

# ATLAS実験レベル1 ミューオントリ ガーのアップグレード、アルゴリズムと 性能評価



信州大学 高エネルギー物理学研究室 玉川 耕介

---

信州大学： 竹下 徹、長谷川 庸司

KEK： 佐々木 修、鈴木 友

神戸大学： 蔵重 久弥、谷 和俊

九州大学： 織田 勸

京都大学： 石野 雅也、田代 拓也

東京大学： 坂本 宏



# 目次

- ATLAS Trigger DAQ System
  - トリガーレートの現状
- L1エンドキャップミュオントリガーシステム
  - Thin Gas Chamber(TGC)
  - トリガーロジック
  - Sector Logic
- Phase-0 アップグレード
  - L1MU20の現状
  - Small Wheelを用いたトリガー
- 性能評価
  - トリガー効率
  - トリガーレート
- まとめ

# ATLAS Trigger DAQ system

- 高横方向運動量ミュオン  
→物理解析で非常に重要

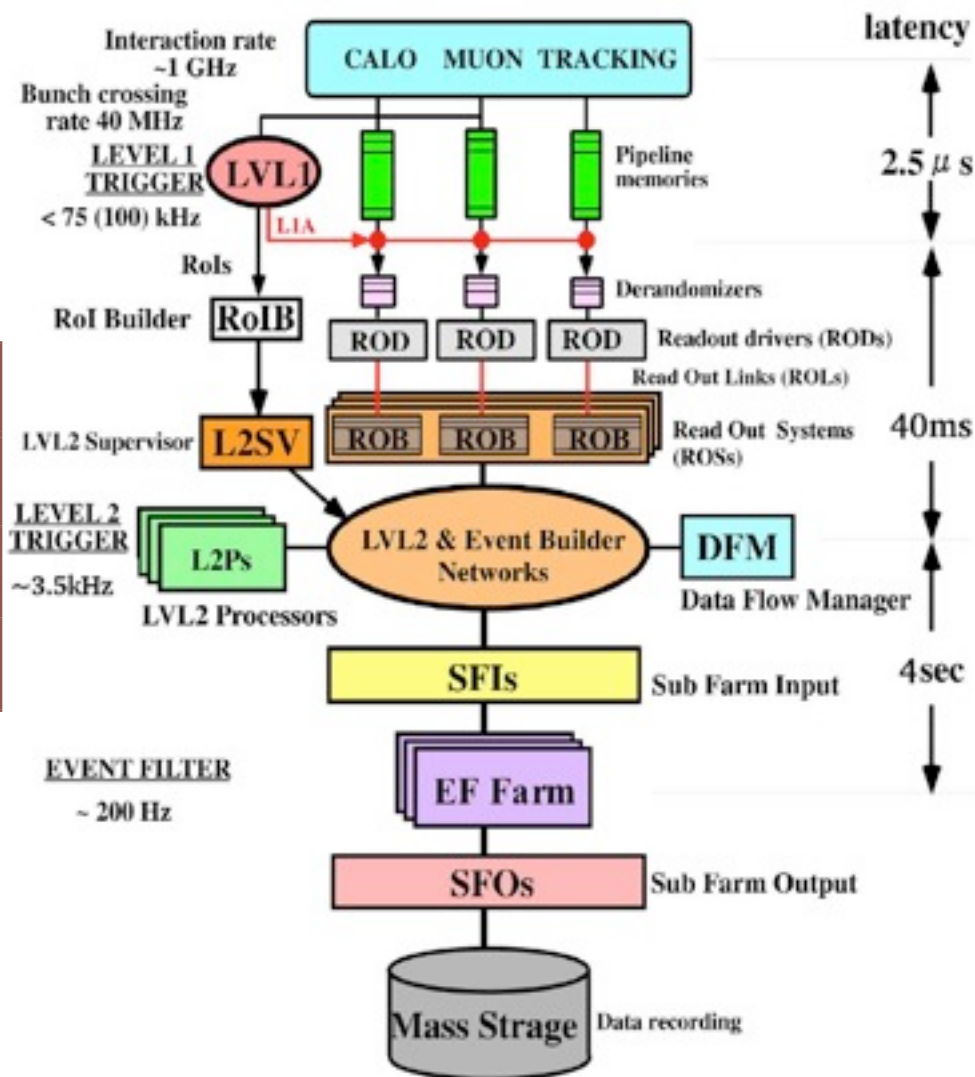
陽子-陽子交差頻度40MHz

今年のデータの取得でのATLAS 全体でのrate

|              |        |
|--------------|--------|
| L1           | 65kHz  |
| L2           | 3.5kHz |
| Event-filter | 200Hz  |

