

6mm角 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 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 II

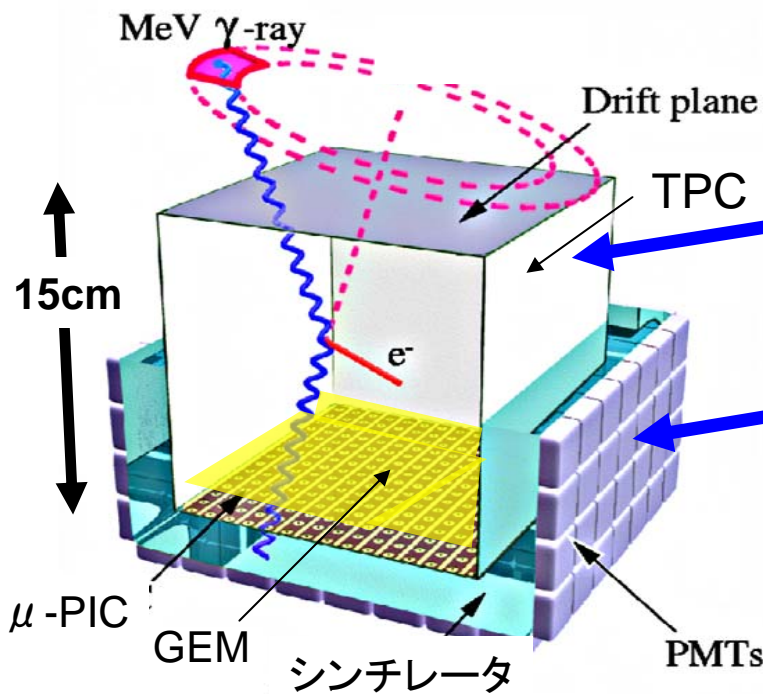
京大理 黒澤俊介

京大理: 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, 上野一樹, 井田知宏, 岩城智
ワールド エンジニアリング システム: 柳田祥男

日本物理学会 2008年春季大会
2008年3月24日(月) 於 近畿大学

- ❖ 目的
- ❖ 6mm角 LaBr_3 アレイの性能評価
- ❖ まとめ

我々のサブMeV・MeV ガンマ線コンプトンカメラ



ガスTPC ($10 \times 10 \times 15\text{cm}^3$) :

コンプトン反跳電子の
三次元飛跡とエネルギーを測定
 (μ -PIC, GEM使用、ガス:Ar+C₂H₆ 1atm)

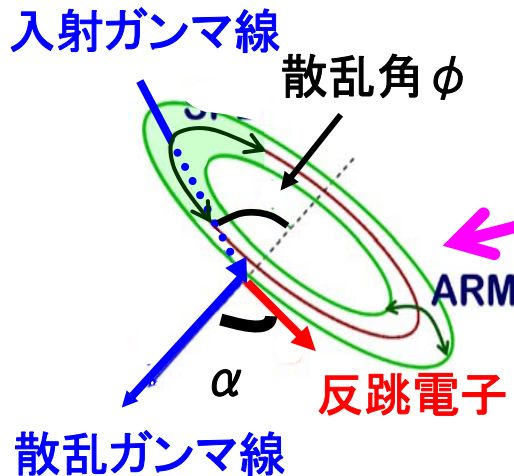
シンチレーションカメラ:

散乱 γ 線の方向とエネルギーを測定
 (GSO アレイ使用)

γ 線の到来方向とエネルギーを
 1光子ごとに決定

コリメータがなく大立体角 ($\sim 3\text{str}$)観測

α 角による強力なバックグラウンド除去
 (運動学から求まる値と測定値を比較)



現在の角度分解能: 6.4° @662keV
角度分解能(ARM)はシンチレータの
 エネルギー分解能に依存.

