

LHC ATLAS検出器のアップグレードに向けたMicromegas検出器の開発と試験

片岡洋介, 川西裕基^A, 川本辰男 (東大素セ, 東大理^A)

江戸勇樹, 越智敦彦 (神戸大理)

ATLAS Micromegas group (CERN)

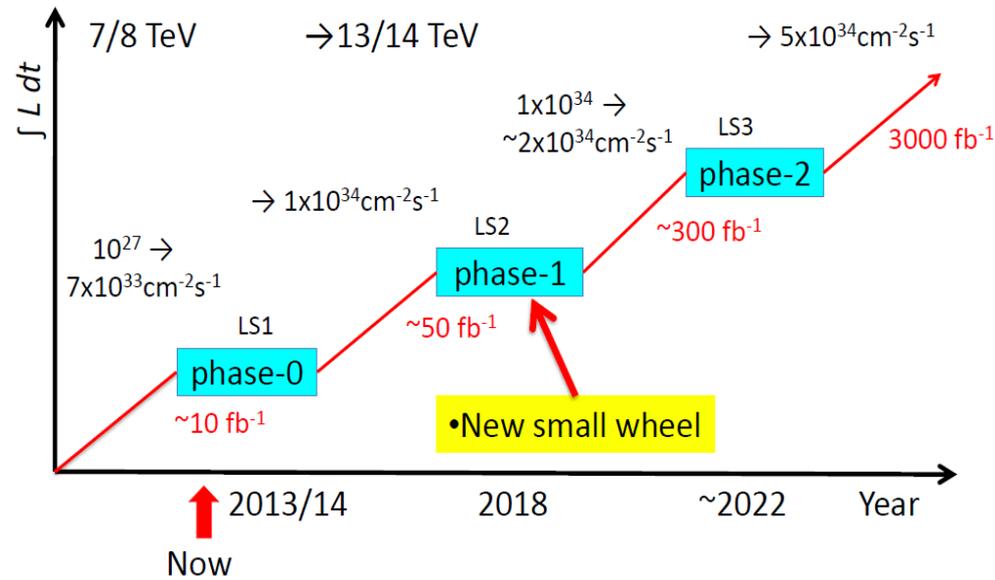
Contents

- アップグレード計画
- Micromegas
- R&D status
- Testbeam at CERN H6
- まとめ

アップグレード計画

- LHCは今後10年で、現行の検出器のrequirement $\sim 1 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ を超え、 $5 \sim 7 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ に達する
- これに応じて、ATLAS検出器も順次 upgrade

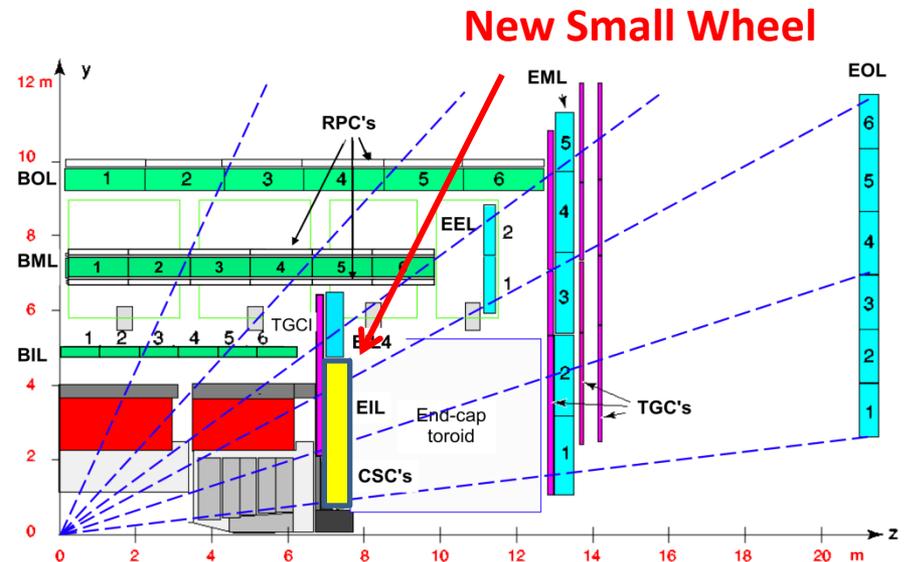
LHC upgrade timeline



Phase-I upgrade (2018)

- High η 部のmuon検出器 (NSW)の置き換えなど

\rightarrow 新しい検出器のR&D(~2014) や量産(2015~2016)の準備が始まっている



Micromegas

- High rateに耐え、現行の性能を維持

採用

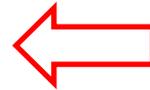
Micromegas

(MPGD, $dL=5\text{mm}$, $dt\sim 100\text{ns}$)

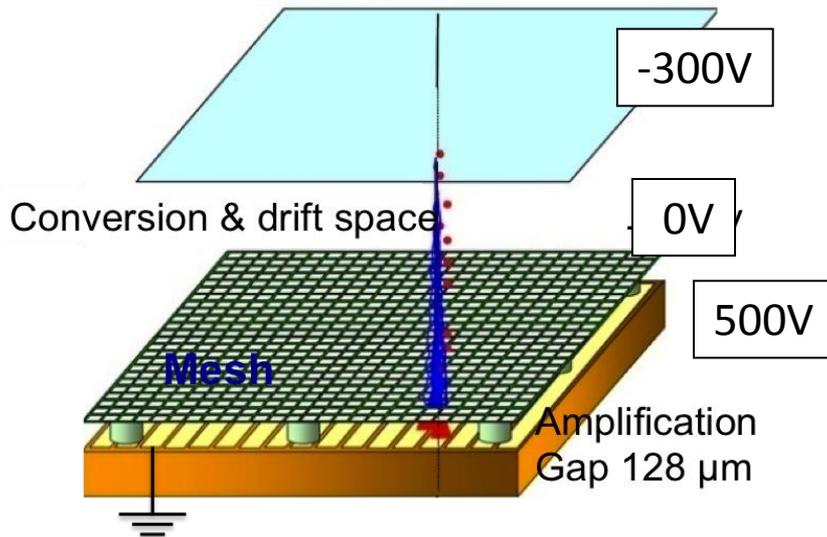
現行検出器

MDT

(Drift tube, $\phi=3\text{cm}$, $dt\sim 700\text{ns}$)



Micromegasの構造と性質



- 5mmのドリフト領域と
~100 μm のガス増幅領域から成る
- それぞれ、-300V, ~500V印加
- ガス: Ar:93% Co2:7%
- 増幅率: 10^4
- 400 μm の読み出しストリップ
- 同ピッチのResistive strip



位置分解能 ~ 100~200 μm
時間分解能 ~ 10~20ns
角度測定 (TPC mode)

