

Title	多層断面観察法におけるディスクレコーダの応用と現出能の検討 : X線テレビ断層の研究 第2報
Author(s)	片倉, 剛; 渡辺, 長盛; 清野, 浩
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1975, 35(11), p. 969-979
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/18635">https://hdl.handle.net/11094/18635</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

# 多層断面観察法におけるディスクレコーダ の応用と現出能の検討

X線テレビ断層の研究 第2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)

片倉 剛 渡辺 長盛 清野 浩

(昭和50年 5月22日受付)

## Application of Disc Recorder and study of Representability of Multi-Layerscopy of Body Section Study on Fluoroscopic Tomography II

Tsuyoshi Katakura, Chosei Watanabe, and Hiroshi Seino

Department of Radiological Technology, College of Medical Sciences,

Tohoku University, Sendai, Japan

(Director: Prof. Chosei Watanabe)

---

Research Code No.: 501

---

Key Words: X-ray television, Tomography

---

In connection with the method of multi-layerscopy of the body sections using TV-recording of images for each position of the X-ray tube head during one linear tomographic motion, we have tried to make a better radiographic and summing mechanism utilizing a disc recorder and also have investigated its representability.

1) Tomographic method has been improved so that images for each position of the X-ray tube head can be interlockingly recorded on each track of the disc recorder in succession.

2) In summing each image the delay of horizontal synchronizing pulse which decides the angle of projection and the height of section was allotted to a resistor and charge voltage. As a result, it was made possible to get objective sections in a shorter time.

3) The above-mentioned rapid section representation by summing was made possible for the first time by the use of a disc recorder instead of a VTR as a recording apparatus.

4) A comparison between conventional tomography and fluoroscopic tomography showed that the image quality of the latter was inferior. The performance of the X-ray television apparatus may be considered to be the immediate cause of this, and it is considered that the marked inferiority of representability of low contrast object is related to the number of images for section representation by in view of the fact that the representability in the case of 15 divisions is superior to those of 5 to 9 divisions.

目 次

- I. 緒言
- II. ディスクレコーダの応用と撮影, 合成機構の改良
  - 1. 使用装置及び器具
  - 2. 実験方法及び結果
    - a) 撮影方法及びディスクレコーダへの録画
    - b) 自動水平同期遅延装置及び蓄積管での合成
    - c) テストチャートの撮影
  - 3. 小括
- III. 現出能の検討
  - 1. 孔あきファントームの現出能
    - a) 実験方法
    - b) 実験結果
  - 2. 重積しているアクリル円柱の現出能
    - a) 実験方法
    - b) 実験結果
  - 3. 胸部撮影
  - 4. 小括
- IV. 総括及び考按
- V. 結語
- 文 献

I. 緒 言

X線テレビ断層法として、われわれは前報<sup>7)</sup>で、X線管は従来のごとく円弧(或は直線)軌道上を移動するが、蛍光面—テレビカメラ系は固定のまま任意の断面観察が可能であることを報告した。われわれの方法は、1回の軌道移動における断続曝射像(5~15入射角)をビデオテープレコーダ(以下VTRと略称)に録画し、次いで各入射角の像を目的とする高さに応じてずらしながら蓄積管<sup>1)</sup>で合成再生して、テレビモニターで観察する方法である。VTRから再生して各層の断面像を得るためには、そのつどのまきもどしを必要とし、それだけ時間がかかった。今回その能率化を目的として、試作されたディスクレコーダを用い、更に蓄積管への合成機構を改良して、1回の軌道移動曝射から極めて短時間に次々と任意の断面を観察し得るようになったので、その機構を報告し、更に臨床応用を前提として画質特に現出能も検討したのであわせて報告する。

II. ディスクレコーダの応用と撮影, 合成機構

の改良

本法の基本原理は、各入射角曝射像の暈像移動距離( $l$ )がゼロとなるように各像を移動合成することによつて、任意の断面を得ることにある<sup>2)</sup>。この原理にテレビ方式を導入する場合、 $l$ をそれに相当するテレビ信号上の位相時間に置換して検討する必要がある。われわれの方法は蛍光面固定であるので、前報<sup>7)</sup>(2)式のごとく $r_2=0$ としたテレビ入力蛍光面上の移動距離 $l$ は、

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

( $\theta$ : 振角の $1/2$ ,  $e$ : 中心断面からの距離,  $r_1$ : X線管集点一回転中心間距離,  $r_2$ : 回転中心—蛍光面間距離)

となる。この $l$ を水平走査方向に適用した場合、これは水平同期信号から暈像までの位相時間の変化分( $T$ とする)となる。従つて各入射角における暈像移動即ち $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ がゼロとなるように同期信号を遅延させると、各暈像移動はテレビ受像面上では同一位置になることになる。暈像の移動距離 $l$ と暈像信号位相変化時間即ち遅延時間 $T$ との関係は、

$$T = \frac{H}{D} l \quad \dots \dots (2)$$

( $H$ : 水平走査時間( $\mu\text{sec.}$ )  $D$ : 入力蛍光面上の水平走査距離)

