



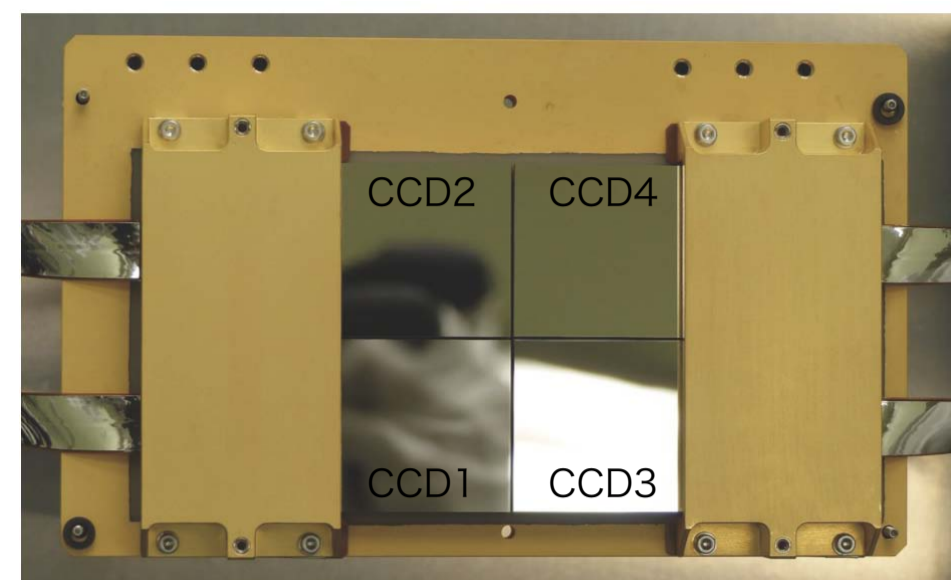
ASTRO-H衛星搭載 観測装置の準備状況 II

軟X線撮像検出器、硬X線望遠鏡+撮像検出器、軟ガンマ線検出器

SXI 常深博, 林田清, 鶴剛, 堂谷忠靖, 内田裕之+SXI チーム (大阪大学, 京都大学, ISAS/JAXA, 他)
 SGD 田島宏康, 深沢泰司, 渡辺伸+SGDチーム (名古屋大学, 広島大学, ISAS/JAXA, 他)
 HXT 栗木久光, 石田学, 松本浩典+HXTチーム (愛媛大学, ISAS/JAXA, 名古屋大学, 他)
 HXI 中澤知洋, 国分紀秀, 佐藤悟朗+HXIチーム (東京大学, ISAS/JAXA, 他)

1. 軟X線撮像検出器 SXI

軟X線撮像検出器 (Soft X-ray Imager: SXI) は空乏層厚 200 μm を有する裏面照射型 CCD 素子を採用し、0.4-12 keV の撮像・分光を実現する。また、この CCD を4枚モザイク状に配置することで、有効撮像領域は 62 mm x 62 mm となり、X線望遠鏡と組み合わせて 38'x38' という大きな視野を実現している。



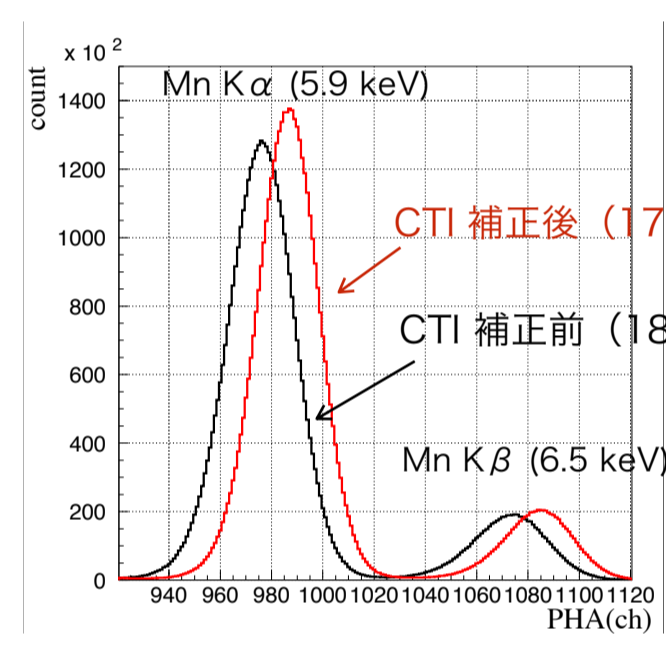
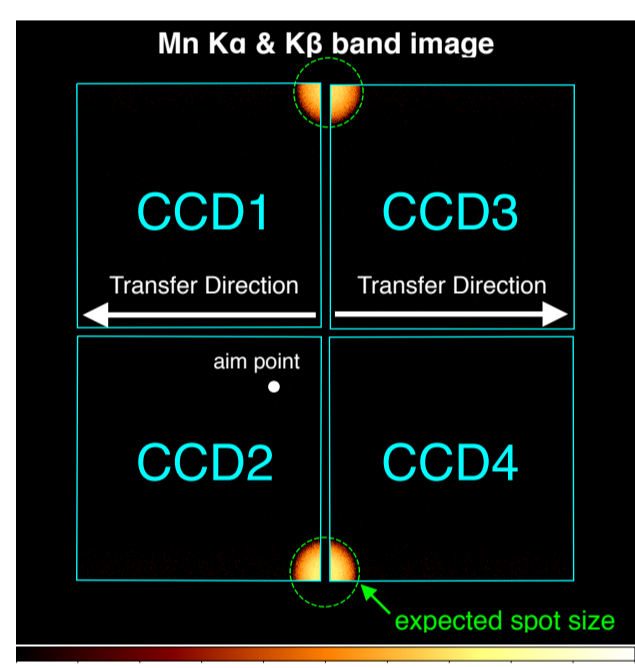
フライト品の裏面照射型 CCD 素子



エネルギー範囲	0.4-12 keV
撮像領域サイズ	62 x 62 mm ²
検出器視野	38 x 38 arcmin ²
検出効率	63 % @ 0.4 keV
エネルギー分解能	140-172 eV(FWHM)@5.9 keV