R&Dの近況

CERN group



第一世代

エッチングとカーボン塗布によるresistive strip形成

~2012末



第二世代

スクリーンプリントによるresistive strip形成

- 安価、量産速度
- なめらかな構造(電場安定)

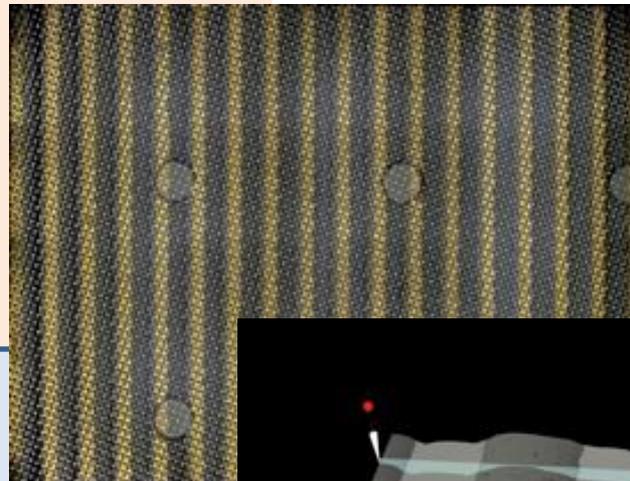


大型化
50cm x 1m

日本 group

※株式会社レイテック協力

スクリーンプリントによる
resistive strip



~2013.5

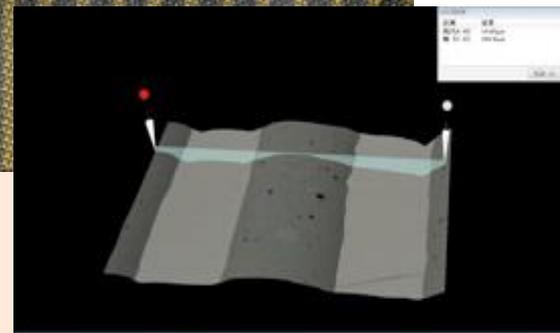


第三世代

新しい手法による
resistive strip形成

- 微細加工
- 均一、強固

← 特許出願予定につき
詳細は伏せさせていただきます



Testbeam at CERN

昨年11月末、CERN SPS H6 (pion)にて、
第二世代のスクリーンプリント版小型試作(10cmx10cm)をテスト

reference(tracking)として

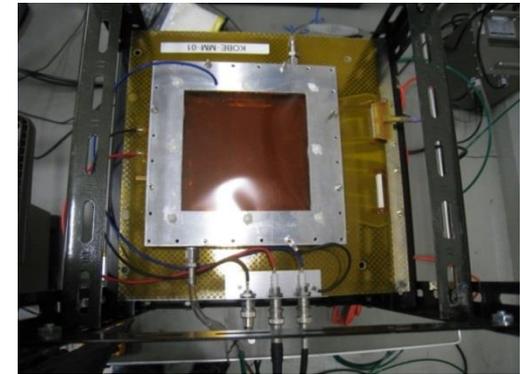
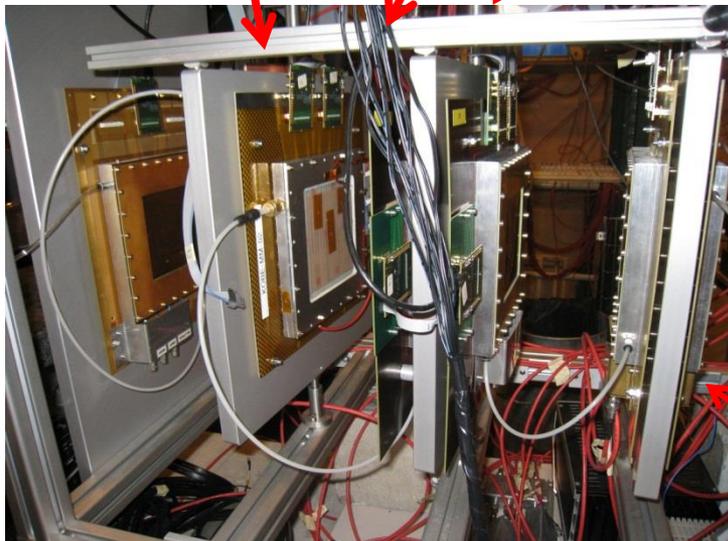
- CERN製 **Tmm2,3,5,6** エッチング版, 1次元 250um pitch, drift= 5mm, amp=128um

テスト試作機

- CERN製 **Z1, Z2** プリント版(ladder), 2次元 400um pitch, drift= 5mm, amp=128um
- 日本製 **J2** プリント版(strip), 1次元 400um pitch, drift=15mm, amp=100um

10cmx10cm 日本製試作機

J2 **Z1 Z2**
Tmm5,6 **Tmm2,3**



←シンチトリガー
(下流)

← pion beam

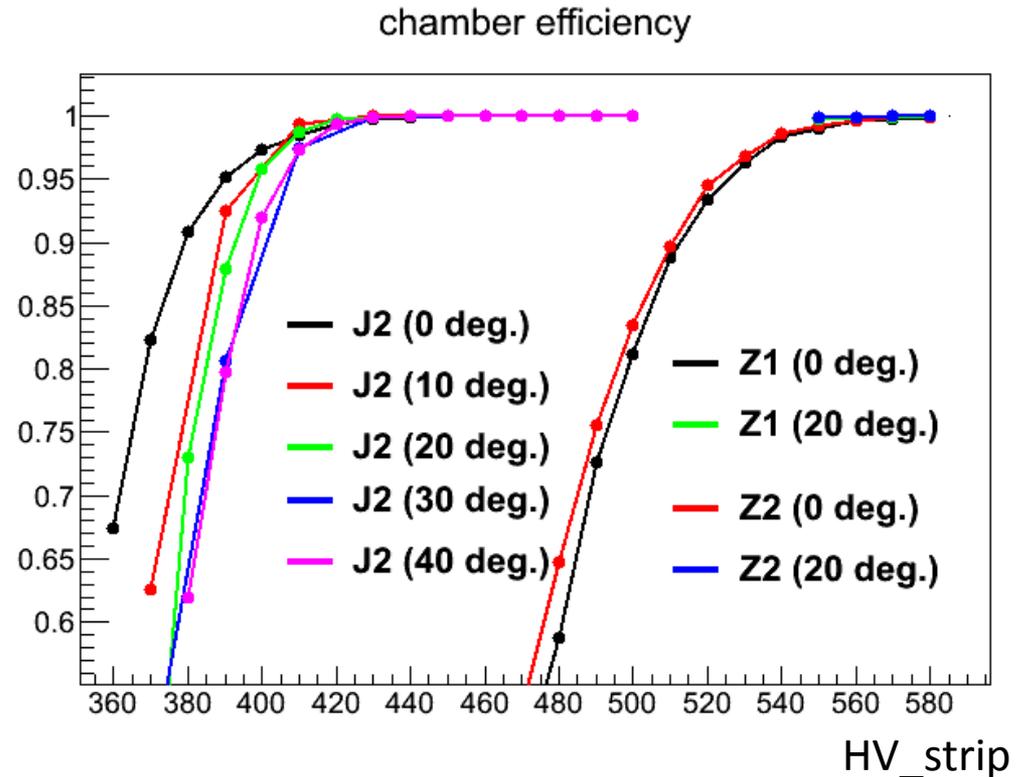
角度可変フレーム (0~40°)

