

LHC-ATLAS実験Run-3に向けた L1ミューオントリガーの p_T 閾値増設に伴う 新たな p_T 閾値決定

神戸大学 M1

吉田 登志輝



- ◆ ATLAS実験Run-3/レベル1 ミューオントリガー
- ◆ p_T 閾値増設とその手法
- ◆ 性能評価
- ◆ まとめ

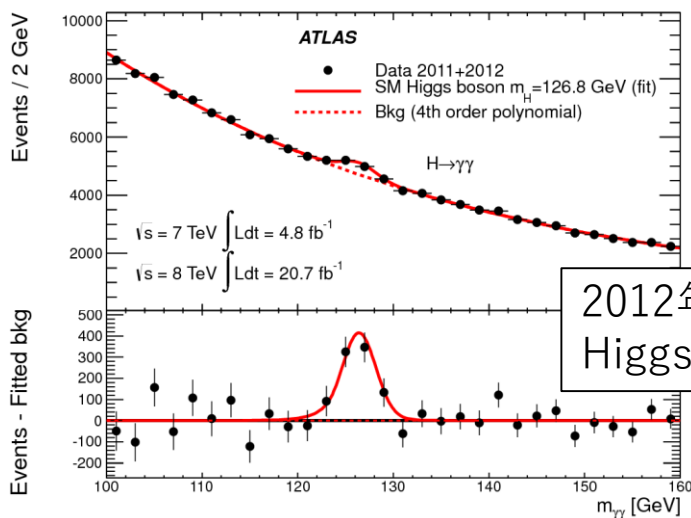
LHC-ATLAS実験

◆ ATLAS実験とは

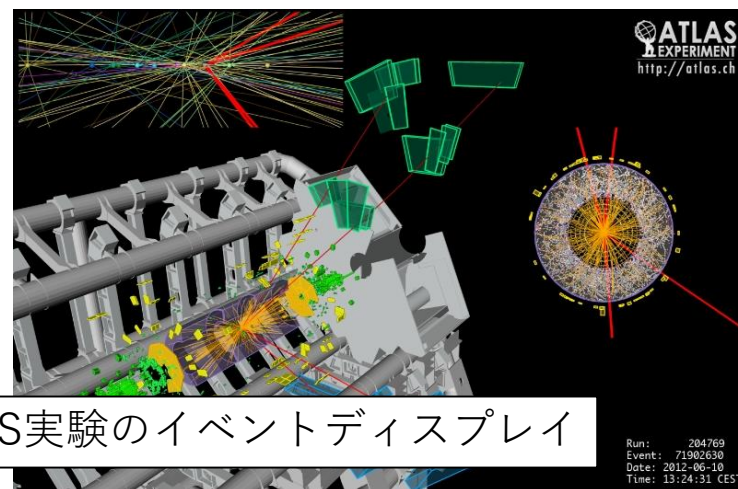
- ✓ Large Hadron Collider (LHC) における陽子-陽子衝突事象から新物理を探索する実験



LHC : 周長 27 km の円形加速器
重心系エネルギー 13 TeV
瞬間ルミノシティ $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



