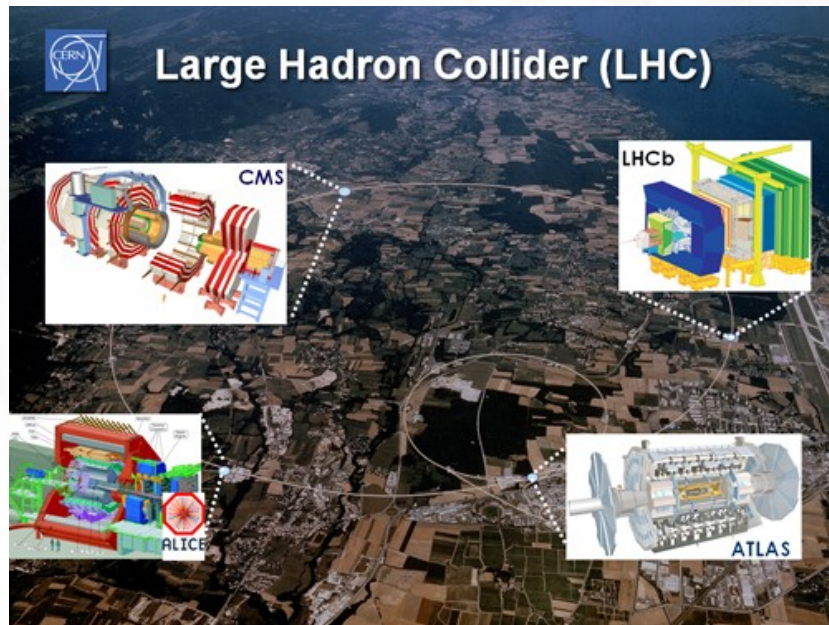


宇宙史拠点実習2013 最終報告会 9/27(Fri.)

ALICEにおける full-jet測定 (p-Pb, 5.02TeV)

高エネルギー原子核実験グループM1 細川 律也

LHC・ALICE実験

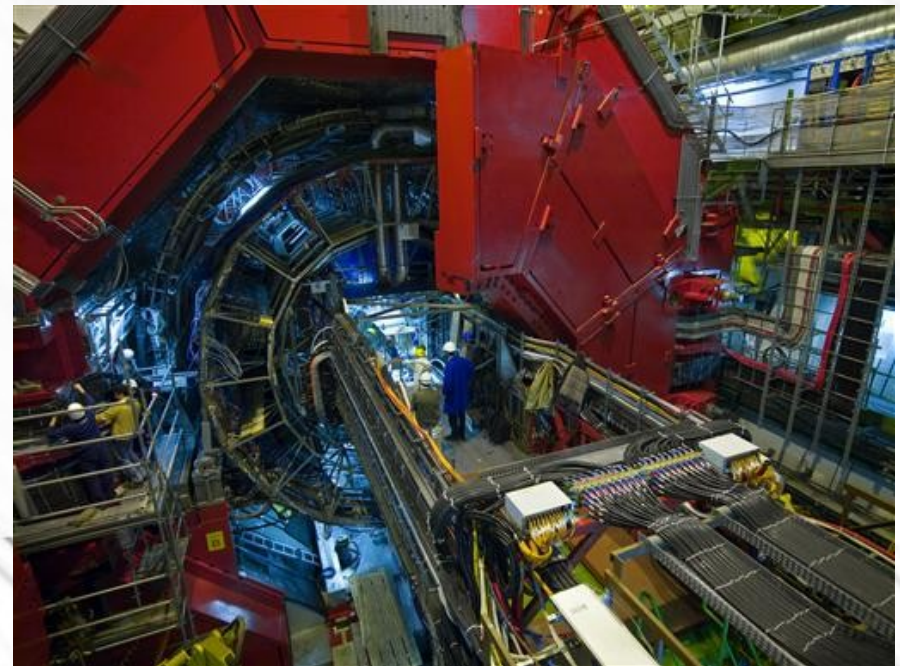


- LHC・・・

- ・欧州原子核研究機構(CERN)の所有する、周長27kmもの大型加速器
- ・～2014年9月まで設備増強のためにロングシャットダウン中。実験再開後には本来の性能であるp-p 14TeV, Pb-Pb 5.5TeVでの実験が予定されている

