

今後の3 Cの役割分担について

平成30年3月15日

1. 先端研究施設・設備の共用

第6期科学技術基本計画を見据え、共用・共同利用関連施策間の連携の強化をどのように進めるか

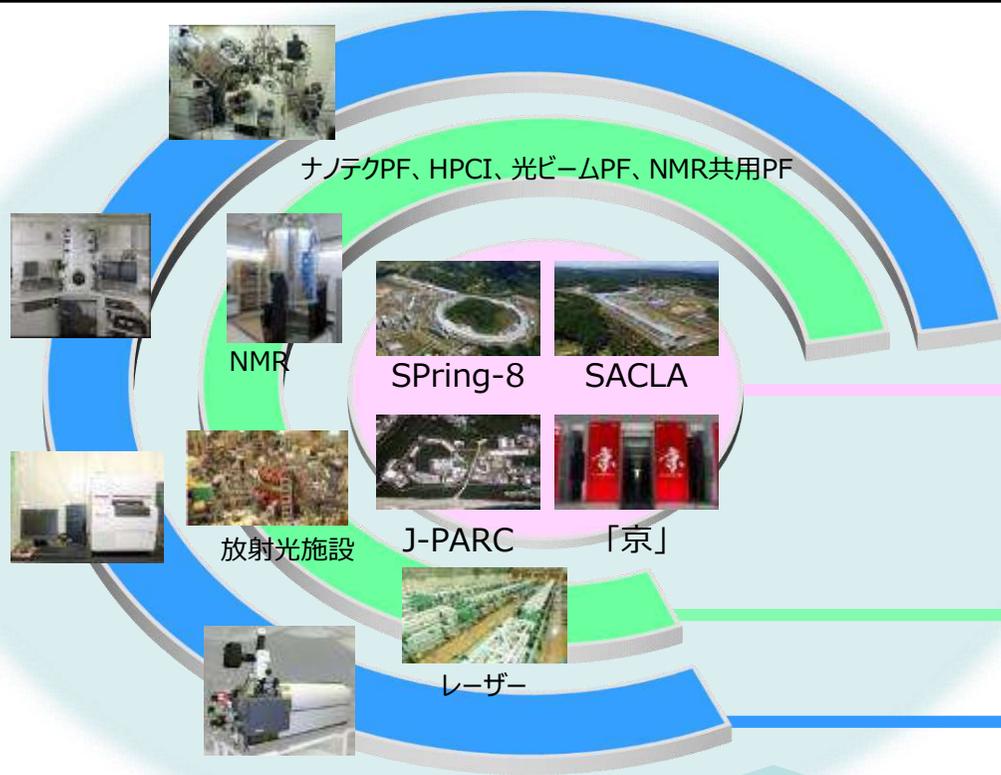
（1）今後の3Cの役割分担についてどう考えるか

- ① 特定先端大型研究施設と共用プラットフォームとの役割
- ② 各共用プラットフォームの実態を踏まえた今後の共用プラットフォームの役割
- ③ 学術研究のための先端研究施設・設備との関係

研究基盤を支える設備・機器共用及び維持・高度化等の推進方策

○ 研究開発力強化法等に基づき、研究施設、設備について広く共用を進める。また、今後一層財政状況が厳しくなる中、設備・機器の共用化などの徹底した効率化に努めていく。

- ◆ 「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」（共用促進法）に基づく最先端大型研究施設の整備・共用
- ◆ 産学官の研究者等への幅広い解放を実現する共用プラットフォームの形成
- ◆ 競争的研究費改革と連携し、研究組織のマネジメントと一体となった研究設備・機器の整備運営の早期確立を支援し、研究開発と共用の好循環を実現する新たな共用システムの導入
- ◆ 研究基盤を支える先端計測分析機器、光・量子科学技術等共通基盤技術開発の推進



最先端大型研究施設の整備・共用

〔特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律に基づき指定〕

共用プラットフォーム

〔目的に応じたプラットフォーム形成により、効率的・効果的に研究基盤を自立的に維持・発展〕

新たな共用システム導入の推進

〔競争的研究費改革と連携し、研究組織のマネジメントと一体となった研究設備・機器の整備運営の早期確立を支援〕

〔先端計測分析機器、光・量子科学技術等共通基盤技術開発を推進〕

共通基盤技術の開発

民間活力の導入等

人材育成

特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律(概要)

(平成6年6月29日法律第78号)



特定放射光施設 SPring-8 & SACLA



特定中性子線施設
J-PARC中性子線施設



特定高速電子計算機施設
スーパーコンピュータ「京」

「特定先端大型研究施設」

世界最高レベルの性能を有し広範な分野における多様な研究等に活用されることにより、その価値が最大限に発揮される大規模な研究施設

広範な分野における利活用

利用者
(大学・独法等、民間)

施設・設備等の
利用環境整備

利用に係るコース

公正な課題選定
情報提供、研究相談、
技術指導等

利用課題
の応募

施設設置者

❖ 理化学研究所

- SPring-8・SACLA
- スーパーコンピュータ「京」

❖ 日本原子力研究開発機構

- J-PARC

登録施設利用促進機関

公平かつ効率的な共用を行うため、施設利用研究に専門的な知見を有する、設置主体とは別の機関が利用促進業務を実施

- 利用者選定業務 (外部専門家の意見を踏まえた実施課題の選定)
- 利用支援業務 (情報の提供、相談等の利用支援)

※施設の区分ごとに文部科学大臣が登録

- SPring-8・SACLA (公財) 高輝度光科学研究センター (JASRI)
- J-PARC (一財) 総合科学研究機構 (CROSS)
- スーパーコンピュータ「京」 (一財) 高度情報科学技術研究機構 (RIST)

連携

実施計画の認可

実施計画の認可

業務規程の認可、改善命令

国 (文部科学省) : 共用の促進に関する基本的な方針の策定

特定先端大型研究施設の概要 ～各施設との比較～

施設名	大型放射光施設 (SPring-8)	X線自由電子レーザー施設 (SACLA)	大強度陽子加速器施設 (J-PARC)	スーパーコンピュータ 「京」
施設図				
主体	(運用主体) ✓ 理化学研究所 ✓ 高輝度光科学研究センター (運転・維持管理業務)	(運用主体) ✓ 理化学研究所 ✓ 高輝度光科学研究センター (運転・維持管理業務)	(運用主体) ✓ 日本原子力研究開発機構 ✓ 総合科学研究機構 (運転・維持管理業務)	(運用主体) ✓ 理化学研究所 ✓ 高度情報科学技術研究機構 (運転・維持管理業務)
整備・ 運用経費	✓ 建設費：約1,100億円 ✓ 年間運用経費：約98億円 (平成29年度実績)	✓ 建設費：388億円 ✓ 年間運用経費：約70億円 (平成29年度実績)	✓ 建設費：1,524億円 ✓ 年間運用経費：約110億円 (平成29年度実績)	✓ 建設費：1,111億円 ✓ 年間運用経費：約112億円 (平成29年度実績)
整備期間	✓ 6年間 (～平成9年度)	✓ 5年間 (～平成24年)	✓ 8年間 (～平成20年度)	✓ 6年間 (～平成24年度)
建設地	✓ 兵庫県佐用町 (播磨科学公園都市)	✓ 兵庫県佐用町	✓ 茨城県那珂郡東海村	✓ 兵庫県神戸市中央区港島南町 (RIKEN AICS)
経緯	✓ 平成3年11月 建設着工 ✓ 平成9年10月 共用開始	✓ 平成19年5月 建設着工 ✓ 平成24年3月 共用開始	✓ 平成13年4月 建設着工 ✓ 平成24年1月 共用開始	✓ 平成18年4月 設計開始 ✓ 平成24年9月 共用開始

共用プラットフォーム形成支援プログラム実施地域一覧（平成29年度現在）

NMRプラットフォーム

※平成28年度～
（平成25年度～平成27年度に旧補助事業を実施。）

- ◎ 理化学研究所
- ・ 横浜市立大学大学院生命医科学研究科
- ・ 大阪大学蛋白質研究所
- ・ 北海道大学先端NMRファシリティ



光ビームプラットフォーム

※平成28年度～
（平成25年度～平成27年度に旧補助事業を実施。）

- ◎ 高エネルギー加速器研究機構
- ・ 佐賀県地域産業支援センター
- ・ 高輝度光科学研究センター
- ・ 立命館大学SRセンター
- ・ 大阪大学レーザーエネルギー学研究中心
- ・ 科学技術交流財団あいしンクロトン光センター
- ・ 東京理科大学赤外自由電子レーザー研究中心
- ・ 兵庫県立大学



電磁場解析プラットフォーム

※平成28年度～

- ◎ 日立製作所研究開発グループ
- ・ ファインセラミックスセンター
- ・ 九州大学超顕微解析研究センター
- ・ 東北大学多元物質科学研究所



風と流れのプラットフォーム

※平成28年度～

- ◎ 海洋研究開発機構地球情報基盤センター
- ・ 宇宙航空研究開発機構
- ・ 東北大学流体科学研究所
- ・ 京都大学防災研究所
- ・ 九州大学応用力学研究所



