

micro-TPCを用いたガンマ線 イメージング検出器の開発(9)

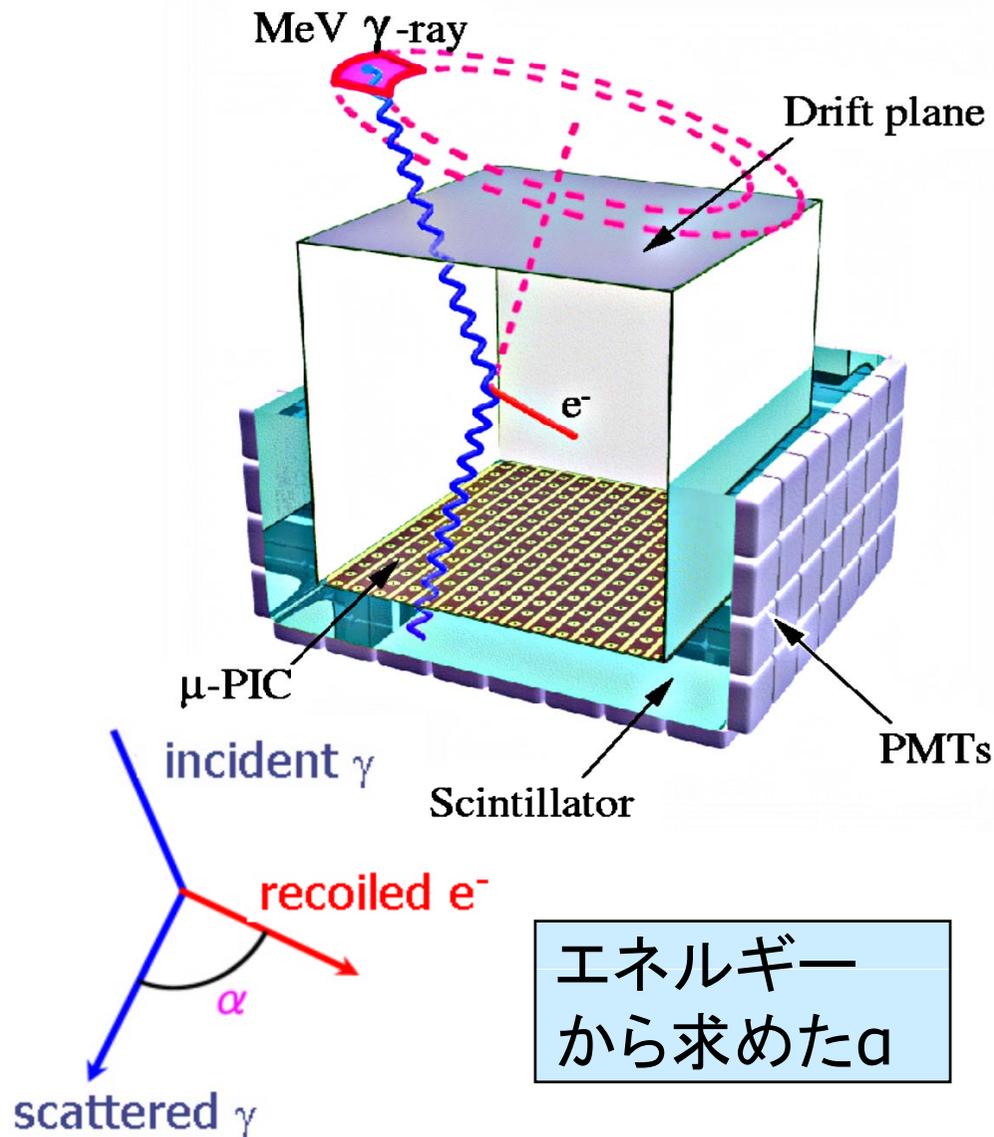
京大理 宇宙線

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 散乱 γ 線のエネルギー、位置

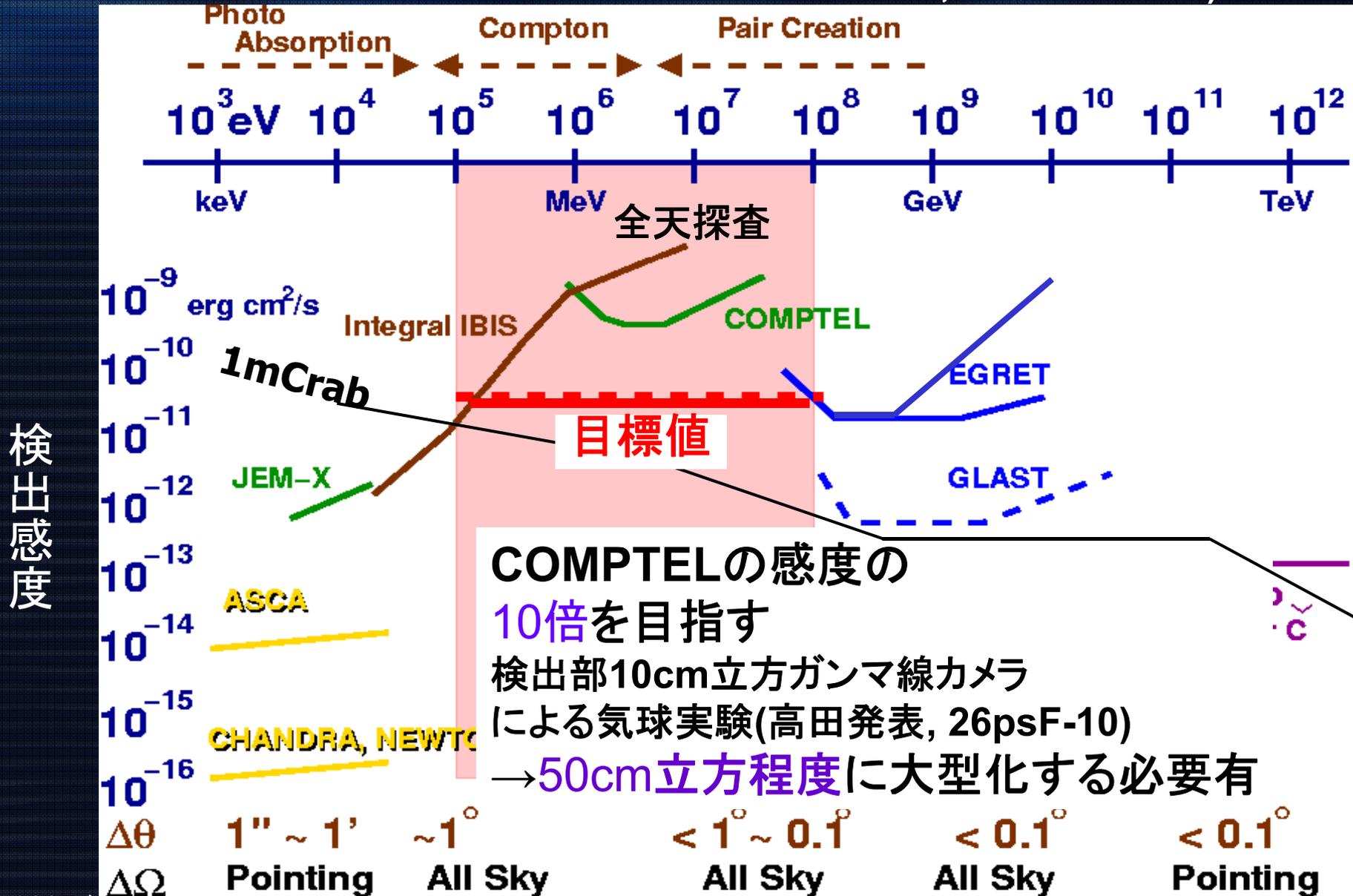


入射 γ 線
イベント毎 エネルギー・到来方向
 α によるbackground rejection

これまでの観測

MeV領域の観測

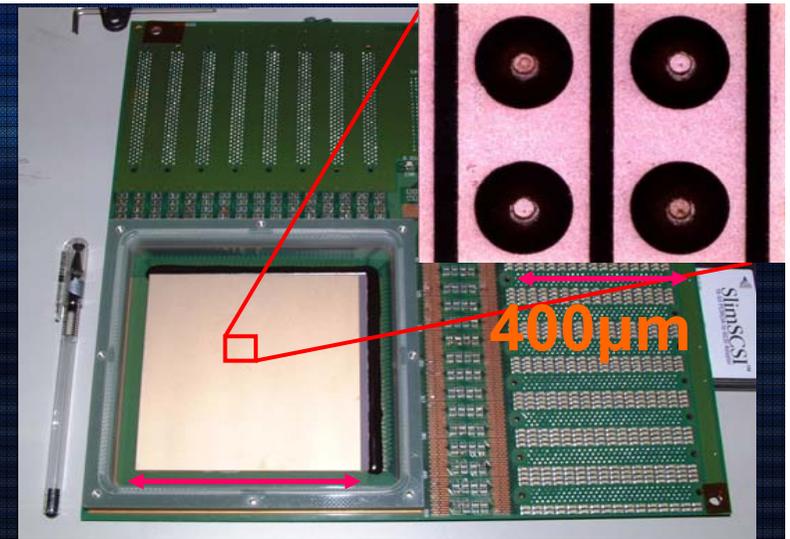
- COMPTTEL (CGRO)
- IBIS, SPI (INTEGRAL)



μ -PIC (Micro Pixel Chamber)

2次元イメージングガス検出器
electrode pitch 400 μ m

