参考資料

10 MV X線胸部照射における Modulex 放射線治療計画システムの性能評価

奈良 鉄 造

(財) 双入会厚生病院循環器腫瘍センター放射線部

(論文受理 1987年 7 月22日)

(最終論文受理 1988年 8 月19日)

(Code No. 713, 700.2)

Key words: Radiotherapy, Treatment planning, Inhomogeneity, 10 MV X-ray

**PERFORMANCE EVALUATION OF MODULEX TREATMENT PLANNING
SYSTEM FOR 10-MV PHOTON BEAM DOSE CALCULATIONS
IN THORAX PHANTOMS**

TETSUZO NARA

Joint Research Center for Circulator and Cancer, Kousei Hospital

(Article received; Jul., 22, 1987)

1. 結 言

放射線治療において、標的容積を含む被照射体内における吸収線量の算出はより正確であることが望まれる。病巣線量計算の精度に影響を与える諸因子として標準水ファントムにおける線量測定、解剖学的情報、不均質補正計算、患者の整位等がある。

今日、線量および等線量分布の計算には治療計画用コンピュータが多く用いられている。特に、原体照射における線量分布計算や三次元表示の作成にはコンピュータ利用が不可欠である。今後、ますますその利用価値が高くなると思われる。しかしながら、この場合、コンピュータによる線量計算精度に関する問題は重要である。これまで、これに関する報告^{1)~4)}は数多くなされている。線量計算する上で重要な問題の一つに、不均質組織による線量補正がある。これまでに、色々な補正法が報告^{5)~7)}されている。それらには、散乱の影響を無視した補正法として、実効 SSD 法、TAR 法および実効減弱法がある。

次に散乱の影響を考慮した補正法として、散乱補正係数法、べき乗 TAR 法 (Batho 法)、等価 TAR 法および等線量移動法がある。

現在、われわれが行っている 10 MV X線治療計画は CMS 社製 Modulex (ソフトウェア: リリース 2.3) システムに従っている。このシステムの不均質補正には TAR 法が採用されている。日本放射線技術学会治療委員会による治療計画用電算機の精度調査報告⁸⁾ (1983年) によれば、コンピュータの多くは実効 SSD 法 (77%) を用いており、等価 TAR 法は約 8% であるという。

われわれは簡単な胸部不均質ファントムを用いて 10 MV X線照射において特に胸壁厚および照射野の変化がいかにコンピュータによる計算値と電離箱による実測値に影響を与えるかをビーム中心軸上で調べ、このコンピュータの性能評価を行った。

2. 実験方法

実験に使用したライナック装置は三菱電機製 ML-15

M III型 (10 MV X線) である。当施設の Modulex には、直接そのライナック装置を使用して得られた基本ビームデータが入力されておらず、同機種のあるライナック装置で得られたビームデータが入力されている。そこで、そのビームデータのひとつである水中の深部量百分率について検討した。水と等価である Mix-Dp ファントム ($30 \times 30 \text{ cm}^2$, $\rho = 1.01 \text{ g/cm}^3$) を用いて、当施設のライナック装置による深部量百分率とコンピュータによる計算値 (以下、計算値と略す) との比較を行った。なお、Mix-Dp ファントムの密度 ($\rho = 1.01 \text{ g/cm}^3$) は重量および容積でもって調べた。よって、実験に用いた Mix-Dp ファントムは水とほとんど等価であることがわかった。

実験に使用した胸部ファントムは軟組織、肺組織、および軟組織の三層からなっている。軟組織には Mix-Dp 板 ($30 \times 30 \text{ cm}^2$, $\rho = 1.01 \text{ g/cm}^3$)、肺にはコルク板 ($30 \times 30 \text{ cm}^2$, $\rho = 0.23 \text{ g/cm}^3$) を用いた。肺の厚さは 12 cm、後壁の厚さは 8 cm とそれぞれ一定にし、前壁の厚さを 1 cm, 2 cm, 4 cm と変化させた。

ファントム内の線量測定には 0.6 cm^3 電離箱 (Farmer 2570) を用いた。各不均質ファントム内深部量百分率は、それぞれの照射に対してその照射野と同じ照射野で得られる Mix-Dp ファントム中のピーク深 (2.5 cm) の線量値を 100% にした値である。

Mix-Dp ファントムおよび不均質ファントム内での測定点は電離箱中心とし、各々の深さにおける吸収線量にはイオン再結合補正⁹⁾を施した。ただし、変位係数は Mix-Dp 内およびコルク内で変わらないものとした。よって、深部量百分率には変位係数は影響を与えない。