MS共用プラットフォーム

※平成28年度～

- ◎ 横浜市立大学先端医科学研究センター
- ・ 国立がん研究センター研究所
（創薬臨床研究分野）
- ・ 北里研究所北里大学理学部



原子・分子の顕微イメージングプラットフォーム

※平成28年度～

- ◎ 北海道大学創成研究開発機構
- ・ 浜松医科大学
- ・ 広島大学自然科学研究支援開発センター



◎ : 代表機関
・ : 参画機関



共用プラットフォーム対象設備の概要① ～各設備との比較～

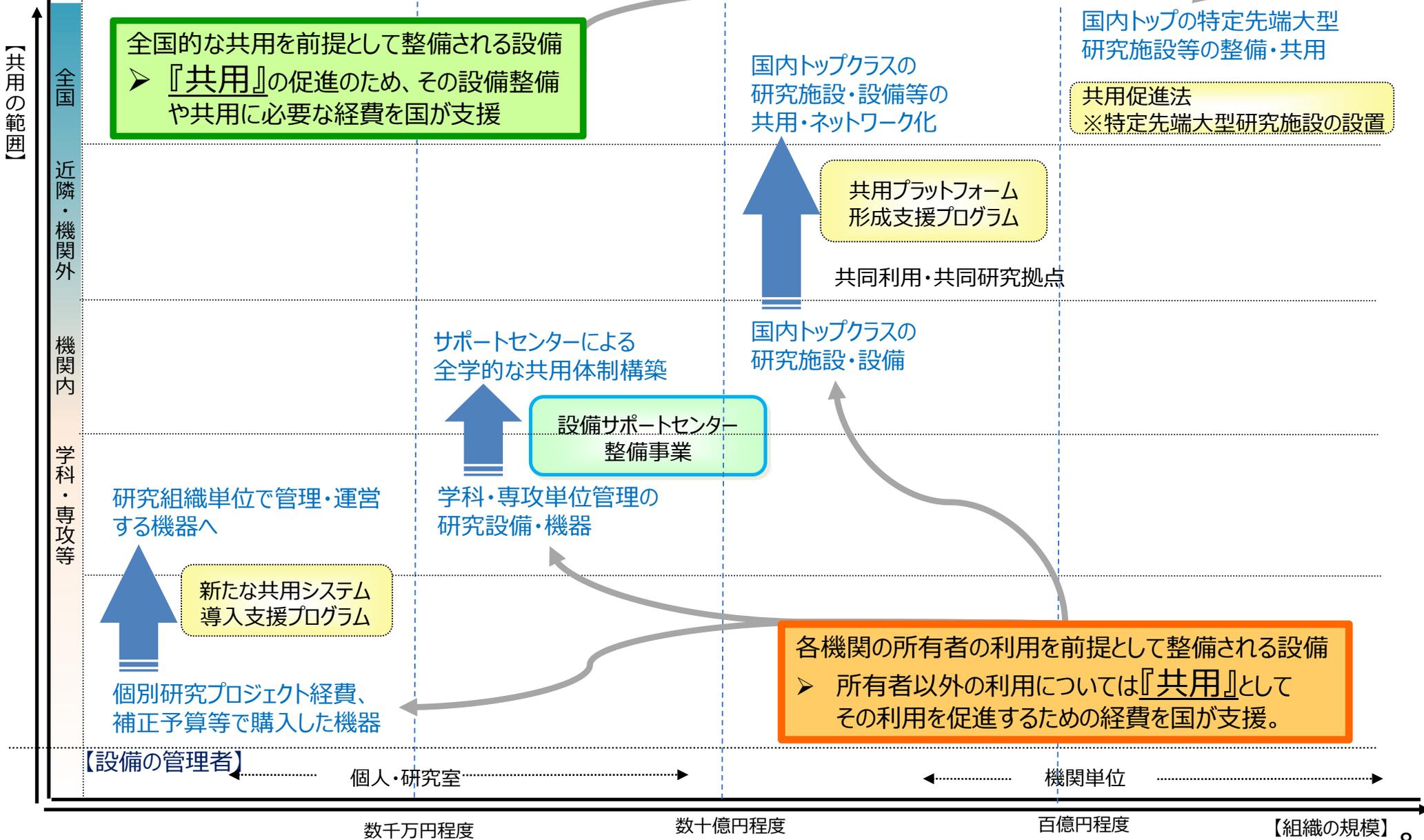
設備名	A)NMR装置 固体900MHz (左) B)NMR装置 溶液950MHz (右)	放射光科学 研究施設	A)地球シミュレーションシステム (左) B)6.5m×5.5m 低速風 (右)
設備図			
プラットフォーム名	NMRプラットフォーム	光ビームプラットフォーム	風と流れのプラットフォーム
メーカー名	A) 日本電子株式会社 B) ブルカージャパン株式会社	石川島播磨重工業(現IHI) 他 多数	A) 日本電気株式会社 B) 三菱重工業株式会社
購入資金源 (プロジェクト名)	A) 運営費交付金等 B) 文部科学省補助金	国の施設整備費等	A) 運営費交付金 B) 設備整備費補助金
購入金額	A) 615百万円(アップグレード経費含) B) 997.5百万円	17,680百万円	A) 11,479百万円 B) 991百万円
購入年度	A) 平成15年度 B) 平成26年度	昭和57年建設、 以来順次整備。	A) 平成27年度 B) 昭和40年度
設置場所	横浜市鶴見区末広町	つくば市大穂	A) 横浜市金沢区昭和町 B) 東京都調布市深大寺東町
年間維持費	20百万円/台	2,100百万円 (平成28年度実績)	A) 約2,510百万円 B) 約 10百万円

共用プラットフォーム対象設備の概要② ～各設備との比較～

設備名	イメージング質量顕微鏡	質量分析装置	超高圧ホログラフィー電子顕微鏡(1.2MV)
設備図	<p>A)  B) </p>	<p>A)  B) </p>	
プラットフォーム名	原子・分子の顕微イメージングプラットフォーム	臨床質量分析共用プラットフォーム	アトミックスケール電磁場解析プラットフォーム
メーカー名	A) 島津製作所 iMScopeβ機及びiMScope B) カメカ imS1270アップグレード	A) サーマサイエンティフィック社 Orbitrap Elite B) 島津製作所 AXIMA QIT	株式会社日立製作所 1.2MV超高圧ホログラフィー電子顕微鏡（型番なし）
購入資金源 (プロジェクト名)	A) 科学技術振興機構より無償譲渡及び 先端研究施設共用促進事業 B) 先端研究施設共用促進事業	文部科学省イノベーションシステム整備事業 (先端融合領域イノベーション創出拠点プログラム)	最先端研究開発支援プログラム (FIRST)
購入金額	A) 126百万円及び119百万円 B) 245百万円	A) 135百万円 B) 40百万円	4,300百万円（開発費）
購入年度	A) 平成24年度及び平成25年度 B) 平成25年度	A) 平成27年 B) 平成21年	平成26年完成
設置場所	A) 浜松市東区、及び広島市南区 B) 札幌市北区	横浜市金沢区福浦	埼玉県比企郡鳩山町
年間維持費	A) 各 1百万円 B) 12百万円	A) 21百万円 B) 16百万円	✓ 約20百万円（光熱費+交換部品 +機器点検費用）

大学等研究機関の研究施設・設備・機器の共用の促進について

(共用の対象)



特定先端大型研究施設と共用プラットフォームの 主な成果

特定先端大型研究施設の代表的成果①（産業向け）

- SPring-8は、微細な物質構造や状態解析が可能な[世界最高性能の放射光施設](#)（他に米国、欧州のみ）。平成9年運用開始から18年以上が経過し、世界と比しても最高水準かつ安定なビーム性能を発揮。利用者は着実に増加し、[毎年約16,000人](#)の産学官の研究者が利用。
- ネイチャー・サイエンス誌をはじめ[研究論文は累計約10,860報](#)。[産業利用割合](#)も数%から現在は約2割に達しており、国際的にも高い水準。（米国APSは約1%未満、欧州ESRFは約1割未満）

【成果】高性能・高品質な低燃費タイヤを開発

【利用期間:2003年度～, 中心研究者:岸本浩通(住友ゴム工業(株)), 研究協力者:雨宮慶幸・篠原佑也(東京大学) 他】

エナセーブ EC203

コンセプト: 長持ちする低燃費タイヤ

特長:

- 低燃費とグリップ性能を両立し、チーリング【AA-c】を達成
- **ロングライフ**を実現
 - 耐摩耗性能 9% (5リットル)・+17% (4リットル) 向上
 - 乾-コンパクトカー向けにデュオニングを施した専用パターンを採用

ターゲット:

- セグメントから乾-コンパクトカーまでの多彩な用途
- 海外から長距離までの輸送・ドライビングスタイル
- 燃費や経済性に関心の高いドライバー

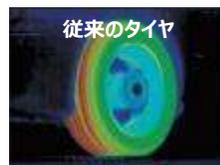
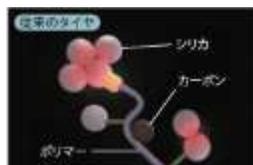
サイズ: 60サイズ【13～18インチ】

発売時期: 2014年2月より

スタンダードパターン (5リットル) 乾-コンパクトカー専用パターン (4リットル)

ロングライフ 実現済み

住友ゴムの主力商品「エナセーブPremium」他でも実用化



ゴム中の補強材（ナノ粒子＝シリカやカーボン）が凝縮して塊状となり、ゴム（ポリマー）との結合点が少ない

↓
タイヤの摩擦抵抗を39%低減し、従来品より6%燃費を向上させた低燃費タイヤの開発に成功（2011年）



シリカ粒子の分散性が増し、シリカとポリマーの結合力が向上 → グリップ性能、燃費性能ともに向上



Super Photon ring-8 GeV 兵庫県 播磨科学公園都市



物質中の百ナノメートル（ 10^{-7} m）領域の構造体のサイズや形状を測定。極めて小さな角度（10万分の1度以下）で散乱するX線を観測することで、極微小領域の構造解析が可能。→ [ゴム分子中のシリカ粒子（補強材）がつくるネットワーク構造を解明](#)。

