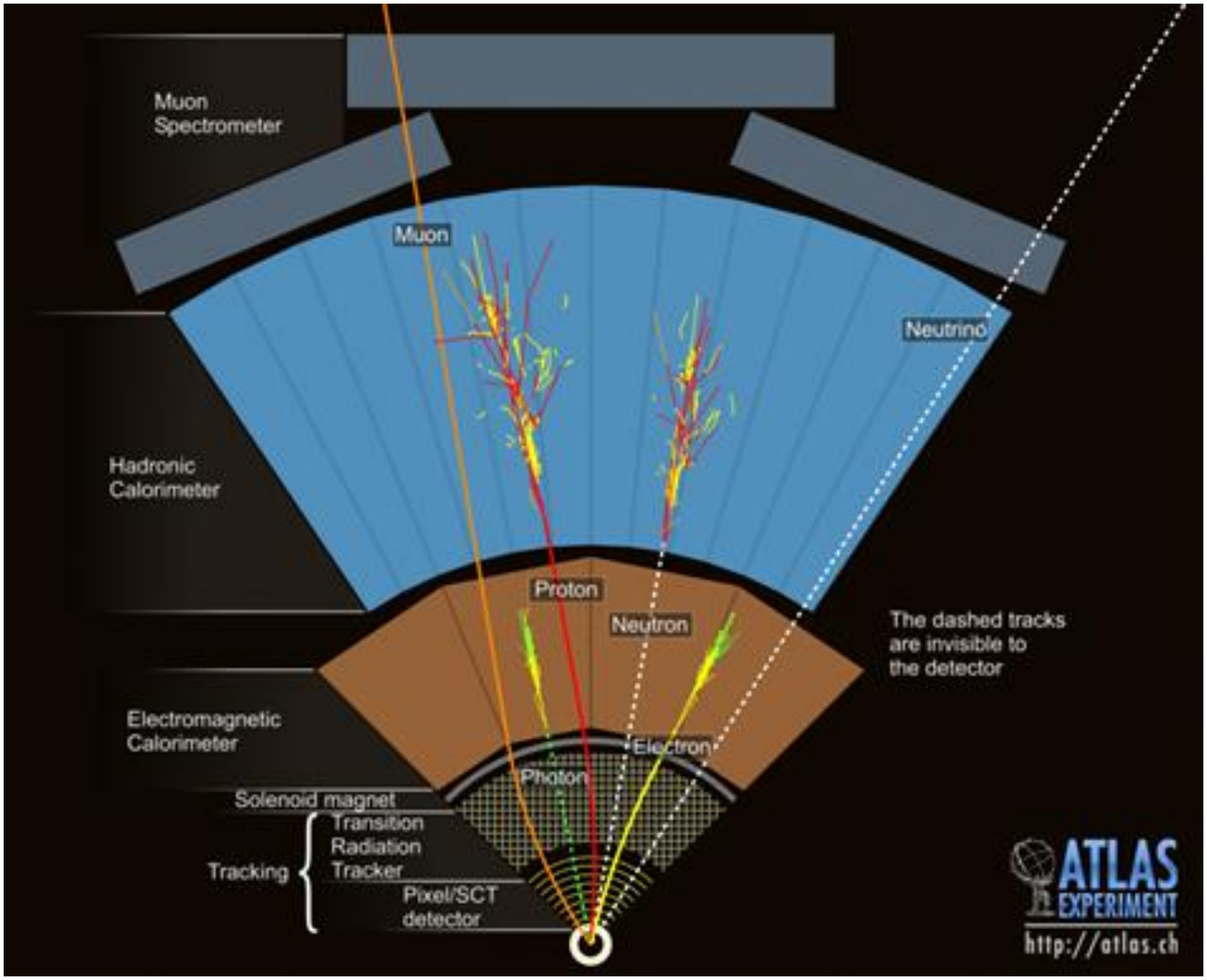
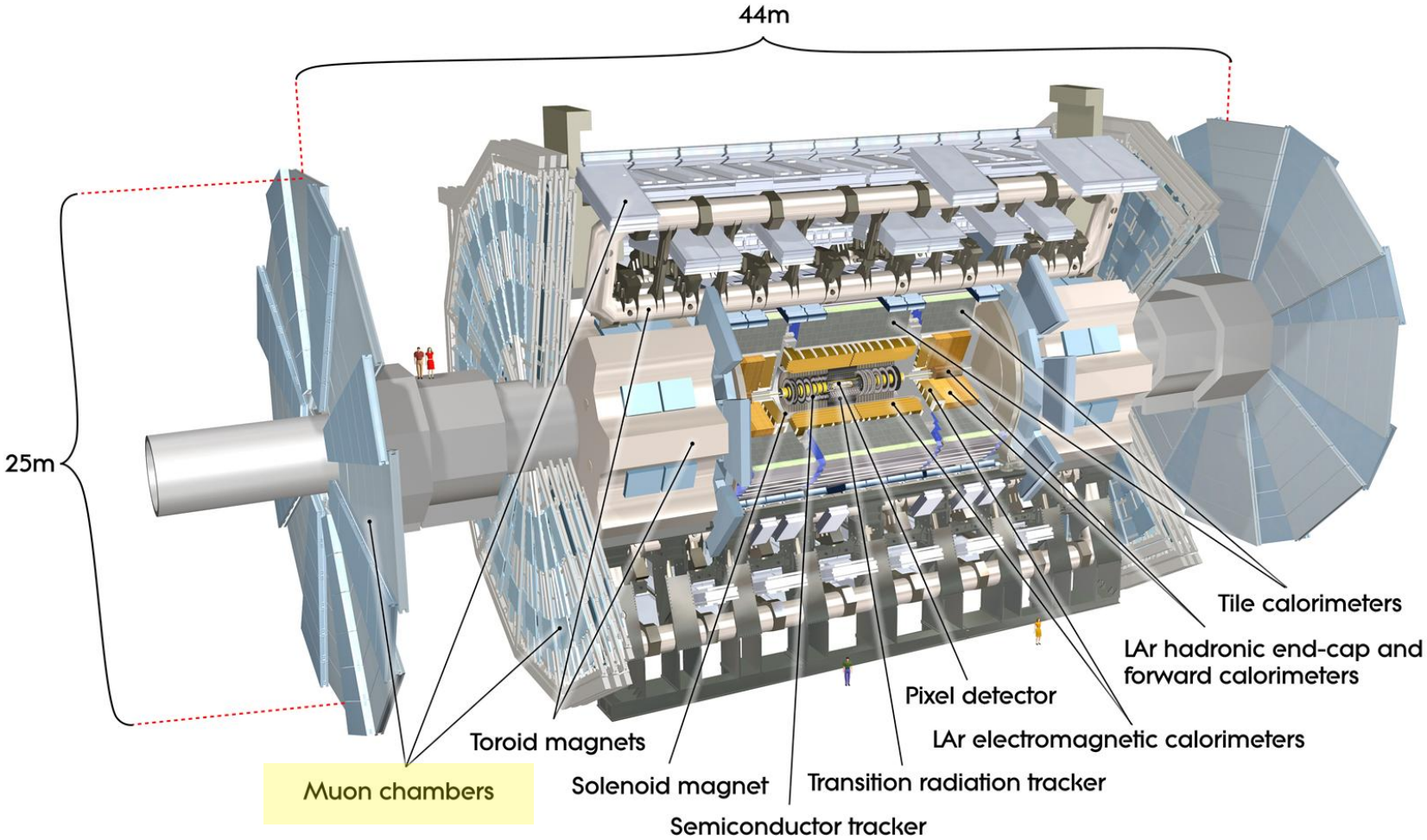
Muon spectrometer

