

受付 ID	16a39
分野	素粒子

Gradient flow を用いた (2+1)-flavor QCD 熱力学量の研究

Thermodynamics in (2+1)-flavor QCD with gradient flow

金谷 和至

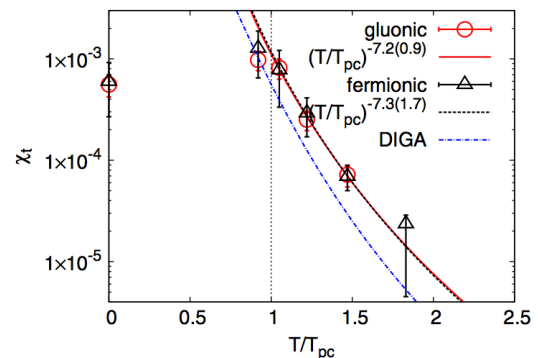
筑波大学 数理物質融合科学センター(CiRfSE)

1. 研究目的

グラジエントフローを用いた方法により、くりこまれたエネルギー運動量テンソルを格子上で直接計算することができ、クエンチ近似でその有効性が示されている。本プロジェクトではクォークを含む (2+1)-flavor QCD でグラジエントフローを用いた QCD 熱力学量の計算を行う。full QCD で最初の計算として、重いクォーク質量領域で固定格子間隔法による $T=170\text{-}700\text{MeV}$ の有限温度配位を用いた計算を実行する。これらの配位には従来の T-積分法による結果が存在し、グラジエントフローと比較する。

2. 研究成果の内容

上記計算を実行し、格子化誤差の小さい $Nt > 8$ で、従来の方法による結果を再現することを示した。さらに、同じ配位を用いて、グラジエントフローを用いたカイラル凝集と位相感受率の評価も行った。格子ではこれらの物理量に複雑なくりこみが要求されるが、グラジエントフローによりくりこまれた量を直接評価可能となる。我々は、カイラル感受率がクロスオーバー温度でピークを示すことをウィルソン型クォークとして初めて示した。位相感受率も評価し、アクシオン質量がインスタントン模型の予想とコンシステントな温度依存性を持つことを示した (図参照, Phys. Rev. D 95, ref.054502 (2017) より)。これはアクシオンが暗黒物質の候補となるかを判定する上で重要な情報となる。



3. 学際共同利用として実施した意義

フェルミオンのグラジエントフロー計算では、記憶容量が大きいことが計算時間に重要で、HA-PACS の特徴とマッチしていた。他方、研究の基本となる有限温度配位の生成では COMA が有利で、両者を備えた計算科学研究センターのプラットフォームがこのプロジェクトに適していた。

4. 今後の展望

次の段階では、異なる格子間隔で同様の計算を行い、連続極限を取り、同時に **physical point** での有限温度配位を用いた研究も開始している。

5. 成果発表

(1) 学術論文

1. Hiroshi Suzuki, "Energy-momentum tensor on the lattice: recent developments", PoS (LATTICE 2016) 002 (2017) 1-14.
2. Kazuyuki Kanaya, Shinji Ejiri, Ryo Iwami, Masakiyo Kitazawa, Hiroshi Suzuki, Yusuke Taniguchi, Takashi Umeda, Naoki Wakabayashi, "Equation of state in (2+1)-flavor QCD with gradient flow", PoS (LATTICE 2016) 063 (2017) 1-7.
3. Yusuke Taniguchi, Shinji Ejiri, Kazuyuki Kanaya, Masakiyo Kitazawa, Hiroshi Suzuki, Takashi Umeda, Ryo Iwami, Naoki Wakabayashi, "Temperature dependence of topological susceptibility using gradient flow", PoS (LATTICE 2016) 064 (2017) 1-7.
4. Yusuke Taniguchi, Kazuyuki Kanaya, Hiroshi Suzuki, Takashi Umeda, "Topological susceptibility in finite temperature (2+1)-flavor QCD using gradient flow", Phys. Rev. D 95, No.5 (2017) ref.054502, pp.1-8.
5. Yusuke Taniguchi, Shinji Ejiri, Ryo Iwami, Kazuyuki Kanaya, Masakiyo Kitazawa, Hiroshi Suzuki, Takashi Umeda, and Naoki Wakabayashi (WHOT-QCD Collaboration), "Exploring $N_f=2+1$ QCD thermodynamics from gradient flow", arXiv:1609.01417 [hep-lat]

