

LHC-ATLAS 実験における Run 3 初期データを使った ミュオントリガー用検出器の位置補正の研究

名古屋大学 高エネルギー素粒子物理学研究室
菊池 美雪

堀井泰之^{AB}, 戸本誠^{ABC}, 青木雅人^C, 前田順平^D, 隅田土詞^E, 齋藤智之^F, 他
ATLAS 日本トリガーグループ

名大理^A, 名大 KMI^B, KEK 素核研^C, 神戸大理^D, 京大理^E, 東大素七^F

LHC加速器

陽子バンチを加速し衝突させる

瞬間ルミノシティ	$2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
重心系エネルギー	13.6 TeV

目的

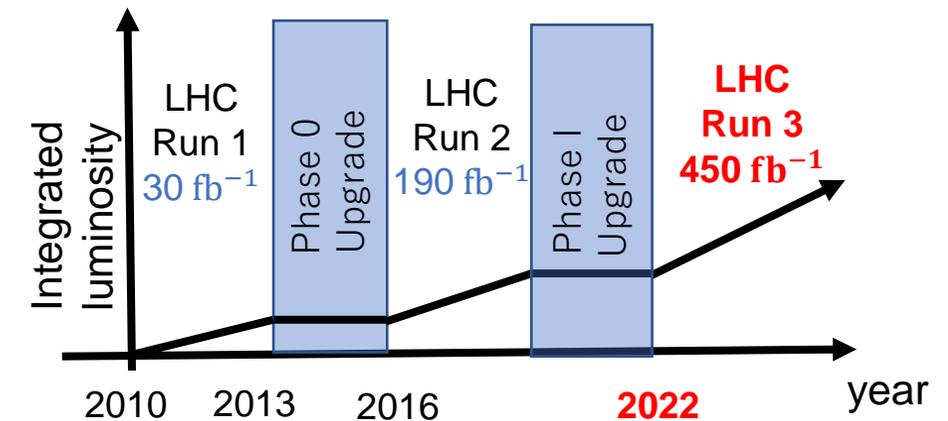
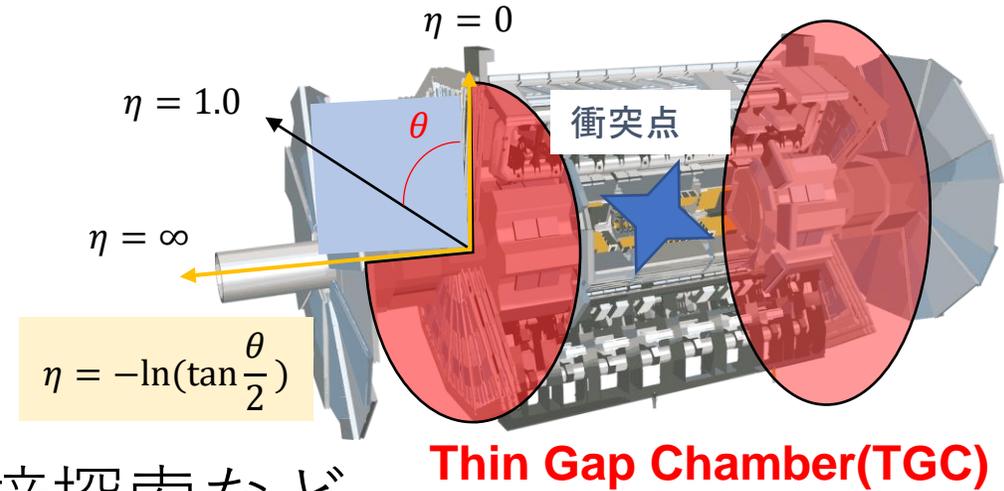
ヒッグス結合の精密測定、新粒子直接探索など

Run 3が2022年に始まった

シャットダウン期間中に
TGCのチェンバーの交換作業が実施

ATLAS検出器

LHCの衝突点にある検出器

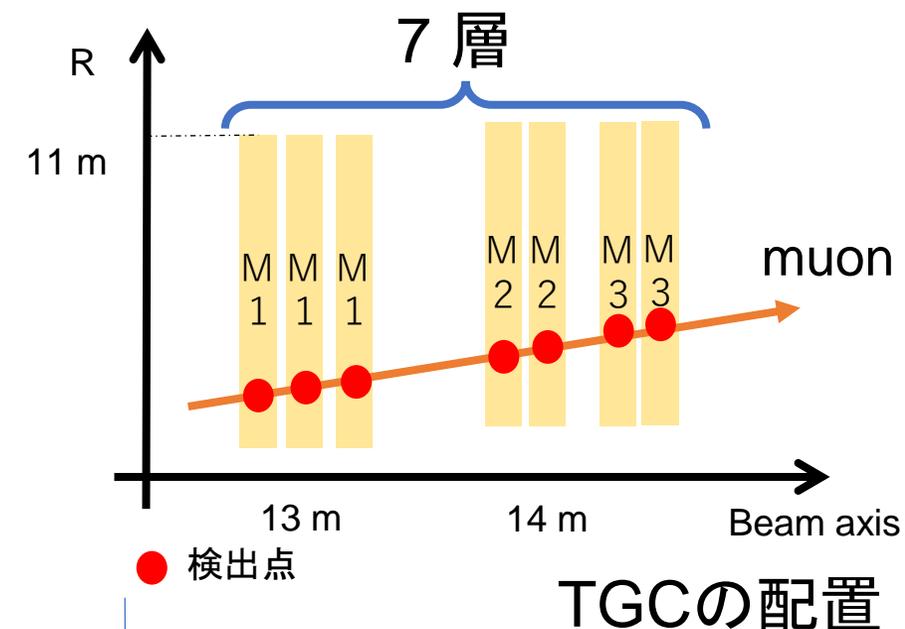
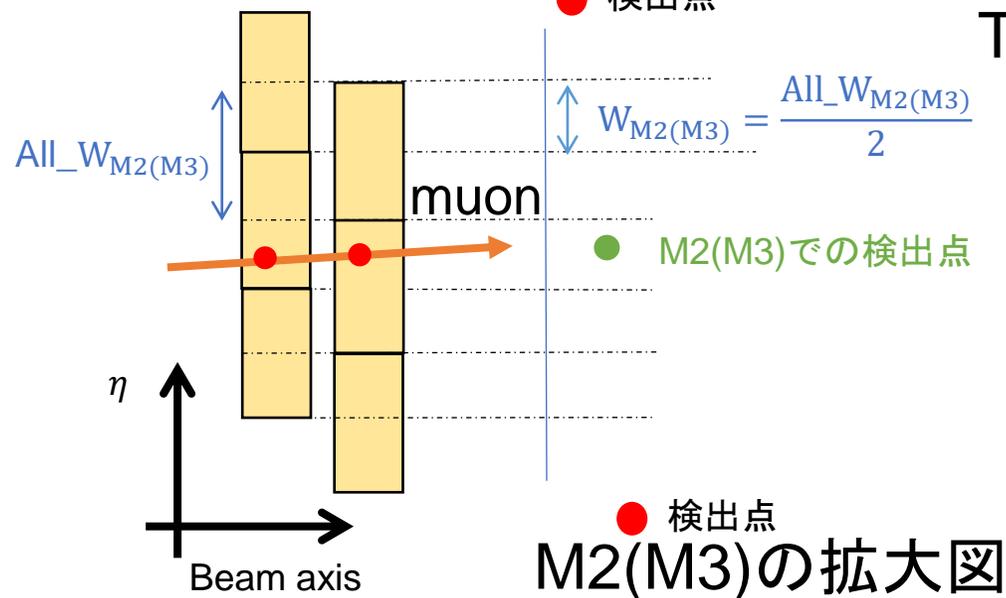
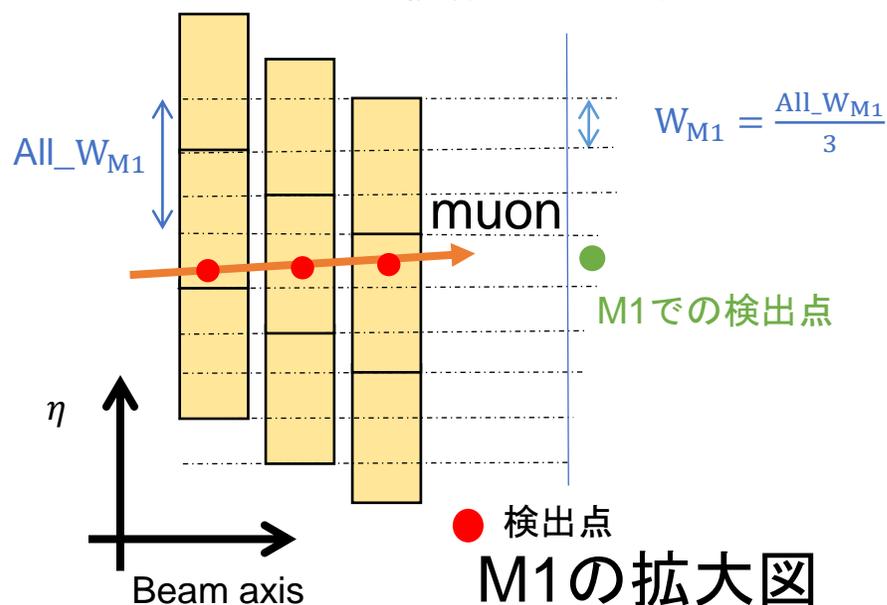


