

「二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出」  
平成 28 年度採択研究代表者

H29 年度  
実績報告書

川崎 雅司

東京大学大学院工学系研究科  
教授

トポロジカル絶縁体ヘテロ接合による量子技術の基盤創成

## § 1. 研究実施体制

### (1)「作製」グループ

- ① 研究代表者:川崎 雅司 (東京大学工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・トポロジカル絶縁体ヘテロ構造の作製と雛形デバイスの構築

### (2)「物性」グループ

- ① 主たる共同研究者:十倉 好紀 (東京大学工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・トポロジカル絶縁体量子機能実証とスピントロニクス応用

### (2)「理論」グループ

- ① 主たる共同研究者:江澤 雅彦 (東京大学工学系研究科 講師)
- ② 研究項目
  - ・トポロジカル界面を用いた量子機能設計と新奇トポロジカル・デバイス原理構築

## § 2. 研究実施の概要

磁性トポジカル絶縁体の磁壁において、非散逸なトポジカル電流の観測と制御に成功した。近年、トポジカル絶縁体に磁性元素を添加した磁性トポジカル絶縁体において、量子異常ホール効果という現象が初めて観測された。これは、試料中に自発磁化があることで生じる外部磁場が不要な量子ホール効果であり、試料の端でエネルギー散逸のないトポジカル電流が一方方向に流れる。このとき、磁区(N極・S極の領域)の境界である磁壁においてもトポジカル電流が生じることが理論的に提唱されていた(図1)。磁壁でのトポジカル電流の向きや位置を制御できれば、回路の設計が可能となり、低消費電力素子への展開を飛躍的に進めると期待される。しかし、これまで磁区を任意に作る事が技術的に困難であり、磁壁でのトポジカル電流は観測されていなかった。

本研究では、磁気力顕微鏡を用いることで、磁性トポジカル絶縁体上に任意の形状の磁区を書き込む手法を新たに開発した。N極とS極を直列に配置した磁区を形成した素子の電気伝導を測定したところ、単一磁区とは異なる特徴的な量子化した抵抗が観測され、磁壁におけるトポジカル電流の存在が確認できた。さらに、単一素子内でさまざまな磁区構造を形成することで、トポジカル電流の流れおよび量子化抵抗を制御できることが明らかになった。この結果は、非散逸なトポジカル電流からなる回路が自在に設計できることを意味しており、新たな動作原理からなるスピントロニクスデバイスの基礎を実証したことになる。

今後、試料品質改善によって動作温度を向上するとともに、電流や電界による磁壁駆動と組み合わせることでトポジカル電流からなる次世代磁気スピントロニクスデバイスの構築を目指す。

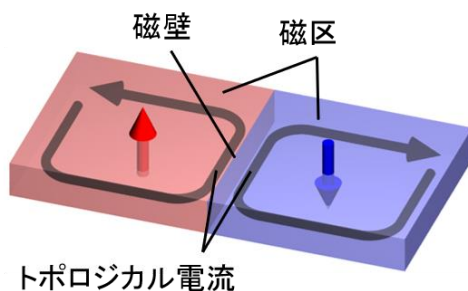


図1 試料端と磁壁に生じるトポジカル電流

図1 磁性トポジカル絶縁体においては、その試料の端に加え、N極(赤色)、S極(青色)の磁区の境界である磁壁において、一方方向にのみ流れるトポジカル電流が生じる。

K. Yasuda, M. Mogi, R. Yoshimi, A. Tsukazaki, K. S. Takahashi, M. Kawasaki, F. Kagawa and Y. Tokura Science **358**, 1311-1314 (2017).