


# V Aチップを用いたシンチレーション カメラ読み出しシステムの開発

京都大学 理学研究科 宇宙線研究室

上野一樹

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、服部香里、黒澤俊介、井田知宏、岩城智



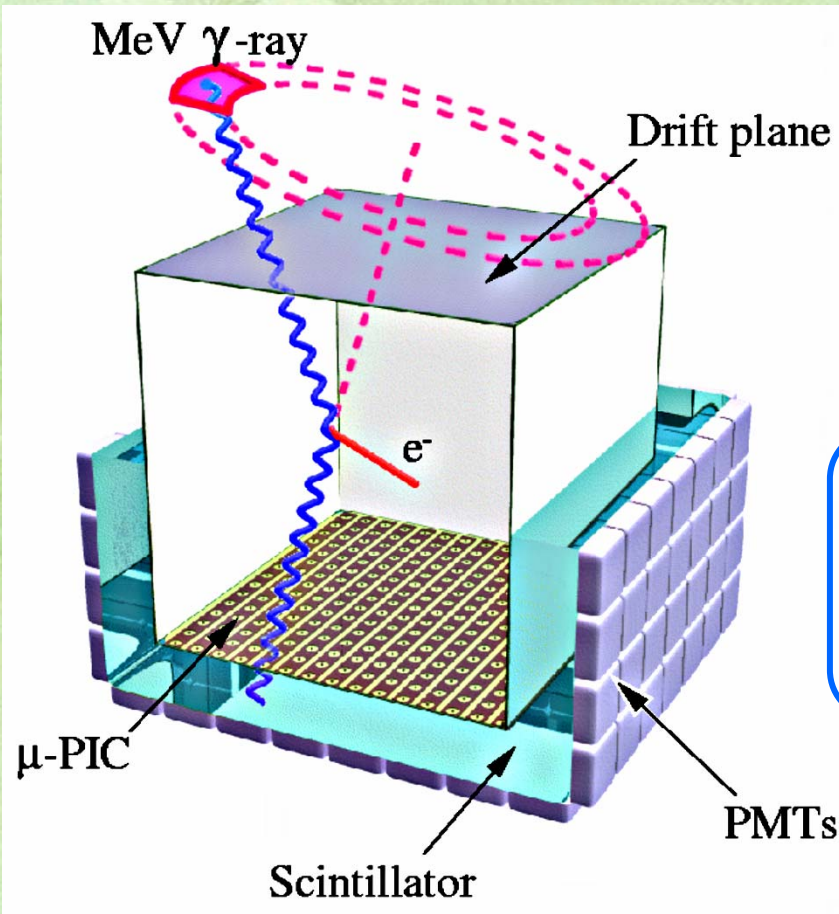


# もくじ

- ☞ MeVガンマ線カメラ
- ☞ シンチレーションカメラとその大型化
- ☞ VAを用いたシンチレーションカメラ  
読み出しシステム
- ☞ まとめと今後

# MeVガンマ線カメラ

## コンプトンカメラ



### $\mu$ -TPC (ガス検出器)

( $\mu$ -PICを用いたTime Projection Chamber)

→ 反跳電子のtrack, energy

### Scintillation camera

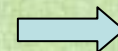
(PSA + MAPMT)

→ 散乱ガンマ線の位置, energy

現在、TPCは10cm × 10cm × 15cm

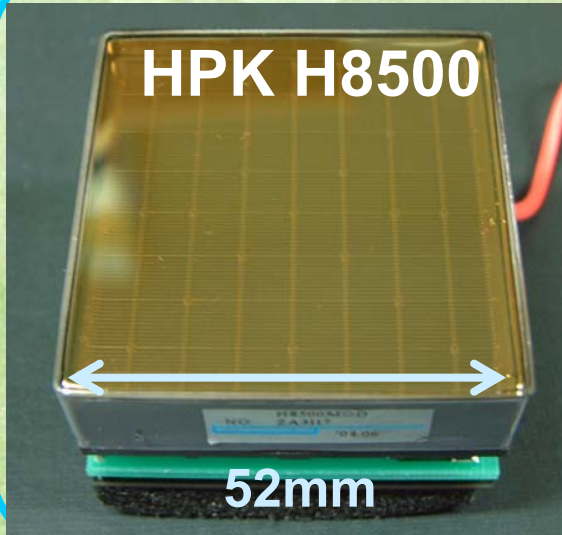
100keV ~ 1MeVのダイナミックレンジ ⇒ Scinti.の80 ~ 800keVに対応

