

CMOSイメージセンサ IU233N5-Zによるシンチレーション光の読み出し



榎木 大修, 高橋弘充, 丹羽怜太, 森下皓暁, 橋爪大樹, 深澤泰司, 須田祐介 (広島大学),
川端弘治 (広島大学宇宙科学センター)

本発表に関する詳細な結果・議論はこちらの論文を確認してください

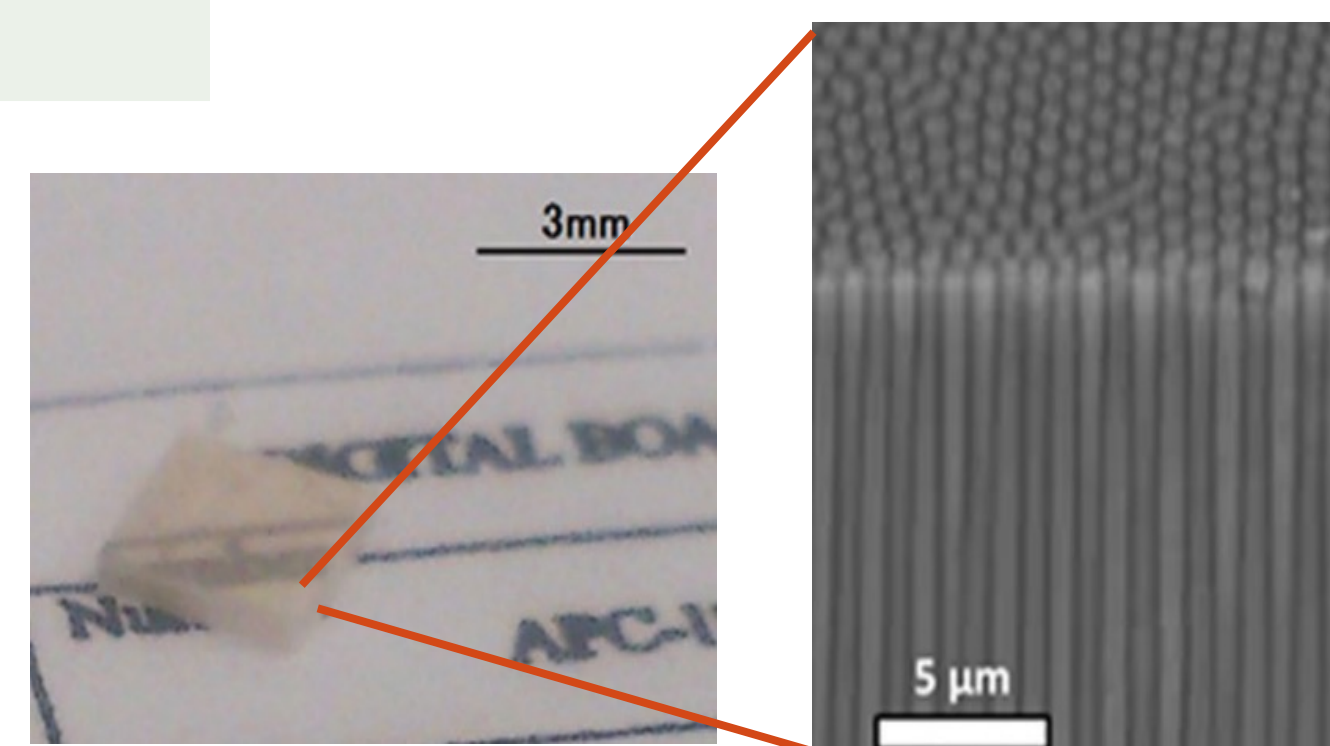
1. Introduction

X線やガンマ線の偏光情報は、高エネルギー天体の放射機構を探る重要な手段の一つである。しかしX線やガンマ線の偏光観測は難しい。IXPEによりX線では偏光観測が進んでいるが、ガンマ線では未だに観測例が乏しい。そこでCMOSイメージセンサとシンチレータ検出器を用い、ガンマ線の偏光観測の可能性を探ることを目標としている。

