

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^A 神戸大理^B
神戸大自然^C 東工大^D ハンブルク大^E

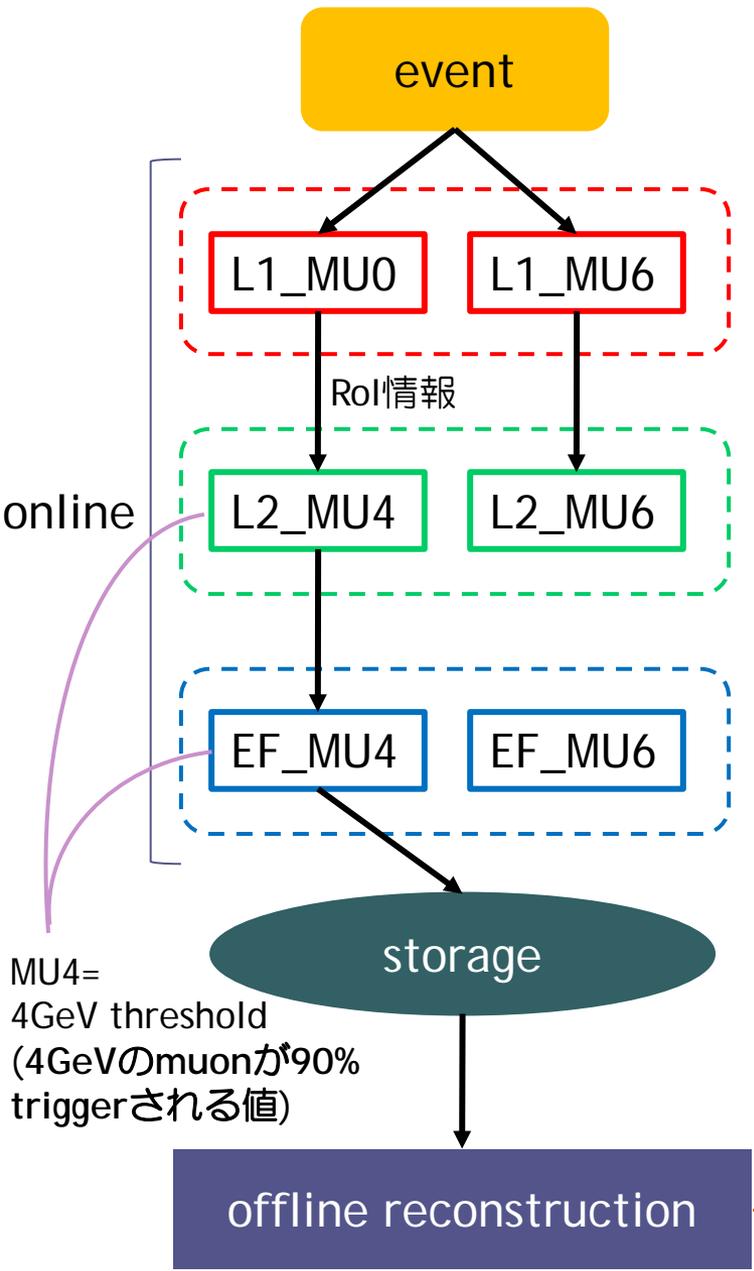
道前武

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

Atlas-JapanHLTグループ

ATLAS Muon Trigger System

ATLASのMuon Trigger
→3段階のTrigger



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 ≥ 3
- ✓|Primary vtx Z| < 150[mm]

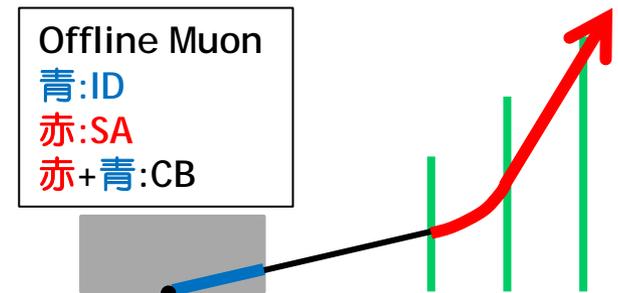
•Offline muon(MuonCB)とmatchingのとれたRoI($\Delta R < 0.5$)を見る

•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 ≥ 1 & # of SCT hit ≥ 6 (ID)
- ✓|extrapolated vtx Z - Primary vtx Z| < 10[mm] (ID)

•Reference p_T : Offline muon(MuonSA)の p_T

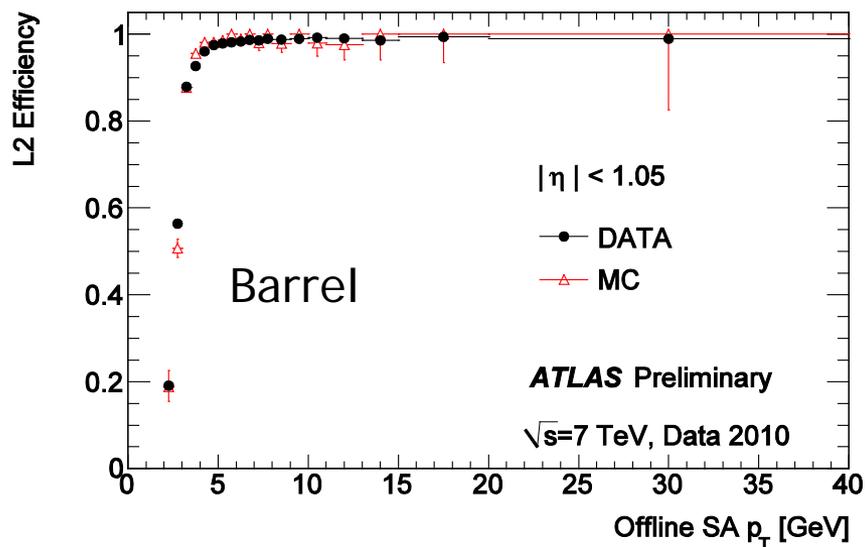
(inflight decay muonによるIDとSAでの p_T のずれの影響を減らす)



