

LHC-ATLAS 実験における ハドロンカロリメーターを用いた ミューオントリガーの改良

救仁郷拓人, 石野 雅也, 隅田 土詞, 田代 拓也,
蔵重 久弥^A, 長谷川 誠^A, 矢力部 遼太^A, 佐々木 修^B
他 ATLAS 日本 TGC グループ
京大, 神戸大^A, KEK^B

3/29/ 2014

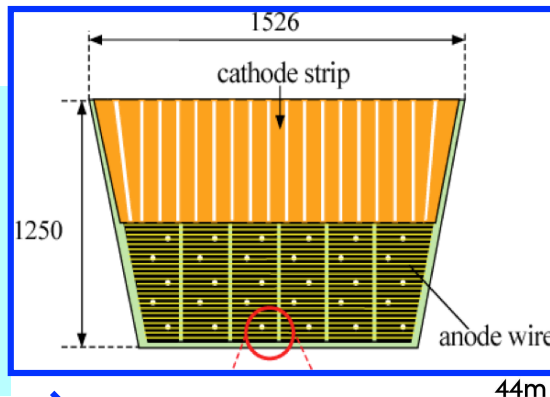
TGC, Tile カロリメータ

TGC (Thin Gap Chamber)

- MWPC の 2 次元読み出し
- ミドルTGC 7 層 + インナーTGC 2 層
- ミドル TGC で p_T を計り、高い p_T の μ に対してトリガーを出力

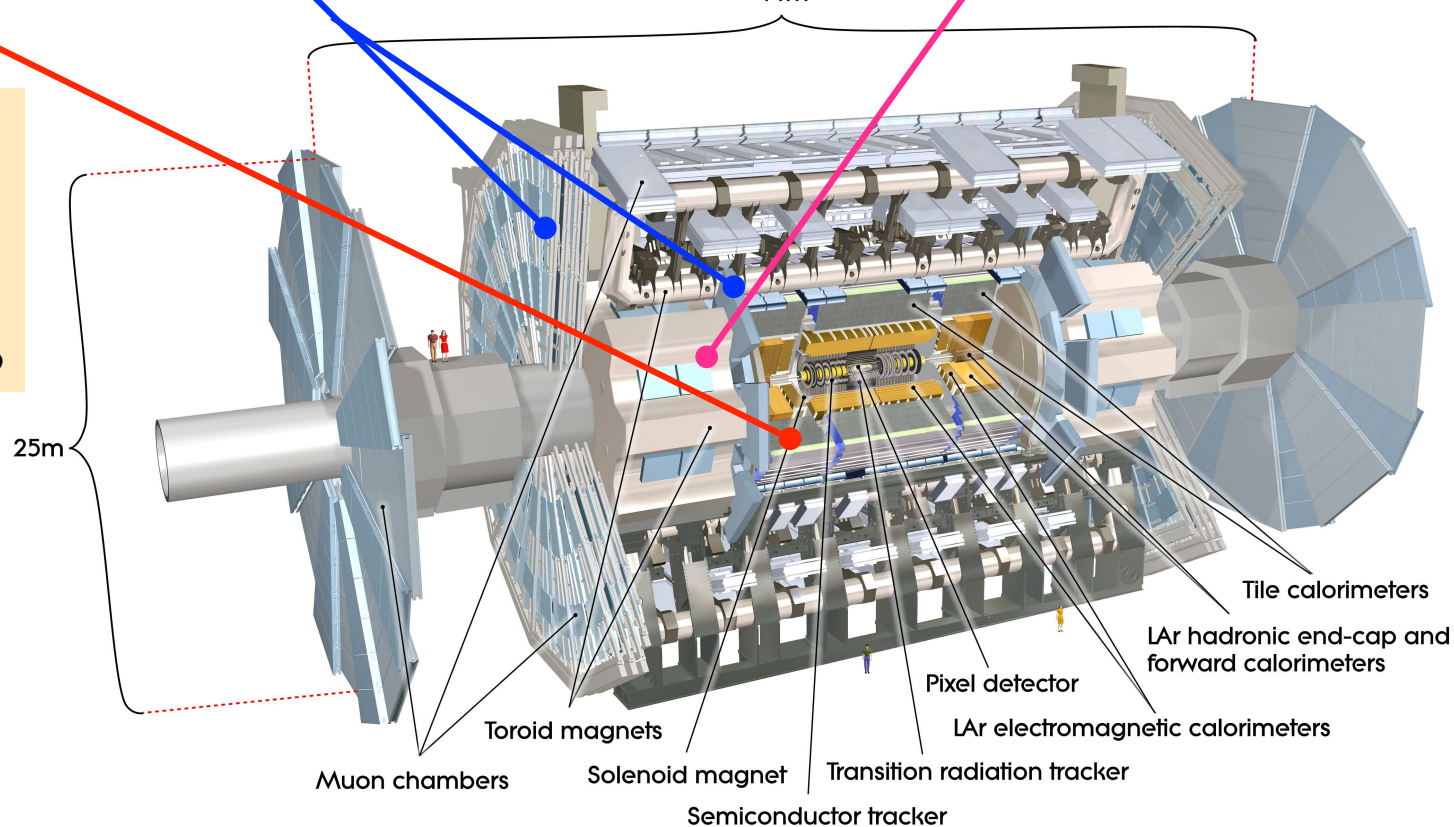
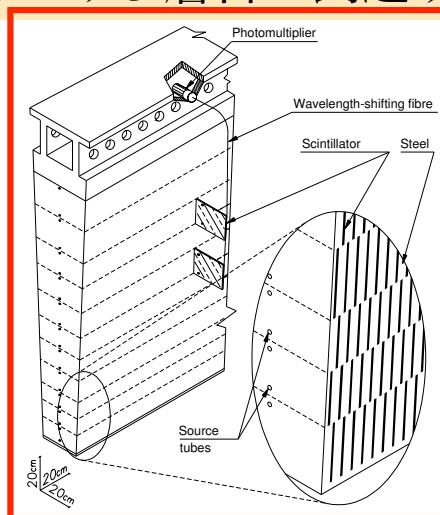
Tile カロリメータ