	CMOS	シンチレータ
ガンマ線感度	良くない	とても良い
位置分解能	良い	悪い

近年、数 μm の微細構造を持つシンチレータが開発されている

微細構造を持つシンチレータ[1]

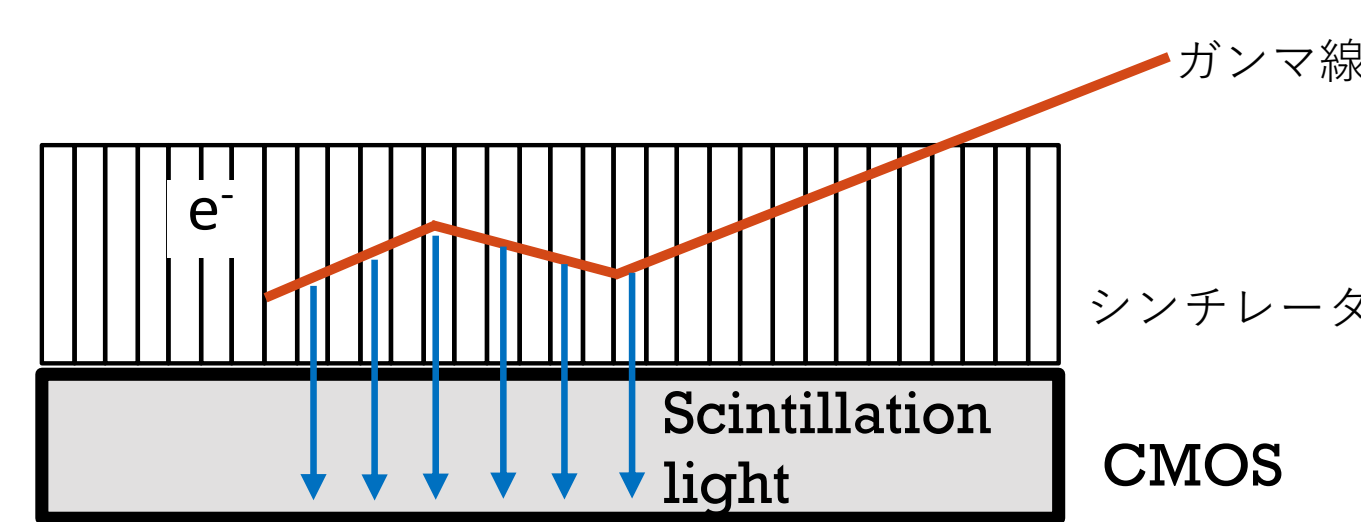


優れた位置分解能のCMOS

+

ガンマ線感度が優れ、微細構造を持つシンチレータ

ガンマ線の偏光検出を期待

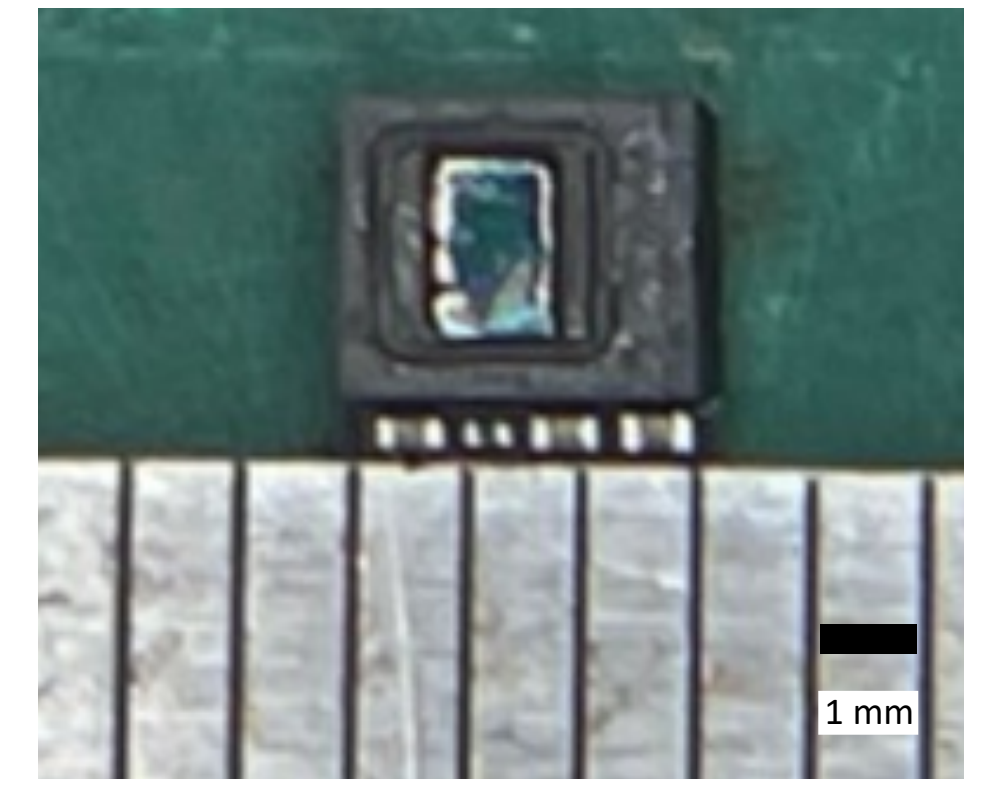


検出器

CMOS (IU233N5-Z)

SONY製^[2]

- ・ピクセルサイズ: $1.12 \mu\text{m} \times 1.12 \mu\text{m}$
- ・ピクセル数: 1296×816
- ・重量: $\sim 0.02\text{g}$
- ・可視光センサー (モノクロ)



レンズを取り外したIU233N5-Zの検出器表面

Scintillator (CsI(Tl))

Leading Edge Algorithms^[3]

- ・密度: 4.53 g/cm^3
- ・発光量: 56 photons/keV
- ・サイズ: $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ & 1 cm 立方
- ・減衰時間: 1050 ns
- ・微細構造を持たない

