

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

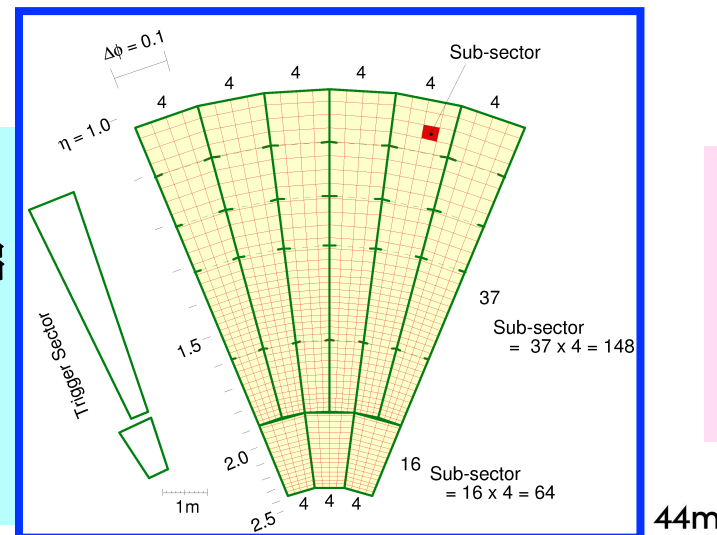
救仁郷拓人, 石野 雅也, 隅田 土詞, 田代 拓也,
蔵重 久弥^A, 長谷川 誠^A, 矢カ部 遼太^A, 佐々木 修^B
他 ATLAS 日本 TGC グループ
京大, 神戸大^A, KEK^B

3/29/ 2014

TGC, Tile カロリメーター

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

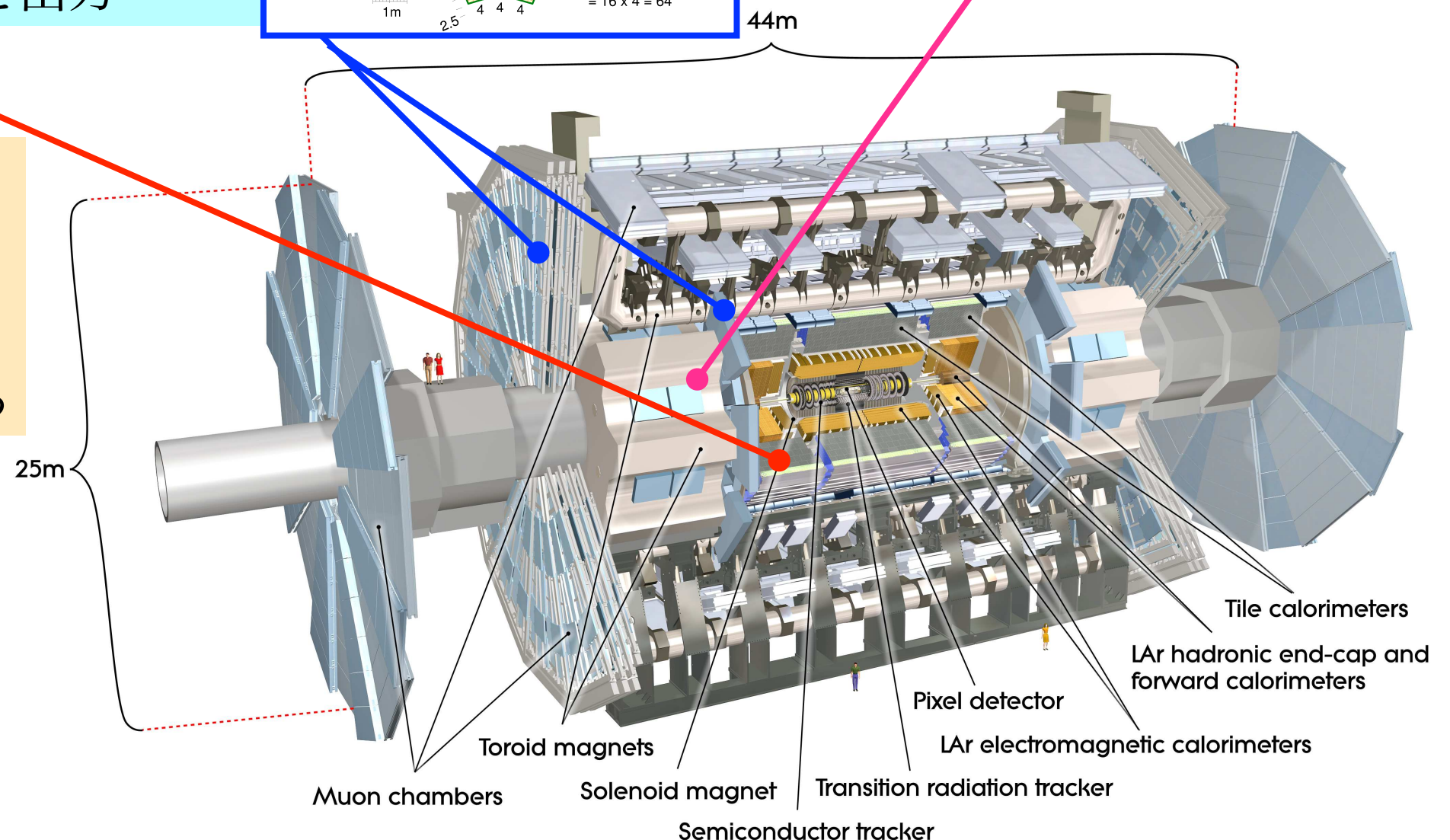
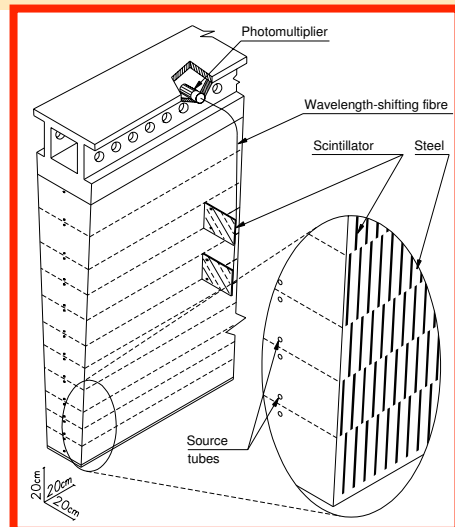


