



Title	X線テレビによる多層断面観察法（X線テレビ断層の研究 第1報）
Author(s)	渡辺, 長盛; 片倉, 剛; 清野, 浩 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1975, 35(6), p. 383-393
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18871
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

X線テレビによる多層断面観察法

X線テレビ断層の研究 第1報

東北大学医療技術短期大学部診療放射線技術科 (主任: 渡辺長盛教授)

渡辺 長盛 片倉 剛 清野 浩

東北大学医学部放射線医学教室 (主任: 星野文彦教授)

太 田 温

東北大学医学部附属診療放射線技師学校 (校長: 星野文彦教授)

木 内 繁 夫

(昭和49年11月12日受付)

(昭和49年12月14日 最終原稿受付)

A Method of Multitude Body-Section Representation Using X-Ray Television

Study on Fluoroscopic Tomography I

Chosei Watanabe, Tsuyoshi Katakura and Hiroshi Seino

Department of Radiological Technology, College of Medical Sciences,

Tohoku University, Sendai, Japan

(Director: Prof. Chosei Watanabe)

Yutaka Ota

Department of Radiology, Tohoku University School of Medicine

(Director: Prof. Fumihiko Hoshino)

Shigeo Kinai

Institute for Training Radiological Technicians Affiliated to Tohoku University School of Medicine

(Director: Prof. Fumihiko Hoshino)

Research Field Code No.: 501

Key Words: Tomography, X-ray television

An experimental study was performed as to the application of X-ray television to linear tomography.

1) Images for each position of the X-ray tube head in the case of intermittent radiography during tomographic motion were recorded on VTR and were reproduced on the monitor doing "summing of frames" in such a direction as to collect displacement of blur. Through this method, it was shown that body sections could be displayed in proportion to shifting distances.

2) Summing of frames were done employing two techniques. First, repeated photography by moving of the monitor; second, summing by the storage tube unit which utilized the electric method to shift TV raster. It was discovered that the latter case permitted direct observation of desired planes on the monitor.

3) In this experiment it was not necessary to feel concern about the weight and vibration of fluorescent screen-TV camera system at the time of tomographic intermittent irradiation, as above apparatus was immovably fixed.

I. 緒 言

X線テレビ法は、近年画質の向上と共に日常のX線診断には欠かせないものとなつている。又被曝線量の軽減等の利点から最近断層撮影への応用も試みられている。Frimann-Dahl³⁾, Lasser⁵⁾等は断層撮影するにあたり、前以てX線テレビ断層法を利用することは診断目的とする層の深さを知るのに便利であるとし、Baily 等は Electrofluoroplanigraphy¹⁾, 次いで Fluoroscopic tomography²⁾の名称のもとにX線テレビを断層撮影に応用している。即ち垂直(0°)及び左右斜方向の合計数乃至十数方向の1回直線軌道断続曝射の各映像をテレビ系の操作によつて、中心断面のみならず多層断面を観察し得ることを報告している。しかし、これらの方法は従来の断層法と同様X線管球とフィルム面に相当する入力蛍光面とは相関運動のものである。

一方、Miller等⁶⁾は Photographic laminagraphyの名称のもとにフィルムを固定し、垂直方向のみならず各斜角度からのX線写真を得、それら数枚の写真の位置をずらしながらカメラで重複撮影することによつて目的とする層の断面像を得ることが出来るとしている。われわれの研究は原理的には Miller 等の方法と同様である。即ち、蛍光面は固定し、管球のみを直線軌道上で移動させながら各角度から断続曝射し、それらの映像のテレビ系操作によつて多層断面を観察できることがわかつたので、本報ではその実験過程について報告する。

II. 原 理

断層撮影の目的は診断目的とする断面のみを取出し、その他の層の像を消去することにある。従つて断層撮影運動によつて目的断面以外の像はフィルム面を移動して暈去されるが、逆に各入射角の暈像移動が0となる方向にそれぞれの像を移動させながら重ねることによつて中心断面像は暈像となり、他の面の暈像が固定されて新しい断面像が示視されることになる。

円弧方式断層撮影における暈像の移動距離(長さ) l は⁷⁾

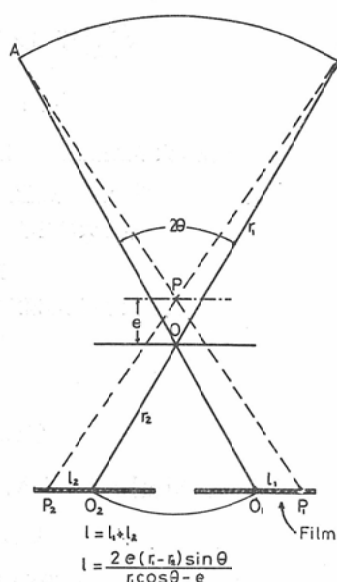


Fig. 1. Geometric principle of linear tomography.

$$l = \frac{2el(r_1 + r_2)\sin\theta}{r_1 \cos\theta - e} \quad \dots\dots (1)$$

で表わされる。Fig. 1 に示すごとく θ : 管球振角の $1/2$, e : 中心断面からの距離(中心断面より管球側の場合正, 反対側負となる), r_1 : 管球焦点一回転中心間距離, r_2 : 回転中心—フィルム間距離である。

