

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名: 中村 美千彦

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 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

キーワード: 核融合科学、大型ヘリカル装置、IAVCEI

自然科学研究機構核融合研究所にご協力いただき、施設見学・視察を行った。核融合科学はこれまで、トカマク、ヘリカルといった個別の型(方式)ごとに、いろいろな物理がパッケージとして研究されてきたが、現在では定常化という核融合の共通した課題を構造形成制御として一般化し、方式の違いはアプローチの多様性と位置づけられて、位相空間乱流の普遍的な未解決問題として宇宙物理や数理科学と学際的に発展する段階へとパラダイム転換が図られている。核融合研究の中心的な課題は、超高温のプラズマを安定的・効率的に閉じ込めることにあり、領域を囲う幾何学と、膨大な数の荷電粒子の集団から構成されるマクロな系(プラズマ)において生成する多様な複雑現象の研究が、近年の科研費採択課題においても行われている。同研究所の大型ヘリカル装置 LHD の計測器群は世界最高レベルの時間・空間分解能を有し、装置の中心からの距離によってプラズマの密度や温度が変化する様子を極めて精密に観測することができる。そのアドバンテージを生かした研究成果が生まれている。核融合科学の完成と核融合エネルギーの利用とは異なる問題であるが、きわめて注目度と社会ニーズの高い応用対象が存在する学問分野であるため、基礎科学の重要性や応用のゴールまでの距離を説明していくことの重要性が認識され、情報発信が強化されている状況であった。

地球惑星科学分野の主要な国際会議の一つである IAVCEI(国際火山学及び地球内部化学協会)2023 年大会では、基礎研究から、よりハザード・リスク対応に向かう傾向が確認された。ただし多くのセッションは観測技術の高度化や、確率論的なリスク評価、あるいは科学者側から見たリスクコミュニケーションに関するものであり、具体的な避難行動や防災における社会科学との連携は、なお限定的である。このような状況は、日本での研究動向と相似的と見受けられた。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:宮崎 州正

所属・職:名古屋大学大学院理学研究科・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—ソフトマター・非平衡物理学・生物物理学の学際研究の新しい流れ—

キーワード:新型コロナウイルス、ソフトマター、非平衡物理学

2022 年度も、国内外の研究活動は新型コロナウイルスの影響を大きく受けた。特に担当者の担当する分野では、日本主催の国際会議 StatPhys28、The 9th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems、International Soft Matter Conference がいずれも開催時期を、2023 年度に延期することとなった。いずれも参加者数が千人規模のこの分野の代表的な会議である。後者 2 件は本邦初開催ということもあり十全の準備をさせていただきだけに残念なことであった。その一方で、ポストコロナの国際会議の在り方、ひいては対面とリモートの併用による国際交流の在り方について、国内外の研究者と深い議論をする良い機会ともなった。

この分野の研究動向については、アクティブマターが、ソフトマターと非平衡物理学の分野でその役割を増していることを印象付ける進捗が多かった。アクティブマターとは、生物やその集団を模したモデル系全般の総称である。魚や鳥、細胞など、一単位はランダムに動いているのに集団となると不気味ともいえる奇妙な協同運動をする生物集団は多い。没個性な構成要素から成る膨大な集団は、統計物理学の研究対象である。さらに微視的なレベルと巨視的なレベルで振る舞いが全く異なる現象は、“More is different”の典型的な例であり、非平衡統計物理学の格好の研究対象である。アクティブマターが分子系と決定的に異なるのは、前者の運動がニュートン方程式に従わない点だ。ランダムな運動とはいえ、魚も鳥も自分から動く。この数年の間に、非平衡相転移や相分離、エッジ流や、odd transport など、これまでの統計力学の常識を裏切るような成果が次々と発表されている。それらの異常な現象の背後には、たとえばいわゆる個体間に作用反作用の法則が成り立たない、など単純な原因がある。今後、大きな発展が期待される分野である。

