

全方向ガンマ線イメージャのための逆投影手法の開発

Development of back projection method for 4π Gamma-ray Imager

*高橋 時音¹, 一ノ瀬裕一郎¹, 上間康平¹, 河原林順², 富田英生¹, 高田英治³, 井口哲夫¹

¹名古屋大学, ²東京都市大学, ³富山高専

原子力事故時に放射性物質が漏えいした際に有効であると考えられる全方向ガンマ線イメージャの開発を行っている。シンチレータスタック型ガンマ線イメージャを用いた実験を行い、リアルタイムの全方向イメージングに向けたイメージング手法を検討した。

キーワード：全方向イメージング、コンプトンイメージング、シンチレータ、原子力事故

1. はじめに

原子力施設におけるシビアアクシデントの際に多量の放射性核種が環境中に放出された場合、作業員や付近の住民の被ばくを低減するために、放射性物質の空間分布を迅速に取得することが求められる。本研究では、広視野、高効率を持つため広い範囲の空間分布測定に特に有効であると考えられるコンプトンイメージングに基づいた全方向ガンマ線イメージャを用いたリアルタイム測定のための逆投影手法の開発を行った。

2. 実験体系

$2.8 \times 2.8 \times 50 \text{ mm}^3$ の GAGG シンチレータロッドを 8×8 本、 8 mm ピッチで並べた検出器を全方向ガンマ線イメージャとして用いた。シンチレータ光はロッドの両端に取り付けた MPPC によって検出され、それぞれの波高値の比からロッド長軸方向の相互作用位置を推定する。得られた 3 次元位置情報と付与エネルギーを用いてコンプトンイメージングを行う。検出器中心から 30 cm の距離に ^{137}Cs 線源を設置し、同心球面上の 3 点について測定を行った。また、 ^{60}Co 、 ^{22}Na の測定も行った。

3. 全方向イメージング法

図 2 に ^{137}Cs の 3 点での逆投影図を示す。線源の設置方向は上から $(\theta, \varphi) = (0^\circ, 0^\circ)$ 、 $(\theta, \varphi) = (-90^\circ, 0^\circ)$ 、 $(\theta, \varphi) = (0^\circ, -90^\circ)$ となっており、線源位置にピークを確認でき、ピーク強度も線源位置に依らずおよそ一定値となった。また、イメージングに使用するエネルギー領域を選択することで、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{22}Na を同定し、イメージングできることが示された。ここで、全方向イメージングでは、コンプトン散乱角の大きさによって像の現れ方に大きな差異が生じる。散乱角が $65^\circ \sim 100^\circ$ の領域では、逆投影図全体にわたる大きなコーンが描かれ、線源方向に鋭いピークを作るが、正反対の方向に弱い疑似ピークが現れる。一方それ以外の散乱角ではサイズの小さいコーンが描かれ、比較的広がったピークが線源方向のみに現れる。このため、後者を前者の重みとみなすし掛け合わせることで、より明確な逆投影図を得ることができる。図 3 は $(\theta, \varphi) = (0^\circ, 0^\circ)$ に設置した ^{137}Cs の測定結果について、重みづけ逆投影法を用いた結果であり、角度分解能を 64° から 22° に改善できることが分かった。また、 ^{60}Co 、 ^{22}Na 線源についても同様の手法が適用できた。このような重みづけ手法では、反復計算手法を用いないため、リアルタイム測定に応用することができると考えられる。

4. まとめ

GAGG シンチレータロッドを用いた全方向ガンマ線イメージャについて、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{22}Na 線源を用いた基礎実験により、線源同定と全方向イメージングを実証した。また、コンプトン散乱時の散乱角の違いによる逆投影図の違いを用いて、反復計算手法を用いることなく、より正確な方向推定が可能であることを示した。

謝辞 本研究は、原子力システム研究開発事業、JSPS 科研費（特別研究員）26010826 の助成を受けたものです。

*Tone Takahashi¹, Yuichiro Ichinose¹, Kouhei Uema¹, Jun Kawarabayashi², Hideki Tomita¹, Eiji Takada³, Tetsuo Iguchi¹

¹Nagoya Univ., ²Tokyo City Univ., ³National Institute of Technology, Tomaya College

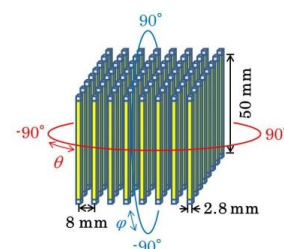


図 1 シンチレータスタック型全方向ガンマ線イメージャ

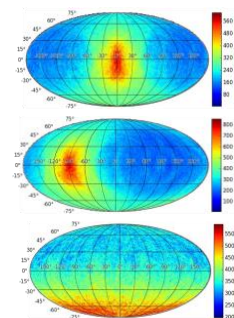


図 2 ^{137}Cs 線源の逆投影図
線源設置方向は上から $(\theta, \varphi) = (0^\circ, 0^\circ)$ 、 $(\theta, \varphi) = (-90^\circ, 0^\circ)$ 、 $(\theta, \varphi) = (0^\circ, -90^\circ)$

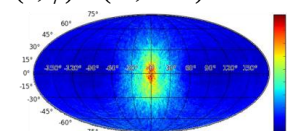


図 3 重みづけ逆投影法を用いた ^{137}Cs の逆投影図