

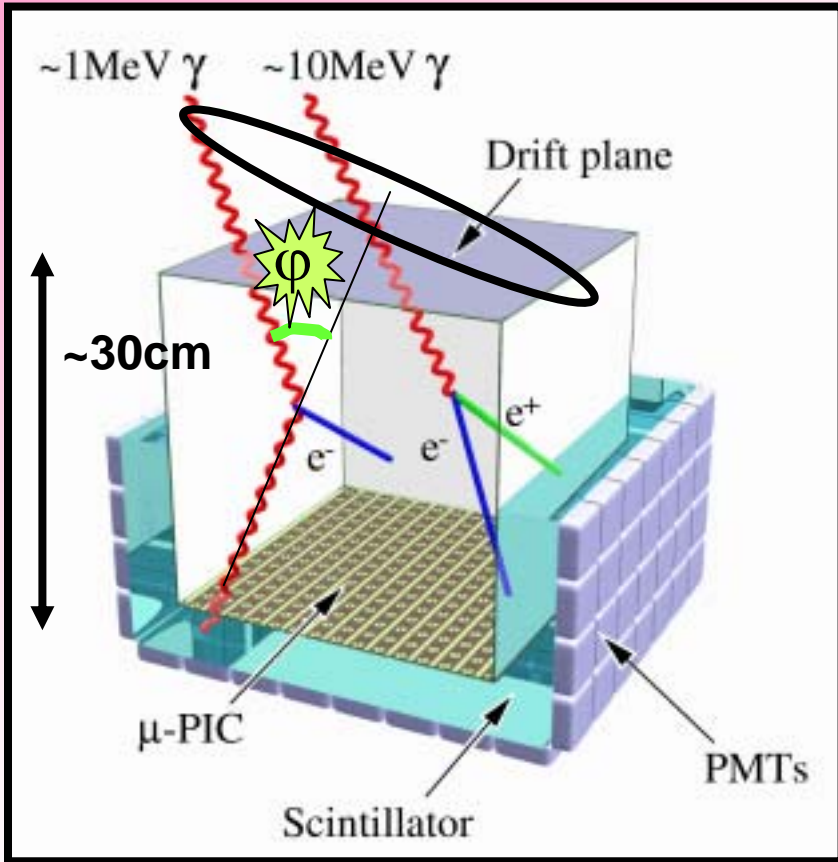
# monolithic型及びpixel型シンチレータ を用いたガンマカメラの開発

京大理 折戸玲子

谷森達, 窪秀利, 身内賢太郎, 竹田敦, 永吉勉, 植野優, 高田淳史

- 1 Micro TPCとシンチレーションカメラを用いた 線検出器の開発
- 2 シンチレーションカメラ部の要請値と可能なデザイン
- 3 monolithic型シンチレータ+MAPMTアレイ R&D
- 4 pixel型シンチレータ+Si PIN Photodiodeアレイ R&D

