The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	露出条件を変化させながら撮影する回転横断撮影法
Author(s)	松田, 忠義; 沢田, 実; 栗原, 重泰
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1970, 30(1), p. 77-86
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19240
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

露出条件を変化させながら撮影する回転横断撮影法

豊橋市民病院放射線科
松田忠義　沢田実
東芝玉川工場
栗原重泰

(昭和44年10月20日受付)

Axial Transverse Tomography on Changing Exposure Conditions

By

Tadayoshi Matsuda and Minoru Sawada
Department of Radiology, Toyohashi City Hospital, Toyohashi
Shigeyasu Kurihara
Medical Appliance Engineering Department, Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.

Explanations have been given to the following matters in relation to the method of the axial transverse tomography on changing exposure conditions in accordance with the evaluation distance of the cross section which X-ray passes through the subject axial.

1. In order to obtain an accurate transversal image of an oval or semioval subject using the axial transverse tomography, it is necessary to radiograph by changing exposure conditions on the direction of X-ray exposure. This is because if a subject is radiographed on a certain fixed exposure, section extending along longer axis turns out obscure. These points have been clarified by basic experiments.

2. We have manufactured an apparatus which allows changing of tube voltage according to the evaluation distance of X-ray which passes through the subject while the axial transverse tomography is being applied. The apparatus consists of an electric resistor, a relay box and time delay relays. Explanation has been given on the construction and operation of the apparatus.

3. In order to radiograph a chest, the tube voltage can be changed taking the pass-through distance of X-ray to the centre of the chest as a basis. Appropriate difference between the tube voltage for the side chest and front chest is 22 kVp $\pm$ 5.

4. On 50 cases which had metamorphoses in the lungs, observation was made comparing a fixed exposure with changeable exposures for axial transverse tomography. As a result, it has been found that the axial transverse tomography on a changeable exposure basis is more advantageous (53.9% of the total cases) in observing pulmonary fundus running vertically from the pulmonary hilum and bronchial cavity and in finding new sick shades and also metamorphoses on posterior mediastinum and around spinal column become clearer and more concrete.

緒　言

回転横断撮影では，X線管とフイルムの回転中，一定の露出条件を曝射しながら撮影するのが普通である[1)2)3)]．然し一定の露出条件で撮影すると被写体内部の横断面の形状が正確に撮影されない場合がある．此の理由は回転撮影中に被写体を

通過しフイルムに到達するX線量が入射方向で相違するためである．此の報告では先づ回転横断撮影における横断面像の形成と線吸収との関係を明らかにし，次いで回転撮影中に露出条件を自動的に変化しながら撮影する方法について述べる．尚此の方法を可変露出回転横断撮影と呼んで説明する．

I　回転横断撮影に於ける横断面の結像と線吸収との関係

回転横断撮影の際，被写体を通過してフイルムに到達するX線量はX線の入射方向で一様でないことがある．

此のX線量の不均等が，横断面の結像にどう影響するかを模型実験で確めた．此の実験に使用した模型とファントームはそれぞれ次の2種類である．模型はアルミニウムの楕円形パイプ4本を互に直角に固定したもので，個々の楕円形パイプは長軸1㎝，短軸4㎜，高さ20㎝である(Fig. 1A)．もう一つは同形同大にアクリール樹脂で作つたものである（Fig. 1B)．ファントームは同筒形と楕円体の2種類である．円筒形の水ファントームは直径10㎝，高さ20㎝のポリスチロール円筒に水を満したものである．楕円体ファントームは長軸24㎝，短軸14㎝高さ20㎝のMixD楕円体に長軸12㎝，短軸11㎝の楕円形の中空部を作つたものである．アルミニウム模型を空中，円筒ファントーム及び楕円ファントーム内において，夫々回転横断撮影を行なつた．何れの場合も90度から360度まで20度おきに14回撮影し，4個のアルミニウム断面の結像状態と回転角度との関係を中心に観察した．

