

# GSO、BGOを用いた宇宙 $\gamma$ 線用シンチレーション検出器の開発

川本 和弘、深沢 泰司、富永 慎弥 (広島大)

久保田 あや (ISAS)

2003, 3, 25

## 目的

コンプトンカメラ等の次期衛星搭載用観測器の一部として採用が期待できる小型の位置検出型検出器の開発

構成した検出器の外観

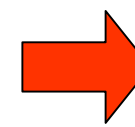


- MeV 領域に高い検出効率を持つ位置検出型検出器
- 位置分解能 1 mm、エネルギー分解能 10% 以下(662keV)
- 検出器の小型化、軽量化、単純化、省電力化

高阻止能  
結晶シンチレーター  
(GSO, BGO)

+

小型の  
位置検出型PMT



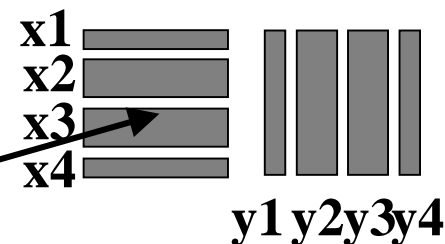
小型位置検出型  
シンチレーション  
検出器

# 小型位置検出型PMT

8chPMT・・・浜松ホトニクス社製R5900-00-C8

4+4chクロスプレートアノード

サイズ:28 mm×28 mm×20 mm (検出面 26x26 mm<sup>2</sup>)



**GSO(24.0x24.0x5.0 mm<sup>3</sup>)と組み合わせると**

**662 keV  $\gamma$ 線に対して**

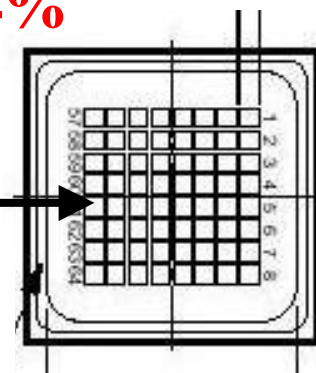
**位置分解能 2.2mm エネルギー分解能 14%**

(2002年秋の  
物理学会で報告)

64chPMT・・・浜松ホトニクス社製H7546

8×8マルチアノード

サイズ:30 mm×30 mm×45 mm



**$\alpha$ 線に対する位置分解能が**

**組み合わせるGSO結晶の厚さに依存していることを確認**

(2002年秋の 天文学会にて富永が報告)

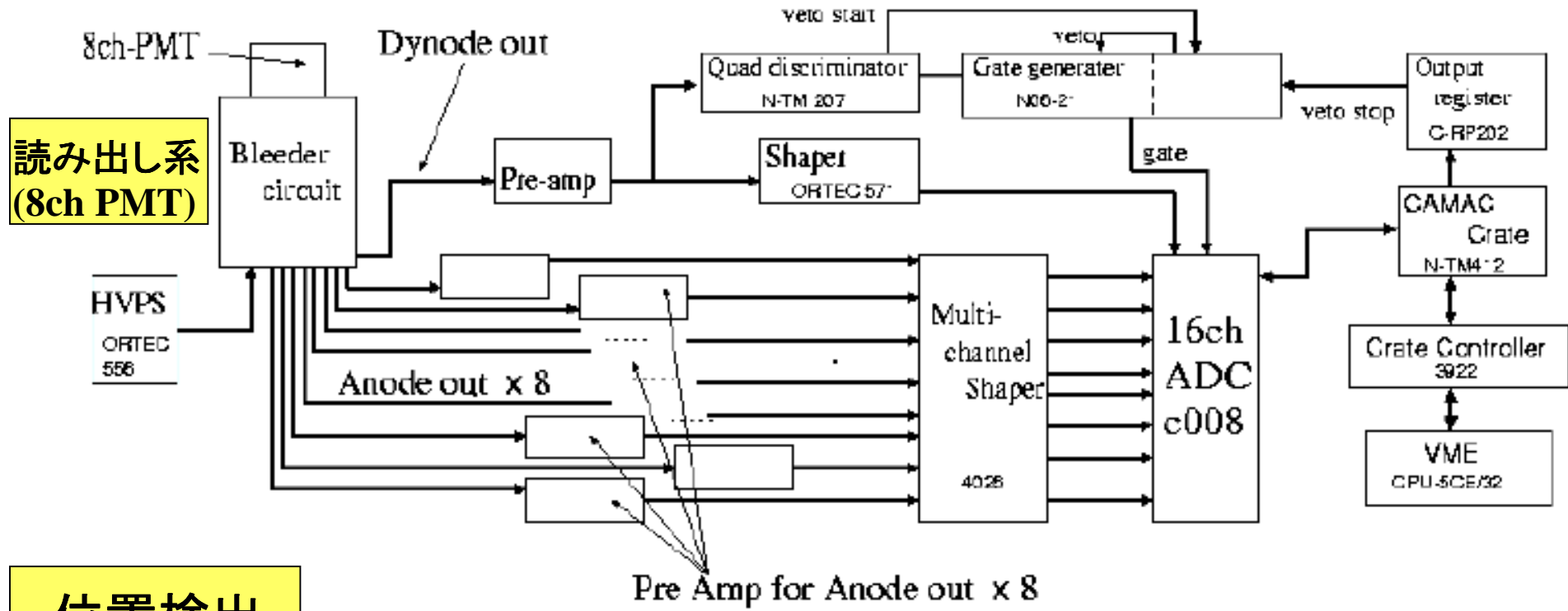
8ch PMTとGSO(24.0x24.0x5 mm<sup>3</sup>)

