人 体 輪 廓 自 動 描 記 装 置 の 試 作

国立がんセンター病院放射線診療部 (部長 梅垣洋一郎)

高 橋 伸 作・松 川 収 作・松 本 健・有 馬 暁 子
作 道 元 威・長 岩 清 之・加 藤 博 之

(論文受付 昭和45年 6 月29日)

DESIGN OF AUTOMATIC BODY CONTOUR-MEASURING APPARATUS

By SHINSAKU TAKAHASHI
SHUSAKU MATSUKAWA
KEN MATSUMOTO
KYOKO ARIMA
MOTOTAKE SAKUDO
KIYOYUKI NAGAIWA
HIROSHI KATO

Department of Radiology, National Cancer Center Hospital (Chief. Yoichiro Umegaki)

(Article received : June 29, 1970)

Summary

- (1) This apparatus was designed to automate a body contouring work for the purpose of the computerized treatment planning.
- (2) Patient's contour obtained by this apparatus was available to secure the reproducibility of positioning for radiotherapy.
- (3) Merits of this apparatus are summarized as follows.
 - (A) Simple and Compact size
 - (B) Low cost
 - (C) Attachable to a simulator or treatment machine
 - (D) High precision
 - (E) Consideration as the input to computer

1. 結 言

この装置の試作は次の事項に留意して試作されたものである。

(A) 放射線治療の治療計画をたてるために人体の輪廓を正確に計測することは、最近の電子計算機使用による線量分布等の線量計算業務の合理化に伴ない、人体の計測を正確に行ない、かつ電子計算機へ入力可能な形の

出力を得る必要性が高まっているので、その目的に合った装置の開発の必要がある。

(B) 治療実技上の精度を向上させるには、外照射の場合には、特に治療体位の正確な再現性を得てそれを保つ必要がある。そのためには治療計画時の輪廓を記録に残しておき、実際の治療にこの記録と同様に正しく保つようにし、そのまま固定する必要がある。

(C) 放射線治療の自動化が将来即時性のある形で実現するためには、この種の自動輪廓記録装置はその一環として必要になると思われる。

2. 従来行なわれている方法

簡単に従来法について述べれば、一番簡単な方法はフレキシブルな薄い金属等を利用して体表の型取りをして後、紙面に記録する方法がある(写真1)。次に回転横断層X線写真により求める方法もあるが、この場合は拡大した分を後で補正する必要がある(写真2)。

しかしこれ等の方法は自動的に記録は不可能であり当然電子計算機に入力可能な出力も得られない。自動的に記録可能なもの、またはそれに近い方法を示したものが

写真 1

写真 2

欧米の文献等にある。Scanlon¹⁾は1960年に、Setälä²⁾は1965年に、また Lanzl³⁾等は1970年にそれぞれ論文を発表している。1969年東京で行なわれた ICR の機械展示には装置の展示があった。(米国 Alderson 社製) いずれも複雑だったり、専用装置の場合は大型である。

3. 機 構

われわれが独自で開発した試作機の検出機構は簡単な機構であり、各部品の組み合わせを考えてやると大変小型になり、機構的にも簡単であるため、特に専用の支持装置を作る必要がなく治療計画装置または照射装置等に取り付けて治療状態と同じ条件で記録することが可能である。そのため既存の装置に着脱部を設ければ簡単に着脱可能である。図1は検出要部拡大図、図2は全体の構成図を示したものである。治療計画装置または照射装置に支持された患者体表面接触桿 touching rod があり、これによって病巣までの深度 r が検出される。この接触桿は釣糸と駆動モーターにより駆動され桿の位置(病巣深度)は連動するポテンシオメーターにより検出される。この駆動モーターは桿が体表面にない時は求心方向にくり出るように設定してある(写真3, 4, 5)。この桿の先端の患者接触部分に桿駆動モーター回転方向制御スイッチが設置してあり(このモーター回転方向制御スイッチは、検出部に面積をとらず効率が良くかつ安全であれば如何なる形式のものでもかまないが、今回使用のものは図3に示したごとく高周波(1MHz)発振回路を利用したもので RF 的に接地された物体が接触するとパワーリレーに信号を送るようになっている。したがって検出部位の皮膚は露出されてなければならない) 患者の皮膚に接触すると同時に駆動モーター回転方向制御継電器の電源に信号が送られ同時に駆動モーターは反転して桿は

図1 The schematic drawing of automatic body contour measuring apparatus.

