

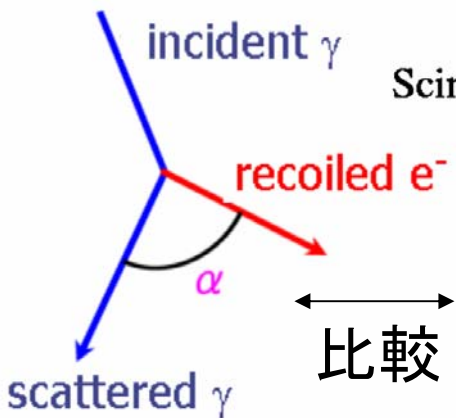
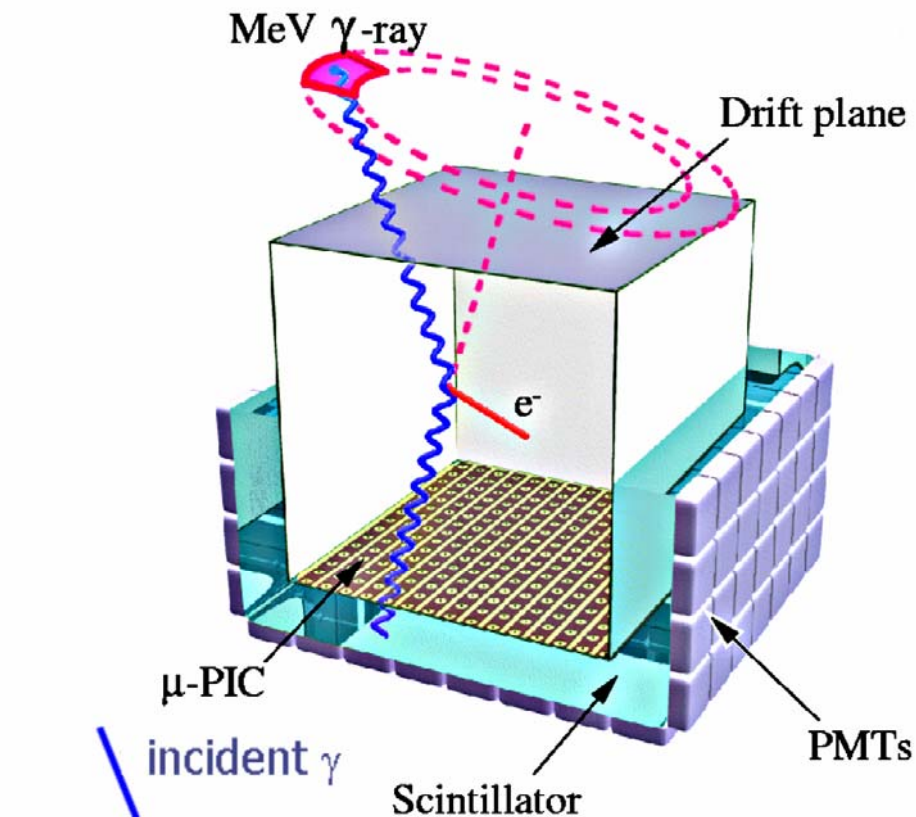
micro-TPCを用いたガンマ線 イメージング検出器の開発(8)

京大理 服部 香里

谷森達・窪秀利・身内賢太郎・土屋兼一・
株木重人・高田淳史・岡田葉子・西村広展・
上野一樹・黒澤俊介

μ -PICを用いたMeV γ 線カメラ

- **コンプトン散乱**によって、 γ 線を検出
- μ -TPC (μ -PICを用いた Time Projection Chamber) 反跳電子のエネルギー、track
- **シンチレーター NaI(Tl)** 散乱 γ 線のエネルギー、位置



エネルギーから求めた α

入射 γ 線
 イベント毎にエネルギー・到来方向
 α によるbackground rejection

大型 μ -PIC (micro pixel chamber) の開発

subMeV ~ MeV 領域での観測を目指す
目標はCOMPTELの10倍の感度

ガンマ線カメラの大型化

→ …… μ -PICを10cm角から30cm角へ

μ -PIC …… 2次元ガス検出器
(電極のピッチ $400 \mu\text{m}$, サイズ $30\text{cm} \times 30\text{cm}$)

