

Title	Study of the time-dependent CP asymmetry in neutral B meson decays with the Belle detector
Author(s)	住澤, 一高
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42544
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	住 澤 一 高
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 1 5 9 5 7 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Study of the time-dependent CP asymmetry in neutral B meson decays with the Belle detector (Belle 検出器を用いた中性 B 中間子における時間に依存する CP 非対称性の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 長島 順清 (副査) 教授 東島 清 教授 南園 忠則 教授 久野 良孝 助教授 山中 卓

論 文 内 容 の 要 旨

中性 B 中間子系における CP 非保存の測定は、素粒子の標準模型とその核をなす小林-益川理論の検証に非常に重要な役割を果たす。B-factory 実験の目的は、中性 B 中間子系での CP 非対称性を測定することにより、小林-益川行列を表す、ユニタリティー三角形の角度と辺を測定し、標準理論から許される領域からのずれを調べることにより小林-益川理論の検証と標準理論を越えた新しい物理の探索を行なうことである。この目的のために、つくば市、高エネルギー加速器研究機構において電子-陽電子加速器 (KEKB) と検出器 (Belle) が建設された。1999年6月から実験が開始され、2000年7月までに 6.3×10^6 個の B 中間子-反 B 中間子対を記録した。これは、 6.2fb^{-1} の積分ルミノシティに相当する。本論文では、中性 B 中間子における時間に依存する CP 非対称性の研究を行った。

B 中間子-反 B 中間子対のうち、一方が CP の固有状態に崩壊し他方が B の香りを同定できる崩壊を行う過程の再構築を行い、二つの崩壊時間差から CP 非保存の測定を行う。本論文では、 CP 固有状態として中性 B 中間子が $J/\psi K_S$, $\phi(2S)K_S$, $\chi_{c1}K_S$ に崩壊する過程を用いた。これらの崩壊過程は、中性 B 中間子の崩壊の中でも最も理論的不定性が小さく、実験的にも精度よく、ユニタリティー三角形の角度の一つである ϕ_1 が測定できると考えられている。この崩壊モードを用いて、中性 B 中間子系での CP 非対称性による $\sin 2\phi_1$ 測定を行った。

$J/\psi K_S$ の崩壊を再構築したときのエネルギーと質量の測定誤差をデータを用いて見積もり、 11MeV と $2.9 \text{MeV}/c^2$ という結果を得た。この結果はモンテカルロシミュレーション (以下、MC) による予測と一致しており、Belle 検出器が非常に精度の良い測定器であることを確かめた。 $J/\psi K_S$, $\phi(2S)K_S$, $\chi_{c1}K_S$ の再構築の結果、90事象を取得した。MC と実データから、バックグラウンドは5.1事象と見積もられた。

B の香りを同定する方法として、高い運動量を持つレプトンの電荷を用いる方法及び荷電 K 中間子の電荷を用いる方法を主に用いた。それぞれの方法に対する同定を失敗する割合を求めるために、 $B \rightarrow D^* l \nu$ の崩壊過程を用いた。結果として、香りを同定できる効率は 0.510 ± 0.016 であることが分かった。また、 $\sin 2\phi_1$ の誤差に係わってくる実効的な効率を、香りを同定できる効率と同定を失敗する割合から求めることができ、 $0.19^{+0.04}_{-0.03}$ であることを確かめた。これは、MC での予測と一致している。

2つの B 中間子の崩壊時間差は崩壊点間の距離から算出した。このため、2つの B 中間子に対して崩壊点の再構築を行った。 $B \rightarrow D^* l \nu$ の崩壊過程を用いてこの再構築の位置分解能が $(115^{+20}) \mu\text{m}$ であることを示した。

これらの解析の結果、 CP 非対称性の研究に使用可能な50事象を取得した。

得られた50事象の崩壊時間差分布をフィットして、その非対称度から $\sin 2\phi_1$ を測定した。その結果、 $\sin 2\phi_1 = 0.58^{+0.08}_{-0.08} (stat.)^{+0.09}_{-0.09} (syst.)$ が得られた。標準模型の予言は、 $0.50 < \sin 2\phi_1 < 0.85$ である。このことから、今回の結果は、標準模型の予言と矛盾しないことが分かった。

$\sin 2\phi_1$ の誤差の主な要因は、統計誤差から来るものである。2001年の夏までで $30fb^{-1}$ の積分ルミノシティに相当するデータを取得することを予測されている。このとき、統計誤差は0.25になる。系統誤差についても、統計量が増えるにつれ減少することを確認した。これにより、Belle 検出器で $\sin 2\phi_1$ を十分な精度で測定することが可能であることを実データから示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、中性 B 中間子崩壊において時間に依存する CP 非対称性の実験的研究を論じたものである。実験はつくば市、高エネルギー加速器研究機構の電子-陽電子加速器 (KEKB) を使用して行われた。検出器 (Belle) を建設して、1999年6月から実験が開始され、2000年7月までに 6.3×10^8 個の B 中間子-反 B 中間子対を記録した。

B 中間子-反 B 中間子対のうち、一方が CP の固有状態に崩壊し他方が B の香りを同定できる崩壊を行う過程の再構築を行い、二つの崩壊時間差から CP 非保存の測定を行う。 CP 固有状態として、中性 B 中間子が $J/\psi K_S$, $\phi(2S)K_S$, $\chi_{c1}K_S$ に崩壊する過程を用いた。これらの崩壊を用いることにより、ユニタリティー三角形の角度の一つである ϕ_1 を測定することができる。 B の香りを同定する方法として、高い運動量を持つレプトンの電荷を用いる方法及び荷電 K 中間子の電荷を用いる方法を主に用いた。最終的に得られた50事象の崩壊時間差分布をフィットして、その非対称度から $\sin 2\phi_1$ を測定した。その結果、

$$\sin 2\phi_1 = 0.58^{+0.08}_{-0.08} (stat.)^{+0.09}_{-0.09} (syst.)$$

という標準模型の予言と整合する結果を得た。本実験は、素粒子の標準模型とその核をなす小林-益川理論の検証に向けて、非常に重要なデータを与えたものであり、博士 (理学) の学位論文として十分価値のあるものと認める。