

# RHIC-PHENIX実験における 高い横運動量光子生成の検出

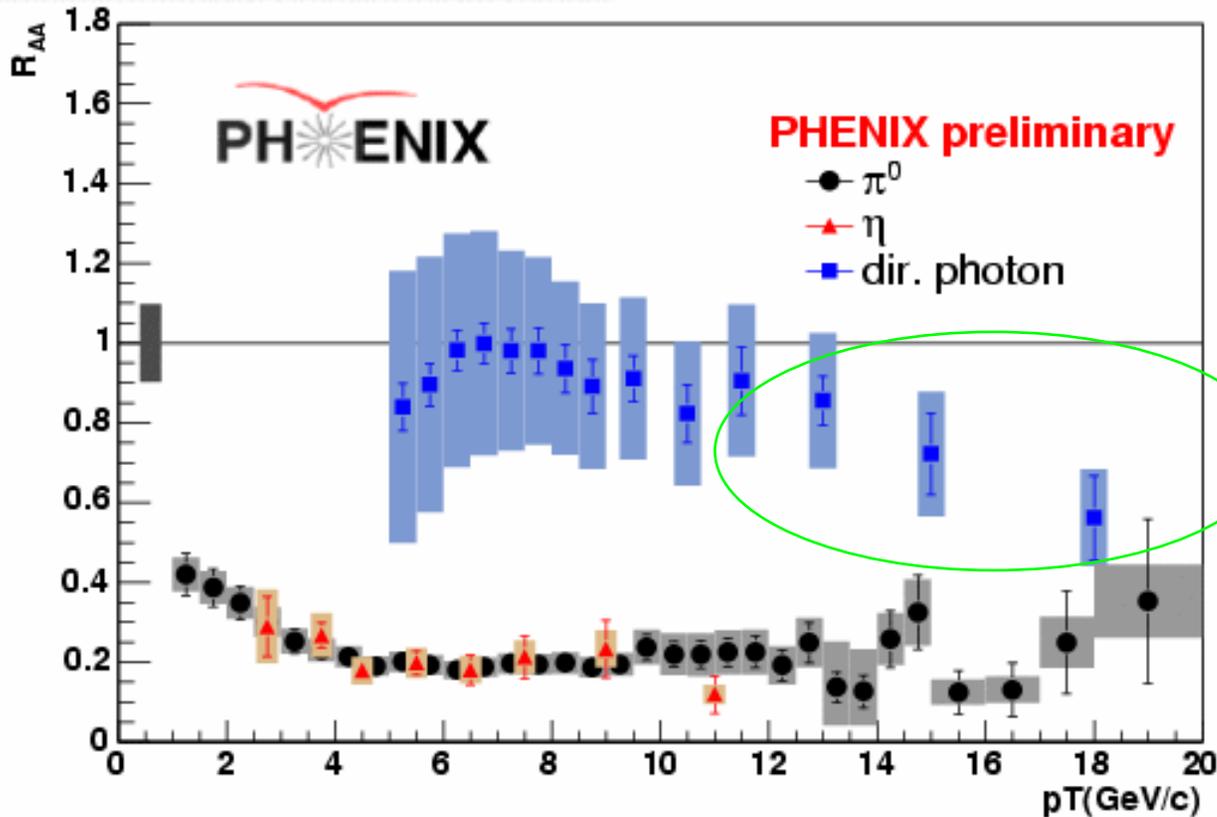
岡田謙介

理研BNL研究センター(RBRC)  
for the PHENIX collaboration

日本物理学会 (2007年9月22日)

# 高運動量光子の重要性

Au+Au  $\sqrt{s_{NN}} = 200\text{GeV}$ , 0-10%



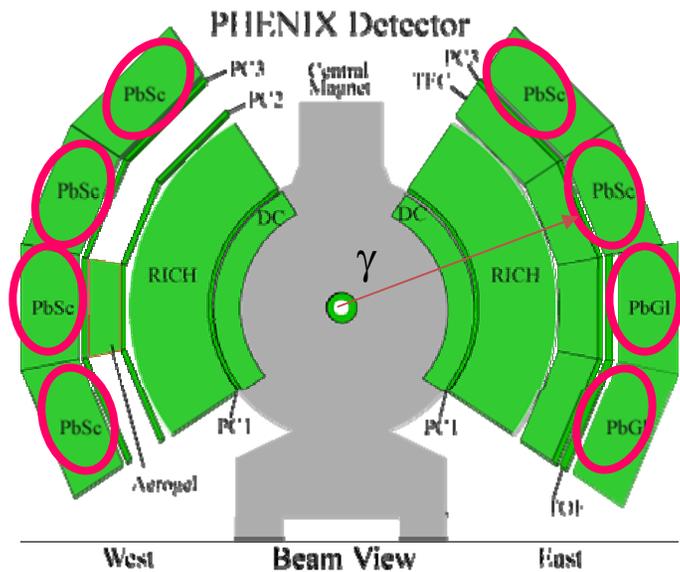
この付近の振る舞いは非常に興味深い

直接光子測定における基本方針

(直接光子) = (全光子) - (バックグラウンド光子)

バックグラウンド光子のほとんどはハドロン崩壊から

# PHENIX の電磁カロリメータ

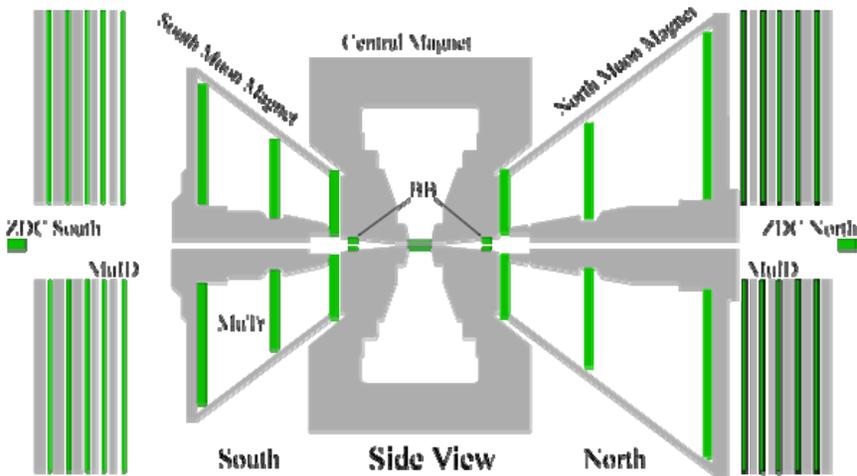


中心ラピディティ領域  
5m 衝突点からの距離  
±2m ビーム方向の大きさ

2種類

PbSc (6セクター)