検出部10 cm \times 10 cm μ -PICを
読み出しに用いたCompton cameraのprototype

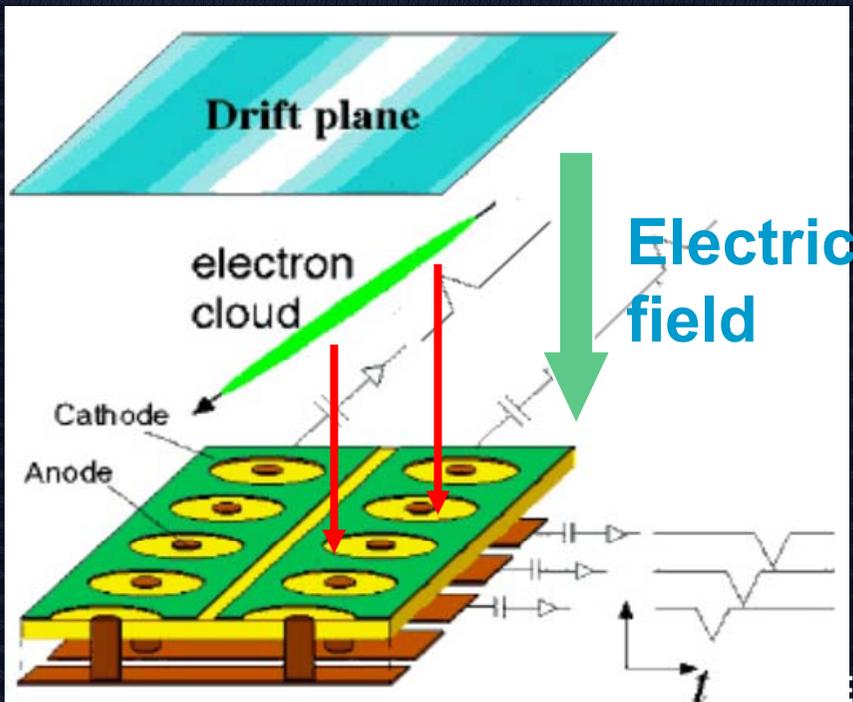


10cm

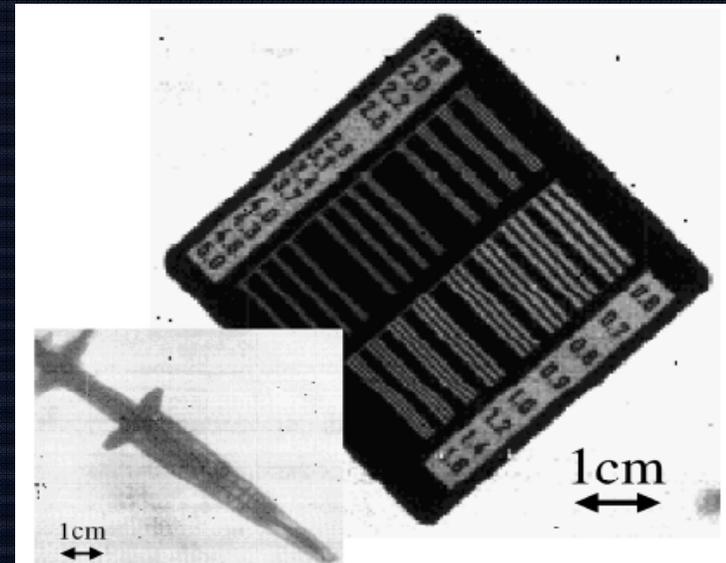
Max gas gain \sim 15000

長時間安定動作
@gas gain \sim 6000

位置分解能 \sim 120 μ m



理学会2007年春季大会



大型 μ -PIC (micro pixel chamber) の開発

ガンマ線カメラの大型化

..... μ -PICを10cm角から30cm角へ

➡ 30cm μ -PIC

gain max : 7000

安定動作gain : 3500

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)

