

研究機器の開発・導入に関する海外動向

～CRDSレポート「研究機器・装置開発の諸課題」より～

<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-RR-07.html>

2023年6月15日

JST研究開発戦略センター(CRDS)

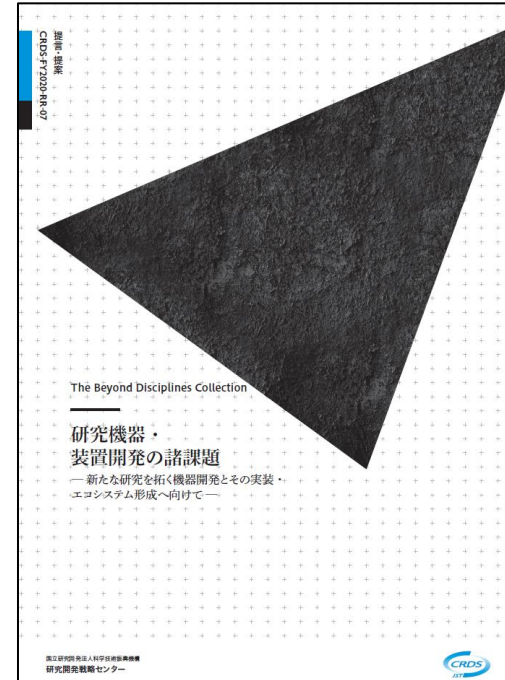
永野智己・魚住まどか



研究機器に関する問題意識

- 研究開発DXが世界的に進む中「**機器・設備**」「**計算・ソフト・データツール**」など先端研究基盤の進展は、**科学技術イノベーションのドライバー**。これらの性能は新たな研究成果創出とそのスピードに決定的な影響をおよぼす
- 研究機器は多くの分野で**海外メーカー製品への輸入依存度が高まる**。結果、わが国の研究現場への導入において、**海外から数年単位で遅れ、それらを活用した研究領域の開拓でも遅れをとるケースが頻発**。購入に際しても、海外メーカー国での調達に比して大きな価格差が生じ、投資コスト大となり研究競争上不利。特に数千万円～数億円規模のミドルレンジの機器で影響が顕著
- 複雑化する社会課題や科学の進展に伴い、これら研究基盤には多様で高度な性能や仕組みが求められるが、そうした研究基盤環境（ヒト・モノ・カネ・チエ）の整備やエコシステム形成に課題
- 機器の調達・導入のみならず、現在のわが国の研究開発現場では、**新技術や新装置を「開発」する環境や仕組みが特に限られている**。新たな科学の知を創出しうる研究基盤（機器等）の開発ができず、調達も遅れ、それらが整わないままおこなう研究競争は、多くの分野で不利となる構造的問題であり、解消する必要がある

2021年発行



<https://www.jst.go.jp/crds/report/report04/CRDS-FY2020-RR-07.html>

CRDSでは以下を検討し報告書発行

- ✓ 研究機器・設備の市場・調達はどうなっているか ≡ 機器の市場動向を把握する調査
- ✓ 研究現場で必要となる、新たな研究ニーズに対応する新技術・新装置の俯瞰的検討
- ✓ 大学・国研・メーカーの産学連携による、機器開発と、共用、研究現場への普及（=新たな研究成果創出）の実現、さらなる開発へとフィードバックする中長期のエコシステム形成へ向けた検討
- ✓ 諸外国の動向（海外では通常の研究資金ファンドと、一定価格以上の研究設備用ファンドが分かれている）

「機器・設備」の規模、価格帯による分類

規模	① 超大型施設	② ミドルレンジの先端機器	③ 少額の汎用機器・備品類
価格帯	建設費数百億円～	単価1,000万円～20億円	～1,000万円
設備図 (例)	<p>SPring-8 富岳</p>   <p>(出典：理化学研究所)</p> <p>SLAC (米)</p>   <p>DESY (独)</p> 	<p>計測・分析機器</p> <p>電子顕微鏡 (TEM,SEM等)</p>   <p>NMR クロマトグラフ XRD</p>    <p>加工・プロセス機器</p> <p>EB描画装置 ステッパー露光 ALD装置</p>   	<p>卓上SEM</p>   <p>デスクトップXRD</p>   <p>赤外分光光度計 蛍光分光装置</p>    <p>示差走査熱量計 リアルタイムPCR</p>  

図出典：https://www-ssrl.slac.stanford.edu/content/sites/default/files/documents/ssrl_strategic_plan_2019-2023.pdf

