

# 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

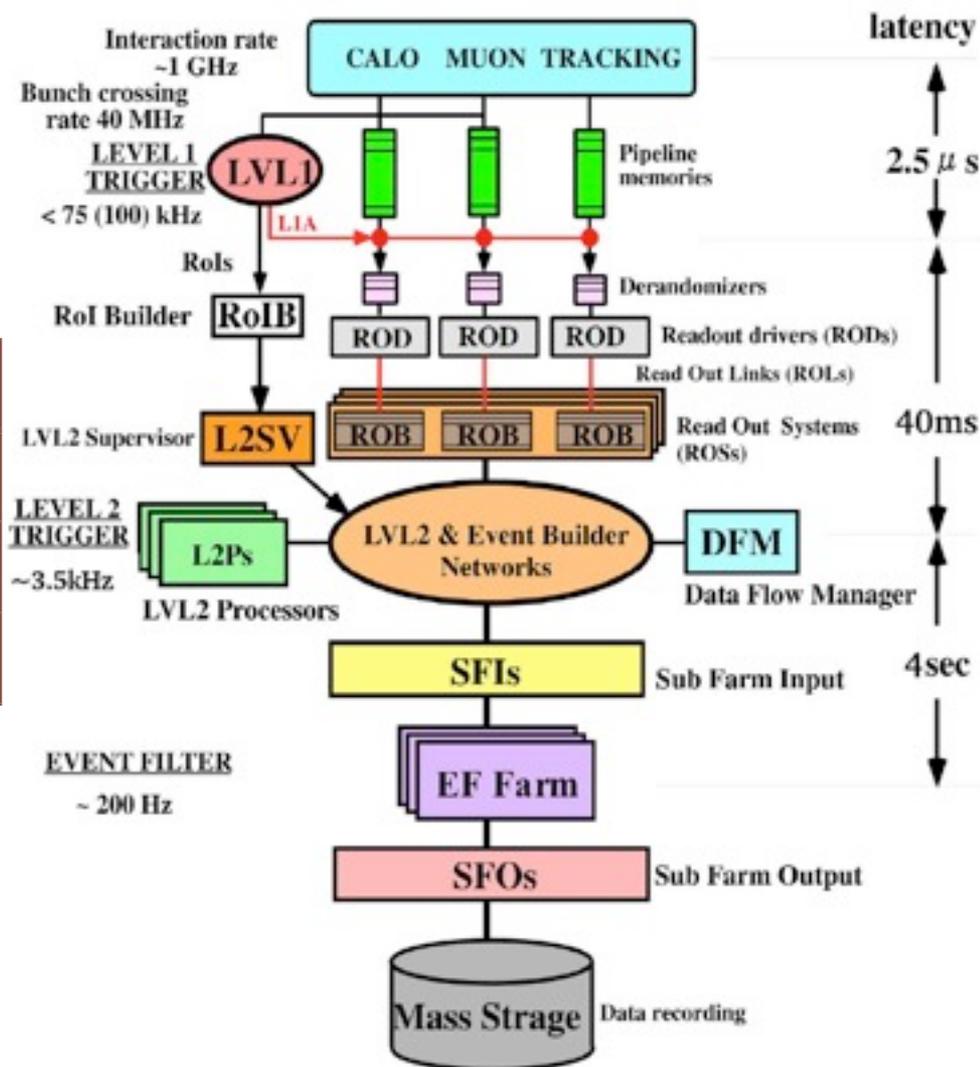
陽子-陽子交差頻度40MHz

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

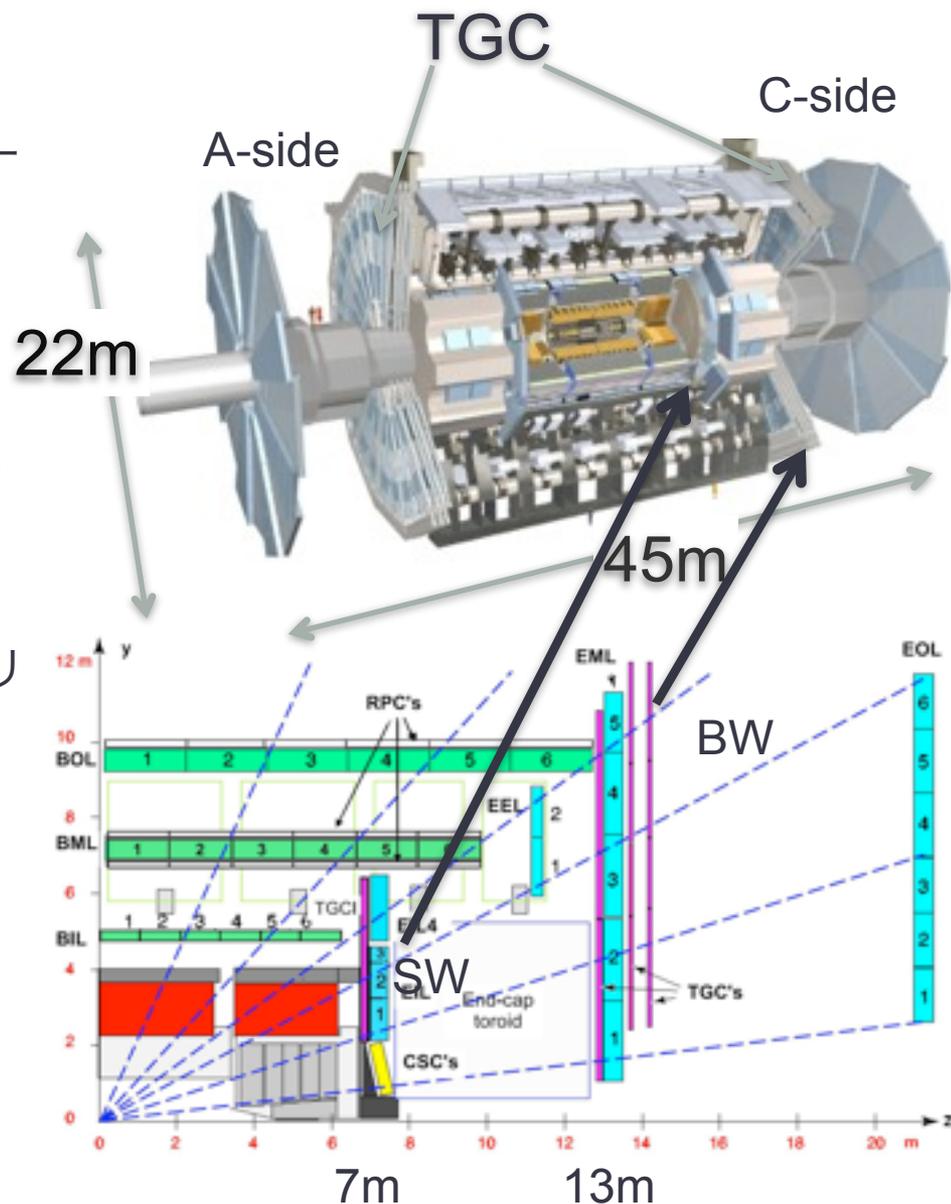
