

ATLAS実験における新しいチェンバーを用いた横運動量測定の精度改良法の研究

東京工業大学

樋口浩太

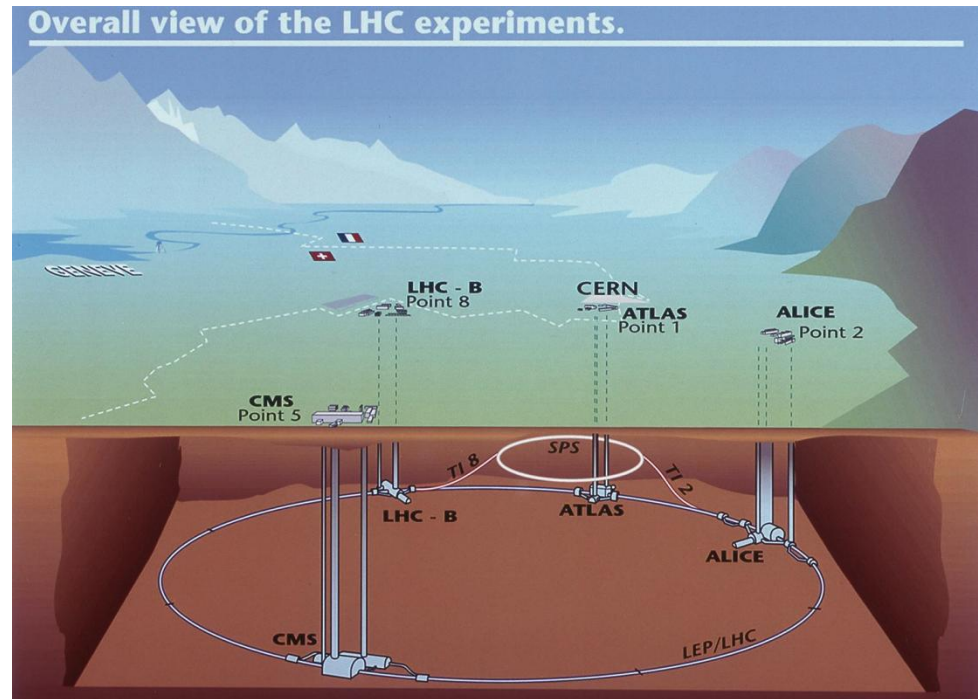
2013/02/18

目次

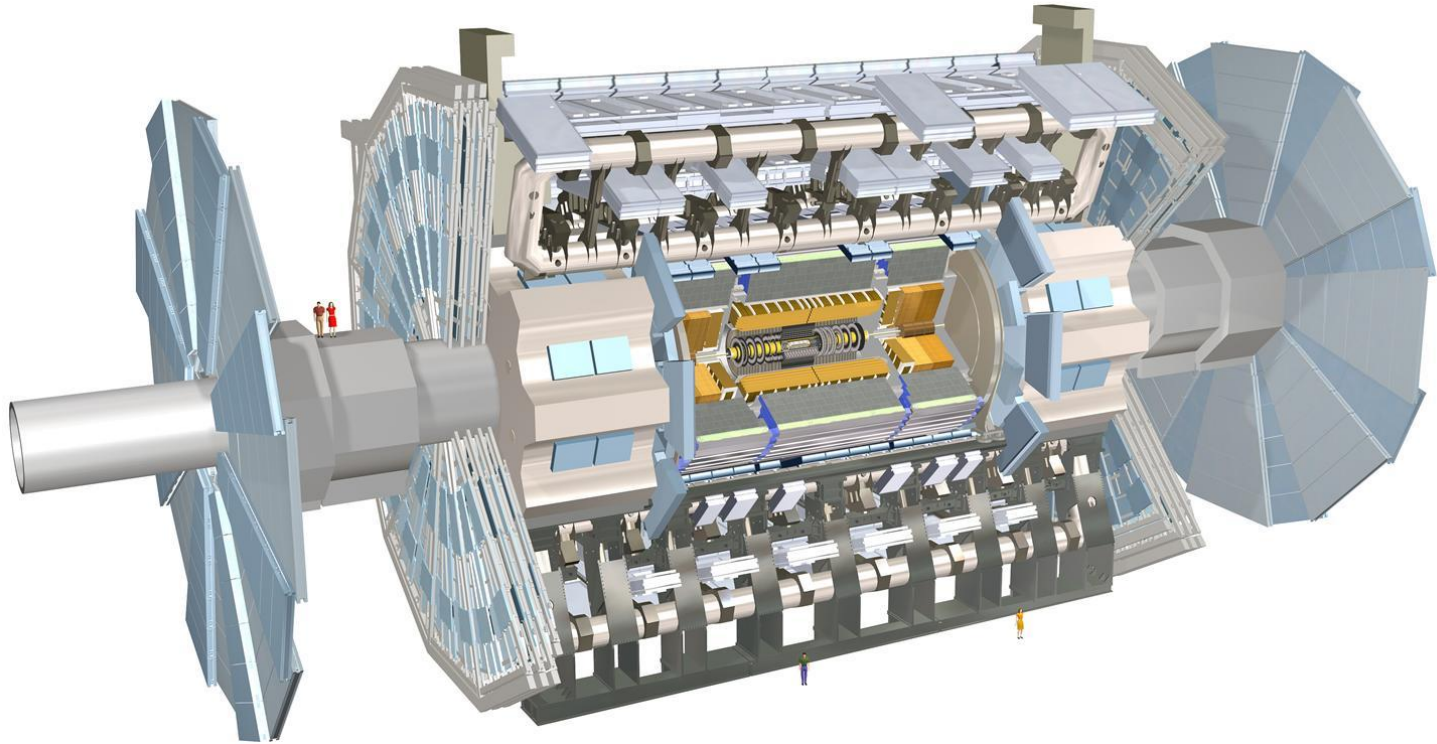
- **Introduction**
- ATLASTリガーシステム
- 本研究のモチベーション
- EE chamberと横運動量測定の改良法
- この方法の有用性
- Summary & Work plan

Introduction ~ Large Hadron Collider ~

- 全長27km
- CERN(スイス)に建設
- 設計衝突エネルギー:14TeV
(現在8TeV)
- 1.2×10^{11} 個の陽子を1バンチとして加速
- 25nsごとにバンチ同士を衝突
- 現在long shutdown中
long shutdown後は14TeVでの運用を予定
- 4つの検出装置が設置(目的が違う)
 - ATLAS, CMS : Higgs particle, SMの精密測定, BSM物理の探索
 - ALICE : 重イオン衝突
 - LHCb : B粒子



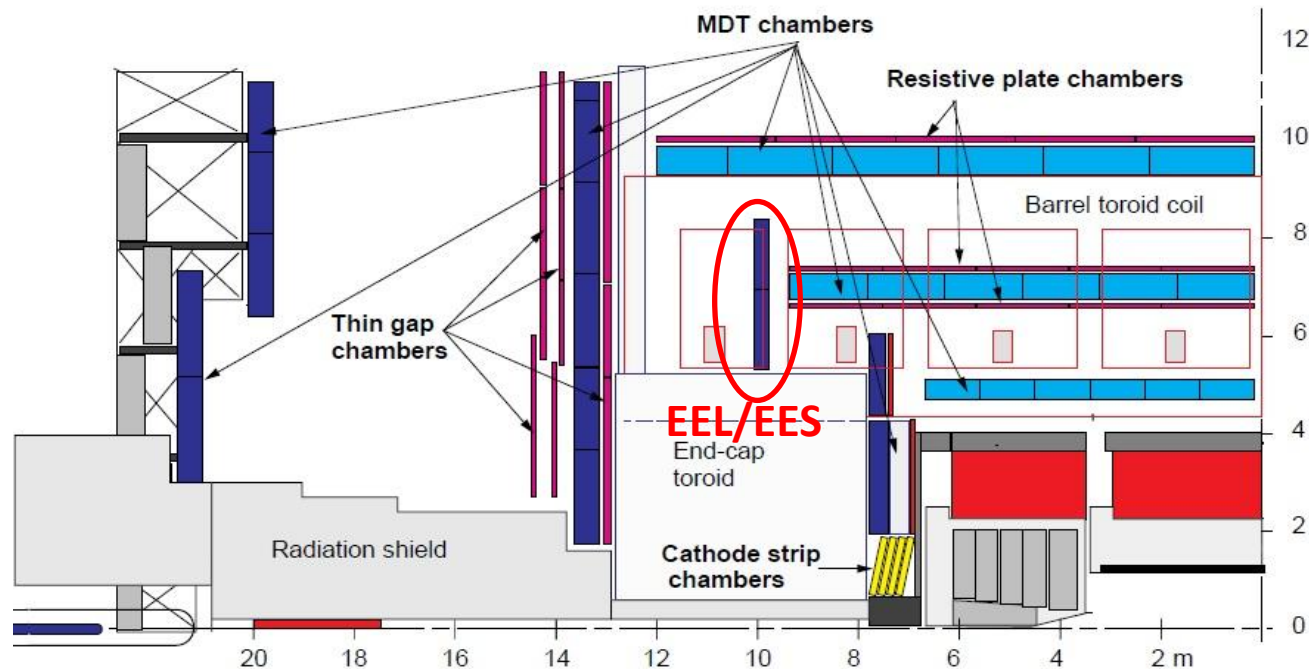
Introduction ~ ATLAS experiment ~



- Higgs particle, SMの精密測定, BSM物理の探索が主な目的
- ビーム軸方向をZ軸、ビーム軸と垂直方向をR、Z軸に垂直面での回転角を ϕ 、Z-R平面での回転角を θ とする
- $\eta = -\ln(\tan(\theta/2))$ と定義(η が+: A side, η が -: C side)
- muon検出器、カロリメータ、Inner detectorなど、様々な検出器で構成
- **muon検出器(MDT)のendcap領域を使用した研究**