試作2作目が今年2月に完成

→ 歩留まりが改善

1作目 bad pixel, dead pixel 1%

2作目 なし

↓ **30cm μ -PIC**

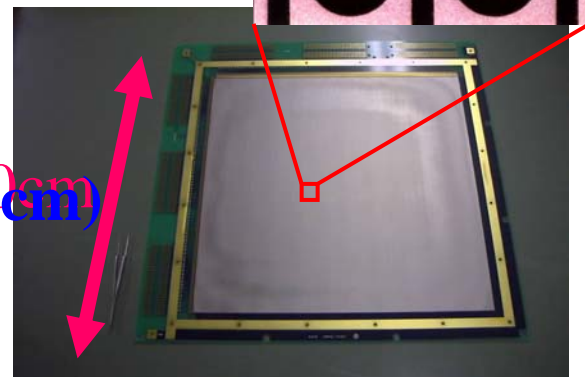
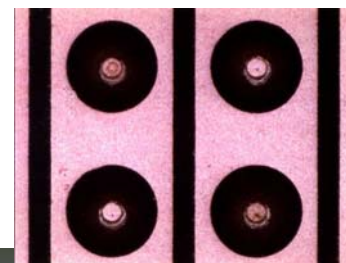
gain max : 7000

安定動作 gain : 3500

gain 一様性 max/min ~ 2.2

1作目の値
2作目は測定中

$400 \mu\text{m}$



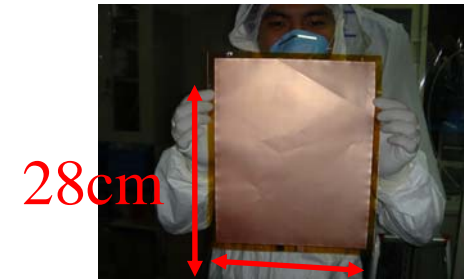
30cm μ -PIC



大型 μ -PIC + GEM

μ -PIC単体のガス利得では
反跳電子の詳細な飛跡を得るのに不十分
(gain 2×10^4 以上必要)

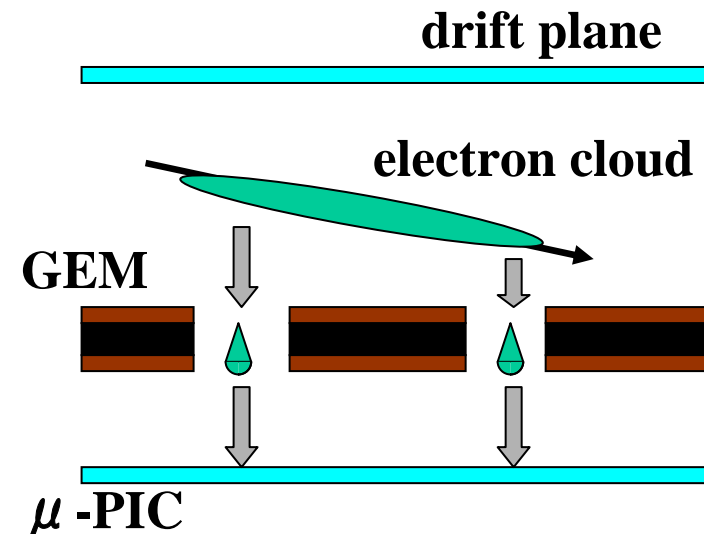
➡ GEM(gas electron multiplier) (Sauli, CERN)
➡ 前置増幅器(低gain ~ 10)



28cm
23cm
30cmGEM

➡ 30cm角 μ -PIC+大判GEM
(28cm \times 23cm) (サイエナジー製)

μ -PIC+GEMのtotal gain
10日間 2.7×10^4 での安定動作



大型TPCの開発(1)

μ -TPC (μ -PICを読み出しに用いたTime Projection Chamber)

