

平成 21 年度前期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

東京大学 理学系研究科
助教 佐々木 勝一

受理番号: 大型-09-01

研究課題名: 格子 QCD に基づくハイペロン 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)
東京大学大学院 理学系研究科 助教

共同研究者

山崎剛 (やまざきたけし)
筑波大学計算科学研究センター 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 修士課程 1 年

平成 21 年度前期の実施報告の詳細:

本研究課題では、RBC+UKQCD collaborations によってすでに公開されている Domain Wall Fermion (DWF) を用いた 2+1 フレーバー QCD ゲージ配位 (格子間隔 0.13 fm で物理的格子サイズ 1.9 fm および 2.7 fm) [2, 3] を利用して、現実的な 2+1 フレーバー格子 QCD によるハイペロン 崩壊の研究を行うことを計画としている。

ハイペロン 崩壊はベクターカレントと軸性ベクターカレントの 2 つの寄与があり、それぞれの寄与は独立した 3 つの形状因子によって構成される。特にその中でもベクターカレントの形状因子の一つ、 $f_1(q^2)$ 形状因子の前方散乱極限 ($q^2 = 0$) の値は、カビボ-小林-益川行列要素の一つである、 V_{us} の決定にはかかせない。実験的には $|V_{us}f_1(0)|$ が直接観測可能であって、理論による $f_1(0)$ の値を知ることなしに V_{us} の大きさを知ることができないからである。もしフレーバー $SU(3)$ の破れがなければ、この $f_1(0)$ の値は $SU(3)$ 群のクレブシュ・ゴールドン係数で決まるが、実際にはフレーバー $SU(3)$ は破れており、その破れの効果がどのように $f_1(0)$ に現れるかは、カビボ-小林-益川行列要素のユニタリティの検証に必要な情報として、近年精力的に研究されている。しかしながら、実際の $f_1(0)$ とクレブシュ・ゴールドン係数による $f_1(0)_{SU(3)}$ の値との比 $f_1(0)/f_1(0)_{SU(3)}$ が 1 より小さいのか大きいのかも理論的に不定性なし決まっていけないのが現状である。

すでに研究責任者らは DWF を用いた動的クォークを無視したクエンチ近似での予備的研究においてハイペロン崩壊の第一原理計算に成功している [3]。これまでのところ、ハイペロン崩壊はクエンチ近似の範囲内でのみ格子 QCD 数値解析が行われ、イタリアのグループで行われた改良された Wilson フェルミオンを用いた $\Sigma^- \rightarrow n$ 崩壊に関する研究 [4] と合わせて格子 QCD による研究は 2 例しか存在しない。どちらの格子 QCD の結果もフレーバー $SU(3)$ 対称性を厳密に課した場合の値に比べて、5%程度小さくなることを示している。しかし、これは重いバリオンを含んだ拡張されたカイラル摂動論やラージ N_c による解析とは逆の傾向 (最大でも 20%程度大きくなる) を示しており、現実的な 2+1 フレーバー格子 QCD 数値解析が待たれている状況にある。

そのための数値解析に必要な計算プログラムはすでに研究責任者らによってクエンチ近似の研究の際に IBM BlueGene/L のプロトタイプ機である、理研 BNL 研究センターの QCDOC 上で最適化された CPS++ (C++ 言語で書かれた、格子 QCD 数値解析のためのオープンソース) 上で作成されており、平成 21 年度前期は、テスト申請の枠内で、この計算プログラムの IBM BlueGene/L 上への移植を完了し、さらにある程度のチューニングを行った。

参考文献

- [1] C. Allton *et al.*, [RBC+UKQCD Collaborations], Phys. Rev. **D76**, 014504 (2007) .
- [2] C. Allton *et al.*, [RBC+UKQCD Collaborations], Phys. Rev. **D78**, 114509 (2008) .
- [3] S. Sasaki and T. Yamazaki, Phys. Rev. **D79**, 074508 (2009).
- [4] D. Guadagnoli, V. Lubicz, M. Papinutto and S. Simula, Nucl. Phys. B **761**, 63 (2007)。