

FFASTの硬X線用 SD-CCD素子の性能評価



薙野綾、中嶋大、穴吹直久、林田清、常深博、能町正治 (大阪大学),
尾崎正伸 (ISAS/JAXA), 國枝秀世, 松本浩典, 古澤彰浩 (名古屋大学),
鶴剛, 上田佳宏 (京都大学), 森浩二 (宮崎大学), 伊藤真之 (神戸大学), 他 FFAST WG

FFASTは硬X線領域における広天域走査観測を目的とした小型科学衛星である。硬X線領域の集光に有利な長い焦点距離の実現のため、FFASTは望遠鏡衛星と検出器衛星の編隊飛行を行い、20m焦点距離の望遠鏡を構成する。検出器衛星に搭載されるSD-CCDは、完全空乏化したX線CCDにシンチレータを直接接着することで100keVまでの感度を実現した撮像分光素子である。現在、我々はASTRO-H/SXIのエレクトロニクスを用いてSD-CCDを動作させ、鉄とカドミウムの単色X線を当てて分光性能の評価を行っている。今回はその性能評価の現状についてポスターにまとめて報告する

SD-CCD (Scintillator Deposited CCD)

SD-CCD とは、X線CCDに直接シンチレータを接着することで(図1)、10 keV 以上の硬X線に対する高い感度とCCDの優れた位置分解能を両立した硬X線撮像分光素子である(図2)。

軟X線が CCD 空乏層部で直接検出(空乏層イベント)される一方で、硬X線は CsI シンチレータでの吸収時に出る発光をCCDで捉えることで間接的に検出(CsIイベント)される(図3)。