位置分解能の向上

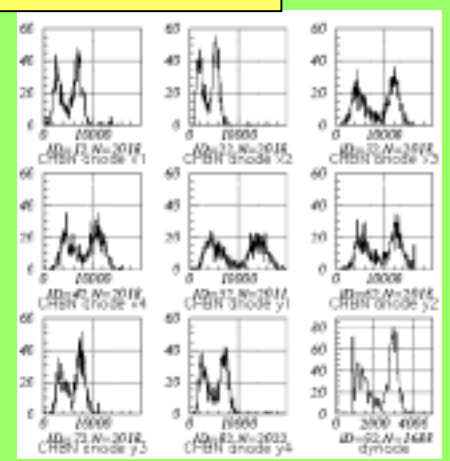
BGO(24.0x24.0x10.0 mm<sup>3</sup>)

$\gamma$ 線阻止能の向上

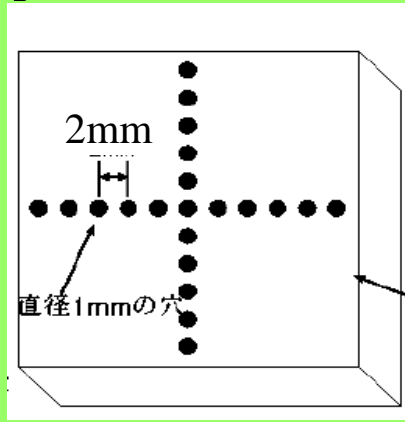
$\gamma$ 線を用いた位置分解能とエネルギー分解能の測定



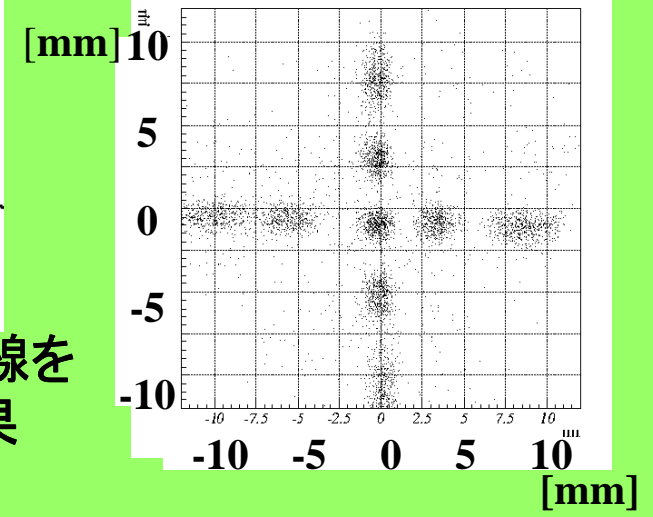
各軸方向毎に Anode 出力の2乗を重み平均して  
入射位置を算出。



各Anode out 8ch  
と Dynode out (右下)  
から得られる Spectrum

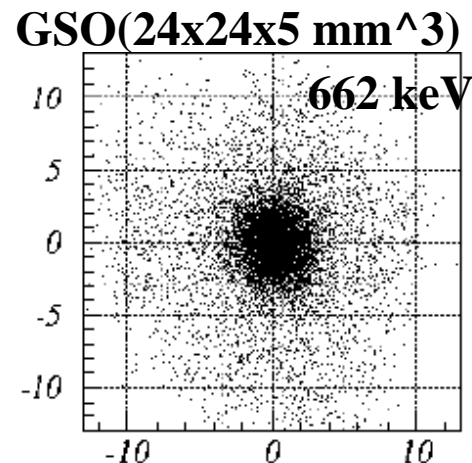
