



融合研究促進による研究力の強化 (話題提供)

2019年10月18日

科学技術・学術政策研究所

上席フェロー

赤池伸一

akaike@nistep.go.jp

自己紹介

- 現職：
文部科学省科学技術・学術政策研究所上席フェロー／内閣府参事官(研究データ基盤・エビデンス)／政策研究大学院大学SciREXセンタープログラム・コンサルタント、横浜市大非常勤講師、千葉大非常勤講師など
- 職歴：
科学技術庁入庁(1992年)→文部科学省(2001年)
その他、内閣府、外務省(在スウェーデン日本国大使館)、科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター(CRDS)、日本学術会議、一橋大学イノベーション研究センター など
- これまで担当した主な業務：
科学技術基本計画、原子力政策大綱、教育振興基本計画等の計画立案・評価、地震防災、原子力、原子力安全規制、国際協力、基礎研究振興など
- 学歴:理系→文系
学士 農学部(食品工学)〈東京大学〉
→修士 広域科学(研究開発投資の経済分析)〈東京大学〉
→修士 科学技術政策研究 〈英国Sussex大学SPRU〉
→博士 社会理工学(政府研究開発投資の資源配分の分析)
〈東京工業大学 社会人として〉
- 主な関心事項：
 - ・エビデンスベースド・ポリシー
 - ・政府研究開発投資の経済社会効果
 - ・科学技術外交
 - ・ノーベル賞(授賞選考プロセス、受賞者のキャリアパスなど)

・行政と研究の間
・理系と文系の間
・ラインとスタッフ

動向調査・予測の手法

➤ 定量と定性、客観と主観

客観分析とエキスパートジャッジ(専門家)の組み合わせ

→説得力を持つためには、プロトコル(手続き)の設計が必要
(どのようにオーソライズするかも重要)

➤ 様々な情報源

市場調査: 各種業界団体など

特許: Pat-stat, Thomson Innovationなど

論文: Web of Science, Scopus, Reserch frontサイエンスマップ など
プロシーディングス

研究費の採択: Kaken など

研究費の申請: L-rad など

➤ 科学技術イノベーション政策に関係する公的シンクタンク等

NISTEP(科学技術予測、動向調査、論文、特許分析など)

JST研究開発戦略センター(CRDS)(研究開発俯瞰、海外動向など)

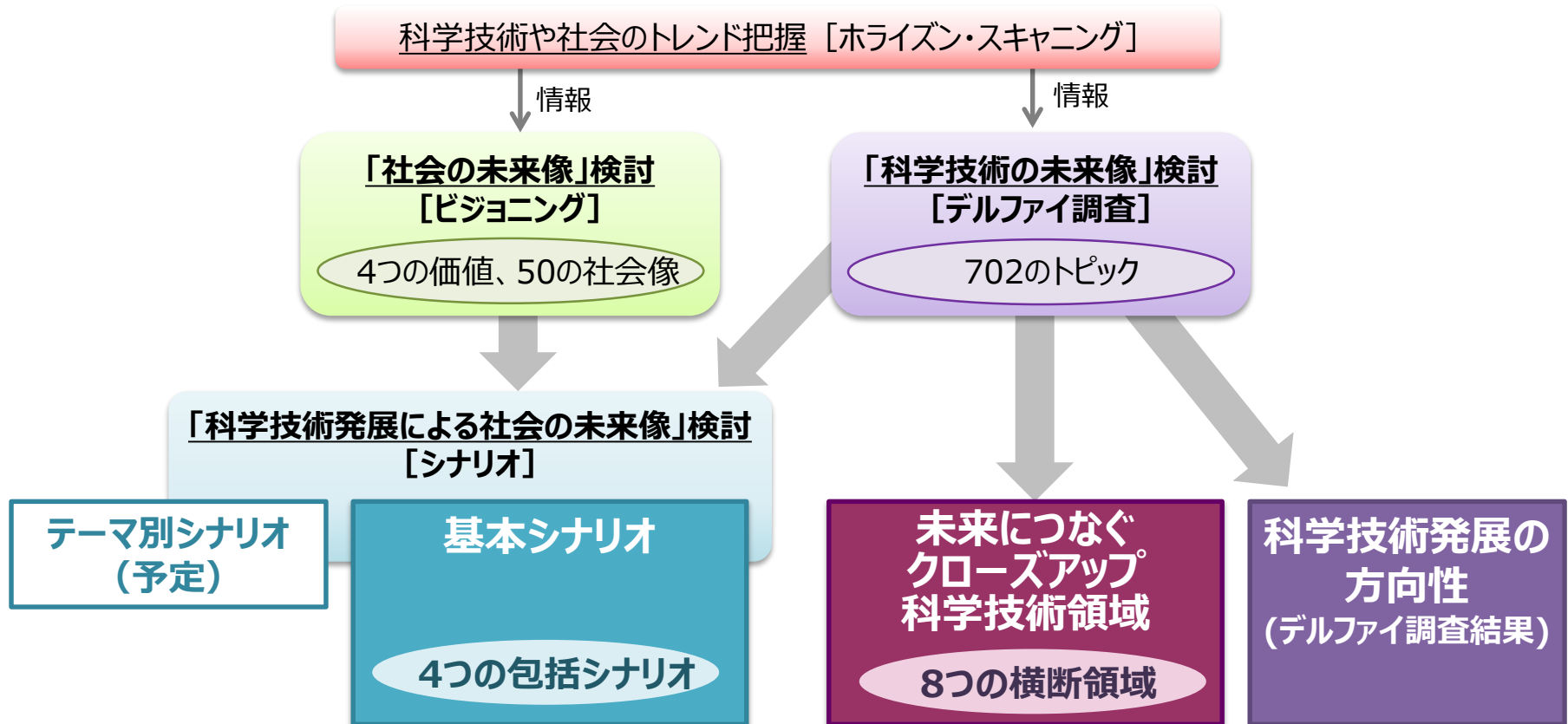
NEDO技術戦略センター(TSC)(産業技術動向など)

理研未来戦略室(100年後の未来など)