TGCは初段トリガーの役割を担っている

TGCの基本情報

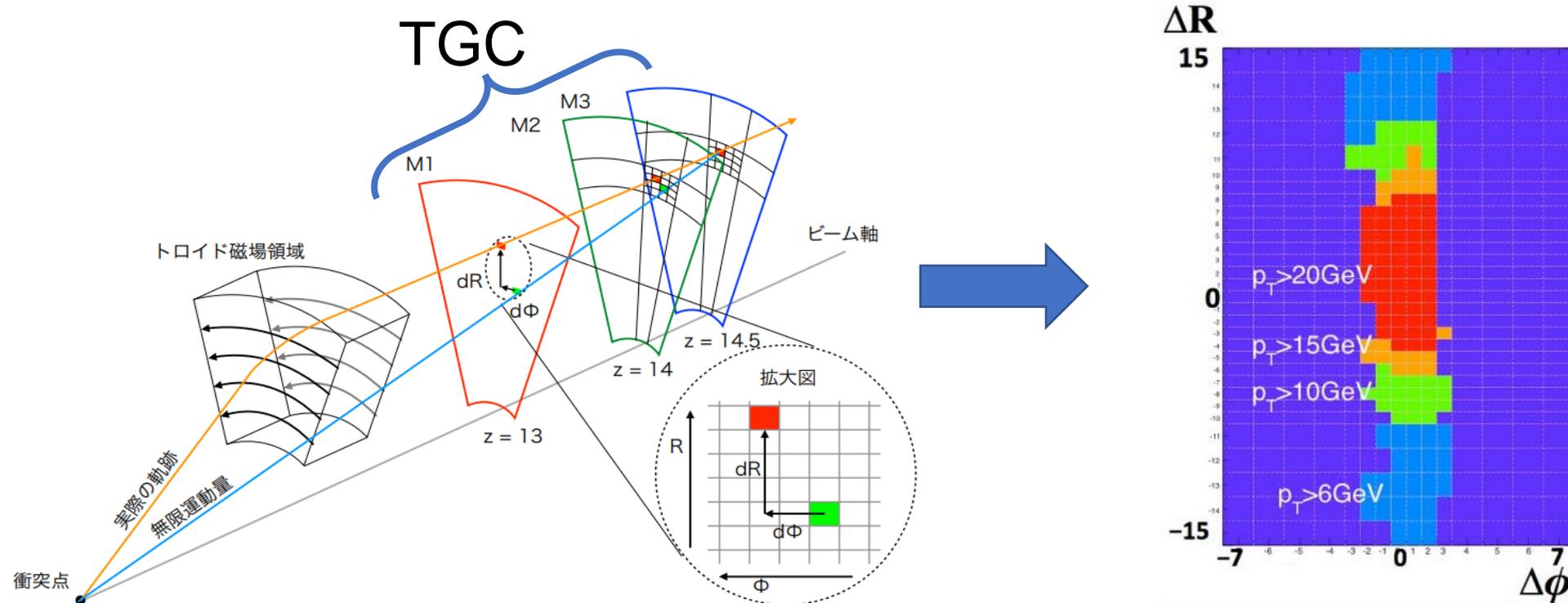
総チャンネル数	32万 ch
位置分解能	~10 mm

M1, M2, M3というstationで構成されている
各stationごとに検出点を出している



トリガー判定

M1, M3 での検出点の相対位置と無限大運動量飛跡とのチャンネル差分を事前に計算したLook Up Tableに参照して、横運動量を判定する



判定ロジック
Coincidence Window(CW)

トリガーの精度向上には検出器の位置測定が重要である

Monitor Drift Tube (MDT)

精密な位置測定が可能

精密測定用のミュオン検出器

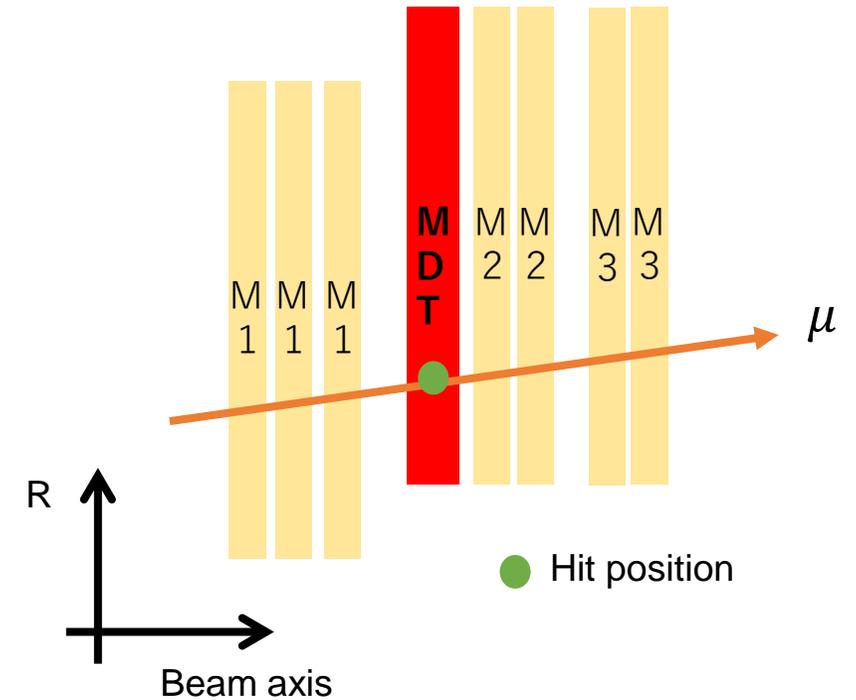
TGCに比べ速さは劣る精度が高い

チューブあたりの位置分解能: $80 \mu\text{m}$

読み出し

セグメント情報

- ・ 方向 (運動量)
- ・ 位置



MDTの配置

MDTのセグメントを位置測定 of ミュオン飛跡として参照する

- Run 1, Run 2でも実施済み
 - Run 1
 - 測定手法の開発と測定※1
 - Run 2
 - Run 1と同じ手法で測定
 - 測定結果は
CWのマス?? マス分

