

# ATLAS実験における レベル2ミュオントリガーの性能評価

所属：東大理 高工研<sup>A</sup> 神戸大自然<sup>B</sup> CERN<sup>C</sup>

道前 武

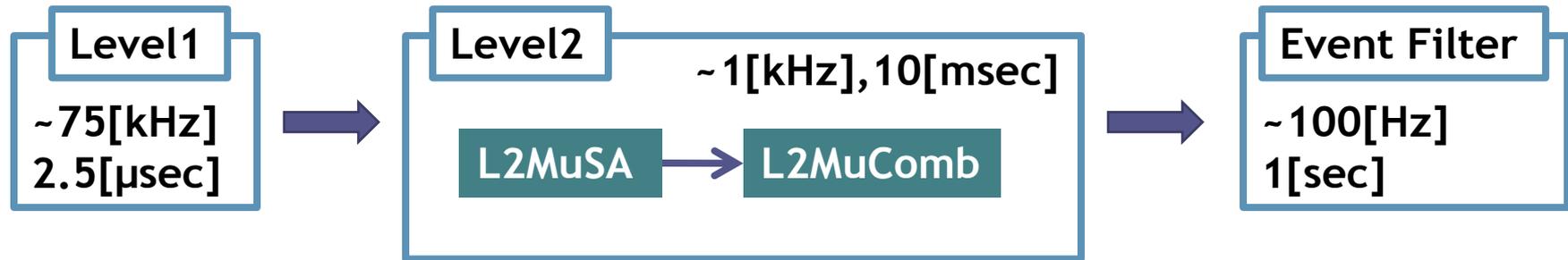
徳宿克夫<sup>A</sup> 長野邦浩<sup>A</sup> 小曽根健嗣<sup>A</sup>

石川明正<sup>B</sup> 大町千尋<sup>B</sup> 蔵重久弥<sup>B</sup>

河野能知<sup>C</sup> Atlas-Japan HLTグループ

2008年9月23日  
日本物理学会 秋季大会

## Level2 MuonTrigger System



**Level1** Hardware Trigger

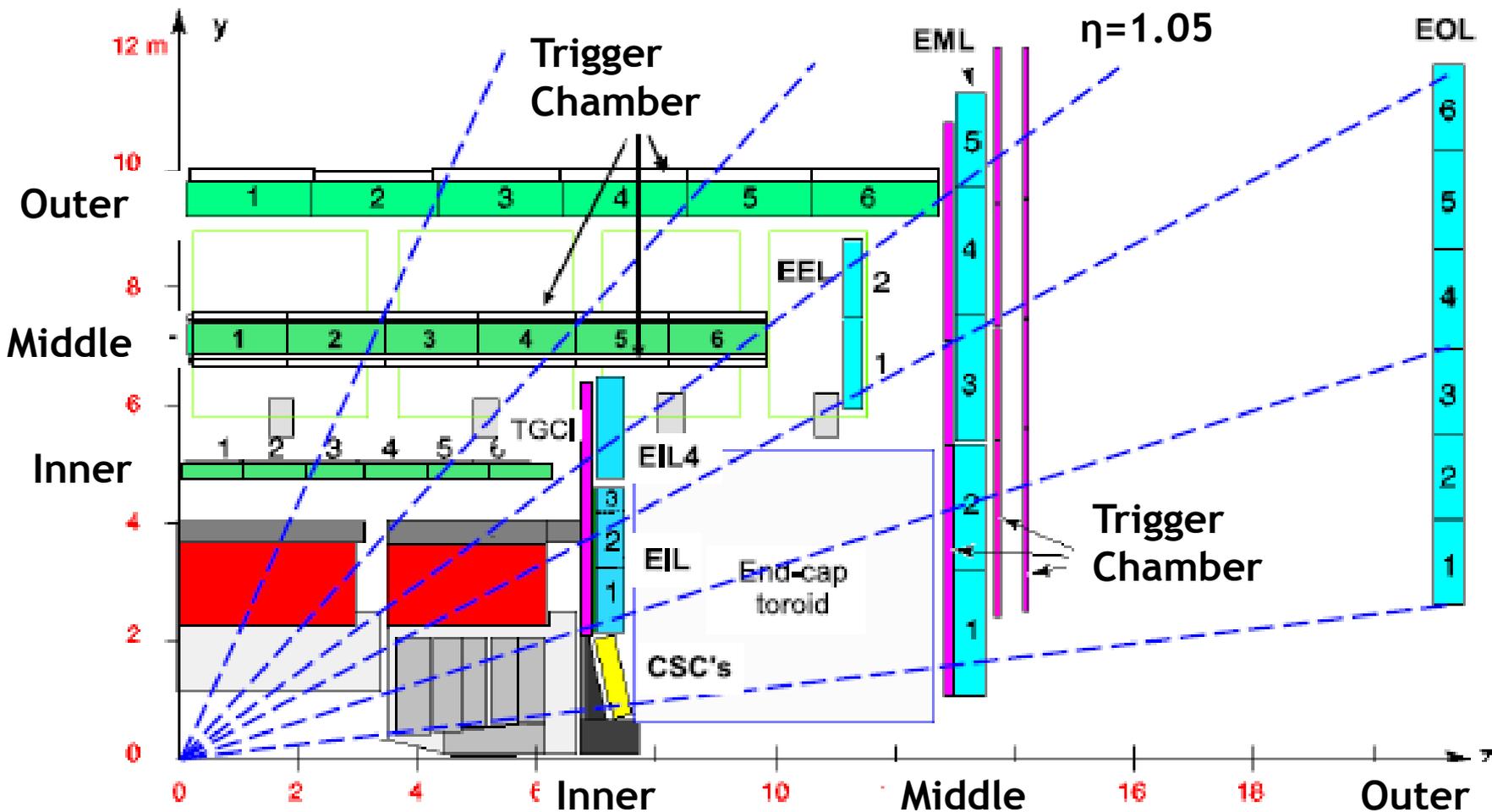
**Level2** LVL1の結果をSoftwareのTrigger  
にかける

**L2MuSA(L2MuStandAlone):** Muon System (Wire Chamber、RPC、Drift Tube、CSC)  
単体でmuonの Ptを再構成し、あるthreshold以上のPt  
のmuonを選別

**L2MuComb:** L2muSA で求めた muon とInner Detectorのtrackとのマッチングを  
行いmuonを選別

今回はL2MuSAにしぼってお話しします

# 検出器



## Barrel部分

- LVL1- MiddleとOuterのRPC(Middle-2層、Outer-1層)を使用
- LVL2- Inner, Middle, OuterのDrift Tubeを使用

## EndCap部分

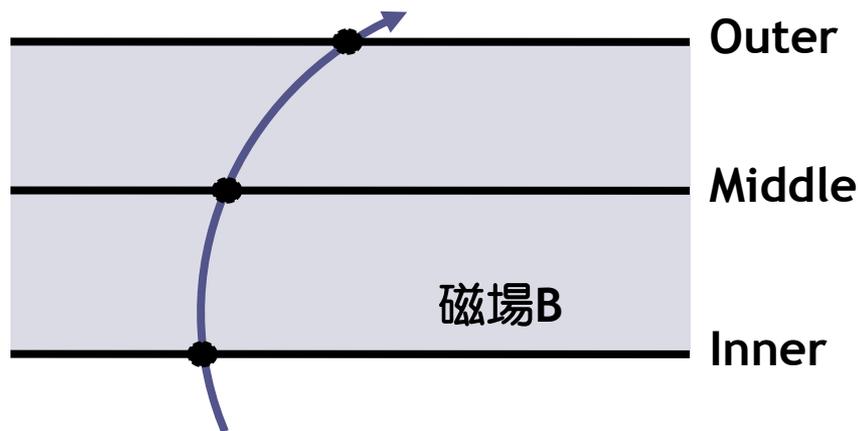
- LVL1- MiddleのWire Chamber(3層)使用(位置分解能 ~ 1cm)
- LVL2- Inner, Middle, OuterのDrift Tubeを使用(位置分解能 ~ 100 $\mu$ m)

## L2MuSA Algorithm Barrel

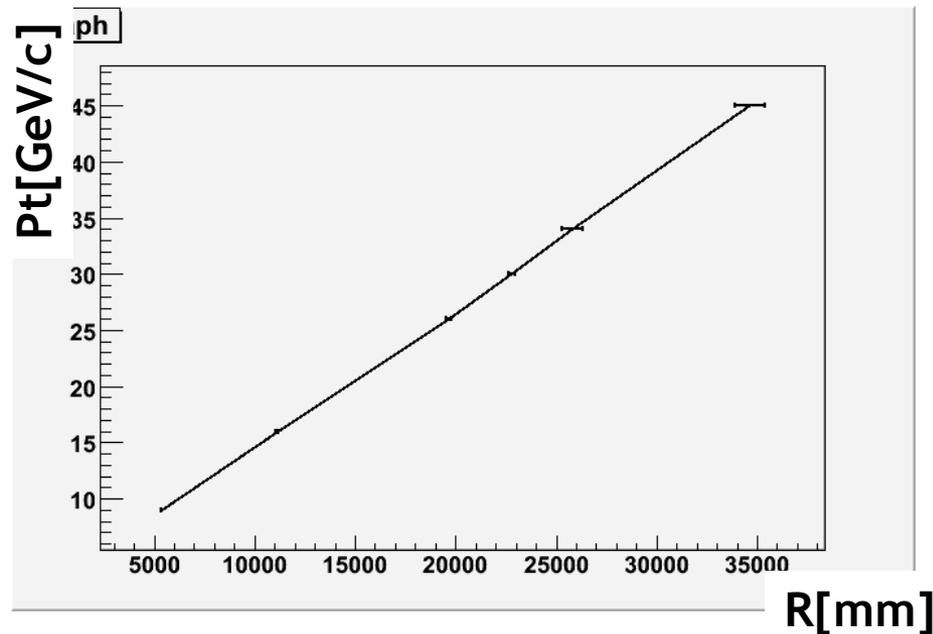
Barrel部分：

1. Trigger Chamberを使ってトラックのパターン・レコグニション
2. Drift TubeのDrift Timeを使ってそれぞれのLayer (Inner、Middle、Outer)でトラックセグメントをFitする
3. 全体を円でFitして曲率半径Rを求める
4. Look-UpTable (LUT)を用いてPtを再構成

$Pt = aR + b$  で計算 (a、bは領域ごとに違う→LUT(磁場が違うので))



