

## 新博士紹介

氏名 根岸 健太郎\* (広島大学)  
 論文提出大学 東北大学  
 学位種類 博士 (理学)  
 取得年月日 2015年3月31日  
 題目 Study for the measurement of  $\phi_3$  using  $B^0 \rightarrow DK^{*0}$  followed by  $D \rightarrow K_S \pi^+ \pi^-$  with model-independent Dalitz analysis

## 1. はじめに

現在、標準理論は多くの実験で成功を収めている。しかし幾つかの解決しなければならない問題や、実験によって測定されなければならない多くのパラメータも残されている。粒子の質量や、混合角が例に挙がる。CP破れのパラメータ測定に着目すると、標準理論ではKM機構によってクォークが3世代以上あればCPが破れると示唆し、CPの破れは確かめられている。Wボゾンを介した相互作用は以下のラグランジアンで記述され、

$$\mathcal{L}_{int} = \frac{g}{\sqrt{2}} (\bar{U}'_L V_{CKM} \gamma_\mu D'_L W_\mu^+) + h.c.$$

$$V_{CKM} = \begin{pmatrix} V_{ub} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}$$

$V_{CKM}$  で記述される CKM 行列によってクォークの質量とフレーバーの固有状態が混合する。この中で特に  $b$  クォークの CP 破れはユニタリティ三角形 (図1) で表され、ユニタリティ三角形の各角度 ( $\phi_{1,2,3}$ ) の内、現在最も測定精度の悪い  $\phi_3$  を

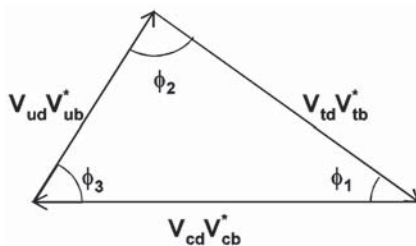


図1 ユニタリティ三角形

測定する事で、新物理の寄与を確かめる事が本研究の最も強い動機である。

2.  $\phi_3$  測定

$\phi_3$  は  $\arg(V_{ub})$  で与えられ、その測定は  $V_{ub}$  の位相の測定と同義である。  $\phi_3$  測定には主に荷電  $B$  中間子を用いた  $B^\pm \rightarrow D^{(*)} K^{(*)\pm}$  崩壊モードが測定に使われるが、本解析では  $b \rightarrow u$  遷移を含む  $B^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$  過程と  $b \rightarrow c$  遷移を含む  $B^0 \rightarrow \bar{D}^0 K^{*0}$  過程の干渉を用いる (図2)。

中性  $B$  崩壊は、荷電  $B$  崩壊と比べて崩壊分岐比は小さいが、干渉によって現れる  $\phi_3$  の効果は大きいと期待される。  $K^{*0}$  の再構成に荷  $K^+ \pi^-$  を用いる事で、崩壊元の  $B$  のフレーバーが一意に決定できる。  $D$  の再構成に  $K_S \pi^+ \pi^-$  三体崩壊を要求し、  $D$  三体崩壊の位相空間を  $m_+^2 (=m_{K_S \pi^+}^2)$ ,  $m_-^2 (=m_{K_S \pi^-}^2)$  二次元で定義される Dalitz 平面上のシグナル分布から  $\phi_3$  による CP の破れを観測する。

Dalitz 平面上のシグナルの分布は、  $D^0 \rightarrow K_S \pi^+ \pi^-$  と  $\bar{D}^0 \rightarrow K_S \pi^+ \pi^-$  崩壊の強い相互作用の位相差によって領域に分けた (図3) シグナル数の期待値で

