



準包括的再構成手法を用いた $B \rightarrow X_s \gamma$ の崩壊分岐比と非対称度の測定

齋藤 智之 (東北大学)

石川明正、山本均、他Belle Collaboration

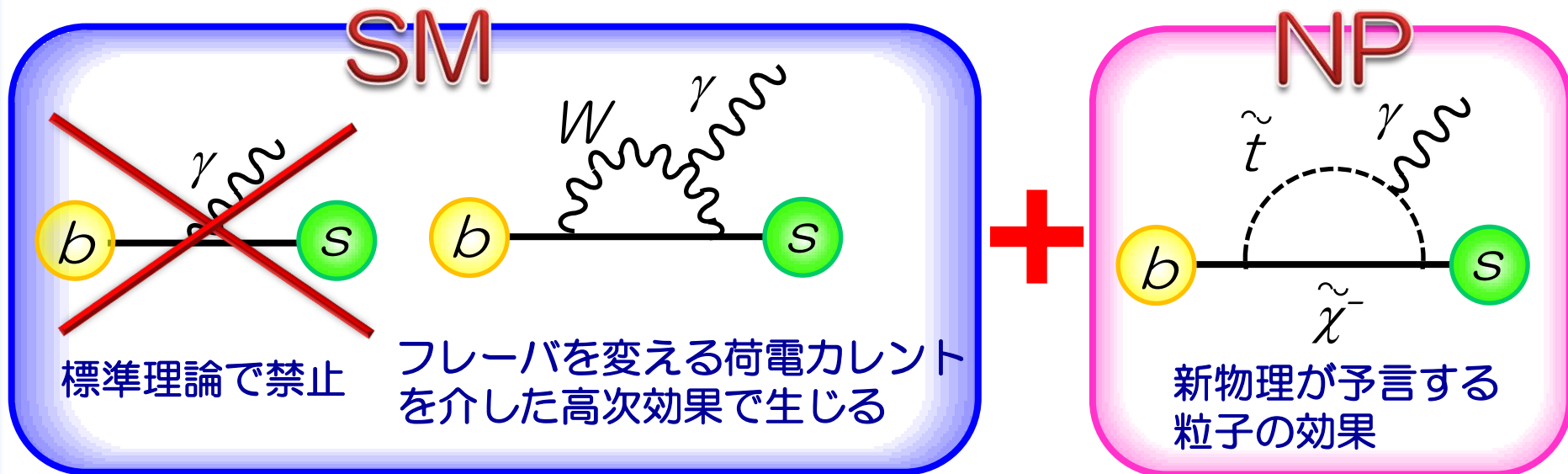
2012/3/24 日本物理学会 第67回年次大会 @ 関西学院大学

$b \rightarrow s \gamma$ 遷移

- 標準理論：ツリーレベル禁止 (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 ($H^\pm, \tilde{\chi}^\pm, \tilde{t}$ 等) への感度大

- 膨大な γ の背景事象 → LHCbでは難しい測定



崩壊分岐比と非対称度を測定し標準理論からのずれを検証

$B \rightarrow X_s \gamma$ の崩壊分岐比測定

包括的(Inclusive)崩壊 $B \rightarrow X_s \gamma$ が新物理探索に有用

包括的(inclusive)崩壊測定
[終状態の一部の粒子を観測]
・理論予言の精度高

* X_s : ストレンジネス
を1つ含む終状態の総称

完全包括的(full-inclusive)
再構成

(γ のエネルギーのみ測定)

- ・理論の不定性非常に小さい
- ・背景事象の除去大変
- ・検出器、背景事象の精密な理解必須

準包括的(semi-inclusive)
再構成

(X_s を複数の崩壊モードから
再構成)

- ・理論の不定性小さい
- ・ B 中間子を再構成するので
背景事象抑制可

$B \rightarrow X_s \gamma$ 崩壊分岐比

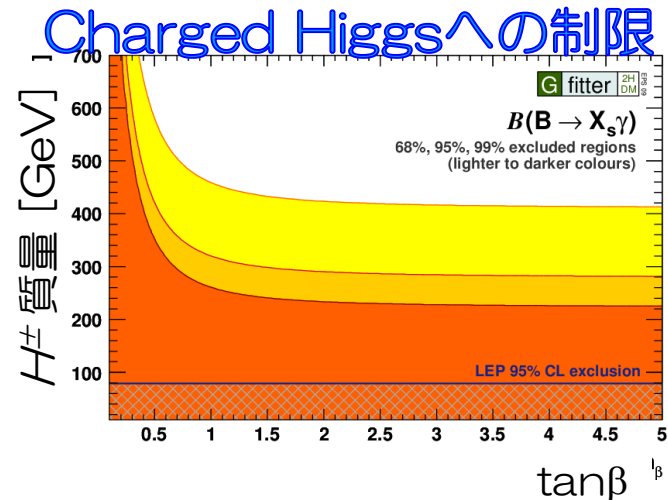
準包括的再構成法を用いた $B \rightarrow X_s \gamma$ の崩壊分岐比測定

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

● 世界平均 : $(3.55 \pm 0.24 \pm 0.09) \times 10^{-4}$ [HFAG10]

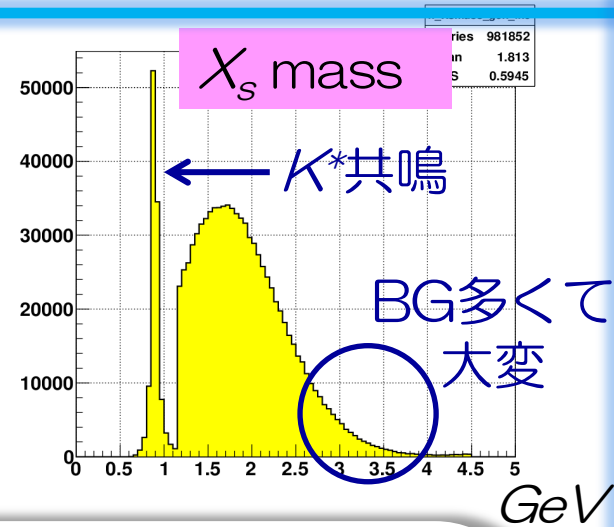
● 理論予言値 : $(3.15 \pm 0.23) \times 10^{-4}$ Full-inclusive含む

- ▶ Belleの全データ (711 fb^{-1}) 使えば統計100倍
- ▶ 系統誤差が支配的な解析
- ▶ CPの破れ、アイソスピンの破れも新物理に感度あり



研究のポイント

- MC : X_s は Pythia でハドロン化
- M_{X_s} の低い領域は K^* 共鳴
- M_{X_s} の高い領域 → カットして除去必要
 - ▶ 多体崩壊しやすい → 再構成困難
 - ▶ 低エネルギーの γ BG 大



Key Point : いかにか系統誤差を抑えるかが勝負

- 📌 X_s 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ことが重要
- 📌 X_s の質量分布の外挿の系統誤差
 - ▶▶▶ より高い X_s の質量領域の理解が重要

本発表ではシグナルMCを用いた解析結果を報告

準包括的法によるイベント再構成

- たくさんの $B \rightarrow X_s \gamma$ の終状態を再構成
- 現在までに**35の終状態**を再構成
(以前のBelleの解析に19モード追加)

$X_s \rightarrow K\pi, K_s\pi, K\pi^0, K_s\pi^0$	(K π)
$K\pi\pi, K_s\pi\pi, K\pi\pi^0, K_s\pi\pi^0$	(K2 π)
$K\pi\pi\pi, K_s\pi\pi\pi, K\pi\pi\pi^0, K_s\pi\pi\pi^0$	(K3 π)
$K\pi\pi\pi\pi, K_s\pi\pi\pi\pi, K\pi\pi\pi\pi^0, K_s\pi\pi\pi\pi^0$	(K4 π)
$KKK, KKK_s, KK_sK_s, KKK\pi, KKK_s\pi,$	} (3K, 3K π)
$KKK\pi^0, KKK_s\pi^0, KK_sK_s\pi, KK_sK_s\pi^0$	
$K\eta, K_s\eta, K\eta\pi, K_s\eta\pi, K\eta2\pi, K_s\eta2\pi$	(K $\eta, K\eta\pi, K\eta2\pi$)
$K\pi^0\pi^0, K_s\pi^0\pi^0, K\pi\pi^0\pi^0, K_s\pi\pi^0\pi^0$	(K2 $\pi^0, K2\pi\pi^0$)

X_s の終状態の73%をカバー (K* γ 含む)