きれいな直線になる  
→後で説明



## L2MuSA Algorithm EndCap

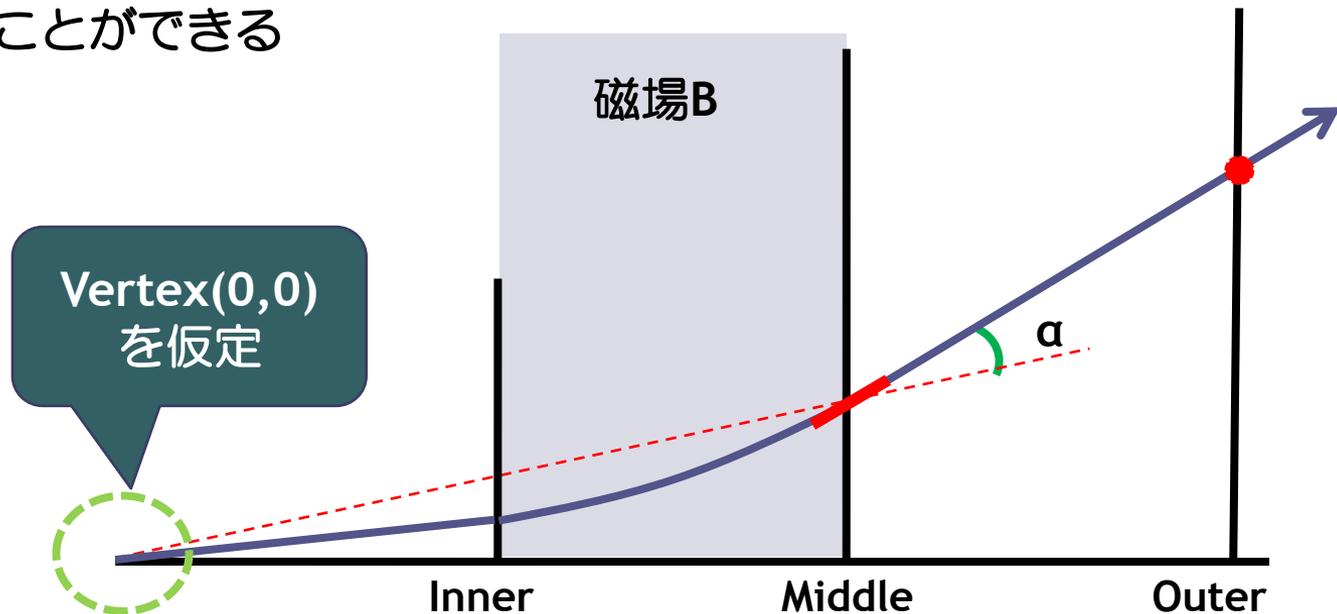
EndCap部分：

1. Trigger Chamberを使ってトラックのパターン・レコグニション
2. Drift TubeのDrift Timeを使ってMiddleでトラックフィットしMiddle-Outerの直線の傾きを求める。このときOuterのHitがあるようならOuterのHitも使ってMiddle-Outerの傾きを求める
3. 仮想Vertex(0,0)とMiddleを結ぶ直線とMiddle-Outerを結んだ直線のなす角を求める。
4.  $\alpha$ を用いてPtを再構成

$1/Pt = A\alpha + B$ でPtを計算(A、Bは領域ごとに違う(LUT))

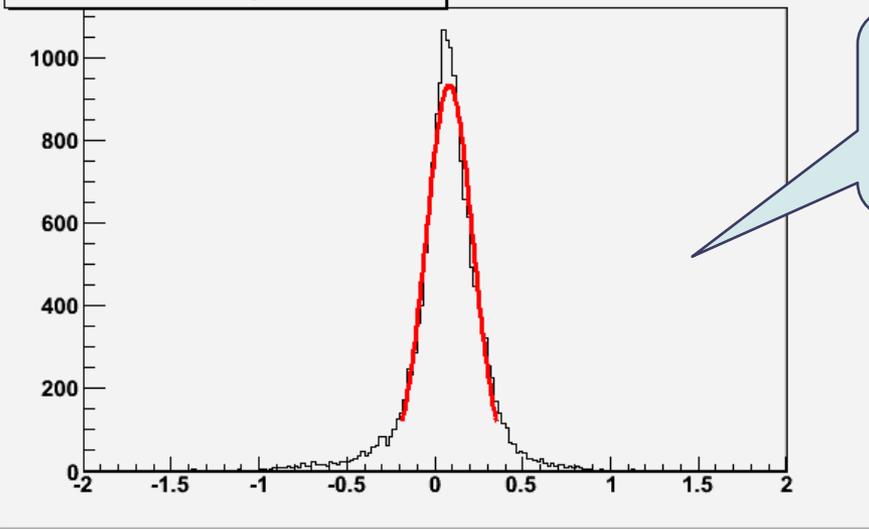
長所

- LVL1で使用するMiddleのみを使っても出すことができる



# Pt Resolution と Bias

9GeV EndCap Positive

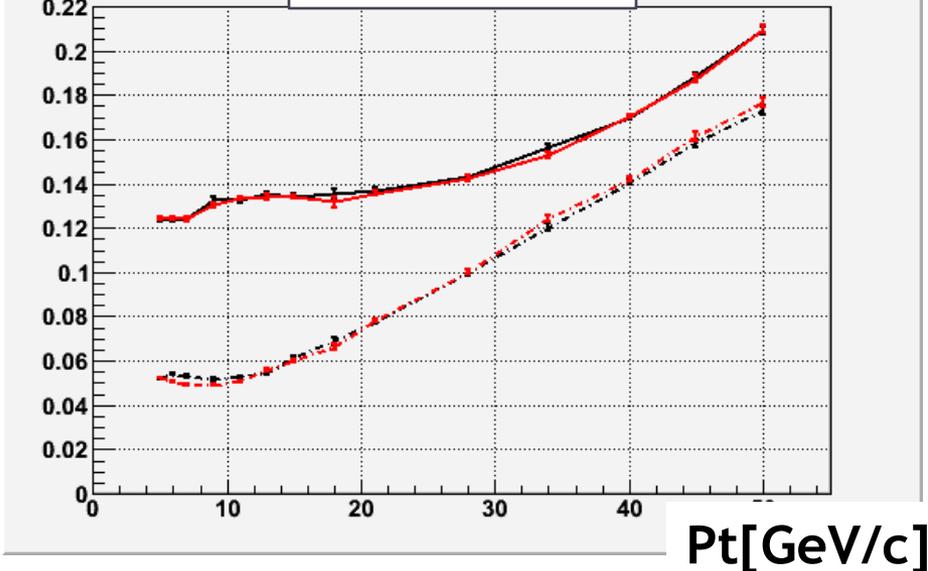


$$\frac{|Pt(rec)| - |Pt_0|}{Pt(rec)}$$

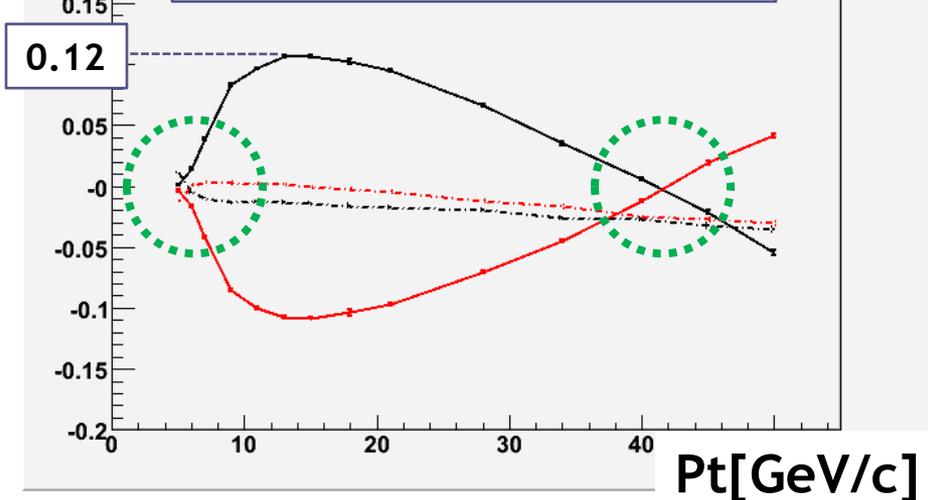
- 黒: EC Positive
- 赤: EC Negative
- 黒点: BR Positive
- 赤点: BR NEgative

EndCap部分のLUTは6GeVと40GeVを使ってチューニングされたため

Pt Resolution



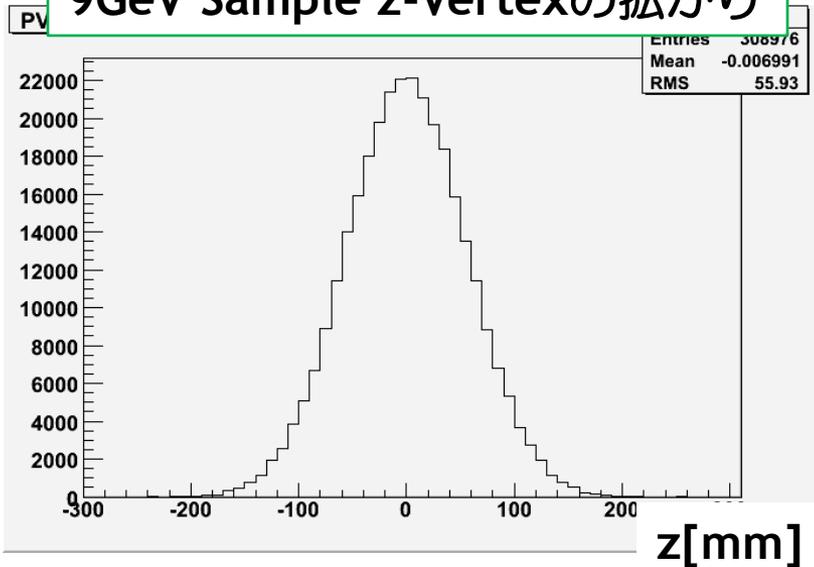
0からのMeanのずれをPtごとにplot



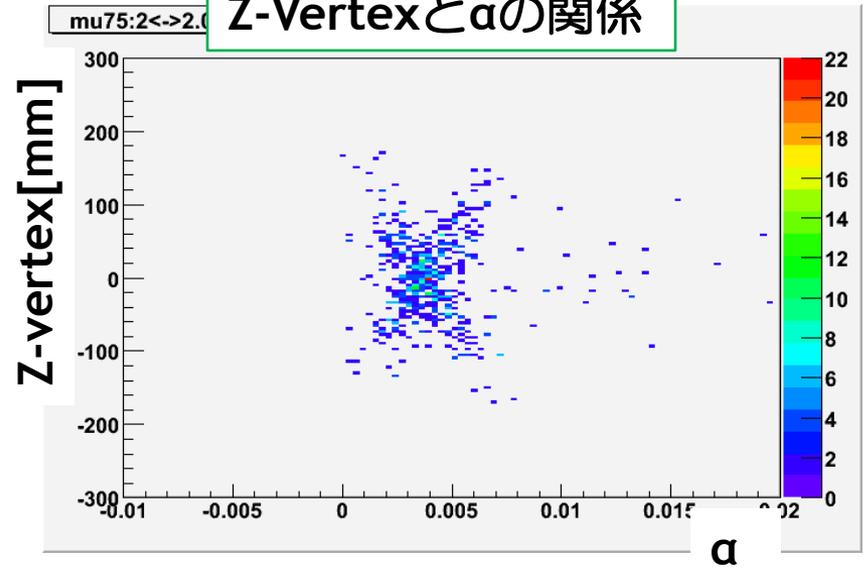
## $\alpha$ を使用する上での短所

- 角度を使用しているため $1/Pt$ との関係が厳密には一次式でない (前ページPt Bias参照)
- Vertex(0,0)を仮定しているため、Vertexの位置によってPtの値が変わってきてしまう

