

# $B \rightarrow D^0 K^{*0}$ 崩壊の研究

2009年 3月 10日 4年生発表

根岸 健太郎

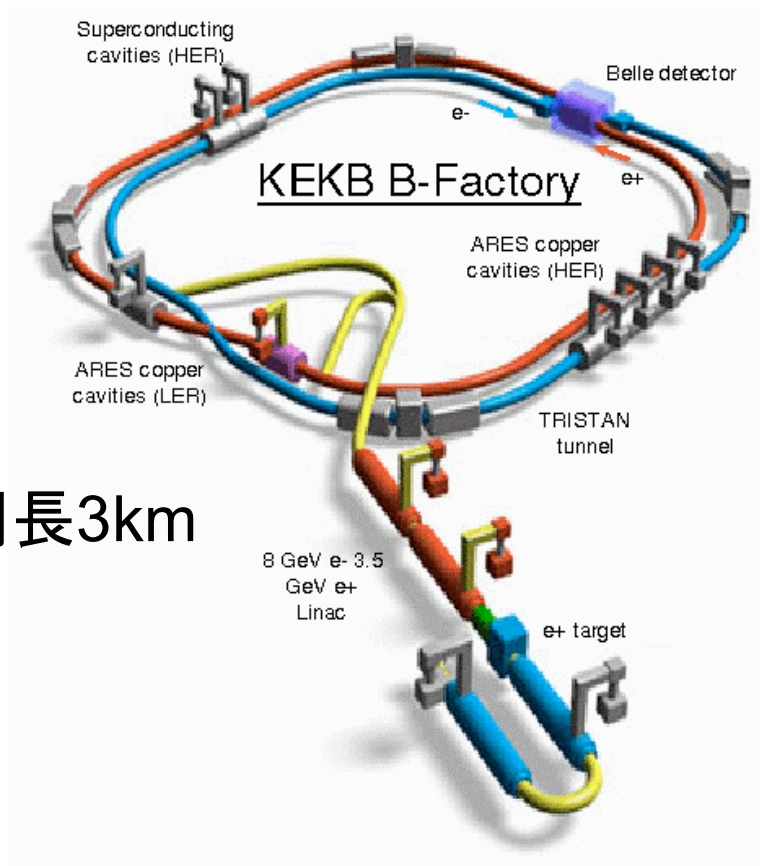
# 概要

- Belle実験の紹介
- CMK行列とユニタリ三角形
- $B \rightarrow D^0 K^{*0}$ 崩壊の解析
- まとめ/今後の予定

# Belle実験の紹介

# Belle実験

KEKB加速器: 電子( $e^-$ )8.0GeV、陽電子( $e^+$ )3.5GeV  
重心エネルギー10.6GeVの非対称衝突型加速器  
(10.6GeV = B中間子一対がしきい値で生成)

