

Title	工業用X線フィルムを用いた胸部低圧撮影とその拡大観察
Author(s)	山崎, 武; 藤見, 克彦; 浜田, 辰巳 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1970, 30(7), p. 642-651
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20309
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

工業用 X 線フィルムを用いた胸部低圧撮影とその拡大観察

大阪大学微生物病研究所臨床研究部放射線科

山 崎 武 藤 見 克 彦
浜 田 辰 巳 牧 野 利 雄

(昭和45年5月28日受付)

Low-voltage Radiography of the Chest with Industrial
X-ray Film and its Magnifying View

by

Takeshi Yamazaki, Katsuhiko Fujimi, Tatsumi Hamada and Toshio Makino
Department of Radiology, Osaka University Research Institute for Microbial Diseases

- 1) Industrial medium-speed or high-speed non-screen x-ray film equivalent to Kodak AA or KK.
- 2) Ordinary medical intensifying double screen.
- 3) A newly designed small focus low-voltage radiography unit, of which soft x-ray out-put is about five times as much as general units.

Combining these three factors, chest of the patients can be radiographed with the lowest kVp as possible. This low-voltage radiography of the chest renders far superior details than either the general radiography or the high-voltage technique does. Fine structures delineated on this low-voltage radiogram may not be depicted also by usual tomography. Our own chest-phantom experiment revealed that the low-voltage radiogram might resolve minute structures 1/2.3 in size compared to the general radiogram, and resolving power for the soft tissue (Nylon chart) and the contrast media (Au chart) was 230–400 μ and 23–30 μ respectively. Authors suggest a new concept of magnification coefficient, that is, an effective magnification ratio.

Then, the low-voltage chest radiograms of 80 patients were viewed, 3–4 times magnifying optically with lens, and more detailed diagnosis could be made than by using usual routine radiograms. Exposure for a patient of 20 cm in thickness is 0.25 R/exp.

内容目次

- I. 緒 言
- II. 装置と撮影術式
- III. 微細構造の描写限界に関する Phantom 実験
- IV. 光学的拡大と拡大係数 (Magnification Coefficient)
- V. 直接拡大撮影法との比較
- VI. 臨床的応用

VII. 結 論

I 緒 言

直接拡大撮影法^{1)~42)}での微細構造の描写限界は、30 μ 厚さの Au チャートで、Phantom の有無に応じて40~25 μ ⁴¹⁾、軟部組織では1~0.5mmとされている。他方 R.L. Egan は実験室や特殊な臨床研究にのみ用いられる Microradiography^{43)~52)}を日常臨床へ導入し、Mammography に

工業用X線フィルムを用い、写真をルーペで拡大観察している。われわれもさきに日本人の Mam-mography 術式を検討し、工業用フィルムに医療用増感紙を組み合わせても、肉眼の解像限界を超える微細構造が、過大な被曝なしに描写できることを知った⁵⁶⁾。また現在島津製作所とともに、低圧専用の小焦点大容量X線管を逐次開発中であるが、その第1号機と上記の感光材料を組み合わせて胸部低圧撮影を試みた結果、光学的拡大に耐える鮮鋭な像が得られたので報告する。

II 装置と撮影術式

A. 胸部低圧撮影：島津低圧撮影専用装置・单相全波，500mA，Circlex 1/2 UZ-20，公称1mm焦点。FFD 1.5~2 m. 59kVp，300mA，0.1秒。肺血管の Motion Blur を最小にするため、

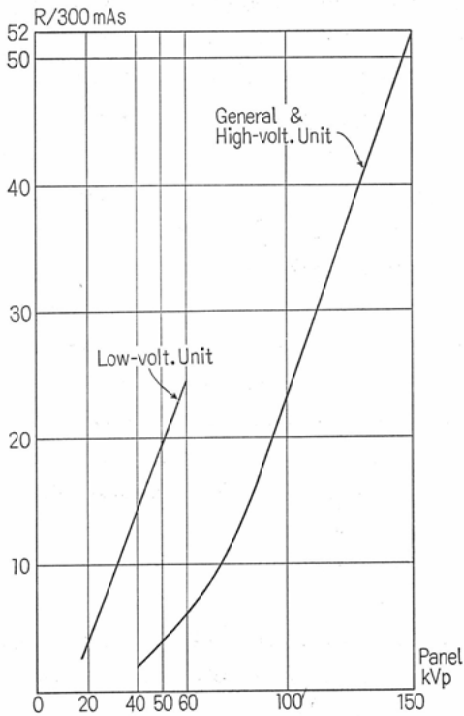


Fig. 1 X-ray Out-put in Roentgen of the New Low-voltage Radiography Unit Compared to the General Unit.