レベル1ミュオントリガーは、全体で75kHz以下に抑える必要。

- レベル1エンドキャップミュオントリガーレートの上限は15kHz



## レベル1エンドキャップミュオン トリガーレートの現状

- 専用のミュオンTrigger検出器
  - バレル部 ( $|\eta| < 1.05$ ): RPC
  - エンドキャップ部 ( $1.05 < |\eta| < 2.4$ ): TGC
- 2015年～17年での予想されるレベル1エンドキャップトリガーレートは11kHz。
- 予想は11kHzだが、実際はよりrateが高くなる可能性がある。
- レートをできる限り落とす必要がある。

|                          | L1 Endcap muon trigger rate [Hz] | Luminosity [ $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ] |
|--------------------------|----------------------------------|--|
| 2012 (8TeV)              | 4.5kHz                           | $0.6 \times 10^{34}$                         |
| 2013 – 2014              | Phase-0 upgrade                  |  |
| 2015 - 2017 (13 - 14TeV) | 11kHz                            | $1 \times 10^{34}$                           |

# L1エンドキャップミュオントリガシステム

## (Thin Gap Chamber (TGC))

- L1エンドキャップミュオントリガーのための検出器

- MWPCの一種

- 2次元読み出し

wire ( $\eta$ 方向) : 1.08~3.6cm

strip ( $\phi$ 方向) : 幅4~8mrad

- Z  $\sim \pm 13$ mにダブレット2層とトリプレット1層

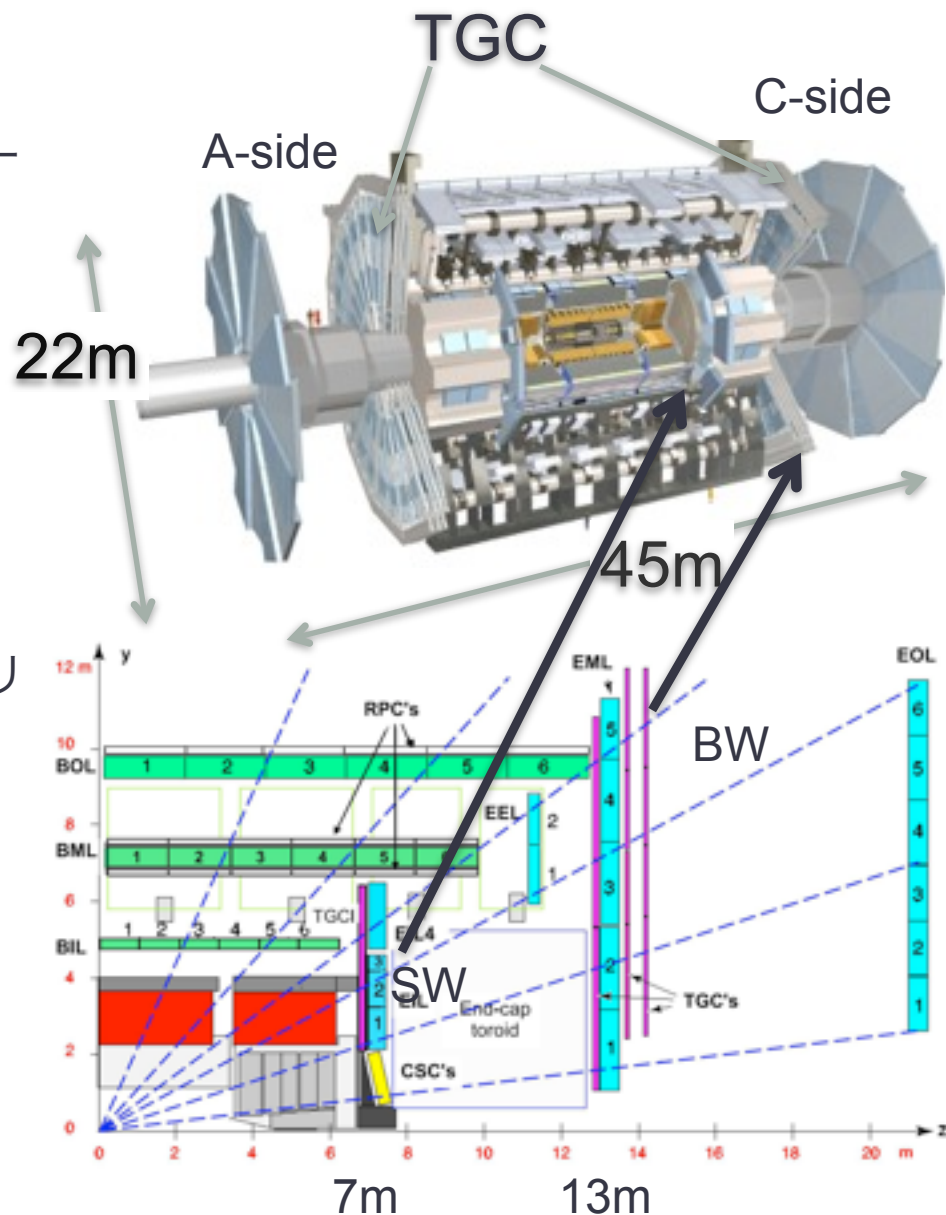
- $1.05 < |\eta| < 2.7$ をカバー

→ **Big Wheel(BW)**

- Z  $\sim \pm 7$ mにダブレット1層

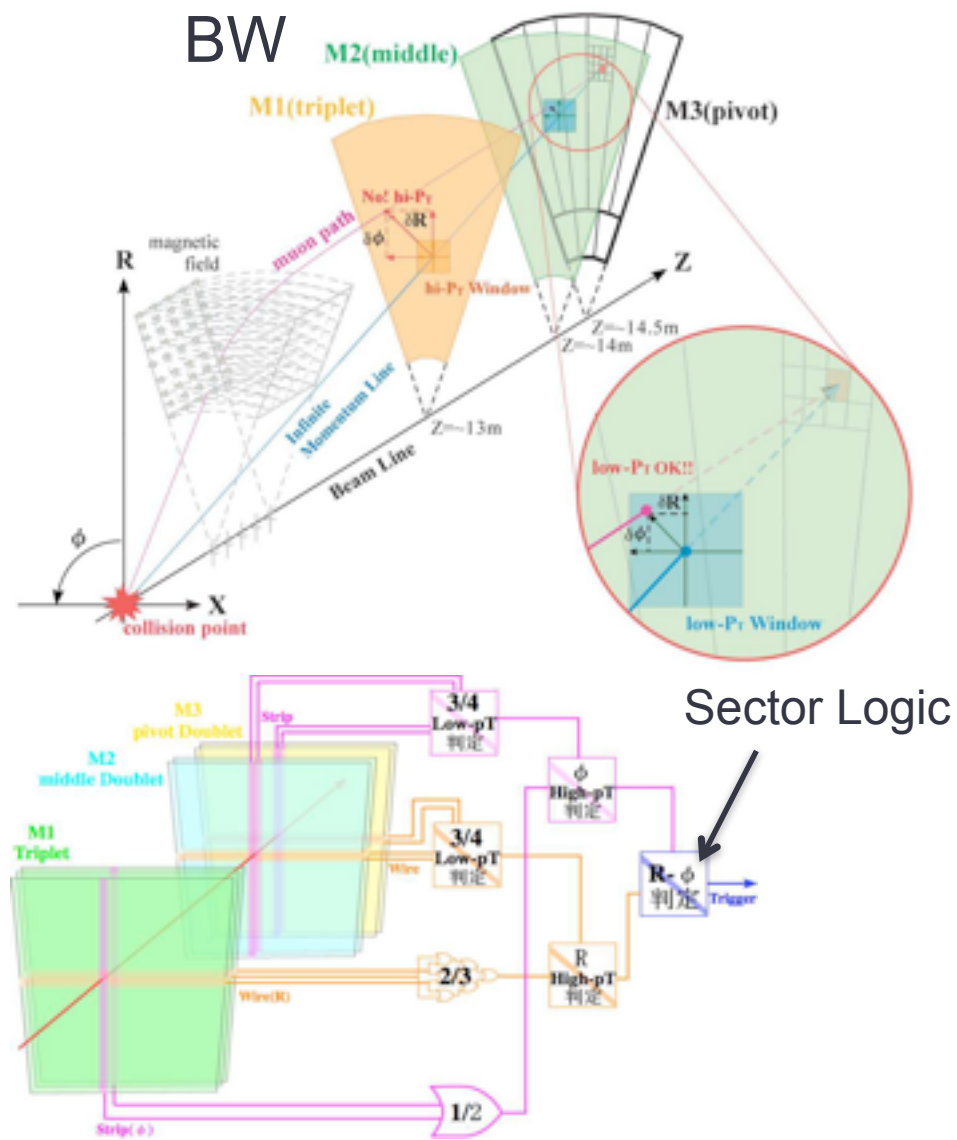
- $1.05 < |\eta| < 1.9$ をカバー

→ **Small Wheel(SW)**



# L1 エンドキャップミュオントリガーシステム (トリガーロジック)

- 現在のレベル1エンドキャップトリガーは、BW (トリプレット1層、ダブルット2層) のみでトリガー判定
  - トリプレット内(2 out of 3)、2ダブルット内(3 out of 4)のlocal coincidenceでノイズを落とす
- トリガー判定
  1. 衝突点から外側のダブルット(pivot)上のヒット点を直線で結ぶ
  2. 1で求めた直線とトリプレットと内側のダブルットでの交点とそのトリプレット、ダブルット上のヒット点の差を、 $\eta$ 方向、 $\phi$ 方向別々に求める。
  3. Sector Logicにより、 $\eta$ 方向、 $\phi$ 方向の差を使って、ルックアップテーブル (LUT)により、トリガー判定を行い、 $p_T$ レベルに応じたトリガーを出力



