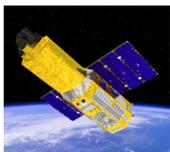




Suzaku XIS Calibration Status in 2013



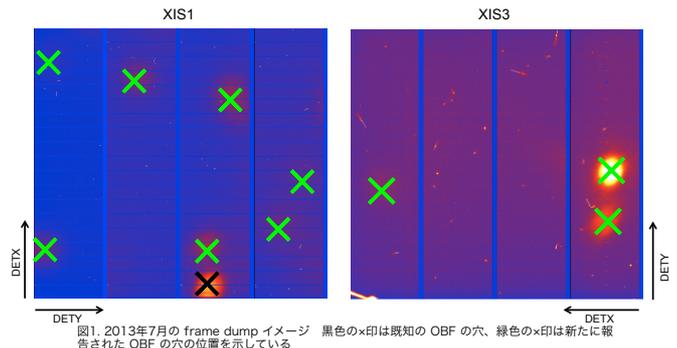
水本岬^{1,2}、辻本匡弘¹、和田師也^{1,2}、堂谷忠靖¹、高橋宏明³、林田清³、中島真也⁴、
 信川正順⁴、森浩二⁵、尾崎駿介⁵、磯田依里⁵、吉留大貴⁵、瀬治山勇⁵、村上弘志⁶、
 Eric D. Miller⁷、Beverly LaMarr⁷、他 XIS チーム
 (¹ISAS/JAXA、²東京大学、³大阪大学、⁴京都大学、⁵宮崎大学、⁶東北学院大学、⁷MIT)
 mizumoto@astro.isas.jaxa.jp

Introduction

すざく衛星搭載X線CCDカメラ XIS (X-ray Imaging Spectrometer) は、2005年の打ち上げ以来、順調に観測を進めている。しかし、徐々にその性能が変化しており、我々 XIS チームはそれに追従する calibration を継続的に行っている。本講演では 2013年に行われた calibration の進展をまとめる。特に、(1) Optical blocking filter (OBF) に発生した穴、(2) OBF 表面に蓄積した化学物質の経年変化モデルの改訂、(3) 1/4 window option の energy gain 補正、(4) P-sum mode の energy gain と分解能の経年変化モデル、について説明する。

1. OBF Holes

2009年12月に、小型隕石の衝突により、XIS1の Optical blocking filter (OBF) に小さな穴が空いていることが報告された。その後、2013年7月までの間に、XIS1 と XIS3 の OBF に新たに10箇所の穴が空いていることが分かった。



穴の大きさは 0.3 pixel 程度と非常に小さいため、X線データ自体には影響を及ぼさないと見積もられている。OBFの状態は継続的にモニターしていなかったため、これらの穴がどの時期に空いたか過去の昼地球のイメージを遡って調べた。
 現在、新たな穴が生じていないかの確認が、毎日のすざく運用のチェック項目として行われており、新たに穴が出現した場合は即時報告出来るような体制となっている。

2. Contamination

X線 CCD カメラの表面には時間の経過とともに有機化合物が附着しており、これが汚染物質 (contamination) として特に低エネルギー側の校正精度に影響を及ぼすことが知られている。
 この影響を補正するため XIS チームでは3つの校正用天体、レーザー PKS2155、中性子星 RXJ1856、超新星残骸 E0102、および昼地球の定期的な観測から CCD カメラに附着した contamination の量を時間の関数としてモデル化を行ってきた。2012年9月にそれまでの経年変化を反映させたモデルを CALDB の形でリリースした。
 しかしその後、モデルの外挿部分を実データと合わなくなってきたため、再びモデルを改訂し、よりよい contamination モデルを構築した。今回改訂したモデルは最新の CALDB を用いることで使用することが出来る。

