

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24540271

研究課題名(和文) 高密度 QCD 相図における平均場とその揺らぎの効果

研究課題名(英文) Phase diagram of dense QCD matter in view of mean field and fluctuations

研究代表者

大西 明(Ohnishi, Akira)

京都大学・基礎物理学研究所・教授

研究者番号：70250412

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000 円

研究成果の概要(和文)：本研究では秩序変数の揺らぎを考慮した枠組みを発展させ、高密度 QCD 相図の理解を進めた。まず、有限密度領域を研究する有力な手法である強結合格子 QCD において揺らぎ効果を取り入れる新しい手法を開発し、強結合極限における QCD 相図を得た。これは別の独立な手法と無矛盾であり、強結合極限 QCD 相図を確定できたことになる。また、汎関数繰り込み群(FRG)におけるカイラル凝縮とクォーク密度の結合が QCD 相図に与える効果、バリオン数分布データにおける臨界性発現の指摘、QCD 相図の非対称度依存性の解明などの成果を得ている。

研究成果の概要(英文)：We have investigated dense QCD matter phase diagram by using theoretical frameworks including fluctuation effects. First, the QCD phase diagram in the strong coupling limit is studied by using the newly developed auxiliary field Monte-Carlo method. The obtained phase diagram is consistent with the one previously obtained in a different framework (the monomer-dimer-polymer simulations), thus the QCD phase diagram in the strong coupling limit is settled. Next, we have investigated the coupling effects of the quark number density (μ) and the chiral condensate (χ) on the QCD phase diagram in the framework of the functional renormalization-group (FRG). The soft mode associated with the QCD critical point is a linear combination of μ and χ , then the coupling of μ and χ is found to enlarge the critical region. The baryon number distribution in heavy-ion collisions and the effect of isospin asymmetry on the phase diagram are also studied.

研究分野：理論核物理

キーワード：QCD相図 強結合格子QCD カイラル有効理論 揺らぎ 補助場モンテカルロ 非対称物質 中性子星
バリオン数分布

1. 研究開始当初の背景

我々の世界を作る核子は、初期宇宙において高温のクォークとグルーオンが解放された状態(クォーク・グルーオン・プラズマ; QGP)から作られた。QGP が約2兆度まで冷えるとQCD相転移が起こり、 π 粒子や核子などのハドロンが生成されたと考えられている。一方超高密度でもクォーク物質が生成されると考えられるが、これが(観測可能な)最高密度物質である中性子星コアで実現されているか否かは、未決着の大問題である。

このQCD相図の物理は、実験・観測研究の進展により近年急速に進んでいる。高温・低密度領域では、相対論的重イオン衝突型加速器(RHIC)・大ハドロン衝突型加速器(LHC)での重イオン衝突におけるQGP研究が行われている。また低温・高密度状態では、太陽の2倍程度の質量をもつ重い中性子星の発見により、中性子星コアにおけるクォーク物質の存在が現実味を帯びている。さらに、低密度での滑らかな(クロスオーバー)転移と高密度での1次相転移を結ぶQCD臨界点探索が、RHICでの入射エネルギー走査(Beam Energy Scan; BES)プログラムにて行われている。

こうした実験・観測の発展と研究対象の広がりを受けて、理論的にも信頼性の高い枠組みの開発が急務であろう。理論的に最も信頼できる手法は第一原理計算である格子QCDモンテカルロ(MC)シミュレーションであるが、有限密度では符号問題のため信頼できる答えを出すには至っていない。このため有限密度領域を含むQCD相図研究には、南部-ヨナラシニョ(NJL)模型に代表されるQCD有効模型や格子QCDにおいて結合が十分大きいとする強結合格子QCDが用いられている。ところが、これまで広く用いられてきた平均場近似は秩序変数が大きく揺らぐ臨界点近傍の性質を定量的に議論するには不十分であり、揺らぎ(量子補正)を取り入れた枠組みへと進化させる必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、(1,2)カイラル凝縮などの秩序変数が揺らぐ効果を取り入れた理論の枠組みの開発を行う。また揺らぎに着目して、(3)高エネルギー重イオン衝突における臨界点近傍の観測可能量や(4)非対称QCD物質相図の研究を進め、高密度QCD相図の理解を進める。