Field Size: 20×20cm²
Focus Chamber Distance: 40cm
mA: Dial set
Victoreen 570: Chamber 651, 131, 326

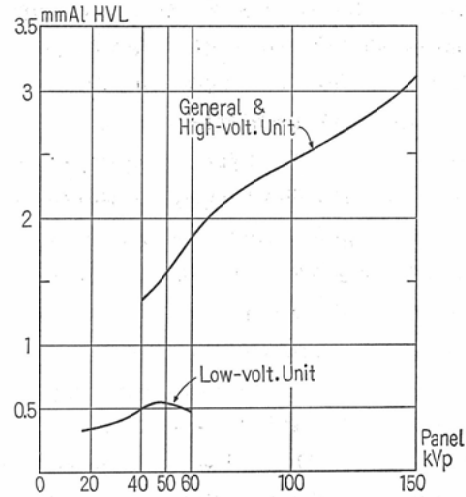


Fig. 2 X-ray Quality in mmAl HVL of the New Low-voltage Radiography Unit Compared to the General Unit.

Field Size: 5 × 5 cm²
Focus Chamber Distance: 40cm
Victoreen 570: Chamber 651, 131, 326

48 kVp	KX+FS	200+FS	RR+MS	RR+FS
Relative Speed	6.6	3.0	1.4	1.0
γ	2.2	3.0	4.8	4.8

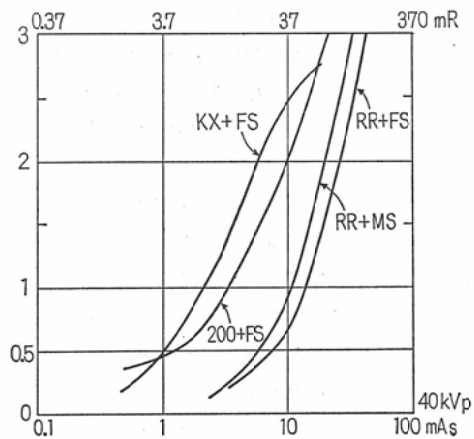


Fig. 3 Characteristic Curves and Constants of the Industrial and Medical X-ray Films Combined with Medical Double Screens.

Low-voltage Radiography Unit.
Time Scale Recommended Developer 20°C
5 min.

島津 Cardiophax SCX-201 を用い心拍連動 T-P 間の曝射を行う。Filter なし。装置の X 線出力と線質の実測値を次の一般装置と併せて、図 (1)、(2) に示す。感光材料は鮮鋭度、Contrast および感度をともに高める目的で、工業用 X 線フィルム さくら RR および富士 200 番に増感紙極光 FS または MS を組み合わせる。Time Scale による特性曲線と特性値を図 (3) に示す。格子なし。タンク現象、20°C、6~10分。

B 胸部一般撮影：島津山城号 A 型。単相全波、500mA、Circlex 1/2 UC-ODD 150R または RX-21。公称 2mm 焦点、総濾過 2mmAl。FFD 2m、60kVp、400mA、0.05秒。感光材料は富士 KX+極光 FS、Kodak X-OMAT。格子なし。

C 胸部高圧撮影：同上、公称 1mm 焦点、FFD 1.5m、130kVp、100mA、0.05秒、12:1 移動格子、KX+FS。自現。

III 微細構造の描写限界に関する Phantom 実験

A. テストチャート

軟部組織用として $\phi 83 \sim 760 \mu$ の 8 種類の太さの 6-ナイロン (乾燥密度 1.14) テグスを 1mm Acrylite 板上に各 4 本宛、太さに等しい間隔で並べて、変化公比平均 1.37 の平行ナイロン線チャートを作った。また造影剤などの高原子番号用として、日本放射線機器製の矩形波 Au チャート R-4 (厚さ 15μ) を用いた。線巾 $25 \sim 130 \mu$ 、変化公比 1.2。

B 胸部 Phantom と実験方法

Phantom 厚さ 17cm、前胸壁として 3cm 厚さ、背壁として 4cm 厚さの Acrylite 板を置き、中間は 4本の支柱以外は空気層。この Phantom のフィルム側表面、X線管側表面およびその中間でフィルム面から 10cm の位置にテストチャートをおき、撮影実験を行なった。次に同 Geometry で Phantom を除き、チャート単独でも実験した。

撮影には生地濃度 0.5~4.0 の範囲で 5~8 種類の曝射を行ない、肉眼およびルーペ ($\times 2 \sim 50$) を用いて、各種照度の下で観察して最高の描写力の値をとった。低コントラストの Nylon チャー

トの場合、高濃度に撮影された工業用フィルムを 20万~50万 rlx の高照度で観察すると、通常濃度の時よりもかなり細いものまで認知できる。描写限界を数値で表現する方法として次のものを用いた。

(1) Au チャートの場合：3本の存在を確認できる最小巾を Upper Resolution Limit (URL)、またチャートが一すじの帯として認められる最大巾を Lower Resolution Limit (LRL) とし、解像力値 RP はその平均値で表わした。但し疑解像を生じる場合の RP 値は、LRL が不確実なため URL 値単独で表わした。判定の誤差は $\pm 10\%$ 程度と考えられる。

