

プロジェクト名(タイトル):

有限温度 QCD の相構造解析

利用者氏名:○中村宜文

理研における所属研究室名:計算科学研究センター 運用技術部門 ソフトウェア開発技術ユニット

1. 本プロジェクトの研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

量子色力学(QCD)における有限温度相転移の次数(強さ)は、クォークの質量やフレーバー数に依存することが知られている。特に3フレーバーにおけるカイラル極限、すなわちクォーク質量がゼロの場合、相転移の次数は1次となることが予想されている。このクォーク質量をゼロから徐々に大きくしていくと、一次相転移から二次相転移の臨界終点を経てクロスオーバーになると考えられている。これを確かめるため、格子QCDシミュレーションを用いて臨界終点を決定する研究が既に行われてきた。その多くはスタaggerド型のクォーク作用を用いたものであったが、作用を改良し格子離散化誤差を小さくするほど、または、連続極限により近づくほど臨界終点におけるパイ中間子質量が小さくなった。一方、ウィルソン型クォーク作用を用いた研究でも同様の振る舞いがみられたが、臨界終点におけるパイ中間子質量はスタaggerド型のものとは比べると大きい値を示している。このように、未だに臨界終点の位置について最終的な結論は得られておらず、本当に一次相転移の領域が存在するのかさえもまだ確かめられていない。また、クォーク作用の違いによって結果に違いがみられることについても理解する必要がある。

2. 具体的な利用内容、計算方法

本年度は、ウィルソン型クォーク作用を用い、2+1フレーバーQCDの相構造を並行して調べることにした。岩崎ゲージ作用と縮退した質量をもつ0(a)改良さ

れたウィルソンクローバー作用を用いて格子QCDシミュレーションを行った。ゲージ配位生成のためにHMCアルゴリズムを用いた。使用したプログラムはBQCDである。相構造を決定するために必要な秩序変数としてクォーク凝縮を選び、その高次のモーメントの評価にはノイズ法を用いた。2+1フレーバーQCDの温度格子サイズは8で、逆結合定数 $\beta=1.76$ である。また、有限サイズスケリング解析を行うために、複数の空間格子サイズの計算が必要であり、空間格子サイズ16、20、24、28で計算を行った。これまでの計算で $\beta=1.75$ では一次相転移であることが分かっている。

3. 結果

統計数がまだ少ないが、 $\beta=1.76$ でも、一次相転移の兆候が見られた。ただし、 $\beta=1.76$ では $\beta=1.75$ よりは相転移が緩やかであるため、二次相転移に近づいていると思われる。

4. まとめ

温度方向の空間サイズ8で2+1フレーバーQCDにおける有限温度相転移点の探索を行い、 $\beta=1.75$ では強い一次相転移領域、 $\beta=1.76$ でも一次相転移を示す結果が得られた。

5. 今後の計画・展望

空間サイズ8で2+1フレーバーQCD有限温度シミュレーションで β を変えた計算を行い、クロスオーバー転移を探すことで、臨界終線を探索につながる。

2022 年度 利用研究成果リスト

【ポスター発表】

“Study of QCD with finite temperature”, The 30th Anniversary Symposium of Center for Computational Science at University of Tsukuba, 13-14 October 2022, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan