X線撮影における斜入効果と幾何学的不鋭

宮崎医科大学医学部附属病院放射線部

稲 津 博

(論文受付 昭和51年11月13日)

(Code No. 21123)

OBLIQUE INCIDENCE EFFECT AND GEOMETRIC
UNSHARPNESS IN RADIOGRAPH

By HIROSHI INATSU

Department of Radiology, Medical College
of Miyazaki

(Article received: Nov. 13, 1976)

Summary

In this study, the modulation transfer function (MTF) of oblique incidence effect and the MTF of geometric unsharpness were investigated. The MTF of oblique incidence effect is dependent upon the angle at which an X-ray beam is incident on a screen-film system, and the greater incidence angle get, the lower the MTF make. In addition, spurious resolution is produced at an angle of almost 20° .

The total MTF is the sum of MTF of recording system and MTF of geometric unsharpness.

The total MTFs of magnification factor 1.1 at an incidence angle of 30° and magnification factor 1.2 at an incidence angle perpendicular to the screen-film system were compared. These total MTF have approximately equal value with 1.3 mm focal spot employed.

However, if a focal spot smaller than 1.3 mm is employed, the total MTF of magnification factor 1.2 at an incidence angle perpendicular to the screen-film system is better than the total MTF of magnification factor 1.1 at an incidence angle of 30° .

1. 緒 言

人体のある部分のX線写真像を得ようとするとき、その目的、部位によって中心X線を screen-film 系に対して斜入させることがある。このような方法で作成されたX線写真像は、X線 film がある厚さを持ち、前後面2枚の増感紙によって像が形成されるため、中心X線を垂直に入射させて作成したX線写真像より鮮鋭度は劣化している。

X線斜入による影響は被写体に角度を持たせることによっておきかえることができる。

しかし、被写体に角度を持たせることで、必然的に被写体-film間距離が大きくなり拡大によるボケが生じる。X線斜入の方法と被写体に角度を持たせる方法はX線斜入効果と拡大効果の空間周波数特性によって比較することができる。

本論文では、X線斜入によるボケと拡大によるボケを比較検討し、その得失を論じる。

2. X線斜入による Screen-film 系のボケ

一般に医療用X線 film は支持体の両面に乳剤を塗布し、2枚の増感紙で挟んで使用する。このため、X線が斜入することによって増感紙には Front と Back に2つの像、film には Front と Back の2つの像が生じる。

Fig. 1(a), (b) はそれぞれ screen-film 系にX線が垂直および斜入するときの線像強度分布を示す。いま増感紙の線像強度分布および film の線像強度分布の Front 側および Back 側それぞれの和を $F_f(x)$, $F_b(x)$ とすれば全体の線像強度分布 $F(x)$ は、

$$F(x) = F_f(x) + F_b(x) \quad \dots\dots\dots(1)$$

となる¹⁾。

Fig. 1. Line spread functions by X-ray which enter perpendicular and oblique incidence to screen-film system.

3. X線管焦点の画像への影響

X線管焦点の画像への影響はX線管焦点の空間周波数特性で表現でき、多くの研究がある^{2)~4)}。X線管焦点への影響は幾何学的配置、画角特性などがあるがここでは幾何学的不鋭について考える。

幾何学的不鋭とX線管焦点の関係は簡単に考えるとつぎのようになる。

いま被写体拡大率を m とし、焦点-被写体間距離を a 、被写体-像面間距離を b とすれば、 $m=1+(b/a)$ となる。被写体拡大率 m のときの像面におけるX線管焦点の空間周波数特性は、焦点面における空間周波数特性の横

軸 (空間周波数) を b/a で割算することによって得られる⁴⁾。

4. 実験および結果

実験に使用したX線発生装置は単相全波整流、X線管は回転陽極、公称焦点寸法 1×1 mm を使用した。増感紙は CaWO_4 中感度増感紙、film は普通感度 film を使用した。

焦点-film 間距離は 200 cm とし、Cassette 前面に矩形波 chart を置いてX線を照射した。X線入射角度は 0° , 10° , 20° , 30° , 40° (cassette に垂直に入射するときを 0° とし、垂直軸からの傾きを表わす) とした。撮影された chart 像は Microdensitometer で走査し、film 濃度は有効露光量に変換して空間周波数特性 (MTF) を求めた。それぞれの入射角度による MTF を Fig. 2 に示す。

Fig. 2. The MTFs of oblique incidence effect.

