

2021 年度冬学期 第6回 駒場物性セミナー

キタエフ量子スピン液体における 熱量子ホール効果とトポロジカル相転移

講師：笠原裕一 氏（京都大学理学研究科）

日時：2021 年 12 月 17 日（金）午後 4 時 50 分

場所：オンライン（Zoom）開催 駒場物性セミナーの HP から参加登録をお願いします

アブストラクト：

キタエフ模型と呼ばれる 2 次元ハニカム格子におけるスピン模型が大きな注目を集めている。この模型では基底状態が厳密に量子スピン液体となり、電子スピンがマヨラナ・フェルミオンと Z2 渦に分数化されることが示されている。ゼロ磁場では遍歴的なマヨラナ粒子系となるが、磁場をかけるとマヨラナ・バンドにギャップが開き、チャーン数で特徴づけられるトポロジカル状態となる。このトポロジカル状態は量子ホール状態と対応するものであり、試料端にはマヨラナ粒子のエッジ流（カイラル・マヨラナ・エッジモード）が、試料内部にはマヨラナ粒子と Z2 渦が結合した複合粒子が生じ、この複合粒子はマヨラナ・ゼロモードを持つ非可換エニオンである。そして、熱ホール伝導度が電子の場合の量子熱コンダクタンスの半整数倍に量子化される（半整数熱量子ホール効果）。我々はキタエフ模型の候補物質 α -RuCl₃ において熱ホール効果の測定を行い、半整数熱量子ホール効果を観測した[1, 2]。さらに磁場を 2 次元ハニカム格子面内に平行にかけた場合にもホール効果（planar Hall 効果）が生じ、planar Hall 効果についても半整数量子化が観測された[3]。これらの結果は電子系の量子ホール効果とは本質的に異なるものであり、マヨラナ粒子および非可換エニオンが存在することを強く示唆している。一方、高磁場では量子化が消失し、熱ホール伝導度は急速にゼロになる。このことは、カイラル・マヨラナ・エッジモードを持つ状態と持たない状態の間のトポロジカル相転移の可能性を示唆しており、実際、最近の熱伝導率や比熱の測定から相転移にともなう異常が観測されている。本講演ではこれらの結果について紹介し、その現状と今後の展望について議論したい。

[1] Y. Kasahara et al., Nature 559, 227 (2018).

[2] 笠原裕一、水上雄太、芝内孝禎、松田祐司、日本物理学会誌 74, 639 (2019).

[3] T. Yokoi et al., Science 373, 568 (2021).

○物性セミナーのページ 「駒場物性セミナー」で検索！

物性セミナー世話人 加藤雄介 塩見雄毅 福島孝治 前田京剛 簗口友紀

