

# 材料科学と人文科学が紡ぐ新知創造学際領域研究

藤田全基<sup>1)</sup> 佐藤敬浩<sup>2)</sup>

## 1. 人文科学研究による材料科学基盤の活用

文化財や自然史財は、過去の人々の生活や地球の歴史を後世に伝える人類の共有財産である。歴史、民族、芸術など幅広い分野と結びつく資料の調査には、形態解析や年代分析に加えて、材料学的視点から製造方法の解明や復元材料の開発、さらには保存と劣化に関する研究などが不可欠である。そのため様々な研究技術が存在するが、日々高度化する技術を個々の研究者が包括的に利用することは難しく、ニーズに応じた技術開発や量子ビームによる先端非破壊分析には専門家との協働が求められる。一方、物質や材料を定量的に扱う理工学研究分野では、特性の解明や機能向上を目的として研究を体系的に進めてきた。また大型設備や最先端装置を開発し、多くの研究者が共同で活用できる研究エコシステム(共同利用・共同研究制度)を構築してきた。このエコシステムを最大限活用すれば、人文科学において広くつながりのある協業研究が実現し、異分野の知識を結びつけた「総合知」を生み出す基盤の強化が期待できる。

東北大学金属材料研究所(通称「金研」)と文化財や自然史資料の研究に特色を持つ7つの学術機関は、文部科学省が2023年度から開始した「学際領域展開ハブ形成プログラム」事業に文理融合に関する内容を提案した。この事業は、これまでの共同利用・共同研究体制の成果を基礎とし、従来と異なる分野との連携によって新たな学際領域の開拓を目指すものである。提案した「人文科学と材料科学が紡ぐ新知創造学際領域の形成(新知創造学際ハブ)」が採択されたことにより、文理融合の学際領域研究を組織的に進める場が整備されることになった。

## 2. 金属材料研究所と人文科学の交流

「新知創造学際ハブ」事業について説明する前に、事業の中核機関で国際共同利用・共同研究拠点である金研を紹介する。1916年に設立された金研は、108年の歴史を持ち、金属をはじめ、半導体、セラミックス、化合物、有機材料、複合材料などの多様な物質・材料に関して基礎研究から応用技術までを行う研究機関である。物質材料の創製・評価に関する最先端の研究設備を有しており、照射材料試験などに対応した大型実験施設を運用する国際共同利用・共同研究拠点として、国内外の研究者や技術者に研究の門戸を開放している。独自研究と年間600件を超える共同研究を通じて、金研には物質・材料分野の膨大な知識と経験が蓄積されている。

「新知創造学際ハブ」事業では、金研のこの研究基盤を全国の人文科学系研究者が活用できる制度を構築する。文化財に対する物質科学的アプローチには、分析による「観る」だけではなく、修復材料やレプリカを「作る」、劣化・保存条件を解析して「継ぐ」といった観点も重要である。評価技術、材料創製・造形技術、計算科学技術を有する金研は、「観る」「作る」「継ぐ」の全てにおいて、物質・材料科学の視点から人文科学に貢献することを目指す。特に文化財研究で求められる非破壊分析には、先端量子ビーム(中性子ビーム、放射光、電子線、放射線同位元素ビーム、ミュオンビーム)が重要である。金研にはビームライン運営に主体的に携わる専門研究者が大勢おり、大型研究施設で中性子ビームや放射光を用いる測定環境を利用者に提供している。(図1参照)この環境を文化財・自然史財の分析に適したものに整備していく。研究基盤の利用促進については、事業参画機関が有する金属

\* 東北大学金属材料研究所 1)教授 2)首席URA(〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1)  
Interdisciplinary Research on Innovative Knowledge Hub for Materials Science and Humanities; Masaki Fujita and Takahiro Sato  
(Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai)  
Keywords: humanities, materials science, interdisciplinary research, joint usage/joint research system, cultural heritage, archaeological material, non-destructive/chemical Analysis  
2024年11月11日受理[doi:10.2320/materia.64.148]



