

monolithic型及びpixel型シンチレータを用いた ガンマカメラの開発3

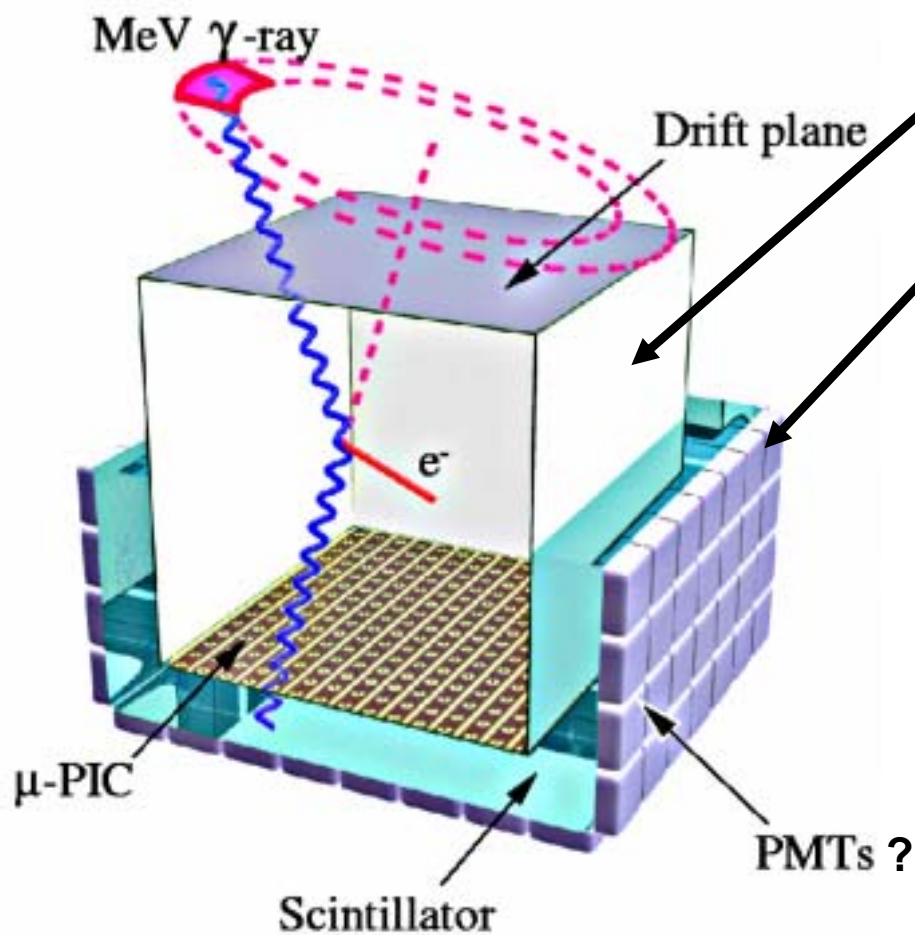
Si PIN Photo Diode Array (PDA) の評価

京大理 西村広展

谷森達、窪秀利、身内賢太郎、竹田敦、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Pixel Scintillator Array
2. PDAのX線スペクトル
3. PDA + CsI(Tl)アレイのスペクトル
4. まとめ

1. Micro-TPC + シンチレーションカメラ MeV 線検出器



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
+

シンチレーションカメラ:

散乱 線の方向とエネルギー

線の到来方向とエネルギー
を1光子毎に決定

シンチレーションカメラの目標値

位置分解能: 3mm (FWHM)

エネルギー分解能:

9.0% @ 662keV ARM3度

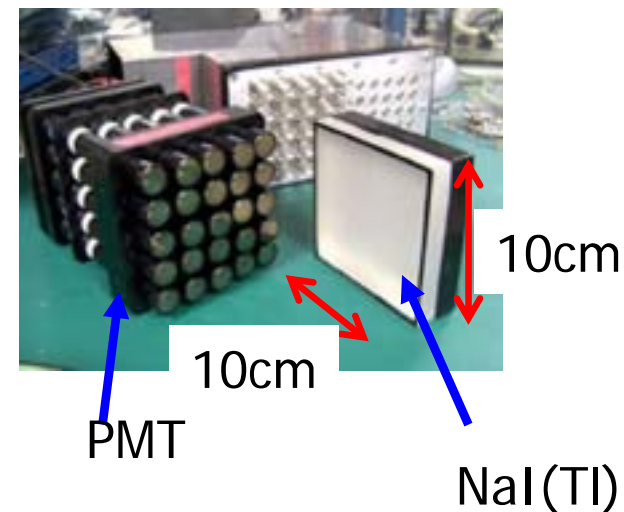
シンチレーションカメラの開発状況

Monolithic型シンチレータ(アンダーカメラ)

Pixel型シンチレータ
CsI(Tl)



