

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2010

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

研究成果の概要(和文)：

本研究では、三角スピンリングという、左右対掌性(カイラリティ)の区別をもつ構成単位を様々な形で結合した磁気ネットワークの磁性に関して研究を行った。その結果、スピンの偶奇による振る舞いの差や原子核のもつスピンの役割を実証し、量子力学の手法で操作しやすいヘテロスピン系や同位体スピンを制御した物質を開発した。また、スピンリングの左右対掌性の自由度による励起を見出し、多面体型の物質の基底状態が、スピンの長さで量子から古典的に変わる事を見出した。

研究成果の概要(英文)：

We have investigated varieties of material consists of triangle units with spin chirality, including spin tube and spin polyhedron. The excitation by the spin chirality sector is found in the spin tube and the change of the ground state from spin singlet to the spin freezing state is found in the spin polyhedron. We have found the role of nuclear spin in quantum tunneling through the parity conservation. A new hetero-spin systems and nuclear spin free quantum magnets are also investigated.

交付決定額(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	12,000,000	3,600,000	15,600,000
2009年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2010年度	8,600,000	2,580,000	11,180,000
総計	27,800,000	8,340,000	36,140,000

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：磁性、フラストレーション、ナノクラスター、分子磁石、量子ダイナミクス、スピンカイラリティ、強磁場

1. 研究開始当初の背景

近年、磁性分野では、微少磁性体の研究が盛んであるが、本質的に量子的な現象の実験は殆ど手つかずである。原子分子のスピンからマクロな磁性体に至るとき、量子から古典へどのように移行するのか？あるいは環境の擾乱により量子性を喪失しているナノ磁性体を、いかに環境から切り離して量子的に

操作するのか？これらは磁性分野に残された大きな課題である。

巨大スピン強磁性クラスター $Mn_{12}ac$ におけるマクロな磁化の量子トンネルの発見以降、錯体化学的手法で合成される磁性クラスターがナノ磁性研究の対象として注目されている。その理由は、①サイズと構造が完全に同一、②クラスター間相互作用が無視できる、

③多様な磁気ネットワークが可能、など、ナノ磁性体として理想的な特質のためである。我々は反強磁性三角スピニングに着目し、ナノ磁性体研究の中で独自の流れをつくってきた。三角リングは基底状態がスピнкаイラリティによる2重縮退を有する。この2つは、対称と反対称の波動関数で表され、量子混成の仕方が全く異なる。これを使えば量子トンネルにおいて状態操作が可能である。スピнкаイラリティは、リングとして定義される量子自由度であり、スピンを1つずつ操作するのにに対して遙かに扱いやすい。

実際、このような発想にもとづき、①リングにおける高速磁場掃引下の量子準位を反映した断熱遷移 (PRL96, 2006, 107202)、②リングを鎖状に繋げた量子スピントラップの実現 (PRB70, 2004, 174420) とスピнкаイラリティ励起の分離、③リングを20からなるスピンド面体 Keplerate の研究、などを行ってきた。Keplerate では30の頂点サイトのスピンを $S=1/2$ から $S=5/2$ へ変えると、状態数が13桁変わり、基底状態が量子一重項からネール状態的なスピンド凍結へと移行する可能性がある。このように、三角スピニングを結合したナノ磁性クラスターは、量子性の本質的役割の研究に最適である。

2. 研究の目的

このような背景を踏まえ、以下の3つを本研究の目的とする。

(1) スピンド面体の基底状態の解明と量子-古典移行の検証

反強磁性クラスターは、総スピンの整数のとき基底状態一重項で、これは等方的なハイゼンベルグ系として自然である。我々の研究によれば、 $S=1/2$ の Keplerate は一重項基底状態であるが、 $S=5/2$ では、副格子磁化をもちスピンド凍結の存在を示唆する比熱や ESR の異常を示す。しかし、そのスピンド構造は未解明である。もともと有限サイズのクラスターでは、対称性の破れを伴う相転移は起こりえない。スピンド凍結の原因は、状態数増加で量子準位間隔が狭くなり、何らかの摂動で準安定状態に落ちこむと考えられる。逆に、この摂動を制御できれば、基底状態の量子-古典移行を操作出来る。本研究では、スピンド面体の基底状態のサイトスピンの大きさに対する変化を明らかにする。

