

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名: 中野 貴志

所属・職: 大阪大学核物理研究センター・教授

区分: 数物系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目: 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理分野に関する学術研究動向及び学術振興

方策 - 異分野融合による新たな学問及び応用領域の創出に関する動向 -

キーワード: 量子ビーム、アスタチン、人材育成

素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理は、物質や宇宙の根源に迫る基礎科学分野でありながら、他分野との融合を通じて新たな学問領域を創出し、その技術的成果は社会課題の解決にも広く応用されている。令和 7 年度は、不安定核の構造研究、ハドロン物理、半導体ソフトウェア評価、そしてアルファ線放出核種アスタチン ($At-211$) を用いた標的型アルファ線核医学治療 (TAT) を主要テーマとして、国内外の研究動向を調査した。

具体的な調査活動として、国内で開催された不安定核に関する国際会議 (ARIS) の準備会議を通して、大強度不安定核ビームを用いた核構造研究の最新動向と今後の研究戦略について国内外の研究者と意見交換を行った。また、ドイツ・デュッセルドルフで開催された国際ワークショップに参加し、 $At-211$ を用いた核医学治療の国際的な開発状況を調査するとともに研究成果を発表した。札幌で開催された半導体ソフトウェア研究会では、加速器ビームを活用した評価技術と産業界との連携について情報を収集した。

人材育成の面では、大阪大学福島拠点 (大熊町) での「めばえ適塾」を含む「浜通り環境放射線研修」を継続実施した。学生が主体的に地域住民と交流しながら放射線に関する科学的知識と社会的課題を現地で学ぶ本プログラムは、復興支援と地域再生に貢献する人材育成の場として定着しており、今後さらなる拡充が期待される。

今後も、加速器科学を基軸とした基礎研究と社会応用の融合を推進しつつ、科研費改革 2028 に向けた議論への参画を通じて、持続的で挑戦的な研究を支える制度の実現に貢献していく。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名: 岡 朋治

所属・職: 慶應義塾大学理工学部・教授

区分: 数物系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目: 天文学分野に関する学術研究動向及び□学術振興方策-天文学関連分野の最近の動向と発展-

主な調査方針: 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード: 天文学、銀河形成、ブラックホール、重力波観測、データ駆動型研究、研究評価

本調査では、天文学分野における近年の研究動向と、科研費制度を中心とした学術振興方策について、文献調査および定量分析に基づき検討を行った。近年の天文学は、観測技術の高度化、大規模データの蓄積、計算機性能の向上により、分野横断的かつデータ駆動型の研究へと発展している。

学術研究動向については、国内外の主要ジャーナルおよび報道発表をもとに注目度の高い成果を整理した。宇宙初期の研究では、James Webb Space Telescope による観測により、宇宙誕生後まもない時期に銀河形成が進んでいた可能性が示され、従来の理論の見直しが求められている。ブラックホール研究では、Event Horizon Telescope Collaboration により、銀河中心の超大質量ブラックホール Sagittarius A* の磁場構造が可視化され、降着過程の理解が進展した。また、LIGO-Virgo-KAGRA による重力波観測の進展により、ブラックホール合体の統計的理解が深化し、高速電波バースト(FRB)の観測例の蓄積とあわせて、時間変動現象の研究が新たな段階に入っている。さらに、Ultraviolet Near Infrared Optical Northern Survey による極めて暗い矮小銀河の発見は、ダークマター研究に重要な手がかりを与えている。加えて、XRISM による銀河団ガス運動の精密測定により、銀河団形成過程の理解が進展した。これらの成果に共通する特徴として、大型観測装置と国際共同研究の重要性の増大に加え、大規模データ解析や AI 技術の活用が不可欠となっている点が挙げられる。

学術振興方策については、科研費の基盤研究(B)および挑戦的研究(開拓)の採択課題を対象に、論文数および Altmetric スコアを用いた定量分析を行った。その結果、基盤研究(B)は比較的安定した成果創出を示す一方で、挑戦的研究(開拓)は年度間のばらつきが大きく、特定の課題が高いインパクトを示す傾向が確認された。ただし、そのような突出した事例についても、同年度の基盤研究(B)課題の中にはこれを上回る成果を示すものが複数存在しており、挑戦的研究に特有の優位性が一貫して確認されるわけではない点には留意が必要である。また、Altmetric スコアの分析からは、社会的関心が必ずしも論文数に比例しないことが示され、研究テーマの可視性や話題性が重要な要因である可能性が示唆された。

