



# $B \rightarrow X_s \gamma$ 崩壊を用いた新物理探索

齋藤 智之  
(東北大学)

## 内容

- イントロダクション
- シグナルMCの解析

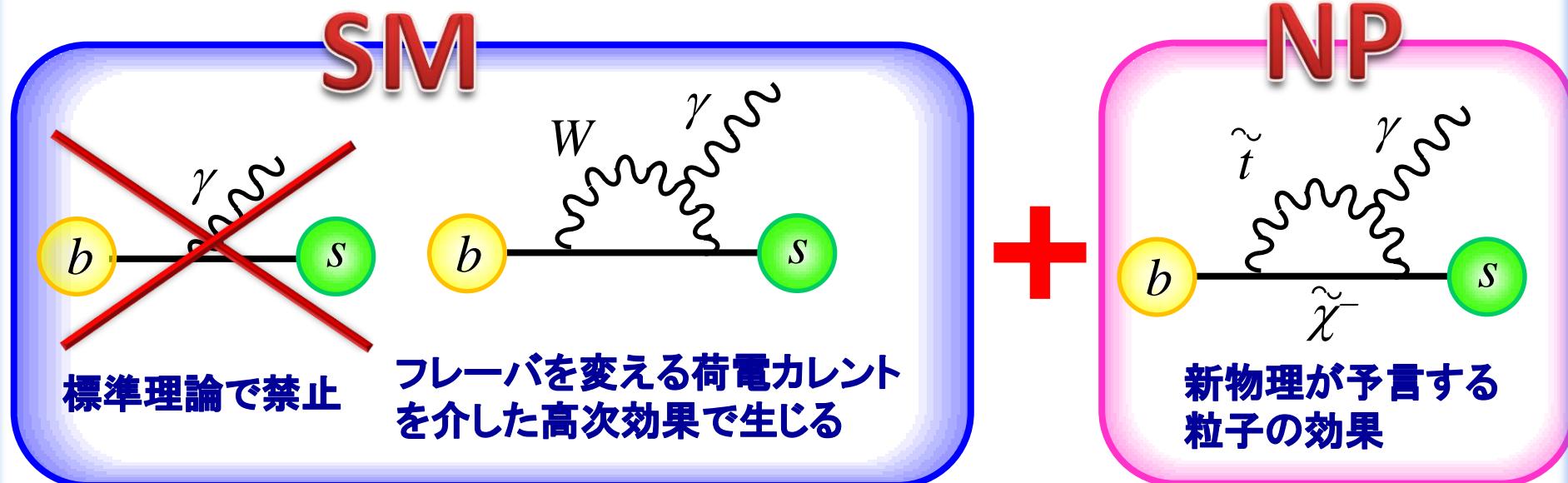
2011/12/07 B ワークショップ @ 磐梯熱海

# イントロダクション

# $b \rightarrow s\gamma$ 遷移

## ● $b \rightarrow s\gamma$ の特徴

- ▶ 標準理論ではツリーレベルで禁止 (Flavor Changing Neutral Current)  
1ループのペンギンダイアグラムで起こる  
→ ループを回る重い新粒子への感度大
- ▶ LHCbでは難しい測定 → 膨大な  $\gamma$  バックブランド



# $b \rightarrow s\gamma$ の崩壊分岐比測定

## $b \rightarrow s\gamma$ の崩壊分岐比測定

$B \rightarrow X_s \gamma$

$B \rightarrow K^* \gamma$  etc

### Inclusive 崩壊測定

複数モードをまとめて測定

理論の誤差小

→新物理に感度大、測定は大変

### exclusive 崩壊測定

特定のモードを測定

- form factorの不定性大  
で理論誤差大  
→新物理への感度低

# $b \rightarrow s\gamma$ の崩壊分岐比測定

## $b \rightarrow s\gamma$ の崩壊分岐比測定

$B \rightarrow X_s \gamma$

$B \rightarrow K^* \gamma \text{ etc}$

### Inclusive 崩壊測定

複数モードをまとめて測定

理論の誤差小

→新物理に感度大、測定は大変

### exclusive 崩壊測定

特定のモードを測定

- form factorの不定性大  
で理論誤差大  
→新物理への感度低

### $X_s$ の Full-inclusive 再構成

( $X_s$  を再構成せずに  $\gamma$  のエネルギーのみ測定)

- 理論の不定性小さい

- 検出器、背景事象の精密な理解必須

### $X_s$ の Semi-inclusive 再構成

(たくさんの崩壊モードから  
 $X_s$  を再構成)

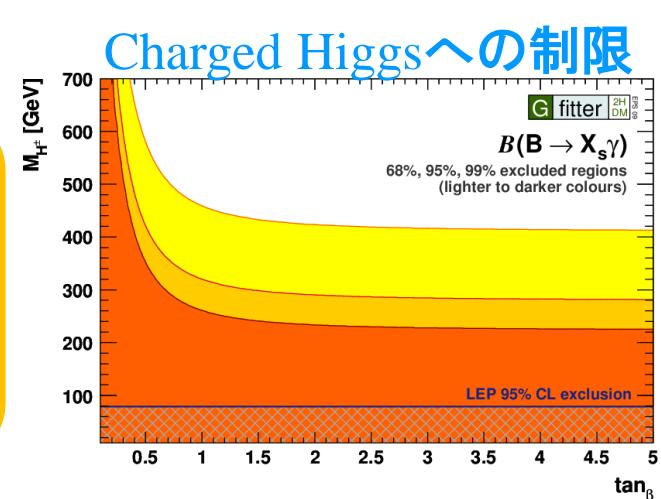
# $B \rightarrow X_s \gamma$ 崩壊分岐比

Semi-inclusive再構成法を用いた  $B \rightarrow X_s \gamma$  の崩壊分岐比測定

	Belle	Babar
崩壊分岐比 [ $10^{-4}$ ]	$3.36 \pm 0.53 \pm 0.42^{+0.50}_{-0.54}$	$3.27 \pm 0.18^{+0.55}_{-0.40} {}^{+0.04}_{-0.09}$
測定条件	$X_s < 2.1 \text{ GeV}, 6 \text{ fb}^{-1}$	$X_s < 2.8 \text{ GeV}, 82 \text{ fb}^{-1}$

- 世界平均. :  $(3.60 \pm 0.23) \times 10^{-4}$  [PDG10]      Full-inclusive含む  
 $(3.55 \pm 0.24 \pm 0.09) \times 10^{-4}$  [HFAG10]
- 理論予言値 :  $(3.15 \pm 0.23) \times 10^{-4}$

- ▶ Belleでのアップデート必須
- ▶ Belleの全データ( $711 \text{ fb}^{-1}$ )を使えば  
統計100倍
- ▶ 系統誤差が支配的な解析になる



# $B \rightarrow X_s \gamma$ の非対称度

## ● Direct CPの破れ : $B$ と $\bar{B}$ の振幅の違い

$$A_{CP} = \frac{|A(B \rightarrow X_s \gamma) - \bar{A}(\bar{B} \rightarrow X_s \gamma)|}{|A(B \rightarrow X_s \gamma) + \bar{A}(\bar{B} \rightarrow X_s \gamma)|}$$

- ▶ 比なので理論的・実験的誤差がキャンセル(exclusiveでも新物理に感度あり)
- ▶ 標準理論では~0.5 %の破れ

## ● アイソスピンの破れ : $B^0$ と $B^+$ の崩壊幅の違い

$$\Delta_{0+} = \frac{|\Gamma(B^+ \rightarrow X_s \gamma) - \Gamma(B^0 \rightarrow X_s \gamma)|}{|\Gamma(B^+ \rightarrow X_s \gamma) + \Gamma(B^0 \rightarrow X_s \gamma)|}$$

- ▶ 標準理論では+5~10 %の破れ

	Belle	Babar
$A_{CP}$	$0.002 \pm 0.050 \pm 0.030$ ( $140 \text{ fb}^{-1}$ )	$-0.011 \pm 0.030 \pm 0.014$ ( $350 \text{ fb}^{-1}$ )
$\Delta_{0+}$	未測定	$-0.006 \pm 0.058 \pm 0.009 \pm 0.024$ ( $350 \text{ fb}^{-1}$ )

# 研究の目的

Belleの全データ(711 fb<sup>-1</sup>)でsemi-inclusive再構成法を用い、  
 $B \rightarrow X_s \gamma$ の崩壊分岐比と非対称度を測定

- **崩壊分岐比** : 6 fb<sup>-1</sup> (by 後田さん)からの up-date
- **CPの破れ** : 140 fb<sup>-1</sup> (by 西田さん) からの up-date
- **アイソスピンの破れ** : (Belleで)初観測 !
- **$B^0$ と $B^+$ の $A_{CP}$ の違い** : 初観測 !

(arXive:1106.4589v1[hep-ph])

**Key Point**:いかに系統誤差を抑えるかが勝負

# 研究の目的

Belleの全データ(711 fb<sup>-1</sup>)でsemi-inclusive再構成法を用い、  
 $B \rightarrow X_s \gamma$ の崩壊分岐比と非対称度を測定

- **崩壊分岐比** : 6 fb<sup>-1</sup> (by 後田さん)からの up-date
- **CPの破れ** : 140 fb<sup>-1</sup> (by 西田さん) からの up-date
- **アイソスピンの破れ** : (Belleで)初観測 !
- **$B^0$ と $B^+$ の $A_{CP}$ の違い** : 初観測 !

