の研究動向とそこでの日本の活動状況の分析を実施。
- 最新のサイエスマップ2016では、2011年から2016年の論文の内、被引用数が世界で上位1%の論文を共引用関係を用いてグループ化することで、世界的に注目を集めている研究領域を抽出。

※：被引用数上位1%論文はClarivate Analytics社のEssential Science Indicatorsから抽出



- 他の論文から頻繁に同時に引用される論文の間には、研究内容に関連性があると考える。

コアペーパー（各分野及び各年の被引用度Top1%論文）

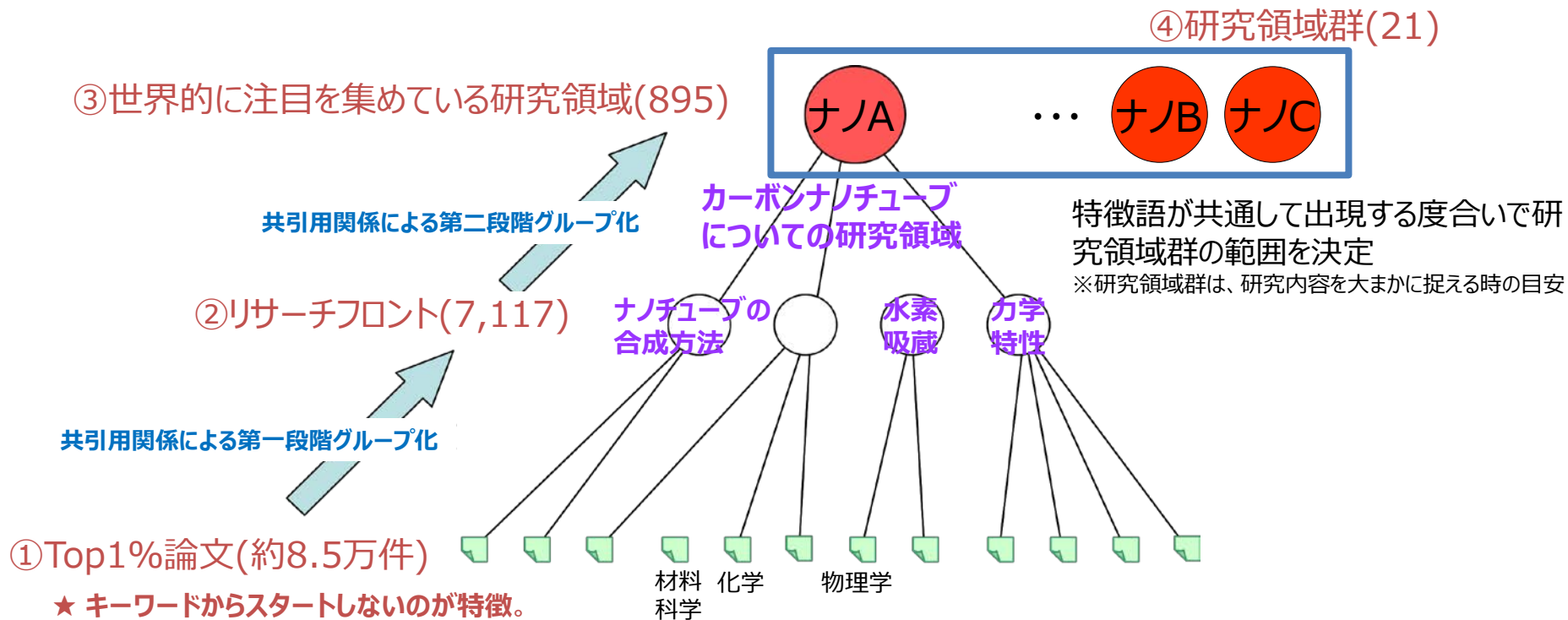


$N_{A(B)}$: 論文A(B)の被引用回数

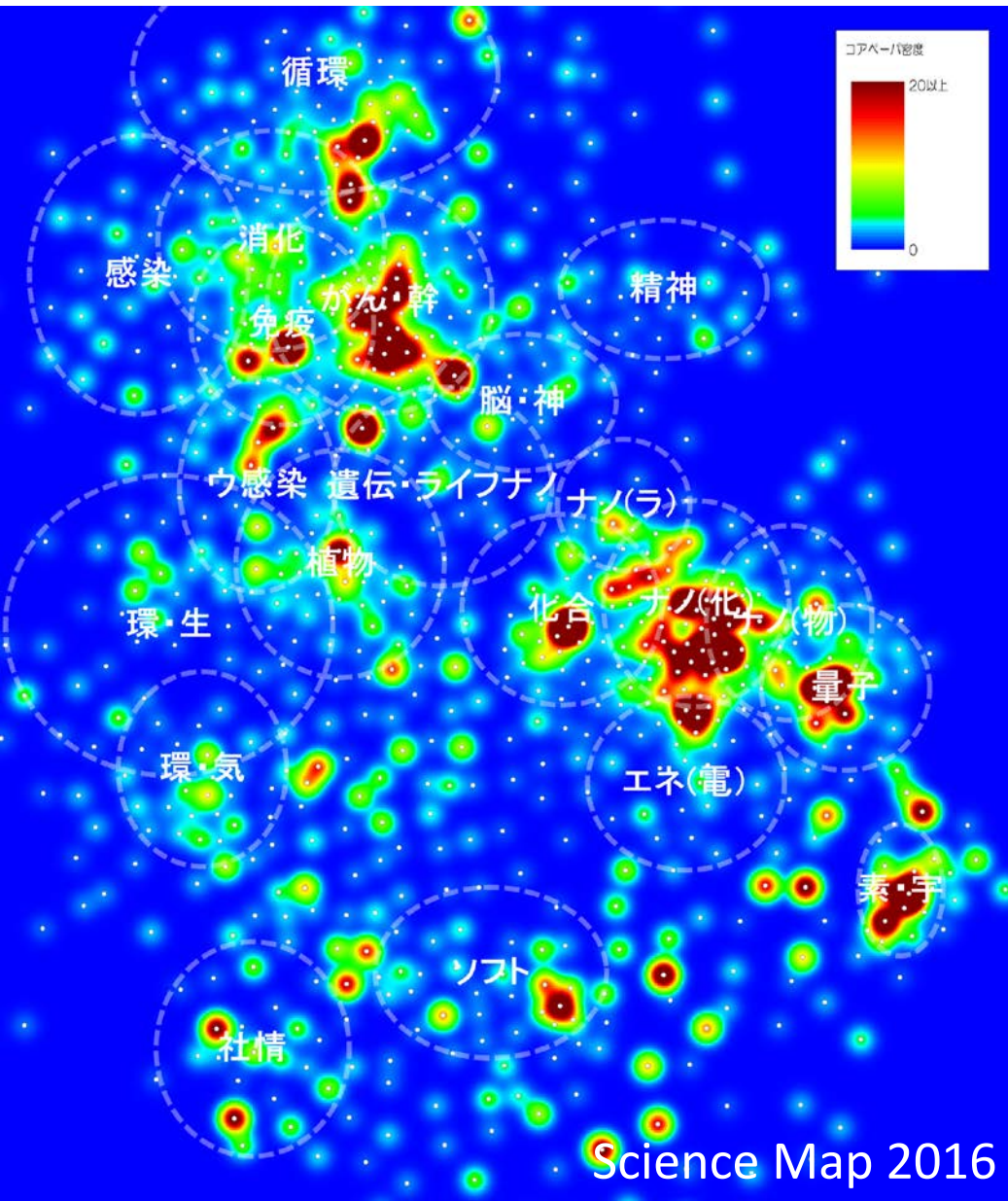
N_{AB} : 論文AとBが同時に引用された回数

規格化された共引用度 $N_{\text{norm}} = N_{AB} / \sqrt{N_A N_B}$

- 共引用関係にもとづいて、**Top1%論文のグループ化を2段階行い研究領域を抽出。**
- 共引用関係の分析には、Top1%論文を引用する全ての論文を利用。