- SPring-8独自の時分割二次元極小角X線散乱法により、ゴム中のナノ粒子の三次元配置を数百ナノメートルオーダーで精密に計測することが可能となった。全ての車両で燃費が6%向上したとした場合、消費者価格では[年間約7,000億円相当](#)（※仮定に基づく試算値）の[コストダウンによる経済効果](#)。現在は他の主要タイヤメーカーもSPring-8を利用。

【※ H25.6エネ庁データをもとに、ガソリン価格：152円/ℓ、軽油価格：132円/ℓ等を仮定（理化学研究所・JASRI調べ）】

- 更に、東京モーターショー2015では、タイヤの相反性能である[低燃費性能](#)、[グリップ性能](#)に加え耐摩耗性能の大幅な向上が可能となる[最新技術](#)を発表。

これは

- **SPring-8**の高輝度放射光によるゴム分子の構造解析、
- **J-PARC**の中性子実験による運動解析、
- **スーパーコンピュータ「京」**による大規模分子シミュレーション

を連携させた、[SPring-8を起点とした先端大型施設のローテーション・ユース](#)の成果。



東京モーターショー2015で新概念タイヤを発表する池田社長(住友ゴム)



(2016年1月作成)

NMRプラットフォームの代表的成果①（産業向け）

メーカーとの連携センターの開設（理研）

2014年11月に理化学研究所と日本電子で連携センターを設置。
NMR装置開発力の強化とNMR利用技術の拡大を目的として、

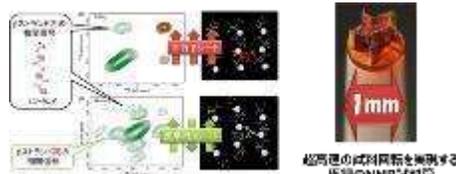
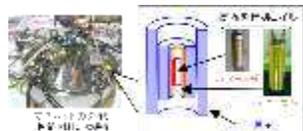
- ・世界最高磁場NMRにむけた研究開発（1.3GHz級）
- ・超高速MASによる固体NMR解析法の確立

他に

・生物系の電子顕微鏡技術の高度化を実施中。



超伝導磁石の世界最高磁場（27.6T）の発生に成功



アミロイドタンパク質の二次構造を決定する新手法の開発

フロー型高磁場NMRの開発（横浜市大）

製薬・化学メーカーでは維持管理費用や高度技術支援者の整備の問題で維持できない高磁場（950MHz）NMR装置を外部利用者に広く提供するフロー型NMRシステム*として構築。

*フロー型NMR:溶液をフローさせ、化合物の同定や化学反応の追跡が出来る。LC-NMRとして有効。



950MHzフロー型NMR・LC-装置（日立）

次期利用開発：
多核高感度フローNMR装置の利用開発
（分光器の更新と多核高感度フロー型
クライオプローブ、MS及びSPE）

波及効果：
エピゲノム創薬、天然変性領域、合成
高分子、代謝化合物、分析化学、LC-
NMR、食品化学、化学反応

DNP法によるNMRの高度化開発（阪大）

日本電子と連携し、既存の装置よりも感度が1000倍の性能を持つDNP（Dynamic Nuclear Polarization）-NMRシステムを構築。生命科学分野、材料分野等への利用が強く期待されている。



高磁場DNP-NMR装置

- ・通常の固体NMRでは測定が困難な低濃度有機成分短時間での測定が可能。
- ・共用事業により利用者には高度技術支援者の測定サポートを行っている。
- ・JSTの先端計測分析技術・機器開発プログラムで開発した機器を共用に展開した例として注目。
- ・⇒研究室の自助努力により各事業を連携。

高度化後の将来

- ・膜蛋白質複合体やアミロイド線維の細胞内直接観測
- ・無標識医薬品、機能性材料の理知的開発（→産業界から要請）

教育・実習事業/バイオ系新技術開発（北大）

NMR技術の向上の為の教育・実習を行うことで、NMRユーザー拡大に向けた活動を実施中。教材動画をインターネットを通して全国に無料配信し、ハンズオン実習と併せることにより教育効果向上。

ランタノイドプローブによるタンパク質解析技術の開発に加え、食品・農林水産分野のNMRユーザー獲得のためにNMRメタボロミクス解析にも注力。北大COIとも連携し、解析技術開発を推進。



生命系解析技術の開発：

- ・ランタノイドプローブ解析
- ・メタボローム解析
- ・HR-MAS技術の応用

- ・ICT教育システム開発
- ・装置実習コース

NMRプラットフォームの代表的成果②（アカデミア向け）

レアアースをペプチドで効率よく回収する技術

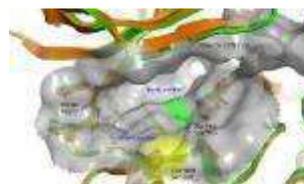
（株式会社豊田中央研究所） 理研NMR施設利用



課題であったレアアース回収技術のメカニズム解明に繋がった。また、生体分子の構造解析について、経験不足だった企業に対して、NMR共用PFが有するNMR測定を進め方、分析ノウハウ、データ解釈を提供し、**企業の人材育成に貢献**。

19F（フッ素）を創薬に繋げる基盤づくり

（帝人ファーマ株式会社） 阪大NMR施設利用



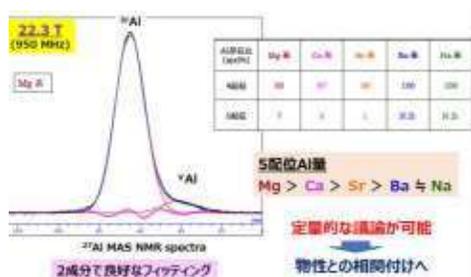
取組の背景：1991-2011年の間に645 drugs/for 21 yearsうち92個が含フッ素医薬品。2012年世界の大型医薬トップ10内の低分子医薬品がすべて含フッ素化合物。

19F-NMRスクリーニングを利用
実例：抗炎症、糖尿病、アルツハイマー病、癌、

阪大19F FBDDライブラリー(handai872)を構築。
企業とNMR共用PFが協力して創薬基盤を構築する事で創薬分野に於ける産業界の利用促進（5社）の取り組みへ繋がった。

高磁場高感度プローブを活用したガラス構造解析・ポリマー組成解析

（旭硝子株式会社） 横市大NMR施設利用



NMR共用PFの「専用装置・システム・測定・ノウハウ」と旭硝子の知見を組み合わせる事で迅速に新規の分析が可能になり、製品開発が加速。

タイヤの低燃費・耐摩耗性能向上

（住友ゴム工業株式会社） 阪大NMR施設利用



NMR共用PFの高性能なNMR装置の独自の解析手法で天然ゴムの末端基構造の解析結果から分岐構造を解明することが可能。

タイヤの低燃費性能、耐摩耗性能の向上につながる天然ゴム自体の性能向上や加工性改善、新材料開発につなげていくことが可能。

産業界では保有する事ができない“高磁場NMR装置及び高度技術支援者”が必須な状況と認識されつつある

光ビームプラットフォームの代表的成果①（産業向け）

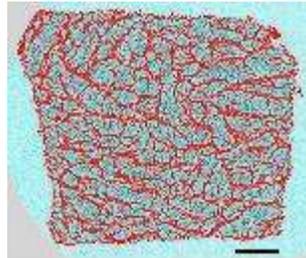
- 光ビームプラットフォームは放射光施設を有する6機関と大型レーザー施設を有する2機関で構成されるネットワーク。平成19年度開始の先端研究施設共用イノベーション創出事業を緒とし、平成25年度に技術領域の近い研究機関の連携体制としてNMR共用プラットフォームとともに光ビームプラットフォームを形成（先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業）。
- 平成28年度からプラットフォームとして2期目を開始（先端研究基盤共用促進事業）。各構成機関の共用体制は従来の取組により整っていることから、**共用は自主事業あるいは本来業務として実施**し、プラットフォームは連携に主眼を置いて、**標準化、施設連携、人材育成**を重点テーマとして活動中。
- 平成28年度における8機関の**利用実績総計は、企業等：791件、産学連携：145件、大学等：1179件。利用者人数は延べ4795人。**（KEKの共同利用、あいちSRや九州SRの産業利用などの本来業務の利用件数を含む。なおJASRIに関しては本事業に参画する産業利用推進室が所管する3本のビームラインについてのみを集計対象とした）



冷凍食品内部組織の非破壊観察

JASRI/SPring-8

冷凍保存された**食品の品質を決定する氷結晶の分布状態を可視化する技術**（高コントラスト単色X線CT）を開発した。この技術を用いて魚肉（右図 冷凍マグロ）や豆腐、麺類、根菜類などの組織観察が行われ、冷凍過程が食品組織に与える影響が検討された。



佐藤他、日本食品工学会誌 17, 89 (2016) . 論文賞受賞 (2017年)
上原他, SPring-8利用研究成果集 vol.4 No.2 pp.320-323 (2016)

