

# 卒業論文概要書

CD

2016年 1月提出

学籍番号 1Y12A042-4

所属学科	物理	氏名	末岡 晃紀	指導員	片岡 淳 印
研究題目	高線量環境下でのイメージングに向けた新型コンプトンカメラの開発				

## 【はじめに】

福島第一原子力発電所事故により多量の放射性物質が放出され、約5年を経た今でも除染は深刻な課題である。とくに原子炉建屋内の線量はいまだに数mSv/h~数Sv/hと極めて高く、廃炉にむけた取り組みを一層困難なものとしている。もし、高線量下でも放射性物質の分布を画像から迅速に把握することが出来れば、安全性を確保しつつ効率的に作業を進めることができる。本研究では、とくに高線量下に絞って新規ガンマ線イメージング手法の確立を目指した。

コンプトンカメラとは、コンプトン運動学に基づきガンマ線到来方向を特定するガンマ線可視化装置であり、すでに福島県下でのフィールド計測等に活用されている。しかしながら、これまでのコンプトンカメラ(図1(左))は0.1mSv/h以下の環境計測を想定しており、パイルアップや偶発同時計数の問題から、上記高線量下での使用は不可能であった。本研究で設計・開発した新型コンプトンカメラを図1(右)に示す。極限まで検出部を小型化することによってこれらの問題を解決し、吸収体を円周上で移動することで、広視野を担保しつつガンマ線の入射方向を特定することができる。

本研究では、まず新型コンプトンカメラが低線量下において正しく動作することを確認した。続いて、高線量下において実際にガンマ線イメージングが可能であることを実測により検証する。

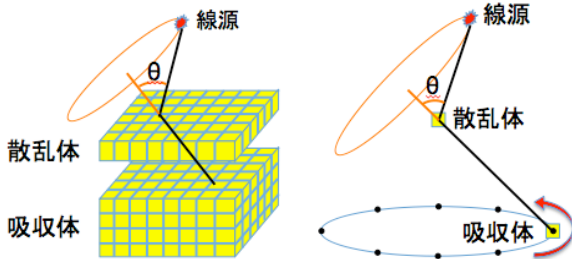


図1 (左) 従来型コンプトンカメラ概略図  
(右) 新型コンプトンカメラ概略図

## 【低線量下における動作確認】

$^{60}\text{Co}$  線源を使用し、線源位置  $0^\circ$  (18uSv/h) 及び  $30^\circ$  (14uSv/h) の場合で撮像実験を行った。画像再構成法として Maximum Likelihood Expectation Maximization (MLEM) を用い、角度分解能及びガンマ線到来方向の決定精度を定量的に評価した。図2に実験結果を示す。角度分解能は、線源が視野正面にある  $0^\circ$  の場合  $16.66 \pm 0.42^\circ$ 、 $30^\circ$  オフセットした場合に  $23.08 \pm 1.15^\circ$  となった。またガンマ線到来方向は、線源位置  $0^\circ$  の場合  $0.24 \pm 2.36^\circ$ 、線源位置  $30^\circ$  の場合  $26.60 \pm 3.59^\circ$  と正確に線源の方向を特定できた。

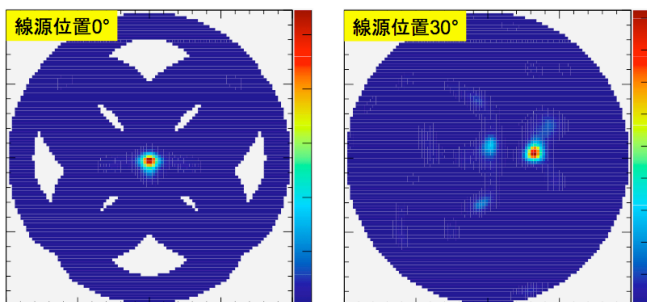


図2 低線量環境下での  $\gamma$  線イメージング実験  
(左)線源位置  $0^\circ$  (右)線源位置  $30^\circ$

## 【高線量下におけるイメージング】

東工大  $^{60}\text{Co}$  照射施設の  $^{60}\text{Co}$  線源を使用し、線源位置  $0^\circ$  (288mSv/h) 及び  $30^\circ$  (240mSv/h) の場合で撮像実験を行った。画像再構成法として MLEM を用い、ガンマ線到来方向の決定精度を定量的に評価した。図3に実験結果を示す。ガンマ線到来方向は、線源位置  $0^\circ$  の場合  $-0.45 \pm 7.36^\circ$ 、線源位置  $30^\circ$  の場合  $22.99 \pm 7.13^\circ$  となった。視野正面付近に集中するパイルアップ及び偶発同時計数によるノイズの影響及び誤差を考慮すると、正確に線源の方向を特定できたとと言える。

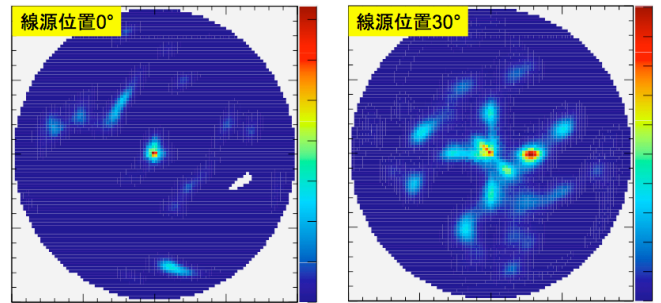


図3 高線量環境下での  $\gamma$  線イメージング実験  
(左)線源位置  $0^\circ$  (右)線源位置  $30^\circ$

## 【まとめと今後の展望】

実験及びシミュレーションから得られた結果を図4,図5に示す。新型コンプトンカメラの角度分解能は視野中心(正面)で約  $16^\circ$  で、視野端に向かうにつれて劣化する傾向が確認された。一方、図5より、全ての線源位置に対して正しいガンマ線到来方向を求めることができた。以上の結果より、検出部を極限まで小型化した新型コンプトンカメラによって288mSv/hの線量下で正しいガンマ線到来方向の特定が可能であることを実証した。

今後は、実際の環境応用を目指し、複数線源のイメージング及び点線源ではなく形を持った線源のイメージングに関して検討を進める。また新型コンプトンカメラが小型かつ軽量であることを生かし、ラジコンカー等の小型無人機に搭載することで、安全な場所にいながら危険区域の調査を行うことが出来るシステムの構築も検討する。

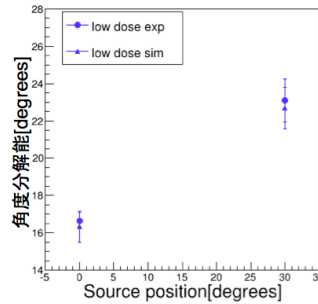


図4 線源位置に対する角度分解能

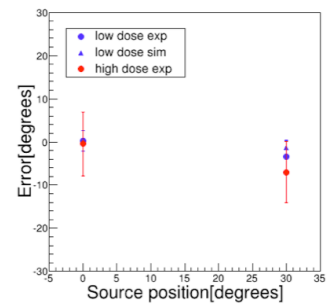


図5 線源位置に対するガンマ線到来方向の特定精度の誤差