従つて、Fig. 2 のごとく固定した蛍光面(或は

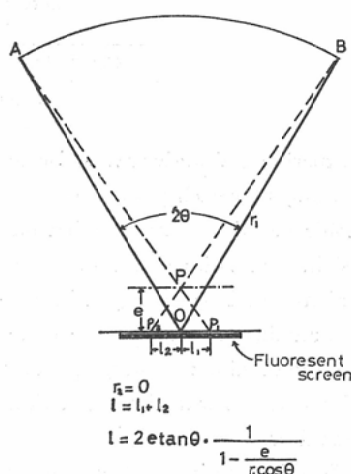


Fig. 2. Geometric principle of our experimental method.

フィルム面)に回転中心を設定すれば、(1)式の r_2 はゼロとなり、高さ e の面の像の移動距離は

$$l = 2e \tan \theta \cdot \frac{1}{1 - \frac{e}{r_1 \cos \theta}} \quad \dots\dots (2)$$

となる。 θ が比較的小で、 r_1 が比較的大であれば、 l は $\tan \theta$ の関数となることがわかる。これらの結果から、各入射角 θ に対する録画フレーム像を $l=0$ になるように移動させて各像を合成すれば e の高さの断面を取り出すことになり、原理的には任意の断面を連続的に示現させ、観察可能であることがわかる。

III. 実験 1.

1. 実験装置及び器具

X線装置：リングスタンド型X線テレビ透視撮影装置（フィリップス製），焦点 $2 \times 2 \text{ mm}^2$ ，焦点—入力蛍光面間距離 130cm，イメージ管，テレビカメラ及びモニタ附属。本装置はイメージ管固定のまま、垂直のみならず左右それぞれ 15° 移動し、斜方向曝射可能である。

ビデオテープレコーダ（以下VTRと略称）：ソニーPV—100型・1回の円弧軌道断続曝射像を録画。

特製油圧式移動台：モニタの上下移動に使用。1mmづつの上下移動可能である。

カメラ：ゼンザプロニカEC（6×6）型。テレビ映像撮影に使用，多重撮影可能。

2. 撮影対象

被写体として、(1) 2cm高さ間隔の数字階段、(2) 腰椎乾骨を用いたが、予備の実験のため散乱体は使用しなかった。

3. 実験方法

Fig. 3のごとくイメージ管を固定し、その入力蛍光面に管球回転中心を設定した。又、モニタを移動台に設置し、モニタ画面中心に映像撮影のためカメラを固定した。撮影にあたり入射角度を垂直（ 0° ）及び左右 5° 、 10° （ $2\theta=20^\circ$ ）として計5分割断続撮影した。そしてそれらのテレビ映像をVTRに録画し、その再生像を上下移動させて5回重複カメラ撮影した。その際の移動距離は(2)式よりFig. 4に示すごとく、 $e=1\sim 18\text{cm}$

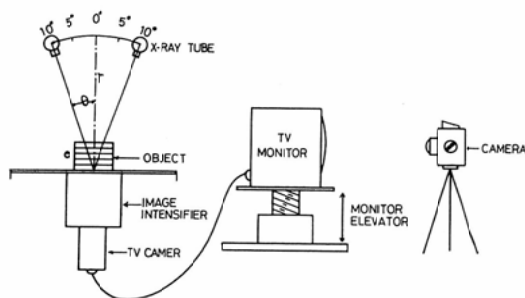


Fig. 3. Schematic illustration of experiment 1.

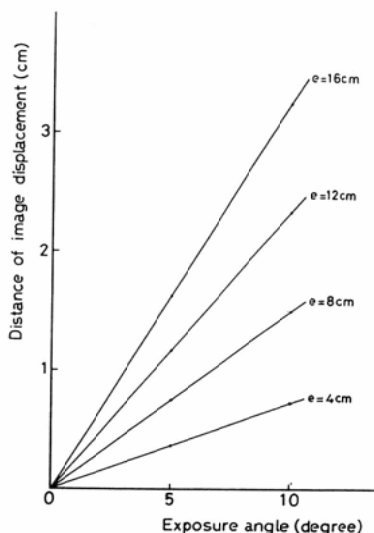
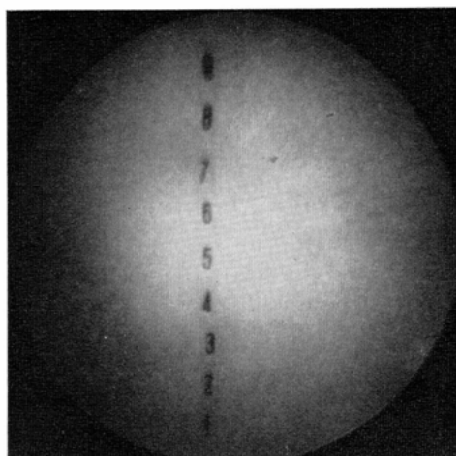


Fig. 4. Relation between exposure angle and displacement of image at various heights.