# 令和4(2022)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:アルファ線核医学治療、アスタチン

素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理の分野は、物質の根源や宇宙の成り立ちの解明を目指す分野であるが、そのために開発された技術や手法は他分野との交流や融合により、新たな学問分野を創出し、またその応用によって社会課題の解決に貢献するようになってきている。例えば、加速器の作り出す量子ビームは、本来の素粒子・原子核物理学の研究以外に、現代社会の課題解決のために様々な場面で応用されつつある。量子ビームによって作り出される放射性同位元素 (RI) は、核医学を支え、急速に進化するガンマ線イメージング技術によるがん研究やアルファ線核医学治療に必要な不可欠なものとなっている。

そのなかでも、アルファ線の短い飛程による高い細胞殺傷能力を活かしたアルファ線核医学治療には世界的な注目が集まっているが、アスタチン-211を用いたアルファ線核医学治療の開発では日本が世界をリードしている。安定同位体を持たず半減期が 7.2 時間と短いアスタチンを用いた研究では、アスタチンをいかに速く安定に供給できるかが要であり、供給体制の確立が大切である。日本は他国に比べて人口密度と加速器密度がともに高く、アスタチン供給ネットワークの構築が容易という利点がある。

2023 年 2 月 28 日から 3 月 2 日かけて南アフリカのケープタウンで開催された国際シンポジウム「TAT12」においても、アスタチンを用いたアルファ核医学治療開発は大きなテーマとなった。加速器を必要とするアスタチン創薬を単独で行うことは不可能なのでネットワークの構築が重要であるという共通認識の下、日米欧のイニシャティブによりワールド・アスタチン・コミュニティ(WAC)が創設され、複数の臨床試験をカバーするのに十分な生産量を持つアスタチン供給ネットワークを実証したり、国際的な共同研究を奨励することに取組むことが宣言された。供給ネットワークの形成で一步リードする日本に対する世界の期待は高いと感じた。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:川越 清以

所属・職:九州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:素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理に関連する実験分野に関する学術研究動向ー将来素粒子実験計画の国際的新展開ー

キーワード:大型加速器計画、ヒッグスファクトリー、国際協力

粒子加速器の発展とともに素粒子物理の研究が進んできた。これまでに素粒子の「標準理論」が確立したが、ダークマターやダークエネルギーなど宇宙の根源的な謎を説明できず、究極の理論には程遠い。標準理論を超える新しい原理を求めることが素粒子物理の最重要課題となっている。素粒子実験に用いる加速器の性能で重要なものはエネルギーとビーム強度である。残念ながら、前者のエネルギーが大きく伸びていたのは、電子陽電子コライダーが 2000 年頃まで、ハドロンコライダーが 2010 年頃までで、それ以降は停滞している。もちろん、研究者コミュニティは将来計画を検討しており、その結果、電子陽電子衝突によるヒッグスファクトリー(ヒッグス工場)が最重要の次世代加速器であることが世界的な共通認識となっている。しかし、素粒子研究のための大型加速器計画は、一つの国や地域だけでは推進が困難な規模になっており、実現は容易ではない。

国際将来加速器委員会のもと、世界規模の国際協力で開発が進められてきた国際リニアコライダー(ILC)は、ヒッグスファクトリーの候補の中で群を抜いて技術的に成熟している。日本での ILC 実現について日本学術会議の検討委員会や文部科学省の有識者会議でたびたび議論されてきたが、まだ「時期尚早」とされている。そもそも、ILC はその予算規模からして文部科学省通常予算の枠を大きく超えた国際プロジェクトである。現在の状況を抜け出すには日本が一步前に踏み出す必要があるが、それには ILC を単なる科学プロジェクトとして捉えるのではなく、日本に初めて生まれる大規模な国際研究機関に世界中からトップレベルの研究者が集まることによる「社会的価値」をもっとアピールすることが必要だと考えている。「国際研究都市の出現による内なるグローバル化」、「社会を変える革新的科学技術の創生」、「アジアに初めて出現する知と平和の拠点」などである。政産官学が一体となったプロジェクト推進、政府においては省庁横断型の対応が行われることを期待したい。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:栗原 将人