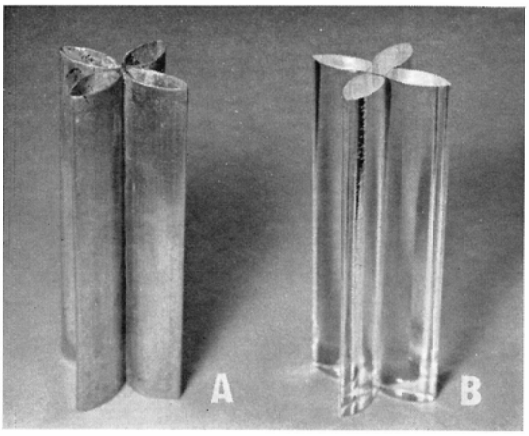
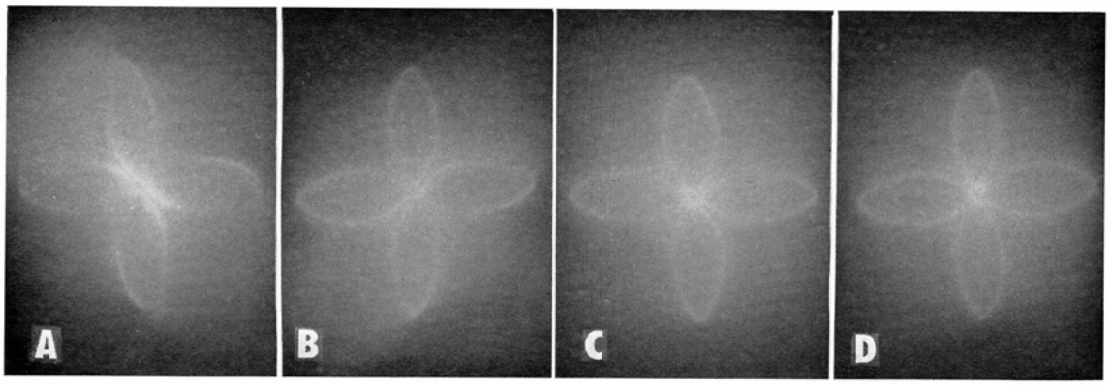


Fig. 1. A: Aluminium model. B: Acryl resin model.

A．アルミニウム模型を空中においた場合：1) 100度～120度の回転撮影では4つの断面は完全な楕円形を結像しない(Fig. 2A)．2) 140度～160度の回転撮影では4つの断面は略々楕円形を呈するが一部分の結像が不完全である．3) 180度の回転撮影では4個の断面が完全な楕円形像となる（Fig. 2B)．4) 220度（Fig. 2C）と360度（Fig. 2D）で回転撮影されるアルミニウム断面のX線像には差はないが，180度のX線像よりも



A. 100°　　B 180°　　C 220°　　D 360°

Fig. 2. An aluminium model suspended in the air was radiographed changing the range of rotation on which X-ray is radiated.

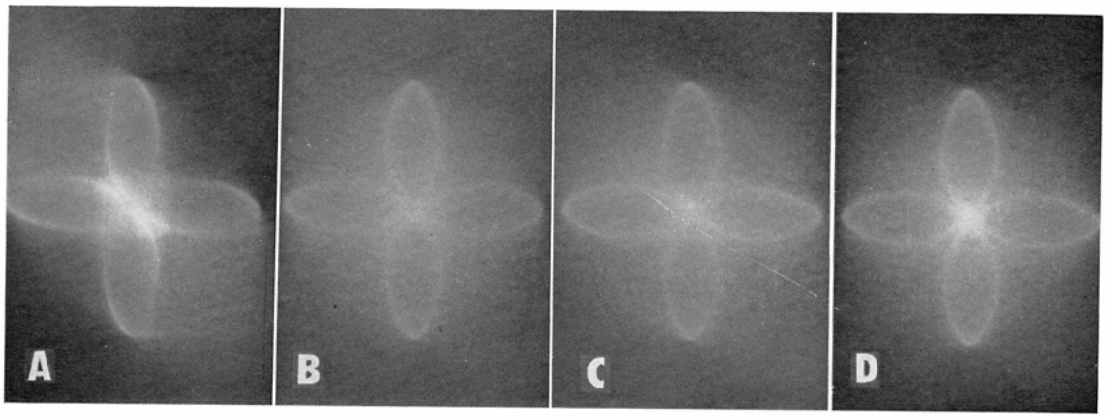


Fig. 3. An aluminium model placed in the centre of a cylindrical water phantom was radiographed.