(2) 量子自由度としてのスピнкаイラリティの制御

$S=1/2$ の三角リングの基底状態はスピнкаイラリティで4重縮退する。磁場を操作し準位交差させると、混成で波動関数が重なり、

量子トンネルギャップを通してスピン反転する。この混成は、正三角形-二等辺、構造カイラリティの有無で異なる。これは、原子変位とスピンの相関という意味で、マルチフェロイック類似現象である。実際に構造対称性と NMR の T_1 の間には強い相関がある。錯体はソフトなので、三角構造の局所振動モードとスピンド系の結合など、スピнкаイラリティを制御する方法を探索する。

(3) 量子トンネルにおける量子干渉の検証

最終的な課題はコヒーレントな量子干渉の検証である。その実現のための最大の問題は環境によるデコヒーレンスである。既に磁場を高速掃引する事で、フォノン緩和、クラスター間双極子相互作用等の影響は抑制できることが判っている (PRL96, 2006, 107202)。最終的に問題になるのは磁性イオンがもつオンサイトの核スピンである。

我々の研究によれば、量子準位を考えると常に核スピンと電子スピンの結合系として考える必要があり (J. Mag. Mag. Matter. 310, 2007, 1468)、これまでナノ磁性体でコヒーレンス実現が困難であった原因もここにある。解決には、同位体置換による磁性イオンの核スピン制御が必要である。また、これを逆に利用すれば、NMR による核スピンの分極により、電子スピンの量子トンネルを制御できる。核スピンは電子スピンの比べて NMR などの電磁波での分極が容易なので、十分に可能である。これらの手法を組み合わせ、最後に最大の障害を取り除き、量子振動などのコヒーレント現象を実現する。

3. 研究の方法

本課題の達成のために、以下のような研究方法を展開してきた。

- (1) テラヘルツ ESR を用いた短距離スピン相関と均一なスピン波モードの観測
- (2) 超高速磁場掃引を用いた断熱磁化過程の実現
- (3) 超低温における比熱を用いた基底状態の探求
- (4) ESR を用いた量子準位と対称性の決定
- (5) NMR を用いた核スピンドダイナミックスの探求

4. 研究成果

本研究では、以下の6つの研究成果が得られた。

(1) 断熱磁化過程

コヒーレントスピン操作においては、様々な保存則を利用して、量子力学的なコヒーレンスを失わないようにスピンドを操作する必

要がある。我々は、2つの保存則がスピン操作に使えることを明らかにしてきた。第1は、スピンのパリティであり、第2は三角スピリングが有するカイラリティ或いは、波動関数の対称性（対称・反対称）である。

奇パリティをもつスピン系においては、時間反転対称性から、0磁場では、準位の2重縮退が要請され、そのためスピンを断熱的に反転するためのトンネルギャップが形成できない。しかしながら、超高速磁場掃引を用いた我々の実験では、断熱条件でもスピンの反転が観測され、その起源が問題となってきた。我々は、実験に用いたCuイオンが核スピン3/2を持つことから、電子スピンと核スピンの結合系としては、パリティが偶になることがトンネルギャップ形成の原因であることを提案してきた。しかしながら、従来の超高速磁場掃引実験では、初期状態として零磁場から開始するために、スピンの反転率の絶対値を得ることが出来なかった。

我々は、トンネル反転率の絶対値を測定するために、超電導磁石の中で磁場を高速掃引出来るシステムを新たに開発した。この系では、予め超低温で超電導磁石による定常磁場を加えておくことで、初期状態での電子スピンの偏極度をほぼ100%にする事が出来る。その結果、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測定し、その絶対反転率を得ることに成功した。

その結果によれば、断熱条件では、スピンの反転率は100%に近いことが明らかになった。この結果は、CuのHyperfine相互作用が異方的であり、粉末試料においては、横磁場効果によって、対称軸以外の全ての磁場方向においてトンネルギャップが有限に開くことを考えれば理解出来る。

この結果により、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。

(2) 核スピンフリー物質開発

核スピンによるコヒーレントスピン操作を考える場合、物質系として核スピンを有しない、あるいは核スピンを有する同位体が少ない物質系を開発する必要がある。また、量子効果を考える場合には、スピンの $S=1/2$ の物質が必要となる。これまで、 $S=1/2$ の量子系の物質としては、Cu²⁺やV⁴⁺が主に研究されてきたが、これらの物質はいずれも大きな核スピンを有している。ラジカル系では、オンサイトではないが、電子の非局在性のため、

