

Title	低次元スピン系における量子相転移の理論的研究
Author(s)	古賀, 昌久
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42386">https://hdl.handle.net/11094/42386</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	古賀昌久
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16274 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	低次元スピン系における量子相転移の理論的研究
論文審査委員	(主査) 教授 川上 則雄  (副査) 教授 笠井 秀明    助教授 笠井 康弘    助教授 朝日 剛 講師 山本 吉孝

### 論文内容の要旨

本論文は、低次元量子スピン系における電子相関効果や低次元量子ゆらぎの効果を解明することを目的として、その系における量子相転移に関する理論的研究を行い、得られた結果を以下の5章にまとめたものである。

第1章では、緒言として低次元量子スピン系に関するこれまでの研究について概観し、本研究の位置付けを明らかにしている。

第2章では、量子相転移現象を定量的に取り扱うことのできる摂動クラスター展開について紹介している。1例として、1次元、2次元混合スピン系を取り上げ、他の数値計算法により得られた結果と比較することにより、この方法が定量的に高い精度の相図を与えることを示している。

第3章では、 $S=1$ 量子ハイゼンベルグ鎖に対する鎖間相互作用の効果について摂動クラスター展開を用いて議論している。ここでは Valence Bond Solid の描像を利用した新たな計算方法を提案することにより、1次元系における相図を定量的に決定している。また2次元、3次元系における反強磁性相との競合については、これまで平均場を用いた解析しかなかったが、この解析により初めて定量的な取り扱いがなされている。

第4章では、最近物性物理の分野において注目されている銅酸化物  $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$  を取り上げ、その磁気的性質を記述する直交ダイマー模型について考察している。この模型の基底状態では、交換相互作用の強さに応じてダイマー相と反強磁性相が互いに競合していると考えられていた。ここでは、摂動クラスター展開を用いてこの量子相転移現象を定量的に取り扱い、ダイマー相と反強磁性相の間にこれまで知られていなかった別の非磁性相があることを明らかにしている。

第5章では、総括として本論文のまとめと今後の展望について述べている。

### 論文審査の結果の要旨

超伝導や巨大磁気抵抗効果などの特異な現象を解明するために、強相関電子系における電子相関効果と低次元量子ゆらぎの効果の役割を理論的に明らかにすることが肝要である。本研究では、この強相関電子系の最も基礎的な系である低次元量子スピン系を取り扱い、量子相転移現象に関する定量的な解析を行っている。そして、低次元量子ゆら

ぎやフラストレーションが基底状態に及ぼす影響について明らかにしている。本研究成果を要約すると以下のとおりである。

- (1)近年、合成の進んでいる混合スピン系を取り上げ、1次元系および2次元系における量子ゆらぎ効果について研究している。ここでは、混合スピンシングレット展開を新しく提案することにより、1次元混合スピン鎖における磁気的な振る舞いについて調べ、量子ゆらぎにより非磁性の基底状態が実現していることを明らかにしている。また、鎖間相互作用により誘起される反強磁性相との競合についても解析を行い、相図を定量的に高い精度で決定している。
- (2)Haldane系に対する鎖間相互作用の効果について議論している。この効果に関しては、これまで平均場近似を用いた定性的な解析しかなかった。ここでは、低次元量子スピン系におけるスピンギャップ生成のメカニズムである Valence Bond Solid の描像を利用した解析により、初めて定量的な解析がなされている。
- (3)最近の話題の一つである  $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$  に注目し、その磁気的性質を記述する Shastry-Sutherland 模型を取り上げている。この系における量子相転移現象は、その特徴的な直交ダイマー構造のため、ダイマー相と反強磁性相が互いに競合していると考えられてきた。ここでは、摂動クラスター展開を用いた解析により、これまでに知られていなかった別の非磁性相が存在することを明らかにしている。

以上のように、本論文は、低次元量子スピン系における量子相転移現象について理論的に解析したもので、基礎的な面のみならず、応用の面でも有益な知見を得ており、応用物理学、特に統計物理学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。