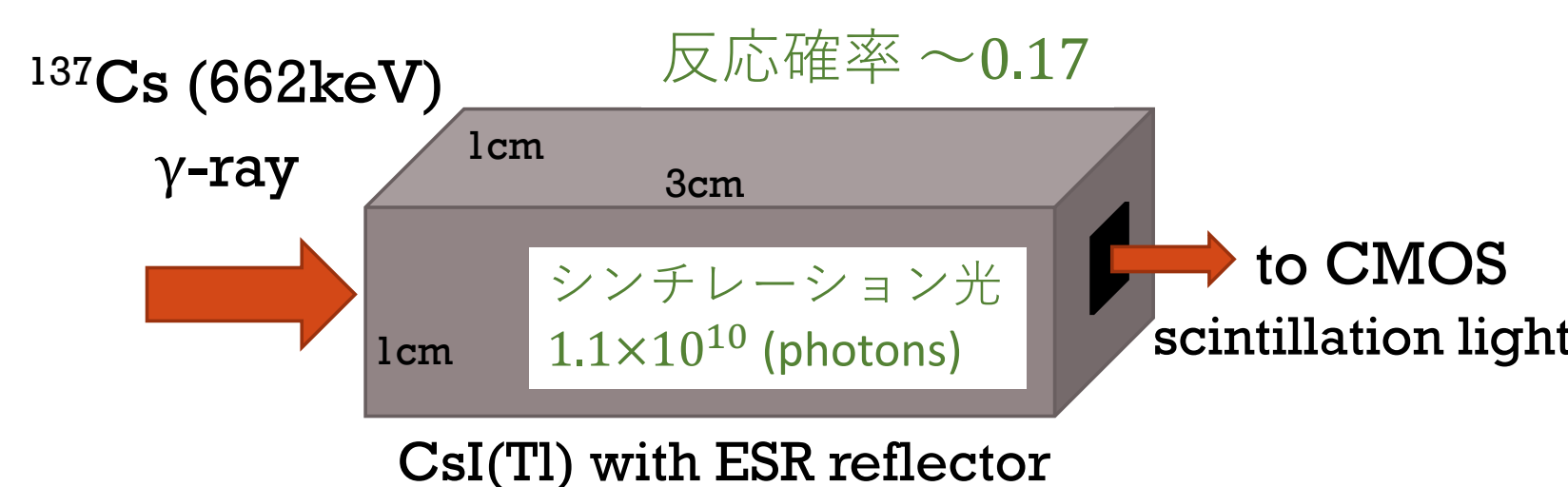


$1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$

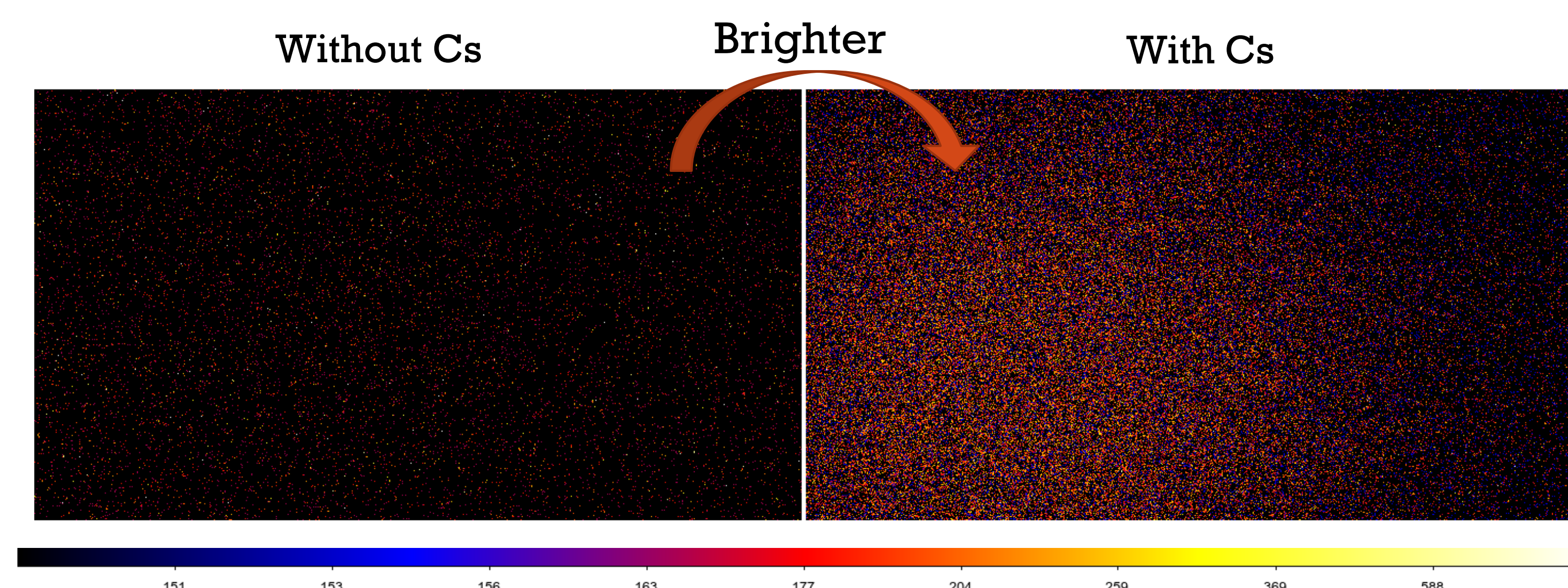
本研究では、まず微細構造を持たないシンチレータで生じたシンチレーション光をCMOS検出器で読み出すことを目標とする。

2. シンチレーション光読み出し (レンズなし)