トロイド磁石

- 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

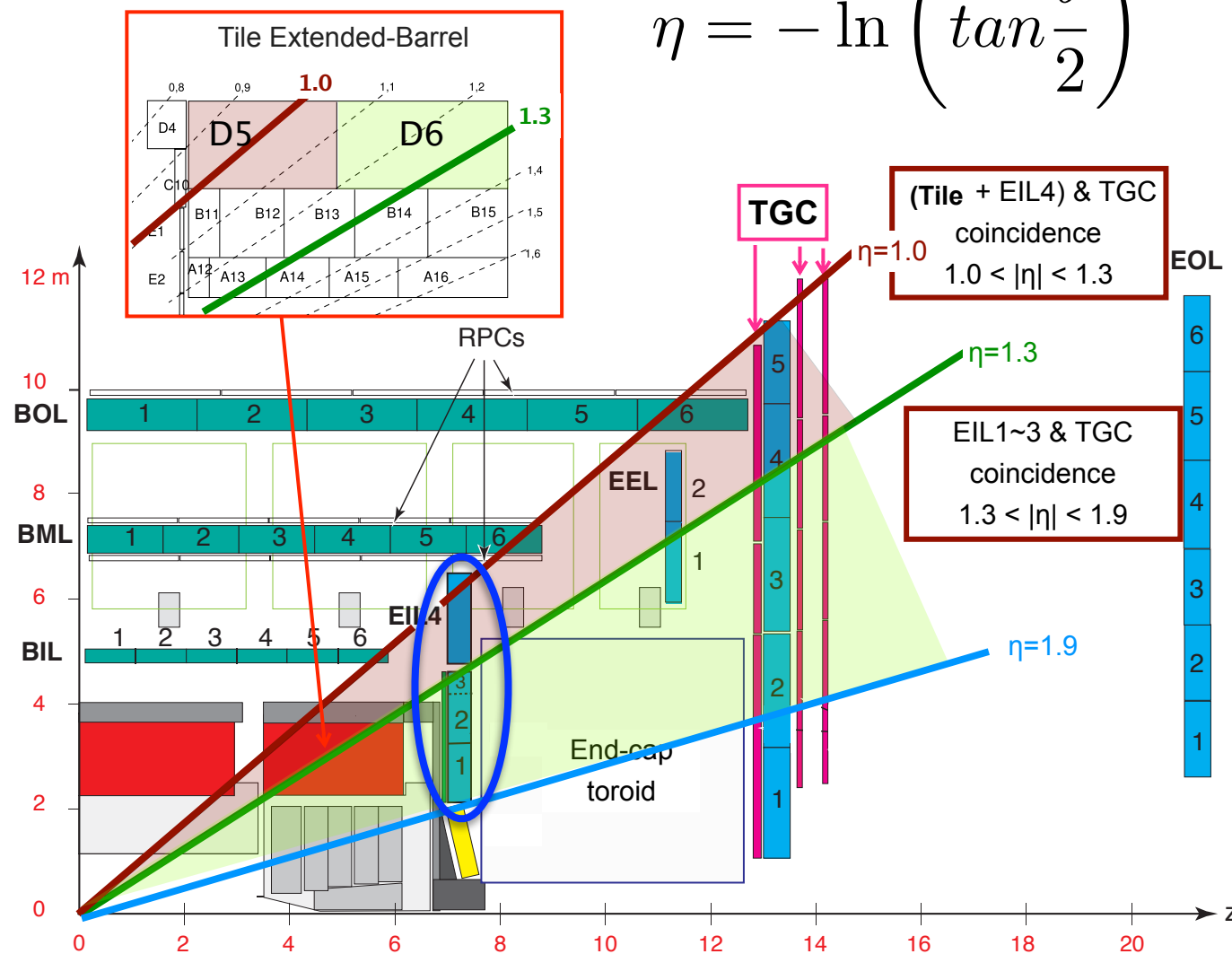
Tile カロリーメーター

- 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



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

◆ $1.0 < |\eta| < 1.3$

インナー TGC (EIL4) + **Tile** & ミドル TGC

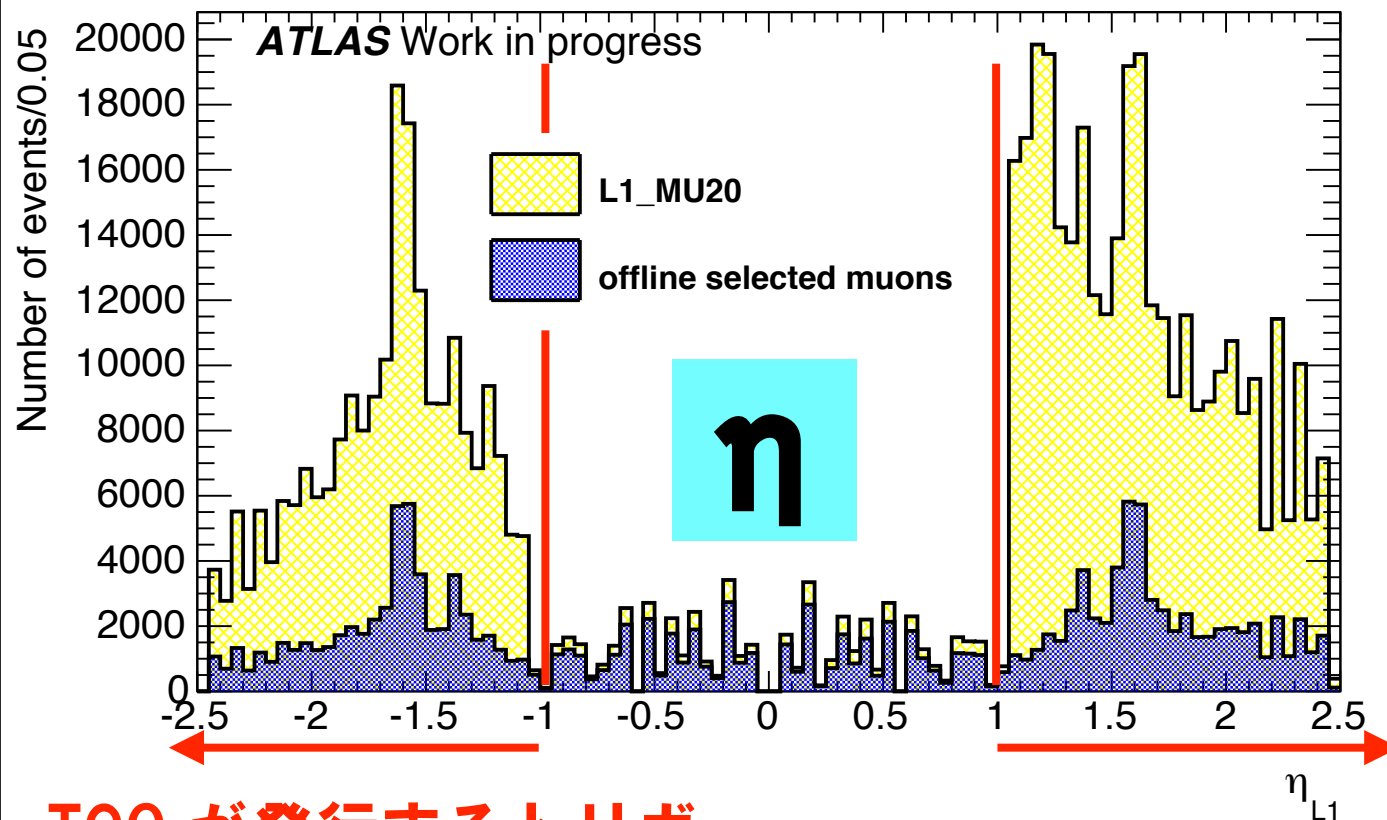
◆ $1.3 < |\eta| < 1.9$

インナー TGC & ミドル TGC