★ 異なる分野の論文でも、共引用されていれば、グループ化される。
したがって、伝統的分野概念はここでは排除される。



■ 2011-2016年を対象としたサイエンスマップ2016では、世界的に注目を集めている研究領域として**895領域が抽出された。**

番号	研究領域群名	短縮形
1	循環器系疾患研究	循環
2	感染症研究	感染
3	消化器系疾患研究	消化
4	免疫研究	免疫
5	がんゲノム解析・遺伝子治療、幹細胞研究	がん・幹
6	脳・神経疾患研究	脳・神
7	精神疾患研究	精神
8	ウイルス感染症研究	ウ感染
9	遺伝子発現制御研究、ライフナノブリッジ	遺伝・ライフナノ
10	植物科学研究	植物
11	環境・生態系研究	環・生
12	環境・気候変動研究	環・気
13	化学合成研究	化合
14	ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)	ナノ(ラ)
15	ナノサイエンス研究(化学)	ナノ(化)
16	ナノサイエンス研究(物理学)	ナノ(物)
17	量子情報処理・物性研究	量子
18	エネルギー創出(リチウムイオン電池)	エネ(電)
19	素粒子・宇宙論研究	素・宇
20	ソフトウェア関連研究	ソフト
21	社会情報インフラ関連研究(IoT等)	社情