# Scintillation camera for gamma-ray detector



三陸沖での気球実験 TPC 30cm角

$$\cos \phi = 1 - m_e c^2 (1/E_{sg} - 1/E_{ig})$$

散乱線の位置とエネルギーを測定  
大面積(30cm 立方TPC周囲を囲む)  
ダイナミックレンジ~1MeV

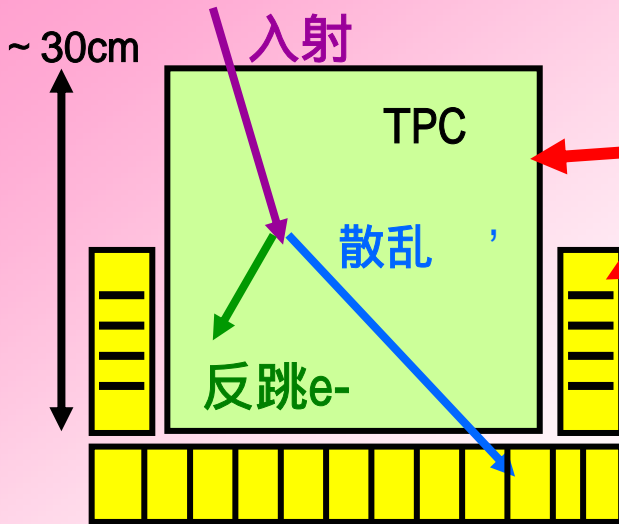


コスト、容積の問題から半導体検出器は困難

シンチレータ+光検出器  
再構成 線の  $\phi$  角度分解能(ARM)  
及びエネルギー分解能を決定

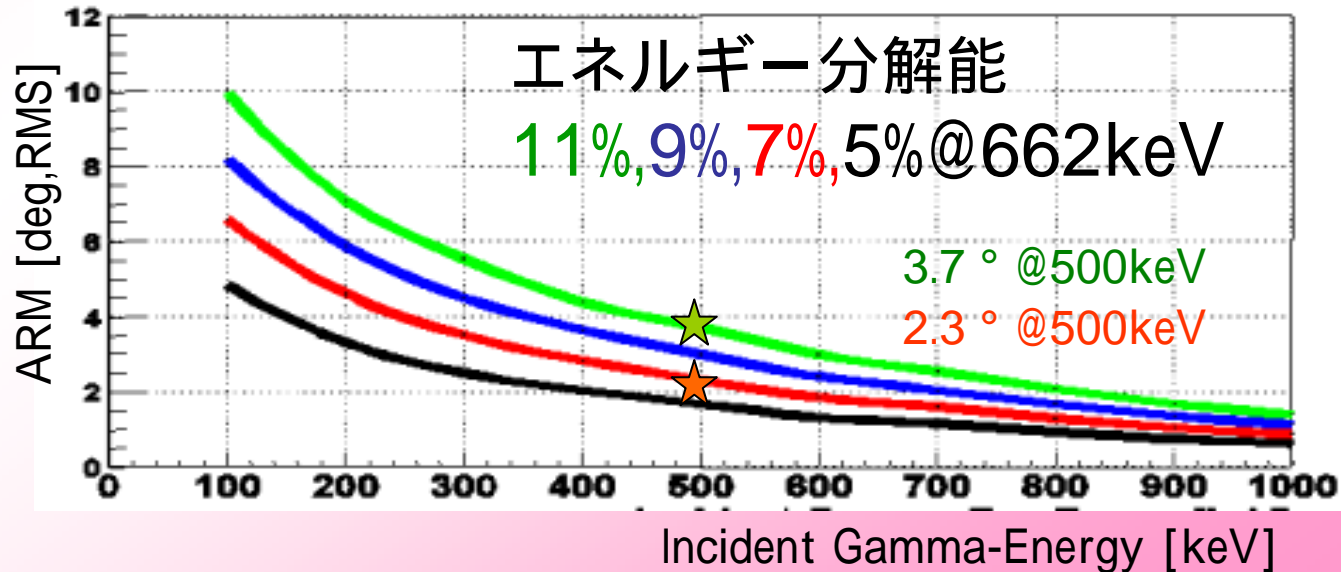
高位置分解能、高エネルギー分解能のガンマカメラ開発の重要性

# Monte Carlo study with Geant4



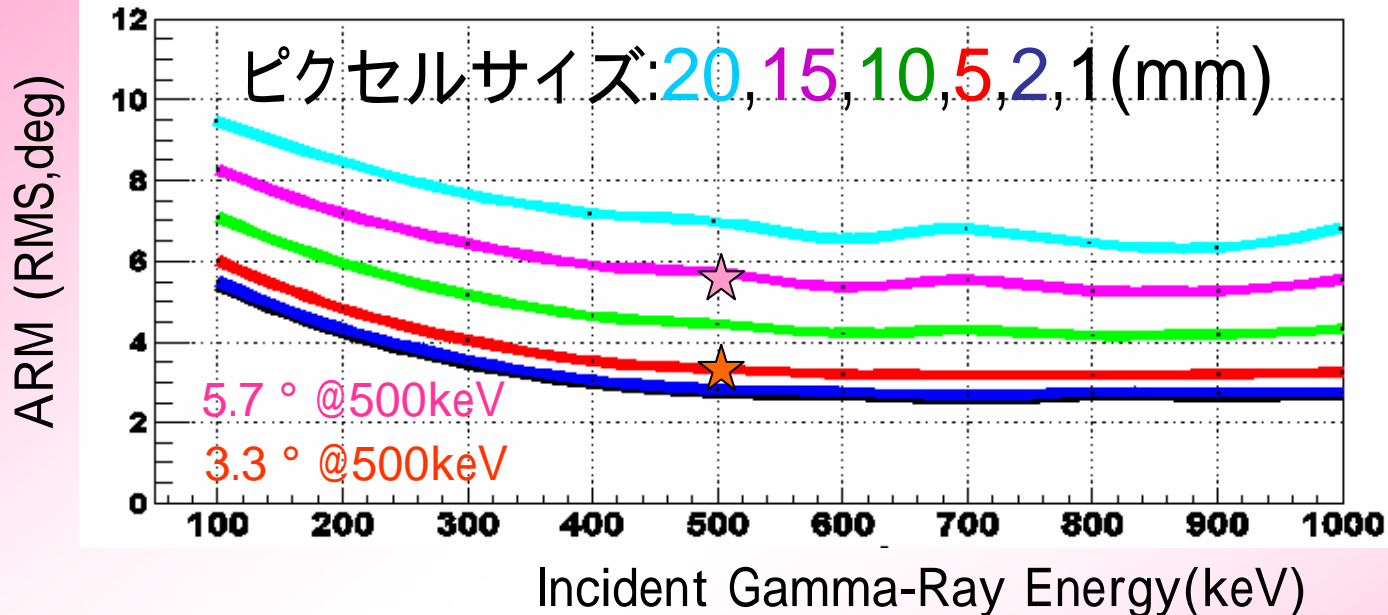
ジオメトリ  
 TPC: 30cm立方, Xe 1.5atm  
 ピクセルシンチ:  
 2.5cm厚CsI(Tl)、側面高さ15cm  
 片端読み出し

## ARMのシンチカメラエネルギー分解能依存性



# Monte Carlo study with Geant4

## ARMのシンチカメラ位置分解能依存性



シンチカメラのエネルギー分解能、位置分解能、共にARMに効いてくる

### 要請値

位置分解能: 2.5mm (FWHM)

エネルギー分解能: 7.5% @ 662keV



### 再構成線のARM分解能

5.3 ° @ 300keV, 3.4 ° @ 1MeV (RMS)