## 9GeV Sample z-Vertexの拡がり



## Z-Vertexと $\alpha$ の関係



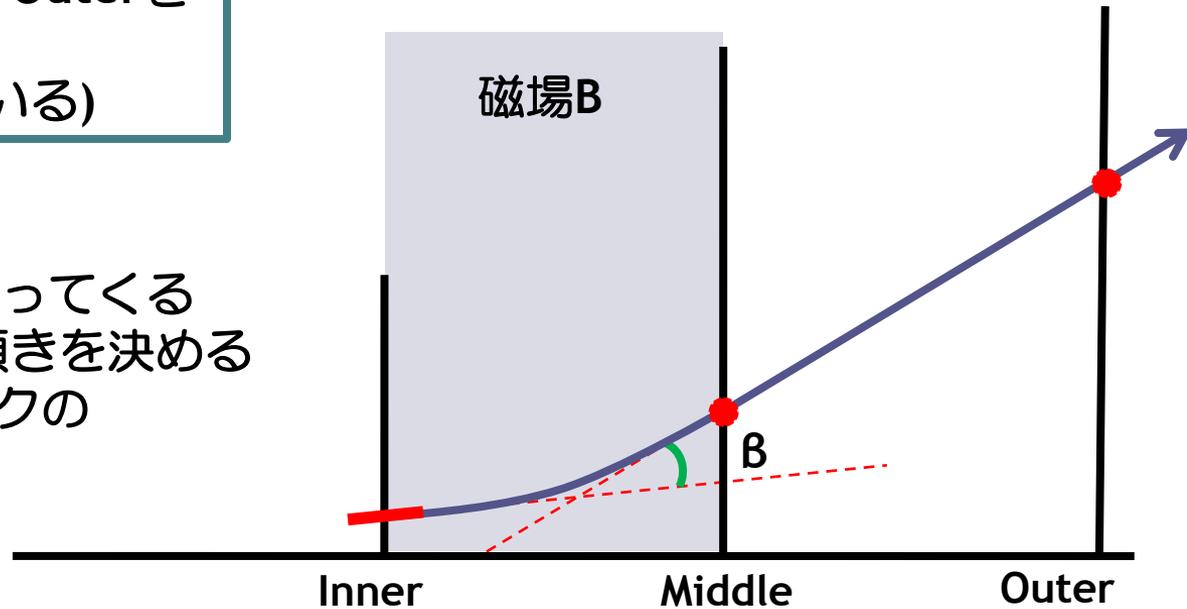
他に何か良い値はないか？

B: Innerで求めた傾きとMiddle-Outerを  
結ぶ直線の傾きの差  
(ATLASではすでに考えられている)

**長所** 仮想Vertexを使わない

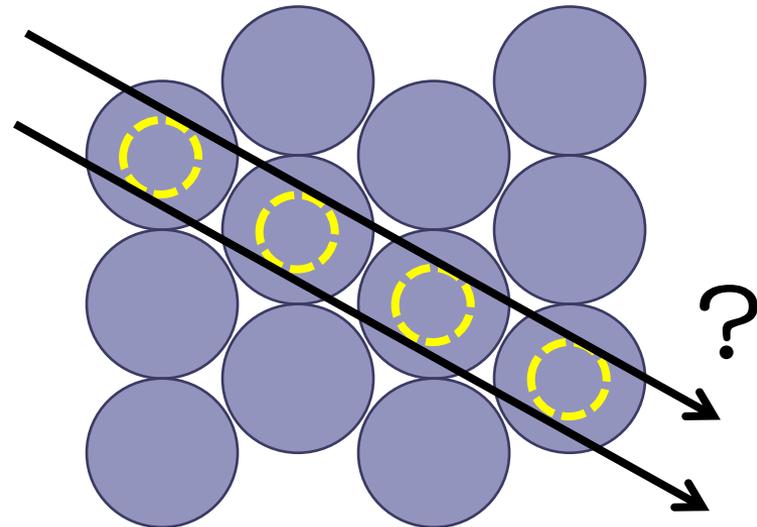
**短所**

- InnerのHitが必要になってくる
- Inner Station単体で傾きを決める時、いくつかのトラックの候補ができてしまう  
事がある



Layer内でトラックを  
決めるといくつかの  
トラック候補ができてしまう

➡ B分布のテールを作ってしまう  
可能性?



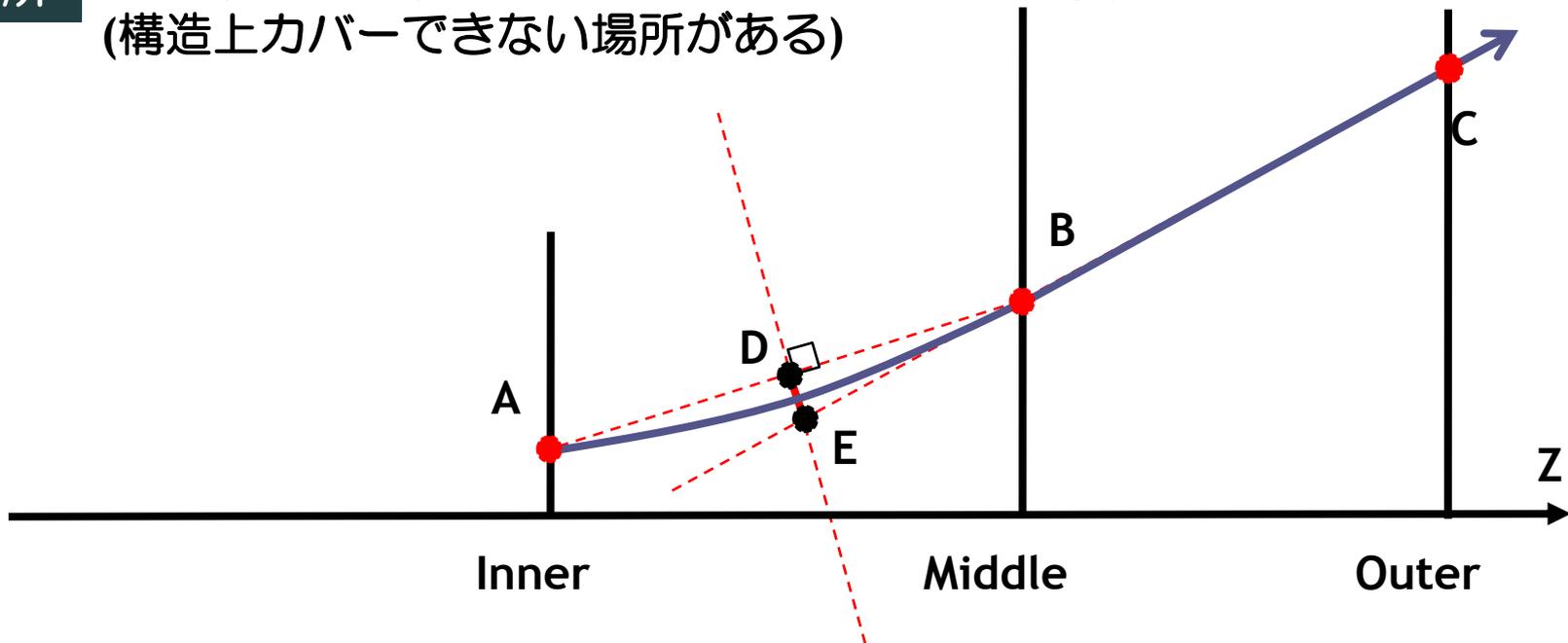
## Sagitta(Original)