衛星組み付け前のSXIとチームメンバー

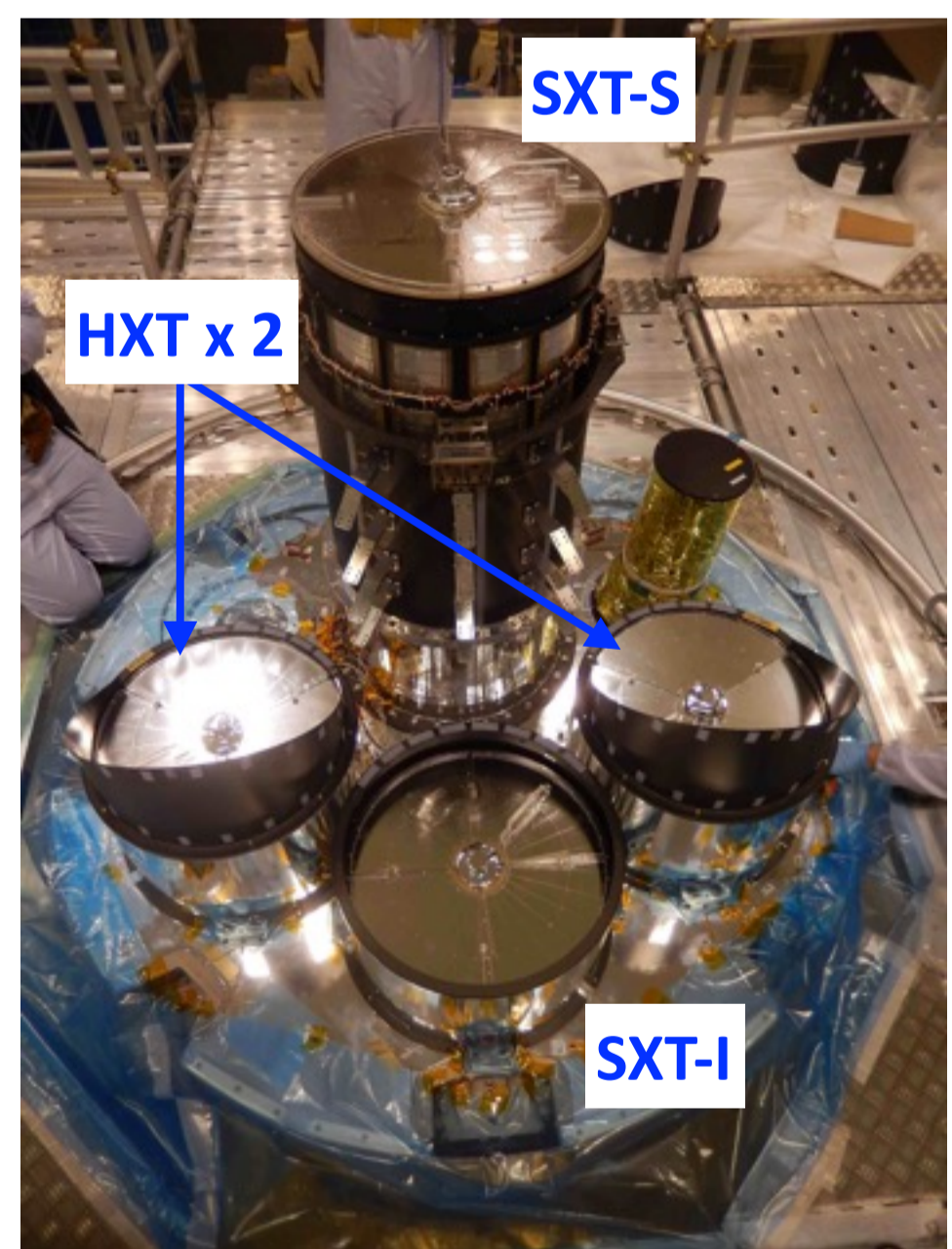
SXI は昨年度の較正試験・各種単体試験を経て2015/4 に衛星に組み付けられた。その後の衛星熱真空・機械環境試験 (2015/6 -10) で素子を設計要求の -120 °C まで安定して冷却できること、オンボードキャリブレーションの ⁵⁵Fe が想定どおりの照射領域・強度で検出できることを確認した。雑音性能は単体試験時と同等の $\sim 6e^-$ で、MTQ や SXS 冷凍機などの外来雑音の影響はなかった。初期/定常運用模擬試験 (2015/11) をもって軌道上で提供予定の全観測モードを実施し、想定されるコマンドの動作確認を終えた。



左：衛星熱真空試験で取得したオンボードキャリブレーション (⁵⁵Fe) の画像 右：地上較正試験において素子全面に当たった ⁵⁵Fe のスペクトル

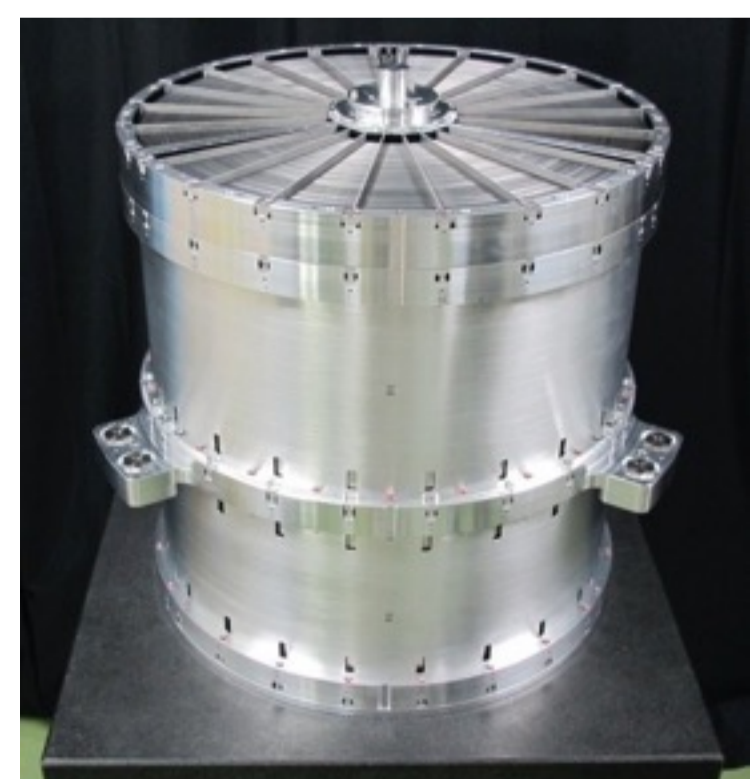
地上較正試験のデータから SXI のエネルギー分解能は 140-172 eV @ 5.9 keV と設計要求を満たすことを確認した。さらに打ち上げ後の放射線損傷によるゲイン・エネルギー分解能劣化への対策として、運用直後から電荷注入を行い転送電荷の損失補正 (CTI 補正) を地上データプロセスで行う予定である。これまでに CTI の場所依存性を考慮イベントの広がりに応じた補正方法を確立し、地上較正試験のデータで効果を実証している。

