

平坦度半導体検出器を用いたQAQCプログラム ーガントリ角度におけるビームプロファイルの変化についてー

中岡 靖博 坂本 清隆 中田 幸博 関口 慎之助 山下 光弘

高山赤十字病院 放射線科部 放射線治療分野

抄 録：当院ではH26年（2014年度）より放射線治療装置Clinac iXsによる治療を開始し、検証用ツールとして1174型PROFILER2が導入され、ビームプロファイル検証が効率化した。ガントリ角度による、EDW（Enhanced Dynamic Wedge）及び、線量率（Dose rate）によるビームプロファイルの変化について確認を行った。さらに出力線量の簡易チェックにも用いる事ができるかの検討も行ったので報告する。PROFILER2の測定精度を確認した。ガントリ角度におけるビームプロファイルの変化について、線量、平坦度、対称性の変動を測定した。PROFILER2をカウチ上に設置し、一か月間の測定値の変動を測定した。それぞれの角度における誤差は2%以内であり、角度ごとのビームプロファイルの変化は僅かであった。出力測定では誤差が2%以内であった。PROFILER2の測定誤差、幾何学的誤差を考慮して3%以上の値となった際、線量計によるMU校正を行う事とし、週明けの始業前確認として簡易的に出力測定を行っていただくと考える。

索引用語：放射線治療、平坦度半導体検出器、ビームプロファイル

I はじめに

がん治療において、放射線治療は手術療法、化学療法と共に重要な役割を担っている。放射線治療の目的は、根治的治療から緩和的、予防的治療など適用範囲はとても広い。放射線治療を行う上で重要なことは、適切な治療計画で照射できていること、放射線治療装置の品質管理が十分に行われていることなどが挙げられ、診療放射線技師の役割として、日々、装置の出力測定や性能維持などの精度管理を行っている。

当院ではH26年（2014年度）より、放射線治療装置の更新に伴い、Clinac iXsによる治療を開始した。その際、検証用ツールとして平坦度半導体検出器1174型PROFILER2が導入され、ビームプロファイルの検証が効率化した。さらに、検証ツールをガントリヘッド部に固定させる治具も導入され、任意のガントリ角度での測定が可能となった。今回このような検証ツールを用いることで、毎年・毎月測定に活かせないか、どの程度簡易的に又は効率的に測定を行えることができるかの確認を行い、IMFという固定治具を用いること

で、ガントリ角度ごとのビームプロファイル安定性について測定を行うことを目的とした。

さらに、出力線量の簡易チェックにも用いる事ができるかの検討も行った。始業前点検として、MU値の出力測定を行うことは重要であるが、水ファントムや電離箱線量計を用いて測定を行うことは時間的に制限がある。当院では、簡易的出力検証用ツールを持っていないため、PROFILER2を用いて出力測定の効率化を図れないかの検討も行った。

II 平坦度半導体検出器の測定精度の確認

まず初めに、平坦度半導体検出器自体の測定精度の確認を行った（表1、表2）。

【照射条件】

ガントリ角度：0°

エネルギー：6、10MV、MU値：100MU、照射

野サイズ：10×10cm、

線量率：100、300、600MU/min

【測定結果】

表 1 6MV における測定精度

6MV	平坦度		対称性		線量
	X	Y	X	Y	再現性(%)
100 (MU/min)	0.06	0.00	0.00	-0.24	0.88
300 (MU/min)	0.08	0.08	0.08	0.00	0.06
600 (MU/min)	0.06	0.06	0.16	-0.06	0.72

表 2 10MV における測定精度

10MV	平坦度		対称性		線量
	X	Y	X	Y	再現性(%)
100 (MU/min)	0.32	0.08	0.16	-0.08	0.07
300 (MU/min)	0.16	0.00	0.14	-0.08	1.23
600 (MU/min)	0.08	0.16	0.12	-0.06	1.03

測定精度は2%以内であった。また、半導体検出器は線量率依存性があるとされているが、今回の場合、通常の治療を行う範囲内では、線量率が変化しても測定精度は、QAQCガイドラインで規定されている2%以内に保たれていることが確認できた。

また、線量に関しては、校正深における電離箱線量計（イオンチェンバー）との測定値の変動についても測定を行っている。

Ⅲ 検討内容と結果

1. ガントリ角度の違いによるビームプロファイルの変化

【照射条件】

ガントリ角度：0° を基準とし、90°、180°、270°

エネルギー：10MV、MU値：100MU、照射野サイズ：10×10cm、線量率：300MU/min

検証ツール使用時は、IMFによる固定を行い、線量（表3）・平坦度（表4）・対称性（表5）で評価する。

【測定結果】

表 3 線量

10MV	0°	90°	180°	270°
線量(cGy)	99.49	100.37	99.74	99.46
誤差(%)		0.89	0.25	-0.03
再現性(%)	0.42			