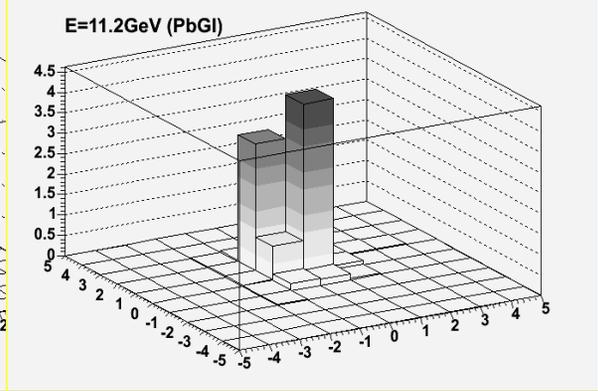
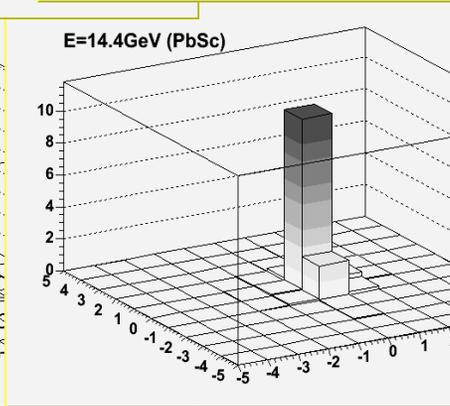
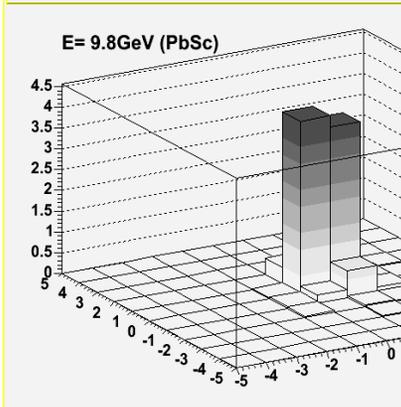
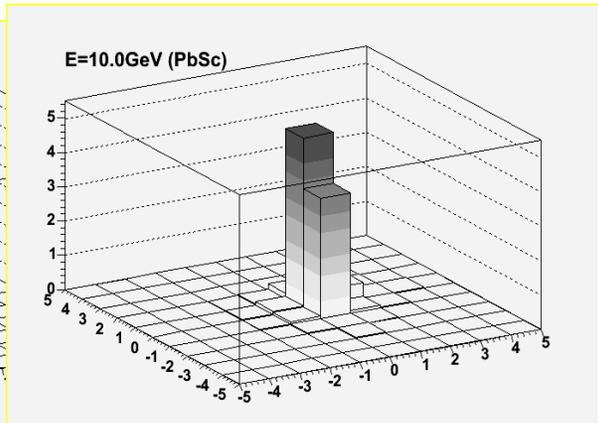
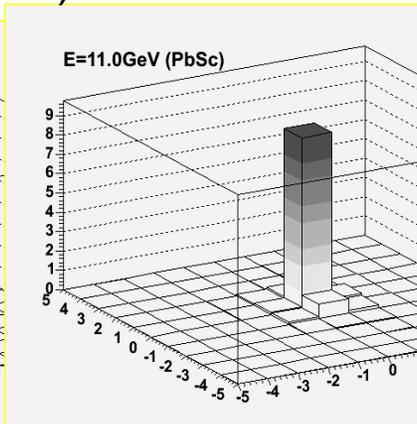
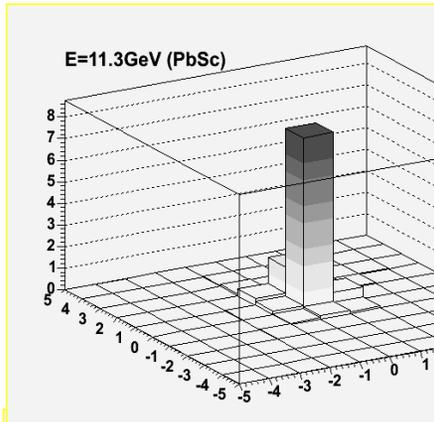
PbGI (2セクター)



	PbSc	PbGI
サイズ(mm <sup>2</sup> )	52.5*52.	40*40
モリエール半径	30	37
奥行き(X <sub>0</sub> )	18	14

# 光子クラスターの例

— ~10GeV クラスター (PbSc)



—  $\pi^0$  崩壊の2光子の距離

→ 20GeV  $\pi^0$ : 最小1.4タワー (2\*10GeV)

# 高運動量光子について

## 厄介な点

$\pi^0$ からの2光子の融合

————→ バックグラウンドの基の $\pi^0$ の見積もりに影響する  
全く重複して1光子のように見えてしまう

## これまでの3つの見積もり手法

- (MC)テストビーム実験とGEANTに基づく光子クラスター形状のパラメータ化
- (MC)GEANT シミュレーション
- (DATA) 実際のPHENIXデータを使った見積もり

今日の発表

## 今回Run6pp データセットを使った理由

$p+p$  衝突: 重い原子核衝突に比べてすっきり

Run6: これまでで最も統計の高いデータセット( $\int L=10\text{pb}^{-1}$ )

# 解析手法

データ: Run6  $p+p$   $4\text{pb}^{-1}$  ( $10\text{pb}^{-1}$ の一部)

- 1 衝突に無関係な電磁カロリメータのクラスタの除去  
(宇宙線やビームバックグラウンド等)  
→ 電磁カロリメータの時間情報を利用

- 2 4つの分類

$$= \left[ \begin{array}{l} \text{形状} \\ (1 \text{ 光子仮定}) \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{l} \text{荷電粒子} \\ (\text{ドリフトチェンバー}) \end{array} \right]$$

A: 光子形状○、荷電粒子×

B: 光子形状×、荷電粒子×

C: 光子形状○、荷電粒子○

D: 光子形状×、荷電粒子○

—真の光子

—中性粒子 || 真の光子の~2% || 融合 $\pi^0$ 光子

—荷電粒子 || 電子

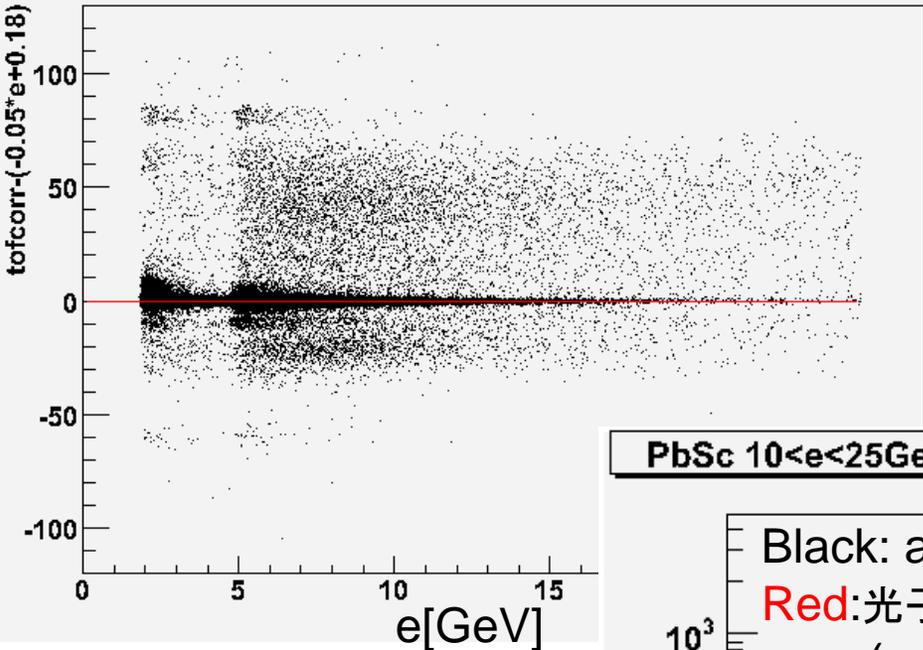
—荷電粒子

今回の狙い所は、 $\pi^0$ からの2光子が融合したとしても全く重なるまではいかない領域

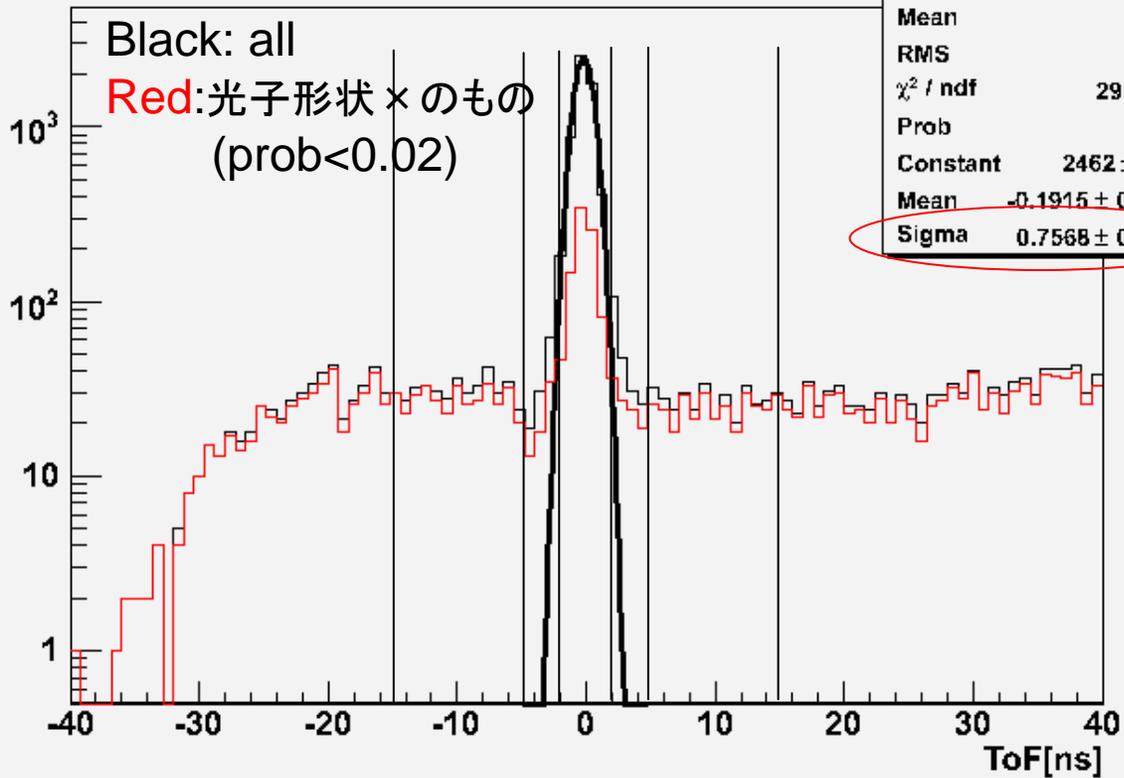
tofcorr-(-0.05\*e+0.18):e {armsect<6&&e<25}

