The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	微小野高拡大撮影法（X線拡大撮影法の研究 第48報）
Author(s)	佐久間, 貞行; 綾川, 良雄; 前越, 久 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1972, 31(10), p. 1115-1121
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19104
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

微小野高拡大撮影法

(X線拡大撮影法の研究 第48報)

名古屋大学医学部放射線医学教室(主任:高橋信次教授)
佐久間貞行* 綾川 良雄 前越 久
藤田 恒治 石垣 武男 小原 健

(昭和46年9月20日受付)

Small Field Macroradiography in High Magnification

(Studies on Enlargement Radiography, 48. Report)

By

Sadayuki Sakuma, Yoshio Ayakawa, Hisashi Maekoshi, Tsuneharu Fujita, Takeo Ishigaki and Ken Obara

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

Research Cdoe No.: 501

Key Words: Macroradiography, Magnification Ratio, Fine Focal Spot Tube

The present paper deals with the practical procedure of the macroradiography in 8-fold magnification which was proved experimentally and described elsewhere by us to be optimal magnification ratio in case conducted with the very fine focal spot (about 50 μ) tube with adequate combination of the intensifying screen-film system for the water phantom of 5 to 15 cm in thickness as scatterer. Geometrical distortion of the magnification ratio in the body, confirmation of positioning by X-ray television, the skin dose and volume dose were discussed in details.

The small field macroradiography in 8-fold magnification was applied for examinations of the chest, lymphography, angiography and bronchography.

The actual macroradiogram of 8-fold magnification produced better findings of the fine structure of the living body than macroradiogram of 4-fold magnification or conventional radiogram.

緒 言

微小焦点管球を用いた高拡大撮影では,臨床上,一般的に用いられている増感紙,フィルムの組合せによる撮影系の至適と考えられる拡大率は,散乱体のほとんどない場合にテストチャートの撮影から求めたレスポンス関数からは約4倍である[2)9)12)]. しかし散乱体が加わつて,その散乱体が厚くなるほどレスポンスは劣化するが,その低下する割合は拡大率が低いほど大きく,高拡大率の場合はさほどわるくならない[1)]. すなわち,散乱体のあるときは撮影する対象の性状によつては4倍以上の高拡大した方がよい[10)].

* 現在 名古屋市立大学医学部放射線医学教室

この事実を臨床的に応用するには，どのような問題があり，どのような方法をとればよいかを検討した．

装　置

基礎実験は，拡大撮影用微小焦点管球（東芝M 5118BX—5098：焦点の大きさ約50μ）を用い，全波整流X線発生装置（東芝KXO—12型）にコンデンサーの 0.1μF を平滑回路として入れて撮影した．管球焦点—フィルム間距離は 106cmで，撮影台の天板は管球焦点から13.5cmの距離から27cmまで連続的に上下できるので，拡大率は4倍から8倍まで連続的に変えることができる．ハウベの放射口に1cm×1cmの窓をあけた1mm厚の鉛板を絞りとして装着し，さらに撮影台の天板上に1mm厚の鉛板に，4倍拡大撮影では9cm×9cmの窓，8倍拡大撮影では2cm×2cmの窓を設けたものを貼つて照射野を絞つた．

撮影の条件は，管電圧は 120kVp 管電流は 1.5mA と一定であり，曝射時間によつて線量を加減した．

臨床例は，拡大撮影用微小焦点管球（東芝DRX89H—4：焦点の大きさ約50μ）を用い，120kVp，3mA で撮影した．他の条件はほぼ基礎実験に等しい．8倍拡大撮影で，被検体の動揺が少ないと考えられるときには，管球焦点—撮影台間距離15cm，管球焦点—フイルム間距離 120cmで撮影した．拡大率の歪みをできるだけ小さくするためである．

Table 1. Exposure Times for Examination of Various Parts of the Body

Part ot the body	Exposure time (sec.)	
	×4 (9cm×9cm)	×8 (2cm×2cm)
Skull Lateral Projection	0.3 —0.8	0.6 —1.6
AP projection	0.6 —1.0	1.2 —2.0
Chest PA projection	0.05—0.15	0.08—0.28
Abdomen	0.2 —0.5	0.3 —1.0
Arm	0.05—0.1	0.08—0.2
Hand	0.03—0.05	0.05—0.08
Leg	0.06—0.2	0.1 —0.4

at 120kVp (HVL：4mm Al)．3mA.

