

大型シミュレーション研究成果実施報告書(平成16年度)

1 研究組織

研究責任者

- 菊川 芳夫(きくかわ よしお)
名古屋大学 理学研究科 助教授

研究従事者

- 滑川 裕介(なめかわ ゆうすけ)
名古屋大学 素粒子論研究室 COE 研究員

2 平成16年度の実施報告の詳細

本年度後期より、大型シミュレーション研究に採択され、高エネルギー加速器研究機構のスーパーコンピュータ利用を開始した。

まず、スーパーコンピュータの計算能力を最大限引き出すために、計算プログラムの最適化を試みた。その結果、最大計算効率 38% を達成した。その後、最適化された計算プログラムを用いて、以下の2つの研究を行った。

2.1 非等方格子を用いた $N_f = 2$ 有限温度 QCD の研究

現在知られている物質の基本構成要素は、クォークである。クォークは通常ハドロン内部に閉じ込められており、単独で現れることは無い。しかし、非常に高温・高密度下ではクォークは開放され、クォーク及びクォーク間の力を媒介するグルーオンのプラズマ状態になると考えられている。このクォーク・グルーオン・プラズマは新しい物質形態であり、その性質を解き明かすべく理論的・実験的研究がなされている。近年、クォーク・グルーオン・プラズマに関する実験が活発に行われ、大きな成果が上がりつつある。特に、ブルックヘブン研究所のRHIC加速器における高エネルギー重イオン衝突実験にて、ジェット抑制やフローなどクォーク・グルーオン・プラズマの生成を示唆するデータが得られてきている。

一方、クォーク・グルーオン・プラズマの理論的解析は難しい。これは、クォーク・グルーオン・プラズマが相転移点近傍で大きな非摂動的効果を受けるためである。格子量子色力学(QCD)に基づく数値シミュレーションが、クォーク・グルーオン・プラズマの性質を探れる唯一の系統的理論計算法である。ただし、有限温度格子QCDにも問題がある。シミュレーション法の特長上、温度方向の格子サイズを大きくすることができない。このため、従来用いられている等方格子では、クォーク・グルーオン・プラズマ中のハドロンスペクトルといった基本的情報すら得ることが難しい。そこで、我々は温度方向により細かい格子を持つ非等方格子を使って、クォーク・グルーオン・プラズマの性質を探る方法を採用した。

本年度は、有限温度非等方格子QCD計算の基礎となる相構造を調べた。我々は、クォーク質量が大きい領域では、300弱MeV付近に相転移が現れることを確認した。引き続きシミュレーションを進め、クォーク質量が小さい領域での相転移点を見つけ、現実世界での相転移温度を決定する。

2.2 電磁相互作用を含めた格子計算による軽いハドロンの研究

近年、計算機的能力向上に伴い、格子QCD計算の精度も飛躍的に改善されてきている。このため、これまでシミュレーションで無視されてきた電磁相互作用の効果が、無視できない系統誤差を与えるようになりつつある。今後、より現実に近い格子計算を目指すためには、QCDのみならず電磁相互作用もシミュレーションに含める必要がある。

そこで、クォークの生成消滅を無視した近似の下で、実際にQCDに電磁相互作用を含めた格子シミュレーションを行った。我々は、シミュレーションにより、軽い中間子の電磁質量差が正しく再現されることを示した。また、得られた軽いハドロンのスペクトルから、電磁相互作用効果入りのクォーク質量を決定した。

3 研究発表リスト

□頭研究発表 (国際会議)

- “ $\pi^+ - \pi^0$ Mass Difference on the Lattice”,
International Workshop on Dynamical Symmetry Breaking
(Nagoya University, Japan, Dec. 21-22th, 2004)

□頭研究発表 (国内)

- “ $\pi^+ - \pi^0$ mass difference on the lattice”,
日本物理学会年会 (東京理科大学, 野田, Mar. 24-27th, 2005)