

課題名 (タイトル) :

重イオン衝突反応における量子場の実時間発展シミュレーション

利用者氏名 : ○丹治 直人

所属 : 初田量子ハドロン物理研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

物質の極限状態を探求するため RHIC や LHC で行われてきた相対論的重イオン衝突実験では、クォーク・グルオンプラズマ相という新しい物質状態が生成されたことを示す多くの実験結果が得られている。クォーク・グルオンプラズマ相では軽いクォークとグルオンの間に化学平衡が成り立っていると考えられている。一方で、高エネルギーの原子核を記述する有効理論であるカラーグラス凝縮の枠組みでは、衝突前の原子核はほぼ純粋にグルオンからなる状態として記述される。従って、クォーク・グルオンプラズマ相の生成過程を理論的に理解するためには、グルオンのみから成る初期状態からのクォーク生成過程を記述することが必要である。本研究の目的はカラーグラス凝縮の枠組みに基づいて重イオン衝突反応におけるクォーク生成量を第一原理的に計算することである。

2. 具体的な利用内容、計算方法

重イオン衝突反応初期においてはグルオンの密度が高いために、グルオン場を古典ゲージ場として記述する近似が正当化される。従って、カラーグラス凝縮の枠組みで与えられる古典ゲージ場のもとでクォークを記述する基礎方程式であるディラック方程式を解けば、クォークのダイナミクスを記述することができる。しかし、空間非一様な外場のもとで解析的にディラック方程式を解くことは一般的には不可能であり、数値的に解くにしても数値コストが非常に大きくなってしまいう問題がある。本研究では、ある種のモンテカルロ法を用いることでこの問題を解決し、比較的低い数値コストでディラック方程式を解析することが可能になった。重イオン衝突直後の状態まではディラック方程式を解析的に解き、その解析解を初期条件として、その後の時間発展を数値的

に解析した。

3. 結果

はじめに、カラーグラス凝縮で与えられるゲージ場ではなく、より単純な配位のゲージ場のもとでディラック方程式を解析することによりモンテカルロ法の有効性を確かめた。その後、現実的な場の配位のもとでの解析を行い、クォーク生成は重イオン衝突反応初期の早い段階で主に起こっていることを示した。ただし、計算結果のカットオフ依存性などに問題があり、本年度の利用期間中には解析を完了できなかった。

4. まとめ

実空間の格子上でディラック方程式を解くことで、重イオン衝突反応におけるクォーク生成過程を第一原理的に解析した。

5. 今後の計画・展望

これまでの計算の問題点の原因を明らかにし、解析を完了させる。それにより、クォーク・グルオンプラズマが化学平衡状態に至るメカニズムを明らかにし、光子スペクトラムなど実験で直接観測可能な量への寄与を調べる。

平成 26 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Naoto Tanji, “Quark production in classical statistical field theory”, The Approach to Equilibrium in Strongly Interacting Matter, BNL, USA, April 3, 2014.