



宇宙史拠点実習最終報告@CERN
荷電粒子飛跡を用いた
ALICE 電磁カロリメータの位置情報の較正

2010/7/30

数理物質研究科M1

高エネルギー原子核実験研究室

窪田晋太郎





目次

- 目的
- LHC-ALICE実験
 - ALICE検出器
- EMCal
- Track Matching
 - セッティング
 - 残差の p_T 依存性
 - Track Matchingの確認
 - 残差の位置依存性
 - 位置の較正
- まとめ



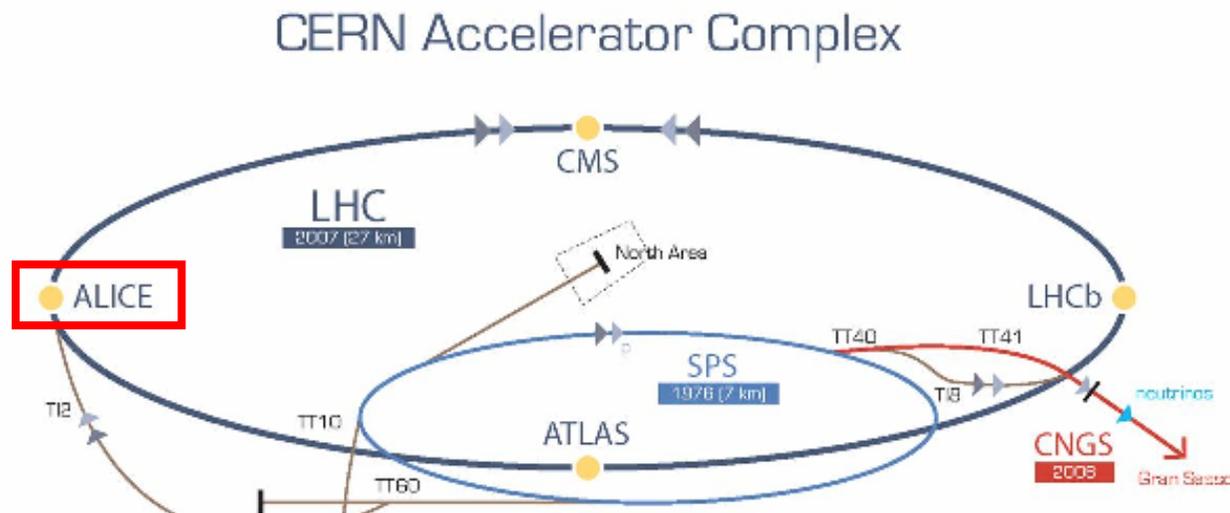


目的

- ALICEの検出器群から得られた荷電粒子の飛跡をEMCalのクラスターと結びつける (Track Matching) ことにより、実際の衝突データ(p+p, 7TeV)を用いて電磁カロリメータ (EMCal)の位置情報の較正をする。

LHC-ALICE実験

- LHC
 - 直径27kmの衝突型円形加速器
 - 陽子を7TeVまで加速して衝突させることで重心系で最大14TeVの衝突エネルギーが得られる
- ALICE実験
 - 最大衝突エネルギー5.5TeVの鉛・鉛原子核衝突実験によって高温・高密度の状態を作り出し、クォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)の物性を解明する。





