

## 自己評価報告書

平成23年 4月25日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20340055

研究課題名(和文) 極限状態QCDの国際共同研究

研究課題名(英文) International Collaborative Study of QCD at Extreme Condition

研究代表者

中村 純 (NAKAMURA ATSUSHI)

広島大学・情報メディア教育研究センター・教授

研究者番号：30130876

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：クォーク、グルーオン、閉じ込め、QCD、エンタングルメントエントロピー

## 1. 研究計画の概要

格子 QCD と現象論、有効模型、実験の解析を連携して進めることにより、極限状態 QCD の理解を進める。そのために、ハドロン物理学の研究を世界的レベルで進めている国内の原子核理論研究者と研究協力体制を作り、QCD の閉じ込め機構や現象論について先駆的研究を進めている海外の研究者と国際共同研究体制で、超高温・超高密度での物理現象の解明を進める。

## 2. 研究の進捗状況

- (1) 有限温度 QCD 物質の粘性係数と場の位相的性質の関係、
- (2) 閉じ込め相、非閉じ込め相におけるグルーオンプロパゲータの振る舞い
- (3) ウイルソン型クォーク作用に対するフガシティ(fugacity)展開公式の開発、
- (4) マルチコア型 CPU 上での QCD プログラムの開発が本研究計画の大きな柱となっている。

(1) では、SU(2)の場合に場の位相的状态を変化させることで、粘性係数に大きな違いがでることが明らかになり、ほぼ当初の目的を達した。今後、現実的な SU(3)の場合に拡張することで大きな発展が期待できる。

(2) については、SU(2)の場合に、ボルテックスが存在するか否かでグルーオンプロパゲータの振る舞いに大きな違いが出るのが分かり、論文として発表した。当初の目標を達成した。(1)と同じく、今後 SU(3)に拡張することで大きな進展に結びつく。

(3) では、フガシティ展開公式を開発し、論文として発表し、当初の目標を達成した。現在はこの公式を応用して、有限密度系のシミ

ュレーションを進めている。

(4) については、ゲージ理論の中心部である行列積の部分で、これまで他のグループが到達したものよりはるかに効率の良いコードを CELL 上で開発した。その一部を論文で公表している。今後、更にフェルミオンの計算に拡張する予定である。

以上、いずれのプロジェクトも、当初の計画通り、若手研究者と進め、国外の著名研究者と連携することで若手育成をはかった。

## 3. 現在までの達成度

上記の(1)について：②概ね順調に進展している。

当初不明だった関係を明かにし、査読付き論文誌に掲載された。

上記の(2)について：②概ね順調に進展している。

当初不明だった関係を明かにし、査読付き論文誌に掲載された。

上記の(3)について：①当初の計画以上に進展している。

当初の狙いの公式を開発し、査読付き論文誌に掲載された。更に、その公式を使ったシミュレーションが進んでいる。

上記の(4)について：③やや遅れている。

コードの中心部の開発は終了し、一部を論文誌に発表した。その応用部の開発と、全体の計算を含む論文の執筆が終了していない。

## 4. 今後の研究の推進方策

これまでの成果に基づき、

- (1) 有限密度 QCD 系の数値シミュレーション。特に、これまでのテーラー展開法を超えた有限密度領域の計算の推進。

(2) 有限温度系の QGP (クォーク・グルーオン・プラズマ) の性質の研究。特に、RHIC で実現されている温度領域と、LHC で実現される温度領域で生成されるの QGP の相違の調査。  
(3) 場の量子論の持つ位相的特異性と閉じ込め機構の関連の研究。  
(4) 次世代の Peta FLOPS 級の計算機の上でのシミュレーションの準備のために、マルチコア並列機の上での QCD プログラムの開発を進めていく。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 22 件)

1. Keitaro Nagata and A. Nakamura, Wilson Fermion Determinant in Lattice QCD, Phys. Rev. 査読有, D82, 2010, 094047
2. Shinji Motoki, A. Nakamura, Koichi Hashimoto, Kiyoshi Mizumaru, “Problem Solving Environment for Lattice QCD on Cell/B.E.”, Journ. Convergence Information Technology, 査読有, Volume 5, Number 4, 2010, 187-194
3. Y. Nakagawa, A. Nakamura, T. Saito, H. Toki, ” Spectral sum for the color-Coulomb potential in SU(3) Coulomb gauge lattice Yang-Mills theory”, Phys. Rev. 査読有, D 81, 2010, 054509
4. Y. Minami, T. Kunihiro, “Dynamical Density Fluctuations around QCD Critical Point Based on Dissipative Relativistic Fluid Dynamics-possible fate of Mach cone at the critical point-”, Prog. Theor. Phys. 査読有, 2010, 122:881-910
5. Hua-Xing Chen, Atsushi Hosaka, Hiroshi Toki, Shi-Lin Zhu, “Light Scalar Meson  $\sigma(600)$  in QCD Sum Rule with Continuum”, Phys. Rev., 査読有, 2010, D81:114034 .

[学会発表] (計 6 件)

1. 中村純, “Lattice QCD and High Baryon Density State”, 国際会議 BARYONS’ 10, Dec. 8 2010, 大阪大学
2. 中村純, “Problem Solving Environment of Lattice QCD”, ICCIT Seoul, Dec. 1, 2010 (韓国)
3. 中村純, “ Lattice Study of Finite Density QCD with Wilson Fermions”, Nonperturbative Aspects of QCD at Finite Temperature and Density, Nov. 8, 2010 (つくば、日本)
4. 中村純, “QGP and confinement” Extreme QCD 2010, June, 22, 2010, Bad Honnef (ド

イツ)

5. 中村純, “Quarks, Gluons and Hadronic Matter under Extreme Conditions”, 3 March 2010, St. Goar (ドイツ)

[その他]