



Title	新しいパルス波形解析を利用した多層シンチレータ弁別による高分解能PET装置の検討 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	小川原, 亮
Description	配架番号 : 2287
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第12546号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65978
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ryo_Ogawara_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医 学） 氏 名 小川原 亮

審査担当者	主査	教授	清水	伸一
	副査	教授	山下	啓子
	副査	教授	白土	博樹
	副査	教授	近藤	亨

学 位 論 文 題 名

新しいパルス波形解析を利用した多層シンチレータ弁別による高分解能 PET 装置の検討
(Feasibility study on a high performance PET device using multi-layer scintillation detector with novel pulse shape discrimination method)

本論文は3章構成であり、第1章では $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ シンチレータにおける α 線と γ 線の信号波形の僅かな差を高精度で検出可能な新しいパルス波形解析技術の研究開発について論じている。開発した方法は信号波形のピーク値と積分値の比を利用してパルス波形弁別を行う方法である。第1章で開発したパルス波形解析方法は $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ シンチレータに限定した方法ではなく、信号波形の差を利用した多くの検出器に応用可能である。第2章では開発したパルス波形解析技術を利用した多層シンチレータによる Depth-of-interaction (DOI) 検出器の研究開発について論じている。近年 DOI 検出器は小型 PET 装置における画質向上に利用されており、本研究では4層 DOI 検出器を開発し各層のシンチレータを97%以上の精度で弁別可能であることを実験的に示した。第3章では4層 DOI 検出器を利用した積層型テーパ状 PET 装置の実現可能性について論じている。積層型テーパ状 PET 装置の性能をシミュレーションによって評価し、従来型 PET 装置に比べ約1.4倍の検出効率と約2倍の感度分布均一性を示した。本研究では開発した新しい放射線計測技術の広い応用性に着目し、新しい検出器の開発や、新しい装置の実現可能性を示した。

審査にあたり、まず副査の山下教授からテーパ状 PET 装置の性能評価において点線源を利用しているが実際の放射性薬剤の体内集積分布を使用しなくても良いのかと質問があり、申請者は今回の検討は基礎的な性能評価が目的であるため点線源を使用した。今後の展望として臨床データを使用した評価も行い、十分な画質の再構成画像を取得するために必要な時間や、バックグラウンドによる影響なども調べていきたいと回答した。副査の近藤教授から積層型テーパ状 PET 装置においてシミュレーションでは検出効率が向上していたが、実証機を開発した場合にどの程度の精度向上が期待できるのかと質問があり、申請者は検出効率が向上したことにより従来の PET 装置と同様の測定時間でより高い統計数が取得可能となるため、よりノイズの低減した再構成画像が取得可能になると回答した。副査の白土教授から今回はシミュレーションでの評価だが、テーパ状 PET 装置の実機開発は困難かと質問があり、申請者は今のデザインのままでは十分に高い空間分解能を示すことができているので、現行のデザインで実機を開発する前段階として、まずは高い空

間分解能を実現する小さいシンチレータによる 4 層 DOI 検出器の実現可能性を示し、改めてシミュレーションと実機開発を行う必要があると回答した。また従来型 PET 装置はテーパ状 PET 装置に比べ検出器の設置が不可能なデッドスペースが多く存在するため、そのデッドスペースに対向した検出器は同時計数に寄与できず、設置しているにも関わらず測定に関与できていないとあるが、それは臨床的にも問題があるのかという質問があり、申請者は診断用 PET 装置では検出器の数が多く、視野も大きいためデッドスペースの影響は小さい可能性があるが、小動物を対象とする小型 PET 装置などでは検出器の数が少なく視野が小さいため、検出効率の低下という問題が生じる可能性があるという回答した。最後に主査の清水教授から今まで積層型テーパ状 PET 装置が提唱されていなかったのはなぜかと質問があり、4 層 DOI 検出器かつテーパ状のデザインが可能な DOI 情報の取得方法が開発されていなかったことなどが大きな原因理由であると回答した。また第 1 章で開発したパルス波形解析方法は信号波形の積分値を使用しており、その積分値を取得するための時間は装置のデッドタイムとなると考えられるがそのデッドタイムはどれくらいになるのかと質問があり、申請者は現在事後解析を行っているためデッドタイムの評価は行えていないが、計算コストは信号波形のサンプリングレートに依存するため、実装に使用する回路によってデッドタイムが変化すると考えられるので、今後開発した方法を回路実装した場合デッドタイムの評価は必要不可欠であると回答した。

この論文は、非常に興味深い研究であり学位論文としても十分なレベルに達し、放射線計測分野における著名な英文誌 **Review of Scientific Instruments** に掲載され放射線計測技術における新たな分野の開拓に貢献するものと期待される。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。