増感紙—フィルム系における濃度の MTF

県立宮崎病院放射線科

稲 津 博・河 野 誠 一・永 田 耕 作

篠 崎 悌 五・岩 切 国 雄

(論文受付 昭和46年9月30日)

MODULATION TRANSFER FUNCTION OF DENSITY
IN SCREEN-FILM SYSTEM.By Hiroshi Inatsu
Seiiti Kawano
Kousaku Nagata
Teigo Shinozaki
Kunio Iwakiri
Miyazaki Prefectural Hospital

(Article received; Sep. 30, 1971)

Summary

Screen-film system is generally used, in radiographic system.

Sharpness of screen-film system is frequently measured by means of Modulation Transfer Function (MTF).

But it is prospected for the reason of irradiation, that MTF is changed by film density.

Therefore, we evaluated the relation of MTF with film density concerning screen-film system.

And we intended to know the optimum density of x-ray picture.

In the result of experiment, the higher film density, the poorer MTF is.

Consequently, X-ray film MTF in low density is better than in high density.

It was found that MTF is changed by film density.

Therefore, MTF exist as function of density.

Many line density function is developed by a line spread function.

The study of the irradiation is a task after this.

1. 緒 言

放射線撮影系, とくに医療用 X 線撮影系においては, 被曝線量減少, コントラスト向上, その他の理由から, 増感紙—フィルムの組み合わせによって画像を得る方法が, 最も多く用いられている。

増感紙—フィルム系の鮮鋭度については, 古くから種々の方法で測定され, 最近では, レスpons関数 (MTF) によってその定量的評価がなされている。

また画像の濃度については, 主観的な最適濃度, 画像濃度による解像力の変化などの報告がなされているが, その定量的評価はまだ行なわれていない。

われわれは、フィルム濃度によって、MTFがいかに変化するかを、増感紙—フィルムを組み合わせた系について求めた。

2. 増感紙—フィルム系のMTF

2.1 MTFの定義

MTFとは、強度が正弦波状に変化するものを、ある系に入れたとき、そのコントラストがいかに変化するかを、入力に対して示したものである。

すなわち、入力のコントラストをC、出力のコントラストをC'とすると、MTF, $H(\omega)$ は、

$$H(\omega) = C'/C \quad \dots(1)$$

で示される。

ただし ω は空間周波数である。

Fig. 1 にコントラスト, MTFの定義を示す。

Fig. 1 Definition of contrast

2.2 矩形波チャートによるMTF

定義に示すようにX線強度が正波状に変化するチャートは、作成が困難である。

そこで比較的作成し易い矩形波チャートでMTFを求めるには、Coltman の関係式によって変換を行なう必要がある。

$$H(\omega) = \frac{\pi}{4} \left\{ h_{sq}(\omega) + \frac{1}{3} h_{sq}(3\omega) - \frac{1}{5} h_{sq}(5\omega) + \dots \right\} \quad \dots(2)$$

$H(\omega)$: 正弦波MTF

$h_{sq}(\omega)$: 矩形波MTF

2.3 増感紙—フィルム系のMTF

Fig. 2 に示すように、X線管焦点、矩形波チャート、増感紙、フィルムと直列に組み合わせたとき、増感紙—フィルム系の矩形波のMTFを $h_{sq}(\omega)$ とし、入力のコントラストをC、出力のコントラストをC' とすれば、CおよびC' は Fig 1 のコントラストの定義によって

