

# 卒業論文概要書

Graduation Thesis Summary

Date of submission: 01 / 26 / 2026

所属学科 Department	応用物理学科	氏名 Name	田中 伶	学籍番号 Student ID number	1Y22B061-6
研究題目 Title	対向型 SPECT による 3 次元イメージングに向けた基礎検討			指導教員 Advisor	片岡 淳

## 【研究背景と目的】

現在、がん治療の主要な方法として手術、薬物療法、放射線治療が挙げられる。中でも、放射性同位元素を薬剤として投与し、病巣に内部から放射線を照射して治療する核医学治療は、近年注目を集めている。この治療において体外からの計測によって薬剤の標的病巣への集積や薬剤の体内分布を確認することが不可欠である。従来、体内の薬物動態を三次元的に可視化するには回転型ガントリ構造の SPECT 装置が用いられてきたが、被写体と検出器の距離が長くなり、感度および画質の低下が課題となっていた。そこで本研究では、検出器を患部に近接させ、回転を行わない対向型検出器システムを提案する。対向する2面の検出器情報のみから、線源の3次元位置および形状を推定する手法を検討し、実機実験によりその有効性を検証した。

## 【提案手法と解析アルゴリズム】

対向計測データからの3次元画像再構成には、逐次近似画像再構成法である MLEM 法を用いた。再構成に必要なシステム行列は、モンテカルロ・シミュレーションソフトである Geant4 により算出した。本研究では、実験ごとの線源強度や測定時間のばらつきを補正するため、測定データを計数率 (cps) にして用いた。これに対応させるため、システム行列の各要素を放出光子数に対する絶対検出効率として定義した。また、MLEM の反復計算に伴う画像のノイズ増幅を防ぎ、物理的に妥当な連続性を保持するために、3次元等方性ガウシアンフィルタをループ内に導入した。

## 【実証実験および結果】

提案手法の精度検証のため、GAGG シンチレータと MPPC アレイ、平行孔コリメータを用いた検出器系を構築した。

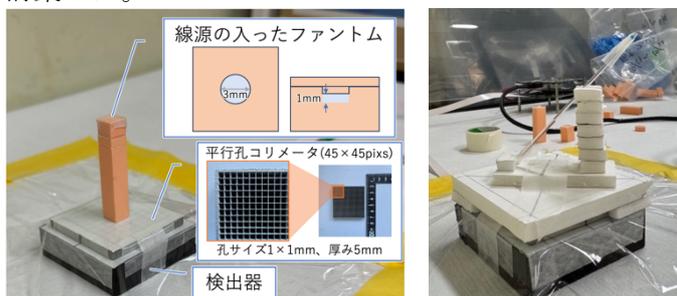


図1 円盤線源と棒線源の測定ジオメトリ

治療用核種である  $^{211}\text{At}$  線源の 79keV X 線を対象に以下の3条件で撮像実験を行った。

(1) 単一線源の深度推定: 検出器間の中央付近で直径 3mm、厚み 1mm の円盤線源の深度を 5 mm 刻みで変化させ、位置推定精度を評価した。(2) 2 線源の分離能評価: 深さの異なる 2 つの線源を配置し、分離限界を検証した。(3) 棒状線源の形状再現: 傾斜させた棒状線源を用い、連続的な線状構造の再構成能力を評価した。図2に各条件における再構成画像を示す。

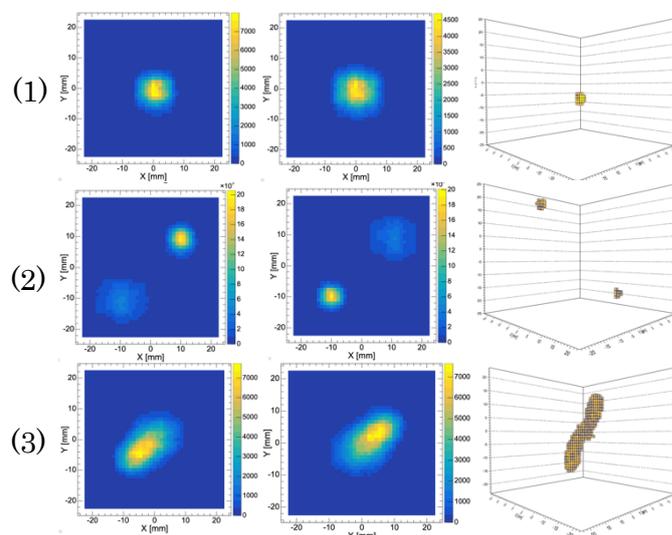


図2 各検出器での取得画像と三次元再構成

(1) 単一線源実験の結果、再構成像の重心位置は実際の配置に応じて Z 方向に推移し、その推定誤差は平均でも約 2.3mm であった。(2) 2 線源実験においては、近接した配置であっても 2 つの独立した線源として分離することに成功した。(3) 棒状線源においては、連続した線状構造として可視化され、重心位置 (誤差 0.9 mm) および走行方向を概ね特定可能であった。なお、Z 方向の分解能劣化に伴う像の伸長により、傾き角度は真値よりも過大評価される傾向が確認された。

## 【今後の展望】

今後は、対向配置特有の課題である Z 方向の像伸長の抑制に向けたアルゴリズム改良に加え、より複雑な線源形状に対する再構成精度の検証、および臨床応用を見据えた生体内での散乱・減弱補正の実装について検討を進める。