

博士論文概要 (2016 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

博士論文公聴会の公示（物理学専攻）

学位申請者：池田 惇郎

論文題目： Dynamical property of charmonia and charm quark diffusion coefficient
at finite temperature in quenched lattice

（有限温度媒質中におけるチャームクォークの束縛状態および輸送
係数の格子数値解析）

日時：2017年 2月 6日（月） 10:30-12:00

場所：理学研究科H棟7階7階セミナー室（H701号室）

主査：浅川 正之

副査：大野木哲也、佐藤透、石井理修、北澤正清

論文要旨：

有限温度媒質中におけるチャーモニウムの性質は実験におけるクォーク・グルーオン・プラズマの生成に伴う J/ψ 収量抑制の予言以来、興味を集めてきた。これまで理論的には、主に媒質中で静止したチャーモニウムの性質が調べられ、相転移温度を超えてもある程度の温度まではチャーモニウムが存在することが示唆されている。また、近年の相対論的重イオン衝突実験において、生成された熱物質の流体的時間発展に伴って生じる、放出粒子数分布の方位角異方性がオープンチャームの場合も十分な大きさを持つということが分かった。これにより、チャームクォークのプラズマ中における流体的時間発展を特徴づける係数である拡散係数が興味を持たれている。熱媒質中における粒子の振る舞いは量子色力学によって記述され、格子量子色力学第一原理計算により虚時間相関関数を得ることができる。チャームクォーク拡散係数およびチャーモニウムの動的性質は、それぞれスペクトル関数の低エネルギー領域、中間領域（束縛状態の質量付近）から読み取ることができる。スペクトル関数は遅延相関関数の虚部に対応し、虚時間相関関数を解析接続することで得ることができる。しかし計算機能力の限界により、得られるスペクトル関数の情報は限定的である。

本研究では格子量子色力学第一原理計算を用いてチャーモニウム虚時間相関関数を生成し、それぞれ異なる方法でチャームクォーク拡散係数およびチャーモニウムの動的性質を調べた。チャームクォーク拡散係数については、時間成分の運動量依存性に注目した。虚時間相関関数の時間成分の解析は、スペクトル関数の高エネルギー領域の寄与が空間成分に比べて抑えられているという点で優れている。この解析により最低限の仮定を元にチャームクォーク拡散係数に対して第一原理計算による制限を与えた。チャーモニウムの動的性質については、最大エントロピー法を用いてスペクトル関数を復元し、束縛状態に対応するピークの運動量依存性を調べた。これにより有限温度媒質中におけるチャーモニウムの分散関係およびスペクトル関数のピークの強度の運動量依存性が真空におけるものと同じ運動量依存性をもつこと、温度の上昇にともなうチャーモニウム質量の増加を見出した。

博士論文公聴会の公示（物理学専攻）

学位申請者：金 泰広

論文題目：Non-perturbative analysis on thermal radiations of photons and dileptons from quark-gluon plasma

(クォーク・グルーオンプラズマからの光子及びレプトン対熱輻射の非摂動的解析)

日時：2017年 2月 7日（火） 10:30-12:00

場所：理学研究科H棟7階7階セミナー室（H701号室）

主査：浅川 正之

副査：下田正、緒方一介、尾田欣也、北澤正清

論文要旨：

高エネルギー重イオン衝突実験において、強く結合するクォーク・グルーオンプラズマの生成が確認されている。重イオン衝突実験で観測される種々の観測量の中で、実光子とレプトン対は、クォーク・グルーオンプラズマからの直接信号を含む重要な信号である。実光子の測定では、低横運動量領域における生成量の増大と、 π 粒子と同程度の大きさの方位角異方性が観測され、大きな関心を集めている。レプトン対の観測に関しても、不変質量が1GeV以下の低不変質量領域において生成量の増大が確認され、熱媒質からの寄与の重要性を示唆する。しかし、これらの物理量の理論的解析はクォーク・グルーオンプラズマからの寄与を摂動論的に解析しており、その正当性に疑問が残る。

本研究では、静的なクォーク・グルーオンプラズマから単位時間単位体積当たりに発生する光子・レプトン対の生成率を2つの温度で非摂動的に解析した。光子・レプトン対生成率は光子のスペクトル関数に比例しており、QCD数値解析から得られたクォーク伝搬関数とゲージ不変な頂点関数で光子のスペクトル関数を解析した。

得られた光子熱輻射率は、摂動解析の平均的な結果を僅かに下回った。レプトン対生成率は、一部では増大が見られたが全体的には摂動論の結果を下回った。これらの結果は、光子・レプトン対の生成源をパートン散乱、2つの熱媒質と終状態ハドロンに仮定した既存の模型計算の枠組みの限界を示唆する。

博士論文公聴会の公示（物理学専攻）

学位申請者：坂井田美樹

論文題目：Dynamics of fluctuations in relativistic heavy ion collisions for search of QCD phase structure

（重イオン衝突実験における QCD 相構造の探索に向けたゆらぎの動的性質の研究）

日時：2017年 2月 6日（月） 14:40－16:10

場所：理学研究科H棟7階7階セミナー室（H701号室）

主査：浅川 正之

副査：保坂淳、浅野建一、阪口篤志、北澤正清

論文要旨：

有限温度・密度QCD相図は様々な構造を持っており、臨界点の存在などが予言されている。QCD臨界点の実験的探索は、重イオン衝突実験の究極の目的の一つであり、RHICなどで活発に実験が行われている。本研究では、重イオン衝突実験において生成された媒質がQCD臨界点近傍を通過した場合の、保存電荷ゆらぎの時間発展を議論した。観測時のゆらぎに対する臨界点の影響を評価することにより、臨界点の実験的探索における観測量としての有用性を考察した。本研究では特に、ゆらぎのラピディティ幅(保存電荷量を数え上げる部分領域)依存性に着目した。初めに、時間発展する保存電荷高次ゆらぎに対する有限体積効果の影響を評価した。この結果、有限体積効果はゆらぎの観測結果に影響しないこと、ゆらぎのラピディティ幅依存性が実験で生成された系の時間発展の情報を反映する物理量であることを示した。次に、QCD臨界点近傍における保存電荷と秩序変数場の結合を考慮し、確率論的な拡散方程式を用いて保存電荷ゆらぎの時間発展を議論した。この結果、先行研究では無視されていた結合の効果が重要であること、また、臨界ゆらぎの効果が、観測時の保存電荷ゆらぎのラピディティ幅依存性に特徴的な非単調な振る舞いをもたらすことを示した。