



| | |
|--------------|---|
| Title | 軌道縮退のある1次元量子液体に関する理論的研究 |
| Author(s) | 宮下, 哲 |
| Citation | 大阪大学, 2005, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/45803 |
| 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 | 宮 下 哲 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学) |
| 学 位 記 番 号 | 第 19471 号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 17 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 | 軌道縮退のある 1 次元量子液体に関する理論的研究 |
| 論 文 審 査 委 員 | (主査) 教 授 川 上 則 雄 (副査) 教 授 伊 東 一 良 教 授 笠 井 秀 明 助 教 授 菅 誠 一 郎 助 教 授 吉 信 達 夫 |

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、軌道縮退のある 1 次元量子液体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、その系における動力学の性質や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 6 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た。

第 2 章では、1 次元量子系を理論的に解析する際によく使われるボゾン化法と密度行列繰り込み群 (DMRG) 法について紹介し、その有用性を示した。さらに DMRG 法を用いた解析の 1 例として 1 次元 $S=1/2$ スピン軌道模型における磁気的性質を取り上げ、磁場誘起された軌道ダイマー状態の影響を受けて磁化曲線に異常なカスプ構造が現れることを述べた。

第 3 章では、金属相における 1 次元量子液体の低エネルギー領域の動的性質について議論した。短距離相関を持つ 1 次元量子系および長距離相関を持つ 1 次元量子系それぞれに対して、ボゾン化法を用いて一粒子スペクトルと動的帯磁率を定式化し、軌道縮退効果および軌道分裂効果が系の動的性質に及ぼす影響について明らかにした。

第 4 章では、バナジウム酸化物に対する有効模型である 1 次元 $S=1$ スピン軌道模型における量子相転移現象について DMRG 法を用いて考察した。ここでは、フロント結合と軌道間相互作用を取り入れることによって、この模型の基底状態相図を決定した。得られた相図は YVO_3 のスピン・軌道特性を定性的に再現するものであり、実際の系において軌道液体状態が実現する可能性があることを指摘した。

第 5 章では、前章のモデルを一般化した $SU(2) \times SU(2)$ 対称性を持つ 1 次元 $S=1$ スピン軌道模型に対して単一イオン異方性 D が及ぼす効果について DMRG 法を用いて議論した。 $D=0$ のとき、スピンおよび軌道に関する交換相互作用の大きさを変化させることで、4 つの状態が基底状態になりうることを明らかにした。また $D \neq 0$ のときには新たに intermediate-D 相などの多彩な相が現れることを示した。

第 6 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た。

論文審査の結果の要旨

本論文は、軌道縮退のある 1 次元量子液体における電子相関効果や量子ゆらぎの効果を解明することを目的として、その系における動力学の性質や量子相転移現象に関する理論的研究を行い、以下の 6 章にまとめたものである。

第 1 章では、緒言として軌道自由度のある強相関系に関するこれまでの研究や 1 次元量子系の理論的枠組みを与える朝永-Luttinger 液体について概説し、本研究の位置付けを明らかにしている。

第 2 章では、1 次元量子系を理論的に解析する際によく使われるボゾン化法と密度行列繰り込み群 (DMRG) 法について紹介し、その有用性を示している。さらに DMRG 法を用いた解析の 1 例として 1 次元 $S=1/2$ スピン軌道模型における磁気的性質を取り上げ、磁場誘起された軌道ダイマー状態の影響を受けて、磁化曲線に異常なカスプ構造が現れることを述べている。

第 3 章では、金属相における 1 次元量子液体の低エネルギー領域の動力学の性質について議論している。短距離相関を持つ 1 次元量子系および長距離相関を持つ 1 次元量子系それぞれに対して、ボゾン化法を用いて一粒子スペクトルと動的帯磁率を定式化し、軌道縮退効果および軌道分裂効果が系の動的性質に及ぼす影響について明らかにしている。

第 4 章では、バナジウム酸化物に対する有効模型である 1 次元 $S=1$ スピン軌道模型における量子相転移現象について DMRG 法を用いて考察している。ここでは、フント結合と軌道間相互作用を取り入れることによって、この模型の基底状態相図を決定している。得られた結果は YVO_3 のスピン-軌道特性を定性的に再現するものであり、実際の系においても軌道液体状態が実現する可能性があることを指摘している。

第 5 章では、前章の模型をさらに一般化した $SU(2) \times SU(2)$ 対称性を持つ 1 次元 $S=1$ スピン軌道模型に対する単一イオン異方性 D の効果について DMRG 法を用いて議論している。 $D=0$ のとき、スピンおよび軌道に関する交換相互作用の大きさを変化させることで、4 つの状態が基底状態になりうることを明らかにしている。また $D \neq 0$ のときには新たに intermediate- D 相などの多彩な相が現れることを示している。

第 6 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。

以上のように、本論文は軌道縮退のある 1 次元量子液体における動力学の性質および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、特に物性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。