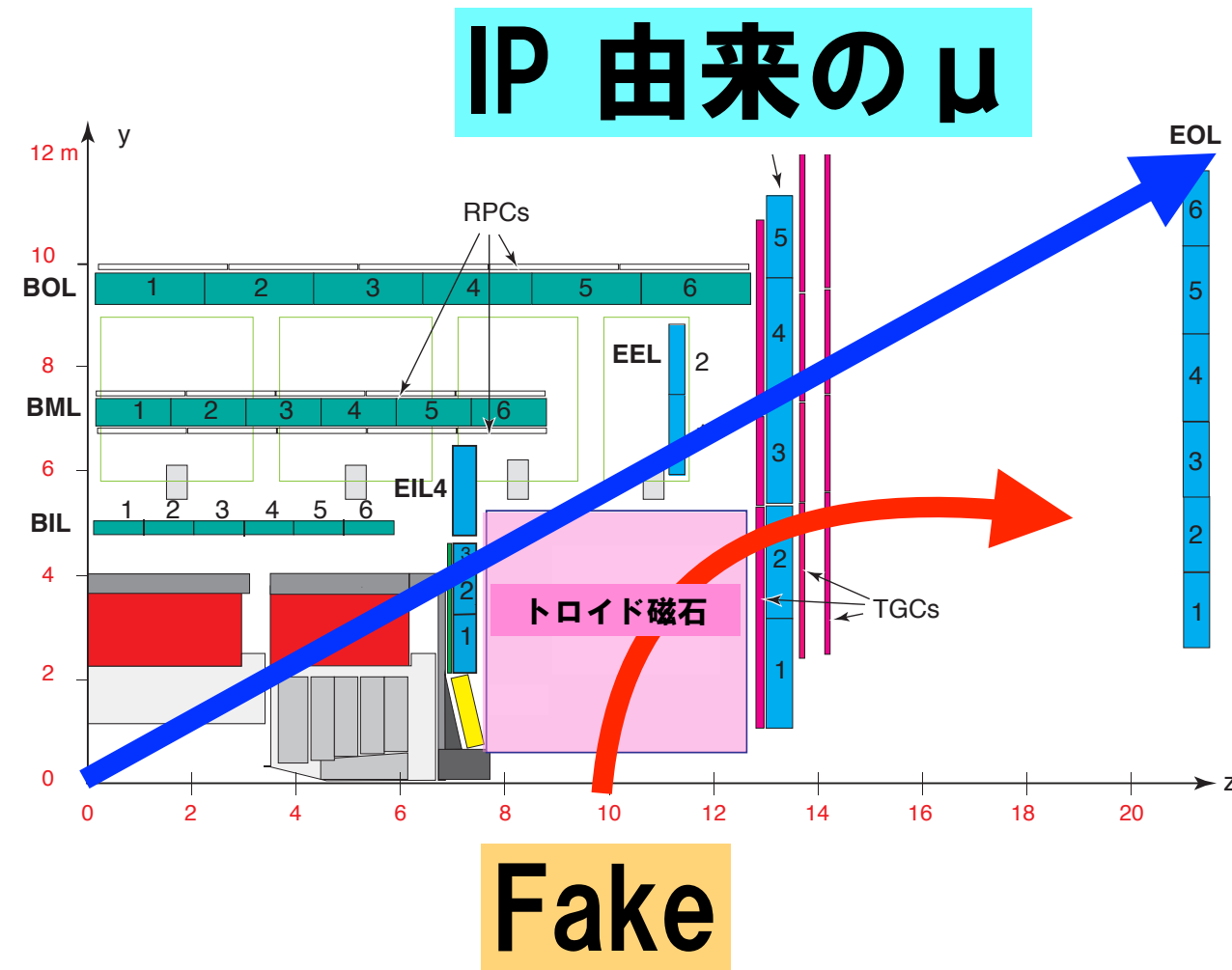
1.0 < $|\eta|$ < 1.3 の領域に新しく Tile カロリメータとの
コインシデンスを導入する

Fake Trigger

$E_{\text{CM}} = 8 \text{ TeV}$, 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は、ほとんど 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

物理解析からの要請

出来るだけ p_T threshold は
低くしたい

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	1.5×10
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