臨床例における撮影条件を第1表に示す．このとき，適切な濃度を得る曝射時間を，8倍拡大撮影では4倍拡大撮影のすくなくとも 1.2～2倍であるようにした．

方法および結果

1) 拡大率の選択

拡大率と，散乱体の厚みをいろいろ変えてテストチャートの撮影を行ない，レスポンス関数を求めた．テストチャートは，日放研製の金30μ厚の3.85lp/mm～20.0lp/mm の矩形波チャートを用いた．縦20cm，横20cm，高さ20cmの水槽に水を5，10，15，20cmの厚さでいれて，散乱体として用いた．拡大率は，4，6，8，10，20倍と変えて撮影した．空間周波数が5lp/mm よりも低い領域では，散乱体の有無に拘らず拡大率の高いほどレスポンス関数は良い．しかしながら5lp/mm より高い領域では，散乱体の厚みによつて至適拡大率は異なる．例えば散乱体として水10cmが加わつた場合（第1図）には，空間周波数が5lp/mm までは20倍拡大撮影が最も良いレスポンス関数を示し，それを超え5lp/mm 以上では8倍拡大撮影のレスポンス関数が最も良くなる．また一般に散乱体の厚さが増すほどレスポンス関数は劣化するが，そ

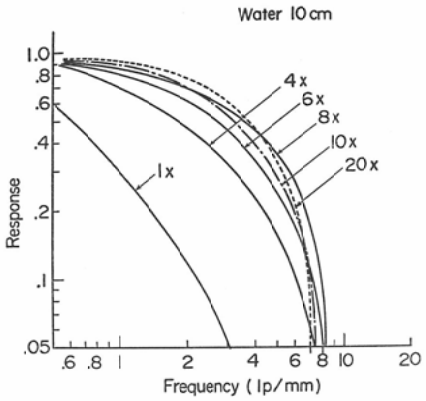


Fig. 1. MTF curves of conventional radiogram and macroradiograms in 4 to 20-fold magnification taken with the X-ray tube having a very fine focal spot of 50μ and water phantom of 10 cm in thickness. MTF of macroradiogram of 8-fold magnification is superior to others in the higher spatial frequency region.

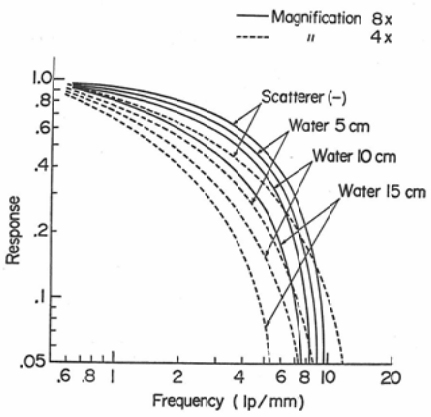


Fig. 2. MTF curves of macroradiograms of 4- and 8-fold magnification taken without scatterer or in combination with water phantom of 5, 10, and 15cm in thickness. When the macroradiographic system without water phantom is used, MTFs of macroradiogram in 4-fold magnification are superior to that of macroradiogram in 8-fold magnification. When the scatterer is added to the test object, MTS of mocroradiograms in 8-fold magnification are superior to that of macroradiograms in 4-fold magnification.

の割合は拡大率の大きいほど小さく，拡大率の低いほど大きい．4倍拡大撮影と8倍拡大撮影について，散乱体の厚みの影響を比較すると，テストチャートのみの場合のレスポンス関数は9lp/mmより高い空間周波数では，4倍拡大撮影の方が8倍拡大よりすぐれているが，水5cmが散乱体として加わると全空間周波数領域で8倍拡大撮影が4倍拡大よりすぐれたレスポンス関数を示す（第2図）．すなわちこの約50μの微小焦点と，増感紙MS，医用高感度フィルムを用いた撮影系では，できるだけ微細な構造を観察しようとするときには，テストチャートのみのように散乱体のないものの撮影には4倍拡大がよい．上腕や胸部のように水ファントームにして厚さ5～10cmに相当するような撮影部位では，4倍よりさらに高拡大の撮影をするのが望ましく8倍拡大撮影の意味がある．