Hの核スピンの影響が避けて通れず、これも物質として相応しくない。

3d遷移金属で核スピンの影響が小さいイオンとしてはCr⁵⁺、Ni³⁺、Fe³⁺(低スピン)などが考えられる。Feの低スピンはこれまでも多くの物質系が知られているが、結晶場が強いためスピ軌道相互作用を介した軌道の影響が避けられない。そこで我々は、Cr⁵⁺からなる $S=1/2$ の物質の探索を行った。

そのなかで、K₂NaCrO₈とBa₃Cr₂O₈という2つの物質系を見出し、それらの性質を詳細に研究した。K₂NaCrO₈は、擬一次元物質であるが、1.7 Kで3次元の磁気秩序を示す。この系に於いて、磁化とNa-NMRの研究を行った。飽和磁化が7.4 Tと小さいことを利用して、反強磁性相と強磁性相の間での臨界スケールリング定数などを決定した。この物質はMgのドーピングが高濃度で可能で、稀釈した $S=1/2$ の物質系を作製出来ることがわかった。

2つめの物質Ba₃Cr₂O₈においては、磁化、ESR、中性子、比熱などの測定を行い、dimer系であることを明らかにした。磁場を加えると、スピンギャップが閉じて、いわゆるマグノンノBE凝縮あるいは磁場誘起反強磁性相転移が起こる。比熱により、磁場温度相図を作成し、相図の異方性を見出した。Cr⁵⁺はCuイオンと異なりg値の異方性が小さいために、これを原因とすることは出来ない。そこで、この異方性の原因を検討した結果、DM相互作用により疑似回転対称性が破れるためであることが明らかになった。

また、ESRを用いて、磁場中の磁気励起モードの磁場依存性を詳細に明らかにし、複数の独立したモードが存在することを明らかにした。

今回開発した物質系は、単結晶でドーピングが可能であることから、核スピンフリーの量子スピン系として有力な系として、その活用が期待される。

(3) スピン操作のためのヘテロスピン系開発

スピンのコヒーレント操作のためには、外部磁場を用いた物理的なスピンの回転操作の間に、内部場を用いて、スピン状態を保持することが必要である。その際に、内部場が異方的であれば、操作対象のスピンと内部場を与えるスピンを区別できる。異方的な内部場を与える方法としては、異方性の大きなイオン、例えば希土類などのイオンと操作しやすい3d遷移金属を交換相互作用で結合させたヘテロスピン系を用いる事が考えられる。

我々は、このために、直線あるいはダイヤモンド型などの様々な分子骨格において、希

土類と 3d 遷移金属の磁気結合の大きさを系統的に研究した。

基本となる、[Ln-M] 系における交換相互作用の化学的傾向については、3d 遷移金属が Cu の場合、交換相互作用は強磁性的で、原子番号が大きくなるに従って単調に減少した。この結果は、4f 電子数の変化により、4f スピン数が減少することと関係すると考えられる。これに対して、同じ Cu でも、構造の異なる $[\text{Ln}_2\text{Cu}_2]_n$ の場合は、相互作用の符号が反転し、反強磁性的である。しかし、その絶対値に注目すると、[Ln-Cu]系と同様に Gd から Er に向けて同様に磁気相互作用の絶対値が単調な減少傾向にあることがわかった。

この他、 $[\text{Ln}_2\text{Cu}]$ 、 $[\text{Ln}_4\text{Cu}]$ 、 $[\text{Ln}_2\text{Cu}_2]$ 、 $[\text{Ln}_2\text{Ni}]$ 、 $[\text{Ln}_2\text{Cu}_2]_n$ など、多数の 4f-3d ヘテロスピンを研究した結果、明瞭な化学的傾向性を明らかに出来た。今回の結果は、4f イオンと 3d イオン間の相互作用の大きさに関して定量的な評価を与えるものとして、重要である。

今回の結果から、こうしたヘテロスピンをを用いれば、異方的な内部磁場の下で、3d 遷移金属スピンの操作と保持を行うことが出来ることが示された。今後、この系を利用した具体的なスピン操作のアルゴリズムの開発に繋がると期待される。

(4) スピナノチューブの励起状態の研究

三角量子スピナノチューブは、スピнкаイラリティを有するスピンリングを 1 次元的に結合した系であり、3 本足梯子格子に周期的な境界条件を付与した系である。ギャップレスの 3 本足梯子格子と 2 次元の菱形格子系を繋ぐ系として、相互作用の大きさにより異なる基底状態間の量子相転移について注目されている。