RUN 1 のトリガー条件の
ままだと、許されるレート
26kHz を上回ってしまう

RUN 2 での条件を適用

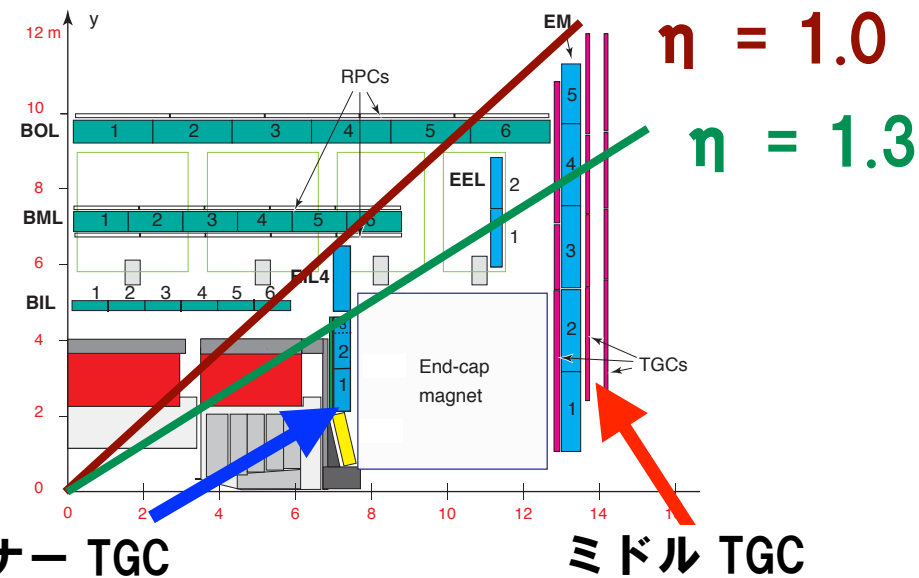


解決策

21 kHz

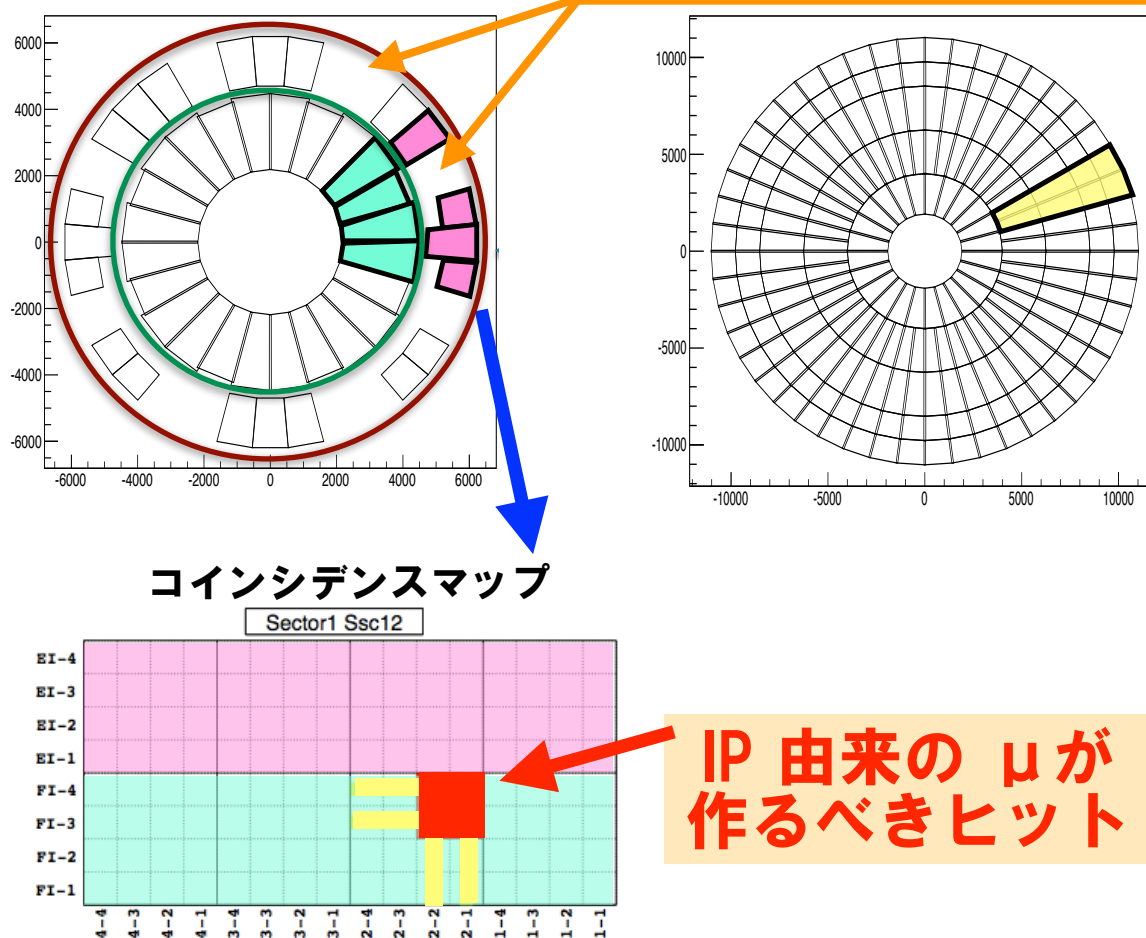
トリガーレートを許容される範囲に抑えるためにFake Trigger
を減らす必要がある

