

Title	橢円軌道回転横断撮影法
Author(s)	松田, 忠義; 高橋, 信次; 牧野, 純夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1973, 33(2), p. 100-109
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/14982
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

楕円軌道回転横断撮影法

(昭和47年12月4日受付)

国立名古屋病院放射線科

松田 忠義

名古屋大学医学部放射線医学教室

高橋 信次

東芝医用機器事業部

牧野 純夫 橋本 健二郎

Axial Transverse Tomography with Elliptical Orbits

by

Tadayoshi Matsuda

Department of Radiology, National Nagoya Hospital

Shinji Takahashi

Department of Radiology Nagoya University, School of Medicine

Sumio Makino and Kenjiro Hashimoto

Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd. Medical Equipment Division

Research Code No.: 501

Key Words: Tomography, Elliptical orbit axial transverse tomography, Enlargement ratio

It is a research on axial transverse tomography using a mechanism with new movements of the x-ray tube. In this paper we covered the mechanism of the newly developed equipment for axial transverse tomography with elliptical orbits, the technical contrivances for radiographing good cross-sections by means of this equipment, and the merits of tomograms taken by this method.

1) In the equipment devised this time, the disk on which a patient stands and the disk on which a film is placed, rotate to the same direction at the same angular velocity. At the same time, linked with these movements, the x-ray tube and the film make horizontal movements of the same direction and speed forming elliptical orbits, thus to make a tomogram of the cross section of a patient's body.

2) In order to take good tomograms by elliptical axial transverse tomography, there are two technical contrivances necessary. We have established these two methods. One of them is to align the x-ray tube focus and the two rotational axes, and then to adjust the horizontal movements of the tube and the film cassette holder disk along this line as accurate as possible.

Another contrivance is, in this method of tomography, incident x-ray dosage to the film changes during the 360 degree rotation. In order to compensate this change of dosage, we have developed an automatic control which adjusts the tube voltage corresponding to the dosage change, and we have

established its methodology.

3) The objective of elliptical axial transverse tomography is to obtain cross-section radiograms of as small an enlargement ratio as possible. Using this equipment developed this time, any part of a human body can be tomographed at the enlargement ratio of 1.17.

4) There are two meanings in minimizing the enlargement ratio. One of them is that the smaller the enlargement ratio, the less the geometric penumbra will become and the better the contrast will be. This will contribute to the upgrading of the diagnostic value of axial transverse tomography. The other is that by reducing the enlargement ratio, it becomes possible to take full pictures of the chest or pelvis of large patients without losing contours of their body. This is important in utilizing the axial transverse tomography for the planning of radiation therapy.

緒 言

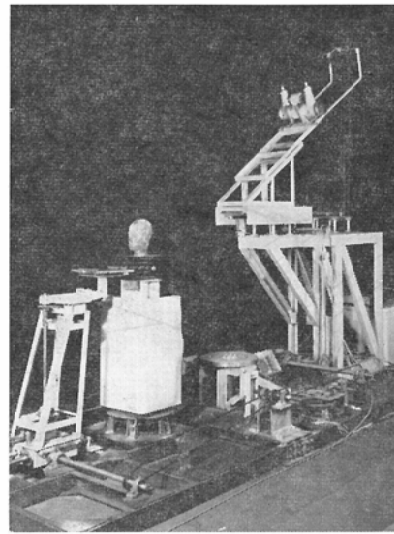
拡大率の小さい横断写真を撮影するために、従来の機構と違った回転横断撮影法を研究開発した。新しい方法で横断面をX線撮影する原理は、従来の回転横断撮影¹⁾⁷⁾⁸⁾¹¹⁾と変わらないが、X線管球と回転台の運動機構が違っている。即ち従来の回転横断撮影では、被検者とフィルムが円運動しながら撮影するが、新しい方法ではフィルムが楕円軌道を運動しながら撮影する。それでこの方法を楕円軌道回転横断撮影法 Elliptical orbit axial transverse tomography と呼ぶことにする。

この論文では今回製作した撮影装置について先ず説明し、次いでこの方法で正しい横断面を撮影するための技術的な工夫と、この方法で撮影される横断写真の特長について述べる。

楕円軌道回転横断撮影装置

今回製作した楕円軌道回転横断撮影装置の構造と運動機構について述べる。

I. 装置の概要：第1図は装置の実況写真であり、第2図はその機構図である。X線管球と2つの回転台の配置は従来の立位回転横断撮影装置と全く同じであるが⁹⁾、その運動の状況が違っている。即ち被検者をのせる回転台TAとフィルムをのせる回転台TBは、同じ方向に同じ速度で回転する。この回転と同時にX線管球Rとフィルムをのせる回転台TBが連動して水平に移動する(第1図、第2図)。そして2つの回転台TAとTBは、①と②の系統のチェーンとギヤーで同期回転を図っている(第2図)。又この回転と同調