※1

日本物理学会 春季大会 2013

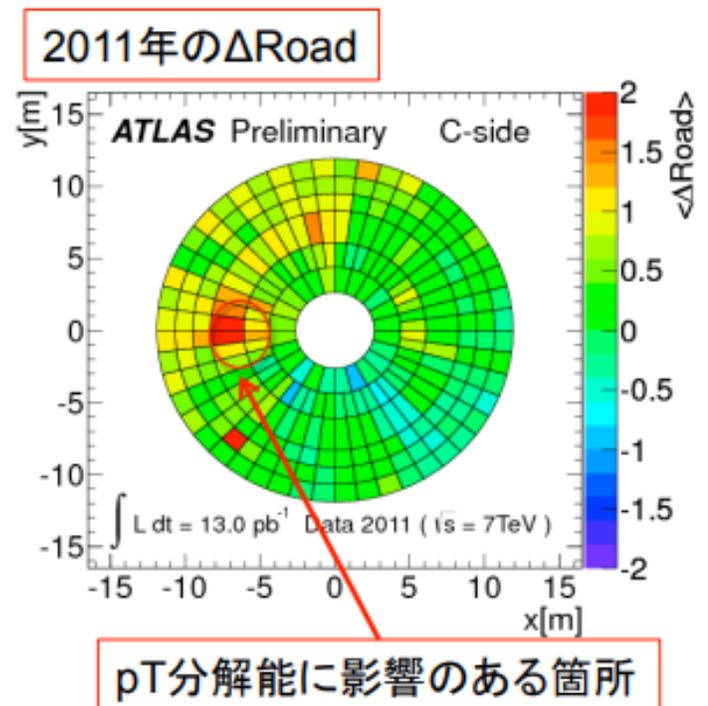
山内克弥 26aRC-7

日本物理学会 秋季大会 2012

山内克弥 11pSG-2

日本物理学会 秋季大会 2010

若林 潤 11aSL-3



重心系エネルギー13.6 TeV 陽子・陽子衝突データ

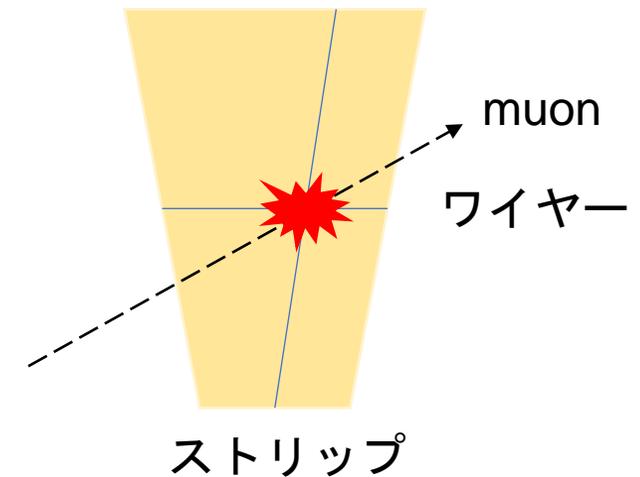
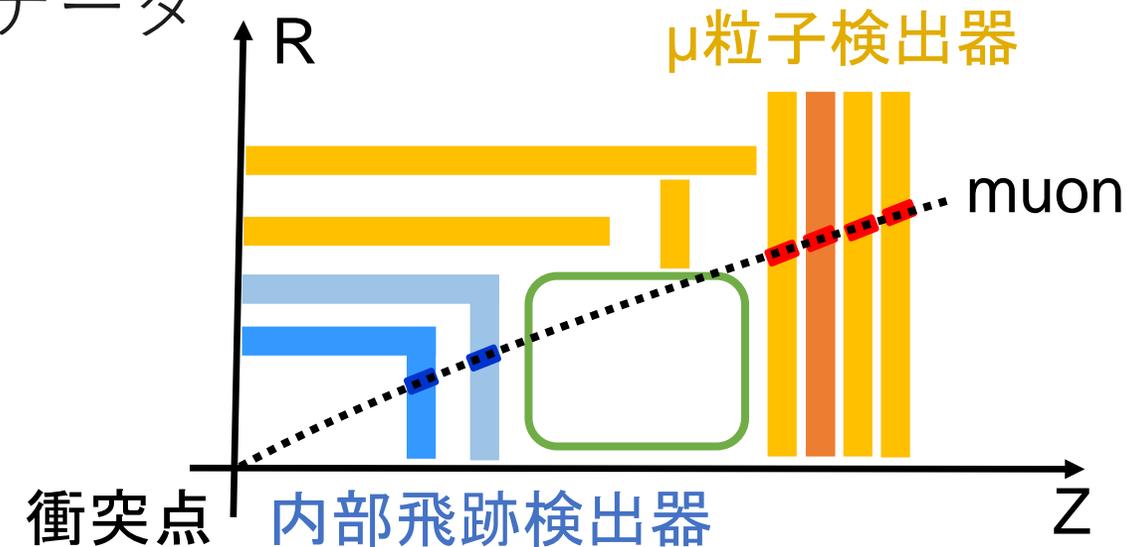
積分ルミノシティ 500 pb^{-1} 2022取得データ

