

# ATLAS実験における ミューオン検出器の フェイクヒットの成因研究

---

ICEPP Symposium @ 白馬

Kobe University  
Kotaro Wakamiya

# 目次

- LHC-ATLAS実験
  - ミューオン検出器
  - ミューオントリガーシステム
  - MDT
- 研究目的
- フェイクヒットの成因
  - ミューオン由来
  - ジェット由来
- まとめ

# LHC-ATLAS実験

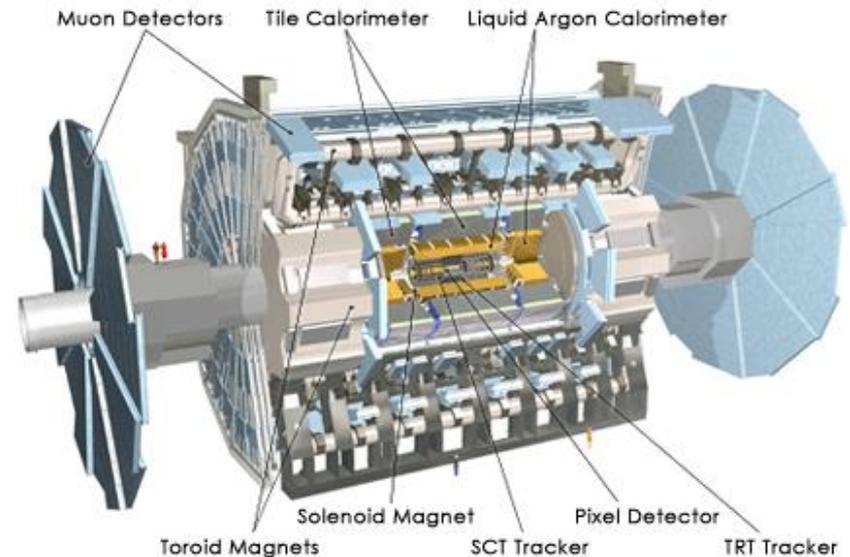
大型ハドロン衝突型加速器（LHC）による陽子・陽子衝突を用いて、**新粒子探索**や**標準理論の精密測定**を行う実験

## Large Hadron Collider

- ▶ 周長27km, 重心系エネルギー13TeV

## A Toroidal LHC Apparatus

- ▶ 内部飛跡検出器、カロリメータ、ミューオン検出器

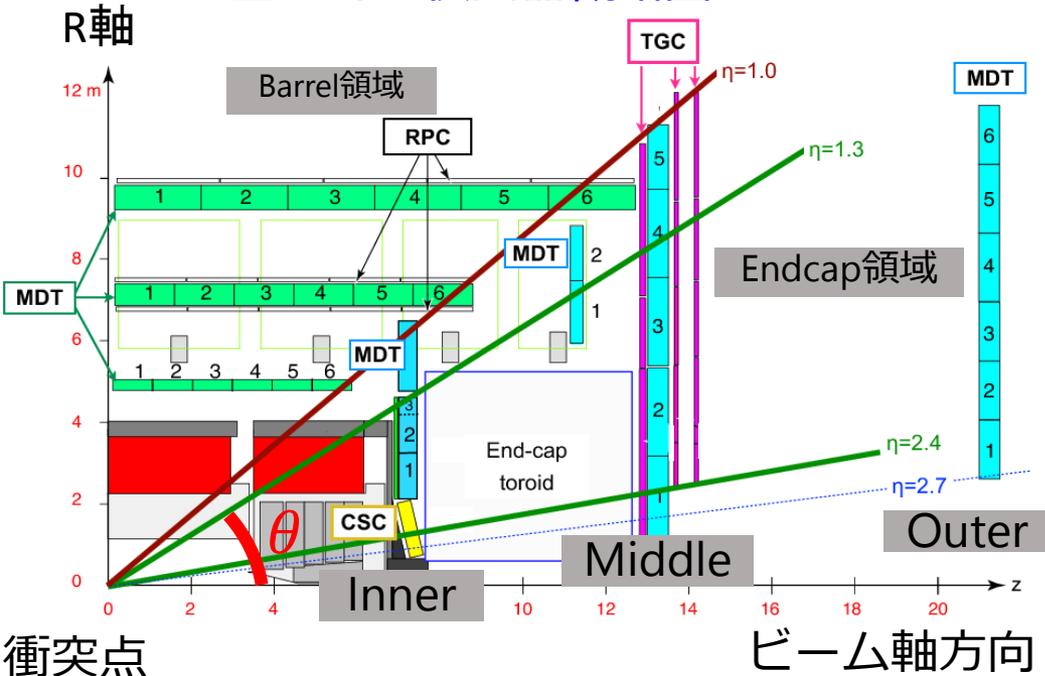


# ミュオン検出器

ミュオンの飛跡を検出し磁場による曲率から運動量を測定。

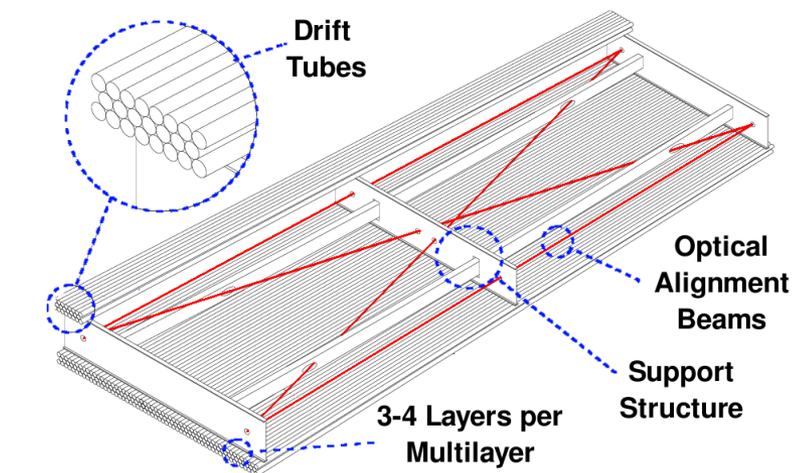
- トロイド磁石
- トリガー用検出器 (RPC, TGC) 、精密測定用検出器 (MDT, CSC)

