



# *micro-TPC*を用いた *MeV*ガンマ線検出器の開発XII

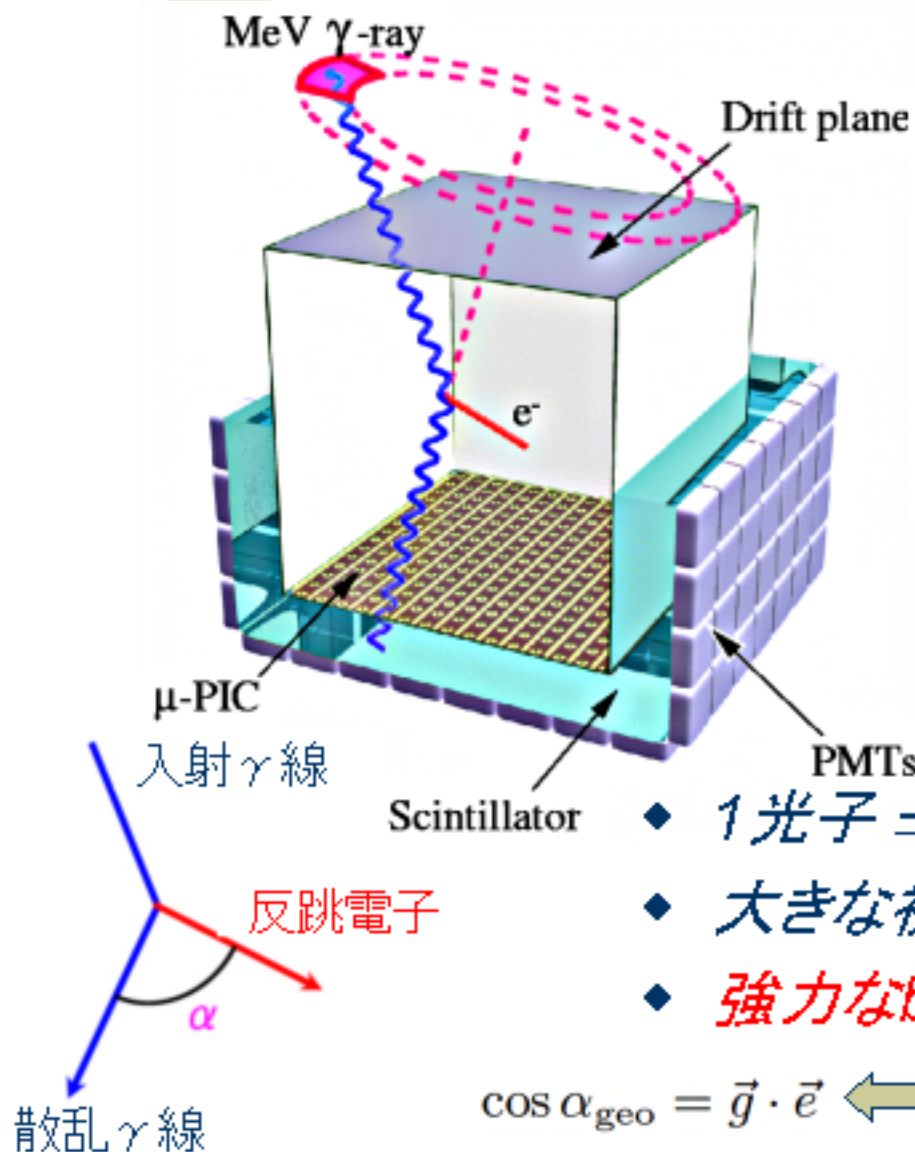
京都大学 高田淳史

谷森達, 窪秀利, 身内賢太郎, 土屋兼一,  
株木重人, 岡田葉子, 西村広展,  
服部香里, 上野一樹

- ◆ MeV- $\gamma$ カメラ
- ◆ Xe-based TPC
- ◆ 回路系の改良
- ◆ まとめ



# Advanced Compton Imaging



- micro-TPC ( $\mu$ -PIC)  
反跳電子の飛跡とenergy
- Scintillator  
散乱  $\gamma$  線の吸収点の位置  
とenergy



