



Title	転跡線移動方式断層撮影装置（転跡線移動方式断層投影法(Roulettes tomography)の研究 第1報)
Author(s)	松川, 明; 岩井, 昂; 深津, 久治
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1962, 21(10), p. 947-953
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16592
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

転跡線移動方式断層撮影法 (Roulettes Tomography) の研究

(第1報) 転跡線移動方式断層撮影装置

福島医科大学放射線科学教室

松 川 明

東北大学川内東分校

岩 井 昂

東京芝浦電気株式会社玉川工場

深 津 久 治

(昭和36年12月17日受付)

Studies on the Roulettes Tomography (1st Report)
Roulettes Tomograph

By

Akira Matsukawa

Department of Radiology, Fukushima Medical College, Fukushima, Japan.

Akira Iwai

Kawauchi-higashi Branch, Tohoku University, Sendai, Japan.

Hisaharu Fukatsu

Tamagawa Works, Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.

From the Department of Radiology, Fukushima Medical College, Fukushima, Japan.

We devised a new tomographic apparatus, that is, Roulettes Tomograph, in which the sun and planetary gear mechanism is attached to the transmission of the tube-shift of the circular motion tomograph (C-layergraph, Toshiba) (Figs. 1, 2 and 3).

In this apparatus the trajectory of the tube-film-shift resembles that of the Polytome (Massiot's), but in the shape and length of the trajectory the former is more complicate and longer than the latter (Tab. 4, Fig. 7), that is, the kinds of the trajectory of the tube-shift are linear, elliptic, circular and superior epitrochoidal (3-looped and 4-looped). Moreover, even in each trajectory, as described in Tab. 1, by selecting θ max, which is crossing maximum angle between the central X-ray and the vertical line, we can gain many trajectories with various sizes and shapes.

When we adopt Matsukawa's method, that is, the control of X-ray exposure during the tube-shift, we can remove the obstructive shadows of the objects which lie parallel to the direction of the tube-shift, for example, the shadow of ribs (Tab. 2).

As the C-layergraph (Circus Tomograph) was converted into the new devised apparatus and its trajectory increased in length by far, we can't avoid elongating the time necessary to rotate around one cycle of the main shaft, and accordingly the time for one cycle is 12 seconds.

We want to shorten the time to rotate by making fundamental design about the next apparatus.

In the present stage, the difference between the theoretically calculated velocity of the tube-shift and the practically measured one is allowable and its resolving power gained in practice is satisfactory (Figs. 4, 5, 6 and Tab. 3.).

In photographing not only model material but the lung and bone etc. by our apparatus, we gained the tomogram with better contrast and sharpness.

Concerning those results we shall report the next time.

1. 緒 言

現在一般に使用されている断層撮影装置はその管球フィルムの相対移動軌跡によつて直線、円弧、楕円、円、正弦波、軌跡線その他の軌道に分けることが出来る。

余等¹⁾²⁾はかねてその移動軌跡が円運動をする断層撮影装置を作り、直線、円弧運動のそれに比べ遙かに臨床的応用範囲の広い事を確認した。一方仏マシオ社製ポリトーム³⁾は一つの装置によつて、円弧、楕円、円および軌跡線(3巻甲内余擺線)の4つの軌道を選択する事ができる。

余等の軌跡線移動方式断層撮影装置⁴⁾(以下Roulettes Tomographと呼称する)は、東芝製レヤグラフの回転駆動装置の一部を改作し、太陽・惑星歯車群の組合わせによる運動伝達機構を用いる事によつて、円弧、楕円、円及び軌跡線(3巻甲外余擺線、4巻甲外余擺線の2種)の5つの軌道を、管球、フィルムの移動方式として採用している。以下その概要を記載する。

2. 試作装置の概要

i) 試作装置の機構

余等のルーレット・トモグラフの外観を第1図に、動力伝達部を第2図に、またその機構の大略を第3図に示す。すなわち本装置は従来の東芝製Cレヤグラフの本体上部に固定した歯車を内蔵し(太陽歯車A)その中心を貫く回転駆動軸の上端に偏心円盤が連絡されており、この円盤には太陽

