



Title	直接4倍拡大による立体撮影法（拡大撮影法の研究 第46報）
Author(s)	池田, 洋
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1971, 31(8), p. 895-907
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15360
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

直接4倍拡大による立体撮影法

(拡大撮影法の研究 第46報)

名古屋大学医学部放射線医学教室（主任 高橋信次教授）

池 田 洋

(昭和46年6月2日受付)

Stereomacroradiography in four-fold magnification
(Studies on macroroentgenography, 46th report)

by

Hiroshi Ikeda

Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine, Nagoya
(Director: Prof. Shinji Takahashi)

Research Code No.: 501

Key Words: *Stereomacroradiography four-fold magnification*

Stereomacroradiography in four-fold magnification is conducted by the macroradiographic unit combined with our specially designed table for roentgenography. Instead of usual stereoradiographic performance, the patient is laid on the stereographic table rotating with the axis of the table's center line. The X-ray tube is fixed under the center of it while the film over the table. The stereoradiography is conducted by the two methods, one is to shift the patient to the second exposure two or three centimeters, the other is to rotate the table by six degrees with the axis of it.

When the patient is stereomacroradiographed in four-fold magnification by shifting method, the tissues of interest are imaged on the films, fairly distant from each other, resulting inspection with difficulties. Whereas, the rotating method provides inspects more easily. By this method, the lymphography and bronchography are carried out. Lymphostereoradiograph in four-fold magnification reveals the small lymphatic canals of vas afferens and vas efferens. Lymphatic nodes with structure of three-dimensional knowledge are obtained even in the small part of lymphatic vessels which are not visualized by the existing methods. The stereomacrobronchograph of the senile emphysema reveals the small broncholic cysts and bullae as well.

緒 言

微小焦点X線管球を用いて直接拡大撮影を行なえば、単純X線撮影では量去されて観察し難い生体の微細構造をX線学的に把えることが出来る。又、立体撮影を行なえば、単純X線写真では得難

い立体的観察ができる。しかし、人体を立体構成のまま直接拡大視する試みは未だ行なわれていない。それでこの方法を考案、実施してその医学的、臨床的意義を調べることにした。次にそれを述べる。

原 理

1) 直接拡大撮影法

直接拡大撮影においては、管球焦点 F と被検体 $A'B'$ との距離を a 、被検体とフィルム f との距離を b とすれば、X線像 $A'B'$ は実体に比し $\frac{a+b}{a}$ 拡大されたことになる。しかし焦点は点ではなく、ある大きさをもつていて、その為にX線像の辺縁に半影を生ずる。半影は量けとなつて視認され、実際に存在するX線像を見逃す原因となる。

その半影の大きさを H とすれば、 $H = F \frac{b}{a}$ なる関係がある。今、拡大率を α とすれば $H = F (\alpha - 1)$ となる。この式の示す様に、半影は拡大率の増加にしたがつて大きくなる。従つて、焦点の大きさに比例する。すなわち、拡大撮影の拡大率は焦点の大きさによつて、至適な拡大率が決まる。もし、適切な拡大率で量けがないならば、拡大写真上のX線像は被写体と相似で、その拡大率だけ大きな物体のX線像になるので、単純写真で得られる所見より更に精細な診断が可能となる。

2) 立体拡大撮影法

左右二つの眼によつて立体視が可能なのは、二つの眼がどちらも前むきにかなり接近して並んでおり、眼の前の物体に対し収斂することができるからである。両眼で物をみるととき、注視点以外のほとんどすべての点の像は両眼の網膜の対応点をわずかづつはずれた部位に結ぶので、左の眼と右の眼は非常によく似ているが、完全には同じでない物体をそれぞれみていることになる。すなわち、左右の網膜に生ずる像が異なる。この複視されているものを視床にて融合、單一体として知覚するときその物体は立体視される。この眼の立体視の生理的機構をX線学的に応用したのが立体撮影法である。

管球焦点より発したX線は拡散しながら直進し、物体のX線像を直接にフィルム上に結像せしめる。従つて、管球を瞳孔距離だけフィルムと平行に移動し、それぞれの位置で物体の撮影を行ない、相互に多少異つた2枚のX線写真を作成し、これらを、管球被写体間距離に応じて設置しそれ

ぞれ別の眼で観察すれば、撮影した物体の立体視が可能となる。従つて、管球を移動させる代りに、被写体を移動或は又回転させて同じことであり、又、瞳孔間距離に等しい距離を相互に保持した2管球を使用した場合、更には、同様な条件を保持した2つの焦点を保有した1管球の場合でも撮影が可能である。

通常、1管球で立体撮影を行なう場合、管球、フィルム、被写体のそれぞれの移動により撮影が可能であり、下記の様に分けられる。先ず、管球の移動又は不動により2つに大別される。

(1) 管球を移動させる場合…被写体、フィルム共に不動。

(2) 管球が不動の場合…次の4通りが考えられる。

(2)- (i) 被写体、フィルム共に移動

(2)- (ii) 被写体の回転、フィルム不動

(2)- (iii) 被写体不動、フィルムの回転

(2)- (iv) 被写体、フィルム共に回転

直接拡大撮影は、撮影系の様相が単純撮影のそれとは異なる。すなわち、管球被写体間距離が短

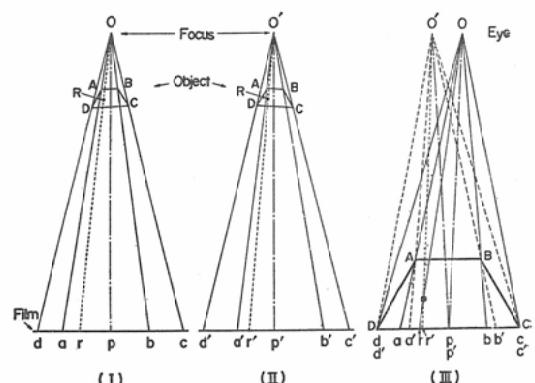


Fig. 1. Theoretical consideration of stereomacro-radiography in four-fold magnification.

O or O' : Focus of the X-ray tube

$\square ABCD$: Object

a, b, c, d , and a', b', c', d', r' : Projection points of the frustum ABCD on each film. The object (I) is rotated 3° counterclockwise, whereas the object (II) 3° clockwise. When the films are inspected with both eyes, the frustum ABCD is visualized with three dimensional construction (III).