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 専門研究員

調査研究題目:「代数学分野に関する学術研究動向」—整数論および代数学関連分野の最近の発展と展開—

キーワード:代数学、研究集会、国際数学者会議

2022年度は、3年ぶりに、対面の研究集会が少しずつ復活し、オンライン配信と対面での参加を共に受け入れるハイブリッド研究集会が数多く行われた。いまだ制約はあるものの、本来の研究集会の様子が戻り、研究活動が活発に行われた。オンラインによる研究集会の開催は、出席して単に講演を聞くという点では便利だが、対面の研究集会の参加はそれ以上のメリットがあるということが改めて認識された。すなわち、対面で研究集会に参加することにより、出席者同士の会話・議論によって新しい研究動向に関する情報を手に入れられること、出席者同士が自分の最近の研究について説明する機会を持つこと、ちょっとした会話から研究へのヒントが得られること、講演では話せない未完成の理論について議論できること、漠然としたテーマで議論できることなどは、対面の研究集会に参加するメリットであり、オンラインで単に講演を聞いているだけでは絶対に手に入れないことである。オンラインの良い点を活かしつつ、対面での参加が可能な研究集会をこれからも増やし、研究活動を活発に展開することが重要であると思う。

代数学関係の最新の研究成果をいくつか述べたいと思う。数学の世界では、4年に一度開催される国際数学者会議が2022年に行われたので、フィールズ賞を受賞した代数学関係の研究について、最新の成果の例として、簡潔に述べる。2022年は4名がフィールズ賞を受賞したが、その中で、代数学に関係する受賞者は、June Huh, James Maynard, Maryna Viazovskaの3名であった。Huhはホッジ理論という代数幾何の手法を組み合わせ論に適用するという新しいアイデアを用いて、Dowling-Wilson予想を始めとする数々の予想を証明し、組合せ論的現象の背後にホッジ理論的構造を発見して、この分野のこれからの発展に大きく寄与する研究を行っている。Maynardは解析数論の研究者で、自然数の列の中に素数がまとまって現れたり、まばらに現れたりする現象について、新しい観点から特筆すべき成果をあげた。Viazovskaはウクライナ生まれの女性数学者で、8次元空間の球充填問題を解決した。球充填問題とは、同じ大きさの球を $n$ 次元空間に詰め込むとき、最も密に詰め込む割合を問う問題であるが、2次元、3次元の場合以外はまったく知られていなかった。ViazovskaはE8格子が8次元の場合の解答を与えることを証明した。日本人数学者については、代数学関係では、保型表現、L関数の研究者である京都大学の市野篤史氏、幾何的表現論の研究者である同じく京都大学の加藤周氏が自身の最新の研究についての招待講演を行っ