L2 Trigger Efficiency

$$\text{Efficiency} = \frac{L1_MU0\text{pass} \ \& \ L2_MU4\text{pass}}{L1_MU0\text{pass}}$$

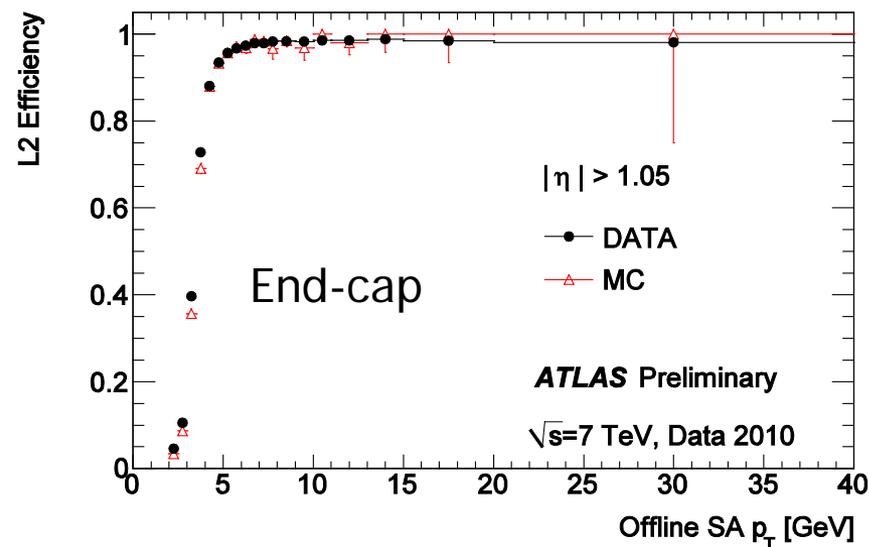
x軸: Offline muon p_T
y軸: Efficiency



Plateau value

Barrel: ~99%

End-cap: ~99%



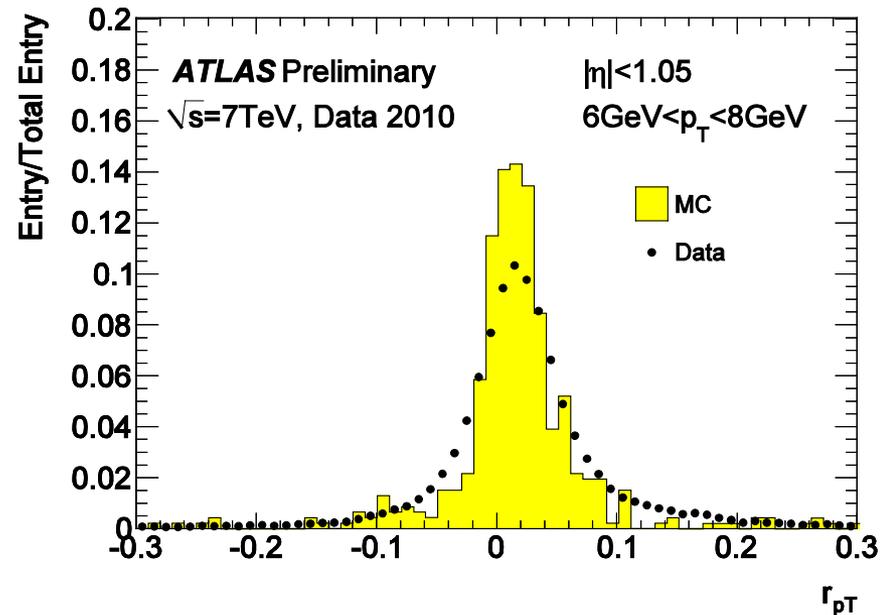
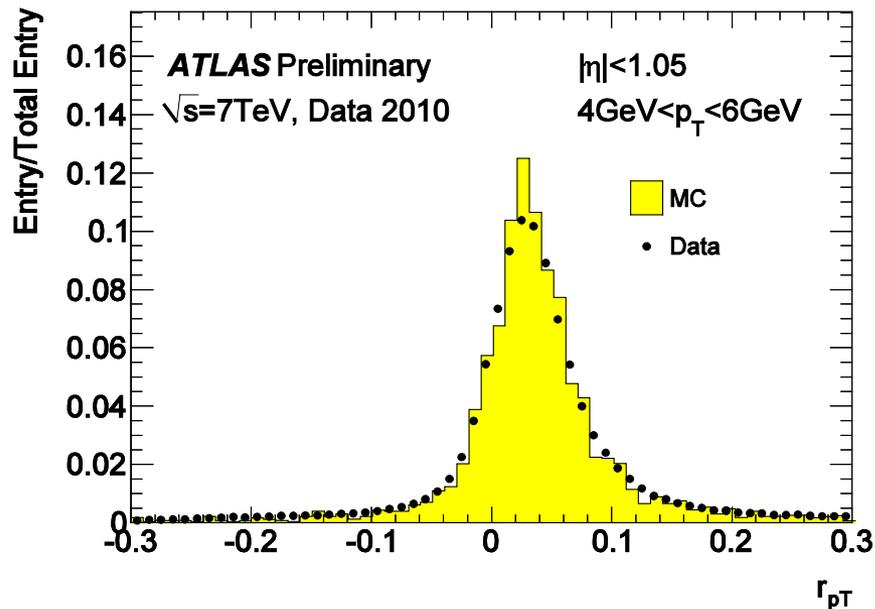
Efficiency @ 4GeV

