

研究プロジェクト名： スピン3重項トポロジカル超伝導体を用いた新規超伝導スピントロニクスの研究

概要： スピン3重項トポロジカル超伝導体では、スピンと超伝導秩序変数の自由度が互いに絡み合った新しい準粒子状態の発現が期待されている。例えば、超伝導体の界面における自発スピン流を伴うエッジ状態や、半整数量子化磁束芯と呼ばれる新奇な磁束量子渦が形成されうること、また、この量子渦においてはスピンと超伝導秩序変数の位相がともにねじれた状態が実現し、渦中心付近でマヨラナ粒子が出現すること等が理論的に予測されている。マヨラナフェルミオンはトポロジカル量子ビットと呼ばれる新しい量子演算の基礎を担う可能性が示唆されており、その性質を解明することにより新たな超伝導スピントロニクスの構築が期待できる。本プロジェクトにおいては、そのような超伝導とスピンの自由度が絡み合った状態から生まれる新たな超伝導スピントロニクスを提案することを目的として、スピン3重項トポロジカル超伝導体における種々の電子状態の研究を進める。

コアメンバー： 土浦宏紀, 浅岡類(東北大), 柏谷聡(産総研), Manfred Sigrist(ETH)

期待される研究成果：

- (1) 半整数量子化磁束芯が安定化する条件を微視的模型を用いて理論的に解明することにより、操作可能な局在マヨラナ状態実現の可能性が開ける。これは、トポロジカル量子ビットの有力な候補となりうる。
- (2) トポロジカル超伝導状態に生じるドメイン構造の安定性に関する解析が可能になり、トポロジカル超伝導体を用いた素子の設計指針を与えることが可能になる。

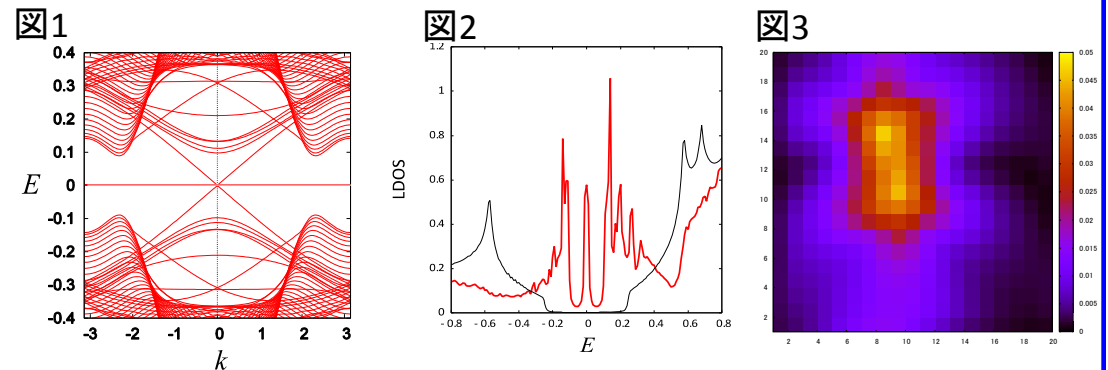


図1: トポロジカル超伝導状態におけるエッジ状態の例。

図2: 半整数量子化磁束芯における局所状態密度。中央のピークがマヨラナ状態。
(S. Kikuchi, Y. Kikuchi, H. Tsuchiura, and M. Sigrist, Phys. Proc. 65, 93 (2015))

図3: 半整数量子化磁束芯希望における自発スピントロニクスの空間分布。

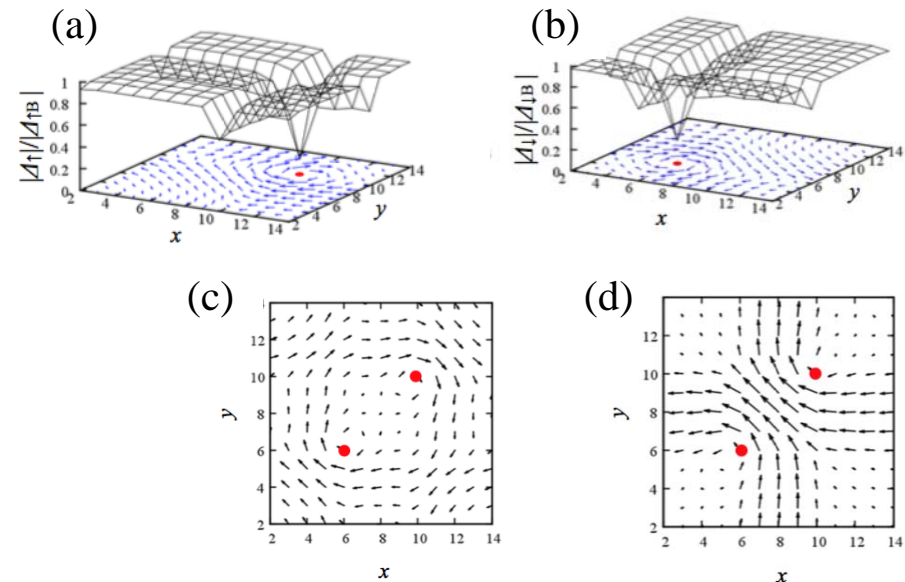
研究プロジェクト名: スピン3重項トポロジカル超伝導体を用いた新規超伝導スピントロニクスの研究

概要: スピン3重項トポロジカル超伝導体では、スピンと超伝導秩序変数の自由度が互いに絡み合った新しい準粒子状態の発現が期待されている。例えば、超伝導体の界面における自発スピン流を伴うエッジ状態や、半整数量子化磁束芯と呼ばれる新奇な磁束量子渦が形成されること、また、この量子渦においてはスピンと超伝導秩序変数の位相がともにねじれた状態が実現し、渦中心付近でマヨラナ粒子が出現すること等が理論的に予測されている。マヨラナフェルミオンはトポロジカル量子ビットと呼ばれる新しい量子計算の基礎を担う可能性が示唆されており、その性質を解明することにより新たな超伝導スピントロニクスの構築を期待できる。本プロジェクトにおいては、そのような超伝導とスピンの自由度が絡み合った状態から生まれる新たな超伝導スピントロニクスを提案することを目的として、スピン3重項トポロジカル超伝導体における種々の電子状態の研究を進める。

研究成果(実施状況):

(1) Sr₂RuO₄に対する3バンド有効格子模型を用いて、分数量子化磁束芯の数値解を求めた(図(a), (b))。整数型磁束芯を基準としたエネルギー損失とスピン軌道相互作用との相関を求めた。

(2) 分数量子化磁束芯の近傍における電流密度(図(c))とスピン流密度(図(d))の空間分布を解析した。スピン流密度が磁束芯間で増強されることが明らかになった。



主要発表論文等: [1] R. Asaoka et al., to appear in J. Phys. Conf. ser. [2] K. Yamazaki et al., to appear in J. Phys. Conf. ser. [3] 吉岡匠哉, 土浦宏紀, 日本金属学会誌**81**, 19-25(2017).