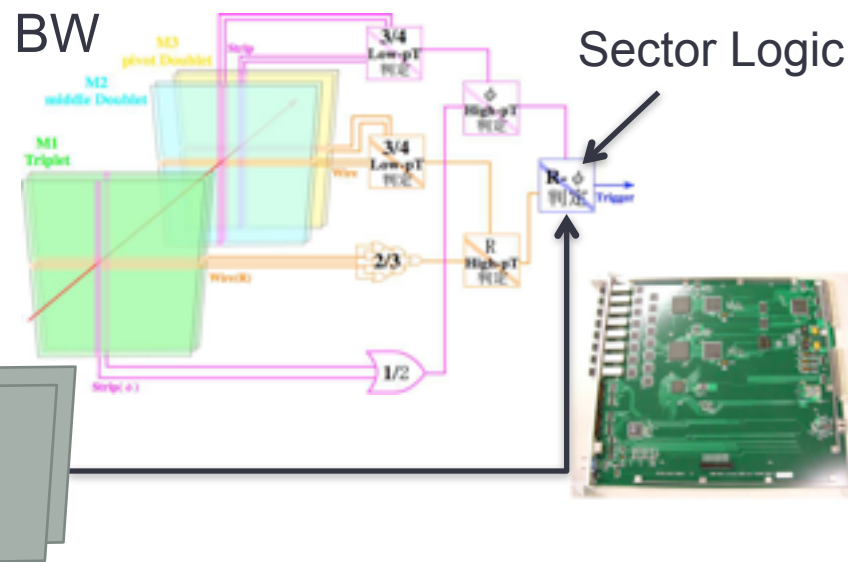
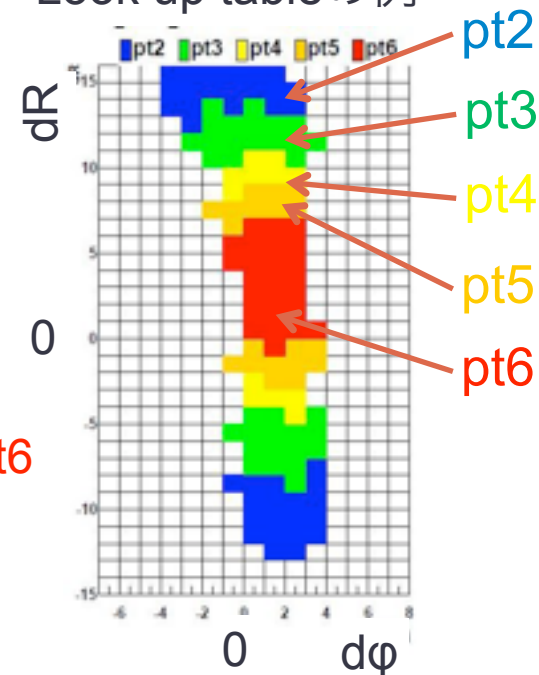
# L1 エンドキャップミュオントリガー システム (Sector Logic)

- R ( $\eta$ ) 方向のずれ(dR)、 $\phi$ 方向のずれ(d $\phi$ )を組み合わせ、LUTを用いてトリガー判定を行う。
- レベル1ミュオントリガーをpT情報 (6段階) を付加して出力する。
- 2013-14年のシャットダウン中にSWとBWのcoincidenceを取ることができるようアップグレードを行う。
- (phase-0 upgrade)