07.11.2019
藤本

Muon spectrometer @ATLAS

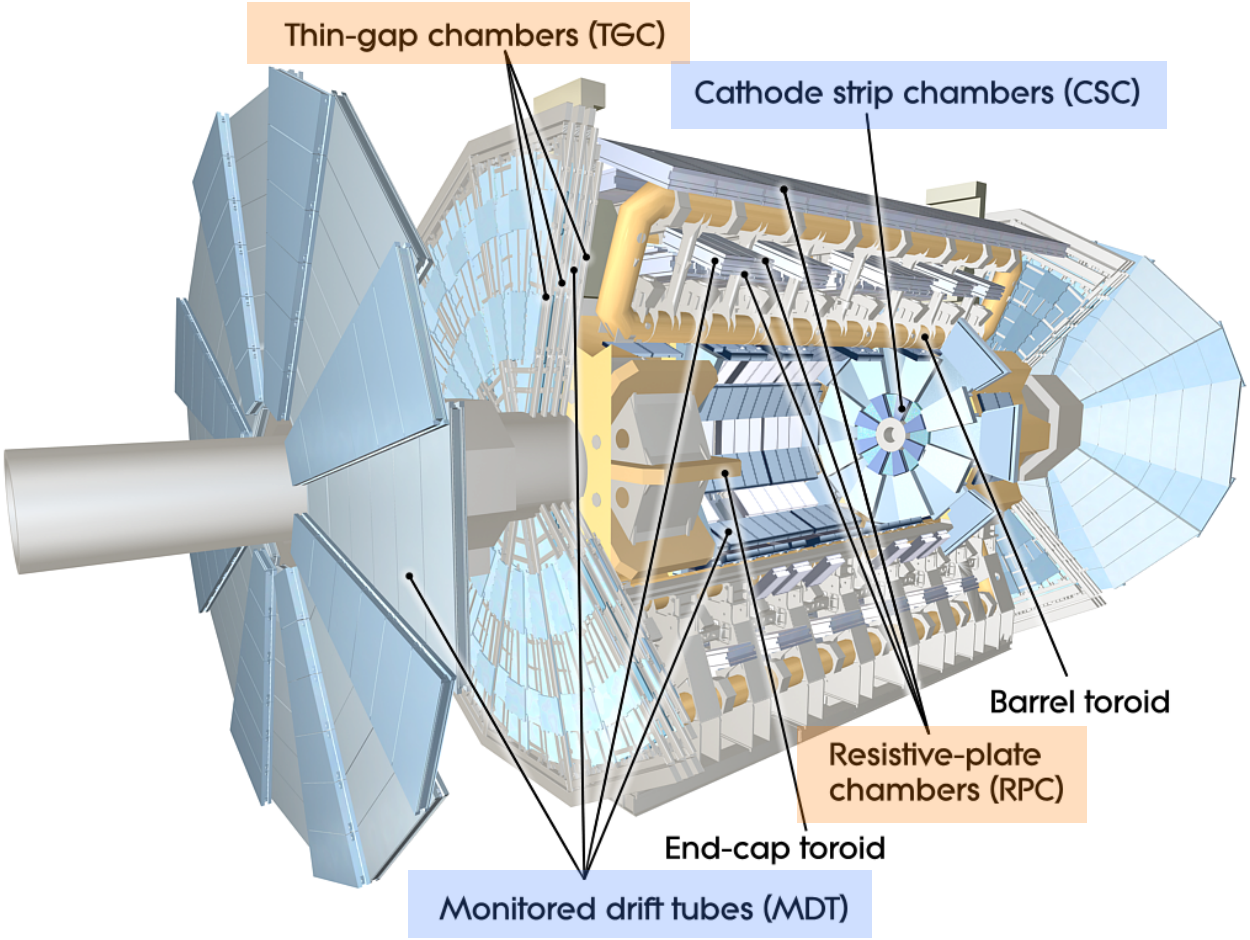


Muon spectrometer



ミューオン(最外層まで突き抜ける)の運動量を再構成する

Muon spectrometer



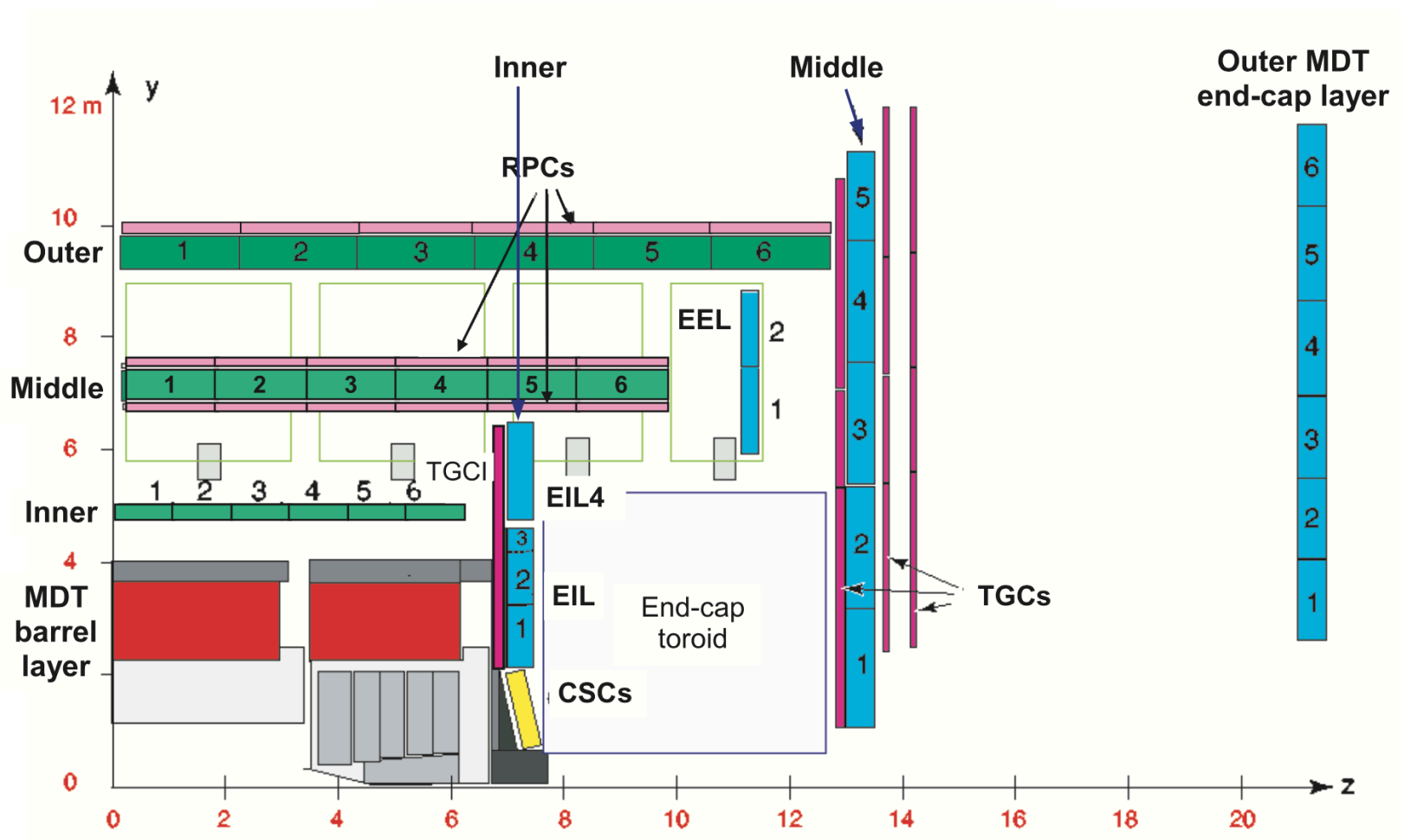
Monitored drift tubes (MDT)
(tracking)
$|\eta| < 2.7$
位置分解能 35μm (z)