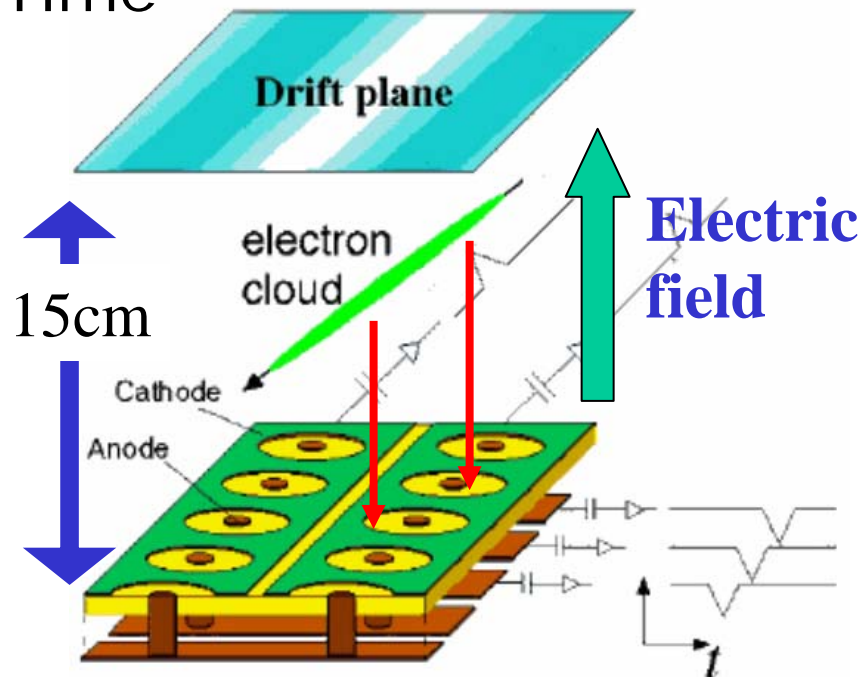
➡荷電粒子

ガス中の電子を電離

➡電場

電子を検出器(μ -PIC)へ移動

drift速度 数cm/ μ s



μ -PICへの到達時間

➡荷電粒子の飛跡

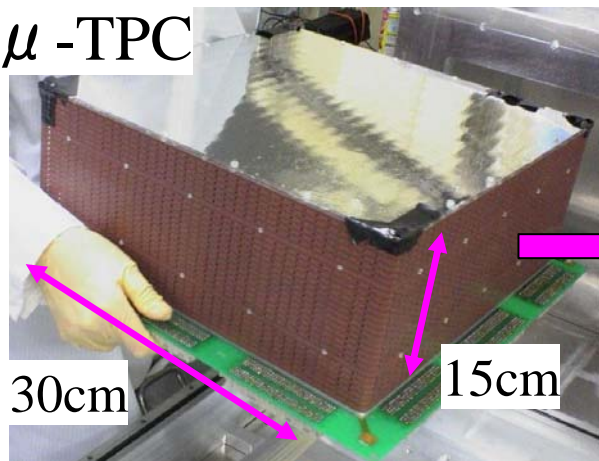
10cm × 10cm × 8cm TPC

➔ 23cm × 28cm × 15cm

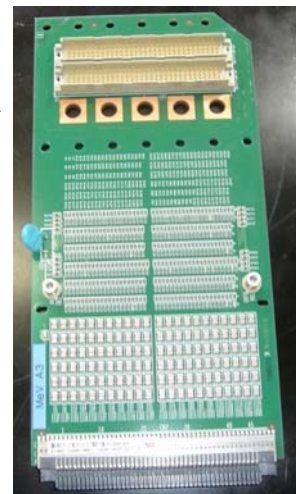
