

ATLASレベル1ミュオントリガーの 性能評価

神戸大学 粒子物理研究室 岸本巴

藏重久弥、川越清以、山崎祐司、松下崇

西山知徳、谷和俊、鈴木雄太

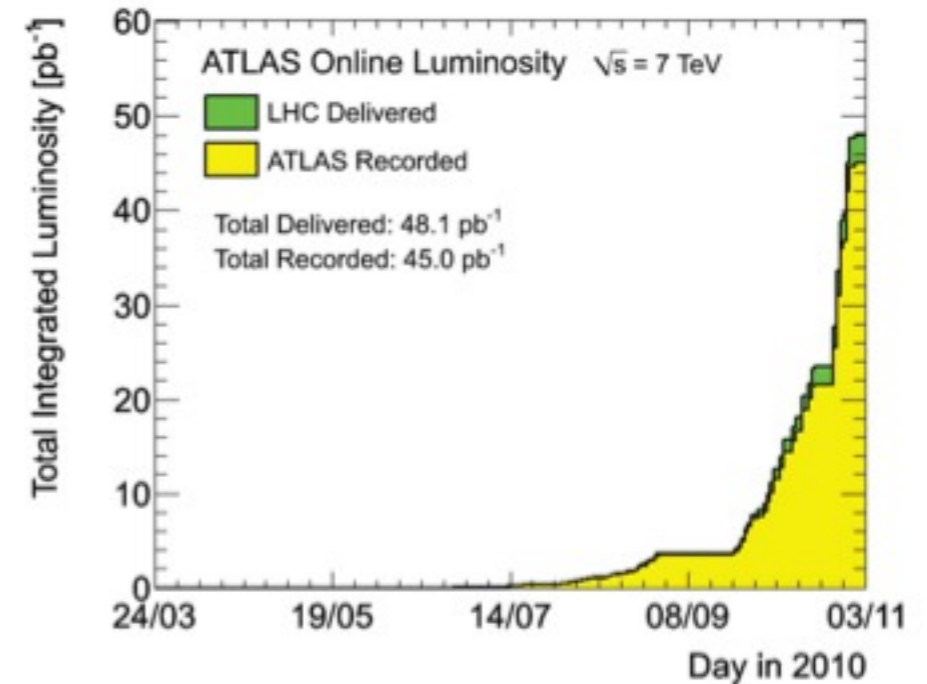
石野雅也^A、坂本宏^B、織田勸^B、久保田隆至^B、結束晃平^B

他ATLAS日本TGCグループ

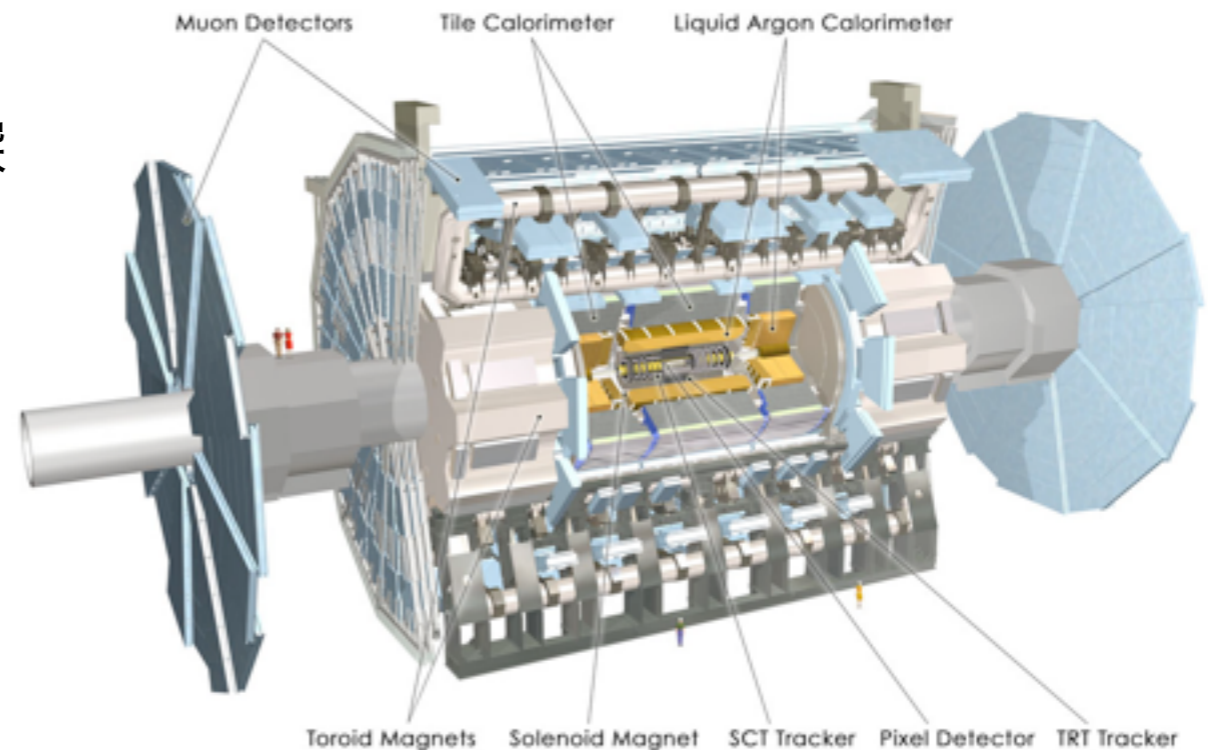
神戸大理、高エネ研^A、東大素セ^B

LHC & ATLAS

- ▶ Large Hadron Collider
 - ▶ 周長27kmの陽子陽子衝突型の加速器
 - ▶ 2010年は重心系エネルギー7TeVで、
積分ルミノシティ~48pb⁻¹のデータを取得！

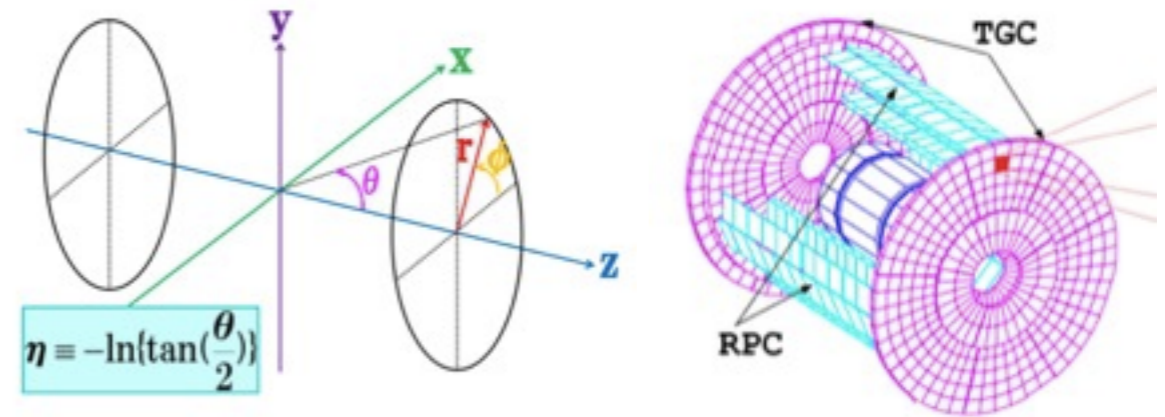


- ▶ ATLAS検出器
 - ▶ LHCに設置される汎用検出器
 - ▶ Higgs粒子、超対称性粒子などの探索が行われる
- ▶ Muon spectrometer
 - ▶ MDT
 - ▶ **RPC, TGC**
→ トリガーの発行を担う検出器