トリガーレベル

$$pt2 < pt3 < pt4 < pt5 < pt6$$

Look up tableの例

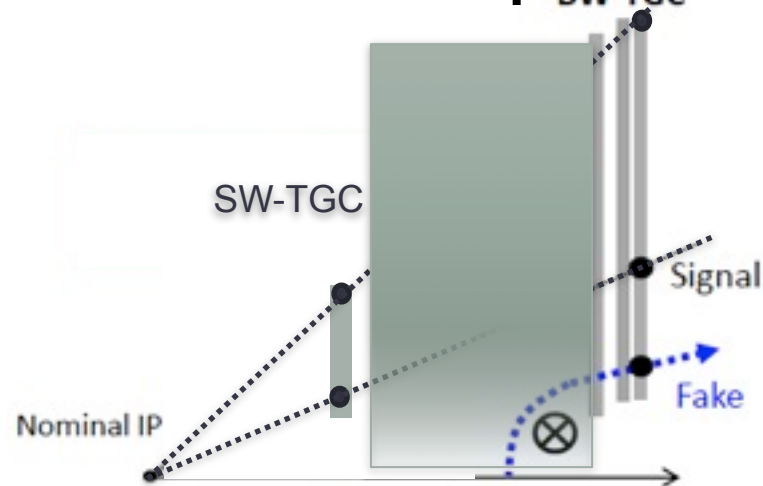
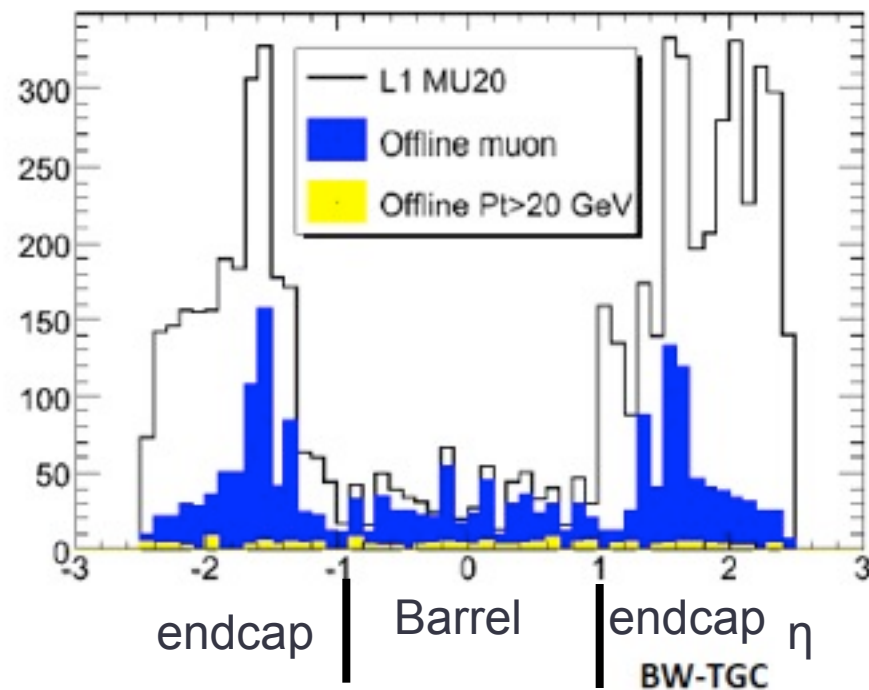




# Phase-0 Upgrade (L1 MU20トリガーの現状)

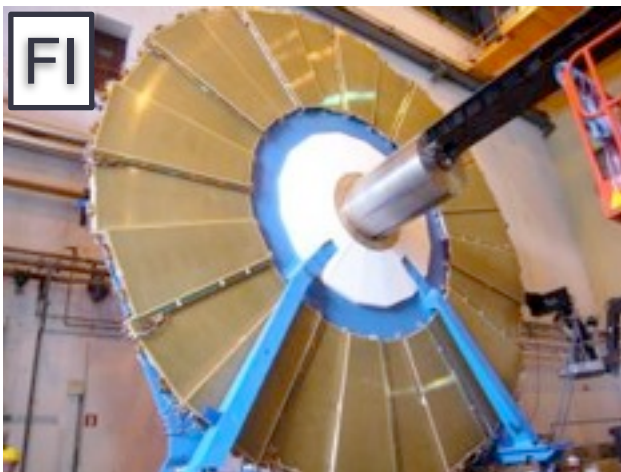
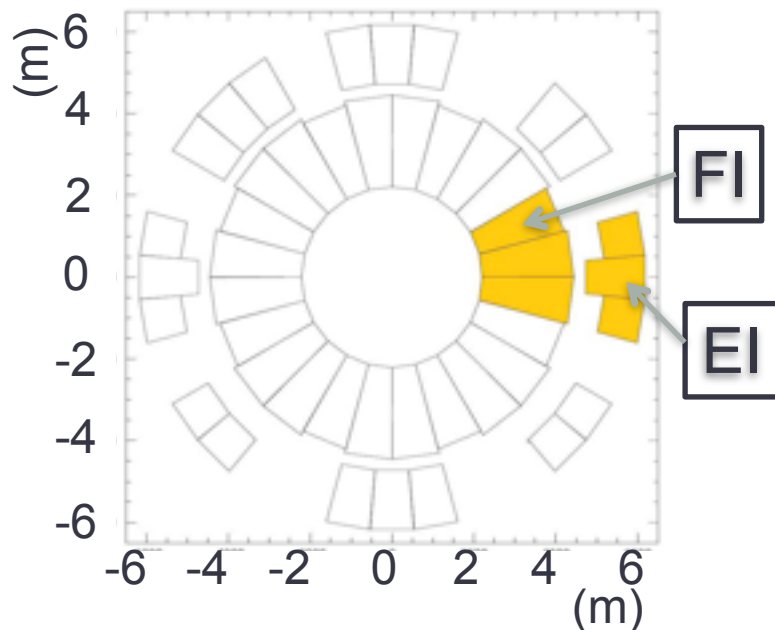
- L1 MU20
  - $p_T > 20\text{GeV}$ の閾値のレベル1 ミューオントリガー
- バレル部は、大部分が本物のミューオン (ただし、 $p_T < 20\text{GeV}$ のミューオンが大部分)
- エンドキャップ部は、20GeV以上のミューオンが2%、残りの98%が20GeV以下のミューオンまたはfakeによる。
  - Fakeはシールドから発生する2次粒子が主な原因で、現行のシステムでは取り除けない。
- 20GeV以下のミューオンやfakeによるトリガーを取り除く方法
  - SWのヒット情報と、BWのトリガー情報をSector logicでcoincidenceをとる (Phase-0 アップグレード)。

