

# アトラス実験におけるミニマムバイアス事象を用いたカロリメータ性能の評価

金谷奈央子、鈴木拓也、浅井祥仁、小林富雄

東大素セ、東大理



# アウトライン

- ◆ 動機
- ◆ ATLASカロリメータ
- ◆ 解析
- ◆ まとめ

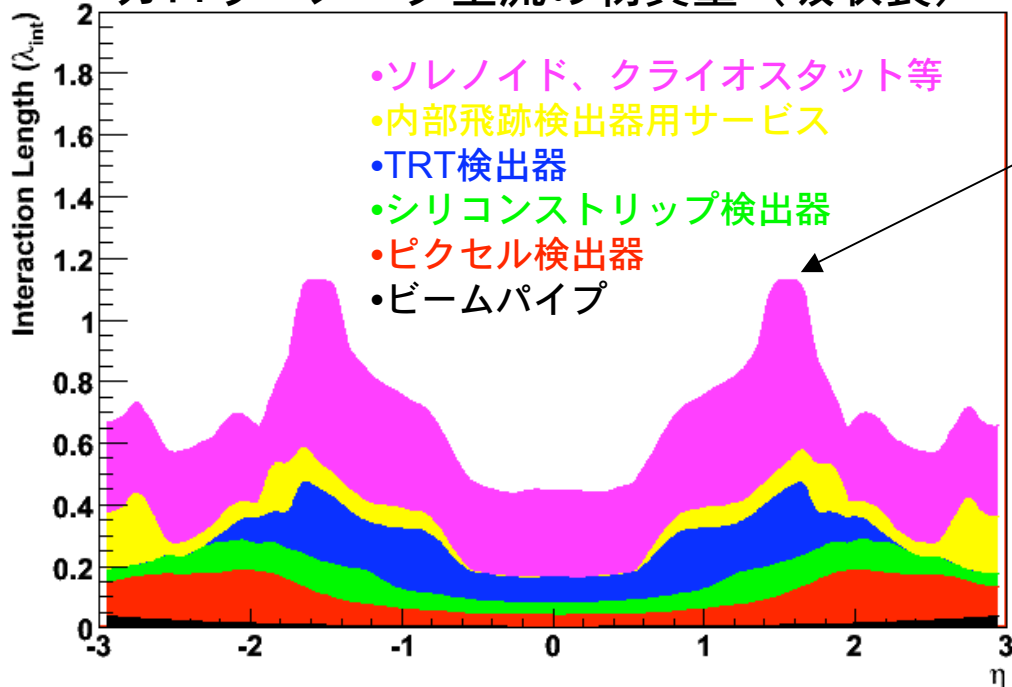
# 動機

物理結果以前に我々の検出器並びにデータに対する理解を検証することは重要であり、また結果の信頼度の向上にも繋がる。

荷電パイオントラックを使って、そのカロリメータ応答をモンテカルロデータと比較することにより、ジオメトリの記述の妥当性をチェックする。

電磁相互作用生じる事象 ( $\gamma \rightarrow ee, J/\psi \rightarrow ee$ ) は物質により感度があり、モンテカルロの不定性も小さい。これらの結果とコンシステンシーをチェックすることも大切である。

カロリメータ上流の物質長 (吸収長)



クラック領域 ( $|\eta|=1.4-1.8$ )  
(バレル部とエンドキャップ部の境界)

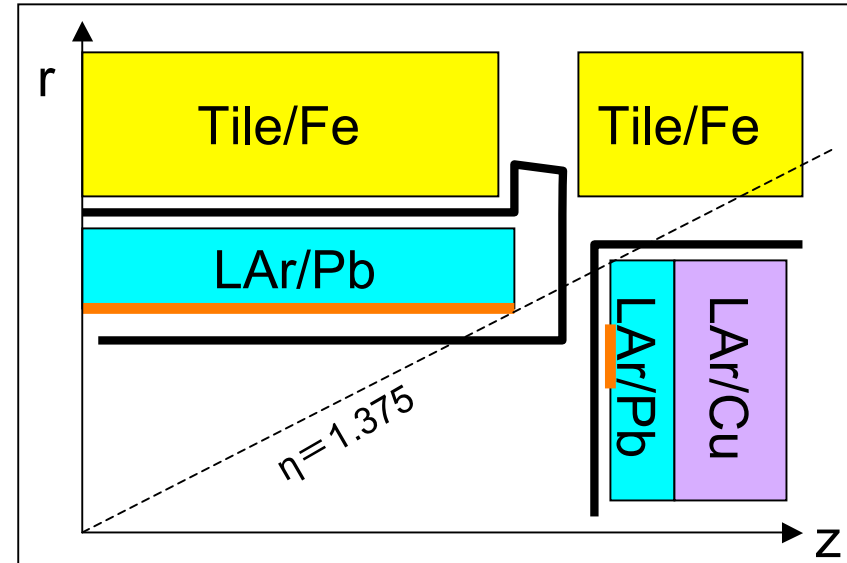
内部飛跡検出器のためのサービス  
クライオスタット (バレル、エンドキャップ)  
ソレノイド磁石