TPC 30cm × 30cm × 15cmは開発中



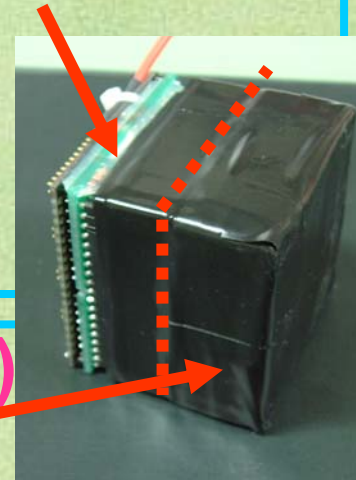
24aZJ4株木講演

# シンチレーションカメラ

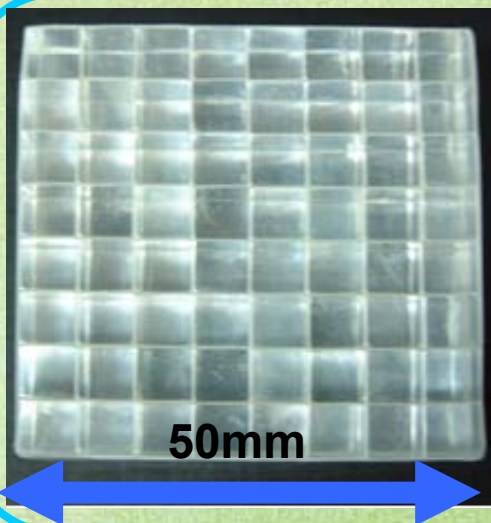


## FlatPanel PMT H8500 (HPK)

- 8 x 8 マルチアノード
- 6mm pixel ピッチ
- 12段メタルチャンネルダイノード
- Gain  $\sim 10^6$  @ -1000V
- Size: 52mm x 52mm  
(有感面積  $\sim 89\%$ )
- Anode uniformity: min : max  $\sim 1:3$

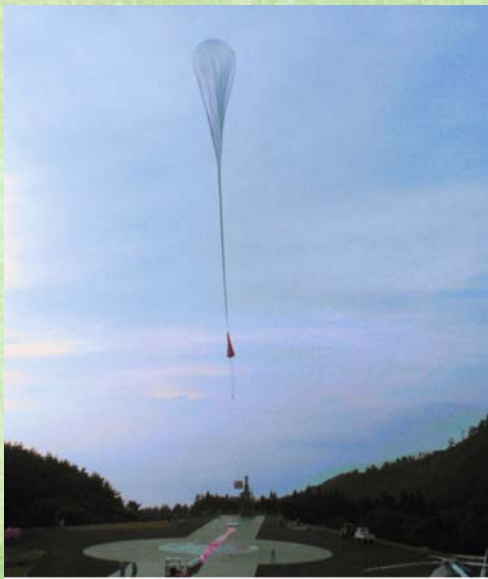


## PSA(Pixel Scintillator Array)



- GSO (Ce) crystal
- 6mm x 6mm x 13mm pixel
- 8 x 8 ピクセル
- ESR(3M)反射材
- OKEN-6262AオプティカルグリスにてH8500と接着

シンチレーションカメラ



# SMILE *Sub-MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment*

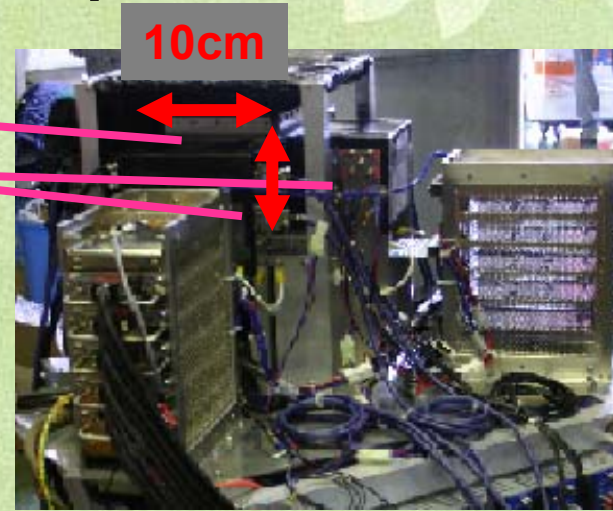
**SMILE-1** (10cm)<sup>3</sup> カメラ @三陸

2006.9.1 放球

TPC  
33 PMTs

- 上空動作試験 @35km
- diffuse  $\gamma$  観測

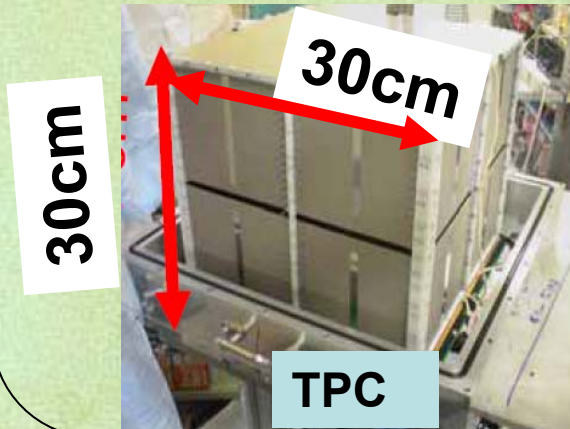
**SMILE-1 は成功**



A.Takada Doctoral thesis, 2007, Kyoto University.