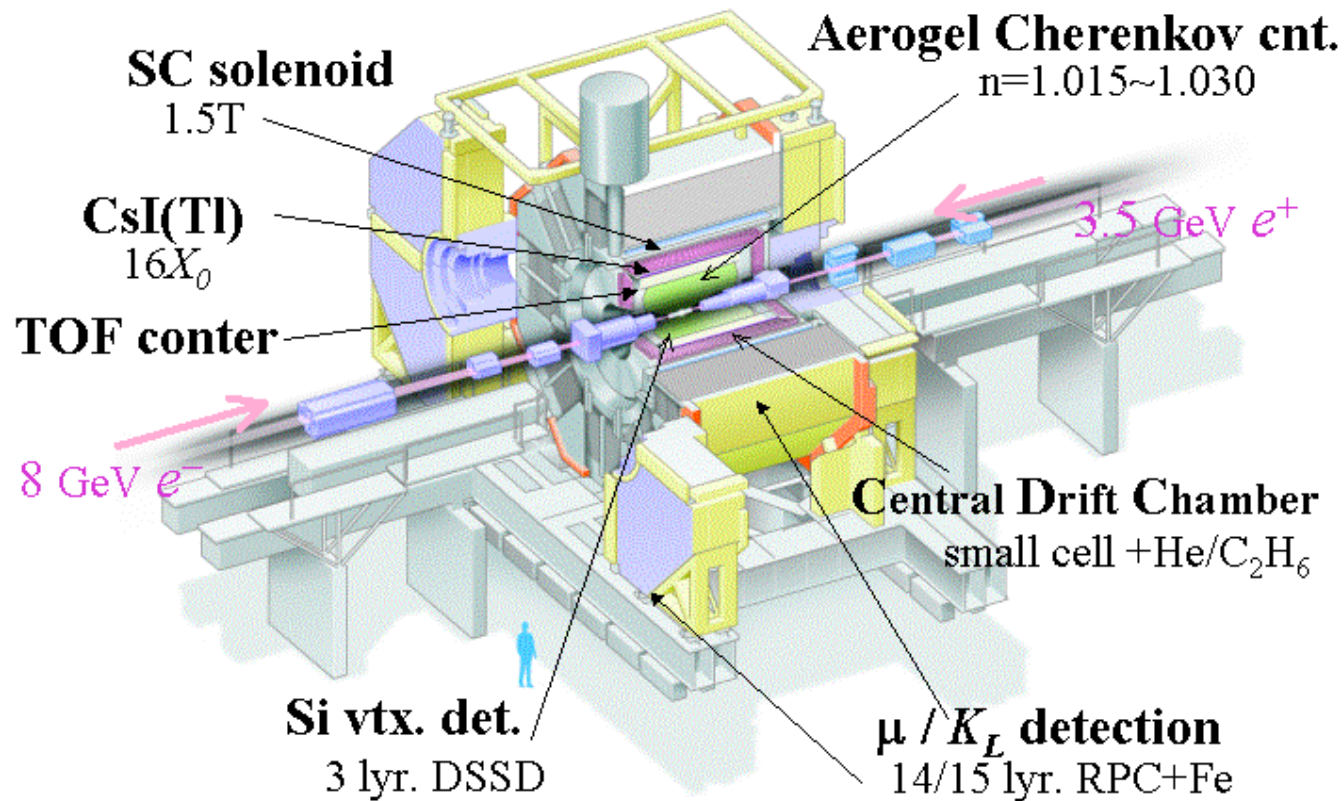


周長3km

$e^-e^+$ 衝突器として世界一のルミノシティ  
ピークルミノシティ: $1.7 \times 10^{34}/\text{cm}^2/\text{s}$   
これまでに約8億個のB中間子を生成

B中間子の崩壊はBelle検出器でとらえる

## Belle Detector

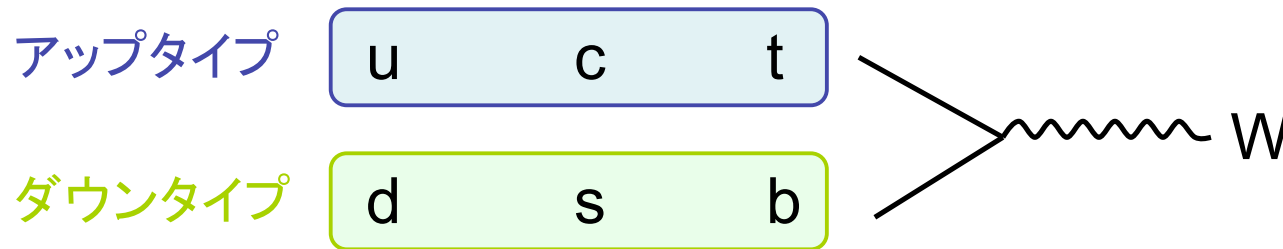


Belle検出器はいくつかのサブ検出器からなる

# CKM行列とユニタリ三角形

# クォークとWボソンの相互作用

アップタイプクォークとダウンタイプクォークが、Wボソンと相互作用する。



$$L_{int} = -\frac{g}{\sqrt{2}} (\bar{U}_L \gamma_\mu V_{CKM} D_L W_\mu^+) + h.c$$

$U=(u,c,t)$   
 $D=(d,s,b)$   
 $U_L, D_L$ : 左巻き部分

(結合定数)  $\propto$  (CKM行列の成分)

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

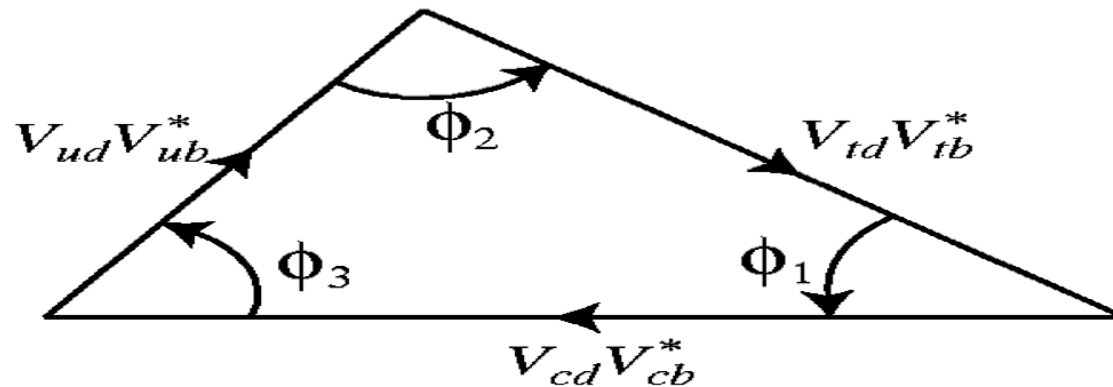
(CKM行列はユニタリ)