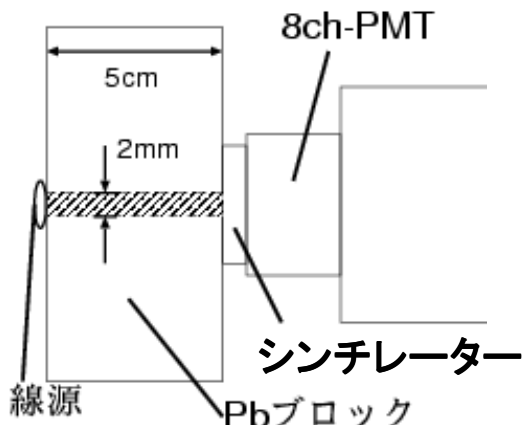


コリメーターを通して  $\alpha$  線を入射したときの検出結果  
(GSO24x24x5mm<sup>3</sup>)

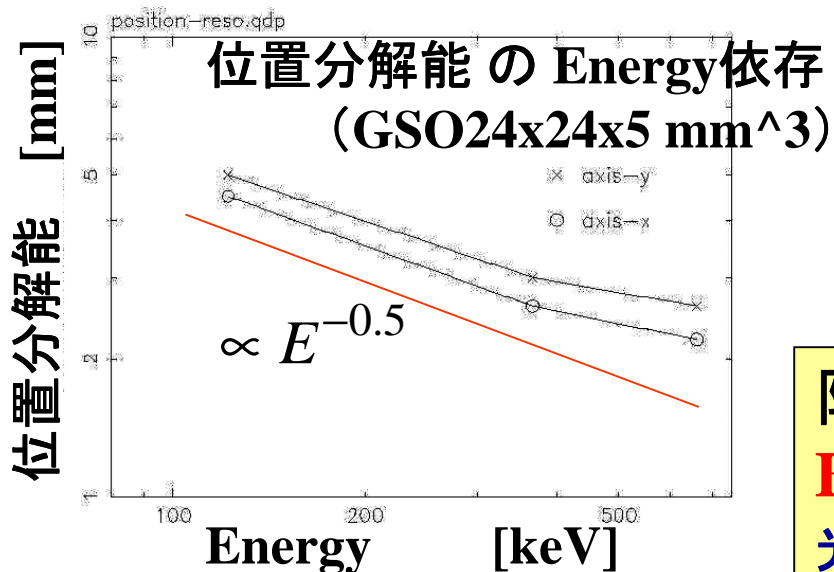
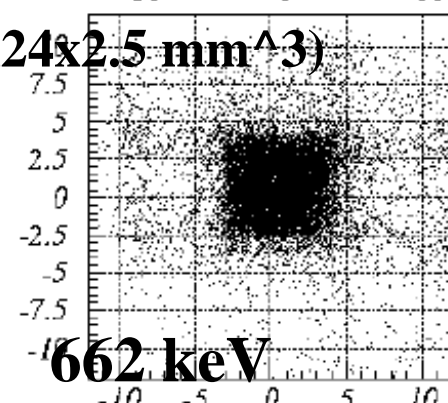
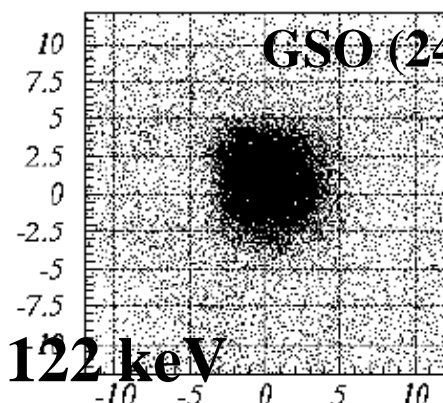


# γ線を用了位置分解能の測定

α線の位置分解能はシンチレーターの厚さ  
薄いほど向上。γ線では？



γ線での  
位置検出結果(mm)



位置分解能 (662keV)