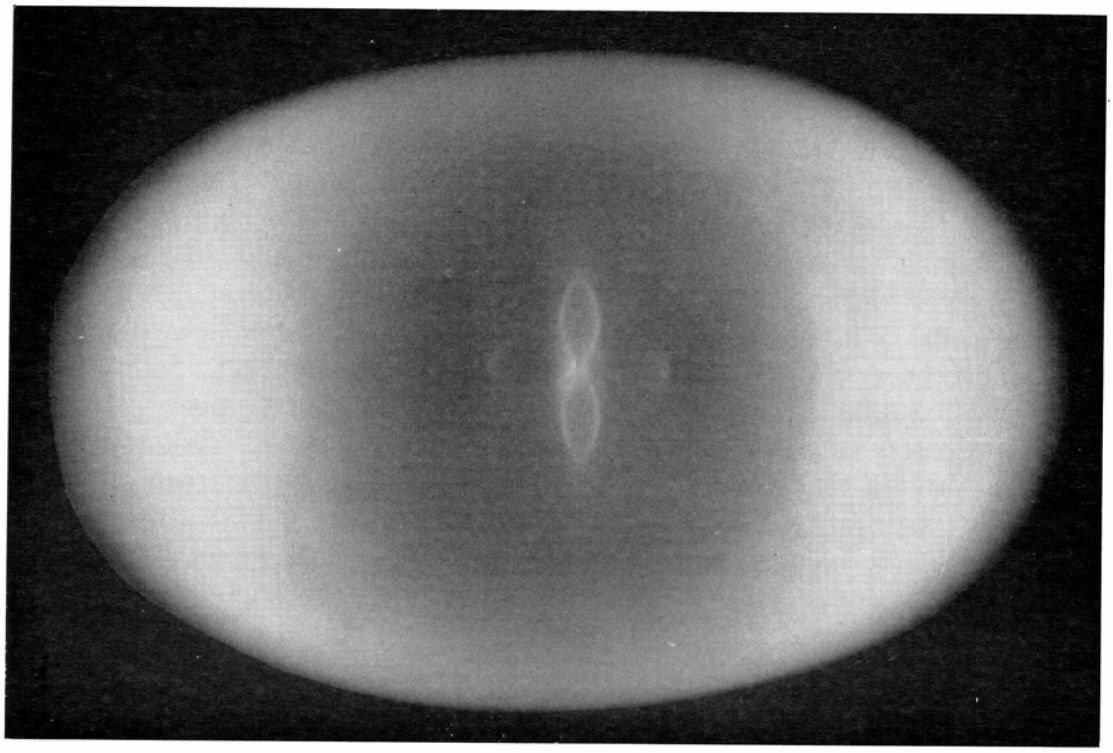


Fig. 4. An aluminium model placed in the centre of Mix D oval phantom was radiographed for 360°.

鮮明である.

B. 模型を円筒ファントーム内においた場合：アルミニウム模型を円筒形の水ファントーム内において回転横断撮影した場合，アルミニウム断面の結像とX線曝射の回転角度との関係は，模型を空中において撮影した場合と同様で，前項Aの1)から4) に要約された結果がそのまま適合する.(Fig. 3A～D)

C. 模型を楕円体ファントーム内においた場合： 此の場合に撮影される横断写真は，巾広い

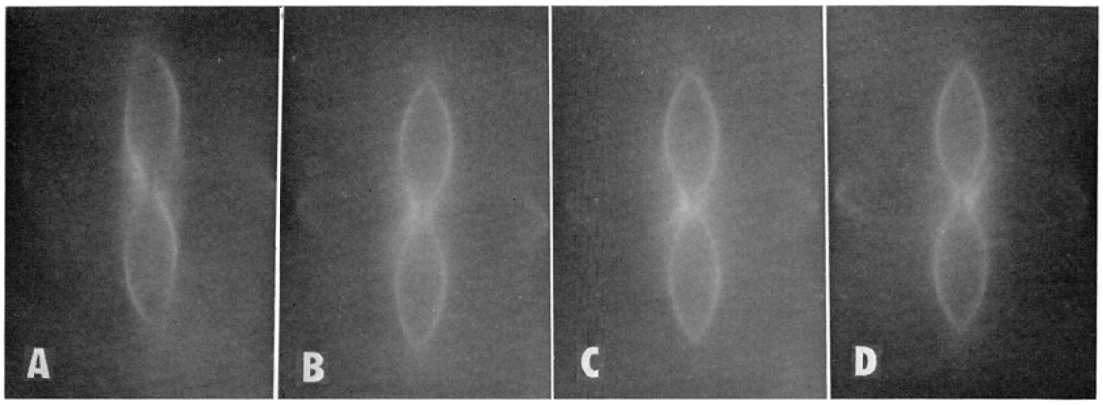


Fig. 5. Fn An aluminium model placed in the centre of an oval phantom was radiographed.

濃厚陰影に取り巻かれる略々円形の澄明像内にアルミニウムの断面が撮影さる．Fig. 4は此の状態で360度の回転中，X線を曝射して撮影した横断写真である．Fig. 5では各条件で撮影される横断写真のアルミニウム断面の部分だけを附図にした．1)　100度～120度の回転撮影では，4個のアルミニウム断面の中，楕円体の短軸方向に一致した2つの断面が線状陰影を描くのみである（Fig.5A）．2)　140度～ 160度の回転撮影では短軸方向に一致した2つの断面が一部分量けた楕円形を結像する．3)　180度の回転撮影では短軸方向の断面は完全な楕円形を結像する．長軸方向の断面は全く結像しない（Fig. 5B）．4) 220度（Fig. 5C）と 360度（Fig. 5D）の回転撮影のX線像には相違は認めないが，180度のX線像よりも全体に鮮明である．