ミュオン検出器概略図

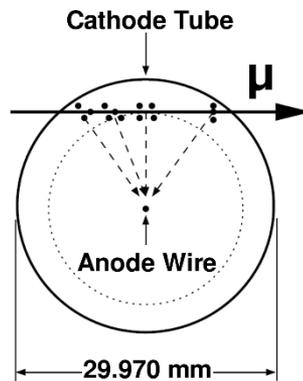


擬ラピディティ:  $\eta = -\log(\tan(\frac{\theta}{2}))$

MDT概略図



構造



6層 (Innerは8層)

$\eta$ 方向位置分解能:  $80\mu\text{m}$   
(複数使うことで $\sim 35\mu\text{m}$ )

$\eta$ 方向のみ位置測定

# ミュオントリガーシステム

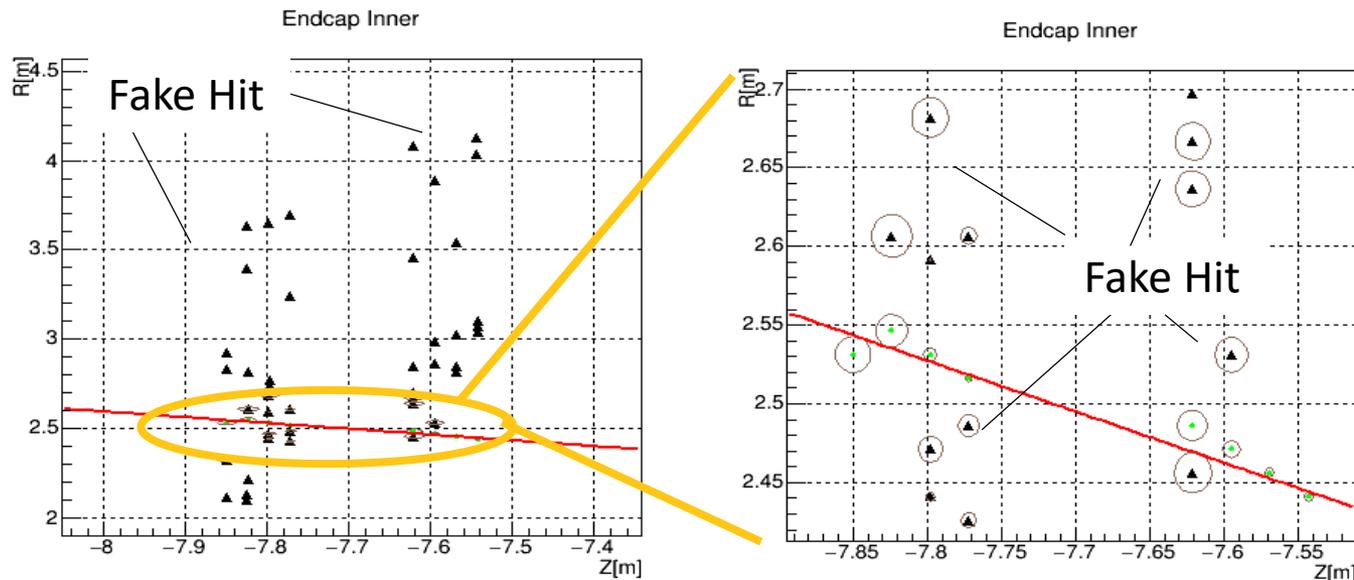
LHCでは事象頻度が高いため、全データを保存することは不可能。  
ATLASでは段階的なトリガーシステムにより選別。

構成

- Level 1 Trigger
- High Level Trigger



# 研究目的



赤線	再構成された飛跡
緑点	再構成に使われたHit
黒三角	フェイクヒット候補
茶円	ドリフト半径

MDTにはミュオンと無関係なヒット（フェイクヒット）が上の図のように多く、飛跡再構成を失敗する可能性がある。

➡ My Work : フェイクヒットの成因解明

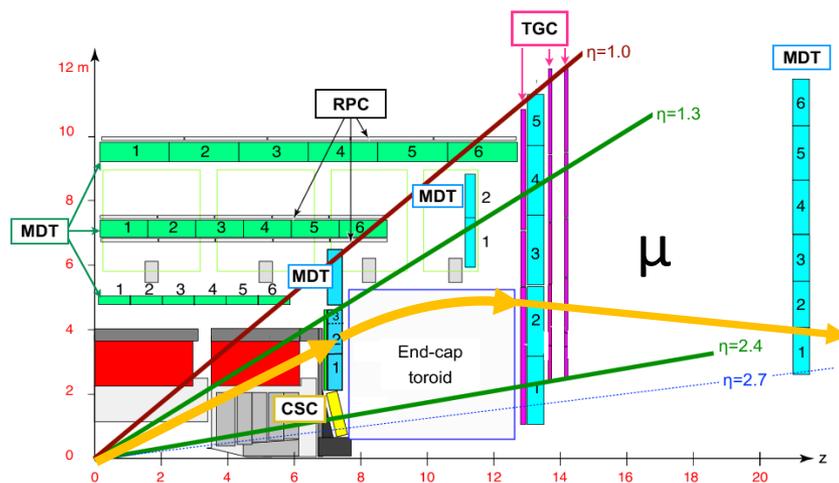
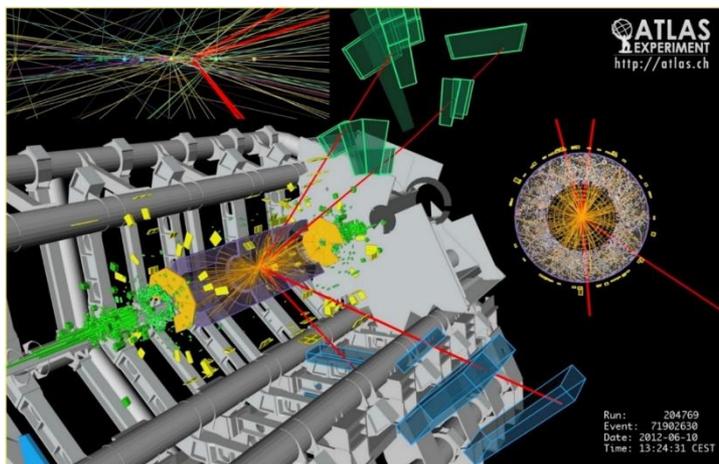
## フェイクヒットの成因候補