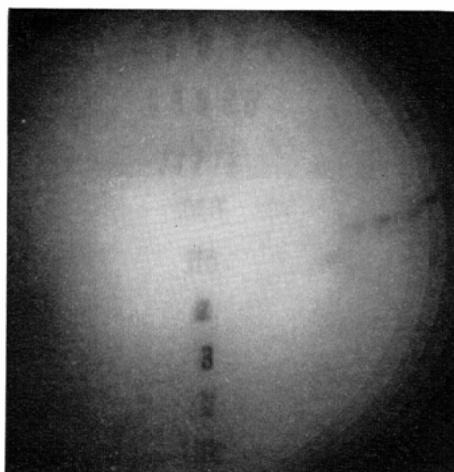
の各面について θ と l との関係を作図することによって決定された。

本実験で、管球振角（ 2θ ）が比較的小角度（ 20° ）であるのは、入力蛍光面が球面であるため広角度撮影における暈像の位置の歪みが予想されたためである。又モニタ上下移動であるため、移動曝射による暈像移動がモニタの走査線と直角方向（縦方向）になるようにテレビカメラが設置された。

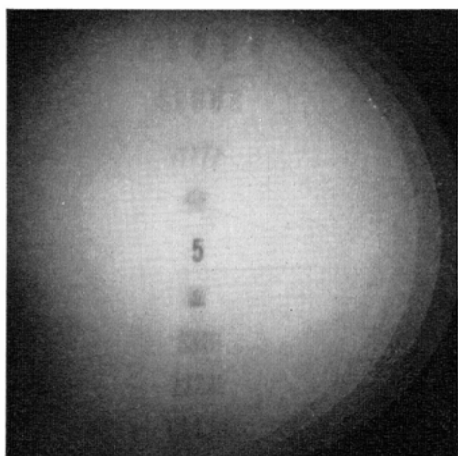
X線曝射条件は各角度一定で、数字階段：47 kVp 0.5mA 2sec.，腰椎：50kVp 0.5mA 2sec.であつたが、曝射時間はフレーム像の現出とカメラシャッター（本実験での露出時間： $1/8\text{sec.}$ ）を同期するようにすればより短時間にすることが可



a.



b.



c.



c.

Fig. 5. Photofluorograms of the test chart (experiment 1): a. plain photofluorogram, b. tomogram of the number 3 (6cm height, maximum shifting 1.5cm), c. tomogram of the number 5 (10cm, 2cm), d. tomogram of the number 8 (16cm, 3.5cm).

能である。

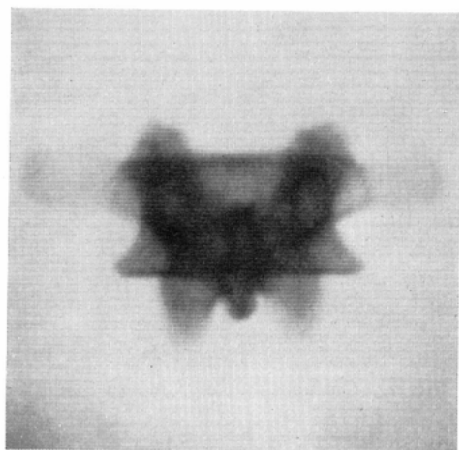
4. 撮影結果

(1) 数字階段: Fig. 5 に示すごとくフレーム像の移動距離が増加すると高位の数字が示現され、モニタ上下移動距離の相違によつて高さの異なる断面像が得られることがわかる。但しフレーム枚数不足のため量像の消去がやや不十分である。

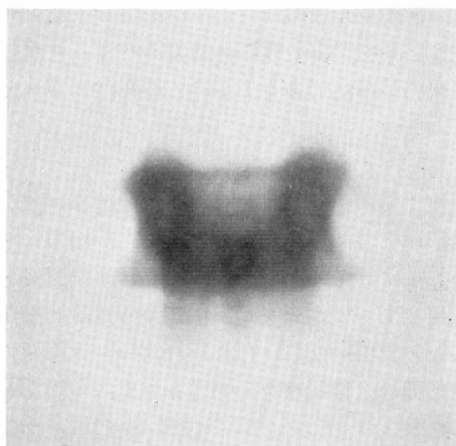
(2) 腰椎乾骨: Fig. 6 に示すごとく移動距離にしたがつて椎体部、椎弓根部及び棘突起部像が示現されている。20°断層のため比較的厚い層の像となっているようである。

5. 小括

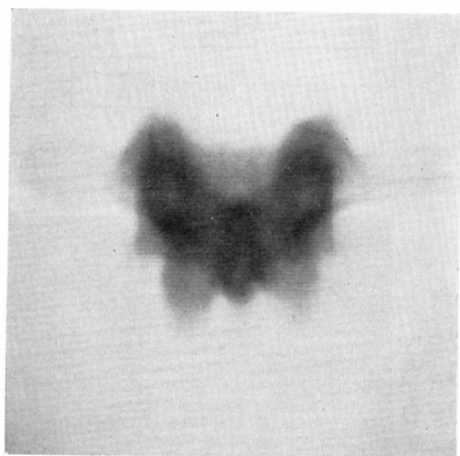
X線テレビを円弧方式断層に応用して、1回断続曝射のみでそれらVTR録画像からテレビ系操作によつて多層断面を観察し得ることはすでに