Chamber efficiency

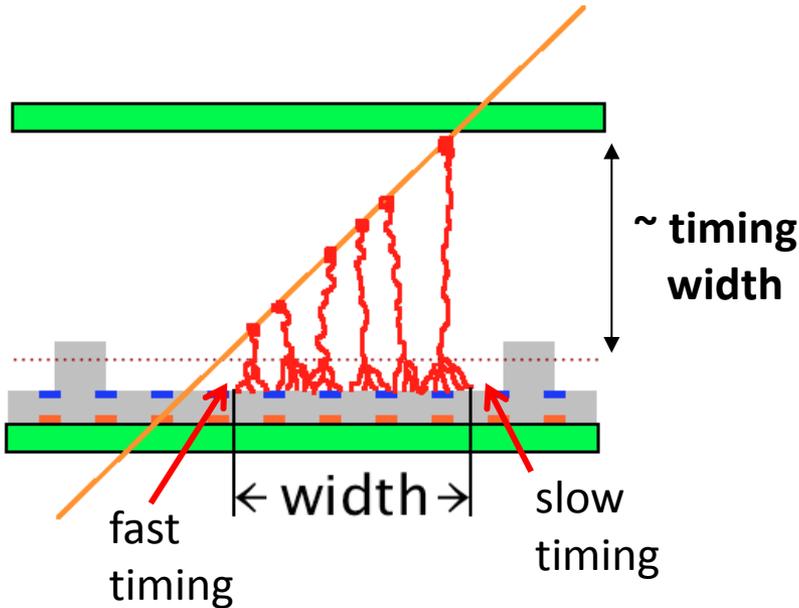
chamber efficiency =
$$\frac{\text{at least 1 cluster on J2}}{\text{1 cluster on Tmm2,3,5,6}}$$

- J2 (日本)は430V以上、>99%
- Z1,Z2(CERN)は550V以上、>99%

- nominal voltageの差は
gap間隔、読み出し次元などから
- 角度がつくと低下(1 stripあたりの電荷収集小)

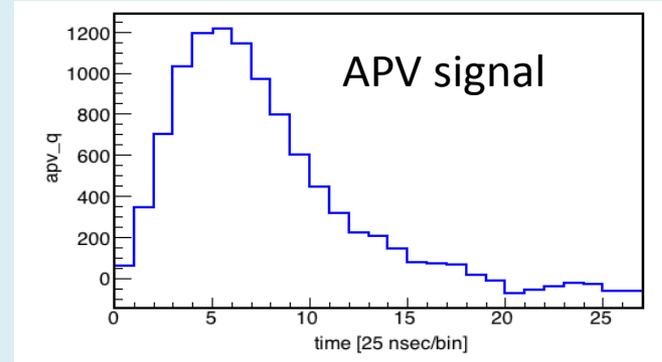


Cluster

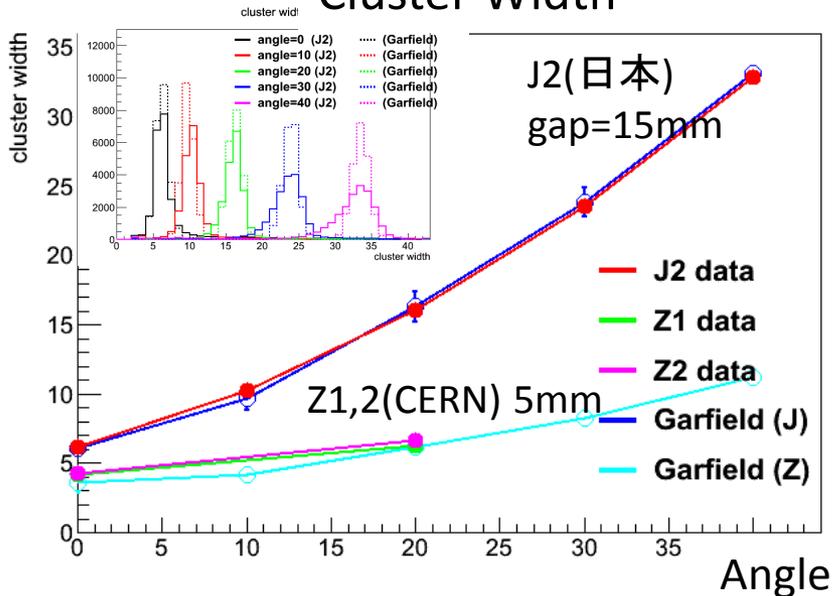


SRS - APV systemにより位置時間読み

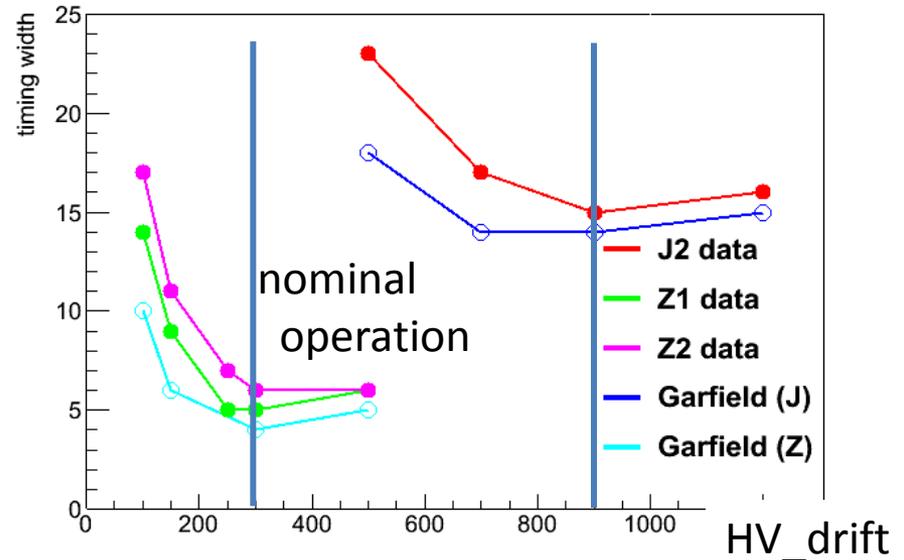
- 400um pitch x 256 channel
- 25ns time bin x 27 bin