粒子選別

BGの多い π^0 , η が
厳しめのカット

● K^\pm, π^\pm 選別

- ・衝突点付近からきている
- ・粒子識別
- ・ $p^{CM} > 100 \text{ MeV}$

● K_s 選別

- ・displaced vertex 等
- ・ $488 < M_{K_s} < 508 \text{ MeV}$

● Bからの γ 選別

- ・ $33^\circ < \theta_\gamma < 128^\circ$
(バレル領域)
- ・ $1.8 < E_\gamma^* < 3.4 \text{ GeV}$
- ・シャワーの形

● π^0 選別

- ・ $E_\gamma > 50 \text{ MeV}$
- ・ $123 < M_{\pi^0} < 143 \text{ MeV}$
- ・ $\cos\theta_{\gamma\gamma} > 0.4$
- ・ $p^{CM} > 100 \text{ MeV}$

$\left[\begin{array}{l} p^{CM}_{slow} > 0.25 \text{ GeV}, \\ p^{CM}_{fast} > 0.40 \text{ GeV} \end{array} \right]$ ($2\pi^0$ モードのみ)

● $\eta (\rightarrow \gamma\gamma)$ 選別

- ・ $E_\gamma > 50 \text{ MeV}$
- ・ $515 < M_\eta < 570 \text{ GeV}$
- ・ $|\cos\theta_{hel}| < 0.8$
- ・ $p^{CM} > 0.5 \text{ GeV}$

シグナル領域

●シグナル領域： M_{bc} と ΔE で定義

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

$$M_{bc} \equiv \sqrt{(E_{beam}^*/c^2)^2 - (|\vec{p}_B^*|/c)^2} : \text{Bの不変質量に対応}$$

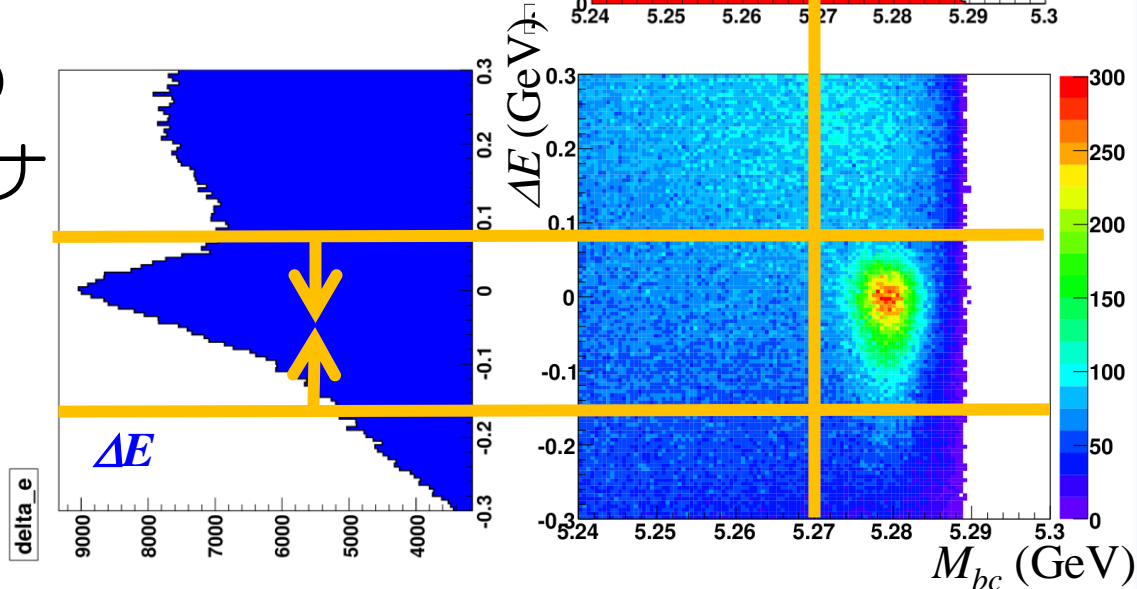
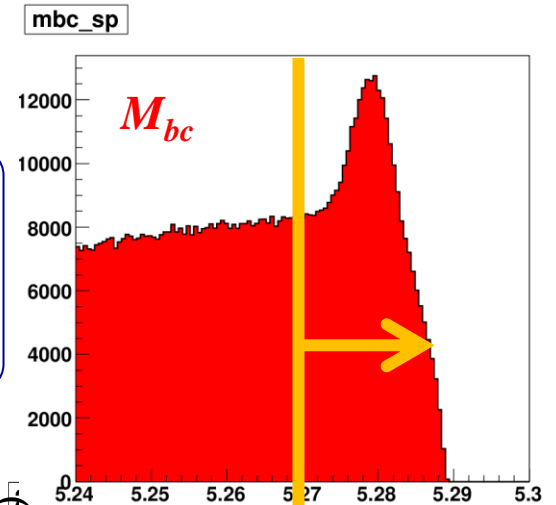
$$\vec{p}_B^* = \vec{p}_{X_s}^* + (\vec{p}_\gamma^* / |\vec{p}_\gamma^*|) \times (E_{beam}^* - E_{X_s}^*) / c$$

$$\Delta E \equiv E_{X_s}^* + E_\gamma^* - E_{beam}^* \quad \text{粒子の} E \text{の和と} E_{beam} \text{の差}$$

- ▶ 最終的には M_{bc} で評価
- ▶ シグナルの下に多くの cross-feed (他のシグナルの混入)

→ 3.7 候補/イベント

B候補の正しい選択が重要



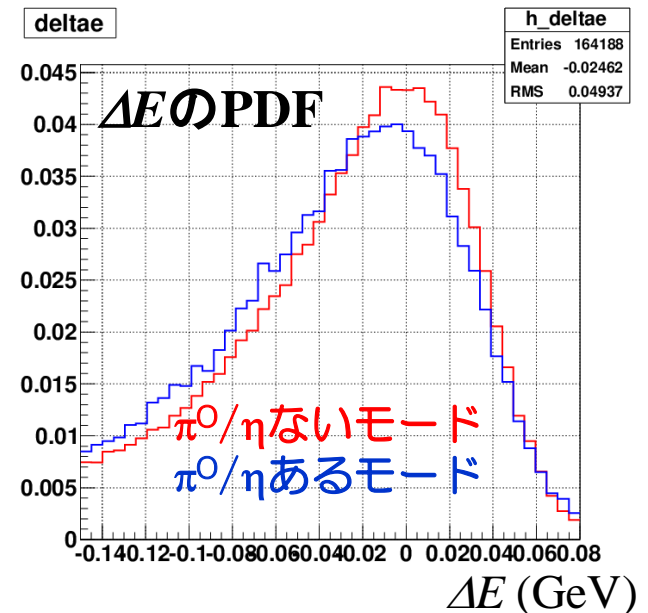
Bの最適候補選択

以前の方法： X_s の崩壊点の情報や ΔE の分布を用いていた。

⇒ **問題点**：崩壊点のない粒子や π^0 のあるなしでbiasがかかる。

新しく試した手法

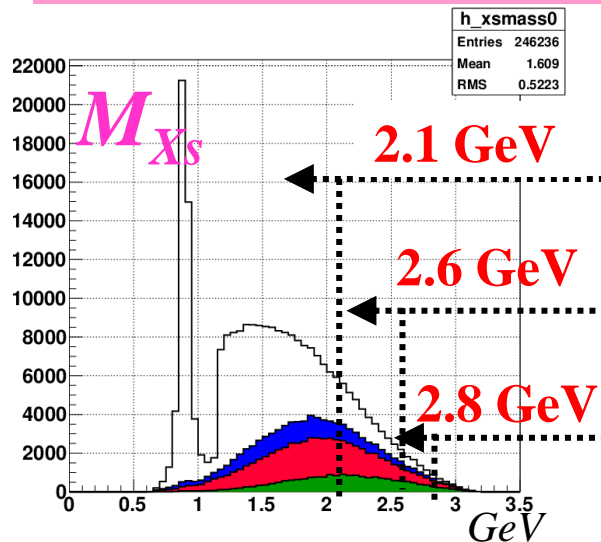
- ΔE で評価
 - 0に近ければシグナルらしい
 - ・ ΔE の分布は非対称
 - ▶▶▶ Likelihoodにして最大の候補を選択
- 選択範囲： $5.24 < M_{bc}, -0.15 < \Delta E < 0.08$



本手法で以前の問題点を改善かつより良い結果が得られた。

X_s 質量のカット

系統誤差を減らすために、 M_{X_s} の大きな領域を理解したい



- ① 以前のBelleのカット
- ② 目標のカット
- ③ Babarカット (2.6~2.8GeVに信号なし)