1. Cavern Background (実験ホール内を漂う低速な粒子)
2. ミュオンと衝突した物質中の電子
3. カロリメータを突き抜けたジェットが生じる粒子

# ミューオンとフェイクヒットの相関

## フェイクヒットの成因候補①

### ミューオン散乱した物質中の電子



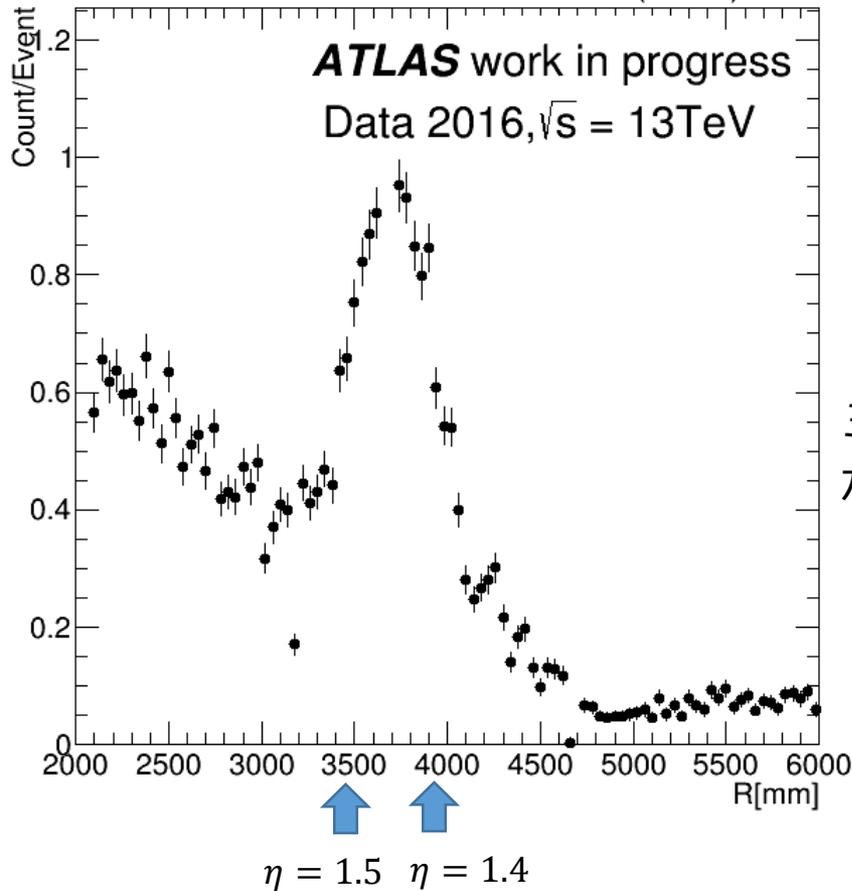
### ミューオンの周りのフェイクヒットの評価 【イベントセレクション】

- $1.4 < \eta_{muon} < 1.5$   
→ 検出器の端の効果無くするため
- 全てのジェットとの  $dR > 0.5$   
→ ミューオンの周りにジェットがない

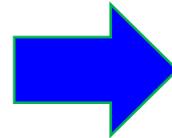
$$dR = \sqrt{(\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2} \quad (\Delta\eta, \Delta\phi \text{ ジェットとミューオンとの差})$$

# ミューオン由来のフェイクヒット

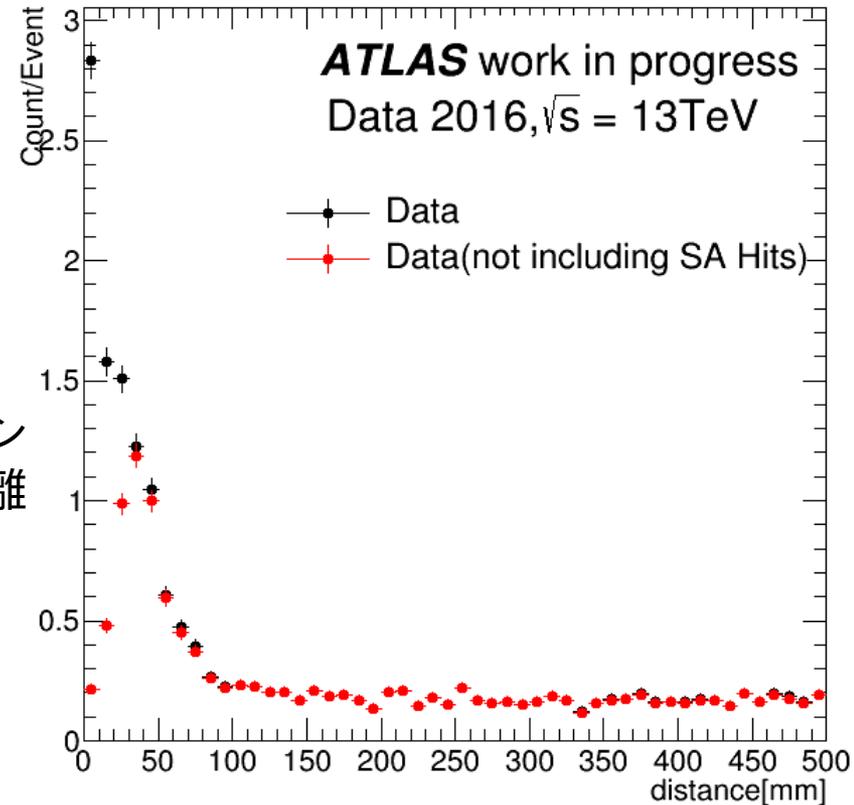
The R distribution of MDT Hit (Inner)



ミューオン  
からの距離



The distribution of MDT Hit's distance (Inner)