- Inner、Middle、OuterでのHitをそれぞれA、B、Cとする
- 直線ABとその中点をDとする
- Dを通る垂線とBCの交わる点をEとする

$$\text{Sagitta} = DE$$

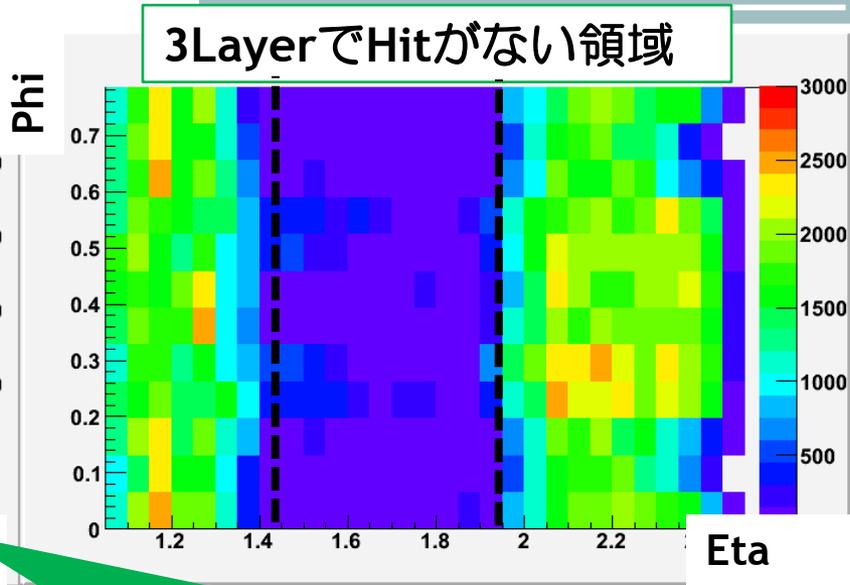
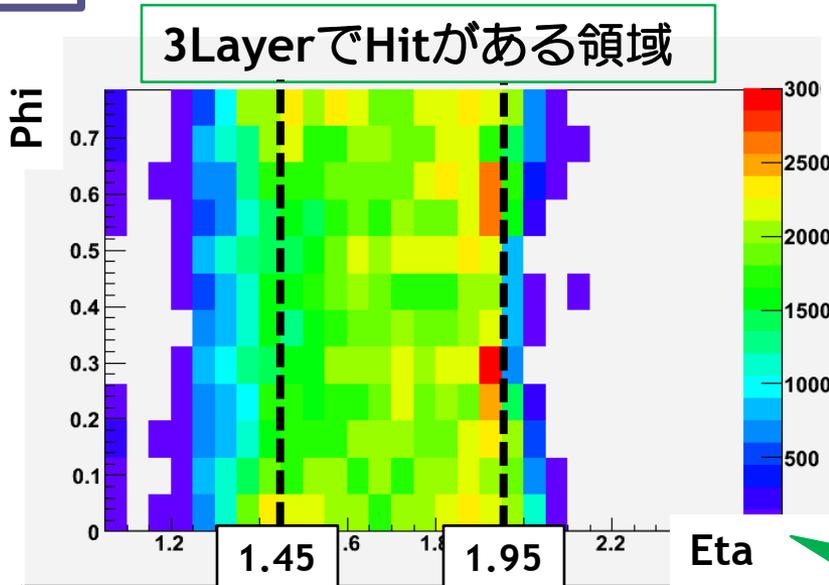
- 長所**
- Vertexを使わない
  - それぞれのLayerの傾きではなく点を使うため、トラックの引き間違いによるエラーを少なくできる可能性がある

- 短所** Inner、Middle、OuterのそれぞれでのHitが必要  
(構造上カバーできない場所がある)

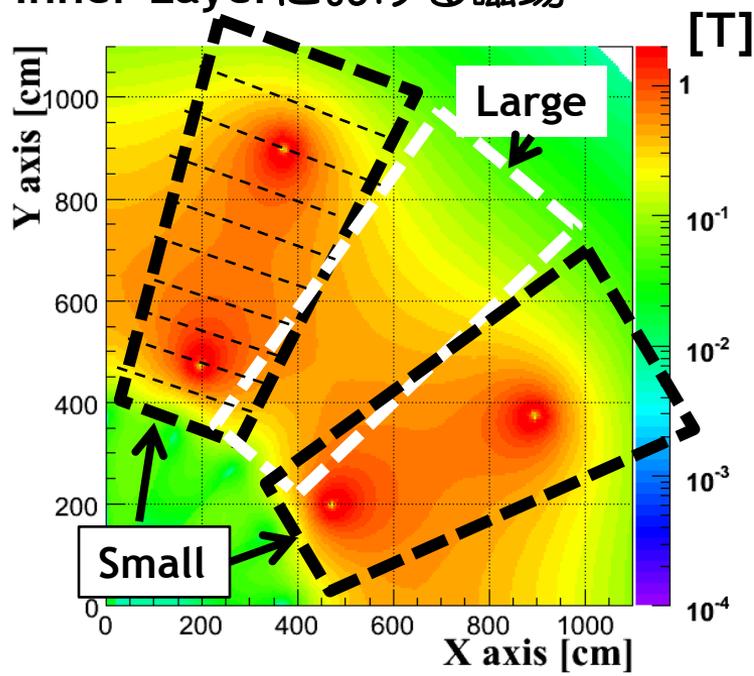


➡ α、β、Sagittaの場合についてsingle muonのsampleを使い性能を比較していく

注意



### Inner Layerにおける磁場



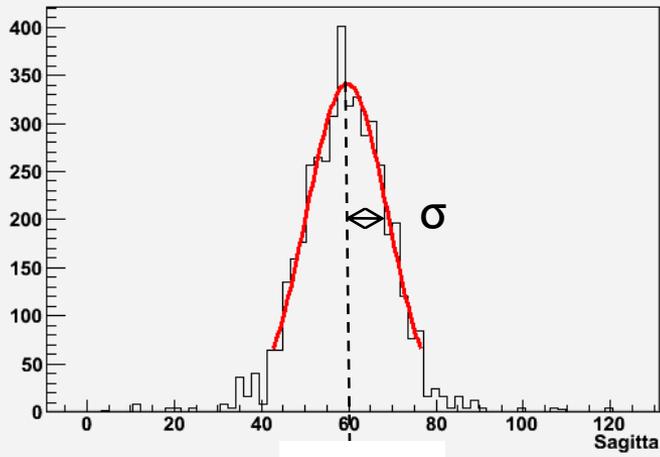
3LayerでHitがある領域のみについて考える  
 $1.45 \leq \eta \leq 1.95$ の領域では3StationにHitがあるイベントは全体の95%ほど

### 磁場の不均一性

- 最終的には $\eta$ 、 $\phi$ で細かく区切ってLUTを使用
- 今回は
  - ✓ $\eta$ 方向は0.05ずつのBinに区切って比較
  - ✓ $\phi$ 方向はChamberの構造に合わせて2つのbinに区切って比較

# Resolution

9GeV Sagitta分布( $\eta:1.8\sim 1.85$ )



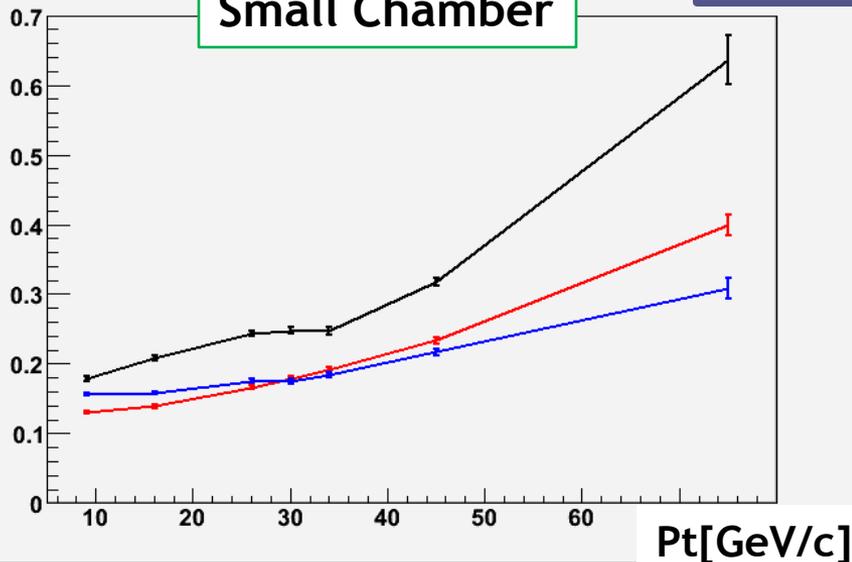
Resolutionとして $\sigma/\text{mean}$ を  
プロットして比較

- 黒： $\alpha$ 使用時
- 赤： $B$ 使用時
- 青： $Sagitta$ 使用時

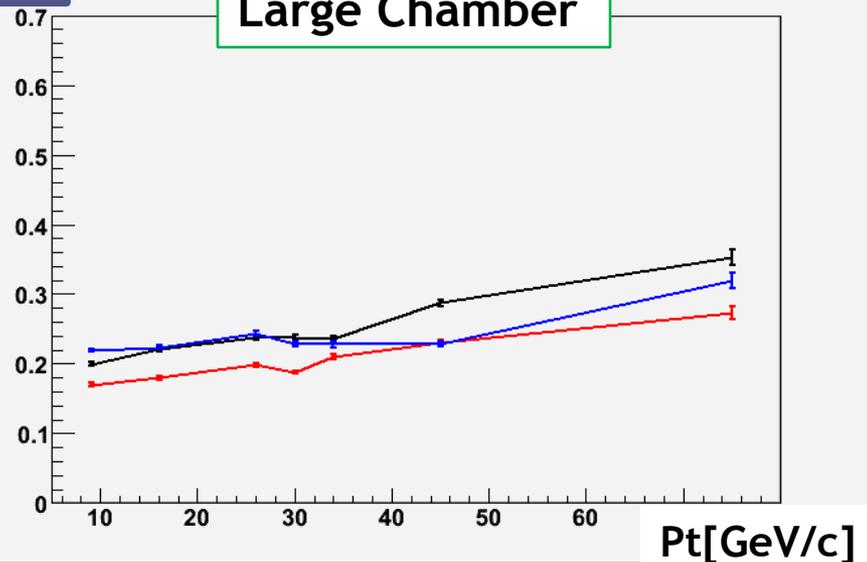
$B$ 、 $Sagitta$ 使用時は $\alpha$ 使用時と同等、またはより良くなっている

