

修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: ___ / ___ / ___ (MM/DD/YYYY)

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	岸本 彩	指 導 教 員 Advisor	片岡 淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線応用 物理学研究	学籍番号 Student ID number	5311A023-8 CD		
研究題目 Title	3次元シンチレータ式高感度コンプトンカメラの開発				

1. はじめに

福島第一原発事故によって飛散した放射線源(主に ^{137}Cs)の効率的な除染を推進するため、ガンマ線可視化装置の需要が急速に高まっている。ピン・ホール型ガンマカメラは簡便な構造を特長とする反面、重厚なシールド部(典型的に10-20 kg)との併用は不可避であり、また有効面積も開口径で制限される。これに対し、コンプトンカメラはコンプトン運動学に基づいてガンマ線の到来方向を特定するものであり、原理的にコリメータやシールドを必要としないため、検出視野が広く携帯性にも優れた機器開発が可能である。近年、Si-CdTe半導体検出器を用いた高解像度・広視野コンプトンカメラが開発されたが、 ^{137}Cs に対する感度の低さが依然として問題になる。そこで、本論文ではガンマ線に高い感度を持つ無機シンチレータを検出部に使用することで、従来カメラの数十倍にも及ぶ飛躍的な高感度化の実現を目指す。この技術の鍵はシンチレータ内部におけるガンマ線の散乱・吸収位置を3次元的に高精度で計測することで、これにより高い感度と実用的な解像度を同時に実現することが初めて可能となった。本論文では3次元シンチレータを使用して実際にプロトタイプを製作し、その性能評価を行った。

2. 新規3次元位置検出手法(DOI)

本研究で提案する3次元位置検出手法は、多数の分割結晶から構成された結晶ブロックの上下2箇所半導体受光素子 Multi-Pixel Photon Counter (MPPC) アレイを配置し、読み出し信号に対し重心演算を施すことで3次元位置を決定するものである。隣接する2次元方向の結晶間には反射材を挿入し、深さ方向は空気層を介して結晶を配置することで、受光素子への効率的な光伝達が可能となる(図1)。評価の結果、662 keVのガンマ線に対して、3次元の全方向に対して1 mmの高位置分解能を達成した(図2)。

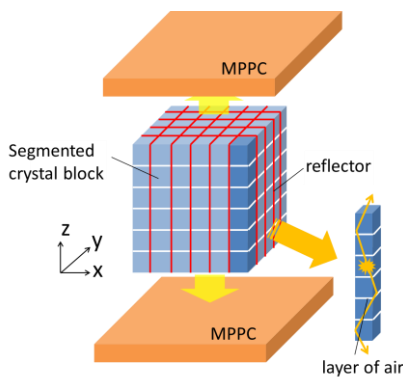


図1. 3次元位置検出手法の概念図

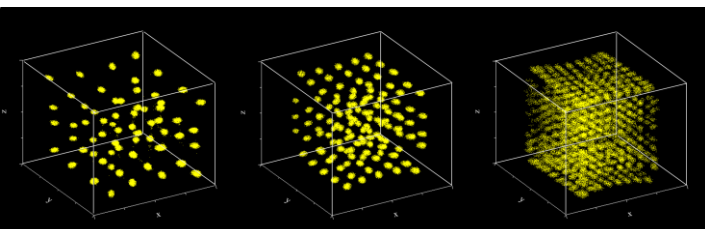


図2. 3 mm(左)、2 mm(中)、1 mm(右)結晶の ^{137}Cs 3次元位置検出応答分布

3. 高感度コンプトンカメラ

続いて、この3次元位置検出手法を用いたコンプトンカメラの試作機を製作した(図3)。シンチレータには2 mm角/1 mm角のCe:Gd₃Ga₃Al₂O₁₂(Ce:GAGG)を使用し、4枚のモノリシックMPPCアレイからの64chの信号を抵抗分割回路を通し16chに束ねて読み出しを行っている。また、取得データを逐次的に処理することで線源位置のリアルタイムな画像化を実現するシステムを構築した。約3.2 $\mu\text{Sv/h}$ を与える ^{137}Cs 線源の撮像を行った結果、数分で画像化が可能であることを示した。この時、3次元位置検出の効果により、角度分布のFWHMで定義される角度分解能は2次元測定時の40.9°から21.5°にまで向上させることに成功した(図4)。さらに、視野外に放射線源が存在する高バックグラウンドな環境下でも、エネルギー的なイベント識別を行うことで問題なく撮像を行えることを実証した。

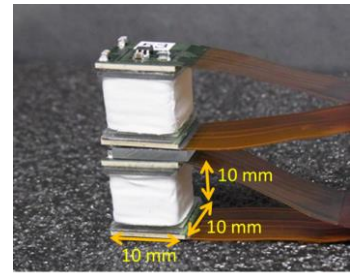


図3. コンプトンカメラ試作機検出部

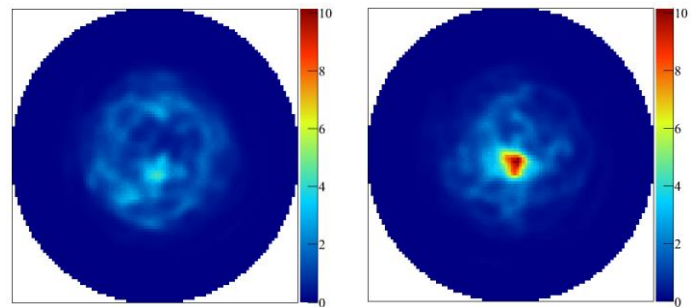


図4. 視野中心に配置された ^{137}Cs の撮像画像。2次元位置検出時(左)と3次元位置検出時(右)では、角度分解能が40.9°から21.5°に向上した。

4. まとめと今後の展望

本研究では、高い位置分解性能を示す新規3次元位置検出手法を確立し、これを組み込んだ3次元シンチレータ式コンプトンカメラの試作を行った。実機評価の結果、高感度かつ実用的な解像度を有することを実証した。今後は、その携帯性を活かし実際に福島等での実地測定を行うことで、環境中での動作試験や性能の実証を行う。

研究業績

- 論文 A.Kishimoto et al., IEEE, in press
- 国内学会 第59回応用物理学学会/第73回応用物理学学会
- 国際学会 2012 IEEE NSS-MIC Conference
- 表彰 第26回先端技術大賞特別賞/第59回応用物理学学会講演奨励賞
- 特許出願 特願 2011-289480, 特願 2012-157920