

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 中山 勝政

論 文 題 目 Perturbative quantities from lattice formulations
(格子場の理論に基づく摂動的な物理量の計算)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士 (理学)	戸部 和弘
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士 (理学)	棚橋 誠治
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	准教授	博士 (理学)	戸本 誠
委 員	高エネルギー加速器研究機構	教 授	博士 (理学)	橋本 省二

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

素粒子物理学において、強い力の基礎理論としての量子色力学は、主として高エネルギーでのハドロン散乱実験を通じて検証され、成功を収めてきた。一方、ハドロンの質量などの低エネルギーでの物理量は量子色力学の非摂動的性質の結果として決まるもので、その検証には格子ゲージ理論に代表される非摂動的解析手法が必要になる。

格子ゲージ理論は、非可換ゲージ理論である量子色力学の非摂動的な計算を可能にする手法として発展してきた。ハドロンの質量などの計算に格子ゲージ理論のシミュレーションが用いられるが、その理論的定式化自体は摂動的な高エネルギー領域でも正しいため、摂動的エネルギー領域と非摂動的エネルギー領域の中間領域での定量的な計算にも使用可能である。申請者は、この中間エネルギー領域での相関関数やクォークのエネルギー固有値スペクトルを調べることで、量子色力学の定量的な検証と物理量の決定を行った。

申請者はまず、チャーモニウム相関関数の時間モーメントの計算において、格子ゲージ理論のシミュレーションで得られた結果を摂動計算と比較することで、量子色力学の基本的パラメータである結合定数とチャームクォーク質量を決定した。特にチャームクォーク質量に関しては、様々な系統誤差を慎重に評価した上で1%の精度が得られた。計算手法としては先行研究ですでに提案されていたものを基にして、従来のものとは異なる格子定式化を用いて初めて結果を検証したこと、また、特に摂動展開の収束に関して独自の誤差解析を加えることで系統誤差も含めてより信頼できる結果を得たことは評価に値する。

クォークのエネルギー固有値スペクトルの計算を対応する摂動計算と比較した研究は、過去に例がなく申請者が初めて試みた手法に基づく。高エネルギー領域でより深刻になる離散化誤差を制御するために、格子上のフェルミオン定式化に関する深い理解が必要となる。申請者は、格子上のドメインウォール定式化がもつ比較的大きな離散化誤差を取り除く新しい手法を提案し、計算を実行した。量子色力学を構築する上で基本的なディラック演算子の固有値分布を非摂動的な手法で計算し、高エネルギーおよび中間エネルギーで、摂動論が予想する異常次元を忠実に再現することを確認すると同時に、摂動展開の限界も明らかにした。中間エネルギー領域では3ループの摂動的計算と非摂動計算は精度よく一致し、逆にこのことを使って量子色力学の結合定数を決定した。決定精度は他の手法に及ばないが、これまでとはまったく異なる手法を導入し矛盾のない結果を得たことで、中間エネルギー領域での量子色力学の検証を与えるものとして意味のある研究である。

以上より申請者の研究は、格子ゲージ理論を比較的短距離あるいは高エネルギーの物理量の研究に応用し、摂動的領域と非摂動的領域の中間で両方の手法を組み合わせることで、この領域での格子ゲージ理論の手法の有効性を示したものであり、高く評価される。また参考論文は、格子理論の新しい計算手法を提案したもので、価値あるものである。以上の理由により、申請者は博士（理学）の学位を与えられるに相応しいと認められる。