

Kyoto's X線衛星搭載用SOIPIX検出器

京都大学理学部物理第二教室 宇宙線研究室

鶴剛 (tsuru@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp)

論文・国際会議 (黄色は査読論文)

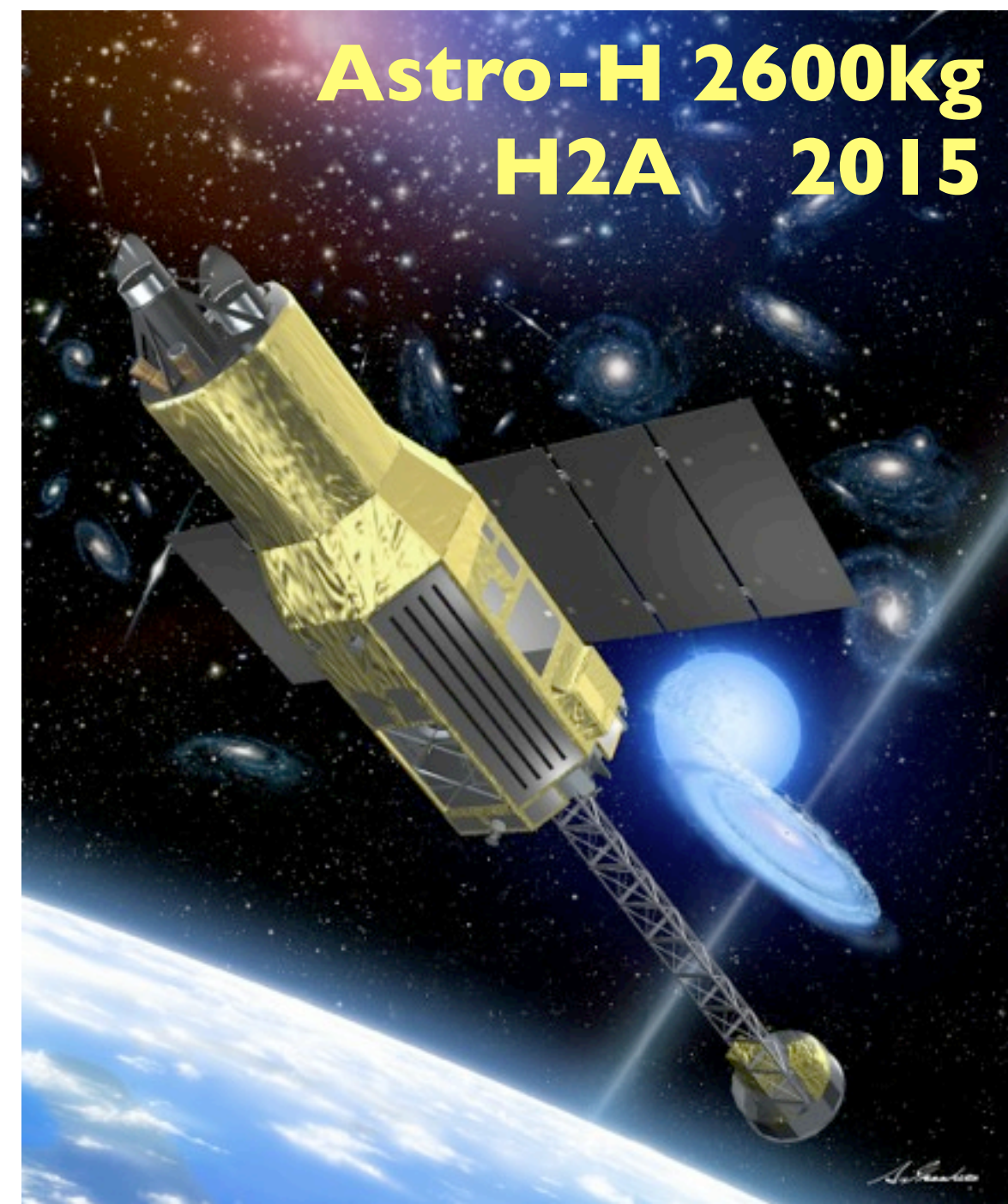
Ryu et al.	IEEE NSS 2010, Conf. Record	XRPIXI-CZ -FI
Ryu et al.	IEEE TNS 58, 2528 (2011)	XRPIXI-CZ-FI
Tsuru et al.	IEEE NSS 2011	Review
Ryu et al.	IEEE NSS 2011, Conf. Record	Event-Driven Readout system
Nakashima et al.	IEEE NSS 2011, Conf. Record	XRPIX-ADCI
Nakashima et al.	Physics Procedia 37, 1373 (2012)	XRPIXI-FZ-FI
Ryu et al.	IEEE TNS 60, 465 (2013)	XRPIXIb-CZ-FI, Inter-pixel cross-talk
Takeda et al.	IEEE TNS 60, 586 (2013)	Event-Driven Readout with XRPIXIb-CZ-FI
Tsuru et al.	SPIE Astro2012	Review
Nakashima et al.	NIM A, Accepted (2013)	XRPIX2

X線天文をやっています。

市川さんと同じ教室で，身内さんがいらした研究室です。

X線衛星とX線CCDカメラを開発して，

そいつらを使って(頂いて)，日々宇宙を観測して(頂いて)います。



ASTRO-H衛星(2015)搭載用 X線CCD素子

200 μm 完全空乏 0.84g / 1 CCD
量産116個実績 (すばる HSC)