次の岡田講演



シンチレーション光読み出し

MultiAnode型PMT

- 信号大
- 取り扱い容易
- コスト高

- 信号小
- 軽量、低電力
- 低コスト

PhotoDiodeArray (PDA)
量子効率大

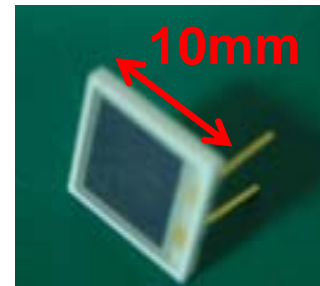
次の岡田講演
9/30 素粒子実験 関谷講演

本講演。

2 Si PIN PhotoDiodeArray

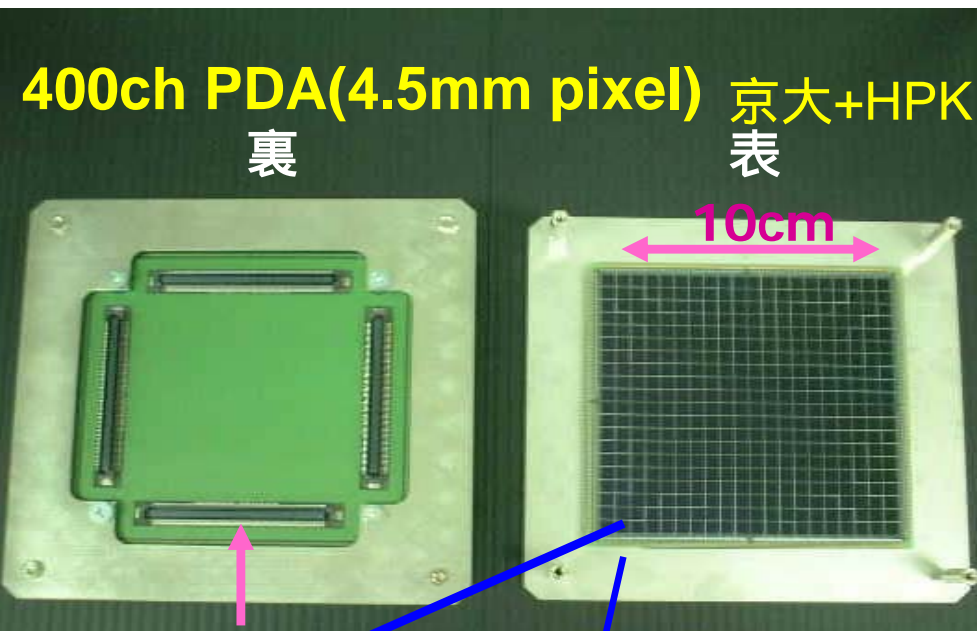
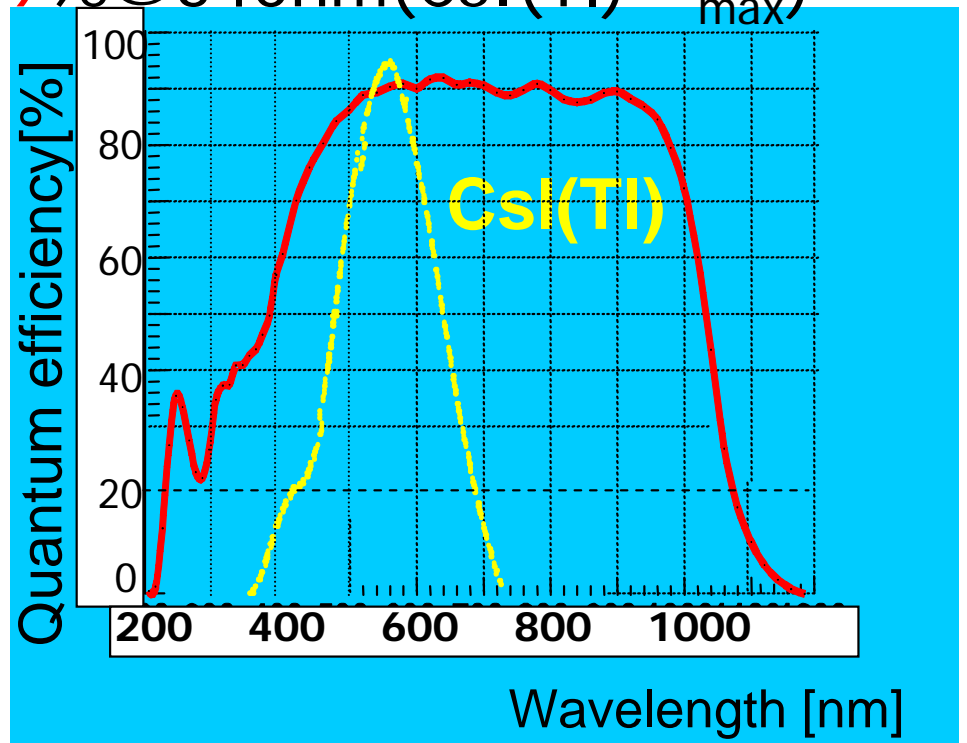
- Si PIN Photodiode S3590 - 08 (HPK) ベース
- 4.5mm pixel (10 × 10) × 4
- ~300 μm 厚

S3590-08



量子効率の波長依存性

89% @ 540nm (CsI(Tl) max)



connector



↓
↑
5mmピッチ
有感部4.5mm角

フォトダイオードアレイの性能評価

ノイズ評価 (PDの性能に大きく影響)

半導体検出器回路における等価電荷雑音

: Shaping Time

に比例

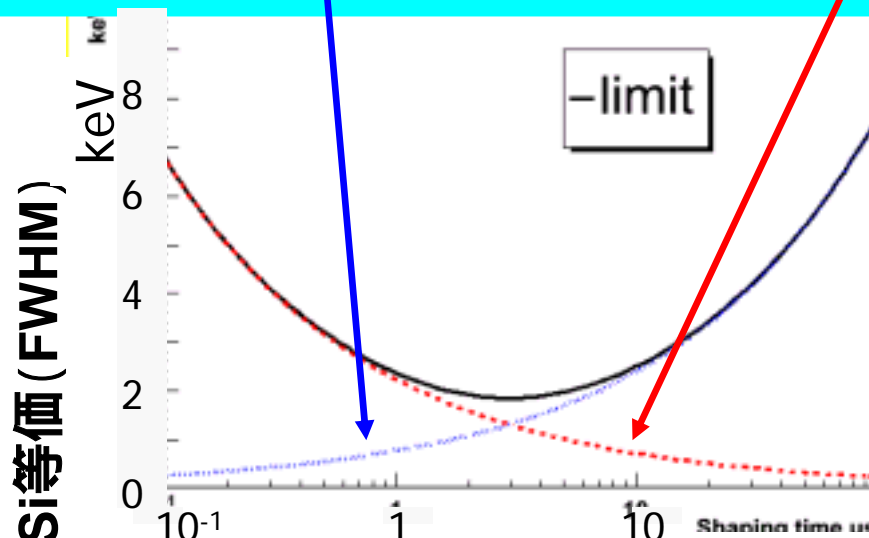
に反比例

$$Q_{rms}^2 [C^2] = 1.253 \left(\frac{2kT}{R_p} + 2eI \right) \tau + 1.253 (2kTR_s C^2) \frac{1}{\tau}$$

I: リーク電流

C: 等価入力容量

今回の検出系において



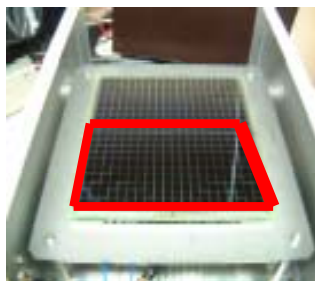
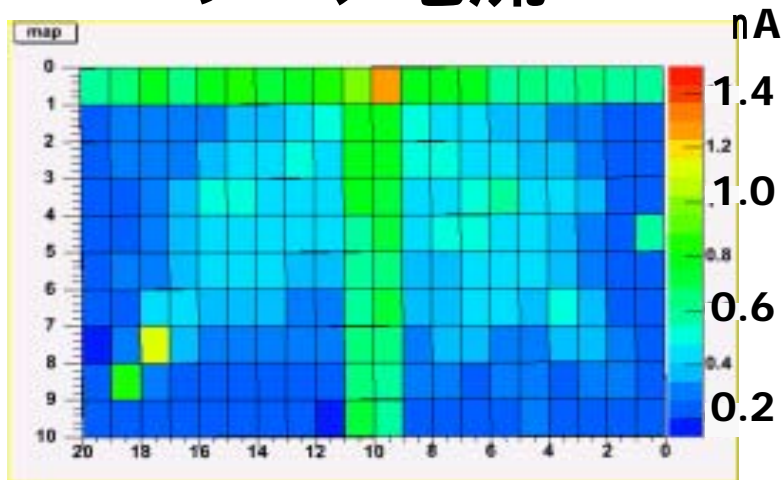
Shaping Time 3 μ s で
ノイズ最小