Barrel: ~95%

End-cap: ~73%

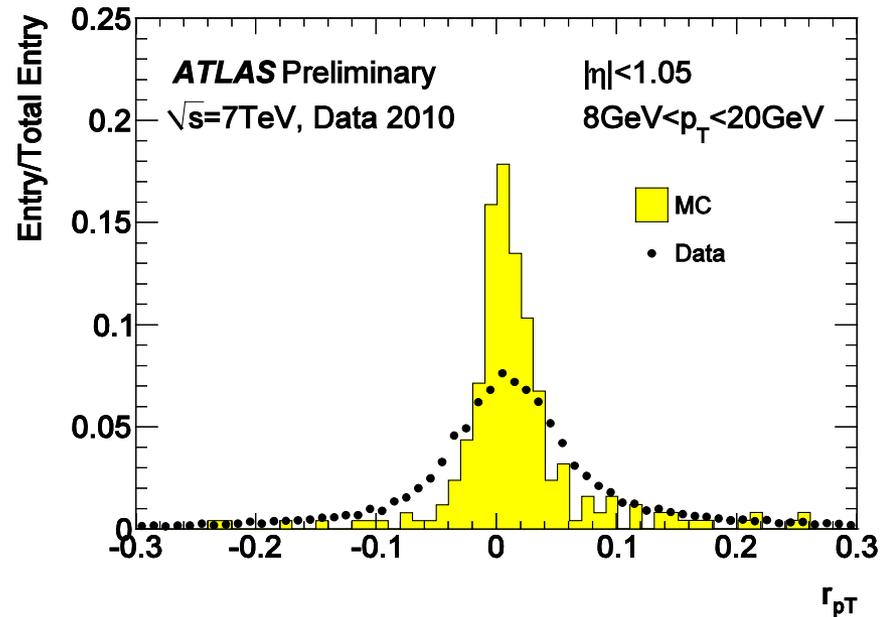
- End-cap: Threshold(4GeV)でのefficiencyがやや低い
→ Thresholdのチューニングが必要(後述)

The Residual of the p_T Measurement (Barrel)

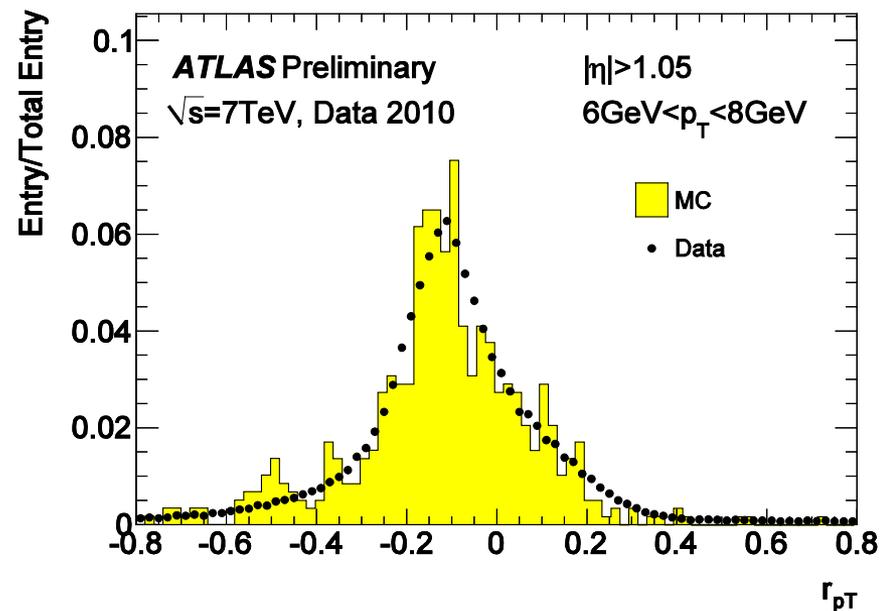
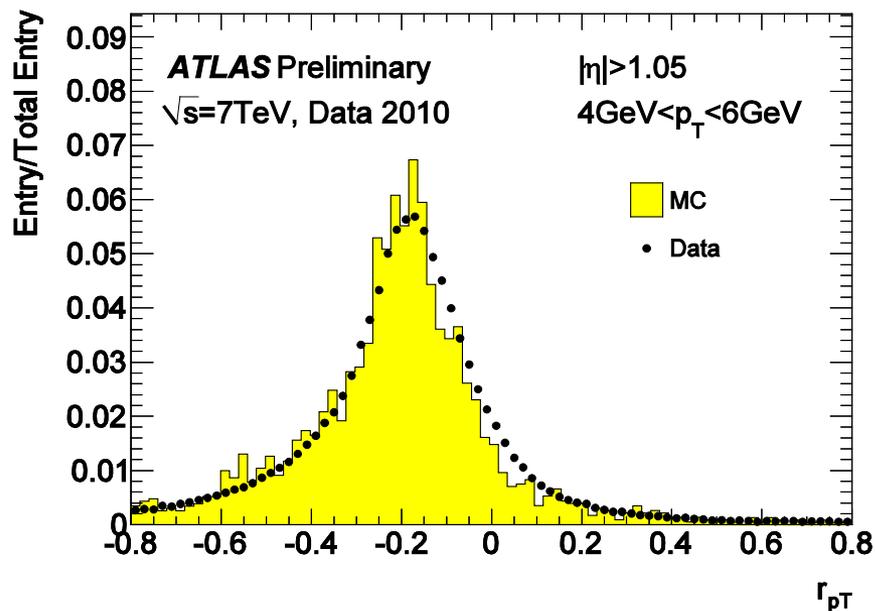