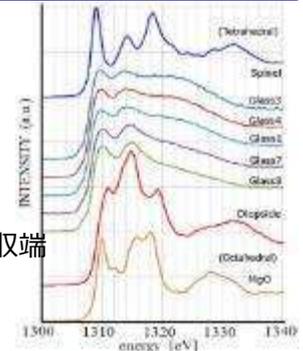
実用ガラス中のMgの新しいイメージ

NewSUBARU

Mgは実用ガラスの代表的な成分であるが、**光学性質や機械強度を決めるMgを取り込む構造（配位状態）**には謎が多い。

NewSUBARUで測定したMg K吸収端構造を合わせた研究から、Mgでは希な4配位の可能性や新しい結合モデルが提案された。

日本板硝子（株）
第57回及び58回のガラスフォトンクス討論会で発表 平成27年度トライアルユース事例



Mg K吸収端

パワーデバイス用SiC中の欠陥評価

九州SR

新しいパワーデバイス用半導体材料**SiC**は、デバイス性能発揮のために**結晶欠陥**の影響を抑制する技術開発が必要となっている。そこでX線トポグラフィにより欠陥観察を行い、**高性能デバイス実現の基盤となる解析結果**を得た(1)。

(1) 九州シンクロトロン光研究センター年報2016、p11、三菱電機(株) 古庄智明、中村 勇、メルセデス・ベンツ(株) 岡田 貴

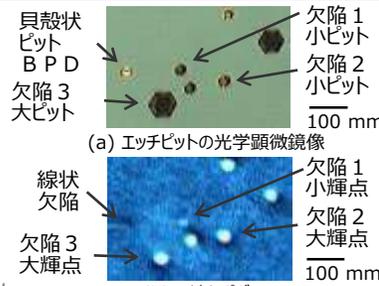
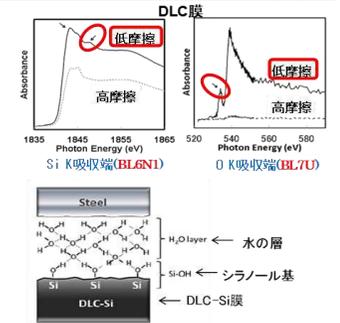


図 エピ膜付4H-SiC<11-20>4度オフ基板の同一箇所の欠陥観察結果(1)

Si含有DLC(Diamond Like Carbon)の低摩擦機構 あいちSR

駆動部品等の摺動部の**低摩擦化・耐摩耗性材料**としてSi含有DLC膜が着目されている。本検討では、モデルサンプル及び摺動部の膜表面に高Si含有DLCと低Si含有DLCを用いた場合の状態をXAFS分析し、機能発現のメカニズムを検討した。その結果、**高Si含有DLC膜でシラノール基を介した吸着水層が境界膜として作用し、低摩擦を発現していることがわかった。**

豊田中研 あいちSR成果公開利用（2016年度）



DLC-Si膜表面における低摩擦発現メカニズム

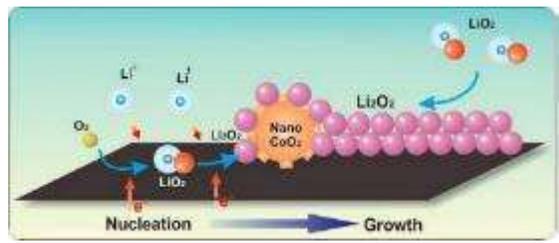
光ビームプラットフォームの代表的成果②（アカデミア向け）

- 光ビームプラットフォームは放射光施設を有する6機関と大型レーザー施設を有する2機関で構成されるネットワーク。平成19年度開始の先端研究施設共用イノベーション創出事業を緒とし、平成25年度に技術領域の近い研究機関の連携体制としてNMR共用プラットフォームとともに光ビームプラットフォームを形成（先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業）。
- 平成28年度からプラットフォームとして2期目を開始（先端研究基盤共用促進事業）。各構成機関の共用体制は従来の取組により整っていることから、**共用は自主事業あるいは本来業務として実施し**、プラットフォームは連携に主眼を置いて、**標準化、施設連携、人材育成**を重点テーマとして活動中。
- 平成28年度における8機関の**利用実績総計は、企業等：791件、産学連携：145件、大学等：1179件。利用者人数は延べ4795人。**（KEKの共同利用、あいちSRや九州SRの産業利用などの本来業務の利用件数を含む。なおJASRIに関しては本事業に参画する産業利用推進室が所管する3本のビームラインについてのみを集計対象とした）



リチウム空気電池の高性能化 立命館大SR

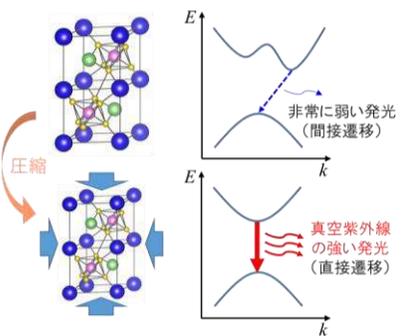
Byonらは**革新型電池として有望視されているリチウム空気電池**の性能を金属微粒子触媒によって大幅に向上させた。その評価を当SRセンターの軟X線XAFSなどを用いて行った。



H.R.Byon 他：Nature Comm.(2018), ACS Energy Lett.(2018), Nano Lett.(2016), Chem. Materials(2016), Nano Lett(2013) top 1% cited.

“圧縮”により次世代短波長LED材料を実証 阪大レーザー研

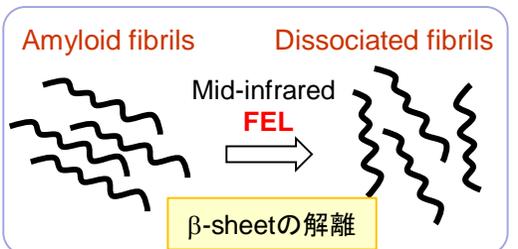
環境問題から水銀ランプの代替として真空紫外LEDの実現が求められている。従来の混晶や超格子等の手法では困難とされる中、**間接遷移型ワイドギャップ材料（LiCaAlF₆結晶）**を圧縮する事で、バンド構造が直接遷移型に変化し、**真空紫外LED材料となり得る事を、世界で初めて明らかにした。**



T. Shimizu et al., Appl. Phys. Lett. 110, 141902 (2017)

FELによる神経系難病の原因物質の分解 東京理科大FEL

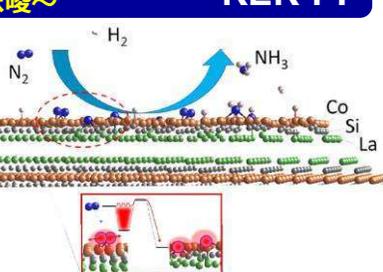
アルツハイマー病の原因物質である**アミロイドβの凝集体**に波長6.2 mmのFELを照射することにより、**凝集体を解離**できることを見出した。検体のマウスを用い、脳組織にあるアミロイドにFELを照射して、β構造の割合を減少させることにも成功した。



群馬大学・中村和裕, Cell. Mol. Neurobiol. (2018) <https://doi.org/10.1007/s10571-018-0575-8>

貴金属を使わない高性能アンモニア合成触媒を開発 KEK-PF

ハーバーボッシュ法に替わるアンモニア合成法としてルテニウム触媒等が研究されている。今回、電子が陰イオンとして働くエレクトライドのコンセプトを拡張することで**貴金属を使用しないコバルト系触媒の中で最高の活性を示すLaCoSiを開発し**、LaからCoへ電子供与されるメカニズムをX線吸収分光法で明らかにした。



東工大・細野 他, “Ternary Intermetallic LaCoSi as Catalyst for N₂ Activation”, Nature Catalysis .

第一原理分子動力学計算により窒素分子の開裂の動態を確認 15

風と流れのプラットフォームの代表的成果①（産業向け）

- 風と流れのプラットフォームは、国内有数の風洞試験設備とスーパーコンピュータをセットで供用し、分野を問わず、風と流れに関する様々なユーザーズに対応した高度利用支援を行い、流体科学に立脚する科学技術イノベーションを強力に促進。
- 充実したサポートにより、経験のない利用者でも最新の設備を利用した流体科学に基づく製品設計等が可能となり、我が国の国際競争力強化を促進。また、風工学分野等における利用も促進し、国民の安全・安心に貢献。

【成果】自動車のエアロフレームの実験 -エアロフレームはエアロか!?-

【利用期間:2017年度, 自転車メーカー】

平成28年度3月末にJAXA2m×2m低速風洞において、自転車メーカーによる自転車の車輪単体（車輪駆動）、及び自転車全体にかかる空気力を様々なデザインで比較し計測するとともに、煙による車輪、車体周りの流れの可視化を実施した。（試験の様子と、職員へのインタビューが雑誌「BiCYCLE CLUB」7, 8月号に掲載された）。数値データ非公開。風洞試験経験はなく、全面的な技術支援を要した。



試験状況 (JAXA 2m×2m低速風洞)



「BiCYCLE CLUB」7月号

【成果】未来の高速鉄道の実験 -ハイパーloop・コンペに挑戦-

【利用期間:2017年度, 慶応義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究所】

イーロンマスク氏が社長のSpace X社が主催する「ハイパーloop・コンペ」（真空チューブを高速で移動する未来の高速鉄道）出場予定の供試体の実物大風洞試験で、空気力計測（主にDrag）と煙可視化試験を実施。試験は2017年7月下旬JAXA6.5m×5.5m低速風洞で実施された。TV東京のクルーが試験状況を撮影し10月にBSジャパンで放映予定。試験の数値データは非公開。風洞試験経験はなく、全面的技術支援を要した。