- A) Incidence angle of 0° .
- B) Incidence angle of 10° .
- C) Incidence angle of 20° .
- D) Incidence angle of 30° .
- E) Incidence angle of 40° .

Fig. 3. Photograph of spurious resolution at a incidence angle of 40° .

入射角度が大きくなるにつれて screen-film 系の MTF は悪くなる。また 20° から偽解像が生じる。入射角 40° における偽解像のようすを Fig. 3 に示す。

実験に使用した公称 1×1 mm 焦点のそれぞれの幾何学的配置における不鋭を Fig. 4 に示す。Fig. 4 は X 線管短軸方向の特性を示し、測定は矩形波 chart 法で実測した。

Fig. 4 から拡大率が大きくなると急速 MTF が劣化することがわかる。矩形波 chart の線対が消える部分の線対の中から計算された本実験に使用した X 線管の実際の焦点寸法は約 1.3 mm である⁵⁾。

Fig. 4. MTFs of geometric unsharpness by focal spot employed at experiment. (Nominal focal spot size 1×1 mm)

5. 考 察

X 線が screen-film 系に対し斜入したときの線像強度分布 (LSF) の形状は入射角度、蛍光物質と X 線 film の厚さに依存する¹⁾。いま、入射角 30° の線像強度分布を

Fig. 5. X-ray intensity distribution in the case of X-ray entering obliquely into screen-film system at an angle of 30° .

(a)

(b)

Fig. 6. X-ray intensity distribution in the case of X-ray entering obliquely into front screen-film and back screen-film system respectively, and X-ray intensity distribution obtained from Equation 1.

調べると Fig. 5 に示すような形状を示す。

発光 peak (2つの山) の間隔は約 0.125 mm である。したがって、このことは約 0.216 mm 厚さの物質によって発光 peak が隔てられていることを幾何学的に示している。

この厚さはほぼ実験に使用した X 線 film の厚さに相当する。これらのことから最も重要な増感紙の発光部分は増感紙のごく表面 (film) に存在することがわかる。

Fig. 6 に入射角 30° で Front および Back 増感紙によって X 線 film 乳剤中に生じた LSF (Fig. 6 a) と、これを (1) 式によって合成して得られた分布を示す。実験は film の片面を黒紙でおおって Cassette に挿入し Slit 像を撮影する方法を用いた。したがって、Front 増感紙側の film 強度分布は Front 増感紙発光分布の中に含まれ、Back 増感紙側の film 強度分布が小さな Peak として現われている。Back 側増感紙に関しても同じである。

Fig. 6 において Front と Back を合成するときは Front と Back の線像強度分布が点線で示すような分布

X線撮影における斜入効果と幾何学的不鋭 (稲津)

になる。

X線斜入による鮮鋭度の悪化を防ぐためには、被写体に角度を持たせて screen-film 系にX線束を垂直に入射させればよい。

しかし被写体を傾斜させると一般に拡大率が増加して鮮鋭度は悪くなる。いま実験に用いたX線管を使用して焦点-film間距離100cmで撮影するときを考える。X線斜入撮影で目的部位はCassette面から9.1cm(拡大率1.1)、斜入効果を除くためX線を垂直に入射させると16.7cm(拡大率1.2)となると仮定する。この仮定はほぼTowne法で鞍背および内耳孔を観察することに相当する。このときscreen-film系と幾何学的状態だけを考え、他のすべての因子は両方法とも同一と仮定し、入射角度は 30° を例にとる。前述の系は直列な系であるから総合の系のMTFはそれぞれのMTFの積で表わされる。したがって、両系の総合のMTFはFig.7に示すようなものとなる。MTFは両系とも低周波ではほぼ同一の値を示すが、高周波になるにしたがって垂直入射した方が勝れている。また斜入による像の歪に関する点でも被写体に角度を持たせた方が勝れていると考えられる。焦点寸法、拡大率、入射角度それぞれが変化したときの空間周波数1.5 lines/mmにおける総合の系のMTFをFig.8に示す。