我々は、この物質において、磁気励起と基底状態を調べるために、超低温における比熱測定を行った。試料に関しては、同位体置換効果も含めて検討したが、試料の量が少ないために、阪大の中澤研の協力を得て、微量試料の測定が可能なマイクロカロリメーターを作成して利用した。

比熱の温度変化は、高温からまず 1 次元系特有のブロードな山を示した後で、ピークの低温側で急速に減少する。この振る舞いは、系に励起ギャップが存在することを示している。これより低温側では、通常のギャップ系と異なり、比熱は零にならず、温度に対して直線的な比熱へとクロスオーバーを示す。この比熱は、系の励起がギャップレスであることを示している。実際、このギャップレスの振る舞いは、磁場中の磁気比熱でも示され

た。

これらの結果は、三角スピントューブの磁気励起は、2つの全く異なる励起からなっていることを示している。実際に、ギャップを有する部分は、1次元の Ising 模型で、非常によく表すことが出来る。ここで、スピントューブがスピнкаイラリティとスピンという2つの自由度をもつ可能性に注目すると、低温でのギャップレス的な振る舞いは、チューブのスピン部分を反映し、ギャップ的な励起は、スピнкаイラリティの励起を反映すると考えることが出来る。実際に、スピнкаイラリティは Ising 的な自由度をもっているために、今回観測されような、ギャップを持つ励起となり得る。一方で、三角スピントューブの有効模型は、 $S=3/2$ スピン鎖模型で記述されることが理論的に明らかになっており、 $S=3/2$ のラッテンジャー液体の希な例になっている。この場合、比熱で観測されたような、ギャップレスの振る舞いが期待される。

今回の結果は、三角スピントューブにおいて、励起に 2 成分があることを示した初めての結果で有り、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ことは、重要である。

(5) スピン多面体 Keplerate の基底状態

多面体クラスターにおいては、 $S=5/2$ および $3/2$ の系に於いて、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。

また、 $S=1/2$ においては、このようなスピン凍結は生じないで、一重項基底状態が残ることを、ESR によるエネルギー準位の評価により明らかにした。

これらの結果は、スピン多面体の基底状態がスピンの大きさにより変化することを見出したものであり、量子系と古典系の移行の一例として、多面体クラスターが典型例の 1 つであることを示す結果である。

(6) その他の関連研究

その他の成果として、三角スピニングにおけるラビ振動を観測の他、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、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。

まとめ

本研究では、三角スピンリングから構成される三角リング結合ナノ磁性クラスター系を研究し、カイラリティ自由度とフラストレーション、量子ゆらぎに起因する多様な物性を明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (査読有り、計 15 件)

(1) 雑誌論文 (査読有り、14 件)

① Determination of Exchange Energies in the Sawtooth Spin Ring $\{Mo_{75}V_{20}\}$ by ESR, Y. Oshima, H. Nojiri, 他 3 名, Phys. Rev. B **85**(2012)024413-1-5.

② Hysteresis Loops in an Oxo-Centered $\{Mn_3O\}$ -Type Spin Triangle Probed with a Pulsed Field, J.-N. Park, 他 2 名, H. Nojiri, Z. H. Jang, J. Korean Phys. Soc. **59**(2011) 317-321.

③ Single-Molecule Magnet Behavior Enhanced by Magnetic Coupling between 4f-3d Spins, A. Okazawa, H. Nojiri, 他 2 名, Polyhedron **30**(2011) 3140-3144.

④ High Magnetic Field Micro-Calorimeter and Application for BE-Condensation of Cr^{5+} Dimer System, T. Zenmoto, Y. Oshima, H. Nojiri, 他 2 名, J. Low Temp. Phys. **159**(2010) 118-121.

⑤ Observation of Elementary Excitations of Quantum Sine-Gordon Spin System $KCuGaF_6$ under High Magnetic Field, I. Umegaki, H. Tanaka, T. Ono, H. Nojiri, J. Low Temp. Phys. **159**(2010) 60-63.

⑥ Heat Capacity Reveals the Physics of a Frustrated Spin Tube, N. B. Ivanov, 他 6 名, Y. Oshima, H. Nojiri, Phys. Rev. Lett. **105**(2010) 037206-1-4.

⑦ Spin Freezing and Slow Magnetization Dynamics in Geometrically Frustrated Magnetic Molecules with Exchange Disorder, C. Schröder, 他 5 名, K. Kumagai, J. Phys. Condens. Matter **22**(2010) 216007-1-6.