(arXive:1106.4589v1[hep-ph])

**Key Point**:いかに系統誤差を抑えるかが勝負

▶ MCのハドロン化の系統誤差

→ より多くの $X_s$ の終状態を再構成する

# 研究の目的

Belleの全データ(711 fb<sup>-1</sup>)でsemi-inclusive再構成法を用い、  
 $B \rightarrow X_s \gamma$ の崩壊分岐比と非対称度を測定

- **崩壊分岐比** : 6 fb<sup>-1</sup> (by 後田さん)からの up-date
- **CPの破れ** : 140 fb<sup>-1</sup> (by 西田さん) からの up-date
- **アイソスピンの破れ** : (Belleで)初観測 !
- **$B^0$ と $B^+$ の $A_{CP}$ の違い** : 初観測 !

(arXive:1106.4589v1[hep-ph])

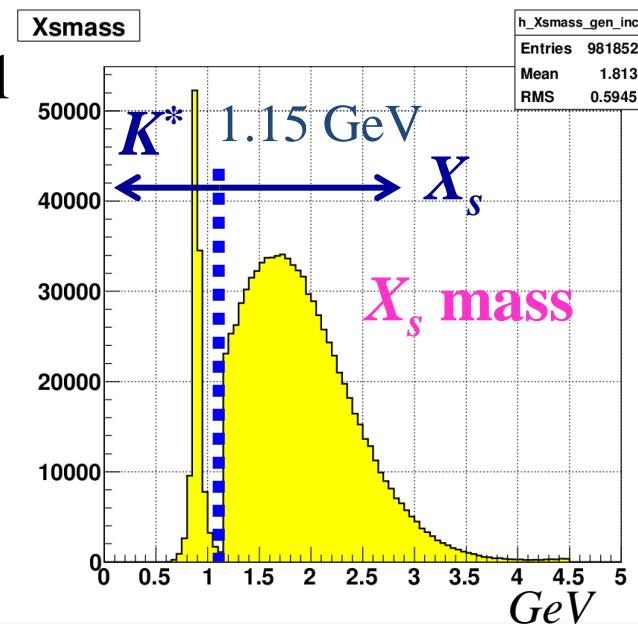
**Key Point**:いかに系統誤差を抑えるかが勝負

- ▶ MCのハドロン化の系統誤差  
→ より多くの $X_s$ の終状態を再構成する
- ▶  $X_s$ の質量分布の外挿の系統誤差  
→ より高い $X_s$ の質量の領域を理解する

# シグナルMCの解析

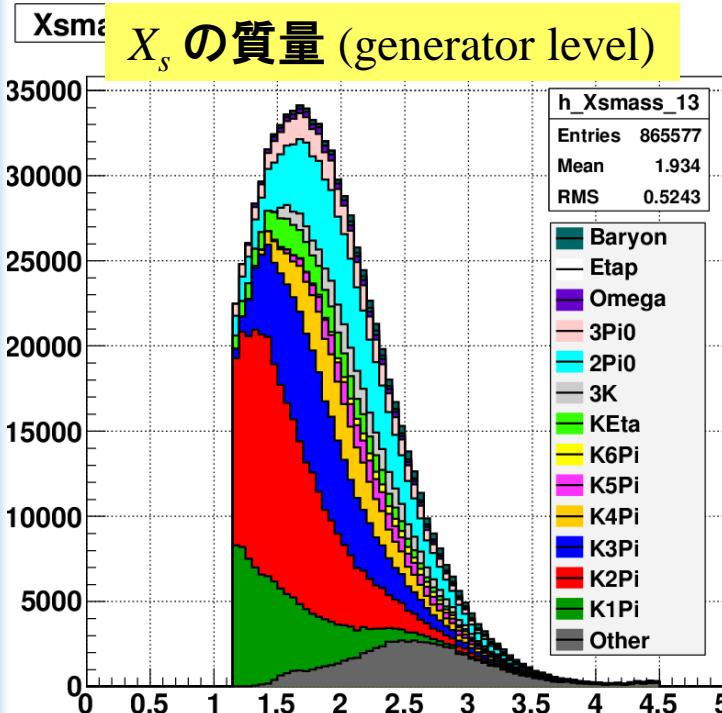
# シグナルMC

- シグナルの解析を行うために2つのMCサンプル、inclusive  $X_s\gamma$  と exclusive  $K^*\gamma$  を用いる
  - ▶  $X_s$  は Pythia でハドロン化
  - ▶  $X_s\gamma$  と  $K^*\gamma$  のサンプルは崩壊分岐比の比で混合
    - $X_s\gamma : K^*\gamma = 32 \times 10^{-5} : 4 \times 10^{-5}$
  - ▶  $X_s$  の質量分布はKagan-Neubert model で生成
    - $K^*/X_s$  遷移値: 1.15 GeV
  - ▶ 生成したイベント数
    - $10^6$  イベント ~ データの2倍



# $X_s$ の崩壊

- $X_s$  はハドロン化 → どんな崩壊モードにしているかチェック



	イベント数	割合(%)
KPI	100946	11.7
K2Pi	213800	24.7
K3Pi	132030	15.3
K4Pi	62492	7.2
K5Pi	23681	2.7
K6Pi	8042	0.9
KEta	37138	4.3
3K	30381	3.5
2Pi0	118863	13.7
3Pi0	41288	4.8
Omega	9230	1.1
EtaP	5944	0.7
Baryon	9467	1.1
Other	72275	8.3
合計	865577	

$\pi^0$  は 1 つまで

**KEta** :  $K\eta + 0 \sim 3\pi$   
 $(\eta \rightarrow \gamma\gamma)$

**3K** :  $3K + 0 \sim 2\pi$

**2 $\pi^0$**  :  $K 2 \sim 6\pi, K\eta,$   
 3Kの2 $\pi^0$  を含む

**3 $\pi^0$**  :  $K 3 \sim 6\pi, K\eta$   
 で3 $\pi^0$  を含む

**Omega** :  $\omega \rightarrow \pi^0\gamma$

**EtaP** :  $\eta' \rightarrow \rho^0\gamma$

**Baryon** : p, n,  $\Lambda$

- ▶  $K\pi \sim K4\pi$  と  $3K, 3K\pi$  を再構成済み → ~67 % ( $K^*\gamma$  も含めて)
- ▶  $K\eta$  と  $2\pi^0$  の割合が大きい。

# イベント再構成

- 現在までに25の  $B \rightarrow X_s \gamma$  の終状態を再構成

$X_s \rightarrow K\pi, K_s\pi, K\pi^0, K_s\pi^0$	(K $\pi$ )
$K\pi\pi, K_s\pi\pi, K\pi\pi^0, K_s\pi\pi^0$	(K2 $\pi$ )
$K\pi\pi\pi, K_s\pi\pi\pi, K\pi\pi\pi^0, K_s\pi\pi\pi^0$	(K3 $\pi$ )
$K\pi\pi\pi\pi, K_s\pi\pi\pi\pi, K\pi\pi\pi\pi^0, K_s\pi\pi\pi\pi^0$	(K4 $\pi$ )
$KKK, KKK_s, KK_s K_s$	(3K)
追加  $KKK\pi, KKK_s\pi, KKK\pi^0, KKK_s\pi^0,$ $KK_s K_s \pi, KK_s K_s \pi^0$	(3K $\pi$ )

- ▶ 以前のBelleの解析では16の終状態、K $\pi$ ~K4 $\pi$ を再構成していた → 9つの終状態を追加
- ▶ Babarでは38モード再構成!! → まだ増やすべき

# イベント選別

## ● $K^\pm, \pi^\pm$ 選別

- $|dr| < 0.5 \text{ cm}$
- $|dz| < 5.0 \text{ cm}$
- K :  $\text{Prob}(K/\pi) > 0.6$
- $\pi$  :  $\text{Prob}(K/\pi) < 0.6$
- $p_\pi^* > 100 \text{ MeV}$

## ● $K_s$ 選別

- $\text{find}K_s$
- $|M_{Ks} - \text{PDG}| < 10 \text{ MeV}$

## ▶ シグナル領域

$-0.15 < \Delta E < 0.08 \text{ GeV}, 5.27 \text{ GeV} < M_{bc}$  ( $p_\gamma$  はスケール)

## ▶ カットの値はまだ最適化していない

## ● $\pi^0$ 選別

- $E_\gamma > 50 \text{ MeV}$
- $123 < M_{\pi^0} < 143 \text{ MeV}$
- $\cos\theta_{\gamma\gamma} > 0.4$

## ● $\gamma$ 選別

- $1.8 < E_\gamma^* < 3.4 \text{ GeV}$
- $33^\circ < \theta_\gamma < 128^\circ$  (バレル領域)
- $E_{9/25} > 0.95$

$$\Delta E \equiv E_{Xs}^* + E_\gamma^* - E_{beam}^*$$

$$M_{bc} \equiv \sqrt{(E_{beam}^*/c^2)^2 - (|\vec{p}_B^*|/c)^2}$$

$$\vec{p}_B^* = \vec{p}_{Xs}^* + (\vec{p}_\gamma^*/|\vec{p}_\gamma^*|) \times (E_{beam}^* - E_{Xs}^*)/c$$