F ig. 1. Overall view of elliptical axial transverse tomography equipment

して、X線管球Rと回転台TBの水平運動は特殊な構造のカムCを介し、③と④の系統で連動させる(第2図)。

II. 運動の方式：この装置ではX線が被検者の長軸方向即ち躯幹の左右方向から入射する場合は、X線管球とフィルムをのせる回転台が被検者から遠ざかり、短軸方向即ち躯幹の前後方向から入射する場合は被検者に接近する。今X線の入射方向とX線管球及びフィルムの移動状況を第3図に展開して表わした。即ち被検者が回転してX線が長軸方向から入射するにつれX線管球とフィルムが次第に遠ざかり、長軸方向で最も離れる。更

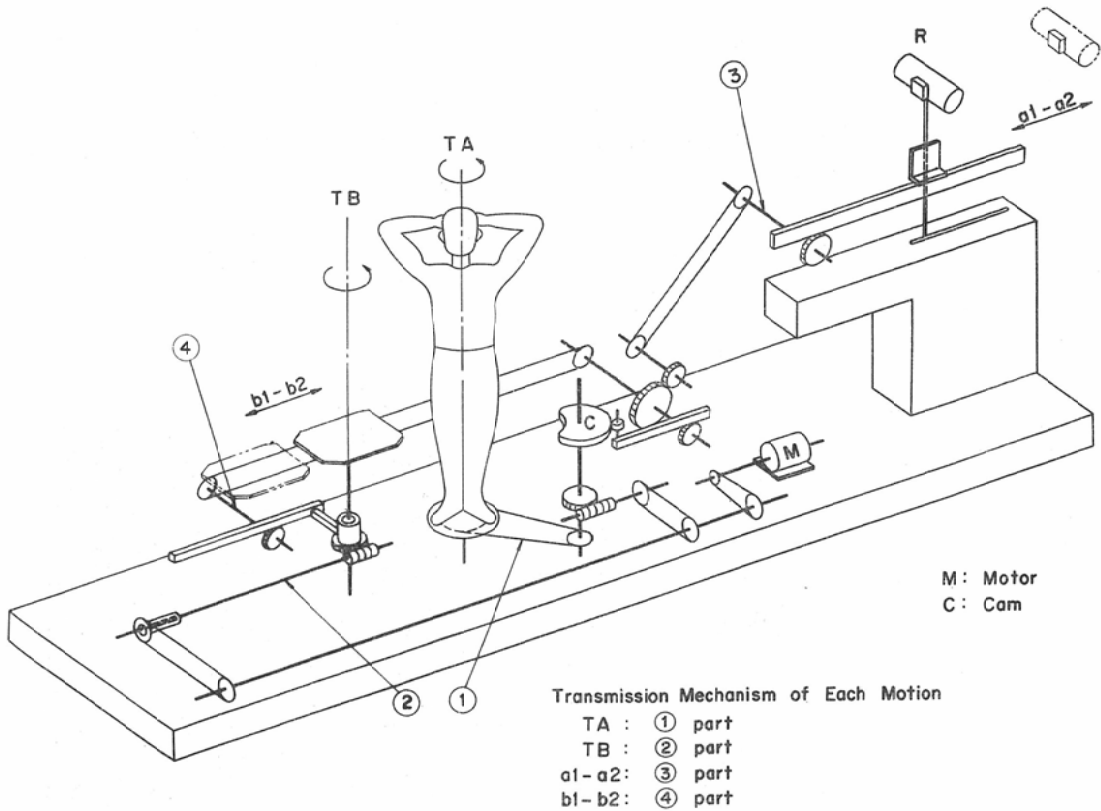


Fig. 2. Sketch of equipment—Disk TA on which patient stands and disk TB on which film is placed, rotate to same direction, at same angular velocity. Simultaneously, x-ray tube and disk TB make horizontal movements.

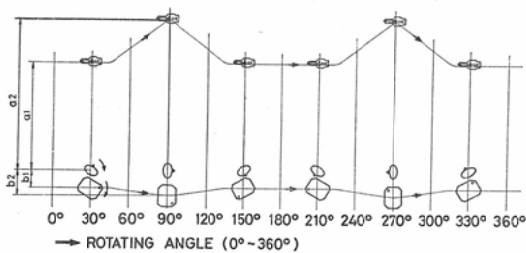
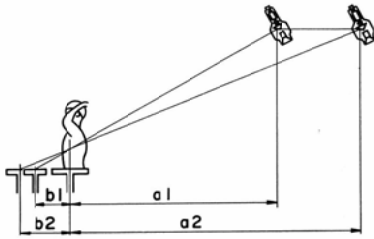


Fig. 3. Positional relationship of x-ray tube, patient and film against rotating angles—This shows movements of x-ray tube and disk for placing film in relation to rotation of patient and film. When x-rays come in from longer axis of orbit, x-ray tube and film move apart from each other, but they move closer to each other when x-rays come in from shorter axis.

