

$B \rightarrow D^0 K^{*0}$ 崩壊の研究

2009年 3月 10日 4年生発表

根岸 健太郎

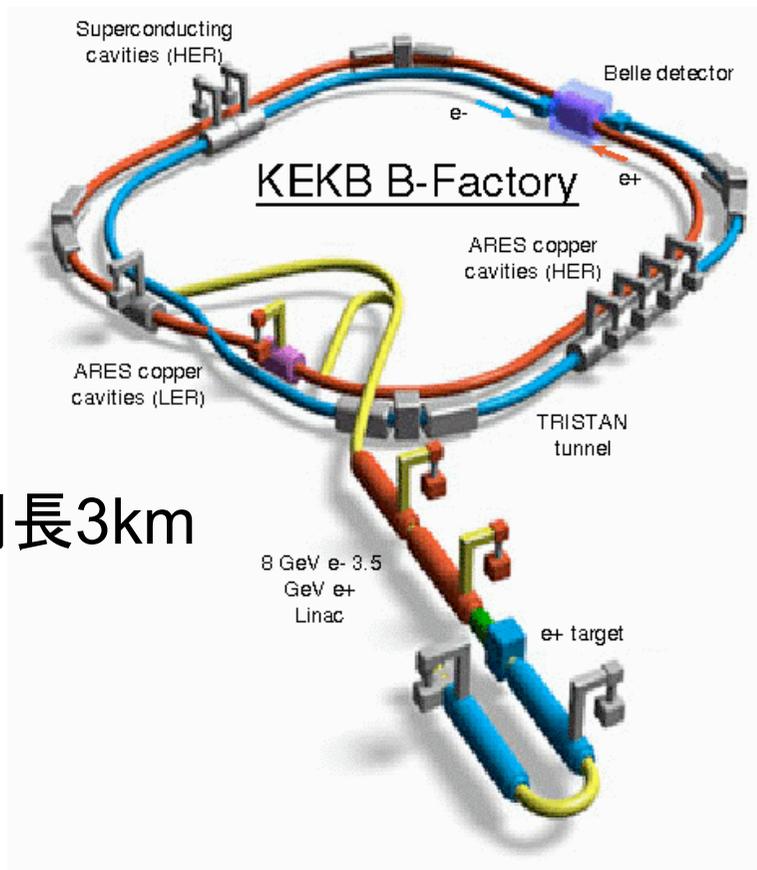
概要

- 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)