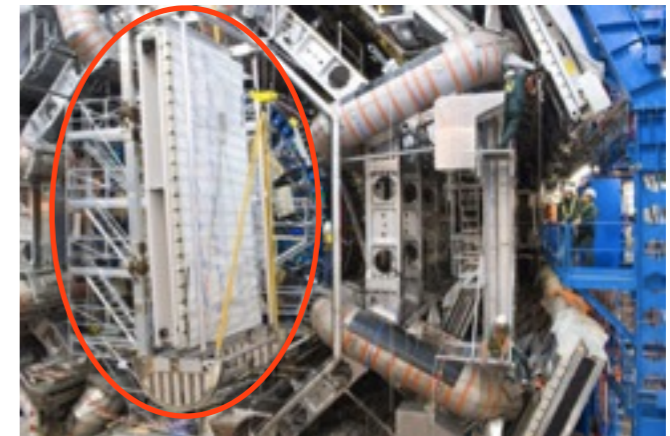
TGC & RPC

- ▶ ATLASにおける座標系
 - ▶ r : ビーム軸からの距離
 - ▶ ϕ : ビーム軸周りの角度
 - ▶ θ : y - z 平面でのビーム軸からの角度
 - ▶ 擬ラピディティ : $\eta = -\ln(\tan(\theta/2))$

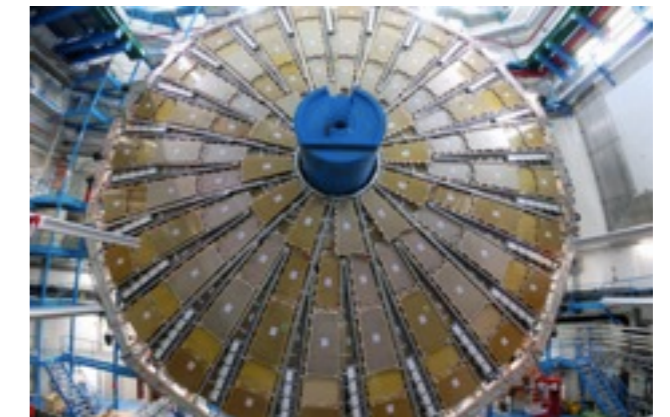


- ▶ Resistive Plate Chamber
 - ▶ $|\eta| < 1.05$ に設置
 - ▶ 位置情報は ϕ - z 方向の2次元読み出し
 - ▶ 約37万チャンネル
- ▶ Thin Gap Chamber
 - ▶ $1.05 < |\eta| < 2.4$ に設置
 - ▶ 位置情報は r - ϕ 方向の2次元読み出し
 - ▶ 約32万チャンネル

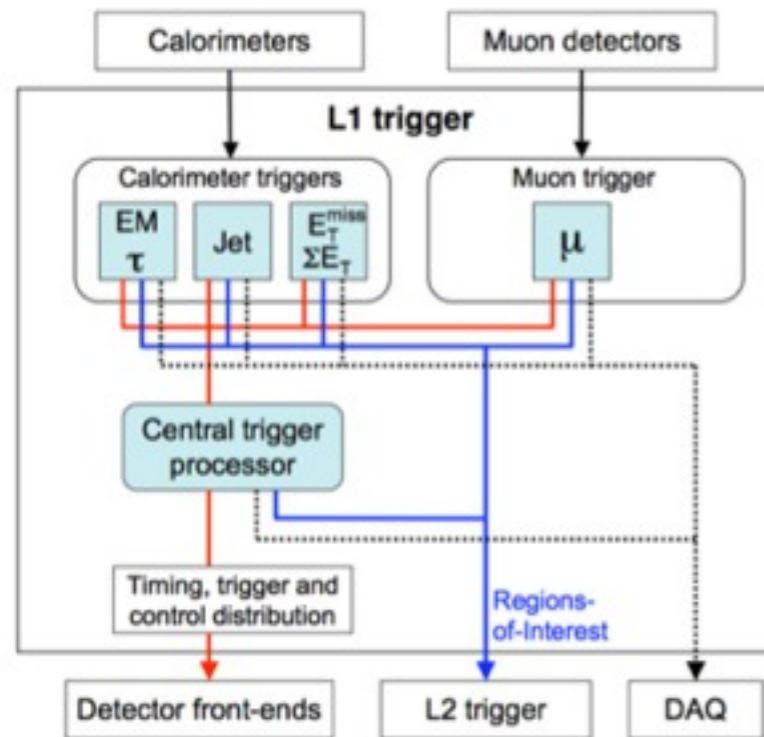
RPC



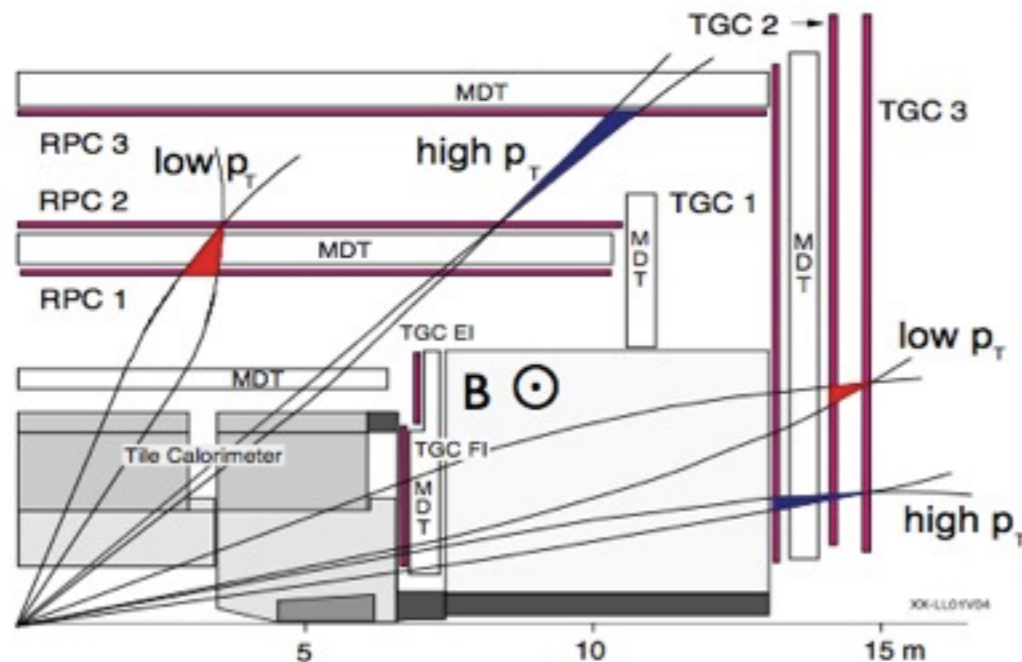
TGC



ATLAS レベル1ミュオントリガー



- ▶ ATLAS実験では3段階のトリガーが設置
- ▶ レベル1トリガーはハードウェアで処理する
- ▶ この内ミュオントリガーはTGC, RPCによって発行される