Small Chamber

$\eta:1.8\sim 1.85$



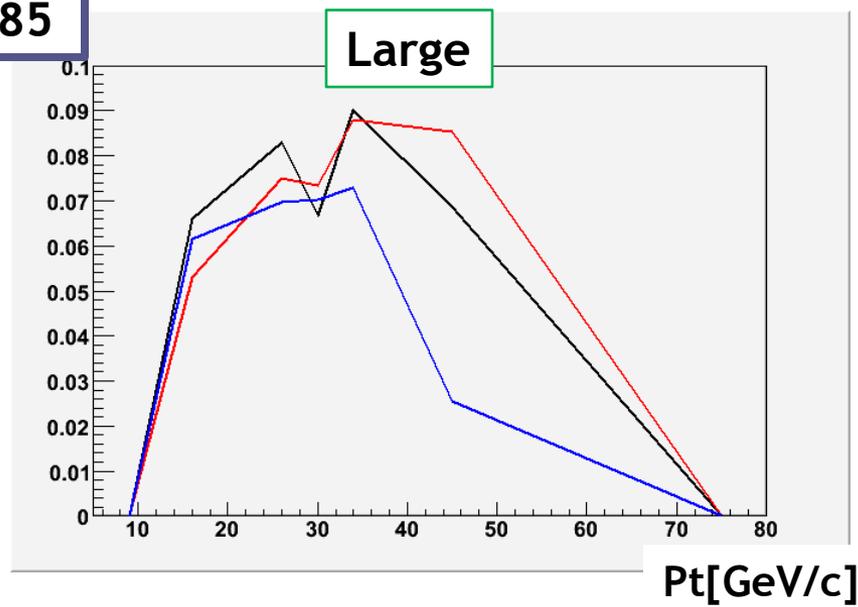
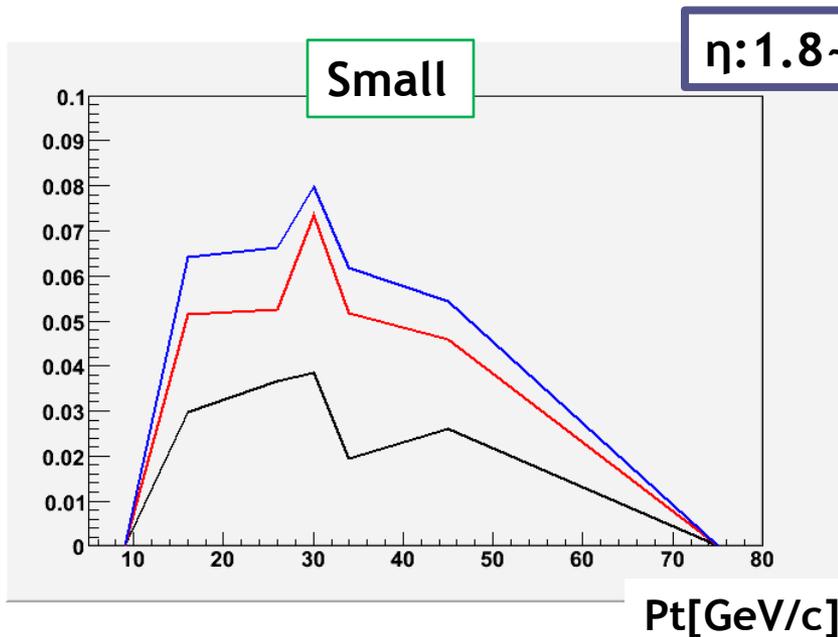
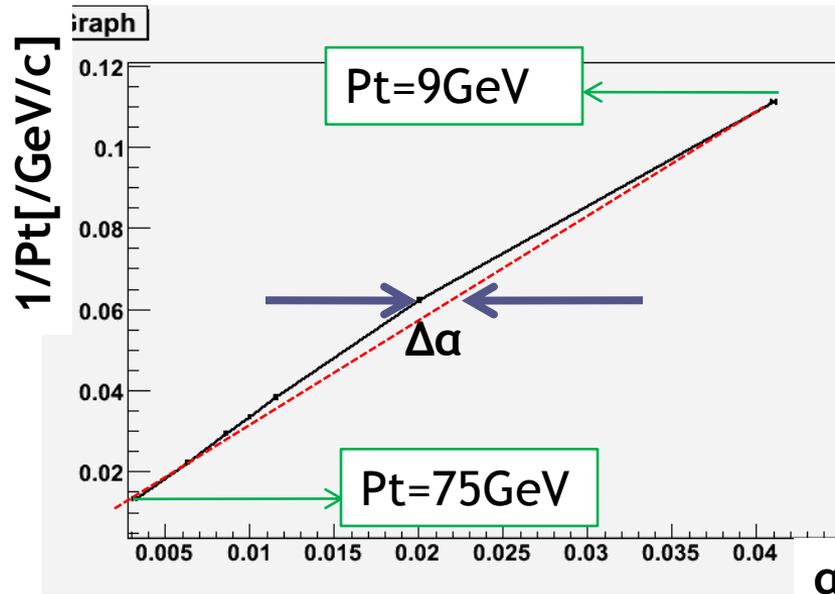
Large Chamber



# 1/Ptグラフの曲り

9GeVと75GeVの点を結びその直線と  
実際の値との差をその時のPtのMean  
で割る  
→PtごとにPlot

- 黒： $\alpha$ 使用時
- 赤：B使用時
- 青：Sagitta使用時



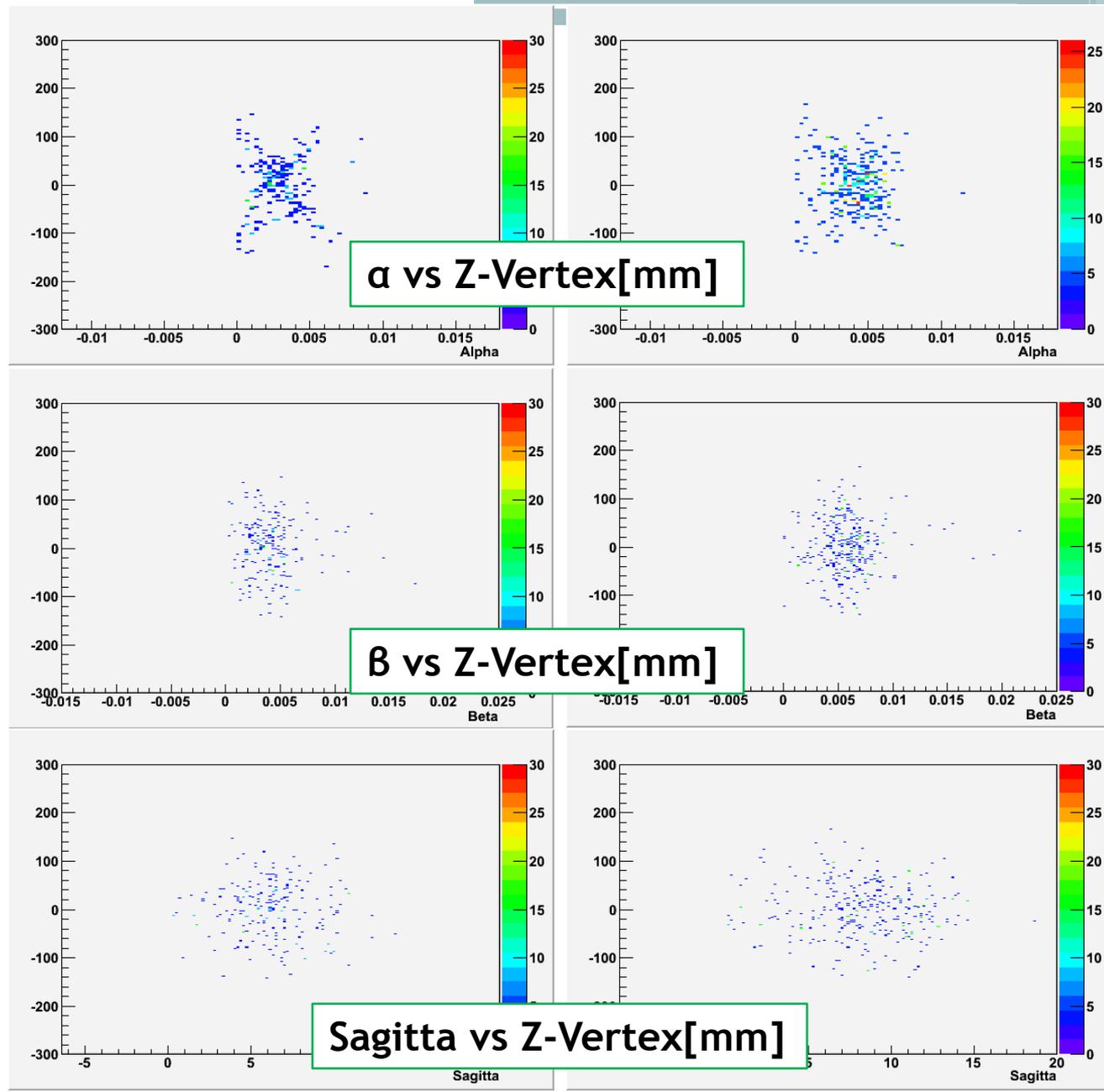
Small

$\eta: 1.8 \sim 1.85$

Large

# Vertexとの相関

Z-vertexと $\alpha$ の correlation



$\alpha$  vs Z-Vertex[mm]

$\beta$  vs Z-Vertex[mm]

Sagitta vs Z-Vertex[mm]

横軸: mean  $\pm 3\sigma$  の範囲  
でPlot

縦軸: 固定  
-300~300[mm]

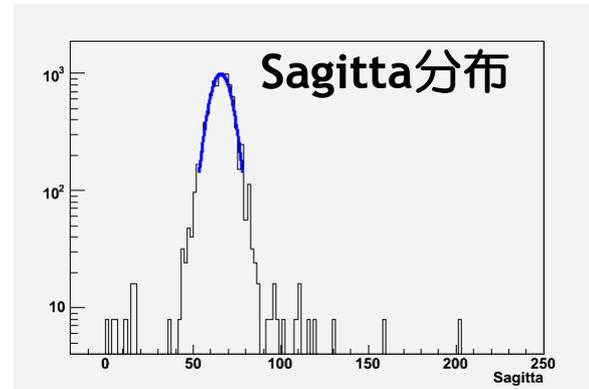
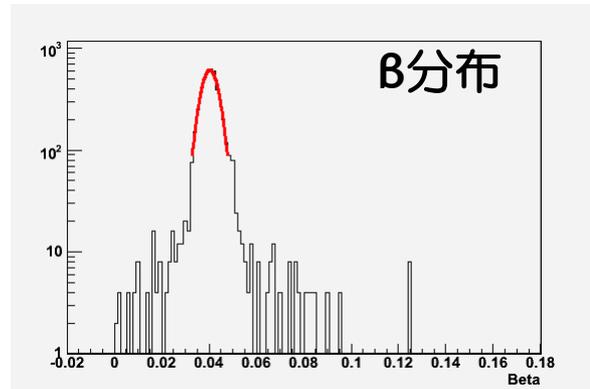
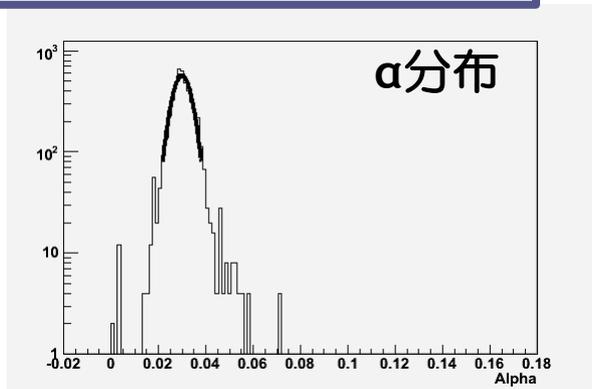