# $M_{bc}$ と $\Delta E$ 分布

## ● イベント選別後の $M_{bc}$ と $\Delta E$ 分布

### ▶ シグナル領域

$$5.27 < M_{bc}, \quad -0.15 < \Delta E < 0.08$$

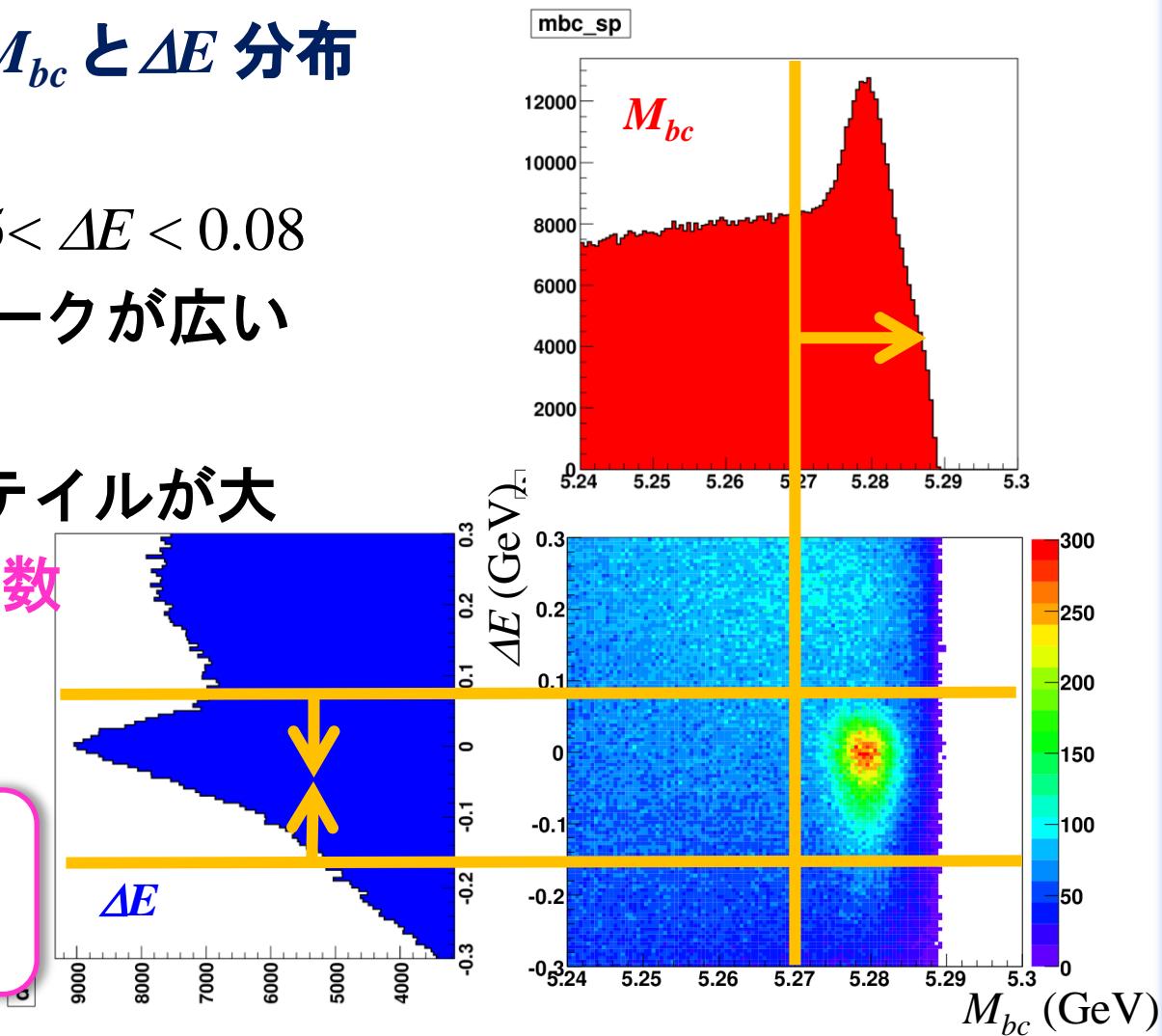
### ▶ $M_{bc}$ と $\Delta E$ ともにピーグが広い

→  $\gamma$  の影響

### ▶ 2つともピーグのテイルが大

→ 1イベントに複数  
のB候補

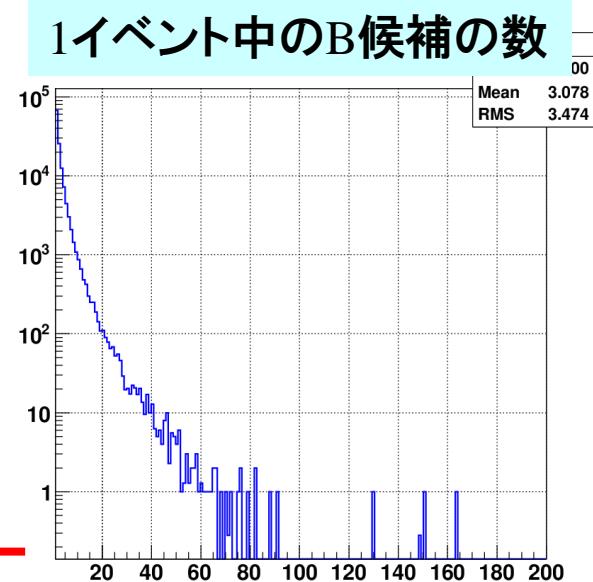
Bの最適候補の選択を  
することが必要



# Bの最適候補の選択

## ● Bの複数候補の数をチェック

- ▶  $5.24 \text{ GeV} < M_{bc},$   
 $-0.15 < |\Delta E| < 0.08 \text{ GeV}$
  - ▶ かなり多いイベントあり
  - ▶ 平均 : 3.1
- ⇒ 正しいBの候補を選択できるかが重要



## ● 最適候補選択 ; Best candidate selection(BCS)

- ▶  $X_s$ の崩壊点フィットの最大のC.L.を持つ候補を選択  
( $K_s\pi^0\gamma$  候補を含む場合 →  $|\Delta E|$  の最小の候補を選択)
  - 複数の候補が残った場合 →  $|\Delta E|$  の最小の候補を選択

# 再構成効率とPurity

	K $\pi$	K2 $\pi$	K3 $\pi$	K4 $\pi$	3K	3K $\pi$
Before BC	36145	41313	41348	39868	948	1074
	19.5%	25.6%	41.5%	86.2%	16.4%	15.3%
# of true	31569	20776	6792	1693	781	314
	17.1%	12.9%	6.8%	3.7%	13.5%	4.5%
# of cross-feed	2216	13235	24662	31130	161	594
	6.1%	32.0%	59.6%	78.1%	17.0%	55.3%
Purity	87.3%	50.3%	16.4%	4.2%	82.4%	29.2%
<hr/>						
	K $\pi$	K2 $\pi$	K3 $\pi$	K4 $\pi$	3K	3K $\pi$
After BC	30153	23576	13909	9131	781	575
	16.3%	14.6%	14.0%	19.8%	14.1%	9.1%
# of true	28046	15582	4018	883	674	224
	7.2%	9.7%	4.0%	1.9%	12.1%	3.5%
# of cross-feed	1079	5285	7002	6681	93	278
	3.6%	22.4%	50.3%	73.2%	11.9%	48.3%
Purity	93.0%	66.1%	28.9%	9.7%	86.3%	39.0%

\*cross-feed : 他のモードの混入

再構成効率 (Reco/Generate)

Cross-feedの割合 (cross-feed/total)

- BCS前後で
  - cross-feed減
  - purityアップ
- 全体の再構成効率 = 8.0 %

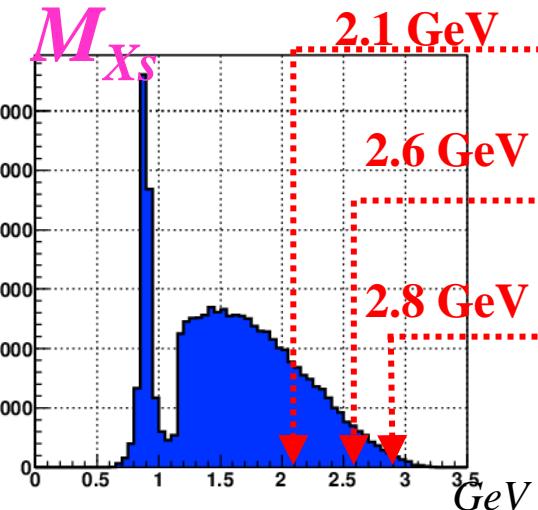
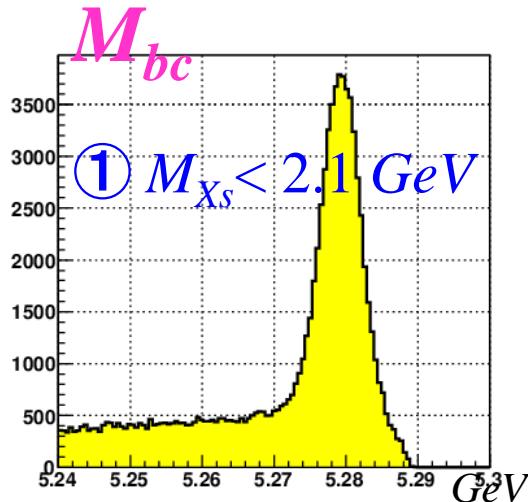
## 結果改善のために...