注1: 本マップ作成にはForce-directed placementアルゴリズムを用いているため、上下左右に意味は無く、相対的な位置関係が意味を持つ。報告書内では、生命科学系が左上、素粒子・宇宙論研究が右下に配置されるマップを示している。

注2: 白丸が研究領域の位置、白色の破線は研究領域群の大きな位置を示している。他研究領域との共引用度が低い一部の研究領域は、マップの中心から外れた位置に存在するため、上記マップには描かれていない。研究領域群を示す白色の破線は研究内容を大まかに捉える時の目安である。研究領域群に含まれていない研究領域は、類似のコンセプトを持つ研究領域の数が一定数に達していないだけであり、研究領域の重要性を示すものではない。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及びWeb of Science XML (SCIE, 2017年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

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	“超”成熟社会	ヒトの育て方
びんびんコロリ社会	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	まとまらないことでまとまっている社会	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		

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

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

科学技術発展による社会の未来像（基本シナリオ）

人間らしさを再考し、多様性を認め共生する社会

(科学技術の例)

脳機能
イメージング

(科学技術トピック例*)

脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術 (2030/2035)

(社会の未来像まとめ)

人間らしくいられる
社会

個人の体験を、感覚情報のみならず、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを編集・伝達・体験・共有できるようにするメディア (2030/2033)

多様性のある社会

体験伝達
メディア

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 (2025/2028)

共生する社会

多言語・
非言語ナビ

感情や体験の共有、コミュニケーションにより相互理解を進め、互いを尊重して共生する。

無形・個人



リアルとバーチャルの調和が進んだ柔軟な社会

(科学技術の例)

ロボット・
ヒューマンマシン
インターフェース

(科学技術トピック例*)

誰もが遠隔地の人やロボットの動作の一部もしくは全身を自在に操り、身体の負主や周囲の人と協調して作業を行うことができる身体共有技術 (2030/2033)

(社会の未来像まとめ)

多次元社会

情報抽出

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 (2026/2029)

データ共有社会

リアルタイム
モニタリング

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)

健康な人間・
健康な地球

膨大なデータを蓄積・共有・活用し、仮想空間と現実空間を使いこなす。

無形・社会



人間性の再興・再考 による柔軟な社会

有形・個人

身体機能の拡張や個人の特性に合った健康管理により、個々人が活躍の幅を広げる。

(科学技術の例)

生体適合

(科学技術トピック例*)

人の感覚について、喪失した場合には補い、さらには超人的レベルを達成するよう補強するバイオメテリクス材料 (2032/2036)

(社会の未来像まとめ)

身体機能の
拡張した社会

病状コントロール

自律神経系・精神的ストレス・うつ病と生活習慣病の相互作用の解明による、悪循環をたちきる方法 (2030/2034)

心身の安定した
社会

AI活用

匠（熟練技能者など）の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム (2026/2029)

達人社会

人間機能の維持回復とデジタルアシスタントの融合による「個性」が拡張した社会

有形・社会

個人の欲求を満たしつつ資源の適正配置・循環を実現し、非常時にも柔軟に対応する。

(科学技術の例)

モニタリング・
センシング

(科学技術トピック例*)
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 (2026/2028)

備える社会

エネルギー
システム

経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術 (2032/2034)

最適化社会

個別化

従来的大量生産技術と同等の生産性を有する付加製造（3Dプリンティング）技術 (2027/2030)