**SMILE-2** (30cm)<sup>3</sup> カメラ @大樹町 (2009)

- 明るい天体 (Crab、Cyg X-1など) の観測



108 PMTs

現在開発中！！

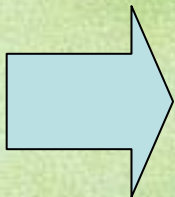
# シンチレーションカメラの大型化に向けて for SMILE-2

→ PSA < 6mm

- 位置分解能
  - エネルギー分解能
  - ダイナミックレンジ
  - 放射線耐性
  - 消費電力
- } コンプトンカメラの角度分解能  
 — コンプトンカメラのダイナミックレンジ  
 — 上空でのシンチレーターの放射化 → GSO  
 — 上空での電源の制限

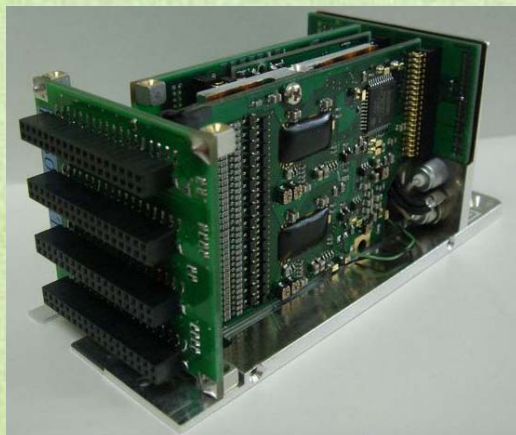
	PSPMT	消費電力 [W/64pixels]	エネルギー分解能 (FWHM)@662keV	ダイナミック レンジ[keV]
目標値	108	< 1.5	~ 11.0%	80-800

## 読み出しシステム



- 低消費電力ASIC (IDEAS VA/TA) の使用
- 改良 (アッテネータ基板の開発)

# ASIC(VA/TA)による64ch読み出し



H8500

Head Amp+FADC module CP80168

(クリアパルス社製)

32ch CMOS ASICs (by IDEAS ASA)

**VA32\_HDR11**

PreAmp (Dynamic Range  $\sim 35\text{pC}$ )  
shaper (Gain  $118\text{mV/pC}$ , peaking time  $0.7\mu\text{s}$ )  
sample & hold  
multiplexer

**TA32CG2**

Fast shaper (peaking time  $75\text{ ns}$ )  
discriminator



15cm

Commercialなものの中では  
広いが我々の目的と比べると狭い

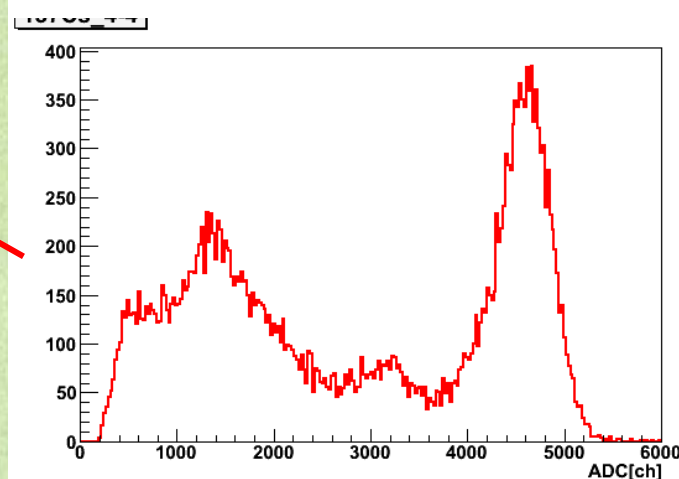
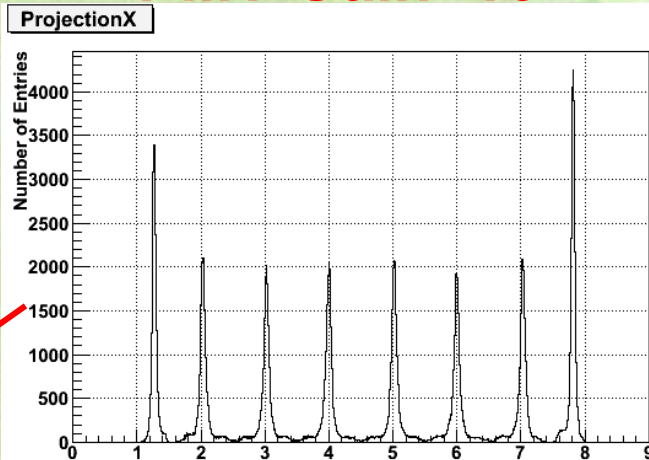
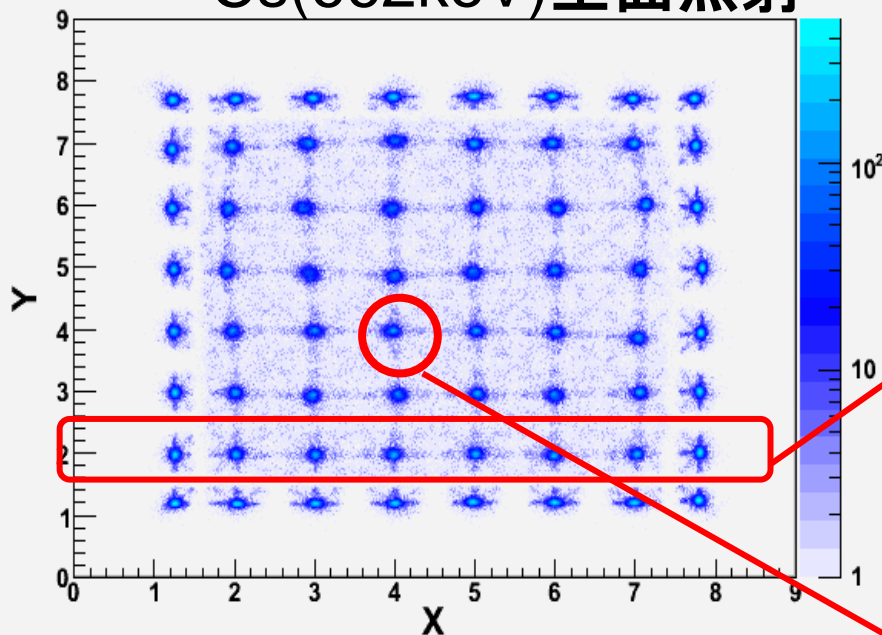
消費電力:  $\sim 1.3\text{W}/64\text{pixels}$