True
self cross-feed (false combination event)
Cross-feed
Unreconstructed mode

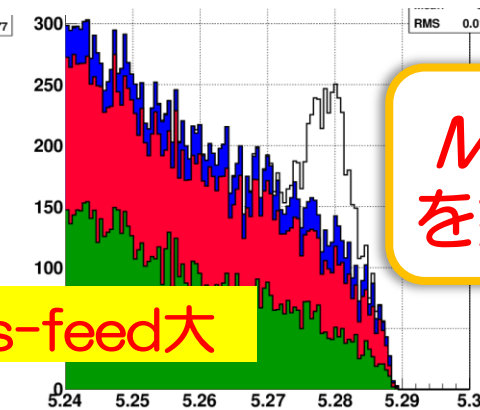
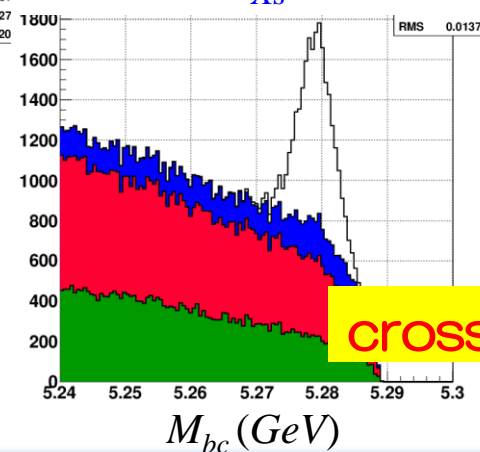
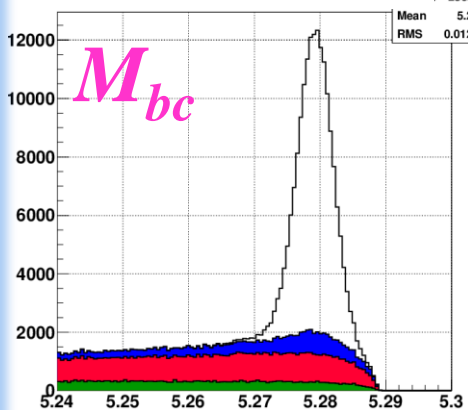
M_{X_s} のカットを上げると、

- cross-feed増
- 低エネルギー γ のBG増

① $M_{X_s} < 2.1 \text{ GeV}$

② $2.1 < M_{X_s} < 2.6 \text{ GeV}$

③ $2.6 < M_{X_s} < 2.8 \text{ GeV}$



$M_{X_s} < 2.6 \text{ GeV}$ を採用

cross-feed大

再構成効率とPurity

	K π	K2 π	K3 π	K4 π	3K	3K π	K η	K $\eta\pi$	K η 2 π	K2 π^0	K π 2 π^0	合計
再構成効率(%)	2.89	1.55	0.38	0.08	0.07	0.03	0.07	0.02	0.01	0.03	0.02	5.16
各モードの再構成効率(%)	17.3	9.4	3.7	1.7	12.0	5.0	9.4	3.2	2.8	2.3	1.1	9.4
Purity(%)	93.3	67.7	30.1	11.0	87.4	46.5	74.6	30.9	14.6	31.1	11.5	64.0

再構成効率：再構成したTRUEのイベント数/生成した全イベント数)

各モードの再構成効率：再構成したTRUEのイベント数 / 生成した各モードのイベント数

▶ 本解析で新しく加えたモード(19モード)

- ・再構成効率：4.9→5.2%に増加
- ・ $2.1 < M_{X_s} < 2.6$ GeVでは12%を占める
- ・課題であった $2\pi^0$ を含むモードの再構成手法の確立

▶ 粒子数大のモードはpurityが低い、 M_{X_s} の高い領域の理解に重要

▶ Purity = 64.0 %

まとめと予定

Belle実験のデータを用いて $B \rightarrow X_s \gamma$ の測定を行っている。

● 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高い
- ▶ 準包括的再構成法を用いて測定
- ▶ 35の X_s の終状態を再構成
- ▶ ΔE のLikelihoodを用いたBの最適候補選択でbiasを取り除き、より良い結果を得た。
- ▶ 再構成効率とpurityを評価

● 予定

- ▶ バックグラウンドの研究
- ▶ イベント選択の最適化

Back up

Belle 実験

目的：B中間子を大量に生成し、崩壊過程を観測して標準理論を検証

- ▶ 1周3km、地下11mのトンネル
- ▶ 電子 8GeV
- ▶ 陽電子 3.5GeV
- ▶ 1600×10^5 (回/s)交差
→ 1秒当たり20のBBペアを生成
- ▶ 衝突点でビームは $\sim 100\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ に収束
- ▶ 最終積分ルミノシティ： $\sim 1000 \text{ fb}^{-1}$



現在アップグレードに向けて改良中。2015年開始予定。

Belle 検出器

高い運動量測定精度 & 優れた粒子識別を持つ汎用大型検出器

▶ 崩壊点検出器

- 半導体崩壊点検出器

▶ 飛跡検出器

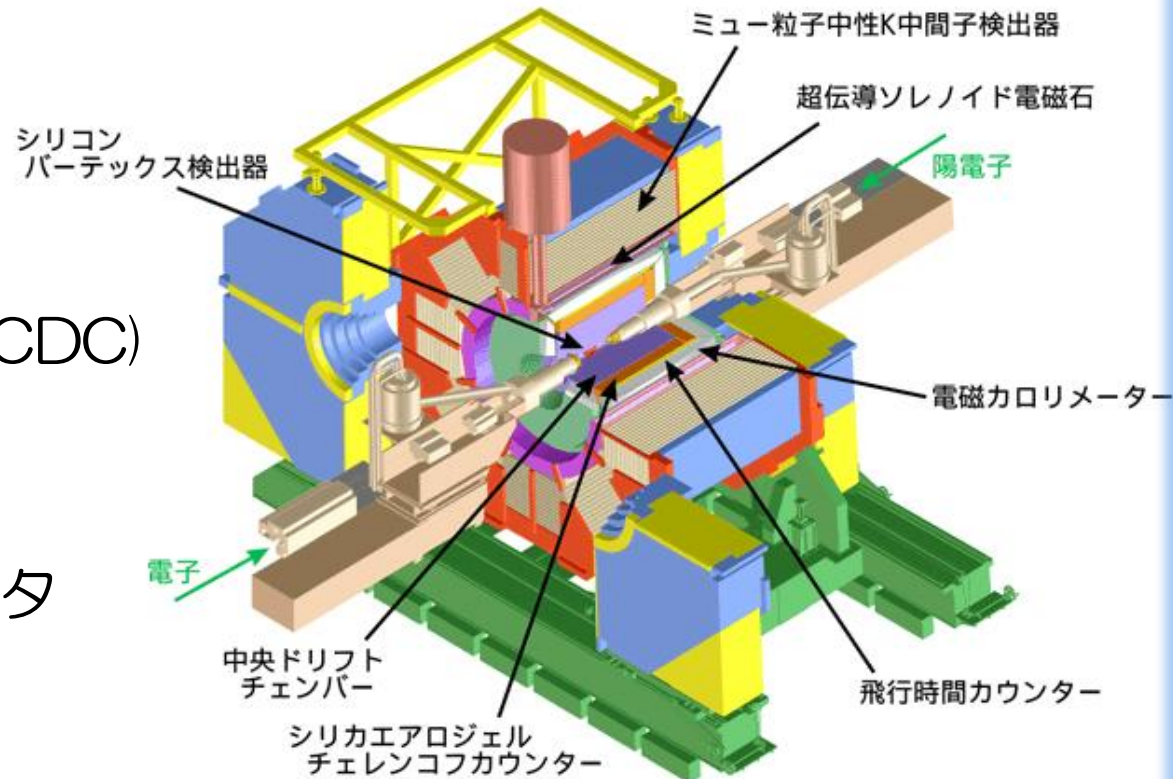
- ドリフトチェンバー(CDC)
- 半導体崩壊点検出器

▶ カロリメータ

- CsI電磁カロリメータ

▶ 粒子識別

- K/π 分離 : CDC(dE/dx), チェレンコフカウンタ, 飛行時間測定器
- 電子/ γ 線 識別 : CDCとCsIカロリメータで測定した E/p
- K_L/μ 識別 : 鉄とRPCの積層