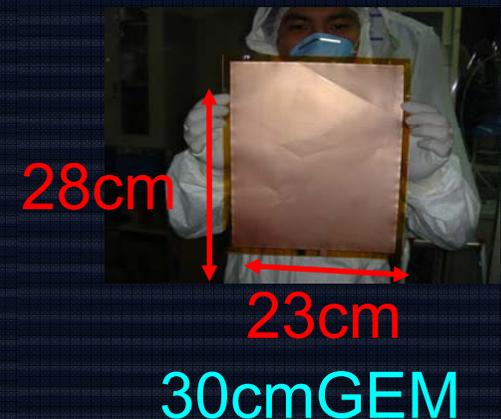
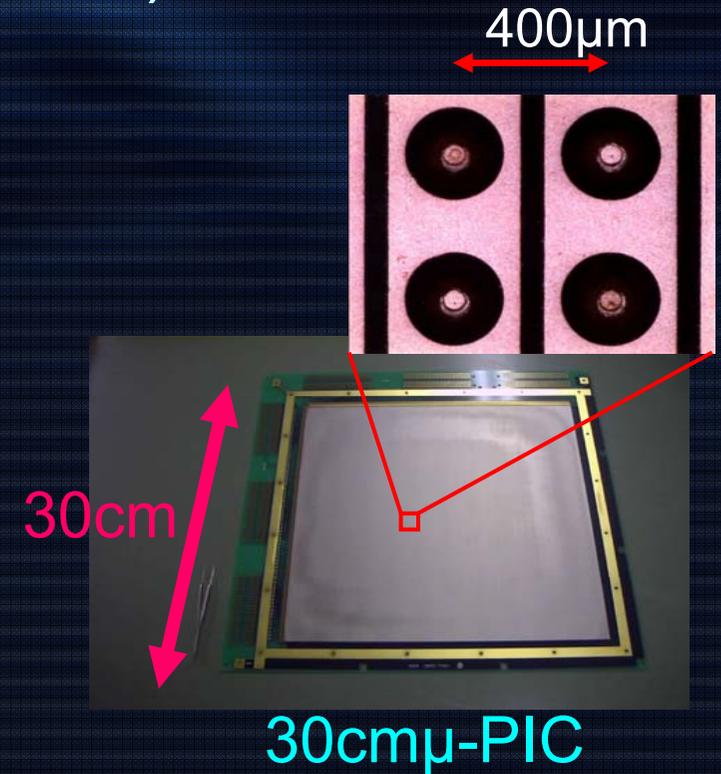
➡ GEM (gas electron multiplier)

➡ 前置増幅器 (低gain ~ 10)

➡ 30cm角 μ -PIC + 大判GEM (28cm \times 23cm)

