

2023 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／さきがけ研究者

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 β - 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行なった。最近の理論提案では、d-波超伝導体において空間反転対称性が破れてラシュバ・スピン軌道相互作用(SOC)が導入されることで、安定してトポロジカル超伝導相が生じることが指摘されている。しかし、ラシュバSOCをd-波超伝導体に導入すること、およびラシュバSOCの存在を実証すること、はいずれも難しかった。そこで、本研究では、ラシュバSOCが存在する時のみ実現しうる、ヘリカル超伝導に焦点を当てた。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、ヘリカル超伝導は、電子対が有限運動量を持つ特殊な状態である。しかし、その直接的な証拠はこれまで見つかっていなかった。本研究では、ヘリカル超伝導状態を実現・観測するために、希土類化合物を原子数層ずつ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た。その結果、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。本研究は、これまで自然界に存在することが知られていなかった新しい超伝導状態を人工的に作り出し、さらにその検出にも成功したという大きな意義を持つ。