以上より、基盤的研究と挑戦的研究はそれぞれ異なる役割を担っているものの、挑戦的研究に期待される高い波及効果については、現時点ではその有効性が必ずしも明確に確認されているとは言い難く、今後さらなる検証が必要であると考えられる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:久保 英夫

所属・職:北海道大学大学院理学研究院・教授

区分:数物系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目:数物系科学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策

—数学・数理科学の深化と分野横断的研究の拡がり—

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:初期-境界値問題、メトリックグラフ、分野横断的研究

数理科学の分野では、様々な自然現象や社会現象の背後に潜む数理構造を数理モデルとして定式化し、その解析を通じて普遍的な原理や法則の解明を目指す研究が進められている。とりわけ、数理モデルの代表例である非線形偏微分方程式を関数解析の立場から研究する分野においては、従来主流であった初期値問題に加え、近年では初期-境界値問題に対する研究がより活発になっているように見受けられる。初期値問題が境界の影響を無視できる理想化された状況を扱うのに対し、初期-境界値問題は境界の影響を明示的に考慮するものであり、現実の現象をより忠実に記述する枠組みであると言える。従来の研究では境界値が零である場合を仮定することが多かったが、これに対し近年では、境界値が零ではない場合や、境界値が未知関数に依存する場合など、より一般的な設定が研究対象となっている。さらに、動的境界条件や自由境界条件と言った、より複雑な境界条件を含む問題の解析も活発に進められている。

また、偏微分方程式をメトリックグラフ上で扱う研究も近年注目を集めている。この分野では、通常のユークリッド空間における解析を各辺上で行い、それらを適切な接続条件のもとで結合する必要がある。そのため、従来の解析手法を拡張する形で新たな理論的知見が蓄積されつつあり、ネットワーク構造を持つ系の解析や接続現象に関する新たな研究領域の形成が期待されている。

一方、分野横断的な研究として注目される動きの一つに、フュージョンエネルギーやプラズマ科学における新たな数理モデルの定式化を目指す研究が挙げられる。これは、プラズマ科学に現れる多様な偏微分方程式を体系的に整理するとともに、それぞれの方程式に特化して研究を進めてきた研究者間の交流を促進し、若手研究者の育成を図ることを目的としている。さらに、流体力学やプラズマの数値シミュレーションを専門とする研究者との連携による研究展開も期待されている。

学術集会の動向として、日本数学会では年 2 回、数学全分野を対象とする大会が開催されているが、参加者数、講演者の所属機関の傾向、分科会構成などに大きな変化は見られていない。ただし、以前と比較して外国人研究者の登壇が増加している印象を受けた。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:市川 温子

所属・職:東北大学大学院理学研究科・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:素粒子、原子核、宇宙線および宇宙分野に関連する実験に関する学術研究動向ー素粒子物理学における世界の動向ー

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:素粒子物理学の動向

国内では高エネルギー加速器研究機構で SuperKEKB と J-PARC の二大加速器を用いた実験が進んでいる。SuperKEKB の Belle II 実験は B 中間子を大量に生成して標準模型の検証を目指し、ルミノシティというビームの衝突頻度向上に取り組んでいるが、周回ビームの瞬時消失 (SBL) が問題となっている。2025 年夏の運転休止中にビームパイプの真空シール剤を除去したことで SBL は大幅に減少したものの、依然として対策が必要である。J-PARC の T2K 実験は加速器で作ったニュートリノを約 300 キロ離れたスーパーカミオカンデで検出するもので、前年度のビームライントラブルから復旧し 2026 年 1 月にデータ取得を再開、900 キロワットのビーム強度を達成した。T2K はニュートリノの荷電パリティ (CP) 対称性の破れの有無とその大きさを探る実験で、2027 年頃に終了し、検出体積が約 8 倍のハイパーカミオカンデ実験に引き継がれる。ハイパーカミオカンデについては、巨大地下空洞の掘削が完了し水タンク建設が進行中で、2028 年の実験開始を予定している。米国では、高エネルギー物理学の主力計画として加速器ニュートリノ振動実験 DUNE の建設が進められ 2031 年のデータ取得開始を目指しており、ハイパーカミオカンデと DUNE のどちらが先にニュートリノの CP 破れを検出するか競争が続く。国外では CERN の大型ハドロンコライダーが 13 TeV で稼働中だが 2026 年から長期停止期間に入り、2030 年に高ルミノシティ化した HL-LHC として再開予定である。欧州では将来計画として Future Circular Collider が最優先とされ、電子・陽電子衝突で始めて後に陽子・陽子衝突へ拡張する構想が進められており、実現は 2030 年代後半から 2040 年代が見込まれている。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:岡 隆史

