

# 世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）

## エグゼクティブサマリー（中間評価用）

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	浅井 祥仁
拠点名	量子場計測システム国際拠点（QUP）		
拠点長代理名	花垣 和則	事務部門長名	徳宿 克夫

作成上の注意事項：

このサマリーは、自己点検評価報告書に記載された内容に基づいて、以下の項目についての概要を4ページ以内の記述で作成してください。

### I. 概要

量子場計測システム国際拠点（QUP）は、「人類に新しい眼をもたらす」という理念のもと、2021年12月に高エネルギー加速器研究機構（KEK）に設立した。新たな測定原理の発見、その原理に基づく新測定技術の創出、そしてそれらを用いた科学的成果の創出を目指している。

いくつかの新規プロジェクトが立ち上がっているものの、QUPは予定ほど進展できなかった。QUPとKEKの首脳部はWPIプログラム委員会の提言を踏まえ、議論を経て大幅な変更を実施した。その結果、拠点長交代と基幹プロジェクトからの撤退を決定した。QUPとKEKの緊密な連携のもと、現行プロジェクトの見直しと量子センサー・デバイスに焦点を当てた新規プロジェクトの追加を通じ、QUPの改訂ビジョンを提案している。

### II. 各論

#### 1. 形成拠点の全体像

QUPは2021年12月、KEK内に第14番目のWPIセンターとして設立した。QUPは当初、羽澄昌史教授を拠点長とし、12名の主任研究員（PI）で活動を開始した。QUPはカリフォルニア大学バークレー校、宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙科学研究所（ISAS）、トヨタ中央研究所（TCRDL）に3つのサテライトを設置した。「人類に新たな眼をもたらす」というビジョンに基づき、QUPは当初、新たな測定原理の開発、その原理に基づく革新的技術の考案、そしてそれらを応用した基礎科学の進展を目指した。

しかし近年WPI委員会が指摘したように、その進展は満足のものではなかった。理論レベルでは新たなアイデアが議論され、いくつかの新たな実験提案も行われたものの、実験実現のペースは期待を下回る状態が続いた。WPIプログラム委員会からの厳しい勧告を受け、2024年6月、高エネルギー加速器研究機構（KEK）の浅井祥仁機構長の主導のもと、QUPの組織構造と研究ポートフォリオを徹底的に評価する委員会が設置された。委員会はQUPの組織体制と研究プロジェクトについて抜本的な見直しを提言した。羽澄昌史は拠点長兼PIを退任し、WPI及び文部科学省との協議を経て、2024年12月に花垣和則博士をQUP拠点長代理に任命した。新拠点長の指名プロセスは現在進行中である。

従来の構想のもとで開始したプロジェクトの成果を厳しく評価しつつ、2025年4月にQUP副所長として40%のFTEで着任した理化学研究所の東俊行博士（新拠点長候補）の主導のもと、新たな構想を構築中である。

QUP運営の抜本的再構築に関する集中的な議論を経て、量子センサー・デバイスに特化した5つの新規研究グループと、広範な学際的応用を専門とする1つのグループを立ち上げることを決定した。同時に、進行中のプロジェクトから厳選したものを継続する。再編した研究戦略の詳細は、2025年5月に提出予定の改訂版「拠点構想」文書に記載する。

#### 2. 世界を先導する卓越研究と国際的地位の確立

QUPは設立後2年4ヶ月の間に、様々な新たな研究方向性を開拓してきた。これらはQUP実験グループの異分野研究者間の融合と、理論グループの顕著な貢献によって生み出された成果である。また産学連携の新たなプラットフォームとして「QUPシナジーサミット（QSS）」を発足させた。

### **軽い質量の中性新量子場探索のための新たな眼：**

主要な成果の一つは、量子センサー技術が、暗黒物質やアクシオンといった基礎物理学の新領域を探索するための有望なツールとなることを提案したことである。QUP の学際的交流を通じて開始した精密磁場測定とカシミール力研究が、新たな量子場を探る革新的な手法として浮上した。これらのアイデアは QUP 内で生まれ、現在実測に向けて実現が進んでいる。

超伝導遷移端センサー（TES）は QUP における中核技術であり、QUP 研究責任者が取り組む様々な科学分野での高精度測定実現に貢献している。3 名の PI が共同プロジェクトを開始し、陽子質量を大幅に下回る質量範囲における、低質量ダークマターの探索を進めている。他の用途向けに開発された「新たな眼」である光学 TES が、神岡鉱山におけるこの軽いダークマター探索プロジェクトにおいて極めて重要な役割を果たす。さらに、TES 技術は、QUP における太陽アクシオン検出研究にも不可欠である。