Cluster Width



Timing Width (~drift velocity)



Resolution

Position resolution

$$\text{Center} = (\text{left} + \text{right}) / 2.$$

$$J2 \times 400\mu\text{m} - (\text{Tmm2} + \text{Tmm3} + \text{Tmm5} + \text{Tmm6}) / 4 \times 250\mu\text{m} / \cos(\theta)$$

$$\text{resolution} = \sigma / \sqrt{1+1/4}$$

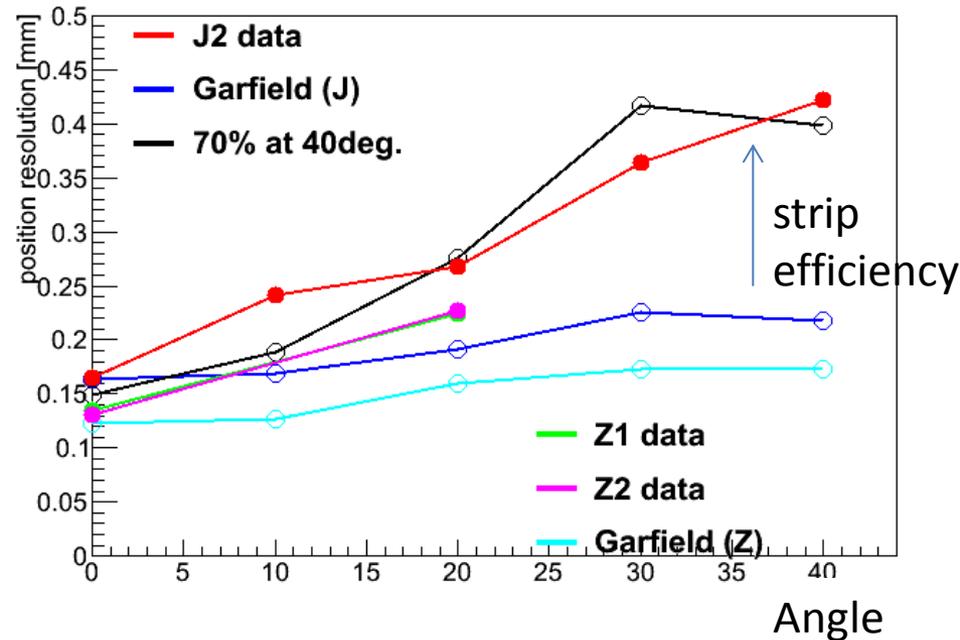
Time resolution

$$\text{Constant fraction threshold} = 50\%$$

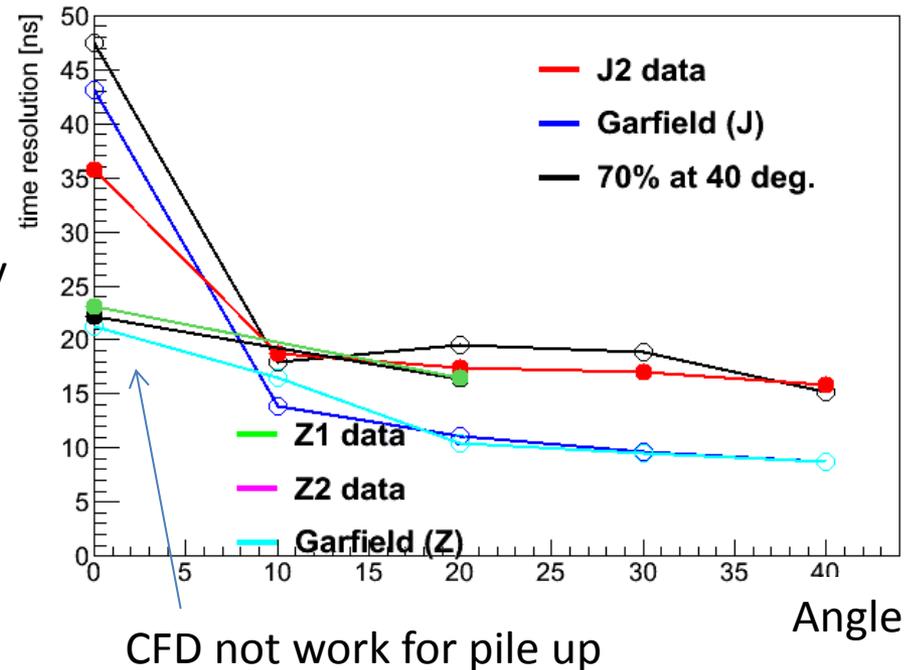
$$J2 \times 25\text{ns} - (\text{Tmm2} + \text{Tmm3} + \text{Tmm5} + \text{Tmm6}) / 4 \times 25\text{ns}$$

