

第 6 編 間接撮影法及び光学系

第 1 章 解 説

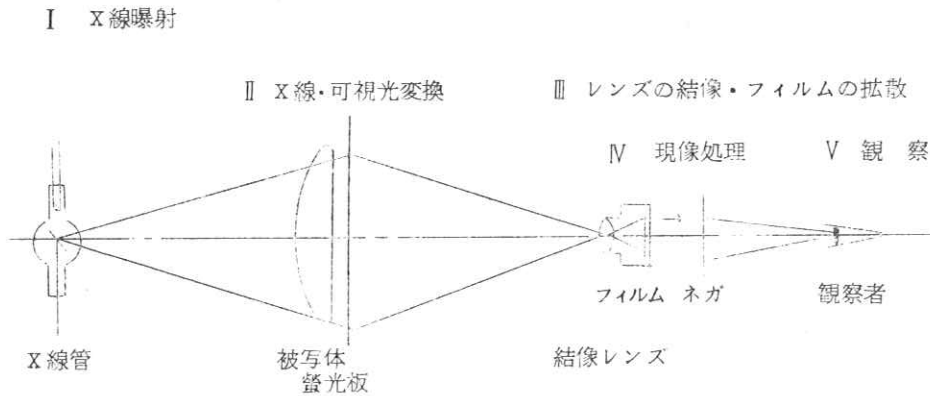
(1 - 2)
(4 - 3)

伊 藤 宏 1 頁

第 6 編 間 接 撮 影 法 及 び 光 学 系

X線間接撮影系における画像伝達の総合特性を明かにし、診断価値の高い結果を得る手段を解明するためには、間接撮影の各プロセスについて、情報理論的な立場にたった合理的な取扱いをする必要がある。

良く知られている様に、X線間接撮影系のプロセスを図示すれば第1図のように5つのプロセスがカスケードにつながったものと見ることが出来る。



第1図 X線間接撮影系のプロセス

第Iは管球によるX線曝射、第IIは螢光板によるX線強度分布から可視光強度分布への変換、第IIIは撮影レンズによる縮小結像及びフィルム乳剤中での光強度分布、第IVは現像による像記録、第Vは観察による評価である。

これらのプロセスを被検者である人体の情報源(病気による変化)から発せられたX線の3次元情報が各プロセスを構成する各回路によりどの様に伝達され、又変換されていくかを情報論的立場から概観してみると、第1表のようになる。

表の第2列に記載されているのは、情報伝達を強度で考えた際の直線性、非直線性を明示したもので、直線関係で結ばれている限りでは周波数空間で考えて各回路の周波数特性の積によって情報伝達の結果が得られるという極めて有利な取扱いが可能となるが、非直線の場合は歪を生じこの様な取扱いをする訳にはいかない。この場合にはそれぞれの条件に応じた直線性を近似するか、又は直線関係の成立つ変数に変換した上で取扱いが必要があり何れにしても複雑になる事はまぬがれ得ない。(之等の問題については各論の関連資料を参照されたい)

表第3列には情報量を減ずる原因となる要素と、その際雑音と見なされる不規則な変動の要素とが示され

伝達プロセス及情報の形態	信号の変化及直線性	情報劣化要素
(情報源) 被写体の空間的分布 第Ⅰプロセス; X線曝射 X線強度空間分布	厚み分布 → コントラスト 非直線性	1. 被写体の運動。(速度, 照射時間) 2. X線管焦点によるぼけ。(大きさ, 角度, 位置, 電流) 3. 2次X線(管電圧, 物質分布, グリッド)
第Ⅱプロセス; X線・可視光変換 光強度平面分布(蛍光板)	X線強度分布 → 光強度 直線性	1. 蛍光板のぼけ(感度) 2. X線量子効果(強度, 時間) 3. 蛍光板粒状(感度)
第Ⅲプロセス; レンズの結像・フィルム拡散 光強度平面分布(フィルム)	光強度 → 光強度 直線性	1. レンズによるぼけ(収差, 回折) 2. フィルムによるぼけ(散乱, 回折, ハレーション)
(記録) 第Ⅳプロセス; 現像処理 濃度平面分布(ネガ)	光強度 → 写真濃度 非直線性	1. 現像効果(薬品, かくはん) 2. 写真粒状(感度, 現像, 濃度)
(観察) 第Ⅴプロセス; 観察 視覚的対比	写真濃度 → 視覚対比 非直線性	1. 眼のぼけ(濃度, シャーカステン輝度倍率)