(1) 揺らぎ効果を取り入れた強結合格子QCD

強結合格子QCDは、格子QCDの分配関数を結合定数の逆数($1/g^2$)で展開して有効作用を得る手法であり、符号問題が抑制されるため、有限密度領域を含むQCD相図研究に適用されてきた。これまで平均場近似・強結合極限($1/g^2=0$)での研究が主であったが、近年平均場近似の下での有効結合効果を取り入れる研究が進んでおり、また強結合極限での揺らぎの効果を取り入れる研究[Ref. ①]も開

始された。しかし揺らぎを取り入れる手法は特殊であり、特に有限結合効果と揺らぎをともに取り入れる方法は見つかっていない。ここでは、補助場の揺らぎをモンテカルロ法により積分する手法を開発し、この問題の解決を目指す。

(2) 密度揺らぎとの結合を含むQCD有効模型の汎関数繰り込み群発展

QCD有効模型の平均場近似は現在相図研究の標準的手法であるが、揺らぎの効果を含まない、模型相互作用に結果が大きく依存するなどの問題点がある。ここでは原理的には厳密な手法であり、近年注目されている汎関数繰り込み群(FRG)を用いる。これまでの手法を進展させ、高密度で重要となるベクトル場をカイラル場と同時に進展させることにより、低運動領域でのベクトル結合の役割を明らかにする。

(3) 臨界点周りの観測量

QCD臨界点、および1次相転移観測のため現在RHICでの入射エネルギー走査が行われており、臨界点が小さな化学ポテンシャル領域($\mu_B < 500$ MeV)にあれば重イオン衝突にて到達できると期待されている。これまで主としてQCD有効理論の平均場近似において敏感とされるシグナルについて分析が行われているが、臨界領域では秩序変数が大きく揺らぐため、平均場近似による予言は不十分な可能性が高い。ここではFRGや強結合格子QCDの枠組みにより、保存量の揺らぎなどの観測量を比較・分析し、臨界性を示す観測量の分析を行う。

(4) 非対称物質のQCD相図

中性子星のようにアイソスピン非対称物質におけるQCD相転移を議論するには、通常化学ポテンシャル(μ)・温度(T)に加えてアイソスピン化学ポテンシャル($\delta\mu$)を取り入れた3次元相図を考える必要がある。特に超新星爆発やブラックホール形成などの動的なコンパクト天体現象では(ニュートリノ無しの)ベータ平衡条件($\delta\mu \equiv (\mu_n - \mu_p)/2 = \mu_s/2$)が必ずしも成り立っておらず、アイソスピン化学ポテンシャル $\delta\mu$ を独立に取り扱うことが必要である。ここでは非対称物質の相構造を明らかにし、爆発現象や中性子星コアでのQCD相転移における役割を議論する。

3. 研究の方法

本研究では代表者・分担者・協力者がそれぞれ得意とする手法—強結合格子QCD(大西)、QCD有効理論(国広、分担者)、汎関数繰り込み群(森田、協力者・H24分担者)—を進展させ、また揺らぎにかかわる現象・非対称物質QCD相図の研究を進める。

(1) 強結合格子QCDの補助場モンテカルロ

強結合格子 QCD では、強結合展開の各次数に対応する結合ダイアグラムを空間方向グルーオンについて積分し、クォークと時間方向リンク変数 (U_0) の有効作用 S_{eff} を得る。この有効作用に補助場を導入し、クォーク間の相互作用項を一体場に帰着させ (拡張した Hubbard-Stratonovich (EHS) 変換)、モンテカルロ法によって補助場の汎関数積分を実行すれば、有効作用から出発した厳密計算となる。この補助場モンテカルロ (Auxiliary Field Monte-Carlo; AFMC) 法は、量子多体系の問題で広く用いられている一般性の高い方法であり、平均場とその揺らぎによる記述であるため QCD 有効模型との関連も明確である。これまでに強結合極限で用いられている揺らぎを含む手法、Monomer-Dimer-Polymer (MDP) simulation [Ref. ①]、と比較すると、有限結合効果の導入が straightforward であるというメリットをもつ。

