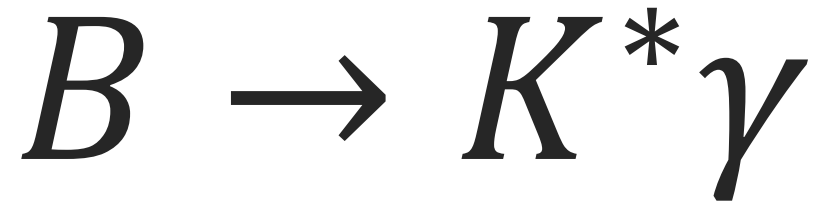


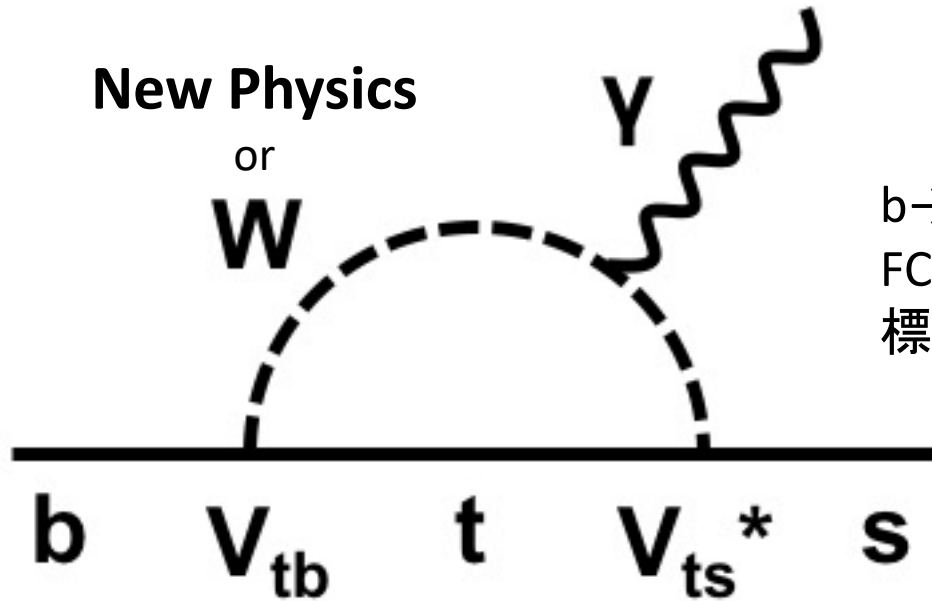
Belle II実験におけるペンギン崩壊



のシミュレーション研究

首都大学東京 為近彩智

ペンギン崩壊 $b \rightarrow s\gamma$



$b \rightarrow s\gamma$:

FCNC(Flavor Changing Neutral Current)過程。
標準模型ではループを介してのみ発生。

新物理の寄与があると、観測結果に標準模型の理論予測との差異が生じる。

ハドロンレベル

$$B^0 \rightarrow K^{*0}\gamma \rightarrow K^+\pi^-\gamma$$

$$B^+ \rightarrow K^{*+}\gamma \rightarrow K^+\pi^0\gamma$$

$$B^+ \rightarrow K^{*+}\gamma \rightarrow K_S\pi^+\gamma$$

が本研究のターゲット

目標と現状

7月のICHEPに向けて $B \rightarrow K^* \gamma$ について以下を求める。

M_{K^*} : K^* の候補になるものの質量分布。 K と π で再構成する。

E9/E21

$$\Delta E = E_B^* - E_{beam}^*$$

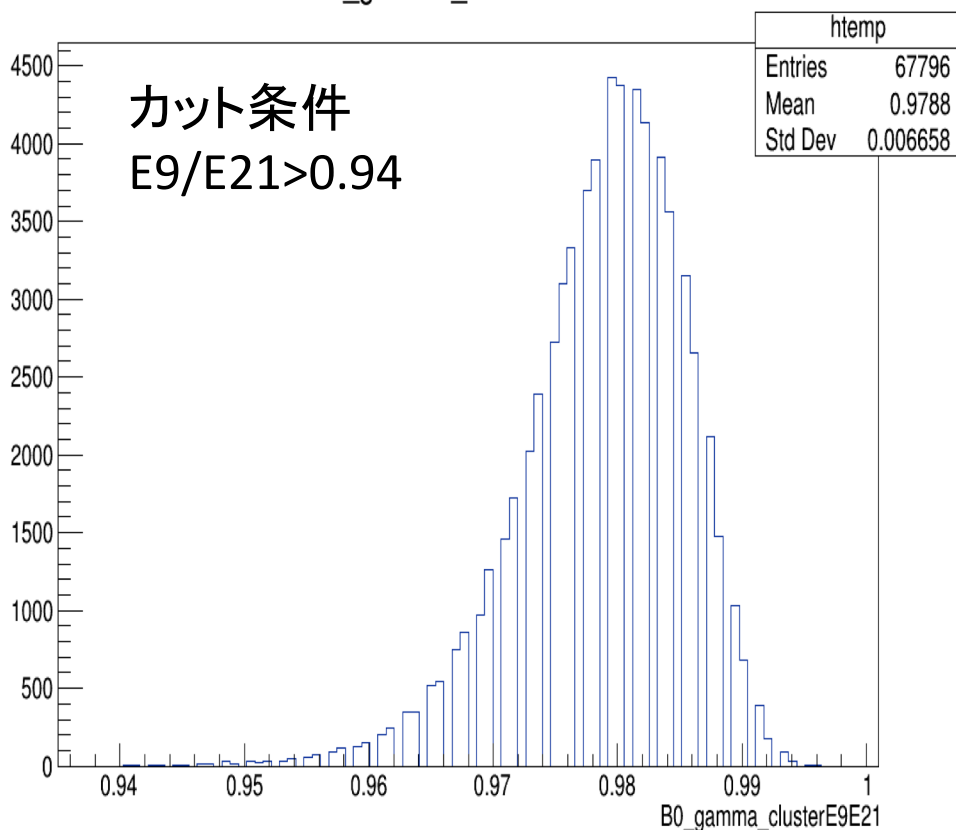
$$M_{bc} = \sqrt{E_{beam}^{*2} - p_B^{*2}}$$

以上の結果から、再構成ができていること
検出器の性能が十分であることをICHEPで報告する。

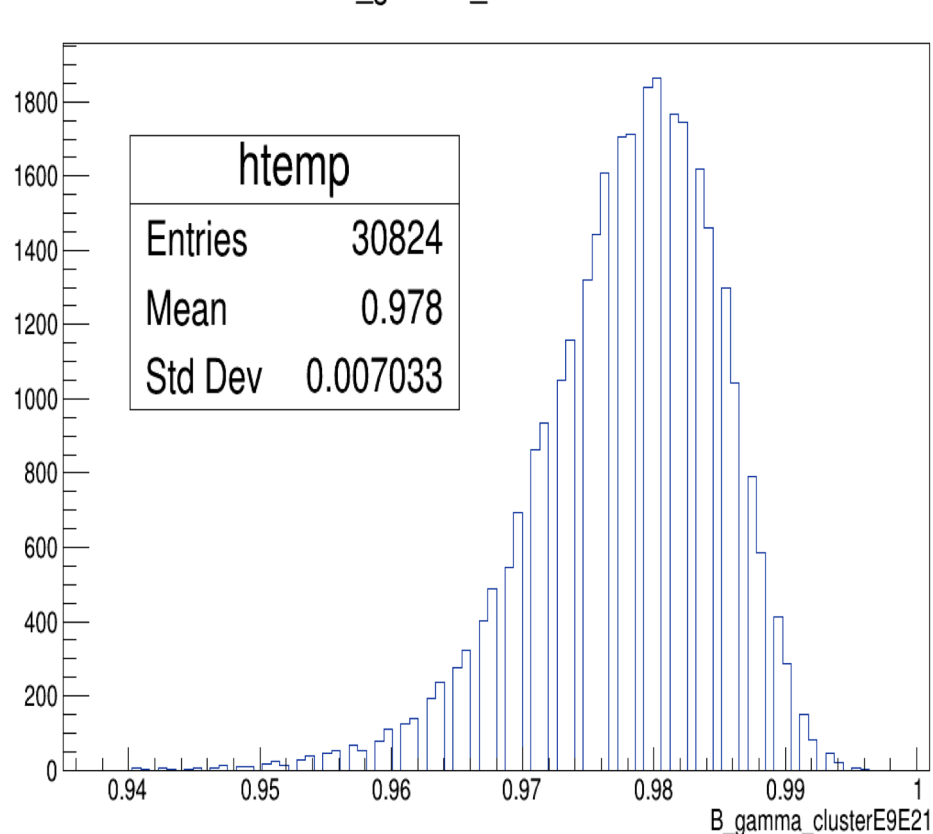
東北大学の太田さんの先行研究を引き継ぎ、
 $B^0 \rightarrow K^{*0} \gamma \rightarrow K^+ \pi^- \gamma$
 $B^+ \rightarrow K^{*+} \gamma \rightarrow K^+ \pi^0 \gamma$ について
変数、カット条件の理解などを
MC9のシミュレーションデータを用いて行っている。

