

日本天文学会 2023 年秋季年会 2023.09.20

XRISM 衛星搭載 Xtend の 軌道上エネルギー較正に向けた準備

阪本菜月 (広島大学修士 2 年)

水野恒史 (広島大), 村上弘志 (東北学院大), 山内誠, 廿日出勇 (宮崎大), 内山秀樹 (静岡大),
信川正順 (奈良教育大), 信川久実子 (近大), 中嶋大 (関東学院大, ISAS/JAXA), 他 XRISM/Xtend チーム

XRISM 搭載機器概要

XRISM

X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission



2023年9月7日に
打ち上げられた X 線天文衛星
0.3 - 13 keV 帯域を観測予定

搭載機器

Resolve

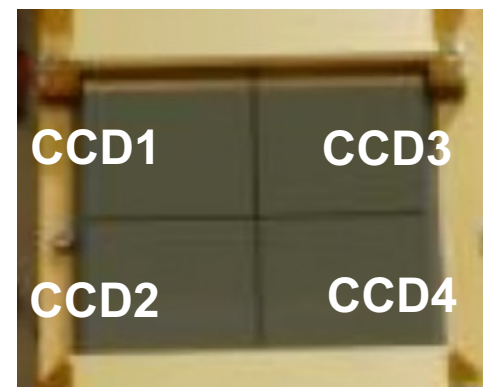
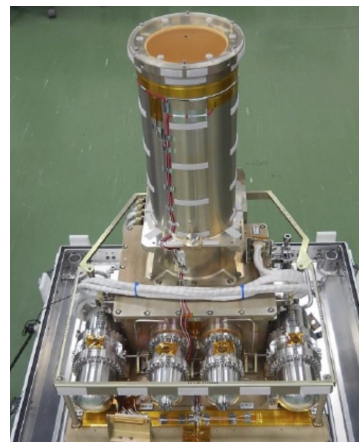
軟 X 線分光器

- エネルギー分解能が高い (≤ 7 eV @6 keV).
cf) Xtend は ≤ 250 eV @6 keV (EOL).
- 波長の測定から, 天体の温度, 物質の種類などが分かる.

Xtend

軟 X 線撮像装置

- 他の CCD 検出器と比べ, 広い視野 (38×38 分角) を持つ.
- Resolve を補完し, 分光と撮像を行う.



1280 × 1280 ピクセル

本研究の目的 & 作業

軌道上で十分な分光能力を発揮するため、
打ち上げ前に **エネルギー較正手法** および **手順** を確立する。

	調べる内容	使用データ
(i)	エネルギー較正において、ゲイン補正 (xtdpi) が正しくできるかどうかを検証 <ul style="list-style-type: none">・ビデオボード (信号処理ボード) 温度補正・Even / Odd 補正・CTI 補正	【XRISM / Xtend 地上試験データ】 全面に較正線源を照射したもの。 202012_FM_Subkami_MHI_all_xtd_a0_corrected.hk.gz
(ii)	較正天体による軌道上較正のリハーサルを行い、補正の精度がどの程度実現できるかを確認	【ひとみ Perseus 観測データ】 標準的なイベントセレクション (Cleaned) から、イベント数を増やすため制限を減らしたものの。Cal source を除き、Perseus のみ解析。 PASJ, 70 (2), 21 (中嶋 + 2018)

エネルギー較正の手段

エネルギー較正とは, (1) ゲインのばらつきを補正し, (2) エネルギー応答関数を決めること.

