



Title	運動のX線的研究 第9報 拡大キモグラフィーの研究
Author(s)	篠崎, 達世; 安保, 正; 目々沢, 広孝
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1960, 20(6), p. 1183-1189
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20714
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

運動のX線的研究(第9報)

拡大キモグラフィーの研究

弘前大学医学部放射線医学教室(主任 篠崎達世教授)

篠崎達世 安保正 目々沢広孝

(昭和35年5月9日受付)

(本研究は文部省科学研究費の援助による感謝の意を表す)

I) 緒言

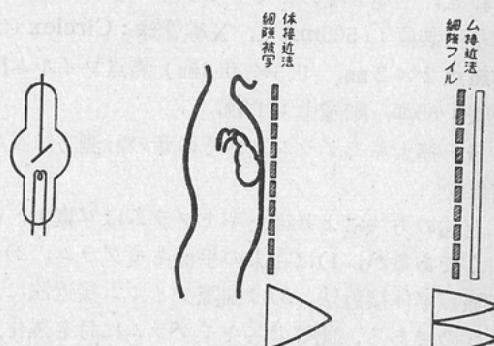
心臓運動の分析には平面キモグラフィーが一般に用いられて來たが、然し此の方法には不備の点も又認められ、種々の改善されたキモグラフィーが行なわれて居る^{1)~8)}。著者は波の巾は拡大されず、振巾のみが拡大されるキモグラフィーを考案し、此れと稻田⁹⁾の考案による拡大キモグラフィー及び在来の平面キモグラフィーの3つを比較し、其の長短を検討して見た。次に其等の結果について述べる。

II)撮影方法

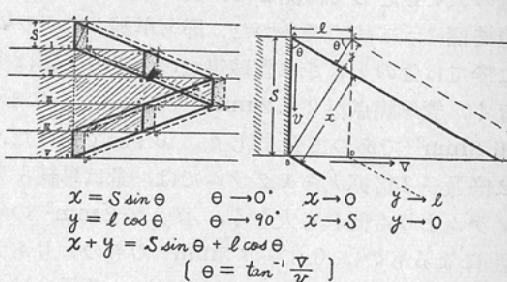
我々の考案せる拡大キモグラフィーを行う方法は、(以下細隙フィルム接近法と呼ぶ)在来の平面キモグラフィー施行の際と同じく、X線管球、被写体、格子、フィルムの順に配列するが、此の際被写体を拡大の倍率に応じて格子及びフィルム面より離す。(第1図A)撮影は在来の平面キモグラフィーと同様にX線を曝射しながら、フィルム或いは格子を移動せしめる。かくして得られたキモグラムは同図下方に示した如く振巾のみが拡大され、波巾は在来の平面キモグラムで得られる波のそれと同じである。第1図Bは稻田の考案による拡大キモグラフィーの述式であり、被写体と格子とは接近させてある。下方の波は此の方法により得られるキモグラムであるが振巾、波巾は共に拡大される。(以下細隙被写体接近法と呼ぶ)

III) 基礎実験

第1図 拡大キモグラフィー術式
[B] [A]

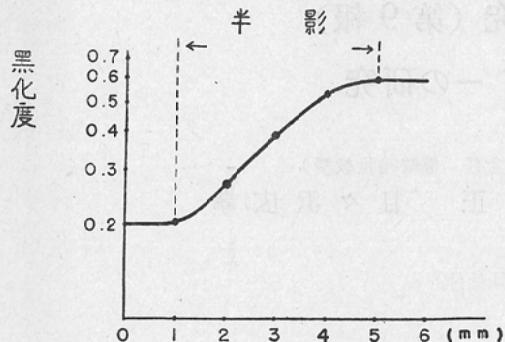


第2図 キモグラムに於ける量の模型図
[A] [B]



キモグラムから運動を分析する場合、其の分析能力を左右するものは量の大きさである。従つて在来の平面キモグラム及び拡大キモグラム(細隙被写体接近法及び細隙フィルム接近法)の各々に於ける量の大きさを比較検討する目的から次の如き実験を行つた。