歯車と噛み合う、上下一対の遊動歯車と上部遊動歯車に噛み合う惑星歯車B、さらにBと噛み合う惑星歯車C、Dがそれぞれの関係位置に軸受けされ、又固定軸Eが設けてある。次に、各惑星歯車軸ならびに固定軸に対し、任意に選擇取付可能な回転半径調節用の摺動腕があり、これより駆動力伝達腕、平行4辺形枠を経てX線管球ならびにブツキー装置へ運動が伝達される

Fig. 1. Roulettes Tomograph

- ① X-ray Tube
- ② Parallelogram
- ③ Sun & Planetary Gears
- ④ Base
- ⑤ Bed
- ⑥ Bucky's Diaphragm & Film-holder

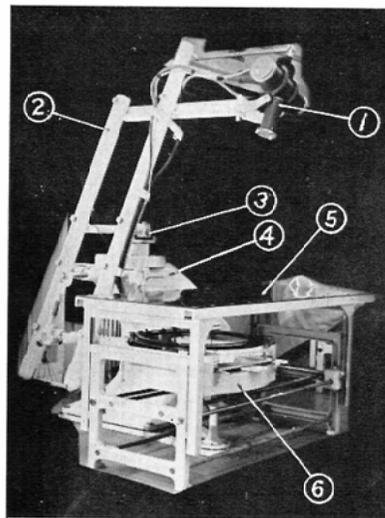


Fig. 2. Transmission Apparatus.

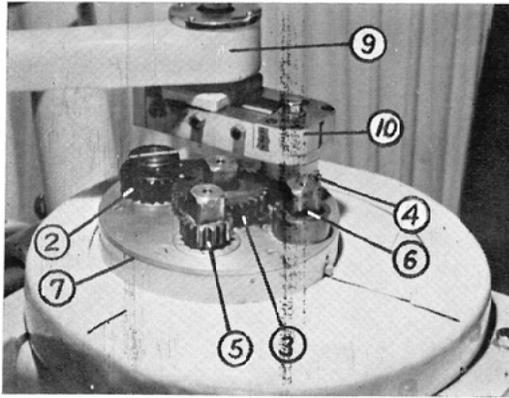
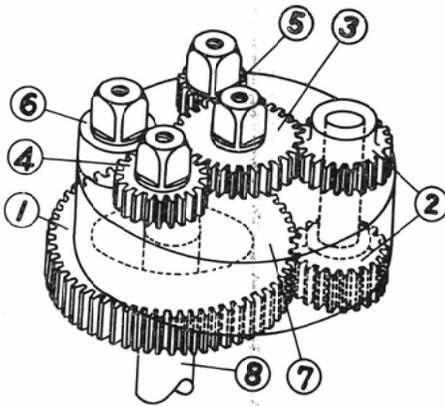


Fig. 3. Transmission Mechanism.



- ① Sun Gear (A)
- ② Idle Gears
- ③ Planetary Gear (B)
- ④ " (C)
- ⑤ " (D)
- ⑥ Fixed Shaft
- ⑦ Eccentric Disc
- ⑧ Drive Shaft
- ⑨ Connecting Arm
- ⑩ Slider for Selection of θ_{max}

ここに太陽歯車A(歯数60枚)に対し、惑星歯車B(歯数30枚)は遊動歯車を経てかみ合うから機構的には内接し乍ら回転することとなり、その軸は直線軌道を描き、惑星歯車C(歯数20枚)およびD(歯数15枚)は太陽歯車に対し、遊動歯車と惑星歯車Bとを介してかみ合うから、相対的には或る仮想太陽歯車の周りに外接しながら回転する結果となり、それらの軸はそれぞれ3巻あるい