D．前項の状態で楕円体ファントームの中空の部分に水を満して回転横断撮影を行なつた．その結果は前項Cの要約と全く同一所見である．

小括：回転横断撮影における横断面像の形成に関する実験から次の2つの事柄が要約される．

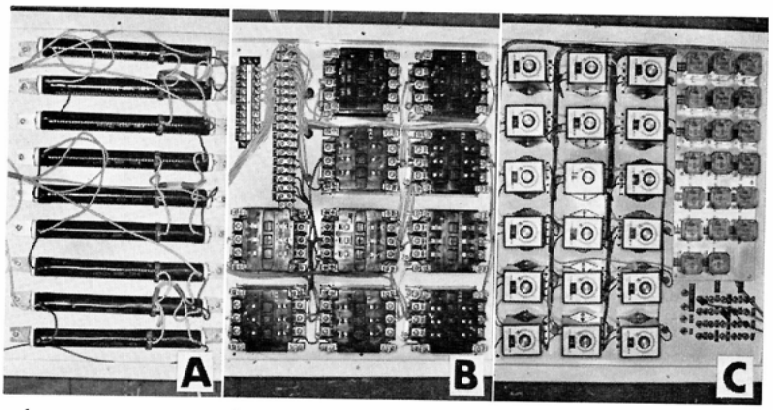
1)　X線を曝射する回転範囲と横断面像との関係：4本の楕円形パイプを直角に固定した模型を対象にした実験では 180度の回転中X線を曝射すると，完全な横断面が撮影される．X線曝射の範囲を 220度以上大きくしても撮影される横断面のX線像には差がない．此の事は被写体が空中にあつても，又円形乃至楕円形の吸収体内にあつても同じである．

2)　被写体の吸収と横断面結像との関係：模型が円形の被写体内にある場合は，模型が空中にある場合と同様完全に横断面が結像する．然し模型が楕円体内にある場合は，短軸方向の断面は結像するが，長軸方向の断面は結像しない．此の様に被写体の構造でその内部においた模型の横断面の結像が違ふのは，X線の入射する方向でその通過距離が一様でないからである．

II　可変露出回転横断撮影法

回転横断撮影の際，被写体の通過距離に応じて管電圧が自動的に変化する装置を製作した．此の装置の機構と実際のやり方について述べる．尚管電圧可変装置を取り付けた臥位回転横断撮影装置は，此までしばしば報告[4)5)6)]したものである．

A．管電圧可変装置：X線の被写体内通過距離に応じて管電圧が自動的に変化する様に製作した．直列に並ぶ9個の瑯瑯抵抗（Fig. 6A）と9個のリレー装置（Fig. 6B）及び18個の遅延タイマー（Fig. 6C）の3部門から成つている．此の機構はX線管球の回転軸に10度毎に取つけたマイクロスウィッチ（Fig. 7A）を介してX線発生装置の一次回路に直列した電気抵抗（Fig. 7C）が開閉して管電圧が変化する．すなわち，マイクロスウィッチからの信号で最初の抵抗（C）が閉じて管電圧が下る．此と同時に遅延タイマー（S



A. Enamelware power type wire wound resistor. B. Relay box. C. Time delay relay.
Fig. 6. Actual operation of the tube voltage changing apparatus.

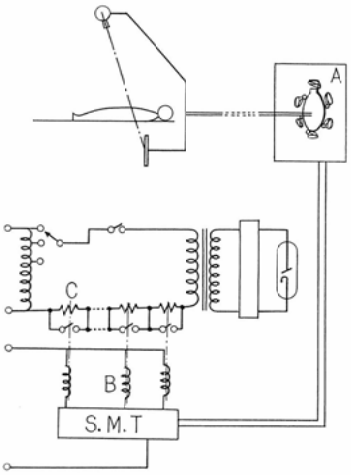


Fig. 7. Block diagram of the tube voltage changing apparatus.

MT）が働き，此のタイマーに設定した時間が過ぎると，リレー（B）を介して二番目の抵抗が閉じる．二番目のタイマーの設定時間中管電圧が下る．9個の抵抗が順に閉じて管電圧が下がる．此の際タイマーの設定時間が長い程，管電圧は緩かに下降し，逆に設定時間が短い程急激になる．又ある回転角度から電気抵抗が開く様にすると，管電圧は同様の手順で上昇する．従つて電気抵抗値と遅延タイマーの時間を予め設定すると，X線管球の回転中，管電圧を任意の曲線に従つて変化させる事が出来る．

B．可変露出回転横断撮影の意義：管電圧を合理的に変へながら回転横断撮影する事が，従来の一定露出で撮影するのに比べてどの様な意味があるかを，模型実験で検討した．被写体は成人の横断写真を基礎に胸廓，心臓，大動脈，脊椎等を型取リ Mix D で作つた模型である．そして左側肺の中央にアルミニウム模型(Fig. 1A) 右側肺の中央にアクリール模型（Fig. 1B）を固定した．先づ此の被写体を対象に 220度回転中 110kVp 3 mA の露出条件で撮影した横断写真（Fig. 8）では，前後方向の2つの断面は明瞭であるが，左右

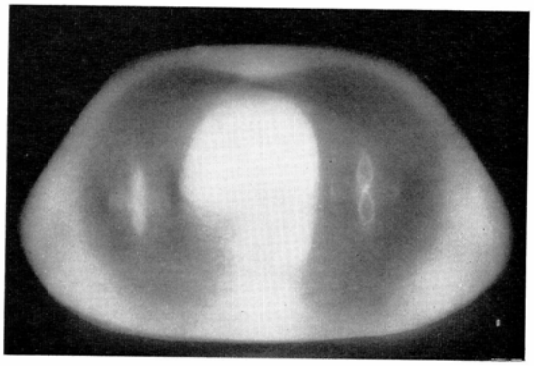


Fig. 8. An aluminium model and an acryl model placed respectively in the both lungs of the chest phantom were radiograped on a fixed exposure.