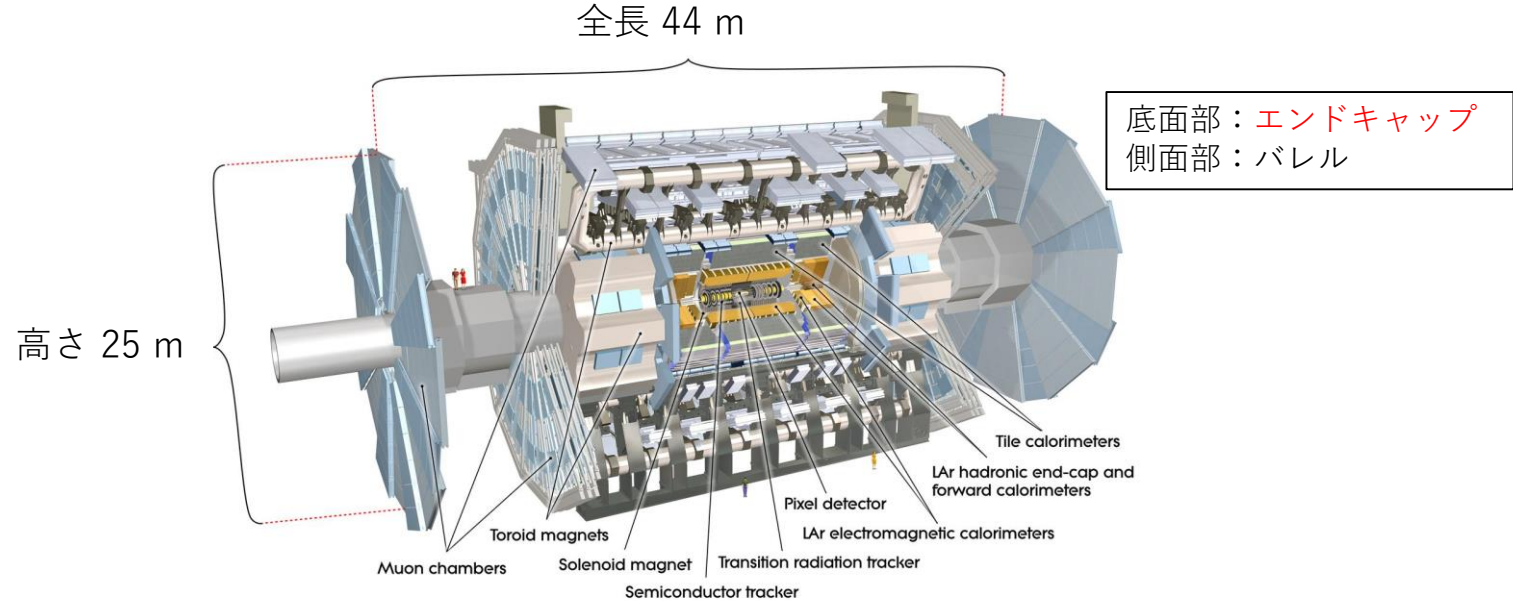
2012年
Higgs粒子の発見



ATLAS実験のイベントディスプレイ

ATLAS検出器

4



◆内部飛跡検出器

✓ 粒子生成のバーテックスや荷電粒子のトラックを再構成

◆カロリメータ

✓ 電磁シャワーやハドロンシャワーによるエネルギー損失を測定

◆ミュオン検出器

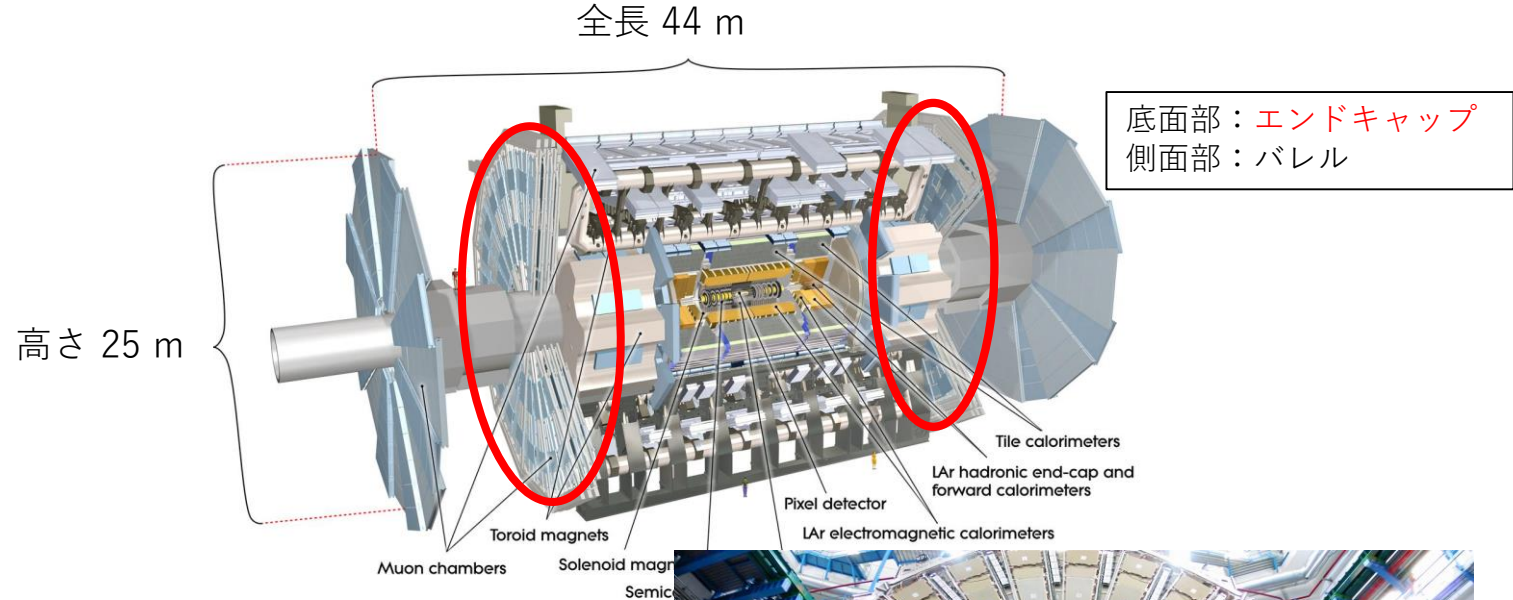
✓ ミュオンの飛跡を再構成して運動量を測定

• トリガー用：TGC, RPC

• 精密測定用：MDT

ATLAS検出器

5



◆内部飛跡検出器

✓ 粒子生成のバーテックスや荷電

◆カロリメータ

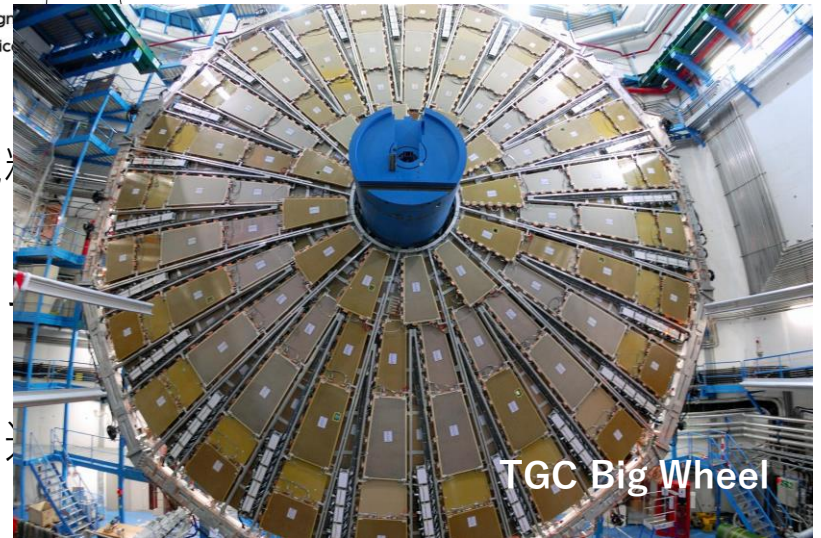
✓ 電磁シャワーやハドロンシャワー

◆ミューオン検出器

✓ ミューオンの飛跡を再構成して

• トリガー用：TGC, RPC

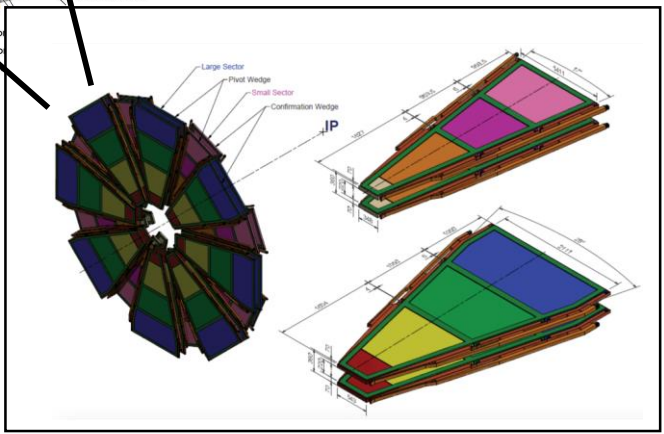
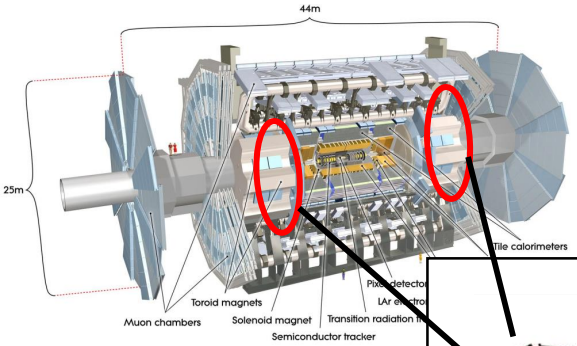
• 精密測定用：MDT



Run-3に向けたアップグレード

2021年からRun-3が始まる

- 重心系エネルギー
13 → 14 TeV
- 瞬間ルミノシティ
 $2 \times 10^{34} \rightarrow 3 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



新検出器New Small Wheel (NSW)

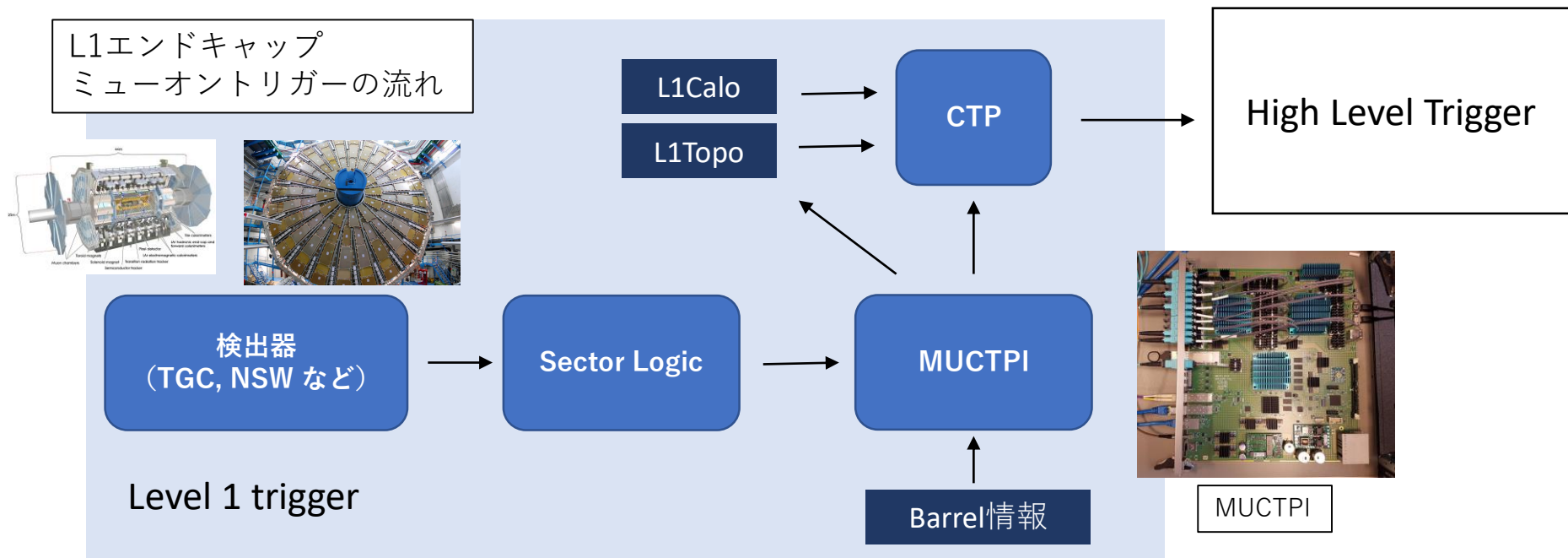
- Micromegas 8 層
 - sTGS 8 層
- で構成されるミュオン検出器
- ✓ ベクトル情報が使える
 - ✓ 高い位置分解能・角度分解能