は4巻外余擺線を描く。また偏心円盤上の固定軸Eは回転駆動軸のまわりに円軌道を描く。いずれの場合においても回転半径調節用摺動腕によつて、惑星歯車軸および固定軸の回転半径の長さを或る範囲にわたつて変えることが出来、直線軌道からは楕円軌道、外余擺線からは甲外余擺線(以下3巻、4巻と略称する)を派生せしめることが出来る。またこれによつて鉛直線とX線中心線と θ なす角 θ の最大値 θ_{max} を或る範囲内で任意に選択することが可能である。かくしてB、C、DあるいはEのいずれかの軸を採択することにより、第1表の如き断層撮影軌道方式を適用することが出来る。この表に示される軌道方式から判るように、円方式を除き楕円及び3巻、4巻移動方式では鉛直線とX線中心線とのなす角 θ は、管球移動中連続的に変化し、楕円方式では、 $\theta_{max}=18^\circ$ のとき管球軌道は鉛直線を含む往復円弧運動となり、また3巻、4巻方式では夫々 $\theta_{max}=23.5^\circ$ および $\theta_{max}=26.75^\circ$ のとき管球軌道はX線中心線が鉛直線と重なる位置、すなわち $\theta=0$ なる位置を通過する。

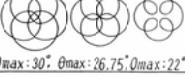
また本装置は東芝製Cレヤグラフに於けると同様の機構によつてX線管球の曝射制御が行なえるように、36個のマイクロ接点を設け、切替スイッチの操作により、すべての軌道に対しX線曝射角を任意に選択出来るようになってゐる。

ii) 試作装置の成績

(イ) 各移動軌跡と曝射制御; 前述の如く本装置による管球移動軌跡は円、楕円(円弧を含む)、3巻および4巻方式いずれにおいても θ_{max} の選択範囲内において無数に存在するが、余等は実験をすすめる便宜上、第1表に示す如く円方式においては $\theta_{max}=30^\circ$ および 18° の2種、楕円方式では $\theta_{max}=30^\circ$ および 24° の2種($\theta_{max}=18^\circ$ における円弧軌道方式は除外した)、3巻では $\theta_{max}=30^\circ$ 、 23.5° および 20.5° の3種、4巻では $\theta_{max}=30^\circ$ 、 26.75° および 22° の3種、合計10種の方式を採用し、これらの方式によつて各種被写体につき系統的に比較検討を行うことにした。

また、前述の曝射制御の選択についても、数多

Tab. 1. Forms of Trajectories of the Roulettes Tomograph.

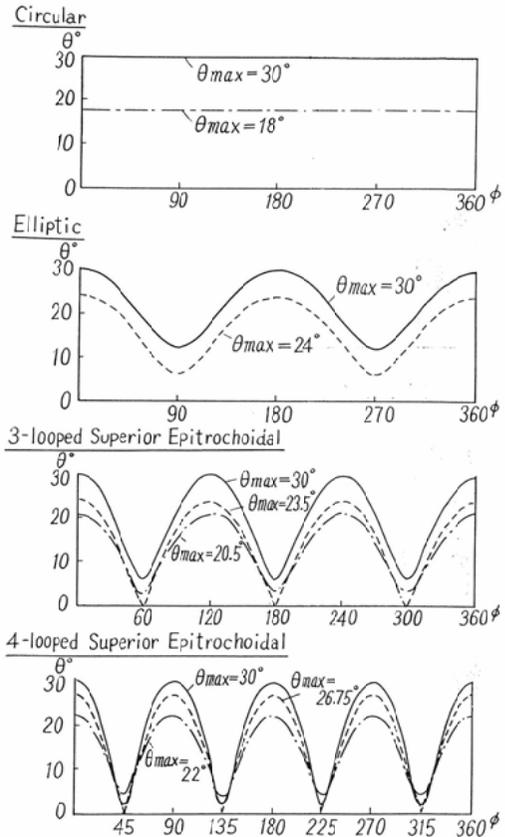
Tube-shift Type	Forms of Trajectories in the Selected θ_{max}	
Circular		θ_{max} can be selected at will from 30° to 18° . $\theta_{max}: 30^\circ, \theta_{max}: 24^\circ, \theta_{max}: 18^\circ$
Elliptic		The same as the above, but trajectory becomes linear in the $\theta_{max}: 18^\circ$. $\theta_{max}: 30^\circ, \theta_{max}: 24^\circ, \theta_{max}: 18^\circ$
3-looped Superior Epitrochoidal		θ_{max} can be selected at will from 30° to 20.5° , but the central X-ray passes through the vertical line in the trajectory of $\theta_{max}: 23.5^\circ$. $\theta_{max}: 30^\circ, \theta_{max}: 23.5^\circ, \theta_{max}: 20.5^\circ$
4-looped Superior Epitrochoidal		θ_{max} can be selected at will from 30° to 22° , but the central X-ray passes through the vertical line in the trajectory of $\theta_{max}: 26.75^\circ$. $\theta_{max}: 30^\circ, \theta_{max}: 26.75^\circ, \theta_{max}: 22^\circ$