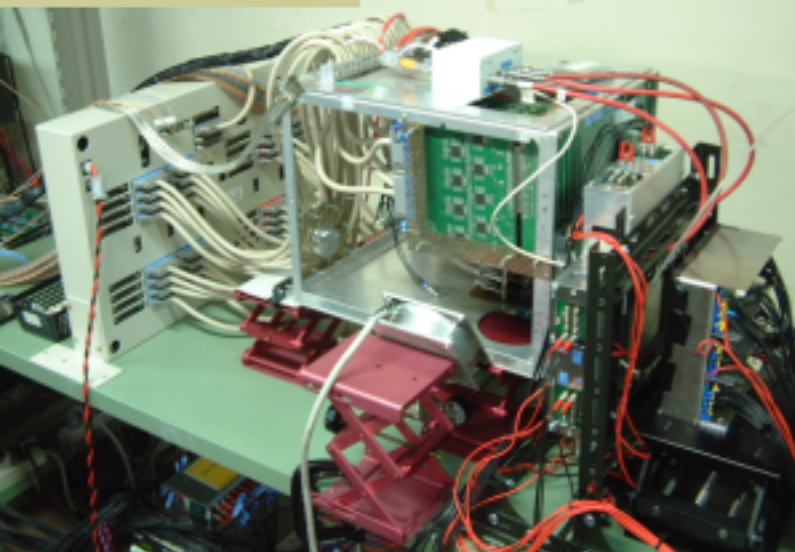
光子毎にCompton散乱を再現

- ◆ 1光子  $\Rightarrow$  到来方向 + energy
- ◆ 大きな視野 ( $\sim 3\text{str}$ )
- ◆ 強力なbackground除去能力

$$\cos \alpha_{\text{geo}} = \vec{g} \cdot \vec{e} \iff \cos \alpha_{\text{kin}} = \left(1 - \frac{m_e c^2}{E_\gamma}\right) \sqrt{\frac{K_e}{K_e + 2m_e c^2}}$$

# 気球実験計画

これまでのsetup



検出器を気球に搭載し  
diffuse gammaを測定する実験を計画中

- ▶ これまでのsetup
  - ▶ 地上実験を前提
  - ▶ 大掛かりなシステム

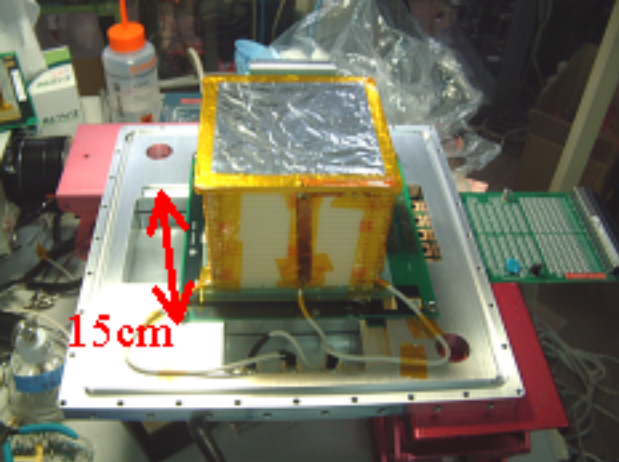
NIMビン×3, VMEビン, HV controller  
in 19 inch rack



- ▶ 気球実験に向けた改良
  - ▶ 性能を落とさず、コンパクト化
    - ⇒ 読み出し回路・HVの開発
  - ▶ 検出効率の向上
    - ⇒ Xe-base TPC

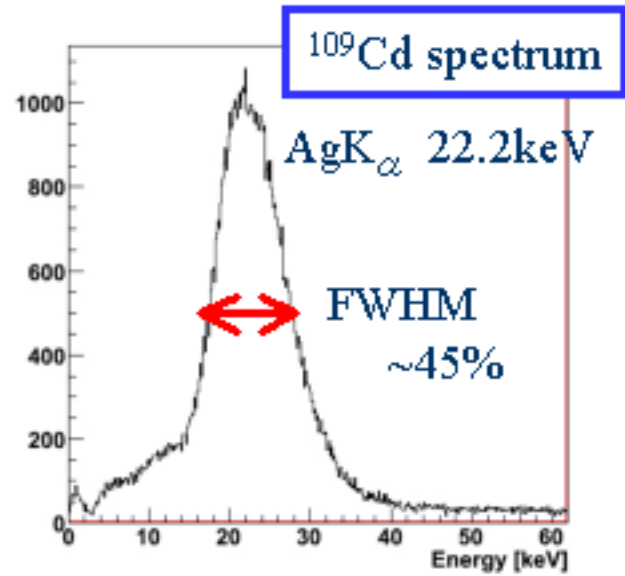
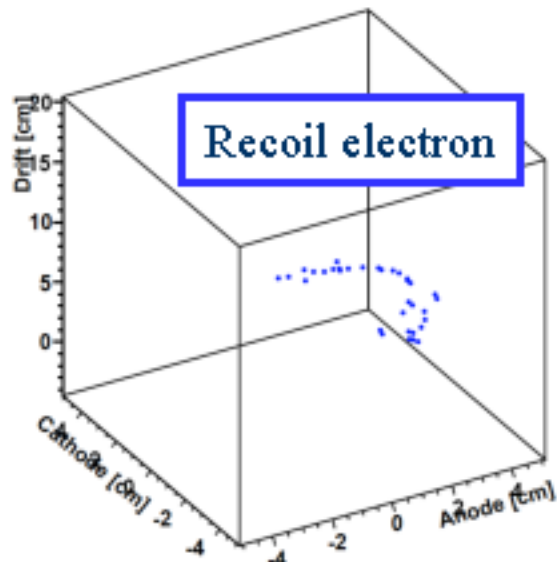
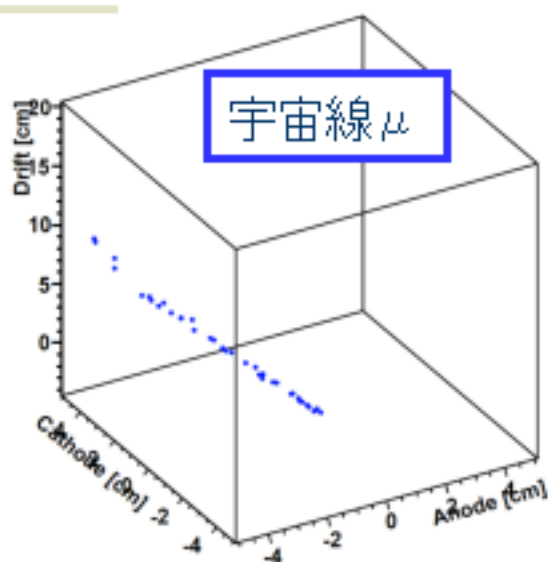


