

アトミックスケール電磁場解析プラットフォーム の取組状況

株式会社 日立製作所 研究開発グループ
基礎研究センター

品田博之

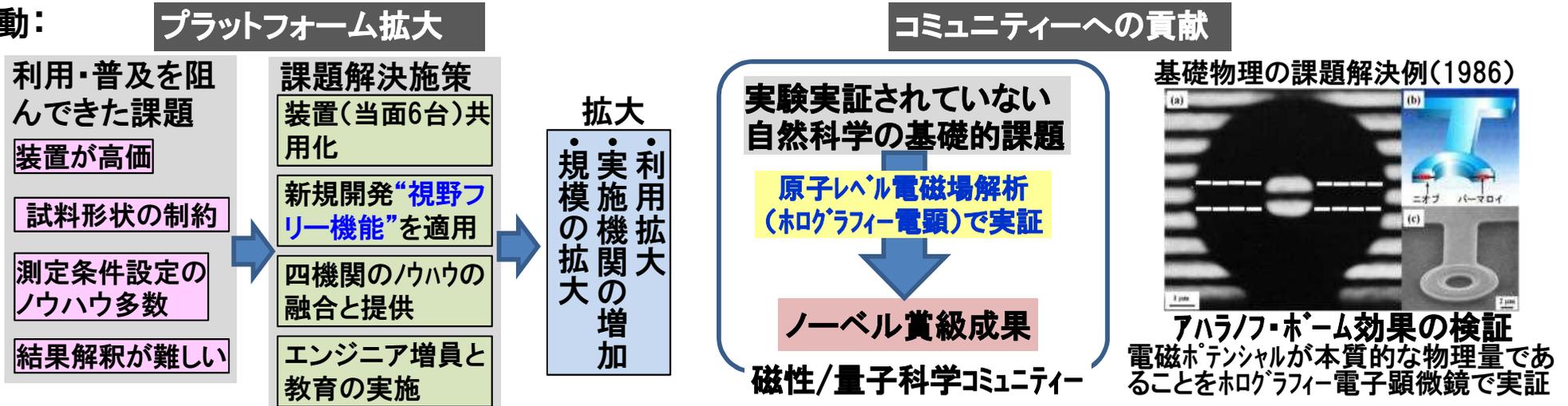
アトミックスケール電磁場解析プラットフォームの事業概要

世界最高分解能超高圧ホログラフィー電子顕微鏡をはじめとするアトミックスケール電磁場計測装置及び技術を、国内外の第一線の材料研究および量子物理分野の課題解決に広く活用できるように共用プラットフォーム化し、イノベーションの創出を目指す(平成29年度から事業開始)

1)体制:

	機関名称	各機関の特徴と主な分担
代表機関:	日立製作所基礎研究センタ	世界最高分解能超高圧ホログラフィー電子顕微鏡,他3台の装置で計測.
実施機関	(一財)ファインセラミックスセンター	ホログラフィー電子顕微鏡の産業界ユーザー向け計測の多くの実績を活用.
	九州大学超顕微解析研究センター	金属系材料計測の研究成果多.磁性材料中心に計測・解析を担う.
	東北大学多元物質科学研究所	幅広い物質科学の研究成果多.主に計測結果の解析を担う.
協力機関	大阪大学超高圧電子顕微鏡センター	超高圧電子顕微鏡の運用・共用化で実績多.各種アドバイスを頂く.
	理化学研究所創発物性科学研究所	日立と共同でホログラフィー電顕の応用研究実績多.各種アドバイスを頂く.

2)活動:



3)適用研究分野: 超電導,新磁石,電池などの材料分野及び量子力学をはじめとする基礎科学分野.

4)人材育成: 本PFでは,これまで電子線ホログラフィー技術を習得していないユーザーへの実験指導だけでなく,データ解析など高レベルでのアドバイスをを行うとともに,初心者から経験者迄それぞれのレベルに応じたセミナーを開催し,電子線ホログラフィーによりアトミックスケールで電磁場解析できる研究者・技術者の育成を図る.

本共用事業開始(平成29年度)以前の状況

- 平成28年度はFS採択期間:国際シンポジウム開催と受け入れ態勢の構築を実施
- 装置共用は平成29年度から開始

- それまで世界唯一の超高圧ホログラフィー電子顕微鏡の装置共用は行われていなかった。
- 外部者のホログラフィー電子顕微鏡利用は、特定の企業や研究機関との中長期的な共同研究によるものがほとんどであり、短期的・単発的な利用はごくわずかであった。

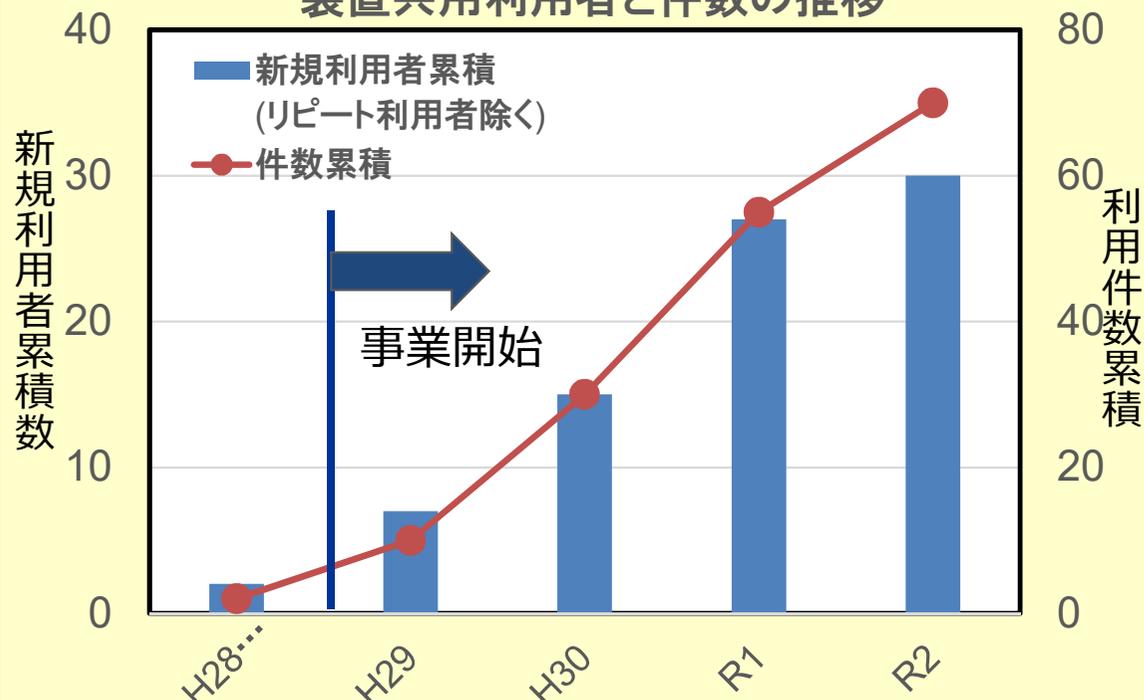
代表・実施機関	事業開始前のホログラフィー電子顕微鏡の状況	その他・備考
日立製作所	理研、京大との共同研究以外は、東北大、九大、Harvard大、CEMES(仏)などのホログラフィー電顕の研究者との連携のみで、いわゆる装置共用は実施していなかった。	平成26年度、FIRSTの助成により世界唯一の1.2MV超高圧ホログラフィー電顕完成
ファインセラミックスセンター	国からの委託研究と民間企業との中長期的共同研究(年に数件)に加えて年に1~2件の短期的な依頼観察を実施していた。	通常電子顕微鏡などの分析機器に関しては機器利用制度が活用されていた
九州大学	九大のホログラフィー電顕(平成28年度本格稼働)は本事業以前に共用は実施せず。	ホログラフィー電顕以外の装置ではナノテクPF事業に参画
東北大学	機器利用の制度自体は存在したが、外部者の利用例としては中長期的共同研究のみで、短期的・単発的な利用例はなかった。	

事業開始(H29年度)により実現できたことの総括

■ 電子線ホログラフィー計測を知らなかった新たなユーザを開拓できた

- 毎年一定数の新たな利用者があられ、かつ、その半数以上がリピーターとなっている。

装置共用利用者と件数の推移



- 本事業でなければ機会が得られなかった代表例

本事業の効果例	代表具体例
従来のコミュニティでは開拓できなかった異分野の研究者との連携	•宇宙塵磁性計測 •「はやぶさ2」小惑星物質分析(予定)
大規模共同研究提案が難しいチャレンジングな基礎基盤研究	BKT転移の実験検証 2016ノーベル物理学賞を受賞した理論を、固体材料で初めて実験検証*に成功
以前は競合していた他社との敷居が下がり連携開始	国内半導体メーカー研究所の次世代磁性メモリ材料の計測