# ユニタリ三角形

$V_{\text{CKM}} V_{\text{CKM}}^\dagger = 1$  より、

$$V_{ud} V_{ub}^* + V_{cd} V_{cb}^* + V_{td} V_{tb}^* = 0$$

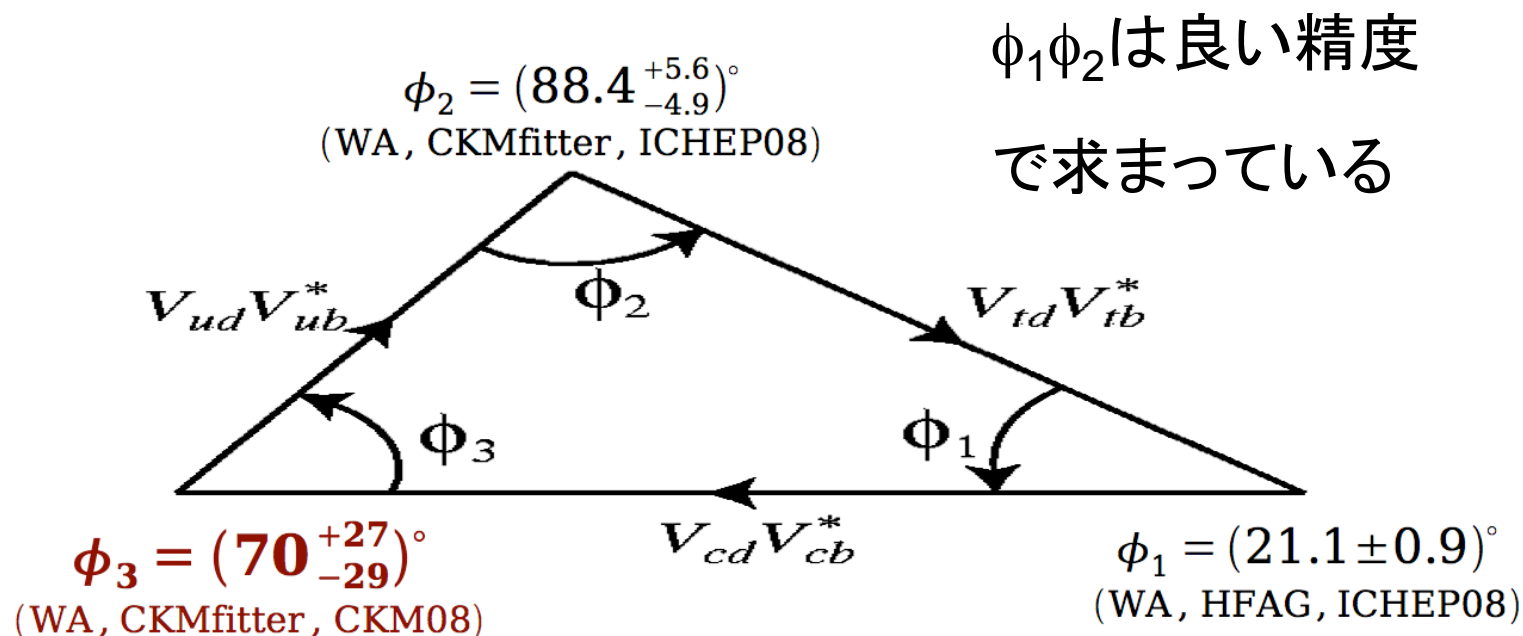
各項は複素平面上に三角形を作る。



辺や角の測定は、標準理論の基本パラメータ  
の測定にあたる



# これまでの角度の測定精度



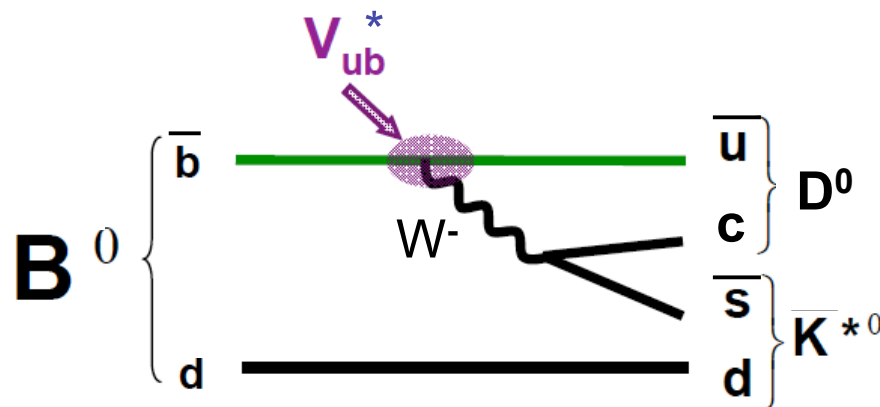
$\phi_1\phi_2$ は良い精度  
で求まっている

最も精度が悪いのが $\phi_3$   
精度の向上が望まれる。

$B \rightarrow D^0 K^{*0}$ 崩壊の解析

# $B \rightarrow D^0 K^{*0}$ 崩壊の解析

- $B \rightarrow D^0 K^{*0}$ 崩壊は、 $\phi_3$ 測定のために非常に有用であると考えられている。



- $V_{ub}^*$ に $\phi_3$ の情報が含まれていることが解っている。

# 解析の流れ

- $\phi_3$ の情報は、 $B \rightarrow D^0 K^{*0}$ の崩壊分岐比を測ることで得られる。

データを解析して求める

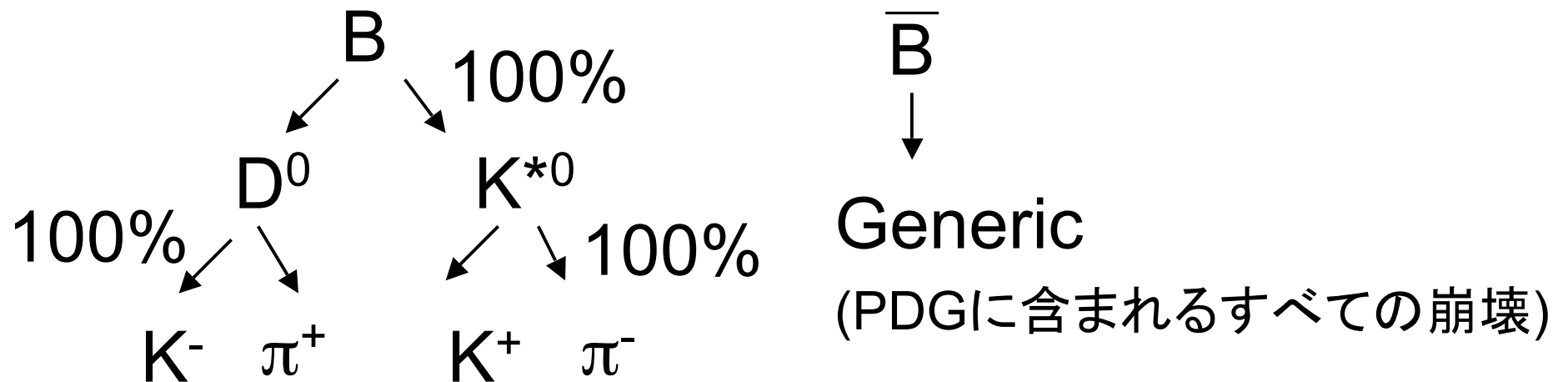
$$(\text{崩壊分岐比}) = \frac{(\text{B} \rightarrow \text{D}^0 \text{K}^{*0} \text{崩壊の事象数})}{(\text{生成されたB中間子の数})} \frac{1}{(\text{検出効率})}$$

