



800GeV/c陽子・原子核反応におけるチャーム粒子の研究

樽磨, 和幸

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1989-03-31

(Date of Publication)

2008-03-14

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0810

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1000810>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



の要旨を述べる。

1) 原子核乾板解析装置

原子核乾板は、その空間分解能が $1\mu\text{m}$ 以下であり他の検出器に比して一桁以上優れている。それ故、複雑な現象、また、ミクロンオーダーに渡る細かな様相でも正確に捕らえることができる。その反面、乾板解析は顕微鏡下での作業になり、時間がかかるという短所を合わせ持っている。特に、E653実験のような高エネルギーのハドロンを高密度で照射した乾板標的を従来の装置で解析するのは時間と労力の面で無理があった。それは、本実験で解析対象とする反応は、一次反応点における平均の飛跡本数が約20本と多く、しかもその約半数が前方 3° の狭いコーン内に集中するという特徴があるからである。更に、 $(0.5\sim 1.0)\times 10^5/\text{cm}^2$ という高密度のビーム照射を行っているため、乾板下流では $100\mu\text{m}^2$ に約20~30もの多くのバックグラウンドの飛跡があることも解析を困難にする原因の一つであった。このような特徴を持つ乾板標的を効率よく解析するために開発したのが、従来の3軸のみのステージに回転及び一軸移動、即ち、 $R-\theta$ 方向の移動部分を付加した標的部分の解析装置(COCAP: Combined Cartesian and Polar Stage for Nuclear Emulsion Analysis)である。この装置は、周辺機器として、測定用システムコンピュータ、CRT、及び、キーボードを備えたシステムである。これを更に、データの詳細な解析、統計処理等を行うためのホストミニコンピュータ(μVAX)と接続している。この装置について性能を評価したところ、我々の目的を十分満足するものであった。現在、神戸大学ではこの装置を4台有しており、E653実験の乾板解析用として十分威力を発揮している。

また我々は、原子核乾板標的の下流部分にバックグラウンドを極力抑え、かつ、チャーム粒子、及び、ボトム粒子の崩壊を効率よく検出するための崩壊検出層を配した。この部分は、標的部分とは異なる垂直照射型の乾板を用いており、解析の概念は、標的部分とは全く異なったものになる。崩壊検出部を解析する上で要求される点は、高精度の角測定ができることと高速に処理できることの2点であった。そこで、高精度の角測定を実現するために、乾板中を通過する入射粒子の飛跡をパターンとしてとらえこれをリファレンスとして用いることにした。また、測定速度を向上させる目的で、ビデオシステムを用い二枚のシートを同時に一つのTV画面上で比較測定することを考えた。このような発想の基に崩壊検出部の解析装置(ASVIS: Analysis System for Emulsion Sheet with Video System)を開発した。この装置を用いることにより、高速に、しかも 1mrad 以下の誤差内で飛跡の角測定が行えるようになった。この装置は1台しかないが、E653実験の乾板解析でその有効性が保証されたこともあり、現在これを更に増強した装置を製作している段階である。

2) チャーム粒子の二粒子相関

現在までに乾板解析によって得られたデータに基づいてチャーム粒子の生成機構について調べた結果を報告した。特に、2つのチャーム粒子を含む反応に注目し詳細に検討した。

計63個の反応についてチャーム粒子対の方位角の差($\Delta\phi$)を調べた結果、ほぼフラットな分布

が得られた。一方、入射粒子のエネルギーが350 GeV～400 GeVでの実験結果はいずれも、180° 付近にピークを持つ分布となっている。我々のデータは、これらとは明らかに異なる形状を示している。この相違の原因として最も可能性があるのは、ビームエネルギーの違いである。このことから、エネルギーが高くなると異なるチャーム粒子の生成機構が関与するのではないかという示唆を与えた。これを更に詳しく検討するため、擬ラピディティの差 ($\Delta\eta$) 分布、及び、チャーム粒子対のファイマン X (XF (CCbar)) 分布を調べた。これらをバイアスの殆どかかかっていない $\Delta\phi$ との相関を見ることにより検討した。その結果、E653 のエネルギー領域では、重心系に対して速い速度を持つチャーム、反チャームフォーク対が生成されるような何等かの機構が、チャーム粒子生成に大きく寄与することを指摘した。このように、二つの物理量を比較した実験結果は報告されておらず、追試が待たれるところである。

将来、E653 実験では、今回報告した反応数の約3～10倍の統計量で更に詳しい情報が得られることが期待される。また、本論文では余り触れていないが、二次実験では600 GeV/c の π 中間子を照射しており、これを解析することにより、エネルギー、入射粒子の違いによる生成機構の比較検討をより詳細に行うことができる。