- ▶ より効果的なBCSを探す
- ▶  $K\eta$  と  $2\pi^0$  モードの再構成 ← より多くの終状態を理解し、  
ハドロン化の系統誤差を減らすため

# Best candidate selection後の $M_{bc}$ と $X_s$ 質量

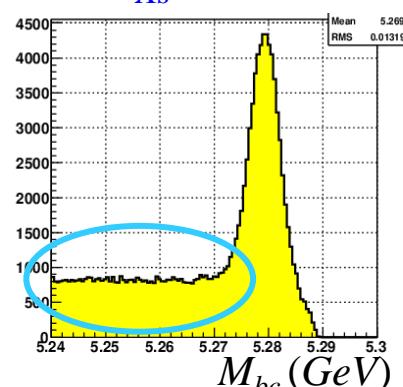
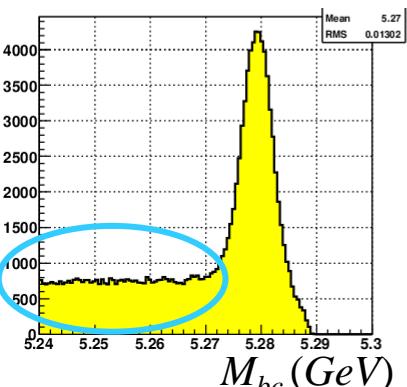
## ● BCS後の $M_{bc}$ と $X_s$ の質量( $M_{Xs}$ )分布

$M_{Xs}$ の大きな領域を理解したい



②  $M_{Xs} < 2.6 \text{ GeV}$

③  $M_{Xs} < 2.8 \text{ GeV}$



$M_{Xs}$ のカット値を上げると再構成をミスしているイベント増  
(もちろんBGも)

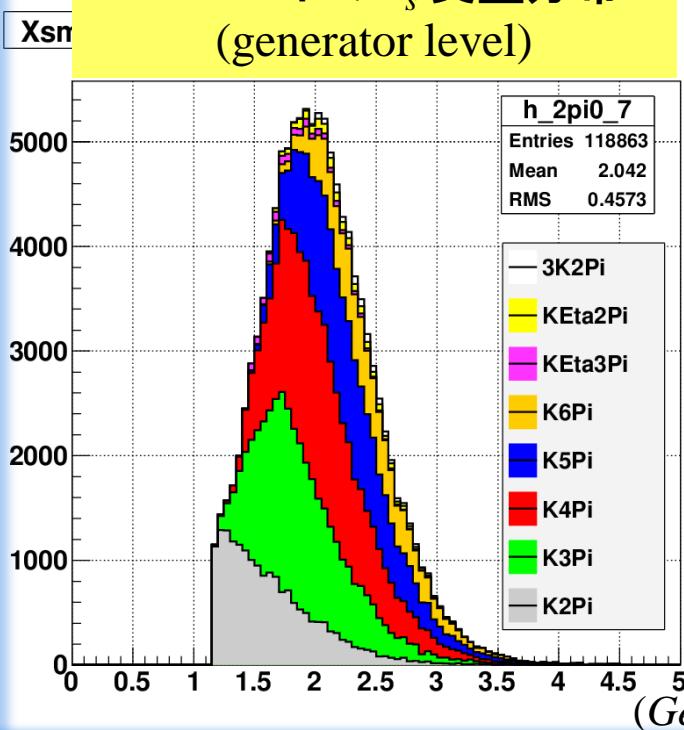
$M_{Xs} < 2.6 \text{ GeV}$ が妥当(?)

# 次の予定: $2\pi^0$ モードの再構成

## ● $2\pi^0$ を含むモードの再構成を行う

- ▶  $X_s$  の終状態の 13.7 %
- ▶  $\gamma$  の BG が多くあり再構成効率が低く、理解が難しい
- ▶ 以前の Belle の解析では行っていないが Babar ではやっている

2 $\pi^0$  モードの  $X_s$  質量分布  
(generator level)



	イベント数	割合
K2Pi	18238	15.3%
K3Pi	29462	24.8%
K4Pi	32946	27.7%
K5Pi	22452	18.9%
K6Pi	11935	10.0%
KEta2Pi	1244	1.0%
KEta3Pi	1542	1.3%
3K2Pi	1014	0.9%
Sum	118833	

} ~40%

$K4\pi$  の  $2\pi^0$  モード  
は理解困難

$K2\pi$  と  $K3\pi$  の  
 $2\pi^0$  モードに挑戦

# まとめと予定

## ● まとめ

- ▶  $B \rightarrow X_s \gamma$  の崩壊分岐比と非対称度は新物理に感度あり
- ▶ Semi-inclusive 再構成法を用いてを  $B \rightarrow X_s \gamma$  を測定
- ▶ 現在までに 25 の  $X_s$  の終状態を再構成
- ▶ Best candidate selection
- ▶ 再構成効率と cross-feed の割合、purity を調べた

## ● 予定

- ▶  $K\eta(\pi)$  と  $2\pi^0$  モードの再構成
- ▶ より効果的な Best candidate selection
- ▶ バックグラウンドの研究

# Back up

# $b \rightarrow s\gamma$ inclusive崩壊分岐比測定

$$\Gamma(b \rightarrow s\gamma) = \frac{G_F^2 \alpha_{em} m_b^5 |V_{ts}^* V_{tb}|^2}{32\pi^3} |C_7^{\text{eff}}|^2$$

Effective Hamiltonian of inclusive radiative B decay

$$\mathcal{H}_{\text{eff}} = -\frac{4G_F}{\sqrt{2}} V_{tb} V_{ts}^* \sum_{i=1}^{10} C_i(\mu) O_i(\mu)$$

$C_i$  : Wilson coefficient

$O_{1,2}$  : current current operator

$O_{3-6}$  : QCD penguin operator

$O_{7,8}$  : electro- and chromo operator

$O_{9,10}$  : semi-leptonic operator

# find Ks

## ● Ksを選ぶための4つの要求

- ▶  $\pi^+$ と $\pi^-$ の飛跡が衝突点付近からきていない( $dr$ )
- ▶  $K_s$ の運動量の向きが衝突点方向( $d\phi$ )
- ▶  $\pi^+$ と $\pi^-$ の飛跡が共通の1点(= $K_s$ の崩壊点)からきてている( $z\_dist$ )
- ▶  $K_s$ がある程度走っている( $fl$ )