図1 研究用定常中性子源 JRR-3 の(左上)全景と(左下)ビームホール内の様子、および、(右上)金属材料研究所が管理運営する中性子測定装置。(オンラインカラー)

器、陶磁器、恐竜骨、年縞と呼ばれる湖底堆積物などの学術標本に科学分析を行って研究事例を示すことで、その呼び水とする。

なお、金研はこれまでも文化財をはじめとする人文科学分野で研究に貢献がある。例えば、室町時代の日本刀「法城寺国光」の光学顕微鏡による構造研究や、絵画保存を目的とした油絵具材料の微細構造解析、瑞鳳殿の戊辰戦争弔魂碑の材料分析と修復などが挙げられる。最近では、生命の起源を探る「はやぶさ2プロジェクト」において、小惑星「リュウグウ」から持ち帰られた試料の微量元素分析も手掛けている<sup>(1)</sup>。

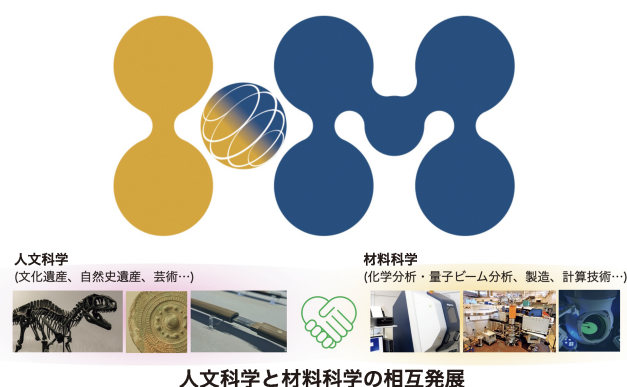
### 3. 新知創造学際ハブ事業の推進

#### (1) 目指すもの

「新知創造学際ハブ」事業は、最長10年の支援を文部科学省から受けられる。この事業の目的は、「多彩な物質・材料に関する技術、知識と経験を縦糸に、研究対象の時代や地域が異なる文化財・自然史財を横糸にして学際領域研究を推進し、テーマ発掘から分析・保存修復、学術研究、ものづくり展開、アウトリーチまでを包括する一気通貫システムを構築する。」ことである。金研はこの事業の中心的役割を担い、材料科学と人文科学の互惠的な深化・発展と学際領域開拓を参画機関とともに進める。図2の上図は、材料科学と人文科学の融合をイメージした事業ロゴである。下図には、事業参画機関が有する資料と金研が持つ分析機器の一部の写真を示している。

この目的に対する取り組みとして、次の3つを設定している。

1. 金研に整備されている国際共同利用・共同研究制度を基盤として、人文科学・材料科学学際ネットワークを構築する
2. 統合された先端分析プラットフォームを構築し、材料科



人文科学と材料科学の相互発展

図2 (上) 新知創造学際ハブ事業のロゴ。Humanity と Material Science の頭文字である“H”と“M”をモチーフに、両者の融合をイメージしたもので、8つの○印は初期参画機関を示している。(下) 事業参画機関が有する資料と金研が持つ分析機器の写真。(オンラインカラー)

学の先端技術を文化財などに適用して高度な研究を推進する

3. 学際領域研究を先導できる若手研究者、技術者、および、リサーチ・アドミニストレーター(URA)を育成する

分野融合の基盤を作り、学際領域で研究と人材育成を行うという内容である。その取り組みを3つのフェーズに分けて段階的に推進していく。(図3を参照。)第1期(2023年度～2025年度)では学際研究の基礎を固めるため、金属製文化財をキーワードに「文化の起源を金属元素から探る」というテーマで共同研究を進める。金研と参画機関が得意とする研究テーマを中心に研究を進めるとともに、具体的なテーマ設定により国内外の研究者や組織の参入を促し、事業強化する期間と位置づけている。第2期(2026年度～2028年度)には共同利用・共同研究制度を活用して、より多くの国内外研究者や学生に学際研究の機会を提供する。そこで集まった課題から多くの研究者が協働可能な新たなテーマを設定し、海外の研究機関とも連携することで新しい学術知の創造の場を広げていく。最終の第3期(2029年度以降)には、学際領域研究の成果を社会実装するための取り組みを進め、繋がりができた多様なステークホルダーと学際研究ネットワークの拡大を図る。事業終了後には学際領域で育つ研究者や専門職員が、次世代につながる共創の場で中心的に活躍していることをイメージしている。