Fidutial, Kinematicalカットに依存

# ガンマカメラ

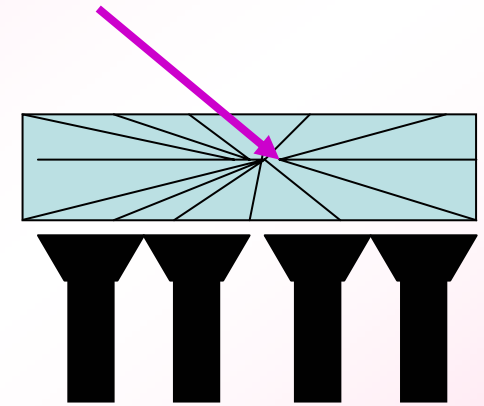
- Monolithic(Planar)型

読み出し: SAPMT, MAPMT, APD

低コスト、端が分解能悪(位置依存)、治具が大変

エネルギー分解能: 光電面カバー率依存

位置分解能: 読み出しピクセルサイズに依存



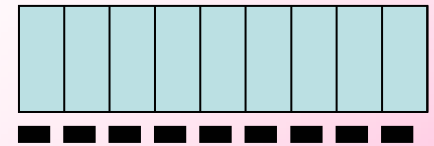
- Pixel型

読み出し: MAPMT, PD Array, APD Array

高コスト、高い位置分解能、位置依存なし

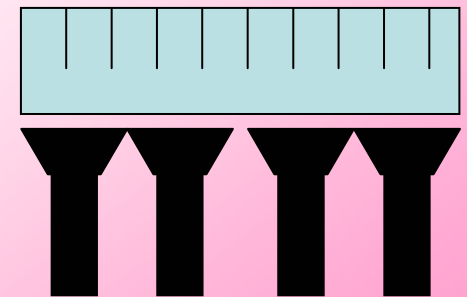
エネルギー分解能: 結晶ピクセル形状、ノイズ等依存

位置分解能: 結晶ピクセルサイズに依存

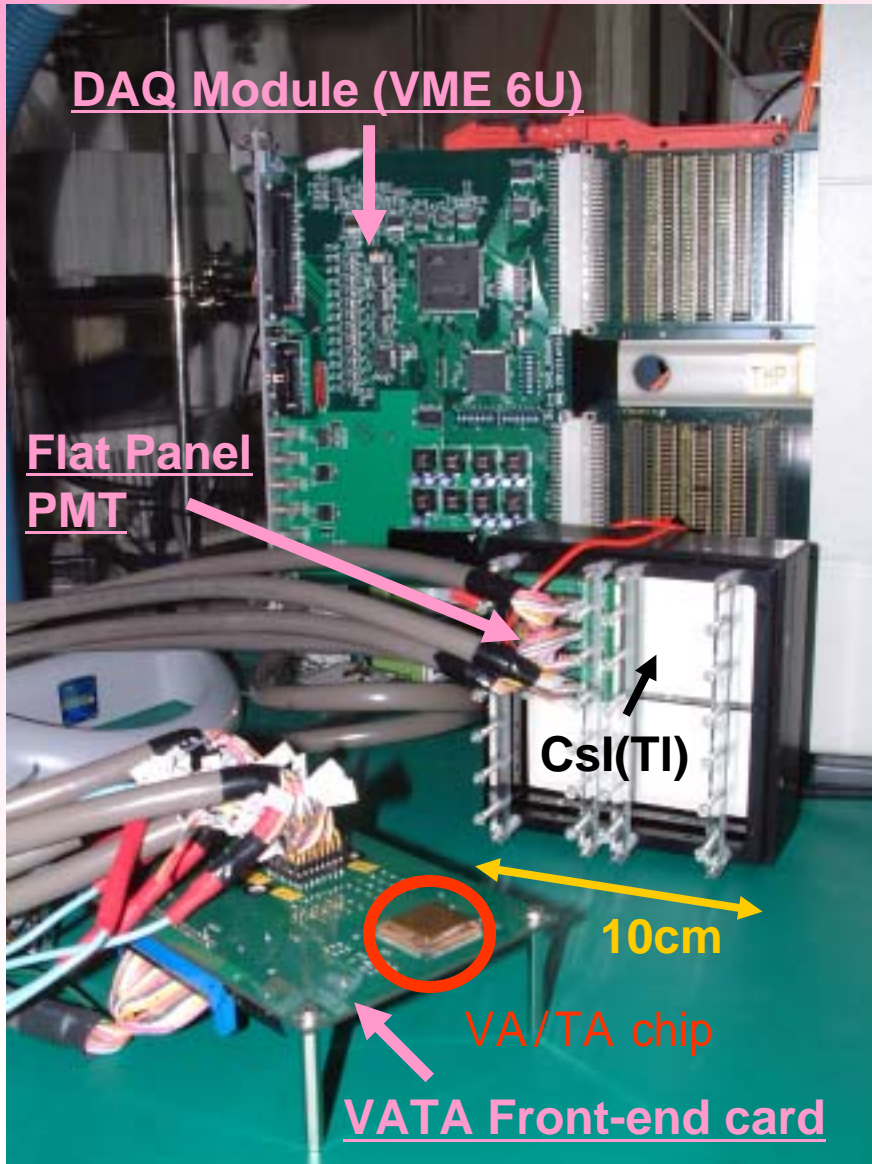


- Planar-pixel型

