速 報

非相称システムの MTF

岡 田 弘 治・*若 松 孝 司

近畿大学医学部附属病院中央放射線部

*国立福知山病院放射線科

Key words: MTF, Asymmetric system, Addition of Density, Addition of Gradient

---

MTF IN THE ASYMMETRIC SYSTEM

HIROHARU OKADA・*TAKASHI WAKAMATU

Department of Central Radiology, Kinki University Hospital

*Department of Radiology, Fukuchiyama National Hospital

1. はじめに

X線のアナログ画像では、人へのX線被曝の配慮から両面乳剤フィルムの使用は、現在も一般的に行われている。両面乳剤フィルムの使用において、増感紙で発光した光が、反対側の乳剤を感光させるクロスオーバーの影響は無視できない。このクロスオーバー効果は、システムの感度を上昇させたり、粒状を良くさせたりする働きがある反面、鮮鋭性を悪くする大きな原因でもある。近年では、フィルム乳剤粒子がさまざまに改良されたり、乳剤色素によるハレーションやイラジェーションの防止効果によるクロスオーバー光を減少させて、鮮鋭度の向上がなされてきている。

また、最近になって、フィルムのベースと乳剤の間にクロスオーバー・コントロール層を設けることで、クロスオーバーがほとんど生じないフィルムも開発されており¹⁾、その上に、フィルムの前面と後面との特性曲線(H&D曲線)の異なる乳剤が塗布された非相称のフィルムも出現してきている。

本研究は両面乳剤フィルムにおいて、クロスオーバー光がほとんど0%で、前面の濃度と後面の濃度の濃度の加法性が成立していることを前提とし、非相称の増感紙・フィルム系を仮定したときの、濃度域にわたるMTF

(Modulation transfer function)を求めるための報告であるが、論文の紙面の枚数の関係上、今回は比露光量にわたるMTFの報告にとどめ、本論文に濃度域について報告をする。

2. 理 論

従来のフィルムの場合、乳剤は前面・後面同じものが塗布されており、フィルム自体に表裏の区別がない。前面の増感紙、後面の増感紙のそれぞれでX線吸収が行われ、増感紙内で発光が生じ、これが双方の乳剤を感光させる。また、同時に互いに反対側の乳剤をも感光させるクロスオーバー現象が生じている。このとき、フィルムの濃度は前面と後面との並列結合で得られる。クロスオーバー係数の大きいほど、フィルムの前面と後面との特性の相違は少なく、また双方を合わせた一層の乳剤層とも仮定できる。

つぎに、われわれは非相称性の増感紙・フィルム系を以下のように設定した。フィルムの前面・後面のそれぞれに塗布された乳剤特性に相違があり、さらに、クロスオーバー現象はほとんど見られないとする。つまり、前面の増感紙での発光は前面のみの乳剤を感光させ、後面での発光は後面のみの乳剤を感光させる。したがって、双方のH&D曲線は異なる。また、同時に濃度の加法性

が成立することを前提とすると、得られるフィルムの総合濃度は前面の濃度と、後面の濃度との単純な加算による合成濃度として表せる。

ここで、

$$D=f(\log_{10} E)$$

$$G=\frac{d}{d \log_{10} E} \cdot f(\log_{10} E)=f'$$

D:濃度, G:グラジエント, E:露光量

F:前面, B:後面

$D=D_F+D_B$ とすると、

$$D'=D'_F+D'_B=f'_F+f'_B$$

$$D=D_F+D_B=f_F+f_B$$

したがって、

$$G=G_F+G_B$$

つまり、濃度の加法性が成立するとき、グラジエントの加法性も成立する。

ところで、濃度の加法性が成立することを前提とすると、微小な信号の分布 $s(x)$ の濃度 ΔD は、 $\Delta D=\Delta D_F+\Delta D_B$ となり、前面と後面の微小な濃度差の和として表せる。これをフーリエ変換すると²⁾、

$$D(u) k \mu \log_{10} e G_F S(u) MTF_F(u) + k \mu \log_{10} e G_B S(u) MTF_B(u)$$

$$=k \mu S(u) \log_{10} e G \left\{ \frac{G_F}{G} MTF_F(u) + \frac{G_B}{G} MTF_B(u) \right\}$$