**専門知識と計測機器の融合を通じ、QUP は、軽い質量の中性新量子場探索を目指す精密測定の卓越した研究拠点として台頭しつつある。** TES、ダイヤモンド中の窒素-空孔中心（NV センター）、特殊なカシミール力材料といった先進技術が、新たな実験プラットフォームに組み込まれている。

### **過酷な環境に対応する堅牢で明瞭な眼：**

QUP は過酷な環境に適した検出器の開発も推進している。例えば、太陽電池用途向けに設計された技術を、放射線耐性の高い粒子検出器へ転用している。データ収集（DAQ）グループは堅牢な計測システムの構築に貢献している。

QUP は液体ヘリウム温度での動作を可能とする極低温電子工学も推進している。これは量子デバイスのスケールアップに不可欠な技術である。

また、QUP は新たな量子場から生じる微弱な信号を大きなバックグラウンドから抽出する課題に取り組む機械学習イニシアチブを支援している。これらの手法は現在、CERN の ATLAS 実験において、重いクォークの検出や稀少事象探索に応用している。

### **基幹プロジェクトの終了：**

QUP の当初の基幹プロジェクトであった SpaceTES（LiteBIRD 衛星搭載の宇宙マイクロ波背景放射（CMB）偏光測定用の検出器開発計画）は、重大な技術的・財政的課題が判明したことを受けて終了した。この問題は KEK 内部に設置した委員会からも指摘された。システムロジック部門も 2024 年度末をもって閉鎖した。代わりに QUP は、プロジェクト加速に必要な技術支援を強化するため、技術支援部門を新設した。

QUP の再編プロセスにおいて、量子デバイス関連のプロジェクトをさらに追加する予定である。

### **QUP 極低温施設と今後の展開：**

共有実験インフラの重要性を認識し、QUP は 2023 年 3 月に高エネルギー加速器研究機構（KEK）富士実験棟に極低温検出器施設を開設した。現在 4 台の希釈冷凍機を稼働させるこの施設は、TES 開発を支援し、当センターにおける量子デバイス研究の次段階において重要な役割を担う。

QUP 研究者間の融合研究を促進する次期計画として、信頼性の高い測定を実現する大規模クリーン環境の整備を進める。新築・改修による QUP 棟の建設に伴い、広帯域電波に対応した大型電波暗室と約 4K の低温環境を実現する大容量低温室の設置を進めている。

## **3. 国際的な研究環境の実現と組織改革**

### **QUPosium および QUP コロキウム：**

QUP は、QUPosium という国際シンポジウムを毎年開催している。第 1 回は、2022 年 12 月に拠点発足 1 周年記念イベントと位置付けて開催した。2022 年には Dmitry Budker（マインツ）、Suzanne Staggs（プリンストン）、2023 年には Adam Riess（ジョンズ・ホプキンス大学/STSI、ノーベル賞受賞者）、2024 年には Marianna Safronova（デラウェア大学）など、各会議に著名な主要研究者を招待した。

2022 年 4 月以来、QUP はほぼ毎月、著名な研究者を招いて QUP コロキウムを開催している。2025 年 4 月までに 34 回の QUP コロキウムを開催し、20 人の海外スピーカーを招待した。

**ポスドク研究員ポジションの公募：** QUP のポスドク研究員の募集は、すべて世界的に多く使われているシステムを利用した公募で行っている。QUP ポスドク研究員は 3 年契約で、

業績が良好な場合 2 年間の延長が可能である。優秀な候補者には、5 年契約の特任助教職（2 年間の延長可能）を提供し、QUP 上級研究員として扱う。この制度は優秀な若手研究者の誘致に効果的である。

**独自の採用・給与制度：**QUP の独自の採用制度は採用プロセスにおける迅速な決定を可能にした。QUP 拠点長が直接交渉し給与を決定する。この制度は、世界トップクラスの研究機関と競合し優秀な研究者を惹きつける上で重要な要素になる。QUP 拠点長との個別面談を含む評価に基づき年俵を更新する規則を設け、有期研究員へのインセンティブを提供している。KEK における有期雇用研究員の待遇は常勤研究員より劣るが、QUP は格差解消に取り組んでいる。

**QUP 独自の職位：**QUP は「拠点主任エンジニア」を新設職位として創設。前述の給与交渉制度の実施により技術職員の労働条件改善が可能となり、優秀な技術者の誘致に寄与している。

**KEK の国際大学院生受け入れ規則改革：**QUP は独自のインターンシッププログラム「QUPIP」を創設。2024 年には大学院生を長期雇用・支援する「QUP 国際フェロウシッププログラム」を設立し、他国からの大学院生採用の道を開いた。