(μ s)

電気回路ノイズのShaping Time依存性

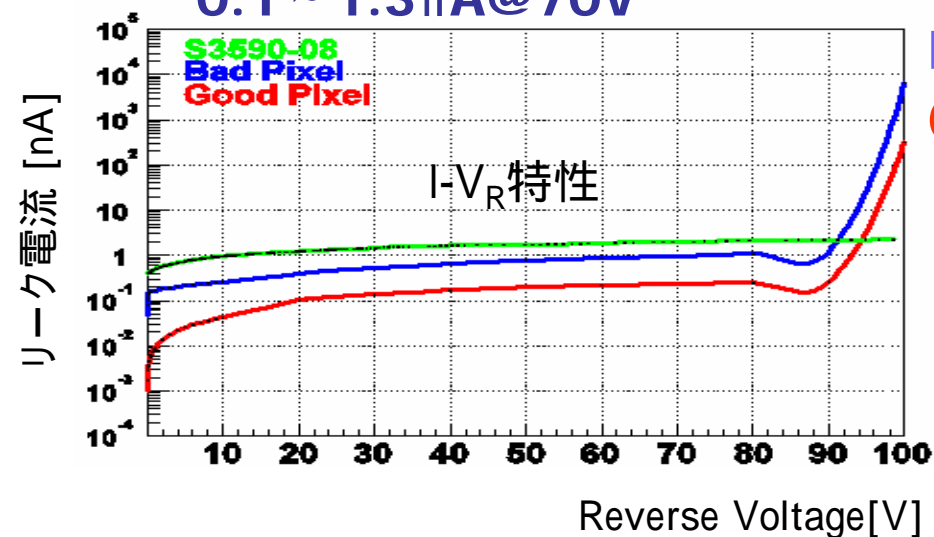
各ピクセルでのリーク電流と端子間容量

リーク電流

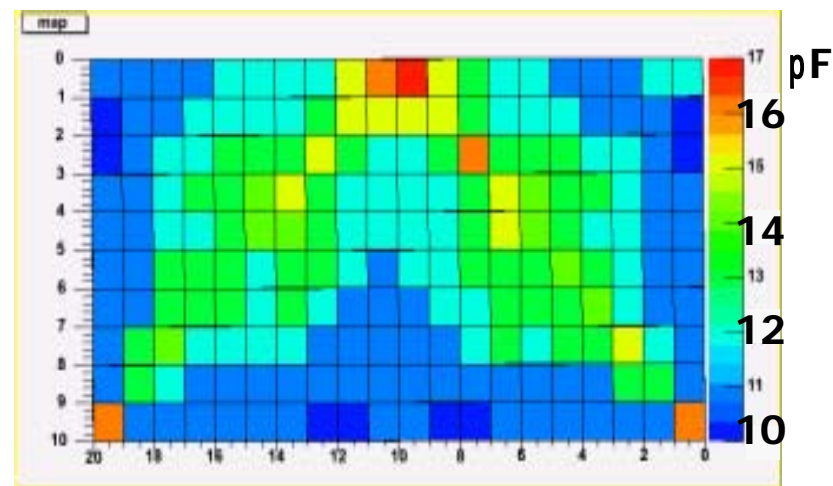


場所依存性 (Typ. 0.5 nA)
0.1 ~ 1.3 nA @ 70V

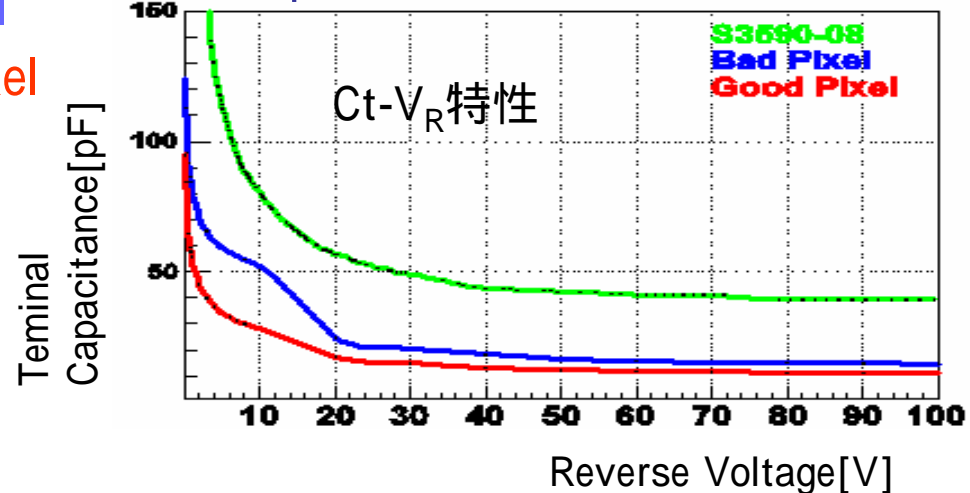
S3590-08
Bad pixel