方向の2つの断面は不明瞭である．次に 220度の回転中管電圧を4段階に変へながら回転横断撮影を行つた．すなわち X線曝射の開始から 10度までは 110kVp，10度から 90度までは 110kVp か

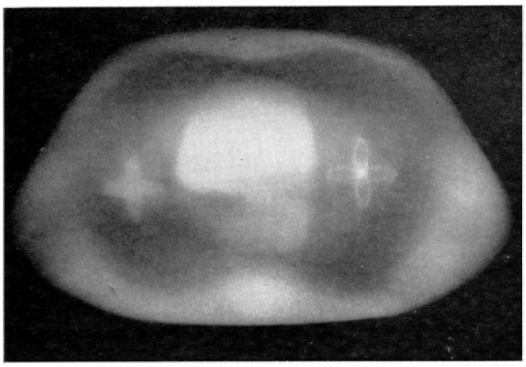


Fig. 9. Subjects in condition as specified in Fig. 8 were radiographed changing the tube voltage according to Curve A-1 shown in Fig. 10.

ら90kVp まで順に下げ，反対側の90度から 170度までは90kVp から 110kVp まで以下 220度までは 110kVpである．此の様に管電圧を変化しながら撮影した横断写真（Fig. 9）では両方の模型とも前後左右の4個の断面が何れも明瞭に結像する．此の方法で被写体内部の横断面が正確に示現するのは，短軸方向と長軸方向の線量が合理的に補正されるためである．

C．可変露出横断撮影の実施要領：本法を実施する場合1)管電圧変化の基準選定と2)可変電圧の

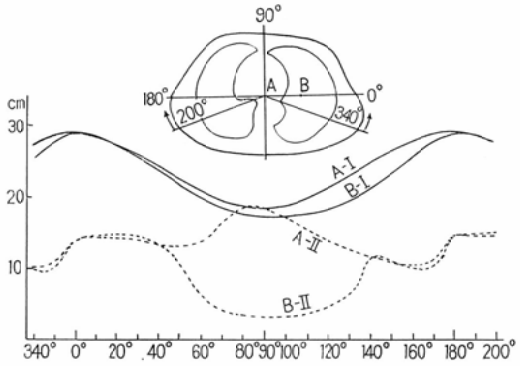


Fig. 10. Pass-through distances of X-ray for point A located on the centre of the chest phantom and point B on the centre of left lung were measured at every 10 degrees. The results obtained are shown on a graph taking the pass-through distance on an axis of ordinate and angles of rotation on an axis of abscissa.

範囲決定が問題になる．

a．管電圧変化の基準選定：管電圧は回転横断撮影中のX線の通過距離に合せて変化させるが，被写体の何処の通過距離を基準にするのが適当であり，此に従つて装置をどの様に調整するかについて説明する．

今　前項で述べた胸部模型の回転横断撮影中X線が通過する距離を胸廓の中心(Fig. 10A)と左側肺野の中心(Fig. 10B)の2点について計測した．10度毎の通過距離を縦軸に，回転角度を横軸にとつて表はしたのが第9図の各曲線である．此処で曲線AⅠと曲線BⅠはA点とB点の通過距離であり，曲線AⅡと曲線BⅡはそれぞれの通過距離から肺野の部分を除いた軟部組織のみの通過距離である．4つの曲線を観察すると，曲線AⅠと曲線BⅠとは殆んど同じ形状である．一方曲線AⅡと曲線BⅡは複雑に起伏する．それで管電圧変化の基準に曲線AⅠと曲線BⅡの2つを代表し，それぞれ横断撮影を行なつた．先づ胸廓中心の通過距離曲線AⅠに従つて，管電圧を変化させる場合について述べる．此の曲線の形状から，管電圧の変化は10度～90度と90度～ 170度の範囲を計画する．此の回転範囲は 220度回転に要する12秒の 80/ 220×12＝ 4.4秒に相当する．曲線は直線状であり，9個のタイマーは当分すなわち 4.4秒/9＝0.49秒に設定する．管電圧の下降と上昇の信号はそれぞれ10度と90度のマイクロスウィッチからとる．此の様に設定すると 220度の回転中，管電圧は曲線AⅠの推移に従い， 110kVp から90kVp まで変化する．その結果撮影されたのが Fig. 9 の横断写真である．