- ▶ レベル1トリガー
 - ▶ トリガーの判断には横運動量 P_T を用いる
 - ▶ P_T はトロイド磁場による飛跡の曲がりから求める
 - ▶ 6種類のthresholdのトリガーを実装可能
 - ▶ $P_T > 10\text{GeV}$ のときに発行されるトリガー
→ mu10

レベル1トリガー効率

▶ 今回の発表

- ▶ レベル1トリガーの効率をTag and Probe法を用いて算出し、モンテカルロシミュレーションとの比較からパフォーマンスを評価した

▶ トリガー効率 =
$$\frac{\text{オフラインミュオンの内トリガーされているもの}}{\text{オフラインで再構成されたミュオン}}$$

▶ オフラインミュオン

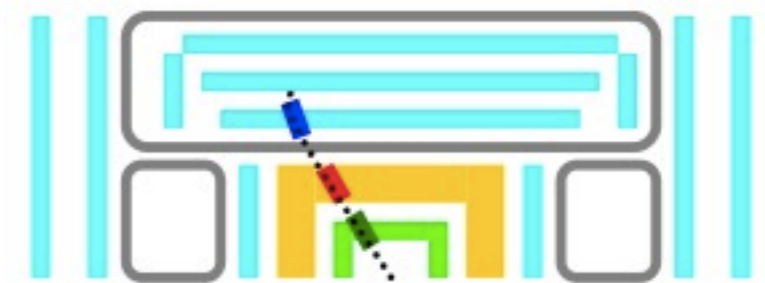
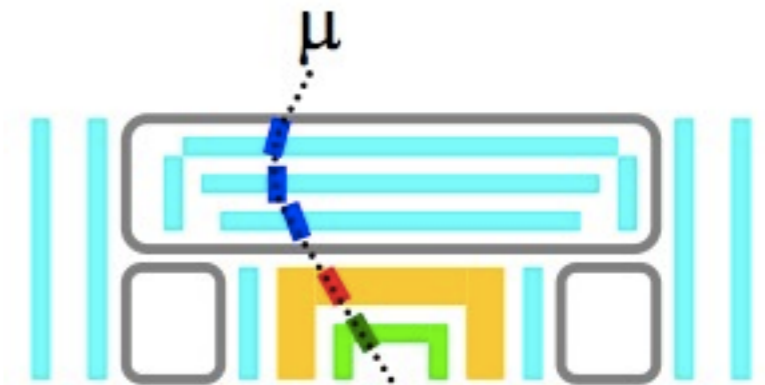
▶ Combined muon

- ▶ 内部飛跡検出器でのトラックとミュオンスペクトロメータのトラックを結合したものの。運動量分解能が良い。

$$(\sigma/P_T \sim 3.8 \times 10^{-4} P_T [\text{GeV}] \oplus 0.015)$$

▶ Segment tagged muon

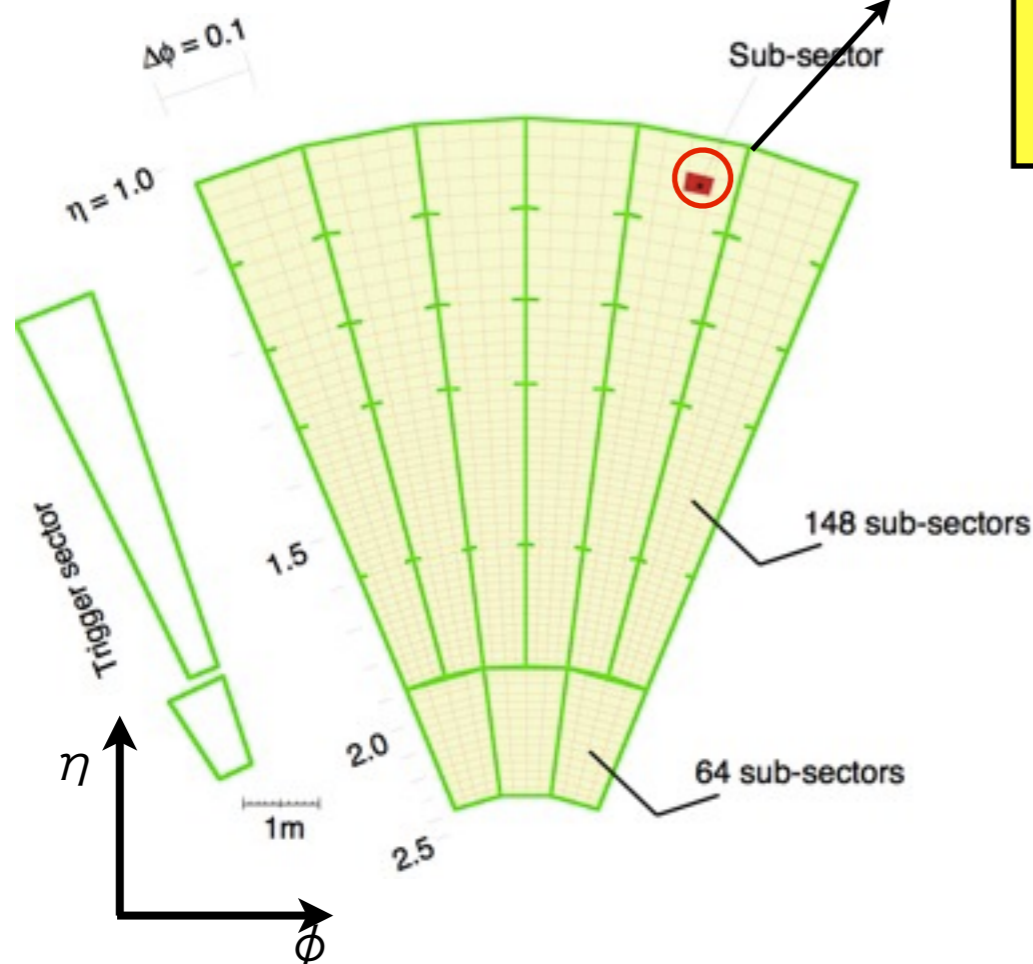
- ▶ 内部飛跡検出器でのトラックのうち、ミュオンスペクトロメータの一部とマッチがとれたもの。low Pt (TGC: $\sim 6 \text{ GeV}/c$, RPC: $\sim 3 \text{ GeV}/c$) のミュオンに対して有効



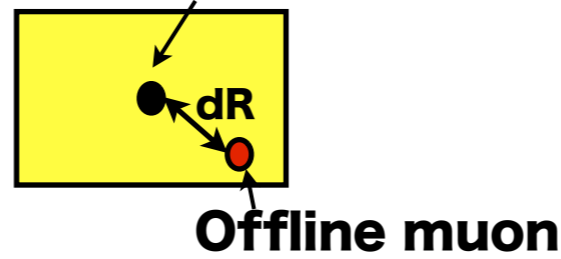
レベル1トリガー効率

- ▶ オフラインミュオンに対しトリガーが発行されているかの判断
 - ▶ レベル1トリガーの情報はRegion Of Interest(ROI)として記録される

