

200X年 国家試験問題

フーリエ変換について誤っているのはどれか.

1. 奇関数をフーリエ変換した結果は複素数となる
2. 実領域での畳込みは周波数領域では掛け算で実行できる
3. 高速フーリエ変換はデータ数を2のべき乗にする必要がある
4. 2次元フーリエ変換は1次元フーリエ変換を分けて実行できる
5. フーリエ変換のゼロ周波数成分は実領域の関数の原点における値に等しい

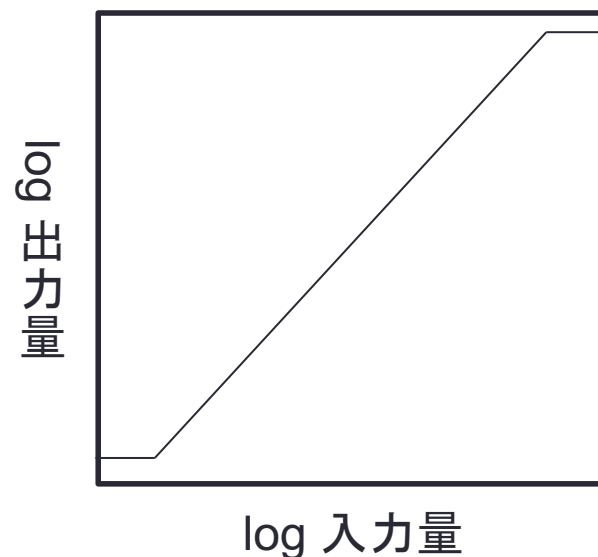
200X年 国家試験問題

画像のデジタル化で誤っているのはどれか.

1. 標本化定理を満たすとエイリアシングが発生する
2. ナイキスト周波数は標本化間隔に依存する
3. 階調数が多いと量子化誤差は小さい
4. 標本化のあとに量子化を行う
5. データ量は画素数に比例する

入出力特性

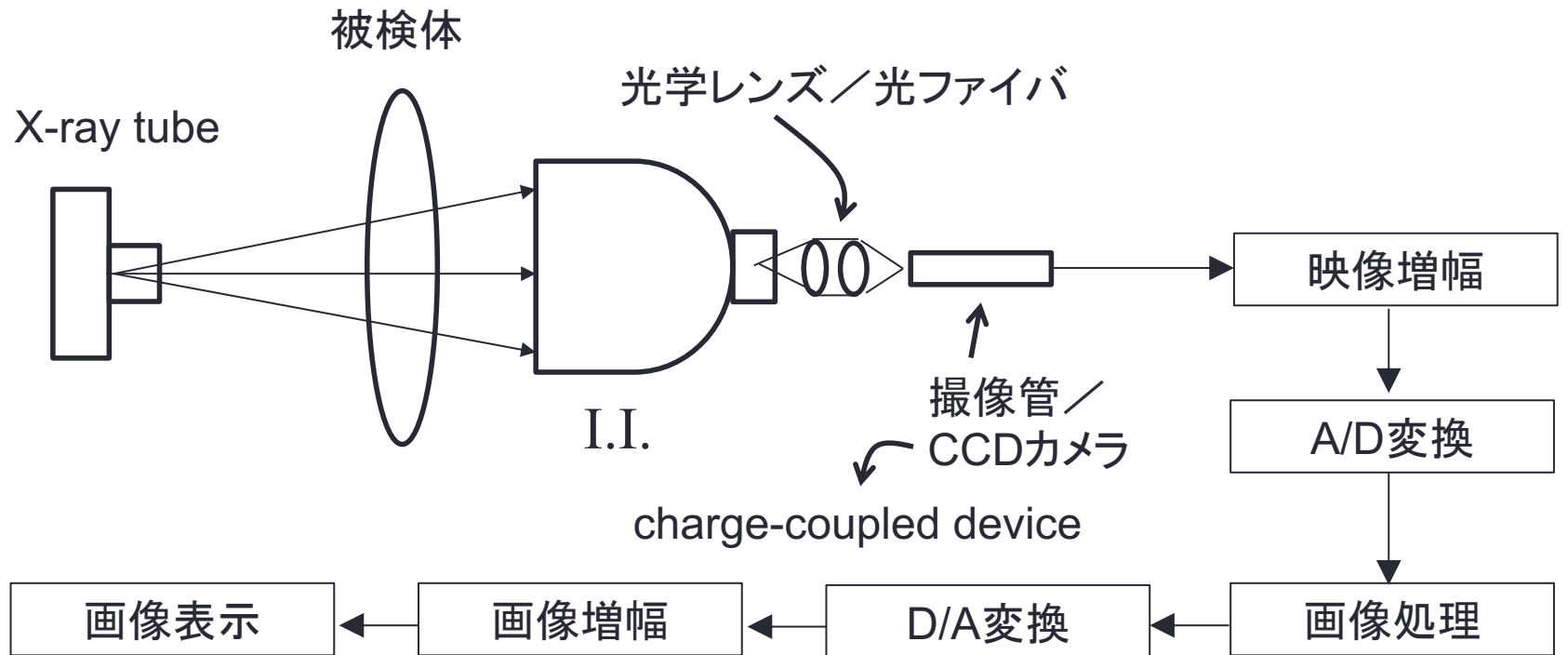
システム全体, または, システムの各構成要素における
_____を表
すもので, 階調特性と呼ぶ
こともある



入出力特性は, 通常, _____にとり,
_____を縦軸にとってプロットする. 入出力
特性は, 画質特性の1つにすぎないが, 最も基本
的な特性である.