<https://www6.slac.stanford.edu/about/contact-slac>

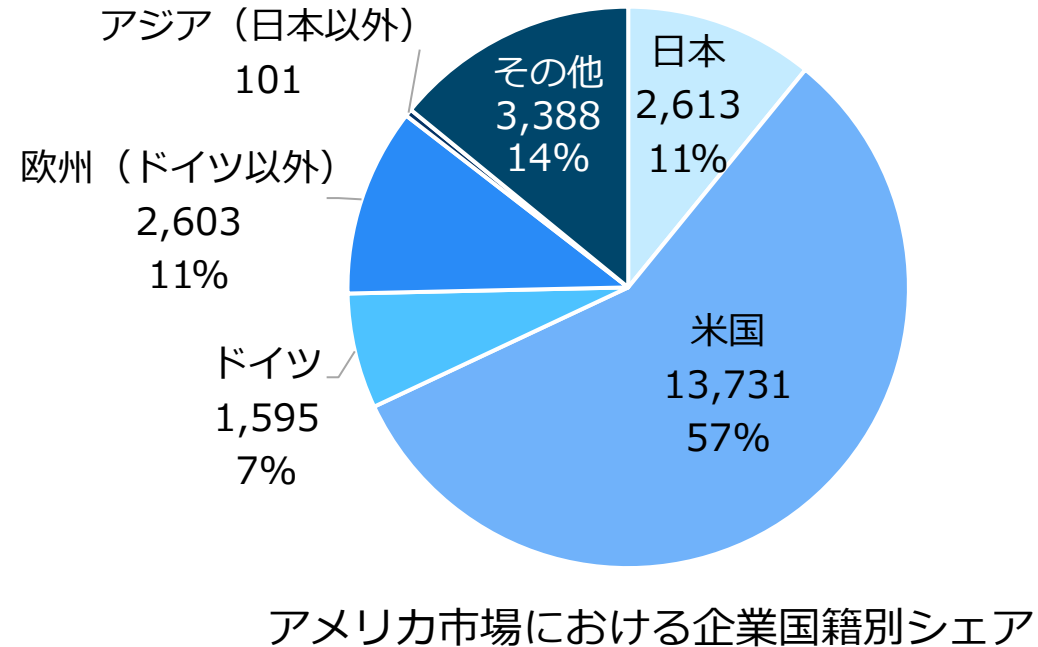
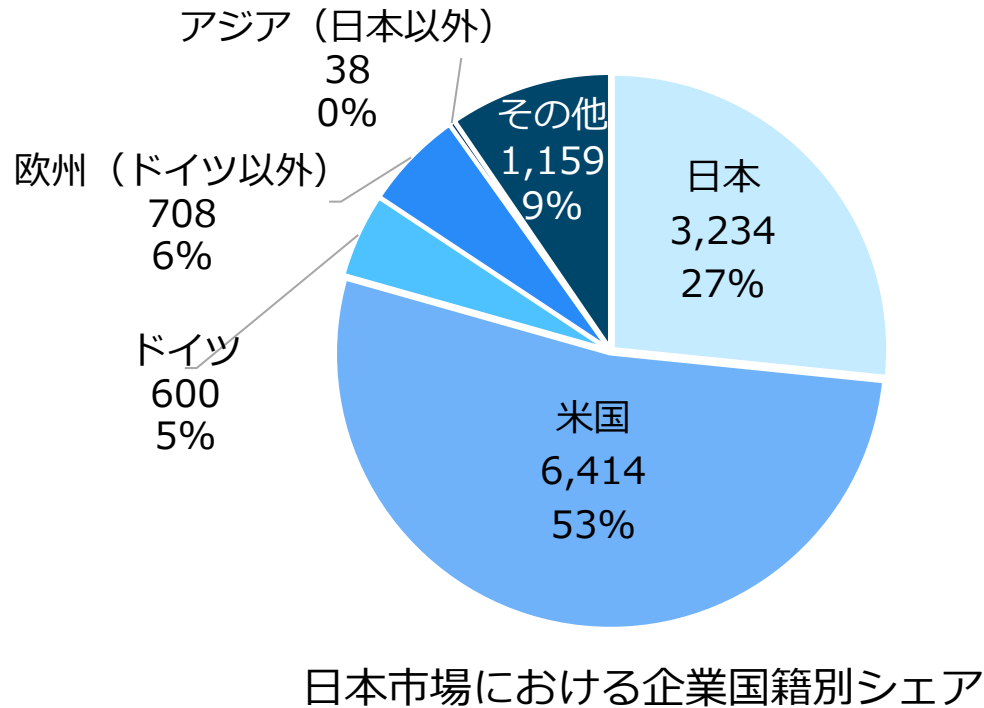
https://www.desy.de/contact/index_eng.html