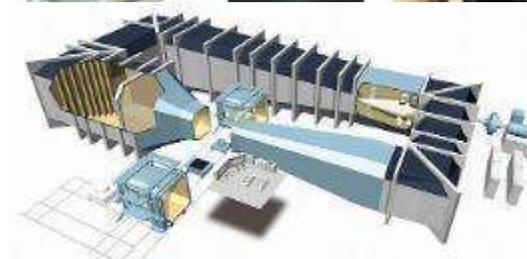


JAXA6.5m×5.5m低速風洞での試験風景



慶應大学PODのチューブ内走行映像（実際の走行映像）

「風と流れのプラットフォーム」パンフレットより引用



ハイパーloopポッドの空気力計測



ハイパーloopポッドの形状最適化

風と流れのプラットフォームの代表的成果②（アカデミア向け）

- 風と流れのプラットフォームは、国内有数の風洞試験設備とスーパーコンピュータをセットで供用し、分野を問わず、風と流れに関する様々なユーザーニーズに対応した高度利用支援を行い、流体科学に立脚する科学技術イノベーションを強力に促進
- 充実したサポートにより、経験のない利用者でも最新の設備を利用した流体科学に基づく製品設計等が可能となり、我が国の国際競争力強化を促進。また、風工学分野等における利用も促進し、国民の安全・安心に貢献。

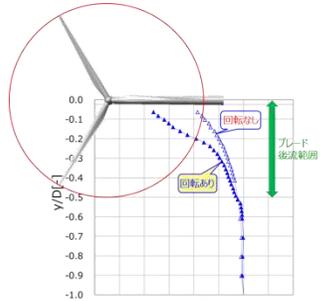
【成果】実風車模型を用いた風車後流風速の定量的評価手法の開発 - 風洞実験と流体シミュレーションの連携利用事例 -

【利用期間:2016年度, 課題責任者: 谷山賀浩 (株式会社 東芝) 他】

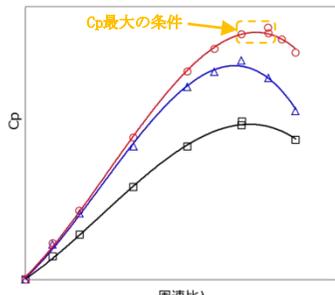


風車全体モデル

ブレード単体モデル



風車回転時と静止時の後流における風速欠損の比較



風車模型ブレードにおける周速比と圧力係数Cpの関係

- 風力発電の導入拡大には、発電事業者における事業性確保も課題の一つで、より多くの発電量確保と、故障リスクを低減する設置・配置提案が重要となる。特に山岳・丘陵などの複雑地形が多い国内においては、事前の風況解析による風況評価・診断をより高い精度にて行うことがポイントとなる。

実風車1/88の縮尺模型を用いた風洞実験による風車通過後の流れの詳細計測・評価

風車後流の欠損量の定量的評価に成功

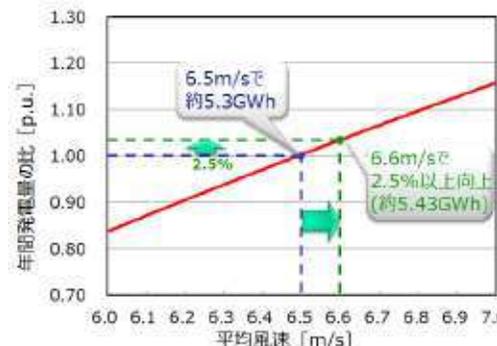
丘陵地帯における複雑乱流場の風況解析

過去には例のない、高レイノルズを対象にした急峻な傾斜角度を有する孤立地形周囲流れのLES解析にチャレンジし、孤立地形背後に剥離領域が存在する可能性を示唆することに成功

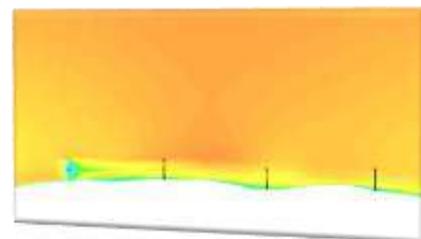
【今後期待される進展】

- 風洞実験で得られたデータをもとに大規模CFD解析にてパラメータサーベイを実施し、下流に配置された風車が上流風車から受ける風況変化を抵抗係数として記述
- 求めた抵抗係数を、後者成果である風況解析ソフトウェア“RIAM-COMPACT”の基礎方程式系へ組み込む
- 地形および風車後流を考慮した、より精度の高い風況解析が可能となり、風車健全性の事前評価、および風力発電所の事業性評価の精度向上が期待される

平成28年度風と流れのプラットフォーム 特定利用課題 利用成果報告書より引用



平均風速6.5m/sの立地地点に対し、0.1m/s平均風速の高い6.6m/sの立地地点では、年間発電量が約2.5%向上、売電収入にして約286万円/年の増加につながる。



地形を考慮した複数風車の流速

(2018年3月作成) 17

スパン中央面における主流方向風速成分の分布図、瞬間場、Re=10⁷

原子・分子の顕微イメージングプラットフォームの代表的成果①（産業向け）

イメージング質量顕微鏡

（島津製作所 iMScopeβ機・浜松医科大学）
（島津製作所 iMScope・広島大学）

- 浜松医科大学と島津製作所が、先端計測分析技術・機器開発プログラムで開発・製品化した分析装置。
- 顕微鏡観察と質量分析装置が一体化。

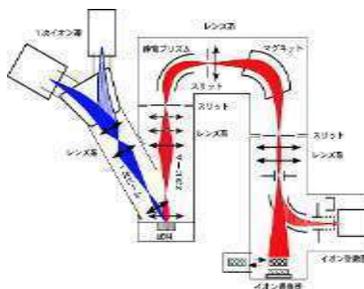


ガンやアルツハイマーなどの疾患と代謝異常を、組織レベルで明らかに。

同位体顕微鏡システム

次世代同位体顕微鏡システム（北海道大学）

- 仏カメカ社の二次イオン質量分析計 + 独自開発した検出器。
- マイクロ領域における同位元素の3次元分布を、高精度イメージングできる世界唯一の装置。



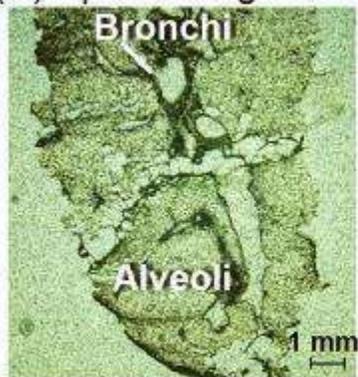
本来の宇宙科学分野の用途以外に、バイオ・材料など広い分野で利用されている。

【成果】組織内の漢方薬「麻黄湯」成分を可視化

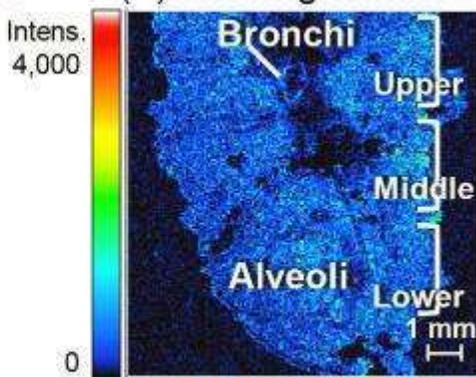
株式会社ツムラ

Matsumoto et al. Sci. Rep.2017

(D) Optical image: Maoto



(E) Ion image: Maoto



EPD m/z 166.12

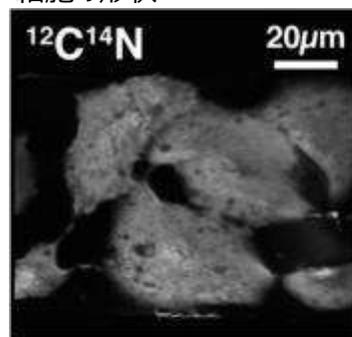
麻黄湯を経口投与したラットにおける肺の肺胞、気管支に、漢方薬麻黄湯成分であるエフェドリン（EPD）が分布していることを示した初めての報告。薬理作用（呼吸改善）の解明をサポートするデータである。

【成果】細胞内に取り込まれた核酸物質の局在を観察

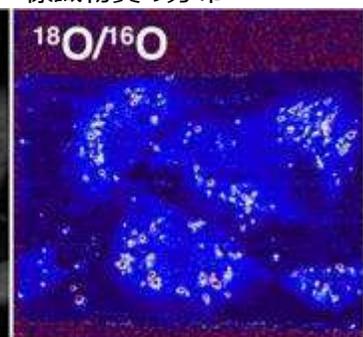
株式会社ボナック

Hamasaki et al. Nucleic Acids Research 2013

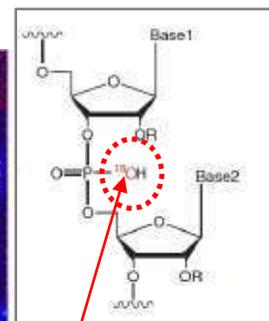
細胞の形状



標識物質の分布



0 Natural 1 2
Isotope abundance (%)



18O標識

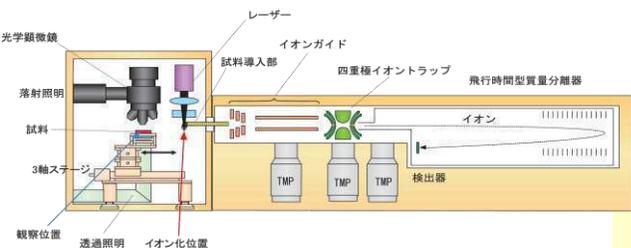
開発した薬（核酸物質）が細胞内にどのように取り込まれるかを観察。蛍光等の標識物質を使用すると薬の動態が変わる可能性があるため、薬内Oの一部を安定同位体¹⁸Oを置き換えることで化学的性質を変えずに標識し、本来の局在を観察することに成功した。