6e- (rms) \rightarrow 3e-実績

24 μm \square \rightarrow 15 μm \square 実績

「DAMICと同じ事をやれ」と言われれば「出来ます」が答えです。

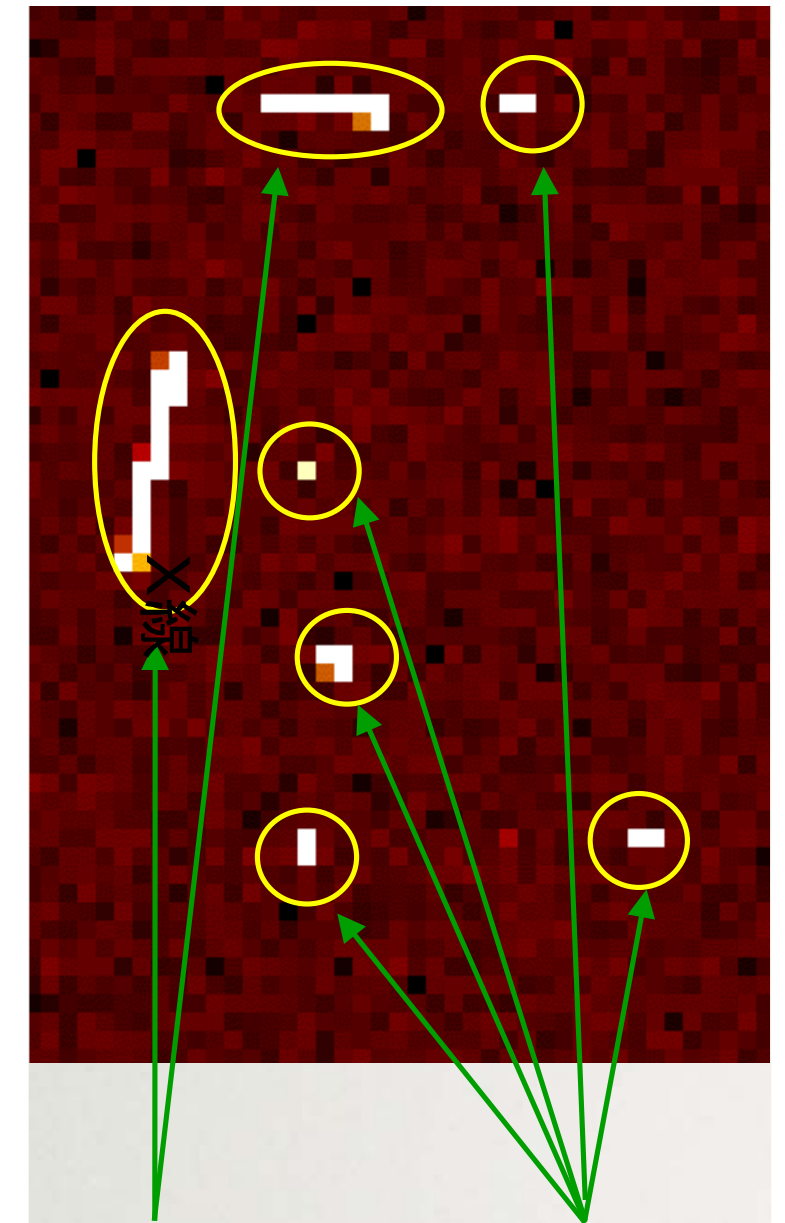
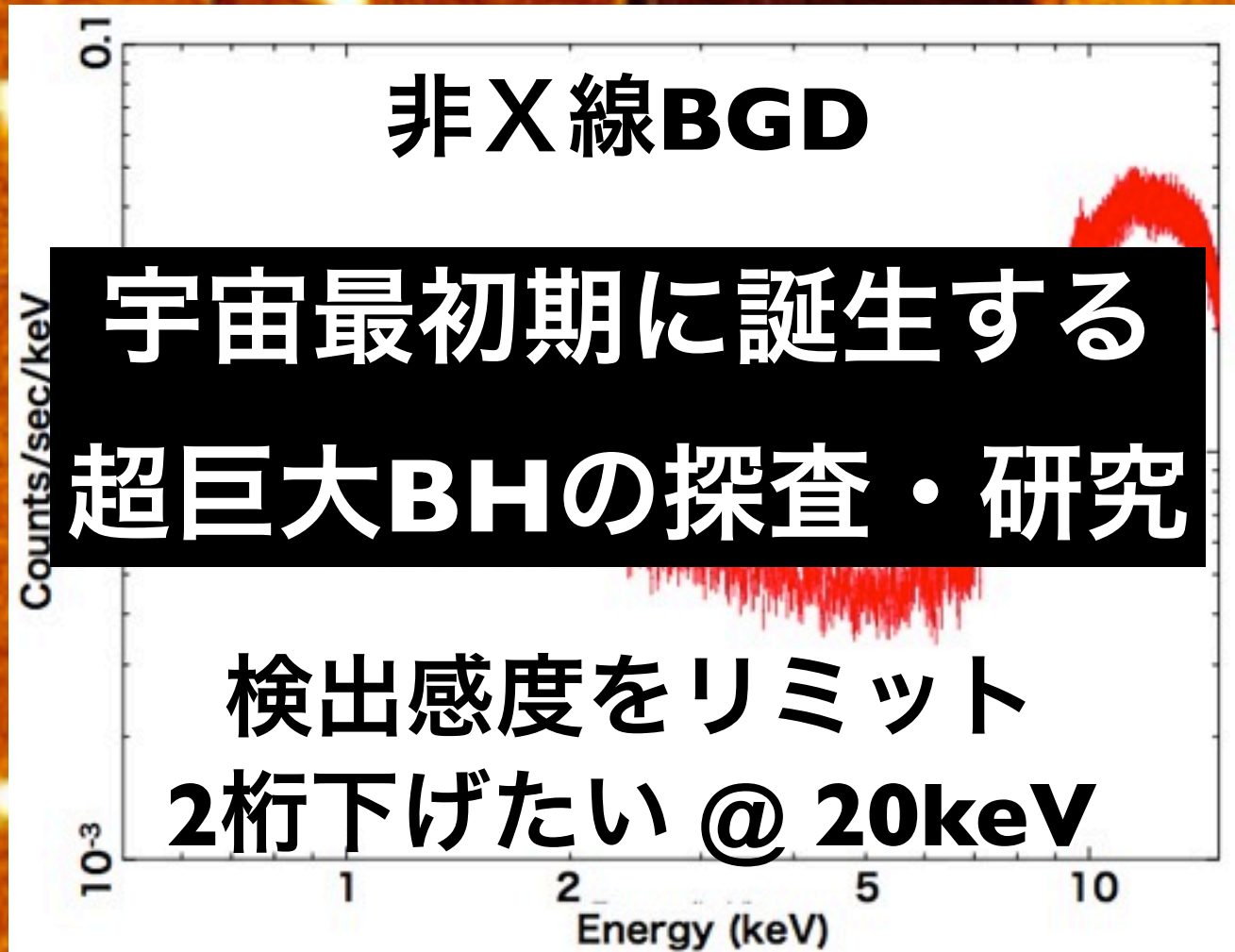
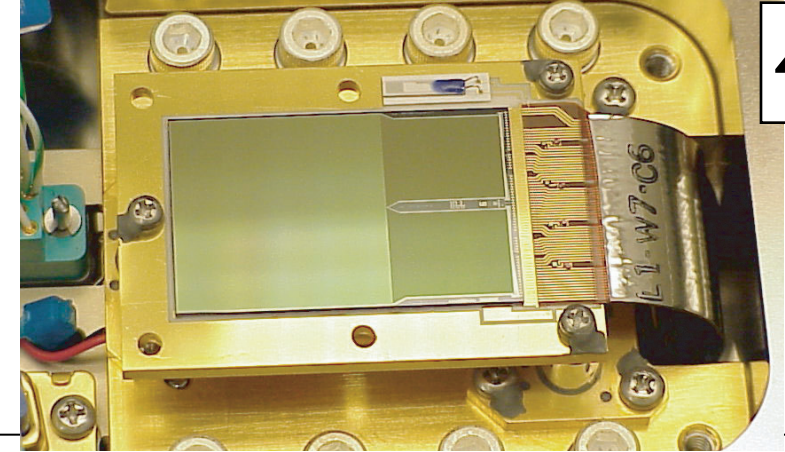
しかし、そんなのは後追いだ！