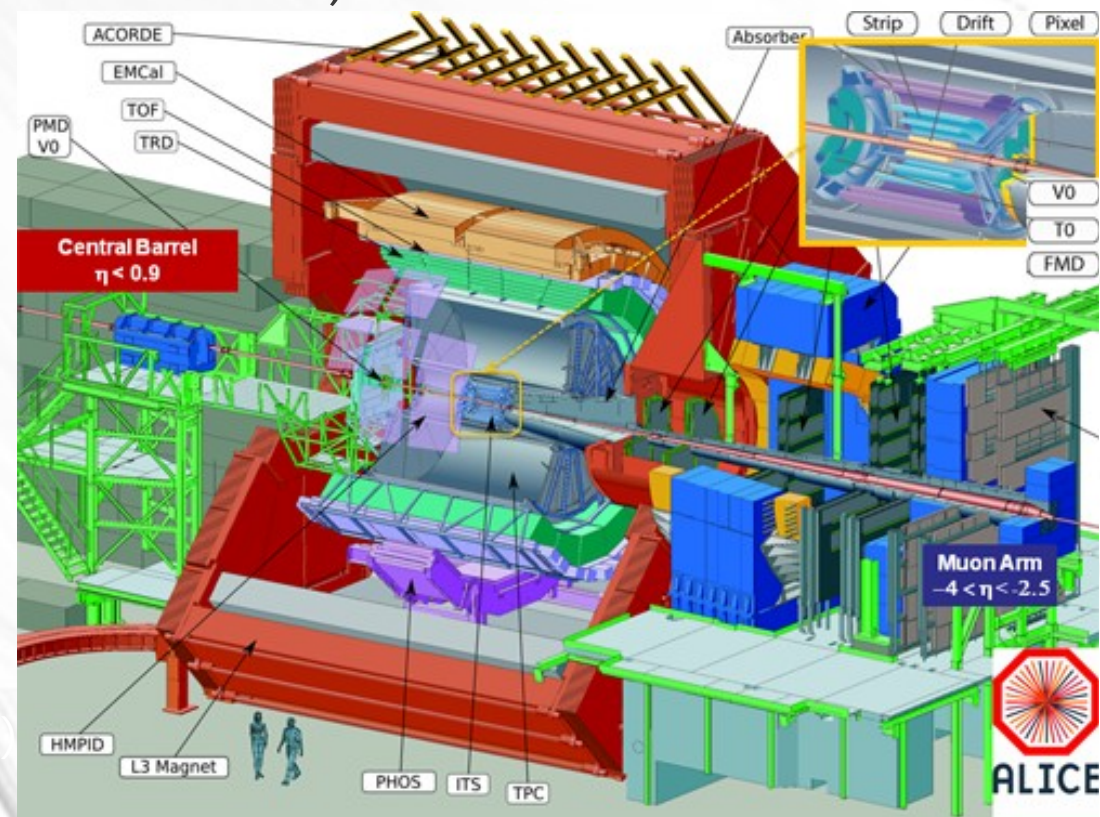
- ALICE実験・・・

- ・LHCの中でも、高エネルギー重イオン衝突に特化した実験
- ・重イオン衝突によって生成されるQGPの物理的機構の解明を目指している

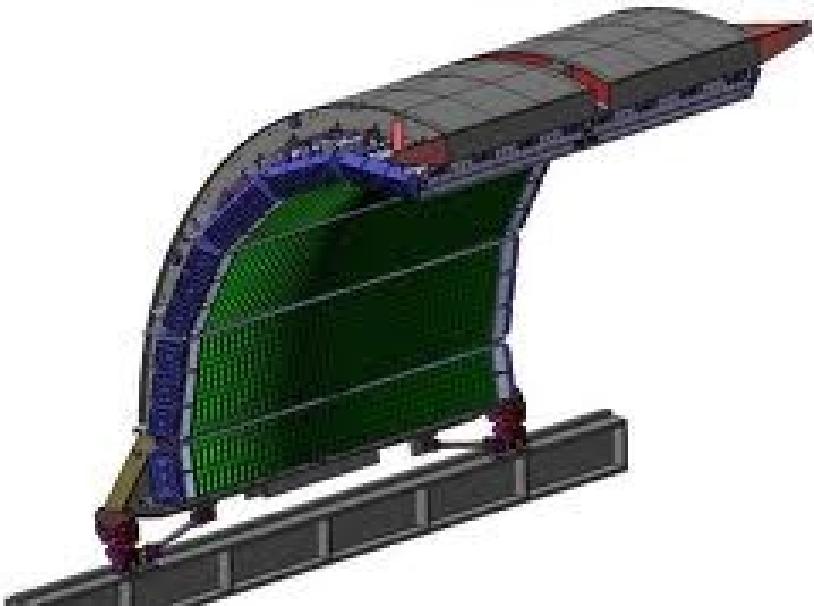


ALICE 検出器構成

- V0・・・反応平面の決定, 中心衝突度の決定, トリガー形成など
- ITS (Inner Tracking System)・・・荷電粒子の通過位置・粒子数・衝突点の測定など
- TPC (Time Projection Chamber)・・・荷電粒子の飛跡再構成、運動量測定、粒子識別 など
- EMCAL (Electromagnetic Calorimeter)・・・光子および電子の識別、エネルギーを測定
- Others ...

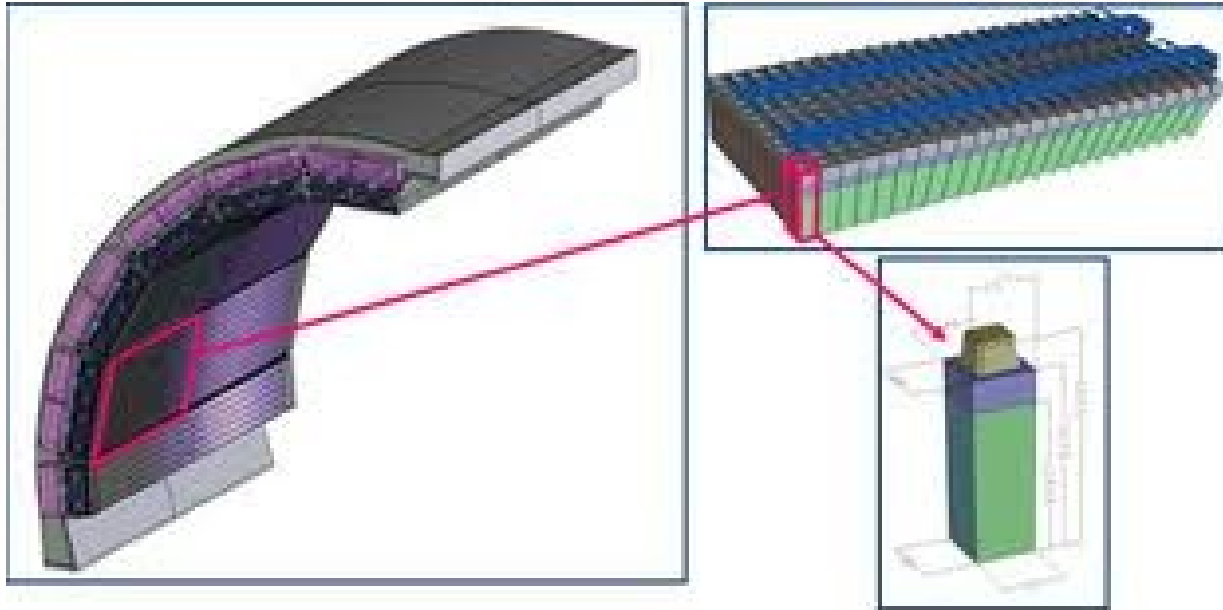


ALICE EMCAL



- 鉛の吸収体とシンチレータを交互に並べた、77層の積層構造を持つサンプリング型電磁カロリメータ
- アクセプタンス…
 $-0.7 < \eta < 0.7, 1.4 < \phi < \pi [\text{rad}]$
- 高運動量ハドロン束=ジェットの測定にも有効