となる。 $H/D$ はテレビカメラによる定数であるので、これを $\kappa$ とし、(1)式から $\theta$ が比較的小で、 $r_1$ が比較的大であれば、

$$l \approx 2 e \tan \theta \quad \text{となり、}$$

$$\text{従つて、} \quad T \approx \kappa 2 e \tan \theta$$

となる。Fig. 1は高さ $e$ をパラメータとし、遅延時間 $T$ と振角(各入射角) $\theta$ との関係を示したものである。従つてグラフの勾配 $\Delta T/\Delta \theta$ を任意選定することによつて、目的とする高さ $e$ の断面を得ることができる。

以上がわれわれの方法の原理面であるが、前報では、撮影機構、VTRの使用及び同期信号遅延機構等の諸点で断面観察のためには、比較的時間を要した。本研究の目的はこれらを改良し、可及

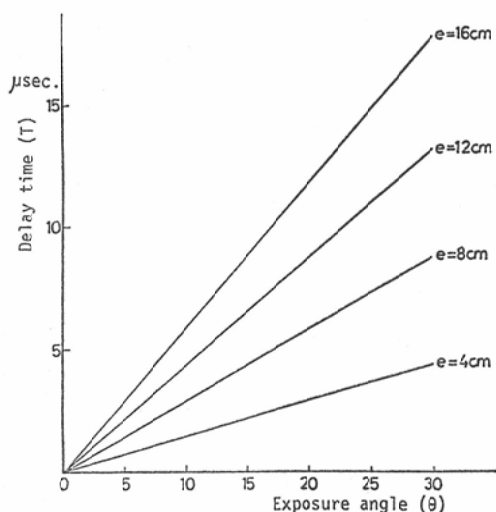


Fig. 1: Relation between projection angle and delay time. (e: height of the objective section)

的速やかに多層断面を観察できるようにすることである。

1. 使用装置及び器具

撮影装置：円弧方式断層装置（東芝A型）

X線管：焦点1×1mm

散乱線除去格子：平行6：1

X線テレビ装置：蛍光板撮像方式（日立0ー1型）

ディスクレコーダ：15チャンネル（日立電子MCD-15型）

画像移動装置：自動水平同期遅延装置(自家製)

画像蓄積装置：蓄積管（ヒューズ社 639型）

2. 実験方法及び結果

Fig. 2 に示すごとく蛍光面—テレビカメラ系を固定し、その入力蛍光面にX線管回転軸を設定、振角 $2\theta$ を $30^\circ$ として $\tau$ 、この間を15分割し各点における曝射像を録画する。各入射角の曝射像はディスクレコーダの各トラックに独立して録画され、また任意に選択再生可能である。次に目的とする高さに応じて同期信号遅延装置によつて遅延量が決定され、録画像は移動して蓄積管で合成される。

a) 撮影方法及びディスクレコーダへの録画

前報での撮影方法は、円弧軌道上の各角度の静止断続曝射であつたが、今回は録画の自動、迅速化をはかり、従来の断層法のごとく軌道上を連続曝射させ、各角度点における曝射像を次々ディスクレコーダに録画した。通常の円弧方式広角断層は1~2秒の曝射時間で実施されているが、本法では、ディスクレコーダへの記録は1/60秒を要するので、焦点の運動による像の不鮮鋭を防ぐためには、X線管の軌道移動はできるだけ遅い方がよいことになる。従つて本研究では $2\theta 30^\circ$ をX線管が3秒で移動するようにした。従つて1/60秒間における焦点の動きは計算値で約3.5mmとなる。

b) 自動水平同期遅延装置及び蓄積管での合成録画像は同期遅延装置で遅延量を決定し、信号

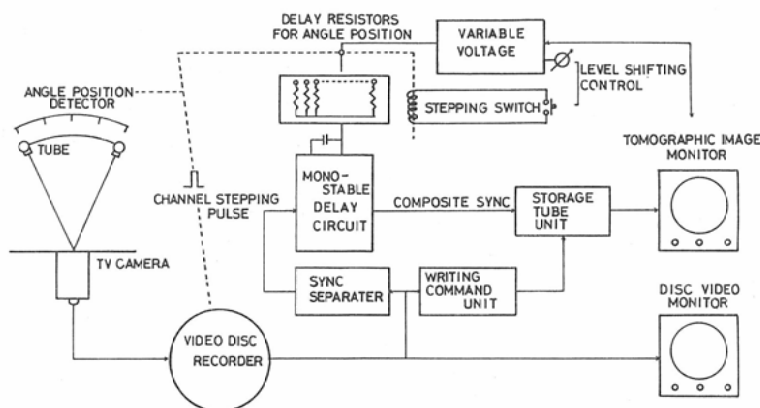


Fig. 2: Block diagram of our experiment.

