

論文審査の結果の要旨

氏名 日高義将

本論文は6章から成り、第1章で緒言と研究の背景が述べられた後、第2章では、有限温度における場の量子論、特に遅延グリーン関数のスペクトル構造に関する一般的概説が与えられている。第4章と第5章は、本論文の核心部分で、カイラル対称性に関する、線形シグマ模型、およびベクトル型表現模型、を用いた有限温度でのスカラー中間子、及びベクトル中間子の有限温度スペクトル関数が計算され、そのカイラル相転移点付近での振舞いについての考察がなされている。第6章では、結果のまとめと今後の展望が、また補章A-Dでは、有限温度における最適化摂動法に基づいたループ計算の詳細が与えられている。

有限温度におけるカイラル対称性の動的破れとその回復は、アメリカのブルックヘブン国立研究所の相対論的重イオン衝突加速器 (RHIC) で進行中のクォーク・グルオン・プラズマ探索と関連して大きな注目を浴びている。特に、カイラル対称性が回復した時に、特徴的に現れる実験的シグナルについて、これまでさまざまな理論的予想が行われてきた。なかでも、カイラル対称性が動的に破れた状態で特徴的にあらわれるシグマ中間子が、南部—ゴールドストーン粒子であるパイ中間子と有限温度で近似的に縮退し、シグマ中間子のスペクトル関数が閾値付近で異常に増大する現象、およびベクトル粒子であるロー中間子がパイ中間子と縮退する現象がこれまで提案されてきた。

本論文の第4章では、まずシグマ中間子の閾値異常の問題をより理論的に深く考察する目的で、相転移点付近の有効理論として線形シグマ模型を採用し、シグマ中間子の有限温度遅延グリーン関数の複素エネルギー平面での構造を調べている。有限温度では、単純なループ展開が破綻する事が知られているので、これを回避するために、本論文では有限温度での最適化摂動法が採用されている。この解析から、シグマ中間子のスペクトル関数に主として寄与する2つの極があることが示された。そのうちの一つは、温度ゼロでの幅の広いシグマ中間子を記述するもので、有限温度では複素エネルギー平面の実軸から遠ざかるように移動する。もう一つの極は、仮想的なパイ中間子束縛状態に対応するもので、温度ゼロでは非物理的なリーマン面上の極であるが、温度の上昇とともに媒質中の誘導放射のために引力が増大し、真の束縛状態に移行していく。高温でのカイラル対称性の回復

相でパイ中間子と縮退するのはこの後者の極であり、相転移点付近でのスペクトルの閾値増大を引き起こすのもこの極であることが明らかになった。本論文では、改良摂動法の最低次ではとりいれられていない高次項の評価を行い、パイ中間子が媒質効果で幅をもつ事まで考慮すると、閾値付近のスペクトル増大はパイ中間子の幅程度に広がった分布になる可能性を指摘した。しかし、低エネルギーでのボーズ分布関数の振る舞いを反映して、シグマ中間子の2光子崩壊においては、閾値付近の増大が実験的に観測できる可能性があることも指摘している。

さらに、本論文の第5章では、ベクトル中間子の有限温度でのスペクトル関数とカイラル対称性の関係を調べるため、隠れた局所対称性の概念に基づいてゲージ粒子としてロー中間子を導入するアプローチを採用し、そこで予想されている相転移点でのベクトル型表現の実現について考察している。線形シグマ模型の場合と同じく、最適化摂動法を用いて有限温度のロー中間子の遅延グリーン関数を解析し、パイ中間子とロー中間子の崩壊定数が同じ転移温度で消えることを示した。また、ロー中間子のスペクトルは、シグマ中間子の場合と同様、臨界点近傍で閾値異常を示す事を明らかにした。しかしながら、上記崩壊定数の比が、ベクトル型表現から予想される値と大きく異なることも示された。

本論文では、カイラル対称性の有限温度での回復とそれにともなうスペクトル異常について、2つの異なる模型（4章で考察された線形表現に基づく模型と、5章で考察されたベクトル型表現に基づく模型）を採用して、中間子スペクトルの詳細な計算とその物理的解釈が行えられている。これまでの研究から更に踏み込んだ深い考察がなされている事、今後両模型を統一したアプローチを行う場合の出発点となる理論的枠組みを与えている事などは意義深い。

なお、本論文の主要部である第4章と第5章の内容は、大谷宗久、西川哲夫、森松治との共同研究であるが、論文提出者が主体となって理論的解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の観点から、申請者に博士（理学）の学位を授与できると認める。