図2 Block diagram of patient-contour measuring apparatus.

遠心方向に駆動する。桿が皮膚から離れると同時に接触スイッチからの信号でモーター方向制御継電器は逆転作動して桿は求心方向にくり出される。この運動によって変わる桿の位置は釣糸を介してポテンシオメーターの回転部に伝えられ体厚相当の信号電圧を発生する。この運動は記録中継続して行なわれ、検出する体表近くを移動させながら連続的に繰り返すことにより、人体の輪廓を連続的に検出可能である。なお前述のごとくこの桿先端の桿駆動モーター回転方向制御スイッチは近接スイッチまたは市販のマイクロスイッチでも可能と思われるが若干の手直しを考慮の必要がある。例えば図4は、接触

桿先端のスイッチを、マイクロスイッチに置き換えて記録紙を時間送りとして胸部を検出し、ポテンシオメーターからの信号を記録したものであるが、マイクロスイッチの接点間の間隙およびマイクロスイッチ接触部の柔軟性のため、モーターのオーバーランが認められる。もしこれをマイクロスイッチの改造でなくすることが可能であれば、構造は極端に簡単なものとなるが、実験でなくすることが不可能であった。(安全性について付け加えると、この桿、桿駆動モーター、ポテンシオメーターの間を1本の糸で連動しているが、その理由は万一駆動モーター回転方向制御継電器がいろいろな理由で作動しない場合の患者危害防止の配慮である。仮にモーター部で滑ってもポテンシオメーターの信号電圧に変化はなく精度に影響は全くなく、むしろ後で述べる「ギア」等の方法に比してバックラッシュもなく、ポテンシオメーターの回転位置調整も便利で簡単である。純機械的に考えれば、桿運動は「ギア」、「ラックギア」、「ねじ」、「チェーン」等直結機構の方が完璧かつ簡単であるが、医療機としての安全措置は可能な限り

講じた方がよいと考える。また桿の先端は図3に示した高周波発進回路を利用したスイッチの他に手製のスイッチが設置してあり(写真6)万一前述のスイッチが作動しなくとも、この手製スイッチが作動するようになっている。また求心方向にモーターが駆動している場合に操作者にわかるようにパイロットランプが点灯するようになっている)。

4. 使用 方 法

横断面輪廓を描記する時、患者を寝台に仰臥させて病巣の位置を治療計画装置で決定した後、仰臥させたままそ

写真 3

図 3 The schematic diagram of switch-box.

図 4

写真 4

写真 5

の周囲を回転可能な装置に検出機構を取り付け、その装置を回転させて、患者周囲を回転させながら、ポテンシオメーターからの信号電圧を記録する。この際回転装置と同期して回転する極座標記録計があると便利であり精度もよい。特殊な記録計があるので今回は極座標記録計の代用として写真 7 に示したように通常の XY 記録計の X 軸に接触棒からの体厚信号電圧を入れ、記録紙をアクリル円板上に乗せ、その円盤はモーターにより回転装置の回転と同期させて回転可能にして記録した。完成された極座標記録計で二軸のものを利用して、透過線量と輪廓を同時に記録すれば肺野の含

写真 6

写真 7

れた照射野の計算には有用であろう。他の方法に XY 記録計と回転装置の回転中心に取り付けたサイン、コサインポテンシヨメーター (FP) (写真 8) の信号 $\sin\theta$ $\cos\theta$ と接触棒より発生する信号 r の掛算によって X, Y を求めることができる。(図 5)

$$X = r \sin \theta$$

$$Y = r \cos \theta$$

X, Y : 測定点の体輪廓座標

r : 病巣深度

θ : 基準点と接触棒のなす角度

により求める。この信号を XY 記録計に入力すれば輪廓を描記可能である。この方法では r 発生ポテンシヨメーター (P) は関数発生ポテンシヨメーター (FP) より充分大きなインピーダンスを持ったものでないと測定に誤差を生じる。使用したものは (FP) 20k Ω と (P) 500k Ω を使用したが、理想的には中間にアンプを入れた方がよいと思われる。電算機による線量計算のための輪廓座標

写真 8

図 5 sin cos potentiometer.

