

ポストコロナ時代の科学 (私見) **～ 科学研究をとりまく変化とファンディングの方向 ～**

令和2年11月12日 CSTI木曜会合

科学技術振興機構
理事長 濱口道成

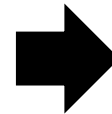


科学技術振興機構

我が国の科学技術の潮流に対する私の実感

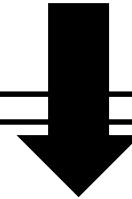
Society5.0（DX）により何が変わりつつあるか

- 研究のスピード化
- ネットワーキングの円滑化による研究の大型化
- 国際化
- 研究のシステム化
- オープンサイエンス化



その影響

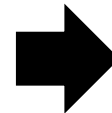
- 研究が均一化
- 独創的な研究が生まれにくい



COVID-19を踏まえて

強化すべき取組

- ニーズプルの研究開発
- 新興再興感染症・自然災害等の突発事象に対する対応・レジリエンスの強化
- SDGsの推進



実現に向けて

独創は辺境から



奇人・変人・野蛮人が求められる

10年後の日本を見据えて

- **大国意識を捨てるべき時期が到来**
- **島国日本を国際潮流の中でどう位置付けるのかが問われている**

本日の構成

- Ø 科学研究をとりまく変化、変化を踏まえたファンディングの方向
- Ø エビデンス情報の分析で見えた新たな課題
- Ø ファンディング改革のための新たな試み
- Ø まとめ

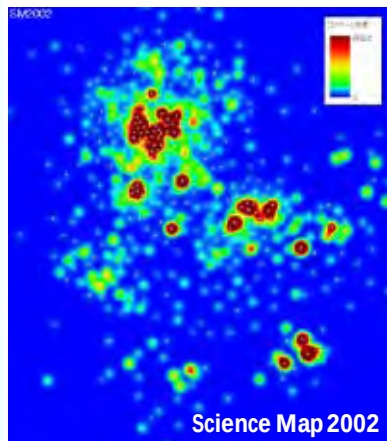
科学研究をとりまく変化、 変化を踏まえたファンディングの方向

科学研究をとりまく変化①

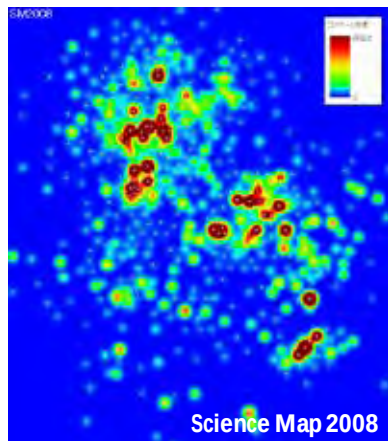
拡大を続ける科学研究

- 研究領域数はサイエンスマップ2002から2016にかけて50%増加。
- 世界における論文数の増加、国際共著論文を含む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。

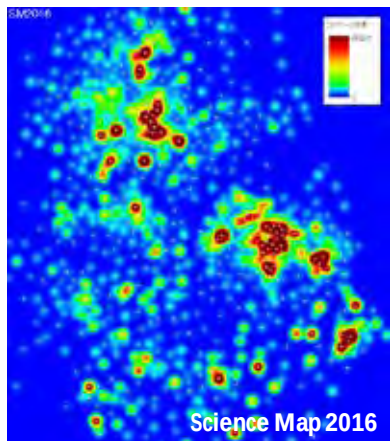
598領域



647領域



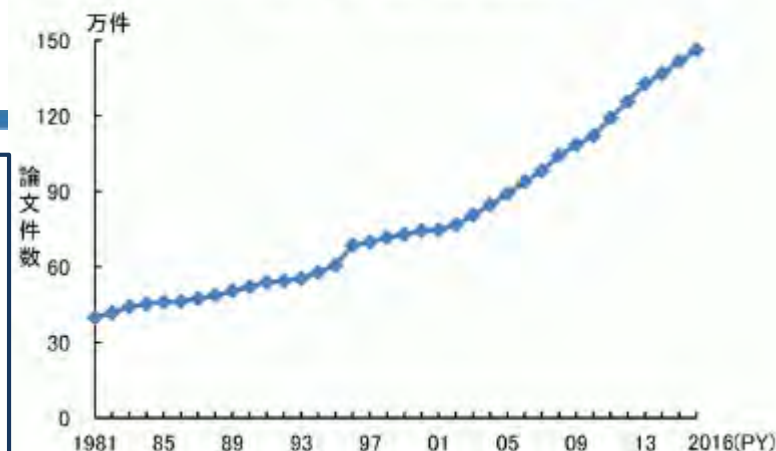
895領域



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。

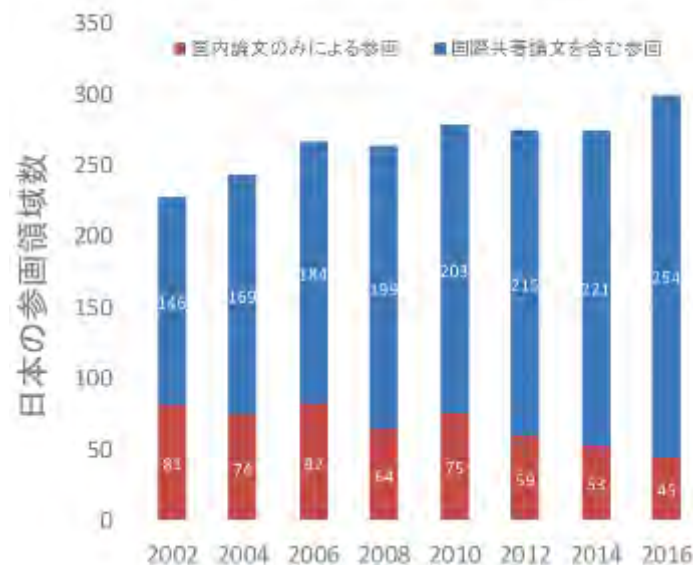
【図表4-1-1】 全世界の論文数の変化



出典：NISTEP科学技術指標2018

「4.1論文,4.1.1世界の研究活動の量的及び質的变化」

概要図表 5 日本の参加領域数と国際論文の関係(時系列変化)



出典：NISTEP REPORT No.178

「サイエンスマップ2016」

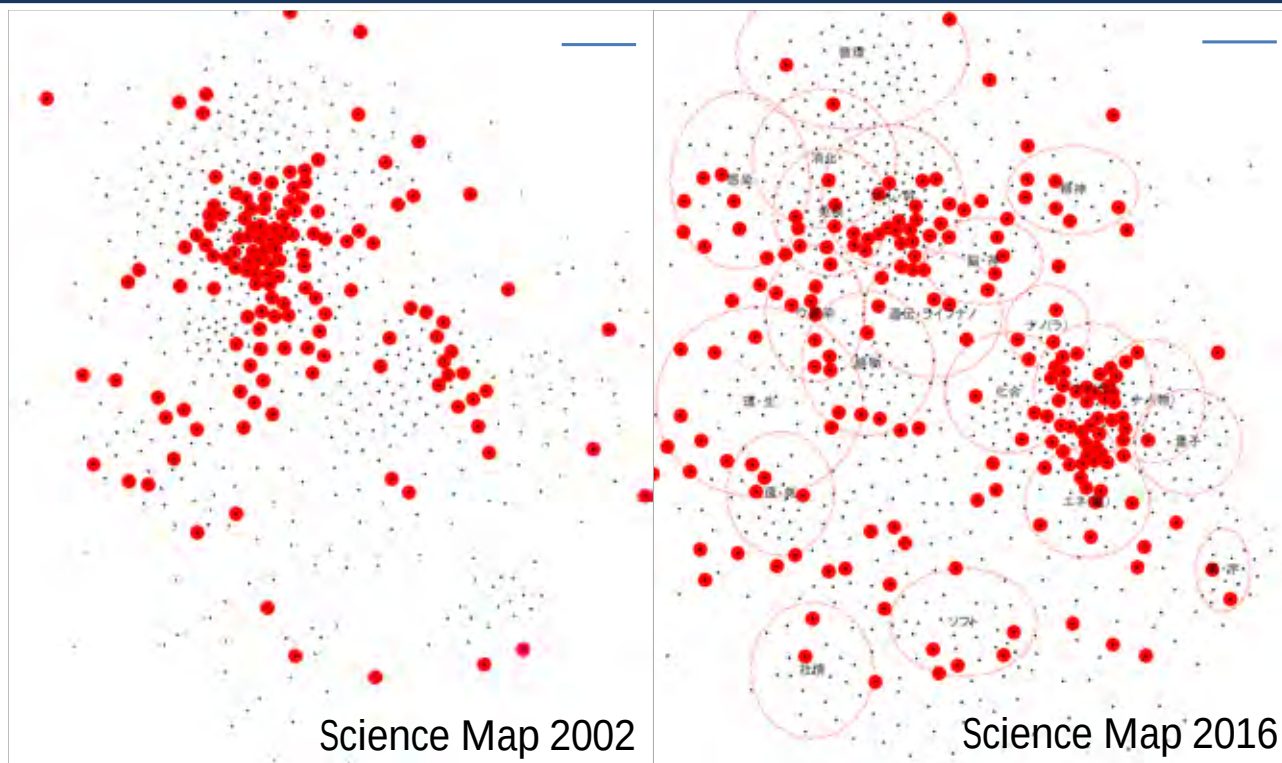
科学研究をとりまく変化②

科学研究全体に広がる学際的・分野融合的領域

- サイエンスマップ2002：生命科学系のあたりに集中
- サイエンスマップ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割以下の場合は、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。

