

# 実データを用いた ATLASレベル2ミュオントリガー のコミッショニング

所属：東大理 高工研<sup>A</sup> 神戸大理<sup>B</sup>  
神戸大自然<sup>C</sup> 東工大<sup>D</sup> ハンブルク大<sup>E</sup>

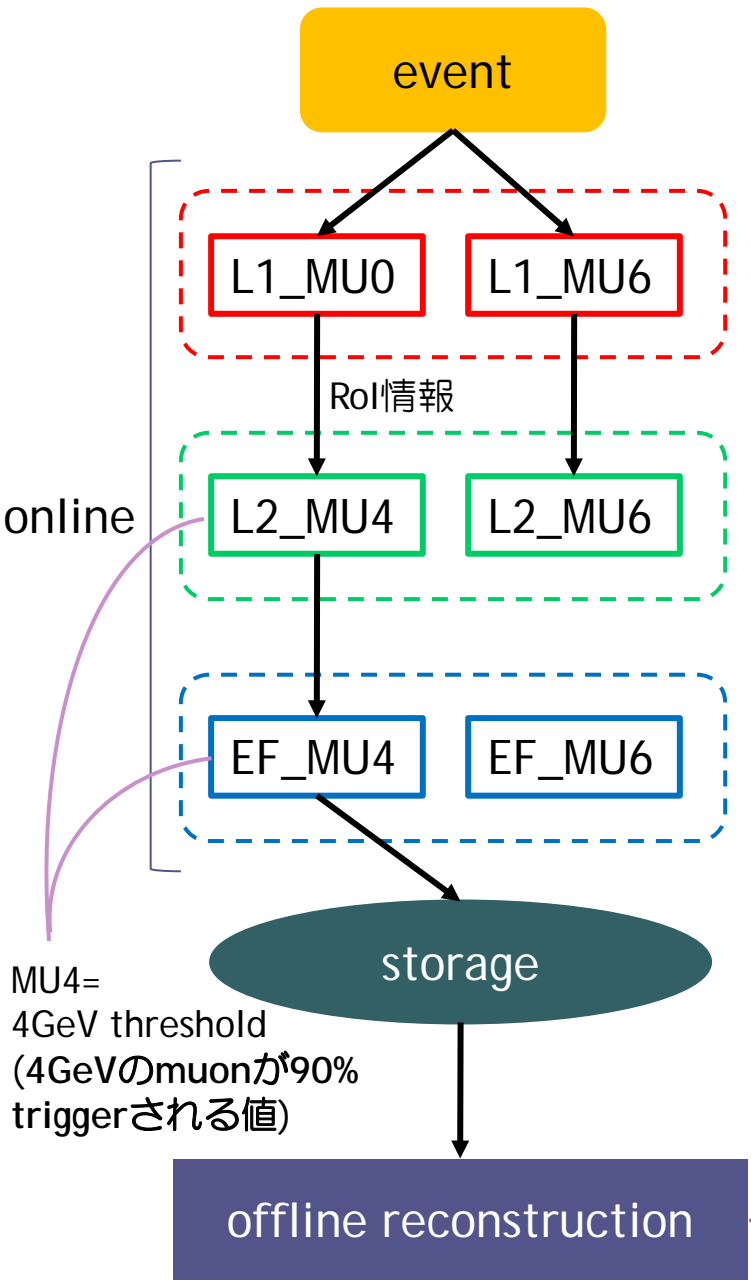
道前武

奥山豊信 小森雄斗 徳宿克夫<sup>A</sup> 長野邦浩<sup>A</sup>  
石川明正<sup>B</sup> 岡田勝吾<sup>B</sup> 越智敦彦<sup>B</sup> 蔵重久弥<sup>B</sup>  
吹田航一<sup>B</sup> 谷和俊<sup>B</sup> 早川俊<sup>B</sup> 山崎祐司<sup>B</sup> 松下崇<sup>C</sup>  
管野貴之<sup>D</sup> 久世正弘<sup>D</sup> 河野能知<sup>E</sup>

Atlas-JapanHLTグループ

# ATLAS Muon Trigger System

ATLASのMuon Trigger  
→3段階のTrigger



MU4=  
4GeV threshold  
(4GeVのmuonが90%  
triggerされる値)

## 1. Level1 Trigger

- Hardwareのtrigger
- L1をpass→L2にmuonの大まかな位置とどのthresholdをpassしたかを含む情報(RoI)が送られる

## 2. Level2 Trigger

- Softwareのtrigger
- RoI付近のドリフトチューブミュオン飛跡検出器(MDT)、内部飛跡検出器(Inner Detector(ID))の情報も使用
- 更に精度良くmuonの運動量、位置を測定
- $p_T$ があるthresholdを超えるmuonを選別

## 3. Event Filter

- Softwareのtrigger
- L2より更に時間をかけてmuonを再構成し選別

### L2とEF(Event Filter)

1. 外側に設置されたミュオン検出器のみを使った(Muon Standalone(MuonSA))trigger
2. IDとミュオン検出器を組み合わせた(Muon Combined(MuonCB))trigger

SA、ID、CB(SAとIDをmatching)でmuonを再構成

## 今回の発表

### •実データを使ってL2 MuonSAの性能を検証する

1. Efficiencyの測定
2.  $p_T$  resolutionの測定
3. Thresholdの再設定

## Data

### •Collision data

- ✓重心系エネルギー7TeVでの陽子・陽子衝突のdata
- ✓L1 Muon Trigger(L1\_MU0)でtriggerされたdata(Integrated luminosity= $\sim 90\text{nb}^{-1}$ )
- ✓Inclusive muon (exclusive muonを使った解析→管野talk(14aSM1))

### •Monte Carlo sample

重心系エネルギー7TeVでの陽子・陽子衝突のMinimum bias sample(Generator: Pythia6)

## Dataのselection

### •Event selection

- ✓# of track from vtx  $\geq 3$
- ✓|Primary vtx Z| < 150[mm]

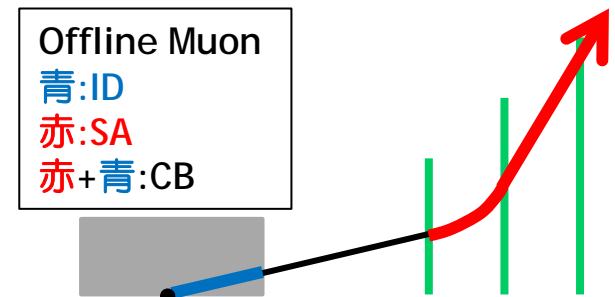
### •Offline muon(MuonCB)とmatchingのとれたRoI( $\Delta R < 0.5$ )を見る

