

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 25 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008~2011

課題番号：20244052

研究課題名(和文) 三角リング結合ナノ磁性体クラスターの量子磁性

研究課題名(英文) Quantum Magnetism of Triangular-Ring Based Nano Magnetic Clusters

研究代表者

野尻 浩之 (NOJIRI HIROYUKI)

東北大学・金属材料研究所・教授

研究者番号：80189399

研究分野：強磁場物性・磁性

科研費の分科・細目：物理学・物性 II

キーワード：強磁場、量子ダイナミクス、分子磁性、コヒーレンス、フラストレーション

1. 研究計画の概要

三角スピンリングは量子自由度としてのスピカイラリティを有し、これから構成される三角リング結合ナノ磁性クラスターは、カイラリティ自由度のあるフラストレートした多様なネットワークの量子系として、ユニークである。本研究では、ナノ磁性体研究における以下の3点のブレークスルーを目指す。

- (1) スピン多面体の基底状態の解明と量子-古典移行の検証
- (2) 量子自由度としてのスピカイラリティの制御
- (3) 量子トンネルにおける量子干渉の検証

2. 研究の進捗状況

これまでの研究の進捗状況は以下の通りである。

- (1) 三角量子スピンナノチューブに関して、熱測定から2つの全く異なる励起の存在を示した。低温でのギャップレス的な振るまいが有効スピン鎖モデルで記述され、 $S=3/2$ のラッテンジャー液体の希な例になっていることを明らかにした。さらに、高エネルギー領域の励起に関して考察を進め、カイラリティの自由度が絡む励起ギャップの存在を強く示唆する結果を得た。
- (2) 多面体クラスターにおいては、磁気比熱を測定し、スピンの大きさと凍結温度の関係を系統的に研究した。さらに、NMR 測定を稀釈冷凍機温度域まで行い、ESR の結果と併せて、熱力学量のみならず動的な量に於いてもスピン凍結を示す結果を得た。この事は、巨大な自由度

をもつ量子系に於いてフラストレーション効果が強い場合、外界との結合によりもたらされる乱れが作用して、スピンの凍結により対称性が破れ、疑似相転移的な異常が出現することを示す結果である。

(3) コヒーレンス操作においては、奇パリティをもつスピン系の量子トンネル機構を理解するために、トンネル反転率の絶対値を測定できるシステムを新たに開発し、スピンの100%近く初期偏極をした状態から準位交差点を高速で通過する場合のトンネル確率を得ることに成功した。その結果、量子トンネルにおけるパリティを考える場合、電子スピンのみならず核スピンを考慮する必要があることを確立した。

さらに、パルス EPR を用いて三角スピンリングにおいてラビ振動を観測することに成功した。

(4) その他、関連物質に関する研究を幅広く進め、核スピン制御物質系、有機ラジカル三角結合系、希土類-遷移金属結合系などを含めて、三角リング結合系に関する多くの成果を得た。

3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上に進展している。

(理由)

これまでの研究に於いて、申請時に提案した3つの課題は概ね達成されており、研究期間が1年残されていることを考えれば、計画以上に進展していると見なせる。スピン凍結、三角リングにおけるラビ振動、核スピンのパリティ効果などは、その成果の代表である。

4. 今後の研究の推進方策

今後の研究において最も重要な点は、量子クラスターと環境との相互作用の定式化である。例えばフォノンとの相互作用を考えた場合、低温で熱雑音を減らした環境において、どのようにスピンのコヒーレンスが失われてゆくのかを詳細に明らかにすることが必要である。1つの予想として、コヒーレンスの消失は、特定のモードを持ちスピン系と強く結合した共鳴的な過程を経ているものと推測しており、それを各種の時分割測定手法を駆使して明らかにすることは、固体系におけるコヒーレンス操作において、最も重要な課題であると考えられる。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 14 件) 全て査読有り

- (1) Okazawa T, Nojiri H and T. Ishida, Single-Molecule Magnet Behavior Enhanced by Magnetic Coupling between 4f-3d Spins, Polyhedron (2011) in print.
- (2) Zenmoto T, Oshima Y, Nojiri H, Lee SH and Kofu M, High Magnetic Field Micro-Calorimeter and Application for BE-Condensation of Cr^{5+} Dimer System, J. Low. Temp. Phys., **159** (2010) 118-121.
- (3) Umegaki I, Tanaka H, Ono T and Nojiri H, Observation of Elementary Excitations of Quantum Sine-Gordon Spin System KCuGaF_6 Under High Magnetic Field, J. Low. Temp. Phys., **159** (2010) 60-63.
- (4) Ivanov NB, Schnack J, Sgcballe R, Richter J, Koeglerler P, Newton GN, Cronin L, Oshima Y and Nojiri H, Heat Capacity Reveals the Physics of a Frustrated Spin Tube, Phys. Rev. Lett., **105** (2010) 037206-1-4.
- (5) Kofu M, Ueda H, Nojiri H, Oshima Y, Zenmoto T, Rule KC, Gerischer S, Lake B, Batista CD, Ueda Y and Lee SH, Magnetic-Field Induced Phase Transitions in a Weakly Coupled $s=1/2$ Quantum Spin Dimer System $\text{Ba}_3\text{Cr}_2\text{O}_8$, Phys. Rev. Lett., **105** (2009), 177204-1-4.
- (6) Kim JH, Ji S, Lee SH, Lake B, Yildirim T, Nojiri H, Kikuchi H, Habicht K, Qiu Y and Klefer K, External Magnetic Field Effects on a Distorted Kagome Antiferromagnet, Phys. Rev. Lett. **101** (2008) 107201.1-4.
- (7) T. Yamase, Abe H, Ishiawa E, Nojiri H and Oshima Y, Structure and Magnetism of $[n\text{-BuNH}_3]_{12}[\text{Cu}_4(\text{GeW}_9\text{O}_{34})_2] \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ Sandwiching a Rhomblike Cu^{48+} Tetragon through r-Keggin Linkage, Inorg. Chem. **48** (2009) 138-148.
- (8) Choi KY, Nellutia S, Reyes AP, Kuhns

PL, Jo YJ, Balicas L, Nojiri H, Pari M and Dalal NS, Magnetic Transitions and Spin Dynamics in the 3d(1) System K_2NaCrO_8 Investigated by Magnetization and Na-23 NMR, Phys. Rev. B, **78** (2008) 214419. 1-6.

[学会発表] (計 38 件)

- (1) H. Nojiri, Adiabatic Transition in Fast Sweeping Magnetic Fields, International Workshop on Statistical Physics of Quantum Systems, 2010.8.2-4, Tokyo, Japan, Invited.
- (2) H. Nojiri, Triangular Based Molecular Magnets, Spin State Transition and Magnetic Coupling, Leverhulme Meeting on Molecular Magnetism, 2010.7.19-21, Manchester, UK, Invited.
- (3) H. Nojiri, Branching of spin reversal with Isotropic and Anisotropic Interactions, Dynamics and manipulation of quantum spin systems, 2009.10.15, Tokyo, Japan, Invited.
- (4) H. Nojiri, Gapped and Gapless modes in 3D coupled dimer systems, Electron Magnetic Resonance of Strongly Correlated Spin Systems, 2009.11.8, Kobe, Japan, Invited.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ

<http://www.hfpm.imr.tohoku.ac.jp/>