科学研究をとりまく変化③

各国の変化への対応 (NSF)

「10 ビッグ・アイデア」と「コンバージェンス・アクセラレーター」

- NSFは、「予算が横ばいの環境下でミッションを達成するためには、限られた資源を活用する分野間の協力とコンバージェンスが必要」との認識から、2016年8月、先端的な学際研究に投資する「10ビッグ・アイデア」を発表し、「NSFにおけるコンバージェンス研究の育成」を注力すべきアイデアの一つに。
- 「コンバージェンス・アクセラレーター」とは、各「ビッグ・アイデア」において、民間等との連携チーム形成と、そのコンバージェンス研究による成果の創出を促進するプログラム。成果創出に向けた作り込みとプロジェクトマネジメントに対するNSFの積極的関与が特色。
- 「研究アイデア」の2つ（「21世紀の科学と工学のためのデータ活用」と「新たな人間と技術のフロンティア形成」）に計6,000万ドルを配分
- パンチ長官は、基礎研究についても「研究室を出て」「論文を書くだけでない成果」を求めている。

<10ビッグ・アイデア>

4つの「プロセス・アイデア」

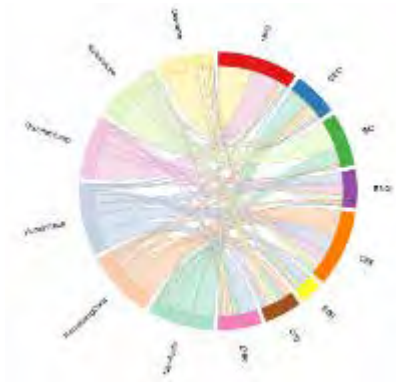
- NSFにおけるコンバージェンス研究の育成
- 理想教育を通じたダイバーシティの拡大
- 中規模研究インフラ
- NSF2026（斬新なアイデア支援の新基金の創設）

6つの「研究アイデア」

- 21世紀の科学と工学のためのデータ活用
- 新たな人間と技術のフロンティア形成
- 生命法則理解
- 量子革命
- 宇宙物理学
- 北極星

ü 6つの研究アイデアに対し各3,000万ドル（総額1億8,000万ドル）を配分

既存8部局



6 研究
アイデア

<https://www.nsf.gov/nsb/meetings/2016/0809/Presentations/20160809-CSB-NSFsBigIdeas.pdf>

科学研究をとりまく変化③

各国の変化への対応 (Horizon Europe)

- 三本の柱からなり、2020年7月のEU首脳会議での合意額は**809億ユーロ (約9兆7,080億円)/7年***
- **全体予算の最低35%を気候変動対策に充てる**
- 第一の柱では、**ERCを通じたフロンティア研究の支援や、マリーキュリーアクションによる人材育成を実施**
- 第二の柱では、**ミッション志向型研究の導入や、欧州パートナーシップの実施などを通じた社会的課題解決と欧州の産業競争力強化を目指す。また、一総局としてシンクタンク業務を行っているJRCへの資金提供も行う**
- 第三の柱では、**EICを新設し、中小・ベンチャー企業支援により基礎研究の成果をイノベーションにつなげる**

* EU首脳会議での合意を踏まえた予算内訳は未確定のため、以下表では2018年6月の欧州委員会による提案内容を記載。以後同様。

第一の柱 (最先端研究支援) 「卓越した科学」	258億	第二の柱 (社会的課題の解決) 「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」	527億	第三の柱 (市場創出の支援) 「イノベティブ・ヨーロッパ」	135億
European Research Council (欧州研究会議)	166億	6つの社会的課題群 (クラスター) ・健康 ・文化、創造性、包摂的な社会 ・社会のための市民の安全 ・デジタル、産業、宇宙 ・気候、エネルギー、モビリティ ・食料、生物経済、資源、農業、環境	505億	European Innovation Council (欧州イノベーション会議)	100億
マリーキュリーアクション	68億			欧州イノベーション・エコシステム	5億
研究インフラ	24億	Joint Research Centre (共同研究センター)	22億	European Institute for Innovation Technology (欧州イノベーション・技術機構)	30億
参加拡大と欧州研究圏 (ERA)強化					21億
合計					941億

単位：ユーロ

NSF/Emerging Frontiers in Research and Innovation Program テーマ例

<https://www.nsf.gov/eng/efma/efri.jsp>

テーマ	意識	募集年度
Distributed Chemical Manufacturing (DCheM)	分散化学生産システム	FY 2020
Engineering the Elimination of End-of-Life Plastics (E3P)	使用済みプラスチックの分離・除去	FY 2020
Continuum, Compliant, and Configurable Soft Robotics Engineering (C3 SoRo)	連続・柔軟・設定可能なソフトロボティクス	FY 2018, 2019
Chromatin and Epigenetic Engineering (CEE)	クロマチンとエピジェネティックの制御	FY 2018, 2019
New Light and Acoustic Wave Propagation: Breaking reciprocity and time-reversal symmetry (NewLAW)	新しい光と音波の伝搬：相反性と時間反転対称性の破れ	FY 2016, 2017
Advancing Communication Quantum Information Research in Engineering (ACQUIRE)	工学における量子情報通信	FY 2016, 2017
2-Dimensional Atomic-layer Research and Engineering (2-DARE)	二次元原子層の科学と技術	FY 2014, 2015
Photosynthetic Biorefineries (PSBR)	光合成に基づくバイオリファイナリー	FY 2012, 2013
Origami Design for Integration of Self-assembling Systems for Engineering Innovation (ODISSEI)	自己組織化による“折り紙”デザイン	FY 2012, 2013
Flexible Bioelectronics Systems (BioFlex)	フレキシブルバイオエレクトロニクスシステム	FY 2012, 2013
Engineering New Technologies Based on Multicellular and Inter-kingdom Signaling (MIKS)	細胞間シグナリングおよびインターキングダムシグナリング	FY 2011
Mind, Machines, and Motor Control (M3C)	知性・機械・運動の制御	FY 2011
Renewable Energy Storage (RESTOR)	再生可能エネルギーの貯蔵	FY 2010
Science in Energy and Environmental Design (SEED)	エネルギー・環境設計科学	FY 2010
Hydrocarbons from Biomass (HyBi)	バイオマス由来の炭化水素	FY 2009
BioSensing and BioActuation: Interface of Living and Engineering Systems (BSBA)	バイオセンシングとバイオアクチュエーション：生活とエンジニアリングの接点	FY 2009
Cognitive Optimization and Prediction: From Neural Systems to Neurotechnology (COPN)	認知最適化および認知予測：神経システムからニューロテクノロジーへ	FY 2008
Resilient and Sustainable Infrastructure (RESIN)	レジリエントで持続可能なインフラストラクチャ	FY 2008
Cellular and Biomolecular Engineering (CBE)	細胞・生体分子のエンジニアリング	FY 2007
Autonomously Reconfigurable Engineered Systems Enabled by Cyberinfrastructure (ARES)	サイバーインフラストラクチャによる自律再構成システム	FY 2007

