



Title	Non-perturbative analysis on thermal radiations of photons and dileptons from quark-gluon plasma
Author(s)	金, 泰広
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61518
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (金 泰 広)	
論文題名	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)
論文内容の要旨 0温度0密度の環境では強い相互作用をする素粒子であるクォークとグルーオンはハドロン内部に閉じ込められており、単体での観測はされていない。しかし、初期宇宙はクォークとグルーオンが閉じ込めから解放された状態のクォーク・グルーオンプラズマ (QGP) によって満たされていたと考えられている。そして現代の高エネルギー重イオン衝突実験において、強く結合するQGPの生成が確認された。 地球上で生成されるQGPは、10fm/c程度の極めて短い寿命を持つため、その性質を調べるためには多角的な解析が重要である。高エネルギー重イオン衝突実験において観測される種々の観測量の中で、実光子と、仮想光子が変換されて発生するレプトン対はQGPからの直接信号を含む点で重要な信号と考えられている。実光子の測定に関しては、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、ハドロン媒質の熱効果を加味した現象論的モデルで一応の理解を得ることに成功した。しかし、これらの物理量の理論的解析はQGP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QGPから単位時間単位体積あ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媒質中の光子の自己エネルギーの虚部に比例している。厳密なSchwinger-Dyson方程式から、光子の自己エネルギーは厳密なクォーク伝搬関数と頂点関数で構成される。本研究では、Schwinger-Dyson方程式に格子QCD数値解析から得られたクォーク伝搬関数とそのクォーク伝搬関数からゲージ不変性を満たすよう構築した頂点関数を代入して光子の自己エネルギーをゲージ不変かつ非摂動的に解析した。光子生成率の結果は、従来の摂動論による解析結果と同程度の大きさであった。レプトン対生成率の結果は、部分的には摂動論よりも大きな生成率を得たが、全体的には摂動解析の結果を下回る生成率を得られた。 得られた結果は、既存の現象論で用いられてきた摂動解析の結果が偶然、強く結合するQGPからの光子熱輻射率と一致していたことを明らかにした。他方、既存の模型計算では、光子・レプトン対生成量は観測結果と同程度から0.5倍程度に見積もられ、生成率の小ささが問題となっていたが、今回の解析でも生成率の増大は確認されなかった。この結果は、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。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (金 泰 広)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	浅川 正之
	副 査	教授	下田 正
	副 査	准教授	緒方 一介
	副 査	准教授	尾田 欣也
	副 査	助教	北澤 正清

論文審査の結果の要旨

最近の高エネルギー重イオン衝突実験において、様々な観測的証拠から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、ハドロン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、ハドロン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においてはクォーク・グルーオンプラズマからの寄与については摂動論的に解析が行われており、実験で示されている強く結合したクォーク・グルーオンプラズマからの寄与を評価する上で、その正当性に関しては疑問が持たれていた。

本論文は、その疑問に立ち向かうべく、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は発生する光子・レプトン対の生成率を相転移以上の 2 つの温度で強い相互作用に関しては摂動論によらずに非摂動的に解析を行ったものである。光子・レプトン対生成率は質量殻上および質量殻上にないベクトルチャンネルのスペクトル関数に比例しているので、格子ゲージ第一原理計算の解析から得られたクォーク伝搬関数と、それを用いて構成されたゲージ不変な頂点関数とから、第一原理的にベクトルチャンネルにおけるスペクトル関数を構成して、光子・レプトン対の生成率を解析した。

得られた光子熱輻射率は、摂動解析の平均的な結果をやや下回るものとなった。一方、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、実験的に高エネルギー重イオン衝突実験において観測されている光子については、今までの解析において考慮されていない新しい生成メカニズムを必要とすること、レプトン対に関してはハドロン相からの寄与が主であるということを、ゲージ対称性を満たす摂動論によらない計算で初めて確認するものである。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。