この方式が挙げられるが、余等は円、楕円、3捲、4捲方式に対し全曝射および左右曝射を、さらに3捲、4捲方式に対しては内側曝射、外側曝射をも併せて実施することにした。これらの曝射制御方式を表示すると第2表の如くである。(但し、表は各移動方式について $\theta_{max}=30^\circ$ の場合についてののみを示している)。

(ロ) 各移動軌跡における管球移動の速度分布; 余等の試作したルーレット・トモグラフにおいては、既に述べた如く鉛直線とX線中心線のなす角 θ は管球移動中刻々に変化する。かつ又選択された運動伝達機構の相対回転運動に対応して、管球移動速度も周期的に変化する。ただし円運動方式においては、採択された θ_{max} およびそれに対応する管球移動速度が一定であることは論を俟たない。これらの関係を理論的に計算し、その結果を図示すれば第4図および第5図の如くである。すなわち、横軸に駆動軸の回転角 ϕ をとれば、駆動軸は電動機から減速装置を経て回転されておりその回転数は一定とみなされるから、すべての移動方式に対し ϕ は一定となり、 ϕ が 0° から 360° に達してはじめて一つの軌道が完結することになる。

これらの図に見る如く、各移動方式毎に選定された θ_{max} に対し管球移動中の θ および管球移動速度 v は、円方式においては常に一定であり、楕円、3捲および4捲方式では夫々2、3および4

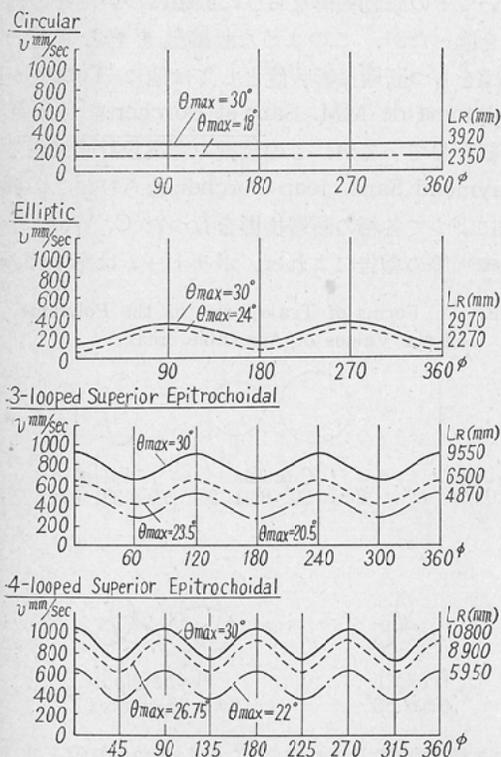
Fig. 4. The Transition of θ during the Tube-shift. (ϕ : Angle of Rotation of the Driving Axle.)