**GSO(24x24x2.5 mm<sup>3</sup>) 4.2 mm**  
**(24x24x5 mm<sup>3</sup>) 2.2 mm**

位置リニアリティ補正に起因

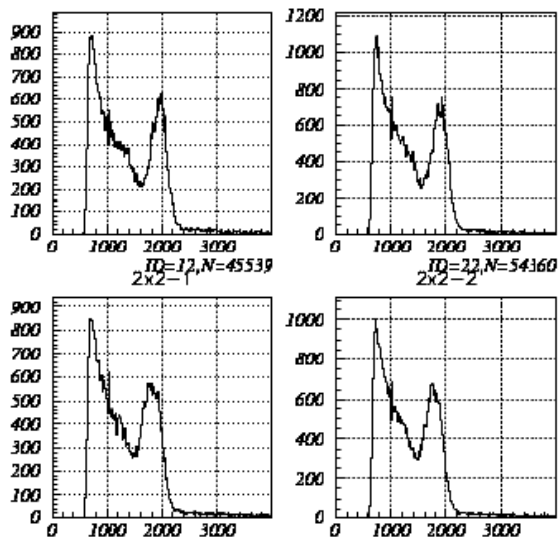
阻止能の高いBGOでの測定(662keV)

**BGO(24x24x10 mm<sup>3</sup>) 6.6 mm**

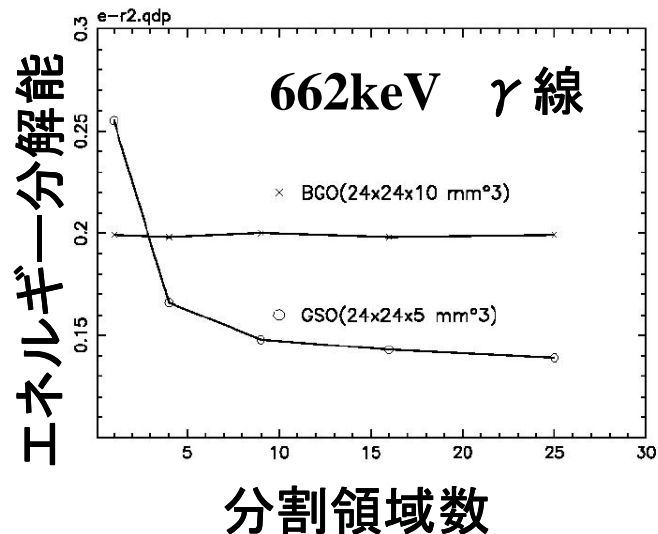
光量の少なさと結晶の厚さに起因

# エネルギー分解能とその補正

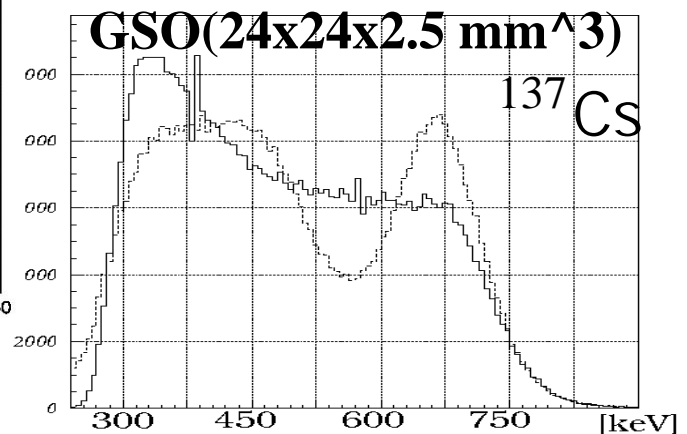
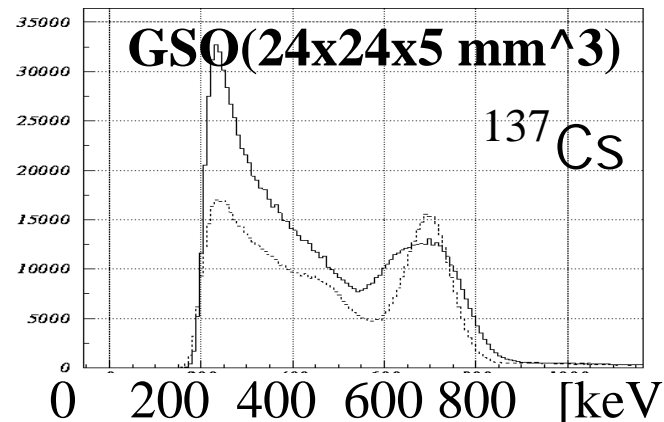
検出場所によるDynode out の Gainのばらつき等を補正する