像を移動させ、蓄積装置で合成する。同期信号の遅延量は各入射角と層の高さについてそれぞれ選定する必要があるため、高速且つ自動的に調節できるように設計、製作した。遅延回路には単安定回路を採用したが、その遅延量はコンデンサ(C)抵抗(R)及び充電電圧によつて変化する。まず入射角に対する遅延量は時定数  $T = \log_e 2 \cdot CR$  の抵抗Rによる変化を利用し、 $\theta$  に対して等差的に設定した。高さeに対する遅延は充電電圧によつて調節する。即ちRによる等差を一定にしたまま充電電圧によつて  $T/\theta$  勾配を変化させることが可能となる。これらの操作を自動的におこなう場合、Fig. 3のごとく選択する層面の高さeに対す

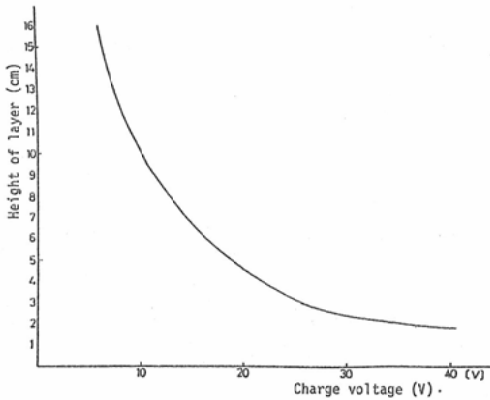


Fig. 3: Relation between voltage for level shifting control and height of section.

る充電電圧即ち層選択電圧を設定し、抵抗、ディスクレコーダチャンネルの切換え及び蓄積命令の三者を高速電磁スイッチによつておこなつた。これらの操作過程はFig. 2に示されるが、15フィールドを合成するのに1.5秒程度で可能であつた。

#### c) テストチャートの撮影

2 cm間隔数字階段を15入射角で撮影したが、撮影結果はFig. 4に示すごとくである。充電電圧即ち層選択電圧をFig. 3に従つて調節すると任意の高さの断面が合成されることがわかる。

#### 3. 小括

円弧軌道各入射角における像の録画から連続した多層断面を観察する目的で、前報に引続き実験

検討した。今回は録画装置としてVTRのかわりに15チャンネルディスクレコーダを使用した。その利点を活かすため、撮影機構及び像合成への過程の自動化を目的とした。撮影は前回各入射角静止曝射であつたが、本実験では1回の連続曝射(3秒)中の各入射角1/60秒曝射像が次々とディスクレコーダに録画されるように改良した。しかし焦点の動きによる像の不鮮鋭が問題であり、その動きを2 mm程度にするためには30°軌道移動時間を約5秒にする必要があり、被曝線量との関連において撮影、録画機構に更に工夫を必要とすることがわかつた。

次に、像合成の場合入射角及び層面の高さを決する同期信号遅延を抵抗及び充電電圧に分担し、短時間に目的断面を観察できるようにしたが、ディスクレコーダの使用によつてVTR使用時のまきもどしの必要がなくなり、高さの選択が電圧調節のみで操作が簡易化されたことと相俟つて各層の次々の高速像合成が可能となつた。

### III. 現出能の実験検討

#### 1. 孔あきファントームの現出能

##### a) 実験方法

撮影対象として、孔あきファントーム<sup>4)</sup>を使用した。Fig. 5に示すごときもので、アクリル板に直径1 mmから10 mmまでの円柱状の孔をあけ、それらに深さで0.5 mmから19 mmの間に段階を設けてある。撮影時散乱体として厚さ5 cmのアクリル板をファントームの上下に設置した。撮影は次のごとくであるが、管電圧は80 kVp一定とした。

