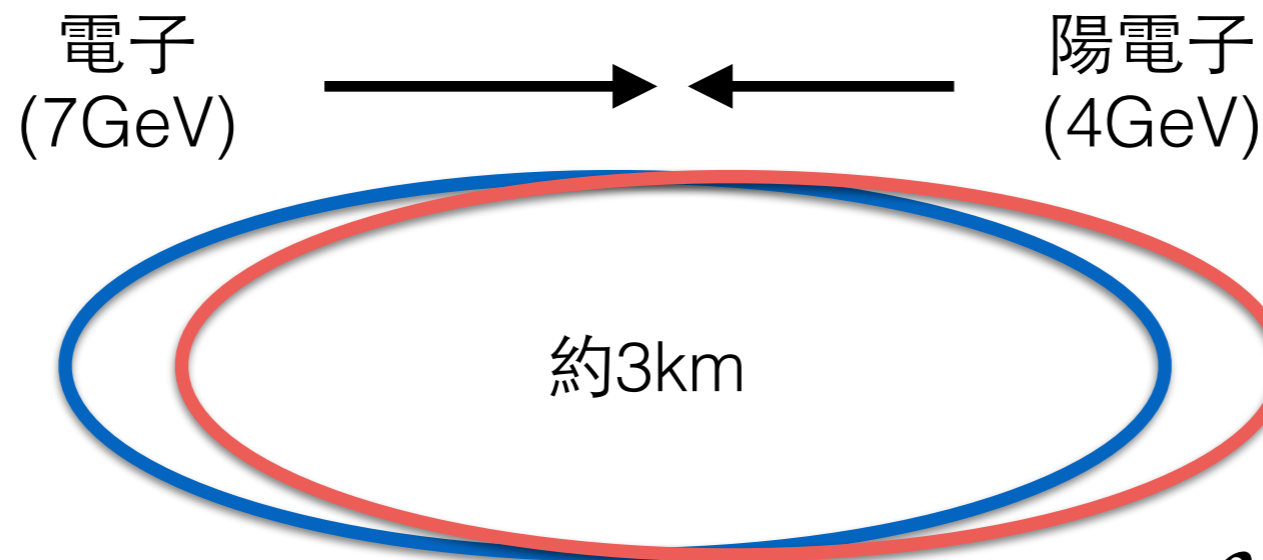


Belle II実験における software triggerの開発

首都大学東京
M1 梶原春花

Belle II 実験

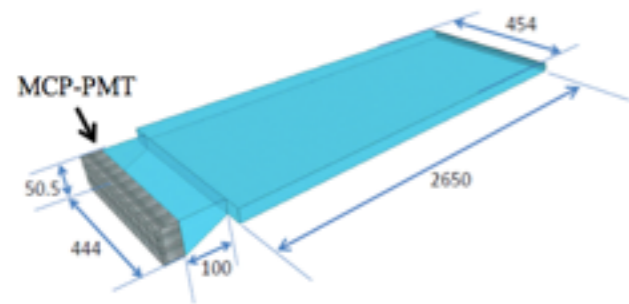


$$\mathcal{L} = \frac{\gamma_{\pm}}{2e\gamma_e} \left(\frac{I_{\pm} \xi_{y\pm}}{\beta_{y\pm}^*} \right) \frac{R_{\mathcal{L}}}{R_{\xi_y}}$$

LER/HER	Belle (KEKB)	Belle II(Super KEKB)
ビームエネルギー[GeV/c]	8.0/3.5	7.0/4.0
ξ_y	0.129/0.090	0.090/0.088
β_y	5.9/5.9	0.27/0.41
I(ビーム電流) [A]	1.6/1.2	3.6/2.6
ルミノシティ	2.1	80

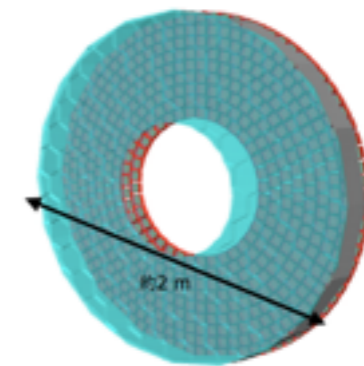
Belle II 検出器

Barrel部 粒子識別装置
TOP(Time-Of Propagation)

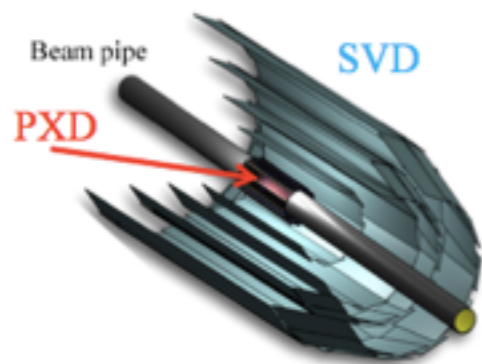


エネルギー測定
ECL(電磁カロリメータ)

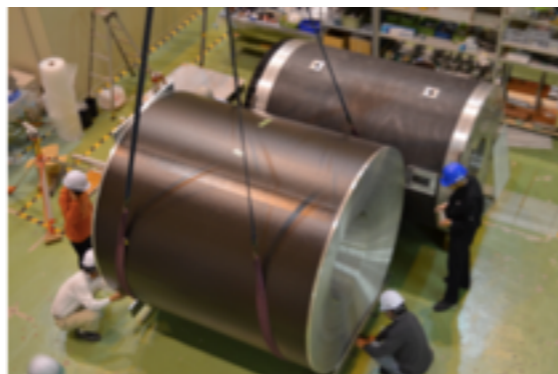
End cap部 粒子識別装置
A-RICH(Aerogel Ring Imaging Cherenkov)



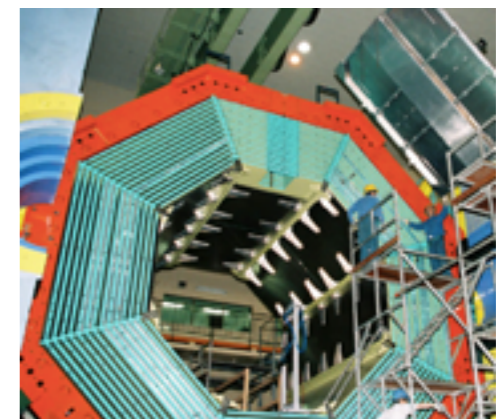
内部崩壊点検出点
PXD(ピクセル型シリコン検出器)
SVD(シリコンストリップ検出器)



飛跡検出, 運動量測定
CDC(セントラル・ドリフト・チェンバー)



K_L , μ 粒子検出器
KLM



Physic Target

事象	生成断面積 (nb)	Belleでのレート L= $\times 10$	Belle IIでのレート L= 8×10
Upsilon(4S)	1.2	12	960
Continuum	2.8	28	2200
$\mu\mu$	0.8	8	640
$\pi\pi$	0.8	8	640
Bhabha*	44	4.4	350
$\gamma\text{-}\gamma^*$	2.4	0.24	19
Two photon**	13	130	10000
Total	67	~ 190	~ 15000

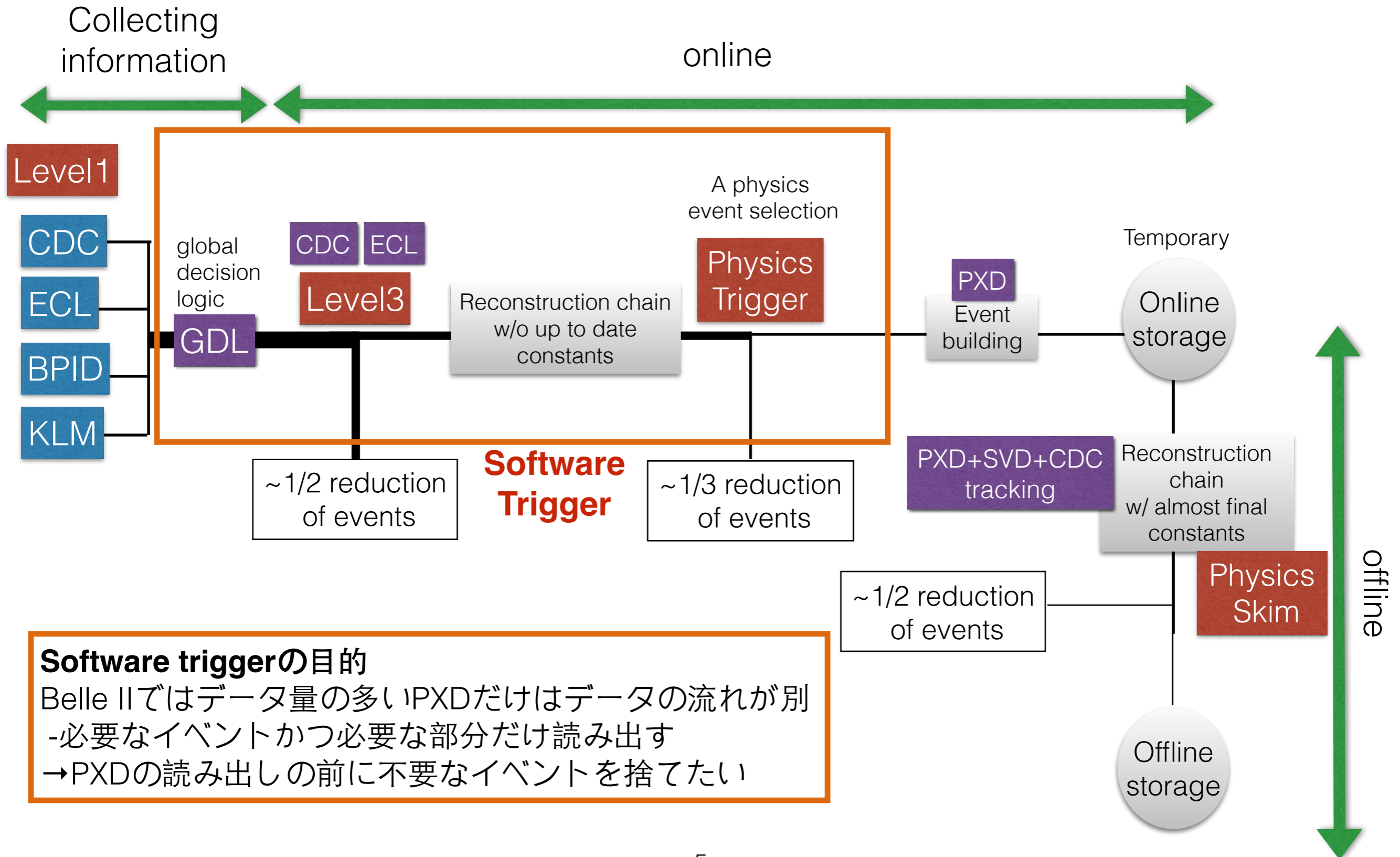
$B^0 \bar{B}^0$
 $B^- B^+$

$u\bar{u}, c\bar{c}$
 $d\bar{d}, s\bar{s}$

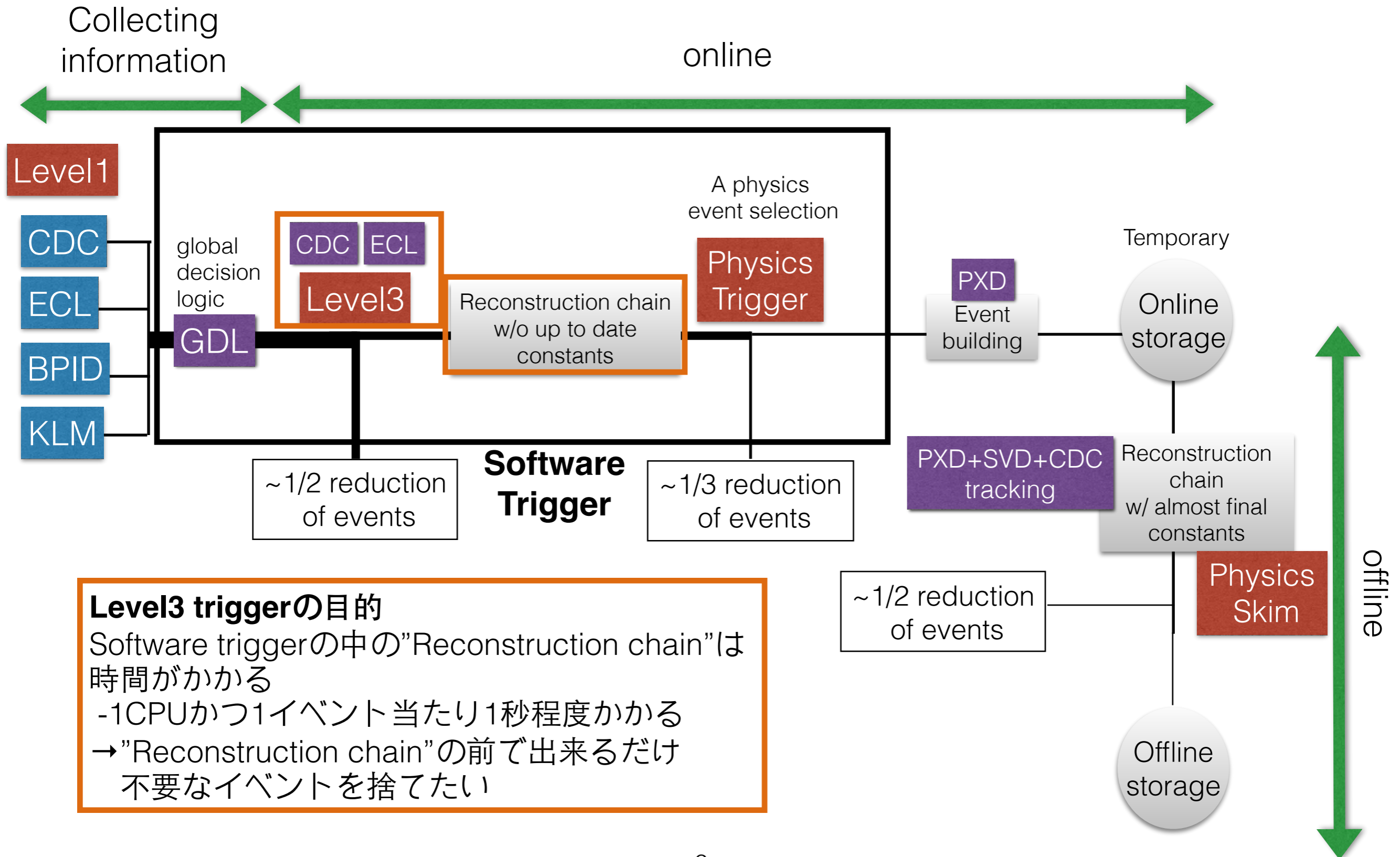
* Bhabha と $\gamma\text{-}\gamma$ はプレスケール済

** Two photonはBelle L1 trigger rateで見積もられたもの

データの流れと software trigger



データの流れと software trigger



Level 3 trigger

1. "Reconstruction chain"の前で独自の再構成

(精度を落とし、高速性と安定性に特化)

- CDC hitsを使ったトラック情報
- ECL hitsを使ったエネルギー情報

2. Selection

- ビームバックグラウンドイベントを減らすために必要
- 以下の情報をもとに"good" eventsを選ぶ

現在のselection criteria

Number of good tracks ≥ 1 ,

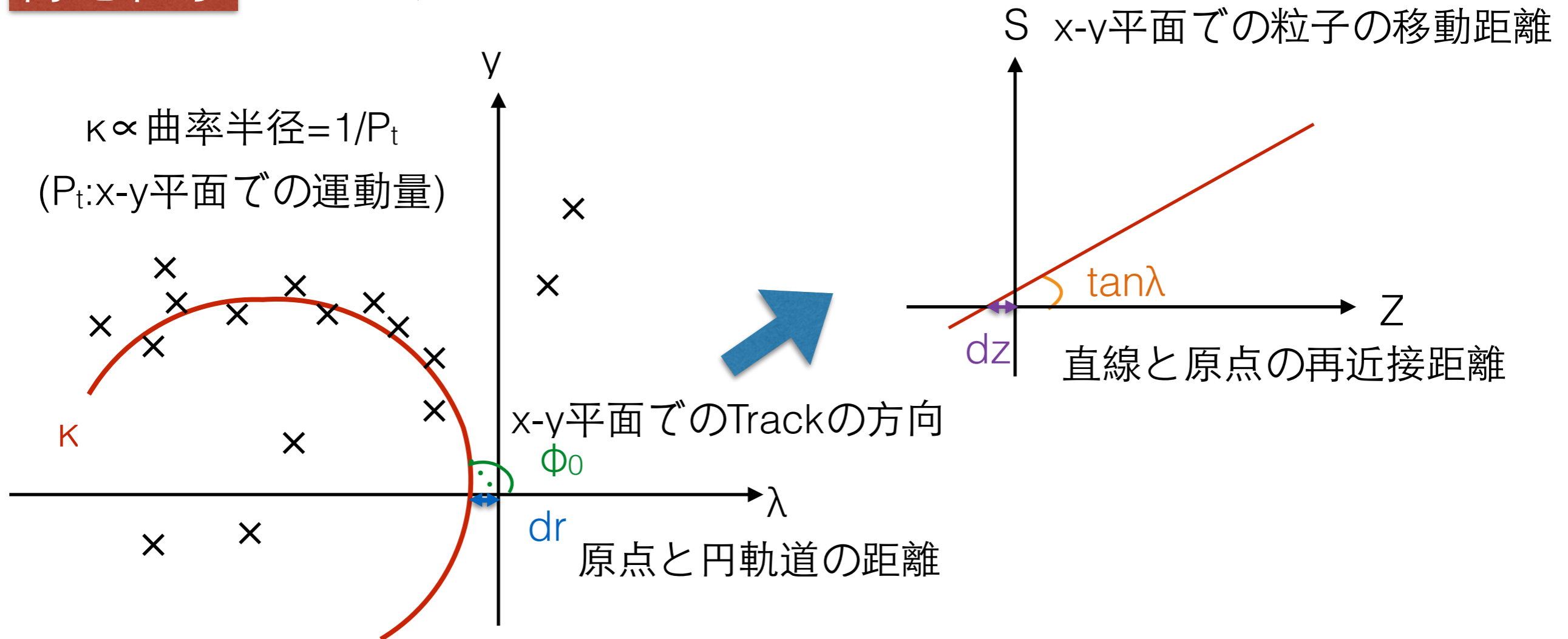
good track: $|dr| < 1\text{cm} \ \&\& \ |dz| < 4\text{cm} \ \&\& \ P_T > 0.3\text{GeV}/c$

Energy sum of good clusters $\geq 4\text{GeV}$ s

good cluster: $\Sigma E > 20\text{MeV} \ \&\& \ E_{\text{seed}} > 10\text{MeV}$

Belle II 検出器における粒子検出

荷電粒子 CDCを用いた飛跡検出



中性粒子 (γ と K_L の一部) ECLを用いたシャワーの検出

本公演のLevel 3 トリガーでは、これらの情報を使用

今回の研究では、Level3トリガーの
ビームバックグラウンドによる影響を評価

MCのパフォーマンス

Used MC sample

/group/belle2/MC/generic/{mixed,charged,ccbar,uubar,dubar,ssbar}/mcprod1405/BGx{0,1}/mc35*_BGx{0,1}_s00

Decay type	事象	Discarded (%)	Triggered by ECL (%)	Triggered by CDC (%)	Triggered by both(%)
B^-	1000000	BG×0 / BG×1 0.1 / 0.0	80.2 / 100.0	98.9 / 99.3	79.8 / 99.3
B	1000000	0.1 / 0.0	83.0 / 100.0	99.6 / 99.5	82.6 / 99.5
$c\bar{c}$	2386000	0.6 / 0.0	76.4 / 100.0	98.6 / 98.4	75.6 / 98.4
$u\bar{u}$	1278000	0.7 / 0.0	80.4 / 100.0	98.3 / 98.2	79.5 / 98.2
$d\bar{d}$	1278000	0.8 / 0.0	80.6 / 100.0	98.0 / 97.8	79.0 / 97.8
$s\bar{s}$	1278000	0.2 / 0.0	70.6 / 100.0	97.6 / 97.4	69.4 / 97.4