*利用機関から論文掲載のタイミングでニュースリリース予定

■ 最新の開発技術をすぐに産業分野の外部ユーザ利用に適用

- サブナノメートル分解能の世界最高分解能磁場計測技術⇒次世代メモリ等磁性材料
- 半導体接合電位の精密計測技術⇒GaN, GaAs等化合物半導体の解析

■ 幅広い課題へ対応することで実施担当者の実験技術が向上

■ 今後の開発課題探索⇒観察中電位印加、磁場印加、光照射等のホルダ開発ニーズ等把握

中間評価時総合評価コメントに関して

【中間評価時総合評価コメント】

- 単独の機関で保有困難な高度な先端機器であり、機器利用による波及効果は高いため、**利用増加に向けた課題**を分析する必要がある。
- プラットフォーム化することの**効果が見えづらく**、プラットフォームとしてどのように進めるべきか再検討する必要がある。

■ 利用増加に向けた課題とその施策

課題	施策	関連ページ
技術自体の周知が不十分	学会での 広報宣伝 の強化、学術成果の発表推進	79
	技術の高度化 とその成果の 発信	84,85,86
利用の敷居が高いのではないかと いう先入観	利用料金の柔軟な適用、ワンストップサービスの充実、リモート会議の活用、書類簡素化	76,80,81
透過電顕用試料作製が困難	試料作成法のサポート、試料出来栄の確認作業における装置利用は利用料金徴収せず	76, 80
データの解析が難しい	電磁場分布像導出までPF側で実施	76,77,78

■ プラットフォーム化することの効果とプラットフォームとしての進め方

- 各機関**共同で技術を高度化し最新技術やノウハウを共有** → 関連ページ P84, 85, 86
- 各機関の得意分野と所有装置の特徴を生かし、**利用者の課題に応じて最適な実施機関を選択**。

	得意分野	装置の特徴
日立製作所	究極の装置技術保有 基礎物理向け計測経験豊富	高エネルギー・超高分解能・液体He冷却、パルス磁場印加
ファインセラミックセンター	産業界向けの実績多数 試料作製ノウハウ豊富	試料加熱及び冷却, 電圧・磁場印加
九州大学	金属材料研究・磁性計測 で世界有数	試料加熱及び冷却, 電圧・磁場印加
東北大学	多元物質科学研究所内の 材料への知見豊富	試料への光・電子の照射 、電圧・磁場印加

進捗状況 ①外部利用実績 利用件数・収入に関して

【中間評価時コメント】

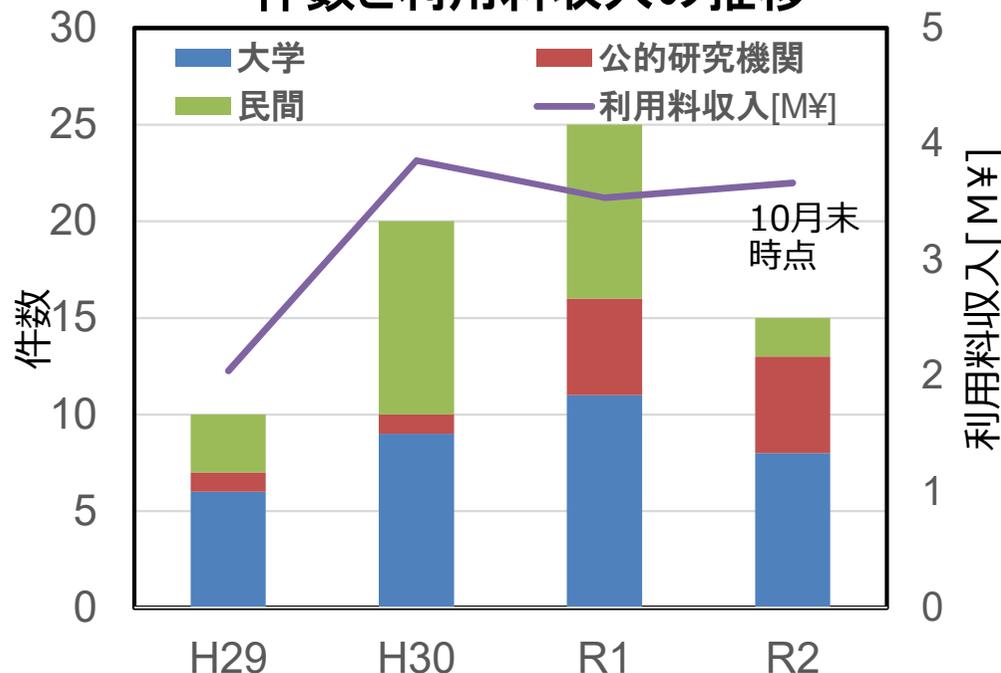
- 利用件数増加に向けて努力している点は評価できる。
- 利用料収入はまだ少なく、プラットフォームとしての自立化は厳しいため、利用料の再検討や魅力的で効率の良い利用方法などの検討が必要である。

- **利用件数は年々増加**できた。令和2年度はCovid19の影響で6月以降、特に民間企業からの申込が激減したが11月からやや戻りつつある。
- **利用料収入は**令和元年度に大口継続利用者の想定外の研究テーマ終了により見通しずれ。令和2年度上期は**半期で昨年同年並みを積み上げ、収入増施策***の効果が表れつつある。

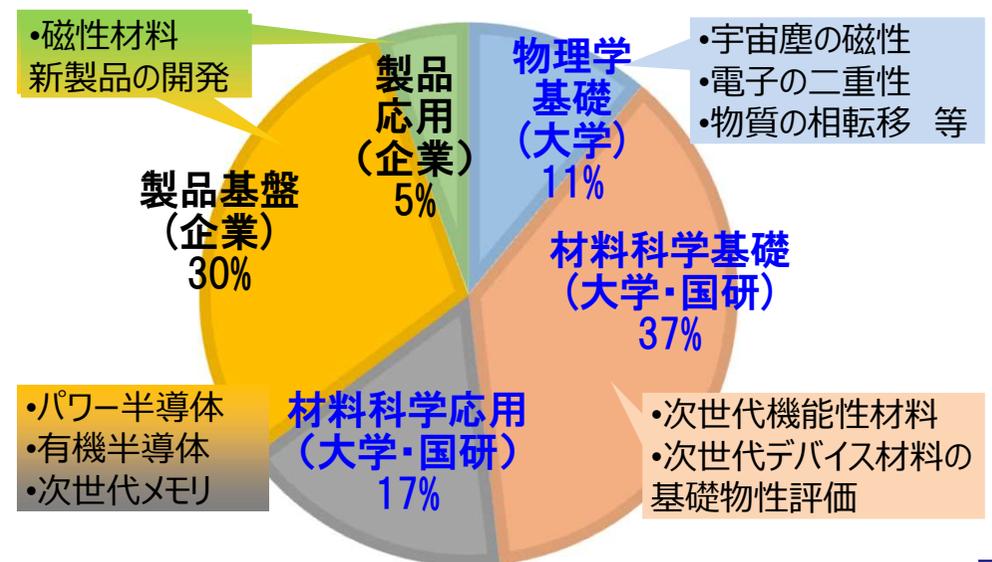
* 中間評価以降、利用料収入増のため以下の施策を図った。

- 条件探索などの準備段階においても装置を占有した場合は装置利用時間として利用料金を算出
- 未公開案件に関しては割増料金を設定

件数と利用料収入の推移



利用課題研究フェーズの分類



進捗状況 ①外部利用実績 魅力的で効率の良い利用方法

【中間評価時コメント】

➤ 利用料収入はまだ少なく、プラットフォームとしての自立化は厳しいため、利用料の再検討や魅力的で効率の良い利用方法などの検討が必要である。

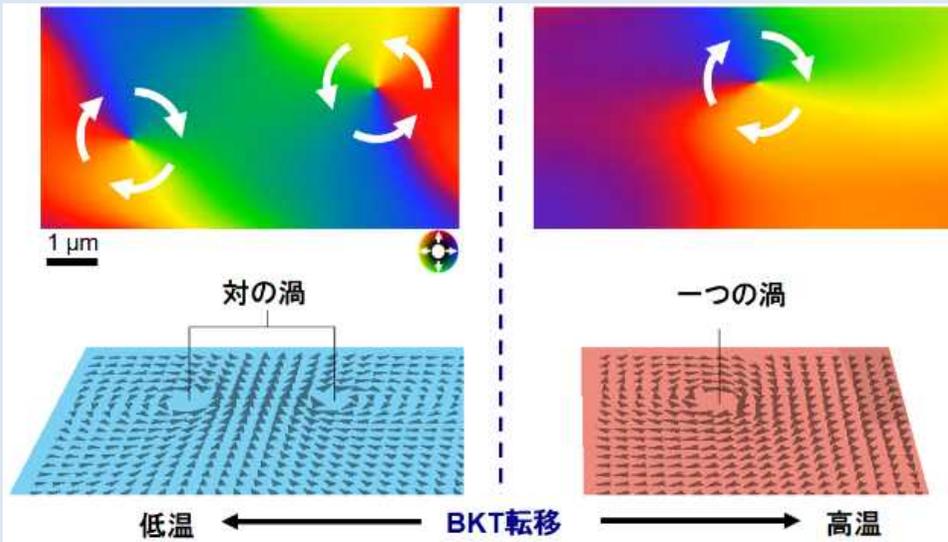
■ 魅力的で効率の良い利用方法 以下の検討項目と施策により件数増と成果に結びついている