に回転して、短軸方向から入射するにつれ、次第に接近し短軸方向で最も近づく。被検者が 360度回転する間に、X線管球とフィルムをのせる回転台は 2 往復し、その中間では静止する。

X線管球とフィルムをのせる回転台 TB の移動する距離は、被検者をのせる回転台 TA の回転軸を中心にして、X線管球は 200cm から 280cm 迄の 80cm の間、又回転台 TB は 34cm から 48cm 迄の 14cm 移動する。(第 4 図)。

Ⅲ. 横断写真の拡大率：X線管球とフィルムをのせる回転台が水平移動する場合、管球と被検者をのせる回転台の回転軸間の距離 a と 2 つの回転軸間の距離 b が、常に一定の比率で移動するように設計されている (第 4 図)。例えば管球とフィ



$a_1 = 200 \text{ cm}, b_1 = 34 \text{ cm} \quad \frac{a_1 + b_1}{a_1} = 1.17$

$a_2 = 280 \text{ cm}, b_2 = 48 \text{ cm} \quad \frac{a_2 + b_2}{a_2} = 1.17$

Fig. 4. X-ray tube and rotary disc that carries film, move horizontally at a certain speed ratio. This ratio is designed to be 1.17, which is magnifying ratio of axial transverse axial tomogram.

管球が最も近づく場合、 $a_1 = 200 \text{ cm}, b_1 = 34 \text{ cm}$ で $\frac{a_1 + b_1}{a_1} = 1.17$ である。又最も離れる場合、 $a_2 = 280 \text{ cm}, b_2 = 48 \text{ cm}$ で $\frac{a_2 + b_2}{a_2} = 1.17$ である。この

1.17がこの装置で撮影される横断写真の拡大率である。

楕円軌道回転横断撮影で正しい横断面像を撮影する工夫

楕円軌道回転横断撮影で正しい横断面をX線撮影するには、従来の回転横断撮影と違った技術的工夫が必要である。これには装置の特別な調整と管電圧を変化させながら撮影することである。

I. 装置の調整法

楕円軌道回転横断撮影装置では、X線管球と2つの回転軸が複雑に動くので、装置を正しく調整する必要がある。この調整には次の2つがある。

A. 管球焦点と2つの回転軸の3点が一直線になり、この直線上を管球とフィルムをのせる回転軸が正確に移動することが必要である。これには次の4通りの位置で、管球焦点と2つの回転軸が同じ線上に並ぶ様に配置する。即ちX線管球が

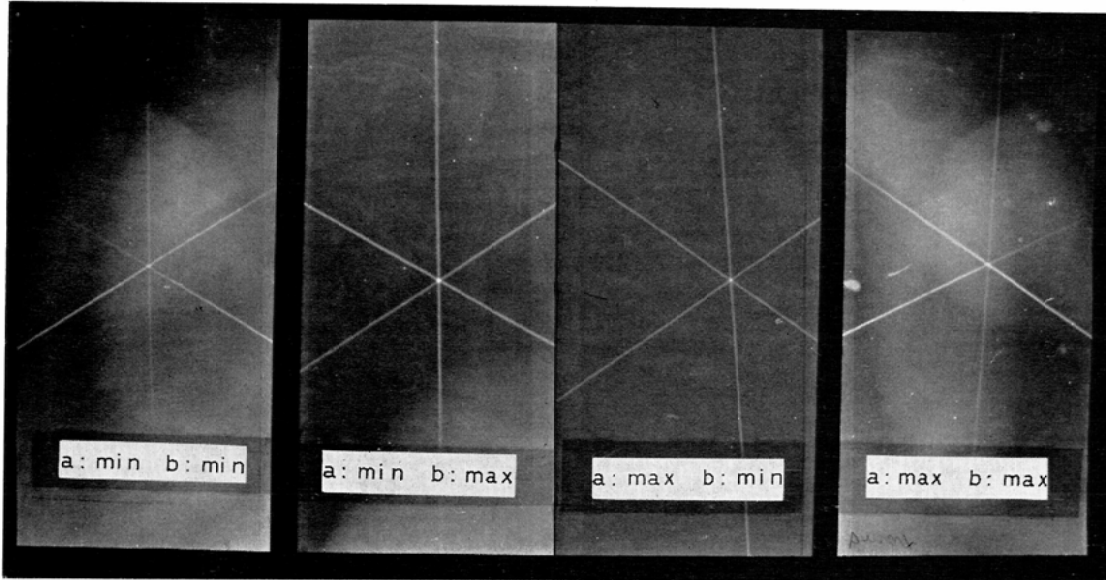


Fig. 5. X-ray tube focus and axes of rotation of two disks must be aligned well, and furthermore, X-ray tube and disc TB must move along this line accurately. This is how they should be adjusted. Assume that distance between tube focus and rotary disk TA be a, and distance between two rotary axes be b. Fix x-ray tube and rotary disk TB at following respective position: A) a: minimum b: minimum, B) a: minimum b: maximum, C) a: maximum b: minimum, D) a: maximum, b: maximum, and take radiograms of pin standing on disk TA. This shows that equipment is properly adjusted when all x-ray images of pin concentrate at one point.