62mm

115mm

Suzaku 「すざく」 XIS

生CCD画像



イメージ上の形状のみで判断している

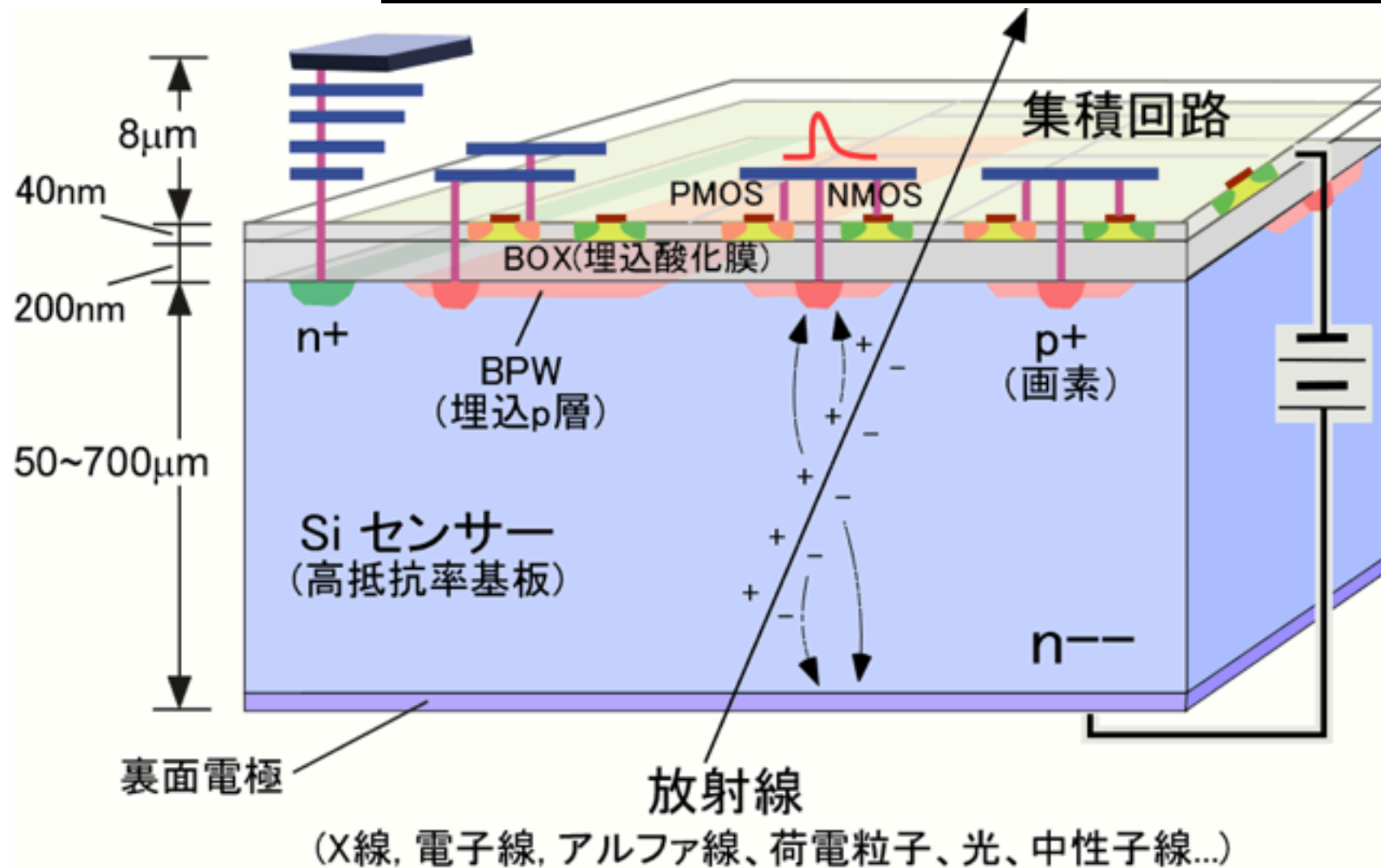
電子

X線

反同時計数を掛ける⇒SOIPIX

DMも同じ

SOIPIX = Silicon On Insulator PIXel sensor

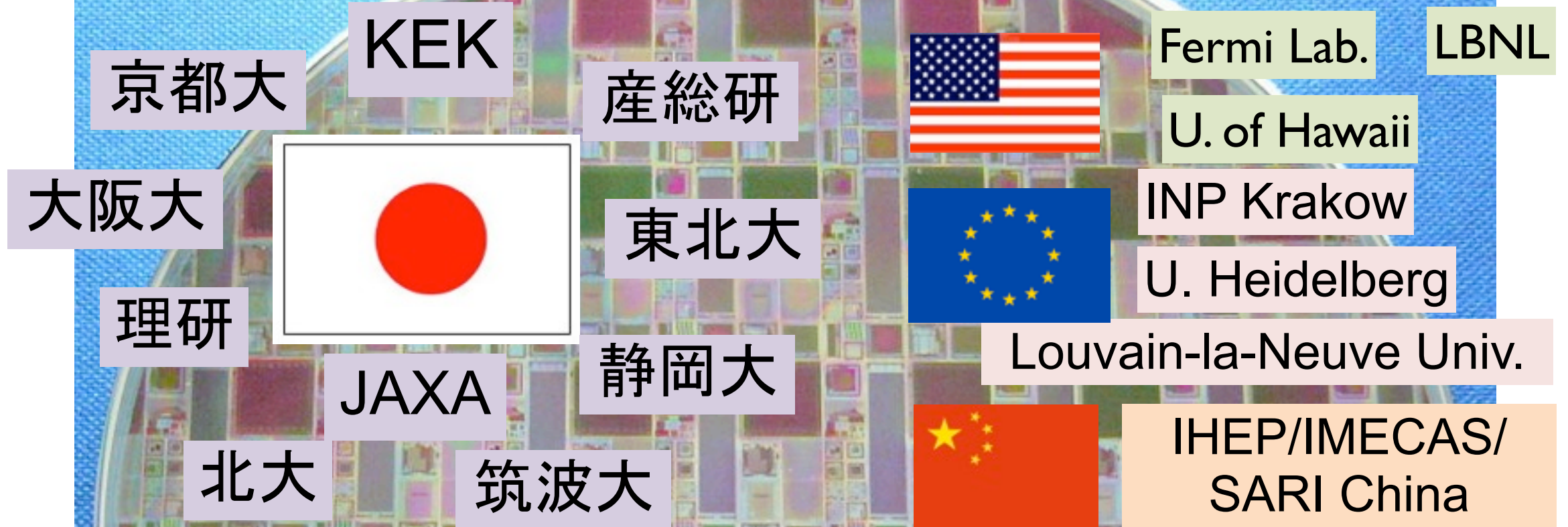


検出部とICの
2重シリコン活性層

大きな自由度
用途に最適なデバイス

- 厚い検出部 = 高い比抵抗 高速IC = 低い比抵抗 共存できる。
- バンプ構造 (~100μm) なし。余計な質量無し, 微細ピクセル, 低ノイズ
- **ADC, DAC, カウンタ等の機能の内蔵**
従来: センサー + 読み出しPCB ⇒ チップに内蔵
- 次世代LSIの有力技術で, 民生品半導体工場での製造 → 高信頼性, 低コスト