項目	課題	施策	代表的な成果例
計測用試料作成	<ul style="list-style-type: none"> 和向け試料調整が高難度 試料加工費用 	<ul style="list-style-type: none"> 試料作成の段階からサポート 利用者の実費負担を原則としつつも柔軟に対応 	<ul style="list-style-type: none"> 化合物半導体接合電位精密計測(P78) ねじり加工純鉄における磁気ノ構造の観察
データ解析	<ul style="list-style-type: none"> 解析法高難度 計算機能力 	<ul style="list-style-type: none"> 最新ソフトウェアと解析技術で全面サポート 高速ワークステーションのレンタル 	<ul style="list-style-type: none"> 次世代メモリ磁性材料 CdTe材料の内部電位計
実験立ち合いリモート化	<ul style="list-style-type: none"> 大容量高画質画像のリアルタイム共有 	<ul style="list-style-type: none"> Webカメラ、クラウド試験導入 現状は画質・リアルタイム性不十分 	<ul style="list-style-type: none"> JASISでデモを実施し集客効果大 実質効果は今後の機能増強に期待
学術上の論争や懸案の解決	<ul style="list-style-type: none"> 利用者の開拓 基盤テーマ研究者の予算不足 	<ul style="list-style-type: none"> 広報活動 基礎基盤テーマに対して予備実験装置利用時間無料化（≒トライアル）などの柔軟な対応 	<ul style="list-style-type: none"> 固体材料でのBKT転移を世界で初めて検証(P77) サブミクロン酸化鉄球殻に現れる特異な磁化状態の観察
鮮明で美しい決定的な画像	<ul style="list-style-type: none"> 高度情報処理技術の導入 	<ul style="list-style-type: none"> CREST「情報計測」テーマの成果を迅速に適用 外部研究機関連携 	<ul style="list-style-type: none"> 次世代メモリ磁性材料 B K T 転移検証での画像
全く新しい分野への応用	<ul style="list-style-type: none"> 新規利用分野の開拓 	<ul style="list-style-type: none"> 積極的な講演活動など広報宣伝活動推進 	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙塵、小惑星物質(P77)の磁性計測 単一電子計数カメラと複数観測者による量子計測の試み

世界唯一の性能を活かしオンリーワンのサイエンス成果創出に貢献

物理学基礎理論の実験検証・解明

- 固体材料内部におけるトポロジカル相転移(BKT転移*)を初めて直接観察
- * ノーベル賞(2016)受賞した相転移現象の一つ (Berezinskii – Kosterlitz – Thouless転移)



転移温度を境に磁場の渦の状態が不連続に変化する様子が計測された。

Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)掲載決定
 利用機関：大阪府立大 戸川先生
 連携：岡山大 秋光先生、放送大 根岸先生
 グラスゴー大

「はやぶさ2」小惑星微粒子解析:予定

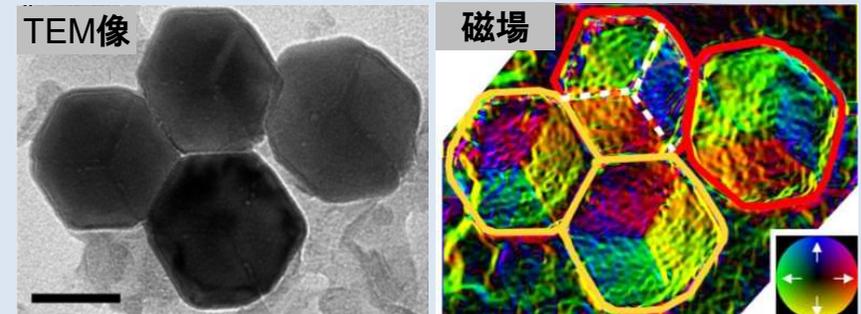
- 太陽系の起源・進化と生命の原材料物質の解明を目指す



利用機関・連携先
 東北大 中村先生
 北大 木村先生

2020年12月
 帰還予定

過去の微粒子磁場観察結果



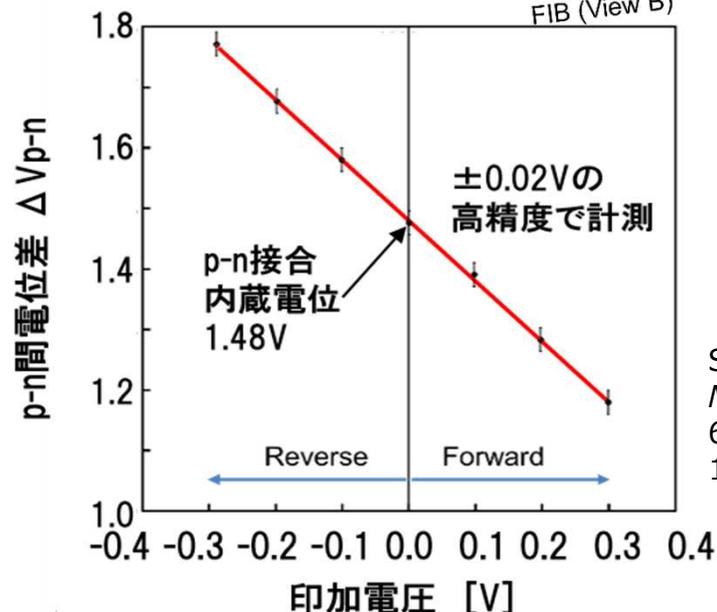
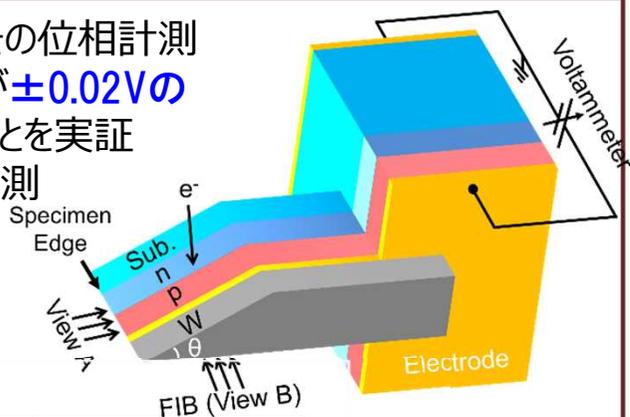
2020年度テスト計測実施中
 2021年度7月頃本計測

補足資料：進捗状況 ①外部利用実績 産業分野の主な例

下記実績が令和2年度の、次世代メモリ材料や 名大 天野研からの深紫外LED素子内部トンネルジャンクション評価の装置利用に結び付いた。

GaAs p-n接合電位の電圧印加状態での高精度電位計測手法とその実証

試料を楔形に加工しその位相計測から高精度な絶対値が $\pm 0.02V$ の高精度で計測できることを実証
 ⇒半導体接合電位計測に幅広く応用可能

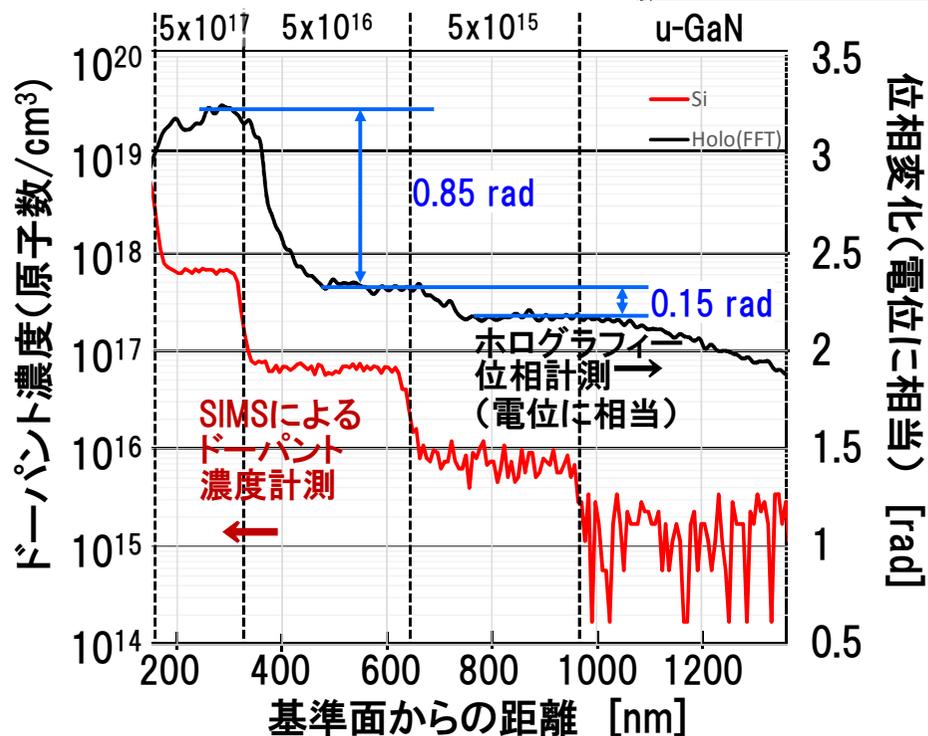
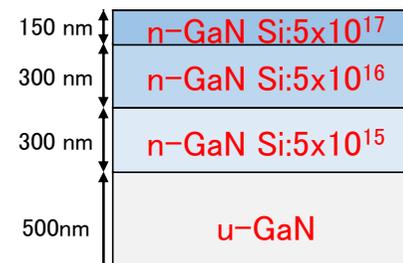