(2) 学会発表

1. Y. Taniguchi 「QCD energy momentum tensor at finite temperature using gradient flow」, RBRC Workshop on Lattice Gauge Theories 2016 (BNL, NY, USA, 3.9-11, 2016)
2. 谷口裕介 「Gradient flow で見る有限温度 QCD」, 日本物理学会 第 71 回年次大会 (東北学院大, 仙台, 3.19-22, 2016)
3. Kazuyuki Kanaya 「Recent results of particle physics simulations at Tsukuba」, Collaboration workshop between Tsukuba and Edinburgh universities (Univ. Edinburgh, Edinburgh, UK, June 16-17, 2016)
4. Shinji Ejiri 「Phase structure of QCD at high temperature and high density by numerical simulations of lattice QCD」, NIC-XIV School (School for Nuclei in the Cosmos XIV) (Niigata, 6.13-17, 2016)
5. Kazuyuki Kanaya 「Equation of state in (2+1)-flavor QCD with gradient flow」, The XXXIV International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2016) (Southampton, UK, July 24-30, 2016)

6. Yusuke Taniguchi 「Temperature dependence of topological susceptibility using gradient flow」, The XXXIV International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2016) (Southampton, UK, July 24-30, 2016)
7. Hiroshi Suzuki 「Energy-momentum tensor on the lattice: recent developments」, The XXXIV International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2016) (Southampton, UK, July 24-30, 2016)
8. Kazuyuki Kanaya 「Topological susceptibility in finite-temperature (2+1)-flavor QCD with gradient flow」, The 14th International workshop on QCD in eXtreme conditions (XQCD 2016) (Plymouth, UK, Aug. 1-3, 2016)
9. Yusuke Taniguchi 「QCD energy momentum tensor at finite temperature using gradient flow」, The 14th International workshop on QCD in eXtreme conditions (XQCD 2016) (Plymouth, UK, Aug. 1-3, 2016)
10. 金谷 和至 「Gradient flow 法で探る Nf=2+1 QCD 熱力学」, 熱場の量子論とその応用 2016 (TQFT 2016) (理化学研究所 iTHES, 和光, 8.22-24, 2016)
11. 金谷和至「Gradient flow による(2+1)-flavor QCD 状態方程式」, 日本物理学会 (宮崎大学木花キャンパス, 宮崎, 9.20-24, 2016)
12. 谷口裕介 「Gradient flow で探る topological susceptibility の温度依存性」, 日本物理学会 (宮崎大学木花キャンパス, 宮崎, 9.20-24, 2016)
13. M. Kitazawa 「Energy-momentum tensor and thermodynamics from gradient flow」, Phase structure of lattice field theories, Japanese-German Seminar 2016 (Niigata, Japan, Sept. 26-28, 2016)
14. K. Kanaya 「Thermodynamics in (2+1)-flavor QCD with gradient flow method」, Phase structure of lattice field theories, Japanese-German Seminar 2016 (Niigata Univ., Niigata, Japan, Sept. 26-28, 2016)
15. Y. Taniguchi 「Temperature dependence of topological susceptibility using gradient flow」, Phase structure of lattice field theories, Japanese-German Seminar 2016 (Niigata, Japan, Sept. 26-28, 2016)
16. 谷口裕介 「Gradient flow を課したら中間子相関関数はどうなる?」, 日本物理学会第 72 回年次大会 (大阪大学, 大阪, Mar. 17-20, 2017)

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS	○	11700
HA-PACS/TCA		
COMA	○	8100
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		