# ATLASカロリメータ

液体アルゴンとタイルシンチレータのサンプリングカロリメータ

## 特徴

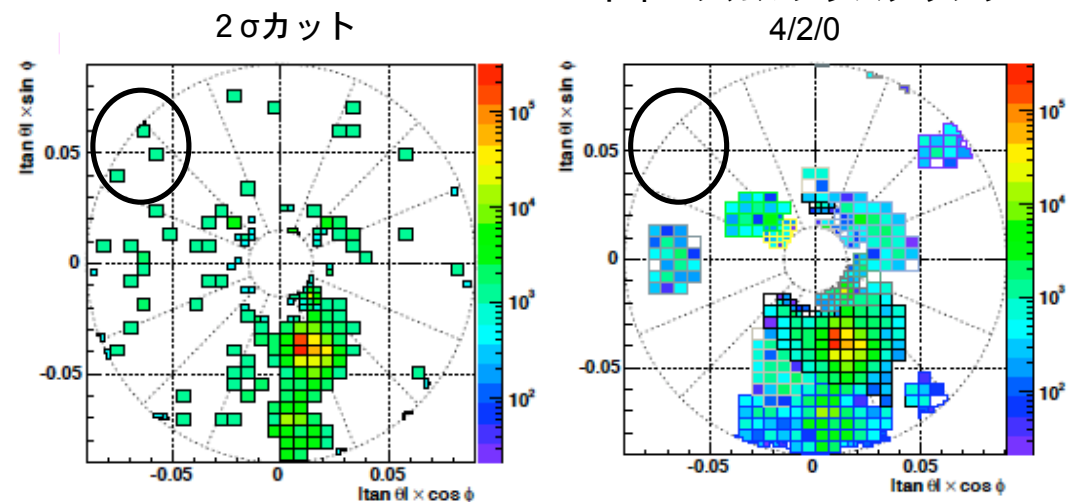
- セグメントが細かい。
  - $\delta\eta \times \delta\phi = 0.025 \times 0.025$  (EM<sup>2nd</sup>),  $0.1 \times 0.1$  (HAD)
  - 縦に3-4層
- ハドロンの分解能が比較的良い。  
 $a\sqrt{E} \sim 40\%$  (バレル領域)
- 感度のない部分が少ない
- 補償:  $e/h \sim 1.7$  (EM),  $\sim 1.4$  (HAD)



## トポロジカルクラスタリング

クラスターのサイズや形に対して制限を設けず、孤立したホットセルを効率よくおとす。ゼロサプレッション無し。

電子ノイズ	$\sigma$ (MeV)
EM	10-50
HAD(LAr)	200-300
HAD(Tile)	10-20



# ミニマムバイアス事象

ミニマムバイアス事象：運動量移行の小さいパートン-パートン衝突

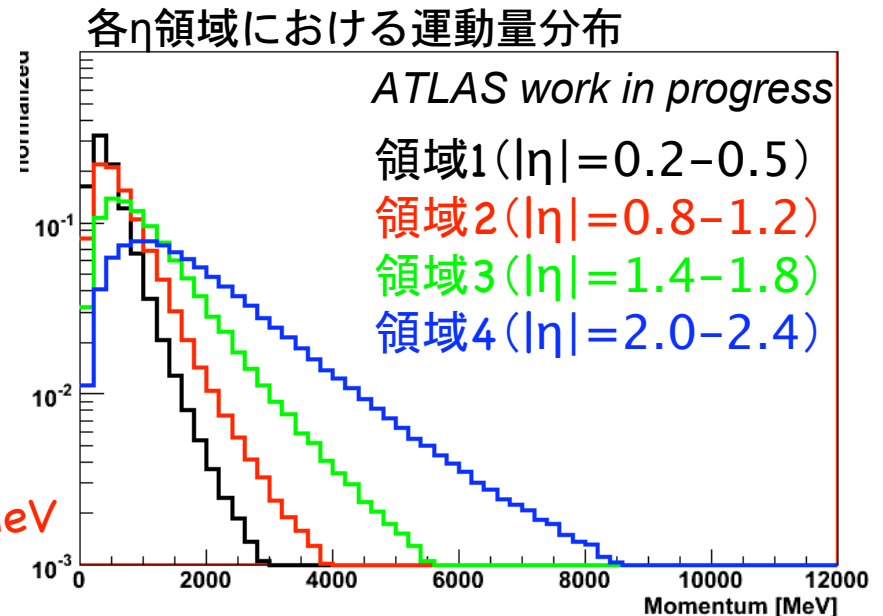
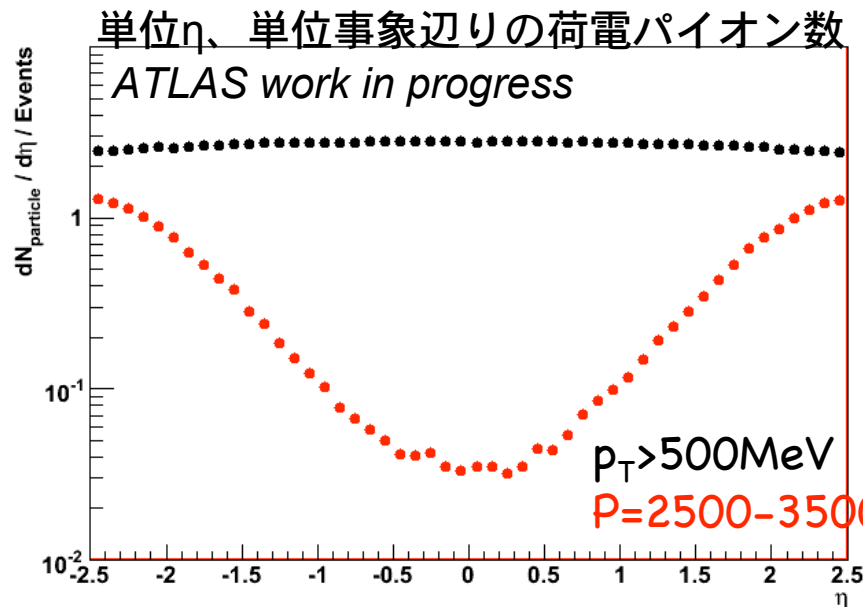
- ◆非常に高い断面積（ $\sim 80\text{mb}$ ） ← トリガーにより制限
- ◆生成粒子密度が低い
- ◆エネルギー損失 $\sim 0$

10ヘルツ $\rightarrow$ 40万事象/10日  
(50% duty cycle)