Farmer 電離箱によるファントム内線量値の繰り返しによる相対誤差は $\pm 1\%$ 以内に納まった。

3. 結果および考察

Fig. 1 は照射野 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ と $15 \times 15 \text{ cm}^2$ (SSD=100 cm) に対する Mix-Dp ファントム内の深部量百分率を表す。黒丸は実測値である。実線と 1 点鎖線はそれらの実測値をもとに作った。点線と 2 点鎖線は計算値で作ったものである。実測値に対する計算値の相対誤差は $5 \times 5 \text{ cm}^2$ で平均 $\pm 1.4\%$ (範囲: $-0.3 \sim +2.9\%$)、 $15 \times 15 \text{ cm}^2$ では平均 $\pm 0.9\%$ (範囲: $-1.2 \sim +1.7\%$) である。照射野が $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の場合の相対誤差が比較的大きいが、それでも $\pm 3\%$ 以内に納まっている。

Fig. 2(a)–(c)に前壁厚が 1 cm, 2 cm, 4 cm である胸部ファントムの各々に対して照射野 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ と $15 \times 15 \text{ cm}^2$ (SSD=100 cm) における深部量百分率を示す。実線

Fig. 1 Computed and measured depth-doses for 10 MV x-ray 5×5 and $15 \times 15 \text{ cm}^2$ fields at SSD 100 cm in a semi-infinite Mix-Dp phantom.

と 1 点鎖線は実測値であり、点線と 2 点鎖線は計算値である。

(1) 照射野 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の場合

まず肺内における実測値に対する計算値の相対誤差について述べる。前壁厚 1 cm [Fig. 2(a)] を有する胸部ファントムでは、深さ 10 cm の点で約 $+16\%$ である。前壁厚 4 cm [Fig. 2(b)] を有する胸部ファントムでは、深さ 11 cm の点で約 $+22\%$ である。照射野 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ では前壁厚が厚くなるほど、全般的その相対誤差は大きくなる。その理由として、前壁の軟組織からの散乱線量が原因していると思われる。

次に肺と後壁の境界点について述べる。前壁厚 1 cm [Fig. 2(a)] を有する胸部ファントムでは約 $+10\%$ の相対誤差が生じ、また前壁厚 4 cm [Fig. 2(c)] を有する胸部ファントムでは約 $+17\%$ の相対誤差がそれぞれ生じている。このように異種物質境界では、肺内と同様に計算値は実測値に対してかなり大きな値を表す。ただし、境界点については、測定に用いている電離箱の容積が大きいため必ずしも正確な値ではないと思う。

最後に後壁内について述べる。前壁厚 1 cm [Fig. 2(a)] を有する胸部ファントムにおいては、深さ 16 cm の点で約 -0.1% 、前壁厚 4 cm [Fig. 2(c)] を有する胸部ファントムにおいては、深さ 19 cm の点で約 $+4\%$ の相対誤差をそれぞれ有する。このように前壁が厚くなる程に、後壁内においても実測値に対する計算値の相対誤差は大きくなる。

前壁厚 1 cm [Fig. 2(a)] を有する胸部ファントムにおいては、相対誤差は $\pm 3\%$ 以内の精度に保たれている。

(2) 照射野 $15 \times 15 \text{ cm}^2$ の場合

照射野 $15 \times 15 \text{ cm}^2$ では Fig. 2(a)–(c)より全ての点において、実測値に対する計算値の相対誤差は照射野 5×5

Fig. 2 Computed and measured depth-doses for 10 MV x-ray 5×5 and 15×15 cm² fields at SSD 100 cm in three thorax phantoms. The phantoms are constructed with (a) a front wall of 1-cm thickness, a lung of 12-cm thickness, and a back wall of 8-cm thickness, (b) a front wall of 2-cm thickness, a lung of 12-cm thickness, and a back wall of 8-cm thickness, and (c) a front wall of 4-cm thickness, a lung of 12-cm thickness, and a back wall of 8-cm thickness.

cm² に比べてそれほど、大きくなっていないことがわかる。

前壁厚 1 cm [Fig. 2(a)] および前壁厚 2 cm [Fig. 2(b)] を有する胸部ファントムに対しては、全ての点（肺内および異種物質境界、そして後壁内）において、計算値は実測値に対して $\pm 3\%$ 以内の精度に保たれている。照射野 10×10 cm² においても同様の結果が得られた。