μ -PIC + GEMのtotal gain

10日間 2.7×10^4 での安定動作を達成



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

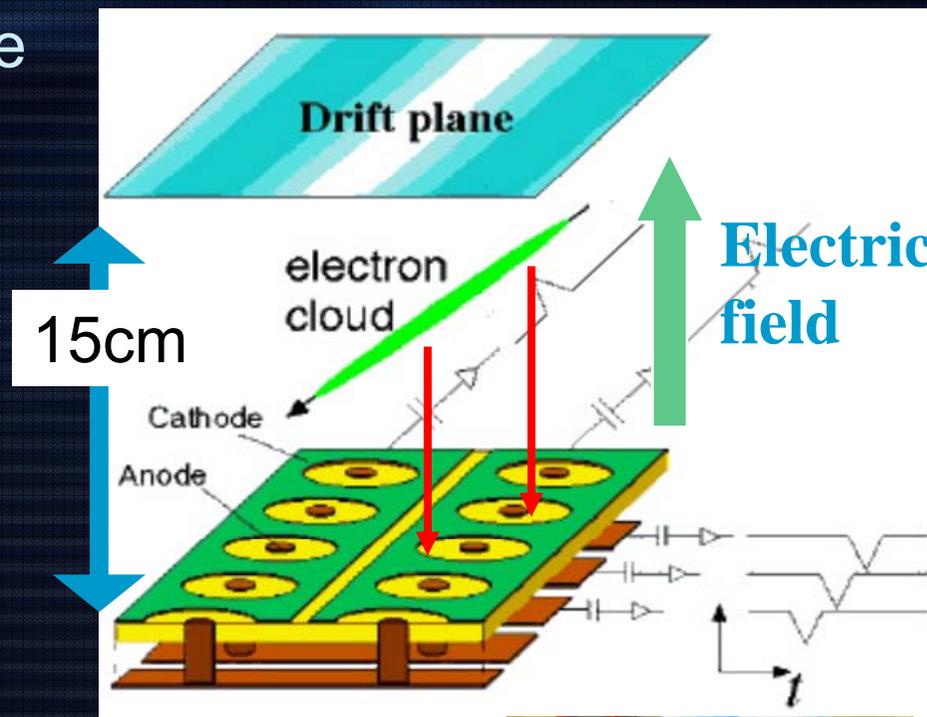


μ -PICへの到達時間
荷電粒子の飛跡

TPCのサイズ
23cm × 28cm × 15cm

GEMのサイズ

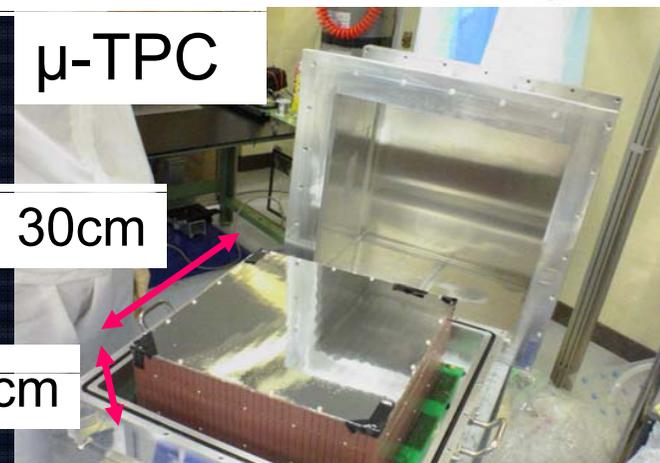
➡ 真空容器に封入、Ar 90%, C₂H₆ 10%, 1atm



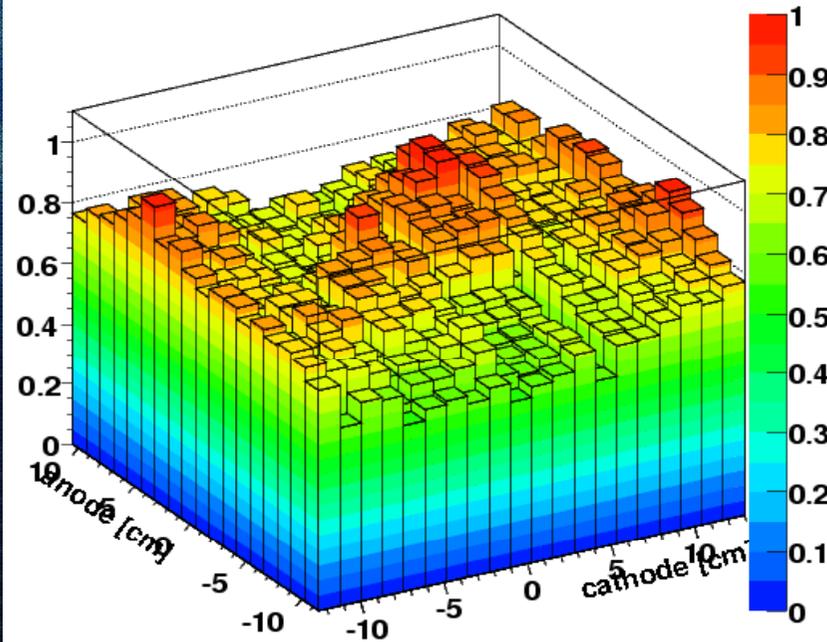
μ -TPC

30cm

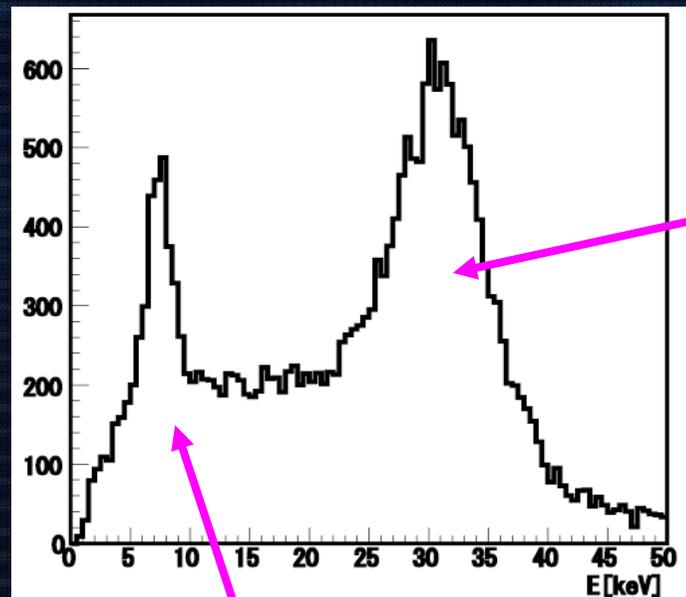
15cm



Performance of the micro-TPC(1)



Gain uniformity rms **13.9 %**
 10cm × 10cm μ -PIC **5%**



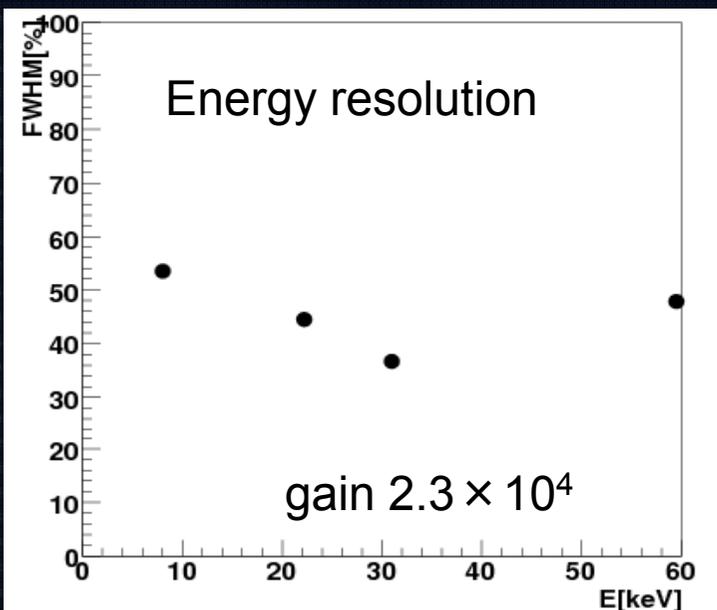
direct X-ray
 (31 keV)

^{133}Ba を検出部
 全体に照射

gain 2.3×10^4

Cuの特性X線 8.0 keV

^{133}Ba のX線によりGEMと μ -PIC から発生

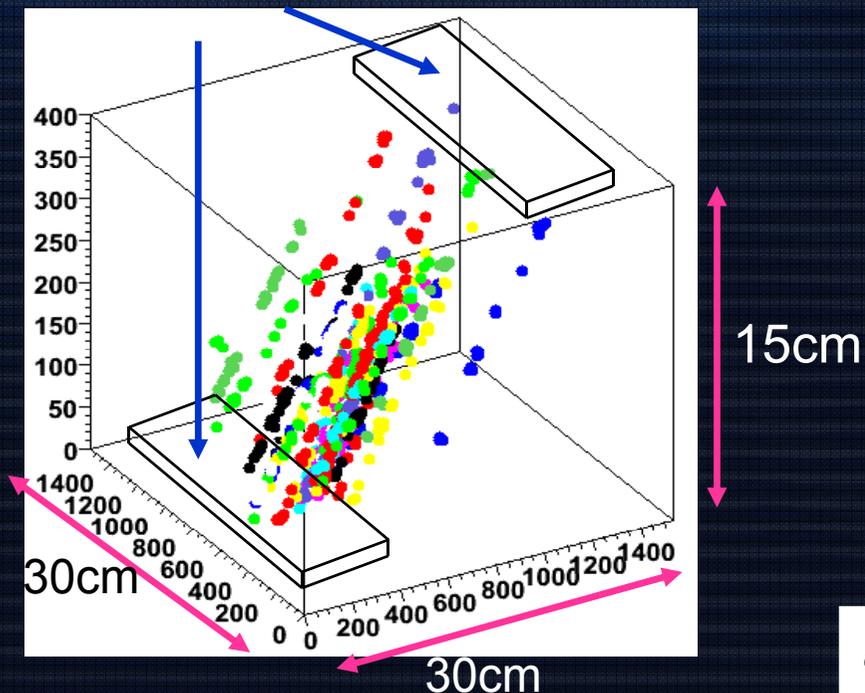


エネルギー分解能は59.5 keVで悪くなっている
 おそらくASDのsaturation

Performance of the micro-TPC(2)

