

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 若山 将征

論 文 題 目 格子量子色力学を用いた 4 クォーク演算子による
スカラー中間子の研究

論文審査担当者

主 査	名古屋大学基礎理論研究センター	准教授	博士(理学)	野 中 千 穂
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(理学)	原 田 正 康
委 員	名古屋大学現象解析研究センター	教 授	博士(理学)	飯 嶋 徹
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	Ph. D.	岡 本 祐 幸
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	野 尻 伸 一

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

「強い相互作用」の基礎理論である量子色力学(QCD)はハドロンやクォーク・グルーオンが関わる多くの現象の記述に成功している。しかし、一方でいくつかの基本的で重要な未解決の問題が残っている。その一つが π 中間子 - π 中間子散乱振幅の精密な位相差解析に見出された 1GeV 以下の質量を持つ軽いスカラー中間子、 σ 中間子の存在とその物理的な機構である。

多くのハドロンの構成の記述に成功している単純なクォーク模型ではこの σ 中間子を説明することはできない。つまり σ 中間子が2個のクォークで構成されると考えると、軌道角運動量が励起状態となるため質量は約 1.2GeV と重くなる。そのため様々な研究がなされてきた。例えば有効理論からは、 σ 中間子は2個のクォークから成る粒子ではなく、4個のクォークからなる粒子、あるいは両者の重ね合わせであることが提案されている。また、 σ 中間子は π 中間子 - π 中間子散乱で観測されていることから、2つの π 中間子を成分とする「分子的」な構造も成分として含まれている可能性も考えられる。

申請者は、第一原理計算である格子 QCD を用いて σ 中間子の組成構造を明らかにすることを目標とする研究を行った。特に σ 中間子が4個のクォークからなる粒子として説明できるのかに注目した。まず、動的クォークの質量を無限大にしたクエンチ近似計算のもと、スカラーチャンネルにおいて4クォークが束縛状態として存在可能であるかどうかを調べた。先行研究では4クォーク状態が存在することの示唆が得られていたが、より大きな格子サイズ上で改良された作用を用い、統計を向上させ、より精度の高い計算を行った本研究では4クォークの束縛状態としてのスカラー中間子は見出せなかった。

次に申請者は動的クォーク効果を取り入れた格子 QCD を用いてスカラー中間子の解析を行った。具体的にはスカラー中間子の記述に相応しいと見なせる4クォーク演算子を用意し、それらの伝播関数の計算結果から、有効質量などの評価を行った。4クォーク演算子から作られる伝播関数は連結ダイアグラムと非連結ダイアグラム(クォークラインの切れたダイアグラム)を含む。この非連結ダイアグラムの評価は難しく計算コストもかかることからこれまで評価されることがなかった。その中で申請者は世界で初めて非連結ダイアグラムを取り入れた計算を行った。その結果このダイアグラムが4クォーク演算子の伝播関数を支配しており、2クォーク状態などの寄与が無視できないことを見出した。しかし、いずれの4クォーク演算子の伝播関数からも束縛状態としてのスカラー中間子の存在を示す兆候は得られなかった。

以上の成果は格子 QCD を用い、 σ 中間子における4クォーク演算子からなる伝播関数に存在する非連結ダイアグラムの評価の重要性を指摘した初めての研究であり、その結果は σ 中間子の理解を深めるものとして高く評価される。さらにこれらの結果は今後の格子 QCD を用いた σ 中間子研究、さらにはエキゾチックハドロンの研究の基盤を与えた点でも評価される。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。