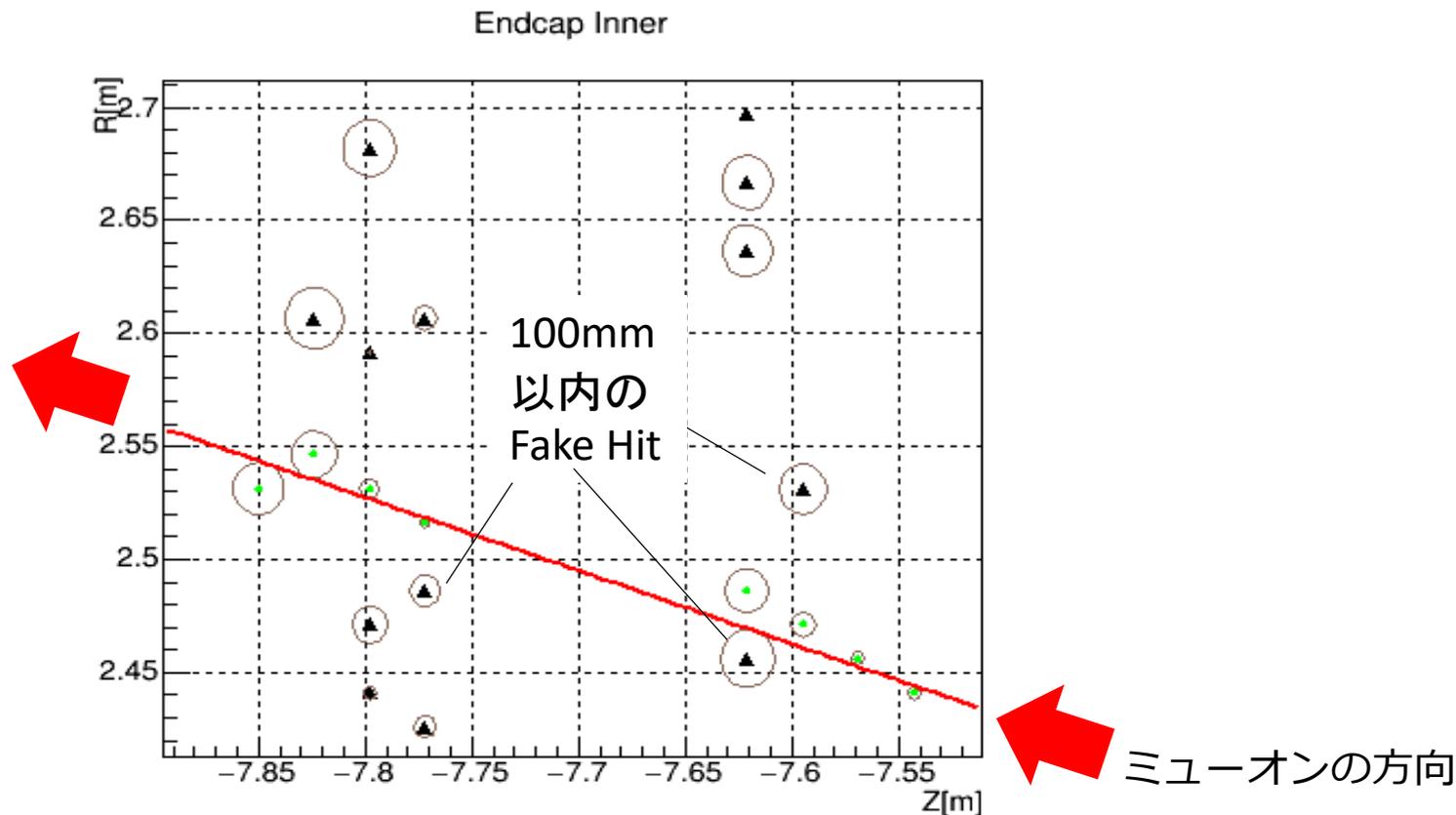


赤：ミューオン付近にミューオン  
トラックでFitできないMDT Hit

➤ ミューオンから100mm以内の範囲に分布

# ミュオン由来のフェイクヒット

## 再度 Event display の確認



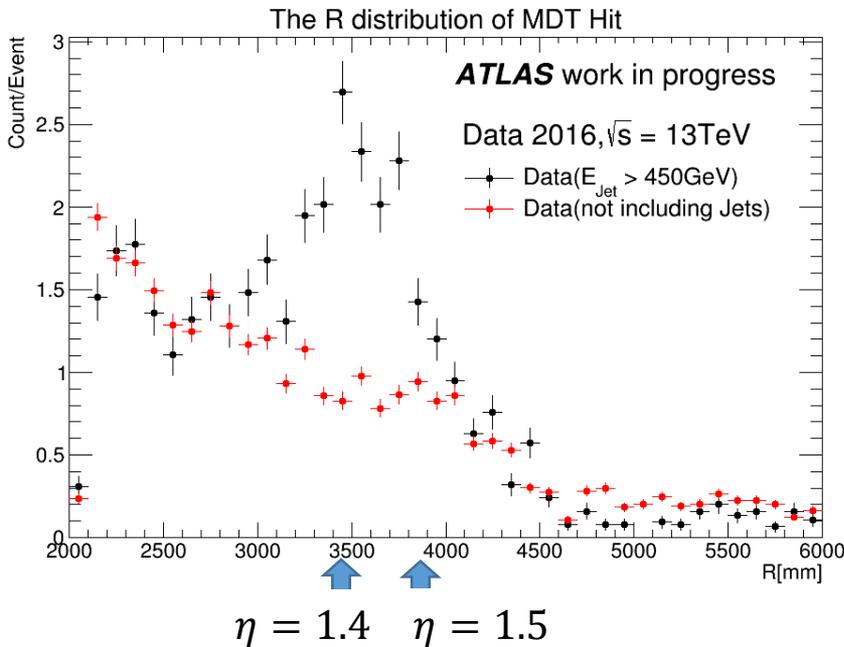
ミュオン付近にもフェイクヒット分布

ミュオン自身が散乱する電子 (Delta-ray)