$$\text{resolution} = \sigma / \sqrt{1+1/4}$$

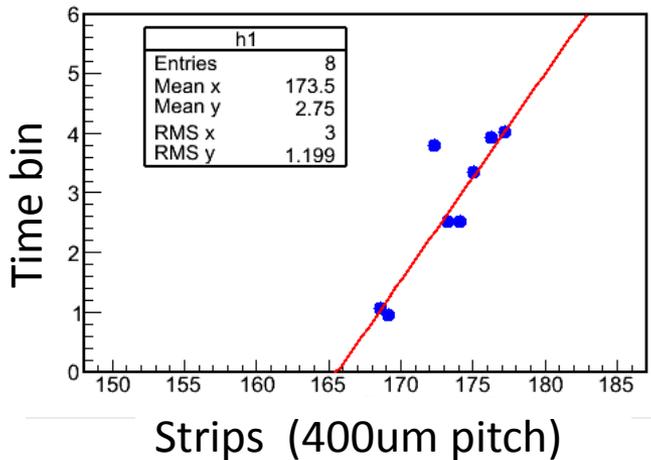
Position resolution



Time resolution



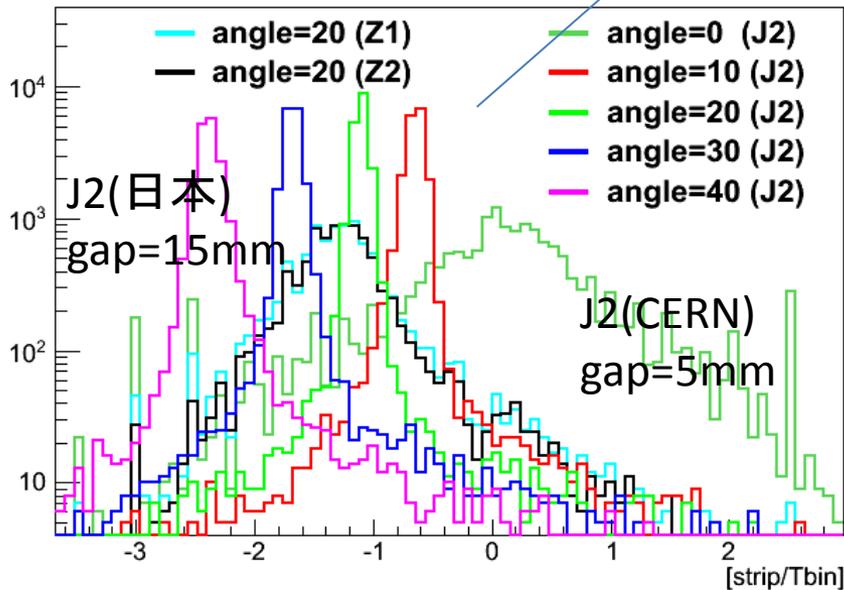
TPC reconstruction



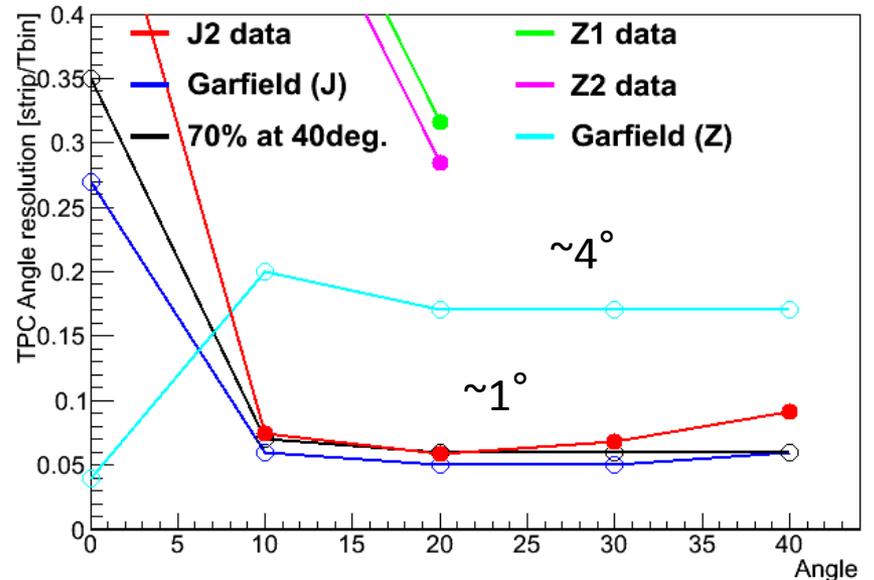
位置(strip) - 時間相関から角度が決まる

J2(0) → 1.9 deg
 J2(10) → 12.1
 J2(20) → 20.2
 J2(30) → 29.4
 J2(40) → 38.7

TPC Angle



TPC Angle resolution

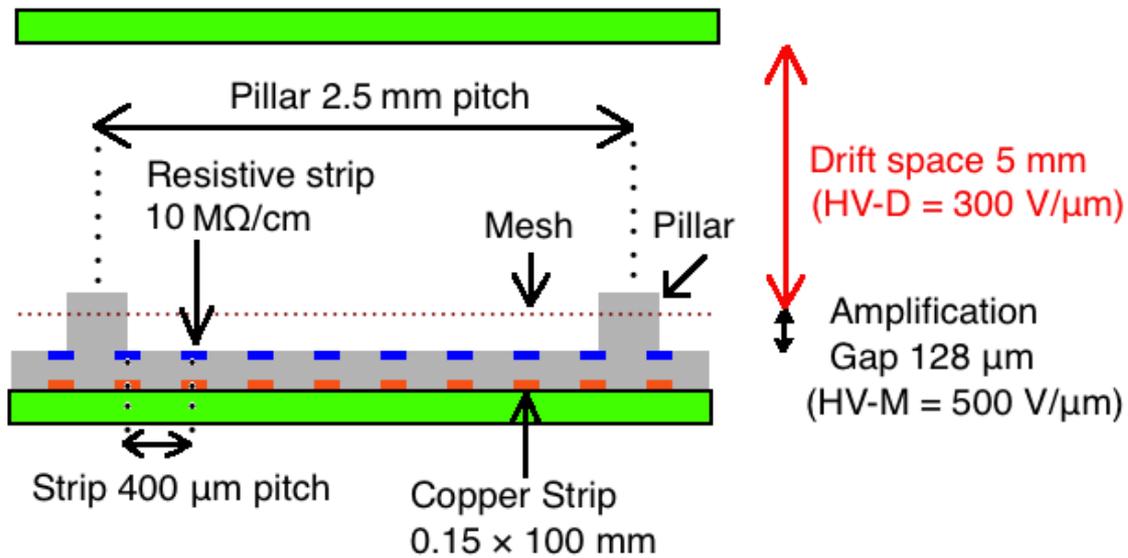


まとめ

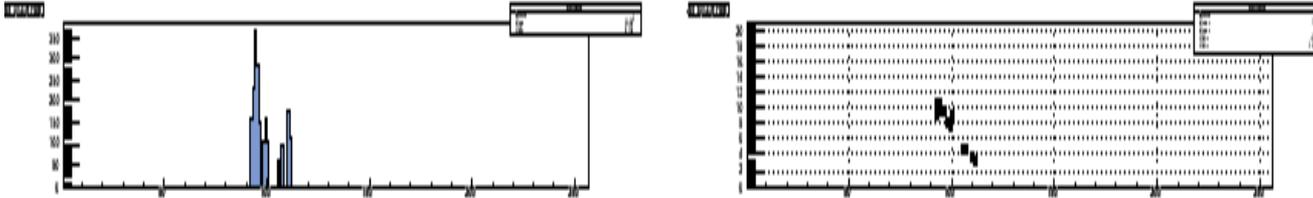
- 2018 Phase-I upgradeのためのhigh η 部muon検出器としてMicromegasの開発・試験を行っている。
- 昨年末、スクリーンプリント版の試作機が完成(CERN,日本グループ、平行して)。
- CERN SPSのTestbeamで基本性能をテストし、simulation比較などを行った。性能はexpected。
- 現在、次世代の製造手法を提案中(特許関係で詳細伏せます)。うまく行けばプリントに代わり大型化、量産のbaselineに。