表 4 平坦度

10MV X軸	0°	90°	180°	270°
平坦度(%)	1.64	1.43	1.13	0.90
誤差(%)		0.22	0.52	0.74

10MV Y軸	0°	90°	180°	270°
平坦度(%)	0.90	1.05	1.00	1.00
誤差(%)		0.15	0.01	0.10

表 5 対称性

10MV X軸	0°	90°	180°	270°
対称性(%)	0.96	0.85	0.60	0.30
誤差(%)		-0.11	-0.36	-0.66

10MV Y軸	0°	90°	180°	270°
対称性(%)	-0.52	-0.50	-0.43	-0.48
誤差(%)		0.02	0.10	0.05

X線出力のガントリ角度依存性：±1%以内

X線平坦度の基準値からの変化：1%以内

X線対称性の基準値からの変化：±1%以内
AAPM TG142参考⁵⁾

ガントリ角度0° を基準に評価を行い、いずれも許容値を満たしていた。

2. ガントリ角度の違いによるEDW（Enhanced Dynamic Wedge）のビームプロファイルの変化

【照射条件】

ガントリ角度：0° を基準とし、90°、180°、270°

エネルギー：10MV、Wedge角：60°（out）

MU値：100MU、照射野サイズ：20×20cm、線量率：400MU/min

Wedgeを用いる場合は、対称性が変化することから、照射野サイズの80%領域内の半導体検出器の測定値から評価を行った（図1、表6）。

EDWはY軸で動作するため、検出器のY軸方向で評価を行った。

【測定結果】

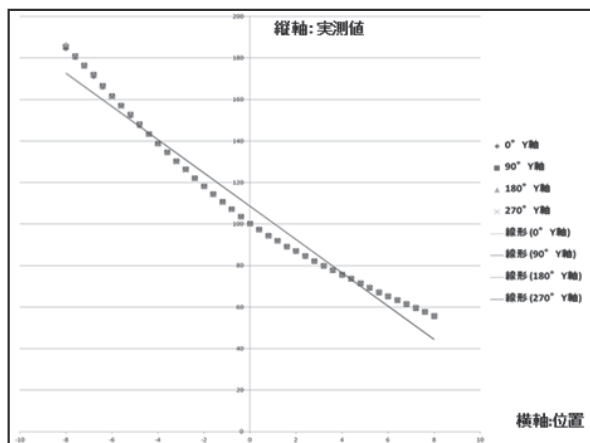


図1 測定点の直線近似

表6 近似直線の傾きと誤差

Y軸	0°	90°	180°	270°
傾き	-8.01	-8.05	-8.02	-8.00
誤差(%)		0.52	0.16	0.11

図1より、測定点を結ぶ曲線を直線近似し、その傾きを求め、ガントリ角度0°との誤差を算出した。いずれの角度も、ガントリ角度0°に対して2%以内の誤差であった。

3.線量率 (Dose rate) の違いによるビームプロファイルの変化

【照射条件】

ガントリ角度：0°を基準とし、90°、180°、270°

エネルギー：10MV、MU値：100MU、照射野サイズ：10×10cm

線量率：100、300、600MU/min

検証ツール使用時は、IMFによる固定を行い、線量(表7)・平坦度(表8)・対称性(表9)で評価する。

【測定結果】

表7 線量

誤差	0°	90°	180°	270°
100 (MU/min)	-0.20	-0.32	0.53	-0.39
300 (MU/min)		0.89	0.25	-0.03
600 (MU/min)	-0.33	0.71	0.56	0.01

表8 平坦度

誤差 X軸	0°	90°	180°	270°
100 (MU/min)	0.12	0.24	0.49	0.84
300 (MU/min)		0.21	0.51	0.74
600 (MU/min)	0.38	0.16	0.41	0.74

誤差 Y軸	0°	90°	180°	270°
100 (MU/min)	0.02	0.18	0.10	0.10
300 (MU/min)		0.15	0.10	0.10
600 (MU/min)	0.14	0.23	0.15	0.13

表9 対称性

誤差 X軸	0°	90°	180°	270°
100 (MU/min)	-0.10	-0.23	-0.48	-0.73
300 (MU/min)		-0.11	-0.36	-0.66
600 (MU/min)	-0.28	-0.06	-0.26	-0.61