つの最大値を有する周期的変動の波形を描く。ここに注意すべきは第4図と第5図とを対照した場合、楕円方式においては θ が最大値を示す ϕ の値と v が最大値を示す ϕ の値とが半波長ずれているという事である。他の3捲、4捲方式ではいずれもこれが一定している。すなわち楕円方式では内余擺線の特徴であり θ が最大値に近づく程管球移動速度が減少し θ_{max} において最低速度となる。これに反し後者は外余擺線の特徴であつて、 θ_{max} に近づく程管球移動速度は増大し θ_{max} において最高速度を有することがわかる。余等のルーレット・トモグラフと前述せるポリトームとの本質的相違はここに存在するのであるが、この事については後の考按の項において述べる事にする。

さて本装置の機械的諸条件による実際の管球、

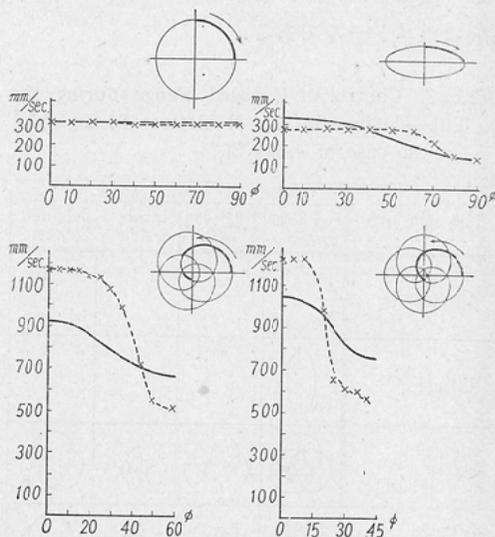
Fig. 5. The Transition of the Tube-shifting Velocity (ϕ : Angle of Rotation of the Driving Axle.)



フィルムの運動状態を知るために、余等が採用した移動方式についてストロボ写真撮影を行い、フィルムに現われた軌跡の黒化度をマイクロフォトメーターで測定し、それらの線量換算値から管球の実験速度分布を求めて理論的計算による速度と比較した。それらの結果を第6図に示す。すなわち横軸に ϕ をとり理論速度分布を実線により、又実験速度分布を破線によつて示すと、円軌道方式においては両者はほとんど一致するが、楕円方式においては、実験曲線の振幅が理論曲線のそれよりやや小さく、之に反して、3巻、4巻方式ではいずれも理論曲線に対し実験曲線の振幅の方がやや大きく表われる。

此等の差異は管球、フィルム（ブッキー装置）、平行4辺形棒その他の機械運動部分の惰力に基づくもので、楕円方式にあつては、 $\phi = 0$ すなわち θ_{min} において管球速度は最高を示すがここで

Fig. 6. The Measured Velocity (.....) and Theoretically Calculated One (—) of the Tube-shifting.



は、理論値よりも実際の速度は低く出ており、 $\phi = 90^\circ$ 付近では、かなり急激な方向転換を行うため急に速度を減じて、両者の速度はほぼ一致する。この間、実際の速度が理論値より上廻る部分は、運動部分の惰力に基づくものと考えられる。3巻、4巻方式の場合は $\phi = 0$ すなわち $\theta = 30^\circ$ 付近では軌跡曲線の彎曲が比較的緩やかなのと、管球速度はこのとき最高値を示すから加速された実験速度の方が理論値よりも大きくなり、それぞれ $\phi = 60^\circ$ 又は 45° で θ が最小のとき軌跡は比較的急な屈曲をなすため速度が減じて理論値よりも小さな値を取るのである。

この様な速度分布の相違は実際速度の絶対値の算定を軌跡の黒化度に求めた為に見られたものと考えられ、又他方、機械の許容誤差と相俟つて円軌道の様な等速回転運動に用いられた既製の平行4辺形棒を θ 、 ν が共になんか急激に変化する運動に転用していることに起因するものであり、これは機械的強度について再設計を行うことにより改良せられるものとする。

(ハ) 各移動軌跡における解像力

第1表、第2表に示された各移動方式とその曝射制御の選択の組合せにおいて、本装置の解像力

ほどの程度かを検討した。その結果を第3表に示す。実験に使用した管球は東芝製 DRX-70 (焦点 1 mm × 1 mm) フィルムはさくら New Y-Type, 現像剤はコニドールである。

Tab. 2. Control of Exposed Range during the Tube-shifting in the Roulettes Tomograph. (in the case of θ_{max} 30°)

Tube-shift Type	Method of X-ray exposure			
	Full Range System	Right and Left side System	Inside System	Outside System
Circular				
Elliptic				
3-looped Superior Epitrochoidal				
4-looped Superior Epitrochoidal				

Tab. 3. The Resolving Power in the Various Tube-shifts.