ゲイン補正 → **xtdpi**

ばらつきをなくすための補正。
全 6 種類. 今回は, (1), (2), (4) を主に取り扱う。

1

ビデオボード温度補正

信号処理ボードの
温度依存性

2

Even / Odd 補正

偶数列と奇数列で, 読み出し
後の波高値をそろえる補正

3

Trail 補正

後方ピクセルに再放出
される電荷信号の補正

4

CTI_gfactor 補正

3 × 3 の外に残された
電荷の補正

5

CTI_goffset 補正

grade ごとの波高値を
そろえるための補正

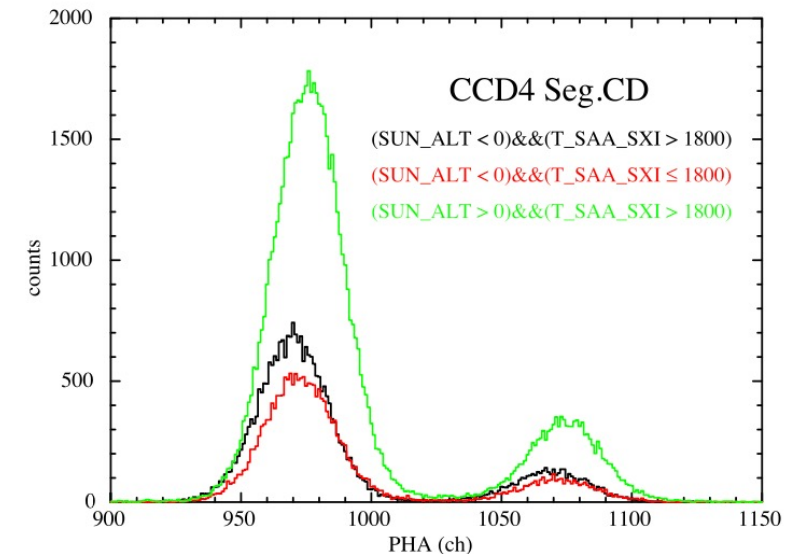
6

Pulse invariant 変換

鉄の 5.9 keV を
980 channel にする補正

エネルギー応答

単色 X 線に対する
パルスハイトの広がりを求める。

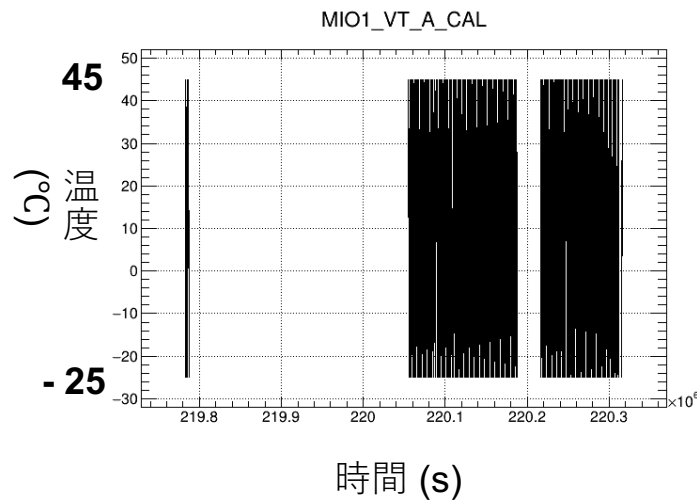


(i) xtdpi の検証

ビデオボード温度 (VT) 補正

VT 補正に不具合があったため, Patch をかけ修正後検証した. (Build5 Patch適用済み)

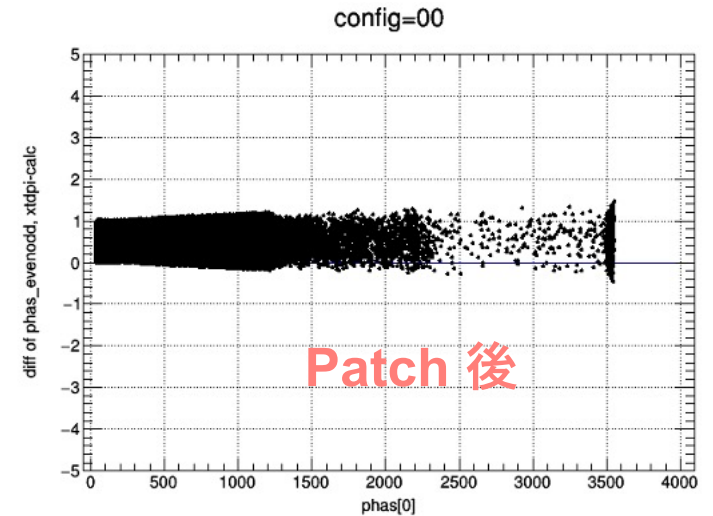
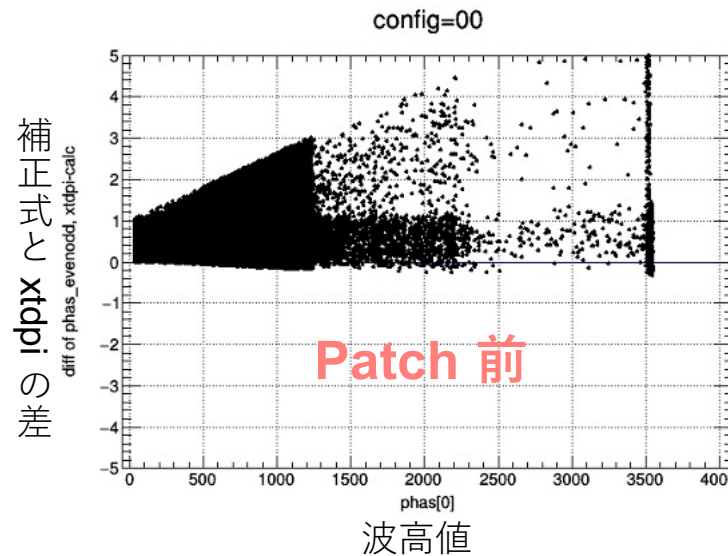
$$C = 1 + \left(\frac{Norm}{PH_{ref}} \right) \times \left\{ (VT - offset)^{index} - (VT_{ref} - offset)^{index} \right\} \dots\dots \text{補正式}$$