など

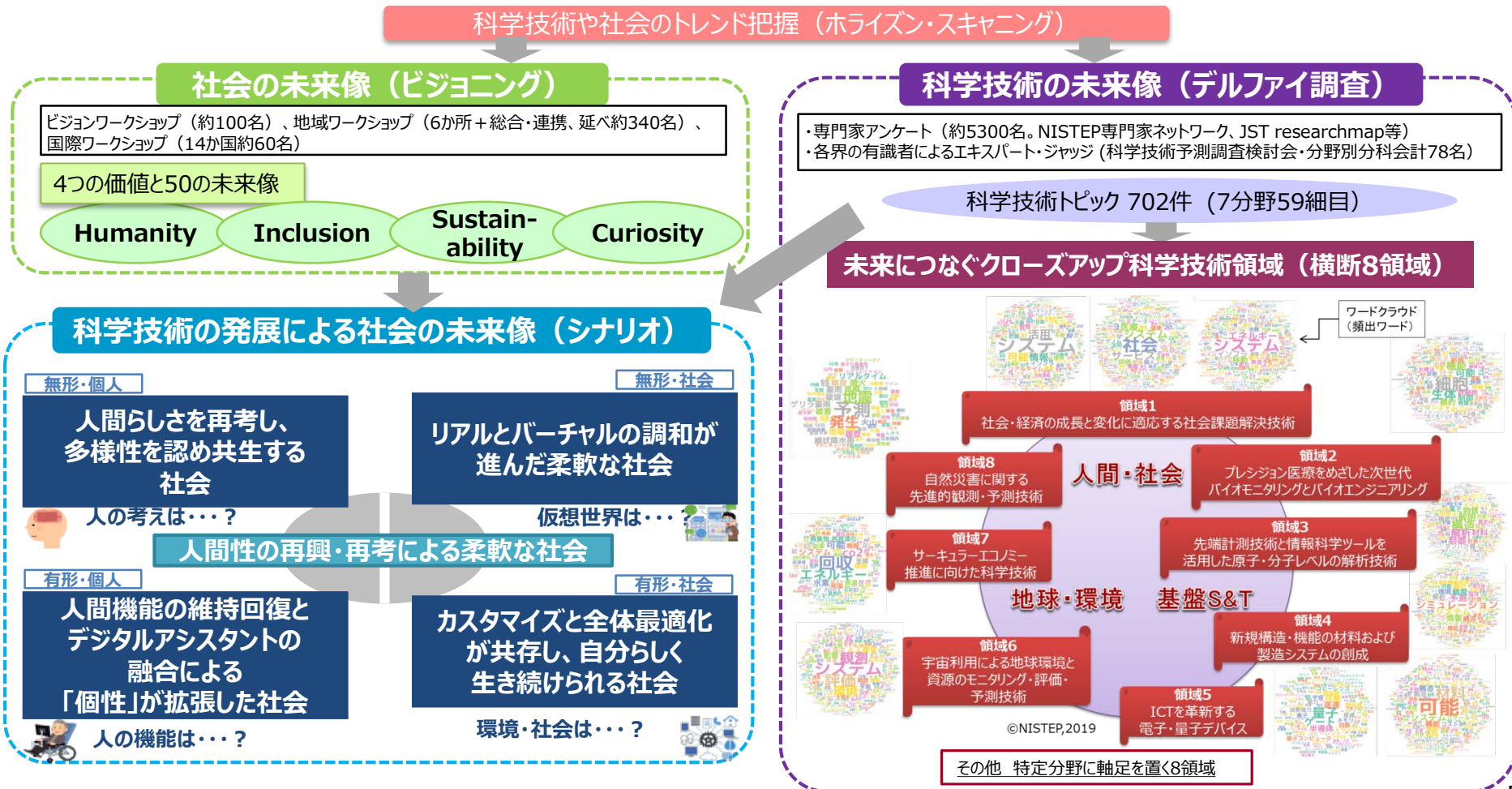
第11回科学技術予測調査の構造

- 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。



第11回科学技術予測調査（速報版）の概要

- 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）。



科学技術の未来像：クローズアップ科学技術領域 選定手順

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

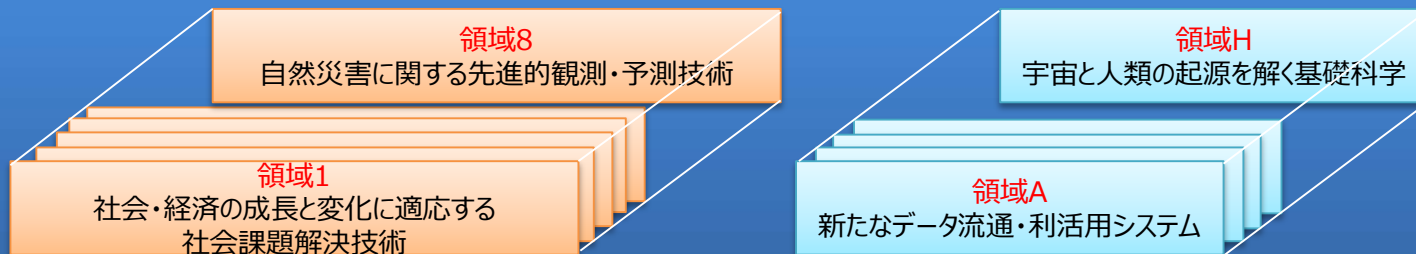
- | | | | |
|------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| ①健康・医療・生命科学 | ②農林水産・食品・バイオテクノロジー | ③環境・資源・エネルギー | ④ICT・アナリティクス・サービス |
| ⑤マテリアル・デバイス・プロセス | ⑥都市・建築・土木・交通 | ⑦宇宙・海洋・地球・科学基盤 | |



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〕

目指す社会の姿（4つの包括シナリオ）

無形・個人

A 人間らしさを再考し、多様性を認め共生する社会

多様な文化や価値観を持つ人々が日本に集まり、認められ、共生する社会。それぞれが違った価値観のまま、共に協力しながら認め合い、生活している社会。



人の考えは・・・？

無形・社会

B リアルとバーチャルの調和が進んだ柔軟な社会

人とロボットがゆるく繋がり、競争と協調のバランスがとれた社会。個の集合体が伝統的な家族の役割を果たし、遠隔も含めてグローバルな環境で活動。



仮想世界は・・・？

人間性の再興・再考による、柔軟な社会

有形・個人

C 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

人間の身体能力が、拡張または飛躍的に向上した社会。個人の能力差は無くなり、移動方法も拡張。データベースや集合知によって、地理的制約・知識的制約も解消。



人の機能は・・・？

有形・社会

D 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

カスタマイズと全体最適のバランスが保たれ、資源制約や不測の事態にも的確に対応。人と違うことに価値を見出し、新たな価値創造を行う持続可能社会。



環境・社会は・・・？

* 各視点を出発点として検討したもので、内容の重なりは可とした。

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

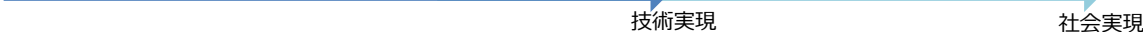
概要

多様な文化や価値観を持つ人々が日本に集まり、認められ、共生する社会。従来の価値観や場所に縛られないが、それぞれが孤立することなく共に協力しながら認め合い、自由に生活している社会。心や感情の伝達技術により、個人やコミュニティの心的ケアの手法やネットワークも確立している。

関連科学技術トピック例 (実現時期は1回目アンケートの暫定値)

脳機能イメージング

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)



体験伝達メディア

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)



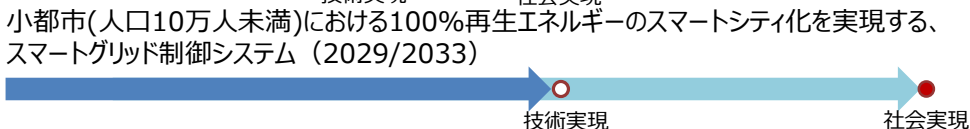
多言語・非言語ナビ

画像認識と音声認識が融合した、映画音声のリアルタイム自動翻訳 (2027/2029)



自立型都市圏

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 (2025/2029)



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

活動拠点の自由化

- ・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

2020

2030

2040

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防止
- ・異質の価値にふれあう機会や、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

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

人とロボットがゆるく繋がり、競争と協調のバランスがとれた社会。
 個の集合体が伝統的な家族の役割をし、バーチャルとの調和により、グローバルな環境での仕事や遠隔地での活動が可能となる。人の健康は向上する。国際競争力には、日本独自の工芸品や技術が貢献している。

関連科学技術トピック例 (実現時期は1回目アンケートの暫定値)

コミュニティ

最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術 (2028/2032)
 技術実現 (2028) → 社会実現 (2032)

ロボット・
ヒューマンマシン
インターフェース

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)
 技術実現 (2030) → 社会実現 (2033)

リアルタイム
モニタリング

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)
 技術実現 (2029) → 社会実現 (2032)

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)
 技術実現 (2026) → 社会実現 (2028)

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 (2029/2029)
 技術実現 (2029) → 社会実現 (2029)

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

- ・人とアバター（自分の分身）との存在意義の衝突についての対応。
- ・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。
- ・健康状態の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。
- ・データの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。

シナリオC：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・個人

概要

人間の身体能力が、ゲノム編集や再生医療等によって拡張または飛躍的に向上した社会。個人の能力差は無くなり、国や言葉の壁も消失。自動運転技術やロボットによって、移動方法も拡張。データベースや集合知によって地理的制約・知識的制約も関係なく誰でも第一線に立てる。