論文審査の結果の要旨

出願者、樽磨和幸は高エネルギーのハドロン相互作用によって生成される粒子の研究を行っている。

強い相互作用に関与する6種類のクォーク（最も質量の大きいtクォークは未確認である）のうち4番目と5番目のcクォークとbクォークを含むC粒子（チャーム粒子）のとB粒子（ボトム粒子）の性質を解明することを目的とするFNAL E-653実験*が続けられている。

*FNAL E-653実験は米国のフェルミ国立加速器を利用する日本・米国・韓国の国際共同実験である。

以下、“E-653”と略称する。

E-653は高エネルギーの陽子または π^- 中間子を精密測定器を兼ねた標的、原子核乾板に照射し、生成されたCおよびB粒子の崩壊点を詳細に調べ、それらの生成と崩壊様式、および平均寿命等、C (B) 粒子の性質を解明することを目的としている。

大量なバックグラウンドの中から効率よくCとB粒子を探索し迅速に測定を行うために、標的兼測定器である原子核乾板スタックの上流と下流に各種の電気的測定器と大型電磁石を配置し、生成粒子の飛跡の位置を同定し放出角や運動量など、陽子 (π 中間子)・原子核反応に関する情報を得る「ハイブリッド・エマルジョン・スペクトロメーター」を使用している。樽磨和幸の提出した博士論文は7章から成っている。

第1章序論では π^- 中間子発見に始まる高エネルギー素粒子物理学の展開と発展を述べ、C-、B-粒子研究の意義を論じている。

第2章ではE-653実験装置を詳細に説明している。

第3章では同人がこのE-653実験でその製作から解析に至るまで、主体的にかかわった原子核乾板標的について詳細を述べている。同人ら、神戸大学のメンバーが開発した接合現像処理、細微なりファレンスマークの設定とそれによる乾板座標系の導入について述べている。次章の新しい解析装置の開発と相まって、迅速な精密測定を実現させる技術的开发である。

第4章では迅速な精密測定のために、同人らが新たに、改良開発したCOCAP (Combined Cartesian and Polar Stage) とASVIS (Analysis System for Emulsion Sheet with Video System) について説明し、その有用性を詳述している。COCAPは水平照射型乾板解析に用いられるもので、従来から用いられている前後左右動の顕微鏡ステージに回転と斜行のステージを組み合わせたシステムである。また、ASVISは垂直照射型乾板中の飛跡の追跡に用いられるもので、顕微鏡に取り付けたビデオカメラによって荷電粒子パターンを比較して、追跡を迅速に行う総合的システムである。

コンピューターにバックアップされた両システムを使用することにより、微細な角度測定の精度を向上させ、飛跡の追跡や粒子の崩壊点とその近傍の精密測定の時間を大幅に短縮させた。

第5章では電気的測定器（荷電粒子スペクトロメーター）からの情報に基づくC、B粒子の崩壊点の探索について詳述している。

スペクトロメーターの情報（主として最下流の μ -粒子）をもととしてCOCAPとASVISを駆使して生成されたC粒子を探索した探索過程と効率および結果を述べている。神戸大学が担当している部分に存在すると推定される数百万個の陽子・原子核反応から、百数十個のC粒子を選び出すという困難な作業を効率よく短期間にまとめあげたものである。

第6章では同一の陽子・原子核反応から対になって生成されたC粒子（C粒子と反C粒子）が確認された63例についての考察を行っている。

まず、現在までのC粒子の研究成果を述べ、次いで得られたC、反C粒子の対に混入すると考えられるバックグラウンドを検討し、それがきわめて少ないことを立証した。次いで、C粒子の構成要素であるc、反cクォークの対生成までさかのぼって、2個のC粒子を生成している核反応63例を取り上げ、C粒子の擬ラピディティ分布やフィンマン X_F 分布を調べると共に衝突の重心系での放出角の相関を調べた。より低エネルギーの反応では重心系で互いに反対向きに放出されるものが多いのに対して、本実験のエネルギーではそのような顕著な相関は認められなかった。このことから衝突エネルギーの増加と共に、低エネルギーで認められる一次の融合過程よりも高次の反応がより強く寄与しているか、融合過程以外の反応がC粒子生成に寄与する可能性があることを推論した。

以上に述べたように本論文は静止標的型では世界最高の陽子・原子核衝突におけるC粒子生成を研究したもので、現在の素粒子物理学の進展に寄与するところが少なくない。

なお、E-653実験は神戸大学ほか21の研究機関、約80名のメンバーよりなる共同実験であるが、論文提出者は、全実験装置のうち原子核乾板部分の作製、粒子追跡法の改善と効率向上等に貢献

し、多数のC粒子の同定と測定をおこなった。またC粒子の放出角相関に着目し、C粒子生成の機構の解明に中心的な役割を果たしたことにより、本論文を樽磨和幸の学位請求論文として提出することに、共同研究者全員の承諾を得ていることを確認した。

よって、本審査委員会は樽磨和幸は学術博士の学位を得る資格があると認めた。