第1表 間接撮影系での情報伝達

ている。

間接撮影系の総合特性を考える際は、之等要素間のバランスを考えた上での性能向上をはかる必要がある訳である。X線間接撮影を考える際、直接撮影と著しく異なる点は蛍光像を縮小するための光学系を用いることにあり、他の回路要素については基本的に変わる所がないのでそれらについては本書の各論でそれぞれの解説がなされている筈である。従って以下主として像伝送系としての光学系について若干の解説を行おう。

写真レンズは良く知られているように直線性をもつ空間周波数の低域フィルターであり、この点では一般写真レンズと本質的に異なる所はないが、使用目的が明確であるだけにそれに応じた特性が与えられている。一般写真レンズと異った点をあげれば、

1. 2次元空間の像(蛍光像)を2次元空間に伝達する。

一般写真レンズは普通3次元空間の被写体を対象とするのでO.T.F.を考えるのにアウトフォーカスのみでなくこの前後の空間に対するO.T.F.(アウトフォーカスにおけるO.T.F.)を考える必要があるが、X線の場合被写体は蛍光板という平面の像を伝送するのであるからその場合での2次元的O.T.F.を考慮すれば充分である。

2. 特定倍率の撮影を行う。

例えば $40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ 蛍光板の像を 70 mm 判フィルム ($64\text{ mm} \times 64\text{ mm}$) に撮影するには、倍率 $M = 1/6.4$ となる。これはいわゆる接写に類するものでこの条件で良好な像伝達特性を持たねばならぬ。普通レンズの O. T. F. は像面における周波数特性で示されるが、全系を考える時は蛍光板上での周波数特性に換算することがおこる、即ち像面上 W なる周波数での利得は蛍光面上では MW なる周波数に対応する。

今蛍光板上に正弦的な強度分布があるとすると、その強度最大と最小の値を $I_{\text{max.}}$ 、 $I_{\text{min.}}$ とした時、コントラストは、 $(I_{\text{max.}} - I_{\text{min.}}) / (I_{\text{max.}} + I_{\text{min.}})$ で与えられる。即ち最高最低の強度差を平均強度で除した値である。此処に言うコントラストとは対比の意味であるが之に対し、感光乳剤関係でも対照度を同じくコントラストと呼ぶことがあるので注意を要する。この場合は、相隣るフィルム面上での入射光の強度を $I_{\text{max.}}$ 、 $I_{\text{min.}}$ とすると対照度 $\Delta D = \gamma (\log I_{\text{max.}} - \log I_{\text{min.}})$ で示される。即ち相隣る2点の濃度差を言う。さて間接撮影では元来低コントラストの像を伝送するわけであるのでレンズによる利得の低下は必要周波数範囲で極力さける必要がある。従って理想的には第2図の様な O. T. F. が望ましい。しかしこれはコヒーレントな照明以外不可能である。

3. 極めて明るいレンズ。

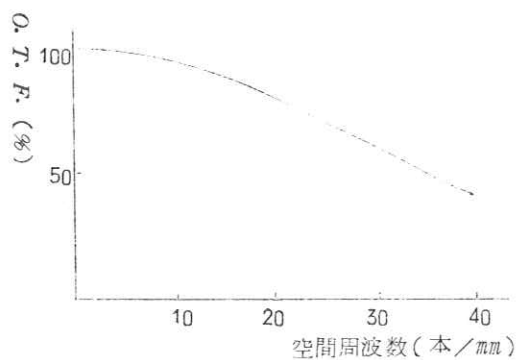
X線被曝量の軽減が極めて重要な条件となって来た。従って極力明るいレンズが必要である。屈折レンズ系としては $F1.4$ 級レンズも使用されているが、ミラーを用いた $F0.6$ 級の極めて明るいレンズが一般的になってきた。

以上の諸条件は X線間接撮影用レンズが、一般写真レンズに比べて極めて厳しい条件を満す必要があることを示している。

良く知られている様にレンズの O. T. F. は第3図の様に与えられる。このカーブは X線間接撮影用 $65\text{ mm} F1.4$ レンズの画面中心での O. T. F. を示すものであり、横軸は周波数、縦軸はその利得 (伝送能力) を示している。更に画面周辺における O. T. F. は画面中心の O. T. F. とは一般に可成り異ったものである。また周辺部においては方向によって特性の違いを生ずる、従って普通面中心からの放射線方向とそれに直角な方向との2方向に対する利得を示す様になっているが、更に中心部と違い各周波数に対する位相のズレが生ずるものである。即ちレンズの非対称収差のために利得が減るのみでなく、各周波数に対する像の位置がズレてボケの原因となる現象が生ずる。



第2図 理想的な O. T. F.



