

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	健診に利用可能な小口径全身PET装置の開発可能性に関する研究
Title(English)	Research on Feasibility of Small Diameter Entire-Body PET for a Physical Examination
著者(和文)	イスメットイスナイに
Author(English)	Ismet Isnaini
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9597号, 授与年月日:2014年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小尾 高史,大山 永昭,長橋 宏,熊澤 逸夫,山口 雅浩,山谷 泰賀
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9597号, Conferred date:2014/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	ISMET ISNAINI	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	小尾 高史	准教授	山口 雅浩	教授
	審査員	大山 永昭	教授	山谷 泰賀	放医研・チーム リーダー
		長橋 宏	教授		
熊澤 逸夫		教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Research on Feasibility of Small Scanner Entire-Body PET for a Physical Examination (健診に利用可能な小口径全身PET装置の開発可能性に関する研究)」と題し、英文7章から構成されている。

第1章「Introduction (序論)」では、医用画像診断装置である陽電子放射型断層撮影 (Positron Emission Tomography, PET) 装置では、X線CT等では得られない生体の代謝機能を画像化することが可能であることから早期がんの発見に有効であり、健康診断に利用することができれば、1度の撮影で全身を低侵襲に精度よく検査可能であると述べている。そして、本論文の目的は、健診に利用可能なPET装置の実現に向け、放射線被ばく量を抑えつつ、高い放射能感度を有する小口径全身PET装置を提案し、その開発可能性と有効性を示すことであると述べている。

第2章「Background (背景)」では、現在、いくつかの組織において全身PET装置の開発が検討されており、全身を検出器で覆うことによる放射能検出感度の向上や検査時間の短縮化等が期待されているが、装置費用の半分程度を占める放射線検出用シンチレータ結晶の増加に伴う製造コストの増大や、体軸方向の視野が拡大することにより検出器に対して放射線が斜めに入射する際に生じる位置情報の劣化 (Parallax error) が大きくなるなどの課題があり、これらの解決なしに全身PET装置の開発は困難であると指摘している。また、健康診断におけるPET検査導入の採算性を確保するためには、PET装置の製造コストを下げると同時に、1被検者あたりの検査時間を5分程度に抑える必要があることを示すとともに、被検者に対する放射線被ばくの影響を可能な限り抑えることが必要であると述べている。

第3章「Evaluation Methods (評価方法)」では、PET装置の評価に用いられている指標の説明と本論文で用いるPET装置シミュレーションの方法を述べている。PET装置の性能を評価する指標としては、単位放射能あたりの検出された計数率で定義される感度 (Sensitivity) と、真の同時係数の2乗を検出された同時係数で除算した雑音等価計数率 (Noise Equivalent Count Rate, NECR) が重要であることを述べ、被検者への放射性薬剤の投与を抑えるには、低い放射能濃度においてNECRがピーク値をとることが必要であると述べている。また、2章で指摘したParallax errorを抑えるために、提案する全身PET装置では、深さ位置検出型 (Depth of Interaction, DOI) 検出器を利用するとし、素粒子反応モンテカルロシミュレータを利用した医療向けアプリケーションであるGATE (Geant4 Application for Tomographic Emission) を利用して、PET装置の幾何学的構造、検出器特性、信号処理系をシミュレートするとともに、ここで利用する各種特性値に従来のPET開発において実験的に得られている値を用いることで、実機に近い装置特性の評価が可能であると述べている。

第4章「Monte Carlo Simulation for Entire-body PET (全身PET装置のモンテカルロシミュレーション)」では、80cmと60cmの口径を持つ4層DOI検出器を用いた全身PET装置を提案し、モンテカルロシミュレーションによりその特性を明らかにしている。そして、提案する60cm口径の全身PET装置では、従来型のPET装置と比較して、Sensitivityが80倍、NECRのピーク値が15倍となること、また、放射能濃度が125MBqの時にNECRがピーク値をとることを明らかにしている。

第5章「Evaluation of Entire-Body PET with Several Ring Diameters (異なるリング系を持つ全身PET装置の評価)」では、異なる口径の全身PET装置を評価するとともに、小口径全身PET装置で生じる計数損失を低減させる手法を提案している。まず4種類の口径の全身PET装置を仮定したシミュレーションを行い、口径を小さくすることでSensitivityは上昇するが、単位時間あたりに検出器に入射する $\gamma$ 線数が増加するため、検出器の不感時間の影響を受けて計数損失が増大し、NECRのピーク値が低下することを明らかにしている。そして、検出器を部分的にグループ化して独立に信号を読みだすことで計数損失を低減させ、NECRピーク値の改善が可能であることを示している。

第6章「Pros and Cons on Entire-Body PET for Physical Examination (健診用全身PET装置の長所と短所)」では、本論文で提案したPET装置を健診に利用する際の長所と短所について述べている。まず、小口径全身PET装置では、従来のPET装置と比較して高いSensitivityを実現することから、従来30分程度要していた検査時間を1分程度まで短縮することが可能であり、目標としていた1被検者あたり5分の検査時間を実現することが可能であることを示している。また、小口径にすることで、健診者などへの心理的負担が生じることも予想されるが、検査時間の短縮はその負担低減にもつながると述べている。次に、現在のPET検査では、体重70kgの成人に対して260MBqのF18-フロデオキシグルコースの投与が必要となるが、提案装置での投与量は125MBqと半分以下となるため、被ばく量は2.38mSvと大幅に削減されることを示している。最後に、口径を60cmにすることで、一般的な口径である80cm口径の全身PET装置と比べ、使用するシンチレータ結晶の量を24%抑えることができるが、

一般的な PET 装置との比較では依然として 8 倍程度の結晶が必要となることを示し、現在、放射線医学総合研究所で開発が進められている検出器リング間にオープンスペースを有する PET 装置構成を利用して更なるコスト削減を図る必要があると述べている。

第 7 章「Conclusions (結論)」では、本研究を総括し、得られた成果および今後の展開について記述している。以上を要するに、本論文は、健診に利用可能な PET 装置の実現に向けた小口径全身 PET 装置を提案するとともに、総合的な視点から開発可能性を検証し、健診時利用における有効性を明らかにしたものであり、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって本論文は、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認められる。