事業で構築する一気通貫システムは、地域性、時代性から従来はテーマが独立しがちな人文科学の研究を体系化し、学術の大きな潮流を生み出す源になると期待している。また材料科学の目も加えて関連する研究を包括することで、有史以来の人類の営みと文化の変遷を材料科学的に解明し、豊かな未来社会につながる新たな材料・物質観を共有した学術知の創造(新知創造)を目指す。日本人のルーツ探しや人類が世界中に広がっていった歴史(グレートジャーニー)を追う夢のあるプロジェクトなどに貢献できれば、分野を超えた学際的な

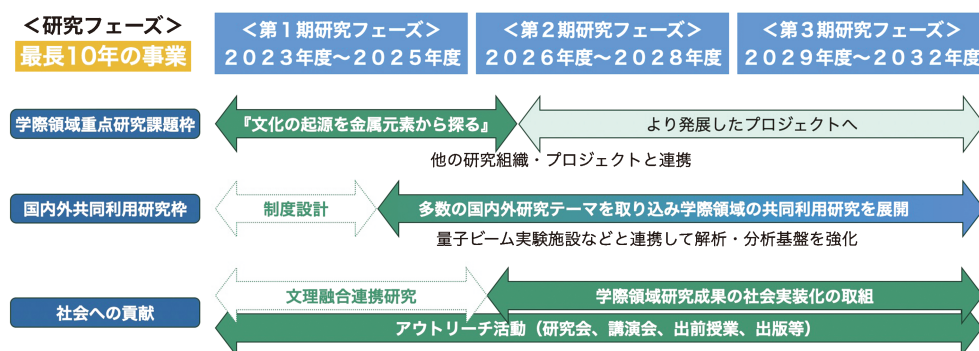


図3 事業計画。3つのフェーズに分けて段階的に推進する。金研と参画機関が中心となって学際領域研究展開の成功事例を創出する第1期研究フェーズ、その取組みを発展させ国内外の研究者を取り込んだ共同利用研究への展開を進める第2期研究フェーズ、学際領域研究ネットワークの規模拡大を図り、成果の社会実装化を推進する第3期研究フェーズである。（オンラインカラー）

拡がりの中で次世代の研究者と魅力的な協働が進められるであろう。

## (2) 事業発足後の取り組み

前節では10年間の事業内容として、やや漠然とした内容を述べた。この節では事業が始まってから約1年の間に実施した具体的な事柄を紹介する。力を入れたことは学際領域を創成するための基盤固めである。まず分析環境については、金研が有する中性子測定装置の整備<sup>(2)(3)</sup>と、蛍光X線分析、ミュオン特性X線分析、中性子イメージング、即発γ線分析、中性子放射化分析と言った量子ビーム非破壊分析<sup>(4)</sup>を行うために関連組織と連携を進めた。この環境整備は、文化財の産地推定や製造プロセスの解明などを多角的に行うことで、材料学的観点から研究に深みを持たせ、同時に資料の文化財的価値や芸術的価値を科学的に裏付ける情報を供することを目的にしている。文化財に対するミュオン測定を実施している高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所とは「文理融合学際領域研究に関する連携協力協定」を締結し、大強度陽子加速器施設での測定に事業関係者を派遣して文化財研究の経験を積んでいる。また日本原子力研究機構、京都大学複合原子力科学研究所とも中性子ビーム測定のためのマシンタイム確保を協力して行った。このような測定基盤を用いて事業参画機関の持つ資料の一部についてテスト分析・予備測定を行い、本格測定のフェーズに順次移行している。金研内でも人文科学系の研究者と共同利用・共同研究を進めるために、教育研究環境の整備の提案（研究推進・基盤形成助成課題）を募集し、5件を採択した。このような基盤整備を進める中で行った文理融合型研究を二件紹介する。（図4を参照。）