HV controller



# Xe-based TPC

- Gas : Xe 80% + Ar 18% + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 2%
- Gain : ~30000 (μPIC 3000 × GEM 10)
- Drift速度 (V<sub>d</sub>=400V/cm) : 実測 2.5cm/μsec      simulation 2.48cm/μsec
- Volume : 10 × 10 × 15 cm<sup>3</sup>
- Sealed gas package



# Ar-TPC vs. Xe-TPC

## ◆ Ar 90% + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 10% (従来)

$$\rho = 1.73 \text{ mg/cm}^3$$

$$dE/dX = 2.76 \text{ keV/cm (MIP)}$$

$$\text{Avr. } Z = 18.52$$

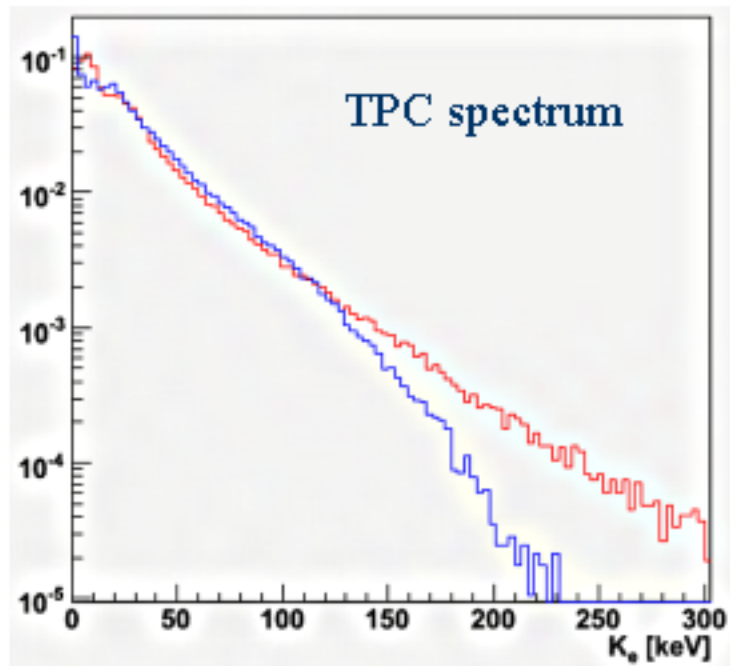
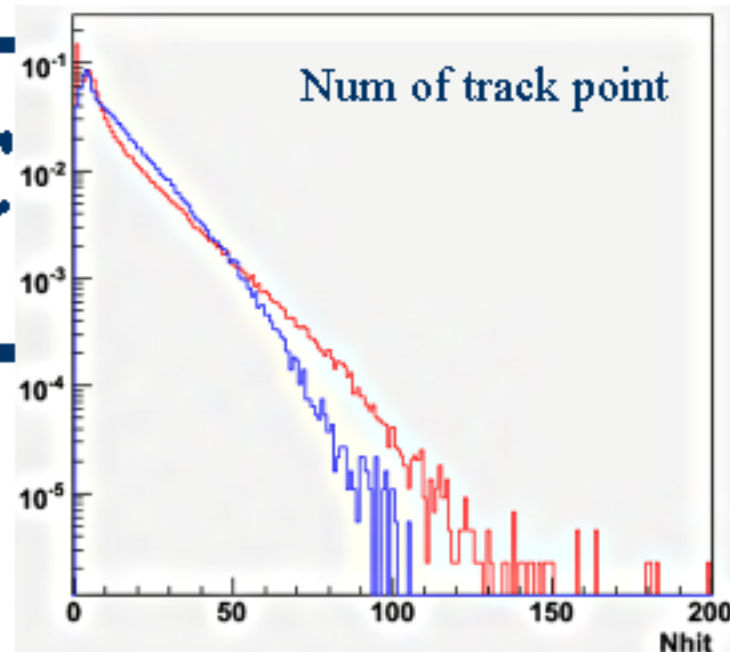
## ◆ Xe 80% + Ar 18% + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 2%