Good Pixel



端子間容量



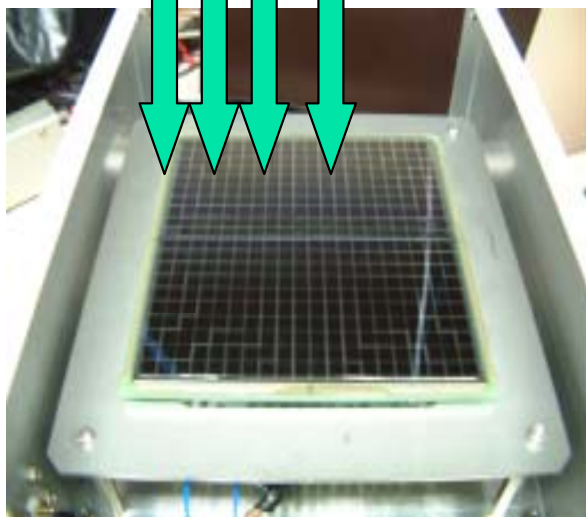
場所依存性 (Typ. 13 pF)
10 ~ 17 pF @ 70V



^{241}Am を用いたX線スペクトル測定 PDA電気ノイズ評価

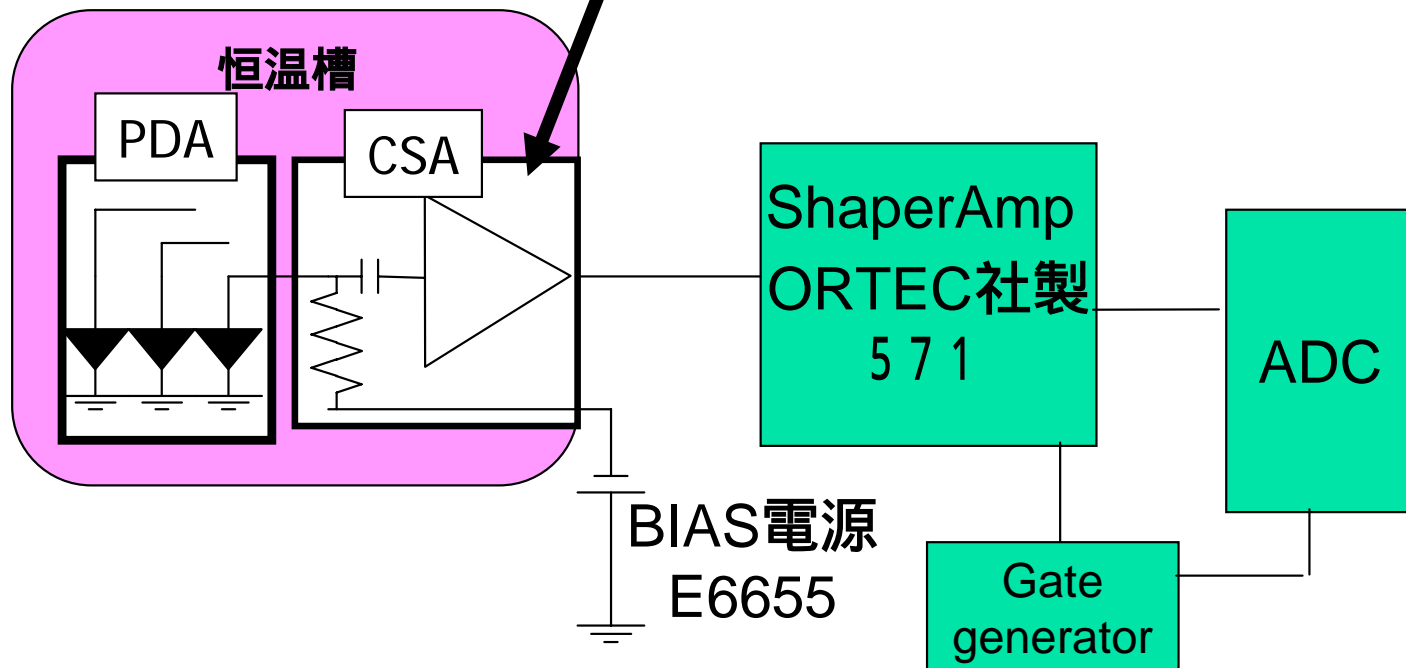
X線源 ^{241}Am

X線直接照射



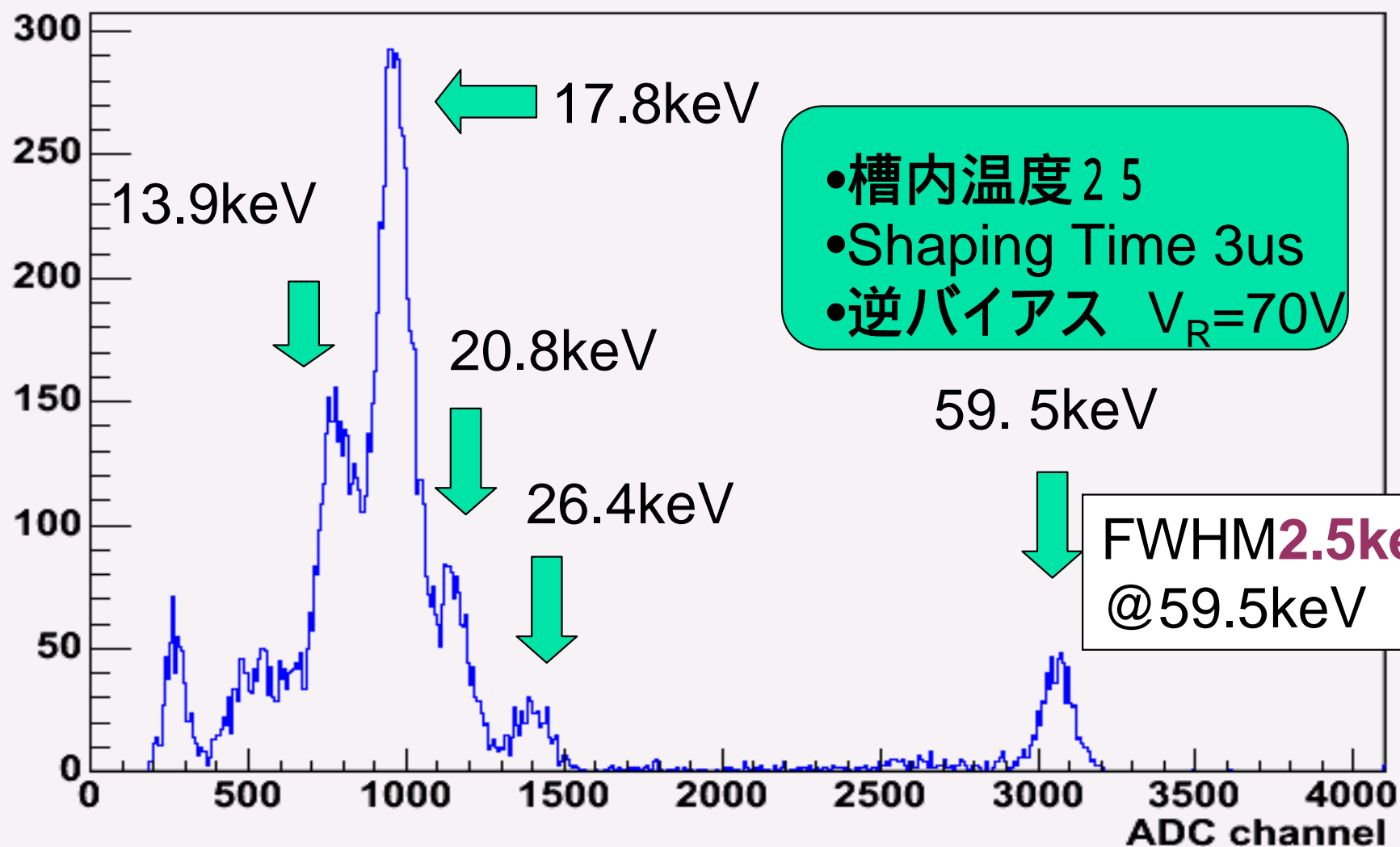
PDAと評価用シールドケース