ALICE検出器

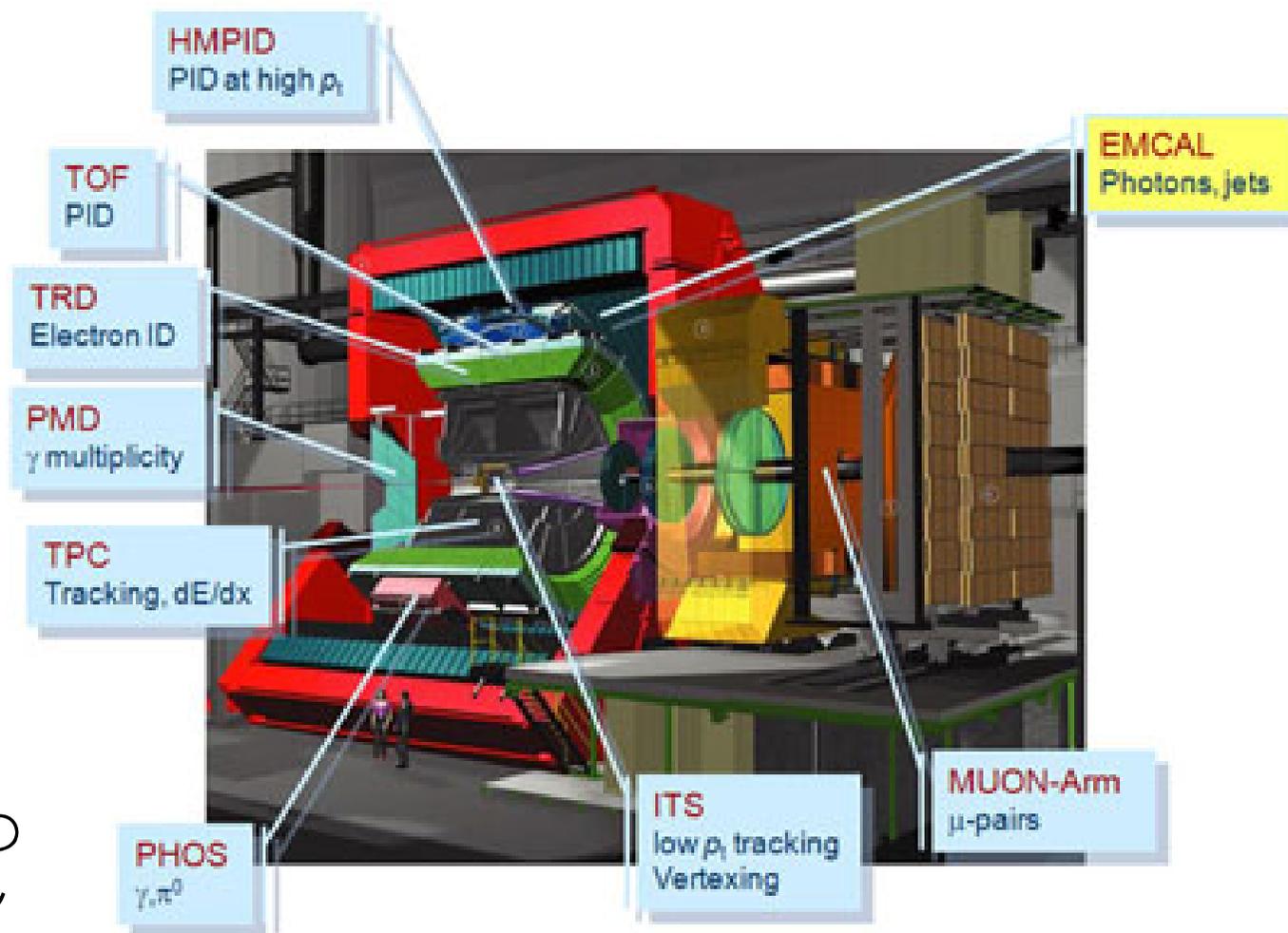
主な検出器

ITS: Vertexの測定

TPC:
Trackの測定
dE/dxの測定

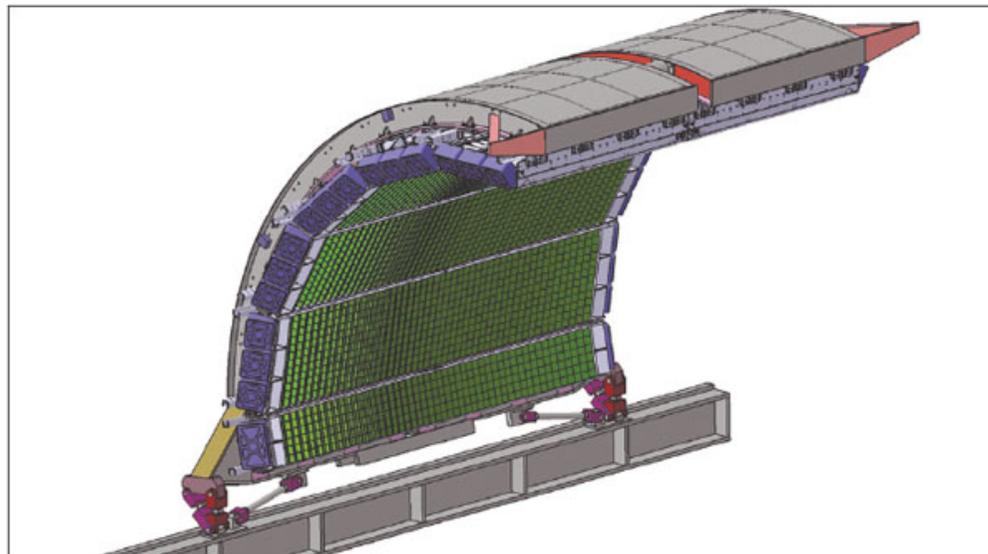
TOF:
Time of Flight
によるPID

EMCal:
高エネルギー領域の
光子、電子のエネルギー測定



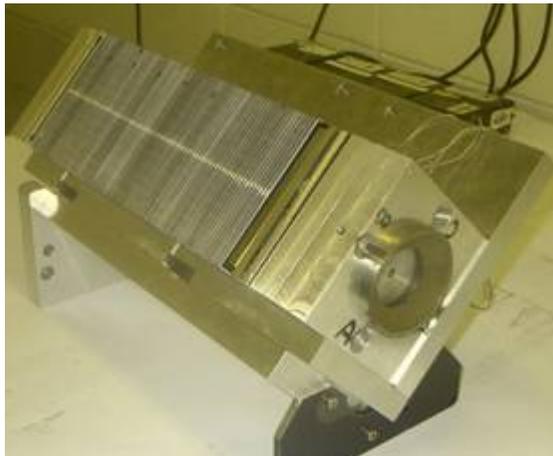
EMCal

- EMCalの概要
 - 鉛・シンチレータからなるサンプリング型電磁カロリメータ
 - 高エネルギーの光子・電子を測定する
 - 6cm*6cmのセル単位に分かれており、数ミリ程度の位置分解能が得られる
 - 大きく4つのスーパーモジュール(SM)に分かれている
 - 現在 $-0.7 < \text{Eta} < 0.7$, $80^\circ < \text{Phi} < 120^\circ$ を覆っている

