

大面積Micro Pixel Chamber (μ -PIC)の開発7

京大理 服部 香里



谷森達・窪秀利・身内賢太郎・高田淳史・

岡田葉子・西村広展・上野一樹

ICRR 関谷洋之 ・ 早大理工総研 永吉勉

神戸大自然 折戸玲子

Contents

μ -PIC

μ -TPC(μ -PICを読み出しに用いたTPC)

μ -TPCの高性能化

前置増幅器(GEM)との組み合わせ

大型化(30cm角 μ -PICを用いたTPC)

まとめ

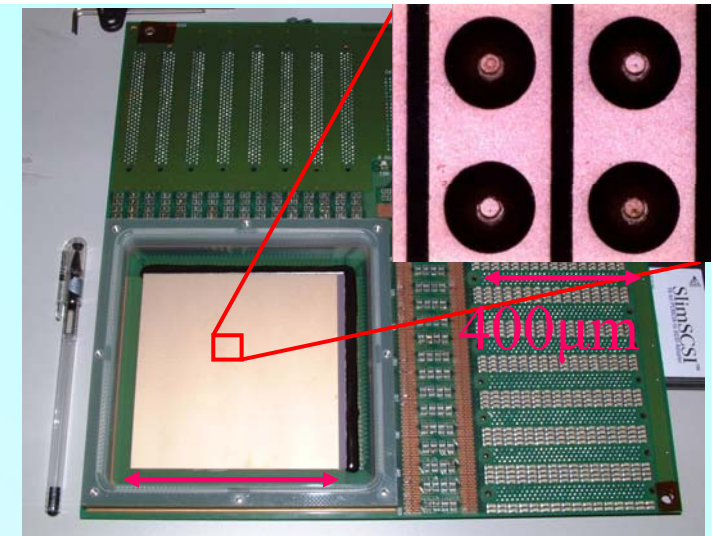
μ -PIC (Micro Pixel Chamber)

μ -PIC

2次元ガス検出器

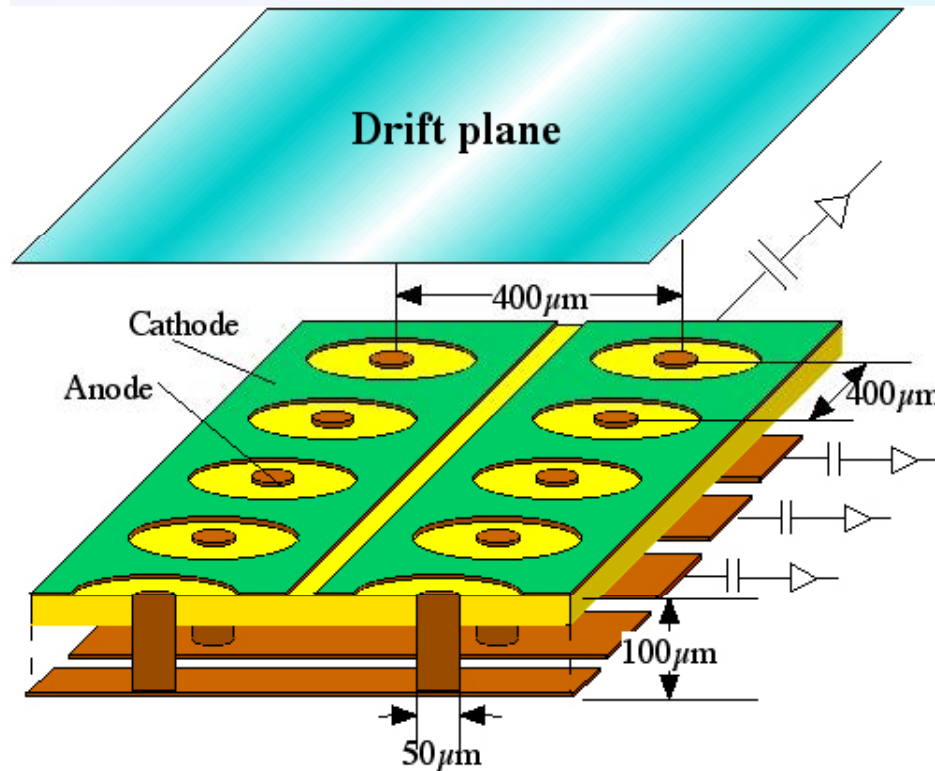
(電極のピッチ $400\mu\text{m}$, サイズ $10\text{cm} \times 10\text{cm}$)

マイクロな比例計数管を
並べたような構造



10cm

$400\mu\text{m}$



Max gas gain ~ 15000

長時間安定動作(一ヶ月以上)

@ガス利得 ~ 6000

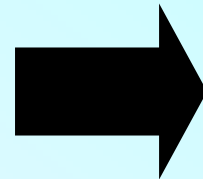
位置分解能

rms $\sim 120\mu\text{m}$

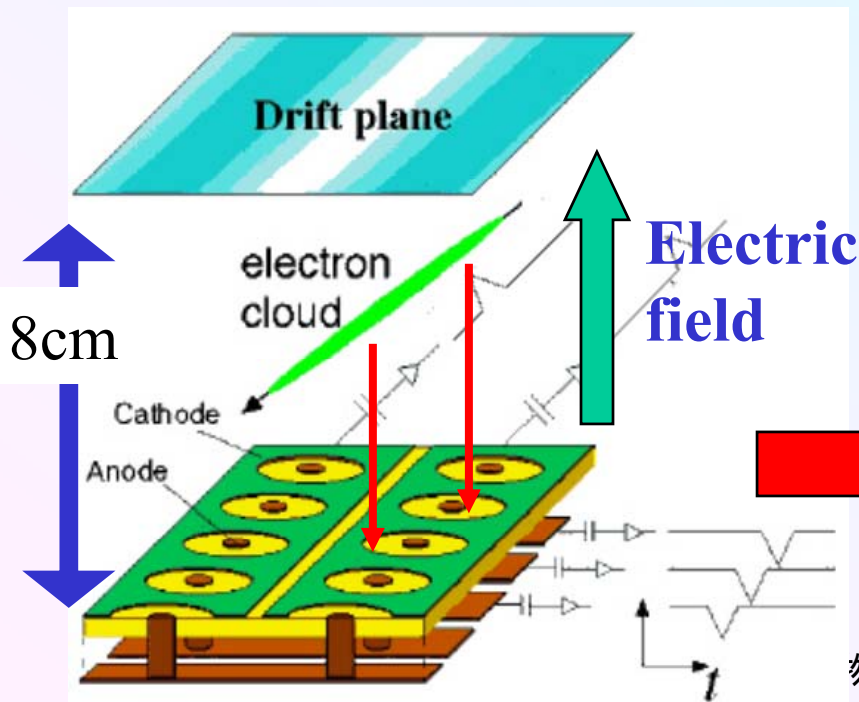
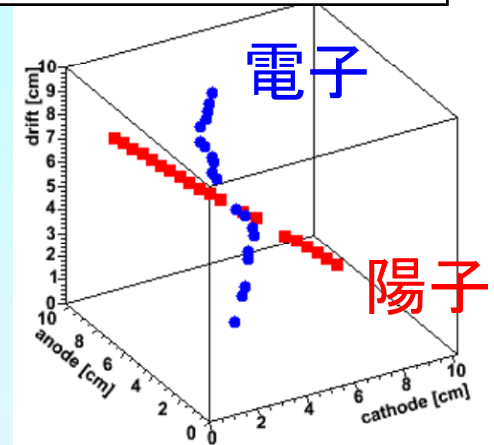
μ -TPC (μ -PICを読み出しに用いたTime Projection Chamber)の構造と原理