### •Offline muon(MuonCB) selection

- ✓IDとSAのtrackのmatching  $x^2 < 50$  (CB)
- ✓ $p > 4[\text{GeV}]$  &  $p_T > 2[\text{GeV}]$  (CB)
- ✓# of PIX hit  $\geq 1$  & # of SCT hit  $\geq 6$  (ID)
- ✓|extrapolated vtx Z - Primary vtx Z| < 10[mm] (ID)

### •Reference $p_T$ : Offline muon(MuonSA)の $p_T$

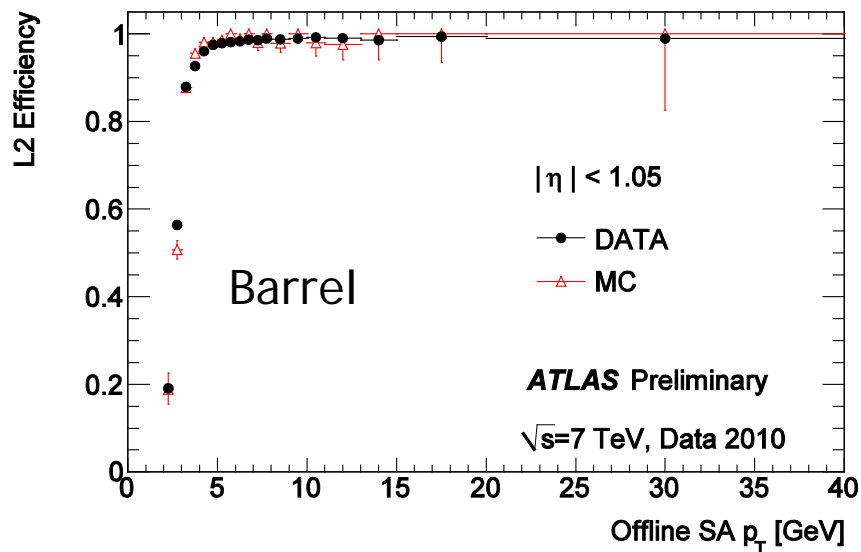
(inflight decay muonによるIDとSAでの $p_T$ のずれの影響を減らす)



# L2 Trigger Efficiency

$$\text{Efficiency} = \frac{L1\_MU0\text{pass} \ \& \ L2\_MU4\text{pass}}{L1\_MU0\text{pass}}$$

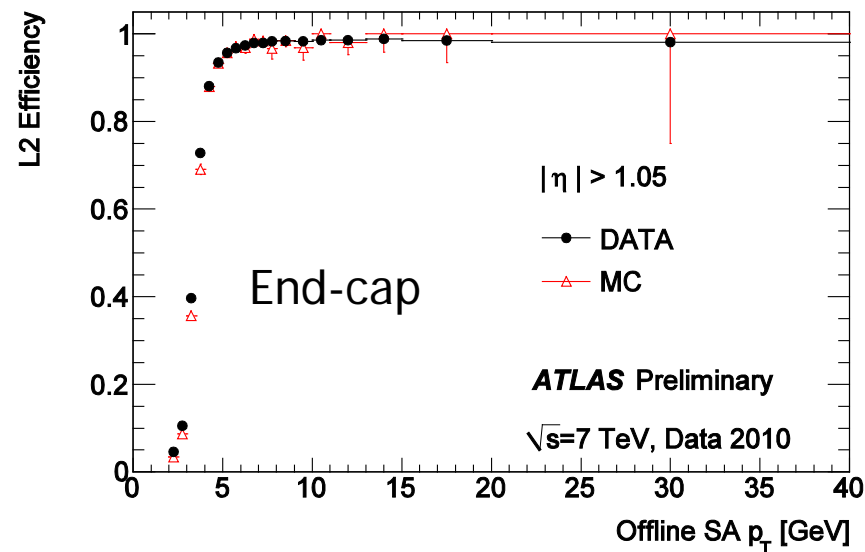
x軸: Offline muon  $p_T$   
y軸: Efficiency



Plateau value

Barrel: ~99%

End-cap: ~99%



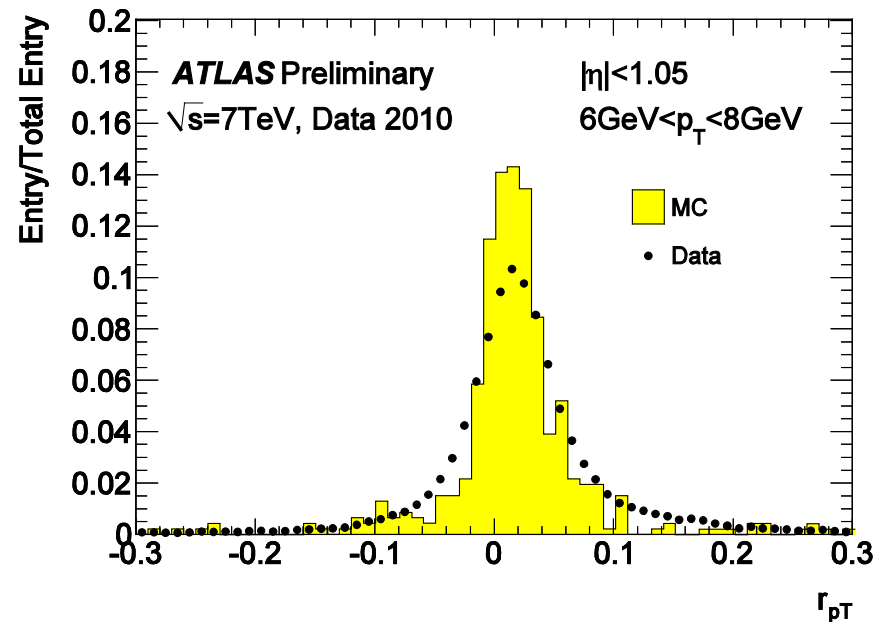
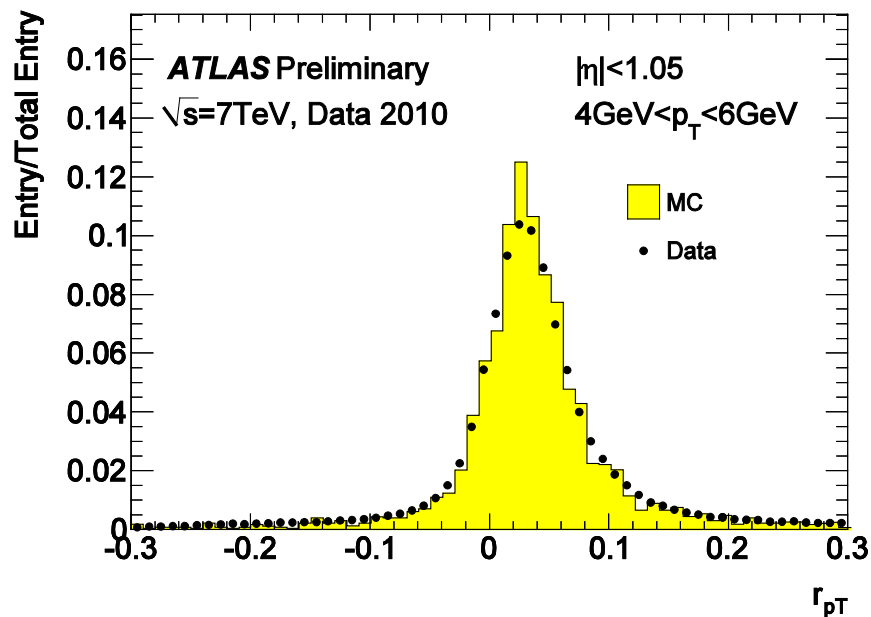
Efficiency @ 4GeV