2011年データ (ATLAS work in progress)





# Phase-0 Upgrade



## (Small Wheelの構造)

- BWのR- $\phi$ に対して、 $\eta < |1.9|$ の領域の約90%をカバーする。
- $1.9 < |\eta| < 2.4$ の領域はカバーしていない  
→ レートを落とすためSWでのヒットを要求できない。
- TGCの基本構造はダブレットで2次元読み出し
- EIはトロイド電磁石などのため、チェンバーのない部分がある
- レートを落とすために、BWでのトリガー位置に対応する位置のSW (EI/FI) にwireとstripの両方のヒットを要求

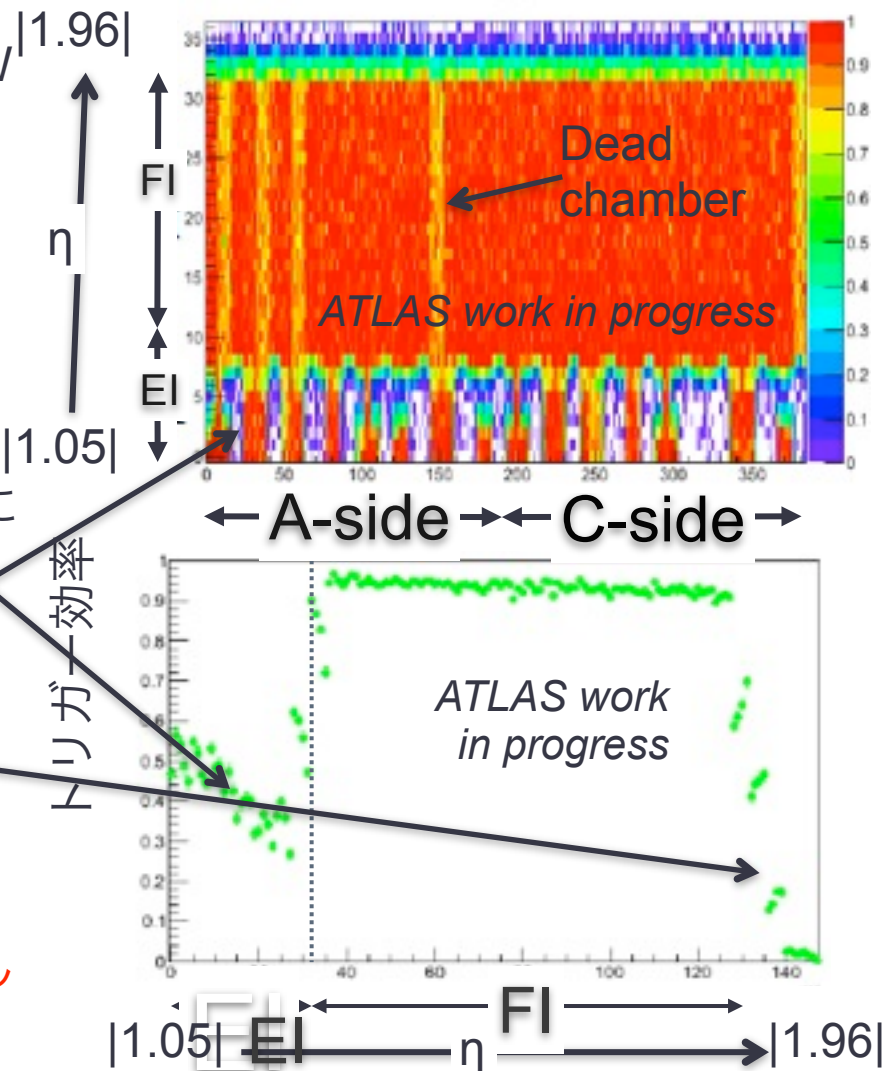
# 性能評価 (トリガー効率)

