

# ASTRO-H 軟ガンマ線検出器用集積回路の較正方法の確立

名古屋大学理学研究科 CR 研究室 修士2年 渋谷 明伸

## ・ ASTRO-H X線天文衛星

ASTRO-H は日本が中心となって開発を行っている、2014年打ち上げ予定の次世代 X線天文衛星である。この衛星には4つの異なる X線観測機器を搭載し、現在運用中である X線衛星「すざく」に比べて、観測エネルギー範囲やエネルギー分解能において大幅な向上を目指している。ASTRO-H の観測によって、宇宙線の非熱的加速機構や超新星爆発、ブラックホール周辺の活動などを詳しく知ることが期待できる。

## ・ 軟ガンマ線検出器 (SGD)

4つの観測機器のうち、高エネルギー領域におけるスペクトル観測を担う軟ガンマ線検出器 (SGD) は、コンプトンカメラと BGO シンチレータのアクティブシールドを組み合わせた「狭視野コンプトンカメラ」を採用することで、40~600 keV の軟ガンマ線領域における検出感度を従来の10倍以上向上させることを目指している。

狭視野コンプトンカメラは、入射した光子が検出器内でコンプトン散乱と光電吸収された際のエネルギーと位置から光子の到来方向を予測し、視野外の信号をバックグラウンドとして除去する。コンプトンカメラにエネルギー分解能の高い半導体検出器を使用することで、ガンマ線到来方向の予測精度を高めている。(詳細: 図1)

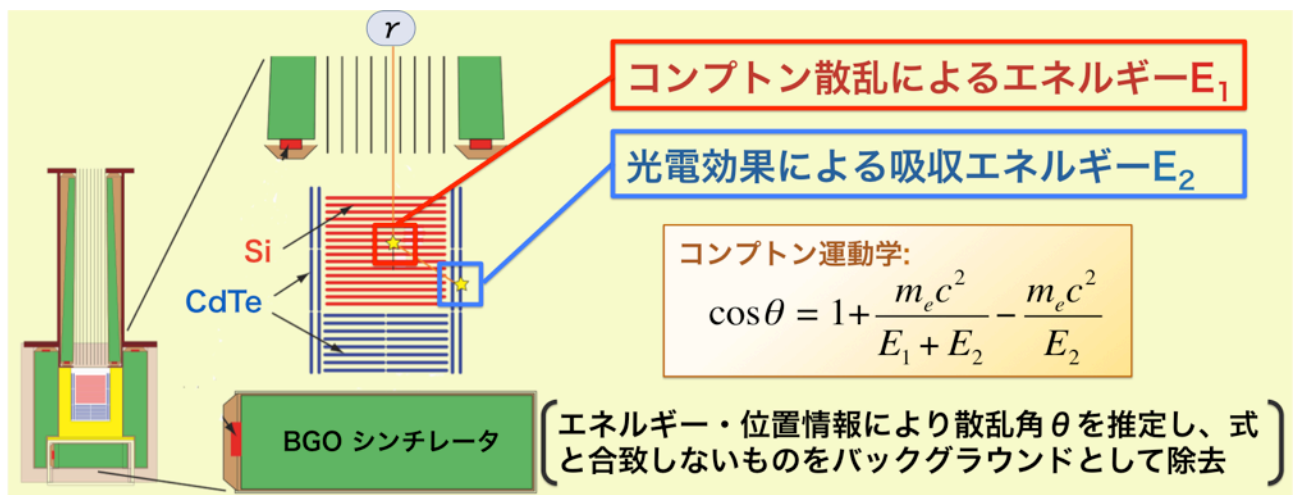


図1、コンプトンカメラの概念図

## ・コンプトンカメラ専用集積回路（ASIC）の較正方法の確立

コンプトンカメラ専用開発された集積回路（ASIC）は、ガンマ線との相互作用により半導体内で生成された電荷を ADC 値として出力する。この際の入力電荷量（fC）と出力値（ADC 値）の関係をガンマ線源を使って較正する必要があるが、測定できるのは限られたエネルギーのみである。そこで、ASIC 自身で擬似信号を生成、入力する機能を利用し、入出力値の関係を精度よく再現できる関数を確立する。コンプトンカメラを構成する半導体検出器のエネルギー分解能は 0.5% 程度であり、その性能を最大限に発揮するため、較正の精度はそれより十分によい必要がある。