本研究では AFMC 法を有限温度・密度領域の強結合格子 QCD に適用し、QCD 相図を得て、その性質を調べる。

(2) 密度揺らぎとの結合を含む QCD 有効模型の汎関数繰り込み群発展

汎関数繰り込み群 (FRG) では、大きな赤外カットオフ k において粒子が十分重くなり、作用が古典的作用と一致するようにカットオフ関数 $Rk(q)$ (q は粒子の運動量) を導入し、ここから出発して k を小さくするフロー方程式 (Wetterich 方程式) を解くことにより量子補正を厳密に取り入れる。

これまではカイラル凝縮 1 変数の汎関数が考えられてきたが、臨界点近傍の理解には密度場も重要である。これは有限密度領域にある QCD 臨界点の周りでは、カイラル凝縮と流体モードの (クォーク密度波) が結合してソフトなモードとなるためである。

本研究では、Quark Meson 模型にベクトル結合を導入した作用を初期条件とし、局所ポテンシャル近似の下でフロー方程式を解くことにより揺らぎを取り入れ、臨界領域の大きさなどへの密度場との結合効果の影響を明らかにする。

(3) 臨界点周りの観測量

重イオン衝突で探索される相転移線近傍では秩序変数の揺らぎ (あるいは感受率 χ , 2 次のモーメント) が大きくなる。このため、 χ の微分に関するバリオン数の 3 次 (skewness, S), 4 次 (kurtosis, κ) のモーメントが負になる領域が現れることが示唆されている。一方、これまでの FRG を用いた研究では、モーメントは 6 次で初めて負符号を取ることが示唆されており [Ref. ②]、データと臨界性の関連を正しく解釈するにはバリオン数揺らぎのより深い理解が必要である。

本研究では、モーメントのみでなく、直接の観測量であるバリオン数分布に着目し、相

関の無い場合、平均場理論、揺らぎを取り入れた FRG の結果を比較する。また揺らぎを取り入れた強結合格子 QCD によりバリオン数モーメントの分析を行う。

(4) 非対称 QCD 物質相図

非対称 QCD 物質の ($T, \mu, \delta\mu$) 3 次元相図は、研究代表者らにより研究が開始されたばかりであり、知見を蓄積する段階であるといえる。本研究では QCD 有効模型 (Quark Meson 模型) や Ginzburg-Landau 展開などを用いて、臨界点や相境界のアイソスピン化学ポテンシャル ($\delta\mu$) 依存性を明らかにする。

4. 研究成果

本研究では秩序変数の揺らぎを考慮した枠組みによる高密度 QCD 相図の性質解明を目的としている。このため (1, 2) 揺らぎを含む枠組みの開発、(3) 揺らぎの観測量の検討、(4) 非対称 QCD 物質相図の方向から研究を進め、以下に述べる成果を得た。

(1) 強結合極限 QCD 相図

強結合格子 QCD は有限密度 QCD を理解するための有力な方法の一つである。我々は論文 ④において、強結合極限格子 QCD における補助場モンテカルロ (AFMC) 法の定式化を行い、また数値計算により図 1 に示す QCD 相図を得た。

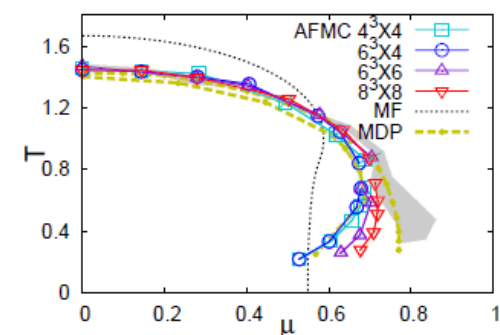


図 1. 強結合極限における QCD 相図

相境界の空間格子サイズ依存性は小さいが、時間方向の格子サイズ依存性は有意である。これは時空方向に非対称な格子を用いているためである。時間方向の格子サイズを大きくとった極限では、先行研究 (MDP 法) で得られている相境界 [Ref. ①] と無矛盾である。これらの方法は独立であり、強結合極限 QCD での相図が確定したこととなる。