※本研究はJSPS科研費 23340072 の助成を受けたものです。

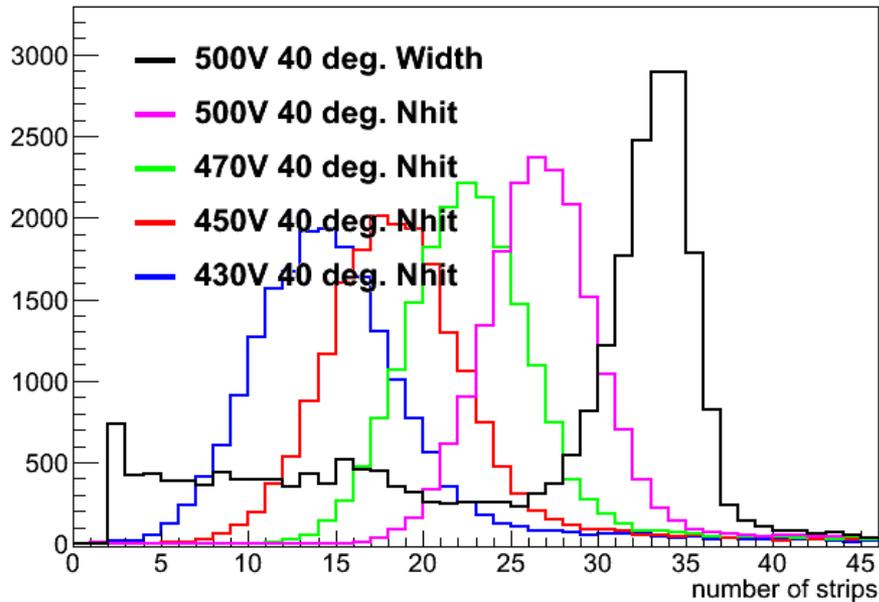
backup



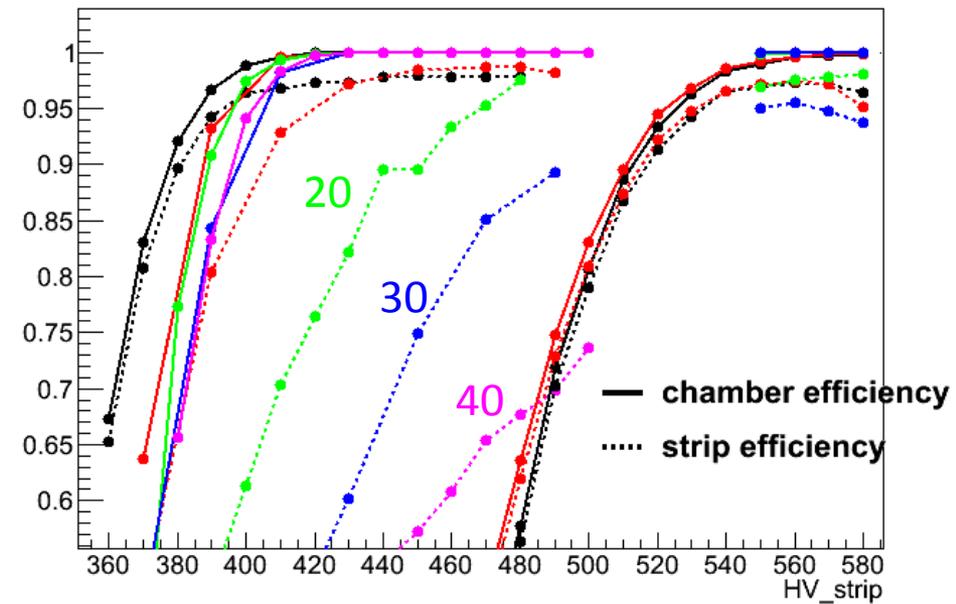
Strip efficiency



Number of hits (40 degree)

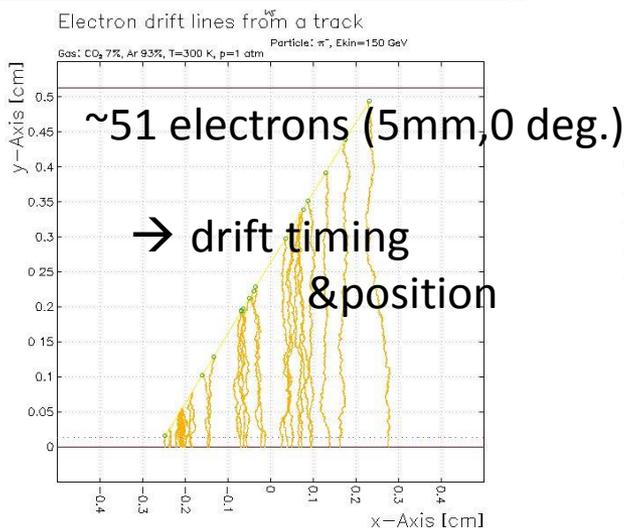


chamber & strip efficiency

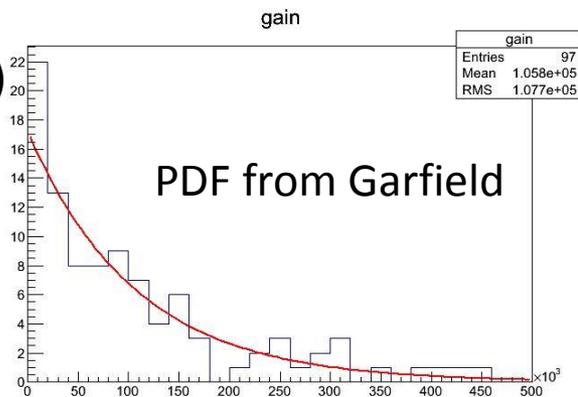


Comparison to Garfield

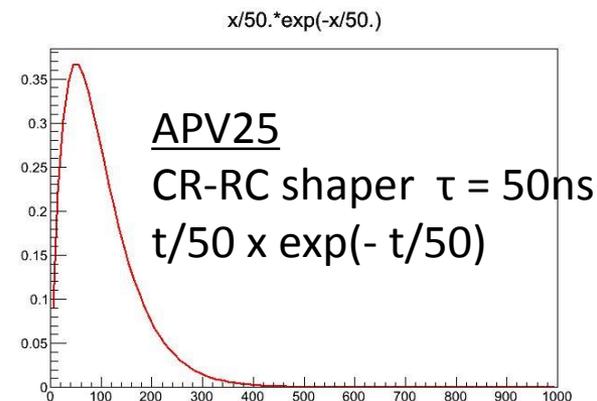
1. Garfield 9 (fortran)



2. assign gas gain



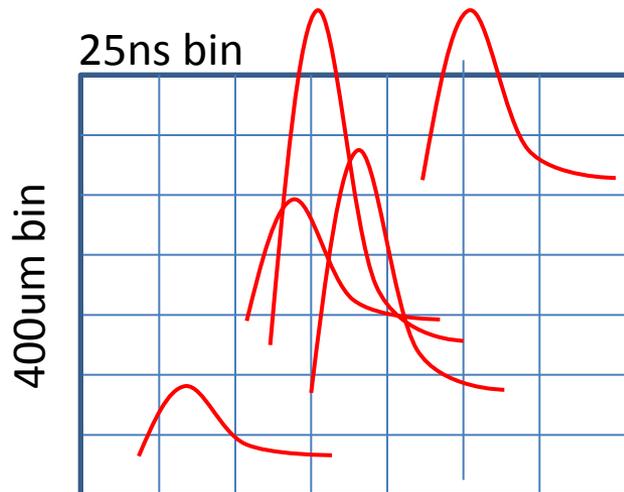
3. assign shape



4. give jitter

$T \rightarrow T + \text{random}(25\text{ns})$
 $X \rightarrow X + \text{random}(\text{profile})$

