

令和3年度科学技術試験研究委託費
先端研究基盤共用促進事業
(先端研究設備プラットフォームプログラム)

顕微イメージングソリューションプラットフォーム
委託業務成果報告書

令和4年5月

国立大学法人北海道大学

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、国立大学法人北海道大学が実施した令和3年度「顕微イメージングソリューションプラットフォーム」の成果をとりまとめたものです。

目次

I. 委託業務の目的	
1. 1 委託業務の題目	1
1. 2 委託業務の目的	1
II. 令和3年度の実施内容	
2. 1 実施計画	1
(i) 委託機関（代表機関）の業務	
(ii) 再委託機関（代表機関を除く実施機関）の業務	
(iii) 協力機関の取組	
2. 2 成果・実績	14
(i) 委託機関（代表機関）の業務	
①プラットフォーム運営体制の構築	
②利用支援体制の構築	
③ワンストップサービスの設置	
④共用機器	
⑤専門スタッフの配置・育成	
⑥遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等	
⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築	
⑧その他	
(ii) 再委託機関（代表機関を除く実施機関）の業務	19
①利用支援体制の構築	
②共用機器	
③専門スタッフの配置・育成	
④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等	
⑤その他	
(iii) 協力機関の取組	31

Ⅲ. フォローアップ調査項目

- 3. 1 スタートアップ支援について・・・・・・・・・・ 32
- 3. 2 共同研究・受託研究について・・・・・・・・・・ 32
- 3. 3 利用アンケートについて・・・・・・・・・・ 33

I. 委託業務の目的

1. 1 委託業務の題目

「顕微イメージングソリューションプラットフォーム」

1. 2 委託業務の目的

本事業では、国内有数の先端的な研究施設・設備について、その整備・運用を含めた研究施設・設備間のネットワークを構築し、全ての研究者への高度な利用支援体制を有する全国的なプラットフォームを形成することで、我が国の研究開発基盤の持続的な維持・発展に貢献することを目的とする。

本プラットフォームでは、世界唯一で最先端の高分解能・高感度イメージング装置の共用により、基礎物理からマテリアル、バイオ、環境、エネルギー、宇宙までの幅広い分野における物質の構造からその機能（元素・同位体・電磁場などの分布）まで多面的な顕微イメージングソリューションを提供する。各先端分析技術の融合による新たなイノベーション創出を推進する人材を育成する。バーチャルな研究機関として継続的な活動を続けられる組織を構築する。

II. 令和3年度の実施内容

2. 1 実施計画

(i) 委託機関（代表機関）の業務

【機関名：国立大学法人北海道大学】

①プラットフォーム運営体制の構築

1) プラットフォーム実施機関、協力機関、事業支援機関と連携するための取組

顕微イメージングソリューションプラットフォーム推進室運営委員会（以下、「運営委員会」とする。）とコンサルティング集団、そして顕微イメージングソリューションプラットフォーム推進室利用課題選定委員会（以下、「選定委員会」とする。）を設置する。

運営委員会は、事業運営に関する事項を審議する。委員長は代表機関の担当責任者1名に、委員は各実施機関の担当責任者各1名計7名に、それぞれ委嘱する。

コンサルティング集団は、利用相談内容の実現性や技術的課題を議論し、複合解析も含めたソリューションを検討する。代表機関および実施機関の分析エキスパート各1名以上、計8名以上により構成する。

選定委員会は、運営委員会が定める利用選定基準を元に利用課題申

請を公平に審査し、その採否を決定する。委員長は代表機関の担当責任者1名に、委員は各実施機関の担当責任者各1名計7名、協力機関のうち装置共用を実施している2機関（国立大学法人岡山大学、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所）からの各1名を加えた計9名にそれぞれ委嘱する。

2)他のプラットフォームと連携するための取組

令和3年度に事業を開始する他プラットフォームの実務担当者等と連絡を取り、情報共有を進める。

②利用支援体制の構築

コーディネーターとして特任助手1名（エフォート率100%）、技術専門職員として特任助教1名（エフォート率100%）、補助者として派遣職員2名をそれぞれ配置する。

コーディネーターは、ワンストップサービスの窓口業務と広報活動等を担当する。また、大学教員・技術専門職員と協力し、装置ポータル構築と運用、対話式受付システムの構築に取り組み、ソリューションマッチングプログラムの調整を担当する。

技術専門職員・補助者は、大学教員と協力し、採択された利用課題の実施を担当する。またソリューションマッチングプログラムにおける複合解析ソリューションの提案、そして同位体顕微鏡システム用遠隔操作システムの構築に取り組む。

③ワンストップサービスの設置

装置ポータルにより、共用機器紹介説明、利用案内、そして利用成果等を、インターネット上で公開する。

利用相談の効率化を目的とし、対話式受付システムを構築する。コーディネーターが定型化した聞き取り項目に沿って利用相談を実施し、利用者から得られた要望を利用相談レポートにまとめる。相談内容の実現性や技術的課題を議論し、複合解析も含めたソリューションを検討後、実現性を明らかにした上で相談者に適切なソリューションを提案し利用課題申請に導く。

④共用機器

- ・ 同位体顕微鏡システム

物質中の同位元素の三次元分布を可視化できる装置。

・他5機器。

⑤専門スタッフの配置・育成

各先端分析技術の融合による新たなイノベーション創出を推進する人材の育成として、本事業に参加する技術専門職員・補助者などに対し、以下の育成プログラムを行う。

1. 技術専門職員・補助者等は、ワンストップ窓口で集約された利用者の課題に対し複合解析ソリューションの提案を行う。
2. 提案された複合解析ソリューションをコーディネーターがとりまとめ、利用者に提示し申請を促す（年2課題程度）。利用者により申請された複合解析ソリューションは提案者がサポートして実施を進める。
3. 実施されたものを含めた提案された全複合解析ソリューションは、技術専門職員等全員が参加する技術交流会（年3回）でグループディスカッションし、その結果を提言としてコンサルティング集団に提出する。座長と提言のとりまとめは3名程度で持ち回る。
4. コンサルティング集団は提言をレビューし、人材育成を進める。

⑥遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

同位体顕微鏡システムは、令和3年度に遠隔立ち会いと遠隔操作に対応し、海外研究者約100名を率いて探査機はやぶさ2試料を分析、令和4年度に遠隔データ解析を行う。

⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築

海外トップ研究者の利用拡大を図り、利用課題と計測技術のレベル向上を推進する。

⑧その他

新技術習得プログラムを実施する。このプログラムは、若手研究者（35歳以下）、スタートアップ研究者（所属機関異動後2年以内）、海外研究者（サバティカル・研究休暇により日本に滞在）を対象とした共用機器を用いる短期研修である。

広報活動を実施する。コーディネーター等が中心となり学会・展示会へ出展し、新規利用者の開拓を図る。

(ii) 再委託機関（実施機関）の業務

【機関名：国立大学法人浜松医科大学】

①利用支援体制の構築

技術専門職員として特任研究員 2 名、利用窓口業務を担当する共用促進リエゾンとして事務補佐員を 1 名、補助者として技術補佐員 3 名を雇用する。

技術専門職員（特任研究員） 2 名は大学教員と協力し、採択された利用課題の実施を担当する。また、MALDI-IT-TOF 型顕微質量分析装置 iMScope β 機、超高分解能 MALDI-FTICR 型質量分析イメージング装置 solarixXR、脱離エレクトロスプレーイオン化顕微質量分析装置 Xevo® G2-XS Qtof、脱離エレクトロスプレーイオン化顕微質量分析装置 Xevo® TQ-XS、液体クロマトグラフィー質量分析装置 SYNAPT-G2 HDMS、の遠隔利用立会いシステムおよび遠隔解析システム構築に取り組む。技術補佐員 3 名は技術専門職員と大学教員の指示により試料調製・測定・データ評価を行う。事務補佐員 1 名は共用促進リエゾンとして利用窓口業務を担当する。

また、配置された技術専門職員（特任研究員）、技術補佐員計 5 名を質量分析イメージング装置 5 台を含む共用機器の管理者として設置し、共用機器の維持管理を行う。

②共用機器

- ・MALDI-IT-TOF 型顕微質量分析装置 iMScope β 機
空間解像度 5 μ m の解析が可能な質量分析イメージング装置。
- ・超高分解能 MALDI-FTICR 型質量分析イメージング装置 solarixXR
高い質量分解能によって精密質量分析が可能な質量分析イメージング装置。
- ・脱離エレクトロスプレーイオン化顕微質量分析装置 Xevo® G2-XS Qtof
脱離エレクトロスプレーイオン化（DESI）によりソフトなイオン化が可能な質量分析イメージング装置。
- ・脱離エレクトロスプレーイオン化顕微質量分析装置 Xevo® TQ-XS
トリプル四重極の質量分析計に高感度化技術を適用したハイエンド質量分析イメージング装置。
- ・液体クロマトグラフィー質量分析装置 - SYNAPT-G2 HDMS
UHPLC を装着した高速・高分解能での精密質量分析が可能な四重極-飛行時間型質量分析装置。