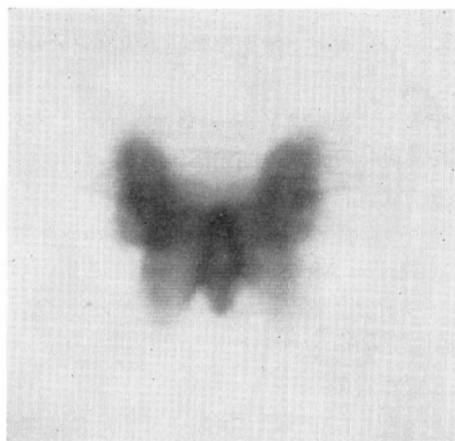
a.



b.



c.



d.

Fig. 6. Photofluorograms of the lumbar vertebra (dry bone): a. plain photofluorogram, b. section of the vertebral body, c. section of the vertebral bogen, d. section of the spinous process.

Baily 等⁶⁾によつて試みられている。彼等の方法は管球とイメージ管—テレビカメラ系が従来の断層方式と同様相対運動しているが、われわれの方法は管球は移動するが、蛍光面は固定で、原理的にはX線フィルムで実験した Miller 等⁶⁾の方法に似ている。

本実験結果から、1回の断続曝射の再生フレーム像を目的断面の高さ(e)に応じて、 $l=0$ となるように移動させることによつて多層断面をカメラ撮影できることがわかつた。しかしこの方法

はテレビ画面の機械的移動であるためモニタ面では目的断面は直接には観察されない。従つて Bily 等のごとく再生受像時に各フレーム像における量像移動を打ち消すような方向にフレームを移動させながら「フレーム重ね」をおこなえば、その合成像は移動距離に相当した断面像であつてモニタでの直接観察が可能となる。

本実験では、イメージ管の蛍光面彎曲による量像の歪みを考慮して比較的小角度($2\theta=20^\circ$)で断層撮影したが、次の実験ではイメージ管を用

いない所謂蛍光板撮像方式⁸⁾を採用して上記欠点を補うと共に、本研究の目的であるモニタ面での直接観察が可能であるように各種装置、器具を配備した。

IV. 実験 2.

実験1で、1回の断続曝射録画像からカメラ重複撮影によつて多層断面を得ることが出来たが、この方法はカメラ撮影を主体とした所謂間接方式の応用であつて、テレビ系に対する電気的操作はおこなわれていない。われわれはモニタ画面での多層断面の直接観察を目的として更に実験をおこなつた。

1. 実験装置及び器具

断層撮影装置：円弧方式（東芝A型）、管球焦点 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ 。

X線テレビ装置：蛍光板撮像方式（日立0—1型）⁸⁾。

VTR：ソニーPV—100型

画像移動装置：水平同期信号遅延操作による画像移動方式（自家製）。

蓄積管：画像蓄積合成に使用（Hughes社製 Scan Conversion Memory 639型）。

カメラ：ゼンザプロニカEC（6×6）型、断面像記録に使用。

2. 撮影対象

被写体として、（1）実験1で用いた2cm高さ間隔の数字階段、（2）成人頭部及び（3）成人胸部を対象とした。

3. 実験方法

断面像の示視原理はすでに述べたが、本実験ではテレビ画面での直接観察を目的としたので、VTRに録画された各入射角の影像を順次画像移動装置によつて移動させて蓄積管に蓄積合成した。蓄積管よりの再生像が目的とする断面像である。

使用した装置及びその block diagram は Fig. 7 及び Fig. 8 に示すごとくである。移動装置による画像移動は走査線方向（横方向）であるので、各入射角による暈像移動が実験1の場合と異なつて横方向になるようにテレビカメラを設置した。X線断続曝射は、蛍光板使用であるため比

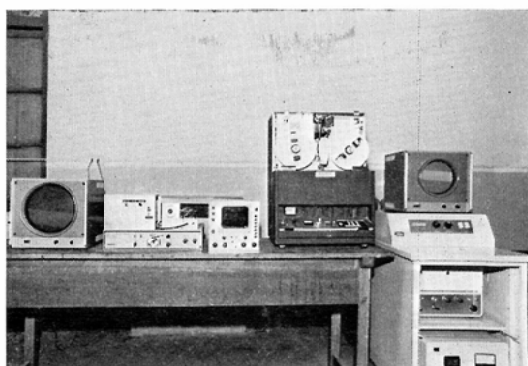


Fig. 7. Our apparatus used in experiment 2.

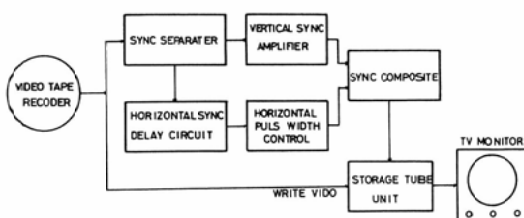


Fig. 8. Block diagram of basic fluoroscopic tomography system (experiment 2).