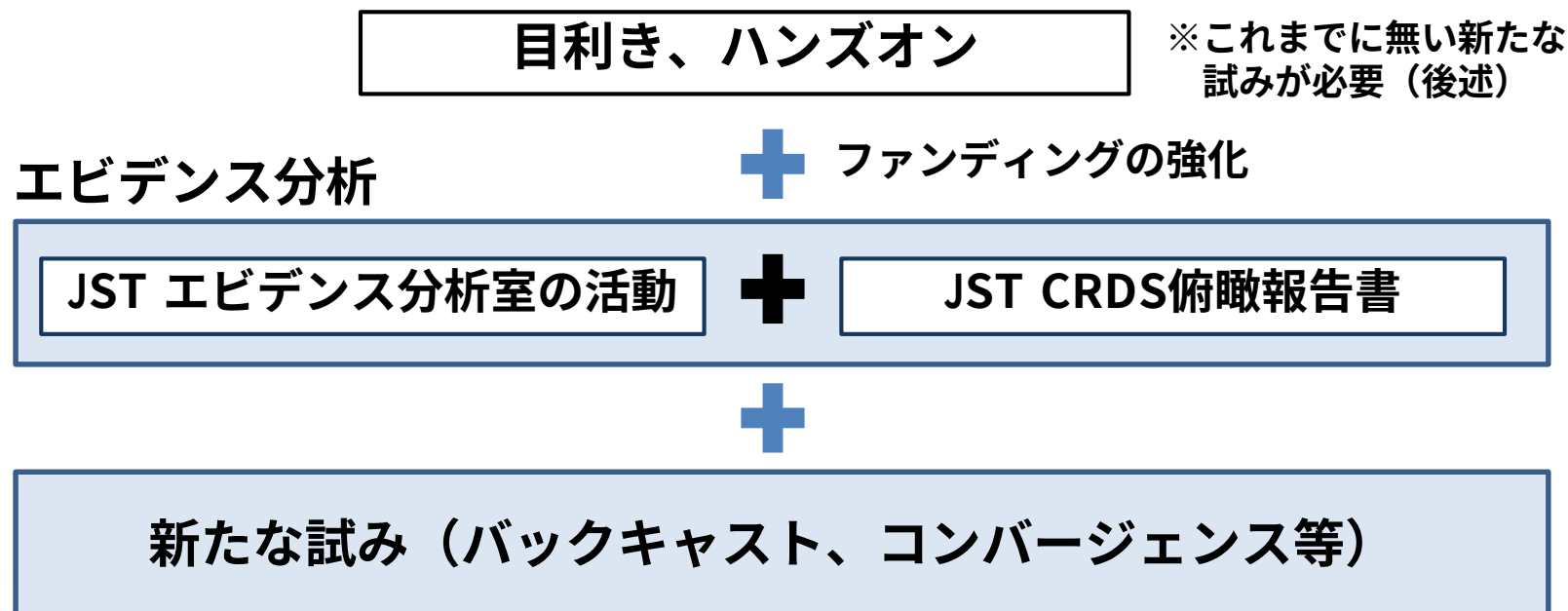
DFG/Priority Programmes テーマ

https://www.dfg.de/en/research_funding/announcements_proposals/index.jsp
意訳

採択年	テーマ	
2020	Creation of Synergies in Tailor-made Mixtures of Heterogeneous Powders: Hetero Aggregations of Particulate Systems and Their Properties	粒子間のヘテロ接触によるシナジー効果創出
2020	Deconstruction and Reconstruction of the Plant Microbiota: DECrypT	植物微生物叢の再構築
2020	Energy Efficient Power Electronics 'GaNius'	高効率パワーエレクトロニクス
2020	Engineered Artificial Minerals (EnAM) – a Geo-metallurgical Tool to Recycle Critical Elements from Waste Streams	人工鉱物-廃棄物から重要な元素をリサイクル
2020	Entangled Africa: Intra-African connections between Rainforest and Mediterranean (ca. 6,000 to 500 BP)	アフリカ内の相互作用：熱帯雨林と地中海側の接続
2020	INtegrated TERAhertz sySTems Enabling Novel Functionality (INTEREST)	統合テラヘルツシステム
2020	Machine Learning in Chemical Engineering. Knowledge Meets Data: Interpretability, Extrapolation, Reliability, Trust	化学工学における機械学習
2020	META-REP: A Meta-scientific Programme to Analyse and Optimise Replicability in the Behavioural, Social, and Cognitive Sciences	行動科学・社会科学・認知科学における再現性の分析と最適化
2020	Much More Than Defence: the Multiple Functions and Facets of CRISPR-Cas	防御のはるか上を：CRISPR-Casの複合的な機能
2020	New Concepts in Prokaryotic Virus-host Interactions – From Single Cells to Microbial Communities	原核生物のウイルスと宿主の相互作用における新概念-単一細胞から微生物群集まで
2020	Physics of Parasitism	寄生虫の物理学
2020	Robust Coupling of Continuum-biomechanical In Silico Models to Establish Active Biological System Models for Later Use in Clinical Applications – Co-design of Modelling, Numerics and Usability	生体の連続体力学モデル-モデリング・数値・ユーザビリティの同時設計
2020	Skyrmionics: Topological Spin Phenomena in Real-Space for Applications	スキルミオニクス：実空間におけるトポロジカルスピン現象
2020	Systems Ecology of Soils – Energy Discharge Modulated by Microbiome and Boundary Conditions (SoilSystems)	システム土壌生態学
2020	Tropical Climate Variability and Coral Reefs – A Past to Future Perspective on Current Rates of Change at Ultra-High Resolution	熱帯気候変動とサンゴ礁-超高解像観測
2019	Atmospheric and Earth System Research with the High Altitude and Long Range Research Aircraft (HALO)	高高度長距離研究用航空機による大気・地球システム研究
2019	Bioelectrochemical and Engineering Fundamentals to Establish Electro-biotechnology for Biosynthesis – Power to Value-added Products (eBiotech)	エレクトロバイオテクノロジー
2019	Compositionally Complex Alloys – High Entropy Alloys	複雑組成の合金-高エントロピー合金
2019	Coordination Networks: Building Blocks for Functional Systems (COORNETs)	結晶性ネットワーク：ブロックを組み合わせて創製する機能システム
2019	Dynamics of Ore Metals Enrichment – DOME	鉱石金属の濃縮
2019	Exit Strategies of Intracellular Pathogens	細胞内病原体の出口戦略
2019	Exploring the Diversity of Extrasolar Planets	太陽系外惑星の多様性探索
2019	Geometry at Infinity	無限大の幾何学
2019	MAdLand – Molecular Adaptation to Land: Plant Evolution to Change	分子レベルでみた土壌適応：土壌変化に伴う植物の進化
2019	Manipulation of Matter Controlled by Electric and Magnetic Fields: Towards Novel Synthesis and Processing Routes of Inorganic Materials	物質の電磁場制御：無機材料の新合成プロセス
2019	Memristive Devices Toward Smart Technical Systems	メモリスタデバイス
2019	Mountain Building Process in Four Dimensions	造山プロセスの4次元観測
2019	Nano Security: From Nano-Electronics to Secure Systems	ナノセキュリティ：ナノエレクトロニクスから安全なシステムまで
2019	Polymer-based Batteries	ポリマーバッテリー
2019	Random Geometric Systems	ランダム幾何学システム
2019	Scalable Data Management on Future Hardware	次世代ハードウェアのスケラブルデータ管理
2019	Small Proteins in Prokaryotes, an Unexplored World	原核生物内の小タンパク質
2019	The Digitalisation of Working Worlds. Conceptualising and Capturing a Systemic Transformation	ワーキングワールドのデジタル化
2019	Variational Methods for Predicting Complex Phenomena in Engineering Structures and Materials	構造・材料の複雑現象予測のための変分法

変化を踏まえたファンディングの方向

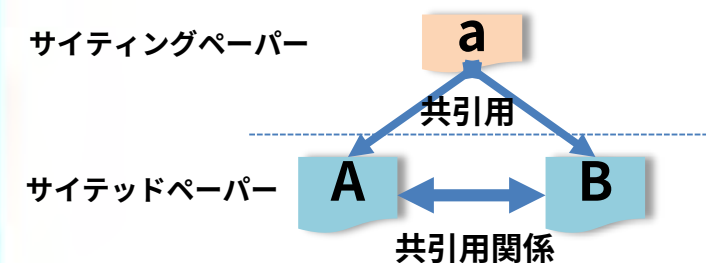
- 科学研究の質的・量的拡大と学際的・分野融合的領域が増大する現状においては、従来型のヒトとネットワークの活用のみによる戦略立案では限界にきている
- 従来の目利き、ハンズオンに加え、研究データ、論文等のエビデンス情報の活用（更に強化）との両輪で進めることが重要
- Society5.0がもたらしつつあるもの、COVID-19等突発的リスクの増加、激動的な社会の変化（10年後の国際潮流の中での日本）を意識した改革が必要



エビデンス分析事例：JSTエビデンス分析室の活動

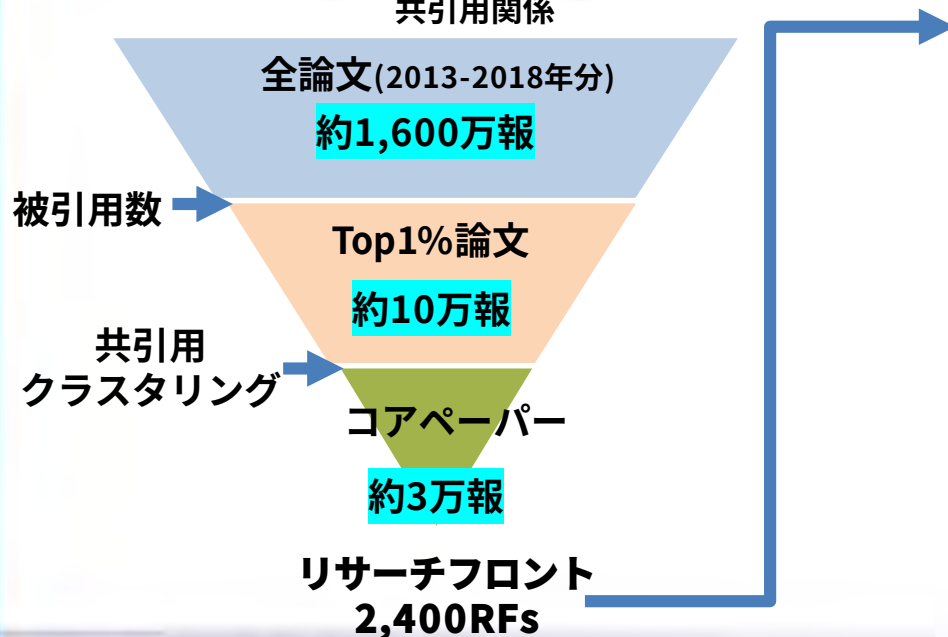
リサーチフロントによる新興・融合領域の探索

- 全論文（6年で約1,600万報）から①高被引用論文(Top1%論文)、②共引用関係でクラスタリング、という2段階の機械処理により抽出した研究領域「リサーチフロント」を用いて新興・融合領域を見出す。
- 各リサーチフロントは5報～50報の「コアペーパー」により構成。コアペーパーの内容を手で分析しトピックラベルの付与。このラベルに基づいた技術分類により、リサーチフロントの技術俯瞰や国別比較、キープレーヤーの分析などが可能に。