図4に、実際に納入されたSD-CCD素子の外観を示す。Chipのサイズは66.73mm × 31.44mmである。

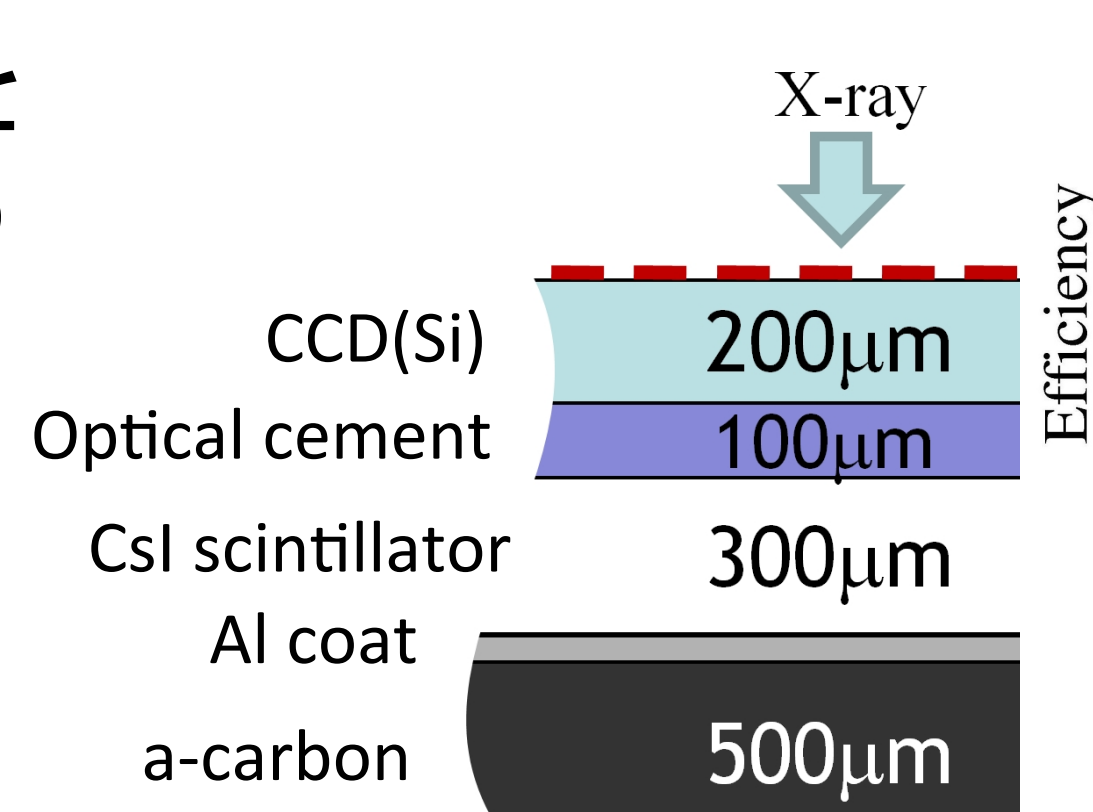


図1: SD-CCD の構造

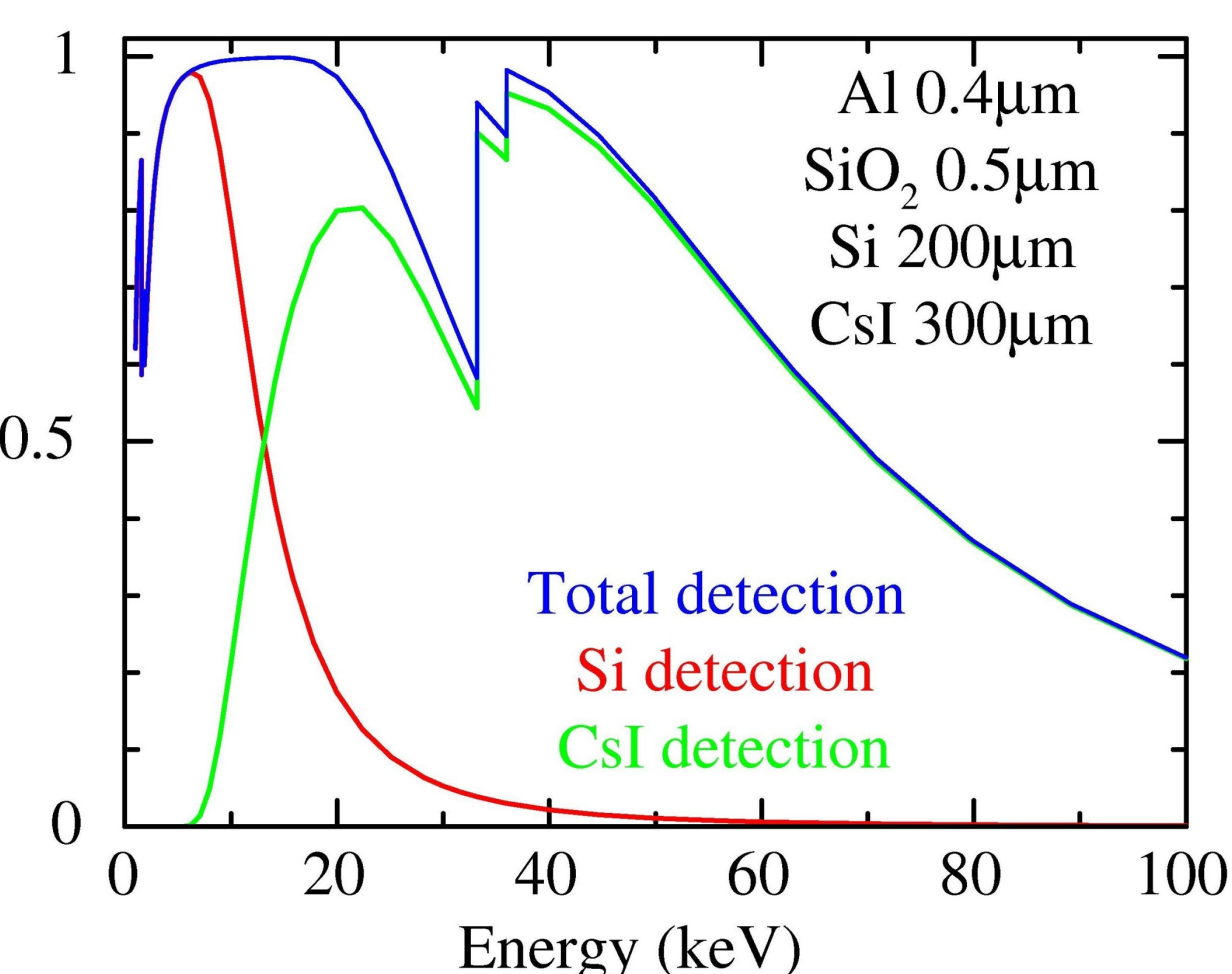