3. 硬X線望遠鏡 HXT



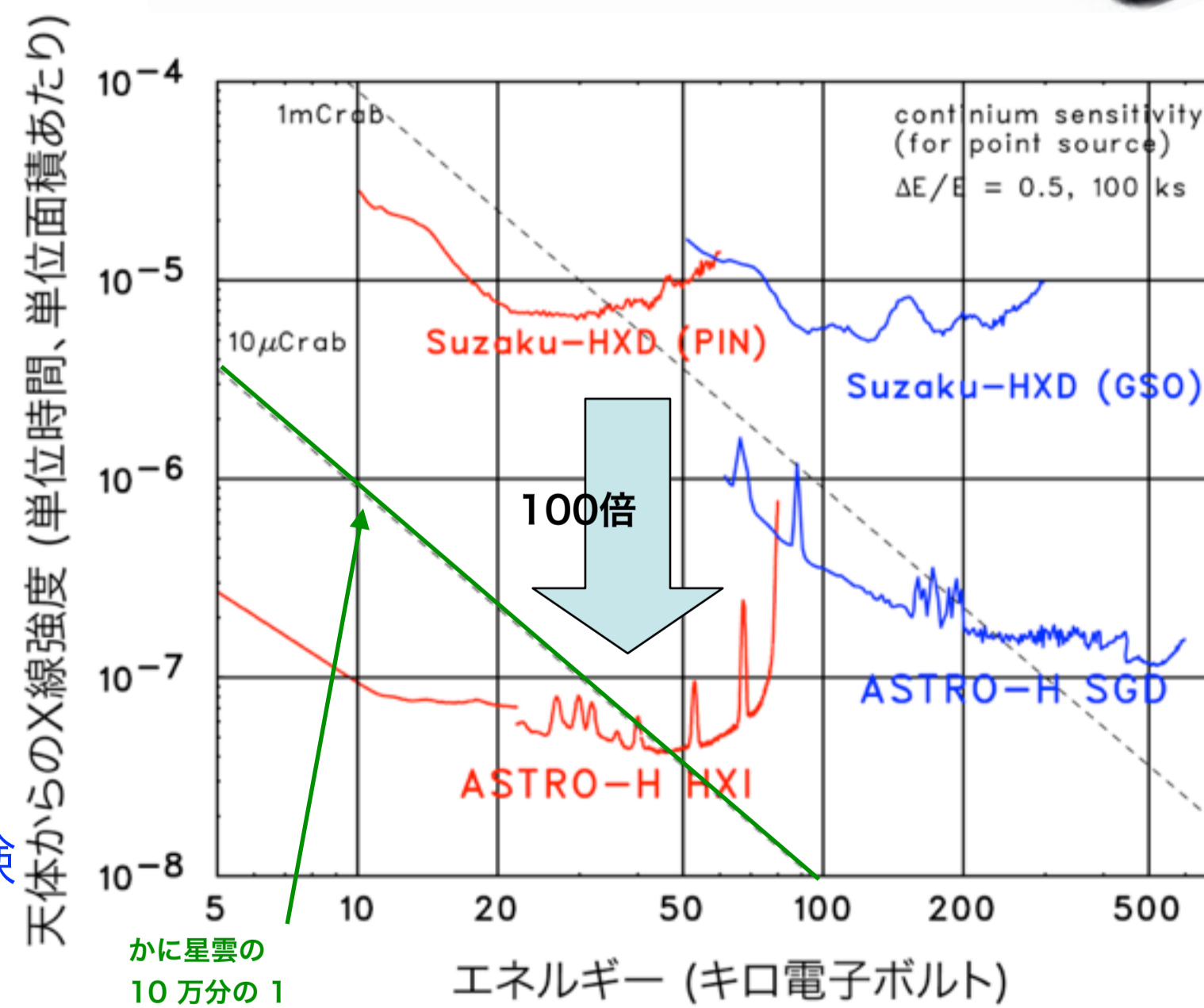
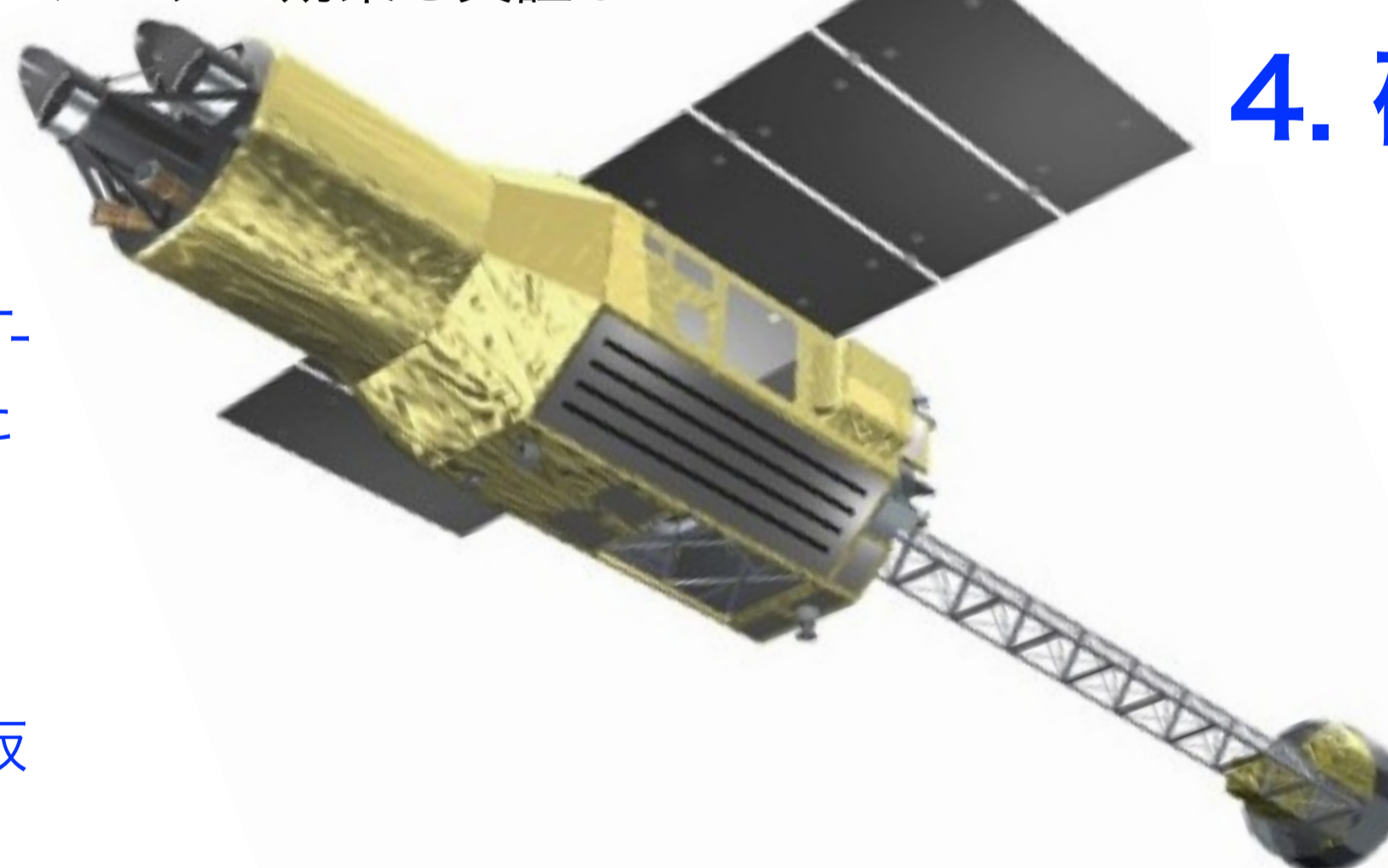
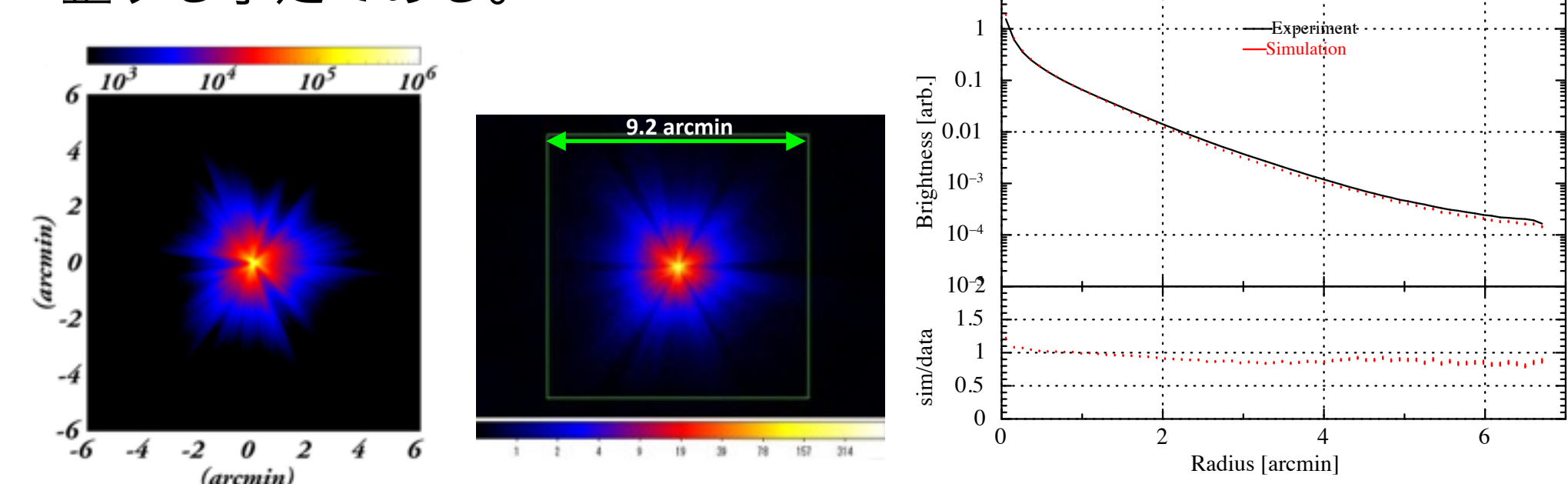
左：一次噛み合わせ試験で、望遠鏡(HXTx2, SXT-I, SXT-S)をTop Plateに取り付けた時の写真

下：HXT1の完成時の写真 望遠鏡部には1278枚の薄板反射鏡が入っている。



下：左はHXT1の地上試験で取得した画像(30 keV)、中はraytraceで再現した画像。右はpsfを比較した結果である。

HXTで使用される反射鏡は、Wolter I 型光学系を2枚の円錐形状の薄板で再現したものである。反射鏡表面に多層膜を成膜することでBragg反射が生じ、反射鏡表面の全反射では困難な高いエネルギーでのX線反射を可能にした。衛星軌道上でのHXTのX線に対する応答は、raytraceによって作成される。raytraceで使用するパラメータは地上較正試験を再現するように調整されており、軌道上のデータを使って、微調整する予定である。