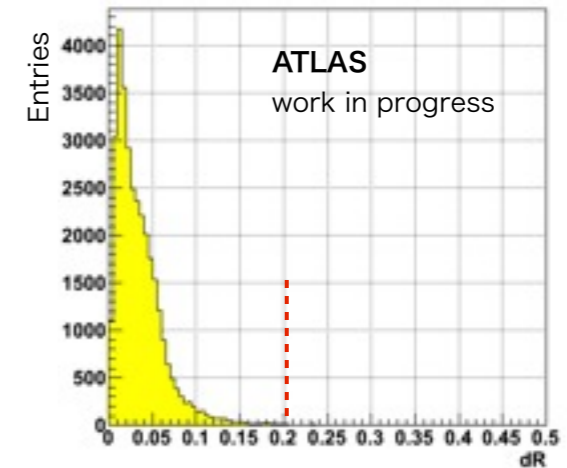
TGC断面図



ROI ROI中心(記録される位置)



実データによるdR分布



- ▶ 検出器表面での距離dR(< 0.2)を定義し、その範囲内にROIが存在するかで判断する

- ▶ $dR = \sqrt{(\eta_{ROI} - \eta_{Probe})^2 + (\phi_{ROI} - \phi_{Probe})^2}$

Tag and Probe法

▶ Tag and Probe法とは？

- ▶ 粒子($Z, J/\psi$)のダイミュオン崩壊イベントを用いた方法
- ▶ Decay in flightによるイベントを取り除くことができる
→解析に対するバイアスが少ない

▶ Step1

- ▶ ROIとマッチングのとれたのミュオンを探す

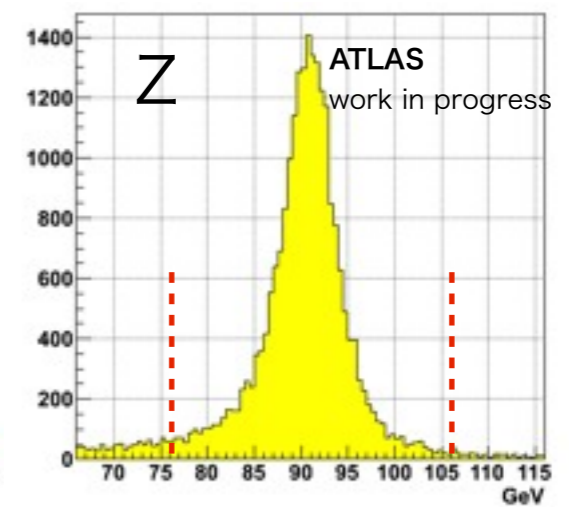
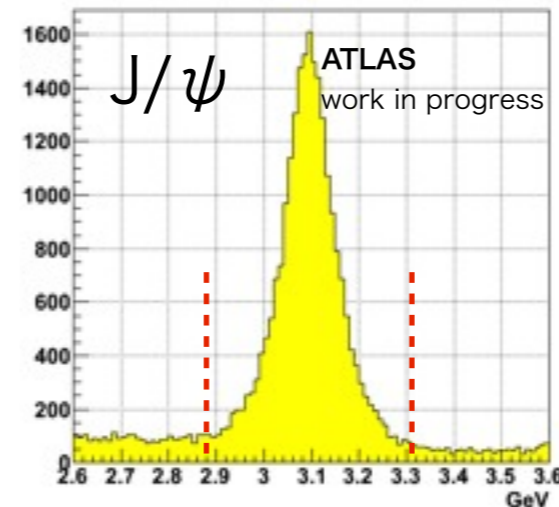
→Tag muon