宇宙線muon

2個のplastic scintillatorsでcoincidence



位置分解能



直線フィットと実際のヒット点の間の距離

$$\begin{aligned} \sigma(l) &= \sigma_{\text{detector}}^2 + \sigma_{\text{diffusion}}^2 \\ &= \sigma_{\text{detector}}^2 + (D\sqrt{l})^2 \end{aligned}$$

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

Total gas gain of 5×10^4

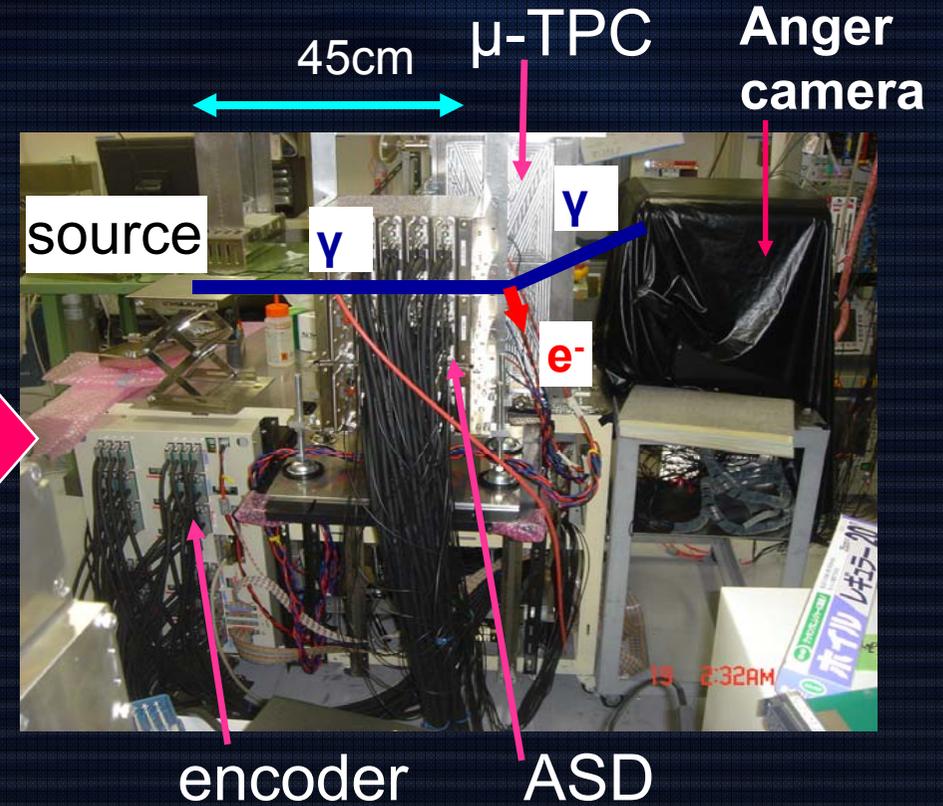
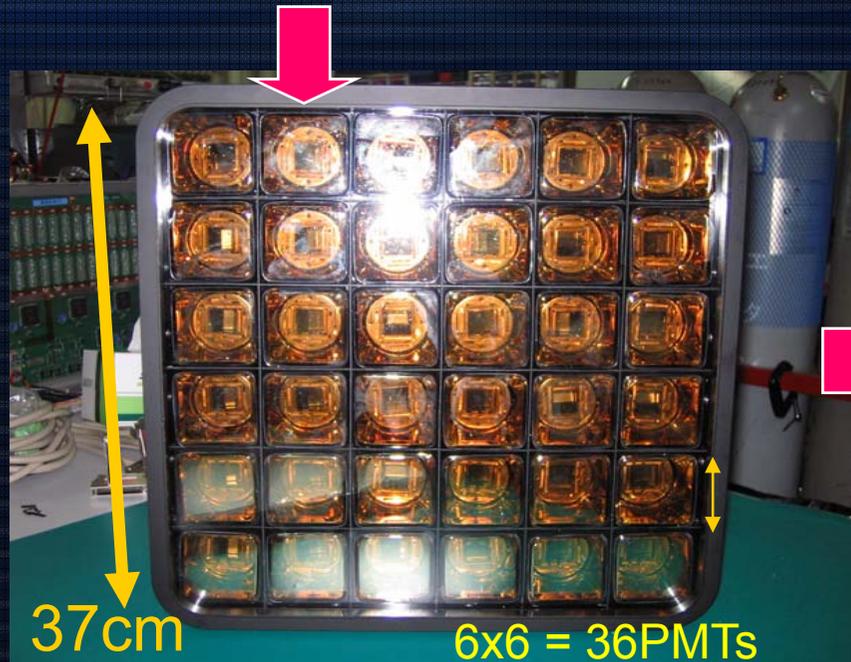