モンテカルロサンプルから求める

- 今回は、モンテカルロサンプルの解析を行う。  
サンプル:  $5 \times 10^4$ 個の $B \rightarrow D^0 K^{*0}$ 崩壊を生成

# モンテカルロサンプルについて

- $5 \times 10^4$ 個のBBペア



- これを用い、検出効率を求める。

# 粒子の識別

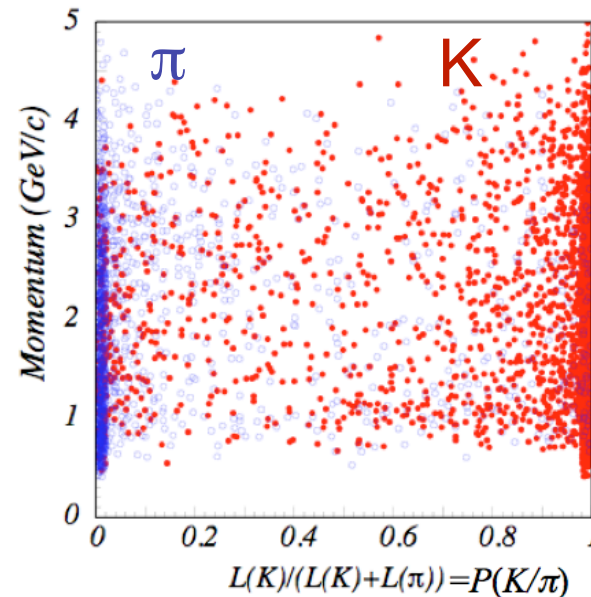
この解析では終状態の粒子は $K^\pm$ と $\pi^\pm$ 。

運動量は磁場中での飛跡の曲率から求め、各検出器の情報を合わせて得るライクリフッド比 $P(K/\pi)$ から識別。

- 粒子識別の要求

$$K: P(K/\pi) > 0.4$$

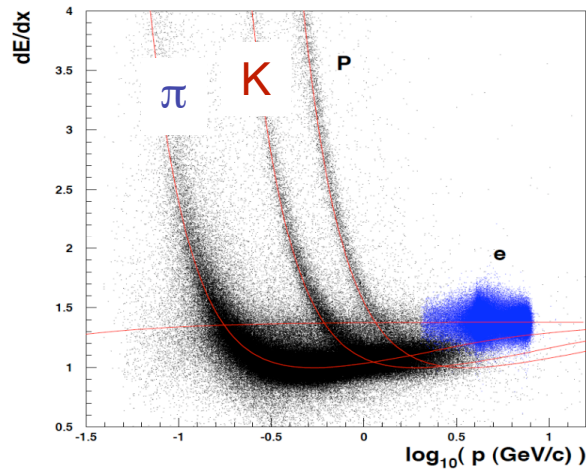
$$\pi: P(K/\pi) < 0.6$$



# P(K/π)の求め方

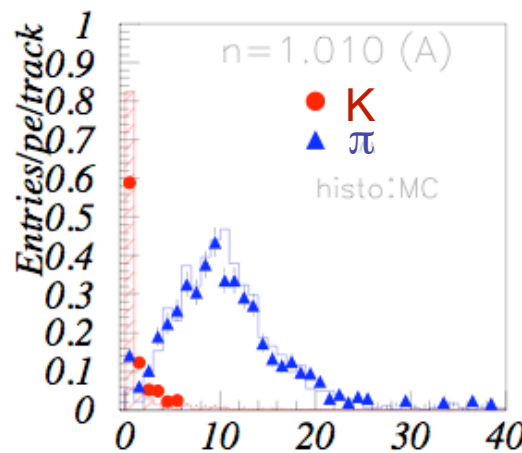
$$P(K/\pi) = \frac{L(K)}{L(K) + L(\pi)} \quad \begin{array}{l} \vdots \\ \vdots \end{array} \quad \begin{array}{l} L(K) = L_1(K)L_2(K)L_3(K) \\ L(\pi) = L_1(\pi)L_2(\pi)L_3(\pi) \end{array}$$

