

科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年 5月25日現在

機関番号：14301

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2011

課題番号：19052005

研究課題名（和文） 幾何学的フラストレート磁性体の新奇秩序

研究課題名（英文） Exotic orderings in geometrically frustrated magnets

研究代表者

前川 覚 (MAEGAWA SATORU)

京都大学・大学院人間・環境学研究科・教授

研究者番号：40135489

研究成果の概要（和文）：

スピンの規則格子上に位置しながらもスピン間相互作用が競合する幾何学的フラストレート磁性体として、三角格子、かごめ格子、パイロクロア格子等の新磁性体を探索・合成して、核磁気共鳴、磁化、比熱、ESR測定等の実験をおこない、フラストレーションに起因する新しいタイプの相転移や秩序状態の発見と、その状態と機構の解明を行った。特にフラストレーションに量子効果が加わることにより生じる新奇な状態に注目して、量子スピン液体や特異な中間秩序状態、近藤スクリーニング部分無秩序状態を発見し、その特異なスピン状態を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

We have searched and synthesized several new geometrically frustrated magnets on the triangular, kagome and pyrochlore lattices in which interactions between spins compete with each other even on these regular lattices. We have investigated new magnetic phase transitions and magnetic states by means of several experimental methods, such as NMR, magnetization, specific heat and ESR measurements. Especially we have discovered new quantum spin liquid state, unconventional magnetic ordered states and partially ordered Kondo states.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	31,400,000	0	31,400,000
2008年度	36,300,000	0	36,300,000
2009年度	36,100,000	0	36,100,000
2010年度	27,100,000	0	27,100,000
2011年度	15,800,000	0	15,800,000
総計	146,700,000	0	146,700,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性II

キーワード：フラストレーション、磁性体、新奇秩序、三角格子、かごめ格子、パイロクロア 反強磁性体、核磁気共鳴

1. 研究開始当初の背景

スピン間相互作用が競合する幾何学的フラストレート磁性体においては基底状態が多重縮退し、秩序化が抑制され、新しい相転

移や新しい秩序状態の発現が期待される。古典スピン系におけるフラストレーションに起因する新奇スピン状態や新しい相転移のみならず、スピン1/2の量子スピン系におい

では、フラストレーション効果に量子効果が加わり、スピン液体状態と呼ばれる全く新しいスピン状態も理論的に予想され注目を集めていた。また、2次元系の三角格子反強磁性体やかごめ格子反強磁性体の他、3次元フラストレーションを有するパイロクロア格子磁性体ではスピンアイスと呼ばれる新しいスピン状態も発見された。

理論的予想とは裏腹にフラストレーションを呈する現実のモデル物質が少ないため多くの未解明な問題が残され、モデル物質の探索は急務であった。特にそれまでの3d電子無機系磁性体のみならず、有機系物質、希土類4f・5f電子磁性体にも着目してモデル物質を探索することが重要である。

さらにフラストレート磁性体は巨視的物性と微視的物性、静的性質と動的性質の関係が通常の磁性体と大きく異なり、また動的性質も時間スケールにより不可解な様相を呈する。これらの点を明らかにするため、各種実験手法を用いて多面的観点から現象を解明することが強く求められていた。

2. 研究の目的

本研究はスピンの規則格子上に位置しながらもスピン間相互作用が競合するために秩序化が抑制され、新しいタイプの相転移や秩序状態の発現が期待される幾何学的フラストレート磁性体について、新物質を探索・合成し、各種実験手段を用いて多重縮退が織りなす新しい磁気状態や量子状態の発見と解明を目指すものである。

(1) フラストレーションに量子性が加わることにより新しいスピン液体状態の出現が予想されているスピン1/2の三角格子やかごめ格子反強磁性体について、候補物質の探索を行う。外部磁場や加圧による多重縮退の選択的制御や量子臨界点の解明にも挑戦する。

(2) 希土類フラストレート磁性体においてはフラストレーション効果にf電子の近藤効果が寄与して、近藤スクリーニング部分無秩序状態というべき新しい秩序状態が予想される。この良いモデル物質と考えられる UNi_4B や CePdAl を対象にフラストレーションが電子相関に与える効果を解明する。