原子・分子の顕微イメージングプラットフォームの代表的成果②（アカデミア向け）

イメージング質量顕微鏡

（島津製作所 iMScope β 機・浜松医科大学）
（島津製作所 iMScope・広島大学）

- 浜松医科大学と島津製作所が、先端計測分析技術・機器開発プログラムで開発・製品化した分析装置。
- 顕微鏡観察と質量分析装置が一体化。

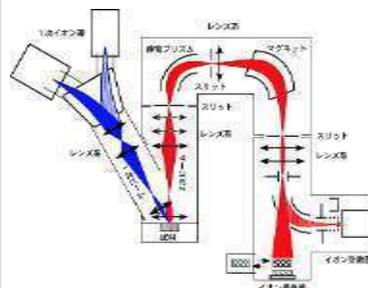


ガンやアルツハイマーなどの疾患と代謝異常を、組織レベルで明らかに。

同位体顕微鏡システム

次世代同位体顕微鏡システム（北海道大学）

- 仏カメカ社の二次イオン質量分析計 + 独自開発した検出器。
- マイクロ領域における同位元素の3次元分布を、高精度イメージングできる世界唯一の装置。

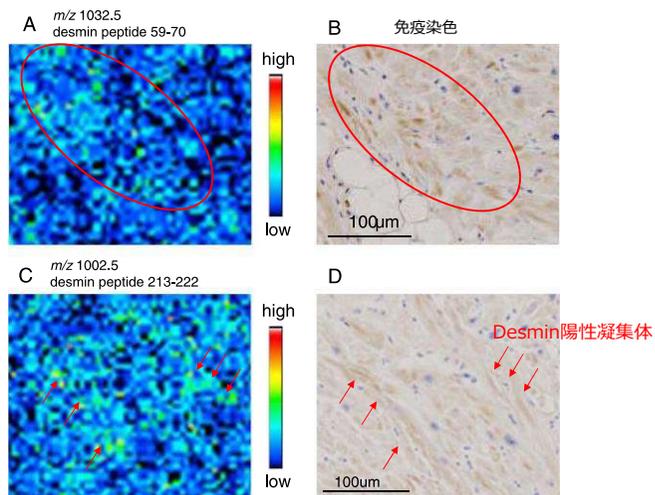


本来の宇宙科学分野の用途以外に、バイオ・材料など広い分野で利用されている。

【成果】心筋症における患者特異的なペプチドを可視化

東京大学医学部人体病理学・病理診断学分野

Shintani *et al.* BBA 2017

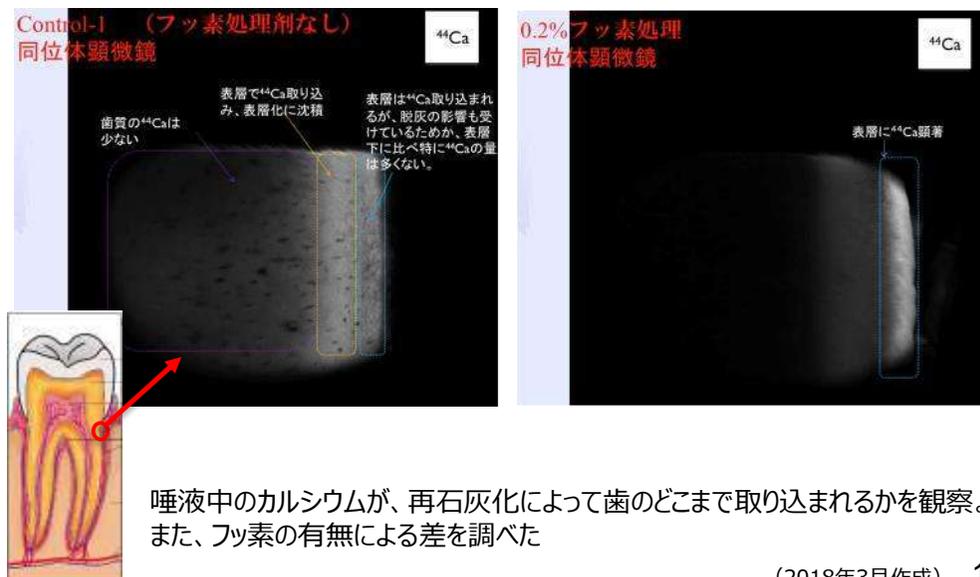


デスミン心筋症における患者特異的なデスミンペプチドを可視化。
20年以上前のホルマリン固定パラフィン包埋組織からのペプチド断片の可視化に成功。

【成果】むし歯予防製品などの有効性評価

東京医科歯科大学大学院う蝕制御学分野

Hiraishi *et al.* Dental Mate. 2018



唾液中のカルシウムが、再石灰化によって歯のどこまで取り込まれるかを観察。
また、フッ素の有無による差を調べた

臨床質量分析共用プラットフォームの代表的成果①（産業向け）

- MS共用PFは、7機種17台のMSを有する国内最大、国際競争力をもった共用PF。MSを用いた疾患関連蛋白質の同定、翻訳後修飾や複合体の解析、特定の蛋白質の選択的検出等の技術支援を実施。また、実習会等の開催、実験書等の出版により技術の普及に努めている。
- 毎年80以上のプロジェクト研究チームが利用。Nature系雑誌、Immunity、PNASなどの国際的に著名な雑誌に多数の論文が発表された。

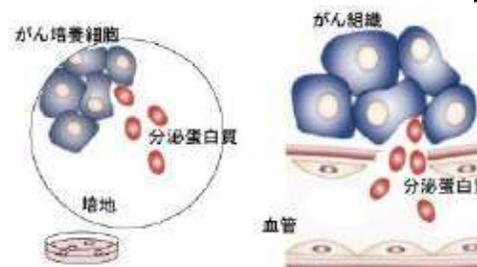


【成果】診断マーカーの開発

(a) 卵巣明細胞がん診断マーカーの開発

【利用期間:2016年度～, 中心研究者:荒川憲昭(横浜市立大学), 研究協力者:平野 久(横浜市立大学) 他】

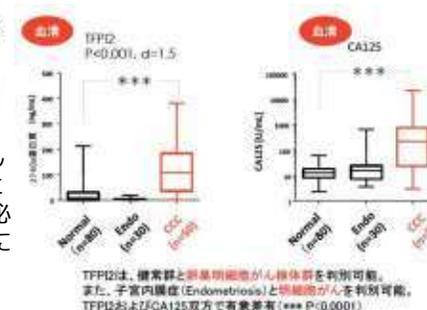
卵巣明細胞がん細胞から培養液中に分泌された蛋白質を質量分析装置によって解析し、組織因子経路インヒビター-2 (TFPI2) が特徴的に分泌されていることを見いだした。TFPI2が卵巣明細胞がん患者血清中でも発現が高くなるを確認し、卵巣明細胞がんを診断できる血液のバイオマーカーとして有用であることを明らかにした。横浜市立大学及び奈良県立医科大学で収集された多数の検体を用いて検証した結果、卵巣明細胞がんの検査において、高い有用性が期待できることを確認した。これまでの診断マーカーでは子宮内膜症と卵巣明細胞がんを識別できなかったが、TFPI2は、子宮内膜症では発現量が増加しないことがわかった。東ソー株式会社がこのTFPI2の検出試薬を作製し、横浜市立大学次世代臨床研究センターによる臨床データや研究全体の進捗管理の支援を受けて400例以上の婦人科腫瘍患者検体を用いて解析を行った。その結果、TFPI2は、明細胞がんの患者血液中だけに高い濃度で存在することがわかり、明細胞がんの血清診断に有用であることが明らかになった。感度 71.4%, 特異度 97.3%, 精度 96.2%, 効果量 $d=1.5$ でバイオマーカーとして優れた特徴を示した。



培養細胞から培地に分泌される蛋白質は、がん組織・細胞から血液に分泌される可能性が高いと考え研究が行われた。実際に、培養細胞から分泌された蛋白質の中にTFPI2のような診断マーカーに適した蛋白質を見いだすことができた。

MS共用PF

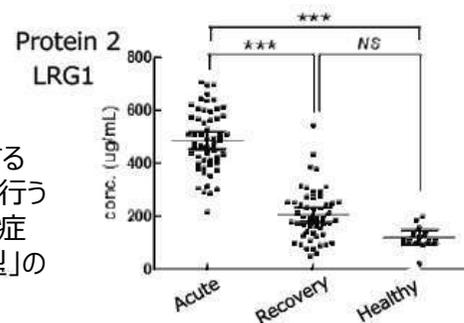
MS共用PFは、横浜市立大学が代表機関、国立がん研究センター研究所と北里大学が実施機関となっている。