$L_n(K/\pi)$ :各検出器から得られる粒子のK/πらしさ



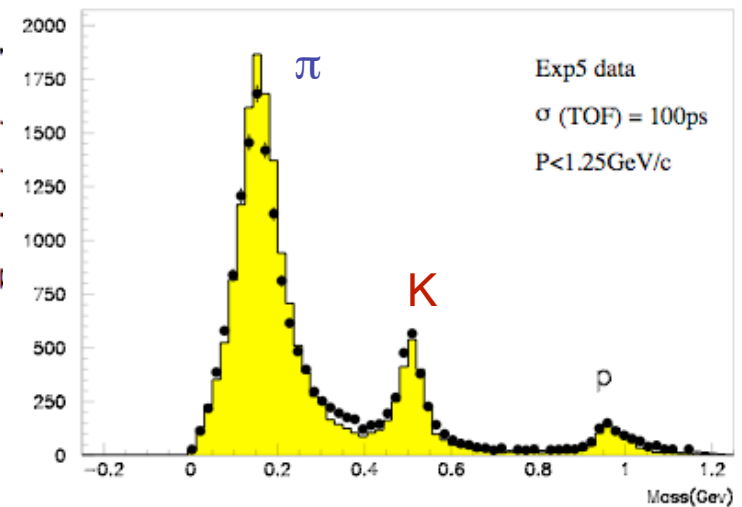
ドリフトチェンバー

エネルギー損失  $dE/dx$



エアロジェルチェレンコフ

光電子数



飛行時間検出器

飛行時間

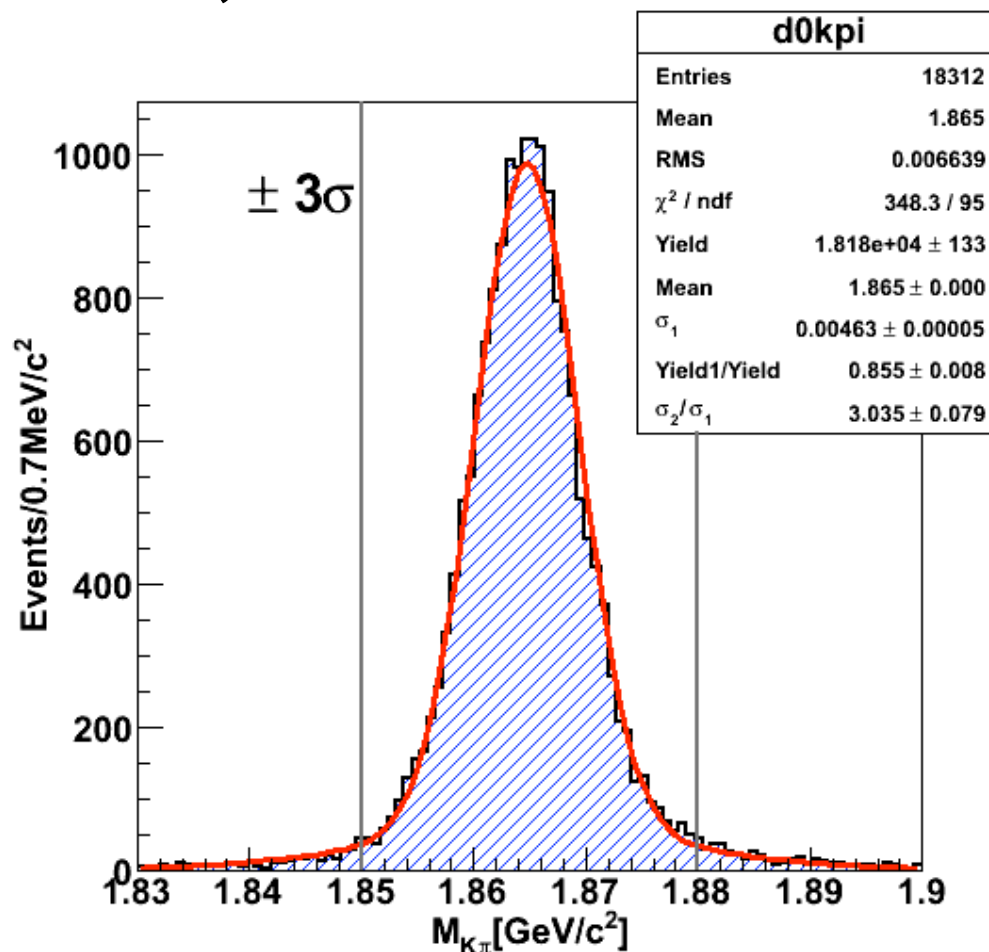
# D<sup>0</sup>: 電荷の異なるK,πから再構成

K,πの質量、運動量からD<sup>0</sup>候補の不変質量を求める。

D<sup>0</sup>: 1.865 GeV/c<sup>2</sup>

M<sub>D<sup>0</sup></sub>の要求(±3σ)