ミニマムバイアス事象中の孤立した運動量 $\sim 3\text{ GeV}$ のトラック（主に荷電パイオン）のカロリメータ応答より物質量の効果を見る。

← テストビームによりハドロンシャワーモデルの妥当性が確認されている。

PYTHIAモンテカルロにより生成したnon-diffractive事象

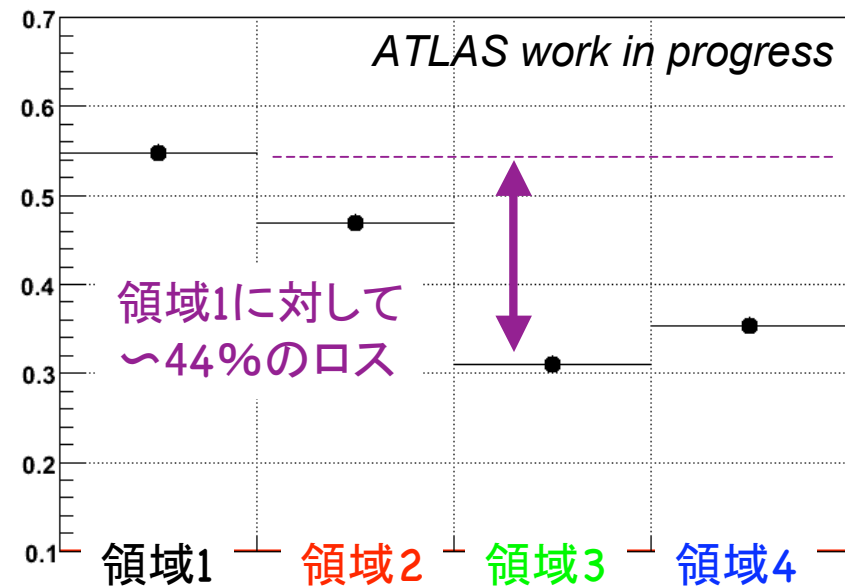
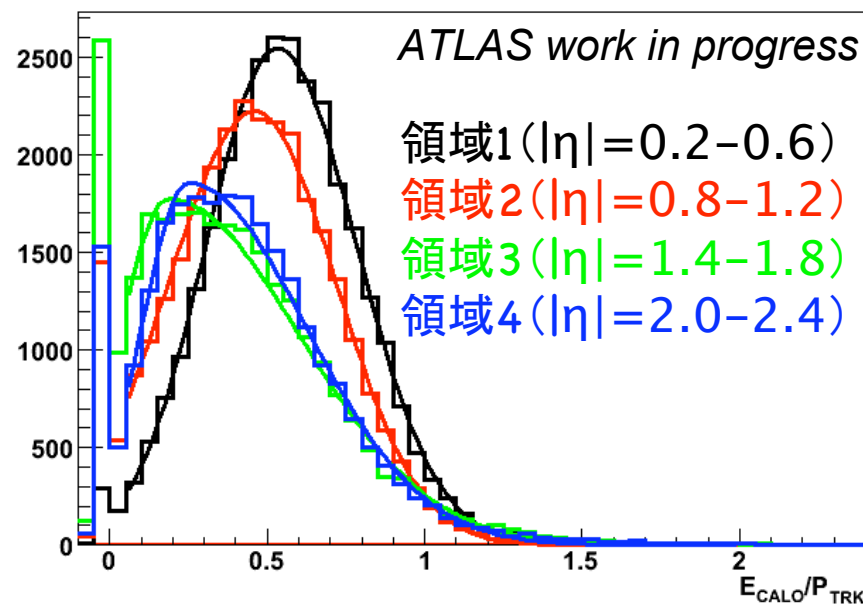


# 荷電パイオン : E/P (1)

内部飛跡検出器で測定された運動量Pに対するカロリメータ応答Eを異なるラピディティ領域で比較する。

→ 主にカロリメータ前方物質量の違いに起因する。

シングルパイオン( $E=3\text{GeV}$ )におけるE/P分布 (左) とそのピーク値 (右)



前方物質量だけでなく様々な効果が入ってくる。

- アクセプタンス :  $E_{\text{CALO}} = \sum E_{\text{CLUS}} (dR < 0.4)$
- ノイズサプレッション

# 荷電パイオン : E/P (2)

## アクセプタンスの効果

前方物質が多いほど早くシャワーを起こすため、シャワーが広がる。

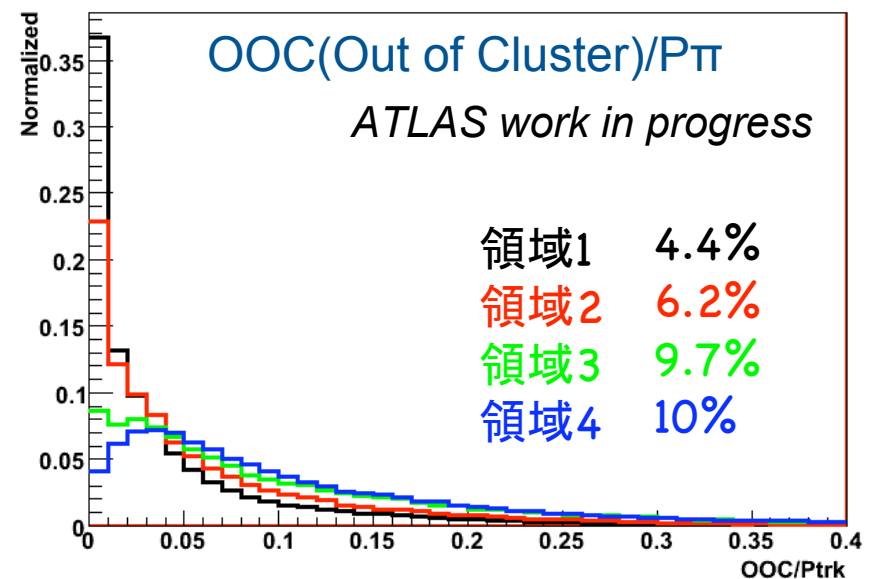
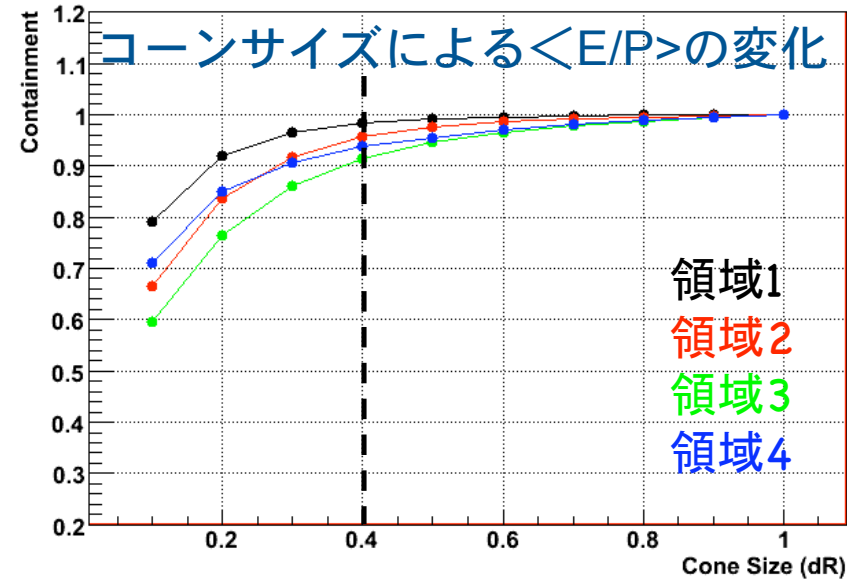
算術平均 $\langle E/P \rangle$   
( $dR=1$ の時のE/Pで正規化)