詳細：日比

ミュオントリガーシステム

- ◆ ATLAS実験では40MHzの頻度で陽子衝突が起こる
 - ✓ 保存するデータを選別(トリガー)する必要がある
- ◆ 2段階のトリガーシステム
 1. レベル1トリガー (L1) : ハードウェアベース
 2. ハイレベルトリガー : ソフトウェアベース

詳細：若宮



ミューオンの p_T 閾値

- ◆ ミューオントリガーは横運動量 (p_T) が閾値よりも高いミュオンが含まれる事象にトリガーを発行
- ◆ Run-3からはMUCTPIのアップグレードにより p_T 閾値の数が増やせる
 - ✓ 特殊なランでの閾値をその都度設定する必要がなくなる
 - ✓ 細かいトリガー要求に対応できるようになり
今より柔軟なトリガー発行が可能になる

Run-2

pt No.	Threshold
1	L1_MU4
2	L1_MU6
3	L1_MU10
4	L1_MU11
5	L1_MU20
6	L1_MU21



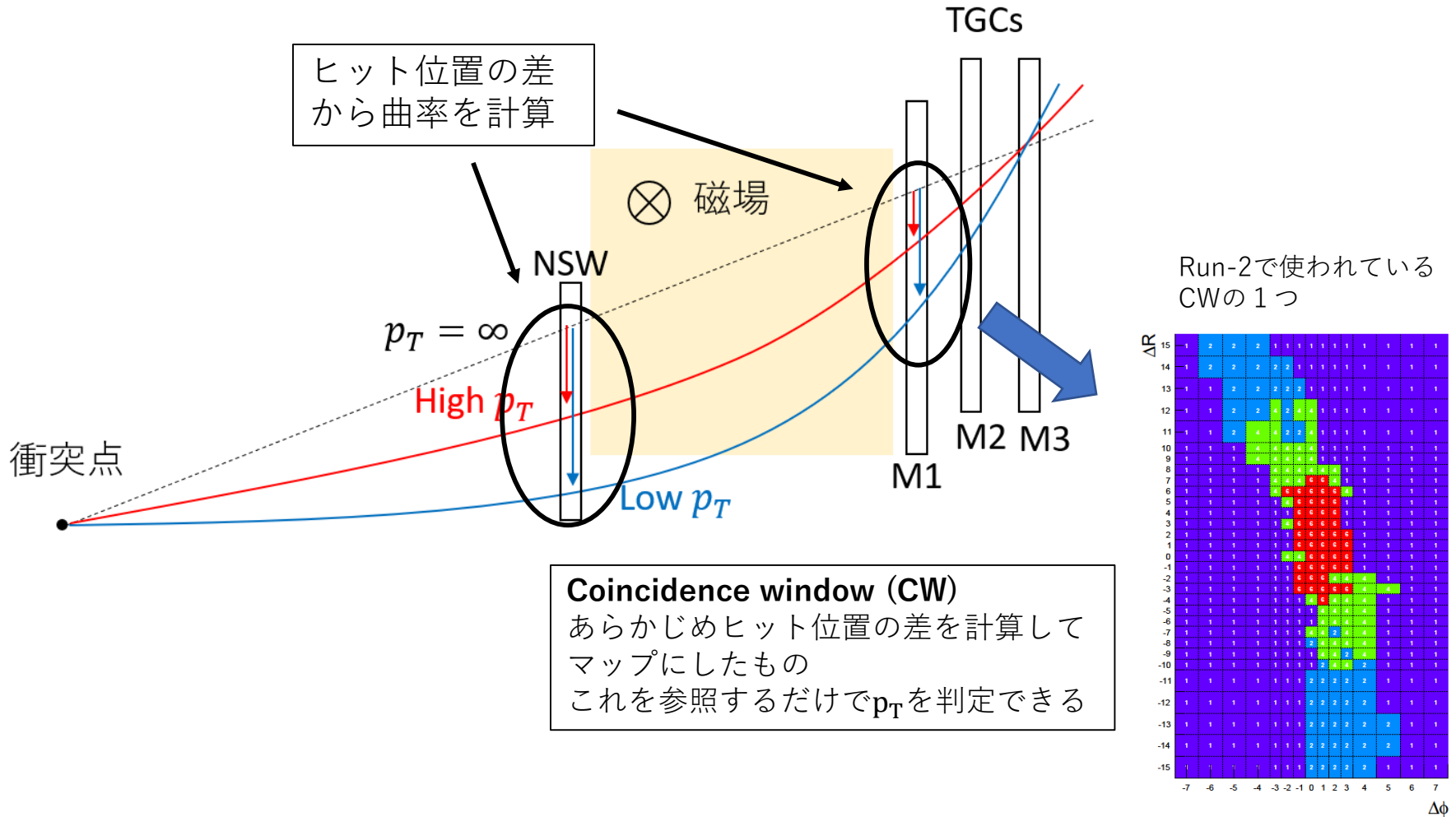
Run-3 (候補)

pt No.	Threshold
0	L1_MU0
1	L1_MU4
2	L1_MU6
3	L1_MU8
4	L1_MU9
5	L1_MU10
6	L1_MU11
7	L1_MU13
8	L1_MU15
9	L1_MU18
10	L1_MU20
11	L1_MU21
12	L1_MU30
13	L1_MU40

