

受付 ID	15a-40
分野	素粒子分野

格子 QCD 計算への応用に向けたテンソルくりこみ群法の開発

Development of tensor renormalization group methods toward lattice QCD simulations

清水 裕也

理化学研究所 計算科学研究機構

1. 研究目的

格子 QCD 計算において障害となっている符号問題を回避するために、物性物理学分野において符号問題に対して実績のあるテンソルくりこみ群法を発展させて、格子 QCD 計算に適用可能なアルゴリズムを開発することを目指す。現状のテンソルくりこみ群法が抱える課題の解決に向けて、(1)フェルミ粒子を含むゲージ理論において有効なアルゴリズムの開発、(2)高次元系における計算精度の検証、に取り組み、将来的な格子 QCD 計算への発展の足掛かりを築く。

2. 研究成果の内容

(1)に関連して、格子 QCD に近い性質を持った低次元モデルである 2 次元格子 QED の計算アルゴリズムを開発し、符号問題が厳しくなるパラメータ領域での数値計算に成功した。特に、フレーバー数 1 の Wilson 型フェルミオン作用の場合は、一般的に考えられている青木相とは異なる相構造を持つことを発見した。また、臨界点の連続極限值が Kogut-Susskind 型フェルミオン作用を用いた文献値と合致した。現在主流の Wilson 型フェルミオン作用での初めての成功例である。

(2)について、Ising 模型を用いて現実世界と同じ 4 次元系での数値計算を世界で初めて行った。モンテカルロ法でのもっとも高精度な文献値と比較して、臨界温度を 0.017% 程度のずれの範囲内で求めることに成功した。

3. 学際共同利用として実施した意義

テンソルくりこみ群法の主要演算は行列 - 行列積であり、学際共同利用プログラムが提供する GPU やメニーコアプロセッサを搭載したスーパーコンピュータに適している。

4. 今後の展望

2 次元格子 QED で成功したアルゴリズムの高次元への拡張に取り組む。また、近年重

要性が増しているカイラル対称性を保ったフェルミオン作用のアルゴリズム開発も進める。他にも、2次元系での成功で注目を集めているループ最適化法を応用することにより、高次元系での計算精度の向上を目指す。

5. 成果発表

(1) 学術論文

Yuya Shimizu and Yoshinobu Kuramashi,
“Study of the continuum limit of the Schwinger model using Wilson’s lattice formulation”, Proceedings of Science (LATTICE 2015), 049.

(2) 学会発表

[1] Yuya Shimizu and Yoshinobu Kuramashi,
“Study of the continuum limit of the Schwinger model using Wilson’s lattice formulation”,
The 33rd International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE 2015),
July 2015, Kobe International Conference Center.

[2] 吉村 友佑, 清水 裕也, 藏増 嘉伸, 武田 真滋,
「4次元 Ising モデルにおける高次テンソルくりこみ群」,
日本物理学会 2015 年秋季大会, 2015 年 9 月, 大阪市立大学杉本キャンパス.

(3) その他

清水 裕也,
“Tensor renormalization group approach to (1+1)-dimensional lattice QED”,
研究会 密度行列繰り込み群法における最近の展開,
2015 年 8 月, 理化学研究所 計算科学研究機構.

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS	○	2250 時間
HA-PACS/TCA	○	600 時間
COMA	○	2300 時間 + 575 時間
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		