

審査の結果の要旨

氏名 チョガディ モハンマド アミン

PET(Positron Emission Tomography)は、陽電子を放出する放射性薬剤を用いて、体内の動態を観察する手法であるが、比較的高いエネルギーを有するガンマ線を計測するために大きな結晶からなる検出器を用いなくてはならず、空間分解能に制約があった。本研究は、PET の高分解能化を目指して、デジタル方式の読み出し手法を導入し、検出器の深さ方向の情報である DOI(Depth of Interaction)を高精度に得るための工夫を施すとともに、陽電子以外の 2 光子放出核種にも適用可能なコリメータを用いた高分解能化についても合わせて検討を行ったものである。第 1 章は序論であり、PET の現状について整理し、PET システムにおける課題と高分解能システム実現における技術的な方向性として、本研究で用いられた時間幅信号処理法である Time-over-Threshold (ToT)法の有用性について述べられ、研究目的として、ToT 法を用いた高分解能のデジタル方式の PET システムを構築することであると述べている。第 2 章は、PET を実現するうえで重要な放射線の特性についてまとめたものであり、 β^+ 崩壊により生成した、陽電子が消滅する際に生じる高エネルギー光子と物質の相互作用について示している。第 3 章は医用イメージングにおけるガンマ線を利用した検出法について示したものであり、ガンマカメラ、SPECT(Single Photon Emission Tomography)、PET、DPECT(Double Photon Emission Computed Tomography)の 4 つの手法について詳細を示している。第 4 章は、ガンマ線を利用したイメージングに用いるためのシステムの個々の構成要素について示した後、本研究で用いる計測システムの各要素について詳細に述べたものである。第 5 章は本研究で構築する PET システム設計の詳細を示しており、シンチレータとして Ce:GAGG、光検出器として SiPM、DOI の取得にはシンチレータの両面に SiPM を配置して信号を読み出し、両端から得られる信号から、ガンマ線の検出位置の情報を得ることができることを示している。第 6 章は 1.98 mm ピクセルの PET システムを構築に取り組み、実際に各 144 チャンネルの信号読み出しを独立に行うモジュールを 8 個並列に用いて、システムを実現し、 ^{22}Na 線源を用いた計測実験を行った結果、1 mm 程度の位置分解能が得られたと述べて

いる。第 7 章は、ピクセルサイズ 1.36 mm の PET システムの構築に向けた DOI 情報の取得について詳細に述べている。細長いシンチレータ結晶の両端から信号を読み出し、それらから位置情報を求めることで DOI 情報を得ているが、この際、結晶の側面の表面状態が重要であることを述べ、複数の異なる結晶を用いた実験的な評価を行うこととしている。次に、通常のコリメータを用いて結晶にビームを照射するのでは、効率が低すぎて計測ができないため、小型の ^{22}Na 線源を結晶の近傍に配置し、遠方においた検出器と同時計数を行うことで、細いガンマ線ビームを用いたのと同様の試験ができることを示し、異なる表面処理からなる結晶を用いた場合に得られる DOI 情報について詳細な比較検討を行っている。この結果、1.2 mm×1.2 mm×20 mm の GAGG 結晶を用いて、世界でも最高の 1.2 mm の深さ方向の位置情報を得ることに成功している。第 8 章は、コリメータを用いた 2 光子放出核種の新規イメージング法について示しており、従来の SPECT を超える位置分解能が得られる可能性を示している。第 9 章は結論であり、本研究により、1.2 mm の DOI 位置分解能が得られており、斜入射の問題を完全に解決する高分解能 PET が実現可能であるとまとめている。このように本研究は医用イメージングにおいて有用な高分解能 PET の実現に筋道をつけたものであり、バイオエンジニアリングの発展に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。