$\alpha$ のような vertexとの correlationは見られない

# 分布時のテール

黒： $\alpha$ 使用時  
赤： $B$ 使用時  
青：Sagitta使用時

$\eta: 1.8 \sim 1.85$  9GeV Sample

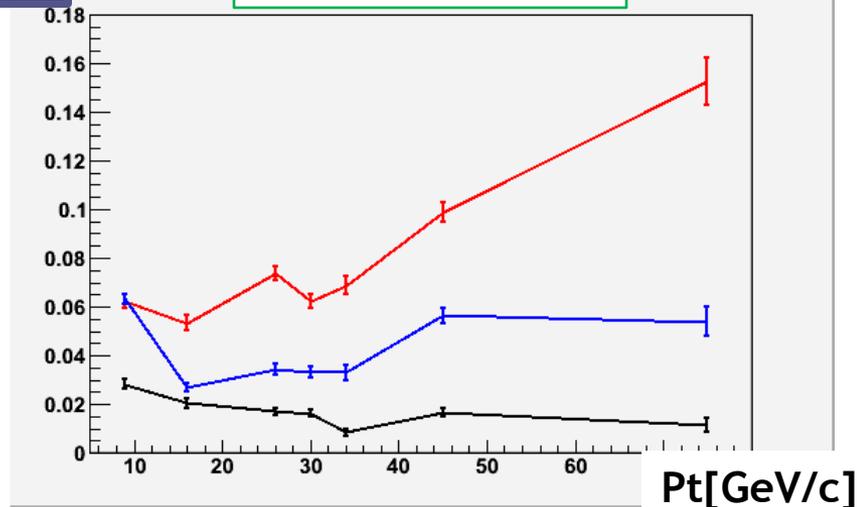
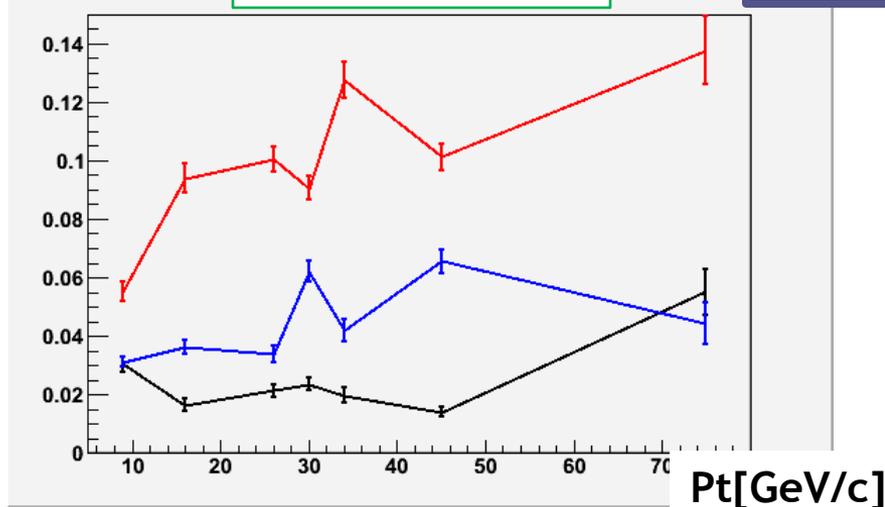


3Sigmaより外に分布してしまうものの割合をPtごとにプロットしてみる

Small Chamber

$\eta: 1.8 \sim 1.85$

Large Chamber



## まとめ

### L2MuSA アルゴリズム

#### Endcap

- $\alpha$ 使用 →
- $1/Pt$ と $\alpha$ の関係：領域によっては曲線になってしまう
  - Vertexによるbias

Vertexに依らない値を考える

$\beta$   
Sagitta

#### Single Muon Sampleを使って比較

$\beta$

- 曲線になってしまうのは $\alpha$ より良くなることはなかった
- Vertexには依らない
- $\alpha$ と同等、またはそれよりも良いResolutionが得られる
- ただしテールができてしまう
- InnerとMiddleのHitが必要

Sagitta

- 曲線になってしまうのは $\alpha$ より良くなることはなかった
- Vertexに依らない
- $\alpha$ と同等又はそれよりも良いResolutionが得られる
- $\beta$ ほどテールをひかない
- Inner、Middle、OuterのHitが必要

Vertexに依らないのでDecay-in-FlightのmuonやMultiple Scatteringのmuonも区別できる可能性あり？それらのmuonによるRateをおさえられるか？