・他 3 機器。

③専門スタッフの配置・育成

浜松医科大学所属の大学院生を技術補佐員として配置し、技術専門職員、大学教員によるスキルアップ支援を継続し人材の育成を図る。学会と連携して、専門スタッフは日本医用マススペクトル学会認定資格、分析化学会認定資格などの取得を目指す。質量分析イメージング測定技術習得のための技術講習会を実施する。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

オンライン会議システムを利用した遠隔利用立会いシステムを構築し、遠隔地からの質量分析イメージング装置利用に対応する。外部機関からアクセス可能なデータ解析用 PC を設置し、利用課題実施により取得した各種質量分析イメージングデータの遠隔解析システムの構築を図る。ISO/TC201 バイオ WG 国内委員会等と協力しデータの標準化を推進し、GLP 原則順守信頼性保証体制を整備する。

⑤その他

ブルカージャパン株式会社、株式会社島津製作所、株式会社プレッパーズ、ウォーターズコーポレーションなどのメーカーが協力機関となり装置の機能向上への協力と、利用課題から得られたニーズや新技術の実用化を図る。

【機関名：国立大学法人広島大学】

①利用支援体制の構築

技術指導研究員（特任助教）1名を配置する。また、大学教員・職員の協力を得ることに加え、教育研究補助職員（URA）および技術職員を配置することにより人材を確保し、利用体制を充実させる。さらに、一細胞解析の指導と実践についても核酸解析の応用まで広げて押し進める。

②共用機器

・サーマル電界放出形走査電子顕微鏡 JSM-7800F

材料系、固定後の乾燥した生体試料の表面観察・分析ができる。ま

た、生体試料や海洋生物、植物のような含水試料を形態維持した状態で観察できるクライオシステムを搭載している。乾燥試料・含水試料ともに元素分析も可能。

- ・3D-SIM 超高解像度イメージングシステム DeltaVision OMX

従来の共焦点顕微鏡よりも高い分解能の像が得られる顕微鏡で、分解能は最大で90nm (XY軸)、220nm (Z軸)。細胞内構造物などの微細構造の観察を可能とする。励起レーザーは4種類を搭載しており、最大で同時に4種の標的タンパク質の観察が可能。

- ・ナノインジェクションシステム

顕微鏡直視下、標的細胞へのナノピペットの低侵襲の穿刺とインジェクションなどを自動化する顕微鏡コンポーネントシステム。低侵襲のため、ライブセルを対象とした一細胞の操作と解析が可能。

- ・一細胞採取解析装置

顕微鏡直視下、一細胞を先端径数 μm のナノスプレーチップの中に吸引採取して、直接ゲノム、プロテオーム解析する広島大学独自の解析技術装置群。

- ・他9機器。

③専門スタッフの配置・育成

技術指導研究員および業務参加者を共用機器および一細胞解析の支援のために配置する。

本学のコアファシリティ構築支援プログラムとの連携による技術職員育成を図る。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

測定画像の同時配信による装置利用の遠隔化を図る。業務協力者の横河電機株式会社と覚書を交わし、ナノ領域のピペットシステムに関連する技術の高度化に向けて、一細胞解析技術の自動化とより確実な採取法を確立するため共同開発を継続して推進する。

⑤その他

新たに研究員及びポスドクを受け入れること等により、研究者間のコミュニティ構築を進め、一細胞解析の応用範囲を広げる。

【機関名：株式会社日立製作所】

①利用支援体制の構築

平成29年度から4年間実施してきたアトミックスケール電磁場解析プラットフォームにおける体制を活用しつつ、より広い分野を横断的にカバーできるような利用支援体制で事業を実施する。具体的には、本事業にて雇用するコーディネーターと担当責任者兼業務主任者、そして本事業にて雇用する1名を含む4名の実施担当を参加者とし、さらに、実施機関内の磁性物理や計測・シミュレーションのエキスパートを協力者として必要に応じて装置利用課題の遂行のためのアドバイスが得られる体制とする。

コーディネーターは、微細領域の電磁場解析に関する、採択された課題の実務マネジメントを主たる業務とし、電磁場解析を担当する複数の実施機関の担当責任者と協議のうえ共用装置の性能や特徴、利用者の利便性を総合的に検討して利用者のニーズに最適な共用装置を決定する。日立以外の装置で対応する場合はその装置を保有する実施機関に実務を移管する。

②共用機器

機器1：原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡：加速電圧1.2MV、最高分解能：43pm、原子一層レベルの磁場分布を計測可能。

機器2：超高圧ホログラフィー電子顕微鏡：加速電圧1MV、最高分解能：120pm、液体ヘリウム冷却環境での観察が可能。

機器3：ホログラフィー電子顕微鏡：加速電圧350kV、最高分解能：200pm、試料周囲が広く多様な計測に対応。

機器4：スピン偏極走査電子顕微鏡：最高分解能：5nm、試料表面の微細な磁区構造を観察可能。

③専門スタッフの配置・育成

コーディネーターを含めて装置共用の技術面をサポートするスタッフは4名おり、いずれも実施機関に直接雇用される研究者で、電子顕微鏡（超高圧電子顕微鏡、ホログラフィー電子顕微鏡、スピン偏極走査電子顕微鏡などの専門家である。そのうち一名は平成31年に採用した若手研究者で、多数の装置利用者の多様な課題に取り組むことで電子線ホログラフィーの幅広いニーズへ対応できる研究者として育成する。

- ④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

幕張メッセで開催された令和2年度のJASISにて遠隔地からの電子顕微鏡画像のリアルタイム共有のデモンストレーションを実施した。実際の機器共用においても遠隔地の利用者に対して同様のことを実施し効果をあげ、ノウハウと現状の課題を抽出してきた。それを踏まえて、リモート操作や遠隔利用の整備を進めていく。

JST-CREST「情報計測」領域のテーマに参画し電子線ホログラフィーの多数枚自動計測技術を開発し、原子分解能を有する画像を10,000枚自動で取得する技術を開発した。

これらの技術を本事業の装置利用に適用する。

- ⑤その他

日本顕微鏡学会または応用先の材料に関する主要な学会において装置利用者との連名で成果発表を行っていくとともに、ユーザー層の拡大のため代表機関と連携しながら、日本顕微鏡学会、日本磁気学会など微小領域の磁場計測に関連する学会での広報活動を主導する。

これまでに築いてきた国際的ネットワークを通じて、海外トップ研究者の利用拡大を図りインパクトの大きい成果創出を図る。

【機関名：一般財団法人ファインセラミックスセンター】

- ①利用支援体制の構築

業務主任者及び担当責任者の兼任者と、実施担当からなる支援体制を整備する。実施担当は、電子線ホログラフィーを主とする透過電子顕微鏡観察の試料作製、実験並びに実験指導の4名及び透過電子顕微鏡観察の支援、試料作製や画像解析の補助を担う2名の合計6名が担当する。また、協力者1名は必要に応じて実験試料作製の指導や実験結果の解釈を行うことで実施担当の業務を支援する。利用者側との技術打ち合わせは、実施機関のメンバーが利用者側に出向いて行うこともある。

従来、一般財団法人ファインセラミックスセンター（以下「ファインセラミックスセンター」という。）が技術相談や共同研究を受けてきた企業・大学との連携関係を生かして本事業としての電磁場解析を発展させるとともに、利用者の開拓を図る。また、単なる装置利用時間だけでなく、データ解析や事前準備に技術スタッフが従事する時間

も考慮して装置使用料を算出する。

②共用機器

機器：加速電圧300kVホログラフィー電子顕微鏡

特徴：電子加速電圧：300kV、4個のパイプリズム装備、液体窒素冷却、磁場印加、電圧印加、試料加熱、高感度計測

③専門スタッフの配置・育成

上記の①で記載の通り、業務主任者及び担当責任者の兼任者、実施担当6名（パーマネント職員4名，補助員2名）で本業務を実施する。

なお、ファインセラミックスセンターでは、電子線ホログラフィー技術を活用できる研究者を育成することを目的の一つとして、以前から大学院生（博士後期過程）を研究生として受け入れている。令和3年度もこの制度で受け入れ、本研究分野の技術向上と人材育成に貢献する。講演会や講習会などの座学だけではできない実践的技術指導を行い、電子線ホログラフィーを活用できる人材の確実な育成と電子線ホログラフィー活用分野の拡大に貢献する。

