

論文審査の結果の要旨

氏名 亀谷 聡一郎

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述べられており、クォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 相での J/ψ 中間子生成量抑制問題に関する理論的・実験的背景がまとめられている。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、データ量等の具体的な実験条件が示されている。第5章ではデータ解析に関する詳しい記述があり、最終的な測定量である、重陽子・金衝突での J/ψ 中間子生成量を導出する方法、検出効率、系統誤差について定量的な議論を展開している。これら第3章から第5章の3章が本論文の中心である。第6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、ならびに今後の実験手法に対する展望が議論・考察され、第7章では結論が述べられている。この他、付録として、PHENIX 実験で測定された重陽子・金衝突での中心衝突度、PHENIX 実験で測定された陽子・陽子衝突のデータ解析、PHENIX 実験のミュオン検出装置のデータ解析、事象混合法について収録されている。

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ダイナミクスを記述する理論的枠組みとして量子色力学 (QCD) がある。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している。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が得られ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、その中でも最も期待されている現象は、 J/ψ 中間子生成量の抑制現象である。 J/ψ 中間子はチャームクォークと反チャームクォークにより構成されているが、QGP相で"色"電荷のデバイ遮蔽が起こると、クォーク・反クォーク対が J/ψ 中間子となる確率が小さくなり、最終的に J/ψ 中間子の生成量が抑制される。一

方で、 J/ψ 中間子生成の抑制現象を実験的に確立するためにはQGPが生成されない場合での J/ψ 中間子生成量を予想し、実験データとの比較を行う必要がある。原子核同士の衝突での粒子生成過程は、様々な原子核効果のために核子核子衝突の単純な重ね合わせでは記述できないことが知られている。すなわち、原子核効果の寄与を詳細に調べなければ、QGPが生成されない場合の J/ψ 中間子生成量を正確に見積もることはできない。

原子核効果の寄与を調べるため、論文提出者らは重陽子・金衝突実験を行い、 J/ψ 中間子生成量を測定した。 J/ψ 中間子が崩壊する際に放出される電子・陽電子対を、PHENIX実験装置で測定し、 J/ψ 中間子の生成断面積、およびその縦速度依存性や横運動量依存性などを調べた。衝突初期に生成した J/ψ 中間子が金核内を進む際に吸収される確率は、理論計算との比較をすることで得られ、またその値は、RHICよりもエネルギーの低いデータと比べて小さいことがわかった。

この実験事実については現在二つの解釈がある。ひとつは、吸収確率は従来と同じ程度だとすると衝突初期での J/ψ 中間子生成量が原子核効果によって増えるという説明である。もうひとつは、エネルギーの増大とともに J/ψ 中間子とグルーオン間の相互作用が小さくなり、吸収確率が減少する、という解釈である。この問題に対するより詳細な議論を行うためには、金だけでなく他の原子核で実験をおこない、原子核の大きさ依存性・ビームエネルギー依存性に関するデータを取得する必要がある、と論文で結んでいる。

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、すでに2006年1月のPhysical Review Letters誌に掲載されている。

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検出器の回路系の開発、エネルギー・位置情報の校正、解析手法の開発などハード面での貢献とともに、重陽子・金衝突での J/ψ 中間子生成量の決定に関わる詳細な解析を行ったもので、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。