

直接4倍拡大撮影に於けるレスポンス関数からみた フィルム、増感紙及び microphotometer の scanning spot の考察

X線拡大撮影法の研究 第39報

名古屋大学医学部放射線医学教室（主任：高橋信次教授）

綾 川 良 雄

（昭和42年11月2日受付）

Modulation Transfer Function of Films, Intensifying Screens and Scanning Spot Size of
Microphotometer in Direct Fourfold Macroradiography
Studies on Enlargement Radiography, 39th Report

By

Yoshio Ayakawa

Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine, Nagoya

(Director: Prof. Shinji Takahashi)

(1) Intensifying screen film system of direct four times macroradiography was investigated by estimation of its MTF, by comparing with that of normal radiography.

Experimentally, direct four times macroradiography and normal radiography taken by means of X-ray tube having a very fine focal spot (50μ in size), were conducted with the exposing factors of 125 KVp, 0.2-1.9 mA, 0.05-1.5 sec. and 100 cm of FFD, using two kinds of medical X-ray film of Fuji KX or Kodak royal blue brand with no intensifying screen or that made with three kinds of intensifying screen of Kyokko FS, MS or HS respectively. As a test object, the lead line test pattern in thickness of 50μ of Optiker Funk (Nr. 6059 or 5769, 1.0-10.1 LP/mm) was used. The films were exposed so as to be from 0.8 to 1.5 in ground density. The film was scanned to the direction perpendicularly to the images of lines by the microphotometer of Narumi type 250 having a scanning spot of 50μ in size.

Results; MTFs indicated no significant difference between two medical X-ray films. When X-ray film was used with intensifying screen, MTFs revealed that the image quality became poor, as the size of the grain of intensifying screens increased, in both cases of normal radiography and direct four times macroradiography. MTF of direct four times macroradiography with intensifying screen film system, however, was not much poorer than that of its non-screen film system, while MTF of normal radiography with intensifying screen film system was greatly poorer than that of its non-screen film system.

(2) MTF measured by the scanning spot of microphotometer in various size was investigated experimentally and theoretically.

MTFs were calculated by means of the size of the scanning spot from 20μ , 50μ to 100μ experimentally. Fuji KX medical film was used either with no intensifying screen or with the intensifying screen of

Kyokko MS. And MTFs calculated theoretically by means of the size of the light spot from 10μ , 20μ , 50μ to 100μ were also considered. It was found that these experimental results coincided with those by theoretical calculation of MTF.

Results; MTFs indicated that the image quality became poor as the scanning spot of microphotometer increased its size, especially in the higher spatical frequency region, in both normal and macroradiography. The poor image quality due to the large scanning spot influenced more in normal radiography than in direct four times macroradiography. It was concluded that influence of the scanning spot size of microphotometer on MTF was decreased as the increase of magnification ratio, and as the radiogram was taken with the intensifying screens.

緒 言

余等の微小焦点管球¹⁰⁾を用いる直接拡大撮影の拡大率は4倍あたりが至適である¹⁷⁾。そこで、直接4倍拡大撮影に於ける諸因子のうち、フィルム及び増感紙の撮影系へ及ぼす影響に就いて、レスポンス関数を導入して考察を加え、密着撮影との比較検討を行つた。更にレスポンス関数を求める場合、濃度曲線を画くmicrophotometerのscanning spot sizeが如何に総合レスポンス関数に影響を与えるかに就き、実験的並びに理論的に考察した。