2） 拡大率の歪み

現在，拡大率の表示は管球側皮膚面に基準をおいている．すなわち最大拡大率である．したがつて目的とするものの体内の位置によつて拡大率は異なる[11)14)]．4倍拡大撮影と，8倍拡大撮影について拡大率の歪みを図示した（第3図）．たとえば胸厚18cmの人の肺を4倍拡大撮影するとき，実際には3.6倍から2.4倍の間にあり，8倍拡大撮影のときには6倍から3.6倍の間にある．

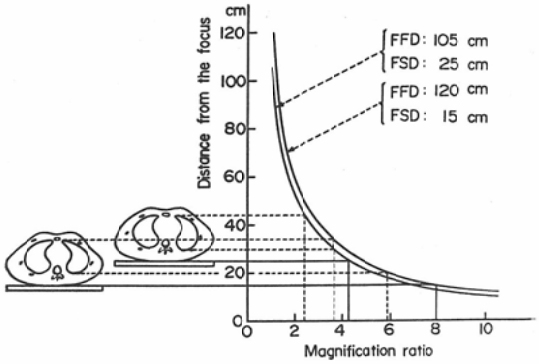


Fig. 3. Geometrical distortion of the magnification ratio in 4- and 8-fold magnification macradiography of the chest.

3） 撮影部位の照準

高拡大撮影では歪み率も大きく，また照射野も十分に小さく絞られているため，撮影時の整位には精度が要求される．あらかじめ透視して位置決めを行なつてその部位を正確に撮影することがのぞましい．撮影台の天板が，その長軸方向に滑らかに移動できることを利用し，ポータブルのXTV装置を用いて，そのX線中心を拡大撮影のX線

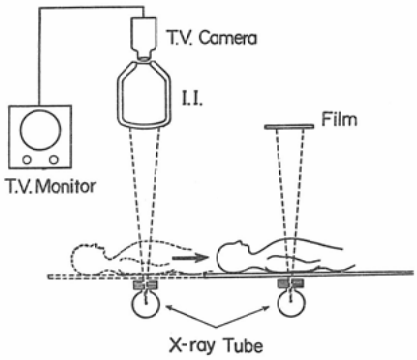


Fig. 4. X-ray television simulator used for confirmation of positoning.

中心と平行に配し，ＸＴＶで照射部位を確認したら，天板を移動して直ちに拡大撮影が行なえるようにした（第４図）．この方法で確認した照射野は実際の拡大写真上でほとんど位置のずれは認められず有効であつた．

4)　患者の被曝線量

使用した拡大撮影用微小焦点管球の容量は小さい．したがつて高拡大撮影を行なうには，管球焦点と患者皮膚面の距離を近づけなくてはならない．患者の被曝線量の増加が考えられる．まず中心Ｘ線の空中線量を測定した．測定には Victoreen Condenser Chamber r-meter および Radocon Ⅱ を使用，極光熱蛍光線量計を併用した．その結果を第５図に示す．120kVp，1.5mA で焦点から25cmすなわち４倍拡大撮影のときの皮膚面の空中線量は 1,100mR/sec，焦点から13cm，すなわち８倍拡大撮影では，3,600mR/sec．であつた．たとえば胸部の４倍拡大撮影（第７図ｂ）では，18cmの胸厚の人の場合，120kVp 3mA 0.05秒の撮影条件であり，この場合の皮膚の位置での空中線量は約 110mR である．胸厚20cmの人では，120kVp，3mA，0.08秒が撮影条件なので，この場合は 180mR の線量である．８倍拡大撮影では，18cmの胸厚で0.08秒，20cmで0.12秒の曝射時間であるから，約 580mR から 920mR の空中線量を皮膚面でうける．ただし照射側の皮膚面の面積は，４倍拡大では81cm²，８倍拡大では４cm² と絞つてある．したがつて表面積算量は４倍拡大撮影では９～15Rcm² であり，８倍拡大撮影では２～４Rcm² である．

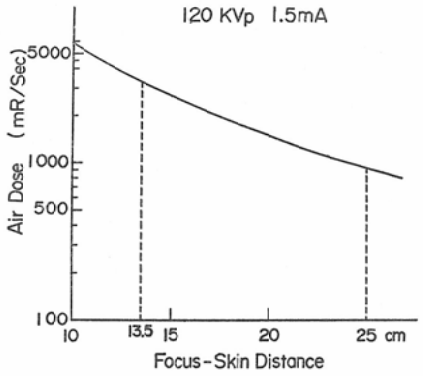


Fig. 5. Air dose rate on the axis of the X-ray beam. The diagram is used for estirmation of the skindose of the patient.