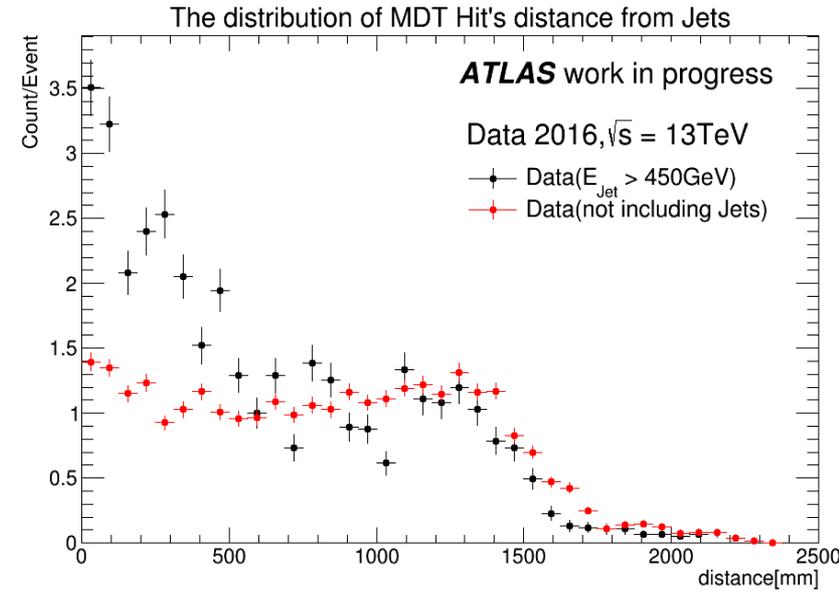
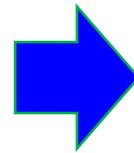


# ジェット由来のフェイクヒット

## Inner Chamber のMDTヒット



ジェットの  
中心からの  
距離



➤ ジェットの影響により~500mm前後までヒット数が増加している。

→ ジェットの粒子がカロリメータから漏れている

# まとめ・今後の展望

- フェイクヒットは低速の粒子（Cavern Background）だけではなく、ミューオン自身やジェットに付随している。
- フェイクヒットの成因
  - ミューオン自身が散乱する電子
  - カロリメータから漏れたジェットの粒子
- 展望
  - シミュレーションと比較し、ジェットやミューオンの影響が反映されているか定量的に確認。
  - Phase-1アップグレードに向けたフェイクヒットに強いハイレベルトリガーの開発。