## ノイズ抑制 (クラスタリング) の効果

カロリメータのノイズはセル毎に異なるためOut of Cluster (OOC)の効果が生じる。

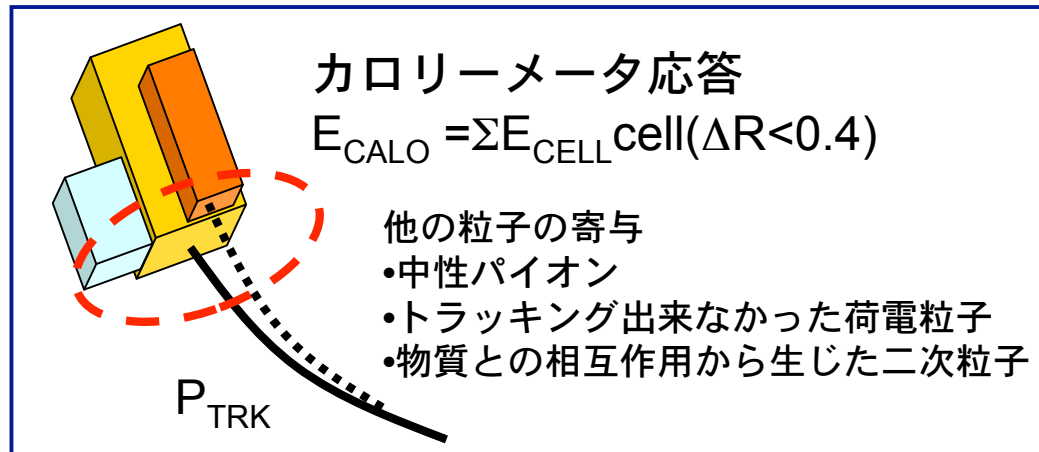
タイル : 10-20MeV  
液体Ar (HEC) : 100-200MeV

電子ノイズの大きさ、コヒーレントノイズはデータで測定可能。



# 荷電パイオン：E/P（3）

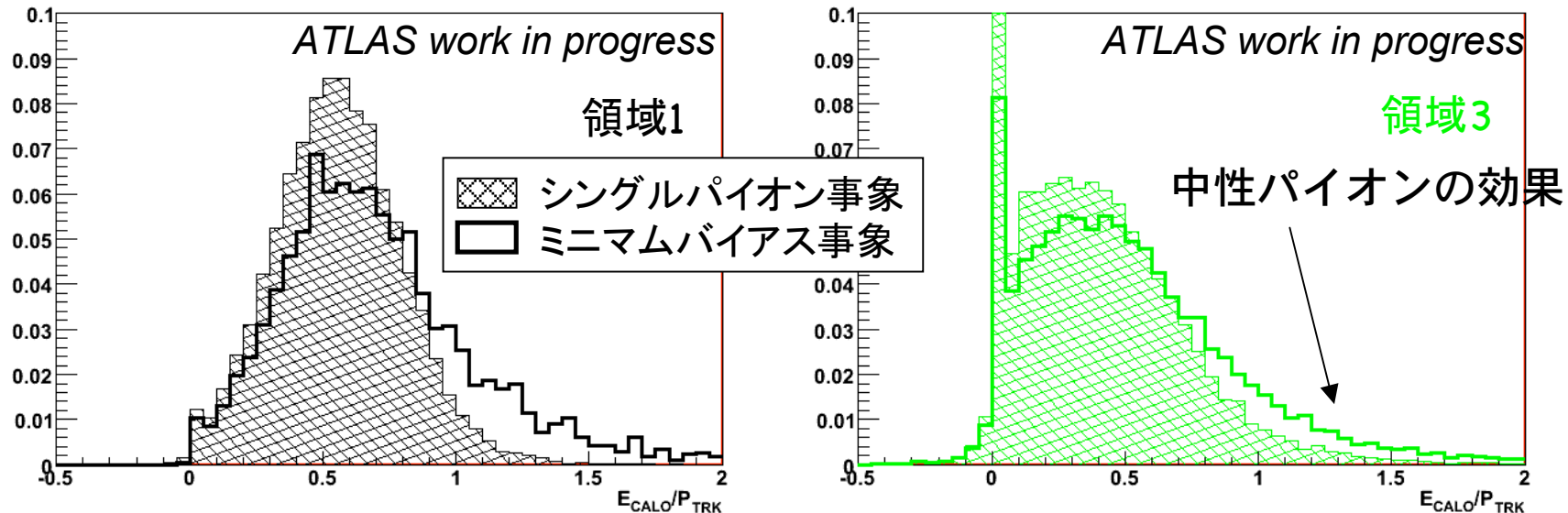
ミニмумバイアス事象の粒子数は少ないが、他の粒子の効果は無視できない。他の粒子の影響を抑制するため以下の条件でトラックを選択。