(2) Nylon チャートの場合：Au と異なり、細くなるほどコントラストが悪くなるために、4本の存在を確認できる最小太さを Resolution Limit (RL)、また 1本1本ははつきりしないが帯状~線状に何かが存在すると云える最小の太さを Contrast Limit (CL) とし、解像力 RP 値は RL、CL の平均をとった。判定誤差は、 $\pm 20\%$ 程度と思われる。Au、Nylon とも、必要に応じて内挿、外挿を行なった。

C 肉眼の視認限界

視力 1.0 の 2 人の判定では、明視距離 25cm で、最高コントラストの Au チャート写真の RP は 60μ (URL 80μ 、LRL 40μ) 程度で、眼が少し疲れると RP は 70μ 位になる。Nylon チャートのように低コントラストの写真は、最高コントラストの状態でも RL は 120μ 、観察条件が悪いと 220μ 位にもなる。

D 実験結果

1. Nylon チャート

表 (1)、図 (4) は実験結果の一部で、上欄に RP 値、下欄に MC 値 (後述) を示す。線質、感光材料を問わず、Phantom (+) では (-) の場合の 1.5~2 倍の大きさが描写されるに止まる。軟部組織の RP 値を左右するのは主として吸収不鋭 (Absorption unsharpness) である。Phantom (+) の場合は密着とチャート・フィルム間距離 17cm とで変わらず、Geometry の影響を見出せな

Table (1) Resolving Power RP in μ and Magnification Coefficient MC in times, for the Nylon chart

- (a) Phantom (—), Chart-film : contact
- (b) Phantom (+), Chart-film : contact
- (c) Phantom (+), Chart-film distance: 17cm

(a)

	RR No-scr.	RR + F S	200 + F S	K X + F S
D ₂	120	210	240	260
	×4.4	×2.3	×2.2	×1.9
Low-volt. Radiogr.	170	230	320	380
	×3.1	×2.2	×1.6	×1.3
General Radiogr.	230	260	350	490
	×2.1	×1.9	×1.5	
High-volt. Radiogr. Gr. (—)	280	310	460	610
	×1.8	×1.6	×1.1	×0.8

(b)

	RR + F S	RR + M S	200 + F S	K X + F S
D ₂	270		360	460
	×3.2		×2.4	×1.9
Low-volt. Radiogr.	400	480	640	670
	×2.2	×1.8	×1.3	×1.3
General Radiogr.	570		700	850
	×1.5		×1.3	
High-volt. Radiogr. Gr. (+)				770
				×1.1

(c)

	RR + F S	RR + M S	200 + F S	K X + F S
D ₂				
Low-volt. Radiogr.	400	440	620	780
	×2.3	×2.1	×1.5	×1.2
General Radiogr.	610		820	910
	×1.5		×1.1	
High-volt. Radiogr. Gr. (+)				880
				×1.1

い. Phantom (—) の場合は RR No-screen や RR + F S のように描写力の優れた状態で, 密着が価離17cmよりも多少良い. 焦点の x,y 方向による

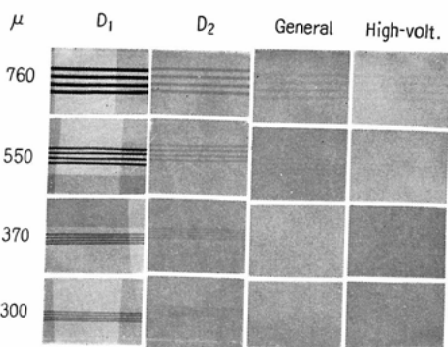


Fig. 4 Resolution of the Nylon Chart.
RR No-screen
Phantom (—)
Nylon Chart-film Contact. × 1
D₁ Be Tube No Filter 10 kVp
D₂ Be Tube 0.3mm Al Filter 29 kVp

描写力の差や疑解像は見られない. D₁, RR No screen, 密着 (Microradiography 方式) の描写力は格段に優れ, $\phi 83\mu$ を鮮明に描写する. D₂, RR No-screen, Phantom (—) は Mammography の条件に近いが, これでも 120 μ まで解像する. 胸部低圧撮影 (RR + F S, M S) では, 一般撮影, 高圧撮影に比べて $1/2 \sim 1/2.5$ の太さまで, 同 (200 + F S) でも $2/3$ の太さまで描写できる. Phantom 格子の有無によつて異なるが, 高圧撮影は一般撮影と大差はない. D₂ 程度の軟X線による低圧撮影では, Phantom の有無に従つて, 270 ~ 210 μ まで解像するから, 一般撮影の $1/3 \sim 1/3.5$ の大きさまで描写できるが, 70R/exp. (12,000mAs) の大線量を要し, 臨床には使えない. 一般に同線質なら RR + F S < RR + M S < 200 + F S < K X + F S の順に良く 同じ感光材料ならば線質は軟かい程よい. 医療用フィルムで線質を D₂ のように非常に軟かくするよりも工業用フィルムで線質を多小硬めにした方がよい. 同じ描写力で患者被曝は $1/10$ 以下になる. 以上からすると, 現在の低圧撮影を用いての軟部組織の描写限界 RP 値は, Phantom の厚さに応じて 230 ~ 400 μ であり, 一般撮影, 高圧撮影ではそれぞれ 490 ~ 850 μ , 610 ~ 770 μ である.

