

AMEGO-X衛星計画に向けた 新型ピクセルセンサAstroPix-V3の基礎特性評価

仲野悟帆, 須田祐介, 深澤泰司, Abhradeep Roy(広島大学), 田島宏康, 九島信(名古屋大学),
Regina Caputo, Amanda L. Steinhebel (GSFC/NASA), Manoj Jadhav (ANL), Nicolas Striebig (KIT)

背景1 - AMEGO-X

GRB, AGN, Blazar, etc.

… MeV帯域での観測が期待される天体 ← 観測衛星がない

→ **AMEGO-X** 計画 (GSFC/NASA主導)

- ・ 全天MeVガンマ線衛星
- ・ 数10keV ~ 数GeV 帯域を観測

トラッカー + カロリメータ

低ノイズ・低消費のピクセルセンサ：**AstroPix**

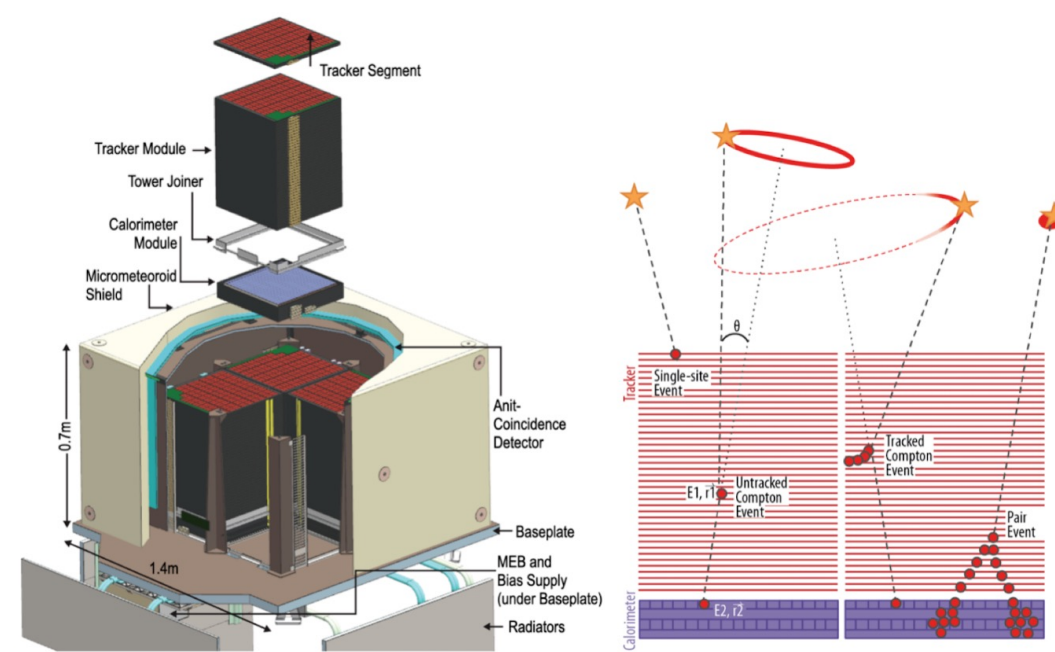
AMEGO-X project 全体の流れ：

2025年 秋 - 宇宙空間でのAstroPixの動作実証試験 (A-STEP)

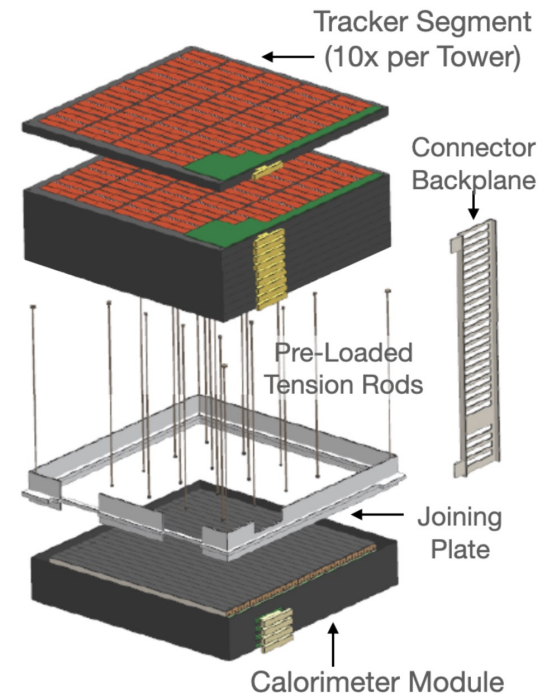
2026年 - AMEGO-Xプロトタイプ(ComPair-2)の組み上げ、ビーム試験

→ 気球実験(ComPair-2)

