

2024 年度年次報告書  
物質と情報の量子協奏  
2022 年度採択研究代表者

浅場 智也

京都大学 大学院理学研究科／科学技術振興機構  
特定准教授／さがけ研究者

チューリング機構を用いたマヨラナ準粒子の創発

## 研究成果の概要

トポロジカル超伝導体やキタエフ量子液体で創発されるマヨラナ準粒子は、基礎物理学の視点からは非可換エニオンという新規の統計性を示す粒子のもととなる粒子として、また応用面の視点からはトポロジカル量子計算という誤り耐性の高い量子計算を可能にする粒子として、近年世界中で大きな研究対象となっている。本研究提案では、主として、最近我々の発見した  $\beta$ - $\text{RuCl}_3$  原子細線作製技術を活用して、「原子スケールの細線とジャンクションを作製し、走査型トンネル顕微鏡でマヨラナ準粒子を観測すること」を目的の一つとする。また、新しいタイプの超伝導状態によるマヨラナ準粒子の実現も目指す。

本年度の研究では、新奇超伝導状態におけるマヨラナ準粒子創発に関する研究をさらに発展させた。通常の超伝導体では電子対の重心運動量はゼロとなっているのに対し、ヘリカル超伝導状態では、電子対が有限運動量を持つ。しかし、電子対の運動量に関連した物理量の測定は難しく、ヘリカル超伝導状態の決定的な証拠は得られていなかった。前年度の研究では、希土類化合物を原子数層ずつ ABCABC という順番で積層させた人工超格子構造を作製し、非相反伝導と呼ばれる現象を調べ、低温・高磁場領域において、超伝導電子対が有限の運動量を持った状態が起こっている直接的な証拠を発見した。本年度の研究では、対照実験として ABAB という順番で積層させた人工超格子構造を作製し、非相反伝導が大きく抑圧されていることを確認した。これは、空間反転対称性が破れていることが非相反伝導に大きな影響を与えることを示しており、理論的予測のように、非相反伝導の創発がヘリカル超伝導に対応していることを強く示唆する。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) T. Asaba, M. Naritsuka, H. Asaeda, Y. Kosuge, S. Ikemori, S. Suetsugu, Y. Kasahara, Y. Kohsaka, T. Terashima, A. Daido, Y. Yanase, and Y. Matsuda, Evidence for a finite-momentum Cooper pair in tricolor d-wave superconducting superlattices, Nat. Commun. 15, 3861 (2024).