2. Au チャート

この場合は吸収不鋭よりも Geometry が問題となる。X線管焦点の x, y 方向 (チャートの平行線がX線管の長軸と直角の方向を x とする) で異なり、疑解像が見られる。表 (2), 図 (5) に実験結果の一部を示す。

a) 密着の場合

Au の RP 値は Nylon の $1/10 \sim 1/15$ に達する。低圧撮影では Phantom の厚さに応じて 23~30 μ , 同じく一般撮影では 52~70 μ , 高圧撮影では

Table (2) Resolving Power RP in μ and Magnification Coefficient MC in times, for the Au chart

- (a) Phantom (-), Chart-film : contact
- (b) Phantom (+), Chart-film : contact
- (c) Phantom (+), Chart-film distance: 10cm ((x~y) URL)
- (d) Phantom (-), RR No-screen ((x~y) URL)

(a)

	RR No-scr.	RR+FS	200+FS	KX+FS
D ₂	<25 (URL) >×2.5			
Low-volt. Radiogr.	<25 (URL) >×2.5	23 ×2.3		
General Radiogr.	<25 (URL) >×2.5	25 ×2.1	37 ×1.4	52 (URL; 63)
High-volt. Radiogr. Gr. (-)	25 (URL) ×2.5	32 ×1.6		68 ×0.8

(b)

	RR+FS	RR+MS	200+FS	KX+FS
D ₂	20 ×3.5		25 ×2.8	39 ×1.8
Low-volt. Radiogr.	30 ×2.3	33 ×2.1	46 ×1.5	
General Radiogr.	39 ×1.8		53 ×1.3	70
High-volt. Radiogr. Gr. (+)				97 ×0.7

(c)

	RR+FS	RR+MS	200+FS	KX+FS
D ₂				
Low-volt. Radiogr.	(66~48) 57 ×1.8	(83~57) 70 ×1.5	(90~75) 83 ×1.3	
General Radiogr.				(108~99) 104
High-volt. Radiogr. Gr. (+)				(143~156) 150 ×0.7

(d)

	Chart-film Distance 10cm	Chart-film Distance 17cm
Low-volt. Radiogr. FFD: 1.5m	(69~43) 56	(130~75) 103
Low-volt. Radiogr. FFD: 2m	(55~36) 46	(108~62) 85
General Radiogr.	(66~57) 62	(130~108) 119
High-volt. Radiogr. Gr. (-)	(48~52) 50	(75~75) 75

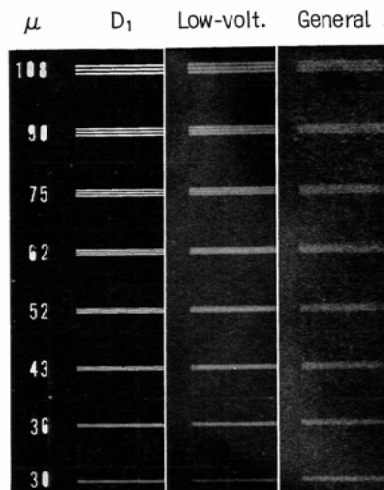


Fig. 5 Resolution of the Au Chart. Phantom (+) < Low-volt. Radiogr. General Radiogr. Au Chart-film Contact. × 5

68~97 μ である。Nylon 実験から推測すると、上述の Mammography の条件では 12 μ , Microradiography では 8 μ 以下と考えられる。Au の場

合には Nylon のそれと異つて高圧撮影は一般撮影より30%位劣る。低圧撮影で一般撮影の $1/2 \sim 1/2.5$ の大きさまで解像することは Nylon と同様である。線質や感光材料の選択についても Nylon と同じ結論が得られる。Phantom (+) では (-) の場合の 1.4倍程度で、Nylon ほど散乱線の影響が強く現われない。上述の70 R/exp. の超低圧撮影では Phantom (+) でも約20 μ の解像力をもち