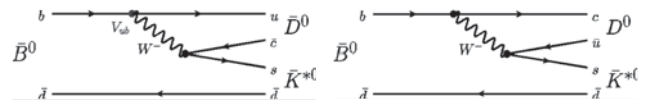
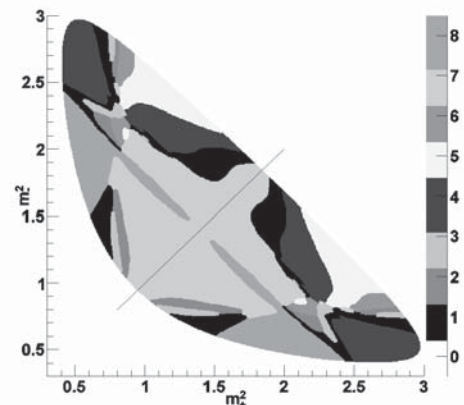
図2  $B^0 \rightarrow DK^{*0}$  ダイアグラム

図3 Dalitz 図上 Bin 分け例

\* 広島大学 Hiroshima University (E-mail: knegishi@hiroshima-u.ac.jp)

$$N_i = h_B [K_i + r_S^2 K_{-i} + 2k\sqrt{K_i K_{-i}}(c_i x + s_i y)]$$

と表現される. ここで  $i$  は Dalitz 平面上の Bin の番号,  $h_B$  は規格化定数,  $K_i$  は  $D^0 \rightarrow K_S^+ \pi^+ \pi^-$  イベント数,  $c_i, s_i$  が  $D$  崩壊の強い相互作用の位相差に当たり, CLEO 実験から測定値が報告されている,  $k$  は  $B^0 \rightarrow DK^{*0}$  崩壊の  $B^0 \rightarrow D^0 K^+ \pi^-$  や  $K^+$  の高次共鳴状態からの補正項, BaBar 実験から測定値が報告されている. 本解析の測定値は  $x_{\pm} = r_S \cos(\delta_S \pm \phi_3)$ ,  $y_{\pm} = r_S \sin(\delta_S \pm \phi_3)$  の四変数で  $\phi_3$  と同時に  $r_S$ :  $B^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$  と  $B^0 \rightarrow \bar{D}^0 K^{*0}$  崩壊の振幅の絶対値の比,  $\delta_S$ :  $B^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$  と  $B^0 \rightarrow \bar{D}^0 K^{*0}$  崩壊の強い相互作用の位相差, を測定する.

### 3. Belle 実験

$CP$  対称性の破れを測定するためには, 大量の  $B$  中間子を生成し, 崩壊現象を精密に測定しなければならない. Belle 実験はこの目的のために行われ, 本研究では Belle 実験により収集された全てのデータを使用した. 実験は茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構 (KEK) で行われていた. Belle 実験は世界最高のルミノシティを誇る KEKB 加速器と,  $B$  中間子の  $CP$  対称性の破れを測定するため最適化された, Belle 検出器によって行われていた. KEKB 加速器は 8.0 GeV の電子と 3.5 GeV の陽電子を衝突させる, 電子陽電子非対称衝突型円形加速器である. Belle 検出器は特徴の異なる 7 つの検出器と, 1.5 T の磁場をつくる超伝導ソレノイドから構成され, 粒子の運動量や速度といった情報が測定される.

### 4. $B^0 \rightarrow DK^{*0}$ の解析

本研究では Belle 実験で収集された,  $772 \times 10^6$   $B\bar{B}$  ペアのデータセットを用い,  $B^0 \rightarrow DK^{*0}$  の解析を行った. 再構成する  $K^{\pm}$  や  $\pi^{\pm}$  には, 検出器の情報から得られる尤度比を用いて, 粒子の種類の識別し,  $K_S^0$  は検出器内での振る舞いを利用し探索した,  $D^0, K^{*0}$  を再構成する際は  $K_S, K^{\pm}, \pi^{\pm}$  から再構成された不変質量が,  $D^0, K^{*0}$  の質量を持つことを要求した. 再構成した  $B$  候補は  $\Delta E (=E_B - E_{\text{Beam}})$ ,  $M_{bc} (= \sqrt{E_{\text{Beam}} - |p_B|^2})$ ,  $e^+ e^- \rightarrow q \bar{q}$ ,  $q=(u, d, s, c)$  背景事象抑制のための変数, イベントのトポロジーと  $B$  崩壊に特徴的な 12 の変数を複合させた  $NB_{\text{TRANS}}$  の 3 次元で評

価した. Dalitz 平面の Bin ごとの 3 次元分布をフィットする事で  $(x, y)$  値を求めた.