### ・中性子を用いた古墳時代遺物の非破壊分析

古墳時代の青銅製の鍔は、社会的・政治的に重要な意義を持つ。そのため研究対象になっているが、破壊分析を極力避けるために製作技術には不明な点が多い。そこで岡山大学文明動態学研究所とイタリアの国立核物理学研究所の研究チームは中性子イメージングと中性子回折による非破壊解析を行

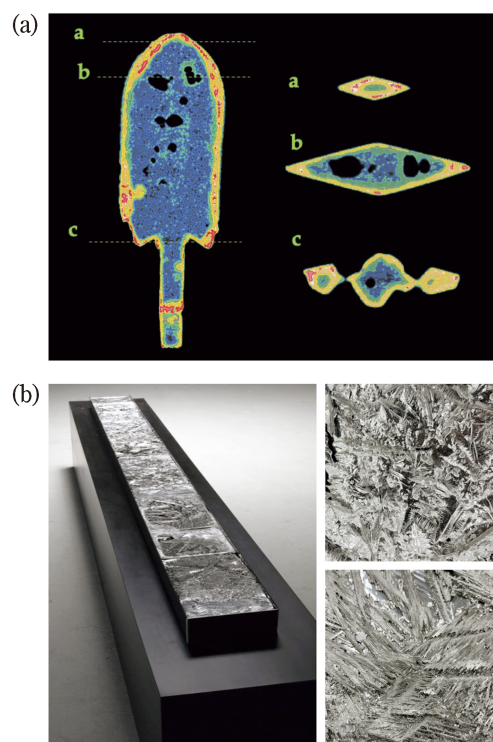


図4 (a) 中性子イメージング法で見た鍔の断層像。（写真は岡山大学文明動態学研究所のライオンジョセフ特任准教授より提供頂いた。）(b) 立体構造を持たせた金属結晶で作製された作品。（作品名：Connotation and extension of time, 制作：松岡美穂、全体像の撮影：末正真礼生。）（オンラインカラー）

った。その結果、内部構造や保存管理に役立つ情報を得ることに成功した。

### ・三次元形状を有する金属結晶を用いた立体彫刻の作製

従来、金属や半導体結晶の成長過程では微細組織の制御が重視され、3次元形状を持つ結晶の作製は工業的価値が低いと行われてこなかった。今回、女子美術大学と金研の結晶物理学研究部門の共同研究により、3次元構造を持つ金属結晶彫刻の作製が試みられた。芸術分野と材料科学分野の研究



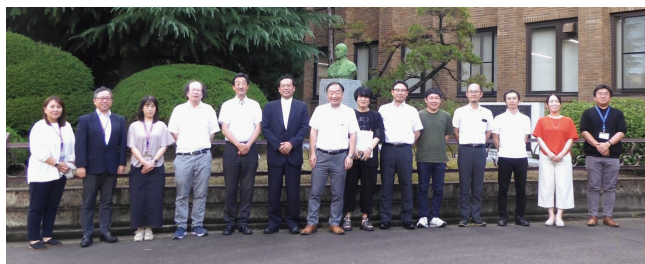


図5 新知創造学際領域形成推進室メンバーの集合写真。(オンラインカラー)