研究方法及び実験

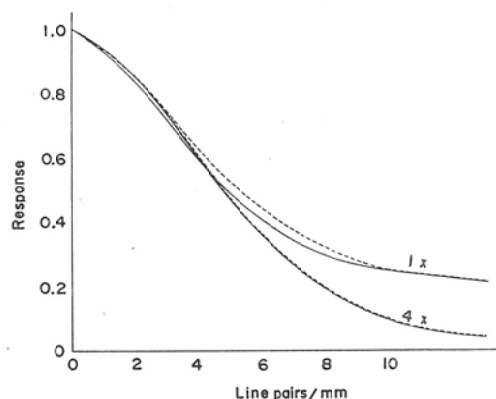
X線発生装置は東芝製KXO特型、廻転陽極管球自己バイアス方式のもので¹⁰⁾、焦点の大きさはすでに報告されている^{7,9)}。試験体として Optiker Funk 社製の Pb 50μ 厚の矩形波チャートNr.6059及び Nr. 5769 ($1.0\sim 10.1\text{LP/mm}$) を用いて密着撮影及び直接4倍拡大撮影を行い、Narumi 社製 250型の microphotometer で scan して濃度曲線を求め、同時に求めた特性曲線からX線強度分布に変換してレスポンス関数を算出した¹²⁾。

実験 I. レスポンス関数から直接4倍拡大撮影に於けるフィルム及び増感紙の画質への影響を見ようとした。

(a) 増感紙を用いない場合

フィルムは Fuji medical KX及びKodak royal blue の2種を選び、焦点フィルム間距離を100cmに固定して(4倍拡大では、焦点試験体間距離及び試験体フィルム間距離は25cm及び75cmである)、試験体を密着撮影及び直接4倍拡大撮影を為した。このフィルムの濃度曲線をmicrophotometerのscanning spot sizeを 50μ にして画いたときの

Fig. 1 Modulation transfer function (MTF) of a normal radiogram and that of a direct four times macroradiogram taken by a very fine focal spot X-ray tube (50μ in size) using Fuji KX medical X-ray film (solid line) or Kodak royal blue brand film (broken line). Intensifying screens were not used. MTFs show no significant difference between two types of the medical X-ray film. MTF of a direct four times macroradiography becomes poorer in the higher spatical frequency region than that of a normal radiography.

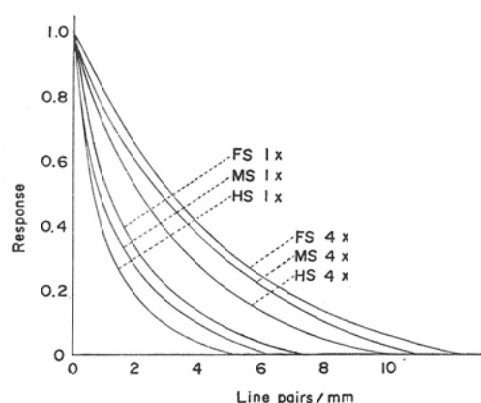


レスポンス関数を求めた(第1図)。撮影条件は125KVp, 1.9mA, 0.6~1.5sec.である。この際のフィルムの濃度は0.8~1.2である。

(b) 増感紙を用いた場合

フィルムは Fuji medical KX に定めて、増感紙は極光FS, MS及びHSを用い、密着撮影及び直接4倍拡大撮影を行い、レスポンス関数を求めた(第2図)。microphotometerのscanning spot sizeは(a)と同様にした。撮影条件は増感紙FS使用では125KVp, 0.6mA, 0.08sec.であり、MS使用では125KVp, 0.4~0.8mA, 0.065

Fig. 2 MTF of a normal radiogram and that of a direct four times macroradiogram when Fuji KX medical X-ray films were used with combination of three kinds of intensifying screen. The image quality of X-ray film with the intensifying screen of Kyokko FS, MS or HS becomes poorer in MTF in this order. As the relative size of the grain is reduced in the macroradiography, the MTF of the direct four times macroradiography becomes better than that of the normal radiography.



sec. であり、HS 使用では 125KVp, 0.2~0.6 mA, 0.05sec. である。尚この際のフィルムの濃度は 0.8~1.5 である。

実験Ⅱ. レスpons関数を求めるとき、濃度曲線を描く microphotometer の scanning spot size の変化によりどれ程レスpon関数に影響を及ぼすか実験的及び理論的に検討しようとした。実験Ⅰでフィルムに Fuji medical KX を用いたもので、増感紙を用いない場合及び増感紙MSを用いた場合の密着及び直接4倍拡大撮影したものに就き、microphotometer の scanning spot size を 20 μ , 50 μ 及び 100 μ と変化せしめたときのレスpon関数を求めた (第3図及び第4図)。