b) チャート・フィルム間距離10~17cmの場合
表(2)(d)は RR No-screen で焦点の影響を検討したもので、これが各種撮影法の解像限界である。高圧撮影を除けば、距離17cmでは、Phantomの有無や感光材料の如何を問わず Geometryのみで解像限界が決まる。チャートをフィルムに近づけると感光材料の影響が出てくる。また低圧撮影、一般撮影では Phantomの有無によつて解像限界はほとんど変わらず(RP値の差は10%以下)、散乱線の影響は無視できる。しかし高圧撮影では格子を併用しても50%も劣化し、散乱線の影響は大きい。次に低圧撮影と一般撮影を比べると、距離17cm~10cmで30~80%程度改善されるに止まり、密着の場合よりも改善度は悪い。背腹方向と腹背方向と2枚撮影すれば、病巣・フィルム間距離を10cm以下にできる。仮りに1mm焦点、FFD 2mの低圧撮影が常に可能とすれば、フィルム面から10cmのAuチャートの解像限界(URL)はRR+FS, Phantom(-)では $x \sim y: 62 \sim 40 \mu$ 、平均51 μ である。FFDを2.5mにできれば、URLは $x \sim y: 52 \sim 38 \mu$ 、平均45 μ まで下げうる。このように、URL:平均45~51 μ が現在の低圧撮影における密着でない場合の描写限界と云える。これを一般撮影の91 μ に比べると約 $1/2$ で、密着の場合に近い描写力の改善になる。現在は3倍周波数変換による、9,900回転、低圧大容量X線管を島津製作所で試作中で、1mm焦点、59kVp, 500mA, FFD 2~2.5m, 0.1秒撮影を予定している。

C) 疑解像の問題

Phantom (+) の場合に、一般撮影、高圧撮影では認められないが、描写力の優れた低圧撮影で

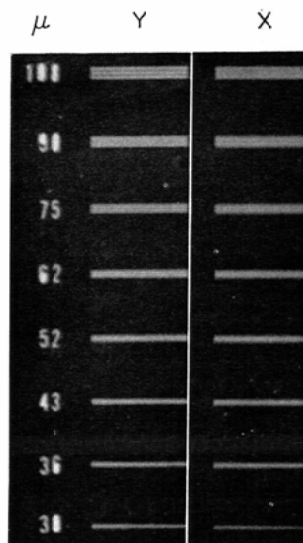


Fig. 6 Spurious Resolution Found in the General Radiography of the Chest.

RR No-screen

Phantom (-)

Au Chart-film Distance 17cm. $\times 5$

は常に認められ、RR+FSでは明瞭である。前二者でも Phantomを除いて、RR No-screenにすると鮮明に出現する。図(6)参照。チャート・フィルム間距離に応じて反転部分は太い方へ移動し、10~17cmの範囲では25~75 μ で反転している。x, y方向で疑解像の現われ方も異り、また両方向の解像力の差に関しても、小電流の高圧撮影では、ほとんど $x \approx y$ であるが、大電流の一般撮影、とくに低圧撮影では、 x は y よりも40%も劣る。一般に疑解像を生じる状態では像の再現性が悪く、kVp値のみの変化によつてURL値が変化する。

IV 光学的拡大と拡大係数

Nylonのような軟部組織は、低圧撮影によつても拡大観察を要する程の微細構造は描写されない。その解像限界はほぼ肉眼の視認限界に等しいか、あるいは多少それよりも大きい。逆に一般胸部撮影や高圧撮影では、その3~4倍の大きさのものまでしか描写されておらず、写真を $1/8 \sim 1/4$ に縮小するか、または眼を写真から1m離してもなお肉眼で観察できる程度である。しかしAuのよ

うに高原子番号のものは、低圧撮影によつて肉眼の視認限界の $1/3$ 以下の大きさまで描写され、これを読影するには光学的に3倍以上の拡大が必要である。一般撮影、高圧撮影でも肉眼の視認限界よりやや小さいものまで描写されている。骨やヨード造影剤は Nylon と Au の中間と見て、普通には $\times 3$ の拡大で充分であると云える。このように被写体によつて適当な拡大倍率が異つて来るのは複雑であるから、われわれは胸部低圧写真の光学的拡大観察について次のように考えている。直接拡大、間接拡大(光学拡大)の何れにしても、拡大撮影を行なうことによつて一般撮影では写つて来ない微細構造が描写されねばならない。今一般撮影系の解像限界を RP_o とし、拡大撮影系の解像限界を RP_m とし、両者の比を MC とすれば、

$$MC = RP_o / RP_m$$

MC は肉眼の視認限界とは無関係に、拡大撮影写真を、現在の一般撮影写真と同程度の読影レベルにもたらしするのに必要な倍率であり、胸部低圧撮影では写真の光学的拡大に適当な倍率を表わす。 MC を拡大係数 (Magnification Coefficient) と定義する。実効拡大率とも云えよう。一般的には MC は2つの撮影系の Response 関数比として定義されるべきであらう。 MC 値は被写体の原子番号で異なるが、X線撮影系では一般に高原子番号のものほど微細に描写されるから、2つの撮影系の比としては、被写体による大きな差は現われない。表(1)、(2)下欄に上欄に対応する MC 値を示す。胸部低圧撮影の MC 値について、密着の場合の Nylon と Au とを比べても、高圧撮影を除けばほとんど等しい。適当な拡大倍率は表から $\times 1.5 \sim \times 2.5$ である。実際には拡大のための光学系の忠実度、見易さなどを考慮すると $\times 3 \sim \times 4$ 程度が適当と思う。