- flat panel detector: FPD
 - 輝尽性蛍光体をX線検出器に用いたCR
 - X線CT (computed tomography)
- computed radiography
- DRと区別して
CR, CTとそれ
ぞれ呼ばれる
ことが多い

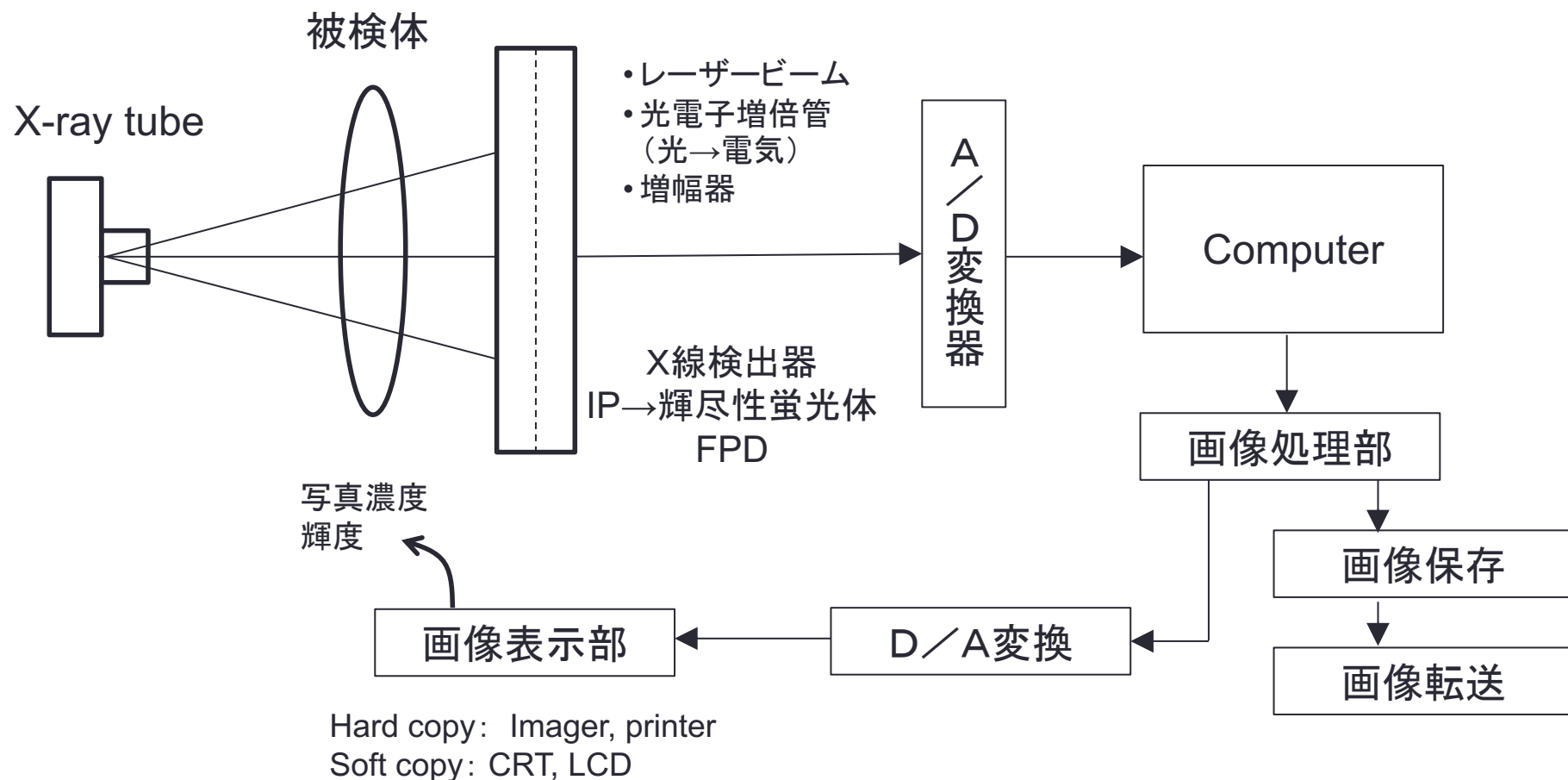
X線TV系の構成概略



_____/CRTなど
↓
cathode ray tube
陰極線管（ブラウン管）

透過したX線は、I.I.（イメージインテンシファイア）によって発光する。撮像管とCCDカメラで電気信号に変換し、A/D変換器でデジタル化する。

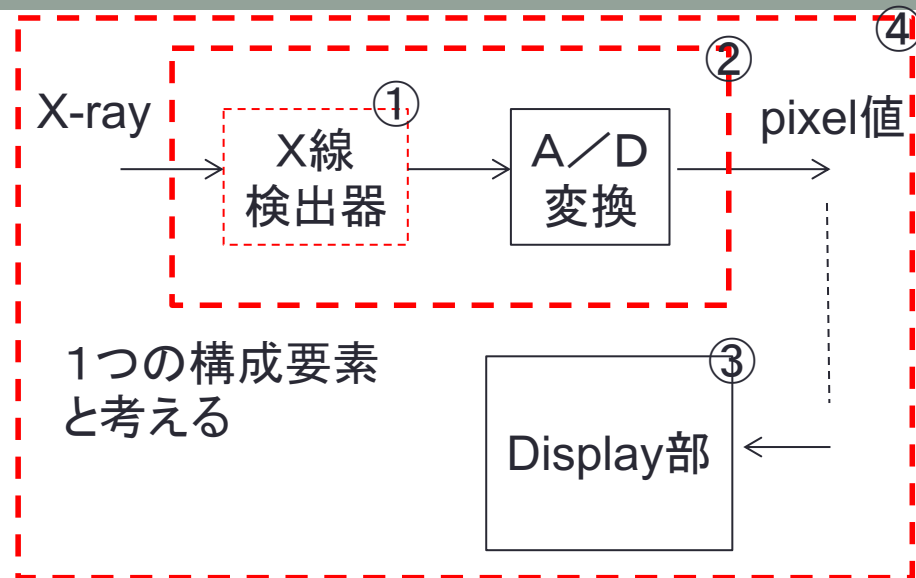
デジタルX線画像システムの構成概略



① _____ の特性曲線
(_____ vs. _____)



② _____ 特性曲線
(_____ vs. _____)



③ _____ の特性曲線
(_____ vs. _____)



④ _____ 特性曲線
(_____ vs. _____)

Ⅱ 象限: _____

Ⅰ 象限:

