

平成 22 年 3 月 25 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19540265

研究課題名（和文） 格子 QCD によるストレンジネスを含むハドロン構造の研究

研究課題名（英文） Lattice study of hadron structure and strangeness contribution

研究代表者

佐々木 勝一 (SASAKI SHOICHI)

東京大学・大学院理学系研究科・助教

研究者番号：60332590

研究代表者の専門分野：ハドロン物理

科研費の分科・細目：原子核（理論）

キーワード：量子色力学、格子ゲージ理論、ハドロン物理

1. 研究計画の概要

近年コンピューターの急速な発展と、新しい計算アルゴリズムの開拓などに伴い、格子 QCD による数値解析の精密化が飛躍的に進んでいる。現在、世界中の格子 QCD 研究グループにおいてストレンジクォークを含めた現実の世界により近い、3種類の動的クォークの自由度を厳密に取り扱った 2+1 フレーバー格子 QCD 数値計算がスタンダードとなっている。

本研究においては、すでに公開されているこれらの 2+1 フレーバー QCD ゲージ配位を利用して、模型に依らない強い相互作用の第一原理計算として核子の構造研究やフレーバー SU(3) の破れに関連したストレンジネスを含むハドロンの研究を行なう。

2. 研究の進捗状況

これまでに 2+1 フレーバー QCD ゲージ配位を利用して、

(1) CKM 行列要素のユニタリティの検証:

カビボ-小林-益川(CKM)行列要素の第一行目 (V_{ud}, V_{us}, V_{ub}) のユニタリティ条件の判定には V_{us} を精度よく決定する必要がある。本研究では、 V_{us} の決定に必要な K

中間子の弱い相互作用による崩壊の形状因子 $f_+(q^2)$ を格子 QCD 数値解析による数値計算結果と崩壊率に対する最新の実験結果を合わせて、 V_{us} をこれまでになく高い精度で決定し、CKM 行列のユニタリティ条件からのズレが約 0.1% 以下であることを示した。その結果、素粒子標準模型を超えるシナリオに対する一定の制限を与えた。

(2) 核子の構造に関する研究:

中性子ベータ崩壊定数は、理論的にも非常に基礎的な物理量であるにもかかわらず、格子 QCD 数値計算によって長年実験値を再現することができなかったが、本研究における 3種類の動的クォークの自由度を全て厳密に取り扱った 2+1 フレーバー格子 QCD 数値計算によって実験値を数%の誤差の範囲内で再現することに成功した。

の 2 項目において著しい研究成果を挙げることができた。また、動的クォークの自由度を含まないクエンチ近似による予備的研究野段階ではあるが、

(3) ハイペロン 崩壊に関する研究

これまでの実験において存在するはず

のフレーバーSU(3)の破れをハイペロン崩壊において観測することでできていなかったが、本研究において、格子 QCD 数値解析によりフレーバーSU(3)の破れを高い精度で観測することに成功した。それまで理論的予測がほぼ皆無だったセカンドクラス形状因子の存在を確認し、その存在を無視した実験解析においてフレーバーSU(3)の破れの過小評価につながることを指摘した。

のような研究成果も挙げている。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している

(理由)

当初の研究計画に掲げた4つの研究課題のうち1つについてはすでに完了し、残りの3つのうちの2つについても予備的研究についてはすでに成果をまとめ、2+1 フレーバーの格子 QCD 数値解析の実行を残すのみの状況となった。よって、最終年度中に残り3つの課題のうち2つについても充分完了する見通しが立っている。

4. 今後の研究の推進方策

計画している数値計算を実行するために必要な計算プログラム、および様々な計算プラットフォームへのプログラム移植などは、これまでに完了させてきた。また、必要な計算リソースの確保については、すでにその一部については、高エネルギー加速研究機構の大型シミュレーション研究や筑波大学計算科学研究センターの学際共同利用プログラムなどの公募に申請するなどして確保の努力をしてきた。しかしながら、当初の研究計画と比較して計算リソースの拡充が必要となっており、上記のスーパーコンピューター利用以外に、新たな計算リソースとして

グラフィックカードなどの演算アクセラレータ(GPU)を利用した数値計算も視野に入れている。今後は、そのためのプログラム開発も行なう必要があると考えている。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文](計6件)

S. Sasaki, and T. Yamazaki, *Physical Review D* **79**, 074508 (2009), 査読有り
T. Yamazaki, Y. Aoki, T. Blum, H.-W. Lin, S. Ohta, S. Sasaki, R.J. Tweedie, J.M. Zanotti, *Physical Review D* **79**, 114505 (2009), 査読有り

H.-W. Lin, T. Blum, S. Ohta, S. Sasaki, T. Yamazaki, *Physical Review D* **78**, 014505 (2008), 査読有り

T. Yamazaki, Y. Aoki, T. Blum, H.-W. Lin, M.-F. Lin, S. Ohta, S. Sasaki, R.J. Tweedie, J.M. Zanotti, *Physical Review Letter* **100**, 171602 (2008), 査読有り

P.A. Boyle, A. Jüttner, R.D. Kenway, C.T. Sachrajda, S. Sasaki, A. Soni, R.J. Tweedie, J.M. Zanotti, *Physical Review Letter* **100**, 141601 (2008), 査読有り

S. Sasaki, and T. Yamazaki, *Physical Review D* **78**, 014510 (2008), 査読有り

[学会発表](計3件)

佐々木勝一、第3回日米物理学会合同核物理分科会、平成21年10月17日、米国ハワイ州、ハワイ島

佐々木勝一、日本物理学会2008年秋季大会、平成20年9月20日、山形大学

佐々木勝一、日本物理学会大第63回年会、平成20年3月24日、近畿大学

[その他]
該当なし