S.Anada et al, *Microscopy*, Vol. 68, p159-166(2019)

外部電圧印加によるp-n間電位差の変化

GaN半導体内部のドーパント濃度分布の検出感度限界の確認

ドーパント濃度 $10^{16}/10^{15}$ 層の位相変化を観察することに成功した。⇒半導体への応用計測に幅広く対応可能



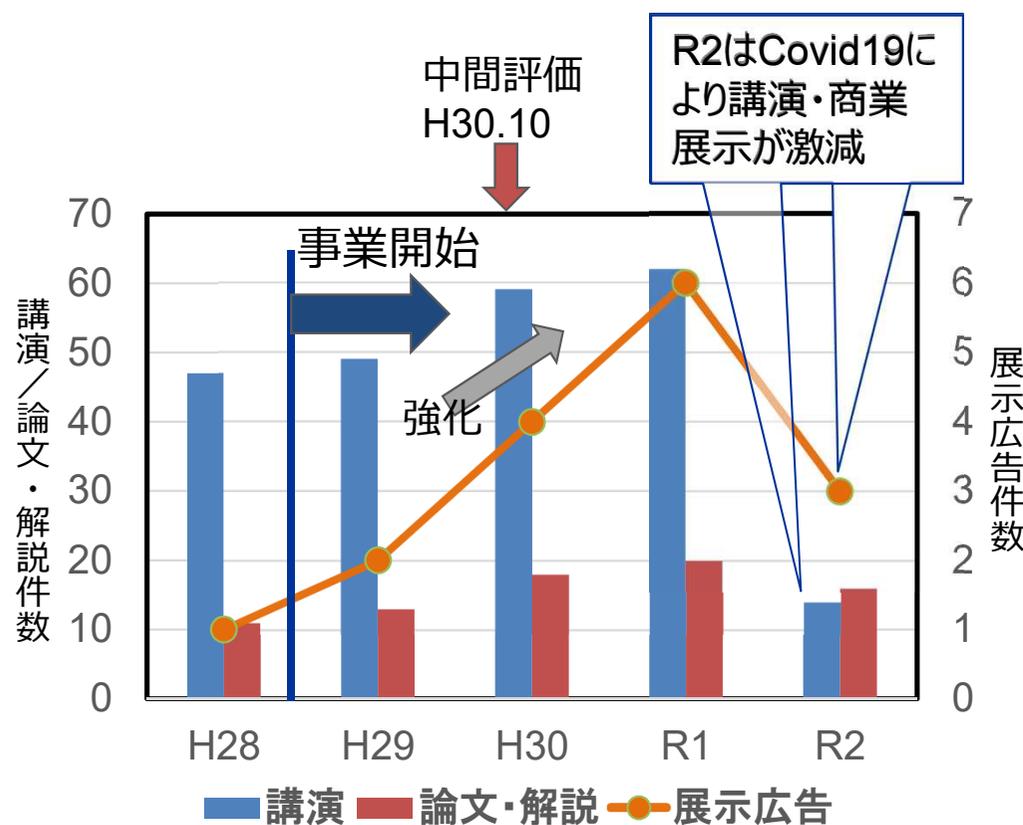
ドーパント濃度分布とホログラフィー法による位相計測

進捗状況 ①外部利用実績 広報活動に関して

【中間評価時コメント】

➤ 装置が生み出す価値の広報に力を入れる必要がある。

- 電子線ホログラフィーに関する学術発表とプラットフォームの商業展示を並行して行い広報活動を実施(下グラフ:平成28年度FS期間～令和2年11月末時点の年度ごと件数)
- 国際ワークショップ等を開催(うち1件は平成28年度FS期間中)



- * 1 : The 6th International Symposium on Advanced Microscopy and Theoretical Calculations
- * 2 : 最先端電子顕微鏡技術とその応用に関する日独二国間交流セミナー
- * 3 : The 65th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials
- * 4 : Microscopy & Microanalysis 2020 Meeting
- * 5 : Journal of the Physical Society of Japan

広報活動分類	活動内容
研究成果発表 (解説講演含む)	日本顕微鏡学会学術講演会、AMTC* ¹ 、日独セミナー* ² 、3MConf.* ³ 、M&M* ⁴
論文投稿 (解説および査読中含む)	Scientific Reports, J. Appl. Phys., Nature, Microscopy, JPSJ* ⁵ 等
展示会、学会等での商業展示および広告	JASIS'17-'20、日本磁気学会、金属学会、日本顕微鏡学会、ナノテスティング学会
国際ワークショップ開催	Electron Holography Workshop 2017 (日立主催)、AMTC* ¹ (JFCC主催)、International Workshop of Ultra High-Resolution on Microscopy 2019、日独セミナー* ² (日本顕微鏡学会主催)
ニュースリリース	磁場計測世界最高分解能、電子の二重性探求等発表済。査読中論文掲載のタイミングで2件を準備中

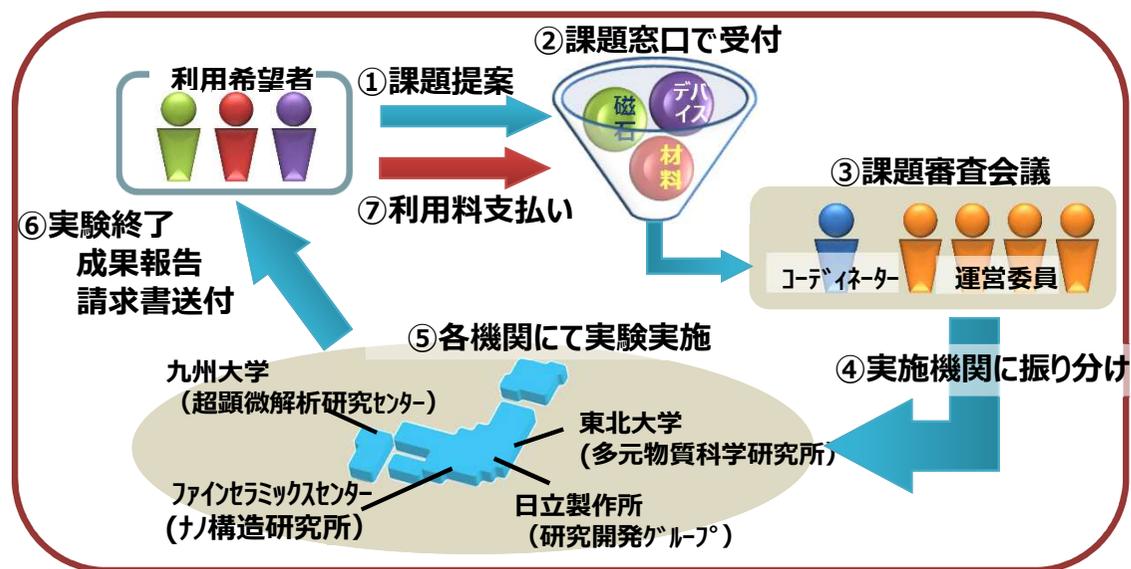
進捗状況 ② 共用体制 ワンストップサービス

【中間評価時コメント】専任コーディネータによるワンストップサービス実施は評価できる。

- 事業開始以前は外部利用を受け付ける窓口や体制が存在しなかった
- 開始当初の計画通り、装置利用フロー通り順調に流れ、効率的な運営がなされている
- ◆ 専任のコーディネーター(1名)を配置し、広報活動・装置利用開始前の実現可能性調査・及び各実施機関との連絡・調整をに從事
- ◆ **計測試料の調整・加工・出来栄え評価・再加工の技術指導** (加工外注費は装置利用者負担)
- ◆ テーマ実施フロー(下記)を各実施機関と共有