- シミュレーションにより、 $pT=20\text{GeV}$ の Single muonを1.5Mイベント生成し、SWでのヒット情報を使用した場合のトリガー効率を評価

- トリガー効率: 
$$\frac{L1MU20 \ \&\& \ SW}{L1MU20}$$

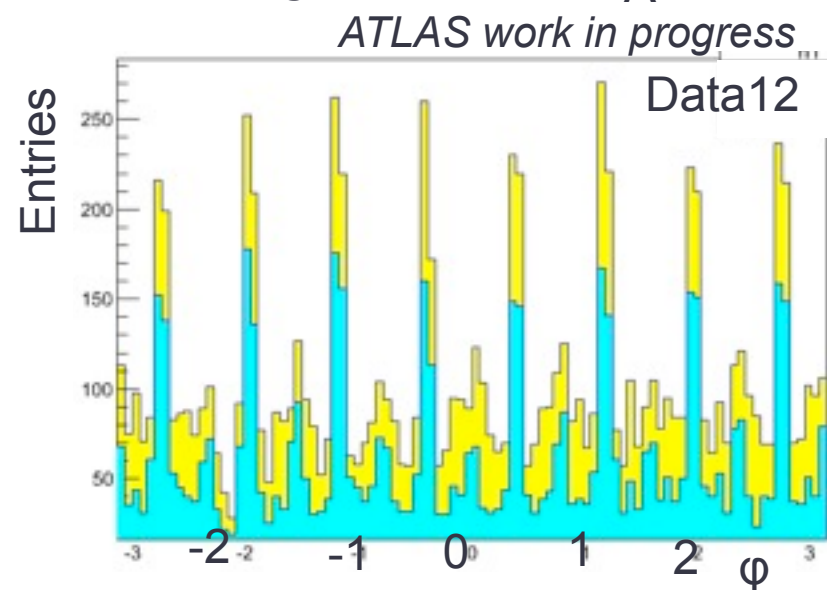
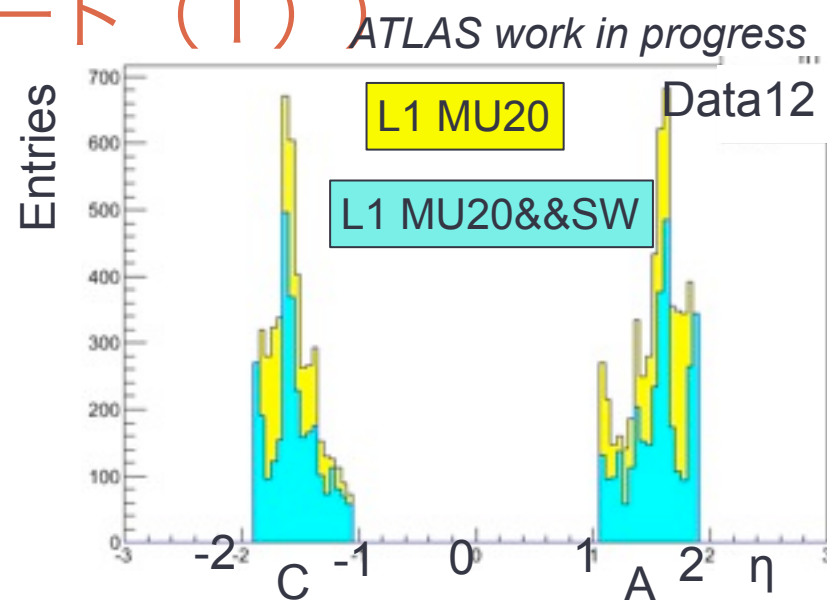
- FI領域の低下は、現在のATLAS測定器でのdead-chamberをシミュレーションに取り入れたためである。
- EI領域で効率の低下は、TGCがないことによる。
- $|\eta| > 1.96$ の領域はSWがカバーしていないで効率が落ちている。
- 90%以上のefficiencyのTriggerの条件として使う

