



# GSOピクセルアレイとフラットパネルPMT を用いた シンチレーションカメラの開発

京都大理学研究科 宇宙線研究室 ,ICRR<sup>A</sup>

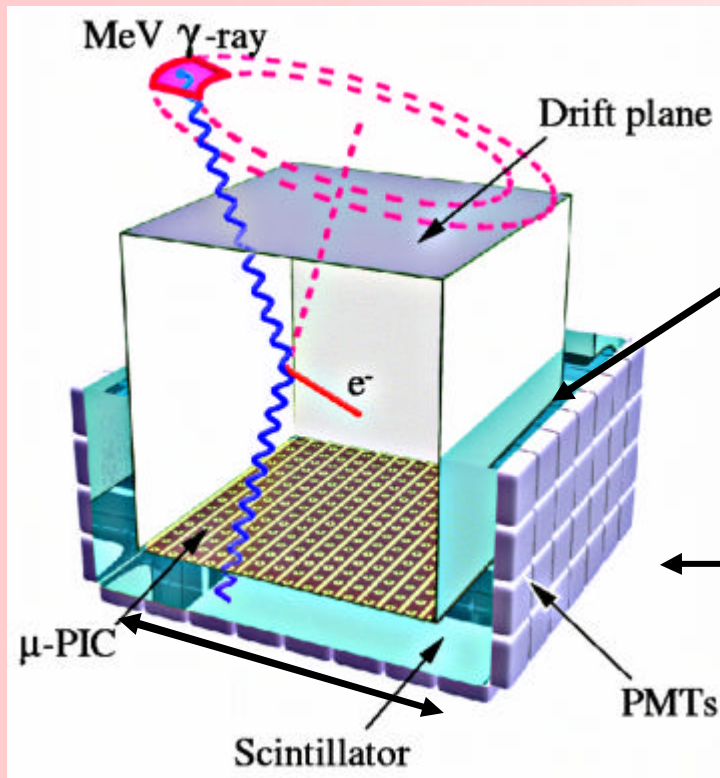
西村 広展

谷森達、窪秀利、身内賢太郎、竹田敦<sup>A</sup>、永吉勉、関谷洋之、  
折戸玲子、高田淳史、岡田葉子、服部香里

- 1 . MeV 線カメラとPSA ( PixelScintillatorArray ) カメラ
- 2 . GSOシンチレーターの利用
- 3 . PSAカメラの大型化
- 4 . 現在および今後のPSA カメラ

# CR 1. Micro-TPC+シンチレーションカメラ

MeV 線検出器 → 24aXK4 折戸



## Micro-TPC (ガス検出器).

コンプトン反跳電子の  
三次元飛跡とエネルギー

→ 2005 26pWJ-5 服部

→ 2005 26pWJ-6 高田

## シンチレーションカメラ:

散乱 線の方向とエネルギー

位置分解能

エネルギー分解能

大面積

アンダーカメラとPSAカメラ

24aXK4 折戸

?

TPCサイズ

10cm角 30cm角 50cm角

現在 ~1年 ??



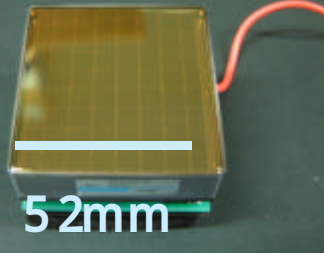
# PSA ( PixelScintillatorArray ) カメラ

## wiht FlatPanel PMT H8500

### FlatPanel PMT H8500 (HPK)

- 8 × 8 マルチアノード
- 12 段メタルチャンネルダイノード
- 増幅率  $10^6$
- 52mm 角 ( 有感面積  $49 \times 49\text{mm}^2$  )
- 光学グリッド接着

浜松 H8500



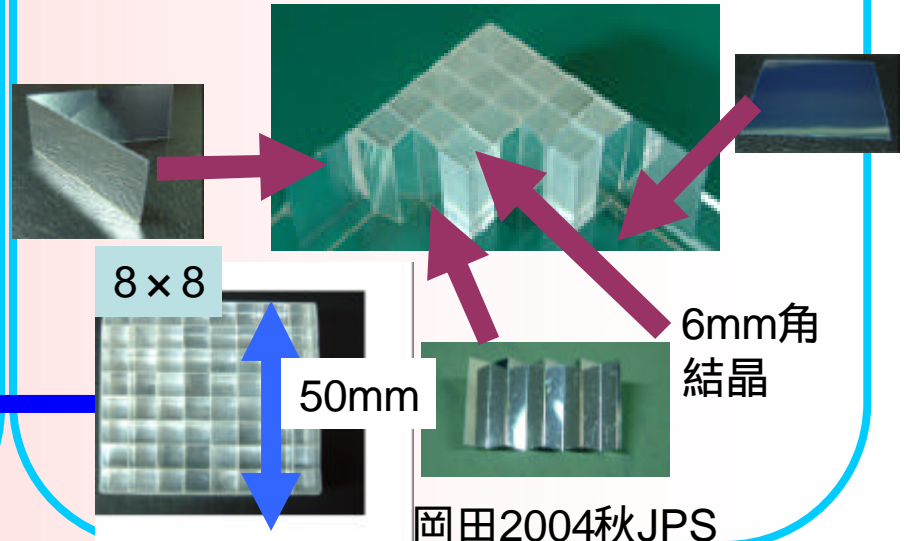
52mm

64PSAカメラ

### PSA ( PixelScintillatorArray )

- 6mm 角ピクセルシンチレーター
- 8 × 8 ~ 50mm
- ESR 反射材 (3M 社)
- 放医研方式組み立て

(Naoko Inadama et al. IEEE NSS & MIC, M6-27, 2002)