図2: SD-CCD の検出効率

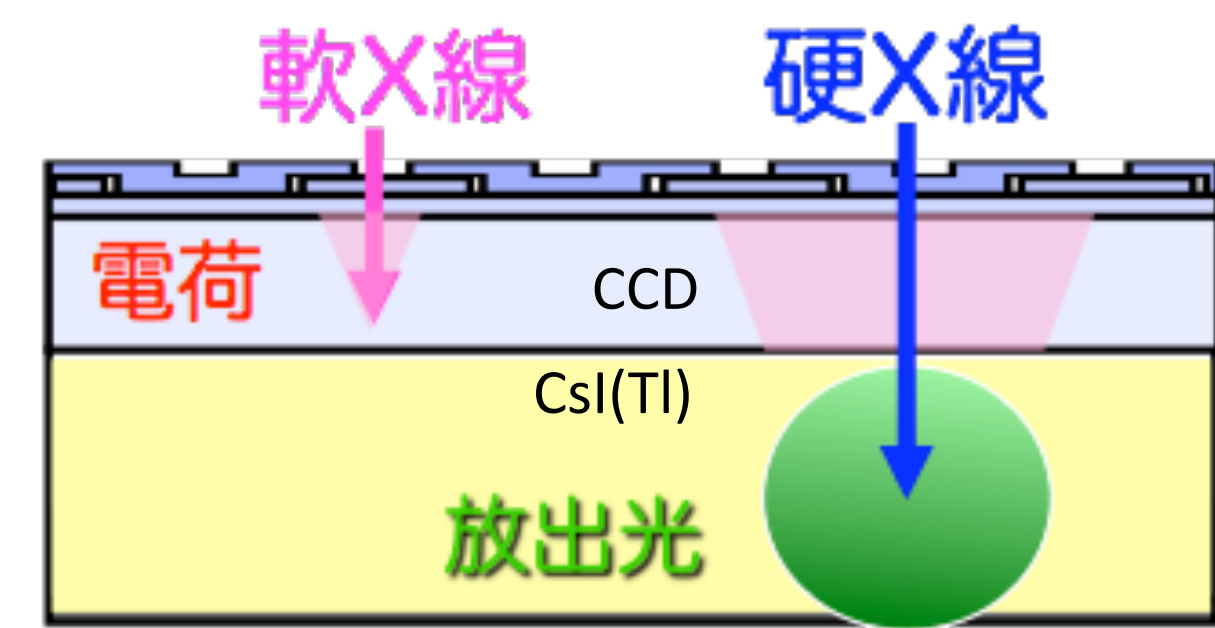


図3: SD-CCD におけるX線検出の概念図

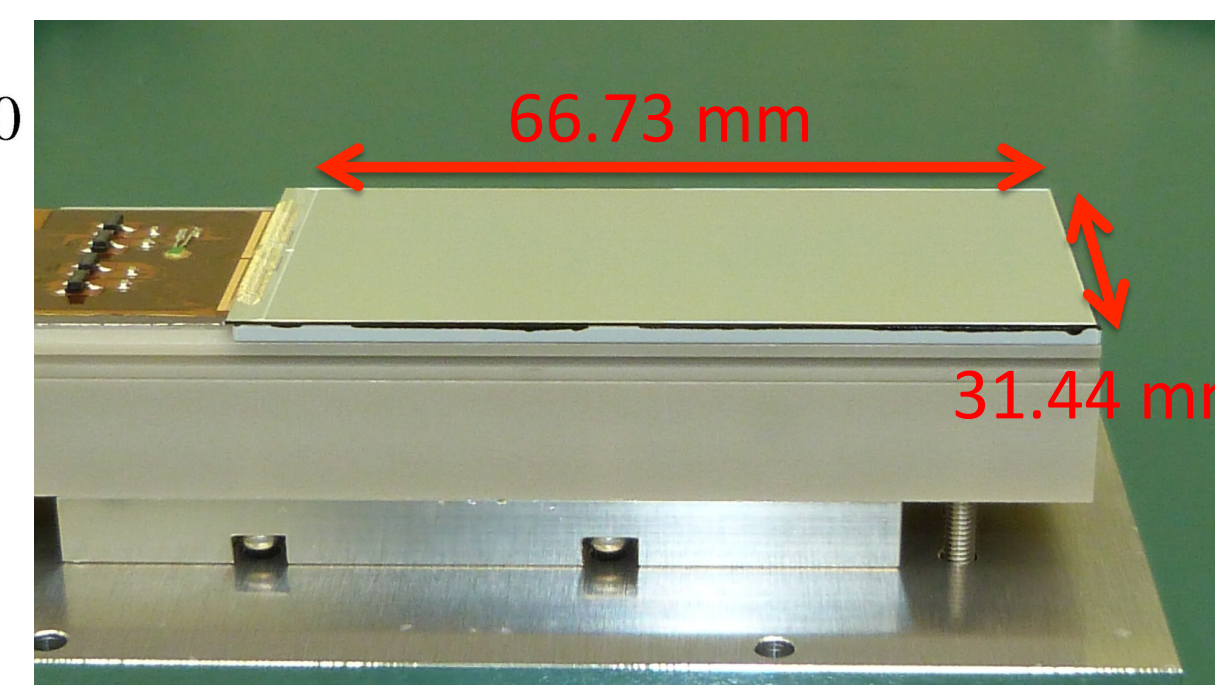


図4: SD-CCD の外観

SD-CCD駆動システム

SD-CCDの性能評価の際には、2 素子カメラボディ(SXI 用大型素子を 2 素子設置可能な真空容器)と機械式冷凍機を用いて-70℃まで冷却し、素子の性能評価実験を行っている。

実験には、SXI エレクトロニクスの Bread Board Model (BBM) を用い、読み出し方式はフルフレームトランスファー、4×4画素加算を行っている。

