

論文審査の結果の要旨

氏名 福住吉喜

本論文は、空間一次元時間一次元の系におけるフェルミオンとボゾンの等価性において、 $U(1)$ 対称性に対する背景ゲージ場が非自明である場合に、ボゾン側での背景ゲージ場の正しい導入方法を解明し、これをもちいて、XXZ スピン鎖モデル等における偏極演算子の数値計算によって調べられた振舞いに統一的な説明をあたえたというものである。

空間一次元時間一次元の系におけるフェルミオンとボゾンの等価性は長らく知られている結果であるが、 $U(1)$ 対称性の背景ゲージ場が非自明な場合に関しては何種類もの異なった提案が文献でなされていたが、そのどれも理論的不備が指摘されうるものであった。これに対し、この論文で提唱された方法は、既知の問題をすべて解決する優れた方法である。また、この方法は、数値計算で得られていた偏極演算子のスケーリング則を正しく説明することが出来る。

本論文の構成は以下のようにになっている。

まず第一章では、背景ゲージ場のないごく標準的な場合における $1+1$ 次元連続時空でのフェルミオンとボゾンの等価性について簡潔にレビューしたのち、この連続時空場の理論が XXZ スピン鎖の連続極限としてどのようにあらわれるか、また連続理論の Tomonaga-Luttinger パラメタが XXZ スピン鎖のパラメタとの関係を述べ、さらに XXZ スピン鎖で捻った周期境界条件を課した際の連続極限をレビューする。

次に第二章では、この標準的なボゾンフェルミオン対応を背景 $U(1)$ ゲージ場と結合させる既存の方法の種々の既知の困難についてまずレビューをおこない、それらの困難を一掃する新しい方法を提唱し、その確認を行う。また、XXZ スピン鎖についても更なる考察を行う。

第三章では第二章で与えられた新しい方法を量子スピン鎖の解析に応用する。重要な役割を担うのがいわゆる Resta の偏極演算子である。この偏極演算子の期待値のスケーリング則は、以前数値計算によって調べられていたが、理論的な一貫した説明は得られていなかった。困難の原因は、この偏極演算子はまさに円周上で large ゲージ変換を行うという演算子であって、実質非自明な背景 $U(1)$ ゲージ場を導入するものであるからである。そのため、この偏極演算子の連続極限における表式は、過去にいくつも微妙に異なるものが提

唱されているが、どれが正しいものか明らかでなかった。第二章で与えられた方法を用いると、この偏極演算子の連続極限での正しい表式が問題なく導出できる。この正しい表式を用いると、数値計算で求められていたスケーリング則が自然に説明される。これが第三章の主結果である。

第四章では以上の考察を振り返ったのち、この研究の今後の展開、方向性について議論することで、論文の掉尾とする。

なお、本論文のもととなった既出版論文一篇およびプレプリント一篇は双方とも共同研究に基づくものであるが、論文提出者が要となって考察、議論を行ったものであり、論文提出者の寄与は充分以上存在すると審査委員会は判断した。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。