

# 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	高エネルギー加速器研究機構	ホスト機関長名	山内 正則
拠点名	量子場計測システム国際拠点 (QUP)		
拠点長名	羽澄 昌史	事務部門長名	徳宿 克夫

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)

QUPの主な目的は、新しい量子場を探索・発見するために、既知の量子場を使ってより感度の高い測定システムを発明・開発することである。これまでの多くの試みは、光子や電子をプローブとして使用してきたが、QUPはフォノンなどの準粒子を含む多くの可能性を開くものである。基礎的な研究開発が完了し、成熟した後は、宇宙や素粒子の研究のための最先端の実験に導入することを目標としている。新しい量子場が一つでも発見されれば、新しい物理学を切り開く大きな成果となる。また、発明を活用した社会実装やイノベーションも推進していく。

2022年度には、以下のような進展と成果が得られている。

- 極低温検出器、特に超伝導転移端センサー (TES) の開発における成果。
- 新しい量子場の候補探索の絞り込み。
- 耐放射線検出器の開発。

QUPには13人のPIがいる。そのうち6人はTESの専門家で、宇宙マイクロ波背景放射(CMB)実験、暗黒物質探索実験、アクシオン探索実験への応用を進めている。100meV以下の世界最高のエネルギー分解能を持つ近赤外領域のTES検出器を服部主任研究員等が開発し、論文として発表した。アクシオン探索と暗黒物質探索については、探索の鍵となるバックグラウンドの評価を行っている。また、宇宙空間でのCMB偏光を測定するLiteBIRDプロジェクトの基本構想を記述した論文を発表し、TESを応用した焦点面検出器の開発目標を明確化し、SpaceTESプロジェクトをQUPのフラッグシッププロジェクトとした。

これらの活動を協調して支援するため、共通の施設としてQUP極低温実験施設を整備し、4台の希釈冷凍機を設置した。2023年3月にすべてが納入され、10 mK以下への冷却試験に成功した。2台は暗黒物質の探索に使用し、2台はCMB観測のための焦点面検出器の開発に使用している。

未知の量子場の探索について、理論と実験の両面から活発に議論が行われた。その結果、最近高精度磁場測定器として脚光を浴びている、NVダイヤモンド検出器を用いたアクシオン探索が可能であることを示した。また、カシミール力との干渉を利用した探索方法についても議論した。これらの結果は論文として投稿した。これらの成果は、QUPにおける素粒子研究、物性研究、社会実装研究の融合から得られたものである。これらの新しいアイデアは、今後さらに追求し、研究の成長具合から、QUPの将来のフラッグシップ・プロジェクトの候補となりうる。

既知の量子場から新たな量子場を探索するというQUPの主旨に沿い、QUPのフラッグシップ・プロジェクトにふさわしいプロジェクトQの選定を行った。QUP内外から9件の提案があった。QUPのPIであるM. Garcia-Sciveresによる暗黒物質-物質相互作用の反動からフォノンを捕らえるという提案は、軽い暗黒物質探索の新しい大きな質量領域を開拓するものであり、優れた提案であると評価した。低ノイズを実証するためにはさらなる研究開発が必要であるため、現段階では新たなフラッグシップ・プロジェクトとまでは決定しなかった。この研究は3人のQUPのPIが共同で研究を行うことになり、このような連携も、プロジェクトQ選定のプロセスを通じて得られたメリットである。本課題の研究開発は、

将来のフラッグシップ・プロジェクトに向け、QUP と一体となって推進していく。

耐放射線検出器の開発では、CIGS 半導体 (Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>) が放射線損傷からの回復能力を持ち、粒子検出器として有望であることを示した。粒子実験に使用するためのより厚いデバイスの開発と、回復機能の長期的な持続可能性の実証が進行中である。

KEK における QUP の組織改革については、KEK と協議して多くの決定がなされた。前回の報告書に書いたように、QUP 研究者の任命とサポートスタッフについては、QUP 拠点長が第一義的な責任を負う。今年、QUP 拠点長が個人と交渉して給与を決定するための具体的な細則が設定された。QUP と KEK は、WPI の資金提供期間を超えて持続可能となるような財政計画を立案した。

新しい共同研究施設として、WPI の「ワンループ」コンセプトに沿い、実験・研究エリアを統合するために QUP 棟を新改築することが承認された。工事完了は 2024 年度末を予定している。

QUP では、システム学的アプローチ (システムロジー) により、QUP の個々の研究者のアイデアを融合させ、新しい優れた研究コンセプトを創出・育成するため、システムロジー支援セクションの組織体制と中期計画を策定した。また、QUP では、拠点主任エンジニア (QUP Principal Engineer) という新たに技術者のポストを設けた。このポジションに対して、上記の給与交渉システムを適用することで、優秀な技術者を集めることが可能となった。最初の拠点主任エンジニアは、2023 年 5 月に QUP のシステムロジー支援セクションに着任する。

当初計画に示した 3 つのサテライトオフィスはすべて設立が完了した。最後に残ったカリフォルニア大学バークレー校の QUP バークレーサテライトは、2022 年 12 月に MOU を締結し開始した。

QUP のウェブページでは、専門的な研究成果や研究関連のニュースを提供し、2022 年 9 月には、高校生を意識した、より広く一般に公開するためのツイッターと YouTube チャンネルを開設した。

若手研究者が QUP に滞在し、QUP の研究者と一緒に研究する機会を提供する新たな教育プログラム「QUP インターンシッププログラム (QUPIP)」を設置した。2023 年 4 月に国内外の大学院生、ポストドクを対象に募集を開始し、2023 年 7 月から受け入れを開始する。