AFMC 法には通常の格子 QCD とは異なる起源の符号問題が存在するが、 $8^3 \times 8$ 程度の大きさの格子では十分な精度が保てることが示された。ただし、有限結合効果を取り入れた場合には符号問題が深刻となる [論文 ⑦]。現在、予備的な研究において、補助場の導入方法を変えることにより符号問題を弱くできることが示されつつある。

(2) 汎関数繰り込み群による QCD 相図

汎関数繰り込み群 (FRG) は場の理論において揺らぎを取り入れる厳密な方法として注目されている。我々は論文⑧において、カイラル凝縮とクォーク密度を結合させた 2 変数フロー方程式を解く FRG の手法を開発し、揺らぎが QCD 相図に及ぼす影響を調べた。図 2 はクォーク密度場とクォークの結合定数を変化させた場合に、臨界領域 (感受率が自由場の 3 倍以上の領域) がどのように変化するかを示している。臨界点付近でのソフトモードはカイラル凝縮とクォーク数密度の 1 次結合で表されるため、結合が大きな場合には臨界領域が大きく広がることが分かる。より微視的な理論あるいは実験で、こうした結合の強さを決められる可能性を示しているといえる。

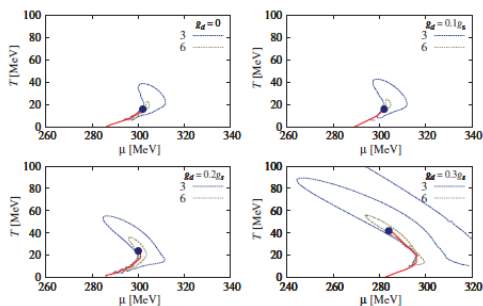


図 2. 臨界領域のクォーク密度場結合定数依存性

また大学院生とともに FRG を用いたスペクトル関数を用いた臨界点付近の動的揺らぎの解析を開始し、予備的な結果は国際会議で報告した (発表①)。

(3) 臨界温度近辺でのバリオン数揺らぎ

現在行われている QCD 臨界点・1 次相転移探索重イオン衝突実験を分析する上でも「揺らぎ」の重要性が増している。森田 (研究協力者・H24 分担者) 等は FRG に基づいて、バリオン数分布について研究した。論文⑥, ⑭では、相互作用の無い場合 (Skellam 分布)、平均場理論、揺らぎを含む理論 (FRG) におけるバリオン数・クォーク数分布を比較し、揺らぎがある場合には臨界温度近辺で分布の裾が狭くなることを指摘した。このことは臨界点のシグナルとして期待されている 4 次のモーメントの減少と整合した結果である。

また、強結合格子 QCD に基づくバリオン数モーメントについての研究も進んでいる。

(4) 非対称 QCD 物質相図

QCD 相転移が期待されるコンパクト天体現象では u クォークと d クォークの数が一致しておらず、相図研究においても非対称度 (アイソスピン化学ポテンシャル; $\delta\mu$) 依存性が重要である。我々は論文⑩において、QCD 有効模型の一つである Polyakov loop

extended Quark Meson (PQM) 模型を用いて、3 次元 ($T, \mu, \delta\mu$) 相図の性質を明らかにし、 $\delta\mu$ の大きな領域では臨界点が消えることを示した (図 3)。この性質は南部-Jona-Lasinio 模型の Ginzburg-Landau 展開からも理解できる。また、中性子星のような高密度・高非対称物質において相転移がクロスオーバー (滑らかな転移) となる可能性を示している。

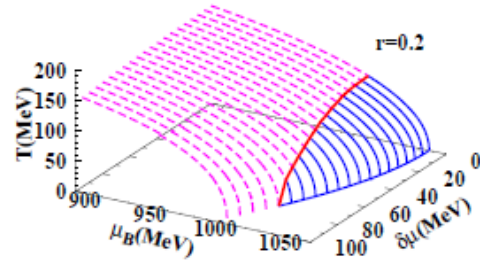


図 3. 非対称 QCD 物質相図

<引用文献>

- ① P. de Forcrand, M. Fromm, Phys. Rev. Lett. 104(2010)112005.
- ② V. Skokov, B. Friman, F. Karsch, K. Redlich, J. Phys. G38 (2011), 124102.