ミュオン飛跡

- ・衝突由来のミュオン
- ・ミュオン飛跡検出器で再構成
- ・内部飛跡検出器で検出
- ・複数層のミュオン検出器で検出
- ・横運動量 4 GeV 以上

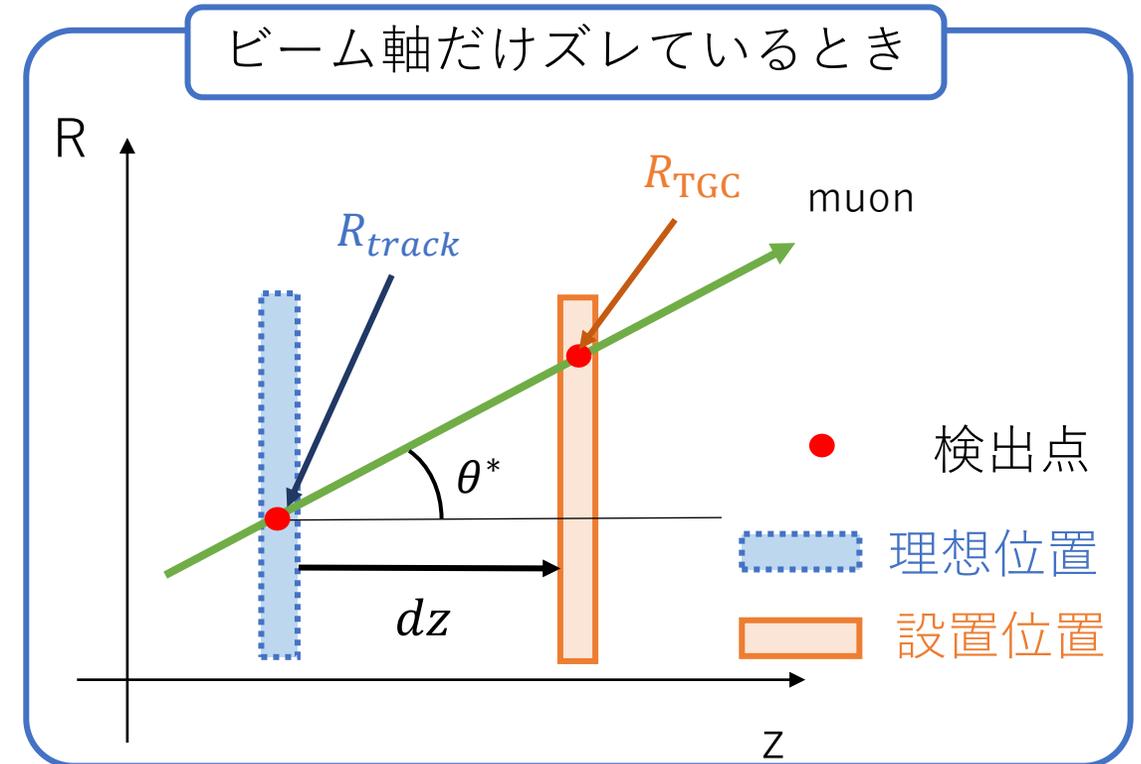
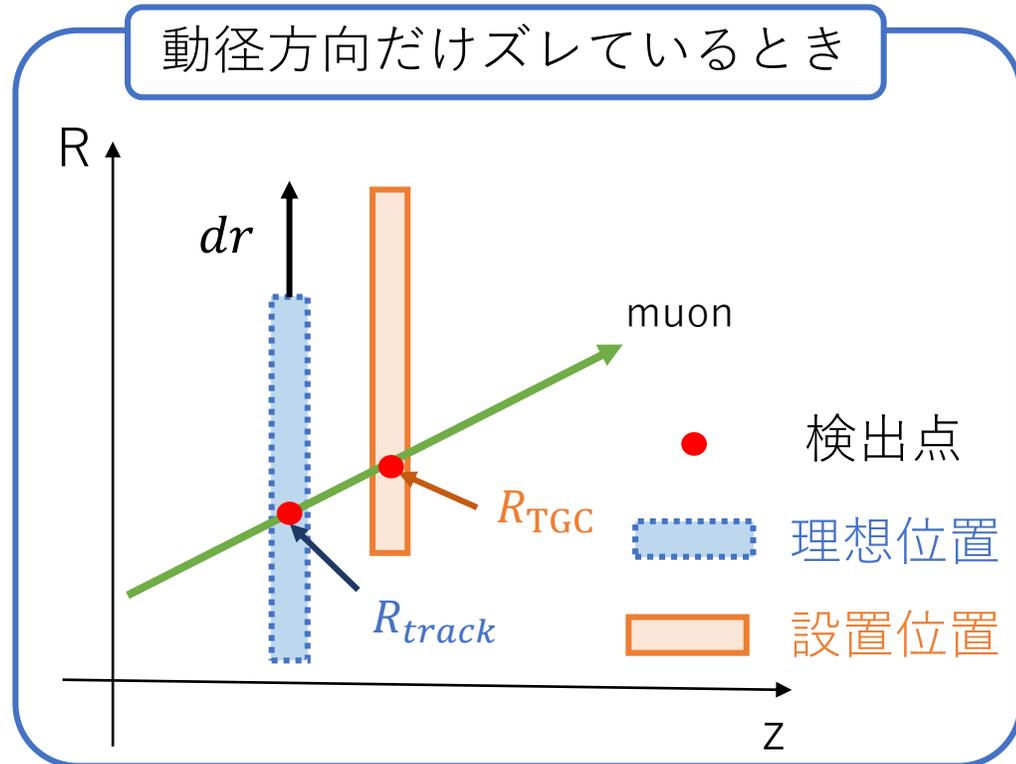
TGCでの検出

- ・ミュオン飛跡の近傍
- ・1層の中で1ワイヤー、1ストリップのみ



検出器の位置測定の手法

TGC検出器におけるヒットのR座標と、MDTによるミューオン飛跡と理想位置のTGC検出器平面の交点のR座標の差($\delta\rho$)を用いてTGC検出器の位置を測定する



$$\delta\rho = R_{\text{track}} - R_{\text{TGC}}$$

トリガーに位置測定を反映させるパラメータ 9/13

ミュオンの飛跡とTGCの検出点との差

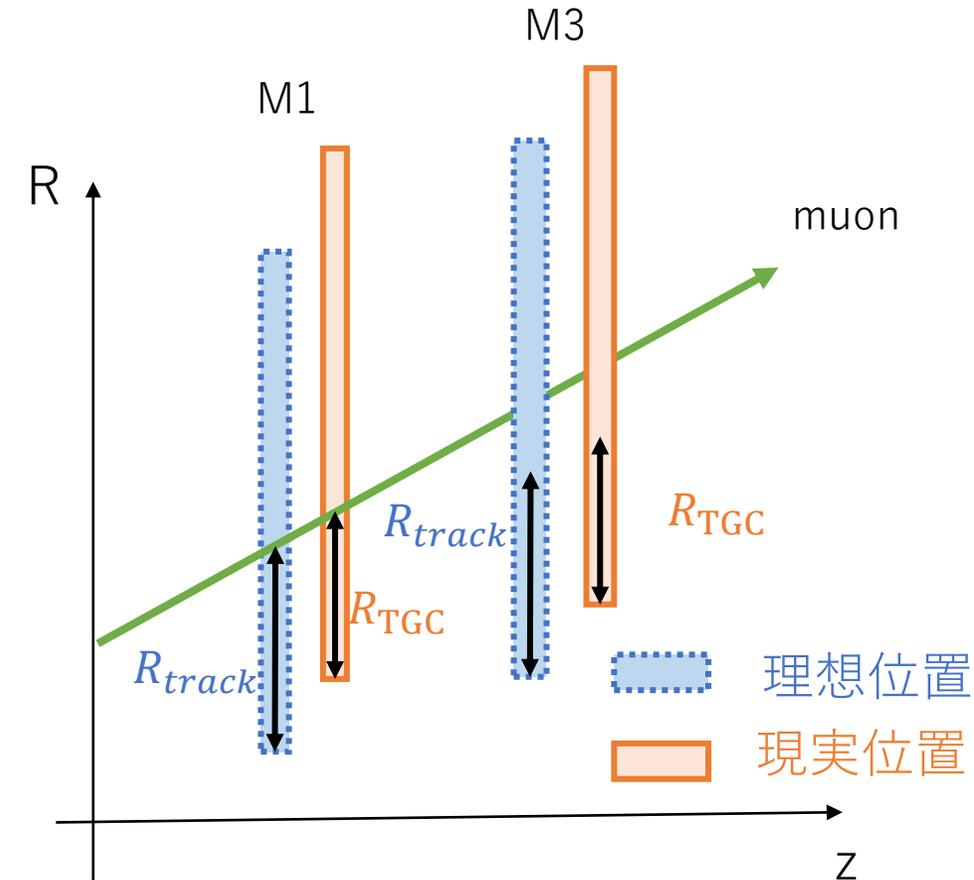
$\delta\rho = R_{\text{track}} - R_{\text{TGC}}$ を用いて