GEMのサイズ

読みだし
基板

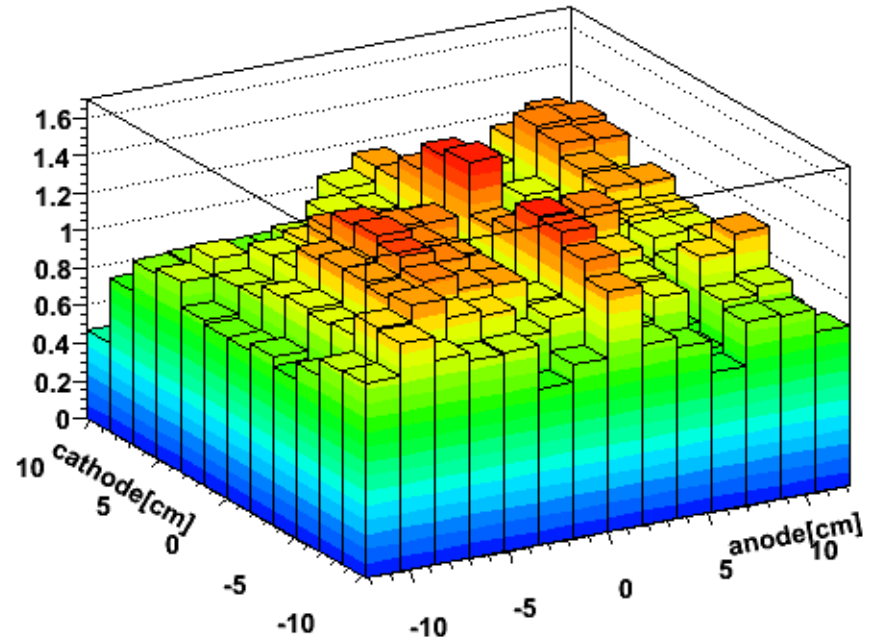
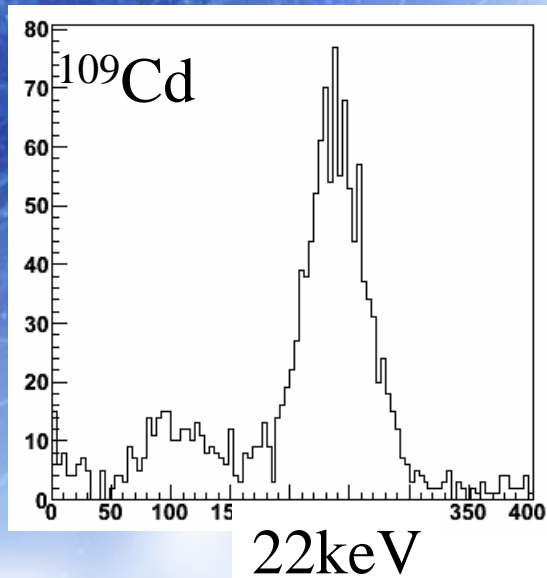
μ -TPC



真空槽に入れ、
ガス(Ar90% C₂H₆10%, 1atm)
を封入
基板で検出器の読みだし



大型TPCの開発(2)



エネルギー分解能(FWHM)
37.8% @22keV
(検出部10cm²使用)

