

# 修士論文概要書

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 01 / 07 / 2015

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	藤田 卓也	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	5313A074 - 9		
研究題目 Title	3次元シンチレータとMPPCを用いた高解像度DOI-PET装置の開発				

## 1. 研究背景

Positron Emission Tomography (PET)は、 $\beta^+$ 崩壊により放出される陽電子が電子と対消滅を起こす際に発生する対消滅ガンマ線を、円筒状のガンマ線検出器により同時計数し、画像再構成することで放射性核種の空間分布を可視化する手法である。用いる放射性薬剤に応じて細胞の糖代謝などの生理学的情報が得られ、癌の早期発見等に有力な手法として臨床の現場で用いられている。対消滅ガンマ線は511keVのエネルギーをもち、物質中の透過性が高く、検出感度を高めるために数cm程度の厚く、密度の高いシンチレーション検出器が用いられてきた。しかしながら、検出器内のガンマ線の反応位置深さ(Depth of Interaction, DOI)の不定性が視野端における空間分解能の悪化、画像歪みを招くため、検出感度と空間分解能の両立は困難である。近年ではシンチレータの減衰時定数の違いによる波形弁別や反射材の工夫などによりDOIを同定する手法の研究が進められているが、製作面での困難やコストなど課題が多い[1, 2]。

当研究室では、3次元に組み上げたシンチレータブロックの上下二面にMulti-Pixel Photon Counter (MPPC)を配置してシンチレーション光を検出し、重心演算からガンマ線と相互作用したピクセルを同定する3次元シンチレータ式DOIガンマ線検出器の研究を行ってきた[3]。MPPCは、非常に高いゲイン( $\sim 10^6$ )を持ち、薄い半導体検出器であることから、ノイズに強くコンパクトなDOIガンマ線検出器を構成することが可能であり、DOI情報を利用した高分解能なPET装置への応用が期待できる。本研究では、3次元シンチレータ式DOIガンマ線検出器の性能評価とDOIガンマ線検出器の読み出しに対応したコインシデンス測定装置の開発及び、それを応用したDOI-PET装置の開発・性能評価を行った。

## 2. 結果

### 2.1 DOIガンマ線検出器の性能評価

最初に3次元シンチレータブロックとMPPCからなるDOIガンマ線検出器の各ピクセル分離性能及びエネルギー分解能の評価を温度20°Cにおいて行った。シンチレータ部は $1 \times 1 \times 3 \text{mm}^3$ のCe:GAGGを $9 \times 9 \times 7$ ピクセルのブロックとして組み上げ、MPPCアレイを両面に配置した。

図2.1に示すように、 $^{22}\text{Na}$ の511keVガンマ線に対して各ピクセルが明確に分離可能であり、X, Y, Zいずれの方向に対しても平均のPeak to Valley比(PTV比)が8を超える優れた分離性能が得られた。また、エネルギー分解能においても511keVにおいて10.6%(FWHM)と優れた性能を示した。

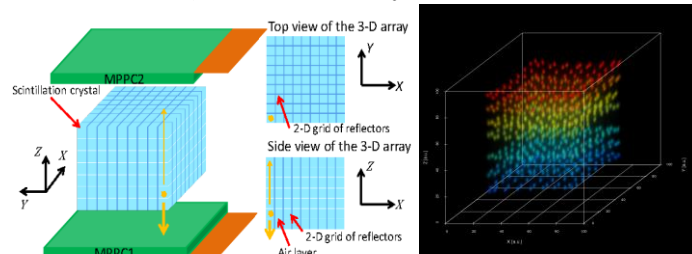


図 2.1 3次元シンチレータ式DOI検出器概念図(左)とガンマ線反応位置の再構成結果(右)

### 2.2 二検出器による模擬18chユニットDOI-PET装置の評価

一対のDOIガンマ線検出器を用いて18chユニット内径84mmのDOI-PET装置を再現し、視野中心から7mm間隔に空間分解能の評価を行った。実験においては、 $^{22}\text{Na}$ 点線源(直径0.25mm, 0.36MBq)を移動・回転ステージにより制御し、幾何学的に対消滅ガンマ線を同時検出可能な検出器配置について測定を行い、18chユニットのDOI-PET装置を再現した。測定においては、温度変化によるゲインの変化を補償するためMPPCアレイ内蔵の温度センサを用いて印加電圧の制御を行った。

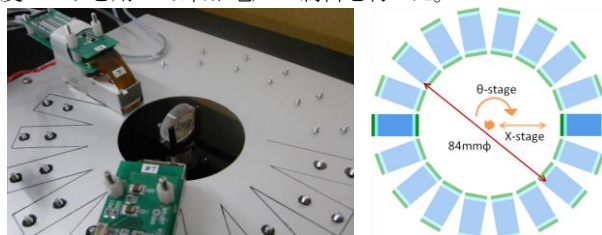


図 2.2 模擬18ch DOI-PET装置

視野中心からの各線源距離における空間分解能の結果を図2.3に示す。DOI情報が得られない場合は、視野中心で1.0mm(FWHM)から28mm地点で7.8mm(FWHM)まで大幅に空間分解能が低下しているが、DOI情報を用いることで、視野中心で0.92mm(FWHM)、28mm地点で1.5mm(FWHM)まで改善された。このことから、DOI情報を用いて視野端における空間分解能を劇的に改善可能なことが立証された。また、Geant4シミュレーションにおいて複雑な線源ファントムの撮像が可能であることも確認している。

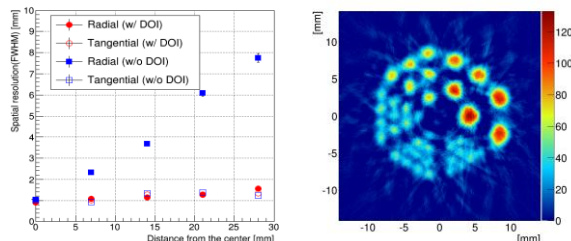


図 2.3 空間分解能の変化(左)とファントム撮像(シミュレーション)

## 3. まとめ

本研究では、3次元シンチレータ式DOIガンマ線検出器の評価とそれを応用したDOI-PET装置の開発・評価を行った。実験結果から、21mmの厚みの検出器でありながら、視野端においても1.5mm(FWHM)の優れた空間分解能を示し、検出器数をそろえることで高感度かつ高分解能なPET装置の実現性が示された。

### 参考文献

- [1] M. Schemand et al, *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 46 (1999) 985.
- [2] N. Inadama et al, *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 53 (2006) 2523.
- [3] A. Kishimoto et al, *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 55 (2013) 38.

### 研究業績

- (1) [講演] 藤田卓也 他, 「次世代PET技術の融合に向けた開発の現状(I)」, 日本物理学会2014年秋季大会, 21pSH-8
- (2) [論文] T. Fujita et al, "Development of prototype PET scanner using dual-sided readout DOI-PET modules," 2014 *JINST* 9 P12015.