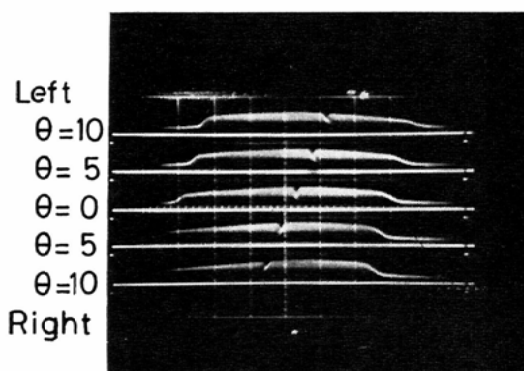
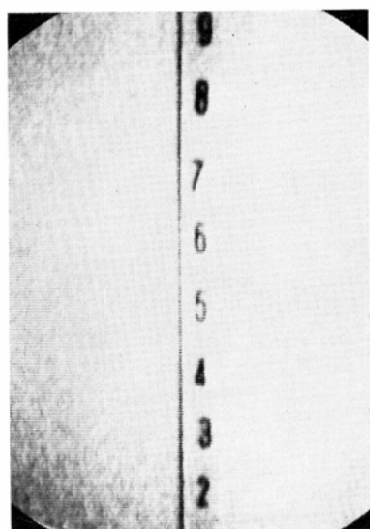
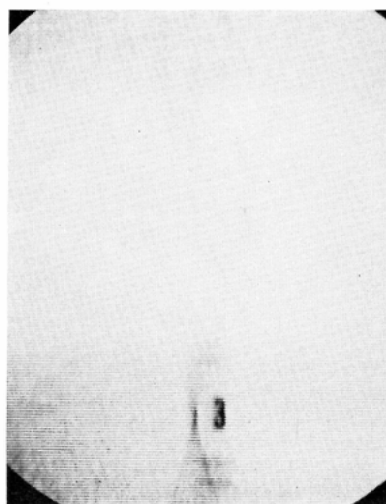


Fig. 9. In each exposure angel, synchroscopic images of shadow displacement of the lead wire laid on a plane distant from the plane of the pivot point.

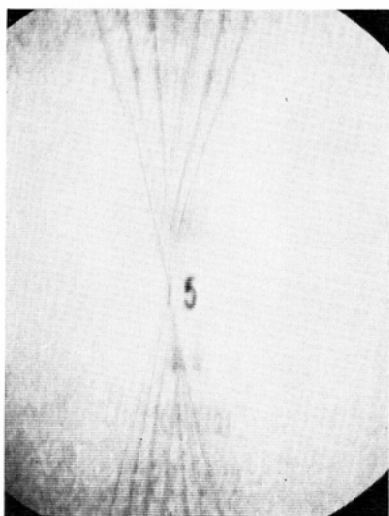
較的広角度即ち最大左右に 15° ($2\theta = 30^\circ$)をと、垂直 (0°) 及び左右に 2.5° づつ計13分割でおこなつた。Fig. 9 は中心断面（蛍光板面）から離れた平行面で管球移動方向に直角に鉛線を置いて分割曝射し、各フレーム像における走査線（1H）上の像（位置）をシンクロスコープによつて示したものである。各角度によつて影像の位



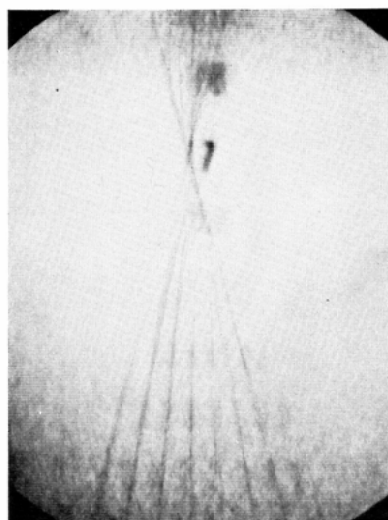
a.



b.



c.



d.

Fig. 10. Fluororadiograms of the test chart(experiment 2): a. plain fluororadiogram, b. tomogram of the number 3 (6cm height), c. tomogram of the number 5 (10cm height), d. tomogram of the number 7 (14cm height).

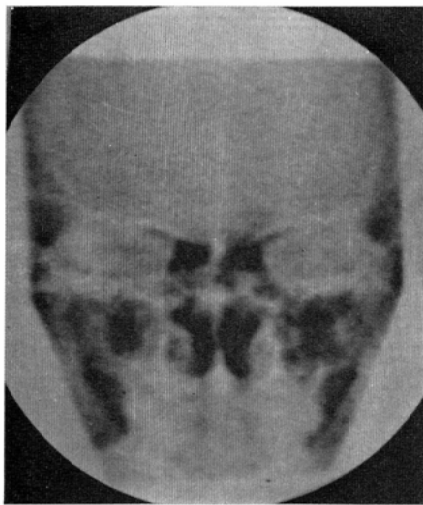
置が異なっているが、走査線を移動させて各像を集束させることによつて、その面の断層像が得られることがわかる。