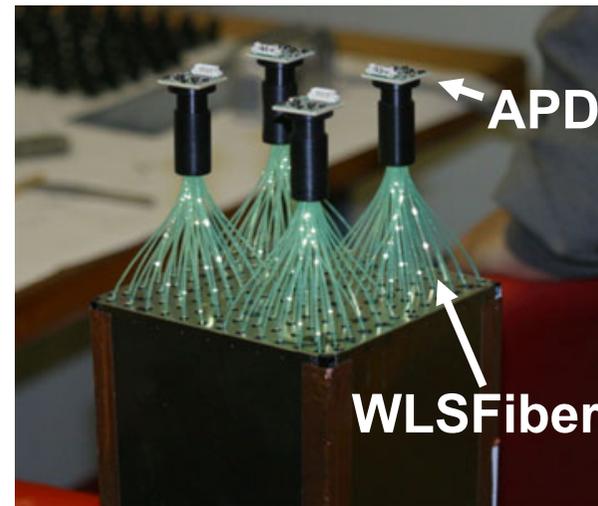


EMCal

- EMCalによる光子・電子の測定
 - EMCalに入射した光子・(陽)電子は主に鉛で電磁シャワーを生成し、電磁シャワーはシンチレータでシンチレーション光を発生させる。
 - シンチレーション光を波長変換ファイバー(WLSファイバー)によって光検出器であるアバランシェフォトダイオード(APD)へ導くことでエネルギーを測定する。



鉛・シンチレータ積層構造





Track Matching

- Track Matching
 - ALICEの検出器群から得られた荷電粒子の飛跡をEMCalのクラスターと結びつける
 - Track MatchingをすることによってEMCalの正確なジオメトリを得ることができる

※クラスター

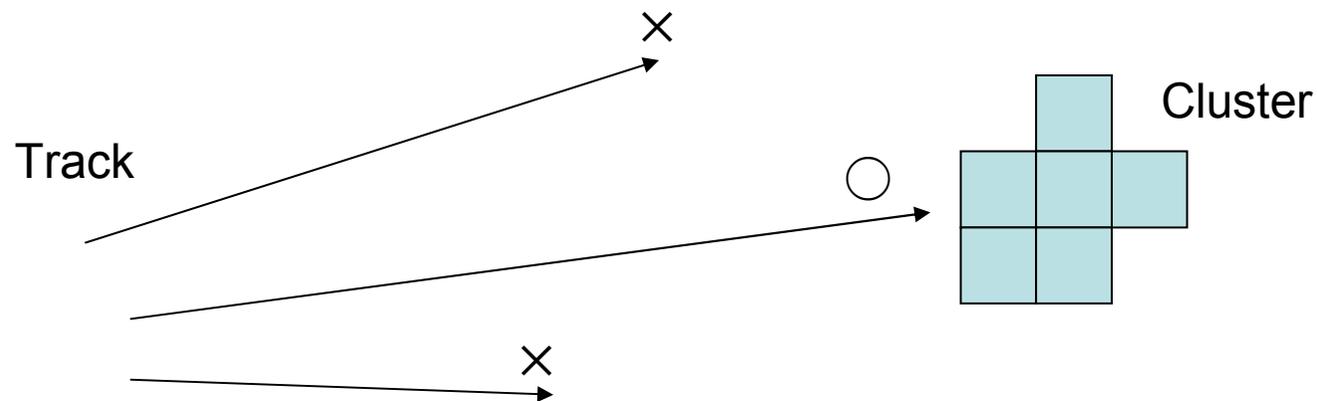
- 粒子がEMCalにエネルギーを落とした位置を示すまとめ





Track Matching

- Track Matchingの方法
 - クラスターの位置情報を元にTrackをクラスターの半径までExtrapolateする
 - ExtrapolateしたTrackの位置をクラスターの位置と比較し、一番近かったTrackとMatchingする





