

モデル依存の無いDalitz解析を用いた、  
CP非保存パラメータ $\phi_3$ 測定に向けた  
 $B^0 \rightarrow [K_S \pi \pi]_D [K^+ \pi^-]_{K^*0}$ 崩壊の研究

根岸 健太郎、他 Belle Collaboration

日本物理学会 第70回年次大会@早稲田大学

2015年 3月 24日



TOHOKU  
UNIVERSITY



# 導入

- CKM行列

- クォークの質量・フレーバー混合をさせるユニタリ行列

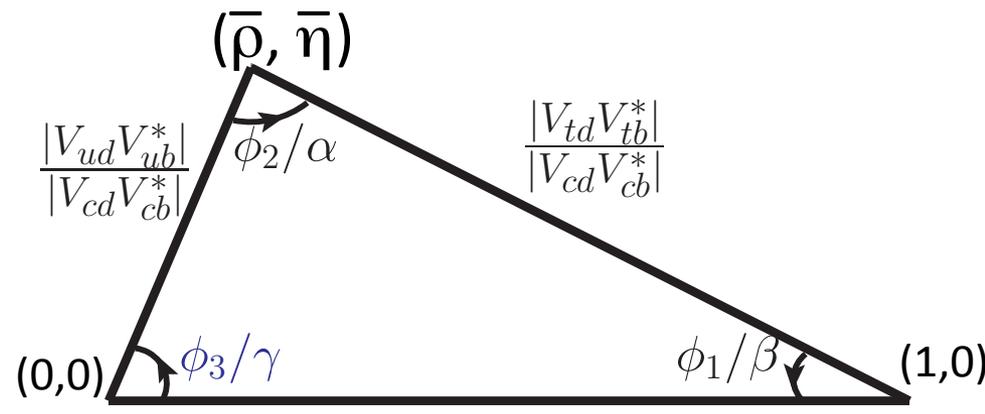
$$V_{CKM} \equiv \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} 1 - \lambda^2/2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \lambda^2/2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix} + \mathcal{O}(\lambda^4)$$

複素位相

- ユニタリ三角形  $V_{ud}V_{ub}^* + V_{cd}V_{cb}^* + V_{td}V_{tb}^* = 0$

$$\phi_3/\gamma \equiv \arg \left( \frac{V_{ud}V_{ub}^*}{-V_{cd}V_{cb}^*} \right)$$

~ -arg(V<sub>ub</sub>)



# 導入

## • CKM行列

– クォークの質量・フレーバー混合をさせるユニタリ行列

$$V_{CKM} \equiv \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} 1 - \lambda^2/2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \lambda^2/2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix} + \mathcal{O}(\lambda^4)$$

複素位相

## • ユニタリ三角形

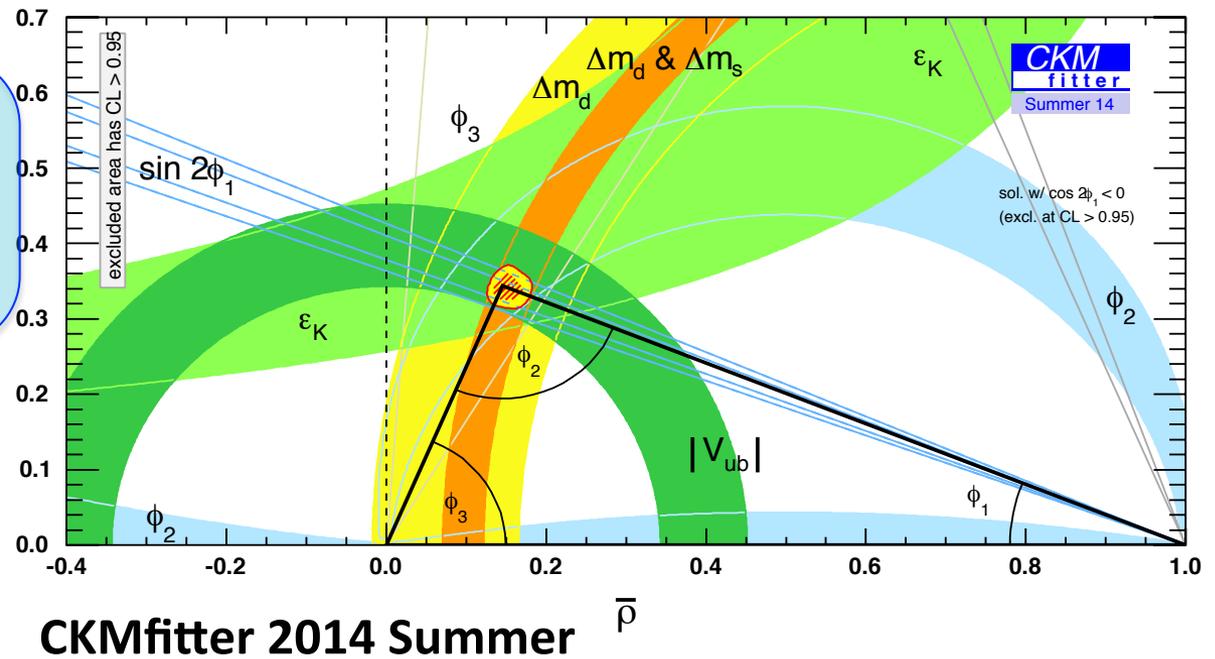
$$\phi_3/\gamma \equiv \arg \left( \frac{V_{ud}V_{ub}^*}{-V_{cd}V_{cb}^*} \right)$$

$$\sim -\arg(V_{ub})$$

$$\phi_1 = (21.50_{-0.74}^{+0.75})^\circ$$

$$\phi_2 = (85.4_{-3.9}^{+4.0})^\circ$$

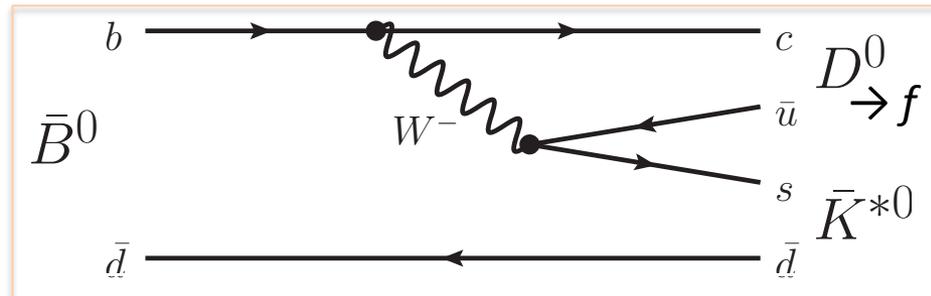
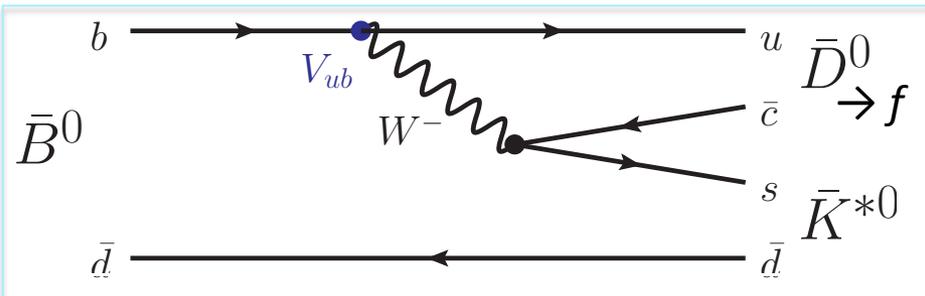
$$\phi_3 = (70.0_{-9.0}^{+7.7})^\circ$$



# $\phi_3$ 測定

$$\bar{B}^0 \rightarrow [f]_D \bar{K}^{*0}$$

(No penguin)



$$V_{ub}V_{cs}^* \sim A\lambda^3(\rho + i\eta)$$

$$V_{cb}V_{us}^* \sim A\lambda^3$$

➤  $B^0$ のフレーバーは $K^{*0}$ からの荷電 $K$ から識別

$$\text{Br}(K^{*0} \rightarrow K^+\pi^-) = 2/3$$

-  $\phi_3$ 効果は $\bar{D}^0\bar{K}^{*0}$ と $D^0\bar{K}^{*0}$ の干渉に現れる

	Weak Int. phase	Strong Int. phase	Amp.
$D^0K^{*0}$ と $D^0\bar{K}^{*0}$ の差	$\phi_3$	$\delta_S$	$r_S \equiv \left  \frac{A(\bar{B}^0 \rightarrow \bar{D}^0\bar{K}^{*0})}{A(\bar{B}^0 \rightarrow D^0\bar{K}^{*0})} \right $

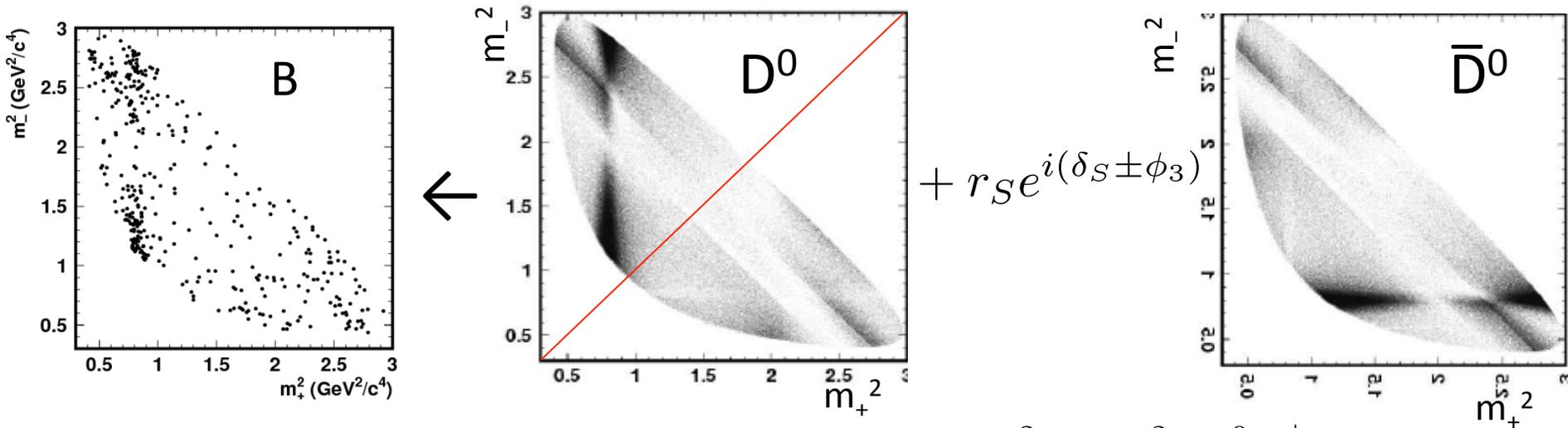
$r_S$ は $\phi_3$ 測定に重要な物理量 ( $r_S \sim 0.3$  (予想値))

# Dalitz Analysis

- $B^0/\bar{B}^0$  非対称をDalitz plot上で観測する。
  - D崩壊に $D^0$ と $\bar{D}^0$ が両方崩壊出来る三体崩壊を要求

$$\bar{B}^0 \rightarrow [K_S^0 \pi^+ \pi^-]_D \bar{K}^{*0}$$

$$A_{\bar{B}^0(B^0)} = \frac{\text{Amp.}(D^0 \rightarrow K_S \pi \pi)}{f(m_+^2, m_-^2)} + r_S e^{i(\delta_S \pm \phi_3)} \frac{\text{Amp.}(\bar{D}^0 \rightarrow K_S \pi \pi)}{f(m_-^2, m_+^2)}$$



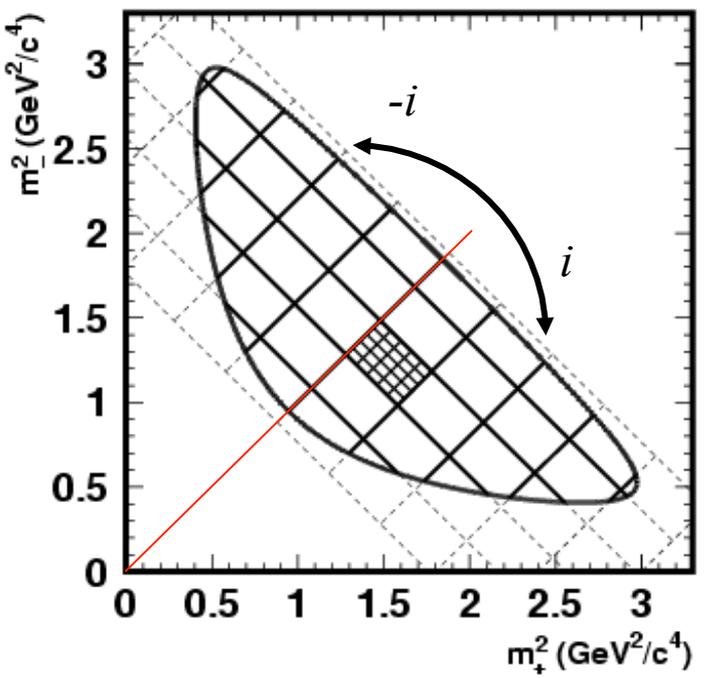
$$m_{\pm}^2 \equiv m^2(K_S^0 \pi^{\pm})$$