次に左側肺の中心を通る軟部組織のみの通過距離曲線BⅡに従つて管電圧を変へる場合である．此の際の計算と装置の設定は前者と同様である．すなわち40度で管電圧下降の信号をとり，9個の遅延タイマーは0.27秒づづに設定する．110度で管電圧上昇の信号をとり，残り9個のタイマーは0.42秒づつに設定する．此の調整により，220度の回転中，管電圧は5段階に変る．すなわちX線曝射の開始から40度までは 110kVp，40度から80度の範囲は 110kVp から90kVp まで急激に下降

し，80度から 110度までは90kVpであり， 110度から 180度までは90kVp から 110kVp まで緩かに上昇する．此の可変電圧の条件で撮影した横断写真は Fig. 9 と全く同様で附図に供覧するのを省略した．アルミニウムとアクリール模型の4個の断面は何れも明瞭に結像している．

以上2つの模型実験から胸部の可変露出横断撮影を行なう場合，管電圧を胸廓中央の通過距離の推移と，肺野中央の軟部組織のみの通過距離の推移の何れを基準にしても正確な横断面が撮影される事が判つた．

b. 可変電圧の選択：管電圧を変化させる範囲がどれ位が適当であり，又その管電圧変化の許容範囲はどれ位かを実験的に求めた．胸部模型を対象に最大電圧と最小電圧の差を7kVpから50kVpまで10段階に変えて回転横断撮影を行なつた．撮影された横断写真について，アクリール樹脂断面の結像状態を目標に観察した（第1表）．此の結

第1表

管電圧の可変範囲 KVP	管電流 mA	可変電圧 kVp	前後方向断面像 明瞭	前後方向断面像 やゝ明瞭	前後方向断面像 不明瞭	左右方向の断面像 明瞭	左右方向の断面像 やゝ明瞭	左右方向の断面像 不明瞭
105～98	2	7	0					0
106～97	4	9	0				0	
106～94	6	12	0				0	
107～89	8	18	0			0		
107～83	10	24	0			0		
107～78	12	29	0			0		
107～75	14	32	0			0		
107～69	16	38		0		0		
106～64	18	42		0		0		
106～54	20	50			0	0		

果次の事柄が要約される．1) 管電圧の変化が7～12kVp では左右方向の断面は明瞭でない．

2) 18kVp 以上になると左右方向の断面は明瞭である．

3) 管電圧の差が38kVp 以上になると逆に前後方向の断面が不明瞭になる．

4) 前後左右の4個の断面が明瞭に撮影されるのは，管電圧の差が22kVp±4程度の場合である．

小括：胸部を対象に管電圧を変へながら回転横断撮影すると，前後左右に延びる断面が明瞭となる．此の特長を活す方法は次に要約される．1) 管電圧は胸廓の中心の通過距離に従うのが適当である．2)管電圧は 110kVp から 90kVp 乃至75 kVp 程度までに変化させるのが適当である．

D．生体撮影：管電圧を変へながら成人胸部の横断撮影した結果について述べる．肺野に病変を持つ40名の計76カ所の部位について一定の露出条件と可変露出条件でそれぞれ横断撮影を行ない比較観察した．尚可変露出横断撮影法は胸廓中央の通過距離曲線（Fig.10）に従つて，管電圧を 120 kVp から15kVp 至乃25kVp 低下させた．可変露出横断写真が一定露出の横断写真に比較して a. 有利な場合，b. 優劣ない場合， c. 不利な場合の3つに分けて観察評価した．

a. 有利な場合： 一定露出で撮影した横断写真よりも所見が豊富になつたのは76例中41例53.9%である．その内訳は1)横走する器官と病変及び2)後部縦隔と背面の軟部組織の2つに大別される．具体的には次の場合である．

1) 横走する血管気管支及び肺野内病変：一般に可変露出横断写真では肺門から横走する血管像が多く認められる．此等の大半は一定露出で撮影した横断写真では不明なものである．又一定露出では円形ないし卵円形の気管支腔が可変露出では左右方向に延びた楕円形である事が判つた例が多い．今右側肺癌の中央で，一定露出条件と可変露出条件で撮影した横断写真を比較してみる．一定露出条件の横断写真(Fig.11)では，心臓陰影に

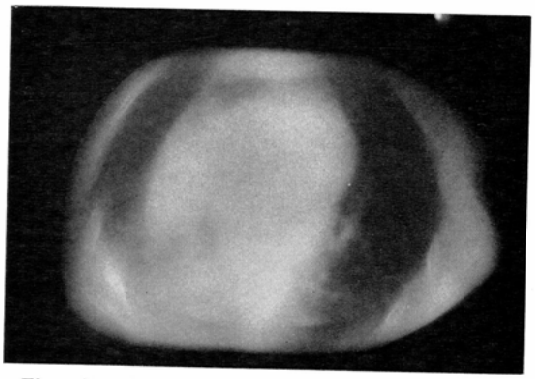


Fig. 11. Axial transverse tomogram of the chest were radiographed on a fixed exposure