コインシデンスの取り方: インナー TGC



- ◆ TGC エンドキャップ: $2\pi / 48$ Sector
- ◆ インナー TGC: $2\pi / 24$ Slot

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



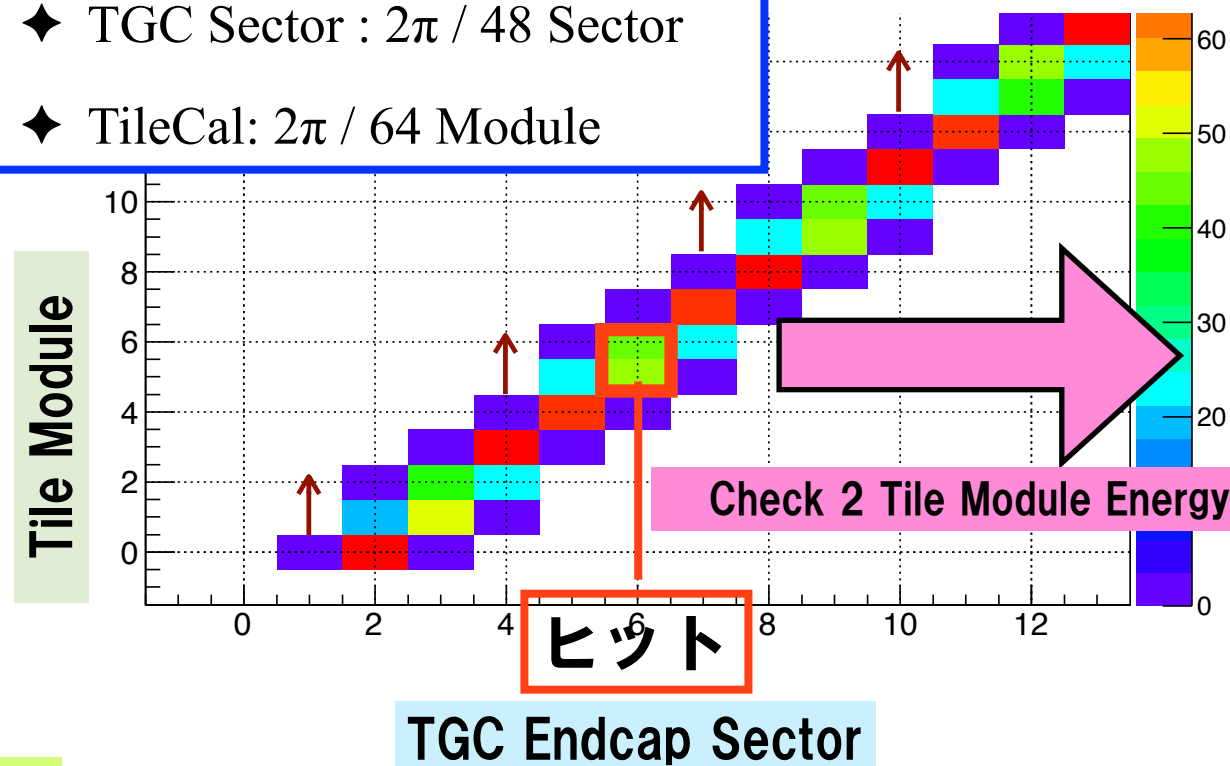
- IP 由来の μ がインナー TGC につくるべきヒット情報と照らしあわせて、一致するヒットの時にコインシデンスと判定
- コインシデンスマップのチューニングにより、トリガーの削減を高効率で行うことが可能

