

世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI) 令和4(2022)年度拠点構想進捗状況報告書

ホスト機関名	広島大学	ホスト機関長名	越智 光夫
拠点名	持続可能性に寄与するキラルノット超物質拠点 (SKCM ²)		
拠点長名	Ivan I. Smalyukh	事務部門長名	安倍 学 (2023年4月1日~楯 真一)

作成上の注意事項：

※令和5(2023)年3月31日現在の内容で作成すること。

※文中で金額を記載する際は円表記とすること。この際、外貨を円に換算する必要がある場合は、使用したレートを併記すること。

拠点構想進捗状況の概要 (2ページ以内に収めること)

1. 世界トップレベルの研究の推進

2022年11月の設立後、WPI-SKCM²は、短期間で世界トップレベルの研究センターとしての地位を確立しつつある。WPI-SKCM²では、原子や、さらに微小な自然の構成要素の人工的な類似物を開発することで、私たちの身の回りの世界をより深く理解し、自然界には存在しない有用で設計可能な物質を創出する。そのような基礎研究を通じて、技術革新の基盤を構築し、地球規模の問題の解決と持続可能な未来の実現を目指す。

本WPI拠点は、「キラルノット超物質」というパラダイムを導入する。それにより、自然の構成要素の類似物を設計通りに作製し、自然現象をより根本的な視点から理解する。また、非常に有用な特性をもつ物質をデザインして、エネルギー需要の増大や気候変動という複雑に絡み合った地球規模の問題の解決に寄与する。

多数回開催した(キックオフシンポジウムを含めた)対面およびオンラインでの会議や研究交流会を通じて、世界中にいる19人のPIと8人のco-PIが活発に交流した。広島大学、理化学研究所、東京工業大学、慶應義塾大学、マサチューセッツ工科大学、コロラド大学ボルダー校、ジョージア工科大学、リスボン大学、ユトレヒト大学、ケンブリッジ大学、マックスプランク研究所、ヴロツワフ大学、テルアビブ大学および台湾の中央研究院に在籍しているWPI-SKCM²の一流研究者の間で、パートナーシップを確立した。また、先行して開始した共同研究の詳細な計画を策定し、本WPI拠点における極めて学際的な研究プロジェクトに従事する博士研究員および博士課程の学生を共同で指導した。

本拠点の拠点長は、新しい能力主義制度を導入し、最も挑戦的な研究課題に研究者が積極的に取り組むための環境を整備した。このような制度を通じて、研究成果を最も影響力のある科学雑誌に発表し、トップレベルの学術会議で基調講演や招待講演を行うことを推進した。

WPI-SKCM²は設立間もないが、研究論文(40報以上)をScience、Nature Materials、Nature Physics、Nature Energy(表紙を飾る論文として選出された)などの権威ある科学雑誌に発表した。最近の重要な研究成果の例を挙げると、メビウスの帯状のトポロジーマトリクスをもつ、ねじれ型ディスクリネーションがほどこけたような構造とソリトンの特徴を合わせもつ新しいトポロジカル場構造を発見し[NATURE PHYS. 19, 451-459 (2023)]、ネマチック液晶にみられる渦構造を利用して、エネルギーの貯蔵に应用可能なソリトニックレーザー光の進行方向を誘導し制御できることを明らかにし[NATURE MATER. 22, 64-72]、(本拠点の枠組みを超えた大規模な共同研究により)小惑星で採取された炭素質試料に高分子有機物が含まれることを突き止め[Science 379, 790 (2023)]、ナノセルロースファイバーがもつれ合ってきたエアロゲルが超断熱性能と高い光透過性を合わせもつことを実証した[Nature Energy 8, 381-396 (2023)] & [Nature Energy 8, 327-328 (2023)]。これらの研究成果は非常に注目され、[Nature Energy 8, 381-396 (2023)]で発表した内容は(その雑誌の表紙を含め)100回以上特集され、論文発表後の1か月間で12000回以上ダウンロードされた。このように、本拠点の研究者は、持続可能な世界の実現に寄与するため、非常に挑戦的な研究を推進している。重要な研究成果が次々と得られており、査読中のものも含め、今後発表される予定である。

2. 融合研究の推進

本拠点では、純粋数学や惑星科学だけでなく、素粒子や生物系および宇宙系を含めた、自然の全階層における時空間スケールでの現象に関わっているノットトポロジーマトリクスとキラリティの知見を融合する。そして、重要な新発見を目標にし、ノットトポロジーマトリクスとキラリティの創発的な相乗効果の解明に取り組んでいる。時空間スケールの階層を考慮し、本WPI拠点のような学際的な国際研究ネットワークにおいてのみ達成できるような、まったく新しい概念をつくり、法則化および一般化する。これにより、トポロジーマトリクスとキラリティに焦点を当てた研究分野を掛け合わせて融合し、分野は異なるがノットやキラリティの概念を共有する研究者を集結させる。