結晶種 NaI(Tl), CsI(Tl), BGO, GSO, LSO, YAP等

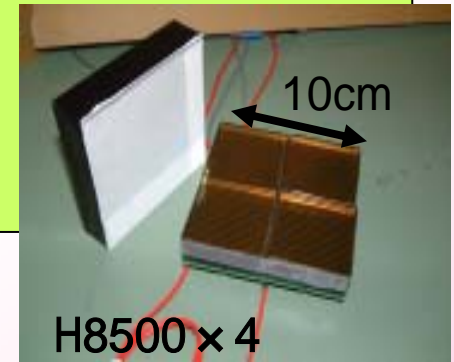


# Monolithic型シンチレータ + H8500 PMT



## H8500 Flat Panel PMT

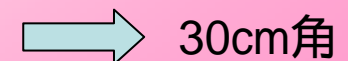
6mmピクセル, 軽薄  
小デッドスペース  
(Active Area 90%)



## IDE VA32 HDR11 / TA32cg chip

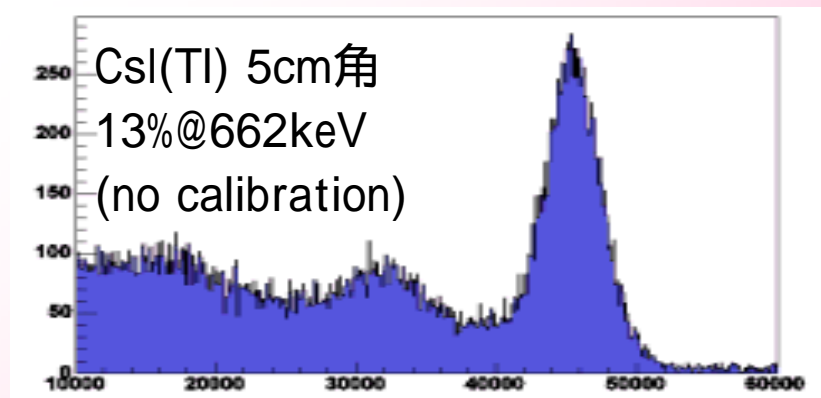
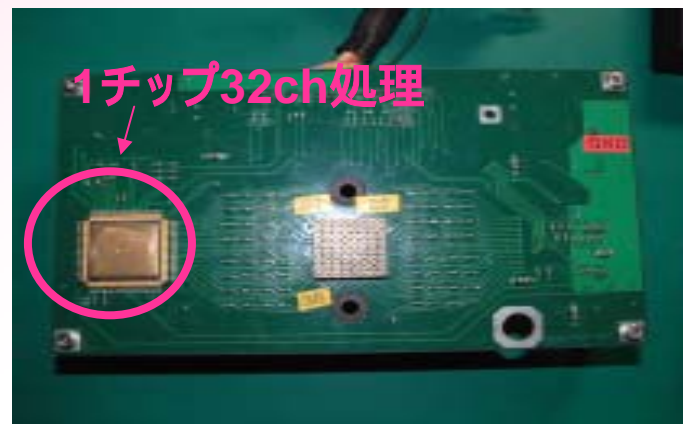
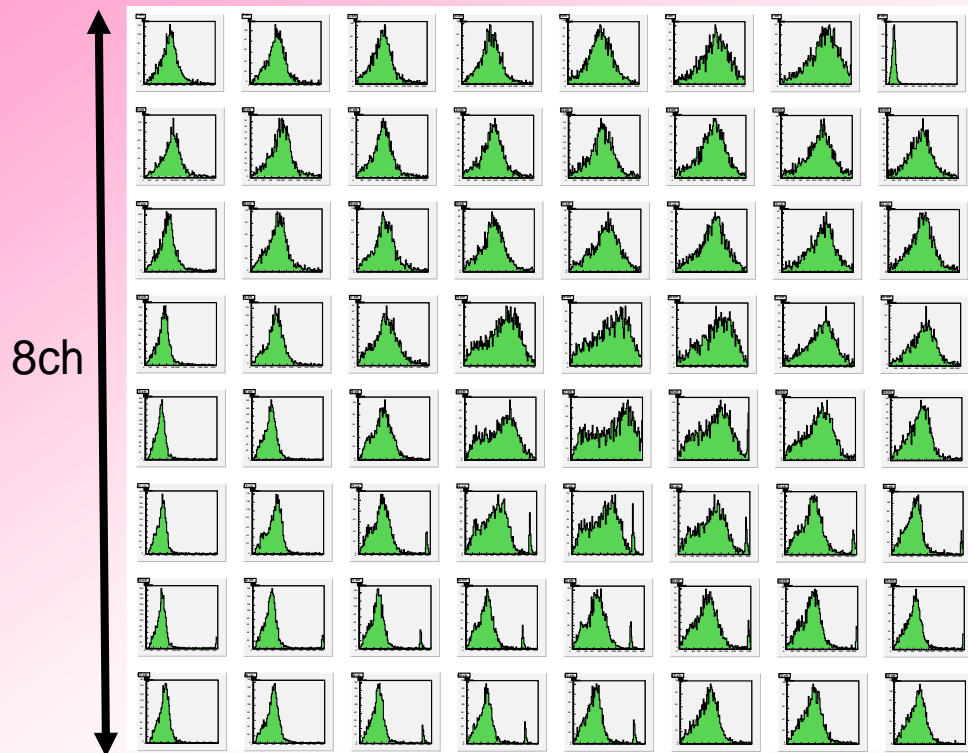
1チップ 32ch処理 ASIC  
preamp, shaping amp, discr  
ゲイン 58mV/pC  
ダイナミックレンジ -35pC ~ +25pC  
電力 3.2mW/ch

