

## 有限温度 QCD の研究

### Study of QCD with finite temperature

中村宜文  
理化学研究所

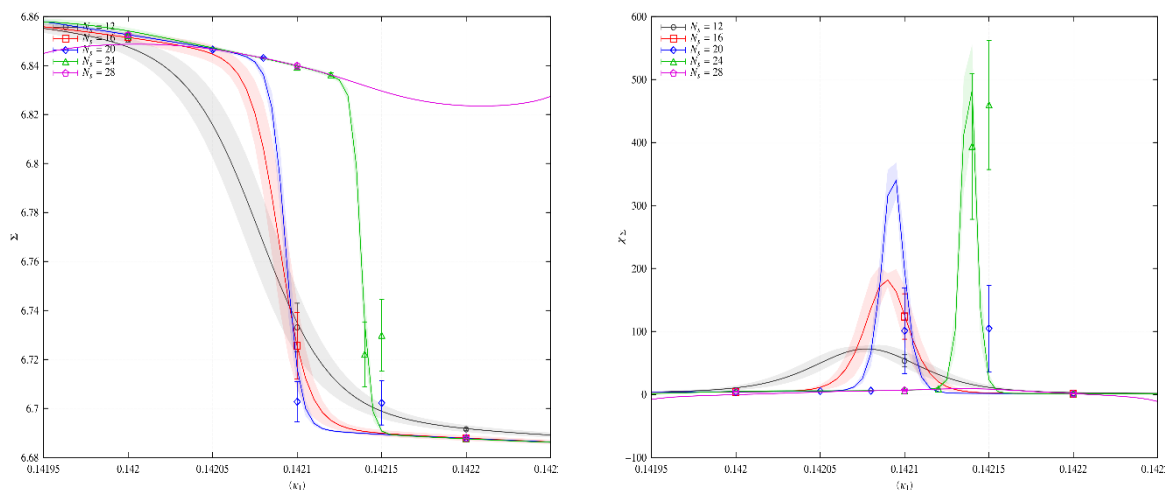
#### 1. 研究目的

有限温度 QCD の相転移の次数はクォーク質量の値や、クォークの種類であるフレーバーの数に依存することが知られている。本研究では、相転移の強さを、強い相互作用の第一原理計算である格子 QCD シミュレーションに基づいて決定することを目的としている。具体的には、コロンビアプロットのカイラル領域において、一次相転移領域を特定することが目標である。

これまでのスタaggerド型フェルミオンを用いた先行研究や、我々のグループが報告しているウィルソン型フェルミオンの結果では、一次相転移は非常に小さいクォーク質量領域に位置すると予想されているが、現状としては連続極限での、一次相転移とクロスオーバーの境界（臨界終線）は定まっておらず、その存在の有無も結論が出ていない。そのような状況で、本研究では、時間方向の格子サイズ  $N_T=8$  において、 $2+1$  フレーバー QCD の臨界終線を計算することを具体的な目標とする。

#### 2. 研究成果の内容

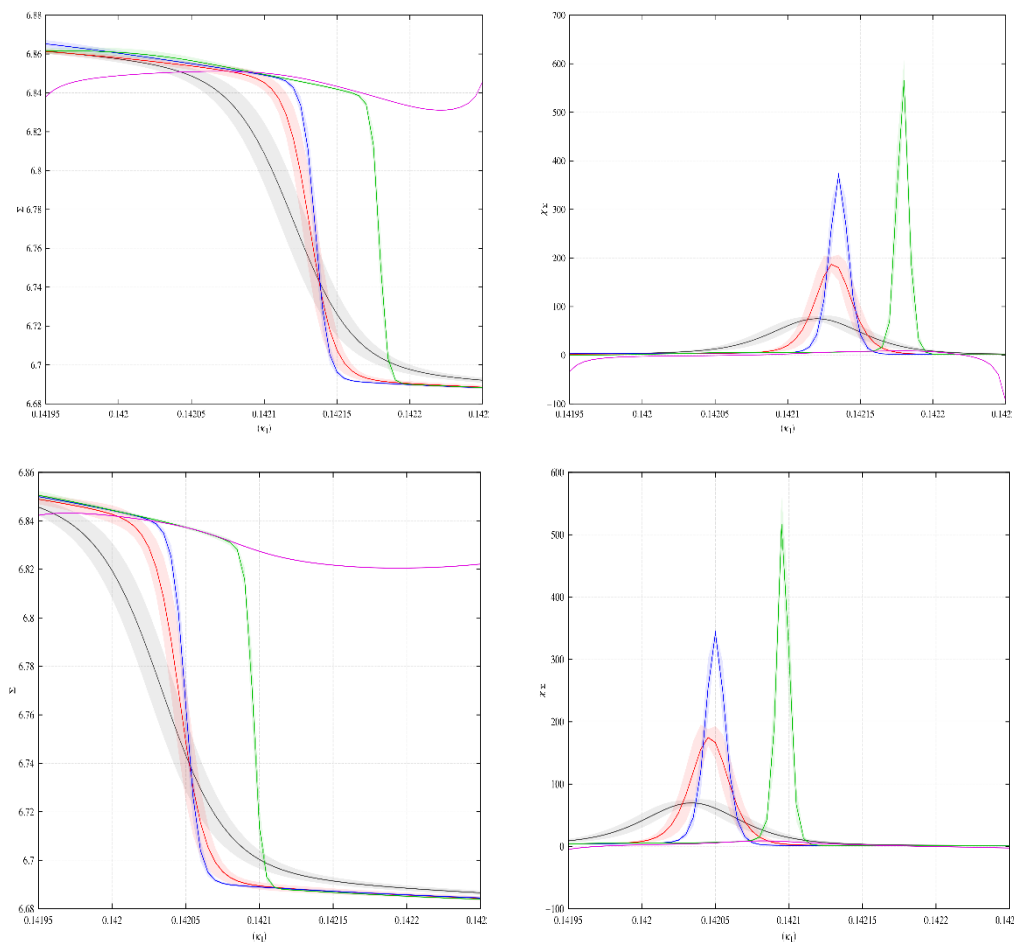
$N_T=8$  において  $2+1$  フレーバー QCD の有限温度計算を複数の空間体積で行った。



