

受付 ID	16a3
分野	

有限温度 QCD における軸性 U(1)対称性の研究

Study of axial U(1) symmetry in finite temperature QCD

橋本省二

(高エネルギー加速器研究機構)

1. 研究目的

宇宙初期に起こったとされる QCD の相転移は、地上の実験で再現することが不可能であるため、格子 QCD による数値シミュレーションがその主要な研究手段となっている。近年の格子 QCD 計算の発展により理解が深まり、この有限温度相転移は厳密な意味では相転移ではなく物理量がなめらかに変化するクロスオーバーであると広く認められている。一方で、この相転移には根本的なところで理解されていない部分がある。それが、本研究課題で追求する軸性 U(1)対称性の回復である。

QCD ラグランジアンは軸性 U(1)対称性をもつが、この対称性は量子化によって破れており(軸性アノマリー)、量子論は対称性をもたない。ところが、系の固有値スペクトルの解析により、カイラル対称性が回復する高温相では軸性 U(1)対称性も事実上回復し、結果として2フレーバーQCD の相転移が1次になるという可能性が残っている。現在の大方の理解とは矛盾するが、現状の格子 QCD 計算がすべてカイラル対称性を持たない格子フェルミオンを用いたシミュレーションに基づいていることを考えると、軸性 U(1)対称性の部分には大きな誤差が潜んでいる可能性も無視できない。現在、本課題の担当者を含む JLQCD collaboration は、この問題に対してカイラル対称性を保つ大規模シミュレーションを実行することで明確な答を得るべく研究を進めている。大規模計算は高エネルギー加速器研究機構の「大型シミュレーション研究」を通じて行い、学際共同利用ではそのシミュレーションでの物理量測定の一部を行う計画であった。

2. 研究成果の内容

平成28年度においては、軸性 U(1)対称性の破れの度合いをあらわす感受率の計算を進め、その値がクォーク質量ゼロの極限で消失することを示す論文を公表した。

3. 学際共同利用として実施した意義

本研究のもう一つの目的は、現状のコードを将来の主要なアーキテクチャの一つと目される MIC 向けに最適化し、将来の大規模シミュレーションへの準備を進めることにあった。

現在のコードは Blue Gene/Q 向けに最適化されており、そのままでは KNC/KNL において十分な性能は得られない。COMA では主として CPU 部分を活用して一部の計算をテスト的に行ったが、やはり性能面の問題から十分に活用することはできなかった。

一方で、KNL 向けコードの開発は別途行っている。そのテストにはコンパイラの C++11 対応が必須になるが、C++11 対応のインテルコンパイラは COMA ではインストールされず、COMA 上でテストを行うことはできなかった。

4. 今後の展望

次年度以降は、新たに導入される Oakforest-PACS を活用してシミュレーション実行を含む大規模計算を開始し、より系統誤差を抑えた計算を実現する計画である。

5. 成果発表

学際共同利用を十分に活用してはいないが、関連する研究の成果発表として以下の論文発表を行った。

(1) 学術論文

Guido Cossu and Shoji Hashimoto, “Anderson localization in high temperature QCD: background configuration properties and Dirac eigenmodes,” Journal of High Energy Physics, 06 (2016) 056.

(2) 学会発表

(3) その他

A. Tomiya, G. Cossu, S. Aoki, H. Fukaya, S. Hashimoto, T. Kaneko, J. Noaki, “Evidence of effective axial U(1) symmetry restoration at high temperature QCD,” arXiv:1612.01908.

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS		
HA-PACS/TCA		
COMA	○	75
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		