誤差 Y軸	0°	90°	180°	270°
100 (MU/min)	0.10	0.06	-0.04	-0.02
300 (MU/min)		-0.02	-0.09	-0.04
600 (MU/min)	-0.06	-0.04	0.14	-0.09

X線出力の線量率依存性 : ±2% (基準値からの変化)

X線出力のガントリ角度依存性 : ±1% (基準値からの変化) AAPM TG142参考¹⁾

ガントリ角度0°の線量率300MU/minを基準として、誤差を算出した。

同じガントリ角度内において線量率が変化してもビームプロファイルに大きな変化はなく、それぞれのガントリ角度、線量率において、基準となる0°の300MU/minに対して、許容値を超える大きな変化はなかった。

4.平坦度半導体検出器を用いた簡易的な出力測定

【照射条件】

ガントリ角度：0°

エネルギー：10MV、MU値：100MU、照射野サイズ：10×10cm、線量率：400MU/min

検証ツールをカウチ上に置き、アイソセンターに合わせる。今回、約一か月間は毎日測定を行い、値の安定性を確認した。その後は一週間に一度（週始め）測定を行った（図2、図3）。

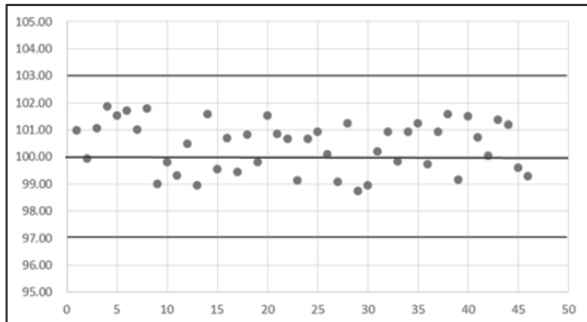
【測定結果】

図2 6MVにおける出力

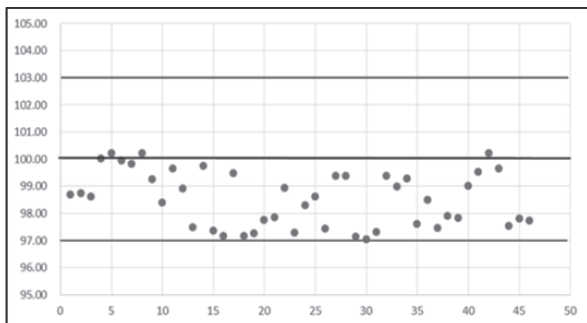


図3 10MVにおける出力

図2、3の縦軸は線量の値、横軸は測定回数を表す。

今回、簡易的に測定する事を目的としたため、ビルドアップを考慮しなかったため、10MVの測定では、ばらつきが大きく、測定値が少し小さくなった。

しかし、線量は、±3%の範囲内に納まる結果となった。

IV 考察

今回、ガントリ角度の違いによる誤差は許容値以内であり、ビームプロファイルの変化は僅かであった。また、効率的に定期的なQAQC測定に十分用いられることを確認できた。

出力測定では、PROFILER2の測定精度が2%以

内であった。検出器の測定誤差・幾何学的誤差を考慮して、3%以上の値となった際、速やかに線量計によるMU校正を行うという評価基準を設定し、週明けの始業前確認として、簡易的に出力測定を行っていただければと考える。

しかし、校正深などビルドアップを考慮した深さでの測定の方が、より安定した測定値を得ることができるので、今後は測定深なども考慮した測定も検討していきたい。

V 結語

今回の検討で、効率的に測定を行えることが確認できたことから、当院では以下のように測定を行う事とした。

○ガントリ角度の違いによるビームプロファイルの変化：毎月のQAQC

○ガントリ角度の違いによるEDWのビームプロファイルの変化：毎月のQAQC

○線量率の違いによるビームプロファイルの変化：毎年のQAQC

○平坦度半導体検出器を用いた簡易的な出力測定の検討：週明けの始業前確認

月ごとにガントリ角度や線量率を変化させ、それぞれのガントリ角度のビームプロファイルを測定する事とした。

また、PROFILER2は半導体検出器を用いているので、検出感度が下がっていく。よって、定期的なキャリブレーションや温度管理など、測定誤差をできるだけ小さくしていけるように扱っていただければと考える。

引用文献

- 1) Klein EE., Hanley J. et al : Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators Medical physics 36(9) : 4197-212, 2009