- 荷電粒子
ガス中の電子を電離
- 電場
電子を検出器(μ -PIC)へ移動

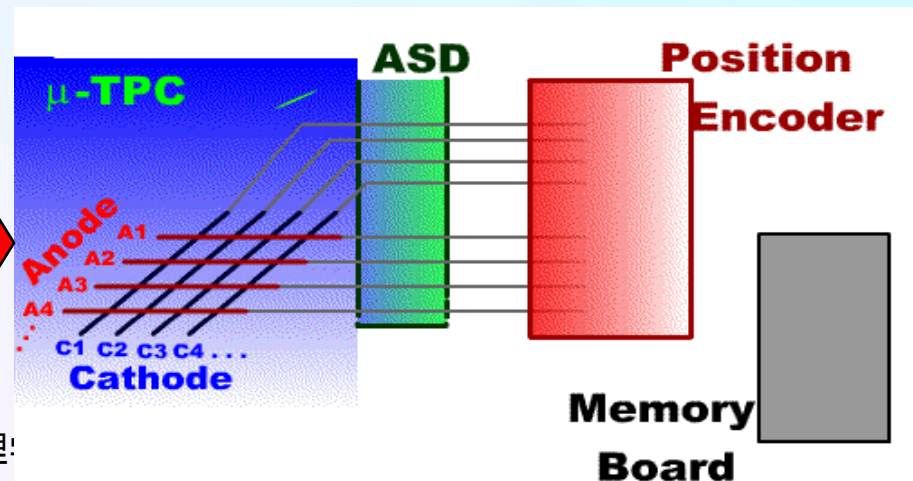
応用 γ 線カメラ
暗黒物質探索実験



μ -PICへの到達時間
→ 荷電粒子の飛跡



Amplifier-Shaper
-Discriminator



物理!

μ -TPCの開発

➤ MIP (Minimum Ionizing Particle) を見るのに
 μ -PIC のガス利得 $\sim 2 \times 10^4$ 必要

➡ 現在は 6×10^3

ガス利得向上のために...

前置増幅器 Gas Electron Multiplier (GEM) と
組み合わせる

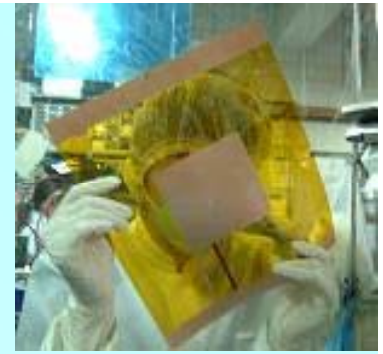
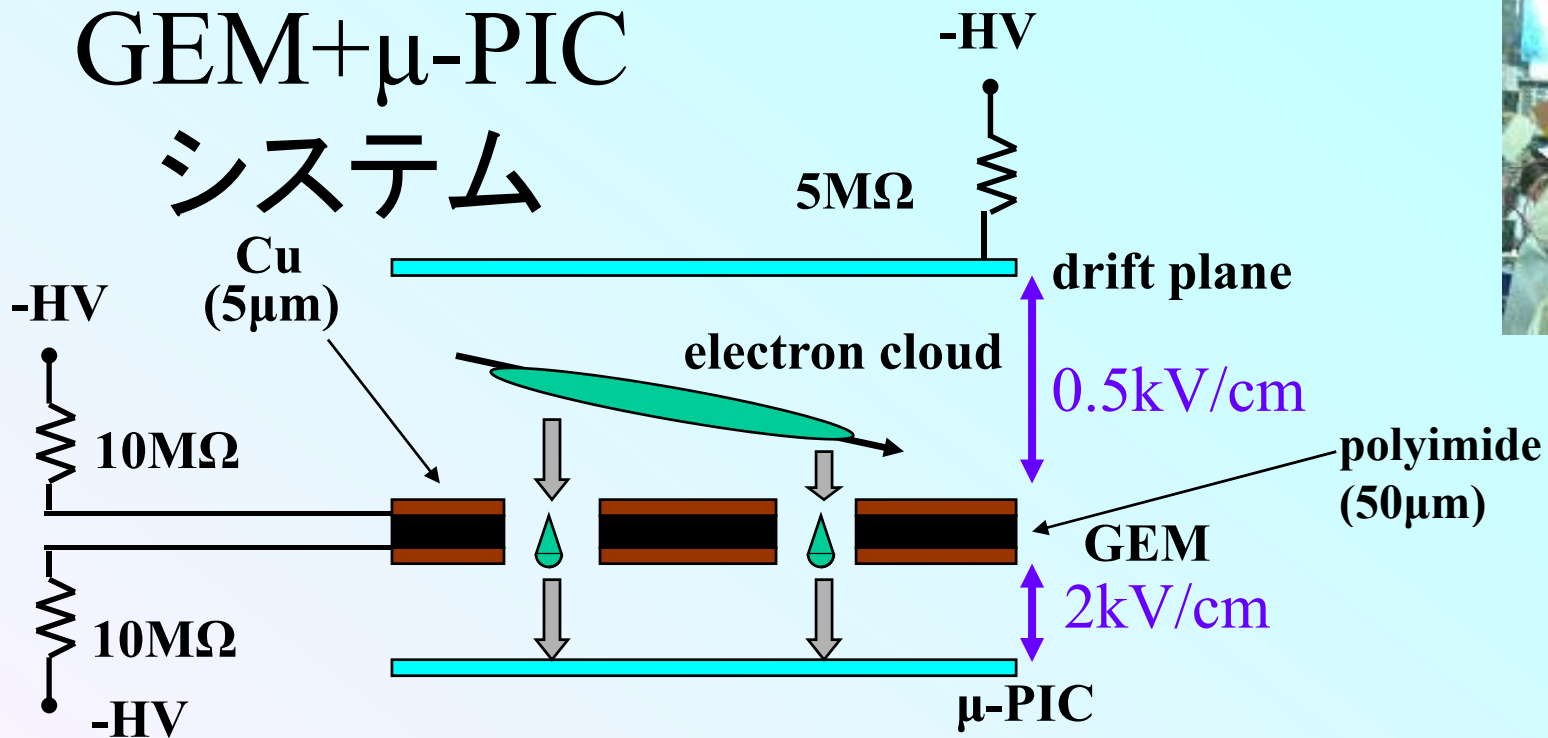
➡ 低ガス利得で動作 (ガス利得 < 50)