## トラックの選択

- $P_{\text{TRK}} = 2.5 - 3.5 \text{ GeV}$
- $P_{\text{TRK}} > 10\% \times \sum P_{\text{TRK}}$
- No track within  $dR < 0.4$
- $\sum E_{\text{HAD}}^{(dR=0.4-1.0)} < 1\% \times P_{\text{TRK}}$

## ミニмумバイスとシングルパイオン事象におけるE/P分布の違い



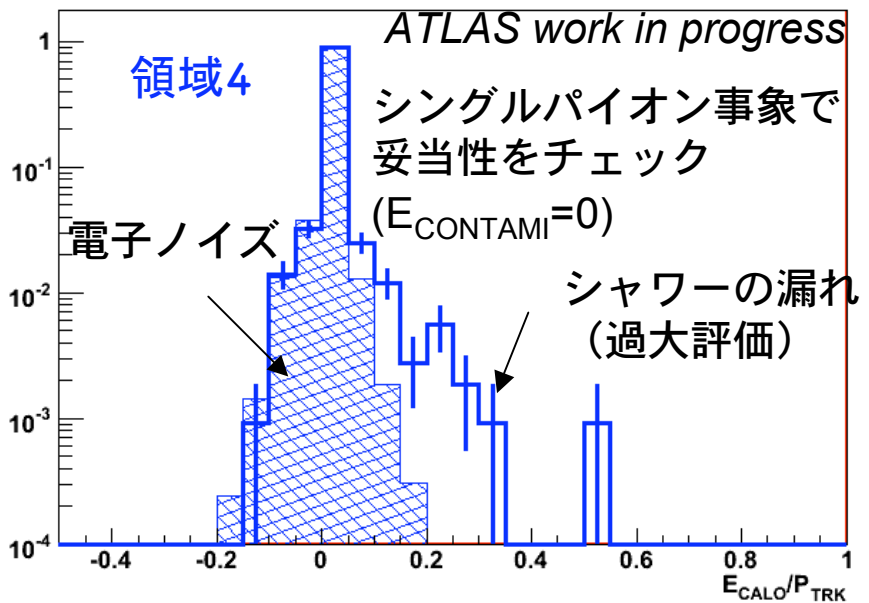
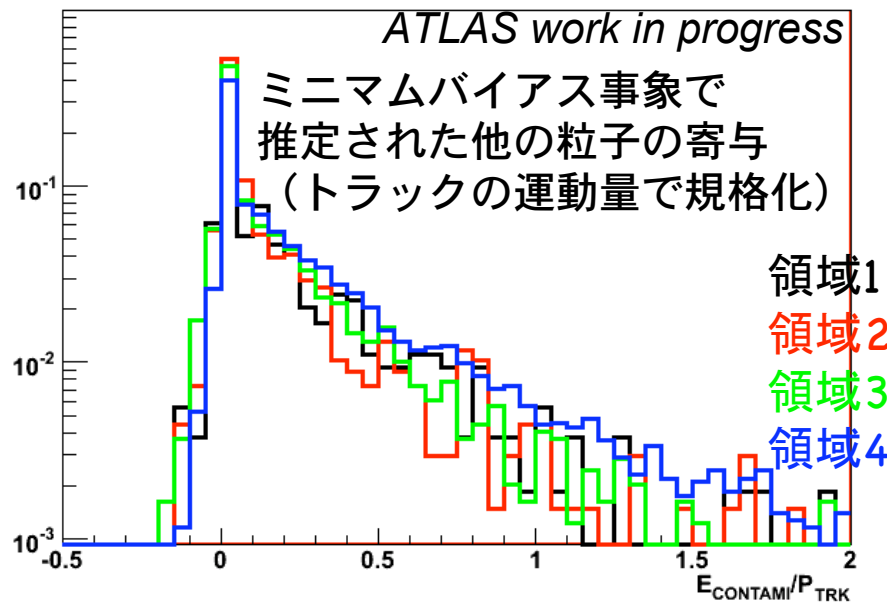
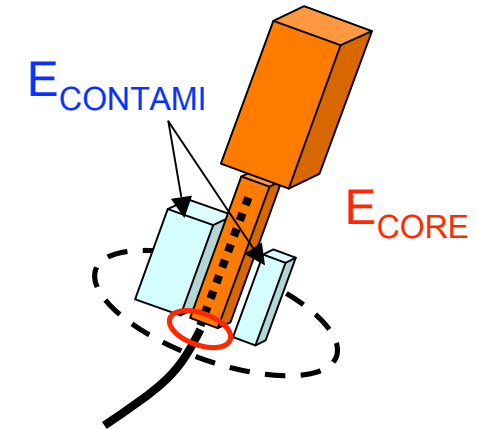