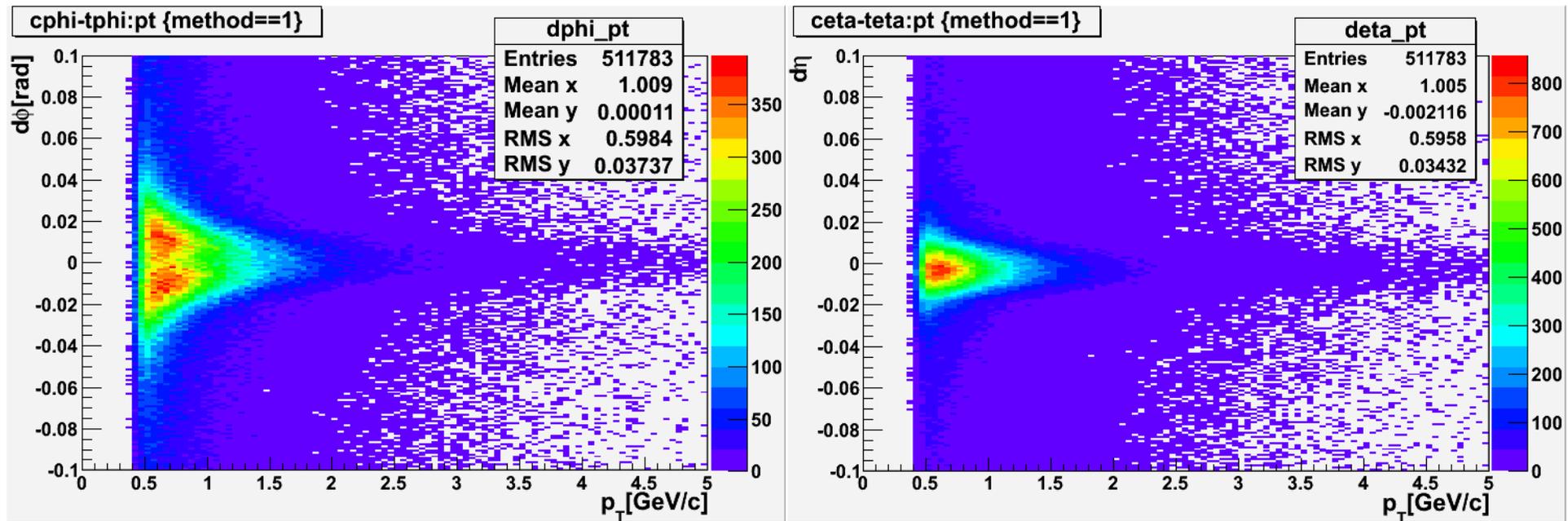
セッティング

- イベントカット
 - VertexのZ座標が中心から10cm以内のイベント
- トラックカット
 - TPC内のクラスター数が70以上、カイ二乗が4以内のトラック
- クラスタースカット
 - クラスタースカット内にBadChannel, SuspiciousChannelが含まれていた場合、そのクラスターをカットする
- LHC10b-Pass2, 7000GeV, 磁場+5kGのRunを使用した



残差のpT依存性

- 残差 = クラスターの位置 - ExtrapolateしたTrackの位置
 - Ex. $d\phi = \phi$ of the cluster - ϕ of the track