3.0

2.0

1.0

1023

511

0

1.0

2.0

3.0

0

1.0

2.0

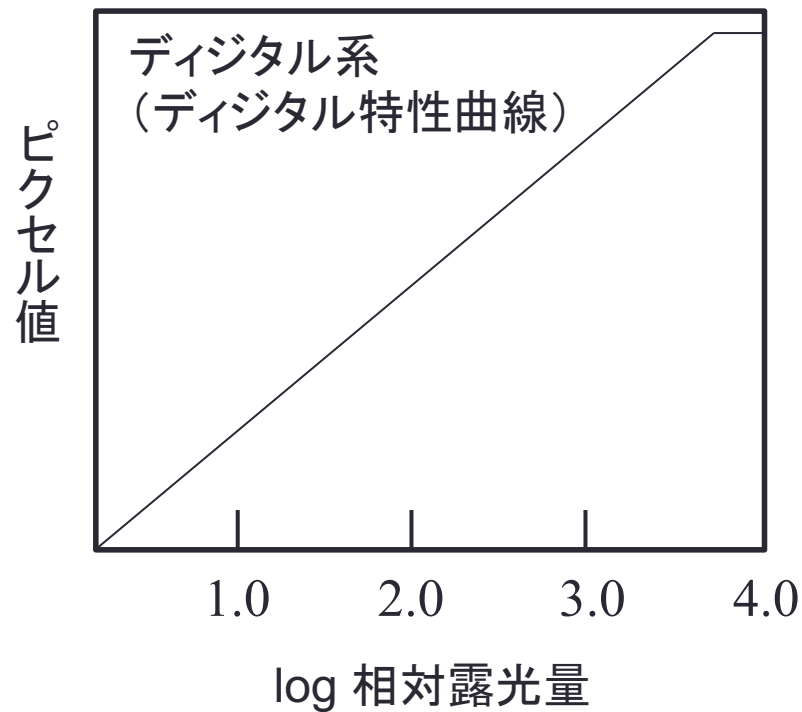
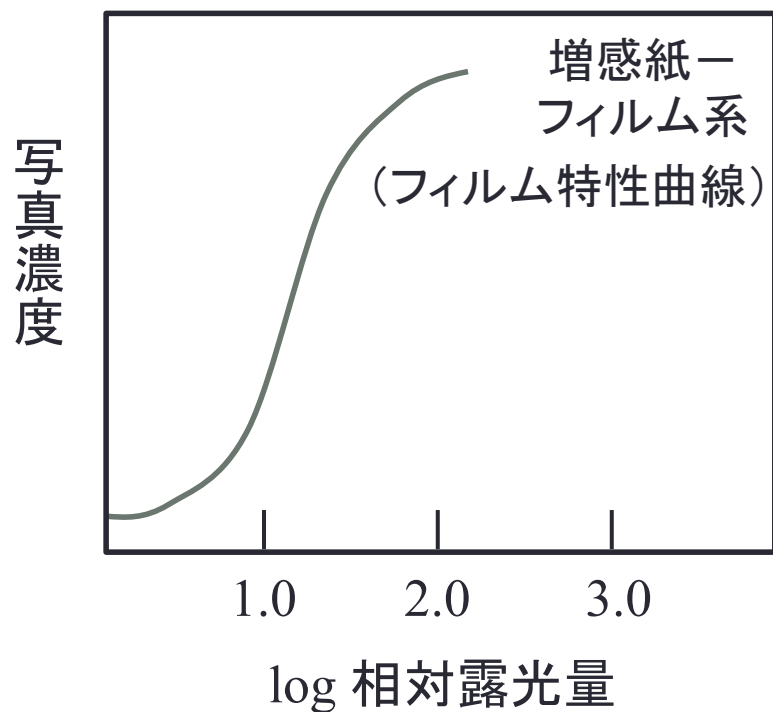
Ⅲ 象限:

3.0

Ⅳ 象限:

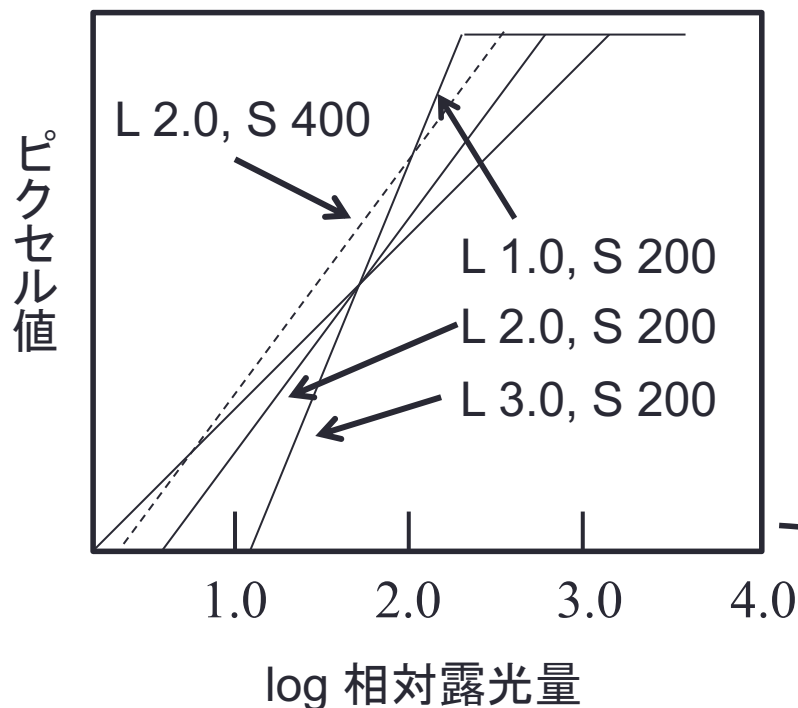
ダイナミックレンジ

Dynamic range:



デジタル特性曲線

X線検出器から信号増幅系, A/D変換器などの特性を含んでいることから, デジタル画像システム固有の_____といえる.