- $\phi_3$  は干渉項に現れる
  - $D^0/\bar{D}^0 (\rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^-)$  崩壊のAmp.比、強い相互作用の位相差
    - $|f(m_+^2, m_-^2)|$  は  $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+$  イベントから測定可能
    - 位相差( $\delta_D$ ) Charm-Factoryで測定可能

# Model-Independent Dalitz Method

[A. Giri, Y. Grossman, A. Soffer, J. Zupan, PRD 68, 054018 (2003)]

$i$  Bin目の  $D^0$  のイベント数 :  $K_i$   
 $B^0$  のイベント数 :



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

$$C(m_+^2, m_-^2) = \cos(\delta_D(m_+^2, m_-^2) - \delta_D(m_-^2, m_+^2))$$

$$S(m_+^2, m_-^2) = \sin(\delta_D(m_+^2, m_-^2) - \delta_D(m_-^2, m_+^2))$$

Charm-Factoryから

$$D_{CP} \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^-$$

$$P_{CP\pm}(m_+^2, m_-^2) = |f_D \pm \bar{f}_D|^2 = P_D + \bar{P}_D \pm 2\sqrt{P_D \bar{P}_D} C$$

$$\Psi(3770) \rightarrow [K_S^0 \pi^+ \pi^-]_D [K_S^0 \pi^+ \pi^-]_D$$

$$P_{Corr.}(m_+^2, m_-^2, m_+^{\prime 2}, m_-^{\prime 2}) = |f_D \bar{f}'_D - \bar{f}_D f'_D|^2$$

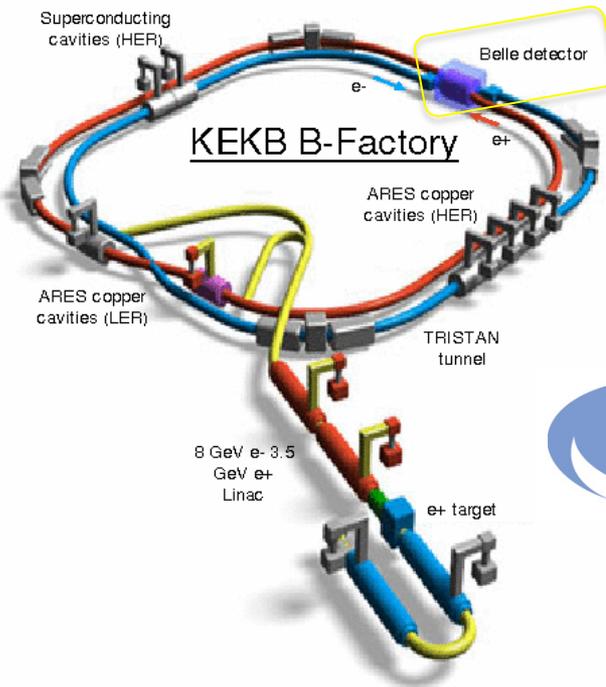
$$= P_D \bar{P}'_D + \bar{P}_D P'_D - 2\sqrt{P_D \bar{P}_D P'_D \bar{P}'_D} (CC' + SS')$$

$$\left. \begin{aligned} x_{\pm} &= r_S \cos(\delta_S \pm \phi_3) \\ y_{\pm} &= r_S \sin(\delta_S \pm \phi_3) \end{aligned} \right\} \text{観測値}$$

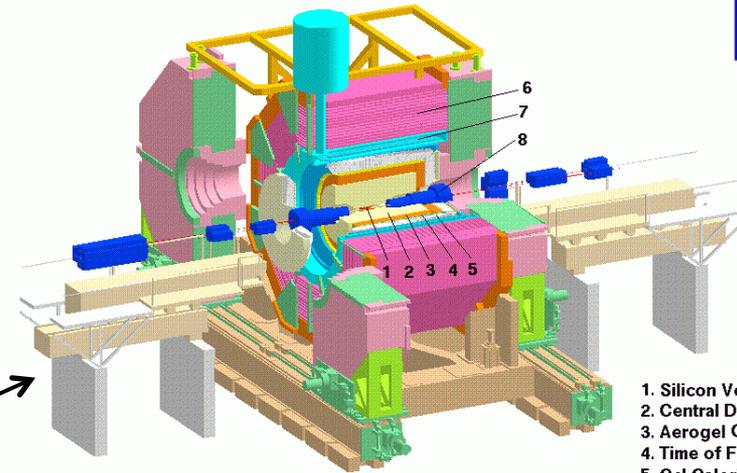
# Belle実験

## KEKB加速器

- 非対称 $e^+e^-$ 衝突加速器
  - (8.0 v.s. 3.5 GeV)
- 重心系エネルギー 10.58 GeV  
~ Y(4S)共鳴
- $772 \times 10^6$  BB ペア



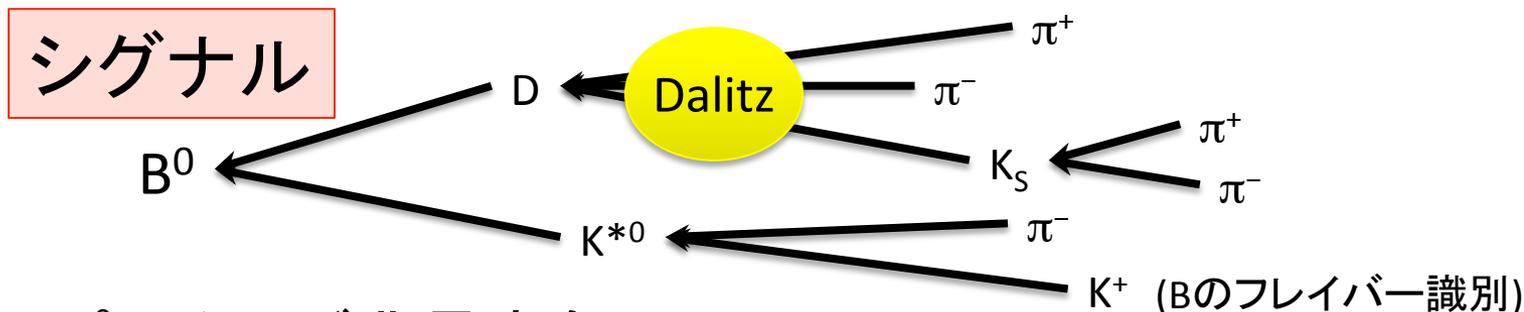
## Belle検出器



1. Silicon Vertex Detector
2. Central Drift Chamber
3. Aerogel Cherenkov Counter
4. Time of Flight Counter
5. CsI Calorimeter
6. KLM Detector
7. Superconducting Solenoid
8. Superconducting Final Focussing System

- 高い運動量分解能  
( $\sigma_{pt}/p_t(\%) = 0.19p_t \oplus 0.30\beta$ )
- 高い粒子識別能力  
( $(K/\pi)$  Eff.  $\sim 90\%$ , Fake  $\sim 10\%$ )
- 高い崩壊点分解能  
( $\sim 50 \mu\text{m}$ )

# シグナル・背景事象



## ピーキング背景事象

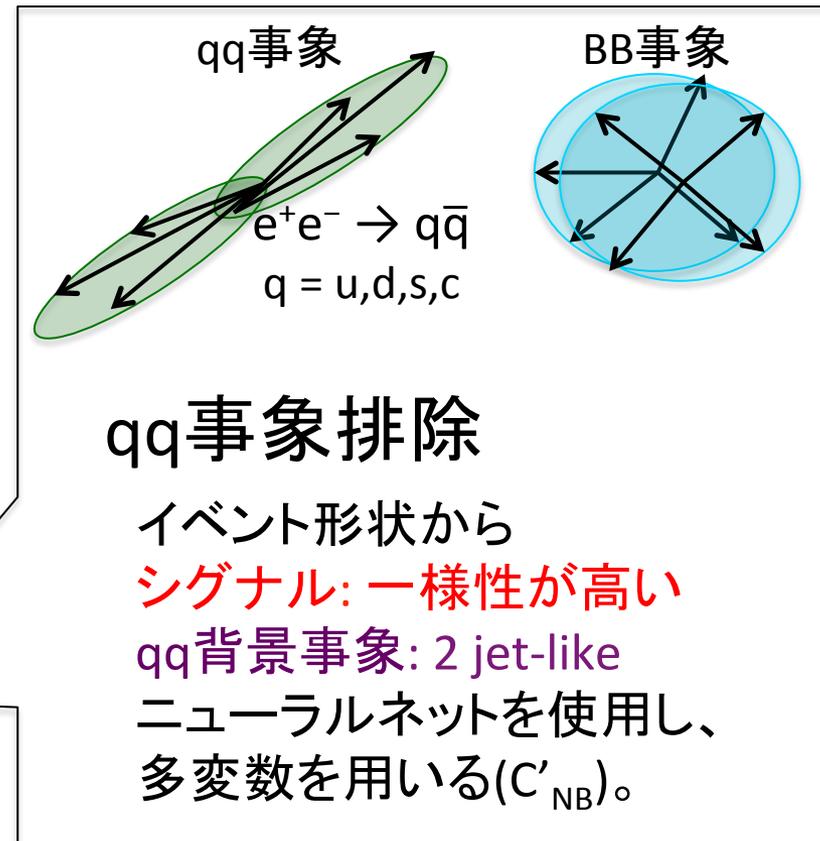
- 1つmis-PID
  - $D^0\rho^0$
- 1つmis-PID & 1つlost  $\pi$ 
  - $D^0a_1^+$

## BB背景事象

- 他のB崩壊モード
- シグナルとの識別が困難
  - Dが真のBB背景事象
  - Dが偽のBB背景事象

## qq背景事象

- 軽いクオークのジェット(u,d,s,c)
- イベント数が多い

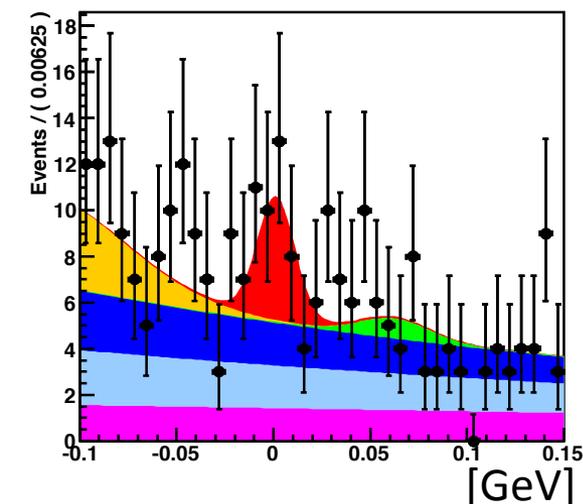


# 3D Fit

シグナル再構成・背景事象排除後, 3-D fit ( $\Delta E$ ,  $C'_{NB}$ ,  $M_{bc}$ )を行う

※ Dalitz平面上全て使用し、 $N_{total}$ を求める※  
成分毎の形状はMCから固定、大きさを求める

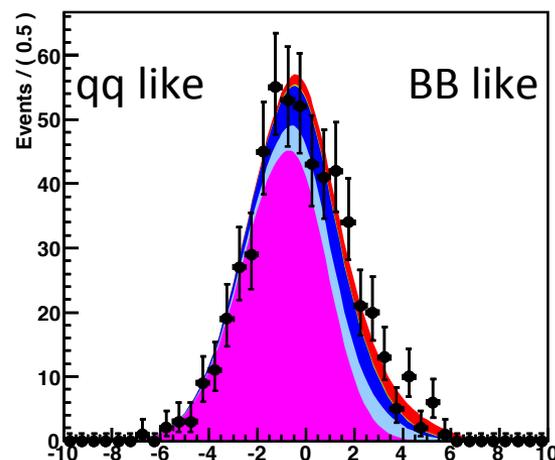
Red : シグナル    Yellow :  $D^0\rho^0$     Green :  $D^0a_1^+$     Blue : D偽BB    Light blue : D真BB    Magenta : qq



$$\Delta E \equiv E_B - E_{Beam}$$

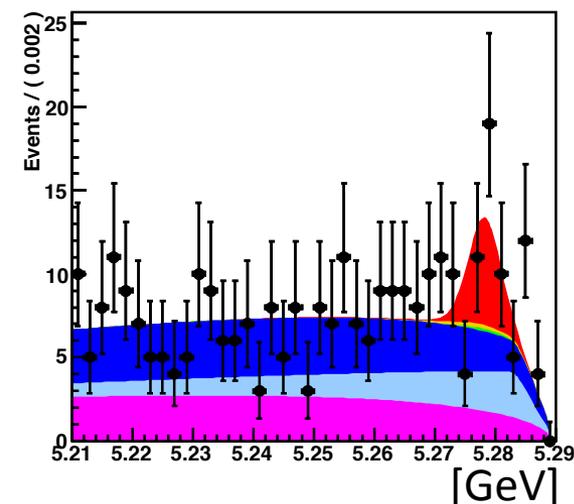
エネルギー差

シグナルは~0にピーク



$$C'_{NB}$$

qq背景事象排除パラメター  
(前述のニューラルネットから)



