

強度変調回転照射における線量計算にMLCパラメータが与える影響の可視化

新潟大学大学院 保健学研究科 ○沼田 彩美(Numata Ayami)

宇都宮 悟 笹本 龍太

新潟大学医歯学総合病院 放射線治療科 棚邊 哲史

【はじめに】

強度変調放射線治療(IMRT)においては、Multileaf collimator(MLC)を用いて成形されたビームの照射が行われている。このとき用いる放射線治療計画に際して、MLCからの漏洩線量も放射線治療計画装置上で計算される。治療計画装置Eclipse(Varian Medical Systems)におけるMLCに関する漏洩線量を計算するためのパラメータは、transmission factor(TF), dosimetric leaf gap(DLG)の2つである。固定多門IMRT計画を用いた先行研究において、これらのパラメータと計算線量が座標ごとに固有の線量変化率を持つこと、TF入力値変更はビーム外側に、DLG入力値変更はビーム辺縁部に影響が大きいことが確認された。しかし、強度変調回転照射(VMAT)治療計画に対するTF,DLGの影響については、いまだ検討されていない。そこで今回、前立腺VMAT治療計画に対してTF,DLGの入力値が及ぼす影響を可視化することを目的として検討を行った。

【方法】

新潟大学医歯学総合病院にて過去に前立腺固定多門IMRTを行った患者7名の治療計画CT画像に対し、治療計画装置Eclipseを用いて新たにVMAT治療計画を作成した。(リニアックビーム選択、アルゴリズム等は?)治療計画は新潟大学医歯学総合病院で採用されているプロトコルに従って作成し、同院の常勤放射線治療科医師より確認を受けた。作成したVMAT治療計画に対して、臨床で使用されているTF,DLGの値を100%とし、そこから±10%、±50%へと変更した値を入力した後、線量分布を再計算した。

線量分布再計算後、PTV中心に配置したアイソセンタを中心とする 14 cm×14 cm×8 cmの直方体体積内において、パラメータ変化ごとの計算線量を各計算グリッドごとにプロットし、パラメータ変化に対する線量変化率としてその直線の傾きを算出した。パラメータ変化率と線量変化率の相関は、決定係数 R^2 を算出することで確認している。

算出した線量変化率の傾きを各voxelの要素とした画像を作成し、MLC漏洩線量パラメータによる部位ごとの計算線量変化を評価した。

【結果】

各計算グリッドのパラメータ入力値と計算線量の相関を調べたところ、検証した全例における R^2 の範囲(Table 1)は、TF入力値変更時は0.93978から1まで、DLG入力値変更時は0.72530から1までであった。

TF変更時の線量変化率分布(Fig.1)では、PTVよりやや外側から円形の外輪郭までの領域で線量変化率が大きかった。一方DLG変更時の線量変化率分布(Fig.2)では、PTV辺縁に沿った領域で線量変化率が大きかった。TF, DLGのどちらを変化させた場合においても、PTV内部における線量変化率は小さかった。

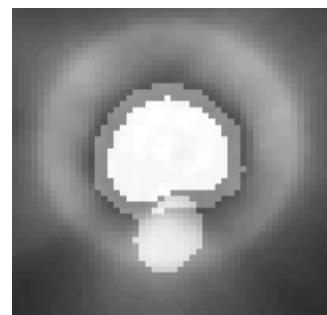


Fig.1 TF変更時の線量変化率分布

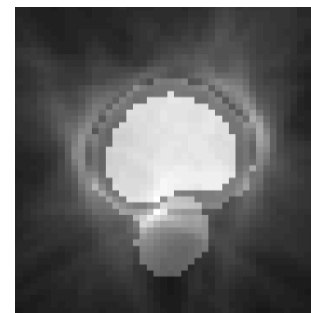


Fig.2 DLG変更時の線量変化率分布

Table 1 決定係数の範囲

患者番号	TF		DLG	
	R^2 max	R^2 min	R^2 max	R^2 min
1	1	0.99966	1	0.91091
2	1	0.99533	1	0.84440
3	1	0.99974	1	0.77944
4	1	0.93978	1	0.72530
5	1	0.94381	1	0.87618
6	1	0.99915	0.99999	0.87261
7	1	0.99992	1	0.86519