Tube-shift Type	θ_{max}	Method of X-ray exposure			
		Full Range System	Right and Left side System	Inside System	Outside System
Linear	18°	0.16			
Elliptic	24°	0.16	0.16		
	30°	0.16	0.16		
Circular	18°	0.25	0.16		
	30°	0.16	0.16		
3-looped Superior Epitrochoidal	20.5°	0.16	0.16	0.16	0.16
	23.5°	0.25	0.16	0.16	0.16
	30°	0.16	0.16	0.16	0.16
4-looped Superior Epitrochoidal	22°	0.16	0.16	0.16	0.16
	26.75°	0.16	0.16	0.16	0.16
	30°	0.16	0.16	0.16	0.16

Tab. 4. Lengths of Trajectories. (cm)

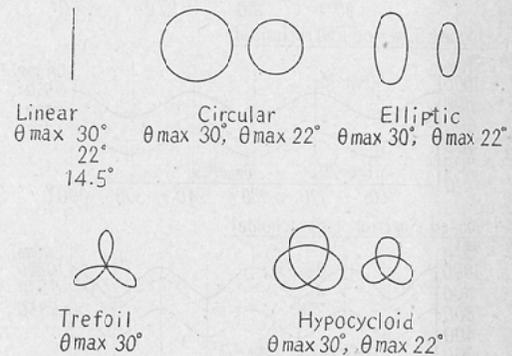
Polytome						
θ_{max}	Linear	Elliptic	Circular	Superior Trefoil	Hypotrochoidal Hypocycloid	Epitrochoidal
30°	115	275	—	400	540	
22°	85	190	265	—	370	
14.5°	53	—	180	—	—	

Roulettes Tomograph						
θ_{max}	Linear	Elliptic	Circular	Superior 3-looped	Epitrochoidal 4-looped	
30°	—	277	392	955	1080	
26.75°	—	—	—	—	890	
24°	—	227	—	—	—	
23.5°	—	—	—	650	—	
22°	—	—	—	—	595	
20.5°	—	—	—	487	—	
18°	75	(150)	235	—	—	

3. 考 按

以上余等の試作せるルーレット・トモグラフについてその駆動機構ならびに成績についてその概略を述べたが、このような軌跡線を含む多種の軌道をもつ断層撮影装置としては他に Tobbs³⁾ が Polytome de MM. Sans et Porcher を 1950 年に紹介しているが、この装置の考案設計者である Raymond Sans, Jean Porcher ならびにこの機械によつて各種の断層撮影を行つた C. Wangermez⁵⁾ 等の報告によれば、ポリトームは第7図の

Fig. 7. Forms of Trajectories of the Polytome and the Values of Adoptable θ_{max} .



如き移動軌跡とそれに対応する θ_{max} の値を有するものである。独特の軌道としての三葉線 (trefoil or cloverleaf) 及び 3 捲甲内余擺線 (彼等は hypocycloid と称しているが厳密には, superior hypotrochoid であろう) はその複雑長大な軌道によつて、従来のトモグラフに比し、臨床的に極めて応用範囲が広く、特に骨関節部位の撮影に顕著な効果を示すものといわれる。すなわち C. Wangermez はポリトームの軌道の幾何学的図形及び一連の実験結果から管球の移動方向に平行な拡りを有する物体による障害陰影はおそらく除去する事は出来ないが、X線管球、フィルムが全体として複雑な軌道を描くならば、その運動は被写体の或る一つの方向にだけ平行である事は決してなく、従つて障害陰影の除去がより効率よく行われると述べている。

