



Title	エネルギーギャップを持つ準1次元量子スピン系の動的性質
Author(s)	芳賀, 伸烈
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44245
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	は 芳 賀 のぶ やす 伸 烈
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 7 8 2 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 15 年 3 月 25 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	エネルギーギャップを持つ準 1 次元量子スピン系の動的性質
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 菅 誠一郎 助教授 山 本 吉 孝 助教授 笠 井 康 弘

論 文 内 容 の 要 旨

近年の超微細加工技術の急速な進歩に伴い、準 1 次元量子スピン系の研究が理論と実験の両面から精力的に行われている。特にエネルギーギャップを持つ準 1 次元量子スピン系の動的性質に関しては、多くの興味深い実験結果が得られている。このような研究背景に基づき、本学位論文では、エネルギーギャップを持つ様々な準 1 次元量子スピン系の動的性質を解明することを目的として理論的研究を行った。特に系のパラメータが変化するのに伴い、素励起の物理的描像がどのように変化するかという問題を調べると共に、実験との対応を考慮して議論を行った。得られた結果を以下の 7 章にまとめた。

第 1 章では、序章として準 1 次元量子スピン系の研究背景と本研究の目的及び意義を述べた。

第 2 章では、準 1 次元量子スピン系の動的性質に関する数値解析方法として広く用いられているランチョス法に基づく連分数展開法の説明を行った。

第 3 章では、 $S=1/2$ 二本足スピンラダー系における動的構造因子に関して解析を行った。動的構造因子に対する 4 体相互作用の影響を調べる事で、 SrCu_2O_3 の帯磁率の温度依存性を説明するために提案された二つのモデルの特徴が非弾性中性子散乱実験によって観測されるかどうかを議論した。

第 4 章では、 $S=1/2$ 二本足スピンラダー系における光学吸収スペクトルに関して解析を行った。光学吸収スペクトルに対する 4 体相互作用の影響を調べる事で、 SrCu_2O_3 を記述する適切なモデルは光学伝導度の実験から決定される可能性がある事を指摘した。

第 5 章では、次近接相互作用を持つ $S=1/2$ ボンド交替鎖の磁化プラトー状態における動的構造因子に関して解析を行った。得られた結果から、この系の磁化プラトー状態における素励起の物理的描像と支配的なスピン相関関数に関する相図を示した。

第 6 章では、エネルギーギャップを持つ準 1 次元量子スピン系における磁場中 NMR 緩和率に関して解析を行った。得られた結果に基づき、 $S=1/2$ スピンラダー物質 $\text{Cu}_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2)_2\text{Cl}_4$ 、及びハルデーニギャップ物質 $(\text{CH}_3)_4\text{NNi}(\text{NO}_2)_3$ に対する実験結果を議論した。

第 7 章ではこれまでの章を総括し、今後の展望と研究課題を述べた。

論文審査の結果の要旨

近年の超微細加工技術の急速な進歩に伴い、準1次元量子スピン系の研究が理論と実験の両面から精力的に行われている。特にエネルギーギャップを持つ準1次元量子スピン系の動的性質に関しては、理論と実験が密接に結びついて多数の興味深い結果が得られている。そこで本研究では、エネルギーギャップを持つ準1次元量子スピン系の動的性質を理論的に解析し、素励起の物理的描像を議論している。本研究における主な成果を要約すると以下のとおりである。

(1)ごく最近、 $S=1/2$ 二本足スピンラダー系の物理的性質に対する4体相互作用の重要性が指摘され、理論と実験の両面から活発に研究が進められている。本研究では、 $S=1/2$ 二本足スピンラダー系における動的構造因子と光学吸収スペクトルを数値的に計算し、4体相互作用の影響は素励起の物理的描像に顕著に現れる事を明らかにしている。また、実験的には、4体相互作用の影響は動的構造因子よりも光学吸収スペクトルに、より顕著に現れる事を明らかにしている。そして、4体相互作用の影響が議論されている $S=1/2$ 二本足スピンラダー物質 SrCu_2O_3 に対しては、光学伝導度の実験によって系の素励起の特徴が解明され、得られた知見から適切なモデルが決定される事を指摘している。

(2)次近接相互作用を持つ $S=1/2$ ボンド交替鎖における磁化プラトー状態は本質的に多体効果に起因している事が知られている。本研究では、次近接相互作用を持つ $S=1/2$ ボンド交替鎖の磁化プラトー領域での動的構造因子を数値的に計算し、有限サイズの効果から素励起に孤立モードが現れる事を明らかにしている。また、静的構造因子の支配的なモードが非整合な波数になるパラメータ領域が存在する事を明らかにしている。そして、得られた結果から、磁化プラトー状態での素励起の物理的描像と支配的なスピン相関のモードに関する相図を決定している。

(3)近年、 $S=1/2$ スピンラダー物質 $\text{Cu}_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2)_2\text{Cl}_4$ 、及びハルデーンギャップ物質 $(\text{CH}_3)_4\text{NNi}(\text{NO}_2)_3$ において、磁場中 NMR 緩和率が実験的に調べられ、その温度低下に伴う発散のべきが議論されている。本研究では、エネルギーギャップを持つ準1次元量子スピン系は外部磁場によってエネルギーギャップが閉じた場合に、朝永・ラッティンジャー流体で記述される事に注目し、朝永・ラッティンジャー流体における NMR 緩和率の表式に、エネルギーギャップを持つ様々な準1次元量子スピン系のスピン相関関数の数値計算結果を代入する事で、それらの系の特徴は NMR 緩和率の温度の低下に伴う発散のべきの磁場依存性に現れる事を明らかにしている。更に、その表式を用いて $\text{Cu}_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2)_2\text{Cl}_4$ や $(\text{CH}_3)_4\text{NNi}(\text{NO}_2)_3$ の実験結果を議論している。

以上のように、本論文は、エネルギーギャップを持つ準1次元量子スピン系の動的性質について理論的に解析したものであり、準1次元量子スピン系の基礎物性のみならず応用に関しても有益な知見を得ており、応用物理学、特に理論物性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。