Cathode strip chambers (CSC)
(tracking)
$2.0 < |\eta| < 2.5$
位置分解能 40μm (R)
5mm (ϕ)

Resistive-plate chambers (RPC)
(trigger)
$|\eta| < 1.05$
位置分解能 10mm (ϕ)

Thin-gap chambers (TGC)
(trigger)
$1.05 < |\eta| < 2.7$
位置分解能 3-7mm (ϕ)

Muon spectrometer

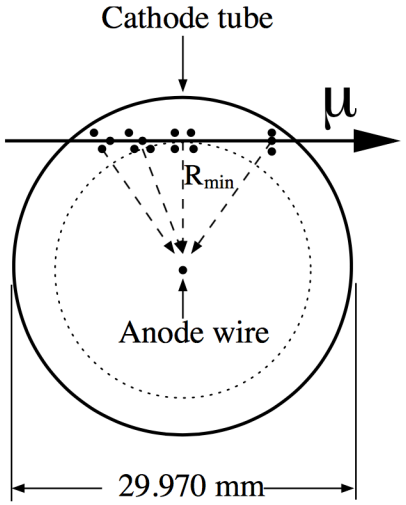


青と緑が**MDT**、黄色が**CSC** (tracking用)

ガス検出器

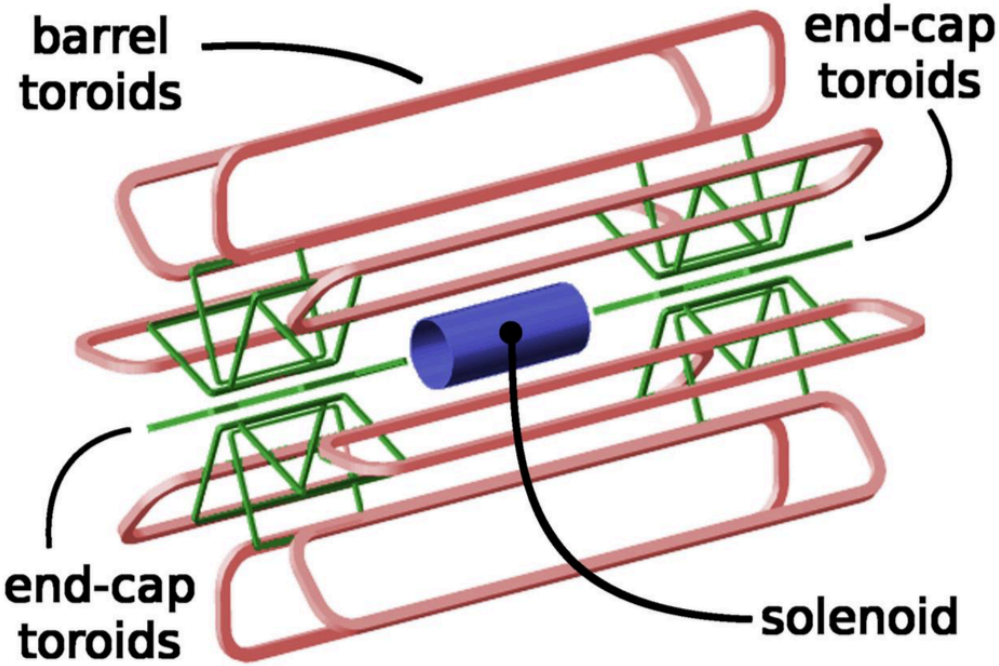
粒子は荷電粒子が物質に落としたエネルギーを測定することで検出できる。
箱とかチューブの中にガスを封じ込めて、中にワイヤーを張る

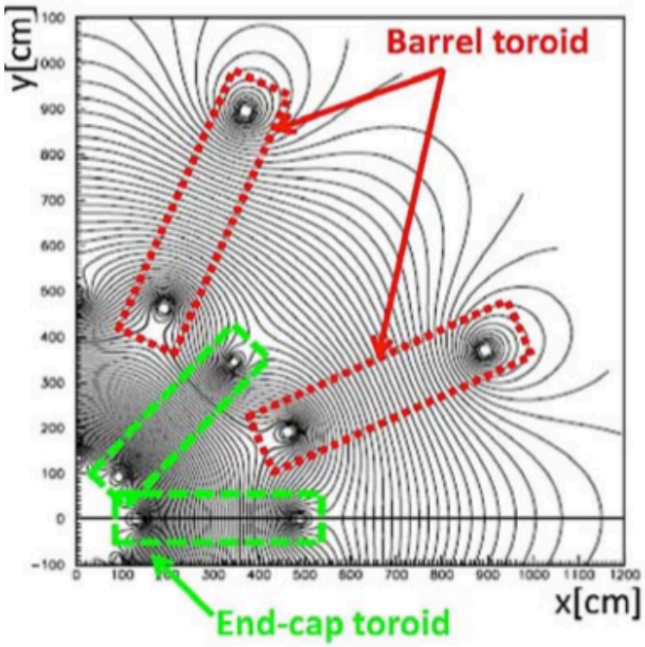
① 荷電粒子がガスを通り抜ける
② ガスの分子が**電離**して、
電子は陽極 (anode)に、プラスイオンは陰極 (cathode)に移動(**ドリフト**)する
③ 電場かけてるので電子が加速して、十分なエネルギーを持つとまた電離が起こって、電子雪崩が起きて**増幅**される→陽極にシグナルができる



磁場

トロイドコイルで磁場がかけられていて、運動量の測定が行える。

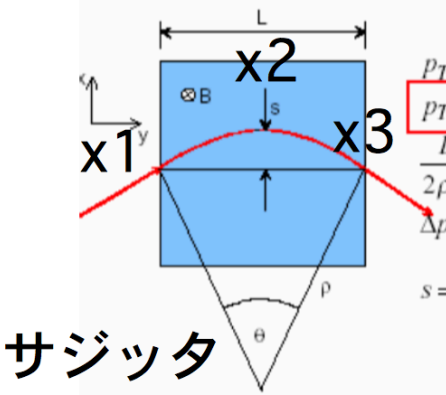




超電導磁石、最大4T
バレルトロイドは、長さ25.3m 、外径20.1m
エンドキャップトロイドは、長さ5.0m、外径10.7m

運動量の計算

Momentum measurement



$$p_T = qB\rho$$

$$p_T\,(\mathrm{GeV/c}) = 0.3B\rho \quad (\mathrm{T\cdot m})$$

$$\frac{L}{2\rho} = \sin\theta/2 \approx \theta/2 \quad \rightarrow \quad \theta \approx \frac{0.3L\cdot B}{p_T}$$

$$\Delta p_T = p_T \sin\theta \approx 0.3L\cdot B$$

$$s = \rho(1-\cos\theta/2) \approx \rho\frac{\theta^2}{8} \approx \frac{0.3}{8}\frac{L^2 B}{p_T}$$

the sagitta s is determined by 3 measurements with error $\sigma(x)$:

$$s = x_2 - \frac{x_1 + x_3}{2}$$

$$\left.\frac{\sigma(p_T)}{p_T}\right|^{meas.} = \frac{\sigma(s)}{s} = \frac{\sqrt{\frac{3}{2}}\sigma(x)}{s} = \frac{\sqrt{\frac{3}{2}}\sigma(x)\cdot 8\,p_T}{0.3\cdot BL^2}$$

for N equidistant measurements, one obtains
(R.L. Gluckstern, NIM 24 (1963) 381)

$$\left.\frac{\sigma(p_T)}{p_T}\right|^{meas.} = \frac{\sigma(x)\cdot p_T}{0.3\cdot BL^2}\sqrt{720/(N+4)} \qquad (\text{for } N \geq \approx 10)$$

ex: p_T=1 GeV/c, L=1m, B=1T, σ(x)=200μm, N=10

$$\left.\frac{\sigma(p_T)}{p_T}\right|^{meas.} \approx 0.5\% \qquad (s \approx 3.75\ \mathrm{cm})$$