日本分析機器工業会 WEB分析総覧 <https://www.jaimadirectory.jp/>

©2023 CRDS

「計測・分析機器、加工・プロセス機器」の企業国籍別シェア (日本市場と米国市場の違い)

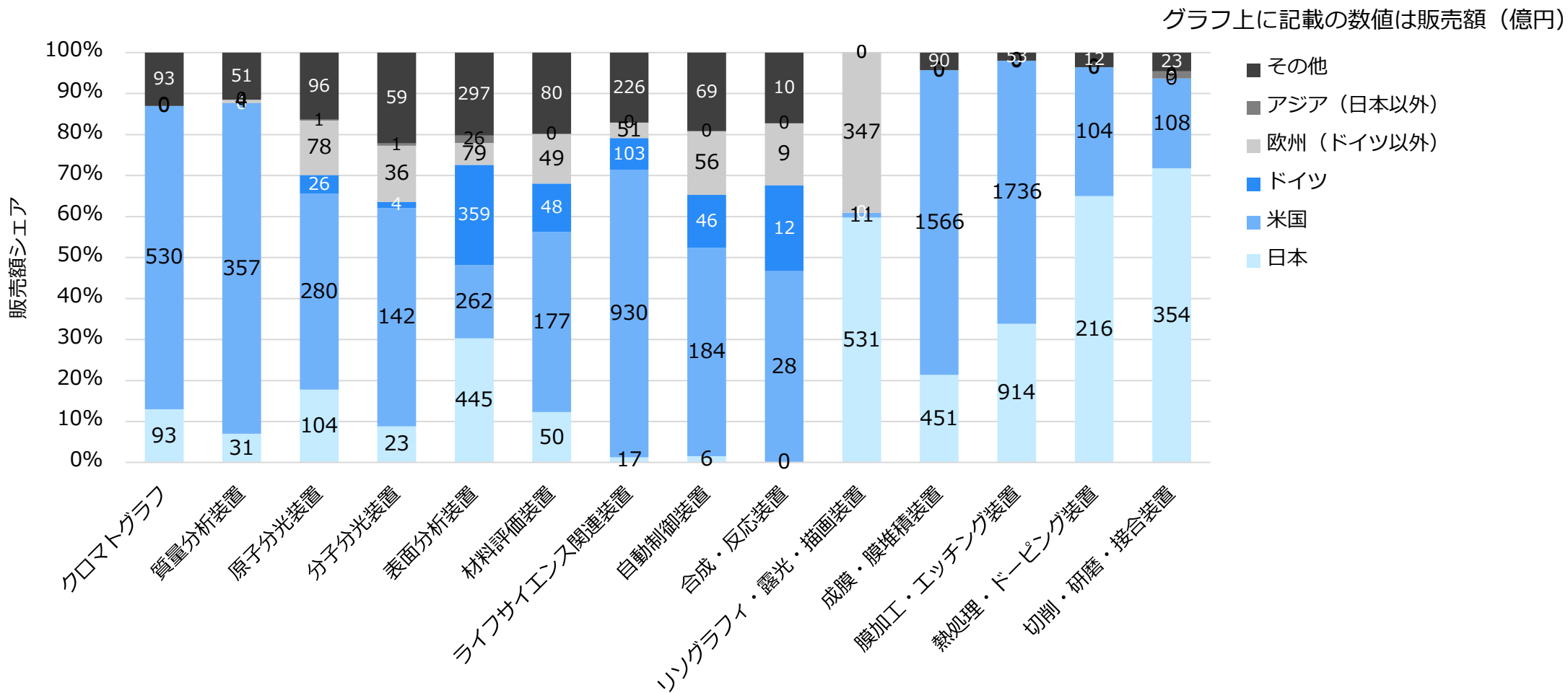
- 2018年の日本市場と米国市場のそれぞれについて、企業国籍別販売額およびシェアをグラフに示したものの
 - 日本市場における日本企業製機器のシェアは3割弱。米国企業のシェアが50%を越す
 - 米国市場では、計測機器や加工機器の半分以上を自国企業による供給で賄っている
- ※本データは、各国ごとの市場規模 × 企業国籍毎の企業シェアの和をグローバル市場におけるシェアと仮想的に同等と見なし、推計している。詳細は報告書を参照



数字上：金額 億円
数字下：シェア %

日本における主要機器調達（企業売上ベース）の企業国籍別シェア

- 日本市場における機器の中分類ごとの企業国籍別販売額・シェアを示したものの。
- 計測・分析機器のうち「ライフサイエンス関連の装置」は日本企業のシェアはほぼ無いに等しい状況で、研究現場ではほとんどのライフ系機器を輸入に依存した研究環境となっている。