$$r_{p_T} \equiv \frac{\frac{1}{|p_{T,offline}|} - \frac{1}{|p_{T,L2SA}|}}{\frac{1}{|p_{T,offline}|}}$$

- 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

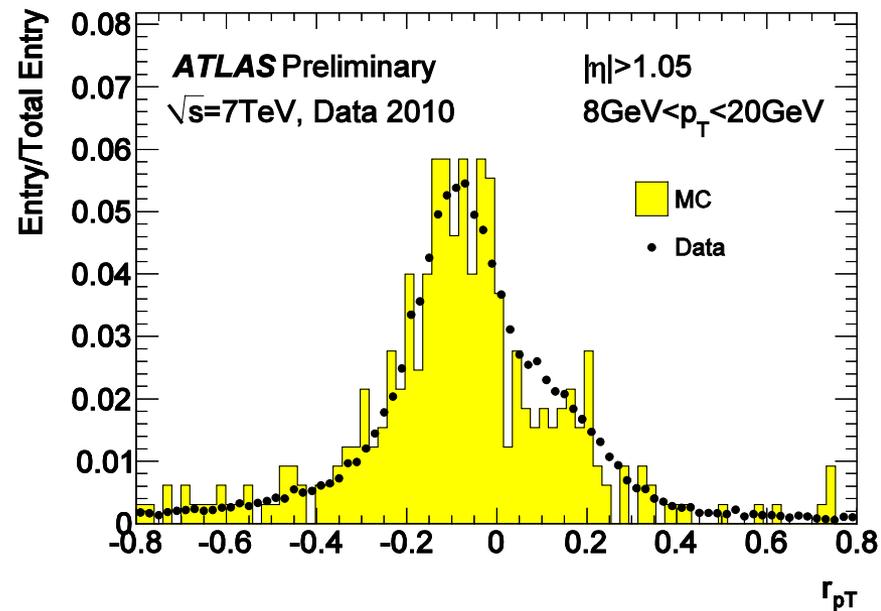


The Residual of the p_T Measurement (End-cap)



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

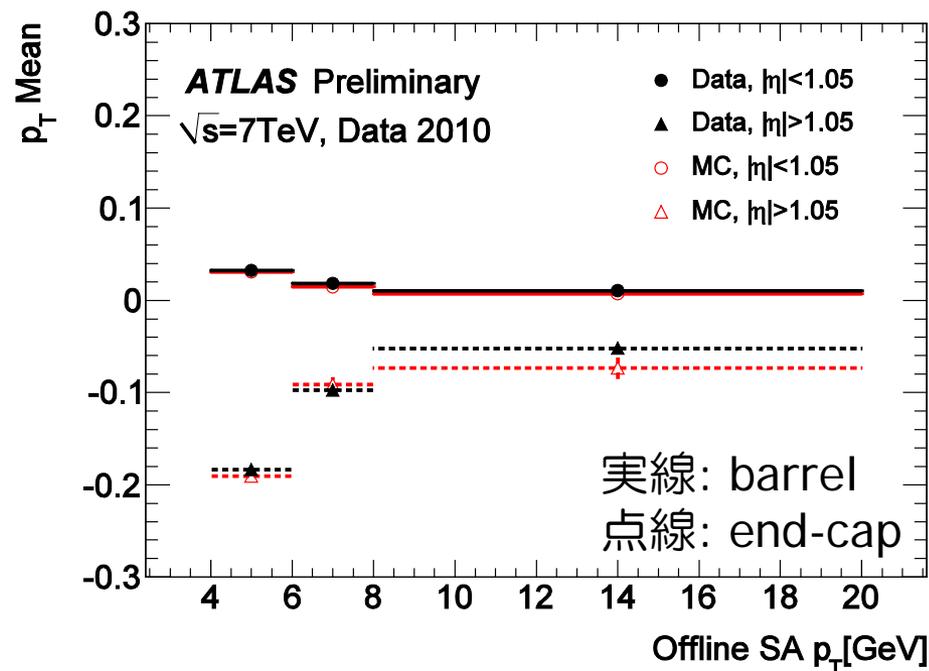
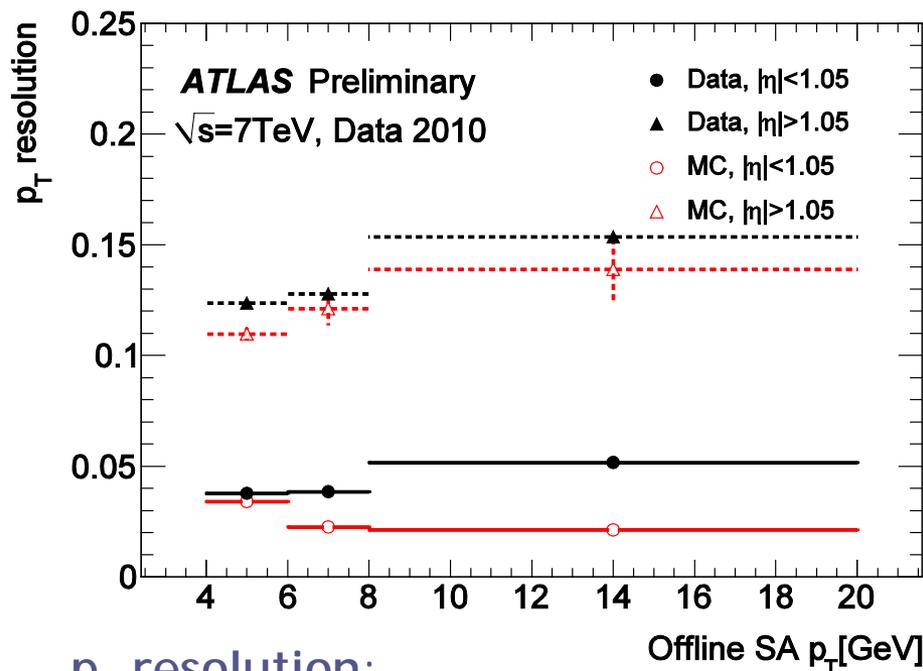
• Low p_T で mean が大きく shift
 → study 中