- 鉄とシンチレータのサンドイッチ構造
- 奥行き方向に 3 層。
 μ のみ 3 層目に到達する



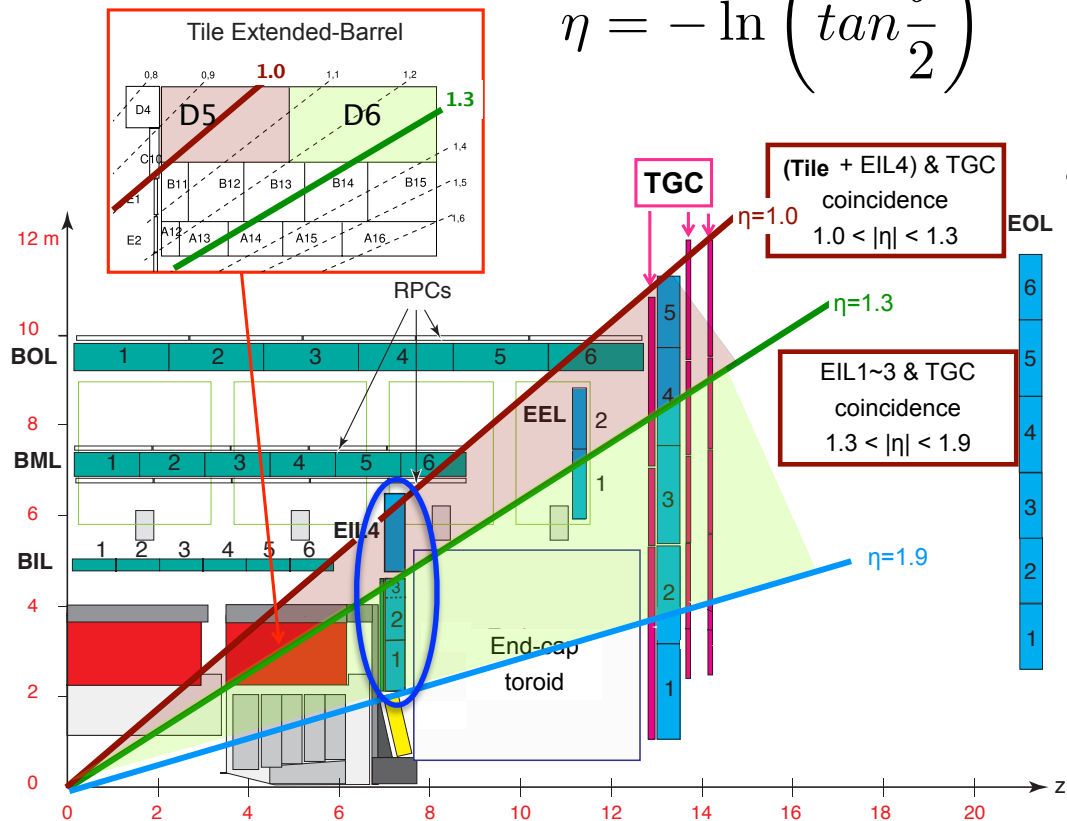
トロイド磁石

- 磁場によって μ を曲げる。
その曲がり具合から ミドル TGC で p_T を判定



内部コインシデンス

$$\eta = -\ln \left(\tan \frac{\theta}{2} \right)$$



(2015~)

