

実施報告書

格子 QCD による有限温度 QCD の研究

平成 21 年 11 月 5 日

1 研究組織

Bornyakov Vitaly(ボロニャコフ ビタリー)：ロシア高エネルギー物理学研究所 (IHEP)・教授
駒 美保(こま みほ)：沼津工業高等専門学校・日本学術振興会特別研究員
駒 佳明(こま よしあき)[代表]：沼津工業高等専門学校・講師 / 理研
長谷川 将康(はせがわ まさやす)：金沢大学・大学院生 / 理研
石黒 克也(いしぐろ かつや)：高知大学・助教 / 理研
森 祥寛(もり よしひろ)：金沢大学・FD-ICT 推進室 主任 / 理研
中村 宜文(なかむら よしふみ)：レーゲンスブルク大学・ポスドク
Polikarpov Mikhail I.(ポリカルポフ ミハイル)：ロシア理論実験物理研究所 (ITEP)・教授
Schierholz Gerrit(シアホルツ ゲリット)：ドイツ電子シンクロトロン研究所 (DESY)・教授
鈴木 恒雄(すずき つねお)：金沢大学・名誉教授 / 理研

2 実施報告の詳細

DIK Collaboration は、これまでクエンチ近似、及び 2 フレーバー QCD の相転移前後におけるゲージ配位を用いて、モノポール自由度に着目したクォーク間ポテンシャルや、フラックスチューブのプロファイルなどの研究を行い、両者の結果を比較することで、動的クォークの寄与が入った場合におけるトポロジカル自由度の役割について調べてきた。

本研究では、この DIK Collaboration が推進する一連の研究を、3 フレーバー (2 + 1 フレーバー) に拡張し、より現実世界に近いゲージ配位におけるトポロジカル自由度の役割を調べるための準備段階として、KEK の BlueGene/L の 512 ノードを主に使用し、格子サイズ $32^3 \times 12$, $\beta = 5.50$, $\kappa_{ud} = \kappa_s = 0.1200, 0.1203, 0.1205, 0.1207$ について、それぞれ $O(3500), O(2500), O(1500), O(200)$ の真空を生成した。これらの真空を用いて計算した Polyakov ループの結果を図 1 に示す。 π 中間子及び K 中間子の質量は約 500 から 1000 MeV、格子間隔は約 0.08 から 0.1 fm である。

Polyakov ループは温度が上昇するにつれて大きくなっていることがわかり、相転移点はこの付近に存在することが推測される。Polyakov ループサセプタビリティについては統計が足りずにノイズに埋もれてしまっているので、統計を上げる必要がある。

図 2 はトポロジカルサセプタビリティを κ でプロットしたものである。統計が少ないながらも、温度上昇・クォーク質量減少とともに減少するという、良く知られた振る舞いが見て取れる。

このシミュレーションで相転移点を決めた後は、生成した配位を用い、トポロジカル電荷密度やカラー磁気モノポールなど、QCD 真空のカイラル対称性の破れや閉じ込めなどの非摂動論的性質を特徴付けるトポロジカルな物理量が相転移前後でどのように変化するか調べる。また別の格子間隔や、2 + 1 フレーバーのシミュレーションを行い、そこで決定した相転移点を連続極限・物理的なクォーク質量への外挿する予定である。

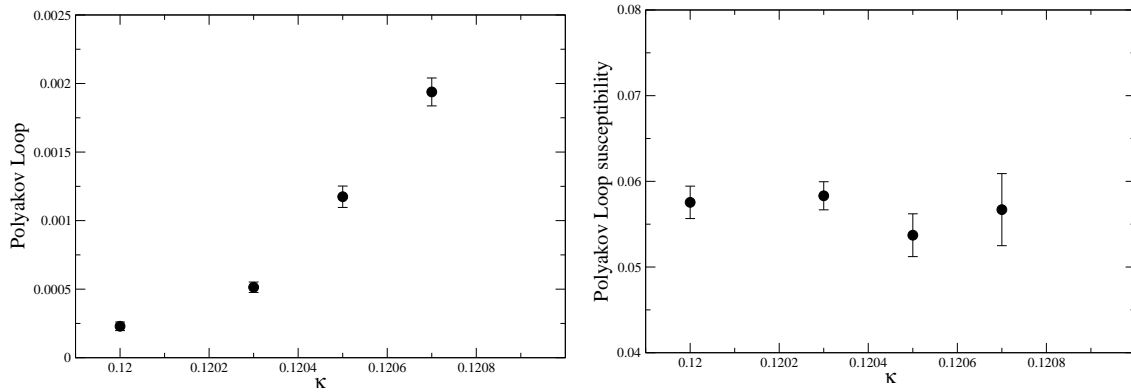


図 1: 3 フレーバー, $N_t = 12$ における Polyakov ループ (左) と Polyakov ループサセプタビリティ (右)

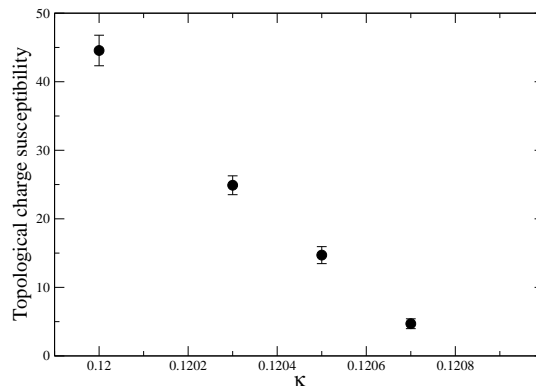


図 2: 3 フレーバー, $N_t = 12$ におけるトポロジカルサセプタビリティ

3 成果発表

査読付き学術雑誌に投稿中の論文

- "Probing the finite temperature phase transition with $N_f=2$ nonperturbatively improved Wilson fermions", V.G. Bornyakov, R. Horsley, S.M. Morozov, Y. Nakamura, M.I. Polikarpov, P.E.L. Rakow, G. Schierholz, T. Suzuki, arXiv:0910.2392

口頭研究発表

- "Probing the finite temperature phase transition with $N_f=2$ nonperturbatively improved Wilson fermions", G. Schierholz et al., The XXVII International Symposium on Lattice Field Theory, July 26-31 2009, Peking University, Beijing, China.