2005.04.23 4

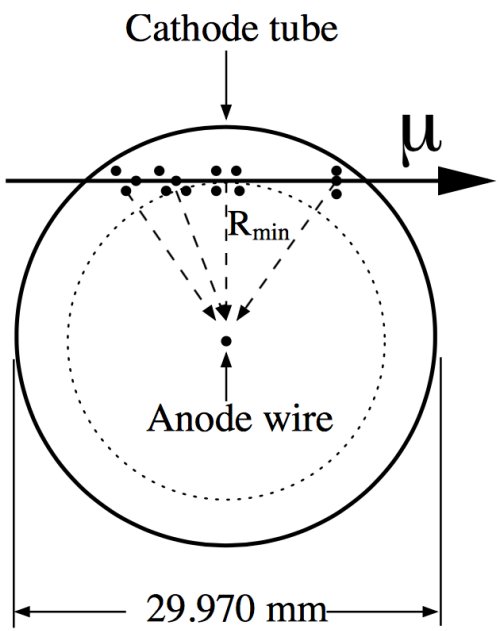
前田さんスライドより

$\sigma(1/pt) \propto \sigma x$

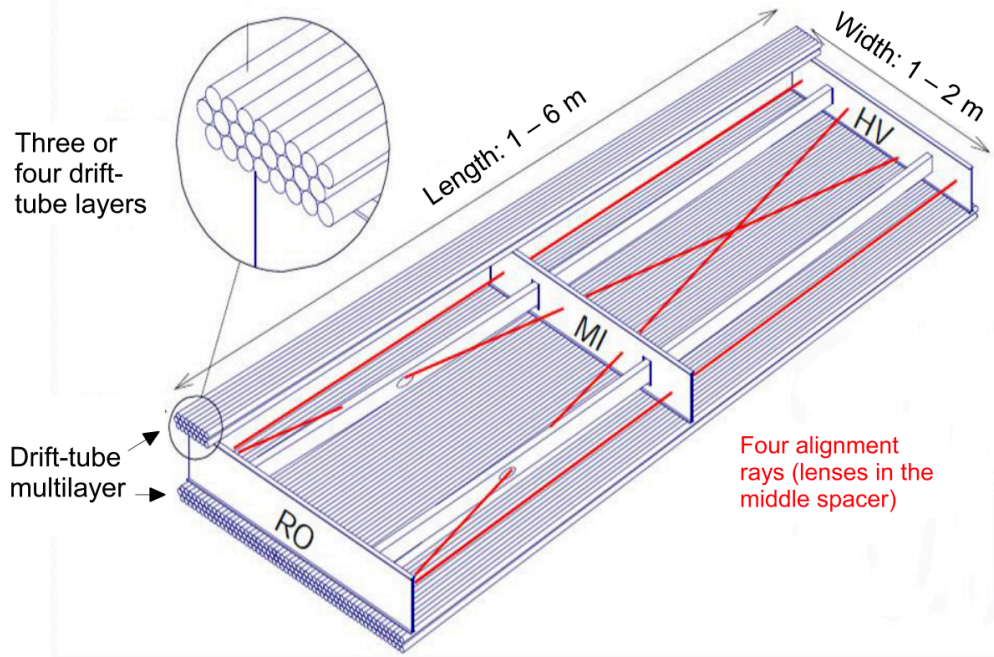
ATLASの近似として、
Pt =500 GeV/c
L =1 m
B =2 T
σx=60 μ m
N =50
→ 20 %

MDT(Monitored Drift Tubes)

真ん中にワイヤーが入ったチューブの層で粒子を検出する (Ar/CO_2が入っている)



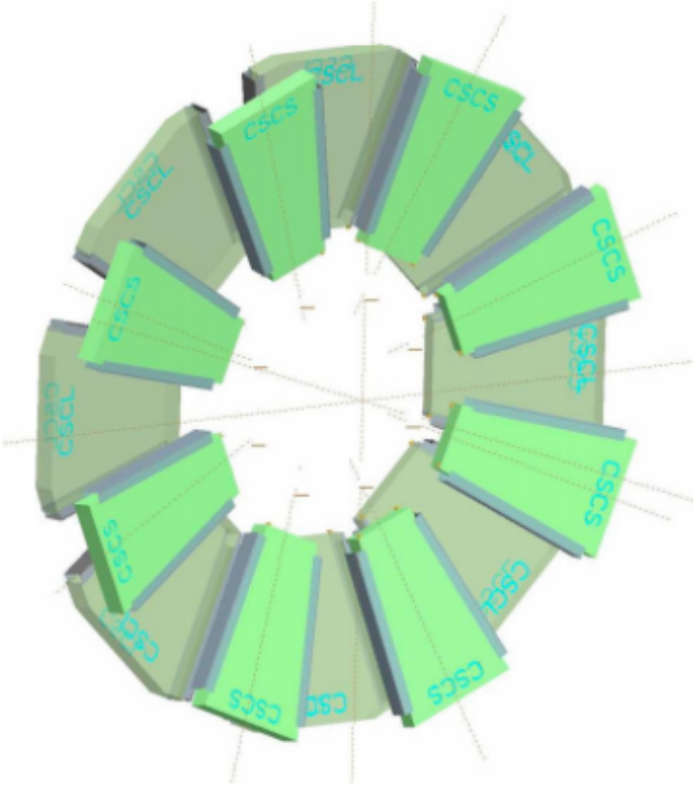
直径3cm

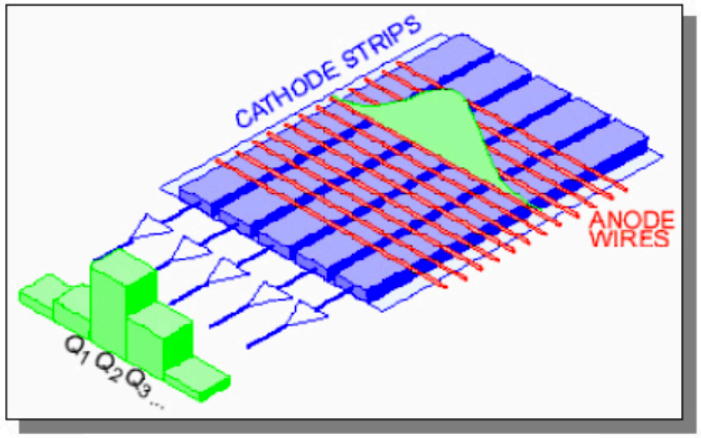


3~4 層重ねて飛跡を求める
最大ドリフト時間 700ns
各チューブの平均位置分解能 80um

CSC (Cathode Strip Chambers)