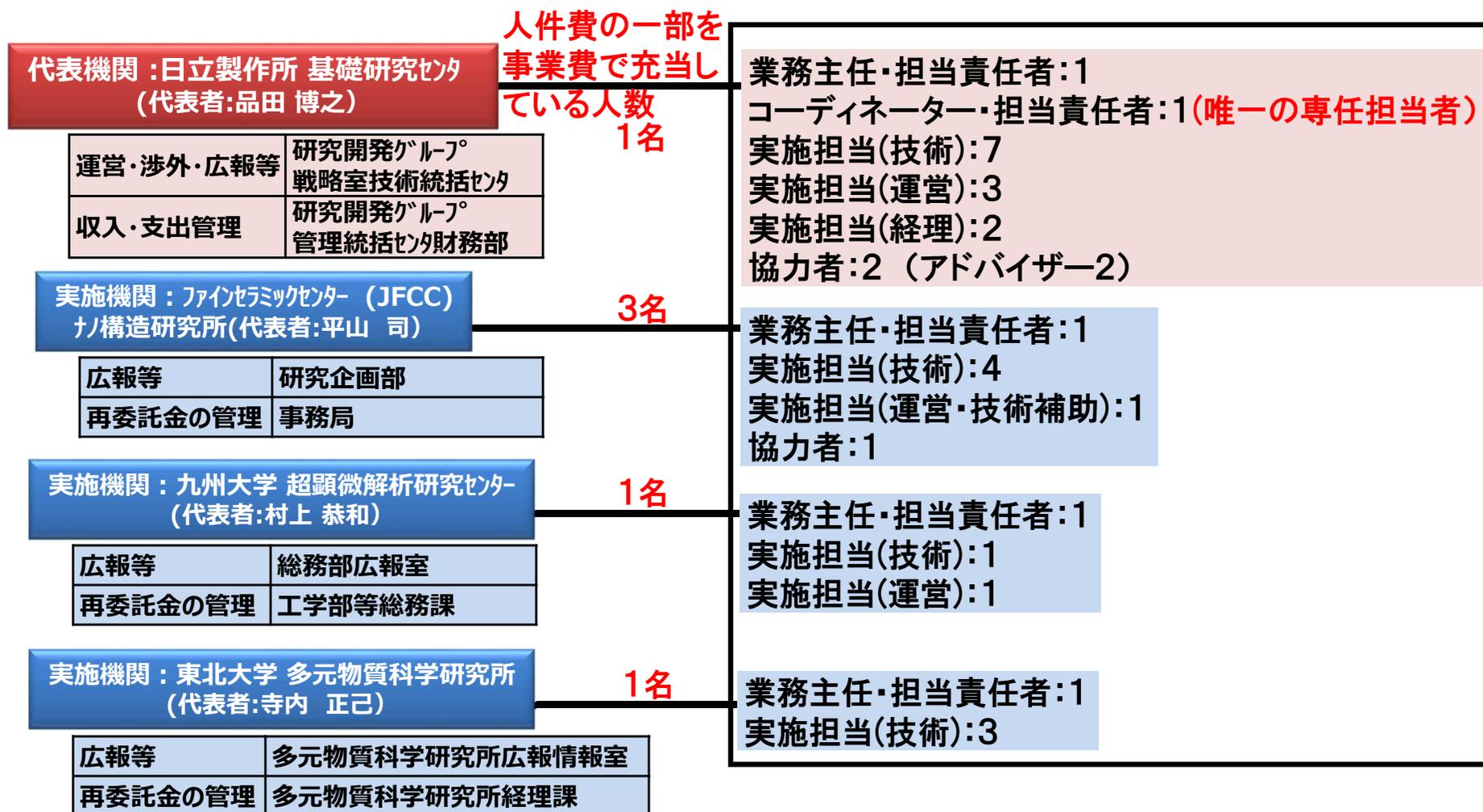
実際の運営実行例(令和元年度の一例)
試料加工のサポートが成功への重要な要素

実施月日	内容
6.19	学会会場にて課題(装置利用)提案を受ける
6.25	課題提案者が調整した試料を預かり予備評価を実施→成功の可能性を確認
7.12	装置利用申請書を受領
7.22	課題審査会議で採択及び実施機関を決定
8.5~	試料予備観察→試料加工改善点抽出
8.下旬	本番試料の加工を業者に提案者から外注
9.~	試料出来栄え評価→再研磨外注 を2ター
10.2	本実験実施(1回目)
10.15	実験結果報告及び結果に関する議論
10.26	本実験実施(2回目)
10.29	データ送付完、実験完了
11.29	利用料金を指定口座へ振り込み
12.17	成果報告書を受領