— どちらもAstroPix-V3 が使用される



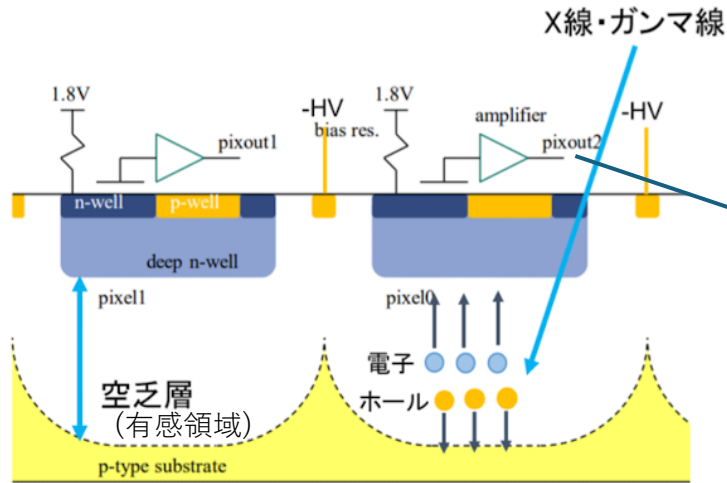
AMEGO-X ↗



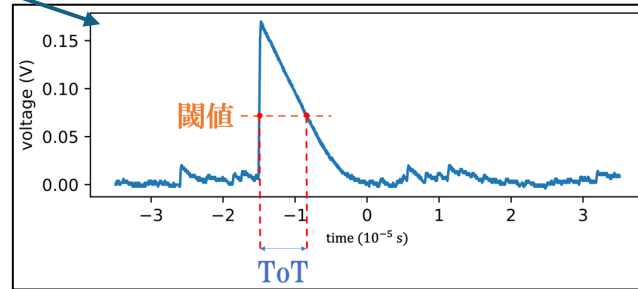
ComPair-2

概要：AstroPix

HV-CMOS ピクセルセンサ
 CMOS → 低ノイズ・低消費
 HV → 完全空乏化



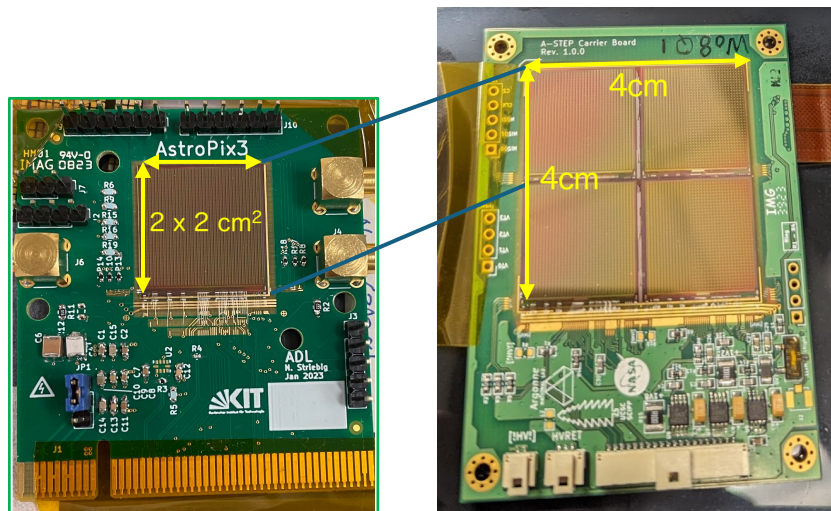
検出原理



ToT 方式のイメージ

読み出し方式

- Time over Threshold (ToT) 方式
 - Ampの出力波形が設定した閾値を超えた時間をエネルギーに対応させる



AstroPix-V3

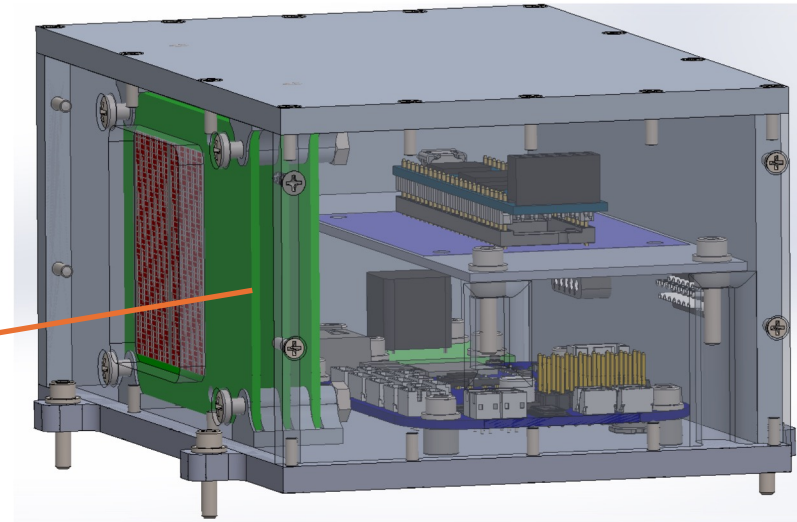
Quad-chip

AMEGO-Xの最小構成要素

AstroPix

	V3 status	Goal
空乏層厚 (um)	100	500
ピクセルピッチ (um ²)	500 x 500	500 x 500
ダイナミックレンジ (keV)	22 ~ 122	25 ~ 700
ピクセル数	35 x 35	35 x 35
消費電力 (mW/cm ²)	4.1	< 1.5

背景2 - A-STEP



A-STEPで用いる検出器

A-STEP

- AstroPix Quad-chip (緑、3層)
- 観測用ロケットを用いたの実証試験 (10分間のフライト)