本拠点は、キラリノット超物質に関する新しい学際的な研究分野をつくる。物理学や化学、生物学、物質科学または工学の一分野ではなく、これらの分野を真の意味で学際的に融合し、全分野にまたがる研究を大幅に進展させる。素粒子から宇宙のスケールにわたって、キラリティとノットトポロジーがどのように重要であるかを総合的に探究する。実験室で実行可能な研究に注力し、基礎知識から技術革新につながる応用を作り出す。本拠点では、液晶やコロイド、磁性体および生体高分子のような、実験しやすい対象を主に研究しているが、そのような研究から得られた知見は、素粒子や宇宙論のような容易に実験できない対象の研究にとっても有用であると考えられる。その逆に、素粒子物理学や宇宙論の研究で得られる知見をもとに、上記のような実験しやすい対象に関連する現象をより深く理解し、実用化につなげることも可能である。

本拠点での基礎研究は、持続可能でエネルギー効率が高い建築技術や地球外で居住するために必要となる材料、病気の生体検出と治療、スピントロニクスやデータ記憶装置などの今後の技術的応用につながると予想している。これまでの5か月間の活動で、そのような融合研究を多数実施した（例えば、本レポートの1ページ目に記載した論文のいくつかは、複数のPIによる共著である）。

融合研究を実効的に推進するため、本拠点に所属する全ての学生と博士研究員に共同メンターを3名ずつ配置し（主メンター1名と副メンター2名）、共同メンターは異なる研究分野から選出するとともに、少なくとも1名は海外の研究機関に所属するPIを指定している。

毎週木曜日に実施するセミナーシリーズでは、世界的に著名な研究者と広島大学の研究者が講演し、学際的な国際共同研究の実施につながるよう運営している。また、ノットとキラリティの研究に焦点を当てたキックオフシンポジウムでは、学際的な知見を融合した研究を行っている各分野の代表的な研究者を招き、学生や博士研究員、PIやcoPIにとって参考となる講演を企画した。

3. 国際的な研究環境の整備

国際共同研究と若手研究者の交流が活発に行われるような、実効的な研究環境の構築を進めている。そのために、日英両言語を話せる事務スタッフを採用し、海外から広島大学を訪問する研究者を受け入れるための設備を整備した。海外の研究機関に所属するPIには、専用の研究室分室を広島大学に準備し、共同研究および学生と博士研究員のメンタリングを実施してもらっている。

既に開催したキックオフシンポジウム（参加者120名以上）に加え、WPI-SKCM²年次スクールを2023年後半に開催する予定である。年次スクールでは、1週間（シンポジウムへの参加）から2週間（スクールへの参加）、本拠点に所属する全ての研究者が集まり、徹底した議論と研究アイデアを交換する機会を提供する。これらは、研究者間の密接なコミュニケーションを最も重視する本拠点の運営方針に沿って企画する。

さらに、(1) 国際研究交流、スクール、国際会議およびフォーラムの開催、(2) 海外の学生や著名な研究者による広島大学の訪問、(3) 外国における先進的な事務運営事例と取り入れるため、少なくとも事務職員の20%を海外から採用、(4) 事務処理および全ての拠点活動の英語での実施、(5) 子供の通学問題など、外国人研究者が日本で研究に専念するための環境整備、(6) 実験試料の授受や訪問者サポートの手続きの効率化、に取り組んでいる。

4. 研究組織の改革

本拠点は、海外のPIとco-PIの協力のもと、世界中の好事例を取り入れながら、広島大学の研究および教育組織を改革している。

例えば、本拠点の拠点長は、全てのWPI拠点の中で最初に能力主義制度を導入した。能力主義制度は、完成次第、広島大学全体に導入される予定である。能力主義制度の運営については、PIやco-PIおよび広島大学の事務部門との間で徹底的に議論をし、制度改善のための修正を取り入れて、翌年度末に再度適用することとした。

また、アメリカやイギリスでの大学院プログラムの好事例を参考にして、新しい大学院プログラムを開発している。そのために、学際的なプログラム「Topological design」の運営責任者（Mark Dennis）をバーミンガム大学から招待し、アメリカやイギリスから訪れた学生と共に新しいプログラムの詳細を設計した。2023年10月1日に、最初の大学院生が入学する予定である（現在募集中）。

5. 中・長期にわたる拠点の持続的発展

現在、広島大学の既存の建物を一時的な活動場所としているが、WPI-SKCM²が入居する新棟の用地を大学内に確保した。新棟の建設費を調達するため、MEXTや広島大学、民間財団に予算獲得申請を行った。

拠点の使命を達成するための規定と規則を定め、広島大学の新しい部局として公式に認定された。また、他のWPI拠点での好事例を参考にした事務室を設置した。

3名の副拠点長と事務部門長が拠点長をサポートし、円滑な拠点運営と迅速な意思決定を行う体制を整えた。越智広島大学学長との会議、PIとco-PIが参加する会議および運営委員会を定期的で開催し、WPI拠点としての機能や今後申請する予定の外部資金の獲得方針について議論した。

広島大学は、5名の優秀な事務職員の雇用費用を負担している。加えて、本拠点を「特区」指定の重要拠点とし、将来にわたる本格的な支援を確約した。