

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2009

課題番号：18540250

研究課題名（和文）格子上の場の理論による標準理論の研究

研究課題名（英文）Standard model with lattice field theory

研究代表者

藏増 嘉伸（KURAMASHI YOSHINOBU）

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・准教授

研究者番号：30280506

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子

キーワード：量子色力学、格子 QCD、CP の破れ、重いクォーク、NEDM

1. 研究計画の概要

強い相互作用における最も特徴的な現象はクォーク・グルーオンの閉じ込めである。これは非摂動的な効果であり、量子色力学 (QCD) を用いてクォーク間の相互作用を摂動的に計算しても閉じ込めの効果を定量的に正しく評価することは困難である。そこで強い相互作用の非摂動的研究を行うために格子 QCD が必要となる。1981年初めて格子 QCD によってハドロン質量が計算されてから今日に至るまで、様々な物理量に対して格子 QCD による計算が試みられ我々の強い相互作用に対する理解は着実に深まってきている。特に近年は様々なハドロン行列要素の計算が試みられ、その計算手法も確立しつつある。そこで格子 QCD を用いたハドロン行列要素の計算によって CP 非保存の研究を行うことを考える。

2. 研究の進捗状況

過去数十年間にわたり中性子電気双極子能率 (NEDM) 測定の実験が行われているが、未だその存在の確証は得られておらず、現時点での最も精密な上限値は $2.9 \times 10^{-26} \text{e} \cdot \text{cm}$ である。この小さな NEDM の値は、 θ と呼ばれる強い相互作用の CP の破れの度合いを表すパラメータが非常に小さいことを示唆しているが、なぜそれが小さいのかという問いに対する明確な解答はない。(実は、実験結果から得られる θ の値には Cabibbo-小林-益川行列からの寄与も存在するが、それも含めて θ の値が小さいことは不自然であると考えられている。) ここで NEDM の実験値から θ の値を定量的に決めようとするれば、電磁カレントを中性子の状態で挟んだハドロン行列要

素の形状因子を知らなければならない。今日までこの量はモデルを使って推測されていただけであるが、モデル依存性も大きく信頼できる評価方法とは言い難い。我々の目的はこのハドロン行列要素を格子 QCD を用いて QCD の第一原理から計算することである。それによって、 θ パラメータの値を NEDM の実験結果から精密に決めることが初めて可能となる。

我々の最終目標は 3 フレーバー (アップ、ダウン、ストレンジ) の動的クォークの効果を取り入れた中性子電気双極子能率の計算である。先ずそのための第一ステップとしてクエンチ近似の範囲内で計算方法のテストを実施し、次のステップとして 2 フレーバーの動的クォークの効果を取り入れた計算を実行した。これらの結果は既に論文として発表済みである。

また、平成 20 年度からは 3 フレーバーの動的クォークの効果を取り入れた相対論的な重いクォーク作用に基づくチャームクォークシステムの研究に着手した。具体的な物理量としてクォーコニウムのスペクトラムや D メソンの崩壊定数、チャームクォーク質量などを計算中である。

3. 現在までの達成度

③ やや遅れている

本研究課題の大きな目標は 3 フレーバーの動的クォークの効果を取り入れた中性子電気双極子能率や重いクォークの物理量などの計算である。後者に関しては現在実行中であるが、前者に関しては 2 フレーバーの計算が終了し結果も既に発表済みであるが、3

フレーバーの計算は未着手である。

4. 今後の研究の推進方策

研究遂行上の大きな問題点は特に見あたらない。今後は3フレーバーの動的クォークの効果を取り入れた計算の完遂に向けて注力する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① E. Shintani, S. Aoki and Y. Kuramashi,
“Full QCD calculation of neutron electric dipole moment with the external electric field method”, Physical Review D78, 014503 (2008), 査読有
- ② E. Shintani, S. Aoki, N. Ishizuka, K. Kanaya, Y. Kikukawa, Y. Kuramashi, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshie, “Neutron electric dipole moment with external electric field method in lattice QCD”, Physical Review D75, 034507 (2007), 査読有
- ③ Y. Kayaba, S. Aoki, M. Fukugita, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshie, “First nonperturbative test of a relativistic heavy quark action in quenched lattice QCD”, Journal of High Energy Physics 0702, 019 (2007), 査読有

[学会発表] (計 10 件)

- ① Y. Kuramashi, “Lattice QCD calculation of neutron electric dipole moment”, Electric Dipole moments and CP Violation (INT, Seattle, Mar 19-23, 2007), 招待講演
- ② Y. Kuramashi, “Lattice QCD calculation of neutron electric dipole moment”, The IVth International Conference on Quarks and Nuclear Physics (Madrid, Spain, Jun 5-10, 2006), 招待講演