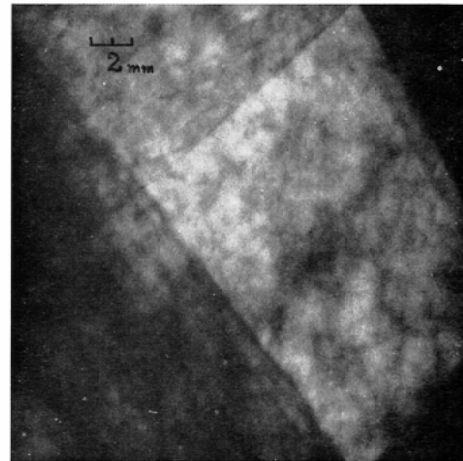
V 直接拡大撮影法との比較

現在一般に行われている2~4倍直接拡大撮影法とわれわれの方法とを比べると、読影にルーペを必要とし、両面乳剤フィルムを光学的に拡大する点 Geometry に問題が残る。またX線出力不足のため被写体の厚さに制限されるのは最大の欠点

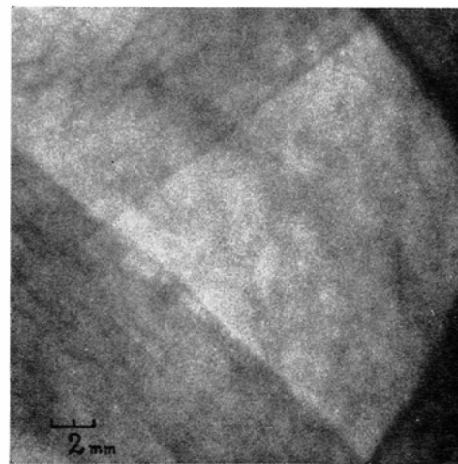
である。胸部全体を一度に一枚のフィルムに撮影できることや撮影時の Geometry が一般胸部撮影と全く同じであることは利点である。解像力については、文献から見ると軟部組織、造影剤とも両者で大差ないかあるいはわれわれの方式が多少劣るようでもあるが、今後さらに Phantom による両者の比較実験を進めたい。

VI 臨床的応用

現在までに約80例の低圧撮影を行なつた。われわれは高圧撮影とともに低圧撮影を日常の精密検査として行なっている。厚さの薄いほど鮮鋭なの

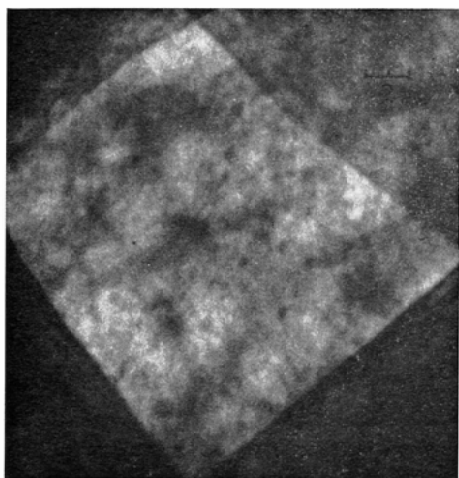


(a) Low-voltage Radiography $\times 5$

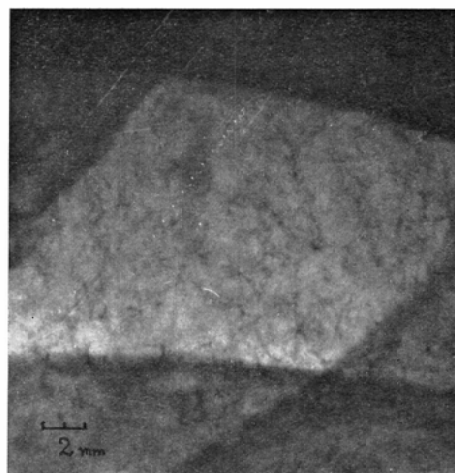


(b) General Radiography $\times 5$

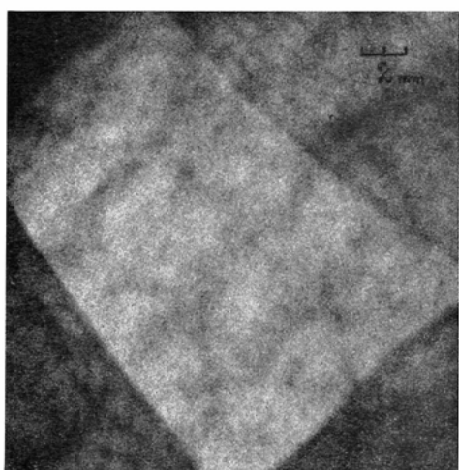
Fig. 7 Emphysema; male, age 81.