10cm角プロトタイプ試作、MC比較



# 性能評価

## 64ch 光量分布



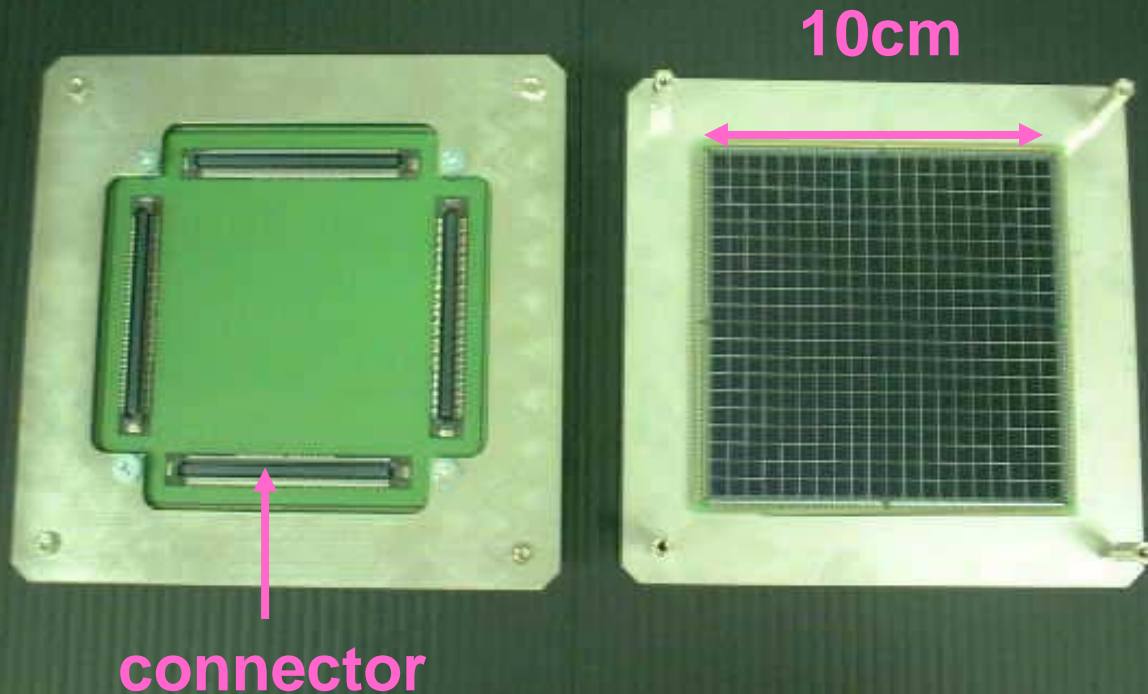
現状：VATAデータ収集システムの動作確認

今後：256ch ゲインキャリブレーションシステム

MCとの比較 位置分解能 ~ 2mm(場所、エネルギー依存)

# Si PIN Photodiode Array(PDA) +pixel型シンチレータ

400ch PDA(5mm pixel) 試作1号機

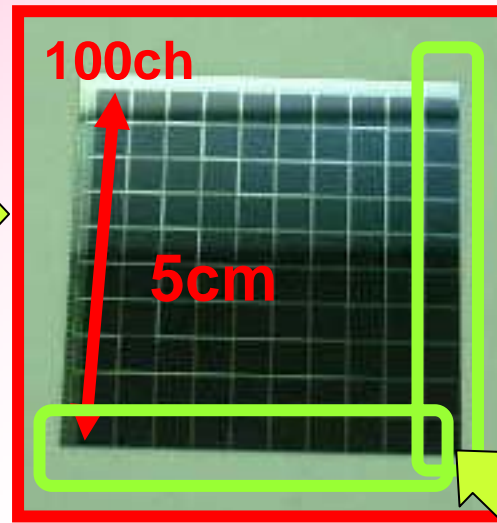
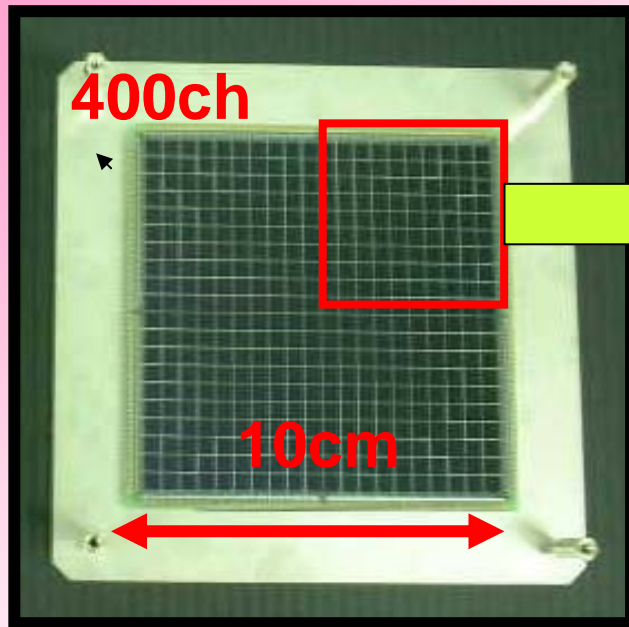


京大+浜松ホトニクス

省電力、軽量、MAPMTアレイより低コスト



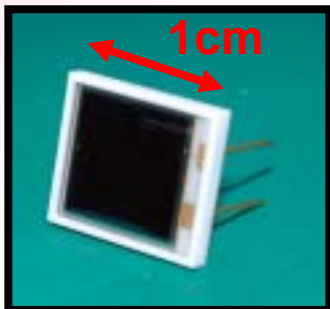
# 100チャンネルPDAの設計



Si ウエハー 10cm  
最大6cm角切削  
5cm角(浜松初)  
読み出し:2辺

No dead-space !