1.85 GeV/c<sup>2</sup> < (再構成した不変質量 M<sub>D<sup>0</sup></sub>) < 1.88 GeV/c<sup>2</sup>





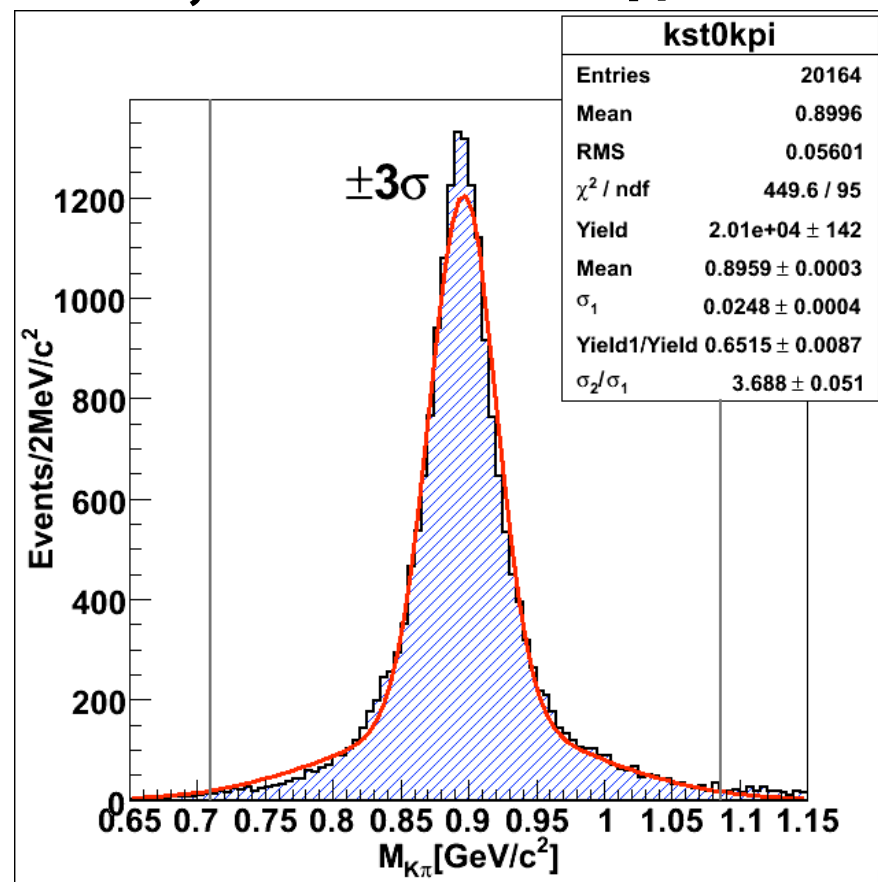
# $K^{*0}$ :電荷の異なる $K,\pi$ から再構成

$K,\pi$ の質量、運動量から $K^{*0}$ 候補の不変質量を求める。

$K^{*0}:0.892\text{GeV}/c^2$

$M_{K^{*0}}$ の要求( $\pm 3\sigma$ )

$0.84\text{GeV}/c^2 < (\text{再構成した不変質量 } M_{K^{*0}}) < 0.95\text{GeV}/c^2$



# Bの再構成

Bの再構成は二つの運動学的変数を用いて行う。

- $M_{bc}$ : ビームコンストレインド質量

$$M_{bc} = \sqrt{E_{beam}^2 - (p_{D^0} + p_{K^{*0}})^2} \quad (m_B = \sqrt{E_B^2 - (p_{D^0} + p_{K^{*0}})^2})$$