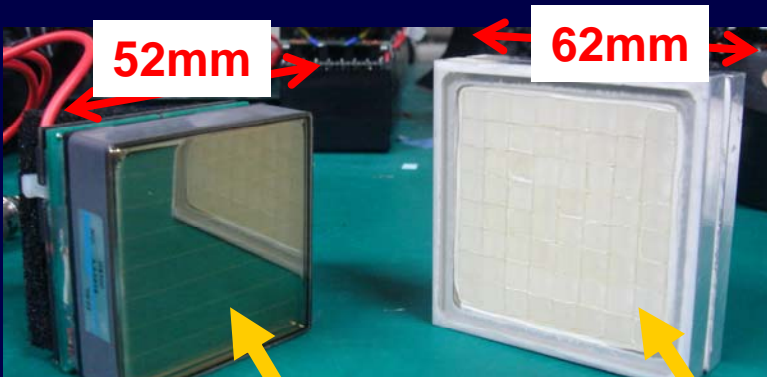
GSOアレイ: $\sim 10.5\%$ @662keV

シンチレータ: GSO (Ce) から LaBr₃ (Ce) へ

LaBr₃ (Ce) の特徴

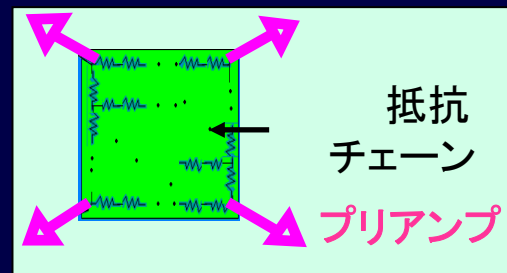
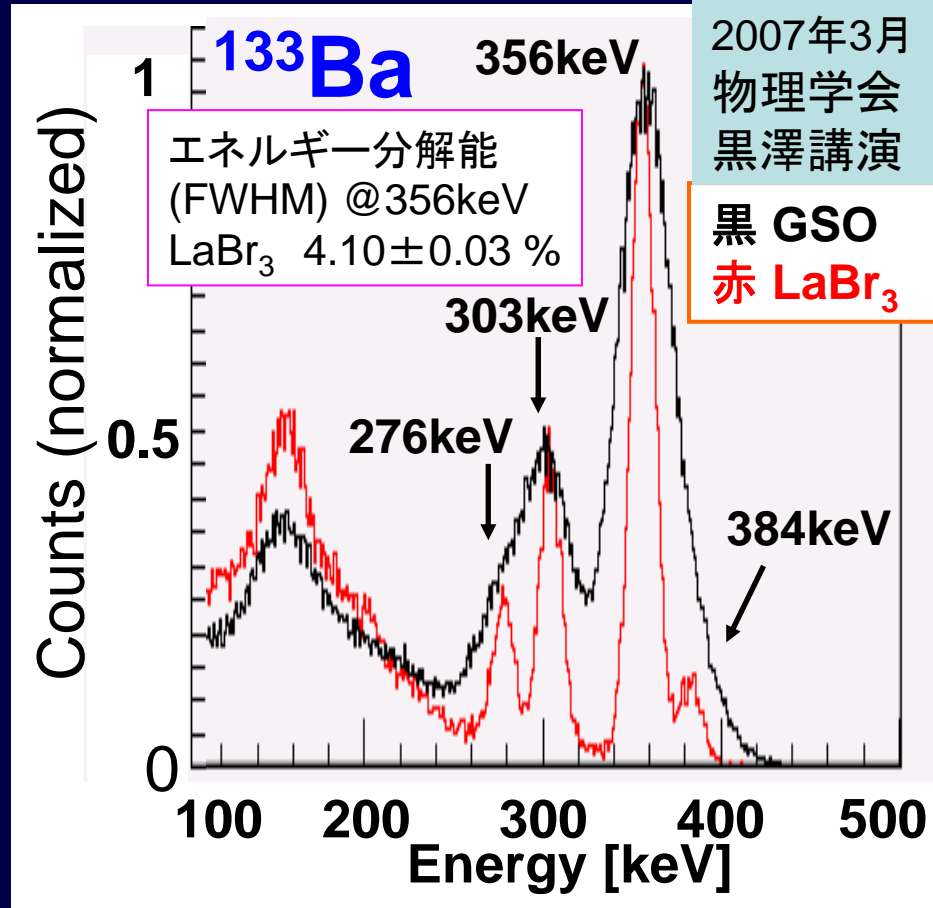
- ・エネルギー分解能が大変良い
~3% @662 keV, FWHM
(シングルアノード PMT HPK R6231 測定)
- ・発光量が多い NaI(Tl) の約1.6倍,
GSOの約8倍
- ・decay time が早い ~25nsec
- ・潮解性がある