$$\frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad \dots(3)$$

となり、 $h_{sq}(\omega) = C'/C$ 、で求まる。

これを Coltman の式によって正弦波のMTFに変換すれば、増感紙—フィルム系のMTFが求められる。

Fig. 2 Experimental arrangement

3. 実 験

3.1 実験に使用した機器

X線発生装置は単相全波整流装置を使用し、X線管は回転陽極型、公称焦点寸法 1×1 mm のものを使用した。

増感紙は国産医療用増感紙FS, MS, HS, を使用し、フィルムは国産医療用X線フィルム2社のものにつ

いて行なった。

現像剤は各メーカー指定の薬剤を用い、指定時間のタンク現像とした。

矩形波チャートは厚さ0.05mmの鉛製のチャートを使用し、濃度はデンスitometerおよび、マイクロフォトメーターにて測定した。

3.2 実験方法

実験は矩形波チャートによる方法で行なった。

Fig. 2 に示すように、焦点—フィルム間距離は、焦点の影響をできるだけ少なくするため180cmとした。厚さ0.05mmの鉛からの透過X線を最少にするため、管

Table 1 Experimental density

素地濃度	最高濃度		
0.3	1.0	1.5	2.0
0.5	1.0	1.5	2.0
1.0	1.5	2.0	

電圧は40kVpとし、管電流20mA一定で、濃度の変化は、曝射時間を変化させることによった。

まず Table 1 に示すような素地濃度をフィルム全体に与え、その後、矩形波チャートを置き所定の最高濃度になるようなX線量を曝射した。

したがって、濃度0.5の中に濃度1.0の像があるような状態を想定したものである。

この矩形波チャートの像をマイクロフォトメーターによって走査し、コントラストの比をとり、MTFを算出した。

このとき空間周波数0.05 Lines/mmの点をもって正規化した。

また、濃度のMTFを求めるという目的のため、直線性を保つための、フィルム濃度の有効露光量への変換は行なわなかった。

このため、直線性については問題があると考えられるが比較という意味では充分であるといえるであろう。

4. 結果および考察

実験によって得られた結果を Fig. 3, 4, 5 に示す。

Fig. 3, 4, 5 に示すように素地濃度の変化による影響はきわめて少なく、素地濃度0.3, 0.5, 1.0でのMTF

Fは、最高濃度が一致すれば、ほとんど同一である。

とくに高周波領域では完全に一致する。

理論的には低周波領域で異なって来ると考えるが、その傾向は今回の実験ではほとんど見られなかった。

ただ増感紙FSについてだけ、素地濃度0.3のとき空間周波数1.0~2.0附近でMTFの差が0.01程度よかったがグラフ上にその変化をうまく表わすことができなかった。

Fig. 3, 4, 5 に示すように濃度が高くなるにつれて、MTFが悪くなることは予測通りであった。

このことは増感紙のMTFがmAsでは変化しないとされているから、⁷⁾フィルムによるものと考えられる。

したがって従来行なわれている唯一つの濃度によるMTFの表示は完全なものではなく、上限、下限の異なった濃度のMTFを表示すべきだと考える。

低濃度(上限)でMTFがよいのであるから、撮影目的部位の濃度は1.0附近にとどめるべきであろう。

この考え方を発展させるなら、X線写真はできるかぎり低濃度部で写真作成を行なう。

その後MTFを変化させないようにして、コントラストをつけ観察し易いようにすれば、現在のX線写真よりすぐれた画像が得られることになる。

この意味からすれば高圧撮影は散乱線の除去さえ完全ならばよいX線写真を提供することになる。

国産2社フィルムを比較してみると、B社のフィルムのほうがMTFにおいてはすぐれている。

しかし濃度によるMTFの変化はA, B社共に大差はない。

増感紙については、FS, MS, HSの順にMTFはよいが、FS, MSの差は低濃度(1.0)では差は少ない。

したがって、被曝線量の問題となる部位、または曝射回数の多い胃部などの撮影については、MSの使用を考えるべきであろう。

本研究においては、実験方法の項で述べたように直線性については大いに問題があると考えられる。

非線型であるからMTFとしたのは疑義があると考えられるが、つぎの2つの理由によって、あえてMTFという表現を用いた。

- 1) 現在、このようなときの評価の方法として、他に適当なものがない。
- 2) 受光系を撮影系の中の Convolution の1要素と考えないで、独立して比較することが目的である。

Fig. 3 MTF's of Screen(FS)-film(A,B) System

Fig. 4 MTF's of Screen(MS)-film(A,B) System

Fig. 5 MTF's of Screen(HS)-film(A,B) System

5. 結 語

X線撮影系において、出力はX線フィルム画像であり、その画像は種々の濃度によって構成されている。

したがって、濃度の関数としてMTFが存在し、評価されるのが当然である。

しかし、フィルム濃度は非線型であり、MTF表示は意味がないとされている。

ところが、医師が読影するのは濃度変化であり、フィ

ルム特性曲線によって変換された像強度分布ではない。

そこでわれわれは、厳密な意味でのMTFではなく、実用的な比較のためだけを目的とするMTFを求めた。

結果にみられる通り、濃度の関数としてのMTFが存在し、1つの線像強度分布に対し、その強度にしたがった多くの線像濃度分布が対応することがわかった。

したがって従来のように、フィルム特性曲線によって線像濃度分布を線像強度分布に変換し、非線型を除き得たとするのは誤りである。

X線強度と光滲の関係を定量的に知ることによって、真に非線型を除去することができるであろう。

これは今後に残された課題である。

謝 辞

本研究の遂行にあたって、終始御懇篤な御指導を戴いた宮崎大学教授、内田勝博士に深甚の感謝を捧げる。

また予備実験としてスリット法による実験を行なったさい、昭和44年度宮崎大学工学部応用物理学卒業研究生、社会保健江南病院橋本輝人、近間病院近間芳夫、当院猪ヶ倉政盛氏と協同実験を行ない、そのデーターを参考とした。

予備実験の濃度測定は小西六写真工業に依頼し測定していただいた。

ここに感謝する。

参 考 文 献

- 1) 内田勝：レスポンス関数の放射線系への導入，フジXレイ研究，69，1965
- 2) 遠藤俊夫：レスポンス関数の放射線技術への応用，日放技誌，23(1)1967
- 3) 内田勝：X線管焦点のX線強度分布のフーリエ解析，応用物理：34(2)，1965
- 4) 土井邦雄：X線撮影系のレスポンス関数 IV，増感紙と写真フィルムの組合わせ，応用物理，35(8) 1966
- 5) 加地昭夫他：レスポンス関数による増感紙および蛍光板の性能評価，極光 X-ray 20 1966
- 6) 菊地真一：写真化学，共立全書，
- 7) 滝沢達児他：〔連続講座-2〕増感紙，極光 X-ray 19 1962