検証のため, HK ファイルの温度に大きな幅を持たせた.

VT 補正の検証 (Patch適用) 前後

CCD1 の結果



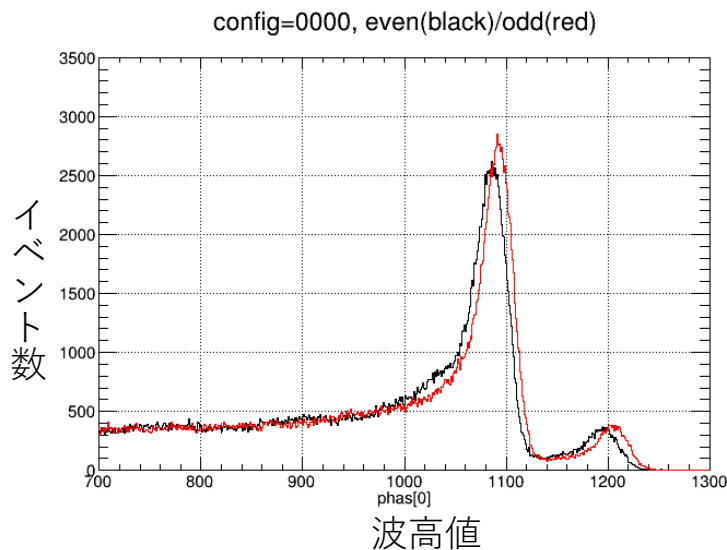
想定される, 0 - 1 の範囲におおよそ収まった.

Even / Odd 補正 & CTI 補正

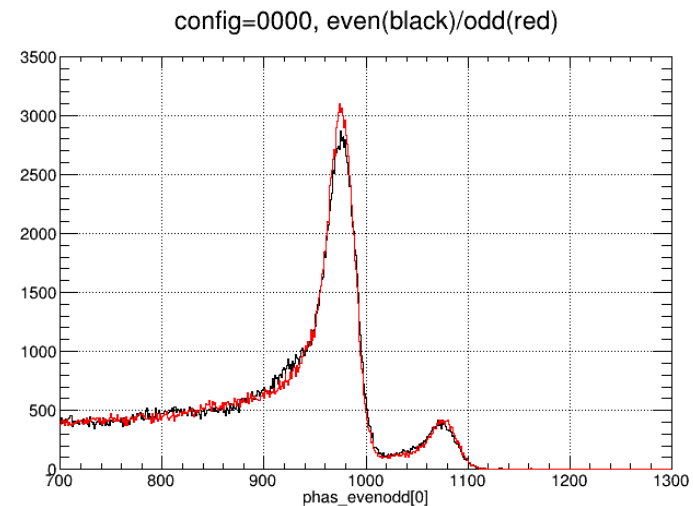
Patch 後, 不具合がないかどうかを 2 つの補正項目で確認.

Even / Odd 補正の前後

補正後に, 偶数列 (黒) と
奇数列 (赤) のピークが揃った.