最も近ずいた位置と、最も離れた位置のそれぞれの場合について、フィルムをのせる回転台が被写体に最も近ずいた位置と、最も離れた位置の4つの場合である。管球焦点と2つの回転軸を同じ線上に並べるには、被検者をのせる回転台上に立てた針金を3方向から撮影し、そのX線像が1点に交わるかどうかを目標にする³⁾。第5図は以上の4通りの場合で針金をX線撮影し、いずれも3本のX線像が一点に交わっている。このことは、管球焦点と2つの回転軸が同じ線上に並び、管球とフィルムをのせる回転台が、この線上を正しく移動することを証明するものである。

B. 運動の同期調整：2つの回転台が同じ方向に同じ速度で回転し、これと同時にX線管球とフィルムをのせる回転台が連動して水平に運動する必要がある。これらの運動の同期調整は被写体をのせる回転台に立てた数本のアルミニウムの円筒が、いずれも正円形の横断面像として撮影されるかどうかを目標に実施する⁴⁾。運動が完全に同期しない場合は、回転中心から離れた円筒ほどその横断面像が歪む。

II. 管電圧を変化させながら撮影する方法

楕円軌道回転横断撮影ではX線管球とフィルム間の距離がたえず変化する。しかもX線が被写体を通過する距離が小さい方向でX線管球とフィルムが接近し、被写体の通過距離が大きい方向で、X線管球とフィルムが離れる。それで一定の露出条件でX線を曝射すると、フィルムに到達するX線量が変化することが考えられる。

それで楕円軌道回転横断撮影装置でフィルムに入射するX線量を経時的に記録し、又線量の変化に応じて管電圧が自動的に変化する装置を製作した。この装置の機構とその結果について説明する。

第6図は装置の実況写真であり、第7図はその機構図である。この装置は光電子増倍管①、直流増幅器②、サーボ増幅器③、線量率設定器④、管電圧自動調整器⑤、黒化度記録計⑦等から成立っている(第6図)。

この装置の機構の概要は次の通りである(第7

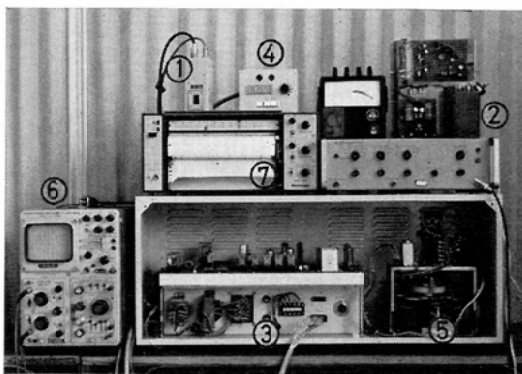


Fig. 6. This is equipment which records changes of incident X-ray exposures on film during axial transverse tomography. It also automatically controls X-ray tube voltage pursuant to the changes of incident X-rays: (1) Photomultiplier, (2) D.C. Amplifier, (3) Servo Amplifier, (4) Dose Setting Meter, (5) Tube Voltage Compensator, (6) Storage Oscilloscope, (7) Blackening Curve Recorder.

図). 回転横断撮影で被写体を通過してフィルムに入射するX線量をカセットの下にとりつけた光電子増倍管で電気信号にかえる。この信号は増幅された後、サーボ増幅器に入る。サーボ増幅器では、この出力を受信信号、線量率設定器からの出力を発信信号としてサーボ系をつくる。これに応じてサーボモーターが作用し、スライダックの抵抗値が変わり、管電圧が変化する(第7図)。ここに回転横断撮影でフィルムに入射するX線量の多寡に応じて、管電圧が自動的に変化する仕組みが完成する。一方フィルムに入射するX線量の変化を観察するために、直流増幅器の出力を黒化度曲線に記録している。

今この装置でフィルムに入射するX線量の変化と管電圧を自動的に変化させる状況を骨盤ファントムの横断撮影を例にして説明する。管電圧79KVp 20mAの露出条件でX線曝射する場合、フィルムに入射するX線量の変化は黒化度曲線Aとして記録され、X線の入射方向で線量が大きく変化することが判る(第8図)。次に管電圧自動調整装置が作動し、管電圧が68KVpから120KVp迄自動的に変化した場合(曲線B)、フィルムに入射す