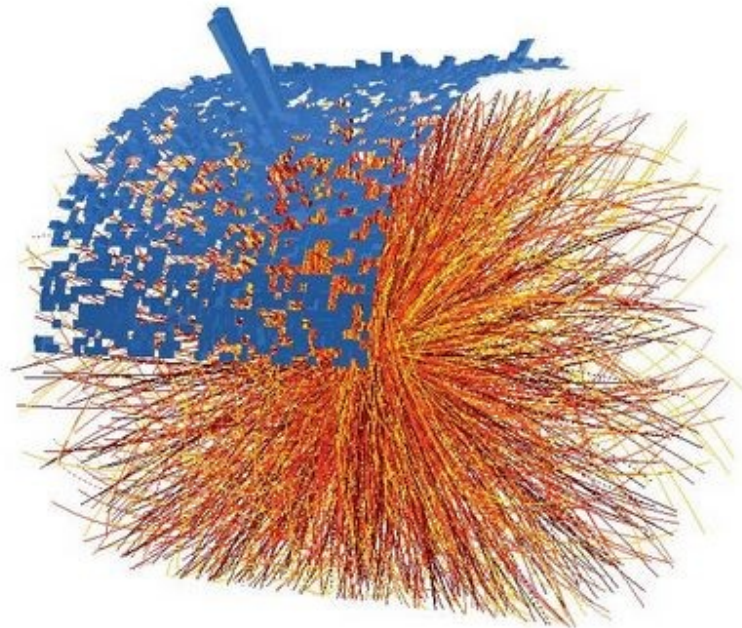
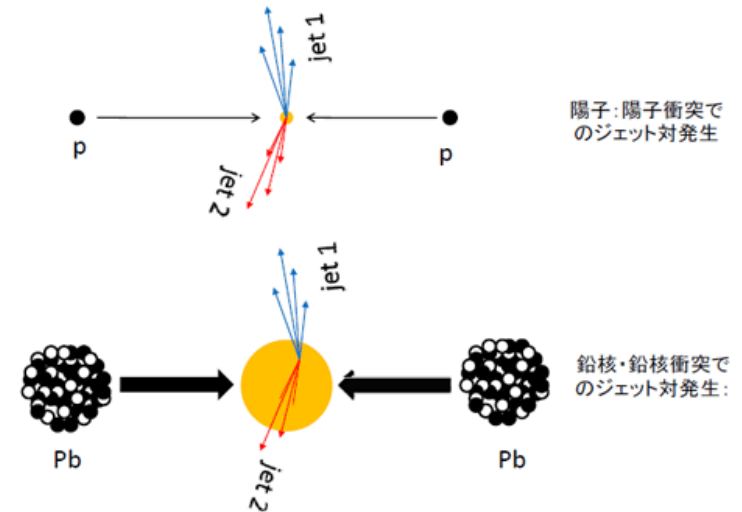
ALICE EMCAL



- 電磁カロリメータ1つをモジュールと呼ぶ
- モジュールからは光ファイバーを通してAPDによって読み出しを行う。一つのモジュールは4つのAPDによって読み出され、1つのAPDが担う部分をcellと呼ぶ。
- モジュールを12個1列に並べたものをストリップモジュールと呼び、さらにこれを24個並べたものをスーパーモジュールと呼ぶ。
- 全体で、10個のスーパーモジュールと2つの1/3サイズのスーパーモジュールによって構成されている。

Jet

- Jet・・・衝突時に放出される、高いエネルギーを持った粒子のまとまり
- 衝突時、パートン同士が大きな運動量移行を伴う2体散乱を起こし、散乱後に発生した高運動量のパートンはハドロンへと破砕。高運動量粒子の束になる
- Jetは散乱したパートン方向を中心に形成される
- 今回は荷電粒子を検出するITS・TPCに加え、EMCALのクラスター情報を元にcharged+neutralのjetを再構成した



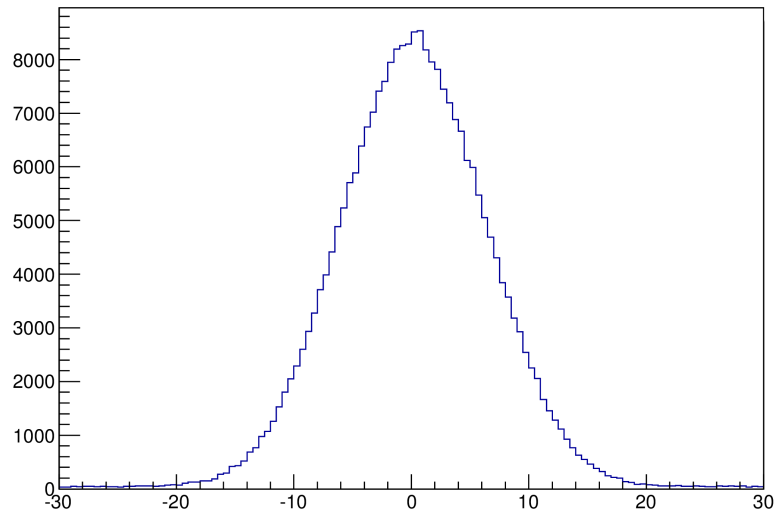
Event selection, cut, jet reconstruction algorithm

- Data set: LHC13b, LHC13d
- Vertex cut: $|\text{vertex } z| < 10 \text{ cm}$
- Hybrid track cut
- Cluster-Track matching : $|\Delta \phi| < 0.03$, $|\Delta \eta| < 0.015$
- Jer reconstruction algorithm
anti-kt algorithm

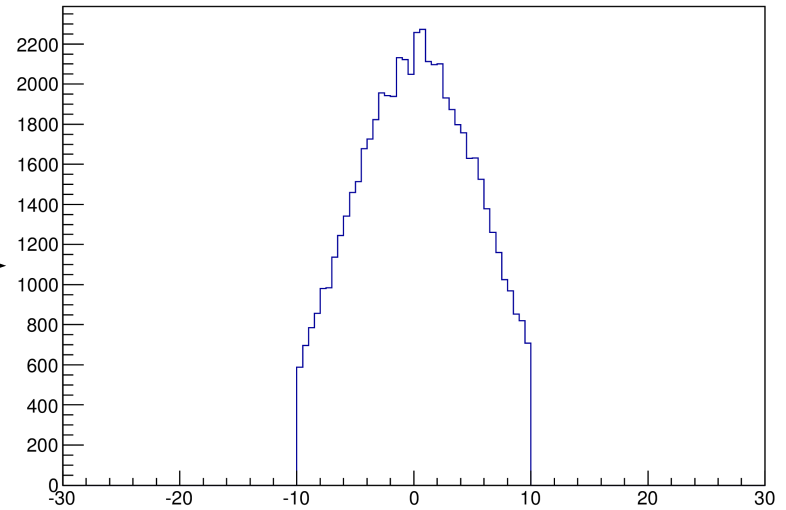
Vertex Cut

$$|\text{VertexZ}| < 10 \text{ [cm]}$$

SPD vertex z



SPD vertex z (cut)

