

# 研究成果

---

## Tsallis 非加法的統計力学を基礎とした場の量子論

陽子や中性子などのハドロンを構成するのはクォーク・グルーオンと呼ばれる素粒子であることが知られている。クォークやグルーオンは通常（低エネルギー）の環境下ではハドロン内に「閉じ込め」られていて自由に飛び回ることが出来ない。しかしながら、高エネルギー状態では、これらは自由に飛び回ることができ、クォークグルーオンプラズマ（QGP）と呼ばれる粒子のスープを形成する。クォークとグルーオンの性質を知る上でこの QGP 状態を調べることは非常に重要な課題である。BNL での相対論的重イオン衝突実験や CERN における巨大ハドロン衝突実験が近い未来に行われるが、これらの実験でこの QGP 状態が実現されることが予想される。我々は QGP 状態の研究を行う目的で、系が非加法的な効果を含んでいるような場合に適用されるべき場の量子論を構築した。QGP は長距離相互作用を持つ可能性があるが、このような場合系は非加法的となり、Boltzmann-Gibbs の加法的統計力学を基礎として構築された場の量子論は適用できない。従って非加法的な系に適用されるべき場の量子論が必要であり、我々はその構築を行った。非加法的な場の量子論の構築にあたり、1988 年に Tsallis により提案された Tsallis 統計力学を基礎とした。Tsallis 統計力学は非加法的な統計力学であり、様々な現象に適用され多くの成功を収めてきた統計力学である。

具体的には、2 点伝播子、初期相関、HTL(Hard Thermal Loop) におけるクォークとグルーオンの熱質量と呼ばれる量を計算した。計算の結果、我々は加法的な場合には現れない初期相関が現れることを発見した。初期相関は線形応答理論に寄与するもので、この結果は非常に重要なものである。また、伝播子と HTL における熱質量が非加法の効果を受けてどのように変更されるかを調べた。伝播子と熱質量は場の理論における摂動計算の中核をなす重要な量である。

## 温度演算子表示の改良

熱場の量子論は美しく構成された理論である。しかしながら、様々な物理量の計算を行う際、遂行することが難しい計算をしなければならない。従って、物理量の計算の為に、より簡単な計算法が望まれていた。近年、Brandt らが「温度演算子法」という便利で扱いやすい方法を提案した。しかし、彼らの形式には満足の出来ない点が存在した。化学ポテンシャルが存在する場合の演算子が完全に因子化されないことであった。

このような事情を受けて、我々は温度演算子が化学ポテンシャルが存在する場合でも完全に因子化されるような改良された形式を提唱した。我々の形式は非常に簡単に扱いやすいものである。我々の形式を用いれば、様々な物理量の計算がより簡単に行える事が予想される。さらに、理論的な側面から観てもこの研究は興味深く、熱場の量子論の理論的研究に関しての見地を大きく広げる可能性がある。