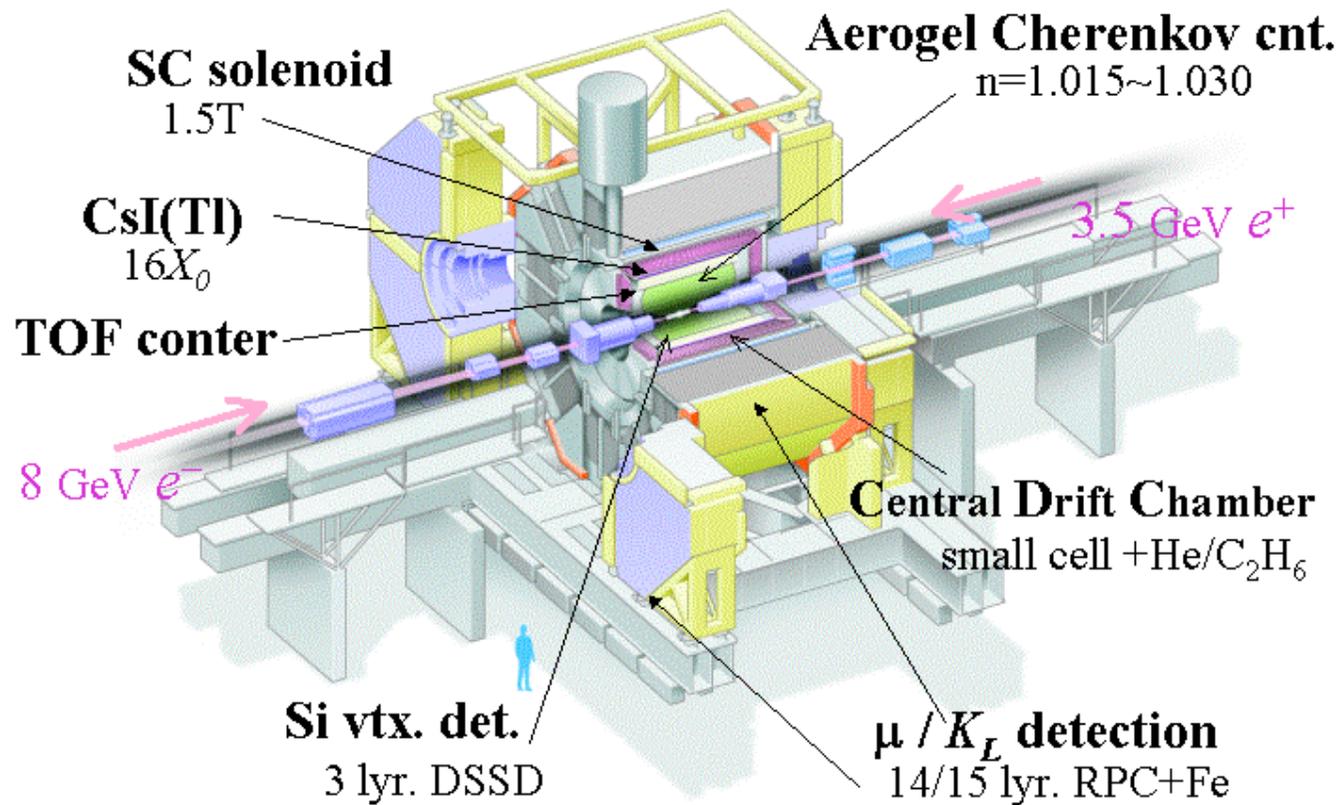


周長3km

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

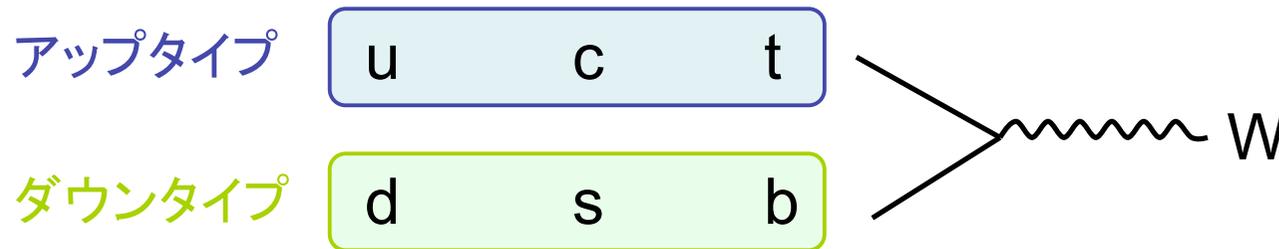


Belle検出器はいくつかのサブ検出器からなる

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) ∝ (CKM行列の成分)

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

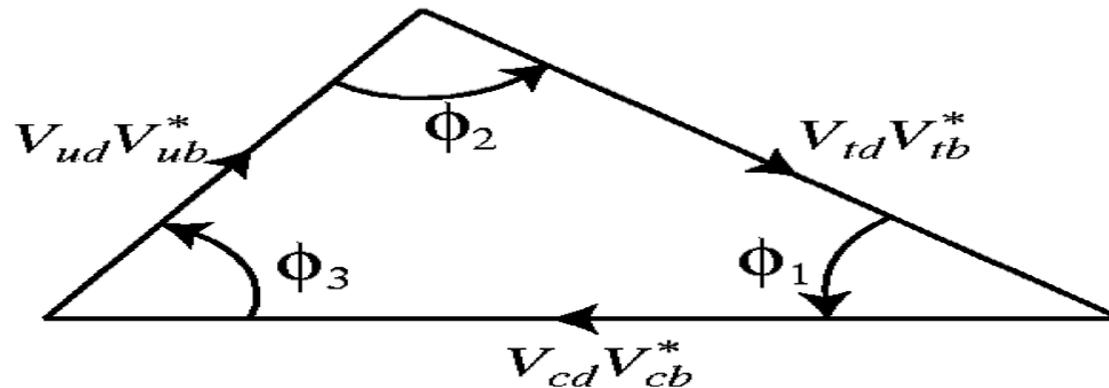
(CKM行列はユニタリ)

