

Title	Measurement of Polarization and Time-Dependent CP Asymmetry Parameters in $B^0 \rightarrow D^* D^{*-}$ Decays
Author(s)	三宅, 秀樹
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2659
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	三宅秀樹
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 19195 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 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	Measurement of Polarization and Time-Dependent CP Asymmetry Parameters in $B^0 \rightarrow D^{*+}D^{*-}$ Decays (B^0 中間子の $D^{*+}D^{*-}$ 崩壊における偏極度、及び時間に依存した CP 非対称度パラメータの測定)
論文審査委員	(主査) 教授 山中 卓 (副査) 教授 岸本 忠史 教授 久野 良孝 教授 能町 正治 助教授 窪田 高弘

論文内容の要旨

弱い相互作用にあらわれる CP 非対称性の起源は、素粒子標準模型 (SM) の核をなす小林-益川機構が支配的である事が、近年中性 B 中間子の $b \rightarrow c\bar{c}s$ 遷移を用いた実験によって高い精度で検証された。しかし全ての CP 非対称性の起源が小林-益川機構にあると結論付けるには、未だ多くの検証すべき課題が残されている。また SM は究極の理論であるとは考えられておらず、SM を越える理論 (BSM) として提唱された理論の多くが、CP 対称性を破る複数の位相を持つ。従って、SM の多面的な検証、及び BSM の探索において CP 非対称性の研究は重要な意味を持つ。

本論文では、つくば市高エネルギー加速器研究機構に設置された KEKB 非対称エネルギー電子-陽電子衝突型加速器において、Belle 検出器によって得られた約 1.5 億個の B 中間子-反 B 中間子対を用いて $B^0 \rightarrow D^{*+}D^{*-}$ 崩壊における偏極度、及び時間に依存した CP 非対称度パラメータの測定を行った。 $B^0 \rightarrow D^{*+}D^{*-}$ 崩壊は $b \rightarrow c\bar{c}d$ 遷移モードの一つであり、独自の観点から SM を検証する事ができる。

我々は $B^0 \rightarrow D^{*+}D^{*-}$ 崩壊を起こした、130 個の完全に再構成された中性 B 中間子シグナルを収集した。 $B^0 \rightarrow D^{*+}D^{*-}$ 系は S、P、D 波の重ね合わせから成っており、CP-even と CP-odd 成分の混合状態である。我々は CP 非対称度パラメータを正確に測定する為に、Angular analysis と呼ばれる、崩壊生成物の角度情報から重ね合わせの状態を再構成する手法を用いて、各部分波に対する崩壊振幅の割合 (偏極度) を測定した。Angular analysis においてはモンテカルロ法を応用した確率密度関数を用いる事で、低運動量の崩壊生成物が原因となる測定値の歪みを防いだ。我々は偏極度パラメータとして $R_{\perp} = 0.19 \pm 0.08(\text{stat}) \pm 0.01(\text{syst})$ 、 $R_0 = 0.57 \pm 0.08(\text{stat}) \pm 0.01(\text{syst})$ という、CP-odd 成分の割合 (R_{\perp}) が小さいという SM の予言と矛盾しない値を得た。ここで、stat は統計誤差、syst は系統誤差である。

CP 非対称度パラメータは、 $D^{*+}D^{*-}$ 崩壊を起こした B 中間子と対生成されたもう一つの B 中間子 (B_{tag}) より得られる固有時間差分布、 B_{tag} より得られる B 中間子のフレーバー、および偏極度パラメータから抽出された。固有時間差は各 B 中間子の崩壊バーテックスの距離から計算され、B 中間子のフレーバーは、 B_{tag} の崩壊生成物から得られる電荷情報等を用いて決定された。我々は CP 非対称度パラメータとして $S_{D^{*+}D^{*-}} = -0.75 \pm 0.56(\text{stat}) \pm 0.12(\text{syst})$ 、

$A_{D^{*+}D^{*-}} = -0.26 \pm 0.26(\text{stat}) \pm 0.06(\text{syst})$ という値を得た。これは Belle 実験における初めての測定であり、SM の予言と矛盾しない。

本論文は、 $B^0 \rightarrow D^{*+}D^{*-}$ 崩壊のような複雑な Angular analysis を必要とする場合における CP 非対称度測定に対する解析方法を確立したものであり、将来の大統計実験において $b \rightarrow c\bar{c}d$ 遷移における BSM からの寄与の有無を検証する事を可能とした。

論文審査の結果の要旨

弱い相互作用においては、粒子と反粒子の間の対称性が破れている (CP の破れ)。標準理論の説明によれば、この対称性の破れは、3世代のクォークの間の混合に複素位相が入る事によって引き起こされている。この複素位相は、B 中間子の崩壊、 $B^0, \bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K_S$ (クォークで表すと $b \rightarrow c\bar{c}s$) の時間的な非対称性を用いて精密に測られている。 B^0 か \bar{B}^0 と同定されてから時間 Δt 後にある CP の状態に崩壊する率は、 B^0 か \bar{B}^0 によって異なる。これが CP の破れの信号である。

本研究は、上の s クォークを d クォークに置き換えた、 $b \rightarrow c\bar{c}d$ 反応を用いて、同じ CP の破れのパラメータを測定した。標準理論による CP の破れの説明が正しいならば、この結果は $b \rightarrow c\bar{c}s$ 反応の場合とほぼ等しいはずである。しかし、もし結果が大きく異なれば、それは標準理論を越えた物理が CP の対称性の破れに寄与している事を意味する。CP の状態は、 $B \rightarrow D^{*+}D^{*-} \rightarrow D\pi D\pi$ 崩壊によって測定した。この終状態は、CP+ と CP- の固有状態の重ね合わせであるが、それらの比は娘粒子の角度分布を用いて測定した。

その結果、 $\sin \Delta t$ に比例する CP の非対称度は $-0.75 \pm 0.56(\text{stat}) \pm 0.12(\text{syst})$ と測定され、これは $J/\psi K_S$ で得られた結果と矛盾しない。また、 $\cos \Delta t$ に比例する CP の非対称度は $-0.26 \pm 0.26(\text{stat}) \pm 0.06(\text{syst})$ で、標準理論の予測する 0 と矛盾しない値を得た。これにより、標準理論を越える物理による CP の破れの寄与に対しても制限を与えた。

従って、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値があるものと認める。