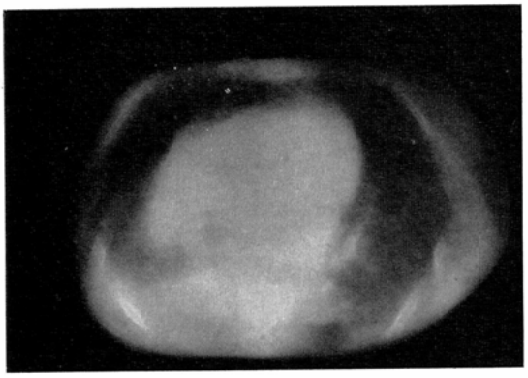


Fig. 12. Axial transverse tomogram of the chest were radiographed on changing exposure.

連つて延びる腫瘤陰影の後方は前後に長い滑明像でその周辺の浸潤は明瞭ではない．可変露出の横断写真（Fig.12）では，不規則形の完全な透亮像でその後方に2個の小腫瘤影が認められ，その状況は鮮明である．此等の所見は原板フイルムでは明瞭である．Fig.11 と Fig.12の腫瘤陰影の状態を Fig.13のA，及びBの略図にそれぞれ写しとつた．

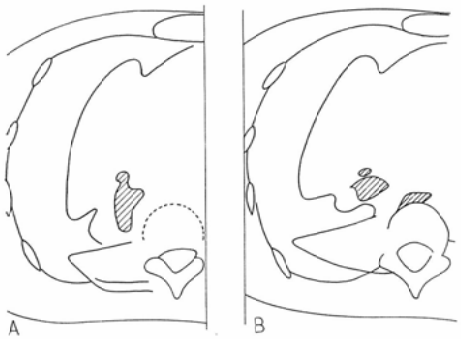


Fig. 13. A is schema of fig. 11 and B is one of fig. 12.

2)　後部縦隔肺野と脊椎：一定露出の横断写真に比較すると，心臓と脊椎との中間の後部縦隔洞及び脊椎，肩胛骨等の背面の軟部陰影内の骨の状況が明瞭になる．此は一定露出では前半部に比較し後半部の線量が不足し勝ちであり，此が補償されるためである．

b．優劣ない場合：一定露出条件と可変露出条件でそれぞれ撮影した横断写真で，所見の観察に優劣のないものが76例中26例34.2%ある．此等の症例は何れも肺野の病変が可変露出横断撮影で豊富な所見を期待したものである．

c．不利な場合：可変露出横断撮影が所見の観察に却つて不利となるものが76例中，9例11.9%である．此等は何れも管電圧の変化が大き過ぎたもので次の2つの場合がある．その一つは横断写真の前半分の黒化度が異常に大きくなつて不明瞭になつたものである．もう一つは，前後方向に比較して左右方向の管電圧が大きく，そのため気管，気管支，脊椎等の断面が完全に結像しないものである．此等は何れも管電圧の変化が30 kVp以上のものであつた．

考　按

回転横断撮影では 200°～ 360°回転中，一定の露出条件を曝射しながらX線撮影するのが普通である．此の際の横断面の形成機序については既に詳細な研究報告がある[7)8)]．胸部の回転横断撮影の際，側方からの線量を増加する方法は既に試みられた[9)10)]が，被写体を通過してフイルムに到達するX線量と横断面の結像との関係について詳しくは究明したものではなかつた．一方，露出条件を変へながら断層撮影する試みも報告されていない[10)11)12)]．

先づ，回転横断撮影の際，露出条件を可変する事が何故必要かについて考察しよう．180°乃至360°の回転中一定の露出条件を曝射して正確な横断面が撮影されるのは，模型が空中及び円筒形内にある場合である．

模型が楕円体及び類楕円体の内部にある場合は長軸方向に延びた断面は正しく結像しない．ところが被写体の通過距離に応じて管電圧を変へえながら撮影すると，短軸方向と長軸方向の両方の断面が正確に結像するのである．此の実験は4本の楕円パイプを直角に固定した模型について説明したが，円形と不規則形の模型実験でも全く同じ事柄が確められた．此等の実験は楕円体乃至類楕円体内部の横断面像を正確に表現するためには，X線の通過距離に応じて露出条件をかへる必要性を示唆している．次に露出条件を変えるのに管電圧

の変化を採用した理由は電気抵抗と遅延タイマーの条件を適切に設定すると，管電圧を任意の曲線に従つて正確かつ容易に変化させる事が出来るからである．然し管電圧の変化は，線量と同時に線コンテストも変化するので[13]，此の場合の線量補正は管電流を変へる事が望ましいかも知れない．