5. 主な発表論文等

(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 20 件)

- ① S. Tsutsui, H. Iida, T. Kunihiro, A. Ohnishi, "Parametric instability of classical Yang-Mills fields in a color magnetic background", Phys. Rev. D91 (2015), 076003 (1-14) (査読有), DOI:10.1103/PhysRevD.91.076003
- ② K. Morita, T. Furumoto, A. Ohnishi, "Lambda-Lambda interaction from relativistic heavy-ion collisions", Phys. Rev. C91 (2015), 024916 (1-16) (査読有), DOI:10.1103/PhysRevC.91.024916
- ③ K. Morita, B. Friman, and K. Redlich, "Criticality of the net-baryon number probability distribution at finite density", Phys. Lett. B741 (2015), 178-183 (査読有), DOI:10.1016/j.physletb.2014.12.037
- ④ T. Ichihara, A. Ohnishi, T. Z. Nakano, "Auxiliary field Monte-Carlo simulation of strong coupling lattice QCD for QCD phase diagram", Prog. Theor. Exp. Phys. 2014 (2014), 123D02 (1-23) (査読有), DOI:10.1093/ptep/ptt021
- ⑤ M. Kitazawa, T. Kunihiro, Y. Nemoto, "Emergence of soft quark excitations by the coupling with a soft mode of the QCD