▶ Step2

- ▶ 不変質量を組んで、 $Z, J/\psi$ の質量付近となる

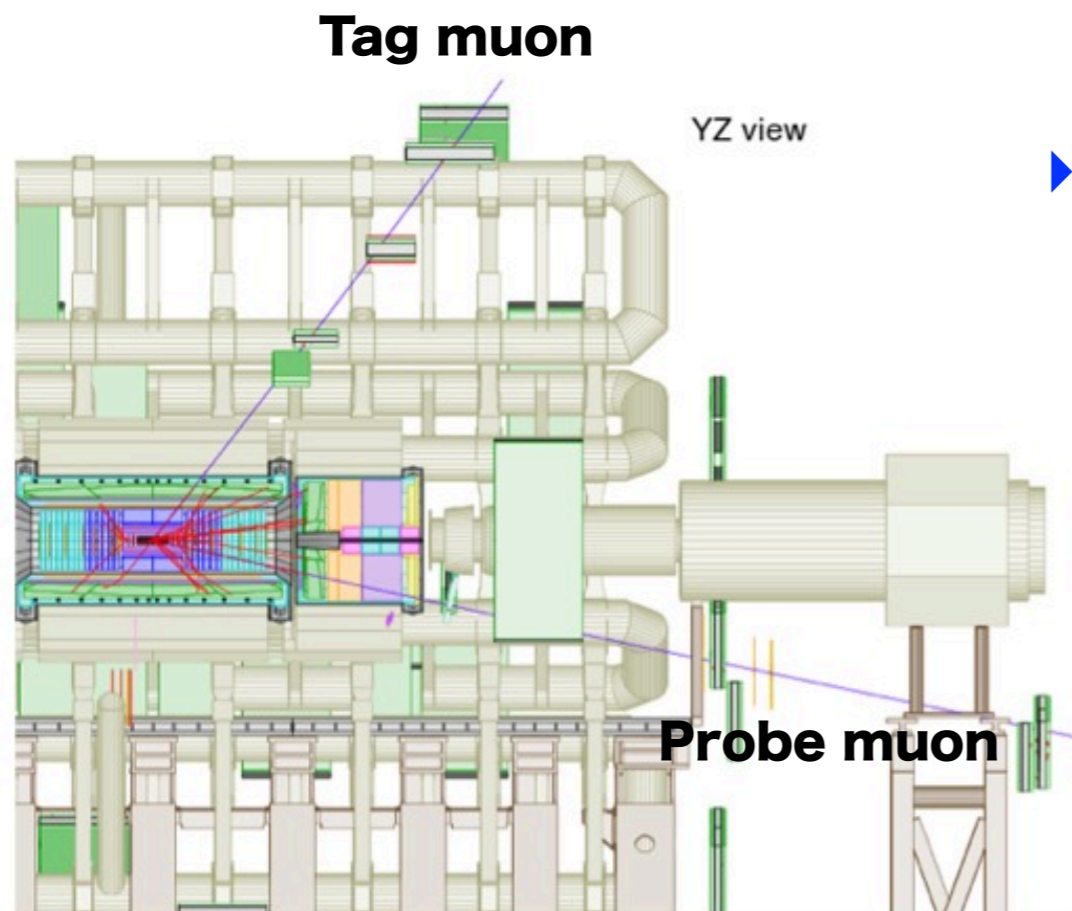
ミュオンを探す → Probe muon

実データによる不変質量分布



▶ Step3

- ▶ Probe muonに対してトリガー効率の測定

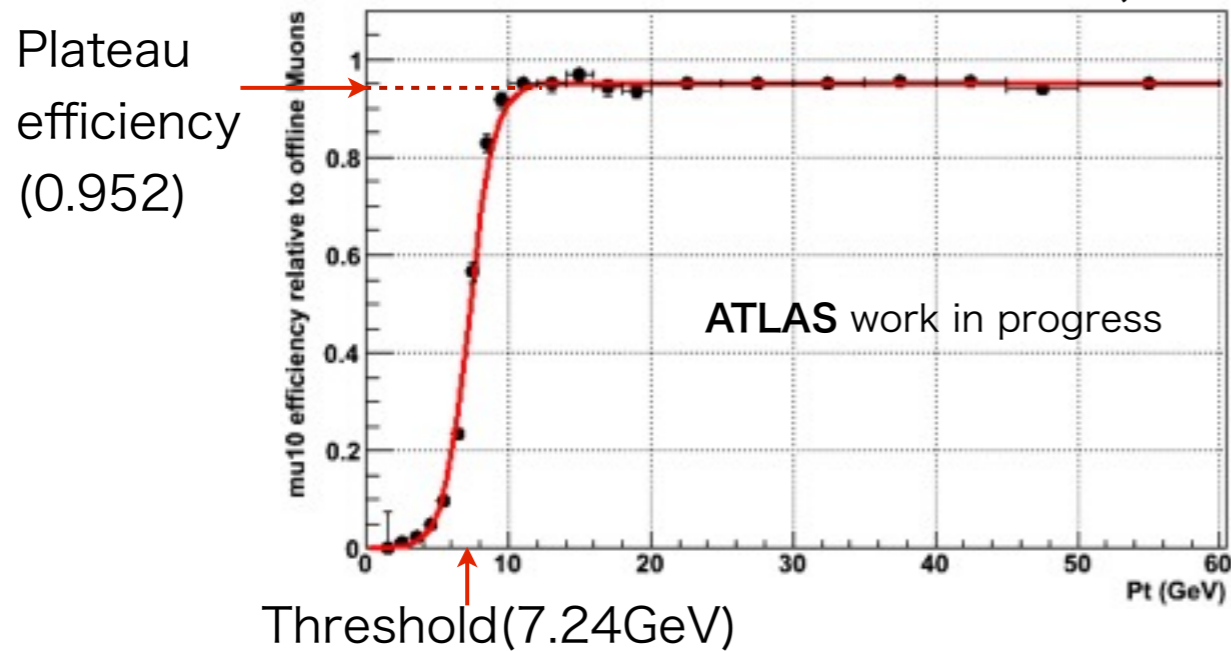


Turn on curve

▶ Turn on curveとは？

- ▶ 横軸を P_T 、縦軸をトリガー効率にとったもの

実データによるTGCのトリガー効率(mu10)

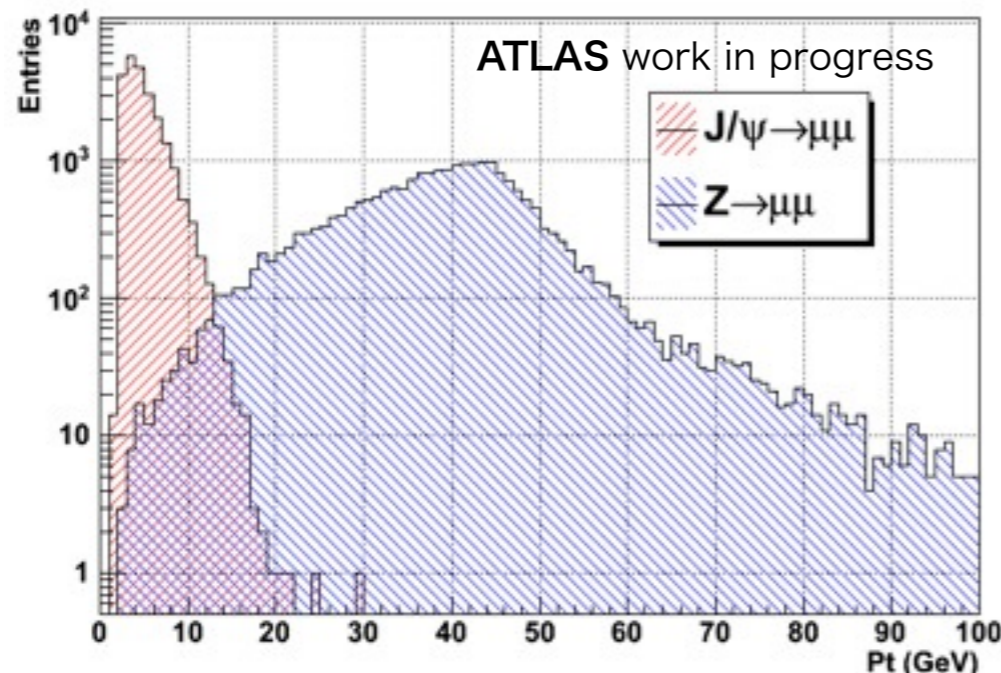


- ▶ Fermi関数によるFitからパラメータを求める

$$f(P_t) = \frac{a}{\exp\left(\frac{-(P_T - b)}{c}\right) + 1}$$

- a : Plateau efficiency
- b : Threshold
- c : Resolution

- ▶ 実データによるProbe muonの P_T 分布



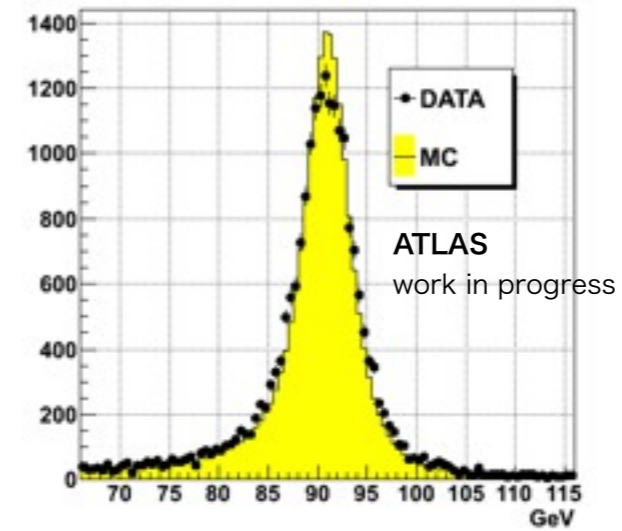
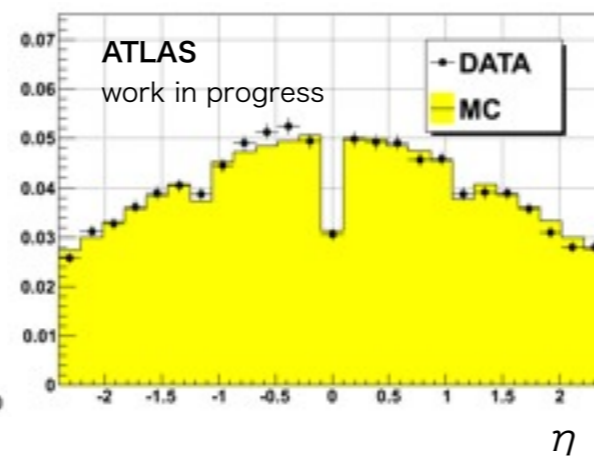
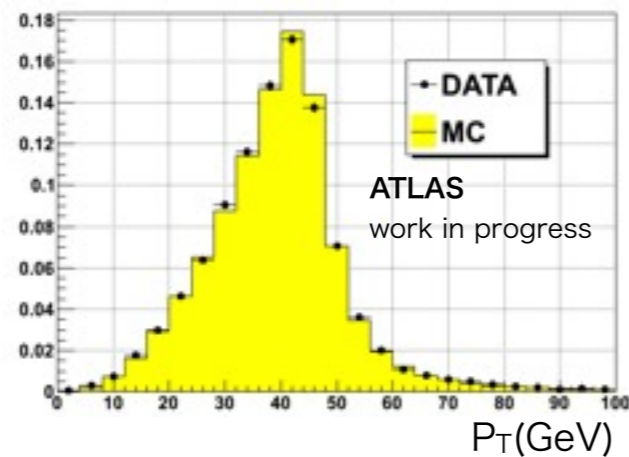
- ▶ $P_T < 10 \text{ GeV}$ ではJ/ ψ 、 $P_T > 10 \text{ GeV}$ ではZによるイベントが支配的
- ▶ トリガーのthreshold付近(mu6, mu10)の効率を見るにはJ/ ψ が有効
- ▶ Plateauでの効率はZが有効