# 荷電パイオン : E/P (4)

他の粒子の寄与 (二次粒子、中性パイオン) によるエネルギー寄与  $E_{\text{CONTAMI}}$  はほとんど電磁カロリメータで吸収される。

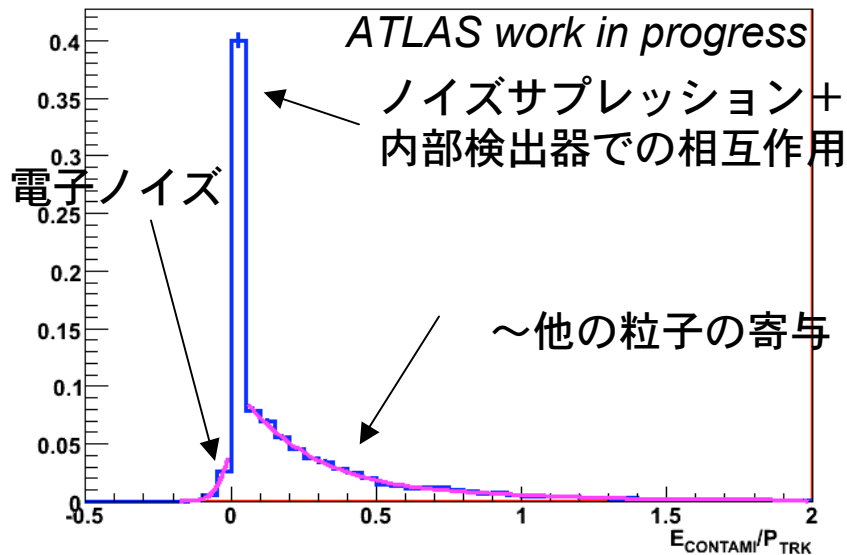
電磁カロリメータでシャワーを起こさなかったパイオン (late showering  $\pi$ ) を用いて  $E_{\text{CONTAMI}}$  をデータから推定する。

- $E_{\text{CORE}}(dR=0.05) > 50\% \times P_{\text{TRK}}$
- $E_{\text{CORE}}(\text{HAD}) > 50\% \times E_{\text{CORE}}$
- $E_{\text{CONTAMI}} = \sum E_{\text{EMCLUS}} (dR=0.05-0.4)$



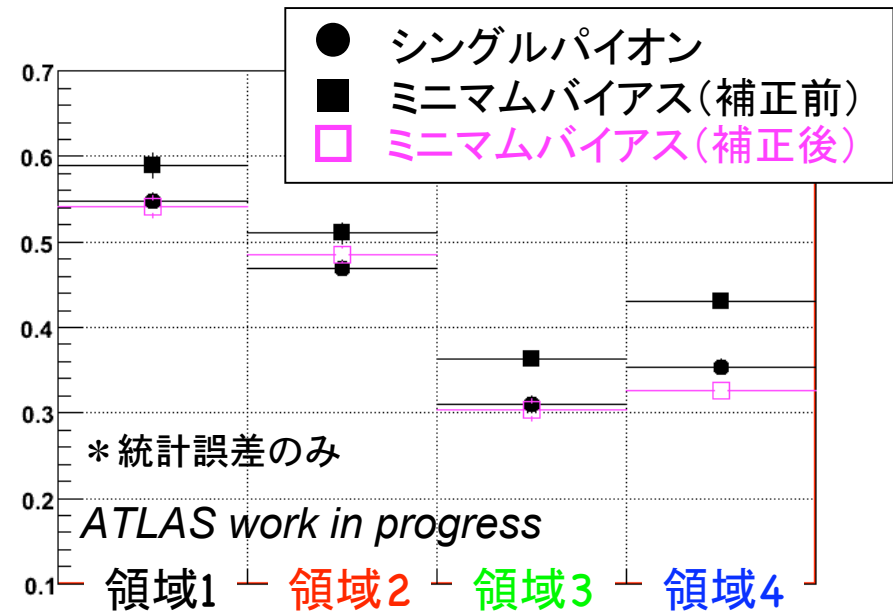
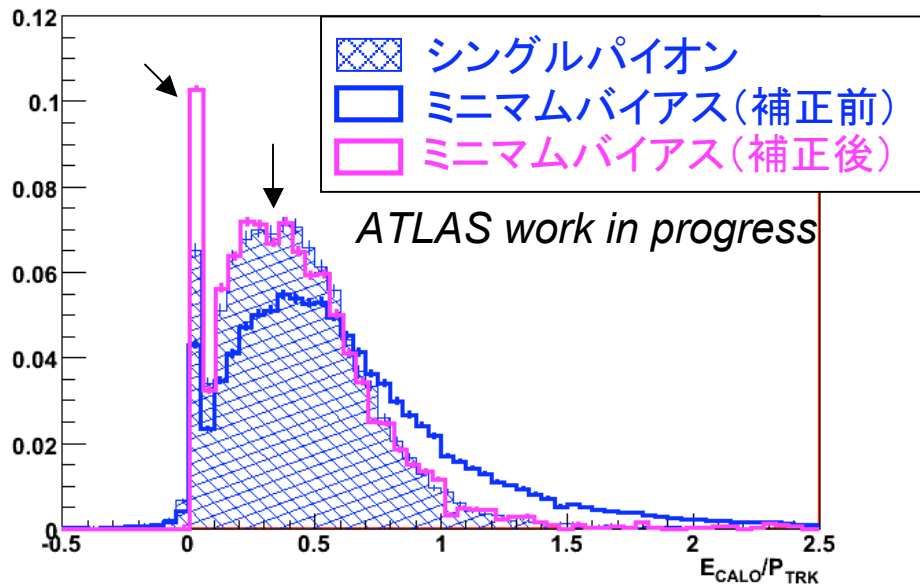
# 荷電パイオン：E/P 結果

ミニマムバイアスデータで推定された $E_{\text{CONTAMI}}$ を除く (deconvolution)。



$$\left(\frac{E}{P}\right)_{\text{minbias}} = \left(\frac{E}{P}\right)_{\text{single}\pi} \otimes \left(\frac{E}{P}\right)_{\text{contamination}}$$