• RUN 2 におけるコインシデンス

◆ $1.0 < |\eta| < 1.3$

ミドル TGC & { インナー TGC (EIL4) || **Tile** }

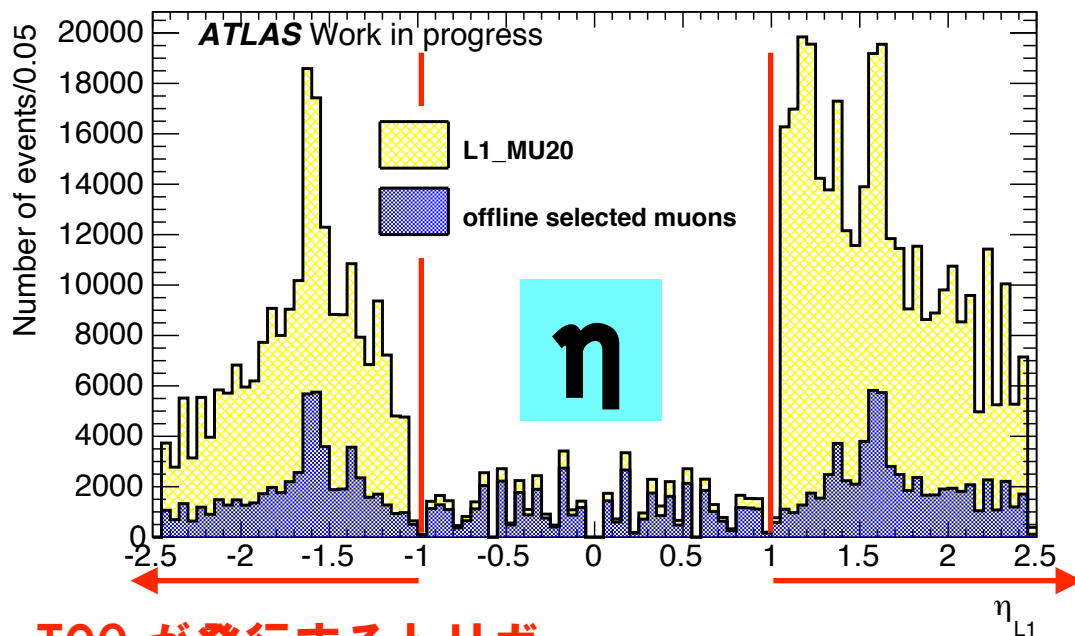
◆ $1.3 < |\eta| < 1.9$

ミドル TGC & インナー TGC (FI)

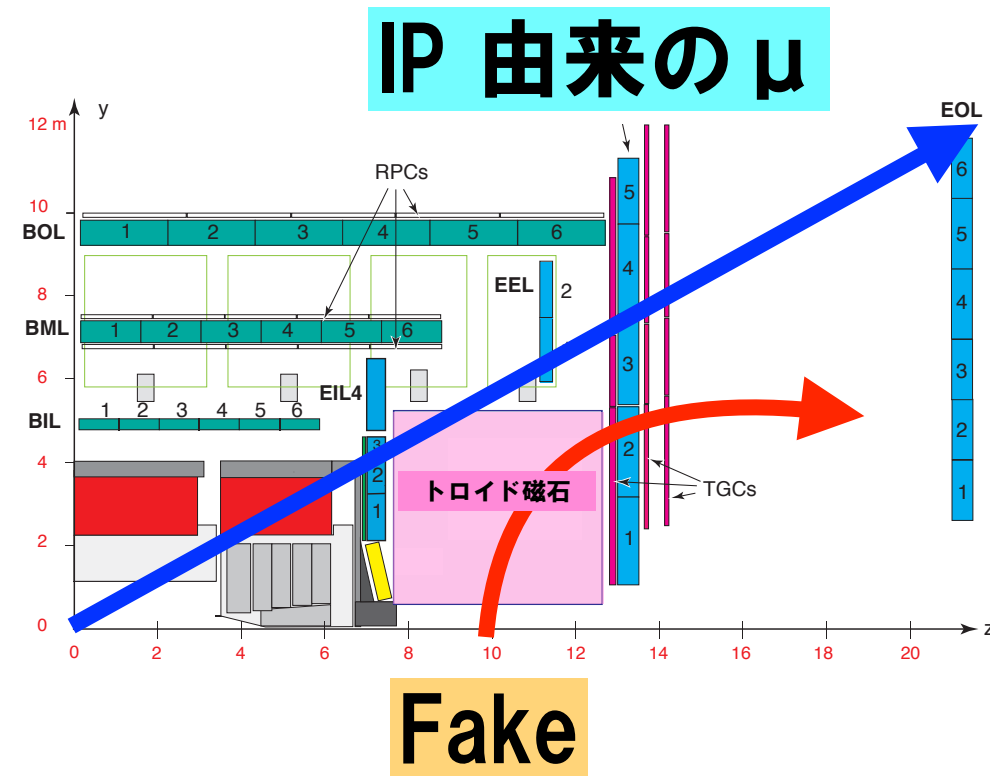
1.0 < $|\eta|$ < 1.3 の領域に新しく Tile カロリメータとの
コインシデンスを導入する

