

論文審査の結果の要旨

氏名 戸村 友宣

KEKBは、B中間子のCP非保存性を測定するために高エネルギー加速器研究機構に建設された、超高輝度の電子・陽電子衝突型加速器である。KEKBでは2つの独立な加速管中に異なったエネルギーの電子と陽電子を蓄え、重心系で $\Upsilon(4s)$ 中間子を作るエネルギーで衝突させる。 $\Upsilon(4s)$ は重心系でほぼ静止したB中間子と反B中間子の対に崩壊するが、実験室系では電子・陽電子のエネルギー非対称により、ビーム方向にブーストされる。2つのB中間子は、各々がピコ秒の寿命で崩壊するが、このブーストにより2つの崩壊点には平均して200ミクロン程度の差(ビーム軸方向の間隙)が生ずる。中性B中間子がCPの固有状態に崩壊する場合を考えると、複素位相を持ったCKM行列要素が関与するB反B混合の影響によって、CP固有状態への崩壊の時間当たりの確率はBの崩壊と反Bの場合で大きく異なることが理論的に予想されている。KEKBでは、1つのB中間子の崩壊形式の同定によって相棒がBか反Bであるかを決め、その相棒がB反B混合をしながらCP固有状態に崩壊する確率を2つの崩壊点間隙の関数として測定する。その関数形がBと反Bで異なるのが、B中間子におけるCP非保存である。

本論文は全8章からなる。第1章では、CP非保存の起原をクォーク混合行列の複素位相に求める小林・益川の理論について述べ、これをB中間子の大きなCP非対称性として実験的に検証する意義を説く。第2章では、2つのコヒーレントなB中間子系における崩壊・B反B混合・CP非保存の数学的な取り扱いをまとめている。第3章は、KEKB加速器とBELLE測定器の概説を行っている。上で述べたB反B混合が関与するCP非対称度は、時間積分するとゼロになる為に、CP非保存の測定には崩壊時間の差(すなわち崩壊点間隙)を高分解能で測定することが重要である。崩壊点間隙は、衝突点の直近に設置したシリコンストリップ検出器で測定されるが、この章でシリコン検出器のハードウェア構成等がやや詳しく述べられている。第4章は、事象再構成について述べている。CP非測定に使用する主要な崩壊チャンネル $J/\psi K_S$ の他に、混合周波数の測定に使用した $D\pi$ などの崩壊チャンネルについても事象選択の条件が検討され、事象選択の純度を示す図が添えられている。

このような条件で選択された中性B反B事象と荷電B反B事象について、第5章で崩壊点間隙の分布を測定している。これを崩壊時間差に焼き直し、得られた分布を最も正しく再現するB中間子寿命と崩壊点位置測定の分解能関数形を、最尤法によって求めた。得られた寿命は、中性D中間子で $1.554 \pm 0.030(\text{stat}) \pm 0.019(\text{sys})$ ps 荷電B中間子で $1.695 \pm 0.026 \pm 0.015$ ps である。この値は、世界でこれまでに測定された

値の中で最も精度の高いものの一つであり、他の実験の値と良い一致を示している。また、得られた分解能関数によって、崩壊点間隙の分布をテイルに至るまで再現することが可能で、バックグラウンドの評価なども含めて時間差測定 of 誤差が正しく理解できることが示されている。第6章では、同フレーバー崩壊と異フレーバー崩壊の非対称度が、崩壊時間差によってどのように変化するか示されている。前章で得られた寿命と分解能関数を用い、この分布を正しく再現する B 反 B 混合の時間発展パラメーター Δm_d を最尤法で求めると、 0.528 ± 0.017 /ps が得られる。この値も、世界でこれまでに測定された値の中で最も精度の高いものの一つである。

第7章では、前章までに決められたパラメータを用い、CP 非対称度の振幅を求めている。本論文で得られた値は、78 /fb の積分輝度を使って $\sin(2\phi_1) = 0.719 \pm 0.074(\text{stat}) \pm 0.035(\text{sys})$ である。BELLE グループの前の発表は 29 /fb を使って $0.99 \pm 0.14 \pm 0.06$ である。新しい測定で中心値は下がっているが、両測定は統計的に許容される範囲ではほぼ一致している。また、本論文の新しい測定では時間分解能関数を改良し、系統誤差を有意に減少させるのに成功している。

第8章では、得られた $\sin(2\phi_1)$ 、 Δm_d を、世界の他の測定値と合わせて使用し、すべての測定を説明できる CKM ユニタリティ三角形の領域を限定して、CKM 行列要素の複素位相を決めるフィットを行っている。本論文は、これによって電弱相互作用のエネルギースケールでは、CP 非保存性が小林・益川の理論によって説明されることを結論とした。

本論文の内容は、3編に分けて BELLE グループの共同研究者と共著で印刷公表されている。論文提出者は3編全てについて十分な寄与があると判断するが、特に B 中間子混合周波数を測定した Physics Letters 論文では筆頭著者となっており、その貢献が顕著である。

以上を以て、博士（理学）の学位を授与できると認める。