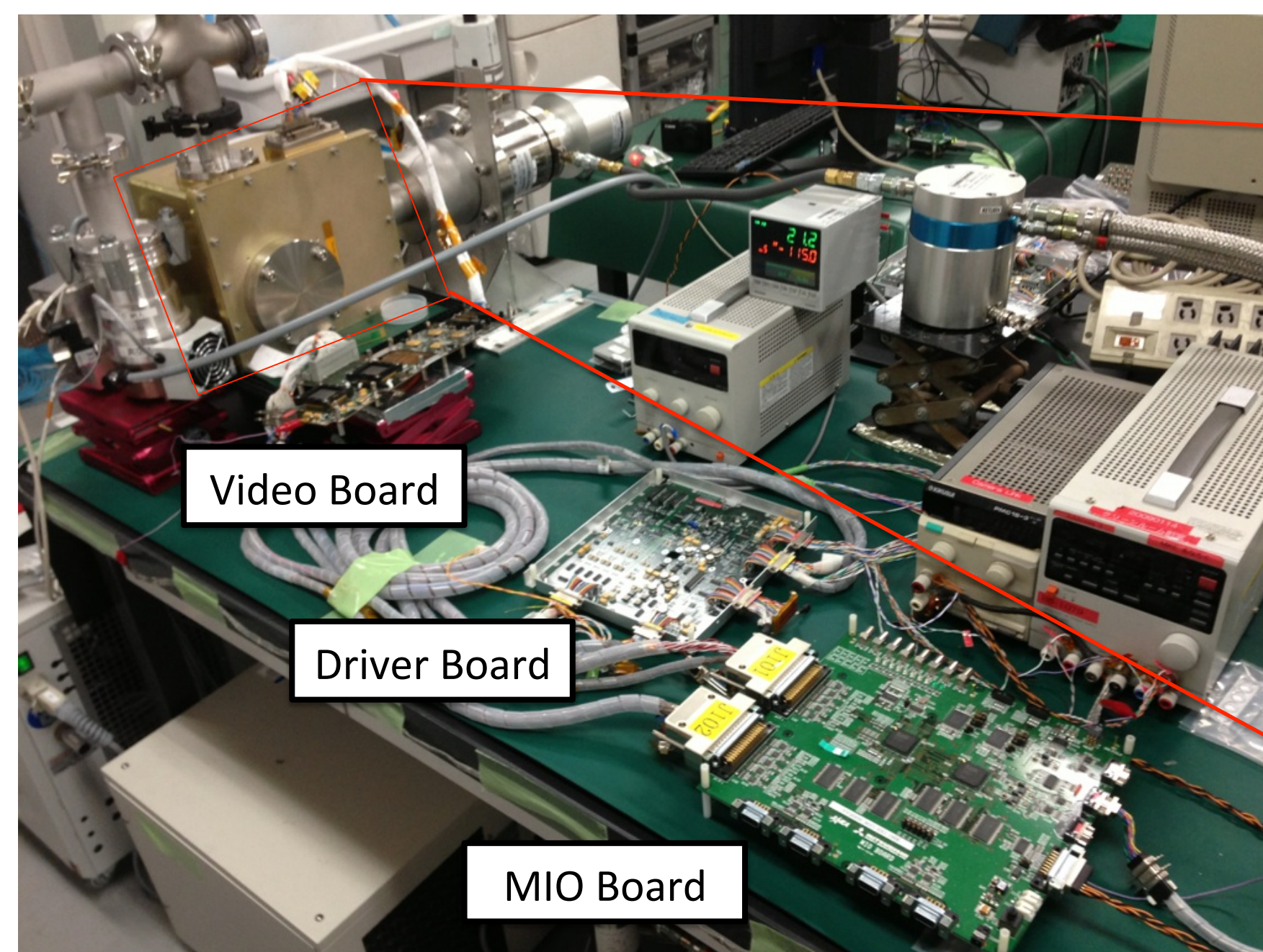


図5: SD-CCD 駆動システム外観

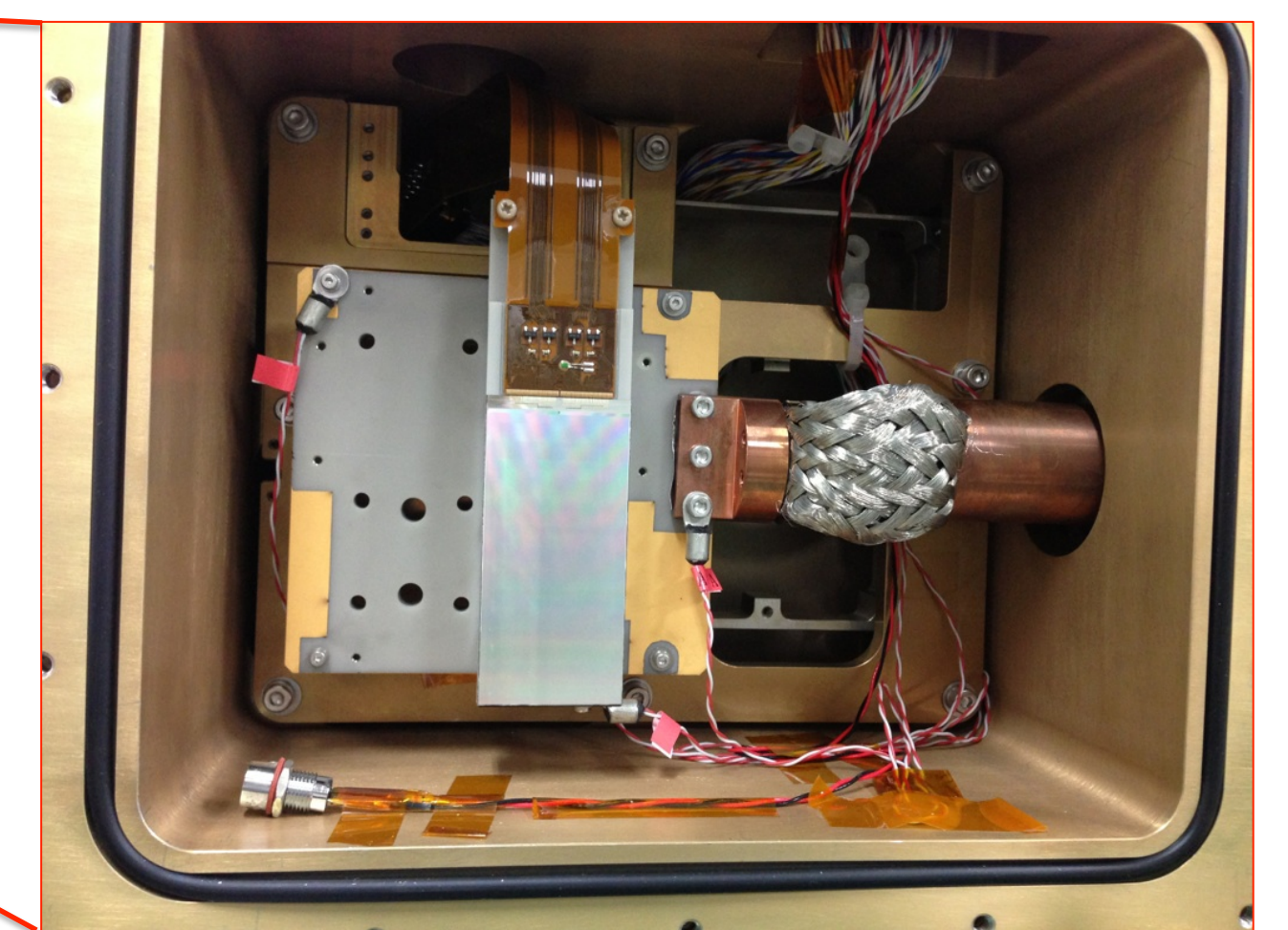


図6: SXI用2素子カメラ内の様子

SD-CCD性能評価

今回のSD-CCD の性能評価には線源として、⁵⁵Feと¹⁰⁹Cdを使用した。⁵⁵Feと¹⁰⁹Cdはそれぞれ主にマンガンと銀の特性X線を放射する。

図7は今回取得したフレームイメージである。SD-CCDには2つのSegment(Seg AB, CD)があり、それぞれに2つずつデータ読み出し口(node A, B, C, D)が存在する。今回は読み出し口としてnode A, Cを選択した。空乏層イベントの他にシンチレータイベントが検出されているのがわかる。また、Seg ABにスジ状の構造が見えるが、これはX線を当てていない時にも確認できるため、このCCD素子特有のものであると考えられる。

図7中の黄枠の領域からシングルピクセルイベント(Grade0)を抽出し作成したスペクトルが図8である。今回は例としてSegCDの結果を示す。⁵⁵Feのイベントに加え、¹⁰⁹CdのAg-Kα, βのイベントも検出できた。エネルギー線形性を確認したところ、残差は最大でも0.59%とよい結果を得た。