EndCap部分。ヒットレートが大きいのでMDTのドリフト時間では間に合わない。

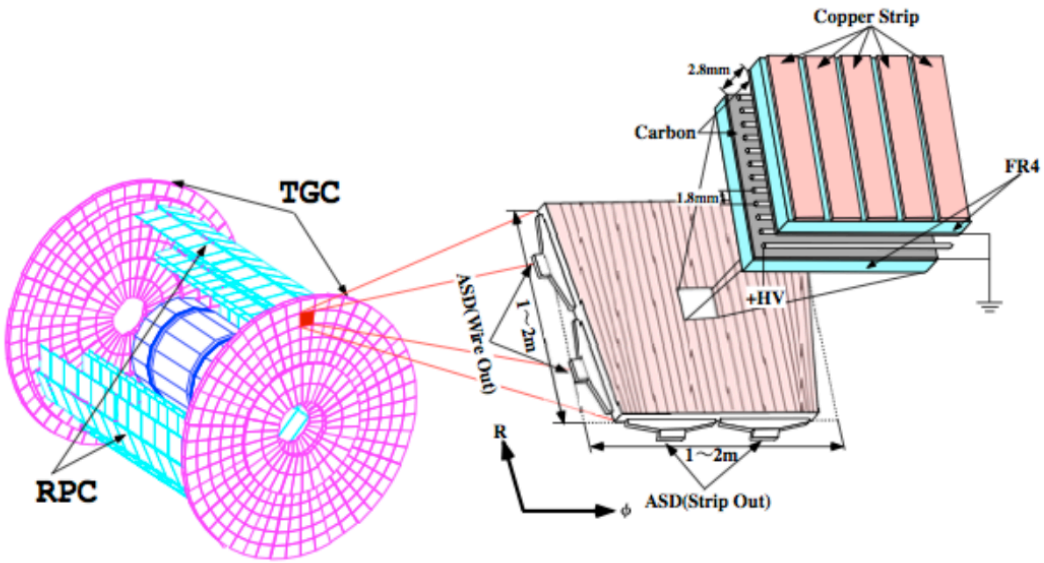


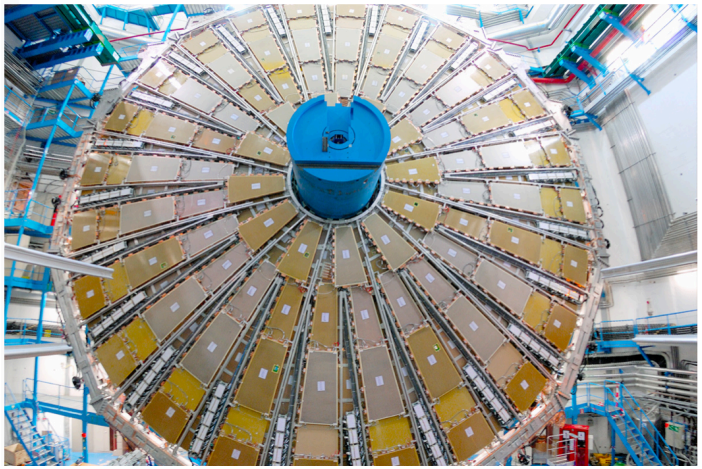


MWPCというタイプ
(アノードワイヤーとカソードストリップの情報から位置を求める)
応答速度7ns
1kHzで読み出せる

RPC and TGC

Trigger用。



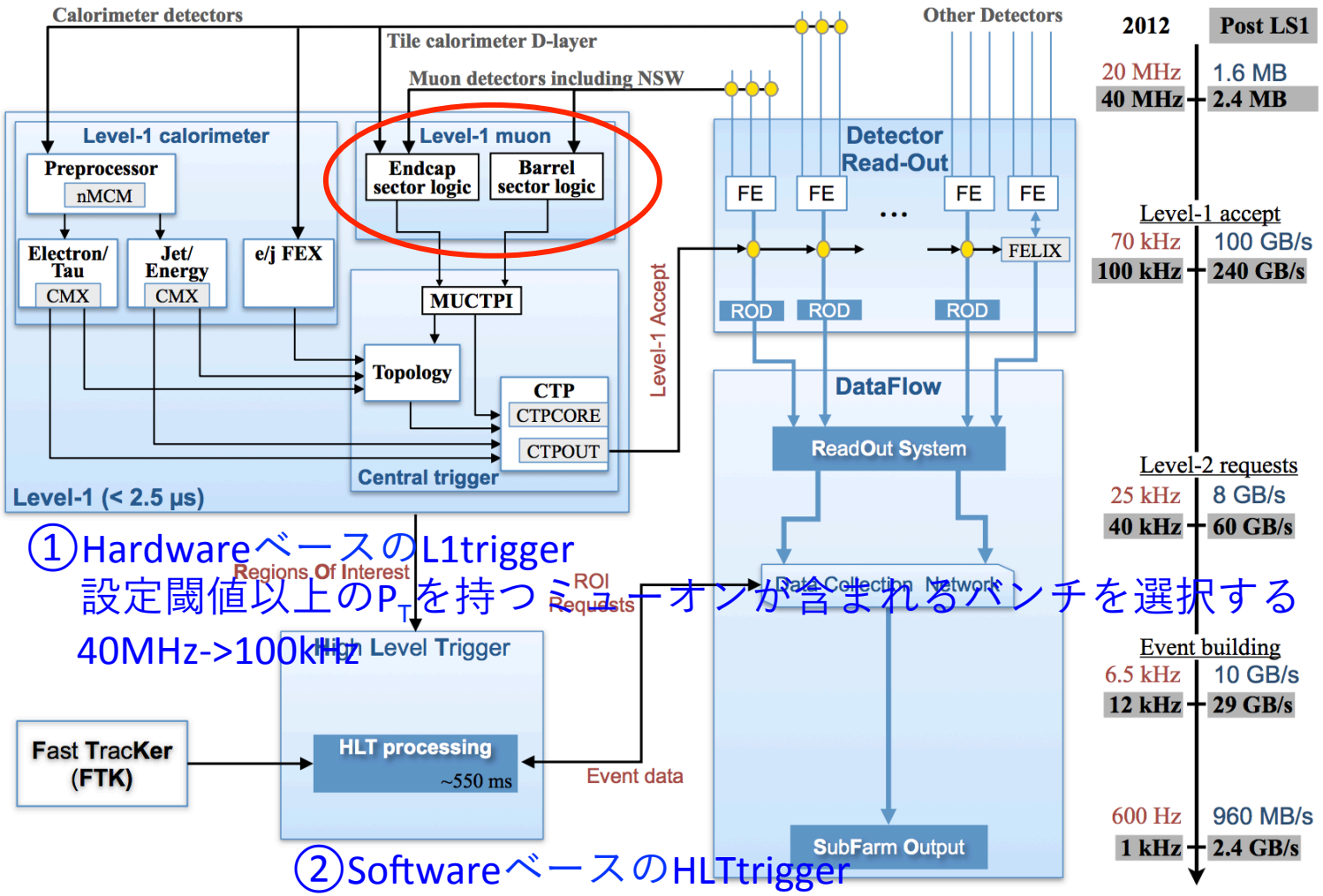


TGC

RPCは応答速度1.5ns以下、ワイヤーなしで、2枚の平面電極でガス層を挟む
TGCは応答速度4ns、MWPC

Muon trigger

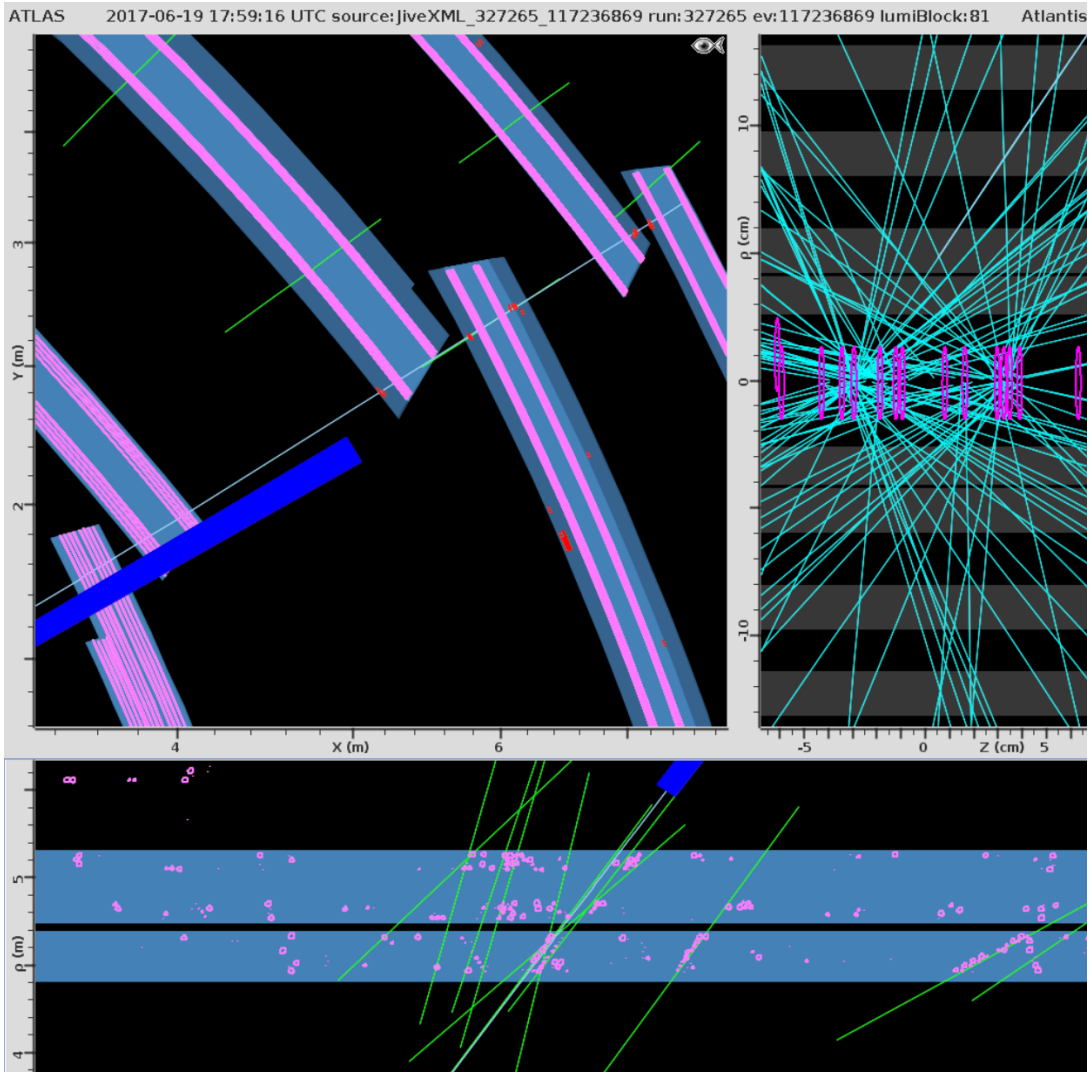