コインシデンスの取り方: TileCal

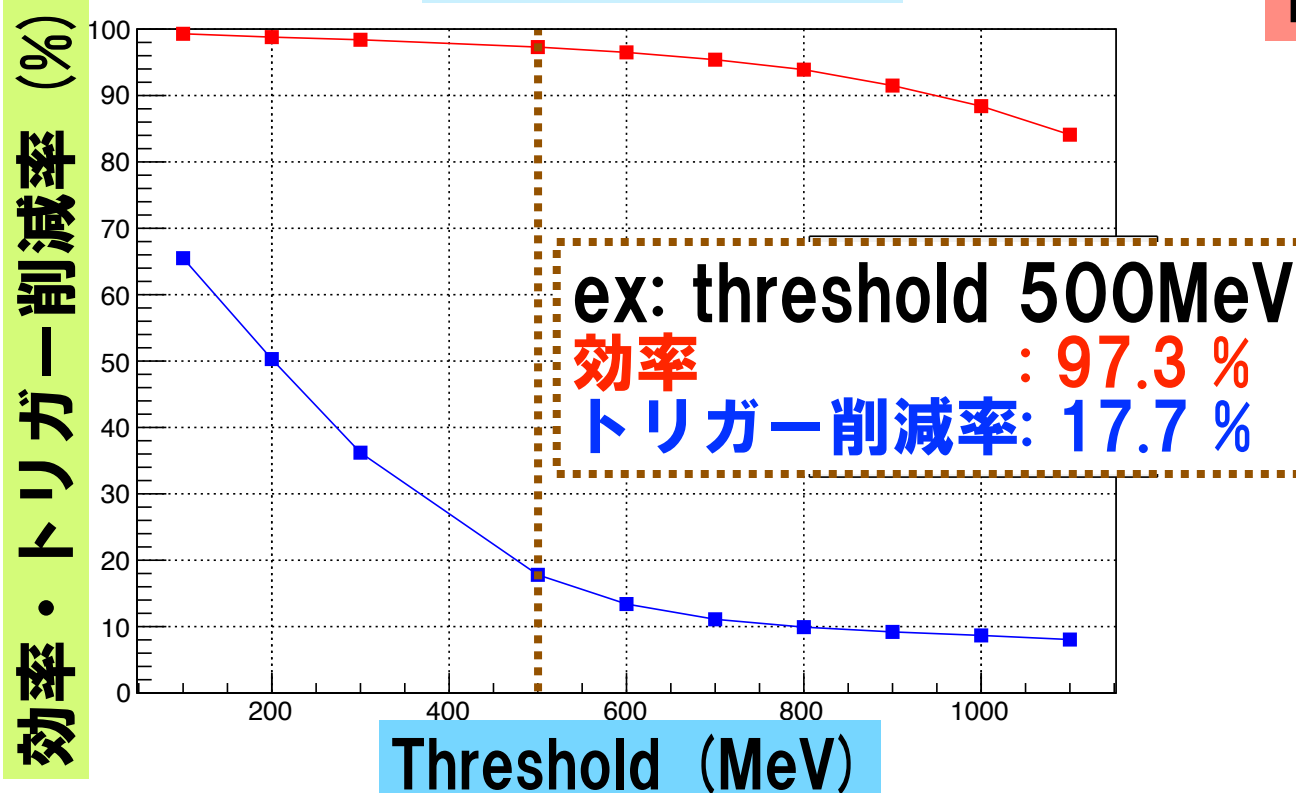
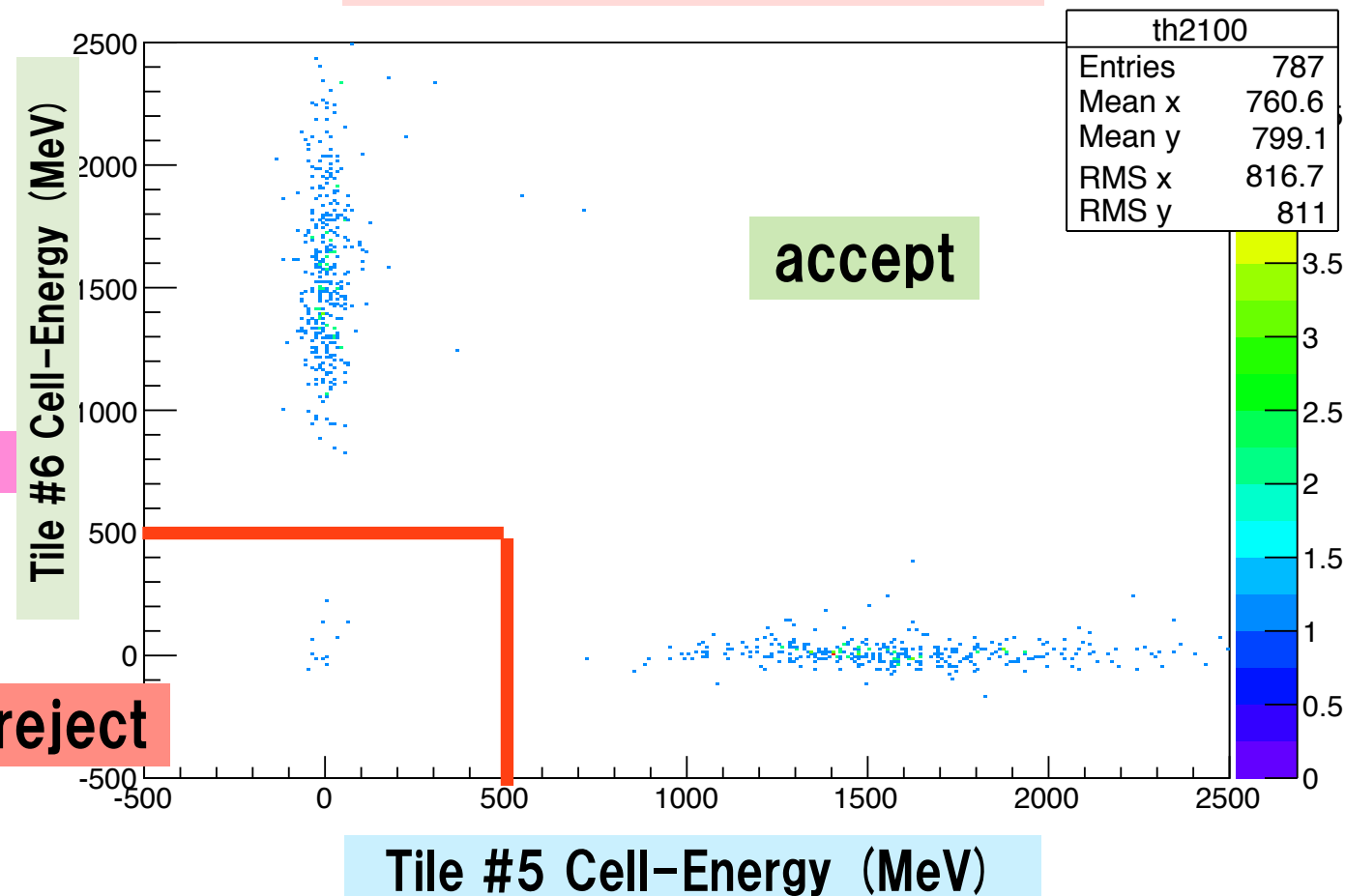
$1.0 < |\eta| < 1.3$ の領域にヒットがあった場合

◆ TGC Sector : $2\pi / 48$ Sector

◆ TileCal: $2\pi / 64$ Module

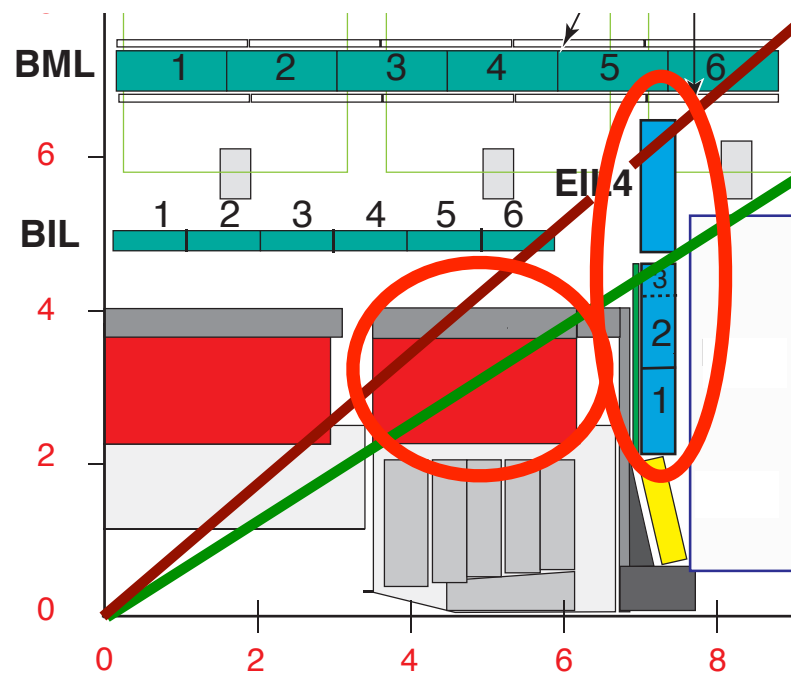


TGC Sector #6 にヒット



ヒットがあった TGC Sector に対応する Tile Module 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 < |η| < 1.3 の領域