CMOSからレンズを外し、読み出し面とシンチレータとオプティカルグリスでつけた。

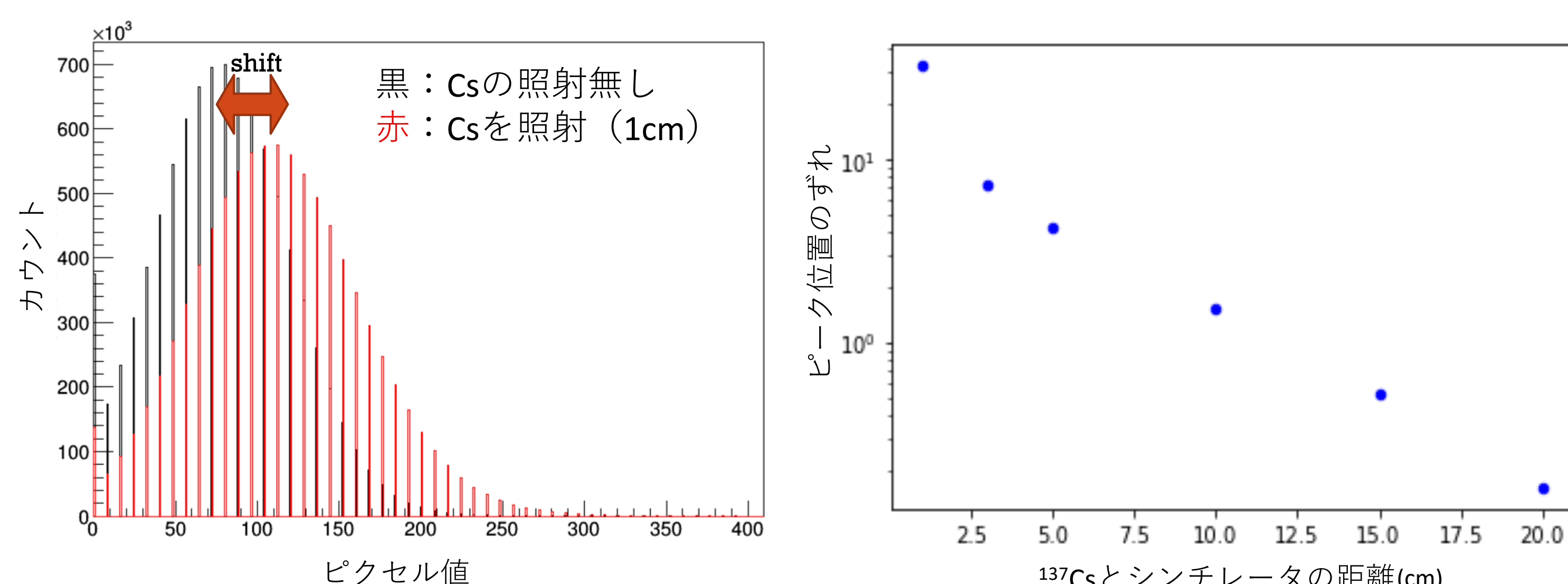


^{137}Cs (18.5 MBq)をシンチレータから1 cm離して照射し、生じたシンチレーション光をCMOSで読み出した (露光時間 1200 msec)。画像取得にはastroソフトウェア([4])を用いた。