カスタマイズ社会

カスタマイズと全体最適化が共存し自分らしく生き続けられる社会

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

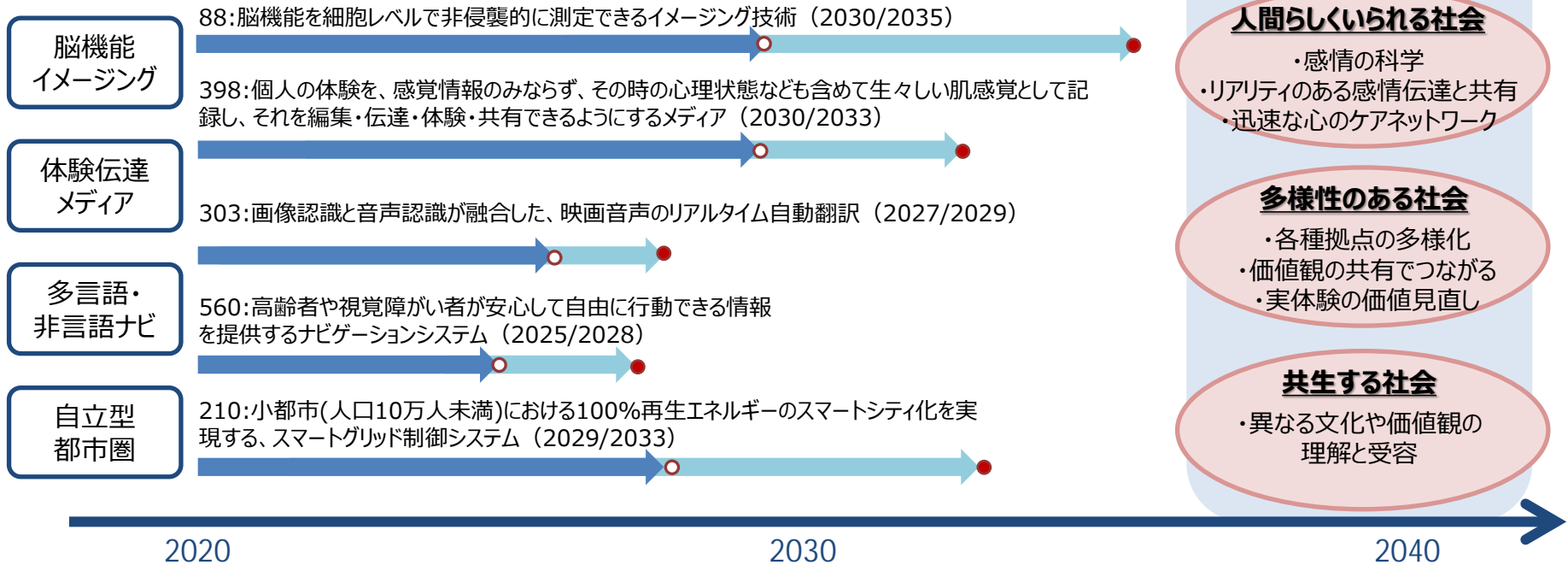
無形・個人

概要

人間が人間らしく、多様性を認め共生する社会を実現するためには、感情の変化を検知すること、体験を共有し共感を得ること、国や年代や障害などを超えてコミュニケーションができることが必要となる。このためには、例えば、脳機能の把握やコミュニケーションを高度化する科学技術が必要となる。

関連科学技術トピック例

- 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）
 - 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）
- 科学技術トピックの先頭数字はID番号



社会の未来像まとめ

人間らしくいられる社会

- ・感情の科学
- ・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

多様性のある社会

- ・各種拠点の多様化
- ・価値観の共有でつながる
- ・実体験の価値見直し

共生する社会

- ・異なる文化や価値観の理解と受容

求められる政策対応

- ・ 異質な文化や価値観を持つ人々が相互理解を進めるための方策
- ・ 持続可能なインフラ維持・管理方策

無形・社会

概要

人やロボットなどがネットワーク化されてリアル世界とバーチャル世界が共存・調和し、様々な変化に柔軟に対応する社会を実現するためには、様々な形態の情報の取得と共有が必要となる。このためには、例えば、あらゆる情報をデータ化して蓄積・分析する技術、機械とのインタフェースなどの技術が必要となる。

関連科学技術トピック例

- 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）
 - 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）
- 科学技術トピックの先頭数字はID番号

399: 誰もが遠隔地の人やロボットの動作の一部もしくは全身を自在に操り、身体の貸主や周囲の人と協調して作業を行うことができる身体共有技術（2030/2033）



ロボット・
ヒューマンシ
ンターフェース

459: 運動や記憶、情報処理、自然治癒など、人の心身における各種能力を加速・サポートするための、センシング・情報処理・アクチュエーション機能が統合された超小型HMIデバイス（2029/2032）



情報抽出

305: 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（2026/2029）



リアルタイム
モニタリング

21: 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、非侵襲診断機器のコンパクト化とAI導入（2026/2028）



350: 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）



2020

2030

2040

求められる 政策対応

- ・ 機械に代替される／されない技能を区別し、これを見越した技能の育成・継承方策
- ・ プライバシーとセキュリティの関係の整理、並びにこれらに関する社会的合意形成

