

論文審査の結果の要旨

氏名 吉岡 瑞樹

米国ブルックヘブン国立研究所の E949 実験では、AGS 陽子加速器から得られる 710 MeV/c の K^+ ビームを検出器中心の標的中で静止させ、その周りを隙間なく取り囲んだ荷電粒子・ガンマ線検出器を用いて K^+ の稀崩壊過程を検出する。本論文の実験では、特に $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ 崩壊過程を同定して、その分岐比と中間子のスペクトラムから、低エネルギーでの QCD 有効場理論であるカイラル摂動理論を検証する。先行実験 E787 から中間子の高エネルギー領域でのデータ採取効率を改善し、データ採取量を大幅に増加して、摂動の高次項からの寄与が大きく、その値が現象論的パラメータの値によらない運動量領域 ($p > 213$ MeV/c) において測定を行った。

本論文は全 6 章からなる。第 1 章では、実験の目的を述べ、カイラル摂動理論による理論計算を概観する。また先行する E787 実験が、カイラル摂動理論の予測する K^+ 中間子の特異な運動量スペクトラムを確認したことを述べる。第 2 章では E949 実験が使用する K^+ ビームの性質と、それを作り出すビームライン要素について記述し、主要な検出器要素である標的・ドリフトチェンバー・レンジスタック・光子検出器について説明する。本実験では、二股分割法 (bifurcation method) によるデータ解析を可能にするべく、検出器に十分な冗長性 (redundancy) を持たせた設計を行っている。これによって、競合する背景雑音過程 (background process) を効果的に排除して、極めて稀な崩壊過程を同定することが可能になった。また、著者の開発した PLD 素子を用いた電子回路を使用することで、 $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ 過程をオンラインで選択する複雑なトリガーが可能になった。

第 3 章では、 K^+ 中間子の静止点・荷電粒子軌跡・光子クラスターの再構成を行い、粒子種の弁別や運動学的パラメータを決定するデータ解析の方法について述べている。また、考え得る背景雑音過程とその排除の方法について考察する。分岐比の極めて小さい崩壊過程に対する背景雑音過程からの寄与を評価する為には、互いに独立な一組のカットを選び、一方の条件 (の反転) によって背景雑音事象を同定し、そのデータサンプルを用いて他方のカット効率を評価する二股分割法が有効であることが説明される。また、正しい統計的解釈を行うために、カット条件の決定と事象選択を全く独立させる盲目解析 (blind analysis) を行う旨が述べられる。第 4 章では、 $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ 崩壊・ $K^+ \rightarrow \mu^+ \pi^0$ 崩壊・光子重畳などからの寄与を二股分割法によって評価し、その信頼度の基準となるカット条件の独立性を検証する。カイラル摂動理論の高次項から期待される K^+

$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ 事象数 1.6 に対して、背景雑音過程からの寄与の合計は 0.197 ± 0.07 事象であると判定された。

第 5 章では、盲目条件を解き、結果として $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ の選択条件を満たす事象が存在しなかったことを伝える。検出器アクセプタンスなどの評価を加え、中間子運動量が $213 \text{ MeV}/c$ を超える領域での $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ 崩壊分岐比の上限が 9.08×10^{-9} (90% CL) であるとの結果を得た。第 6 章でこれらを纏めて報告し、結果は高次項を含めたカイラル摂動理論の予測値 (6.1×10^{-9}) と矛盾はしないが、高次項の存在を積極的に検証するには到らなかった旨を結論している。

本実験の結果は、高次項の存在を検証するという当初の目的は達成できなかったが、得られた崩壊分岐比の上限値は従来値から 7.6 倍の改善となった。また、十分なデータが採取できれば、本論文の検出器と解析法を用いて、実験目的が達せられることを明らかに示すことが出来た。申請者は、E949 実験の建設・運用・データ解析において主要な貢献をなし、本論文の主要部分である $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ 崩壊分岐比の測定に関しては、そのデータ解析の全てを担当した。申請者の解析がグループの結果として出版公表されることになっており、その貢献は顕著である。

以上をもって、吉岡瑞樹君に博士(理学)の学位を授与できると認める。