

論文審査の結果の要旨

氏名 常見俊直

本論文は 6 章からなる。第 1 章はイントロダクションであり、 $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$ 崩壊に関する理論研究の現状およびこれまでにこなわれてきた実験のレビューに充てられている。理論面では、全体的な傾向は Internal Bremsstrahlung (IB) で説明できるが、直接放射 (Direct Emission (DE)) 過程もカイラル摂動論 (Chiral Perturbation Theory (ChPT)) 等から予測されるように特定の運動学的条件で強調されると考えられている。W と呼ばれる運動学的変数でみた崩壊確率を詳細に検討することにより、DE の寄与、その中の磁氣的遷移成分と電氣的遷移成分、IB との干渉の大きさを決定することが出来る。それらに基づき、ChPT の予測の妥当性や背景に潜む物理について論じることが出来る。一方、過去に行われた実験を見ると 1990 年くらいまでに行われた実験の結果が 10 のマイナス 5 乗台にあるのに対し、最近の実験は 10 のマイナス 6 乗台の分岐比を示している。Vector Meson Dominance (VMD) モデルが前者を支持するのに対し、ChPT は後者を再現する。本研究が示す分岐比の値はその点でも興味深い。

第 2 章では E787 実験のセットアップ、解析に用いられた検出器についての解説、荷電粒子と光子の検出方法、トリガー条件、データ収集などが述べられている。また、使用されているシミュレーションプログラムについてもコメントがある。E787 実験は $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ を研究課題として建設・運転されてきた実験であるが、その中で本課題がどのように遂行されてきたかが簡潔に示されている。

第 3 章ではデータ解析の最初のステップとして事象再構成の手順が詳細に書かれている。本研究では π^+ が一つと γ が三つ検出される。比較的限られた粒子で精度良く事象を再現するためにそれぞれの測定精度を高く取る必要がある。エネルギーや運動量の較正の方法が詳細に述べられている。標的中でのエネルギー損失等も一つ一つ丁寧に評価することにより再現性の非常によい事象再構成アルゴリズムが開発された。

第 4 章では事象選択のアルゴリズムが説明されている。まず、荷電粒子については中心部薄型チェンバーで運動量測定がなされている。この運動量からレンジスタックと呼ばれる積層型検出器中の飛程が予測される。この予測と、実際のレンジスタックでの飛程は分解能の範囲で一致しなければならない。このような、各検出器信号間のコンシステンシーがチェックされた。続いて、

$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$ 崩壊を仮定して、検出器の分解能の範囲内で運動学的フィッティングをおこなう。運動量の大きさや向きなど合計 13 個のパラメータについて振り、最適な値を採用する。このとき χ^2 検定の大きなものはバックグラウンドとして棄却する。また、最適化されたパラメータで与えた物理量は運動学的に拘束されているため、より真の値に近づく。その結果、その物理量での S/N 比も向上する。結果として 20,571 サンプルを事象候補として選択した。さらに本章では背景雑音の除去について説明している。希崩壊を扱うため信頼性の高いモンテカルロシミュレーションをおこなうには莫大な CPU 時間が必要となるため、ここでは実験データを用いてバックグラウンドを評価する方法をとる。二股法 (Bifurcation Method) と呼ばれる方法を採用している。事象選択はいくつものステップでおこなわれる。そのうち、ある特定のバックグラウンド除去に有効なステップを一旦はずす。そうするといずれかの物理量の分布のどこか(信号領域以外)にそのバックグラウンドが現れる。そのスペクトル中のバックグラウンド事象量と信号領域の事象量の比を可能なバックグラウンド混入とする。考え得るバックグラウンド過程について評価した結果、それらはほぼ無視できることがわかった。絶対量の評価は難しいが、系統誤差を実験データそのものから与える手法としては理解できる。

第 5 章は結果について述べている。運動学的パラメータ W について分布を得ており、その大きいところ ($W > 0.5$) で IB の予測からの明確なずれを観測している。DE プロセスの寄与は明白であるといえる。また、干渉項はほとんど観測されなかった。この結果は W だけでなく π^+ と γ の開き角も同時に説明している。

DE 項の分岐比についても議論しており、 $(3.5 \pm 0.6(stat)_{-0.8}^{+0.6}(sys)) \times 10^{-6}$ という値を得ている。これは E787 実験の 2000 年発表のデータを更新するものである。

第 6 章は結論として DE 分岐比および磁氣的遷移振幅の値を与えている。スペクトル分析から DE を明確に抽出しており、分岐比等について過去のデータを更新している。系統誤差の評価についてはもう少し狭めることが可能と思われるがそれにはさらなる研究が必要である。この時点の結果で学位論文としては十分であると審査委員会は判断した。今後の研究の結果も含めて学術誌へ投稿されると聞いている。

なお、本研究は米国ブルックヘブン国立研究所 E787 実験共同研究チームとして実施された実験の解析結果についてのものであるが、この解析においては論文提出者が主体となって解析プログラムの開発、データ解析、誤差の分析等をおこなっており、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。