(3) 希土類系パイロクロア格子磁性体 $\text{Dy}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ や $\text{Ho}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ においては基底状態に巨視的縮退を持ったスピンアイス状態が見いだされ、この巨視的縮退は外部磁場の印可により段階的に解け、新しい巨視的縮退状態カ

ゴメアイスや磁場誘起の液相-気相型相転移が起こる。最近見いだされた3d電子系パイロクロア格子磁性体である $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ や $\text{Ni}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ は同様の3次元フラストレート系であり、希土類系とは異なりスピン間相互作用が短距離の交換相互作用であり、多重縮退状態を研究する上で格好の対象である。これらの物質についてフラストレーションによる磁気状態変化の解明と外部制御について実験的解明を目指す。

3. 研究の方法

(1) 三角格子、かごめ格子、パイロクロア格子のような典型的フラストレーション格子をはじめとして、ダイヤモンド鎖のような新たなフラストレーション格子について、古典スピン系と量子スピン系の両者を対象に、分担者や専門家の協力を得て、新モデル物質の探索と、水熱合成、固相反応法、引き抜き法などの手段を用いて新規物質の合成を行う。

(2) 分担者の協力も得て、NMR、ESR、 μSR 等のマイクロな測定手段と、比熱、磁化率、電気伝導などのマクロな測定手段を相補的に用いて実験的研究を行う。特にNMR測定については高精度高安定な装置の導入や既存装置の改良、試料回転装置等の新技術の導入と工夫により多面的測定を行う。また低温高磁場基礎物性測定装置を導入して比熱や電気伝導の静的基礎物性の測定を可能にし、現象と機構の多角的解明を行う。

4. 研究成果

フラストレーションと量子効果が相まって新奇な量子スピン液体状態や新しい相転移の出現が予想されるスピン1/2の系として、有機系三角格子反強磁性体 $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ 、希土類三角格子反強磁性体 YbAl_3C_3 と CeZn_3P_3 、かごめ格子反強磁性体 $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ と $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_4\text{Cl}_2$ 、パイロクロア反強磁性体 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ を対象に実験的研究を行った。また、スピン1の系であるパイロクロア反強磁性体として $\text{Ni}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ 、希土類系金属フラストレート磁性体として近藤スクリーニング部分無秩序状態の典型的物質である CePdAl 、 UNi_4B について実験を行った。

以下に代表的な成果をまとめる。

(1) 三角格子ハイゼンベルク型反強磁性有機モット絶縁体 $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ について、希積冷凍機を用いたNMR実験により、相互作用の1万分の1の20mKまで磁気秩序が起こ

らず、長年探索されていた量子スピン液体状態が実現していることを発見した。 ^{13}C 核スピン緩和率は図1に示すように1K付近で大きく変化し、対称性の破れが生じて新しい量子秩序状態へ相転移し、高温相では基底状態がギャップレスであり、低温相ではスピン励起がノードギャップをもつことを示唆している。この新奇量子スピン液体状態は強相関電子系で議論されている非従来型超伝導体におけるギャップ構造と類似しており、量子スピン液体と強相関超伝導両者の発現機構や基底状態の理解に有力な情報を提供するものである。本研究は新聞でも報道された。