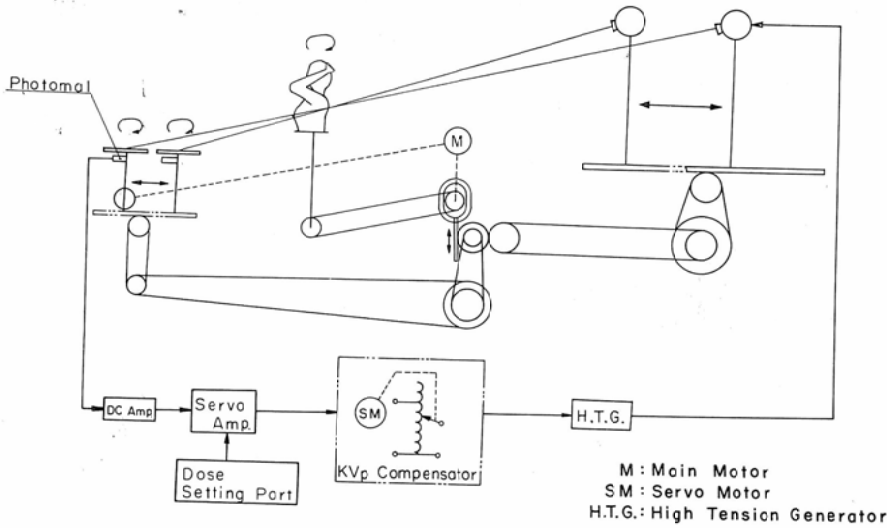


Fig. 7. Schematic Diagram of Automatic Tube Voltage Controller

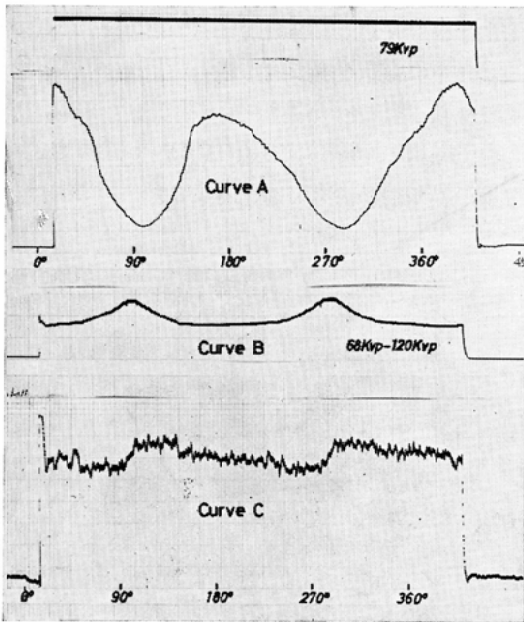


Fig. 8. Blackening Curves recording change of incident x-rays on film when phantom of human pelvis is radiographed by means of elliptical orbit axial transverse tomography.
Curve A: Blackening curve by x-ray exposures with constant tube voltage.
Curve B: Corresponding to changes of curve A, values of tube voltage are recorded as they automatically change.
Curve C: Blackening curve by x-ray exposures recorded as tube voltage changes.

るX線は黒化度曲線Cとして記録され、殆ど平坦になっている(第8図)。

次に人体ファントムの身体各部について同様の測定を行ない、管電圧が自動的に変化し、フィルムに入射するX線量を均等にすることを確認した。次に楕円軌道回転横断撮影で、管電圧を自動的に変化しながら撮影することの意義について実験的に検討した。

被写体は成人胸部の横断写真の所見を基にして作成した Mix D ファントムである。このファントムの左肺に相当する場所にアルミニウムの楕円形パイプ4個をとりつけた模型を立てた。この模型を被写体にして72KVp, 10mAの露出条件で撮影した横断写真(第9図)では、胸壁、心臓、大動脈、脊椎などの横断面の輪廓は、大体原形通りに撮影されている。然し肺野内に立てたアルミニウムの模型の4個の断面の中、前後の2つの断面は撮影されているが、左右の2つの断面は撮影されていない。次に管電圧調整装置が作動し、34KVpから94KVp迄変化して撮影した横断写真(第10図)では、前者(第9図)に比較して、胸壁、心臓、脊椎等の輪廓が一段と鮮明である。そして肺野内のアルミニウムの模型は前後左右の4つの断面が明瞭に撮影されている。即

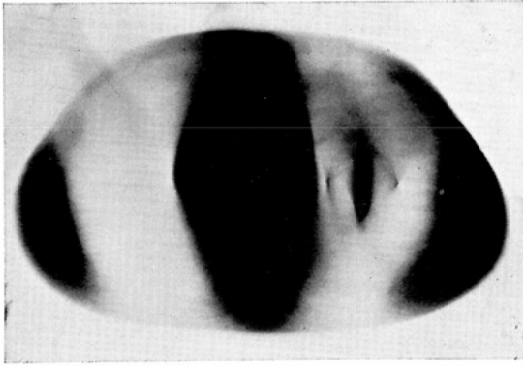


Fig. 9. Elliptical orbit axial transverse tomogram of Mix-D chest phantom taken with a certain exposure condition. Only two elliptical model pipes out of four positioned in left lung are shown.