 p_T 閾値の一覧

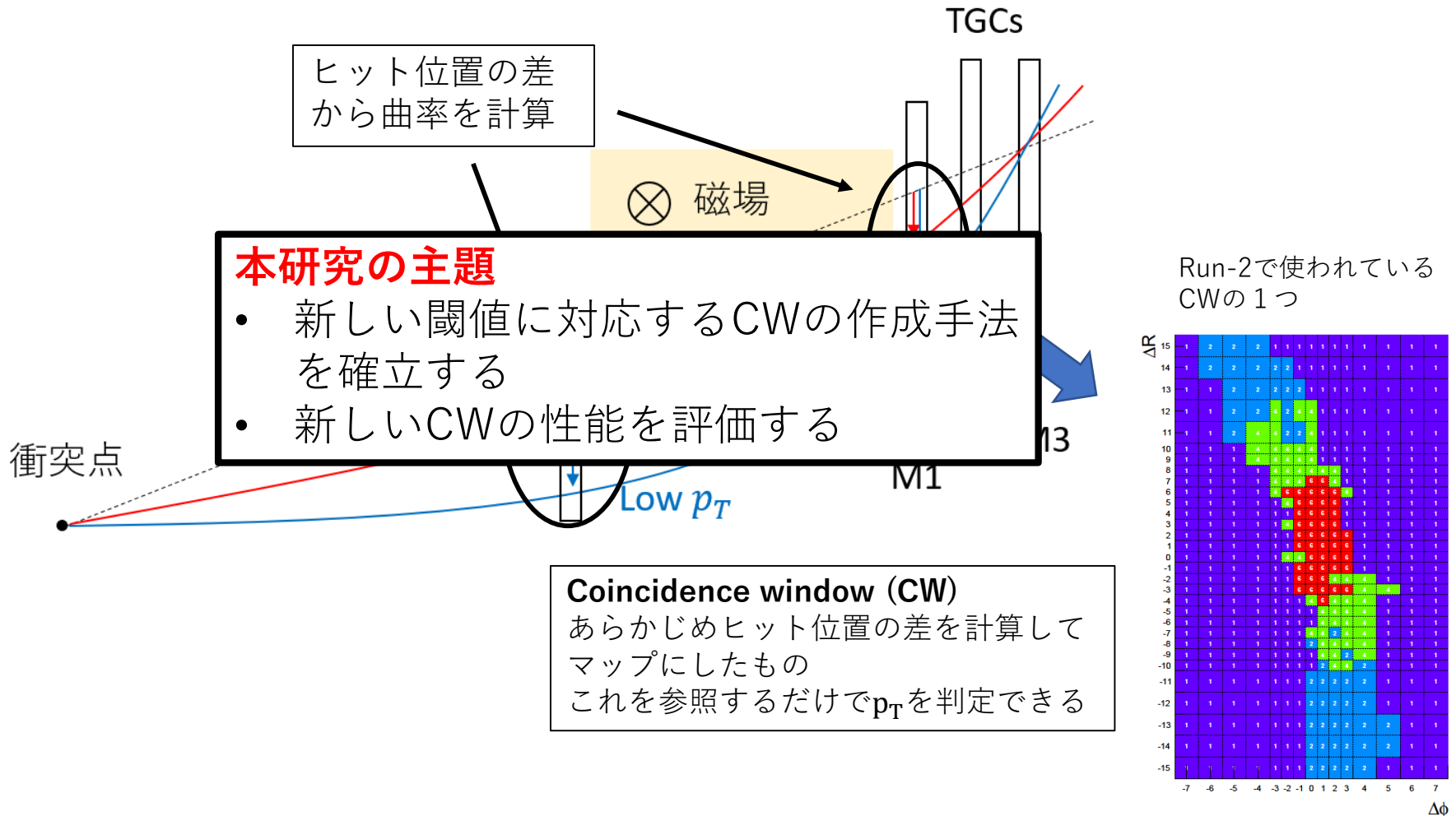
ミューオンの p_T 測定法

- ◆ ミューオンが磁場によって曲げられた曲率から p_T を測定



ミューオンの p_T 測定法

- ◆ ミューオンが磁場によって曲げられた曲率から p_T を測定

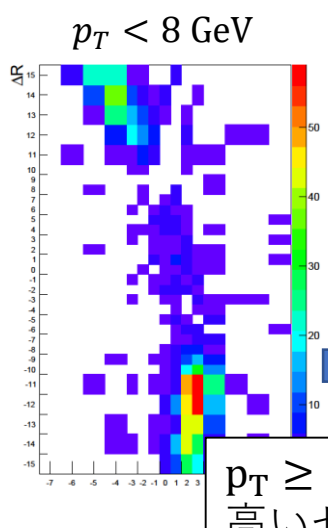
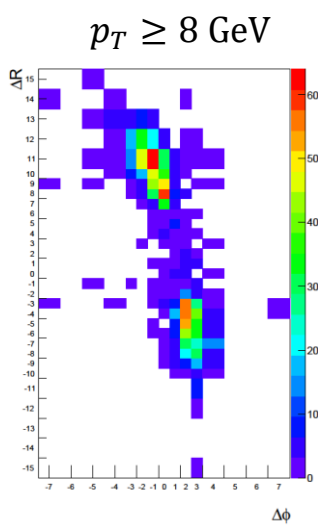


Coincidence window for TGC

- ◆ Run-2のCWに新しい閾値を追加する
 - ✓ 過去に得られた実データを用いる
 - ✓ 閾値よりも p_T が高いミュオンと低いミュオンについてヒット位置の差をマップにする
 - ✓ p_T が閾値よりも高いミュオンの割合が多いところを選ぶ

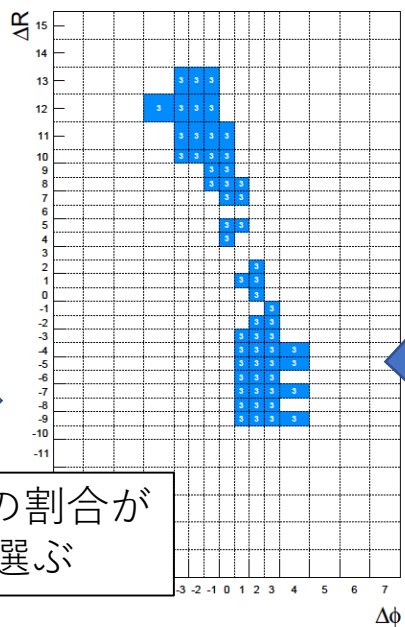
例：L1_MU8

ヒット位置の差のマップ

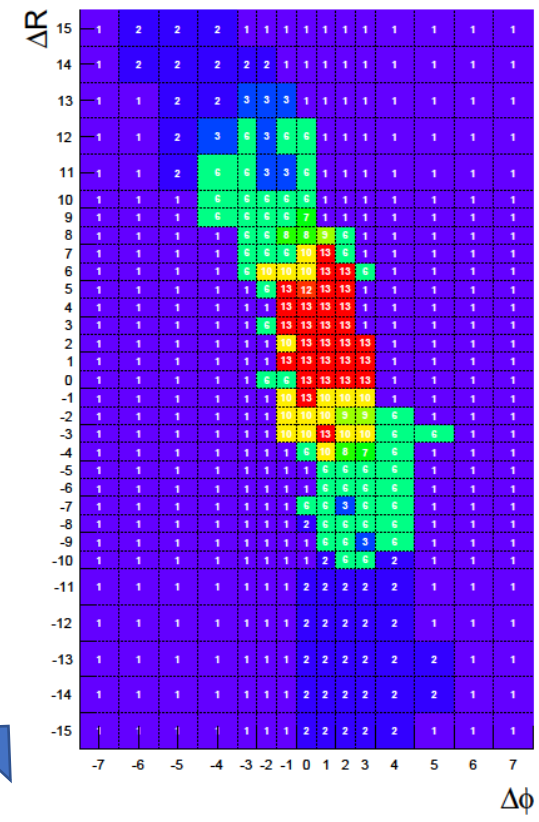


$p_T \geq 8 \text{ GeV}$ の割合が高いセルを選ぶ

L1_MU8のCW



新しい閾値のCWの一つ



色々な閾値で作成

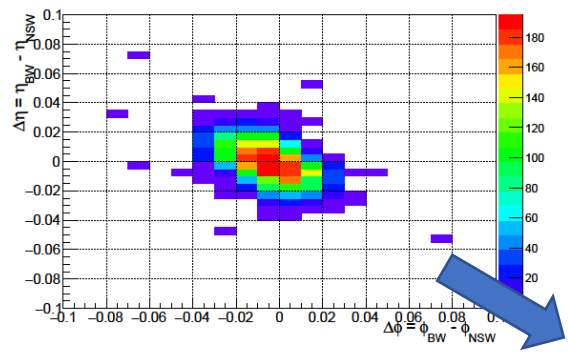
Coincidence window for NSW

◆ NSWのCWを新しく作る

- ✓ まだ実データはないのでシミュレーションを使う
- ✓ ある閾値よりも p_T が高いミュオンについてヒットの角度差をマップにする
- ✓ 99%以上が含まれるように飛び地などをカットする