##### (i) 直接撮影

(ii) 30°断層撮影：中心断面即ち回転中心をファントーム表面として通常の円弧断層をおこなつた。

(i), (ii)では増感紙はFS(極光)を用い、又両者共基礎濃度が約1.0になるように曝射した。

##### (iii) 直接X線テレビ像

(iv) 30°テレビ断層(本法)：15, 9及び5分割曝射それぞれの場合におけるファントーム表面の断層像を合成した。但し、回転中心は蛍光面である。

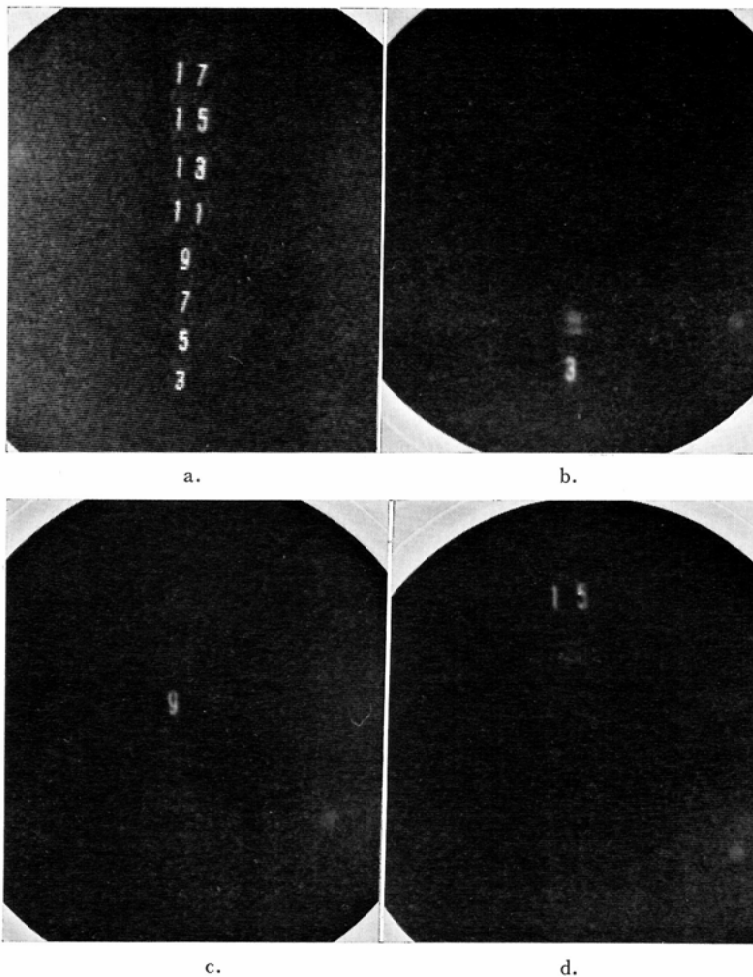


Fig. 4: Fluoroscopic images of the test charts laid at different levels.  
 (pivot point: on the fluorescent screen, a: direct fluoroscopic image,  
 b: 3cm height fluorotomogram, c: 9cm, d: 15cm.)

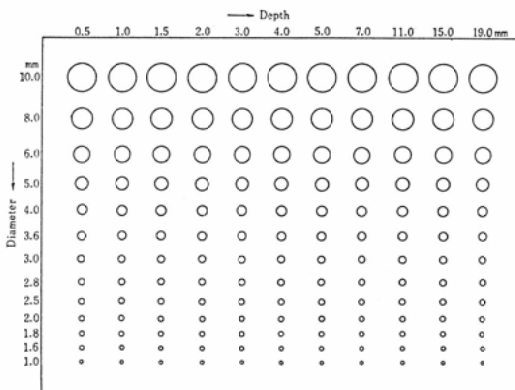
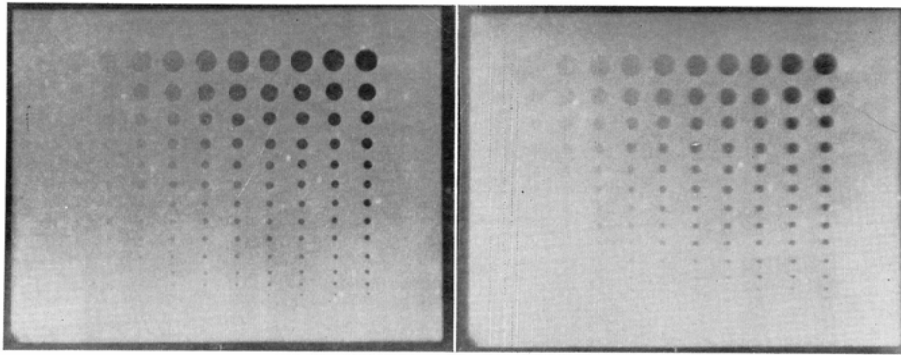


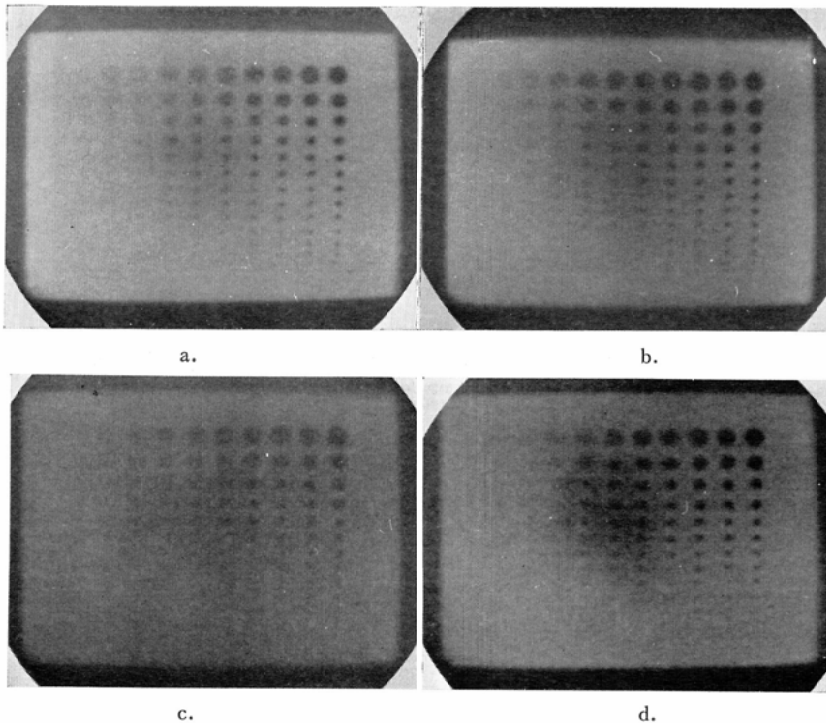
Fig. 5: Schema of the acryl plate with holes.