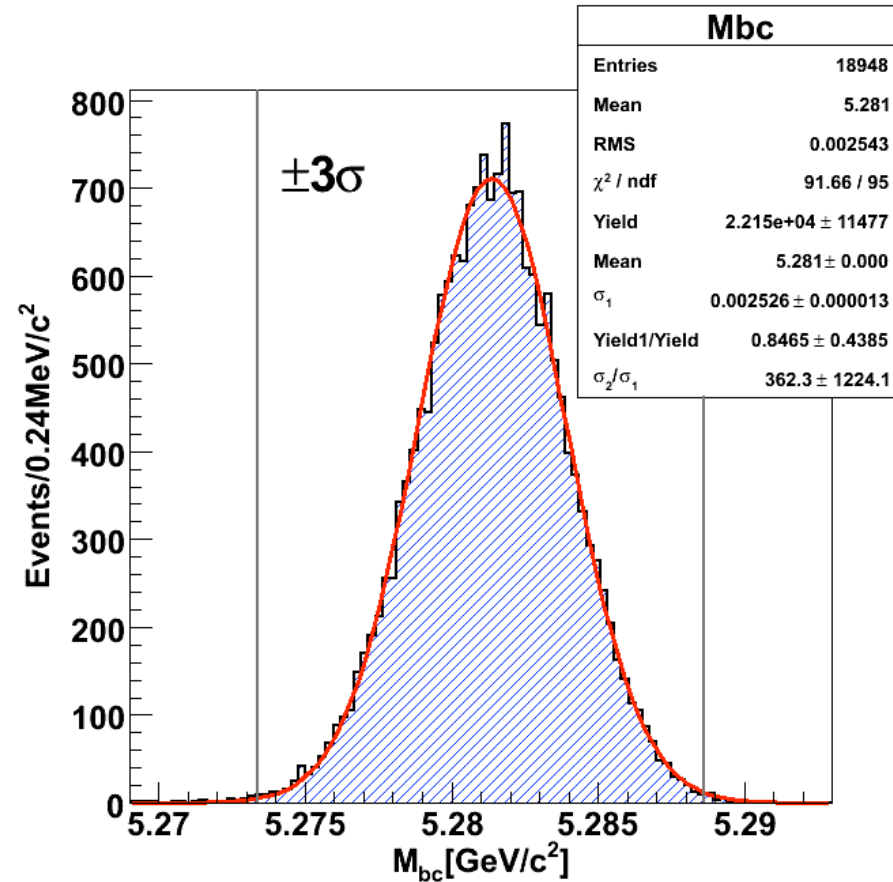
3 $\sigma$ のカットをかける。

- $\Delta E$ : エネルギー差

$$\Delta E = E_{D^0} + E_{K^{*0}} - E_{beam}$$

フィットし事象数を求める。

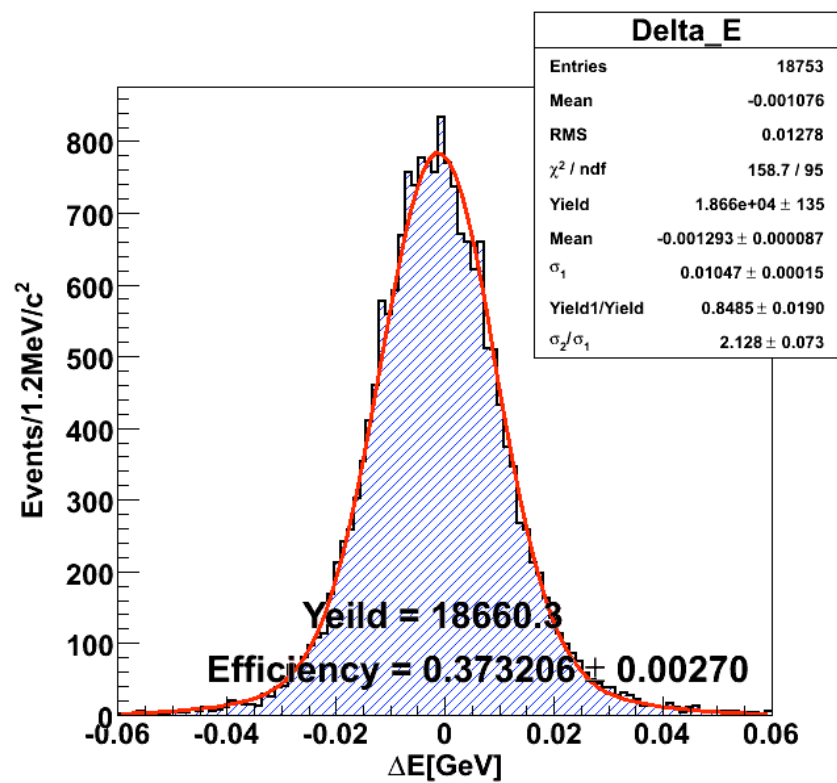
# $M_{bc}$ のフィット



$M_{bc}$ の要求( $\pm 3\sigma$ )

$$5.274\text{GeV}/c^2 < (M_{bc}) < 5.288\text{GeV}/c^2$$

# $\Delta E$ フィット



残ったイベント数を元のサンプルの数で割り、  
本解析の検出効率を求める。

検出効率 = 37.3  $\pm$  0.27 %

## まとめ

- $B \rightarrow D^0 K^{*0}$ 崩壊は、ユニタリ三角形の角 $\phi_3$ の測定に使える。
- シミュレートしたデータを用い、崩壊の再構成を行った。暫定的に検出効率を求めた。

## 今後の予定

- 実際のデータを解析し崩壊分岐比を計算する。バックグラウンドの除去や見積もりを行う。
- それを用い、 $\phi_3$ の測定を行う。



Back up

# 研究の目的

## CP非保存

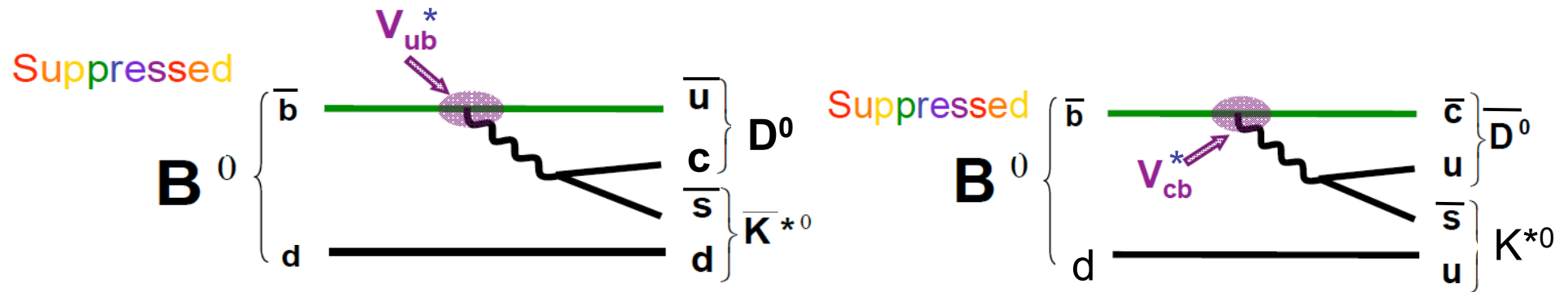
- CP非保存の精密測定
  - 1.物質優位についての理由
  - 2.フレーバー混合に起源を持つ
    - フレーバーに関するパラメータの精密測定