➤ 検出効率の向上・長い飛跡の取得

➡ μ -TPC の大型化

30cm 角 μ -PIC を読み出しに用いた大型 μ -TPC

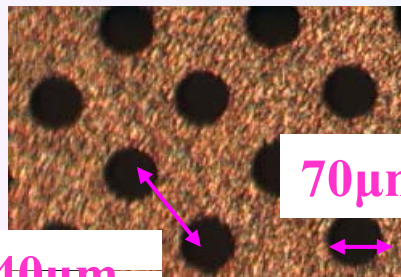
GEM+ μ -PIC システム



CERN, Sauliによる考案

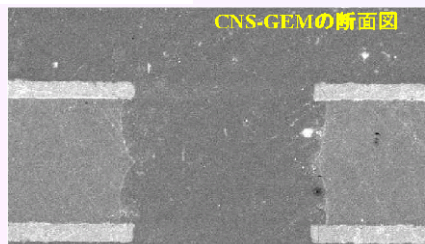
前置増幅器としてGEMを μ -PICの真上に設置

東京大学CNS浜垣研で開発された
GEMを使用



140 μ m

70 μ m



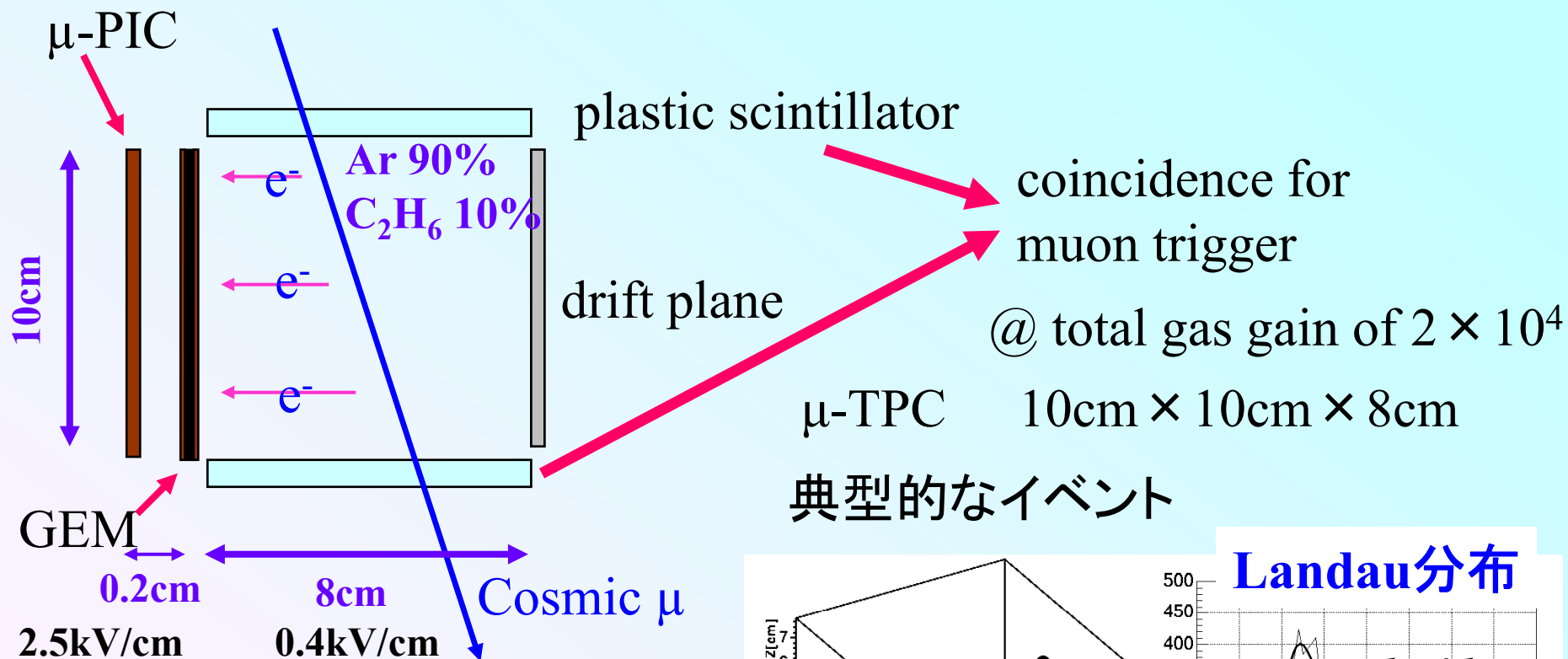
CNS University of Tokyo

Total Max Gain $\sim 10^5$ (μ -PIC gain 2.6×10^3)

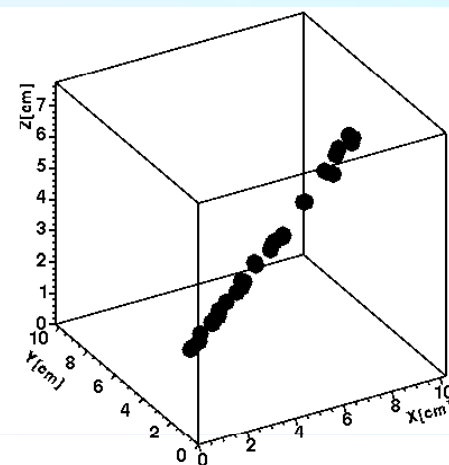
MIPの飛跡取得に必要なgain($> 2 \times 10^4$)
での長時間安定動作達成