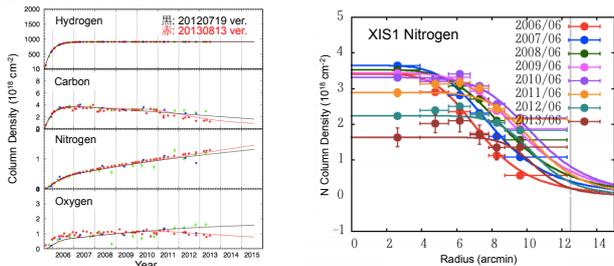


図2. XIS1 における視野中心での各元素の contamination の経年変化 (左) と、XIS1 の N の空間分布の経年変化 (右)。

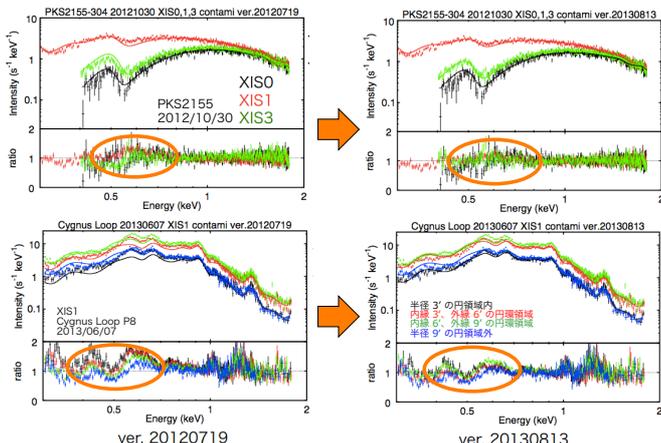


図3. 視野中心における contamination モデルの改訂前後での比較 (上) と、空間分布の比較 (下)。

3. 1/4 window option calibration

XIS では、宇宙線が CCD ヘダメージを与えることによる電荷転送効率の低下 (CTI; Charge-transfer inefficiency) が起こるため、その補正を行う必要がある。1/4 window option 付データの CTI 補正には、normal モードのデータから見積もったパラメータが用いられているが、1/4 window option 用に CCD 上の任意の場所や電荷の転送速度における CTI について考察して決定した値ではないので、結果的に電荷の転送速度が normal モードと異なる 1/4 window option 付データに用いると、normal モードとの間で読み出しエネルギーに差が生じてしまう。
 観測モードによらない CTI パラメータを決めるのは非常に複雑で手間がかかるので、1/4 window option 付データで最終的に読み出されるゲインを補正する方法がとられて

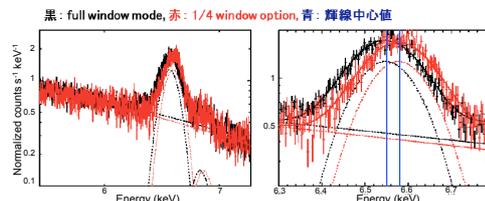


図4. Normal モードから見積もったパラメータを用いた、full window モードと 1/4 window option での Perseus cluster のスペクトル。右は拡大図。輝線の中心値がずれていることが分かる。

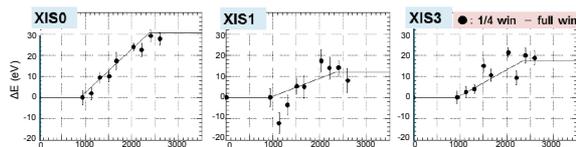


図5. Full window と 1/4 window option の読み出しエネルギーの差の時間依存性

XIS 0.3 については、現行の CALDB に反映済みである。
 XIS 1 については、現在公開されている 1/4 window option の CALDB が Charge Injection (CI) = 2 keV 運用だった頃のデータを元に作成したもので、CI = 6 keV 運用 (2011/06 から) のデータにそのまま適用することはせず、意図的に CI = 6 keV になってからの期間の補正量を 0 にするようにした。
 CI = 6 keV 運用になってからのデータを補正するような CALDB は、2014年初旬にリリースする予定である。

4. P-sum mode calibration

XIS では、観測対象の明るさや時間変動に応じて、観測モードを使い分けて観測を行っている。そのうち、Parallel-sum clocking (P-sum) モードでは、撮像領域において縦方向に複数列のイベントを加算して読み出すことで、縦方向の位置情報は失うかわりに、通常の観測モードでは 8 秒のところ、7.8 ミリ秒の時間分解能を得ることが出来る。
 XIS チームでは、打ち上げから現在に至るまで、各モード毎に各種校正を行ってきたが、P-sum モードだけは、今のところ、予備的なデータしか公開していない。
 そこで今回、これまで P-sum モードで観測された天体 (超新星残骸 E0102-72, Perseus 銀河団等) および ⁵⁵Fe 校正線源データを網羅的に解析し、打ち上げ以来のエネルギースケールと分解能を新たに決め直した。

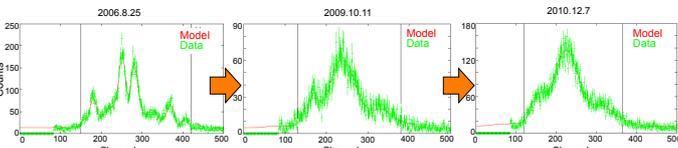


図6. XIS 3 Segment B での E0102-72 のスペクトルの経年変化。これまでに行われた7回の観測のうち3回を取り出して示している。モデルスペクトルは Plucinsky et al. 2008 を基に作成した。

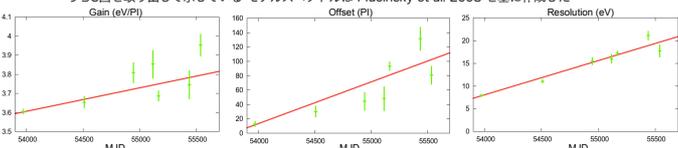


図7. XIS 3 Segment B の (左)gain, (中) offset, (右) 分解能の経年変化。Energy [eV] = gain[eV/PI] * channel[PI] + offset[eV] と定義している。

XIS0,3 の Segment B,C に対して、E0102-72 のデータを用いてエネルギースケールの変動を調べた。図 6,7 は XIS3 Segment B の結果を示している。
 P-sum モードでは、Spaced-row Charge Injection (SCI) 機能を用いることが出来ないため、宇宙線が CCD ヘダメージを与えることによる電荷転送効率の低下を軽減することが出来ず、Normal モードと比べて経年劣化が著しく早い。上記データから、分解能が線形に劣化しており、またエネルギースケールも変動していることが分かる。
 上述の校正結果は CALDB に取り込んでリリースする予定である。

5. Other calibration

上述の各種補正の他にも、電荷 trail 量の経年変化モデルの改訂や、Non X-ray Background (NXB) の経年変化とデータベースの更新などを、継続して行っている。これらの結果は、逐次 CALDB の形でリリースしている。