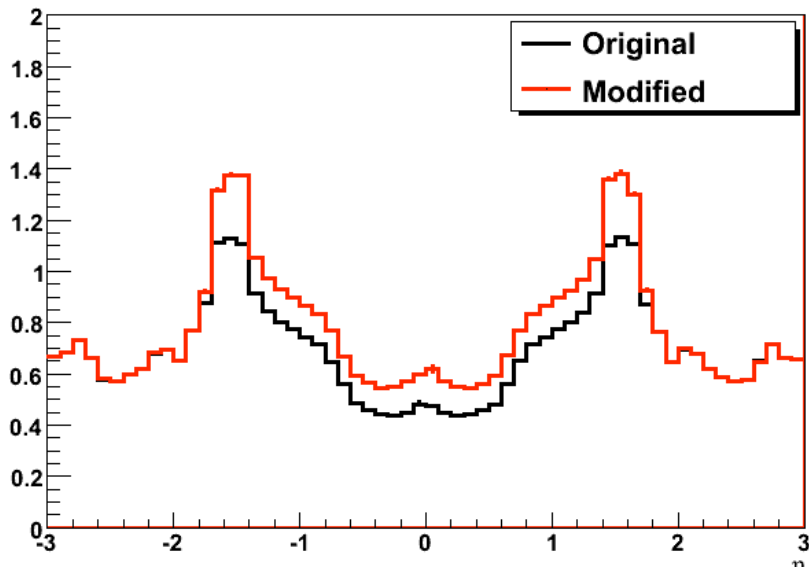
Gold deconvolution (NIM A401(1997)385)



ピーク値はうまく再現できているが、 $E/P=0$ 頻度の再現性は悪い

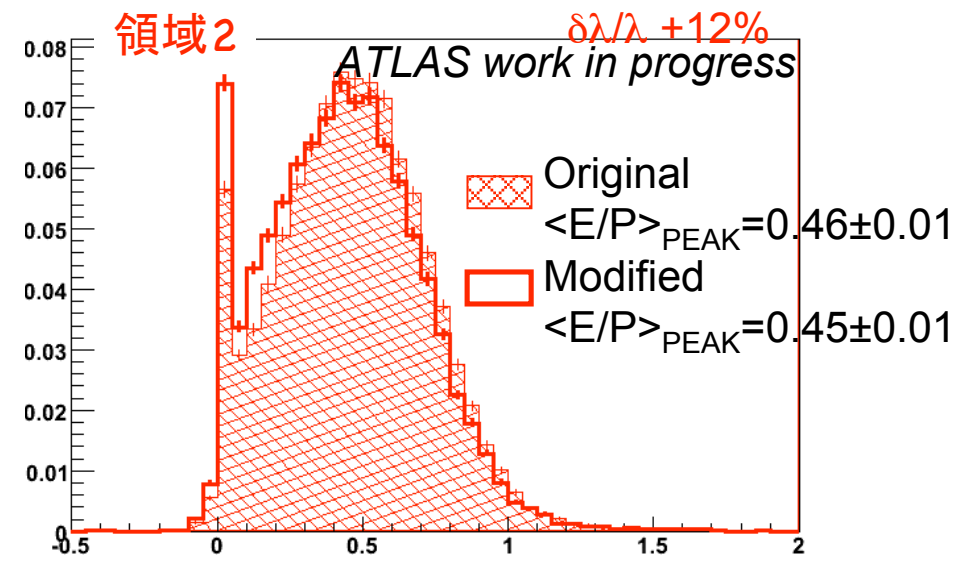
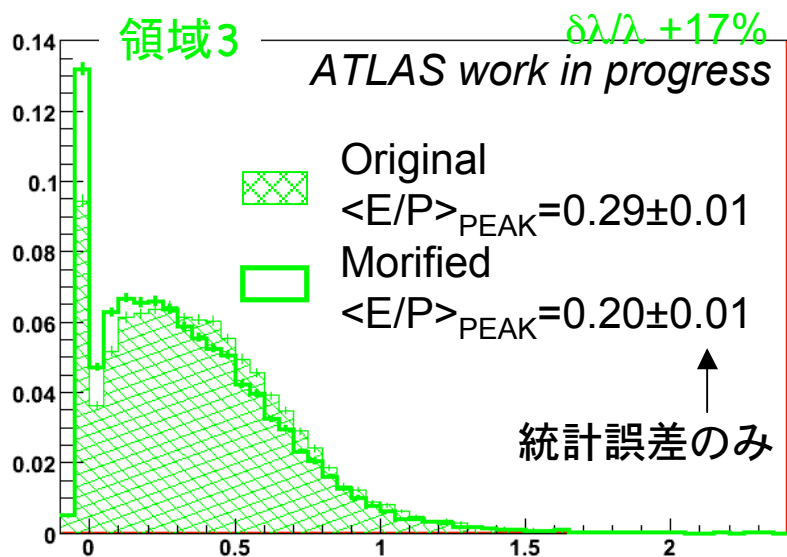
# 荷電パイオン : E/P 今後の課題

ATLAS-GEO-02-00-00



クライオスタットの物質量を変化させて  $\langle E/P \rangle$  の感度をチェック。

ピーク値よりも分布や  $E/P=0$  頻度などの方が感度がある。  
 但しシャワーモデル、アクセプタンスがどの程度理解できるかに依存する。  
 →今後の課題