研究目的

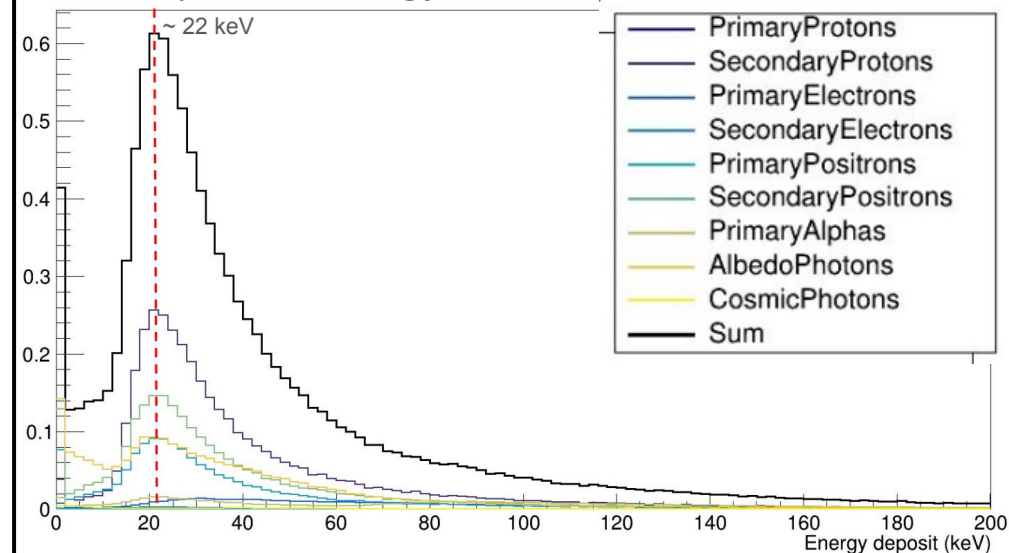
① Bias -150V で エネルギー較正

- A-STEPではBias -150V でAstroPixを動作
- 宇宙線ミュオンのMIP Energy : $\sim 22\text{keV}$
→ Bias -150V、チップのToT閾値を下げて測定

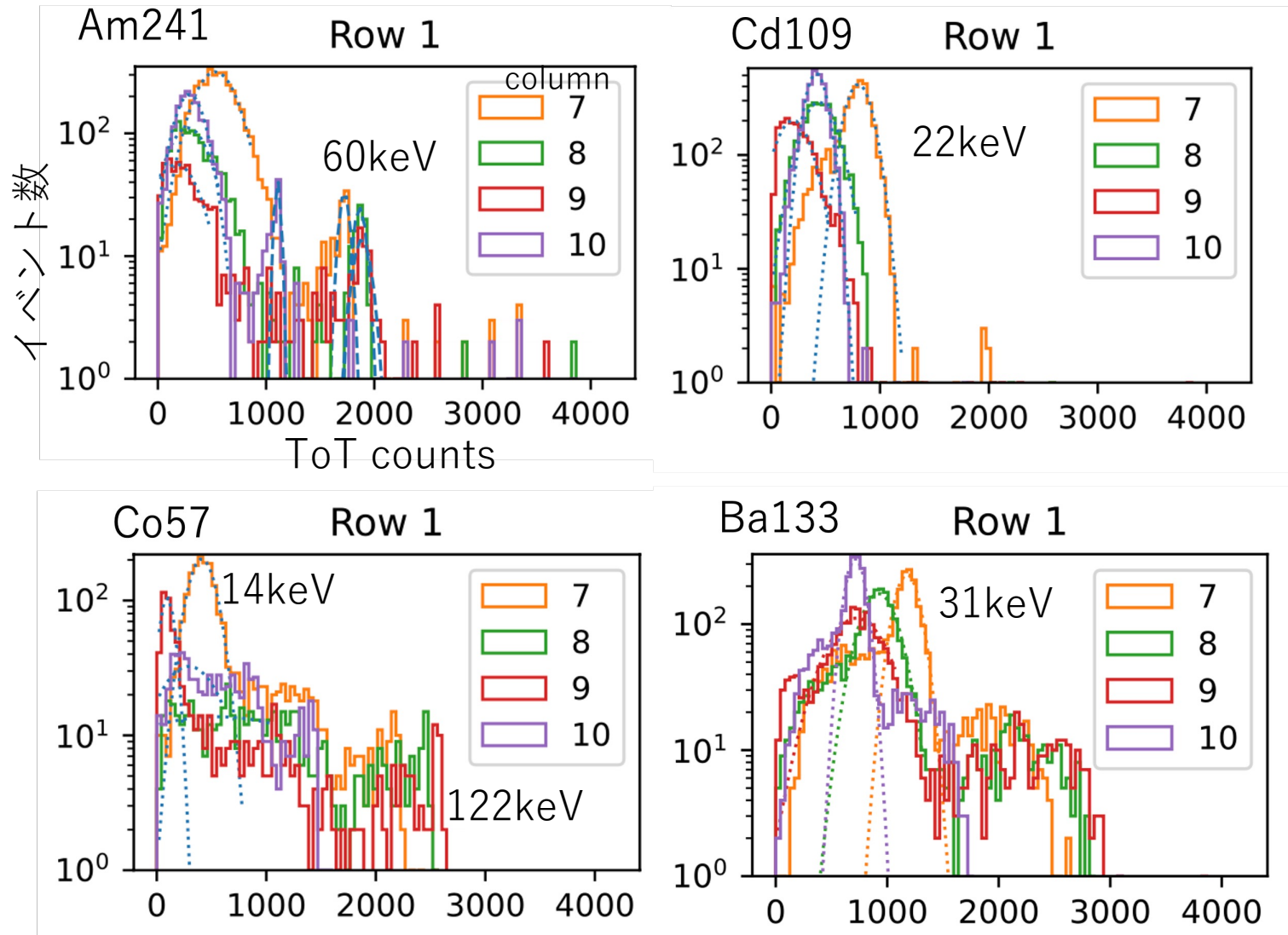
② X線スキャン

- 1ピクセル内の空乏層の広がり、電荷収集効率について調査
1ピクセル内の評価は本実験が初

Deposit energy of muon (simulation)