日本市場における機器ごとの企業国籍別シェア



米国NSF 研究機器・設備の支援ファンディング

研究機器の整備・開発プログラム

- NSFでは、規模により段階的な支援メニューを用意（「中規模研究インフラ」はBig Ideaの一つとして重視）

プログラム	対象	支援規模
主要研究機器プログラム (MRI: Major Research Instrumentation)	共用の研究施設・機器の ・取得(acquisition) ・開発(development)	Track 1: 10万~100万ドル Track 2: 100万~400万ドル 「取得」の場合は最長3年 「開発」の場合は最長5年
中規模研究インフラ-1 (Mid-scale RI-1)	研究インフラの ・実装(implementation) ※取得、建設等 ・設計(design)	600万*~2,000万ドル/最長5年間 *「設計」プロジェクトは60万ドル~2,000万ドル
中規模研究インフラ-2 (Mid-scale RI-2)	一部除き、原則「実装」プロジェクトが対象 ⇒既に十分な開発投資がなされている前提 実装後の研究、運用、保守への支援はなし	2,000万~7,000万*ドル /最長5年間 *制度設計上は1億ドルまで想定
主要研究設備・施設建設 (MREFC: Major Research Equipment and Facilities Construction)	より大型の研究インフラの取得、建設、試運転	1億ドル~

- 米国における幅広い研究者への共用あるいは各研究機関におけるコアファシリティ化の促進を目的
- 「Major Research Instrumentation Program(MRI)；主要研究機器プログラム」は自然科学・工学の多様なユーザーのために、研究機器利用のトレーニング提供と機器の共用促進に取り組むことで、各機関の多様な研究開発能力を確立させることを目的としている
- 装置メーカーから販売されている既成装置だけではなく、研究機関が開発した技術・機器を実用化し共用に導入することも支援し、最先端の研究機器を共用できる仕組みとなっている。**
- プログラムに参画する機関に対し、最先端研究機器を調達または開発する支援を行い、その規模はTrack 1：10~100万ドル、Track 2：100万~400万ドル、と2段階に設定。
- 参画機関は、Track1は2回、Track2は1回限り、の範囲で申請することが可能



NSF Mid-scale RI-1/RI-2プログラムの課題例

採択課題例

課題名	代表機関	概要	支援額	支援期間
ナショナルゲートウェイ超高磁場NMRセンター用の1.2GHz NMR分光計 (RI-1)	オハイオ州立大学	全超伝導の1.2 Ghz核磁気共鳴装置を取得し生物学的相互作用と機能を分子レベルで研究	1,758万ドル	2019.10 - 2024.9
コンパクトX線自由電子レーザー (CXFEL) プロジェクト (RI-1)	アリゾナ州立大学	低コストで小型のX線自由電子レーザーを設計	477万ドル	2019.10 - 2022.9
世界クラスの中性子スピンエコー分光計 (RI-1)	デラウェア大学	中性子スピンエコー分光分析施設のアップグレード	1,180万ドル	2019.10 - 2024.9
コンピュータ科学および科学応用のための適応プログラム制御型研究インフラ (RI-1)	ノースカロライナ大学	主要な研究センターとコンピューティング施設を相互接続する高速 (100~1000ギガビット/秒) ネットワークを構築	1,998万ドル	2019.10 - 2023.9
ゼッタワット相当の超短パルスレーザーシステム (ZEUS) (RI-1)	ミシガン大学	プラズマ物理学とレーザー科学の最先端の実験を行うための超短時間レーザーパルス装置の導入	1,550万ドル	2019.10 - 2023.9
量子物質とエネルギー変換に関する研究関心を進展させる光源 (RI-1)	オハイオ州立大学	原子/亜原子スケールで物質を制御するための紫外線および軟X線レーザーを開発	850万ドル	2019.10 - 2024.9
高磁場フロンティアにおける新たな科学のための新規X線施設 (RI-2)	コーネル大学	コーネル高エネルギー・シンクロトロン光源 (CHESS) に専用の高磁場X線施設を建設	624万ドル (総額3260万ドル)	2021.1 - 2025.12

- NSFは2016年に「未来に向けて投資すべき10のビッグアイデア」を発表、先駆的な研究を通じてビッグアイデアの基盤構築に取り組んでいる。その1つに「Mid-scale RI-1」および「Mid-scale RI-2」の中規模研究インフラ支援がある
- 研究活動に必要となる研究インフラは多様化しているが、整備状況にはギャップが生じている。この課題に対応すべく中規模研究インフラの開発支援を行うのが「Mid-scale RI-1」であり、実装支援を行うのが「Mid-scale RI-2」**
- 「Mid-scale RI-1」は、独創的で論理的な提案による中規模研究インフラの「実装」もしくは「設計」を行い、採択された場合には600万~2,000万ドル (最長5年) を支援。「Mid-scale RI-2」は原則「実装」を行う提案を対象とし、支援規模は2,000万~7,000万ドル (最長5年)
- 「Mid-scale RI-2」で実装が進んだ事例としては、Cornell大学の高エネルギーシンクロトロン施設 (CHESS) に、世界最高磁場の20T高磁場X線ビームラインの設置を行ったなどが挙げられる