^{137}Cs を照射することで、CMOS表面全体が明るくなっていることが確認できた

^{137}Cs を照射していない場合のCMOSのピクセル値と、 ^{137}Cs を照射した場合のCMOSのピクセル値から、ヒストグラムを作成



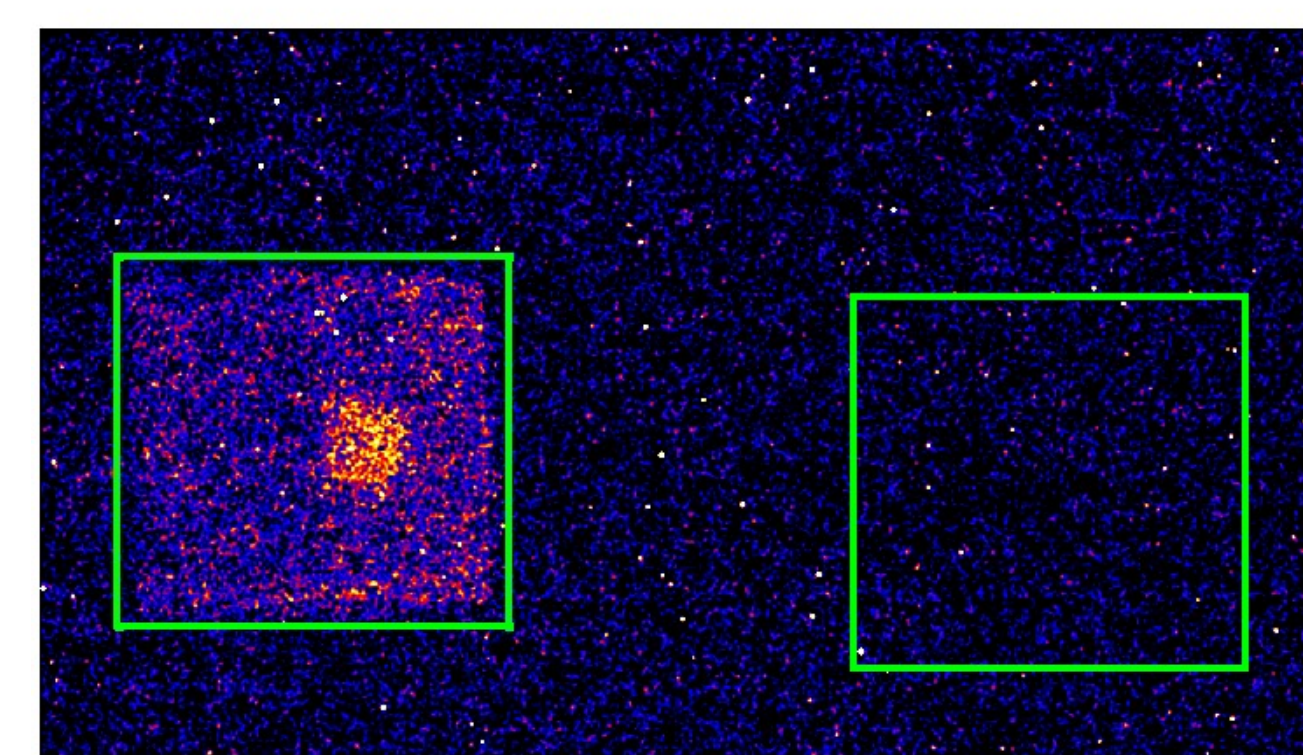
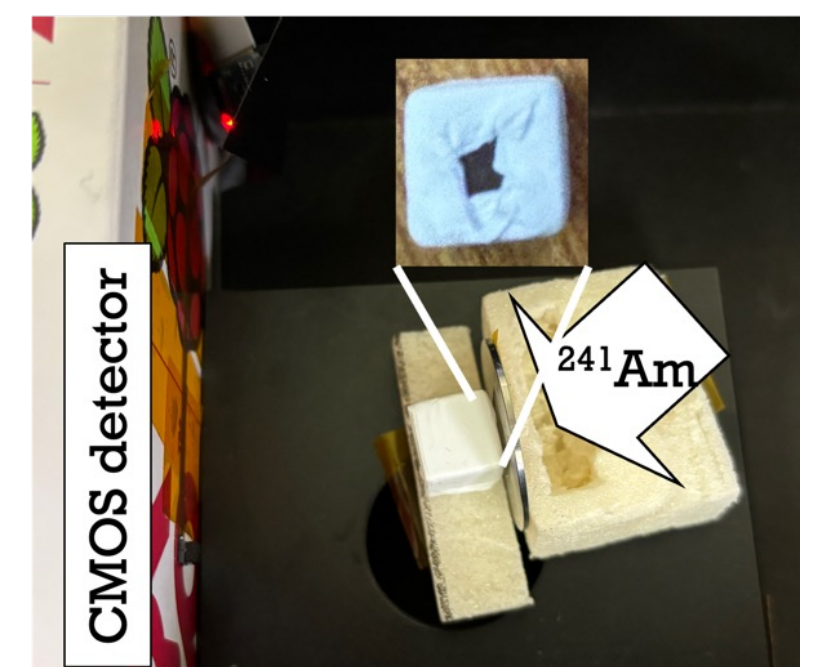
^{137}Cs の照射によりCMOS表面が明るくなり、ピクセル値のピークがシフトした