者が協働し、金属元素の選定、結晶の作製方法、作品デザインを含む全工程が一から検討された結果、新しい立体彫刻が完成した。現在、この作品は金研で公開されている。

事業では文理融合の「文」の範囲は広く捉えており、芸術も協働の対象としている。

また研究テーマの掘り起こしと研究者同士のつながりを作ることとを目的とした研究会、研究テーマと測定手法のマッチングを図るためのミーティング、一般参加が可能な公開ミーティング(研究会形式)などを行った。研究会は事業に共通する話題を設定して開催することもあれば、開催を担当する参画機関の研究内容を主な話題にすることもある。例えば分析に関する話題で「先端分析技術と文化財研究の新たな交流」という題目の研究会を開催した。また岩手大学で行った研究会では中尊寺金色堂と陶磁器の調査分析を話題とした。この様なイベントはホームページ(<https://ikh.imr.tohoku.ac.jp>)に随時公開し、メーリングリストに登録頂いた方にはメールでも案内を送っている。

アウトリーチ活動として、文理融合に関する中学生対象の特別授業、一般シンポジウムでの講演、関連学会・イベントで事業紹介などを行った。その他にも量子ビーム測定の現場環境と研究との関係を理解頂くために、参画機関の人文系研究者、および、事務系職員の方向けの施設見学会を開催した。事業では、分野や立場が異なる者同士が集まって協働するため、信頼関係と事業への期待感が大事と考え、連携イベントを行っている。この様な活動は、金研に設置した事業推進室(正式名称:新知創造学際領域形成推進室)が取りまとめている。(図5参照。)研究者、コミュニティのつながりを意識し、開かれた活動を心がけているので、興味がある方からの連絡をお待ちしている。

#### 4. 人文研究に門戸を開く 共同利用・共同研究制度

一気通貫システム構築の中核に、研究エコシステムの利用機会を人文科学の研究者に拡げることがある。この取り組みも事業発足後に行った内容であるが、ここに章立てて説明する。

金研には整備された共同利用・共同研究制度(GIMRT)がある。物質材料科学に関する研究設備やデータ・知識を研究者が共同で活用できる制度で本事業にも適応する。しかし人

文科学の研究に対して初めて組織的に門戸を開くので、分野の研究スタイルに合った制度にするため、時間を掛けて検討した。一方で事業推進室には研究相談や事業・組織連携の話しが多数寄せられ、協働を速やかに始めることが望まれる状況にあった。そこでGIMRTでの課題公募に先立ち、制度の試験的な意味合いも含めて、事業独自に共同研究課題を公募した。相談内容を研究として具体化するための支援、および、測定などを進められる場合にはその支援を行うことが研究上の目的である。申請者は、金研と事業参画機関の研究者と共同で行う研究を提案し、課題が採択された場合には、共同研究者の所属機関と金研、実験実施機関への出張旅費の支援が受けられる。この公募に5件の応募があり、審査の結果、全ての課題を採択した。下記はその課題である。これらは、第一期研究フェーズのキーワードに関連した研究である。

- 中国西南部における鉄器出現期の銅鉄複合製品の構造と材質
- 日本古代金属製品の微量サンプルによる材質分析方法
- イスラム貨幣の成分分析による銀の流通と貨幣経済史
- 青銅柄鉄剣の分析と製作工程の復元による人工鉄の起源解明
- 金属製文化財の脱塩、防錆処置

各課題について申請者と共同研究者が共通認識を持ち、方針を定めて研究を進めるために、参画機関の研究者を交えた相談会を開催した。その議論内容に基づいて資料評価など可能なことから進めている。金研のGIMRT公募においては、長期に設備等の利用を必要とする課題に対して安定的な共同利用・共同研究の機会を提供するため、最長3年の研究を提案できることにした。また多極間共同研究が行える制

#### 学際ハブ関係機関

東北大学学術資源研究公開センター  
岩手大学平泉文化研究センター  
大阪公立大学  
大学院文学研究科都市文化研究センター  
福井県立大学恐竜学研究所  
福井県年輪博物館  
岡山大学文明動態学研究所



#### 初期参画機関



図6 共同利用・共同研究のイメージ図。申請者は金研の装置や知見等を活用できるだけでなく、学際ハブ事業参画機関でもして共同利用・共同研究を行える。(オンラインカラー)



