

狭視野Si/CdTe半導体コンプトン望遠鏡の気球実験機miniSGDの符号化マスクによるMeVガンマ線の15分角撮像の詳細解析

○大熊 佳吾¹ 西村 悠太¹ 中澤 知洋² 武田 伸一郎^{3,4} 小林 勇仁¹ 米田 浩基⁵ 大宮 悠希⁶ 馬場 萌花¹ 齊藤 正宗¹ 渡辺 伸⁶ 高橋 忠幸^{7,8} 石田 直樹⁹ 大西 光延⁴ 新井 利彦⁴ (1.名大理 2.名大KMI 3.F-REI 4.iMAGINE-X 5.京大理 6.JAXA/ISAS 7.東大Kavli IPMU 8.KEK/QUP 9.名大全技セ)

MeVガンマ線宇宙観測は粒子加速や元素合成など宇宙の高エネルギー現象の解明の鍵であるが、X線やGeV帯域と比べて観測感度は数桁劣っており「感度のギャップ」と呼ばれている。2027年打ち上げ予定のNASAのMeV衛星COSIは、これまでより約1桁高い感度で全天観測を行い、観測可能な天体が増加するが、その角分解能は従来と同程度であり511 keVにおいて4.1度である。銀河中心のような天体が込み入った領域の空間分解には、INTEGRAL/IBISの例から15分角程度が求められるが、COSIの角分解能では不十分でありconfusion limitに直面する。この角分解能の低さはMeV観測で有効なコンプトン望遠鏡の量子力学的不定性Doppler broadeningによるものであり、さらなる角分解能向上には、現実的な手法として符号化マスクの導入が必要となる。

我々は高角分解能MeV宇宙観測を目指し、MeVガンマ線の15分角撮像の実証のため、ASTRO-H/SGDでも採用された狭視野Si/CdTe半導体コンプトン望遠鏡のコンセプトに符号化マスクを装着した、気球実験実証機miniSGDの開発を進めている。半導体コンプトン望遠鏡は、厚さ0.5 mmのSi両面ストリップ検出器1層と厚さ2 mmのCdTe両面ストリップ検出器1層から構成され、厚さ20-30 mmの9個のBGOシンチレータからなるアクティブシールドに囲まれている。符号化マスクはタングステン製で、厚さ5 mm、ピッチ0.8 mmと高アスペクト比(開口角9度)な設計である。これらは、直径314 mm、高さ350 mmの耐圧容器にコンパクトに収められている。これまでに累計3000時間以上の地上試験を実施しており、安定した動作が実証されている。

2026年春季年会では511, 1275 keVガンマ線に対する15分角撮像を速報した。本講演では、511, 1275 keVガンマ線の符号化マスク撮像について、マスクのsystem point spread functionも考慮した詳細な解析について報告する。理想的な状況を仮定した符号化マスク撮像のシミュレーションから、線源の大きさを加味して、511 keVガンマ線に対して設計値通りの17.3分角の撮像に成功した。1275 keVガンマ線については、線源位置が既知である仮定のもと、電子飛跡を含めてコンプトン再構成したイベントに対して、統計的に有意なピークの撮像に成功した。また、符号化マスクで発生したコンプトン散乱の反跳電子に起因するバックグラウンド信号のプラスチックシンチレータを用いた電子イベント除去についても報告する。