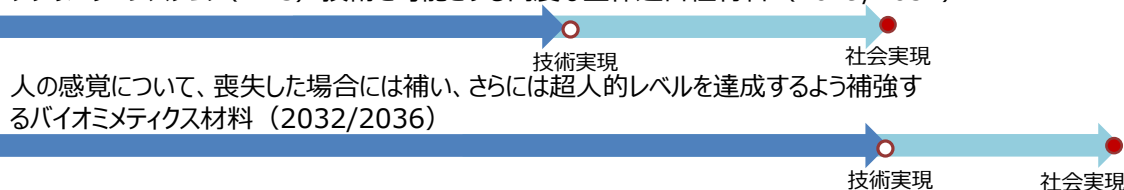
関連科学技術トピック例

(実現時期は1回目アンケートの暫定値)

2040年の社会像

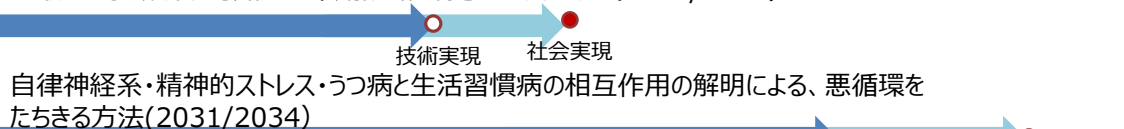
生体適合

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）



病状コントロール

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）



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）



身体能力革新

- ・身体の補完
- ・経験知情報の取得
- ・個性尊重

心のカスタマイズ

- ・性格特性にあわせた心理支援
- ・セルフメディスン

誰もが匠

- ・外部知能ネットワーク
- ・匠の技術のアーカイブ

2020

2030

2040

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、個性の喪失、遺伝子情報・精神状態等の機微情報の保護、平等化の副作用（社会不安）、医療倫理

シナリオD：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

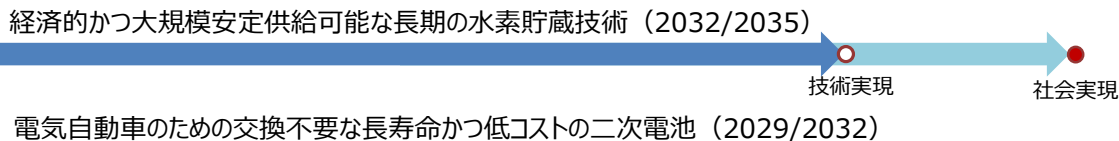
有形・社会

概要

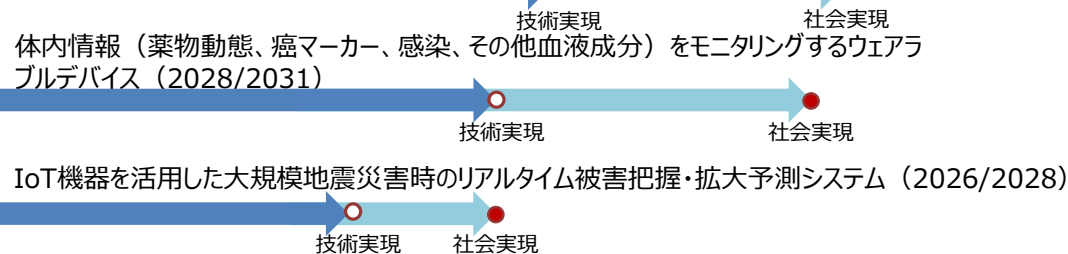
健康状態から地球環境まで、あらゆるセンシングやモニタリングにより、個人も社会も最適化が可能な社会。カスタマイズと全体最適のバランスが保たれ、資源・エネルギー制約に対応するとともに、災害等の不測の事態にも的確に対応。均質化が進む中で異質に価値を見出し、新たな価値創造を行う持続可能社会。

関連科学技術トピック例 (実現時期は1回目アンケートの暫定値)

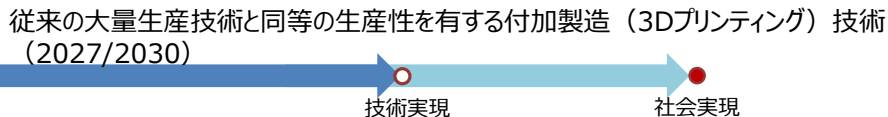
エネルギーシステム



モニタリング・センシング



個別化



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)、最適化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の保護、プライバシー侵害と自己認識の崩壊、データの管理権

予測オープンプラットフォーム

情報技術を活用し、1. 科学技術及び社会に関する多種多様な情報（特許、論文、プレスリリース、ニュース記事、SNS、等）を恒常的・自動的に収集・蓄積するとともに、2. それらの情報を関連づけるなどしながら分析し、3. それらの膨大なデータを専門家をはじめとする科学技術予測のステイクホルダーが扱いやすい粒度にまで圧縮・フィルタリングして提示（可視化）するシステム

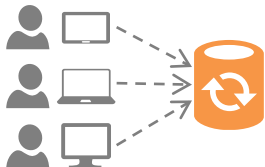
情報の収集

各種情報源からの受動的情報収集

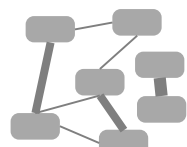


入力済みのデータ：企業等プレスリリース、博士人材DB、科学技術白書、CREST等アンケート、大学発ベンチャー調査等

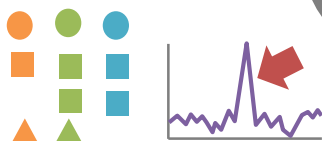
専門家NWなどに対する能動的情報収集



情報の分析

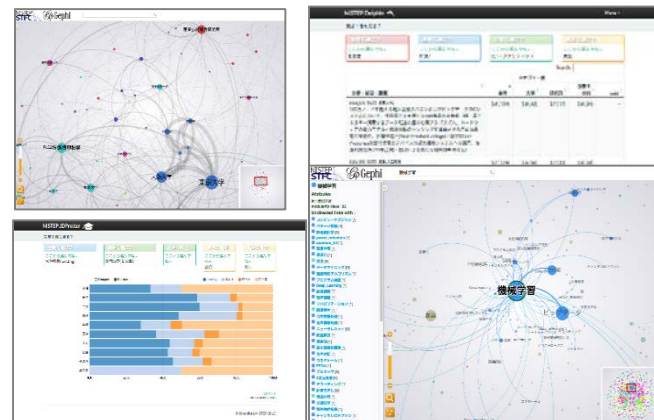


情報の関連づけ



情報の分類、変化検知など

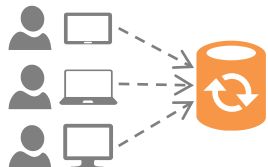
情報の圧縮・可視化



オープンサイエンスの視点から、ステイクホルダーに対しても一部を公開し、科学技術予測におけるオープンイノベーションも促すとともに、広範な知見を収集

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視化

専門家NWに対して、注目すべき研究動向の概要や研究者、キーワードなどを聴取



(Webベース)

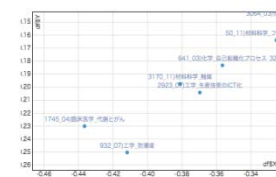
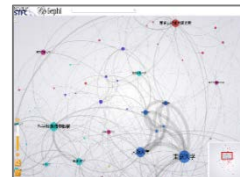
既存分野との関係を越えた「概要」の中身による類似分類