# VA 64ch読み出し

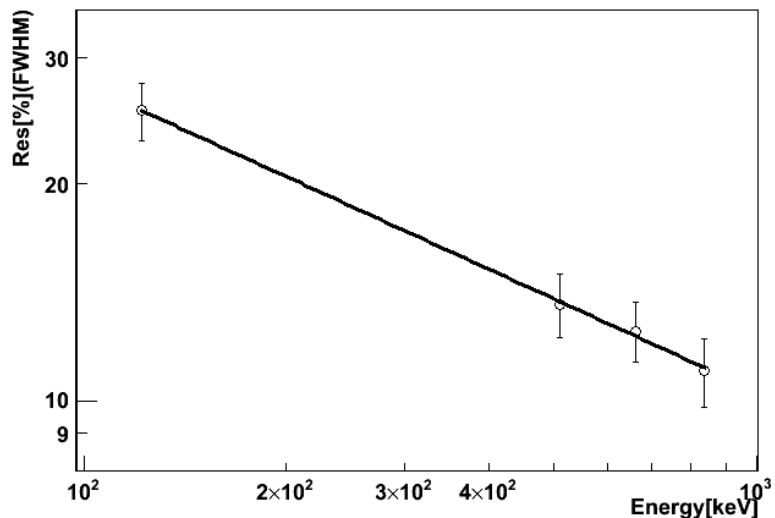
ダイナミックレンジが小さい

→ PMT Gain  $\sim 10^5$

$^{137}\text{Cs}$ (662keV)全面照射



位置は電荷重心演算による



Energy res.(avr.):  $\sim 12.3\%$ (FWHM)