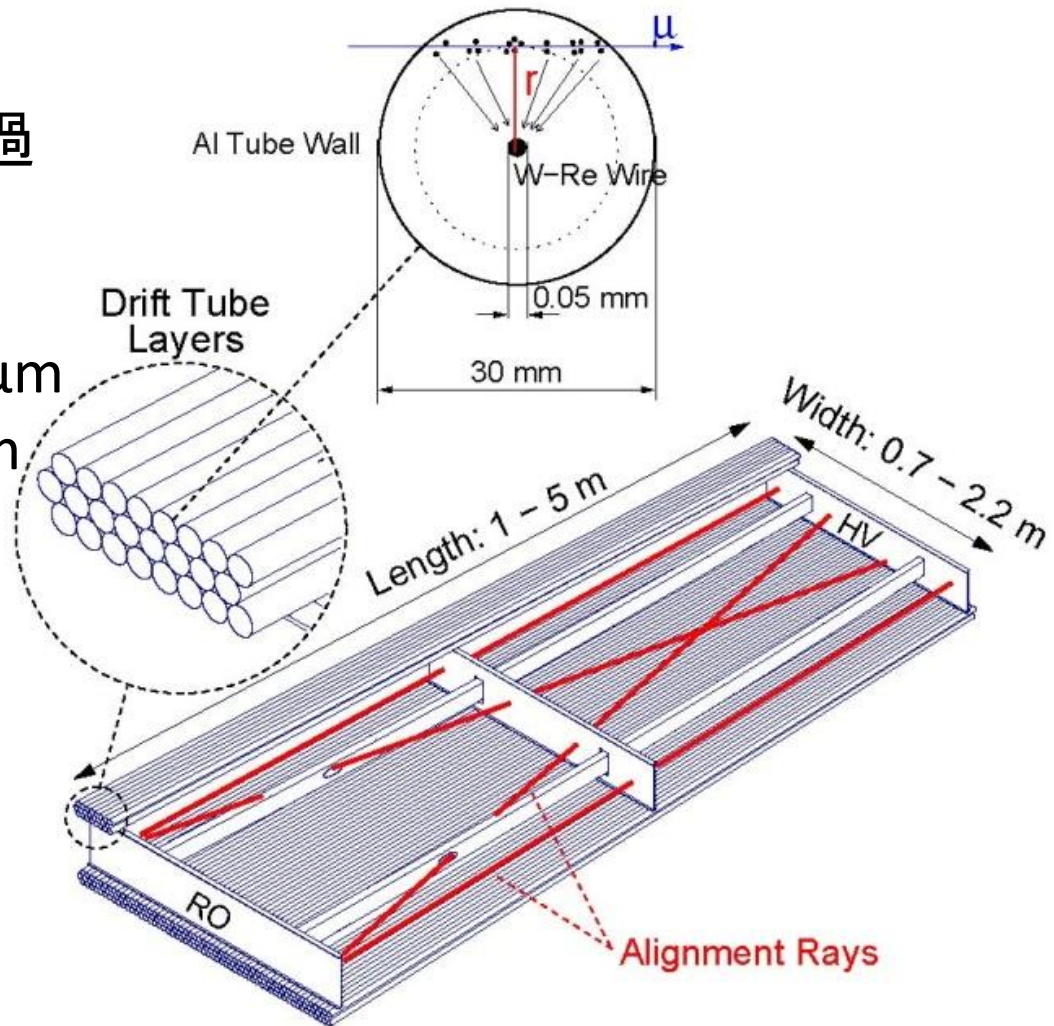
Monitored Drift Tube(MDT) endcap領域

- ・ミューオンの通過する z, r 座標を特定できる
- ・Inner, Middle, Outerの3層(それぞれLarge, smallに分割)
⇒2012年にEE chamberが試験追加(C-sideのみ)
Long shutdown後に追加予定
- ・Inner, Middle間に1Tの磁場
⇒muonは横運動量(pT)に依存して曲がる
muonのpT測定



Monitored Drift Tube(MDT)

- ・6層のドリフトチューブで構成
3気圧で封入(Ar, CO_2)
- ・ドリフト時間から、muonの通過したr座標を計算
(drift circle)
- ・各チューブの位置分解能: $80\mu m$
- ・層単位での位置分解能: $35\mu m$
- ・Barrel、Endcap共に3層構造
(Inner,Middle,Outer)
- ・ミュオン通過するz,r座標を特定



目次

- Introduction
- **ATLASTリガーシステム**
- 本研究のモチベーション
- EE chamberと横運動量測定の改良法
- この方法の有用性
- Summary & Work plan

ミューオントリガーシステム

- ・ATLASでは膨大な数のイベントが生じる
⇒いらないイベントを捨て、イベントレートを下げる必要がある



トリガーシステム

- ・レベル1,レベル2,イベントフィルターの3段階
- ・記録イベント数の削減
- ・全てのトリガーを通過: オフライン再構成で詳細なpTが計算される

レベル1	レベル2	イベントフィルター
ハードウェアのみを使用 TGC,RPCの情報を使用 応答が速い 位置分解能が悪い	ソフトウェア 2段階のpT reconstruction ・TrigL2MuonSA RoI付近のMDT情報のみを使用 ・muComb muFast+内部検出器を使用	ソフトウェア すべての検出器情報を使用 より詳しいpTの精度

レベル2: TrigL2MuonSA (endcap)

- Middle layerにHitを要求
- Inner, Middle間のみ磁場が存在
荷電trackが変曲
- outerを使用して α ,
Innerとouterを使用して β を定義
⇒ trackのpTを再構成