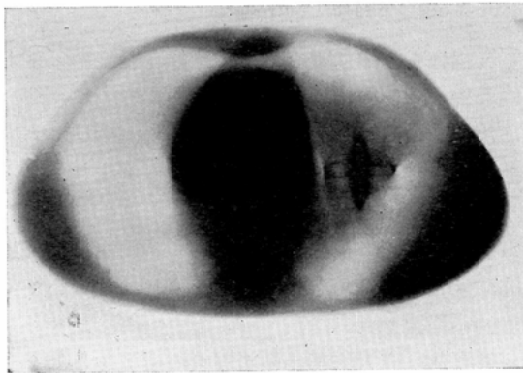


Fig. 10. Elliptical orbit axial transverse tomogram of Mix-D chest phantom with tube voltage automatically changed. All four elliptical model pipes are shown in correct relative positions, front and rear, right and left.

ち楕円軌道回転横断撮影で横断面を正しく撮影するには、各方向からのX線量を均等にして撮影する必要があることが判つた。

楕円軌道回転横断撮影の特長

楕円軌道回転横断撮影で、生体の横断面がX線撮影される原理と撮影される横断写真の画質に影響する因子等はすべて従来の回転横断撮影と同じである。

この方法が従来の回転横断撮影に比較して、どのような特長があるかを比較検討した。

今回製作した装置では、従来の方法と楕円軌道

の方法による回転横断撮影を同時に実施できる。従来の回転横断撮影の場合はX線管球を固定し、2つの回転台を同じ方向に同じ速度で回転して撮影するだけでよい。この場合、管球焦点と被写体をのせる回転台の回転軸間の距離150cm、2つの回転軸間の距離45cmで、撮影される横断写真の拡大率は1.3倍である。

さて James girdler 社製人体ファントムを被写体にして、楕円軌道回転横断撮影と円運動の回転横断撮影を同時に行ない、その結果を比較検討した。この比較観察は身体各部について行なつた。今頭部と骨盤部を代表して説明する。

I. 頭部撮影²⁾¹⁰⁾: 頭部ファントムの眼窩上縁から口腔の高さ迄1cm間隔で、楕円軌道と円運動の回転横断撮影を行なつた。これらの一連の横断写真の中、眼窩外管と外聴道口を含む所謂ドイツ水平線で撮影した横断写真について比較観察する。両方の横断写真で最も著明な相違は、楕円軌道の横断写真の拡大率が小さいことである。即ち楕円軌道の横断写真(第11図)に撮影された頭蓋の横断面の大きさは、左右の最大径15.5cm、

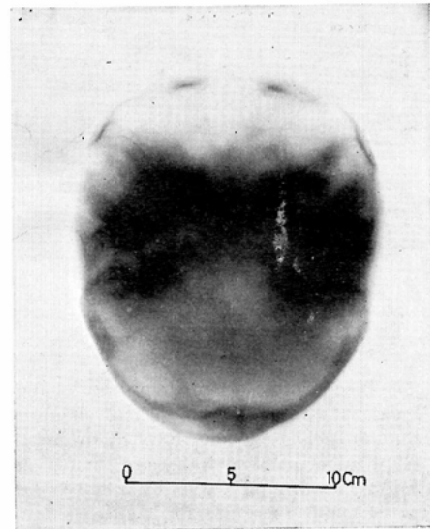


Fig. 11. Elliptical orbit axial transverse tomogram of human cephalic phantom (Enlargement ratio: 1.17)

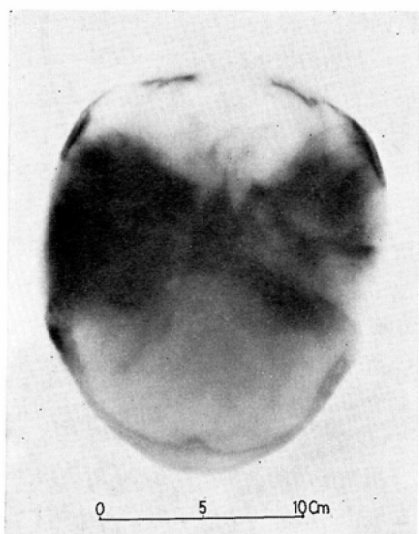


Fig. 12. Conventional axial transverse tomogram of human cephalic phantom (Enlargement ratio: 1.3)