Fake Trigger

$E_{CM} = 8 \text{ TeV}$, bunch-spacing 25ns in 2012



TGC が発行するトリガー



- 現状 TGC が発行するトリガーの多く (60 ~ 70 %) は IP 由来の μ でない
- トロイド磁石より内側の検出器とコインシデンスをとることで、
IP 由来の μ を選択的に取得する ことが出来る

RUN 2 に向けたアップグレード

LHC parameter	RUN 1 (~ 2012)	RUN 2 (2015 ~)
重心系エネルギー (TeV)	7 ~ 8	13 ~ 14
Luminosity ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	0.7×10^{34}	2.0×10^{34}
バンチ間隔 (ns)	50	25

ATLAS LVL1 muon trigger	RUN 1 (~ 2012)	RUN 2 (2015 ~)
p_T threshold	15 GeV/c	20 GeV/c
Trigger rate	6 kHz	34 kHz

物理解析からの要請

出来るだけ p_T threshold は
低くしたい

全てのトリガーで 100kHz
以内にしないといけない
そのうち 1/3 も μ だけ
で使うことは許されない

RUN 2 での条件を適用

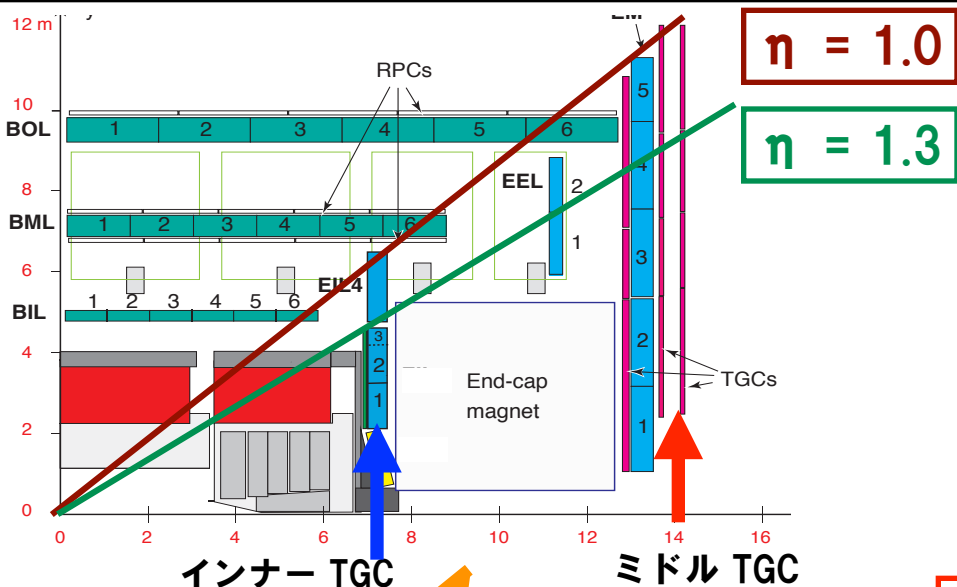


21 kHz

解決策

トリガーレートを許容される範囲に抑えるために Fake Trigger
を減らす必要がある

コインシデンスの取り方: インナー TGC

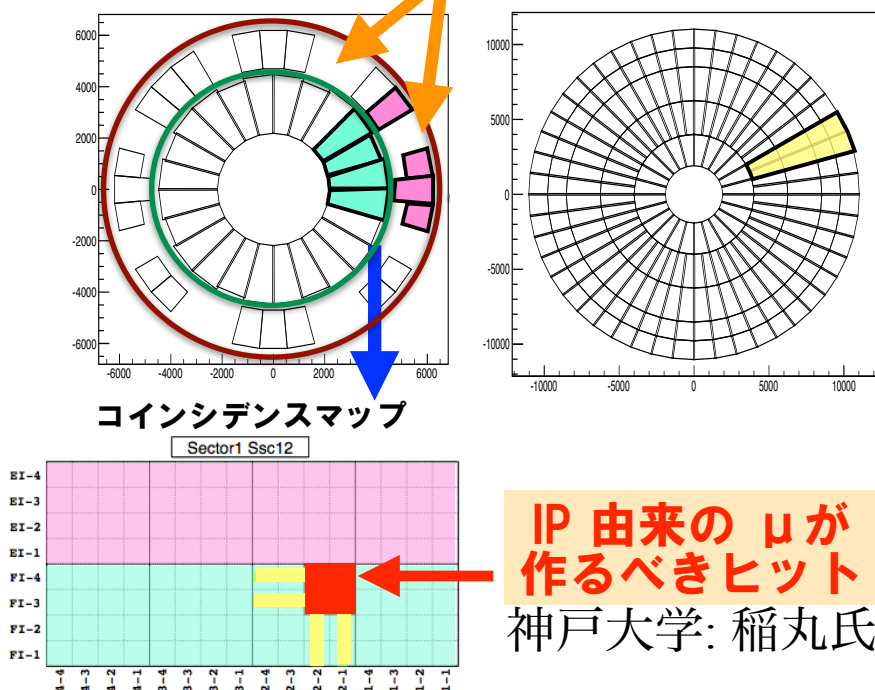


◆ TGC エンドキャップ: $2\pi / 48$ unit

◆ インナー TGC : $2\pi / 24$ unit

1.0 < |η| < 1.3 の領域はトロイド磁石と干渉するために、チェンバーがない場所がある

- IP 由来の μ がインナー TGC につくるべきヒットと position matching がとれる時にコインシデンスと判定
- コインシデンスマップのチューニングにより、トリガーの削減を高効率で行うことが可能