M1とM3間の相対的なズレをチャンネル数で表すと

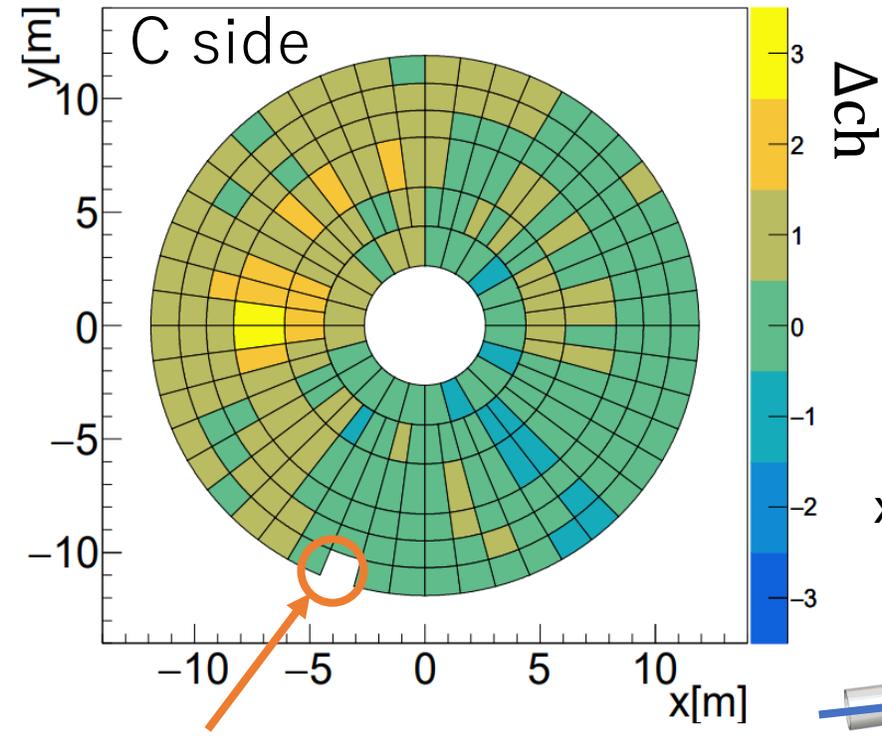
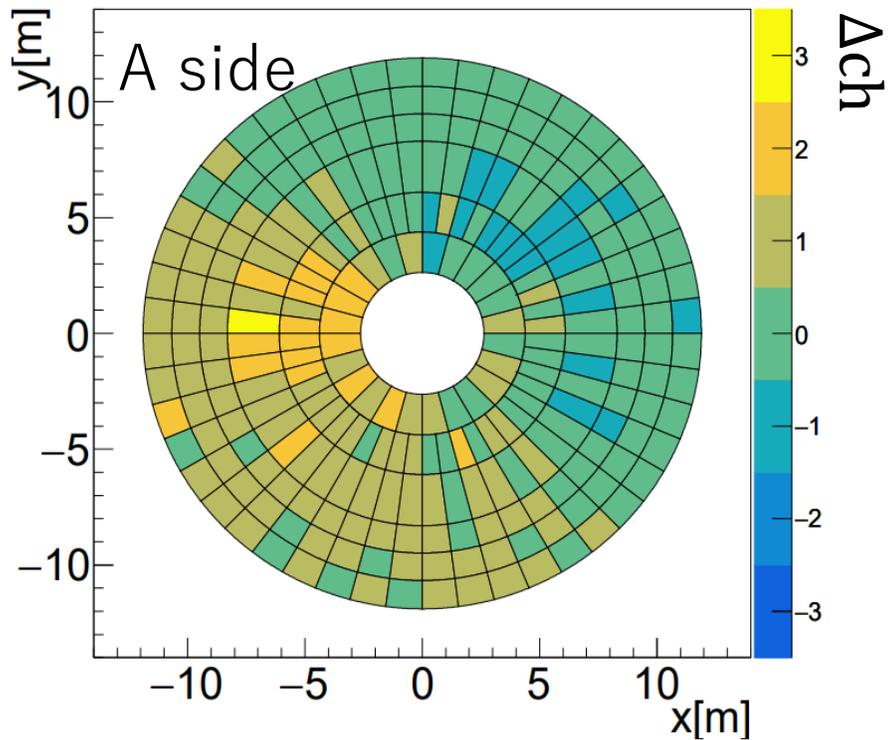
$$\Delta\text{ch} = \frac{\delta\rho_{M1}}{W_{M1}} - \frac{\delta\rho_{M3}}{W_{M3}} \quad \begin{array}{l} W_{M1}: M1 \text{のチャンネル幅} \\ W_{M3}: M3 \text{のチャンネル幅} \end{array}$$

