

論文審査の結果の要旨

氏名 磯部忠昭

本論文は 8 章からなる。第 1 章は序章でありこの研究の背景が簡潔に述べられている。第 2 章ではさらに詳しくこの研究の理論的・実験的背景が述べられ、第 3 章では実験装置の詳細な説明、第 4 章では使用したデータに関する説明が述べられている。第 5 章で実験データの解析手順を詳細に説明した後、第 6 章で実験結果が提示してある。第 7 章ではその結果と様々な理論予測との比較を行ったあと、第 8 章で全体のまとめとなっている。

本論文は、高エネルギーの重イオン重イオン衝突反応において高い横運動量をもった中性パイ中間子と直接光子の生成断面積を測定し、それを陽子・陽子衝突の場合と比較した研究である。本研究は、米国ブルックヘブン国立研究所に建設された重イオン衝突型加速器 (RHIC) において得られた、重心系エネルギー 200 AGeV での金・金衝突事象を用いて行われた。

高エネルギーの重イオン反応では、高温高密度の核物質が生成され、核子を構成するクォークとグルーオンからなる新しい相が起こる可能性が示唆されている。初期の RHIC からの実験結果でも、高い横運動量を持つパイ中間子の生成量が、陽子・陽子衝突の単純な重ね合わせから考えるより減っていることや、ジェット現象の頻度が少なくなっていることなどが発表されており、衝突で生じた高い横運動量を持つクォークのエネルギーが、高密度の核物質を通過中に大きく減衰するという考察が得られていた。論文提出者は、2004 年に収集したデータを解析することにより、初期の結果より 10 倍以上高い統計で中性パイ中間子の生成量を測定しなおした。また、直接光子も同時に測定して中性パイ中間子の場合と比較することと、高い横運動量を持つ粒子の測定に拡張することで、重イオン反応での減衰機構を考える上での重要な基礎情報を与えた。

パイ中間子の測定結果は、初期の測定で得られた結果と無矛盾でかつより精度の高い測定となった。中心衝突での収量は、陽子陽子衝突の重ね合わせからの予想量の約 1/5 しかなく、かつ横運動量が 1 GeV から 20 GeV までの広い範囲でほぼ一定比率で減少していることを示した。それに対して光子の生成量は、陽子陽子衝突の重ね合わせの予想量とほぼ等しくなった。両種の粒子ともに原子核内のクォークやグルーオン (両方を総称してパートン) の高エネルギー散乱が起源と考えられるので、衝突でできた高温高密度状態を通過するときに、光子はほぼそのまま出てくるが、パイ中間子の生成のもととなるパートンは大きなエネルギーを失っているという説を強く支持する実験結果である。

パイ中間子抑制のエネルギー依存性から、生成物質中でのパートンのエネルギー損失の様子が推論できる。測定結果は、通過パートンのエネルギーが高くなるほど損失が高くなるという、量子色力学をもとにしたモデルとあっていることがわかった。このモデルをもとに通過した物質内部のグルーオンの密度を推定した。単位ラピディティあたりのグルーオンが約 1300 個となり、その状態のエネルギー密度は $18\text{GeV}/\text{fm}^3$ となって、格子量子色力学で予測されているクォーク・グルーオンプラズマ状態への遷移密度よりはるかに大きくなっていること示した。ただしこれらの値を出すにあたっては多くの理論的仮定が入っており、これを持ってグルーオン密度およびエネルギー密度の測定値とすることはできない。しかし、この研究結果をもとに、既に高温高密度の核物質のモデルが多くの研究者によって新たに提唱されており、この実験結果は原子核衝突の反応の推移を研究する上で重要な意味を持っている。

ここまでに述べたように、この研究は、高温高密度状態でのクォークの相互作用を研究する上で非常に質の高い重要な情報を与えるものであり、実験結果自体で学位にふさわしい業績と考える。

なお、本論文は、国際共同実験グループ PHENIX での共同研究であるが、この研究に関しては論文提出者が主体となって解析しており、また実験遂行に当たっても、論文提出者は粒子識別のための測定器の整備等で大きな貢献をしている。したがって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。