



Title	Ordering of the Antiferromagnetic Heisenberg Model on a Pyrochlore Slab
Author(s)	有森, 拓也
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43619
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	あり もり たく や 有 森 拓 也
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 7 9 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 14 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学 位 論 文 名	Ordering of the Antiferromagnetic Heisenberg Model on a Pyrochlore Slab (パイロクロアスラブ格子上的反強磁性ハイゼンベルグモデルの秩序 化)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 川 村 光 (副査) 教 授 河 原 崎 修 三 教 授 阿 久 津 泰 弘 教 授 吉 田 博 助教授 谷 口 年 史

論 文 内 容 の 要 旨

パイロクロアスラブ格子上的反強磁性ハイゼンベルグモデルの秩序化をモンテカルロシミュレーションを用いて調べた。このパイロクロアスラブ格子上的モデルに対応する物質として、強いフラストレーションを持つ磁性体 $\text{SrCr}_9\text{Ga}_{12}\text{O}_{19}$ (SCGO) が考えられる。

これまでの実験によると、SCGO は $T \approx 3.5\text{K}$ で、FC と ZFC の帯磁率の振る舞いが異なり非線形帯磁率が発散的になるなどの、スピングラスに似た性質を持つ相転移が観測されている。しかし、中性子の非弾性散乱によると SCGO は転移温度より十分低い温度でも大部分のスピンの揺らいでいるなど、通常のスピングラスの場合と異なる性質も明らかにされている。これまで SCGO は、カゴメ格子反強磁性体の典型的なモデル物質と見なされてきた。しかし最近の理論的な研究によると、カゴメ格子反強磁性体は有限温度で相転移を示さないことが明らかになっており、SCGO の実験結果と大きく異なる。そもそも、SCGO の結晶構造は純粋なカゴメ格子ではなく、2 層のカゴメ格子の間に三角格子が挟まったパイロクロアスラブ格子であり、四面体を基本とする構造を持つ。そこでパイロクロアスラブ格子上的古典反強磁性ハイゼンベルグモデルの性質をモンテカルロシミュレーションにより調べ、四面体構造のためにその性質がカゴメ格子反強磁性体のものとどのように異なるかを明らかにした。この系はランダムネスの無い場合においても非常に熱平衡化が困難である。そのため、ランダムスピン系でよく用いられる温度交換法を併用した。また、その結果をふまえて SCGO の実験結果との比較を行なった。

より具体的には、カゴメ格子上的古典反強磁性ハイゼンベルグモデルと対照的に、低温でもスピンの非平面構造をとり、スカラーカイラリティが有限の値を持つことを明らかにした。また、次近接相互作用が反強磁性の場合には、スカラーカイラリティの有限温度における KT 的な相転移という新しい現象も発見した。このとき、帯磁率は転移温度でカusp 状の異常を示すが、比熱は転移温度では異常を示さず、その少し上の温度でゆるやかなピークを持つ。これは SCGO の実験で観測されている事実と対応する。低温相は、強いゆらぎとガラス的なスローダイナミックスを合わせ持つカイラリティの部分無秩序相である。

実際の SCGO には弱いランダムネスがある。その影響を調べるため、弱いボンドランダムネスを持つパイロクロアスラブ格子上的反強磁性ハイゼンベルグモデルについても同じくモンテカルロシミュレーションを用いて調べた。その結果、弱いボンドランダムネスが入っても、モデルの定性的な性質に変化がないことが分かった。

論文審査の結果の要旨

有森拓也君は、典型的なフラストレート反強磁性体として近年活発に研究されてきた SrCrGaO 系のモデルとして、従来広く用いられてきたカゴメ格子モデルでは無視されてきた格子の 4 面体構造に伴うフラストレーション効果を取り入れた新たなモデル——パイロクロア・スラブ上の反強磁性ハイゼンベルグモデル——を提案し、その磁気秩序化現象をモンテカルロ・シミュレーションにより詳細に調べた。その結果、このモデルが、4 面体構造に伴って発現する磁気的なカイラリティ自由度に起因する、従来知られていなかった新しいタイプの相転移現象を示すことを明らかにし、 SrCrGaO 系で観測されている特異な相転移現象の幾つかの特徴が説明できることを示した。この仕事は、博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。