ユニタリ三角形

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

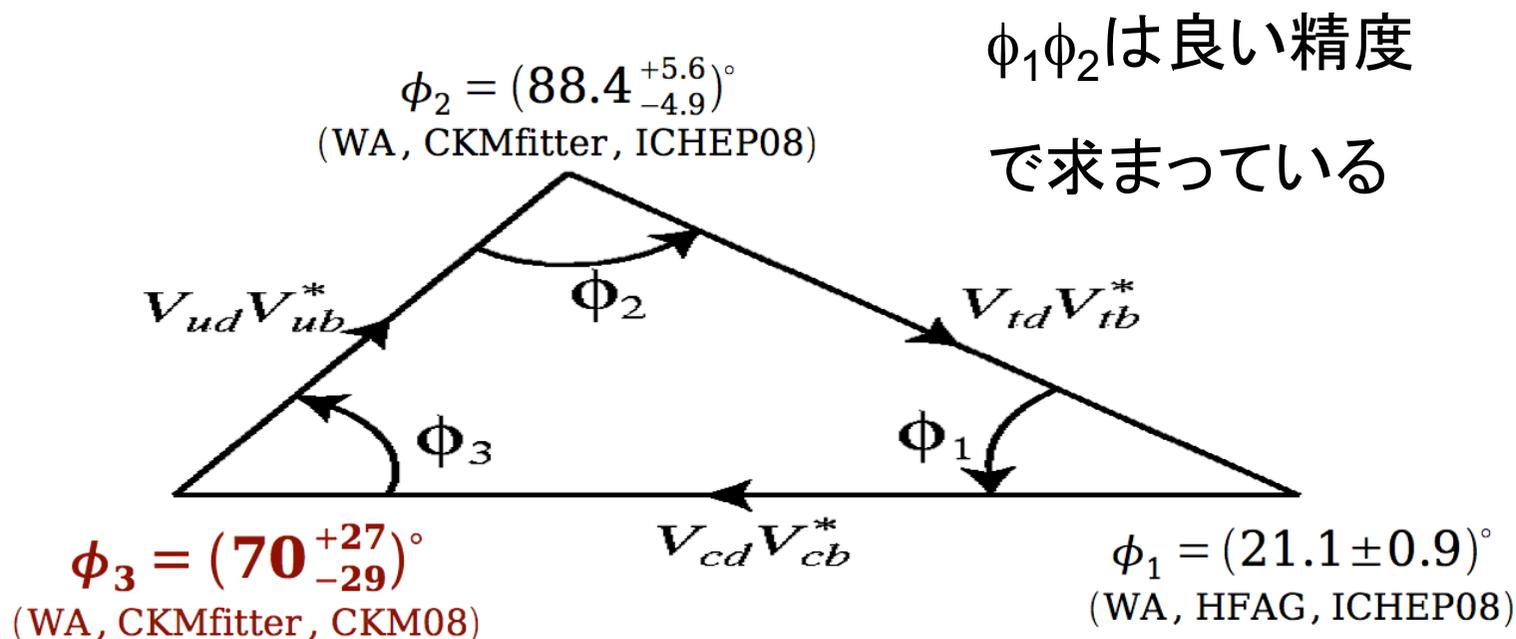
$$V_{ud} V_{ub}^* + V_{cd} V_{cb}^* + V_{td} V_{tb}^* = 0$$

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



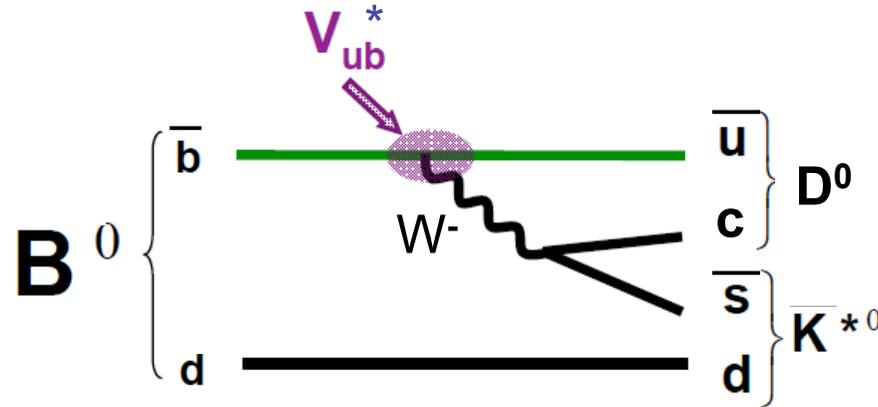
$\phi_1\phi_2$ は良い精度
で求まっている

最も精度が悪いのが ϕ_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、 ϕ_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 ϕ_3 の情報が含まれていることが解っている。