第3図 キモグラムに於ける量の測定方法



A) 実験方法及び実験装置

被写体：金属球を使用し、此れに振子運動を行なわせ、上述3種のキモグラフィーを行つた。X線発生装置：500mA型、X線管球：Circlex（実効焦点 $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 、 $0.3 \times 0.3 \text{ mm}^2$ ）焦点フィルム間距離：80cm、細隙巾：1mm。

B) 拡大キモグラム及びその量の計測方法及び結果

上述の方法により得たキモグラムは写真1、の如くであるが、1)は在来の平面キモグラム、2)は細隙被写体接近法、3)は細隙フィルム接近法によるものである。此等の各キモグラムに付き黒化度曲線を書き（東京光電黒化度計使用）第2図の如く同曲線の立ち上り点と頂点との横軸間の距離を暈の大きさとして計測した。其の結果は第1表の最終欄に示す如くであつた。即ち単純キモグラムに於ては暈の大きさは管球焦点の大きさの影響は少なく、管球焦点が $2 \times 2 \text{ mm}^2$ であつても $0.3 \times 0.3 \text{ mm}^2$ であつても同じく、0.9mmであつた。2倍及び3倍拡大キモグラムでは、暈は単純キモグラムよりも何れも大きく、又 $2 \times 2 \text{ mm}^2$ の焦点によるものは $0.3 \times 0.3 \text{ mm}^2$ のものよりも大きかつた。又細隙フィルム接近法による場合は、細隙被写体接近法による場合よりも小さく、此の差は拡大の倍率が大となるに従つて著しく増加した。

理論的考察

在来キモグラフィーの分析能力に関する報告にある如く4つの暈が挙

げられている。然し此の場合には被写体とフィルムとは接近している故、管球焦点の大きさに影響される暈は少く、無視され、専ら time unsharpness が重要視されて來た。然し拡大キモグラフィーでは被写体とフィルムとは離れる故、管球焦点の大きさに關係する暈が著しくあらわれる。従つて拡大キモグラフィーに於ける分析能力は在来の time unsharpness と管球焦点に影響される暈とを加えた暈が問題になる。次に此等の事について検討を加えてみる。キモグラムを撮影する場合第3図Aに於て細隙Sが静止して曝射を受けたとすれば、本影I（斜線により示した部分）と焦点の大きさに關係する半影I'（点により示した部分）の像を得る。細隙が移動しII、III、IV、Vの場合で各々静止して曝射を受けた場合には同様にして本影II、III、IV、Vと半影II'、III'、IV'、V'を得る。今細隙が連続的にIからV迄移動し、其の間連続曝射を受けたとすれば本影及び半影の両端を各々結ぶ直線によつて輪廓される像を得る。此の場合B,B',F,A''''により輪廓される三角形はキモグラムの本影であり、A,C,C'',B'',A'',F,Bに輪廓される图形は半影、即ちキモグラムの暈となる。第3図Bは第3図AのIの部分の拡大図であるが、今キモグラムの暈の大きさをYとし、B及びCより直線A,A'に各々に垂線を下し、其の長さを各々x,yとすれば、 $Y = x + y$ となる。此の際xは細隙の巾の大きさに影響される暈となり、yは管球焦点の大きさに影響される暈となる。次にフィルムに投影された細隙の巾をSとし、A,A'がABとなす角をθとすれば $x = S \sin \theta$ となる。又管球焦点による暈の大きさをlとすれば $\angle ACG = \theta$ に等しい故 $y = l \cos \theta$ となる。従つて暈の大きさYは $Y = S \sin \theta + l \cos \theta$ ………①となる。又θは細隙Sがvなる速度で移動し、此の場合に被写体がVなる速度で運動していたとすれば、 $\theta = \tan^{-1} V/v$ となる。此の場合、細隙フィルム接近法では巾は拡大されず、振巾のみが拡大される故、細隙被写体接近法でθなる角度が得られる場合には其の倍率に従つて此れと異つた角度となる。此れをθ'とし拡大率をRとす