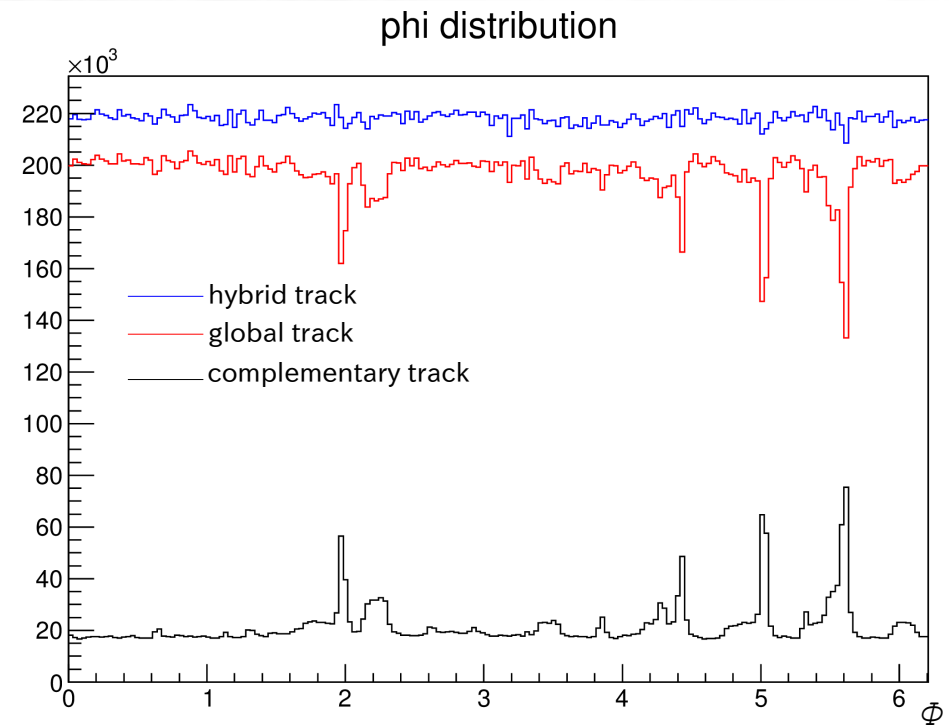


Hybrid track cut

- ITS内のSPDが冷却系の問題のために一部動作不良となっている。一様なtrack efficiencyを得るためにHybrid track cutを用いた。

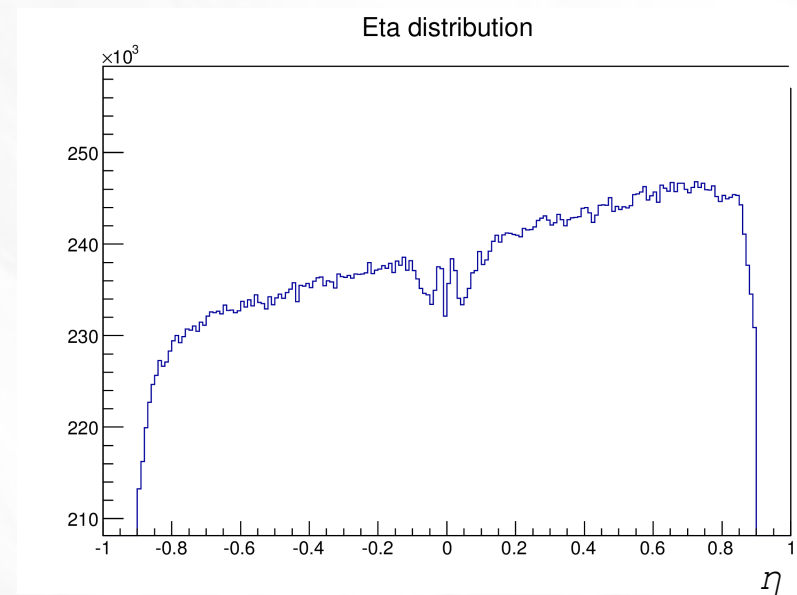
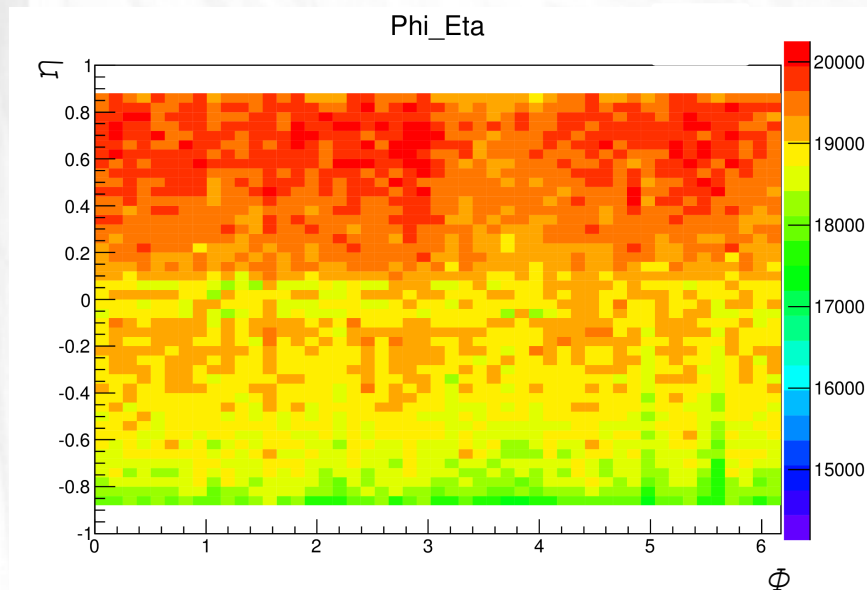
Table 1: Overview of the hybrid track cuts.

AliESDtrackCuts function	Value	Comment
Global and complementary tracks		
SetMinNClustersTPCPtDep	70 + 30/20 · p_T , 20	linear rise from 70 ($p_T = 0$) to 100 ($p_T = 20 \text{ GeV}/c$), 100 for $p_T > 20 \text{ GeV}/c$
SetMaxChi2PerClusterTPC	4	Maximum χ^2 per TPC cluster in the first iteration
SetRequireTPCStandAlone	kTRUE	Enable cut on TPC clusters in the first iteration
SetAcceptKinkDaughters	kFALSE	Reject tracks with kink
SetRequireTPCRefit	kTRUE	Require TPC refit
SetMaxFractionSharedTPCClusters	0.4	Maximum fraction of shared TPC clusters
SetMaxDCAtoVertexXY	2.4	Maximum Distance of Closest Approach (DCA) to the main vertex in transverse direction
SetMaxDCAtoVertexZ	3.2	Maximum DCA in longitudinal direction
SetDCAtoVertex2D	kTRUE	Cut on the quadratic sum of DCA in XY- and Z-direction
SetMaxChi2PerClusterITS	36	Maximum χ^2 per ITS cluster
SetMaxChi2TPCConstrainedGlobal	36	Maximum χ^2 between global and TPC constrained tracks
SetRequireSigmaToVertex	kFALSE	No sigma cut to vertex
SetEtaRange	-0.9, 0.9	Pseudorapidity cut
SetPtRange	0.15, 1E+15	Minimum $p_T > 150 \text{ MeV}/c$
Only for global tracks		
SetClusterRequirementITS	AliESDtrackCuts::kSPD, kAny	Require at least one hit in SPD
SetRequireITSRefit	kTRUE	Require ITS refit
Only for complementary tracks		
SetRequireITSRefit	kFALSE	No ITS refit