く、被写体フィルム間距離が長い。立体撮影を行なつた2枚の拡大写真を立体視した場合、どの様な像が生ずるのか、又、明瞭に立体視出来るか否かについて作図し、検討してみた(図1)。

〔I〕は、線源Oで、フィルム面に対して反時計方向に 3° だけ回転した台形ABC'Dを撮影した場合の図である。フィルム面上に投影される台形ABC'Dの各点をそれぞれ、a,b,c,dとする。Rは台形内の任意の点であり、rとする。点Pは、線源Oと結んだ時、 \overline{OP} がフィルム面に対し鉛直となる様に定めた点である。

〔II〕は、線源O'(実際にはOであるが、作図の便宜上O'とする)で、フィルム面に対して時計方向に 3° だけ回転した台形ABC'Dを撮影した場合の図である。台形ABC'Dのフィルム面上に投影される各点をそれぞれa',b',c',d'とする。r'は台形内の任意な点Rの投影点である。P'はPと同様にして定めた。

〔III〕は、線源OO'を両眼とみなし、〔I〕及び〔II〕で撮影された台形ABC'Dを一つの台形として観察する場合、立体拡大された台形がどの様な像となるかを作図したものである。OP(P')O'は 6° である。〔I〕及び〔II〕でフィルム面上に投影されたa,b,c,d,r; a',b',c',d',r'は〔II〕では、a,a',b,b',c(c'),d(d'),r,r'となり、dとd',cとc'は略々同一点となる。これらの諸点をO,O'で観察する時、aとa', bとb'を同一視、すなわち一点として認めるのは \overline{Oa} と $\overline{O'a}$ 及び \overline{Ob} と $\overline{O'b}$ のそれぞれの交点A,Bとなる。台形内の任意の点Rについても同様である。

従つて、立体拡大写真における像は、被写体よりその拡大率だけ大きい相似の被写体の単純写真と考えることができるので、立体視することができることが先づわかつた。

装 置

使用したX線発生装置は、東芝KXO-特型でX線管球は微小焦点回転陽極管球(M5118BX-6059)で、約 50μ 径の焦点を有している。

撮影台は、立体撮影のために試作したもので回転自在の寝台とその支持台とからなつている(図

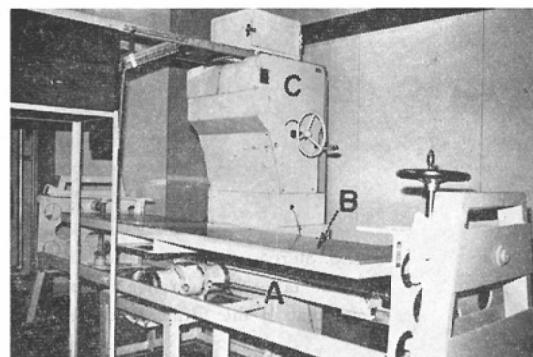


Fig. 2. The unit for macrostereoradiography in four fold magnification. The table is set horizontally.

A: X-ray tube B: Radiographic table
C: Cassette changer

2).寝台は水平から左右 1° 毎にそれぞれ 10° 傾斜できるようになつており、又、任意の角度で固定できる。寝台の回転軸と被写体の中心とを合致させるため、寝台面が回転軸より下方10cmまで昇降できるようになつており、任意の高さで固定できる。焦点と撮影台回転軸間距離は27.5cm、回転軸フィルム間距離は105cmである。

カセットの保持器はカセットチェンジャーとなつておらず、手動又は電動でフィルム交換ができる(図2)。

使用したフィルムはKodak Royal blue brand又はFuji medical film KX, Sakura new Yで、増感紙は極光MSを使用した。撮影したフィルムはKodak-omat M₈自動現像器を使用して処理した。

撮影条件は下記の通りである。

- a) 基礎実験… 118kVp, 1mA, 0.05sec.
- b) 動物実験… 118kVp, 1.5mA, 0.03sec.
- c) 臨床的応用
- c) - i) 淋巴造影 120kVp, 3mA, 0.2~0.3sec.
- c) - ii) 気管支造影 120kVp, 3mA, 0.1sec.

実験及び症例：

直径0.5mmの太さの鉄線をラセン型に巻いてつくつた、高さ1.5cm、底の径1.0cmの円錐型の模型を用いた(図3)。

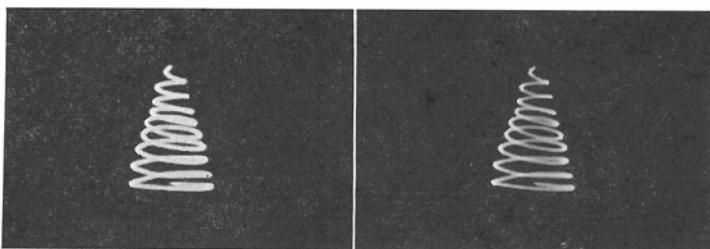


Fig. 3. Stereoradiogram of two phantoms made with wire is taken by rotation method of the table in the range of rotation of 6° where the position of the X-ray tube and that of the film are fixed. The phantom is imaged at the center of the film.

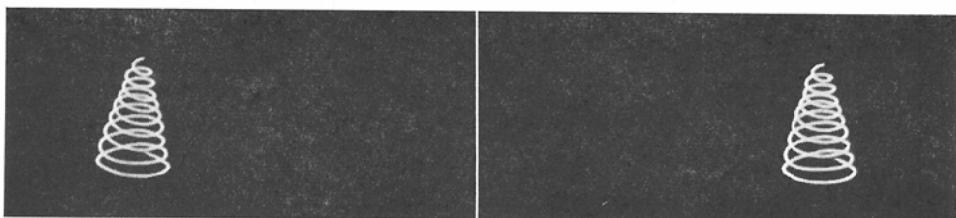


Fig. 4. Stereoradiograms of the phantom of wire taken by shifting 3cm on the roentgenographic table. The phantom is eccentrically imaged from the center of the film.

