

談話会

日時：2019年10月29日（火）17：00-

場所：理学部Z103教室

講師：田中秀数 東京工業大学理学院物理学系

演題：スピン1/2 三角格子及び籠目格子反強磁性体の磁気励起

概要：スピン1/2 三角格子及び籠目格子 Heisenberg 反強磁性体はフラストレートした量子磁性体の典型的なモデルで、強いフラストレーションと量子効果によって顕著な量子多体効果を示す。 $S=1/2$ 三角格子 Heisenberg 反強磁性体 (Heisenberg TLAF) では、量子多体効果によって、磁場中で3つの部分格子がつくる up-up-down 構造が有限の磁場範囲で安定化され、磁化曲線に飽和磁場の1/3にプラトーが現れることがよく知られている。 $S=1/2$ Heisenberg TLAFのよいモデル物質として $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$ がある。この物質では1/3磁化プラトーが実験で確認されている[1]。 $S=1/2$ TLAFの磁気励起については、理論的研究が活発に行われている。しかし、単一マグノン励起について一定のコンセンサスはあるが、連続励起については殆んど分かっていない。我々は $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$ の磁気励起を J-PARC, MLF に設置された分光器 AMATERAS を用いて広い運動量・エネルギー空間で調べた[2]。得られた励起スペクトルの特徴は、(1) 3段のエネルギー構造を持つ。(2) 1段目は単一マグノン励起からなり、分散関係は高エネルギーで大きく低エネルギー側に再規格化される。また、M点にロトンの極小が現れる。(3) 2段目と3段目は分散のある強い連続励起からなり、連続励起は交換相互作用の6倍以上の高エネルギーまで続く。これらの実験結果は秩序状態からでもスピノンなどの分数スピン励起が起こり得ることを強く示唆している。

次に、 $S=1/2$ 籠目格子 Heisenberg 反強磁性体 (Heisenberg KLAF) であるが、基底状態に関しては理論研究が精力的に行われていて、量子力学的な無秩序状態になることが知られている。しかし、その具体的な状態については今なお議論が続いている。一方、磁気励起については、基底状態が分からないこともあり、理論的コンセンサスはない。実験ではモデル物質の探索が精力的に行われ、 $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ などの物質が知られている[3]。 $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ は我々が開拓した $S=1/2$ KLAF である[4]。 $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ の基底状態は大きな Dzyaloshinskii-Moriya 相互作用によって正の chirality をもつ $q=0$ 構造の秩序状態になる[5]。我々は $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ の磁気励起を J-PARC, MLF に設置された分光器 4SEASONS を用いて広い運動量・エネルギー空間で調べた[6]。以下に主な結果をまとめる。(1) 散乱強度は籠目格子の幾何学を反映して、2次元逆格子空間でBZの2倍の周期構造を持つ。(2) 文献[6]で報告されたように、単一マグノン励起のエネルギーが波数ベクトルに依存せず、殆ど一様に低エネルギー側に再規格化される。(3) 強い連続励起が存在し、交換相互作用の2.5倍以上の高エネルギーまで続く。この実験結果から、 $S=1/2$ KLAFでも分数スピン励起の存在が示唆される。

[1] Y. Shirata *et al.*, Phys. Rev. Lett. **108**, 057205, T. Susuki *et al.*, *ibid.* **110**, 267201 (2013).

[2] S. Ito *et al.*, Nat. Commun. **8**, 235 (2017).

[3] M. P. Shores *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **127**, 13462 (2005).

[4] T. Ono *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 174407 (2009).

[5] T. Ono *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **83**, 043701 (2014).

[6] R. Takagishi *et al.*, unpublished data.

※ 本講演は先端融合科学特論Aの講義を兼ねます