前後の最大径17.5cmであり、円運動の横断写真(第12図)では、これらの数値がそれぞれ18cm、20cmである。又橢円軌道の横断写真では横断面の内部状況が明瞭である。即ち外耳道、内耳孔、斜台、椎体、上顎洞の前後壁等の辺縁が鮮明であり、実際の横断写真でこの差は歴然である。この差は橢円軌道の場合、拡大率の縮小に伴い、幾何学的半影が小さくなったことによるものである。

Ⅱ. 骨盤部撮影¹⁰⁾: 骨盤ファントムの恥骨結合の高さで撮影した橢円軌道の横断写真(第13図)では、前後径23.5cm、左右径41cmで、半切フィルムに横断面の輪廓が全部撮影されている。これに対し、円運動の横断写真(第14図)では前後径が26cmであり、前壁と後壁の体表面は撮影されているが、両側方の体表面の輪廓の大半はフィルムから外れて撮影されていない。橢円軌道回転横断撮影では、横断面の輪廓が最も大きい恥骨結合の高さで、その輪廓全体が撮影された。胸部等の躯幹部でも、その横断面の全輪廓を半切のフィルムに完全に撮影することができた。一方円運動の回転横断撮影では、胸部、腹部でも、骨盤部の場合と同様に、両側の体表面の輪廓がフィルムから

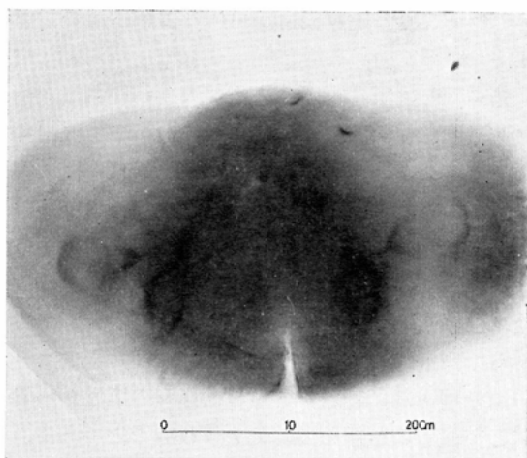


Fig. 13. Elliptical orbit axial transverse tomogram of human pelvis phantom (Enlargement ratio: 1.17)

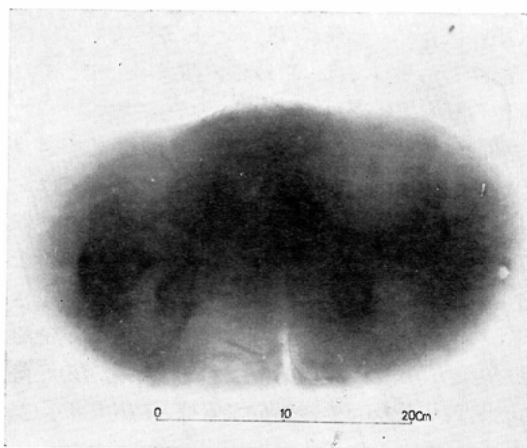


Fig. 14. Conventional axial transverse tomogram of human pelvic phantom (Enlargement ratio: 1.3)

外れて撮影されていない。

即ち橢円軌道回転横断撮影では、拡大率の縮小した結果、体格の大きい人の胸部、骨盤部の体表面の輪廓がフィルムからはみでる不都合が解決された。

考 按

橢円軌道回転横断撮影は、拡大率の小さい横断写真の撮影を目的に開発した方法である。撮影装置の構造は従来の回転横断撮影と変わらない

が¹⁾7)⁸⁾11), その運動機構が可成り複雑になっている。

先ず回転横断写真の拡大率が大きい理由と、橢円軌道回転横断撮影でこれが改善される理由について考えてみる。従来の回転横断写真の拡大率が大きい第一の原因は、フィルムが被検者から可成り離れることである。これは体表面の輪廓が最も大きい骨盤部の回転撮影の場合、カセットが被検者に衝突しないだけの距離を離す必要があるからである¹⁾。横断写真の拡大率が大きいもう一つの理由は、管球の容量と撮影室の広さから管球と被検者の距離を大きくとれないことである。これは特に臥位の回転横断撮影装置¹⁰⁾では、天井の高さから、150～200cmが限度である。この様に管球と被検者の距離に制限があり、更にフィルムが被検者から離れることから回転横断写真の拡大率は大きく、一般には1.33～1.27倍である。今回製作した装置では、1.17倍の拡大率ですべての部位の横断撮影が可能になった。