#### 4. 次代を先導する価値創造

QUP は人材育成とアウトリーチ活動に積極的に取り組んだ。

大学院生やポスドク研究者を QUP 研究所に 1~3 ヶ月以上滞在させるインターンシッププログラム「QUPIP」を開始した。2 年間で 32 名の QUPIP フェローを受け入れた。75%は海外出身者で、ハーバード大学、ローマ大学「ラ・サピエンツァ」、パリ大学「エコール・ノルマル」などの学生も含む。この交流から複数の論文が発表された。

大学院生を支援するため、長期雇用を前提とした「QUP 国際フェロウシッププログラム」を設立した。現行の KEK 規定では特別研究員として採用できるのは国内大学院生のみであったが、QUP は内部規則を整備し海外からの受け入れも可能とした。

QUP は 2023-2024 年度に高校生向け公開講座を 2 回実施した。一方的な講義にしないように、参加者と QUP 研究者との対話時間を設けた。この試みは成功し、高校生からは研究内容や将来の進路について多くの質問が寄せられた。

#### 5. 今後の展望（拠点構想を実現するための今後の方針、計画等の取組）

現在、QUP は将来に向けた再構築プロセスを進めている。従来のコンセプトのもとで開始されたプロジェクトの成果を厳しく評価しつつ、新拠点長候補者のリーダーシップのもとで新たなコンセプトを構築中である。

「人類に新たな眼をもたらす」という QUP のビジョンを実現するため、量子センサー、量子デバイス、非量子デバイスの 3 つの研究領域を確立する。各領域は新たに任命された PI が率い、研究の深化と拡大を目指す。これらの領域から、基礎研究の頂点を目指すとともに応用分野へ広く展開する枠組みを構築する。3 領域間の緊密な連携を維持しつつ、高精度測定のための量子センシング技術に基づく最先端の計測技術・検出器を開発し、未発見粒子の探索、超微弱重力信号の検出、新たな自然法則の発見に注力するとともに、幅広い分野への応用を推進する。

QUP は設立当初、学際的研究の促進を目的としていたものの、その目標に向けた十分な活動は実施されなかった。縦割り構造の研究体制の中では、特定の目的に専念する研究者が他分野での応用可能性を認識する機会は限られている。したがって、この目標を達成するため、研究者を支援する「仕組み」と調整役タイプの研究者を導入する。

#### 6. 拠点の自立に向けた以後 5 年間（6 年目以降）にわたるホスト機関の具体的取組計画

KEK は、利用者コミュニティの意見が研究所の運営に強く反映される大学共同利用機関としての KEK とは対照的に、自律的な研究機関として QUP を設立した。

KEKは今後も、この拠点を世界的な研究活動の形成に貢献する独自の組織として、またKEK内の他の研究組織とは独立した研究主体として位置づけていく。KEKはQUPの活動を、学際的統合の促進とKEK内部の組織改革を推進する基盤と捉えている。学際的研究拠点としての拠点設立により、新たな研究分野の創出が期待され、KEK全体の能力強化がさらに進むと期待する。QUPは、量子フロンティアにおける国際研究センターの構築を目指すKEKの戦略計画に完全に合致する。

同時にKEKは、検出器開発インフラやインターフェースプラットフォームの共有などを通じて、QUPが研究所間の相乗効果を促進することを期待している。複数機関による取り組みを通じて、QUPはKEK全体の研究エコシステム強化と持続可能な外部支援の確保に向けた触媒としての役割を果たす。

## 7. その他、特筆すべき事項

特になし

## 8. 令和6(2024)年度フォローアップ結果（現地視察報告書を含む）への対応

KEKとQUPは提言を真摯に受け止めた。KEKはQUPの改善に向けた検討会を設置し、改革に率先して取り組んだ。前QUP拠点長・羽澄昌史氏の辞任後、花垣和則拠点長代理は浅井祥仁KEK機構長と緊密な協議を行った。2025年4月よりQUP副所長として着任した東俊行博士を所長候補に指名した。QUPは組織再編に着手し、KEK首脳と緊密に連携している。

量子場計測システム国際拠点（QUP）の運営基盤改革に関する集中的な議論を経て、量子センサー・デバイスに特化した5つの新規研究グループと、広範な学際的応用を専門とする1つのグループの立ち上げを決定した。同時に、進行中のプロジェクトは厳格に評価され、一部は継続する。新規プロジェクトの詳細は、**2025年5月に提出予定の改訂版「拠点構想」**文書に記載する。