エネルギー分解能 20%(FWHM)@5.9keV

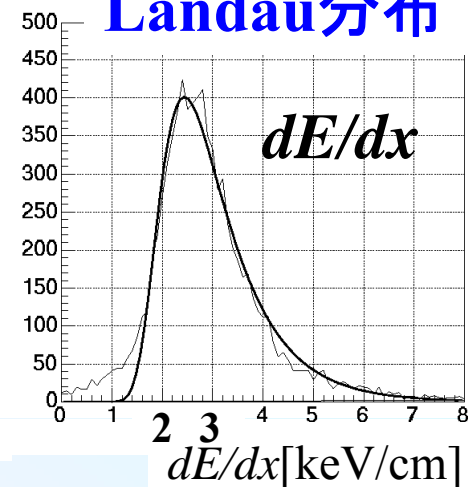
A GEM + μ -PIC TPC –muon track–



典型的なイベント



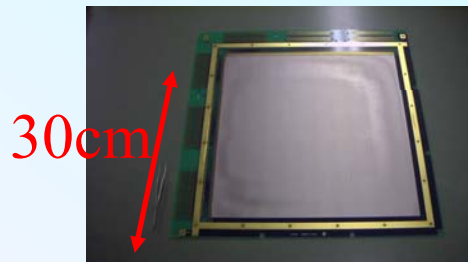
Landau分布



飛跡の検出効率
 (hit point > 3) / (trigger) **97%**

位置分解能 $\sigma=370\mu\text{m}$

30cm μ -PIC

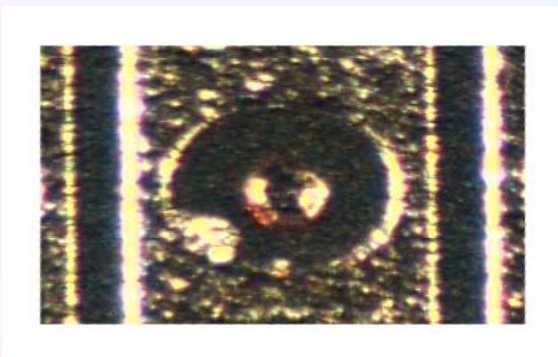


μ -PICの大型化(1)30cm角 μ -PIC

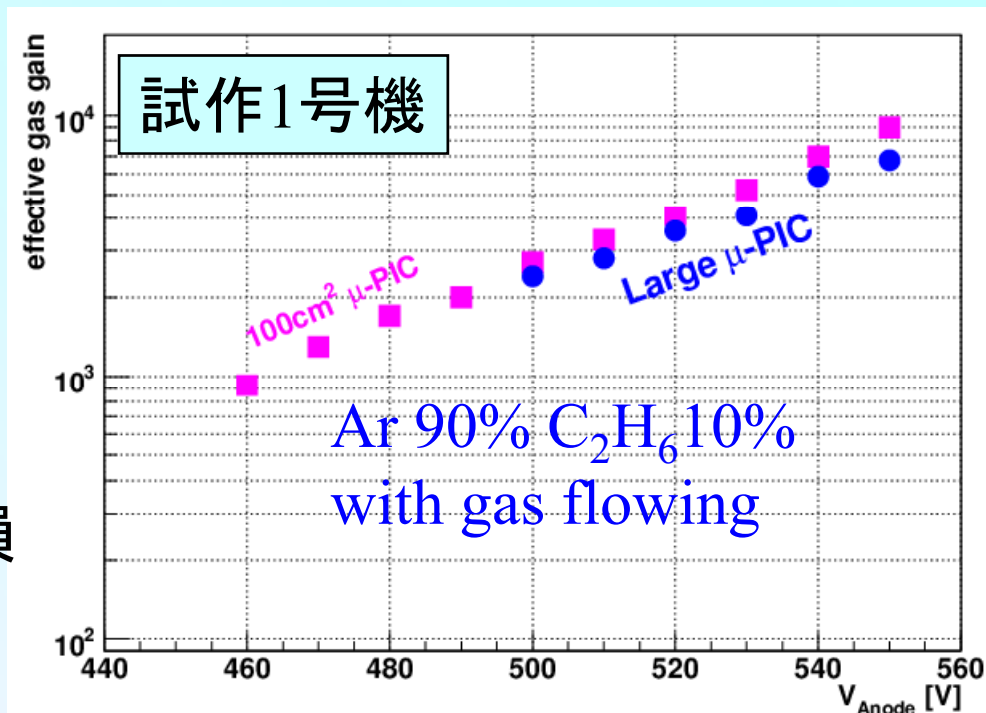
2004年 試作1号機



Dead Pixel
cathode欠損
1%



Bad Pixel
突起有
0.02%



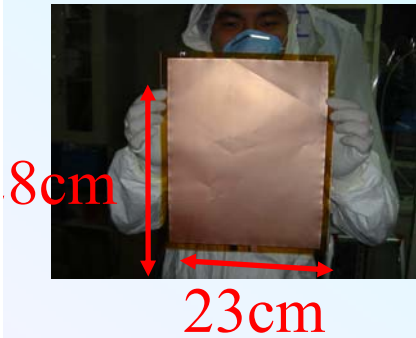
gain max : 7000
安定動作gain : 3500
gain一様性 max/min \sim 2.2