E9/E21 フォトン選別

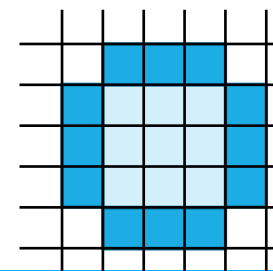
B0_gamma_clusterE9E21



B_gamma_clusterE9E21

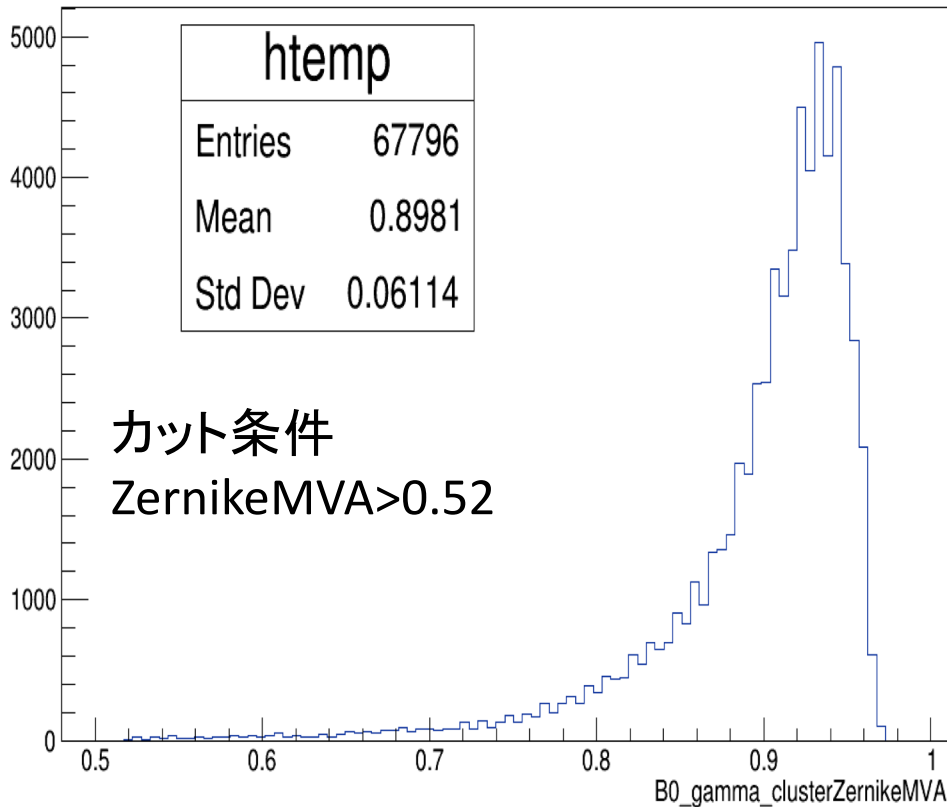


E9/E21: 最大エネルギーを検出したCsI 結晶を中心とする
9 個の結晶で測定された合計エネルギー(E9) と
21 個の合計エネルギー(E21) の比率。
1 に近いほどフォトンである可能性が高い。

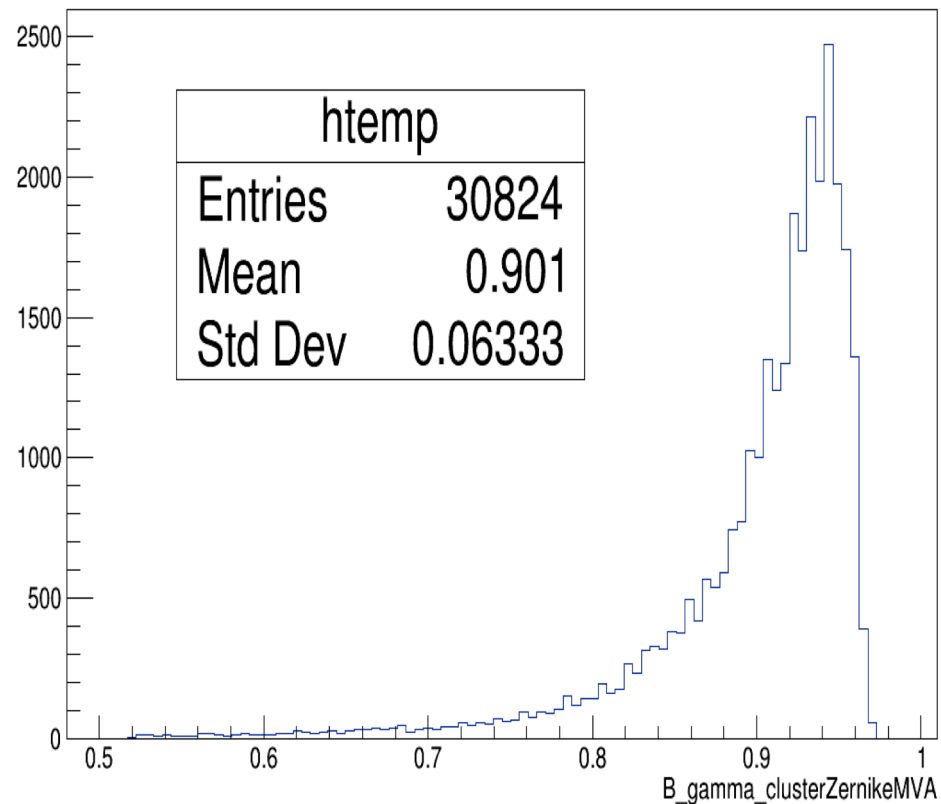


ZernikeMVA フォトン選別

B0_gamma_clusterZernikeMVA



B_gamma_clusterZernikeMVA

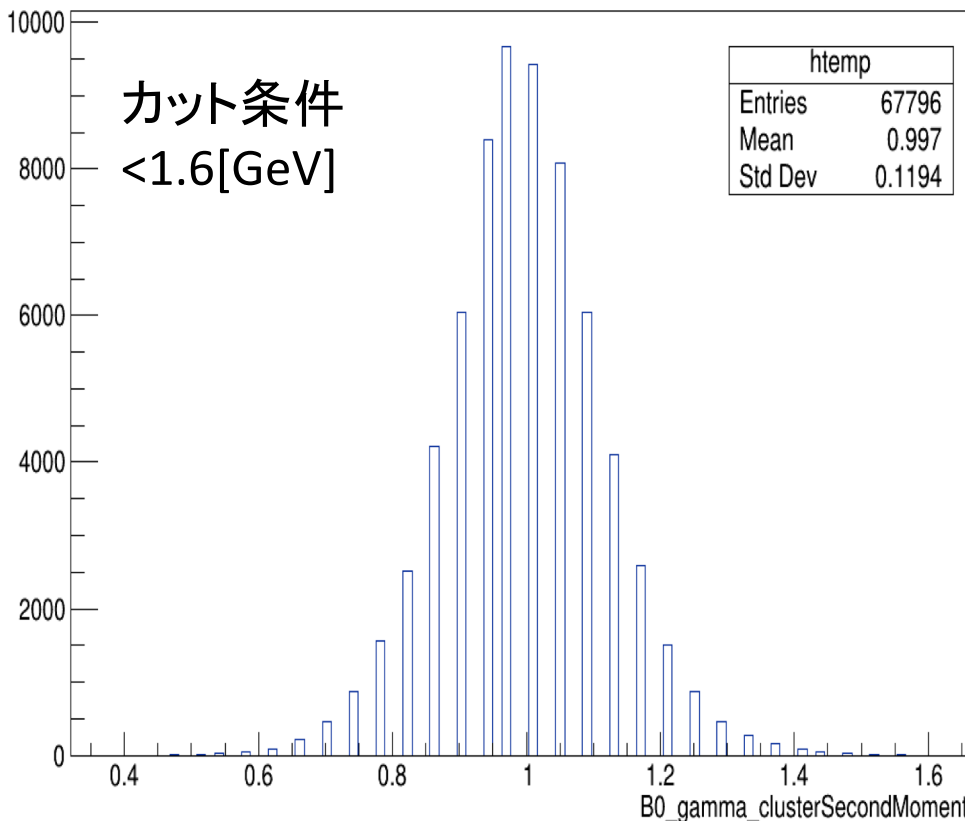


ZernikeMVA:
Zernike moments というシャワー形状を表現する
変数を使って計算されるMVA output。
1 に近いほどフォトンである可能性が高い。