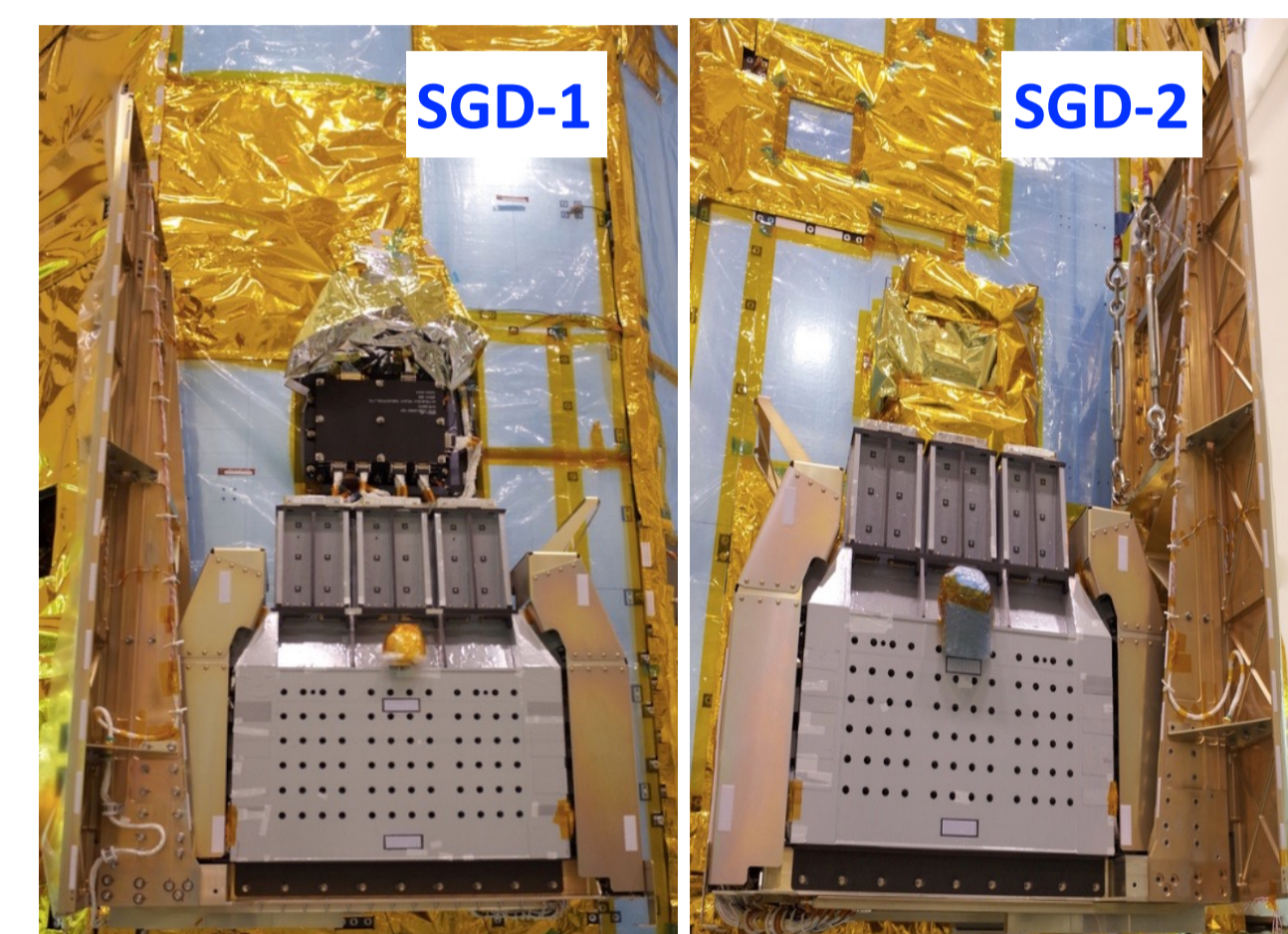
上：HXT+HXI 2セットで実現する観測感度。これまでより2桁優れた感度を実現する。

下：HXT+HXI の観測性能

エネルギー範囲	5 - 80 keV
撮像領域サイズ	32 x 32 mm ²
検出器視野	9.2 x 9.2 arcmin ²
有効面積	> 300 cm ² @ 30 keV
エネルギー分解能	1-2 keV (FWHM) @60 keV
角度分解能	1.7-2.0 分角(HPD)

2. 軟ガンマ線検出器 SGD

シリコン検出器 32層+テルル化カドミウム(CdTe)検出器 8層をCdTe 2層で取り囲んだ多層半導体コンプトンカメラをBGOアクティブシールドで囲み、従来の約1/10の低バックグラウンドを実現している。SGD 1 台にコンプトンカメラ3台が搭載される。さらに熱構造要求を満たすために、CFRPハウジング、ガラエポ衛星インターフェース、ラジエータ、ヒートパイプ、MLIで構成される。2015年は、単体環境試験や地上キャリブレーションを終え、衛星に組み付け、衛星総合試験に参加し、問題なく動作していることを確認した。