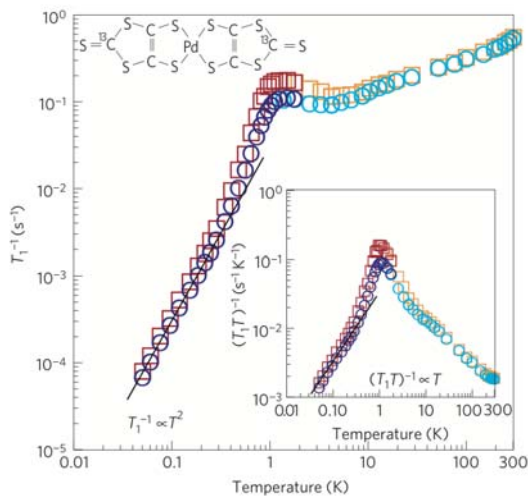


図1 EtMe₃Sb[Pd(dmit)₂]₂の ^{13}C -NMRによる T_1^{-1} の温度変化。1K付近に相転移が観測された。

(2) 三次元フラストレート系パイロクロア格子量子スピン磁性体Cu₂(OH)₃Cl は逐次相転移をし、中間相はVBS状態であると中性子散乱実験により主張されていたが、NMR実験により明瞭な内部磁場の存在を発見し、VBS状態ではないことを明らかにした。また低温相のスピン構造を決定し、中間相は大きな磁気揺らぎが共存する長距離磁気秩序が生じていることを明らかにした。この結果はフラストレーションに格子歪みなどの小さな摂動が存在すると新奇な秩序状態が現れる典型例である。

(3) 希土類三角格子反強磁性体YbAl₃C₃においてダイマー形成によるスピンギャップ状態を発見した。これはf電子系で初めてのスピンギャップの発見であり、最近報告されている異常なメタ磁性的振る舞いと合わせて興味をもたれている。

(4) 量子スピンかごめ格子反強磁性体

Rb₂Cu₃SnF₁₂は12サイトVBS状態の初めての例として興味を持たれているが、NMR実験による緩和率の測定からスピンギャップの大きさを見積もるとともに、ジャロシンスキー守谷相互作用により磁場誘起のスタッガード磁化が発生していることを発見し、これは基底状態と励起状態の混成による普遍的效果であることを明らかにした。

(5) 近藤スクリーニング部分無秩序状態の典型的物質であるかごめ格子反強磁性体CePdAlと三角格子反強磁性体Un₁B₁について希釈冷凍機を用いたNMR実験を行い、無秩序状態にあるスピンはヘビーフェルミオン状態になり、磁気秩序相においても非磁性状態であることを見いだした。これは秩序化したスピンとヘビーフェルミオン状態が共存した新しい量子状態である。またスピン緩和時間T₂の測定から、秩序相でkHzオーダーの非常に遅いスピン揺らぎが残存していることを明らかにした。

5. 主な発表論文等 (研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計78件)

- ① T. Itou, K. Yamashita, M. Nishiyama, A. Oyamada, S. Maegawa, K. Kubo and R. Kato Nuclear magnetic resonance of the inequivalent carbon atoms in the organic spin-liquid material EtMe₃P[Pd(dmit)₂]₂; Phys. Rev. B, 査読有, Vol. 84, 2011, p094405 DOI: 10.1103/PhysRevB.84.094405
- ② M. Nishiyama, A. Oyamada, T. Itou, S. Maegawa, H. Okabe and J. Akimitsu NMR study of pyrochlore lattice antiferromagnet, melanothallite Cu₂OCl₂; J. of Phys.: Conf. Ser., 査読有, Vol. 320, 2011, p012030 DOI: 10.1088/1742-6596/320/1/012030
- ③ S. Maegawa, T. Itou, A. Oyamada and R. Kato NMR study of quantum spin liquid and its phase transition in the organic spin 1/2 triangular lattice antiferromagnet EtMe₃P[Pd(dmit)₂]₂; J. of Phys.: Conf. Ser., 査読有, Vol. 320, 2011, pp. 012032/1-6 DOI: 10.1088/1742-6596/320/1/012032
- ④ T. Itou, A. Oyamada, S. Maegawa and R. Kato; Ground state of the organic spin-liquid material EtMe₃P[Pd(dmit)₂]₂;

