

平成24年度大型シミュレーション実施報告書

高エネルギー加速器研究機構長 殿

東北大学大学 理学研究科
准教授 佐々木 勝一

受理番号: 大型-12-10

研究課題名: 格子QCDに基づくハイペロン β 崩壊の研究

研究組織:

研究責任者

佐々木勝一(ささきしょういち)
東北大学大学院 理学研究科 准教授

共同研究者

尾崎 翔(おざき しょう)
Yonsei 大学 博士研究員

共同研究者

河内 太一(かわない たいち)
東京大学大学院 理学系研究科 博士課程3年

平成24年度の実施報告の詳細:

平成22年の9月まで運用されていた IBM Bluegene/L の利用による大型シミュレーション研究として、本研究課題はスタートしている。これまでに、研究責任者によって、RBC+UKQCD collaborations により公開されている 2+1 フレーバー DWF QCD ゲージ配位 (格子サイズ、 $24^3 \times 64 \times 16$ 。格子間隔は比較的粗い 0.12 fm で物理的空間サイズは一辺 2.7 fm の箱である) [1] を使ったハイペロン β 崩壊の格子 QCD 数値計算が、平成22年度までの大型シミュレーション研究プロジェクトとして完了し、その数値計算の解析成果は最近、Ref. [2] として発表した。

今年度からの IBM Bluegene/Q の利用による大型シミュレーション研究においては、Ref. [2] の研究では達成できなかった、以下の点に関し、より計算の精度を高めることが主題となる。見込まれる計算精度の向上としては、連続極限 (格子間隔を零の極限) とカイラル極限 (アップ・ダウンクォーク質量を零の極限) に関連する系統誤差をきちんと評価することによって成し遂げられると考えている。そのために、格子間隔がより連続極限に近い、新たな 2+1 フレーバー格子 QCD 数値計算に着手する必要がある。以前用いた格子 QCD 計算とは異なり、より格子間隔の細かい、格子間隔 0.09 fm における 2+1 フレーバー DWF QCD ゲージ配位 (格子サイズ、 $32^3 \times 64 \times 16$ 。物理的空間サイズはこれまでと同様、一辺 2.9 fm の箱) [3] がすでに RBC+UKQCD collaborations によって公開されているので、その QCD ゲージ配位を利用した計算を引き続き行なうことが本研究課題の目的である。表は、今後予定している格子 QCD 計算の概要である。

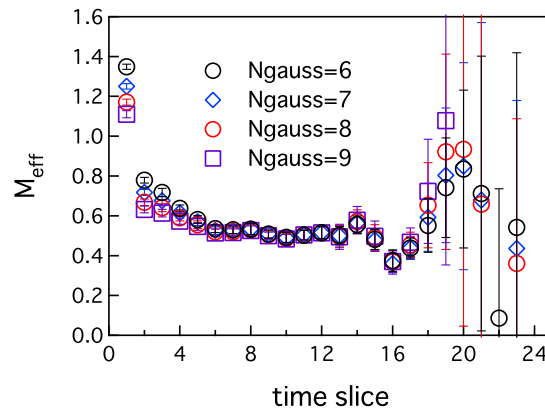
平成24年度は、割り当てられた CPU 時間を用いて、先行研究 [2] において作成した、IBM Bluegene/L 用の計算プログラムの IBM Bluegene/Q 上への移植を試みた。また、新しい格子間隔での数値計算に必要な計算パラメータ (主に、クォークのソースサイズや3点関数のソース、シンクの間隔の調整) を大雑把に見積もった。

表 1: 今後予定している格子 QCD 計算

格子サイズ	アップクォークの質量	π 中間子の質量	統計数
$32^3 \times 64 \times 16$	$m_{ud} = 0.004$ ($m_{ud}/m_s \approx 1/8$)	295 MeV	300×2
$32^3 \times 64 \times 16$	$m_{ud} = 0.006$ ($m_{ud}/m_s \approx 1/6$)	350 MeV	300×2
$32^3 \times 64 \times 16$	$m_{ud} = 0.008$ ($m_{ud}/m_s \approx 1/4$)	400 MeV	200×2

下図は、 $m_{ud} = 0.006$ での格子ゲージ配位を使い、50 統計分で測定した核子の有効質量のプロットである。計算にはゲージ不変なガウス型のスメアソースを用い、図においては、ガウスの幅に対応するソースサイズのパラメータ (Ngauss) を 6 から 9 まで変化させたときの核子基底状態とのオーバーラップの変化を見ていることに対応する。全てのデータが重なっている time slice から核子の 2 点関数が、核子基底状態によって支配的になっていることを意味する。また、ソース位置から遠方では 2 点関数のシグナルが充分良い精度で得られていないためにエラーが大きくなり、time slice に依らないプラトーの形成が曖昧であるが、ソースからの距離が 15-17 格子間隔程度まであれば、核子の 2 点関数は十分に有効なシグナルを得ていることが分かる。

前回の研究 [2] では格子間隔が 0.13fm の格子 QCD 計算で、ソースとシンクの間隔が 12 格子間隔 (実空間のスケールで 1.4-1.5fm に相当) 離して 3 点関数を計算していたが、それと同等のソース、シンク間隔は今回の数値計算で使用するゲージ配位 (格子間隔は 0.09 fm) において 16 格子間隔に対応する。上記の 2 点関数において基底状態が支配的かつ、有効なシグナルも保証されるソース位置からの距離は 15-17 格子間隔であったことから、3 点関数のソースとシンクの間隔を 16 格子間隔程度にとることが望ましいことが判明した。



参考文献

- [1] C. Allton *et al.*, Phys. Rev. D **76** (2007) 014504.
- [2] S. Sasaki, arXiv:1209.6115 [hep-lat], Phys. Rev. D (in press).
- [3] Y. Aoki *et al.*, Phys. Rev. D **83** (2011) 074508.

研究発表リスト:

口頭研究発表

1. The 4th International Workshop on Lattice Hadron Physics, アデレード大学, 2012 年 7 月 2-4 日
Shoichi Sasaki, “Flavor SU(3) breaking in hyperon beta decays”