この点に関し、管球及びフィルムの相対移動をどの程度迄複雑にするのが良いかが問題である

う。余等のルーレット・トモグラフはポリトームよりも更に複雑な運動による軌跡、長さの増大をはかつたもので、その軌道長さを比較すると、第4表の如くである。すなわちルーレット・トモグラフでは円弧運動は $\theta_{\max}=18^\circ$ の一種しかないが他の円、橢円乃至余擺線による軌跡において、すべて、ポリトームを上廻る軌跡の長さを有するものである。又余擺線軌跡の幾何学的図形としてもより複雑になっている。このことが臨床的にどの様な結果を示すかは、爾後の報告に詳しく述べるが、松川の宿題報告⁴⁾にその概要を記載してあるので参照せられたい。

ここで言及しておきたいのはポリトームの軌跡線と、ルーレット・トモグラフのそれとの相違についてである。若し想像が許されるならば、ポリトームの三葉線乃至3捲線は余等と同様に太陽、惑星歯車群によるものである。(機構的にはこの方法以外考えられない)。この様な仮定の下に論ずるならばポリトームの軌跡線は歯車の内接による内捲線を基にした軌跡であつて、この場合は、 θ が大きくなる程管球の速度は遅く、 θ が小さくなる程速くなる。すなわち例えば三葉線の外側の三つの屈曲部で管球はゆつくり方向転換をし、中心の交点附近を最も速く過ぎることになる。之に反し余等のルーレット・トモグラフでは3捲、4捲は共に歯車の外接による外擺線を基にしたものであつて管球の移動速度が内側の θ の小さい屈曲部で遅く、外側の θ の大きな比較的緩い曲線部分で速い。この結果 θ が小さい内側の範囲でのX線曝射は移動速度の遅いことによつて断層像の対比度を非常に優れたものにしてゐる。又 θ の大きな外側範囲でのX線曝射は移動速度がほぼ均等に速いので円運動に近い断面の像の現出能がある。

このような管球速度と θ との相対関係について、いずれが良いかは議論の余地があろうが、余等は理論的にはルーレット・トモグラフの方式がポリトームのそれに比較してやゝ優れているものと信ずる。

更に又、36個のマイクロ接点の切替によつて、C. Wangermez⁵⁾の指摘する軌道に平行な物体の障害陰影を適宜排除する事が可能であり、ポリトームが胸部撮影には好ましくないと報告されているにかゝらず、余等は選択曝射の手段によつて截面からかなり離れた肋骨弓によつて作られる障害陰影の暈円の重複による線影像をも消す事が出来た。

4. 結 論

断層撮影において暈像を二次元的に作る装置として、円弧、円、橢円、3捲、4捲の五つの軌道方式を兼ねたルーレット・トモグラフを試作し、その機構ならびに運動方式について概要を述べた。本装置は従来の東芝製Cレヤグラフの一部を改造したものであつて、機械的に又運動力学的にかなりの制約を受け、必ずしも所期の目的を満足せしめるものではなかつたが、複雑な軌道方式による断層撮影装置としての特徴はかなり把握できた様に思う。一つの軌道を完結する所要時間は12秒であり又各移動方式における管球の移動速度も理論値とやゝ相違しているが、これらの点の一つの機械装置として当初から設計し製作する事によつて大幅な改良を加える事が出来ると考えている。なお、3捲、4捲はその軌跡の類似性と、グリッドの運動上の問題からむしろ3捲で充分である。

(本研究は文部省科学試験研究費の援助を受けた。ここに深謝の意を表す。松川明)

文 献

- 1) 松川明, 三品均, 木村和衛, 上田稔: 円軌道移動方式断層撮影法の研究. 日医放誌, 第15巻, 第7号, 1955, 549~557. — 2) 松川明: 断層撮影法, 放射医学最近の進歩, 1959, 214~241. 医書業出版. — 3) Tobb: Le Polytome de MM. Sans et Porcher, J. radiol. électrol. 31(1950):300~302. — 4) 松川明: 断層撮影法の改良, 日医放誌, 第20巻, 第10号, 1960, 3~26. — 5) C. Wangermez, M. Martin, and others: Polydirectional Tomography and Its Application to Surgery, The Journal of the International College of Surgeons, Vol. 31, No. 5, p.p. 513~528, May, 1959.