Charge Sensitive Amp 5005H
CLEAR PULSE社製
帰還容量0.5pF 帰還抵抗5G
雑音特性 1.25keV@0pF(Si等価)
雑音勾配 20eV/pF (Si等価)



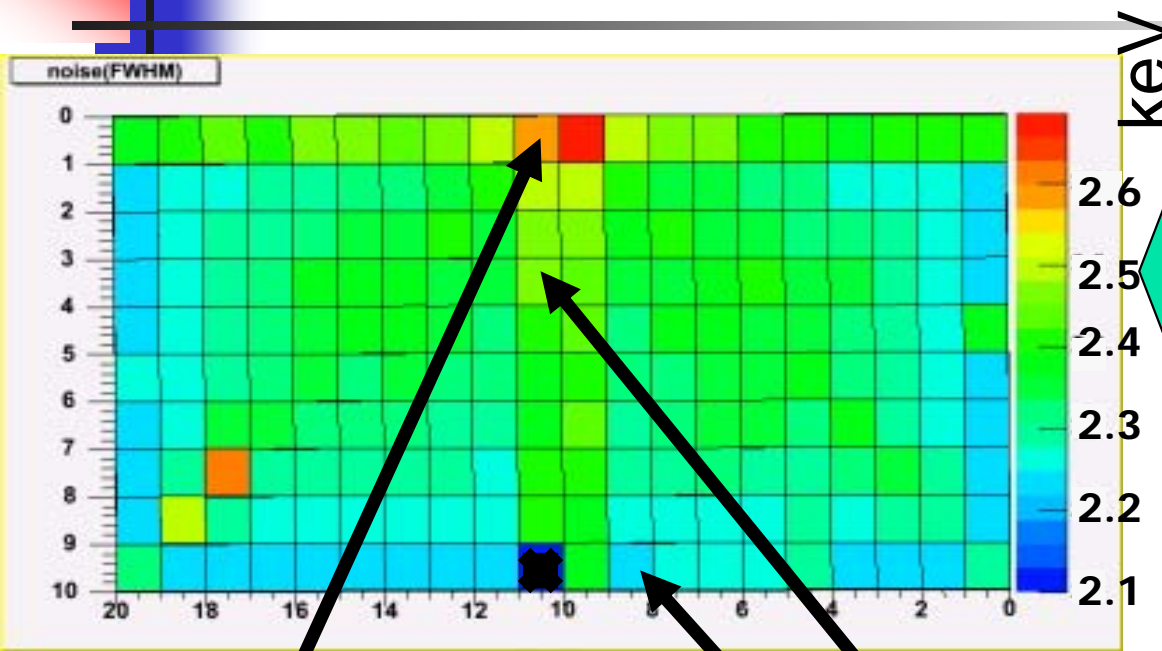
X線 (^{241}Am) 直接照射スペクトル

Good ch

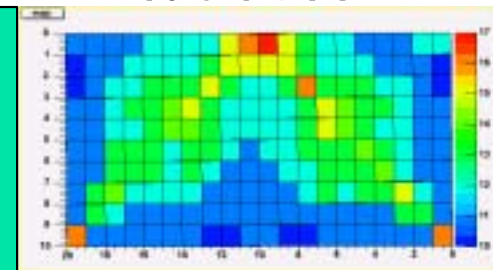


エネルギー分解能評価 (Si換算)

