

## 【基盤研究(S)】

### 大区分B



#### 研究課題名 非可換エニオンの電氣的光学的制御

理化学研究所・創発物性科学研究センター・グループディレクター

たるちゃ せいご  
樽茶 清悟

研究課題番号：19H05610 研究者番号：40302799

キーワード：非可換エニオン、トポロジカル超伝導、マヨラナフェルミオン、励起子ポラリトン

#### 【研究の背景・目的】

3次元系の粒子統計は、粒子交換に対して位相変化が  $0$  か  $\pi$  によってボゾンかフェルミオンに分けられる。しかし、2次元以下では位相変化が任意の粒子、エニオンが存在する。その中で非可換統計性のエニオンは、新奇な統計性の研究対象として、またトポロジカルに保護された理想的な量子コンピュータの構成要素として研究が過熱している。しかし、従来のエニオンには安定性、制御性に問題があり、核心の概念、技術には未だ手が付いていない。

本研究では、安定で制御性の高い非可換エニオンを生成し、物理的性質と応用の可能性を探求する。研究対象として、(1) 二重ナノ細線-超伝導体接合、2次元トポロジカル絶縁体-超伝導体接合、(2) 3次元トポロジカル絶縁体によるコルビノ型超伝導接合(2次元トポロジカル超伝導体)、(3) 2次元格子中に作られるポラリトン量子ホール状態、などをとりあげ、エニオンの生成と安定化の技術、及び物理的性質と量子計算への応用の可能性を探求する。

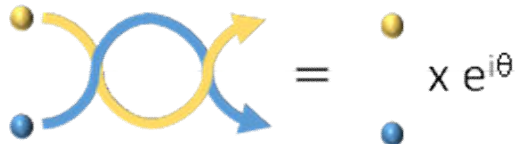


図1 エニオンの交換操作

#### 【研究の方法】

(1) 二重ナノ細線、2次元トポロジカル絶縁体のジョセフソン接合を用いて、無磁場で安定な非可換エニオン(マヨラナ粒子)を生成し、ジョセフソン効果実験により同粒子の存在を実証する。さらに、マトラ粒子の電氣的オンオフ技術を開発し、量子計算の要素としての性能を評価する。

(2) 3次元トポロジカル絶縁体のコルビノ型ジョセフソン接合を実現し、接合内に形成される超伝導渦中心にマヨラナ粒子の生成、操作術を開発する。

(3) 非エルミート型ポテンシャルによるトポロジカル状態の形成と強い粒子相関の導入技術を開発し、それを基盤として、エニオンの安定な生成法、及び超高速光技術による検出、制御法を探求する。

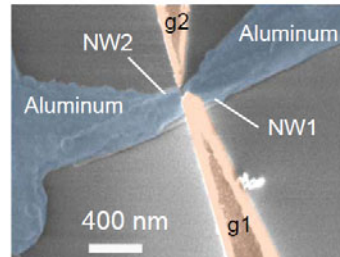


図2 二重ナノ細線と超伝導体の接合

#### 【期待される成果と意義】

近年、量子計算への応用に向けて、非可換エニオンの研究が世界的に活発化している。しかし、応用に必要なエニオンの安定性や制御性、また中心概念となる非可換統計性の物理は未解明のまま残されている。本研究は、独自の方法でエニオンを生成、制御し、その物理を解明することを目指している。これらは従来にない画期的な手法を提供し、また光学的なエニオンの操作という新概念を創製することから基礎、応用において大きい進展が期待される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- S. Baba, S. Matsuo, S. Tarucha, “Cooper-pair splitting in two parallel InAs nanowires”, *New Journal of Physics* 20, 063021-063028 (2018).
- R.S. Deacon, J. Wiedenmann, S. Tarucha, “Josephson Radiation from Gapless Andreev Bound States in HgTe-Based Topological Junctions”, *Phys. Rev. X*, 7, 021011-1-7 (2017).

#### 【研究期間と研究経費】

令和元年度ー令和5年度  
126,800千円

#### 【ホームページ等】

<http://qfsrc.riken.jp/Todai-HP/english/index.html>  
[tarucha@riken.jp](mailto:tarucha@riken.jp)