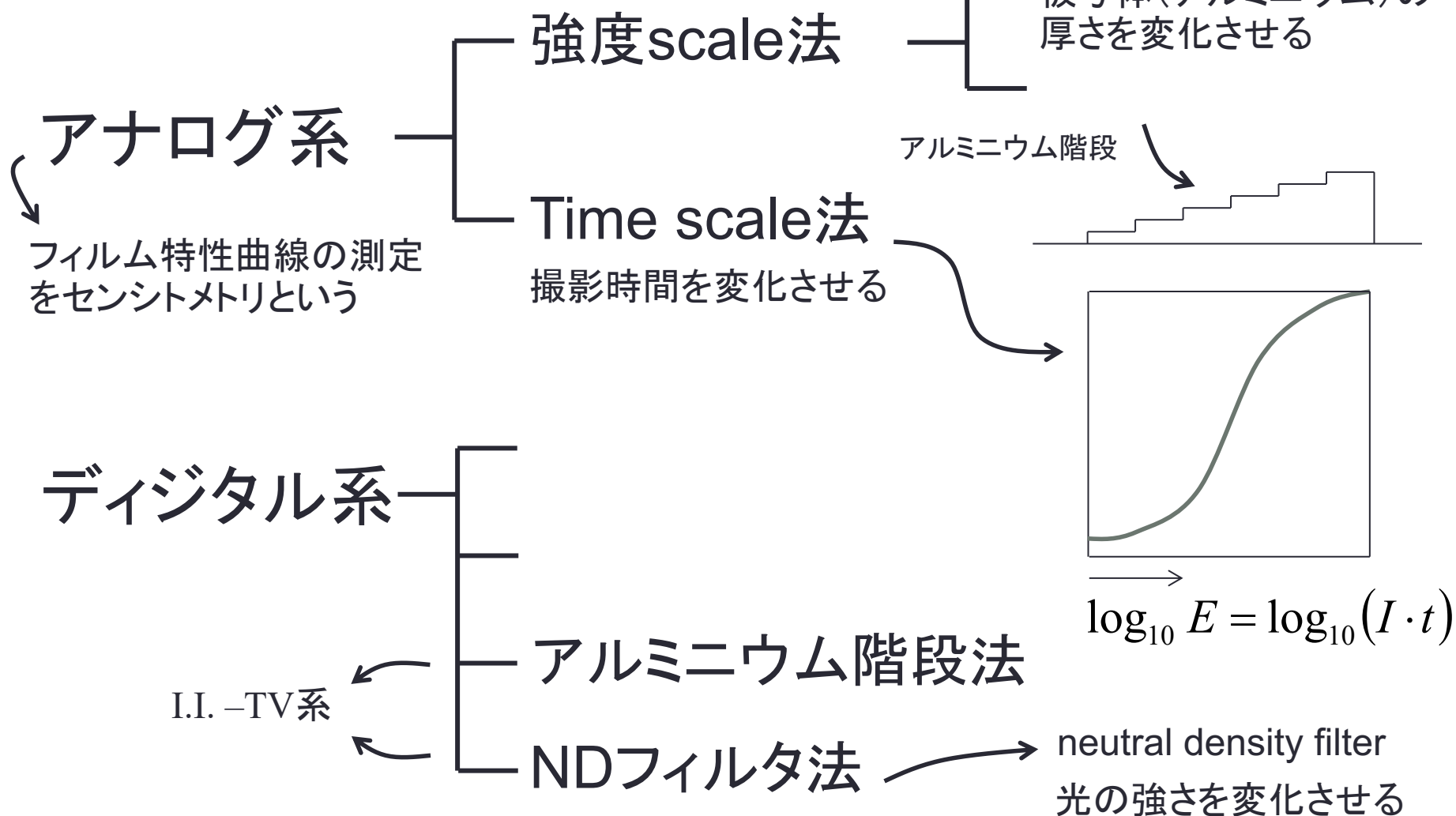
デジタル特性曲線は, 画質の評価に重要な特性のひとつである. _____,

_____を測定する際に, ピクセル値から _____ への変換(有効露光量変換)に用いる.

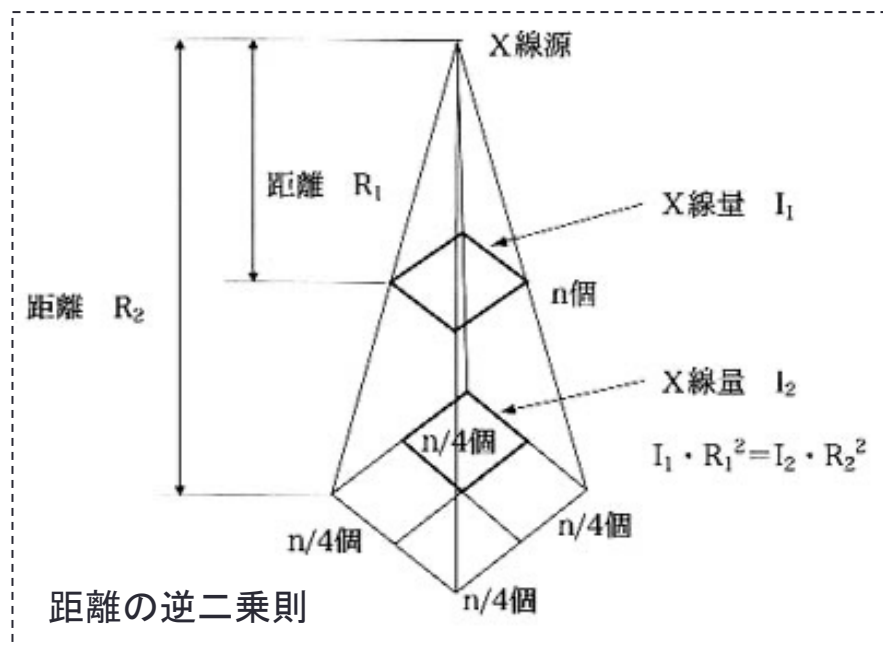
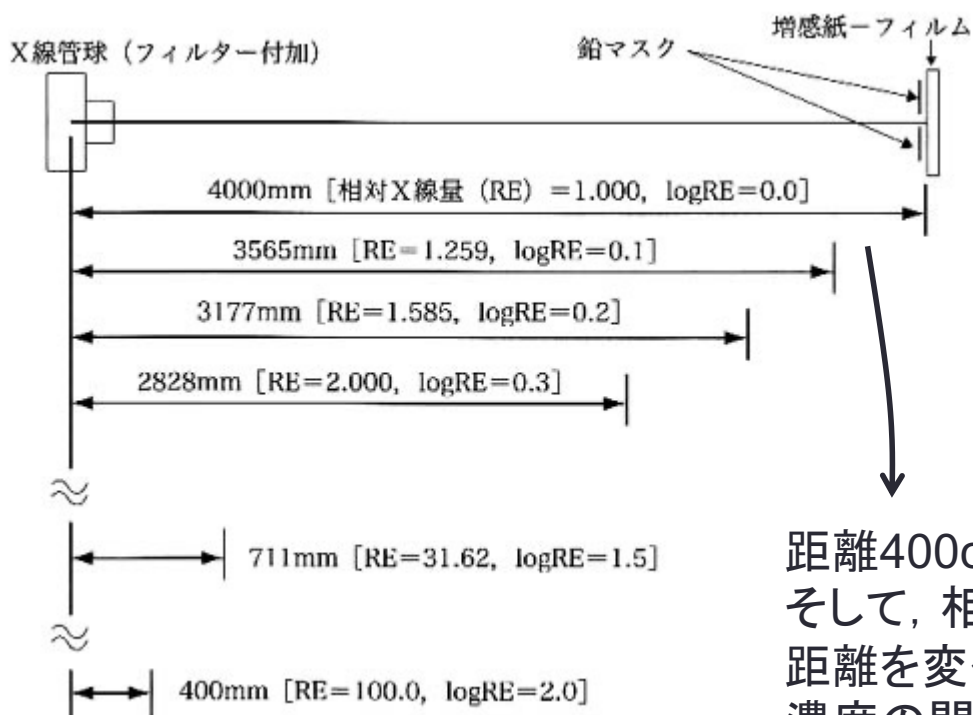
L値: ダイナミックレンジ
S値: 感度

