

氏名(本籍)	わた なべ ひろ し 渡 辺 浩 志 (新潟県)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 1,222 号		
学位授与年月日	平成 6 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当		
審査研究科	物 理 学 研 究 科		
学位論文題目	Haldane Gap and Quantum Spin Ladder (ハルディンギャップと梯子型量子スピン系)		
主査	筑波大学教授	理学博士	高 田 慧
副査	筑波大学教授	理学博士	高 山 一
副査	筑波大学助教授	理学博士	久 保 健
副査	筑波大学助教授	理学博士	宗 田 敏 雄
副査	筑波大学助教授	理学博士	小野田 雅 重

論 文 の 要 旨

本論文は現在磁性物理学で興味ある問題として研究が進行中のハルディン問題に関するものである。この問題は1983年のハルディンの理論的予想「1次元反強磁性ハイゼンベルグスピン系の基底状態の性質はそのスピンの大きさ(S)が半奇数が整数かによって本質的に異なり、前者では励起状態が基底状態との間にギャップがなく連続的につながるのに対し、後者ではギャップ(ハルディンギャップ)が存在する。」が正しいか否かを巡る問題である。その後、 $S=1$ の場合に対して、その予想の正さが理論的実験的に確認されているが、未解決な問題もあり、整数スピン系のさまざまな性質について研究が進行中である。

論文は6章に分かれ、第1章ではハルディン問題の研究のレビューが、第2章では著者の研究する梯子型ハイゼンベルグ模型について、現在までの理論計算の結果の問題点、実験結果及びこの模型を研究する意義が述べられている。この模型は2本の $S=1/2$ の反強磁性ハイゼンベルグ鎖の間を梯子型に強磁性的な相互作用(強さ λ)でつなぐ模型であるが、 $\lambda=0$ で2本のギャップのない $S=1/2$ 反強磁性ハイゼンベルグ鎖になり、 $\lambda \rightarrow \infty$ で1本のハルディンギャップを有する $S=1$ 反強磁性ハイゼンベルグ鎖になるが、著者はギャップの発生する λ の値(λ_c)が現在まで確定してないことと、系の励起状態の性質がどのように λ と共に変化するかを問題点として挙げており、それが本論文の主題であることを述べている。第3章～第5章は著者の研究内容になっている。

第3章では、 $S=1$ に対してケネディーと田崎が導入した非局所ユニタリー変換を $S=1/2$ の梯子模型に拡張し、変換した系を変分法によって調べている。ここで著者は λ の値によって、基底状態は

二つの相に分かれ、 $\lambda \rightarrow \infty$ ($S=1$ 系)につながる相ではハルディン相に特徴的なストリング秩序(隠れた秩序)が存在することを示している。第4章ではこの模型のハミルトニアンをボゾン化の方法を用いてボゾン場のハミルトニアンに書換え、繰り込み群等を用いて、相図や相関関係について調べている。著者は、ある仮定の下に、 $\lambda_c=0$ であることとスピン相関関係の相関長が λ と共にコストリッツ-サウレス型で指数関数的に減少することを示している。第5章では最近著者の行った有限系の数値的対角化によるギャップの計算とその解析が解説されており、 $\lambda_c=0$ を示唆する結果と相関長が前章と異なって、 λ と共にべき的に減少することを示している。第6章では本研究で得られた結論と残された問題点が説明されている。

審 査 の 要 旨

著者が研究を行った模型は $S=1/2$ のスピン系と $S=1$ の系をつなぐ模型としてハルディン問題の理論的理解にとって価値のある問題であり、また、このような系と考えられる物質も実験的に研究が進行中の問題でもある。現在までこの模型に関する研究は他に飛田があるのみであり、開拓的な研究と行うことができる。

ある仮定に基づいているが二つの方法で $\lambda_c=0$ という結論を得たことは高く評価することができる。相関長の振舞いについては第4章のボゾン化の方法と第5章の数値的対角化の結果が異なっており、今後の問題を残しているが、著者の研究はこの分野の研究にとって重要な貢献を成したものと評価できる。

よって、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。