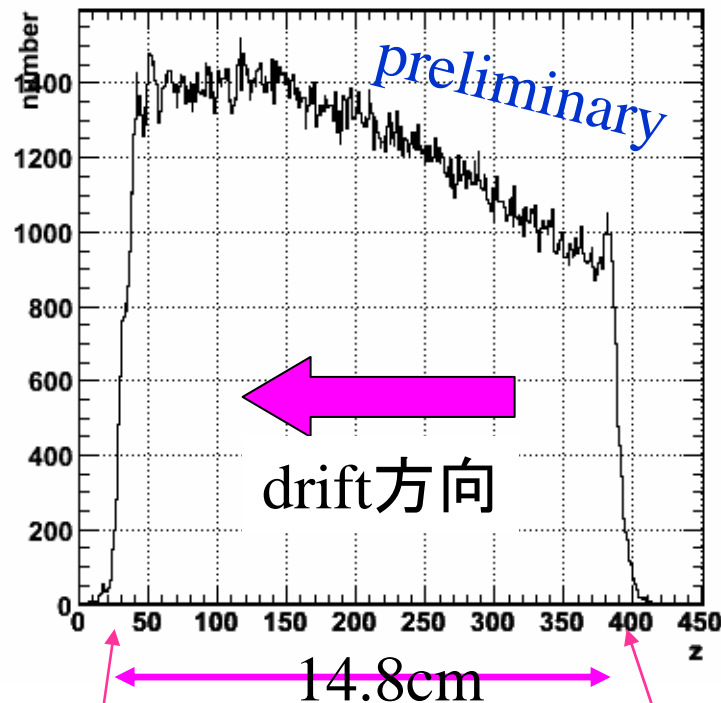
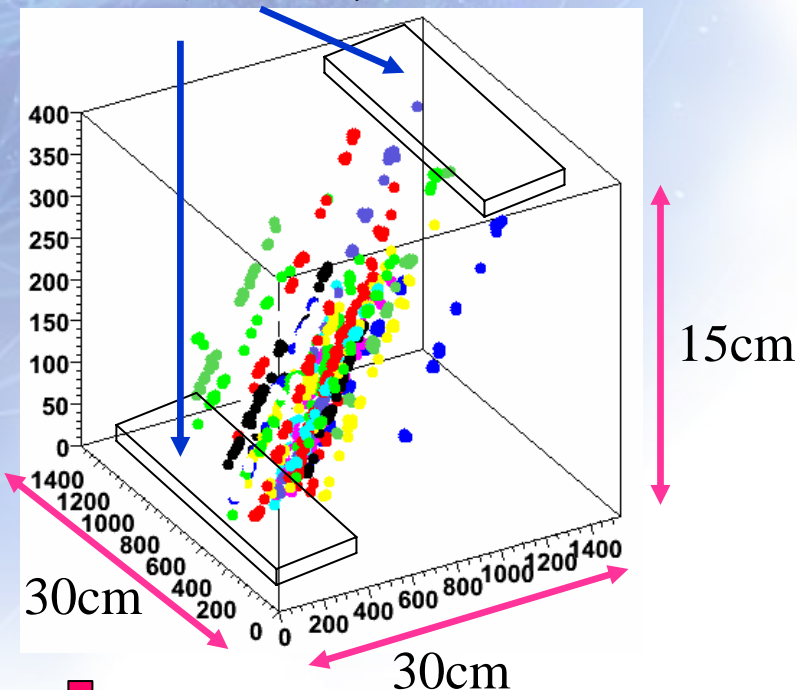
gain map

cosmic muon track

プラスチック

シンチレーターでcoincidence

大型TPCの開発(3)



GEM

drift plane

検出部全体で
muonのtrackが
見えている

位置分解能

$$\sigma(l) = \sigma_{\text{detector}}^2 + \sigma_{\text{diffusion}}^2$$