異なる領域において検出された 662 keV  $\gamma$  線のspectrum



検出面全体での662 keV  $\gamma$  線の spectrum(実線:補正前、点線:補正後)



## 662 keV $\gamma$ 線でのエネルギー分解能

	(補正前)	(補正後)
GSO(24x24x2.5)	測定不可	15 %
(24x24x5)	24 %	14 %
BGO(24x24x10)	20 %	20 %

結晶の厚さ	PMT検出面における光子の分布のコントラスト
薄い	強
厚い	弱

# 結果

PMT R5900-00-08 と 結晶シンチレータを組み合わせた  
単純構造で小型の位置検出型シンチレーション検出器

662 keV $\gamma$ 線に対して	位置分解能	エネルギー分解能
<b>GSO(24x24x2.5 mm<sup>3</sup>)</b>	<b>4.2 mm</b>	<b>15%</b>
(24x24x5 mm <sup>3</sup> )	2.2 mm	14 %
<b>BGO(24x24x10 mm<sup>3</sup>)</b>	<b>6.6 mm</b>	<b>20 %</b>

- 位置分解能に最適なシンチレーターの厚さがある
- 位置検出能力を用いたスペクトル補正は、シンチレーターの厚さが薄い時に有効である

## 課題

エネルギーおよび位置分解能に対しての

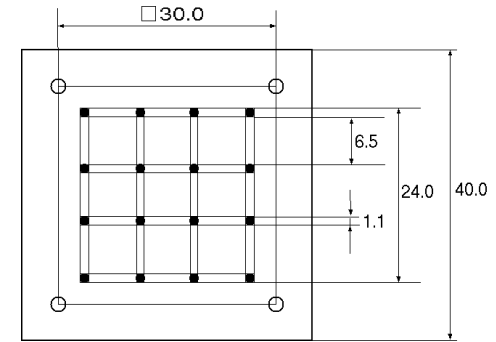
- シンチレーターの形状の最適化
- 低温条件下でのシンチレーション光量の増加による寄与
- 64ch PMT を用いた場合の  $\gamma$  線位置分解能



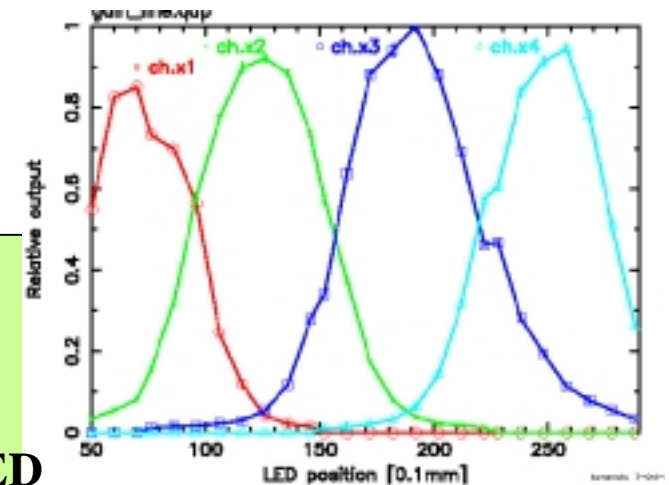
# Calibration



LED,精密ステージ、ガラスファイバー、治具で Calibration Setup を構成



ガラスファイバー固定治具(unit:mm)