所属・職:東京大学物性研究所・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:量子物性分野に関する学術研究動向

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:量子物理、レーザー科学、物性物理

量子物性分野では、動的非平衡現象が近年特に注目されている。従来の研究の中心であった超伝導や磁性などの多体効果を基盤としつつ、量子計算や量子センサーといった応用分野を視野に入れた研究が発展している。研究の主要拠点は、日本、北米、ヨーロッパといった伝統的な物性物理の中心地にとどまらず、中国やインドなど新興の研究国でも顕著な発展が見られる。今回参加したアメリカ物理学会では量子計算や量子コンピューターの実装に関する講演が目立って増えており、実験や理論を問わずこの分野に多くの若手研究者が積極的に取り組んでいる点が印象的であった。また、アメリカで開催されている研究会ではあるが非常に国際性が高く、中国やインド、そしてヨーロッパの研究者の参加や講演が多かった。一方で、アメリカでは、従来の開かれた研究環境が縮小される傾向が一層強まっており、一部の国との実質的な共同研究の停止に加え、研究費削減や人事公募の廃止が進んでおり、今後の政策動向を注視する必要がある。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:成田 宏秋

所属・職:早稲田大学理工学術院基幹理工学部・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:代数分野(保型形式論)に関する学術研究動向

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:代数学一般、整数論、量子計算と量子情報、宇宙際タイヒミュラー理論、定理証明支援系 Lean、保型形式、分野横断的研究

本文

まず8月に九州大学で行われた代数学シンポジウムについて報告すると、ここ2年同じセッションに複数分野の話題を混ぜる試みを行っているのが注目される。今回の集会では非可換幾何学の講演で代数幾何学の問題意識からの質問を受けるなど、分野横断的な研究交流が認められた。日本数学会では代数学の各分野の研究進捗に関する精力的な報告が見られたが、パーシステントホモロジーという材料科学との関係で注目されている最近のホットな話題もあった。

分野横断的研究の観点から2つの話題を報告する。最初に10月27日から31日に京都大学数理解析研究所で「数論・幾何・ランダムネスとその展開」という研究集会が開催されたことを取り上げる。このような分野横断的の集会は稀であったと言える。整数論、代数的組合せ論、データ解析方面の応用数学など多岐に渡る話題の講演があった。そして純粋数学の集会では珍しく、企業側からの参加者があった。もう一つは、NTT 基礎数学研究センタにおいて、純粋数学の物理や情報理論等への応用に関する活発な動きが見られることである。例えば量子計算や量子情報理論という分野との興味深い関係を追及する研究活動が行われている。

つぎに宇宙際タイヒミュラー理論に関する最新の動向について報告する。最近の新しい動きとして定理証明支援系 Lean による形式化を用いてこの理論の検証を試みる活動が行われている。2025年度は「Anabelian Geometry and its Computer Formalization」という集会がZEN 大学のZEN 数学センター主催の研究集会が開催された。

最後に保型形式分野について、1月のRIMS 共同研究公開型「保型形式、保型表現、L 関数の研究」について若手研究者の講演が数多く取り上げられたのが注目される。30分講演の枠を設けて若手研究者の講演機会を確保するという前例にない試みがあった。若手の新規参入の促進は保型形式分野の課題で

あるが、その観点でポジティブな兆候と言い得る。また保型形式関連話題として、日本数学会で「 q 級数(モック)のモジュラー性」やトポロジー分科会であった「Quantum modularity for quantum invariants」に関する特別講演が非常に盛況であった。保型形式分野でも分野横断性を強く示唆する話題が取り上げられる兆候が認められる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:長谷部 徳子