前壁厚 4 cm [Fig. 2(c)] を有する胸部ファントムでは、深さ 13 cm の点（肺内）で約 $+6\%$ 、深さ 16 cm の点（肺と後壁境界）で約 $+3\%$ 、および深さ 21 cm の点（後壁内）で約 $+5\%$ の最大相対誤差をそれぞれ有する。

当施設で用いている放射線治療計画用コンピュータは不均質補正法に TAR 法を用いている。しかし、この方法は水と異なる媒体内での一次吸収線量および散乱吸収線量の算出を必ずしも適確に行えない。Fig. 2(a)–(c)に見られるように小照射野において、後壁内で再びビルドアップが生じていること、また特に肺内においては、実測値と計算値とが大きく異なることに注目しなければならない。これらの現象は、肺内において前方および側方電子平衡が大きく崩れてしまうためにおこる。当施設の Modlex に入力されている基本ビームデータの誤差だけでは、到底説明できないものである。つまり、TAR 法の不均質補正そのものの精度に起因している。

4. 結 論

- 1) 照射野 5×5 cm² (SSD=100 cm) では TAR 法の不均質補正による計算値は実測値に対して相対誤差がかなり大きい。
- 2) 照射野 10×10 cm² (SSD=100 cm) 以上では前壁厚 1 cm から 2 cm 位であれば、TAR 法によるコンピュータによる計算値は実測値に対して $\pm 3\%$ 以下の相対誤差になる。

文 献

- 1) 渡部洋一：子宮頸癌の放射線治療における照射精度，日放技学誌，**42**(2)，264-289，(1986)。
- 2) 泉 隆：Thrac-III の線量と線量分布の精度，日放技学誌，**38**(4)，455-463，(1982)。
- 3) 近藤康雄，他：放射線治療計画におけるコンピュータ処理とその精度について，日放技学誌，**38**(4)，464-471，(1982)。
- 4) 伊藤慎弥：治療計画用電算機による線量分布の精度，日放技学誌，**38**(4)，472-479，(1982)。
- 5) 尾内能夫，川島勝弘：放射線医学大系34，放射線物理学，192-194，中山書店，(1984)。
- 6) 岩崎 晃，他：密度尺度理論に基づいた微分 SAR 式及び微分 BSF 式を用いた不均質体内の線量を算出する方法，日医放会誌，**44**(3)，503-516，(1984)。
- 7) Purdy J.A.：放射線治療におけるコンピュータの応用，第10回 PC user group meeting text，(1983)。

〔参考資料〕 10 MV X線胸部照射における Modulex 放射線治療計画システムの性能評価 (奈良)

- 8) 放射線治療技術委員会：治療計画用電算機の精度調査報告，日放技学誌，39(3)，372-384，(1983)。
9) 日本医学放射線学会物理部会：放射線治療における

高エネルギーX線および電子線の吸収線量の標準測定法，通商産業研究社，(1986)。

社団法人 日本放射線技術学会賛助会員

BaSO₄造影剤自動遠隔注排装置
enema teleflator

イネマテイル-ター K-110

本体

コントロールユニット

専用カテーテル
(3W4 G型)

(多方向透視台用 S-200・T-200もあります)

1. 高性能メカを内蔵したコンパクト型で、取付工事也不要で、移動も簡単にできます。
2. 遠隔操作で術者の被曝がなく、検査時間が短縮されます。
3. バリウムや空気を操作室から注排でき、注入速度や注入量を自由にコントロールできます。
4. 空気注入圧は、二種類の圧力計による二重安全装置をそなえており、注入はシリンダー方式により安全な注入が行なえます。
5. 専用カテーテルはソケットにより交換でき、能率的に連続検査ができます。
6. 洗浄機構内蔵で、検査後の機械洗浄が簡単にできます。

株式会社 カイゲン

大阪市東区道修町3丁目9番地

大阪営業所 ☎(06) 202-8975(直)
名古屋営業所 ☎(052) 834-1011(代)
札幌営業所 ☎(011) 631-3249
広島営業所 ☎(082) 291-1902
横浜出張所 ☎(045) 241-8668

東京営業所 ☎(03) 438-2511(代)
福岡営業所 ☎(092) 441-0832(代)
仙台営業所 ☎(0222) 91-3622
金沢営業所 ☎(0762) 68-4125