$$= \sigma_{\text{detector}}^2 + (D\sqrt{l})^2 \quad l:\text{drift length}$$

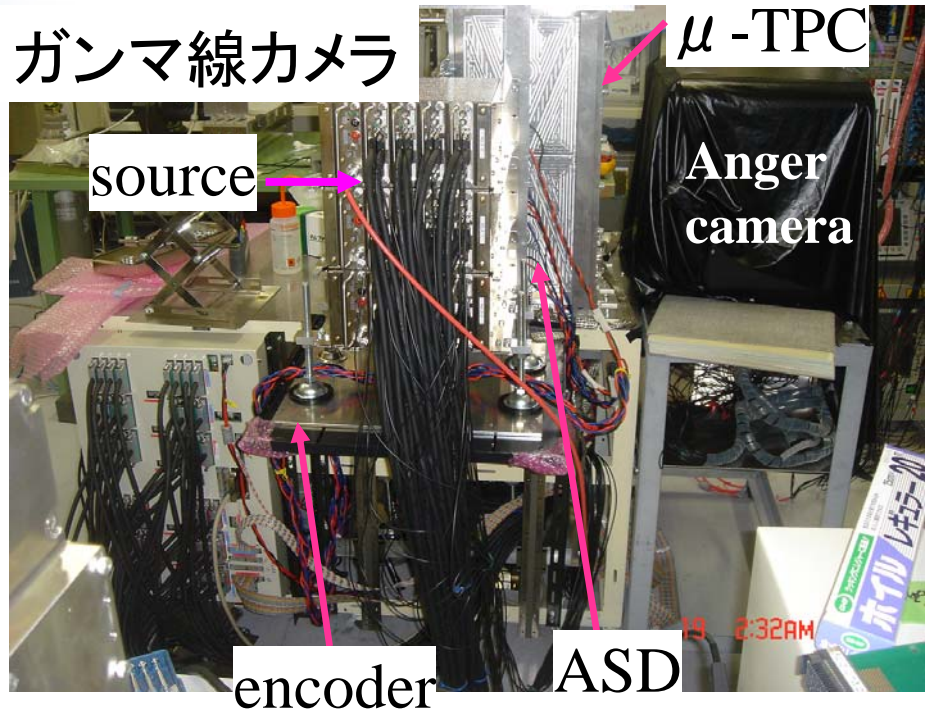
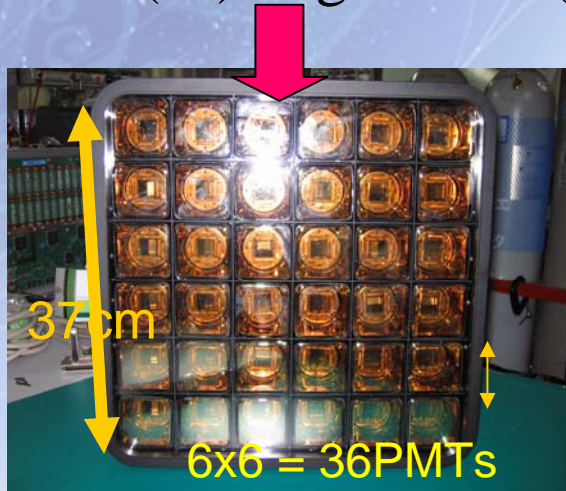
$$\sigma_{\text{detector}} = 0.51 \text{ mm}, \quad D = 0.37 \text{ mm}$$