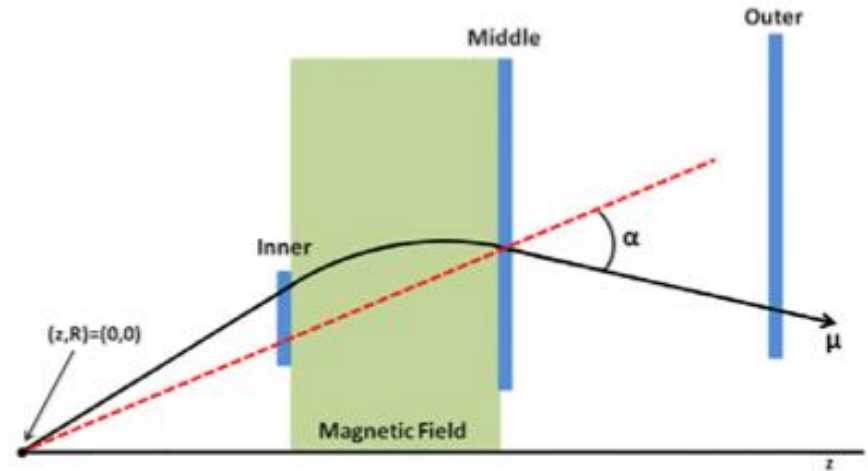


Fig.2 : Definition of α

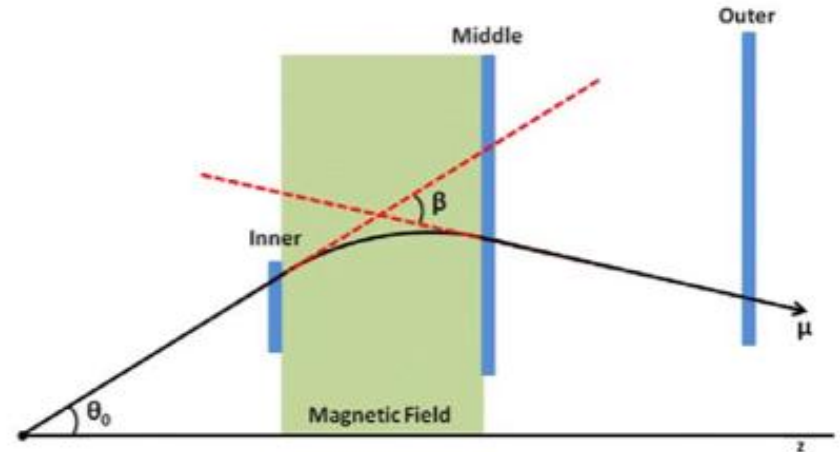


Fig.3 : Definition of β

目次

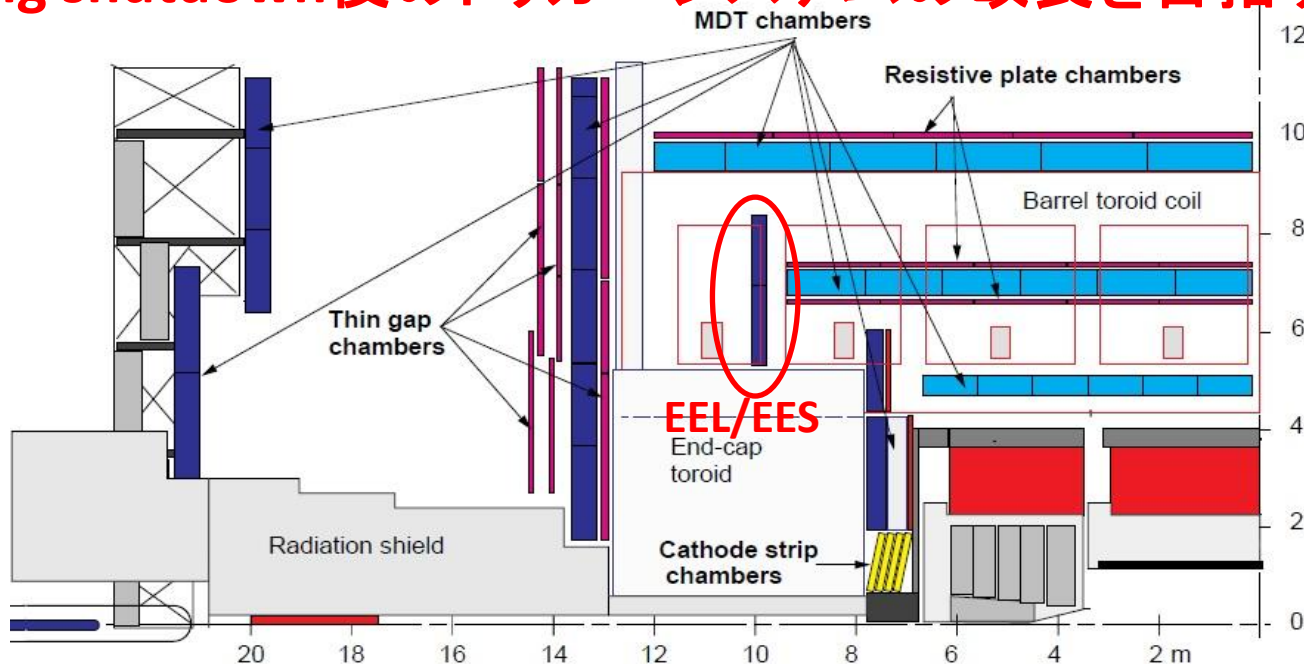
- Introduction
- ATLASTリガーシステム
- **本研究のモチベーション**
- EE chamberと横運動量測定の改良法
- この方法の有用性
- Summary & Work plan

モチベーション

- EE chamberが2012年から試験的に導入(C sideのみ)
不安定磁場中に存在
- TrigL2MuonSAでは3層のLayerを使用
⇒EEによってより詳しい情報が得られる



**EE chamberを用いたTrigL2MuonSAの改良
Long shutdown後のトリガーシステムの改良を目指す**

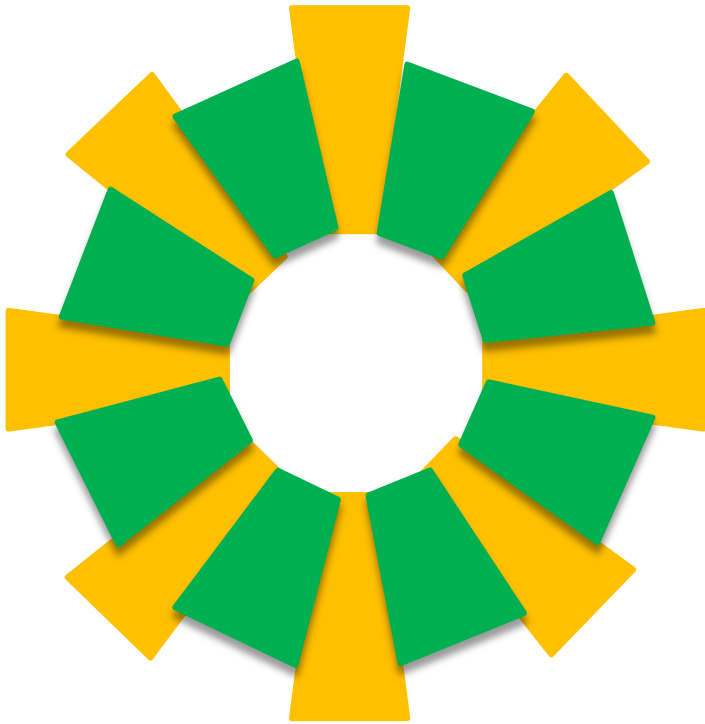


目次

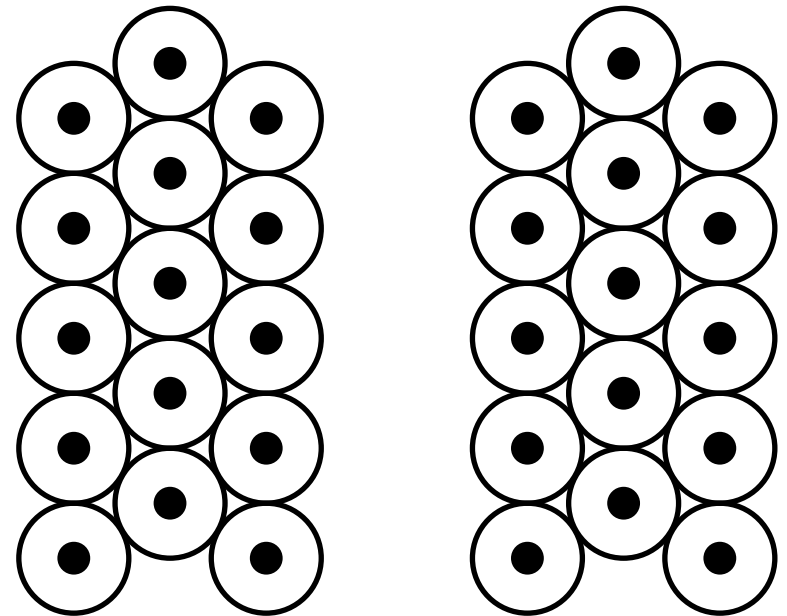
- Introduction
- ATLASTリガーシステム
- 本研究のモチベーション
- **EE chamberと横運動量測定の改良法**
- この方法の有用性
- Summary & Work plan

EE Chambers

- small, large regionが交互に配置されている
- tubeが2×3層並んでいる構造を持つ
- C-sideのみに存在(試験的)
- η : -1.3~-1に設置されている
- **Large部の情報を用いた解析を行った**



ビーム軸方向から見たEE Chamberの構造(EEL,EES)