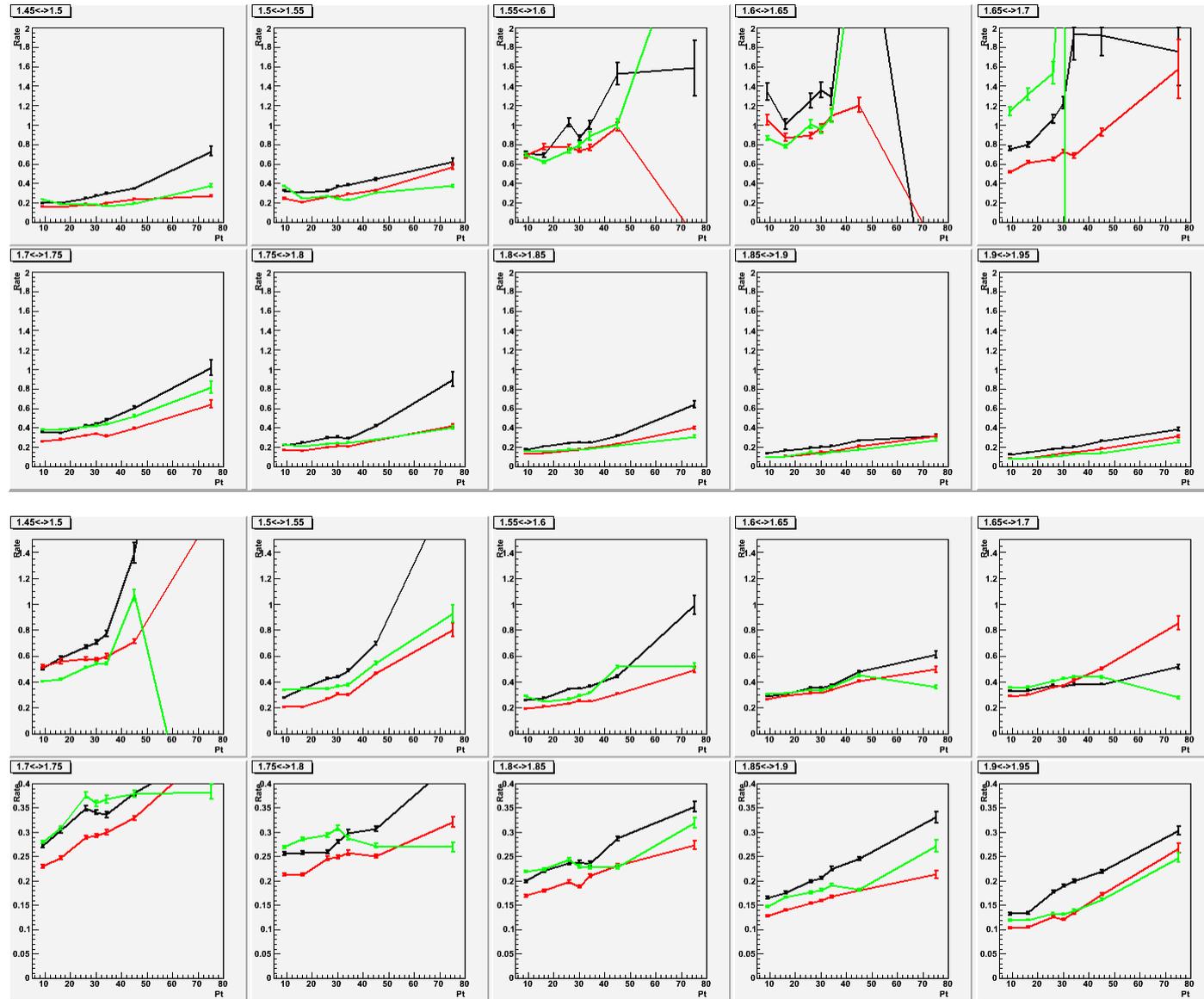
**Back Up**

$\sigma/\text{mean}$

small

黒 :  $\alpha$   
赤 :  $\beta$   
緑 : Sagitta

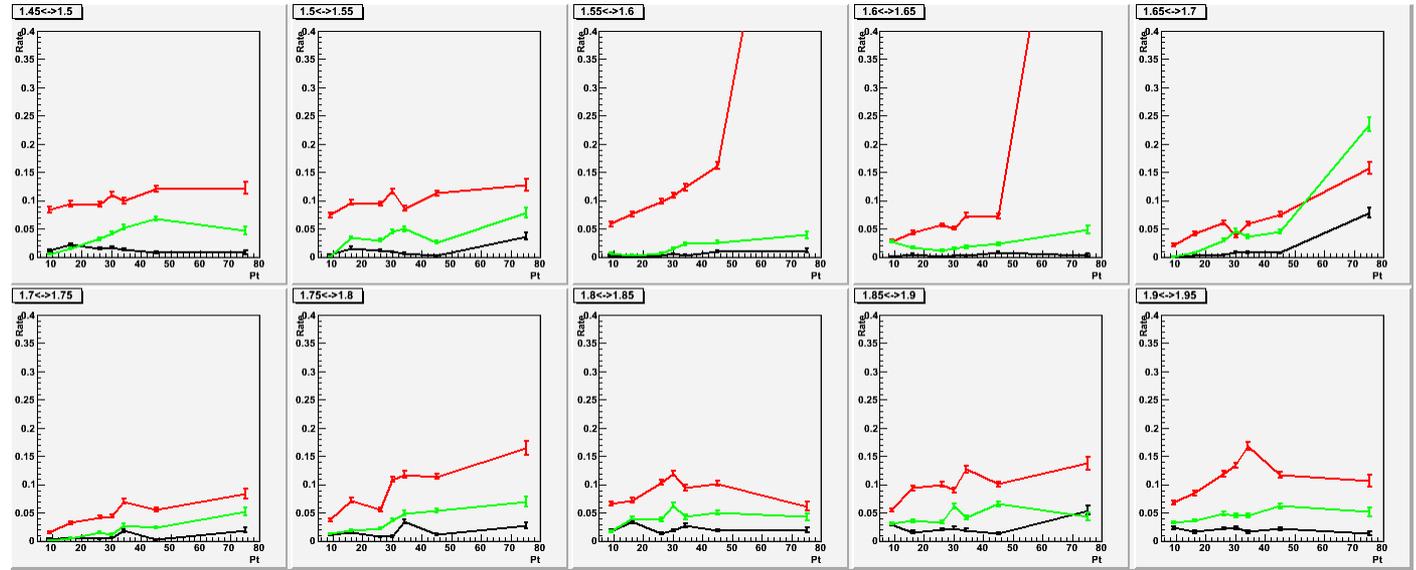
large



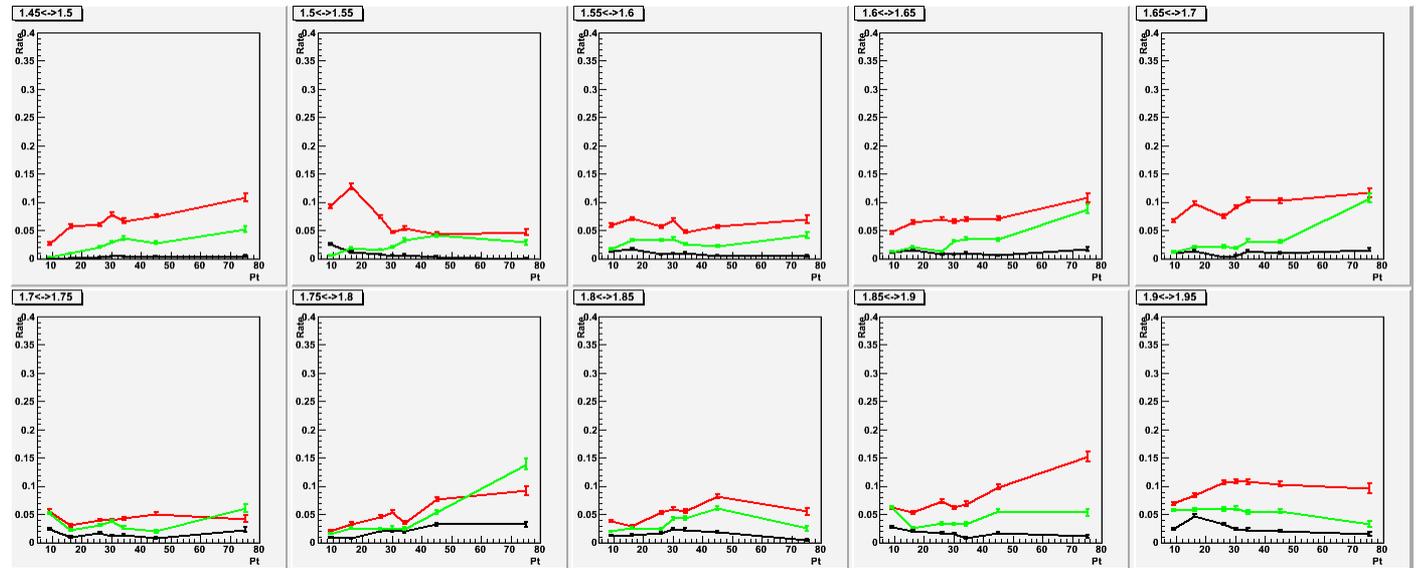
# Out Of 3 Sigma

small

黒 :  $\alpha$   
 赤 :  $\beta$   
 緑 : Sagitta



large

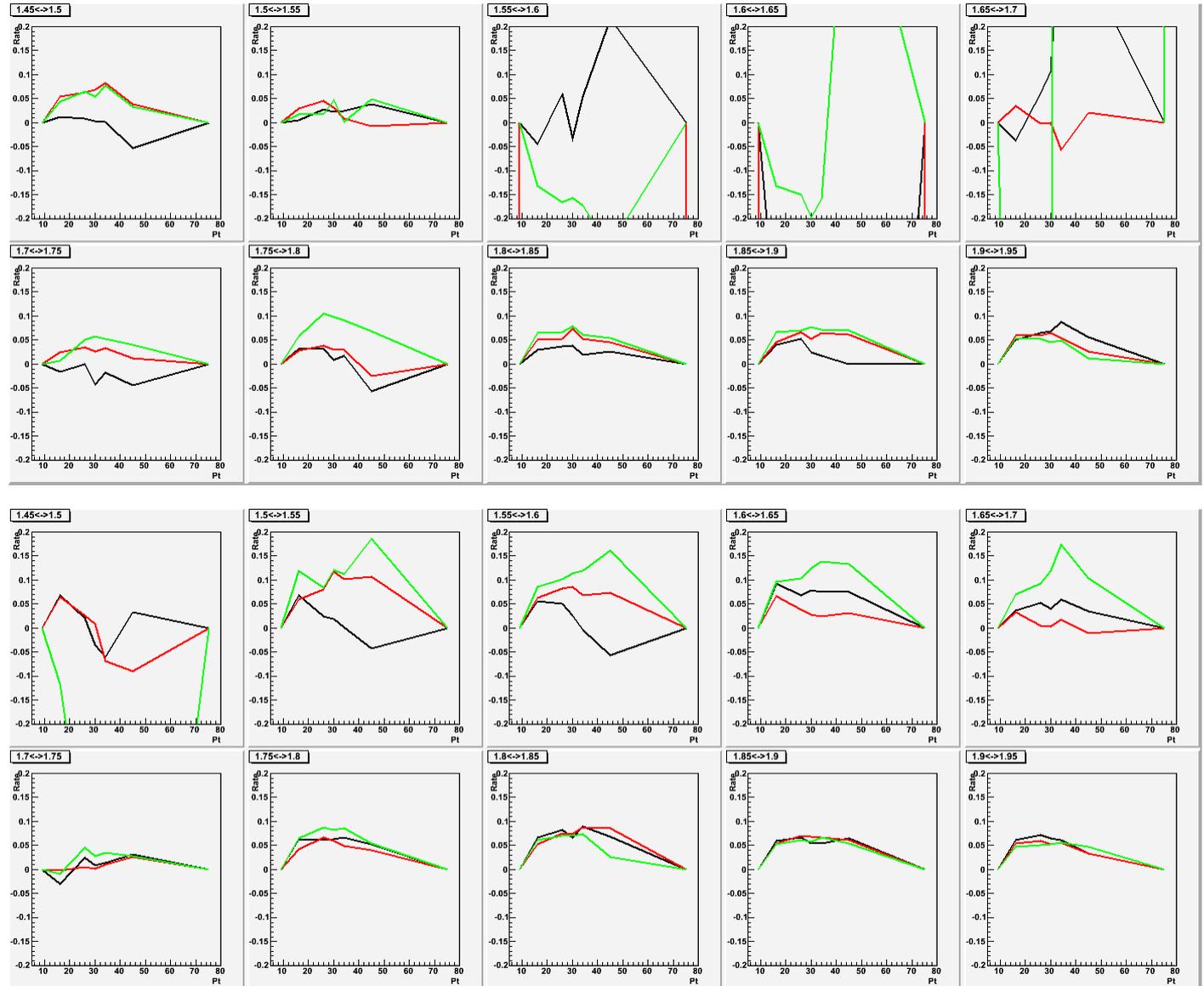


# 曲り

small

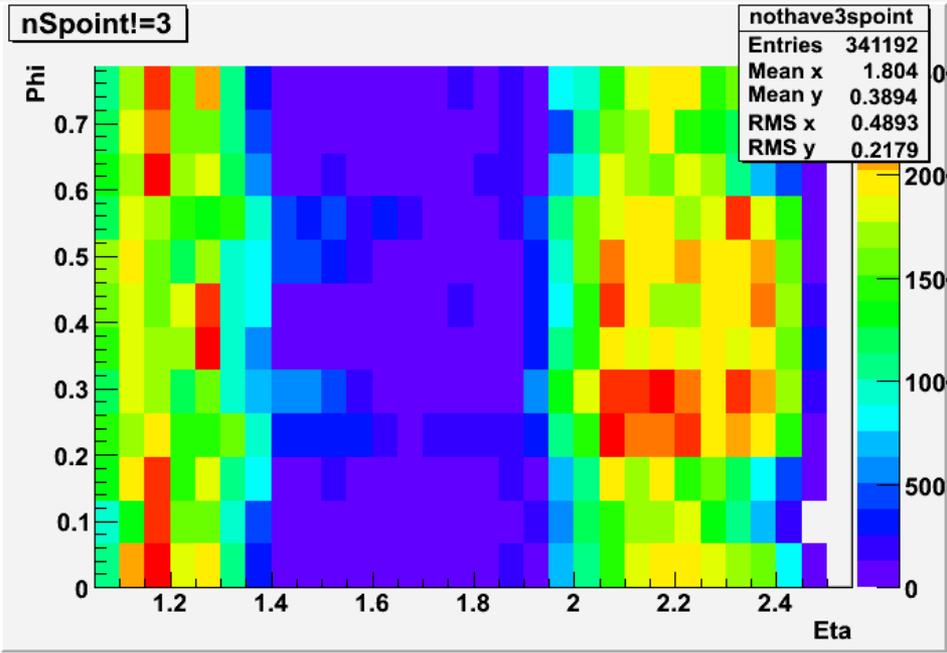
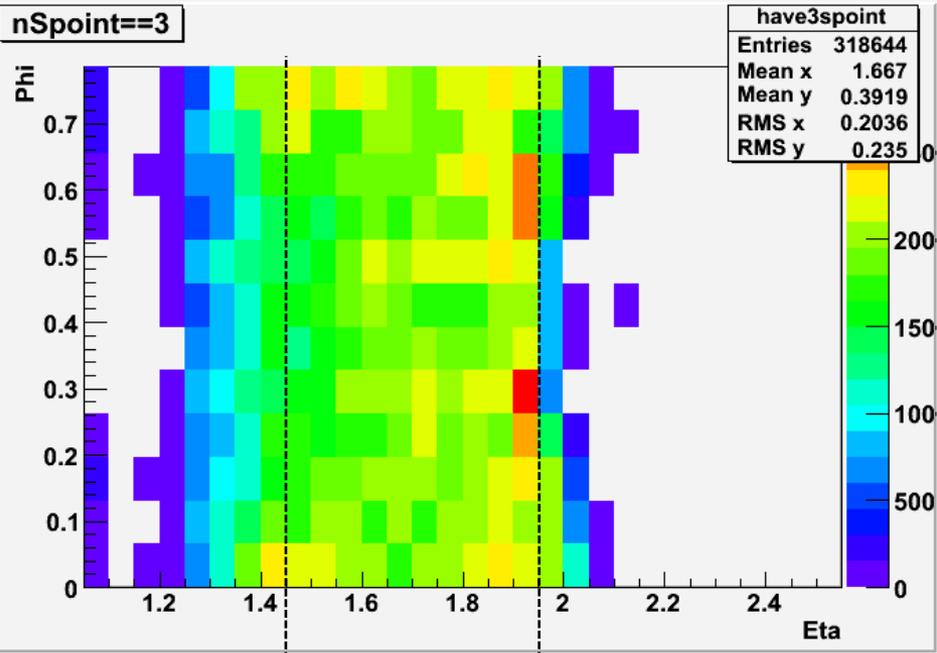
黒 :  $\alpha$   
赤 :  $\beta$   
緑 : Sagitta

large



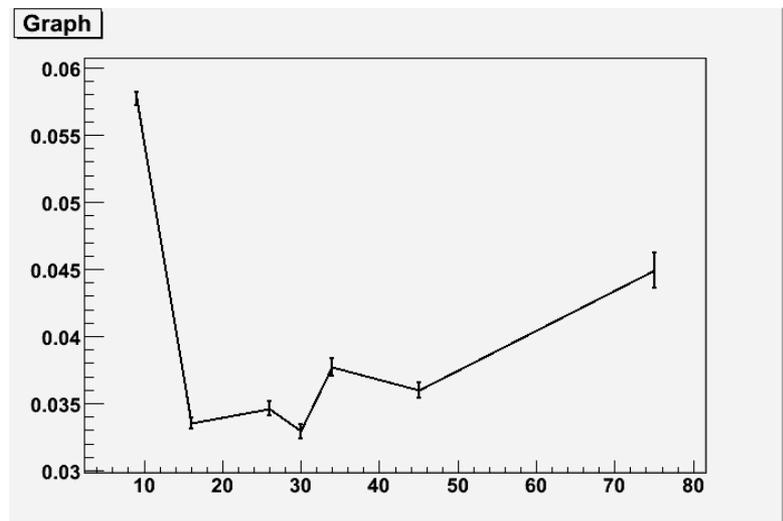
number of super-point == 3

number of super-point != 3



この領域のみで議論  
( $1.45 \leq \eta \leq 1.95$ )