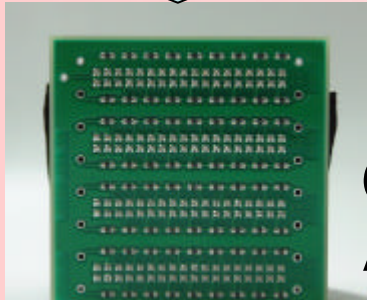




# 抵抗チェーン読み出し



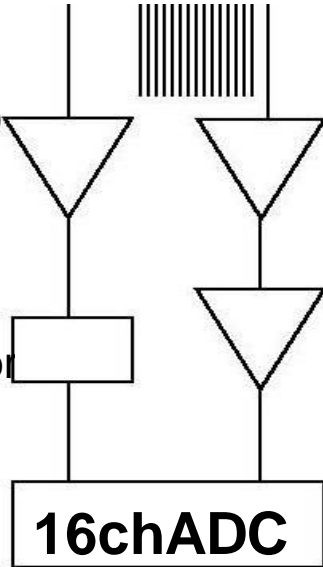
PMT裏側



64ch Anode

PMT + 抵抗チェーン

Dynode  
(最終段)



Discriminator  
& Gate

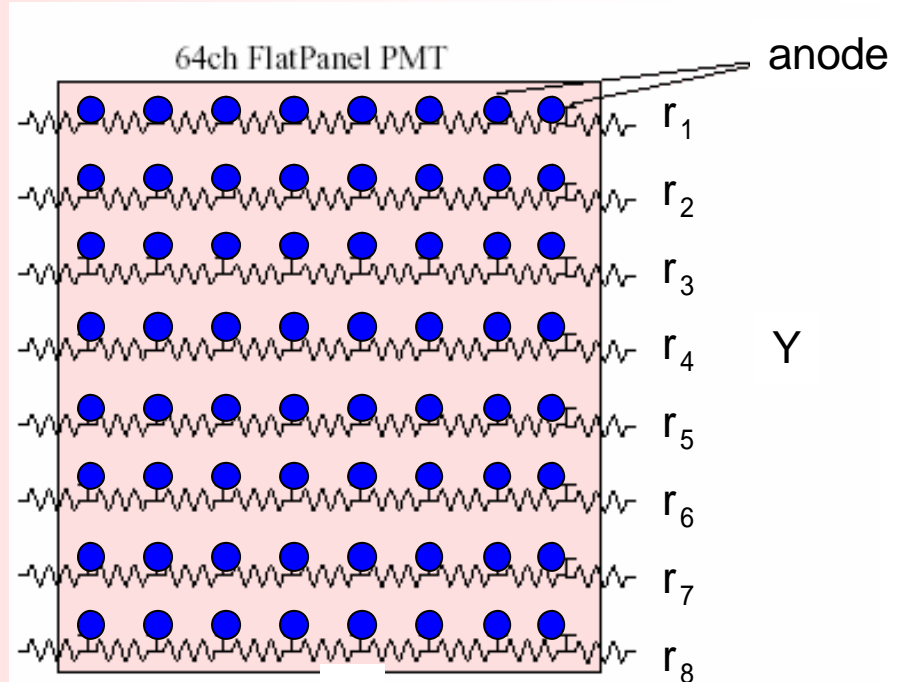
16chADC

16ch

PreAmp  
x 16ch

ShaperAmp  
x 16ch

関谷2004秋JPS



位置演算

y: 重心演算  
x: 電荷分割法

$$P_i = l_i + r_i$$

$$y = \frac{\sum_i P_i \cdot i}{\sum_i P_i}$$

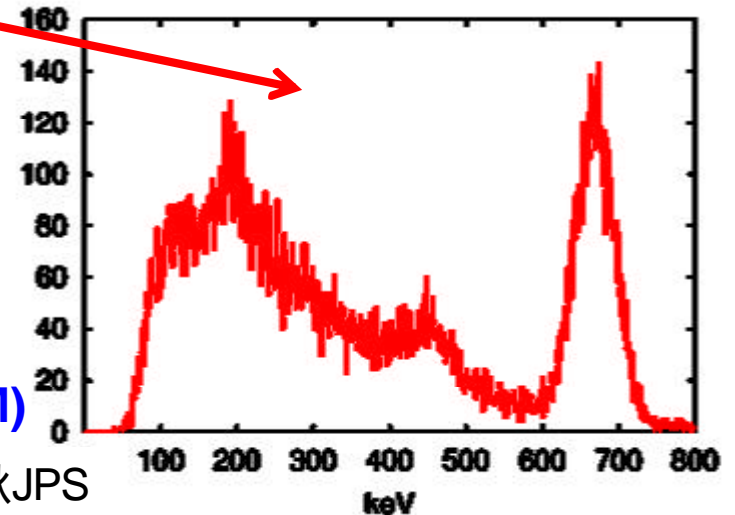
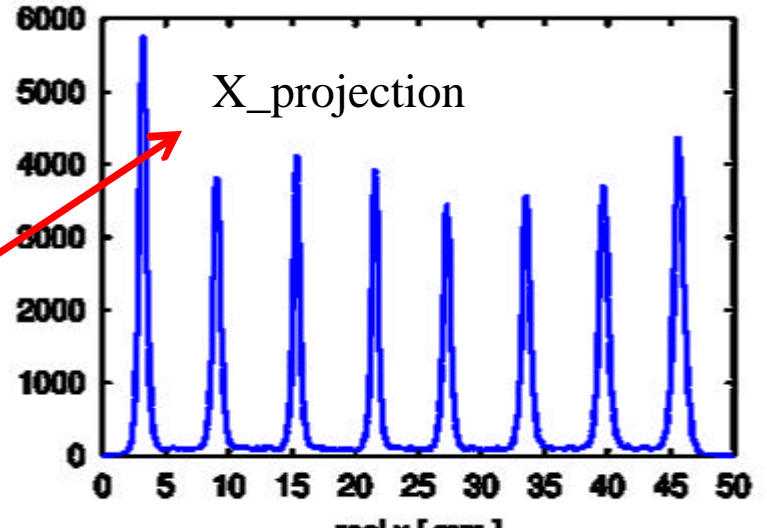
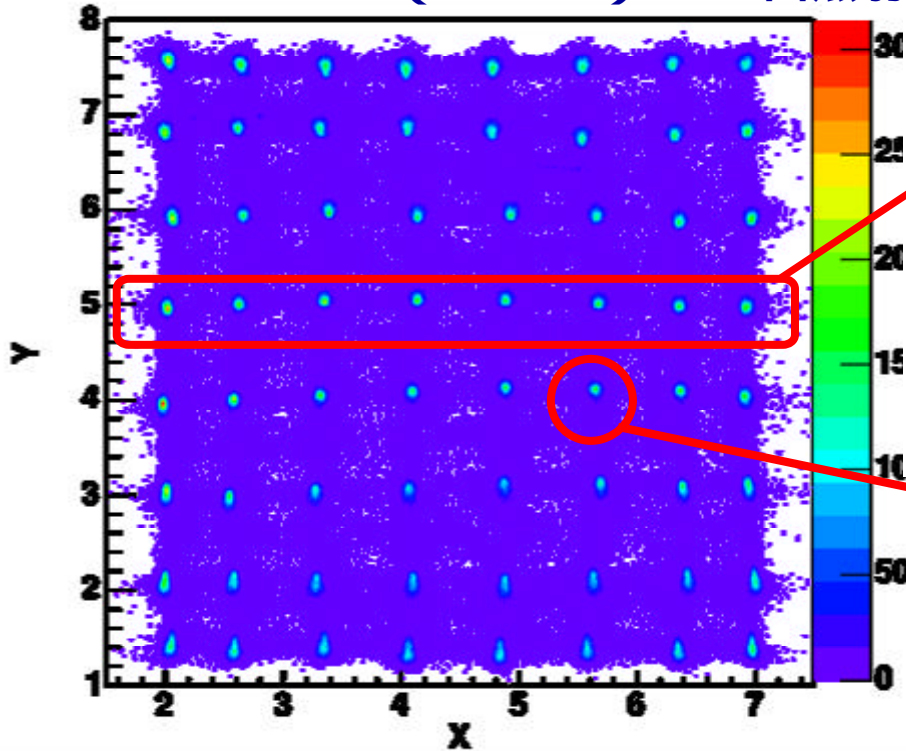
$$x = \frac{l_i}{P_i}$$



