

氏名(本籍)	藤 淵 俊 王 (広島県)			
学位の種類	博 士 (医 学)			
学位記番号	博 甲 第 6235 号			
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 23 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
審査研究科	人間総合科学研究科			
学位論文題目	陽子線治療における 2 次中性子分布の評価法に関する研究			
主 査	筑波大学教授	医学博士	松 村	明
副 査	筑波大学准教授	博士(医学)	奥 村	敏 之
副 査	筑波大学講師	博士(医学)	三 好	浩 稔
副 査	筑波大学講師	博士(医学)	盛 武	敬

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

### (目的)

本研究の目的は、陽子線治療において発がんやペースメーカーのソフトエラーのリスク要因である患者の 2 次中性子分布の評価法を確立することである。その手段として、熱中性子分布の測定可能な小型の高感度熱中性子検出器を開発し、陽子線治療場における中性子分布のモンテカルロ計算結果による分析や実測値との比較を行うことで、評価方法の妥当性を検討した。

### (対象と方法)

陽子線治療場で測定可能な中性子検出器の開発に当たり、熱中性子に対し高感度であるイメージングプレートに着目し、中性子成分だけを弁別できるような IP 中性子検出器を作成した。精度を確認したうえで、陽子線治療装置を使用し、患者を模擬した水ファントムに対して中性子検出器を配置し、熱中性子の評価を行った。また同じジオメトリをモンテカルロ計算で再現し、実測値と計算値の比較ならびに陽子線治療場での中性子のスペクトルや線量について解析を行った。

### (結果)

IP 中性子検出器は 5.7%の変動係数で  $3.7 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$  からの熱中性子を測定できることが確認できた。方向依存性については 20%の誤差という結果になった。陽子線治療場においてファントム表面の熱中性子分布を評価したところ、IP 検出器は、金箔、モンテカルロ計算と同様の評価結果を示し、測定の精度が担保されていることが示された。モンテカルロ計算によるファントム中の中性子スペクトルの評価結果から、ファントム自体によって速中性子が熱化され、全中性子フルエンスのなかで熱中性子の割合が 30%程度を占めることが確認された。中性子検出の観点から、熱中性子に感度の高い検出器を使うことが中性子線量測定に有効であることが示された。

### (考察)

今回の体系において、同様の調査を行った他文献とほぼ同様の傾向を示した。本研究により陽子線治療現場で使用可能な高感度熱中性子検出器が開発されたが、本検出器は速中性子に感度を持っていない。中性子線量を実測だけで評価するには速中性子を検出する必要があるが、陽子線治療の場を乱さないで測定するに

は速中性子を減速させるラジエータを使用するなど考えられるが、方向特性の考慮など一層の検討を要する。今回は IP のシステムを基に検出器を開発したが、放射線治療中の線量モニタリングにより有効ものとしては、リアルタイムでの熱中性子モニタリングシステムとして中性子増感剤をシンチレータに塗布し、光ファイバによってシンチレーション光を検出するシステムが開発されている。このシステムを陽子線治療場で使用するには、中性子に対してより高感度な検出部を考案する必要がある。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究では陽子線治療の際に2次的に出てくる中性子線のモニターについて医学物理的な観点からのモニターデバイスの研究開発、ファントムにおける実測値の検討等、医学的に有用な新知見をもたらした優れた研究である。今後の臨床応用に向けたさらなる研究成果が期待される。

平成 24 年 1 月 12 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士（医学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。