サンゴバン社から購入したLaBr₃塊を
われわれ独自の製法でアレイ化
ピクセルサイズ: 5.8 × 5.8 × 15 mm³
ピクセル数: 8 × 8 個



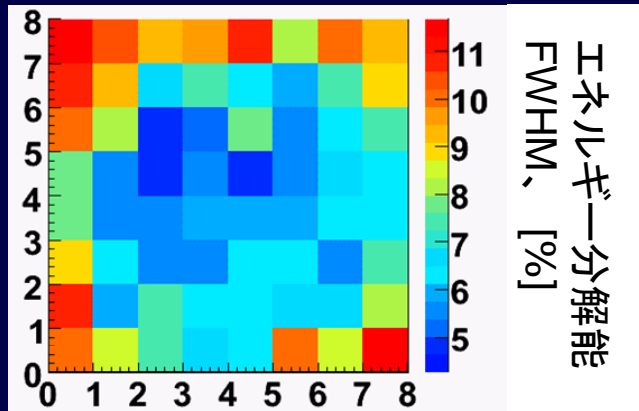
8 × 8 マルチアノード PMT
浜松ホトニクス社 H8500

LaBr₃
アレイ



抵抗分割4端読み出し、
重心演算
(GSOアレイと同じ)

アレイのエネルギー分解能 (FWHM)



GSO: $10.4 \pm 0.2\%$
 LaBr₃全ピクセル: $6.4 \pm 0.2\%$ @662keV
 除く外周一列: $5.4 \pm 0.3\%$