dphi vs pT

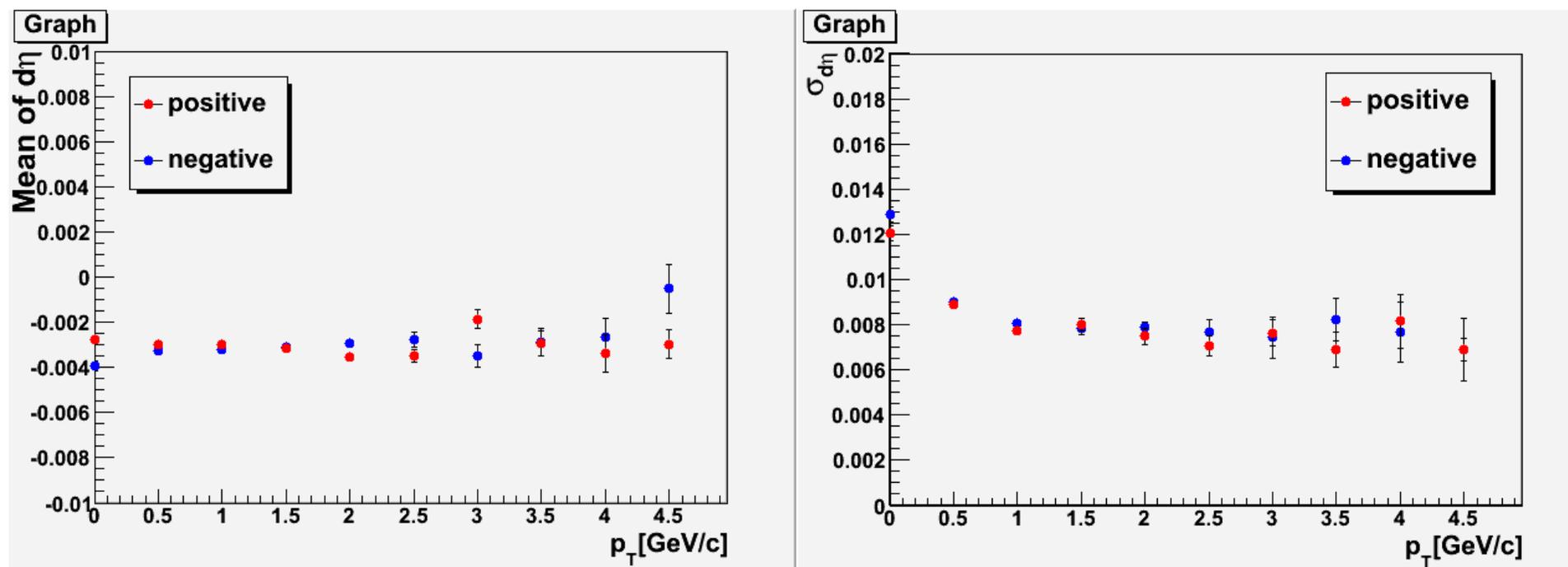
deta vs pT

低pT領域では残差の広がりが大きく、dphiについては磁場による補正が完全でないことによる電荷の正負による分布の違いがある。



残差のpT依存性

- pTを0から5GeV/cまで0.5GeV/cごとに区切り、残差のMeanとSigmaを求めた。

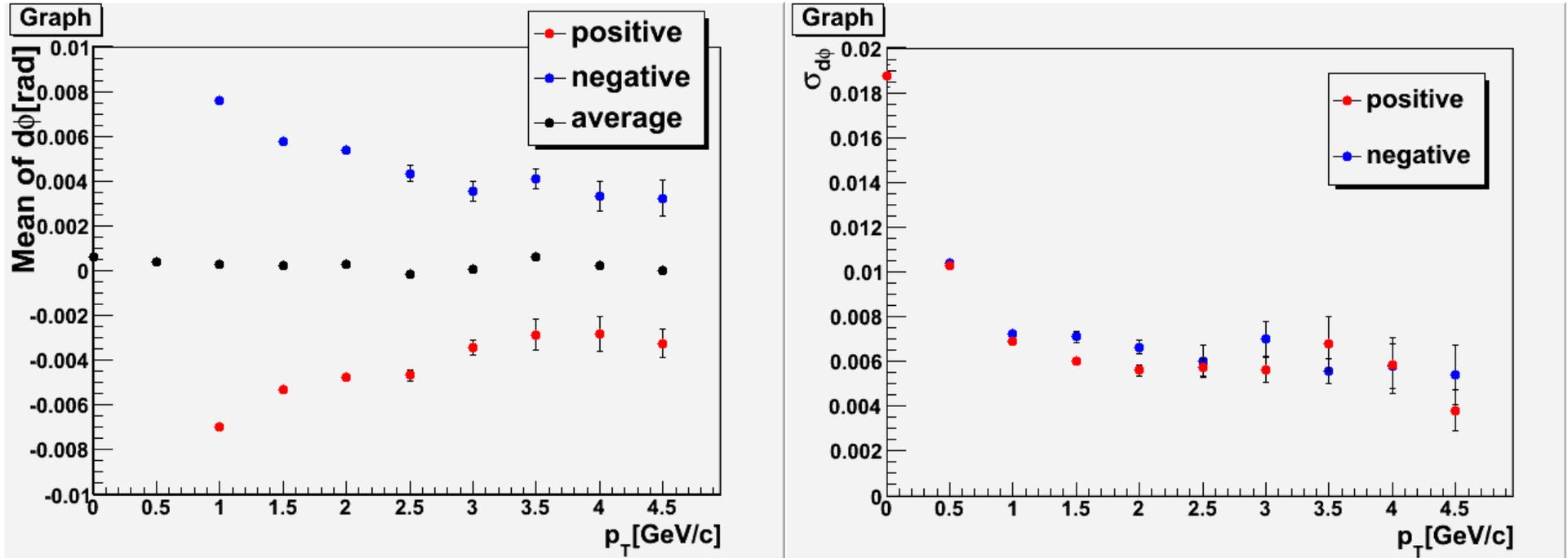


deta vs pTのMeanとSigma

pTが1.0GeV/c以上の領域でSigmaがほぼ一定値(0.008)をとる



残差のpT依存性



