

ビームフラットネスアナライザ (7000型 THEBES) の基礎的性能の検討

中桐義忠 小栗宣博¹⁾ 丸山敏則 大川義弘¹⁾ 若狭弘之¹⁾
永谷伊佐雄¹⁾ 東義晴 渋谷光一 後藤佐知子 三上泰隆²⁾
稲村圭司¹⁾ 森岡泰樹¹⁾ 杉田勝彦 平木祥夫¹⁾

要 約

癌の有力な治療法の1つである放射線治療はシステム全体の許容誤差が±5%と、正確な治療が要求されている。正確な線量を正確な場所に照射されなければならない。そのためには日頃から照射装置のQuality Controlが重要である。Beam平坦度の測定はその中でも、重要な項目で1/6月の測定頻度が勧告されている。

今回、市販のBeam Flatness Analyzer (7000型 THEBES)を使用する機会を得たので、その基礎的性能であるChamber相互の感度のちがひ、測定値の再現性、識別可能な最小線量について実験を行った。各項目とも誤差が非常に少なく、日常の使用に際してそのデータは十分信頼できるものであることがわかった。

キーワード：放射線治療，ビーム平坦度，性能評価，電子加速器

緒 言

悪性腫瘍に対する治療法は新しい装置、手技、新薬開発によって、その治療成績は著しく向上している。癌の集学的治療が叫ばれて久しいが、その一角をなす放射線治療においてもコンピュータを搭載した周辺機器の開発普及に伴い、高エネルギーX線、電子線照射に際して、より正確な治療が可能となった。放射線治療における標的線量の許容誤差はSystem全体で10%以内、すなわち±5%の精度が要求されている。System誤差の中で大きな比重を占めるものは、機器の性能すなわち出力Beamに含まれる誤差であろう。日本放射線腫瘍学会研究調査委員会では叢書を刊行し¹⁾、照射装置のQuality Controlの方法について指導している。その中にBeam平坦度についての項目

があり、測定頻度は1/6月が勧告されている。

Beam平坦度の測定方法には種々の方法があり、各々の特徴を持っている。すなわち、水Phantom内を線量計で走査する方法、固形のPhantomにfilmをはさみその濃度から平坦度を測定する方法、TLDを使用する方法等がある²⁾。岡山大学医学部附属病院に設置されている平坦度測定専用装置、7000型THEBESは30個の平行平板型Ion Chamberが1.5cm間隔に並べてあり、各々のChamberに入射する相対線量で平坦度を表す構造になっている。ModeはRate ModeとIntegral Modeがある。Rate ModeはBeam照射中、リアルタイムで平坦度が表示されるため、その調整の作業に便利であり、Integral Modeは照射された全線量を積算し、表示するModeで、調整後の確

岡山大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

1) 岡山大学医学部附属病院中央放射線部

2) 三井病院放射線科

認と記録に使用できるようになっている。

本装置の使用経験については過去に報告例があるが^{2,3)}、今回、著者らは使用に当たって、その基本的性能である Chamber 間の感度のバラツキ、再現性及び識別可能線量について調べ臨床への適応性を検討したので、その結果を報告する。

使用機器

照射装置	コバルト60遠隔照射装置 (東芝 RI 107型)
平坦度測定装置	7000型 THEBES
線量測定装置	Ionex 2500/3
Probe	0.3ml Shallow 型
濃度測定器	コニカマイクロホトメータ PDS-15
Film	Kodak XV-2 Ready Pack
Phantom	Mix-DP, Acryl
自動現像機	コニカ QX-1200

7000型 THEBES の概要

Fig. 1 に THEBES の概要を示す。写真左部は検出部で、右部は本体及びプリンターである。

測定可能な Beam は光子と電子線で、エネルギーは、光子では 1 MeV~25MeV、電子線では 4~25MeV、線量率は30~500cGy/min と広範囲である。Detector 本体内部は深さ0.5cm、長さ6.5cm、幅49cmの空洞となっており、その中に幅0.75cm、長さ2cmの電極が平行に並んでいる。