症例は、淋巴造影10例、気管支造影3例である。

実験方法及び結果：

基礎実験。直接拡大撮影の装置を使用して立体撮影を行なう為、撮影の方式は前述の如く1管球(不動)、被写体(移動又は回転)、フィルム不動である。この場合、被写体の至適移動距離或は回転度は何辺にあるのか、又、移動と回転ではどちらがどの様な利点を有するのか、実際に立体視が可能であるのかを検討する為、基礎実験を行なつた。

直径0.5mmの鉄線をラセン型に卷いてつくつた円錐型の模型を寝台上で中心X線に一致する位置に置いて撮影し、次いで、模型を左右に1.0cmの間隔で3.0cmまで移動し、それぞれの場合についてその度に撮影を行なつた。更に、模型を撮影開始時の位置にもどし、寝台面に固定し寝台を水平から左右に1°毎傾けその都度撮影を行なつた。この様にして撮影したフィルムのそれぞれについて、被写体がフィルム内のどの様な位置に投影されているかについて調べてみた。被写体を移動させて撮影した場合と回転させて撮影を行なつた場

合とを比較してみるとフィルム内における被写体のX線像の収容状態は、回転法の方が良いことがわかつた(図3、4)。すなわち、移動法では被写体を焦点フィルム中心より移動させると移動距離が僅かであつてもフィルム面に投影される像の移動が大きく、被写体の大きさ、移動距離の多少によつては、全像をフィルム内におさめることが難しいことがわかつた。

次に、移動法及び回転法で撮影したフィルムを立体鏡を用いて観察してみた。その結果、移動法では2.0~3.0cm以上被写体を移動させた場合は、被写体がフィルムの中央からかなりはずれること、又、像を立体視する際視線の幅広は困難で観察し難く、立体効果があがり、観察し易いのは2.0~3.0cm移動させた場合であることがわかつた。しかし、それぞれのフィルムに収められた像の大きさは被写体の大きさによつては狭いこともわかつた。回転法では、1°から12°まで立体視が可能であり、6°以下では立体視する深度が段々と浅くなり、6°以上では逆に深くなりすぎて観察する際眼が疲労することがわかつた。X線像のフィルムへの収容は前述の如く本法の方がよ

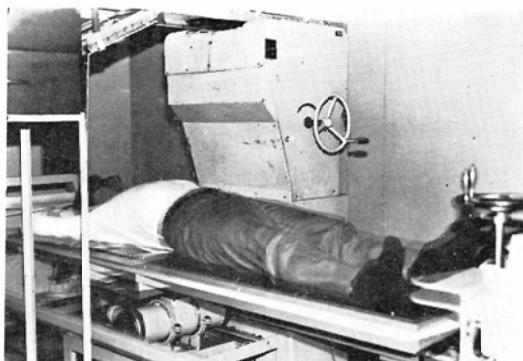


Fig. 5. Stereomacroradiograph. The table turns 30° from the horizon clockwise and counter clockwise (double exposed photo).

く、観察し易いことがわかつた。すなわち、移動法では $2.0 \sim 3.0\text{cm}$ 、回転法では 6° の時、至適立体像が得られ、フィルムへのX線像の収容は回転法の時がよいことがわかつた(図5、6)。

次に、微細で複雑な構築をなす被写体が上に述べた様な撮影法で、実際に、立体像として観察できるか否かについて人の第3中節骨の乾燥骨を用いて実験した。その結果、網目状をなす骨梁の構築の様相、関節窩のすりばら状の平滑なくぼみの状態、更には、骨梁の一本、一本につき、立体的に観察し得ることがわかつた(図7)。

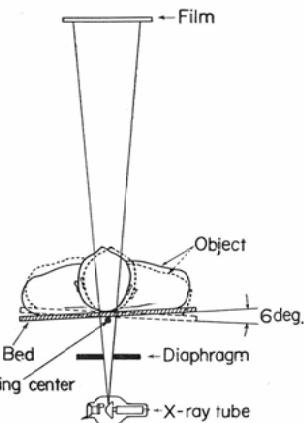


Fig. 6. Schema of stereomacroradiography by means of rotation radiographic table.

従つて、直接拡大撮影の装置を使用し、基礎実験より得た方式に従つて立体撮影を行なえば、立体拡大撮影及び立体拡大視が可能であることがわかつた。

立体写真を観察するには、裸眼で立体視する方法⁶⁾と立体鏡を用いる方法^{4, 8)}がある。立体鏡には鏡を使用したもの、プリズムを利用したもの、レンズを利用したものが有る。鏡を利用したものでは、Wheatstone 氏立体鏡が知られており、立体鏡としては最も歴史が古い。之は、矢状面に

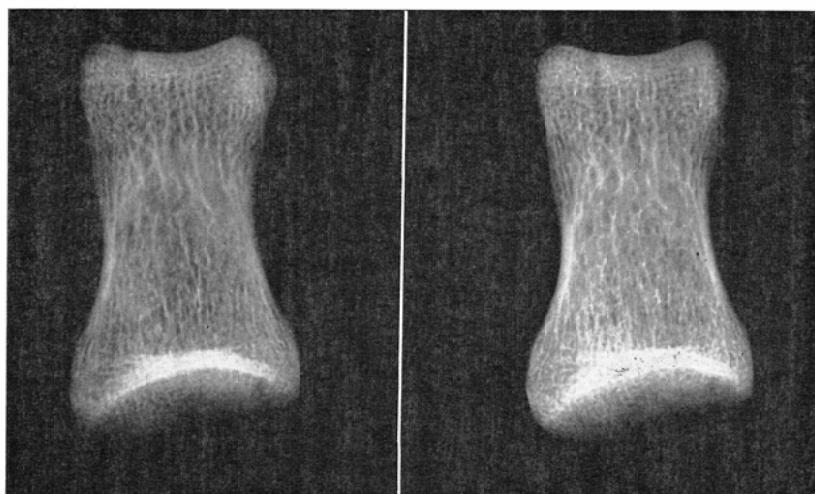


Fig. 7. Stereomacroradiography in 8 fold magnification of the dried bone of the middle finger taken with the method of rotation of the table. Structure of the bone with network and joint space is visualized three dimensionally.