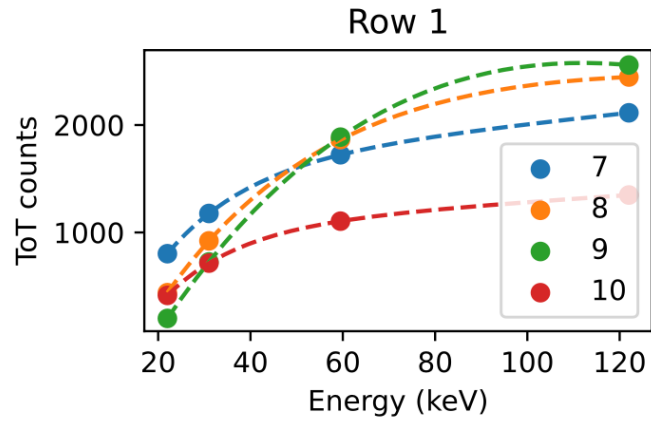
①エネルギー較正 (スペクトル)



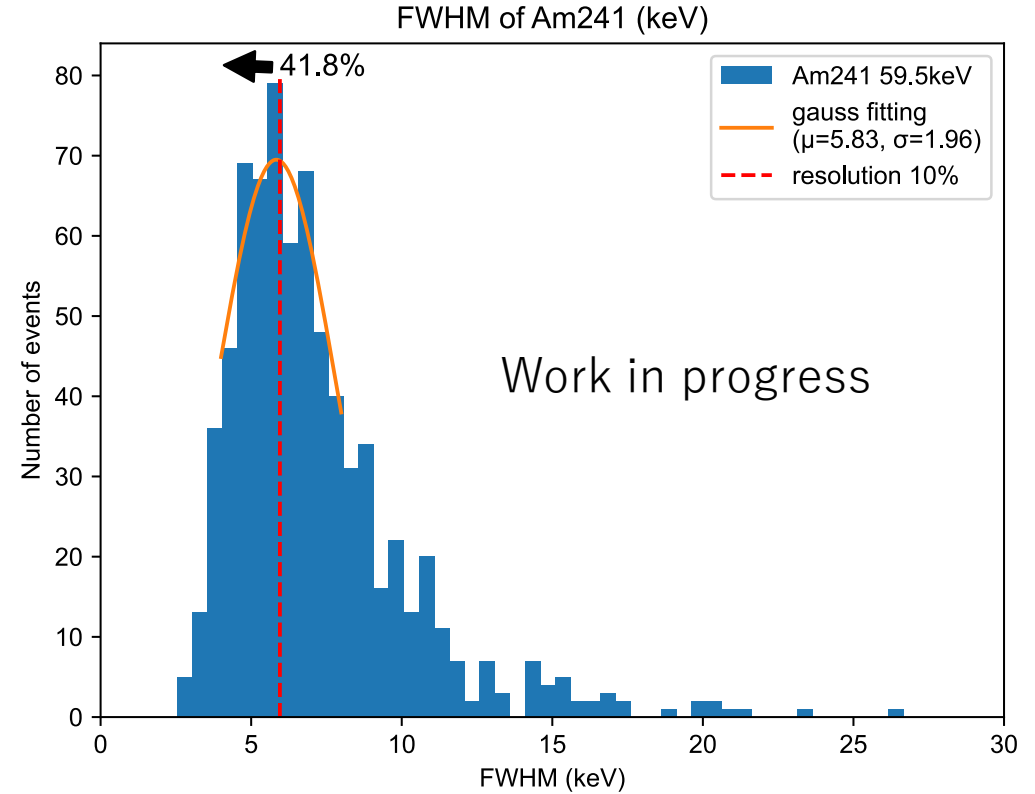
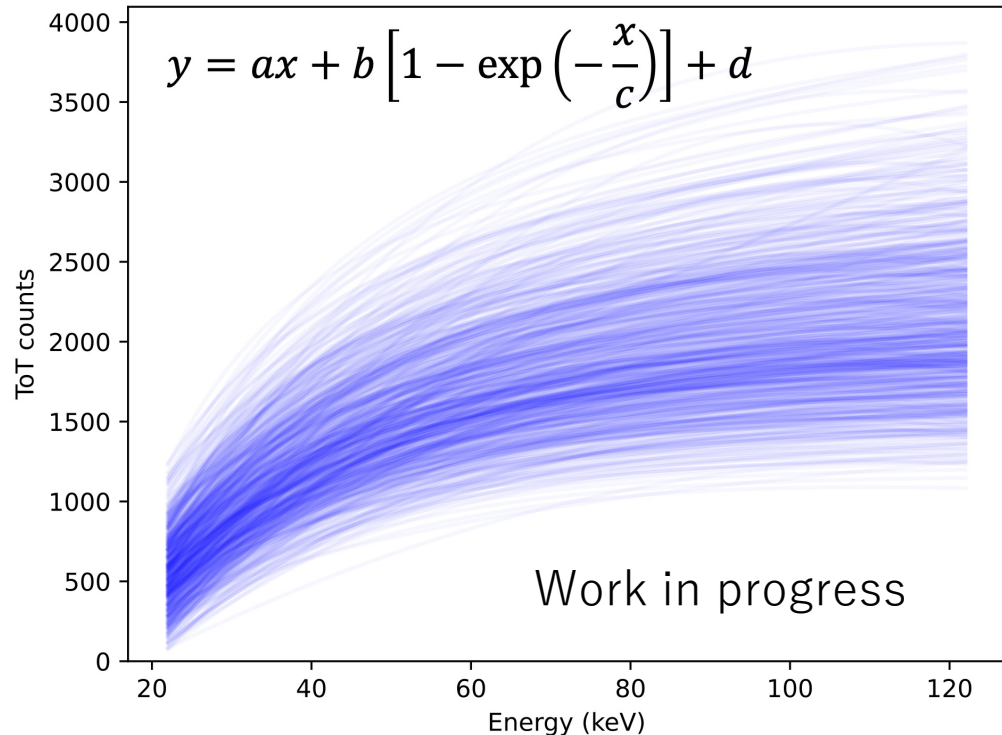
各ピークをガウス分布でフィット