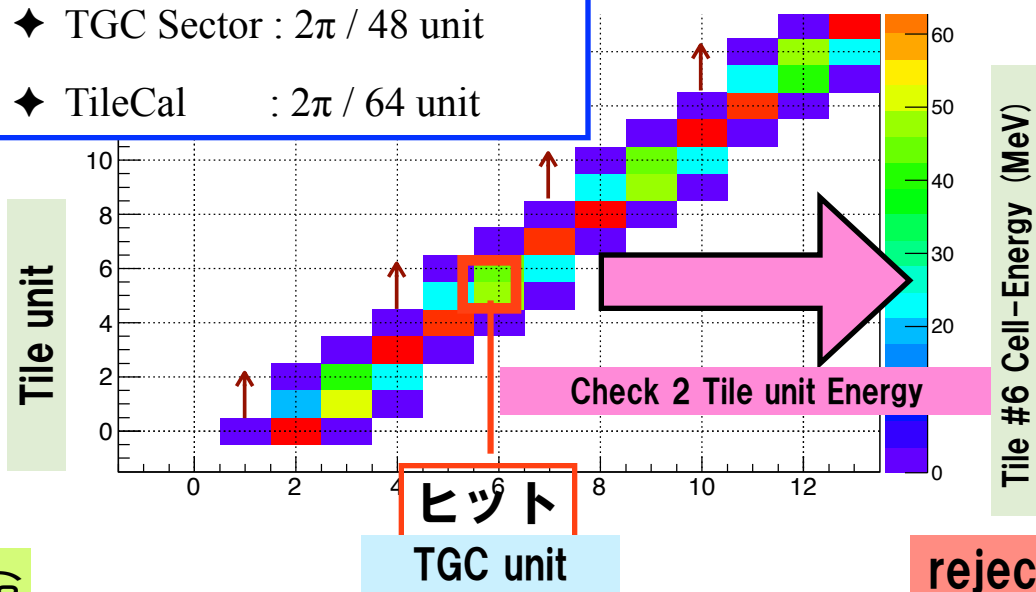


コインシデンスの取り方: TileCal

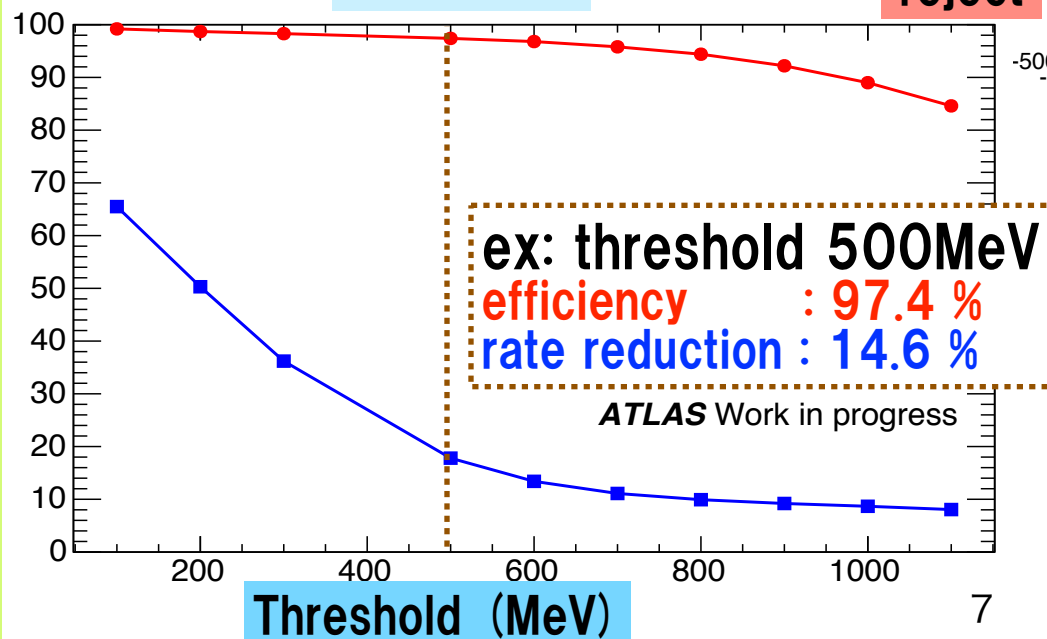
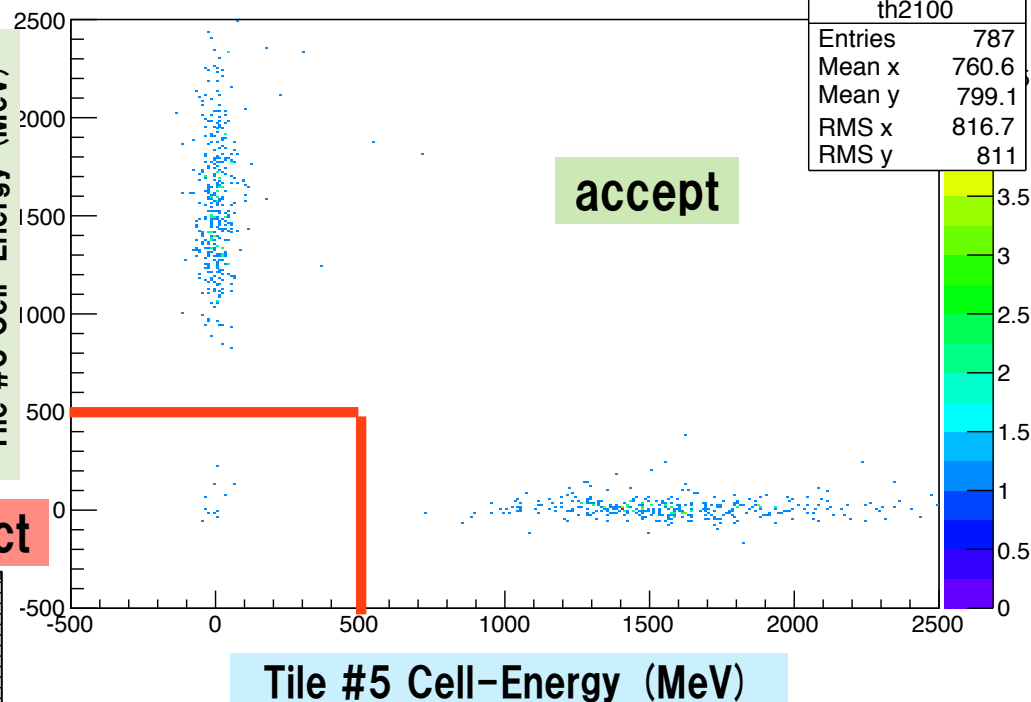
$1.0 < |\eta| < 1.3$ の領域にヒットがあった場合