本文抜粋、文抜初回は2021年1月時点

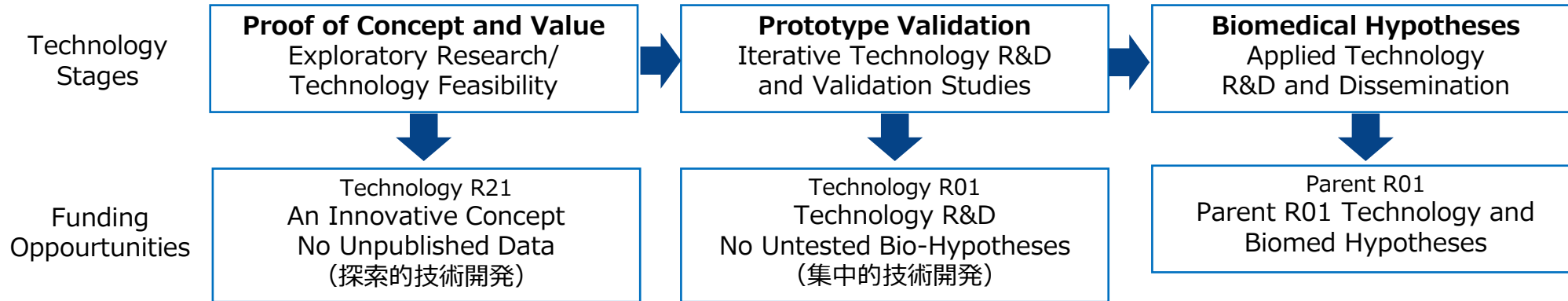
参照 : <https://nsgov.home.blog/2019/09/27/not-too-big-not-too-small-mid-scale-research-infrastructure-awards-may-be-goldilocks-research-support/>

©2023 CRDS



NIH/NIGMS 研究機器・設備の支援ファンディング

Funding for Each Development Stage



探索的技術開発

- 最大2年間、27.5万ドル（直接経費）（20万ドル/年以下）
- 未公表データは不可、新規性があること。ハイリスク研究も可
- 未検証の仮説は対象外
- 期待される成果：概念実証（POC）

集中的技術開発

- 最大4年間（初期キャリアは5年間）、1回更新可能
- 予算は提案ベース
- アプローチの実現可能性をサポートするための予備的データの取得も可
- 既知の基準に対する検証研究は可だが、未検証の仮説は対象外
- 期待される成果：プロトタイプ

- NIH 傘下のNIGMSは、生物学的プロセスの理解を深め、病気の診断・治療・予防の進歩に資する基礎研究および技術開発を実施。
- Technology Development Programsは、開発技術のステージごとに利用可能なファンディングがそれぞれ存在する。技術ステージが「POC（概念実証）とPOV（価値実証）」、「プロトタイプ検証」、「仮説検証のための応用技術開発」の3段階に設定
- 「POCとPOV」段階に適用される支援プログラムは、最大2年間で27.5万ドルを支給。データを公開することが条件。POCおよびPOVの達成が目標となる。「プロトタイプ検証」段階では、最大4年間の開発期間、提案ベースの予算でプロトタイプ機の開発を目的とした支援。「仮説検証のための応用技術開発」も開発期間は最大4年で予算は提案ベースと設定しているが、開発成果を利用することで得られた生物医学研究における研究成果を示すことを条件としており、研究開発テーマにおける仮説が実証されることを目標としたファンディング
- その他NIGMSでは、生物医学技術開発・普及センターにおいて開発された技術の普及とトレーニングおよび研究機器の追加サポートを目的としたプロジェクトに年間85万ドルを投じているほか、テクノロジーの商業化を促進するための中小企業への助成プログラムも実施している。

ドイツ DFGにおける研究機器の開発・調達ファンディング

■ 新しい研究機器プログラム (New Instrumentation for Research)

- 最大3年間のプロジェクト期間、開発を継続する場合は別プログラムへ移行が可能
- ドイツ国内もしくは海外のドイツ研究機関に属している博士課程以上の研究者が対象
- 開発技術のテスト、デモ機の開発を支援