・ 14 keV peak が確認できたピクセル数： 303 pixel (27%)

① エネルギー較正・分解能



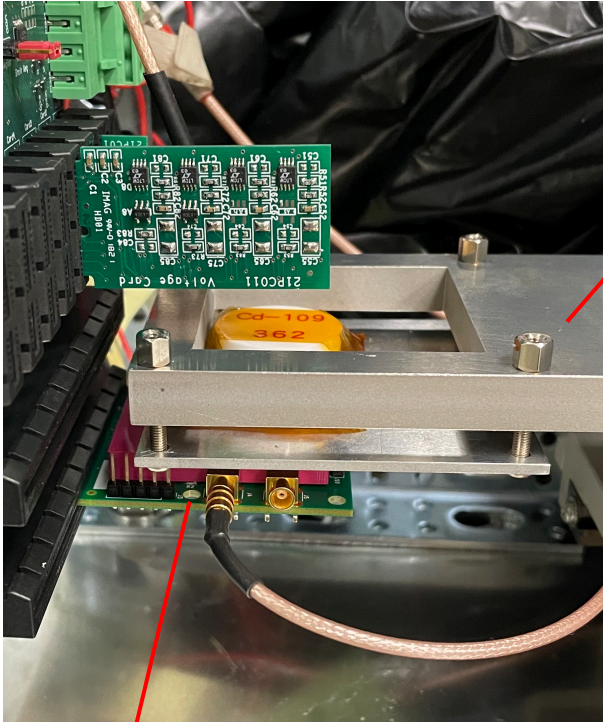
Calibration curves



- 22 ~ 122 keV が確認できた(calibrationできた)ピクセル
-819 pixel (73%)
Am, Co が統計不足
- エネルギー分解能 (目標値: 10% at 60keV)
-calibrationしたピクセルの42%

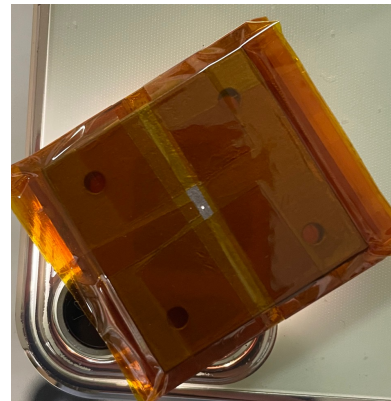
② X線スキャン -セットアップ

Yステージの座標

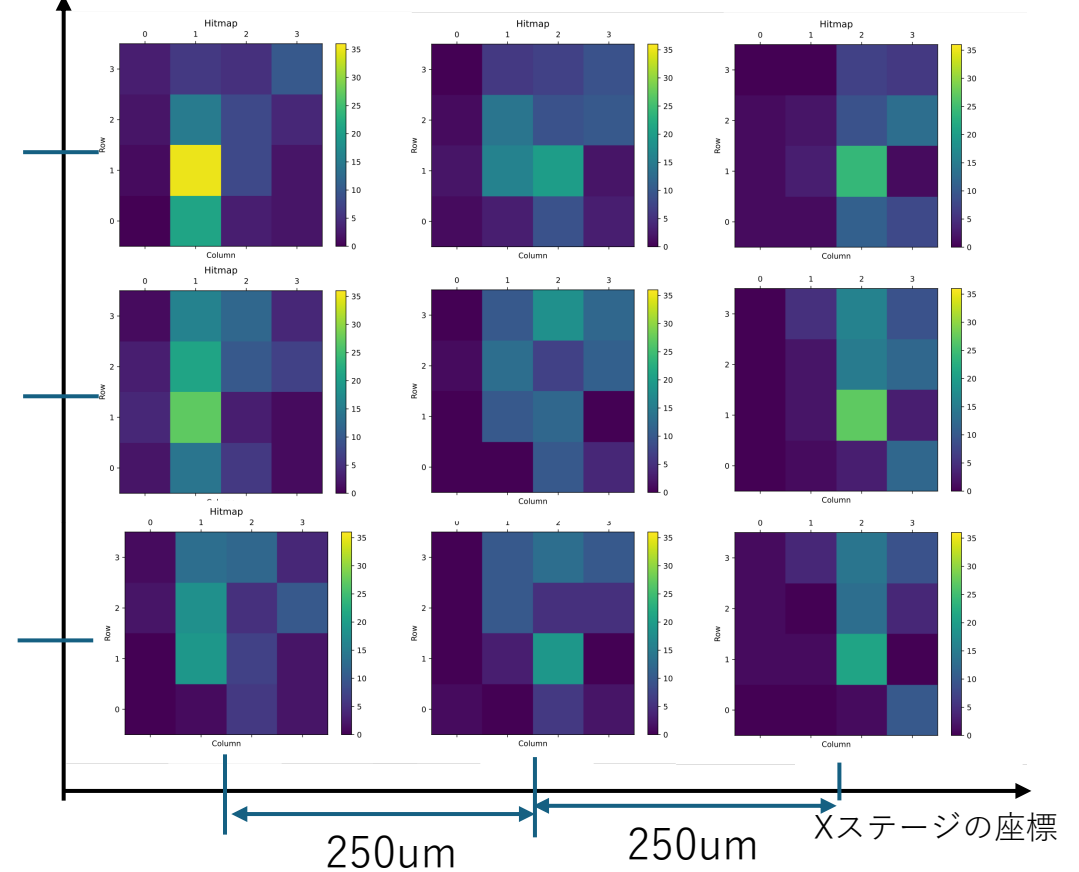


AstroPix

XYステージに取り付けた治具
(ステージの1step: 1um)