Compton Camera

散乱ガンマ線検出用の

Anger camera scintillation detector

A large NaI(Tl) crystal and 6 × 6 PMTs

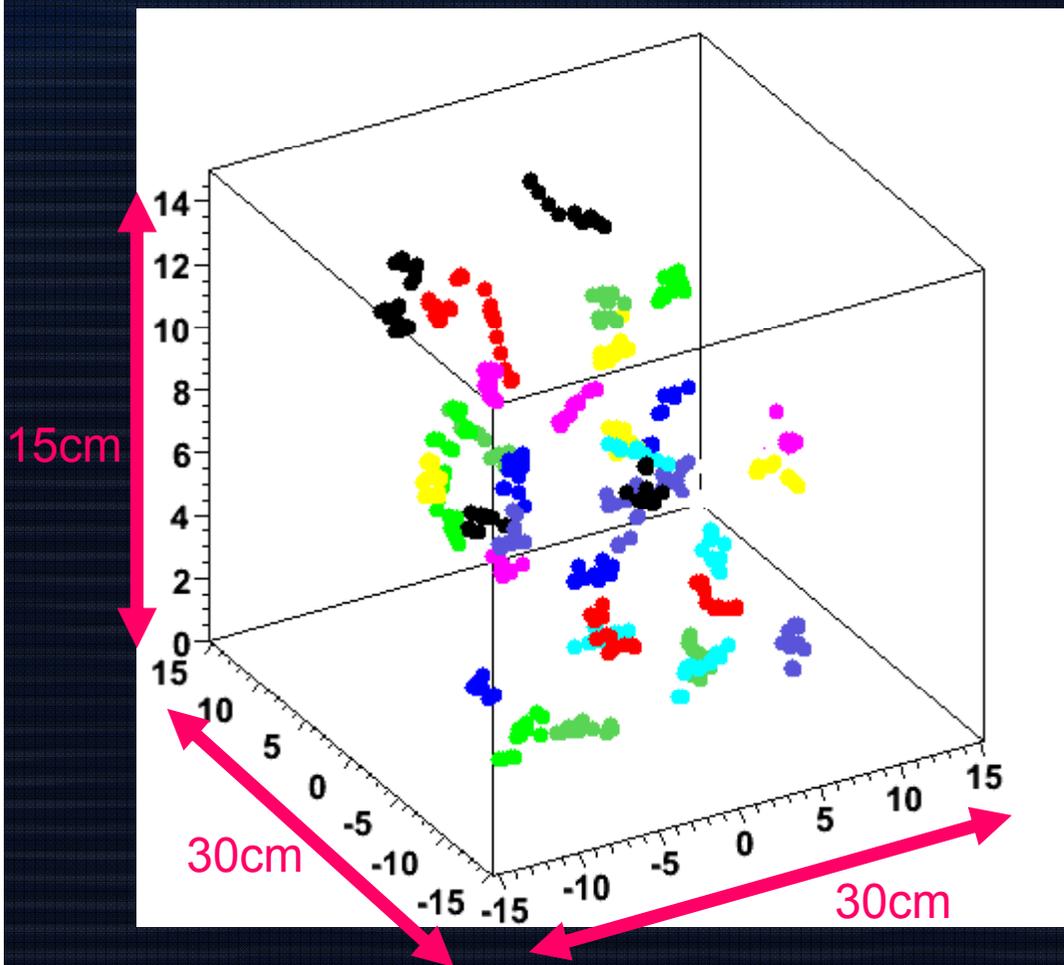


- Position resolution < 11mm(FWHM)
- Effective Area (No image distortion) ~30x30cm²
- Energy Resolution 7.4%(FWHM)@662keV, 11.2%(FWHM)@80keV
- Dynamic range 80keV-1.5 MeV

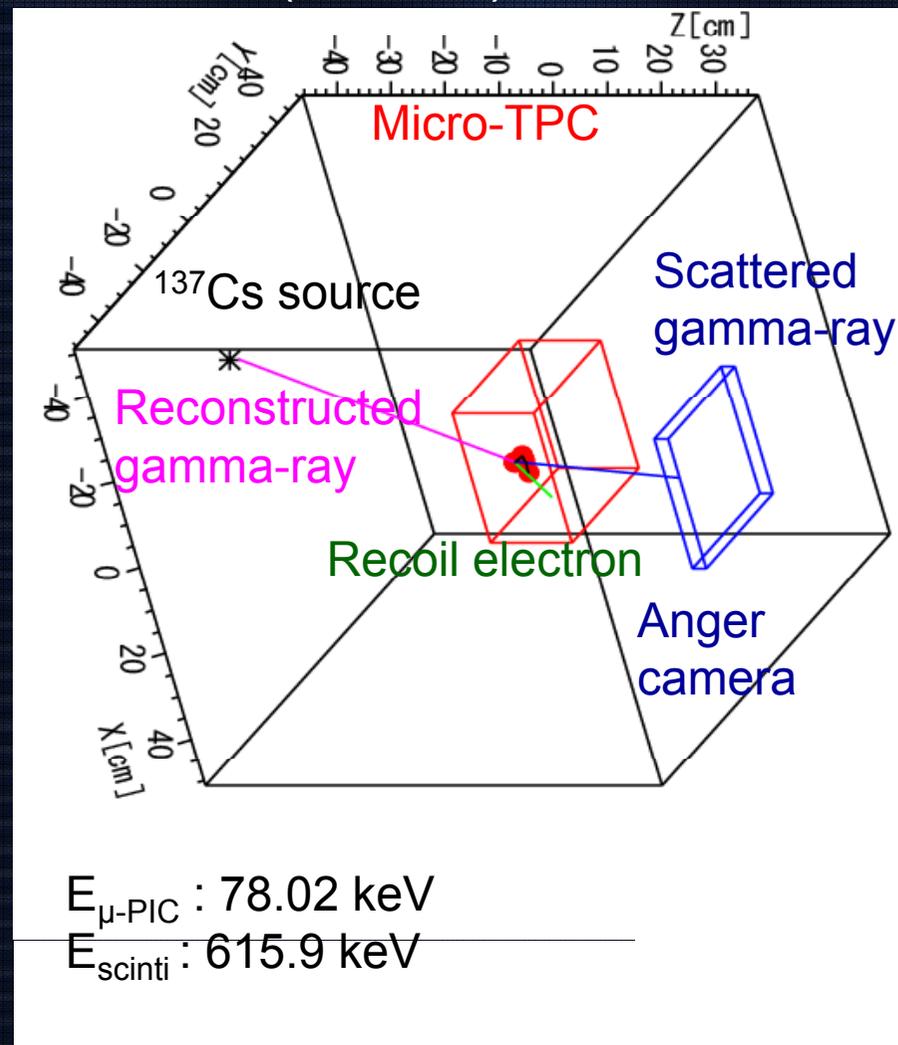
Performance of Compton Camera(1)

based on 23 cm × 28 cm × 15cm micro-TPC

典型的なrecoil electron tracks
Irradiating ^{137}Cs (662 keV)



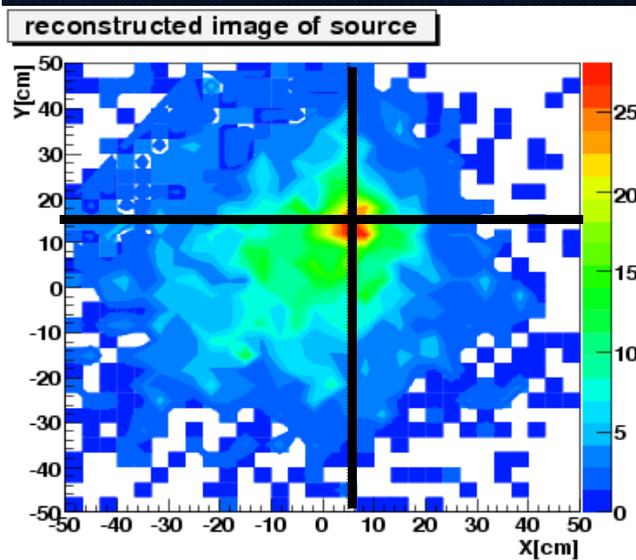
典型的なCompton event
 ^{137}Cs (662 keV)