LED光入射位置に対する各Anode の出力

## Anode position の算出

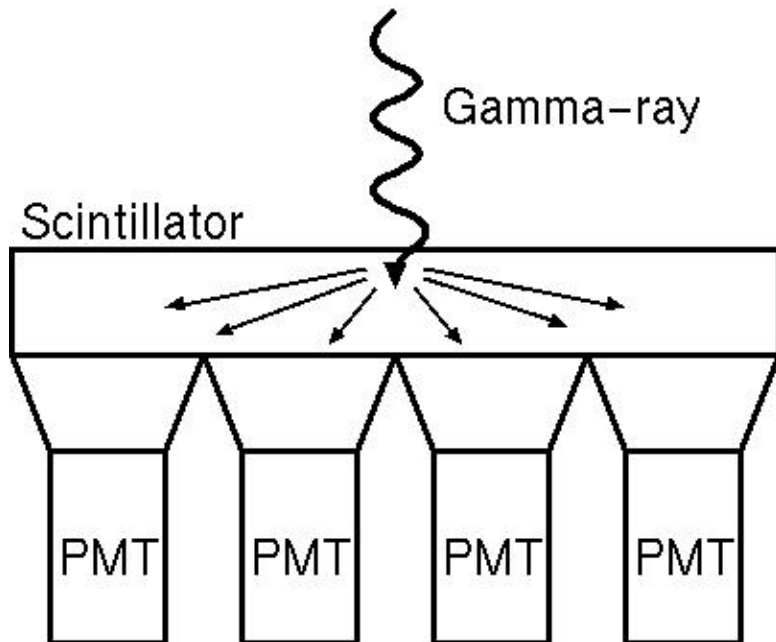
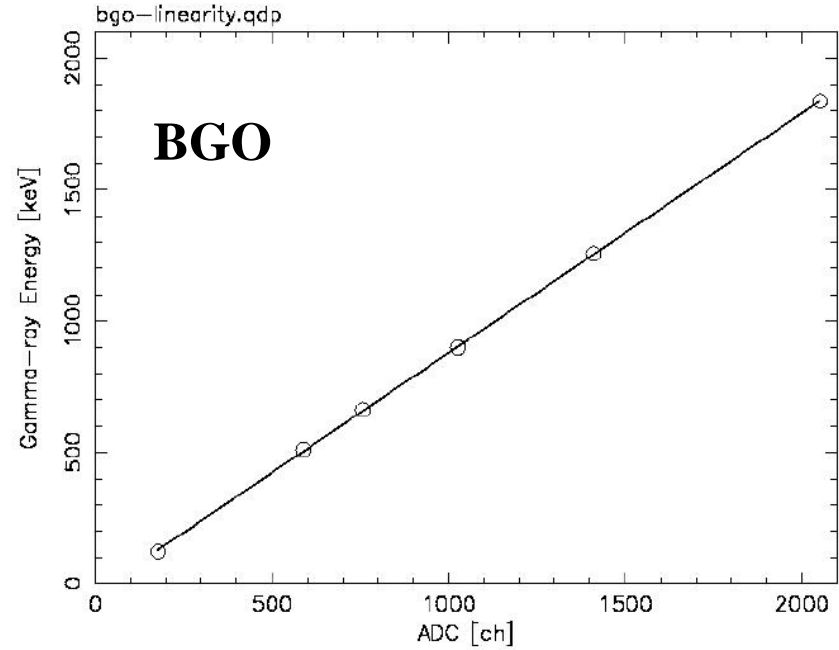
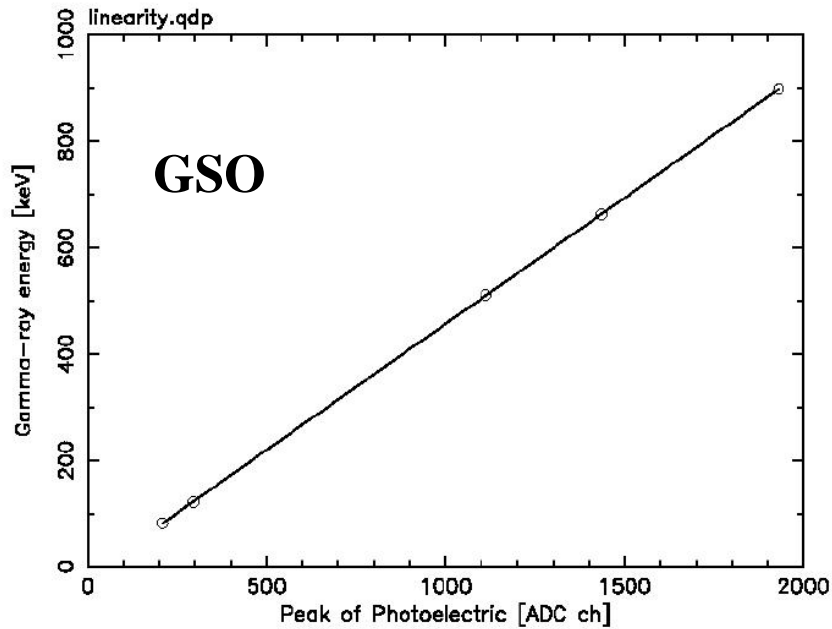
$$X^a = \frac{\sum_j (P_j^a / K) * x_j}{\sum_j (P_j^a / K)}$$

