

# 卒業論文概要書

2015年 1月提出

CD  
学籍番号 1Y11A0518

|          |  |    |      |     |        |
|----------|--|----|------|-----|--------|
| 所属学科     | 物理学科                                   | 氏名 | 三村健人 | 指導員 | 片岡 淳 印 |
| 研究<br>題目 | ASTRO-H 衛星搭載硬 X 線撮像検出器の高エネルギー較正手法と実機検証 |    |      |     |        |

[1]はじめに

次期 X 線衛星 ASTRO-H には硬 X 線撮像検出器(HXI)が搭載され、5~80keV の範囲で撮像を行うことで従来よりも 100 倍程度、高感度の観測を可能にする。この検出器は 1~4 層が両面読み出し Si 検出器(DSSD), 5 層目が CdTe 検出器という多層構造をとる。各層の両面にはそれぞれ 128 本のストリップ電極が形成されており、32ch の信号処理回路を内蔵した ASIC(集積回路)を 4 つ用いて各面の読み出しを行う。チャンネル数は全体で 1280ch に達する。これまで HXI 全体の検出器性能を評価するために、地上で様々な検試験をし、複数の線源を照射して得られたエネルギー較正用データを取得してきた。しかしながら、地上で完全に宇宙環境を再現することは難しく、取得したデータが直ちに適用できるか定かではない。その対応策として、衛星搭載用の較正用線源(cal source)  $^{241}\text{Am}$  と、各 ASIC に付随したテストパルス機能がある。いずれも軌道上でのエネルギー較正に用いることが可能であるが、cal source は 3~4Bq の微弱な線源であり、一ヶ月でおよそ 300 photons/ch の統計量しか溜めることが出来ない。そのため calsource はセンサー温度が軌道ごとに変化するような短期変動の追従には適さず、また使用できるガンマ線の本数も限られる。一方テストパルスでは統計量の問題とは無縁であり、線源とは違い密にデータが取ることができる。軌道上でより迅速かつ正確な較正が見込めるといって、非常に強力なツールになり得る。本研究では HXI を構成する検出器の DSSD の単層(図 1)のテストパルス機能の検証を行った。

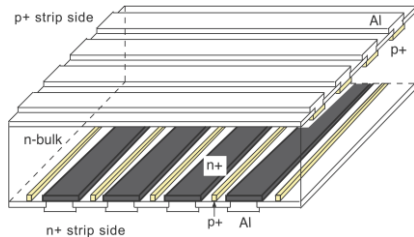


図1. Double-sided silicon strip detector(DSSD)の構造

検証方法としては各種線源を用いて X・ガンマ線を検出器に照射し、イベント毎に得られた ADC 値をテストパルスから求めたエネルギー較正曲線を用いてエネルギーに変換し、スペクトル上のラインの位置に対して理論値との差を見積もることで較正の精度を求めた。

[2]エネルギー較正曲線の導出

テストパルスから出力する電荷量(Ccal)を順次大きくし、各電荷に対応する ADC 値を求めた(図 2)。尚、装置の設定では Ccal を 1 上げる毎にテストパルスが出力する電荷量はおおよそ 0.035fC(~0.78keV) 上昇し、かつ Ccal は 0~127 まで変えることが出来る。

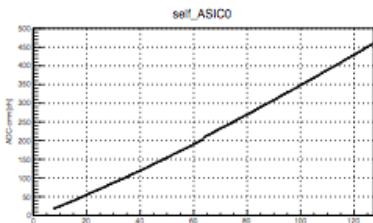


図 2 電荷量と ADC 値の関係

この Ccal と ADC 値との関係を最も良く表現できた関数を求め、これを較正曲線とした。この時、Ccal が概ね 20 程度以上の領域では、三次関数が最も少ない自由度でデータの非線形性を良く再現することが分かった。各データ点と求めた較正曲線との間の残差を図 3 に示す。今回低エネルギー領域では導出した較正曲線とデータ点と一致していない。

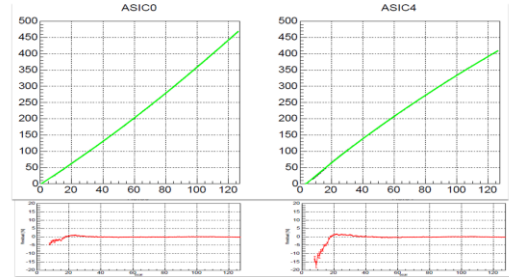
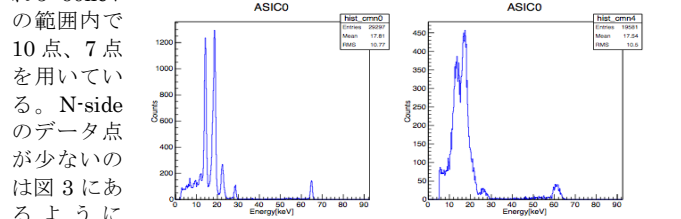


図 3 較正曲線(上)とデータ点との残差(下)

それゆえに導出の際には  $C_{cal}=31\sim 127$  と  $C_{cal}=0\sim 31$  で別々の三次関数でフィッティングを行う。フィット範囲の境目は Bit 幅に掛ける補正係数が  $C_{cal}=31$  と  $C_{cal}=32$  を滑らかにつなげるような正しい値をもつところとした。このデータ点とのずれの主な原因としては、テストパルスを出力させる時に生じる干渉がトリガー生成部分にも乗ってしまい、トリガー生成タイミングが本来のタイミングよりも大きくずれてしまうことが考えられる。トリガーのタイミングのずれによって本来テストパルスの信号が取りうる波高値、最終的には出力される ADC 値にずれが生じてしまい、結果、低エネルギー領域で較正曲線がデータ点とずれてしまう。

[3]線源を用いた精度検証

今回用いた線源は  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{55}\text{Fe}$  で、P-side, N-side それぞれ 5~60keV



の範囲内で 10 点、7 点を用いている。N-side のデータ点が少ないのは図 3 にあるように N-side の分解能が P-side のそれより悪い為である。結果としては現状の時点で 13.9keV 以上のエネルギーであれば P,N-side 両方で 2%程度以内を実現し、6keV では最も悪くて 7%の精度をもつことが分かった。

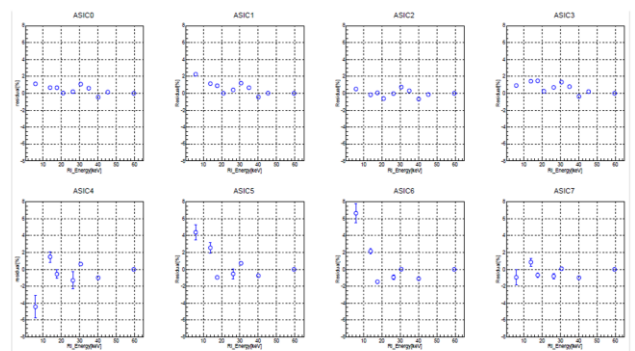


図 5 線源のデータを用いた較正精度検証の結果

[まとめ]

今回テストパルスを用いることでエネルギー較正は高エネルギー側の広いエネルギー範囲内で現状のところ 2%程度以内の精度で行えることを示した。今後より低エネルギー側のデータ点を追加しテストパルスを用いたエネルギー較正手法の確立を目指す。