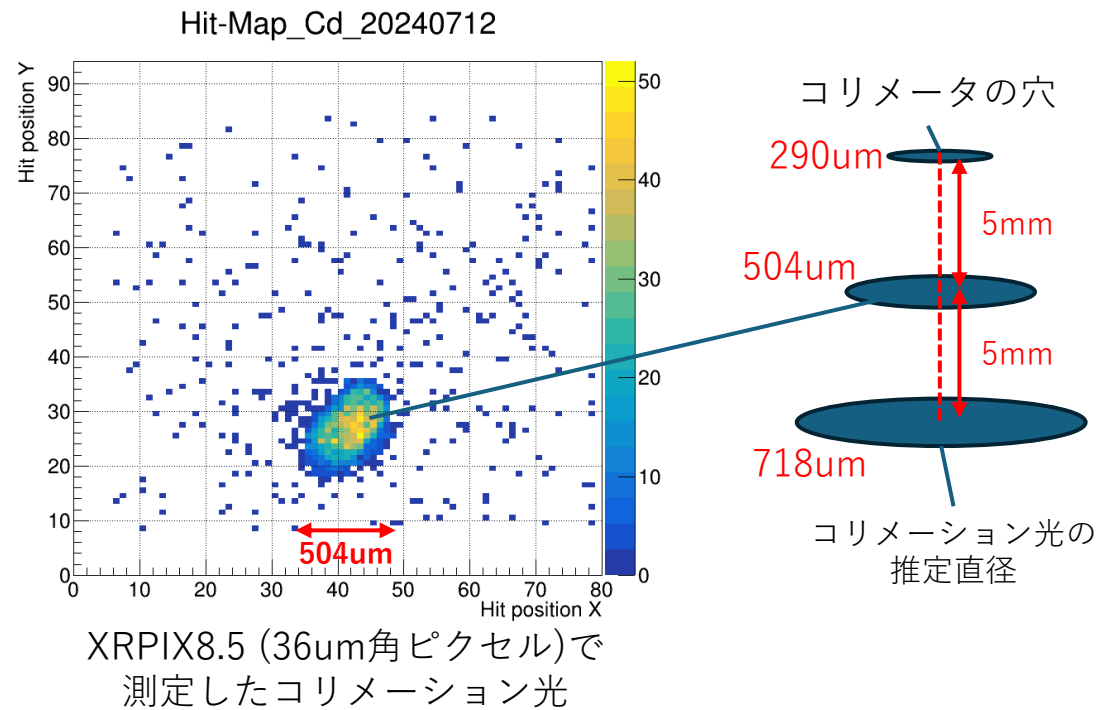
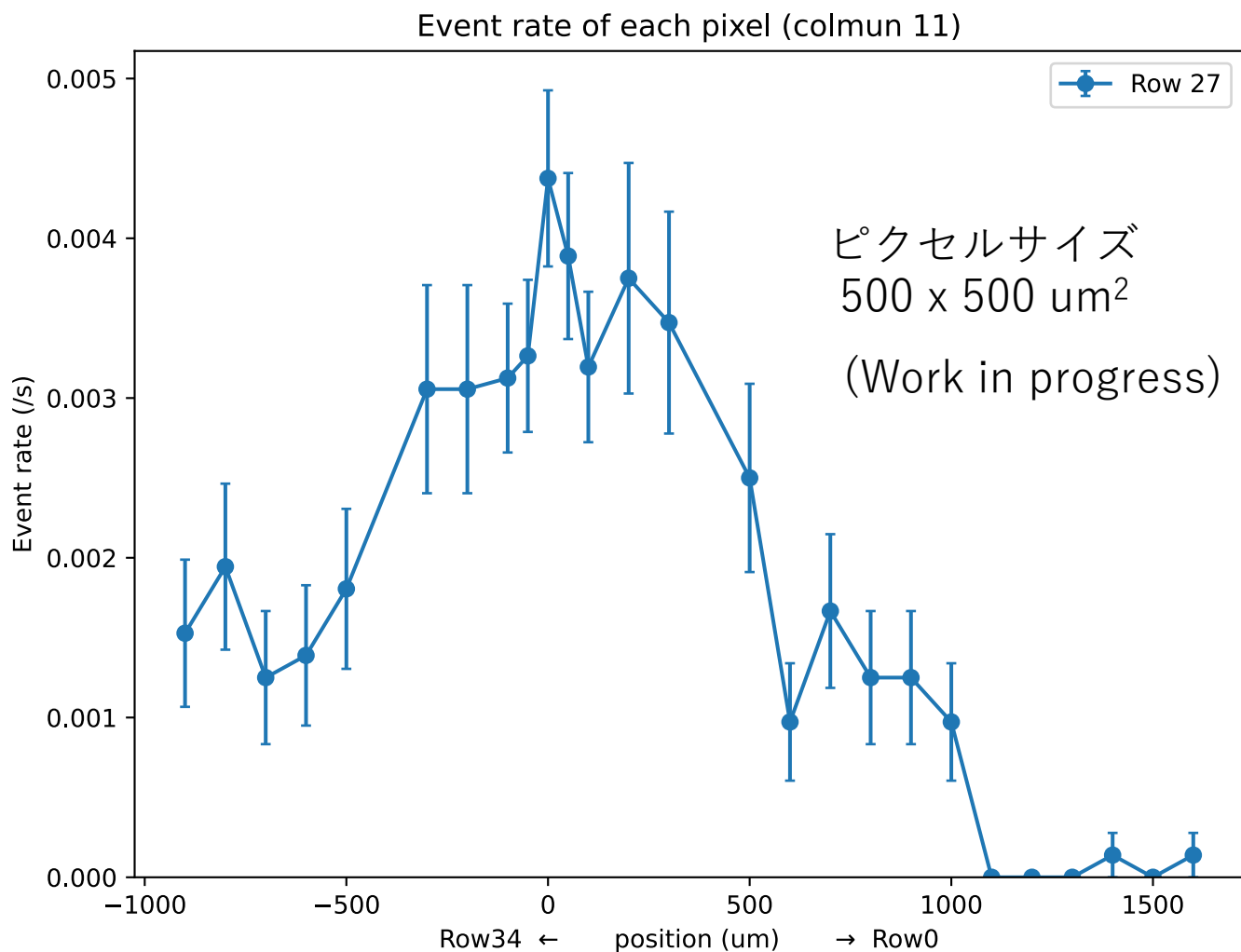
コリメータ (穴直径290um)