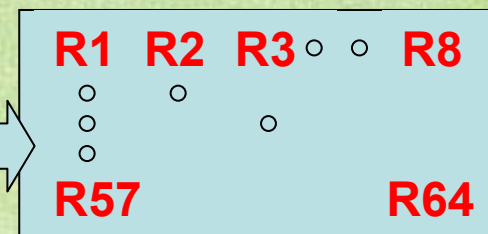
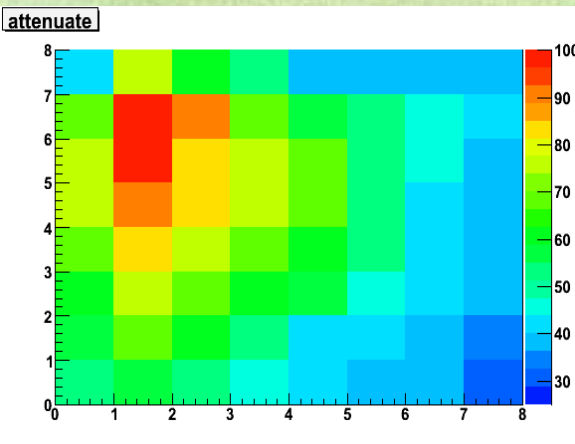
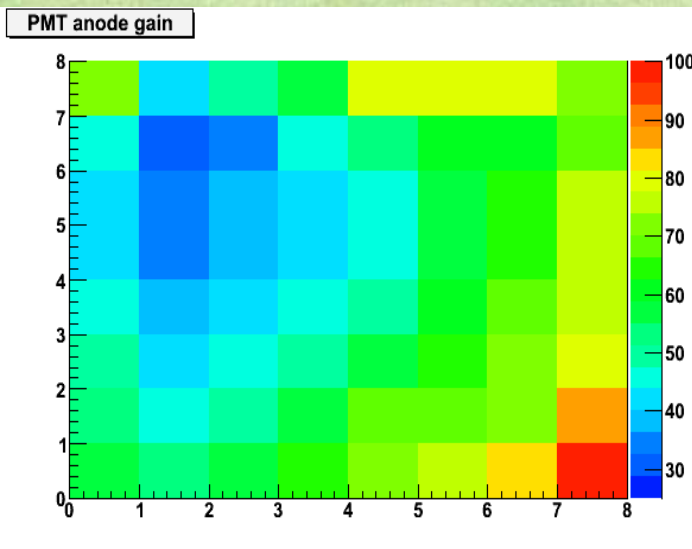
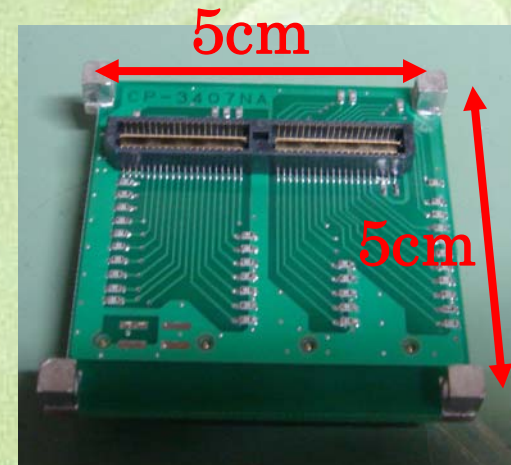
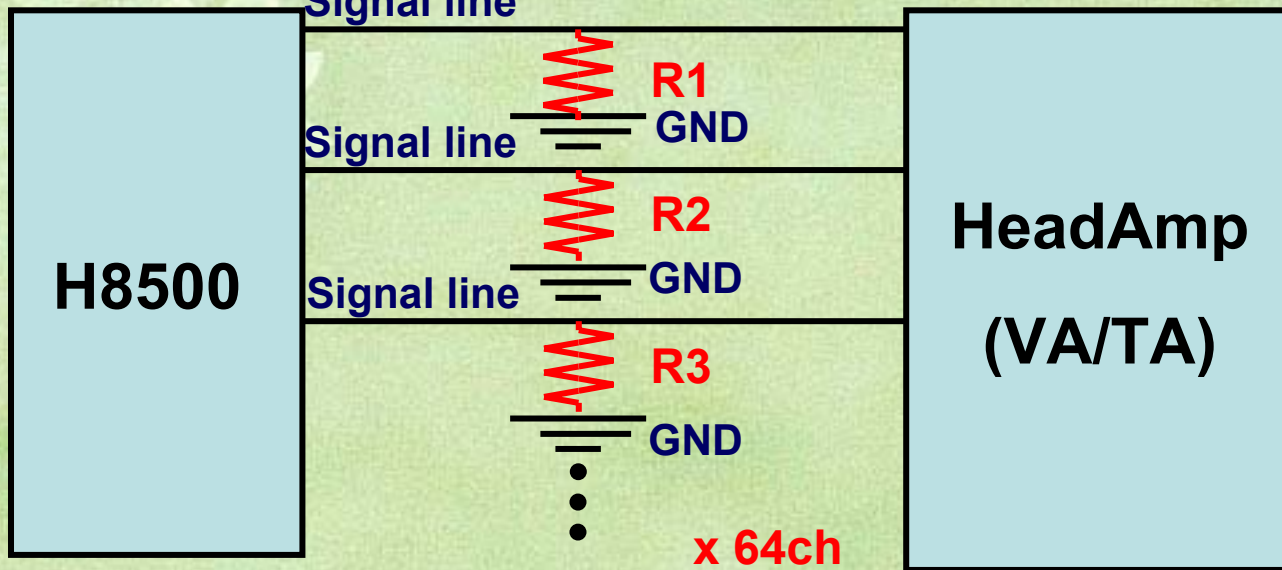
ダイナミックレンジ: 120-800keV

低ゲインオペレーションが原因！



# アッテネータ基板

H8500で高GainかつHeadAmpの  
ダイナミックレンジにおさまるチャージ量



アッテネータ基板抵抗値マップ

attenuate

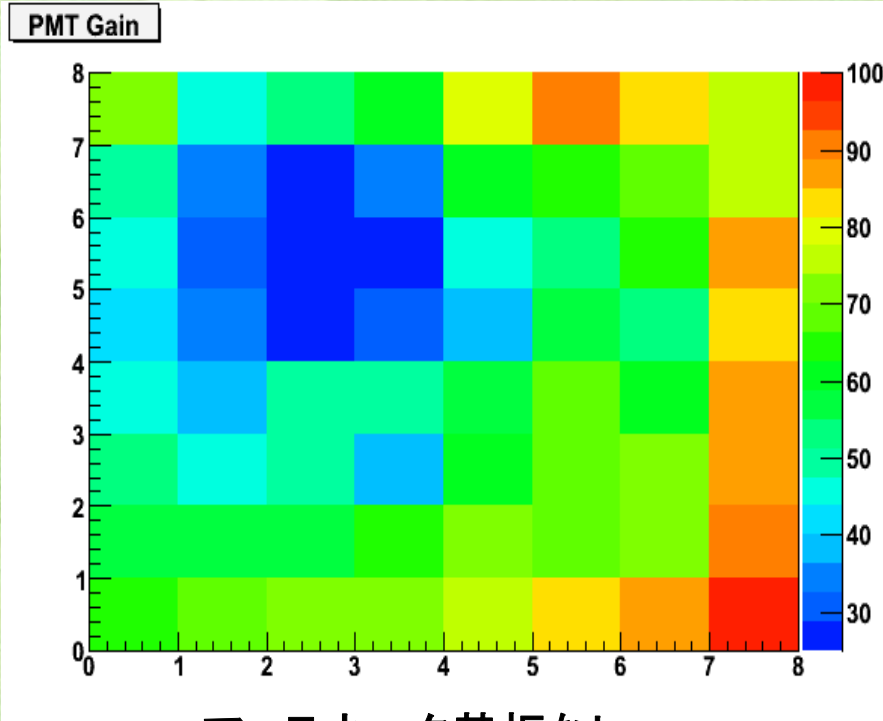
Gain ~ 10<sup>5</sup>  
min : max  
~ 1 : 1.9 ± 0.3