- 1.05 <  $|\eta|$  < 2.7をカバー

→ **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)**





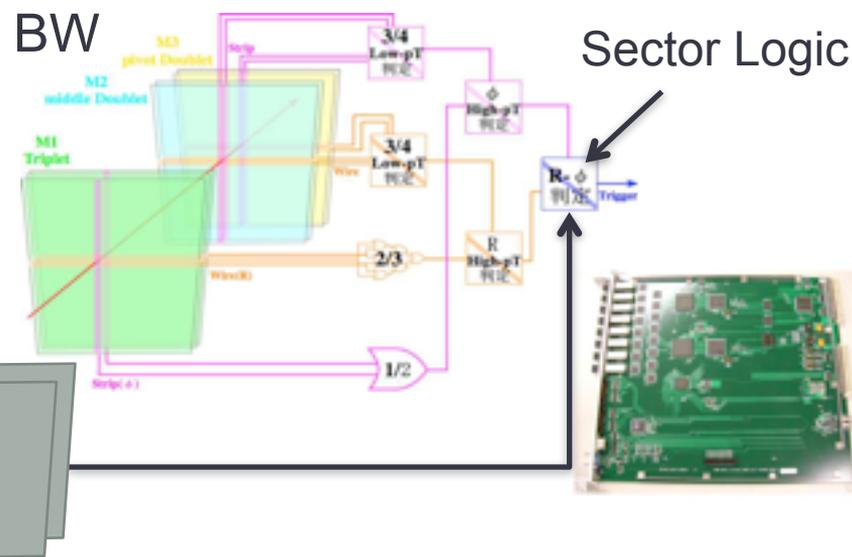
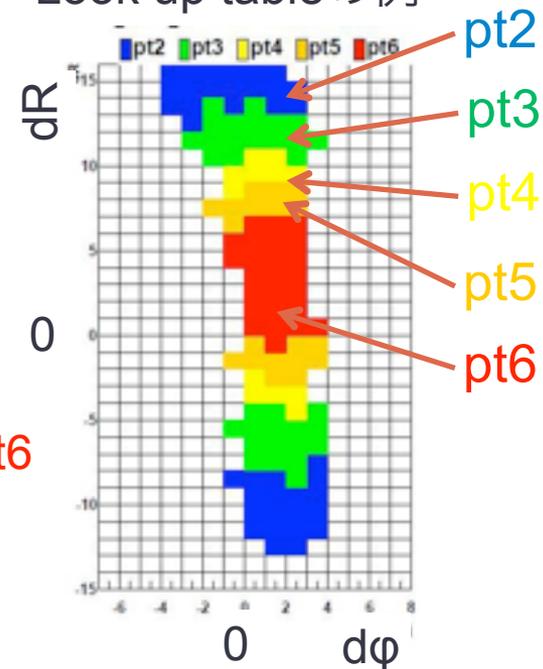
## L1 エンドキャップミュオントリガーシステム (Sector Logic)