第3図 X線間接撮影用 $65\text{ mm} F1.4$ 画面中心での O. T. F. (計算値) e 線

従って O. T. F. としては周波数利得を示す曲線と、位相ズレを示す曲線とによって表示する必要がある。第4図は前例のレンズにおける画面中心から10mmの位置の放射線方向、接線方向に対する O. T. F. カーブを利得と位相差によって示した例である。

さて、このような O. T. F. のカーブから、われわれの目的に妥当であるレンズか否かを判断することはやはり簡単ではない。それには前にも述べたように全系としてバランスした特性を持っているかを知る必要があるからである。しかしそれにしても何らかの単一の評価基準で O. T. F. カーブを調べる事が出来れば便利である。O. T. F. カーブの評価については色々な研究がなされているが此処では比較的的理解し易い2つの評価手段を述べることにする。

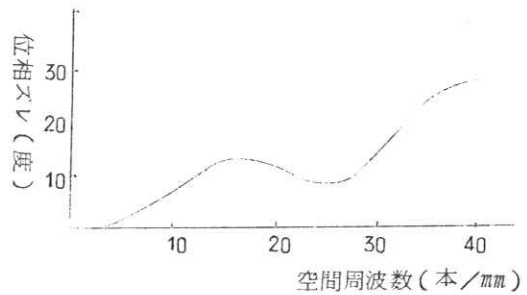
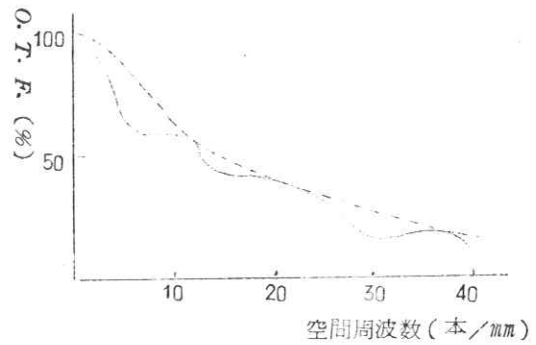
(第5図)

1. 特定周波数での利得による評価法。
2. Sproson の評価法。

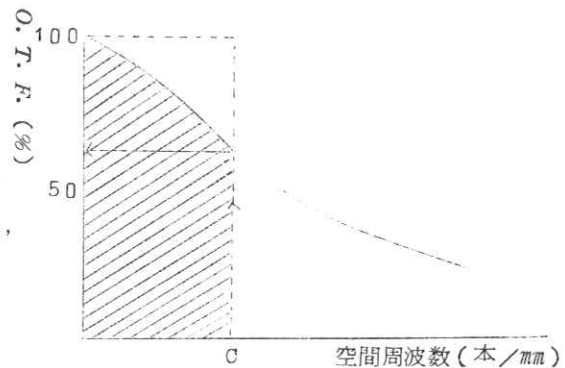
第1の方法は特定周波数の利得を評価基準とするものである。先にも述べた様に写真レンズは一般に零周波数から高周波数に行くに従って、次第にダラダラと利得が低下する特性をもつのが普通である。一方一般に系全体の総合利得はガウス曲線に近いものと考えられているが、螢光面上での或る特定周波数C、例えば 2本/mm においては既に可成りの利得低下が見られるものである。従って写真レンズとしては、この周波数までで利得の低下がなければ総合性能での劣化は先ずないと考えてよい。従ってその様な特定周波数に対しての利得の程度をレンズ評価の基準にしようとするのが第1案である。

これに対して Sproson の評価法は、上に述べた様な特定周波数迄の O. T. F. 利得曲線の面積が、全く利得低下のない場合に比べて何%あるかによって評価する方法である。この方法は古来定評のあるレンズ評価値 Strehl Definition の拡張した概念として支持する者が多い方法である。

以上間接撮影レンズを空間周波数低域フィルターとして、主として利得の面から考えたものであるが、



第4図 X線間接撮影用65mmF1.4画面中心より10mmの位置のO. T. F. と位相ズレ。(計算値)
e線



第5図 評価基準の例

O. T. F. 総合性能を見るには位相の様子も調べる必要がある。しかし位相ズレに対する一般的評価法はまだ充分議論されていないが、勿論必要各周波数範囲でズレのないのが望ましい。尚、光学系の総合性能評価としては O. T. F. 以外に周辺光量の低下の模様を問題にする必要もおこるが、TV レンズの場合ほどこれについての検討はなされていない。又、情報量の劣化に著しい影響を与えるフィルム乳剤や蛍光板の粒状性に類した noise の問題に関しては光学系は持たないと考えてよい。もっともレンズ鏡筒の不整反射等これにぞくする概念もあるにはあるが、これは極く低い周波数利得に軽微な影響を持つのみで先ず考慮する必要はないであろう。

以上は 1-2 レンズを含んだ像伝送系の一評価法 佐柳和男

4-3 間接撮影系での情報伝達と変換 佐柳和男 土井邦雄

の講演内容につき概説したものである。

