

研究責任者名 Name	金谷 和至 KANAYA, Kazuyuki	所属機関 Affiliation	筑波大学 数理物質系 Faculty of Pure and Applied Sciences, Univ. of Tsukuba
受理番号 Proposal No.	大型-12-14	研究課題名 Program title	有限温度・有限密度 QCD の非摂動論的研究 Non-perturbative study of hot and dense QCD

研究を終了しましたので、下記の通り報告します。

成果の概要

Abstract

(和文)

重イオン衝突実験からクォーク・グルオン・プラズマ生成のシグナルを抽出するためには、低密度領域での QCD 相転移に関する理論からのインプットが必要である。我々は、非摂動論的に改良されたウィルソン・クォーク作用を用いた格子 QCD の数値シミュレーションにより、高温低密度領域での QCD の相構造や相転移温度、熱力学量の温度・密度依存性などに関する定量的研究を進めている。本課題では、ストレンジクォークの真空偏極まで取り入れた $N_f=2+1$ QCD の状態方程式を固定格子間隔に基づいて計算している。昨年度までの研究に基づき、ウィルソン型クォークによる $N_f=2+1$ QCD の状態方程式の最初の結果を発表したが、それを物理点直上に拡張するための準備を進めた。同時に、ヒストグラム法により、まずクォークが重い領域で有限温度・密度の相構造を計算し、さらに、クォーク行列式の位相をクエンチしたシミュレーションからの再重み付け法と組み合わせることにより、クォークが軽い領域での相構造を研究した。

(英文)

In order to extract an evidence for formation of the quark-gluon-plasma by heavy ion collision experiments, theoretical understanding of the nature of QCD transition at low but finite densities is indispensable. We are pushing forward a series of projects to study the phase structure and thermodynamic properties of QCD on the lattice using improved Wilson quarks. In this project, we determined the equation of state (EOS) in finite-temperature $N_f=2+1$ QCD adopting the fixed scale approach. We have published the first results on EOS in $N_f=2+1$ QCD with Wilson-type quarks. We are now extending the study to the physical point. We also have studied the QCD phase structure at finite temperatures and densities by the histogram method. To extend our previous study in the heavy quark region to light quarks, we have adopted the reweighting technique to phase-quenched simulations of finite-density QCD.

研究成果を公開しているホームページアドレス

研究成果の 公表	口頭研究発表 件数	査読付きの学術論文数	プロシーディング 論文数	その他 (投稿中を含む)
	13	3	3	0

成果の公表リスト（それぞれの枠に番号をつけて記入願います。）

口頭研究発表	
1.	梅田 貴士, ``固定格子間隔での有限温度格子 QCD の研究'', 日本物理学会 第67回年次大会, 関西学院大学, 西宮, Mar. 24-27, 2012.
2.	齋藤 華, ``クォーク質量が大きい領域での有限密度 QCD 相転移と複素位相の効果'', 日本物理学会 第67回年次大会, 関西学院大学, 西宮, Mar. 24-27, 2012.
3.	中川 義之, ``ヒストグラム法を用いた格子計算による有限密度 QCD の研究'', 日本物理学会 第67回年次大会, 関西学院大学, 西宮, Mar. 24-27, 2012.
4.	江尻 信司, ``有限密度格子 QCD における符号問題の解決に向けた状態密度法による試み'', 第2回 HPCI 戦略プログラム、分野2×分野5異分野交流研究会ー量子モンテカルロ計算ー, 東京大学, 物性研究所, Mar. 30, 2012.
5.	S. Ejiri, ``Probability distribution functions in the finite density lattice QCD'', The XXX International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2012), Cairns, Australia, June 24-29, 2012.
6.	Y. Nakagawa, ``Phase structure of finite density QCD with a histogram method'', The XXX International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2012), Cairns, Australia, June 24-29, 2012.
7.	T. Umeda, ``Thermodynamics in 2+1 flavor QCD with improved Wilson quarks by the fixed scale approach'', The XXX International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2012), Cairns, Australia, June 24-29, 2012.
8.	H. Saito, ``The order of the phase transition at finite temperature and density in the heavy quark region'', Univ. Mainz seminar, Univ. Mainz, Mainz, Germany, July 12, 2012.
9.	金谷 和至, ``Lattice QCD at finite T and μ -- updates from Lattice 2012'', 基研研究会 熱場の量子論とその応用 2012, 京都大学基礎物理学研究所, 京都, Aug. 22-24, 2012.
10.	中川 義之, ``Phase structure of finite density lattice QCD with a histogram method'', 基研研究会 熱場の量子論とその応用 2012, 京都大学基礎物理学研究所, 京都, Aug. 22-24, 2012.
11.	S. Ejiri, ``Study of finite density lattice QCD by a histogram method'', Workshop on ``New Frontiers in Lattice Gauge Theory'', Galileo Galilei Inst. Theor. Phys., Florence, Italy, Aug. 27-Sept. 28, 2012.
12.	中川 義之, ``ヒストグラム法で探る有限密度格子 QCD の相構造'', 日本物理学会, 京都産業大学, 京都, Sept. 11-14, 2012.
13.	S. Ejiri, ``Phase structure of lattice QCD at finite density by a histogram method'', International workshop on "The Sign Problem in QCD and Beyond", Regensburg, Germany, Sept. 19-22, 2012.