CDCトラック情報

ビームバックグラウンドの有無による CDCトラック情報の変化

現在のselection criteria

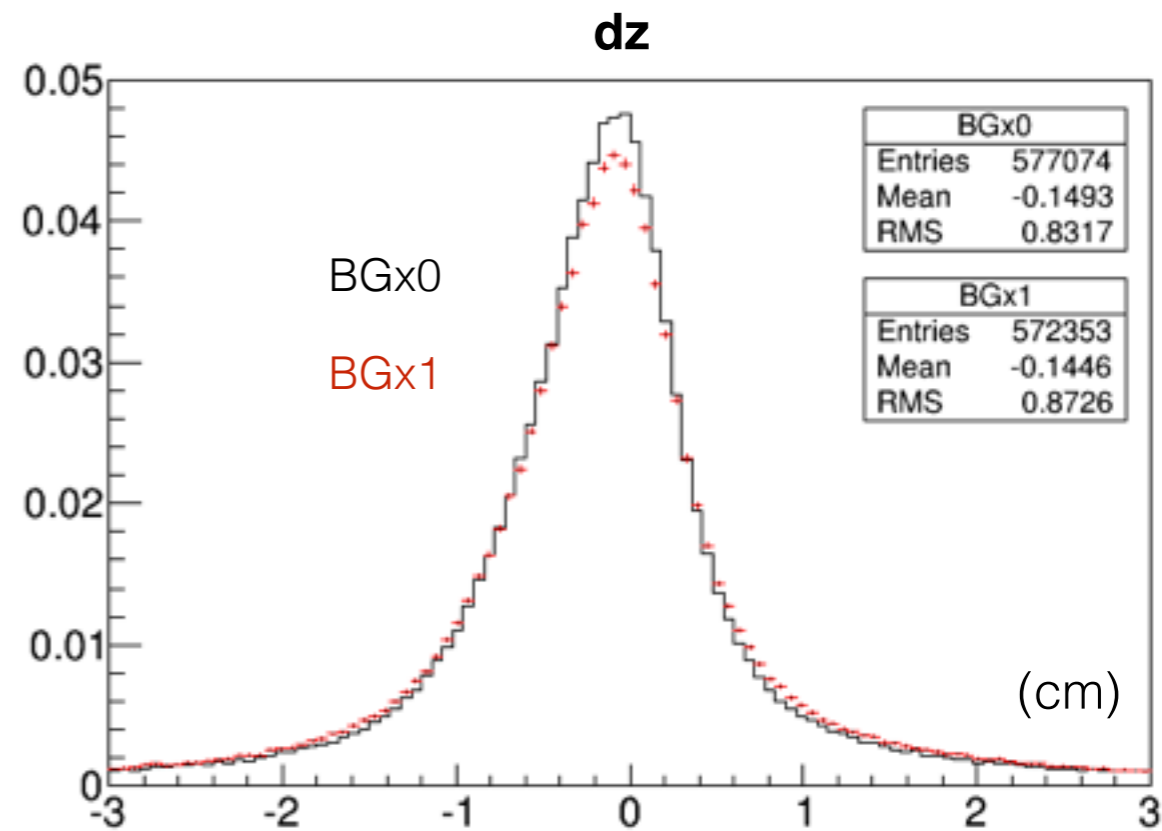
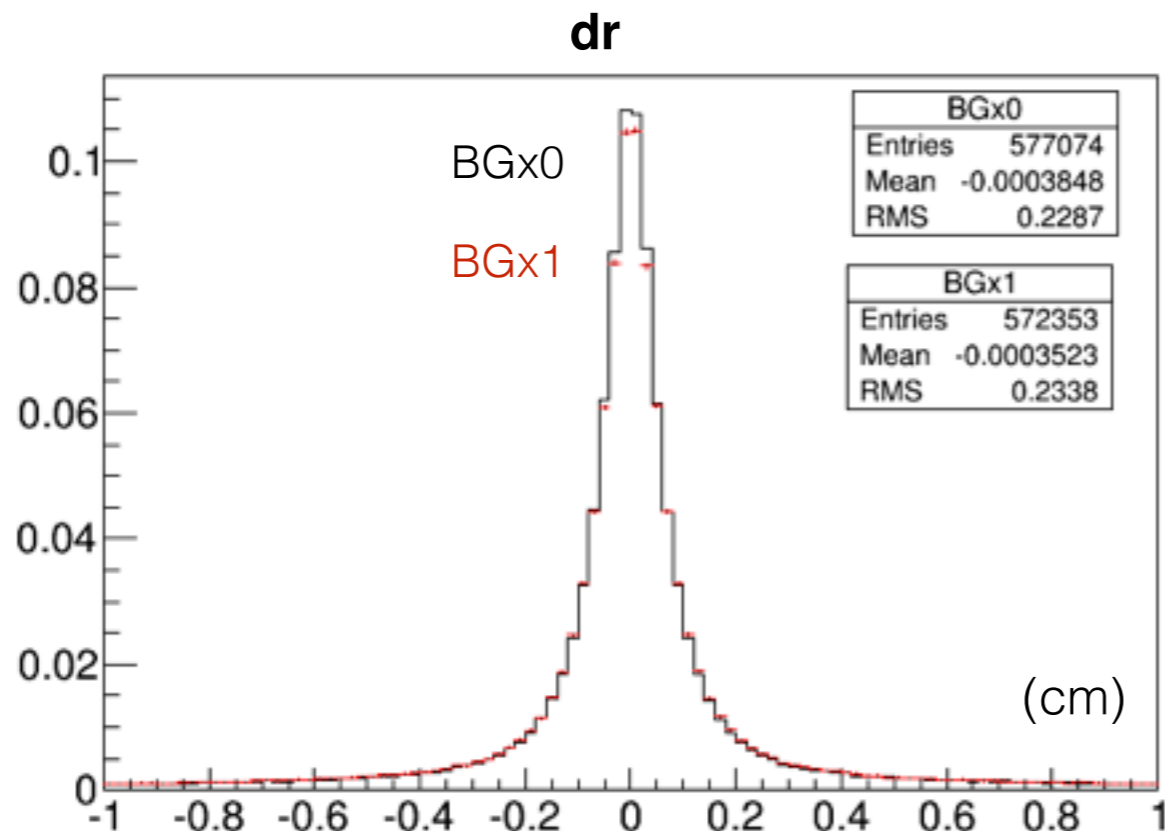
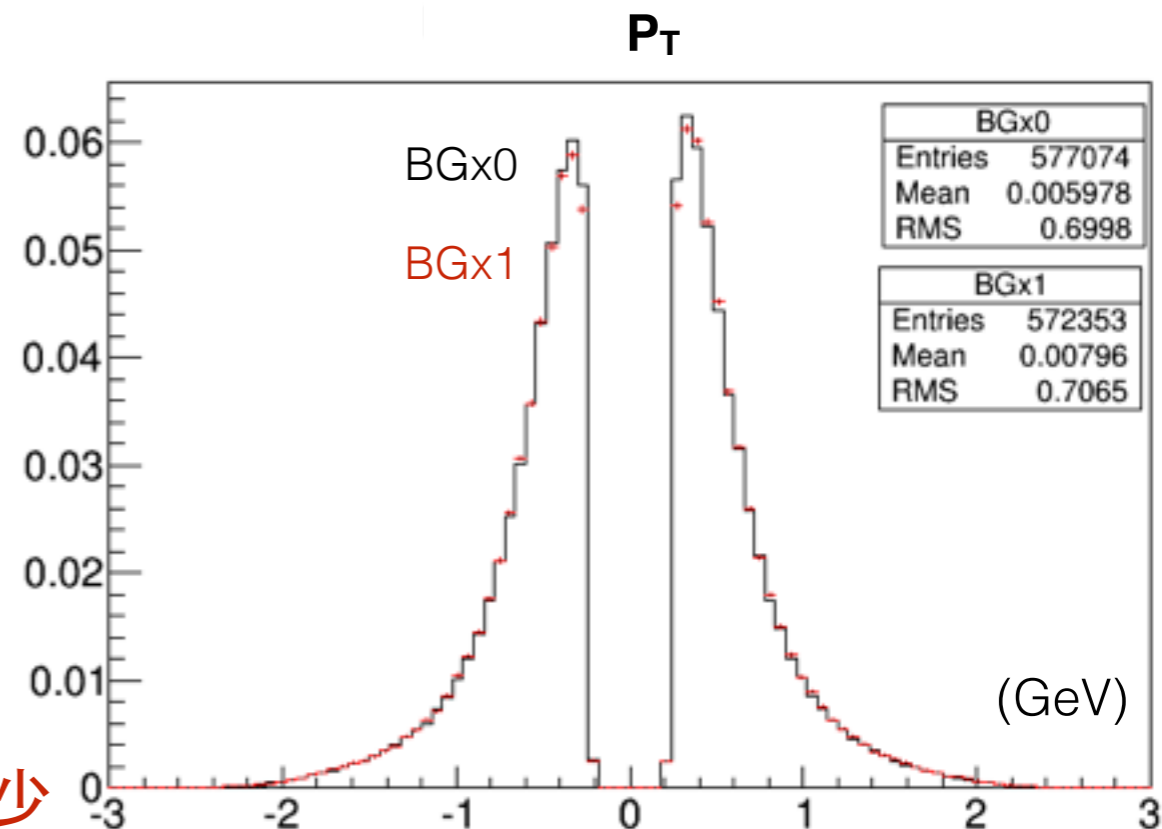
Number of good tracks ≥ 1 ,

good track:

$|dr| < 1\text{cm} \ \&\& \ |dz| < 4\text{cm} \ \&\& \ P_T > 0.3\text{GeV}/c$

バックグラウンドありの場合は

dr と dz のピークに含まれるトラック数が有意に減少



エネルギー情報

ビームバックグラウンドの有無による ECLエネルギー情報の変化

現在のselection criteria

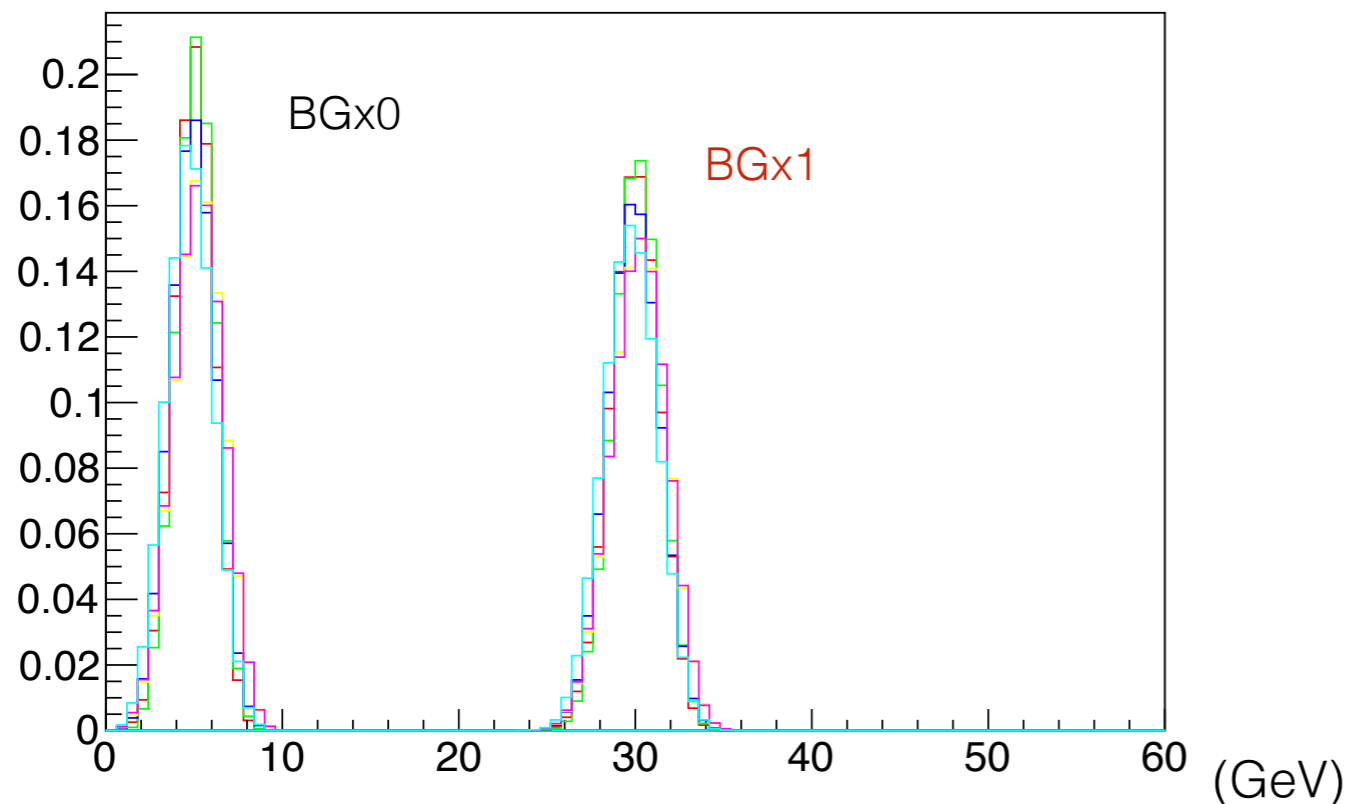
Energy sum of good clusters $\geq 4\text{GeV}$

good cluster:

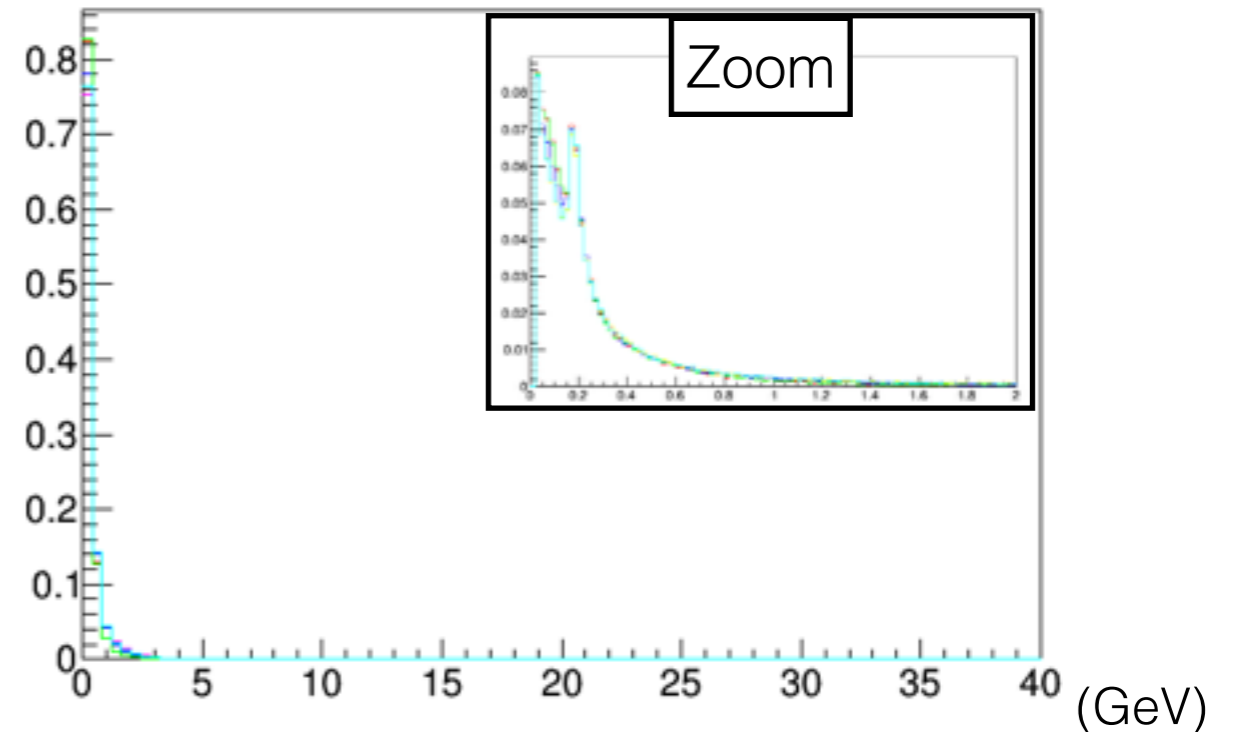
$$\Sigma E > 20\text{MeV} \ \&\& \ E_{\text{seed}} > 10\text{MeV}$$