所属・職:金沢大学環日本海域環境研究センター・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:地球科学分野に関する学術研究動向-放射年代測定法について-

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:熱年代学、国際動向、AI 活用動向

2025年9月14日(日)–9月20日(土)に金沢で熱年代に関する国際会議(第19回国際熱年代学会議, International Conference on Thermochronology; 以下 Thermo2025)が開催された。その内容を核として放射年代測定法に関する学術動向の調査を行った。投稿された176件の講演は、2件の特別講演を除いて、基礎研究および応用研究を含む11個のセッションに振り分けられた。基礎研究のセッションは、FT法やOSL法・ESR法などの放射線損傷を用いた年代測定法、ArやHeなど希ガスを用いた年代測定法、U-Pb法など比較的高い温度領域を対象とした年代測定法、数値解析手法に分けられ、合計で85件の投稿があった。応用研究のセッションは、沈み込み帯、衝突帯、受動的大陸縁、堆積盆地、断層帯、天然資源、表層プロセスを併せて89件の投稿があり、基礎研究と応用研究がほぼ半々となった。最近20年間の傾向としては放射年代学の成熟と応用研究に関する需要に基づき基礎研究がやや下火であったが、いろいろな視点で新しい取組が取り入れられていた。また基礎研究・応用研究に共通して、数値解析や統計解析に基づいた年代データの解釈法の発展と普及の速度が速いことが印象的であった。一方前回2年前にイタリアで開催された会議ではmachine learningに基づきAIにFTを認定される研究が始まっていたが、今会議ではそれが鳴りを潜めていた。教師データを適切に用意できなかったことが原因ではないかと推測されるが定かではない。今後の発展を期待したい。

また本会議は欧州及び北米を主として発展しており、会議は2年ごとにヨーロッパとそれ以外の地域で交互に開催され通常はアジアからの参加者はマイノリティである。今回は日本開催ということで、アジア圏の参加者が増え、かつ2026年度には第1回のThermo Asia開催の機運が高まっている。学会の勢力図が書き換わる可能性を感じた。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:片山 郁文

所属・職: 横浜国立大学大学院工学研究院・教授

区分: 数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目: 半導体、光物性および原子物理関連分野に関する学術研究動向 ―光物理分野の世界動向と今後の展望について―

主な調査方針: 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード: レーザー、光物性、光科学、ナノスケール、テラヘルツ

光物理学は、半導体を始めとした各種物質を理解し制御するためには欠くことのできない分野の一つである。また、光物理学を活用した各種の光源技術や計測技術は、センシングやイメージング、情報通信、物質科学、エネルギー分野など、様々な分野へと応用されており、今後の光物理学の展開が大きな社会的なインパクトをもたらすことも期待される。したがって、光物理学のみならず、関連する各分野で展開されている光物理学との融合研究・分野横断研究に目を配り、新たな研究潮流を把握し、その動向を探ることは非常に重要である。また、光科学・物理学分野は、アメリカやヨーロッパをはじめ、各国で盛んに研究されており、特に近年では、アジア各国の進展が顕著である。したがって、その最新動向を取り入れることも、本分野の発展のためには、必要不可欠である。そこで本調査研究では、光物理分野、及びその関連分野に関する国際学会・国内学会に参加し、日本国内の最新の研究例や研究トレンドを把握した。

本年度は、光科学の応用として特に重要と考えられる、計測分野についての動向を調査した。計測分野では、通常の線形応答を基盤とした分光法についてはすでにほぼ確立されているが、近年ではそれでは見ることのできない情報を、光領域の非線形性や、他の計測手法との融合によって実現しようとする研究が盛んに行われている。実際に、光技術と電子分光法など、異なる手法を用いた技術の融合によって、デバイスにおける超高速応答や、化学反応の超高速ダイナミクス等、従来は計測できなかった現象を明らかにすることができるようになってきている。また、光技術は省エネルギーでかつ高速なデバイスを実現できる可能性を秘めており、次世代の社会にとって不可欠な基盤技術の確立につながっていくのではないかと期待できる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:田中 真紀子