⑧ ^{51}V NMR Study of the Kagome Staircase Compound $Ni_3V_2O_8$, V. Ogloblichev, K. Kumagai, 他 9 名, Phys. Rev. B **81**(2010) 144404-1-9.

⑨ Magnetic-Field Induced Phase Transitions in a Weakly Coupled $s=1/2$ Quantum Spin Dimer System $Ba_3Cr_2O_8$, M. Kofu, H. Ueda, H. Nojiri, Y. Oshima, 他 7 名, Phys. Rev. Lett. **102**(2009) 177204-1-4.

⑩ Structure and Magnetism of $[n-BuNH_3]_{12}$

$[Cu_4(GeW_9O_{34})_2] \cdot 14H_2O$ Sandwiching a Rhomb-like Cu_4^{8+} Tetragon through α -Keggin Linkage, T. Yamase, 他 2 名, H. Nojiri, Y. Ohshima, Inorg. Chem. **48**(2009) 138-148.

⑪ Magnetic Transitions and Spin Dynamics in the 3d(1) System K_2NaCrO_8 Investigated by Magnetization and Na-23 NMR, K. -Y. Choi, H. Nojiri, 他 2 名, Phys. Rev. B **78**(2008) 214419-1-6.

⑫ Ferromagnetic Dy-Ni and Antiferromagnetic Dy-Cu Couplings in Single-Molecule Magnets $[Dy_2Ni]$ and $[Dy_2Cu]$, A. Okazawa, T. Nogami, H. Nojiri, T. Ishida, Inorg. Chem. **47**(2008) 9763-9762.

⑬ External Magnetic Field Effects on a Distorted Kagome Antiferromagnet, J.-H. Kim, 他 4 名, H. Nojiri, 他 4 名, Phys. Rev. Lett. **101**(2008) 107201-1-4.

⑭ Syntheses, Structures, and Magnetic Properties of Manganese-Lanthanide Hexanuclear Complexes, T. Shiga, 他 2 名, H. Nojiri, H. Oshio, Inorganica Chimica Acta **361**(2008) 4113-4117.

(2) プロシーディング (査読有り、1 件)

① Magnetic Properties of the Triangular Quantum Spin Tube $[(CuCl_2tachH)_3Cl]Cl_2$ Studied by NMR and Magnetization, Y. Furukawa, Y. Sumida, K. Kumagai, F. Borsa, H. Nojiri, 他 5 名, Proceedings of ICFCM, J. Phys. Conf. Ser. **320** (2011) 012047-1-6.

[学会発表] (計 26 件)

(1) 国際会議 (13 件、うち招待講演 6 件)

① Magnetic Properties of the Triangular Quantum Spin Tube $[(CuCl_2tachH)_3Cl]Cl_2$ Studied by NMR and Magnetization, Y. Furukawa, Y. Sumida, K. Kumagai, F. Borsa, H. Nojiri, 他 5 名, International Conference on Frustration in Condensed Matter (ICFCM), 2011.1.12, Sendai.

② Electron Spin Resonance on 3d-4f Hetero-Metallic Nano Magnet, S. Yoshii and H. Nojiri, 2nd Russian-Japanese Young Scientists Conference on Nanomaterials and Nano technology, 2010.9.22, Tokyo.

③ Adiabatic Transition in Fast Sweeping Magnetic Fields(招待), H. Nojiri, International Workshop on Statistical Physics of Quantum Systems, 2010.8.4, Tokyo.

④ Triangular Based Molecular Magnets, Spin State Transition and Magnetic Coupling(招待), H. Nojiri, Leverhulme Meeting on Molecular Magnetism, 2010.7.19, Manchester, U. K.

⑤ High-Frequency ESR Studies on Frustrated Molecular Systems-Application to Keplerates(招待), Y. Oshima, H. Nojiri, 他 5 名, Magnetic

Resonance in Highly Frustrated Magnetic Systems (HFMR 2010), 2010.2.3, Kranjska Gora, Slovenia.

⑥ Gapped and Gapless Modes in 3D Coupled Dimmer Systems(招待), H. Nojiri, Electron Magnetic Resonance of Strongly Correlated Spin Systems (EMRSCS2009), 2009.11.8, Kobe.

⑦ ESR at WHMFC and some Results on Gd Intermetallic and Molecular Magnets, Z. Ouyang, and H. Nojiri, Electron Magnetic Resonance of Strongly Correlated Spin Systems (EMRSCS2009), 2009.11.8, Kobe.