**バックグラウンドありの場合は、
再構成されたエネルギーが明らかに
おかしい衝突エネルギー以上のエネルギーを返している**

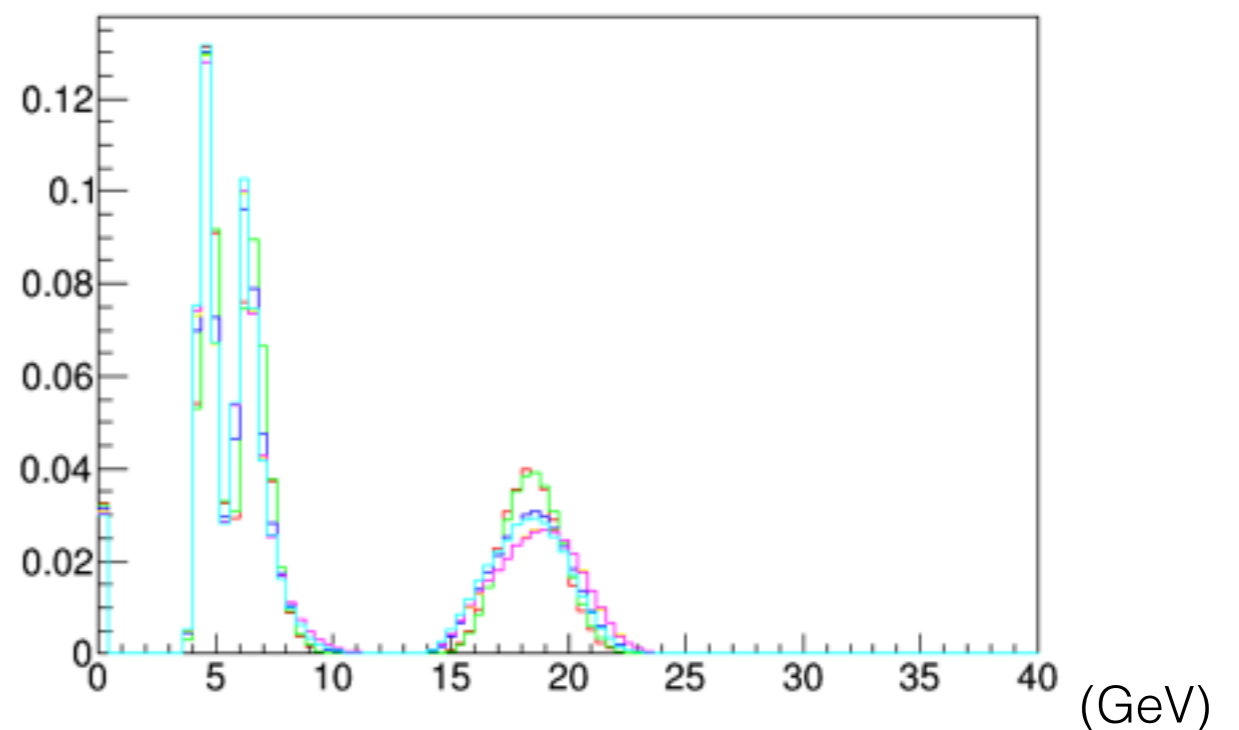
クラスタのエネルギー和



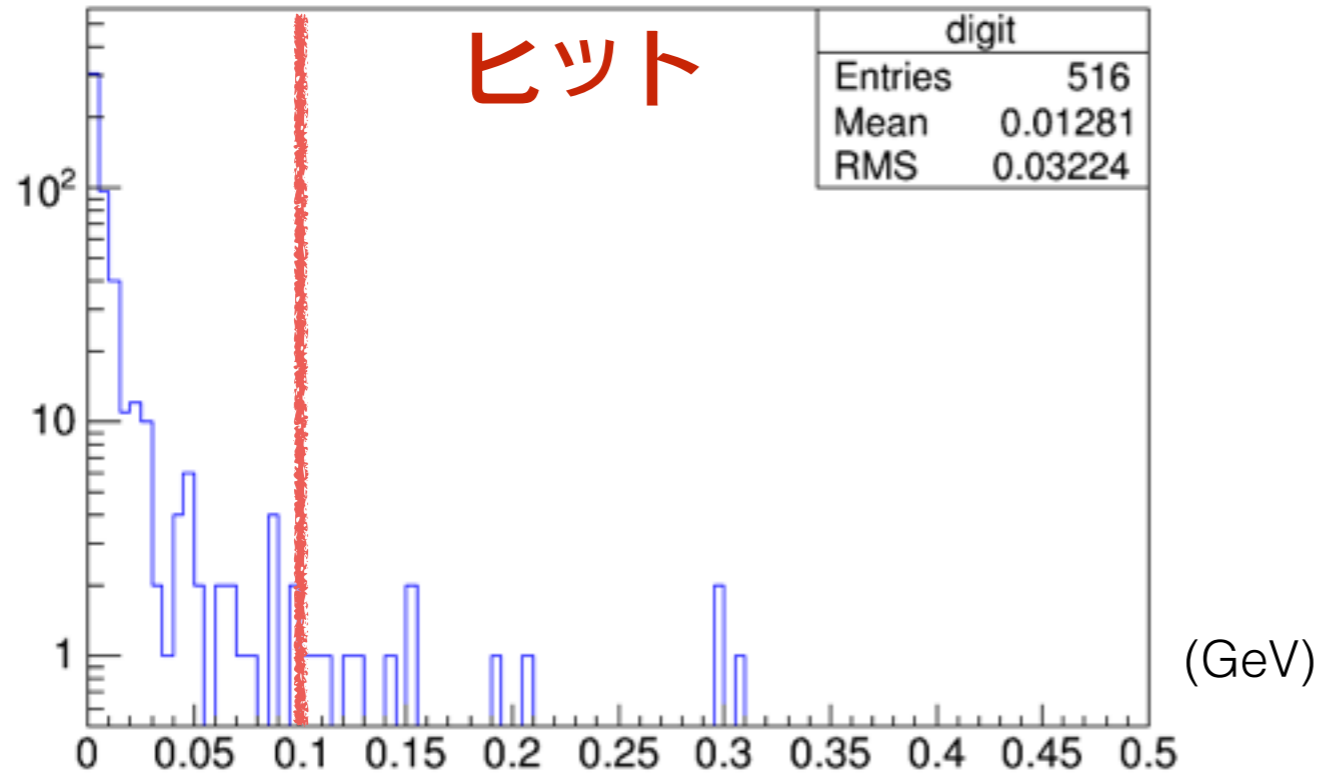
1つのクラスターに対するエネルギー BGx0



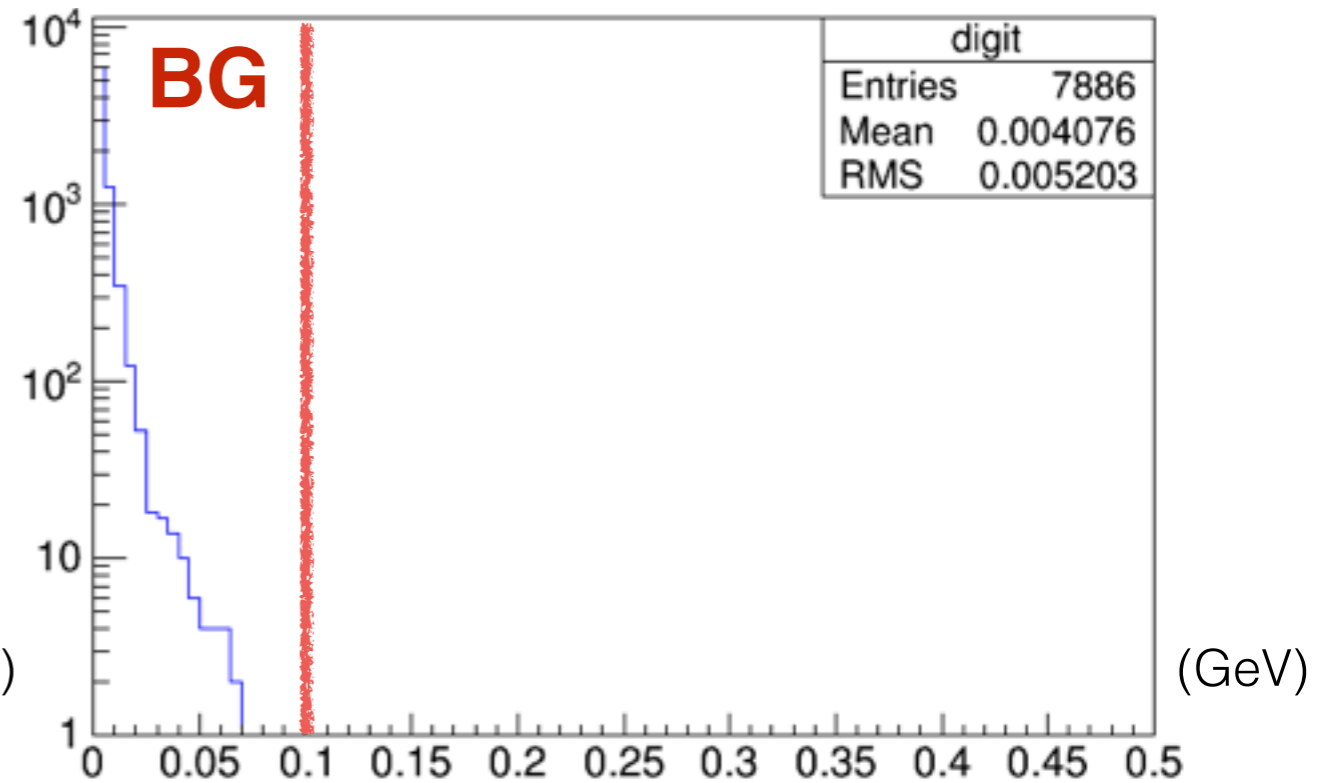
1つのクラスターに対するエネルギー BGx1



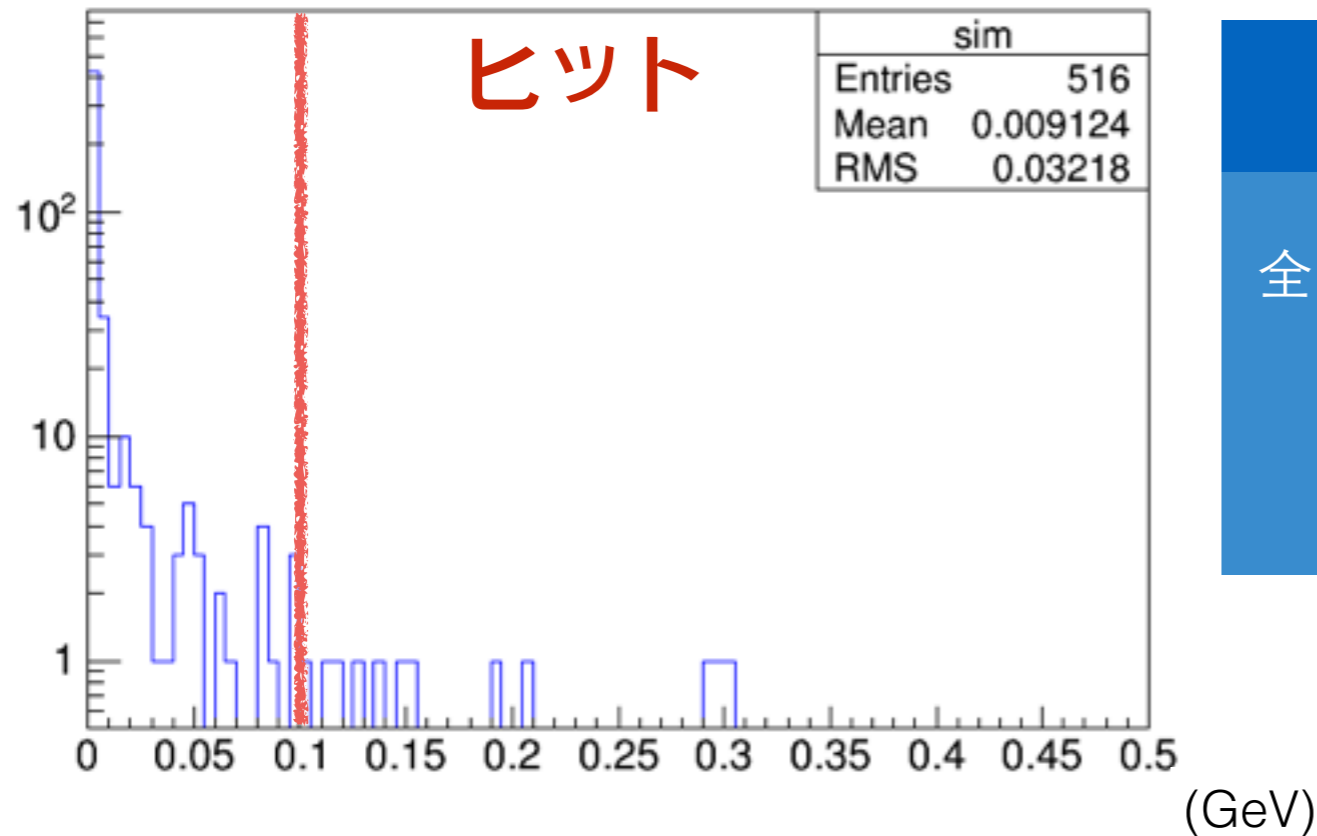
再構成されたエネルギー ヒット



再構成されたエネルギー BGヒット



正しいエネルギー(Geant情報)ヒット

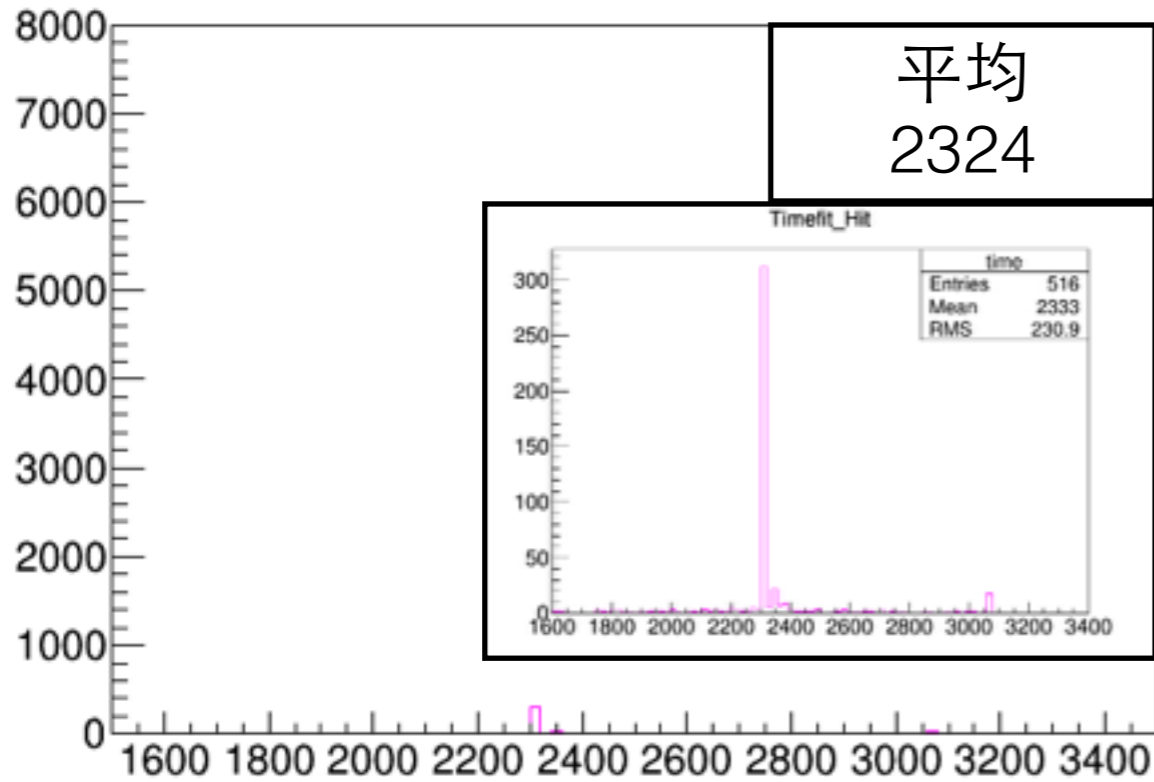


	ヒット	BG
全ヒットのエネルギー和	6.61(GeV)	32.2(GeV)
正しいヒットのエネルギー和	4.70(GeV)	0.00(GeV)