査読つきの学術論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載)

1	著者名	T. Umeda, S. Aoki, S. Ejiri, T. Hatsuda, K. Kanaya, Y. Maezawa, and H. Ohno,
	タイトル	"Equation of state in 2+1 flavor QCD with improved Wilson quarks by the fixed scale approach"
	雑誌名等	Phys. Rev. D 85, No.9 (2012) ref.094508, pp.1-11
	URL	http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevD.85.094508
2	著者名	Shinji Ejiri, Kazuyuki Kanaya, and Takashi Umeda,
	タイトル	"Ab initio study of the thermodynamics of quantum chromodynamics on the lattice at zero and finite densities"
	雑誌名等	Prog. Theor. Exp. Phys. 2012, No.1 (2012) ref.01A104, pp.1-35
	URL	http://ptep.oxfordjournals.org/content/2012/1/01A104.full.pdf+html
3	著者名	Y. Maezawa, T. Umeda, S. Aoki, S. Ejiri, T. Hatsuda, K. Kanaya and H. Ohno,
	タイトル	"Application of fixed scale approach to static quark free energies in quenched and 2 + 1 flavor lattice QCD with improved Wilson quark action"
	雑誌名等	Prog. Theor. Phys. 125, No.5 (2012) 955-970
	URL	http://ptp.ipap.jp/link?PTP/128/955/

プロシーディング論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載)

1.	著者名	Y. Nakagawa, S. Ejiri, S. Aoki, K. Kanaya, H. Ohno, H. Saito, T. Hatsuda, T. Umeda
	タイトル	Histogram method in finite density QCD with phase quenched simulations
	雑誌名等	PoS (LATTICE 2011) (2012) ref.208, pp.1-7
	URL	http://pos.sissa.it/archive/conferences/139/208/Lattice%202011_208.pdf
2.	著者名	H. Saito, S. Aoki, K. Kanaya, H. Ohno, S. Ejiri, Y. Nakagawa, T. Hatsuda, T. Umeda
	タイトル	Finite density QCD phase transition in the heavy quark region
	雑誌名等	PoS (LATTICE 2011) (2012) ref.214, pp.1-7

	URL	http://pos.sissa.it/archive/conferences/139/214/Lattice%202011_214.pdf
3.	著者名	S. Ejiri, S. Aoki, T. Hatsuda, K. Kanaya, Y. Nakagawa, H. Ohno, H. Saito, T. Umeda
	タイトル	Numerical study of QCD phase diagram at high temperature and density by a histogram method
	雑誌名等	Cent. Eur. J. Phys. 10, No.6 (2012) 1322-1325
	URL	http://www.springerlink.com/content/4678081077111858/
その他（学位論文、紀要、投稿中の論文を含む）（URL を記載）		
なし		
特記（本研究に関係した、新聞記事・著作、受賞など）		
なし		