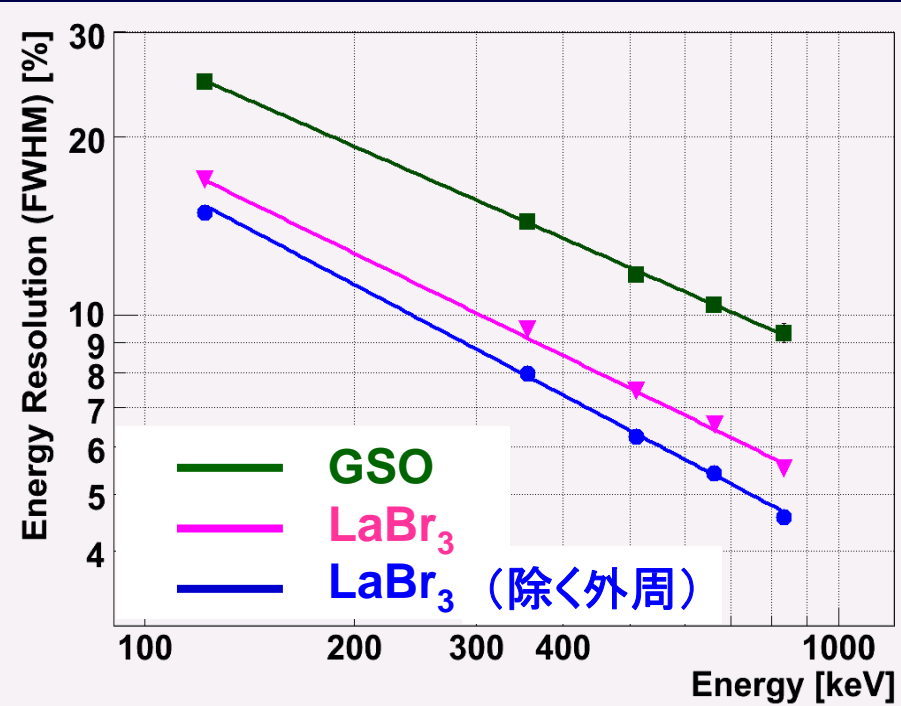
LaBr₃ アレイの外周一列はパッケージの構造上、光漏れが起こり、分解能が低下

LaBr₃ アレイ、¹³⁷Cs全面照射
 各ピクセルのエネルギー分解能

$$\text{res.} = (10.4 \pm 0.8) \times (E/662\text{keV})^{-0.51 \pm 0.01}$$

$$\text{res.