- J. of Phys. : Conf. Ser., 査読有, Vol. 320, 2011, pp. 012033/1-5
DOI: 10.1088/1742-6596/320/1/012033
- ⑤ H. Tashiro, M. Nishiyama, A. Oyamada, T. Itou, S. Maegawa, M. Yano, T. Ono and H. Tanaka; Effect of DM interaction in a quantum antiferromagnet on a deformed Kagome lattice $R_2Cu_3SnF_{12}$; J. of Phys. : Conf. Ser., 査読有, Vol. 320, 2011, p012052
DOI: 10.1088/1742-6596/320/1/012052
- ⑥ A. Oyamada, T. Kaibuchi, M. Nishiyama, T. Itou, S. Maegawa, Y. Isikawa, A. Dönni and H. Kitazawa; Critical behavior in a Kondo-screening partially-ordered antiferromagnet CePdAl; J. of Phys. : Conf. Ser., 査読有, Vol. 320, 2011, 012067/1-6
DOI: 10.1088/1742-6596/320/1/012067
- ⑦ T. Itou, T. Sagane, A. Oyamada, S. Maegawa, S. Igarashi and Y. Yukawa; Low-frequency spin dynamics and NMR spin-lattice relaxation in antiferromagnetic rings; Phys. Rev. B 査読有, Vol. 83, 2011, pp. 014404/1-5
DOI: 10.1103/PhysRevB.83.014404
- ⑧ T. Itou, A. Oyamada, S. Maegawa and R. Kato; Instability of a quantum spin liquid in an organic triangular-lattice antiferromagnet; Nature Physics, 査読有, Vol. 6, 2010, 673-676
DOI: 10.1038/NPHYS1715
- ⑨ 前川 覚; フラストレーションが生み出す奇妙なスピン秩序; パリティ, 査読有, Vol. 25, 2010, pp. 62-67
- ⑩ S. Maegawa, A. Oyamada, S. Sato, M. Nishiyama, T. Itou and X. G. Zheng; Spin dynamics in 3d Electron Pyrochlore-like Systems; J. of Phys. : Conf. Ser., 査読有, Vol. 145, 2009, 012018/1-4
DOI: 10.1088/1742-6596/145/1/012018
- ⑪ A. Oyamada, M. Kondo, T. Itou, S. Maegawa, D. X. Li and Y. Haga; Spin Dynamics in a Triangular Antiferromagnet UNi_4B ; J. of Phys. : Conf. Ser., 査読有, Vol. 145, 2009, 012044/1-4
DOI: 10.1088/1742-6596/145/1/012044
- ⑫ T. Itou, A. Oyamada, S. Maegawa, M. Tamura and R. Kato; ^{13}C NMR study of the spin-liquid state in the triangular quantum antiferromagnet $EtMe_3Sb[Pd(dmit)_2]_2$; J. of Phys. : Conf. Ser., 査読有, Vol. 145, 2009, 012039/1-4
DOI: 10.1088/1742-6596/145/1/012039
- ⑬ Y. Haga, A. Oyamada, T. D. Matsuda, S. Ikeda and Y. Onuki; Crystal structure of frustrated antiferromagnet UNi_4B ; Physica B, 査読有, Vol. 403, 2008, pp. 900-902
DOI: 10.1016/j.physb.2007.10.232
- ⑭ S. Maegawa, A. Oyamada and S. Sato; Novel Frustrated Behavior in Quantum Heisenberg Antiferromagnets on the Pyrochlore Lattice; NMR Studies of $R_2(OH)_3Cl$ ($R = Cu$ and Ni); J. of Phys. Soc. Jpn, 査読有, Vol. 79, 2010, pp. 011002/1-12
DOI: 10.1143/JPSJ.79.011002
- ⑮ T. Itou, A. Oyamada, S. Maegawa, M. Tamura and R. Kato; Quantum spin liquid in the spin-1/2 triangular antiferromagnet $EtMe_3Sb[Pd(dmit)_2]_2$; Phys. Rev. B, 査読有, Vol. 77, 2008, pp. 104413/1-5
DOI: 10.1103/PhysRevB.77.104413
- ⑯ A. Oyamada, S. Maegawa, M. Nishiyama, H. Kitazawa and Y. Isikawa; Ordering mechanism and spin fluctuations in a geometrically frustrated heavy-fermion antiferromagnet on the Kagome-like lattice CePdAl: ^{27}Al NMR study; Phys. Rev. B, 査読有, Vol. 77, 2008, 064432/1-9
DOI: 10.1103/PhysRevB.77.064432
- ⑰ A. Ochiai, T. Inukai, T. Matsumura, A. Oyamada and K. Katoh; Spin Gap State of $S=1/2$ Heisenberg Antiferromagnet $YbAl_3C_3$; J. of Phys. Soc. Jpn, 査読有, Vol. 76, 2007, pp. 123703/1-4
DOI: 10.1143/JPSJ.76.123703
- ⑱ S. Maegawa, R. Kaji, S. Kanou, A. Oyamada and M. Nishiyama; Spin Dynamics in Classical and Quantum Kagome Lattice Magnets Studied by NMR; J. of Phys. : Cond. Matt., 査読有, Vol. 19, 2007, p145250/1-9
DOI: 10.1088/0953-8984/19/14/140250
- ⑲ A. Oyamada, M. Kondo, K. Fukuoka, T. Itou, S. Maegawa, D. X. Li and Y. Haga; NMR Studies of the Partial Disordered State in UNi_4B ; J. of Phys. : Condensed Matter, 査読有, Vol. 19, 2007, pp. 145246/1-6
DOI: 10.1088/0953-8984/19/14/140246
- ⑳ T. Itou, A. Oyamada, S. Maegawa, M. Tamura and R. Kato; Spin Liquid State in an Organic Spin-1/2 System on a Triangular