- 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

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

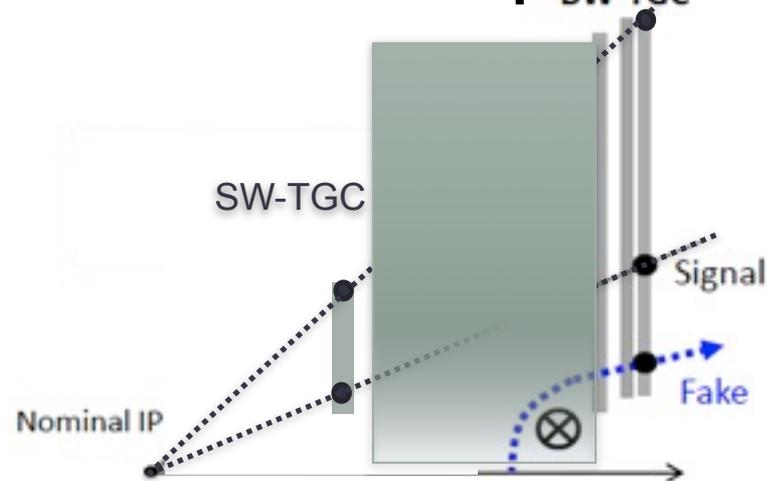
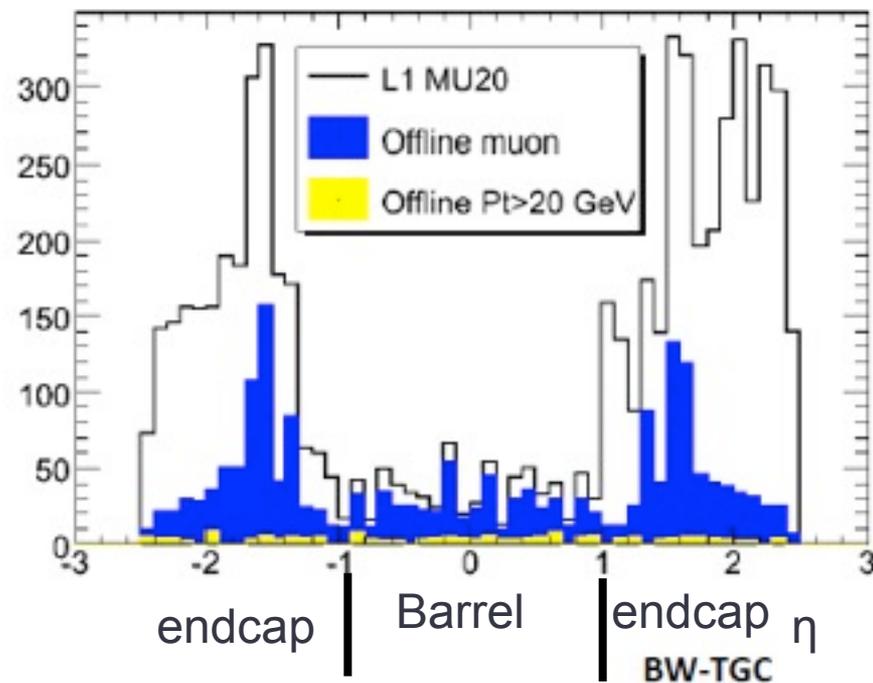
Look up tableの例