- critical point", Phys. Rev. D90 (2014), 116008 (1-9)([査読有](#)), DOI:10.1103/PhysRevD.90.116008
- ⑥ [K. Morita](#), V. Skokov, B. Friman, K. Redlich, "Net baryon number probability distribution near the chiral phase transition", Eur.Phys.J. C74 (2014), 2706-2715([査読有](#)), DOI:10.1140/epjc/s10052-013-2706-1
- ⑦ T. Ichihara, [A. Ohnishi](#), "Fluctuation effects on QCD phase diagram at strong coupling", Proceedings of Science LATTICE2014 (2014), 188 ([査読有](#)), http://pos.sissa.it/archive/conferences/214/188/LATTICE2014_188.pdf
- ⑧ K. Kamikado, [T. Kunihiro](#), [K. Morita](#), [A. Ohnishi](#), "Functional Renormalization Group Study of Phonon Mode Effects on Chiral Critical Point", Prog. Theor. Exp. Phys. 2013 (2013), 053D01 (1-14)([査読有](#)), DOI:10.1093/ptep/ptt021
- ⑨ H. Iida, T. Kunihiro, B. Müller, [A. Ohnishi](#), A. Schäfer, T. T. Takahashi, "Entropy production in classical Yang-Mills theory from Glasma initial conditions", Phys. Rev. D88 (2013), 094006 (1-13)([査読有](#)), DOI:10.1103/PhysRevD.88.094006
- ⑩ H. Ueda, T. Z. Nakano, [A. Ohnishi](#), M. Ruggieri, K. Sumiyoshi, "QCD phase diagram at finite baryon and isospin chemical potentials in Polyakov loop extended quark meson model with vector interaction", Phys. Rev. D88 (2013), 074006 (1-9)([査読有](#)), DOI:10.1103/PhysRevD.88.074006
- ⑪ [A. Ohnishi](#), S. Cho, T. Furumoto, T. Hyodo, D. Jido, C. M. Ko, [K. Morita](#), S. H. Lee, M. Nielsen, T. Sekihara, S. Yasui, K. Yazaki (ExHIC Collaboration), "Exotic hadrons and hadron-hadron interactions in heavy ion collisions", Nucl. Phys. A914 (2013), 377-386([査読有](#)), DOI:10.1016/j.nuclphysa.2013.01.083
- ⑫ K. Miura, Y. Hidaka, D. Satow, [T. Kunihiro](#), "Neutrino spectral density at electroweak scale temperature", Phys. Rev. D88 (2013), 065024 (1-18)([査読有](#)), DOI:10.1103/PhysRevD.88.065024
- ⑬ K. Tsumura, [T. Kunihiro](#), "Uniqueness of Landau-Lifshitz Energy Frame in Relativistic Dissipative Hydrodynamics", Phys. Rev. E87 (2013), 053008 (1-9)([査読有](#)), DOI:10.1103/PhysRevE.87.053008
- ⑭ [K. Morita](#), B. Friman, K. Redlich, V. Skokov, "Net quark number probability distribution near the chiral crossover transition", Phys. Rev. C88 (2013), 034903 (1-9)([査読有](#)), DOI:10.1103/PhysRevC.88.034903
- ⑮ T. Misumi, T. Kimura, [A. Ohnishi](#), "QCD phase diagram with 2-flavor lattice fermion formulations", Phys. Rev. D86 (2012), 094505(1-12)([査読有](#)), DOI:10.1103/PhysRevD.86.094505
- ⑯ T. Misumi, T. Z. Nakano, T. Kimura, [A. Ohnishi](#), "Strong-coupling Analysis of Parity Phase Structure in Staggered-Wilson Fermions", Phys. Rev. D86 (2012), 034501(1-17)([査読有](#)), DOI:10.1103/PhysRevD.86.034501
- ⑰ [A. Ohnishi](#), "Phase diagram and heavy-ion collisions: Overview", Prog. Theor. Phys. Suppl. 193 (2012), 1-10([査読有](#)), DOI:10.1143/PTPS.193.1
- ⑱ [A. Ohnishi](#), K. Miura, T. Z. Nakano, N. Kawamoto, H. Ueda, M. Ruggieri, K. Sumiyoshi, "QCD critical point in the strong coupling lattice QCD and during black hole formation", Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl. 5 (2012), 815-824([査読有](#)), DOI:10.5506/APhysPolBSupp.5.815
- ⑲ [K. Morita](#), "Quarkonium at $T>0$ ", Prog. Theor. Phys. Suppl. 193 (2012), 93-96([査読有](#)), DOI:10.1143/PTPS.193.93
- ⑳ [K. Morita](#), V. Skokov, B. Friman, K. Redlich, "Probing Deconfinement in the Polyakov-Loop Extended Nambu-Jona-Lasinio Model at Imaginary Chemical Potential", Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl. 5 (2012), 803-814([査読有](#)), DOI:10.5506/APhysPolBSupp.5.803
- [学会発表] (計 20 件)
- ① [T. Kunihiro](#), "The nature of the sigma meson and the soft modes of the QCD critical points", YITP long-term workshop on "Hadrons and Hadron Interactions in QCD -- Effective theories and Lattice --" (HHIQCD2015),2015/03/19, YITP, Kyoto, Japan
- ② [K. Morita](#), T. Furumoto, [A. Ohnishi](#), "Lambda-Lambda interaction from relativistic heavy ion collisions", YITP long-term workshop on "Hadrons and Hadron Interactions in QCD -- Effective theories and Lattice --" (HHIQCD2015), 2015/03/04, YITP, Kyoto, Japan
- ③ 大西明, "QCD・カオス・エントロピー生成", 研究会「乱流と QCD・重力」, 2015/01/07, 大阪大学、豊中市
- ④ [K. Morita](#), T. Furumoto, [A. Ohnishi](#), "Lambda-Lambda correlation in relativistic heavy ion collisions", Resonance Workshop at Catania, 2014/11/07, Hotel Il Principe, Catania, Italy
- ⑤ T. Ichihara, [A. Ohnishi](#), "Chiral phase transition with fluctuation and finite coupling effects at strong coupling", 4th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, 2014/10/11, Hilton Waikoloa Village,