補足資料：進捗状況 ②共用体制 事務・経理体制

- 事業開始以前は外部利用を受け付ける窓口や体制が存在しなかった
- 事務・経理等作業は代表機関と実施機関のスタッフにより万全の体制



令和二年度参加者・協力者リストに記載の人員

アドバイザー

外部有識者2名で構成。課題審査会議の結果に対する承認や実験への助言・指導を頂く。

協力機関

各セミナー・テーマ検討への支援・協力

- ・ 理化学研究所 創発物性科学研究センター
- ・ 大阪大学 超高圧電子顕微鏡センター

進捗状況 ② 共用体制 技術スタッフ と コスト削減

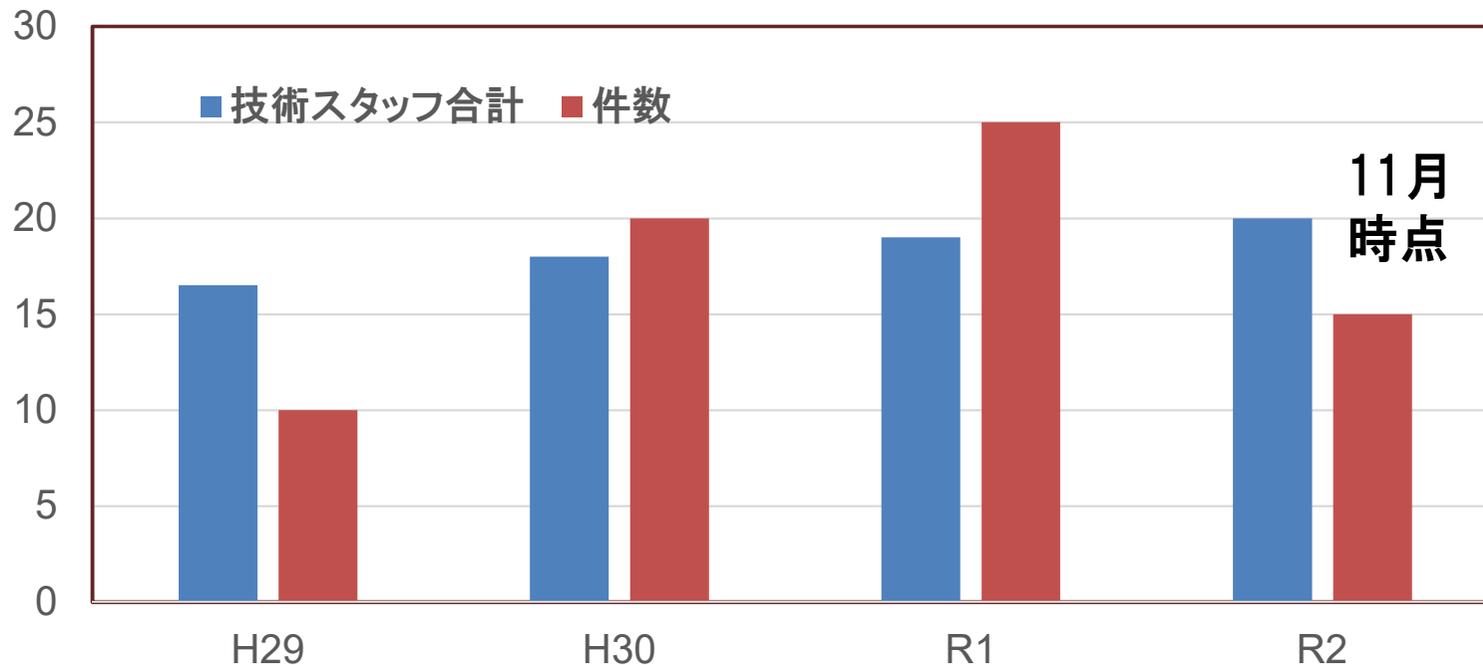
【中間評価時コメント】

➤ 利用者増に対応する技術スタッフの充実が課題である。

■技術スタッフは2割増員、利用件数は2倍以上に増加

- 計測技術の向上と解析用高性能PCのレンタルにより効率化
- 育成した大学院生が卒業後本事業に参画およびポストク採用により技術力・対応力が向上した

従事者(補助者除く)と利用件数の推移



進捗状況 ② 共用体制 技術スタッフ と コスト削減

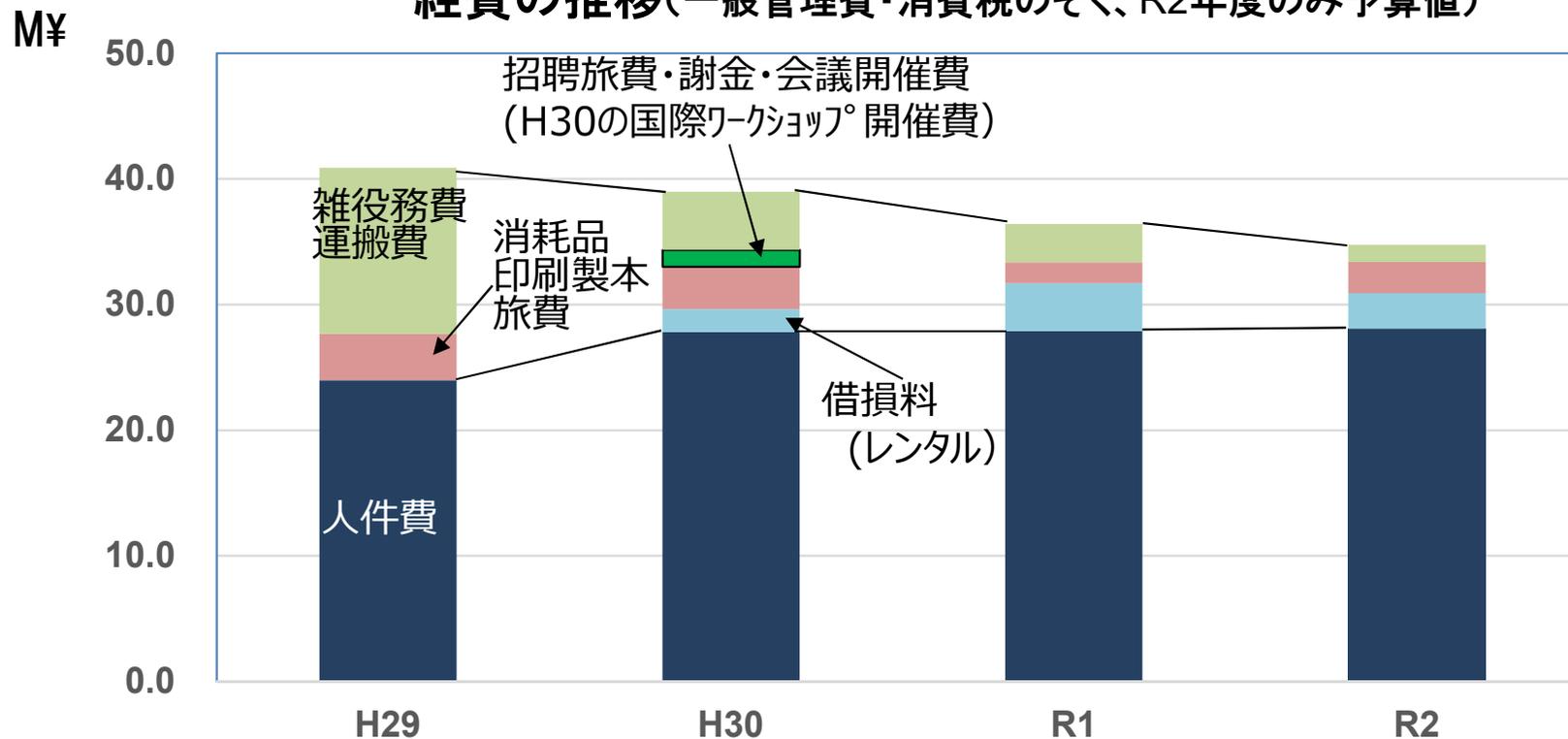
【中間評価時コメント】

➤ 他の民間企業との連携を更に促進し、コスト削減に努める必要がある。

■人件費の増加を最小限にとどめ、その他のコストの削減に努めた

- 技術スタッフの大多数を兼務者でまかない、人件費増を抑制。
- 電顕メーカーからの出向技術者が本事業に携わることで双方win-win（スキルアップ&リソース増強）。
- 初年度（H29）の雑役務費はホームページ、設備整備、試料加工等のため次年度から圧縮できた。
- 測定試料加工費用はH30からは利用者側負担を原則とし、R元年度からそれを徹底。
- 共用装置への電子直接検出高性能カメラへの交換では装置企業からの特別な配慮有り。

経費の推移(一般管理費・消費税のぞく、R2年度のみ予算値)



進捗状況 ③技術の高度化

【中間評価時コメント】

- 各機関において、本事業以外の資金を活用して技術の高度化に取り組んでいる点は評価できる。
- プラットフォームとして技術の高度化が進められているのかが明確ではないため、プラットフォーム機関連携による取組の進展を図る必要がある。

- 技術の高度化を中間評価以降も以下に示すとおり進め、その情報を4機関で共有し、最適な利用装置選択のための重要情報としている。ほとんどの開発技術は装置共用課題に即座に適用できる体制になっている。
- プラットフォーム内機関の研究者が共同作業で技術開発した例としては、JST・CREST「情報・計測」や新たな解析手法（縞走査法）のプラットフォーム内展開などがある。⇒青字で表記

技術内容と効果（中間評価H30年11月以降の技術高度化内容）	主導した実施機関	資金源
◎ホログラムの自動撮像 原子分解能を維持しつつ連続10000枚取得実現	九大・日立	CREST
画像認識AIにより自動で多数箇所の適切な視野を抽出しホログラムを撮影	九大・日立	CREST
多数枚の微粒子ホログラム画像から同種の粒子を抽出するAI	九大・日立	CREST
◎原子層一層の磁束分布計測を実現（実施機関以外に理研・阪大とも連携）	九大・日立	CREST
電子線ホログラムの新ノイズ除去技術を導入し位相像高感度高精度化	九大・日立	CREST
電子銃・電子ビームの安定化	九大・日立	CREST
縞走査法の導入展開	JFCC⇒九大・日立	自己資金
1MV装置への電子直接検出型デジタルカメラ導入	日立（1.2MVは導入済）	自己資金
◎スパースコーディングを用いた超高精度位相計測手法	JFCC	自己資金
光照射試料ホルダ	JFCC	科研費
光照射試料ホルダ	九大	CREST
電磁場シミュレータ	九大	CREST
磁場と結晶歪の同時解析	九大	科研費
試料コンタミ抑制装置	九大	科研費
電子直接検出型デジタルカメラ導入	九大	自己資金
試料加熱技術	東北大	自己資金
電場変動検出手法	東北大	自己資金
動的磁場下での磁壁移動のその場観察技法	東北大	自己資金

進捗状況 ③技術の高度化

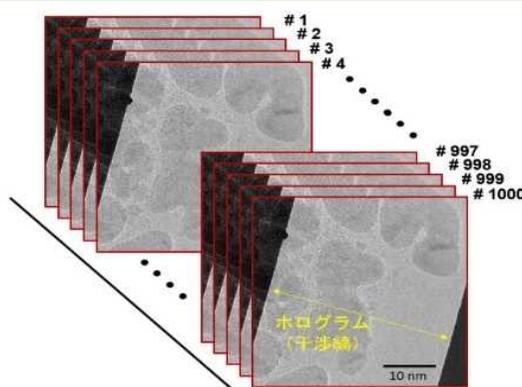
【中間評価時コメント】 ⑤その他 の項目でいただいた技術の高度化に関するコメントに関して

➤ AI や高度情報処理技術の利活用によるデータ処理分野の開発が期待される。

■ 多量データの自動取得とAI や高度情報処理技術の利活用により、大幅な感度向上を実現しこれまで得られなかった知見を得られるようになってきた。

1万視野自動計測の実現

- 原子レベル解像度を維持して1万枚の自動画像取得可能（～0.2nm、～数hr）
- 視野探索に深層学習を適用し、実質計測時間一桁短縮
- 取得画像にAIを適用し同種微粒子を抽出



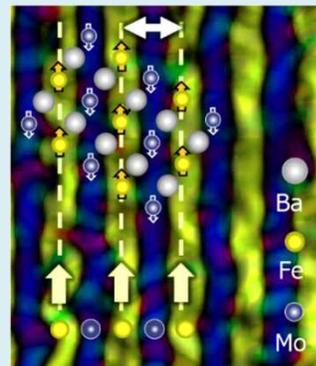
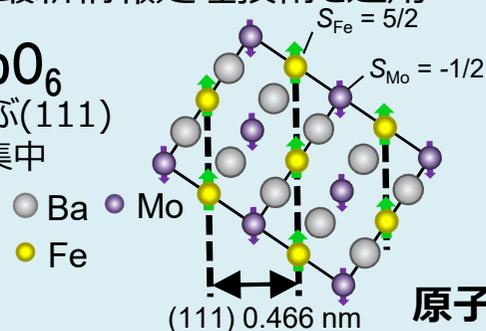
Takahashi et al., Microscopy, <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfaa004> 自動収集した画像データ