2010年におけるデータ

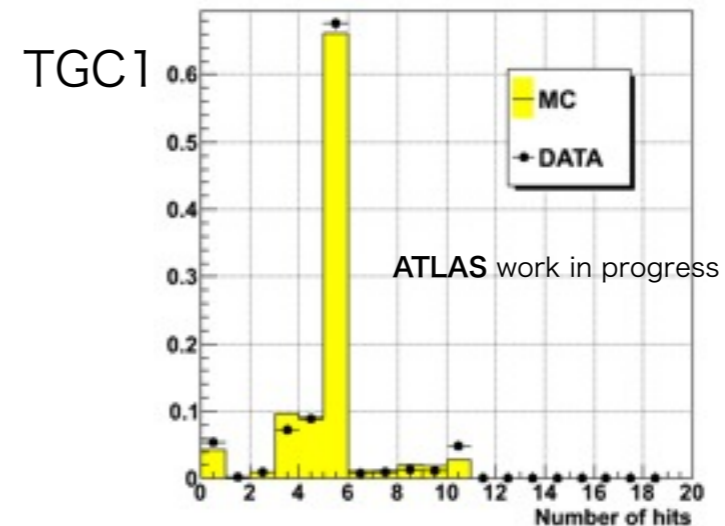
- ▶ トリガー効率の評価に使用したデータは、検出器の調整が終わった後のもの
- ▶ 積分ルミノシティ $\sim 36\text{pb}^{-1}$ (9/26~10/29)