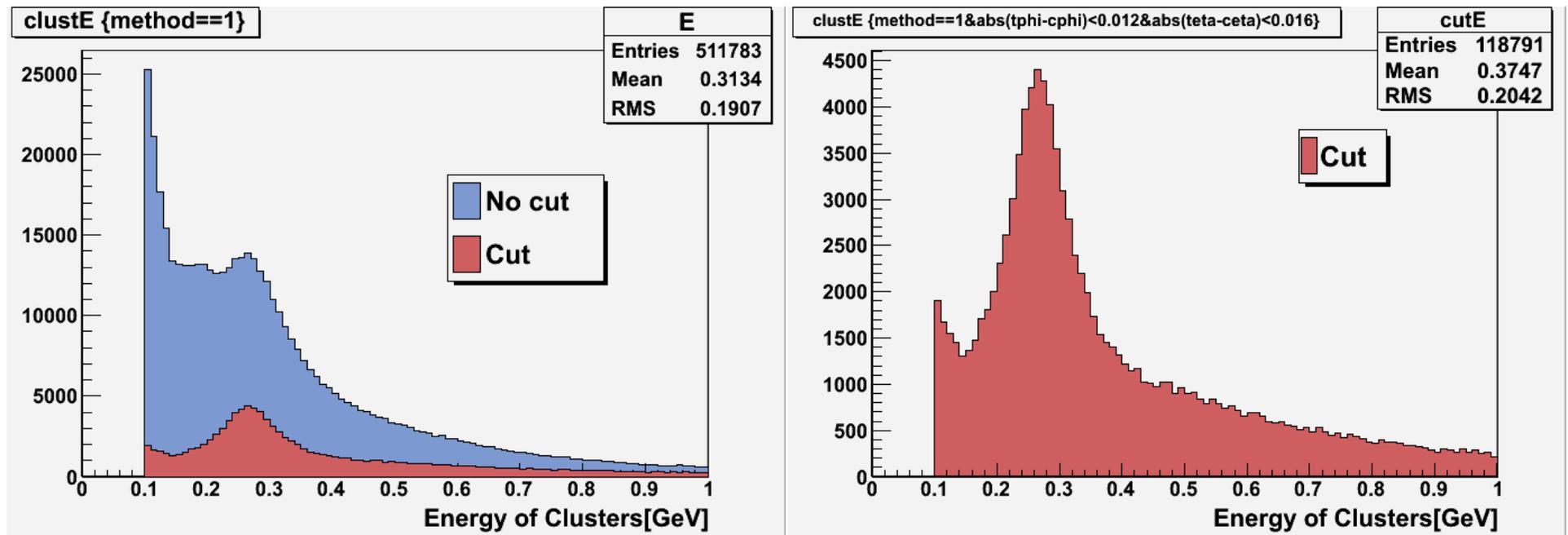
dphi vs pTのMeanとSigma

detaと同様にpTが1.0GeV/cの領域でSigmaが一定値(0.006)をとる
MeanをみるとExtrapolate時の磁場の補正が完全でないことがわかる



Track Matchingの確認

- SigmaのpT依存性より、pTが1.0GeV/c以上のTrackを使う
- 正しくTrack MatchingできていればTrackをつくらない光子によってできたクラスターを除くことができ、ハドロンによるMIPピークが見えるはずである
- 残差がMeanから2Sigma以内にあるクラスターのみを選ぶカットを行った