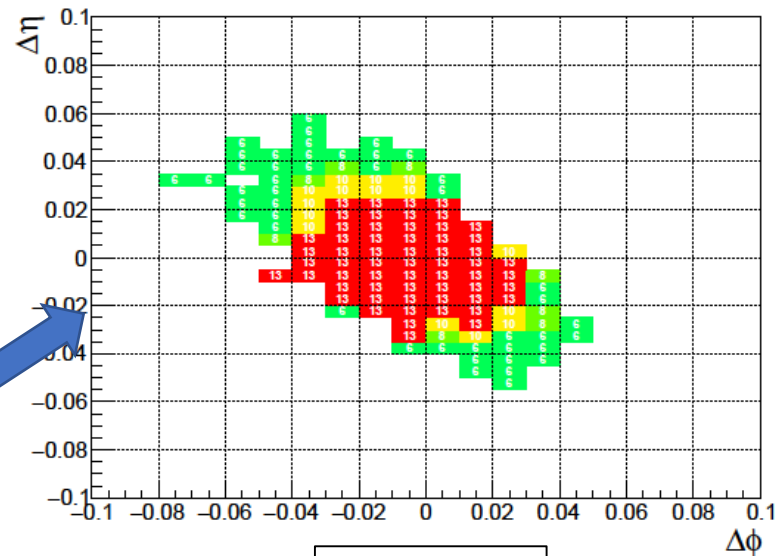
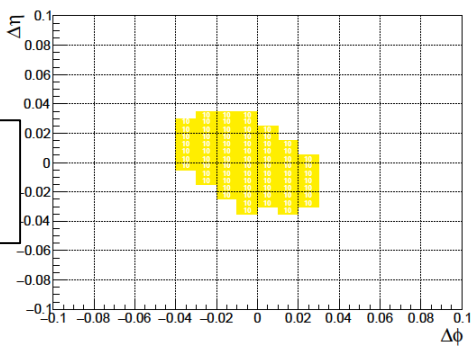
例: L1_MU20

