

修士論文概要(2021 年度)

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻 原子核理論研究室

Color dipole 近似を使った

クォーク・グルーオン・プラズマ中でのクォーコニウムの時間発展

開田 有奏

概要

陽子や中性子など核子内に閉じ込められているクォークやグルーオンは高温領域でクォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)に変化する。重い原子核同士の衝突により QGP を生成させる実験が LHC や RHIC といった加速器施設で進められている。QGP の生成を示すシグナルの1つとしてクォーコニウムの生成量の抑制がある。クォーコニウムとは重いクォークと反クォークからなるメソンであり、その不変質量が大きいことからその生成量の観測が比較的容易となっている。実験で具体的にクォーコニウムの量が時間とともに減少していく様子を観測することは困難であるため、理論的にクォーコニウムの時間発展について数値計算を行い実験と比較する研究が行われている。本研究では QGP 中のクォーコニウムの時間発展について開放系で理論式の導出と数値計算を行った。

具体的には potential non-relativistic QCD(pNRQCD)をもとに量子散逸過程と color 1 重項と color 8 重項を含めたモデルを構築し数値計算を行った。pNRQCD におけるリンドブラッド形式のマスター方程式を導出し、最終的に非線形シュレディンガー方程式に変換した。クォーコニウムの時間発展に関して短時間的なふるまいと長時間的なふるまいに分けて考察を行った。短時間のふるまいに関しては実験での QGP の生成時間のスケールにおいてより non-relativistic QCD (NRQCD)での計算結果と近い結果を出すことを試みた。これは pNRQCD は NRQCD に対して color dipole limit をとった理論ととらえることができ、QGP 中での color dipole limit の有効性を議論するためにも行った。長時間のふるまいに関しては、量子散逸過程を含めることにより熱平衡状態に達しているかどうかを確認した。

グラディエントフローによる 3 次元 $O(N)$ スカラー模型の

固定点の解析

田中 瑞樹

概要

グラディエントフローとは、フロー方程式と呼ばれる発展方程式に従って場を粗視化する操作であり、特に格子 QCD 数値計算との相性がよく近年活発に利用されている。一方、同じく場を粗視化する操作であるくりこみ群変換では、固定点周りにおけるパラメータの振舞いを調べることで理論の臨界指数を求めることができる。

グラディエントフローとくりこみ群変換の粗視化という共通点から、先行研究[1]ではフローした場の上で計算された局所演算子の期待値がくりこみ群変換を受けたパラメータと見なすことができることを指摘している。さらに、実際 3 次元 $O(N)$ スカラー模型の Large- N 極限での解析計算により、パラメータのフローおよび理論の非自明な赤外固定点を導出している。

本研究では、先行研究と同じ 3 次元 $O(N)$ スカラー模型を採用し、 N が有限の場合の局所演算子のフローを数値解析によって調べる。 N が有限の場合には物理量の計算を解析的に行うことは不可能なので、本研究ではモンテカルロ法に基づく格子数値計算を用いてフローした場の相関関数を計算し、フロー図を描く。さらに、この結果を用いて赤外固定点の出現及びその性質を調べる。

[1] H. Makino et al., Prog. Theor. Exp. Phys. 2018, 053B02