開発課題例

- ✓ 音響波と光波の相互作用を利用し細胞の弾性を計測するレーザー顕微鏡 (ドレスデン工科大学)
- ✓ 3D超高速レーザー蒸着溶接(3D-EHLA)を使用した積層造形(AM)プロセス用のハイスループット合金素材開発(RWTHアーヘン工科大)

■ 研究機器プログラムおよび研究機器イニシアティブ (Major Research Instrumentation Program and Major Instrumentation Initiatives)

- **研究機器プログラム**：最高750万ユーロ(9億3,750万円)までの研究機器の調達費を助成
関連機器やソフトウェアも申請可能。最低20万ユーロ(2,500万円)の機器が対象
- **研究機器イニシアティブ**：750万ユーロを超える大型機器や設備の調達費を助成
- 調達費用はDFGが5割、州立大学の所属州政府が5割を負担
- 導入事例
 - ✓ Materials and Processes@MAPEX Center
 - ✓ NMR@Max Planck Institute of Biochemistry

■ コアファシリティプログラム (Other Instrumentation-Based Research Infrastructure)

- 共用拠点形成のための研究機器の維持管理費への助成を行う。
- 最大5年間
- 共用化された拠点事例
 - ✓ Munster Nanofabrication Facility (MNF)@ミュンスター大学
 - ✓ German Ultrahigh Field Imaging (GUFU)@デュースブルク・エッセン大学 等
 - ✓ Measurement-Platform for Ultra-High Data-Rates(MORE)@ドレスデン工科大学