# PSA ( PixelScintillatorArray ) カメラ

## ~ CsI ( TI ) 結晶 ~

16ch read out  $^{137}\text{Cs}$  ( 662keV ) の全面照射



位置分解能 (期待値) エネルギー分解能  
4 ~ 6mm(FWHM) 9.0% @662keV(FWHM)



## 2.GSOシンチレーターの利用

CsI(Tl)結晶

高計数に弱い  
放射化の問題

### GSO (Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>):Ceの利用

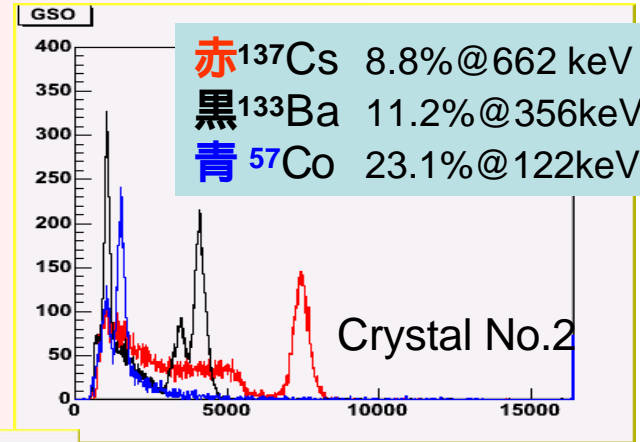
	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸収係数 (cm <sup>-1</sup> ) (@511keV)	減衰時定数 (ns)	光量 Na(Tl)相対値
NaI(Tl) 潮解性大	3.67	0.34	230	1
CsI(Tl) 潮解性少	4.53	0.44	1050	0.85
<b>GSO :Ce</b> 潮解性無	6.71 大	0.70 大	<u>~60</u> 速	0.18