H8500ゲインマップ (S/N GA0240) min : max = 1:3.1

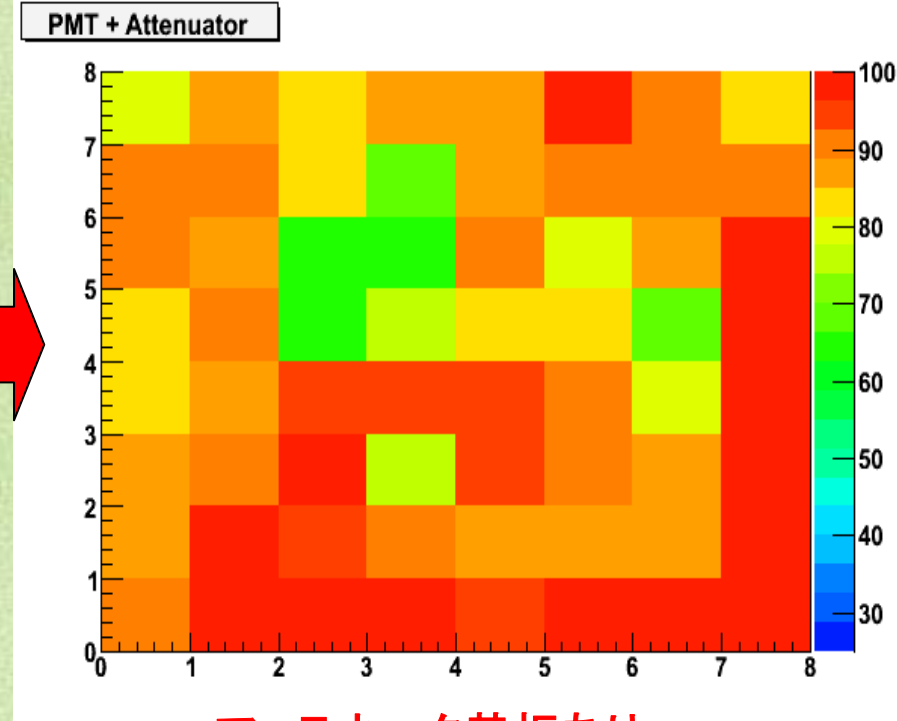
# Uniformity

$^{137}\text{Cs}$ (662keV)全面照射

64chピーク値マップ



アッテネータ基板なし



アッテネータ基板あり

min : max    1 :  $3.8 \pm 0.3$

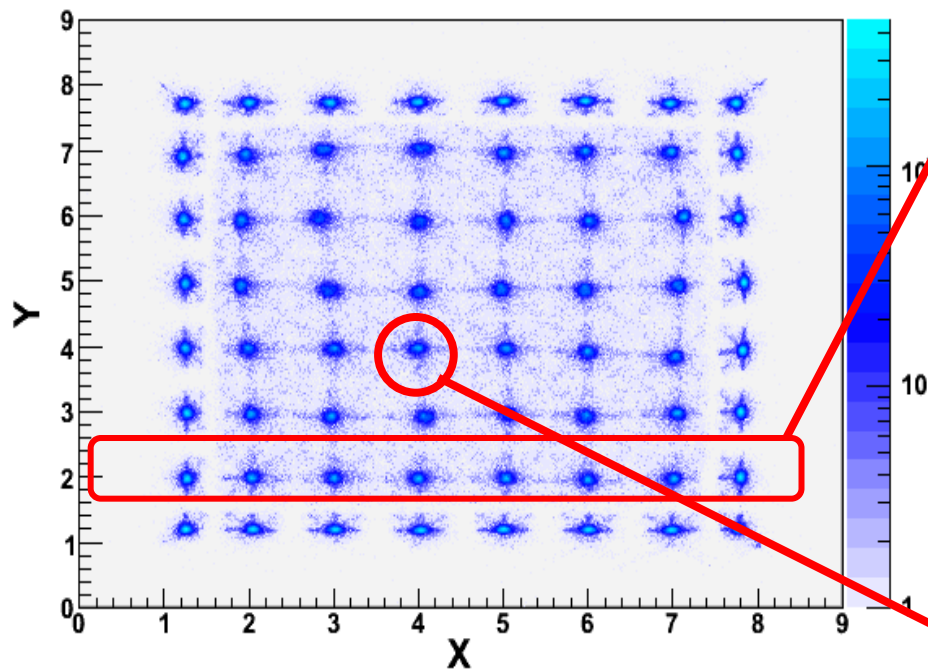