た。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:土居 守

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:天文学分野における時間軸天文学の学術研究動向

キーワード:ビッグデータ・時間軸天文学・マルチメッセンジャー天文学

時間軸天文学(Time Domain Astronomy)は、光赤外線の大視野望遠鏡の発展、電波における Fast Radio Burst の発見、中性子星合体からの重力波検出や活動銀河核からの高エネルギーニュートリノ検出などによって大変活発になってきている。このうち光赤外線観測においては、現在読み出し時間が数秒以上かかる CCD が主流であるが、桁で読み出しが速い CMOS センサーも高感度低雑音のものができており、より大量のデータが取得される時代がきている。そこで現在世界で最も大量にデータを産出する大視野 CMOS カメラ・トモエゴゼンのデータを用いて、データ解析速度についての調査を大学院生に依頼して行った。使用したデータはハイビジョン仕様の CMOS センサー80 個で毎秒1枚、54 時間分天体観測を行った、約 140 テラバイトのデータである。解析は 2.1GHz のコア 150 個を 5 つのノードに分割して行った。解析ソフトウェアは天文学分野でよく使われる DAO Photo, Source Extractor を Python から呼べるようにした pipeline である。その結果、画像中の天体を検出、同じ天体の光度曲線を得るなどをするのに約 72 時間を要した。リアルタイム解析には間に合わないが、観測が夜のみであることを考慮すると、追従できる処理速度であり、コアを2倍に増やせばリアルタイム処理も可能となる。一方でデータを解析用計算機に転送するのに、約 260 時間を要した。したがって、より重要となるのは、演算速度よりもデータの転送速度であった。対応策としては解析用計算機のハードディスクを分散させること、あるいは SSD を RAID にして用いるなどが考えられる。全体として、計算機の能力の向上により、適切な解析システムを設計すれば、CMOS センサーが主流の時代となっても標準的な画像解析はリアルタイムで可能であるということがわかった。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:村上 修一

所属・職:東京工業大学理学院・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:磁性、超伝導および強相関系関連分野に関する学術研究動向ー磁性と他分野の境界領域における新たな潮流と展開ー

キーワード:chirality induced spin selectivity、CISS、スピントロニクス、キラル分子

スピントロニクス分野では、スピン軌道相互作用の大きさが一つの鍵であり、これが電子の軌道運動とスピンを結合させる働きをする。スピン軌道相互作用は重い元素になるに従い急激に大きくなるため、軽元素のみで構成される物質ではスピン輸送に絡む現象は通常小さいとされていた。しかし一方で、chirality induced spin selectivity (CISS)と呼ばれる一連の現象は、この常識に反する点で大きな注目を集めている。例えば DNA などのキラルな有機分子において、その分子を通り抜けたホットエレクトロンのスピン偏極率が室温で数十パーセントにのぼるなど、巨大なスピン選択現象が観測されている。通常有機分子のスピン軌道相互作用は室温よりもずっと小さいため、室温でその効果は観測されないと期待されるが、CISS はその常識をはるかに上回る大きな効果を示し、応用も見据えて注目されている。また例えば強磁性体に有機キラル分子が吸着する際に、その磁化の向きに応じて、片方のキラリティの分子がもう片方よりも優先的に吸着するという現象が観測されていて、キラリティと磁性との特異な協奏現象となっている。近年では CISS に関する研究会も行われるなど、その注目度は増してきている。

この現象に関する理論研究は多数発表されているが、現在でも混乱がある。特に分子のキラリティは空間反転対称性の破れに対応し、一方磁性は時間反転対称性の破れに対応するためこの2つは異なるものである、この2つの概念を混同している理論が幅を利かせている。一方で正当な理論も数多いが、どの理論が実験の解釈として正しいかは今後の実験結果との比較研究が必要である。

この現象は主に有機キラル分子で多種多様な観測がされているが、こうした分子は並び方が不規則であることもあって、実験結果の解釈が難しい。一方で最近では無機のキラル結晶での測定例なども出てきており、固体物性物理分野へと裾野が広がりつつある。今後系統的な実験結果と多種多様な理論シナリオとの比較によって、この現象の本質に関する知見が得られると思われる。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:木村 昭夫

所属・職:広島大学大学院先進理工系科学研究科・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: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-シンクロ  
ロン放射光・イメージング手法を用いた光物性研究の動向調査-