第1表 キモグラフィーに於ける量の計算値及び実測値

		焦点の 大きさ (mm)	焦点による 量(ℓ) (mm)	焦点による キモグラム の量(y) (mm)	細隙の巾 (S) (mm)	細隙による キモグラム の量(x) (mm)	キモグラム の量(x+y) (mm)	キモグラム の量計測値
単純キモグラム		2×2 0.3×0.3	0.02 0.03	0.1 0.02	1.0 1.0	0.86 0.86	0.96 0.88	0.9 0.9
2倍拡大キ モグラム	細隙ファイル ム接近法	2×2 0.3×0.3	2.0 0.3	0.68 0.11	1.0 1.0	0.93 0.93	1.61 1.04	1.6 1.1
	細隙被写体 接近法	2×2 0.3×0.3	2.0 0.3	1.0 0.15	2.0 2.0	1.73 1.73	2.73 1.88	2.7 1.9
3倍拡大キ モグラム	細隙ファイル ム接近法	2×2 0.3×0.3	4.0 0.6	0.96 0.15	1.0 1.0	0.97 0.97	1.93 1.12	1.9 1.3
	細隙被写体 接近法	2×2 0.3×0.3	4.0 0.6	2.0 0.3	3.0 3.0	2.59 2.59	4.59 2.89	4.7 2.9

第2表 拡大キモグラムに於ける分析能力の良い順位

順位	拡大率	撮影方法	管球焦点 の大きさ (mm ²)
1	拡大なし	単純キモグラム 同	0.3×0.3 2×2
2	2倍拡大キモグラム	細隙フィルム接 近法	0.3×0.3
3	3倍拡大キモグラム	同	0.3×0.3
4	2倍拡大キモグラム	同	2×2
5	3倍拡大キモグラム 2倍拡大キモグラム	同 細隙被写体接近 法	2×2 0.3×0.3
6	2倍拡大キモグラム	同	2×2
7	3倍拡大キモグラム	同	0.3×0.3
8	3倍拡大キモグラム	同	2×2

れば、 $\theta' = \tan^{-1} \frac{RV}{v}$ となる。又 l は $l = L - \frac{a}{b}$
 (L: 実効焦点の大きさ, a: 管球被写体間距離,
 b: 被写体フィルム間距離) なる式で得られ、従
 つて単純キモグラム及び細隙被写体接近法に於け
 る量Yは

又細隙フィルム接近法に於ける量Y'は

となる。即ちキモグラムに於ける暈の大きさは、細隙巾、管球焦点の大きさ、焦点被写体間距離、被写体フィルム間距離、被写体運動速度等の函数と

して計算により求める事が出来る。又上式①から θ が0に近づく時はxは0に近づきyは最大値Vに近づく。 θ が90°に近づく時はxは最大値Sに近づき、yは0に近づく。即ちキモグラムに於ける量はその波が急峻な場合には管球焦点の大きさに影響される量が小となり、細隙巾の大きさに影響される量は大となる。逆に波が平である場合は其の結果も逆となる。第1表は単純キモグラムで $\theta=60^\circ$ である場合各キモグラムに生ずる量の大きさを上式②③により求めた値である。此等の値は同表の最終段に表示した模型実験によるキモグラムの実測値とよく一致し、上式が正しい事も又証明される。此の結果から知られる如く、量は単純キモグラムでは管球焦点の大きさに余り影響を受けない。然し拡大キモグラフィーでは大きな影響を受け、焦点が大きな場合には其の拡大の倍率に比例して著しく大きくなる。然し、細隙フィルム接近法では細隙被写体接近法に比して著しく量が少なくなる。例えは、細隙フィルム接近法では大焦点を用いて3倍に拡大したキモグラムの量は細隙被写体接近法で微焦点を用いて2倍に拡大したキモグラムの量と同じ程度より生じない。今此の理由を考按して見るとキモグラムの量は管球焦点と細隙幅の大きさによって影響を受けるが、此のうち管球焦点に影響される量yは θ が大となる場合には小となる。 θ が細隙被写体接近法では $\theta = \tan^{-1} \frac{V}{v}$ なる値を取る時は、細隙フィルム接近法では $\theta = \tan^{-1} \frac{2V}{v}$ となり、後者の θ は前者の

