

Title	Simulation Study for Measurement of CP violation in $B \rightarrow \text{Charmonium} + K_s$ at KEK B-factory
Author(s)	川崎, 健夫
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41891
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	川 崎 健 夫
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 8 6 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 11 年 6 月 30 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	Simulation Study for Measurement of CP violation in $B \rightarrow \text{Charmonium} + K_s$ at KEK B-factory (KEK B-ファクトリー実験における、 $B \rightarrow \text{Charmonium} + K_s$ による CP 非保存測定のシミュレーション)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 長島 順清 (副査) 教授 南園 忠則 教授 岸本 忠史 教授 高杉 英一 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、それを説明する小林-益川理論と標準理論の検証に非常に重要な役割を果たす。B-factoryの実験の目的は、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。Bファクトリー実験のために、電子-陽電子加速器(KEKB)と検出器(BELLE)は、現在つくば市、高エネルギー加速器研究機構において実験開始の準備が進められている。

中性B中間子の崩壊の中でも $B \rightarrow \text{Charmonium} + K_s$ はもっと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。本論文では、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 $\sin 2\phi_1$ 測定のモンテカルロシミュレーション(以下、MC)を行なった。

Bファクトリー実験では e^+e^- の衝突エネルギーを $\Upsilon(4S)$ の質量に合わせ、大量にB中間子を生成する。そのCP非対称性は、B中間子と反B中間子の、時間に依存した崩壊率の差として現れる。このため加速器は電子8 GeV、陽電子3.5 GeVと非対称に設定され、生成される中性B中間子系を一方にブーストする。その2つの中性B中間子の崩壊点の距離の差から中性B中間子の崩壊までの時間を測定する。このとき非対称性の測定には、崩壊点の再構成に対してビーム軸方向に100 μm 程度の位置分解能が要求されるため、シリコン崩壊点検出器(以下、SVD)の性能が非常に重要である。BELLE測定器では粒子は最大69度の角度をもってSVDに入射する。このとき必要な位置分解能を確保するために、ストリップ間隔を変えたシリコンストリップ検出器(以下、SSD)を用いてBELLE測定器で考えられる入射角に対して位置分解能の測定を行なった。この結果によりBELLE SVDに使用するユニット検出器の仕様を決定した。その性能を調べるため、また、本論文中で用いるMCの信頼性を確認するため試験型SSDに対して高エネルギー粒子ビームを用いて位置分解能の測定を行なった。結果はシミュレーションの予測と良く一致した。実験におけるB中間子の崩壊点に対する位置分解能はシミュレーションで見積もった。その結果 $B \rightarrow J/\psi K_s$ に対して、CP非対称性を測定するために十分な位置分解能が得られることが判った。

行なった物理シミュレーションの目的は、実験データを用いて ϕ_1 を測るために、効率よく事象を選択する方法の開発、そして実際にどれだけの精度で測定を行なうことができるかを調べることである。本論文では統計量をあげるために、 $B \rightarrow J/\psi K_S$ 、 $B \rightarrow \psi(2S)K_S$ 、 $B \rightarrow \chi_{c1}K_S$ 、 $B \rightarrow \eta_c K_S$ のモードを用いた。可能な限り実験を精密にシミュレーションするために MC で発生させた事象を実験データとして扱って、その解析を行なった。これにより同時に、実際の実験データの解析においても、MC に頼らないで $\sin 2\phi_1$ を測定する方法を開発した。検出された荷電粒子の種類、運動量と光子のエネルギーから中性 B 中間子を再構成し、不変質量により、 $B \rightarrow \text{Charmonium} + K_S$ 崩壊の同定を行なう。このとき中性 B 中間子の崩壊点の再構成がバックグラウンドに対する強い制限となる。結果として、 100 fb^{-1} の積分ルミノシティにおいて 1255 事象を得て、バックグラウンドは 124 ± 17 事象と見積もられた。これは加速器の設計性能で約 1 年間で得られるべきルミノシティである。B 中間子の崩壊時間差分布をフィットして、その非対称から $\sin 2\phi_1$ とその統計誤差を測定した。また系統誤差も評価した。結果として、入力値 $\sin 2\phi_1 = 0.60$ に対して $\sin 2\phi_1 = 0.632 \pm 0.081(\text{stat.}) \pm 0.047(\text{sys.})$ を得た。

この結果より、 $\sin 2\phi_1$ が 0.28 より大きければ、 100 fb^{-1} の積分ルミノシティでその値を統計有意度 3 で測定することが出来ることが判った。従って標準理論を仮定して、現在までの測定結果で許されている領域に ϕ_1 があれば測定することが出来ることが判った。

論文審査の結果の要旨

素粒子物理学における CP 非保存については、小林-益川理論がもっとも有力とされており、検証手段として、B メソン-反 B メソン共鳴状態のアップシロン 4 S 状態からの崩壊分布の非対称性測定が提案された。現在、筑波の高エネルギー加速器研究機構の B ファクトリー BELLE 測定器と米国スタンフォード研究所の BABAR 検出器が競争で建設されており、1999 年開始予定である。本論文は、BELLE 測定器で検出可能な反応例についてのシミュレーションを行い、BELLE 測定器の仕様を検定し、CP 非保存パラメーター ($\sin 2\phi_1$) の測定限界について研究を行ったものである。

調査した崩壊反応は、 $B \rightarrow (1)J/\psi + K_S$ 、 $(2)\psi(2S) + K_S$ 、 $(3)\chi_{c1} + K_S$ 、 $(4)\eta_c + K_S$ である。モンテカルロで B メソン生成崩壊させた上で測定器内物質を通過させ、その際の電磁反応、核反応をシミュレートし、測定器に落とす信号を実験データと同じフォーマットで取り入れた。次にデータ解析と同じプログラムを使用して、モンテカルロデータが上記反応をどのように再現するかを調べた。設計輝度で 1 年運転して 100 fb^{-1} 得られるとしたとき、入力 $\sin 2\phi_1 = 0.6$ に対して 4 反応をあわせて

$$\sin 2\phi_1 = 0.632 \pm 0.081(\text{stat.}) \pm 0.047(\text{sys.})$$

が得られることを示した。本シミュレーションにより、過去におけるデータから予測される範囲内に上記パラメーターの値が修まっていれば、BELLE 測定器で実際に測定可能であることと、実際のデータ取得に先立って留意すべき問題を明らかにした。この作業は、5 年に及ぶ BELLE 実験準備および成功のための不可欠の過程であり、CP 非保存解明についてに多大の貢献をした。よって本研究は博士論文にふさわしい内容を持つものと認定する。