本事業に参加する補助員は、透過電子顕微鏡観察の支援、試料作製や画像解析の補助を行う。また、見積書、報告書等の書類作成業務の一部も支援する。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

令和3年度は、既存のTeams、Zoomなどのオンライン会議システムを用いて利用者と相談しながら実験を進めたり、画像データを迅速に利用者に送信したりするなどして、業務効率の向上と研究のスピードアップを図る。

⑤その他

得られた成果は、日本顕微鏡学会、応用物理学会等の学術講演会や学会誌に積極的に発表し、本事業のPRと利用者拡大を図る。

【機関名：国立大学法人九州大学】

①利用支援体制の構築

業務主任者兼担当責任者と、4名の実施担当（技術系は本事業にて

雇用する1名を含め計3名、事務系1名)からなる支援体制を整備する。実施課題については、業務主任者、技術系実施担当、課題申請者の三者による協議を経て、綿密な実験計画を立案する。業務主任者は、本事業の統括とともに、研究コーディネートや人材育成に関わる業務を行う。技術系実施担当は、要請に応じて予備的・相補的な電子顕微鏡観察を行うとともに、電子線ホログラフィーに関わるデータ収集とその解析、並びにホログラフィー電子顕微鏡のメンテナンス業務を行う。事務系実施担当は、物品購入契約を含めた事務の支援を行う。

②共用機器

機器：加速電圧300kVホログラフィー電子顕微鏡

特徴：加速電圧可変（300kV、200kV、100kV）、最高分解能：200pm、高速・高感度カメラ搭載、試料加熱、試料冷却（液体窒素）、試料への光照射

③専門スタッフの配置・育成

電子顕微鏡の基盤技術を有する人材を実施担当者として配置したうえで、電子線ホログラフィーに関わる高度な専門性の修得を促し、当該分野の主導者としての育成を図る。

実施担当者による研究計画立案やコンサルティングの機会を意図的に設定し、指導者としての育成を図る。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

西日本地域の研究支援拠点としての役割を果たすとともに、リモート通信を活用したコーディネート業務やデータ共有を積極的に展開し、全国の利用者に適時なサービスを提供し得る実施体制を整備する。

深層学習による情報処理や、統計数理的手法を駆使したノイズ除去など、データ駆動科学の推進に資する技術を提供する。

⑤その他

マテリアル先端リサーチインフラ事業（九州大学ハブ）と連携し、電子線ホログラフィーと高い親和性のある微細構造解析の支援機能を、本再委託事業で効果的に利用する。

マテリアル先端リサーチインフラ事業で整備を図るデータ構造化の

仕組みを本事業でも適宜参照し、データの蓄積と利活用の高度化を図る。

【機関名：国立大学法人東北大学】

①利用支援体制の構築

多元物質科学研究所の所長を業務主任者・担当責任者とし、電子線ホログラフィーを専門とする研究者(講師) 1名、及び技術職員 1名と学術研究員 1名の実施担当からなる支援体制を整備する。なお、上記の学術研究員 1名は本事業で雇用する。

②共用機器

機器：日本電子製 加速電圧 300 kV 分析電子顕微鏡 JEM-3000F

特徴：シングルバイプリズム、各種の特殊試料ホルダを利用したオペランド環境での電子線ホログラフィー観察が可能（磁場印加ホルダ、2探針ピエゾ駆動ホルダ(外力および電流電圧の印加が可能)、光照射ホルダ、熱電子照射ホルダ、冷却・加熱ホルダ）、交流磁場印加システムでローレンツ顕微鏡法による動的磁壁移動観察が可能。

令和3年度は記録系をその場観察に適した CMOS カメラに更新予定。

③専門スタッフの配置・育成

様々な研究内容に対応できるように、学術研究員、および技術職員に対して実施担当（講師）が電子線ホログラフィーの基礎から応用までを指導し、専門的な情報を共有する。

実施担当（講師）は学生に対して試料加工とホログラフィー観察の基礎のセミナーを行い、電磁場解析の重要性についての説明を行う。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

遠隔地からの利用の対策として、ビデオキャプチャとウェブ会議システムを活用した遠隔からの実験立ち合いができる環境を整える。

令和3年度に高速動作可能な透過電子顕微鏡用 CMOS カメラの導入を予定している。すでに高速動作可能なカメラを導入している機関（国立大学法人九州大学等）より、使用方法についてノウハウを取得し、当機関もスクリプト等を利用したデータ処理法を開発する。

電子回折が位相再生像に及ぼす効果の研究や、電場変動を検出する手段としての振幅再生像の新しい活用方法等の技術の高度化を進める。

【機関名：国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学】

①利用支援体制の構築

これまで10年にわたり参画してきたナノテクノロジープラットフォーム事業においてすでに機器の利用支援体制、機器利用料金表などは整備されているため、これらを流用する。基本的に本機関に在籍する専門スタッフ4名及び本事業にて雇用する事務補助1名の体制で実施するが、装置メンテナンスなどにおいて随時、実施担当（技術職員）の協力を仰ぐことになる。週一回の支援計画ミーティングの開催、年数回の利用者講習会、定期的技術相談の体制についても既に経験を積んでいる。

②共用機器

機器1：分光走査透過電子顕微鏡 JEM2100（200kV）日本電子製

特徴：5種類の分光検出器（電子エネルギー損失分光、波長分散型X線分光、エネルギー分散型X線分光、カソードルミネッセンス分光、二次電子/反射電子検出器）及び2台のCCDカメラ（広角/高分解能）搭載する分光STEM 各種試料ホルダ（一軸傾斜加熱/一軸傾斜冷却/二軸 Be 分析/面内回転/可視光発光集光） ナノビーム走査モード、ホロコーン照射モード、ビームロッキングモード装備 STEM 分解能1nm

機器2：分光走査透過電子顕微鏡 EM-10000BU（200kV）日本電子製

特徴：ショットキー型電解放出電子銃、ダブル（照射系/結像系）収差補正 STEM 分解能0.07nm エネルギー分散X線分光およびエネルギー損失分光検出器、反射電子検出器搭載 ホログラフィー用バイプリズム ナノビーム回折による回折イメージングモード 各種試料ホルダ（二軸傾斜加熱/二軸傾斜冷却/二軸 Be 分析）

③専門スタッフの配置・育成

4名（内1名が30代の若手研究者）の専門スタッフ、1名の技術職員、1名の事務補助を配置する。専門スタッフ及び技術職員の全員が透過電子顕微鏡及び関連分光法のエキスパートであり、各種の受託

分析、技術支援を進めていく。特にデータ解析及び実技講習、技術相談の経験を通じた若手職員のさらなるレベルアップ、コンサルティング業務、国際共同研究において必要な渉外経験などの経験値を上げていく。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

令和3年度は遠隔操作機能を搭載するために装置制御PCをアップグレードする。

各種分光測定の実自動化：Gatan Microscopy Suite (GMS) 上のスクリプトプログラムによって長時間の分光測定を自動化する。

AI技術利用によるデータ解析の実自動化：スペクトル解析において長年の実績あり、その場観察のビデオ画像ビッグデータを自動判別する深層学習応用システム開発中であり、これを推進する。

⑤その他

当機関では分光測定及びデータ解析の実績を生かした独自の分析手法（複合電子顕微分光によるサイト選択的ドーパント化学分析、スペクトラムイメージと機械学習法の組み合わせによる物性空間マッピング、結晶格子欠陥の3D解析、エネルギー損失磁気カイラル二色性によるナノ領域磁気角運動量測定）によって事業への貢献を図る。

(iii) 協力機関の取組

装置共用体制を構築している国立大学法人岡山大学と国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所は、選定委員会に参加し申請された課題を審査する。

アメテック株式会社、日東分析センター株式会社、株式会社島津製作所、ブルカージャパン株式会社、日本ウォーターズ株式会社、株式会社プレッパーズは、本プラットフォームからの依頼に応じ人材育成及び新しい測定技術の開発に向けた情報交流等を検討する。横河電機株式会社はナノ領域のピペットシステムに関連する技術の高度化に取り組む。株式会社ヒューマニクスは一細胞解析技術に関連するナノスプレーチップの開発に取り組む。

国立研究開発法人理化学研究所創発物性科学研究センターは、株式会社日立製作所と共同で電子線ホログラフィーの研究開発を長年推進して

きた。必要に応じて計測方法や計測結果の解析方法などについてアドバイスを受ける。株式会社日立ハイテクは、共用装置の機能維持や機能改善に際し、必要に応じて所属するエンジニアに協力を仰ぐこととする。