矩形波チャートを試験体としてレスpon関数を求める場合、濃度を測定する microphotometer の scanning spot size によるレスpon関数を考慮しなければならない。

理論的には次の様に求められる。即ち microphotometer の scanning spot size (slit巾) を $2P$ とすると、

Fig. 3 MTF of the radiogram of Fuji KX medical X-ray film with no intensifying screen scanned with the microphotometer having the scanning spot of 20 μ , 50 μ or 100 μ in size. The larger the scanning spot size, the worse the MTF. As the scanning spot reduces its relative size in the macroradiography, the MTF of the direct four times macroradiography shows much less significant difference among measurement by three scanning spot sizes than that of the normal radiography.

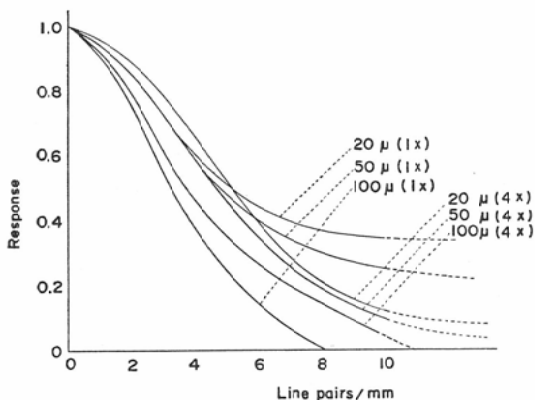
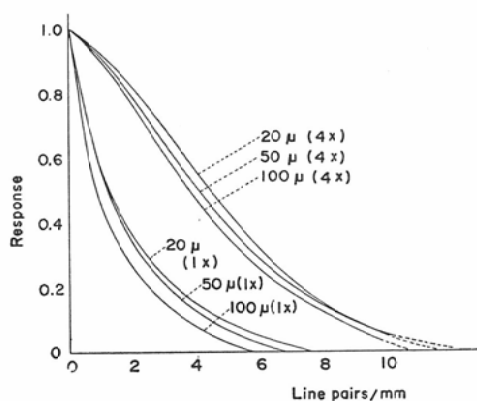


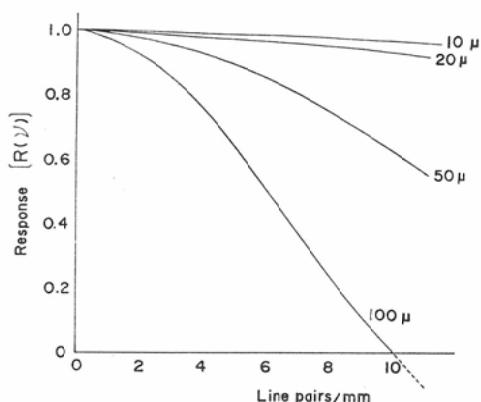
Fig. 4 MTF of the radiogram of Fuji KX medical X-ray film combined with the intensifying screen of Kyokko MS scanned with the microphotometer having the scanning spot of 20 μ , 50 μ or 100 μ in size. The larger the scanning spot size, the worse the MTF, but when intensifying screen-film systems are used, MTFs indicate less significant difference among measurement by three scanning spot sizes than those when non-screen film systems are used, in both normal and macroradiography.



$$\text{その強度は } \left. \begin{aligned} f(x) &= 1 & |x| \leq P \\ f(x) &= 0 & |x| > P \end{aligned} \right\}$$

$$\text{これをフーリエ変換すると、} R(\nu) = \frac{\sin(2\pi P\nu)}{2\pi P\nu}$$

Fig. 5 Theoretical consideration of MTF, when scanned by the light spot of 10μ , 20μ , 50μ or 100μ in size of microphotometer. The larger the scanning spot size, the worse the MTF.