1 :  $1.6 \pm 0.1$

# VA 6 4 ch + アッテネータ基板読み出し

PMT Gain  $\sim 10^6$

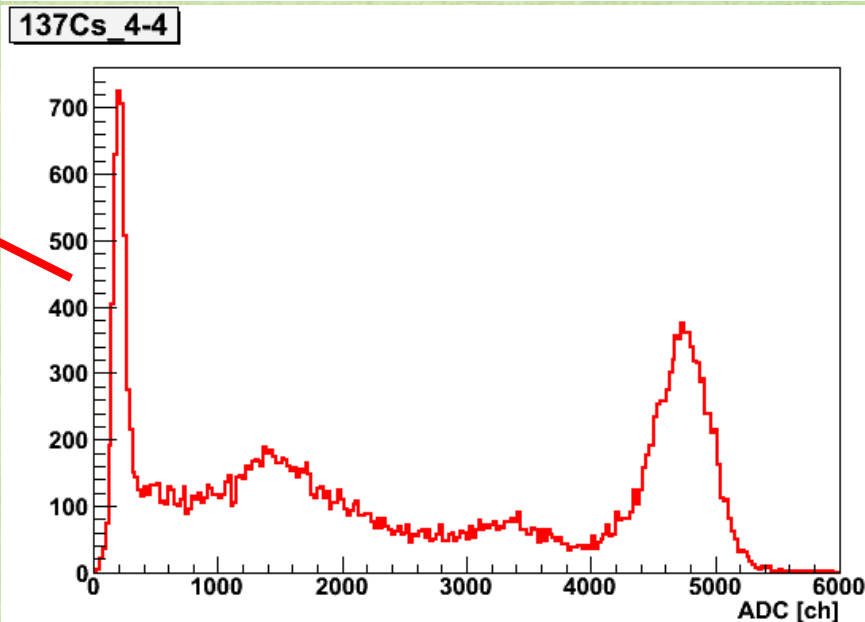
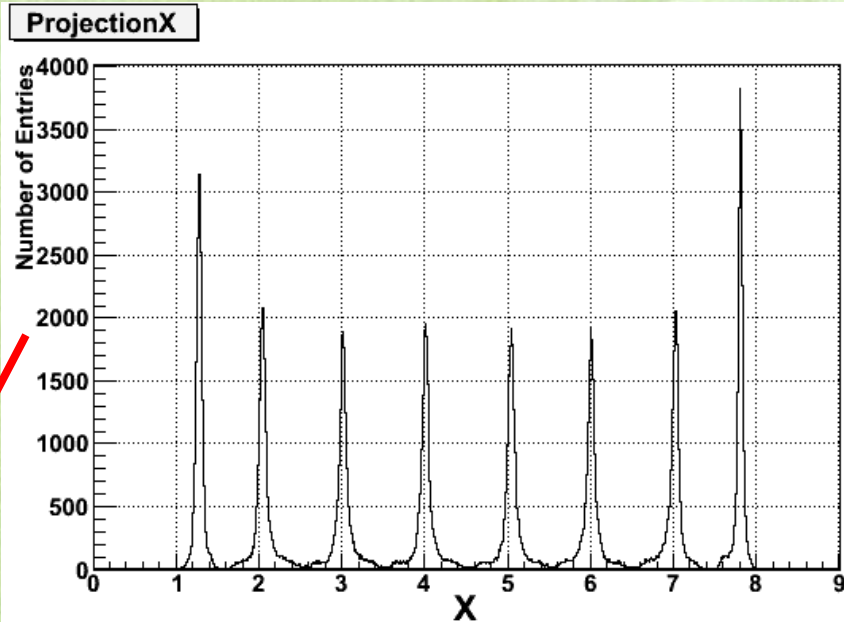
$^{137}\text{Cs}$  (662keV) 全面照射

位置は電荷重心演算による



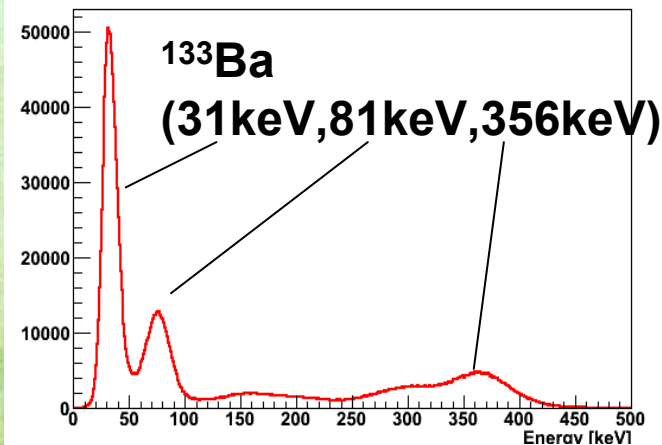
64ピクセル全てきれいに分離!