共引用関係とは

「後に出版された文献 (a)によって一緒に引用されている文献 (A) と (B) は共引用の関係」



分野	RF数
材料	330
ライフサイエンス	877
臨床医学	809
環境科学／地球科学	315
工学	454
コンピュータ科学／数学	280
物理学	443
化学	493

※リサーチフロント2018の内訳

エビデンス分析事例：JST/CRDS俯瞰報告書

強み弱みの国際比較

■研究開発戦略センターでは、俯瞰的な目線で、各国/地域毎の基礎研究または応用研究・開発の現状を、独自の調査・見解により、「国際比較表」としてまとめている。

※手法：産学官のステークホルダーとの対話を通じて、設定した調査分析上の「俯瞰区分」を構成する主要な研究開発領域ごとに整理している。2019年度は126領域を取り上げている。

環境・エネルギー分野 (26領域)

俯瞰区分	研究開発領域
エネルギー	トライボロジー、等15領域
環境	気候変動観測、等11領域

システム・情報科学技術分野 (33領域)

俯瞰区分	研究開発領域
人工知能・ビッグデータ	機械学習、等8領域
ロボティクス	認知発達ロボティクス、等12領域
社会システム科学	計算社会学、等6領域
コンピューティングアーキテクチャ	量子コンピューターサイエンス、等7領域

例：機械学習領域の現状・トレンド

国・地域	研究フェーズ	現状	トレンド
日本	基礎研究	○	↗
	応用研究・開発	○	↗
米国	基礎研究	◎	↗
	応用研究・開発	◎	↗
欧州	基礎研究	○	→
	応用研究・開発	○	↗
中国	基礎研究	○	↗
	応用研究・開発	◎	↗
韓国	基礎研究	△	→
	応用研究・開発	△	↗

ナノテクノロジー・材料分野 (32領域)

俯瞰区分	研究開発領域
環境・エネルギー応用	複合材料、等7領域
ライフ・ヘルスケア応用	バイオイメーキング、等4領域
ICT・エレクトロニクス応用	スピントロニクス、等7領域
物質と機能の設計・制御	分子技術、量子技術、等8領域
共通基盤科学技術	積層造形・レーザー加工、等5領域
共通支援策	ELSI/EHS、等1領域

ライフサイエンス・臨床医学分野 (35領域)

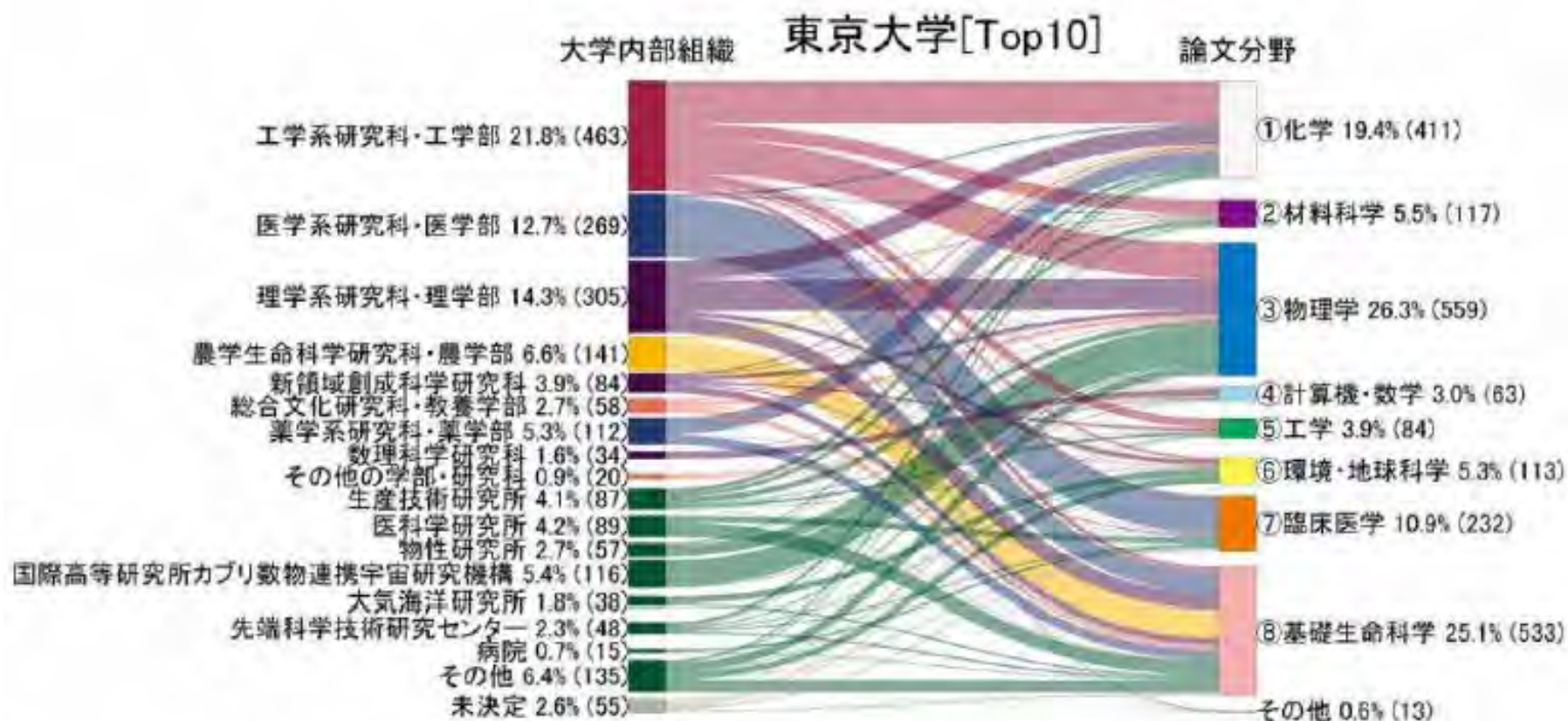
俯瞰区分	研究開発領域
基礎基盤科学技術	遺伝子発現機構、等13領域
分析・計測技術	生体イメーキング、等6領域
ホワイト・グリーンバイオ技術	機能性物質・食品、等5領域
創薬、診断、医療技術	再生医療、等11領域

エビデンス情報の分析で見えた新たな課題

新たな課題

エビデンス情報の分析で見えた新たな課題

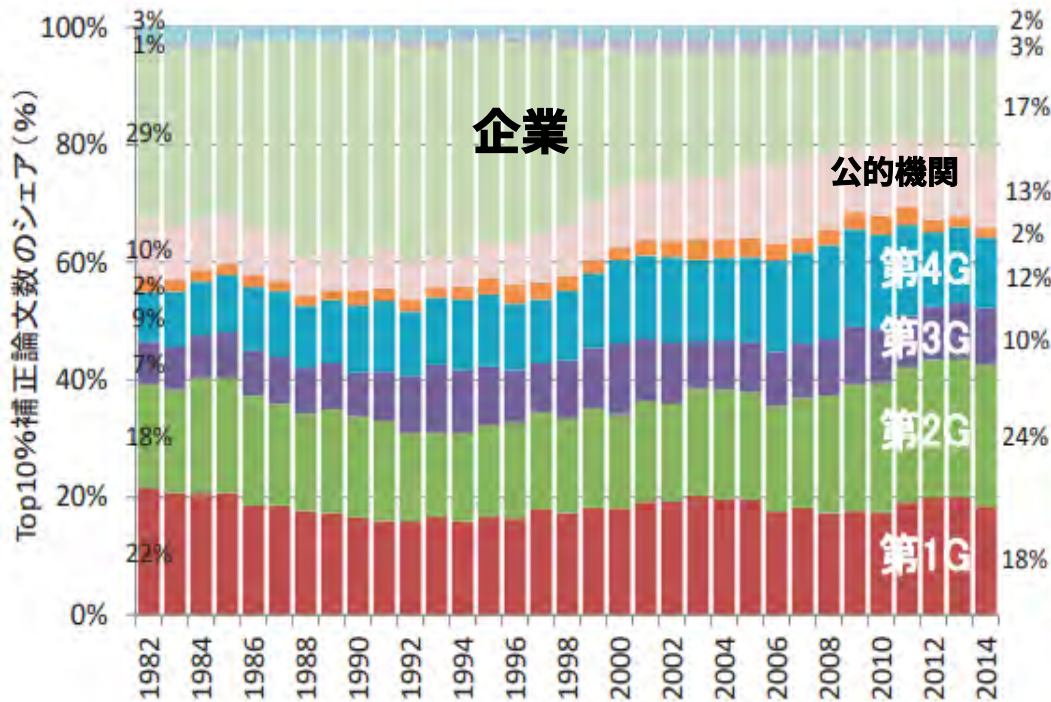
東京大学の大学内部組織と論文分野の対応関係 TOP10%論文（2009-2013）