# 結論

荷電パイオントラックを使って、そのカロリメータ応答をモンテカルロデータと比較することにより、ジオメトリの記述の妥当性を検証可能性をテストした。

中性パイオンや二次粒子のコンタミネーションをデータから推定し、E/Pピーク値が正しく再現できることをチェックした。

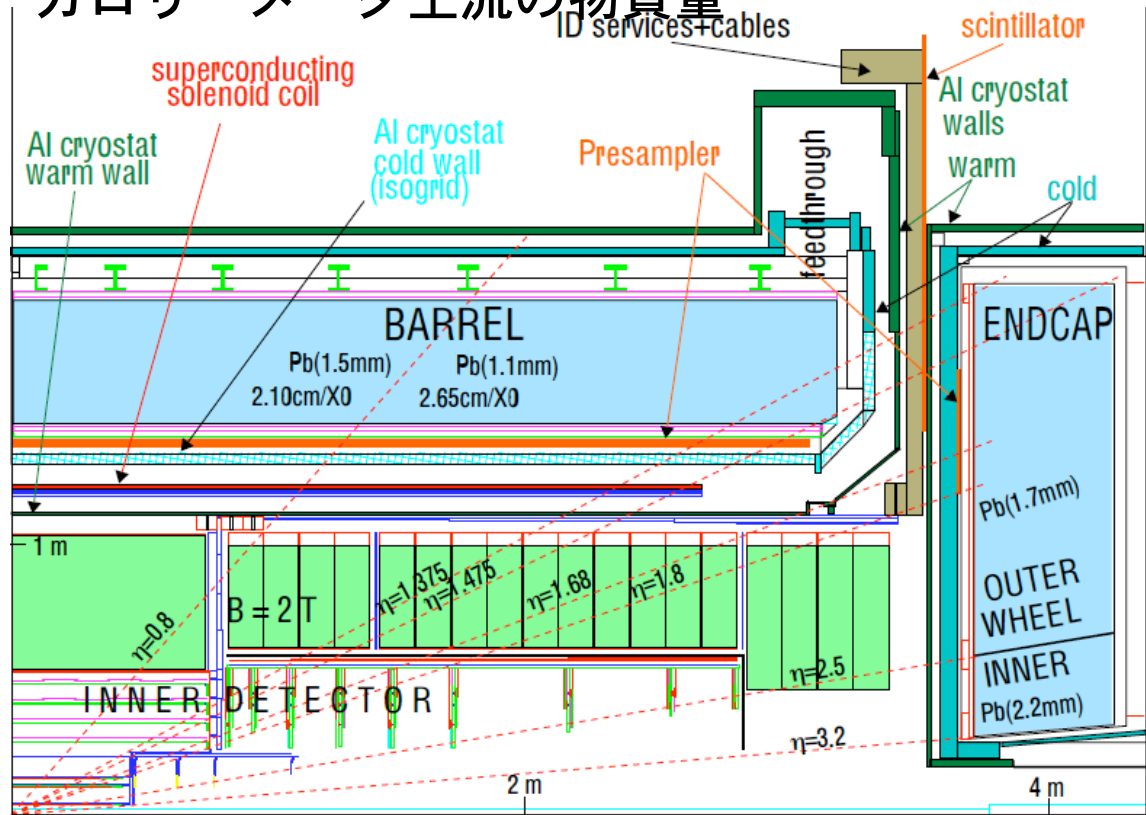
## 今後の課題

E/P分布の情報を用いることにより感度をあげることができるであろうと期待される。このためには様々な系統誤差を理解する必要がある。

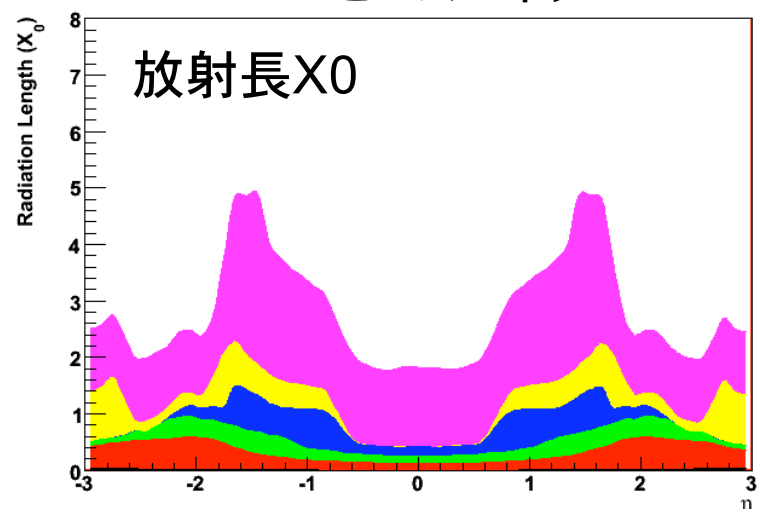
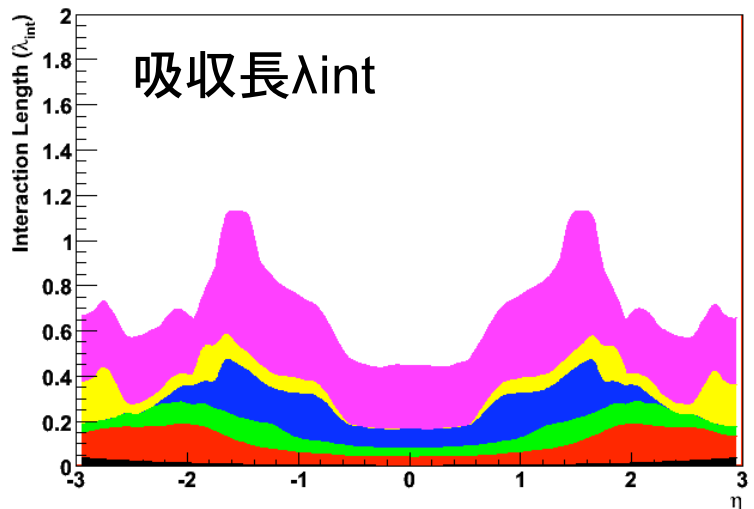
- アクセプタンスの効果
- ノイズサプレッションの効果（コヒーレントノイズ）
- ハドロンシャワーモデルの理解（テストビームより）

# バックアップスライド

# カロリメータ上流の物質質量



- ソレノイド、クライオスタット等
- 内部検出器用サービス
- TRT検出器
- シリコンストリップ検出器
- ピクセル検出器
- ビームパイプ



# トラック選択

$p_T > 500 \text{ MeV}$ ,  $|\eta| < 2.5$ ,  $N_{\text{SI}} \geq 7$ ,  $|d_0| < 2 \text{ mm}$

E=3GeV 荷電パイオン