Barrel: ~95%

End-cap: ~73%

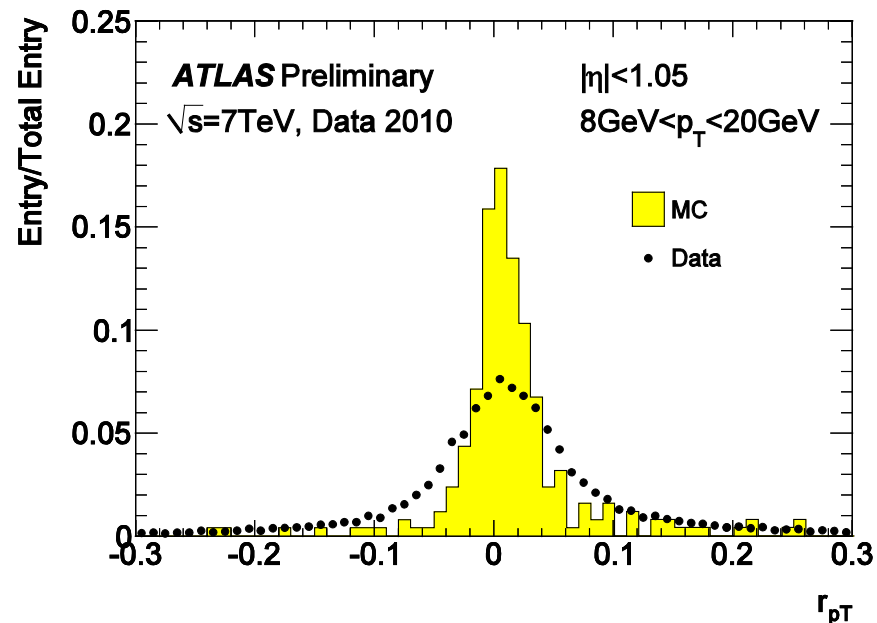
- End-cap: Threshold(4GeV)でのefficiencyがやや低い  
→ Thresholdのチューニングが必要(後述)

# The Residual of the $p_T$ Measurement (Barrel)

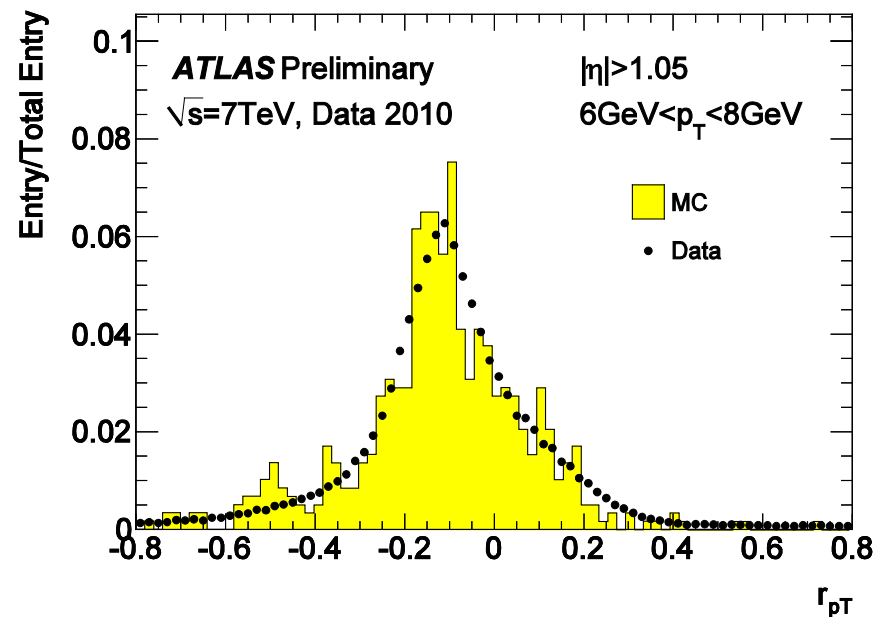
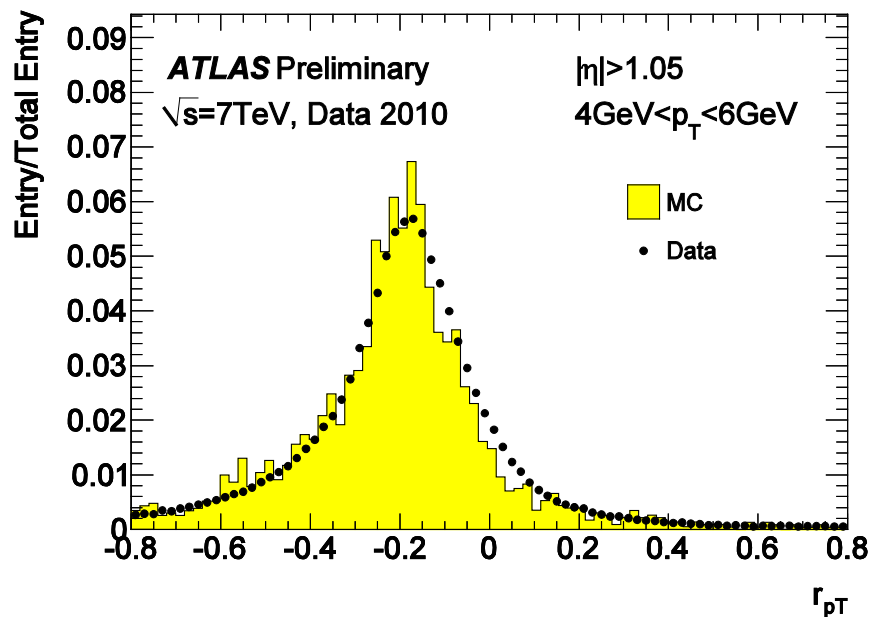