$\Delta\text{ch}=1$ は約?? cmに相当する

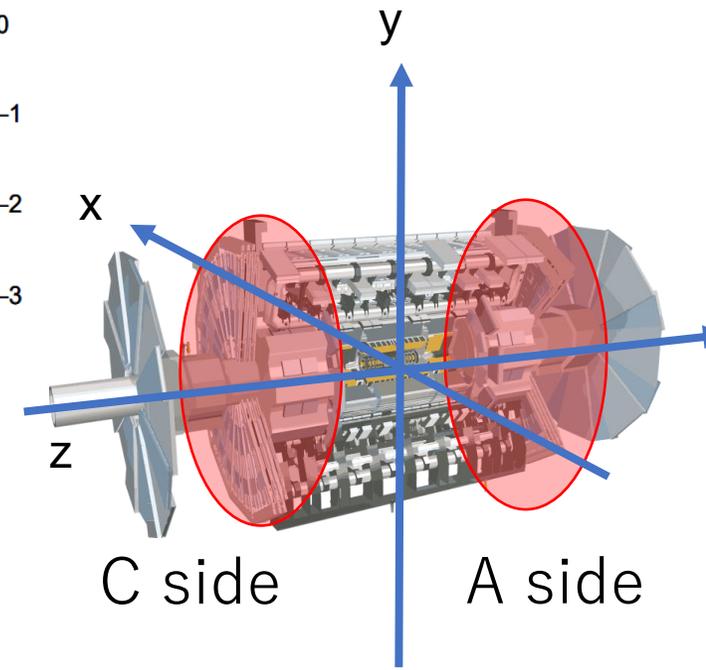
Δch を測定することで検出器のズレによるトリガーへの影響が分かる



500 pb⁻¹データを用いて測定したところ、大きなズレがみられなかった
 Δch の統計誤差は0.5以下である。

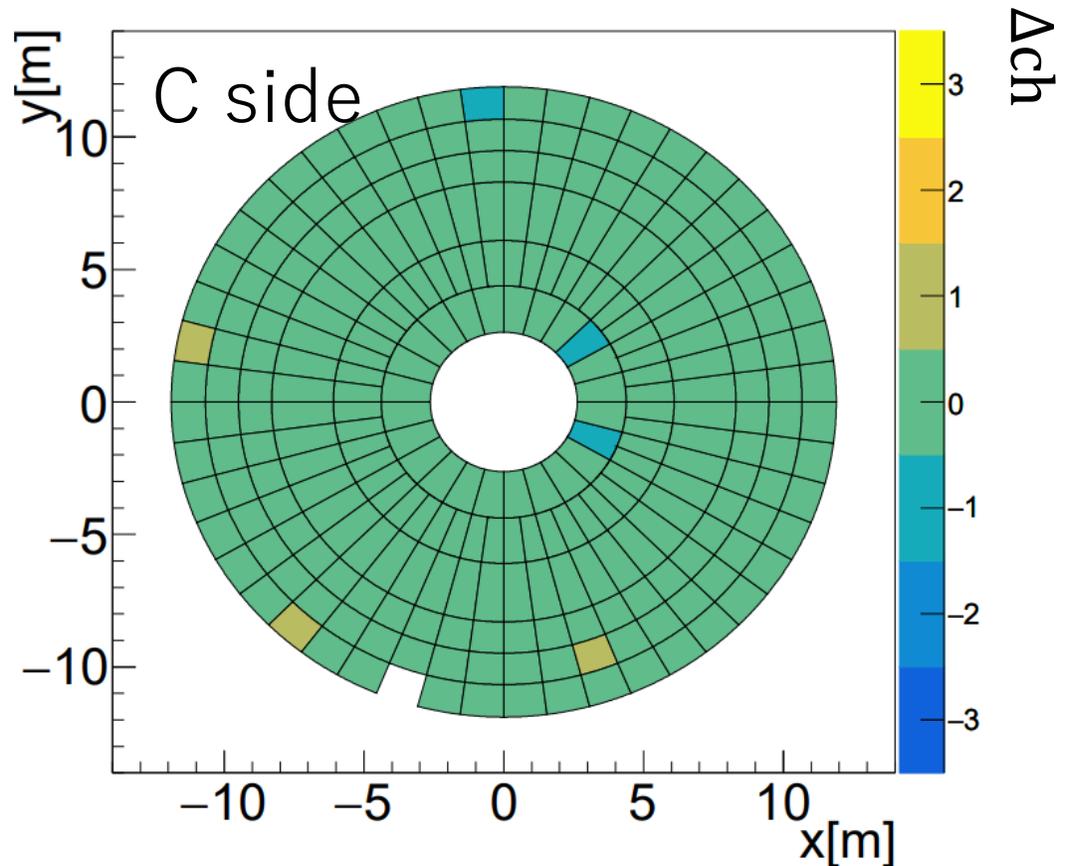
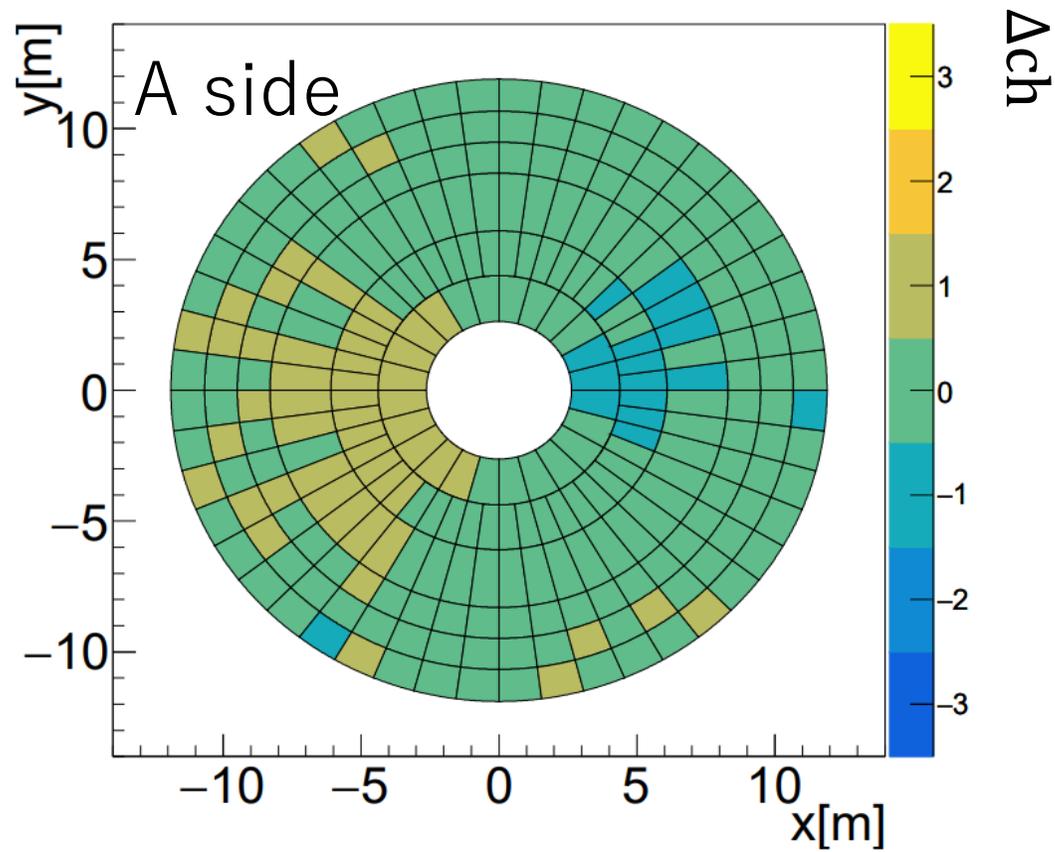