log 相対X線量

特性曲線の測定法



距離法



距離400cmを基準として相対X線量を表現している。そして、相対X線量を対数で0.1ずつ変化するように距離を変化させて(21回露光させる), X線量と写真濃度の関係を測定している。

距離の算出計算例:

距離4000mmのときを基準する(相対X線量 $RE=1.000$, $\log_{10} RE=0.0$). そして、相対X線量の対数($\log_{10} RE$)を0.1変化させたとき、つまり $\log_{10} RE=0.1$ のときの相対X線量は $RE=1.259$ となる。ここで_____に当てはめると

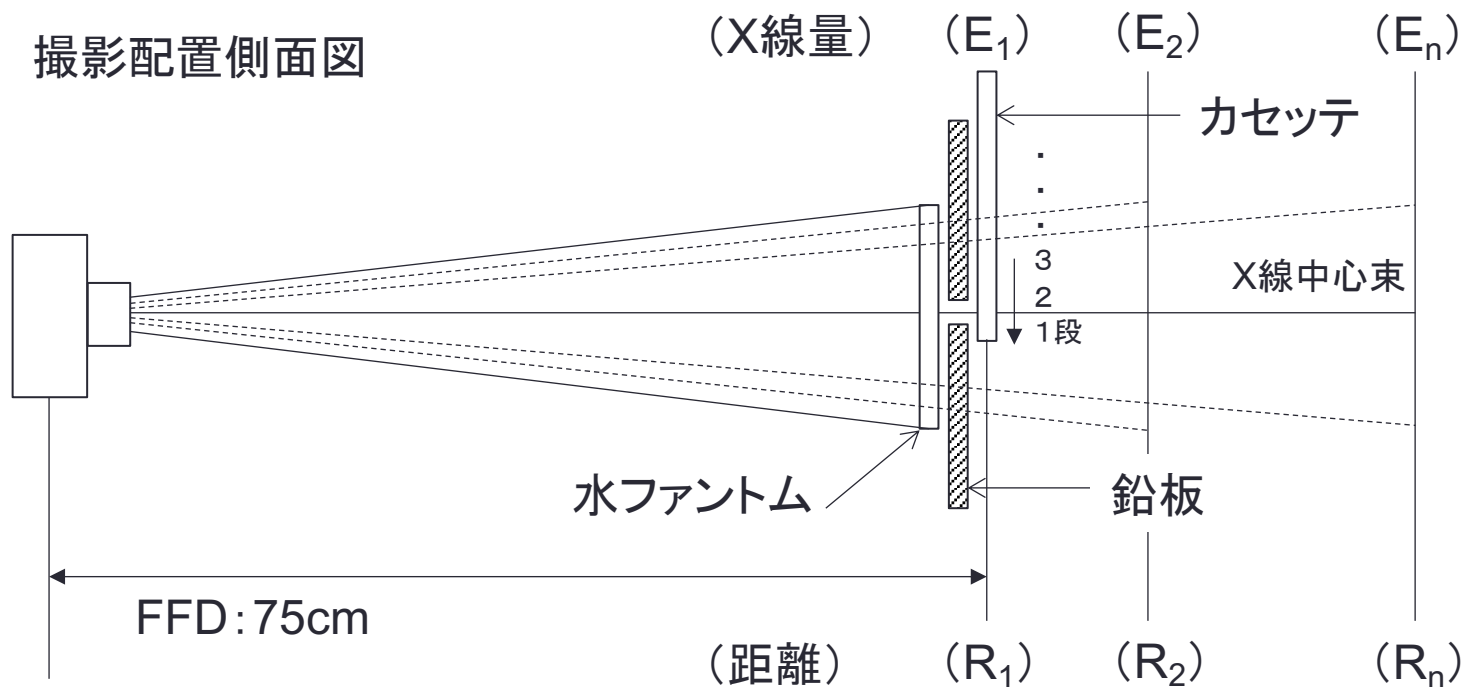
$$1.000 \times 4000 \times 4000 = 1.259 \times x \times x$$

$$x = 0.8912 \times 4000 = 3565$$

利点:

欠点:

距離法による測定手順¹



- ① 段数間の露光量差(対数表示で $\Delta \log RE$)を決め, これから露光量比(E_1/E_2)を求め, 次に各段数のFFD(focus film distance)を“距離の逆二乗則”によって求める.