$$\rho = 3.97 \text{ mg/cm}^3$$

$$dE/dX = 5.27 \text{ keV/cm (MIP)}$$

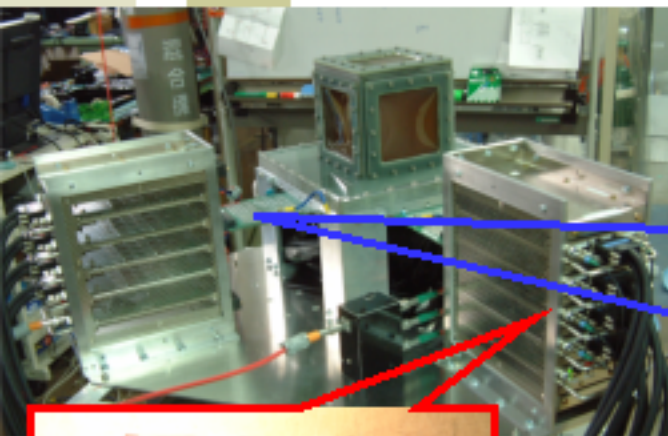
$$\text{Avr. } Z = 37.49$$

より多くの点を  
より高いenergyの電子まで

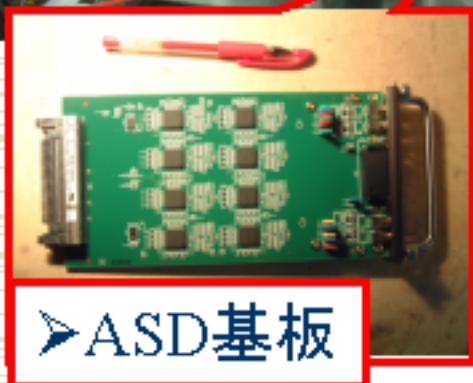
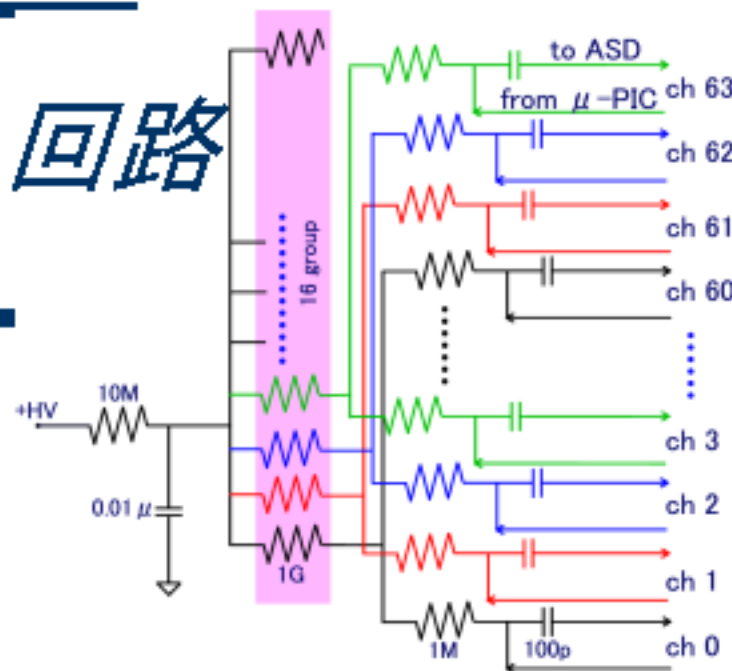