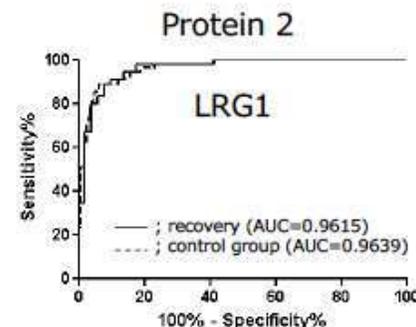
(b) 川崎病診断マーカーの開発

【利用期間:2016年度～, 中心研究者:木村弥生(横浜市立大学), 研究協力者:平野 久(横浜市立大学) 他】

小児の原因不明の急性熱性発疹性疾患である川崎病の病態の変化に伴って発現が変動する蛋白質を質量分析によって見いだした。そして、これを用いた早期診断及び治療効果の判定を行うことができる技術を開発した。本技術は、患者血清中のこれら蛋白質濃度を測定し、その他炎症性疾患と川崎病とを識別することができる。また、これまで川崎病で大きな課題であった「不全型」の早期診断や治療不応例、冠動脈形成例などの予後を予測することができる。



川崎病を診断できるマーカー、LRG1が見いだされた。



ROC解析の結果から、LRG1が診断マーカーとして優れていることがわかった。

【今後期待される進展】

質量分析を用いて診断マーカーや創薬ターゲット蛋白質分子、機能性蛋白質、アレルゲンなどが次々と見いだされると期待される。

臨床質量分析共用プラットフォームの代表的成果②（アカデミア向け）

- MS共用PFは、7機種17台のMSを有する国内最大、国際競争力をもった共用PF。MSを用いた疾患関連蛋白質の同定、翻訳後修飾や複合体の解析、特定の蛋白質の選択的検出等の技術支援を実施。また、実習会等の開催、実験書等の出版により技術の普及に努めている。
- 毎年80以上のプロジェクト研究チームが利用。Nature系雑誌、Immunity, PNASなどの国際的に著名な雑誌に多数の論文が発表された。

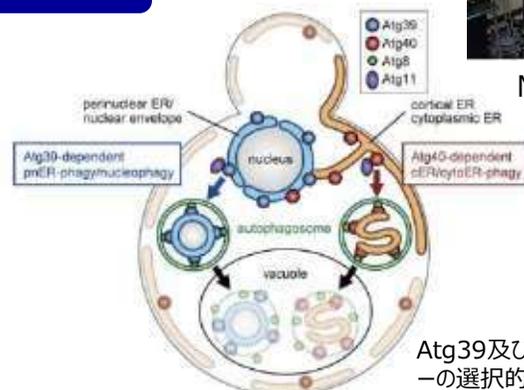


【成果】蛋白質複合体、蛋白質翻訳後修飾の解析

(a) オートファジーにおける選択的分解機構の解析

【利用期間:2016年度～, 中心研究者:中戸川 仁、大隅良典(東京工業大学), 研究協力者:平野 久(横浜市立大学) 他】

ユビキチン・プロテアソーム系が細胞質における選択的蛋白質分解の主役であるのに対し、オートファジーは細胞質成分をリソソームで分解するための主要分解機構である。オートファジーには、多種類の蛋白質が関わっている。今回の研究で、オートファジーの選択的分解に関与する新規な蛋白質、Atg39及びAtg40が同定された。Atg39は、核周囲ER(または核膜)に局在化し、核の一部のオートファジーを誘発する。Atg40は、皮質および細胞質のERに存在し、ERサブドメインをオートファゴソームに包み込むために必要であることが明らかになった(Michidaら Nature 2015, IF: 40.137)。



MS共用PF

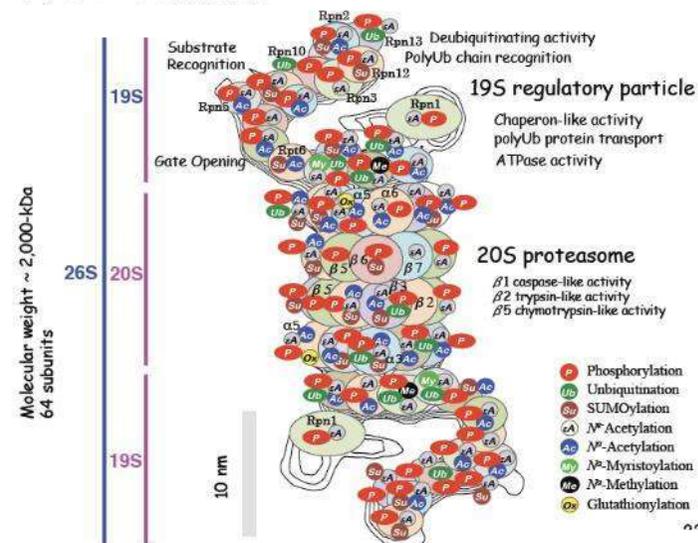
MS共用PFは、横浜市立大学が代表機関、国立がん研究センター研究所と北里大学が実施機関となっている。

Atg39及びAtg40が関与するオートファジーの選択的分解の機構(Nature 2015)

(b) 転写因子IR5の活性制御機構の解析

【利用期間:2016年度～, 中心研究者: 田村智彦(横浜市立大学), 研究協力者:平野 久(横浜市立大学) 他】

免疫疾患である全身性エリテマトーデス(SLE)は、インターフェロン調節因子の一つである転写因子IRF5の異常が関係しているとみられる。IRF5と結合する蛋白質を、免疫沈降させ、IRF5複合体構成成分を、質量分析装置を用いて調べた。そして、IRF5にはプロテインキナーゼLynが結合することを明らかにした。LynがIRF5に結合してIRF5のリン酸化を抑制することによってIRF5の活性を制御し、免疫システムを正常に維持していると考えられた。Lynの発現を抑え、IRF5の過剰発現を防ぐことができれば、SLEの治療法を開発できる可能性がある (Banら Immunity 2016, IF: 22.845)。



(c) 蛋白質複合構成サブユニットの翻訳後修飾の検出と機能解析

【利用期間:2016年度～, 中心研究者:平野 久(横浜市立大学), 研究協力者:木村弥生(横浜市立大学) 他】

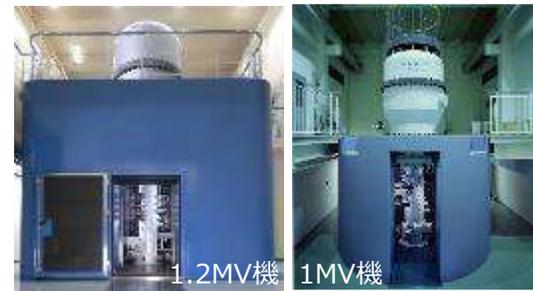
酵母26Sプロテアソームの翻訳後修飾を質量分析などを用いて網羅的に検出した。そして、修飾できない変異体を作成して、アセチル化、リン酸化、ミリストイル化、メチル化などの役割を明らかにした (Hiranoら J Proteomics 2017, 総説IF: 3.914)。

アトミックスケール電磁場解析プラットフォームの代表的成果①（産業向け）

2台の超高圧ホログラフィー電子顕微鏡（加速電圧1MV、1.2MV）

アトミックスケール電磁場解析プラットフォーム 対象設備

- 1.2MV 超高圧ホログラフィー電子顕微鏡は、原子分解能の電子顕微鏡であると同時に、原子レベルの分解能で電磁場を観察できる世界唯一の装置。透過能の高い高エネルギー1.2MeVの電子ビームが得られる超高圧電子顕微鏡では世界で唯一、レンズ収差補正器を搭載。最先端研究開発支援プログラムの助成を受け、総額43億円で開発し、2014年に完成
- 1MV ホログラフィー電子顕微鏡はCREST/SORSTで開発し2000年に完成した世界初の超高圧ホログラフィー電子顕微鏡
- 国内外の電子顕微鏡研究者のコミュニティ内で利用を進めていたが、電子顕微鏡専門家以外の研究者に広く活用いただくために平成29年度から共用プラットフォーム事業を開始。得られた結果は利用者が発表に向けて検討中のため未公開

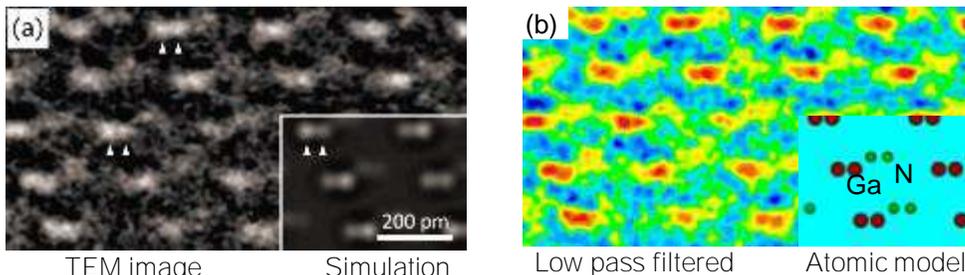


【世界No.1成果@1.2MV】世界最高分解能※1（記録保持期間2014.2～2017.8）、材料内部磁場を世界最高分解能で計測※2（記録保持中）

※1【研究期間:2010年～2014年, 中心研究者: 外村彰 (日立製作所&理研) 他】
(2010.3～2014.3: 内閣府 最先端研究開発支援プログラム (FIRSTプログラム))

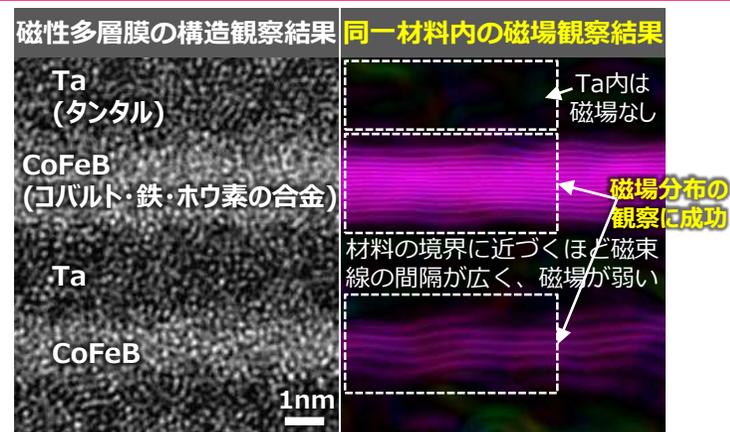
※2【研究期間:2015年～, 主たる研究者: 谷垣俊明 (日立製作所) 他】
(2015.12～: J S T 戦略的創造研究推進事業 チーム型研究(CREST))

○ “世界No.1.の性能”を掲げ、世界No.1研究者との連携を加速してイノベーション実現へ



GaNの結晶を用いて、Ga原子の間隙44 pm (当時の世界最高分解能)を確認

W単結晶により43pmも確認 T. Akashi et al., *Appl. Phys. Lett.* 106 (2015) 074101.