2. 2 成果・実績

(i) 委託機関（代表機関）の業務

【機関名：国立大学法人北海道大学】

①プラットフォーム運営体制の構築

1) プラットフォーム実施機関、協力機関、事業支援機関と連携するための取組

顕微イメージングソリューションプラットフォーム推進室運営委員会（以下「運営委員会」とする。）とコンサルティング集団、そして顕微イメージングソリューションプラットフォーム推進室利用課題選定委員会（以下「選定委員会」とする。）を設置した。

運営委員会委員長は代表機関の担当責任者1名に、運営委員会委員は各実施機関の担当責任者各1名計7名に、それぞれ委嘱した。運営委員会（令和3年8月27日、以降毎月1回・オンライン）を開催し、事業運営に関する事項を審議した。運営委員会には、運営委員会委員とコーディネーターのほか、技術専門職員等や補助員などの事業参加者がオブザーバとして参加した。その様子を画像1に示す。



画像1. 運営委員会の様子

コンサルティング集団は、代表機関および実施機関の分析エキスパート各1名以上、計14名により構成した。コンサルティング集団は、利用相談内容の実現性や技術的課題を議論し、複合解析も含めたソリューションをメール（随時）および運営委員会（令和3年8月27日、令和4年2月17日・オンライン）にて検討した。

選定委員会は、委員長を代表機関の担当責任者1名に、委員を各実施機関の担当責任者各1名計7名、協力機関のうち装置共用を実施している国立大学法人岡山大学と国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所からの各1名計2名を加えた計9名にそれぞれ委嘱した。利用課題申請計18件を、計8回のメール審議にて運営委員会が定める利用選定基準を元に公平に審査した。令和3年度は申請された利用課題18件全てを採択した。

2)他のプラットフォームと連携するための取組

先端研究プラットフォーム合同会議（令和3年9月15日・オンライン）に参加し、先端研究基盤共用促進事業（先端研究設備プラットフォームプログラム）の他3プラットフォームと情報共有を始めた。JASIS2021展示会（令和3年11月8～10日・千葉県幕張メッセ）に合同出展し広報を図ったほか、プラットフォーム間で打ち合わせを行い、今後の連絡方法、イベント開催や事業運営に係る情報の共有を進めた。NMRプラットフォームキックオフシンポジウム2021（令和3年12月10日・オンライン）に参加し、本事業の取組を紹介した。NMRプラットフォームが主催するプラットフォーム連携意見交換会（令和4年3月9日・オンライン）に参加し、広報活動、プラットフォーム間の連携、先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム）との連携について情報交換を行った。この意見交換会は令和4年度も開催することとした。

②利用支援体制の構築

コーディネーターとして特任助手1名（エフォート率100%）を配置した。技術専門職員として特任助教1名（エフォート率100%）、補助者として派遣職員2名をそれぞれ配置する計画としていたが、適任者を雇用することができなかった。そのため、特任助教1名に代わり大学職員（助教）1名がその業務を担当し、また、週3日勤務の派遣職員2名を配置する代わり派遣職員1名の勤務を週5日に増やし業務を実施した。

コーディネーターは、各実施機関のコーディネーターとともにワンストップサービスの窓口業務と広報活動等を担当した。また、大学教員・技術専門職員と協力して装置ポータルを構築し、運用した。対話式受付システムの構築に向けた情報収集と、ソリューションマッチングプログラムの調整を担当した。

技術専門職員・補助者は、大学教員と協力し、採択された利用課題の実施を担当した。また、ソリューションマッチングプログラムにおける複合解析ソリューションを検討議論した。そして同位体顕微鏡システム用遠隔操作システムの構築に取り組み、利用課題のうち1件を遠隔操作により実施した。また、試料の予備観察を行うために、大学内の先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム）、ナノテクノロジープラットフォーム事業と連携し、これら事業の共用機器を活用した。

③ワンストップサービスの設置

装置ポータル <http://www.imaging-pf.jp> を構築し、共用機器の紹介説明や利用案内、イベント情報等をインターネット上で公開した。

利用相談の効率化を目的とした対話式受付システムの構築に向け、情報収集を進めた。コーディネーターと技術専門職員が定型化した聞き取り項目に沿って利用相談を実施し、利用者から得られた要望を利用相談レポートにまとめた。相談内容の実現性や技術的課題を議論し、複合解析も含めたソリューションを検討後、実現性を明らかにした上で相談者に適切なソリューションを提案して利用課題申請に導いた。利用課題実施の流れを図1に示す。

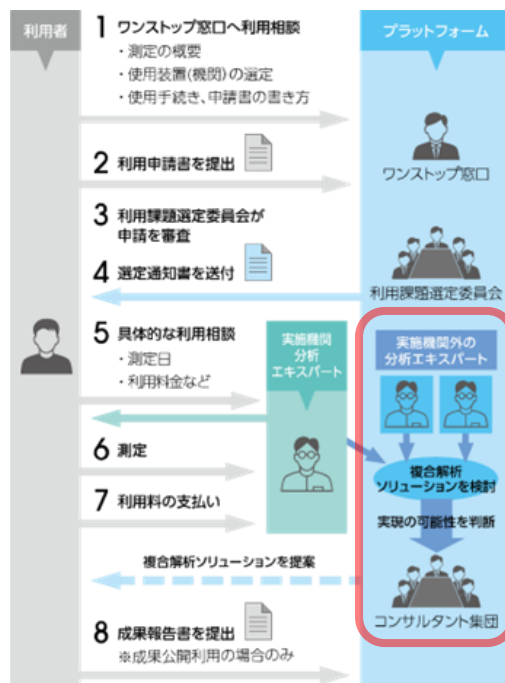


図1. 利用課題実施の流れ

④共用機器

- ・ 同位体顕微鏡システム
物質中の同位元素の三次元分布を可視化できる装置。
- ・ 次世代同位体顕微鏡システム
物質中の同位元素の三次元分布を可視化できる装置。特に点分析において、超高感度質量分析が可能。
- ・ 形状測定レーザー顕微鏡システム
簡単な操作で、試料表面の高解像度・超高深度観察や粗さ測定ができる装置。
- ・ 他、試料調製用3機器

⑤専門スタッフの配置・育成

各先端分析技術の融合による新たなイノベーション創出を推進する人材の育成として、本事業に参加する技術専門職員・補助者などに対し育成プログラムを実施した。具体的には、複合解析ソリューションの検討を、図1赤枠内にて利用課題と並行し実施した。

1. 先ずコンサルティング集団が、ワンストップ窓口で集約された利用課題のうち複合解析に適するものを選択した。次に全参画機関の技術専門職員・補助者等、すなわち分析エキスパートが、選択され

た課題ごとに取りまとめ役を自薦又は推薦により1名選出し、その取りまとめ役を中心として複合解析に向けた議論を進めた。この議論は、後述する技術交流会と随時開催するオンライン会議にて行い、また、常時書き込みが可能なオンライン共有ドキュメントを併用した。提案されたアイデアは、取りまとめ役が複合解析ソリューションの提言としてまとめた。令和3年度は複合解析に適する計3課題について、表1に示す計6件の複合解析ソリューションを提言した。

表1. 複合解析ソリューションによる提言

利用課題	複合解析ソリューションによる提言
利用課題 A 質量分析イメージング	同位体イメージングを組み合わせる提言
利用課題 B 磁性イメージング	試料を加熱しながら観察を行う提言
利用課題 B 磁性イメージング	EDS、EELS、CL による組成、遷移金属の価数、発行スペクトルを組み合わせる提言
利用課題 C 同位体イメージング	質量分析イメージングによる化合物観察を組み合わせる提言
利用課題 C 同位体イメージング	電子線イメージングを組み合わせる提言
利用課題 C 同位体イメージング	同位体イメージングの別アプローチとして、強い電子線で局所領域をガス化し同位体分析する提言

2. これらの提言は、コンサルティング集団がレビューした後に、利用者に提示して利用課題申請を促した。令和3年は6件を提示し、うち1件が利用課題申請に至った。申請された利用課題は提案者がサポートして実施した。
3. 複合解析の議論を進めるために、技術専門職員等全員が参加する技術交流会を計3回実施した。第1回は国立大学法人浜松医科大学が、第2回は国立大学法人北海道大学、第3回は株式会社日立製作所と一般財団法人ファインセラミックスセンターが、それぞれ主催した。第2回技術交流会（令和3年12月25日・オンライン）では、国立大学法人北海道大学の技術専門職員等とコーディネーターによる同位体イメージング技術の基礎、応用事例の紹介、同位体顕微鏡システムの遠隔分析のデモを実施し、本事業の技術専門職員・補助者等17名が参加した。

4. コンサルティング集団は、各提言をレビューし、さらに運営委員会（令和3年8月27日、令和4年2月17日・オンライン）にて取りまとめ役に対して質疑応答を行い、人材育成を進めた。