X線曝射条件は各角度1定で、数字段階：45 kVp 0.5mA 1.0sec., 頭骨：75kVp 2mA 1.0sec., 胸部：65kVp 1mA 1.5sec. であつたが、蓄積管

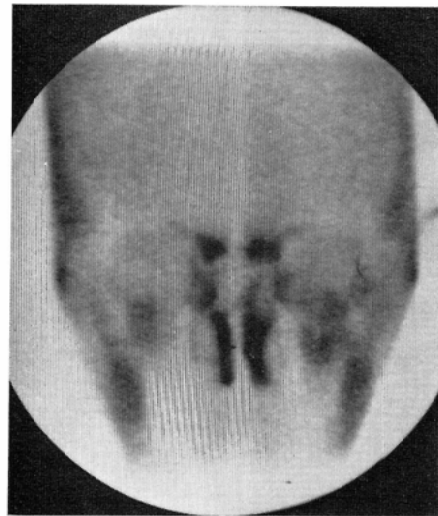
えの各角度画像の蓄積は1フレームでよいので、曝射時間は最小限1/30sec. でも合成可能である。合成像は蓄積管から取出して長時間モニタ面で観察可能であるが、画像記録のためカメラ撮影した。

4. 実験結果

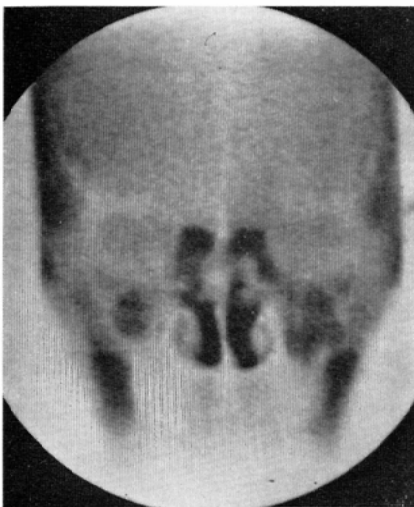
(1) 数字段階：Fig.10に示すごとくである



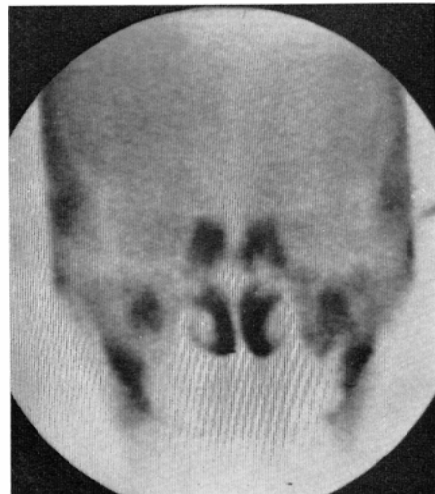
a.



b.



c.



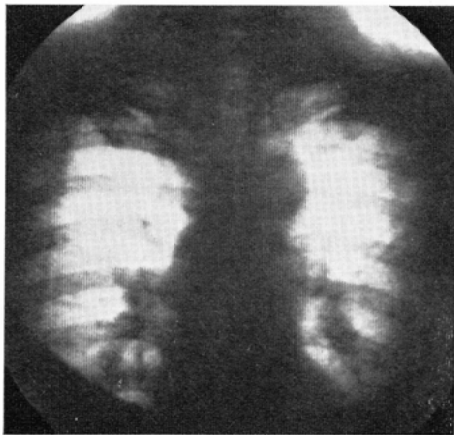
d.

Fig. 11. P-A fluororadiograms of the skull (adult): a. plain fluororadiogram, b. tomogram, 3cm height, c. tomogram, 5cm height, tomogram, 7cm height. These synthesixed images (b, c and d) display respectively differ picture in proportion to the height.

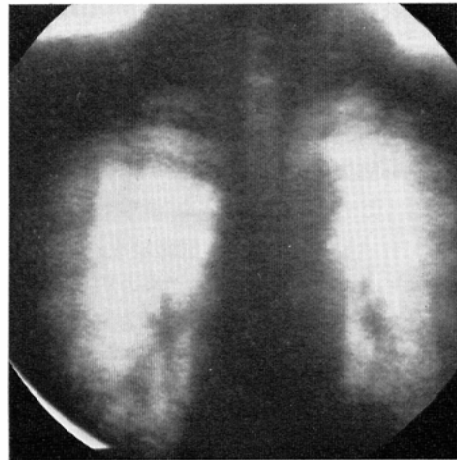
が、実験1の場合と同様フレーム像の移動距離が増加すると高位の数字が示現されてくる。このFig.10は 5° 間隔7枚による合成像であるが、実験1よりもフレーム枚数が多く、且つ広角度であるため Fig. 5 と比較して暈像の消去がすぐれていることがわかる。

(2) 成人頭骨: Fig.11に示すごとくである。正面P-A像であるが、鼻腔、副鼻腔及び眼窩部等が高さに応じて像の変化を示し、正面直接像と比較して断面像が得られていることがわかる。