▶ MCシミュレーションサンプル

- ▶ $Z \rightarrow \mu\mu$ によるProbeの P_T , Eta分布とMass分布
- ▶ DATAを概ね再現している

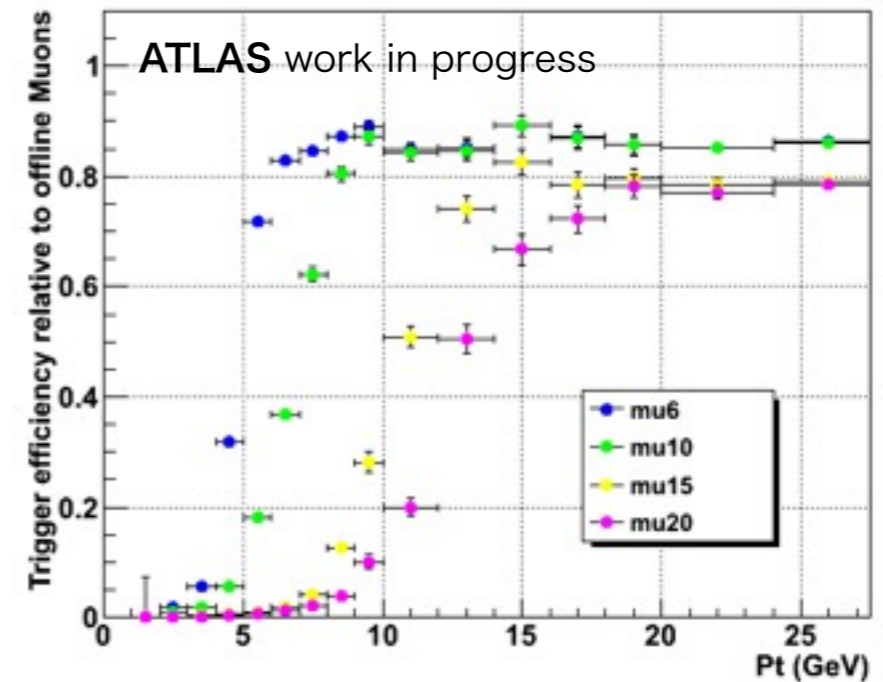


- ▶ チェンバーのヒット効率は2010年初期のデータからチューニングされている



結果

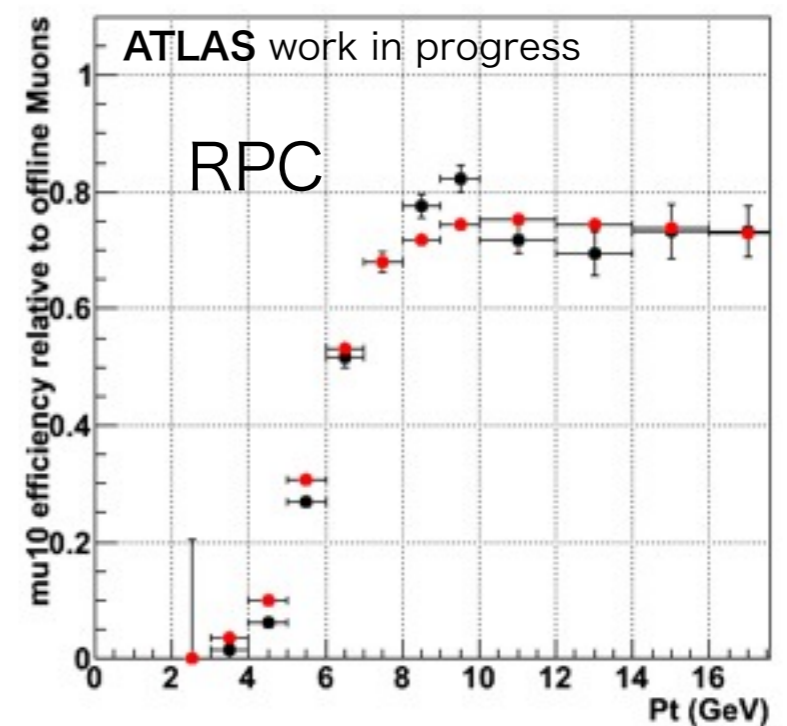
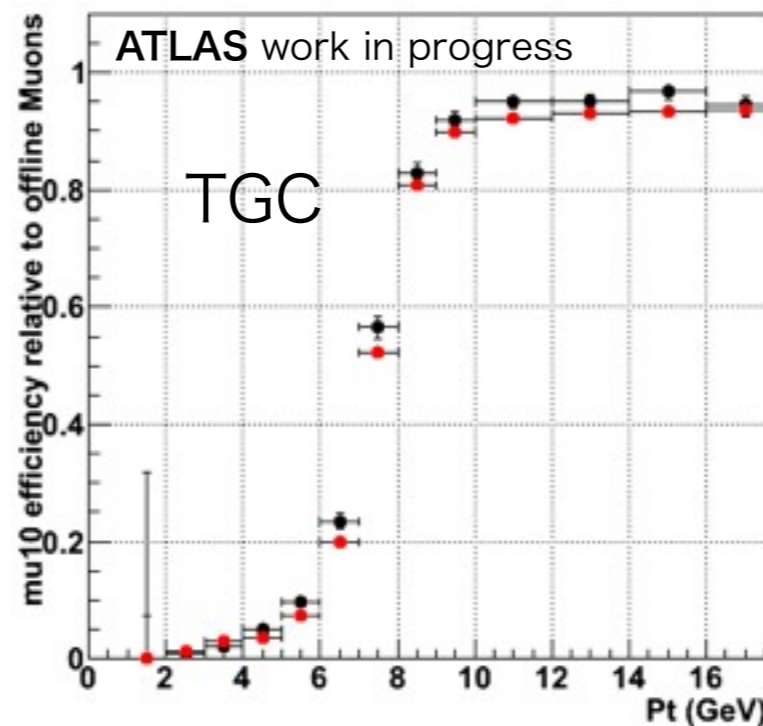
- ▶ 実データによるthreshold付近でのトリガー効率
 - ▶ 各トリガーマニューでthreshold付近できちんと立ち上がりを示している
- ▶ モンテカルロシミュレーションとの比較(mu10)
 - ▶ Fermi関数でのFitからthresholdを計算



TGC	DATA : 7.24 ± 0.04 MC : 7.32 ± 0.01
RPC	DATA : 5.95 ± 0.04 MC : 5.80 ± 0.02

- ▶ 期待通りの立ち上がり

black : DATA
red : $Z \rightarrow \mu\mu$ MC + $J/\psi \rightarrow \mu\mu$ MC

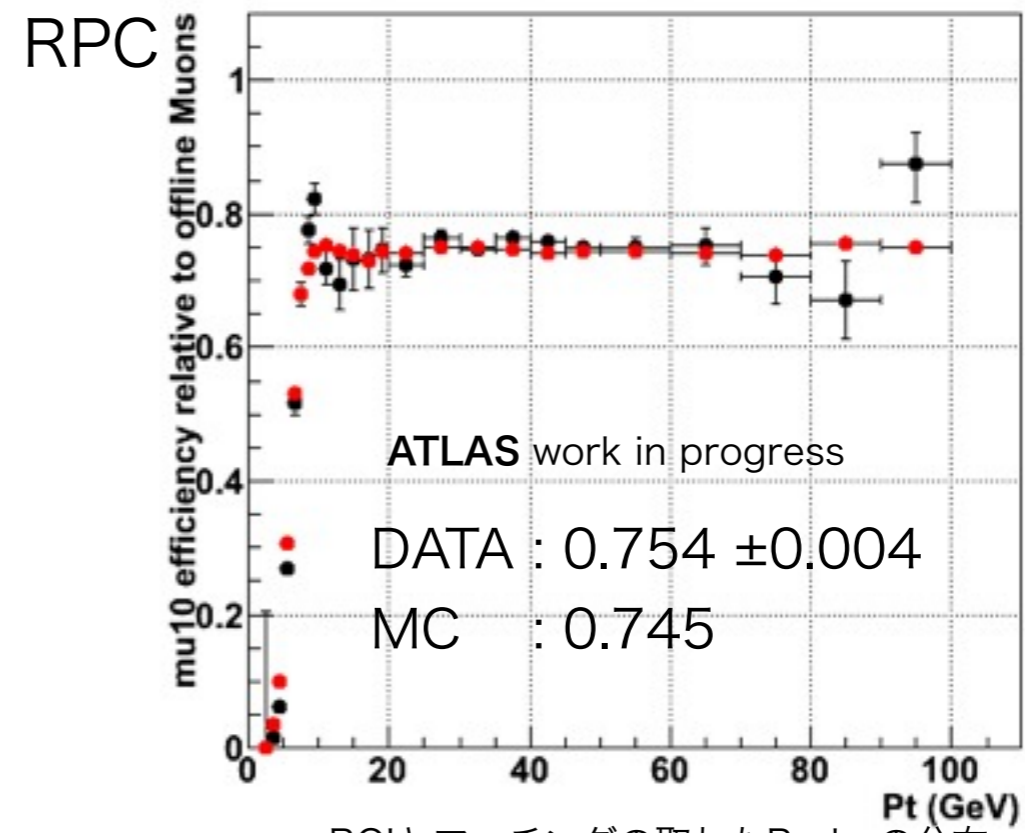
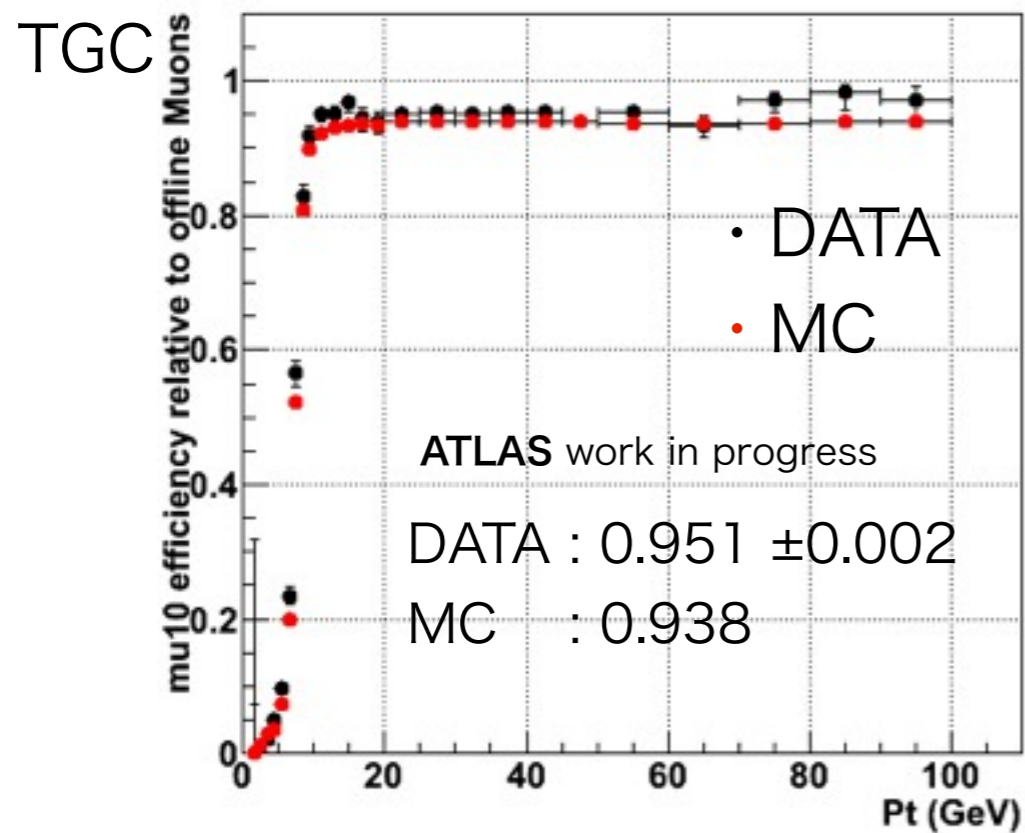