θ よりも著しく大きな値となる。従つて前者は後者よりも焦点による暈は少なくなる事になる。又細隙巾に影響される量 x は $x = S \sin \theta$ である故、細隙巾 S が大となれば当然暈は大きくなるが、細隙フィルム接近法ではフィルム面に投影される細隙巾 S は拡大率には無関係で、常に単純撮影の場合と同じく一定の値 S であるにもかかわらず、細隙被写体接近法では細隙はその拡大の倍率 R に従つて拡大され RS の大きさとなる。従つて暈 x は $x = RS \sin \theta$ となり前者よりも大きくなる。従つて細隙フィルム接近法は焦点による暈、及び細隙巾による暈が共に少なり、分析能力の良いキモグラムが得られる事になる。

V) 正常なる成人心臓への応用

生人体心臓に拡大キモグラフィーを応用せる場合、細隙被写体接近法と細隙フィルム接近法との実用上の価値、又此等と在来の平面キモグラフィーとの差異を知る目的から正常なる成人20例を選び其の各々につき平面キモグラフィー及び2倍、3倍拡大キモグラフィーを行い比較観察して見た。

A) 撮影装置及び撮影条件

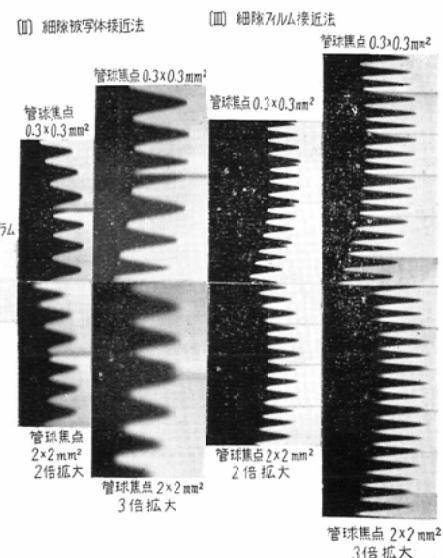
撮影装置に基礎実験に用いたと同じものを用いた。

撮影条件：管球焦点、フィルム間距離80cm、管電圧90KVp、管電流15mA、X線露出3秒、細隙巾 1.0mm、増感紙極光MS

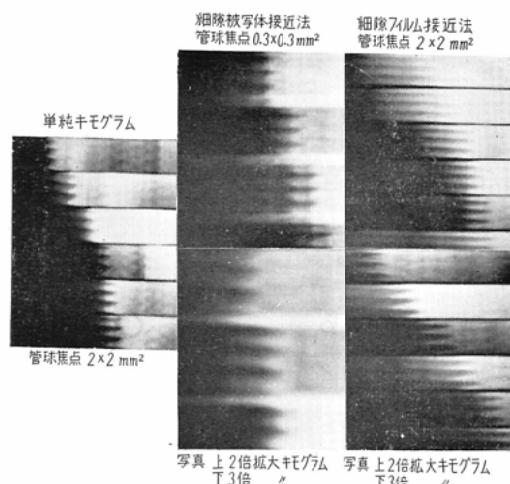
B) 結 果

各キモグラムの暈はそれの少なかつた順位に並べると第2表の如くであつた。即ち此等各キモグラムを生体に応用せる場合の結果も先に基礎実験で述べた暈の結果と略々一致した。写真は此等のうち、細隙被写体接近法では微焦点 ($0.3 \times 0.3 \text{ mm}^2$) を、細隙フィルム接近法では大焦点 ($2 \times 2 \text{ mm}^2$) を用い左第4弓を撮影した場合の2倍及び拡大キモグラムである。拡大キモグラムによつて実際に生体心臓の運動を分析する場合、細隙被写体接近法では、大焦点を用いて2倍、3倍に拡大した像では左第1弓、第4弓は分析が可能であつたが、其の他の部位、即ち右第1右第2弓、左第