◆ TGC Sector : $2\pi / 48$ unit

◆ TileCal : $2\pi / 64$ unit

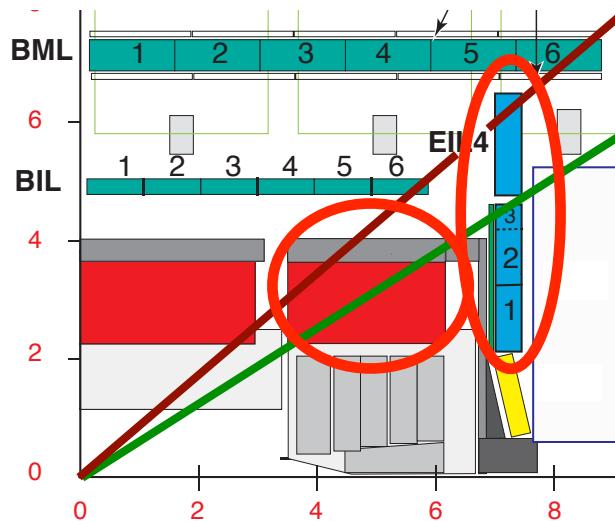


TGC unit #6 にヒット



ヒットがあった TGC unit に対応する Tile unit のエネルギーが threshold (ex: 500 MeV) 以上であればコインシデンスと判定