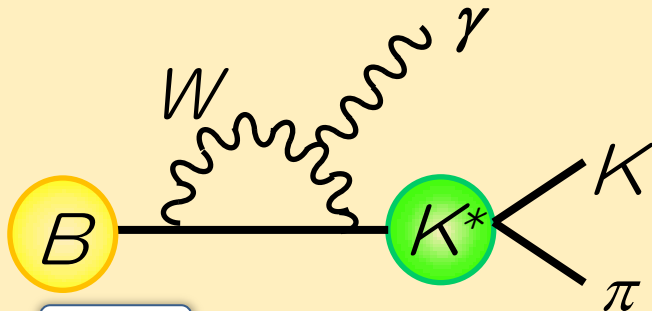


$b \rightarrow s\gamma$ の崩壊分岐比測定

$b \rightarrow s\gamma$ の崩壊分岐比測定

exclusive 崩壊測定

崩壊モードを特定して観測

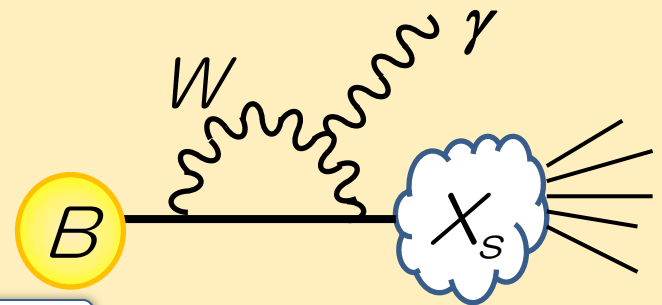


特徴

- ・理論的に厳しい
form factorの不定性大で
理論誤差大
→新物理への感度低
- ・実験的には比較的易しい

Inclusive 崩壊測定

終状態の一部の粒子を観測



特徴

- ・理論の誤差小
→新物理に感度大
- ・実験的に大変

* X_s : ストレンジネスを1つ含む粒子の総称

$b \rightarrow s\gamma$ 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

$B \rightarrow X_s \gamma$ の非対称度

- Direct CPの破れ : \bar{B} と B の振幅幅の違い

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

- ▶ 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 $\sim 0.5\%$ 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 $+5\sim 10\%$ の破れ

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

シグナルMC ($B \rightarrow X_s \gamma$)

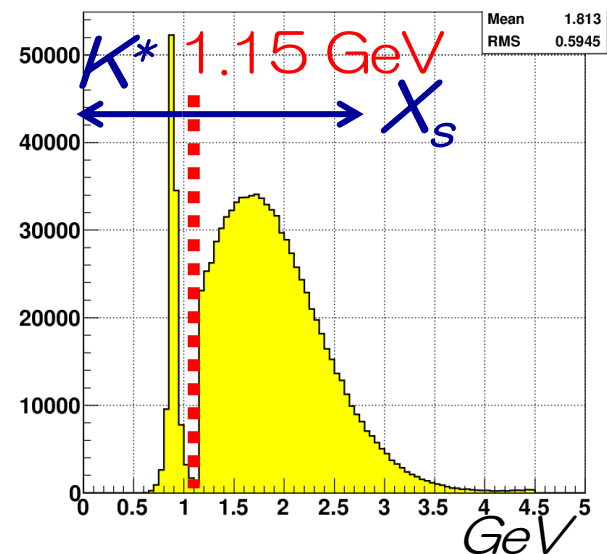
MCで $B \rightarrow X_s \gamma$ のイベントをどのように作るか？

- 1.15 GeV以下はほぼ K^* 共鳴イベント
- 1.15 GeV以上の X_s の質量分布の計算は理解不十分
 - ▶ X_s はPythiaでハドロン化
 - ▶ 質量分布はKagan-Neubert modelで生成

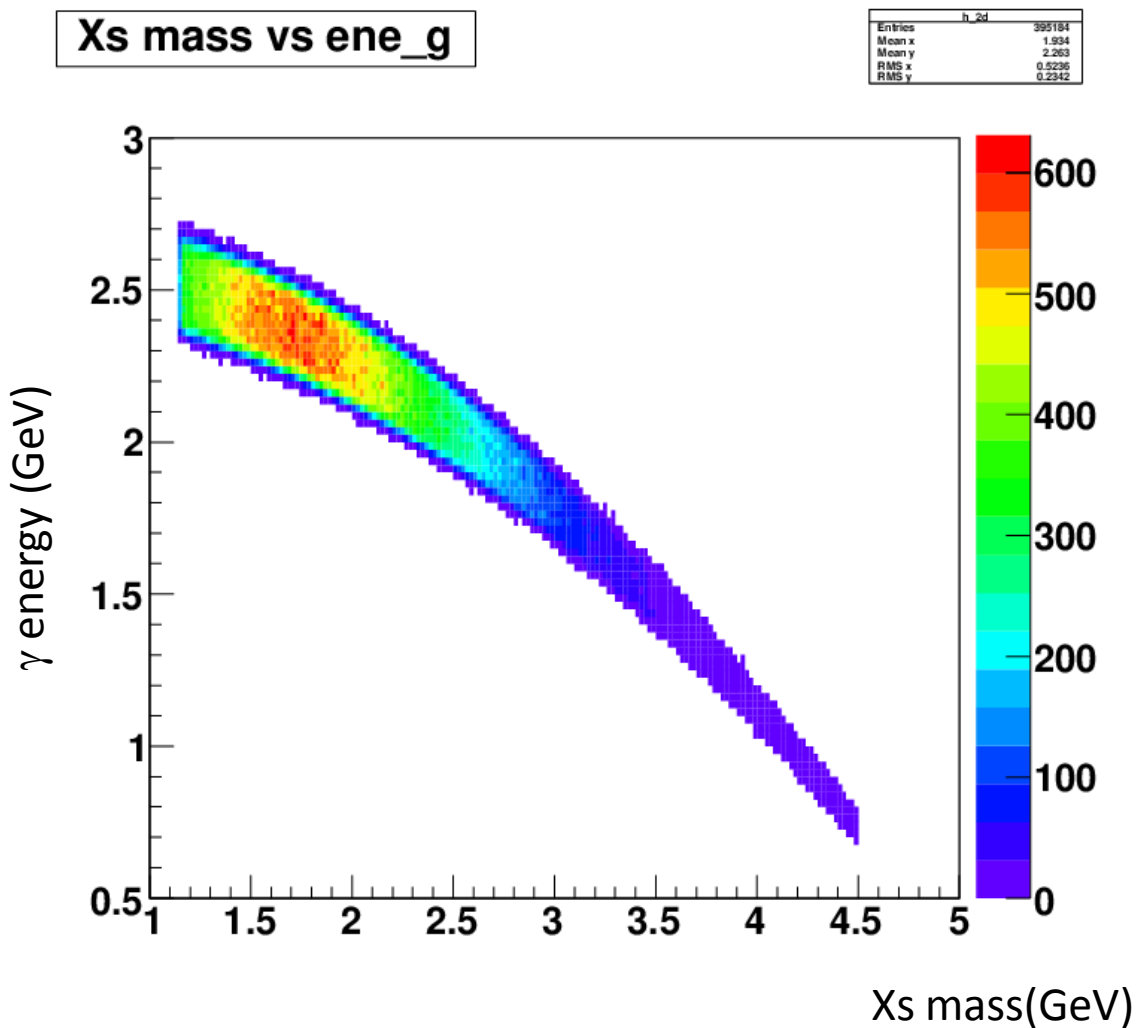
1.15 GeV以下は $K^* \gamma$ のイベント
(resonance)
MC作成 以上は inclusive $b \rightarrow s \gamma$

$$\bullet X_s \gamma : K^* \gamma = 32 \times 10^{-5} : 4 \times 10^{-5}$$

X_s mass (generator level)



X_s mass vs γ energy



X_s の崩壊

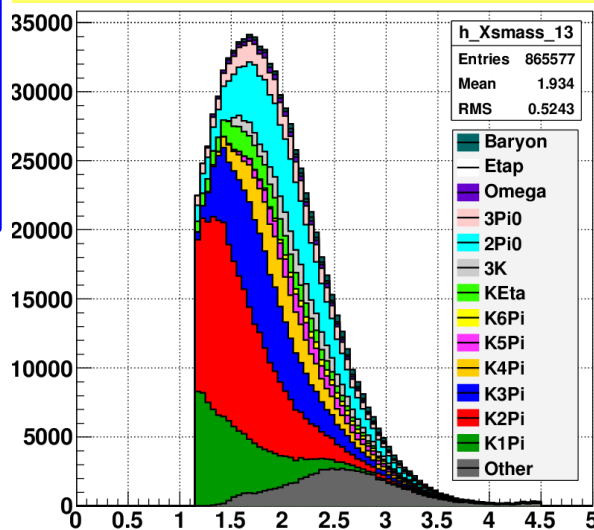
- X_s はハドロン化 → どんな崩壊モードにしているかチェック

	割合(%)
KPI	11.7
K2Pi	24.7
K3Pi	15.3
K4Pi	7.2
K5Pi	2.7
K6Pi	0.9
KEta	4.3
3K	3.5
2Pi0	13.7
3Pi0	4.8
Omega	1.1
EtaP	0.7
Baryon	1.1
Other	8.3

再構成済み

π^0 は1つまで

X_s の質量 (generator level)



できれば全て再構成したい!
 (=ハドロン化の系統誤差最小)
 しかし...