解析の流れ

- ϕ_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

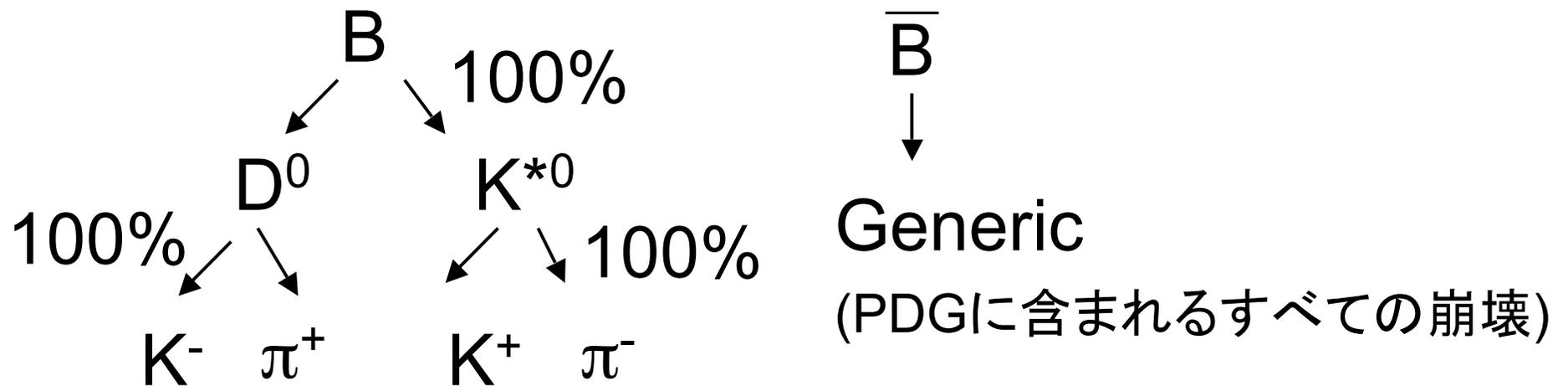
$$(\text{崩壊分岐比}) = \frac{(\text{B} \rightarrow \text{D}^0 \text{K}^{*0} \text{崩壊の事象数})}{(\text{生成されたB中間子の数})} \frac{1}{(\text{検出効率})}$$

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: 5×10^4 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

- 5×10^4 個のBBペア



- これを用い、検出効率を求める。

粒子の識別

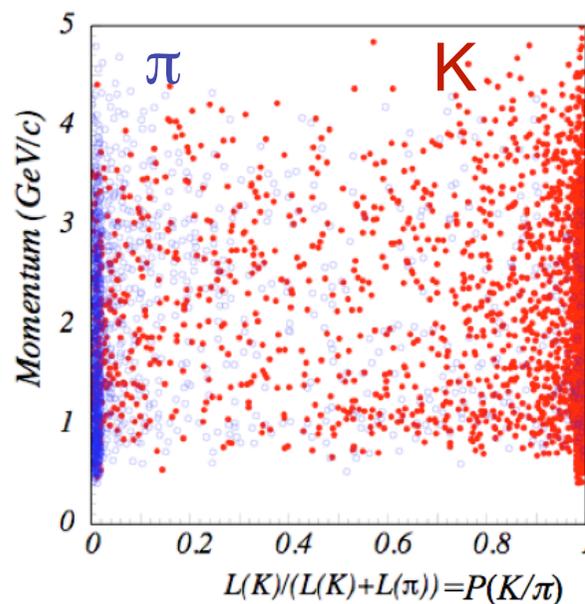
この解析では終状態の粒子は K^\pm と π^\pm 。

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

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

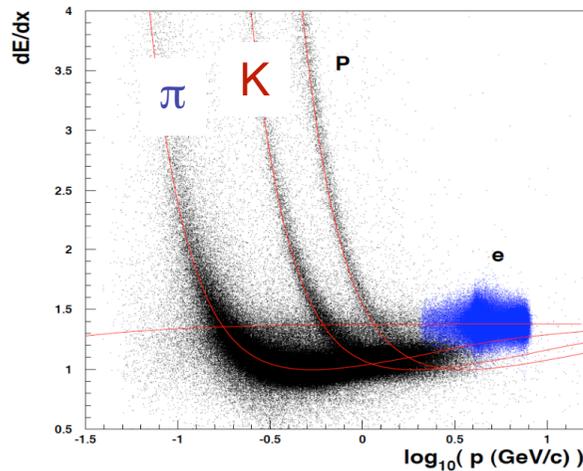
$$\pi: P(K/\pi) < 0.6$$



P(K/π)の求め方

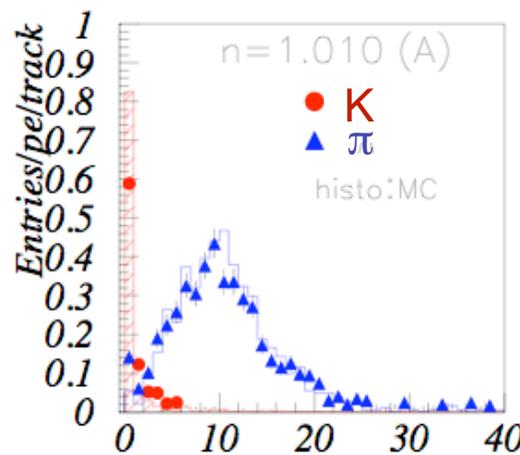
$$P(K/\pi) = \frac{L(K)}{L(K) + L(\pi)} \quad \begin{array}{l} \vdots \\ \vdots \end{array} \quad \begin{array}{l} L(K) = L_1(K)L_2(K)L_3(K) \\ L(\pi) = L_1(\pi)L_2(\pi)L_3(\pi) \end{array}$$