次に個々の症例について本撮影法を計画し実施する上で問題になる事柄を吟味してみる．

管電圧はX線の通過距離に合せて変化させるが，此は厳密には被写体内の場所ですべて違ふ筈である．然し胸部の横断写真を基本に種々の場所の通過距離を計測して見ると，胸廓中央の通過距離がその代表になる事が判つた．又楕円体及び胸廓模型について，それぞれその中央の通過距離曲線を基準に管電圧を変化させると，長軸及び短軸方向の断面が共に明瞭になる事も確められた．又管電圧変化の範囲が適正でないと目的の効果が挙らないのみか，却つてX線像が歪む．横断面の内部状況を明瞭にする至適条件を求めた実験では管電圧を可変する巾が22kVp±5程度の可成り広い範囲である事が判つた．可変露出横断撮影の特長が最も発揮されるのは胸部である．此れは短軸と長軸の差が大きい事に加えて微細な変化が要求されるからである．事実，従来の横断写真に比較し肺門部から横に走る肺紋理と気管支腔の所見が目立つて豊富であり，又肺野内の濃厚陰影とビマン性陰影内の透亮像の形状と拡りが明瞭となる．両者の相違は特に，後部縦隔洞と脊椎周辺部で目立つ．此は 360° 回転に比べて 220° の回転不足と撮影台の吸収による線量不足が此等の場所で最も多くなり，此が管電圧を合理的に変へる事で補償されるためと考へる．

回転横断撮影の適正露出条件の選定は必しも容易ではない．さらに可変露出回転横断撮影では此を煩雑にする様に考へられ勝ちである．所が可変露出条件では余り細かく調整しなくとも，平均された画質の横断写真が撮影される．此の事も本法の特長の一つと考へる．

結　論

回転横断撮影の際，X線が被写体を通過する距離に合せて，露出条件を変へながら撮影する方法についての次の各項目について述べた．

1)　回転横断撮影で楕円体乃至類楕円体の内の正確な横断面像をうるためには，X線の入射方向で露出条件を変へながら撮影する必要がある．此は一定の露出条件で撮影すると，長軸方向に延びる断面が不明瞭になるからである．此等の事柄を基礎実験で明らかにした．

2)　回転撮影中X線の被写体内通過距離に応じて管電圧が変化する装置を製作した．此は電気抵抗，リレーボツクス，遅延タイマーの3部門よりなる．此の装置の機構と実施法について述べた．

3)　胸部の可変露出回転横断撮影は，胸廓中央の通過距離を基準に管電圧を変化させ，側胸部と前胸部の管電圧が22kVp±5程度の差が適当である．

4)　肺野に病変のある76カ所について一定露出条件と可変露出条件で，それぞれ回転横断撮影し比較検討した．その結果可変露出横断撮影が所見の観察に有利な場合は（全体の53.9%），肺門部から横走する肺紋理，気管支腔及び病的陰影の新所見の発見と，後縦隔，脊椎周辺の病変がより具体的明瞭になる事などである．

（本論文の内容は28回日医放総会44・4・9で発表した．名大高橋信次教授の御指導を戴き厚く感謝します．）

文　献

1) 高橋信次他：廻転横断撮影法．日医放誌10，1，1～8，昭25．
2) Vallebona, A.: I nuovi orizzonti della Stratigrafia nei vari campi della medicina., Estratto da L'Informatore Medico. Sex. Clin. Scient. 2, 4, 1948.
3) Gebauer, A.: Körperschichtaufnahmen in transversalen (horizontalen) Ebenen. Fortschr. Roentgenstr. 71, 5, 669—96, 1949.
4) 松田忠義他：X線管焦点，フイルムの回転中心及び廻転横断撮影装置の回転中心を一致させる工夫．日医放誌，23，7，879～887，昭38．
5) 松田忠義他：可変フイルターを応用した廻転横断撮影法．日医放誌，26，3，273～283，昭41．
6) 松田忠義他：楔リスホルムを応用した廻転横断撮影法．日医放誌，28，10，1409～1413，昭44．
7) 高橋信次：回転横断撮影法に於ける量及び線影像の生成についての実験的研究．日医放誌，12，2，1，1～7，昭27．
8) Frik, W. et al.: Der Einfluß Von Rotations-

winkel, Strahlen einfallswinkel und objektlage auf die Qualitat transversalen Schihtaufnahmen. Fortschr, Röntgenstr., 97, 94, 1962.
9) 松田忠義他：胸部疾患の回転横断撮影の臨床的意義．日医放誌，12，10，31～38，昭28.
10) 高橋信次：断層撮影と回転横断撮影．東京，医学書院，1954.
11) Grossmann, G.: Tomographie I., Roentgenographische Darstellung von Körperschnitten., Fortschr. Roentgenstr. 51, 61—80, 1935.
12) Grossmann, G.: Tomographie II., Theoretisches über Tomographie., Fortschr. Roentgenstr. 51, 191—208, 1935.
13) 高橋信次：X線撮影と検査の手びき．東京，南山堂，昭43.