対し各々 45° の傾斜をなす2枚の鏡を用いて作成されたもので、半画をそれぞれの鏡に反射させてこれを両眼で眺めることにより立体視が可能となる。4枚の鏡を用いて作成したのに Helmholtz 氏立体鏡がある。

プリズムを使用したものでは、Brewster 氏立体鏡が知られている。操作、持運びが簡単でフィルムの観察を迅速に行なうのに便利なのは Stumpf により作成された双眼鏡がある。

レンズを使用したものでは、2枚の凸レンズが使われており、我国ではツァイス型立体鏡が知られている。

我々は、鏡を利用したものと、プリズムを利用した立体鏡を使って立体観察を行なつた。その結果、立体拡大写真を観察するには後者の方が適していることがわかつた。鏡を利用した立体鏡では、眼とフィルムの距離が普通は60cmと一定であり、たとえ近づけても40cmまである。これに対して、プリズムを用いたものでは、観察距離を任意にとることができ、立体拡大写真の細部に至るまで観察することができた。従つて、拡大写真を拡大視することができた。

臨床的応用

(1) 淋巴造影 48才の男子で両径部の淋巴節に病的腫脹を来たしたページエット氏病の患者に対して淋巴造影を行なつた。Kinmonth の方法に準拠し、淋巴造影を行なつた。これを立体拡大撮影を行なつた。このX線写真を立体鏡を用いて観察すると、概観的には、造影された淋巴節及び淋巴管と大腿骨頸部、大転子との解剖学的、相互的位置関係が立体的に観察できた。すなわち、造影された淋巴節は大腿骨より前方に位置し、淋巴節と重複、或は、附近に認められる造影剤濾出による像と考えられる勾玉状、橢円形、その他斑状陰影は淋巴節の後方に位置すること、又、これら的一部は大転子の前方に位置すること、大転子が緩かな傾斜で後内方に突出している様子等が明瞭に観察された。

両径淋巴節には転移と思われる欠損が認められるが、単純写真では淋巴節が一部しか造影されて

おらず、その中に不規則な形をした欠損像を認めるにすぎない。これを立体拡大写真で観察すると、単純写真では一部しか造影されていないと解釈された部分が立体的に、すなわち、淋巴節の内腔の状態として観察できる。淋巴節は一種の球体であるから、単純写真では節内に流入した造影剤は重複しており、節内における分布の状態を立体的にうかがうことは難しい。立体拡大写真では、淋巴節内に流入した造影剤の分布の状態が立体的に明瞭に認められた。淋巴節の下縁には輸入管が数本の線状として認められるが、これら相互の前後の位置関係、被膜へ突入の際の模様が立体的に観察できた。節上に認められる線状陰影、すなわち、輸出管についても同様のことが認められた。更に、造影された淋巴節と重複して、勾玉、橢円形、或いは小斑点状の陰影が認められるが、これらの像は、逆流した淋巴液が管外に濾出し、周辺の血管に纏絡したことにより生じた像と視認され、従つて、勾玉状陰影の円形の欠損部は血管の口径に大略一致するものと考えられる。淋巴節下縁左方に認められる勾玉状の陰影を観察すると、その中心から血管が発し、淋巴節に圧痕様の陰影を残し左下後方に走る様子が観察される。又、輸入管と共に太い線状陰影が一本認められるが、これも血管陰影と思われ、位置的には輸入管の後方を走つている様子がよくわかる。淋巴節の右上方には造影剤の不整、撒布状の陰影を認めるが、これは、淋巴節門周辺に濾出した造影剤による像と考えられ、立体拡大で観察すると、不整且細小の点状陰影の集合したものであること、更には、それ等の点状陰影のそれぞれについて相互の前後の位置関係が明瞭に認められる。更に、左内上方に向つて走る血管陰影と思われる像を非常に鮮明に確認することができる(図8)。

(2) 気管支造影 46才の男子で、慢性肺気腫、肺囊胞の患者に対し、Métras のゾンデを使用、気管支造影を行なつた。次いで、上述の撮影条件で撮影を行なつた。

右上肺野に、略々鳩卵大の造影剤の貯溜する異常陰影を認める。

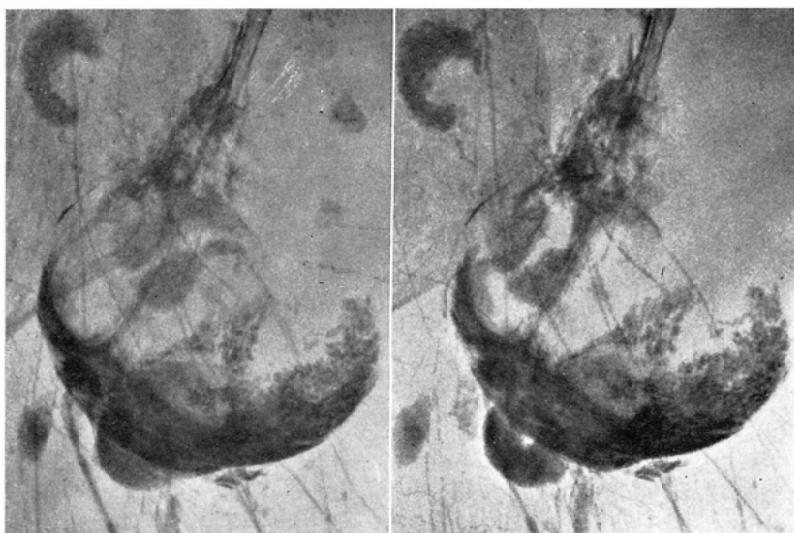


Fig. 8. Stereomacroradiography in four-fold magnification of the lymphatic nodes of the right inguinal region reveals the small lymphatic canal of vas afferens and vas efferens, lymphatic nodes three dimensionally.

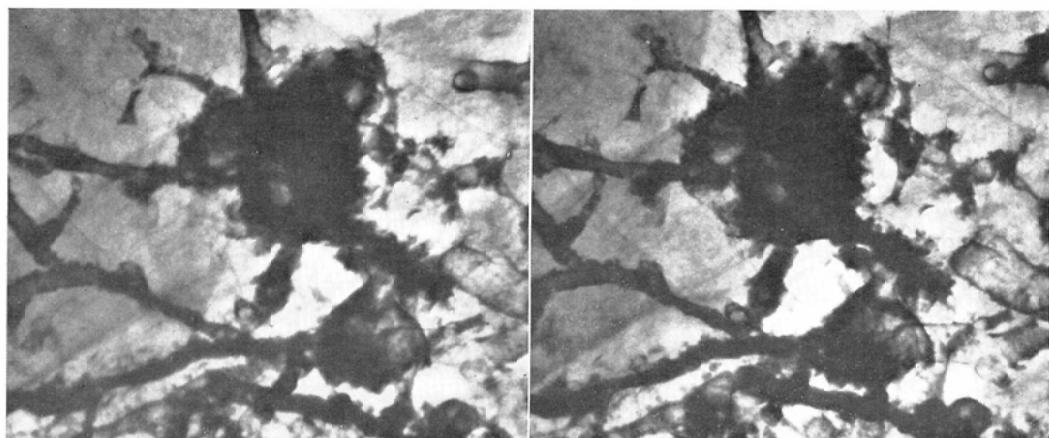


Fig. 9. Stereomacroradiography of chronic emphysematous cyst of the lung in four-fold magnification. Construction of the cyst is visualized three dimensionally.