研究者やキーワードによるネットワーク作成

その他



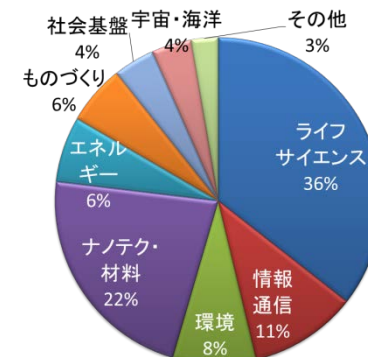
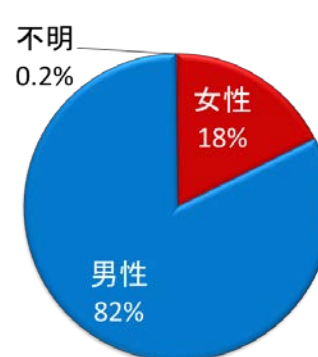
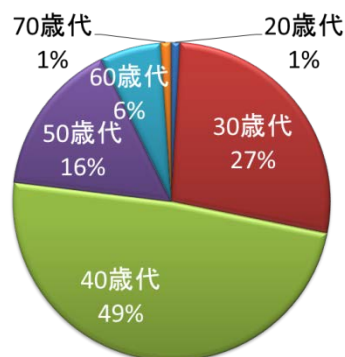
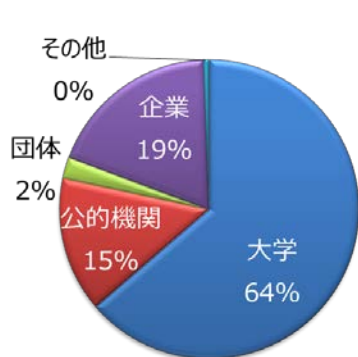
Excelなどでの単純カウントでは捉えにくい、様々な関係性を可視化して提供



戦略目標（案）・研究開発目標（案）の作成に貢献

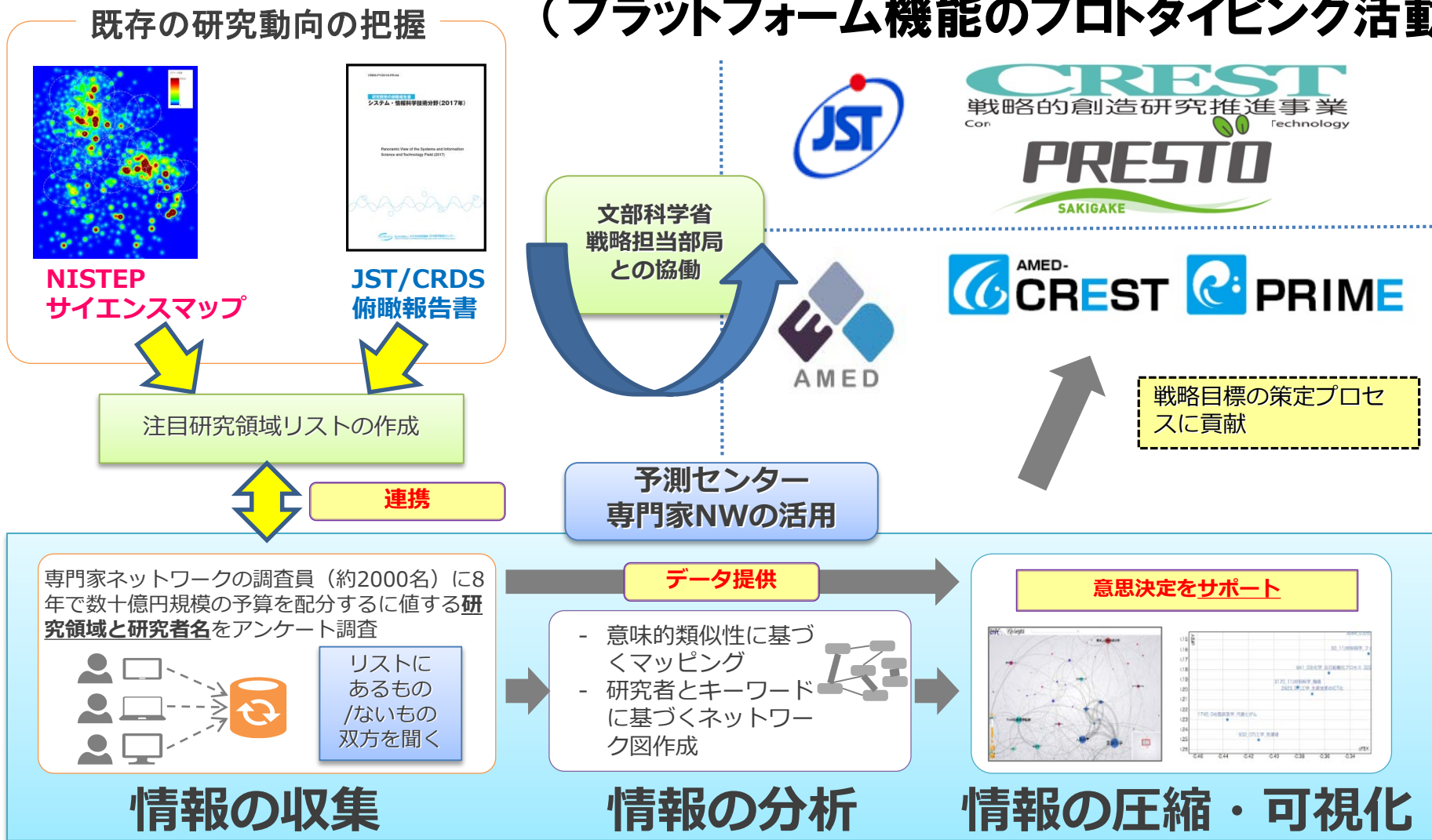
- ◆ 科学技術専門家ネットワークとは、
 - センターが2001年度から運営する仕組み
 - 目的：基礎情報として、科学技術専門家の見解等を収集すること
 - 産学官の専門家約2000名の協力を得て、Webアンケート等を実施
- ◆ 専門調査員
 - 第一線で活躍する産学官の研究者・技術者および研究開発のマネジメント等に携わる方々を「専門調査員」として委嘱
- ◆ 実施事例
 - ナイスステップな研究者の候補者推薦（毎年）
 - 科学技術予測調査デルファイ調査（第9回（2009年）～第11回（2019年））
 - 調査研究のための情報収集（オープンサイエンス実態調査等）
 - 他グループ調査への協力（企業インタビュー候補抽出等）
 - 文科省への協力（戦略目標アンケート、国立大学施設整備調査、研究力向上に資する調査等）

今年度の構成(2019/7/5現在、2372名)



予測オープンプラットフォームの活用例

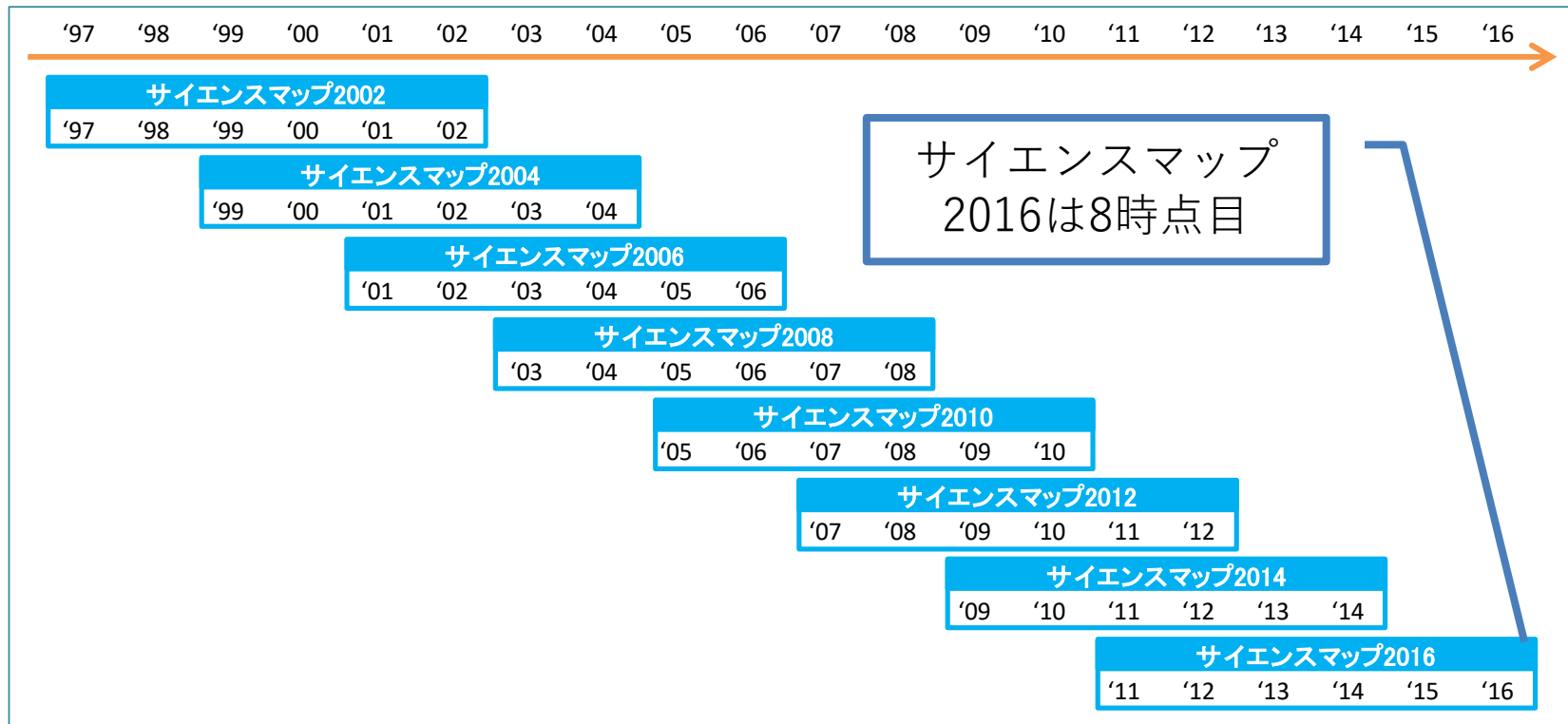
(プラットフォーム機能のプロトタイプ活動)