原子層一層の磁束分布計測をはじめて実現

- 磁場情報のみを抽出できるパルス磁場印加による計測技術
- 大量取得画像データに微小な残収差も補正できる最新情報処理技術を適用

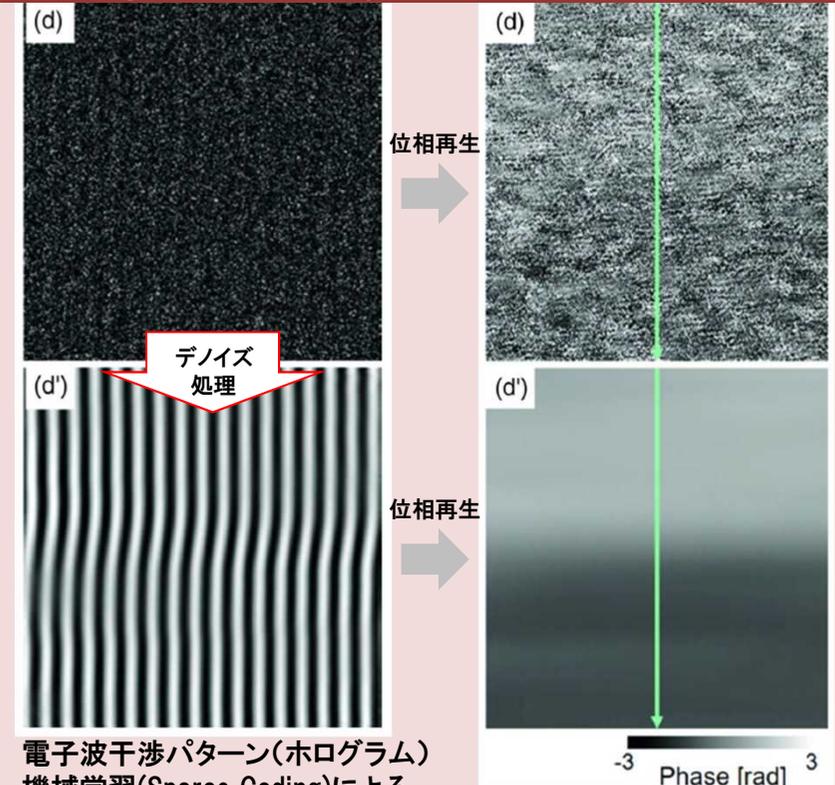


Fe原子が並ぶ(111)面に磁場が集中



原子一層の磁場計測結果

Sparse Codingによるデノイズ処理



電子波干渉パターン(ホログラム)機械学習(Sparse Coding)によるデノイズ処理の効果

Microsc. and Microanal. 26 (2020) 429-438.

デノイズ前後のホログラムから再生した位相像

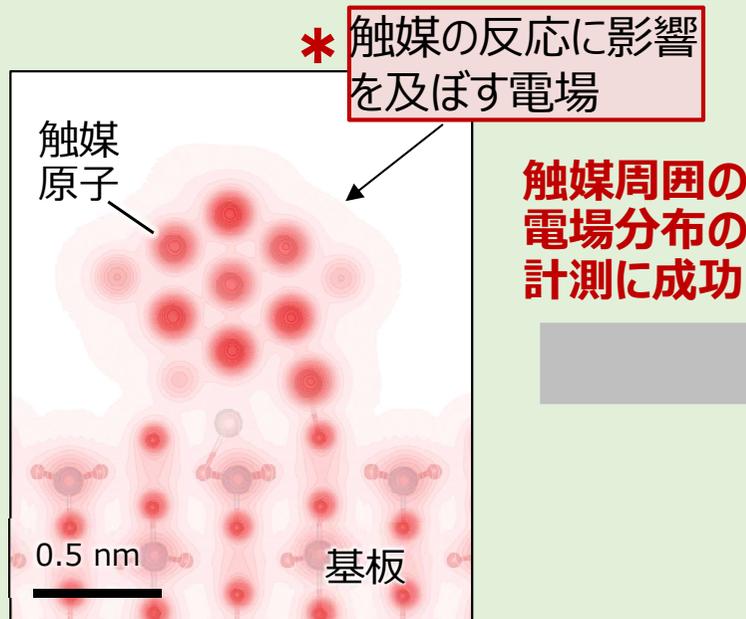
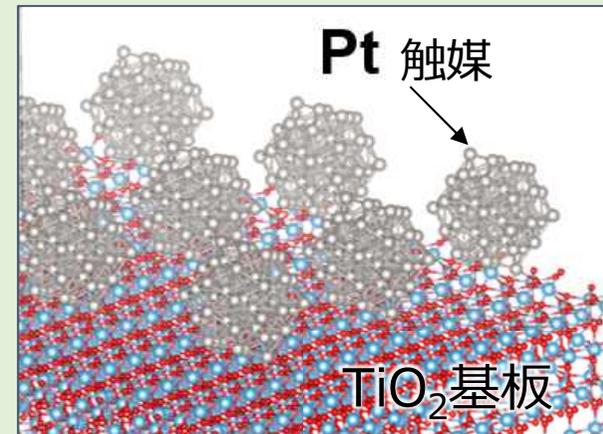
超高速電子線ホログラフィーに活用できる可能性

補足資料：進捗状況 ③技術の高度化

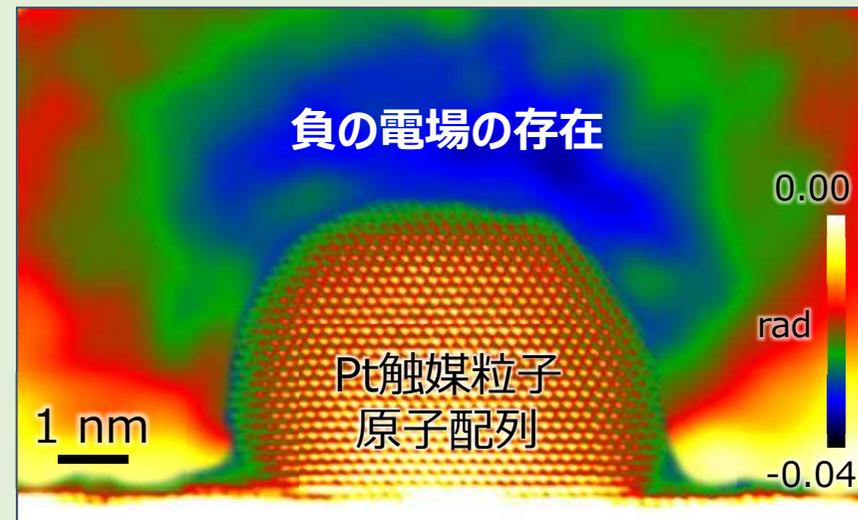
- 開発した高度化技術は汎用の電顕にすぐに搭載できるものではないが、共用装置にはそれぞれの技術が適用済みであり、装置利用課題に適用し普及を図っていく。

触媒微粒子の微弱電場計測を実現（CREST「情報計測」領域における最新成果）

- 触媒の反応メカニズム解明に寄与することをめざし、**ナノメートル領域の微弱電場***の計測に挑戦
- 多数枚のデータ取得と最新デノイズ処理を駆使しPt/TiO₂試料にて触媒周囲の電場可視化に成功
- 感度はナノ領域で電子数個が偏在することにより生じる電場に相当



触媒周囲の電場分布の計測に成功



触媒原子とその周囲の電場のイメージ

多数枚画像積算で<0.02rad位相変化を検出

進捗状況 ④ 人材育成

【中間評価時コメント】

- インターンシップなど産学連携のもとで人材育成を行っている点は特に評価できる。
- プラットフォームとして相互作用を生み出す人材育成の進展に期待したい。

■ 専門技術スタッフの状況と若手育成に関して

実施機関	専門スタッフの状況	中間評価以降の若手研究者等人材育成状況
日立	電顕ベテラン、磁性物理専門家等 9 名	<ul style="list-style-type: none"> ・ポスドクを採用し本事業に従事させOJTで最新の電子線ホログラフィー技術を習得（なお、中間評価時報告したインターンシップ生の一人はその後理研に採用され電子線ホロ関連共同研究で引き続き連携中）
JFCC	エキスパート、若手、補助者合わせて 5 名の実施担当者が従事	<ul style="list-style-type: none"> ・民間企業若手技術者を年単位で出向受け入れし継続して育成 ・修士課程学生の研修生を年単位で受け入れOJTで電子線ホログラフィー技術の高度化を担当
九大	学生従事メンバーを育成 しH29年10月から実施担当として従事	<ul style="list-style-type: none"> ・課題申請者とその研究グループに対し電子線ホログラフィーを教育し、本事業に参加する若手や、学生等のスキルアップを支援。 ・文部科学省スーパーサイエンススクール事業で高校生に技術紹介
東北大	ベテラン技術職員 1 名ほか 計 4 名	<ul style="list-style-type: none"> ・本事業に学生アルバイトとして従事してもらいOJTで育成。 ・大学間ダイナミック・アライアンスの共同研究者への技術解説等

■ プラットフォームとして相互作用を生み出す人材育成の主な取り組み

- ◆ **九大の博士学生と日立若手研究員(本事業従事者)** が A I を活用したホログラム自動取得の高速化技術を**共同で開発**。成果を本事業に適用予定。
- ◆ JFCC実施担当者からJFCCの得意とする位相再生新手法(縞走査法) をCRESTテーマ従事者やプラットフォームメンバーが指導を受けている。

進捗状況 ⑤ 研究開発基盤の維持・発展

【中間評価時コメント】

- 事業終了後の財源確保が難しく、プラットフォームの持続可能性が厳しい状況であるため、大口ユーザーニーズ、民間の受託分析会社との連携、サービス対象の絞り込みなど、自立化の可能性を追求する必要がある。

■ 大口ユーザー開拓の主な状況

- パワー半導体、化合物半導体メーカーが継続利用しており、その拡大を図る
- 国内メモリメーカーに関しては経営母体変更により継続使用が急に終了し影響大
- 大学の大規模半導体研究拠点の利用課題で良好な結果を出し、リピート利用へ結び付ける