⑥遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

同位体顕微鏡システムは、令和3年度に遠隔立ち会いと遠隔操作に対応し、海外研究者約100名を率いて探査機はやぶさ2試料を分析した。令和4年度に遠隔データ解析を行う準備として、データ・ストレージサーバとデータ解析用PCを導入した。

⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築

同位体顕微鏡システムの遠隔対応により海外トップ研究者の利用拡大を図り、利用課題と計測技術のレベル向上を推進した。

⑧その他

新技術習得プログラムを募集した。このプログラムは、若手研究者（35歳以下）、スタートアップ研究者（所属機関異動後2年以内）、海外研究者（サバティカル・研究休暇により日本に滞在）を対象とした共用機器を用いる短期研修である。しかし、令和3年度は申請がなかったため実施しなかった。

広報活動を実施した。コーディネーター等が中心となり、BioJapan 2021展示会（令和3年10月13～15日・神奈川県パシフィコ横浜）、JASIS 2021展示会（令和3年11月8～10日・千葉県幕張メッセ）、nano tech 2022展示会（令和4年1月26～28日・東京都東京ビッグサイト）へ出展し、それぞれ15～40名に利用を案内し新規利用者の開拓を図った。

ワンストップ窓口が計18件の利用課題申請を受理した。申請一覧を表2に示す。このうち1件は、複合解析ソリューションの提言を受けて利用者が申請した利用課題である。受理した利用課題申請は、利用課題選定委員会が審査・採択し、実施機関が実施を担当した。

表2. 令和3年度の利用課題

No.	利用課題名	利用者名	実施機関
1	2024年3月公開予定	広島国際大学	広島大学

2	2024年3月公開予定	甲南大学	浜松医科大学
3	2022年8月公開予定	北海道大学	ファインセラミックスセンター／日立製作所
4	2024年3月公開予定	千歳科学技術大学	北海道大学
5	非公開課題	(民間企業)	九州大学
6	非公開課題	(民間企業)	東北大学
7	非公開課題	(民間企業)	日立製作所
8	Al-0.6mass%Mg-0.8mass%Si合金中の早期析出化現象	大同大学	名古屋大学
9	2022年9月公開予定	純心学園大学	広島大学
10	窒化鉄微細組織の磁気特性評価について	九州工業大学	九州大学
11	2022年5月公開予定	名古屋大学	ファインセラミックスセンター
12	非公開課題	(民間企業)	北海道大学
13	2023年3月公開予定	北海道大学	ファインセラミックスセンター
14	非公開課題	(民間企業)	北海道大学
15	2023年3月公開予定	同志社大学	北海道大学
16	2023年3月公開予定	(民間企業)	ファインセラミックスセンター
17	テロメアバイオロジーからの予後不良神経芽腫層別法の確立	広島大学	広島大学
18	2023年3月公開予定	東京工業大学	北海道大学

成果公開が可能な課題は、令和4年5月より装置ポータル「利用例」ページにその概要を掲載することとした。

(ii) 再委託機関（代表機関を除く実施機関）の業務

【機関名：国立大学法人浜松医科大学】

①利用支援体制の構築

技術専門職員として特任研究員2名、補助者として技術補佐員3名、事務補佐員1名を雇用した。補助者のうち2名は、学位取得に伴い技術補佐員ではなく特任研究員として雇用した。

技術専門職員（特任研究員）2名は大学教員と協力し、採択された利用課題の実施を担当した。また、MALDI-IT-TOF 型顕微質量分析装置 iMScope β 機、超高分解能 MALDI-FTICR 型質量分析イメージング装置 solarixXR、脱離エレクトロスプレーイオン化顕微質量分析装置 Xevo® G2-XS Qtof、脱離エレクトロスプレーイオン化顕微質量分析装置 Xevo® TQ-XS、液体クロマトグラフィー質量分析装置、SYNAPT-G2 HDMS の遠隔利用立会いシステムおよび遠隔解析システム構築に取り組んだ。補助者3名は技術専門職員と大学教員の指示により試料調製・測定・データ評価を行った。事務補佐員1名は共用促進リエゾンとして利用窓口業務を担当した。

また、配置された技術専門職員と補助者の計5名が、質量分析イメージング装置5台を含む共用機器の維持管理を行った。

②共用機器

- ・MALDI-IT-TOF 型顕微質量分析装置 iMScope β 機
空間解像度 $5 \mu\text{m}$ の解析が可能な質量分析イメージング装置。
- ・超高分解能 MALDI-FTICR 型質量分析イメージング装置 solarixXR
高い質量分解能によって精密質量分析が可能な質量分析イメージング装置。
- ・脱離エレクトロスプレーイオン化顕微質量分析装置 Xevo® G2-XS Qtof
脱離エレクトロスプレーイオン化 (DESI) によりソフトなイオン化が可能な質量分析イメージング装置。
- ・脱離エレクトロスプレーイオン化顕微質量分析装置 Xevo® TQ-XS
トリプル四重極の質量分析計に高感度化技術を適用したハイエンド質量分析イメージング装置。
- ・液体クロマトグラフィー質量分析装置 - SYNAPT-G2 HDMS
UHPLC を装着した高速・高分解能での精密質量分析が可能な四重極-飛行時間型質量分析装置
- ・感染防止対策用クライオスタット - CM1950
UV (紫外線処理) と Ag (ナノシルバー表面コーティング) を装備している質量分析イメージング切片試料作製用クライオスタット。
- ・マトリクス蒸着装置 - iMLayer
MALDI イメージング測定試料に対しマトリクスを自動蒸着する装置。
- ・マトリクス噴霧装置 - TM-Sprayer
MALDI イメージング測定試料に対しマトリクスを自動噴霧する装置。

③専門スタッフの配置・育成

国立大学法人浜松医科大学所属の大学院生を技術補佐員として配置し、技術専門職員、大学教員によるスキルアップ支援を継続し人材の育成を図った。学会と連携して、専門スタッフは日本医用マススペクトル学会認定資格、分析化学会認定資格などの取得を図った。質量分析イメージング測定技術習得のために日本質量分析学会中部談話会と共催して第1回技術交流会(令和3年10月22日・オンライン)を開催し、本事業の利用説明、協力機関による分析技術紹介、事業参加者によるマススペクトル解析の基礎講座、分析機器メーカーによる質量分析用ツールの紹介、イメージング分析技術開発経験者による事例紹介を行った。本会にはプラットフォーム内外から計85名が参加した。

技術指導研究員(特任助教)1名が公立大学講師へキャリアアップした。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援(利用と機器開発の連携拡大)等

オンライン会議システムを利用した遠隔利用立会いシステムを構築し、遠隔地からの質量分析イメージング装置利用課題1件に対応した。外部機関からアクセス可能なデータ解析用PCとデータストレージシステムを設置し、利用課題実施により取得した各種質量分析イメージングデータの遠隔解析システムの構築を図った。ISO/TC201 バイオ WG 国内委員会等と協力しデータの標準化を推進し、GLP 原則順守信頼性保証体制を整備した。

⑤その他

ブルカージャパン株式会社、株式会社島津製作所、株式会社プレッパーズ、日本ウォーターズ株式会社などのメーカーが協力機関となり装置の機能向上への協力と、利用課題から得られたニーズや新技術の実用化を図った。

国立大学法人浜松医科大学で実施した利用課題1件は、課題終了後に協力機関である株式会社プレッパーズに引継ぎ、受託解析として研究を継続した。

【機関名：国立大学法人広島大学】

①利用支援体制の構築

技術指導研究員（特任助教）1名を計画どおり配置し、また、大学教員・職員の協力を得た。加えて、教育研究補助職員（URA）1名および技術職員1名を配置する計画としていたが、適任者が見つからなかったためポスドクおよび教育研究補助職員を各1名配置し、利用体制を充実させた。さらに、一細胞解析の指導と実践についても核酸解析の応用まで広げて推し進めた。

技術指導研究員（特任助教）・ポスドクおよび教育研究補助職員は、大学教員・職員と協力し、採択された利用課題の実施、一細胞解析およびそれに関する実験を行った。また、技術指導研究員（特任助教）は、ソリューションマッチングプログラムにおける複合解析ソリューションの検討に参加した。