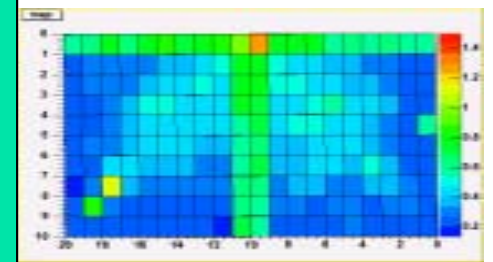
端子間容量



ノイズの計算値



Leak電流



B54

Typ. 2.4keV

B26

B42

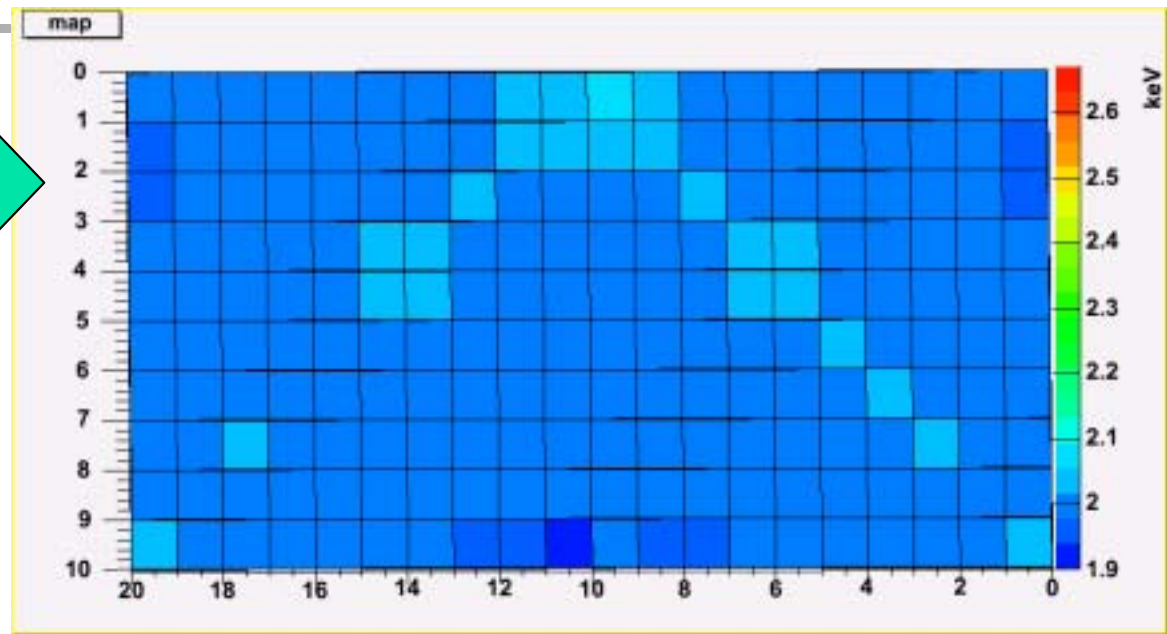
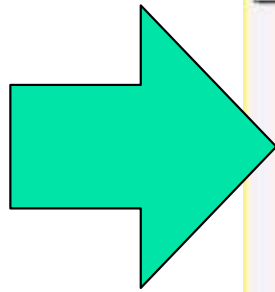
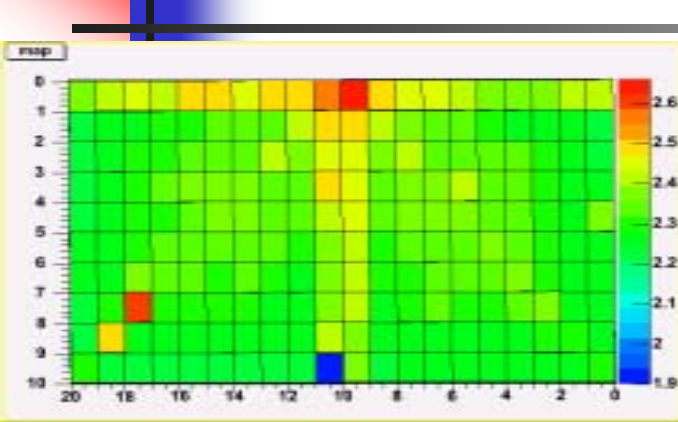
(統計揺らぎ)²: (回路ノイズ)² = 0.02:1
エネルギー分解能の理論限界 ~ 回路ノイズ

Pixel ID	実験値 (keV)	理論値 (keV)
B26	2.54 ± 0.09	2.2
B42	2.76 ± 0.09	2.5
B54	2.98 ± 0.12	2.6

測定結果
エネルギー分解能
(FWHM)

@59.5keV

低温 (-20)でのエネルギー分解能評価



25 でのノイズの影響 (理論)

リーク電流

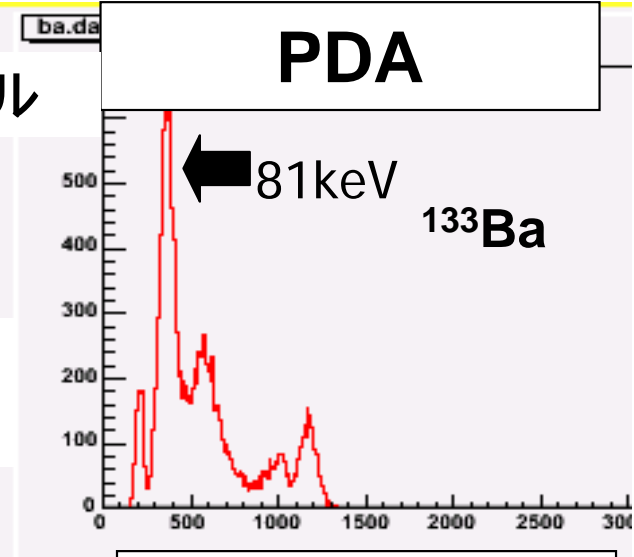
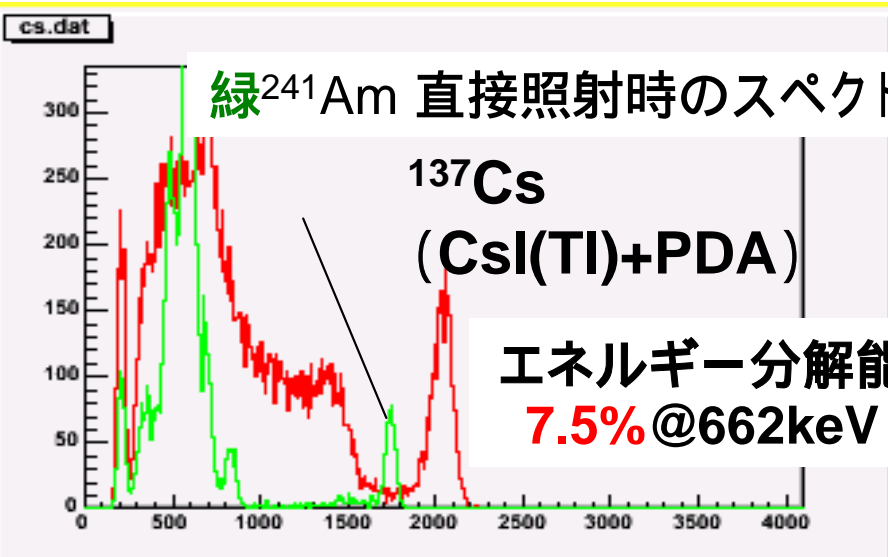
0.5nA(25) 3pA(-20)

-20 での分解能ノイズの影響 (理論)

Pixel ID	実験値(keV)	理論値(keV)
B26	2.16 ± 0.09	2.0
B42	2.11 ± 0.07	2.0
B54	2.3 ± 0.09	2.2