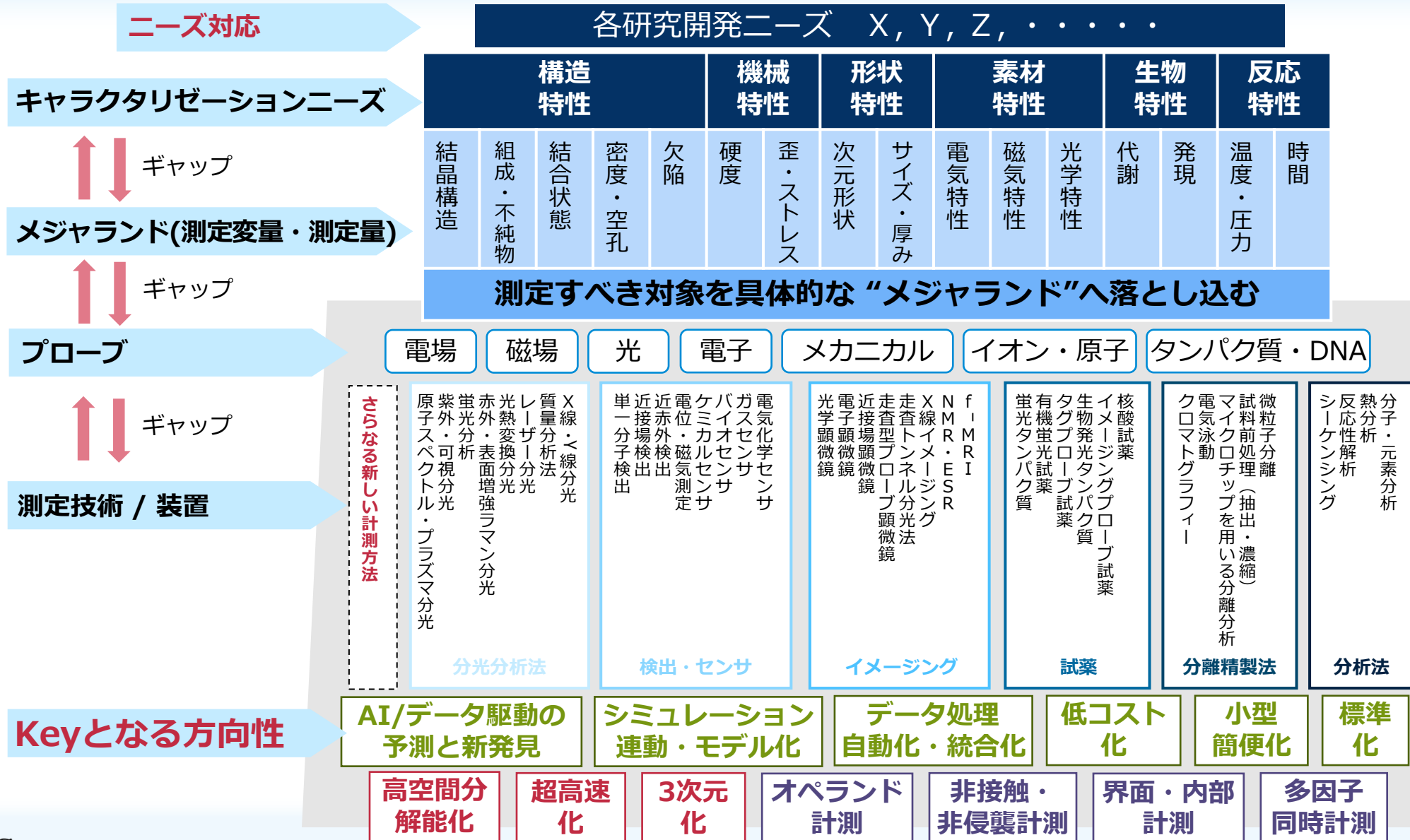
中国「主要科学機器開発」重点特別プロジェクト（2016～）

- 中国では科学技術部が「科学機器は、科学研究と技術革新の基礎であり、経済的・社会的発展と国防・安全保障のための重要な保証である。」との前提のもとに、**科学機器の自国開発能力と技術レベルを戦略的に強化し、イノベーション主導の開発を行うことを掲げた「主要科学機器開発」重点特別プロジェクトを2016年に開始。**
- ハイエンドの一般的な科学機器と専門性の高い主要科学機器に焦点を当て、画期的なコンポーネント開発・アプリケーション開発・エンジニアリング開発・工業化開発をおこなう。科学機器システムの統合と革新を促進し、中国の科学機器の内製化と産業創出を進める。
- 「機器原理検証→主要技術研究開発（ソフトとハード）→システム統合→応用実証→産業化」の全国的な科学機器開発フルチェーン展開により、科学機器開発の統合的な変革と連携を促進する企業、大学、研究開発が、共同で各々の活力と創造性を刺激するモデルを構築する。
- 技術革新、製品の信頼性と安定性による実験の強化、応用実証、製品アプリケーションの分野拡大、により、科学機器業界の持続可能な開発能力とコアコンピタンスを大幅に強化する。
- **国の科学技術計画（特別プロジェクト、基金）等を最大限に活用し、システム統合、応用開発、エンジニアリング開発、を実行するための、関連する検出原理、方法、技術、または研究装置を取得する。**
- フルチェーン展開に従って、主要なコアコンポーネント、ハイエンドの一般的な科学機器、および専門性の高い主要科学機器、の3つのタスクを段階設定する

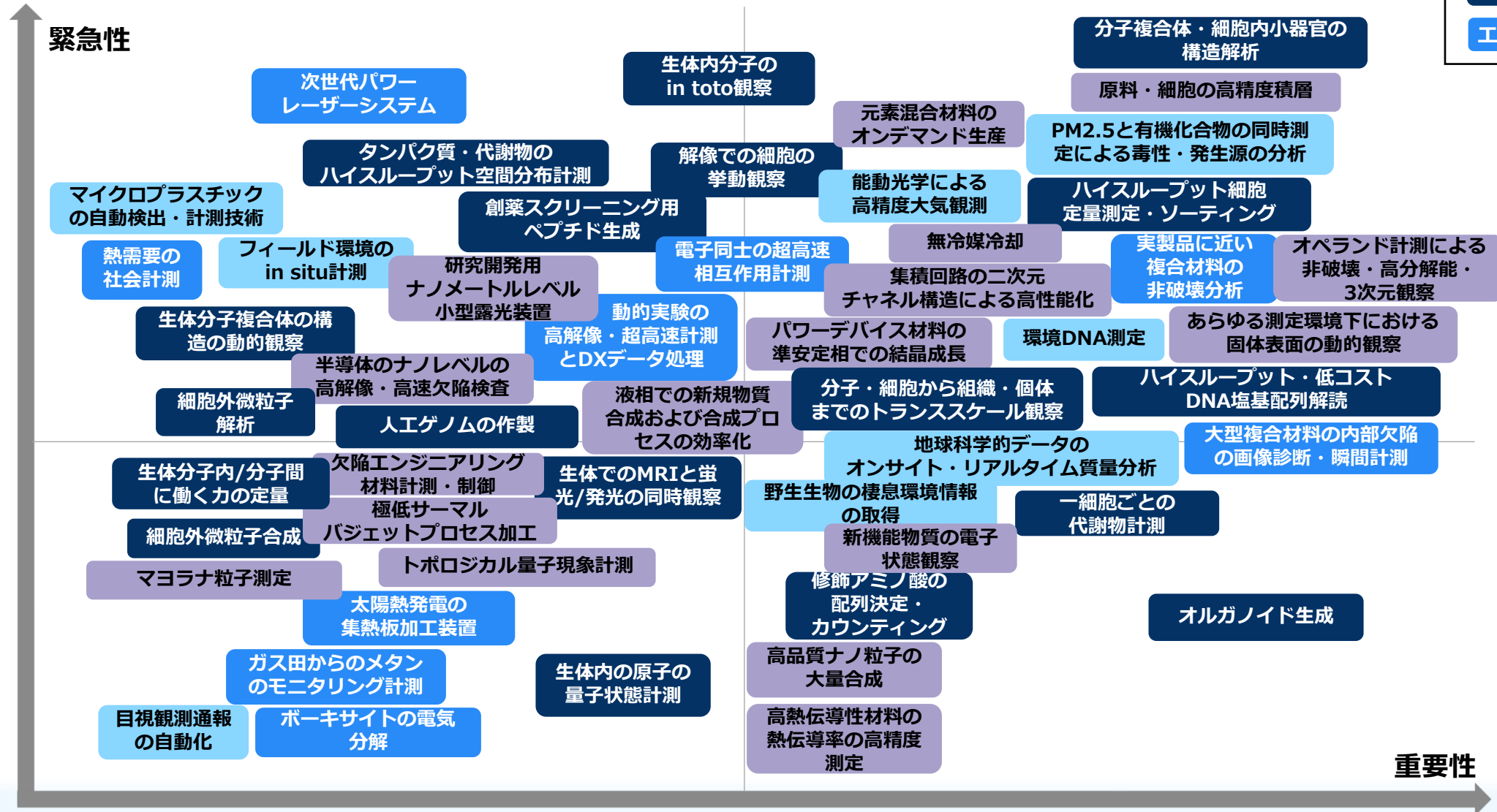
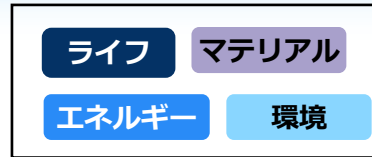
科学機器開発課題例