反跳電子の飛跡を得るのに
 μ -PIC単体ではガス利得が足りない

➡ GEMを前置増幅器として組み合わせる
日本物理学会年次大会

30cmGEM

μ-PICの大型化(2)30cm角μ-PIC+GEM

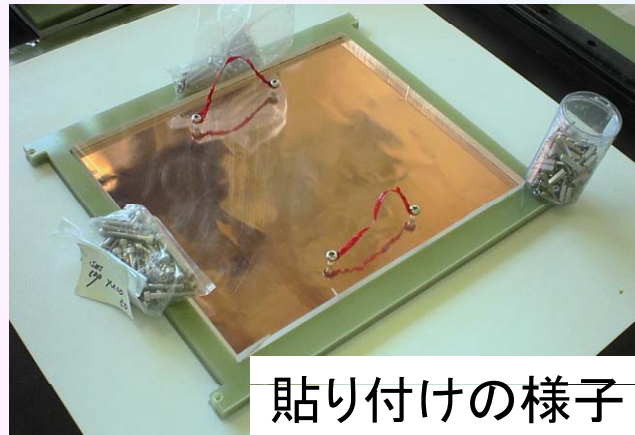
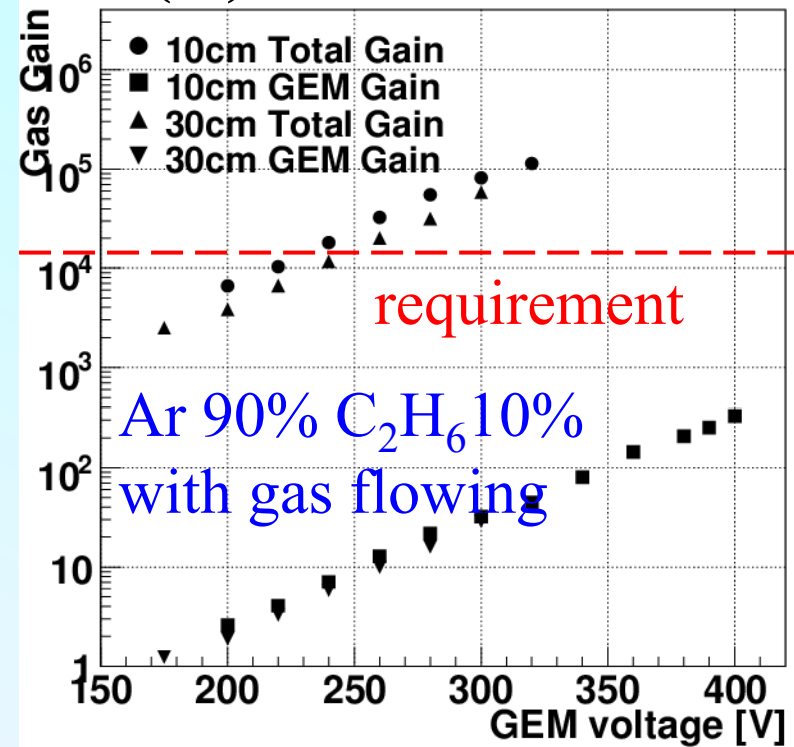
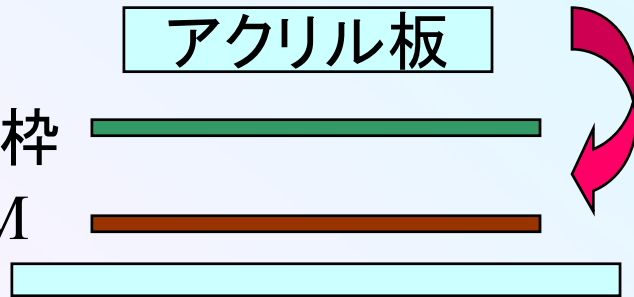


アラルダイト
で接着

アクリル板

G10枠

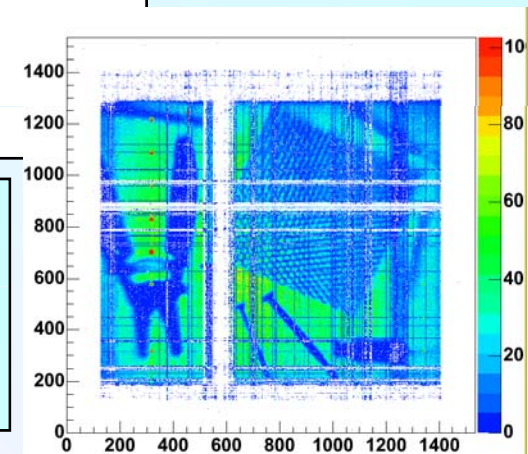
GEM



貼り付けの様子

トータル 2.7×10^4 のガス利得
での安定動作を実現
MIPを見るのに十分！

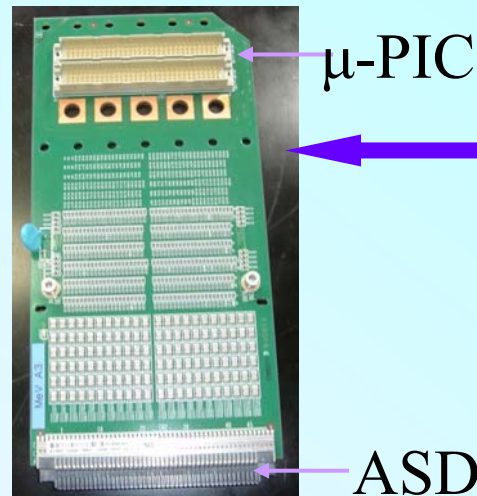
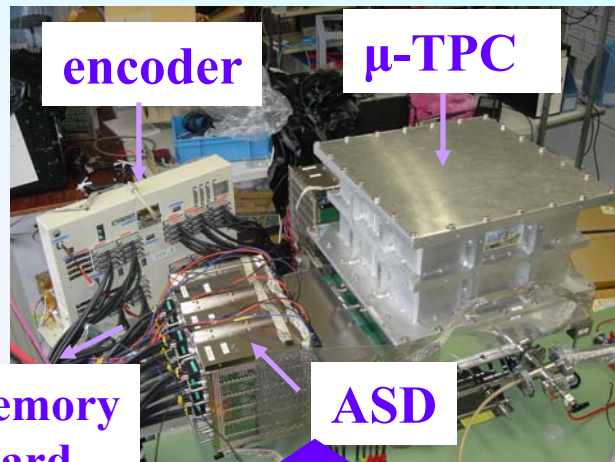
2次元イメージ
 ^{55}Fe 使用
gain 1.5×10^4