②共用機器

- ・サーマル電界放出形走査電子顕微鏡 JSM-7800F
材料系、固定後の乾燥した生体試料の表面観察・分析ができる。また、生体試料や海洋生物、植物のような含水試料を形態維持した状態で観察できるクライオシステムを搭載している。乾燥試料・含水試料ともに元素分析も可能。
- ・3D-SIM 超高解像度イメージングシステム DeltaVision OMX
従来の共焦点顕微鏡よりも高い分解能の像が得られる顕微鏡で、分解能は最大で90nm（XY軸）、220nm（Z軸）。細胞内構造物などの微細構造の観察を可能とする。励起レーザーは4種類を搭載しており、最大で同時に4種の標的タンパク質の観察が可能。
- ・ナノインジェクションシステム
顕微鏡直視下、標的細胞へのナノピペットの低侵襲の穿刺とインジェクションなどを自動化する顕微鏡コンポーネントシステム。低侵襲のため、ライブセルを対象とした一細胞の操作と解析が可能。
- ・一細胞採取解析装置
顕微鏡直視下、一細胞を先端径数 μm のナノスプレーチップの中に吸引採取して、直接ゲノム、プロテオーム解析する広島大学独自の解析技術装置群。
- ・他9機器。

③専門スタッフの配置・育成

技術指導研究員（特任助教）・ポスドクおよび教育研究補助職員および業務参加者を共用機器および一細胞解析の支援のために配置し、利用課題と一細胞解析に関する実験の実施にあたった。

国立大学法人広島大学のコアファシリティ構築支援プログラムとの連携による技術職員育成を図る計画としていたが、コロナ禍により大学キャンパス間の移動が制限されたことから、キャンパス合同の実施が困難となり、実施しなかった。他キャンパス技術職員の案内を受け、技術指導研究員（特任助教）がオンライン講習会に参加するなどの交流を持った。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

測定画像の同時配信による装置利用の遠隔化を図った。大学職員の協力によりキャンパス間での測定画像の同時配信が確認できたので、次に遠隔操作を試みた。

協力機関である横河電機株式会社と覚書を交わし、ナノ領域のピペットシステムに関連する技術の高度化に向けて、一細胞解析技術の自動化とより確実な採取法を確立するため共同開発を継続して推進した。令和3年度はナノ領域のピペットシステムのソフトウェアのバージョンアップを実施し、標的細胞への自動穿刺の操作性が向上した。

⑤その他

新たに研究員及びポスドクを受け入れること等により、研究者間のコミュニティ構築を進め、一細胞解析の応用範囲を広げた。技術指導研究員（特任助教）は JASIS 2021 展示会での広報活動に参加した。

【機関名：株式会社日立製作所】

①利用支援体制の構築

平成29年度から4年間実施してきたアトミックスケール電磁場解析プラットフォームにおける体制を活用しつつ、より広い分野を横断的にカバーできるような利用支援体制で事業を実施した。具体的には、コーディネーター業務を行う実施担当と業務主任者兼担当責任者、そして他4名の実施担当の合計6名を業務参加者とし、さらに、実施機関内の磁性物理や計測・シミュレーションのエキスパートを業務協力者として必

要に応じて装置利用課題の遂行のためのアドバイスが得られる体制とした。

コーディネーター業務を担当する実施担当は、微細領域の電磁場解析に関する、採択された課題の実務マネージメントを主たる業務とし、電磁場解析を担当する複数の実施機関の担当責任者と協議のうえ共用装置の性能や特徴、利用者の利便性を総合的に検討して利用者のニーズに最適な共用装置を決定した。株式会社日立製作所以外の装置で対応する場合はその装置を保有する実施機関に実務を移管した。

②共用機器

機器1：原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡：加速電圧1.2MV、最高分解能：43pm、原子一層レベルの磁場分布を計測可能。

機器2：超高圧ホログラフィー電子顕微鏡：加速電圧1MV、最高分解能：120pm、液体ヘリウム冷却環境での観察が可能。

機器3：ホログラフィー電子顕微鏡：加速電圧350kV、最高分解能：200pm、試料周囲が広く多様な計測に対応。

機器4：スピン偏極走査電子顕微鏡：最高分解能：5nm、試料表面の微細な磁区構造を観察可能。

③専門スタッフの配置・育成

コーディネーター業務を担当する実施担当を含めて装置共用の技術面をサポートするスタッフは4名おり、いずれも実施機関に直接雇用される研究者で、電子顕微鏡（超高圧電子顕微鏡、ホログラフィー電子顕微鏡、スピン偏極走査電子顕微鏡などの専門家である。そのうち1名は平成31年に採用した若手研究者で、多数の装置利用者の多様な課題に取り組むことで電子線ホログラフィーの幅広いニーズへ対応できる研究者として育成した。くわえて、令和3年度に発生した共用装置の不具合の修理作業に参加したことで装置の構造や原理を体得することができた。

また、本事業でなければ取り組めなかった異分野の利用課題に取り組むことで、新たなニーズや計測装置側が今後取り組むべき課題を知ることができ、専門スタッフの知識やスキルの向上につながった。

また、第3回技術交流会（令和4年2月17日・オンライン）を開催し、業務主任者が超高圧ホログラフィー電顕を紹介した。本会には本事業の技術専門職員・補助者等13名が参加した。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

令和2年度には幕張メッセで開催された JASIS 2020 展示会にて遠隔地からの電子顕微鏡画像のリアルタイム共有のデモンストレーションを実施した。実際の機器共用においても遠隔地の利用者に対して同様のことを実施し、ノウハウと現状の課題を抽出してきた。それを踏まえて令和3年度もリモート操作や遠隔利用の整備を進めた。

一方で自動化も進めてきた。JST-CREST「情報計測」領域のテーマに参画し電子線ホログラフイーの多数枚自動計測技術を開発し、原子分解能を有する画像を10,000枚自動で取得する技術を開発した。この画像自動取得技術と遠隔からの画像共有技術を令和3年度の利用課題に適用した例を以下に述べる。装置利用提案者の計測要求を深く理解し、装置からは遠隔地にいるコーディネーターは、試料セッティングと装置の操作を行う1名の実施担当に対して、顕微鏡画像をリモートで共有しながら観察すべき視野や計測条件を指示した。計測条件設定と計測の起動後は数千枚の画像を装置が自動で取得するので装置を操作する実施担当は、別の業務を別室で行いつつ、高品質の計測結果を得ることに成功した。

また、遠隔利用の技術を応用し、技術スタッフが装置状態を自宅からモニターすることでコロナ禍による外出抑制にも効果があった。

⑤その他

日本顕微鏡学会または応用先の材料に関する主要な学会において装置利用者との連名で成果発表を行っていくとともに、ユーザー層の拡大のため代表機関と連携しながら、日本顕微鏡学会、日本磁気学会など微小領域の磁場計測に関連する学会での広報活動を主導した。

具体的には、Science と Appl. Phys. Lett. へ投稿した。利用者の所属組織からのニュースリリース、関連する学会の学術講演会への講演申し込みや商業展示の準備を行った。

なお、これまでに築いてきた国際的ネットワークを通じて、海外トップ研究者の利用拡大を図りインパクトの大きい成果創出を図る計画であったが令和3年度はコロナ禍の影響により海外研究者の利用はなかった。

利用者（大学）と日立製作所基礎研究センタは、単なる共用装置の装置利用の範囲を超えて電子顕微鏡を用いた解析全般に関して連携することを目的として共同研究契約を締結した。

【機関名：一般財団法人ファインセラミックスセンター】

①利用支援体制の構築

業務主任者及び担当責任者の兼任者と、実施担当からなる支援体制を整備した。実施担当は、電子線ホログラフィーを主とする透過電子顕微鏡観察の試料作製、実験並びに実験指導の主席研究員1名、上級研究員1名、主任研究員1名、上級技師1名の計4名及び透過電子顕微鏡観察の支援、試料作製や画像解析の補助を担う補助員2名の合計6名が担当した。また、協力者1名は必要に応じて実験試料作製の指導や実験結果の解釈を行うことで実施担当の業務を支援した。利用者側との技術打ち合わせは、必要に応じて実施機関のメンバーが利用者側とウェブ会議で行った。

技術相談や共同研究を受けてきた企業・大学との連携関係を生かして本事業としての電磁場解析を発展させるとともに、利用者の開拓を図った。その結果、令和3年度には大学から磁性体磁区構造解析に関する利用実績が、電機メーカーから半導体の電位分布解析に関する利用実績があった。また、単なる装置利用時間だけでなく、データ解析や事前準備に技術スタッフが従事する時間も考慮して装置使用料を算出した。

②共用機器

機器：加速電圧300kVホログラフィー電子顕微鏡

特徴：電子加速電圧：300kV、4個のパイプリズム装備、液体窒素冷却、磁場印加、電圧印加、試料加熱、位相シフト法による高感度計測が可能

③専門スタッフの配置・育成

上記の①で記載の通り、業務主任者及び担当責任者の兼任者、実施担当6名（パーマネント職員4名、補助員2名）で本業務を実施した。パーマネント職員4名のうち電子線ホログラフィーを専門とする職員は2名であり、主に磁区構造解析や半導体内電位分布解析に関する業務を行った。他の2名は電子線ホログラフィー技術を習得しながら上記の解析業務を行うとともに、エネルギー分散型X線分光法（Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)）や電子エネルギー損失分光法（Electron Energy Loss Spectroscopy (EELS)）を用いて材料組織の観察や元素分析を行うことにより本事業の複合解析に貢献した。