出典：NISTEP調査資料-258「論文データベース分析から見た大学内部組織レベルの研究活動の構造把握」（2017）をもとに、JSTが加工・作成

新たな課題

エビデンス情報の分析で見た新たな課題



**工学分野の
Top10%論文数に
おいて企業のシェア
が低下**

**工学における日本の
Top10%補正論文数の
シェア**

注) Web of Science (クラリ
ベイト・アナリティクス社) の
データを基に集計されている。

大学 グループ	論文数シェア (2009-13年)	大学数	大学名
第1G	1%以上のうち 上位4大学	4 (4, 0, 0)	大阪大学, 京都大学, 東京大学, 東北大学
第2G	1%以上～ (上位4大学を除く)	13 (10, 0, 3)	岡山大学, 金沢大学, 九州大学, 神戸大学, 千葉大学, 筑波大学, 東京工業大学, 名古屋大学, 広島大学, 北海道大学, 慶応義塾大学, 日本大学, 早稲田大学
第3G	0.5%以上 ～1%未満	27 (18, 3, 6)	愛媛大学, 鹿児島大学, 岐阜大学, 熊本大学, 群馬大学, 静岡大学, 信州大学, 東京医科歯科大学, 東京農工大学, 徳島大学, 鳥取大学, 富山大学, 長崎大学, 名古屋工業大学, 新潟大学, 三重大学, 山形大学, 山口大学, 大阪市立大学, 大阪府立大学, 横浜国立大学, 北里大学, 近畿大学, 順天堂大学, 東海大学, 東京女子医科大学, 東京理科大学
第4G	0.05%以上 ～0.5%未満	140 (36, 19, 85)	国立: 秋田大学, 旭川医科大学, 茨城大学, 岩手大学, 宇都宮大学, 他 公立: 金沢大学, 秋田県立大学, 北九州市立大学, 岐阜県立大学, 九州歯科大学, 他 私立: 愛知医科大学, 愛知学院大学, 愛知工業大学, 青山学院大学, 麻布大学, 他
その他G	0.05%未満	-	上記以外の大学, 大学共同利用機関, 高等専門学校

出典: 文部科学省科学技術・学術政策研究所,
日本の大学システムのアウトプット構造: 論文
数シェアに基づく大学グループ別の論文産出の
詳細分析調査資料 No.271, 2018年3月

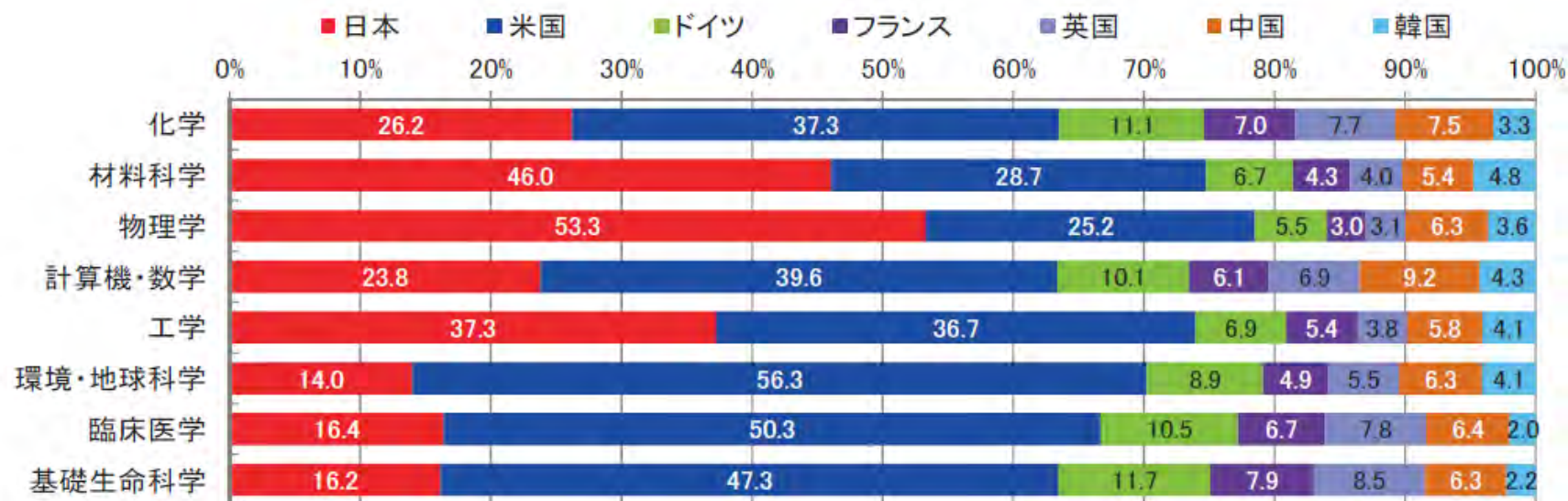
新たな課題

エビデンス情報の分析で見た新たな課題

日本の科学技術成果は日本企業より米国企業が注目

日本人著者による論文が、海外居住の発明者による出願特許（パテントファミリー）で多く引用。

【日本の論文と主要国のパテントファミリーのつながり】



特許に引用のある日本人著者の論文が、どの国（に居住する発明者）の出願特許から引用されているか、分野別に割合を示す。

出願特許で日本の論文で自国のパテントファミリーに多く引用されている分野は「物理学(53.3%)」と「材料科学(46.0%)」である。他方、「環境・地球科学(14.0%)」、「臨床医学(16.4%)」、「基礎生命科学(16.2%)」は自国のパテントファミリーから引用されている割合は相対的に低い。

(出典) 文部科学省 科学技術・学術政策研究所、科学技術指標2019、調査資料-283、2019年8月

2019年版ものづくり白書「概要」より

大学発の発明が、海外企業の破壊的イノベーションにつながっている

実用品	応用先	発明者	最初の実用化（またはライセンス先）
IGZO （透明半導体）	高精細液晶（4K,8K）、 大型有機ELテレビのディスプレイの駆動	東京工業大学 細野秀雄 教授	韓国:サムスン ライセンス 2011年7月 (シャープへのライセンス 2012年1月) ※ 多数の企業に実施許諾し、実施料累計30億円超
量子コンピュータ システム	超高速計算機	(理論) 東京工業大学 西森秀稔 教授 (素子) 東京大学 故 後藤英一 教授	カナダ:ディーウェーブ・システムズ 2011年 製作したことを発表
オブジーボ	免疫療法	京都大学 本庶佑 特別教授	米Medarex社 (BMS社) が加わり小野薬品との共同研究 から実用化へ 2012年 BMSが臨床研究の成果を発表
クリゾチニブ	肺がん治療薬	国立がん研究センター 間野博行 研究所長	ファイザー 2011年アメリカで承認
テクフィデラ	多発性硬化症剤	東北大学 山本雅之 教授	バイオジェン 2013年アメリカで承認
面発光レーザー （VCSEL）	光通信、光センサ、プ リンターなど	東京工業大学 伊賀健一 名誉教授	Vixel 社 (米) に始まって (2000年前後)、 Honeywell 社 (米)、Agilent 社 (米)、Infenion 社 (独) など が先にレーザ光源として製品化
（研究開発中） 二足ロボット	二足ロボットによる作 業	東京大学 稲葉雅幸 教授、 中西雄飛 助教（当時）、浦田 順一 助教（当時）	2013年11月 グーグルが大学発ベンチャーSCHAFTを買収
DNA蛍光シークエ ンサー	高速でDNA配列を 自動解読	東京大学 和田昭允 名誉教授、 埼玉大学 伏見譲 名誉教授	米国 ABI社 (日立製作所の技術含む) ABIの特許出願1984年1月 1987年 世界初の自動DNAシークエンサーABI370発売
3Dプリンター	樹脂や金属を何層に も重ね立体を作る	名古屋市工業研究所 小玉秀男 研究員（当時）	米国 3Dシステムズ 1987年 SLA-1 光造形法 (SLA) プリンタを商業化

日本発技術の海外実用化事例

3Dプリンター：独創的なアイデアを活かし切れなかった日本

名称	用途	政府負担研究費	市場規模
3Dプリンター	精密製造 航空宇宙(部品), 産業(試作・部品, 金型), 医療(インプラント), 医療治具, エンジン機能部品など	基礎研究費<科研費> 約4.0億円* ~2000年	100億米ドル (≒1兆2千億円)