MeVガンマ線カメラ(1)

散乱ガンマ線をとらえるためのシンチレーター

NaI(Tl) Angerカメラ(1つの結晶を36個のPMTで読み出し)



位置分解能 < 11mm(FWHM)
有効面積 (イメージのゆがみなし)

~30 × 30cm²

エネルギー分解能 7.4%(FWHM)

@662keV, 11.2%(FWHM) @80keV

Dynamic Range 80keV-1.5 MeV

(2005年3月折戸講演)

2006年日本物理学会秋季大会

MeVガンマ線カメラ(2)

23cm × 28cm大判GEM

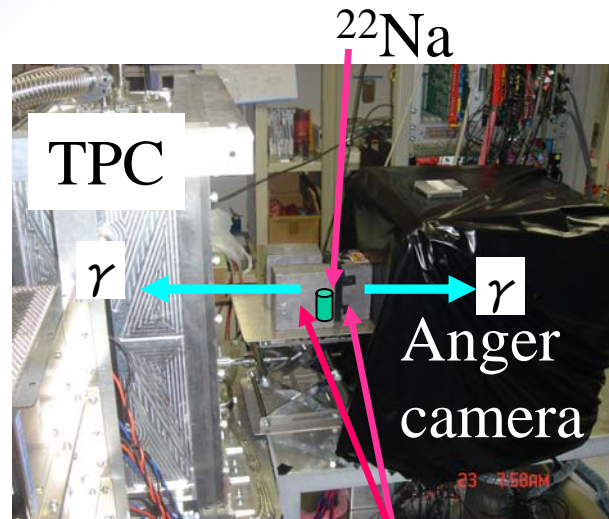
1, 2週間安定動作のち放電→導通

→ 数ヶ月安定動作する10cm角GEMに代替
システムが完成次第、大判GEMに置き換える予定

以後10cm角GEM+30cm角 μ -PIC

DAQのチェックとして

^{22}Na $e^+e^- \rightarrow 2\gamma$ (511keV, back to back) をとらえる

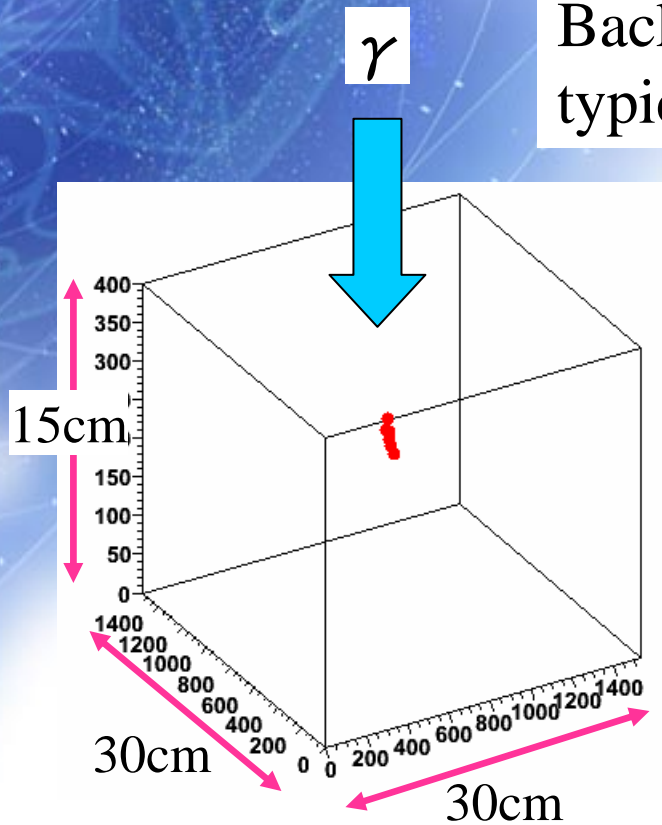


コリメータ

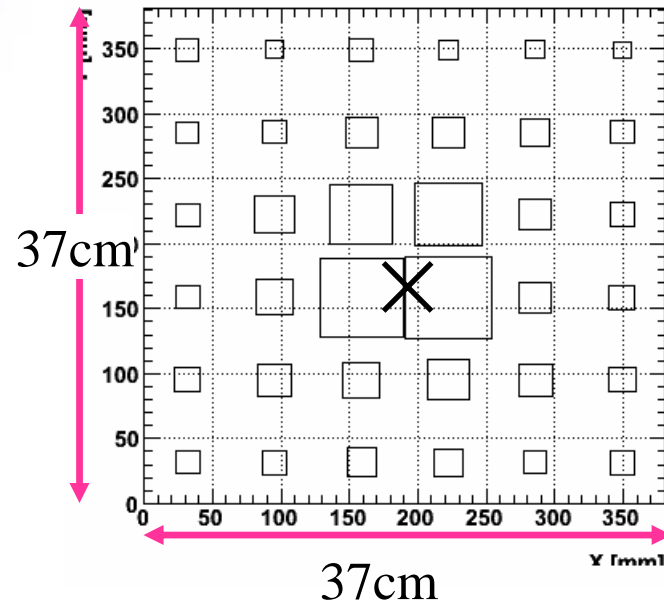
2006年日本物理学会秋季大会

MeVガンマ線カメラ(3)