橢円軌道回転横断撮影で拡大率を小さくできるのは次の理由からである。即ちこの装置ではフィルムが被検者から離れる体の左右方向で、管球が被検者から遠ざかりフィルムが被検者に接近できる体の前後方向で、管球が接近し拡大率を小さくしている。しかもこの関係は被検者が仰臥位をとる場合、撮影室の横方向で管球と被検者の距離が大きく、撮影室の縦方向で管球と被検者の距離が小さくなる。この事は撮影室の高さに比較し、横幅を大きくすることが容易なことから、撮影室の構造、特に天井の高さで回転横断写真の拡大率が大きくなっていた従来の隘路が合理的に解決したことになる。橢円軌道回転横断撮影の考えは、実は仰臥位での横断写真からの発想であり、今回の実験結果は、臥位回転横断撮影装置の製作に活かされるべきだと考えている。

橢円軌道回転横断撮影では従来の回転横断撮影に比較すると運動が複雑である。従つて横断面を正確に撮影するためには特別な技術的工夫が必要である。その1つは装置の配置と同期回転を正しく調整することである。これは従来よりも困難で

あるが、回転横断撮影で確立した方法³⁾4)を改良発展しこの調整方法を確立した。又橢円軌道回転横断撮影では管球からフィルム迄の距離がたえず変化するので、一定の露出条件で撮影すると横断面像が歪む。それでフィルムに入射するX線量に応じて、管電圧が自動的に変化しながら撮影⁵⁾する装置を製作した。この完成は橢円軌道回転横断撮影法で正しい横断面を撮影するもう1つの重要な課題があつた。

橢円軌道回転横断撮影で拡大率の小さい横断写真を撮影することには2つの意義が考えられる。その1つは拡大率の縮小に伴つて幾何学的半影が縮小し、現出能が向上することである。私共はこのことを解像力試験で実際に確めている⁶⁾。現出能の向上は横断写真のX線診断の意義を高めるのに役立つ。更に横断写真の拡大率が縮小した結果、体格の大きい人の胸部や骨盤部の体表面の輪廓がフィルムから外れることなく撮影される様になつた。これは横断写真を放射線治療の計画と実施に利用する場合に重要である⁹⁾。橢円軌道回転横断撮影法は、横断写真の拡大率を小さくする方法に過ぎないが、横断写真がX線診断や放射線治療に応用する場合の欠点を改善しており、その意義は決して小さいものではないと考える。

結 論

拡大率の小さい横断写真を撮影するために、新しい機構の橢円軌道回転横断撮影装置を研究開発し、次の事柄を明らかにした。

1) 装置の機構：今回製作した装置は被検者をのせる回転台と、フィルムをのせる回転台が同じ方向に同じ速度で回転し、更にこれと連動してX線管球とフィルムが水平運動しながら横断面を撮影する。

2) 技術的諸問題：橢円軌道回転横断撮影で正しい横断面を撮影するために、a) 装置の配置と運動の同期回転を正しく調整することと、b) フィルムに入射するX線量の変化に応じて管電圧が自動的に変化しながら撮影することなど、特別な技術的工夫が必要である。これらの方法を確立した。

3) 橢円軌道回転横断撮影法の特長：今回製作した装置では1.17倍の拡大率で身体各部の横断撮影が可能である。これは従来の回転横断撮影の拡大率を著しく小さくしている。その結果従来の方法よりも現出能が向上し、更に体格の大きい人の胸部、骨盤部の体表面の輪廓がフィルムから外れることなく完全に撮影できる様になった。

(本研究の要旨は第30回、第31回日本医学放射線学会で発表した。

文 献

- 1) Gebauer, A.: Köperschichtaufnahmen in transversalen Ebenen. Fortschr. Röntgenstr. 71, 669, 1949.
- 2) Gebauer, A. et al.: Das transversale Schichtverfahren. Stuttgart: Georg Thieme 1955.
- 3) 松田忠義他：X線管焦点，フィルムの回転中心及び回転横断撮影装置の回転中心を一致させる工夫，日本医放会誌，23，71，昭38.
- 4) Matsuda, T.: Adjustment of axial transverse tomograph. Tohoku J. exp. Med. 95, 337, 1968.
- 5) 松田忠義他：露出条件を変化させながら撮影する回転横断撮影法，日本医放会誌，30，77，昭45.
- 6) 松田忠義他：拡大率を縮小した回転横断撮影法，日医放誌，30，87，昭45.
- 7) Stevenson, J.J.: Horizontal body section radiography. Brit. J. Radiol. 23, 319, 1950.
- 8) 高橋信次他：回転横断撮影法，日本医放会誌，10，1，昭25.
- 9) Takahashi, S.: Conformation radiotherapy. Acta Radiol. Supplementum. 242, 1965.
- 10) Takahashi, S.: An atlas of axial transverse tomography and its clinical application. Berlin: Springer-Verlag 1969.
- 11) Vallebona, A.: Axial transverse laminagraphy. Radiology, 55, 271, 1950.