$L_n(K/\pi)$:各検出器から得られる粒子のK/πらしさ



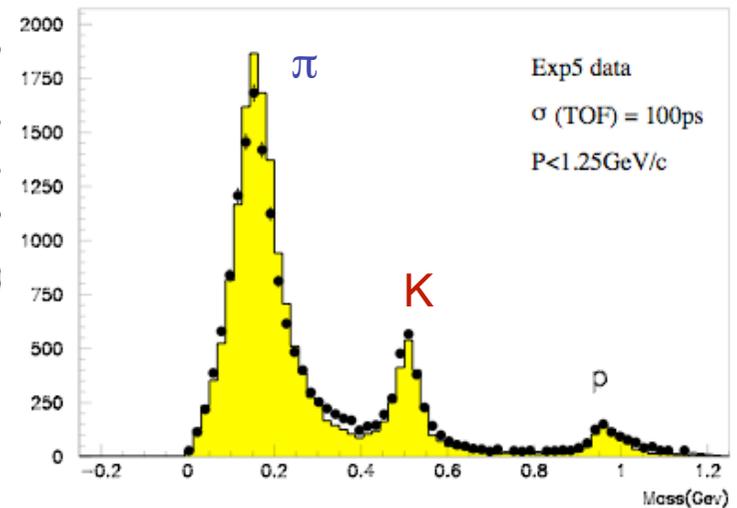
ドリフトチェンバー

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

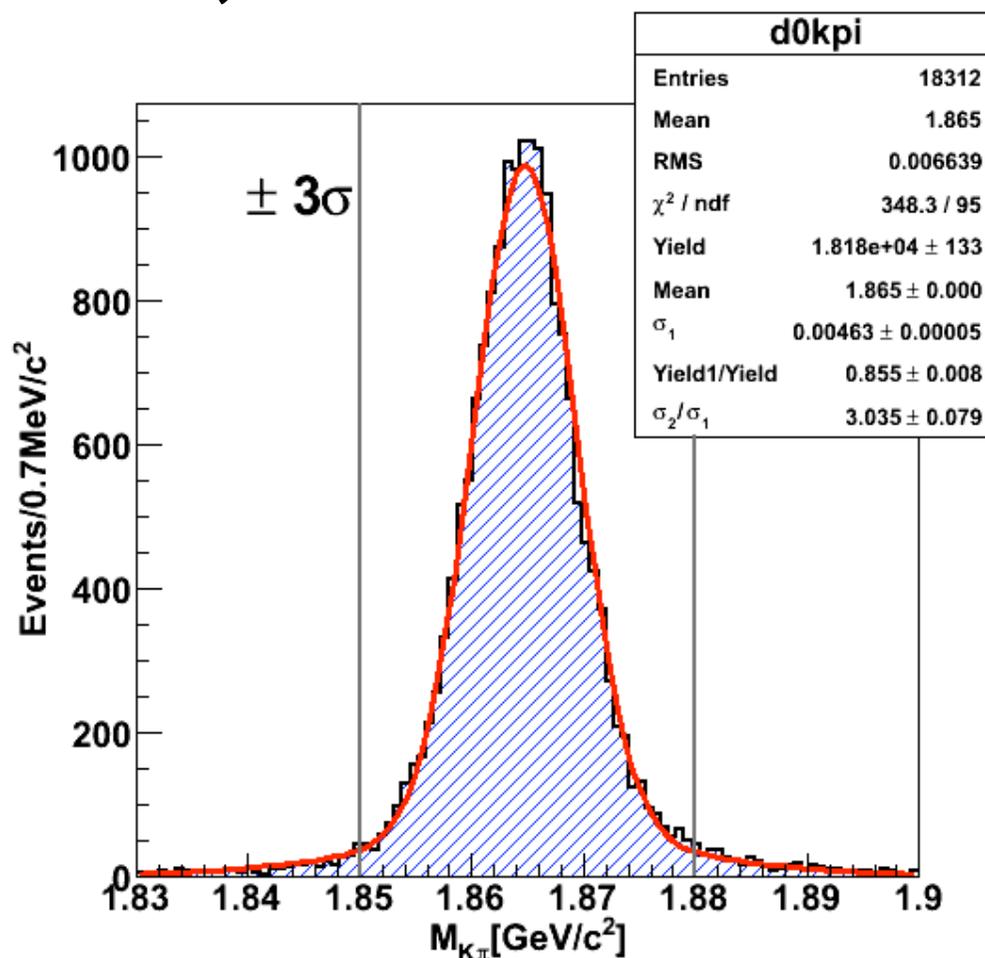
D⁰: 電荷の異なるK,πから再構成

K,πの質量、運動量からD⁰候補の不変質量を求める。

D⁰: 1.865 GeV/c²

M_{D⁰}の要求(±3σ)