~結晶種の比較~  
日本物理学会年次大会

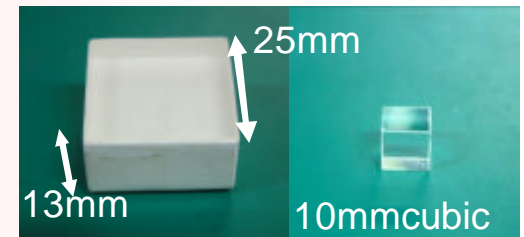
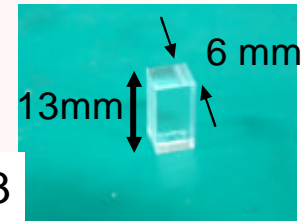
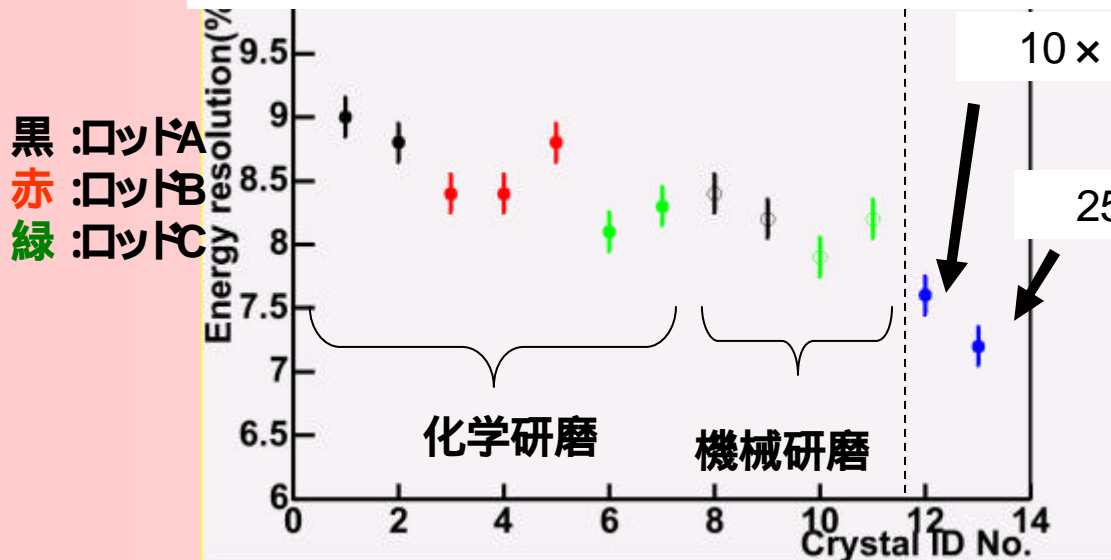


# GSO:Ceシンチレーターの評価

結晶 : 日立化成製 Ce 0.5mol%  
 形状 : 6mm × 13mm  
 反射材 : コアテックス  
 PMT : R6231 (HPK)  
 PreAmp : 時定数 6 μs  
 ShaperAmp : 時定数 1 μs  
 6mm角 : 異なる3ロットから切り出したサンプルを測定



各ピクセルのエネルギー分解能 (FWHM@662keV)



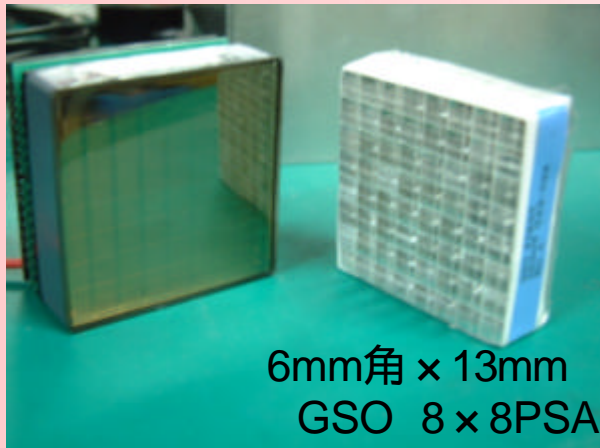
測定温度 ~ 23度



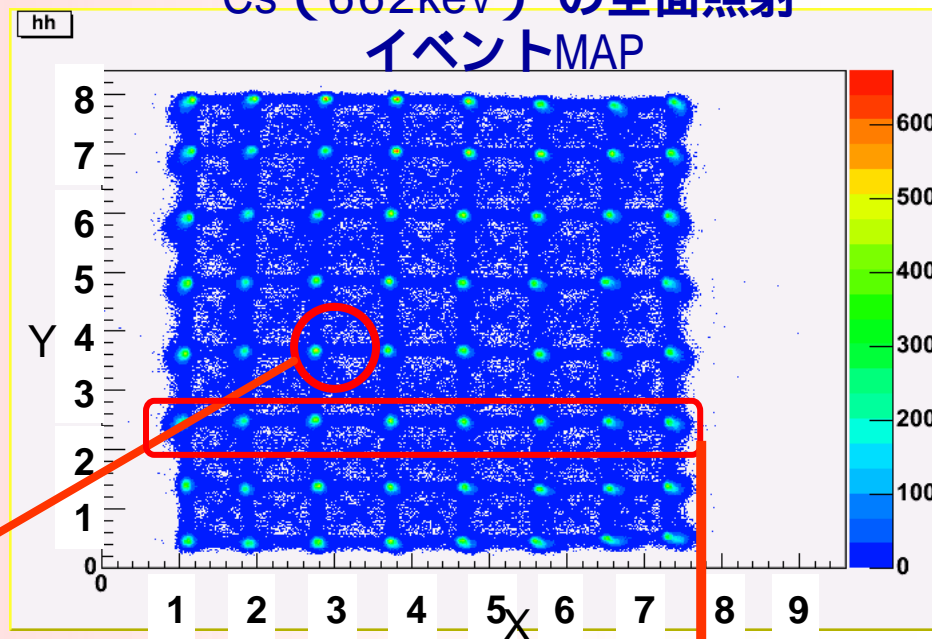
# GSO PSAカメラ

( PixelScintillatorArrayカメラ )