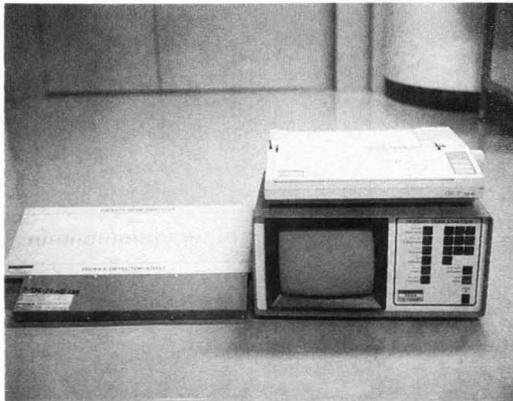


Fig. 1 THEBES 本体

したがって、体積0.75mlの平行平板型電離箱が30個、1.5cm間隔に並んだ構造になっている。Profile Mode は Rate Mode と Integrate Mode の切替えが可能で、測定前には Zero Mode で 0 調整を行い、また、線量率の大小によって Gain を調整し、CRT 上に平坦度曲線を描くようになっている。Fig. 2 にその表示例を示す。

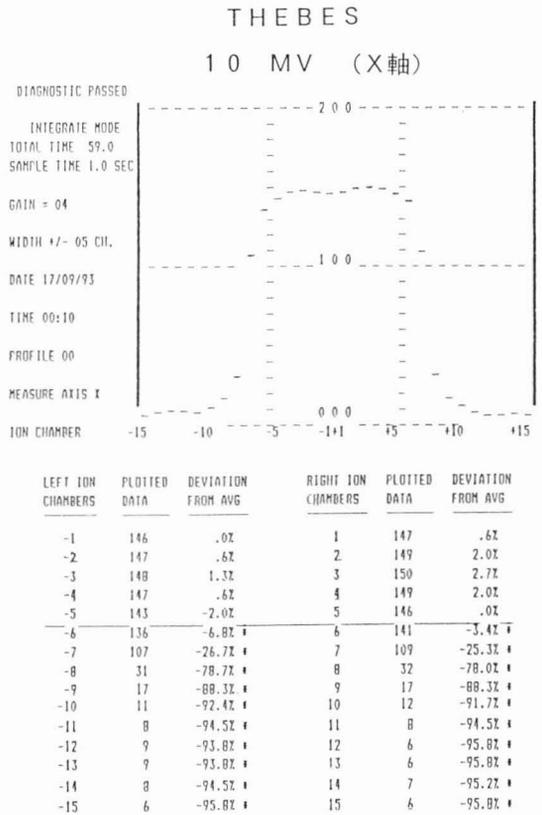


Fig. 2 THEBES の表示例 (文献3による)

方法及び結果

1. Chamber 間の感度のバラツキについて

Beam 平坦度を点検する装置としては、各 Chamber 間に感度の相違がないことが必要である。Fig. 3 に示すように THEBES の Detector 部を Mix-DP Phantom にはさみ、当該 Chamber を Beam 中心にくるようセットし、各々の Chamber に対して⁶⁰Co-r 線を 1 分間照射した。

Fig. 4 にその結果を示す。グラフは横軸に30本の

Chamber を示し、縦軸に相対線量比を Plotted Data で示しているが、曲線はほぼ横軸に平行である。その平均値は168.7であり、変動率 (Coefficient of Variation) は0.57で Chamber 間のバラツキはほとんどなく、良好であった。

の配置で、⁶⁰Co-r 線 1 分間の照射を10回繰り返して、測定値のバラツキをみた。Table 1 にその結果を示す。

Table は各チャンネル毎の平均値と標準偏差を表しているが、偏差の最大は0.67で良好な結果を示した。

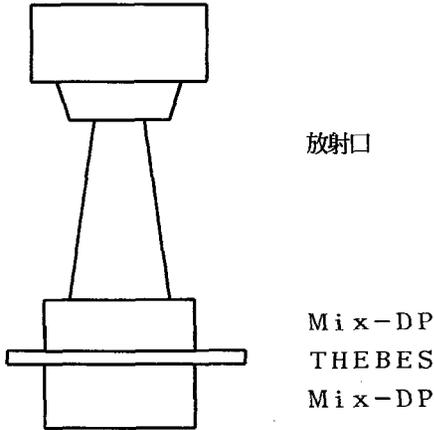


Fig. 3 実験配置図

Table 1 測定値の平均と標準偏差

LEFT			RIGHT		
Chamber No	Ave	SD	Chamber No	Ave	SD
- 1	168.8	0.40	1	168.1	0.30
- 2	168.0	0.00	2	168.0	0.00
- 3	165.0	0.00	3	165.8	0.40
- 4	161.6	0.41	4	161.0	0.00
- 5	151.8	0.40	5	144.3	0.46
- 6	86.5	0.67	6	59.0	0.00
- 7	24.0	0.00	7	20.0	0.00
- 8	13.2	0.40	8	12.5	0.50
- 9	8.6	0.47	9	8.2	0.44
-10	6.0	0.00	10	5.9	0.30
-11	4.0	0.00	11	4.0	0.00
-12	3.7	0.41	12	3.5	0.50
-13	3.0	0.00	13	2.1	0.00
-14	2.0	0.00	14	2.0	0.00
-15	2.0	0.00	15	2.0	0.00