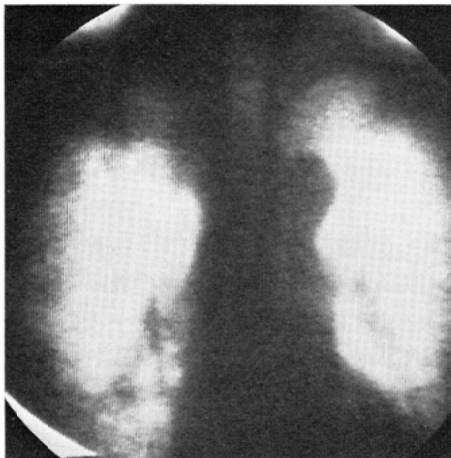
(3) 成人胸部: Fig.12に示すごとくである。正面A-P像であるが、高さ4cmでは主として背



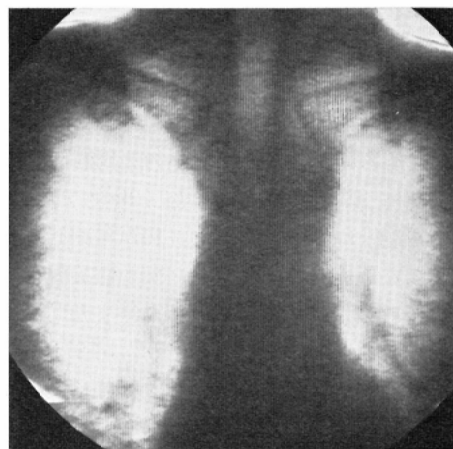
a.



b.



c.



d.

Fig. 12. A-P fluororadiograms of the chest (adult): a. plain fluororadiogram, b. section of the posterior portion of ribs (4cm height), c. section of the aortic bogen (6cm height), d. section of the sternoclavicular joints (9cm height).

柱及び肋骨後部が示現されている。高さ6cmで肋骨陰影は消去され、気管及び大動脈弓部が観察される。高さ9cmでは胸鎖関節部及び第1肋骨が示現されている。

5. 小括

実験装置の充実により直接モニタ面で多層断面を観察することができた。即ち自家製移動装置を用いて録画像を移動させ、蓄積管によつてそれから合成像を得た。Baily等の報告でも蓄積管を利

用している。Baily等の方法とわれわれの方法との相違点は、前者はイメージ管を用い、且つX線管球と相対運動しているが、われわれの方法は

(1) 蛍光板撮像方式であること、(2) それらが固定であること、である。蛍光板使用によりイメージ管使用時におけるその蛍光面が球面であることによる暈像移動の歪みを防ぐことができ、又固定によつてそれらの重さ及び振動について配慮する必要はなく、断層装置の簡易化の利点があ

る。但し管球及び蛍光面が相対運動の場合には幾何学的にみて広角度曝射が可能であるが、蛍光面固定の場合には入射角はやや限定され、又回転中心より比較的離れた断面の現出が困難になるが、本実験から臨床的应用即ち生体に用いる場合は充分間に合うことがわかった。

テレビ合成映像のカメラ撮影結果は Fig. 11, 12に示すごとくであつたが、従来の円弧方式断層写真に比べてその画質は劣っている。その原因として周知のごとくX線テレビ系の性能がまず問題であるが、目的部位による曝射条件、各入射角度における曝射条件、部位による管球振角とフレーム枚数(分割数)の選択そして蓄積合成時各フレーム像の対比度についてのテレビ系操作等諸因子の検討が必要である。

V. 総括及び考按

X線テレビを円弧方式断層撮影に応用し、且つテレビ系の特殊性を利用して単なる間接断層ではなく、1回の断続曝射の影像から多層断面を観察する方法について実験研究した。Baily 等は1973年その可能性について報告し、1974年同じ著者等によつて蓄積管を用いたテレビ像の直接観察が報告されている。われわれも亦1973年より同様に実験研究してきたが⁴⁾⁹⁾、Miller 等⁶⁾は1971年フィルム固定のまま直線軌道で管球を移動させながら各角度で数枚乃至十数枚撮影し、各フィルムを目的断面の高さに応じらずし方をしてカメラ重複撮影し、任意の断面を得ることができると報告している。そして従来の断層撮影法(Body-Section Roentgenography)と Miller 等の方法(Photographic Laminagraphy)を比較してそれぞれの利点、欠点を述べている。Photographic Laminagraphyの主な利点として、1) 限られた数枚のX線写真から多くの断面像が得られる。2) 従つて被曝線量が軽減される。3) 管球が動くだけなので装置が簡易化される、等をあげているが、X線テレビを応用した場合も上記利点をもつことになり、更にX線テレビ固有の利点も加わることになる。

まず、多層断面を得る方法として、斜方向曝射

可能なリングスタンド型X線テレビ装置を用いて予備実験(実験1)した。但しイメージ管の入力蛍光面が球面であるため暈像移動距離の歪みと固定による幾何学的因子によつて管球移動は比較的小角度($2\theta = 20^\circ$)をとらざるを得なかつた。各角度録画像を目的とする断面の高さに応じてモニタを上下移動させカメラ重複撮影したが、この方法によつても理論通り断面が得られることがわかつた。