p_T resolution and p_T mean

- p_T resolution: 前ページの分布をgaussianでfit→幅(σ)
- 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:

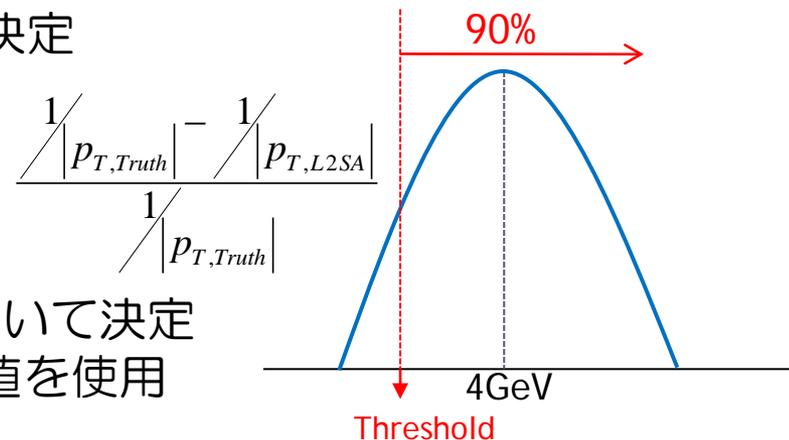
- Barrel: MC → p_T が高くなると良くなる (~2% @ 8-20 GeV)
data → p_T が高くなると悪くなる (~5% @ 8-20 GeV)
- End-cap: MC、data共に p_T が高くなると悪くなる (MC: ~14%、data: ~15% @ 8-20 GeV)

p_T Mean:

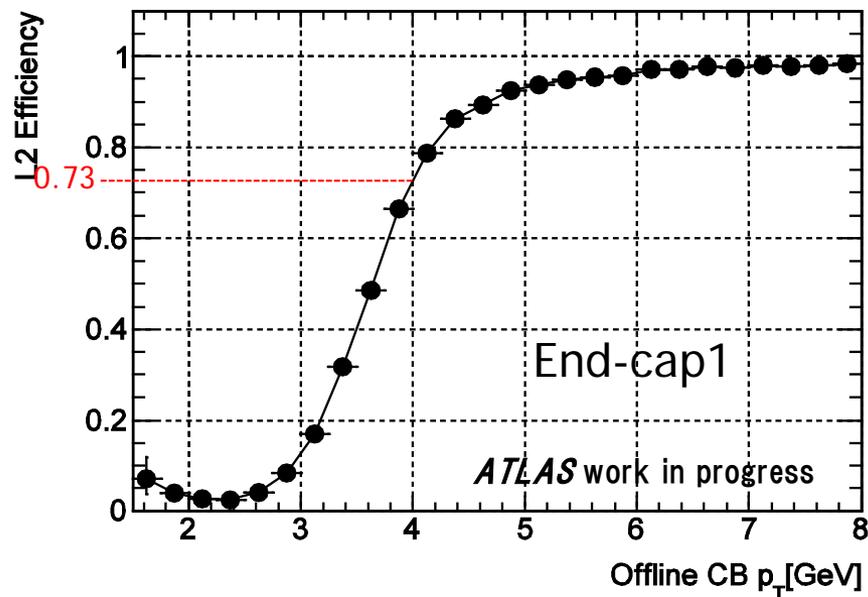
- Barrel、End-capでMC、dataの傾向は同じ
- End-cap: Barrelに比べ大きくshiftする (~-18% @ 4-6 GeV)