- | |
|--------------------------------|
| • 四重極飛行時間型液体クロマトグラフィー・質量分析装置 |
| • 四重極イオントラップ液体クロマトグラフィー・質量分析装置 |
| • 低温・強磁場用の総合物性測定器 |
| • 集束イオンビーム・電子ビームデュアル走査顕微鏡 |
| • 高性能フローサイトメーター・ソーター |

計測技術の俯瞰 (CRDS)



CRDSの研究動向俯瞰対象 全133領域（2019調査時点）から抽出した 新たな計測技術や加工技術が求められる研究ニーズのマップ



機器開発と連動した共用・利活用のエコシステム形成が課題

大学・研究機関

分野・領域 C
技術開発

分野・領域 D
要素技術開発

分野・領域 B
技術開発

分野・領域 B
α機開発拠点

新たな技術が生まれるポテンシャルを維持するためには

- ・ 無形資産としての技術的・人的な蓄積
- ・ 20~30年程の継続的な無形資産の集積および育成
- ・ 資金

世界最先端の技術レベルと向き合い、自らの技術も
研ぎ続けることで新たな技術的構想を持つ

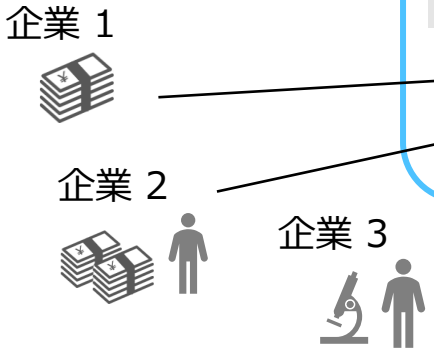
分野・領域 A
α機開発拠点

α機開発拠点は
単独の機関・複数機関
いずれも想定される



各フェーズに合わせて、開発に携
わる人材の所属をフレキシブルに
変えることが出来ると良い。

メーカー



共同開発拠点に際し以下を担う

- ・ 一定の投資
- ・ 人材の派遣、採用

新技術、α機機能をウォッチしながら技術移転や共同開発への検討、参
画を行うことが可能となる

新技術が育つ場を
意図的にデザイン

分野・領域 A

複数組織が参画する
共同開発拠点

技術移転・
共同開発

企業4
β機開発

フィードバック

β機利用

最先端の
機器利用・成果創出

ユーザー側の研究ニーズを取り入れながら、
試作機であるβ機を、普及・量産モデル化

共用拠点で新技術を利用者に
提供する技術専門者

↑ 人事交流 ↓

開発拠点で技術開発を行う研究者・メーカーの技術開発担当者

共用拠点

開発機を調達（海外の調達制度
を参考に日本の仕組み必要！）

- ・ β機の開発コストの回収
- ・ 開発投資リスクの低減
- ・ データ取得、仕様決定

若手人材への複数キャリアの提示
ポスト探索の契機