□ は検出器の単位
のイメージ

■ : インナー TGC

■ : TileCal

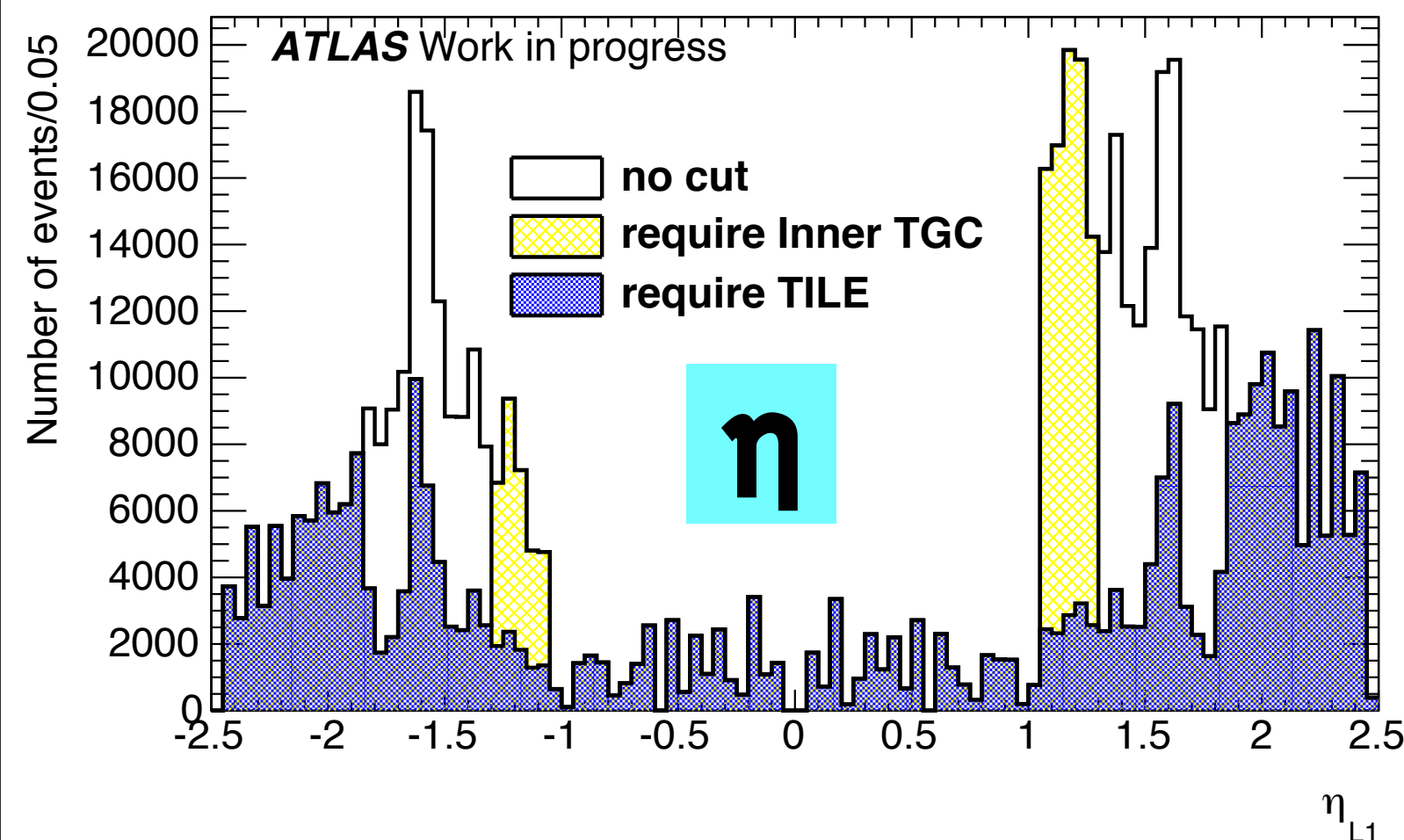
threshold 500MeV

- 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			
効率	96.3	97.1	95.6
トリガー削減率	16.0	13.8	13.3

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



	トリガー 削減率	効率
no cut	100.0	100.0
インナー TGC	69.6	98.5
Tile	53.4	98.1

トリガー削減率: エレキが発行する Level1 トリガーを削減する割合
効率: 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、高い効率を保ったまま、Fake Trigger のみを選択的に削減可能

Summary

1. ハードウェアで Tile カロリメータとコインシデンス とる、新しい
ミューオントリガー手法を開発した

2. Tile カロリメータを用いてコインシデンスをとる最適な
オペレーション方法を研究した

- ✓ $1.0 < |\eta| < 1.3$ では Tile のみで高効率・高削減率 (96.3%・16.6%) 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. RUN 2 で期待される Level 1 Muon Trigger のトリガーレートを算出した