# 電磁カロリメータ時間情報

(プロットはPbScから)



PbSc 10<e<25GeV



h1	
Entries	9551
Mean	1.716
RMS	11.71
$\chi^2 / ndf$	298.8 / 9
Prob	0
Constant	2462 ± 44.8
Mean	-0.1915 ± 0.0099
<b>Sigma</b>	<b>0.7568 ± 0.0096</b>

PbSc

Sigma~0.8 [ns]  
Signal : |ToF|<2 [ns]  
BG : 5<|ToF|<15 [ns]

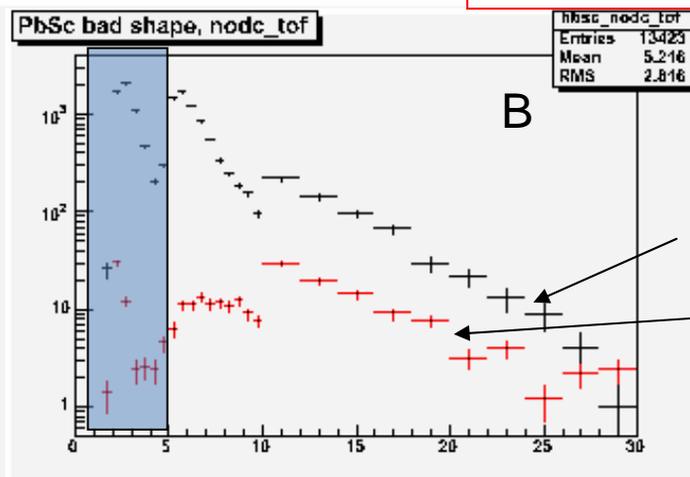
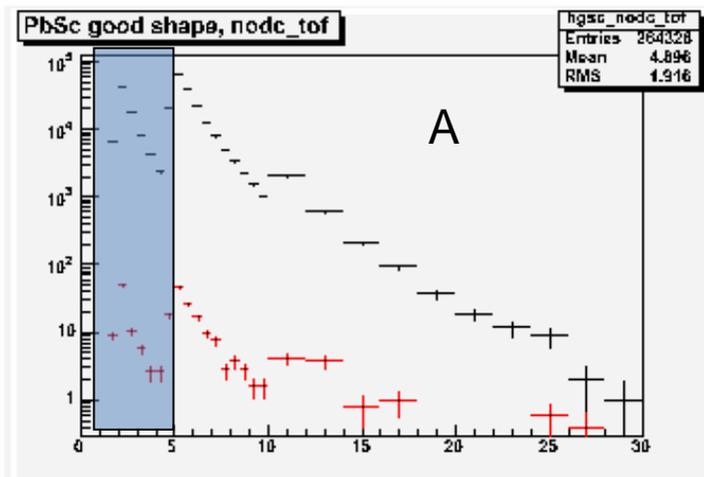
PbGI

Sigma~1.1 [ns]  
Signal : |ToF|<4 [ns]  
BG : 6<|ToF|<22 [ns]

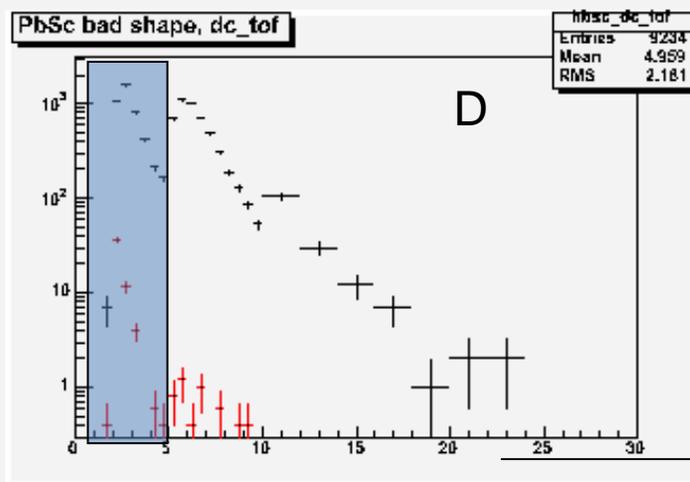
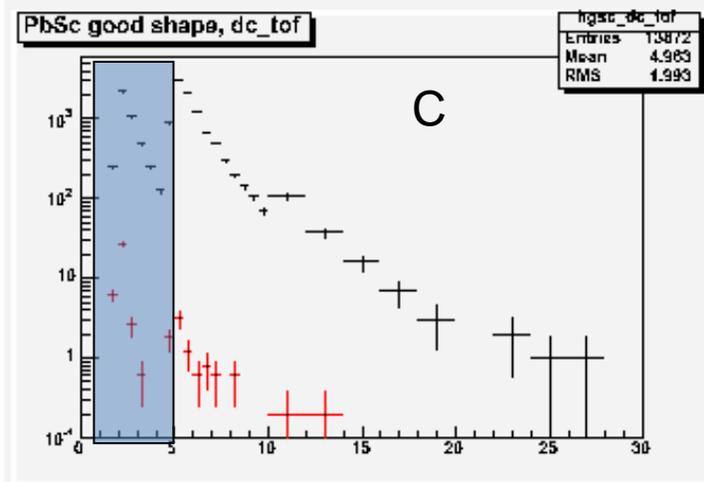
4つの分類

# PbSc (west arm)

- A: 光子形状○、荷電粒子×
- B: 光子形状×、荷電粒子×
- C: 光子形状○、荷電粒子○
- D: 光子形状×、荷電粒子○



飛行時間  
範囲内  
範囲外



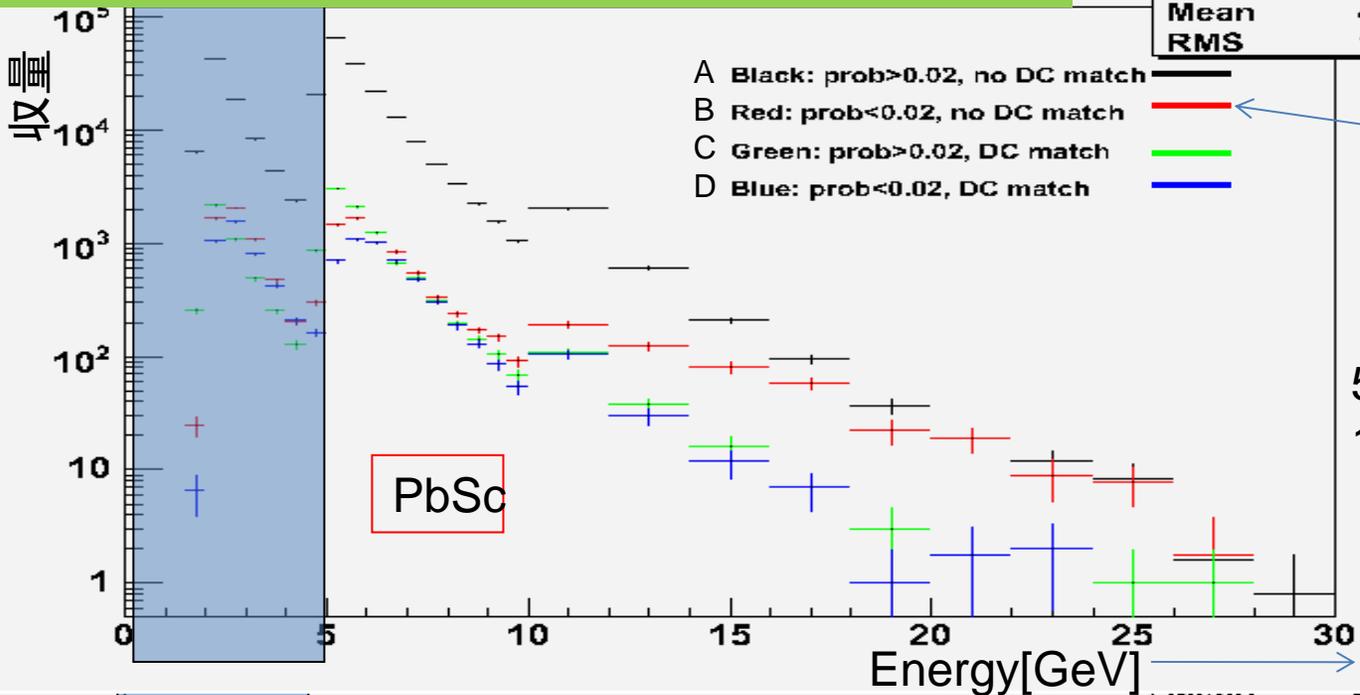
E [GeV]