$X^a$ : position of Anode a  
 $P^a$ : peak of anode out a  
 $K$  :: intensity ratio of LED  
 $x$  : LED position

各Anode の Gain は各Anode に一番強く入射している Data を比較して求める

Anode-Xの相対位置とgain Anode-Yの相対位置とgain

ch	gain	position [mm]	ch	gain	position [mm]
X1	0.850	-8.39	Y1	0.699	-8.63
X2	0.921	-3.31	Y2	0.923	-3.03
X3	1.000	3.31	Y3	1.000	3.03
X4	0.944	8.55	Y4	0.761	8.42



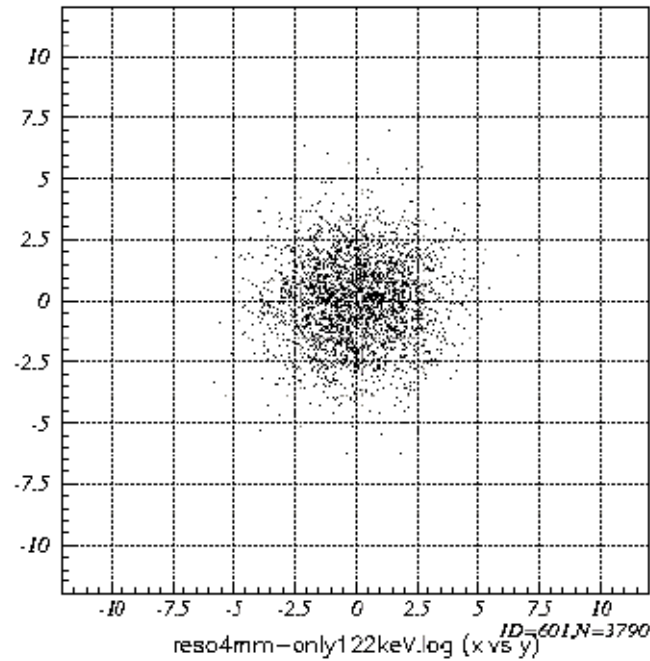
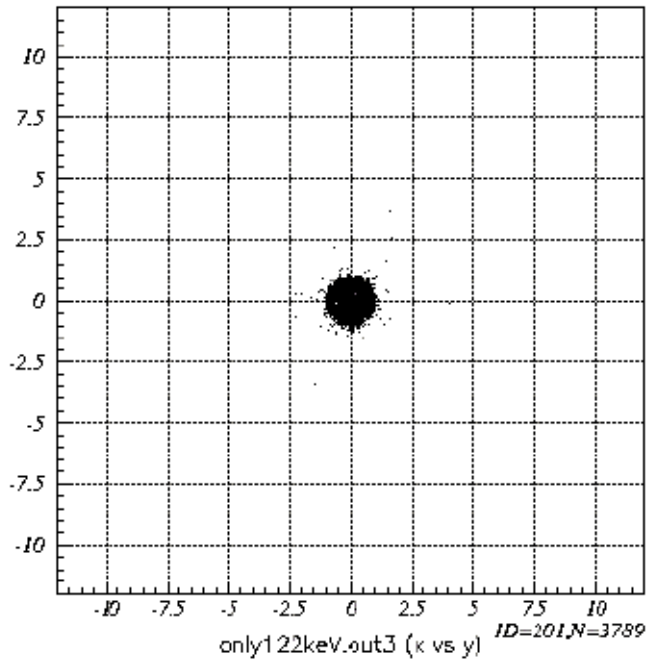
統計誤差解析から  $X$  は