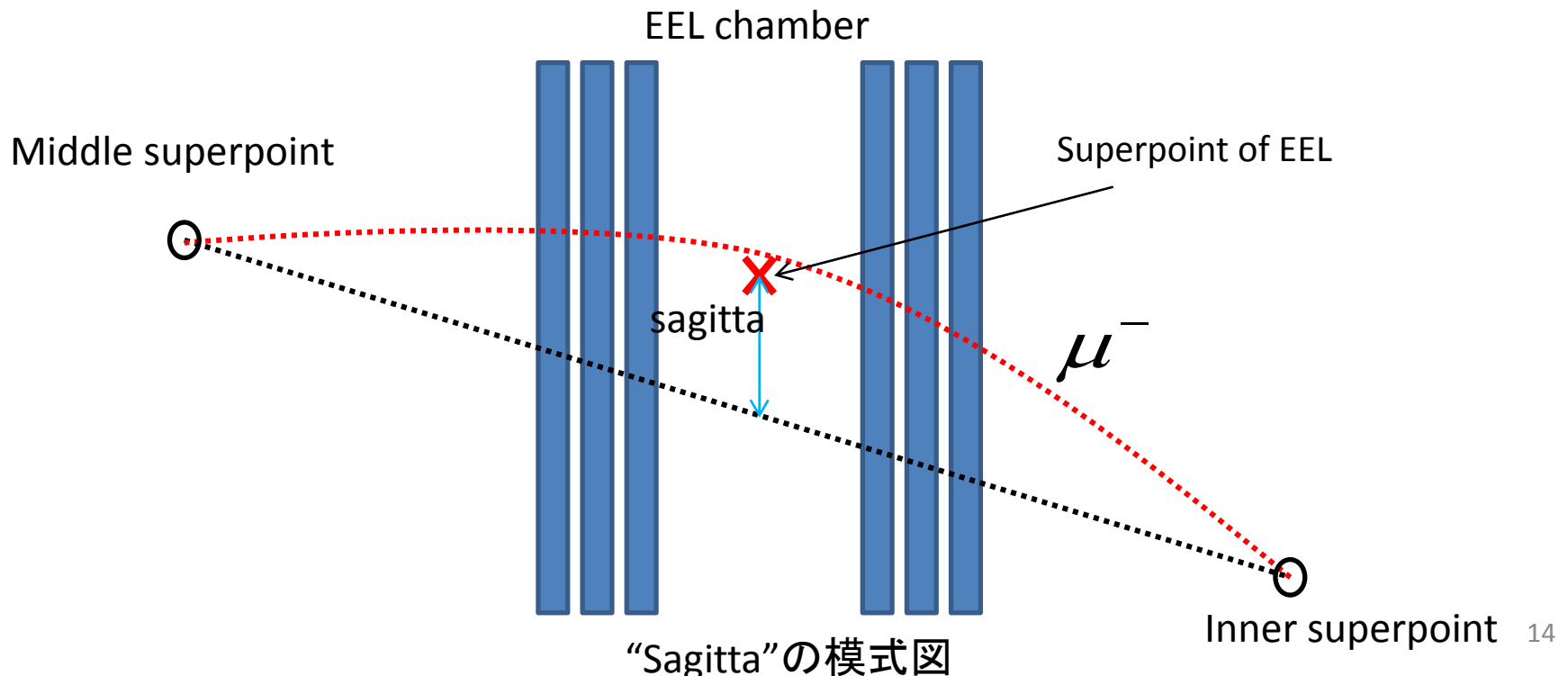
EEL,EESの構造

Sagitta at EEL

- pTと関係する変数としてSagittaを用いる
- Inner, Middleを結ぶ”road center”を定義
- ⇒ road centerとEELのsuperpointまでのr方向の距離を”Sagitta”と定義

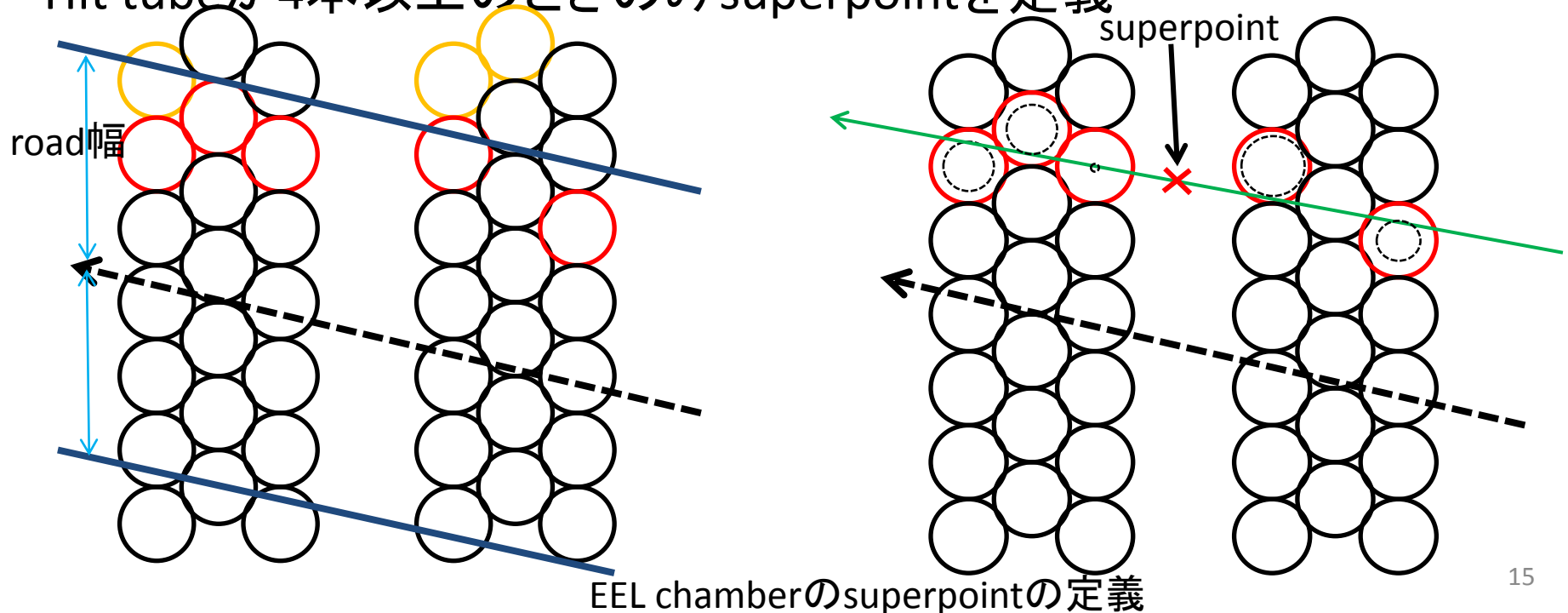


SagittaからpTを計算



Superpoint at EEL

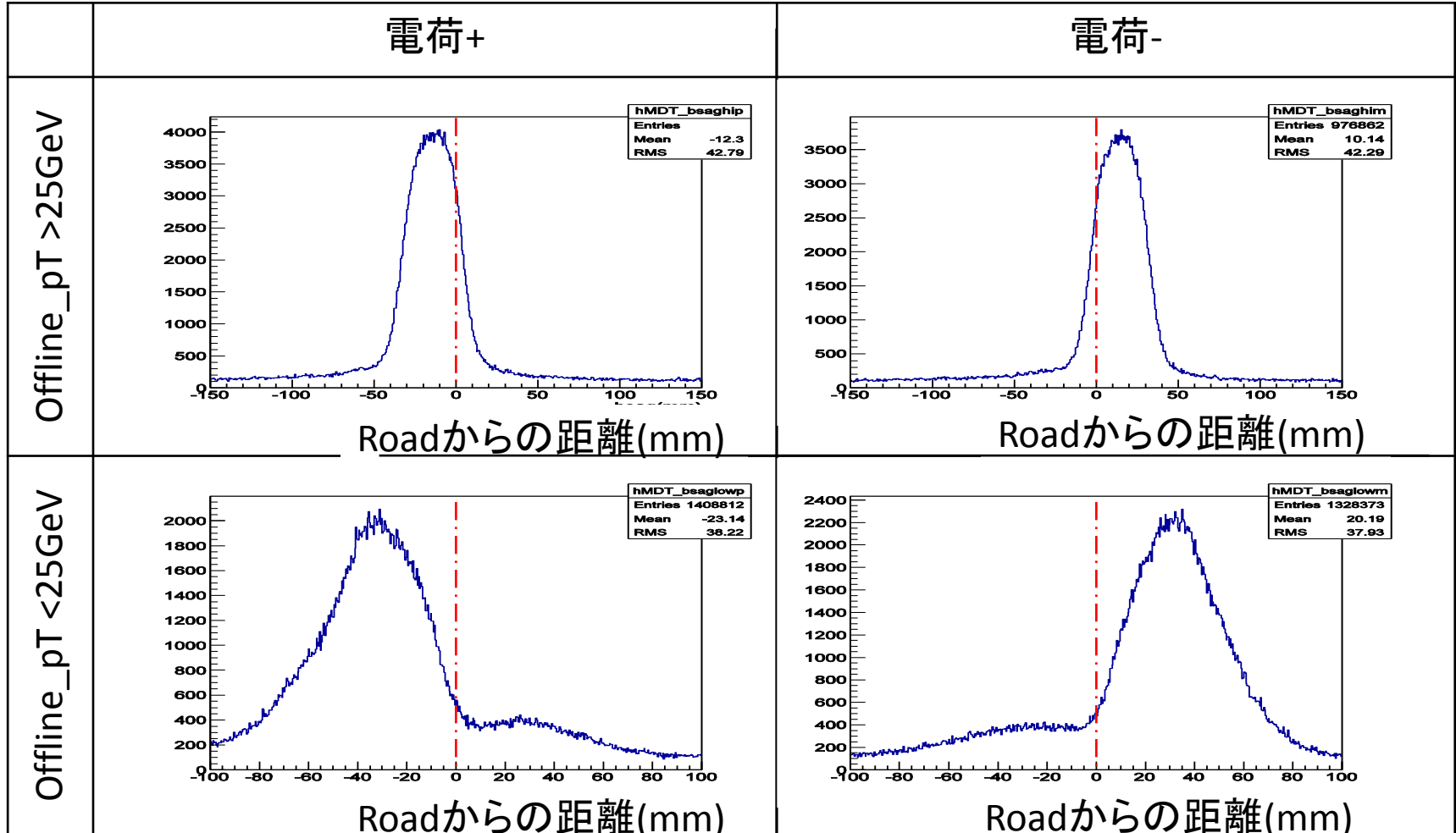
- road centerを中心にある幅(road幅)にあるHit tubeのみ使用
- road幅内で各層ごとにroad centerに最も近いものをHit Tubeとみなす
- それぞれのHit tubeのdrift circleを計算
- 最小二乗法により最もありえるtubeのhit点と直線を決定
(**drift circle fitting**)
- layerの中心点をsuperpointと定義
- Hit tubeが4本以上のときのみsuperpointを定義