擬似信号は 7 ビットの DAC によって電圧信号が生成され、コンデンサによって電荷信号に変換される。ただし、7 ビットでは十分な精度の微小信号が生成できないため、3 種類のコンデンサを切り替えることによって 3 種類の電荷範囲 (Range) を実現し、十分なダイナミックレンジを確保する。図 2 に示すような 3 種類の Range の入力電荷と出力 ADC 値の関係を、ASIC の構成を反映して統一的に記述する関数を採用している。また、DAC の各ビットで生成される電圧値の系統的誤差によって入力電荷と出力 ADC 値の関係が不連続になるが、図 3 に示すような方法で補正することによって、図 4 に示す通り不連続性が解消できる。

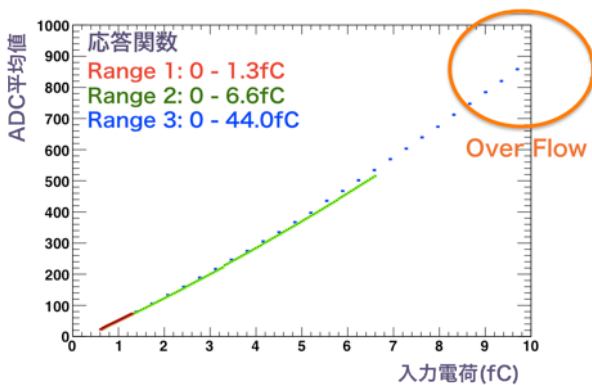


図 2

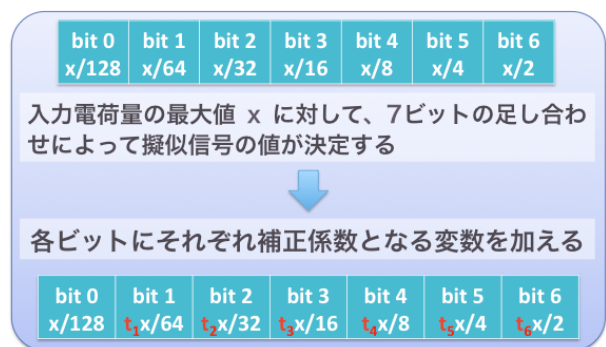


図 3

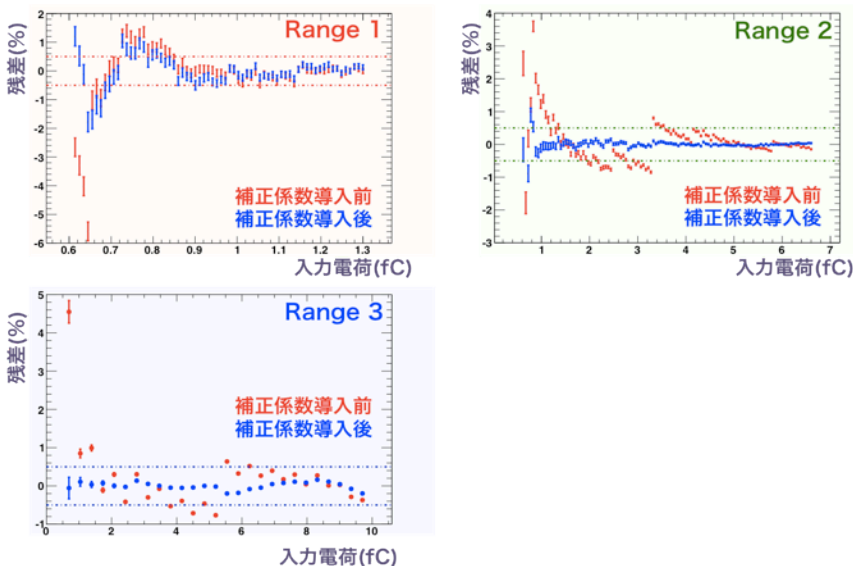


図 4 : Fit 関数と実際の値の残差をプロットした。3 つの Range を単純な 2 次関数でフィットしたものが赤、さらに DAC のビット毎の補正係数を加えたものが青の点である。補正係数を導入したことで、精度の良いフィッティングを実現している

現在は入力電荷 1 ~ 10 fC において 0.5% を十分に下回る精度を実現する関数を確立している。今後の課題として、ADC の設定による入力電荷最大量の調整、1 fC 以下での関数形の考察、温度依存性の測定などがある。