ほぼ海外
メーカー
独占

- 医療、製造、建築など様々な分野で迅速に治具・部品・プロトタイプを作製するツール(ラビッドプロトタイピング)として急速に普及。
- 1980年、名古屋市工業研究所・小玉研究員(当時)が3Dプリンターの原型となる積層造形法として“光造形法”を発明。特許申請するも審査請求せず失効。
- 1988年に米国で最初の製品化、90年代は数社が試作用途で市場拡大。
- 2009年以降に基本特許が権利満了し、多数のベンチャーが参入。現在は買収統合が進み、米国・3Dシステムズ、ストラタシス、ドイツ・EOSなどが産業用3Dプリンターの主要プレイヤー。

1980年, 小玉研究員(当時)が3Dプリンターの原型となる“光造形法”を発明

1986年, 米国・3Dシステムズ創業

1980年代後半, 米国が新手法の重要特許を続々成立

2000年代後半, 主要な特許が満了, 安価なプリンターが一斉に発売

2013年, オバマ大統領(当時)が一般教書で「3Dプリンターがものづくりを革新」と明言

2014年, 経産省, 3Dプリンター関係の研究開発プログラム*スタート

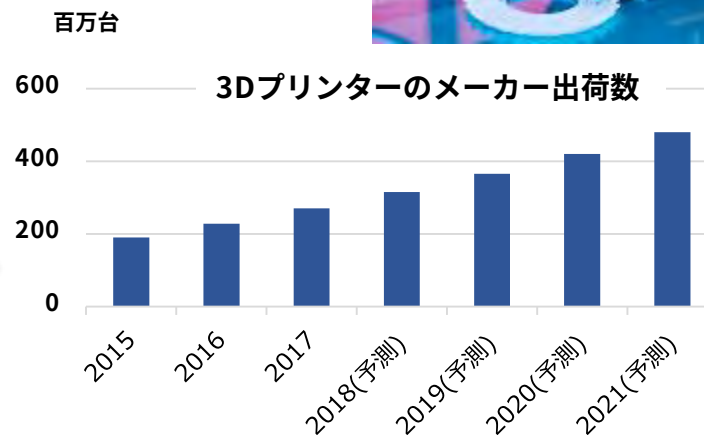
*3次元造形技術を核としたものづくり革命プログラム



2012年クリス・アンダーソン著『MARKERS~』により3Dプリンターが広く知られるように



ものづくり革新として期待高まる



*キーワードに「積層造形」「光造形」「ラビッドプロトタイピング」を含む研究課題について集計。重複課題は予算を等分して積算。 期間：~2000年

矢野経済研究所HPより

https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2056

日本発技術の海外実用化事例

DNAシーケンサー：特許を戦略的に取得出来なかった結果

名称	用途	政府負担研究費	世界市場規模
DNA シーケンサー	DNA配列の解読 医療・ライフサイエンス研究等	基礎研究費 <科技振興調整費 1981～1983> 約9.1億円	次世代診断・健診として 約1兆7千億円 (2025年予測)

- がんの識別診断、羅漢リスク評価のための遺伝子検査や、医療・ライフサイエンス研究での利用のため広く普及。
- 1983年、埼玉大・伏見助教授(当時)が蛍光標識によるDNAシーケンサー法の特許を出願。(84年特許取り下げ)
- 1984年、カリフォルニア工科大学とApplied Biosystems社(ABI)の共同で同様の特許出願、1988年上市
- ヒトゲノム計画(1990～2003年)にABI製DNAシーケンサーが大きく貢献

科学技術振興調整費(1981～83)により東大・和田教授らDNA解析基礎技術を開発

1983年、和田プロジェクトからDNAシーケンサー特許を出願

特許取り下げ(1984)

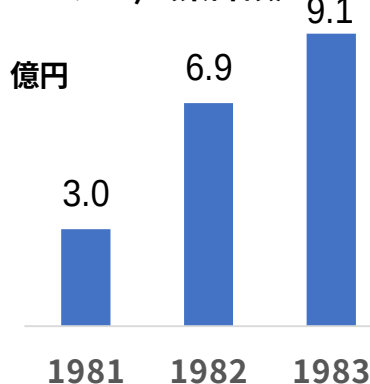
1990年、米国でヒトゲノム計画開始(ABI製シーケンサーが大きく貢献)

1984年、カリフォルニア工科大学とABI共同で特許出願

1988年、ABI社シーケンサーを上市



振調費「DNAの抽出・解析・合成技術」(和田プロジェクト)(累計額)



DNAシーケンサーを核とした遺伝子診断の市場拡大

百万ドル

次世代診断・検診の世界市場規模



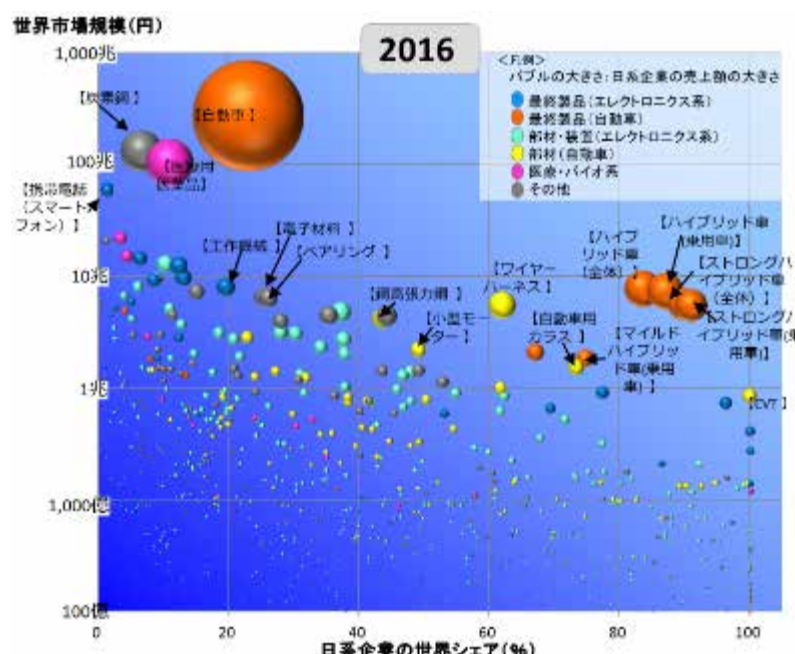
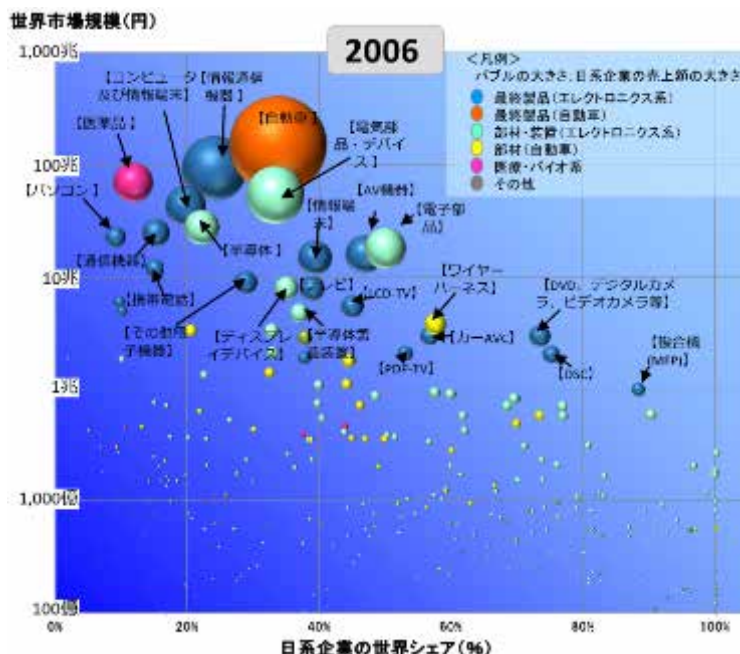
新たな課題

エビデンス情報の分析で見た新たな課題

自動車以外、完成品を売れなくなった日本

- 我が国の市場規模及び世界シェアを見ると、
- ・ エレクトロニクス系の最終製品（青）は売上額、シェアともに低下
 - ・ 自動車（オレンジ）及び部素材（黄、黒等）については売上額、シェアともに上昇
- 我が国は部素材において高いシェアを占める傾向にある。（＝世界の下請け）

日系企業の世界市場規模及び世界シェア



出所：新エネルギー・産業技術総合開発機構「平成19年度技術戦略の科学的な立案を推進するための分野別研究リソースと、国際市場競争力のベンチマーク及び特定産業分野への応用に関する調査」/「平成29年度日系企業のモノとサービス・ソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集」