1.0 < $|\eta|$ < 1.3 の領域



□ は検出器の単位
のイメージ

■ : インナー TGC

■ : TileCal

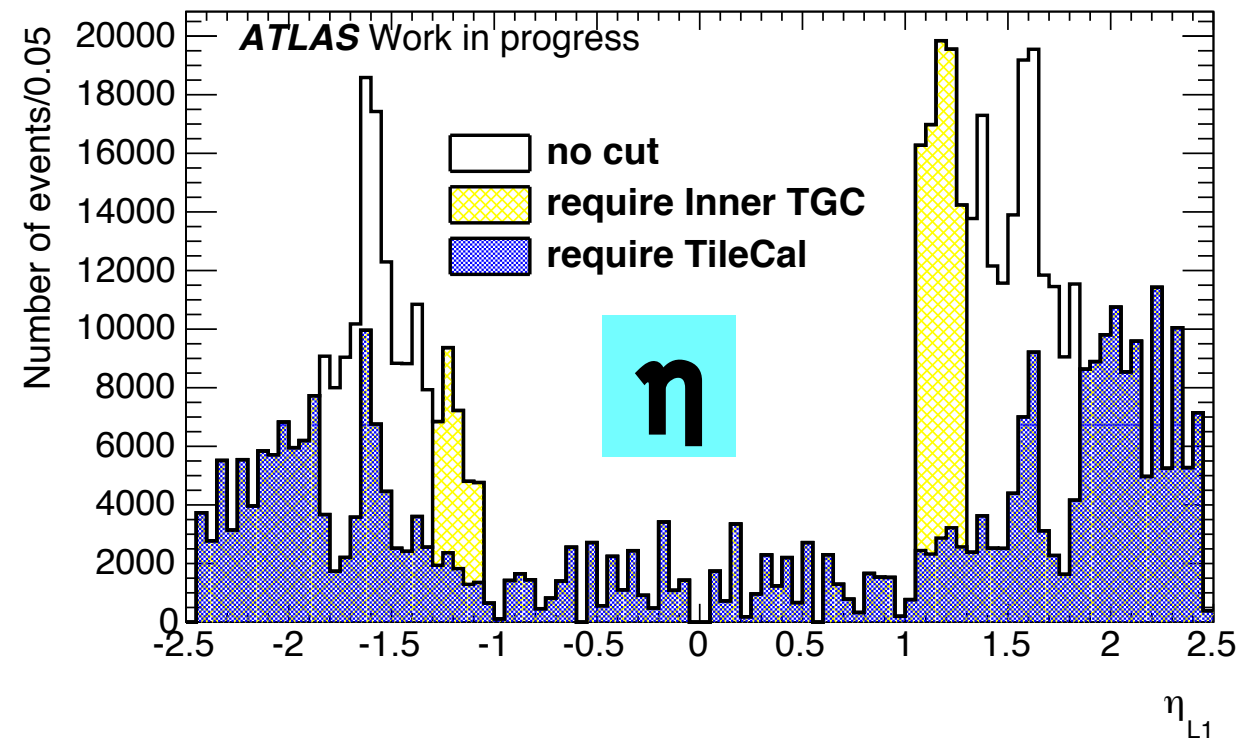
threshold 500MeV

- この領域ではインナー TGC と Tile の 2 つを使用可能
- どのように混ぜ合わせて使用するかを調べた

	Tile のみ	Exclusive-OR	AND
インナー TGC			
Tile			
efficiency	97.4	97.8	96.9
rate reduction	14.6	12.5	12.1

Tile のみで十分にトリガーレートを削減可能

トリガー削減率・効率



	rate reduction	efficiency
no cut	100.0	100.0
インナー TGC	69.6	98.5
Tile	53.4	98.1

RUN 2 で実現

rate reduction : エレキが発行する Level1 トリガーが削減される割合
efficiency : 再構成できる μ を保つ割合

TGC と Tile のコインシデンスを使用することで、efficiencyを保ち、Fake Trigger のみを選択的に削減可能

まとめ

1. 2015 年から始まる LHC-ATLAS 実験 RUN2 において μ トリガーの純度をあげることが不可欠である。そのために TGC と Tile カロリメータとのコインシデンスを取る、新しい手法を開発した
2. Tile カロリメータを用いてコインシデンスをとるための最適なオペレーション手法を研究した

✓ Tileのみで **高efficiency・高reduction(97.4%・14.6%)** ($1.0 < |\eta| < 1.3$) で IP 由来の μ を選別可能
⇒ この領域においては Tile のみの使用で運用する方針