2. Chamber の再現性について

各 Chamber の再現性を調べるため、Fig.3と同様

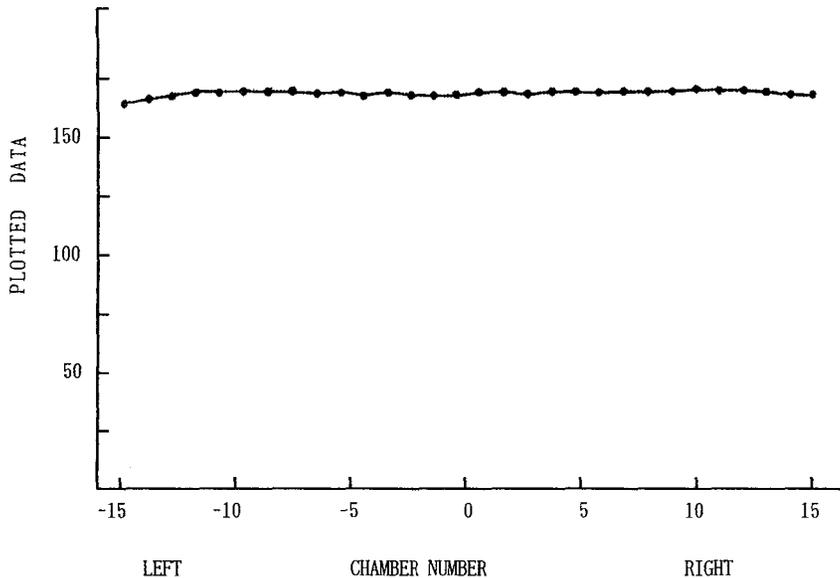


Fig. 4 各 Chamber 間の感度のバラツキ

3. 識別可能線量比について

平坦度の表示は各 Channel の相対的線量比で表す。したがって、装置が識別する最小の線量比を把握しておくことが重要である。

THEBES の識別可能線量比を求めるため、Mix-DP 5 cm の深さに Detector をセットし、その上に Acryl 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10mm を附加して測定し、同様の配置で測定した Shallow Chamber の線量と比較した。Fig. 5 にその結果を示す。グラフに Shallow Chamber で測定した相対線量比を%で表し、縦軸に THEBES の出力データを表す。グラフ中の Plot Point は左下から順に Acryl Phantom 1, 2, 3, 5, 7, 10mm を附加した時の測定値を示す。相対線量比 1% の場合、THEBES の Plotted Data は約 1.5 であり、線量比 1% 以上であれば十分識別可能であることを示している。

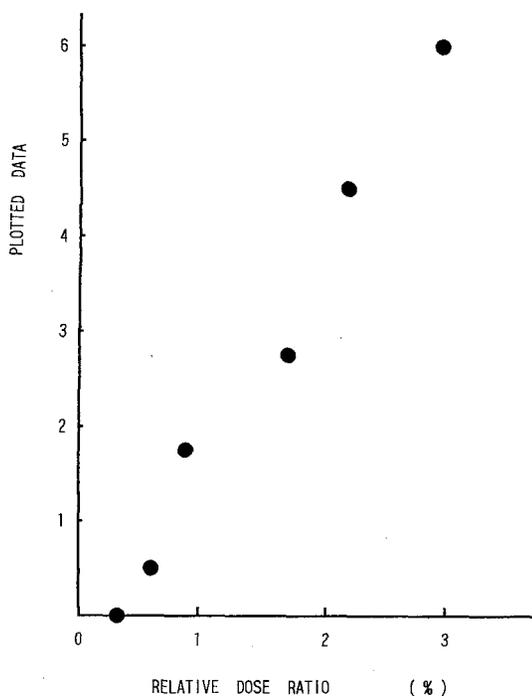


Fig. 5 相対線量比と PLOTTED DATA の関係

考 察

現在、放射線治療に汎用されている Lineac は

高エネルギーの X 線、又は電子線を得るために、電子銃から発生した熱電子をマイクロ波で直線的に加速し、Magnet で Bending し、X 線は Target に衝突させ、電子線はそのまま通過させる軌道を通す構造になっている。加速するマイクロ波の波形、繰り返し数の変化によって加速エネルギーが変化し、Bending の軌道に誤差を生じ、その結果、Beam の平坦性が失われることとなる。又、焦点の下には Flatning Filter あるいは Scatterer など Beam の平坦度を阻害する因子が多い。したがって、正確な治療を行うに当たって Beam の平坦度を定期的に測定し、誤差を修正することは大変重要な Maintenance のひとつである。