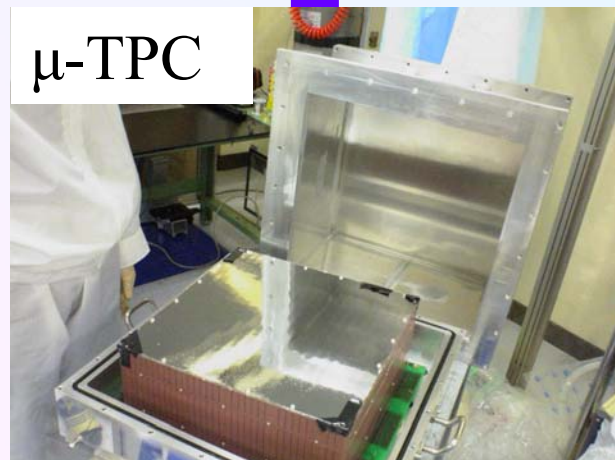
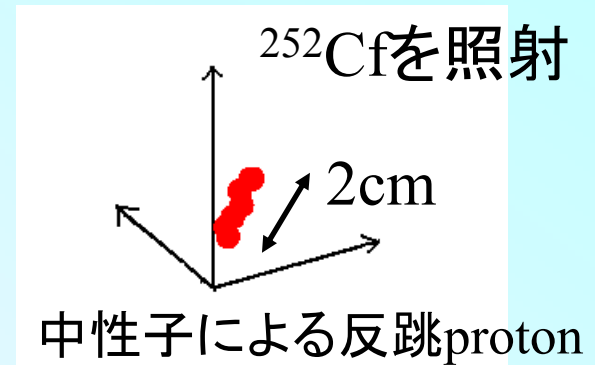
2006/3/27

日本物理学

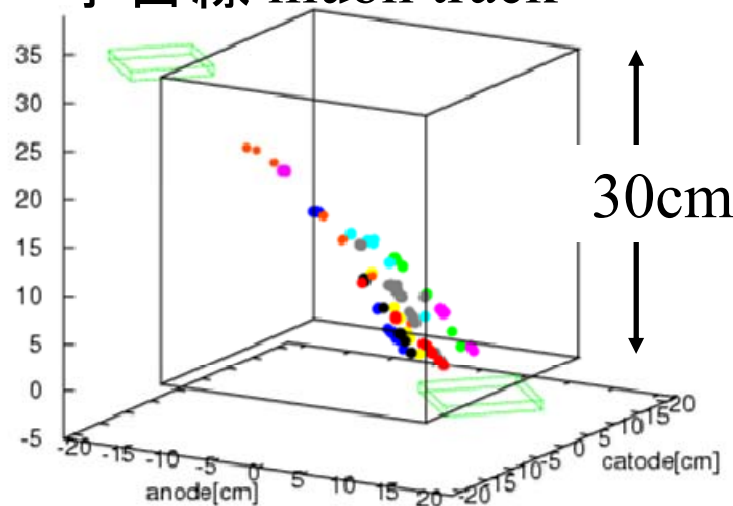
30cm角 μ -PICを用いた μ -TPC(1)



基板で読み出し
30cm × 30cm × 30cmの
 μ -TPCを立ち上げ



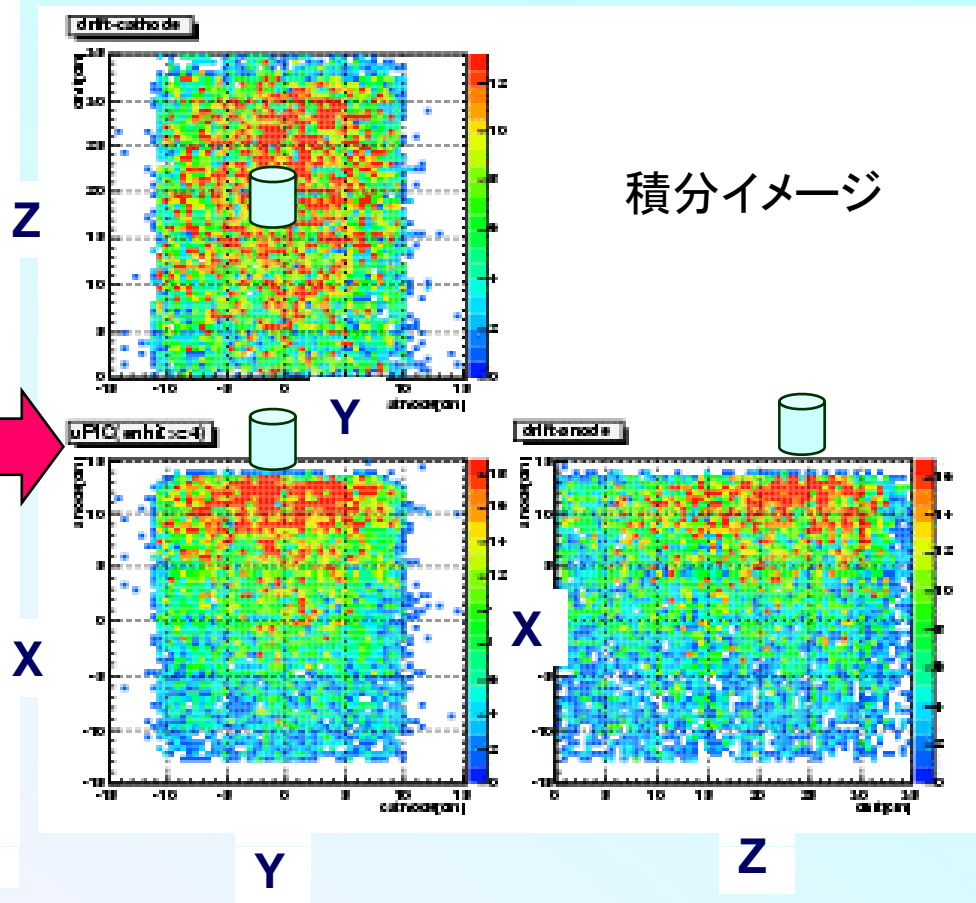
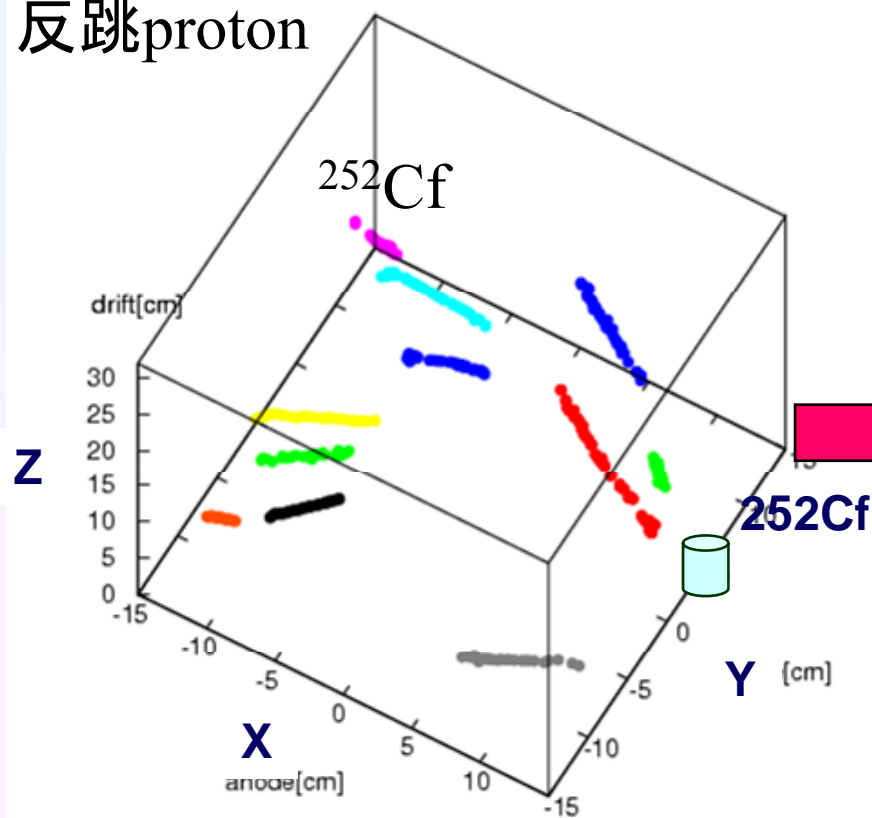
宇宙線 muon track