測定結果
エネルギー分解能
(FWHM)
@59.5keV

3. シンチレーション光スペクトル

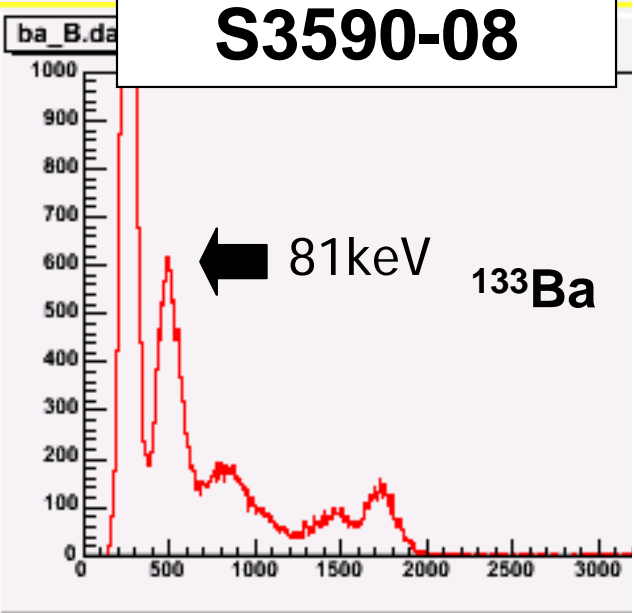
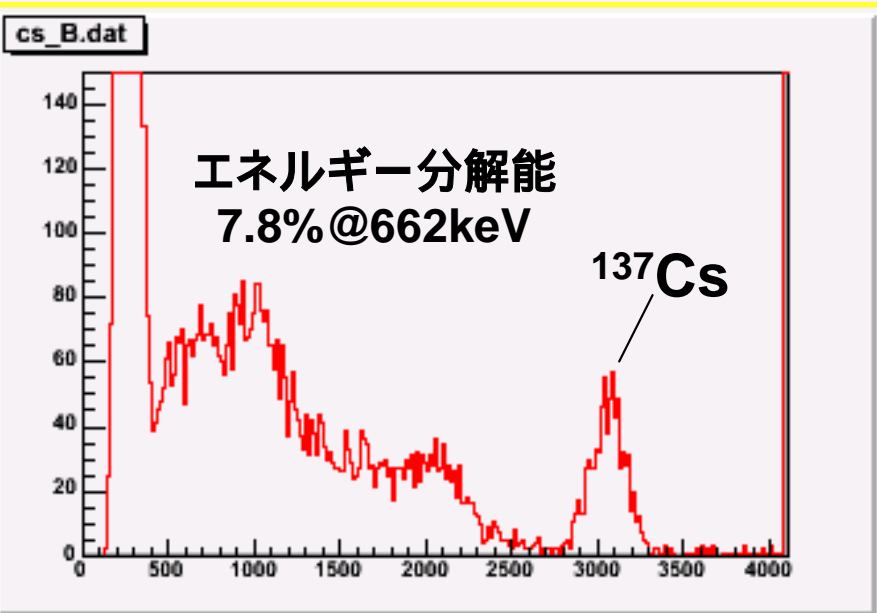


CsI(Tl)
4mm角20mm厚

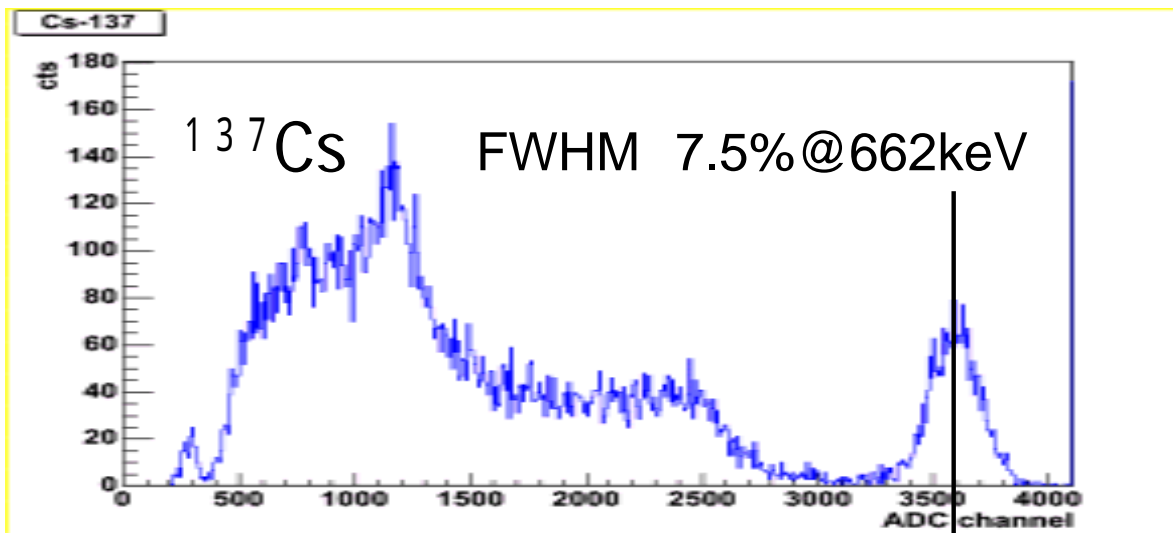
反射材ゴアテックス
2重巻

常温下(25)

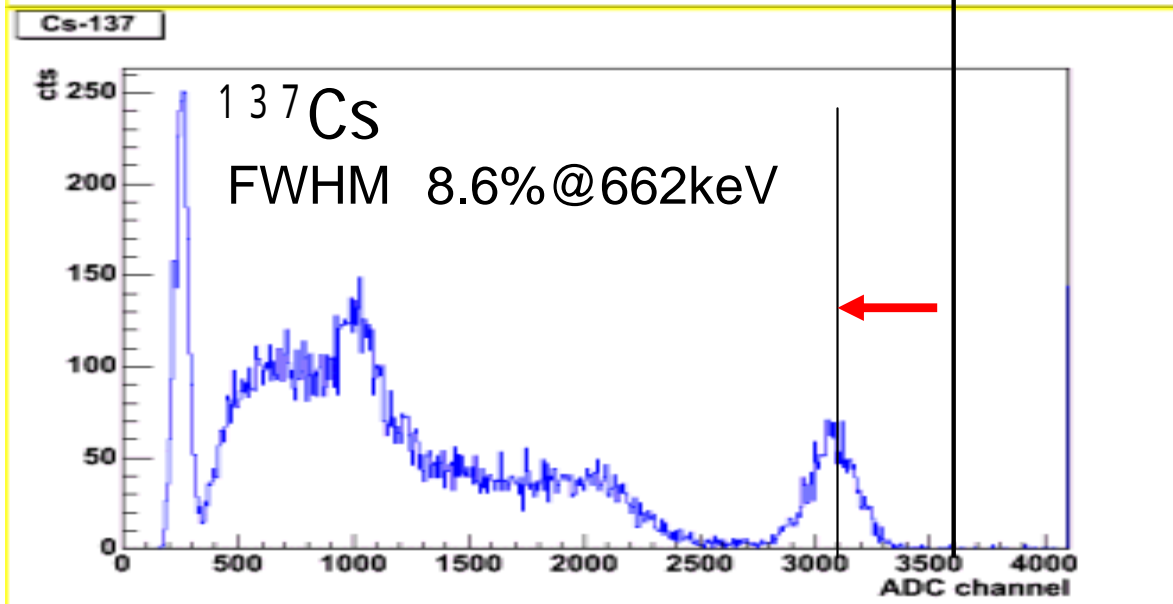
接着部
0.35mm厚ガラス
+ 光学グリス
ノイズの寄与は
3.6% @ 662keV