$p_T \geq 20$ GeV ミューオンの
ヒット位置の差のマップ



99%以上が含まれる
ようにカット

L1_MU20のCW

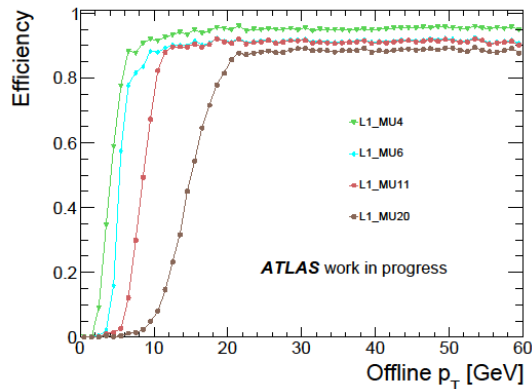


NSWのCW

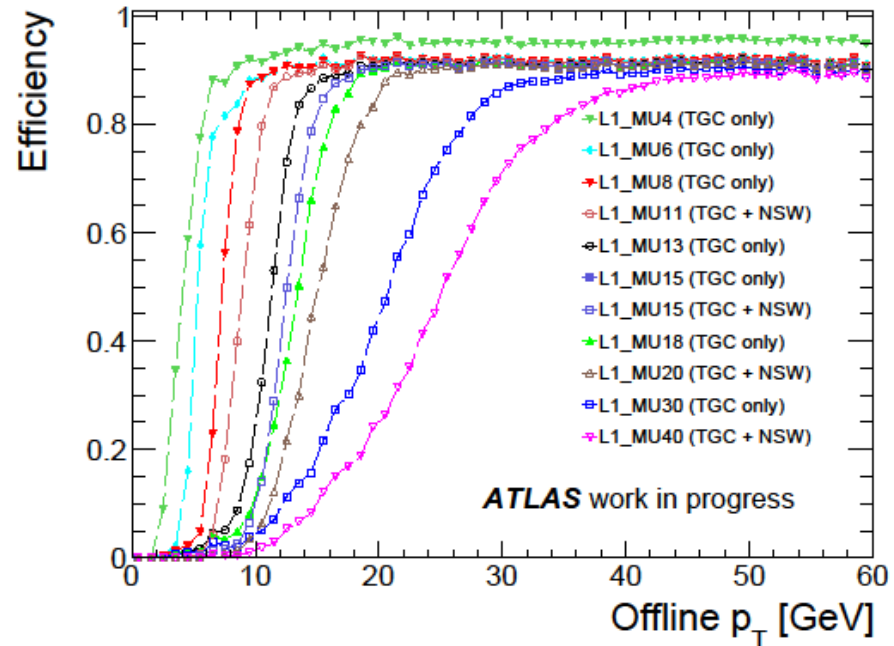
トリガー効率

◆ トリガー効率 = $\frac{\text{トリガーを通過したミュオン数}}{\text{全ミュオン数}}$

- ✓ 閾値より高い p_T のミュオン…トリガー効率は1に近い方が良い
- ✓ 閾値より低い p_T のミュオン…トリガー効率は0に近い方が良い



Run-2のCWを用いたトリガー効率



新しい閾値のCWを用いたトリガー効率

- TGCのCWと、一部はNSWのCWも使用して p_T を判定
 - 閾値の数が増えてもしっかりと分離できている
- 細かいトリガー要求に対応できる性能

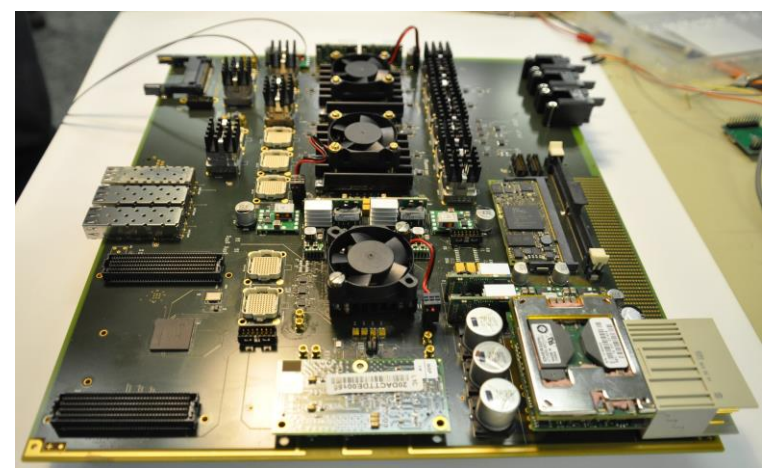
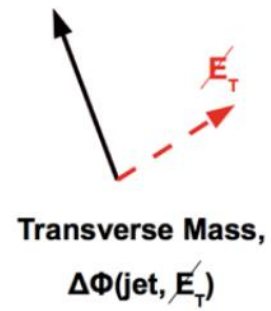
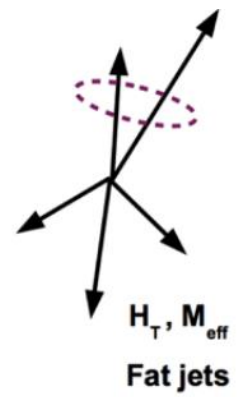
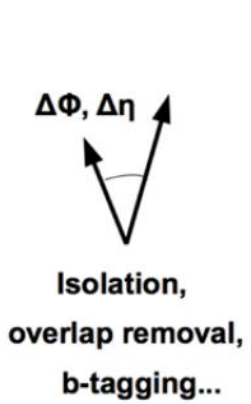
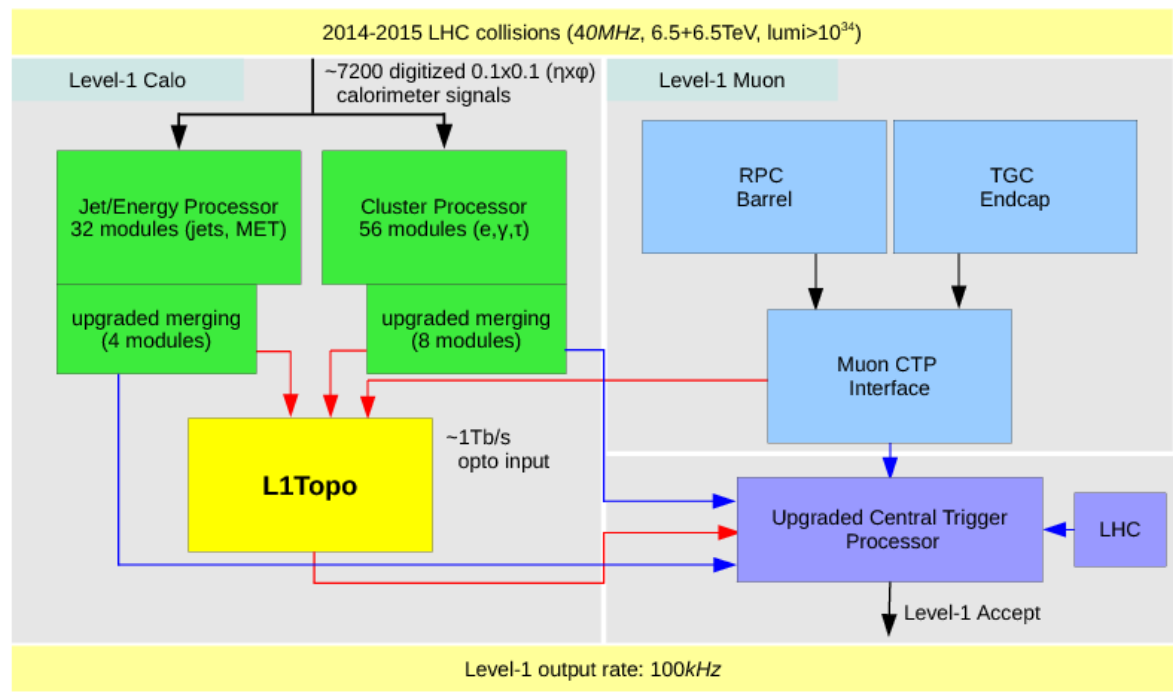
- ◆ ATLAS実験のRun-3に向けたレベル1 ミューオントリガーのアップグレードでは p_T 閾値が増設される
- ◆ 新しい p_T の候補に対してcoincidence windowを作成した
- ◆ Run-3から導入予定の新検出器New Small Wheelについてもcoincidence windowを作成した
- ◆ 作成した新しいcoincidence windowを用いてトリガー効率を算出した