- 粒子数多モード
 - π^0 や η を複数含むモード
- BGが多くて測定難

find Ks

● K_s を選ぶための4つの要求

- ▶ π^+ と π^- 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($d\phi$)
- ▶ π^+ と π^- の飛跡が共通の1点(= K_s の崩壊点)からきている(z_dist)
- ▶ K_s がある程度走っている(fl)

Momentum(GeV)	dr(cm)	$d\phi$ (rad)	z_dist(cm)	fl(cm)
< 0.5	> 0.05	< 0.3	< 0.8	-
0.5-1.5	> 0.03	< 0.1	< 1.8	> 0.08
1.5 <	> 0.02	< 0.03	< 2.4	> 0.22

Efficiency Matrix after Best candidate selection

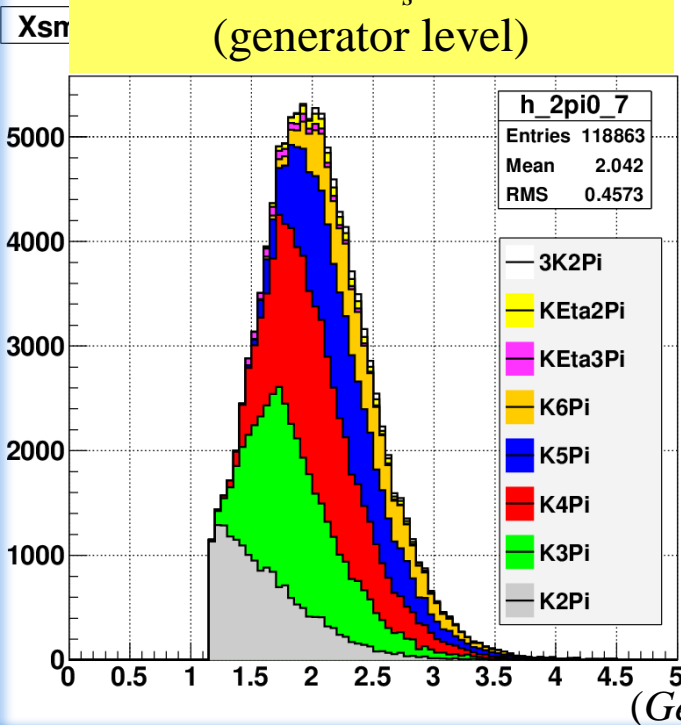
		Reconstructed Mode																												Sum (Gen)							
		Kπ	Ksπ	Kπ ⁰	Ksπ ⁰	Kππ	Ksππ	Kππ ⁰	Ksππ ⁰	K3π	Ks3π	K2ππ ⁰	Ks2ππ ⁰	K4π	Ks4π	K3ππ ⁰	Ks3ππ ⁰	3K	2K2s	2K2Ks	2K2Ksπ ⁰	Kη	Ksη	Kηπ	Ksηπ	Kη2π	Ksη2π	K2π ⁰	Ks2π ⁰	Kπ2π ⁰	Ksπ2π ⁰						
Generated Mode	Kπ	52500 24.9%	30	264	0	1236	30	1066	10	303	6	90	7	21	2	60	2	2	1	0	3	6	0	0	0	4	0	13	0	6	0	2	1	29	0	40	2
	Ksπ	136	17209 0.1%	22	199	280	563	200	311	96	53	47	59	2	8	20	14	1	1	0	0	0	0	2	1	6	5	6	7	1	3	57	20	47	15		
	Kπ ⁰	732	11	14318 0.6%	0	539	4	956	7	125	2	186	6	22	0	40	0	6	0	0	1	1	1	0	0	2	344	0	98	2	31	1	314	3	55	2	
	Ksπ ⁰	9	215	19	3808 0.0%	16	189	83	312	21	40	17	68	2	8	8	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	105	2	48	1	9	33	98	35	17	
	Kππ	233	9	37	0	27044 0.2%	58	791	6	1404	29	808	17	170	5	165	6	19	5	4	1	3	2	0	0	0	7	0	15	0	17	0	23	0	58	0	
	Ksππ	12	66	2	8	143	6690 0.0%	69	198	351	329	87	235	34	41	69	27	1	3	0	1	0	0	0	0	0	2	3	11	7	10	7	6	56	12		
	Kππ ⁰	343	5	86	2	1284 0.2%	32	15192	27	1117	10	742	21	95	8	307	6	15	2	6	4	4	2	1	0	0	34	0	171	5	56	1	217	2	517	10	
	Ksππ ⁰	16	98	1	60	43	662 0.0%	206	4234	109	242	115	349	14	46	70	55	1	7	1	1	0	1	0	0	1	18	11	124	8	36	36	114	164	120		
	Kπππ	6	0	2	0	133 0.0%	9	76	0	6474	29	265	12	290	12	386	3	9	2	16	2	0	0	0	0	0	0	0	5	0	7	1	2	0	36	0	
	Ksπππ	0	0	0	0	66 0.0%	76	7	9	196	1588	30	146	44	110	107	71	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	10	1	5	1	1	14	8	0	
	Kπππ ⁰	48	0	10	0	733 0.0%	17	410	9	2174	18	9049	46	673	5	1062	15	16	3	20	5	14	1	0	1	0	7	0	90	1	289	3	86	2	490	6	
	Ksπππ ⁰	4	5	1	2	23 0.0%	211	34	71	178	502	105	2070	61	201	198	267	1	6	0	4	0	2	0	1	0	0	3	3	52	14	61	6	20	113	117	
	K4π	0	0	0	0	13 0.0%	2	3	0	168	2	65	2	1479	7	214	2	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	2	0	1	0	3	0	
	Ks4π	0	0	0	0	2 0.0%	4	0	0	17	30	4	15	23	326	36	31	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	
	K3ππ ⁰	6	0	0	0	47 0.0%	6	38	1	713	25	232	15	647	23	3694	25	7	0	23	2	7	3	0	0	0	0	3	0	0	16	3	3	1	150	2	
	Ks3ππ ⁰	1	0	0	0	2 0.0%	26	9	6	67	146	10	104	42	276	192	803	0	2	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	5	5	21	0	1	32	33	
	3K	3	0	0	0	18 0.0%	1	11	0	67	0	27	0	15	0	37	0	1701	4	62	2	26	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	14	0	
	2K2s	0	0	0	0	1 0.0%	4	8	0	31	7	8	2	2	2	20	4	5	378	5	15	1	5	3	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	15	2	
	3Kπ	0	0	0	0	1 0.0%	0	0	0	22	0	3	0	15	0	24	0	3	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	
	2K2Ksπ	0	0	0	0	1 0.0%	0	0	0	16	3	3	4	20	4	42	3	8	15	245	9	13	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	0	
	3Kπ ⁰	0	0	0	0	4 0.0%	0	3	0	6	0	10	0	3	0	9	1	9	2	68	4	217	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	0
	2K2Ksπ ⁰	0	0	0	0	1 0.0%	1	1	0	1	2	1	1	4	1	10	2	2	3	20	1	59	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	
	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	K2Ksπ	0	0	0	0	1 0.0%	1	0	0	2	0	1	5	4	1	11	4	0	0	1	3	0	1	1	28	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
	K2Ksπ ⁰	0	0	0	0	1 0.0%	0	1	0	1	1	2	0	1	1	4	0	0	0	0	2	0	2	0	1	3	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
	Kη	16	0	45	0	66 0.1%	1	53	0	16	0	34	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1765	1	71	3	4	0	26	0	4	0
	Ksη	0	2	0	0	12 0.0%	2	24	9	11	3	4	3	9	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	435	4	21	1	2	1	8	4	3
	Kηπ	0	0	0	0	16 0.0%	3	51	0	79	0	26	3	14	0	38	0	3	1	3	0	0	0	0	0	0	4	484	5	32	1	5	0	27	1	0	
	Ksηπ	0	0	0	0	0 0.0%	4	3	13	8	14	0	15	2	6	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	252	4	12	1	5	5	3	
	Kη2π	3	0	1	0	7 0.0%	0	4	0	17	0	45	1	27	0	42	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	17	0	406	4	1	0	3	0
Ksη2π	0	0	0	0	0 0.0%	1	1	0	0	1	9	3	10	5	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	4	95	0	0	1	1	0	
K2π ⁰	28	1	62	0	61 0.1%	0	373	3	28	0	185	1	8	0	40	2	4	0	0	0	1	0	0	0	38	0	47	1	26	0	1170	6	153	4	0		
Ks2π ⁰	1	8	0	0	23 0.0%	3	15	13	97	2	8	10	53	0	1	7	5	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0	15	2	10	15	300	26	47	
Kπ2π ⁰	5	1	0	0	66 0.0%	2	252	1	209	3	369	13	28	1	348	2	1	1	3	1	6	2	0	0	0	0	41	1	55	1	34	1	1262	5	0		
Ksπ2π ⁰	1	2	0	0	2 0.0%	41	17	45	19	35	15	185	2	20	45	80	0	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	25	1	19	1	20	70	332	0		
Other	215	95	115	19	445 0.0%	219	771	148	1538	289	1345	482	1416	436	4712	807	35	40	192	77	73	44	9	18	3	51	10	226	101	498	163	374	115	1667	342		
SUM	54318	17757	14985	4141	32300	8896	20710	5521	15580	3418	13944	3955	5197	1565	12032	2260	1844	476	1058	403	387	148	30	59	12	2284	588	1309	697	1536	468	2445	723	5083	1087		
TRUE	51530	16689	13243	3480	24468	5914	11965	3280	4755	1195	4196	951	957	211	917	225	1669	369	545	213	134	42	15	25	3	1727	415	415	205	240	53	799	187	565	144		
Purity(Tru e/SUM)	94.9%	95.0%	88.4%	84.0%	75.8%	66.5%	57.8%	59.4%	30.5%	35.0%	30.1%	24.0%	18.4%	13.5%	7.6%	10.0%	90.5%	77.5%	51.5%	52.9%	34.6%	28.4%	50.0%	42.4%	25.0%	75.6%	70.6%	31.7%	29.4%	15.6%	11.3%	32.7%	25.9%	11.1%	13.2%		

