

プロジェクト名：トポロジカル超伝導体におけるエッジ状態と輸送特性

プロジェクト代表者：今井 剛樹（理工学研究科・助教）

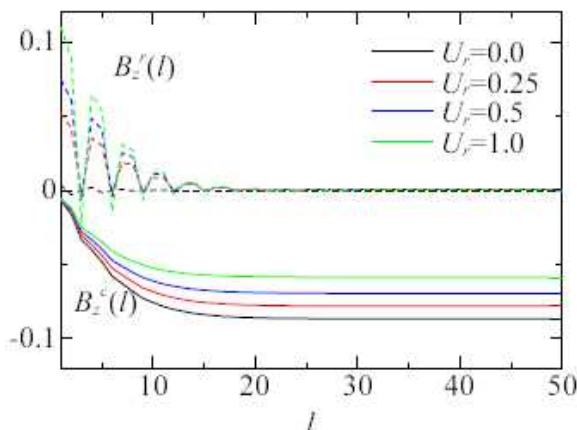
1 スピン三重項超伝導体のエッジ状態の研究

近年量子スピンホール効果の発見により、物性物理学におけるトポロジーの重要性が改めて認識され、活発な研究が行われている。そこではバルクでは伝導バンドと価電子バンドの間にエネルギーギャップをもつ一方で、並進対称性を破ったエッジではギャップレスの電子状態を形成し、電子のスピンの依存した電流（スピン流）を流すことが知られている。このギャップレス状態はトポロジカルに保護されており、エッジ電流は不純物などに対して極めて散乱されにくいという特徴をもつ。

遷移金属酸化物 Sr_2RuO_4 はカイラル p 波超伝導状態が出現していると考えられており、バルク状態としてはギャップを伴うため、d 波超伝導体とは異なりフェルミレベル付近に準粒子は存在しない。しかしながら並進対称性を破ったエッジ近傍ではアンドレーエフ束縛状態を反映してギャップレスの電子状態が出現する。そのためエッジ近傍に時間反転対称性を破っていることに起因した自発的な電荷流の出現することが理論的に示唆されている一方で、SQUID による精密な実験手法その電荷流の検出はされていない。

本プロジェクトではカイラル p 波超伝導体に対し、トポロジカルな性質とエッジ状態の磁性について主に議論した。その結果、2バンド模型の場合には電子、ホールから構成される2つのフェルミ面がキャンセルしてチャーン数がゼロとなり、系がトポロジカルに保護されないことを明らかにした。また電子間反発力によりエッジ近傍で生じるスピン偏極に起因した磁場と、自発的電荷流によって生じる磁場がキャンセルしてエッジ近傍での正味の磁場が抑制されること（図）を明らかにし、実験結果と矛盾しないことを示した。

これらの結果は平成23年9月および平成24年3月の日本物理学会ならびに平成23年8月に中華人民共和国北京で開催された低温物理学国際会議（LT26）に参加して講演を行った。成果論文をアメリカ物理学会の学術雑誌論文である *Physical Review B* に投稿した結果受理され、近日中に出版予定である。



図：電子間相互作用を変えたときのエッジ近傍の磁場。横軸はエッジからの距離。実線が電荷流、点線がスピン偏極から生じる磁場を表す。両者の符号が逆向きになっている。