Cd109 線源を使用

- ① 9点でコリメートした線源を測定、基準点を設定
- ② 基準点を中心に row/column 方向に線源を移動させて測定 (2h)

② X線スキャン -結果



- 台形様の構造
- 統計誤差が大きい
→ 長時間測定、強い線源 (今後)
& 他のピクセルも評価

まとめ・今後

AMEGO-Xに向けたAstroPixの基礎特性評価

○ A-STEPに向けた Bias 150Vでの エネルギー較正

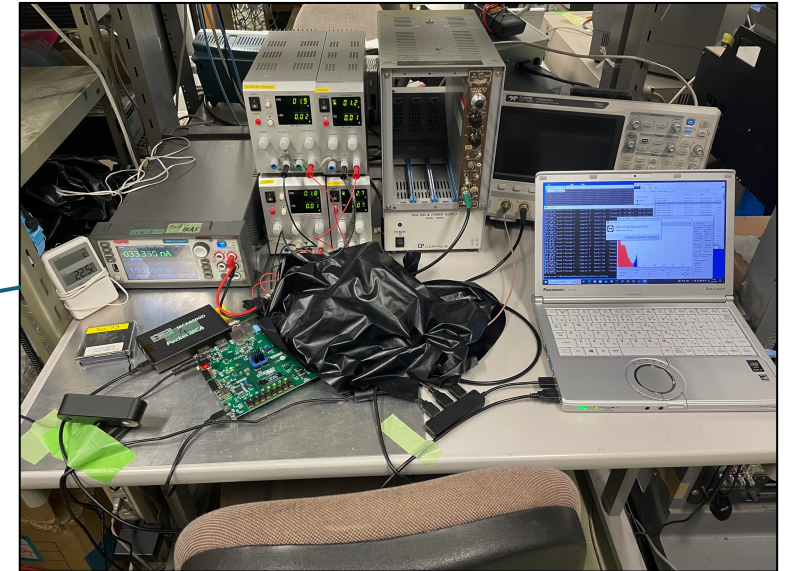
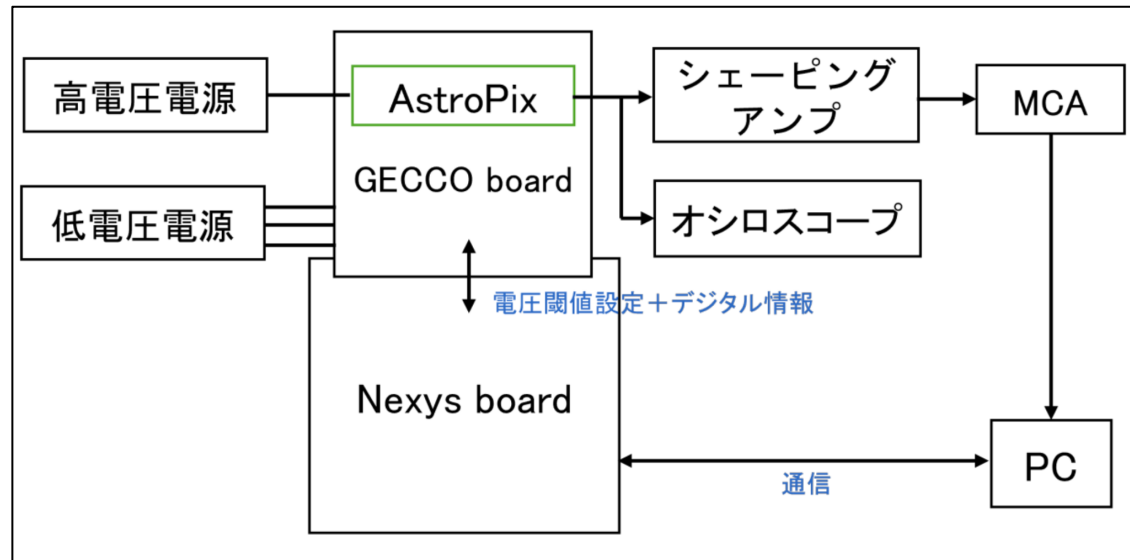
- ・全体の 27% で Co57 の 14keV peak を確認
- ・calibrationしたピクセルの42%が分解能の目標値をクリア