## Hamamatsu S3590-08 ベース



- ・面積1cm角
- ・空乏層約300um
- ・端子間容量, 40pF@70V
- ・リーク電流 2nA@70V,25
- ・樹脂コーティング

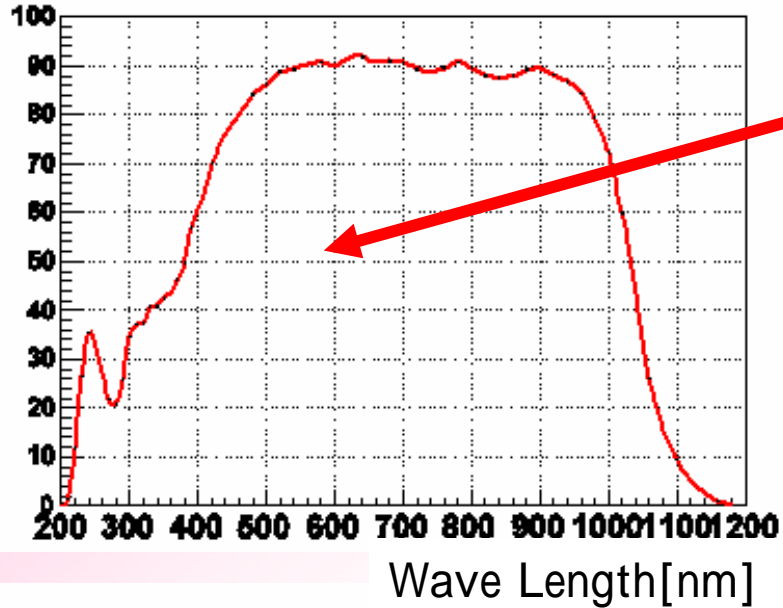
S3590-08

- ・1ピクセル面積5mm角
- ・端子間容量, Typ. 10pF@70V
- ・リーク電流 1nA@70V,25
- ・樹脂なし、シンチ直接接着
- ・Active Area 71%
- ・工業用、医療用への応用

PDA

# PDA性能評価1

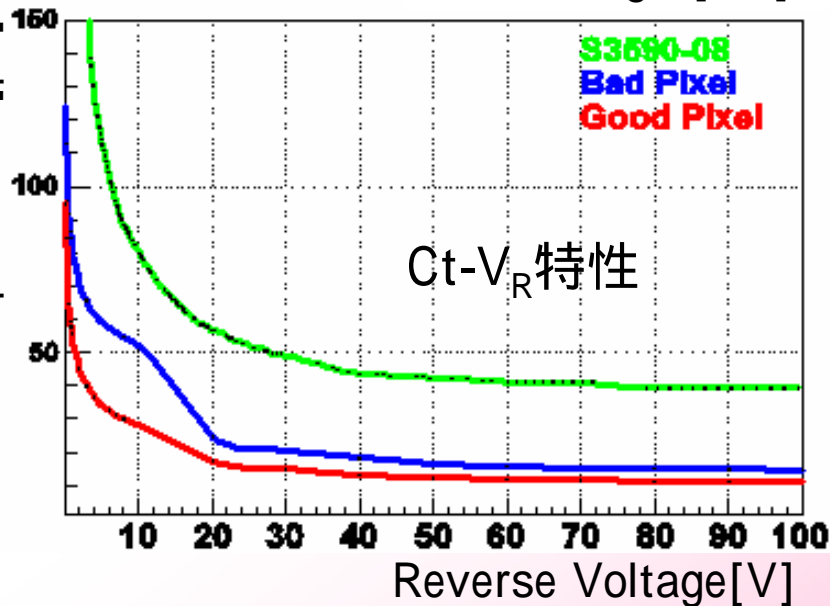
Quantum Efficiency[%]



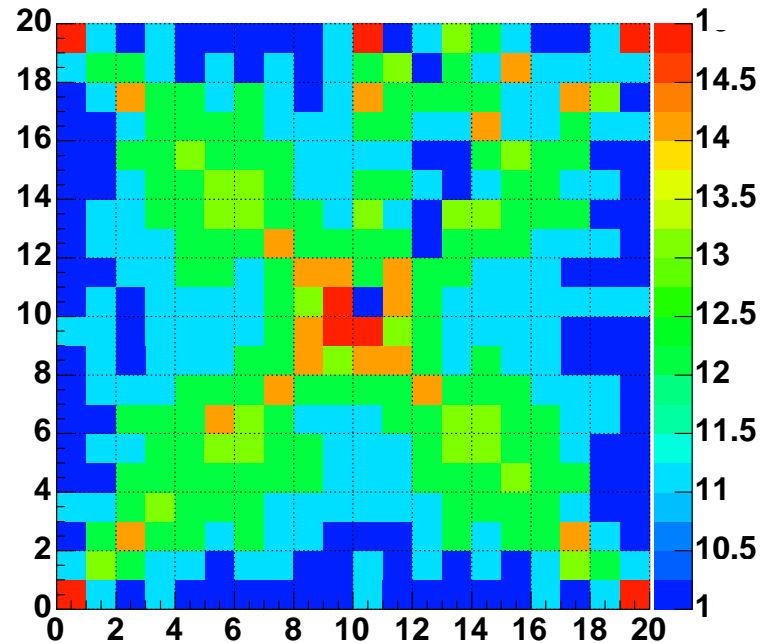
量子効率の波長依存性

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

Terminal Capacitance [pF]