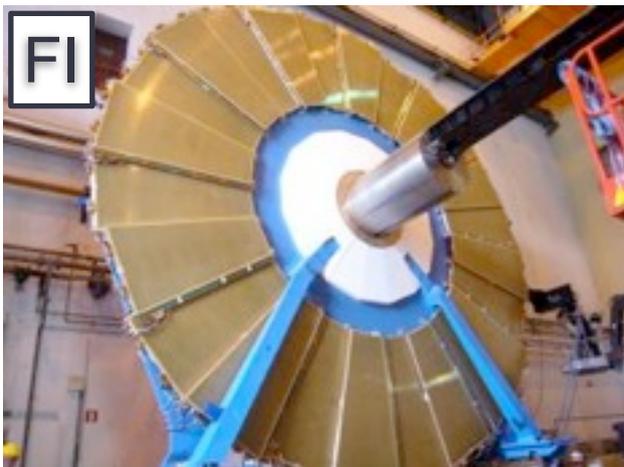
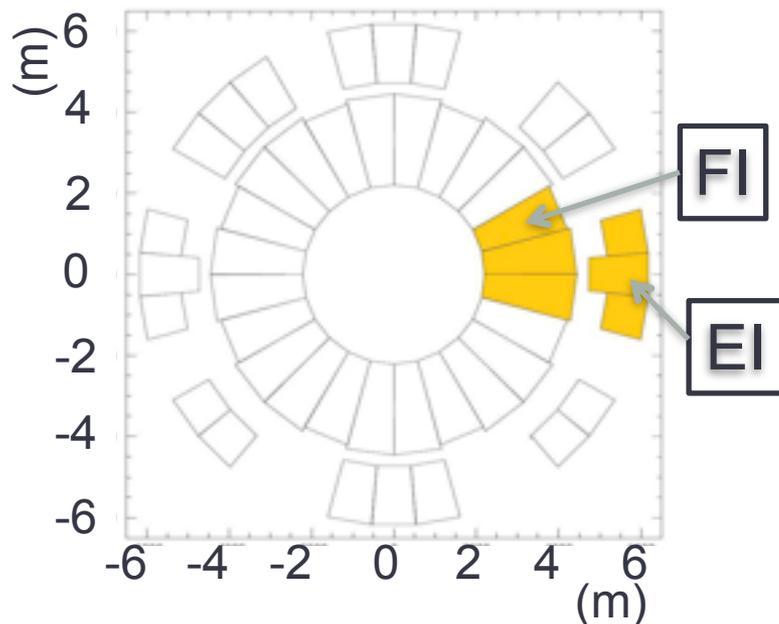
# Phase-0 Upgrade (L1 MU20トリガーの現状)

- 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オン (ただし、 $p_T < 20\text{GeV}$ のミュオンが大部分)
- エンドキャップ部は、20GeV以上のミュオンが2%、残りの98%が20GeV以下のミュオンまたは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

