

課題名 (タイトル) :

テンソルネットワーク状態による量子スピン系の解析

利用者氏名 : ○上田 宏

所属 : 和光研究所 古崎物性理論研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

低次元量子系の基底状態磁気秩序相図を探索するための数値計算手法の開発は、実験的に捕らえられる物質の磁気秩序を理解するうえで重要である。本研究では行列積状態とその拡張となるテンソルネットワーク状態の最適化手法を開発し、それらの低次元量子系への適用と未知の相図の決定を目的とする。

2. 具体的な利用内容、計算方法

擬一次元銅酸化物フラストレート磁性体  $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$  のミニマルモデルとして「最近接強磁性相互作用にボンド交替を持つスピン  $1/2$  XXZジグザグ鎖」における2つのスピギャップ相 (Haldane-dimer 相と even-parity dimer 相) 付近のベクトルカイラル秩序の交替強度に対する振る舞いを議論する。また、実験にて観測されている「全磁化ゼロの磁化プラトー中に現れる磁場誘起強誘電性」の発現機構を理解するために、磁場と結合する相互作用として高次となる交替リング交換相互作用を考慮したモデルの解析を行う。そのために、スピン相関、ダイマー秩序変数、ストリング秩序変数、ベクトルカイラル秩序変数、エンタングルメントエントロピーを計算する。計算方法は行列積状態を利用した変分法である密度行列繰り込み群を採用する。

3. 結果とまとめ

非常に弱い交替を導入することで、交替の無い模型において広いパラメータ空間で存在したギャップレスのベクトルカイラル相が大きく抑制され、系の相互作用が当方的な領域で Haldane-dimer

秩序とベクトルカイラル秩序の共存相が、XXZ 異方性を強くすることにより even-parity dimer 秩序とベクトルカイラル秩序の共存相が発現することは昨年度報告した。

本年度は明らかにしたことは、even-parity dimer 相と even-parity dimer 秩序とベクトルカイラル秩序の共存相の境界付近において磁場をかけると、交替リング交換相互作用の効果によって

1) even-parity dimer 相

↓

2) even-parity dimer 秩序

ベクトルカイラル秩序

Neel 秩序の共存相

↓

3) 一様磁化を持つ磁気秩序相

の相転移を起こす領域があることを明らかにした。あわせて、Haldane-dimer 相と Haldane-dimer 秩序とベクトルカイラル秩序の共存相間、及び、even-parity dimer 相と even-parity dimer 秩序とベクトルカイラル秩序の共存相間の臨界性が Ising 普遍性クラスに属することを示唆する結果をベクトルカイラル秩序とエンタングルメントエントロピーのスケージングから得た。

4. 今後の計画・展望

Haldane-dimer 秩序とベクトルカイラル秩序の共存相と even-parity dimer 秩序とベクトルカイラル秩序の共存相の間の相転移の臨界性を調べる。「対称性に守られたトポロジカル相」の定義に従って、同モデルの基底状態相図の解析を推し進める。必要に応じて、行列積状態を一般化したテンソルネットワーク状態を領した変分法を開発し、これらの解析に利用する。

平成 25 年度 RICC 利用研究成果リスト

**【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】**

Hiroshi Ueda and Shigeki Onoda, "Vector-spin-chirality order in a dimerized frustrated spin-1/2 chain", Phys. Rev. B 89, 024407 (2014) [14 pages].

**【国際会議、学会などでの口頭発表】**

Hiroshi Ueda, "Field-induced gapped vector-chiral phase in a dimerized spin-1/2 XXZ zigzag chain", SWISS-JAPANWORKSHOP 2013 Trends in the Theory of correlated Systems, 2013/10/03, Lausanne, Swiss.

Hiroshi Ueda and Shigeki Onoda, "Symmetry-protected topological phases and gapped vector spin-chirality phases in a dimerized spin-1/2 XXZ zigzag chain", NCTS Workshop on Quantum Condensation (QC13), 2013/08/29, Tainan, Taiwan.

上田宏, 小野田繁樹, 「スピン 1 / 2 フラストレート交替鎖のスピンギャップ状態に現れる磁場誘起ベクトルカイラル秩序」, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013/09/28, 徳島大学.