2014年より開始。5回の策定プロセスに貢献

サイエンスマップとは

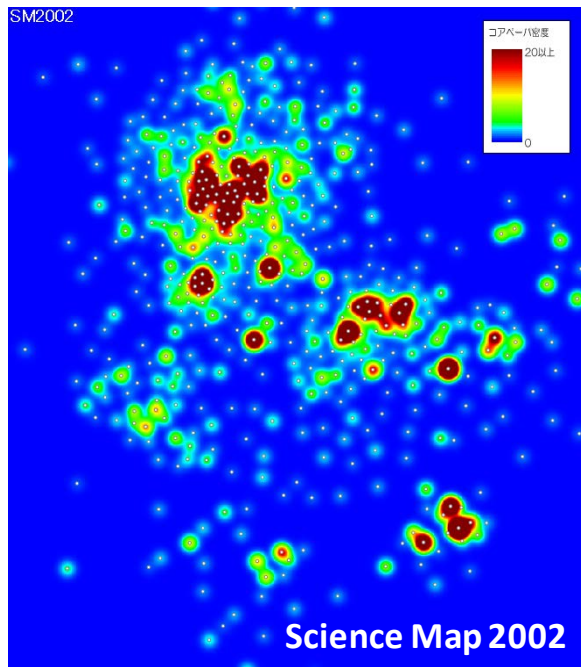
- NISTEPでは、論文データベース分析により国際的に注目を集めている研究領域を抽出・可視化した「サイエンスマップ」を作成し、世界の研究動向とその中での日本の活動状況の分析を実施。
- 最新のサイエンスマップ2016では、2011年から2016年の論文の内、被引用数が世界で上位1%の論文を共引用関係を用いてグループ化することで、世界的に注目を集めている研究領域を抽出。



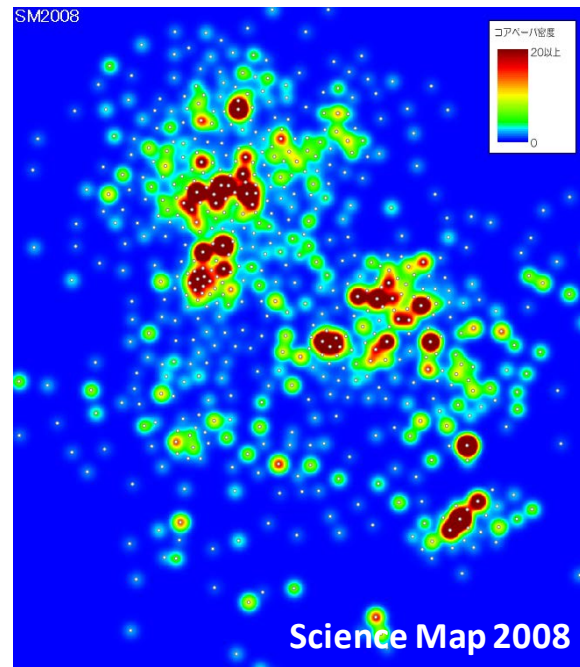
拡大を続ける科学研究

- 研究領域数はサイエスマップ2002から2016にかけて50%増加。
- 世界における論文数の増加、中国などの新たなプレーヤの参画による研究者コミュニティの拡大、新たな研究領域の出現、既存の研究領域の分裂等の複合的な要因。