Lattice, $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$; J. of Phys.: Cond. Matt., 査読有 Vol. 19, 2007, 145247
DOI: 10.1088/0953-8984/19/14/140247
⑫ S. Maegawa, T. Sagane, T. Itou, A. Oyamada, S. Igarashi and Y. Yukawa; Low energy excitations in molecular antiferromagnetic rings, Fe10 and Fe12; J. of Magn. Magn. Mat. 査読有, Vol. 310, 2007, p1441-1443
DOI: 10.1016/j.jmmm.2006.10.459

[学会発表] (計 235 件)

① 佐藤衆一, 小山田明, 西山昌秀, 伊藤哲明, 前川覚, 萩原雅人, 鄭旭光, 高橋弘樹, 大井修吾, 小木曾哲; 単結晶NMRによるパイロクロア格子フラストレート磁性体 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ の中間相の研究; 日本物理学会, 2012/3/25, 関学大
② 猪原崇生, 小山田明, 西山昌秀, 伊藤哲明, 前川覚, 李徳新, 芳賀芳範; 5f電子系三角格子反強磁性体 UNi_4B の ^{11}B -NMR; 日本物理学会, 2012/3/24, 関学大
③ 大前陽一, 小山田明, 西山昌秀, 伊藤哲明, 前川覚, 松田沙織, 原克哉, 落合明; f電子系量子スピンXY型三角格子反強磁性体 CeZn_3P_3 のNMR; 日本物理学会, 2012/3/24, 関学大
④ 田代大志, 西山昌秀, 小山田明, 伊藤哲明, 前川覚, 矢野みどり, 小野俊雄, 田中秀数 スピンギャップ系かごめ格子反強磁性体 $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$ の磁気構造 日本物理学会, 2012/3/24, 関学大
⑤ 西山昌秀, 猪原崇生, 小山田明, 伊藤哲明, 前川覚, 奥田浩司, 佐藤博彦 S=3/2かごめ格子反強磁性体Cr-jarositeの単結晶NMRによるスピン構造の研究 日本物理学会, 2012/3/24, 関学大
⑥ 渡辺恵里, 伊藤哲明, 西山昌秀, 小山田明, 前川覚, 久保和也, 加藤礼三 $(\text{Me}_4\text{Sb})_x(\text{EtMe}_3\text{Sb})_{1-x}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ 混晶系の ^{13}C -NMR; 日本物理学会, 2012/3/24, 関学大
⑦ 伊藤哲明, 渡辺恵里, 久保田健朗, 西山昌秀, 小山田明, 前川覚, 久保和也, 加藤礼三 二次元面平行ないし面垂直の印加磁場下における $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の単結晶 ^{13}C -NMR 日本物理学会, 2012/3/24, 関学大
⑧ S. Maegawa, T. Itou, K. Yamashita, M. Nishiyama, A. Oyamada, K. Kubo and R. Kato Quantum spin liquid in a spin 1/2 antiferromagnet on the triangular lattice, $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ (招待講演)

