

報告書 (インタラクティブ物質科学・カデットプログラム共催セミナー)

会議名称	(邦文名)	先端強磁場科学研究センター&カデットプログラム共催セミナー
	(欧文名)	AHMF & Cadet Program Joint Seminar
主催団体		
開催日	令和4年5月31日(火)	
開催場所	南部陽一郎ホール+オンライン(ハイブリッド)	
講師	Dr. Yasir Iqbal	
所属	Department of Physics, Indian Institute of Technology Madras, Chennai 600036, India	
タイトル	Quantum spin liquid physics on a novel shuriken lattice based material	
参加人数	対面15名+オンライン11名	

要旨

The search for quantum spin liquids is one of the most hotly pursued endeavors in condensed matter physics. In two-dimensions, corner-sharing triangular geometries such as the kagome lattice have proved to be a fertile ground in realizing these exotic phases of quantum matter. In this talk, I will discuss the novel shuriken lattice geometry as an ideal playground for realizing quantum spin liquids, being motivated by its recent first of a kind experimental realization in the spin $S = 1/2$ system $\text{KCu}_6\text{AlBiO}_4(\text{SO}_4)_5\text{Cl}$. Towards understanding the rich quantum phase diagram of Heisenberg spins on the shuriken lattice, we employ state-of-the-art quantum many-body numerical techniques such as variational Monte Carlo (VMC) with versatile Gutzwiller-projected Jastrow wave functions, unconstrained multi-variable variational Monte Carlo (mVMC), and pseudo-fermion/Majorana functional renormalization group (PF/PM-FRG) methods. We establish the presence of a quantum paramagnetic ground state and investigate its nature, by classifying symmetric and chiral quantum spin liquids, and inspecting their instabilities towards competing valence-bond-crystal (VBC) orders. Our VMC analysis reveals that a VBC with a pinwheel structure emerges as the lowest-energy variational ground state, and it is obtained as an instability of the $U(1)$ Dirac spin liquid. Analogous conclusions are drawn from mVMC calculations employing accurate BCS pairing states supplemented by symmetry projectors, which confirm the presence of pinwheel VBC order by a thorough analysis of dimer-dimer correlation functions. Our work highlights the nontrivial role of accounting for further neighbor Heisenberg and/or Dzyaloshinskii-Moriya interactions towards explaining the experimental observations.

Reference: Phys. Rev. B **104**, L220408 (2021), "Pinwheel valence-bond-crystal ground state of the spin-1/2 Heisenberg antiferromagnet on the shuriken lattice", Nikita Astrakhantsev, Francesco Ferrari, Nils Niggemann, Tobias Müller, Aishwarya Chauhan, Augustine Kshetrimayum, Pratyay Ghosh, Nicolas Regnault, Ronny Thomale, Johannes Reuther, Titus Neupert, Yasir Iqbal

主催者の先生からの感想

スピン液体に関する基本的な説明から始まって、Shuriken-lattice(手裏剣格子)の化合物の実験結果から話していただいたが、理論的な背景はやや込み入っており、また理論のテクニカルな説明は前提知識がない人には難しかったのではないと思われる。他方、Shuriken-lattice と類似の構造をもつカゴメ格子系との比較、超伝導 BCS 理論との類似性を用いたスピン液体の物理描像の説明など、フラストレート磁性体の最前線の話の一つである Shuriken-lattice だけでなく、多方面への興味を促す内容であった。講演中も会場からいくつか質問がなされ、また質疑応答でも活発な議論が行われた。

学生への配慮もあり、導入部分はかなり丁寧に説明頂いたと感じるが、量子統計力学の知識がまだ十分ではない学部学生にとってはハードルの高い内容ではあった。ただ、学部学生でも知っている基礎的で重要な数式や物性の知識が各所に盛り込まれており、部分的な理解ではあったとしてもそういう機会に触れることが学習意欲の向上につながると期待したい。理論物理学の難しい内容ではあったが、教育的にも非常に価値のあるセミナーだった。

(氏名) 萩原 政幸