road幅の決定

- road centerとシグナルを出しているtubeの距離をプロット
⇒ ほぼ100mm以内に存在

road幅を100mmと設定



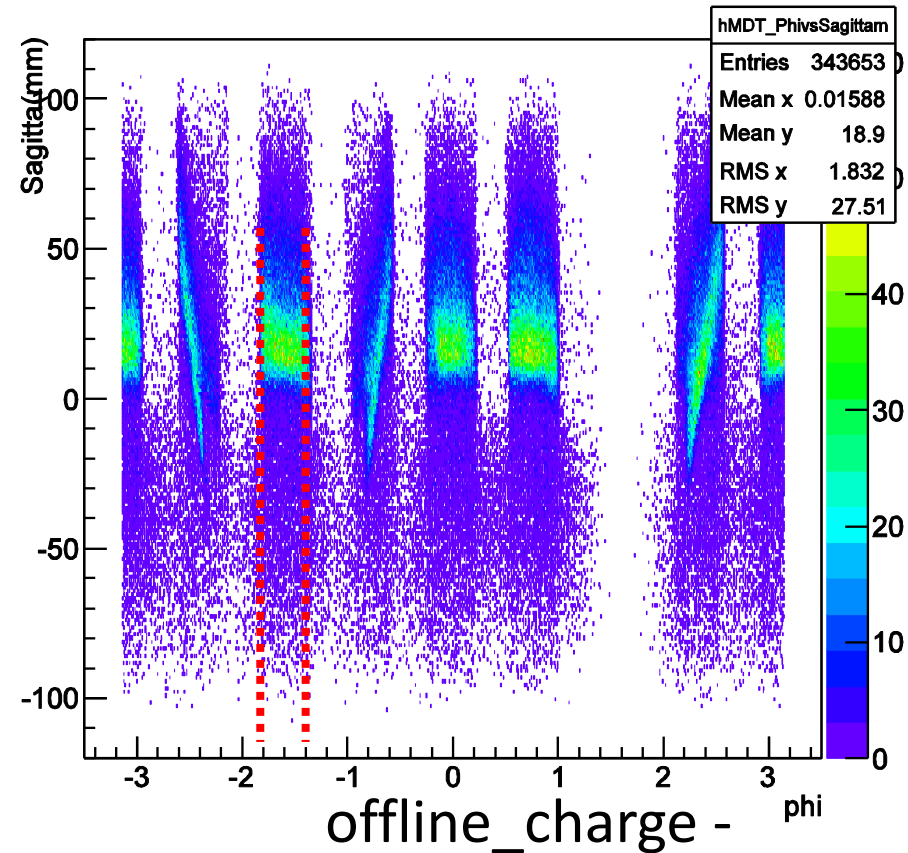
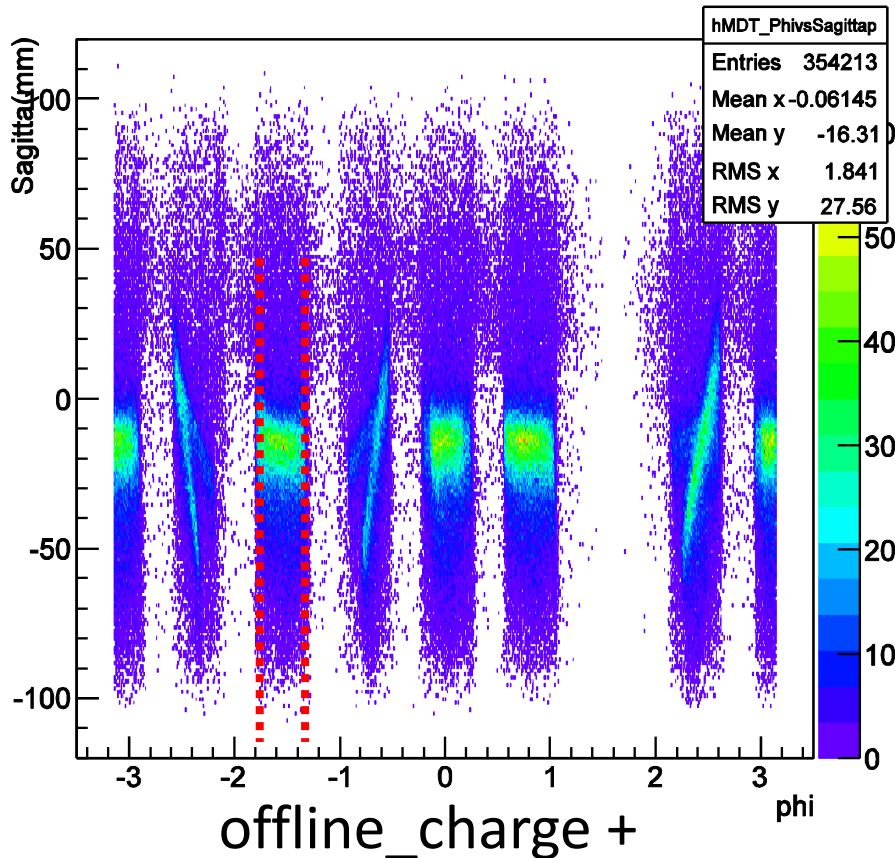
Road centerとtubeのr方向の距離

目次

- Introduction
- ATLASTリガーシステム
- 本研究のモチベーション
- EE chamberと横運動量測定の改良法
- **この方法の有用性**
- Summary & Work plan

Sagitta vs ϕ 分布($-3.14 < \phi < 3.14$)

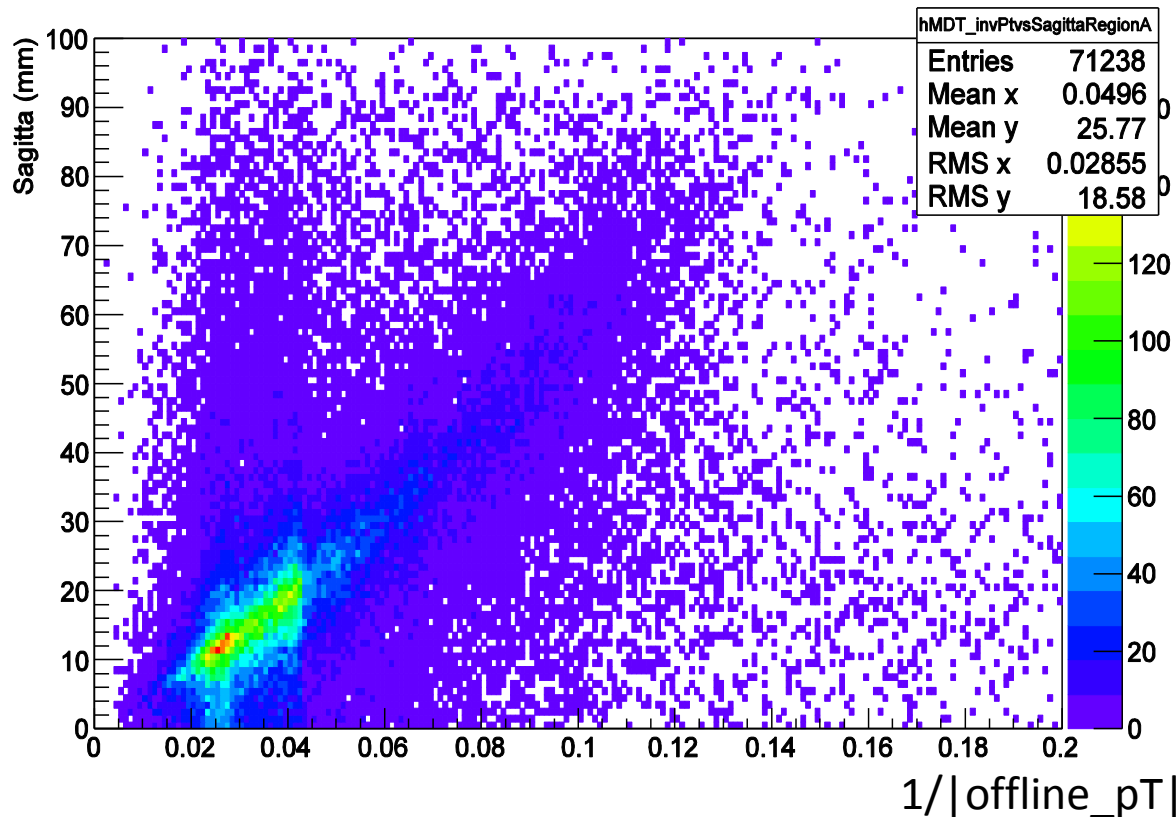
- $1 < \phi < 2$ の領域はEELのZ座標の位置が違うので今回は見ない(ATLAS検出器の天井部分)
- ϕ 領域によって振る舞いが違う
- まず $-1.8 < \phi < -1.3$ について調べる



