

受付 ID	16a23
分野	素粒子

有限温度 QCD の研究

Study of QCD with finite temperature

武田真滋

金沢大学理工研究域数物科学系

1. 研究目的

本課題の目的は、量子色力学(QCD)の有限温度相転移を第一原理計算によるモンテカルロシミュレーションによって定量的に解明することである。有限温度 QCD の相転移の強さ(次数)は、クォークの種類の数(フレーバー数)やクォーク質量によって変化すると予想されている。本課題では、アップクォークとダウンクォークの質量が縮退していると仮定し、且つ、ストレンジクォークも含めた、いわゆる 2 + 1 フレーバー QCD の有限温度相転移を調べた。このアップ・ダウンクォーク質量とストレンジクォーク質量の2つのパラメータで張られる平面上にその相転移の次数を示したものをコロンビアプロットと呼ぶ。軽い質量領域では一次相転移を、中質量領域ではクロスオーバーを示し、その二つの領域を分ける境界線(臨界線)上では2次相転移を示すと考えられている。本年度の具体的な目標は、3 フレーバー対称点から離れた領域における臨界線を決定することである。

2. 研究成果の内容

これまでの量子色力学の有限温度相転移の研究ではスタaggerドフェルミオンを用いたものが主流であったが、普遍性を検証するために異なる格子作用を使った計算が望まれる。そこで、本課題では

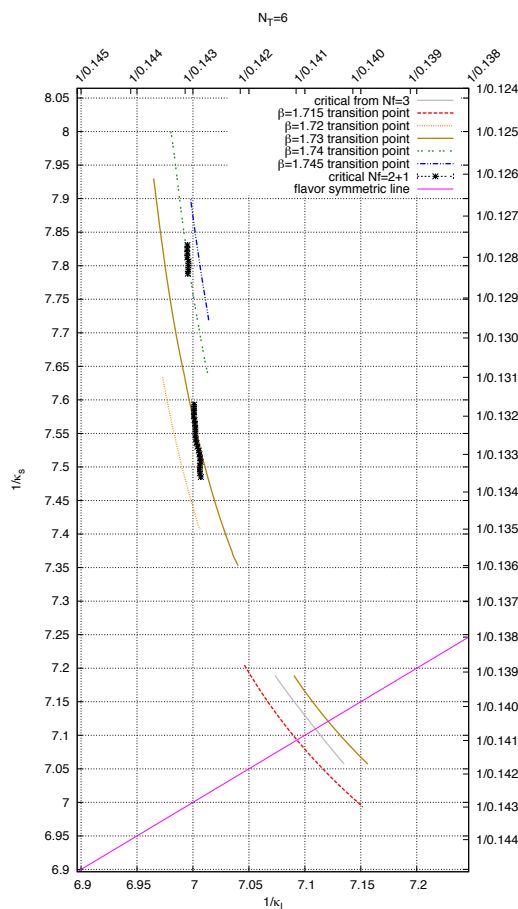


図 1 裸のパラメータ空間におけるコロンビアプロット。横軸は ud クォーク質量、縦軸は s クォーク質量に対応している。ピンク色の直線は 3 フレーバー対称線である。黒い点の集合が臨界線であり、これが本課題で得られた最も重要な結果である。その他の色付きの線は、各ゲージ結合定数の値での相転移線である。

0(a)改良されたウィルソン型フェルミオン作用を用いた。また、ゲージ作用には岩崎作用を用いた。有限サイズスケリングを行うために、空間格子サイズは 10^3 , 12^3 , 16^3 とした。一方、温度格子サイズは6に固定した。

具体的な方法としては、有限温度 QCD の上記の格子作用とハイブリッドモンテカルロ法に基づきゲージ配位を生成し、それらを用いて、オーダーパラメーターであるカイラル凝縮やその高次のモーメントを計算した。その中でも特に、2次と4次のモーメントである感受率や尖度などを使って相転移点や臨界点を特定した。その結果をまとめたのが図1である。これは、裸のパラメータに対するコロンビアプロットである。そこには、本研究で得られた相転移線や臨界線がプロットされている。

3. 学際共同利用として実施した意義

本課題の計算では、上述のようにクォーク質量パラメータが2種類あり、多くのパラメータセットのシミュレーションが必要となる。このように多大な計算リソースが要求される研究においては、本学際共同利用による支援が重要な役割を果たしたことを強調しておきたい。

4. 今後の展望

ここで得られたコロンビアプロットはあくまで裸のパラメータ空間上のものである。最終的には物理的パラメータで置き換える必要がある。そのために、裸のパラメータをハドロン質量に置き換える計画で、現在その計算を行っているところである。

また、本課題の計算では温度格子サイズは6で固定していた。このサイズではまだ格子離散化誤差が大きいことが予想されるため、さらに大きな格子サイズが必要であり、将来的には臨界線の連続極限を行うことが期待される。

5. 成果発表

(1) 学術論文

1. 「Critical endline of the finite temperature phase transition for 2+1 flavor QCD around the SU(3)-flavor symmetric point」 Yohsinobu Kuramashi, Yoshifumi Nakamura, Shinji Takeda, Akira Ukawa, Phys. rev. D94, 114507 (2016)

(2) 学会発表

1. 口頭発表、発表者：中村宜文、「Critical endline of the finite temperature phase transition for 2+1 flavor QCD around the SU(3)-flavor symmetric point」、LATTICE 2016、2016年7月24日～30日、University of Southampton
2. 口頭発表：中村宜文、「Critical endline of the finite temperature phase transition for 2+1 flavor QCD around the SU(3)-flavor symmetric point」、日独セミナー2

016 格子場理論の相構造、2016年9月26日、新潟大学駅南キャンパス

3. ポスター発表、発表者：武田真滋、「Update of Nf=3 finite temperature QCD phase structure with Wilson-Clover fermion action」、LATTICE 2016、2016年7月24日～30日、University of Southampton

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS	○	5760
HA-PACS/TCA	○	2100
COMA	○	6160
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		