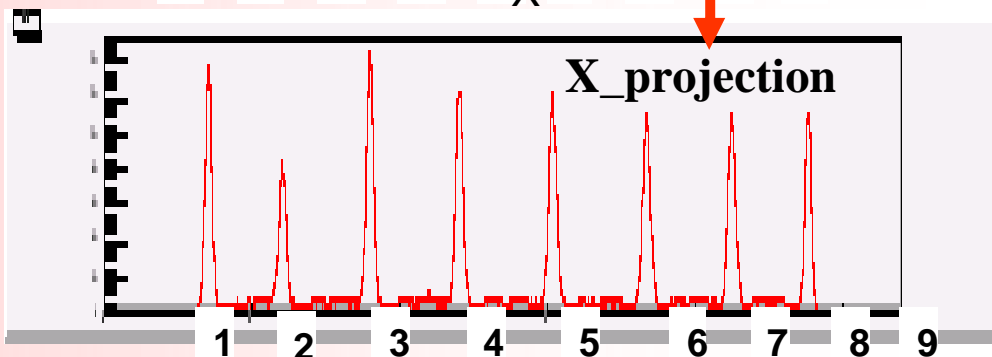
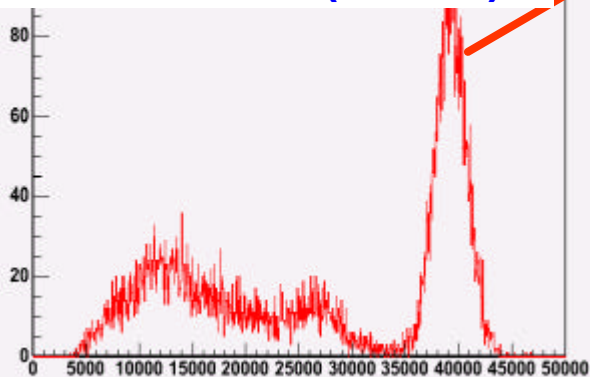
FlatPanelPMT H8500



$^{137}\text{Cs}$  (662keV) の全面照射  
イベントMAP



エネルギー分解能  
9.8% @662keV (FWHM)

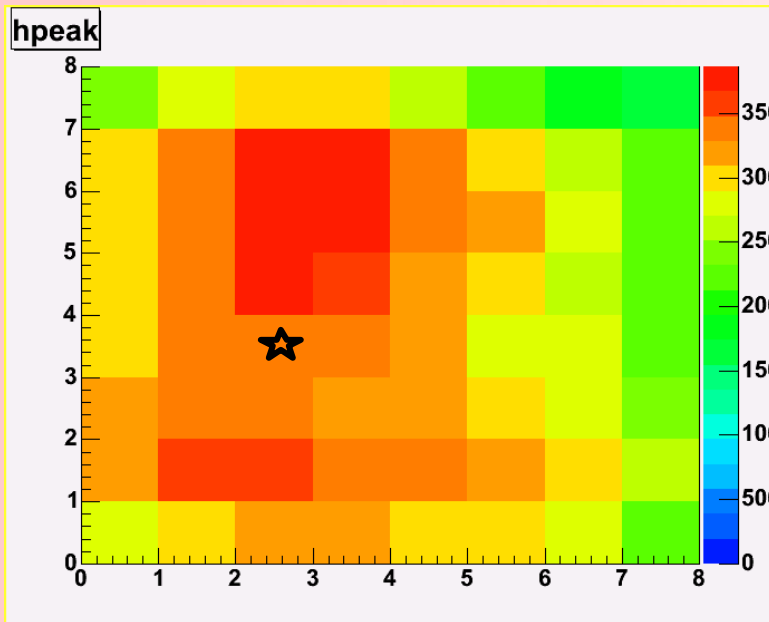






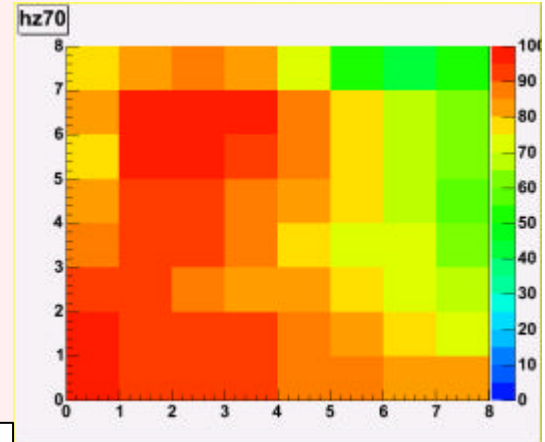
# 各ピクセルのゲイン・発光量ばらつき

GSO-PSAの 662keV に対する応答  
(ADC値)



Min:Max=1 : 2.4

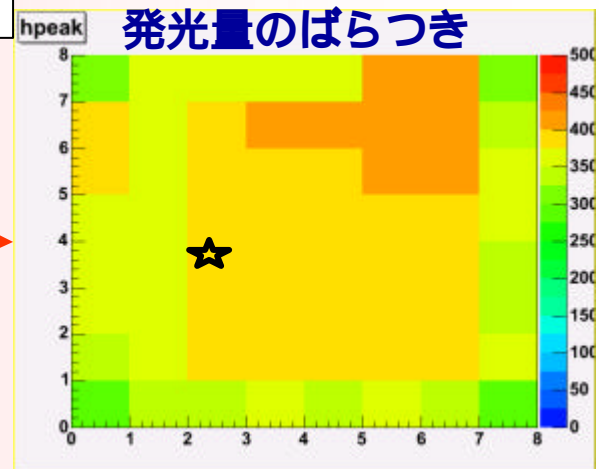
PMT AnodeGainのばらつき (HPK)