上図は、 $\beta=1.75$ 、 $\kappa_s=0.13300$  において、 $\kappa_1$  を変化させたときのカイラル凝縮

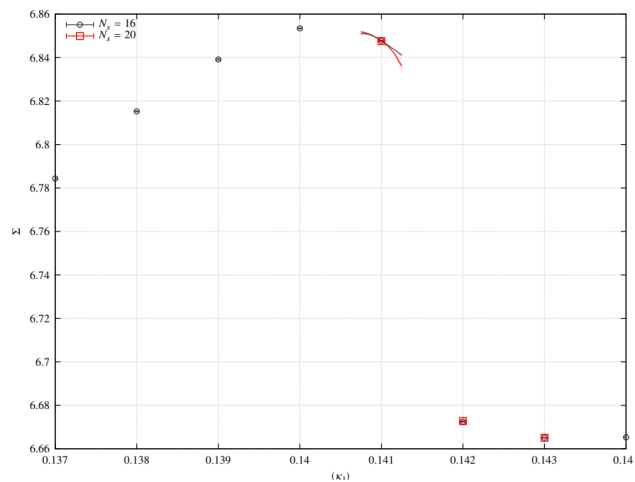
(左) とその感受率 (右) をプロットしたものである。図から、 $\kappa_1=0.14210$  付近に相転移があることがわかる。また、空間体積を変えると相転移点が大きく移動することから、この相転移は一次であると推定される。点は実際のシミュレーション点であり、実線は  $\kappa_1$  の再重みづけの結果である。また、以下の図はそれぞれ、 $\kappa_s$  に関して

も再重みづけを行った  $\kappa_s=0.13270$  (上) と  $\kappa_s=0.13330$  (下) でのカイラル凝縮とその感受率の結果である。  $\kappa_s=0.13270$  での相転移が  $\kappa_1=0.14215$  付近、  $\kappa_s=0.13330$  で



の相転移が  $\kappa_1=0.14205$  付近であることから、  $\kappa_s$  を大きくすると、相転移が起こる  $\kappa_1$  が小さくなるのがわかる。これは  $N_T=6$  での振る舞いと同一である。

右図は  $\beta=1.76$ 、  $\kappa_s=0.13300$  において、小さい格子サイズで、おおよその相転移点を調べるために、  $\kappa_1$  を粗くとりカイラル凝縮を測定した図である。この結果から  $\kappa_1$  が  $0.141$  から  $0.142$  の間にあることがわかる。これは、  $\beta=1.75$ 、  $\kappa_s=0.13300$  での相転移点の  $\kappa_1$  よりも小さく  $N_T=6$  での傾向と同じである。



3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

有限温度 QCD シミュレーションでは非常に多くのパラメータサーチが必要となり、膨大な計算リソースが必要となる。そのような状況で、大きな計算リソースを有する本学際共同利用プログラムは重要な役割を果たした。

4. 今後の展望

$N_T=8$ 、 $2+1$  フレーバー QCD の有限温度相転移に関して、 $\beta=1.75$ 、 $\kappa_s=0.13300$  付近では一次相転移を示唆する結果を得た。今後は相転移がクロスオーバーになるように、 $\beta=1.76$  やより大きな  $\beta$  でのカイラル凝縮を詳しく調べることにより、臨界終線の一部を特定できる。

5. 成果発表

(1) 学術論文

なし

(2) 学会発表

"Study of QCD with finite temperature", Yoshifumi Nakamura, Yoshinobu Kuramashi, Hiroshi Ohno, Shinji Takeda, The 30th Anniversary Symposium of Center for Computational Science at University of Tsukuba, 13-14 October 2022, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan

(3) その他

なし

使用計算機	使用計算機に ○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	14,000	0
Wisteria/BDEC-01	○	212,500	0
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			