Charged track distribution

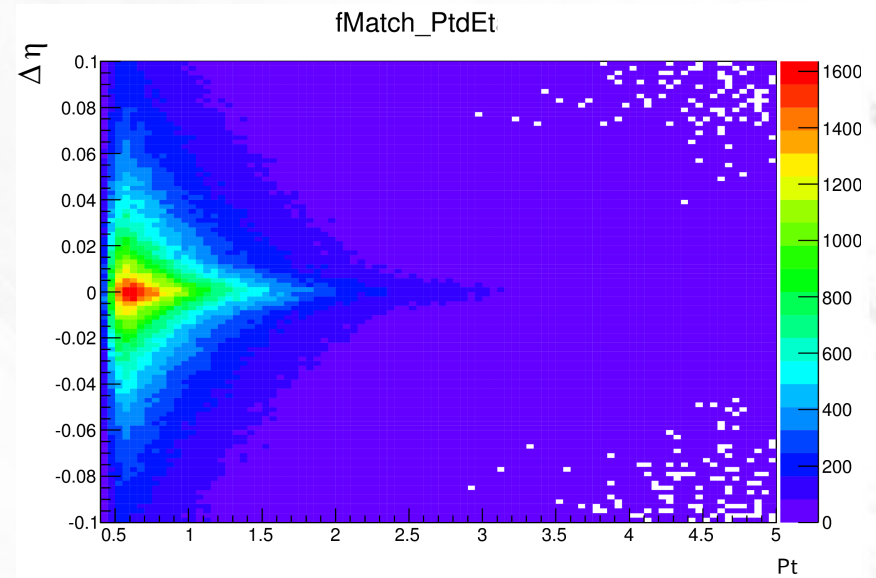
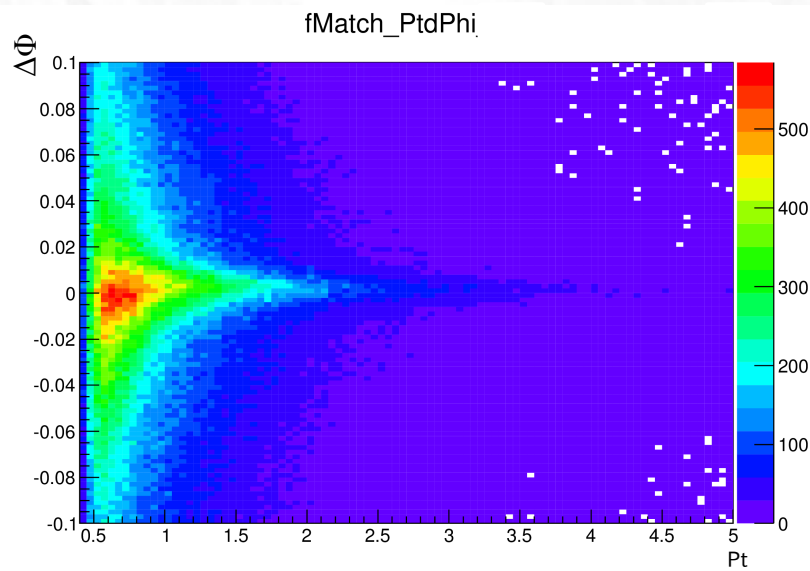
p-Pbの非対称な衝突のため、 η 分布に偏りが見られる。



Cluster-Track matching

- TPCで検出した粒子のトラックをEMCalの位置まで延長し、最も位置のずれが少ないClusterとマッチングさせる。
- 今回は、charged によるクラスターを除いて、neutralによるクラスターを特定するために行う。