25nsごと(40MHz)の陽子衝突全部は記録できないので、triggerをかける



①HardwareベースのL1trigger
設定閾値以上のP_Tを持つミューオンが含まれるバンチを選択する
40MHz->100kHz

②SoftwareベースのHLTtrigger

Muon tracking

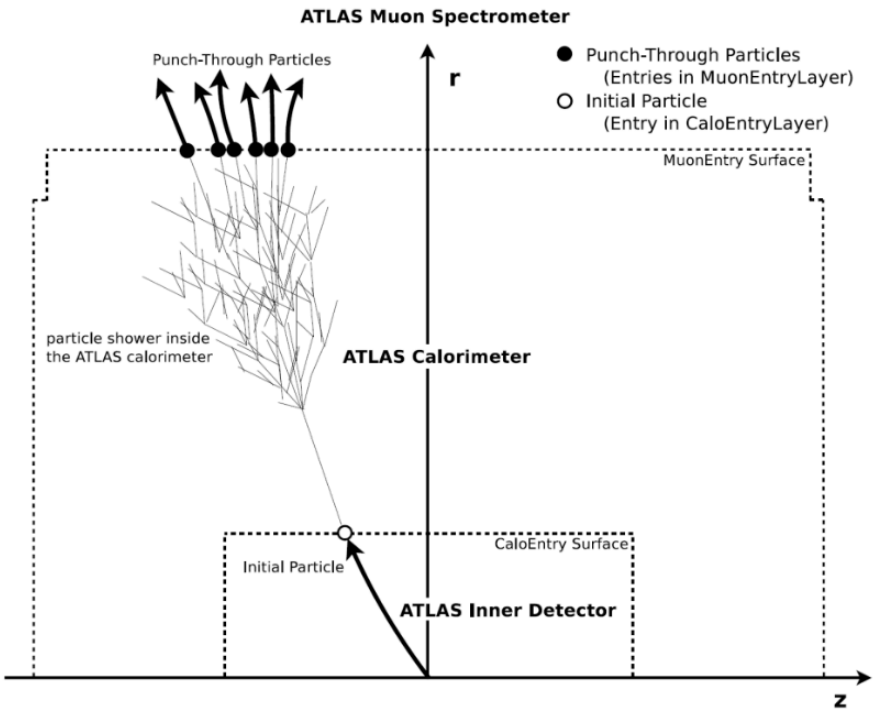


MSのsegmentをもとに
Track をひく

Fake muon

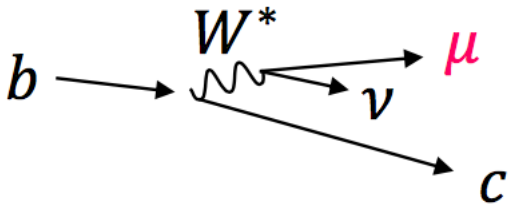
MSまで届いたのはほとんどmuonだけど、fakeのmuonやnon-prompt muonを識別するのに、Inner detectorやcalorimeterの情報も使う