所属・職:東京理科大学創域理工学部・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:幾何学関連分野に関する学術研究動向

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:微分幾何、ゲージ理論、幾何解析、シンプレクティック幾何

2025年9月にチェコ共和国ブルノで開催された“Differential Geometry and its Applications 2025”に参加した。この集会は3年に1度チェコの大学で開催される40年以上の歴史を有する微分幾何学関連の国際研究集会である。会期中に同名の学術雑誌 Differential Geometry and its Applications の編集委員会も開催される。プログラムは9件の基調講演、7つの分野別セッションにおけるパラレルセッション、およびポスターセッションから構成されていた。基調講演では、共形構造、接触構造、非可換幾何など物理学と接点を持つ最新の研究が印象的であった。また、公開講演として行われた Jean-Pierre Bourguignon 氏による特別講演“Geometry and Physics: a Long History of Mutual Inspiration and Missed Opportunities”は、幾何学と物理学の相互作用の歴史を、長年この分野を牽引してきた同氏が簡明かつ説得力をもって概説したものであった。

日本数学会では、2025年9月に秋季総合分科会が名古屋大学で、2026年3月に年会在東京理科大学で開催された。秋季総合分科会では、2025年度日本数学会幾何学賞受賞者である永野幸一氏および松村慎一氏による受賞特別講演が、幾何学分科会とトポロジー分科会の合同で行われた。永野氏は、局所構造が極めてワイルドで扱いが難しい「曲率が上に有界な距離空間」の幾何構造に関する基本定理を確立した点が高く評価された。松村氏は、コンパクトケーラー多様体や射影代数多様体におけるコホモロジーの消滅定理、非負曲率多様体の構造定理、アバンドランス予想などに対し、超越的手法を駆使して顕著な成果を挙げたことが高く評価された。幾何学分科会では、秋季総合分科会で特別講演3件と一般講演36件、年会で特別講演3件と一般講演32件が行われたが、いずれも前年より一般講演が10件以上減少しており今後の動向が注目される。

第72回幾何学シンポジウムは2025年8月に筑波大学で開催され、基調講演7件とパラレル講演23件が行われた。4次元多様体のエキゾチック微分同相、凸集合のガウス相関不等式、CAT(0)空間への等長埋め込み、非コンパクト多様体の Morse 不等式など、ゲージ理論、幾何解析、シンプレクティック

幾何などにまたがる最先端の研究成果が報告された。特に、測度距離空間や統計多様体の幾何など、リーマン幾何の枠組みを超えた研究が拡大している点が特徴として挙げられる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:萩野浩一

所属・職:京都大学大学院理学研究科・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理学の理論研究に関する学術研究動向

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:原子核物理、超重元素、中性子過剰核、核分裂、rプロセス元素合成、機械学習、量子計算、核変形

低エネルギー原子核物理学では、我が国の理化学研究所の RIBF をはじめとして世界の様々な研究所で次世代の RI ビーム施設が稼働中もしくは建設中であり、今後中性子過剰原子核及び超重元素の物理の益々大きな進展が見込まれている。これに関連し、2025 年 5 月にデジョン広域市(韓国)で開催された国際会議 “International Nuclear Physics Conference(INPC25)” に出席し、世界各国における研究の最近の動向及び将来の方向性に関する情報を得た。この国際会議には低エネルギー原子核物理学からクォーク・ハドロン物理学に至るまで原子核物理学の幅広い分野およびその周辺分野の研究者が一堂に集まった。会議では、韓国でまもなく始まろうとしている RAON プロジェクトの詳細や、アメリカの FRIB で行われている実験の成果について情報を得た。理論面では、原子核分野における量子計算の現状や天体核物理に関する研究の最前線に関する情報を得ることができた。

高エネルギー原子核物理学に関しては、相対論的重イオン衝突の実験における生成粒子のフローの解析を通じて原子核の形状を探る物理が大きく進展している。2025 年度においても、中国の武漢および上海でこれに関連する国際ワークショップが開催されるなど、アクティビティの増大が著しい。これらの国際ワークショップに出席し、 $^{20}\text{Ne}+^{20}\text{Ne}$ 衝突に対する最新の実験に関する情報を得た。 ^{20}Ne のクラスター構造の情報を引き出す試みが進んでいるとともに、多体問題としての理論の整備も着実に進んでいる。この他に、10月に北京市で開催されたハロー核に関する国際ワークショップ、9月にアンカラ(トルコ)で開催された原子核および天体核物理に関する国際ワークショップ、9月に広島大学で行われた日本物理学会に出席し、素粒子、原子核、宇宙物理学の最新の研究動向に関し情報を収集した。分野を問わず、機械学習を用いた研究および量子計算の研究が進んでいる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:石崎 章仁