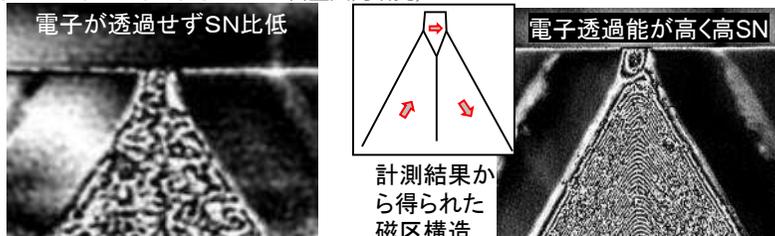


材料内部の磁場を世界最高0.67nmの超高分解能で計測

T. Tanigaki et al., *Scientific Reports* 7, Article number: 16598 (2017)

【成果@1MV】 HDD用磁気ヘッドの磁区の計測

【利用期間:2005年度～2012年度, 中心研究者: 外村彰 (日立製作所&OIST)、平田京(TDK)他】
(2005.11～2012.10: OIST-TDK-日立共同研究)



超高圧ホログラフィー電顕によりヘッド先端を薄膜化せずに磁区計測に成功

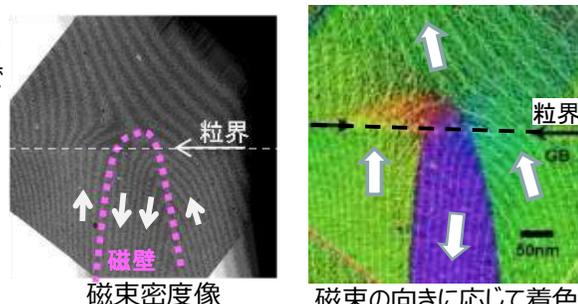
(左図: 300kVホログラフィー電顕 右図: 1MV超高圧ホログラフィー電顕)

K. Hirata, et al., *J Electron Microsc.* 2012;61(5):305-8

【成果@1.2MV】 NdFeB磁石の計測 高保磁力磁石開発に貢献

【利用期間:2014年度～, 主たる研究者: 菅原昭 (日立製作所) 他】 (2014.10～: 日立自主研究)

- 外部磁場印加によって永久磁石の磁壁が移動する様子を高分解能で観察し、保磁力のメカニズム解明を目指している。
- 磁区は困難軸方向に成長するとともに結晶粒界で止まるという予想に反し、隣接粒内にも進行することを見出した。



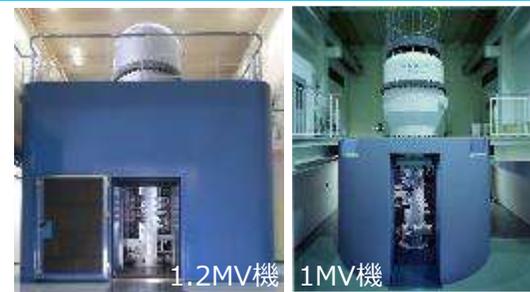
NdFeB磁石において結晶粒界を越えて成長する磁区を初めて捉えた

アトミックスケール電磁場解析プラットフォームの代表的成果②（アカデミア向け）

2台の超高圧ホログラフィー電子顕微鏡（加速電圧1MV、1.2MV）

アトミックスケール電磁場解析プラットフォーム 対象設備

- 1.2MV 超高圧ホログラフィー電子顕微鏡は、原子分解能の電子顕微鏡であると同時に、原子レベルの分解能で電磁場を観察できる世界唯一の装置。透過能の高い高エネルギー1.2MeVの電子ビームが得られる超高圧電子顕微鏡では世界で唯一、レンズ収差補正器を搭載。最先端研究開発支援プログラムの助成を受け、総額43億円で開発し、2014年に完成
- 1MV ホログラフィー電子顕微鏡はCREST/SORSTで開発し2000年に完成した世界初の超高圧ホログラフィー電子顕微鏡
- 国内外の電子顕微鏡研究者のコミュニティ内で利用を進めていたが、電子顕微鏡専門家以外の研究者に広く活用いただくために平成29年度から共用・プラットフォーム事業を開始。得られた結果は利用者が発表に向けて検討中のため未公開

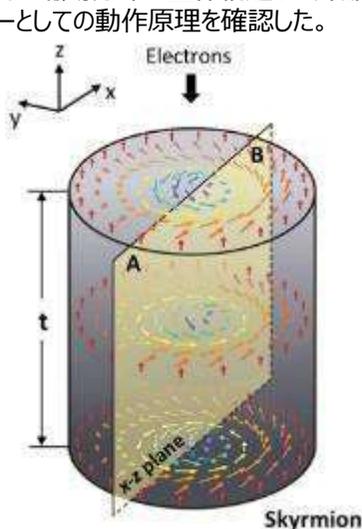


【成果】スピントロニクス材料物性の計測@1MV

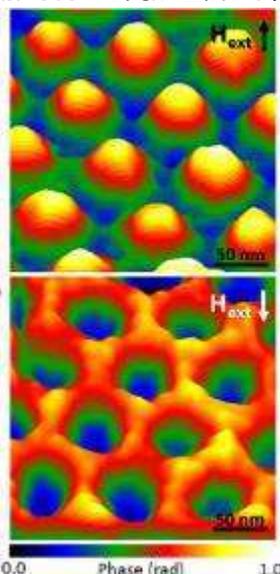
【研究期間:2010年～ 中心研究者：外村彰（日立製作所&理研）他】
 (2010.3～2014.3：内閣府 最先端研究開発支援プログラム（FIRSTプログラム）)
 (2014.4～ :理化学研究所－日立製作所共同研究)

超低消費電力デバイスや高感度センサなどを実現する新機能性材料の開発を目指し、単なる微細化や組み合わせでは実現できない驚くべき物性や機能が発現する物質原理を探求する研究に原子レベルの磁場計測で貢献している。

低消費電力デバイスの材料として注目を浴びている、微小な磁気渦“スキルミオン”の計測を実施し、磁場分布の立体構造や、外部磁場の印加で渦の方向が逆転する様子を捉え、メモリーとしての動作原理を確認した。



深さ方向(t=500nm)の磁場分布を超高圧ホログラフィー電顕で計測

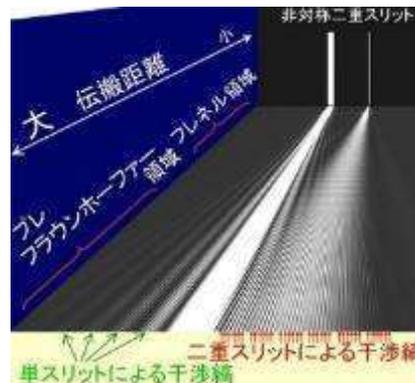


外部磁場の反転で磁場の渦の方向が逆転することを捉えた

【成果】電子の二重性の不思議解明のために Which-way experimentへの挑戦@1.2MV

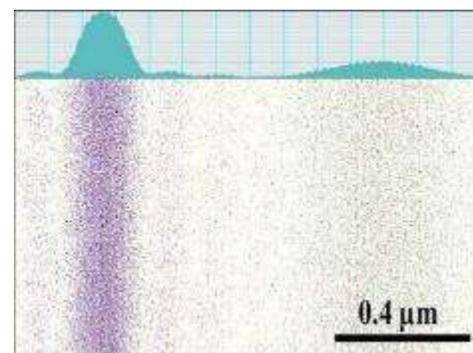
【研究期間:2017年～, 主たる研究者：原田研（理研）他】
 (2017.4～ :理化学研究所－日立製作所共同研究)

不確定性原理によって説明される波動/粒子の二重性を明示する二重スリットの実験において、粒子（電子や光子など）がどちらのスリットを通過したかを検出（粒子性の確認）した上で、干渉縞を検出（波動性の確認）する工夫を施した実験の総称を which-way experimentといい、まだ誰も成功していない。今回、実験系を変えずにスリットを実質的に開閉できる構成で実験を行った。



本実験のイメージ図

左右それぞれの単スリットの投影像は個別に観察されるが、両方のスリットを通過した電子波の干渉縞も観察される



単電子像を分類した干渉パターン

スリットを通過した電子を一個ずつカウントし、通過したスリットに応じて3通りに色付けて合成描画した結果。青：左、緑：右、赤：両方

両方のスリットを通過したと考えられる電子が干渉縞形成に寄与していることが確認できた。この結果は、干渉に寄与した電子のみを検出できる可能性を示しており、干渉縞を形成した電子がどちらのスリットを通過したかを分類する究極の実験「which-way experiment」への手がかりを得たといえる。