

放射性物質可視化装置「超広角コンプトンカメラ」の高感度化開発と市場展開

チームリーダー 高橋忠幸 ((独)宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所・教授)

サブリーダー 黒田能克 (三菱重工業(株) 航空宇宙事業本部 誘導・エンジン事業部 電子システム技術部・首席技師)

Keyword

コンプトンカメラ、テルル化カドミウム半導体検出器、放射性物質

タイプ 革新技術タイプ (機器開発型)

開発課題名 革新的超広角高感度ガンマ線可視化装置の開発

■参画機関: 三菱重工業(株)、名古屋大学

■開発期間: 平成24~26年度(予定)

課題概要

独自の次世代技術「Si/CdTe半導体コンプトンカメラ」を発展させ、180度の視野を持つ超広角撮像、高精度カラー、核種分離を特徴とする可搬型ガンマ線可視化装置の実現を目指す。この装置により、 $1 \sim 5 \mu\text{Sv/h}$ 程度の環境下で、環境バックグラウンドの数倍の強度のホットスポットを10分以内で検出でき、屋根などの高所に集積する放射性物質も画像化することが可能となる。また、装置の軽量化(5~10kg程度以下)により、山林や家屋の裏など、車ではアクセスが難しい環境にも導入が可能となる。高線量環境(数 $10 \mu\text{Sv/h}$)にも対応し、警戒区域での除染作業の効率化や除染作業後の評価などにも活用が期待される。

得られた開発成果の概要

■開発の背景/経緯

東日本大震災に伴う福島第一原発の事故により、放射性物質が広範囲に拡散する事態の中、放射性物質の可視化装置の実用化が強く望まれている。特に、敷地に広く分布した放射性物質を効率よくマッピングするための広角撮像能力と、家屋裏や森林へのアクセスを容易にするためのシステムの小型・軽量化が、実地でのガンマ線イメージング装置に求められている。

本開発グループは宇宙ガンマ線の高感度観測をめざして、シリコン(Si)とテルル化カドミウム(CdTe)イメージング素子で構成する独自の「Si/CdTe半導体コンプトンカメラ(図1)」の研究開発を進めてきた。Si/CdTe半導体コンプトンカメラは、位置分解能とエネルギー分解能に優れたSiとCdTeの半導体イメージング素子を高密度積層したコンパクトな構造からなる。入射ガンマ線が装置内部でコンプトン散乱する過程を精度よく追跡でき、優れた角度分解能を特徴とする。くわえて、従来のガンマカメラで用いられるコリメーターを必要とせず、あらゆる方向から入射するガンマ線を検出することができるため、超広角の視野(180×180 度、半球)を実現できる。また、装置遮蔽を必要としないので、小型・軽量化の点においても有利である。

本開発に先立ち、東京電力からの相談を受けたことを契機として、Si検出器2層、CdTe検出器3層からなる「超広角コンプトンカメラ」の原理実証モデルを、急遽試作した。

このプロトタイプ機を原発20 km 圏内に持ち込んで実用性評価のためのイメージング試験をおこない、実際にホットスポットの画像化に成功、除染作業前後の取り残し確認等への適応が極めて有望であることを実証した。

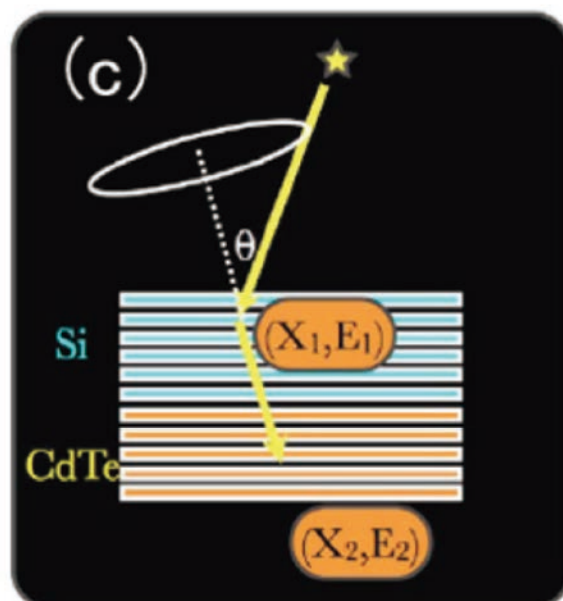


図1 本開発グループが提唱してきたSi/CdTeコンプトンカメラの概念図。

■開発の成果

本開発では、数マイクロSv/hより低い空間線量の場所でも装置を効果的に使用できるように、「超広角コンプトンカメラ」の高感度化開発に取り組んだ。ASTRO-H衛星搭載の軟ガンマ線検出器（SGD）の検出器技術をベースに、Si検出器を32積層したSiモジュールの下にCdTe検出器を8積層、さらにSiモジュールの周囲4方向にCdTe検出器を配置した、新しいデザインの「超広角コンプトンカメラ α 」を開発した。原理実証機では60-120分の撮像時間を必要とした、1-2マイクロSv/h程度の空間線量の場所で撮像を行い、「超広角コンプトンカメラ α 」を用いることで、数分の測定でホットスポットを画像化できることを実証した。



図2 三菱重工業からリリースした
第一号商用機「ASTROCAM 7000 HS」

コンプトンカメラを早急に市場に投入することを目的として、「超広角コンプトンカメラ α 」により確立した設計資源をもとに、三菱重工業が独自に製品化し、H24年度末にリリースしたのが、第一号商用機「ASTRO-CAM 7000HS（図2）」である。コンプトンカメラを含めたハウジングの総重量を約8kgに押さえることができ、従来機器と比べると格段の軽量化を実現した。感度は、環境放射線レベルと用途に応じてカスタマイズ可能である。最低でも原理実証機1モジュール（Si2層、CdTe3層）の約9倍で、最大で「超広角コンプトンカメラ α 」程度にまで高感度化できる。エネルギー分解能に優れており（2.2 %（FWMH）@ 662 keV）、複数の放射性核種の分布を一度の撮像で画像化できる（図3）。現地での実地試験も行い、0.5-1マイクロSv/h程度の空間線量の場所に存在する、ホットスポットの検出に成功した。



図3 「ASTROCAM 7000HS」の測定例。
133-Ba、137-Cs、22-Naを同時に測定し、133-Baをピンク、137-Csを赤、22-Naを水色で表示した。

次期X線天文衛星のセンサ技術を活用、コンプトンカメラを世界で初めて実用化

コンプトンカメラは、コリメーターを用いない次世代型のガンマ線撮像装置に位置づけられており、国内外の研究機関で開発が進められている。その中にあって「超広角コンプトンカメラ」は、事業化を行い、市場へと展開した世界初の事例である。放射性物質の可

視化において、視野や分解能の観点で革新的な性能を持ち、除染等の用途のみならず、医療イメージングやセキュリティ等の分野にまで、その適用の可能性を広げている。

上記成果の科学技術的根拠

【発表論文等】

1. 高橋忠幸ほか「コンプトンカメラで放射性物質の飛散状況を可視化する」物理学会誌 2013年6月号