The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Theoretical Study of Quantum Spin Chains : Integrable Inverse-Square Systems and Non-Integrable Systems
Author(s)	喜綿, 洋人
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38853
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

【4】

氏　　名	喜綿洋人（きわたひろひと）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学位記番号	第　11200　号
学位授与年月日	平成6年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Theoretical Study of Quantum Spin Chains : Integrable Inverse-Square Systems and Non-Integrable Systems **（1次元量子スピン系の理論的研究：可積分逆2乗相互作用系と非可積分系）**
論文審査委員	（主査） 教　授　阿久津泰弘 （副査） 教　授　大坪　久夫　　教　授　櫛田　孝司　　教　授　齋藤　基彦 助教授　菊池　　誠

論文内容の要旨

本論文では，逆2乗相互作用を持つ可積分量子スピン系と短距離相互作用を持つ非可積分量子スピン系について研究を行った。

短距離相互作用を持った1次元量子系のモデルを厳密に解くためには従来ベーテ仮設法が使われてきた。ベーテ仮設法では，多体S行列が2体S行列の積に因子化するという性質に基づき多体の固有関数を1体の波動関数の積の重みつき和の形におく。これまで一般に多体のS行列の因子化は長距離相互作用を持つ系に関し期待されておらず，もっぱらベーテ仮設法で解かれたモデルは短距離相互作用を持つ系に限られてきた。しかし，HaldaneとShastryによって$1/r^2$型長距離相互作用を持つ1次元Heisenbergモデル（SU(2)モデル）が解かれて以来，逆2乗型長距離相互作用を持つ系が非常に興味を持たれている。本研究では，この長距離Heisenbergモデルの多成分量子スピン系への拡張として，逆2乗型SU(M) 量子スピンモデルを導入した。逆2乗型SU(M) 量子スピンモデルについて以下の結果がえられた。

(1) 通常，可積分性は運動方程式がLax形式に書かれることによって示されるが，逆2乗型SU(M) 量子スピン系に対するLax形式を見出した。

(2) 逆2乗型SU(M) 量子スピン系の固有関数を置換群で分類し，各既約表現ごとに基底状態の固有関数がJastrow型で与えられることを示した。既約表現の分類によるとHaldane-Shastry系の波動関数は完全対称の場合に相当している。さらに，反強磁性モデルの場合，Young図が縦長になるにしたがって対応する固有関数のエネルギー固有値が低くなることを示した。つまり真の基底状態は完全対称の場合である。

一方，逆2乗相互作用系の場合にはある種のベーテ仮設法が厳密解を与えることも知られており，励起状態のスペクトルや熱力学的物理量が得られている。逆2乗相互作用系のように一見してベーテ仮設法が適用できそうにない系でも厳密解を与えることがあるという事実より，ベーテ仮設は可積分でない系にも近似として適用可能であると予想される。本研究ではベーテ仮設を近似法として用いる新しい方法を提出した。粒子数密度が低い場合は多体の散乱が少ないので，ベーテ仮設近似は良い近似であると予想される。また，可積分系に近いモデルの場合はS行列の因子化条件が近似的に満たされており，良い近似であると考えられる。ベーテ仮設近似法の利点としては，バルクな量を計算でき，さらに物理量が解析的な式で書けるので特異点の有無を論議できる，などがある。本研究では実験的にも興味を持たれている1次元S＝1 bilinear-biquadraticモデルにこの方法を適用した。ベーテ仮設近似の結果と有限系

の数値的対角化の結果との比較を行い，パラメーターが可積分系に近い場合，singlet ground state 近くまで有限サイズの効果を考慮してもかなり良い近似である事を示した。また，非可積分性が強い場合にも，低密度領域に限らずかなり広い密度領域にわたって基底状態エネルギーを高精度で与えることを示した。更に bound state の存在の効果を調べる事により，温度ゼロの磁化過程に相転移がある事が予想され，有限系の数値的対角化によってこの相転移を支持する結果を得た。

論文審査の結果の要旨

物理的に興味深い量子多体系の多くが長距離相互作用系となっている。特に逆 2 乗型相互作用系は量子ホール効果等多くの物理現象との関連があり高い関心がもたれている。喜綿君が新たに構成した多成分模型は可積分逆 2 乗相互作用系の本質解明に寄与すること大である。また非可積分系に対して考案された，ベーテ仮設法に基づく新たな近似法は高い信頼性と広い適用範囲をもち，擬 1 次元物理系に対する有効な理論的方法である。これらの成果は，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。