Sagittal面から見た線量変化率分布では、TF変更時 (Fig.3)には一定の外輪郭内で線量変化率が大きく、DLG変更時 (Fig.4)はTF変更時よりもPTVに密接して線量変化率が大きかった。またどちらの分布図でも、照射野の頭尾側で特に線量変化率が大きかった。

【考察】

今回検証した全例を通して、 R^2 はTF変更時で0.9以上、DLG変更時で0.7以上であった。 R^2 は一般的に、0.6以上を示すことで相関があると考えられることができるため、今回の検証では、MLC漏洩線量パラメータと計算線量の間に座標ごと固有の強い相関があったと言える。

TF、DLGを変化させた場合においてそれぞれの線量変化率分布に違いが発生したのは、両パラメータの影響する領域の違いによると考えられる。TFは隣接するMLCの間およびMLCそのものからの漏洩線量の計算に関与し、一方DLGはMLCリーフ先端部からの漏洩線量の計算に用いられる。このことからTFはMLCにより遮蔽されるビーム外側の計算線量に、DLGはMLC先端部の存在するビーム辺縁部の計算線量に影響するものであり、それぞれが重なるPTV外側、辺縁部ではさらに影響が大きくなったと考えられた。

Sagittal面から見た線量変化率分布でも、TF、DLGをそれぞれ変化させた場合の影響はaxial面から見た線量変化率分布と同様だった。照射にあたり、jawによって遮蔽されている照射野外の領域では、MLC漏洩線量は無視できると判断できる。このため、今回作成した線量変化率分布でも、jawで遮蔽されていない部位にのみTF、DLG入力値の影響が生じたと考えられた。また、照射野内のPTV頭側、尾側の領域では照射中絶えずMLCにより遮蔽されているため、これらの領域で特に線量変化率が大きくなったと考えられた。axial面から見た場合に線量変化率の大きい領域が円形の外輪郭を示すのは、照射中にガントリが回転することにより、TF変化による線量変化率の大きいビームの外側領域が重なり円形となるためと考えられた。

【まとめ】

VMAT治療計画において、MLC漏洩線量パラメータと計算線量が座標ごとに固有の線量変化率をもつこと、また、TF入力値の変更はPTVのやや外側から円形の外輪郭までの領域で、DLG入力値の変更はPTV辺縁部に影響が大きいことが確認された。VMAT線量検証でPTV周囲に不一致領域が認められた場合には、TF、DLGの登録値の不適が推測できる可能性があり、加えて不一致領域の外輪郭が円形を呈した場合には、特にTFの登録値不適を疑う必要があると考えられる。

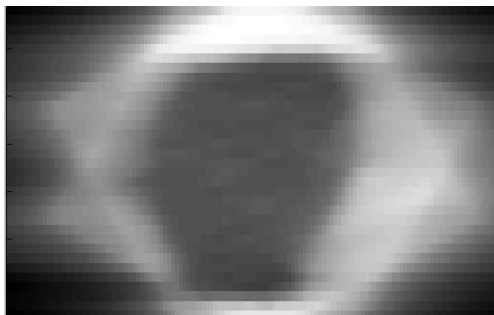


Fig.3 Sagittal面から見た
TF変更時の線量変化率分布

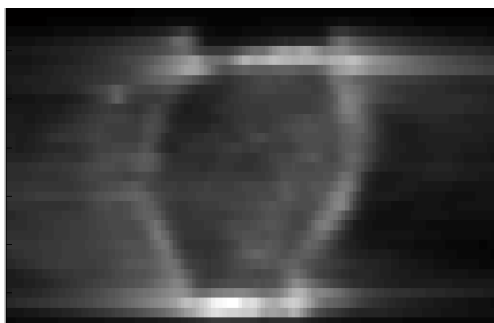


Fig.4 Sagittal面から見た
DLG変更時の線量変化率分布