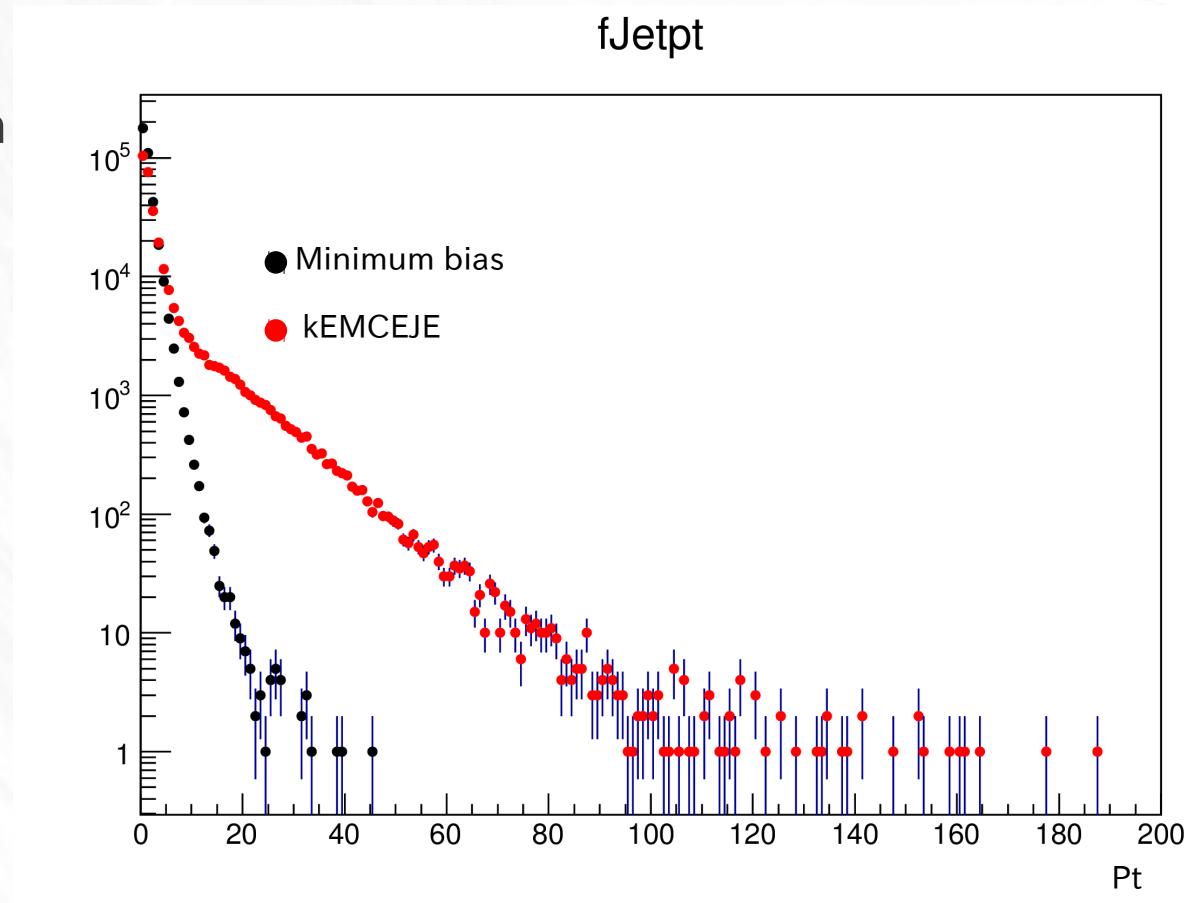
Cluster-Track matching



- $|\Delta\phi| > 0.03$, $|\Delta\eta| > 0.015$ であるクラスターをジェット再構成に用いる。

full Jet Pt spectrum

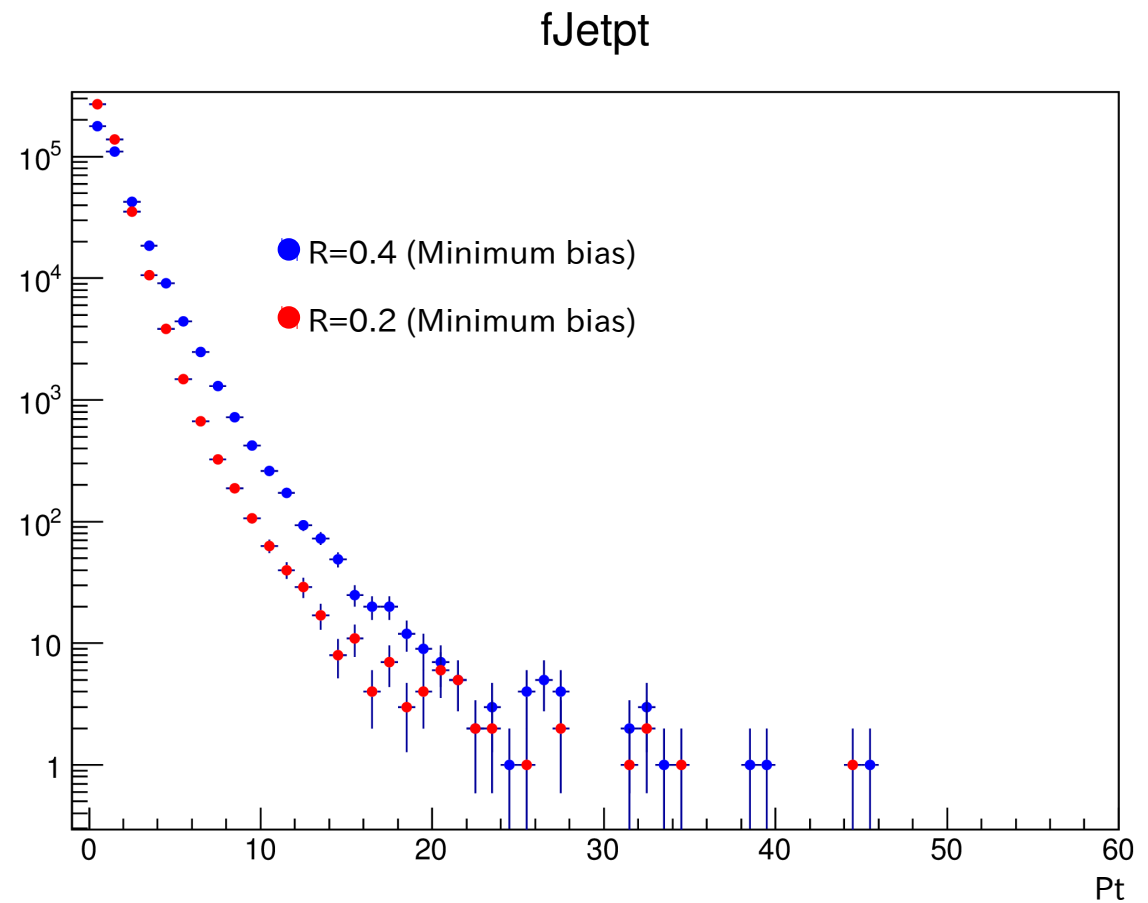
- Jet reconstruction algorithm . . . anti-kt algorithm
- Minimum bias (kAnyINT)
VOA,VOC,SPDのどれかに
ヒットがあったEventを検出する
- KEMCEJE
(EMCAL jet trigger)
1 cluster Energy > 10 [GeV]



Cone radius dependence

Anti-kt algorithm におけるパラメータR

$$d_{ij} = \min\left(\frac{1}{p_{Ti}^2}, \frac{1}{p_{Tj}^2}\right) \Delta R_{ij}^2 / R^2,$$
$$\Delta R_{ij}^2 = (\eta_i - \eta_j)^2 + (\phi_i - \phi_j)^2,$$