キーワード:低消費電力化、放射光、磁気イメージング、データサイエンス、若手人材育成

昨今の爆発的データ量増大に対し、大幅な低消費電力化が重要な課題となっている。そのような中、物質中の電子スピンを利用する技術(スピントロニクス)はその問題を解決する糸口として注目を浴びている。例えば、磁気メモリに組み込まれる接合素子における磁性層界面での複雑なスピントクスチャー構造やその動的挙動を理解することが消費電力を大幅に下げるデバイス開発につながると考えられている。2000年以降、世界中で第3世代の放射光施設が次々と建設され、輝度やコヒーレンスといった放射光の性質が向上したことに伴い、放射光イメージング手法が高度化され、特に磁性研究に大きな貢献をしている。本調査では、軟～硬 X 線放射光を用いた磁気イメージング手法の発展について歴史から最近の動向まで辿った。放射光の特徴である波長可変性、偏光性をうまく利用することにより、元素、スピンの識別が可能になる。中でも X 線光電子顕微鏡(X-PEEM)、透過型 X 線顕微鏡(TXM)、コヒーレント X 線回折イメージング(CXDI)が主な手法として挙げられる。放射光磁気イメージング研究が盛んになった背景には、磁気多層膜の界面に存在する磁気スキルミオン構造の発見がある。例えば、非磁性層と磁性層の界面に存在する磁気スキルミオンが電流で移動する様子を可視化したという報告もなされた。また、新たにホップフィオンや磁気渦構造といった新たな3次元のトポロジカルな磁気構造も観測されるようになった。これらの成果は欧米から発信されているが、国内でも大型放射光施設 SPring-8 を中心に磁気イメージングの研究が行われてきた。現在建設が進んでいる NanoTerasu ではこれまでよりコヒーレンスの高い軟 X 線放射光が利用可能であることから、軟 X 線 CXDI を利用した3次元磁気イメージングへの期待は高い。また短時間のハイスループット測定が可能になれば、データサイエンスの観点での展開も見込まれる。この分野の発展を維持するためには、若手人材育成が非常に重要であることは、本分野で活躍する関連研究者の共通の認識である。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名: 中川 泰宏

所属・職: 熊本大学大学院先端科学研究部・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(複素幾何学・微分幾何学)に関する学術研究動向ー複素幾何学, およびその周辺領域における新たなる潮流ー

キーワード: 幾何学, 微分幾何学, 複素幾何学

2022年度は、「日本数学会2022年度年会(2022年3月28～31日・埼玉大学)」がオンライン開催となってしまったものの、「日本数学会2022年度秋季総合分科会(2022年9月13～16日・北海道大学)」は無事対面で開催された。また、「第69回幾何学シンポジウム」は(一部の講演はオンラインのみであったが)ハイブリッド形式で開催された。今年度は感染防止に注意を払いながらも対面・ハイブリッド形式での研究集会が増えてきたようである。一方、オンライン開催の研究集会やセミナーが減ってしまったために、気軽に参加できるものが少なくなってしまったことは残念なことである。やはりハイブリッド形式での研究集会・セミナーの開催は主催者の負担が大きく、なかなか難しいのであろう。今後はハイブリッド形式での開催が可能となるような設備の充実やスキルの育成が各大学や研究所に望まれるように思う。

そんな中、担当者の専門分野である幾何学においては、「2022年度日本数学会幾何学賞」を入江博氏(茨木大学)・柴田将敬氏(名城大学)と桑垣樹氏(京都大学)の2組が受賞された。入江氏と柴田氏の受賞題目は「3次元対称凸体の Mahler 予想の解決」というものである。凸体の体積に関する一見単純そうな予想であるが、Mahler が2次元のときを証明して以来、長らく進展していなかった。彼らは3次元の場合を解決し、その研究成果は国内外で高く評価されている。桑垣氏の受賞題目は「シンプレクティック幾何学と層の超局所解析の研究」というものである。彼の研究成果はホモロジー的ミラー対称性への層の超局所解析のアプローチにおいて決定的な役割を果たすことが期待され、高く評価されている。ミラー対称性に関連する研究分野は現在も活発に研究が進んでおり、国内外の若く優秀な研究者が多数参入してきている。