} = (6.42 \pm 0.05) \times (E/662\text{keV})^{-0.57 \pm 0.01}$$

$$\text{res.} = (5.39 \pm 0.02) \times (E/662\text{keV})^{-0.62 \pm 0.01}$$

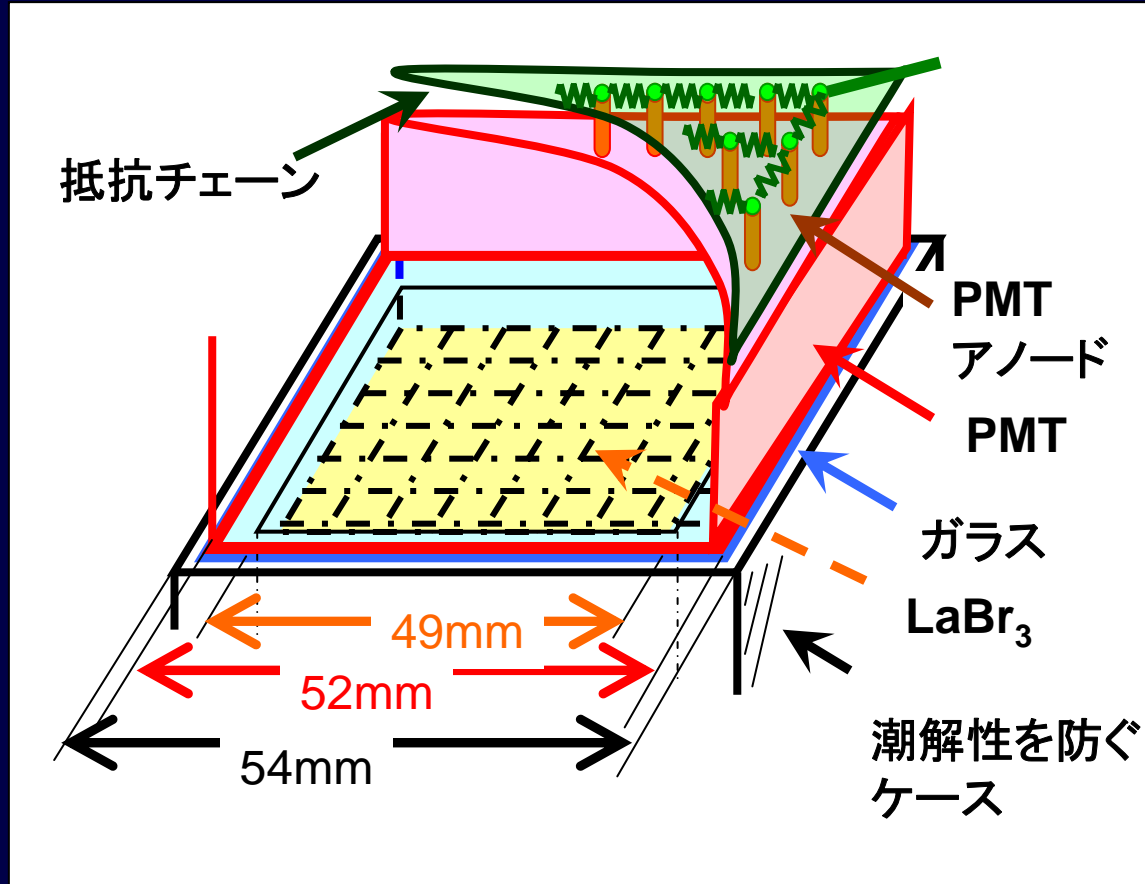


各ピクセルごとの分解能 (FWHM) の平均とエネルギーとの関係

改良品：光漏れ対策・コンパクト化

改良点

