

高精度放射線治療に対応した 新しい品質保証システムの開発に関する研究

【要約】

氏名： 田中 悠一

【序論】

強度変調放射線治療（IMRT）などの高精度放射線治療は複雑な機器動作を伴うため、患者個々の照射プランに対して事前に検証が必須である。現在、IMRT のプラン検証には電離箱線量計とフィルムや 2 次元検出器を併用した方法が用いられているが、測定位置以外で発生した誤差の検出感度が低いという欠点がある。3 次元線量分布の測定を基に検証が行うことができれば問題が解決するが、そのような検証システムは無い。また、マルチリーフコリメータ（MLC）やガントリ、カウチ等の治療装置の機器動作を線量測定と同時に検出できれば詳細なプラン検証も行えると考えた。

【目的】

本研究の目的は、3 次元線量分布と機器動作の同時測定に基づいた新しい IMRT プラン検証システムの開発である。

【方法】

直径 20 cm、厚さ 15 cm の円柱形プラスチックシンチレータ（PS: BC-408, Saint Goban Ltd.）と、それを取り囲むように配置したアクリルリングとで試作検出器を作成した。アクリルリングの中には直径 4 mm、厚さ 4 mm の円柱形 PS が奥行き方向に位置をずらして内包されている。直径 20 cm の円柱形 PS は X 線照射時の分布を示し、アクリルリングは奥行き方向の照射領域を示す役割を果たす。PS は吸収線量に比例したシンチレーション光を放出する。今回、PS から放出されるシンチレーション光 512×680 pixels、16 bit のグレースケール、8.1 frames/sec の条件において冷却電荷結合素子（CCD）カメラ（BU 51LN、BITLAN Co. Ltd.）で記録した。X 線の照射には TomoHD（Accuray Inc.）を使用した。

はじめに、CCD カメラで得られる収集光量の基礎特性を調べた。続いて、ヘリカルトモセラピーを用いた IMRT の照射中に得られた動画像をフレームごとに解析をし、3 次元光量分布と機器

動作として MLC 動作を測定した。IMRT の照射には前立腺を模擬したプランを使用した。各フレームで得られた画像に対してアクリルリングから得られる照射位置情報を基に分解され、同じ位置同士で再度足し合わせることで 3 次元光量分布に再構成を行った。測定した 3 次元光量分布は放射線治療計画システム (TPS) Tomotherapy Planning Station Ver. 5.1.1 (Accuray Inc.) で計算した線量分布と比較した。MLC 動作はサイノグラムと呼ばれるファイルで定義されている。記録した画像上に各 MLC リーフに対応した関心領域 (ROI) を配置することで、ROI 内の光量の時間変化を測定し、サイノグラムを再構成した。再構成したサイノグラムは TPS から出力したサイノグラムと比較した。

【結果・考察】

収集光量と MLC のリーフ開閉時間 (LOT) は直線関係であった。線量は MLC の LOT に対応するため、収集光量から線量を求めることが可能である。光量分布は Axial、Sagittal、Coronal の 3 断面において TPS の線量分布と同様の形状を示した。計画標的体積の中心における Axial、Sagittal、Coronal の 3 断面でのそれぞれの線量差 (平均値 \pm 標準偏差) は $-1.5 \pm 1.3\%$ 、 $-1.2 \pm 2.4\%$ 、 $-1.4 \pm 2.0\%$ であった。判定基準が 3%/3 mm のガンマ解析のパスレートは 99%、94%、95% だった。今回、線量分布の比較は 30% 等線量曲線以上の範囲で行ったため結果の数値に反映されていないが、大きな誤差はシンチレータ側壁付近で見られた。原因は側壁からの散乱光の影響であると考えられた。開いているリーフを正しく開いていると認識できた割合を感度、閉じているリーフを正しく閉じていると認識した割合を特異度とした時、再構成したサイノグラムの感度と特異度はそれぞれ 96.3%、96.1% であった。LOT 誤差の平均は $-2.2 \pm 10.1\%$ (平均値 \pm 標準偏差) であった。LOT 誤差の標準偏差が大きくなった理由としては、光量から LOT へ変換する際に 1 つの照射野で求めた関係を用いているため、小さな照射野の場合に光量の変化を反映できていない事が考えられた。

【結論】

CCD カメラで収集したシンチレーション光から 3 次元線量分布と MLC 動作を測定することができた。考案したシステムによって、IMRT プランの 3 次元線量分布と MLC 動作を同時に検証することが可能である。