将来の検出器の形



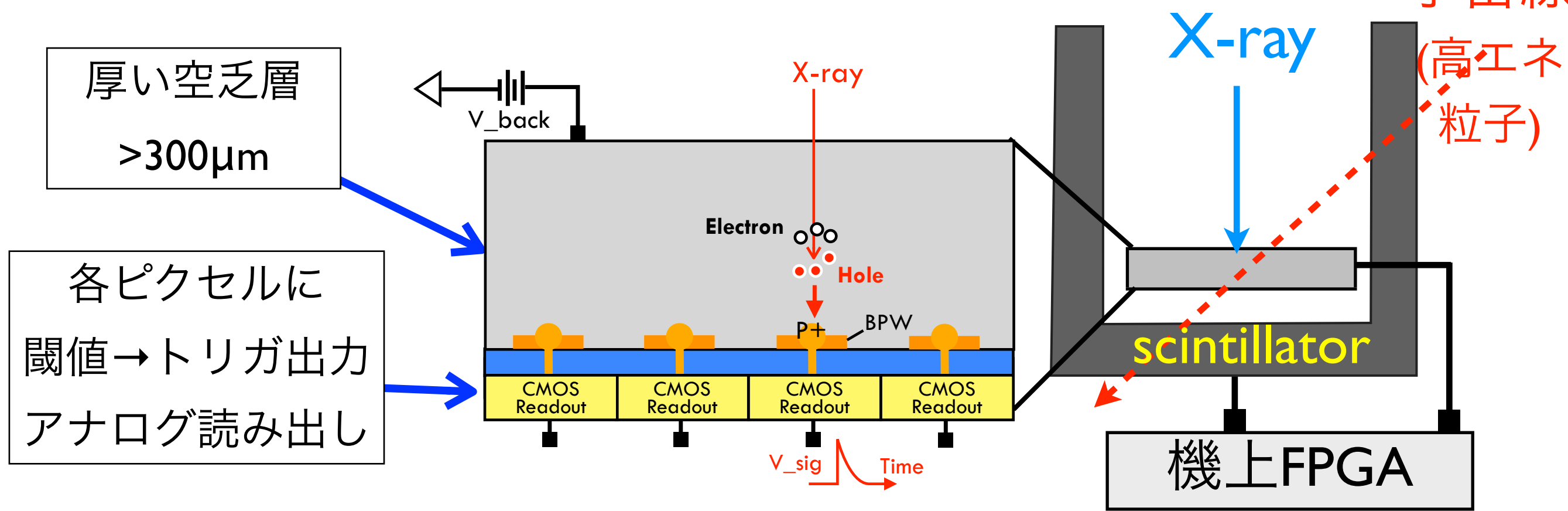
日本の独走状態

- 素核 (崩壊点)
- 宇宙 (X, FIR)
- 物質 (XFEL, PF)
- 生命 (イメージング
質量分析)

量子イメージングの革新
幅広いサイエンスの革新

“XRPIX” = Kyoto’s X線衛星用 SOIPIX

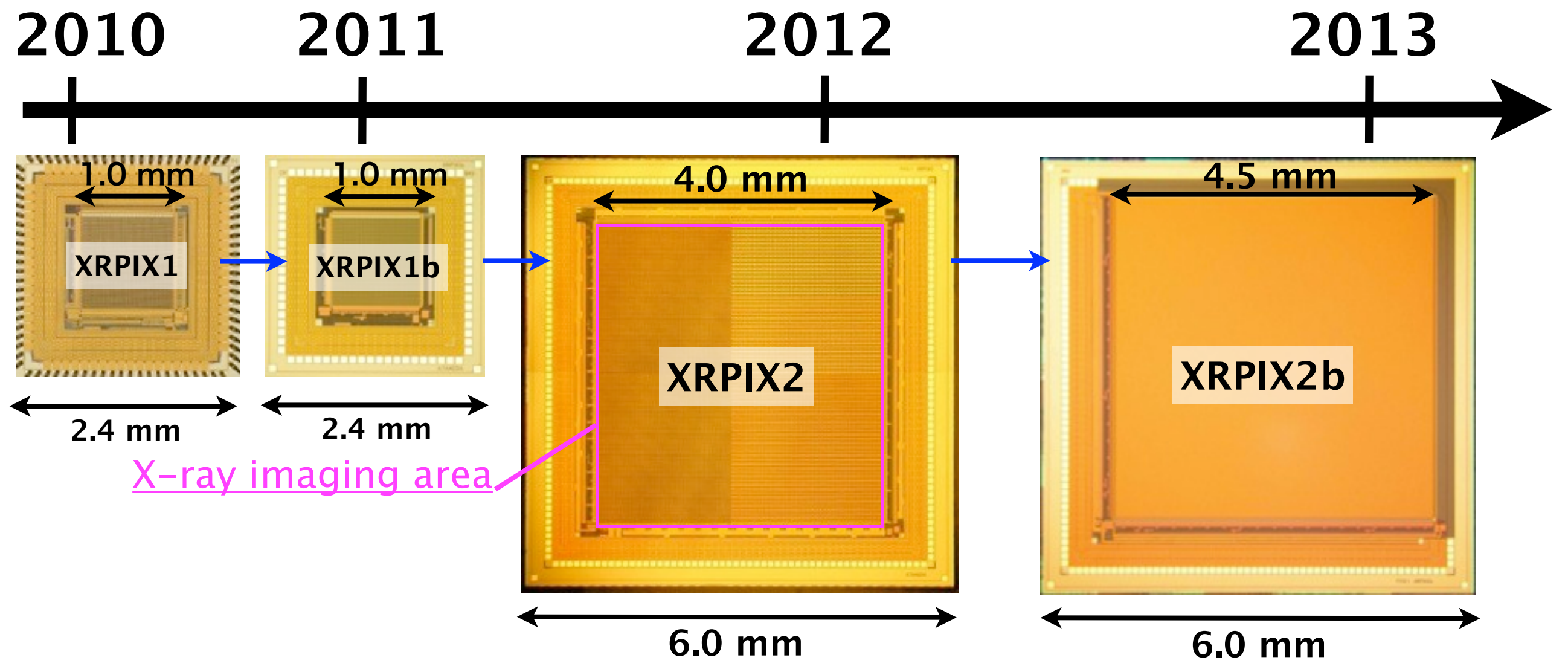
ヒットトリガ・ピクセル座標出力できる



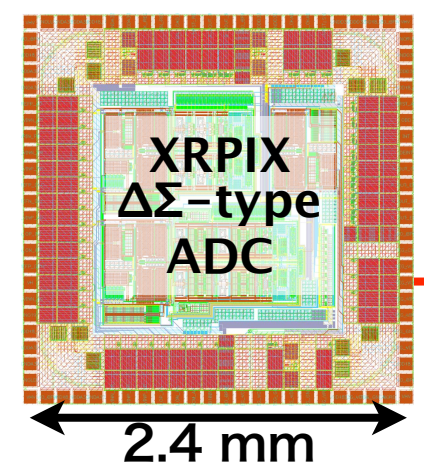
サイズ	撮像領域> 25x25mm ² , ピクセルサイズ30-60µm ²
Energy Band	0.3-40keV 完全空乏裏面照射型 (>300µm)
Spectroscopy	Fano limit : 要求<10e ⁻ (5σ閾値 0.18keV) → ゴール1e ⁻
Timing	<1µsec
Function	ヒットトリガ, ヒットピクセル座標出力
Non X-ray BGD	(軌道上) 5e ⁻⁵ c/s/keV/10x10mm ² at 20keV (1/100 of CCD)

