

氏名	谷 謙甫
所属	人間健康科学研究科 人間健康科学専攻
学位の種類	博士 (放射線学)
学位記番号	健博 第 157 号
学位授与の日付	平成 30 年 9 月 30 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	多次元検出器による強度変調放射線治療の吸収線量分布検証に関する研究
論文審査委員	主査 教授 齋藤 秀敏 委員 教授 藤崎 達也(茨城県立医療大学) 委員 准教授 明上山 温

【論文の内容の要旨】

強度変調放射線治療 (Intensity modulated radiation therapy; IMRT) は、標的へ、その形状に一致した高線量分布を投与すると同時に、近接するリスク臓器への線量を低減することが可能な効果的な照射方法である。最終的に患者に投与される IMRT 線量分布の品質を保証するためには、リニアック、治療計画装置、臨床において、それぞれ線量分布の確かさを保証する必要がある。IMRT 線量検証の目的は、リニアックの投与線量分布および治療計画装置の計算線量分布の確かさを検証することである。しかし、そのリニアックおよび治療計画装置、双方の線量分布の確かさを検証するための IMRT 線量検証システムもまた不確かさを有している。そのため、最終的に患者に投与される IMRT 線量分布の品質を保証するためには、まず IMRT 線量検証システムの確かさを保証することが重要である。

IMRT 線量検証システムに求められる要件は、1) 吸収線量評価が可能であること、2) 関心領域における累積線量分布評価が可能であること、さらに 3) 3 次元での線量分布評価が可能であることである。すなわち 3 次元吸収線量分布検証である。一般的な線量検証方法である電離箱線量計による評価点吸収線量検証およびフィルムによる相対線量分布検証では、これらの要件を満たすことは難しい。そのため、3 次元吸収線量分布検証を実現するためには、関心領域における累積線量分布評価が可能な多次元検出器を用いることが現在、最も可能性が高いと考えられる。しかし、その多次元検出器を用いて確かな 3 次元吸収線量分布検証を実現するためには 2 つの問題点がある。本論文では、関心領域における累積線量分布評価が可能な多次元検出器である Delta4 (ScandiDos, Inc., Ashland, VA) に注目

して、その2つの問題点に対して、吸収線量分布検証に関する研究を行った。

1つ目の問題点は、検出器のクロスキャリブレーションにおいて、固体ファントム中の水吸収線量の評価が不確かであるため、多次元検出器の測定線量分布が不確かであることである。そのため、Delta4 検出器の校正線量の確かさについて研究を行った。通常、Delta4 のクロスキャリブレーションでは、固体ファントム中に挿入した電離箱線量計の表示値を、水ファントム中の水吸収線量の標準計測プロトコルと同様に、線量評価を行う。しかし、このフォーマリズムにより得られた吸収線量が確かな固体ファントム中の水吸収線量であるかどうかは明らかになっていない。そのため、本研究では、我々が測定可能な吸収線量は水ファントム中の水吸収線量のみであるとし、電離箱線量計を用いて測定した水ファントム中の水吸収線量から、理論計算により固体ファントム中の水吸収線量を求めた。その理論計算により求めた固体ファントム中の水吸収線量と、固体ファントム中の電離箱線量計の表示値に対して水吸収線量計測プロトコルに従い評価した測定線量を比較した。本比較により Delta4 のクロスキャリブレーションにおける水吸収線量評価の確かさを明らかにし、Delta4 の測定線量分布の確かさを明らかにした。

2つ目の問題点は、ファントム材質に対する最適な密度スケーリング係数が明らかになっていないため、ファントム中の計算線量分布が不確かであることである。そのため、Delta4 ファントムの密度スケーリング係数について研究を行った。Delta4 に関する先行研究は多く、IMRT Patient-Specific QA における臨床使用、IMRT のコミッショニング、または線量計算アルゴリズムの比較など、Delta4 は様々な線量検証に使用されている。しかし、これまでに Delta4 ファントムの最適な密度スケーリング係数が明らかになっていないため、それらの先行研究では同一システムを使用しているにもかかわらず、密度スケーリング係数の違いにより、約2%の線量差が生じている。そのため、本研究では、測定および計算の相対深部線量の比較から密度スケーリング係数を求める方法を提案し、本研究の密度スケーリング係数 DSF を求めた。さらに公称物理密度、公称相対電子密度、 DSF をそれぞれ密度スケーリング係数に採用し、線量検証を行い、Delta4 ファントムの最適な密度スケーリング係数を明らかにした。

本研究結果により、Delta4 の測定線量分布および Delta4 ファントム中の計算線量分布の確かさが保証されたため、Delta4 による IMRT の3次元吸収線量分布検証が可能になった。今後、本研究結果が、各施設の Delta4 による IMRT 線量検証のためのリファレンスの1つとなり、最終的には各患者に投与される IMRT 線量分布の品質の向上に寄与することを期待する。