- ◆ p_T によってミューオンをしっかりと分離できている
 - 細かいトリガー要求に対応できる

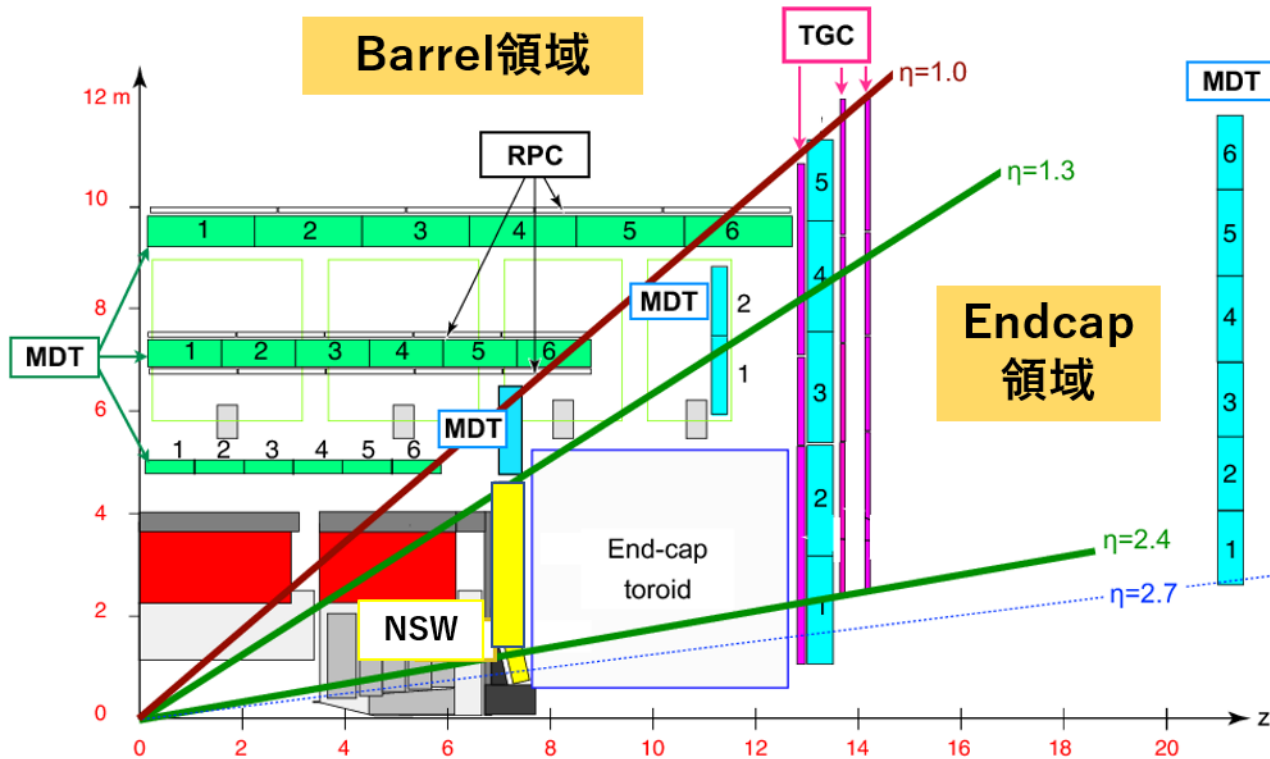
Back up

L1Topo

◆ L1Topo

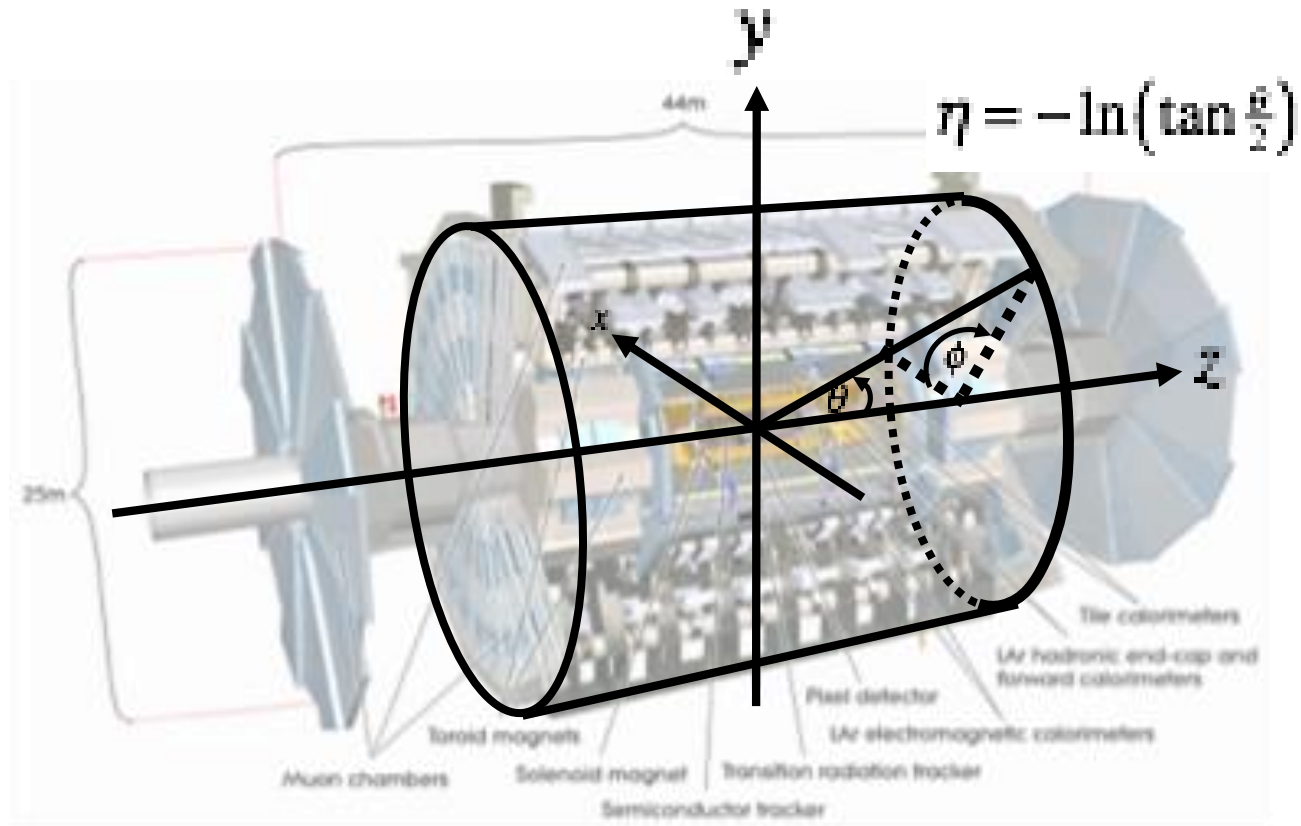


ミュオン検出器

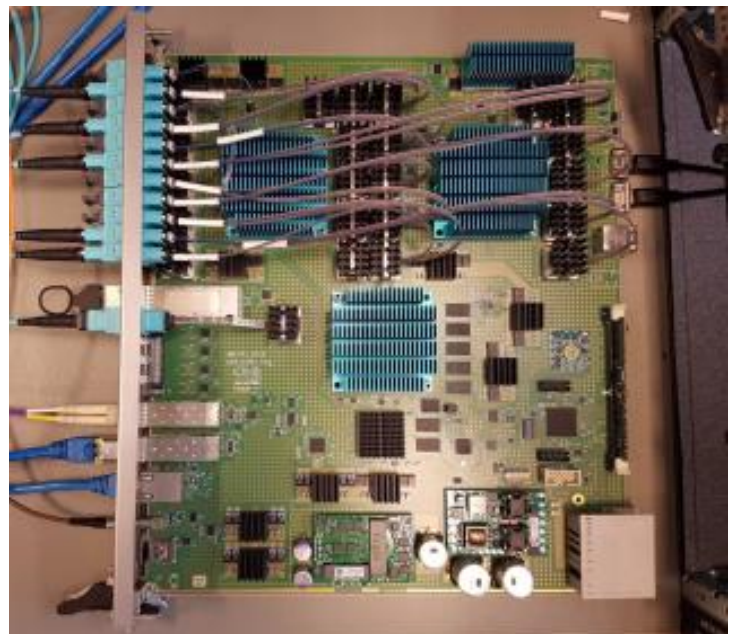
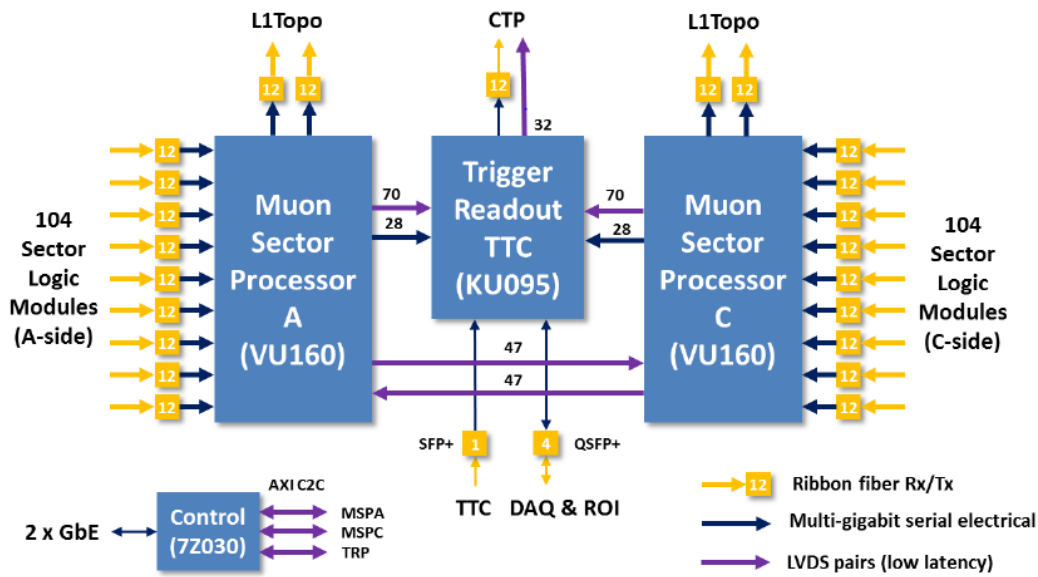