5. digitize



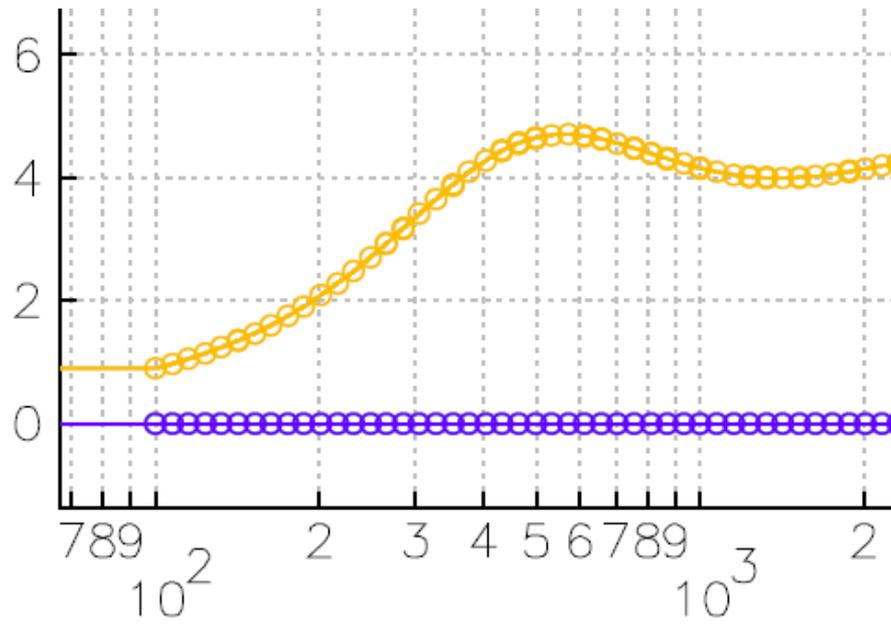
6. threshold

threshold for charge
 \sim strip efficiency

7. compare to data

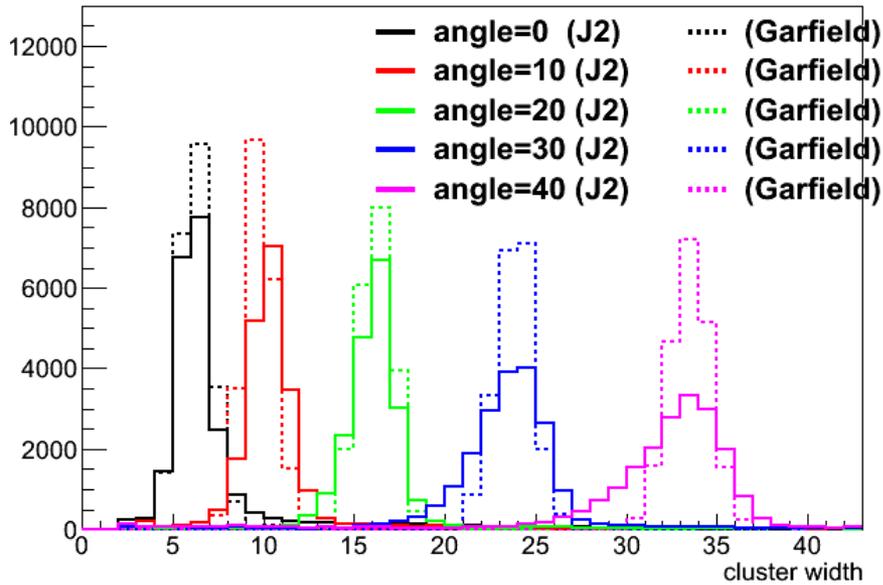
basically every plots
 (full simulation)

