

スピン軌道相互作用による異方的トポロジカル超伝導

柳瀬陽一 / 京都大学 理学研究科 准教授

—はじめに—

そもそもなぜ自然界にトポロジカル超伝導は希少ないのか、ということをあらためて考えてみましょう。その理由は単純で、特殊なバンドトポロジジーを持たないS波超伝導体はトポロジカルに自明だからです。現在知られている超伝導体の大半がそれに該当することは言うまでもありません。一方、強相関電子系にはしばしば異方的（=非S波）超伝導が発現しますが、それもまた多くの場合トポロジカル超伝導になりません。ほとんどの異方的超伝導体はギャップレスだからです。

—ギャップレス超伝導をトポロジカルにする—

一方、ギャップレスの超伝導体がトポロジカルに全く自明なわけではなく、例えば2次元d波超伝導体ではノード構造が非自明なトポロジジーで特徴づけられます [1]。その低エネルギー励起は線形分散を持つので、ボゴリウボフ準粒子のディラック系とみなせます。そもそも、ディラック電子系にスピン軌道相互作用でギャップを開ければトポロジカル絶縁体になる、というのが Haldane や Kane-Mele のアイデアでした。ということは、ギャップレス超伝導体にギャップを開ければトポロジカルになるかもしれません。しかし、ディラック電子系と違い、ディラック超伝導体にギャップを開けることは難しいのです。

大同氏は、空間反転対称性が欠如した系ではスピン軌道相互作用とスピン分極によりギャップが開くという一般的な性質を発見し、そのトポロジカル数を計算する一般公式を得ました [2,3]。その結果から、ギャップレスのスピナー重項超伝導体は一般にトポロジカルになることが分かりました (図1)。これまではスピン三重項超伝導がバルクトポロジカル超伝導の主要な候補であったことを考えると、世の中に数多くあるスピナー重項超伝導が候補になることは良いニュースです。また、高三氏はフロケ理論に基づいて、レーザー照射化の非平衡超伝導が同様のメカニズムでトポロジカル超伝導になることを発見しました [4]。

2次元人工超伝導体の開発は近年著しく、強相関電子系でもその成功例が報告されるようになりました。大



やなせ・よういち

1973年福岡県生まれ。2000年京都大学理学研究科物理学・宇宙物理学専攻博士課程中退。2001年論文博士(理学)。2000年より東京大学理学系研究科助手、2007年より同助教、2009年新潟大学理学部准教授を経て、2015年より現職。かつての趣味は、オリエンテーリング、自転車、トレイルランニングなど。現在は子育てと奮闘する日々。

同氏・高三氏の理論研究はトポロジカル超伝導の新しいプラットフォームの登場を示唆するものです。

- [1] M. Sato et. al., Phys. Rev. B **83**, 224511 (2011).
 [2] A. Daido and Y. Yanase, Phys. Rev. B **94**, 054519 (2016).
 [3] A. Daido and Y. Yanase, Phys. Rev. B **95**, 134507 (2017).
 [4] K. Takasan, A. Daido, N. Kawakami, and Y. Yanase, Phys. Rev. B **95**, 134508 (2017).

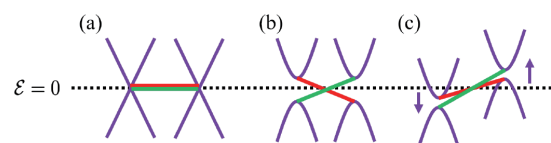


図1. バルク状態(紫)とエッジ状態(赤と緑)の概念図 [3]。(a) ギャップレスの異方的超伝導相。(b) ギャップが開いたトポロジカル超伝導相。(c) 傾斜磁場下のギャップレストポロジカル相。