1.85 GeV/c² < (再構成した不変質量M_{D⁰}) < 1.88 GeV/c²



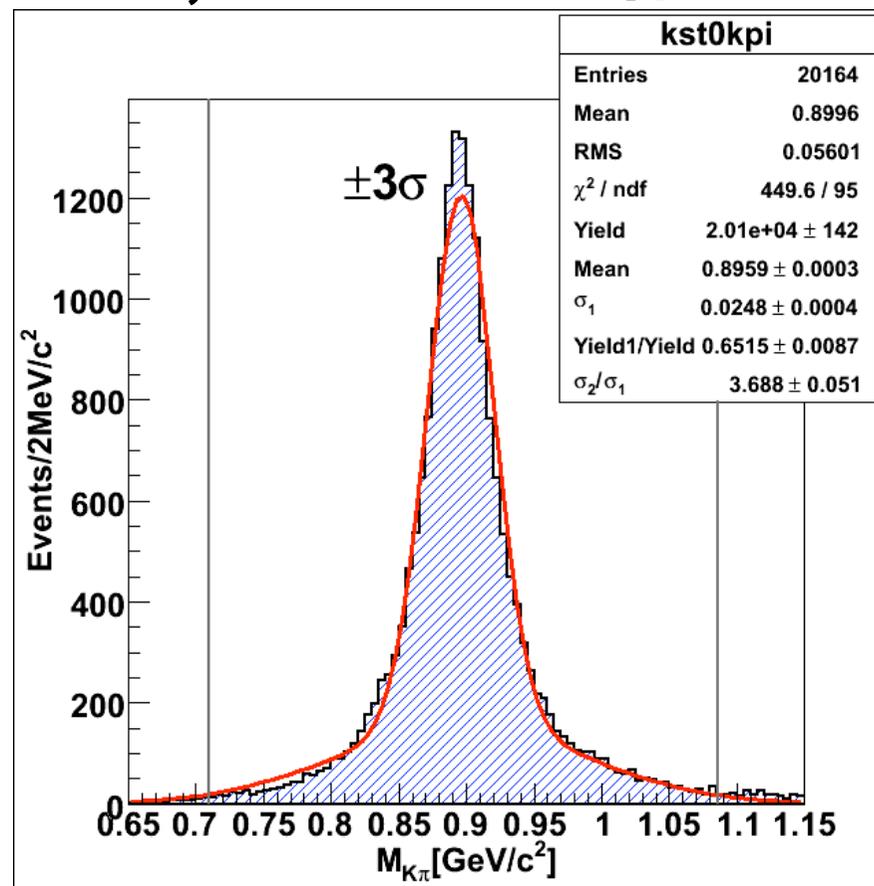
K^{*0} :電荷の異なる K,π から再構成

K,π 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

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

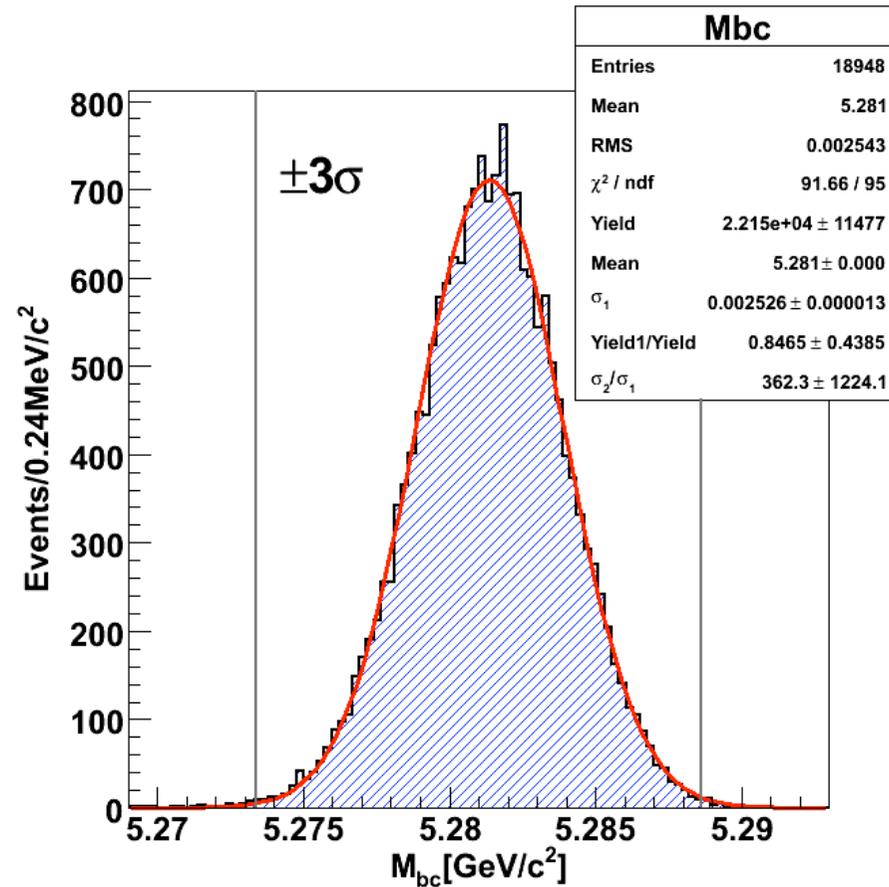
3 σ のカットをかける。