## Efficiency Matrix Before Best candidate selection

Generated Mode	Reconstructed Mode																									
	K $\pi$	Ks $\pi$	K $\pi^0$	Ks $\pi^0$	K $\pi\pi$	Ks $\pi\pi$	K $\pi\pi^0$	Ks $\pi\pi^0$	K3 $\pi$	Ks3 $\pi$	K2 $\pi\pi 0$	Ks2 $\pi\pi 0$	K4 $\pi$	Ks4 $\pi$	K3 $\pi\pi 0$	Ks3 $\pi\pi 0$	3K	2KKs	3K $\pi$	2KKs $\pi$	3K $\pi^0$	2KKs $\pi^0$	K2Ks	K2Ks $\pi$	K2Ks $\pi^0$	Sum (Gen)
K $\pi$	19658 28.0%	14 0.5%	324 0.5%	0 0.0%	1084 1.5%	22 0.0%	1077 1.5%	8 0.0%	359 0.5%	8 0.0%	216 0.3%	15 0.0%	65 0.1%	4 0.0%	143 0.2%	4 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	4 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	70308	
Ks $\pi$	60 0.2%	6663 17.7%	11 0.0%	242 0.6%	189 0.5%	542 1.4%	145 1.0%	382 1.0%	86 0.2%	99 0.3%	79 0.2%	166 0.4%	8 0.0%	36 0.1%	37 0.1%	50 0.1%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	37714	
K $\pi^0$	461 1.2%	4 0.0%	5907 15.7%	3 0.0%	510 1.4%	1 0.0%	985 0.0%	3 2.6%	157 0.4%	3 0.0%	387 1.0%	8 0.0%	49 0.1%	2 0.0%	167 0.4%	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	37740	
Ks $\pi^0$	4 0.0%	151 0.9%	7 0.0%	1701 9.7%	8 0.0%	166 0.9%	78 0.4%	353 2.0%	20 0.1%	60 0.3%	27 0.2%	135 0.0%	5 0.0%	15 0.1%	22 0.3%	50 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	17614	
K $\pi\pi$	130 0.3%	6 0.0%	52 0.1%	0 0.0%	261 1.1%	21 2.4%	166 0.0%	78 3.3%	353 0.1%	20 1.9%	60 3.1%	27 0.0%	1700 0.7%	27 0.0%	1558 0.9%	19 0.0%	351 0.7%	9 0.0%	524 1.0%	19 0.0%	9 4	1 0	0 0	0 0	0 0	50941
Ks $\pi\pi$	10 0.0%	32 0.1%	2 0.0%	9 0.0%	103 0.0%	3531 6.9%	61 0.1%	289 0.6%	365 0.0%	467 1.3%	138 0.0%	451 0.5%	51 0.0%	122 0.2%	190 0.0%	123 0.0%	2 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	23307	
K $\pi\pi^0$	161 0.3%	1 0.0%	64 0.1%	2 0.0%	1003 1.8%	16 0.0%	8562 15.1%	21 0.0%	1221 2.2%	13 0.0%	1400 2.5%	50 0.1%	185 0.3%	9 0.0%	868 1.5%	21 0.0%	2976 0.0%	39 0.0%	12 0.0%	0 0.0%	13 0.0%	2 5	3 4	0 0	0 0	56538
Ks $\pi\pi^0$	5 0.0%	56 0.2%	1 0.0%	39 0.1%	25 0.0%	510 1.7%	159 0.5%	2666 8.8%	120 0.4%	330 1.1%	143 0.5%	676 2.2%	25 0.0%	179 0.6%	180 0.0%	475 0.6%	6 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 1	1 1	0 0	30453	
K $\pi\pi\pi$	2 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	115 0.7%	6 0.0%	102 0.0%	0 0.0%	4725 27.8%	22 0.1%	678 4.0%	27 0.2%	649 3.8%	16 0.1%	1209 7.1%	14 0.1%	8 0.1%	1 0.0%	9 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	16982	
Ks $\pi\pi\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	7 0.1%	77 0.9%	7 0.3%	25 1.9%	173 13.1%	1181 0.4%	38 4.8%	64 2.5%	221 2.0%	177 2.8%	250 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	9009		
K $\pi\pi\pi^0$	27 0.1%	0 0.0%	7 0.0%	0 0.0%	592 1.2%	8 0.0%	464 0.0%	3 4.6%	2321 0.1%	27 17.2%	80 0.2%	1255 2.5%	14 0.0%	2976 5.9%	39 0.1%	12 0.0%	0 0.0%	13 0.0%	2 5	3 4	0 0	0 0	0 0	50223		
Ks $\pi\pi\pi^0$	3 0.0%	5 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	13 0.7%	171 0.5%	30 8.8%	96 0.4%	181 1.1%	619 0.5%	165 2.2%	97 0.2%	403 0.6%	475 0.6%	811 0.0%	0 0.0%	5 0.0%	1 0.0%	5 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	23382		
K4 $\pi$	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	18 0.3%	1 0.0%	10 0.2%	0 0.0%	251 4.3%	2 0.0%	150 4.0%	4 0.0%	1663 2.6%	15 0.1%	743 2.8%	6 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	5806		
Ks4 $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.1%	1 0.1%	3 0.0%	0 0.0%	22 0.8%	51 0.2%	5 0.2%	35 1.3%	38 2.2%	64 13.9%	60 4.0%	381 5.1%	110 0.0%	140 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2741		
K3 $\pi\pi^0$	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	43 0.5%	6 0.1%	40 0.0%	1 0.0%	857 3.5%	16 0.1%	476 1.9%	26 0.1%	1025 4.2%	22 0.1%	5281 21.6%	74 0.3%	0 0.0%	0 0.0%	8 0.0%	0 0.0%	4 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	24487		
Ks3 $\pi\pi^0$	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	21 0.2%	3 0.0%	9 0.0%	88 0.7%	207 0.2%	30 0.2%	294 0.3%	44 0.2%	552 4.2%	359 2.7%	1413 10.7%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	13191		
3K	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	17 0.5%	2 0.1%	6 0.0%	0 0.0%	62 0.0%	0 0.0%	34 1.6%	1 0.0%	22 0.6%	0 0.0%	80 2.1%	1 0.0%	626 16.6%	5 0.1%	5 0.1%	25 0.7%	1 0.1%	27 0.7%	0 0.0%	0 0.0%	3766	
2KKs	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	4 0.5%	2 0.1%	6 0.0%	0 0.0%	39 1.6%	5 0.0%	17 0.6%	1 0.0%	15 0.8%	0 0.0%	47 2.6%	1 0.0%	152 2.0%	4 0.0%	12 0.7%	1 0.1%	3 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1788	
3K $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.1%	0 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	16 0.8%	0 0.0%	6 0.0%	0 0.0%	28 0.9%	0 0.0%	49 2.5%	0 0.0%	179 9.0%	6 0.0%	27 0.7%	2 0.1%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1985	
2KKs $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	16 0.8%	0 0.0%	17 0.0%	6 0.0%	26 0.8%	7 0.0%	66 3.2%	12 0.6%	0 0.0%	5 0.0%	4 0.0%	119 5.2%	10 0.0%	30 0.5%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	2073
3K $\pi^0$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	0 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	9 0.8%	0 0.0%	8 0.0%	0 0.0%	13 0.5%	0 0.0%	14 3.2%	0 0.6%	179 0.6%	1 0.0%	8 0.2%	2 0.1%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1541	
2KKs $\pi^0$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	4 0.1%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	179 2.9%	0 0.0%	2 0.0%	42 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	736	
K2Ks	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.5%	6 0.0%	2 0.0%	5 0.0%	12 0.5%	3 0.0%	15 5.5%	2 0.0%	32 1.4%	7 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	219
K2Ks $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.2%	0 0.2%	0 0.0%	0 0.0%	5 0.9%	1 0.0%	1 0.0%	2 0.0%	5 0.9%	2 0.0%	11 0.4%	3 0.0%	0 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	5 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	4 0.0%	544	
K2Ks $\pi^0$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	154	
K $\eta$	8 0.2%	0 0.0%	28 0.5%	0 0.0%	50 1.0%	0 0.0%	69 1.4%	0 0.0%	18 0.4%	1 0.0%	51 1.0%	0 0.0%	12 0.2%	0 0.0%	29 0.6%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	5092	
Ks $\eta$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	12 0.5%	1 0.0%	31 1.3%	13 0.5%	27 1.1%	3 0.1%	4 0.2%	4 0.0%	15 0.6%	1 0.0%	1 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2390	
K $\eta\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	11 0.3%	2 0.0%	28 0.7%	0 0.0%	64 1.6%	0 0.0%	24 0.6%	0 0.0%	9 0.0%	0 0.0%	67 1.6%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	4129	
Ks $\eta\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	5 0.2%	2 0.0%	5 0.1%	10 0.0%	17 0.4%	2 0.0%	34 0.4%	2 0.0%	11 0.0%	7 0.0%	11 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2299	
K $\eta\pi^0$	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	11 0.5%	0 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	44 0.2%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2228	
Ks $\eta\pi^0$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.1%	1 0.0%	3 0.0%	1 0.0%	6 0.0%	1 0.0%	10 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	3 0.0%	14 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1041	
K $\eta\pi\pi$	2 0.1%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	4 0.2%	1 0.0%	7 0.0%	0 0.0%	17 0.7%	0 0.0%	68 2.8%	1 0.0%	42 1.7%	1 0.0%	95 3.9%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2453	
Ks $\eta\pi\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	2 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	14 1.3%	1 0.0%	14 1.3%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1067	
K $\eta\pi\pi^0$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	20 0.0%	0 0.0%	14 0.7%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1930	
Ks $\eta\pi\pi^0$	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1030	
Other	88 0.0%	45 0.0%	99 0.0%	26 0.0%	448 0.0%	174 0.0%	1136 0.0%	261 0.0%	1746 0.0%	433 0.0%	2839 0.0%	1120 0.0%	2455 0.0%	848 0.0%	9359 0.0%	2125 0.0%	23 0.0%	25 0.0%	87 0.0%	42 0.0%	83 0.0%	41 0.0%	20 0.0%	9 0.0%	474951	
Sum (Reco)	20628	6977	6505	2035	17574	5340	14239	4160	14689	3616	17252	5791	8247	2776	23440	5405	708	216	385	221	294	137	24	21	16	
TRUE	18699	6358	5071	1441	10754	2766	5505	1751	2794	741	2632</td															