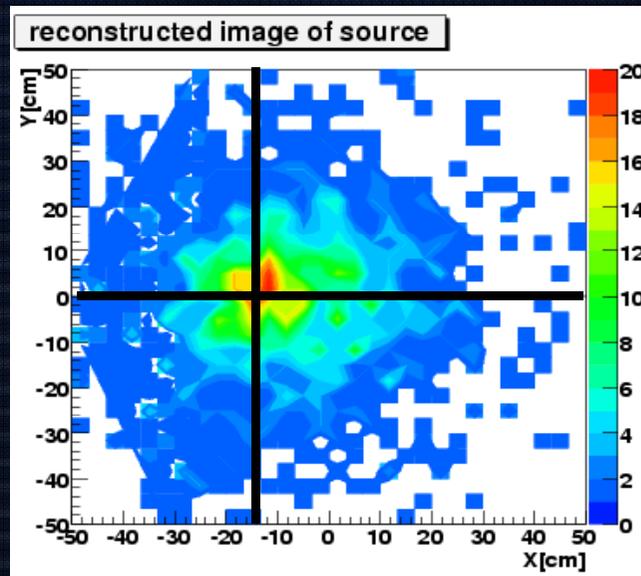
Performance of Compton Camera(2)

^{137}Cs 662 keV 再構成された入射ガンマ線エネルギー 610 keV ~ 760 keV を使用

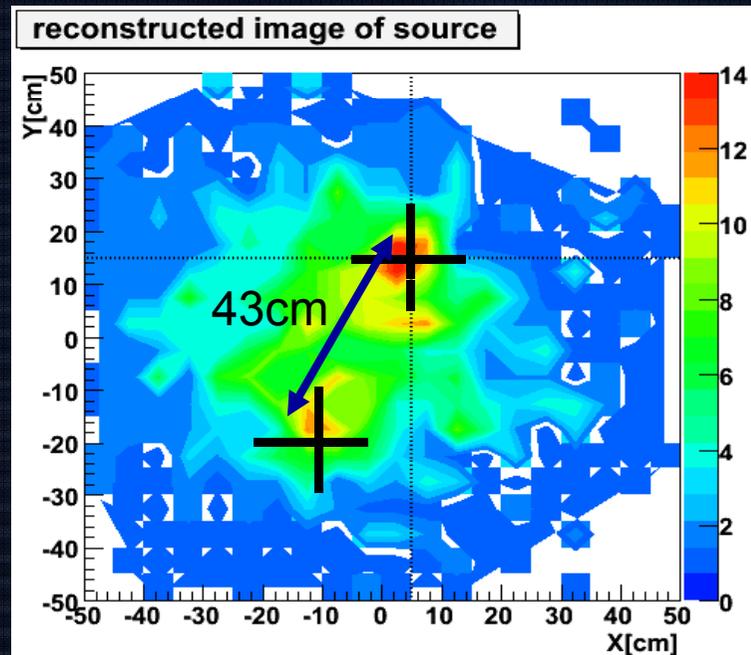
^{137}Cs (1 MBq)



^{137}Cs (1 MBq)



^{137}Cs (1 MBq) $\times 2$



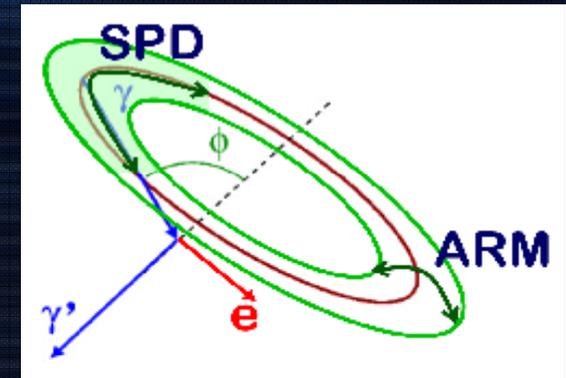
point sourceをmicro-TPCから~45 cm離して照射

Performance of Compton Camera(3)

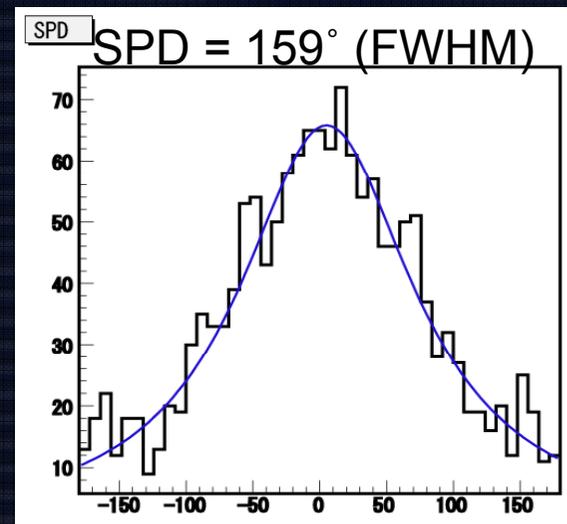
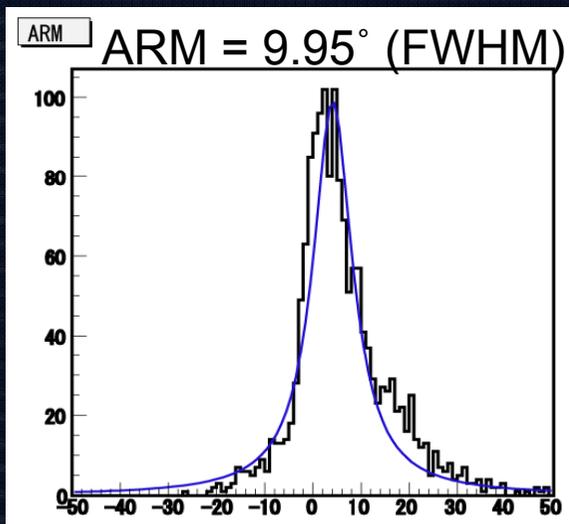
入射ガンマ線の角度分解能はイベント毎に決定できる