クラスターのエネルギーの分布
カット後の分布では綺麗にMIPピークが見える





残差の位置依存性

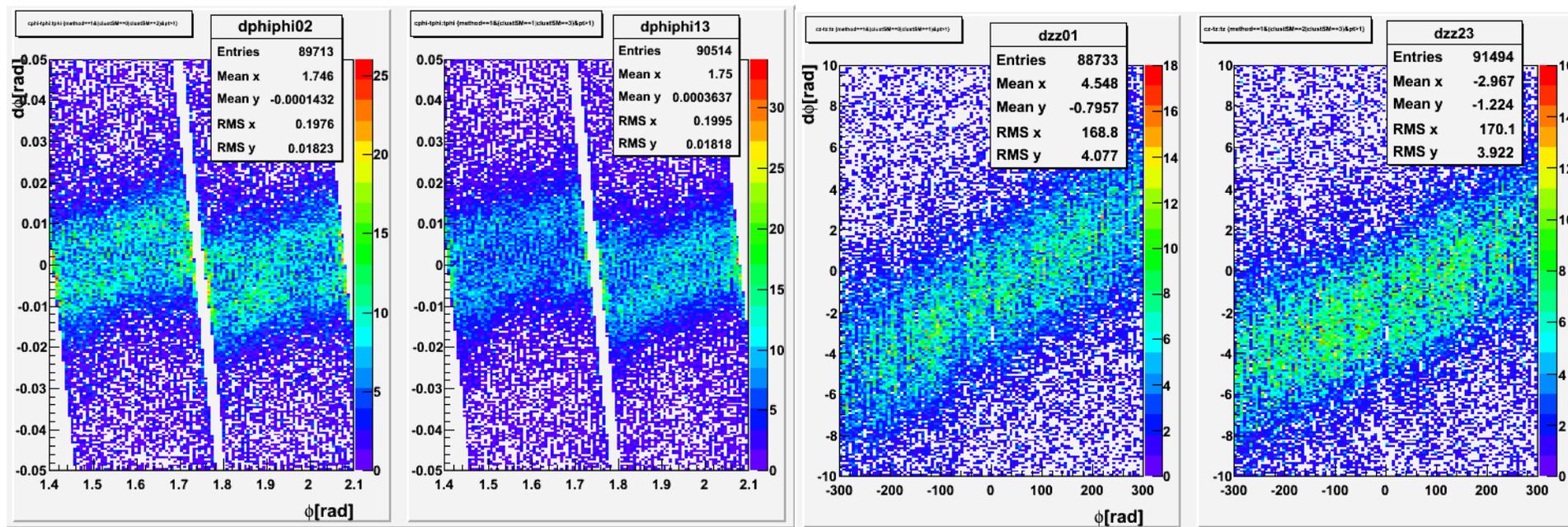
- 全体的なシフトや位置による傾きがある

SM0 SM2

SM3 SM1

SM1 SM0

SM3 SM2



dphi vs phi

dz vs z

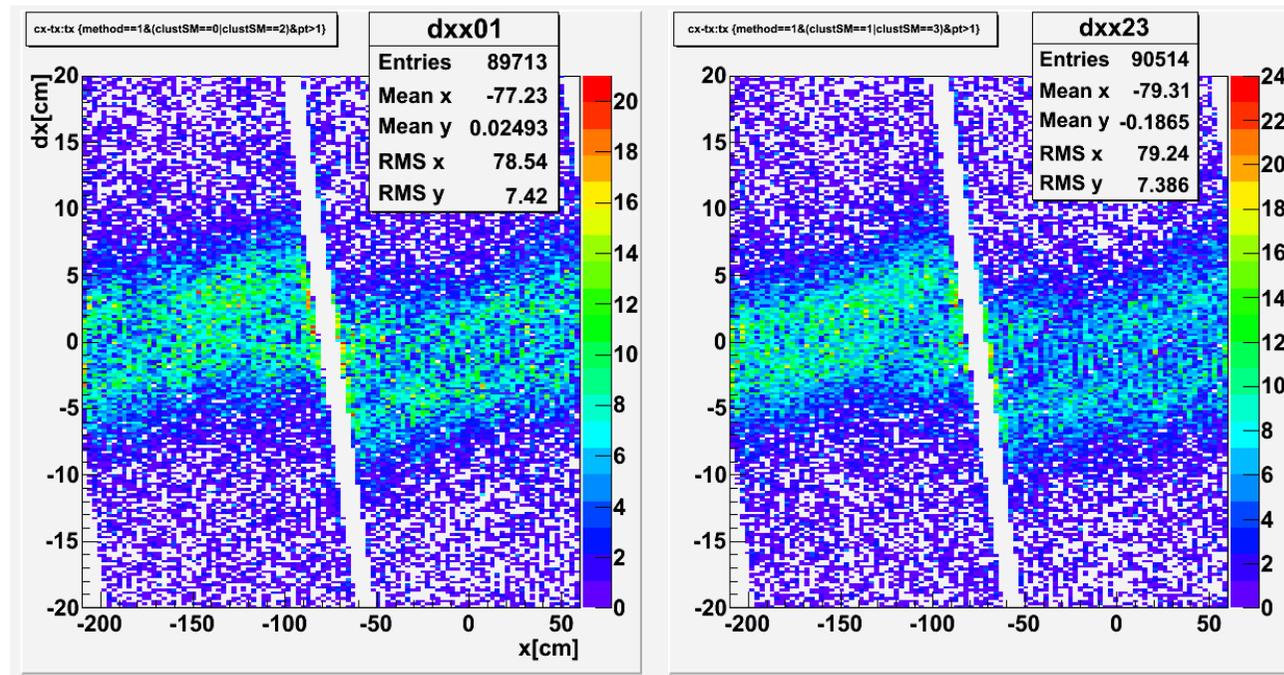
15





残差の位置依存性

- 今回はdx vs x分布からEMCALの位置の較正を考える



dx vs x





位置の較正

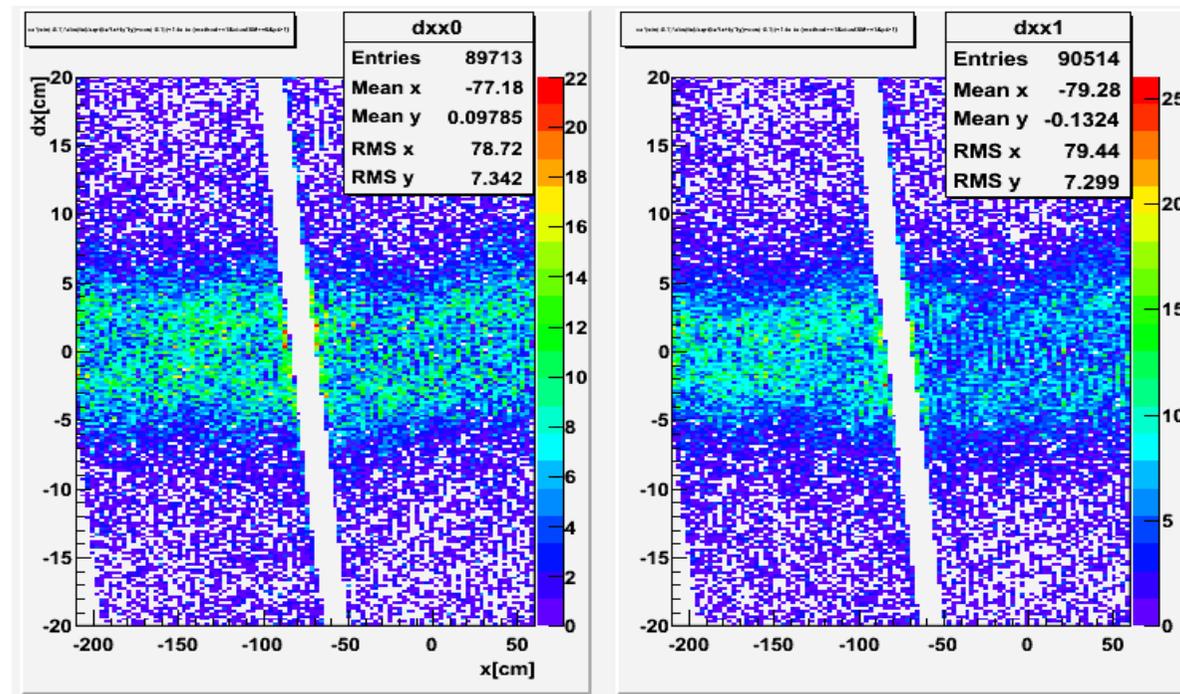
- X軸方向にSMを動かすことで残差の全体的なシフトを較正する
- 今回は残差の傾きの原因がYZ平面上でのSMの傾きによるものと予想して較正を行った
- Trackの座標を(tx,ty,tz)とするとクラスターのX座標は θ 回転させることによって
$$x_0 \rightarrow x_0 * (\sin \theta \sqrt{ty^2 + tz^2}) + \cos \theta$$