結果

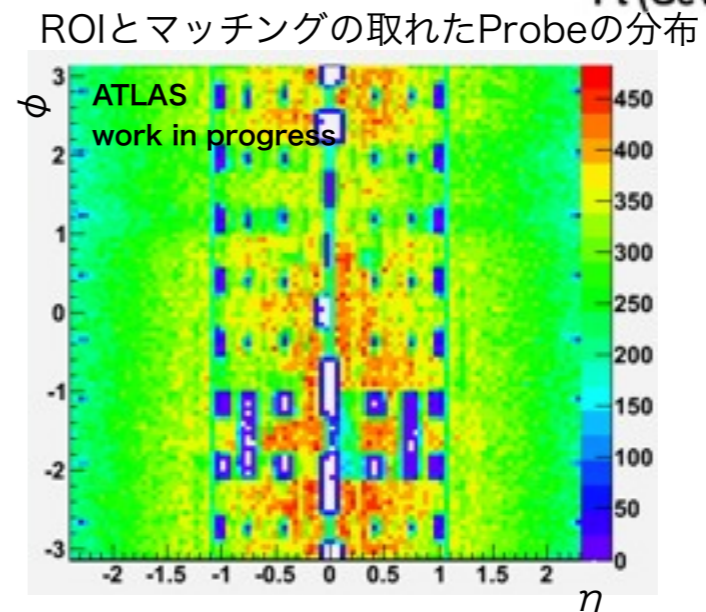
- ▶ Plateau($Pt > 20\text{GeV}$)でのトリガー効率(mu10)

black : DATA

red : $Z \rightarrow \mu\mu$ MC + $J/\psi \rightarrow \mu\mu$ MC



- ▶ RPCのトリガー効率はgeometryから
~80%になる
- ▶ 多重散乱やチェンバーのヒット効率など
から、非効率が生じる

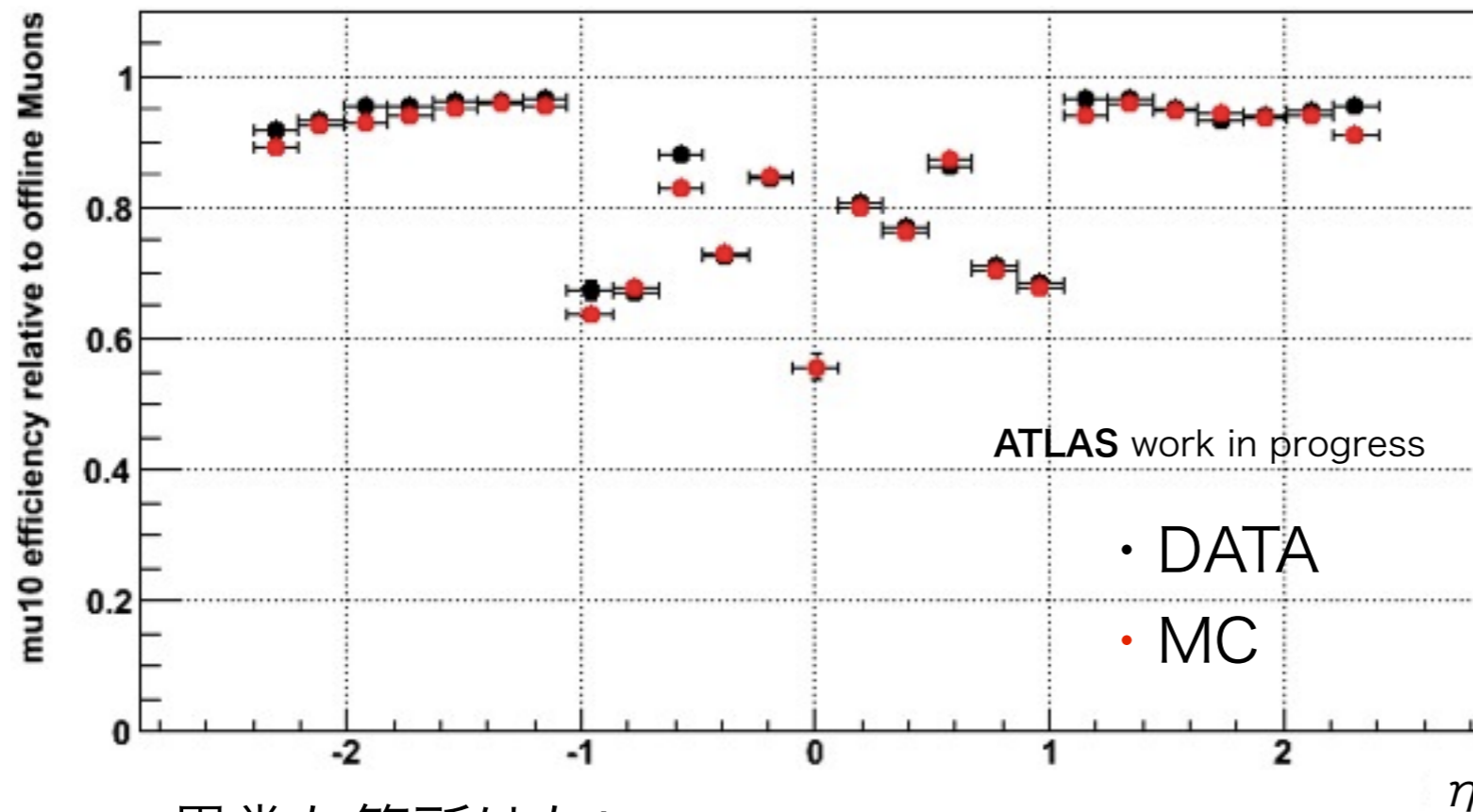


結果

- ▶ Plateau($P_t > 20\text{GeV}$)でのトリガー効率(mu10)の η 分布

black : DATA

red : $Z \rightarrow \mu\mu$ MC



- ▶ 異常な箇所はない

- ▶ DATAの方がMCより~1%程高い傾向にある

→チェンバーのヒット効率を評価する必要がある

まとめと今後

- ▶ Z, J/ψ のダイミュオン崩壊から、バイアスの少ない Tag and Probe 法を用いてレベル1トリガーの効率を算出した
 - ▶ TGC : ~95%, RPC : ~75%
- ▶ モンテカルロシミュレーションとの大きな差異はない
 - 期待通りの性能を発揮している
 - より理解を深めるためにチェンバー単位でヒット効率を評価する