

課題名 (タイトル) :

## 格子 QCD

利用者氏名 : 谷口 裕介

所属 : 和光研究所 仁科加速器研究センター 理研 BNL 研究センター 理論研究グループ

## 1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

本研究の目的は、up, down, strange クォークを含んだ格子上の  $N_f=2+1$  フレーバー QCD を Schroedinger functional 処方を用いて非摂動的に繰り込むことにある。

具体的には、格子上のハドロン質量という低エネルギー領域に特徴的な物理量をインプットとして、QCD の結合定数と、u, d, s クォーク質量という標準理論の重要なパラメーターを決定する。この方針に基づいて、我々は世界で初めて Schroedinger functional 処方を用いて  $N_f=2+1$  QCD の結合定数を求めた。そこでは結合定数を精度良く求めることが出来ることが示される一方で、ある系統誤差の危険性が指摘された。これは Schroedinger functional 処方でも最も重要な量である、step scaling function (SSF) の連続極限に関する問題である。

SSF は繰り込みのスケールを二倍に変化させたときの、繰り込まれた量の変化分を表す関数で、繰り込み群の流れを離散的に与えるものである。

格子上の計算では、まず非摂動的な低エネルギースケールから、摂動的な高エネルギースケールまでを覆うことの出来るだけの点を用意する。各スケールに対して、複数の格子間隔でこの SSF を計算して、連続極限を求める。

SSF を計算するに当たっての要請は、対象となる全てのエネルギースケールで、格子間隔依存性が小さく、低コストで連続極限が取れることに尽きる。しかしながら今回採用した、Iwasaki ゲージ作用と clover 項で非摂動的に改良した Wilson フェルミオン作用の組み合わせは、強結合領域では良い性質を示すものの、中間領域では格子間隔依存性が小さくはないことが判明した。

そのため、まず SSF の格子間隔依存性を小さく抑

える格子作用の探求を第一段階の目標に設定した。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

具体的な方針としては、摂動的な性質が優れていることが知られている、Luescher-Weisz ゲージ作用を採用して、そこから求めた SSF の格子間隔依存性のテストを行った。

## 3. 結果

弱結合領域では、期待されたとおりに格子間隔依存性が小さく抑えられることが示された。その一方で、強結合領域では、格子間隔依存性は非常に悪いことが判明した。

## 4. まとめ

優れた性質を持つ作用を系統的に探すための、方法は特に存在せず、感に頼って探索を行うしかない。

今回テストを行った、Luescher-Weisz ゲージ作用は、残念ながらこの研究の要求を満たすものではなかった。

## 5. 今後の計画・展望

強結合領域における振る舞いを改善するためには、紫外領域に特有なゲージ場の揺らぎを抑えることが有効であると思われる。具体的にはゲージ場の smearing と呼ばれる手法が有効なのではないかと期待される。

## 6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況 (どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか) や、継続して利用する際に行う具体的な内容

弱結合領域での良い性質を生かしつつ、強結合領域での振る舞いを改善するための候補として、Luescher-Weisz ゲージ作用に smearing を組み合わせた作用を試してみたいと考えている。

具体的には、これまでと同様の領域で、step scaling function を計算し、その格子間隔依存

## 平成 22 年度 RICC 利用報告書

性の調査を行うことを予定している。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由

8. 利用研究成果が無かった場合の理由

平成 22 年度 RICC 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

Non-perturbative renormalization of quark mass in  $N_f=2+1$  QCD with the Schroedinger functional scheme,

S. Aoki, K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, T. Izubuchi, K. Kanaya, Y. Kuramashi, K. Murano, Y. Namekawa, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, N. Ukita and T. Yoshie [PACS-CS collaboration],  
JHEP 1008 (2010) 101, 1-25

【国際会議などの予稿集、proceeding】

Non-perturbative renormalization of quark mass in  $N_f=2+1$  QCD with the Schroedinger functional scheme,

Y. Taniguchi [for PACS-CS Collaboration],

PoS LATTICE2010 (2010) 242

ページ数制限のため記載無し

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Non-perturbative renormalization of quark mass in  $N_f=2+1$  QCD with the Schroedinger functional scheme,

The XXVIII International Symposium on Lattice Field Theory,

Tanka Village, Villasimius, Sardinia, Italy,

June 14 (Monday) - 19 (Saturday), 2010

$N_f=2+1$ QCD における Schroedinger functional scheme を用いた 非摂動論的な繰り込み,

日本物理学会 2010 年秋季大会,

2010 年 9 月 21 日(土)-14 日(火) 九州工業大学戸畑キャンパス

Non-perturbative renormalization with Schroedinger functional scheme,

国際シンポジウム「From Quarks to Supernovae」,

静岡県賀茂郡東伊豆町奈良本,

Nov. 28 (Sun.)-30 (Tues.), 2010

【その他】