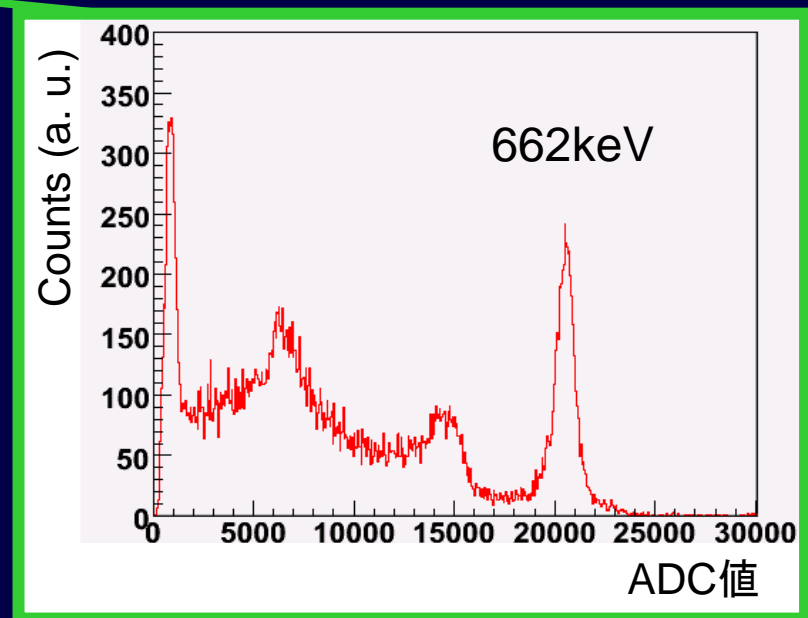
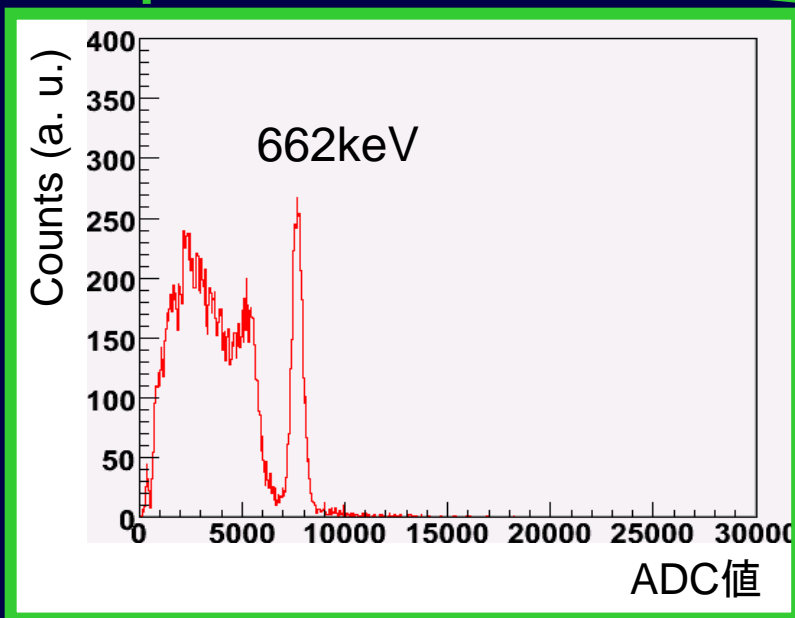
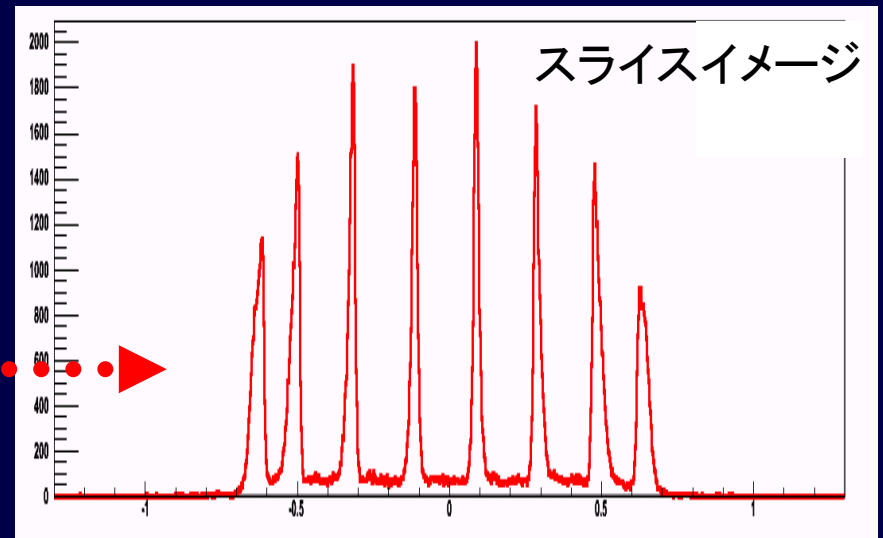
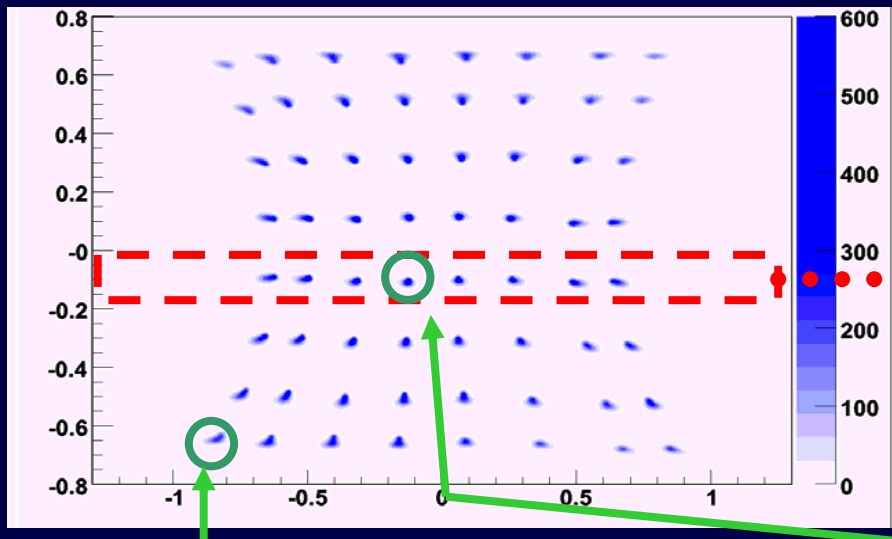
- 外周での光漏れを抑える構造の開発
- コンパクト化
潮解性を防ぐケースの外枠
62mm → 54mm
PMT H8500と
ほぼ同じ大きさに
- 結晶の研磨方法の改良