## **Efficiency Matrix After Best candidate selection**

Generated Mode	Reconstructed Mode																										
	K $\pi$	Ks $\pi$	K $\pi^0$	Ks $\pi^0$	K $\pi\pi$	Ks $\pi\pi$	K $\pi\pi^0$	Ks $\pi\pi^0$	K3 $\pi$	Ks3 $\pi$	K2 $\pi\pi$	Ks2 $\pi\pi$	K4 $\pi$	Ks4 $\pi$	K3 $\pi\pi$	Ks3 $\pi\pi$	3K	2K $Ks$	3K $\pi$	2K $Ks\pi$	3K $\pi^0$	2K $Ks\pi^0$	K2 $Ks$	K2 $Ks\pi$	K2 $Ks\pi^0$	Sum (Gen)	
K $\pi$	17460 24.8%	11 0.0%	96 0.1%	0 0.0%	502 0.7%	12 0.0%	401 0.6%	3 0.0%	112 0.2%	3 0.0%	47 0.1%	3 0.0%	6 0.0%	1 0.0%	35 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	70308	
Ks $\pi$	40 0.1%	5721 15.2%	7 0.0%	39 0.1%	97 0.3%	206 0.2%	79 0.4%	137 0.1%	31 0.0%	14 0.0%	20 0.1%	28 0.1%	0 0.0%	7 0.0%	8 0.0%	7 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	37714	
K $\pi^0$	233 0.6%	4 0.0%	4744 12.6%	3 0.0%	192 0.5%	1 0.2%	433 0.4%	1 0.0%	38 0.1%	0 0.0%	95 0.3%	5 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	17 0.0%	1 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	37740	
Ks $\pi^0$	3 0.0%	85 0.5%	4 0.0%	1149 6.5%	3 0.0%	63 0.4%	46 0.3%	147 0.8%	7 0.0%	14 0.0%	9 0.1%	30 0.2%	2 0.0%	3 0.0%	7 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	17614	
K $\pi\pi$	65 0.1%	2 0.0%	11 0.0%	0 0.0%	9112 17.9%	18 0.0%	308 0.6%	2 0.0%	534 1.0%	11 0.0%	354 0.7%	3 0.0%	58 0.1%	1 0.0%	99 0.2%	7 0.0%	3 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	50941	
Ks $\pi\pi$	7 0.0%	19 0.1%	2 0.0%	2 0.0%	246 9.5%	24 0.1%	2205 0.2%	24 0.0%	58 0.6%	148 0.5%	127 0.2%	39 0.5%	9 0.0%	167 0.1%	2 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	23307	
K $\pi\pi^0$	111 0.2%	1 0.0%	28 0.0%	0 0.0%	426 0.8%	10 0.0%	5426 9.6%	11 0.0%	421 0.6%	6 0.0%	342 0.6%	12 0.0%	42 0.1%	4 0.0%	167 0.3%	2 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	56538	
Ks $\pi\pi^0$	3 0.0%	31 0.1%	0 0.0%	13 0.0%	11 0.0%	205 0.5%	90 0.0%	1548 5.1%	37 0.1%	92 0.3%	49 0.2%	158 0.5%	6 0.0%	14 0.1%	41 0.0%	33 0.1%	0 0.0%	4 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	30453	
K $\pi\pi\pi$	1 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	43 0.3%	2 0.0%	23 0.0%	0 0.0%	2220 13.1%	8 0.0%	123 0.1%	3 0.0%	121 0.7%	4 0.0%	183 1.1%	1 0.0%	7 0.0%	1 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	16982	
Ks $\pi\pi\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	3 0.3%	24 0.1%	5 0.0%	61 0.5%	312 5.7%	14 0.2%	65 0.2%	15 0.0%	48 0.5%	14 0.0%	50 0.6%	47 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	9009	
K $\pi\pi\pi^0$	15 0.0%	0 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	246 0.5%	4 0.0%	149 0.0%	1 0.0%	740 1.5%	8 0.0%	3889 6.7%	20 0.0%	232 0.5%	3 0.0%	556 0.5%	6 0.0%	6 0.0%	0 0.0%	5 0.0%	1 0.0%	2 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	50223	
Ks $\pi\pi\pi^0$	3 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	8 0.3%	59 0.0%	11 0.0%	24 0.0%	68 0.3%	165 0.2%	48 0.2%	786 3.4%	16 0.1%	100 0.3%	115 0.5%	0 0.0%	3 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	23382	
K4 $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	51 0.9%	0 0.0%	27 0.5%	0 0.0%	519 8.9%	6 0.1%	110 1.9%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	5806	
Ks4 $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.1%	2 0.2%	5 0.0%	0 0.0%	3 0.1%	12 0.4%	29 1.2%	16 0.6%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2741	
K3 $\pi\pi^0$	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	19 0.1%	2 0.0%	13 0.0%	1 0.0%	249 1.0%	4 0.0%	92 0.0%	10 0.0%	252 0.4%	4 0.1%	1471 1.1%	13 0.2%	2 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	24487	
Ks3 $\pi\pi^0$	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	8 0.0%	2 0.0%	1 0.0%	31 0.2%	46 0.3%	5 0.0%	43 0.3%	13 0.1%	95 0.7%	83 0.6%	345 2.6%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	13191	
3K	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	9 1.0%	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	26 0.0%	0 0.0%	5 1.0%	0 0.0%	1 0.0%	6 0.0%	0 0.0%	17 0.0%	0 0.0%	560 14.9%	1 0.0%	17 0.5%	0 0.0%	11 0.5%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	3766
2KKs	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	17 0.0%	3 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	8 0.0%	0 0.0%	123 14.9%	0 0.0%	1 0.0%	7 0.0%	2 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1788	
3K $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	8 0.4%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	10 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	14 0.0%	0 0.0%	111 5.6%	2 0.1%	7 0.1%	1 0.0%	1 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1985
2KKs $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	8 0.0%	0 0.0%	3 1.0%	2 0.0%	1 0.0%	21 0.0%	0 0.0%	78 1.0%	5 0.0%	8 0.0%	2 0.0%	1 0.0%	5 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	736	
K2Ks	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	2 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	21 0.1%	2 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	219	
K2Ks $\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	2 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	544	
K2Ks $\pi^0$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	154	
K $\eta$	8 0.2%	0 0.0%	28 0.5%	0 0.0%	50 1.0%	0 0.0%	69 1.4%	0 0.0%	18 0.4%	1 0.0%	51 1.0%	0 0.0%	12 0.1%	0 0.0%	29 0.6%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	5092
Ks $\eta$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	12 0.5%	1 0.0%	31 1.3%	13 0.5%	27 1.1%	3 0.1%	4 0.1%	15 0.2%	1 0.0%	4 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2390	
K $\eta\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	11 0.3%	2 0.0%	28 0.7%	0 0.0%	64 1.6%	0 0.0%	24 0.6%	0 0.0%	9 0.2%	0 0.0%	67 1.6%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	4129
Ks $\eta\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	5 0.2%	2 0.0%	10 0.1%	17 0.0%	2 0.0%	34 0.2%	2 0.0%	15 0.0%	7 0.0%	7 0.0%	11 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2299	
K $\eta\pi^0$	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	11 0.0%	0 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	44 0.2%	0 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	20 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2228
Ks $\eta\pi^0$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2 0.1%	1 0.0%	0 0.0%	3 0.0%	1 0.0%	10 0.1%	1 0.0%	6 0.0%	1 0.0%	3 0.0%	3 0.0%	14 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1041	
K $\eta\pi\pi$	2 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	4 0.2%	1 0.0%	7 0.0%	0 0.0%	17 0.0%	0 0.0%	68 0.7%	1 0.0%	42 0.1%	1 0.0%	95 1.3%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2453
Ks $\eta\pi\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	28 0.2%	0 0.0%	17 0.0%	0 0.0%	39 0.3%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1067
K $\eta\pi\pi^0$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.1%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	14 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	13 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1930
Ks $\eta\pi\pi^0$	1 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.1%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	14 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1030
K $\eta\pi\pi\pi$	2 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	4 0.2%	1 0.0%	7 0.0%	0 0.0%	17 0.0%	0 0.0%	68 0.7%	1 0.0%	42 0.1%	1 0.0%	95 1.3%	1 0.0%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	2453
Ks $\eta\pi\pi\pi$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	14 0.0%	0 0.0%	2 0.0%	0 0.0%	4 0.0%	0 0.0%	3 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1067
Other	70 0.0%	40 0.0%	63 0.0%	2 0.0%	184 0.0%	68 0.0%	446 0.0%	96 0.0%	578 0.0%	114 0.0%	701 0.0%	263 0.0%	563 0.0%	153 0.0%	2066 0.0%	418 0.0%	19<br										

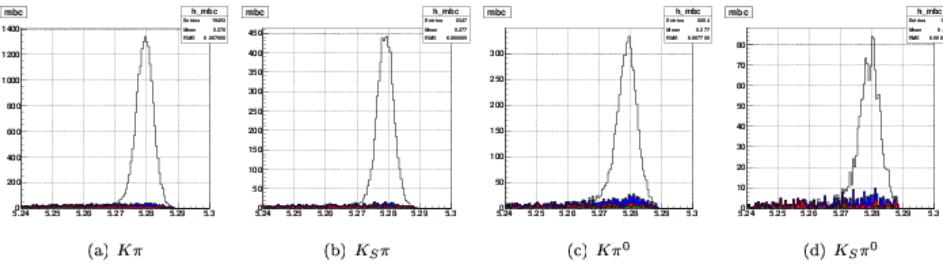


Figure 1:  $K\pi$

$M_{bc}$

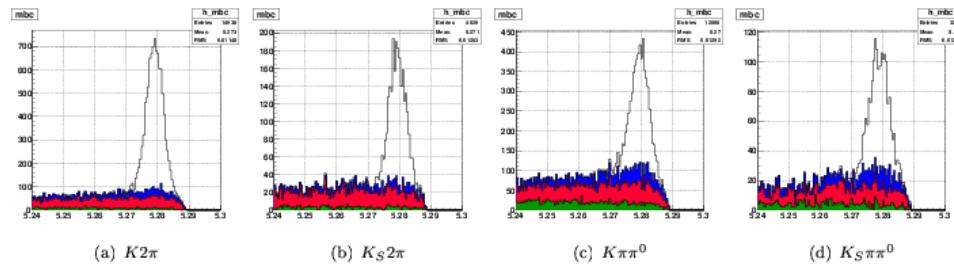


Figure 2:  $K2\pi$

White : True  
 Blue : False combination  
 Red : Off-diagonal  
 Green : Other

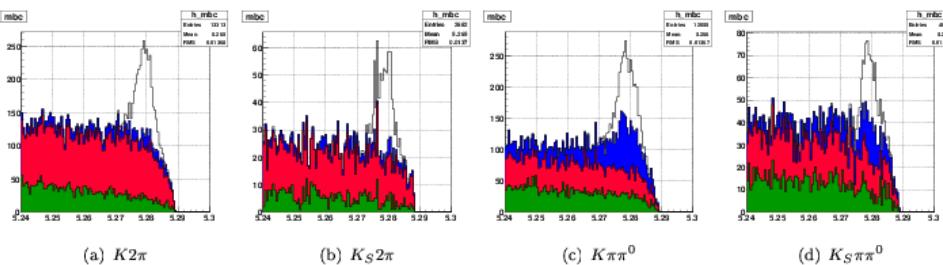


Figure 3:  $K3\pi$

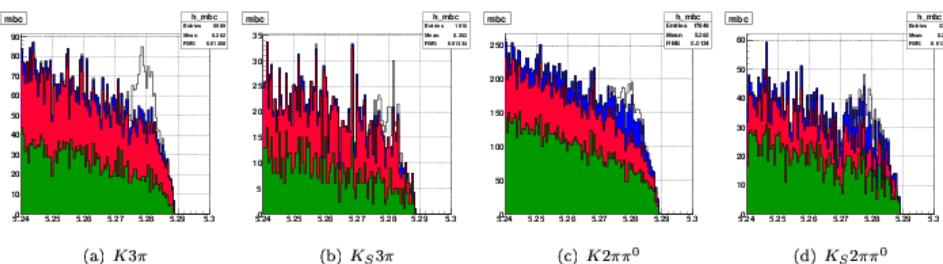
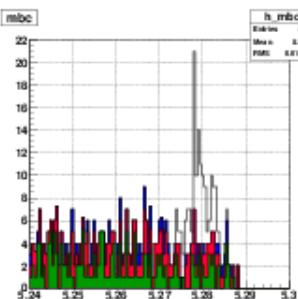
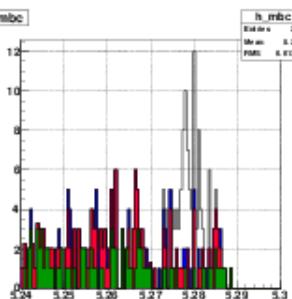