写 真 1



写 真 2



2弓、第3弓は暈のために分析不可能であつた(写真2、3)。然し左第1弓、第4弓は単純キモグラムでも明瞭に波を分析する事が出来、此の拡大キモグラムでは波が更に大きくなり見やすくなつたと云う点以外には単純キモグラムに比して特に有利であつたと云う点は見当らなかつた。左第2、3弓、右第2弓は微細な重複波が生ずるため、鮮鋭な像を必要とし細隙被写体接近法では微焦点を

写真3 左第2，第3弓のキモグラム

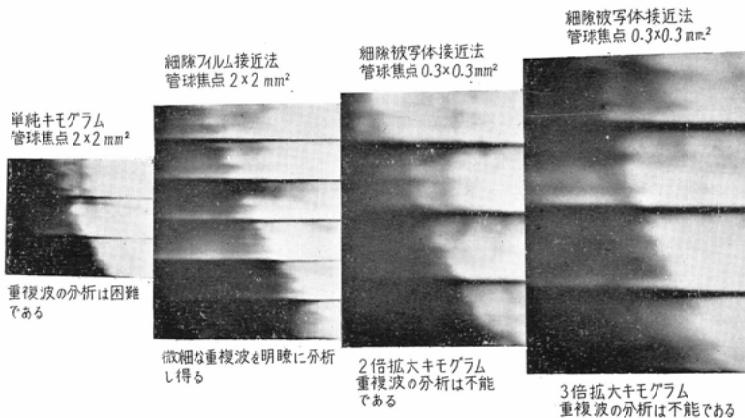
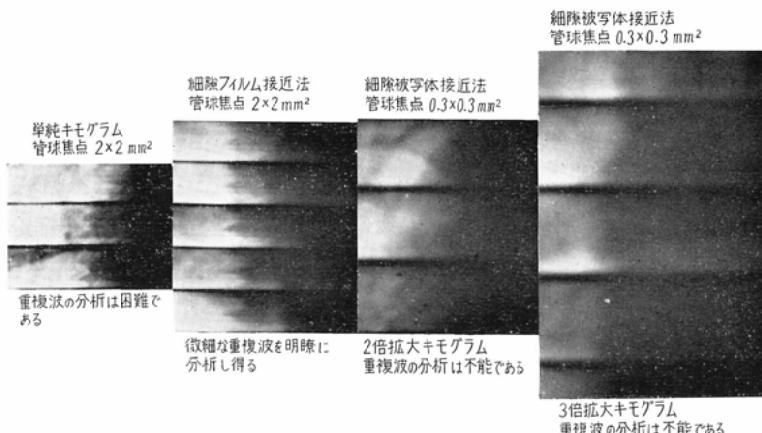


写真4 右第2弓上部のキモグラム



用いた2倍拡大像でも分析は不可能であつた。然し細隙フィルム接近法では大焦点を用いて2倍拡大した像でも重複波を観察する事が出来、(写真4, 3)又此の重複波は単純キモグラムに比較してより明瞭であり、単純キモグラムでは個々の波について分析不可能であつた点も分析し得た。(写真4, 3)拡大キモグラムで微焦点撮影を行う場合、我々は前述の如く90kVp, 15mA, 2.5秒、増感紙MSの条件を必要としたが、此の条件は回転陽極管球で焦点 $0.3 \times 0.3 \text{ mm}^2$ での定格90kVp, 12mA, 2.5秒¹¹⁾を越えた条件であり、管球の破損の危険が充分あつたが、増感紙、現像等により