デッドチェンバー



過去のアライメント結果との比較

Run 3の結果からRun 2での結果のズレを引くことで、過去の結果と比較したところRun 2とRun 3で近い結果が得られた

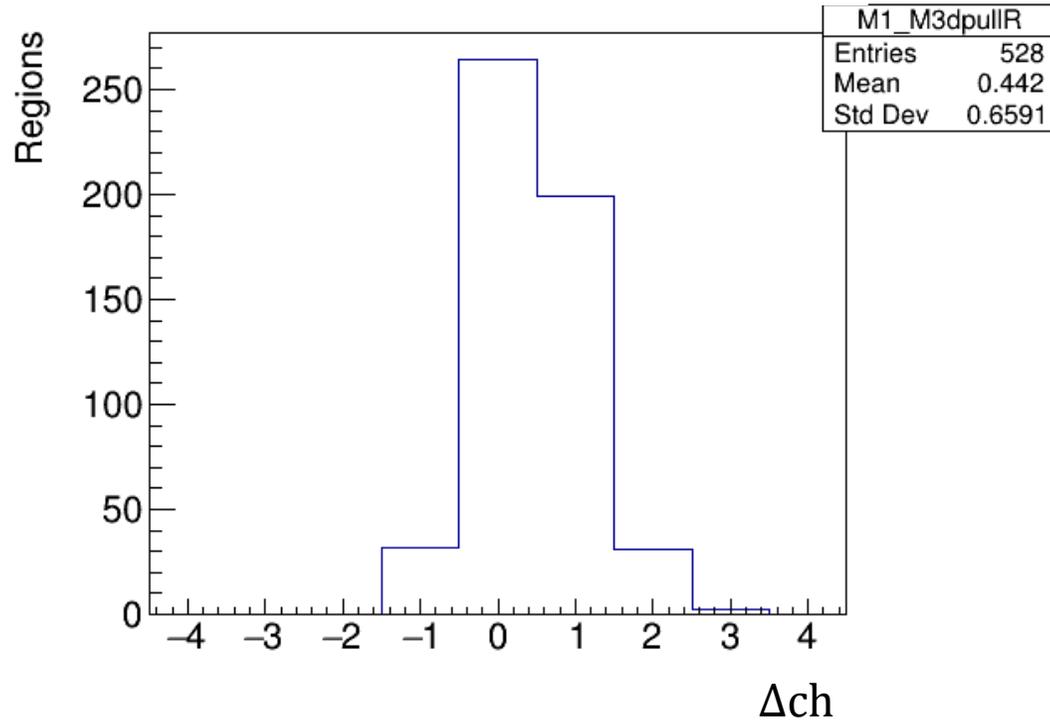


各領域ごとに何dR_{pull}ずれているか

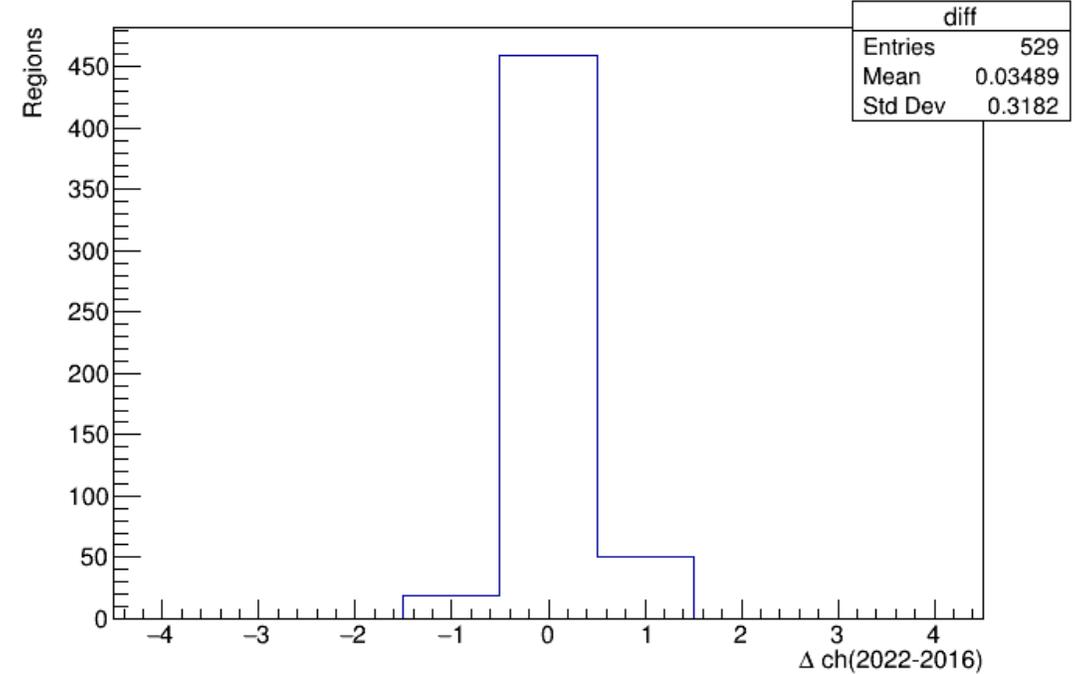
2022年のみに着目すると
最大で $\Delta ch = 3$ のズレ

2016年との差をとると
最大で $\Delta ch = 1$ のズレ

チェンバー毎の Δch



Δch (2022-2016)



Δch (2022-2016)

結果を踏まえてトリガーのCWを調整する

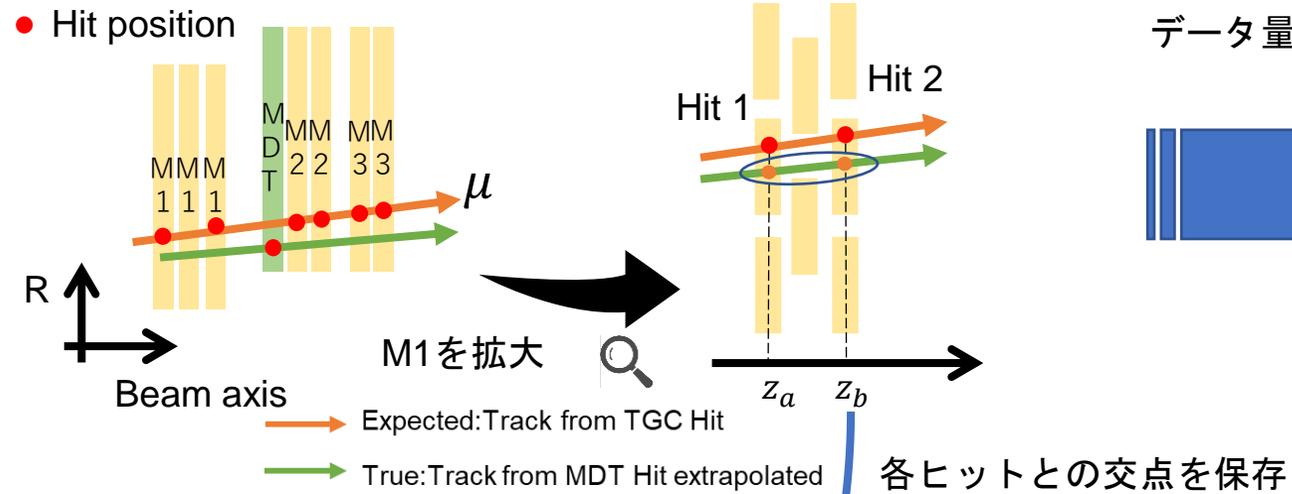
- LHC-ATLAS実験は2022年にRun 3が開始し、Runのはじめには検出器の位置測定が必要である
- Run 3 初期データ500 pb⁻¹を用いた TGC の相対位置を測定では、ほとんどの領域で Run 2 と同等の結果が得られた。
- 位置測定の結果をトリガーであるCWを調整していく

Back up

Run 3からデータフォーマットが変更（飛跡外挿に関する容量削減）

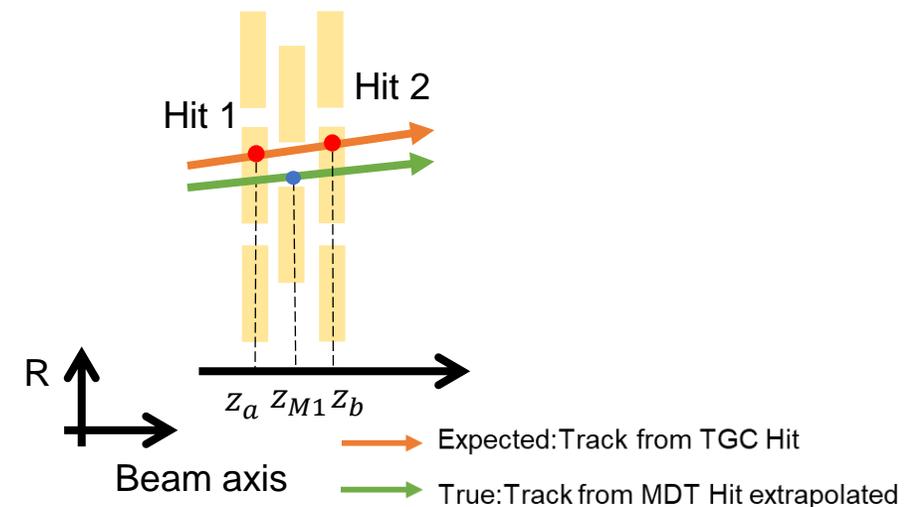
Run 2

TGCの各Hitに対してミュオン粒子飛跡の外挿（交点の導出）を実施



Run 3

M1, M2, M3の代表点までの外挿のみを実施



アライメント解析において
それぞれのTGCヒットのz座標まで直線外挿する

Event No.	Hit No.	TGC Hit z	Extrapolation z
1	Hit 1	z_a	z_a
	Hit 2	z_b	z_b
	.	.	.
	.	.	.