を記録するには、この方法が適している。現在未だ XY 信号を直接 A.D. 変換し入力するまでにいたっていないが記録計により記録した輪廓を d-mac (図形を X, Y の数値に変換し紙テープに打ち出す装置) で読み取り線量計算専用計算機 Theracom 1 (NEC) に入力し CRT に表示例を次項に示す。実際には治療計画上必要なことは輪廓だけでなく病巣までの深さを知らねばならぬから位置決めと同時にわかるように治療計画装置に取

写真 9

り付け使用することが多くなろう。次に縦断面記録の場合は寝台にポテンショメーターを取り付け(写真9)その位置を検出し、XY記録計の一軸に、他の一軸に接触桿からの信号 r を入れて記録する。

5. 使用 例

写真10は治療計画装置に取り付けられた例であり、写

写真 10

真11, 12は胸部の横断面の記録を行なっているところである。

このようにして記録したものは記録計に記録される。図6は記録紙を時間どおりにして計測したものであり検体は胸部ファントムであり、A, B 共同一ファントムであるが、Aは略ファントムの中心を病巣として記録したもので、Bは外側に病巣があるとして計測記録したものである。病巣深度のみの計測にはこれでもよいが、輪廓を知るには前述の極座標記録計やXY記録計等

に頼らねばならない。図6 Aは写真7の記録計で記録すると図7のごとくなる。同様にして成人男子の胸部を記録すると図8のごとくなる。ファントムと大きく変わっていることは呼吸運動が描記されていることである。図9は乳癌術後患者の例である。左右の不对称は術後の欠損があることを示し、照射野の位置により輪廓に差が認められ(切線振子照射法で胸壁を照射するには)可変

写真 11

写真 12

図 6

傾斜角振子照射の適応例であることがわかり、治療計画または治療装置の制御に役立つ。吸呼運動の記録のあることは前8図と同様である。写真13は図9に示した患者の胸部側面像である。図10は成人男子の骨盤の記録であり図8, 9同様呼吸運動の記録がされている。以上の輪廓は写真7の極座標方式の記録である。図11は顔面から頸部にかけての縦断輪廓であり、写真14, 15のごとく計画装置で病巣および体位、照射野の確認して後、頭頸部固定器で固定し、検出および記録がなされる。図12は図5および写真8のXY座標変換法によって記録された頸部の横断面図である。写真16は前項で述べた d-mac で胸部の輪廓を読み取り計算機に表示した例であり、写真17

図7 A body contour (phantom) by automatic body-contour measuring apparatus.

図8 A body contour (chest) by automatic body-contour measuring apparatus.

図9 A body contour (chest wall) by automatic body-contour measuring apparatus.
(post operation of the breast-cancer)

写真 13

図10 A body contour (pelvis) by automatic body-contour measuring apparatus.

は同16に線量分布を計算表示した例である。

6. 考 按

A 特 長

- (1) 機構が「簡単」で「小型」でかつ「精度がよい」
- (2) 治療計画装置、治療装置に着脱が容易に可能であるため、照準と同一体位で測定ができるので時間の節約
測定値が正確であり、目的から考えても合理的である。
- (3) 記録は「実大」「拡大」「縮小」が簡単である。

図11 A body contour (elevation of the face) by automatic body-contour measuring apparatus.

とする。

(2) 治療機の制御，特に照射口の可変傾斜角切線振子照射の制御について考えている。

(3) 背面の記録が必要な場合はベッドに工夫が必要である。写真18 AB の方式を検討中であり，材質の問題が解決すれば，実施可能である。

図12 A body contour (neck) by automatic body-contour measuring apparatus.

写真 14

写真 16

写真 15

写真 17

B 今後の課題

- (1) 信号出力を AD 変換器に入れ，電子計算機入力

写真 18 A

写真 18 B

参 考 文 献

- 1) Paul W. Scanlon, A simple method for the mensuration of body-contour. Radiology, 1960, 74, 968-970.
- 2) Kai Setälä, Automatic body-contouring unit for dose planning in radiotherapy. Acta Radiologica New ser. Therapy, 1965, 3, 269-280.
- 3) Lawrence H. Lanzl, Thomas J. Ahrens, Martin Rozenfeld, and Leon Bess, An automatic patient-contour measuring apparatus. Am. J. Roentgenology., Rad. Therapy and Nuclear Med., 1970, 162-171.