Sagitta vs Phi($-3.14 < \phi < 3.14$)

1/|offline_pT| vs Sagitta(-1.8 < ϕ < -1.3)

- 領域を ϕ と η で4つに分割
 - 1/|offline_pT|とSagittaの関係を確認
 - それぞれ1/pTの関数でfitting
- ⇒ Sagittaとoffline_pTのパラメータ化

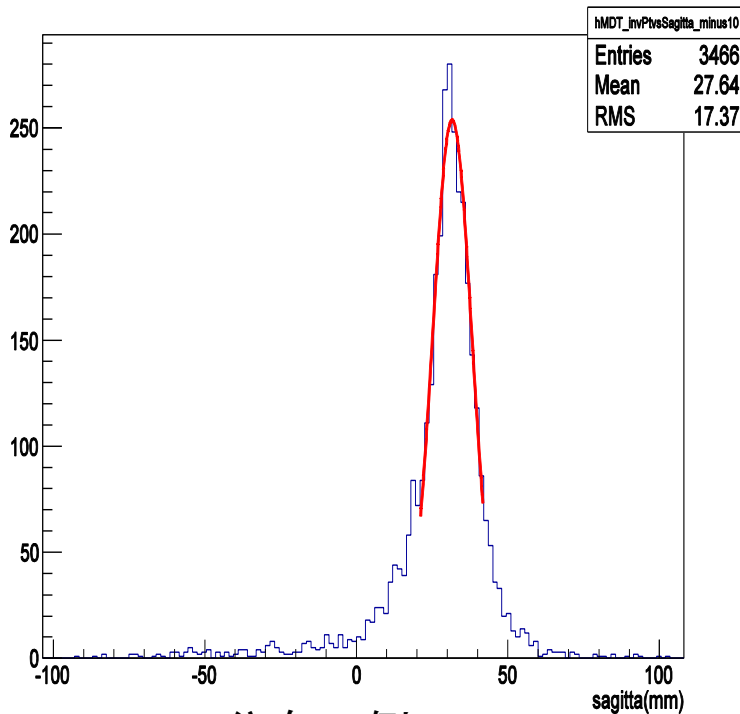


Sagitta vs 1/|offline_pT|ヒストグラム (-1.8 < ϕ < -1.55, -1.29 < η < -1.2)

1/|offline_pT| vs Sagittaのパラメータ化

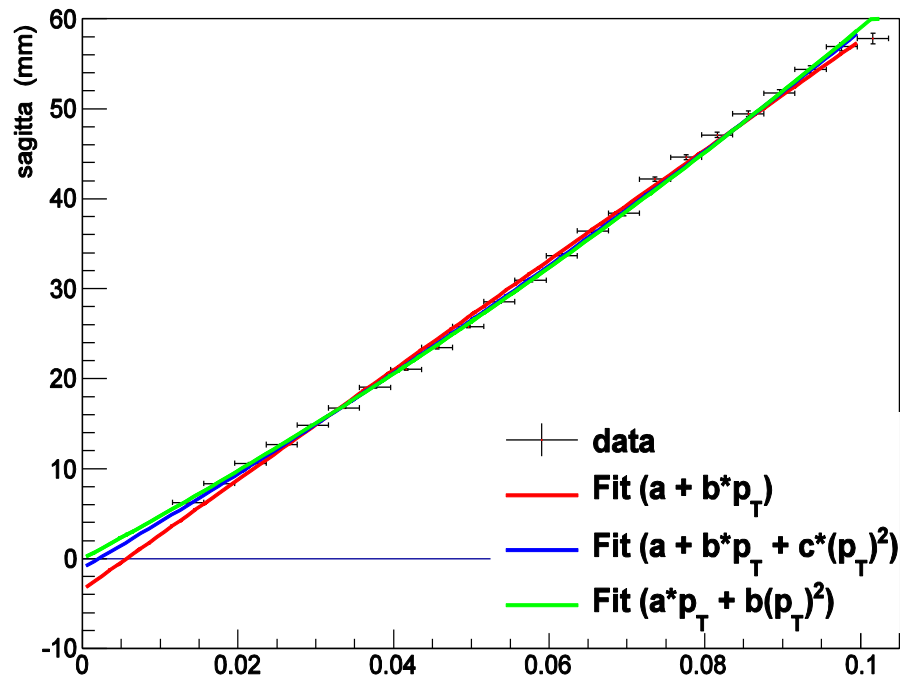
- 1/|offline_pT| vs Sagittaのヒストグラムをoffline_pTで複数に分割
- それぞれのoffline_pT領域でのSagittaのヒストグラムをgaussian fitting
⇒ピークを中心値と1/|offline_pT|をグラフ化
1/|offline_pT|の関数としてパラメータ化

SagittaからpT(calc)を計算



Sagitta分布の例

(16GeV < offline_pT 24GeV)



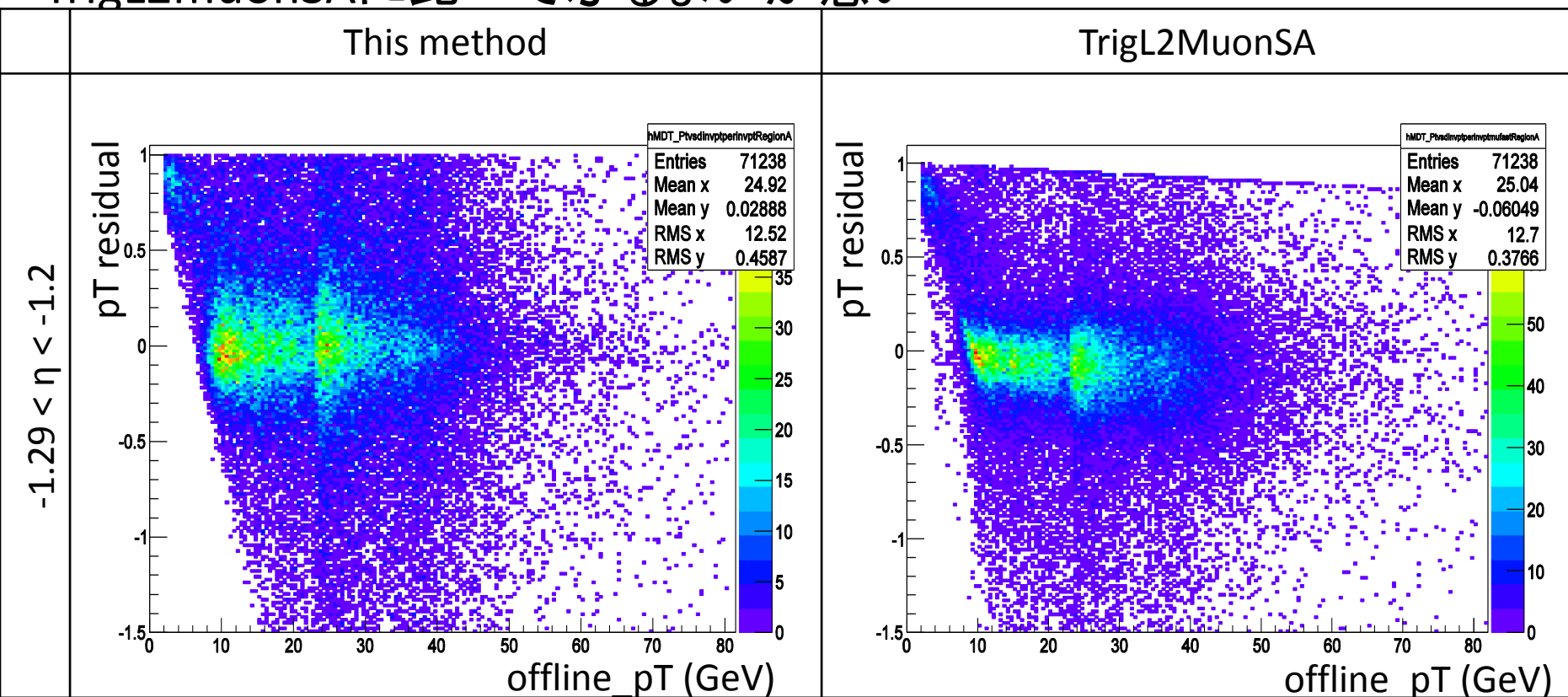
Sagitta peak vs offline_pTのグラフ 20

pT residual(-1.8 < ϕ < -1.55)