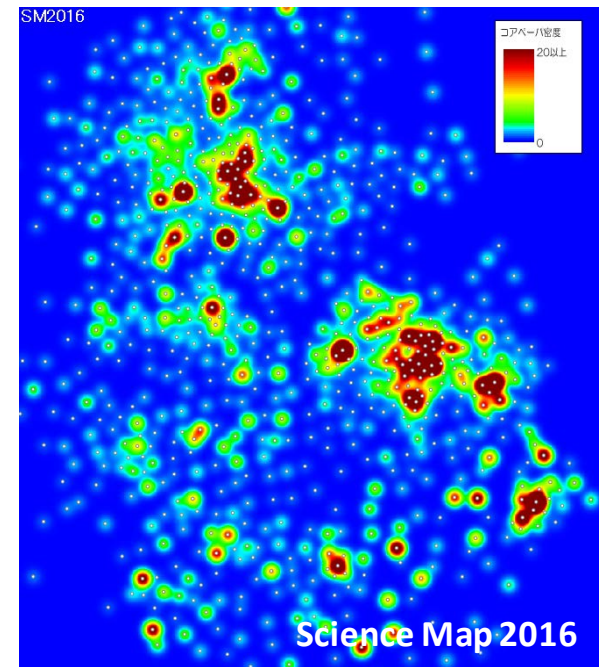
598領域



647領域



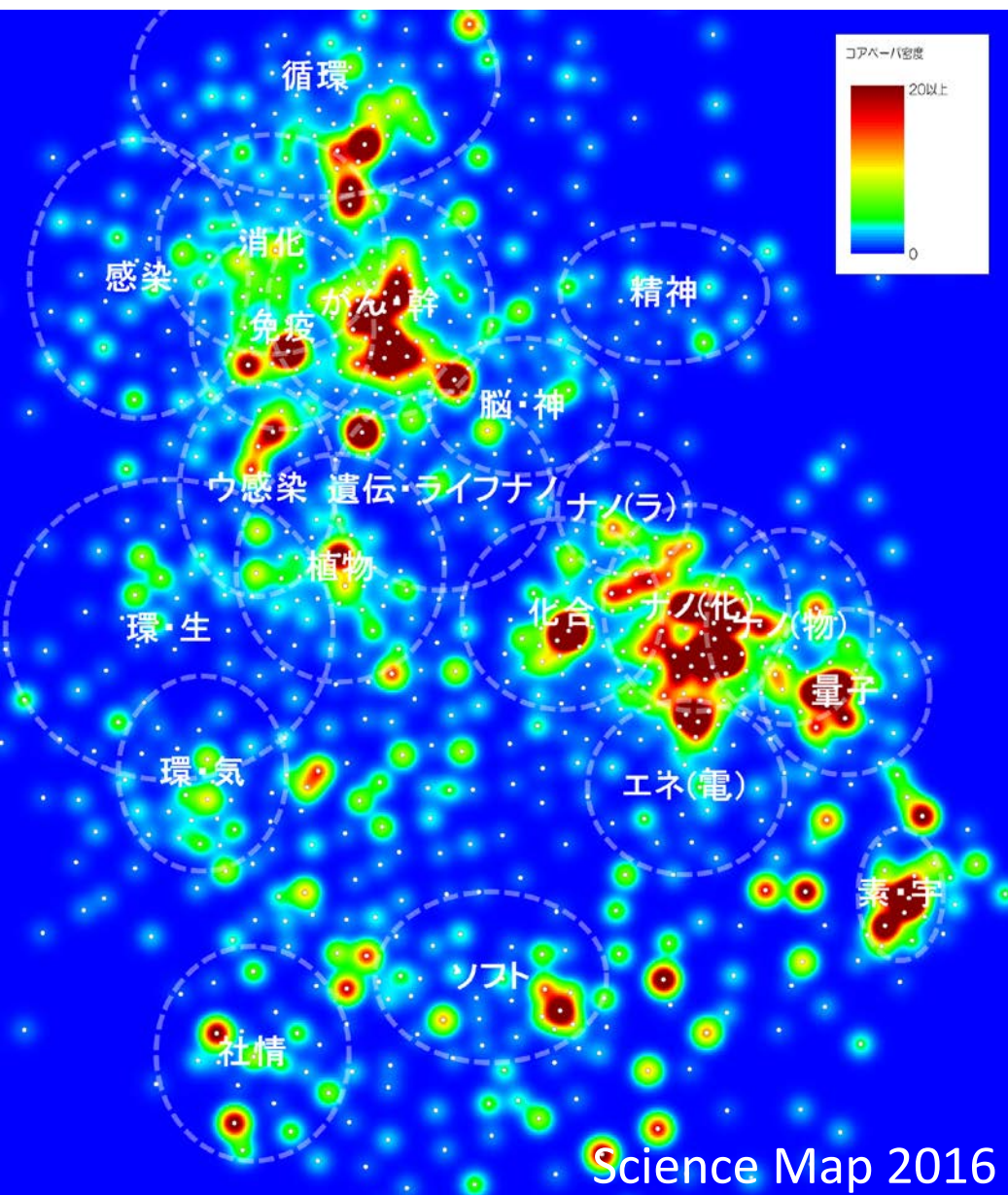
895領域



注: 白丸は研究領域の位置を示している。

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、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

サイエンスマップ2016



- 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	ソフトコンピューティング関連研究	ソフト
21	社会情報インフラ関連研究(IoT等)	社情

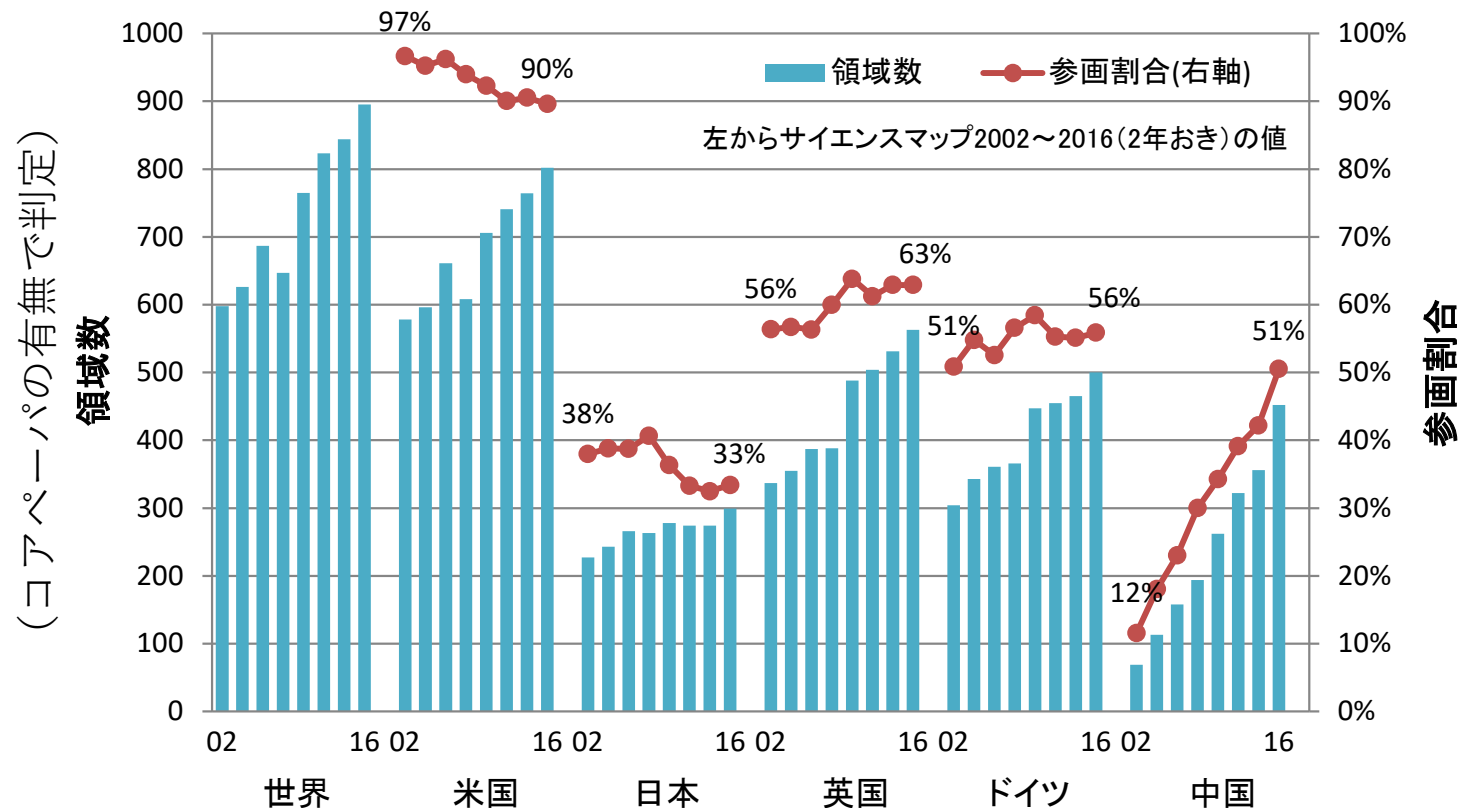
注1: 本マップ作成にはForce-directed placementアルゴリズムを用いているため、上下左右に意味は無く、相対的な位置関係が意味を持つ。報告書内では、生命科学系が左上、素粒子・宇宙論研究が右下に配置されるマップを示している。

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まか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。

日本の参画領域割合は僅かに増加

- 日本の参画領域数：サイエスマップ2014から**9.1%(25領域)増加**
- 日本の参画領域割合：32%(サイエスマップ2014)→**33%** (サイエスマップ2016)
- 英国やドイツ：参画領域数は増加、参画領域割合は英国(63%)、ドイツ(56%)
- 中国：着実に参画領域数及び参画領域割合を増加