- ΔE : 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。

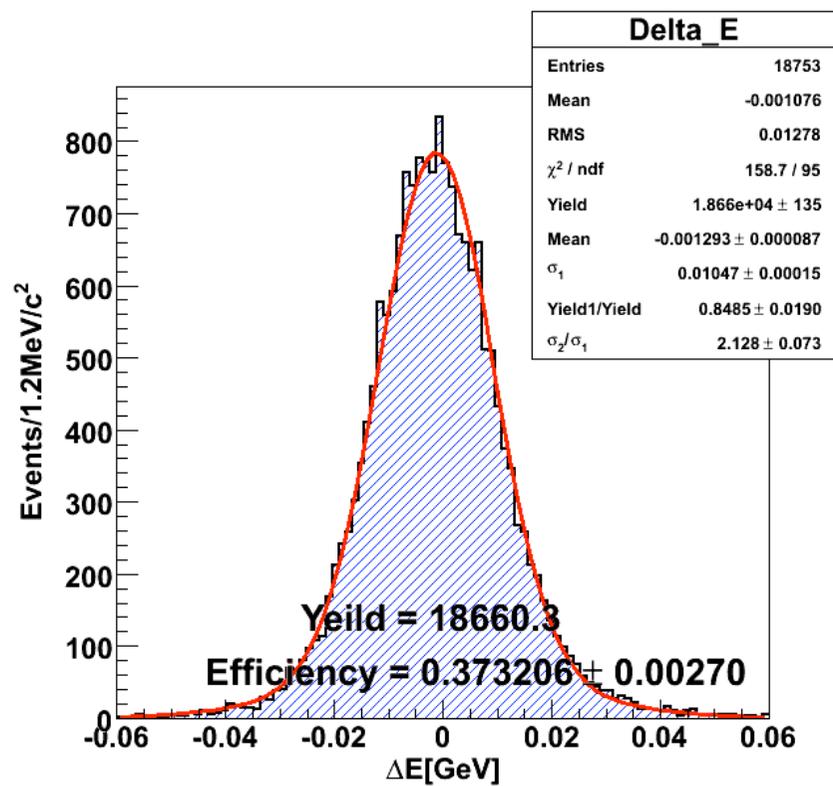
M_{bc} のフィット



M_{bc} の要求($\pm 3\sigma$)

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

ΔE 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 ϕ_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、 ϕ_3 の測定を行う。