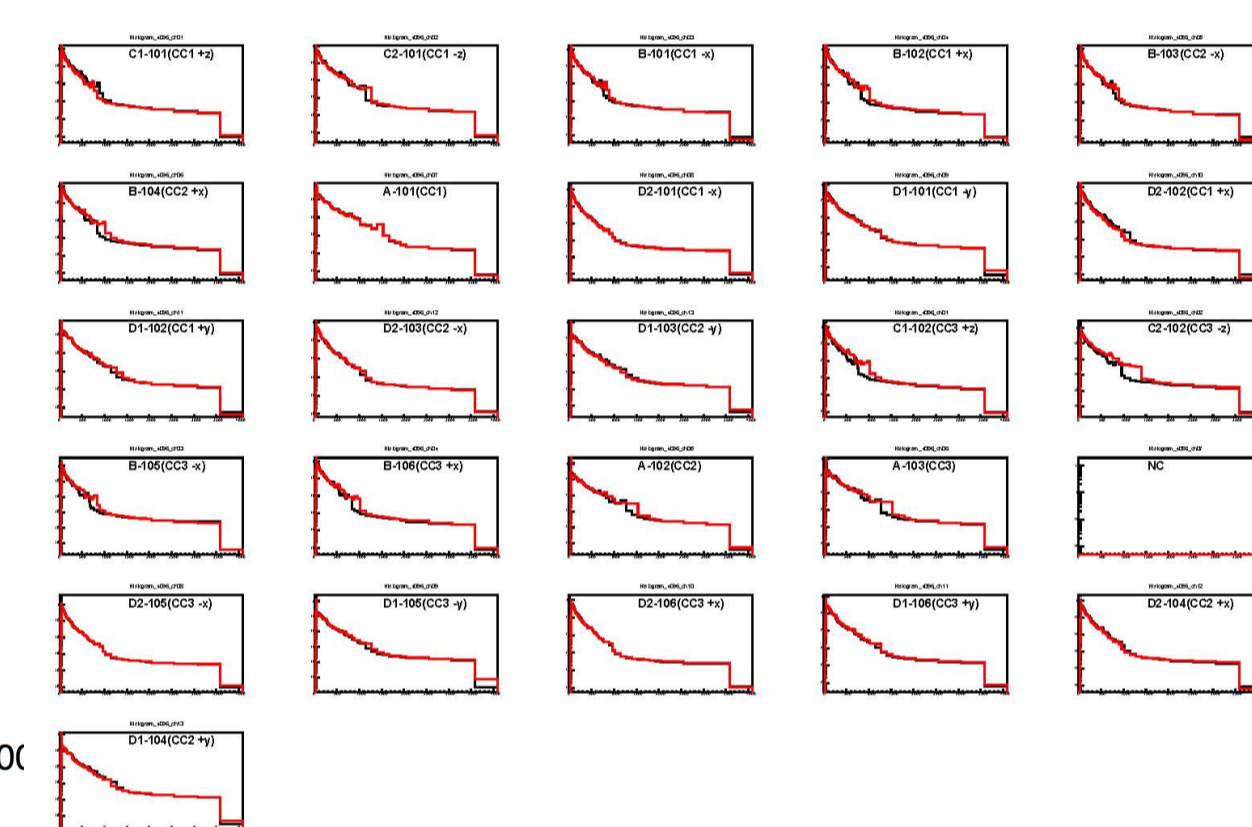
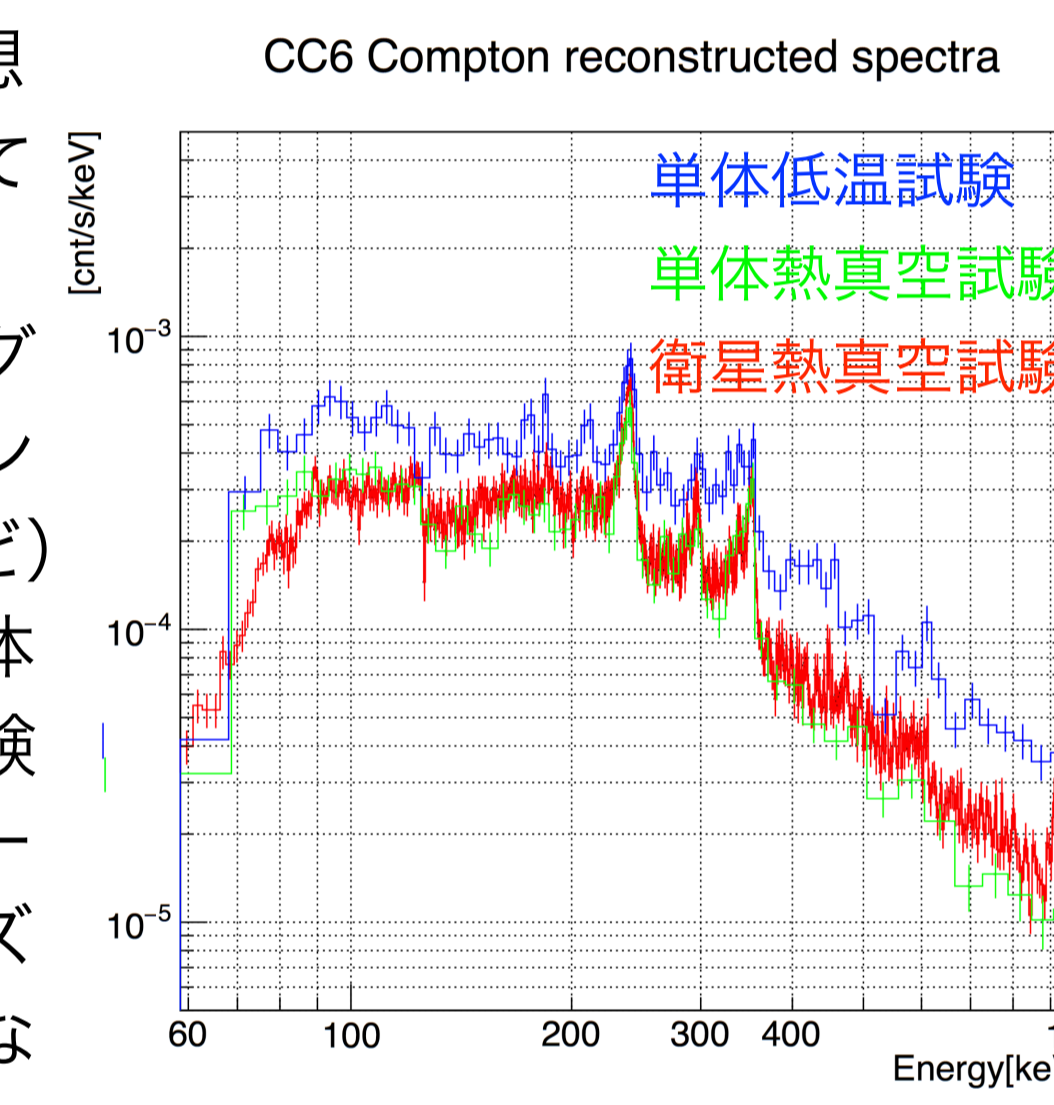
衛星に取り付けられたSGD-S2台。