E < ~5 GeV の近辺はオフラインカットの影響あり。

ほとんどの衝突に関係のないクラスターは分類Bに存在する。(条件が少ないため当然)

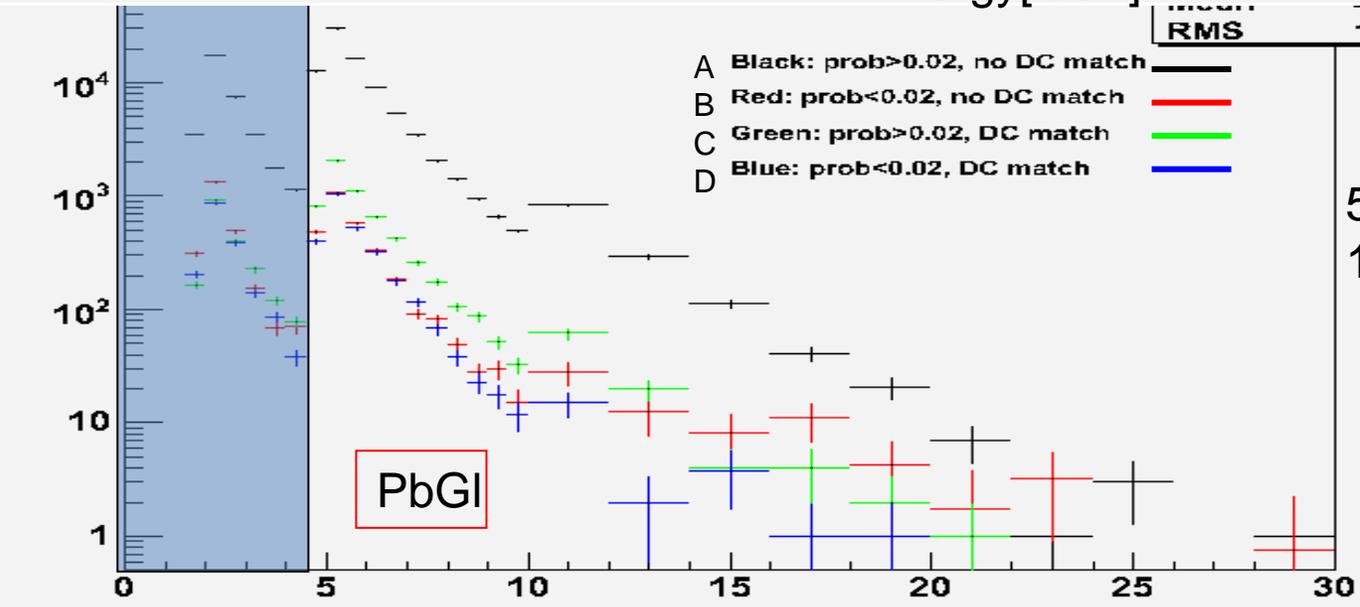
--クラスターの内訳- (衝突以外のものの補正後)

hgsc_nodc	
Entries	264095
Mean	4.901
RMS	1.921



融合した $\pi^0$ 光子が含まれている分類

注  
5~9GeV 中性ハドロン  
10~ +融合 $\pi^0$ 光子



注  
5-10GeV 緑>青  
12~ わずかに融合 $\pi^0$ 光子?

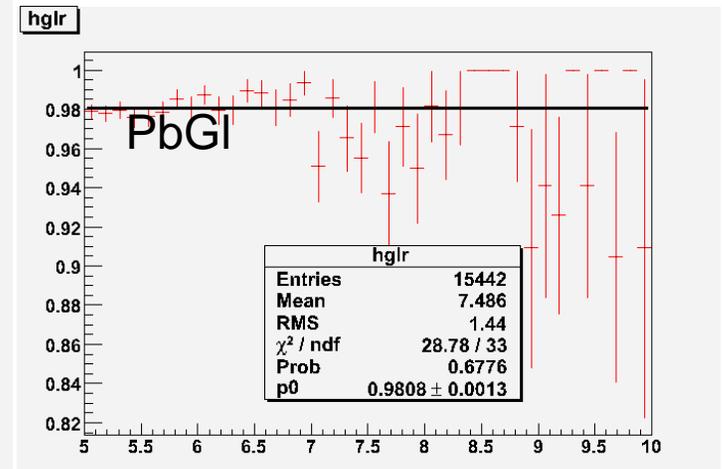
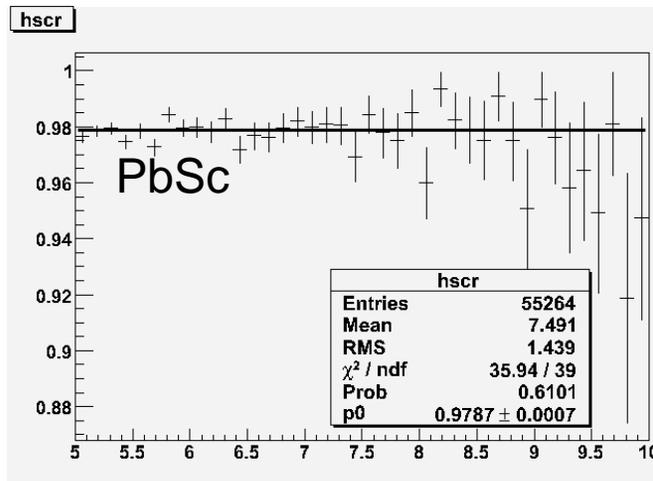
# 融合 $\pi^0$ 光子、2クラスター $\pi^0$ の見積もり

融合 $\pi^0$ 光子

$$\pi^0_{\text{merge}} = (\text{光子形状} \times \text{荷電粒子} \times) - (\text{光子形状} \circ, \text{荷電粒子} \times) \cdot (1 - \varepsilon) / \varepsilon - (\text{中性ハドロン} \text{の寄与})$$

**=分類B**

$\varepsilon$ : 真の光子検出効率 ( $\pi^0$ 質量を組むクラスターで測定)



(中性ハドロンの寄与): 荷電ハドロンの寄与を定数倍(9GeV以下は全てと仮定して)

2クラスター $\pi^0$  (比較用)