次にＴＬＤを用いて縦20cm，横40cm，高さが20cmの水槽内での線量分布を測定した（第６図）．こ

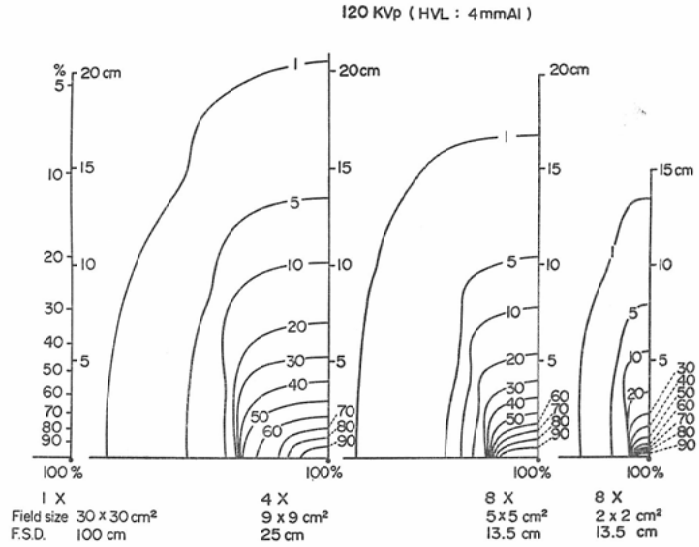


Fig. 6. Dose distribution of macroradiography in 4- and 8-fold magnification.

Table 2. Integral Dose Rate (g·R/sec) in Conventional Radiography and Macroradiography in High Magnification

Thickness of water (cm)	Magnification ratios (Field size in cm²)			
	×1 (30×30)	×4 (9×9)	×8 (5×5)	×8 (2×2)
5	902	546	392	71
10	1276	827	598	97
15	1453	963	708	103
20	1496	1006	722	

at 120 kVp (HVL: 4 mm Al), 1.5 mA.

の線量分布から容積線量を図式法により算定した[6]. この結果を第2表に示す. たとえば鼡径部リンパ節の4倍拡大撮影では, 厚さ約10cmのとき, 120kVp, 3 mA, 0.2秒, 約15cmの厚さでは, 120kVp, 3 mA, 0.3秒の撮影条件である. したがつてこのときの容積線量は, それぞれ 330g·R と 580g·R となる. これに対して小照射野8倍拡大撮影では, それぞれ, 120kVp, 3 mA で0.25秒と 0.5秒曝射の時間である. このときの容積線量は約50～ 100g·R となる.

臨床応用

肺癌その他の患者12例については胸部正面, 慢性閉塞性肺疾患々者8例の肺胞気管支造影, 悪性リンパ腫その他の患者5例についてリンパ系造影, 外傷患者2例の手の血管造影の計27例について, 単純撮影, 4倍拡大撮影, 小照射野8倍拡大撮影を行なつて比較した. いずれの症例においても単純撮影よりも4倍拡大が, 4倍拡大よりも8倍拡大撮影がより微細像を現出した. 同時に貼布したテストチャート[7]の解像力は, 単純撮影では90μをようやく解像し, 4倍拡大撮影では42μを解像, 8倍拡大撮影では30μを解像している. 胸部単純写真では, 血管影はようやくトレースできるが, 4倍拡大撮影ではさらに明瞭となり, 血管影を構成する点状影が観察され, 単純写真で視認しがたい傍気管支線影が観察される. これが8倍拡大撮影では, 血管影, 傍気管支影はさらに明瞭になり, これに重複して網目状の陰影が全体にみられ, そのところどころが星芒状に対比度の強い像として観察される (第7図). しかしこの観察結果は必ずしも客観性に富んでいないので, 肺胞気管支造影像について, 8倍拡大写真を密着焼付

Fig. 7a. Conventional radiogram of the chest of the adult man aged 67 years with senile emphysema.