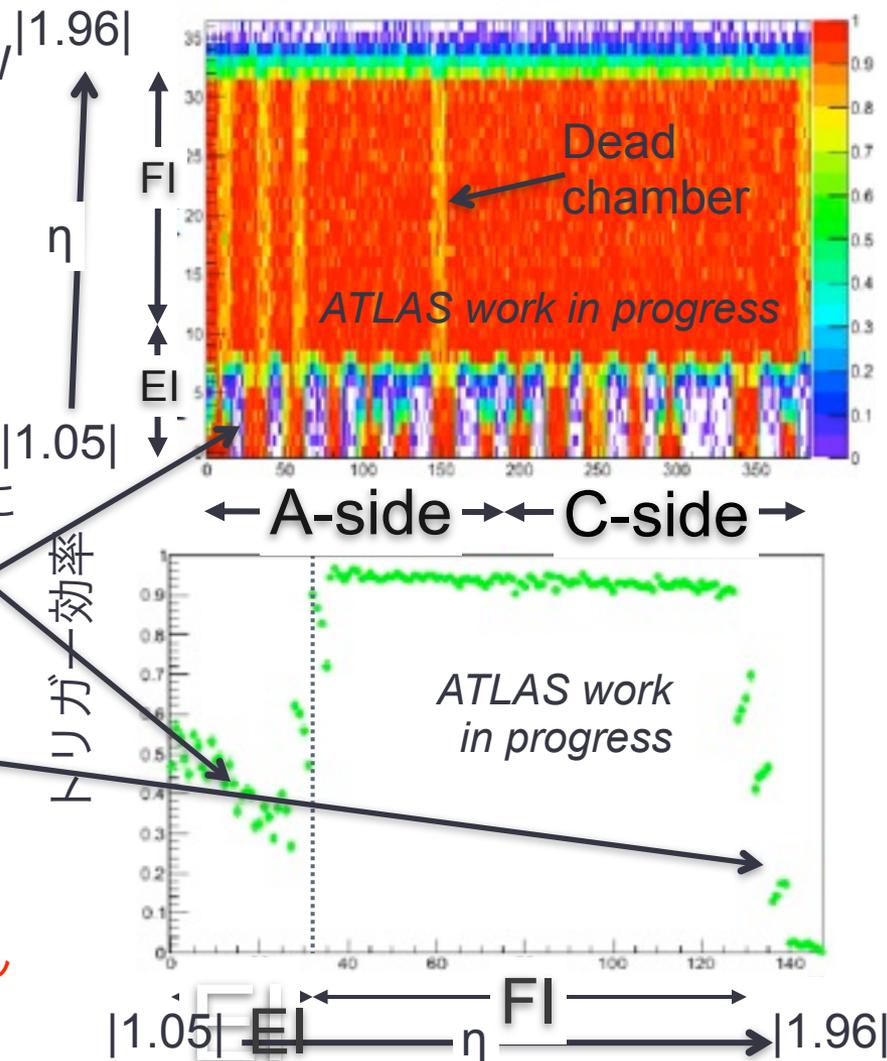
# 性能評価 (トリガー効率)

- 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: 
$$\frac{L1MU20 \ \&\& \ SW}{L1MU20}$$

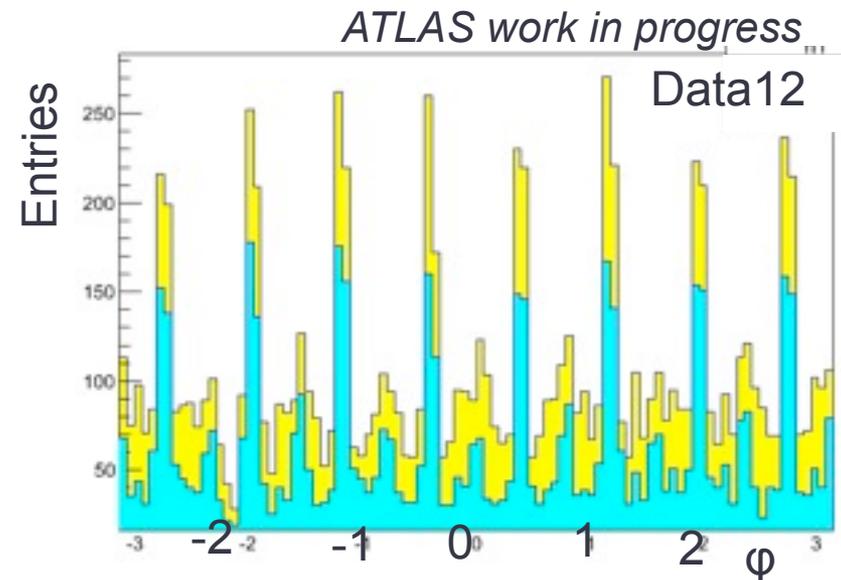
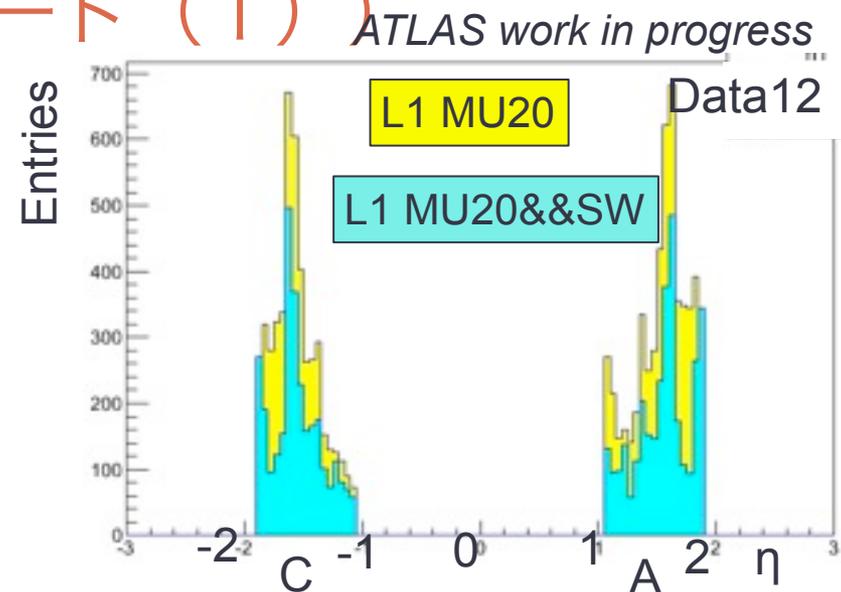
- FI領域の低下は、現在のATLAS測定器でのdead-chamberをシミュレーションに取り入れたためである。
- EI領域で効率の低下は、TGCがないことによる。
- $|\eta| > 1.96$ の領域はSWがカバーしていないで効率が落ちている。
- 90%以上のefficiencyのTriggerの条件として使う