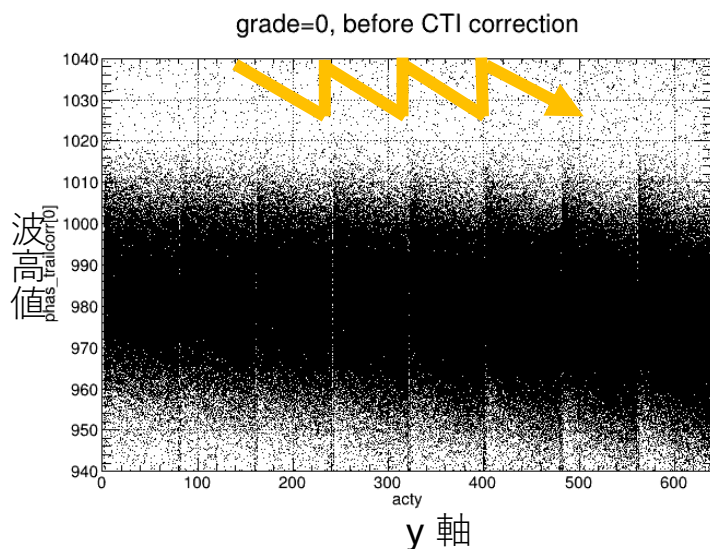


CCD1 の結果

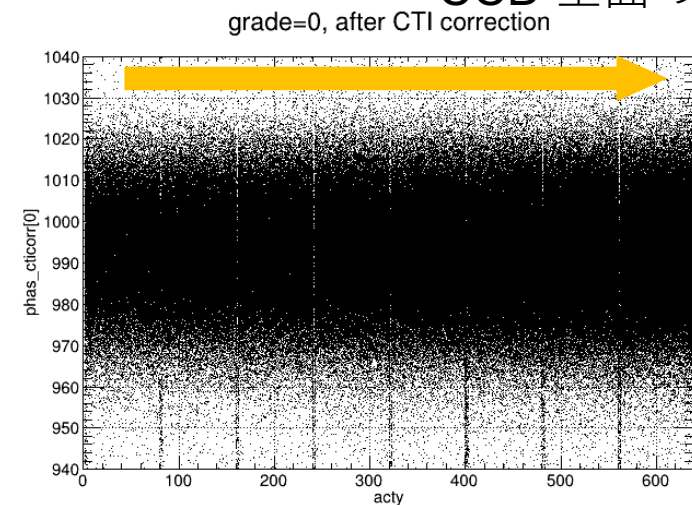


CTI 補正の前後

補正後に, y 座標によらず
波高値が揃った.



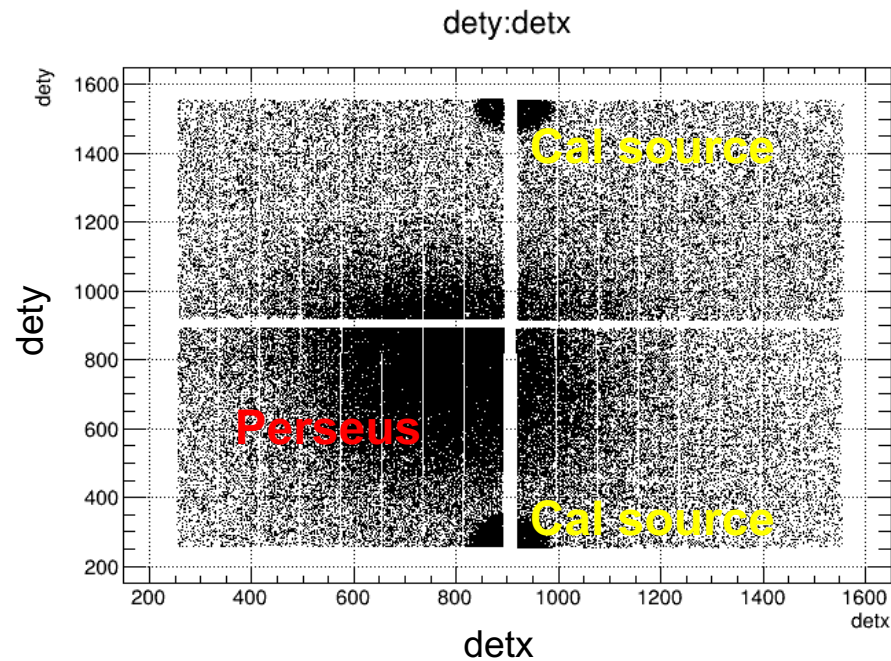
CCD 全面の結果



(ii) 軌道上較正に向けた検討

軌道上較正の推定イベント数

【ひとみ Perseus 観測データ】 Perseus cluster の観測により、
較正線源 (Cal source) 以外の場所でのゲイン補正が確認できる。