$$M_{bc} \equiv \sqrt{E_{Beam}^2 - p_B^2}$$

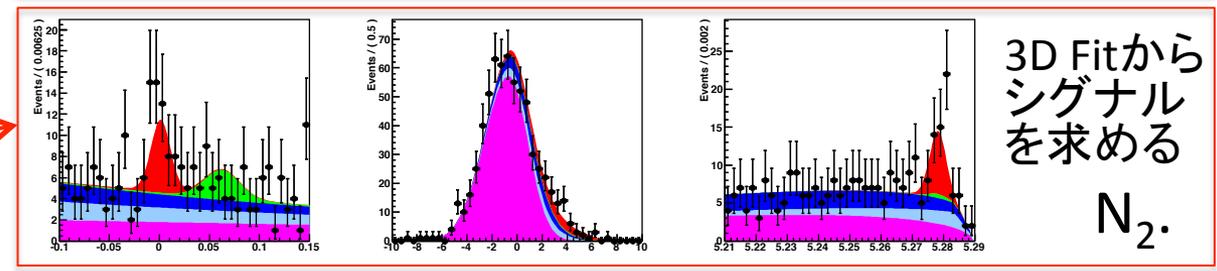
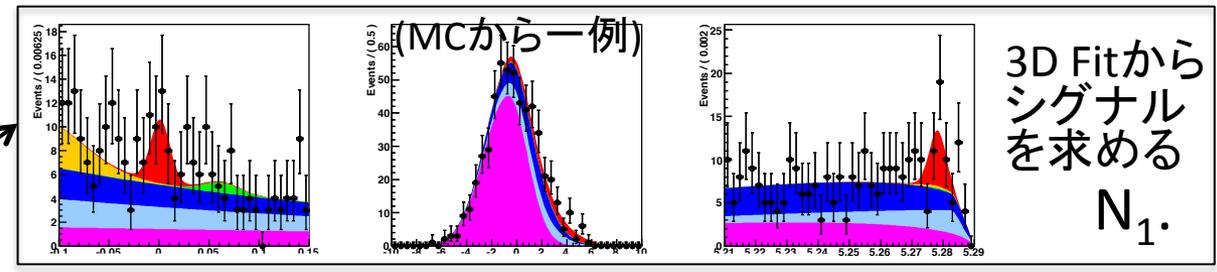
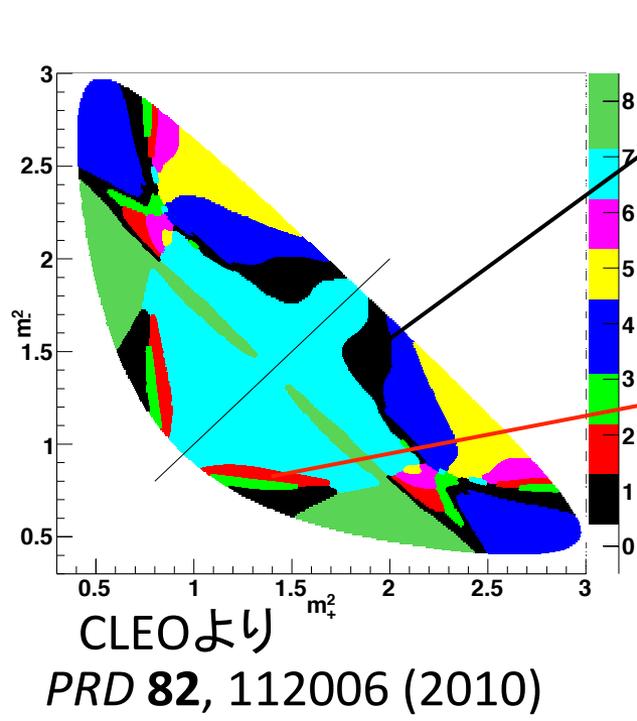
Beam情報を用いた  
B質量

$$N_{total} = 44.2^{+13.3}_{-12.1} \quad (\text{統計significance } 2.8 \sigma),$$

これらを(x,y) fitに用いる

# (x,y) Fit

[A. Bondar, A. Poluektov, Eur. Phys. J. C55, 51-56 (2008)]



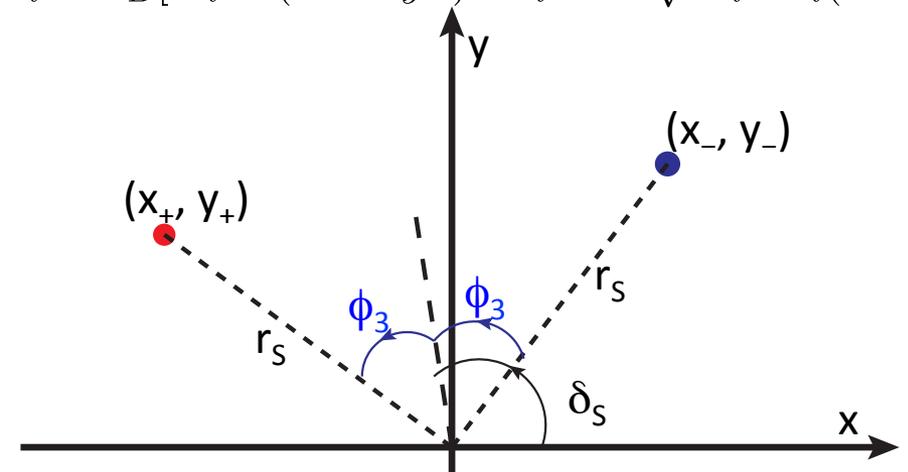
⋮

$$(B^0) : N_i = h_B [K_i + (x_+^2 + y_+^2) K_{-i} + 2k \sqrt{K_i K_{-i}} (x_+ c_i + y_+ s_i)]$$

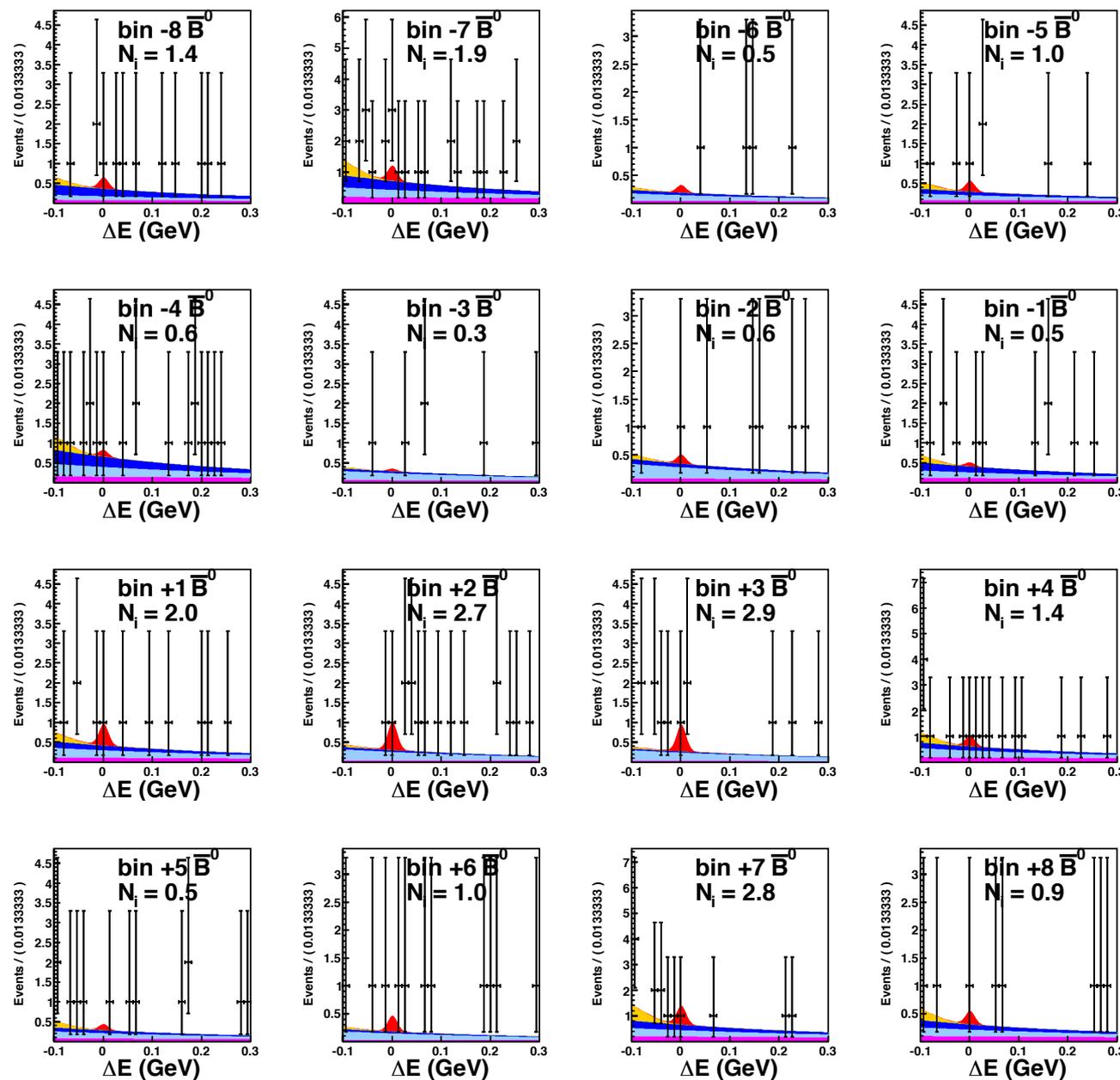
$$(\bar{B}^0) : N_i = \bar{h}_B [K_i + (x_-^2 + y_-^2) K_{-i} + 2k \sqrt{K_i K_{-i}} (x_- c_i + y_- s_i)]$$

# Bin (= i)	$c_i$	$s_i$
1	-0.009	-0.438
2	+0.900	-0.490
3	+0.292	-1.243
4	-0.890	-0.119
5	-0.208	+0.853
6	+0.258	+0.984
7	+0.869	-0.041
8	+0.798	-0.107