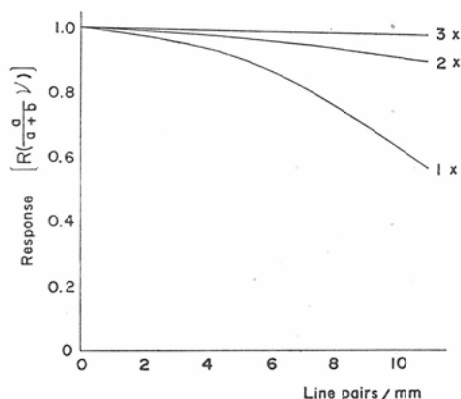


となり, slit 巾(2P) が 10μ , 20μ , 50μ 及び 100μ の場合のレスポンスは第5図の如くなる。

拡大撮影系のレスポンス関数はすでに述べた如く⁷⁾, $I(\nu) = F(\frac{b}{a+b}\nu) \cdot S_f(\frac{a}{a+b}\nu)$ となり, ここで a 及び b は焦点被写体間距離及び被写体フィルム間距離, F 及び S_f は焦点及びフィルム増感紙系のレスポンス関数である。これに microphotometer の scanning spot size のレスポンス関数 $R(\nu)$ を加えると,

$$F(\nu) = F(\frac{b}{a+b}\nu) \cdot S_f(\frac{a}{a+b}\nu) \cdot R(\frac{a}{a+b}\nu)$$
 となり slit 巾の影響はフィルム増感紙系のレスポンス関数に重なる。拡大率を変えた時の 50μ の slit 巾のレスポンス関数 $R(\frac{a}{a+b}\nu)$ は第6図の如

Fig. 6 Theoretical consideration of MTF, when scanned by the light spot of 50μ in size of microphotometer. The lower the magnification ratio of radiography, the worse the MTF.

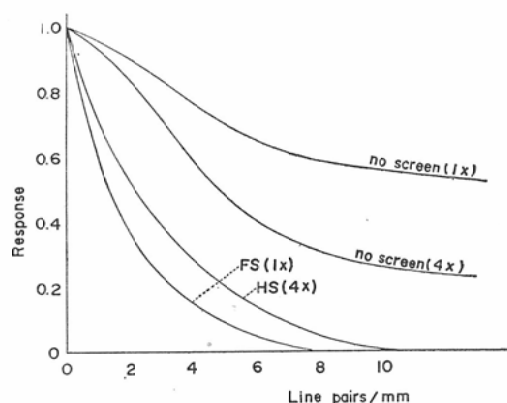


くである。

結果

(1) 第1図は non-screen film の場合のレスポンス関数である。実線は Fuji medical KX, 破線は Kodak royal blue である。両者間に直接4倍拡大では有意の差はない。密着と直接4倍拡大を比較するに密着撮影のレスポンスは直接4倍拡大撮影のそれよりよい。これは主に拡大撮影の場合は拡大のために焦点の幾何学的ボケの因子が加わり, レスポンスを悪くしているからである。第6図に示されている如く, 密着撮影では scanning spot size 50μ の影響が直接4倍拡大撮影より多く加っているから, これを除くと更によくなる(第7図)。

Fig. 7 MTFs obtained by theoretical consideration of Fig. 1 & 2 with excluding the factor of the scanning spot size of microphotometer from Fig. 5.



第2図は密着及び直接4倍拡大撮影のフィルム増感紙系のレスポンス関数である。密着, 直接4倍拡大ともに FS, MS, HS の順にレスポンスは悪くなる。しかし直接4倍拡大では第1図と比較して密着程の差はない。即ち, 直接4倍拡大ではより増感紙の影響は小さい。密着, 直接4倍拡大両者を比較すると, 直接4倍拡大のレスポンスは密着のそれより可成よく, 最も grain の粗な HS の4倍拡大の方が最も grain の微小な FS の密着よりもレスポンスはよい。scanning spot size 50μ の影響を除いても同様のことが言える(第7図)。

(2) 第3図及び第4図は実験的に求めた密着及び直接4倍拡大撮影の増感紙を用いない場合と増感紙にMSを用いた場合の microphotometer の scanning spot size の変化によるレスポンス関数である。より高周波数領域であればある程、密着撮影が直接4倍拡大撮影より、増感紙を用いない場合が用いた場合より、scanning spot size の総合レスポンスへの影響が大であることを示している。結局、第3図及び第4図の結果は第5図及び第6図の実験的証明であり、第5図及び第6図は理論的根拠を与えるものである。