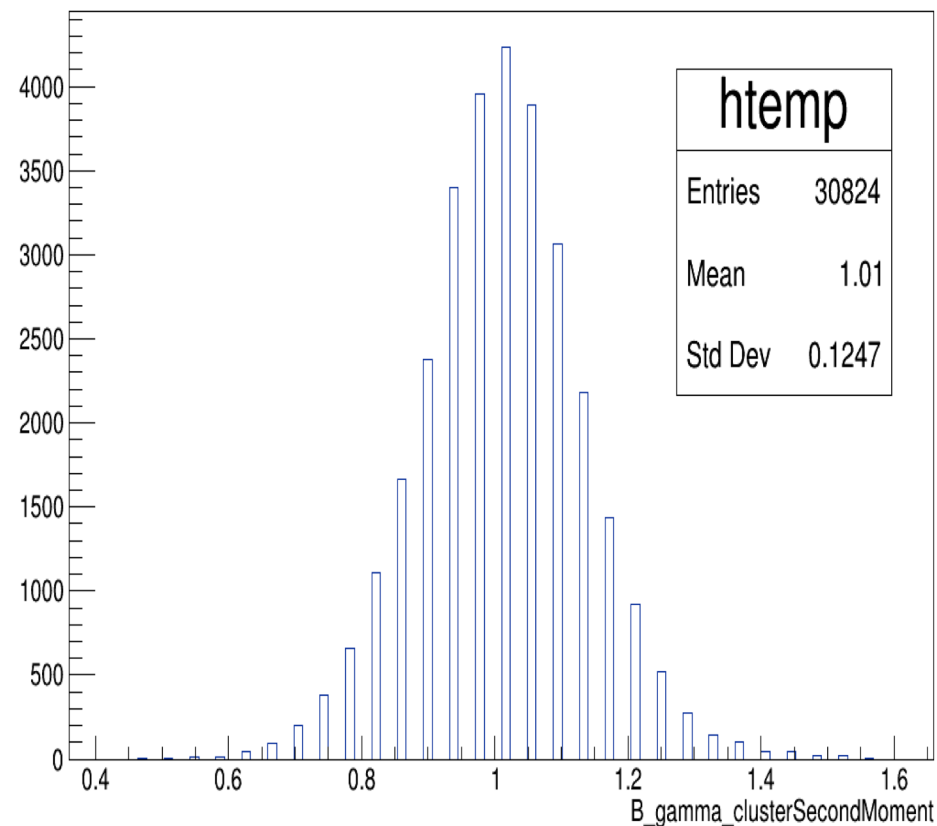
$$|Z_{nm}| = \frac{n+1}{\pi} \frac{1}{\sum_i w_i E_i} \left| \sum_i R_{nm}(\rho_i) e^{-im\alpha_i} w_i E_i \right|$$
$$\left(R_{nm}(\rho) = \sum_{s=0}^{\frac{n-|m|}{2}} (-1)^s \frac{(n-s)!}{s!(\frac{n+|m|}{2}-s)!(\frac{n-|m|}{2}-s)!} \rho^{n-2s} \right)$$

クラスター二次モーメント

B0_gamma_clusterSecondMoment



B_gamma_clusterSecondMoment



クラスター二次モーメント：
シャワーが広がるほど大きな値をとる。
フォトンの電磁シャワーは比較的シャープ。
(フォトン以外のものは3.5[GeV]あたりまで値がある。)

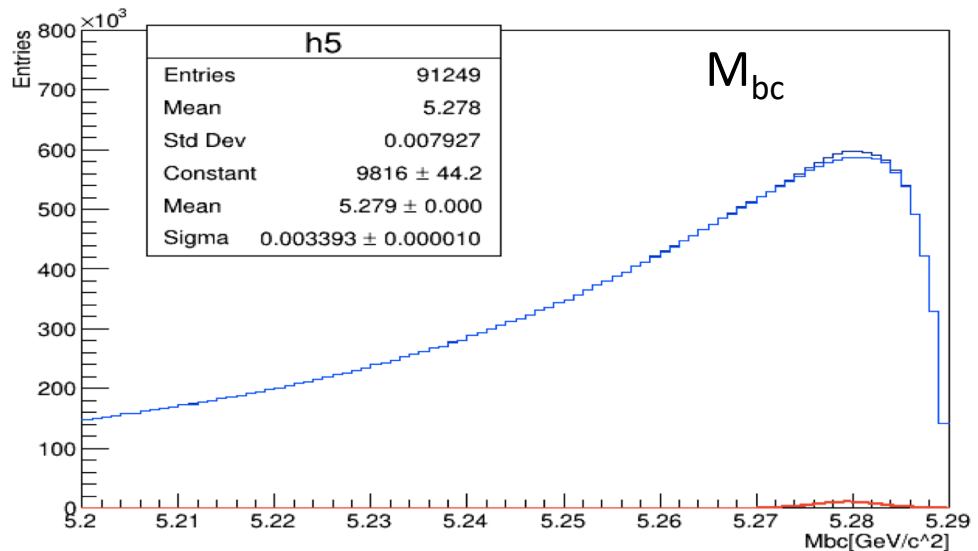
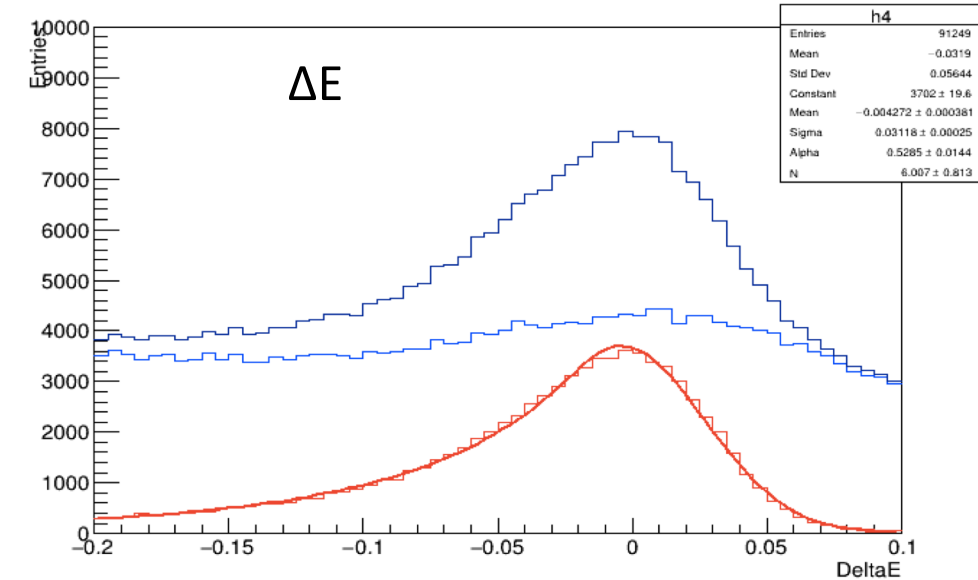
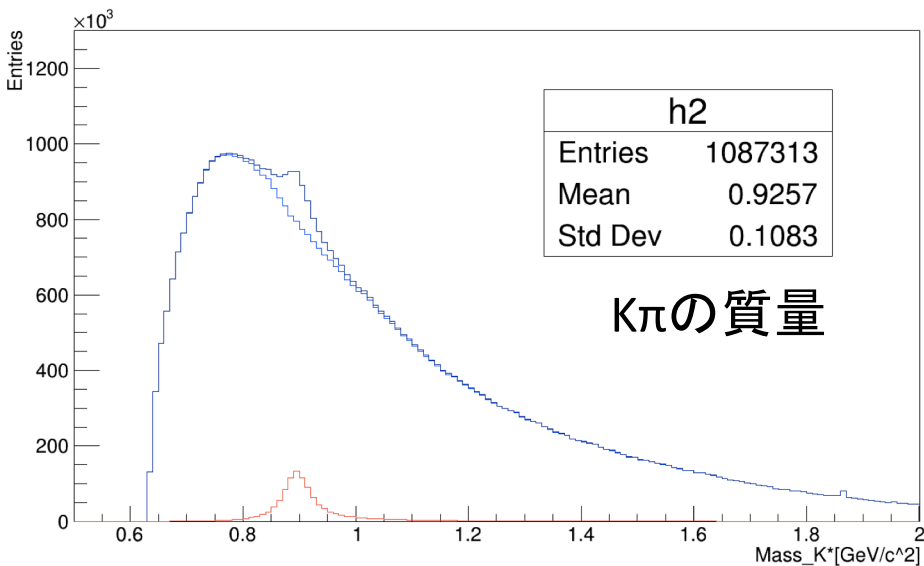
$$SecondMoment = \frac{\sum_i w_i E_i \rho_i^2}{\sum_i w_i E_i}$$