衛星熱真空試験中に取得した、BGO Active shieldのバックグラウンドスペクトル(約150keV-5MeV)。全50センサーが問題なく動作していた。

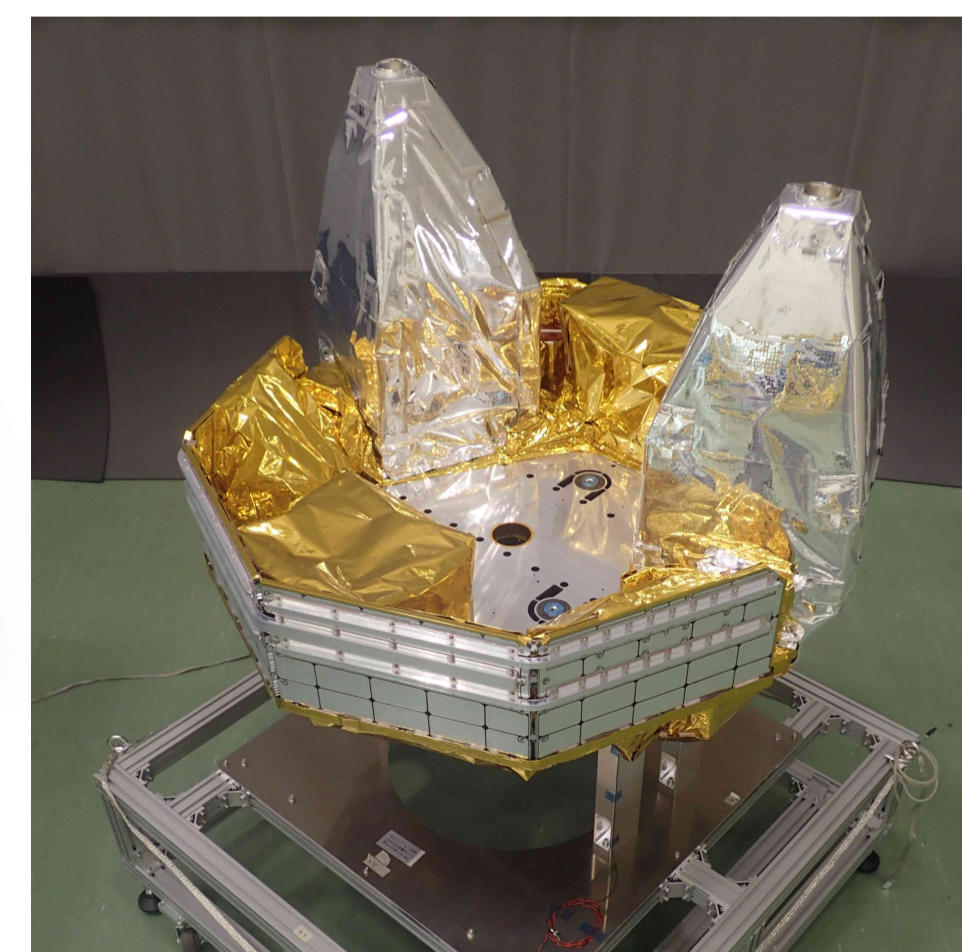
エネルギー範囲	60 - 600 keV
検出器視野	0.6 x 0.6 度
有効面積	20 cm ² 以上 @ 100 keV
エネルギー分解能	< 4 keV (FWHM) @60 keV

衛星熱真空試験中に得られたコンプトンカメラ1台ごとのバックグラウンドスペクトル。コンプトン再構成とBGOによるAnti-Coincidenceにより、バックグラウンド除去した後の残存バックグラウンドである。エネルギー分解能は4keV以下を達成しており、イベント選択した後のバックグラウンドレベルも想定通りとなっている。

内在バックグラウンドのライン(238 keVなど)が見える。単体試験、衛星試験で、エネルギー分解能(ノイズ性能)に変化なし。

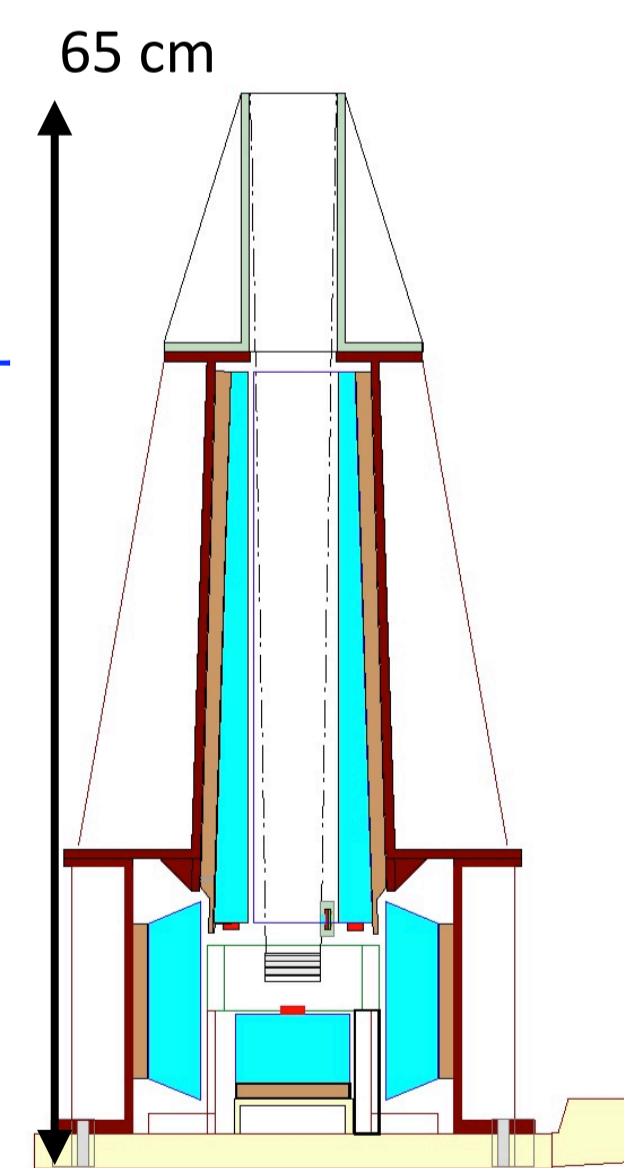


4. 硬X線撮像検出器 HXI (2台)