Drift velocity

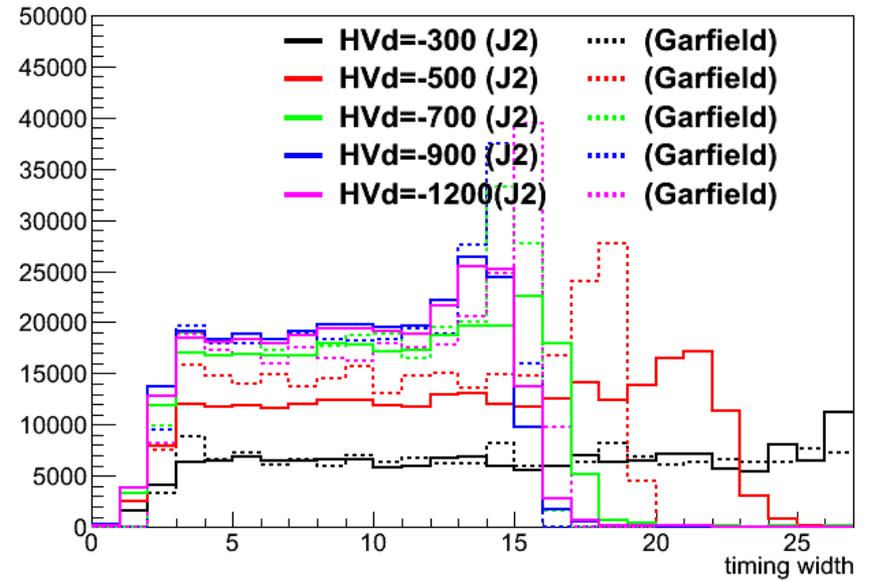


Cluster

cluster width

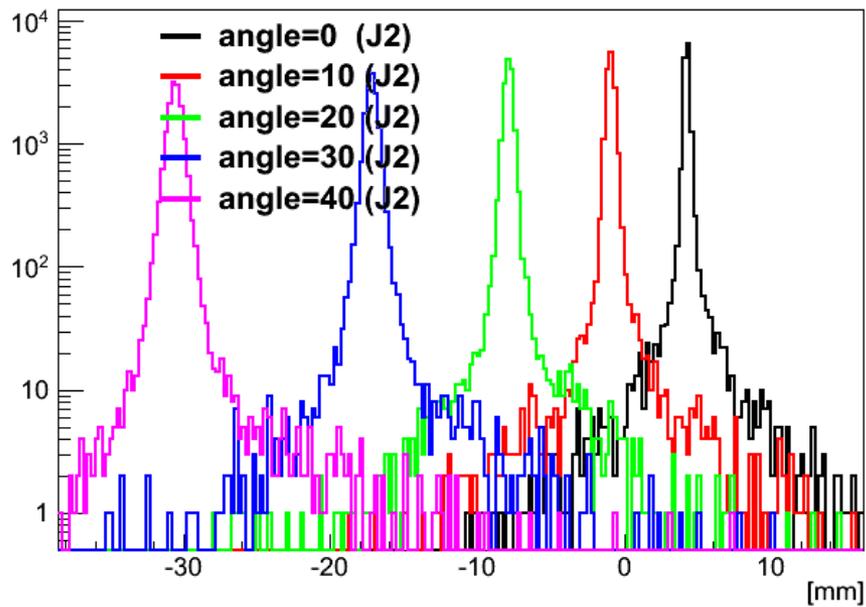


timing width

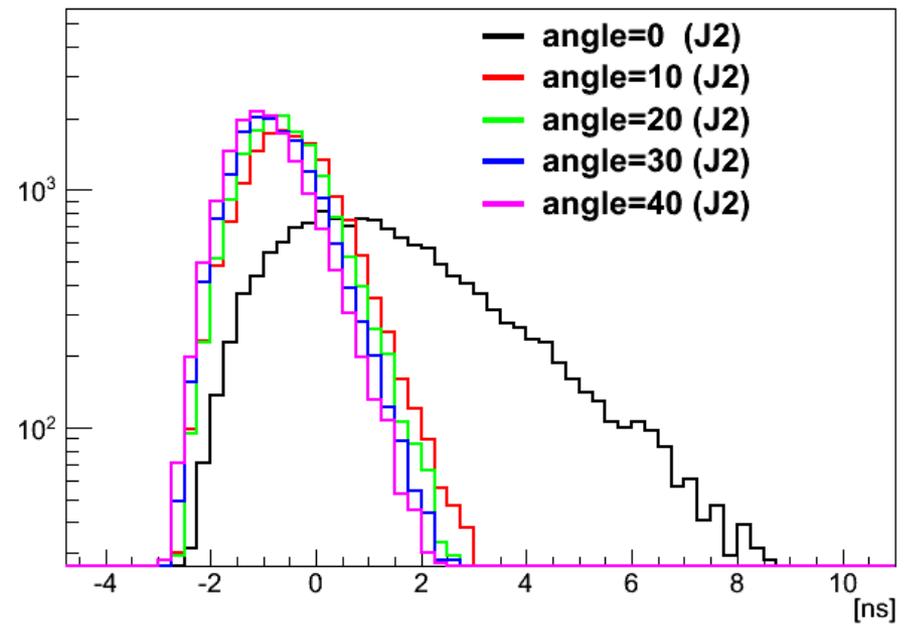


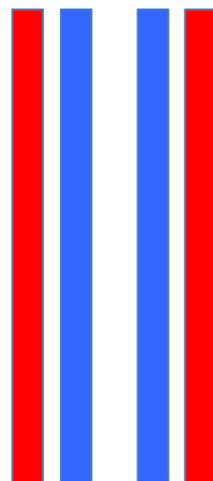
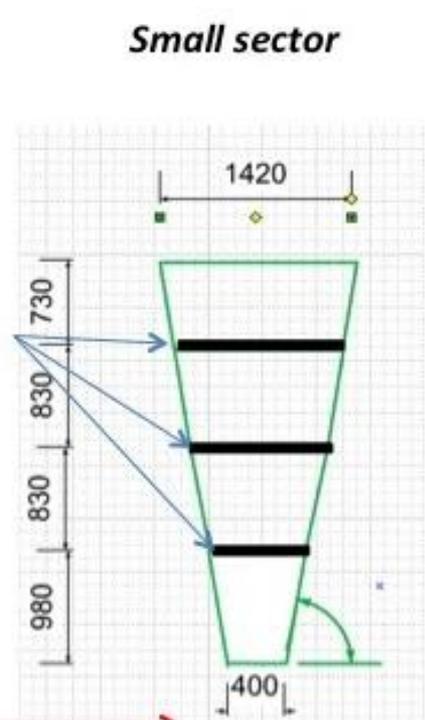
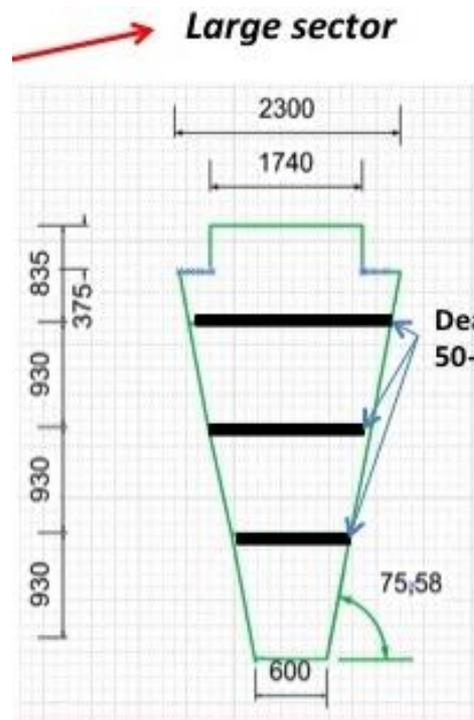
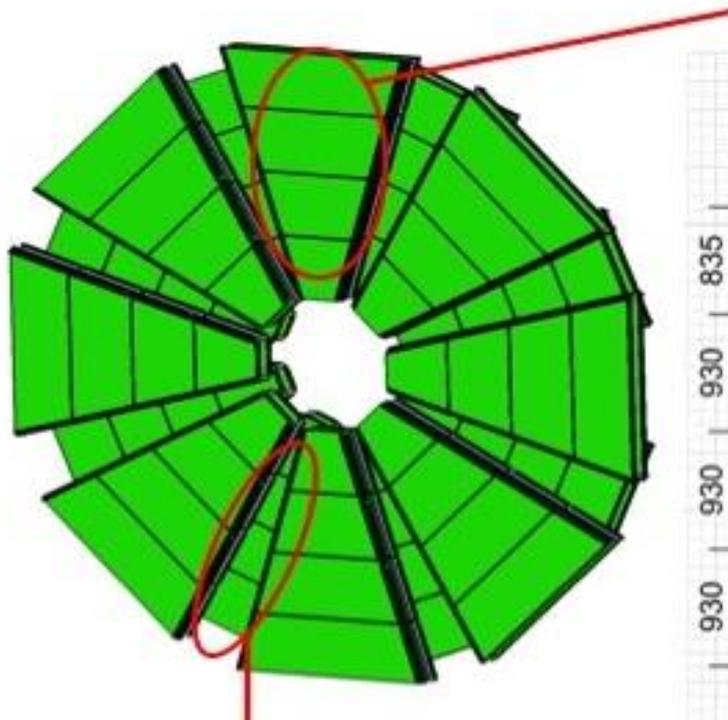
Resolution

position resolution



time resolution





■ sTGC
■ Micromegas
 4 layers each