再構成 $B^0 \rightarrow K^{*0} \gamma \rightarrow K^+ \pi^- \gamma$

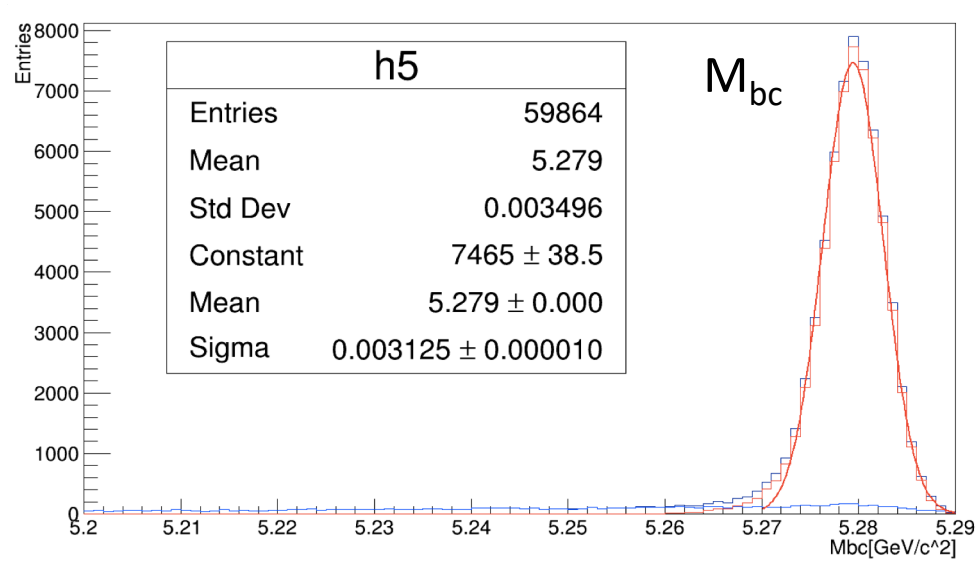
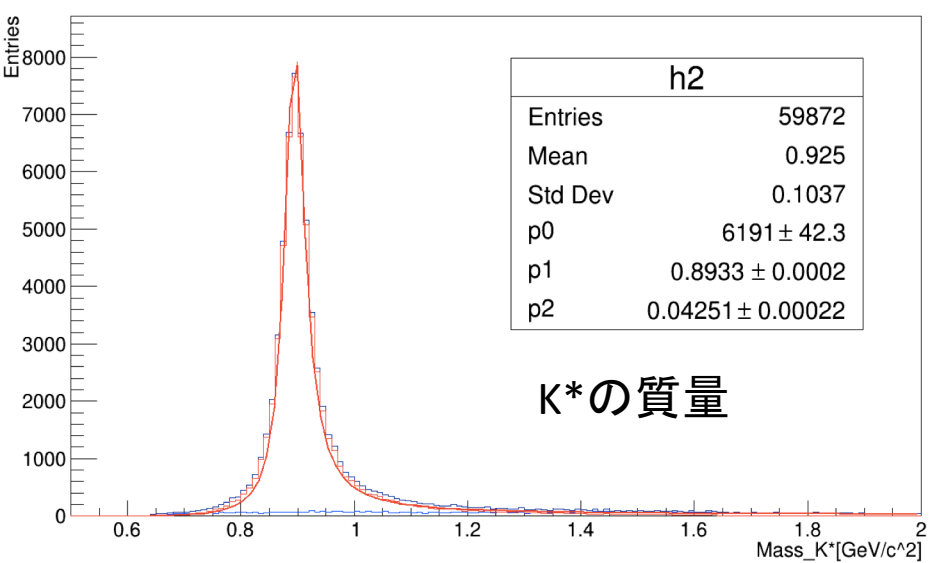
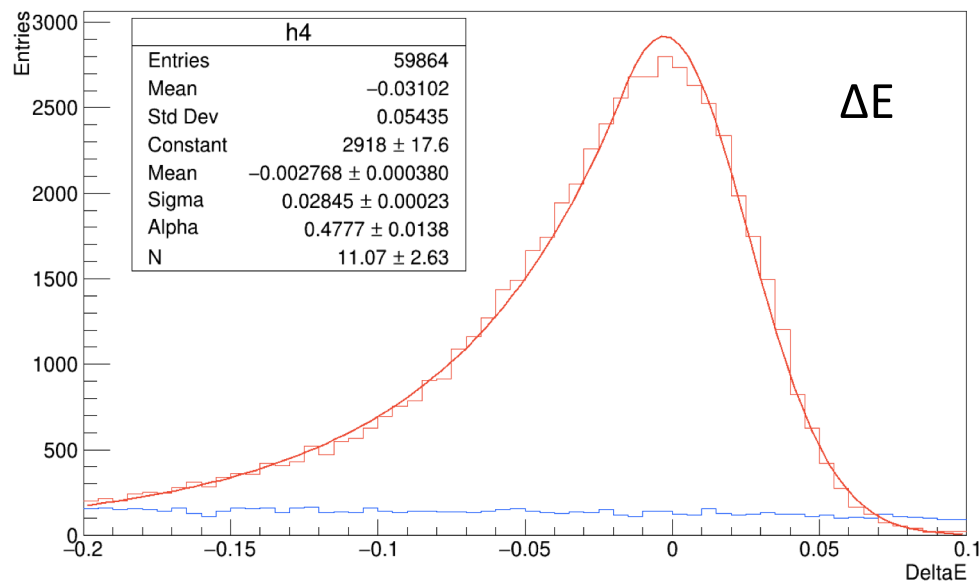
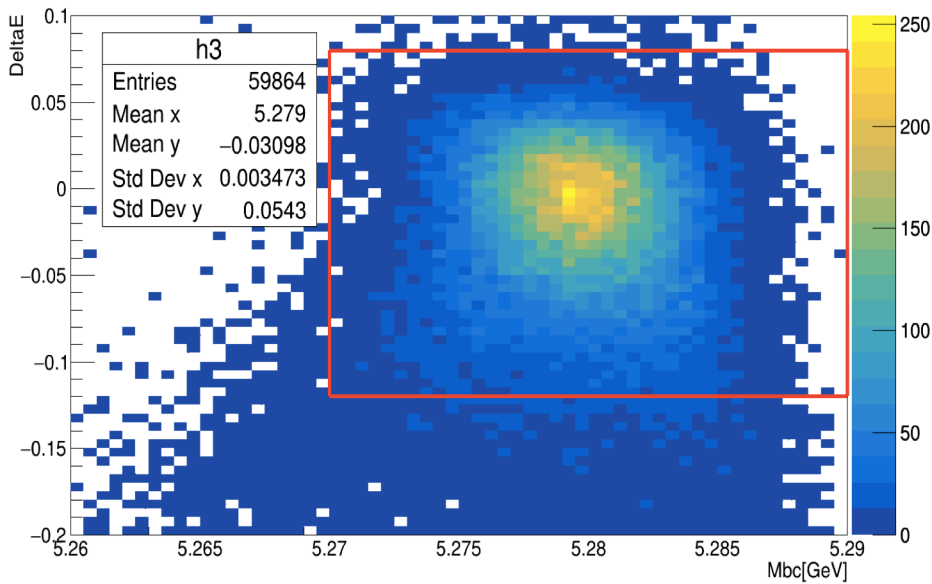
B0toKpigm_rel10.pyを用いて
K*の質量、 ΔE 、 M_{bc} を求めた。