我が国が部素材において高いシェアを占めている例

- ｜ デマンド、ニーズをつかむのが弱いため、部材産業中心となっている
- ｜ 部材だけでは稼げない（日本は海外の下請けになる）

iPhone5



出典：朝日新聞デジタル

50%超が日本企業製

手術支援ロボット「ダヴィンチ」



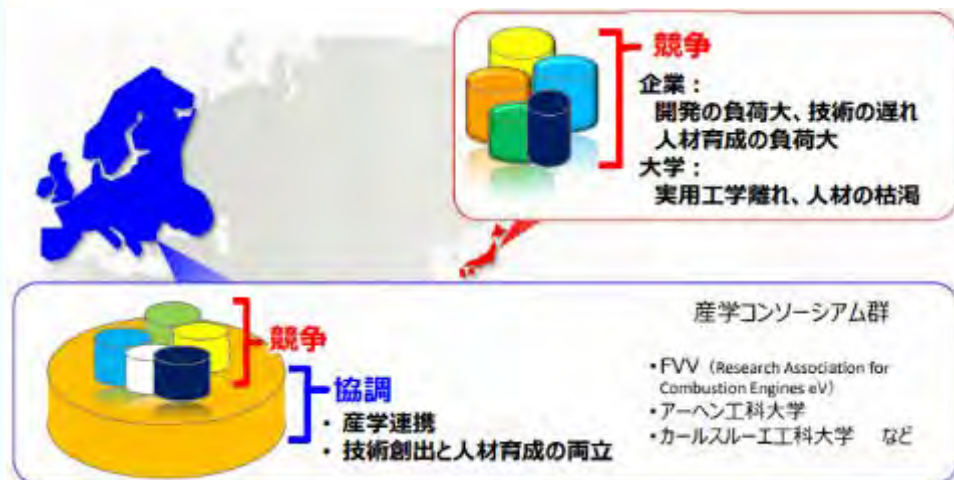
出典：Intuitive Surgical

手術支援ロボット「ダヴィンチ」は日本製の部品が多く使われていることから、“医療界のiPhone”と例えられる。

（出典：ニュースイッチ「2015年06月25日 テクノロジー」より引用）

日欧の自動車企業の開発スタイルの違い

- | 欧米では、産学が組織の壁を越えて協調し、基礎研究から実用化開発を分担
- | 水平分業スタイルが浸透、技術開発・人材育成の圧倒的な効率化を実現
- | アーヘン工科大学では、大学からのスピノフカンパニーFEVと連携して、基礎研究に基づく実用化技術を自動車各社に提供
- | 日本の製造産業では、産学が個々に研究開発を行っており、特に人材を中心とする開発リソースの不足が大きな課題。



出典：SIP革新的燃焼技術推進委員会（2015年6月17日）におけるAICE資料を改編

FEV

アーヘン工科大のスピノフカンパニー

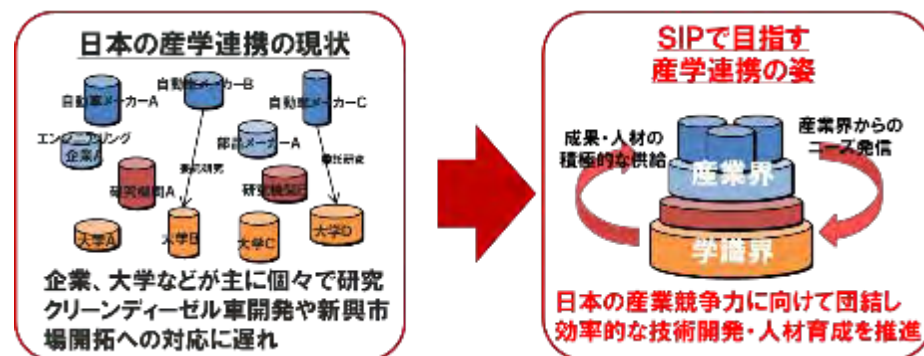
1978年、アーヘン工科大学フランク・ピッシンガー教授が設立。エンジンの設計と開発、従来型、電気式およびそれに代わる自動車運転方式の設計と開発、エネルギー技術において、国際的知名度の高いリーダーに成長。最新式の試験設備や計測装置と優れたサービスを世界屈指の自動車メーカー各社に提供

（出典：FEVホームページより引用）

求められる産学連携体制



SIP「革新的燃焼技術」では、将来のグローバル競争に向けた、日本ならではの**“産産学学連携”**を構築



出典：戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）シンポジウム2014 古野サブPD発表資料より改編

新たな課題（まとめ）

エビデンス情報の分析で見えた新たな課題

- Ø 工学部の第2理学部化
- Ø アセンブリ型の産業は自動車のみ。部材産業中心の日本の産業構造
(部材だけでは稼げない。日本は海外の下請けになる)
- Ø 日本の科学技術成果は日本企業より海外企業にて活用されている

ファンディング改革のための新たな試み

ファンディング改革のための新たな試み

教訓1: トヨタは何故生き延び得たか

⇒ バックキャスト

20世紀末、21世紀に必要な車を検討し、ハイブリッド開発に到達した。
(資源枯渇、環境汚染等)

百年に一度の大変革「CASE」をどう越えるかが課題

C(Connected), A(Autonomous), S(Shared), E(Electric)

車以外は、素材産業。最終製品の収益を回収でき切れない。

教訓2: スケールの大きな重要課題に、様々な分野の研究者が
深いレベルで協働することが重要

⇒ コンバージェンス

多様性と融合による破壊的イノベーションの創出

アセンブリができる人材育成が必要。若手、中堅研究者の活躍推進



ファンディングを改革する新たな試みを開始
(バックキャスト、コンバージェンス等)

新たな試み（バックキャストの例） COI:センター・オブ・イノベーション

10年後、どのように社会・人が変わるべきか、その目指すべき社会像を見据えた
ビジョン主導型のチャレンジング・ハイリスクな研究開発を支援

①ビジョン主導

ありたい社会像の
実現に向けた
イノベーション創出

10年後の社会ビジョン

ビジョン1：少子高齢化先進国としての持続性確保〔7拠点〕
ビジョン2：豊かな生活環境の構築（繁栄し、尊敬される国へ）〔4拠点〕
ビジョン3：活気ある持続可能な社会の構築〔7拠点〕

②バックキャスト

異分野融合・連携型の
テーマを設定

バックキャスト

社会のあるべき姿を出発点として
取り組むべき課題を設定

③アンダーワンルーフ

大学や企業の関係者
が、一体となって研究
開発に取り組むイノ
ベーション拠点を構
築。

COI拠点

Project Leader
(産業界)



Research
Leader
(アカデミア)



〔計18拠点〕

※研究開発期間：最長9年度
研究開発費：年間1～10億円程度/拠点

新たな試み（バックキャストの例） COI:センター・オブ・イノベーション

COI事例 弘前

参画企業・大学間の**戦略的データ共有・共同解析**が本格化

《COI参画企業との共同研究によるBD解析が本格化》



※参画企業・大学のデータ解析環境(共有化システム・制度)を整備し、本格的運用開始

これまでの活動状況（平成25年～R1年）

ベンチャー起業
45社

知的財産
（出願）
1,425件

論文数
7,565件

プレス発表
601件

企業からの
リソース提供額
約395億円

外部資金
獲得額
約348億円

参画機関数
454機関

〔大学・研究機関 126
企業等 328〕

参加者数
4,435名

〔大学・研究機関 3,077名
企業等 1,358名〕

※R1報告書

※R1報告書

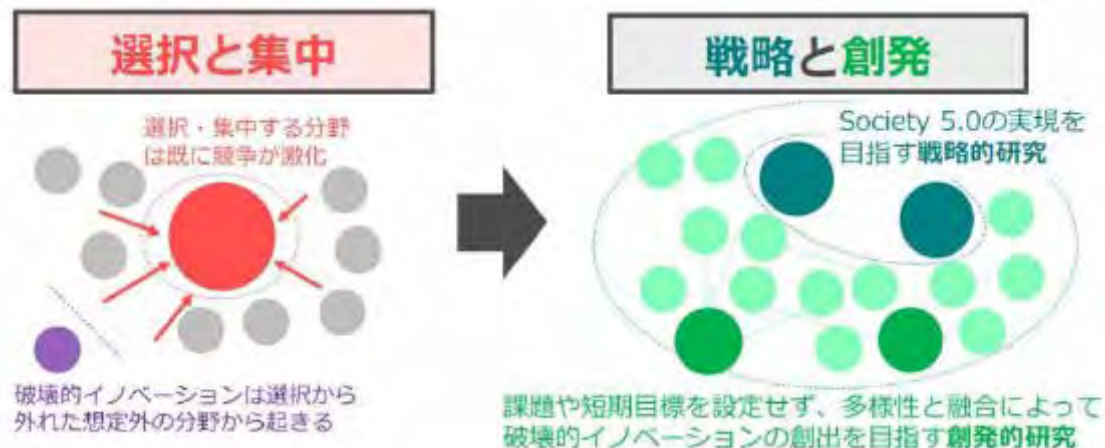
COIからの拠出額:約530億円

- 30

新たな試み（コンバージェンスの例）

創発的研究支援事業

特定の課題や短期目標を設定せず、多様性と融合によって破壊的イノベーションにつながるシーズの創出を目指す「創発的研究」を推進するため、既存の枠組みにとらわれない自由で挑戦的・融合的な多様な研究を、研究者が研究に専念できる環境を確保しつつ原則7年間（途中ステージゲート審査を挟む、最大10年間）にわたり長期的に支援する事業。