Back to back
typical event

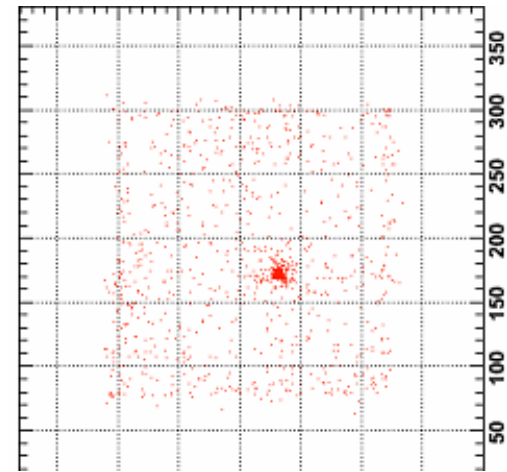
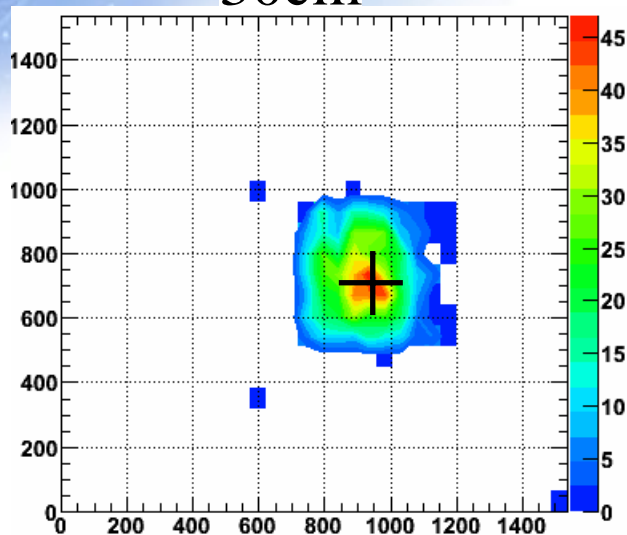
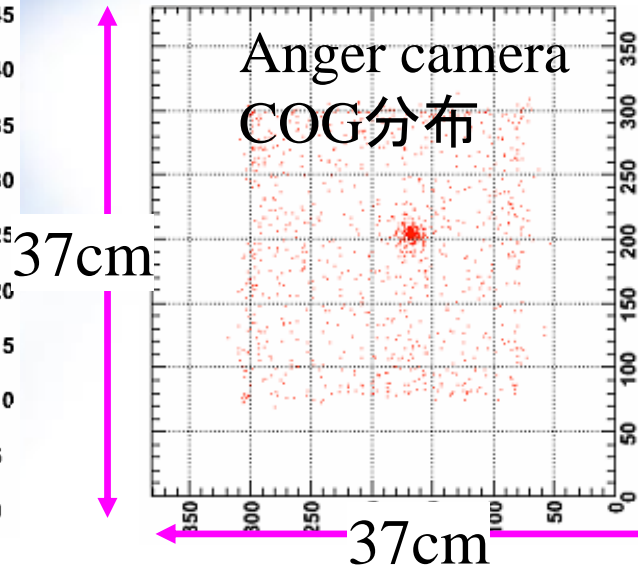
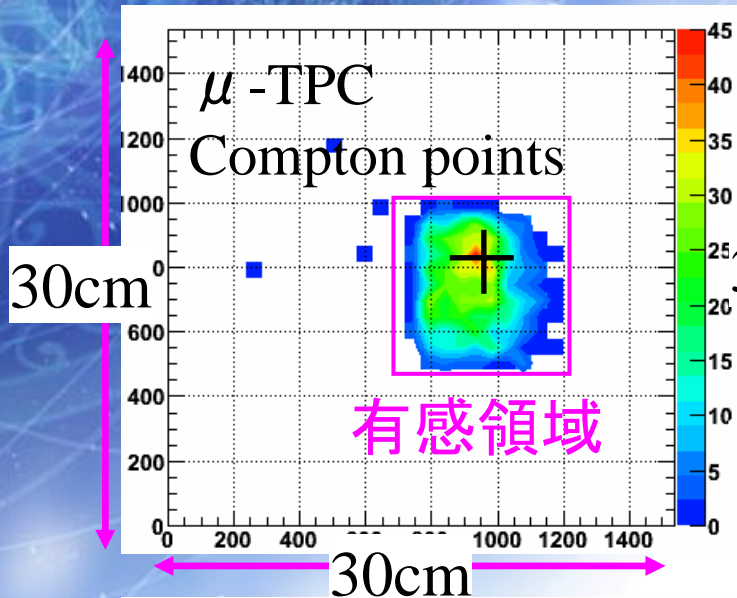


反跳電子のtrack



Anger cameraの
光量分布

MeVガンマ線カメラ(4)



^{22}Na 線源
を下に3cm
移動

back to backのイメージが取れた
DAQは正常に動作している
今後はAnger cameraと μ -TPCを組み合わせて
ガンマ線カメラとして動作させる予定

Conclusions

- 30cm × 30cm × 15cm μ -TPCの性能評価

位置分解能 $\sigma(l) = \sigma_{\text{detector}}^2 + (D\sqrt{l})^2$ (l :drift length)

$$\sigma_{\text{detector}} = 0.51 \text{ mm}, \quad D = 0.37 \text{ mm}$$

エネルギー分解能 FWHM 35.5% @22keV

- $e^+e^- \rightarrow 2\gamma$ (511keV, back to back)を μ -TPCとAnger cameraでとらえることができた

Future Works

- 今後は μ -TPCとAnger CameraでCompton散乱をとらえる予定
- 大判GEMの改良(貼り方、100 μ m厚のGEM)
- 30cm × 30cm × 30cm μ -TPCと組み合わせたガンマ線カメラを製作