なお、一般財団法人ファインセラミックスセンターでは、電子線ホログラフィー技術を活用できる研究者を育成することを目的の一つとして、

以前から大学院生（博士後期過程）を研究生として受け入れている。令和3年度もこの制度で受け入れ、本研究分野の技術向上と人材育成に貢献した。講演会や講習会などの座学だけではできない実践的実験技術指導を行い、それとともに計測結果の正しい解釈が行えるように理解を深める議論を継続的に実施することによって、電子線ホログラフィーを活用できる人材の確実な育成と電子線ホログラフィー活用分野の拡大に貢献した。

本事業に参加する補助員は、透過電子顕微鏡観察の支援、試料作製や画像解析の補助を行った。特に画像解析に関しては、電位や磁場の計測感度向上のためのスパースコーディングの使用方法を習得した。今後の貢献が期待できる。また、見積書、報告書等の書類作成業務の一部も支援した。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

令和3年度は、既存の Teams、Zoom などのオンライン会議システムを用いて利用者と相談しながら実験を進めたり、画像データを迅速に利用者へ送信したりするなどして、業務効率の向上と研究のスピードアップを図った。特に半導体の電位解析に関して、利用者と試料の作製方法や保存状態などに関する細かい相談が必要であったため、リモート会議でお互いの理解を深め、円滑な実験の実施に役立てた。

⑤その他

得られた成果は、日本顕微鏡学会、応用物理学会等の学術講演会や学会誌に積極的に発表を検討し、本事業のPRと利用者拡大を図った。磁性体磁区構造の解析結果は、令和4年5月に開かれる日本顕微鏡学会学術講演会における発表に向けて利用者を支援した。

【機関名：国立大学法人九州大学】

①利用支援体制の構築

業務主任者兼担当責任者と、4名の実施担当（技術系は本事業にて雇用する1名を含め計3名、事務系1名）からなる支援体制を整備した。実施課題については、業務主任者、技術系実施担当、課題申請者の三者による協議を経て、綿密な実験計画を立案した。業務主任者は、本事業の統括とともに、研究コーディネーターや人材育成に関わる業務を行った。

技術系実施担当は、要請に応じて予備的・相補的な電子顕微鏡観察を行うとともに、電子線ホログラフィーに関わるデータ収集とその解析、並びにホログラフィー電子顕微鏡のメンテナンス業務を行った。事務系実施担当は、物品購入契約を含めた事務の支援を行った。

②共用機器

機器：加速電圧300kVホログラフィー電子顕微鏡

特徴：加速電圧可変（300kV、200kV、100kV）、最高分解能：200pm、高速・高感度カメラ搭載、試料加熱、試料冷却（液体窒素）、試料への光照射

③専門スタッフの配置・育成

電子顕微鏡の基盤技術を有する人材を実施担当者として配置したうえで、ホログラムのデータ収集や位相再生に関わる解析など、電子線ホログラフィーに関わる高度な専門性の修得を促し、当該分野の主導者としての育成を図った。

実施担当者による研究計画立案やコンサルティングの機会を毎月1回から2回の頻度で設定し、指導者としての育成を図った。

第3回技術交流会（令和4年2月17日・オンライン）を開催し、業務主任者が電子線ホログラフィー、TEMの原理、試料作製の概要について講義を行った。本会には本事業の技術専門職員・補助者等13名が参加した。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

西日本地域の研究支援拠点として、九州地区の大学や中部地区の企業に対してリモート通信を活用したコーディネート業務、データ共有、磁場解析の高度化に関わる研究打合せ等を2ヶ月に1回程度のペースで実施し、利用者に適時なサービスを提供した。

深層学習による情報処理や、統計数理的手法を駆使したノイズ除去など、データ駆動科学の推進に資する技術を、九州地区の大学や中部地区の企業の課題に対して適用した。

⑤その他

マテリアル先端リサーチインフラ事業（九州大学ハブ）と連携し、電

子線ホログラフィーと高い親和性のある微細構造解析の電子顕微鏡関連設備を、本事業で電磁場解析を行った磁性化合物のデータ解釈を補助する機能として効果的に利用した。

マテリアル先端リサーチインフラ事業で整備を図るデータ構造化の仕組みを本事業でも適宜参照し、磁性化合物のデータの蓄積と利活用的高度化を図った。

【機関名：国立大学法人東北大学】

①利用支援体制の構築

国立大学法人東北大学多元物質科学研究所の所長を業務主任者・担当責任者とし、電子線ホログラフィーを専門とする講師1名、及び技術職員1名と学術研究員1名の実施担当からなる支援体制を整備した。なお、上記の学術研究員1名は本事業で雇用した。

②共用機器

機器：日本電子製 加速電圧300kV分析電子顕微鏡 JEM-3000F

特徴：シングルバイプリズム、各種の特殊試料ホルダを利用したオペランド環境での電子線ホログラフィー観察が可能（磁場印加ホルダ、2探針ピエゾ駆動ホルダ（外力および電流電圧の印加が可能）、光照射ホルダ、熱電子照射ホルダ、冷却・加熱ホルダ）、交流磁場印加システムでローレンツ顕微鏡法による動的磁壁移動観察が可能。

令和4年1月に記録系をその場観察に適したCMOSカメラに更新した。

③専門スタッフの配置・育成

様々な研究内容に対応できるように、学術研究員、および技術職員に対して実施担当（講師）が電子線ホログラフィーの基礎から応用までを指導し、専門的な情報を共有した。

実施担当（講師）は学生に対して試料加工とホログラフィー観察の基礎のセミナー（令和3年11月18日、12月2日・東北大学）を行い、電磁場解析の重要性についての説明を行った。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

遠隔地からの利用の対策として、ビデオキャプチャとウェブ会議シス

テムを活用した遠隔からの実験立ち合いができる環境を整えた。

令和3年度に高速動作可能な透過電子顕微鏡用 CMOS カメラを導入した。すでに高速動作可能なカメラを導入している国立大学法人九州大学等より使用方法についてノウハウを取得し、スクリプト等を利用したデータ処理法を開発した。スクリプト処理に関する一部の成果は日本顕微鏡学会第64回シンポジウム（令和3年11月24日～26日・九州大学）にてポスター発表を行った。

電子回折が位相再生像に及ぼす効果の研究や、電場変動を検出する手段としての振幅再生像の新しい活用方法等の技術の高度化を進め、レビュー論文 (Z. Akase et al., Mater. Trans. 62(10) (2021) 1589-1595) に最近の成果をまとめた。

【機関名：国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学】

①利用支援体制の構築

平成23年度より参画してきたナノテクノロジープラットフォーム事業においてすでに機器の利用支援体制、機器利用料金表などは整備されているため、これらを流用した。基本的に本機関に在籍する担当責任者と実施担当の教員合わせて4名及び本事業にて雇用する事務補助1名の体制で実施したが、装置メンテナンスなどにおいて随時、実施担当（技術職員）の協力を仰いだ。支援計画ミーティングの開催、定期的技術相談については随時実施した。

②共用機器

機器1：分光走査透過電子顕微鏡 JEM2100（200kV）日本電子製

特徴：5種類の分光検出器（電子エネルギー損失分光、波長分散型X線分光、エネルギー分散型X線分光、カソードルミネッセンス分光、二次電子/反射電子検出器）及び2台のCCDカメラ（広角/高分解能）を搭載する分光STEM 各種試料ホルダ（一軸傾斜加熱/一軸傾斜冷却/二軸 Be 分析/面内回転/可視光発光集光） ナノビーム走査モード、ホロコーン照射モード、ビームロックモード装備 STEM 分解能 1 nm

機器2：分光走査透過電子顕微鏡 EM-10000BU（200kV）日本電子製

特徴：ショットキー型電解放出電子銃、ダブル（照射系/結像系）収差補正 STEM 分解能 0.07 nm エネルギー分散 X 線分光及びエネルギー損失分光検出器、反射電子検出器搭載 ホロ

グラフィー用バイプリズム ナノビーム回折による回折イメージングモード 各種試料ホルダ（二軸傾斜加熱/二軸傾斜冷却/二軸 Be 分析

③専門スタッフの配置・育成

4名（内1名が30代の若手研究者）の実施責任者及び実施担当者（教員）、1名の技術職員、1名の事務補助を配置した。専門スタッフ及び技術職員の全員が透過電子顕微鏡及び関連分光法のエキスパートであり、各種の受託分析、技術支援を進めた。特にデータ解析及び実技講習、技術相談の経験を通じた若手職員のさらなるレベルアップ、コンサルティング業務、国際共同研究において必要な渉外経験などの経験値を上げた。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