$$\sigma_X^2 \propto (\sum_i N_i)^{-1} \propto E^{-1}$$

を持つガウス分布型に広がる。

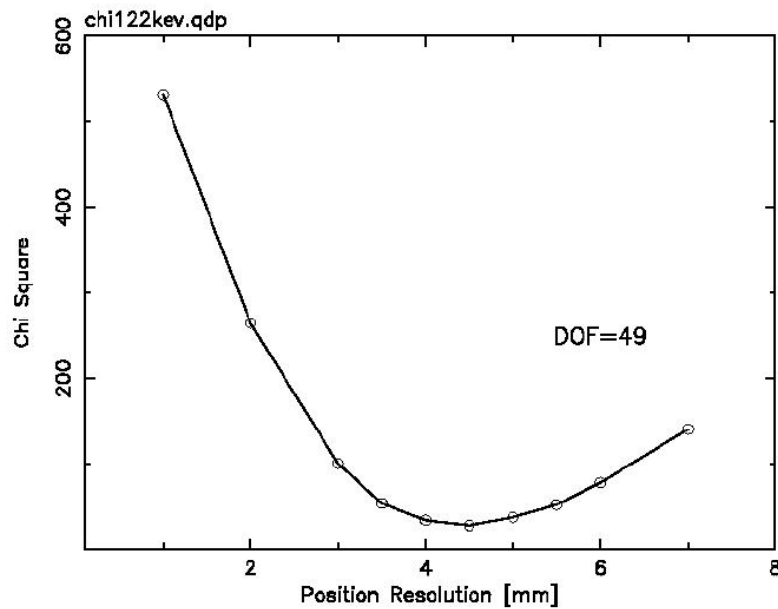
$$FWHM = 2.35 * \sigma_X \propto E^{-0.5}$$





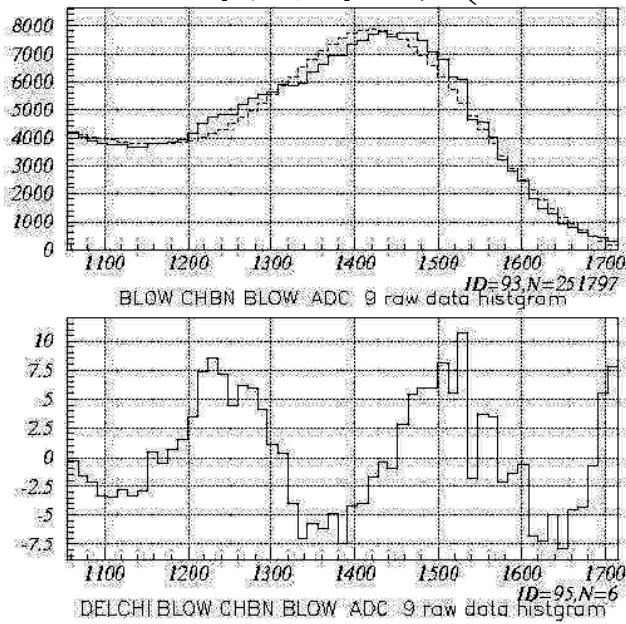
122keV  $\gamma$  線の  
Geant-4 での  
シミュレーション(右)

結果を分解能で  
なましたもの  
(FWHM=4.0mm)

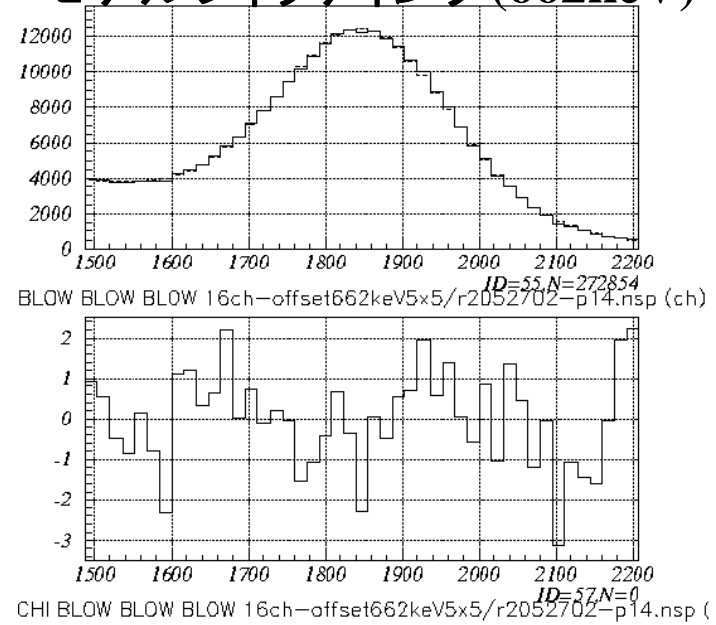


実験で得られたデータと  
シミュレーション結果の比較  
( $\chi$  自乗検定)

## 領域分割補正前の モデルフィッティング(662keV)



## 領域分割補正後の モデルフィッティング(662keV)



## エネルギー分解能の エネルギー依存