電子の長距離
ドリフトについて
要study
(拡散、再結合等)

30cm角 μ -PICを用いた μ -TPC(2)

反跳proton



Ar 90% C_2H_6 10%

Gain 2000

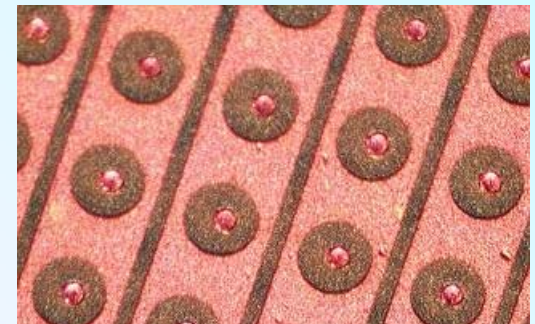
30cm μ -TPC : full volume is active

2006/3/27

日本物理学会年次大会

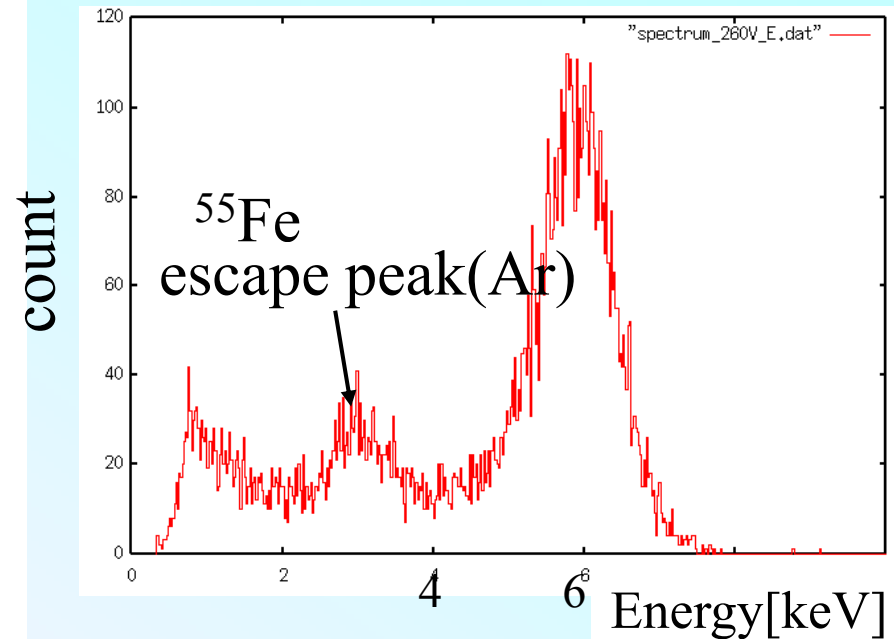
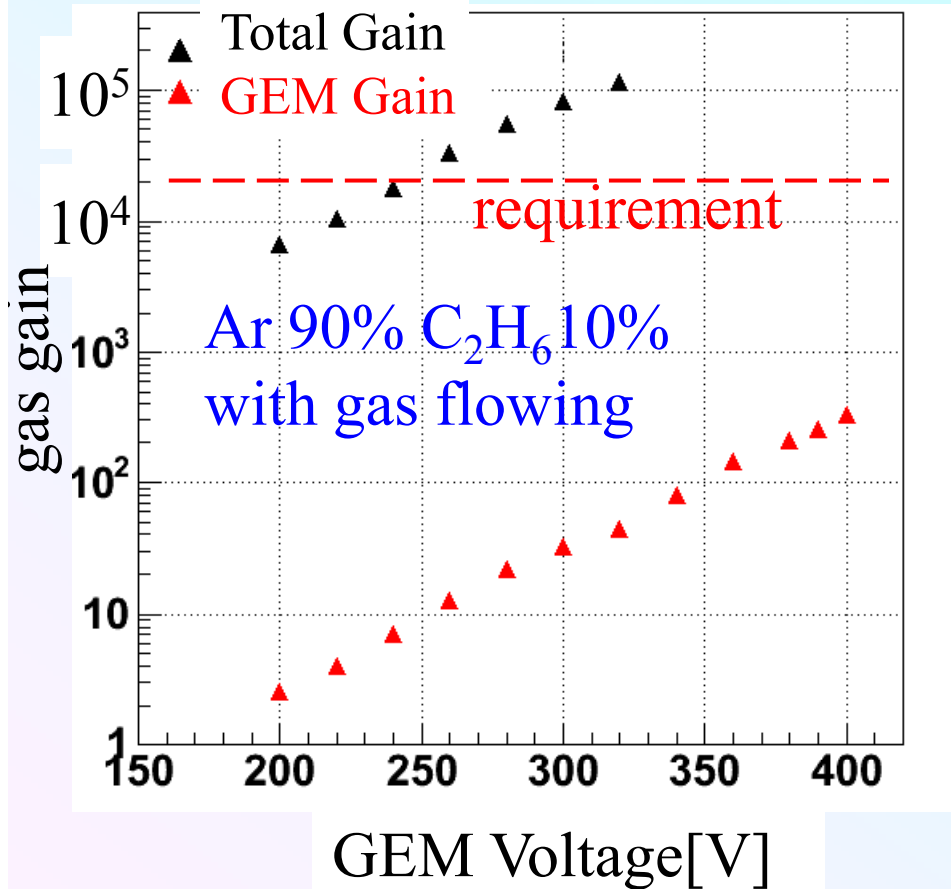
Summary & Future Work