^{137}Cs から遠ざかるにつれてピークのシフトが小さくなることが確認できた

CMOSでシンチレーション光の読み出しが行えることが確認できた
しかし読み出し効率は $\sim 0.2\%$ と低い値となっている

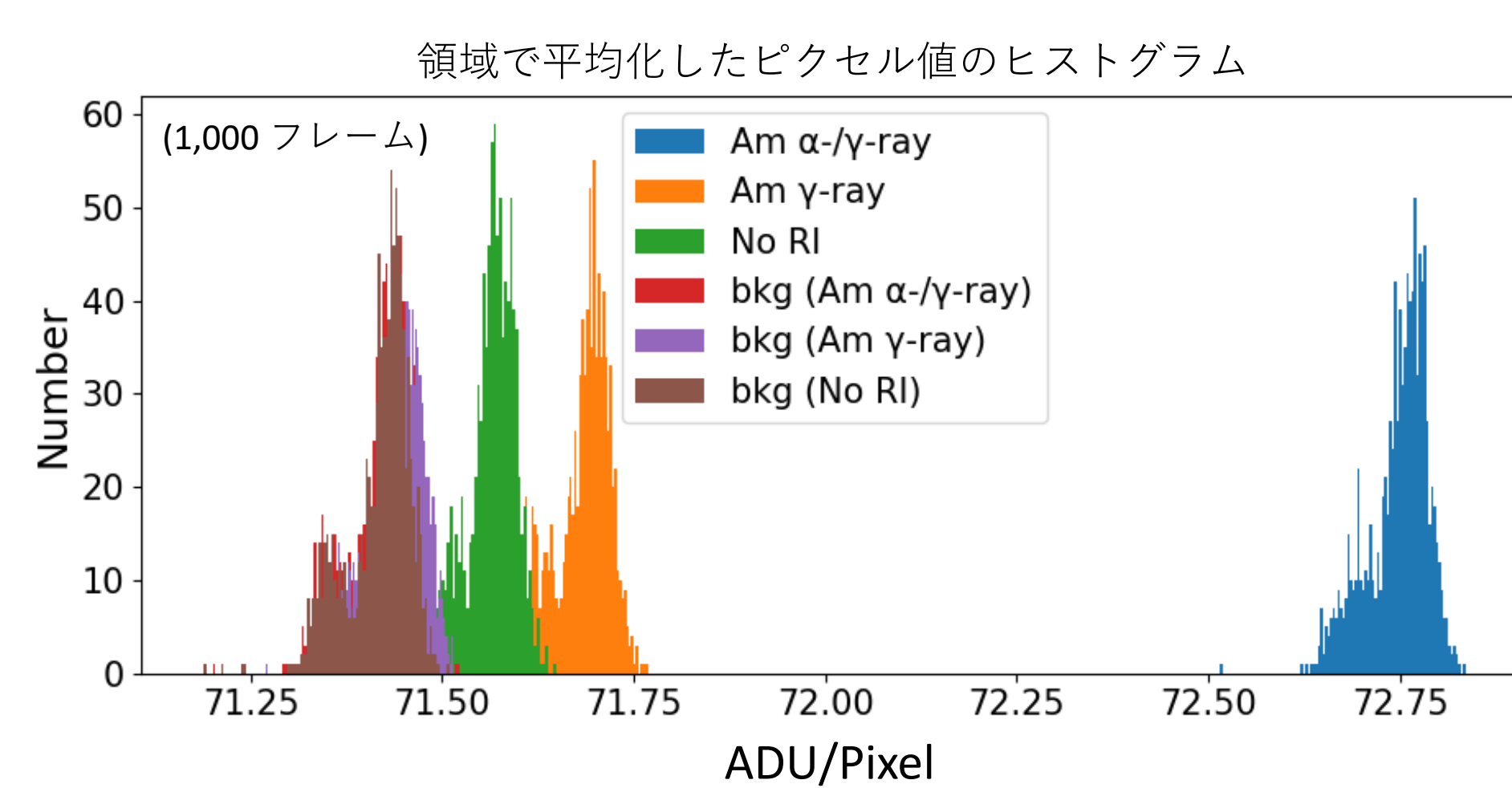
3. シンチレーション光読み出し (レンズあり)