ピクセルサイズ： $5.8 \times 5.8 \times 15 \text{ mm}^3$
ピクセル数： 8 × 8 個
結晶部分の外周： $49 \times 49 \text{ mm}^2$
PMT外周： $52 \times 52 \text{ mm}^2$

再構成イメージとスペクトル

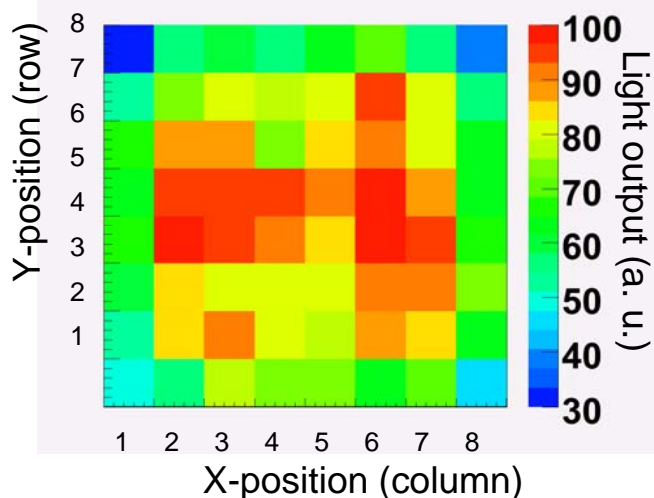
^{137}Cs 全面照射



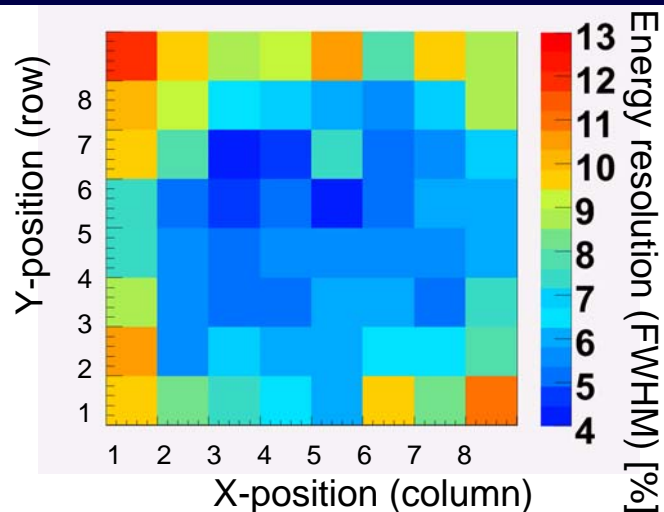
光量とエネルギー分解能の改良

従来型

光量



エネルギー分解能@662keV

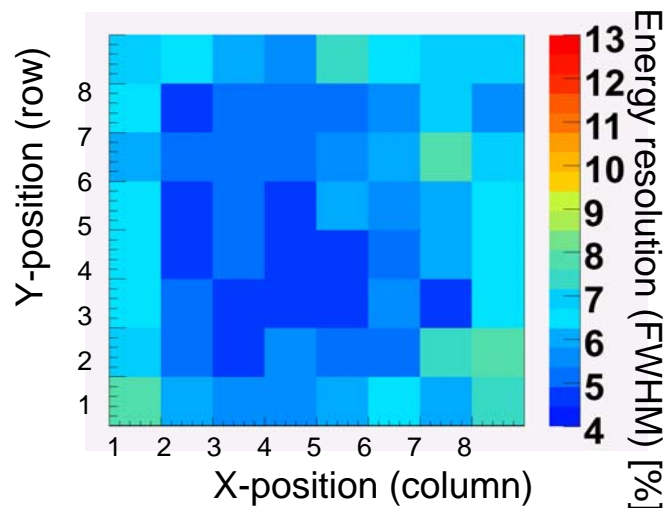
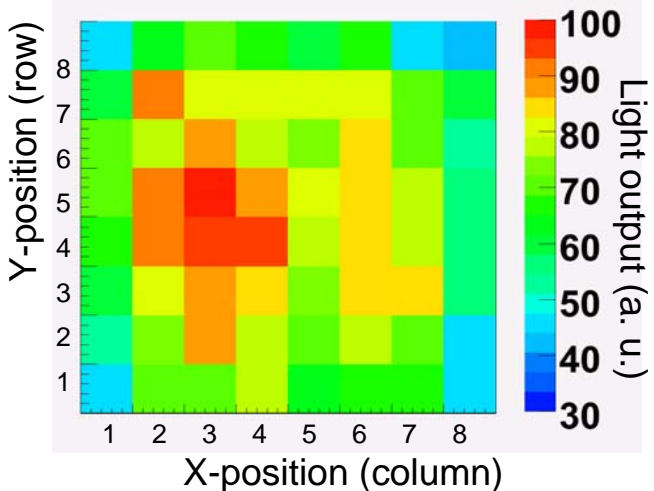