$K_i$ は $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+$ の $D^0$ 崩壊から



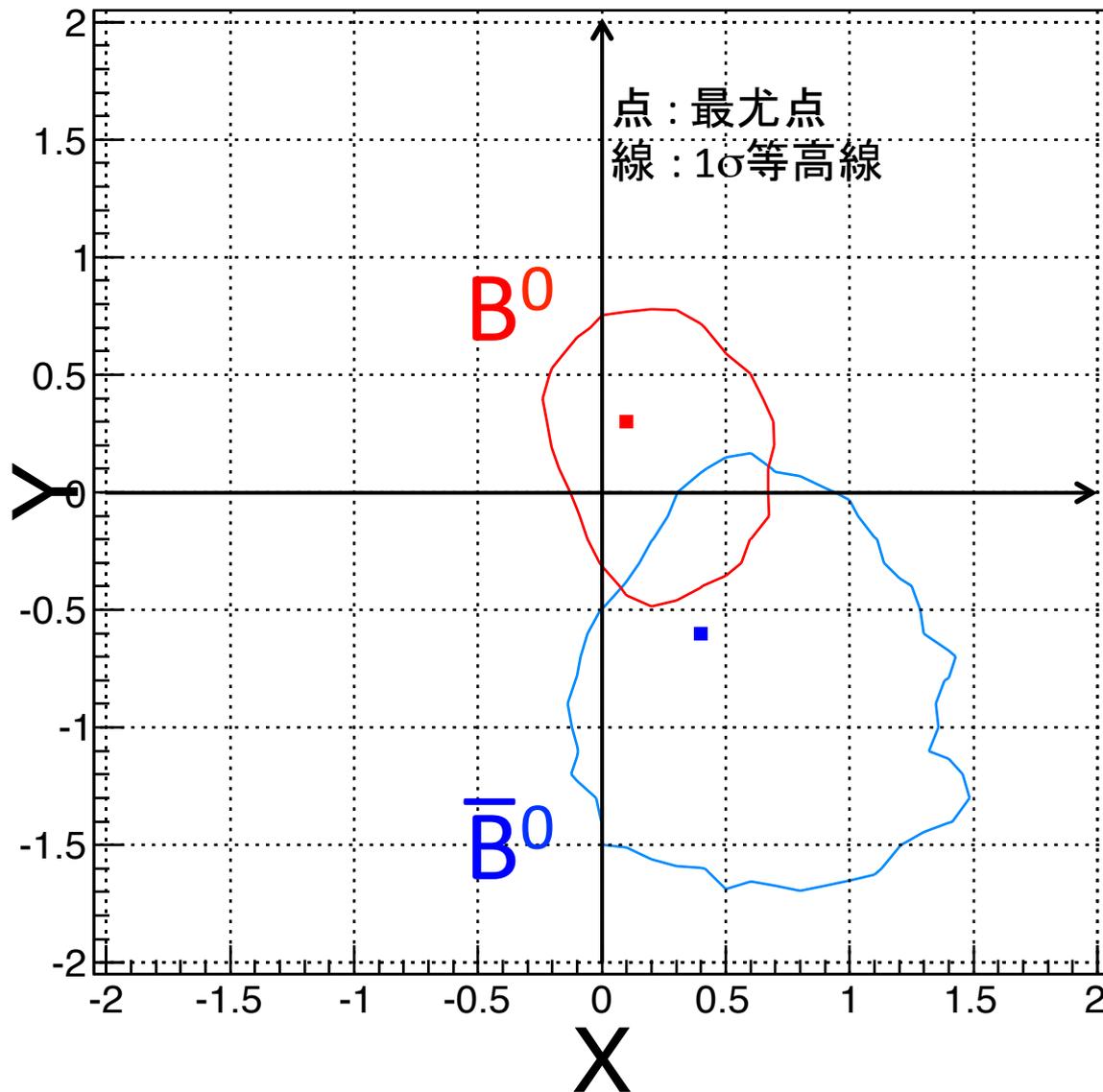
# (x, y)結果



シグナル数は(x,y)値からBin間のconstraintをかける。背景事象のBin間のイベント数比はMCから固定。

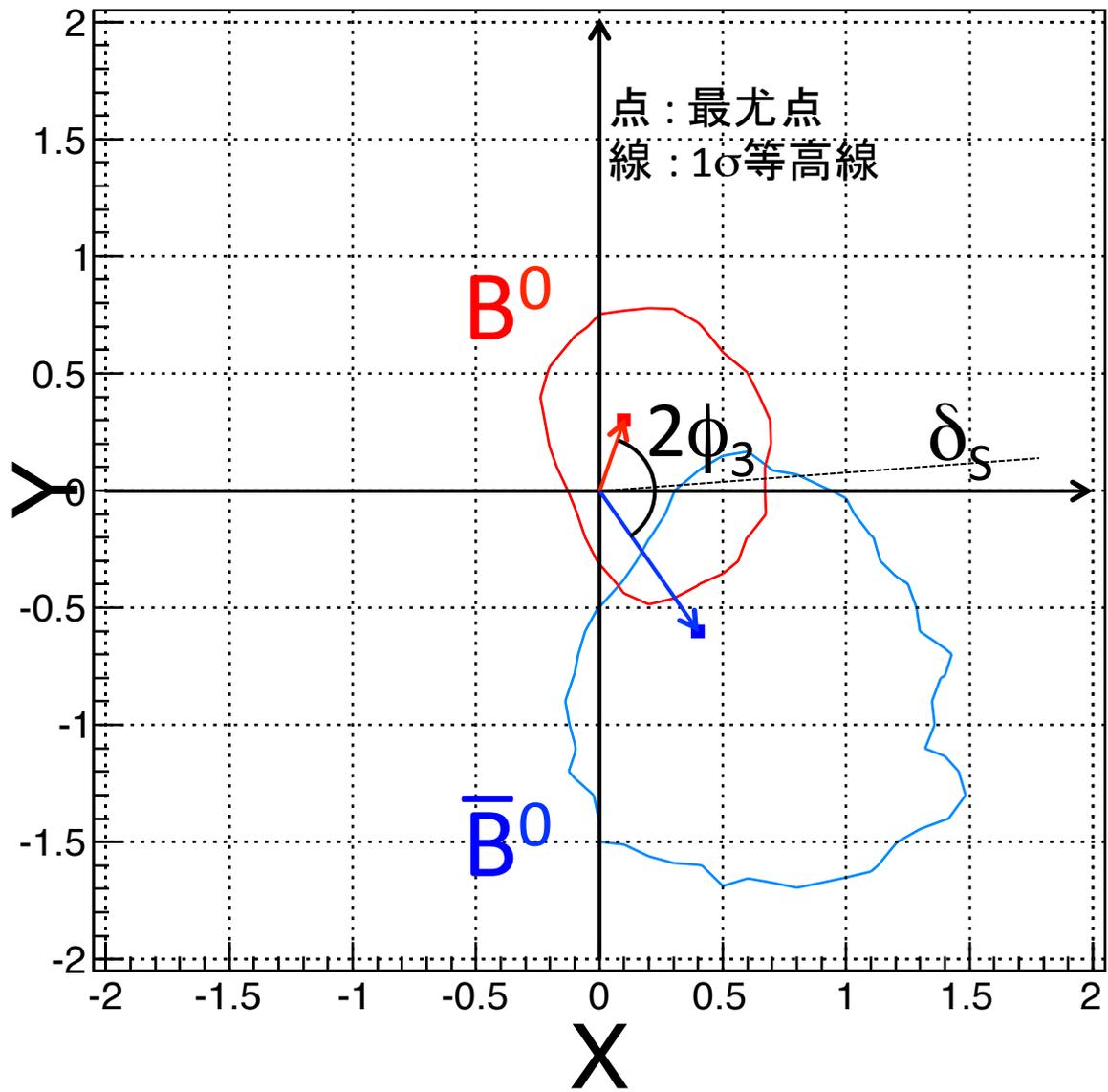
	stat.	syst.	$c_i, s_i$
$x_-$	$+0.4$	$+1.0$	$+0.0 \pm 0.0$
	$-0.6$	$-0.1$	
$y_-$	$-0.6$	$+0.8$	$+0.1 \pm 0.1$
	$-1.0$	$-0.0$	
$x_+$	$+0.1$	$+0.7$	$+0.0 \pm 0.1$
	$-0.4$	$-0.1$	
$y_+$	$+0.3$	$+0.5$	$+0.0 \pm 0.1$
	$-0.8$	$-0.1$	

# (x, y)結果



	stat.	syst.	$c_i, s_i$
$x_-$	$+0.4^{+1.0}_{-0.6}$	$+0.0_{-0.1}$	$\pm 0.0$
$y_-$	$-0.6^{+0.8}_{-1.0}$	$+0.1_{-0.0}$	$\pm 0.1$
$x_+$	$+0.1^{+0.7}_{-0.4}$	$+0.0_{-0.1}$	$\pm 0.1$
$y_+$	$+0.3^{+0.5}_{-0.8}$	$+0.0_{-0.1}$	$\pm 0.1$

# (x, y)結果



( $x_+$ ,  $y_+$ ) ( $B^0$ )が0と無矛盾

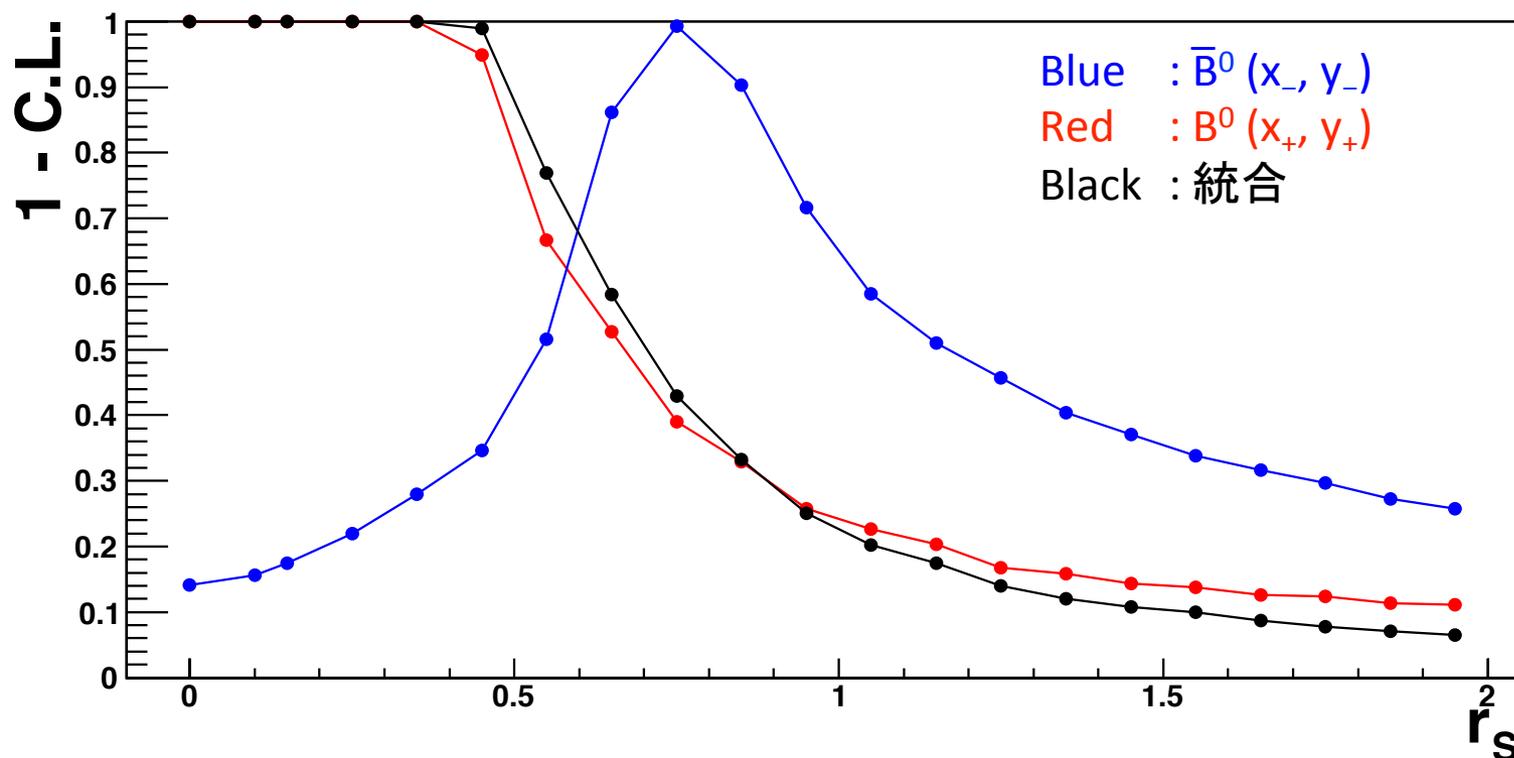
	stat.	syst.	$c_i, s_i$
$x_-$	$+0.4^{+1.0}_{-0.6}$	$+0.0_{-0.1}$	$\pm 0.0$
$y_-$	$-0.6^{+0.8}_{-1.0}$	$+0.1_{-0.0}$	$\pm 0.1$
$x_+$	$+0.1^{+0.7}_{-0.4}$	$+0.0_{-0.1}$	$\pm 0.1$
$y_+$	$+0.3^{+0.5}_{-0.8}$	$+0.0_{-0.1}$	$\pm 0.1$

# $r_S$ Result

- $r_S$ は $\phi_3$ 測定に重要な物理量  
-  $\phi_3$ 測定誤差は $1/r$ に比例

$$x_{\pm} = r_S \cos(\delta_S \pm \phi_3)$$

$$y_{\pm} = r_S \sin(\delta_S \pm \phi_3)$$



$$r_S < 0.87 @ 68 \% \text{ C.L.}$$

# まとめ

- Belleの $B^0 \rightarrow [K_S^0 \pi^+ \pi^-]_D K^{*0}$  Mod.-Ind. Dalitz analysis **新結果**

	stat.	syst.	$c_i, s_i$
$x_-$	$+0.4$	$+1.0$ $-0.6$	$+0.0$ $-0.1$ $\pm 0.0$
$y_-$	$-0.6$	$+0.8$ $-1.0$	$+0.1$ $-0.0$ $\pm 0.1$
$x_+$	$+0.1$	$+0.7$ $-0.4$	$+0.0$ $-0.1$ $\pm 0.1$
$y_+$	$+0.3$	$+0.5$ $-0.8$	$+0.0$ $-0.1$ $\pm 0.1$
$r_S < 0.87$ at 68 % C.L.			

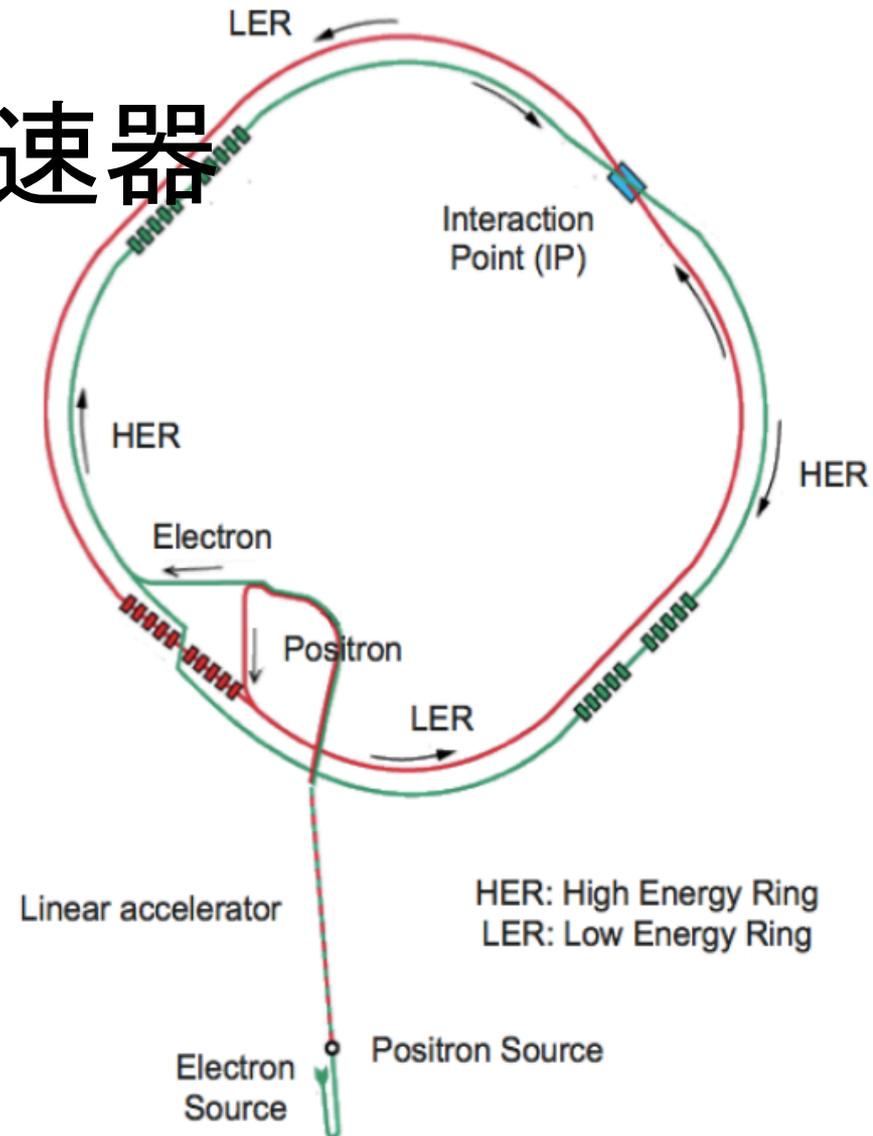
- 中性 $B \rightarrow DK^{*0}$ の他D崩壊モードとコンバイン可能