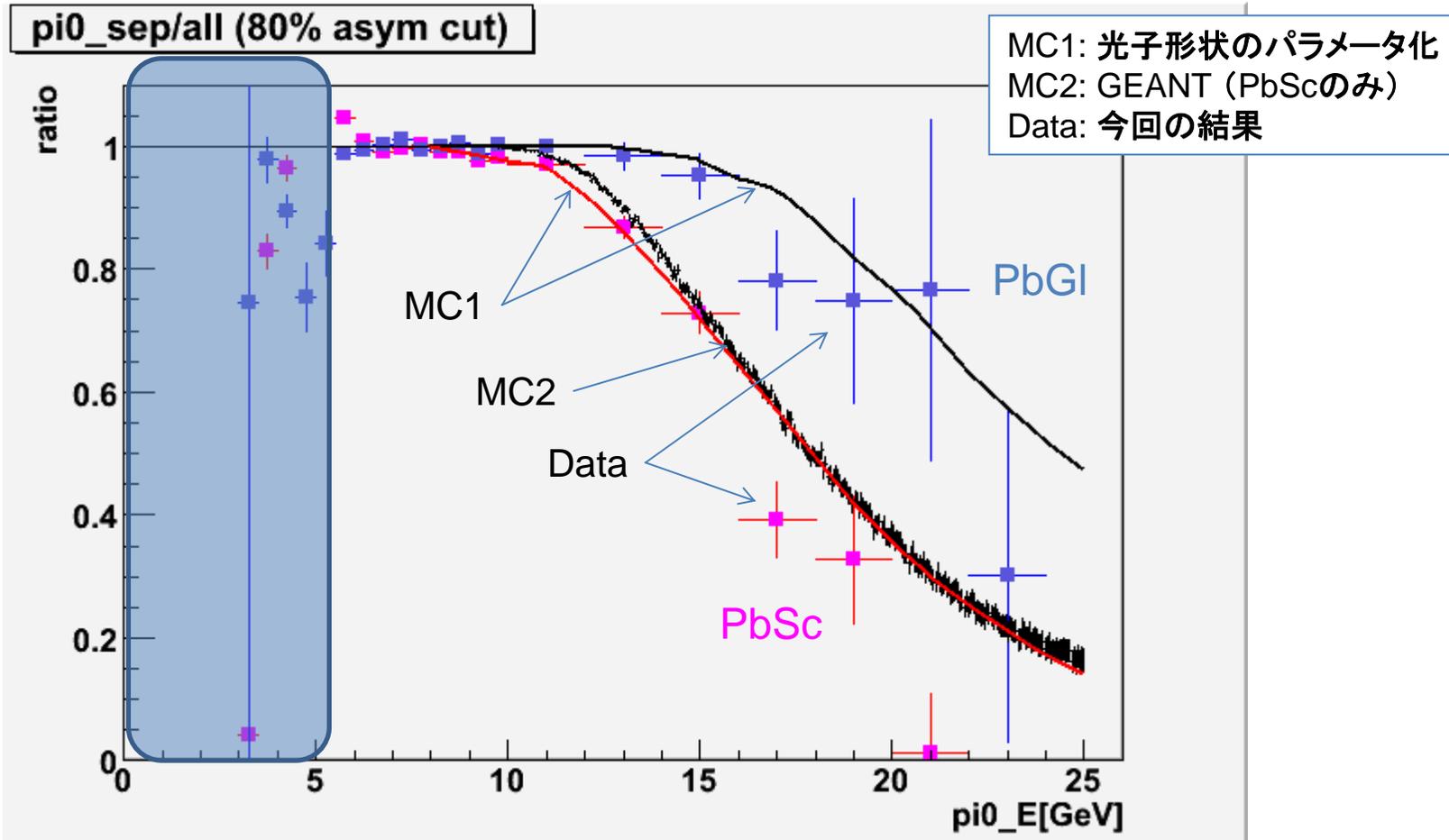
$\pi^0_{\text{sep}}$  = 2光子クラスターの不変質量の解析より

$$\text{Ratio} = \frac{\pi^0_{\text{sep}} (\text{with } A < 80\%)}{\pi^0_{\text{sep}} + \text{merged}}$$

を別の解析と比較

# 別の解析との比較

$$\text{Ratio} = \frac{\text{pi0\_sep (with } A < 80\%)}{\text{pi0\_sep+merged}}$$



どれも良く一致している。

しかし高いエネルギーの部分は何かの兆候か？

# まとめ

$p+p$ 衝突データを使った融合 $\pi^0$ 光子の結果は、これまでのMCの結果と良く一致した。

今回使った仮定:

中性ハドロンの寄与は荷電ハドロンの寄与に比例している。

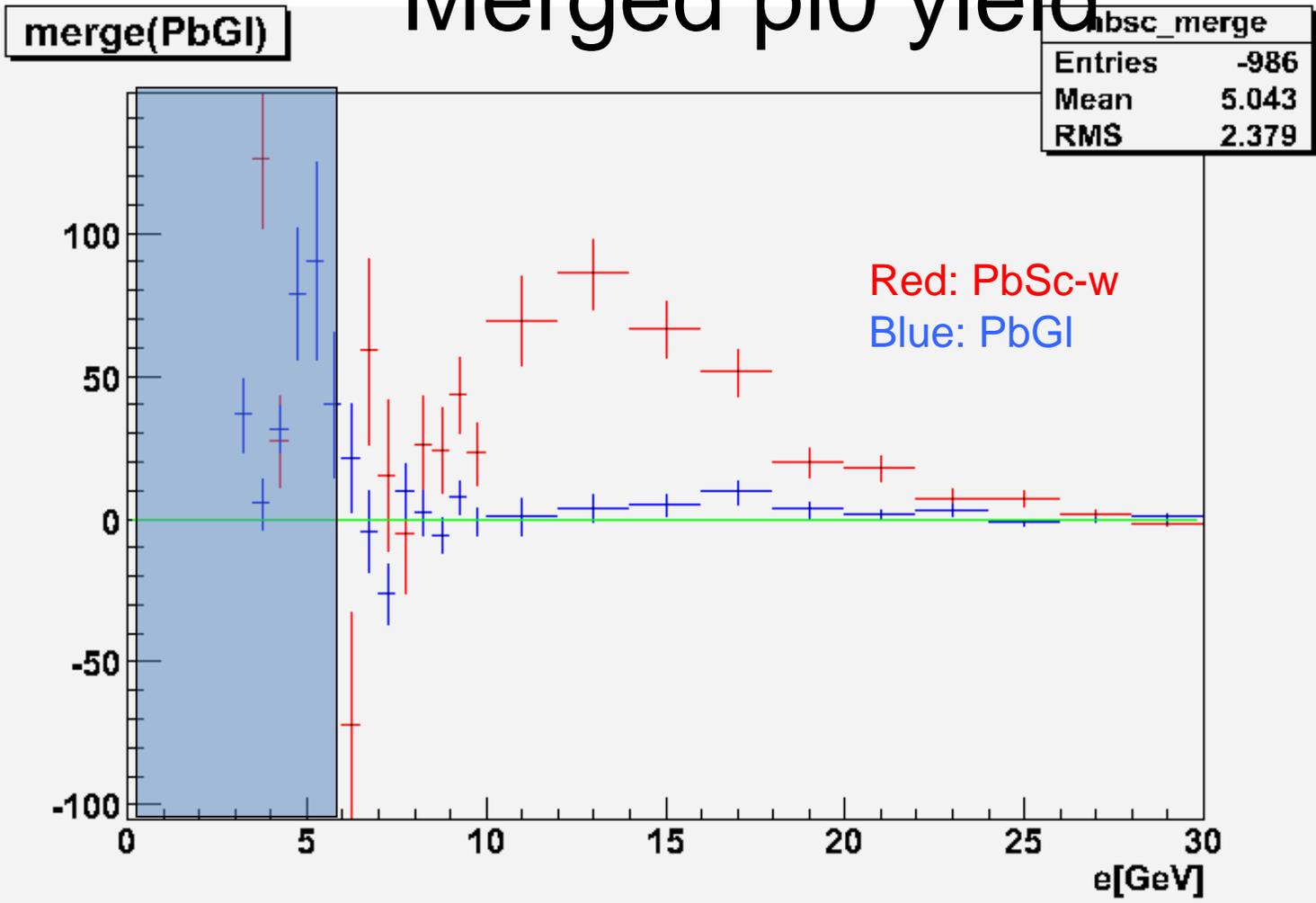
エネルギー9GeV以下には融合 $\pi^0$ 光子は存在しない。

全ての融合 $\pi^0$ 光子は1光子形状の条件を満たさない。

今回Run6 dataの40%しか解析が間に合わなかった。統計をあげることによって、より詳しい測定ができる。

その際は融合 $\pi^0$ 光子が1光子形状の条件を満たす場合の影響も調べられるであろう。

# Merged pi0 yield

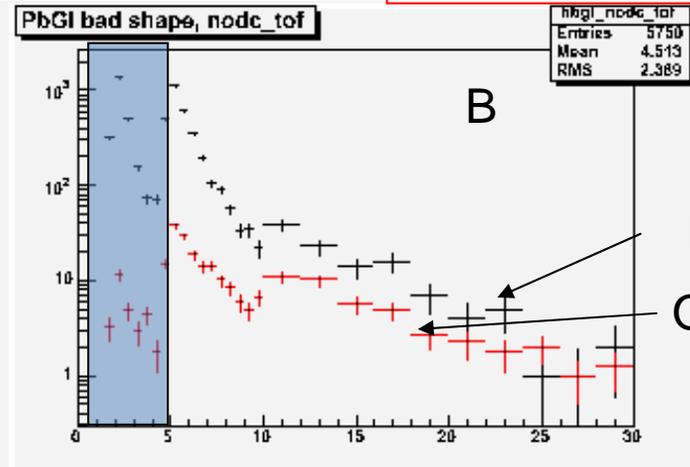
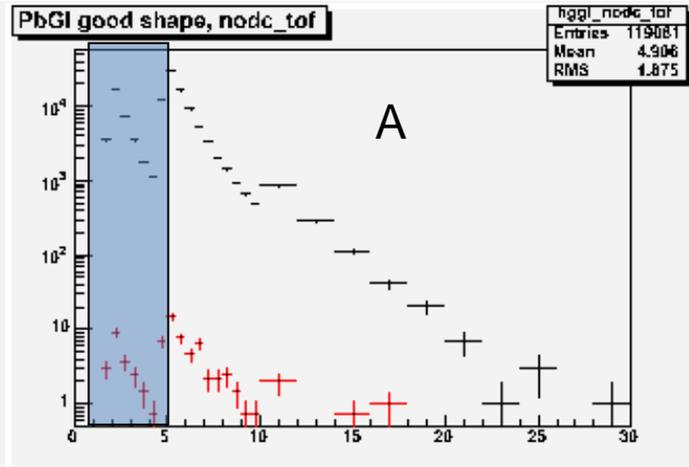