Min:Max=1 : 2.3

補正

発光量のばらつき

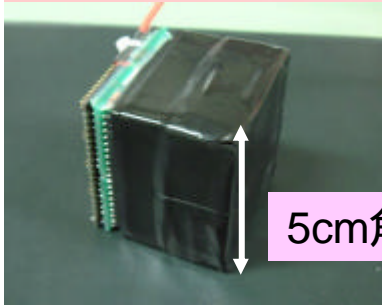


Min.:Max.=1 : 1.5



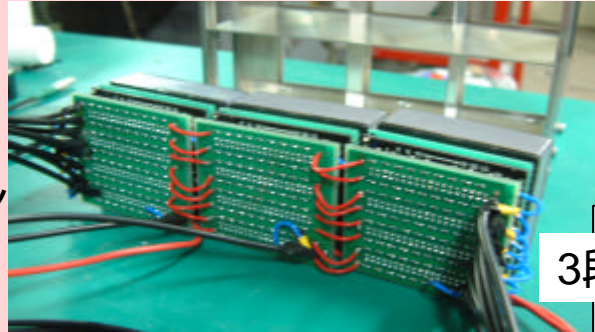
# 3.大面積化

5cm角64PSAカメラを並べる



5cm角

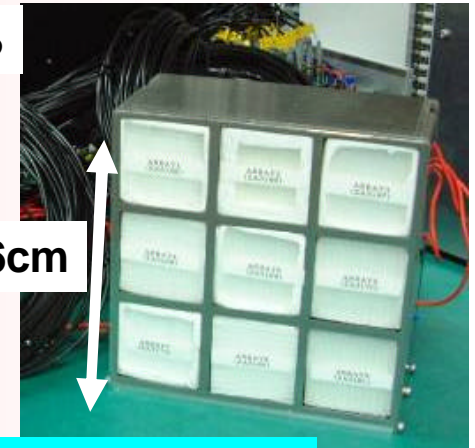
隣のPMT抵抗チェーンとつなげる。



3段重ねる



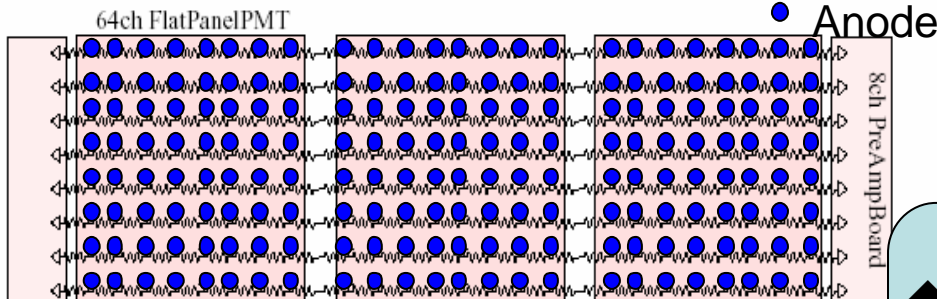
PMT3個つなぎ (192PSAカメラ 16ch読み出し)