punch- through :
シャワーが終わらずにMSまで
突き抜けて来たpion,protonとか

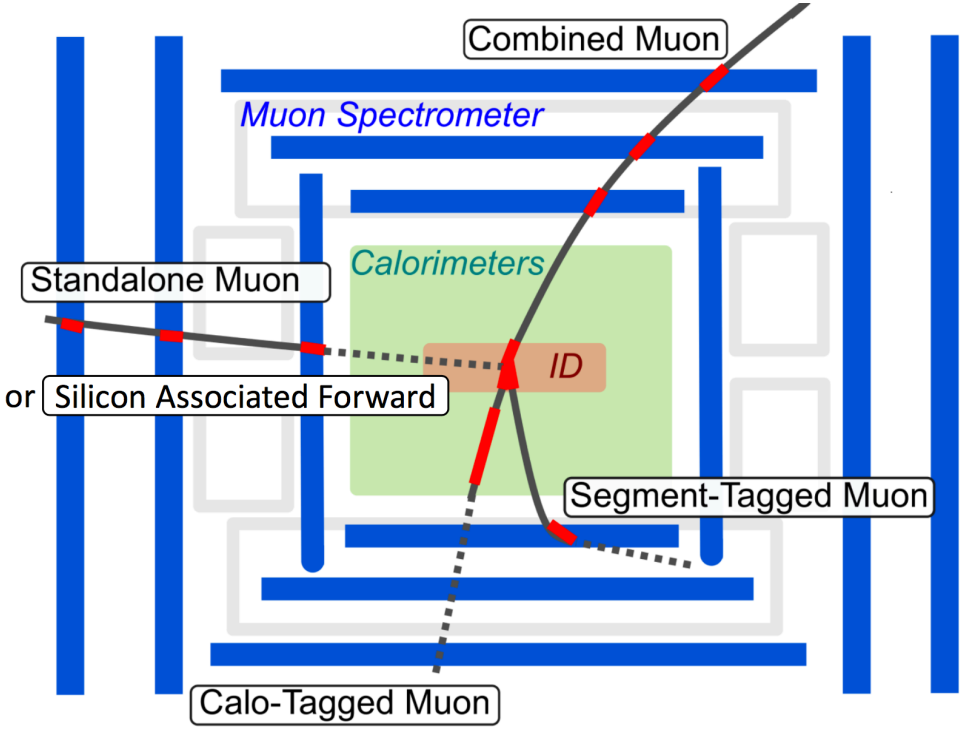


Non-prompt muon :
VirtualはWから出たmuon

Non-prompt muon



Muon track reconstruction

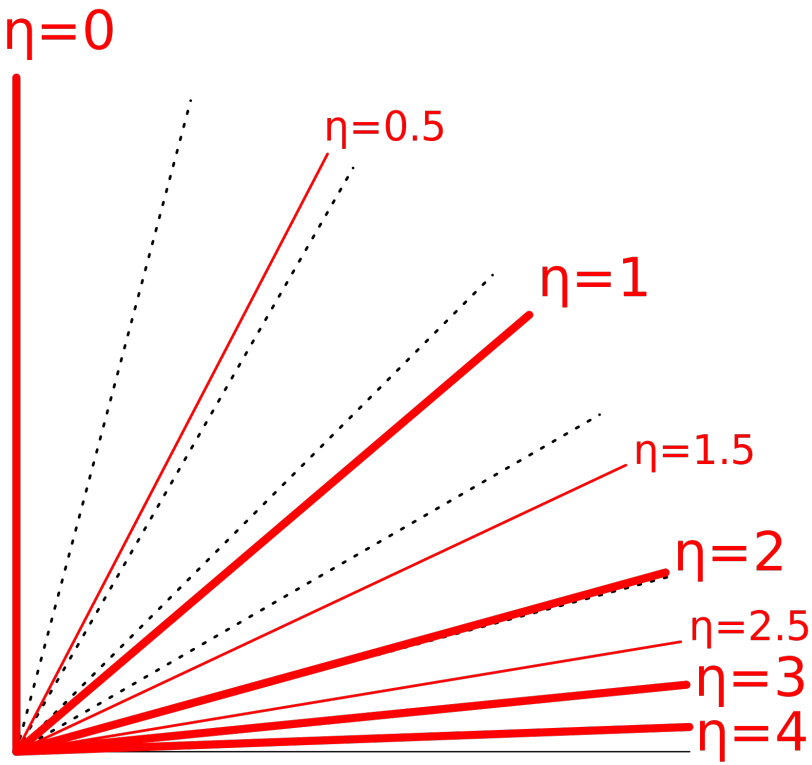


- Combined: MSとIDの両方でtrackが引けて、それがつながる
- Segment Tagged: MSでtrackは引けないけど、IDとマッチするsegmentが存在。low p_Tに多い
- Standalone: MSのみ。$2.5 < |\eta| < 2.7$はほぼこれ
- Silicon Associated Forward: $2.5 < |\eta| < 2.7$でMS trackとIDのtracklet (trackのできそこない) がマッチ
- Calo-tagged: $|\eta| < 0.1$はMSが(ほとんど)カバーしていない。この領域はcalorimeterのenergy depositを使って無理矢理再構成

山口さん (東工大)のスライドより

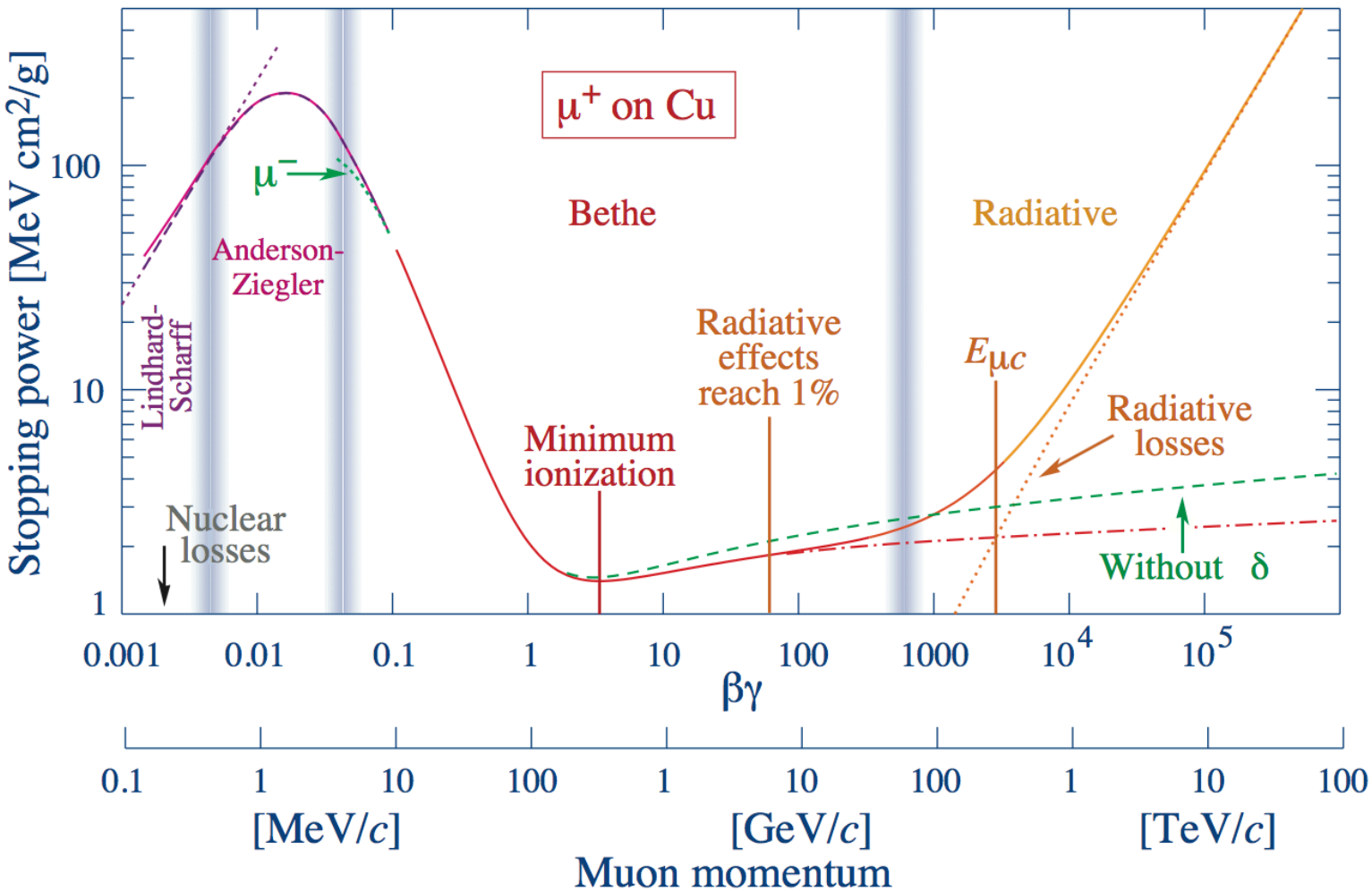
backup

η (psudo rapidity)