- 10cm × 10cm × 8cm μ -TPCでMIPの飛跡を得るのに十分なガス利得($>2 \times 10^4$)での長時間安定動作を達成
- 宇宙線ミューオンの位置分解能 $370\mu\text{m}$
- 検出効率向上・長い飛跡取得のために、30cm角 μ -PICを開発
- 同じく $>2 \times 10^4$ での長時間安定動作を実現
- 30cm × 30cm × 30cm μ -TPCでMIPの飛跡を取得
- 2006年2月 30cm μ -PIC2号機を製作
Dead Pixel, Bad Pixelは無し
→ 今後 μ -TPCに組み込んで試験



gas gain

spectrum



μ -PIC のガス利得 2.6×10^3 に固定

Total Max Gain $\sim 10^5$

GEM Max Gain ~ 300

20% (FWHM) @ 5.9 keV
gain 1.3×10^4 (1.6 cm²)

enough to detect tracks of MIP ! 会

GEM

Mask by Hamagaki Lab.

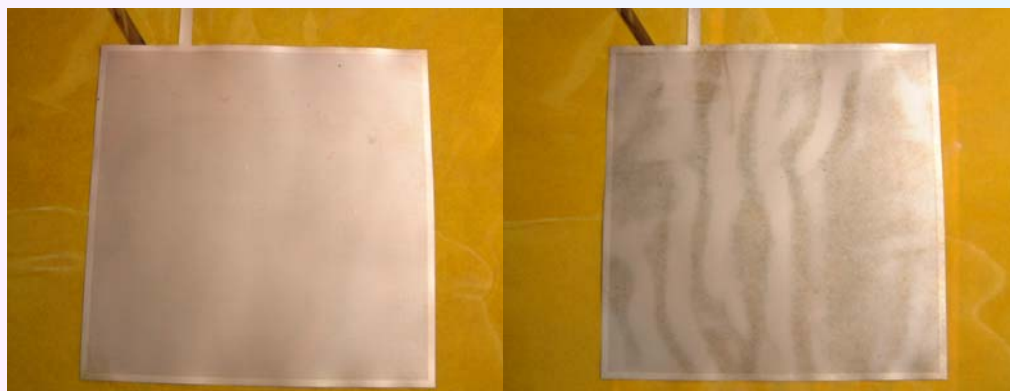
@ CNS Univ. of Tokyo

Plasma etching method

@Fuchigami Micro Co., Ltd.

Holes with cylindrical shape

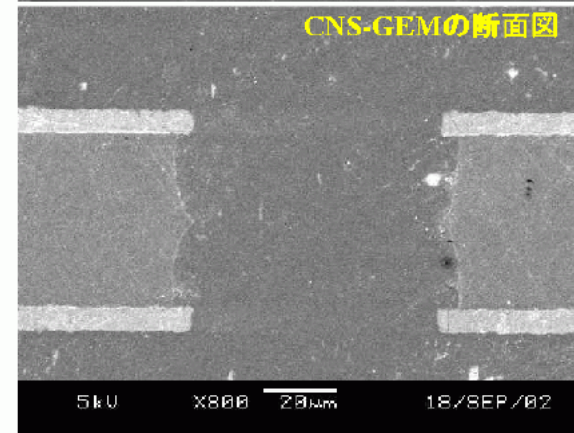
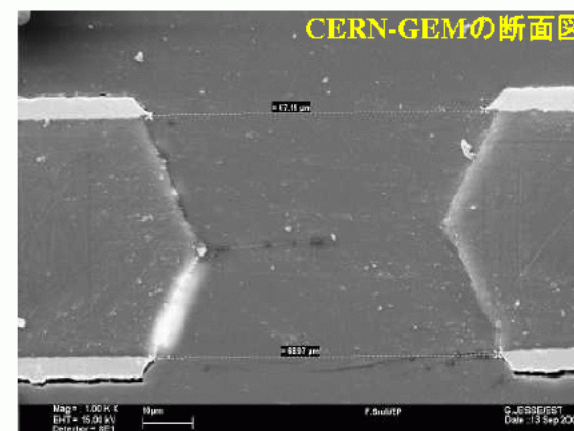
CERN :
holes with a double-conical shape



CNS-GEM

2006/3/27

日本物理学会年次大会



μ-TPCの位置分解能

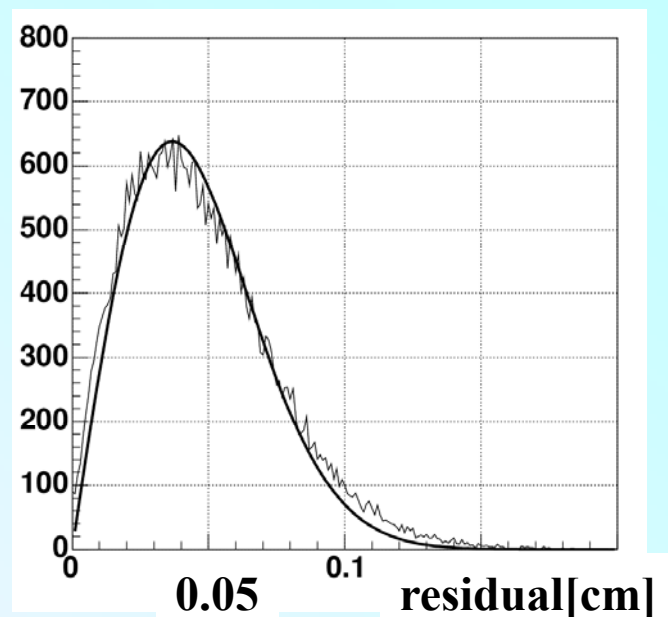
μ-TPCで得られたmuonの飛跡と
フィットで得られた飛跡の差(residual)

2次元Gauss分布
(飛跡方向の位置分解能はわからない)

$$\frac{\sqrt{2\pi}}{\sigma} r \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) dr$$



$$\sigma \sim 370\mu\text{m}$$



拡散 $\sim 400\mu\text{m}[\text{cm}^{-0.5}]$

電子のドリフト方向

(DAQ clock 100MHz, ドリフト速度 $4\text{cm}/\mu\text{sec}$) $\sim 400\mu\text{m}$



reasonable