- Waikoloa, Hawaii, USA
- ⑥ A. Ohnishi, "Neutron star matter equation of state: current status and challenges", 4th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, 2014/10/09, Hilton Waikoloa Village, Waikoloa, Hawaii, USA
- ⑦ H. Tsukiji, H. Iida, T. Kunihiro, A. Ohnishi, T. T. Takahashi, "Husimi-Wehrl entropy in the quantum chaotic system -An efficient calculational method-, 4th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, 2014/10/09, Hilton Waikoloa Village, Waikoloa, Hawaii, USA
- ⑧ A. Ohnishi, "Phase diagram at strong coupling", The 5th Asian Triangle Heavy Ion Conference 2014 (ATHIC 2014), 2014/08/07, Osaka University, Suita, Japan
- ⑨ T. Ichihara, A. Ohnishi, "Fluctuation effects on QCD phase diagram at strong coupling", Lattice 2014 (The 32nd International Symposium on Lattice Field Theory), 2014/06/23, Columbia University, New York, NY, USA
- ⑩ A. Ohnishi, "Entropy production in the classical Yang-Mills theory as the coherent state dynamics", RBRC workshop on "The Approach to Equilibrium in Strongly Interacting Matter", 2014/04/02, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, USA
- ⑪ A. Ohnishi, "Phase diagram and a sign problem in lattice QCD at strong coupling", Lattice QCD at finite temperature and density, 2014/01/20, KEK, Tsukuba, Japan
- ⑫ A. Ohnishi, "Phase diagram and a sign problem in lattice QCD at strong coupling", New Frontiers in QCD 2013 --- Insight into QCD matter from heavy-ion collisions ---, 2013/11/21, YITP, Kyoto, Japan
- ⑬ A. Ohnishi, "Phase diagram and a sign problem in lattice QCD at strong coupling", Yonsei University Colloquium, 2013/10/25, Yonsei University, Seoul, Korea
- ⑭ A. Ohnishi, K. Tsubakihara, T. Harada, "Explicit three-body couplings in RMF and its effects on symmetry energy", 3rd Int. Symp. on Nuclear Symmetry Energy, 2013/07/22, NSCL/FRIB, East Lansing, Michigan, USA
- ⑮ K. Morita, V. Skokov, B. Friman, K. Redlich, "Modeling probability distributions near the chiral phase transition, EMMI rapid reaction task force : Probing the Phase Structure of Strongly Interacting Matter with Fluctuations, Theory and Experiment, 2013/02/18, Darmstadt, Germany
- ⑯ K. Morita, P. Gubler, K. Suzuki, M. Oka, "Modification of hadronic spectral functions

- under extreme conditions", EMMI Workshop Rapid Reaction Task Force Kick-Off Meeting "Fluctuations and Correlations and QCD Phase Transition", 2013/02/12, Darmstadt, Germany
- ⑰ K. Morita, V. Skokov, B. Friman, K. Redlich, "Baryon number probability distribution in quark-meson model based on functional renormalization group approach", The 4th Asian Triangle Heavy Ion Conference (ATHIC 2012), 2012/11/16, Pusan, Korea
- ⑱ A. Ohnishi, S. Cho, T. Furumoto, T. Hyodo, D. Jido, C. M. Ko, K. Morita, S. H. Lee, M. Nielsen, T. Sekihara, S. Yasui, K. Yazaki (ExHIC Collaboration), "Exotic hadrons and hadron-hadron interactions in heavy ion collisions", XI International Conference on Hypernuclei and Strange Particle Physics (Hyp2012), 2012/10/02, Barcelona, Spain
- ⑲ K. Morita, V. Skokov, B. Friman, K. Redlich, "Effect of critical fluctuations on the baryon number probability distribution near chiral phase transition", 6th International Conference on the Exact Renormalization Group (ERG2012), 2012/09/06, Aussois, France
- ⑳ A. Ohnishi, T. Ichihara, T. Z. Nakano, "Auxiliary field Monte-Carlo study of the QCD phase diagram at strong coupling", The 30th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2012), 2012/06/26, Cairns, Australia

[その他]

ホームページ等

<http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~akira.ohnishi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 明 (OHNISHI, Akira)
京都大学・基礎物理学研究所・教授
研究者番号 : 70250412

(2) 研究分担者

国広 悌二 (KUNIHIRO, Teiji)
京都大学・理学(系)研究科(研究院)・教授
研究者番号 : 20153314

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

森田 健司 (MORITA, Kenji)
京都大学・基礎物理学研究所・研究員
研究者番号 : 250339719
(H24 年度研究分担者)