外周の光量が内周との相対比で
6%向上

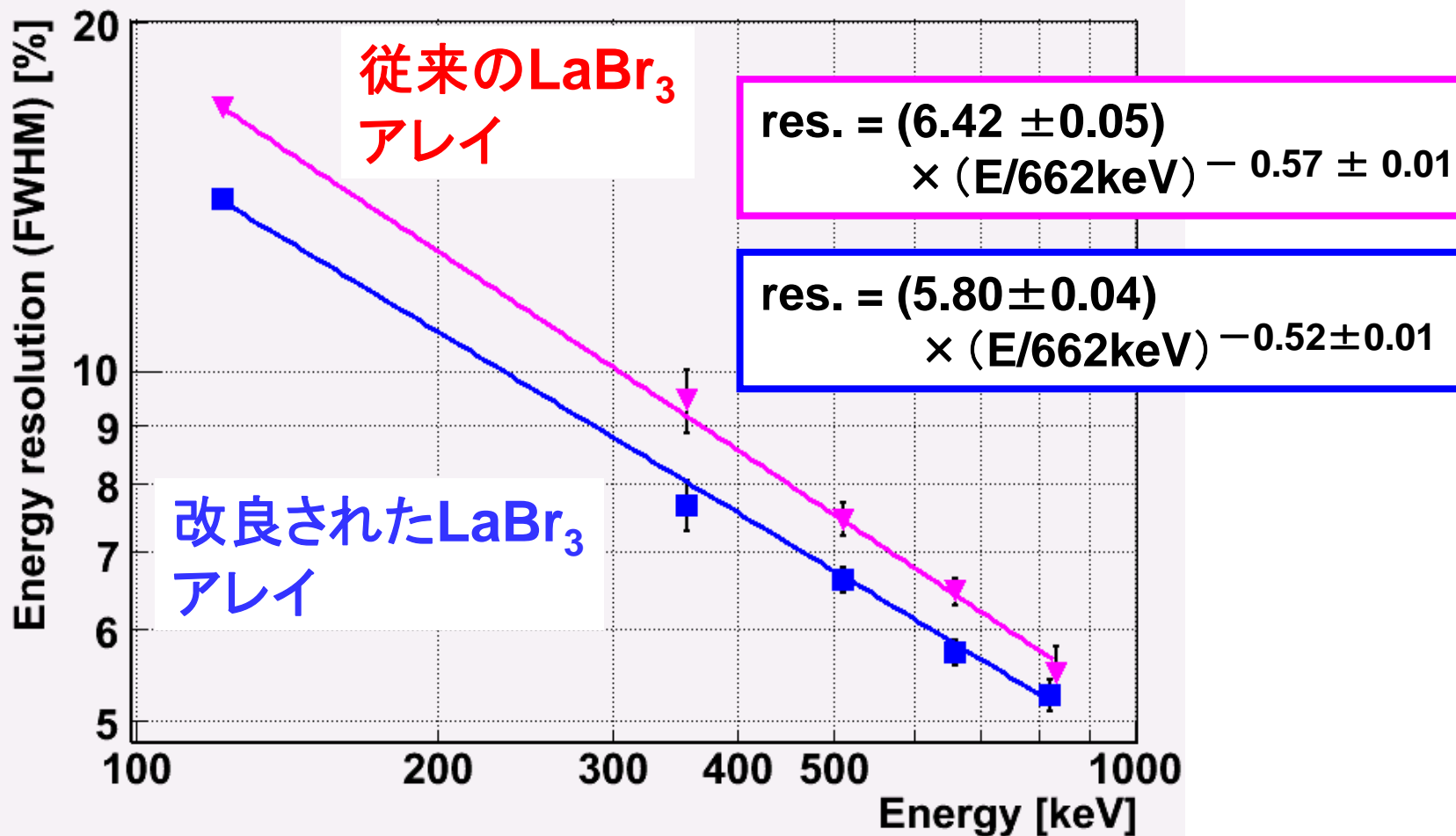
FWHM: $7.0 \pm 1.8\%$

→ $5.8 \pm 0.9\%$

改良型



アレイのエネルギー分解能



アレイ全体のエネルギー分解能 (FWHM) とエネルギーとの関係

まとめと今後の課題

- 従来の LaBr_3 アレイは外周一列のピクセルの光量、エネルギー分解能が内周よりも低かった。
 - 構造を改良することで特に外周の性能が向上した。
 - エネルギー分解能(FWHM)@662keV
 - 全ピクセル平均 : $7.0 \pm 1.8\%$ → $5.8 \pm 0.9\%$
 - 外周一列の平均 : $8.5 \pm 1.5\%$ → $6.5 \pm 0.6\%$
 - 潮解性を防ぐためのケースがコンパクトになった。
-
- 個々のチャンネルでの読み出しとその評価。
 - LaBr_3 がPMTで到達できるエネルギー分解能(FWHM:3% @ 662keV)にアレイの分解能を近づける。