16cm

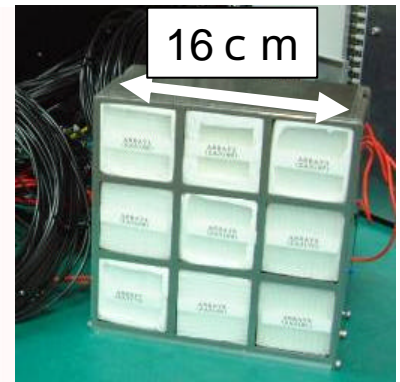
576PSAカメラ

- ◆16cm角シンチレーションカメラ
- ◆有効面積 81%
- ◆6mm角576ピクセル
- ◆抵抗チェーン48ch読み出し

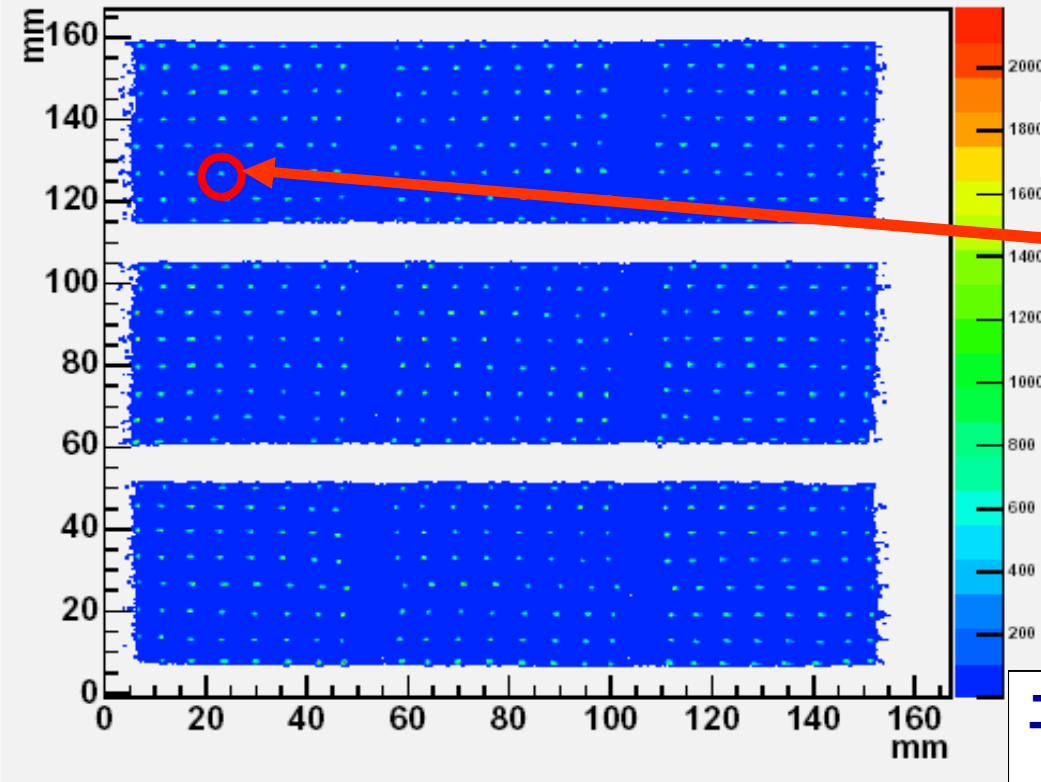




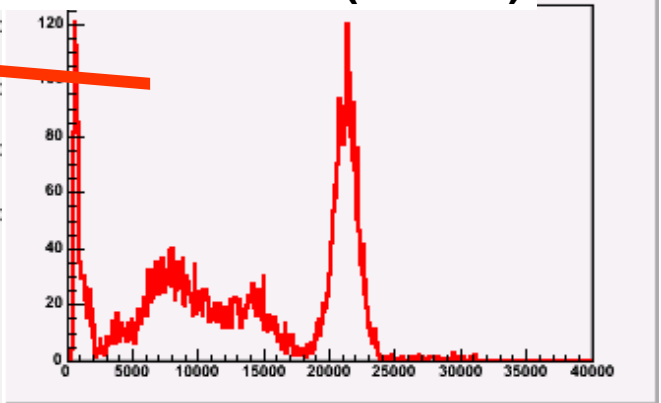
# GSO-576PSAカメラ



hosel\_map  $^{137}\text{Cs}$  (662keV) の全面照射



9.7% @662keV (FWHM)



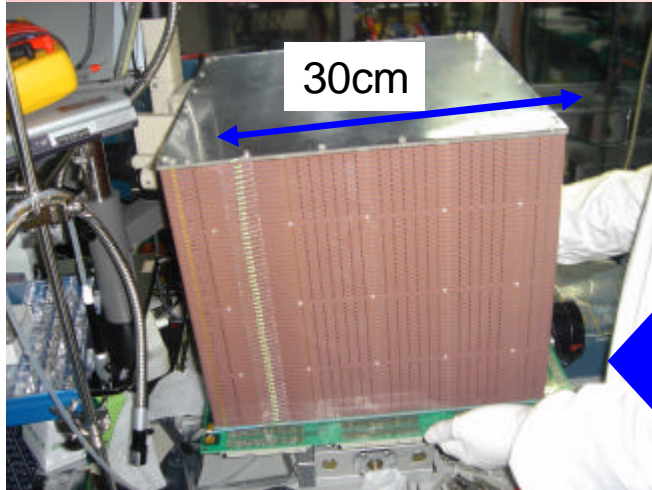
エネルギー分解能 (typ.)

~ 10% (FWHM) @662keV

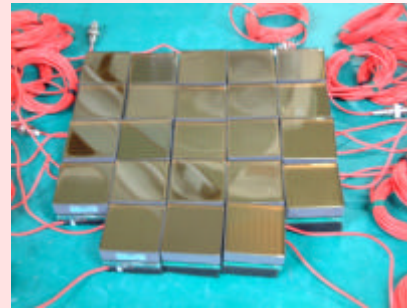
576ピクセル分別可能・10cm角TPC対応

# 4.現在および今後の開発状況

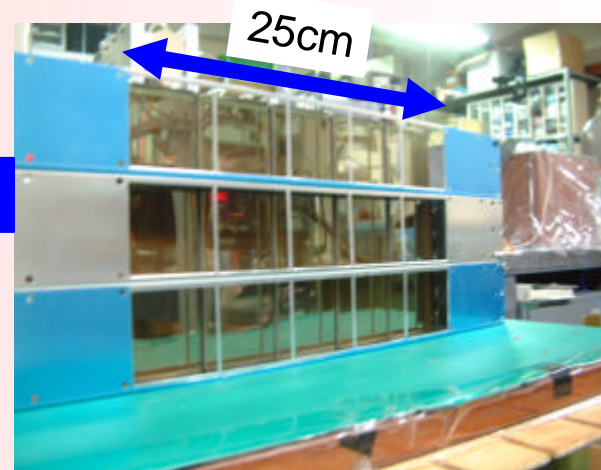
- カメラの大型化 GSO-PSAカメラ 増産、拡大



30cmTPCパッケージ



H8500  
@京都大学宇宙線研究室



FlatPanelIPMT 5 × 3  
for 25 cm長PSA



# GSO-Zrシンチレーター

～ エネルギー分解能の向上～

## ・GSO:Ce + Zr

Zrの添加により発光量up  
(日立化成テクニカルレポート  
No.44)