**$B^0 \rightarrow [K_S^0 \pi^+ \pi^-]_D K^{*0}$  Mod.-Ind. Dalitz analysisを確立、  
Belle IIでの結果に期待がかかる**

# BACKUP

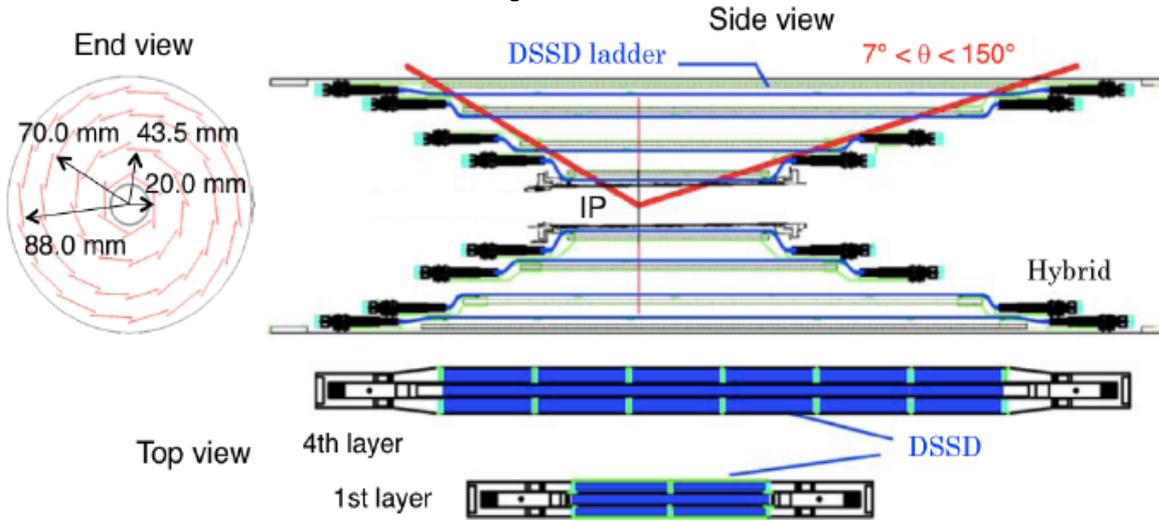
# KEKB加速器

- 電子源: 熱電子銃
- 陽電子源:  
電子をタングステンに入射し抽出
- 電子8.0 GeV / 陽子3.5 GeV ( $\beta\gamma \sim 0.4$ )
- 入射器: 2004年から連続入射法
- 電流: 双方1 A程度
- バンチ数: 双方1000程度
- バンチ当たり粒子数:  $10^{10}$
- ビーム:  $O(1) \mu\text{m} \times O(100) \mu\text{m}$
- 衝突点での交差角: 22 mrad
- 2007年から「クラブ衝突」導入



<sup>1</sup>The luminosity is described as  $\mathcal{L} = N_+ N_- f / 4\pi\sigma_x^* \sigma_y^*$ , where  $N_{\pm}$  is the number of particles  $e^{\pm}$  per bunch,  $f$  is the frequency of collision, and  $\sigma_{x,y}^*$  is the beam size at IP in  $x$  or  $y$  direction.

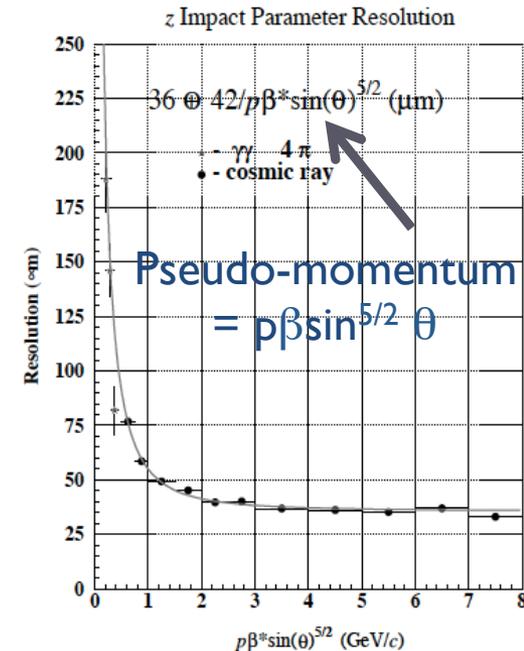
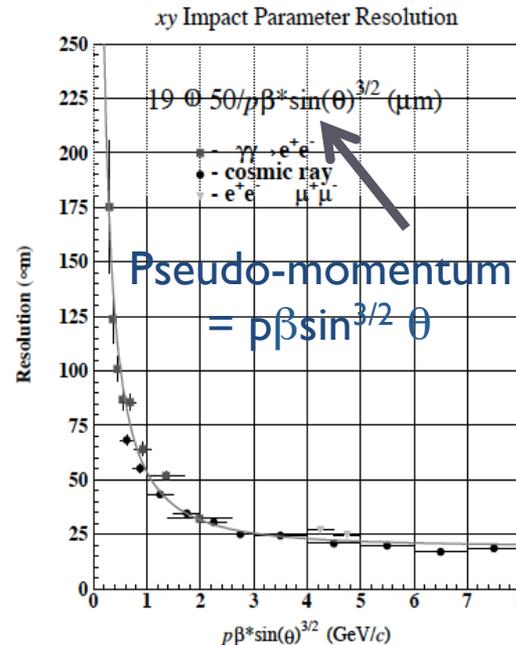
# SVD (Silicon Vertex Detector)



DSSD = double-sided Si strip  
 Chip size: 57.5 x 33.5 mm<sup>2</sup>  
 Strip pitch: 25 (p)/50 (n) μm

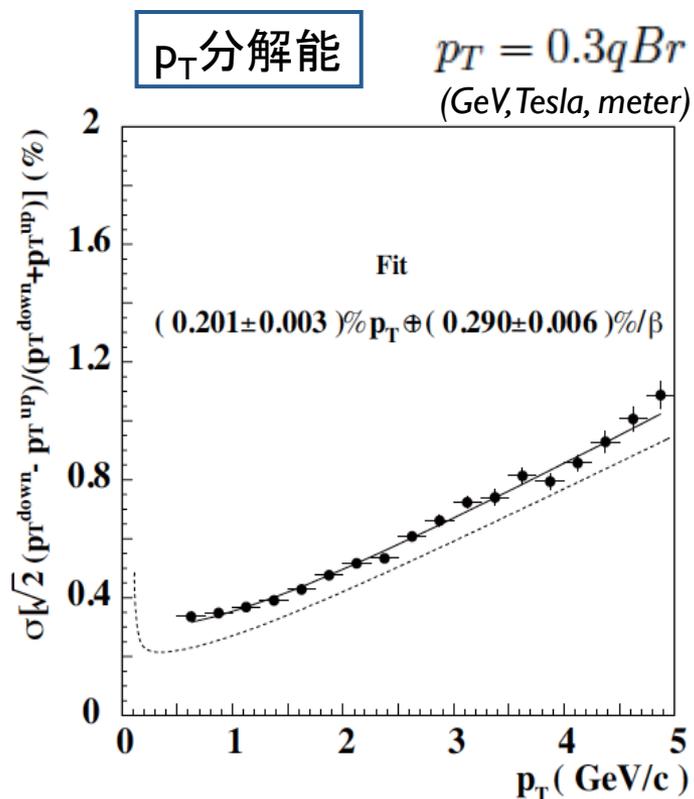
B中間子観測における  
 典型的分解能:  $\sigma_{\Delta z} \sim 80 \mu\text{m}$ .

読み出し: VAITA集積回路を用いる。  
 チップの放射線耐性は20 Mrad。  
 (1 rad = 0.01 J/kg)

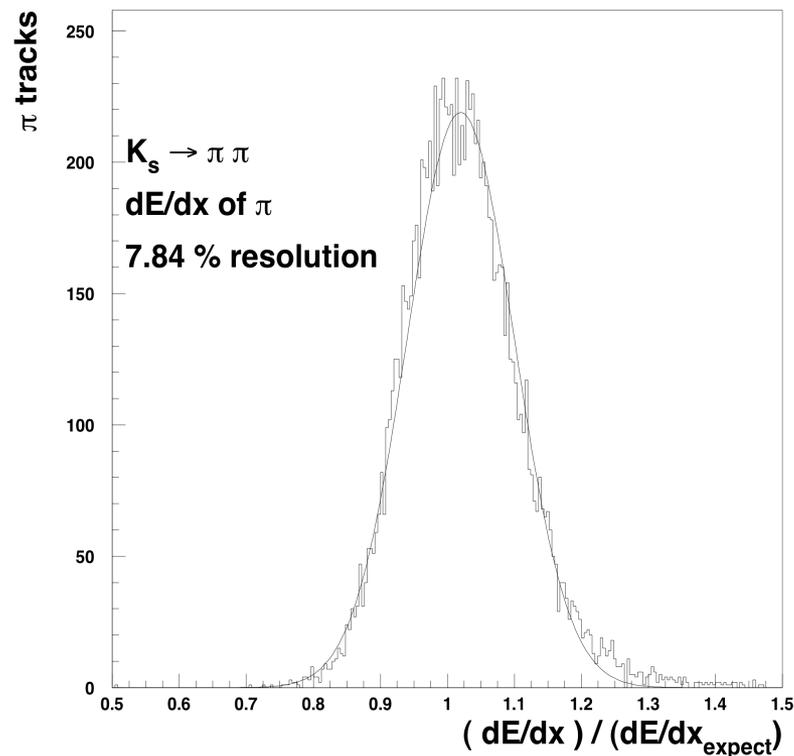


# CDC (Central Drift Chamber)

- Anode: 50 layers including 18 stereo wires  
(30 $\mu$ m-diameter gold-plated tungsten)
- r from beam axis = 8.3-86.3 cm
- -77 < z < 160 cm ( $17^\circ < \theta < 150^\circ$ )