b) 実験結果

孔あきファントームの各種撮影結果は Fig. 6, 7 に示すごとくである。Fig. 6 a: 直接撮影像, b: 30° 断層像であり, Fig. 7 a: 直接X線テレビ像, b: 15分割曝射テレビ断層, c: 9分割, d: 5分割である。それらの現出能観察結果はFig. 8 に示される。即ち, 直接撮影と普通断層の両者はX線テレビ法に比べて, その現出能はすぐれているが, 両者の比較では, 深さの浅い部分(低コントラスト部)では直接像の方がよく示現されている。テレビ法では, 直接像及び15分割曝射断層像の両者が



a. b.  
 Fig. 6: Radiograms of the acryl plate with holes.  
 (a: direct, b: 30° tomo., pivot point: on the  
 surface of the acryl plate.)



a. b.  
 c. d.  
 Fig. 7: Fluoroscopic images of the acryl plate with holes.  
 (pivot point: on the fluorescent screen, a: direct fluoroscopic  
 image, b: 30° fluorotomogram by 15 recorded images, c: by  
 9 recorded images, d: by 5 recorded images.)

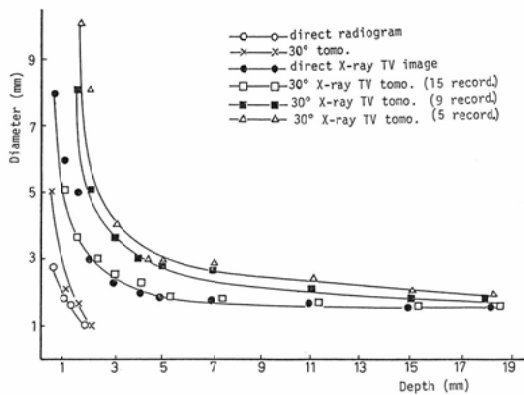


Fig. 8: Representability of the holes.

9及び5分割曝射断層像と比較して、その現出能はすぐれているが、直接像と15分割曝射断層像との比較では、写真撮影の場合と同様に低コントラスト部では直接像の方がよく示現されている。

2. 重積しているアクリル円柱の現出能

a) 実験方法

撮影対象としてFig. 9に示すとき重積しているアクリル円柱<sup>6)</sup>を用いたが、直径、高さの等し

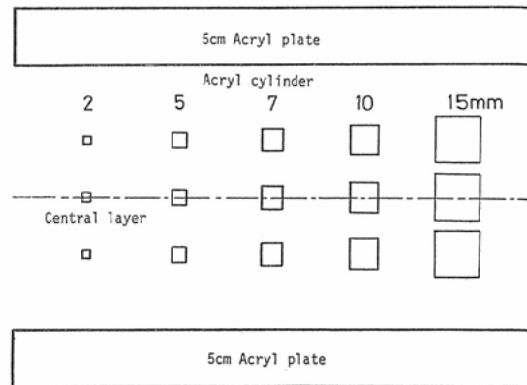


Fig. 9: Schema of the acryl cylinders arranged at three layers.

いアクリル円柱(2, 5, 7, 10, 15mm)が3層に配列されている。層間隔は15mmから50mmまで自由に調節可能である。上記ファントムについて、通常の断層撮影及びテレビ断層をおこなった。中心断面は中間円柱列の中心を過ぎる水平面としたが、テレビ断層(本法)では、回転中心は蛍光面である。管電圧は80kVp一定とし、通常の

