

トポロジカル材料科学と革新的機能創出
2019 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

町田 理

理化学研究所 創発物性科学研究センター
上級研究員

トポロジカル超伝導体におけるマヨラナ粒子の検出と制御

§ 1. 研究成果の概要

本研究課題では、超高エネルギー分解能走査型トンネル顕微鏡技術とマヨラナ準粒子に固有の特徴を利用し、トポロジカル超伝導体の端(エッジ)や渦糸芯で期待されるマヨラナ準粒子の検出法の開発及び外部磁場による制御を目指している。

本年度は、前年度に導入した 3 軸ベクトルマグネットの性能評価及びトポロジカル超伝導ナノワイヤ作製システムの構築を行い、ベクトルマグネットの磁場印可性能が十分なものであること、磁性体ナノワイヤを原子レベルの精度で作成可能であることを実験的に確認した。これらの実験設備の構築・性能評価と並行して、トポロジカル超伝導体の渦糸芯におけるマヨラナゼロモードのスピンの偏極性の検出を目的とした、超高スピン分解能走査トンネル分光技術の開発も行った。具体的には先鋭化した超伝導体(Nb)探針の先端に、原子操作技術を利用して単一鉄(Fe)原子を付着させ探針先端にスピン状態が 100%偏極した Yu-Shiba-Rusinov(YSR)状態の作製を試みた。その結果、付着した Fe 原子の付着状態によって、外部磁場印可時に YSR 状態が Zeeman 分裂を示すものと Zeeman シフトを示すものの二種類の YSR 状態が存在することが新たに解った。これは超伝導体中の電子と付着磁性原子間の交換相互作用の大きさが探針ごとに異なっており、超伝導体中の電子による近藤遮蔽の大きさに依存した多体量子相転移に由来するものであると考えられる。また作製した YSR 探針を用いて Cu(111) 上の Fe 原子の上でトンネルスペクトル測定を行い、YSR 探針が極めて高いスピン分解性能を有することが確認された。これらの結果は、YSR 探針を用いた超高スピン分解能走査トンネル分光において重要な知見となるだけでなく、この YSR 探針がマヨラナゼロモードのスピンの偏極性を捉え得る新奇走査プローブになることを示唆している。