# micro-TPC 読み出し回路



➤ HV供給基板



➤ ASD基板

- 4本おきに16 chをまとめて1 group
- group間には1GΩの抵抗で並列に接続
- group内には1MΩの抵抗を介してHVをstripに供給

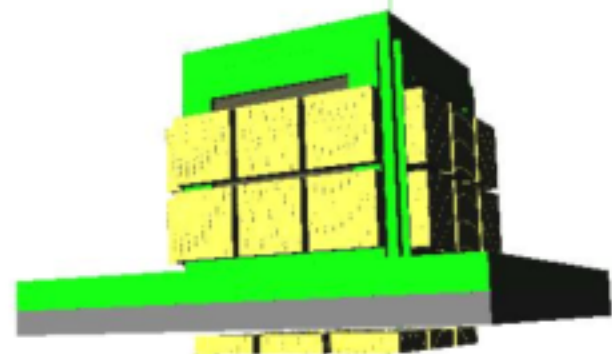
➡ どこかの1 pixelで導通が起きたとき

- 導通箇所を含むgroupは電流が流れHVが落ちる
- それ以外のgroupは関係なく動作

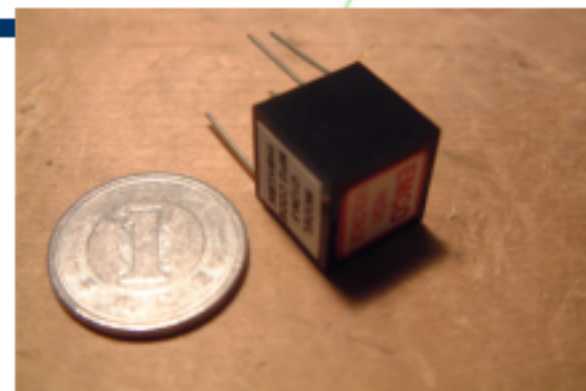
⇒ 導通が起きても有効面積は減らない

- 各chの discri. hit(LVDS)  
+ 32ch sum analog out × 2
- 64ch/board
- ASD chip (ATLAS実験,  $\tau = 16\text{nsec}$ )

# HV systemの開発



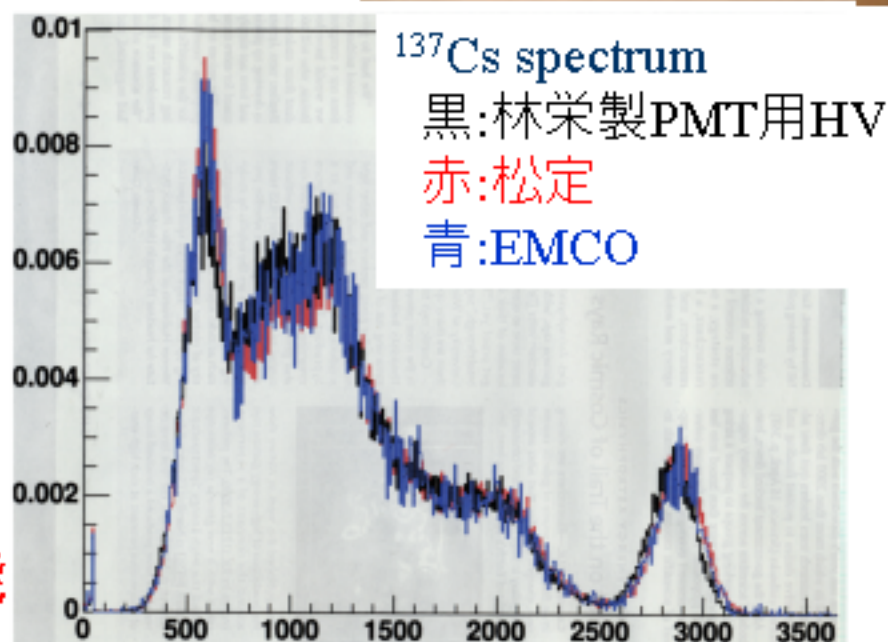
PMT : 浜松ホトニクス H8500 33個  
HV <1100V, current  $\sim 180 \mu\text{A}$



EMCO DC/HV converter Q12N-5

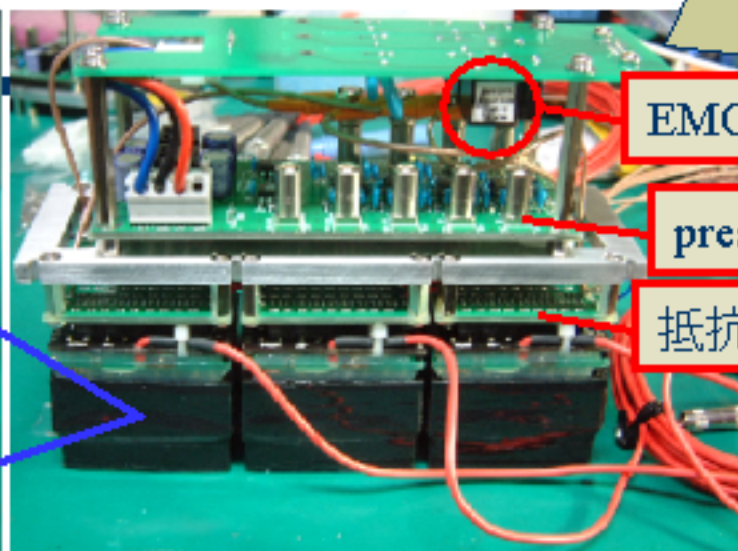
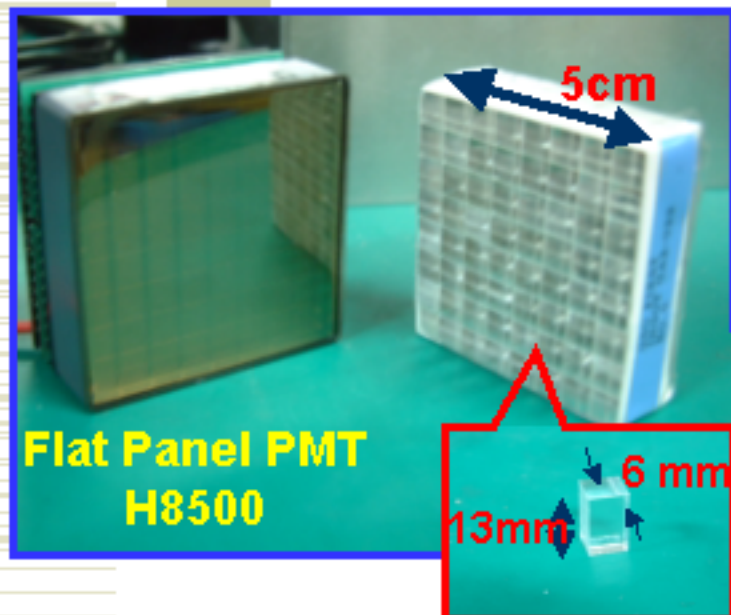
- 電源入力: 0~5V (<175mA)
- 出力: 0~1200V (<400  $\mu\text{A}$ )
- Ripple : <0.25%
- 変換効率 :  $\sim 60\%$
- 重量 : 4.25g
- 体積 :  $1.27 \times 1.27 \times 1.27 \text{mm}^3$
- 動作温度 :  $-25 \sim 70^\circ\text{C}$