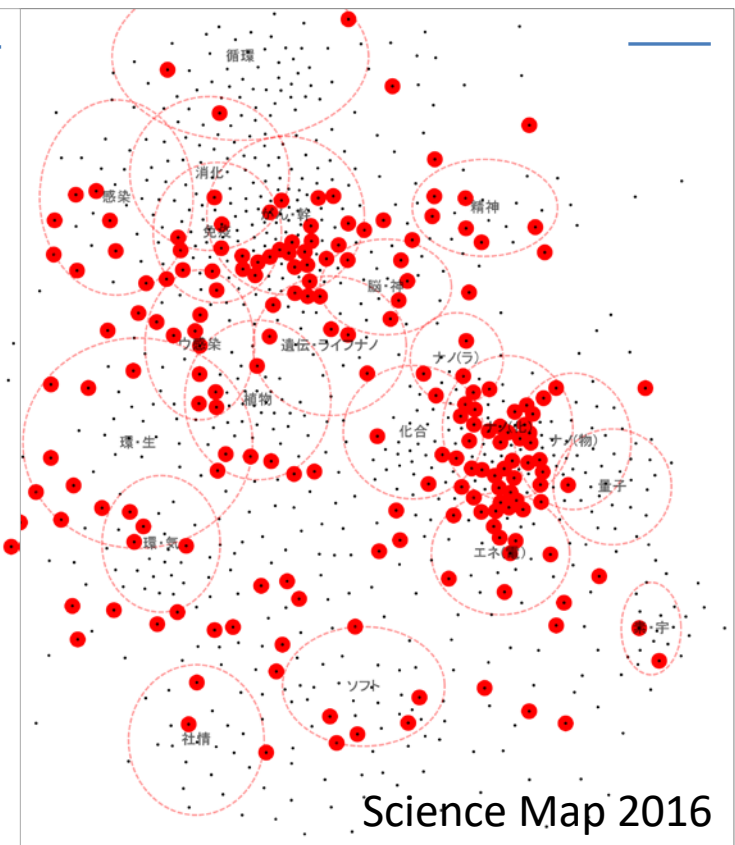
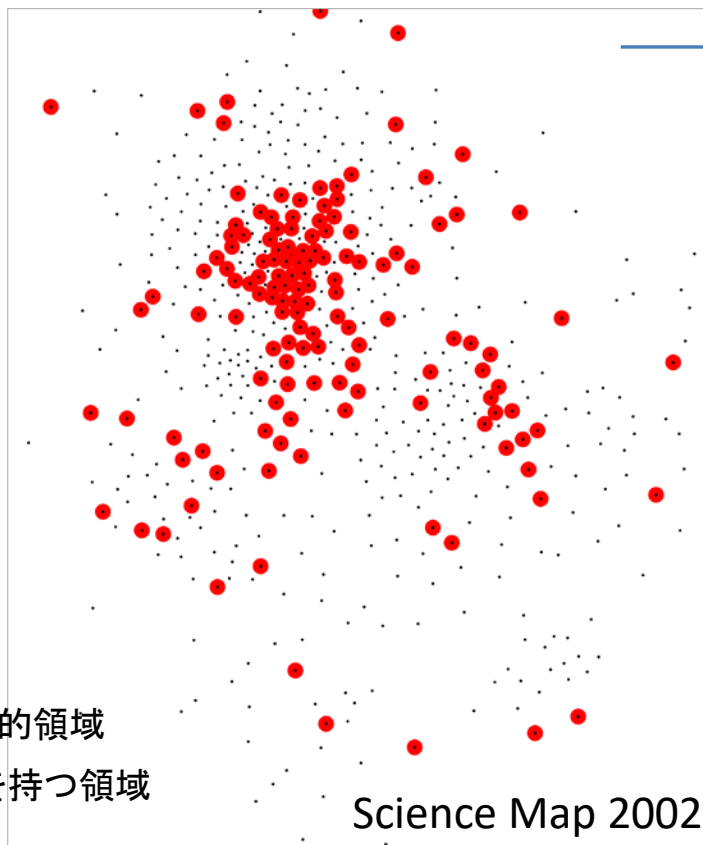


科学研究全体に広がる学際的・分野融合的領域

- サイエスマップ2002：生命科学系のあたりに集中
- サイエスマップ2016：マップ全体に点在
- 現在の科学では様々な知識の組み合わせにより、新たな知識が生み出されている



- 学際的・分野融合的領域
- 特定分野に軸足を持つ領域



注1: 円が研究領域である。ESIの22分野でコアペーパー分布をみたとき特定分野が6割以下の場合、学際的・分野的融合領域とし、赤丸で表示している。

注2: 10単位距離に対応する長さをマップ中にスケールとして示している。

データ： 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社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、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

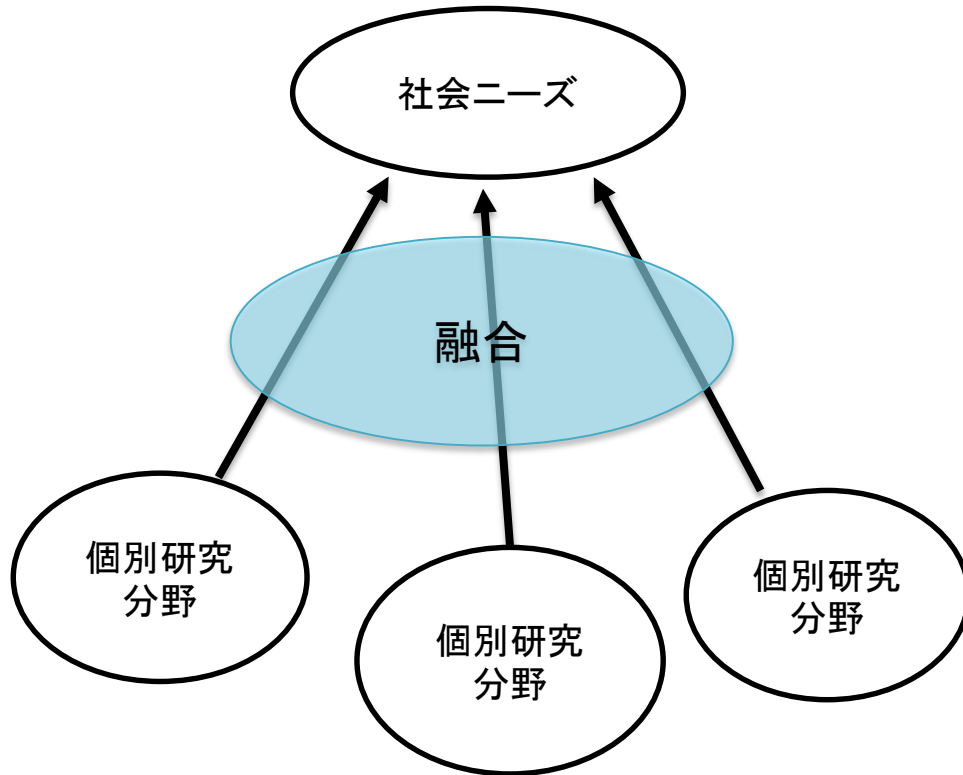
科学研究の潮流

- 拡大を続ける科学研究：
研究領域数はサイエンスマップ2002から2014で50%増加。
 - - 中国などの新たなプレーヤの参画による研究者コミュニティの拡大
 - 新たな研究領域(iPS細胞、グラフェン、鉄系超伝導など)の出現等
- 科学研究全体に広がる学際的・分野融合的領域。
- 科学研究は互いに影響しあいながら進展。
 - 自らの研究を軸足として、少し広めに周りを見渡す