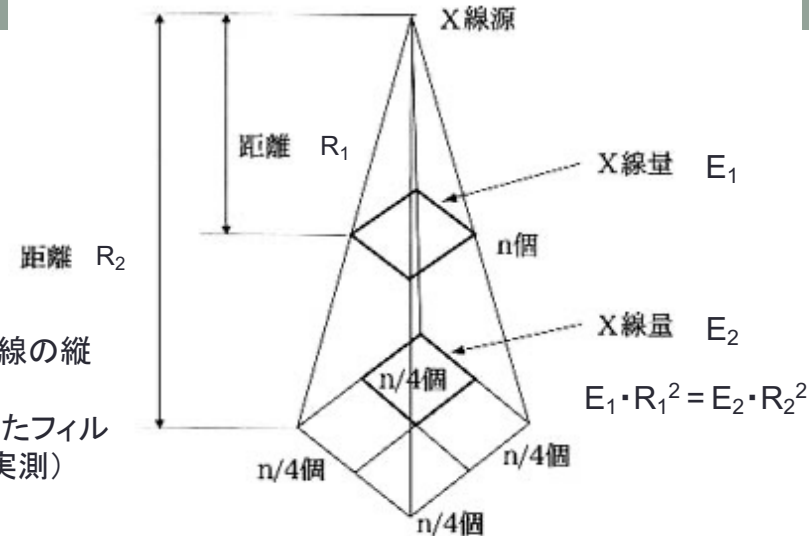
距離 (FFD) の計算例

例1 $\Delta \log RE = 0.15$ の場合

↙ H&D曲線の横軸

段数	距離 (cm)	強度 (倍)	相対強度	濃度
1	75.0	125.89		
2	89.1	89.12		
3	105.9	63.09		
4	125.9	44.67		
5	149.6	31.62		
6	177.9	23.39		
7	211.4	15.85		
8	251.2	11.22		
9	298.6	7.94		
10	354.9	5.62		
11	421.8	3.98		
12	501/3	2.82	0.45	
13	595.8	2.00	0.30	
14	708.1	1.41	0.15	
15	841.5	1.00	0	

↖ H&D曲線の縦軸
(露光したフィルムから実測)



$\Delta \log RE = 0.15$ とすると,

$$\Delta \log RE = \log E_1 - \log E_2 = \log(E_1/E_2) = 0.15$$

したがって, $E_1/E_2 = 10^{0.15} = 1.4125$

一方, 距離の逆二乗則から

$$E_1/E_2 = R_2^2/R_1^2 = 1.4125$$

$R_1 = 75 \text{ cm}$ とすると, $R_2^2/75^2 = 1.4125$

$$R_2 = \sqrt{75^2 \times 1.4125} = 89.1(\text{cm})$$

露光段数を11段とする, R_{11} は

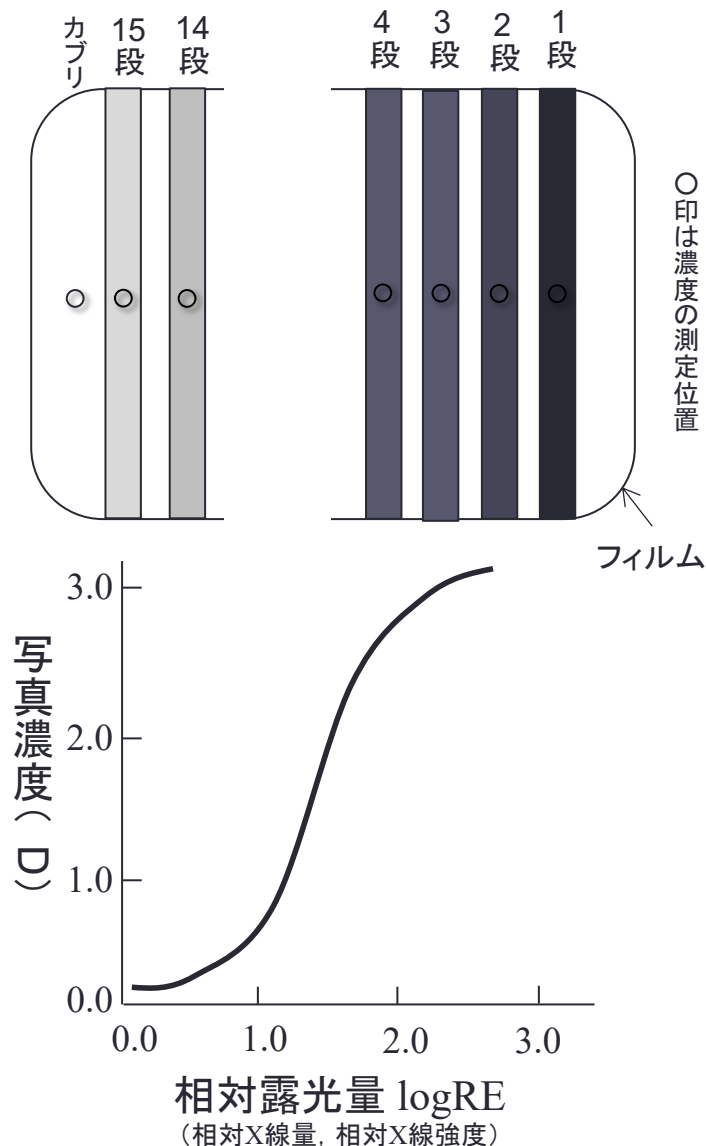
$\log E_{11} = (0.15 \times 10) = 1.5$ したがって, $E_{11} = 31.62$