Back up

研究の目的

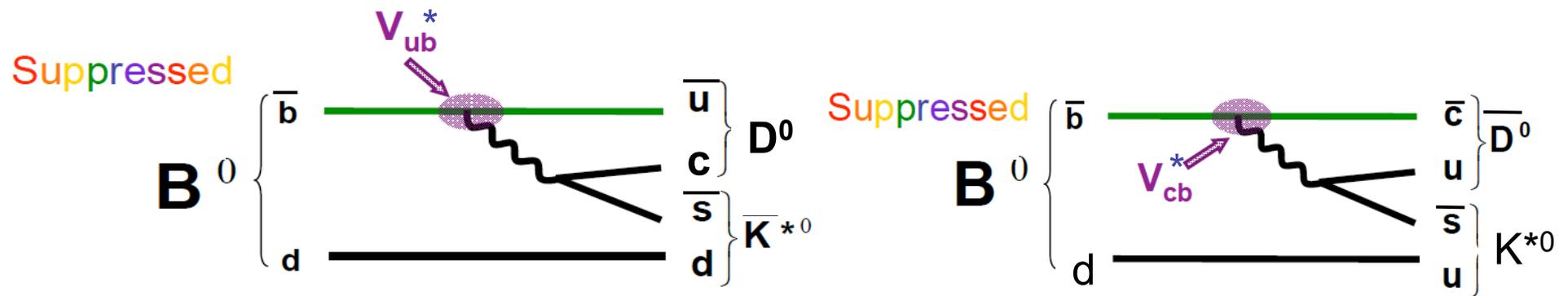
CP非保存

- 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

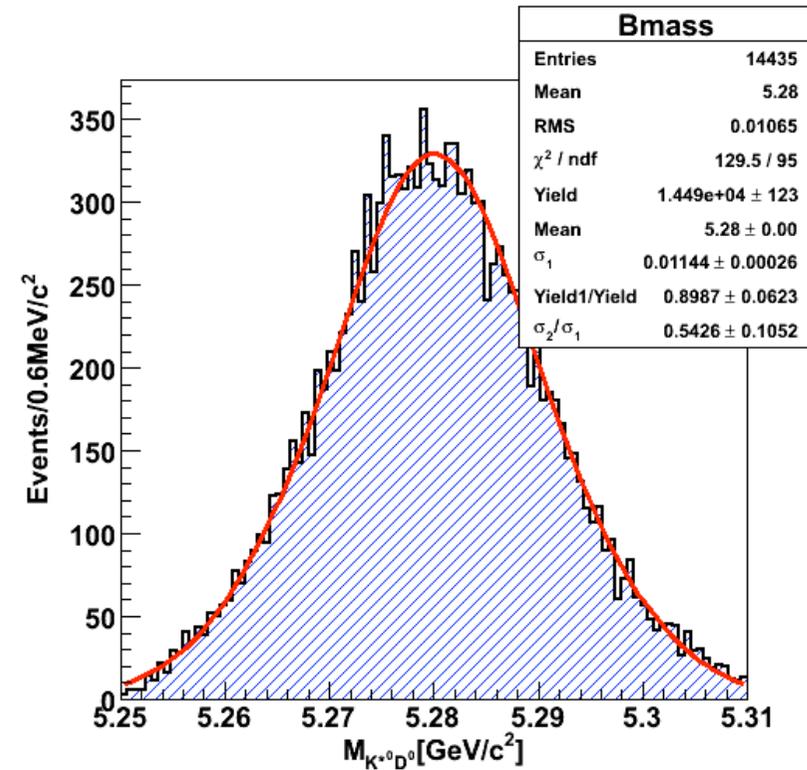
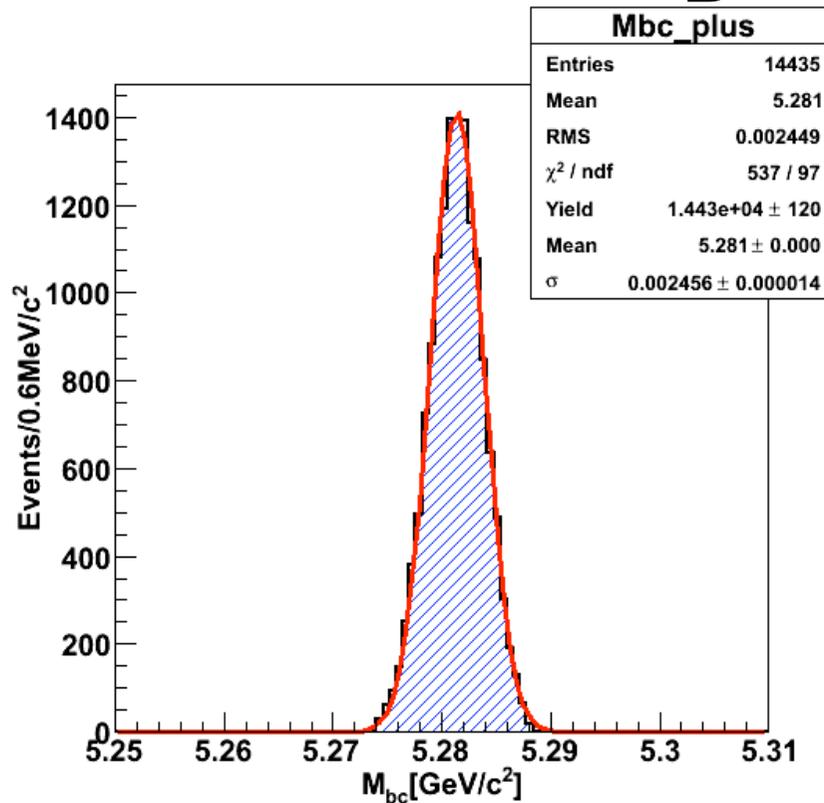
干渉

- 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