立体視によりその内腔の様子が蜂の巣状の隔壁を有した像として認められる。下方の貯溜像はあたかも気管支壁より錐状に下つているかの様に観察され、その蜂巣状の構造が明瞭に認められる。

気管支の走行、就中、末梢気管支の細枝の拡がり方が樹枝状にそれぞれの方向に散開している様子がよくわかる。とりわけ、前後方向に散開する様子が立体感をもつて観察される。更に、気管支

壁の凹凸不整、粘液腺が露状を呈して描出されている様子、部分的狭少、末梢気管支先端の囊胞壁の輪郭が立体感をもつて明瞭に認めることができる(図9)。

次に、肺癌の放射線治療後の患者に対して気管支造影を行ない、同様に立体拡大撮影を行なつた。

上葉と中葉の葉間肋膜に接して淡い大略橢円形

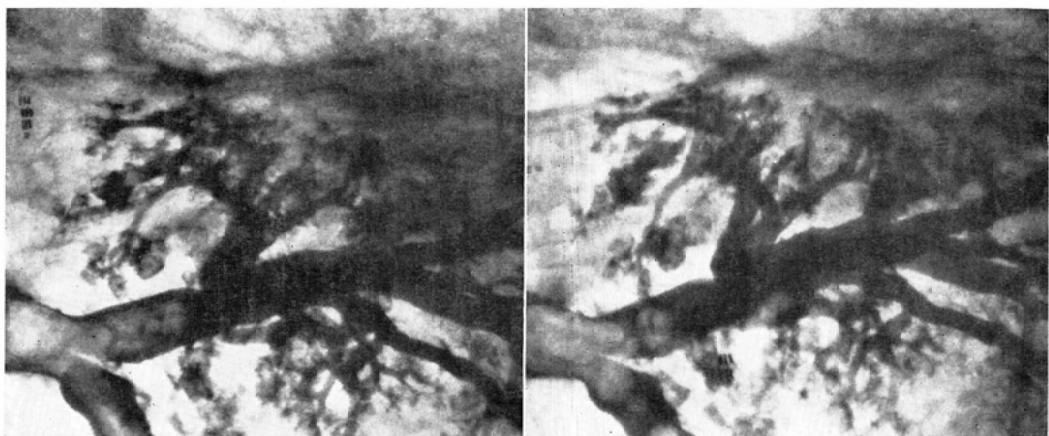


Fig. 10. Stereomacroradiography of the lung cancer in four fold magnification. When examined with the normal radiogram, the lesion looks like to be opaque nonstructured infiltration from the upper lobe to the lower lobe. Stereomacroradiography reveals the fine grained structure of infiltration located only at the upper pulmonary lobe.

の異常陰影が認められる。単純写真ではこの部分が異常陰影と葉間肋膜とが一塊になつてゐるかの様に認められるが、立体拡大写真でこれを立体視すると、異常陰影と葉間肋膜とを分離して観察する事が可能であり、異常陰影が葉間肋膜より上方に位置すること、すなわち、上肺野の領域の陰影であることが明瞭に認められる。しかもこれに集束している上葉後方枝の末梢枝が重複せず、それぞれ独立して認める事ができる。又、B_{3a} と B_{3b} とが重なつて認められるが、立体拡大写真で観察するとこれらをそれぞれ分離して認める事ができる。他の気管支についてもその分岐、走行、前後左右への拡がり等を立体的に明瞭に観察できる。(図10)。

考按：

拡大撮影法は単純撮影ではとらえることのできない微小なものを描出し、これを解析しうる新しい特殊撮影法である。X線写真的上に投影された像を観察し、分析する際、眼の微細陰影を識別する能力は、原則的には、その生理的能力と略々同じであり、裸眼では視力1.0の人が明視距離で80μ程度を解像するに過ぎぬ。しかし、物体を拡大し観察することは、これは視力の向上を意味する。この手法をX線学的分野に採り入れたのが、

拡大撮影法である。

拡大撮影には直接拡大撮影と間接拡大撮影がある。間接拡大撮影は被写体をフィルムに密着させ撮影し、得たX線像を種々の方法で引伸し拡大する方法である。本法は拡大写真を作成する時提供される増感紙、フィルムの粒状性について顯著な改善がなされぬ場合は暈がひどく、高拡大の場合には実用性がない。^{16) 37) 41)} 実際には、身体のごく限られた部位の撮影、観察にのみ供されているに過ぎない。

直接拡大撮影は、X線が拡散しながら直進する性質を利用し、X線管球の近くに被写体をおき、被写体とフィルムの距離を離して撮影し、直接にフィルム上に拡大像を投影結像せしめる方法である。この際、問題となるのは管球焦点による半影すなわち暈けであり焦点の大きさである。直接拡大撮影の場合は被写体とフィルムとの距離が大きい為、半影も大きく0.3mmの小焦点管球の大きさでも2倍拡大以上の拡大は意味がない²⁾。そこで、微小焦点を得るべく多くの研究、試作がなされた。

直接拡大撮影法はVallebonaの針孔法に始まり、Burger, Van der Plaat, Zimmerらにより0.3mm焦点管球で研究された^{47) 50) 51)}。1954年、バ

イアス方式微小焦点回転陽極X線管球が高橋によつて開発されて以来、始めて、高圧拡大撮影が可能¹⁷⁾³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾となつた。直接拡大撮影法に在つて問題なのは微小焦点の作成にある。撮影上必要な物理的、技術的条件に叶うのみでなく、臨床的応用に十分耐えうる写真を提供するものでなければならない。診断に資するX線像とは、ただ写つておればよいのではなく投影されている被写体を解像していなければならぬ。すなわち、暈けがあつてはならないし存在してもそれが我々の眼で識別できる程度のものであつてはならない。すなわち、直接拡大撮影を行なつた場合、被写体は拡大され、且又、明瞭に解像されたものでなければならない。