(PbSc) merge=(bad shape,noDC)  $-0.02 * \text{photon} - 0.385 * \text{DC}$   
(PbGl) merge=(bad shape,noDC)  $-0.02 * \text{photon} - 0.13 * \text{DC}$

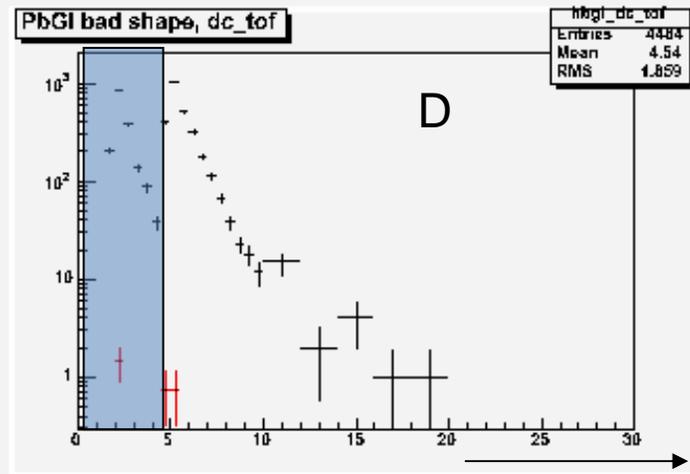
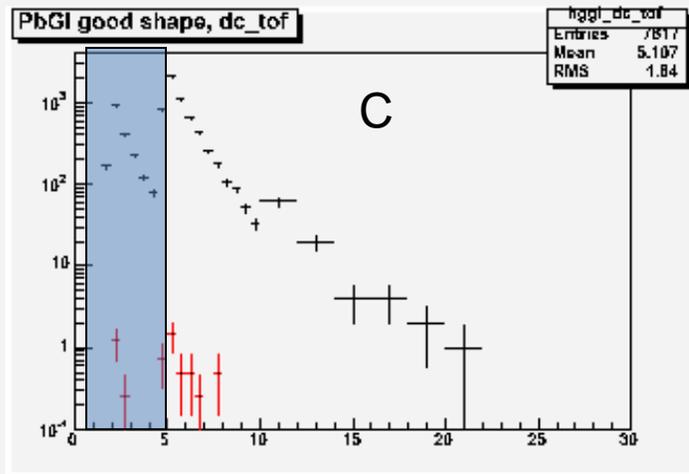
There is a clear signal in PbSc.  
There are some in PbGl.

# PbGI

- A: photon shape, no DC
- B: not photon shape, no DC
- C: photon shape, with DC
- D: not photon shape, with DC



In ToF  
Out ToF

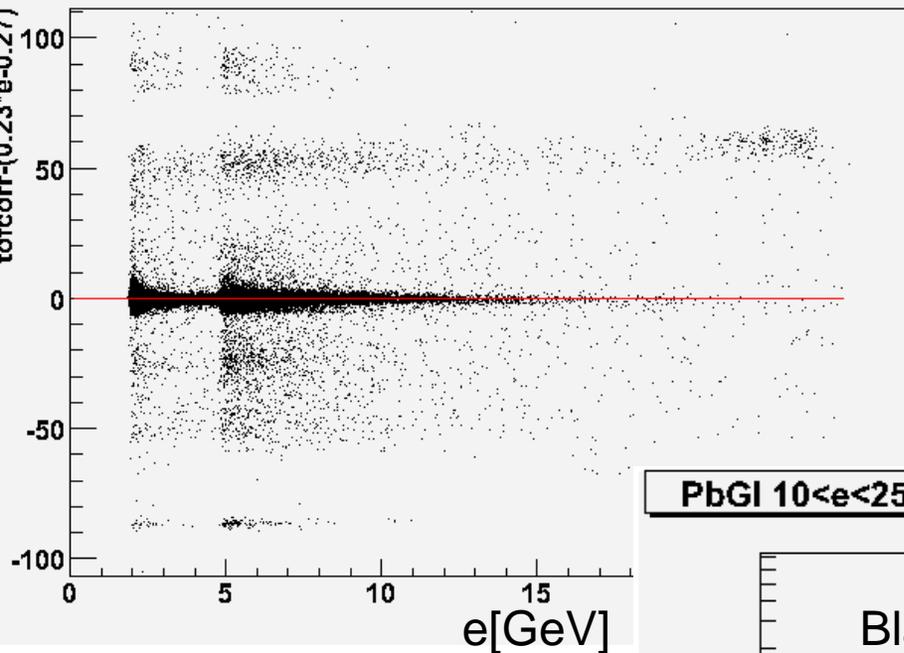


→ E [GeV]

# EMCal ToF

(PbGI)

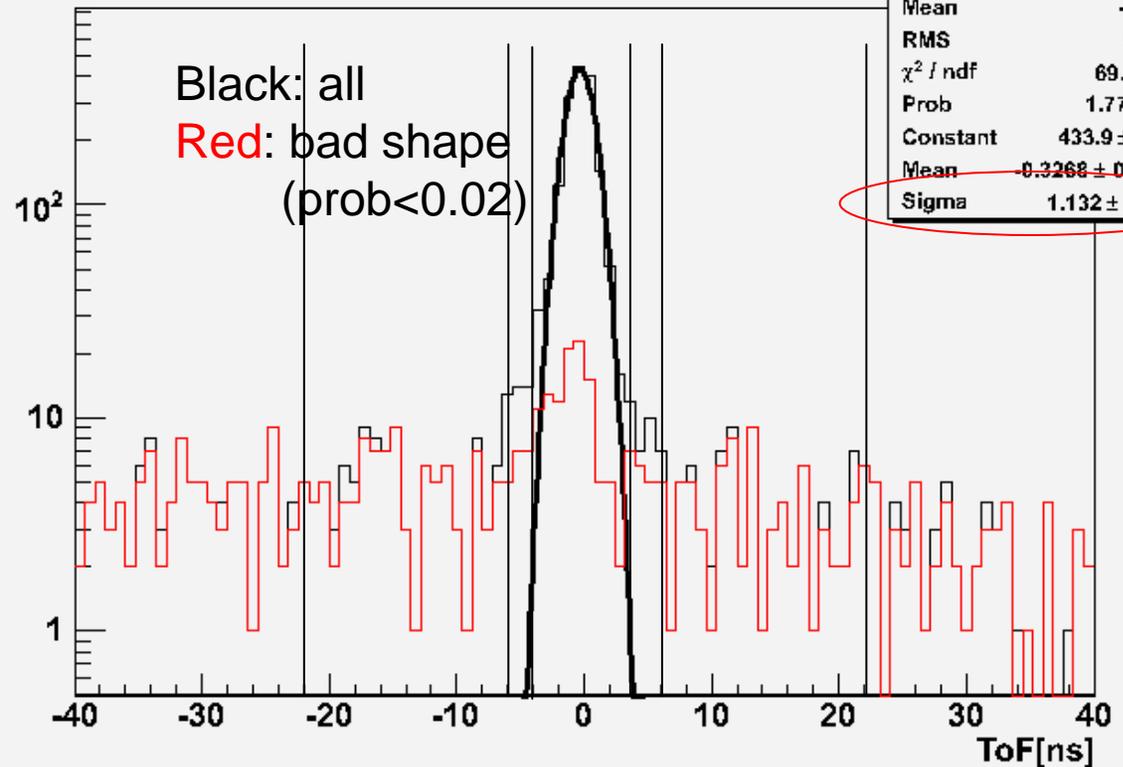
The resolution is worse, since there is no additional tuning for the walk.