# Back Up

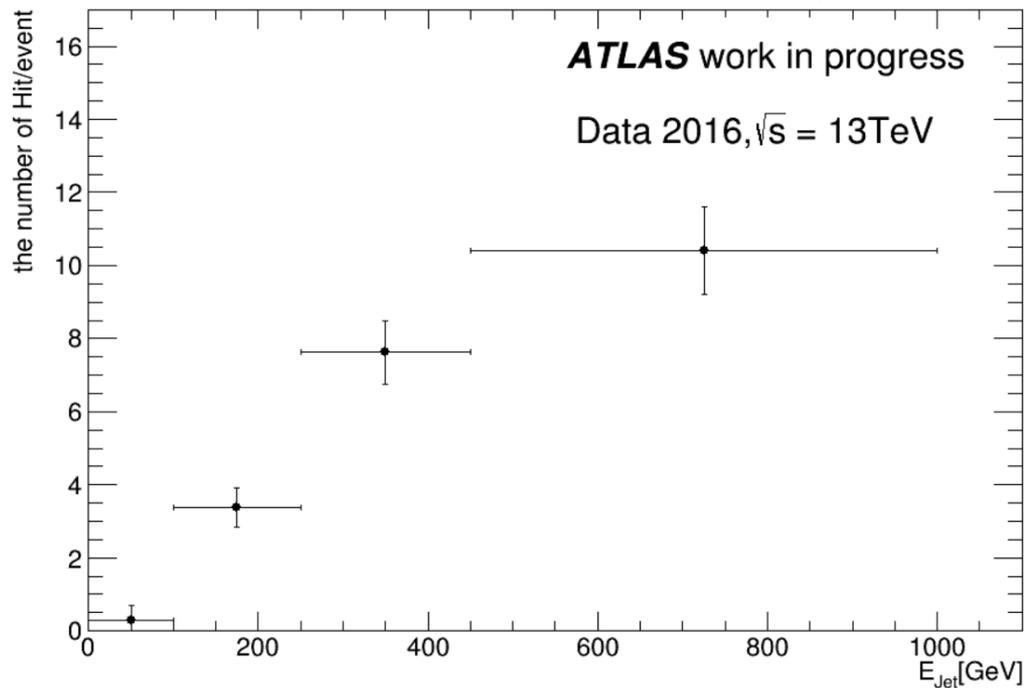
# ジェット由来のフェイクヒット

## ジェットによるフェイクヒットのエネルギー依存性

- 定義

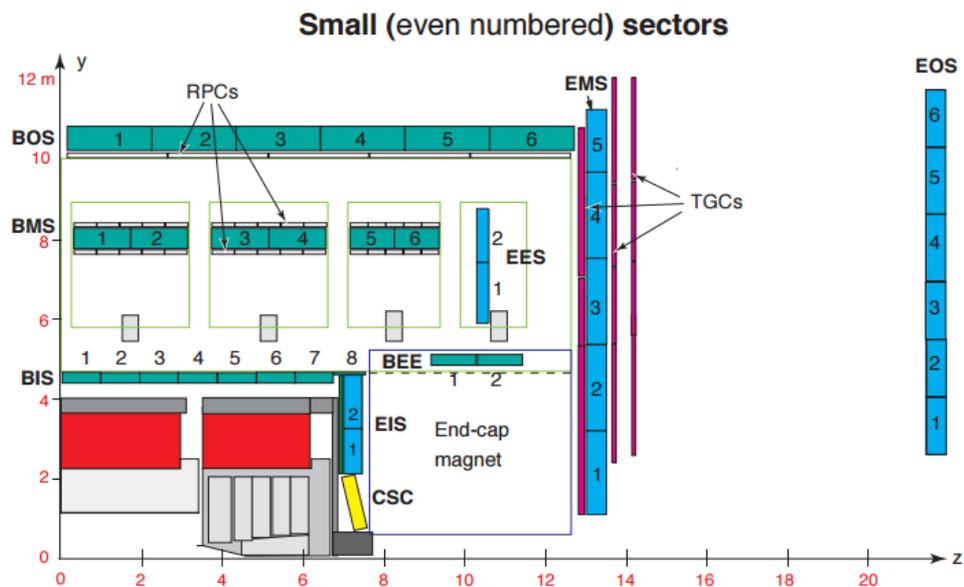
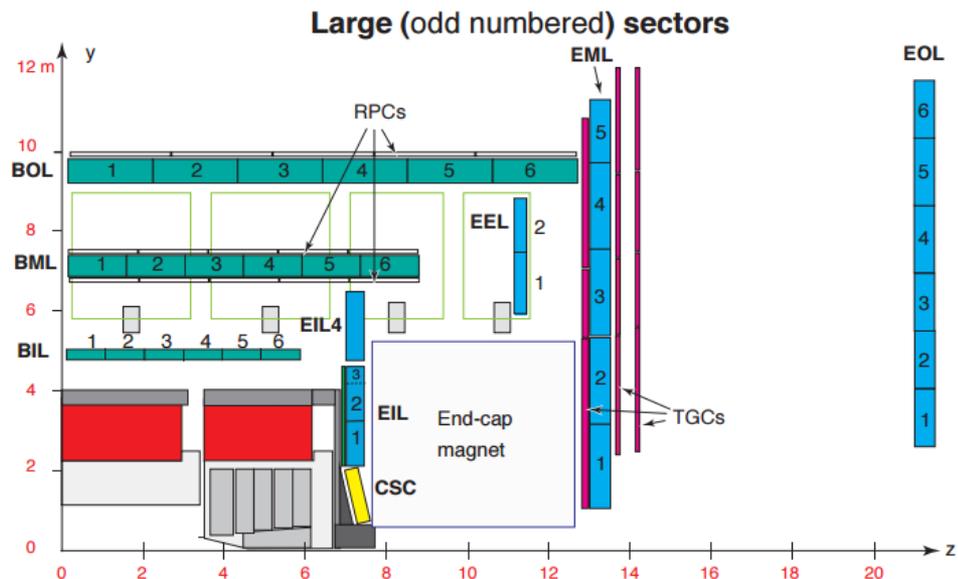
- ▶ ジェットがあるエリアのヒット数 - ジェットがないエリアのヒット数