日本国内の幾何学における学術動向として目立つものは、測度距離空間の幾何学や対称空間などの等質空間の幾何学が挙げられると思う。これらの分野では若手が多数育ってきており、学会・研究集会等でも多数の講演がなされている。

また複素幾何学、特に私の研究テーマに近い分野においてのここ数年での目立った動きは、国内外の若手の優秀な代数幾何学者が多数参入してきていることである。彼等の活躍もあり、この周辺の研究はここ数年大きく発展してきている。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:初田 真知子

所属・職:順天堂大学保健医療学部・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:素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理理論分野に関する学術研究動向—素粒子理論と他分野の境界領域における新たな潮流と展開—

キーワード:量子コンピュータ、機械学習、量子情報、数学、宇宙物理実験

素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理理論分野において、現在注目されている研究動向についてまとめると以下ようになる。量子コンピュータの発展に伴い、高エネルギー実験の解析及び素粒子・原子核の量子多体問題に関連する量子計算アルゴリズムとその実現が研究されている。これらを実装した量子コンピュータプラットフォームの活用も研究されている。また、格子ゲージ理論と機械学習の境界領域は今後大きく発展する可能性を持つ。格子ゲージ理論は時空を格子と考える数値計算を可能とした量子場理論であるが、格子ゲージ理論計算の様々な問題を機械学習の応用で解決することが期待される。

国外の研究会として米国、New York の Stony Brook 大学で開催された”Simons summer workshop 2022”に参加し学術研究動向を調査した。素粒子理論と代数、幾何等の数学との境界領域が議論された。具体的には AdS/CFT 対応と作用素代数、SCFT とトポロジカルモジュラーフォーム、ブートストラップ、高次形式・非可逆対称性とカテゴリー理論、スワンプランド、弦の現象論の新展開等が扱われた。

国内の状況は次のとおりである:学術変革領域研究(A)「極限宇宙の物理法則を創る」では、理論物理学と量子情報の異分野融合によって、ブラックホールの量子論、宇宙創成のメカニズム、量子物質のダイナミクスが研究される。冷却原子や量子ホール効果の物性実験との境界も模索される。同じく学術変革領域研究(A)「学習物理学」の創成—機械学習と物理学の融合新領域による基礎物理学の変革(学習物理)」では、素粒子・物性・重力・計算物理学と機械学習の融合がテーマとなり、数理・統計・位相幾何の観点から統合的に遂行し、新領域「学習物理学」を勃興させることが目指されている。「量子場計測システム国際拠点(QUP)」では、宇宙物理実験と素粒子・原子核・宇宙物理理論との境界領域の探究がテーマである。宇宙マイクロ波背景放射の精密観測によって原始重力波の痕跡を見つける計画 LiteBIRD 衛星の実験を基軸とし、さらに素粒子・原子核理論の新しい原理の探究が行われる。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名: 荒川 政彦

所属・職: 神戸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: 宇宙惑星科学分野に関する学術研究動向

キーワード: 月惑星探査

宇宙惑星科学分野における大型研究計画として月惑星探査がある。そこで、この月惑星探査の動向について調査した。日本主体の月惑星探査は、1990年代に開始し、2000年代に入って月探査機「かぐや」や小惑星探査機「はやぶさ」などの計画が立て続けに成功して、大きな科学的成果を収めてきた。2022年においては、「はやぶさ」の後継である「はやぶさ2」が2020年12月に小惑星リュウグウから持ち帰った試料の分析が進んできており、その初期分析の成果が公表されて来ている。なお、「はやぶさ2」は、「はやぶさ2#」と名称を変更して拡張ミッションとして、次の目標小惑星1998KY26(2031年にランデブー予定)に向けて引き続き運用中である。「はやぶさ2」と同時期にNASAではOSIRIS-RExによる小惑星ベヌスの探査とサンプルリターンを実施しており、この試料は2023年に地球に届けられる予定であり、日本でも試料の分析を分担することになっている。また、今年度はNASAのDARTによる小惑星への衝突偏向ミッションが実施された。このミッションは、小惑星の地球衝突を防ぐため、探査機による小惑星の軌道偏向の効率を調べるものであった。2022年9月26日にDARTは小惑星ディディモスの衛星であるディモルファスに衝突して衛星の軌道変化が検知されている。今後、ESAでは、探査機HERAを2024年にJAXAらと協力して小惑星ディモルファスに送り、2027年に衝突後の様子を系統的に観測する予定である。なお、日本は熱赤外カメラの搭載を予定している。