2225/mdst_000001_prod00002225_task
00000001.root
(without Beam background)
カットなし

黒: all、青: not Signal、赤: Signal



再構成 $B^0 \rightarrow K^{*0} \gamma \rightarrow K^+ \pi^- \gamma$

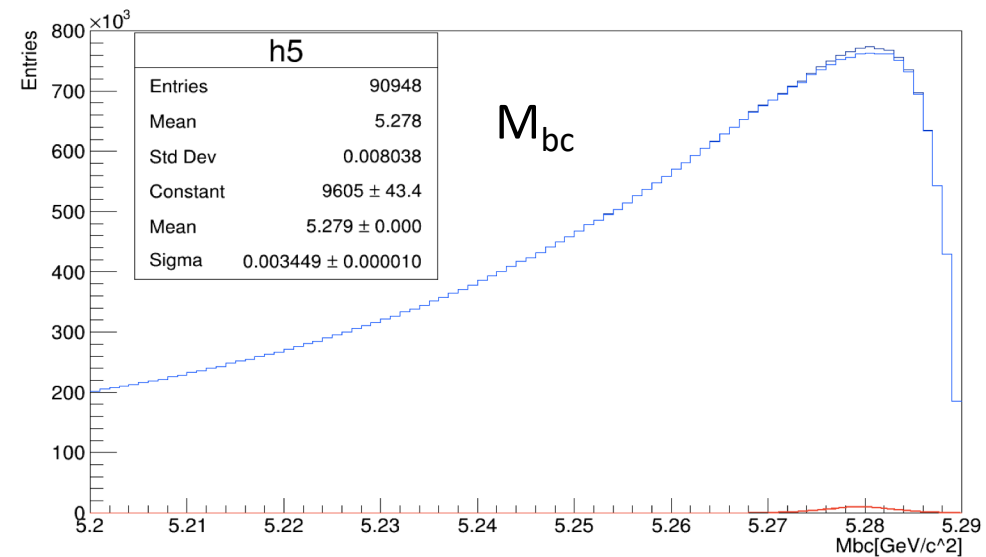
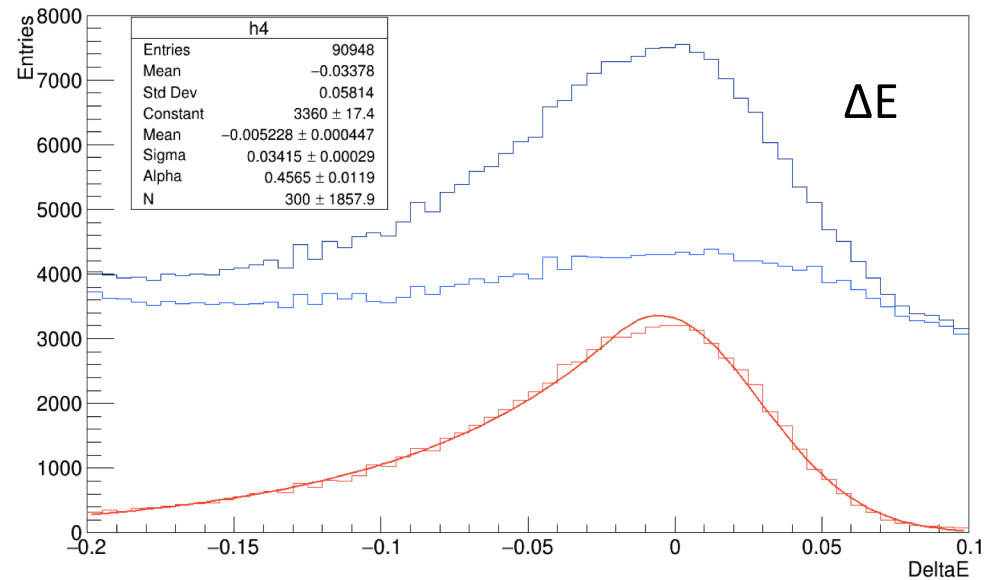
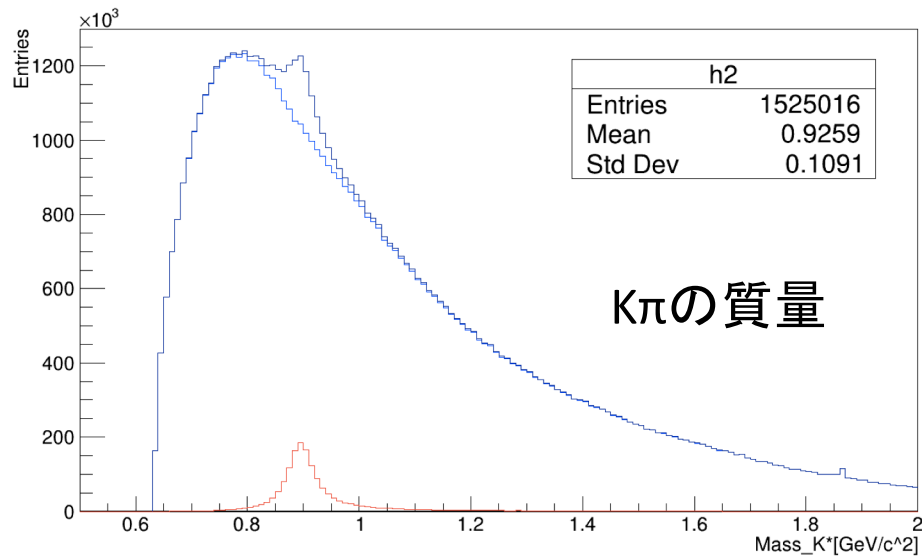