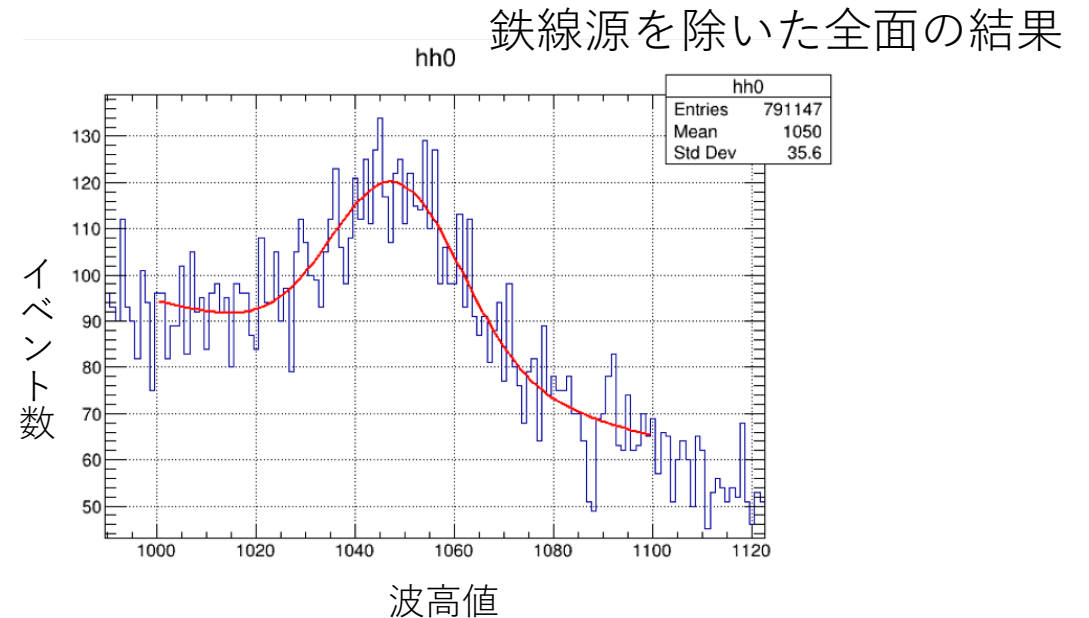


緩めたセレクションに合わせ, Exposure
の値をライトカーブから見積もった。

Perseus の観測時間は, 20 ks.

※ 宇宙線エコーのため, 厳密な値は導出できない。

Perseus からの鉄輝線



上図で得られたイベント (1314.9 events) より,
~ 60 イベント /ks 観測可能

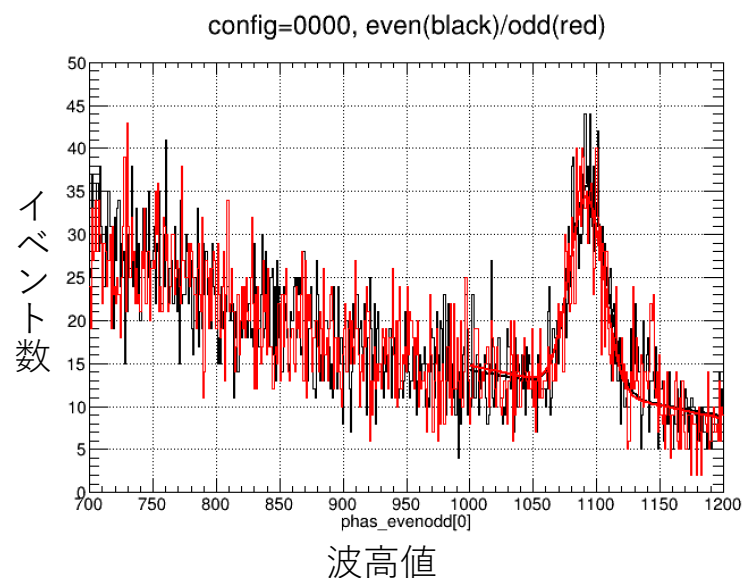
観測時間 40 ks では, 約 2400 イベント観測が可能

ゲイン補正の精度の見積もり

Perseus の観測時間 20 ks のとき, ゲイン補正の精度を調べた.