$$r_{pT} \equiv \frac{\frac{1}{|p_{T,offline}|} - \frac{1}{|p_{T,L2SA}|}}{\frac{1}{|p_{T,offline}|}}$$

- MC:  $p_T$ が高くなるにつれて細くなる
  - Data:  $p_T$ が高くなっても細くならない
- study中

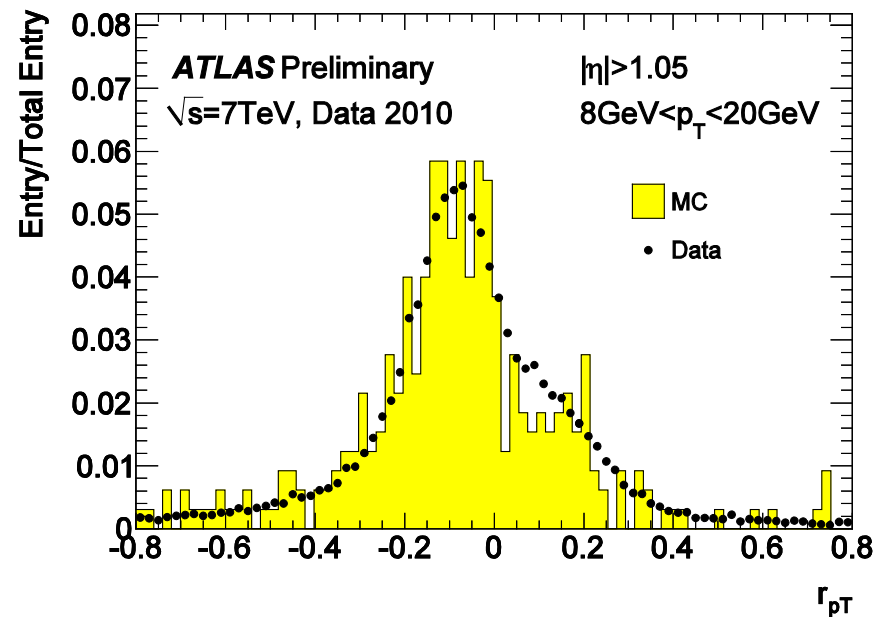


# The Residual of the $p_T$ Measurement (End-cap)



$$r_{pT} \equiv \frac{\frac{1}{|p_{T,offline}|} - \frac{1}{|p_{T,L2SA}|}}{\frac{1}{|p_{T,offline}|}}$$

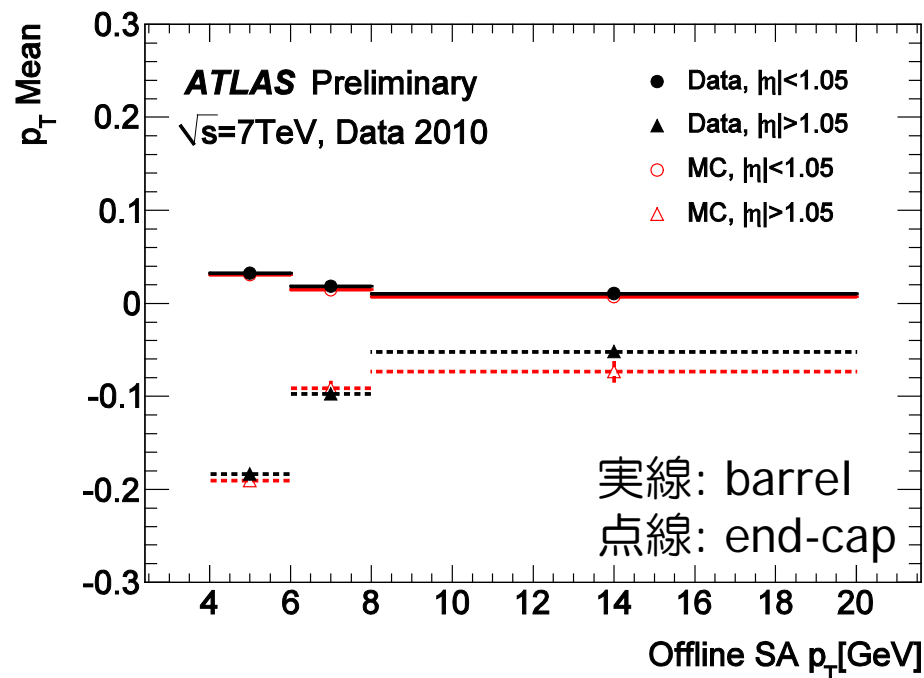
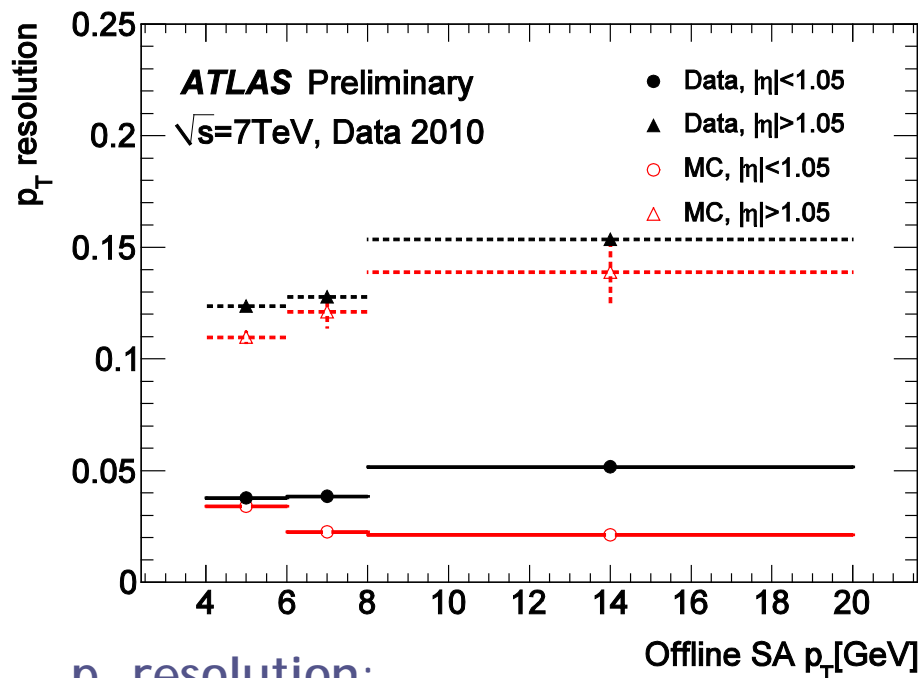
• Low  $p_T$  で mean が大きく shift  
 → study 中



