

マルチチャンネルを用いた定位放射線治療の相対線量分布検証

福島県立医科大学附属病院 放射線部 ○大宮 雄大 (Omiya Yudai)

岡 善隆 長澤 陽介

【背景・目的】

現在、当院ではEBT3フィルムを用いて定位放射線治療の相対線量分布検証を行っている。解析については、高線量領域における検証精度を重視しているため、閾値50%に設定し、高線量領域に有用である緑色チャンネル(以下、Green)を使用している。しかし、AAPM-TG218¹⁾で、定位放射線治療の相対線量分布検証において、閾値10%が推奨値として示された。この推奨値を満たすためには、現手法よりも低線量領域の検証精度が高い手法が必要となってくる。

EBT3フィルムにおける先行研究²⁾で、Sum Signal法というマルチチャンネル法が報告された。この手法は、EBT3フィルムにおいて、Greenと赤色チャンネル(以下、Red)の成分を足し合わせることで、高線量領域の感度を向上させるものである。しかし、この手法は高線量領域の感度向上だけでなく、Green成分に低線量領域に高い感度を持つRed成分を足し合わせることで、当院での現手法であるGreenによる解析よりも、低線量領域の感度を向上させる可能性がある。

本研究では、定位放射線治療において、GreenとRedを用いたマルチチャンネル法を使用した際の、相対線量分布検証の解析結果への影響を確認し、有用性について検討した。

【使用機器】

- 放射線治療計画システム : iPlan RT Ver4.5.5(Brainlab) ・放射線照射装置 : TrueBeam STx(Varian)
- 線量計 : Pinpoint 3D chamber 0.016 cm³(PTW) ・電位計 : RAMTEC Smart(東洋メディック)
- ファントム : Tough Waterファントム(京都科学) ・解析ソフトウェア : DD-IMRT Ver14.7(R-TECH)
- フィルム : EBT3 (ASHLAND)

【方法】

フィルム解析の評価基準として、Distance to Agreement(DTA)は2 mm、Dose Difference(DD)は3%、閾値は10%とした。また、フィルム画像の取得は、照射の24時間後に、解像度75 dot per inch(dpi)、48 bitカラーで行った。

1. Dose Tableの比較

GreenとGreen+Red(以下、マルチチャンネル)のDose Tableを作成し、比較をした。線量領域は0~40 Gyとし、その間に12点(0,1,2,3,4,6,8,10,15,20,30,40 Gy)プロットした。また、マルチチャンネルの定義式は、OD化(optical density)した値を用い、以下の通りとした。

$$OD(\text{マルチチャンネル}) = OD(\text{Green}) + OD(\text{Red}) \quad 2)$$

2. γ -pass率とLocal Dose Differenceの比較

定位放射線治療を想定し、10 MVのFFFビーム、 ϕ 1.5 cmのConeを用い、最大線量が約25 Gyとなるように設定したテストプラン3例(1Arc, 3Arc, 5Arc)を作成し、Greenとマルチチャンネルについて、 γ -pass率とLocal Dose Differenceにて比較をした。なお、寝台角度は、1Arcは0°、3Arcは0・60・300°、5Arcは10・50・90・310・350°とした。

【結果】

1. Dose Tableの比較

解析ソフトウェアによるGreenとマルチチャンネルのDose Tableの結果をFig.1に示す。

マルチチャンネルでは、Greenに比べ、全ての線量領域で傾きが大きくなり、線量分解能が向上したことを確認した。また、低線量領域においてこの傾向が顕著に生じた。

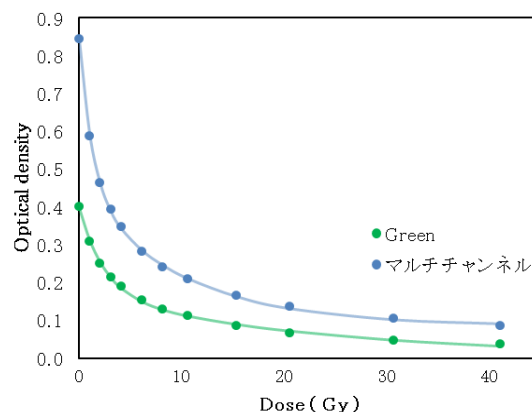


Fig.1 Green とマルチチャンネルの Dose Table の比較

Table 1 γ -pass 率(%)の比較

線量領域	1Arc		3Arc		5Arc	
	10-100%	10-50%	10-100%	10-50%	10-100%	10-50%
Green	99.07	98.21	95.36	93.27	99.58	99.49
マルチチャンネル	99.20	98.49	99.06	98.64	99.98	100.00

Table 2 Local Dose Difference(%)の比較

線量領域 (%)	Green			マルチチャンネル		
	1Arc	3Arc	5Arc	1Arc	3Arc	5Arc
0~10	20.09	3.01	-2.71	16.90	0.89	-2.82
10~20	-0.65	-1.79	-1.50	-1.37	-0.23	-0.84
20~30	-0.96	0.25	-0.33	-0.26	0.92	0.46
30~40	-0.47	0.13	0.10	1.44	0.19	0.28
40~50	0.51	0.22	0.24	0.70	0.01	0.19

2. γ -pass率とLocal Dose Differenceの比較

定位放射線治療のテストプラン3例の γ -pass率とLocal Dose Differenceの結果をTable 1とTable 2に示す。なお、 γ -pass率については、線量領域10~100%と線量領域10~50%に絞った結果、Local Dose Differenceについては、線量領域0~50%の結果を示す。

マルチチャンネルでは、Greenに比べ、全例で γ -pass率が向上した。また、Local Dose Differenceについては、1Arcと3Arcでは、線量領域0~10%で約2~3%程度の改善があったが、5Arcについては、線量領域0~50%において優位な差はなかった。

【考察】

マルチチャンネルの使用により、低線量領域(線量領域10~50%)の解析結果が向上した。これはGreenよりも低線量領域の線量分解能が向上していることが要因と考えられる。また、高線量領域にかけてもGreenより線量分解能が向上しており、これにより線量領域10~100%による解析結果も向上したと考えられる(Fig.1)。以上により、推奨値の閾値10%とした定位放射線治療の相対線量分布検証において、マルチチャンネル法の有用性が示唆された。

しかし、Local Dose Differenceにおいては、1Arcと3Arcでは改善されたが、5Arcではあまり改善されなかった。この原因については、究明には至っていないが、フィルム検証による不確かさを含んでいること、絶対線量ではなく相対線量による評価であること、 ϕ 1.5 cmのConeを使用した小照射野による測定であることなどの要因が考えられる。

【結語】

本研究では、定位放射線治療の相対線量分布における、マルチチャンネル法の有用性について検討を行った。本手法は、AAPM-TG218での推奨値である閾値10%による相対線量分布検証の精度を向上させた。

【参考文献】

- 1) Moyed Miften 他 : TG-218:How to Handle Pretreatment Measurement IMRT Verification QA
- 2) Davide Cusumano 他 : Sum signal dosimetry:A new approach for high dose quality assurance with Gafchromic EBT3 J Appl Clin Med Phys,18 (2), 2017