吉田⁴⁹⁾は、バイアス方式微小焦点回転陽極X線管球の解像力について検討し、拡大撮影と単純撮影と比較すると解像力に対する幾何学的な暈けの影響は単純撮影の方が著しくその解像力を低下させることを明らかにし、拡大撮影における解像力は、従つて、単純写真より向上すると結論している。更に、綾川ら²⁾²¹⁾はレスポンス函数の概念を導入、直接拡大撮影の至適拡大率については散乱体が殆んどない場合は4倍であるとしている。すなわち、単純写真の像と比較してその拡大率は4倍で、しかも単純撮影のそれを凌ぐ解像力で描出された微細陰影を観察できるわけである。拡大撮影を行なえば、更に、次の様な特異な点が明らかにされている。先ず、単純撮影では細去される微細陰影が拡大撮影を行なうことにより重複投影され、或いは細隙効果によりX線像として認められることが明らかにされている³²⁾⁴⁸⁾。

骨の直接拡大撮影を行ない骨梁を中心に観察すると、骨梁の形態と構築が具体的に明瞭となり、描出される骨梁の数が増すことが認められている²⁰⁾。胸部では、末梢肺紋理に至る迄詳細な肺紋理の読影が可能であり、樹枝状影及び大斑状影は拡大され見易くなり、区域動脈及び区域間静脈更にその分枝、小葉動脈静脈又はそれより太い血管の重複陰影はその数がきわめて増加し、所見を豊富にすることが知られている²²⁾。気管支造影では

肺胞像の観察が容易となる⁴⁴⁾。消化管では、その径が0.2~0.3mm、長さ0.8~1.0mmの小腸絨毛の現出があり、切除片の実験でその確かさが立証されている²³⁾。又、血管造影では、腎についてはその葉間動脈が明瞭に認められ、更には糸球体をも観察することができる¹²⁾¹³⁾²⁶⁾。肺血管については、選択的肺動脈撮影を施行し、拡大撮影を行なえば終末動脈の末梢まで観察できる²⁴⁾²⁶⁾。淋巴造影を行なえば、淋巴節間を結ぶリン管網が明瞭となり、リンパ静脈像もより明瞭となり濾出像は単純撮影に比べて明瞭となる²⁵⁾²⁷⁾⁴³⁾。又、淋巴節造影過程の観察では種々の新知見が得られている²⁵⁾²⁷⁾。

肺の病的微細陰影に関しては、肺結核症、硅肺症等につき詳細な検討がなされ、拡大撮影の有用性、臨床的意義が確認されている¹⁵⁾³¹⁾³³⁾⁴²⁾⁴⁵⁾。

直接拡大撮影ではこの様に生体の微細構造の描出に役立つが、しかし、一枚のX線フィルムよりその立体構造をうかがうのは難しい。正、側或いは斜の二乃至三方向の撮影は之を補うが、拡大撮影のように微細な構造を観察しようとする時は多方向から撮影した像を一つ一つ対応させ立体感を得ることは困難である。そこで、直接拡大撮影を行ない、且又、立体撮影を行ないこれを立体視することができれば、両者の相乗作用により、それぞれ単独で実施せられる場合よりもそれだけ更に情報量が増すのであるまいかと考えた。

レントゲン立体撮影及びレントゲン立体視は、X線が発見されてまもなくより、或程度まで、物体の空間的位置決めの手段として用いられてはいた³⁰⁾。

1896年、物理学者 Mach が最初にレントゲン立体写真について示唆して以来³⁰⁾、翌1897年には Dorn, Tompson らが¹⁰⁾¹⁹⁾、又、Davidson は同年に X線写真を観察するのに始めて Wheatstone 氏立体鏡を用いている¹⁰⁾。以後、Lambertz (1901), Gillet (1905), Trendelenburg (1917), Albers-Schönberg (1919), Barth (1928), Drüner (1932), Hasselwander (1954), Sanchez-Perez (1961), Köhnle (1961), Hettler (1961) 等々と多数の報

告がある¹³⁾⁵⁾⁷⁾⁹⁾¹¹⁾¹⁴⁾¹⁸⁾²⁹⁾⁴⁶⁾

立体撮影は生体の内部構造を空間的に位置づけることが可能であり、その意義と役割は被写体のX線像を主観的な錯覚ではなく、全く客観的に空間的に位置を決定することに在る。換言すれば、被写体それぞれの瞬間的位置関係を三次元的に決定し、しかも、重複する陰影を三次元的に解明することにある⁴⁾。

所謂、従来の立体撮影法は骨系統の診断、就中、複雑な構築をなす頭部、立体的構成をなす諸関節、骨盤内諸臓器の診断、胸部の診断、異物の探索等に用いられ、臨床的に有用であることは多くの報告がある⁴⁾。すなわち、単純写真では本来立体的構造を有する被写体が平板なフィルムに投影され、平板な輪郭をもつたものとして投影される。立体撮影を行ない、立体視すればX線像は立体的に浮き出していくので重複による誤認を避け、しかも、被写体本来の立体構成に略々準じてこれを観察できる点で優れていると考えられている。

単純X線撮影で解像される被写体の大きさはたかだか0.2mmであり、拡大撮影で解像されるのは25~30μ位である⁴⁰⁾。直接拡大撮影の解像力、立体撮影の立体効果とを併せ撮影することにより、生体の微細構造を略々そのまま立体的にうかがうことができる。しかも、直接拡大撮影で撮影したフィルムで観察される諸効果（重複、開隙効果）が、立体視することにより一層詳細に視認できることになる。

立体撮影の方式には前に述べた様に一管球不動の場合には大別して二つの方式がある。直接拡大撮影のように焦点被写体間距離が短く、被写体フィルム間距離の長い時は、被写体内の同一の点はフィルム面上でかなり離れた点に投影される。従つて、フィルムが不動の場合には被写体を移動させるよりも回転させる方がよい。但し、管球及び被写体を固定したフィルムのみ回転すると像が歪み適さない。管球を移動させる方法は、動搖による暈けを極力防ぐ為管球を十分固定してある我々の装置では適さない。

又、被写体、フィルムと共に回転させる方法は操作が繁雑であり、現在の我々の装置では適さない。従つて、直接拡大撮影の装置を使用して立体拡大撮影を行なう時は、被写体を回転させる方法が最適であり、そこで我々は回転が可能な撮影台を作成した。なお、撮影時の回転角は上述の如く小さなものであるが、実際に使用してみて撮影台上の被写体に与える回転感はかなり大きいものであることがわかつた。被写体の動搖を防ぎ、これができるだけ除去することは鮮銳度の向上にとつて欠くことの出来ない因子である為、向後は、バンド等の装着を考えたい。