## 5. 結果

この解析の結果

$$x_- = +0.4_{-0.6-0.1}^{+1.0+0.0} \pm 0.0$$

$$y_- = -0.6_{-1.0-0.0}^{+0.8+0.1} \pm 0.1$$

$$x_+ = +0.1_{-0.4-0.1}^{+0.7+0.0} \pm 0.1$$

$$y_+ = +0.3_{-0.8-0.1}^{+0.5+0.0} \pm 0.1$$

と求まった (図 4). ここで誤差は順に統計, 系統, CLEO 実験の測定値,  $c_i, s_i$  の誤差.

これを物理量  $r_S$  にすると (図 5)

$$r_S < 0.87 \quad \text{at 68\%}$$

と上限値を求めた.

## 6. 今後の抱負

現在, 広島大学の博士研究員として, ERL や,

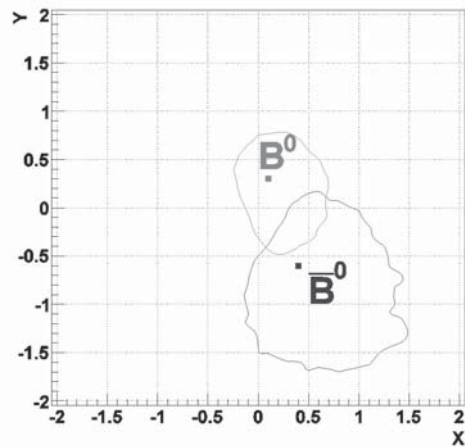


図 4 点は最尤点, 実線は 68% C.L. 等高線

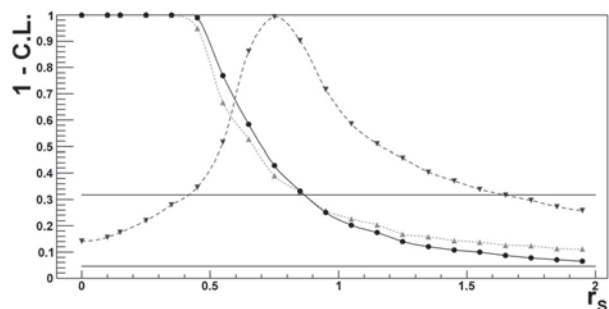


図 5  $r_S$  に投影した C.L. 値, 下向き三角は  $\bar{B}^0$ , 上向き三角は  $B^0$ , 丸はコンバイン

ILC 実験におけるビーム源として、マルチアルカリカソードや NEA-GaAs, 陽電子源等の研究を進めている。加速器は先端科学において欠かすことのできない重要なツールとなっていることは周知のとおりである。また、新しい加速器の開発が、より高い精度での実験や広範な応用を可能にするため、加速器に対する研究開発も活発である。ILC や ERL/FEL といった次世代の線形加速器では電子源で生成されるビームの品質が加速器全体の性能に大きく寄与する。そのため、高品質ビームを作る電子源は最重要の開発要素であり、やりがいのあるテーマであると感じている。

フォトカソードによる電子発生は、従来型の熱電子銃では困難であった、短パルス、低エミッタ

ンスビームの生成を可能とする。フォトカソード、そしてそれによる高性能電子ビームの生成により、将来の加速器実験へ大きな貢献ができるような研究を目指したい。また、このような高いポテンシャルを持っているビーム源物理を発展させたい。

前述のとおり前年度までは加速器のユーザーであったが、これからは加速器研究者として研究を進めることになる。このことが将来的に自分の可能性を広げることになると信じている。まだまだ解らない事も多いが、真摯に勉強する姿勢と、自分の能力が発揮できる機会には自重せず前向きに研究に取り組もうと思っている。よろしくお願ひします。