the fake hit's dependence on  $E_{jet}$

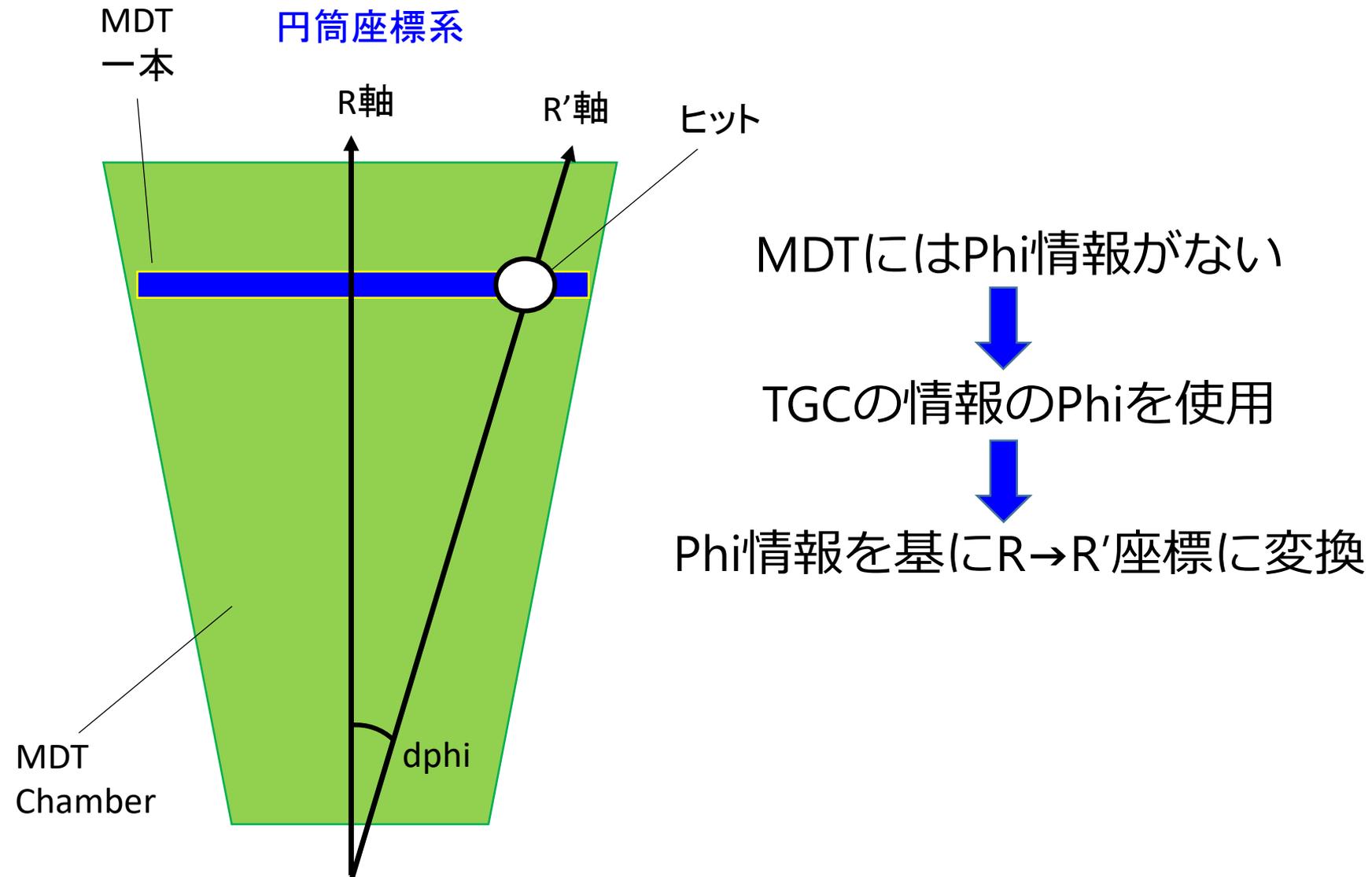


- ▶ エネルギーが高いほど、カロリメーターを突き抜ける

# ATLAS Muon Spectrometer

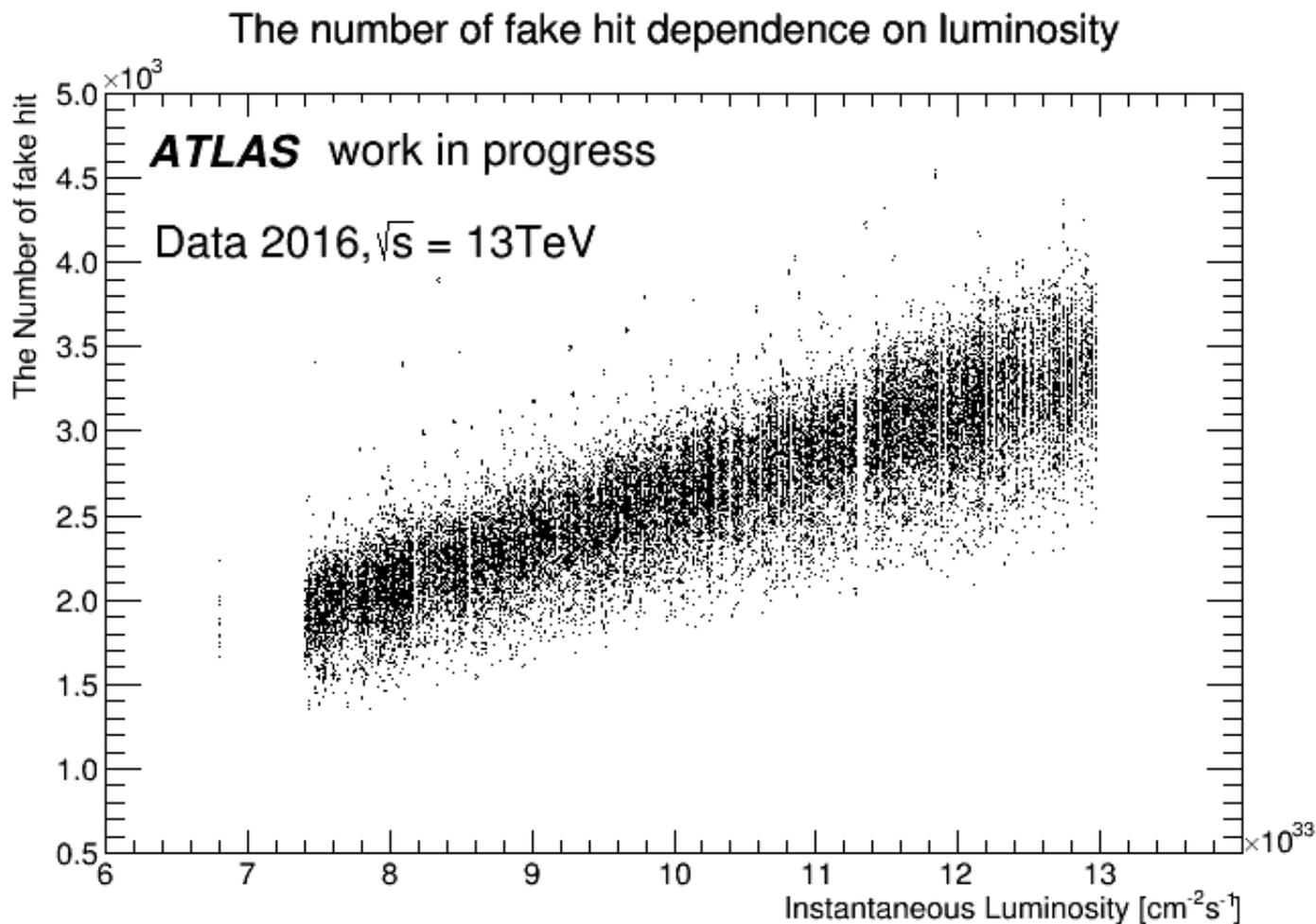


# 座標変換



# フェイクヒットについて

- MDYに広がるフェイクヒット数のルミノシティ依存性



# Word

- Cavern Backgroundとは . . .
  - 陽子衝突からの粒子が検出器などの物質と反応し生じた地下の実験ホールに漂う多数の低速粒子

# ジェットによるフェイクヒット

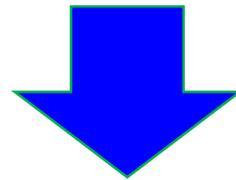
- フェイクヒットの平均ヒット数の位置依存性

ミューオンからの各範囲 (mm)	$3 < D < 15$	$15 < D < 500$	$500 < D$
dR < 0.5にジェットがない場合の平均ヒット数	2.31	11.5	13.4
dR < 0.5にジェットがある場合の平均ヒット数	3.6	20.5	13.8

定義:  $dR = \sqrt{(\text{deta})^2 + (\text{dphi})^2}$   
(deta, dphiはジェットとミューオンの差)