Terminal Capacitance  $C_t$  (pF),  $V_{bias} = 70V$

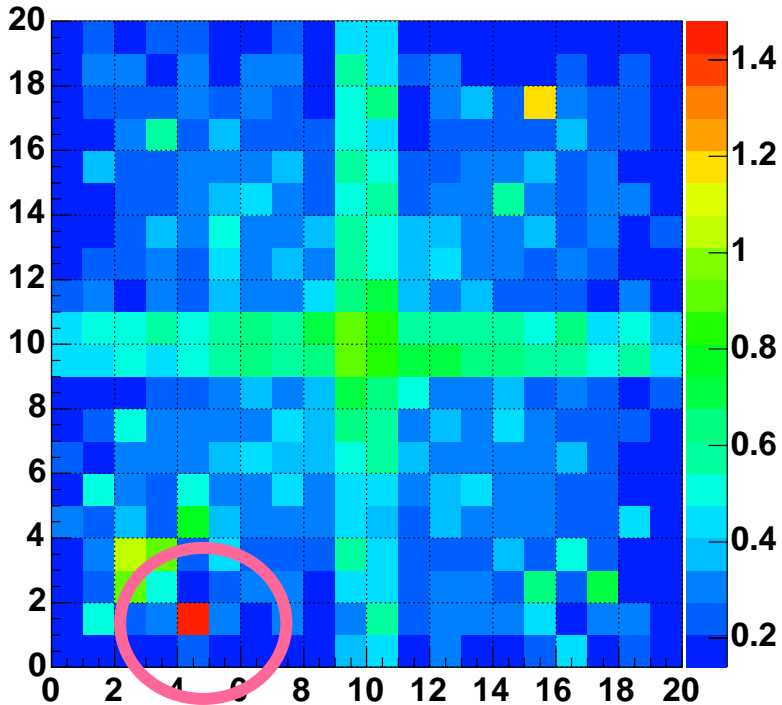


端子間容量  $C_t$  の場所依存性

10 ~ 15 pF @ 70V

# PDA性能評価2

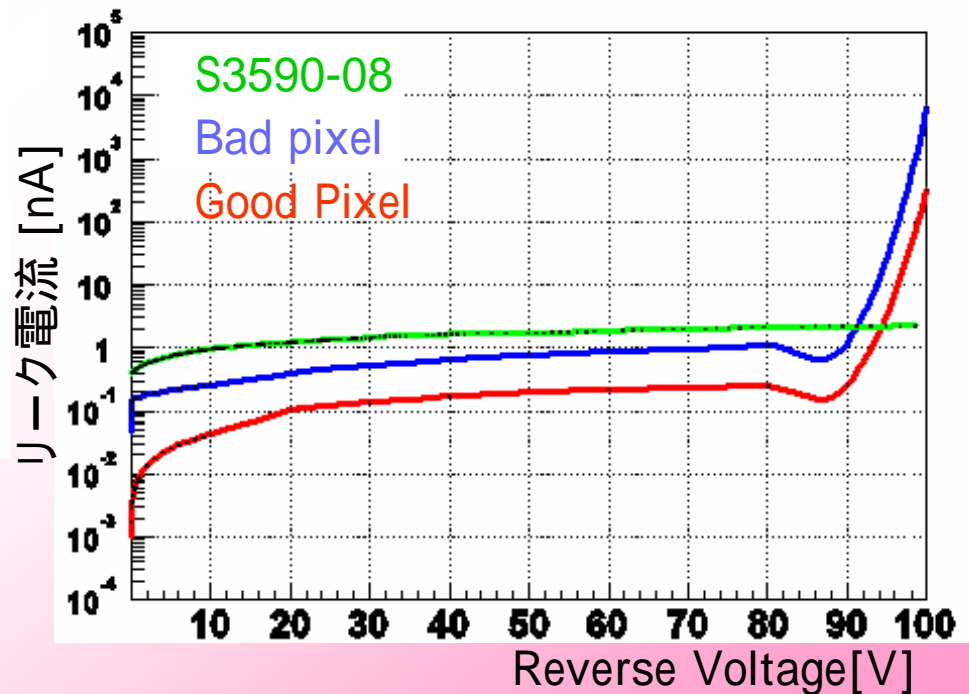
Dark Current  $I_D$  (nA),  $V_{bias} = 70V$