所属・職:東京大学大学院理学系研究科・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:生物物理、化学物理およびソフトマターの物理関連分野に関する学術研究動向—生物物理、化学物理と他分野の境界領域における新たな潮流と展開

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:生物物理、化学物理、量子効果、動的ゆらぎ、光・量子科学技術

生物物理、化学物理およびソフトマターの物理関連分野に関する学術研究動向、とくに生物物理、化学物理と他分野の境界領域における新たな潮流と展開における最新の学術動向を調査した。

現在の研究潮流において特筆すべきは、量子科学技術の深汎な浸透である。米国エネルギー省が2007年の報告書 Directing Matter and Energy で提示した Grand Challenges に基づき、新規エネルギー材料・技術の基盤構築に向けた研究が継続して展開されている。なかでも、量子効果により発現する物質機能やその制御技術の研究が精力的に推進され、生体分子内環境など「常温かつ乱雑な環境にある量子効果の役割」について学術が大きく進展している。さらに、これらを通じ、物質・材料における「構造の柔軟性や動的ゆらぎ」および「欠陥耐性に対する量子効果」の重要性が改めて詳らかにされ、「量子効果、ソフトネス、非平衡性」の相関に着目した研究が増加している。

さらに、社会に変革をもたらす革新的技術として期待される量子科学技術を、生物物理および化学物理分野へ展開する研究が加速している。特に、微小光共振器等を用いた「光と物質の強結合状態」による化学ダイナミクス制御や、光・量子科学技術を応用した次世代の計測手法に関する研究が増加傾向にある。既存の学問領域の枠組みを超えた、本質的な融合が深化している実感が得られた。

総じて、現在の生物物理・化学物理・ソフトマター物理の領域は、半導体物理、光物性、原子物理といった隣接分野を糾合しつつ、最先端の光・量子科学技術を内包することで、新たな学際的発展のフェーズへ移行していると考えられる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:倉本 圭

所属・職:北海道大学大学院理学研究院・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:地球惑星科学分野に関する学際研究動向—宇宙惑星科学を基軸とする大型研究—

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:宇宙惑星科学、大型計画、太陽系探査計画、新世代地上・宇宙望遠鏡観測

我が国が主導・参画している火星衛星探査計画 (JAXA 主導)、国際水星探査計画 (ESA-JAXA 共同)、小惑星探査計画群、地上望遠鏡・宇宙望遠鏡の連携による天文学の推進について関連学会セッションやサイエンス会合等へ出席することにより動向調査を行った。このうち小惑星探査計画は、ふたご座流星群母天体探査を狙う深宇宙探査技術実証機 DESTINY+ (JAXA 主導)、二重小惑星探査計画 Hera (ESA 主導 JAXA 参加)、地球接近小惑星アポフィス探査計画 RAMSES (ESA-JAXA 共同)を対象とした。これら太陽系探査計画においては、参加している研究者の専門分野には対象に応じてそれぞれ個性がある。一方で、異なる計画に共通した専門分野の研究者の参画がみられるケースや、多くの専門分野の研究者が集結している場合もある。特に、打ち上げを 2026 年秋に控える火星衛星探査計画には、一連の小惑星探査計画に関連する研究者が多数参加しているだけでなく、宇宙物質、惑星形成論、惑星内部構造、惑星大気、惑星プラズマ圏など多くの分野の研究者が集まっている。これは同計画が小惑星に似る火星の小衛星フォボス・ダイモスの詳細観測をフォボスからのサンプルリターンだけでなく、火星大気やプラズマ圏の観測も目指していることによる。2026 年 11 月に水星周回軌道投入を控える国際水星探査は、JAXA の水星磁気圏探査周回機と水星表面組成、地形、重力場を求める ESA の水星表面探査衛星から構成されていることから、惑星プラズマ圏科学と固体惑星科学の研究者が結集している。観測機器の開発や観測計画の立案など、分野をまたいだ共同作業を行うことによって、観測計画の最適化のみならず、異分野の研究者による共同研究や、次世代の探査計画の検討などにつながる分野間の連携が促進されている。天文学分野では新世代の近赤外線広視野深宇宙探査が動き出しつつあり、星、惑星系、銀河系、系外銀河、銀河団、初期宇宙など多様なテーマの科学が進められようとしている。他方、基盤となる観測装置が共通しており、新たな観測システムの立案開発や観測プログラムの構築が、多様な専門性をもつ研究者の共同作業により進んでいる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:千徳 靖彦

