

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	永 嶋 和 也
学位授与の要件	学位規則第 4 条第①・2 項該当		
論文題目			
<p>Energy Loss of Charm and Bottom Quarks in Quark-Gluon Plasma Created in Au+Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV</p> <p>($\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV Au+Au 衝突で生成されるクォーク・グルーオン・プラズマにおけるチャーム/ボトムクォークのエネルギー損失)</p>			
論文審査担当者			
主 査	准教授	志垣 賢太	
審査委員	教 授	小 嶋 康史	
審査委員	教 授	杉立 徹	
審査委員	教 授	深澤 泰司	
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、核子対あたり衝突系エネルギー 200 GeV での金+金原子核衝突において、重クォーク（チャーム、ボトム）を含むハドロンの崩壊に起因する電子の横運動量分布の測定に基づき、新たな測定量も併せた新規解析により、高温クォーク・グルーオン物質中での重クォークのエネルギー損失に新たな知見を与えるものである。</p> <p>真空の構造は、ビッグバン以降の宇宙膨張に伴う温度低下に従い幾度の相転移を繰返し現在の姿に到った。この宇宙の歴史の中で、素粒子であるクォークやグルーオンがハドロンの内部に閉込められた。粒子加速器を用いた高エネルギー原子核衝突実験により、ビッグバンから 10^{-5} 秒以内に存在した超高温物質状態を再現可能である。極初期宇宙に存在したこの状態はクォーク・グルーオン・プラズマと呼ばれ、クォークやグルーオンがハドロンの閉込めから 138 億年ぶりに解放されている。同状態の当初予言では、量子色力学の基礎である強い相互作用の漸近的自由性から、クォークとグルーオンの自由気体のような振舞が予想された。しかし 2000 年から始まった米国ブルックヘブン国立研究所 RHIC 加速器における高エネルギー原子核衝突実験により、同状態は比粘性（剪断粘性とエントロピー密度の比）が非常に小さい強結合状態であり、ほぼ完全流体として振舞うと発見された。すなわち二体散乱の拡張では予想されない量子色力学の創発現象であり、量子色力学の新たな基礎的疑問の提示であった</p> <p>著者は、RHIC 加速器 PHENIX 実験をさらに推進し、2014 年に収集した核子対あたり重心系衝突エネルギー 200 GeV での金+金原子核衝突の高統計データを用いて、重クォーク（チャーム、ボトム）に着目して以下の重要な測定解析を行った。重クォークは主として原子核衝突の初期グルーオン散乱により生成され、初期生成時と終状態の運動量分布の差異がクォーク・グルーオン・プラズマの性質を強く反映する。クォーク・グルーオン・プラズマが生成されない陽子+陽子衝突により重クォークの初期運動量分布を推定し、金+金原子核衝突における運動量分布変化から重クォークのエネルギー損失量を測定できる。クォークのエネルギー損失量は媒質である高温クォーク・グルーオン物質の結合の強</p>			

さと相関を持ち、理論模型の助けを得て結合の強さを推定可能である。しかしこれまで、クォークのエネルギー損失について重クォークまでを含む質量依存性の測定は充分でなかった。特にチャーム・クォークとボトム・クォークの総和に対する測定は確立済だが、両者の分離測定が課題であった。著者は、PHENIX 実験に近年導入した衝突点近傍飛跡検出器を活用し、電子の横運動量分布に加えて同検出器により測定した各飛跡の原点のずれなど、複数の測定量を同時に再現するベイズ推定法の確立により、チャーム・クォークとボトム・クォークのエネルギー損失の個別導出に成功した。結果として、より重いボトム・クォークのエネルギー損失率はチャーム・クォークに比べて系統的に小さいことを示し、クォークのエネルギー損失の質量依存性と機構に対し新たな知見を与えた。

本論文は、高エネルギー領域での原子核衝突において重クォーク（チャーム、ボトム）を含むハドロンの崩壊に起因する電子の横運動量分布を測定し、他の測定量と併せた新規かつ詳細な解析を行い、高温クォーク・グルーオン物質中におけるチャーム・クォークとボトム・クォークのエネルギー損失量を個別に明らかにしたものであり、同損失の質量依存性から理論模型に新たな制限を加えるなど、高温クォーク・グルーオン物質の性質および解放クォークのエネルギー損失機構に重要な知見を与えるもので、高い学術的価値を有する。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認める。

公表論文

- (1) PHENIX measurements of single electrons from charm and bottom decays at midrapidity in Au+Au collisions, K. Nagashima for the PHENIX Collaboration, Nuclear Physics A 967, 644 (2017).

参考論文

- (1) Single electron yields from semileptonic charm and bottom hadron decays in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV, A. Adare, K. Nagashima, *et al.*, Physical Review C 93, 034904 (2016).