■ 民間受託分析会社との連携に関する状況

- 装置の共用を促進するCo-LABO MAKER社のコンテンツに登録
- 現時点では、装置利用料により人件費を含むすべてを賄える見通しはないため受託分析会社との具体的な話に進展していない。大口ユーザの確保とDX化による効率化を図り、引き続きその可能性を探る。

■ 装置共用を自立して継続する可能性

- (一財)であるJFCCは営利団体ではないが受託分析や共同研究等によって組織自体は自立しており、サービス対象の絞り込みにより本プラットフォームと類似の事業が継続できる可能性がある。
- 他の3機関も、大口ユーザとの共同研究契約により外部利用機関の装置利用や技術提供は可能である(例：理研―日立の共同研究)。ただし、利用者への門戸が狭くなることは否めない。

今後、装置利用のDX化(リモート化、遠隔化、自動化)の推進を強力に推進し、ユーザの開拓、計測の効率化を図り自立化の可能性を引き続き探る。

補足資料：進捗状況 ⑥その他

【中間評価時コメント】

- AI や高度情報処理技術の利活用によるデータ処理分野の開発が期待される。
⇒技術の高度化の補足資料で説明済
- 国際的なネットワーク構築、コミュニティ形成や、利用事例・成果の幅広い周知を通じて、電子線ホログラフィー技術の知名度及び価値を高め、新しい産業創出の可能性を示す必要がある。⇒①外部利用実績 広報活動に関して のスライドで実施内容を説明済

■ 中間評価後に開催した国際ワークショップでネットワーク構築

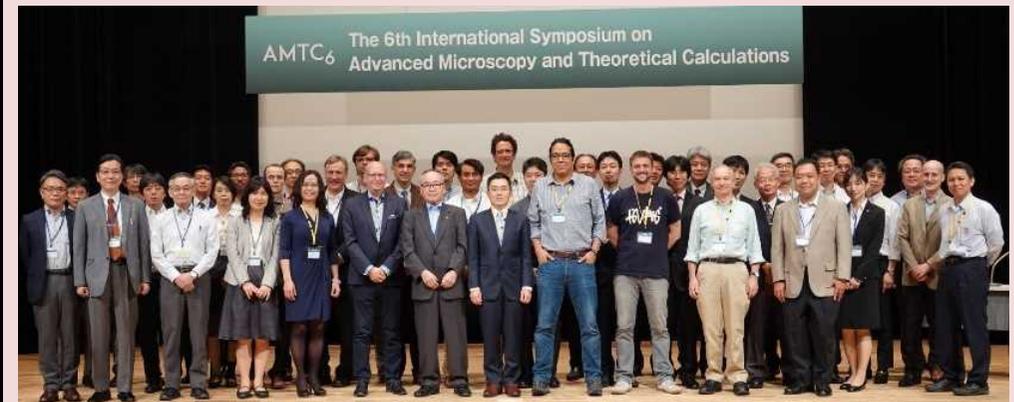
● International Workshop of Ultra High-Resolution on Microscopy 2019

日本顕微鏡学会との共催 平成31年2月22~23日
@日立基礎研究センタ&ホテル紫雲閣



● 6th International Symposium on Advanced Microscopy and Theoretical Calculation

JFCC主催 令和元年6月14~15日 @ウインクあいち

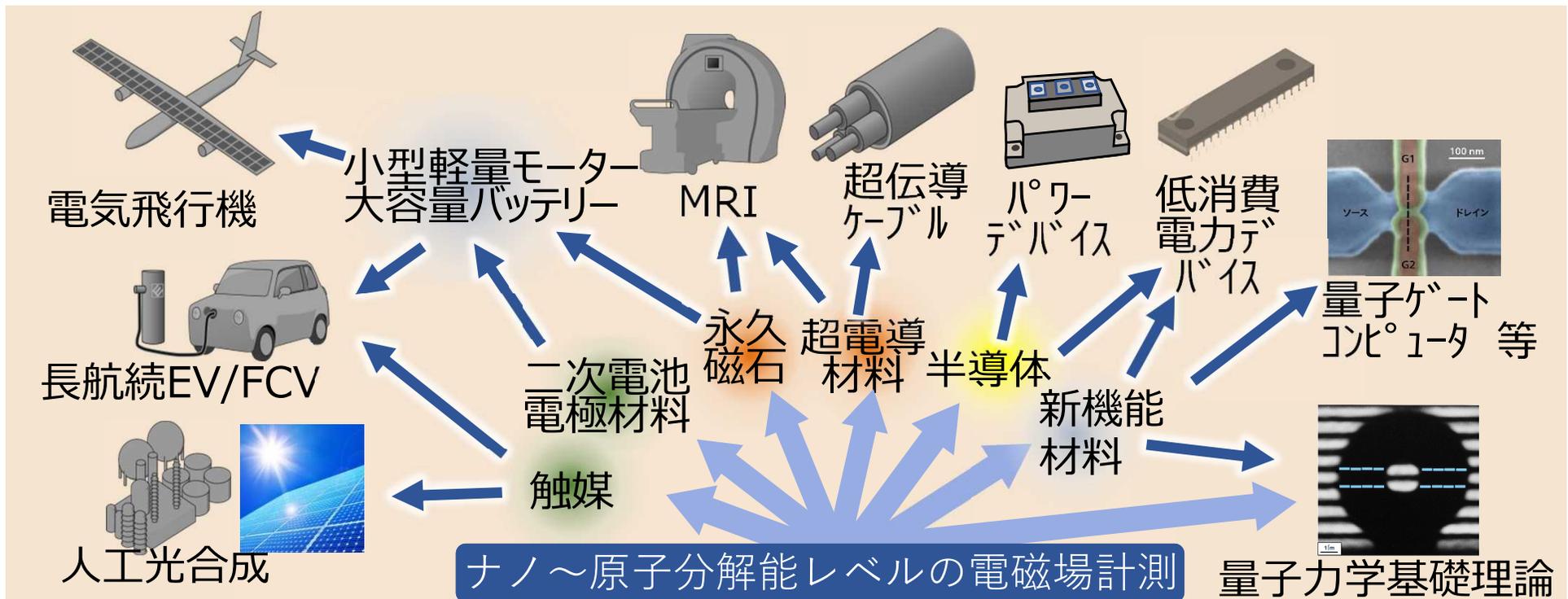


事業終了後の計画・展望 1

下記の施策によりPFを自立化 = 装置共用が維持継続できるのは以下のような状態

- 装置維持と自発研究は自己資金（利用料収入含む）と競争的研究資金で運営
- 10年以内にイノベーションが期待できる分野の装置利用は有償の共同研究化を推進
- **基礎基盤研究*** 分野の装置利用を共用事業等の公的支援で運営
- **マテリアル分野**の基礎基盤研究と**量子物理**基礎分野の利用支援促進
（物理学界へアピール強化、外部発表支援、利用料・時間の優遇、対応人員強化等）

* 10～20年後のイノベーションや25年後のノーベル賞につながるような、選択と集中が困難な基礎基盤研究分野への投資は広く薄くせざるを得ないと考える。既存先端研究設備の共用促進はそのための施策として非常に効率的と考える。



マテリアルイノベーションの起爆剤として世界一の先端研究設備を共用

事業終了後の計画・展望 2 数値目標と施策

来年度以降、以下の具体的目標を掲げて装置共用を続けたい

- 達成目標：ノーベル賞級成果とイノベーション成果の創出を目指し、
 - 1) TOP10%論文の創出 (0⇒≥1)、2) 利用件数の倍増 (25⇒50/年)、3) 企業利用数の倍増 (7⇒15/年)、4) P F 間相互利用課題の実施による利用テーマの大型化
- 施策の概要：DX化による効率化とユーザの拡大

施策	効果	具体策(緑字は②で詳しく記載)
DX推進—計測インフォーマティクス対応	効率化、高感度・高精度化、遠隔化、自動化⇒時間・経費軽減による企業利用数増	開発中の高度情報処理技術適用 (@CREST等) とクラウド活用による遠隔立ち合い・自動計測監視*
DX推進—材料スインフォーマティクス対応	計測データの汎用性向上	クラウド活用*と位相像(電磁場分布に相当)フォーマットの汎用化
他 P F との相互利用	利用課題のレベル向上と大型化による企業利用数増	<ul style="list-style-type: none"> ・ワンストップ窓口間連携強化 ・装置ポータル構築、調整
海外トップ研究者利用拡大	利用課題と計測技術のレベル向上	計測装置のクラウド活用*と国際学会での宣伝活動
Insitu、Operando 計測への対応拡大	ガス中・液中観察で利用分野拡大	ガス中・液中観察技術の別原資の開発 P J 提案中

補足資料:DXによるクラウド活用施策のイメージ図

- 電磁場解析 P F 内装置をクラウド接続し、自動撮像、リモート立合い実験等を実施
- マテリアルズインフォマティクスへ対応すべく計測データのフォーマット共通化を図る
- 共用 P F 内の他 P F、ナノテク P Fとも連携する

