

Title	Development of a dose verification system for Vero4DRT using Monte Carlo method(Abstract_要旨)
Author(s)	Ishihara, Yoshitomo
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2015-03-23
URL	http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k18877
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

京都大学	博士 (医学)	氏名	石原 佳知
論文題目	Development of a dose verification system for Vero4DRT using Monte Carlo method (モンテカルロ法を用いた Vero4DRT に対する線量検証システムの開発)		
(論文内容の要旨)			
<p>京都大学大学院医学研究科放射線腫瘍学・画像応用治療学では、小型 C-band 加速器、及び新型マルチリーフコリメータを搭載した四次元画像誘導放射線治療装置を産学連携にて開発してきた。この放射線治療装置はジンバル機構を用いた照射位置調整機能により、呼吸性移動を伴う腫瘍に対して線量を集中させ、正常組織への線量を抑制する動体追尾照射が可能であり、その臨床応用を 2011 年に実現した。</p> <p>本研究では動体追尾照射法の臨床応用に向け、この放射線治療装置による高精度な線量検証を可能とする、モンテカルロ法を利用した線量シミュレーションシステムの開発、及び精度検証を行った。</p> <p>まず最初に、小型 C-band 加速器モデルの構築を汎用モンテカルロコードである EGSnrc を用いて行った。モデル構築には加速器設計情報をもとに幾何学的構造の再現が必須であるが、電子銃より発生するターゲット入射電子の平均エネルギー、及び角度分布は加速器構造上、直接測定することができない問題があった。そのため、水ファントムを用いて 2 パターンの深部線量百分率、及び 6 パターンの軸外線量比の実測し、その値とシミュレーション結果を照合し、高精度で実測値と合致するパラメータを算出した。</p> <p>入射電子の平均エネルギーを 6.7 MeV、角度分布の半値幅を 1.0 mm と設定することにより、深部線量百分率において 1.0%以内、軸外線量比において 1.3%以内の精度で実測と合致するモデルを構築した。</p> <p>続いて、新型マルチリーフコリメータモデルをプログラム上で構築し、加速器モデルより算出された線源データを用いてマルチリーフコリメータの静的、及び動的モデルの検証を行った。</p> <p>静的モデルにおいてはリーフ間漏洩線量分布、及びタンダグアンドグループ線量分布に関する検証を行った。リーフ間隙を 0.015 cm、マルチリーフコリメータ密度を 18.0 g/cm³ とすることにより実測と計算結果が 2.5%以内で合致するモデルを構築した。さらに、この結果をもとに、マルチリーフコリメータにより形成された矩形照射野において 3 パターンの深部線量百分率、及び 4 パターンの軸外線量比を用いて実測と計算結果を比較し 1.6%以内のモデル精度であることを検証した。</p> <p>動的モデルにおいては、シミュレーション中にマルチリーフコリメータ位置を仮想的に移動させることによりピラミッドパターン、及び実臨床強度変調パターンを再現した。この手法により、ピラミッドパターンにおいては 2.5%、実臨床強度変調パターンにおいては 3.3%以内の精度で実測と合致するモデルを構築した。</p> <p>以上の検証結果より、開発した線量検証システムは様々な条件において高精度で実測の条件を再現可能であることを示した。</p>			

<p>これらの成果に基づき、この線量検証システムは、開発した動体追尾照射のシミュレーションに有用であると判断され、in-house のシミュレーションシステムとして臨床、研究に活用されている。</p> <p>(論文審査の結果の要旨)</p> <p>本研究は、新規に開発された四次元画像誘導放射線治療装置に対応した、高精度な線量検証を可能とする線量シミュレーションシステムの開発、及び、その精度検証を行ったものである。</p> <p>(1) 小型 C-band 加速器モデルの構築と検証: 電子銃より発生する入射電子の平均エネルギーを 6.7 MeV、角度分布の半値幅を 1.0 mm とする線源モデルを導入することにより加速器のモデル構築を行った。水ファントムを用いた線量精度検証により深部線量百分率において 1.0%以内、軸外線量比において 1.3%以内の精度で実測と合致することを明らかにした。</p> <p>(2) 新型マルチリーフコリメータモデルの構築と検証: 新型マルチリーフコリメータモデルをプログラム上で構築し、加速器モデルより算出された線源データを用いてマルチリーフコリメータの静的、及び動的モデルの線量精度検証を行った。静的モデルにおいては実測と計算結果が 2.5%以内で実測と合致することを明らかにした。さらに、動的モデルにおいては、計算中にマルチリーフコリメータ位置を仮想的に移動させることによりピラミッドパターン、及び実臨床強度変調パターンを再現した。この手法により、ピラミッドパターンにおいては 2.5%、実臨床強度変調パターンにおいては 3.3%以内の精度で実測と合致することを明らかにした。</p> <p>以上の研究は、四次元画像誘導放射線治療の臨床応用に必要な線量計算システム開発に関する重要な研究であり、放射線治療の高精度化に寄与するところが大きい。したがって、本論文は博士 (医学) の学位論文として価値あるものと認める。なお、本学位授与申請者は、平成 27 年 2 月 18 日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。</p>
