

○戦略目標「非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究」の下の研究領域

領域名称：量子物質

研究総括：齊藤 英治（東京大学 大学院工学系研究科 教授）

研究領域の概要

本研究領域では、「電子の運動やスピン、光、準粒子などの量子状態を制御することで、新たな物性や量子機能が発現する物質・材料・構造」を広く量子物質と捉え、量子物質を「作る・計る・加工する・制御する・理解する」ことを通じて、様々な社会課題の解決に貢献する新たな量子機能物質・材料を創出・制御することを目指します。

具体的には、強相関電子材料、スピントロニクス材料、トポロジカル量子物質、2次元層状材料、固体量子光源、ナノフォトニクス材料、新奇超伝導物質、準粒子系、メタマテリアル、外場駆動による非平衡物質など広範な分野の量子物質を開拓し、理論・実験・計測・成長・プロセス技術・制御技術の研究者が互いに刺激し合いながら新たな物質の探索、既存物質の新たな量子機能の発現および高機能化、外場駆動による通常の物質の量子物質化、またこれら量子機能の制御を目指す研究を推進します。

本領域で創出される量子材料は、将来的に、コンピュータ、計測・センシング、通信、グリーン半導体エレクトロニクスなどへの展開が期待されます。

募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

1. 背景

カーボンニュートラルに向けた社会の変化、DX（デジタルトランスフォーメーション）の急速な進展等に伴い、それらを構築・実現するために求められる材料特性・性能も急速に高度化しています。このような状況のなか量子技術への期待は益々高まっており、とりわけその基盤となる量子物質においては、現状を打破できる新たな物性の発見およびそれら物性をもつ物質のデバイス化、また制御技術の確立が期待されています。

革新的な量子物質の発見・デバイス化が実現すれば世界を大きく変えうるインパクトがあるものの、系の複雑性、最適な量子性発現のための環境構築、極小な対象の検出・分析・制御の困難性などの観点からその実現には多くの高いハードルがあります。

そこで、本研究領域では、「電子の運動やスピン、光、準粒子などの量子状態を制御することで、新たな物性や量子機能が発現する物質・材料・構造」を広く量子物質と捉え、量子物質を「作る・計る・加工する・制御する・理解する」ことを通じて、様々な社会課題の解決に貢献する基礎研究を推進します。

2. 募集・選考の方針

(1) 基本方針

本領域では、対称性、量子幾何、多体相関、非平衡などを駆使し量子物質を「作る・計る・加工する・制御する・理解する」ことで、これらに基づく優れた物性を示す量子物質を創出します。具体的には、強相関電子材料、スピントロニクス材料、トポロジカル量子物質、2次元層状材料、固体量子光源、ナノフォトニクス材料、新奇超伝導物質、準粒子、メタマテリアル、外場駆動による非平衡状態の制御などといった広範な分野での量子物質を開拓し、理論・実験・計測・成長・プロセス技術・制御技術の研究者が互いに刺激し合いながら、創造的な研究を実施いただきたいと考えています。

ただし上記は例示であり、例示したもののほかにもさまざまな量子・物質・手法が考えられます。領域の趣旨・目標に沿っていれば、上記に限らず自由に挑戦的なアイデアを歓迎します。

(2) 想定する研究内容

(ア) 量子物質の設計・創出・制御・応用へ向けた学理構築に関する研究

これまでにさまざまな量子物質が発見され、理論提案がなされてきました。しかしながら、それらの物性の全貌や微視的理解は十分ではなく、デバイス化を見据えた材料とするためには高いハードルがあります。そこで量子物質の物性理解と量子物質を設計・創出・制御・応用するための学理構築を目的とし、新原理や新規計算手法などを用いた理論的研究、量子ビームや先端分光法等を用いた計測をもとにした分析研究、輸送物性等を含む実験的研究等を想定します。

(イ) 新機能を発現する新たな物質・材料の創出あるいは既存物質・材料の物性の高度化・制御に関する研究

物理的指導原理により新たな量子物質を創出する、機械学習等で検討された物質を合成するなど、物質・材料探索のためのアプローチはより幅広いものになってきており、それらを駆使した新機能を発現する新たな物質・材料の創出を目的とした研究を想定します。また既存の物質・材料にも未知な量子状態あるいはこれまで制御が困難だった量子状態があるかもしれません。そこで既存物質・材料の新たな量子状態の高度化・制御に関する研究を想定します。加えて通常物質を非平衡状態にして量子物質とし、その物性を制御する研究も想定します。

(ウ) 構造や物性の解明と制御のための分析・制御技術および成長・プロセス技術の開発・高度化に関する研究

量子物質の特異な量子状態を解明・制御するためには、高精度の分析・制

御技術や成長・プロセス技術による高品質な試料作成が重要です。そこでこれまでの技術では分析・制御が困難だった量子物性やその由来となる微細構造などを分析・制御可能にする新たな技術の開発や従来技術の高度化に関する研究を想定します。また量子状態を安定して発現させるような高品質な試料作成や素子化・デバイス化を見据えた、新たな成長・プロセス技術の開発や従来技術の高度化に関する研究も期待します。

3. 研究期間と研究費

研究期間は原則 3 年半以内、研究費は総額 4,000 万円（間接経費を除く）を上限とします。

4. 領域運営の方針

本研究領域では、さきがけ研究者が 3 年半の間に独創的で挑戦的な研究にしっかりと取り組むことができ、さらにはさきがけ研究終了後、チームでより大きな課題に取り組むための人脈形成ができるよう、研究総括・領域アドバイザーが一丸となってサポートします。また、さきがけ研究者がこれからの量子分野を牽引できる人材になれるよう、研究を推進するために必要な助言、得られた成果を広く発信する機会の提供など、協力を惜しみません。ただし、最も重要なことはさきがけ研究者自らが積極的・主体的に活動することです。領域内外、あるいは国内外の研究者と連携・交流を行うことを強く推奨します。