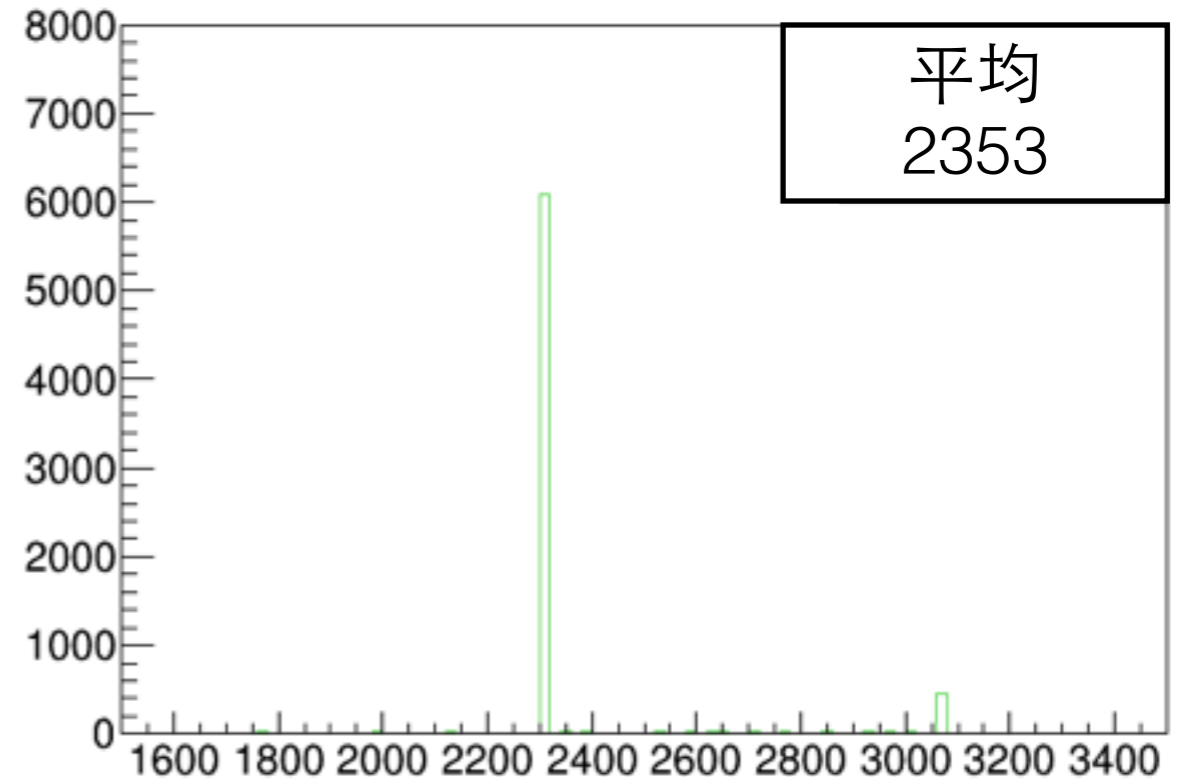
Energy > 0.1(GeV)をヒットとした
エネルギーカットを試してみる

ECLから得られる他の情報でのカットの検討

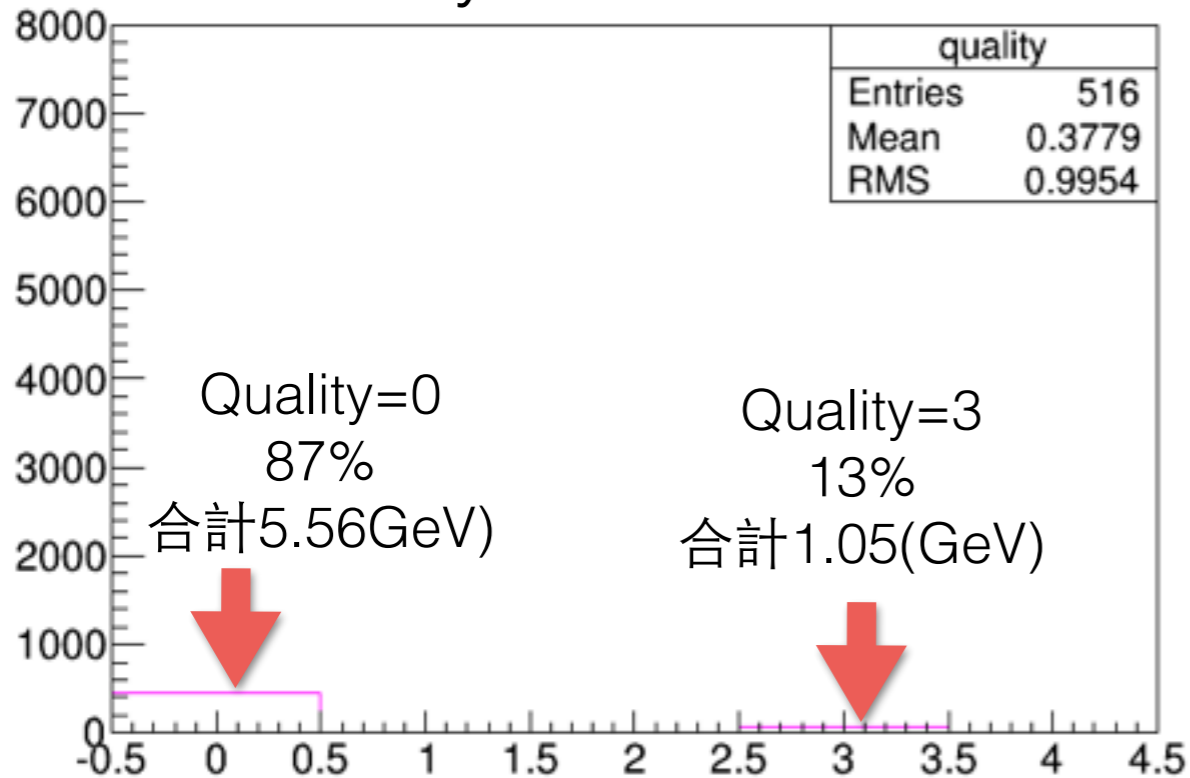
Timefit 正しいヒット



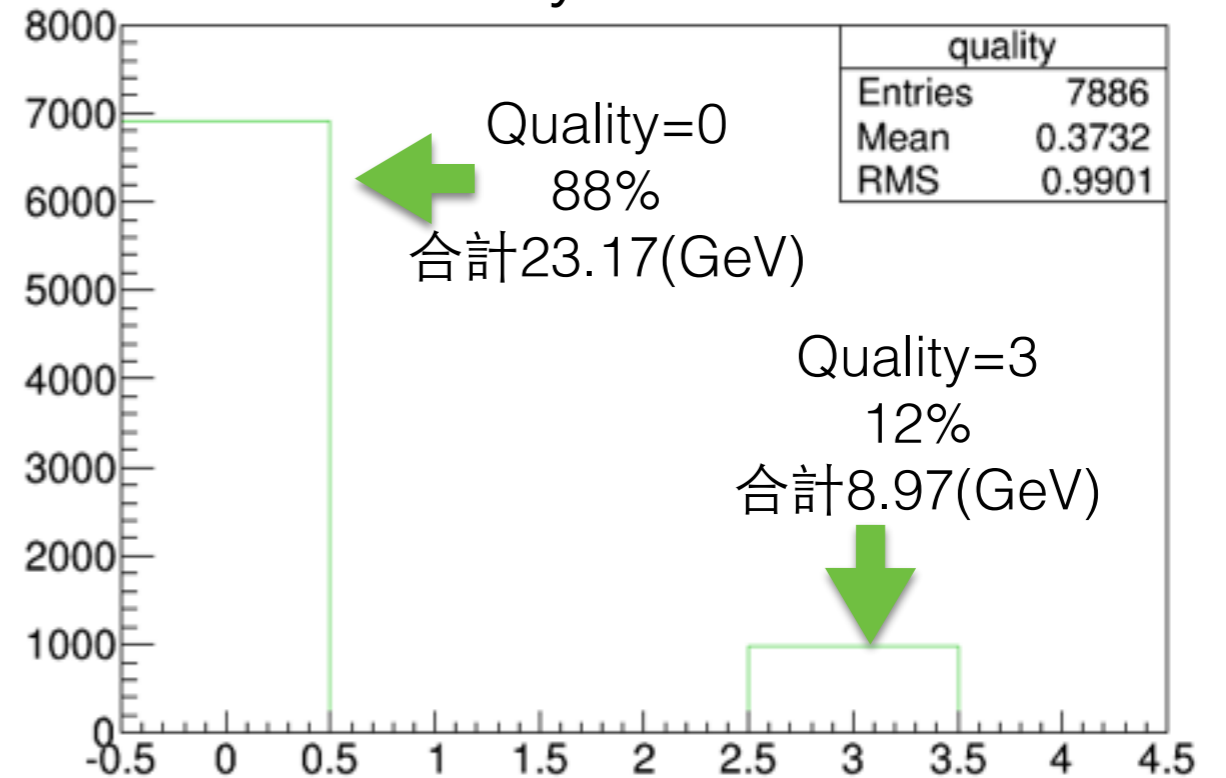
Timefit BGヒット



Quality 正しいヒット

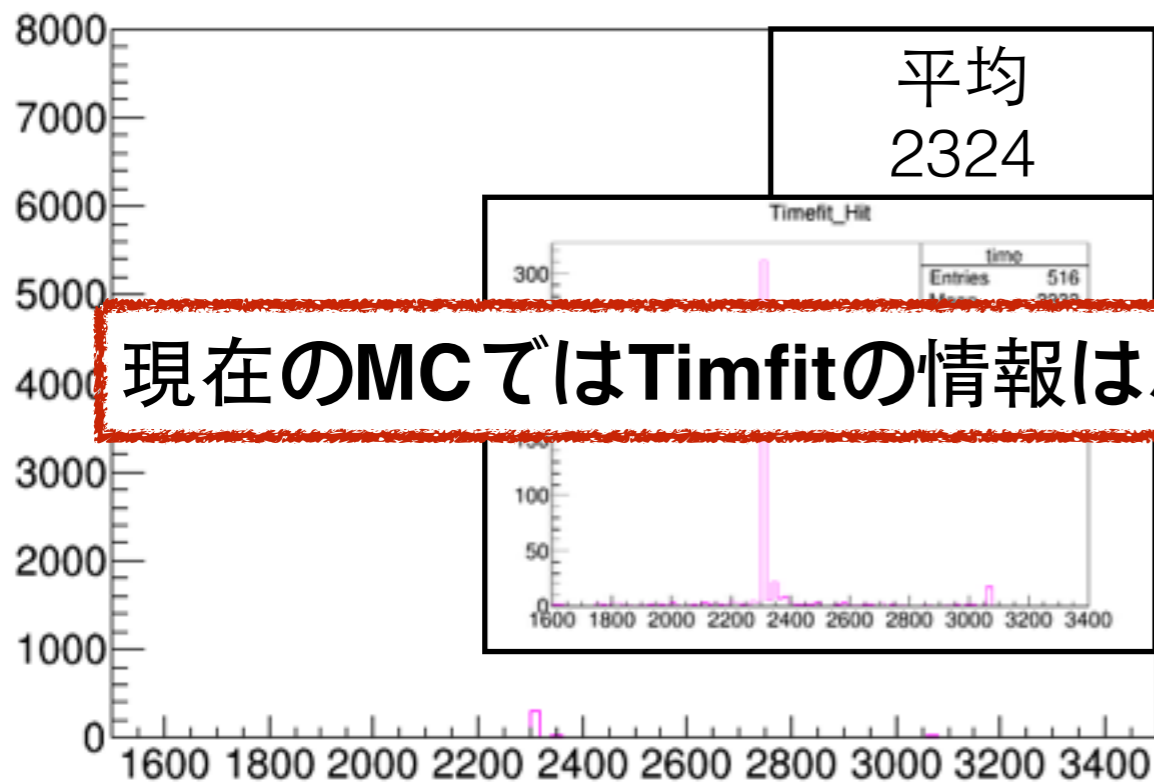


Quality BGヒット

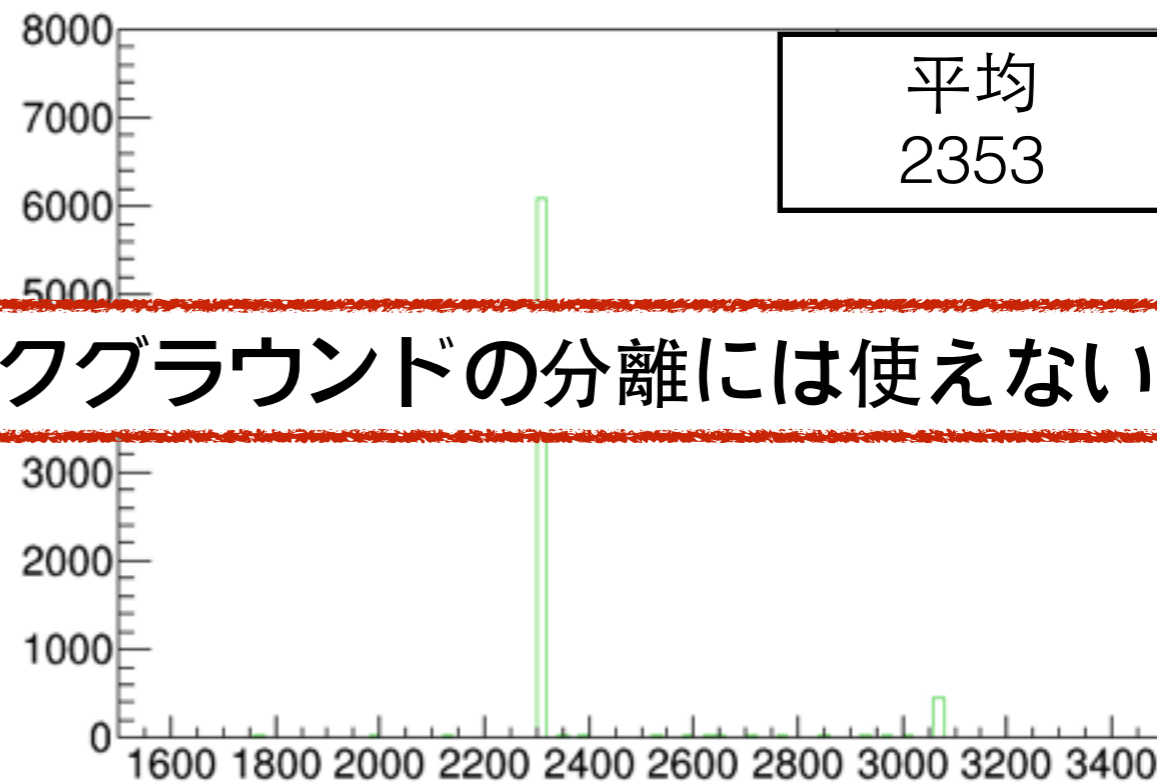


ECLから得られる他の情報でのカットの検討

Timefit 正しいヒット

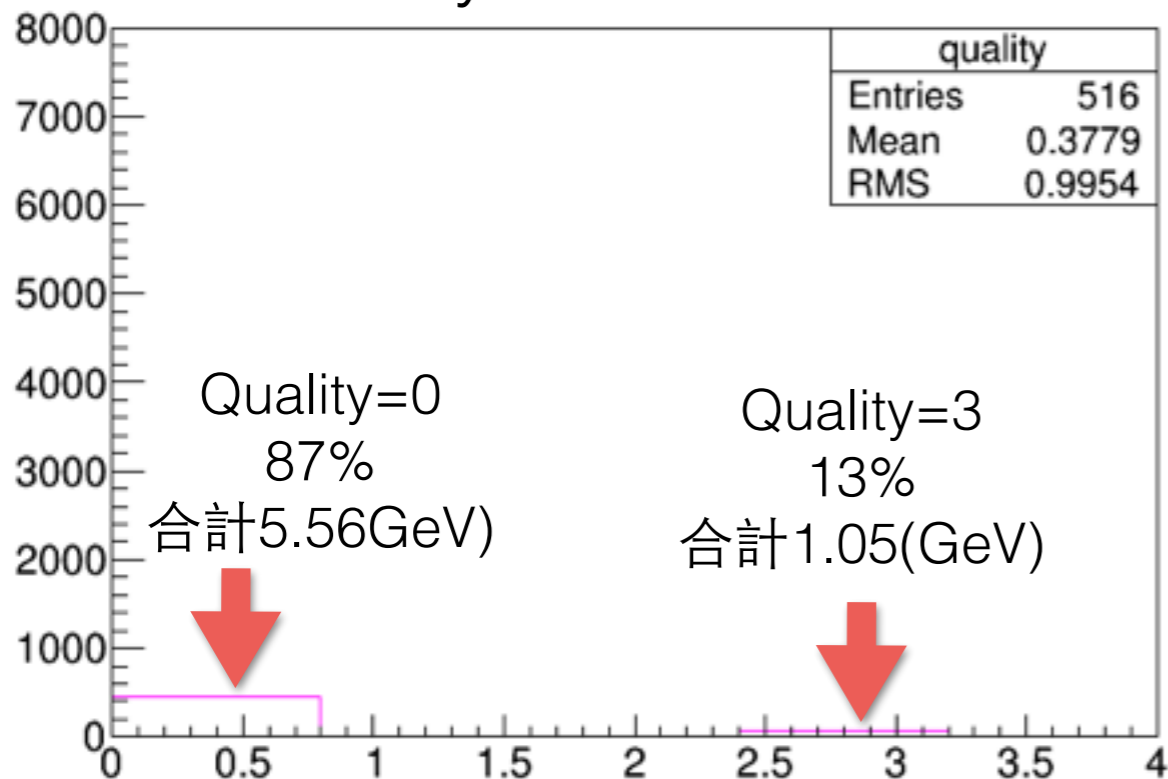


Timefit BGヒット

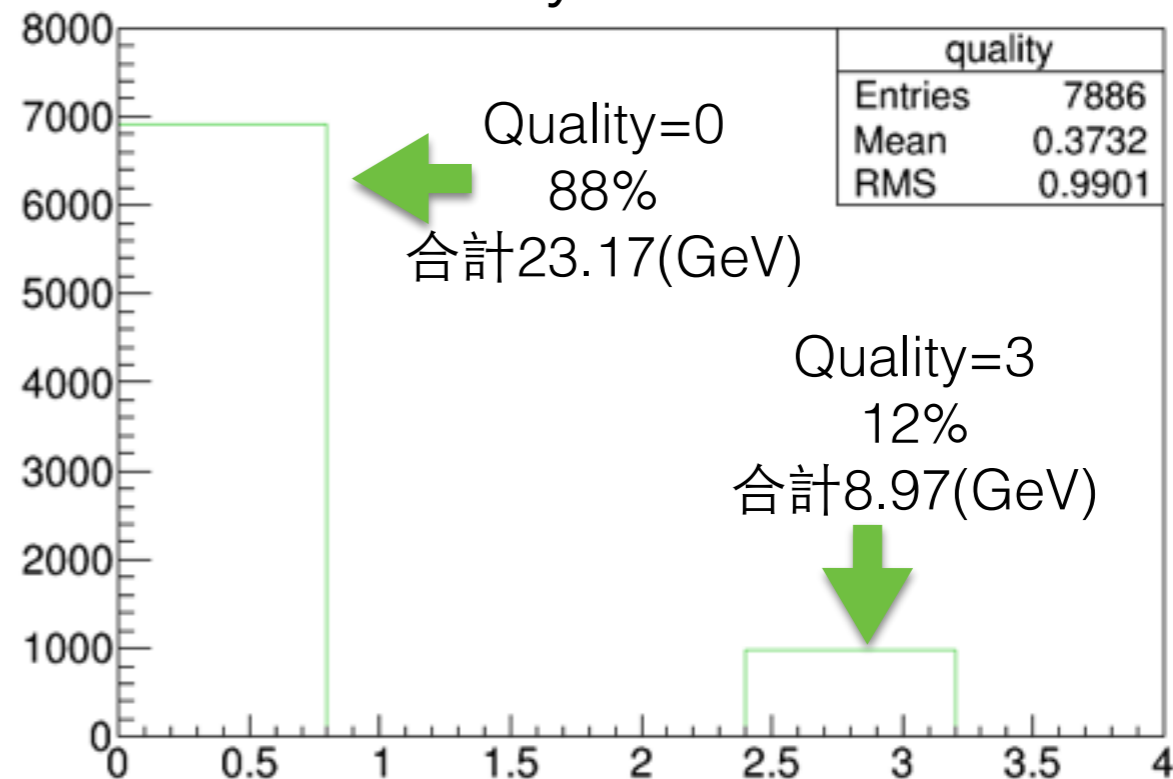


現在のMCではTimefitの情報はバックグラウンドの分離には使えない

Quality正しいヒット

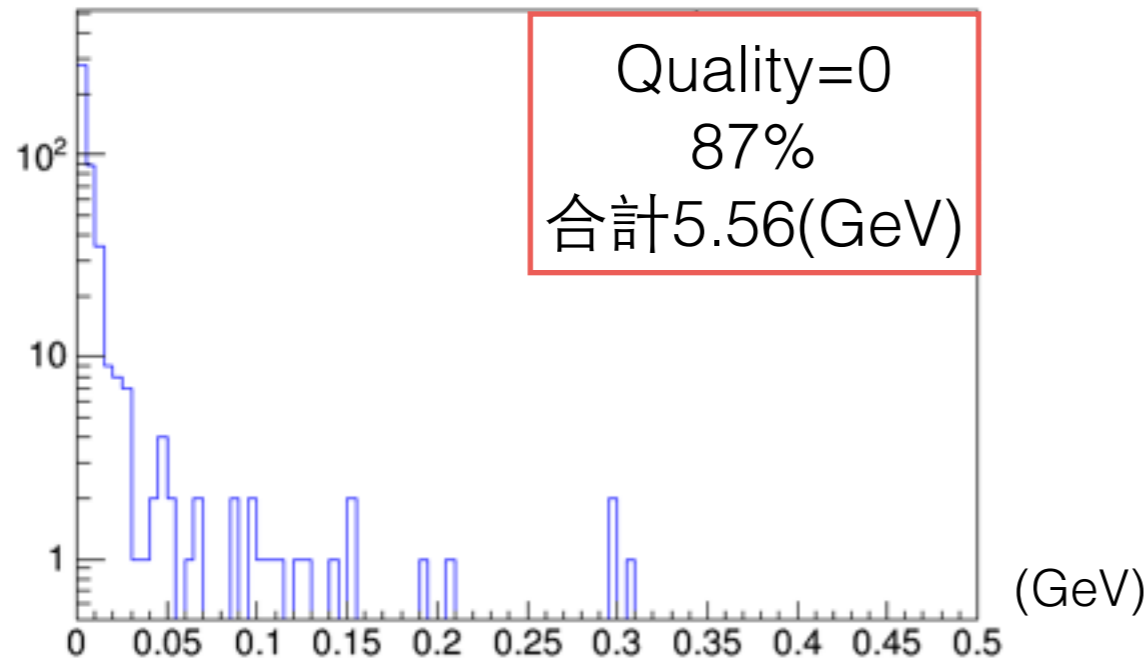


Quality BGヒット

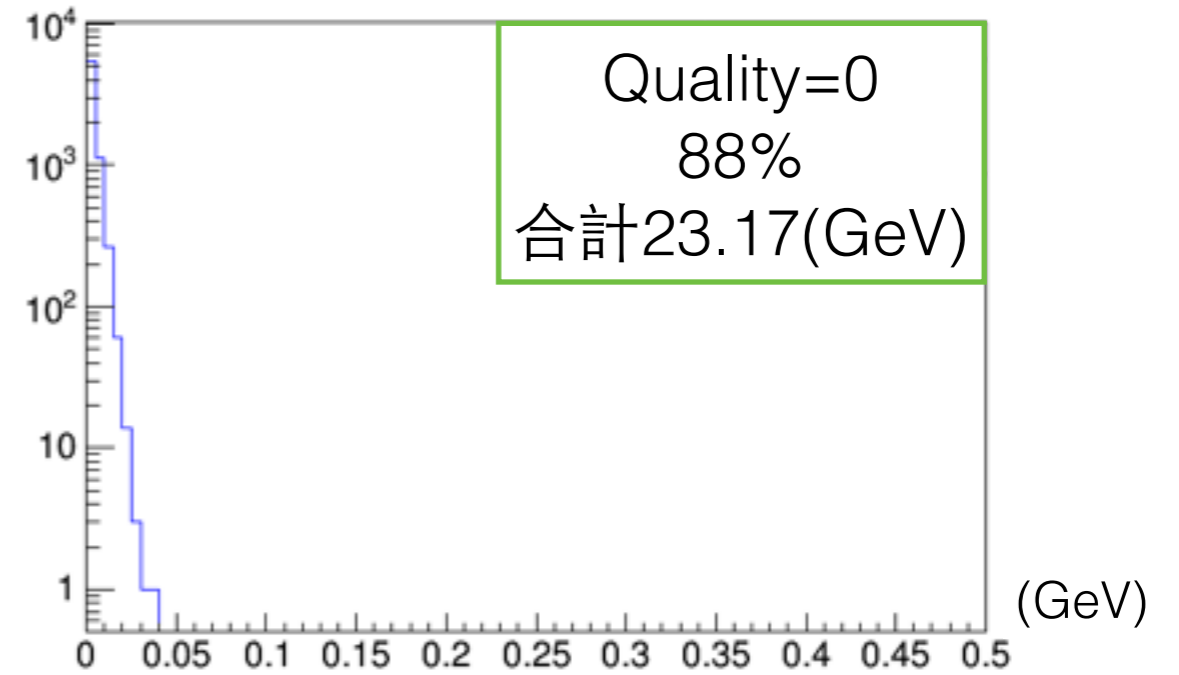


各ヒットの再構成されたエネルギー

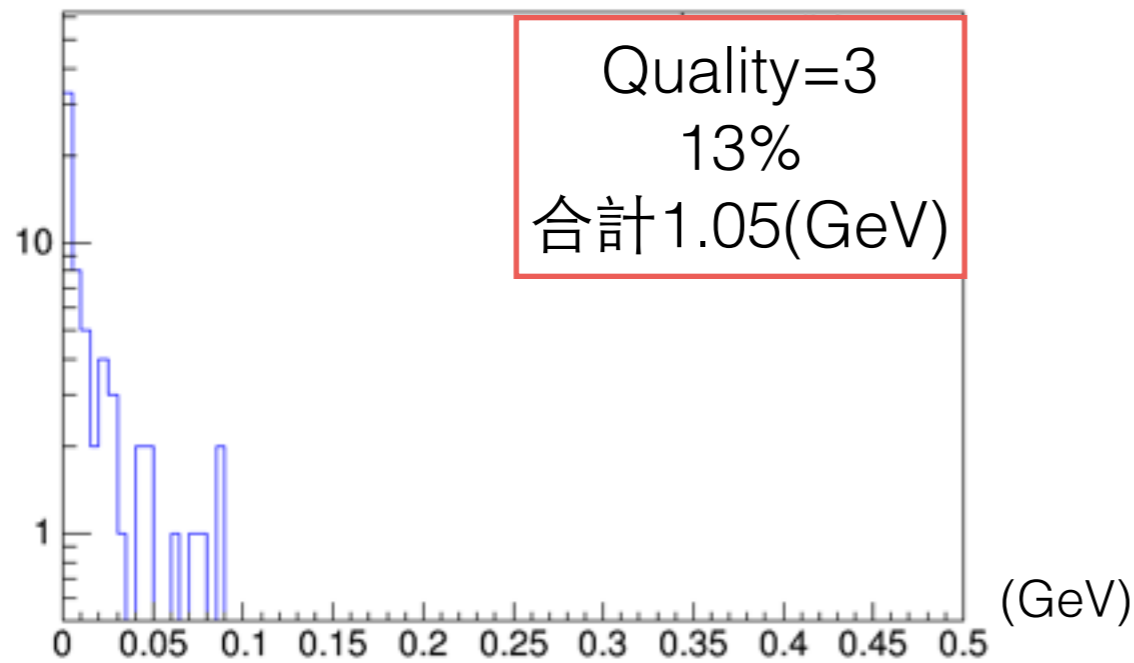
Quality=0 信号



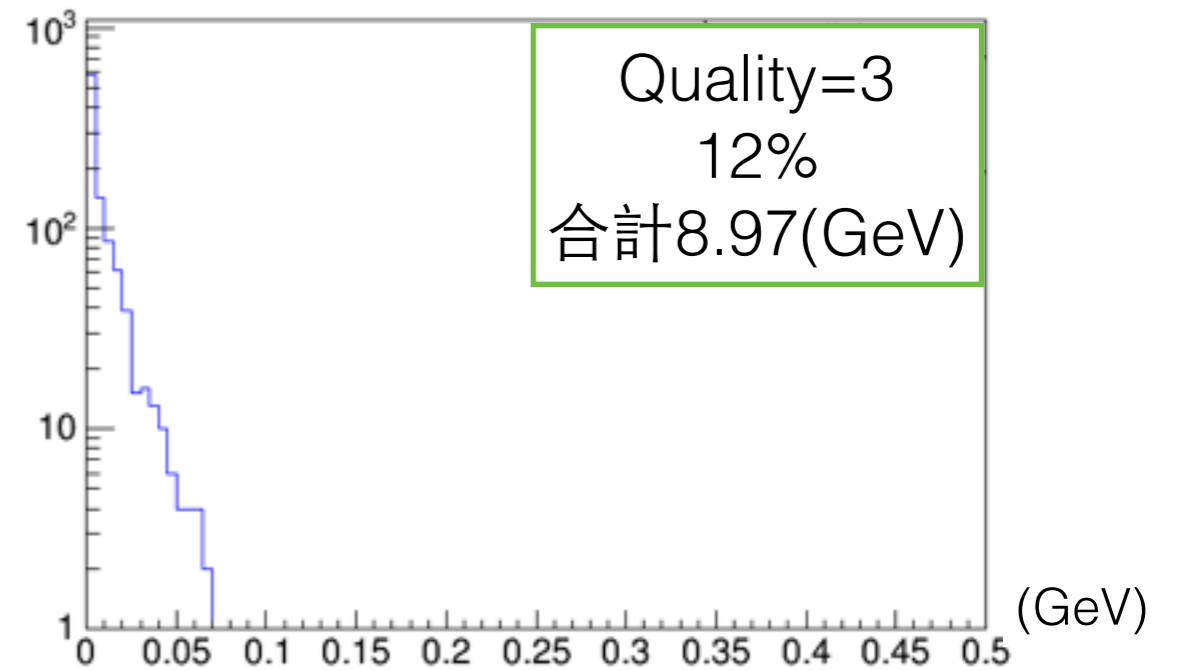
Quality=0 BG



Quality=3 信号

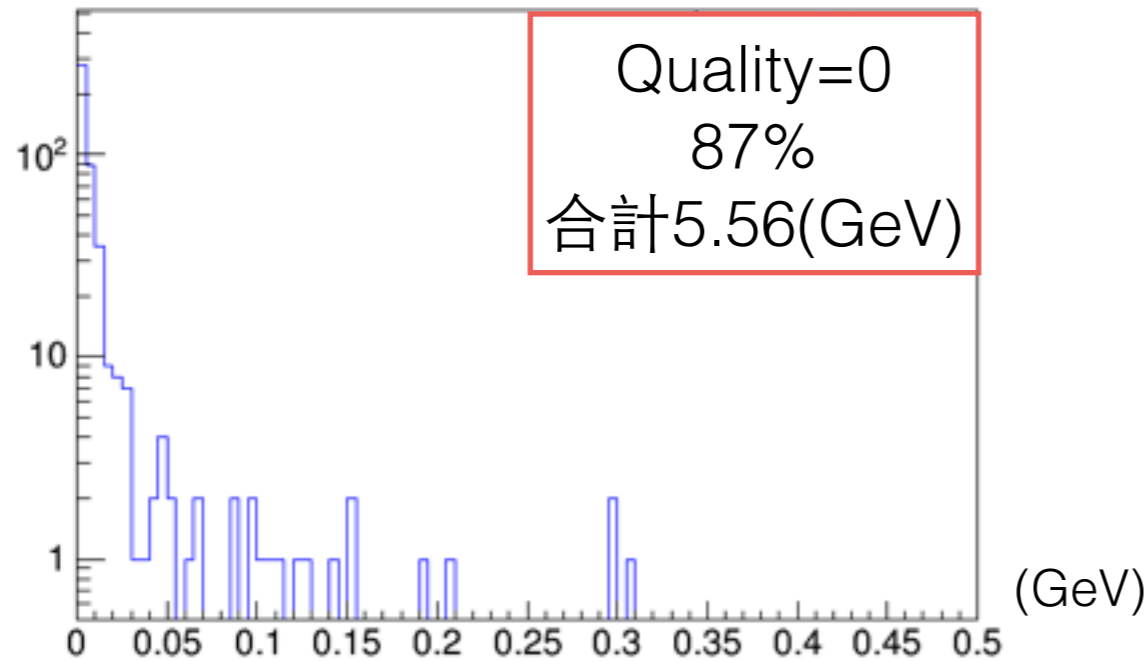


Quality=3 BG

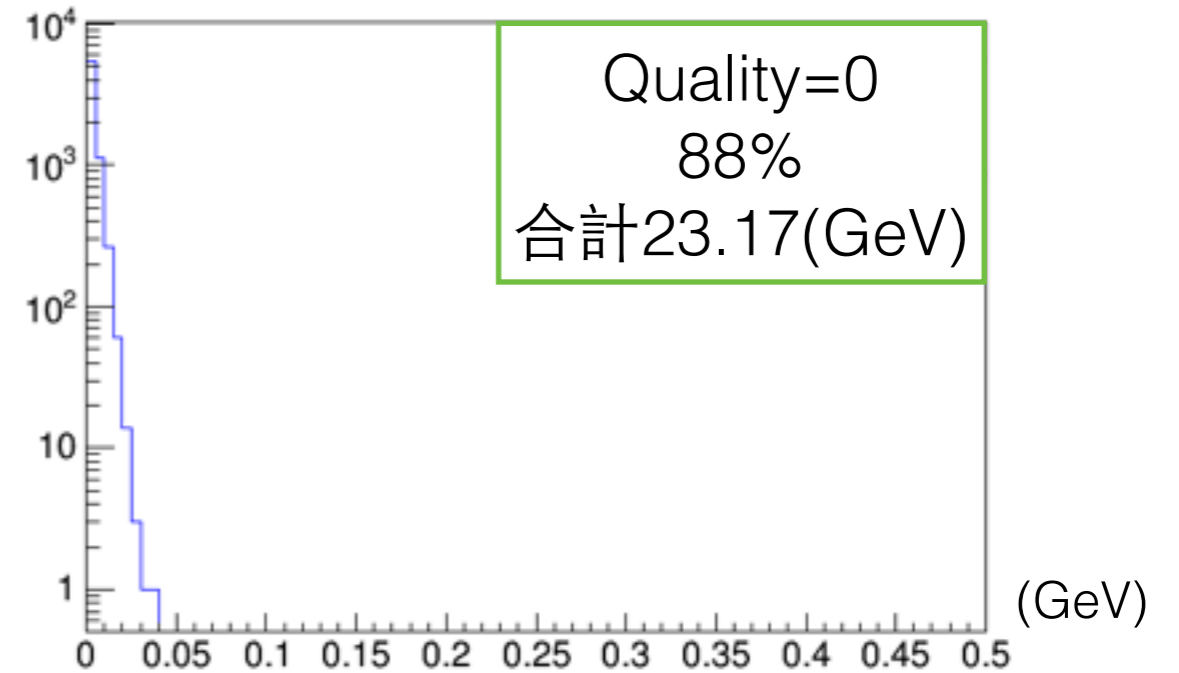


各ヒットの再構成されたエネルギー

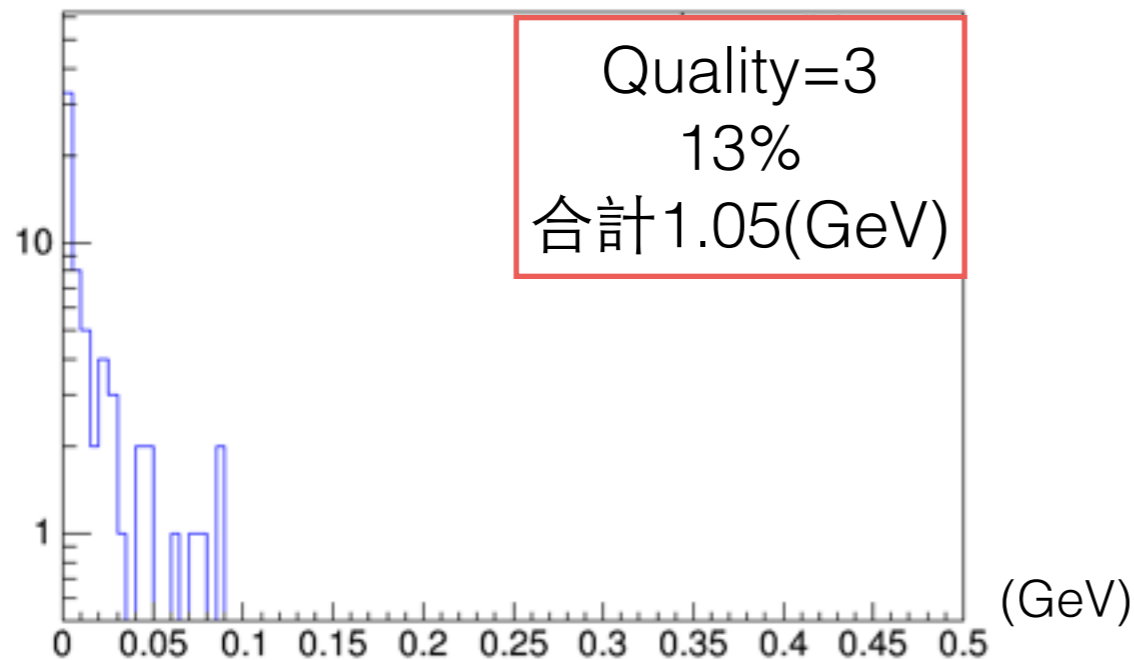
Quality=0 信号



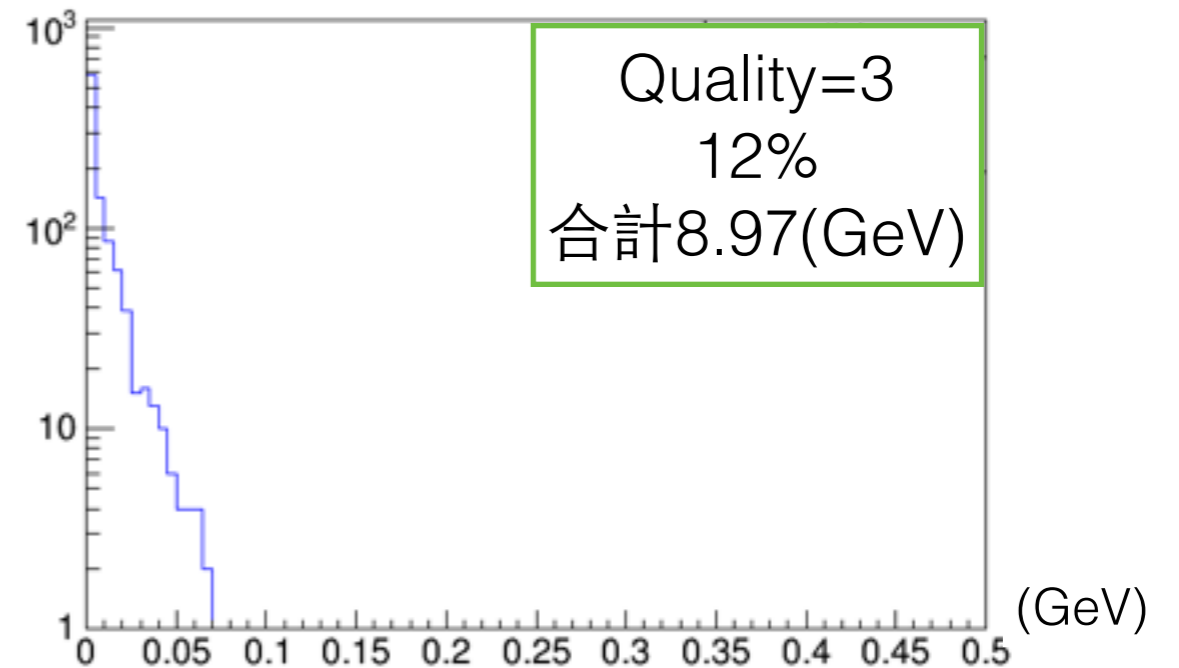
Quality=0 BG



Quality=3 信号



Quality=3 BG

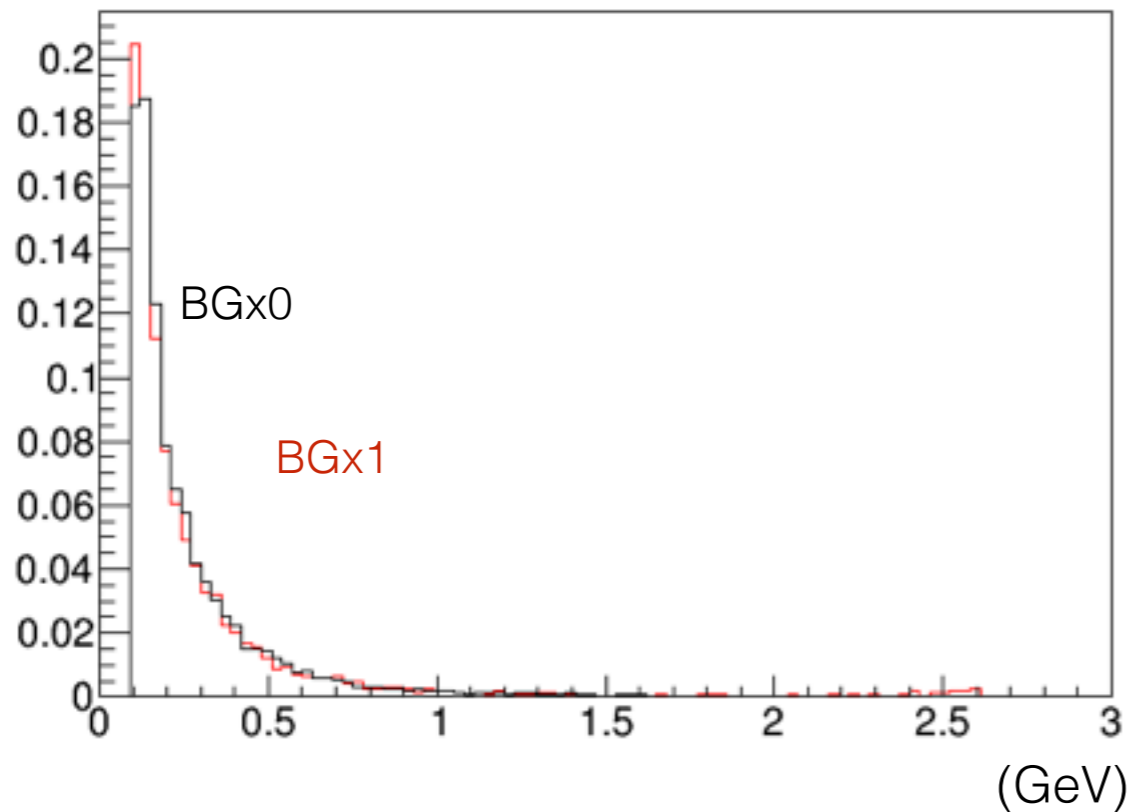


0.1GeV以上のヒットだけ使用してみる

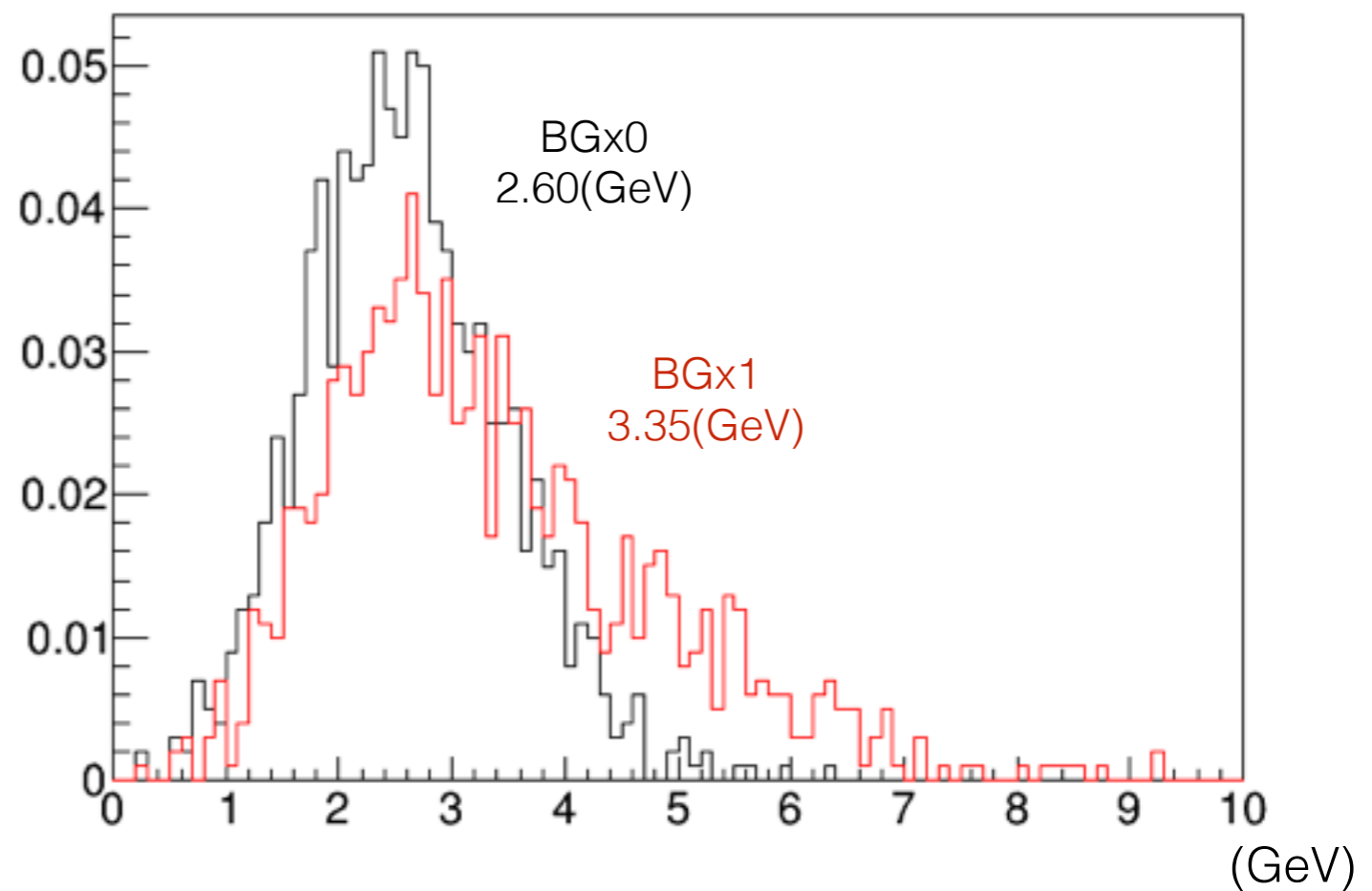
エネルギーカットのパフォーマンス

	事象	Discarded (%)	Triggered by ECL (%)	Triggered by CDC (%)	Triggered by both(%)
B -	1000	BGx0 / BGx1 0.0 / 0.1	74.7 / 84.1	99.8 / 99.4	74.5 / 83.6

1つのクラスターに対するエネルギー