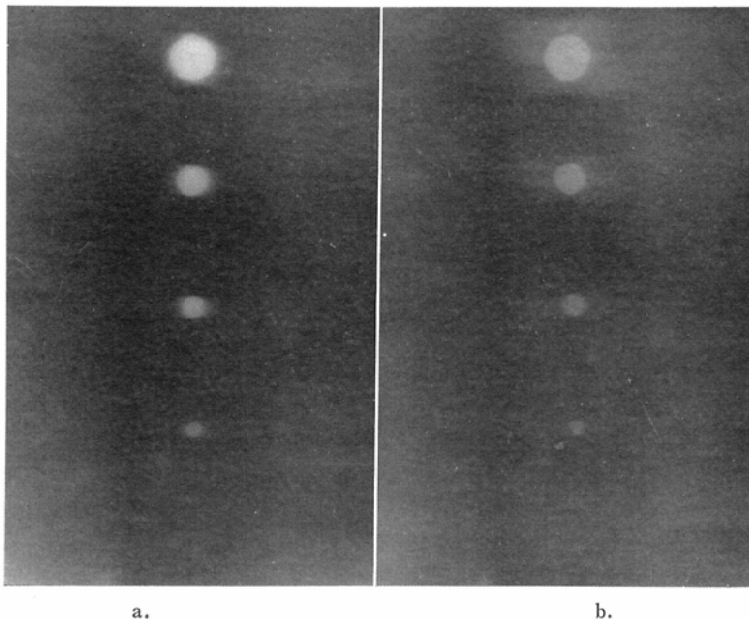
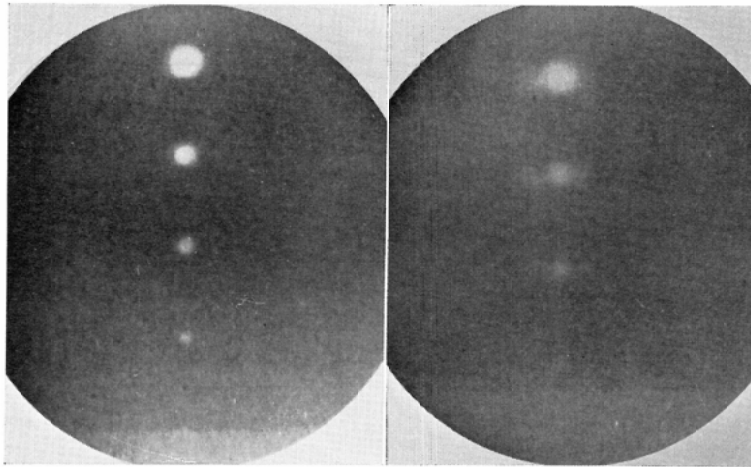
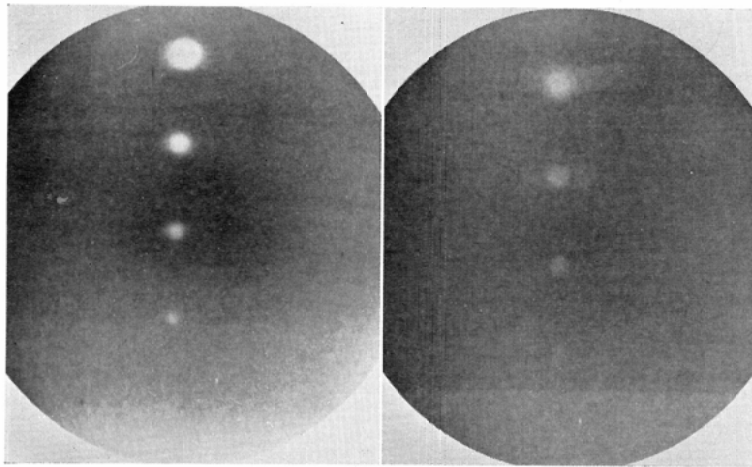


Fig. 10: 30° tomograms of the acryl cylinders. (pivot point: on the horizontal central section of the acryl cylinders at the middle layer, a: interval of each layer-15mm. b: 50mm.)





a. b.  
 Fig. 11: 30° fluorotomograms by 15 recorded images.  
 (pivot point: on the fluorescent screen, a: interval of each layer-15mm, b: 50mm.)



a. b.  
 Fig. 12: 30° fluorotomograms by 5 recorded images.  
 (pivot point, a and b: the same to fig. 11)

断層では基礎濃度約 1.0になるように曝射した。撮影時実験 1 と同様散乱体として 5 + 5 cm アクリル板を用いた。撮影の種類は次のごとくである。

- (i) 30° 断層撮影：層間隔15, 50mm
- (ii) 30° テレビ断層

{	層間隔15mm	{	15分割曝射
	50mm		5分割曝射

b) 実験結果

Fig. 10は通常の断層像, Fig. 11: 15分割テレビ断層像, Fig. 12: 5分割テレビ断層像で, 各 Fig. の a 及び b はそれぞれ層間隔15及び50mmのものである。撮影結果から, 層間隔15mmでは, 各像とも上下円柱の暈像は不明瞭で, 且つ陰影のコントラストがよく, 30°断層では中心層から15mm離れているものの消去は充分でないことを示している。一方層間隔50mmでは上下の像は暈像として観察さ