$pT=20\text{GeV}$  トリガー効率



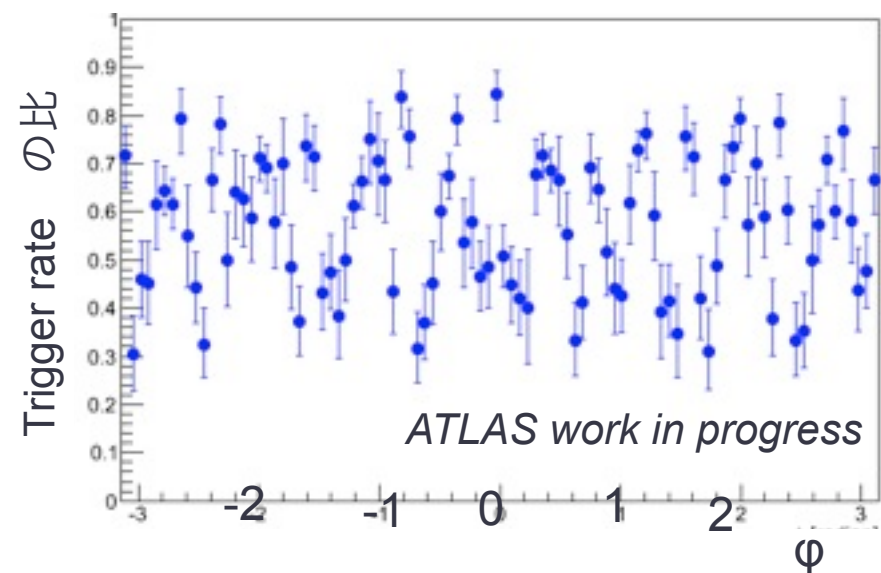
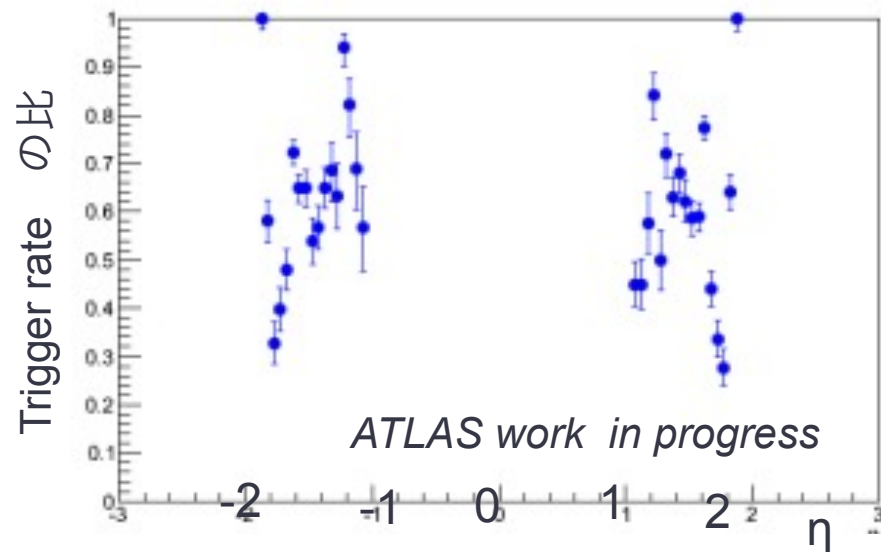
# 性能評価 (トリガーレート (1))

- 2012年4月～5月に収集したデータを解析
- トリガー条件  $dr^2 = d\eta^2 + d\phi^2$ 
  - BW上のトリガー位置に対応するSWの位置から  $|dr| < 0.2$  にヒットがある場合にトリガーを出す。(offlineで解析)
  - SWのヒットを要求したとき、トリガー効率 $\epsilon$ が90%以上の領域のみを使用。
- $\eta$ に対してTrigger レートが一様でない。
  - $\rightarrow p_T$  が小さいミュオンが減少している。
- 8回対称の磁場のため、レートが多い部分と少ない部分がみられる。
- L1MU20より、レートが  $27 \pm 14\%$  低下



# 性能評価 (トリガーレート (2))

- レートの減少の度合は位置の依存性がある。→チェンバーが一様な性能を持っていないから
  - 減少大きい:  $|\eta| \sim 1.8$
  - 減少小さい:  $|\eta| \sim 1.2$
- SWでのcoincidenceの条件 (場所によらず  $|dr| < 0.2$ ) を、場所に応じて調整することで、レートを減少させられる。



# まとめ

- 現在のATLASレベル1エンドキャップミュオントリガーは、2013-14年のシャットダウン後、ルミノシティが $10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ になったとき、予想レート(11kHz)は要請される上限(15kHz)に近づく。
  - L1MU20では、現在のトリガースキーム(BWのみ)では、閾値以下のミュオンとfakeが98%を占める。  
→ 効率は下げずにレートを下げる方策が必要
- BWのトリガー情報とSWのヒット情報を使用してのレートがどれだけ減少するかを調べた(Phase-0 アップグレード)。
  - トリガー条件: 1) トリガー効率が90%以上の領域のみ使用、2) BWのトリガー位置に対応するSWの位置から $|dr| < 0.2$ の範囲にヒットを要求
- レートは **27±14%**低下することを確認した。

## 今後

- SWのヒット位置とcoincidenceを取る場合のヒットの条件 ( $|dr|$ に課す条件)を場所に対して最適化する。

# Back up

## Trigger rate using input values

Data points shown for every 6th LB period

