

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540378

研究課題名(和文) 2次元積層系における交代4極子秩序機構の解明

研究課題名(英文) Study on alternative ordering of quadrupole moment in 2-dimensional stacked lattice

研究代表者

井戸垣 俊弘 (Idogaki Toshihiro)

九州大学・工学研究院・名誉教授

研究者番号：40038013

研究成果の概要(和文)：

イジング型強磁性薄膜積層系における臨界温度をモンテカルロ計算より明らかにした。

また積層型3状態ポッツモデルの相転移をモンテカルロ計算から調べた。四極子秩序物質 PrPb3 の磁場温度相図を実験的に明らかにした。

研究成果の概要(英文)：

Phase transition temperatures of stacked Ising ferromagnets and stacked-type three states Potts model are studied by Monte-Carlo simulation. Magnetic field versus temperature phase diagram on quadrupole ordering in PrPb3 is shown.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学 数理物理・物性基礎

キーワード：物性基礎論

1. 研究開始当初の背景

強磁性薄膜は積層数や表面とバルク内部の相互作用の比に応じて臨界(相転移)温度が変化する。積層数、相互作用比を変化させて臨界温度を分子場近似で計算すると1点で交わり、かつそのときの温度は無限バルク臨界温度に一致している。この性質を利用すれば、3次元系の転移温度も計算できることになる。この性質をイジング型強磁性薄膜に適用して、3次元系の臨界温度の新しい評価法を提唱・検討するとともに、4極子秩序相に着目し膜厚やスピン量子数を制御した解析を行うことにより交代4極子秩序相の解明を目指す。

2. 研究の目的

(1) 2次元積層モデルを利用した3次元系の臨界温度の新しい評価法の開発と2次元系の転移温度の収束点近傍での臨界的性質の解明

(2) 2次元積層系のリエントラント転移や交代4極子秩序出現機構の解明

(3) 磁性薄膜におけるランダムネスとフラストレーション効果の解明

3. 研究の方法

各目的ともに分子場理論により定性的な振る舞いを解明し、これを解析的近似理論で検証するとともにモンテカルロ計算で定量的な評価を行っていく。

4. 研究成果

(1) 強磁性膜積層系における大規模モンテカルロ計算を行い、積層系の臨界指数や臨界温度の解析を行った。その結果、臨界指数は2次元イジング系のスケーリング則にのることを確認できた。これにより2次元積層モデルを利用した3次元系の臨界温度に対する新しい評価方法を提案・実証できた。

(2) 3状態ポッツモデルの静的・動的相転移をモンテカルロ計算で解析した。その結果この系における静的相転移と動的相転移を含めた温度と磁場について全磁気相図を作成することに成功した。

(3) 長周期四極子秩序構造をもつ PrPb₃の基底状態を実験的に解析した。H//[100]方向の磁場をかけながらその相転移温度を追跡していくと、H=5T以上に強磁場相が出現することを初めて実験的に示した。これにより磁場誘起4極子転移では磁場誘起8極子が重要な役割を果たす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17件)

① T. Iwashita, K. Urugami, A. Nagaki, T. Kinoshita and T. Idogaki
Low Temperature Magnetic Properties and Spin Structures of Ising Spin System with Two-Spin and Four-Spin Interactions
Journal of Physics: Conference Series 150, 042076 pp.1-4 (2009) 査読有

② T. Kinoshita, S. Fujiyama, M. Tokita and T. Idogaki
Effective Field Theory with Differential Operator Technique for Dynamic Phase Transition in Ferromagnetic Ising Model
Journal of Physics: Conference Series 150, 042091 pp.1-4 (2009) 査読有

③ M. Takamoto, T. Kinoshita, Y. Muraoka and T. Idogaki
Monte Carlo simulation of the one-dimensional N-state clock model with long range inverse square interaction
Journal of Physics: Conference Series 150, 042200 pp.1-4 (2009) 査読有

④ Y. Sato, H. Morodomi, K. Ienaga, Y. Inagaki, T. Kawae, H.S. Suzuki and T. Onimaru
New Phase Diagram of PrPb₃ in [100] Magnetic Field Direction
Journal of the Physical Society of Japan, 79, 093708 pp. 1-4 (2010) 査読有

⑤ M. Fujihala, M. Hagihala, X. G. Zheng, and T. Kawae
Antiferromagnetic magnetic transition and spin fluctuations in the deformed pyrochlore compound Fe₂(OH)₃Cl
Physical Review B82, 024425 pp. 1-5 (2010) 査読有

⑥ E. Canevet, B. Grenier, Y. Yoshida, N. Sakai, L.-P. Regnault, T. Goto, Y. Fujii, T. Kawae
Strong interplay between magnetic and structural properties in the spin-1/2 chain molecular compound D-F5PNN
Physical Review B82, 132404 pp. 1-4 (2010) 査読有

⑦ M. Hagihala, X. G. Zheng, T. Kawae and T.J. Sato
Successive antiferromagnetic transitions with multi-k and noncoplanar spin order, spin fluctuations, and field-induced phases in deformed pyrochlore compound Co₂(OH)₃Br
Physical Review B82, 214424 pp. 1-5 (2010) 査読有