(a) Low-voltage Radiography $\times 5$

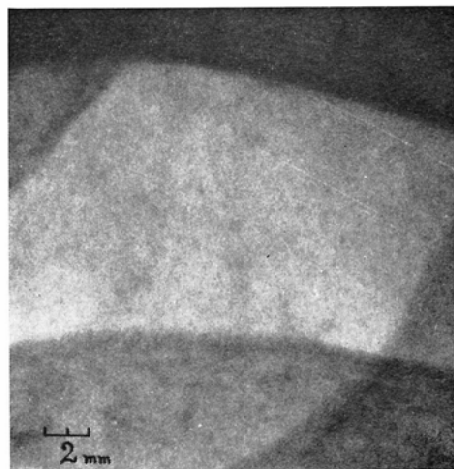


(a) Low-voltage Radiography $\times 5$



(b) General Radiography $\times 5$

Fig. 8 Silicosis P₂; male, age 56, caster, 40 years in occupation.



(b) High-voltage Technique $\times 5$

Fig. 9 Pulmonary Embolism; 20 hours after Lymphography, Malign. Lymphoma, female, age 58.

は云うまでもなく、小児の胸部撮影に適當と思ふ。老人性～気腫性の変化、石灰化を含む各種の結核性病變の輪郭や内部構造、あるいはリンパ管造影後の内径50～100 μ の肺栓塞像などは一般撮影に比べて精細な所見が得られる。一般撮影では不明瞭な微小珪肺結節(ϕ 300～400 μ)や肋骨の早期病變をも発見できる。いわゆる肺胞像(内径500 μ 、壁厚200 μ 位の小蜂窩構造)は低圧単純撮影で常に描写され、その気管支肺胞造影像の

末梢部分は鮮鋭である。図(7)～(10)に若干症例の $\times 5$ 光学拡大像を示す。患者被曝は厚さ13～25cmで0.17R/exp.～0.29R/exp.、標準0.25R/exp.でかなり多いが、腹部に比べると少く、この方式で肺の集団検診を行なつても患者被曝に関しては問題ないと思ふ。

VII 結 論

工業用中感度～高感度 Non-screen フィルム (Kodak AA or KK 相当) に一般医療用増感紙

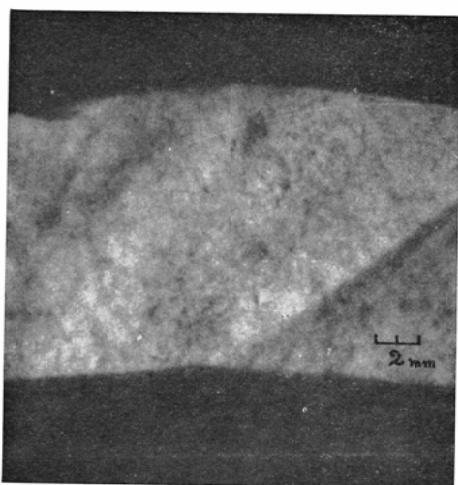
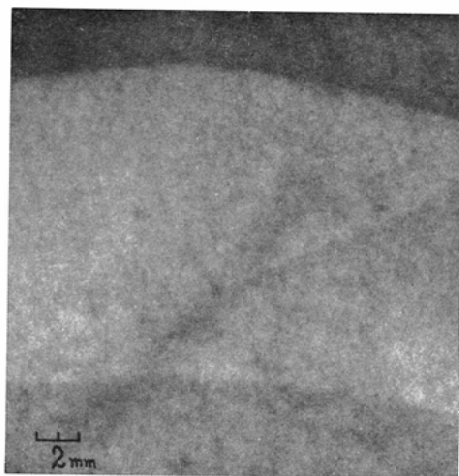
(a) Low-voltage Radiography $\times 5$ (b) General Radiography $\times 5$

Fig. 10 The Same Case; 14 days after Lymphography

を組み合わせ、軟X線出力を出来るだけ保存した新しい低圧撮影専用装置を用いて患者の胸部低圧撮影を行なうと、一般胸部撮影、高圧撮影、断層撮影では不可能な微細構造を描写できる。胸部 Phantom 実験によつて、一般胸部撮影の $1/2.3$ の大きさまで描写されていることが分つた。その軟部微細構造 (Nylon チャート) の描写限界は 230~400 μ 、造影剤の微細構造 (Au チャート) のそれは 23~30 μ である。拡大係数 (Magnification Coefficient) 一実効拡大率の意味—の考えに従つ

て、この写真を光学的に $\times 3 \sim \times 4$ に拡大して観察した結果、従来よりも精細な所見が得られる事を80例の患者撮影によつて確かめた。患者被曝は 0.25R/exp. (20cm厚さ) である。

本論文の要旨は、昭和42年6月第13回R I I研究会、昭和43年4月第27回、昭和44年4月第28回、昭和45年3月第29回、日本医学放射線学会総会において発表した。