ATLASの座標系

18

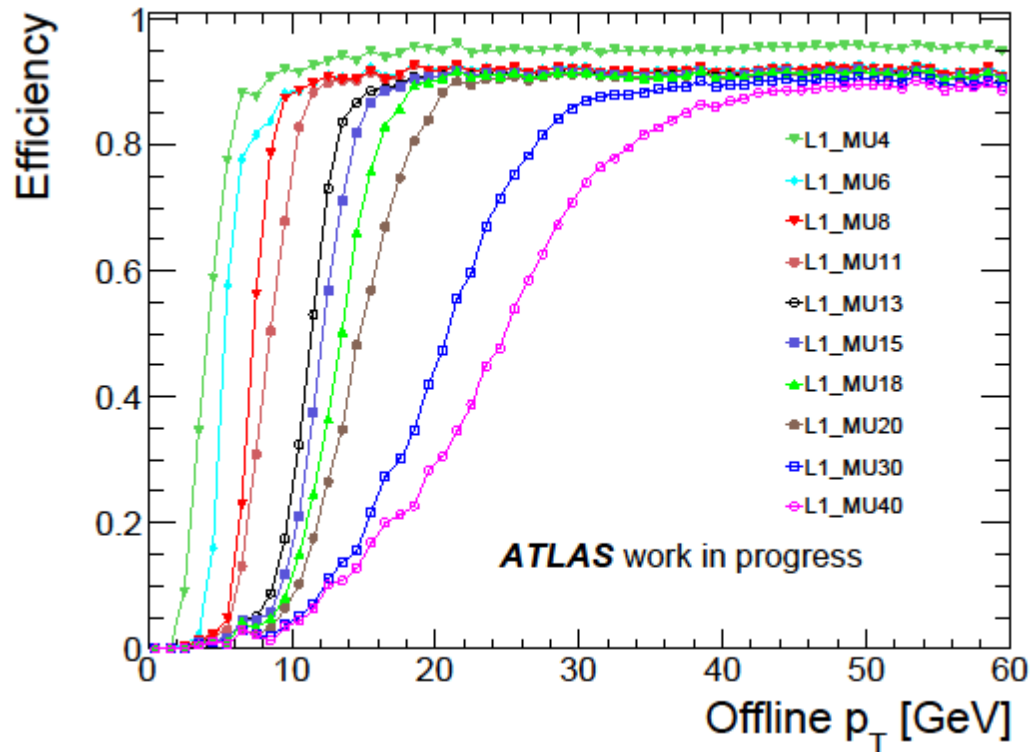


MUCTPI



トリガー効率

◆ 新しいTGCのCWを用いたトリガー効率

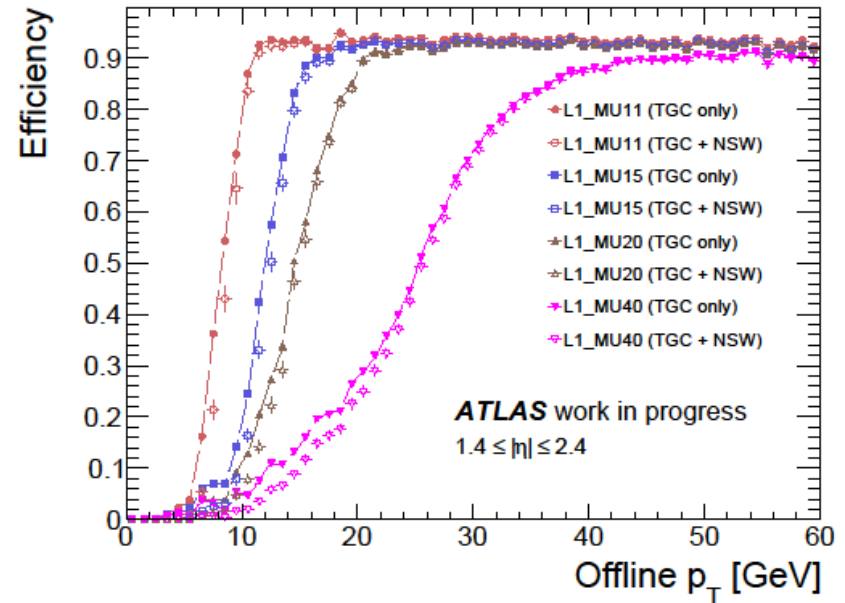
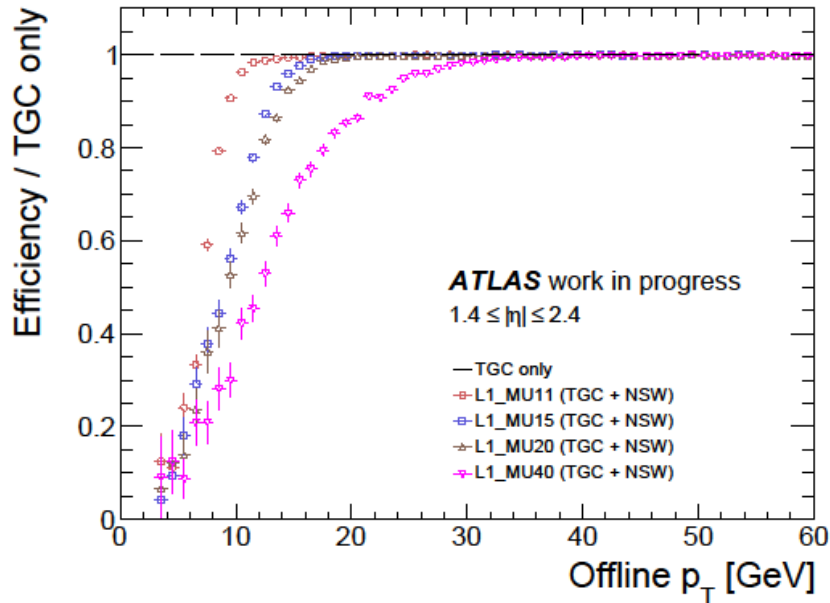


トリガー効率

◆ NSWを用いたトリガー効率

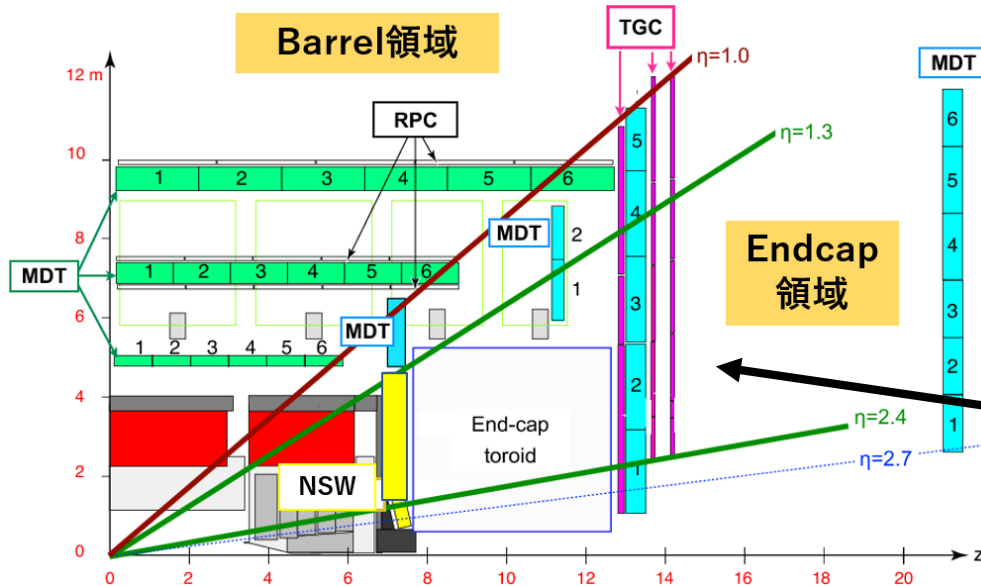
TGCのトリガー効率に対するNSWの相対トリガー効率 (シミュレーション)
$$\frac{\text{NSWトリガーを通過したミューオン数}}{\text{TGCトリガーを通過したミューオン数}}$$

TGCのトリガー効率 (実データ) に
NSWの相対トリガー効率を掛けることで
NSW導入後のトリガー効率を見積もる

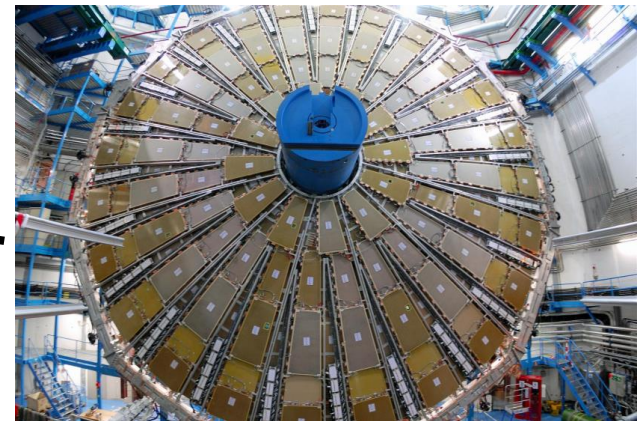


レベル1 ミューオントリガー

- ◆ 横運動量 (p_T)がある閾値よりも高いミュオンが含まれる事象に対してトリガーを発行する
- ◆ Endcap領域 : Thin Gap Chamber (TGC)



TGC Big Wheel



Coincidence window

◆ Coincidence window (CW) とは

- ✓ TGCやNSWのヒットのずれをあらかじめ計算してマップにしたもの
 - それを参照することで高速で p_T を見積もることが可能
- ✓ Region of Interest (RoI) 毎に作成
 - RoI...TGCのヒット位置の最小単位
- 全部で17280個

Run-2で使われているTGC CWの一つ

- 色がそれぞれの p_T 閾値に対応している