- ・効率を調べるためにpT residualを定義

$$\text{pT residual} = \frac{\frac{1}{pT(\text{offline})} - \frac{1}{pT(\text{calc})}}{\frac{1}{pT(\text{offline})}}$$

- ・pT residual とoffline_pT の関係を確認
- ・TrigL2muonSA に比べてふるまいが悪い



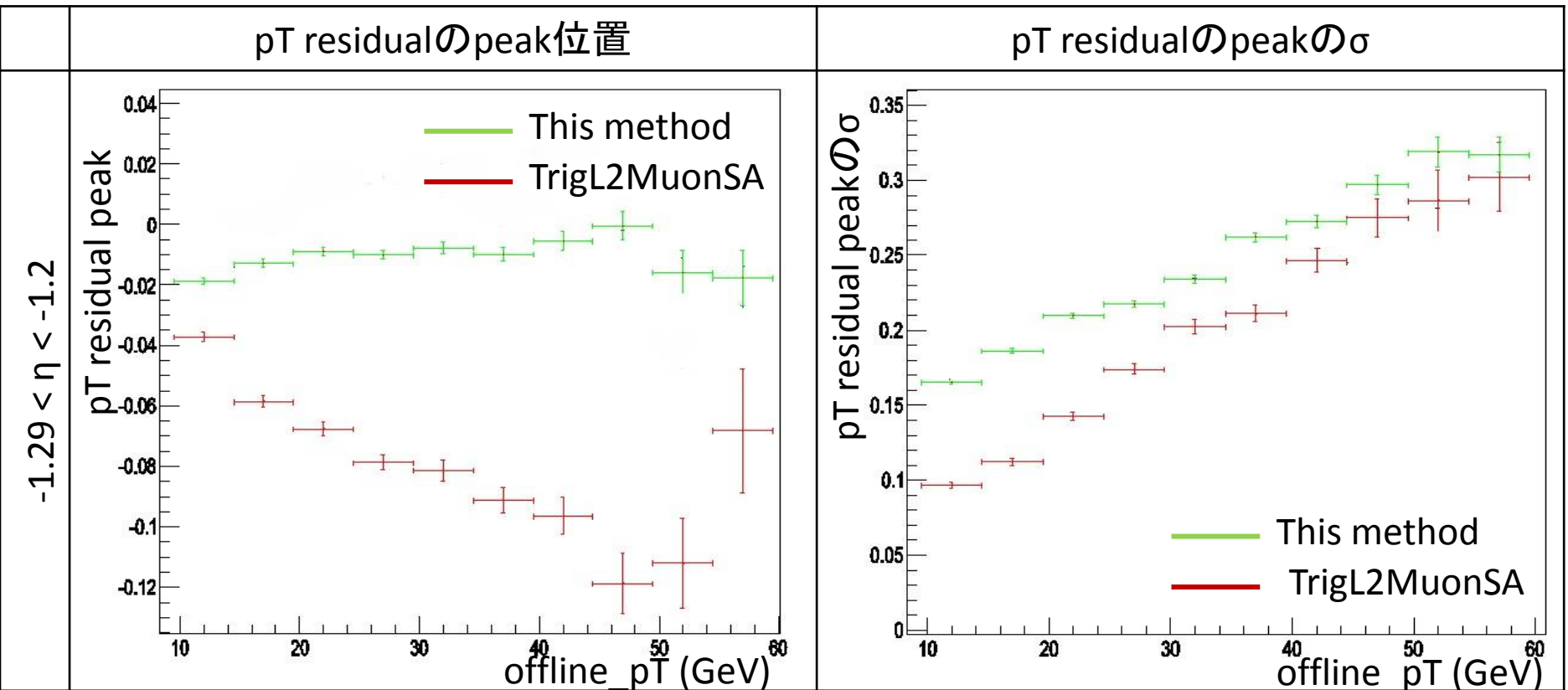
pT resolution vs offline_pT のヒストグラム の例(-1.8 < ϕ < -1.55, -1.29 < η < -1.2)

pT residual($-1.8 < \phi < -1.55$)

- pT residual vs offline_pTのヒストグラムをoffline_pTで分割
- それぞれのoffline_pT領域でpT residualのヒストグラムを作成
⇒ガウスフィットを行い、peakの位置と σ を計算



TrigL2MuonSAに比べ、peakのシフトは小さいが、peakの幅は広い



pT resolution vs offline_pT グラフの例($-1.8 < \phi < -1.55, -1.29 < \eta < -1.2$)

目次

- Introduction
- ATLASTリガーシステム
- 本研究のモチベーション
- EE chamberと横運動量測定の改良法
- この方法の有用性
- **Summary & Work plan**

Summary

- TrigL2MuonSAはMDTを用いたmuonのpT reconstruction system
- 従来は3層のMDTを使用していた
 - ⇒ EE chamberを試験的に導入、
それを使ってTrigL2MuonSAの精度を上げる
- EE chamberを用いたpTと関係する関数として”Sagitta”を定義
 - ⇒ Sagittaから逆にpTを計算
- pT residualを定義、TrigL2MuonSAの結果と比較
 - ⇒ TrigL2MuonSAに比べ、peakのシフトは小さい
peakの幅は若干広い



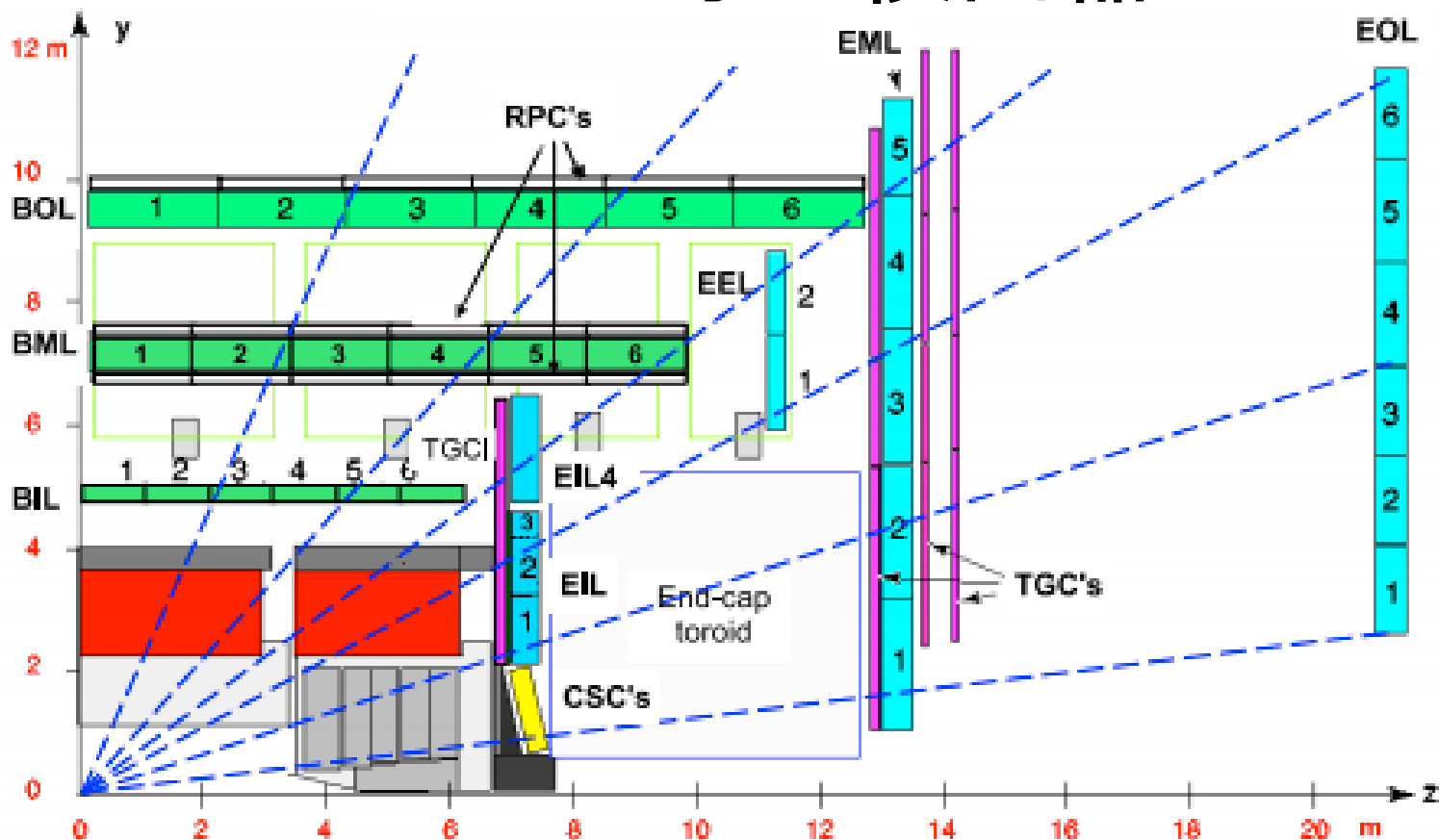
EE chamberのみの情報を用いてある程度の性能が得られた

Work plan

- Sagittaの方法を全ての ϕ 領域に適用、振る舞いを確認
- 従来の方法への組み込みを考慮

Back up

ミュオン検出器



MDT	CSC	RPC	TGC
$ \eta < 2.7$ 位置分解能: $35\mu\text{m}$ 精密測定用	$2.0 < \eta < 2.7$ 位置分解能: $40\mu\text{m}$ 精密測定用	$ \eta < 1.05$ 位置分解能: 10mm トリガー用	$1.05 < \eta < 2.7$ 位置分解能: $2\sim 6\text{mm}$ トリガー用