$$R_{11}^2/75^2 = 31.62$$

$$R_{11} = \sqrt{75^2 \times 31.6} = 421.8(\text{cm})$$

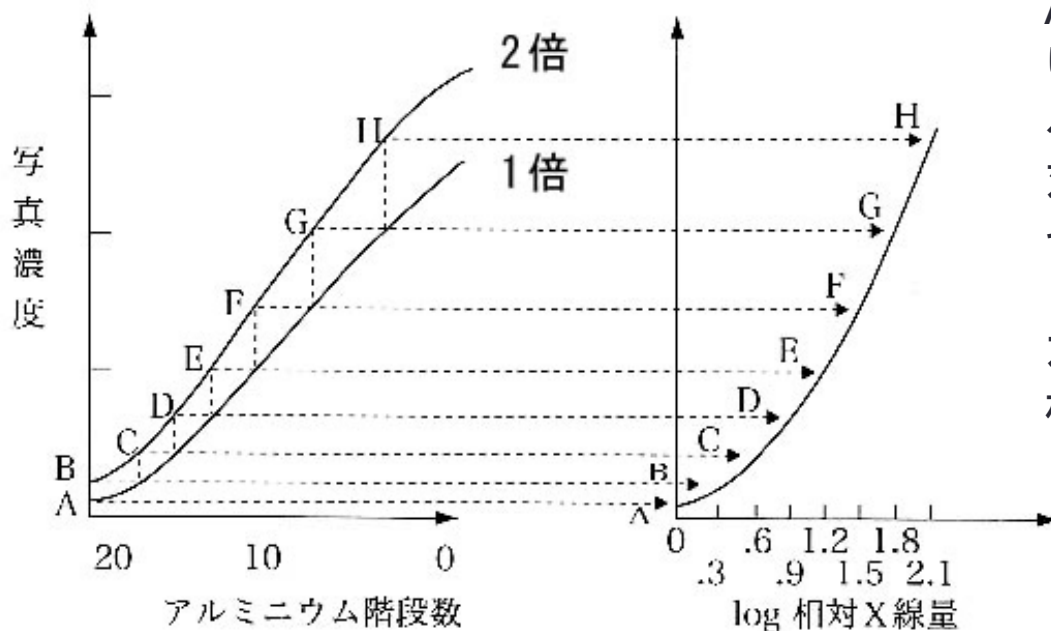
距離法による測定手順²

- ②カセット，鉛板，水ファントムを配置し，
X線中心束をスリット中心に合わせ，
逐次距離とカセットを移動させて露光
する
- ③全段の露光が終わったら，測定試料を
同時現像し，カブリから各段の濃度を
確定する
- ④グラフ用紙の縦軸に濃度Dを，横軸に相
対X線強度（相対露光量）を目盛間隔
を等しくとり，カブリを短くバーに示し，
わずかに離れた位置に最多段の濃度
を，次に $\Delta \log RE$ ずつ離れた位置に各
段濃度をプロットし，特性曲線を作る



ブーツストラップ法

アルミニウム階段を1倍とN倍のX線量で撮影し，得られた写真濃度の分布曲線をつなぎ合わせることで，フィルム特性曲線を得る。



Nを2とした(2倍)ときの例

AからHまでの写真濃度を順に読み取り，それらを特性曲線の縦軸の値とする。そして，特性曲線の横軸である相対X線量の間隔は，Nによって変わり，その間隔は $\log_{10}N$ で求められる。

