

V309b すざく衛星搭載 XIS の Si-K 吸収端付近の応答関数の問題とその改善

林田 清, 正村 陸, 中嶋 大, 米山友景, 岡崎貴樹, 常深 博 (大阪大学), 森浩二 (宮崎大), 他すざく XIS チーム

すざく衛星搭載の X 線 CCD カメラ、XIS の応答関数に関して、Si-K 殻吸収端 1.839 keV 付近にスペクトル残差が生じる問題 (=Si-K 吸収端問題) が、複数天体の解析で指摘されていた。2012 年には、FI-CCD(XIS0, XIS3) に対しては吸収端付近の量子効率 (XAFS) の調整、BI-CCD(XIS1) に対してはスペクトル成分の比の調整が行われ、交換版 CALDB にとりいれられている (海田, 森他)。しかし、この改訂を支持する物理的描像が自明でなく、観測ターゲットによっては残差解消が十分でないという問題が残っていた。

本研究では、入射エネルギーと信号波高の関係 (Ex-PI 関係) を表す行列 (応答行列) に改めて着目し、Si-K 吸収端を境に行列要素の値にジャンプを導入することで問題の改善を図った。較正用天体としてブラックホール連星系 LMC X-3 の X 線スペクトルをフィットした結果、FI-CCD(XIS0,3) では Si-K 吸収端より下のエネルギーで波高が 7.3 eV 相当低くなる、BI-CCD(XIS1) では Si-K 吸収端より上のエネルギーで波高が 3.65 eV 相当低くなる応答行列により、残差を解消できることを発見した (ただし 3.65 eV 単位の調査)。Si-K 吸収端を境に X 線の平均自由行程は $14\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ とジャンプする。結果、CCD の空乏層中を電荷が電極まで移動する距離が変わる。これまで X 線 CCD の電荷転送路あるいは入射面付近での電荷トラップに関しては多くの研究がなされてきたが、空乏層中でのそのような現象は考慮されてこなかった。従って、Si-K 吸収端問題の解決は、すざく衛星のデータ解析をする研究者にとって実益があるばかりでなく、X 線 CCD あるいはひろく半導体検出器を利用する X 線天文衛星の 開発/較正にとっても重要な知見である。