

NMR 測定を用いたトポロジカル絶縁体の 低温電子状態の研究

～物質表面に出現する高速で移動する新奇電子の観測を目指して～

理学研究科 物質科学専攻

©D1 ^{にしかわとも き}西川智稀、^{ふじいたくと}助教 藤井拓斗、^{なかいゆうすけ}准教授 中井祐介、^{み と たけし}教授 水戸毅

キーワード

トポロジカル絶縁体, NMR, ディラックフェルミオン



研究概要

物質の表面は、結晶内部（バルク）で保たれる周期性が途切れる終端（エッジ）と捉えられ、未知なる特性の発現が期待される。その代表例であるトポロジカル絶縁体は、バルク特性は絶縁体である一方、表面には質量ゼロの高速で移動する新奇電子（ディラックフェルミオン）を有する特殊な金属状態を示す（図1）。そのため、トポロジカル絶縁体の表面状態は量子コンピュータや次世代の低消費電力デバイスなどへの応用が期待され、現在精力的な研究がなされている。

このトポロジカル絶縁体を産業に応用させるためにも、その基礎物性を明らかにすることは必要不可欠である。しかし、トポロジカル絶縁体の表面状態は数ナノメートルの領域のみであるため、実験手法が限られており、いまだ多くの謎が残されている。そこで我々は、物質の性質を決める電子の状態を微視的に観測する核磁気共鳴（NMR：MRIはNMRを医療等に应用したもの）測定を用いて、表面に出現するディラックフェルミオンの観測を目指している。

これまでの研究では、トポロジカル絶縁体の候補物質である SmB_6 に対して NMR 測定を行うことにより、トポロジカルな特性が顕著になる低温領域において核スピン流の存在が明らかとなった（図2）。この核スピン流とトポロジカルな表面特性（ディラックフェルミオン）との関りについて議論する。

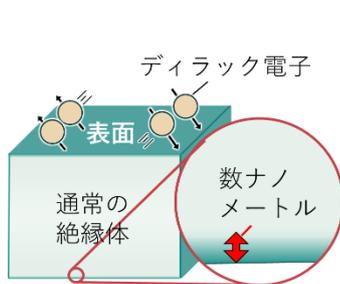


図1. トポロジカル絶縁体

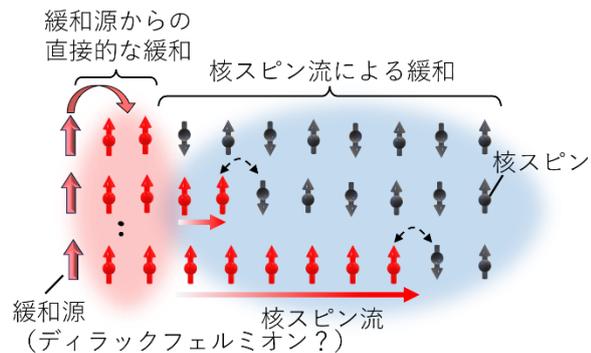


図2. スピン流による核磁気緩和の模式図

アピールポイント

私達は、核スピン流の起源がトポロジカル表面に起因すると考えており、これが正しいければ、表面特性がバルクに深く浸透していることになる。本研究による新たな表面アプローチが実現すれば、トポロジカル絶縁体表面状態に関する電氣的・磁氣的性質やバンド構造、動的な電子相関など多岐に渡る情報が得られ、応用に向けた大きな足掛かりとなる。これまでの研究成果は、5件の国内学会(内1件ポスター賞)、2件の国際学会、文献[1]にて報告している。

[1] T. Nishikawa *et al.*, *Interactions* **245**, 17 (2024).