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

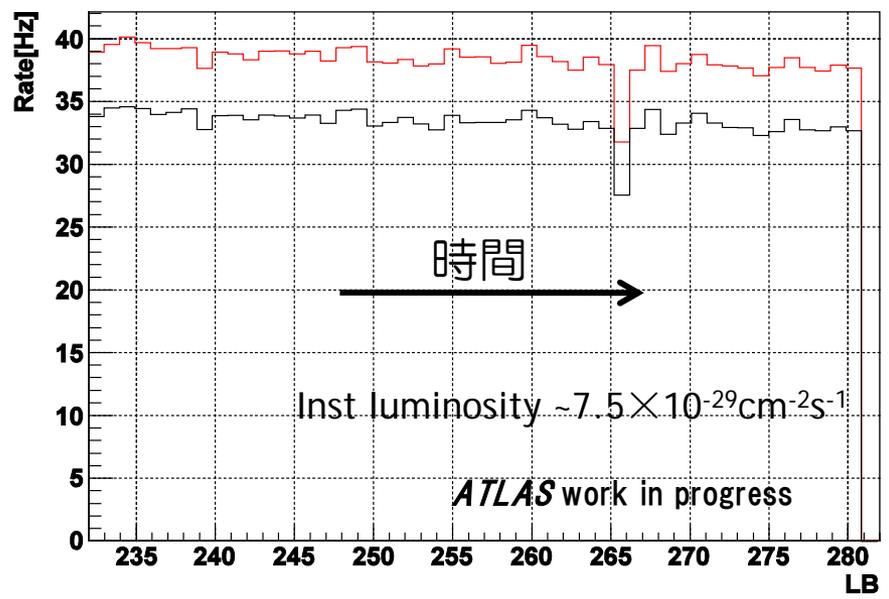
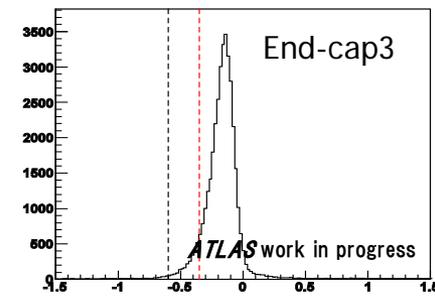
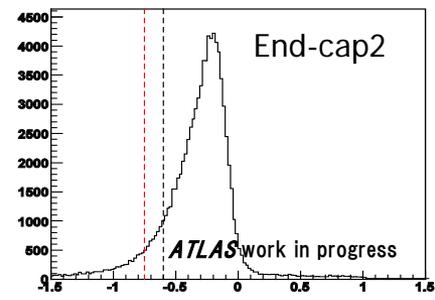
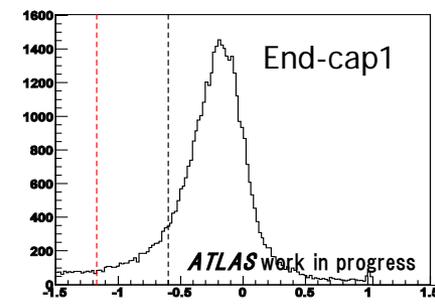
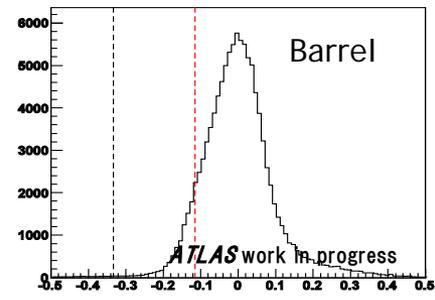
Thresholdを新しく決定する

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

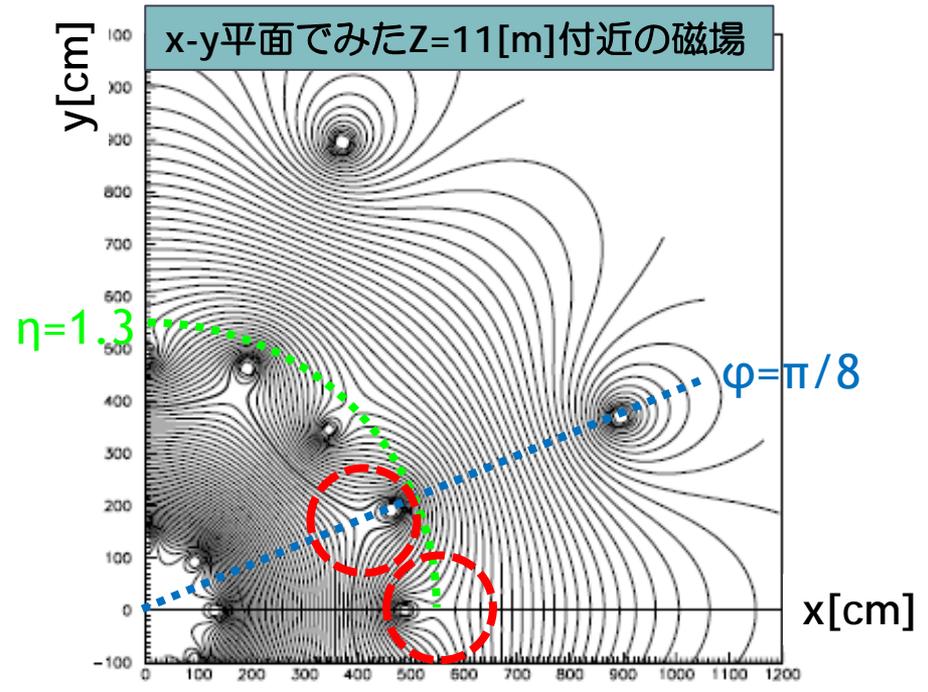
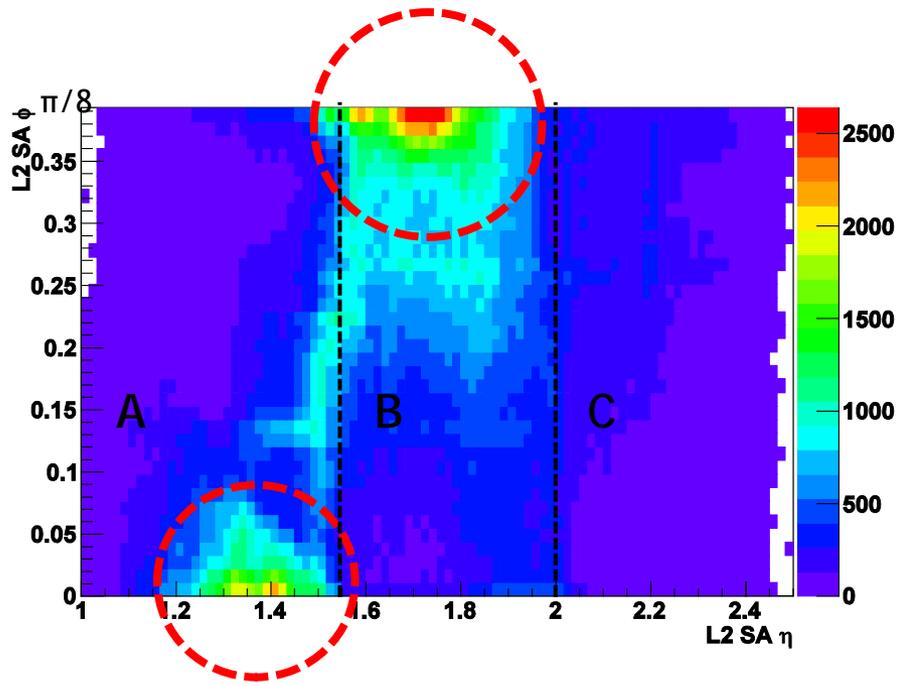
p_T mean