2 π^0 モード

● 2 π^0 を含むモードの再構成を行う

- ▶ X_s の終状態の13.7%
- ▶ γ のBKG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 π^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 π^0 モード
は理解困難

$K2\pi$ と $K3\pi$ の
2 π^0 モードに挑戦

$$M_{bc}$$

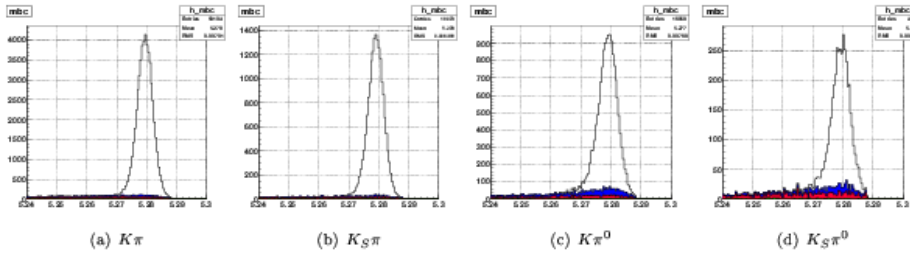


Figure 1: $K\pi$

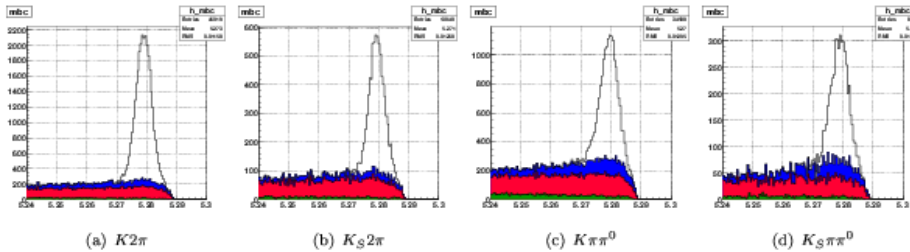


Figure 2: $K^2\pi$

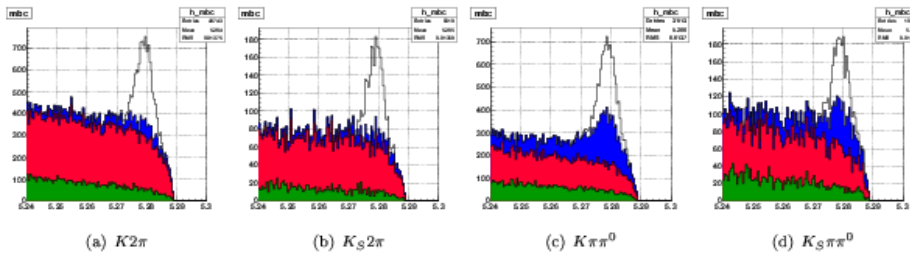


Figure 3: $K^3\pi$

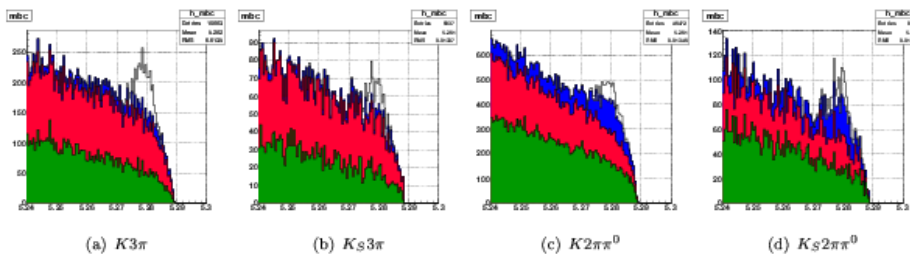


Figure 4: $K^4\pi$

White : True
 Blue : self cross-feed
 Red : cross-feed
 Green : unreconstructed

$$M_{bc}$$

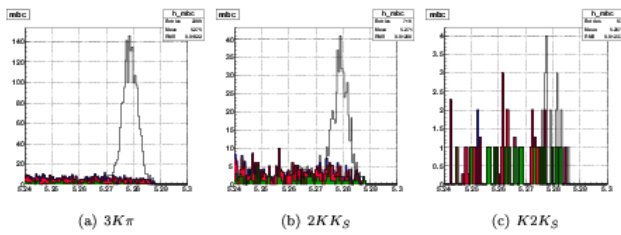


Figure 5: $3K$

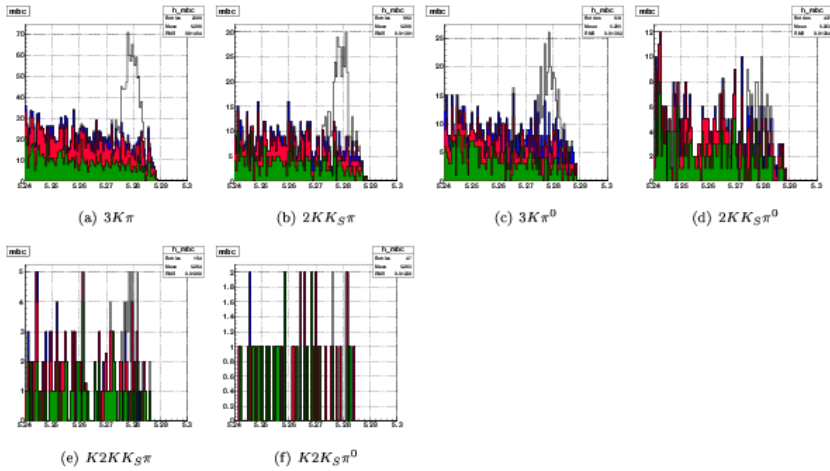


Figure 6: $3K\pi$

White : True
 Blue : self cross-feed
 Red : cross-feed
 Green : unreconstructed

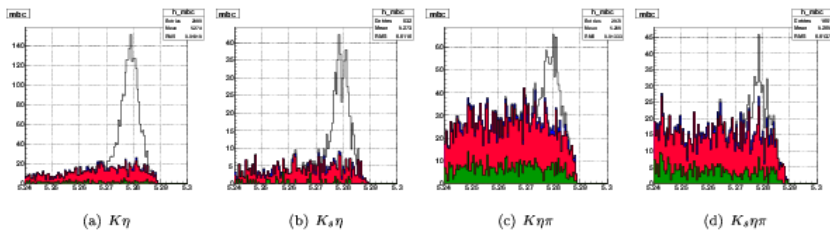
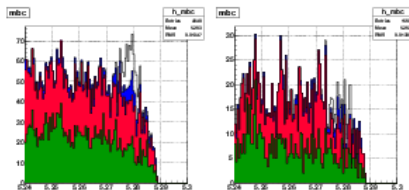


