

論文審査の結果の要旨

氏名 横山将志

本論文は8章からなり、第1章はCP非保存現象の研究の重要性と本論文の概要について述べられている。

第2章では、CP非保存という現象の素粒子物理学における意義について歴史的経緯をふまえながら解説がなされ、B中間子系でのCP非保存現象の測定について理論的・実験的考察がなされている。

第3章では、本研究に使用された実験設備であるKEKBと呼ばれる加速器と、Belle検出器について説明がされている。特に、本研究に重要なB中間子の崩壊点を精度良く求めるためのシリコンバックス検出器については、そのデザインと性能について詳しく述べられている。

第4章では、 $B^0 \rightarrow J/\psi K_L$ の崩壊事象を選び出すための手続きが説明されている。 K_L は中性粒子であり、寿命が比較的長いため、その同定にはカロリメータ中のハドロン反応を利用するが、Belle検出器では K_L の方向のみが測られるため、信号事象を効率よく選択するとともにバックグラウンドを減らす工夫が必要となる。本論文ではモンテカルロシミュレーションを用いた詳細な研究の結果、運動学的変数を用いてバックグラウンドを排除する方法を開発し、Belle検出器で記録された 31.3fb^{-1} のデータ（約3100万個のB-反Bペアに相当）の中から、569個の候補事象を観測した。このうちモンテカルロシミュレーションによって見積もられた信号事象は 346 ± 29 事象である。また、 $B^0 \rightarrow J/\psi K^0$ という崩壊事象の選別も行い、41個の候補事象を観測した。

第5章では、B中間子系でCP非保存現象の測定を行うために必要なB中間子のフレーバーの同定と、崩壊点の測定の手順が述べられている。フレーバーの同定と崩壊点の測定に成功した事象の数は、 $J/\psi K_L$ 崩壊で523事象、 $J/\psi K^0$ 崩壊で36事象であった。

第6章では、前章までに得られた情報を元に、CP対称性の破れの大きさを表すパラメータ（標準理論の枠内でCP非対称性の起源を説明する「小林-益川理論」では $\sin(2\phi_1)$ と呼ばれる）の大きさを求める手順が詳説され、結果が示されている。検出器の測定精度やバックグラウンドを考慮した上でCP非対称性に対する測定感度を上げるため行った、事象ごとの情報を取り入れた最尤法（maximum likelihood method）を用いた解析についてその詳細が示されている。特に、 $B^0 \rightarrow J/\psi K_L$ 崩壊ではバックグラウンド事象中にCP非対称性をもつものが含まれるため、それを考慮した形で解析を行う手法を新たに開発している。また、 $J/\psi K^0$ 崩壊ではCPの固有値が異なる状態を分離するため、崩壊生成物の角分布を用いた解析方法を開発している。

第7章では上記の測定に伴う系統誤差の見積もりが行われている。また、測定の誤りによるバイアスの可能性について論じられており、様々なチェックを行った結果、解析によるバイアスはみられないことが証明されている。この結果、 $J/\psi K_L$ 崩壊および $J/\psi K^0$ 崩壊を用いてそれぞれ $\sin(2\phi_1) = 1.31^{+0.19}_{-0.23}$ (統計誤差) ± 0.12 (系統誤差)、および $\sin(2\phi_1) = 0.97^{+1.38}_{-1.40}$ (統計誤差) ± 0.19 (系統誤差)を得た。

第8章は得られた結果について物理的な意義を他の実験結果と比較しながら議論し、結論づけている。 $J/\psi K_L$ 崩壊の結果は 5σ 以上の統計的有意度でB中間子系でのCP非保存の存在を示すものであり、K中間子系以外で初めてCP非保存現象の存在を確立したものである。また、B中間子系で小林-益川理論の予言通り大きなCP対称性の破れが発見されたことは、小林-益川理論の正当性を強く支持するものである。これはCP対称性の破れの起源を探るという素粒子物理学の基本的な問題に関わる結果であり、この分野の進展に与える影響は極めて大きいと考えられる。

なお、本論文ではBelleグループが国際共同実験として得たデータを用いているが、論文提出者は本研究に不可欠なシリコンバーテックス検出器の製作・運転に積極的に貢献し、特に崩壊点の測定精度を高めるための測定器の位置較正法を確立するなど、本研究に必要なデータを取得するために重要な寄与をした。また、本論文の研究については、事象選定方法の確立、CP非対称性のパラメータを求める方法の開発、系統誤差の評価等のデータ解析は論文提出者自身が行ったものであり、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。