現在、日本が中心に計画している大型の科学探査ミッションは、2024年に打ち上げ予定の火星衛星探査計画(MMX)がある。また、月惑星探査の工学実証機としては、深宇宙探査技術実証機(DESTINY+)や小型月着陸実証機(SLIM)があるが、それぞれ科学機器も搭載しており、その科学成果が期待される。2023年度にはESA主導で実施される木星氷衛星探査計画(JUICE)の打ち上げが予定されているが、そこにJAXAはレーザー高度計などの観測機器を提供している。さらに、アメリカ主導で始まった有人月着陸計画(アルテミス計画)とも関連して、JAXAは月極域探査ミッション(LUPEX)をインド宇宙機関と協働して準備中である。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:落合 啓之

所属・職:九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所・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:基礎解析学(表現論)関連分野に関する学術研究動向 --- 表現論と特殊関数論の新しい潮流 ---

キーワード:基礎解析学、数理解析学、数学基礎、応用数学、統計数学

数物系の主に数学を専門とする研究者に対する調査研究を実施した。審査委員を割り当てる前提として、必ずしも多くの研究者が審査委員登録をしていないという実態があることが判明した。個別に事情を聴取すると、まず、30代や40代の研究者の中には、自分にはまだ早いと考えて未登録なケースがあった。しかし、学振DC、PDの受給者や若手研究の採択者は採択率3割の競争を既にくぐり抜けているのであり、審査委員としての資質があるかどうかを十分に吟味できる対象である。ぜひ登録していただきたい。また、ライフイベントや大学内外の個別の仕事などのため、特定の年度に審査委員を引き受けられないと言う事情で登録しないケースも見受けられた。これに対しても、審査委員登録をしていて実際に審査委員の依頼が来ても、打診に対して引き受けることは強制や自動的ではなく、個別的な事情でその年度の委員への就任を断ることもできることを伝えた。また、ダイバーシティに関しても、性別のみをダイバーシティと認識している研究者が少なからずいたが、性別以外にも、年齢のバランスを取ることや、大学に所属する場合は特定の大学への重複を避けるなど内訳に関しても目配りする必要があるなど、さまざまな観点からのダイバーシティに配慮していることを知ってもらう必要がある。大きな大学に所属しない研究者の中には、審査は誰か偉い人がやってくれることで自分には無縁と思っているケースもあったが、むしろ、そういった環境でも立派な業績や研究をおこなっている研究者はたくさんおり、そういった方々にも審査をお任せすることが望ましい。大きくない学科で審査の委員を付託することは負担が重い点は申し訳ないものの、これも登録者が増えていけば個別の負担は分散されるため、より良い審査のためにご協力をいただきたい。こういった趣旨のことを学会の教育研究資金の委員会などで、公開可能な情報に限って公開することで理解を深めていただくことに今後は努めたい。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:郡司 修一

所属・職:山形大学学術研究院・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:宇宙線及び宇宙物理学分野(実験)に関する学術研究動向調査

キーワード:機械学習

宇宙物理学の実験系の研究者及び大学院生の中で、機械学習がどの程度浸透しているのかをアンケートを使って調査した。まずアンケートを依頼するために、高エネルギー宇宙物理連絡会と宇宙線研究者会議のメーリングリストで呼びかけを行い、82名から回答を得た。以下がアンケートに答えてくれた方々の統計データである。