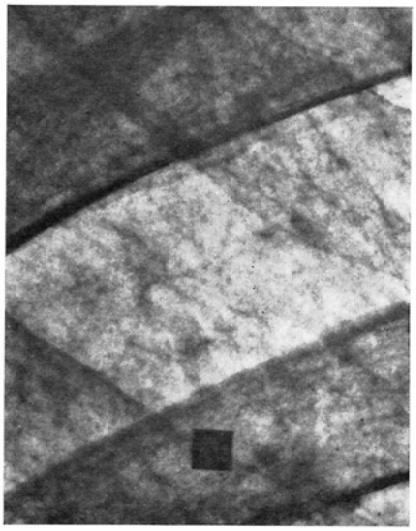


Fig. 7b. Macroradiogram in 4-fold magnification of the same case. Fine pulmonary marking is shown more than the conventional radiogram.

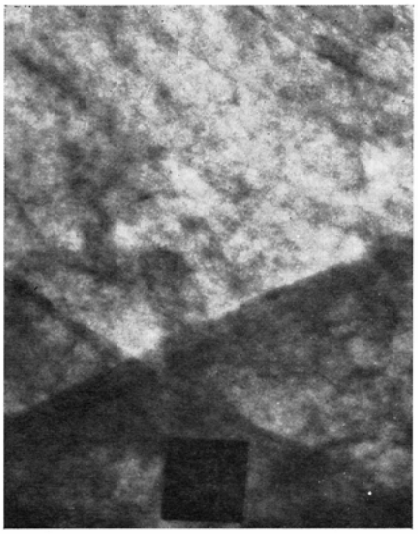
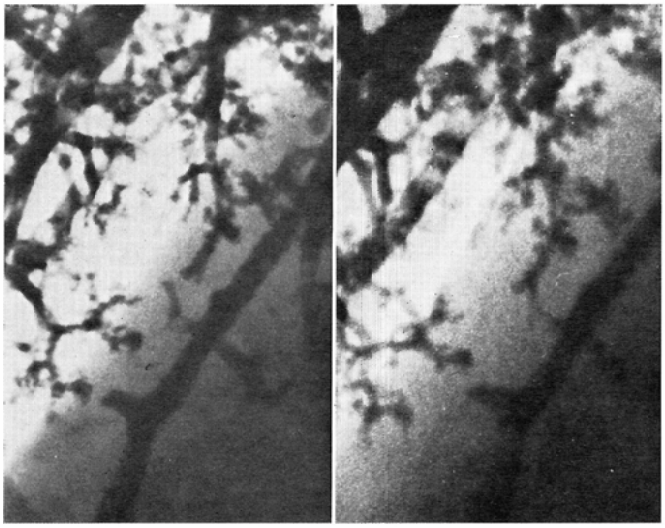


Fig. 7c. Macroradiogram in 8-fold magnification of the same case. Details of the pulmonary marking are clear. The pulmonary markings are constructed of small notching, fine structure shadow and fine linear shadow.

し，4倍拡大写真を2倍引伸して8倍に焼付けて比較した（第8図）．4倍拡大写真でも，気管枝，細気管支壁の不整像，肺胞の不整拡大像もわかるが，8倍拡大写真では，この細気管支が連珠状になつていることが明瞭となり，かつその変化も末梢までおよんでいることがわかる．肺胞の拡大像もその輪郭が明瞭である．

考　按

X線撮影をその情報量から考えるとき，その撮影系で得られる最大の情報量を得る撮影をしようとするもの[13]，X線写真はすでに情報が多すぎるので，フィルターなどをかけてむしろ情報量を整理して必要な情報を認識しやすくしようとするも[3]のなどがある．X線拡大撮影の場合にも最大の情報容量の拡大率を考えることや[10]，被写体の厚み[1]や運動を考えて，拡大撮影の目的である，より微細構造の現出，すなわち高空間周波数領域のレスポンスの良い拡大率の選び方などがある．



a　　b

Fig. 8. a; macrobronchogram in 8-fold magnification which was produced photographically with magnifying two times as large as the macrobronchogram in 4-fold magnification. b; macrobronchogram in 8-fold magnification. The image quality of macroradiogram of 8-fold magnification (a) is superior to that of 4-fold magnification (b), and shows details of bronchiolar ectasis and alveolar irregularity.