# ミューオン周りのフェイクヒット

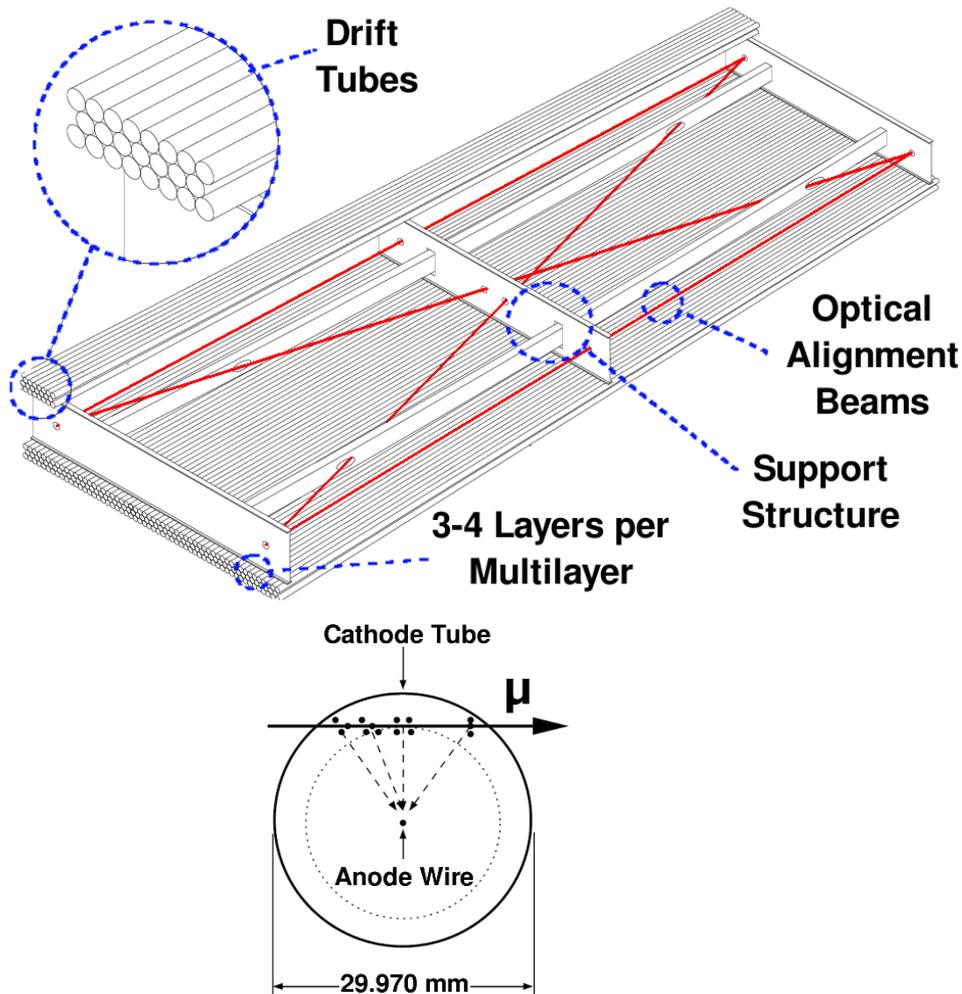
ミューオンからの各範囲 (mm)	$3 < D < 15$	$15 < D < 200$	$200 < D$
Inner	1.94	5.54	22.8
Middle	1.51	3.75	25.1
Outer	1.37	2.49	11.7



ミューオンからの各範囲 (mm)	$3 < D < 15$	$15 < D < 200$	$200 < D$
Inner	$1.61 \times 10^{-1}$	$2.99 \times 10^{-2}$	$9.96 \times 10^{-3}$
Middle	$1.26 \times 10^{-1}$	$2.02 \times 10^{-2}$	$5.40 \times 10^{-3}$
Outer	$1.14 \times 10^{-1}$	$1.35 \times 10^{-2}$	$1.59 \times 10^{-3}$

# Monitored Drift Tube(MDT)

MDTはミュオンの飛跡の位置と方向を精密に測定する



## ドリフトチューブの構造

- ▶ 直径 : 30mm
- ▶ 長さ : 70~630cm
- ▶ 空芯

Ar/CO<sub>2</sub>: 93/7

ガス圧 : 3 bar

増幅率 :  $2 \times 10^4$  (@3080V)

6層 ( Innerは8層 )

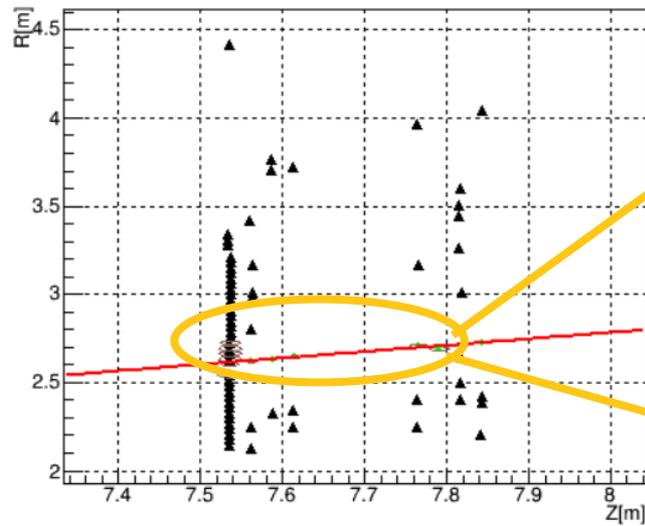
$\eta$ 方向位置分解能 : 80 $\mu$ m

(複数使うことで~35 $\mu$ m)

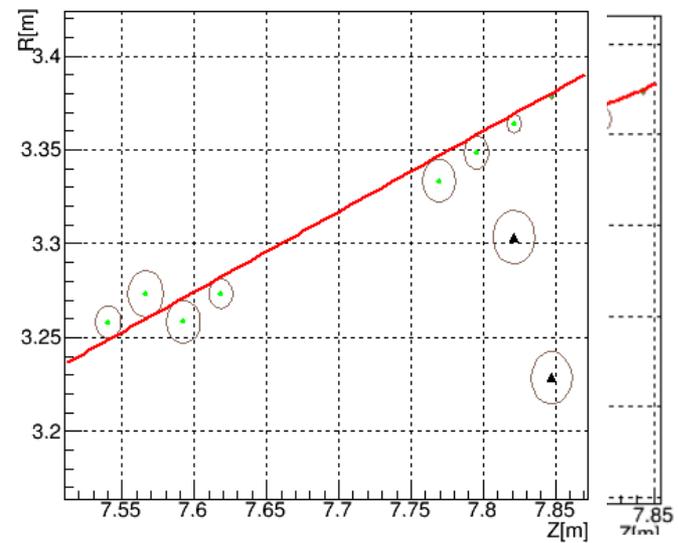
$\phi$ 方向の分解能はない

# イベントディスプレイ

Endcap Inner



Endcap Inner



Endcap Inner

Endcap inner