常勤の研究者	非常勤の研究者	大学院生(博士)	大学院生(修士)	学部生	その他
38名	11名	5名	13名	12名	3名

年齢分布は以下の通りである。

20代	30代	40代	50代	60代	それ以上
34名	14名	10名	16名	6名	2名

また30名の学生の中で機械学習を利用して研究を行っている人は9名であり、21名は利用していなかった。また学生がどのようにして機械学習の手法を学んだかを聞いてみたところ、指導教員から直に学んだ人が4名、指導教員以外の教員から2名、独学が3名であった。機械学習を利用していない学生にその理由を聞いてみたところ、「自分の研究に必要なから」という答えが最多(13人)であり、その次が「使い方が分からないから」の6人であった。

次に学生以外(常勤、非常勤、その他)からのアンケート結果として、まず指導学生の有無を聞いてみたところ、35人がいるという答えであった。そして指導学生がいる人にさらに機械学習の利用に関して聞いてみたところ、以下の様な結果を得た。

自分と学生の両方とも利用している: 12名      自分だけが利用している: 4名  
学生にだけ利用させている: 3名      自分も学生も利用していない: 16名

また全体として機械学習を利用して研究を行っているのは全体の2割程度である事が分かった。しかし、機械学習を研究に活かしたいという人は全体の8割近くに上る。またどうすればより機械学習を使って研究しやすくなるかという質問に対しては、「講習会や情報交換の場を設けて交流が欲しい」「天文学に利用できる機械学習のサイトが一箇所にまとまっているとありがたい」「実例を集めた本」等の意見があった。

# 令和4(2022)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:比村 治彦

所属・職:京都工芸繊維大学・電気電子工学系・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、プラズマ応用科学分野に関する学術研究動向 —  
プラズマ学と他分野の境界領域における新たな潮流と展開—

キーワード:非中性プラズマ、核融合ベンチャー、非平衡プラズマ

プラズマ基礎に関しては、非中性プラズマ国際ワークショップでは、プラズマの電気的中性条件が破れているプラズマの最新の動向が発表された。純イオンプラズマの研究はなくなり、純電子プラズマの研究は依然として続けられている。系をトラスにした研究も続けられており、プラズマ不安定性の問題を研究対象としている。非中性プラズマの新たな展開は、非中性プラズマを用いた 2 流体プラズマの研究と、陽電子プラズマのトラス閉じ込め研究である。2 流体プラズマは核融合学への寄与、陽電子プラズマは反物質プラズマという新しい境界領域を開いている。

核融合学については、世界プロジェクト ITER は 2025 年にファーストプラズマの予定だが、確実に遅れるように見える。例えば、イタリアバドゥバで建造中の ITER 用の NBI 入射システムは、そのプラズマ発生方式自身が直流電源から高周波電源へと変更されたこともあり、システム全体が解体されている状態である。ITER が遅れるほど、核融合ベンチャー企業が次々に設立されるという循環になっている。ベンチャーの目標は、第一世代核融合炉に使われるトカマク型とは異なる方式で発電を先に実現することであり、その目標は 2040 年頃とされている。アメリカでは、バイデン大統領直下に核融合に関する専門の部署が置かれて、核融合研究を民間に繋げている。核融合の出力が入力を超えたニュースが米国ローレンスリバモア研究所のレーザー方式から出された。単発ショットでの結果ではあるものの、今後繰り返し運転が可能ならレーザーが開発されればこのレーザー方式でも核融合エネルギーの実用化に繋がる。

プラズマ応用の潮流は、プラズマが照射された対象物の改質と言える。対象物の範囲は液体や生体用材料にまで広がっている。また、プラズマが発生されるガス圧力も大気圧に近づいているので他分野との境界領域研究が行われやすい。計測技術も進展している一方で、各対象物の改質に必要なそれぞれのプラズマを学術的に確立するテーマが多数残されている。