同じ物 or 簡略化した素子でDM実験可能

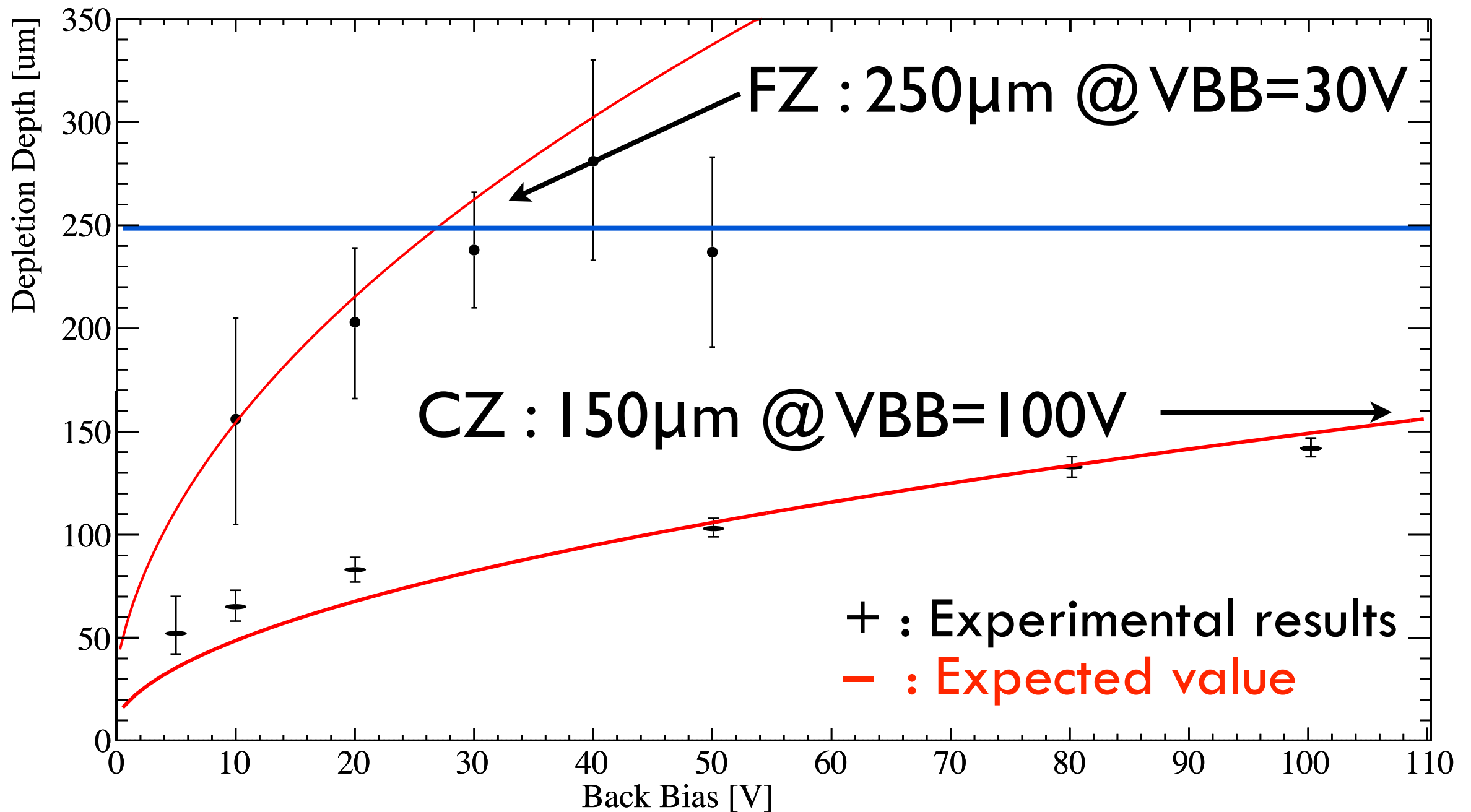
XRPIX Series



他のSOIPIX
16.9 x 10.7mm² w/ 12μm □



XRPIX1-FZ (7k Ω cm): Depletion Depth



- VBB = 30Vで, 250 μ m空乏層を達成済み.