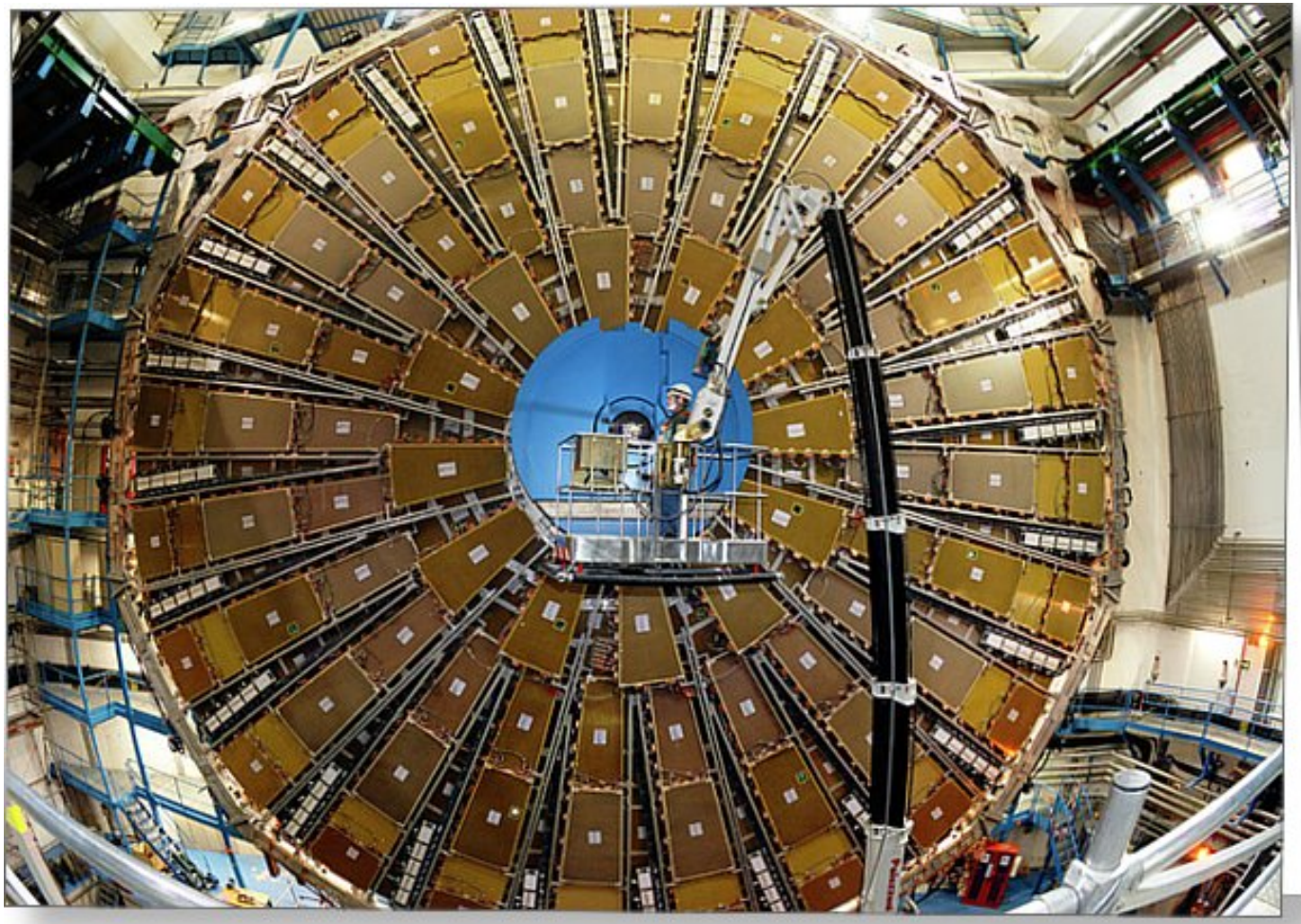


$$\eta \equiv -\ln\left[\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]$$

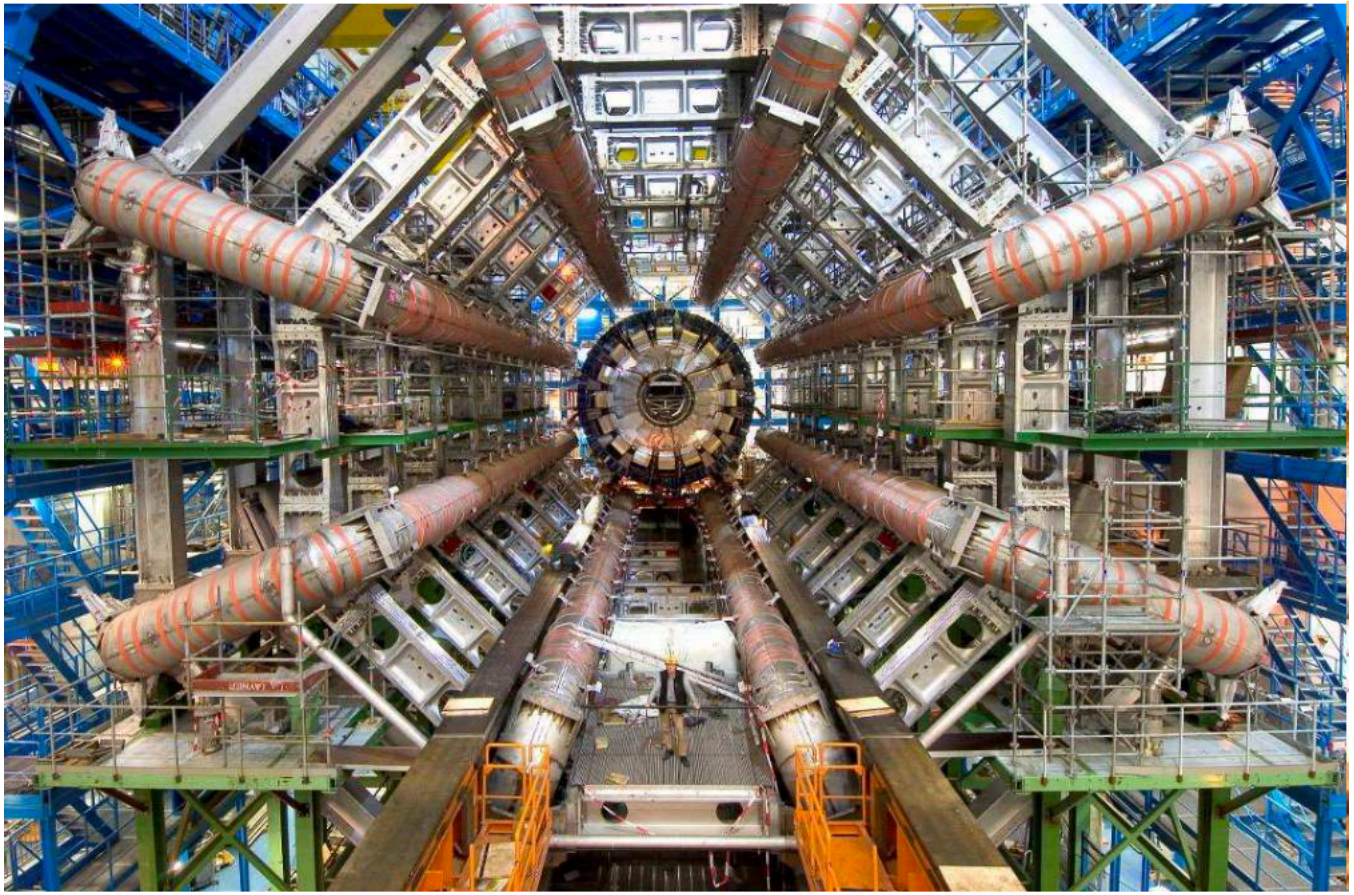
エネルギー損失


μ+ on Cu
Stopping power [MeV cm2/g]
100
10
1
μ−
Anderson-
Ziegler
Lindhard-
Scharff
Nuclear
losses
Bethe
Radiative
Radiative
effects
reach 1%
Eμc
Minimum
ionization
Radiative
losses
Without δ
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
10^4
10^5
βγ
0.1
1
10
100
1
10
100
1
10
100
[MeV/c]
[GeV/c]
[TeV/c]
Muon momentum

TGC



troid



Barrel troid