

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： トポロジカル量子計算の基盤技術構築
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

笹川 崇男（東京工業大学科学技術創成研究院 准教授）

主たる共同研究者

石坂 香子（東京大学大学院工学系研究科 教授）

柏谷 聡（名古屋大学大学院工学研究科 教授）

川口 由紀（名古屋大学大学院工学研究科 教授）

花栗 哲郎（理化学研究所創発物性科学研究センター チームリーダー）

3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

原理的に誤り訂正不要のトポロジカル量子コンピュータの実現に向け、世界中の研究機関がその創出と検出に注力しているマヨラナ準粒子に関する課題である。アプローチとしては、二次元のトポロジカル超伝導状態を対象として、マヨラナ準粒子を生成するための革新的デバイス素材の創製と、マヨラナ準粒子の存在を確認し量子演算操作へと繋ぐための要素技術の確立を目指した。

革新的素材の開発戦略としては「界面式」と「表面式」を想定して様々な物質の合成を進めた。「界面式」では、ヘテロ構造の接合界面に2次元トポロジカル超伝導状態を実現するための構成要素として十分な特性をもった「高絶縁性トポロジカル絶縁体」、「高絶縁性強磁性体」、「高絶縁性強磁性トポロジカル絶縁体」の開発に成功した。また「表面式」において 単一物質でマヨラナ準粒子を創発できる「トポロジカル超伝導体」Fe(Te, Se)を創出しマヨラナ準粒子の検出に成功したことは非常に重要な成果である。さらに、「弱い」トポロジカル絶縁体や「高次」トポロジカル絶縁体も創出し、当初計画に無かった新しいトポロジカル電子状態をもつ「物質群」も発見した。加えてファンデアワールスヘテロ積層によるジョセフソン接合により（本CRESTの町田チームと共同）、SQUIDを用いたマヨラナ状態の制御の筋道が示されことは今後の進展が期待されるものであり、世の中を半歩リードした感がある。

課題の遂行に当たっては、二次元物質の合成に関して豊富な経験を持つ研究代表者とSTMやARPESに高い専門性を持つ評価グループ、理論グループおよびデバイスグループというチーム構成であり、同時にファンデアワールス接合では研究領域内の連携が寄与した。マヨラナ準粒子の挙動解明と制御・デバイス構造の創成に向けて、材料技術に加えてデバイス化技術、計測技術も大きく前進しており、いわばマヨラナ・プラットフォームが構築されたと言え、今後の成果も期待できる。

原著論文122報と活発な論文発表が行われ、インパクトファクターの高い論文誌への掲載も多い。招待講演51件もこの研究チームの成果が高く評価されている査証である。

マヨラナ状態を用いたトポロジカル量子計算に関しては、まだ理論的な取り組みの段階であり実用化には時間がかかると考えられるが、マヨラナ状態の操作についても具体的な構想が出つつあり、今後早期の知財権獲得に注力頂きたい。