MDTは高精度なアライメントが必要

運動量は3層の検出位置を使用している

1. 1層目と3層目の検出位置を直線で結ぶ
2. 2層目の検出位置の差分（サジッタ）を計算
3. サジッタから運動量を算出

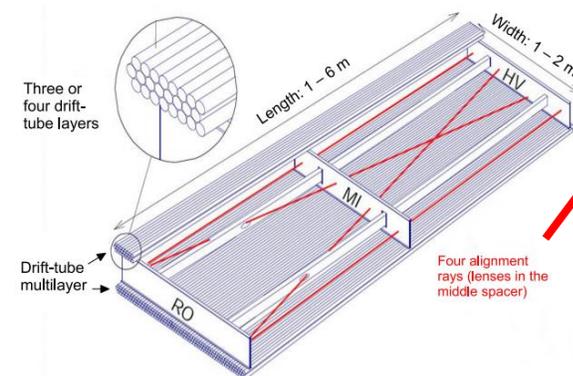
横運動量1 TeVのミュー粒子に対して
サジッタが30 μm 変化すると60 GeVの変化を受ける

MDTの運動量の分解能： $p_T = 1 \text{ TeV}$ に対して10%である。

これを保障するためには**30 μm 以下**の精度での位置測定を要する

アライメントは大きく二種類

1. MDTのチャンバー同士のアライメント
2. MDT同士のアライメント



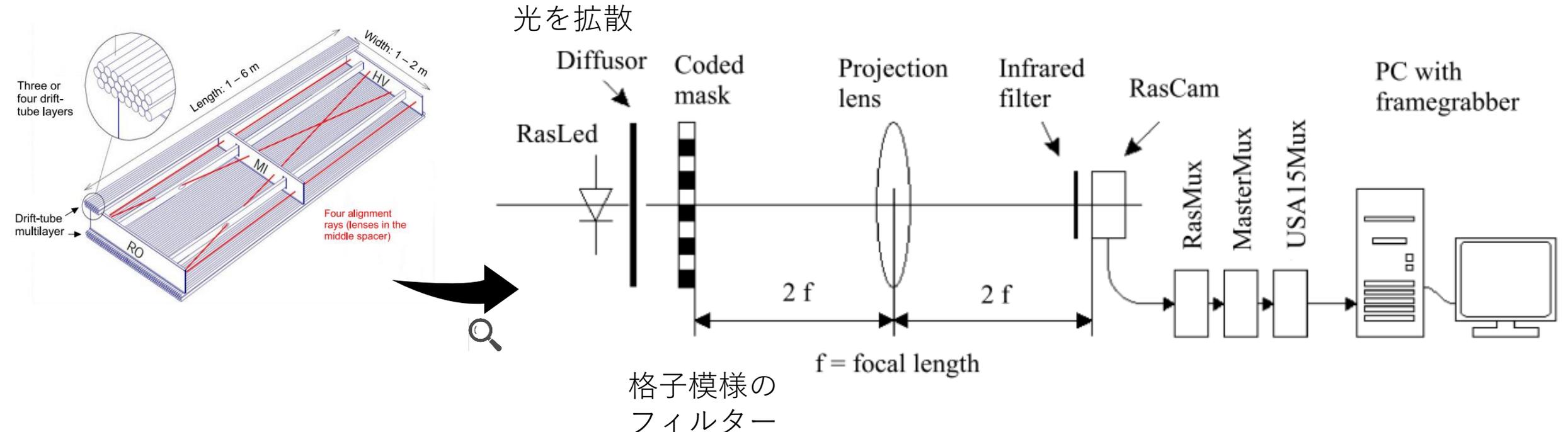
1.MDTチェンバー同士のアライメント

17/13

目的:隣り合うチェンバー同士の位置、チェンバー内部の歪みを測定

精度:1 μm

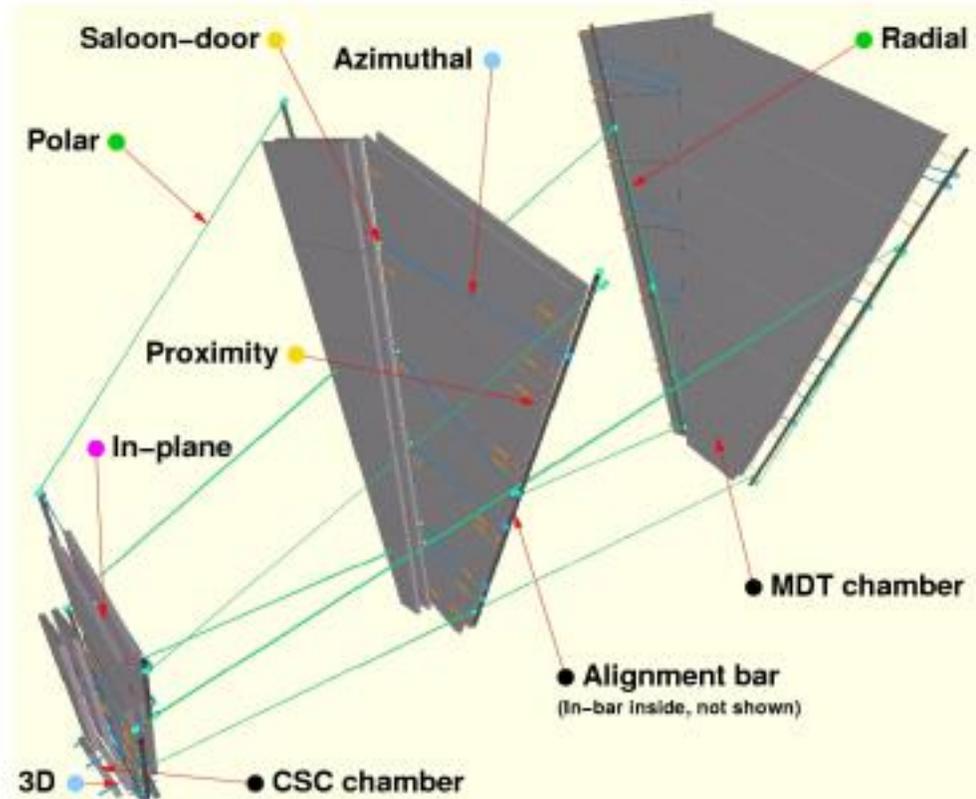
手法:光学アライメントシステム



目的:MDT同士的位置関係を測定

精度:5 μ rad

手法：複数のレーザー光とCCDを使用した光学測定



CCD:画像を電気信号に変換して
取り出す半導体の素子