クラスターのエネルギー和



-例えば、Energy>0.1(GeV)のカットでバックグラウンドの影響はかなり抑えられることがわかった
 -バックグラウンドの有無での平均値の差(信号ヒットに重なっているバックグラウンド)が0.75(GeV)

結論

- Level3の予想されるバックグラウンド環境下での、 B^0B^0 , B^+B^- , $\bar{c}c$, $\bar{u}u$, dd , ss についての性能を調べた
- CDCのトラック情報について
 - バックグラウンドの有無で dr , dz , P_T には有意に違いが見られる。
 - しかしながらバックグラウンドの環境下でもLevel3のefficiencyの大きな低下は見られない。
- より多くのバックグラウンド環境下で性能劣化を調べる
- ECLのエネルギー情報について
 - バックグラウンド有の場合は影響が甚大
 - エネルギーの値はほぼバックグラウンドの値。
- Timefit(時間情報)はバックグラウンドの分離には使えず
- ヒットに対するエネルギーカットは有効
 - $E > 0.1$ (GeV)を各ヒットに課すと、バックグラウンドの影響を制御可能
 - バックグラウンドの有無で平均エネルギーの差は0.75(GeV)

今後

- 現時点では、バックグラウンドが実際の実験でにどのようになるか不明
- 様々な状況に対応できるようにシミュレーションを行う

事象	生成断面積 (nb)	Belleでのレート L= $\times 10$	Belleでのレート L= 8×10
Upsilon(4S)	1.2	12	960
Continuum	2.8	28	2200
$\mu\mu$	0.8	8	640
$\tau\tau$	0.8	8	640
Bhabha	44	4.4	350
$\gamma\text{-}\gamma$	2.4	0.24	19
Two photon	13	130	10000
Total	67	~ 190	~ 15000

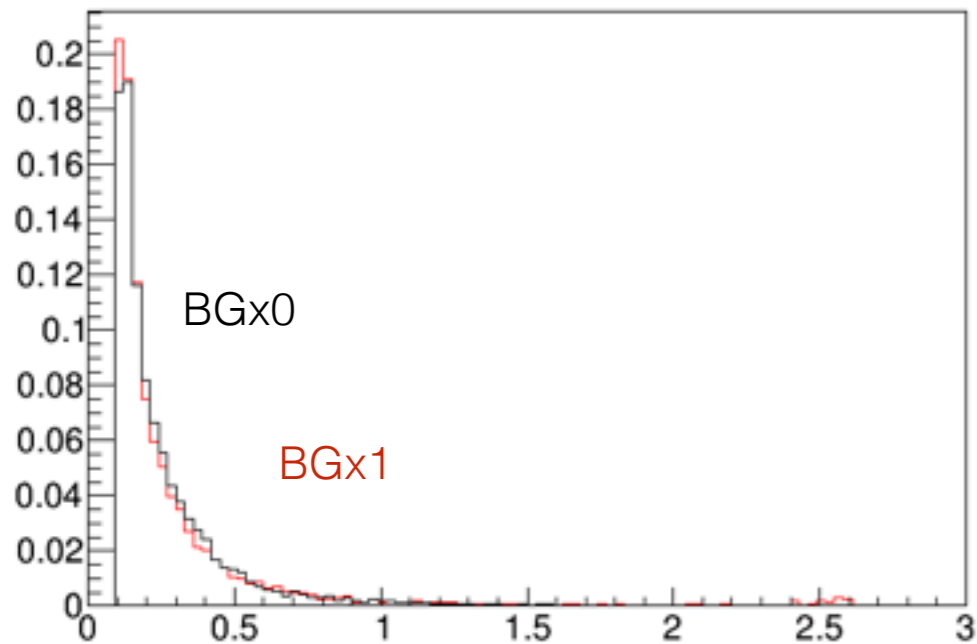
- Level3の性能のビームバックグラウンド量に対する依存性を調べる
- Bの稀崩壊などモードを増やして、Level3の性能に問題がないかを確認
- 場合によっては青で囲まれた事象を減らすような積極的なイベント選択が必要
- 赤で囲まれた事象のefficiencyを安定に保つようなカットを準備
- Bの稀崩壊事象でも問題ないかをMCで確認

Backup

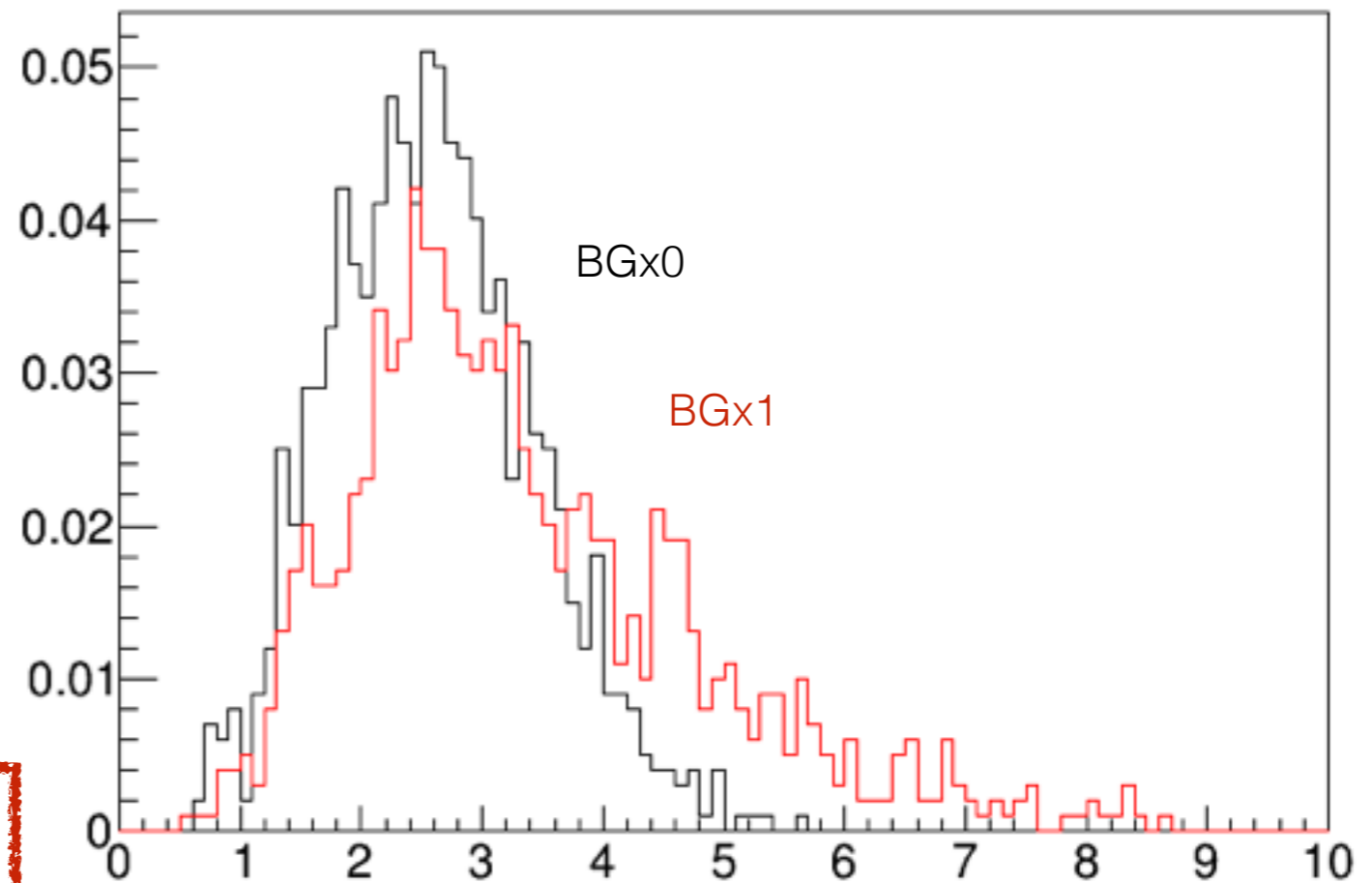
Performance of Energy cut

	事象	Level3 accepted(%)	Triggered by ECL (%)	Triggered by CDC (%)	Triggered by both(%)
B	1000	BG×0 / BG×1 99.8 / 99.6	5.5 / 27.5	99.7 / 99.3	5.4 / 27.2

