

宇宙軟 X 線観測に向けた CMOS イメージセンサーの性能評価と 高速読み出しシステム開発

Performance verification of CMOS image sensor and
development of high-speed readout system for cosmic soft X-ray observation
金沢大¹, 青山学院大², 関西学院大³, 東工大⁴ ○(D1) 荻野 直樹¹、有元 誠¹、澤野達哉¹、
(M1) 後藤 初音¹、米徳 大輔¹、(M2) 盛 顯捷²、(M1) 山本あゆ美²、坂本貴紀²、
(M2) 藤井 健³、平賀 純子³、谷津 陽一⁴
Kanazawa Univ.¹, Aoyama Gakuin Univ.², Kwansei Gakuin Univ.³, Tokyo Inst.⁴
○(D1) Naoki Ogino¹, Makoto Arimoto¹, Tatsuya Sawano¹, (M1) Hatsune Goto¹, Daisuke
Yonetoku¹, (M2) Kensyo Sei², (M1) Ayumi Yamamoto², Takanori Sakamoto²,
(M2) Takeru Fujii³, Junko S. Hiraga³, Yoichi Yatsu⁴
E-mail: ogino@astro.s.kanazawa-u.ac.jp

HiZ-GUNDAM は、軟 X 線帯 (0.4–4 keV) でのサーベイ観測を実現する次世代衛星計画である。*HiZ-GUNDAM* に搭載される広視野 X 線モニターには、X 線 픽セル検出器が用いられる。X 線 픽セル検出器には、100 μm 以下の 픽セルサイズ、観測エネルギー帯域で 50% 以上の高い検出効率、6×6 cm^2 の広い検出器面積、10 frames/s 程度のフレームレートが要求されている。我々は、これらの要求を大型の裏面照射型 CMOS イメージセンサー (GSENSE6060BSI) で実現可能であると考えた。本研究では、GSENSE6060BSI と同様の 픽セルサイズ、比抵抗を持った小型の CMOS イメージセンサー GSENSE400BSI を用いて、軟 X 線帯域での分光性能評価を行った。その結果、Al- K_{α} (1.5 keV)、Mn- K_{α} (5.9 keV) などの低エネルギー X 線を明瞭に検出することに成功した (図 1(a))。さらに、得られた X 線イベントを用いて、0.4–4 keV 帯の検出効率が 50% 以上であることを明らかにした。

衛星では膨大な 픽セル数を持つイメージデータの全てを保存できるわけではない。しかし、イメージデータの中にある X 線イベントは極僅かであるため、そのみを抽出することで大幅にデータサイズを縮小することができる。そこで我々は、FPGA を利用しリアルタイムで X 線イベントを抽出することができる新たな高速読み出しシステム (図 1(b)) を開発した。本システムは、*HiZ-GUNDAM* だけでなく 2U-CubeSat に搭載できるようにコンパクトに設計されている。本処理システムは、(1) イメージを 10 frames/s 以上のフレームレートで撮影し、(2) 前後のイメージデータの差分を取り、X 線イベントを抽出する。(3) 得られた X 線イベントの位置情報とエネルギー情報をデータパケットにまとめ、(4) 外部 PC に転送する機能を持つ。本研究では、この新たに開発したシステムが、これらの処理を実現できていることを示した。

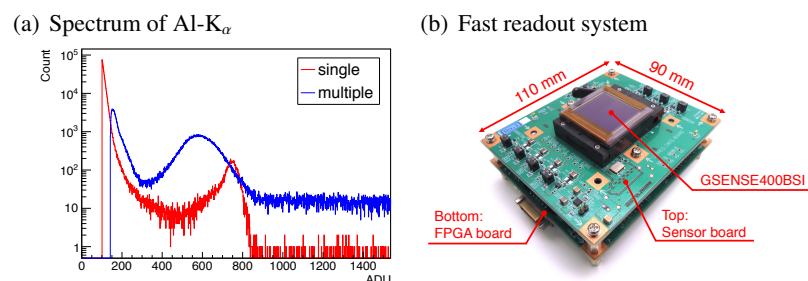


Fig 1: (a) The spectrum of Al- K_{α} (1.5 keV) acquired in this experiment, where the red line is single-pixel events and the blue line is multi-pixel events. The energy resolution (FWHM) was 123 eV and 461 eV, respectively. (b) The stack structure enables the compact readout system that can be equipped with a micro-satellite.