## $p_T$ resolution and $p_T$ mean

- $p_T$  resolution: 前ページの分布をgaussianでfit→幅( $\sigma$ )
- $p_T$  mean: 前ページの分布gaussianでfit→Meanの位置

黒: Data  
赤: MC sample



### $p_T$ resolution:

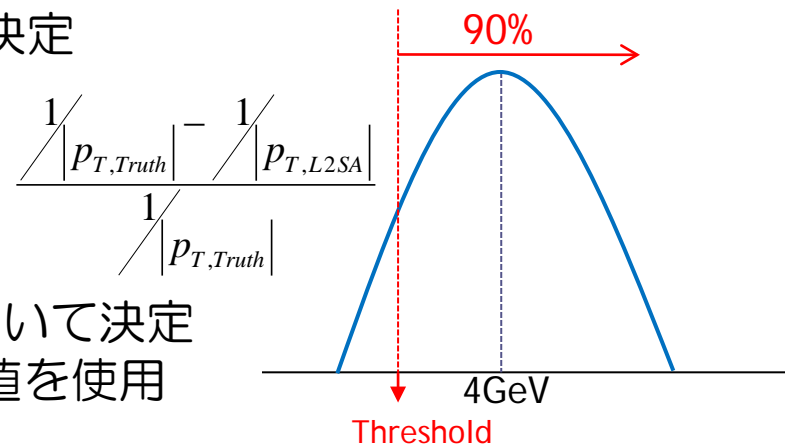
- Barrel: MC →  $p_T$ が高くなると良くなる (~2% @ 8-20 GeV)  
data →  $p_T$ が高くなると悪くなる (~5% @ 8-20 GeV)
- End-cap: MC、data共に  $p_T$ が高くなると悪くなる (MC: ~14%、data: ~15% @ 8-20 GeV)

### $p_T$ Mean:

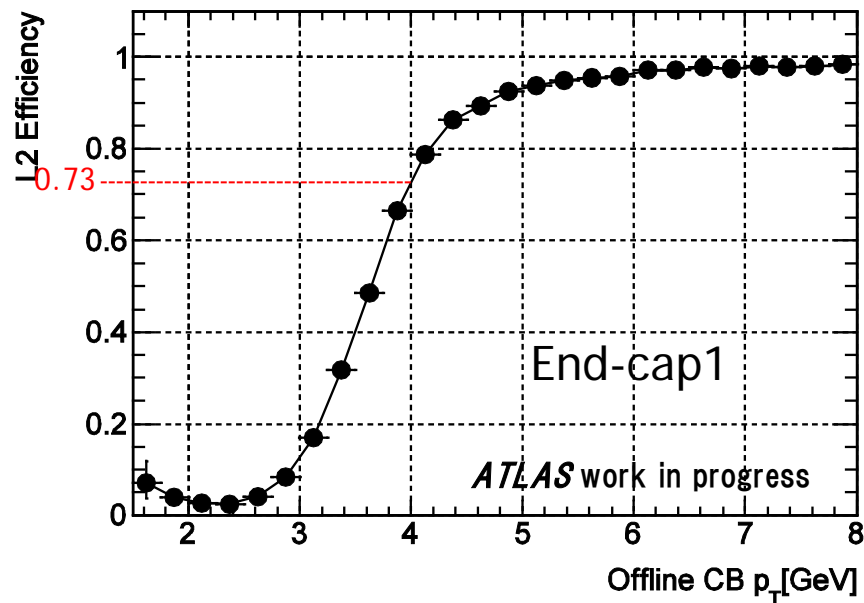
- Barrel、End-capでMC、dataの傾向は同じ
- End-cap: Barrelに比べ大きくshiftする (~-18% @ 4-6 GeV)

## Thresholdについて(4GeV)

- $0 < |\eta| < 2.5$ を4つの領域に分けそれぞれで値を決定
  - $|\eta| < 1.05$  (Barrel)
  - $1.05 < |\eta| < 1.5$  (End-cap1)
  - $1.5 < |\eta| < 2.0$  (End-cap2)
  - $2.0 < |\eta| < 2.5$  (End-cap3)
- 現在のthreshold → MC single muon sampleを用いて決定
- L1をpassしたmuonのうち90%がtriggerされる値を使用
  - ex. 4GeV thresholdの場合
    - L1\_MU0をpassした $p_T=4\text{GeV}$ のmuonが90% triggerされる値



Region	Current threshold	Efficiency @4GeV
Barrel	3GeV	95%
End-cap1	2.5GeV	73%
End-cap2	2.5GeV	84%
End-cap3	2.5GeV	98%