再構成 $B^0 \rightarrow K^{*0} \gamma \rightarrow K^+ \pi^- \gamma$

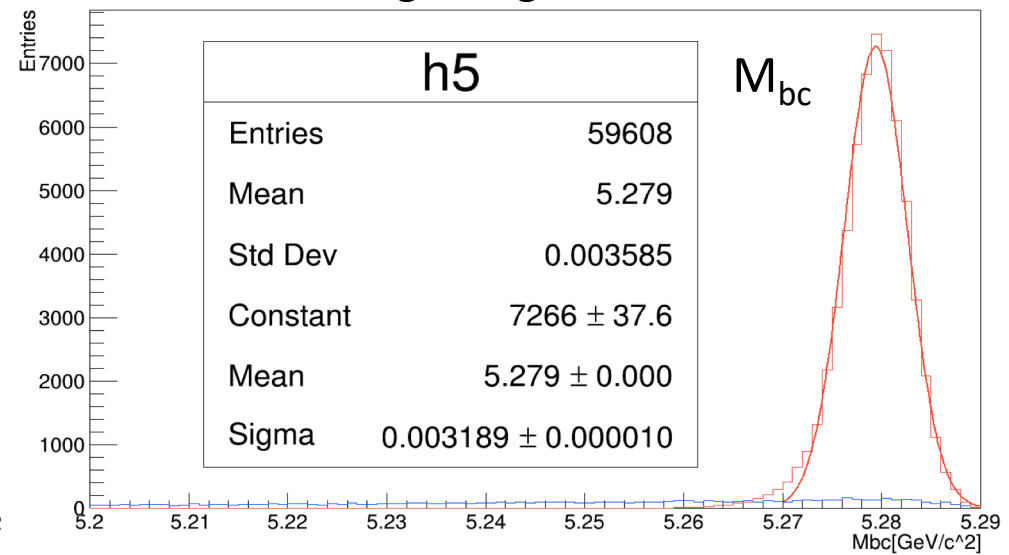
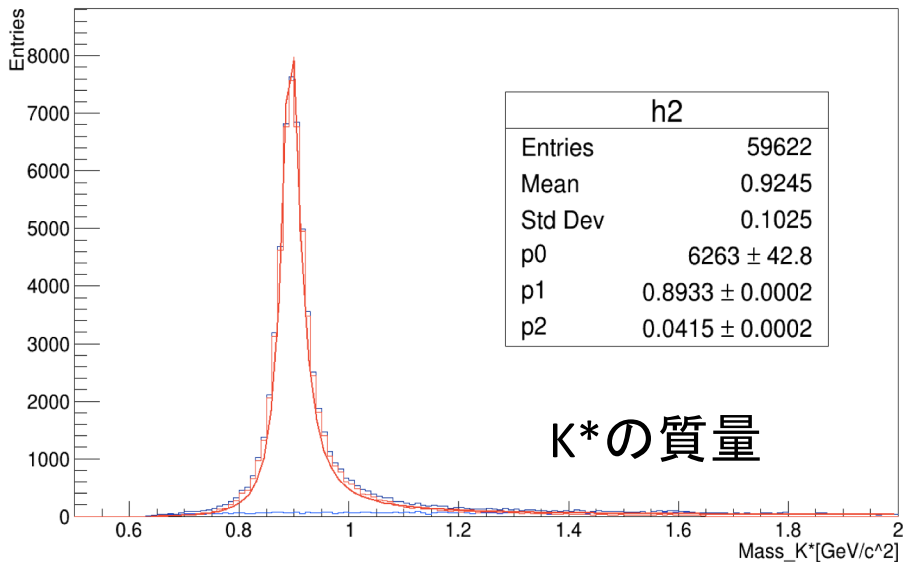
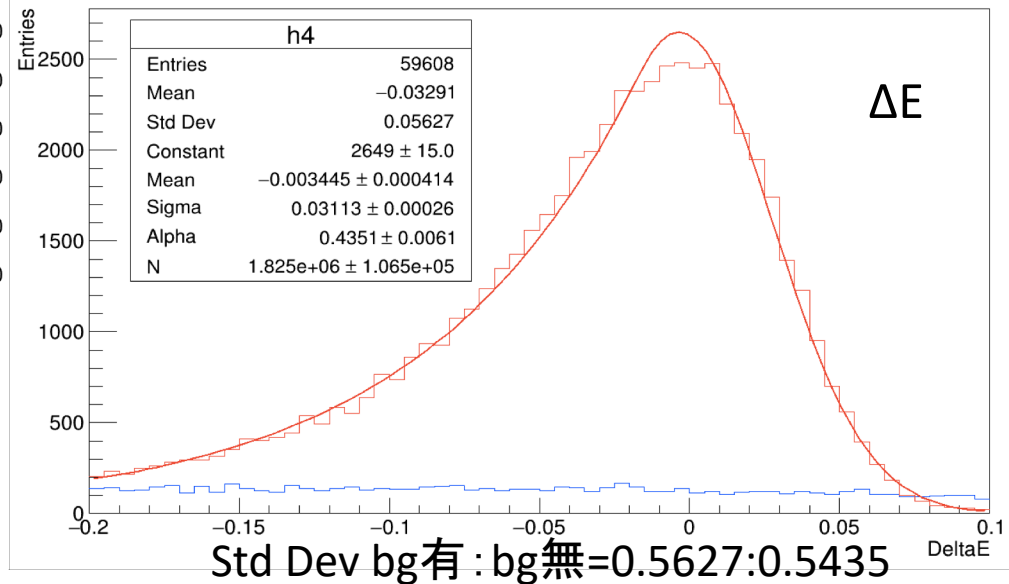
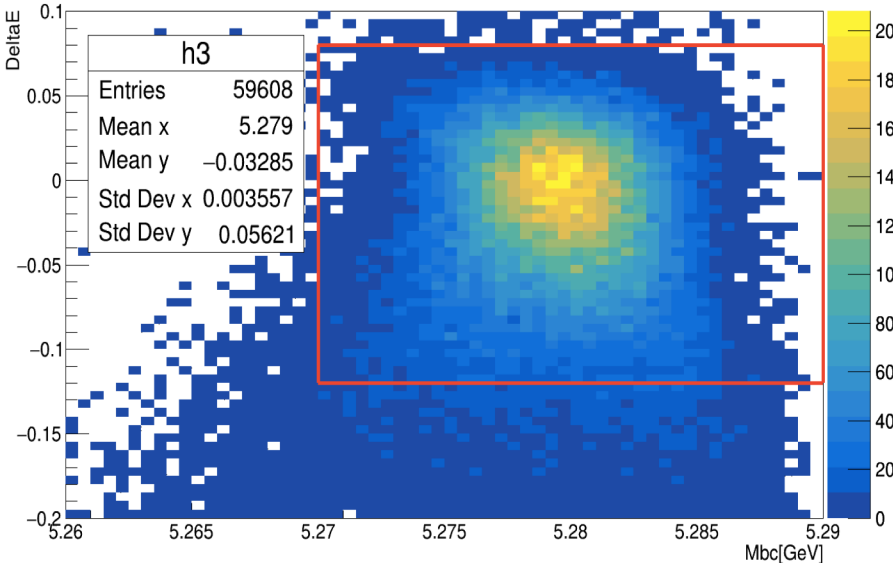
B0toKpigam_rel10.pyを用いて
K*の質量、 ΔE 、 M_{bc} を求めた。

2271/mdst_000001_prod00002271_task
00000001.root
(with Beam background)
カットなし

黒: all、青: not Signal、赤: Signal



再構成 $B^0 \rightarrow K^{*0} \gamma \rightarrow K^+ \pi^- \gamma$

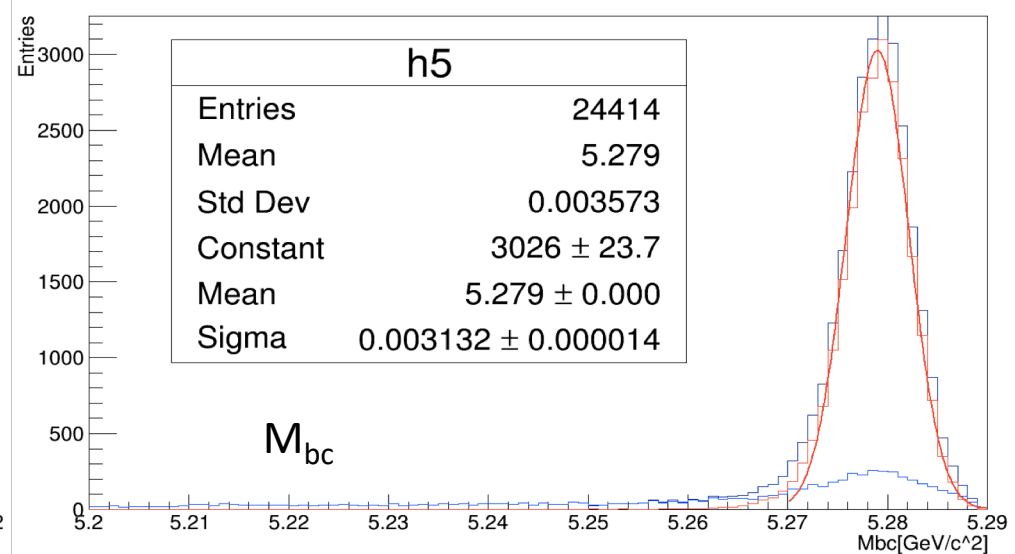
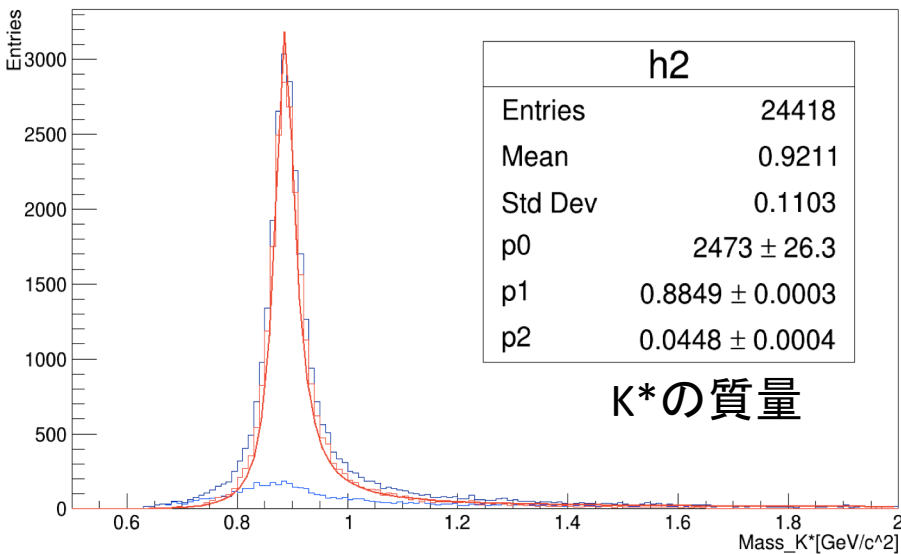
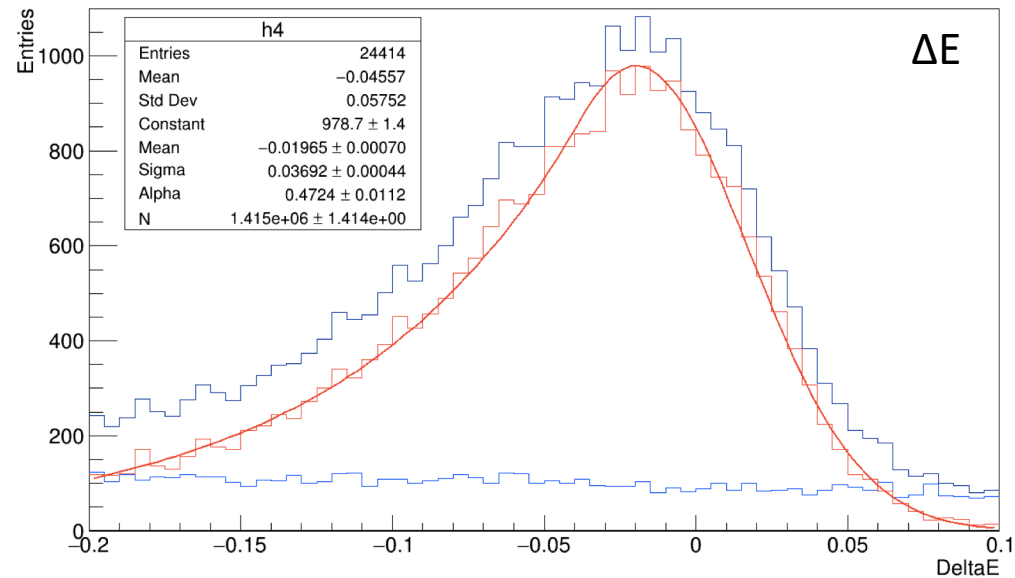