7th Inter. Conf. on Magnetic and Supercond. Materials (MSM11), 2011/10/10, Port Dickson, Malaysia
⑨ S. Maegawa, T. Itou, K. Yamashita, M. Nishiyama, A. Oyamada, K. Kubo, and R. Kato Quantum Spin Liquid in an Organic Triangular Lattice Antiferromagnet $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ (招待講演)
The 26th Inter. Conf. on Low Temperature Physics (LT26), 2011/8/11, Beijing, China
⑩ 海淵朋未, 田代大志, 伊藤哲明, 西山昌秀, 小山田明, 前川覚, 松平和之; 4f電子系パイロクロア磁性体におけるイジング性とハイゼンベルグ性によるスピンドイナミクスの相違 日本物理学会 2011/3 新潟大
⑪ 久保田健朗, 伊藤哲明, 小山田明, 西山昌秀, 前川覚, 久保和也, 加藤礼三; 三角格子Mott絶縁体スピン液体物質 $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の単一単結晶 ^{13}C -NMR; 日本物理学会 2011/3 新潟大
⑫ S. Sato, A. Oyamada, M. Nishiyama, T. Itou, S. Maegawa, X. G. Zheng and M. Hagikhala An exotic ordered phase in the pyrochlore-like antiferromagnet $\text{Ni}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ studied by NMR Inter. Conf. on Frustration in Condensed Matter, 2011/1/11, Sendai Japan
⑬ M. Nishiyama, A. Oyamada, T. Itou, S. Maegawa, H. Okabe and J. Akimitsu NMR study of pyrochlore lattice antiferromagnet, melanothallite Cu_2OCl_2 Inter. Conf. on Frustration in Condensed Matter, 2011/1/11, Sendai Japan
⑭ S. Maegawa, T. Itou, A. Oyamada and R. Kato NMR study of quantum spin liquid and its phase transition in the organic spin 1/2 triangular lattice antiferromagnet $\text{EtMe}_3\text{P}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ Inter. Conf. on Frustration in Condensed Matter, 2011/1/11, Sendai Japan
⑮ T. Itou, A. Oyamada, S. Maegawa and R. Kato Ground state of the organic spin-liquid material $\text{EtMe}_3\text{P}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ Inter. Conf. on Frustration in Condensed Matter, 2011/1/11, Sendai Japan
⑯ H. Tashiro, M. Nishiyama, A. Oyamada, T. Itou, S. Maegawa, M. Yano, T. Ono and H. Tanaka; Effect of DM interaction in a quantum antiferromagnet on a deformed Kagome lattice $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$; Inter. Conf. on Frustration in Condensed Matter, 2011/1/11, Sendai Japan