臨床的には常にある程度の厚みのある被写体を対象とするのであるから，いずれにしても4倍拡大以上の拡大率がのぞましい．拡大率をあげて，かつ歪みを少なくするには，管球焦点—フィルム間距離を大きくしなければならない．しかし現在のところ管球焦点をより小さくすることと，管球容量を大きくすることとは相反する事象である．ここに高拡大撮影を無理なく行なうにはどうしたら臨床上良いかという問題がおこる．それに対し妥当な方法を考えるのがこの稿の目的であり，その解決によつて症例数を増し，臨床的価値を論ずることが可能となる．

拡大撮影に限らず，X線撮影では患者被曝量と情報量の均衡を考えなくてはならない[4)5)6)]．X線撮影時の患者被曝量は，皮膚線量のみならず容積線量を測定することがのぞましい旨ＩＣＲＰで勧告されている[6)]．容積線量の算定には図式法によつたが，皮膚量からの算出よりもこの方法がより正確であり，かつ線量分布がわかれば目的臓器以外の被曝の状況を考えるのにも便利だからである．

8倍拡大撮影では，照射野を2cm×2cmときわめて小さく絞つた．したがつて，目的とするところを照射野内におさめることは容易ではない．十分に精度の高い整位を行なう必要があり，ポータブルのＸＴＶをこれに用いた．しかしこれには専用のＸＴＶを用いる方がより正確な整位ができるのでのぞましい．管球焦点は0.3mmを用いたが，モニター面での解像力は，4倍拡大してもよい[11)]．したがつて管球，被写体，蛍光入力面の位置関係は，50μの管球焦点による直接拡大撮影と等しくすることもできる．

結　論

50μの微小焦点管球を用いて，小照射野（2cm×2cm）で8倍の高拡大撮影を行なうことを試みた．レスポンス関数からみた高拡大撮影の意義，撮影部位の照準方法，患者の被曝量について論じた．この方法によつて肺，気管支造影，リンパ造影，血管造影について臨床的応用を行なつた．4倍拡大に比べて8倍拡大撮影ではより微細像を論じ得た．

（昭和46年4月3日，第30回日本医学放射線学会総会（東京）に於いて発表した．）

文　献

1) 綾川良雄，佐久間貞行：直接拡大撮影時に於ける散乱体付加の影響と拡大率選定に関する考察（X線拡大撮影法の研究，第44報），日医放会誌，印刷中．
2) 綾川良雄，佐久間貞行，奥村寛：レスポンス関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，37報），第日医放会誌，27/5，575—578，1967．
3) Becker, H.C., Meyers, P.H. and Nice, C.M., Jr.: Laser light diffraction, spatial filtering, and reconstruction of medical radiographic images: a pilot sutdy. IEEE, BME-15/3, 186—195, 1968.
4) 藤田恒治：小焦点管球を用いたX線テレビジョン拡大透視法—情報量と患者の被曝線量に関する考察，日医放会誌，30/7，615—625，1970．
5) Holm, Th.: Some aspects of radiographic information. Radiology, 83, 319—327, 1964.
6) ICRP: Protection of the Patient in X-ray Diagnosis. ICRP Publication 16, Pergamon Press, Oxford, 1970.
7) 前越　久，藤田恒治，佐久間貞行：拡大撮影における皮膚線量と容積線量．日医放会誌，掲載予定．
8) 岡島俊三：拡大撮影管球の解像力検査，臨床放射線，16/1，40，1971．
9) 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），日医放会誌，27/5，590～594，1967．
10) 佐久間貞行，綾川良雄，藤田恒治：50μ微小焦点管球による20倍直接拡大撮影とその意義について（X線拡大撮影法の研究，第42報）．日医放誌会，30/2，205～209，1970．
11) 高橋信次，佐々木常雄，佐久間貞行，古賀佑彦：拡大撮影法総論，臨床放射線，16/1，1～6，1971．
12) Takahashi, S., Sasaki, T., Sakuma, S. and Tobita, K.: X-ray television macrofluoroscopy. In Television in Diagnostic Radiology, Ed.: Moseley, R.D. and Rust, J.H., Aesculapius, Birmingham, 1969.
13) 内田　勝：最大情報量撮影の研究，放射線像の研究—レスポンス関数—第1巻，1964～1966．放射線イメージインフォメーション研究会，1967．
17) 箭頭正顯：拡大撮影に於ける歪効果について，日医放会誌，19/2，252—255，1959．