令和3年度は遠隔操作機能を搭載するために装置制御 PC をアップグレードした。

各種分光測定の実自動化：Gatan Microscopy Suite (GMS) 上のスクリプトプログラムによって長時間の分光測定を自動化した。

AI 技術利用によるデータ解析の実自動化：スペクトル解析において長年の実績あり、その場観察のビデオ画像ビッグデータを自動判別する深層学習応用システムを開発した。本システムはまだ改良が必要である。

⑤その他

本学では分光測定及びデータ解析の実績を生かした独自の分析手法によって事業へ貢献した。

(iii) 協力機関の取組

装置共用体制を構築している国立大学法人岡山大学と国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所は、選定委員会に参加し申請された課題を審査した。

アメテック株式会社と日東分析センター株式会社は、それぞれ国立大学法人北海道大学と測定技術の開発に向けた共同研究を実施した。

株式会社島津製作所、ブルカージャパン株式会社、日本ウォーターズ株式会社、株式会社プレッパーズは、本プラットフォームからの依頼に

応じ、第2回技術交流会にて分析技術の基礎講座と技術紹介を行い、人材育成及び新しい測定技術の開発に向けた情報交流を実施した。

株式会社プレッパーズは、国立大学法人浜松医科大学が実施した利用課題1件を終了後に引継ぎ、受託解析を実施した。

横河電機株式会社はナノ領域のピペットシステムに関連する技術の高度化に取り組み、ソフトウェアのバージョンアップを行って操作性を向上させた。

株式会社ヒューマニクスは一細胞解析技術に関連するナノスプレーチップの開発に取り組み、用途に合わせた種々の大きさの先端径のナノスプレーチップを作製した。

国立研究開発法人理化学研究所創発物性科学研究センターは、株式会社日立製作所と共同で電子線ホログラフィーの研究開発を長年推進してきた。必要に応じて計測方法や計測結果の解析方法などについてアドバイスを受ける体制としていたが令和3年度はアドバイスを受ける必要のある利用課題はなかった。また、電子線ホログラフィーの技術の高度化の一環として、国立大学法人東北大学とホログラフィーを利用した電場変動検出に関する情報交換を行った（参考 doi:10.2320/matertrans.MT-M2021086）。

株式会社日立ハイテクは、共用装置である原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡の電子銃に発生した不具合、及び加速電圧300kVホログラフィー電子顕微鏡のバイブリズムに発生した不具合を修復するためのメンテナンス作業に協力した。

Ⅲ. フォローアップ調査項目

3. 1 スタートアップ支援について

新技術習得プログラムの受講者を募集した。このプログラムは、若手研究者（35歳以下）、スタートアップ研究者（所属機関異動後2年以内）、海外研究者（サバティカル・研究休暇により日本に滞在）を対象とした共用機器を用いる短期研修である。しかし、令和3年度は申請がなかったため実施しなかった。

一般財団法人ファインセラミックスセンターは、若手研究者（35歳以下）による電位解析の利用課題実施を支援した。電子線ホログラフィーによる半導体の電位分布解析は半導体デバイスの開発や品質管理に非常に有効であるにもかかわらず、透過電子顕微鏡を使った分析業務を行う民間企業の中で電子線ホログラフィーの実験ができるところはないので、大変興味を持っていただいた。

3. 2 共同研究・受託研究について

共同研究3件と受託解析1件が、問い合わせおよび利用課題実施から発展した。

国立大学法人北海道大学は、製品評価に向けた分析技術を開発するための共同研究1件を利用者（民間企業）と実施した。

株式会社日立製作所基礎研究センタは、単なる共同利用装置を利用する範囲を超えて電子顕微鏡を用いた解析全般に関して連携することを目的として、利用者（大学）と共同研究契約を締結した。

一般財団法人ファインセラミックスセンターは、高度な試料作製技術を開発するための共同研究を民間企業と開始した。

株式会社プレッパーズは、国立大学法人浜松医科大学が実施した利用課題1件を終了後に引継ぎ受託解析を実施した。

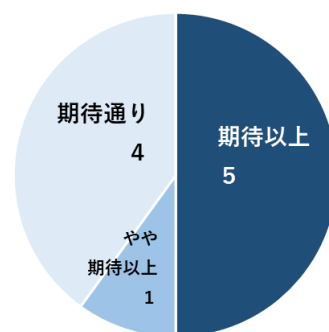
3. 3 利用アンケートについて

令和4年3月に、利用課題18件の利用者に対しアンケートを実施し、10件の回答を得た（回答率56%）。

設問と回答は次のとおり。

【設問1】測定について：ご利用の結果（測定結果）について、ご感想をお聞かせ下さい。

（期待以下、やや期待以下、期待通り、やや期待以上、期待以上、より一択）



回答1. 利用結果について

【設問2】測定について：具体的にどのようなことを期待されていましたか？

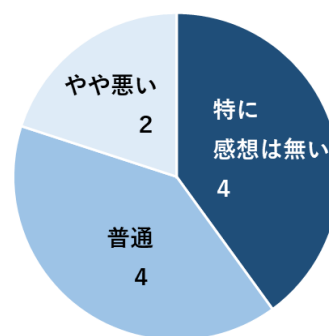
- ・ 微細組織の磁束密度分布。
- ・ 金属中原子クラスターの早期析出物化。
- ・ 最適な観察画像を得るうえでのアドバイスや迅速な分析。
- ・ 目的の細胞を単離することが出来た。
- ・ 生体組織由来タンパク質についての同位体分析。
- ・ 磁区の分布と実際の大きさの見積り。

- ・ 装置使いこなすと、大学の知。

【設問 3】 測定について：ご利用いただいた分析装置について、改善すると良いと思われることを教えてください。

- ・ 特にありません。
- ・ 特に御座いません。とても有用な装置だと思います。
- ・ 凹凸のある材料への対応。

【設問 4】 利用手続きについて：利用手続き全般について、ご感想をお聞かせ下さい。
(非常に悪い、悪い、やや悪い、普通、特に感想は無い、より一択)

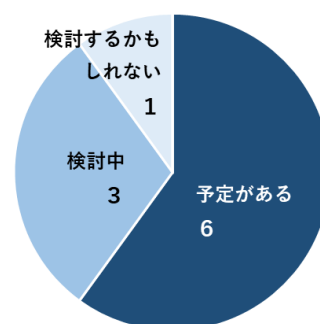


回答 4. 利用手続きについて

【設問 5】 利用手続きについて：利用手続き全般について、改善すると良いと思われたことを教えてください。

- ・ 申込書や利用規約、秘密保持などをホームページからダウンロードできるとよかった。
- ・ 特にありません。
- ・ 丁寧にご説明いただき、特に迷うことはありませんでした。
- ・ 複数拠点にまたがる評価を合体させるような提案があると、どこにも負けないと思います。

【設問 6】 今後について：今後、本事業を利用するご予定はありますか？ (予定がある、検討中、検討するかもしれない、予定はない、より一択)



回答 6. 今後の利用予定

【設問7】 ご意見やご要望をご自由にお書き下さい。

- ・ 何時も丁寧に迅速に対応いただけています。
- ・ 本学では使用できない機器を、近隣の大学で利用できるのはありがたい。また機器の操作を専属の技官さんにお問い合わせできるので作業が早くて正確である。
- ・ 今後ともよろしく御願いたします。
- ・ 毎度、お世話になっております。これからもよろしく御願いたします。

【アンケートまとめ】

- ・ 本事業における測定への期待（設問1、設問2）について：

具体的な分析結果に加え「最適な観察画像を得るうえでのアドバイスや迅速な分析」「装置使いこなしと、大学の知」が期待されており、それらを含めて良い評価が得られた。しかしこの評価は、アンケートに回答した利用者、すなわち本事業に協力的な利用者による評価であることに留意するべきである。

- ・ 利用手続き（設問4）について：

「申込書や利用規約、秘密保持などをホームページからダウンロードできると良い」という指摘が得られた。申込書と利用規約等の文書は既に装置ポータルからダウンロード可能であったが、見つけにくい可能性が考えられたため、すぐに表示を改善した。また、秘密保持契約書などの様式は機関毎の対応を要するため、ワンストップ窓口を経由して機関別に案内することを利用者へ説明し、了解を得た。

「複数拠点にまたがる評価を合体させるような提案」があると良いという回答については、今後も複合解析ソリューションの取組を継続し、複数拠点にまたがる解析の検討・提案を図る。