再構成 $B^+ \rightarrow K^{*+} \gamma \rightarrow K^+ \pi^0 \gamma$

BptoKpi0gam_rel10.pyを用いて
 K^* の質量、 ΔE 、 M_{bc} を求めた。

2420/mdst_000001_prod00002420_task
00000001.root
(without Beam background)

黒 : all、青 : not Signal、赤 : Signal

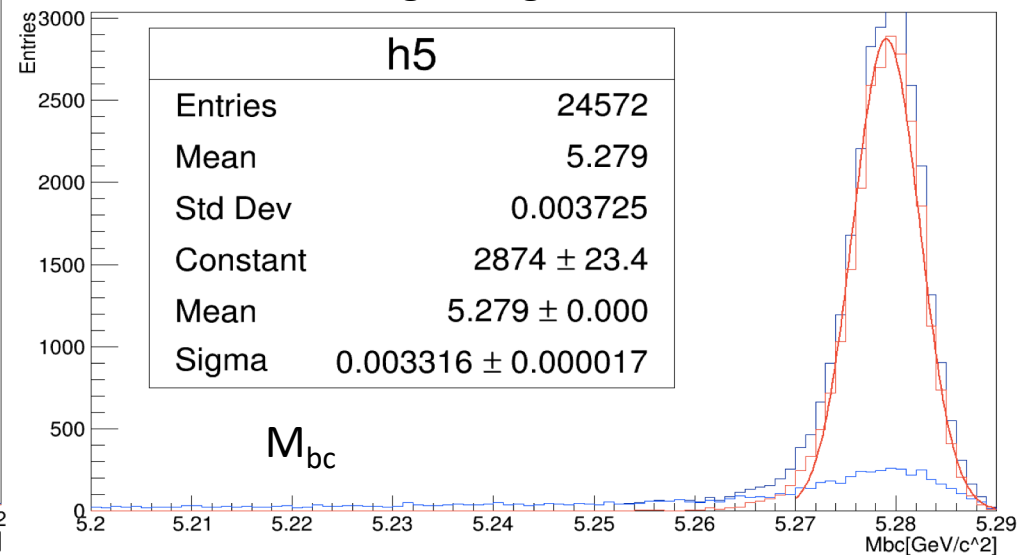
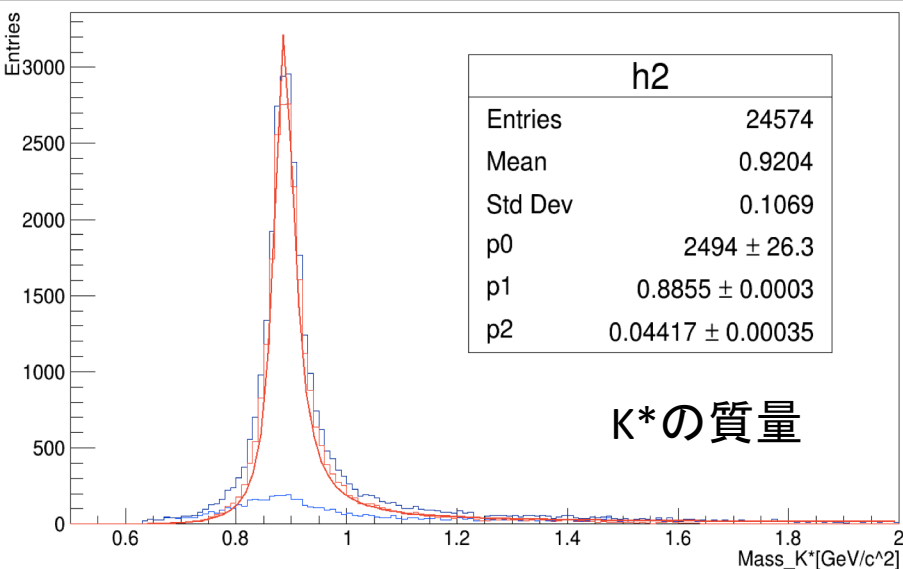
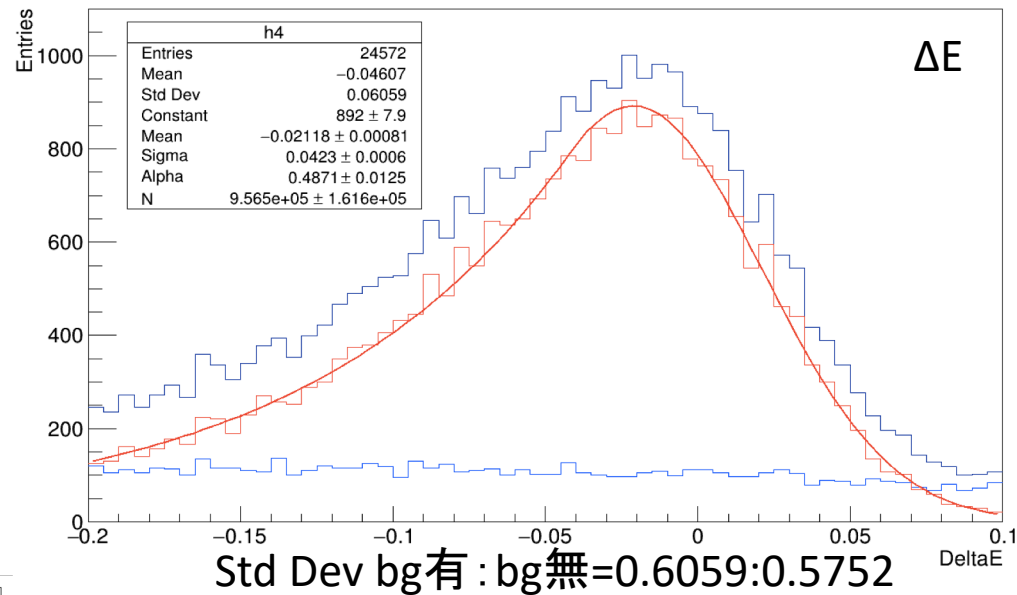


再構成 $B^+ \rightarrow K^{*+} \gamma \rightarrow K^+ \pi^0 \gamma$

BptoKpi0gam_rel10.pyを用いて
 K^* の質量、 ΔE 、 M_{bc} を求めた。

2419/mdst_000001_prod00002419_task
 00000001.root
 (with Beam background)

黒 : all、青 : not Signal、赤 : Signal



まとめと今後

$B^0 \rightarrow K^{*0} \gamma \rightarrow K^+ \pi^- \gamma$
 $B^+ \rightarrow K^{*+} \gamma \rightarrow K^+ \pi^0 \gamma$ のMC9のシミュレーションデータを用いて
Signalの再構成を行い、 K^* の質量、 ΔE 、 M_{bc} について正しい値
であることを確認した。

フォトン選別で用いた

E9/E21、ZernikeMVA、クラスター二次モーメントについて相関関係を調べる。

efficiencyがbeam backgroundの有り無しでどのくらい変わるか計算する。

back up

2018/4/25

14

使用したデータ

Phase II Y(4S) signal samples

Signal	Event Type	Number of events (10 ⁶)	Ratio without/with background	Production ID without/with background	LPN***	Link to json file	JIRA ticket
B0 → K ⁰ gamma	1110021002	2	0.2/0.8	2225,2442/2271,2441	prod00002225/e0000/4S/r00000/1110021002/sub00	BGx0 / BGx1	BIIDP-65
B+ → K ⁺ gamma	1210011001	4	0.2/0.8	2420/2419	prod00002420/e0000/4S/r00000/1210011001/sub00		BIIDP-185