CMOSに再度レンズを取り付け、1 cm立方のシンチレータに ^{241}Am を照射した。 α 線により生じるシンチレーション光を検出するため、シンチレータの周りのテフロンテープの窓を作った (右図)



α 線によるシンチレーション光が検出された。最も明るい中心領域はテフロンテープの窓に対応しており、その外側の明るい領域はシンチレータの表面に対応している。

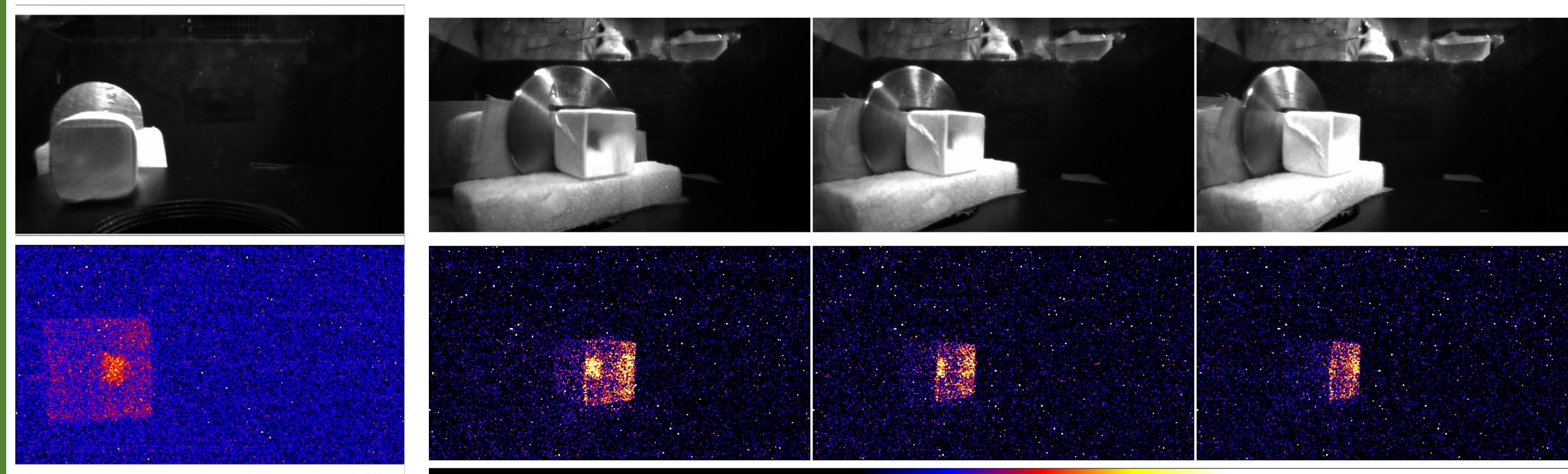
^{241}Am のベリリウム窓を銅テープで覆うと、明るい領域は明瞭ではなくなる。



しかし、領域で平均化したピクセル値は、バックグラウンド (および線源なし) の場合のピクセル値よりも高く、ガンマ線により生じたシンチレーション光も検出されていることがわかる。

“ α 線+ガンマ線での平均ピクセル値” - “線源なしでの平均ピクセル値” = $72.76 - 71.57 = 1.19 \text{ ADU/Pixel}$

よって、読み出し効率は $\sim 5\%$ と計算される



シンチレータを回転させるとテフロンテープの窓に対応する明るい領域も変化していることが確認できる。
→ α 線はシンチレータ表面付近で反応し、生じたシンチレーション光が 4π で広がっていると考えられる。

CMOSとシンチレータを接着していなくてもシンチレーション光の読み出しが行えることが確認できた。
これは、複数のシンチレータ検出器の発光を一つのCMOSでまとめて読み出せる可能性を示唆している。

Reference

- 1, Yamamoto, S., Kamada, K. & Yoshikawa, A. Sci Rep 8, 3194 (2018)
- 2, IU233N2-Z/IU233N5-Z product brief
- 3, CsI(Tl) data sheet, Leading Edge Algorithms
- 4, Astro <https://soho-enterprise.com/page-915/astro>