Energy res.(avr.):  
 $\sim 10.6\%$  (FWHM)

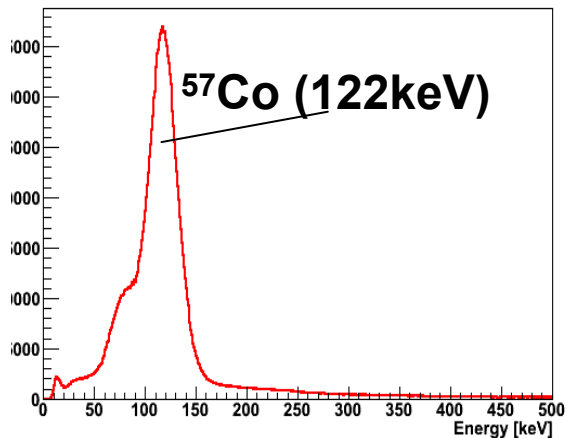


# spectra

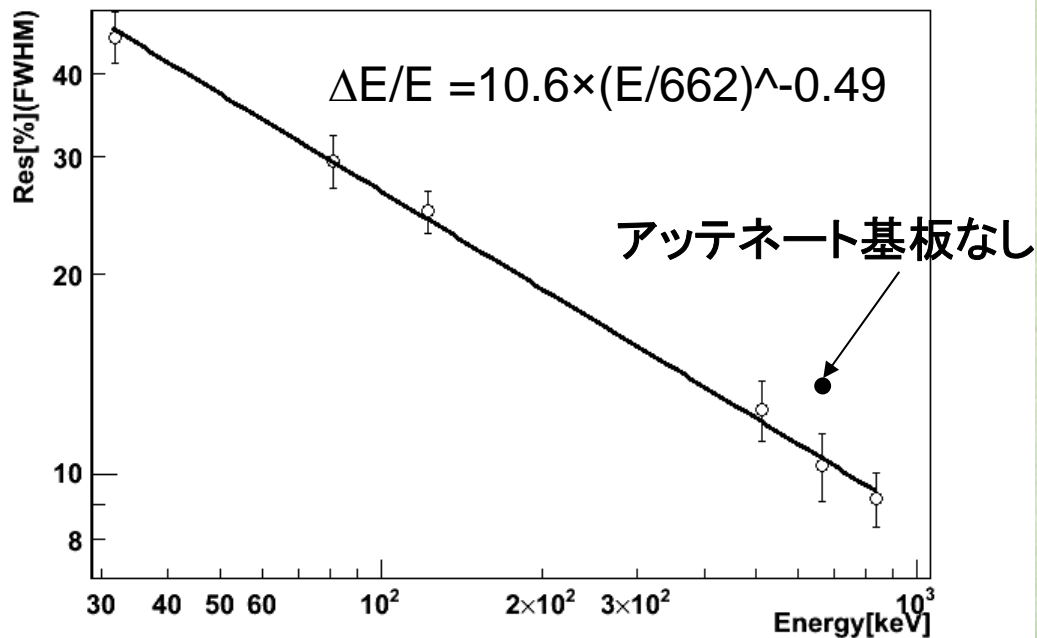
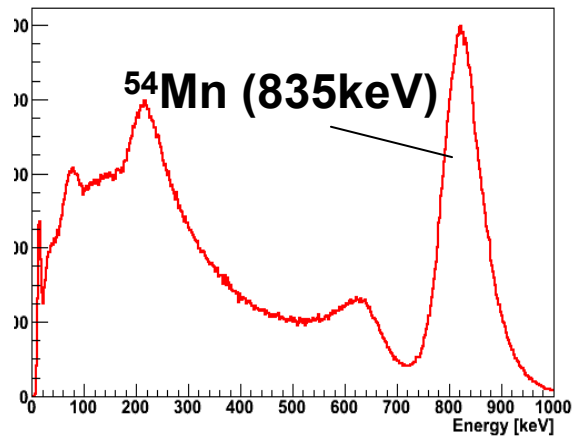
spec\_Ba



spec\_Co57

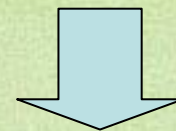


spec\_Mn



**ダイナミックレンジ:  
120-800keV**

アッテネータ基板なしの場合



**ダイナミックレンジ:  
30-900keV**

# まとめ

- MeVガンマ線コンプトンカメラ
- 気球実験SMILE
- SMILE-2に向けてシンチレーションカメラの大型化および省電力化
- ASIC (VA/TA) を用いた読み出しシステム
- アッテネータ基板の開発

	消費電力	エネルギー分解能	ダイナミックレンジ
目標値	< 1.5W/64pixels	~ 11.0%@662keV	80-800keV
VATA	O 1.3W/64pixels	× 12.3%@662keV	× 100-700keV
+ atten.基板	O 1.3W/64pixels	O 10.6%@662keV	O 30-900keV

## 今後

- エネルギー分解能の更なる向上 (LaBr<sub>3</sub>利用)
- 位置分解能の更なる向上 (3mm ピッチ P S A)
- SMILE-2へ向け大型カメラの構築