

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on an Imaging System for Online Dosimetry in Boron Neutron Capture Therapy
著者(和文)	Brian Hales
Author(English)	Brian Hales
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9684号, 授与年月日:2014年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:井頭 政之,千葉 敏,小栗 慶之,小原 徹,林崎 規託
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9684号, Conferred date:2014/12/31, 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

## 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	Hales Brian Patrick	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	井頭 政之	教授	林崎 規託	准教授
	審査員	千葉 敏	教授		
		小栗 慶之	教授		
		小原 徹	教授		

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Study on an Imaging System for Online Dosimetry in Boron Neutron Capture Therapy (ホウ素中性子捕捉療法のためのオンライン線量評価用イメージングシステムの研究)”と題し、以下の8章から構成されている。

第1章“INTRODUCTION”では、腫瘍の放射線治療法の1つであるホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) について概説し、治療中の腫瘍部及び正常組織部のオンライン線量評価が非常に重要であるが、その手法が未だ確立されていないと述べている。そして、BNCT における  $^{10}\text{B}(n,\alpha\gamma)^7\text{Li}$  反応で発生する 478keV ガンマ線を測定することによるオンライン線量評価 (PG-SPECT) に関する既往研究を概説し、既往研究の結果からは PG-SPECT の実現可能性の判断ができないことを指摘している。そこで本研究の目的は、 $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$  反応加速器中性子源を用いた PG-SPECT の実現可能性を明らかにすることであると述べている。

第2章“DESIGN”では、実際の治療に使用するシステムとして、9個のユニットから構成され、各ユニットは  $4 \times 4\text{mm}^2$  の19個のアパーチャーと19個のガンマ線検出器から構成されるシステムを採用し、その構成材料及び寸法を与えている。実験に用いる模擬システムとしては、1ユニットに相当する部分を採用し、アパーチャーは19個であるがガンマ線検出器は1個とし、模擬システムの構成材料及び寸法を与えている。ガンマ線検出器としては  $10 \times 10 \times 10\text{mm}^3$  の  $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$  (CZT) 検出器を採用し、また、 $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  (BGO) コンプトン抑止検出器を初めて採用している。そして、実験に用いる  $\phi 180 \times 200\text{mm}$  の頭部ファントムの構成材料及び寸法を与えている。ファントムには腫瘍を模擬した  $\phi 30 \times 5\text{mm}$  のホウ酸入りポリエチレン領域が2箇所設けられている。

第3章“EXPERIMENT”では、実験方法、本学原子炉工学研究所ペレトロン加速器を用いた  $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$  反応中性子源、実験配置、 $^6\text{Li}$  ガラス中性子検出器及びデータ収集装置について述べている。478keV ガンマ線測定は、ファントムの設置角度  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  に対して、ガンマ線検出器を19個の各アパーチャー後方に移動させて、合計76回行っている。各測定時間は1時間で、この間の中性子発生量は中性子検出器でモニターしている。

第4章“EXPERIMENTAL DATA ANALYSIS”では、データ解析概要、ガンマ線エネルギー較正、ガンマ線検出器不感時間補正、中性子計数値による各測定の規格化、478keV ガンマ線計数の導出方法について述べている。測定された波高スペクトルでは、CZT 検出器のエネルギー分解能が良いため、目的とする 478keV ガンマ線とバックグラウンドの 511keV 消滅ガンマ線が完全に分離されて観測されている。しかし、CZT 検出器中で起こった  $^{113}\text{Cd}(n,\gamma)$  反応によるガンマ線がバックグラウンドとして観測され、このバックグラウンドの差し引きが重要であるため、差し引き方法について詳細に検討している。そして、ファントムの各設置角度に対して、19のスリット位置における 478keV ガンマ線計数を導出している。

第5章“MONTE CARLO SIMULATIONS”では、478keV ガンマ線計数のファントム角度とアパーチャー位置に対する分布からファントム中の 478keV ガンマ線発生強度 2次元イメージに変換する“C matrix”の計算方法を述べた後、モンテカルロ・シミュレーション (MCS) によって C matrix を実際に求めている。また、前述の実験をモデル化し、MCS によって実験で得られるべきファントムの各設置角度に対する19のアパーチャー位置における 478keV ガンマ線計数を導出している。そして、実験結果と MCS 結果を比較検討し、測定においてはアパーチャーを設けている鉛ブロックのミスアライメントが発生していることを明らかにし、これを考慮した MCS 結果と測定結果の比較検討を行い、一致しない部分の原因を考察している。

第6章“ANALYSIS”では、MCS 結果と測定結果の比較検討を更に進め、測定値の 478keV ガンマ線計数を発生中性子1個当たりに規格化している。そして、最終的に得られた 478keV ガンマ線計数実験結果に対して C matrix を用いてイメージングを行い、50mm 離れた2箇所のホウ酸入りポリエチレン領域が分離されたイメージを導出している。さらに、実験結果を上記の実際の治療に使用するシステムの条件に合致するよう計算により外挿し、計数の統計変動も考慮し、実験と同じ形状・配置の2箇所の腫瘍が分離されたイメージを導出している。

第7章“DISCUSSION”では、治療に使用するシステムに対して得られたイメージの誤差について詳細に検討し、線量誤差 10%、位置分解能 10mm であることを明らかにし、PG-SPECT は実現可能であることを示している。

第8章“CONCLUSION”では、本論文の結論をまとめている。

これを要するに、本論文は  $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$  反応加速器中性子源を用いたホウ素中性子捕捉療法におけるオンライン線量評価システムを具体的に提案し、模擬システムを用いた実験と計算によって、その実現性を明らかにしたものであり、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。