Energy for a Cluster

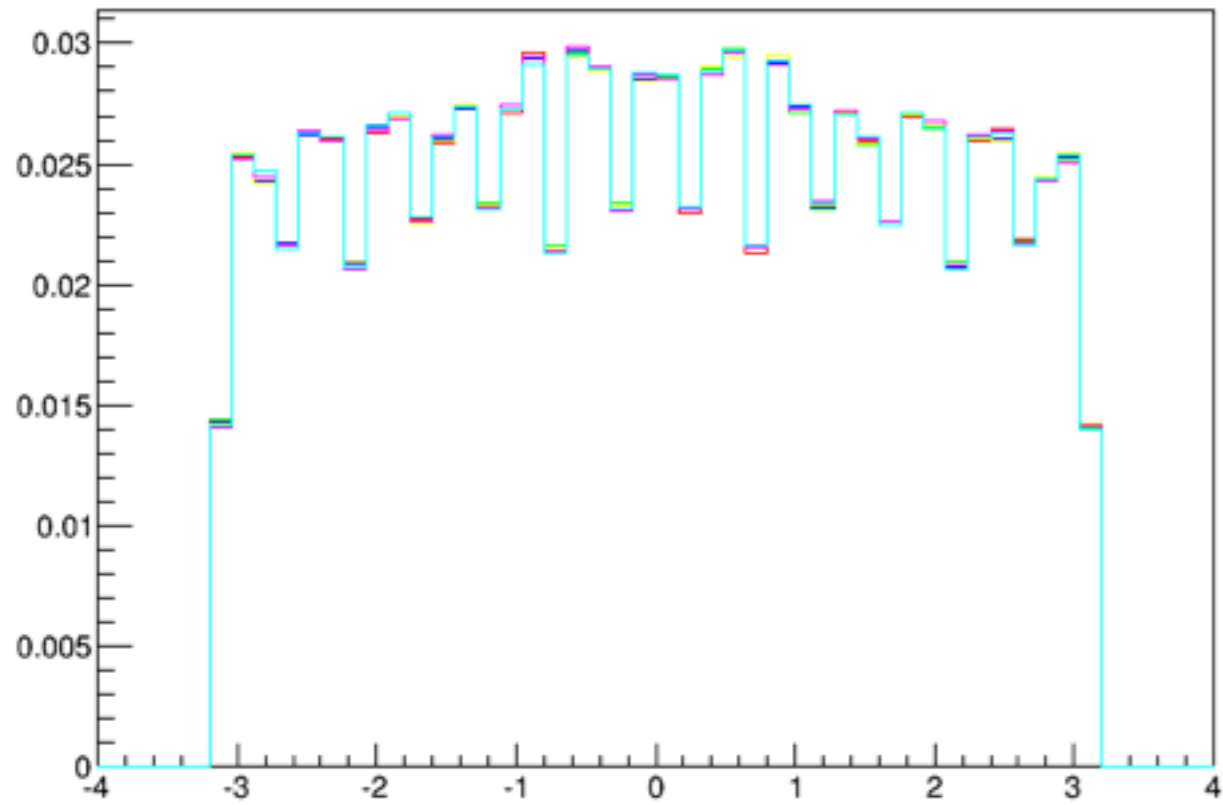


EnergySum of good Clusters

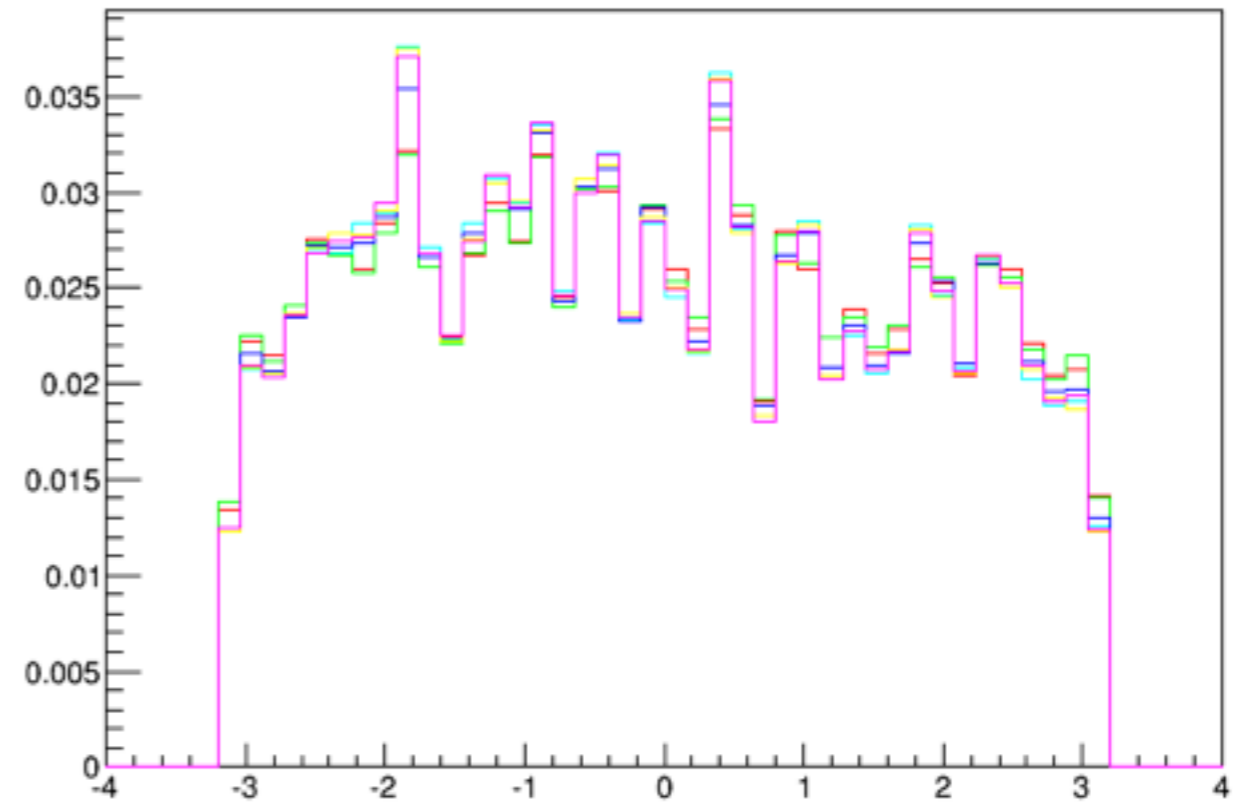


Energy>0.1(GeV)のCutで
Backgroundの影響はかなり抑えられた

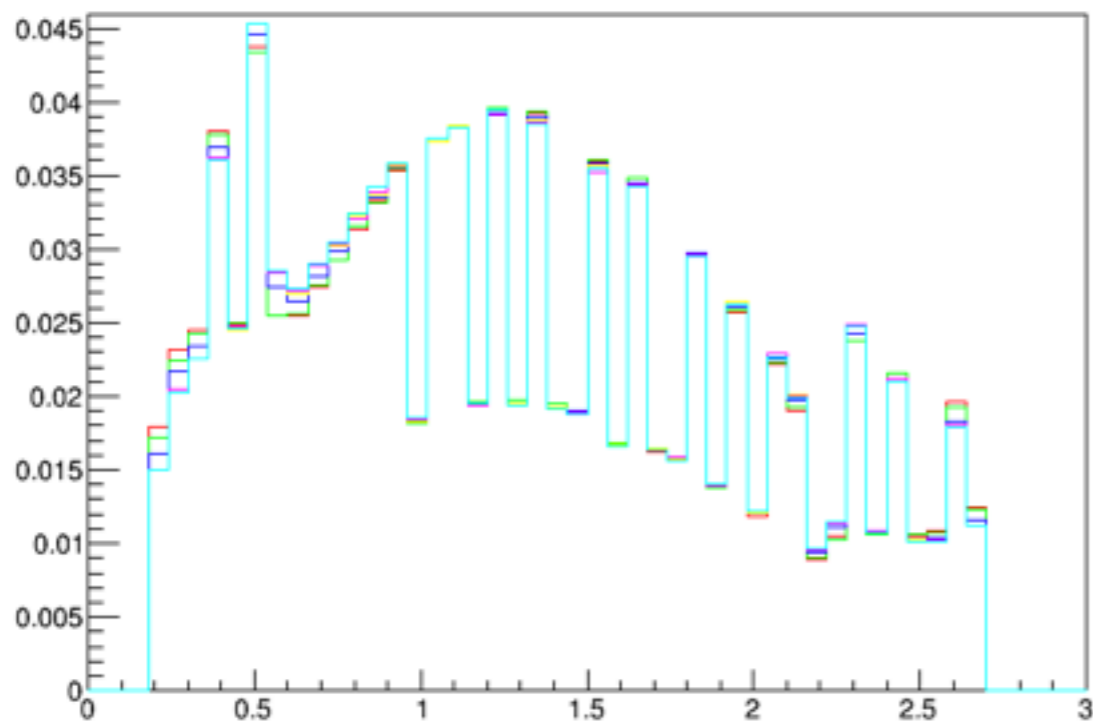
Phi_BGx0



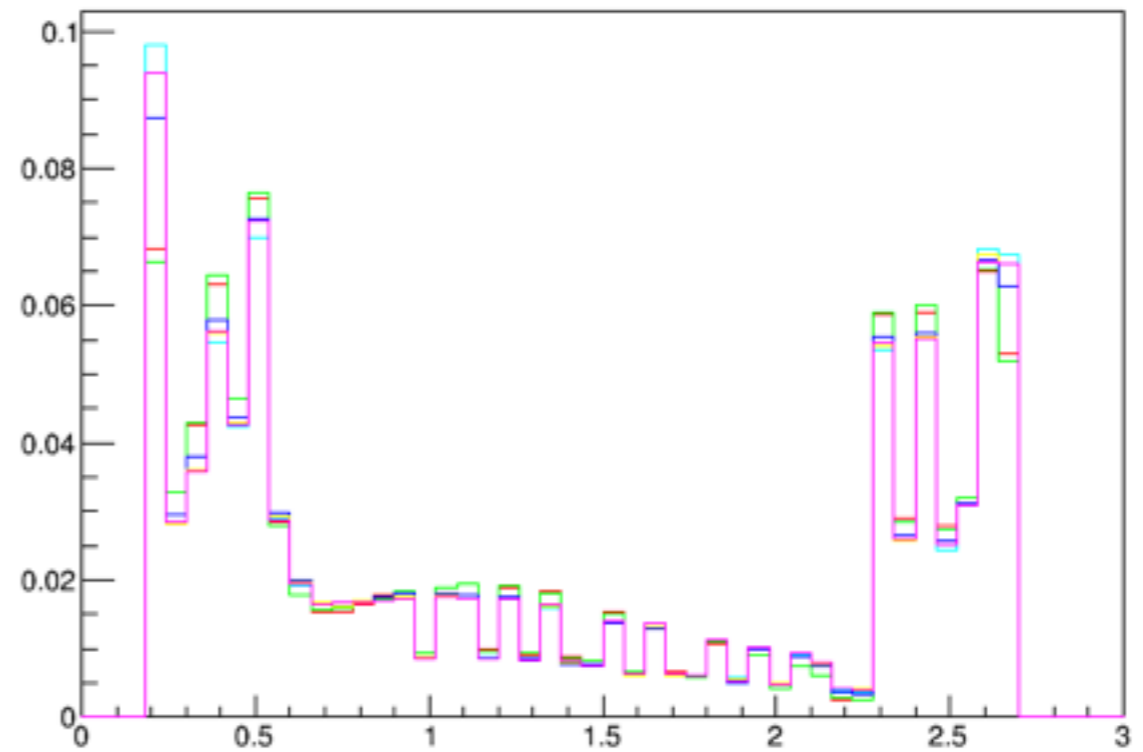
Phi_BGx1



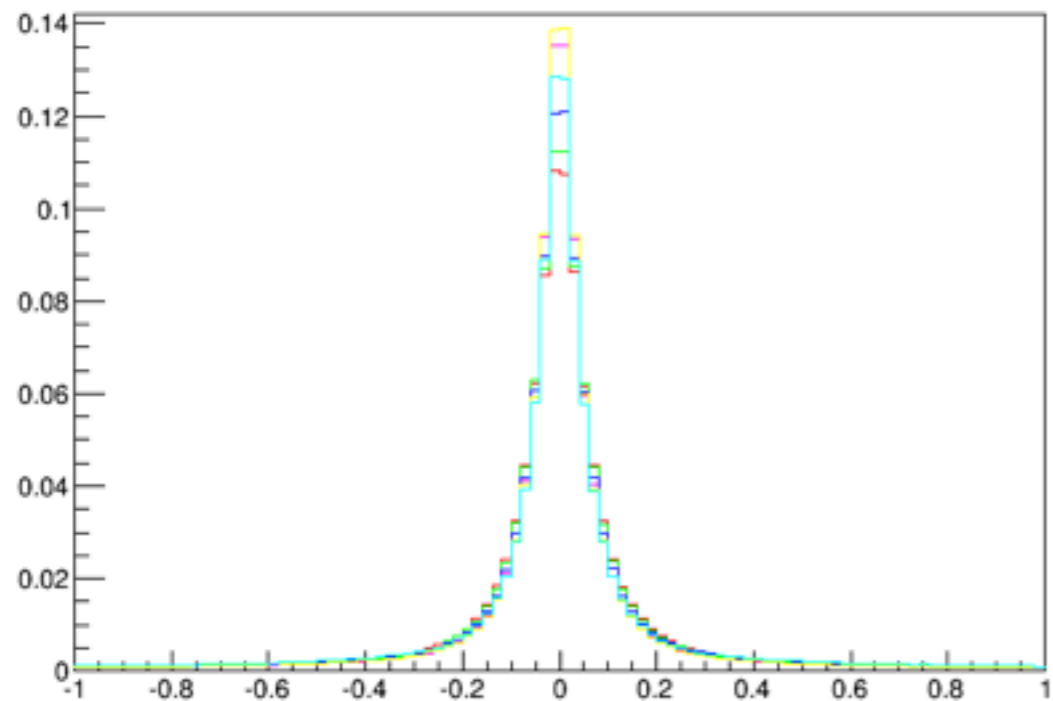
Theta_BGx0



Theta_BGx1

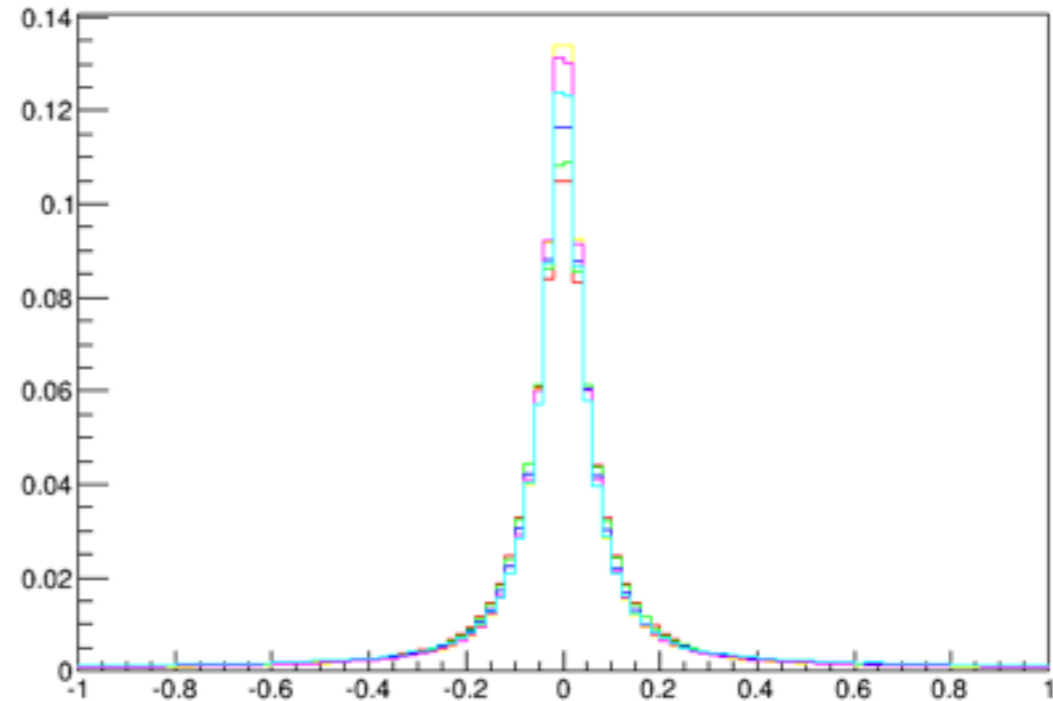


Dr_BGx0



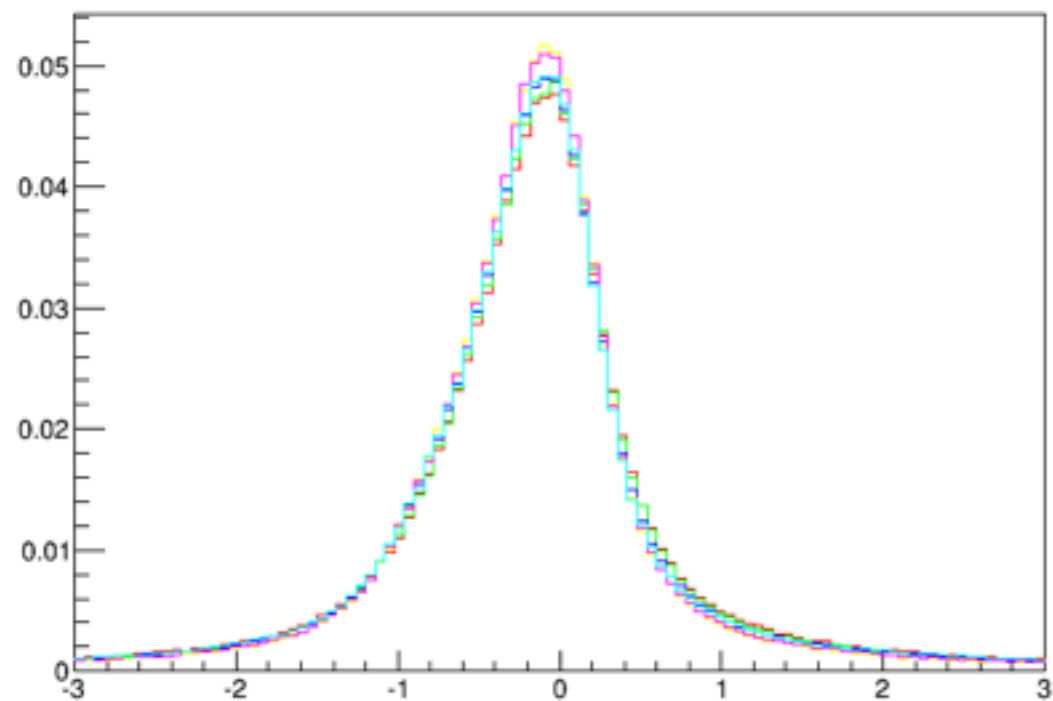
×10(cm)

Dr_BGx1



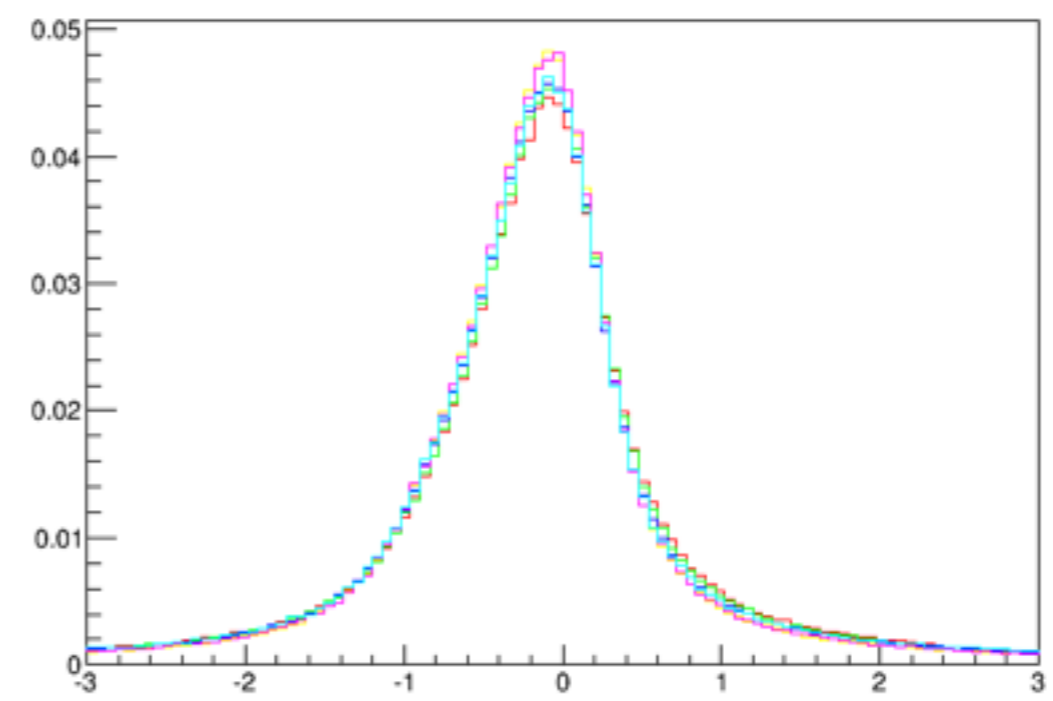
×10(cm)

Dz_BGx0



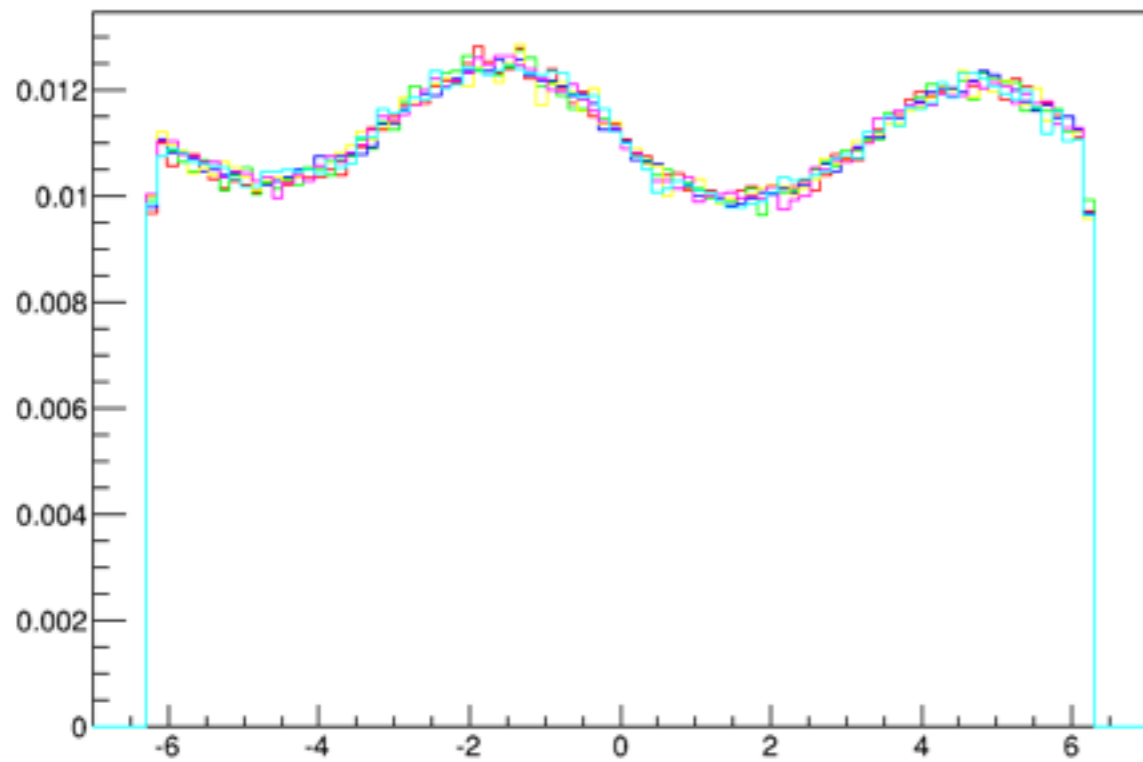
×10(cm)