Sigma~1.1 [ns]

Signal :  $|ToF| < 4$  [ns]  
BG :  $6 < |ToF| < 22$  [ns]

PbGI  $10 < e < 25$  GeV



Black: all  
Red: bad shape  
(prob < 0.02)

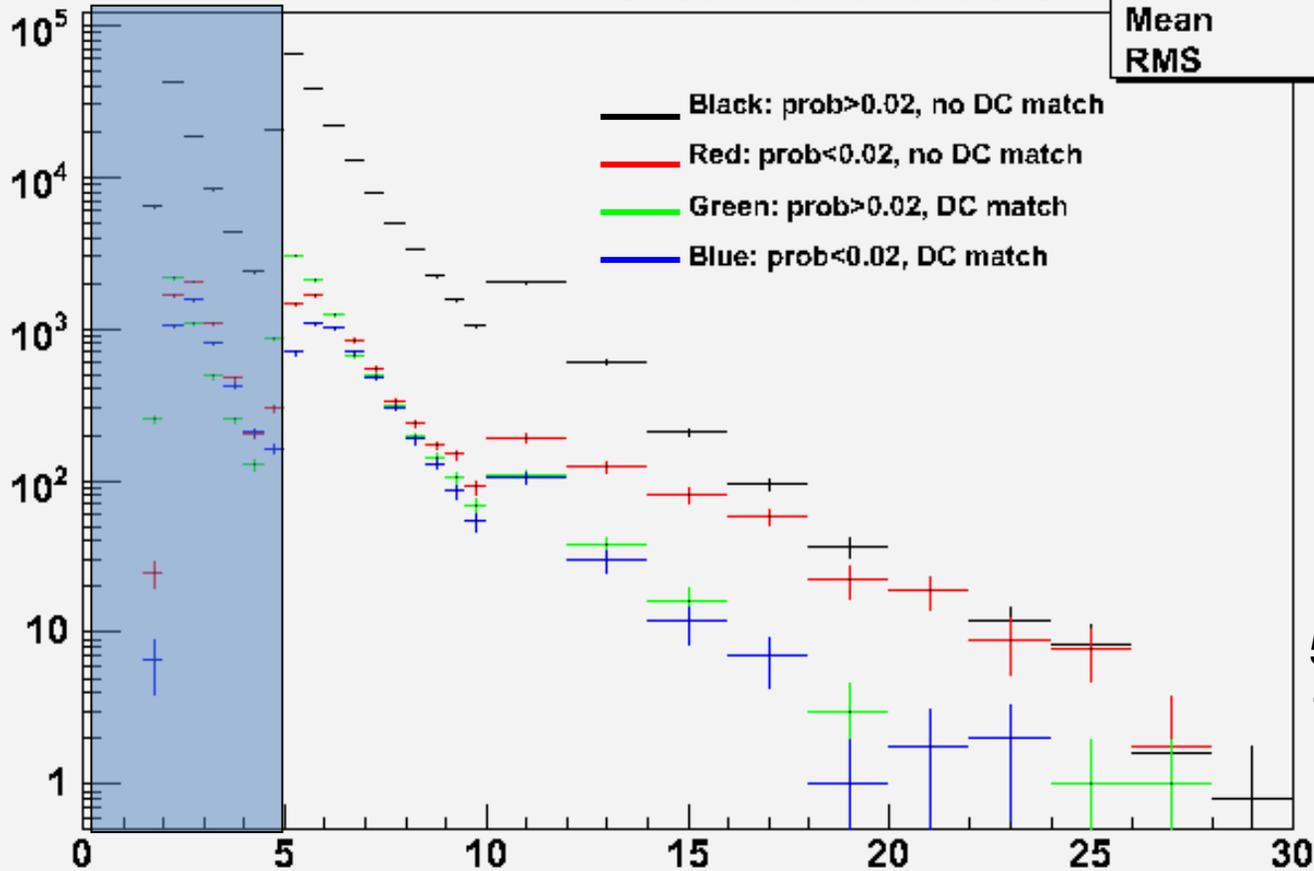
hgl	
Entries	2485
Mean	-1.187
RMS	9.777
$\chi^2 / \text{ndf}$	69.66 / 9
Prob	1.778e-11
Constant	433.9 ± 15.4
Mean	-0.3268 ± 0.0290
Sigma	1.132 ± 0.028