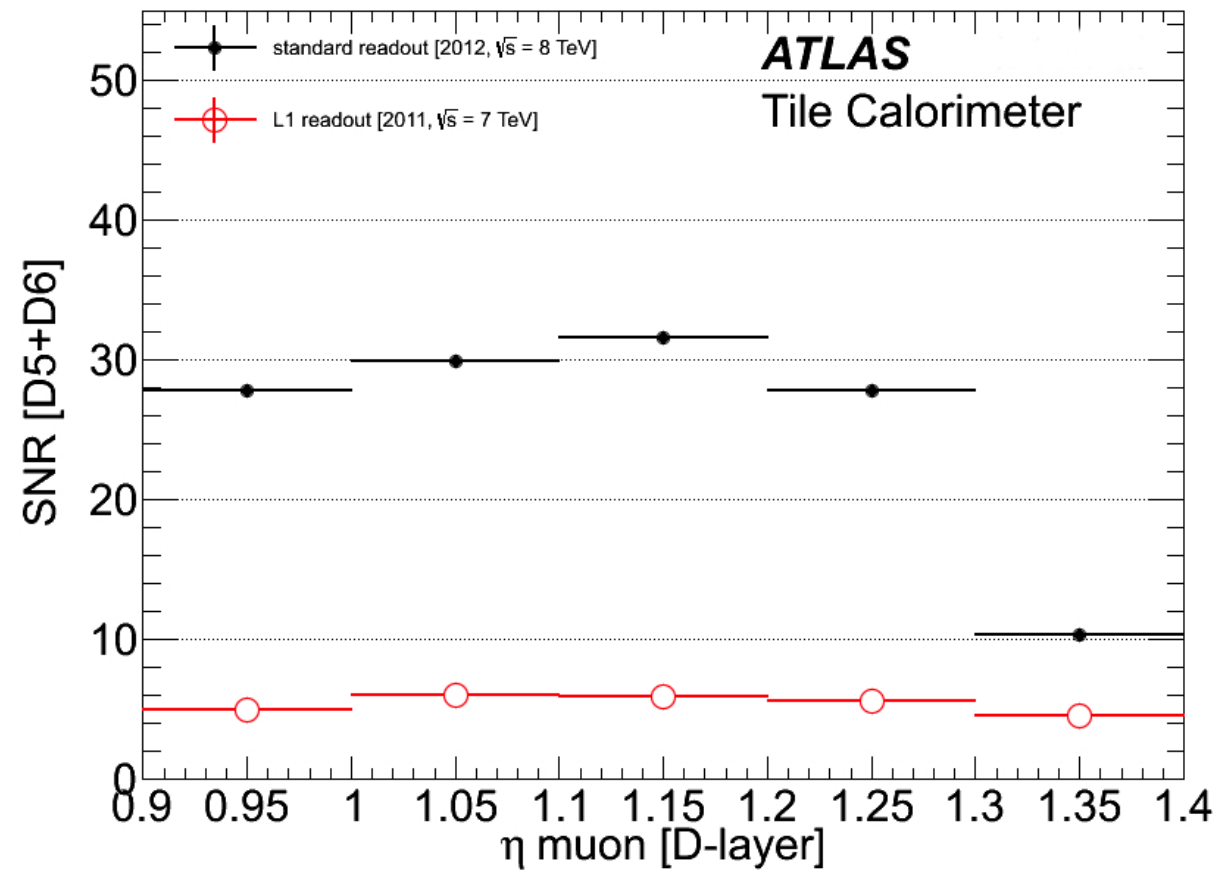
トリガーレート: 36 kHz -> 21kHz

• 今後

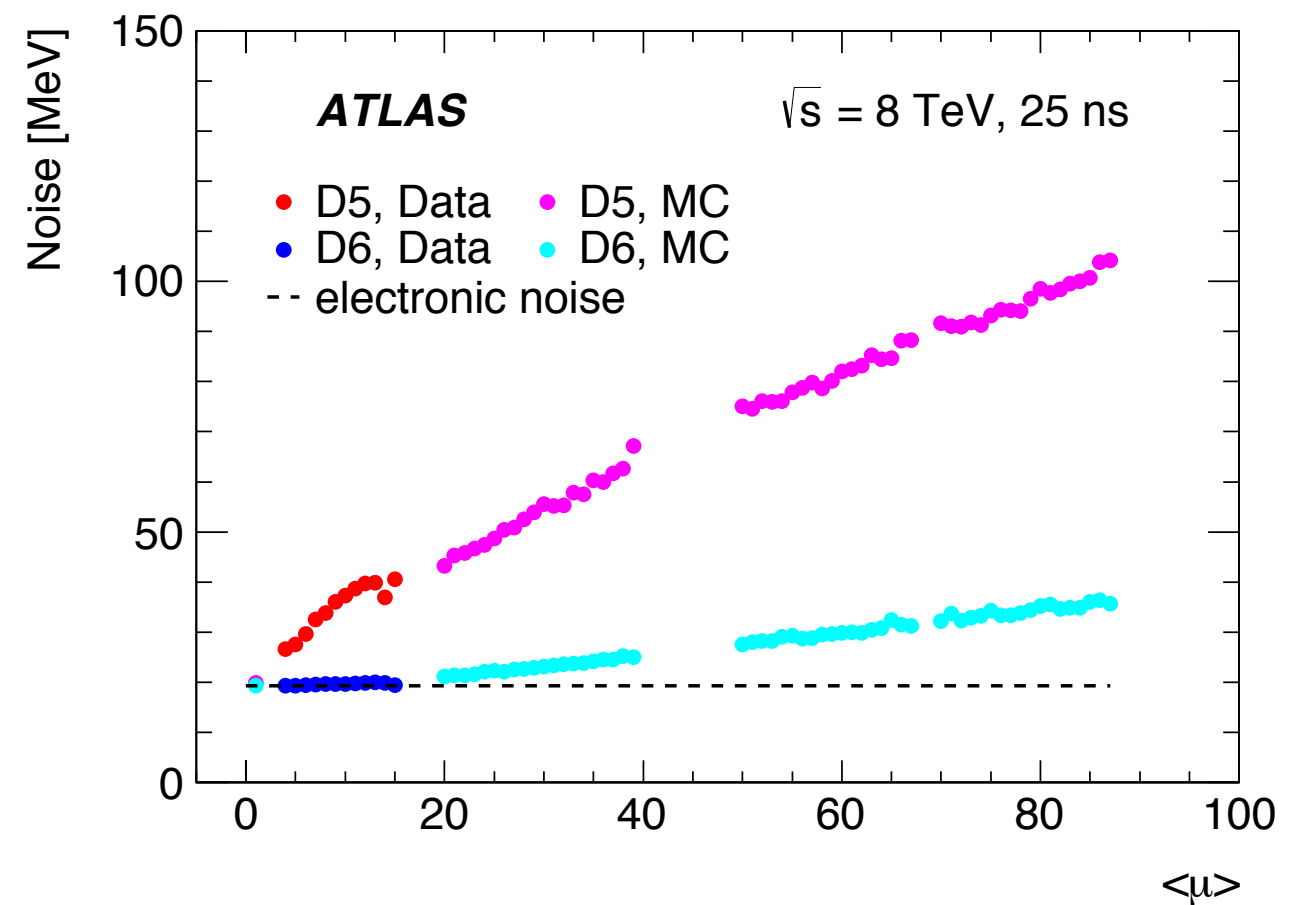
- ◆ 神戸大学で実際に処理を行う FPGA のファームウェアを開発中。協力してインストールを進める
- ◆ 2014 年夏から TileMuon トリガーのコミッショニングを CERN で進める

Backup

pileup



(a)



(b)