 原 著

矩形波チャートを用いた MTF の測定における散乱線の除去法

大阪市大病院中央放射線部

畑 川 政 勝・吉 田 梨 影

(論文受理 1982年5月17日)

(最終論文受理: 1982年8月20日)

(Code No. 21123)

Key Words: MTF measurement, Square chart, Scattered X-ray.

METHODS FOR REDUCTION OF SCATTERED X-RAY IN MEASURING MTF WITH THE SQUARE CHART

MASAKATSU HATAGAWA and RIE YOSHIDA

Department of Radiology, Osaka City University Hospital

(Article received: May, 17, 1982)

Summary

A square wave chart has been used to measure the MTF of a screen-film system. The problem is that the scattered X-ray from the chart may give rise to measurement errors.

In this paper, the authors proposed two methods to reduce the scattered X-ray: the first method is the use of a Pb mask and second is to provide for an air gap between the chart and the screen-film system. In these methods, the scattered X-ray from the chart was reduced. MTFs were measured by both of the new methods and the conventional method, and MTF values of the new methods were in good agreement while that of the conventional method was not.

It was concluded that these new methods are able to reduce errors in the measurement of MTF.

1. はじめに

X線撮影系の鮮鋭度の評価法の一つに modulation transfer function (MTF) がある。MTF を測定する方法は slit 法¹⁾, edge 法²⁾, segment 法³⁾ など各種⁴⁾ 報告されている。これらの中で Coltman によって報告された矩形波チャートを用いる方法⁵⁾ は比較的簡単であることや、ある程度肉眼で鮮鋭度の判断ができるなどの特長があり広く用いられている。しかし一般に、矩形波チャ

ートは合成樹脂でモールドされている。このようなチャートを用いて測定をする場合、その合成樹脂による散乱線が測定値に影響を与える恐れがある。

この論文ではこの散乱線の影響を求めるとともに、散乱線除去の方法を検討した。

2. 装置, 器具

チャート: 極光製 0.05~10 lines/mm
0.05 Pb 厚

短形波チャートを用いた MTF の測定における散乱線の除去法 (畑川・吉田)

マイクロフォトメータ: サクラ PDS-15

X 線 管: 日立 VH6GB-117

100 μm $\times$ 100 μm 焦点

3. 方 法

3.1 チャートをマスクする方法

Fig. 1. に示すように、チャートの上面と下面とを間隔をあけた鉛板でマスクした。鉛板は 1 mm 厚のものをを用いた。こうすることで、測定に必要でない部分からの散乱線を減少させることができる。マスクの間隔は幅が広いと散乱線の影響が大きく、幅が狭いと MTF 値に影響する。最適なマスク間隔を求めるために既知の高感度増感紙 Hiplus の LSF と、マスク間隔幅の矩形とを convolution した。Fig. 2 に示すようにマスク間隔 5 mm ではほとんど矩形の崩れはなく、間隔が狭くなるとともに矩形の両端が崩れてくる。

Fig. 1. Diagrammatic illustration of the chart and Pb masks. The chart is covered on both sides with Pb masks which are 1 mm in thickness and have a slit jaws.

Fig. 2. Computed simulation curves of X-ray intensity with Pb masks.

コントラスト法においては、矩形の最大値と最小値のみによりコントラストを求める。したがって convolution の結果、波形が崩れてもマイクロフォトメータのアパーチャ幅よりも矩形の水平部が長く保たれるならば、最大値、最小値の変化はなくコントラストは変化しない。すなわち MTF 値に影響はない。Fig. 3 にマスク間隔と最大値、最小値の変化しない部分の長さとの関係を示す。この長さはマイクロフォトメータのアパーチャ幅より大きい必要がある。これよりマイクロフォトメータのアパーチャ幅 1,000 μm でスキャンする場合、マスク間隔は 2.7 mm 以上必要であることがわかる。今回の実験では安全を見込んで、マスク間隔を 3.2 mm とした。チャート像をスキャンした実測値を Fig. 4 に示す。

Fig. 3. Relationship between slit width of masks and the length of the linear part (plateau) in the output wave.

Fig. 4. Density curve of the chart image with masks. A direction of scanning is made the moving axis of the micro densitometer to intersect perpendicularly the frequency axis of the chart at 0.05 line/mm.

このマスクを使用した場合と使用しない場合のフィルムに到達する線量を、チャートを撮影して得た濃度から求めた。Fig. 5 の×印がマスクを使用した場合で、グラフの0 cm の値がマスクを使用しない場合である。あきらかに線量は減り、散乱線の除去効果が表われている。

3.2 グレーデル効果を利用する方法

チャートと増感紙の間を離すと、グレーデル効果によって散乱線は減少する。この効果を確認するために、チャートと増感紙の間の距離を変化させて撮影し、チャートの0.05 line/mm の窓の部分の濃度を測定して線量に変換した(Fig. 5)。チャートを増感紙から離すにしたがってわずかながら線量は減り、約15 cm 以上で一定となる。これはチャートより散乱線が生じていることを示し、この散乱線の影響は15 cm 以上ではほぼ除去される。これよりチャートと増感紙間の距離は20 cm とした。X線管焦点による不鋭を防ぐために100 μm $\times$ 100 μm の焦点を用いて撮影した。使用したX線管焦点のMTFはFig. 6に示した。チャート撮影のジオメトリーはFig. 7である。

Fig. 5. Relationship between relative exposure and chart-film distance. Exposure value is obtained from the density at the window of the chart.