平坦度測定の方法には、水ファントム中を線量計でスキャンする方法、フィルムを使用する方法、TLD を使用する方法など種々の方法があるが、各々一長一短がある。すなわち、水ファントムを使用する方法は、特別なシステムが必要なこと、ファントムの正確な水平を出す必要があること、及びスキャンするに時間がかかり、その時間内に Beam 出力に変動があることが短所として挙げられる。また、フィルムを使用する方法はその感度から照射する線量が限定されることと、リアルタイムでの記録が不可能なこと、また、TLD を使用する方法は素子間のバラツキが大きいことなどの欠点がある。

今回実験の対象とした平坦度測定専用装置 7000 型 THEBES には Rate Mode と Integrate Mode があり、Rate Mode は刻々変化する平坦度をリアルタイムで表示するので、Beam 調整の際、表示されたプロフィールを見ながら調整できる便利さがある。また、Integrate Mode は Beam プロフィールと各チャンネルの Plotted Data が同時に表示されるので、評価及び調整後記録として保存するのに便利である。

日本放射線腫瘍学会研究調査委員会の QC プログラム¹⁾によると、X 線の平坦度の測定方法及び評価はファントム内深さ 10cm の平坦度を最大照射野で測定し、照射野の平坦領域内における最大吸収線量に対する最大比が、照射野 30×30cm 以下の場合には 1.06、以上の場合は 1.10 以内であるこ

とが要求されている。

今回行った実験結果から、平坦度測定専用装置7000型 THEBES はバラツキ、再現性、及び識別可能線量比ともに好結果であった。

以上のことから、本装置は放射線治療装置のBeam 平坦度測定に際し、正確度と他の方法にない操作性のよさを備えており大変有用であると考えられた。

結 語

Beam 平坦度測定専用装置として7000型 THEBES が発売され、いくつかの施設で使用されている。今回、その基礎的性能として、Chamber間のバラツキ、再現性、線量識別能について検討

した結果、Beam 平坦度測定器具として有用であることが判明した。Beam 平坦度の誤差はそのまま照射野内の投与線量の誤差につながることから、勧告通りの義務的に行うのではなく、必要に応じて頻繁に行う必要があろう。

参 考 文 献

- 1) 日本放射線腫瘍学会研究調査委員会編：外部放射線治療装置の保守管理プログラム。通商産業研究社，東京，41-42，1992。
- 2) 大竹英則，小山一郎，宮沢康志，佐藤貞男，五十嵐均，松原国夫，南雲堯生，高橋一字：ビーム平坦度の測定について。日放技学誌41(5)：768，1985。
- 3) 稲村圭司：線量プロフィール保守管理プログラム実施における問題点。日放技学誌50(6)：763-766，1994。

Basic properties of beam flatness analyzer (THEBES 7000)

Yoshitada NAKAGIRI, Nobuhiro OGURI¹⁾, Toshinori MARUYAMA, Yoshihiro OKAWA¹⁾,
Hiroyuki WAKASA¹⁾, Isao NAGAYA¹⁾, Yoshiharu AZUMA, Koichi SHIBUYA,
Sachiko GOTO, Yasutaka MIKAMI²⁾, Keiji INAMURA¹⁾, Yasuki MORIOKA¹⁾,
Katsuhiko SUGITA, Yoshio HIRAKI¹⁾

Abstract

Irradiation, which is one of the effective therapies to Cancer, is required to be accurate within $\pm 5\%$ of the tolerable error of the total system. An accurate dose has to be irradiated accurately at a target volume. For that Quality Control of the irradiation equipment is continually important. As the measurement of Beam Flatness is an important item, it is obligated to be measured once a week.

In this paper as we have an opportunity to use a Beam Flatness Analyzer sold on a corporation of medical instrument, we experiment about the difference of sensitivity of mutual Chamber which is its basic property, the reproducibility of the measured score, and the minimum value of measurable dose. We find that the difference in every item is so small that its data is very reliable in a daily use.

Key words : radiation therapy, beam flatness, valuation of property, electron accelerator

School of Health Sciences, Okayama University

1) Central Division of Radiology, Okayama University Hospital

2) Department of Medical Examination, Mitsui Hospital