上の領域でSpoint!=3の  
Rate

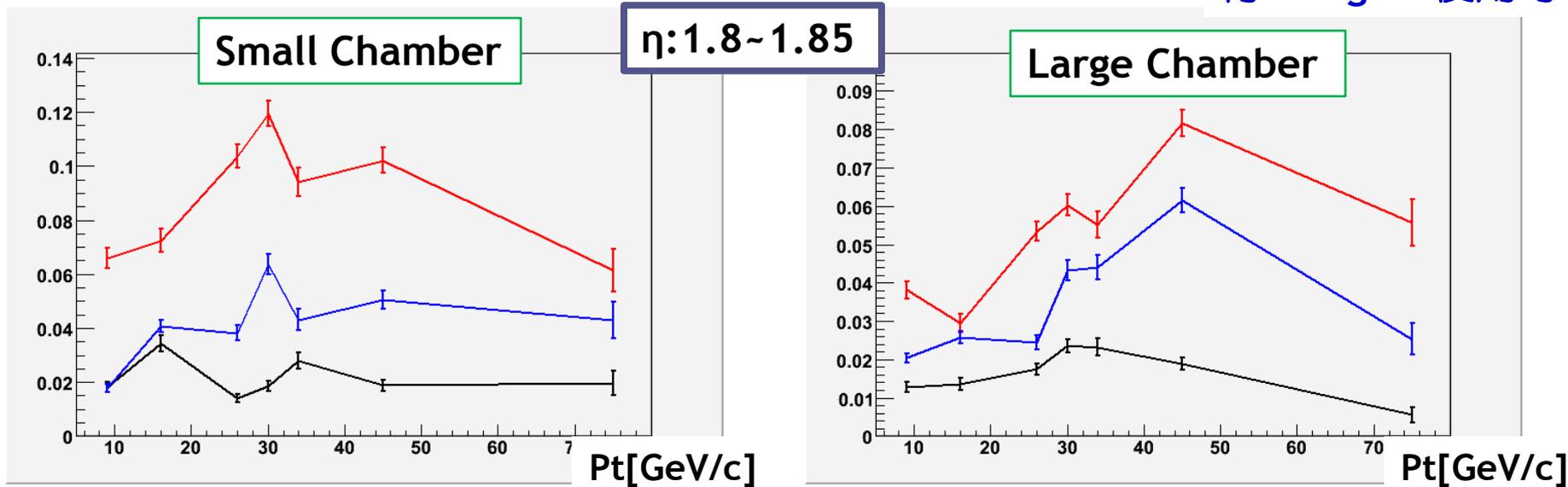


# 分布時のテール

## B→トラックの引き間違えによるテールの懸念

黒： $\alpha$ 使用時  
赤：B使用時  
青：Sagitta使用時

3Sigmaより外に分布してしまうものの割合をプロットしてみる

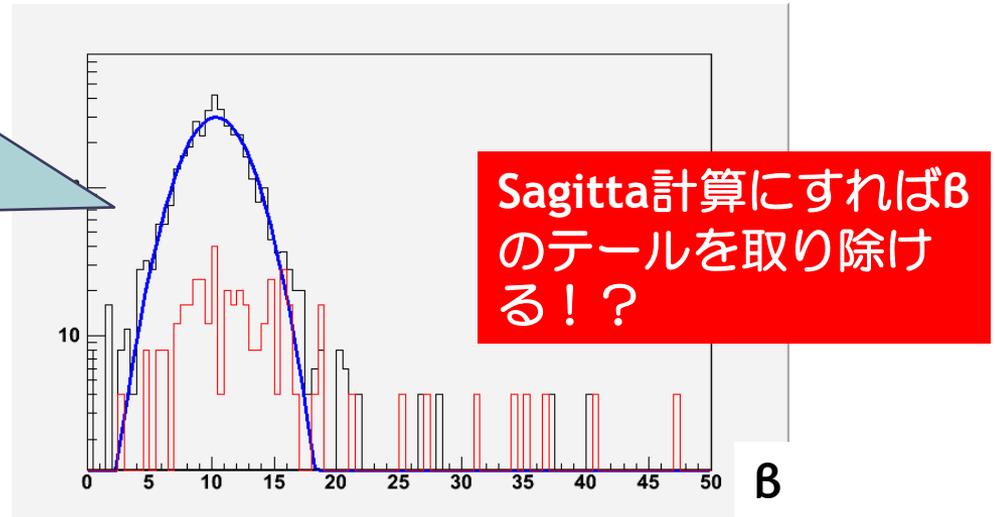


Bが3sigmaより大きくなったものがSagittaではどうなるか

黒：B < 3sigma

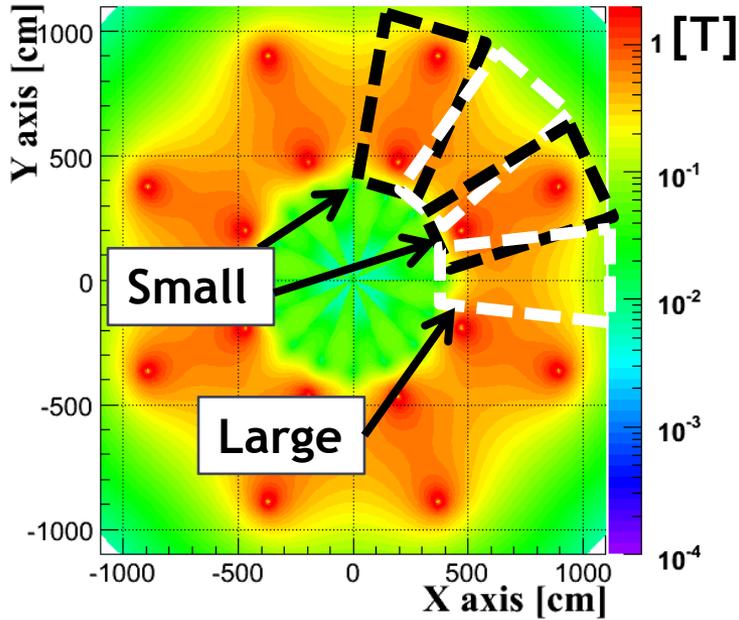
赤：B > 3sigma

青：Sagitta Gaussian Fit



# 注意

## Inner Layerにおける磁場



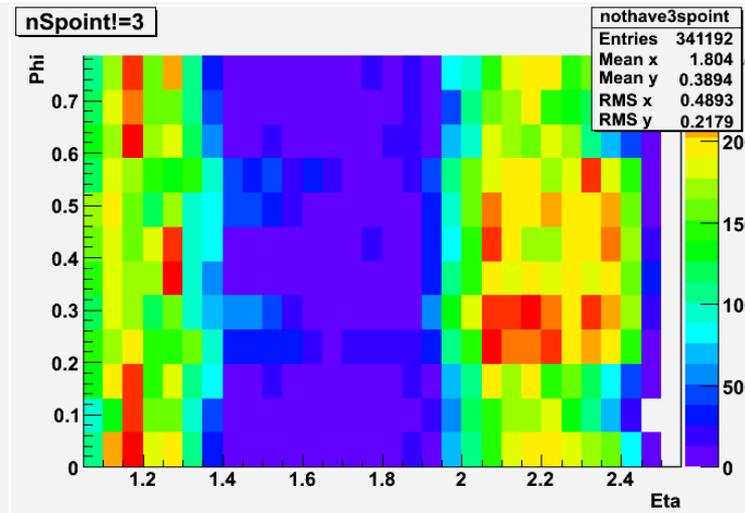
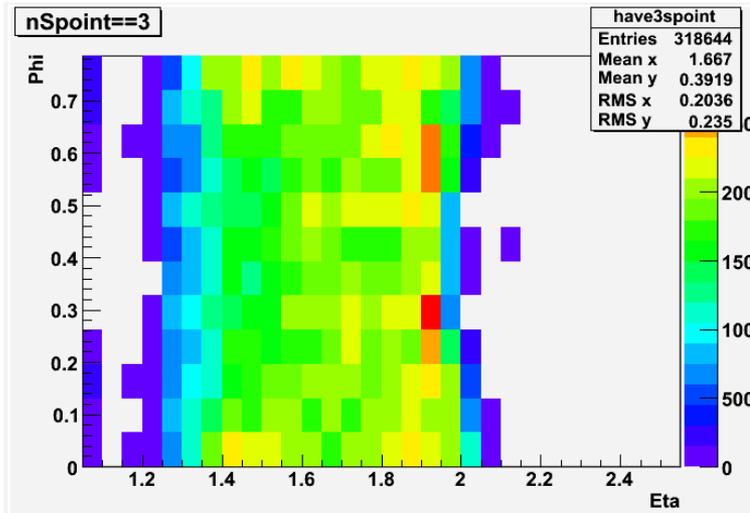
EndCap部分のDirft ChamberにはSmall ChamberとLarge Chamberというものが交互に配置されている  
→磁場が異なる



SmallとLargeの領域で分けて考える必要がある

3LayerでHitがないとき

3LayerでHitがあるとき



# Resolution Eta: 1.45~1.95