さらに、得られたスペクトルをガウシアンでfitし、エネルギー分解能と読み出しノイズを求めた。その結果を表1にまとめる。

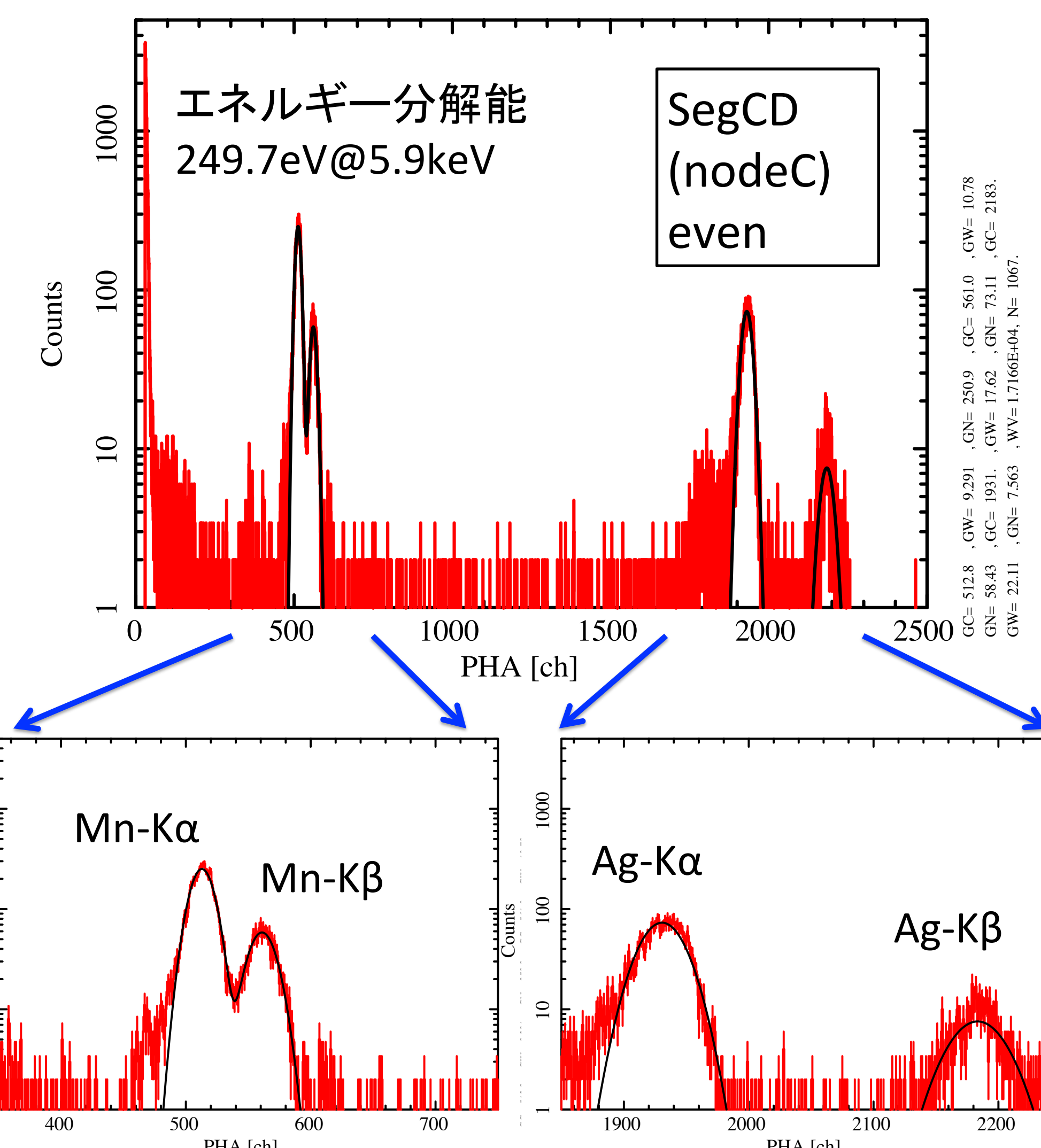


図8: SD-CCDに⁵⁵Fe, ¹⁰⁹Cdを当てた際に得られたスペクトル

Summary

- SXIエレクトロニクスを使用し、SD-CCDに⁵⁵Feと¹⁰⁹Cdを当てた際の性能評価を行った。
- フレームイメージ上でシンチレータイベントを確認することができたが、現在の4×4画素加算及び解析手法ではシンチレータイベントを評価することができない。今後最適な画素加算を調べ、解析手法を確立していく。

図7: SD-CCDに⁵⁵Fe, ¹⁰⁹Cdを当てた際に得られたフレームイメージ。図中の黄枠はスペクトル作成のためのイベント抽出領域。

表1: スペクトルより得られた性能評価結果のまとめ

エネルギー分解能 (5.9keV, FWHM)	249.7 – 318.1 eV
読み出しノイズ	7.8 – 14.4 e ⁻
エネルギー線形性の 最大残差	0.59 % (5.62 ch)