よって、CP非保存の測定はフレーバー物理の観点から、標準理論の検証や、新しい物理を発見する手がかりになる



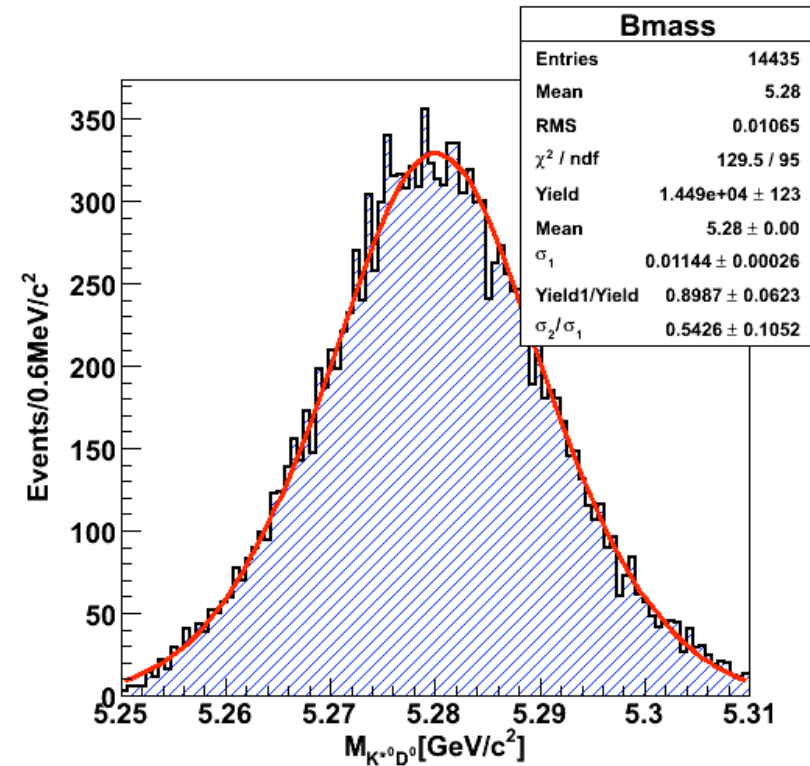
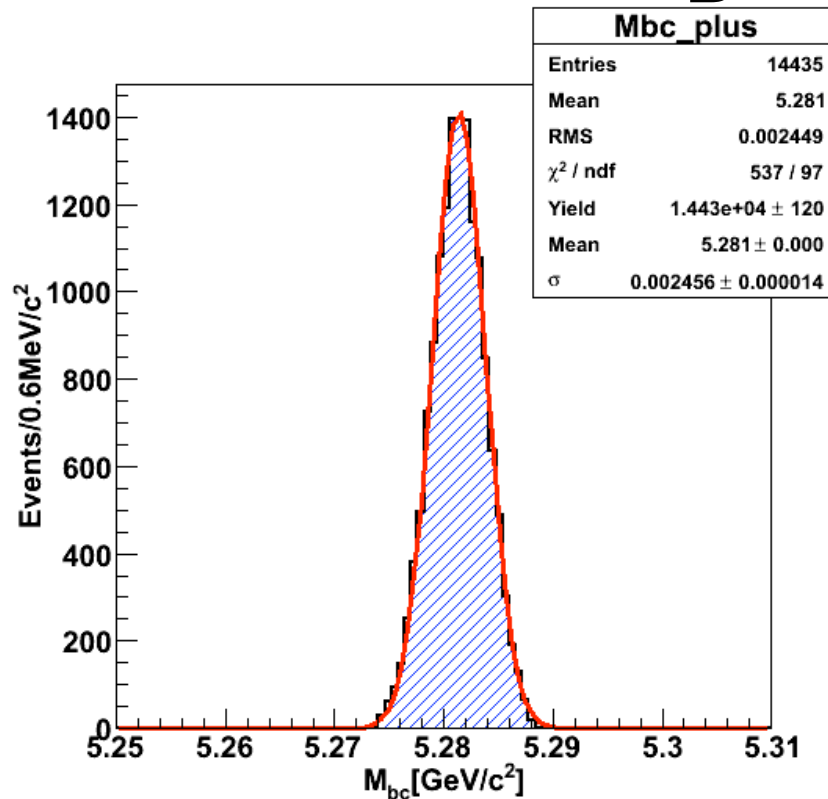
# 干渉

- 本解析では、以下二つの崩壊が干渉している  
(始状態、終状態が同じになる)



- この崩壊の確率は、それぞれの確率を単純に足した  
ものより低くなる

# $m_B$ & $M_{bc}$



$$M_{bc} = \sqrt{E_{beam} - (p_{D^0} + p_{K^{*0}})^2} \quad m_B = \sqrt{E_B - (p_{D^0} + p_{K^{*0}})^2}$$

エネルギーをビームから得る事で、  
粒子から再構成するより約5倍分解能が良い。

$$(M_B = 5.280 \text{ GeV}/c^2)$$

# 弱い力のラグランジアン

CKM行列

アップタイプクォーク

ダウンタイプクォーク

$$L_{int} = -\frac{g}{\sqrt{2}} (\overline{U}_L \gamma_\mu V_{CKM} D_L W_\mu^+) + h.c$$

Wボゾン