Figure 7: $K\eta$



$$M_{bc}$$

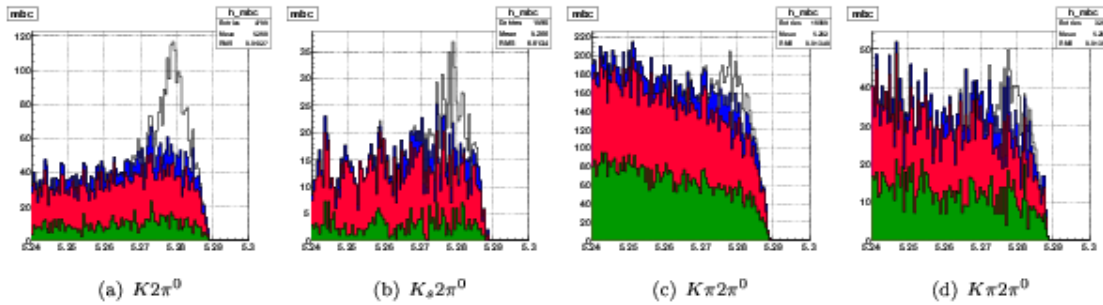


Figure 9: $K2\pi^0$

White : True
 Blue : self cross-feed
 Red : cross-feed
 Green : unreconstructed

$$\Delta E$$

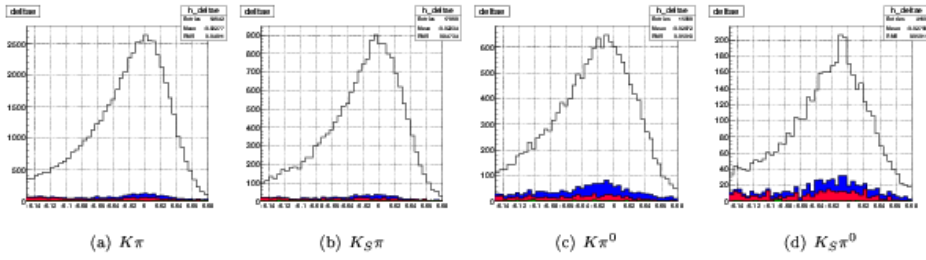


Figure 1: $K\pi$

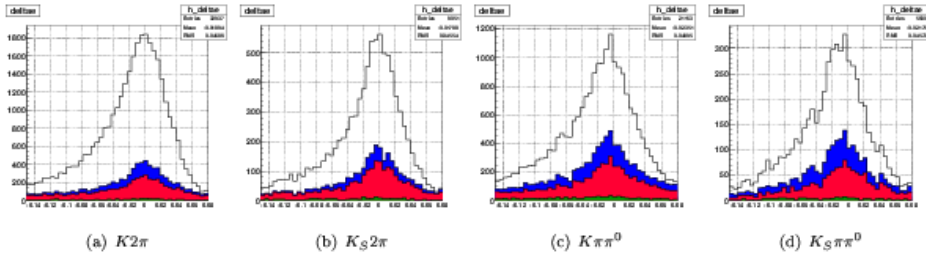


Figure 2: $K2\pi$

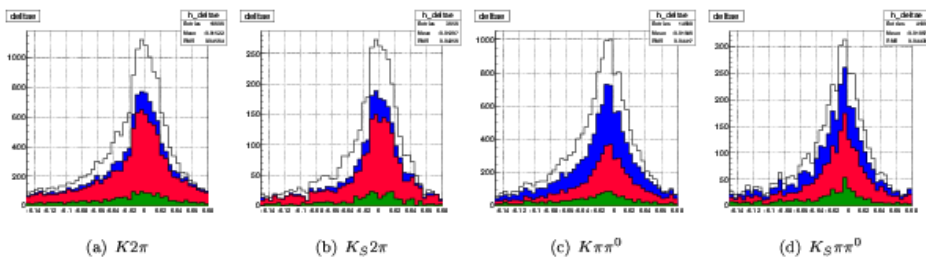


Figure 3: $K3\pi$

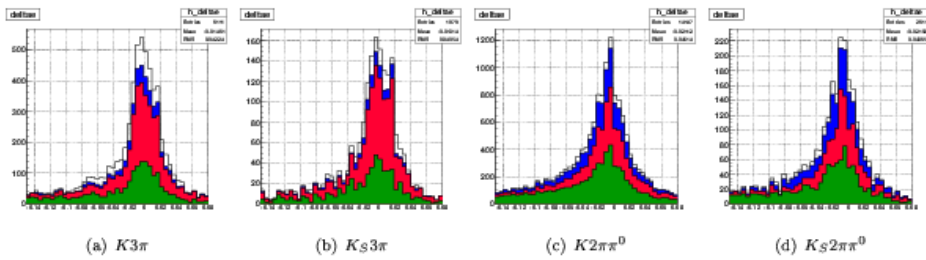
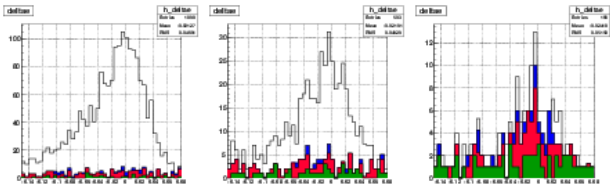


Figure 4: $K4\pi$

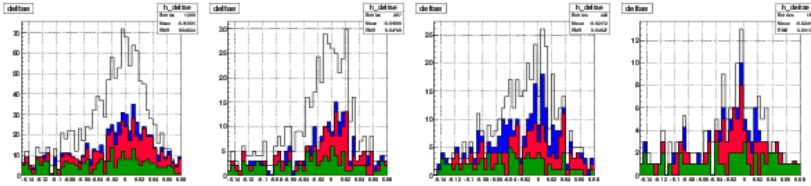
White : True
 Blue : self cross-feed
 Red : cross-feed
 Green : unreconstructed

