

# 卒業論文概要書

## Graduation Thesis Summary

Date of submission: 01 / 27 / 2025

所属学科 Department	応用物理学科	氏名 Name	山本一毅	学籍番号 Student ID number	1Y21B093-0
研究題目 Title	小型衛星搭載広帯域 X 線ガンマ線カメラの放射化特性評価			指導教員 Advisor	片岡 淳

### 【研究目的】

本研究室ではバックグラウンドが非常に多く、集光ができないといった要因によって観測が困難であるとされている MeV ガンマ線領域での全天観測を可能にする広帯域 X 線ガンマ線カメラである INSPIRE の開発を行っている。INSPIRE は Box 型コンプトンカメラと呼ばれており、シンチレータに近年開発され、未だ十分な衛星実証がされていない GAGG シンチレータを採用している。本研究では、この衛星実証がなされていないという課題を解決する1つの方法として、GAGG 衛星軌道上の陽子によって放射化することによる観測への影響の推定を行った。同時に、放射化を考慮したバックグラウンド量の見積もりも行うことで ADC board による処理が可能かどうかも確かめた。

また、エンジニアリング・モデル(EM)のピンホールモードでの性能評価も行った。これによって低エネルギーガンマ線も観測可能であることを確認した。

### 【GAGG 放射化試験】

2015年に若狭湾エネルギー研究センターでGAGGに対して衛星軌道上での10年分相当の陽子を2時間照射し、その後ゲルマニウム検出器で3ヶ月間定期的にガンマ線スペクトルを取得することで、時間変動に伴うスペクトルの変動の確認を行った。GAGGの放射化特性を評価するために、まずGAGG内で生じる様々な放射性同位体の半減期と放出する核ガンマ線のエネルギーを調べた。次に、得られたガンマ線スペクトル上の任意に選んだ主要な38個の輝線について、強度の減衰度合いから半減期を求め、先に調べた同位体の半減期と比較することで輝線を形成する同位体の特定を行った。結果として38個の輝線の内14個の輝線について、この輝線を形成する同位体を一意に特定することができた。

### 【時間経過に伴う放射化スペクトル推移】

GAGGの放射化試験で得られたガンマ線スペクトルを用いて軌道衛星上での放射化が観測にどのような影響を与えるのかについて調べた。まず、太陽同期軌道(SSO)での1日に南大西洋異常帯(SAA)を通過する回数を3回と仮定して、放射化スペクトルがどのような推移をしていくのかを調べた(図1)。ただし、BGOの放射化スペクトルについては先行研究を元にGAGGと同様の方法で解析を行なった。放射化によるカウントレートの変動については、GAGGとBGOはどちらも1週間ほどで収束し、ガンマ線カメラ全体で2kHz程度になることがわかった。このカウントレートはAlbedo

やCXBといった一様等方放射するバックグラウンドを考慮してもADC boardで十分処理可能であり、バックグラウンドに対するレート耐性に問題がないことが確かめられた。

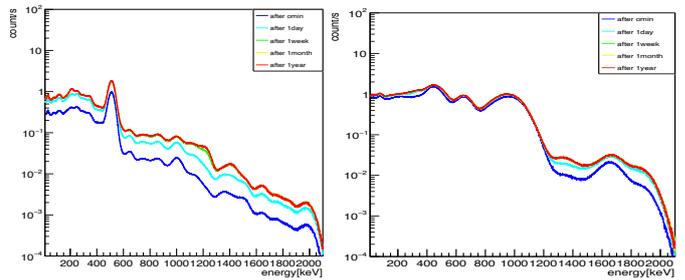


図1. GAGGとBGOの放射化スペクトルの時間推移

### 【EMでのピンホールイメージング】

EMでの30keVから数100keVでの観測が可能であることを確認するために、ピンホールモードでの測定を行った。平行光線を模擬するために、線源とコンプトンカメラを十分に離し、測定を行った。EMで<sup>241</sup>Amをイメージングして得られた角度分解能は6.23度(FWHM@59keV)であり、これはgeant4を用いたシミュレーション結果と遜色ない結果であった(図2)。

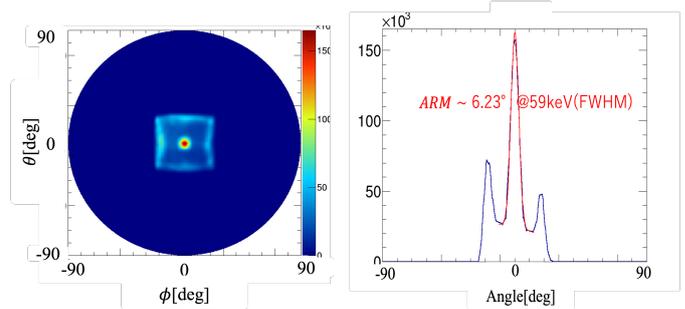


図2. ピンホール再構成画像と1D projection

### 【まとめと今後の展望】

軌道衛星上でのガンマ線カメラが放射化することで観測に与える影響を推定することで、GAGGやBGOの放射化による影響に問題がないことを確認した。また、EMによるピンホールモードでの測定を行うことで低エネルギー観測が可能であることを確認するとともに、性能評価も行った。

今後の展望としては、EMの性能評価を進めていくと共に、Data Acquisition(DAQ) partの組み立てを行い、各種耐性試験や衛星バス側との熱試験などを行っていく。また、EMの振動試験の結果を踏まえて、フライトモデル(FM)の開発も行うことで、2027年度の打ち上げを目指す。