最後に、恩師立入弘教授の御指導、御校閲に厚くお礼を申し上げるとともに、寺田技官、竹本、赤松、東儀3技師の御協力に深謝して稿を了える。

文 献

- 1) 高橋信次, 小見山喜八郎: 日医放誌, 14 (1954), 220—226.
- 2) 小見山喜八郎: 同上, 14 (1954), 487—494.
- 3) Seyss, R.: Röfo, 81—1 (1954), 32—35.
- 4) Aderhold, K. u. L. Seifert: Röfo, 81-2 (1954), 181—194.
- 5) 松田忠義: 日医放誌, 14 (1955), 767—774.
- 6) 小見山喜八郎: 同上, 15 (1955), 81—86.
- 7) 吉田三毅夫: 同上, 15 (1955), 91—99.
- 8) 高橋信次他: 同上, 15 (1955), 838—842.
- 9) 小見山喜八郎他: 同上, 15 (1956), 1028—1037.
- 10) 高橋信次, 渡辺令: 同上, 17 (1957), 77—80.
- 11) 篠崎達世, 小見山喜八郎: 同上, 17 (1957), 957—962.
- 12) 吉田三毅夫: 同上, 17 (1958), 1418—1426.
- 13) 渡辺令: 同上, 17 (1958), 1427—1431.
- 14) 篠崎達世他: 同上, 18 (1958), 324—328.
- 15) 箭頭正顕: 同上, 18 (1959), 1595—1602.
- 16) 箭頭正顕: 同上, 19 (1959), 252—255.
- 17) 杉江義夫: 同上, 19 (1960), 2077—2089.
- 18) 徳永修: 同上, 19 (1960), 2315—2330.
- 19) 佐久間貞行: 同上, 20 (1960), 368—377.
- 20) 佐久間貞行, 古賀佑彦: 同上, 21 (1961), 627—633.
- 21) Takaro, T. et al.: Amer. J. Roentgenol, 87 (1962), 258—264.
- 22) 金子昌生: 日医放誌, 24 (1964), 479—484.
- 23) Takaro, T. & S.M. Scott: Amer. J. Roentgenol, 91-2 (1964), 448—452.
- 24) 金子昌生: 日医放誌, 26 (1966), 55—65.
- 25) Love, R.W. & T. Takaro: Radiology, 87 (1966), 123—127.
- 26) 綾川良雄他: 日医放誌, 27 (1967), 575—578.
- 27) 奥村寛他: 同上, 27 (1967), 590—594.
- 28) 佐久間貞行他: 臨床放射線, 12 (1967), 665—672.
- 29) Greenspan, R.H. et al.: Invest. Radiol., Nov-Dec 2 (1967), 419—431.
- 30) 綾川良雄: 日医放誌, 28 (1968), 400—404.

- 31) 佐久間貞行他：同上，28 (1968), 1283—1287.
- 32) 佐久間貞行，加藤敏：臨床放射線，13 (1968), 519—523.
- 33) 佐久間貞行，綾川良雄：同上，13 (1968), 543—547.
- 34) Takahashi, S. et al.: *Der Radiologe*, 8 (1968), 217—221.
- 35) Sakuma, S. et al.: *ibid*, 8 (1968), 221—224.
- 36) Sakuma, S. et al.: *ibid*, 8 (1968), 224—228.
- 37) Leeds, N.E. et al.: *Radiology*, 90 (1968), 1171—1175.
- 38) Takaro, T.: *ibid*, 90 (1968), 1203—1204.
- 39) 佐藤信泰：日医放誌，29 (1969), 454—459.
- 40) Sherwood, T. et al.: *Brit. J. Rad.*, 42 (1969), 241—246.
- 41) 高橋信次，渡辺令：総合研究班会議資料(1969).
- 42) 篠崎達世：同上，(1969).
- 43) Fletcher, D.E. & K.A. Rowley: *Brit. J. Rad.*, 24 (1951), 598—604.
- 44) Gilardoni, A. & G.S. Schwarz: *Radiology*, 59 (1952), 866—878.
- 45) 久保田保雄：日医放誌，14 (1955), 775—779.
- 46) Egan, R.L.: *Radiology*, 75 (1960), 894—900.
- 47) 川口義雄：日医放誌，20 (1960), 295—303.
- 48) 川口義雄：同上，20 (1960), 304—313.
- 49) Bosniak, M.A. et al.: *Invest. Radiol.*, Mar-Apr 3 (1968), 120—127.
- 50) Lavender, J.P. et al.: *Brit. J. Rad.*, 42 (1969), 247—251.
- 51) Scanlon, G.T.: *Radiology*, 94 (1970), 401—406.
- 52) 星野孝，須賀昭一編：顕微X線法，(1970) 医学書院.
- 53) 中村実他：日医放誌，20 (1961), 2759—2765.
- 54) 山崎武他：同上，27 (1967), 453—470.
- 55) 星野文彦：同上，28 (1968), 日医放，宿題報告，665—690.
- 56) 山崎武，寺田央：R I I 研究会編，放射線像の研究，第2巻，(1969), p. 371—376.
- 57) Rao, G.U.V. & R.L. Clark: *Radiology*, 94 (1970), 196.