

氏名(本籍)	かや ば やす ひさ 茅場靖剛(茨城県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第3646号
学位授与年月日	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理解物質科学研究科
学位論文題目	Charmed meson spectra and decay constants with one-loop $O(a\Lambda_{\text{QCD}})$ improved Relativistic Heavy Quark action (1ループで $O(a\Lambda_{\text{QCD}})$ 改良された相対論的ヘビークォーク作用によるチャームメソンのスペクトラムと崩壊定数)
主査	筑波大学教授 理学博士 石橋延幸
副査	筑波大学教授 理学博士 青木慎也
副査	筑波大学助教授 理学博士 石塚成人
副査	筑波大学講師 理学博士 蔵増嘉伸

論文の内容の要旨

現在、素粒子物理学においてはその「標準理論」がほぼ確立しているが、この理論は小林-益川行列と呼ばれる任意パラメタを含んでいる。したがって、いろいろな実験結果から小林-益川行列を決定することは、「標準理論」の検証、あるいは「標準理論」を越えた物理現象の発見、のためには不可欠である。実験結果から小林-益川行列を引き出すには強い相互作用の効果を含んだハドロンの行列の計算が必要であるが、格子QCDのモンテカルロ法による数値計算は軽いクォークから構成されるK中間子などの行列要素の計算に成功を収めてきた。ボトムクォークなどの重いクォークに関する小林-益川行列の決定のためには、格子QCDで重いクォークを取り扱わなければならないが、重いクォークのコンプトン波長より小さい格子間隔での計算が必要なため、今までの計算法では莫大な時間がかかってしまう。そのため、これまでは近似的な計算しか行われておらず、信頼できる計算結果がなかった。日本のKEKやアメリカのSLACでのBファクトリーでの実験を筆頭に重いクォークの物理はますます重要になってきており、格子QCDによる信頼できる理論計算が必要とされている。

本論文では、格子上で重いクォークを取り扱う新しい方法として提唱された相対論的な重いクォーク作用を詳細に研究したものである。相対論的な重いクォーク作用は、軽いクォークの場合に成功を収めた $O(a)$ 改良という考えを重いクォークに拡張したものであり、著者が研究を始める直前にその定式化が発表され、 $O(a)$ 改良に必要な作用のパラメタが摂動展開の最低次(O 次)で得られているだけであった。著者はこの新しい方法をさらに発展させ、 $O(a)$ 改良に必要な作用のパラメタの決定を摂動展開の1ループまでに拡張し、さらに重いクォークを含んだ中間子の崩壊定数の計算に必要なカレントの繰り込み定数と改良係数をやはり1ループまでで計算した。次に、重いクォークの1つであるチャームクォークを含んだメソンの性質を格子QCDの数値計算で調べることで、新しく決定された作用とカレントのテストを行った。この計算ではクォークの対生成の効果を見逃したクエンチ近似を用いた。さらに、これらの計算を対生成の効果を取り入れた計算に拡張し、粒子のスペクトラムや崩壊定数を計算した。

本論文で得られた結果は以下の通りである。(1)O(a) 改良が重いクォークまで拡張できることが1ループまで実際に確認できた。これは自明なことではなくこの方法の正しさの証拠の1つとなっている。(2) クエンチ近似の計算で、メソンの相対論的な分散関係の破れや崩壊定数の軸入れ替え対称性の被れを見ることで、新しい方法が従来の方法より重いクォークに対して有効であることを示した。(3) チャーモニウムの微細構造スペクトラムは従来からクエンチ近似では実験値を再現しないという問題があったが、対生成の効果を取り入れた計算では連続極限で実験値にほぼ一致する答えが得られた。(4) 対生成の効果を含んだ崩壊定数の計算では従来評価の難しかった連続極限が安定に取ることができることが示され、将来の実験との比較が可能になった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、重いクォークに対する新しい方法を摂動計算で発展させ、それを数値計算でテストし、さらに本格計算も行っている。これからわかるように、首尾一貫した方法で始めから終わりまで研究が行われ、独創性も高く、博士論文としては極めてレベルの高いものであると評価できる。特に、従来問題であったチャーモニウムの微細構造の問題が対生成の効果で解決できることを示したのは世界ではじめてであり、大変意義深い。また、崩壊定数の信頼できる連続極限が取れる可能性を示したことは将来の発展に重要である。さらに、ストレンジクォークの対生成の効果をも含んだ計算への応用やチャームよりも重いボトムクォークへの拡張など、その発展性、応用可能性も高い。

以上、本学位論文で得られた結果は、素粒子物理学の研究における格子 QCD の数値計算法の有効性を再認識させるだけでなく、その新しい発展を促すものであり、素粒子の標準模型の確立、発展につながっていくと考えられる。

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。