なぜならば $G=G_F+G_B$

したがって、総合 MTF は、

$$MTF_{TOTAL}(u) = \frac{G_F}{G} MTF_F(u) + \frac{G_B}{G} MTF_B(u) \quad (1)$$

で得られる。ここで、 MTF_{TOTAL} は線形性を保つために、微小コントラスト領域にしか適用できない。

3. 方 法

濃度の加法性が成立することを前提としたとき、前面側には増感紙・LANEX FINE、後面側には増感紙・LANEX REGULAR を非相称のフィルムとを組み合わせ、比露光域にわたる MTF のシミュレーションを行った。

前面のシステム LANEX FINE/AF (AF: Asymmetric film Front side) は、その H&D 曲線の脚部の濃度が相当低く、最高濃度が1.9程度の高階調の特性を有し、一方、後面のシステム LANEX REGULAR/AB (AB: Asymmetric film Back side) は、最高濃度が0.8程度でプラトー状態になるワイドラチチュードの特性をもつ、総合システム LANEX FINE/(AF+AB)/REGU-

Fig. 1 H&D curves simulated by the Asymmetric system.

LAR の H&D 曲線をシミュレーションした。Fig. 1 は前面、後面および総合それぞれシミュレーションした H&D 曲線を示す。

グラジエントは、前面、後面、および総合のおおのの H&D 曲線を微分して求めた。

MTF は、コダック社の Insight System のフィルムを前面に増感紙・LANEX FINE、後面に LANEX REGULAR を組み合わせて求めた。反対側のフィルム面と増感紙の間に黒紙を挿入し、片方の増感紙からの発光による有効露光量の変換に必要な H&D 曲線の濃度ステップやスリット像の撮影をおおのの増感紙について行った。さらに、反対側のわずかに黒化された乳剤を漂白剤を用いて除去した。

これらによって得られたそれぞれ前面 (増感紙・LANEX FINE) 系の MTF、後面 (増感紙・LANEX REGULAR) 系の MTF と各グラジエントとを式(1)を用いて、比露光量域にわたる総合の MTF を求めた。

4. 結 果

Fig. 2 に比露光量域にわたるシステムの総合の MTF を示す。MTF は前面システムの H&D 曲線の脚部から直線部に移行する領域で大きく変化し、その前後ではそれほどの変化は見られない。

5. 考 察

濃度の加法性が成立することを前提とすることで、グラジエントの加法性も成立することがわかった。さらに、今回はクロスオーバー光が完全にカットされていると仮定して、完全な非相称システムをシミュレーションし、

Fig. 2 MTFs simulated by the Asymmetric system.

比露光量域にわたる総合の MTF を求めた。その結果、増感紙・フィルム系の濃度域において、MTF は、一定とされていたが、比露光量域に依存性があることがわかった。しかるに、濃度域にも依存性が存在する。近年では前面と後面の乳剤は同一でも、クロスオーバー光の少な

いフィルムが一般的になっている。このため、同一の増感紙を前面と後面とに用いた場合でも、前面増感紙での発光量と後面増感紙での発光量とは異なる。つまり、システムとして非相称の可能性を含んでいる。本論文では、従来のフィルムで前面と後面の増感紙が異なる場合を含めて、比露光量域、さらに、濃度域にわたる総合の MTF についても述べる。

6. 文 献

- 1) Arthur G. Haus, Robert E. Dickerson: Problems associated with simulated light sensitometry for low-crossover medical X-ray film, *Med. Phys.* **17** (4), 691-695, (1990).
- 2) 若松孝司, 伊藤慎三, 今出川和世, 他: スペクトル S/N 比を用いた検出能による総合画像評価の増感紙フィルム系への応用, *日放技学誌*, **40**(1), 20-27, (1984).