

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006 ～2009

課題番号：18540294

研究課題名（和文） 強結合・非平衡系としての QCD 物質の研究

研究課題名（英文） QCD matter as a strongly interacting non-equilibrium system

研究代表者

室谷 心 (MUROYA SHIN)

松本大学・総合経営学部・教授

研究者番号：70239557

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：QGP, 相対論的粘性流体, 緩和現象, 多重発生, 分子動力学, 散乱理論, ストレンジネス, 確率過程量子化

1. 研究計画の概要

RHIC 現象論としての完全流体モデルの成功によって、QGP 状態は粘性が非常に小さな強い相関を持つ系だという認識が一般的となった。これにより第 0 近似としての完全流体モデルは議論の出発点として確立したといえる。ここからさらに議論を進めて強い相互作用をする QCD 物質の緩和現象の解明を目指すことが本研究のゴールである。具体的には下記のような問題について検討を行っている

- (1) 現在の完全流体モデルで、HBT 効果などの現象論的解析を進め、シンプルな流体モデルの限界を検討する。さらに、流体モデルの次のステップとして非断熱的な過程を取り込むことが当然考えられる。因果律を満足する相対論的流体方程式として提案された、双曲型のイスラエル・スチュアート方程式には、通常のナビエ・ストークス方程式に含まれる輸送係数に加えて、5 個の新たな輸送係数が含まれている。本研究では、局所平衡分布関数に基づく定式化に従って、新たな 5 個の輸送係数に対する久保公式を新たに導出し、係数の微視的な導出を行う。
- (2) QCD 物質のハドロン状態に関しては、モンテカルロ型衝突事象生成コード URASiMA を用いて統計力学的な解析を行っている。しかしながら、QGP 状態の緩和の問題は有効な方法がなく難しい。QGP 状態の緩和現象を格子ゲージ理論のシミュレーションによって解析するために、実時間の入った有限温度系のシミュレーション技法の確立を目指している。

- (3) QCD 相転移において重要な役割を果たすと考えられている s-クォークの QCD 相互作用への寄与を明らかにするために、ストレンジネスをもったスカラー九重項粒子 κ の性質や、 $K\pi$ 散乱の散乱長を格子ゲージ理論の数値シミュレーションで調べる。

2. 研究の進捗状況

- (1) 双曲型のイスラエル・スチュアート方程式には、含まれる 5 個の新たな輸送係数について、局所平衡分布関数に基づく定式化に従って、微視的な計算公式を導出した。さらに、ハドロン状態の場合について、ハドロン分子動学的な計算をつかって定量的な評価を進めている。現在論文を準備中である。また、流体モデルと実験で得られている HBT 効果との比較検討はすでに終え、論文として発表した。
- (2) 確率過程量子化法に基づいて、スカラー場の有限温度格子場シミュレーションの研究を進めている。
- (3) κ 粒子の格子シミュレーション、 $K\pi$ 散乱の格子趣味レーションについては、クエンチ近似での計算を終了し、論文にまとめた。

3. 現在までの達成度

- ③やや遅れている
ハードディスク障害などがあり、ハドロン分

子動力学のシミュレーションが予定よりも遅れている。

4. 今後の研究の推進方策

因果的流体モデルの係数については、速やかに論文にまとめて、発表する。

確率過程量子化法に基づく実時間シミュレーションに関しては、何が可能で何が難しいかの見極めを早急に行う。

s-クォークを入れた格子シミュレーションに関しては、オープンになった ILDG ゲージ配位を利用するためのプログラム作りを進める。

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 1 件)

①

S. Muroya, M. Mizutani, and A. Nakamura, Stochastic quantization of a finite temperature lattice field theory in the real time formula, PoS(LATTICE 2009) (200-2003)(2008)

査読あり

②

J. Nagata, A. Nakamura, and Shin Muroya, Lattice study of pi K scattering length, Nuclear Physic A790 (414-417)(2007)

査読あり

③

Hiroaki Wada, Teiji Kunihiro, Shin Muroya, Atsushi Nakamura, Chiho Nonaka, Motoo Sekiguchi, 4. Lattice Study of Low-lying Nonet Scalar Mesons in Quenched Approximation, Physics Letters B652,(250-254)(2007)

査読あり

④

Shin Muroya, Transport coefficients of Relativistic Causal Hydrodynamics for Hadrons. High Energy Physics and Nuclear Physics, 31,(1162-1164)(2007).

査読あり

⑤

Kenji Morita, Shin Muroya, Hiroki Nakamura, Source chaoticity in relativistic heavy ion collisions at SPS and RHIC, Braz. J. Phys. 37, (705-707)(2007)

査読あり

[学会発表] (計 9 件)

①

水谷雅志, 室谷心, 中村純, 格子場の量子論の実空間有限温度数値シミュレーション III, 日本物理学会第 64 回年次大会 (2009 年 3 月 28 日) (立教学院池袋キャンパス)

②

室谷心, 永田純一, 中村純, 格子 QCD 理論による π -K 散乱の散乱長 II, (日本物理学会 2008 年秋の分科会 2008 年 9 月 21 日) (山形大学小白川キャンパス)

③

室谷心, 相対論的流体方程式の係数と緩和現象について II, 日本物理学会第 62 回年次大会 (2007 年 9 月 24 日) (北海道大学札幌キャンパス)