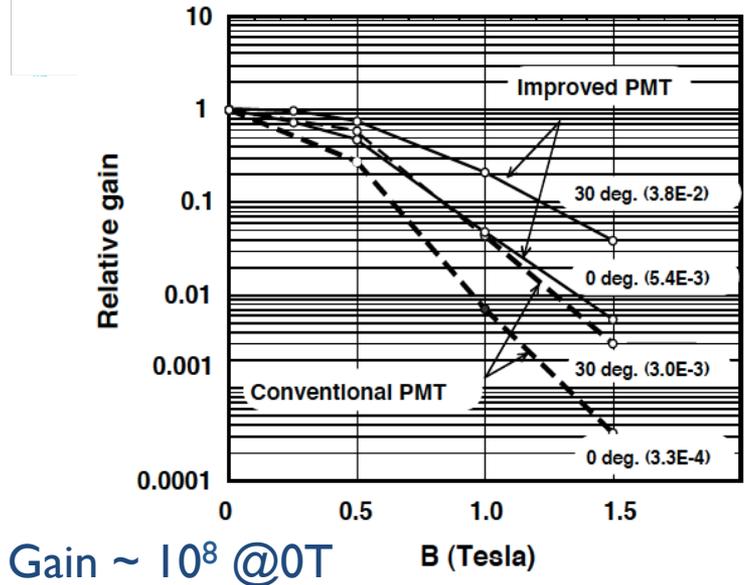
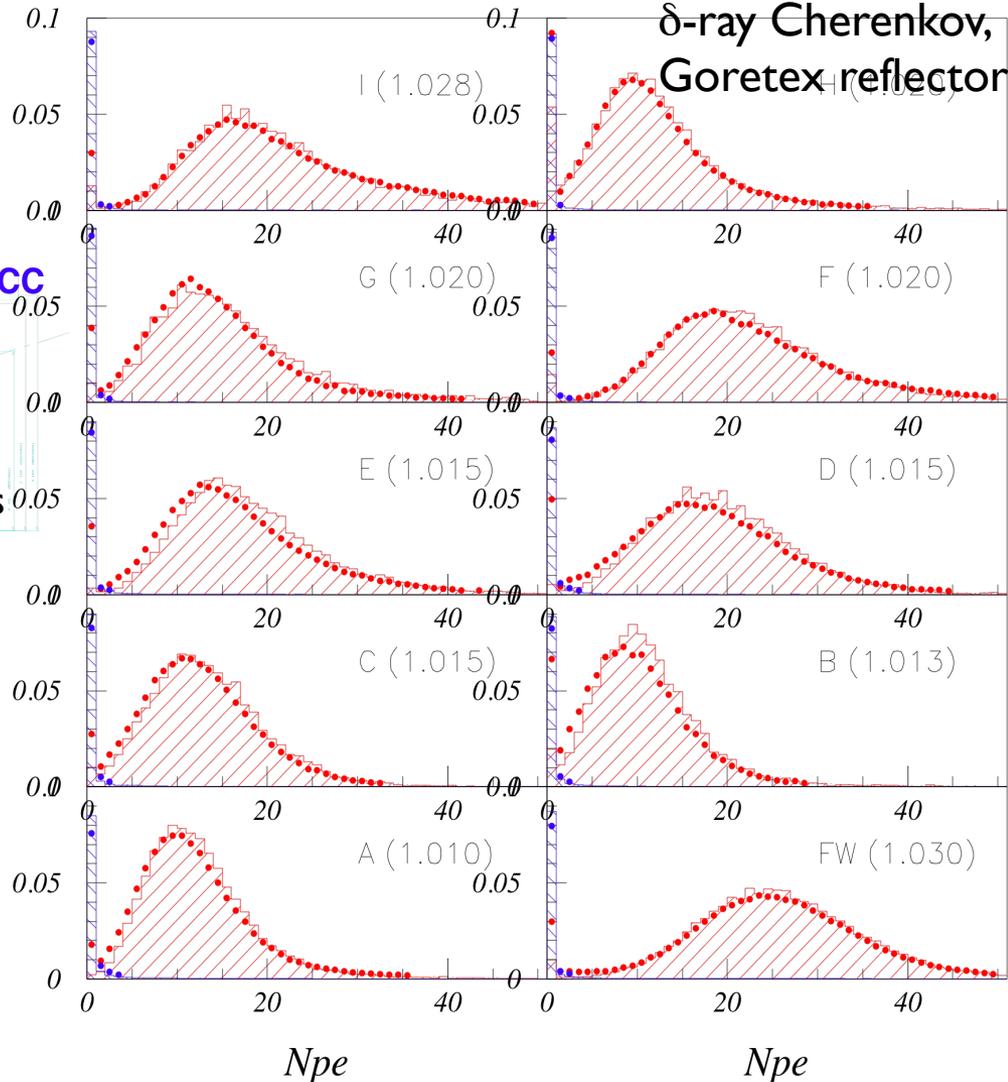
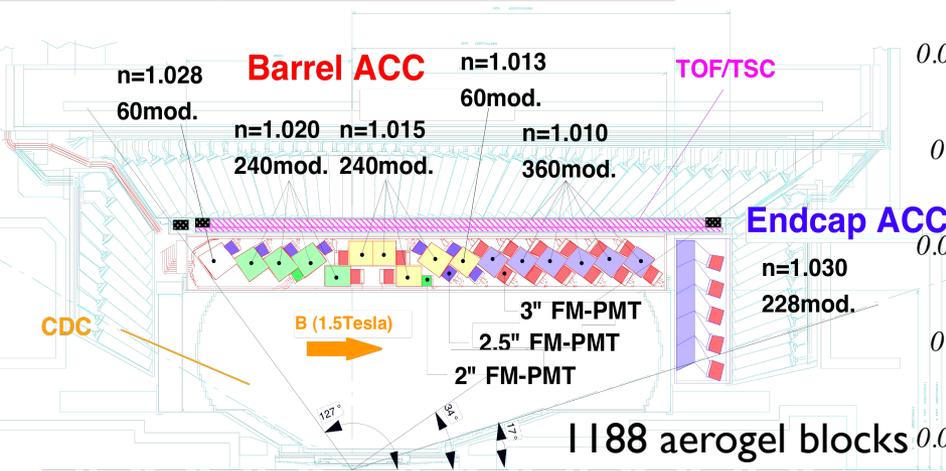
## dE/dx分解能の例



物質密度を上げれば分解能は良くなる。  
 Belleでは、多重クーロン散乱を  
 避けるためにHe+C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>を利用。  
 (Gas gain = 10<sup>5</sup> @ 3 kV)

# ACC (Aerogel Cherenkov Counter) $n > \frac{1}{\beta} = \sqrt{1 + \left(\frac{m}{p}\right)^2}$

K/ $\pi$  separation from 1.2 GeV to 3.5 GeV



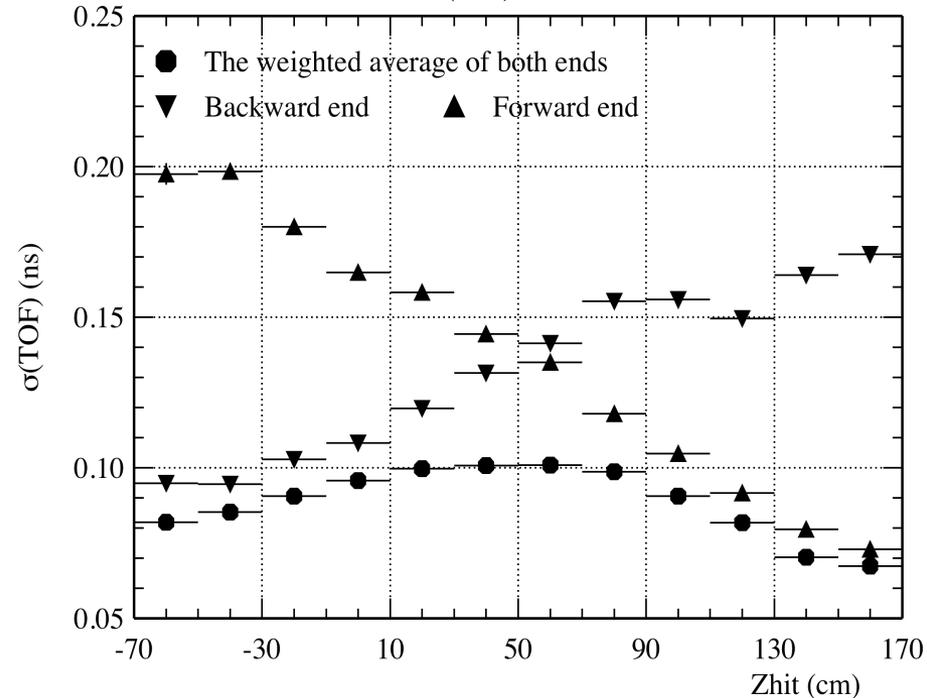
(Poisson distribution smeared by FM PMTs.)

# TOF (Time-of-Flight Counter)

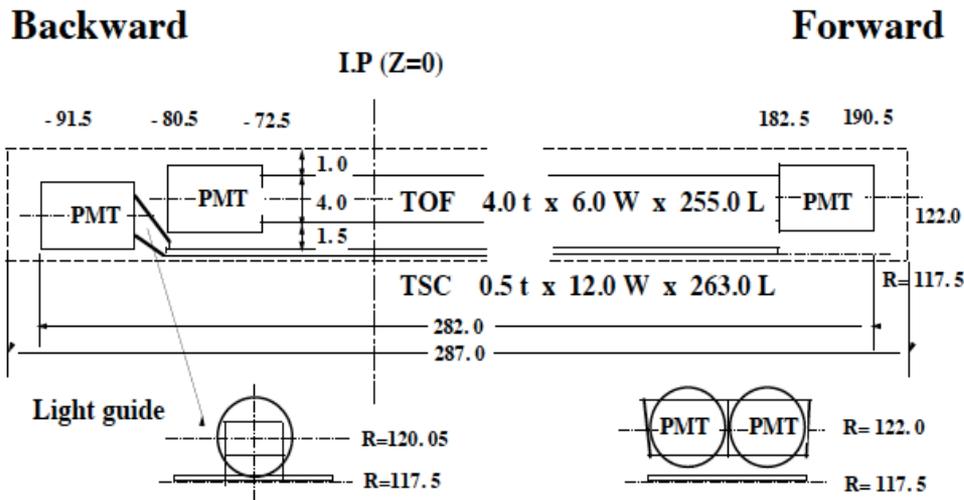
- r from beam axis = 120 cm
- Length = 3-m long,  $N_{\text{scintillators}} = 128$
- $\sigma_T = 100$  psec
- $K/\pi$  separation up to 1.2 GeV

飛行時間分解能

$\sigma(\text{ToF})$  vs.  $Z_{\text{hit}}$



飛行距離、シンチレーションの早さ、光量、PMT性能などが大切な要素。

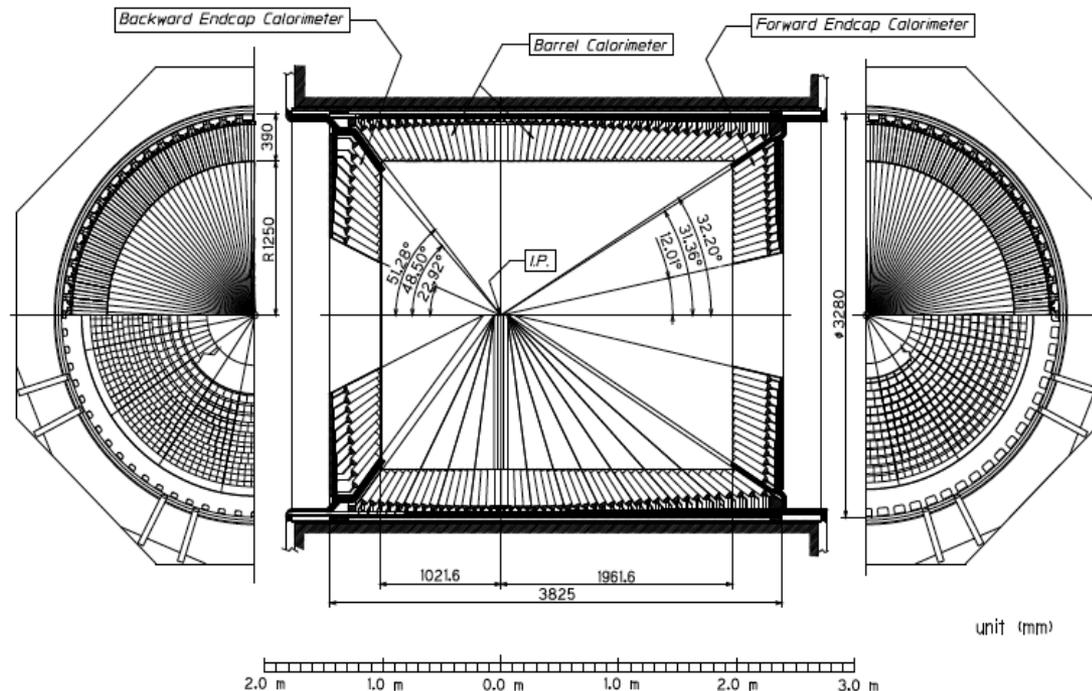


$$t = \frac{l}{c\beta} = \frac{l}{c} \sqrt{1 + \left(\frac{m}{p}\right)^2}$$

# ECL (Electromagnetic Calorimeter)

- PINフォトダイオードを用い、電磁シャワーを検出。
- エネルギー分解能は、 $\sim 1.3\%/VE$ 。位置分解能は $\sim 0.5 \text{ cm}/VE$ 。(E in GeV)  
(回路ノイズ、シャワーの漏れ、較正誤差などが効いてくる。)

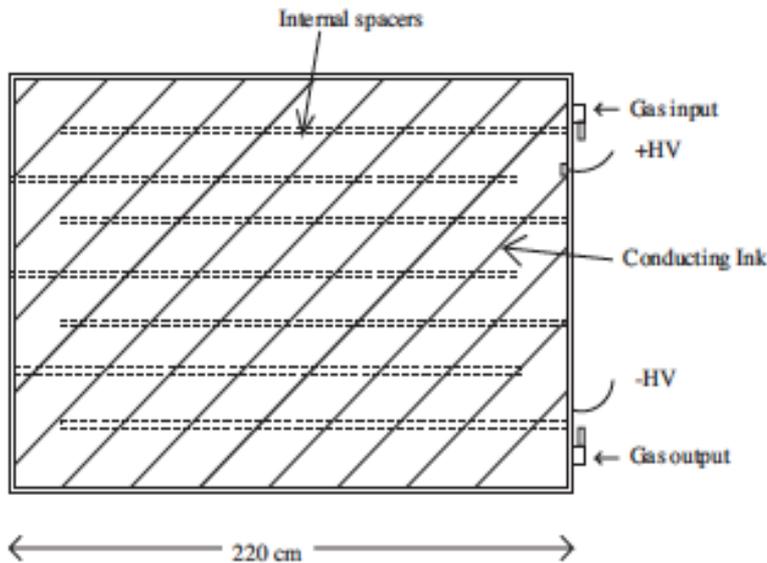
BELLE CsI ELECTROMAGNETIC CALORIMETER



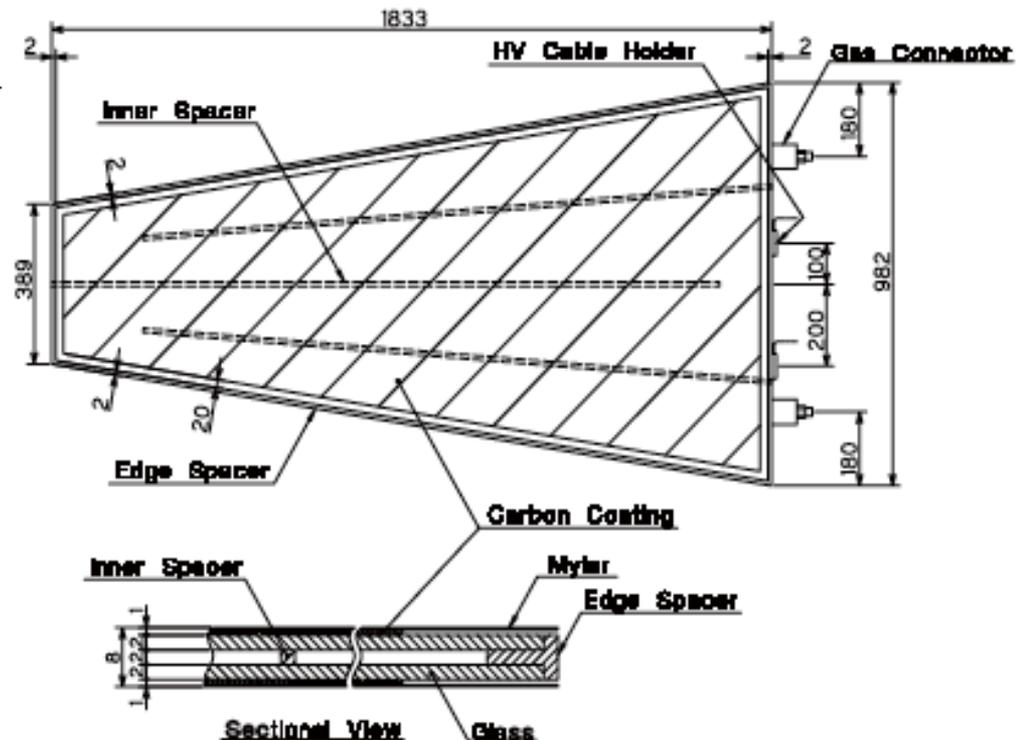
# KLM ( $K_L$ /Muon Detector)

- 鉄とRPC (Registive Plate Chamber)のサンドイッチ構造(14層)。
- $K_L$ (シャワーを発生)とMuon(長い飛跡)の検出を行う。

Gas	Symbol	Mol. weight	Density (g/l)
Argon	Ar	39.95	1.784 (0°C, 1atm)
Butane-silver	$C_4H_{10}$	58.12	2.6 (0°C, 1atm)
HFC-134a	$CH_2FCF_3$	102.0	4.5



(a) Barrel RPC.



