

研究責任者名 Name	橋本省二 Shoji Hashimoto	所属機関 Affiliation	高エネ機構・素粒子原子核研究所 KEK, IPNS
受理番号 Proposal No.	(T)11-05	研究課題名 Program title	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

研究を終了しましたので、下記の通り報告します。

成果の概要

Abstract

(和文)

20倍の性能増強となる新スーパーコンピュータシステムにおいて計画している、カイラル対称性を保った格子ゲージ理論による量子色力学の大規模シミュレーションに関する準備研究を行った。これまでにやってきた研究をさらに飛躍的に発展させるために、格子理論の定式化に戻って見直しを行い、5次元のフェルミオン定式化にもとづくより効率のよいシミュレーションが可能な手法を検討している。この手法によって達成できるカイラル対称性の精度について詳細な解析を行った。同時に、計算コードの最適化を進めている。

以前の研究プロジェクトで得られた計算データを用いて、K中間子のセミレプトニック崩壊形状因子の計算、核子のストレンジクォーク成分の解析、中性パイ中間子の二光子崩壊の解析を進めた。

(英文)

We are planning to start a new large-scale lattice QCD project employing chiral lattice formulation, that will be made feasible on the new supercomputer system that has x20 more computational power. Aiming at achieving a significant jump in the size of the simulation scale we revisit the theoretical formulation of lattice gauge theory, in particular a five-dimensional fermion formulation. We made a detailed analysis on this new fermion formulation and explore the accuracy of chiral symmetry that is made possible. At the same time, we also worked on an optimization of the computational code to be used on the new machine.

Besides, we continue a calculation of the kaon semileptonic decay form factor, an analysis of strange quark content of the nucleon, and a calculation of the neutral pion decay using the lattice data obtained in our previous project.

研究成果を公開しているホームページアドレス

<http://jlqcd.kek.jp/>

研究成果の 公表	口頭研究発表 件数	査読付きの学術論文数	プロシーディング論 文数	その他（投稿中を含 む）
	5	0	4	0

成果の公表リスト（それぞれの枠に番号をつけて記入願います。）

口頭研究発表
<ol style="list-style-type: none"><li>1. G. Cossu et al., “Topological susceptibility and axial symmetry at finite temperature,” talk given at Lattice 2011.</li><li>2. T. Kaneko et al., “Kaon semileptonic form factors in QCD with exact chiral symmetry,” talk given at Lattice 2011.</li><li>3. S.W. Kim et al., “Lattice study of 4d N=1 super Yang-Mills theory with dynamical overlap gluino,” talk given at Lattice 2011.</li><li>4. H. Fukaya et al., “Chiral interpolation in a finite volume,” talk given at Lattice 2011.</li><li>5. X. Feng et al., “Lattice calculation of neutral pion decay form factor using two different methods,” talk given at Lattice 2011.</li></ol>
査読付きの学術論文(URL を記載)
プロシーディング論文(URL を記載)
<ol style="list-style-type: none"><li>1. <a href="http://arXiv.org/abs/arXiv:1204.4519">http://arXiv.org/abs/arXiv:1204.4519</a></li><li>2. <a href="http://arXiv.org/abs/arXiv:1112.5259">http://arXiv.org/abs/arXiv:1112.5259</a></li><li>3. <a href="http://arXiv.org/abs/arXiv:1111.2180">http://arXiv.org/abs/arXiv:1111.2180</a></li><li>4. <a href="http://arXiv.org/abs/arXiv:1111.0417">http://arXiv.org/abs/arXiv:1111.0417</a></li></ol>
その他（学位論文、紀要、投稿中の論文を含む）（URL を記載）
特記（本研究に関係した、新聞記事・著作、受賞など）

研究責任者： 橋本省二

所属機関： 高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所

研究課題名： 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

研究組織： 研究責任者の他に、以下のメンバーが研究に参加した。

- ・ 金児隆志（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（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（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（同上）
- ・ 武田光平（同上）
- ・ 上田悟（同上）
- ・ 青木慎也（筑波大学・数理物質科学研究科・教授）
- ・ 谷口祐介（筑波大学・数理物質科学研究科・助教）
- ・ 大野木哲也（大阪大学・理学研究科・教授）
- ・ 深谷英則（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）
- ・ 新谷英悟（理研ブルックヘブン研究センター・研究員）
- ・ Ting-Wai Chiu（National Taiwan University, Professor）
- ・ Kenji Ogawa（National Chiao-Tung University, Postdoctoral fellow）

実施報告の詳細：

20倍の性能増強となる新スーパーコンピュータシステムにおいて計画している、カイラル対称性を保った格子ゲージ理論による量子色力学の大規模シミュレーションに関する準備研究を行った。これまでに行ってきた研究をさらに飛躍的に発展させるために、格子理論の定式化に戻って見直しを行い、5次元フェルミオン定式化にもとづくより効率のよいシミュレーションが可能な手法を検討している。カイラル対称性をもつ格子フェルミオンは、ギンスバーク・ウィルソン関係式と呼ばれる非自明な関係式を格子上で満たす必要があり、その形が制限されるが、この関係式を実現する数学的な定式化の一つとしてケーリー変換を用いた5次元定式化が知られている。この定式化のもとでは従来のドメイン・ウォール・フェルミオンとオーバーラップ・フェルミオンは統一的枠組みのもので理解される。これは同時に、オーバーラップ・フェルミオンをより高い計算効率で実現する手法と考えることもできる。テスト期間の研究では、この手法によって達成できるカイラル対称性の精度について詳細な解析を行った。最適なパラメタの決定に向けて、おおまかな指針を得ることができた。これと同時に、計算コードの最適化を進めている。新たに導入したC++言語を使ったコードについて、必要な最適化を調査・検討中である。

新スーパーコンピュータシステムで予定している研究の準備を進めると同時に、以前の研究プロジェクトで得られた計算データを用いて、物理量計算を進めている。テスト期間中には特に、K中間子のセミレプトニック崩壊形状因子の計算、核子のストレンジクォーク成分の解析、中性パイ中間子の二光子崩壊の解析を進めた。これらの計算はいずれも、フェルミオンの固有モードを最大限に活用する *all-to-all propagator* の手法を活用するもので、すでに集めたデータを効率的に利用して計算が可能になるよう計画したものである。