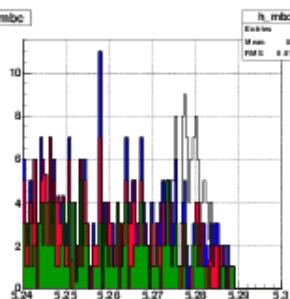
Figure 4:  $K4\pi$



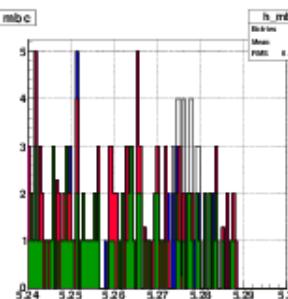
(a)  $3K\pi$



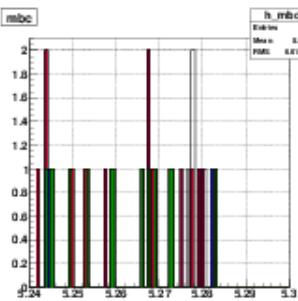
(b)  $2KK_S\pi$



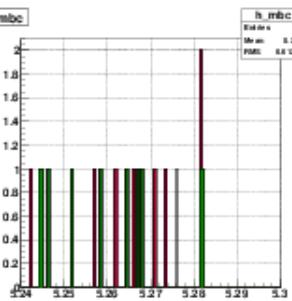
(c)  $3K\pi^0$



(d)  $2KK_S\pi^0$



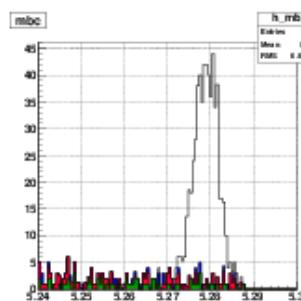
(e)  $K2KK_S\pi$



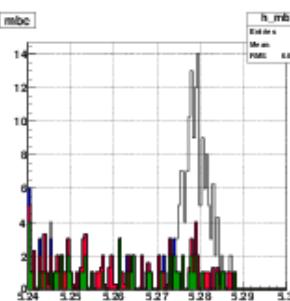
(f)  $K2K_S\pi^0$

White : True  
 Blue : False combination  
 Red : Off-diagonal  
 Green : Other

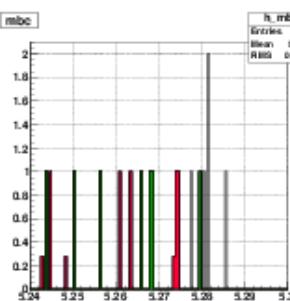
Figure 6:  $3K\pi$



(a)  $3K\pi$



(b)  $2KK_S$



(c)  $K2K_S$

Figure 5:  $3K$

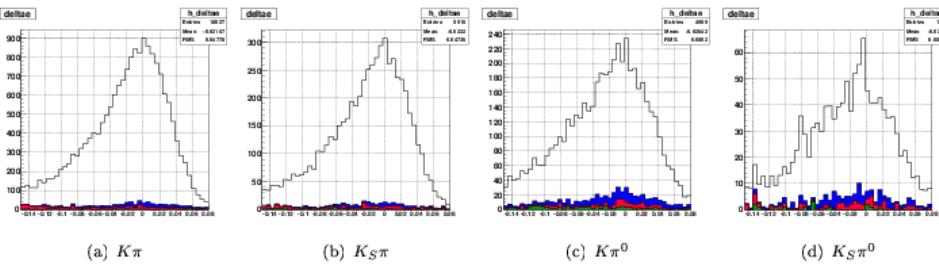
$\Delta E$ 


Figure 1:  $K\pi$

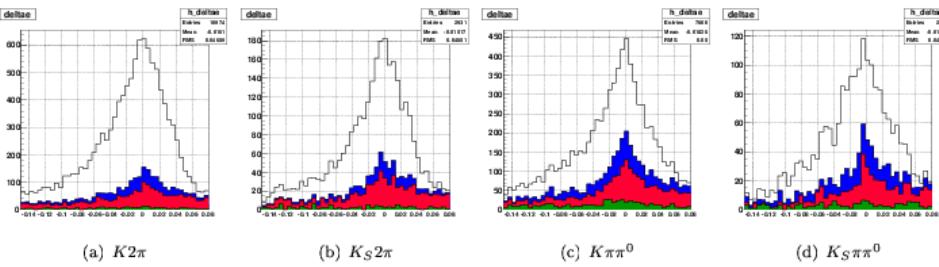


Figure 2:  $K2\pi$

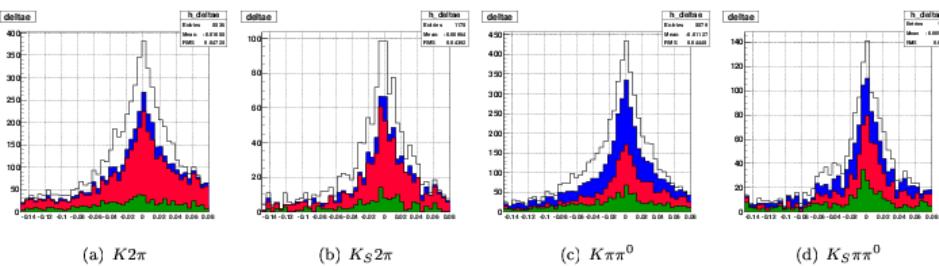


Figure 3:  $K3\pi$

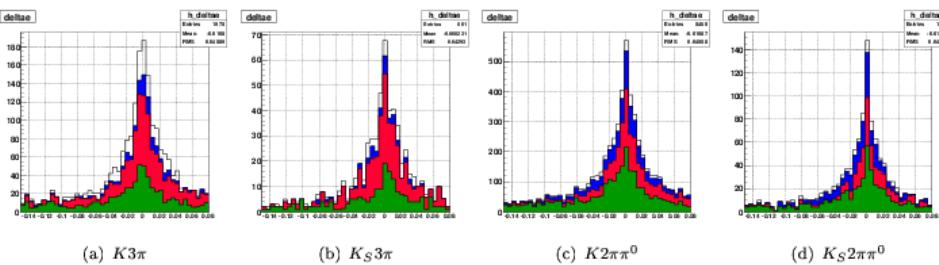


Figure 4:  $K4\pi$

- |       |                     |
|-------|---------------------|
| White | : True              |
| Blue  | : False combination |
| Red   | : Off-diagonal      |
| Green | : Other             |