○ X線スキャン

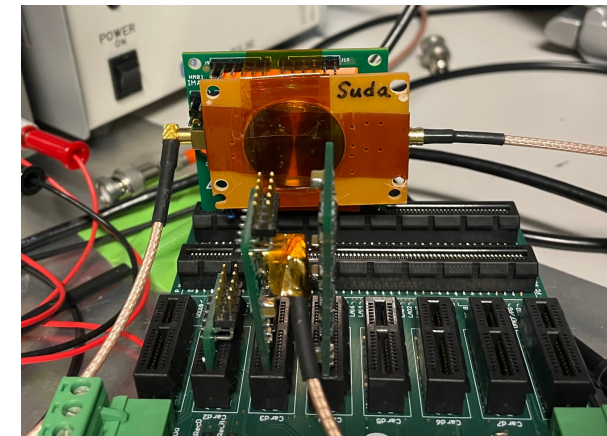
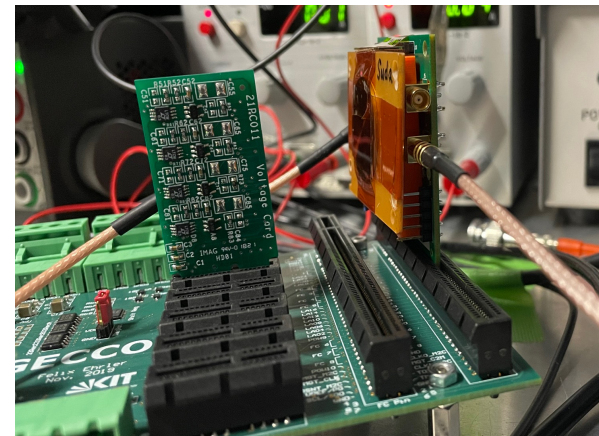
- ・あるピクセルについて、1pixel 内の挙動調査
 - ・統計を溜める
 - ・別のピクセルで同様の測定を行う
 - ・横軸でも同様の測定を行う

Back-up slides

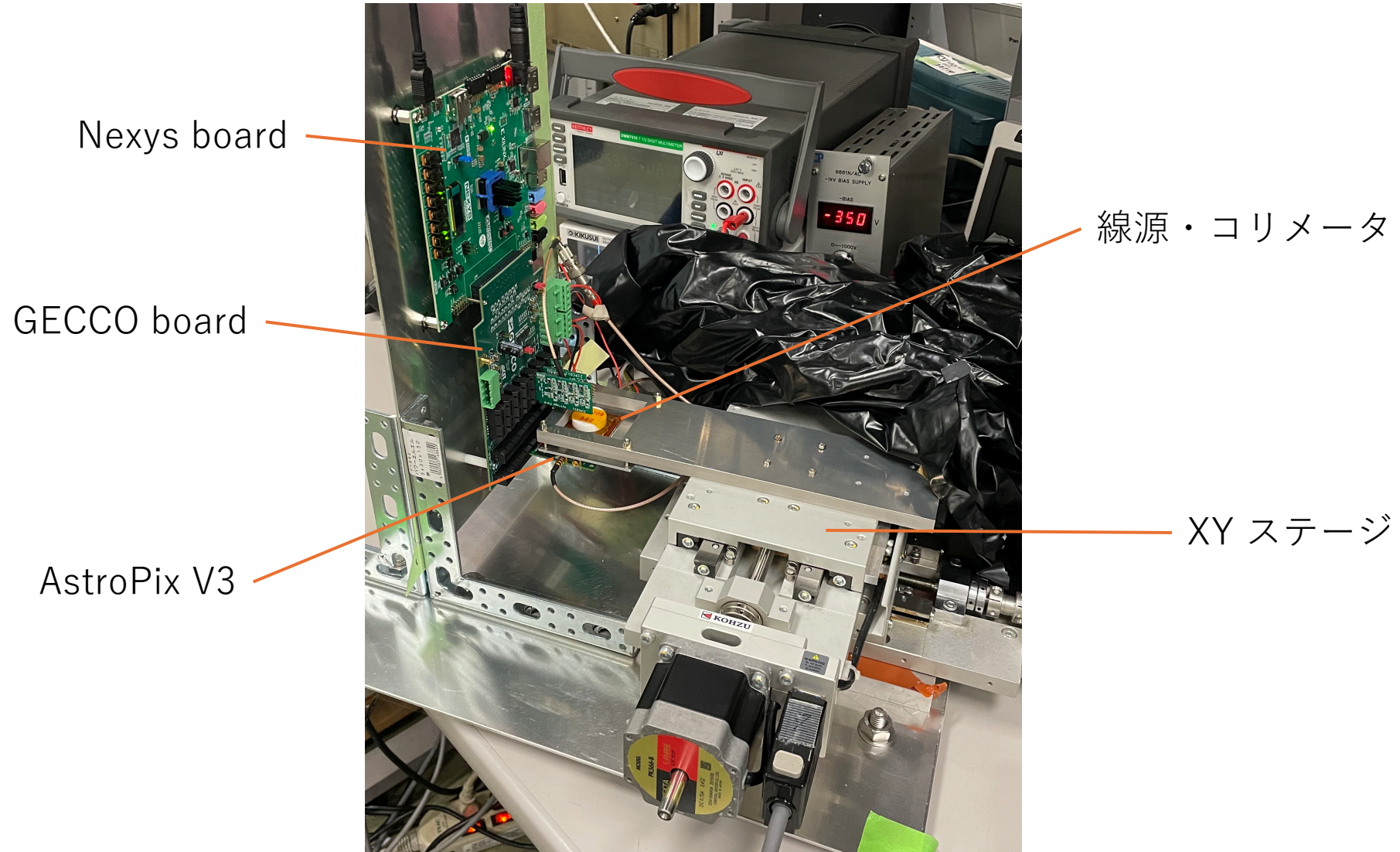
Full calibration -set up



Bias-Voltage	150 V
Temperature	19.7 ~ 20.7 °C
Threshold	160 mV



Collimation test -set up



Counts of each pixels (per 2h)