社会の未来像まとめ

多次元社会

- ・ 血縁や地縁を超えたつながり
- ・ 時空を超えたつながり

データ共有社会

- ・ データのオープン化
- ・ リソースの共有
- ・ ロボットによる作業代替

健康な人間・健康な地球

- ・ どこでも高度医療
- ・ 国際的地球環境モニタリング

有形・個人

概要

人間の機能が拡張または飛躍的に向上し、その新しい「個性」が発揮される社会を実現するためには、誰もが心身の望ましい状態を獲得・自己管理できることが必要となる。このためには、例えば、身体機能を補う生体適合材料やロボット、個人の特性に合わせた心身の健康管理や医療、技能アーカイブなどの技術が必要となる。

関連科学技術トピック例

- 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）
 - 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）
- 科学技術トピックの先頭数字はID番号

生体適合

32: ナノテクノロジーによる生体人工物界面制御の精密化に基づく、高機能インプラント機器やドラッグデリバリーシステム（DDS）技術を可能とする高度な生体適合性材料（2029/2032）

496: 人の感覚について、喪失した場合には補い、さらには超人的レベルを達成するよう補強するバイオメテックス材料（2032/2036）

病状コントロール

33: 血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング（2027/2029）

35: 自律神経系・精神的ストレス・うつ病と生活習慣病の相互作用の解明による、悪循環を打ちきる方法（2030/2034）

AI活用

422: 匠（熟練技能者など）の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム（2026/2029）

社会の未来像まとめ

身体機能の拡張した社会

- ・身体の補完
- ・人間と機械の融合

心身の安定した社会

- ・性格に合わせた支援
- ・心身の健康の自己コントロール

達人社会

- ・モノづくりや農業の達人
- ・外部ネットワークの活用

2020

2030

2040

求められる政策対応

- ・ 倫理的問題（人体操作と人間の尊厳）の社会的合意形成と法規制整備
- ・ 医療倫理確立のための社会的合意形成と法規制整備

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を実現するためには、非常時も含めた適正な資源の配置と資源循環が必要となる。そのためには、例えば、モニタリング・センシング・予測、小規模生産、消費や行動の情報分析、冗長的なシステム構築などの技術が必要となる。

関連科学技術トピック例

- 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）
 - 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）
- 科学技術トピックの先頭数字はID番号

モニタリング・センシング

497: 体内情報をモニタリングするウェアラブルデバイス（2028/2031）

594: 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（2026/2028）

エネルギーシステム

217: 経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術（2032/2034）

227: 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）

個別化

425: 従来の大量生産技術と同等の生産性を有する付加製造（3Dプリンティング）技術（2027/2030）

社会の未来像まとめ

備える社会

- ・災害から生き残る
- ・モニタリングと予測
- ・意思決定支援

最適化社会

- ・資源循環
- ・冗長的な最適化
- ・持たない暮らし

カスタマイズ社会

- ・データに基づく個別対応
- ・個人生産

2020

2030

2040

求められる政策対応

- ・ 様々なサービスの費用負担（受益者負担／公的負担）の取り決め
- ・ 市民教育の充実

(敬称略、2019年6月現在)

	氏名	所属	備考
(座長)	濱口 道成	国立研究開発法人科学技術振興機構 理事長	科学技術・学術審議会総合政策特別委員会 主査
(副座長)	須藤 亮	産業競争力懇談会 専務理事 株式会社東芝 特別嘱託	内閣府政策参与 (SIP/PRISM/ImPACT プログラム統括)
	雨宮 慶幸	公益財団法人高輝度光科学研究センター 理事長	宇宙・海洋・地球・科学基盤分科会座長
	榎 学	東京大学大学院工学系研究科 教授	マテリアル・デバイス・プロセス分科会座長
	大島 まり	東京大学生産技術研究所/大学院情報学環 教授	ステークホルダー参画
	亀岡 孝治	三重大学大学院生物資源学研究科 教授	農林水産・食品・バイオテクノロジー分科会座長
	越塚 登	東京大学大学院情報学環 教授	ICT・アナリティクス・サービス分科会座長
	永野 博	公益社団法人日本工学アカデミー 専務理事	科学技術イノベーション政策
	福井 次矢	聖路加国際大学 学長/聖路加国際病院 院長	健康・医療・生命科学分科会座長
	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	都市・建築・土木・交通分科会座長
	矢部 彰	国立研究開発法人新エネルギー・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

* 平成30(2018)年度は、「科学技術予測委員会」として開催。