出展：Society5.0の実現に向けた「戦略」と「創発」への転換
（日本経済団体連合会）



創発の場 / 創発PO・AD

✓ 採択された研究者は、創発を興すために定期的開催される「創発の場※」に参加・発表・議論・運営等を行って頂きます。

※ 知の触発、融合研究の促進、ネットワーク構築

✓ 成果の最大化に向け、創発プログラムオフィサーおよび創発アドバイザーの指導、進捗管理を受けます。

創発とは（組織論より）

「個人個人の能力や発想を組み合わせる取組により、ある一定の要件に基づいた予測や意図を超えるイノベーションを誘発する様」

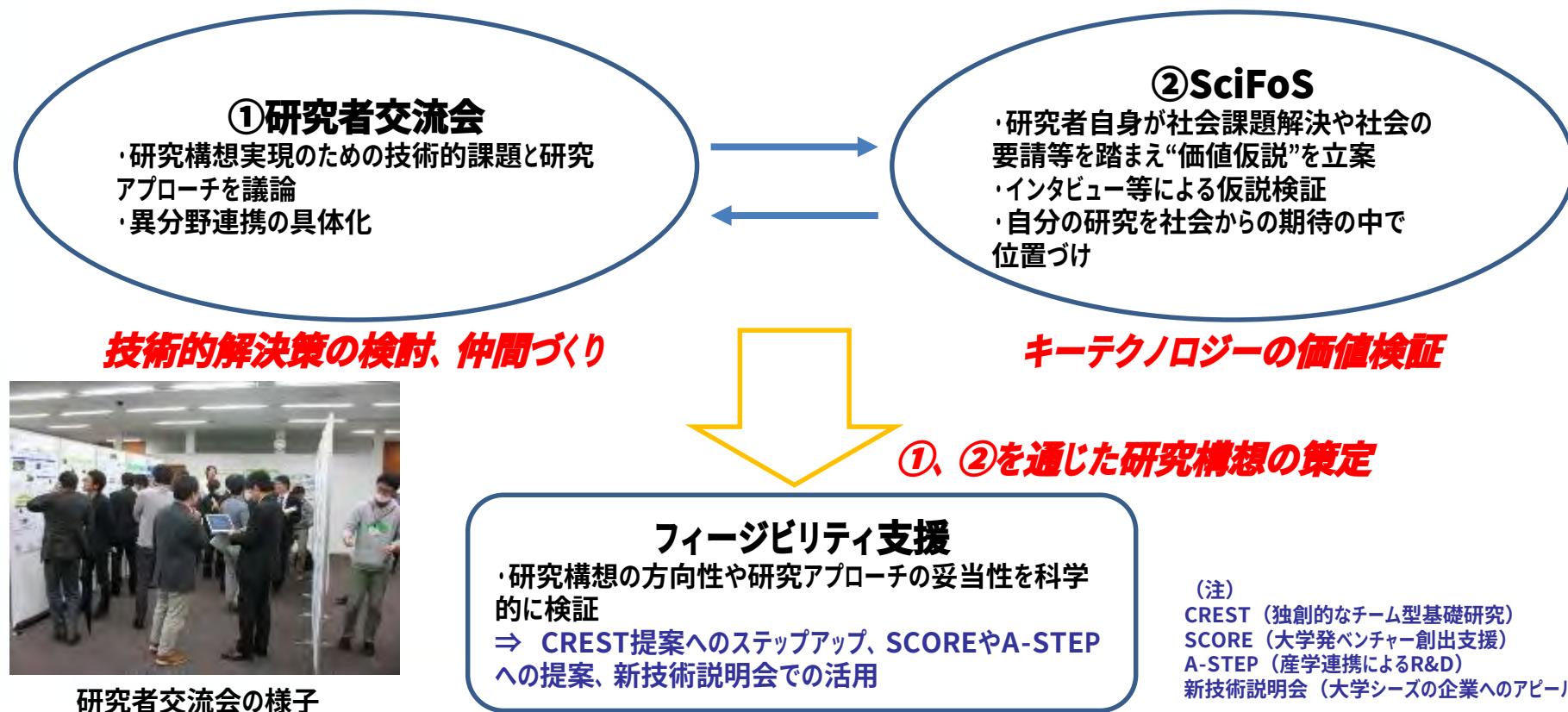
出展：公募概要説明資料より

新たな試み（コンバージェンスの例）

さががけ

【目的・狙い】

- 様々な分野の研究者が協働し、新しい価値やより拡張されたフレームワークを創造する「コンバージェンス研究」のための基盤形成を、国内最高レベルの若手研究者（さががけ研究者）をターゲットとして推進。
- さががけ研究者交流会及びSciFoS活動を通じて策定された研究構想をフィージビリティ支援を通じて検証する仕組みを構築。



新たな試み（バックキャスト、コンバージェンス、社会と関わりの例）

ミレニアム・チャレンジ

ミレニアム・チャレンジ（ムーンショット型研究開発事業）

事業概要

新たなムーンショット目標の位置づけ

○ムーンショット型研究開発制度では、超高齢化社会や地球温暖化問題など重要な社会課題に対し、ビジョナリー会議の提案等も踏まえ、人々を魅了する野心的な目標を国が設定し、挑戦的な研究を推進。
○同制度では、社会環境の変化等に応じて目標を追加することとしており、コロナ禍による経済社会の変容を想定し、我が国の将来像に向けた新たな目標を検討。

ムーンショット目標

- 目標1： 2050年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
- 目標2： 2050年までに、超早期に疾患の予測・予防をすることができる社会を実現
- 目標3： 2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現
- 目標4： 2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現
- 目標5： 2050年までに、未利用の生物機能等のフル活用により、地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出
- 目標6： 2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる超高性能汎用量子コンピュータを実現
- 目標7： 2040年までに、主要な疾患を予防・克服し100歳まで健康不安なく人生を楽しむためのサステイナブルな医療・介護システムを実現
- 目標X： **新たなムーンショット目標**

"Moonshot for Human Well-being"
(人々の幸福に向けたムーンショット型研究開発)

ビジョナリー会議提言／13のビジョン



「日本を変える、世界を変える、あなたが変わる！」

新たな試み（バックキャスト、コンバージェンス、社会と関わりの例）

ミレニアム・チャレンジ

ミレニアム・チャレンジ（ムーンショット型研究開発事業）

事業概要

新たなムーンショット目標決定の流れ

【JST】

公募・採択

世界的な社会課題解決を対象にムーンショット目標及びソリューションプランアイデアを広く公募

- 若手研究者チームで提案（海外研究者、起業家等も推奨）
- 提案いただく2050年の社会像は、新型コロナウイルス感染症に関連したものに限らない

【採択チーム】

調査研究

(2021年1月～6月)

課題解決に向けた目標設定、実現可能なシナリオの作成

- 提案チームを拡充し、海外研究者・起業家等国内外から多様性のあるチームを結成
- 国外のステークホルダーも巻き込み、社会課題解決に向けた目標等について対話、ワークショップ等を開催
- チーム間のコンバージェンスキャンプも開催予定（採択チームが交流し、互いのビジョンを議論する機会）

※調査研究

1チームあたり

500万円（直接経費）

を目安

【JST】

【20目標候補
(20チーム)程度】

最終評価

- 調査研究の評価として、目標化可能なアイデア（目標候補）の選定
- 様々なステークホルダーの意見を聞きながら、審査を実施
- 公開の場での報告会・審査会も実施予定

【内閣府】

【1～2目標】

ムーンショット目標決定

決定したムーンショット目標の実現に向けて、1件数億円～数十億円規模でのプロジェクトマネージャーを公募。

- なお、選定されなかったムーンショット目標候補案についても、希望に応じて、JSTは検討過程で深めたアイデア・知見を社会に橋渡しするための周知活動を行う



「日本を変える、世界を変える、あなたが変わる！」

新たな試みの要点

- Ø ファンディング改革としての新たな試みについては、社会一般からの幅広い知を集めて行うことが必要
- Ø 社会一般から英知を集めるには、「透明性」「公平性」「包括性」「信頼」の4つの観点から科学と社会の関係を構築することが重要

まとめ

- **Society5.0がもたらしつつあるもの、COVID-19等突発的リスクの増加、激動的な社会の変化を踏まえ、「10年後の国際潮流の中での日本」を意識した改革が必要**
- **研究領域が増大する現状においては、従来型のヒトとネットワークの活用のみによる戦略立案では限界にきており、研究データ、論文等のエビデンス情報の活用（エビデンス分析）との両輪で進めることが重要**
- **エビデンス分析を進めると我が国における新たな課題が見えてくる。
（工学部の第2理学部化、アセンブリ型の産業が弱く部材産業中心の産業構造、我が国の科学技術成果は日本企業より海外企業により活用される）**
- **JST（各国のファンディング機関でも）ではこれらの打破のためにファンディング改革の新たな試み（バックキャスト、コンバージェンス、拠点化、等）を開始**
- **研究領域の境界を越えて国際的に活躍できる人材育成（ニーズがわかる研究者、研究がわかる産業人）が重要**
- **ファンディング改革には、科学と社会の関係を構築し、社会一般から英知を集めることが重要**