解像力を犠牲にする事なしには此れ以下の条件では露出不足であつた。又此の撮影に用いた管球焦点一フィルム間の距離80cmは、被写体の胸厚20cmである場合3倍拡大をすれば管球容器が被写体背部に略接着する距離である、此れ以下には短縮し得なかつた。即ち拡大キモグラフに微焦点を用いる事は非常な困難があり実用的ではなかつた。

VI) 考 按

在來のキモグラフは心臓運動の分析には良い方法^{12)~16)}はあるが、然し此の方法では運動が微細な場合には其の分析が困難である場合が多か

つた。此の意味から Stmpf¹⁷⁾, 岩崎, 志賀等¹⁸⁾は波の変化を拡大して計測する装置を作り観察を行つている。拡大キモグラフィーは此等の煩雑な操作を除き心臓運動を直接拡大してキモグラムとし、微細な運動をも分析しようとする目的のものである。拡大キモグラフィーは稻田⁹⁾によつて始めて報告されたが、其の方法は細隙被写体接近法であり、単純キモグラムをそのまま拡大した像を得るものであつた。然し此の方法では量が大きく実用とするには微焦点による撮影を必要とする。然しキモグラムの撮影には限られた時間内に比較的大線量のX線を必要とし¹⁴⁾¹⁸⁾微焦点での撮影では此等の条件を満足させる事は管球規格の点から困難がある。我々が微焦点により生体の心臓を撮影した場合にも管球破損の懸念が充分あり、此の点からは微焦点を用いなければならぬ拡大キモグラフィーは現在の段階では実用的ではないと考えられる。著者の考按した細隙フィルム接近法は波の高さは拡大するが、波の底辺即ち波の底の巾は拡大しないキモグラフィーであり、稻田の方法とは拡大の意味及び性格が少し異なつてゐるが量は非常に少ない。此れは、拡大キモグラムでは量大のきさは管球焦点の大きさ及びフィルム面に投影された細隙巾の大きさに最も影響されるが、細隙フィルム接近法では、此等両者の影響を細隙被写体接近法に比して著しく少なくなるためである。細隙フィルム接近法により大焦点を用いて2倍に拡大したキモグラムは細隙被写体接近法により微焦点を用いて2倍に拡大したキモグラムよりも分析能力が良い。キモグラムで問題になるのは微細な波が生ずる場所であり、左第1弓、第4弓のような場所は単純キモグラムでも充分分析し得る故、拡大キモグラムで此等の部分の分析をし得たからと云つても特別に有利とは云えない。2倍拡大キモグラムでは細隙フィルム接近法によれば大焦点を用いても右第23弓、左第2、3弓に於ける微細な重複波を明瞭に區別する事が出来、しかも単純キモグラム及び微焦点による2倍拡大の被写体細隙接近法では分析不能であつた点も分析する事が出来る。

拡大キモグラムでは拡大の倍率を大きくしても

必ずしも運動の分析には有利とはならない。今単純キモグラムと拡大キモグラムとを比較して見ると、3倍拡大キモグラムでは大焦点を用いた場合には、左第1弓、第4弓の如く比較的単純な波の生ずる部位は分析が可能であるが、然し右第2弓上部、左第2弓、第3弓の如く微細な重複波が認められる部位では量のために逆に分析は困難である。此等の事から拡大キモグラフィーは現在の段階では細隙フィルム接近法により、大焦点を用いて2倍に拡大して撮影する事が実用的であり且つ意義あるものと考えられる。又此の方法は単純キモグラフィー施行述式のうち被写体を細隙面に接着させる代りに唯管球焦点とフィルム面との中间に位置させるのみであり其の手数は単純キモグラフィーと全く同じである。而も単純キモグラムでは分析し得ない点も分析し得るのである故むしろ単純キモグラフィーに代つて一般に2倍の拡大キモグラフィーを行う方が有利であろうと考える。