⑧ K. Ienaga, Y. Inagaki, T. Kawae and H. Tsujii
Fe Magnetic Impurity Effect in Au Atomic Sized Conductor
Journal of Physics: Conference Series Series 200 072042 pp. 1-4 査読有

[学会発表] (計34件)

① 太田穰、井戸垣俊弘
積層型3状態Potts modelの相転移
日本物理学会 2008年秋期大会(2008, 9.23, 岩手大学(盛岡市))

② 三原拓也、井戸垣俊弘
積層型三角格子反強磁性体の秩序相の究明
日本物理学会 2008年秋期大会(2008, 9.23, 岩手大学(盛岡市))

③ 岩下孝、浦上賀久子、伊東ゆい、井戸垣俊弘
双二次交換相互作用と4サイト4スピン相互作用が存在するイジングスピン系
日本物理学会九州支部例会(2008, 12.6, 福岡工業大学(福岡市))

④ 岩下孝、浦上賀久子、井戸垣俊弘
双二次交換相互作用と1軸性異方性項が存在するS=2イジングスピン系の相転移とスピン構造
日本物理学会 64回年次大会(2009, 3.30, 立教大学(東京))

⑤ 高本 雅裕、村岡良紀、井戸垣俊弘
べき乗減衰の相互作用をもつ1次元XYモデルの臨界的性質
日本物理学会 64 回年次大会(2009, 3.30, 立教大学 (東京))

⑥ 太田穰、井戸垣俊弘
積層型3状態 Potts model の相転移に関するヒストグラム法を用いた研究
日本物理学会 64 回年次大会(2009, 3.30, 立教大学 (東京))

⑦ M. Takamoto, Y. Muraoka and T. Idogaki
The Critical Behavior of the 1-dimensional XY model with Power law Decay Long Range Interaction
International Conference on magnetism (ICM '09) (2009, 7 30, Karlsruhe (Germany))

⑧ T. Iwashita, K. Urugami, A. Nagaki, T. Kinoshita and T. Idogaki
Ising Spin System with Biquadratic Exchange Interaction and Single-ion Anisotropy
International Conference on magnetism (ICM '09) (2009, 7 30, Karlsruhe (Germany))

⑨ 岩下孝、井戸垣俊弘 他2名
複数の高次のスピン間相互作用と一軸性異方性項が存在するイジングスピン系の相転移とスピン構造
日本物理学会 2009 年秋期大会(2009, 9.28, 熊本大学 (熊本市))

⑩ 太田穰、井戸垣俊弘
振動磁場下の Potts model における動的相転移
日本物理学会 2009 年秋期大会(2009, 9.28, 熊本大学 (熊本市))

⑪ 太田穰、井戸垣俊弘
振動磁場下の Potts model に対するモンテカルロシミュレーション
日本物理学会九州支部例会 (2009, 12.5, 宮崎大学 (宮崎市))

⑫ 岩下孝、井戸垣俊弘 他2名
複数のスピン間相互作用の存在するイジングスピン系
日本物理学会九州支部例会 (2009, 12.5, 宮崎大学 (宮崎市))

⑬ 岩下孝、井戸垣俊弘 他2名
高次のスピン間相互作用と一軸性異方性項が存在するイジングスピン系の相転移とスピン構造
日本物理学会 第 65 回年次大会(2010, 3.21,

岡山大学 (岡山市))

⑭ 太田穰、井戸垣俊弘
振動磁場下の Potts model における動的相転移のモンテカルロシミュレーション
日本物理学会 第 65 回年次大会(2010, 3.21, 岡山大学 (岡山市))

⑮ 佐藤由昌、稲垣祐次、河江達也、鈴木博之、鬼丸孝博
磁場中比熱測定による単結晶 PrPb3 の磁場温度相図
日本物理学会秋季大会 (2010, 9.23, 大阪府立大学)

⑯ 岩下孝、浦上賀久子、伊東ゆい、村岡良紀
3 スピン間相互作用と 4 スピン間相互作用が共存するイジングスピン系の相転移とスピン構造
日本物理学会秋季大会 (2010, 9.24, 大阪府立大学)

⑰ 佐藤由昌、稲垣祐次、河江達也、鈴木博之、鬼丸孝博
磁場中比熱測定による 単結晶 PrPb3 の磁場温度相図
日本物理学会九州支部例会 (2010, 12.4, 長崎大学 (長崎市))

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井戸垣 俊弘 (Idogaki Toshihiro)
九州大学・工学研究院・名誉教授
研究者番号：40038013

(2) 研究分担者

岩下 孝 (Iwashita Takashi)
東海大学・総合教養部・教授
研究者番号：70071842
村岡 良紀 (Muraoka Yoshiki)
有明工業高等専門学校・教授
研究者番号：60229953

稲垣 祐次 (Inagaki Yuji)
九州大学・工学研究院・助教
研究者番号：10335458
河江 達也 (Kawae Tatsuya)
九州大学・工学研究院・准教授
研究者番号：30253503

(3) 連携研究者

(なし)

研究者番号：