

氏名	森 重 喜
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	理 学
学位授与番号	博乙第 3261 号
学位授与の日付	平成 10 年 9 月 30 日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者 (学位規則第 4 条第 2 項該当)
学位論文の題目	Disordered ground state and domain-wall excitations in one-dimensional quantum antiferromagnets 一次元量子反強磁性体における乱れた基底状態と磁壁励起
論文審査委員	教授 原田 勲 教授 山崎比登志 教授 町田 一成

学位論文内容の要旨

本論文では、一次元スピン系に特有の量子力学的基底秩序状態と磁壁で特徴づけられる低エネルギー励起状態の特性を明らかにし、それらと量子ゆらぎとの関連を明らかにするため、次の 2 つの具体的モデルを調べた：(A) 横磁場中の $S = 1/2$ 反強磁性 XXZ 鎖および、(B) 次近接相互作用をもつ $S = 1/2$ 交替ボンド反強磁性鎖。

この 2 つのモデルにおいては、相競合する相互作用のため、基底状態相転移が存在する。特に秩序相は量子力学的な秩序が存在し、それらの秩序の欠陥としての磁壁が低エネルギー励起状態を構成している。本研究では、このような系におけるスピン相関関数が一般に不整合な周期性をもつ空間変調を伴っており、このゆらぎの周期性は、Hamiltonian に含まれる競合する相互作用パラメタに依存することを明らかにした。特に、モデル (A) における有限系での数値対角化法によるエネルギー・スペクトル解析やフェルミ粒子系への変換により、この空間変調が 2 つの異なる周期性をもつ磁壁の動力学の競合効果によって説明されることを具体的に示した。一方、モデル (B) では、動的スピン構造因子を数値計算により評価し、それらの特徴は、この系特有のダイマー基底状態を強く反映したものであることを示した。また本研究では、これらの結果が、最近話題の無機物スピン・パイエルス物質 CuGeO_3 での中性子散乱により観測された動的スピン構造因子の特徴を見事に再現していることを明らかにした。

以上、本研究では、一次元スピン系の乱れた量子基底状態とその励起状態の特性を具体的な 2 つのモデルを通して調べ、それらに共通する秩序とゆらぎの関係を明らかにした。また、実験結果との具体的な関連についても言及した。この研究が刺激となり、さらなる実験が展開されることを望む。

論文審査結果の要旨

本論文では、一次元反強磁性体に特有な、乱れた量子力学的基底状態とそれに付随する磁壁で表現される低エネルギー励起状態の特性を明らかにするため、次の2つの具体的モデルを調べている：(A)対称性を破る磁場中での $S=1/2$ 反強磁性 XXZ 鎖および、(B)競合する次近接相互作用をもつ $S=1/2$ 交替ボンド反強磁性鎖。

一見異なるこれら2つのモデルに共通な側面、すなわち基底状態における量子力学的な秩序と、それらの秩序の欠陥としての磁壁からなる低エネルギー励起状態を数値計算や変分法を用いて詳しく調べ、競合する相互作用を持つ一次元反強磁性体での量子ゆらぎと相転移の関係を論じている。さらに、このような系におけるスピン相関関数は、一般に不整合な周期性をもつ空間変調を伴い、その空間変調の周期性は、Hamiltonian に含まれる競合する相互作用パラメーターに依存することを明らかにした。特に、モデル(A)における有限スピン系での数値対角化法によるエネルギー・スペクトルの解析や双対変換とフェルミ粒子系への変換との組み合わせにより、この空間変調が2つの異なる周期性をもつ磁壁の動力学の競合効果によって説明されることを具体的に示した。一方、モデル(B)では、動的スピン構造因子を数値計算により評価し、それらの特徴がスピン相関関数の空間変調およびこの系特有のダイマー基底状態を強く反映したものであることを示した。これらモデル(B)における動的スピン構造因子の特徴は、最近話題の無機物スピン・パイエルス物質 CuGeO_3 において、中性子非弾性散乱実験により観測された動的スピン構造因子の特徴を良く再現しており、この物質における次近接相互作用の役割の重要性を明らかにした。

以上のように、競合する相互作用をもつ一次元量子反強磁性体の乱れた基底状態とその励起状態の特性を、秩序とゆらぎの関係という観点から明らかにし、さらにそれらを具体的な実験結果と関連付けて議論することにより、この分野の研究に新たな視点を与えたことは評価される。

本論文の内容、論文発表会、参考論文を総合的に審査した結果、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。