Dz_BGx1

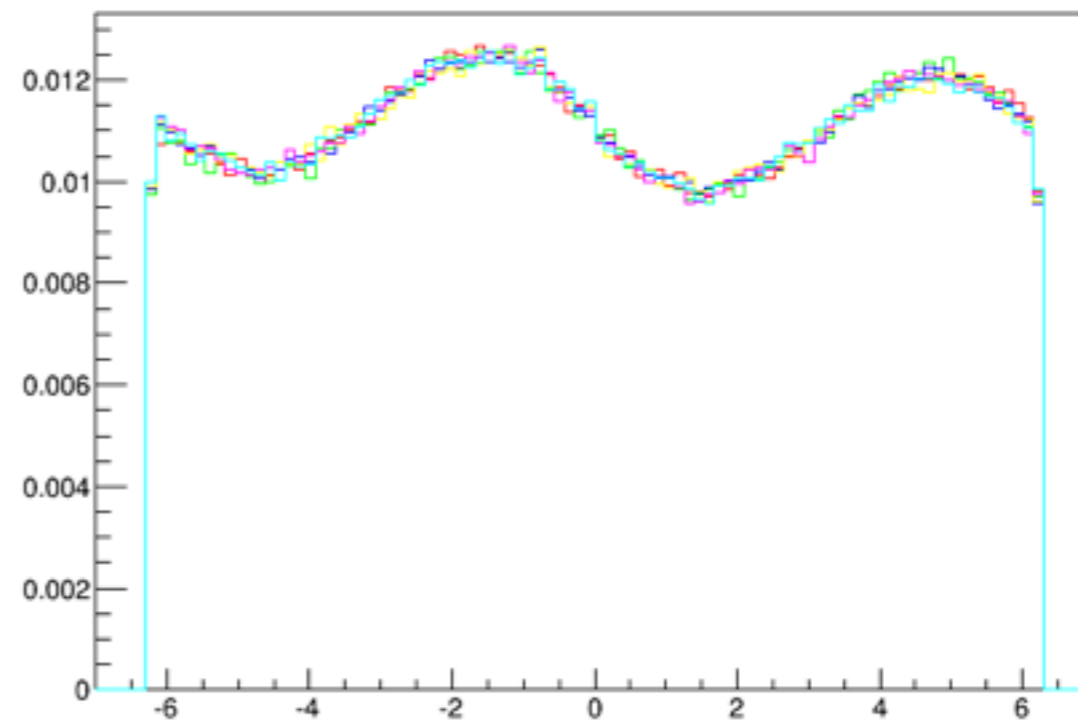


×10(cm)

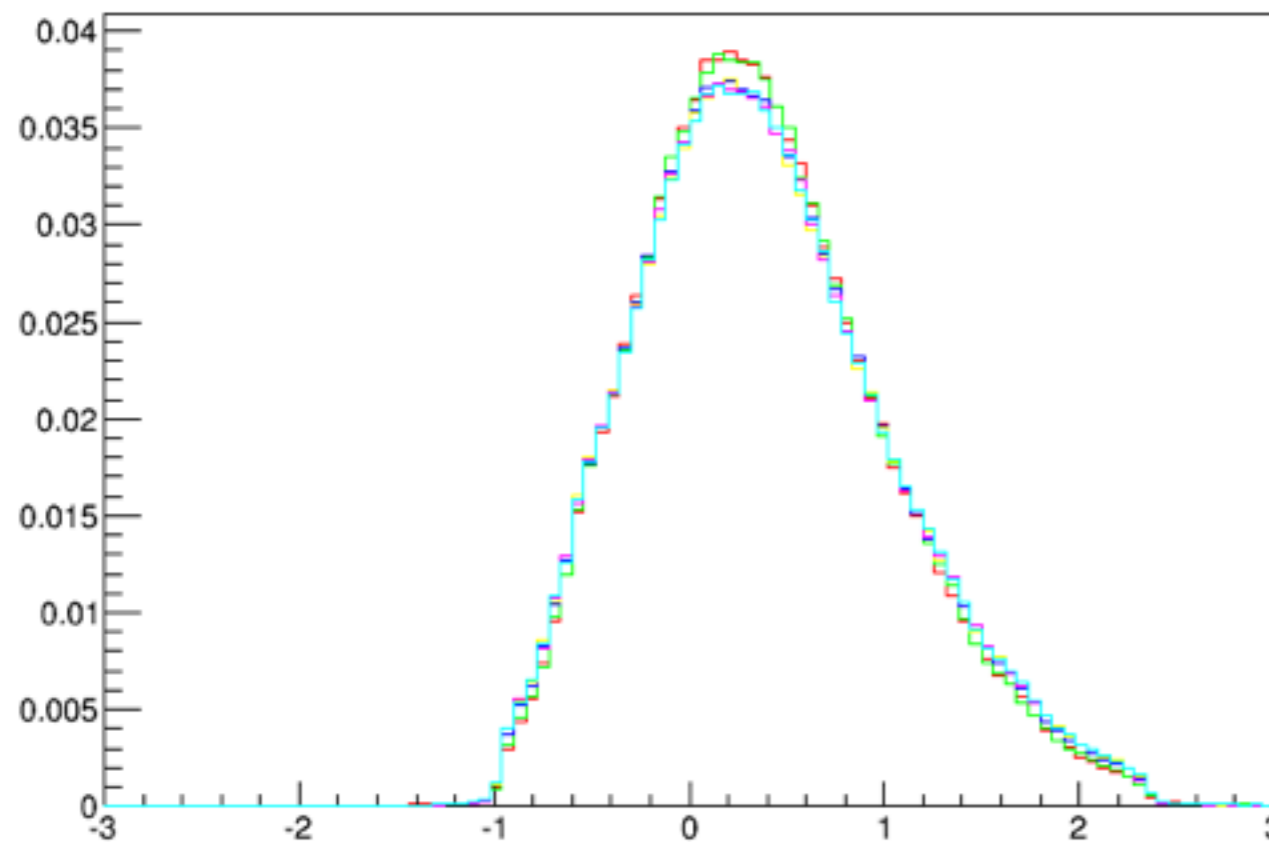
Phi0_BGx0



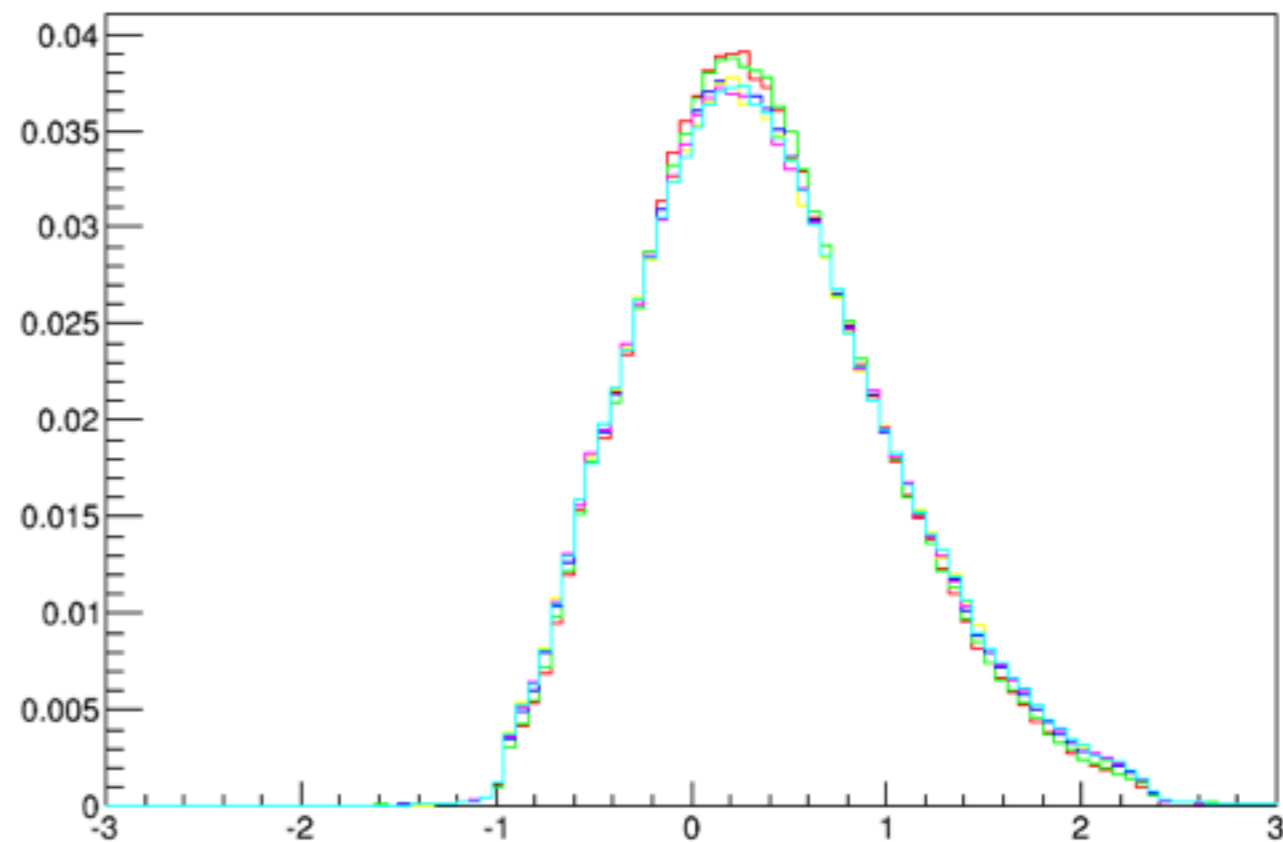
Phi0_BGx1



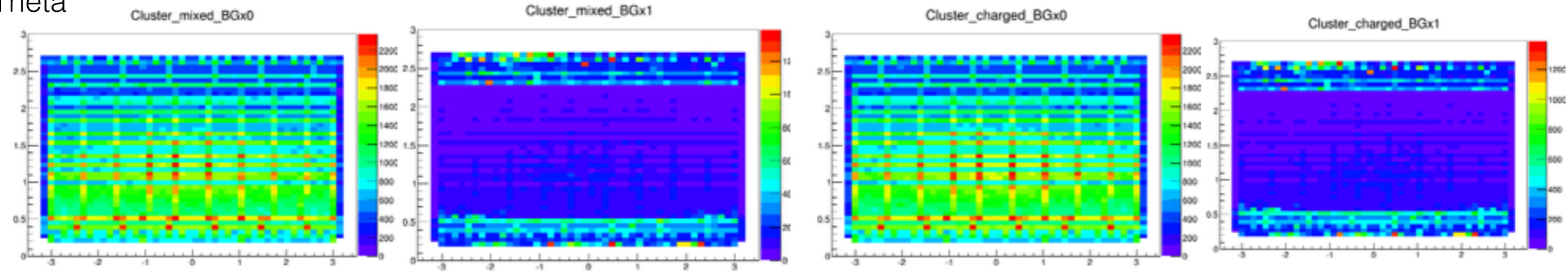
TanL_BGx0



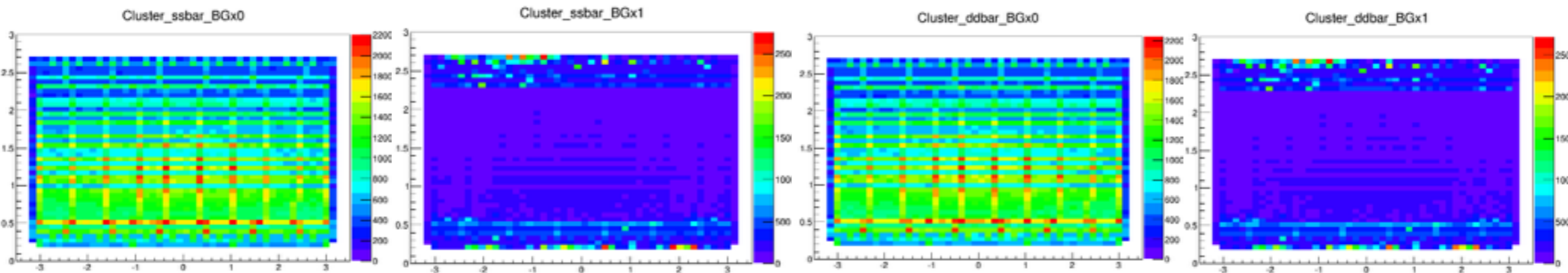
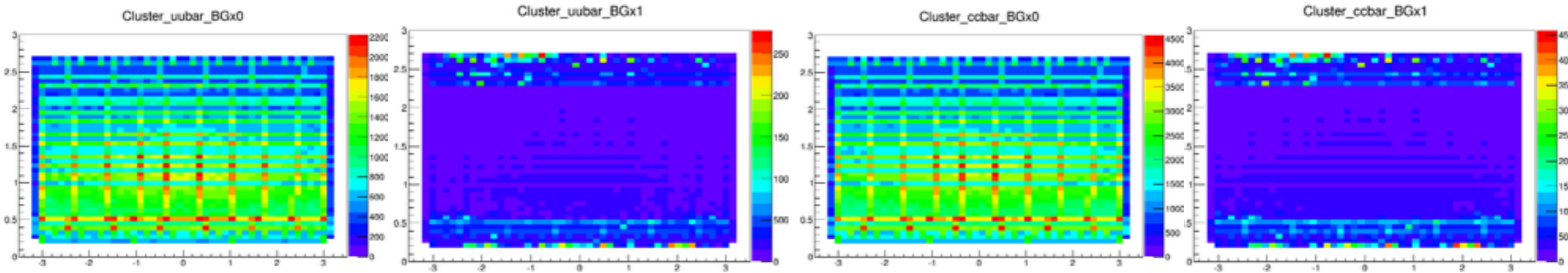
TanL_BGx1



Theta

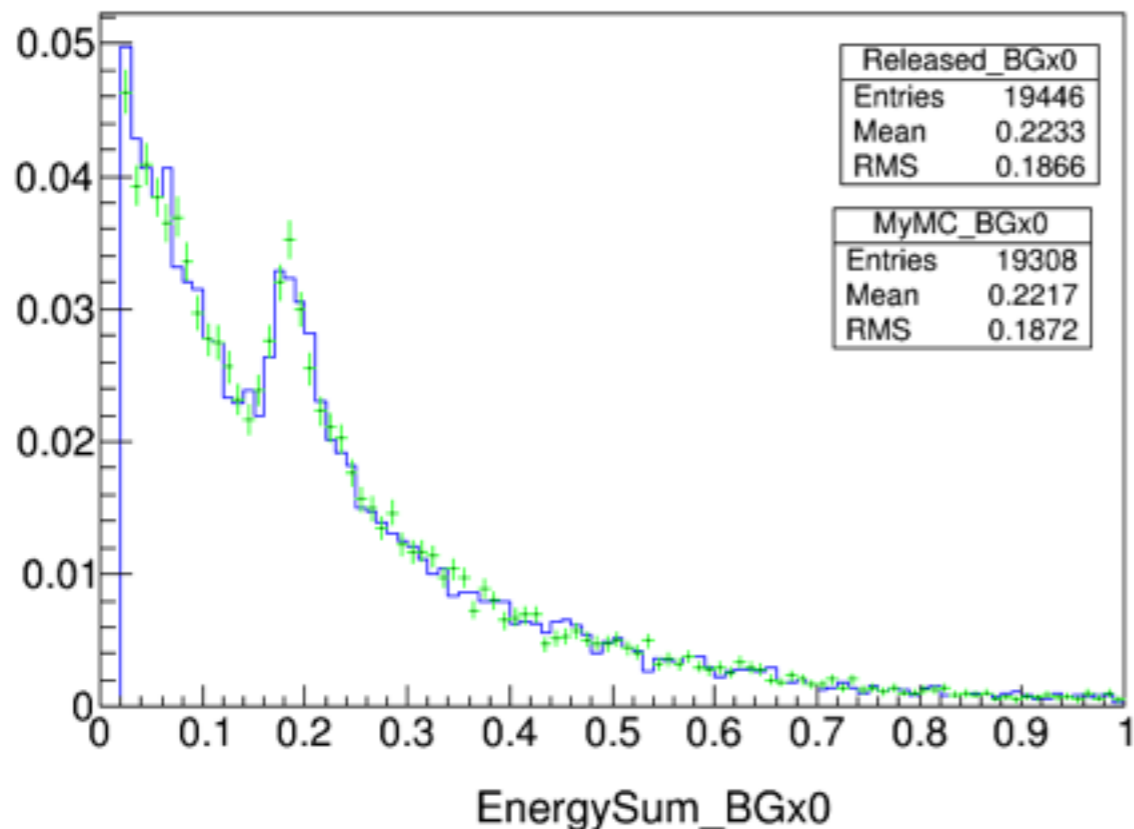


Phi

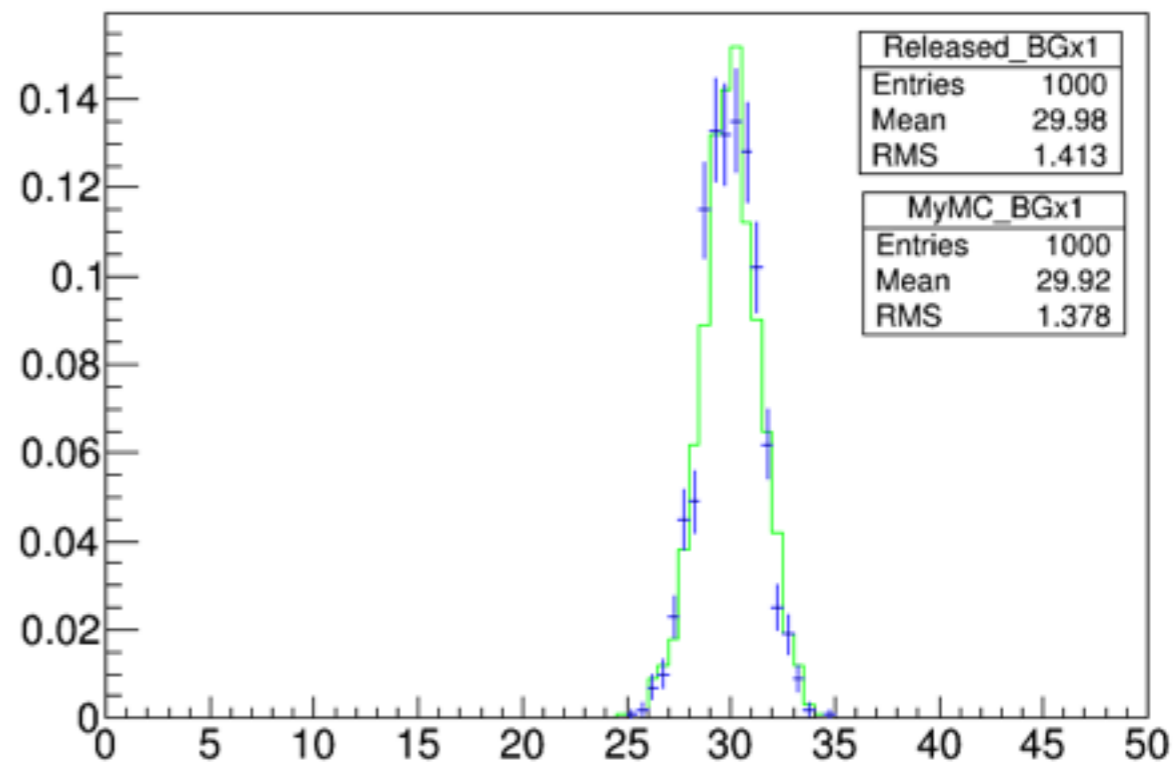
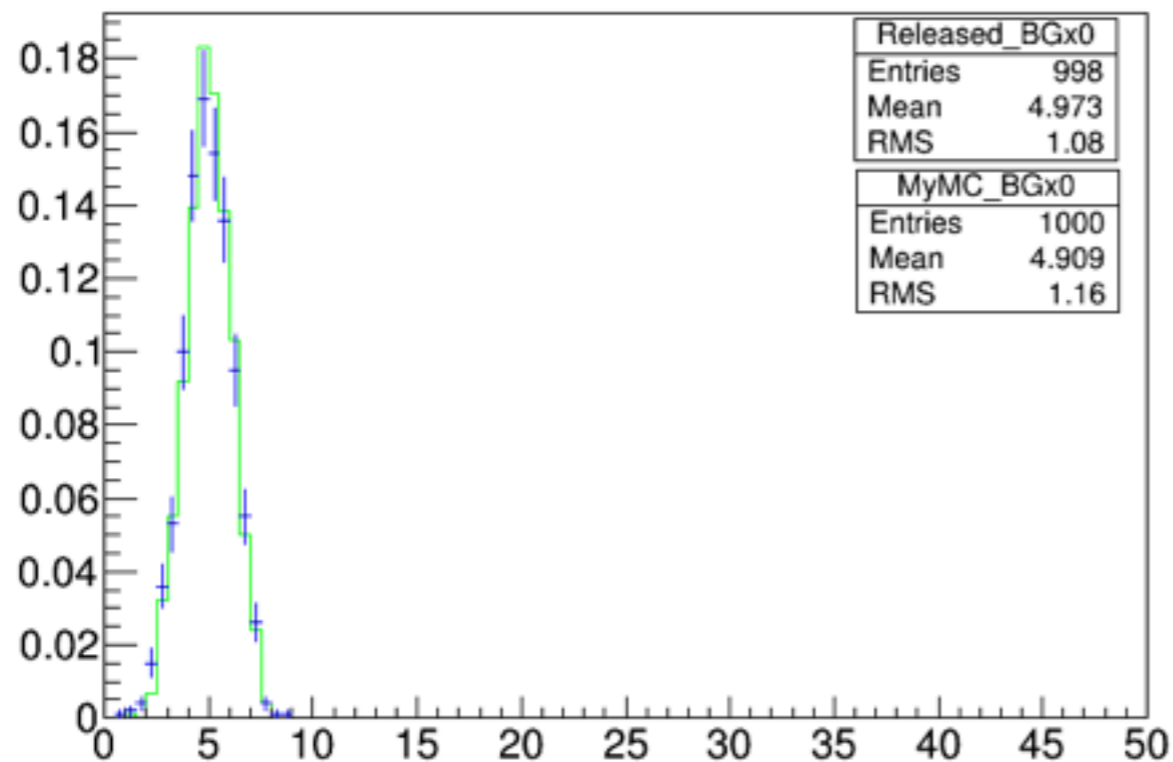
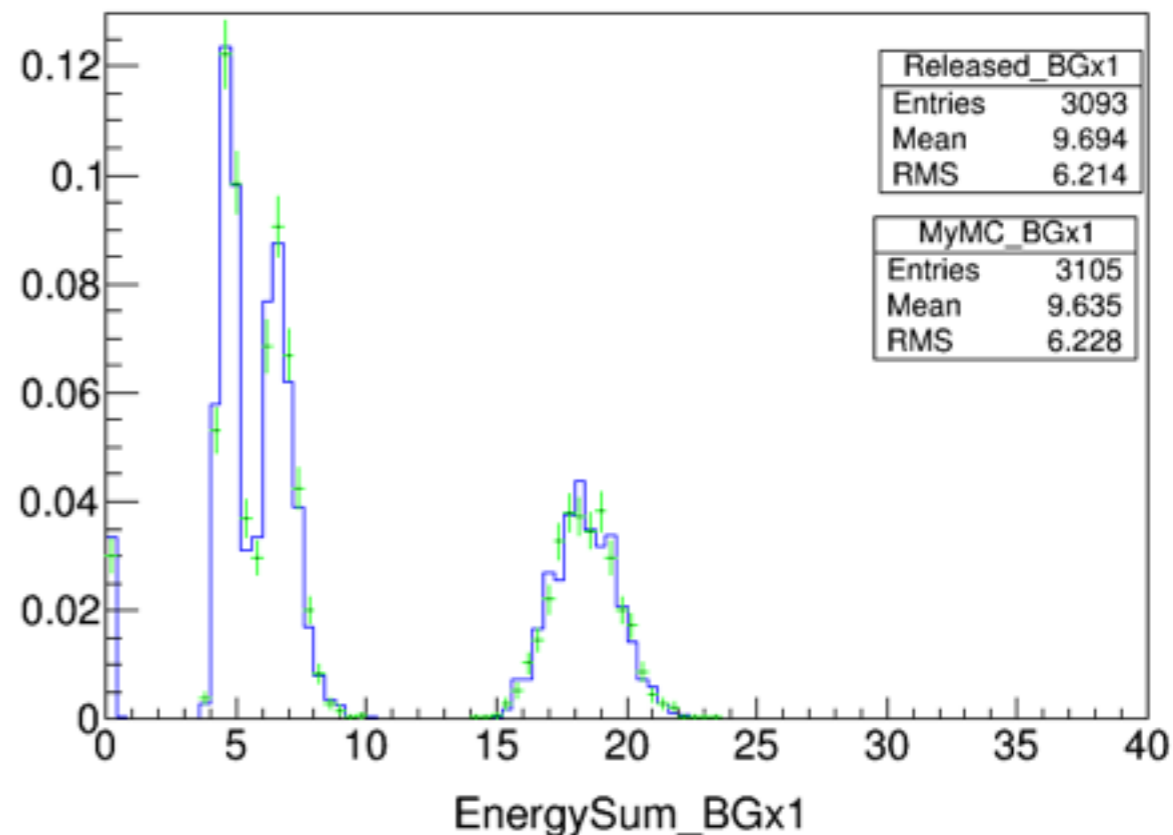