低温でのCsI(Tl)シンチレーション光



常温(25)



低温 (- 20)
15.0%光量Down



4. まとめ

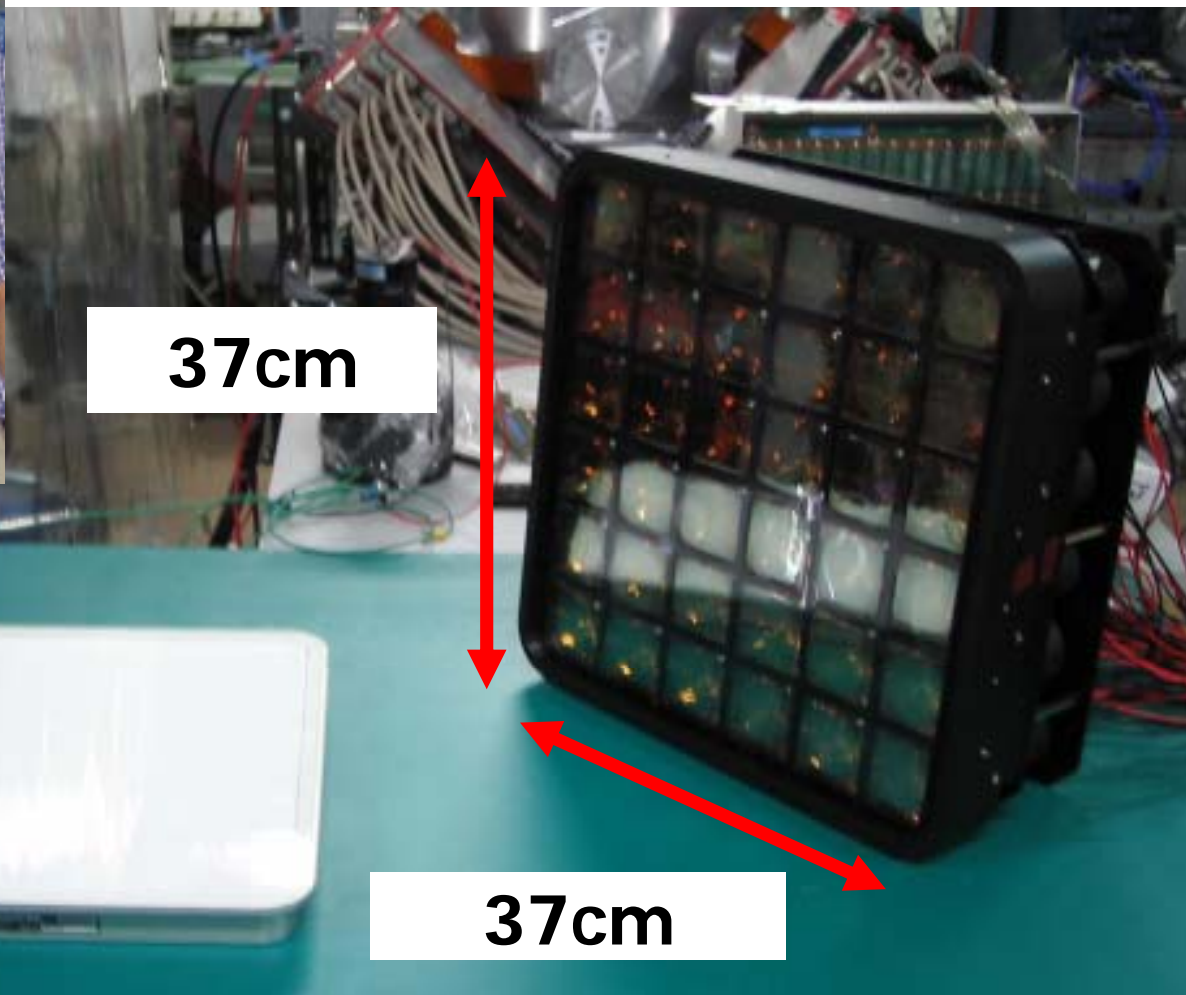
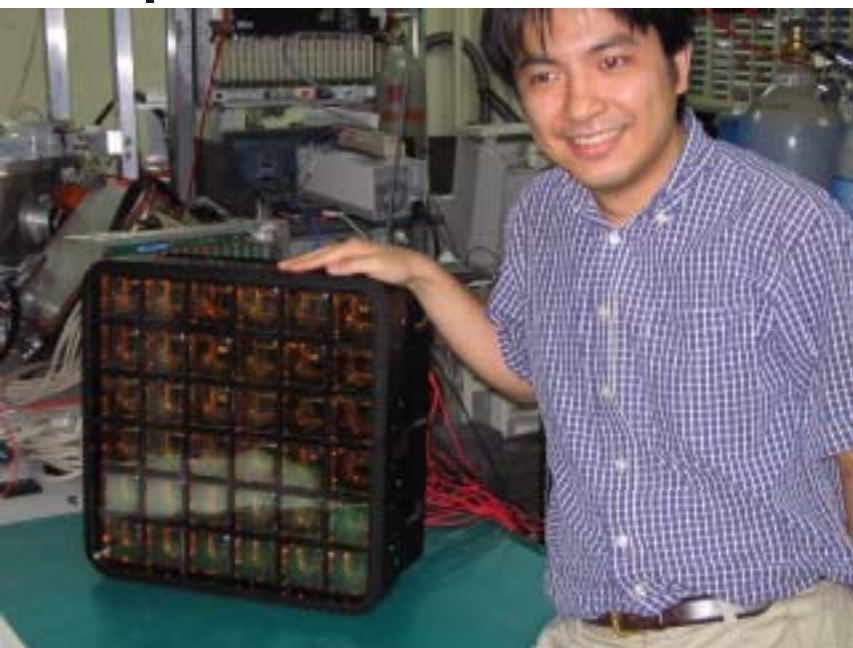
- 20 × 20ch 5mmピッチ Si PIN PDAでX線 (^{241}Am 59.5keV) 直接照射スペクトルを測定
エネルギー分解能 2.5keV(25) (FWHM)
2.0keV(-20) (FWHM)
- CsI(Tl)結晶をつけてシンチレーション光を測定
エネルギー分解能7.5%@662keV(25 FWHM)
8.6%@662keV(-20 FWHM)

今後の課題

- PDA用アレイシンチレーター製作、取り付け
- 400ch同時読み出し回路の開発 ASIC

おわり

現在37cm角 大型アンダーカメラ試験中



37cm角NaI(Tl)