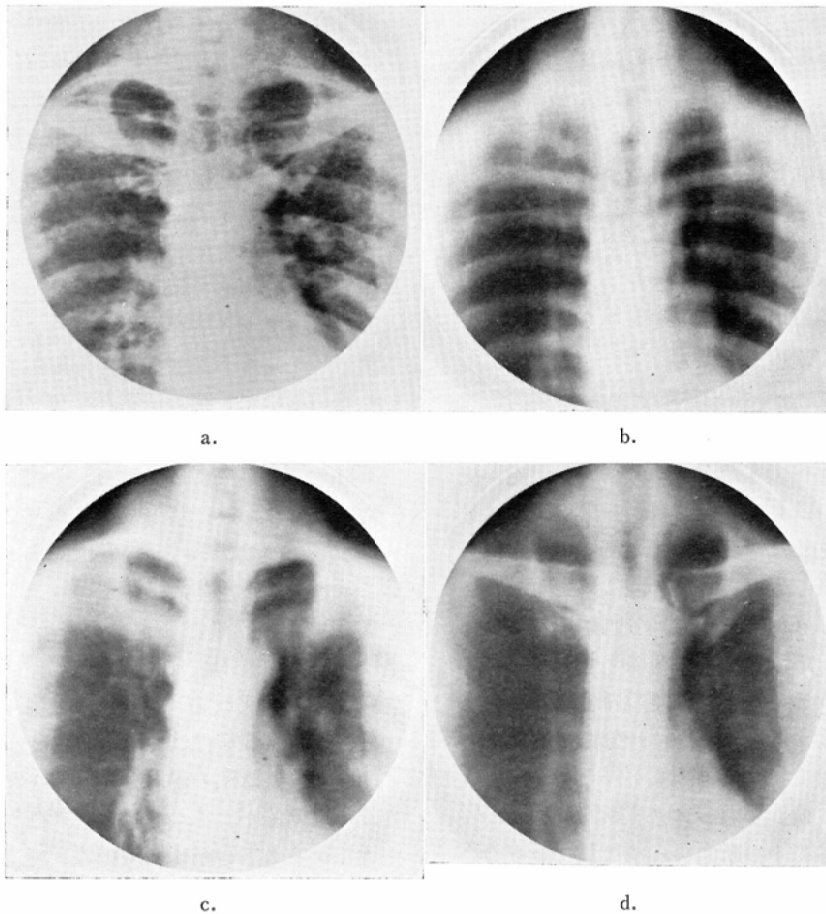


Fig. 13: Fluoroscopic images of the chest at the supine position.  
(a: direct fluoroscopic image, b: 4cm height fluorotomogram by  
15 recorded images, c: 8cm, d: 14cm.)

れる<sup>6)</sup>。テレビ断層は通常の断層に比べ実験1の結果と同様現出能が劣り、2mm円柱は認知されない。次に50mm間隔テレビ断層で、15及び5分割曝射像を比較すると、前者ではその暈像は通常の断層の場合と同じような低コントラストの連続的陰影を示している。しかるに後者では、上下円柱の暈像は不連続であり、それぞれコントラストが比較的大きく、且つ5mm円柱陰影が不明瞭である。従つて5分割曝射テレビ断層は、実験1の場合と同様15分割に比べて断層効果が劣っていることがわかる。

### 3. 胸部撮影

健康成人男子の胸部(胸厚18cm)のテレビ断層をおこなつた。撮影条件等は次のごとくである。

30°テレビ断層: 背臥位, 70kVp, 1mA 軌道移動時間3sec. 連続曝射, 15分割入射角像(各1/60秒像)合成。

撮影結果は Fig. 13 に示される。a: 正面直接像, b: 背面より4cm高さ, c: 8cm, d: 14cmの断層像である。4cmでは背部肋骨が明瞭に認められ、鎖骨等は消去されている。8cmでは大動脈弓、肺門部陰影及び気道系陰影等が観察され、肋骨は消去されている。14cmでは鎖骨、第1肋骨及び胸骨柄の1部が観察される。

#### 4. 小括

本研究では、撮影、合成機構の改良に伴つて、まずテストチャートを用いて合成能を中心とした断層効果について検討したが、被写体の大きさ、形状そしてX線吸収率の大小等から臨床例の断層等と同等には考え難い。従つてわれわれは臨床応用との関連において、又ディスクレコーダの導入によつて基礎実験が容易におこなえるようになったので、本法の現出能についてアクリルファントームを用いて実験検討した。

まず孔あきファントームの現出能を検討したが、従来の断層に比べてテレビ断層は劣り、15分割録画合成に比べて5乃至9の分割の現出能が更に劣っていた。これは分割度数が多い程画質は従来の断層像に近くなり、現出能の良い画像が得られることを示唆しているが、今回は15チャンネルディスクレコーダ使用のため15分割以上の曝射実験はおこなわなかつた。無論X線テレビ装置自体の性能も問題であり、その性能の向上があれば、そして焦点の動きが小さければ15分割でも従来の断層像と比較して劣らない画像が得られる可能性がある。次に重積しているアクリル円柱についての断層実験では、中心断面からはなれた上下の円柱列に対する消去効果は15分割の方がすぐれ、5分割では上下円柱列の暈像は比較的コントラストの良い不連続な陰影の集合として観察され、5分割は臨床応用のためには不利である。15分割による生体胸部テレビ断層結果は、確かに通常の断層写真に比べその画質は劣るが、前報で示した胸部テレビ断層像に比べれば、分割度数の増加及び合成機構の改良による正確さによつてその画質はよくなつている。

#### IV. 総括及び考按

X線テレビ断層の臨床応用の目的は、従来の断層撮影と比較して、撮影室で即座に目的とする断面像を観察できることであり、又被曝線量を軽減し得ることである。本法は1回の軌道移動曝射録画像から連続的に各層の断面像を観察する方法である。前報で述べたごとく一応その目的に達したが、撮影、録画機構、VTRの使用による蓄積管

への合成機構等の諸点で、多層断面観察のためには比較的時間を要した。本報における研究目的はこれらを改良して速やかに多層断面を観察できるようにすることであつた。即ち、撮影機構、ディスクレコーダ使用による録画法両者の改良そして層面選択は電圧調整のみによる簡易化したがつて蓄積管への合成は自動化された。従つて前回に比し曝射後極めて短時間即ち一つの断面を1.5秒程度で、次々各層を観察できるようになり、更にディスクレコーダは常時各入射角の単独像を再生しているので、特に正面直接像と断層像を同時に比較しながら観察できるようになつた。

