



Title	Theory of Electron Spin Resonance in Low Dimensional Quantum Magnets
Author(s)	吉野, 太郎
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3155139">https://doi.org/10.11501/3155139</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	吉 野 太 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 3 8 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 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	Theory of Electron Spin Resonance in Low Dimensional Quantum Magnets (低次元磁性体の電子スピン共鳴の理論)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 宮 下 精 二
	(副査) 教 授 佐 々 木 節 教 授 都 福 仁 教 授 阿 久 津 泰 弘 助 教 授 松 川 宏

### 論 文 内 容 の 要 旨

量子揺らぎの非常に強い低次元量子スピン系低次元磁性体の電子スピン共鳴についての理論的研究を行った。

低次元量子スピン系は、精力的な研究によってさまざまな量子相を基底状態に於いて持つことがわかっている。そのとき系は量子的に“乱れた”状態にあり、スピンの長距離相関がない。このような系における電子スピン共鳴実験に強い興味を持たれ、さまざまな実験が行われている中、量子効果を正確に取り入れた理論的取り扱いが求められている。

我々は Kubo 公式から吸収曲線（複素帯磁率）を直接数値計算する手法を提案した。少数量子スピン系においてスピンの自己相関関数を数値的に厳密に求めることで吸収曲線をデルタ関数の集合として求められる。さらにそれをヒストグラム表示することで、吸収曲線に対する双極子相互作用の効果を正確に計算する事が出来た。この方法では、少数系での量子効果、系の幾何学的配位によって変化する双極子相互作用、そして Dzyaloshinski-Moriya 相互作用の効果を正しく取り扱うことが出来る。

その方法を初めに  $S = 1/2$  の一次元系において実行した。吸収曲線を重みつき平均することで共鳴磁場の常磁性共鳴からのシフトを計算し、Nagata-Tazuke の求めたシフトの温度依存性の結果が定性的に再現された。さらに異方性の効果、静磁場の強さの効果、磁場の系に対する幾何学的配位の効果（ダイナミカルシフト）が調べられた。特に共鳴のシフトが異方性に敏感であることを指摘した。

また、電子スピン共鳴の実験 (Taniguchi *et.al*) が行われている物質  $\text{Cu}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Nb}_2\text{O}_6$  に対応する、 $S=1/2$  一次元ジグザグ鎖におけるダイナミカルシフトを調べた。ボンドの種類ごとの異方性パラメタをボンドの種類ごとにフィットさせることで、実験と同じ 4 配位間のダイナミカルシフトの順序を正しく再現出来ることを示した。Dzyaloshinski-Moriya 相互作用のシフトへの影響も調べた。

物質  $\text{Cu}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Nb}_2\text{O}_6$  に対応するジグザグな一次元鎖では、ボンドの長さが 2 種類あることがわかっているがそのどちらが強磁性ボンドでどちらが反強磁性ボンドであるかを既存の巨視的実験をもちいて決定することは不可能であった。我々はそれぞれの種類のボンドに平行な配位でダイナミカルシフトを計算し実験と比較することで、有意な差を見いだすことをシミュレーション結果から示した。この方法は、結晶のさまざまな配位でのダイナミカルシフトの測定で系の構造定数を決定するという、これまでになく新たな構造決定法の提案であるといえる。

さらにさまざまな量子相を基底状態にもつ系、一次元  $S=1/2$  ボンド交代鎖でのダイナミカルシフトが調べられ

た。系がジクザクしている場合の影響も調べられた。それぞれの相・配位にあわせ、さまざまな共鳴磁場のシフトが見られることを示しそれを分析した。

#### 論文審査の結果の要旨

量子揺動が大きい低次元量子スピン系では、古典的な磁気モーメントの対応が困難になる。そのような系に対する電子スピン共鳴の吸収曲線の理論的方法として、少数系ながら量子揺動を完全に取り込む方法を開発し対応する実験の解析に応用するとともに、従来の方法では困難であった線幅の解析や、磁気相互作用の微視的な配位の決定方法の考案を行っている。

博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。