⑧ Branching of Spin Reversal with Isotropic and Anisotropic Interactions, H. Nojiri, The Second International Workshop on Dynamics and Manipulation of Quantum Systems, 2009.10.15, Tokyo.

⑨ High Magnetic Field Micro-Calorimeter and Application for BE-Condensation of Cr^{5+} Dimmer System, T. Zenmoto, Y. Oshima, H. Nojiri, 他 2 名, International Conference on Research at High Magnetic Fields (RHMF 2009), 2009.7.24, Dresden, Germany.

⑩ Magnetism of RE-3d Complex(招待), H. Nojiri, Leverhulme Meeting on Molecular Magnetism, 2009.7.14, Manchester, U. K.

⑪ Spin Freezing in Spin Polyhedrons, H. Nojiri, Dynamics and Manipulation of Quantum Systems, 2008.10.22, Tokyo.

⑫ Molecular Magnetism in High Magnetic Field(招待), H. Nojiri, Leverhulme Meeting on Molecular Magnetism, 2008.7.22, Manchester, U. K.

⑬ High-Field ESR on Molecular-Based Nano-Magnets-Application to Polyhedron Clusters and Rare-Earth Compounds, Y. Oshima, H. Nojiri, 他 7 名, Asian-Pacific EPR/ESR Symposium (APES08), 2008.7.16, Cairns, Australia.

(2)国内会議 (13 件)

①フェルダジル系有機ビラジカルの磁性, 岩瀬賢治, 山口博則, 野尻浩之, 細越裕子, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011.3.25, 新潟市.

②Si ナノ孔へ吸着した Cu_3 クラスターの磁化過程, 野尻浩之, 他 3 名, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010.9.26, 堺市.

③有機ビラジカル BIP- V_2 の分子内および分子間磁気相互作用, 多田晶美, 他 4 名, 野尻浩之, 他 2 名, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010.9.25, 堺市.

④ランタノイドイオンと銅イオンを組み合わせた単分子磁石における交換相互作用の解明, 藤原慶, 他 4 名, 野尻浩之, 石田尚行, 第 4 回分子科学討論会, 2010.9.14, 豊中市.

⑤超高速掃引磁場下の量子トンネル, 野尻浩

之, 東京大学物性研究所短期研究会 外部場の時間操作と実時間物理現象, 2010.6.23, 柏市.

⑥超高速掃引磁場下でのトンネル磁化絶対反転率測定, 林美咲, 野尻浩之, 北村直之, 日本物理学会第 65 回大会, 2009.3.22, 岡山市.

⑦ $\text{Ba}_3\text{Cr}_2\text{O}_8$ の強磁場 ESR と異方性, 善本達也, 田中豪, 野尻浩之, 他 2 名, 日本物理学会第 65 回大会, 2009.3.20, 岡山市.

⑧RE-3d ヘテロメタル分子磁石の ESR による評価, 野尻浩之, 他 6 名, 第 48 回電子スピンスイエンズ学会年会, 2009.11.10, 神戸市.

⑨RE-3d ヘテロ金属分子磁性体の交換相互作用と磁性, 北岡修, 益田隆嗣, 目時直人, 野尻浩之, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009.9.27, 熊本市.

⑩スピンナノチューブ:実験の現状, 野尻浩之, 日本物理学会第 64 回年次大会, 2009.3.28, 東京.

⑪強磁場マイクロカロリメーターと Cr^{5+} ダイマー系の BE 凝縮への応用, 善本達矢, 大島勇吾, 野尻浩之, 他 2 名, 日本物理学会第 64 回年次大会, 2009.3.28, 東京.

⑫RE-3d ヘテロ金属分子磁性体の交換相互作用と磁性, 野尻浩之, 吉居俊輔, 石田尚行, 岡澤厚, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 2008.9.20, 盛岡市.

⑬多面体型磁石の強磁場磁性, 大島勇吾, 善本達矢, 吉居俊輔, 野尻浩之, 他 2 名, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 2008.9.20, 盛岡市.

[その他]

ホームページ等

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

6. 研究組織

(1)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

(2)研究分担者

大島 勇吾 (YUGO OSHIMA)
理化学研究所・加藤分子物性研究室・研究員
研究者番号: 10375107

熊谷 健一 (KEN-ICHI KUMAGAI)
北海道大学・その他・名誉教授
研究者番号: 70029560

(3)連携研究者

今中 康貴 (YASUTAKA IMANAKA)
物質・材料研究機構・量子ドットセンター・主任研究員
研究者番号: 70354371