以上の改良によつて目的とする断面の示現が非常に簡単になり、基礎実験も容易に行なえるようになったので、われわれは臨床応用を目的として、本法の現出能についてファントーム実験を試みた。実験結果、孔あきファントームの認知能は、従来の断層法(写真法)に比べて特に孔の浅い部分即ち低コントラスト部で劣っていた。又15分割録画合成像は9、5分割に比べてその認知能はすぐれ、本法の場合分割度数を多くすればするほど現出能がよくなり、従来の断層にその画質が近くなることを示唆していると考えられた。これらの結果はアクリル円柱列についての実験結果にもあてはまり、テレビ断層は従来の断層に比べてその現出能は劣っていた。更に5分割では、目的層以外の上下層の暈像は比較的コントラストのよい不連続陰影を示し、5分割録画合成像は断層像としては臨床上に不利であると考えられた。

以上のことから今回の実験研究上、画質と被曝線量について問題点として考按する必要がある。画質の優劣は使用したX線テレビ装置本来の性能に関係することは周知の通りであるが、本法では影響する因子の1つとしてX線曝射法が検討されなければならない。前回は各入射角静止曝射であつたが、今回は軌道移動連続曝射で各角度1/60秒撮影分(1フィール分)がディスクレコーダに自動的に次々録画されるようにした。従つてX線管焦点の動きの影響即ちぼけが当然予想され、本研究では30°円弧軌道移動を機構的に改作して約

3秒としたが、それでも焦点の動きは1/60秒で3.5mmとなり、当然その影響が考えられる。本法は蛍光面—カメラ系固定であるのでX線管の動きのみを考慮すればよいので、その軌道移動は技術的に検討し易いが、連続曝射の場合臨床応用即ち生体特に運動体の撮影時X線管の動きを遅くすればするほど1/60秒中の焦点の動きは少ないが、一方被写体の動きによる合成像のぼけが目立つことにより、又被曝線量も大となる。

次に被曝線量を中心に検討した場合、本法における30°連続曝射条件は、胸部(胸厚18cm)で70kVp, 1mA, 3sec.であつたが、従来の断層では70kVp, 50mA, 1sec.程度を要することから、本法は連続曝射であつても被曝線量ははるかに少なく、又1回の曝射のみによつて連続した多層断面を観察できる点ですぐれていると考えられる。

従つて、焦点の動きと被写体の運動によるぼけ及び被曝線量の三者を考慮した場合、これらの欠点を共に少なくするためには、X線管連続移動であつても各角度パルスX線曝射をおこない、その蛍光像を1/60秒で自動的に録画するようにすればよく、撮影度数に関係するが比較的高速のX線管軌道移動が可能と考えられ、更に撮影機構の改良をはかる必要がある。

ファントム実験結果から直径5mm程度の球型被写体の示現は可能であることがわかつたが、生体撮影として胸部断層を試みた。前回に比べ分割録画数の増加と合成法のより正確さによつて画質が良くなつてはいるが、通常断層写真ほど細部は示現されていない。その原因としてX線テレビ装置の性能のみならず前述した焦点の動き、心博動の影響及び低コントラスト部の現出能の低下等が考えられた。但し臨床的に用いる場合、現段階でも通常断層撮影にあつて深度計的に充分役立つものであり、又多層断面像を次々観察することにより、そして別のモニターで各入射角直接像を同時に観察できるので、障害陰影の識別にも有効で

あると考えられた。

## V. 結 語

1回の円弧軌道移動における各入射角撮影像のテレビ録画から多層断面を観察する方法について、ディスクレコーダの使用にともなつて撮影及び合成機構の改良をはかり、又その現出能もあわせ検討した。

1) 各入射角点における撮影像が次々とディスクレコーダの各トラックに運動して録画されるように撮影機構を改良した。

2) 像を合成する場合、入射角及び層面の高さを決定するテレビ同期信号の遅延を抵抗及び充電電圧に分担することにより、短時間で目的断面を得ることが可能となつた。

3) 上記高速断面合成は録画装置としてディスクレコーダの導入によつてはじめて可能だつた。

4) 通常断層と本法によるテレビ断層とを比較して、その画質は後者が劣つていた。これはX線テレビ装置の性能に直接起因すると考えられるが、特に低コントラスト部の現出能が劣つていたのは断面像合成のための分割撮影像の数に関係すると思われ、15分割が5乃至9分割よりもその現出能はすぐれていた。

(本研究は文部省科学研究費の援助によりおこなわれた。)

## 文 献

- 1) 荒井 久: 日経エレクトロニクス, 4—22 (1974), 67—84.
- 2) Baily, N.A., Lasser, E.C. and Crepeau, R.L.: Radiology. 107 (1973), 669—671.
- 3) Baily, N.A., Crepeau, R.L. and Lasser, E.C.: Invest. Radiolog. 9 (1974), 94—103.
- 4) 星野文彦, 山口昂一, 上村和夫, 志田寿夫: 日医放会誌, 23 (1964), 1198—1207.
- 5) Miller, E.R., McCurry, E.M. and Bernard Hruska: Radiology. 98 (1971), 249—255.
- 6) 渡辺長盛: 日医放会誌, 34 (1974), 381—390.
- 7) 渡辺長盛, 片倉 剛, 清野 浩, 太田 温, 木内繁夫: 日医放会誌, 35 (1975), 383—393.