

古崎物性理論研究室

主任研究員 古崎 昭 (D.Sci.)



(0) 研究分野

分科会:物理

キーワード:トポロジカル相、強相関電子系、フラストレート磁性体、相転移

(1) 研究背景と研究目標

マクロな大きさをもった物質の示すいろいろな性質を、ミクロな世界を司る物理法則にもとづいて理論的に解明することを目指して研究している。多数の電子が相互作用しながら運動している多電子系では、自発的に対称性の破れた秩序相の出現やそれらの間の相転移などの多彩な物理現象を示す。遷移金属酸化物や分子性導体などの強相関電子系における超伝導や磁性はその典型例で、これらの量子現象の理解は研究室の主要研究課題の一つである。磁性に関しては、三角・籠目・パイロクロア格子上の反強磁性体などのフラストレーションの強い量子スピン系における非自明な秩序状態やスピン液体状態について研究している。また、2000年代半ばに発見されたトポロジカル絶縁体やトポロジカル超伝導体といった、電子波動関数の非自明なトポロジーに起因する新しい量子相の研究を行っている。新しいトポロジカル物質の探索やその物性解明にむけた研究にも取り組んでいる。

(2) 2019年度成果と今後の研究計画(中長期計画2025年度まで)

2019年度の主な研究成果は、一次元量子スピン系における量子相転移、共形場理論に従う一次元量子系を格子状に配列することによる三次元トポロジカル相の構成、有機反強磁性体におけるスピン流生成機構、フラストレーションの強い二次元磁性体におけるスピン液晶相、磁性体volborthiteにおける磁気秩序と熱ホール効果、等の研究に関するものである。これらの研究成果の中で、一次元量子スピン系における量子相転移の研究について以下で少し詳しく述べる。

最近接と次近接のスピン($S=1/2$)間に反強磁性交換相互作用をもつ量子XYZ模型の基底状態の相図(下図)をボゾン化法と数値計算によって求め、量子相転移のユニバーサリティクラスを決定した。最近接交換相互作用 J_1 と次近接交換相互作用 J_2 の比 $J=J_2/J_1$ が大きいときの基底状態は自発的にダイマー化を起こしたダイマー相にあり、 J が小さいときはイジング異方性の強さに応じた反強磁性ネール秩序相になる。ダイマー相では空間並進対称性が破れており、ネール相では空間並進対称性とスピン空間の π 回転対称性が破れている。異なる相の間の量子相転移は一般に $U(1)$ 対称性をもった $c=1$ のガウシアン転移になり、図中の青色の線上では $SU(2)$ に対称性が上がる。

来年度以降も今年度に引き続き、強相関電子系の磁性やトポロジカル相の物性に関する理論的研究を継続する。特に、トポロジカル相の物理の研究は2019年度後半から2025年度まで遂行する予定のJST CRESTの研究課題でもある。

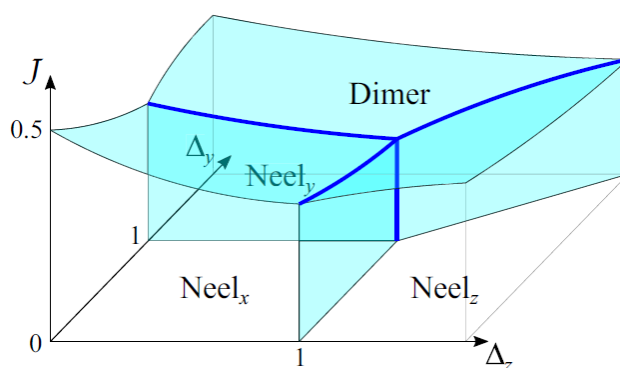


図 J_1 - J_2 XYZ模型の相図.

(3) 研究室メンバー

(主任研究員)

古崎昭

(専任研究員)

桃井勉、小野田繁樹、妹尾仁嗣

(基礎科学特別研究員)

古谷峻介

(2019年度)

(大学院生リサーチ・アソシエイト)

古澤拓也

(研修生)

Mateo Fontaine

(4) 発表論文等

1. “Quantum phase transitions beyond Landau-Ginzburg theory in one-dimensional space revisited”, C. Mudry, A. Furusaki, T. Morimoto, and T. Hikihara, *Phys. Rev. B* **99**, 205153 (2019).
2. “From coupled wires to coupled layers: Model with three-dimensional fractional excitations”, Y. Fuji and A. Furusaki, *Phys. Rev. B* **99**, 241107(R) (2019).
3. “Spin current generation in organic antiferromagnets”, M. Naka, S. Hayami, H. Kusunose, Y. Yanagi, Y. Motome, and H. Seo, *Nat. Commun.* **10**, 4305 (2019).
4. “Spin nematics in frustrated spin-dimer systems with bilayer structure”, T. Hikihara, T. Misawa, and T. Momoi, *Phys. Rev. B* **100**, 214414 (2019).
5. “Effects of Dzyaloshinskii-Moriya interactions in Volborthite: Magnetic orders and thermal Hall effect”, S. Furuya and T. Momoi, *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 034711 (2020).

Laboratory Homepage

https://www.riken.jp/research/labs/chief/condens_matter_theor/index.html

<http://www2.riken.jp/lab-www/cond-mat-theory/>