空間周波数1.5 lines/mmを選んだ理由は1.0 lines/mmではMTFがそれほど変化しなく、2.0 lines/mmでは入射角 40° でMTFが0となるためである。Fig.8から前述のような仮定するとき、焦点寸法が小さくなれば垂

Fig. 7. The comparison of the MTFs between the magnification factor 1.1 at an incidence angle of 30° and magnification factor 1.2 at an incidence angle perpendicular to the screen-film system.

Fig. 8. The relation of geometric conditions and focal spot size at 1.5 lines/mm.

直入射のX線写真の方がX線斜入X線写真より勝れていることがわかる。また、0.5 mm 焦点において入射角 30° 、拡大率1.1で撮影する方法より垂直入射、拡大率1.4の方が良い結果を示す。反対に2 mm 焦点では垂直入射、拡大率1.2では悪い結果を示す。

このことはX線管焦点寸法によって入射X線に角度を持たせるか、被写体に角度を持たせるかを決定すべきであることを示している。Fig.8における焦点のMTFは表示された焦点寸法を持つ矩形波と仮定して計算した値である。

6. 結 語

前述のようにX線写真の鮮鋭度は入射角度、焦点寸法、拡大率など幾何学的状態によって変化する。現在のX線写真撮影法の大部分は古くから用いられているものである。

したがって幾何学的条件もかなり悪かったことと思われる。しかし現在では高感度 system が開発され、3倍回転X線管も使用されるようになり比較的良好な幾何学的条件で撮影することが可能となった。したがって5項で述べたように入射角度によっては垂直入射X線写真の方が鮮鋭度として勝れているときがある。このことは機器の進歩を考慮した撮影法の再検討が必要であることを示している。

本研究の遂行にあたり終始御指導をいただいた岐阜大学工学部教授、内田勝博士に深く感謝致します。

文 献

- 1) 内田 勝: 断層撮影像のボケのフーリエ解析, 応用物理, 35, 10, 1966.

昭和 52 年 3 月

日本放射線技術学会雑誌

- 2) 内田 勝: X線管焦点のX線強度分布のフーリエ解析, 34, 2, 1965.
- 3) 土井邦雄: X線撮影系のレスポンス関数(II) X線管焦点, 放射線像の研究, 第1巻.
- 4) 金森仁志: X線管焦点のレスポンス関数, 放射線像の研究, 第1巻.
- 5) 稲津 博他: X線管焦点寸法の管電流による変化, 日放技学会誌, 29, 3, 1973.

……1/sec 8枚遂に完成……

高速度連続撮影装置 AG-8

ロールフィルム式

血管像造影撮影装置について研究開発を続けていたが、此度心血管用として超高速の撮影機を開発致しました。

最高撮影速度	1群	1/sec	8枚	最大曝射時間	0.03
	2群	"	6枚	"	0.05
	3群	"	4枚	"	0.08
	4群	"	3枚	"	0.1
	5群	"	2枚	"	0.15
	6群	"	1枚	"	0.15
	7群	1/2/sec	1枚	"	0.15
	8群	1/3/sec	1枚	"	0.15
	9群	1/5/sec	1枚	"	0.15

- 各群共1/sec 1/5枚～8枚迄選択出来ます。
- 各撮影グループのスピードチェンジは自動的に行えます。
- ロールフィルム20m収用(305×354-60枚)
- 撮影フィルムの途中カット自由

AG-8B(パイプレン)

(カタログ贈呈)

株式
会社

マツキ製作所

東京都渋谷区代々木3-13-10
〒151 TEL 379-1178(代)