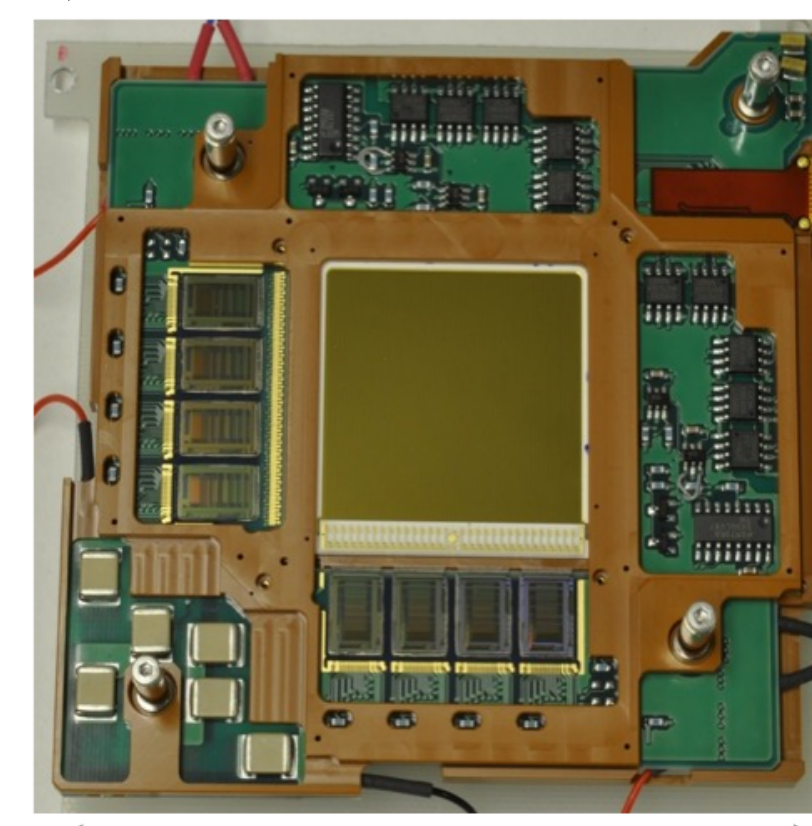


左：進展式光学ベンチ(EOB)の先に置かれるプレートに設置された2台のHXI検出器

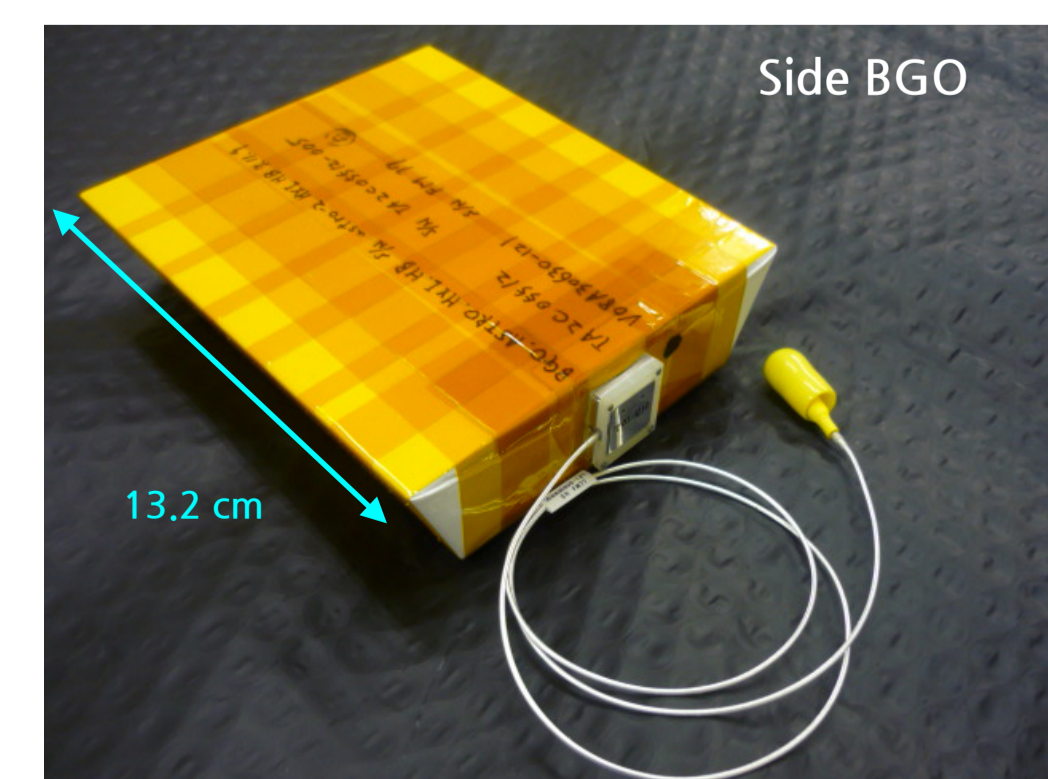
右：HXIの断面図。5層のイメージャを、アクティブシールド(水色)が囲む



HXTの焦点面に置かれる、撮像分光装置。シリコン検出器を4層とテルル化カドミウム(CdTe)半導体検出器1層の多段ハイブリッド構成で、両面ストリップ型半導体素子による高い位置分解能と優れたエネルギー分解能を持つ。「すざく」衛星硬X線検出器(HXD)で実証された井戸型アクティブシールドによる低バックグラウンド化の継承し、低いバックグラウンドで高感度を実現する。



CdTe イメージャのトレー。半導体素子と読み出し用の専用アナログASICで構成される。



BGOシンチレータを用いたアクティブシールドユニット。蛍光の読み出しにはAPDを用いている。