カット条件 $B^0 \rightarrow K^{*0}\gamma \rightarrow K^+\pi^-\gamma$

B0toKpigam_rel10.py

粒子	カット条件
γ	$1.8 < E^*$ (重心系エネルギー) < 3.0 [GeV] <i>clusterReg == 2</i> バレルECLのみ $E_9/E_{21} > 0.94$ <u>$ZernikeMVA$(ソフトフォトンのシャワー変数) > 0.52</u> <u>クラスター二次モーメント < 1.6[GeV]</u>
K^+	χ^2 Probability > 0.001 : Tracking quality cut <i>K Probability</i> > 0.6 , <i>Proton Probability</i> < 1 : PID cut <u>$dr < 0.15$[cm], $dz < 1.4$[cm]</u> : Impact parameter cut <u>0.2[GeV] $< p^*$(重心系運動量)</u>
π^-	χ^2 Probability > 0.001 : Tracking quality cut <i>π Probability</i> > 0.2 , <i>electron Probability</i> < 1 : PID cut <u>$dr < 0.12$[cm], $dz < 0.9$[cm]</u> : Impact parameter cut 0.3 [GeV] $< p^*$ (重心系運動量) < 2.4 [GeV]
K^{*0}	<u>M(質量) < 2.0[GeV]</u>
B^0	$5.2 < M_{bc} < 5.29$ [GeV] <u>$-0.2 < \Delta E < 0.1$[GeV]</u>

カット条件 $B^+ \rightarrow K^{*+} \gamma \rightarrow K^+ \pi^0 \gamma$

BptoKpi0gam_rel10.py

粒子	カット条件
γ	$1.8 < E^*$ (重心系エネルギー) < 3.0 [GeV] $E > 0.07$ <i>clusterReg == 2</i> バレルECLのみ $E_9/E_{21} > 0.94$ <u>$ZernikeMVA$(ソフトフォトンのシャワー変数) > 0.52</u> クラスタ二次モーメント < 1.6 [GeV]
K^+	χ^2 Probability > 0.001 : Tracking quality cut <i>K Probability</i> > 0.6 , <i>Proton Probability</i> < 1 : PID cut <i>dr</i> < 0.15 [cm], <i>dz</i> < 1.4 [cm] : Impact parameter cut <u>0.2[GeV] $< p^*$(重心系運動量)</u>
π^0	$E_\gamma > 0.07$ [GeV](π^0 の娘粒子の2 γ のEnergy cut) $0.115 < M < 0.15$ [GeV] $ m_{\pi^0}^{PDG} - m_{\gamma\gamma} < 0.01$ [GeV]: Mass cut $\cos \theta_{\gamma\gamma} > 0.5$ 0.5 [GeV] $< p^*$ (重心系運動量) < 2.3 [GeV]
K^{*+}	<u>M(質量) < 2[GeV]</u>
B^+	$5.2 < M_{bc} < 5.29$ [GeV] <u>$-0.2 < \Delta E < 0.1$[GeV]</u>

カット条件 $B^+ \rightarrow K^{*+} \gamma \rightarrow K_S \pi^+ \gamma$

B0toKpigam_rel10.py

粒子	カット条件
γ	$1.8 < E^*$ (重心系エネルギー) < 3.0 [GeV] <i>clusterReg == 2</i> バレルECLのみ $E_9/E_{21} > 0.94$ $ZernikeMVA$ (ソフトフォトンのシャワー変数) > 0.52 $\text{クレーター二次モーメント} < 1.6$ [GeV]
K_S	$ m_{K_S}^{PDG} - m_{\pi^+\pi^-} < 0.02$ [GeV] 0.3 [GeV] $< p^*$ (重心系運動量): <i>Mass cut</i> <i>V0like</i> > 0.70 <i>NoLambda</i> > 0.68 : <i>NisKs</i>
π^+	χ^2 Probability > 0.001 : <i>Tracking quality cut</i> π Probability > 0.3 , <i>electron Probability</i> < 1 : <i>PID cut</i> $dr < 0.08$ [cm], $dz < 0.8$ [cm]: <i>Impact parameter cut</i> 0.4 [GeV] $< p^*$ (重心系運動量) < 2.3 [GeV]
K^{*+}	M (質量) < 2 [GeV]
B^+	$5.2 < M_{bc} < 5.29$ [GeV] $-0.2 < \Delta E < 0.1$ [GeV]

検出効率 efficiency

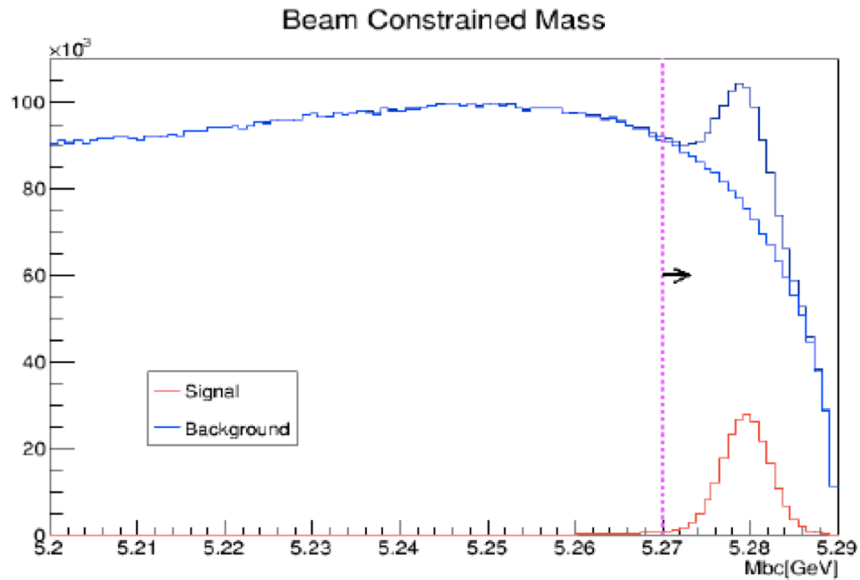


図 3.31 M_{bc} 分布。赤線が信号事象。青線が背景事象。紺色が全事象。5.27GeV 以上を信号事象ボックスとした。

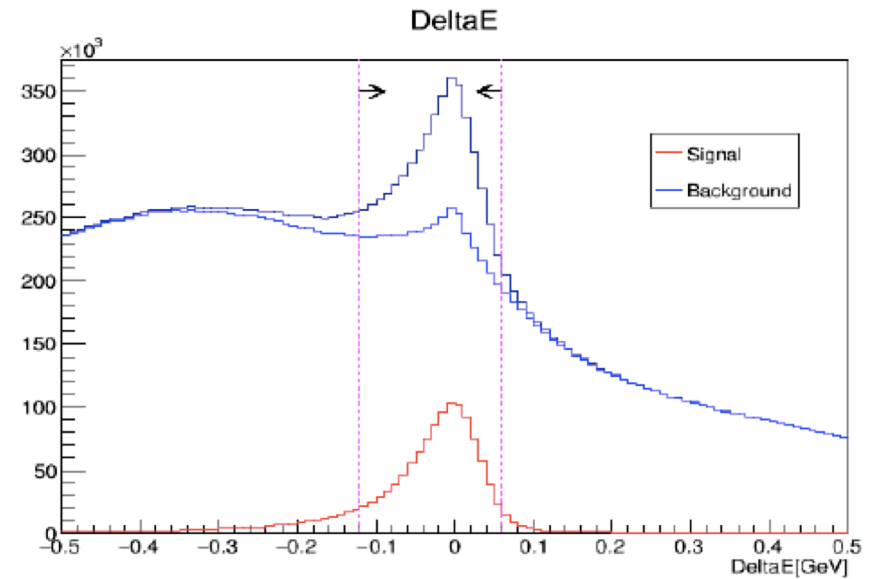


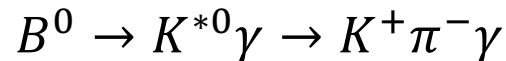
図 3.32 ΔE 分布。赤線が信号事象。青線が背景事象。紺色が全事象。

太田さんの修論から

signal box

M_{bc} : 5.27GeV~5.29GeV

ΔE : -0.12~0.08



検出効率: 約29.9%

→ qqbar suppression で signal 保持率が 76% 程度: 約 22.8%

→ pi0/eta veto での signal 保持率は 92%: 約 20.9%