$$\Delta E$$

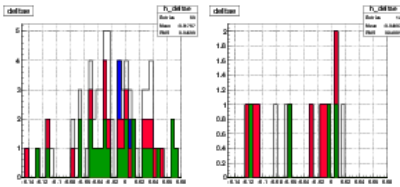


(a) $3K$ (b) $2KK_S$ (c) $K2K_S$

Figure 5: $3K$

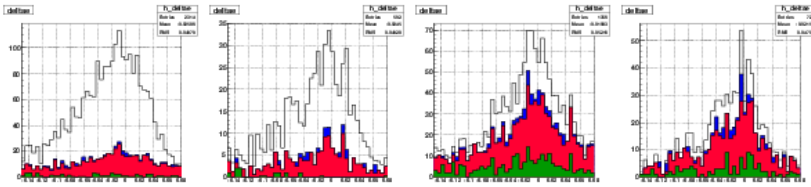


(a) $3K\pi$ (b) $2KK_S\pi$ (c) $3K\pi^0$ (d) $2KK_S\pi^0$



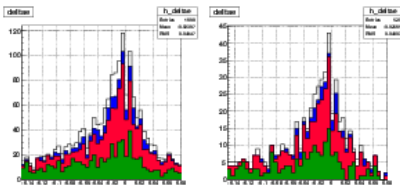
(e) $K2K_S\pi$ (f) $K2K_S\pi^0$

Figure 6: $3K\pi$



(a) $K\eta$ (b) $K\eta\eta$ (c) $K\eta\pi$ (d) $K\eta\eta\pi$

Figure 7: $K\eta$



(a) $K\eta\eta$ (b) $K\eta\eta\pi$

White : True
 Blue : self cross-feed
 Red : cross-feed
 Green : unreconstructed

$$\Delta E$$

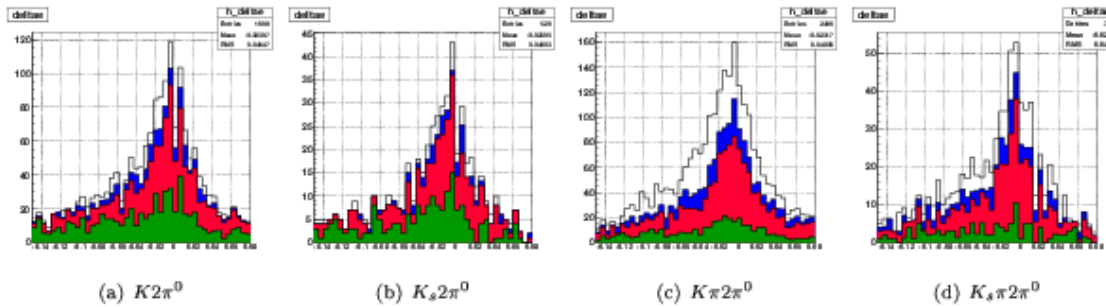


Figure 9: $K\eta$

White : True
 Blue : self cross-feed
 Red : cross-feed
 Green : unreconstructed

X_s mass

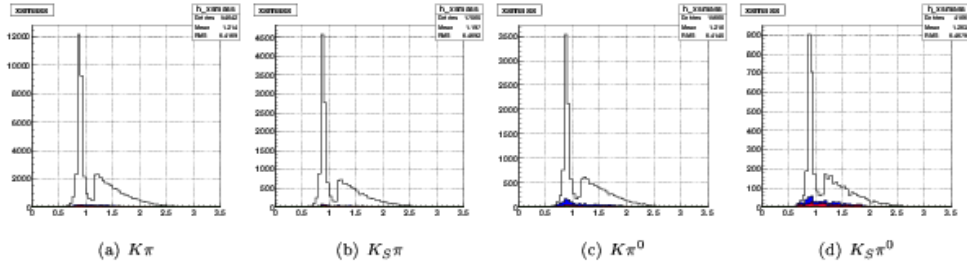


Figure 1: $K\pi$

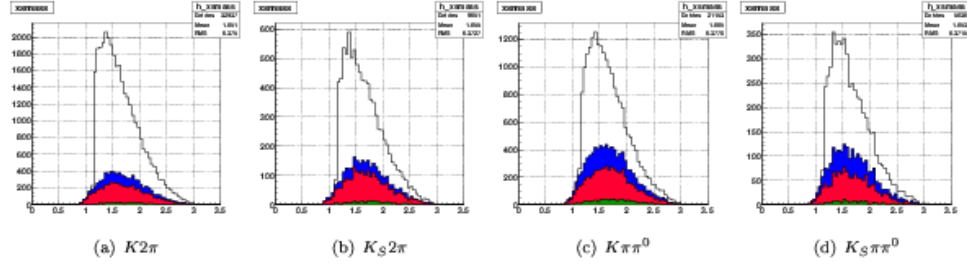


Figure 2: $K2\pi$

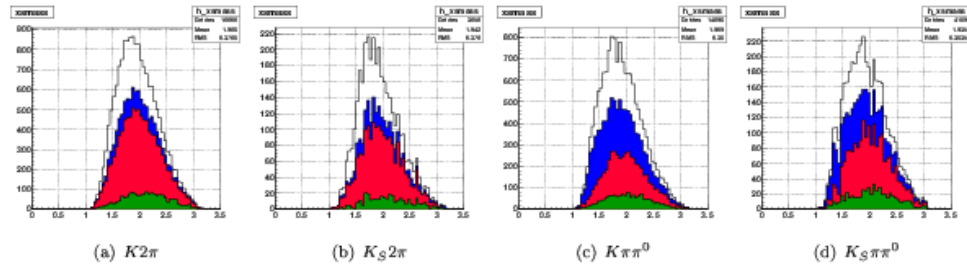


Figure 3: $K3\pi$

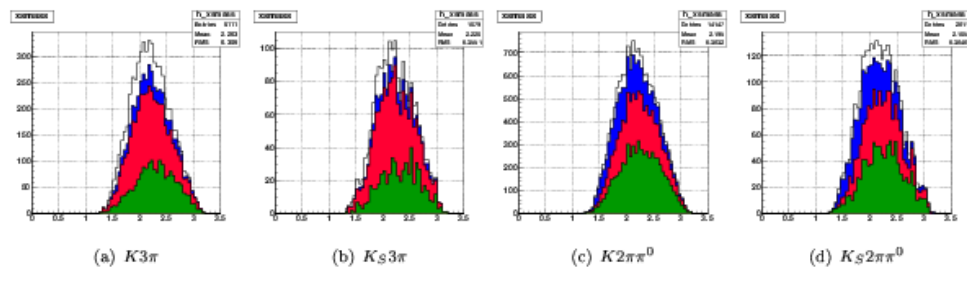


Figure 4: $K4\pi$

- White : True
- Blue : self cross-feed
- Red : cross-feed
- Green : unreconstructed

X_s mass

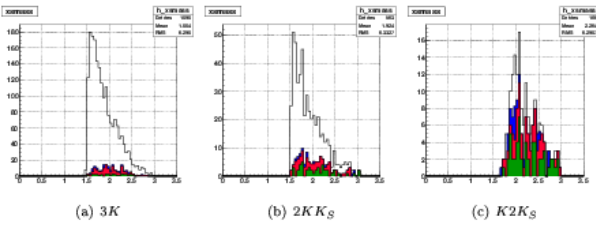


Figure 5: $3K$

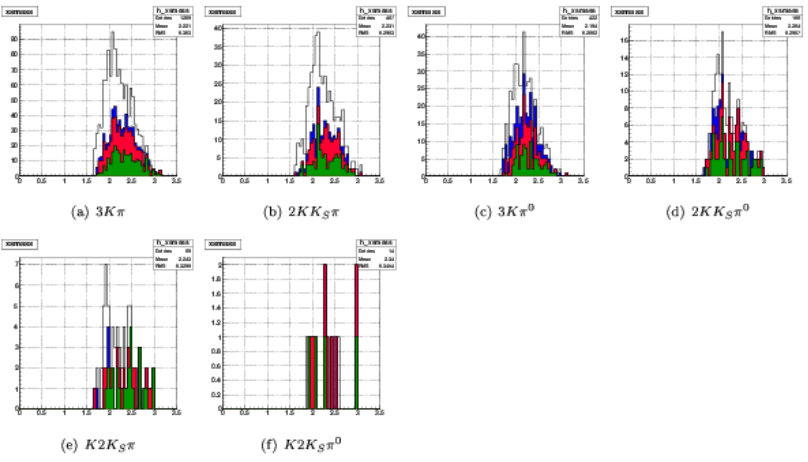


Figure 6: $3K\pi$

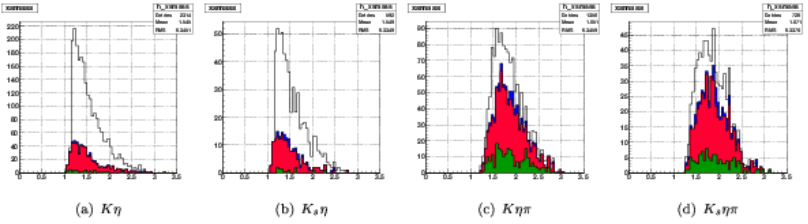
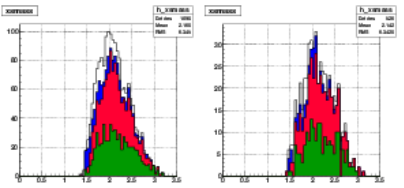


Figure 7: $K\eta$



- White : True
- Blue : self cross-feed
- Red : cross-feed
- Green : unreconstructed

X_s mass

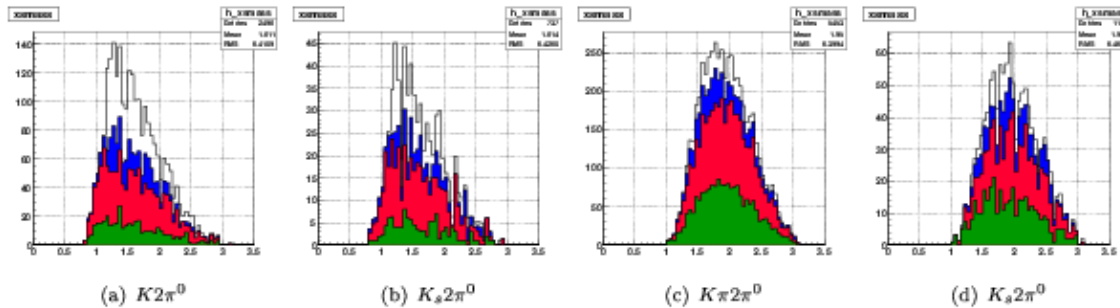


Figure 9: $K\pi2\pi^0$

White : True
Blue : self cross-feed
Red : cross-feed
Green : unreconstructed