立体撮影と拡大撮影の効果の相乗を期待し立体拡大撮影を行なつたのであるが、淋巴造影、気管支造影の臨床的応用例で述べた如く、我々が得た結果は直接拡大撮影と立体撮影の特徴を十分に生かしたものであることを示している。

次に、この立体拡大撮影を普及実施する上に注意すべき点について述べる。

先ず、拡大率であるが現在我々の使用している直接拡大の装置を用いた場合、被写体が生体の場合、4倍が至適であるとされ²⁾²¹⁾、精々6倍が限度とされているが²⁾³⁷⁾、管球焦点をはじめとして、諸撮影系の改良により拡大率は更によくなりつつある。しかし、被写体がX線吸収度が低い場合には高倍率拡大は余り意味がないので、将来は、造影拡大撮影が行なわれる度合が多くなるろう。

次に、拡大撮影の鮮銳度に関与する重要な因子として被写体の動搖による暈けがある。生体器官は、動搖、搏動、蠕動していることが多いので、X線像にはこれ等の運動による暈けをなるべく少くしなければならない。

又、直接拡大撮影では像の拡大の歪みが問題になる。

我々が行なつた拡大率4倍の立体拡大撮影では、立体視が可能であることが判明しているが、高拡大の場合は今後更に検討されることが必要と考える。

立体拡大撮影を行なう時は、管球と被写体との

距離が近いので撮影時の被曝量が問題となる。立体拡大撮影では情報は豊富になるが曝射を2回必要とし、撮影部位の皮膚の被曝線量が増加する。例えば、関節の単純撮影では皮膚の被曝線量は約30mRであり²⁸⁾、4倍拡大撮影では約100mRであつて約3倍となる²⁹⁾。立体拡大撮影を行なえば、曝射は2回行なうので200mRとなる。皮膚の被曝線量は立体拡大撮影を行なう際にはこの様に増大するので、たとえ、被曝する面積が余り大きいものでなく、又、拡大撮影では整線板を使用せず単純撮影では使用することを考えると思つた程の増加にはならないが、本撮影を臨床的に応用、施行する際は、症例を十分吟味、選択する必要があると考える。

次に、立体鏡についてであるが、前述の様に、立体拡大写真を立体鏡を用いて観察を行なう場合は、プリズムを使用した立体鏡を用いるのがよい。我々の拡大撮影装置にあつては、焦点被写体間距離は25cmである。観察する時は、25cmの距離で拡大された像をみるとことになる。

従つて、4倍に拡大された微細陰影を観察する際、明視距離内でできるだけ近くでみるとことこれら陰影を見逃さないことになるからである。

結論

直接拡大撮影の装置を用いて立体拡大撮影を行なつた。撮影にはX線管球、横臥せる被写体、フィルムをこの順に並べ、管球固定で被写体は回転又は移動、フィルムは不動で行なつた。被写体を移動させる方法では移動距離が2—3cm、回転させる方法では6°が立体視するのに最適であることを実験により確め、この両者の方法のうち移動法では被写体の同一の点がフィルム面上でかなり離れた点に投影される欠点のあることが判つたので、これが少い回転法を採つた。以上の結果にもとづき、被写体の回転が1°から12°まで可能な回転方式の撮影台を作成した。

淋巴造影、気管支造影で立体拡大撮影を実施し、次の様な結果を得た。

淋巴造影では、輸入管及び輸出管の一本一本につき、その走行、淋巴節への出入の有様を、又、

淋巴節内腔の欠損を詳細に、淋巴管及び淋巴節と、斑状或は勾玉状を呈する濾出像との位置的関係、濾出像の形態から血管の存在が推察しうる等、単純立体撮影では得られない所見を得ることができた。

気管支造影では、樹枝状に拡がる気管支の立体的構築がそのまま末梢に至るまで観察でき、囊胞が気管支壁から錐状に下る様子、隔壁を有した蜂巣状の構造、病巣に収束する気管支の一本、一本等が明瞭に立体視することができ、本法を臨床的に活用すれば立体撮影と拡大撮影の利点の相乗効果が実際に得られることを知つた。

(本論文要旨は昭和46年2月14日、第45回日本医学放射線学会中部地方会に於て発表した)。

稿を終るに臨み終始御懇意なる御指導御校閲を賜わりました高橋信次教授に深謝致します。

又、終始御協力頂きました佐久間貞行講師に感謝致します。

文 献

- 1) Albers-Schönberg, H.: Stereoskopie und ihre Technik. In: Röntgentechnik. 3. Auf., Hamburg, Lucas Graef. u. Sillem (1919).
- 2) 綾川良雄、佐久間貞行、奥村寛：レスポンス閾数よりみた拡大撮影の至適拡大率、X線拡大撮影法の研究（第37報）。日医放誌、27：昭42、575—578。
- 3) Barth, W.: Vorteile und Nachteile in der Röntgenstereoskopie mit Anaglyphenprojektion Fortschr. Röntgenstr., 37 (1928), 403.
- 4) Diethelm, L. et al.: Handbuch der medizinischen Radiologie. Bd. III, p. 221—361, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1967.
- 5) Drüner, L.: Moderne Röntgenstereoskopie. Fortschr. Röntgenstr. 46 (1932), 142—148.
- 6) 藤原文雄：立体レントゲン写真の研究、日医整誌、17：昭18、1581—1642。
- 7) Gillet: Eine Modifikation des stereoskopischen Verfahrens zur Bestimmung der Lage von Fremdkörpern Fortschr. Röntgenstr. 9 (1905), 376—378.
- 8) 萩原 朗：眼機能、両眼視、瞼瞼及びその障害、日本眼科全書、7：金原出版、670—673。
- 9) Hasselwander, A.: Die objektive Stereoskopie an Röntgenbildern. G. Thieme, Stuttgart, 1954.
- 10) Sweany, H.C.: A critique of stereoradiography. Amer. J. Roentgenogr. 27 (1932),