Scintillatorのenergy分解能に  
劣化は見られず、置き換え可能



40ch DAC

# Scintillatorのunit化



EMCO DC/HV

preamp

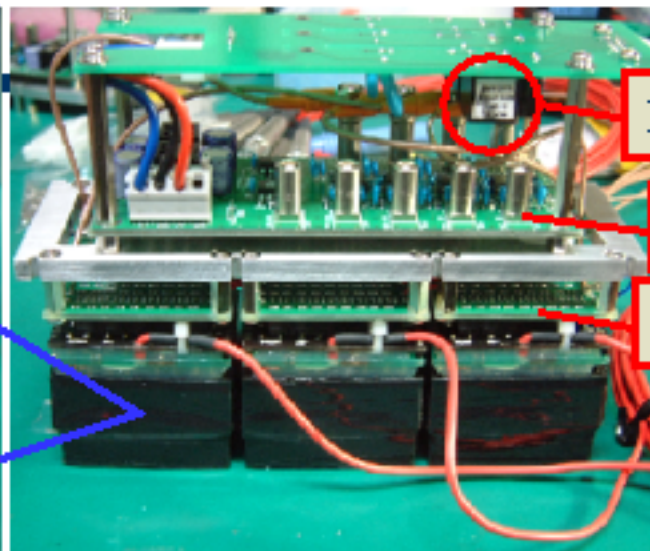
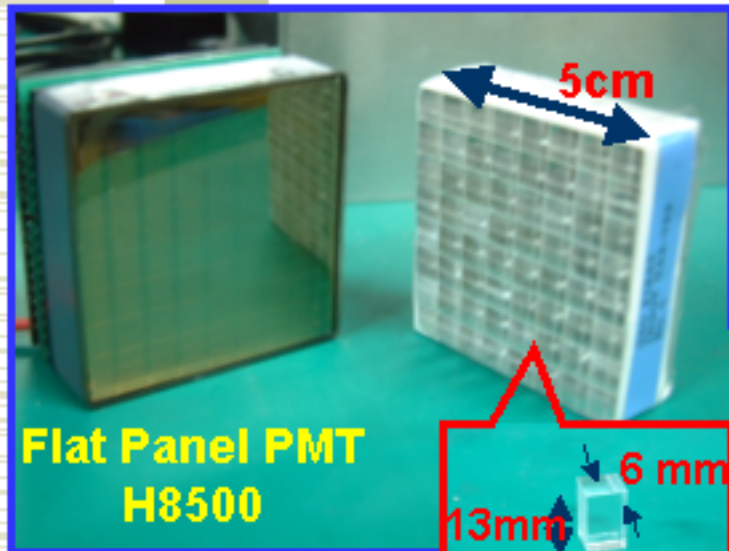
抵抗チェーン

- PMT3つを1 setとし、HV・preampと一体にしてunit化
- HVはDACで調節し、個々のPMTに別々に供給
- DACはパラレルポートからCPUで制御
- 読み出しは抵抗分割により192pixel/4ch (関谷 2004秋物理学会)