(b) End-cap RPC.

# KSFW

- Fox-Wolfram (FW) moment ( $P_l = l$ -th Legendre polynomial):

$$H_l \equiv \sum_{i,j} |\vec{p}_i| |\vec{p}_j| P_l(\cos \theta_{ij}),$$

- Fisher discriminant of Super FW (SFW):

$$\text{SFW} \equiv \sum_{l=2,4} \alpha_l \left( \frac{H_l^{\text{so}}}{H_0^{\text{so}}} \right) + \sum_{l=1}^4 \beta_l \left( \frac{H_l^{\text{oo}}}{H_0^{\text{oo}}} \right)$$

Separate signal B  
and the other B.

- Kakuno-SFW:

$$\text{KSFW} \equiv \sum_{l=0}^4 R_l^{\text{so}} + \sum_{l=0}^4 R_l^{\text{oo}} + \gamma \sum_{n=1}^{N_t} |p_{t,n}|,$$

Missing momentum,  
Charges of tracks, ...  
Fisher coefficients are  
determined for seven  
missing mass regions.

# Flavor tagging

- B-flavor taggingは、下記の情報を用いて行う。

(1) high-momentum leptons from  $B^0 \rightarrow X\ell^+\nu$  decays,

(2) kaons, since the majority of them originate from  $B^0 \rightarrow K^+X$  decays through the cascade transition  $\bar{b} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{s}$ ,

(3) intermediate momentum leptons from  $\bar{b} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{s}\ell^-\bar{\nu}$  decays,

(4) high momentum pions coming from  $B^0 \rightarrow D^{(*)}\pi^+X$  decays,

(5) slow pions from  $B^0 \rightarrow D^{*-}X, D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0\pi^-$  decays, and

(6)  $\bar{\Lambda}$  baryons from the cascade decay  $\bar{b} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{s}$ .

事象ごとに、(1)から(2)に関連した約50の変数を得て、多次元Likelihood法を用いる。

Taggingの精度 $r_{\text{tag}}$ は、qq背景事象分離に用いる。

# Belle実験



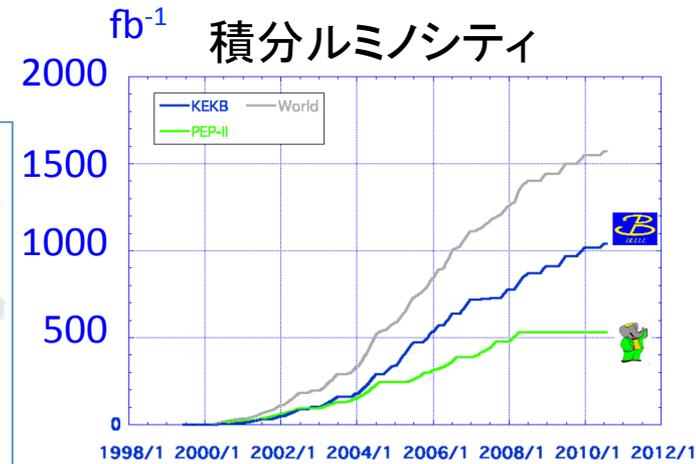
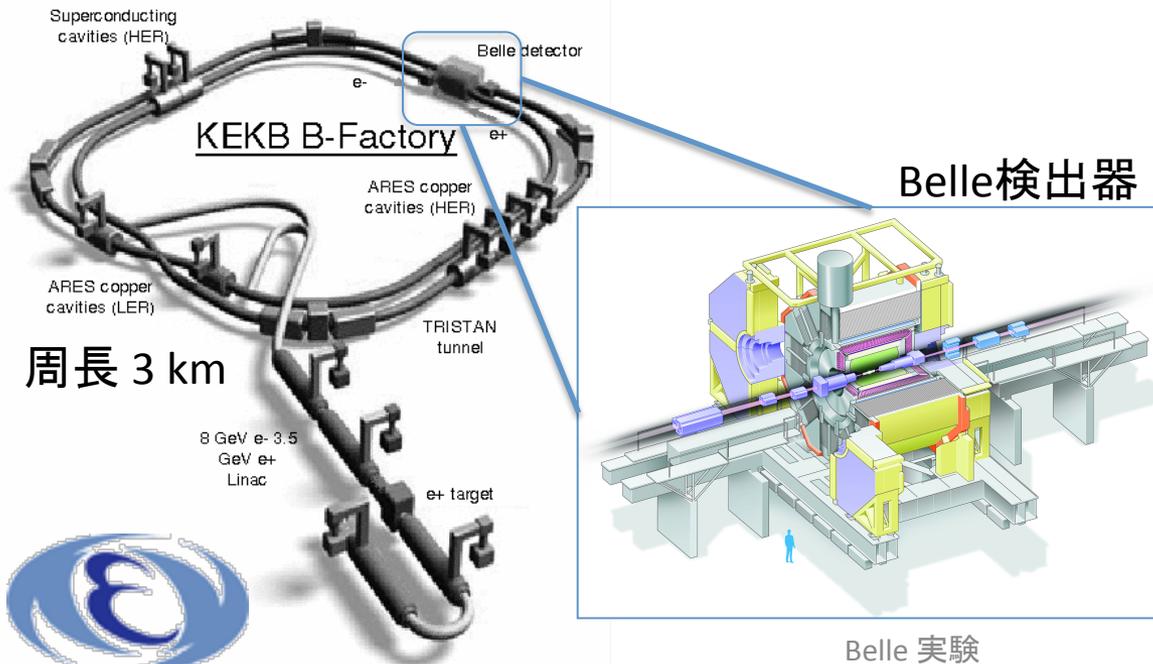
- Belle実験

- $e^+e^-$ 衝突で $Y(4S)$ を生成

$Y(4S) \rightarrow B^+B^- \sim 50\%$   
 $\rightarrow B^0\bar{B}^0 \sim 50\%$

- KEKB加速器 : 電子 8.0 GeV、陽電子 3.5 GeV

重心エネルギー 10.58 GeVの非対称衝突型加速器



現在集めた全てのデータ (711 fb<sup>-1</sup>相当)を使用

# 導入

- 2011年秋期JPSにて  $B^0 \rightarrow [K\pi]_D [K^+\pi^-]_{K^*0}$  を用い  $\phi_3$  測定の為のパラメタ  $R_{ADS}$  を発表

$$\begin{aligned}
 - R_{ADS} &= \frac{\Gamma(B^0 \rightarrow [K^-\pi^+]_D K^*0)}{\Gamma(B^0 \rightarrow [K^+\pi^-]_D K^*0)} = r_S^2 + r_D^2 + 2kr_S r_D \cos(\delta_S + \delta_D) \cos \phi_3 \\
 &= (4.1^{+5.6}_{-5.0} + 2.8) * 10^{-2} \\
 &< 0.16 \text{ @ } 95 \% \text{ C.L.}
 \end{aligned}$$

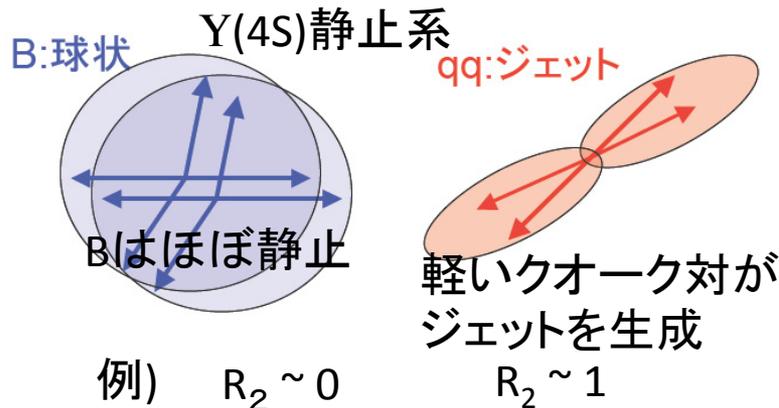
PRD 86 011101 (2012)

ここで,  $B^0 \rightarrow [K^-\pi^+]_D [K^+\pi^-]_{K^*0}$  は観測されず

- さらに中性B中間子の  $DK^*0$  崩壊について研究が望まれる
- また2012年,  $B^+ \rightarrow [K_S \pi^+ \pi^-]_D K^+$  にて世界初のモデル依存の無い Dalitz解析を用いた  $\phi_3$  測定結果が発表された
  - $\phi_3 = (77.3^{+15.1}_{-14.9} \pm 4.1 \pm 4.3)^\circ$  PRD 85, 112014 (2012)  
( $r_B = 0.145 \pm 0.030 \pm 0.010 \pm 0.011$ )
  - このモデル依存の無い Dalitz解析を用いた  $\phi_3$  測定は将来 Super-B Factory において非常に有用であり、これを用いた  $B^0 \rightarrow [K_S \pi \pi]_D [K^+\pi^-]_{K^*0}$  の  $\phi_3$  測定を目指す

# コンティニウムバックグラウンドの抑制 (KSFW, $\cos\theta_B$ ) $e^+e^- \rightarrow qq$ ( $q = u, d, s, c$ )

- イベントの形状からシグナルとコンティニウムバックグラウンドの尤度比( $LR_{KSFW}$ )を求める。



$$R_l = \frac{\sum_{i,j} |p_i| |p_j| P_l(\cos\theta_{i,j})}{\sum_{i,j} |p_i| |p_j|}$$

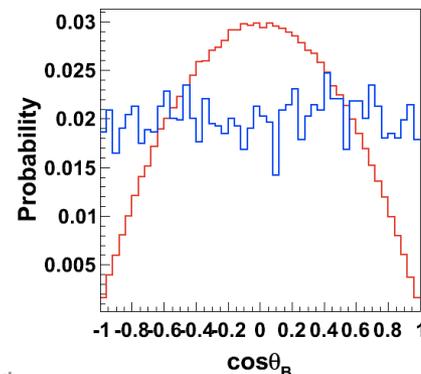
$p_{i,j}$ :  $i,j$ 番目の粒子の運動量

$P_l$ : ルジャンドル関数

$\theta_{i,j}$ :  $i$ 番目 $j$ 番目の粒子の運動量の成す角

- $e^+e^-$  重心系のBの角度分布( $\cos\theta_B$ )も使う。
  - Bイベントは軌道角運動量1となる

シグナル :  $1 - \cos^2\theta$   
 コンティニウム: ほぼ一様



# 結論, 及び考察

•  $r_S$  は0と無矛盾

–  $B^0 \rightarrow DK^{*0}$  シグナル数が小さかった  $44.2^{+13.3}_{-12.1}$  (統計誤差が支配的)  
 崩壊分岐比で  $\text{Br}(B^0 \rightarrow DK^{*0}) = (2.9 \pm 0.9) \times 10^{-5}$

	イベント数	$\text{Br}(B^0 \rightarrow DK^{*0})$	ずれ
本結果	44.2	$(2.9 \pm 0.9) \times 10^{-5}$	
BaBar	78	$(5.2 \pm 1.2) \times 10^{-5}$	$-1.5\sigma$
PDG	64	$(4.2 \pm 0.6) \times 10^{-5}$	$-1.2\sigma$