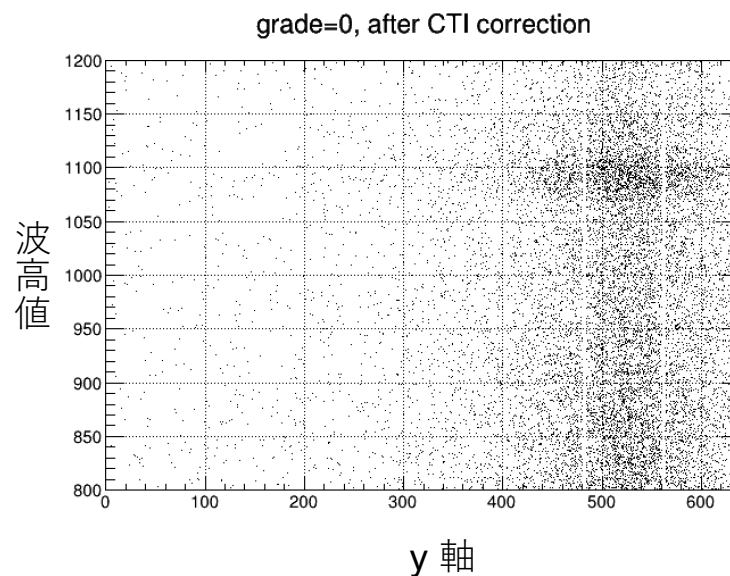
CCD2 の結果

Even / Odd 補正後



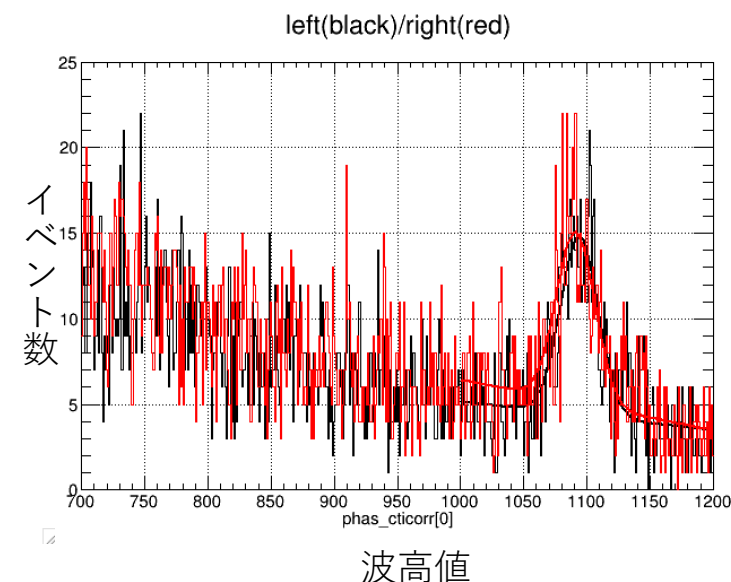
ピークの差 1.16 ± 1.17 channel
ピーク中心値の統計誤差 0.12 %

CTI 補正後



ピークの差 2.99 ± 1.89 channel
ピーク中心値の統計誤差 0.20 %

1つのセグメントを左 (黒: 484 - 522),
右 (赤: 522 - 560) に分けた.



まとめと今後

- エネルギー較正手法確立のため、ゲイン補正の検証をした。
- Patch 後に VT 補正が正しく修正されており、Even / Odd 補正, CTI 補正にも不具合が起きていないことを確認した。
- 予定観測時間での観測可能なイベント数, 補正の精度を推定した。

今後

- ゲイン補正, 較正天体について, これまで扱ってきた以外の種類でも調べる。
- 軌道上でのゲイン補正およびエネルギー応答を調べ, 実際のエネルギー較正を行う。