

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	伊 藤 和 博
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論 文 題 目			
Theoretical Study of the Phase Transition and Low-Temperature Property in Two-Dimensional Coupled Antiferromagnets (二次元複合磁性体における相転移と低温物性の理論的研究)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	嶋 原	浩
審査委員	教 授	鈴 木	孝 至
審査委員	教 授	高 根	美 武
審査委員	准教授	樋 口	克 彦
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文では、異なる性質をもつ二つのスピン系が結合した複合反強磁性体における相転移と低温物性に関する理論が展開されており、とくに、二次元の場合に、反強磁性長距離秩序の安定化機構が調べられている。またその理論は、有機伝導体λ-(BETS)$_2$FeCl$_4$ (以下、Fe系と呼ぶ)に適用され、その結果が観測事実と詳しく比較されている。Fe系は、近年その多彩な物性により注目を集めている物質であり、本論文ではその中でも低温・零磁場付近の反強磁性絶縁体相に着目している。Fe系の絶縁体相における磁性には、局在化したπ電子(以下πスピン)とアニオン上の3dスピンの二種類の自由度が、それぞれ大きさ1/2, 5/2のスピンの寄与していることが知られており、従来スピンの大きい3dスピンの主導的に磁気秩序を担っていると考えられていたが、最近の比熱測定の結果により、意外にも小さいπスピンの主導的であり、3dスピンの従属的であることが明らかになっている。この振る舞いは、3dスピンを含まない類似物質λ-(BETS)$_2$GaCl$_4$ (以下、Ga系と呼ぶ)において磁気秩序が観測されていないことと一見矛盾しており、その機構の理論的な解明が切望されている。本論文では異方的なスピンの導入による磁気秩序の安定化機構を考えることにより、その解明を試みている。</p> <p>本論文の導入部である第1章では、研究の背景と目的が述べられ、関連する基礎理論が解説されている。また、上記の逆説的な観測事実が解説され、問題提起がなされている。</p> <p>第2章では、この観測事実を説明し得る最も単純な理論的モデルが提案されている。そのモデルとは、スピン空間において等方的な$S=1/2$の二次元量子スピン系に、一軸異方性をもつ$S=5/2$のスピン系が結合しているというものである。</p> <p>第3章では、このモデルに平均場近似を適用し、秋葉らによる比熱と帯磁率の実験データが解析されている。その結果、Fe系に対して適切なモデルパラメーターの値が求められ、</p>			

さらに磁気異方性に関する情報を抽出することに成功している。このとき、当該模型によって、比熱と帯磁率の実験データが、転移温度付近を除く広い温度領域で非常によく再現されることが示され、この温度領域における模型の妥当性が確認されている。また、実験データのパラメーターフィッティングにおいては、独自の手法が考案・適用されている。それは、近似および局在スピン模型の信頼性の高い低温極限から出発して、順次温度領域を拡張しつつ、結合定数を一つ一つ求めていくというもので、この方法により、従来よりも信頼性の高い値を得ることに成功している。

第4章では、同じ模型に基づいて、秩序状態の安定化機構が調べられている。この目的に対しては、チャブニコフ近似と呼ばれるグリーン関数の運動方程式の方法が拡張適用されている。その結果、Ga系において磁気秩序が存在しないことと、Fe系において観測された高い転移温度の両方を、一つの理論で統一的に再現することに成功している。このとき、二次元系の相転移に対するマージナリティと呼ばれる性質のために、当該安定化機構が極めて有効であることが示され、このことが、上述の高い転移温度の原因であることが議論されている。また、副格子磁化の温度依存性については3dスピンの従属的に振る舞うことが定性的に再現されており、上記の逆説的な観測事実を、理論的に再現・説明することに成功している。

以上の研究は、近年注目を集めている物質において提起された問題を理論的に解決するものであり、その学術的な意義は大きい。また特定の物質にとどまらない一般的な観点からも、一軸異方性の導入による低次元量子スピン系の磁気的長距離秩序の安定化機構を詳細に調べ、その特徴をはじめて明らかにしたものとして、学術的に高く評価できる。以上のことから、本論文の著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な能力と実績を有するものと認める。