End-cap1、End-cap2は90%以下

**Thresholdを新しく決定する**

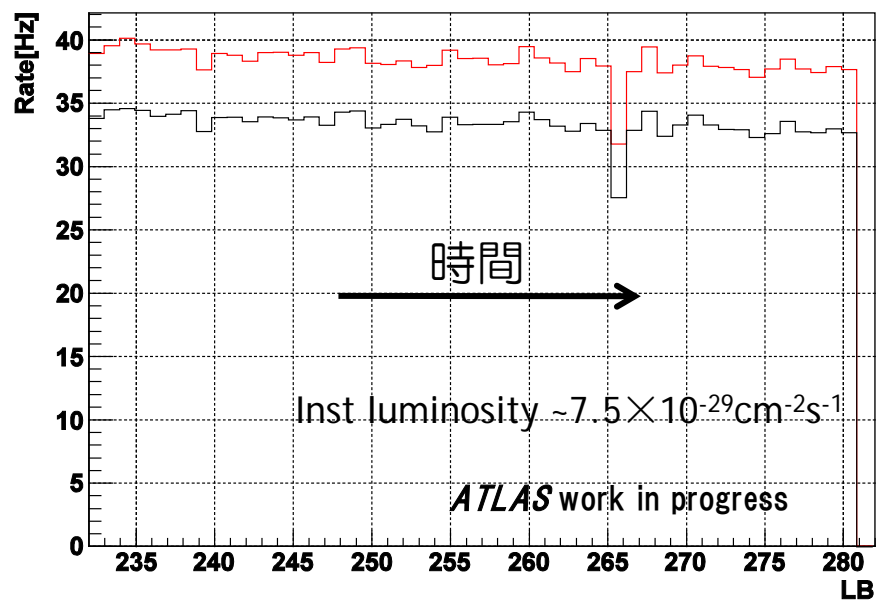
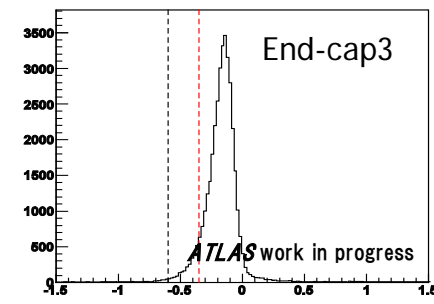
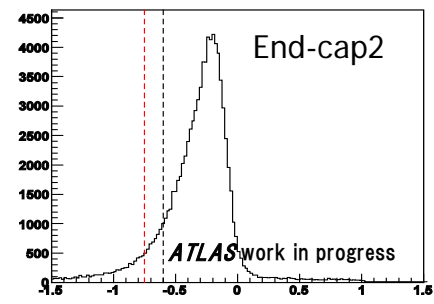
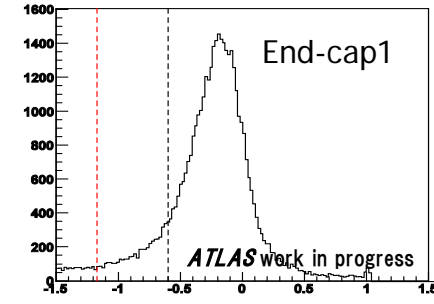
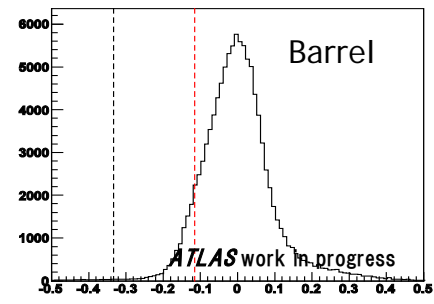
Barrel、End-cap3: 90%以上 → Over efficientでtrigger



# Dataを使ったThresholdの変更

L1\_MU0をpassした $4\text{GeV} < \text{offline } p_T < 5\text{GeV}$ のMuonを使用  
 →90%がtriggerされる値を使用

Region	Threshold	Efficiency @4GeV
Barrel	3GeV	95%
End-cap1	2.5→1.8GeV	73%→86%
End-cap2	2.5→2.0GeV	84%→94%
End-cap3	2.5GeV	98%