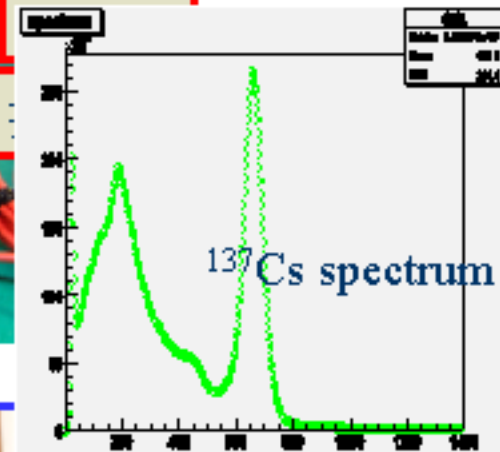


40ch DAC

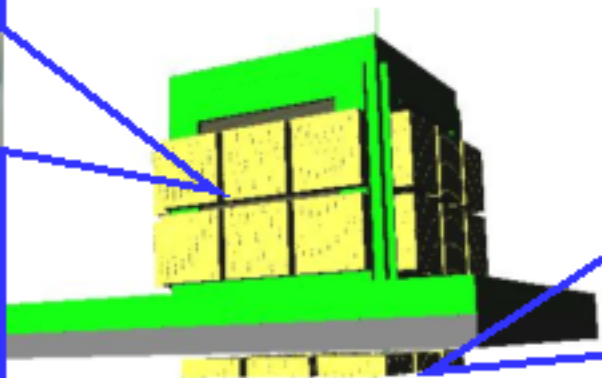
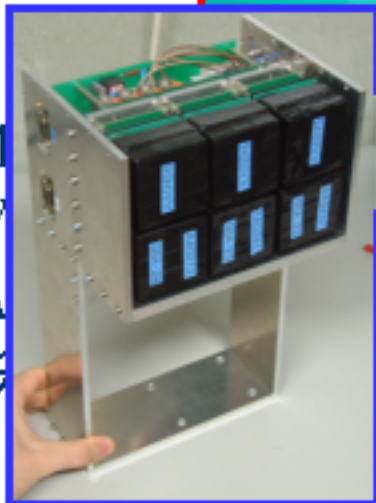
# Scintillatorのunit化