CSC(Cathode Strip Chamber)

Multi Wire Proportional Chamber (Ar, CO_2)

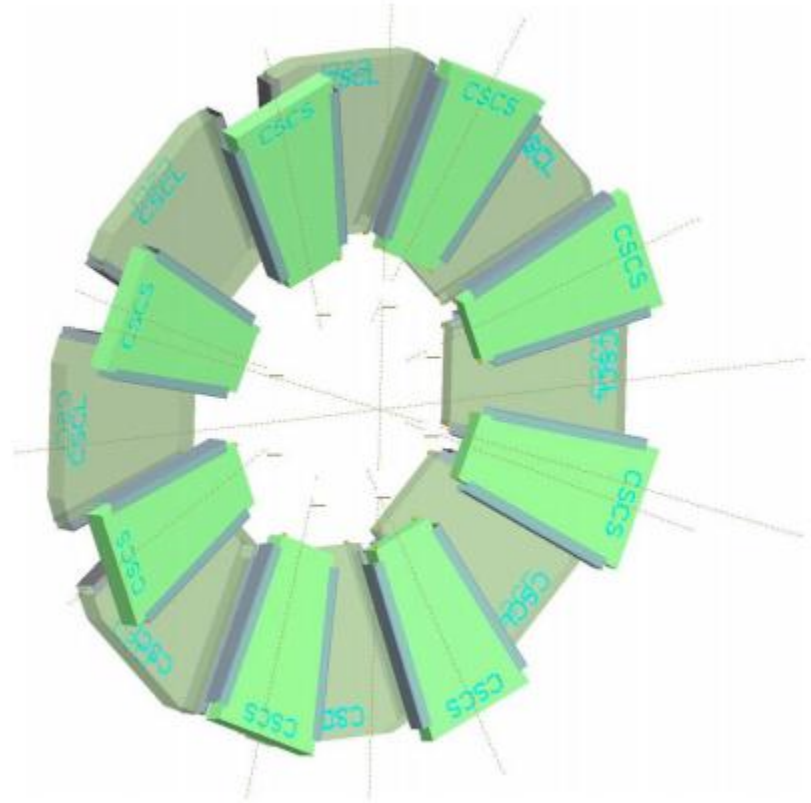
読み出し速度が速い(応答速度7ns)

$2.0 < |\eta| < 2.7$

位置分解能:40 μ m

精密測定用

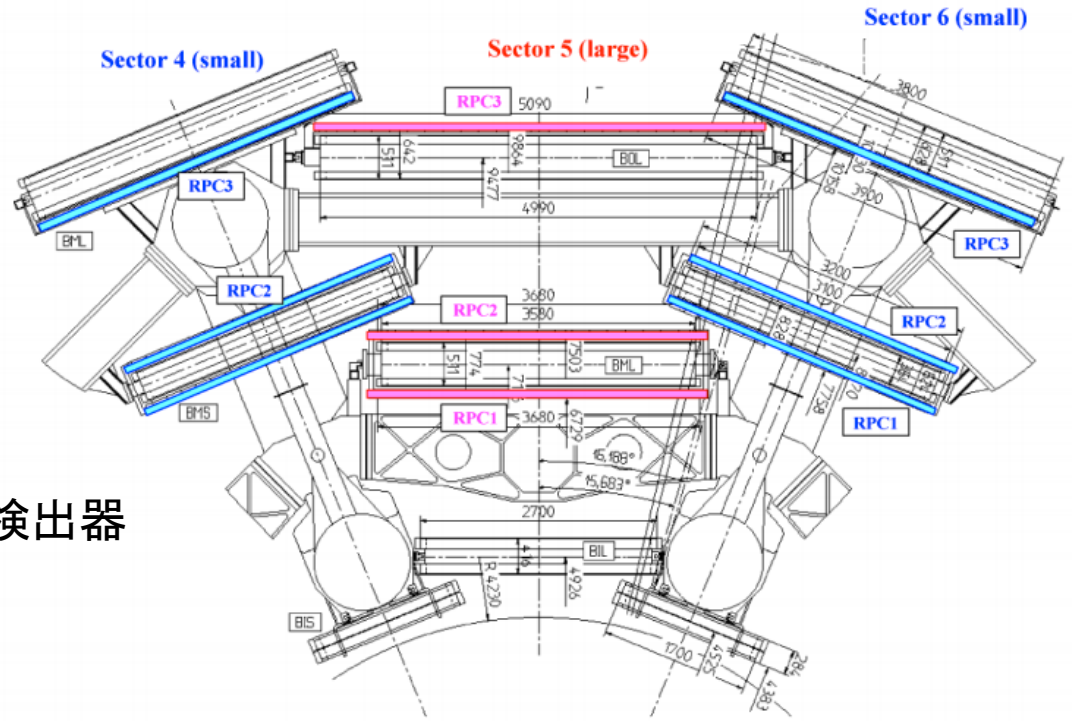
ビームライン近くのendcapに存在
ビームライン付近ではイベントレートが高く、
MDTの読み出し速度ではカバーできない
⇒読み出し速度が速いことが必要



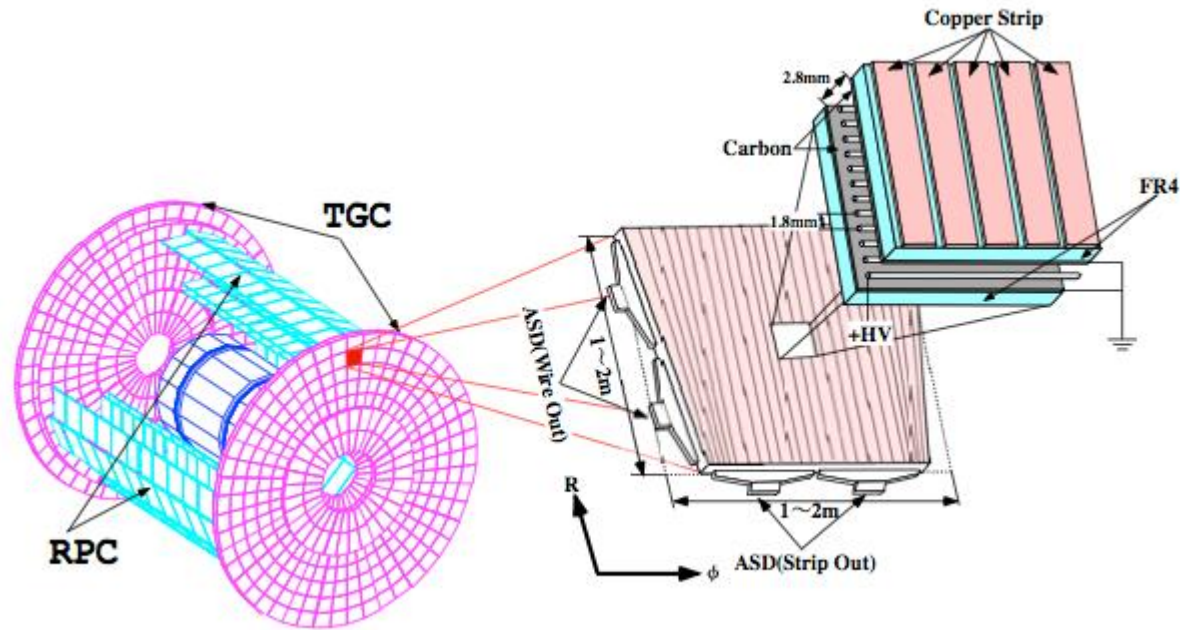
RPC(Resistive Plate Chamber)

ガスチェンバー
読み出し速度が速い(応答速度1.5ns)
 $|\eta| < 1.05$
位置分解能:10mm
トリガー用

バレル領域をカバーするトリガー用検出器
Middle に2枚、outerに1枚設置



TGC(Thin Gap Chamber)



Multi Wire Proportional Chamber

読み出し速度が速い(応答速度4ns)

$1.05 < |\eta| < 2.7$

位置分解能:2~6mm

トリガー用

Endcap領域をカバーするトリガー用検出器

Middle に3枚、innerに2枚設置

Sagitta以外のパラメーター