- 257—261.
- 11) Hettler, M.G.: Die Stereoangiographie. Ein Beitrag zur Situation der Röntgenstereoskopie. *Fortschr. Röntgenstr.* 95 (1961), 482—492.
 - 12) 金子昌生：血管造影拡大撮影における経皮的選択的カテーテル法，血管造影拡大法の研究（第1報）。X線拡大撮影法の研究（第31報）。日医放誌，24：昭39，479—484。
 - 13) 金子昌生：腎血管の造影拡大撮影，血管造影拡大法の研究（第2報）。X線拡大撮影法の研究（第35報）。日医放誌，26：昭41，55—65。
 - 14) Köchnle, H.: Methoden und Möglichkeiten der Röntgenstereoskopie. *Radiographica* 2 (1961), 25—31.
 - 15) 小見山喜八郎：自己バイアス微小焦点の拡大能力及びその焦点の大きさに就いて，日医放誌，14：昭34，487—494。
 - 16) 小見山喜八郎他：肺結核症の直接拡大撮影法による観察，日医放誌，15：昭31，1028—1037。
 - 17) 久保田保雄：X線間接拡大撮影に於けるフィルムのアレについて，日医放誌，14：昭30，775—779。
 - 18) Lambertz: Die Perspektive in den Röntgenbildern und die Technik der Stereoskopie. *Fortschr. Röntgenstr.* 4 (1900), 1—36.
 - 19) Levy-Dorn, M.: Über die Methode, die Lage innerhalb des menschlichen Körpers mittels Röntgenstrahlen zu bestimmen. *Verh. dtsch. Ges. Chir. Beilieg.* 261 Chir. Nr. 28 (1897), 35—37.
 - 20) 松田忠義：健康成人骨梁の直接拡大撮影，日医放誌，14：昭30，767—774。
 - 21) 奥村寛，綾川良雄，佐久間貞行：拡大撮影用管球焦点のレスポンス関数（X線拡大撮影法の研究，第38報）。日医放誌，27：昭42，575—578。
 - 22) 佐久間貞行：直接拡大撮影による正常肺紋理の観察，日医放誌，20：昭35，286—377。
 - 23) 佐久間貞行，古賀佑彦：小腸の造影拡大撮影，日医放誌，21：昭36，627—633。
 - 24) 佐久間貞行，三浦剛夫：選択的肺動脈造影の直接4倍拡大撮影（X線拡大撮影法の研究第40報）。日医放誌，28：昭43，1283—1287。
 - 25) Sakuma, S. et al.: Macroangiography in four-times magnification applied to serial lymphography. *Der Radiologe* 8 (1968), 224—228.
 - 26) Sakuma, S. et al.: Angiography with direct fourfold magnification. *Investigative Radiology* 4 (1969), 310—316.
 - 27) 佐久間貞行他：拡大撮影によるリンパ節造影過程の観察，臨放，11：昭41，237—242。
 - 28) 佐久間貞行他：拡大撮影における被曝線量と皮膚線量，日医放誌投稿予定。
 - 29) Sanchez-Perez, J.M.: Automatically controlled stereo-serial angiography. In: Herausgeber; Rajewsky, B.: IX. International Congress of Radiology. Vol. II, G. Thieme, Stuttgart, 1961, p. 1502.
 - 30) Schintz, H.R. et al.: Lehrbuch der Röntgendiagnostik. Bd. 1, p. 1963—1968, G. Thieme, Stuttgart, 1953.
 - 31) 篠崎達世，小見山喜八郎：硅肺症の直接拡大撮影による観察，日医放誌，17：昭32，957—962。
 - 32) 篠崎達世，小見山喜八郎，吉田三毅夫，岡島俊三：拡大撮影における重複効果，日医放誌，18：昭33，324—328。
 - 33) 杉江義夫：直接4倍拡大撮影による初期硅肺レ線像に就いて，日医放誌，19：昭35，2077—2089。
 - 34) 高橋信次，小見山喜八郎：自己バイアス微小焦点を用いる直接拡大撮影，日医放誌，14：昭29，220—226。
 - 35) 高橋信次，渡辺令，田中正道：極微小固定焦点管球の試作，日医放誌，15：昭30，838—842。
 - 36) Takahashi, S. et al.: A fixed anode tube with a very fine focus made with autobiased electron beam. Its application to enlargement radiography. *Tohoku J. exp. Med.* 62 (1955), 253—259.
 - 37) 高橋信次：X線拡大撮影法，最新医学，12：昭32，2044—2060。
 - 38) 高橋信次，渡辺令：試作バイアス方式微小焦点回転陽極X線管による直接拡大撮影，日医放誌，17：昭32，77—80。
 - 39) Takahashi, S. and Yoshida, M.: Roentgenography in high magnification. Reliability and limitation of enlargement. *Acta radiol.* 48 (1957), 280—288.
 - 40) Takahashi, S. and Yoshida, M.: Radiographic effects influencing image formation in high magnification. Direct enlargement radiography study (3. report). *Nagoya J. med. Sci.* 21 (1958), 115—127.
 - 41) 高橋信次：拡大撮影法について，口腔衛生学会雑誌，9：昭34，189—193。
 - 42) Takahashi, S. et al.: Vierfache direkte Vergrößerungsaufnahmen der Lungen bei gesunden und bei frühen silikotischen Personen. *Fortschr. Röntgenstr.* 92 (1960), 291—301.
 - 43) 高橋信次，佐久間貞行，古賀佑彦：リンパ系の造影拡大撮影，臨放，9：昭39，378—386。
 - 44) Takahashi, S. et al.: Die vierfache direkte Vergrößerungsaufnahme. *Der Radiologe* 8 (1968), 217—221.

- 45) 徳永 修：肺結核症の直接4倍拡大撮影，日医放誌，19：昭35，2315—2330。
- 46) Trendelenburg, W.: Stereoskopische Raummessung an Röntgenaufnahmen. Springer, Berlin, 1917.
- 47) Van der Plaats, G.G.: Prinzipien, Technik und medizinische Anwendung der radiologische Vergrößerungstechnik. Fortschr. Röntgenstr. 77 (1952), 605—610.
- 48) 箭頭正顯：拡大撮影における諸効果の意義，日医放誌，18：昭34，1595—1602。
- 49) 吉田三毅夫：直接拡大撮影法の基礎的研究，微細陰影の識別について，日医放誌，14：昭29，220—226。
- 50) Zimmer, E.A.: Methodische Bemerkungen und Leitsätze zur direkten Röntgen-Vergrößerung. Fortschr. Röntgenstr. 75 (1951), 292—302.
- 51) Zimmer, E.A.: Eine praktische Anwendung und die Ergebnisse der radiologischen Vergrößerungstechnik. Fortschr. Röntgenstr. 78 (1953), 164.