- 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 η vs ϕ 分布

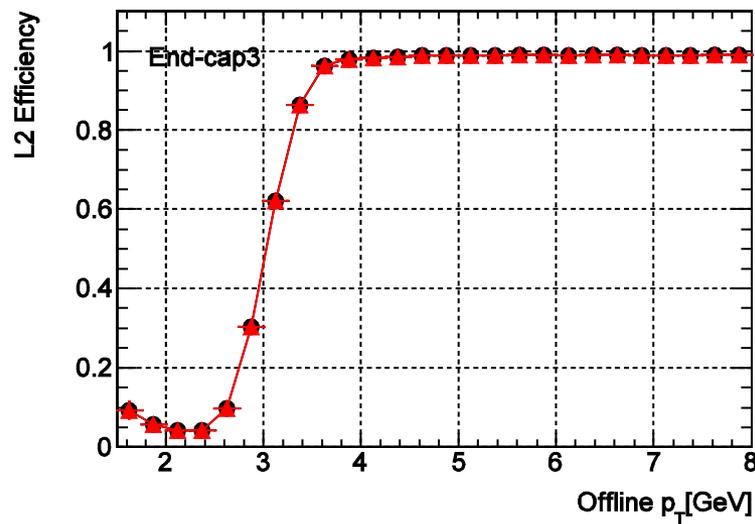
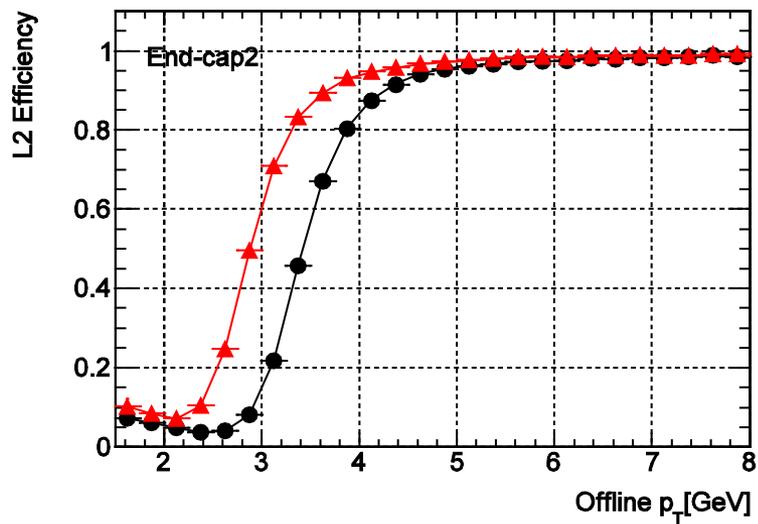
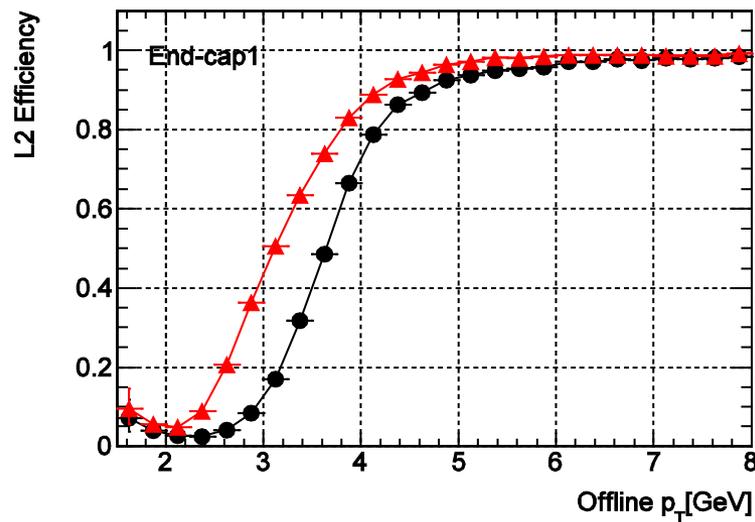
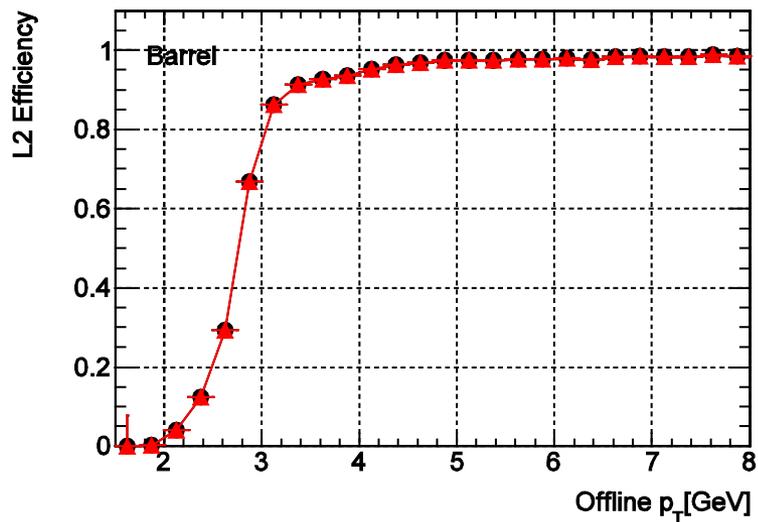