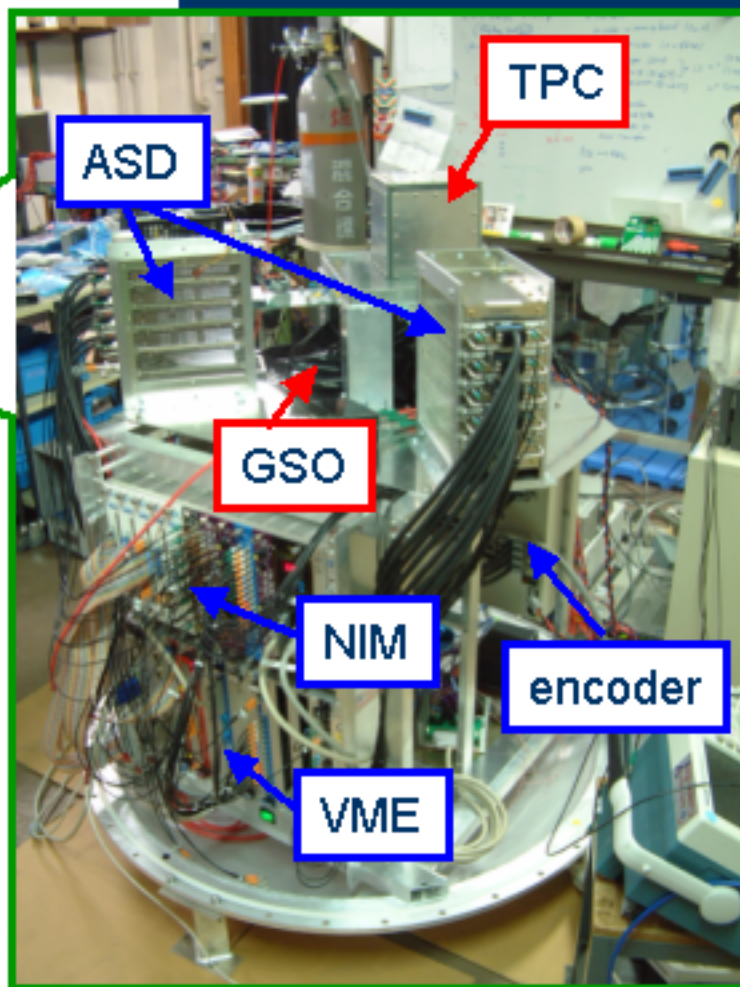
EMCO DC/HV



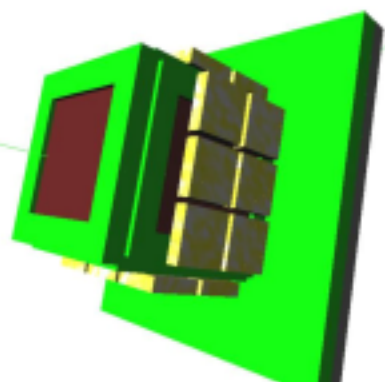
- PMT
- HV
- DA
- 読



# Sub-MeV $\gamma$ -ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment for cosmic diffuse gamma-ray

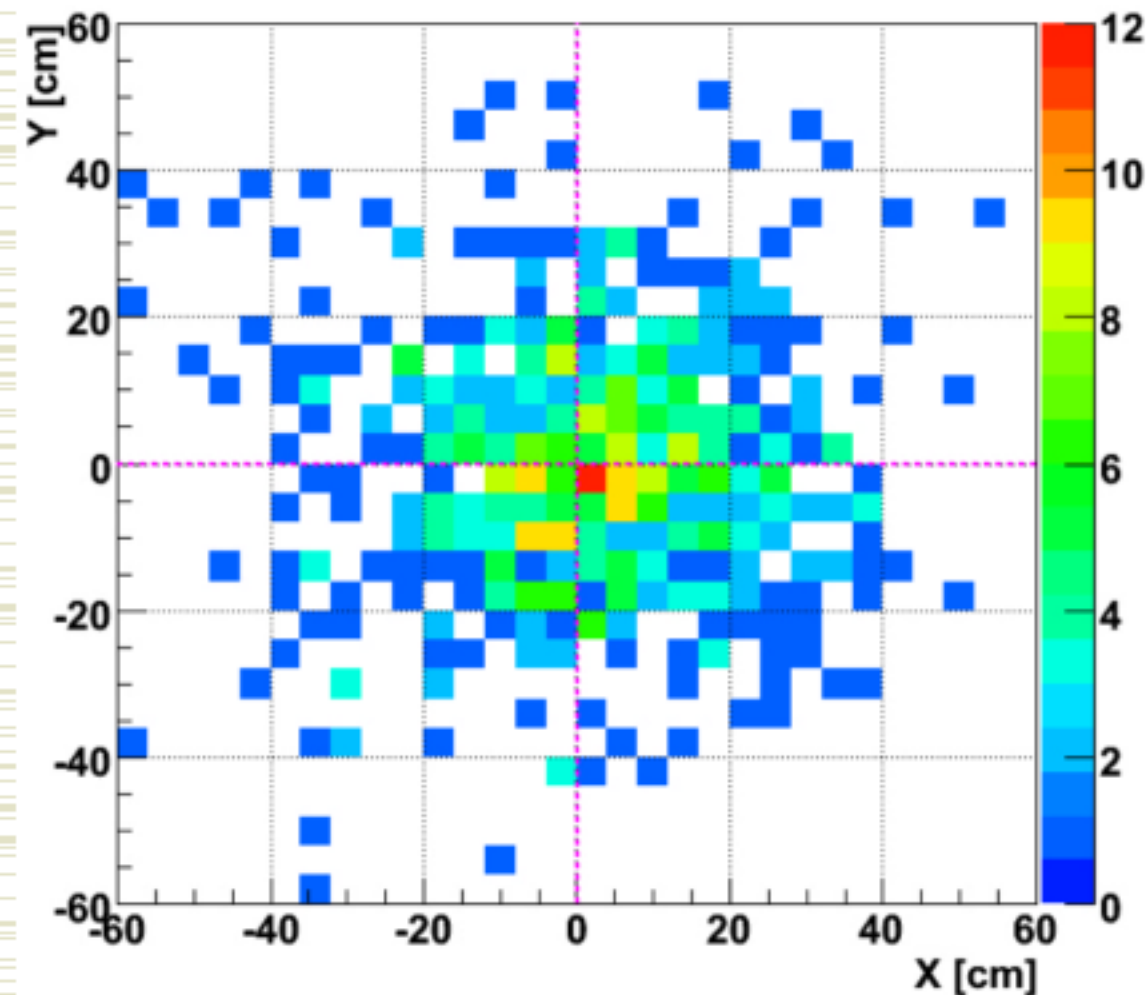


- Energy range :  
100keV ~ 1MeV
- TPC :  $10 \times 10 \times 15 \text{cm}^3$
- GSO : 3 $\times$ 3PMTs@bottom  
4 $\times$ (3 $\times$ 2)PMTs@side  
33 PMTs



2006年度の放球を  
目指して試験中

# MeV- $\gamma$ Imaging



- Src :  $^{137}\text{Cs}$  (662keV)
- window-src  $\square$  :  $\sim 40\text{cm}$
- 580~700keV  $\tau$  imaging

# まとめ

- ✓ 気球実験に向け、システムを再構築
- ✓ Xe 80% + Ar 18% + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 2% (重量比)  
gain ~30000 ( $\mu$  PIC 3000 × GEM 10)で動作  
drift速度 : 2.5 cm/ $\mu$  sec @ 400V/cm
- ✓ 気球搭載用TPC読み出し回路/HV systemを開発
- ✓ 気球システムでのMeV Imagingを確認

- 
- ◆ 気球搭載型MeVカメラの詳しい性能評価
  - ◆ 気球システムの環境試験 (上野 28pTF11)