イベント駆動読み出し

問題なく読み出せている

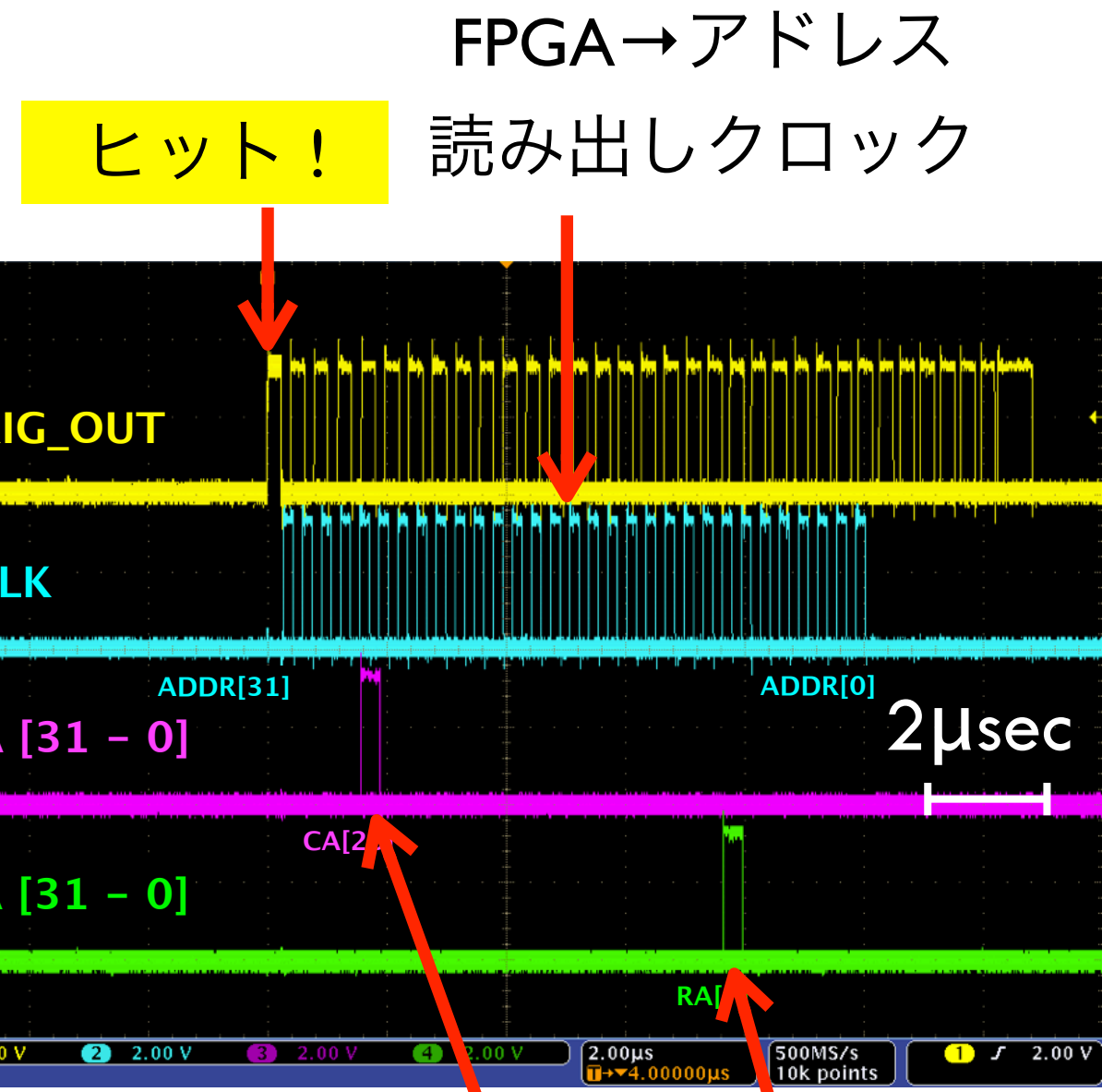
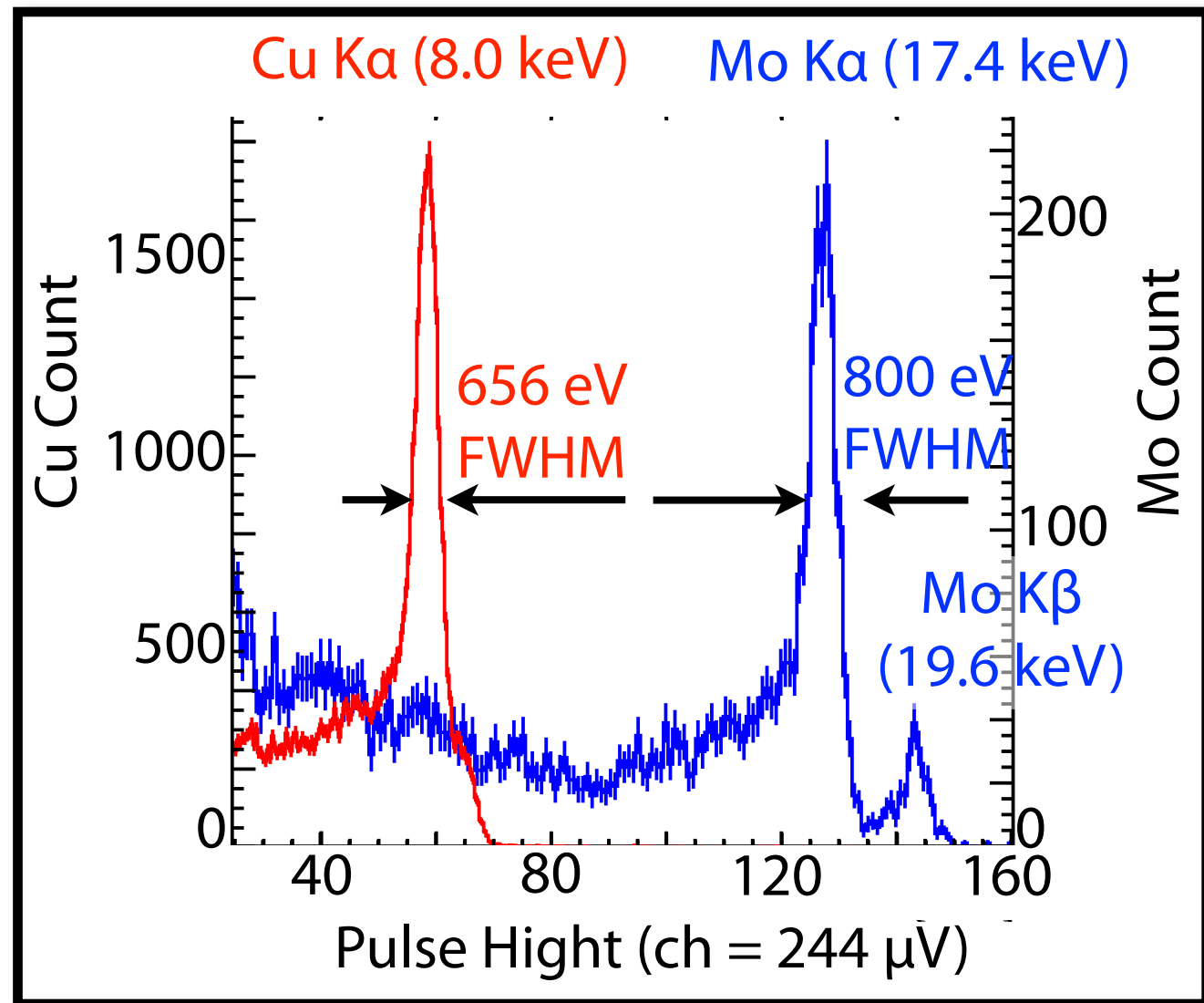


