

# 格子ゲージ理論を用いたクォークグルオンプラズマ相の研究

## 1 研究組織

- 研究責任者  
浅川 正之 (あさかわ まさゆき) 大阪大学 大学院理学研究科・教授
- 共同研究者  
野中 千穂 (のなか ちほ) 名古屋大学 大学院理学研究科・助教  
北沢 正清 (きたざわ まさきよ) 大阪大学 大学院理学研究科・助教

## 2 当該年度の実施報告

平成 20 年度は主に、格子 QCD において空間的に非一様な状態をシミュレーションするという課題に取り組んだ。従来の格子 QCD を用いた研究では、そのほぼ全てにおいて空間的に一様な状態がシミュレーションの対象とされていた。しかしながら、有限温度における QCD の性質を探る重要な実験的アプローチである相対論的原子核衝突において生成される高温・高エネルギー密度状態は本質的に非平衡・非一様な状態であり、これまで格子 QCD が行ってきた「数値実験」が想定する状況とは大きな乖離がある。このため、有限温度格子 QCD を非一様状態に拡張することは、今後計算機的能力が向上すると共に精密化していくことが期待される格子 QCD の分野において、特に実験との比較という側面での適用範囲を広げるという重要な意義を持つ。

有限温度格子 QCD 上における非一様状態のシミュレーションは、格子 QCD が基礎とする Gibbs 分布を局所平衡分布へと拡張することで少なくとも原理的には容易に達成される。我々はこのことを指摘し、実際に有限温度 SU(3) ゲージ理論に対して局所平衡分布を適用することで非一様状態のシミュレーションを行うことに挑戦した。特に、RHIC の原子核衝突において得られた実験結果に対する流体モデルを用いた解析により近年脚光を浴びていた輸送係数に注目し、非一様状態のシミュレーションから粘り粘性係数を抽出することを試みた。

このようなシミュレーションを行うため、我々はシステム B を用いて有限温度 SU(3) ゲージ理論のゲージ配位を生成した。ゲージ配位の更新には、格子 QCD 計算において広く用いられている擬熱浴法と過緩和法を併用した。また、局所平衡分布に対応した非一様状態を格子上に生成し、その妥当性を確認するため、(1) ゲージ配位は空間的に一様なゲージ作用に対して生成し、空間的に非一様な source 項を Taylor 展開の方法で取り込む [1]、(2) 同じく、reweighting 法で取り込む、(3) ゲージ配位自体を、局所平衡分布のゲージ作用に対して生成する [2]、という 3 通りの異なる方法による各種物理量の解析を行った。また、格子上の観測量としては、Polyakov ループ及び plaquette 変数に加え、エネルギー運動量テンソルの各項の振る舞い、特に空間座標に関する依存性を調べた。格子上のエネルギー運動量テンソルには、場の強さ  $F_{\mu\nu}$  を clover 型で定義することで得られる表式を用いた。

このような解析の結果、局所平衡分布の方法により、導入した source 項に対応し空間的に非一様な状態が生成されることが確認できた。図 1 に、ある source の配置に対する Polyakov

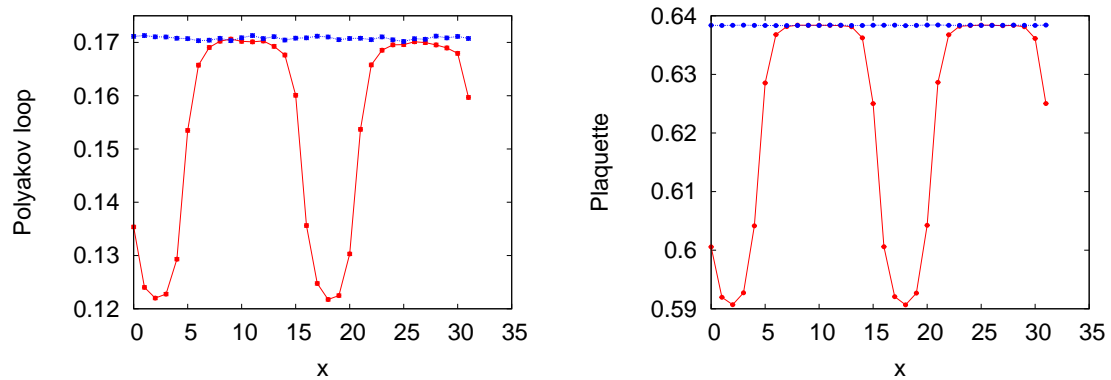


Figure 1: 空間的に一様な状態 (青) 及び非一様な状態 (赤) に対する Polyakov ループ及び plaquette 変数の空間座標  $x$  に対する振る舞い [2]。空間的に非一様な局所平衡分布のゲージ作用に対応し、非一様状態が生成されているのが確認できる。

ループ及び plaquette 変数の空間依存性を示す。この例では空間の二ヶ所に source 項を入れたシミュレーションを行ったが、これに対応しこれらの変数が空間的非一様性を持つことが見て取れる。また、エネルギー運動量テンソルの空間依存性にも同様な振る舞いが見られることが確認できた。今後はこの手法を、流れのある系における伝搬関数の計算などに応用することが期待される。しかしその一方で、本研究の動機であった粘り係数の抽出に関しては、局所平衡分布においては輸送が発生しないという原理的な問題が存在することが判明し、文献 [1] を投稿した後はこの課題は保留となっている。今後我々の方法を輸送の問題に適用していくためには非平衡状態の取り扱いに関する根本的な打開策が求められる。

## References

- [1] M. Kitazawa, M. Asakawa, B. Müller and C. Nonaka, **PoS(LATTICE 2008)**, 183 (2008).
- [2] 河野泰宏、修士論文 (大阪大学、2009 年).