所属・職:大阪大学レーザー科学研究所・教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:「プラズマ科学・核融合学・プラズマ応用科学・量子ビーム科学分野に関する学術研究動向—プラズマ学および関連分野の新しい研究動向と学際的展開—」

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:プラズマ科学、核融合学、プラズマ応用科学

科研費中区分 14 に属するプラズマ科学・核融合学・プラズマ応用科学・量子ビーム分野, および, その周辺分野におけるトレンド, 新たな研究領域, 分野横断的・融合的な研究から新たに生まれつつある学際分野, 今後重要性を増すと思われる研究分野等の動向調査を行なった. 特に核融合科学の分野はここ数年の変化が激しい. その理由の一つは, 米国ローレンスリバモア国立研究所が 2021 年 12 月に, 人類史上初のレーザー核融合による核融合点火・燃焼を達成したことである. この流れを受けて, 世界的に核融合のスタートアップが立ち上がり, また, 米国・欧州・中国・日本において, 磁場閉じ込め方式や慣性閉じ込め方式など様々な方式の核融合研究が精力的に進められている. 将来的な核融合炉を見据えた, 材料研究, 炉システム設計, プラズマ計測法などの研究には国・民間の資金が投入されている. 日本においてもムーンショット 10(MS10)が立ち上がり, プロジェクトが動き出している. しかし, これらの施策はプラズマ科学, 核融合学との連携が十分でなく, これまで研究の裾野を支えてきた大学研究者への支援にはつながっていないように見える. 核融合プラズマの制御のためには, 燃焼プラズマの学理の確立など学術的なテーマとして研究を進める必要があるが, 大学実験室規模では難しい. 理論・シミュレーション研究の進展に合わせて, 国際連携などを活用し研究を推進する必要があるが, 次世代の研究者の育成の要である大学での研究力の先細りに懸念がある. 一方で, 核融合プラズマの計測法をオーロラ計測に応用する研究や, プラズマ種子学(学術変革 A)などが立ち上がっており, アカデミックな研究は核融合プラズマ自体よりもプラズマ科学の学際的な展開へ焦点が移っている. 核融合研究では, 日米事業はじめ国際共同研究が盛んに進められている. 若手研究者を海外研究機関に派遣する取り組みも継続し行われており, 海外研究者と伍して活躍できる人材は少しずつ育成されている.

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:馬場 彩

所属・職:東京大学大学院理学系研究科・准教授

区分:数物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:天文学関連分野に関する学術研究動向

主な調査方針:1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード:天文学、マルチメッセンジャー天文学、多波長天文学

観測的天文学・宇宙物理学は、多波長観測に加え宇宙線・ニュートリノ・重力波などを組み合わせたマルチメッセンジャー天文学へと発展し、素粒子物理やプラズマ物理など周辺分野との連携が重要性を増している。検出器開発の共有や観測・理論・シミュレーションの融合により、分野横断的な共同研究が研究の幅と速度を高めている。本調査では、こうした融合研究の国内外の進展と効果的な事例を分析した。近年、電磁波以外の観測技術の高感度化により理論との比較が可能なデータが得られ、分野の急速な進展を支えている。日本では IceCube や KAGRA を中心に独自の研究基盤が形成されている。ヨーロッパ天文学会では重力波や原子・分子物理など分野横断型の枠組みが設けられ、セッションを 100%公募制にすることで最新トピックの議論が活発化している。一方、日本天文学会でもマルチメッセンジャーに関する企画セッションが行われており、国内外で融合研究が進展している。