黒: 今までのthreshold  
 赤: 新しいthreshold

**Rateの変化**  
 同じdataでthresholdを変えて計算  
 変更前のthreshold: ~34Hz  
 →変更後のthreshold: ~39Hz  
 ~11%上がる

# Dataを使ったL2 MuonSAの検証

## Efficiency

- Plateau: ~99% (Barrel、 End-cap)
- Efficiency@4GeV: Barrel ~95%、 End-cap ~73%

## Thresholdの設定(End-cap)

- End-capで新しいthresholdを設定
- Rateは~11%高くなる

## $p_T$ resolution

- $p_T$ が高くなるにつれ悪くなる
- Barrel: ~5%@8-20GeV、 End-cap: ~15%@8-20GeV

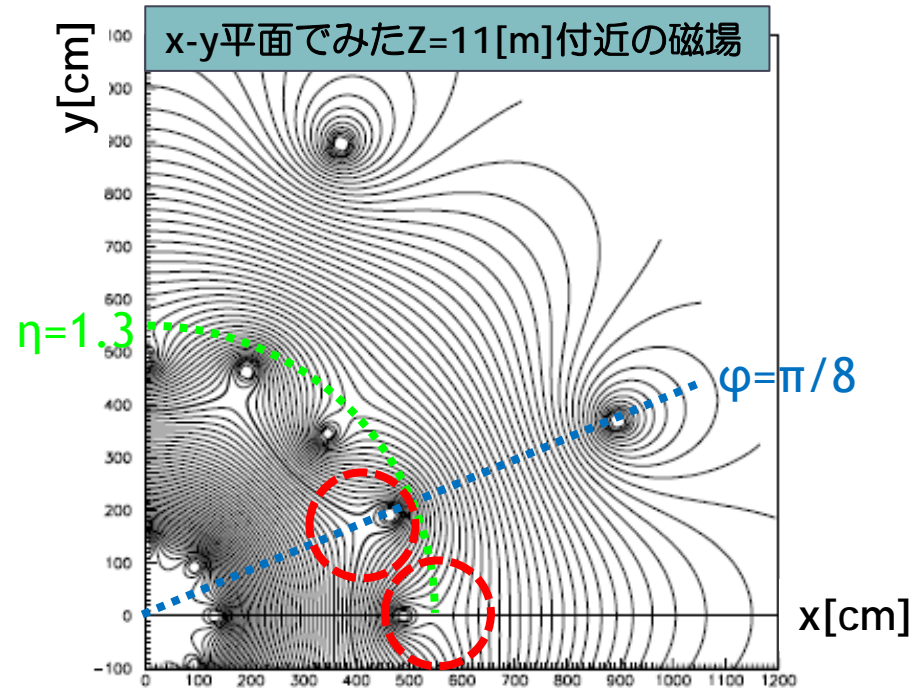
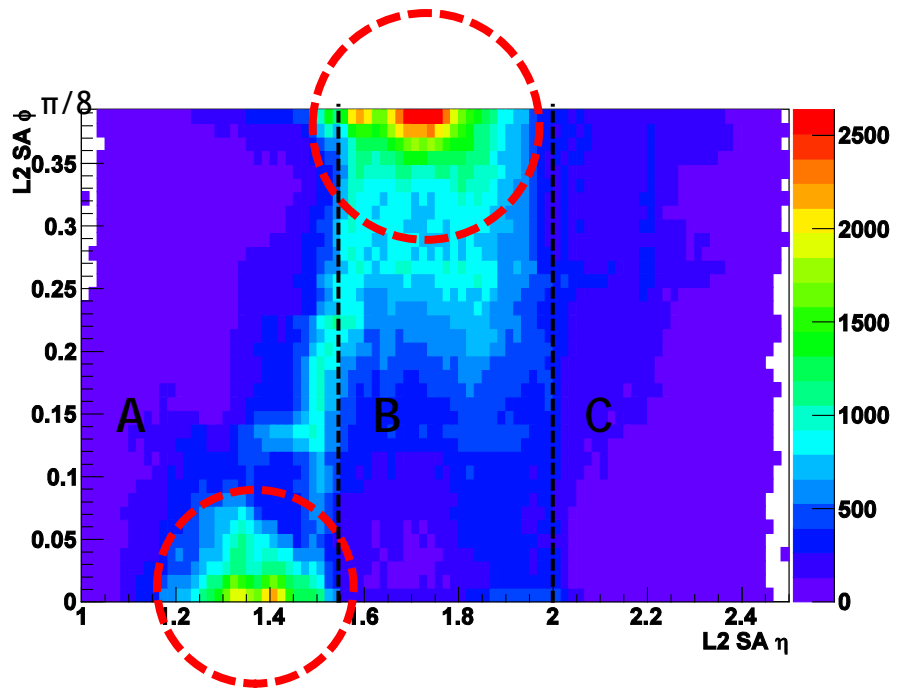
## $p_T$ mean

- $p_T$ が高くなるにつれbiasが小さくなる
- End-cap: Barrelに比べ大きくshiftする

Back up

# End-capについて

residual of  $p_T > \sigma$ のときの $\eta$ vs $\phi$ 分布

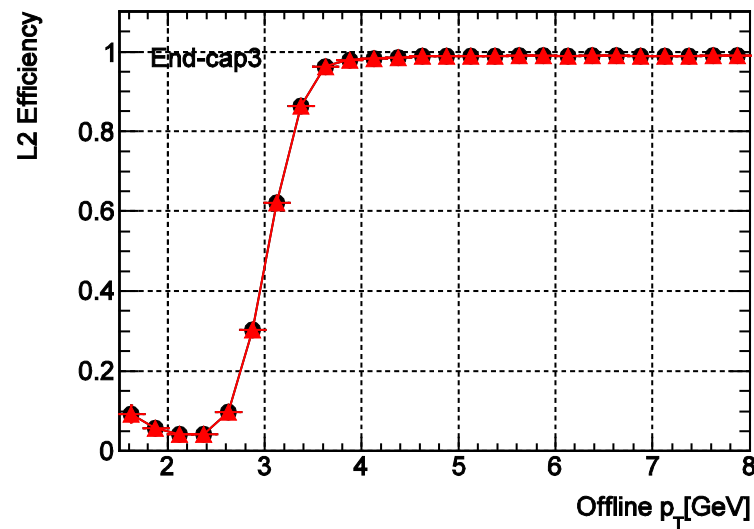
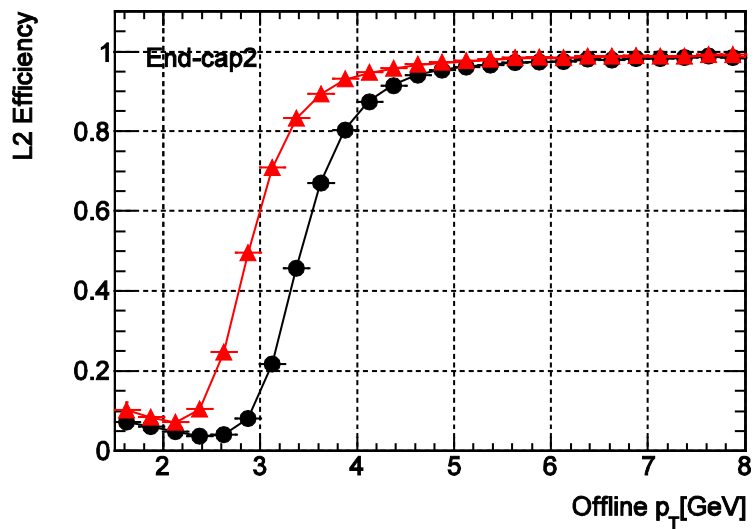
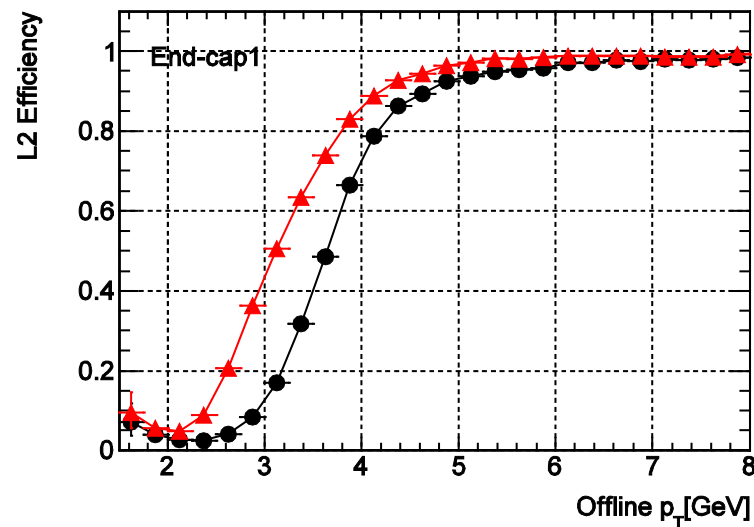
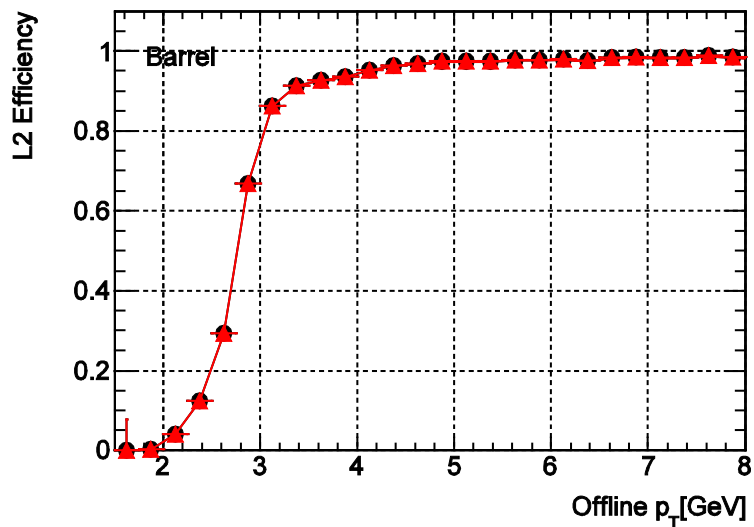