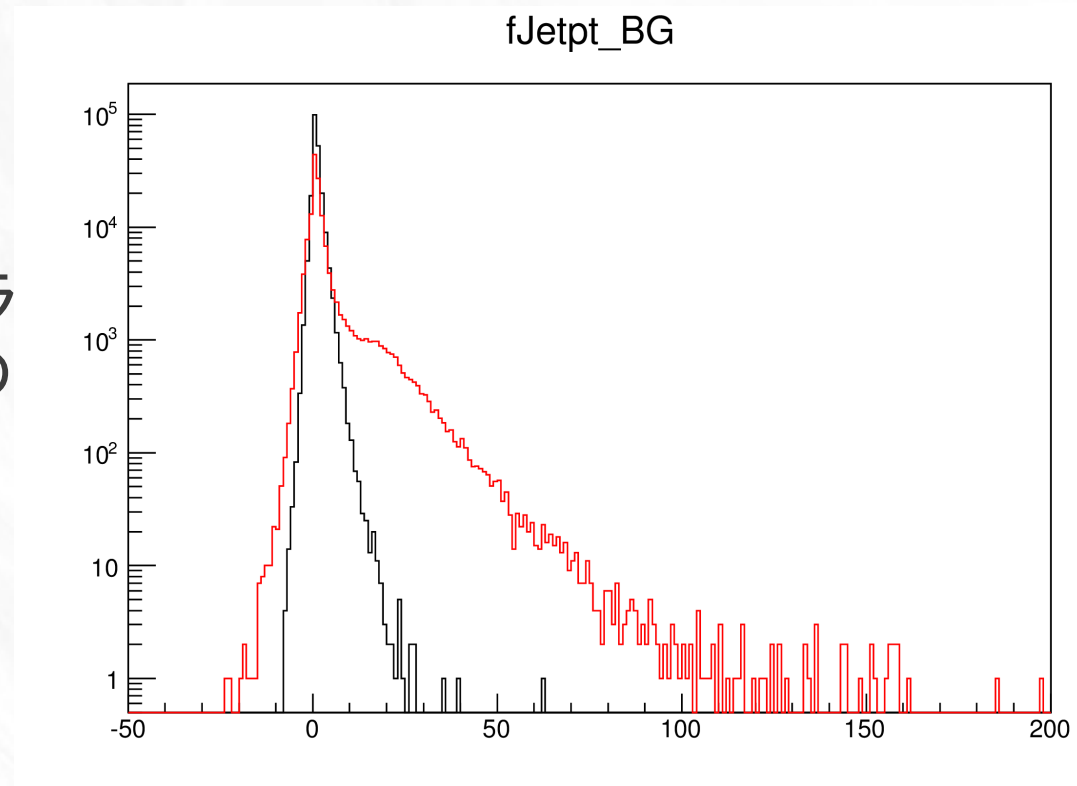
Background subtracted spectrum

- バックグラウンドのエネルギー密度は

$$\rho = \text{median}(P_{t,jet} / \text{Area}_{jet})$$

と定義される。バックグラウンドを差し引いたjetのPtは、

$$P_{t,jet} = P_{t,jet}^{rec} - \rho * \text{Area}_{jet}$$



Other activity

Works for DCal

- DCAL・・・Di-Jet測定のために既存のEMCALの反対側に設置する予定の電磁カロリメータ。
- P2でDCALへのFEEボード・LEDボードの取り付け、およびテストを行った。



Works for DCal

- ボードの取り付け作業



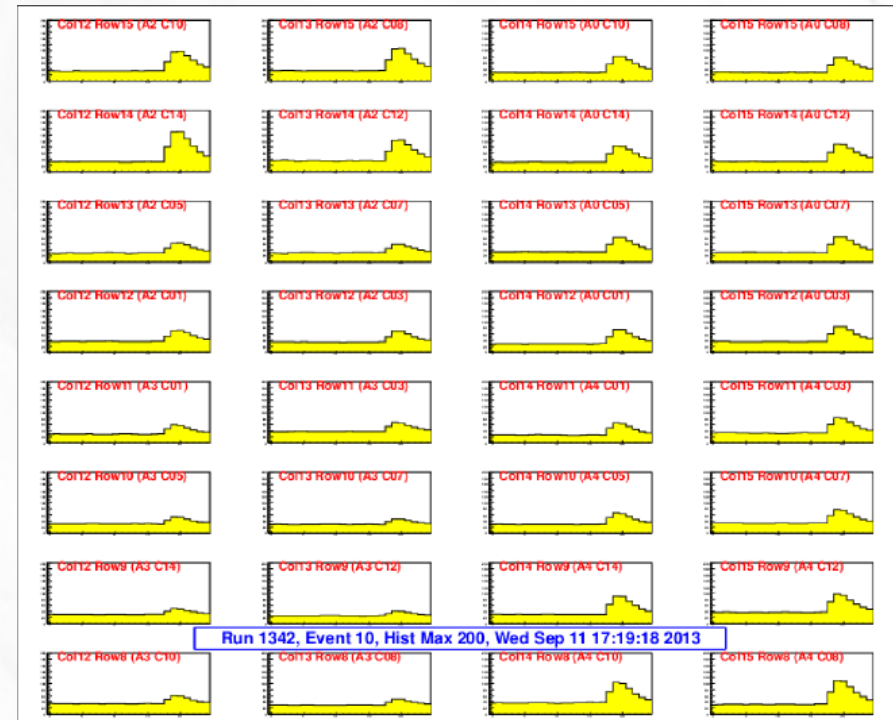
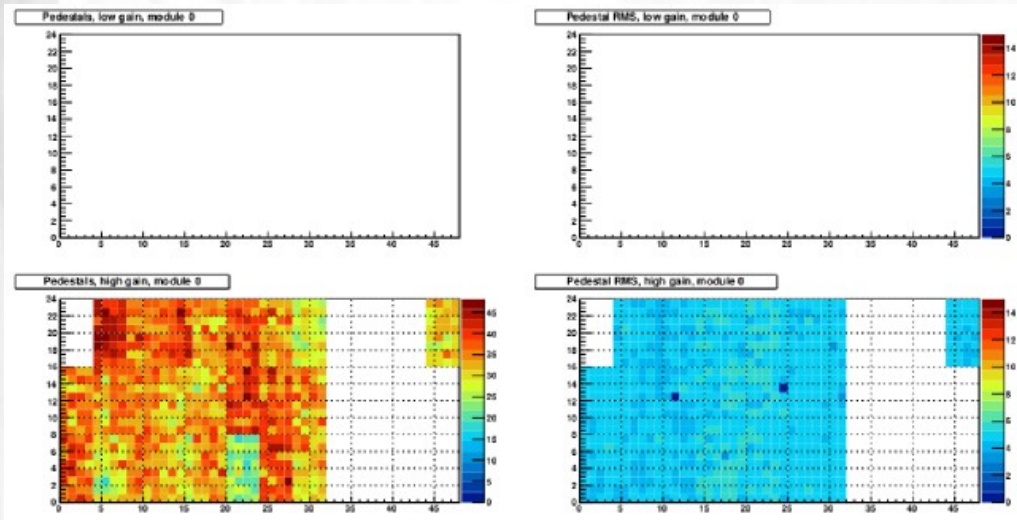
Works for DCAL

- テスト用の配線



Works for DCAL

- ペDESTALの確認
- LEDを用いた読み出しテスト



まとめと今後の課題

- EMCALを用いてfull jetを再構成した
- Raw jet spectrum ,コーン半径によるジェット収量の違い、Backgroundを除いたPt分布などを見ることができた。
- 実際の現場での仕事に携わることができた。
- 統計が足りず、出せなかったデータもあるため引き続き解析する。
- Modification Factorとジェットptとの関係など、今回の実習を足がかりに、より物理に迫る解析を行っていききたい。