$pT=20\text{GeV}$  トリガー効率



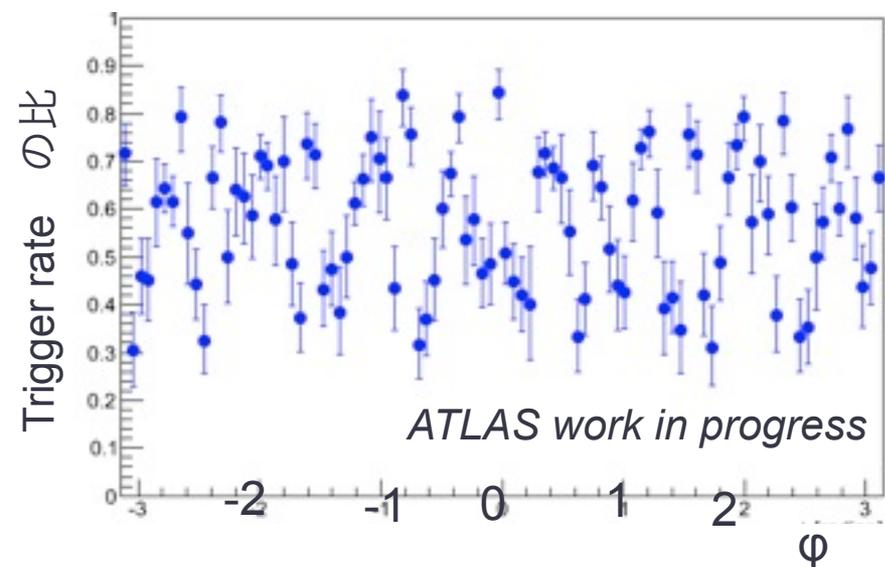
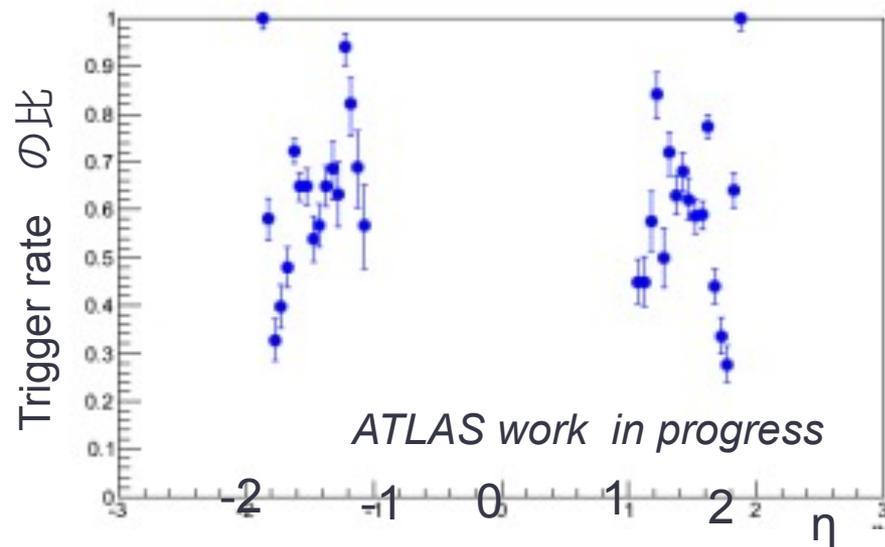
# 性能評価 (トリガーレート (1))

- 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))

- レートの減少の割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

