

論文審査の結果の要旨

氏名 森野 雄平

本論文は、7章からなり、第1章の序文に続き、第2章では本論文の物理的背景が理論・実験の両側面から詳細に述べられている。これまで得られた実験結果に関するレビューとその理論的解釈を中心にして、クォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 研究での重いクォーク観測の重要性に焦点をあてている。第3章では、本研究で用いた、ブルックヘブン国立研究所・相対論的重イオン衝突加速器 RHIC の構成と概要、PHENIX 実験の装置概要と検出器群・回路系の詳細が述べられている。第4章では、具体的なデータの取得条件やデータ量等が示されている。第5章ではデータ解析に関する詳しい記述があり、検出効率、系統誤差についても定量的な議論を展開している。第6章では、解析によって得られた、陽子陽子衝突でのチャーム、ボトムクォークの生成量についてその結果をまとめている。これら第3章から第6章の4章が本論文の中心である。第7章では、本研究で得られた実験値と従来の実験値・理論値との比較ならびに本成果の将来への波及効果などが議論・考察され、第8章では結論が述べられている。この他、付録として、データ表、実験データとシミュレーションデータとの比較、電子とハドロンの相関関数、などが収録されている。

本論文は、原子核物理学で問題となっている、高温・高密度核物質に現れる新しい相状態に関連した実験研究である。核子や中間子といった強い相互作用をする粒子「ハドロン」は、クォークとグルーオンで構成されており、クォークとグルーオンの運動を記述する基本理論「量子色力学 (QCD)」に従うと考えられている。QCDによれば核物質の核子密度、温度を上げていくと、ハドロンの自由度が支配するハドロン相から、クォーク・グルーオンが自由に動き回る新たな相「クォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 相」に相転移すると予想されている。実験的にQGP相を生成する試みは重イオン同士の衝突実験によって行われており、米国・ブルックヘブン研究所の相対論的重イオン衝突加速器RHICでは核子あたり100GeVでの金原子核同士の衝突によって高温状態の核物質を生成し、QGP生成の決定的な証拠を得ることができると期待されている。

QGP相を実験的に捉えるための様々な観測量や現象が理論的に提案されているが、現在最も期待されているプローブの一つとして重いクォークを挙げるができる。チャームやボトムといった重いクォークは、その重さのため衝突初期にのみ造られるため、高温高密度物質を通過する際の物質効果を受け、QGPに関する情報を担っていると期待されている。物質効果などを議論する際に必

須となるのは陽子陽子衝突での重いクォーク生成についてのデータである。現在、RHICのエネルギーではデータがなく、実測データが求められている。また、チャームとボトムの質量差が極めて大きいことから、物質効果の質量依存性を議論するためにも、チャームとボトムの生成量をそれぞれ個別に導出することが要求されていた。

以上の観点から、論文提出者らは重心系200GeVでの陽子陽子衝突実験を行い、チャーム、ボトム生成の観測を行った。チャーム、ボトムを含むD、Bハドロン半レプトン崩壊によって生じる電子(陽電子)をPHENIX実験装置で測定し、チャーム、ボトムの生成断面積、横運動量分布などを調べた。チャームとボトム成分を分離するための新しい解析手法を開発している。D崩壊時のレプトンハドロン間の強い相関に着目し、(陽)電子と符号の異なる電荷をもつハドロンの測定確率を評価することによって、チャーム起源の電子の割合を初めて決定した。また、チャーム、ボトム起源の電子の横運動量分布をそれぞれ取得し、ボトムの生成断面積を得ている。

ボトム起源の電子の横運動量分布やボトムの生成断面積、エネルギー依存性は摂動論QCDを用いた計算結果と矛盾しないことがわかり、摂動論QCDの有用性が確認された。また、本研究で得られたデータと金同士衝突のデータから、金同士衝突でボトムが何らかの物質効果を受けていることを示唆していることも見出した。将来、金同士衝突のデータでチャームとボトムの寄与が分けられ、高統計データが得られるようになると、より詳細な議論が可能になる。

以上の成果はQGP探査を行うための基礎的かつ重要な情報であり、Physical Review誌に掲載を予定している。

なお、本論文は共同研究であるが、論文提出者が主体となって、電子識別に不可欠なRICH検出器のメンテナンスなどのハード面での貢献とともに、陽子陽子衝突での重いクォーク生成量の決定に関わる全てのデータ解析と新しいデータ解析法の開発を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。