✓ ARM (Angular Resolution Measure)
散乱ガンマ線と反跳電子の為す角の決定精度

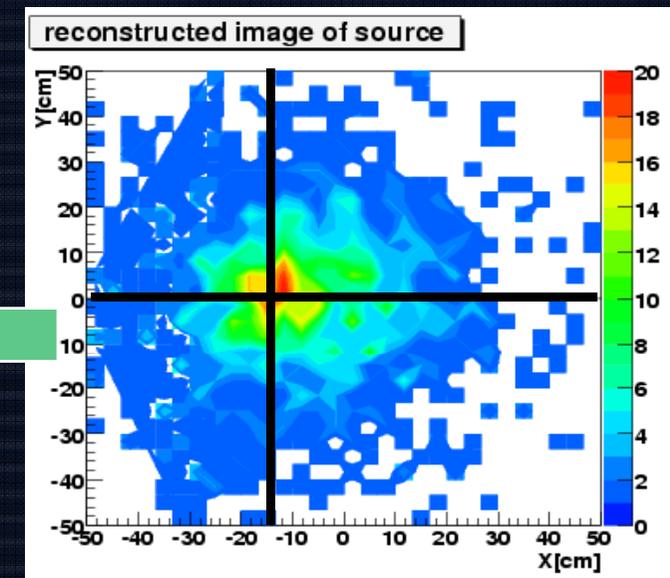
✓ SPD (Scatter Plane Deviation)
散乱ガンマ線と反跳電子の作る面の決定精度



^{137}Cs (662 keV)



Lorentzianでfit



Summary & Future Works

- ✓ **23cm × 28cm GEMと30cm × 30cm μ -PICを読み出しに用いたmicro-TPC**
effective volume 23cm × 28cm × 15cm
Gain一様性 rms 13.9 %
エネルギー分解能 FWHM 37.5% (31.0 keV)
- ✓ **Large Compton camera**
recoil electron trackの検出に成功
point source イメージング
using ^{137}Cs (662 keV)
ARM 9.96° (FWHM)
SPD 159° (FWHM)
- ✓ **Future Works**
さまざまなエネルギーのガンマ線でのイメージング (350 keV ~ a few MeV)
散乱ガンマ線の位置分解能向上...
Anger camera (< 11mm FWHM) → Pixel scintillator (黒澤発表, 26psF-11)

Backup Transparencies

2007/3/26

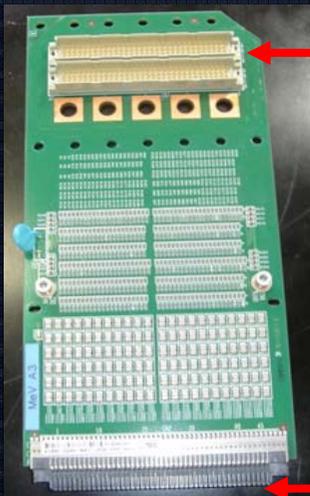
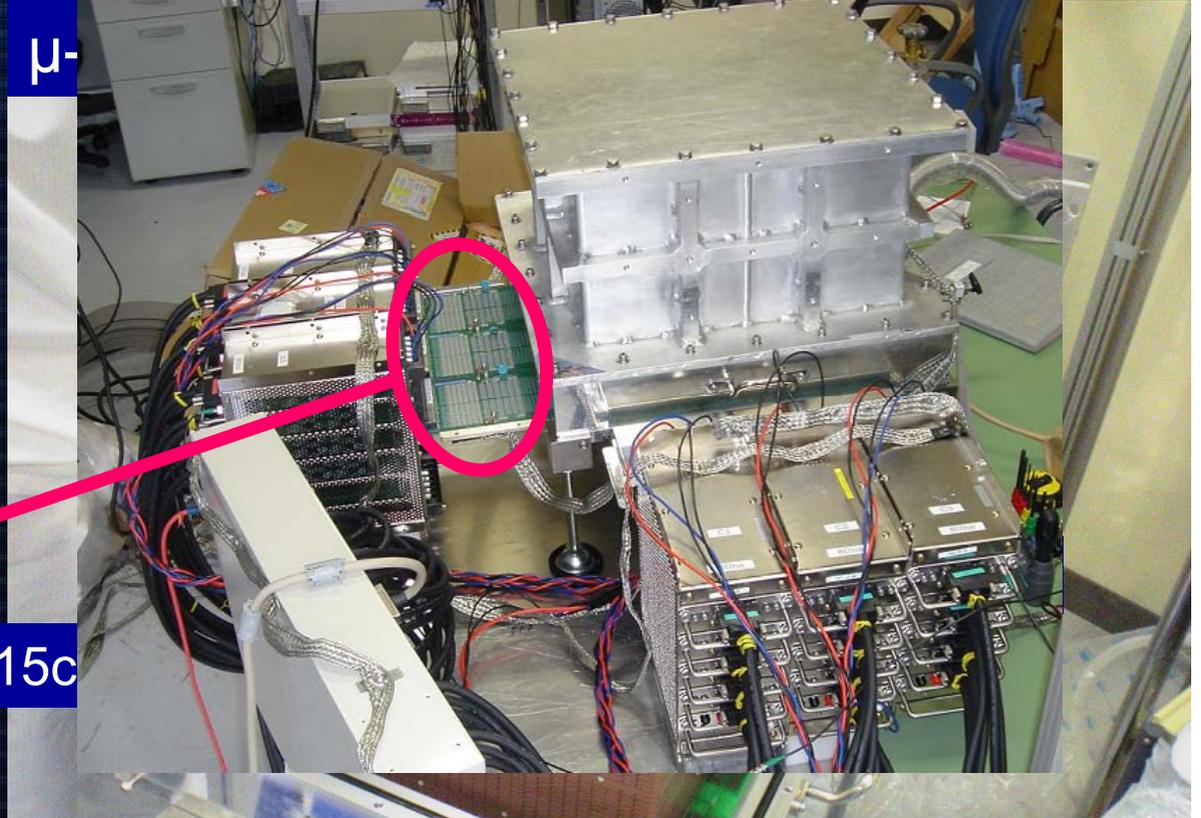
日本物理学会2007年春季大会



Micro-TPC was kept in the sealed vessel

The micro-TPC was set in a aluminum vessel filled with $\text{Ar-C}_2\text{H}_6(90:10)$ gas to a pressure of 1 atm sealed for the duration of the measurements.

Anode:768ch + cathode:768ch
→Signals from the μ -PIC are sent via the printed boards



from μ -PIC

256ch per board

to pre-amplifiers

15c