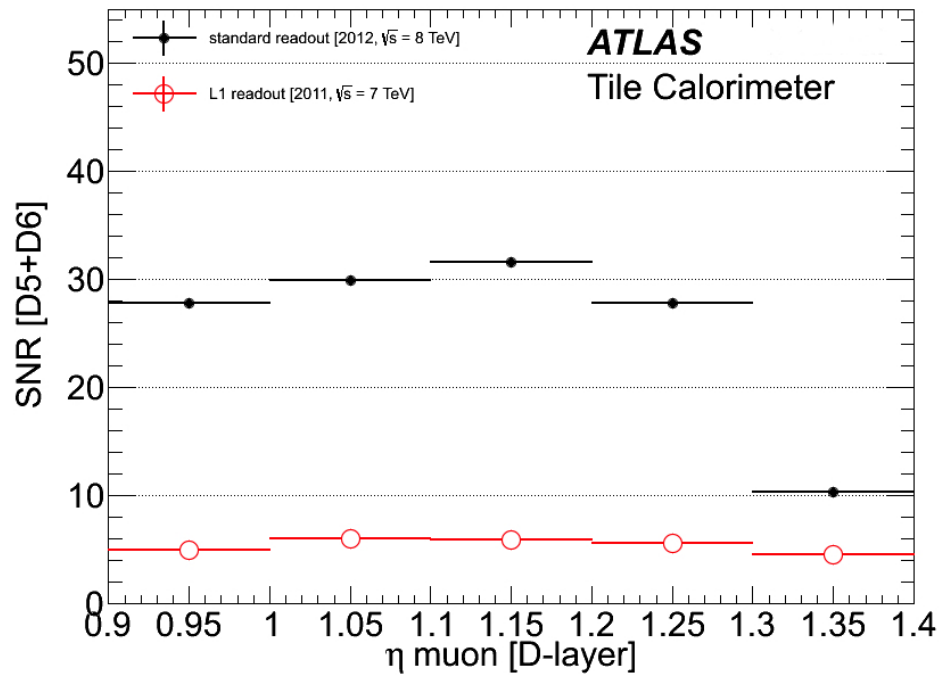
3. これらをふまえて RUN2 で期待される μ のトリガーレートを算出した
トリガーレート: 34 kHz $\rightarrow$ 21kHz ($2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

• 今後

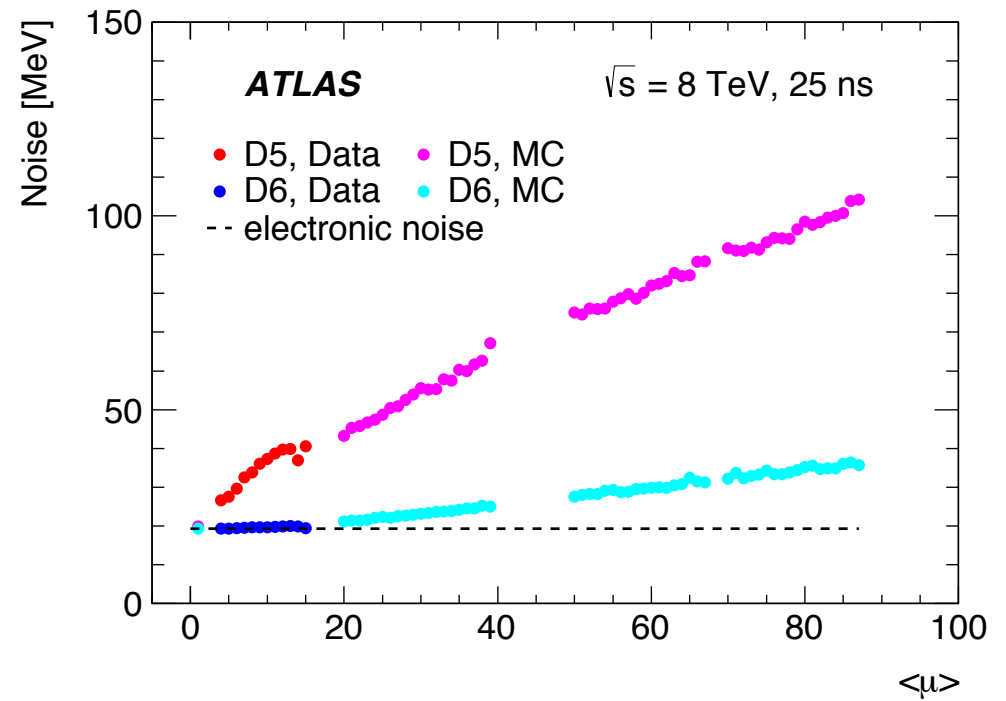
- ◆ 神戸大学で実際に処理を行う FPGA のファームウェアを開発中。協力してインストールを進める
- ◆ 2014 年夏から TileMuon トリガーのコミッショニングを CERN で進める

Backup

pileup



(a)



(b)