Fig. 6. MTF of 100 μm $\times$ 100 μm focal spot X-ray tube (magnification factor 1.05).

Fig. 7. Schematic diagram showing experimental arrangements. Upper part shows the conventional method and the mask method, and lower part represents the air gap method. Focus-film distance is kept 400 cm constant. Magnification factor is 1.05 at air gap method. Blurring of the chart image can be ignored because of using small focal spot.

4. 結果および考察

前記の二つの方法、およびマスクなしで密着させる普通の方法の三つでチャートを撮影した。チャート像の濃度を線量に変換して得た、線量対空間周波数の関係をFig. 8に示す。図の上半分がチャートの窓部、下半分がチャートの鉛部である。この窓部と鉛部はFig. 9に示すように、上下対称になるはずであるが、マスクなしで密着させる方法は対称性が悪い。またこの方法は散乱線

Fig. 8. Relationship between the exposure and spatial frequency measured by three methods. Samples are obtained at the window and the Pb part of the square wave chart.

短形波チャートを用いた MTF の測定における散乱線の除去法 (畑川・吉田)

Fig. 9. Relationship between input square wave and output wave in ideal system without scattered X-ray. The exposure curves of the maximum value (window part) and the minimum value (Pb part) at each spatial frequency have symmetrical shape.

Fig. 10. The difference of the exposure between the mask method and the other methods.

除去を行った他の二つの方法に比べ、全体に線量が多くなっている。

次に各方法による線量を比較するために、マスクした場合の線量との差を求めた (Fig. 10)。この線量の差がマスクをした方法と他の方法との散乱線量の差を表す。マスクなしの場合、全体に散乱線の影響が大きい。また 0.05 line/mm 部分について高周波部分と比較すると、窓部では高く鉛部では低くなっている。これは 0.05 line/mm において、窓部では線量の増加が大きく、鉛部ではそれほど増加していないことを示している。すなわち散乱線の寄与は周波数によって異なり、正規化する周波数 0.05 line/mm では高周波に比べてコントラストが高くなっている。したがってこの値で MTF を正規化した場合、MTF の値は低い値となる。

チャート像はマイクロフォトメータのアパーチャ幅 10 $\mu\text{m} \times 1,000 \mu\text{m}$ でスキャンした。矩形波 MTF から正弦波 MTF への変換は Colman の式を用いて、15 項まで

Fig. 11. Comparison of MTF's for three methods. Solid curve shows the MTF of the conventional method. Dashed curve indicates the MTF of the mask method. Dot-dash curve represents the MTF of the air method.

Fig. 12. Schematic representation of scattered X-ray from the chart.

外挿を含めて計算した。グレーデル効果を利用した方法は、拡大があるためこの補正をした。MTF を Fig. 11 に示す。マスクした方法と、グレーデル効果を利用した方法はほぼ同じ値となり、従来の方法は低い値となった。

このように、従来の方法において低周波部 (0.05 line/mm) で窓部と鉛部の散乱線の寄与が異なる原因は、窓部の幅が広く散乱線の発生が多いこと、および鉛部の幅もまた広いために窓部で生じた散乱線が鉛部の下に到達しにくいためであると考えられる。一方、高周波部においては窓部の幅が狭いため、散乱線の発生が減少するとともに、鉛部の幅も狭いので、鉛部の下にまで散乱線が入り込む。その結果、Fig. 12 に見られるように窓部、鉛部とも同じ値となるものと考えられる。

グレーデル効果を利用した方法は、マスクをした場合とほぼ同じ値となった。これよりいずれの方法もほぼ同じ程度の散乱線除去が行われ、また MTF も同程度の正

確さを持つものと見なせる。マスクの間隔はシミュレーションでは 2.7 mm 程度となるが、実験的には安全を見込んで 4 mm 程度が適当と思われる。

5. 結 論

矩形波チャートを用いて MTF を測定する場合、チャート自身からの散乱線の影響を考慮しなければならない。このことは、従来見過されてきたが、明らかにその影響のあることが以上の実験から確かめられた。その影響は MTF 値の低下となって現れる。そしてその影響を除去するため、チャートをマスクする方法とグレーデル効果を用いる方法を試みた。これら二つの方法とも十分な効果が認められ、より正しい MTF が求められる。

稿を終るにあたり、本研究に御協力を頂いた当大学中央放射線部の技師の方々に感謝します。

本論文の要旨は、昭和56年11月、日本放射線技術学会画像分科会において発表した。

文 献

- 1) Rossmann K and Lubberts G: Some characteristics of the line spread-function and modulation transfer function of medical radiographic films and screen-film systems. *Radiology*, **86**, 235-241, (1966)
- 2) 竹中栄一, 高橋照彦: X線撮影系の画像の解析(Ⅱ, Ⅲ) X線線像のレスポンス関数について. 放射線像の研究, **1(RII)**, 39-45, (1964-1966)
- 3) Inatu H and Uchida S: A new method of measuring line spread function. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **18** (7), 1409, (1979)
- 4) Schneiders NJ and Bushong SC: Single-step calculation of the MTF from the ERF. *Am. Assoc. Phys. Med.*, 31-33, (1978)
- 5) Coltman JW: The specification of imaging properties by response to a sine wave input. *Journal of the Optical Society of America*, **44**(6), 468-472