ただし”ずれ”は  
 大きくない

– 統計的なふらつきによる

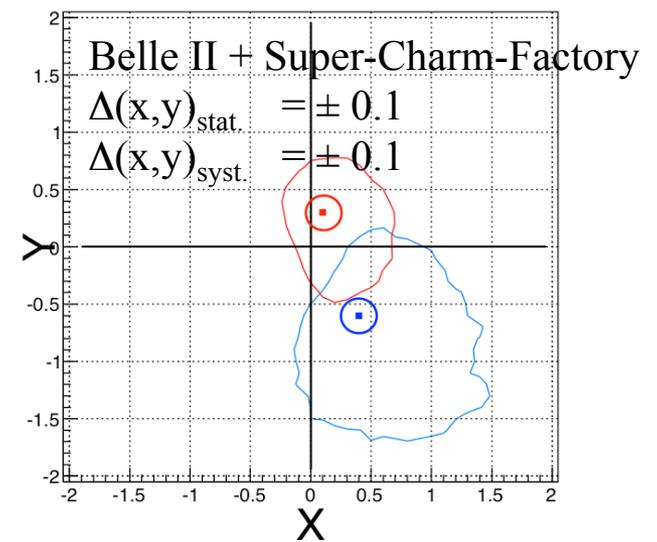
• Belle II 実験(予定)では

統計 系統  
 $x_- = +0.4^{+1.0}_{-0.6} +0.0_{-0.1}$   
 $y_- = -0.6^{+0.8}_{-1.0} \pm 0.1$   
 $x_+ = +0.1^{+0.7}_{-0.4} \pm 0.1$   
 $y_+ = +0.3^{+0.5}_{-0.8} \pm 0.1$



統計誤差  $\rightarrow O(<0.1)$   
 現系統誤差と同等

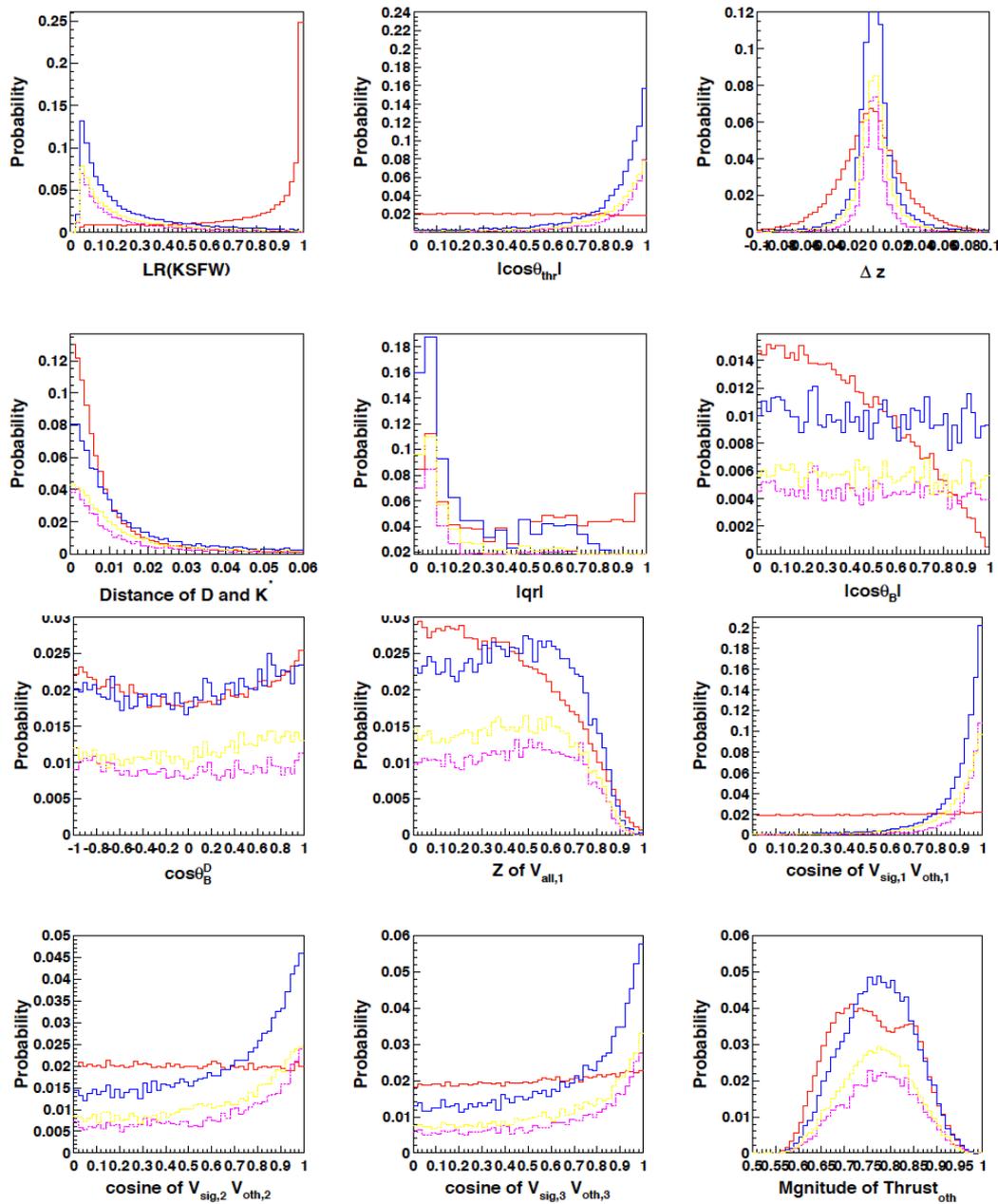
1. K/ $\pi$ 識別能力が上がる  
 $\rightarrow \text{B}\bar{\text{B}}$ 背景事象の抑制
2. Super-Charm-Factory  
 $\rightarrow c_i, s_i$ の誤差が減る



$B^0 \rightarrow DK^{*0}$ 崩壊を用い $\phi_3$ 測定の可能性

# コンテナウム抑制パラメータ

[戻る](#)



# コンテニウム抑制パラメータ

[戻る](#)

Variable	Only this ( $\sigma$ )	Without this ( $\sigma$ )	Corr. to others
LR(KSFW)	290	62	0.85
v1_v1	280	35	0.87
$\Delta z$	145	68	0.29
distance <sub>DK*0</sub>	105	49	0.23
$ qr $	126	51	0.31
$ \cos \theta_B $	102	42	0.21
$ \cos \theta_{\text{thr}} $	246	14	0.81
thru_oth	58	12	0.23
v_Z	42	9	0.18
v3_v3	84	7	0.64
v2_v2	80	6	0.66
$\cos \theta_B^D$	10	4	0.12

- Fox-Wolfram (FW) moment ( $P_l = l$ -th Legendre polynomial):

$$H_l \equiv \sum_{i,j} |\vec{p}_i| |\vec{p}_j| P_l(\cos \theta_{ij}),$$

- Fisher discriminant of Super FW (SFW):

$$\text{SFW} \equiv \sum_{l=2,4} \alpha_l \left( \frac{H_l^{\text{so}}}{H_0^{\text{so}}} \right) + \sum_{l=1}^4 \beta_l \left( \frac{H_l^{\text{oo}}}{H_0^{\text{oo}}} \right)$$

Separate signal B  
and the other B.

- Kakuno-SFW:

$$\text{KSFW} \equiv \sum_{l=0}^4 R_l^{\text{so}} + \sum_{l=0}^4 R_l^{\text{oo}} + \gamma \sum_{n=1}^{N_t} |p_{t,n}|,$$

Missing momentum,  
Charges of tracks, ...  
Fisher coefficients are  
determined for seven  
missing mass regions.

# Flavor tagging

- B-flavor taggingは、下記の情報を用いて行う。

(1) high-momentum leptons from  $B^0 \rightarrow X\ell^+\nu$  decays,

(2) kaons, since the majority of them originate from  $B^0 \rightarrow K^+X$  decays through the cascade transition  $\bar{b} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{s}$ ,

(3) intermediate momentum leptons from  $\bar{b} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{s}\ell^-\bar{\nu}$  decays,

(4) high momentum pions coming from  $B^0 \rightarrow D^{(*)}\pi^+X$  decays,

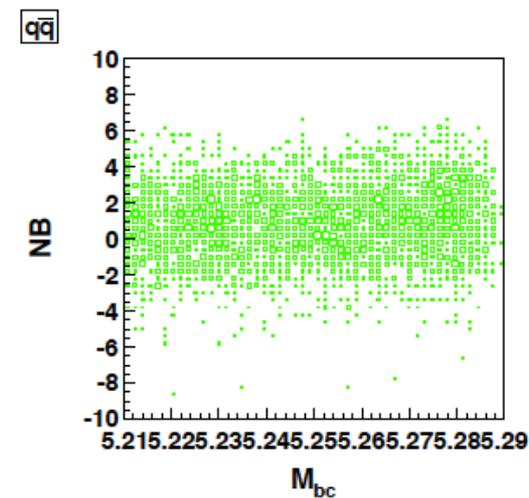
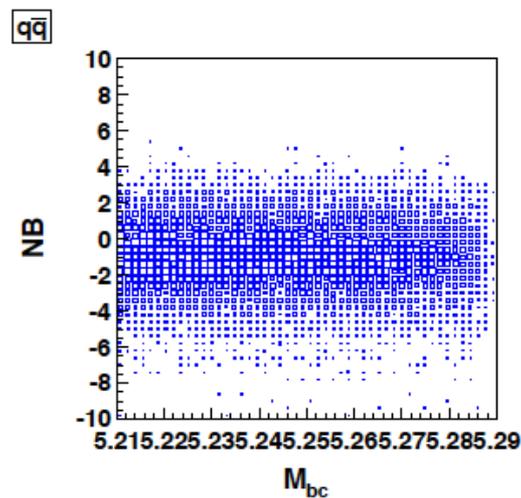
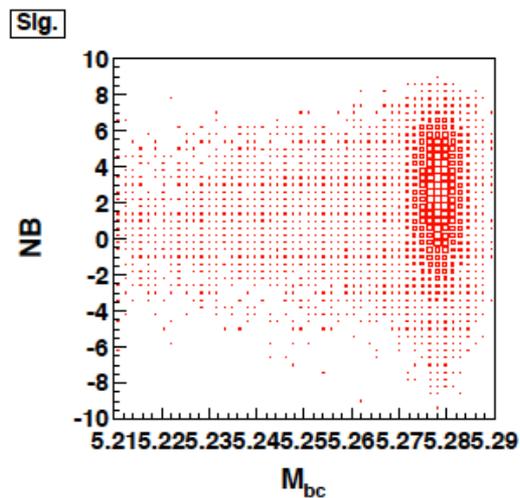
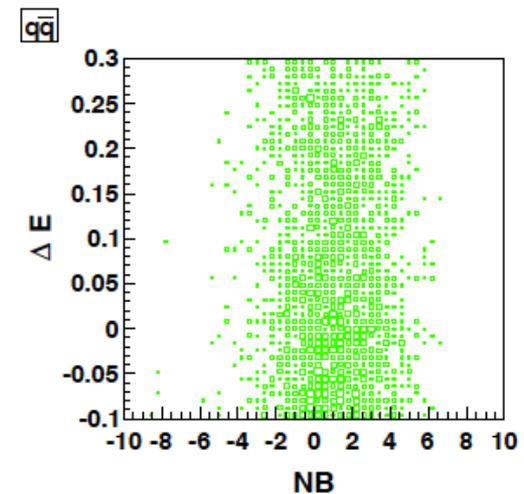
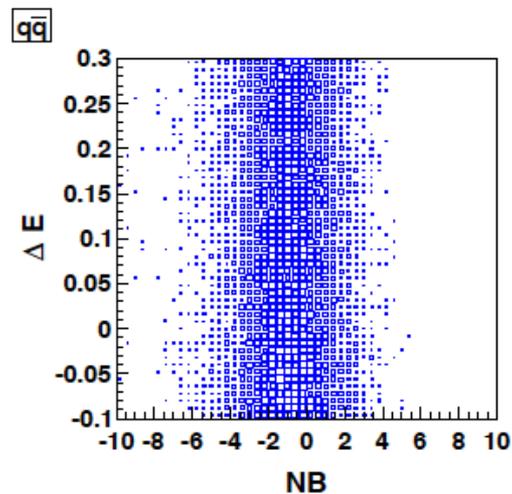
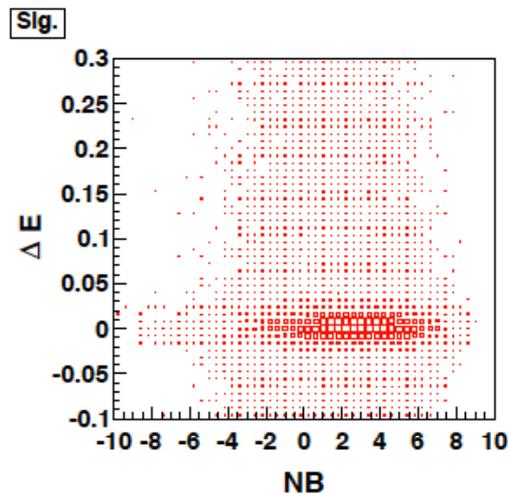
(5) slow pions from  $B^0 \rightarrow D^{*-}X, D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0\pi^-$  decays, and

(6)  $\bar{\Lambda}$  baryons from the cascade decay  $\bar{b} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{s}$ .

事象ごとに、(1)から(2)に関連した約50の変数を得て、多次元Likelihood法を用いる。

Taggingの精度 $r_{\text{tag}}$ は、qq背景事象分離に用いる。

# $(\Delta E, M_{bc}, \mathcal{NB})$

[戻る](#)


	Correlation factor (%)	
	$\Delta E$ vs $\mathcal{NB}$	$\mathcal{NB}$ vs $m_{bc}$
Signal	-4	6
$BB$	-2	-2
$q\bar{q}$	1	10