## ・サンプル評価

4 × 6 × 20mm<sup>3</sup>

Ce:1mol%

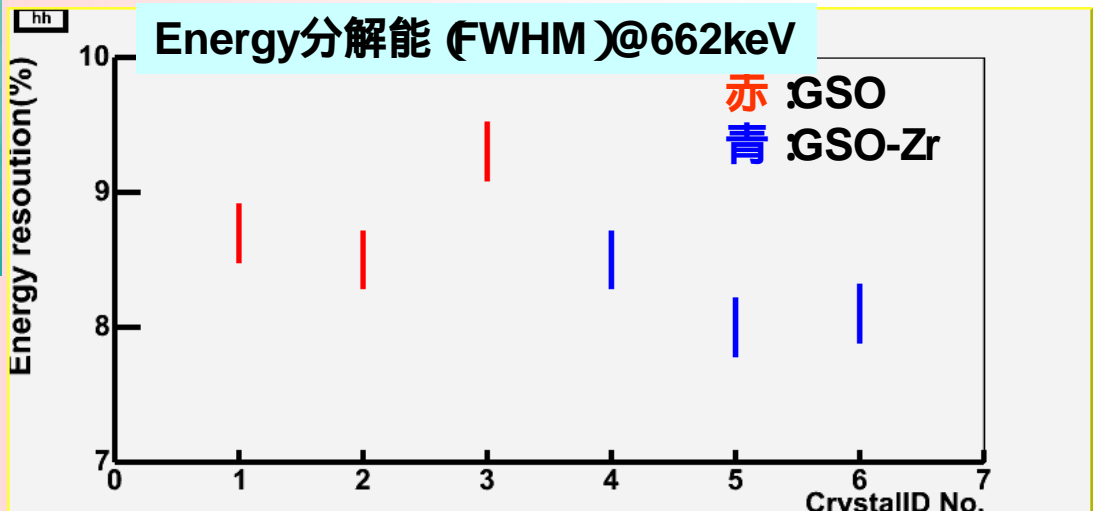
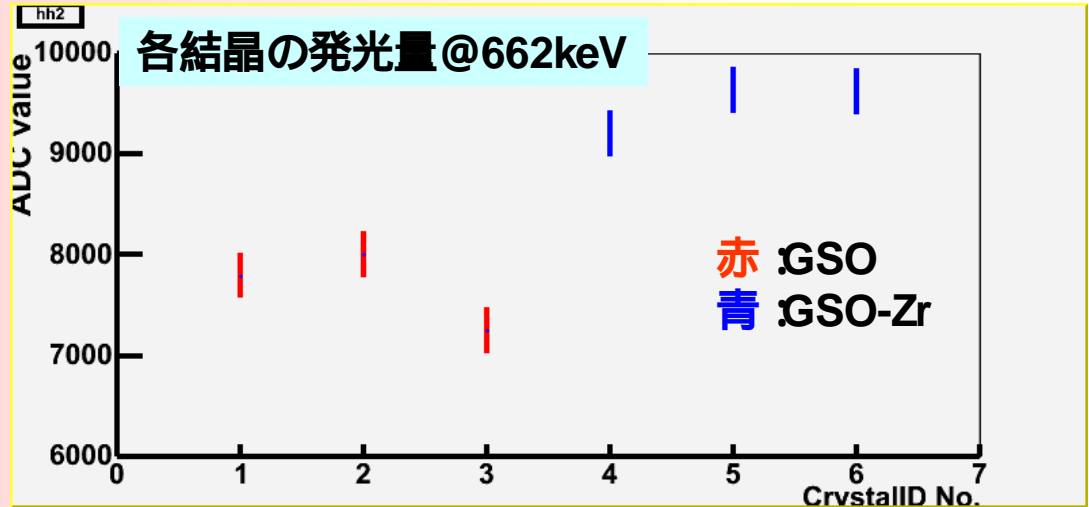
Zr:200ppm

PMT:R6231



光量 ~ 20%up

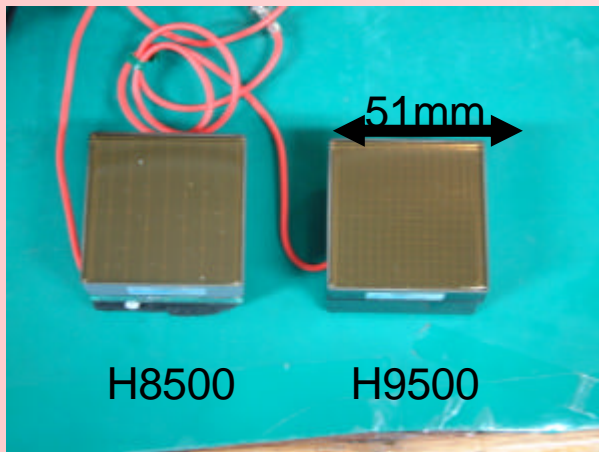
2005年3月





# 3mmピッチPSAカメラ

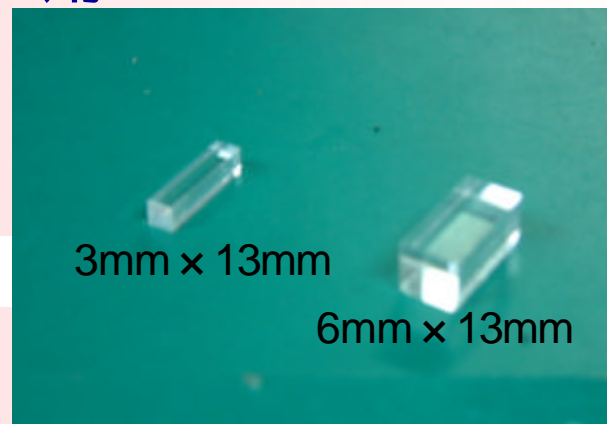
～位置分解能を求めて～



FlatPanelPMT H9500 (HPK)

・16×16マルチアノード

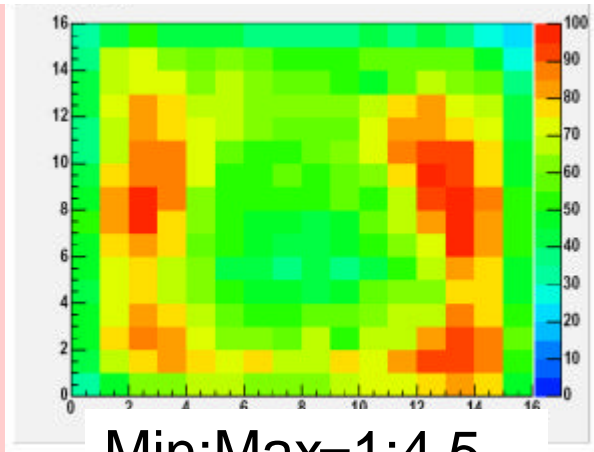
51mm角 256ch



H9500 アノードゲインのばらつき (HPK)

## 3mmピッチPSA

- 3mm角GSO
- 16×16
- ESR反射材





# まとめ

- G S O - P S A ( PixelScintillatorArray ) カメラ  
の製作と評価

5cm角カメラ 6mm角64Pixel 16ch読み出し  
エネルギー分解能 ~ 10%@662keV

- G S O - P S A ( PixelScintillatorArray ) カメラ  
の大型化

16cm角カメラ 6mm角576Pixel 48ch読み出し  
エネルギー分解能 ~ 10% @662keV

- さらなる性能向上にむけて  
GSO-Zr、3mmピッチPSA、大型化



# おわり