考 按

フィルム或いはフィルム増感紙系の個々のレスポンス関数に就いての考察は諸家³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁸⁾が行っており、定量的評価の一手段としているが、この問題に就いて直接4倍拡大撮影に於けるレスポンス関数からの考察は今だ為されていない。フィルムは医療用として用いられているもののうち代表的なもので、我国のものと欧米のもの一種ずつ選んだ。実験に使用した三種の増感紙は日常臨床に用いられているものである。フィルム増感紙系のレスポンスは直接4倍拡大撮影では $S_f(1/4\nu)$ 、密着撮影では $S_f(\nu)$ で表わされ、フィルム増感紙の粒状性の影響は直接4倍拡大撮影では密着撮影の $1/4$ になり、拡大による焦点の幾何学的ボケによるレスポンスの劣化を補って、密着撮影より総合レスポンスが増大するのである。又すでに述べられている如く、拡大撮影で臨床的に感度を上げるために、より grain の粗な増感紙の使用を余儀なくされる場合には、即ち、よりレスポンスの悪いフィルム増感紙系の組合せでは、その場合の至適拡大率は大きくなる⁷⁾。次に実験的にレスポンス関数を算出する場合、濃度曲線を描く microphotometer の scanning spot size に就いては諸家の報告では記載されていないか、無視されていることが多いが、結果から明らかな如く、無視出来ない因子であり、特に密着撮影と拡大撮影を同一レベルで論ずる場合はこの因子を除外する必要がある。影響の程度が異なるからである。直接4倍拡大

撮影では、拡大により相対的に scanning spot size が小さいことになり、scanning spot size 20μ と 50μ の間の有意の差を小さくしている。従つて、 10LP/mm あたりまでを目標にすれば 50μ の scanning spot size で誤差は5%以下であるからこれで充分であろう。又密着撮影でも増感紙を使用すれば、解像力は最大 $7\sim 8\text{LP/mm}$ であるから、このあたりを目標にして、第5図或いは第6図を用いて較正すると、 50μ の scanning spot size で誤差はせいぜい5%程度であるか、それ以下である。

結 論

直接4倍拡大撮影のフィルム、増感紙及び実験的にレスポンス関数を求める場合の microphotometer の scanning spot size の影響に就いて、レスポンス関数から検討した。フィルムは医療用であれば大差がなく、増感紙の影響は直接4倍拡大影響では小さく、密着撮影では大きい。scanning spot size のレスポンス関数への影響は実験的にも理論的にも無視出来ない。

本論文の要旨は第29回日本医学放射線学会中部地方会 (S. 40. 11)、第30回日本医学放射線学会中部地方会 (S. 41. 2) 及び第25回日本医学放射線学会総会 (S. 41. 4) に於いて発表した。

文 献

- 1) 綾川良雄, 佐久間貞行, 奥村寛: 日医放会誌, 27, 575, 1967.
- 2) Coltman, J.: J. Opt. Soc. Amer., 44, 468, 1954.
- 3) 土井邦雄: 応用物理, 33, 50, 1964.
- 4) 土井邦雄: 応用物理, 34, 190, 1965.
- 5) Morgan, R.: Am. J. Roentgenol., 88, 175, 1962.
- 6) Morgan, R., Betes, L., Gopalarao, U. & Marinaro, A.: Am. J. Roentgenol., 92, 426, 1964.
- 7) 奥村寛, 綾川良雄, 佐久間貞行: 日医放会誌, 27, 590, 1967.
- 8) Rossmann, K.: J. Opt. Soc. Amer., 52, 774, 1962.
- 9) 佐久間貞行, 綾川良雄, 飛田勝弘: 日医放会誌, 27, 261, 1967.
- 10) Takahashi, S. & Yoshida, M.: Acta radiol., 48, 280, 1957.