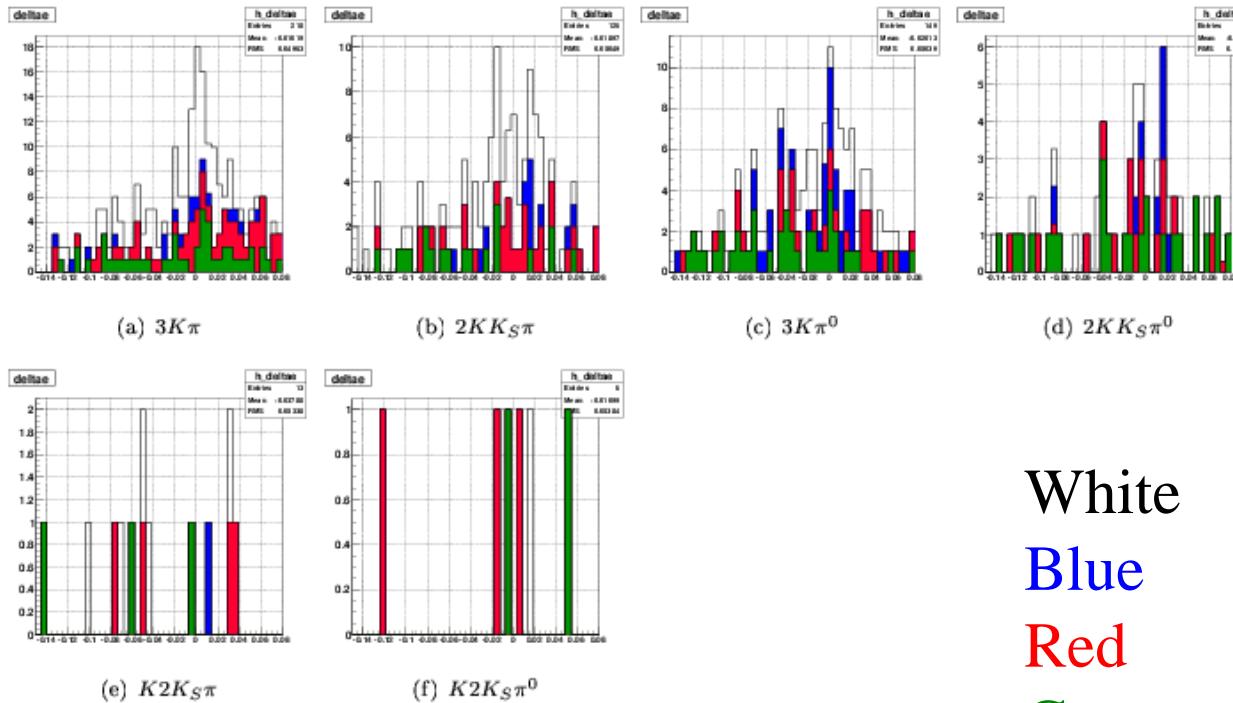


Figure 6:  $3K\pi$

White : True  
 Blue : False combination  
 Red : Off-diagonal  
 Green : Other

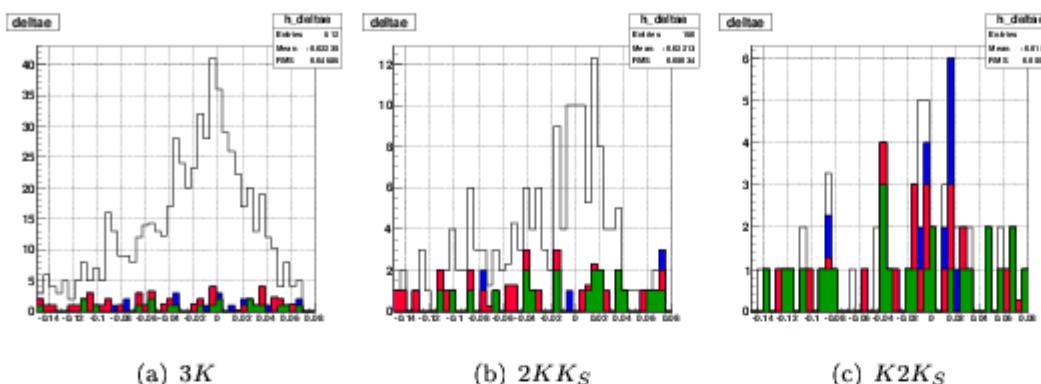


Figure 5:  $3K$

# $X_s$ mass

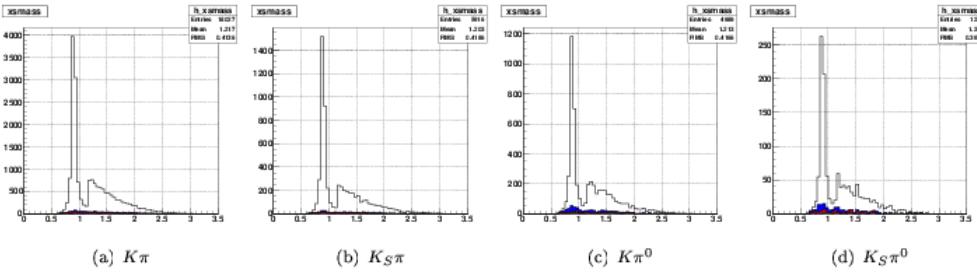


Figure 1:  $K\pi$

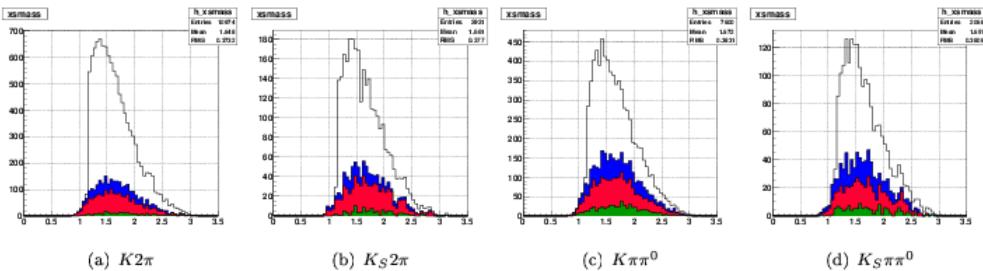


Figure 2:  $K2\pi$

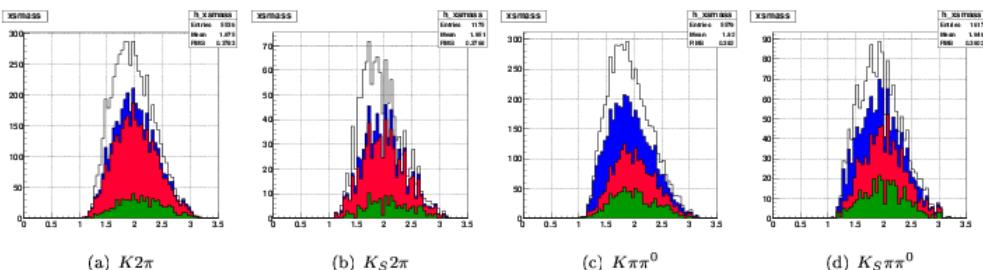
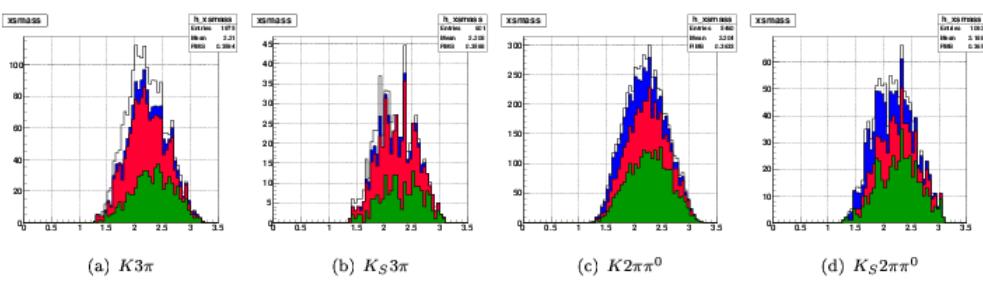


Figure 3:  $K3\pi$



- White : True
- Blue : False combination
- Red : Off-diagonal
- Green : Other

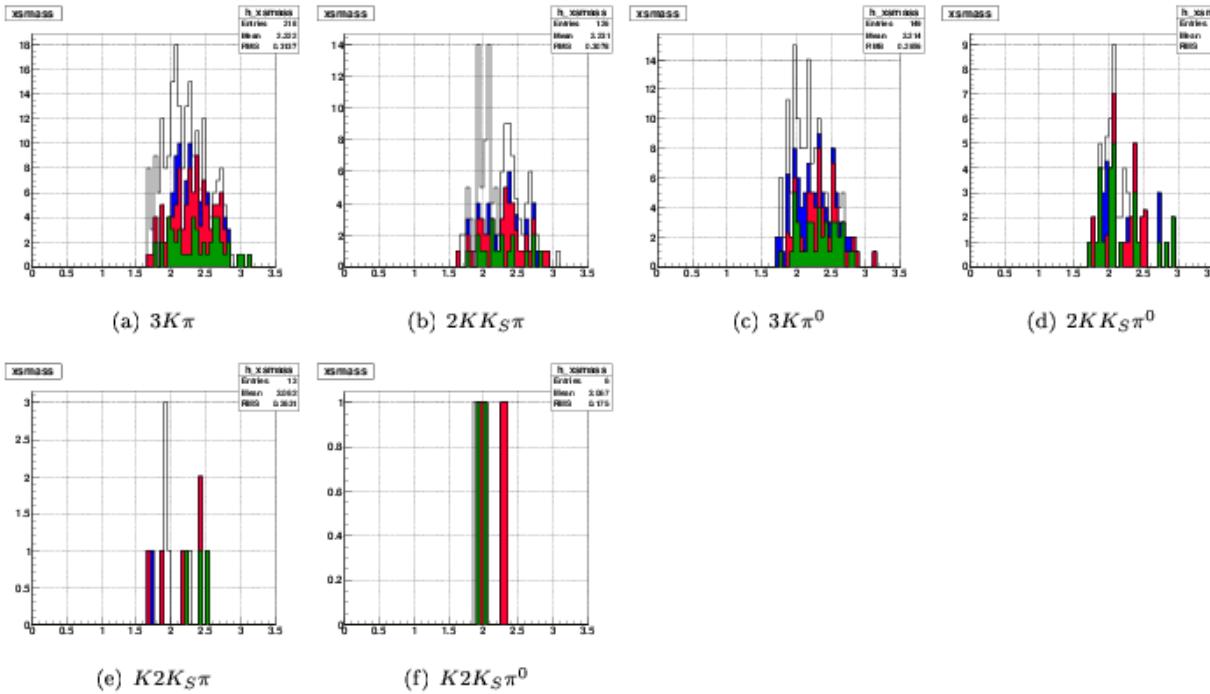


Figure 6:  $3K\pi$

White : True  
 Blue : False combination  
 Red : Off-diagonal  
 Green : Other

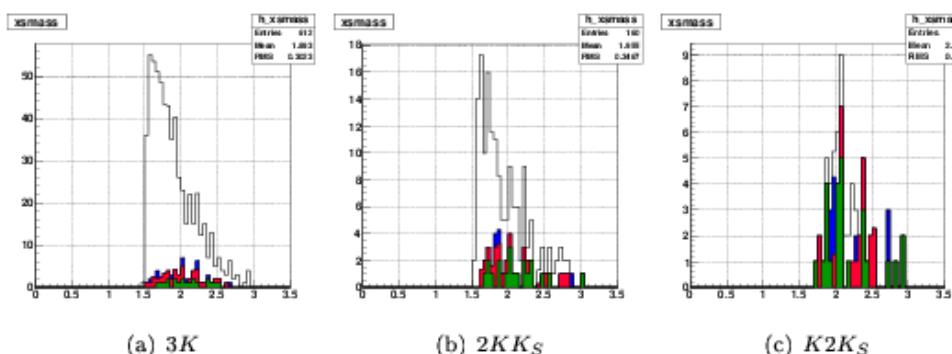


Figure 5:  $3K$