Energy

Energy_BGx0

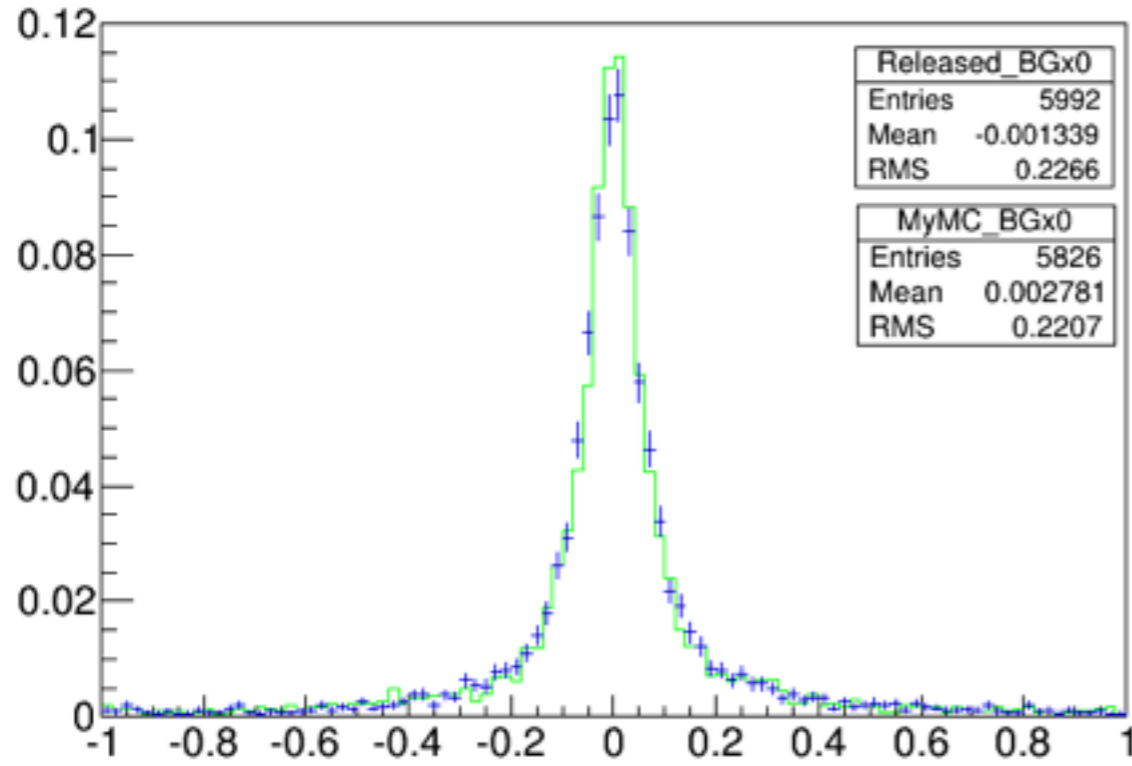


Energy_BGx1

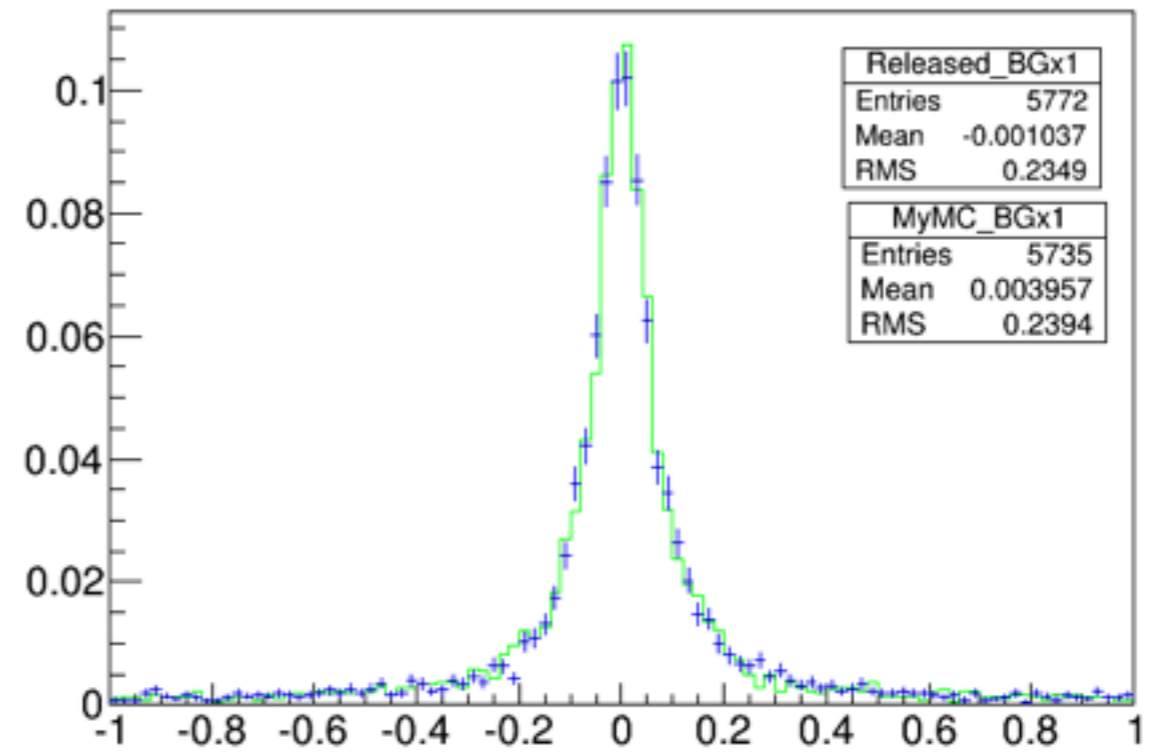


Tracking

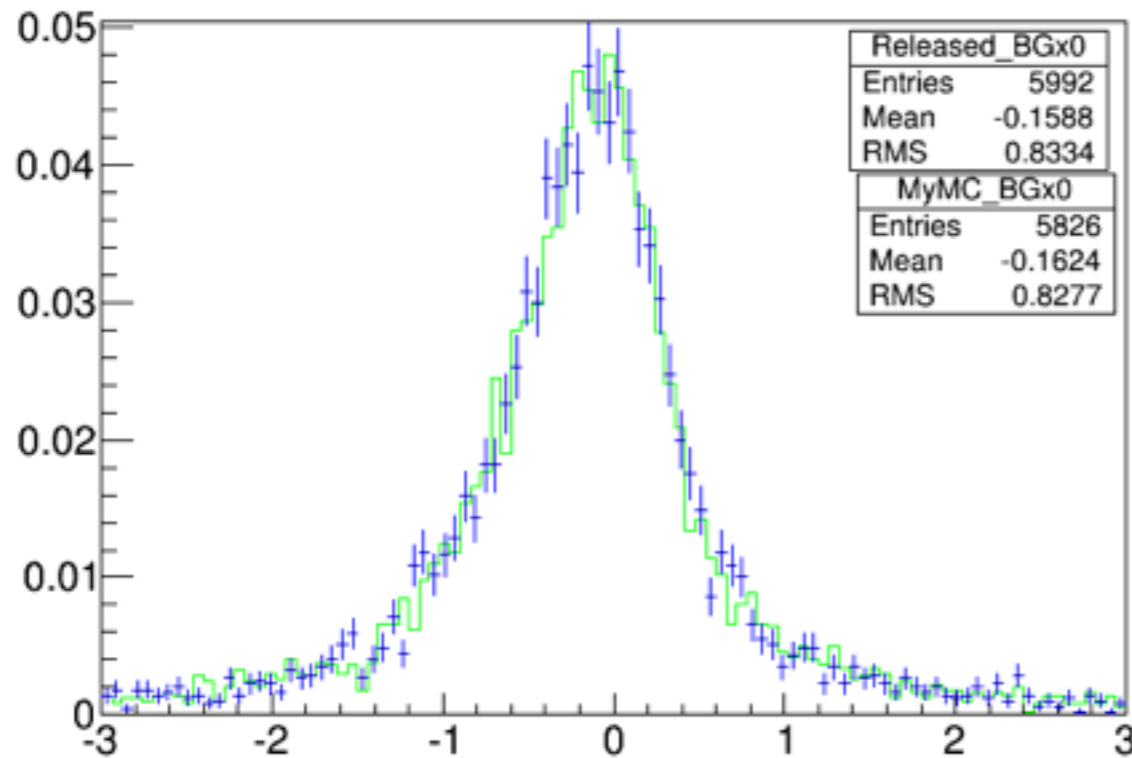
Dr_BGx0



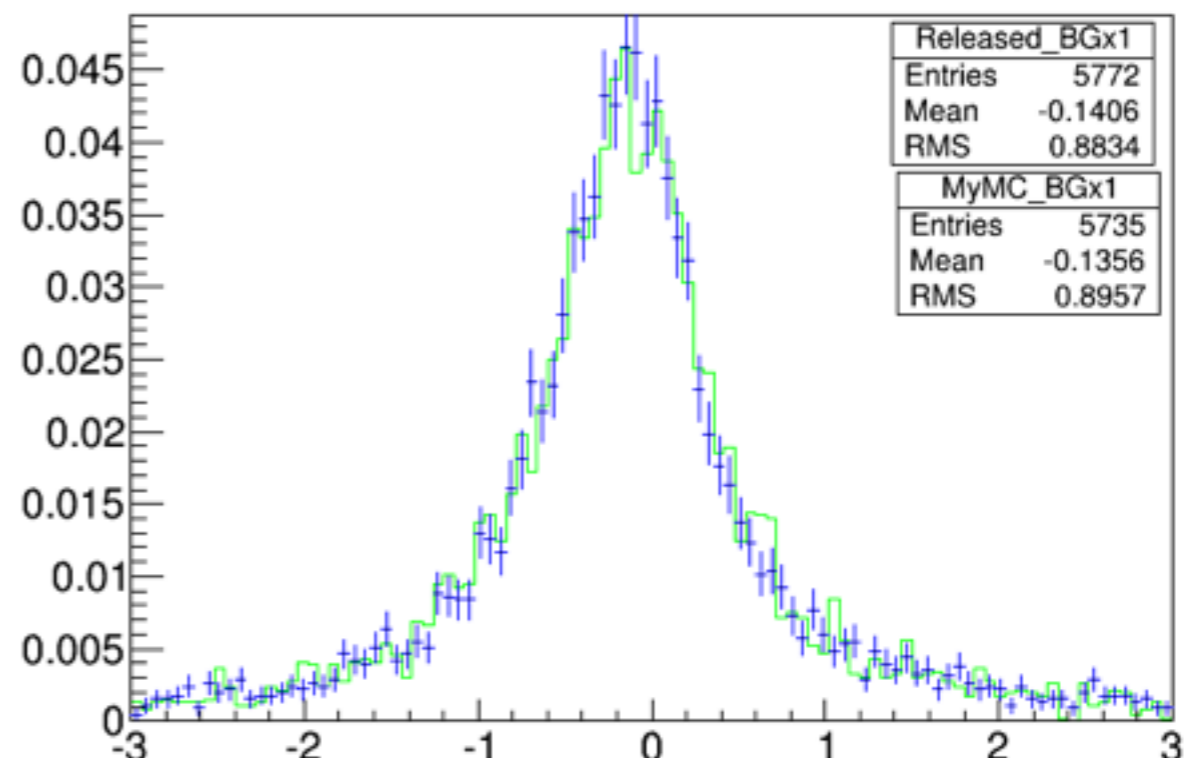
Dr_BGx1



Dz_BGx0

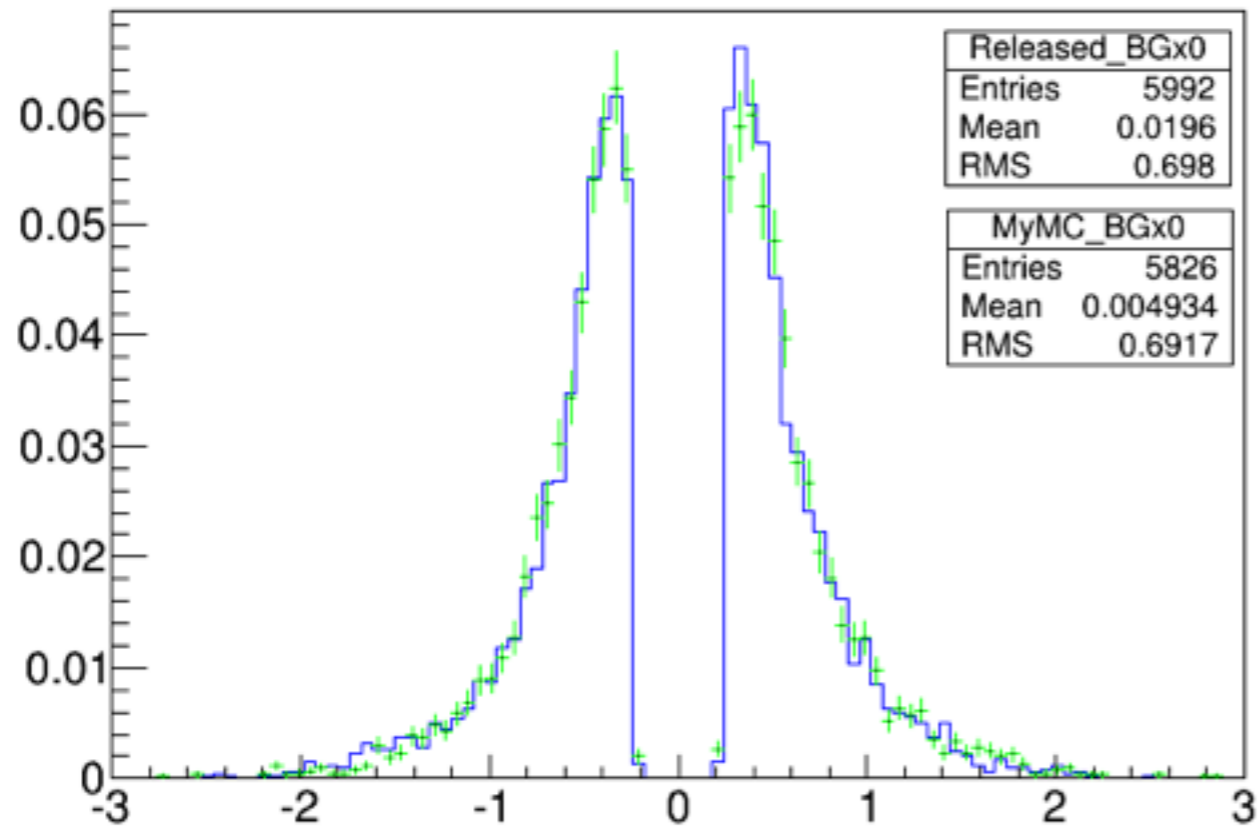


Dz_BGx1

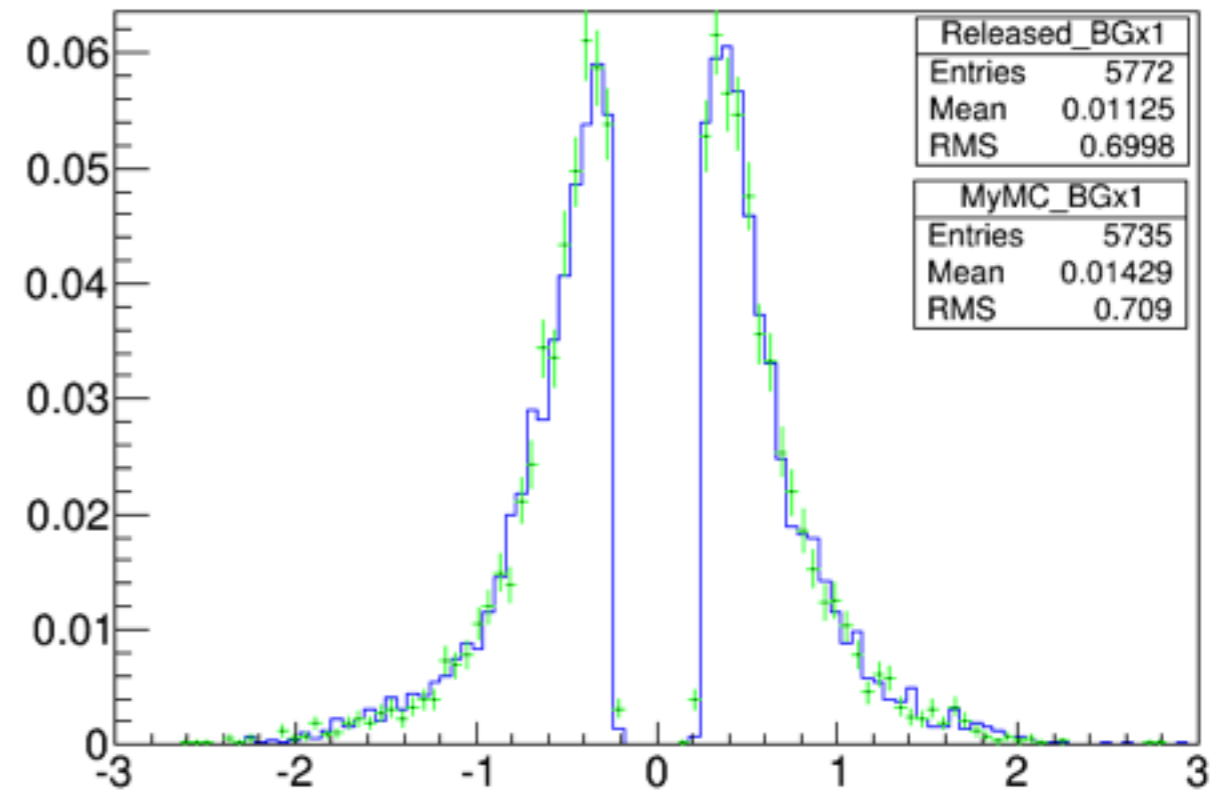


Tracking

Pt_BGx0



Pt_BGx1



CDC and ECL

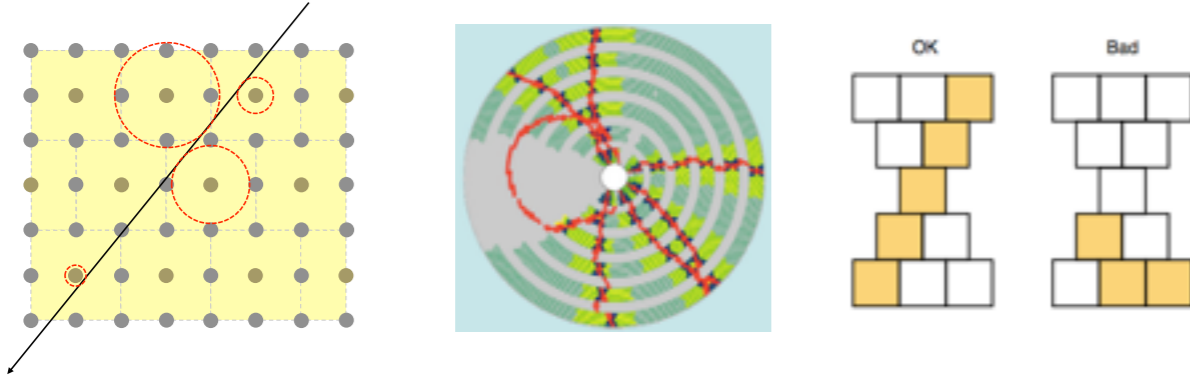
Central Drift Chamber

ガス: He - C₂H₆の混合ガスを使用



1, 飛跡の検出

最初は、各センスワイヤーと飛跡との"距離"だけがわかっている
円に対する接線をフィットし、飛跡を求める



2, 運動量を測定

1.5T磁場中で飛跡の曲がり具合から運動量を測定

1%程度の運動量

3, 粒子を識別

信号の電荷量からdE/dxを測定

0.5GeV以下の低運動量で威力を発揮

Electromagnetic Calorimeter

CsI(Tl)クリスタルを使用

1、粒子のエネルギー測定

ECL内で電磁シャワーを起こし、入ってきた粒子のエネルギーを失わせる。それらのエネルギーがクリスタルからのシンチレーション光になる。この光量を測定することで、粒子のエネルギーが判明

2、粒子の識別

3、エネルギートリガー

問題点

CsI(Tl)のタリウムはシンチレーション光の時定数が長い (~1μs)ので高レート環境下で信号が重なってしまう