Backup

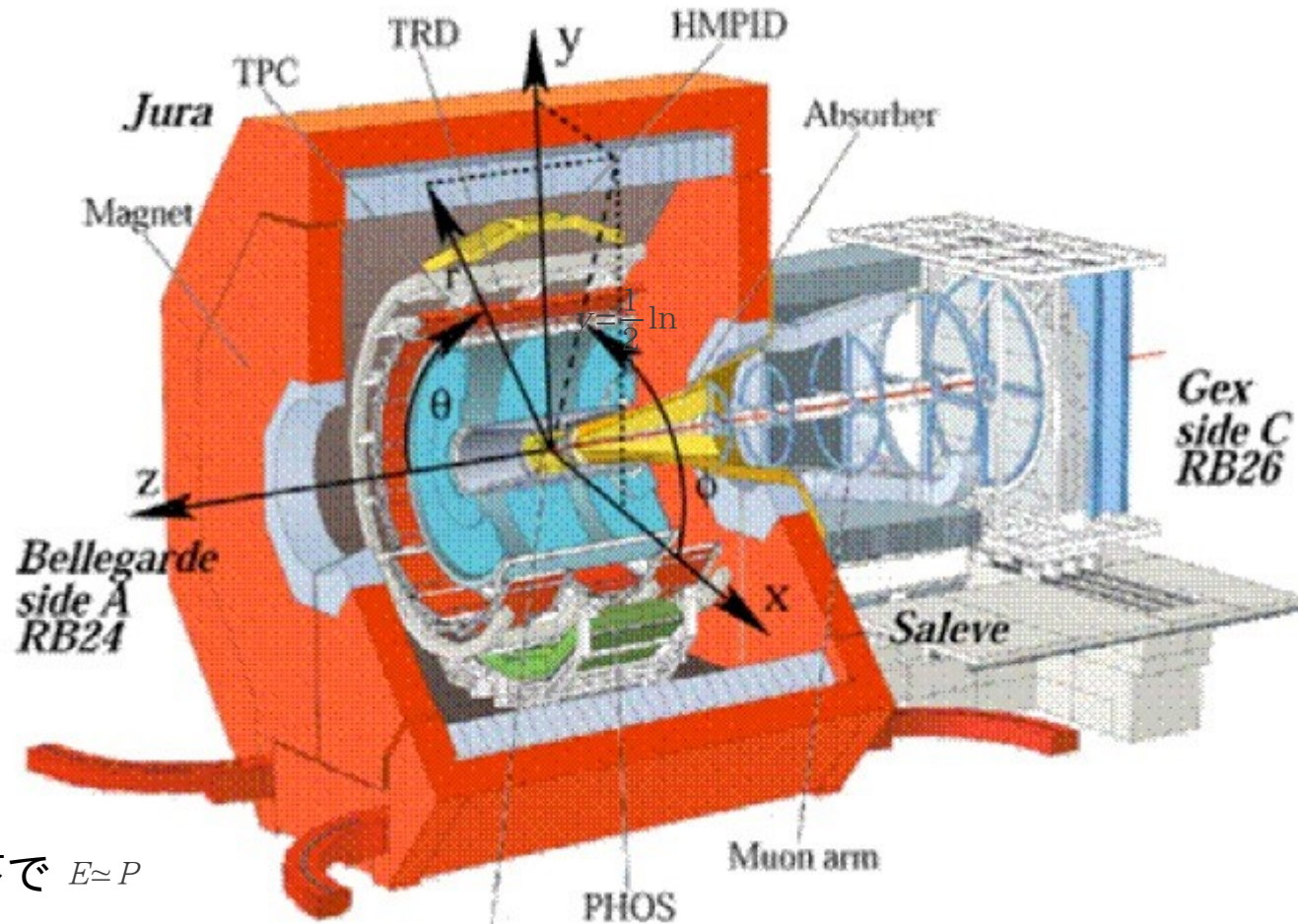
ALICE detectors

- ITS (Inner Tracking System): 3種類のシリコン検出器SPD, SSD, SDD から構成されている。アクセプタンスは $-1.75 < \eta < 1.75$ 、 $0 < \phi < 2\pi$ [rad]
- TPC (Time Projection Chamber): ITS の外側を覆っているワイヤーチェンバー
アクセプタンスは $-0.9 < \eta < 0.9$ 、 $0 < \phi < 2\pi$ [rad]
- EMCAL (Electromagnetic Calorimeter): 各々77層からなる鉛の吸収体とシンチレータによる発光部をもつ、サンプリング型電磁カロリメータ。アクセプタンスは $-0.7 < \eta < 0.7$ 、 $1.4 < \phi < \pi$ [rad]
- V0: 8つのセグメントに分かれたシンチレータ検出器。フォワード領域の A-sideに V0A、C-sideにV0C の2つが設置されている。アクセプタンスは、V0A が $2.8 < \eta < 5.1$ 、V0C が $-3.7 < \eta < -1.7$
- Others : TOF (Time-of-Flight)、TRD (Transition Radiation Detector)、PHOS (PHOton Spectrometer)、HMPID, Muon trigger, Muon tracking/ID ...

Run number

- LHC13b:195344, 195346, 195351, 195389, 195390, 195391, 195478, 95479, 195481,195482, 195483.
- LHC13d:195681,195682,195720,195721,195722,195723,195724,195725,195726,195727,195760,195761,195765,195767,195783,195787,195826,195827,195829,195830,195831,195867,195869,195871,195872,195873

Coordinate system of ALICE



ラピディティ

$$y = \frac{1}{2} \ln \frac{E+P_z}{E-P_z}$$

$$P = P_z \cos \theta$$

高運動量の条件下で $E \approx P$

よって擬ラピディティとして

$$y \approx -\ln \tan \frac{\theta}{2} = \eta$$

Anti-kt algorithm

- すべての粒子のペアに以下の式で与えられる距離で重み付けされた値を計算する

$$d_{ij} = \min\left(\frac{1}{p_{Ti}^2}, \frac{1}{p_{Tj}^2}\right) \Delta R_{ij}^2 / R^2,$$
$$\Delta R_{ij}^2 = (\eta_i - \eta_j)^2 + (\phi_i - \phi_j)^2,$$

- ビームと粒子iの距離を計算する

$$d_{iB} = 1/p_{Ti}$$

- d_{ij} と d_{iB} を比べ、 d_{ij} が小さければ粒子i,jの4元運動量をエネルギーの重みで足し合わせて一つの粒子とする。 d_{iB} が小さければ粒子iをジェットとして終了する。以上をすべての粒子がなくなるまで繰り返す