この領域はbarrelとend-capのtoroid magnetが重なる領域でそれぞれの磁場により複雑な磁場ができる
 → p_T の再構成が難しい(residual of p_T を悪くする原因)

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

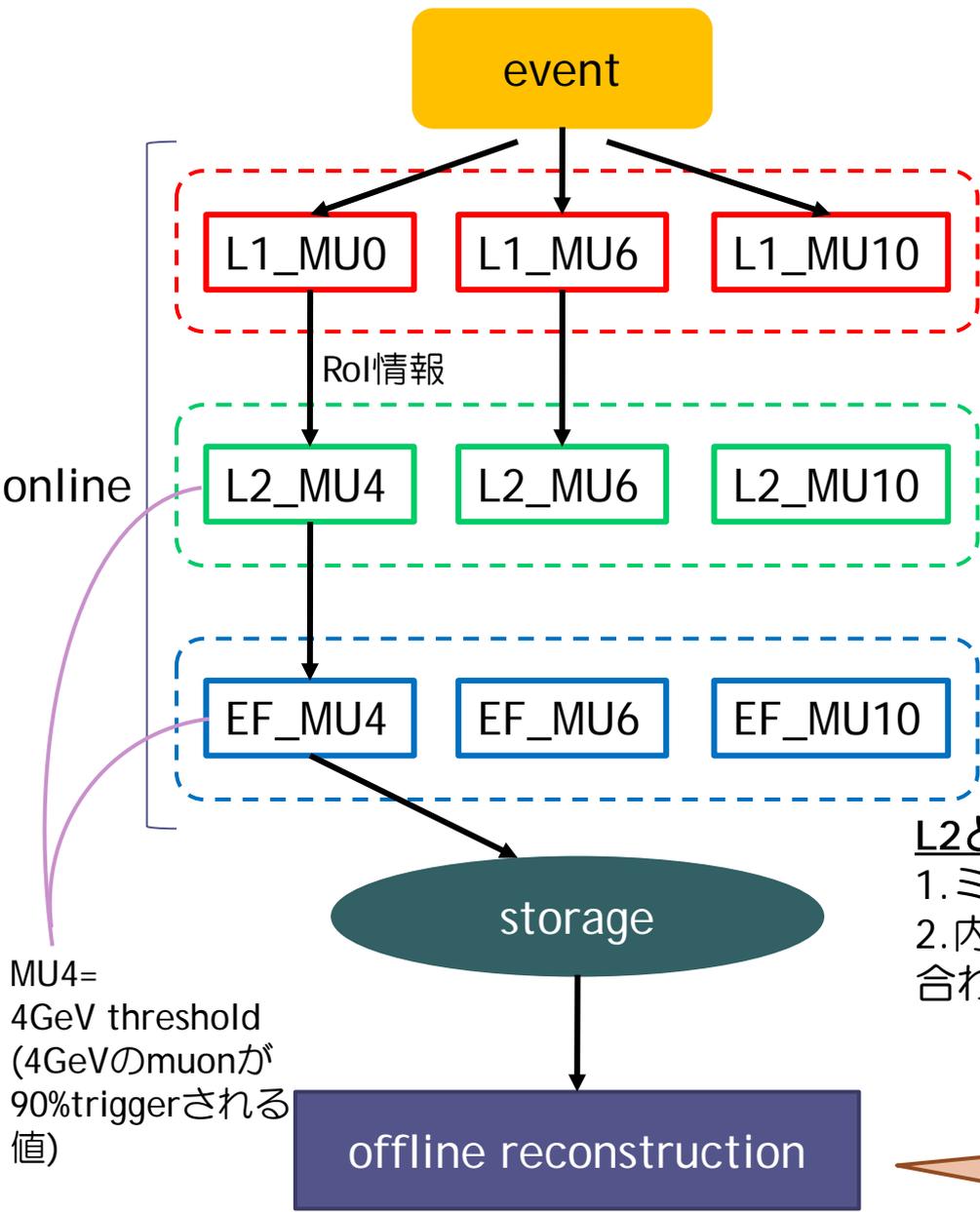
この磁場の複雑な領域を含む場所で efficiencyも低くなっている (括弧内の数字はthreshold変更後の値)

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)