次に、実験1の方法はカメラ撮影によつた所謂間接方式であり、本研究の目的はテレビ画面での直接観察であるので、更に装置、器具を加えて実験した。即ち、実験2のごとく蛍光板—テレビカメラ方式を用い、円弧断層装置に固定装備した。又録画像の移動は自家製装置でおこない、それらの合成のために蓄積管を用意した。断続曝射の最大振角(2θ)は 30° で生体撮影を試みたが、Fig. 11, 12に示したごとく1回の円弧軌道断続曝射録画像から任意の層の断面を観察することが出来た。

これらの実験結果から次のように考察された。

1) 装置及び器具：暈像移動の幾何学的理由から、入力蛍光面が球面であるイメージ管を用いるよりも平板である蛍光板方式が精確さの点で有利であると考えられた。本研究では断続曝射は各角度管球固定でおこなわれたが、撮影の能率化のためにはパルスX線によつて管球連続移動のもとに曝射されるべきである。映像録画のためにVTRを用いたが、ディスクレコーダの使用によつて録画、再生操作が迅速且つ簡便化されることが予想され、且つ蓄積管を用いない合成方法も考えられる。

2) 画質：従来の断層撮影フィルム像よりも劣つていたが、これはX線テレビ系の性能に主として関係すると思われるが、臨床応用を目的とする場合部位による至適曝射条件を検討する必要がある、又分割の度数と個々の曝射条件も実験検討する必要があると考えられた。一方、テレビ操作によつて映像の対比度を調節できる利点があり、蓄積管への録画、合成時にその利点を充分活かす必

要があると考えられる。

3) X線曝射時間：本実験では各角度における曝射時間は1乃至2秒であつたが、これは本研究の初期実験段階であるためそれぞれの映像を観察しながら録画した理由による。実験1の場合は録画再生像とカメラシャッターが同期するようにすればより短時間にすることができる。実験2では、蓄積管への画像蓄積は各角度映像1フレームでよいので、パルスX線の応用と共に1/30秒の曝射で充分であると考えられる。

4) 被曝線量：本実験では生体の撮影として頭部及び胸部を対象としたが、被曝線量は、13分割曝射であるので、大凡の計算値として〔1回分割被曝線量×13〕となるが、各角度の曝射条件は従来の円弧断層の撮影条件と比べて、同一管電圧の場合管電流は極めて少なくすむことがわかり、又既述したごとく各曝射時間を更に短くすることができるので、所謂断層撮影に比べて被曝線量が軽減されることは確実である。更に1回の断続曝射の録画から任意の多層を観察、記録できるので臨牀的に用いて被曝線量の軽減は明らかである。

以上であるが、本法の臨牀応用にあたり、装置機構のより自動化をはかると共に、モニタ面での直接観察による診断のためには画質の向上が必要であり、更に実験研究をすすめるが、現時点でも断層撮影実施にあたり深さを決定する深度計的役割を充分果たし得ると考えられる。

VI. 結 論

X線テレビの円弧方式断層への応用について実験研究した。

1) 1回の円弧軌道断続曝射による各入射角のX線像をVTRに録画し、再生受像時に各フレーム像の暈像移動を打ち消すような方向に移動させながら「フレーム重ね」をおこなえば、移動距離に相当した断層面が得られることがわかつた。

2) 「フレーム重ね」はモニタ移動、カメラ重複撮影による場合と、電氣的にテレビ画面を移動させ、蓄積管による合成の場合の兩者について実験研究された。後者ではモニタ面での目的断面の直接観察が可能である。

3) われわれの方法は蛍光板—テレビカメラ系が固定であるので、入射移動曝射の際これら装置の重さ、振動を考慮する必要はなかつた。

(本研究の一部は文部省科学研究費の援助によりおこなわれた。)

文 献

- 1) Baily, N.A., Lasser, E.C. and Crepeau, R.L.: Radiology., 107 (1973), 669—671.
- 2) Baily, N.A., Crepeau, R.L. and Lasser, E.C.: Invest. Radiolog., 9 (1974), 94—103.
- 3) Frimann-Dahl, J. and Kühl, H.B.: Acta Radiologica Diagnosis., 10 (1970), 236—240.
- 4) 片倉 剛, 渡辺長盛, 清野 浩, 鈴木正吾, 太田温, 木内繁夫: 日医放会誌, 第33回日医放学会抄録集 (1974), 52.
- 5) Lasser, E.C., Baily, N.A. and Crepeau, R.L.: Am. J. Roentgenol., 113 (1971), 574—577.
- 6) Miller, E.R., Mc Curry, E.M. and Bernard Hruska.: Radiology., 98 (1971), 249—255.
- 7) 松川 明, 三品均: 放射線診断学, 6 (1467), 南山堂.
- 8) 大出良平, 蓬萊裕, 小俣則夫, 斎藤勲: 日医放会誌, 第23回日医放学会抄録集 (1964), 83.
- 9) 渡辺長盛, 片倉剛, 木内繁夫: 文部省科学技術班 (高橋班), 研究報告, Dec. (1973).