この領域はbarrelとend-capのtoroid magnetが重なる領域でそれぞれの磁場により複雑な磁場ができる  
 → $p_T$ の再構成が難しい(residual of  $p_T$ を悪くする原因)

Efficiency at 4GeV (L2_MU4)	
A	65% (82%)
B	80% (93%)
C	98% (98%)

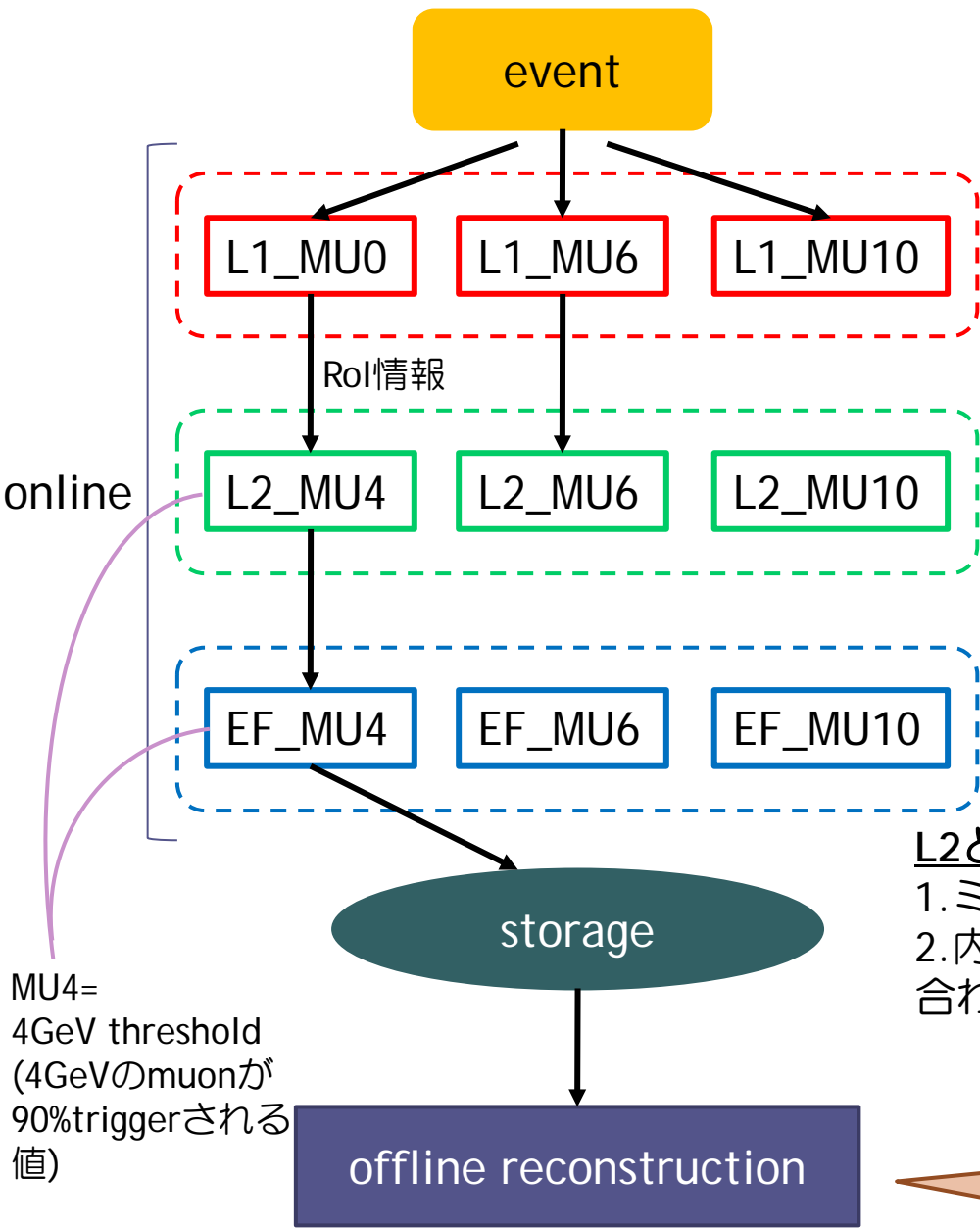
この磁場の複雑な領域を含む場所で efficiencyも低くなっている (括弧内の数字はthreshold変更後の値)

# ThresholdによるEfficiencyの変化



# ATLAS Muon Trigger System

ATLASのMuon Trigger  
→3段階のTriggerを用意



## 1. Level1 Trigger

- Hardwareのtrigger
- L1をpassするとL2にmuonの大まかな情報(RoI)が送られる

## 2. Level2 Trigger

- Softwareのtrigger
- RoI情報をもとにmuonの $p_T$ を再構成
- あるthresholdを超えるmuonを選別

## 3. Event Filter

- Softwareのtrigger
- L2より更に時間をかけてmuonを再構成し選別

### L2とEF(Event Filter)

1. ミューオン検出器のみを使ったtrigger(MuonSA)
2. 内部飛跡検出器(ID)とミューオン検出器を組み合わせたTrigger(MuonCB)

• offlineで更に時間をかけて再構成  
• Trigger情報と一緒に保存される

MU4=  
4GeV threshold  
(4GeVのmuonが  
90%triggerされる  
値)