- ⑰ A. Oyamada, T. Kaibuchi, M. Nishiyama, T. Itou, S. Maegawa, Y. Isikawa, A. Dönni and H. Kitazawa; Critical behavior in a Kondo-screening partially-ordered antiferromagnet CePdAl; Inter. Conf. on Frustration in Condensed Matter, 2011/1/11, Sendai Japan
- ⑱ 小山田明, 西山昌秀, 伊藤哲明, 前川覚, 石川義和, Andreas Dönni, 北澤英明; カゴメ型格子ヘビーフェルミオン反強磁性体CePdAlの単結晶NMR; 日本物理学会 2010/9/24 大府大
- ⑲ 小山田明, 西山昌秀, 伊藤哲明, 前川覚, 原克哉, 落合明; ダイマー物質YbAl₃C₃の単結晶を用いた核磁気共鳴実験; 日本物理学会, 2010/3/22, 岡山大
- ⑳ 宮田香織, 小山田明, 西山昌秀, 伊藤哲明, 前川覚, 李徳新, 芳賀芳範; XY型5f電子系三角格子反強磁性体UNi₄Bの部分無秩序状態 日本物理学会, 2010/3/20, 岡山大
- ㉑ 伊藤哲明, 山下和也, 小山田明, 西山昌秀, 前川覚, 久保和也, 加藤礼三, 田村雅史; 三角格子Mott絶縁体Pd(dmit)₂塩の分子内側サイト¹³C-NMR; 日本物理学会 2009/9/28, 熊大
- ㉒ 小山田明, 宮田香織, 佐藤衆一, 伊藤哲明, 西山昌秀, 前川覚, 鄭旭光; パイロクロア型フラストレートs=1磁性体Ni₂(OH)₃Clの磁気秩序状態; 日本物理学会 2009/9/26 熊本大
- ㉓ 前川 覚; 三角格子・パイロクロア格子量子スピン反強磁性体の新奇フラストレート磁性 (招待講演) 日本物理学会 2009/9/25, 熊本大
- ㉔ T. Itou, A. Oyamada, S. Maegawa, M. Tamura and R. Kato; ¹³C NMR study of the spin-liquid state in the triangular quantum antiferromagnet EtMe₃Sb[Pd(dmit)₂]₂ Highly Frustrated Magnetism, 2008/9/10, Braunschweig, Germany
- ㉕ A. Oyamada, M. Kondo, T. Itou, S. Maegawa, D. X. Li and Y. Haga; Spin dynamics in a triangular antiferromagnet UNi₄B; Highly Frustrated Magnetism, 2008/9/10, Braunschweig, Germany
- ㉖ S. Maegawa, A. Oyamada, S. Sato, M. Nishiyama, T. Itou and X. G. Zheng Spin dynamics in 3d electron pyrochlore-like systems; Highly Frustrated Magnetism, 2008/9/8, Braunschweig, Germany
- ㉗ 伊藤哲明, 小山田明, 前川覚, 田村雅史, 加藤礼三; 三角格子スピン液体物質 EtMe₃Sb[Pd(dmit)₂]₂の希釈冷凍温度域¹³C-NMR
- 日本物理学会 2008/3/23, 近畿大
- ㉘ 前川覚, 佐藤衆一, 小山田明, 伊藤哲明, 鄭旭光; 四面体構造フラストレートs=1/2磁性体Cu₂(OH)₃ClのNMR; 日本物理学会 2008/3/23, 近畿大
- ㉙ 近藤美麻, 小山田明, 伊藤哲明, 前川覚, 李徳新, 芳賀芳範; 5f電子系三角格子反強磁性体UNi₄B単結晶の核磁気共鳴測定; 日本物理学会 2007/9/23, 北海道大
- ㉚ 小山田明, 岸本雅之, 伊藤哲明, 前川覚, 鄭旭光; カゴメアイス物質Co₂(OH)₃Clの核磁気共鳴; 日本物理学会 2007/9/24, 北海道大
- [その他]
- (1) 報道関連情報
- ① 日刊工業新聞 2010年7月12日
「電子スピンの揺らぎ 1K 境に急激変化」
「京大・理研が現象発見」
- ② 京都新聞 2010年7月13日朝刊
「スピン揺らぎ絶対零度近くで特異状態」
「京大教授ら確認」
- ③ 日経産業新聞 2010年7月13日
「量子スピン、新たな動き」「京大 絶対零度近くで実現」
- (2) ホームページ等
<http://nmr.jinkan.kyoto-u.ac.jp/maegawa-lab/index.html>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
前川 覚 (MAEGAWA SATORU)
京都大学・大学院人間・環境学研究所・教授
研究者番号: 40135489
- (2) 研究分担者
太田 仁 (OHTA HITOSHI)
神戸大学・フォトサイエンス研究センター・教授
研究者番号: 70194173
菊池 彦光 (KIKUCHI HIKOMITSU)
福井大学・工学部・教授
研究者番号: 50234191
小山田 明 (OYAMADA AKIRA)
京都大学・大学院人間・環境学研究所・助教
研究者番号: 60211835
松平 和之 (MATSUHIRA KAZUYUKI)
九州工業大学・工学部・助教
研究者番号: 40312342
- (3) 連携研究者
石田 憲二 (ISHIDA KENJI)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 90243196