

「格子ゲージ理論の大規模シミュレーションとその素粒子現象論への応用」平成22年度研究報告書

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 橋本省二

平成25年1月11日

1 研究組織

scqcd グループは KEK、大阪大、筑波大を主体とするグループで、「大型シミュレーション研究」の開始当初から、格子 QCD の大規模シミュレーションを通じて、素粒子物理学の非摂動的研究を行ってきた。対外的には JLQCD collaboration の名前で研究発表を行っている。メンバーは以下の通りである。

- 研究責任者

- 橋本省二 (はしもと しょうじ)
高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 教授

- 研究従事者

- 金児 隆志 (かねこ たかし)
高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 助教
- 松古 栄夫 (まつふる ひでお)
高エネルギー加速器研究機構 計算科学センター 助教
- 野秋 淳一 (のあき じゅんいち)
高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 特任助教
- Guido Cossu
高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究員
- Xu Feng
高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究員
- 武田 光平 (たけだ こうへい)
高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究員
- 青木 慎也 (あおき しんや)
筑波大学 物理学系 教授
- 谷口 祐介 (たにぐち ゆうすけ)
筑波大学 物理学系 助教
- 大野木 哲也 (おおのぎ てつや)
大阪大学 理学研究科 教授

- 深谷 英則 (ふかや ひでのり)
大阪大学 理学研究科 助教
- Sang-Woo Kim
大阪大学 理学研究科 研究員
- 大木 洋 (おおき ひろし)
名古屋大学 素粒子宇宙起源研究機構 (KMI) 研究員
- 新谷 栄吾 (しんたに えいご)
Riken-Brookhaven Research Center, Postdoctoral fellow
- Ting-Wai Chiu
National Taiwan University, Department of Physics, Professor
- Tung-Han Hsieh
Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica, Taiwan
- Kenji Ogawa
National Chiao-Tung University, Institute of Physics, Postdoctoral fellow

2 研究目標

本研究の目標は、SuperKEKB/Belle II 実験に代表されるクォーク・フレーバー物理の実験・解析において必要となるハドロン行列要素を十分な精度で計算し、実験で得られるデータをもとに標準模型を超える物理の探索につなげることである。2012 年から本格運用が始まった KEK の新スーパーコンピュータシステムを用いて、連続極限に近い格子シミュレーションを実行してこの目標にせまる。カイラル外挿や演算子混合による不定性を抑えることができるよう、カイラル対称性をよい精度で保ちながらも高速なシミュレーションが可能になる格子定式化およびアルゴリズムを開発する。

3 平成 24 年度の研究報告

本グループがこれまでに進めてきた厳密なカイラル対称性をもつ格子 QCD シミュレーションによる経験をもとに、カイラル対称性を非常によい精度で保ちつつシミュレーションを大幅に高速化できる手法の開発を進めた。具体的には、オーバーラップ型およびドメインウォール型定式化の様々なオプションについて、必要な計算コストとカイラル対称性の破れの度合いを詳細に調べて、それらの中から最適な定式化を見いだすための研究を行った。その結果、従来のオーバーラップ・フェルミオンよりも 20 倍程度高速に計算が可能な定式化を見つけることができた。これにより、従来よりも格段に大きな格子体積でのシミュレーションが可能になる。

シミュレーション・コードの開発、アルゴリズムの最適化についても継続的に研究を行った。Blue Gene/Q 向けの最適化では、IBM が提供するライブラリをシミュレーションの各部分で利用すると同時に、スレッド並列化の最適化を進めた。もっとも計算コストがかかるフェルミオン部分についてはこの作業はほぼ完了した。

これらの新プロジェクトの準備と同時に、以前のプロジェクトの最終的な物理解析、成果発表も行っている。なかでも中性パイ中間子の二光子崩壊を初めて計算した論文を発表し、Physical Review Letters 誌に掲載された。

4 成果報告

論文および口頭発表リストについては別紙を参照。