- となる





位置の校正

- SM0&1について $\theta = 0.1\text{rad}$ の回転 $x = -3\text{cm}$ のシフト
- SM2&3について $\theta = 0.04\text{rad}$ の回転 $x = +1\text{cm}$ のシフト



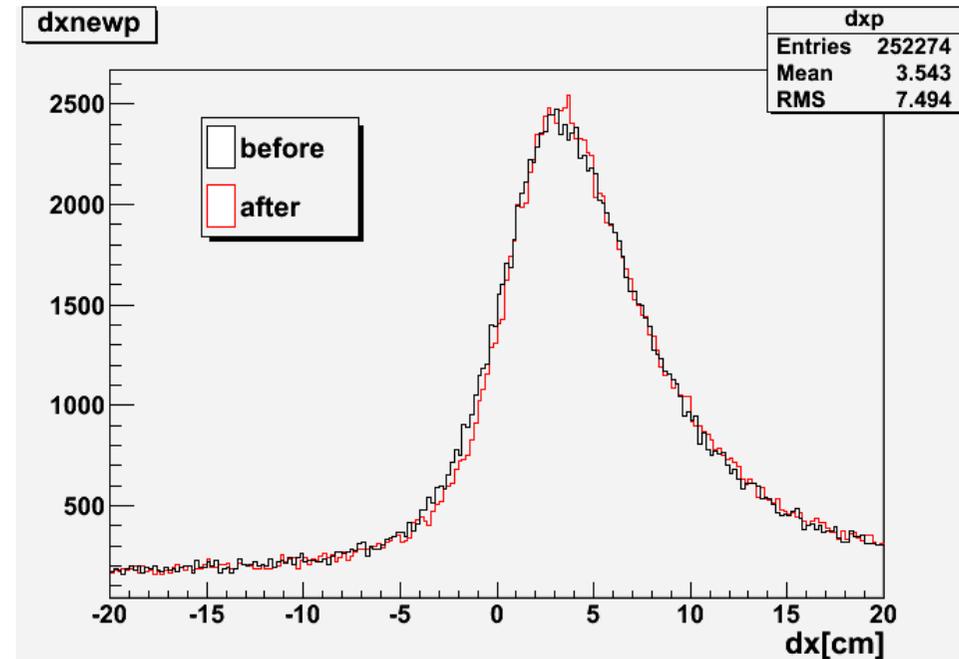
校正後のdx vs x





位置の較正

- 較正前と較正後のdx分布の比較



較正後もdx分布のRMSは減少せず、較正前と比較するとほとんど変わっていない。原因としてはResidualの傾きがEMCALのジオメトリによるものではなくExtrapolateやClusteringによる、残差がSMの傾きによるものではないなどの可能性がある。





まとめ

- 位置のpT依存性からpTカット, 2Sigmaカットをし、光子によるクラスターを除いた。
- Track Matchingから位置の位置依存性を見た。
- dxのx依存性をSMの傾きと考慮して位置の較正をした。
- dxの分布は較正前からほとんど変化せず、dxのx依存性は他に原因があると考えられる。