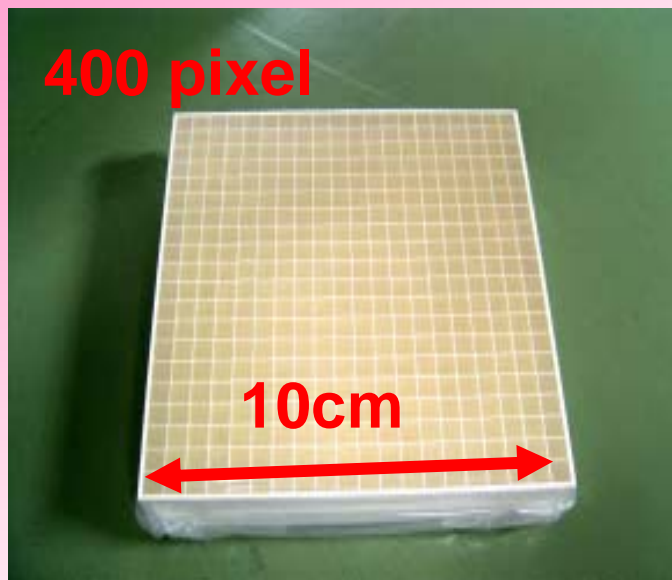
最大定格(100V)に到達するまでにリーク電流が急激に増加する特徴がある(80V付近)。

リーク電流(@25°C, 70V)の場所依存性  
0.1 ~ 1.5nA

局所的に悪いピクセル(~1.5nA)が存在するが問題ない程度といえる。



# PDA+CsI(Tl) エネルギー分解能評価



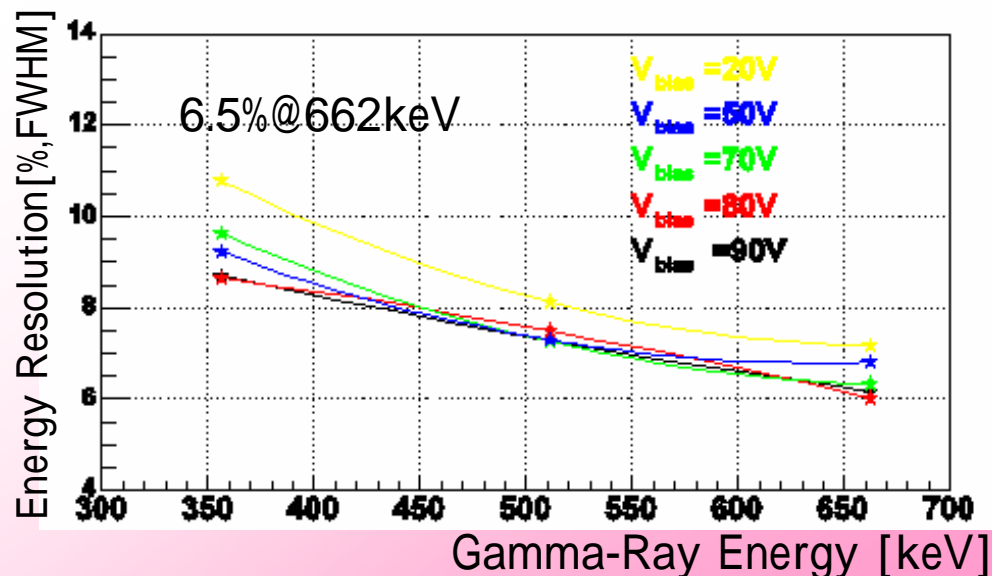
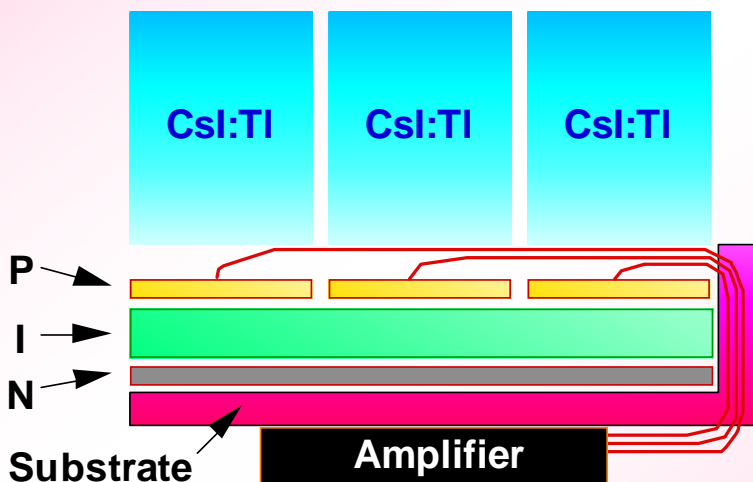
5mm角2cm厚 CsI(Tl) 20x20 pixel

(サンゴバンCDJ)

Active Area 78% (エポキシ、reflector)

表面凹凸精度  $\sim 10 \mu\text{m}$

S3590-08 でのエネルギー分解能



# Summary

- Micro-TPCとscintillation cameraを用いた 線検出器の開発
- Scintillation camera部のMC study
- 可能なデザイン、10cm角プロトタイプの試作
- H8500 FPPMT + monolithic scintillator
  - 現状:VATAによる読み出しエレキの動作確認
  - 今後:gain calibration、位置依存評価、MC比較
- PDA + pixel scintillator
  - 現状:400ch PDAの試作、基本性能評価
  - 今後:Csl(Tl)と合わせた評価
- 気球用scintillation cameraのデザインの決定・量産
  - 底面 30cm角 側面15cm × 30cm角 5面