# Cluster contents (PbSc-w)

PbSc good shape, nodc

After out-ToF subtraction

hgsc_nodc	
Entries	264095
Mean	4.901
RMS	1.921

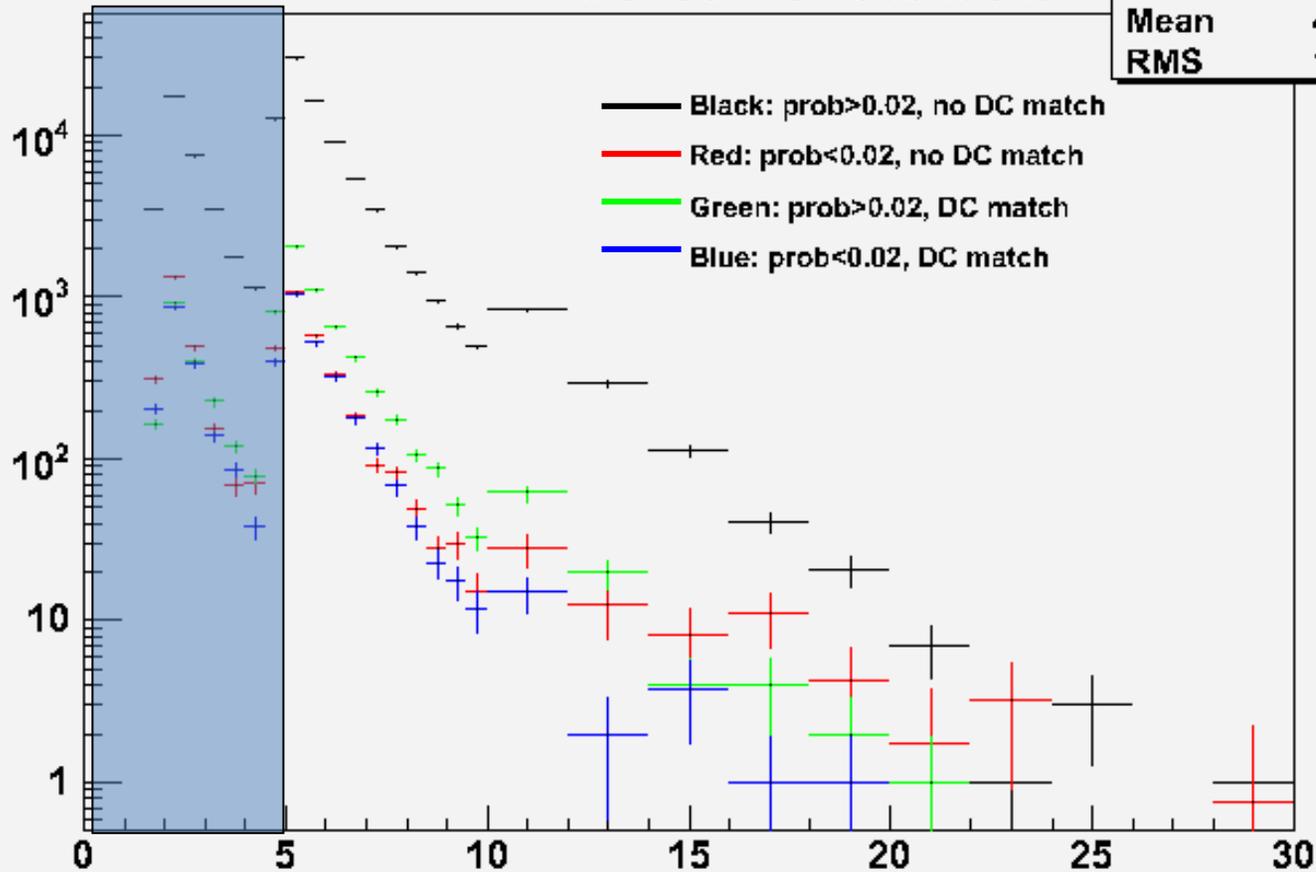


# Cluster contents (PbGI)

PbGI good shape, nodc

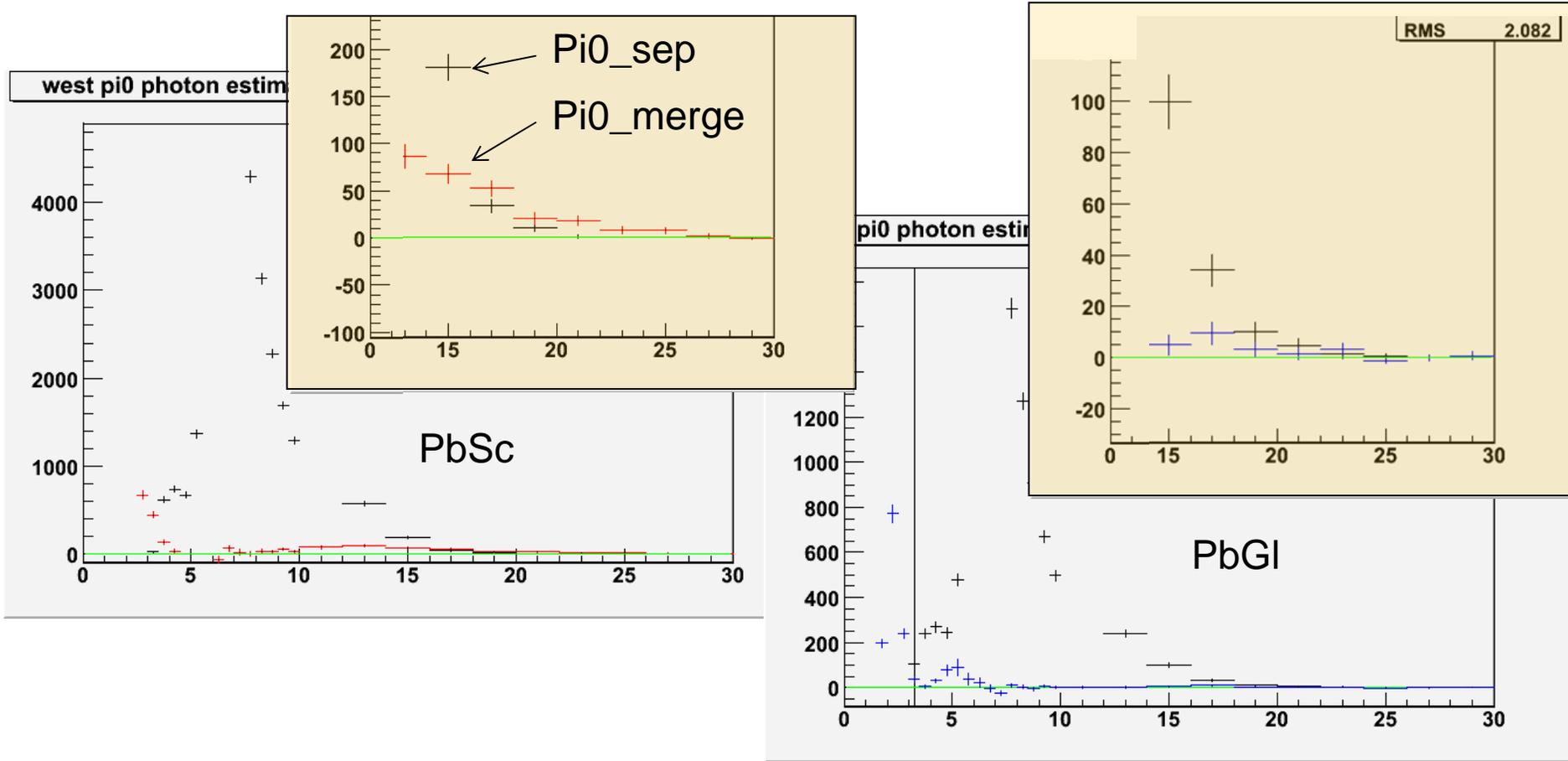
After out-ToF subtraction

hggl_nodc	
Entries	119003
Mean	4.908
RMS	1.883



5-10 green > blue  
12~ merged pi0?

# $\pi^0$ \_merge と $\pi^0$ \_sep

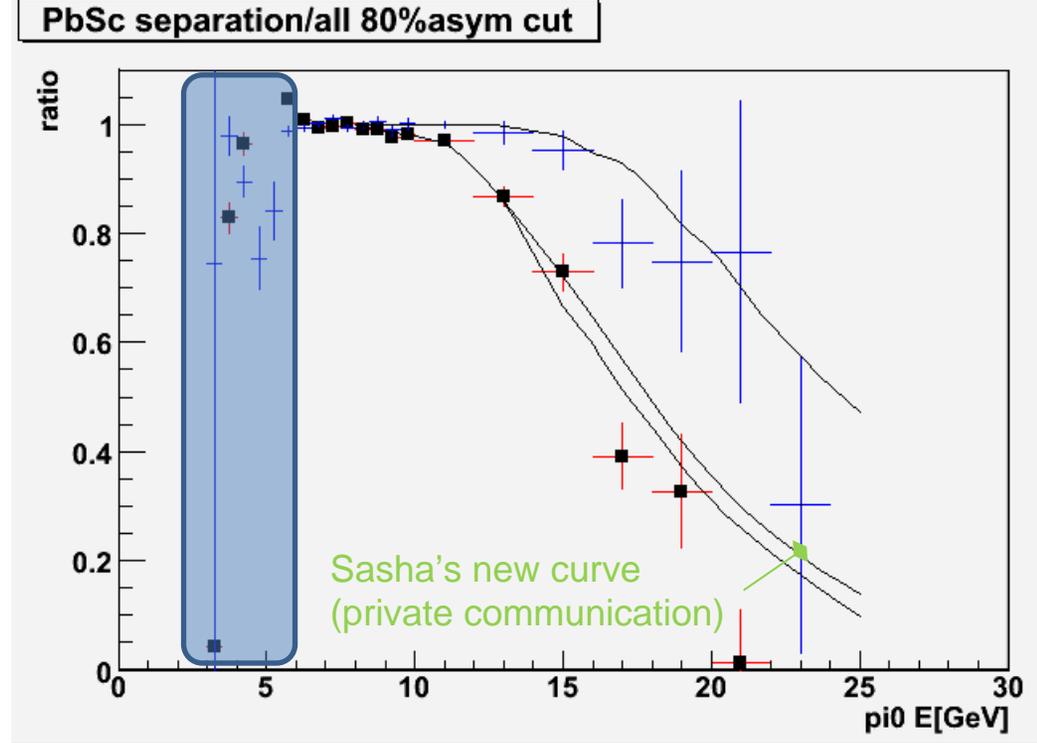
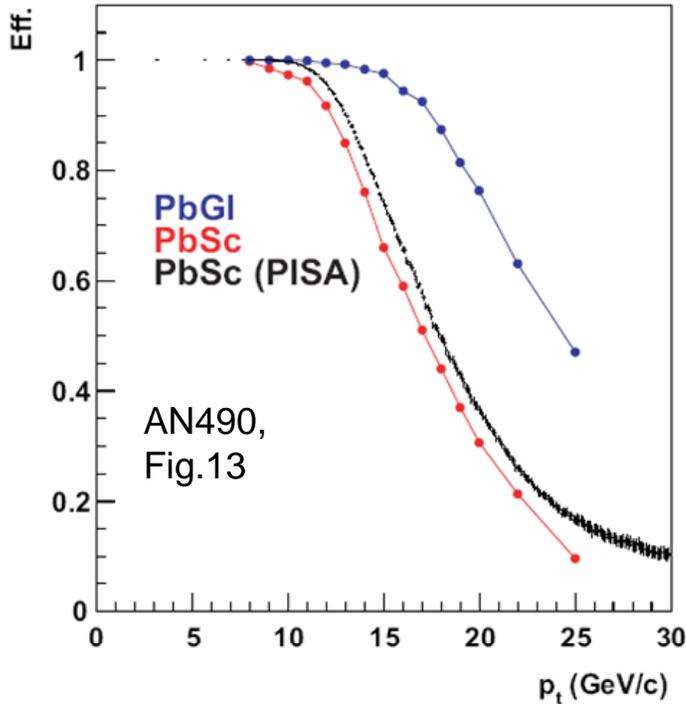


$$\text{Ratio} = \frac{\text{pi0\_sep (with } A < 80\%)}{\text{pi0\_sep} + \text{merged}}$$

を別の解析と比較

# Results

$$\text{Ratio} = \frac{\text{pi0\_sep (with } A < 80\%)}{\text{pi0\_sep+merged}}$$



Run6 4pb-1 ( $\leq \sim 50\%$ )

Use ToF information to estimate backgrounds

Assumption:

All merged cluster don't satisfy the photon shape requirement.

(ignore the (2) effect in the previous slide)

Bad shape clusters below 9GeV are from hadronic interactions which are proportional to the charged hadron contribution.

Details

[https://www.phenix.bnl.gov/WWW/p/draft/okada/070321/spinpwg\\_20070321.pdf](https://www.phenix.bnl.gov/WWW/p/draft/okada/070321/spinpwg_20070321.pdf)

[https://www.phenix.bnl.gov/WWW/p/draft/okada/070720/okada\\_feststatus\\_20070720.pdf](https://www.phenix.bnl.gov/WWW/p/draft/okada/070720/okada_feststatus_20070720.pdf)



The agreement is very nice!