Fig. 1. Hit signals recorded by the oscilloscope (c.f., Fig. 9).

ヒット座標
出力

X線スペクトル



Gain 6.5 μV/e- : 最新CCD並み
読み出しノイズ 64e (rms)

⇒ 閾値 1.2keVee (5σ)

最大の改善項目

秘策(?)あり...

初段のゲインを上げて
相対的にノイズを減らす

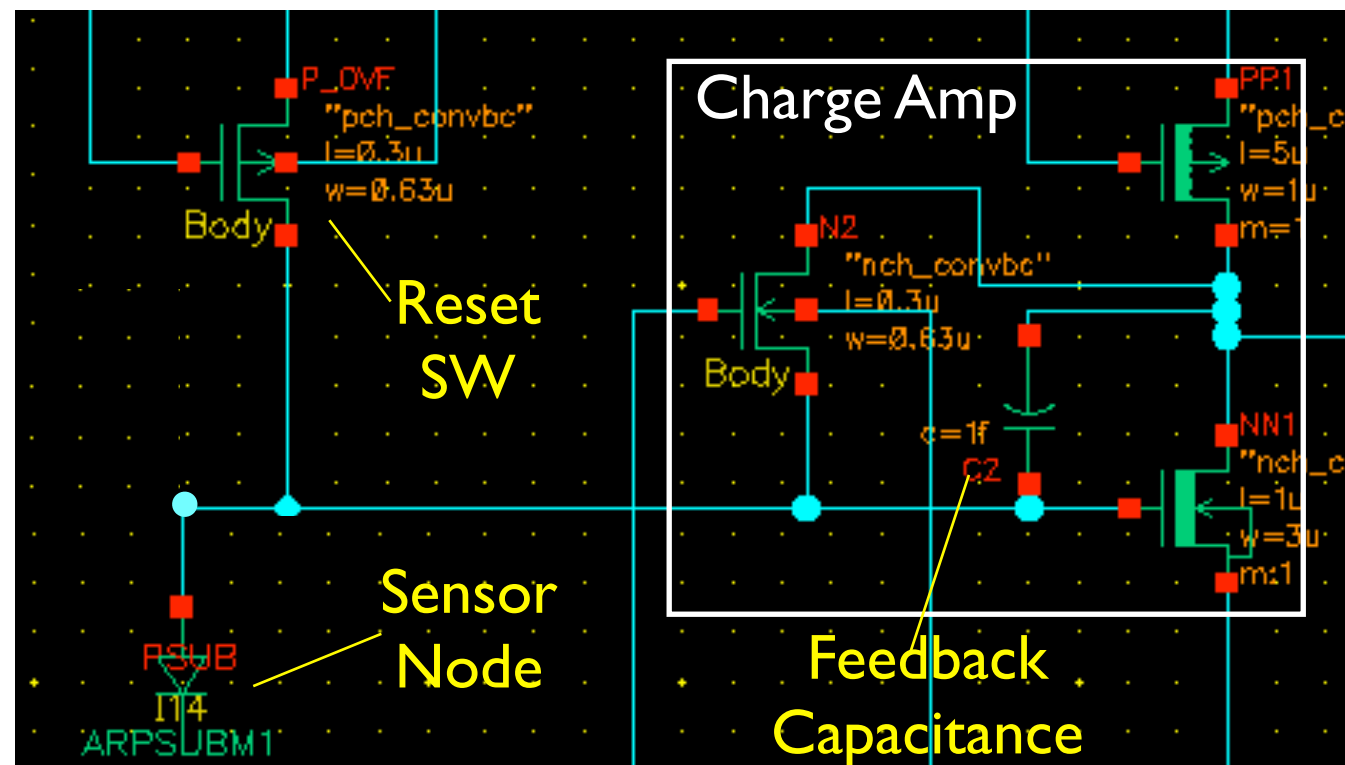
各ピクセルにチャージアンプ

$$C = 1 \text{ fF} \rightarrow 160 \mu\text{V}/e$$

ゲイン 25倍 \Rightarrow 2.5e (rms)

閾値 (50 eVee) \ll 300 eVee

間もなく試作品が出来ます。



”イベント駆動 True-CDS”

1e (rms) 閾値 18eVee

2重シリコン活性層を利用

他のデバイスは不可能で, SOIだ

からこそ実現できる構造

静岡大学電子工学研究所

川人教授との共同研究

特許関係で詳細は
言えません。

まとめ

- X線天文衛星用のSOIPIXを開発しています。
- 反同時計数が出来る，低閾値シリコン撮像分光器です。
- ほぼ同じ形で，低バックグラウンド暗黒物質直接探査に使えます。
- DAMICを超える事ができます。

必ず良いを作ります。

是非一緒にやらせてください。

