

論文審査の結果の要旨

氏名 渡辺 陽介

本論文は6章からなり、その研究内容は、高エネルギーにおける重イオン衝突で生成される電子・陽電子対の不変質量分布を衝突の中心度および横運動量の関数として測定し、以前に $0.2\text{--}0.6\text{ GeV}/c^2$ の不変質量領域で報告されていた理論的に未だに説明できない過剰成分の実験的検証である。

第1章では、まず、高エネルギー重イオン衝突を、衝突時からの時空発展の観点から概観され、衝突後に現れる各相の情報を知るための有効な手段として、電子・陽電子対の測定の有用性が述べられている。これまでの測定が概観され、RHIC PHENIX 実験 (run4) では理論的な予言と比べ過剰な成分を持つ領域があること、その実験結果が RHIC STAR 実験ではそれが必ずしも見られていないことが指摘され、この過剰成分を実験的に検証することの重要性が述べられている。この領域には π^0 中間子のダリッツ崩壊や高エネルギーの光子を起源とする電子・陽電子対などからの膨大なバックグラウンドが測定を困難にしているが、このバックグラウンドを除去するため新たにハドロンプラインド検出器 (HBD) を導入した測定 (run10) がなされ、本研究の目的として、run10 における HBD の性能評価および上述の過剰成分の検証が設定されている。これまでの研究の概観と方向性、およびその中における当該課題の明確な位置づけは、論文提出者の理解力の深さを示している。

第2章では、実験の内容が記述されている。実験は、アメリカ合衆国ブルックヘブン研究所 (BNL) の RHIC 加速器で行われた。核子対あたり重心系エネルギー 200 GeV で金原子核と金原子核を衝突させ、生成された電子・陽電子対は PHENIX 検出器で測定された。新たに導入された HBD は、主要なバックグラウンドからの電子・陽電子対の各運動量ベクトルの間の開き角が測定したい対に比べて非常に狭い領域に放出されることに着目した検出器で、狭い領域で見た電子 (陽電子) からのチェレンコフ光の強さの違いにより識別するものである。論文提出者は HBD の導入そのものには関与していないが、動作原理を理解するだけでなく、検出器応答の定量的評価を行うなど実験能力の高さが示されている。

第3章では、HBDで取得されたデータ解析およびそれに基づいた定量的な性能評価が述べられている。チェレンコフ光の強度の較正、検出器配置の調整を行った後、バックグラウンドであるシンチレーション光の寄与の除去が詳述されている。測定された光量および飛跡の情報を用いたパターン認識により、狭い領域に放出されたバックグラウンド電子・陽電子対の識別がなされ、HBDの性能が重イオン衝突の中心度の関数として求められた。最も着目している領域で実際のHBDが必ずしもバックグラウンドを有効に除去できないという結果となったが、その定量的な見積もりや除去の手法の開発は、注意深い較正など地道で着実な解析とあわせて論文提出者の科学的分析能力の高さを示している。

第4章では、データ解析が述べられている。単電子の同定、誤判定された対の除去等がなされた後、既知のすべての効果を取り入れたモンテカルロ・シミュレーションが行われ、測定された不変質量スペクトルに含まれるバックグラウンドが評価された。シミュレーションによる評価は物理的相関がない電子・電子対あるいは陽電子・陽電子対の不変質量スペクトルにより検証された。さらに検出効率の評価がなされ、また様々な仮定に起因する系統誤差が求められた。想定されるすべての効果を取り入れたシミュレーション、実験値を用いた検証は、注意深い較正とあわせて、データの信頼性を示すものと評価される。

第5章では得られた結果および理論模型との比較が示されている。中心度毎の不変質量スペクトルは run4 の結果と無矛盾であり、特に、横運動量が小さく不変質量が $0.5\text{--}0.75\text{GeV}/c^2$ の領域で過剰成分が確認され、想定される理論模型では説明できないことが示されている。run4 に比べ必ずしも精度は高くないが、独立な実験で理論では説明できない過剰成分が確認されたことの価値は高い。

これらの内容は、第6章にまとめられ、あわせてHBDの改良を含めた将来の展望が述べられている。

以上のように本研究は、高エネルギー重イオン衝突で生成される電子・陽電子対の生成機構に理論的に未解決な成分が存在することを示したもので、重イオン衝突で生成される高エネルギー密度状態の研究に貢献するものである。

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実験及び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。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。