結論

拡大キモグラフィーの新しい方法を考按し、これに細隙フィルム接近法と名づけ、此れと単純キモグラフィー、及び稻田による拡大キモグラフィーとを理論的に、又基礎実験及び生体応用の面から比較検討した。其の主なる結果は次の如くである。

- 1) 細隙フィルム接近法の述式は在来の単純キモグラムを行う述式と略々同じであるが、只被写体を拡大の倍率に相当する距離だけ細隙面より離す。
- 2) 細隙フィルム接近法で得られる拡大キモグラムは、波の振巾は拡大されるが、波の縦の巾は拡大されない。
- 3) 細隙フィルム接近法による拡大キモグラムは稻田の方法による拡大キモグラムより著しく量が少ない。
- 4) 細隙フィルム接近法により大焦点を用いた2倍拡大像は単純キモグラムでは知り得ぬ所見をも分析する事が出来る。
- 5) 拡大キモグラムは拡大の倍率を必要以上に大とする事はむしろ単純キモグラムに比して分析能力の低下を來す。現況では細隙フィルム接近法

により大焦点を用いた2倍拡大キモグラムが最も有利である。

6) 微焦点を用いるキモグラムは管球容量の点から実用的ではない。

文 献

- 1) 高橋信次：日医放誌9巻15号。—2) 篠崎達世：日医放誌12巻8号, 38. —3) Takahashi S, und Shinozaki T.: Fortschr. Röntgenstr. 75, 1, 1951. —4) 篠崎達世：日医放誌, 15巻2号, 124.
- 5) 安保正：日医放誌20巻1号(印刷中) —6) Lenzi, M.: Radiologia Medica. 1947, 33, 277.
- 7) Morell, A.G.: Argentina Cardiologica. 1936, 2, 6. —8) Lorens, I.: Journal of Radi-

- o-
loge. 1937, 21, 294. —9) 稲田五郎：日医放誌, 19巻5号, 1017. —10) Myron M. Schwarzschild: Radiology. 1939, 33, 90. —11) 島津製作所
レントゲン部. Röntgen Hand Book. 98. —12) Pl. Stumpf: Das Röntgenologische Bewegungsbild und seine Anwendung. 1931. Geort Thieme. Stuttgart. —13) Pl. Stumpf: Kymographische Röntgendiagnostik. 1951. Georg Thieme. Stuttgart. —14) 志賀達雄：日レ学会誌, 12巻5, 375. —15) 平松博, 小林敏雄：心臓レン
トゲンキモグラム, 日本医書出版社株式会社, 東京,
—16) 三宅太郎：十全会雑誌, 46巻12号, 3493.
—17) Pl. Stumpf: Röntgen Kymographische Bewegungslehre innerer —18) 岩崎秀之, 志賀
達雄：東京医学会雑誌51巻2号, 33.

Radiographic Studies of Moving Organs

Report 9. Studies of the enlargement kymography.

By

T. Shinozaki, M. Memezawa and T. Abo.

(Department of Radiology, Faculty of medicine, Hirosaki University, Japan.)

Enlargement kymography is a new method of kymography originated by the authors. The present paper concerns itself with its roentgenographic technique, advantages, and the results obtained by applying it to the normal adult's heart.

- 1) Technique: Patient, X-ray tube, slit, and film are arranged like routine kymography except that the patient is posited at the distance from the slit in correspondence to the magnification. Then the exposure is given only while the film is being moved.
- 2) In this enlargement kymography, only the amplitude of waves is enlarged but not the width of waves.
- 3) This enlargement kymography is sharper than another enlargement kymography reported by Inada, so the former can exactly analyze smaller movements than the latter.
- 4) The twice enlargement kymography using a big focus ($2 \times 2 \text{ cm}^2$) gains finer findings which can not be obtained by routine kymography.
- 5) The more excessive the enlargement is, the weaker the analyzing power is. So, at present the twice enlargement by means of a big focus seems to be the most practical.