旧来からの融合研究のタイプ

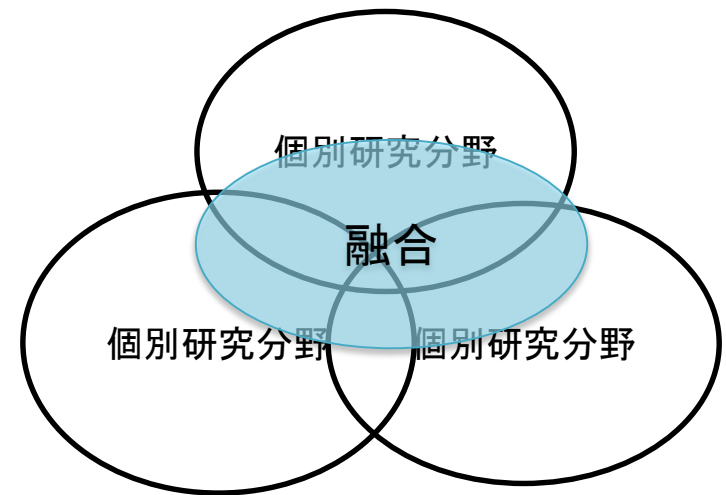
社会ニーズ起点型



社会課題(環境、防災、貧困など)の解決のために様々な研究分野の知を結集する。

→明確な目標設定と適切な進捗管理

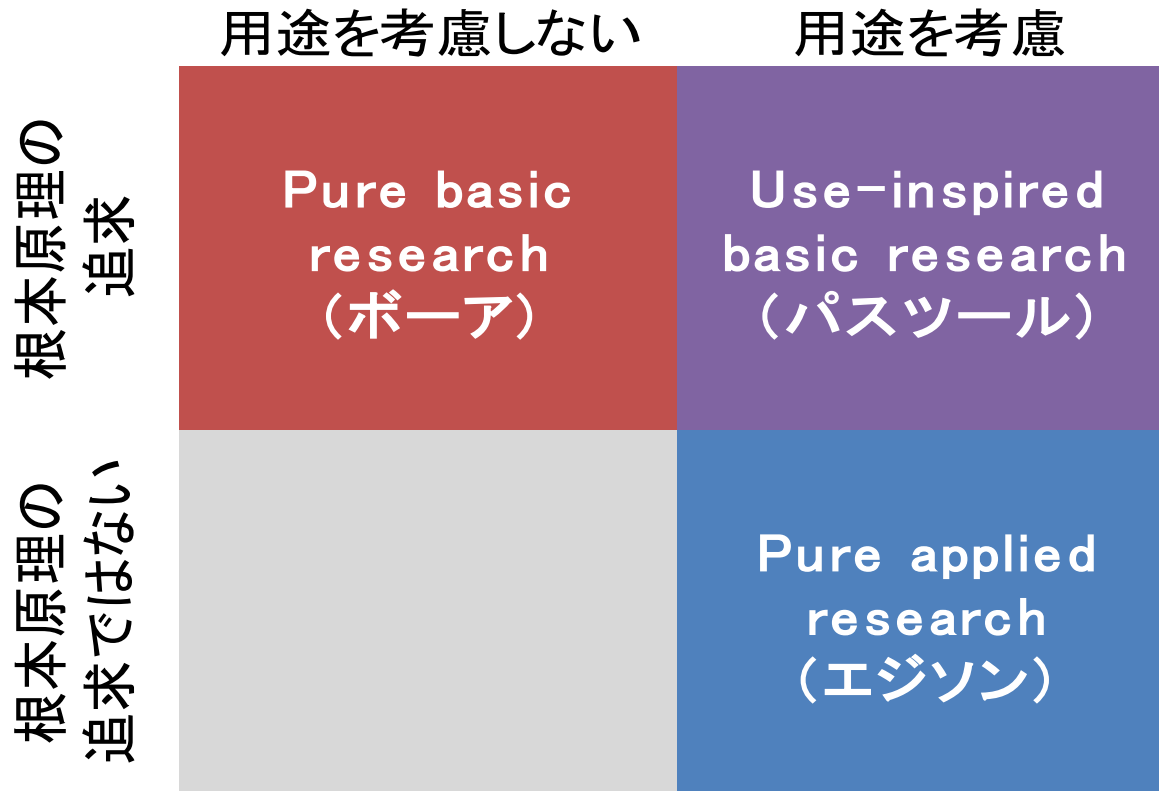
研究起点型



個々の研究分野の自発的な発展の結果として融合が起きる。

→自由で制約のない環境

ストックスによる研究の分類

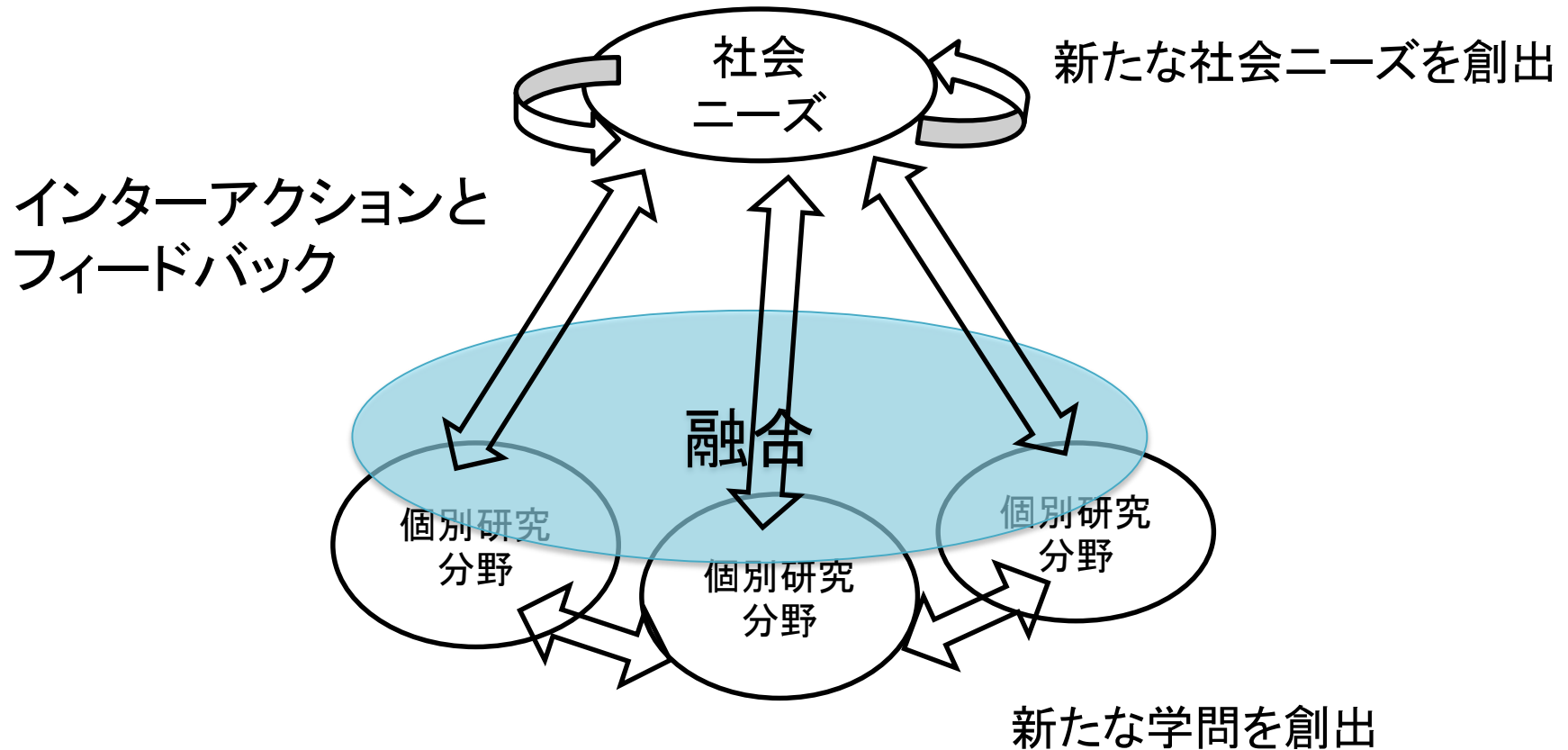


Donald E. Stokes, *Pasteur's Quadrant - Basic Science and Technological Innovation*, [Brookings Institution](https://www.brookings.edu/) Press, 1997.

一橋大学イノベーション研究センター 長岡教授提供資料

新たなタイプの融合研究

社会ニーズも研究者の好奇心もダイナミックに変化するもの



融合研究の阻害要因

➤ 研究費

- ・ディシプリン毎の募集区分→融合研究に不利。

➤ 人事

- ・学問分野毎の採用→融合分野の研究者に不利。

➤ 環境

- ・研究コミュニティが成熟していない。
→発表の場が少ない→成果を示しにくい。
- ・研究コミュニティの政治的・学術的な立場が弱い。
→設備整備等の優先順位が低くなりがち。