左図では， $\log_{10}2=0.3$ であることから，横軸の相対X線量の間隔は0.3となる。

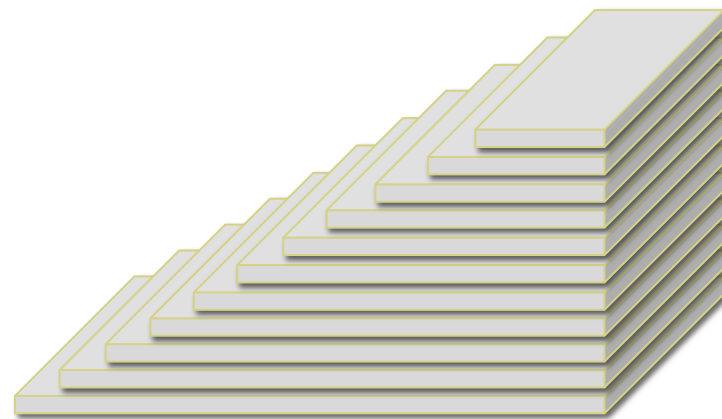
利点：

欠点：誤差の因子が多い

- ・ _____ の誤差
- ・ _____ の影響
- ・ _____ の変化

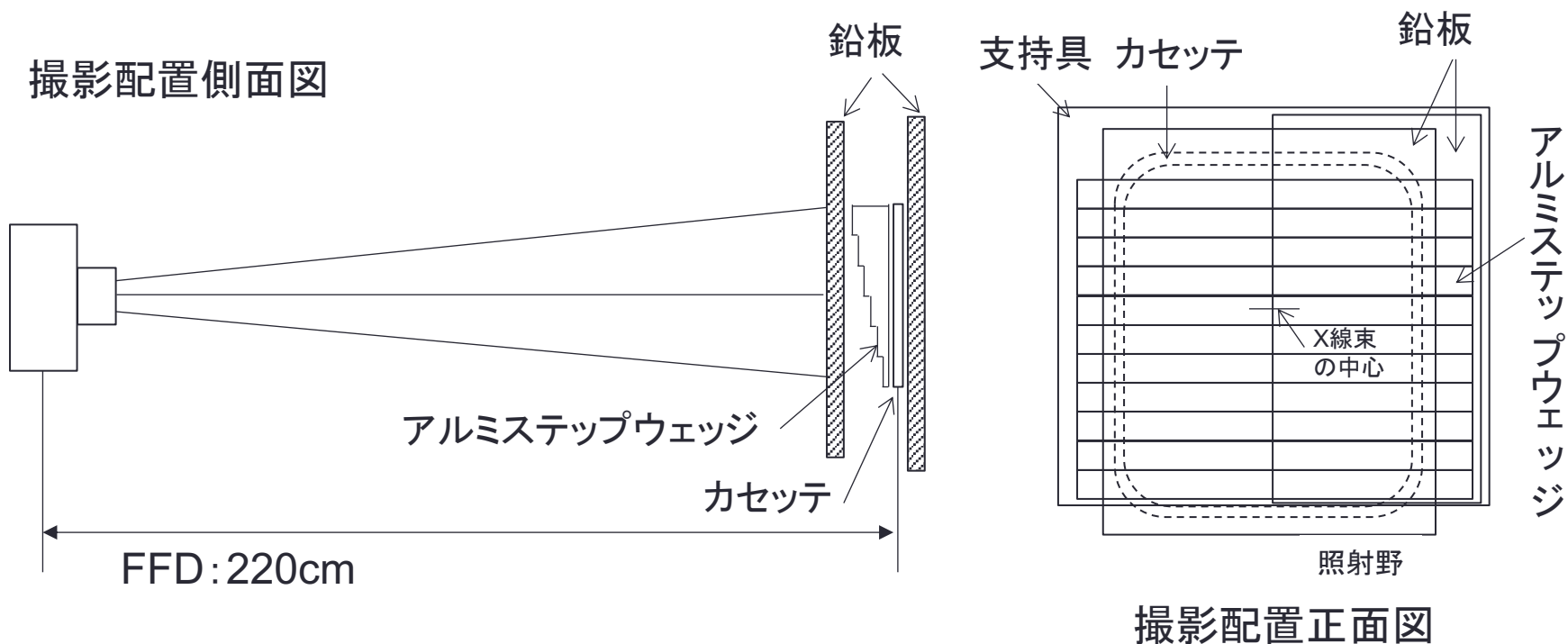
ブーツストラップ (boot strap) 法

- アルミステップウェッジを使い、露光量をそれぞれのステップで2倍にした時の濃度変化を順次作図より求める方法である.
- この方法は、ステップウェッジの厚みがステップにより異なるため透過X線の線質が変化するので、蛍光体の種類によってX線吸収率が変わってくる.
- これにより増感紙の輝度が変わるため、増感紙が一定でフィルムの感度比較をする場合に利用できる.
- 露光方法が簡単で場所も取らないので簡便法としてよく利用される.
- 線質が変化するので、線質の変化しない距離法の特性曲線と形状が異なる.
- 一般的に足部が出て、高濃度部がやや低くなる傾向がある.
- 測定法が異なる場合の特性曲線やデータは、そのまま比較できない.
- アルミステップウェッジから発生する散乱X線の影響を受ける.



アルミステップウェッジ

ブーツストラップ法による測定手順¹



- ① X線管に対しカセット, アルミステップウェッジ, 鉛板を上図のように配置する

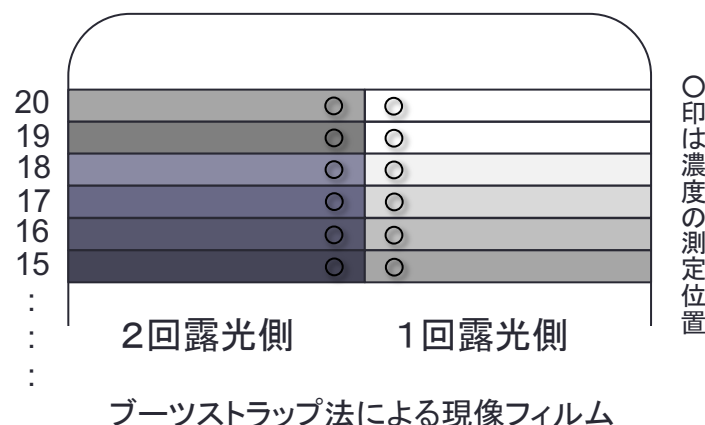
ブーツストラップ法による測定手順²

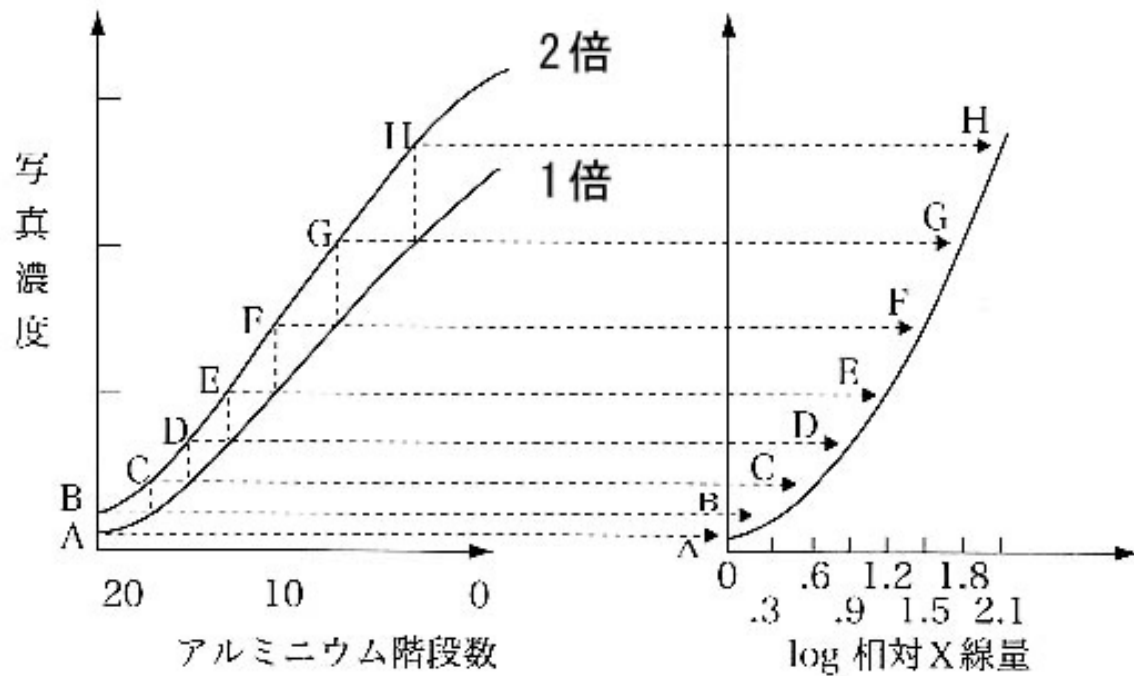
②ウェッジの最も厚い部分の濃度がカブリから0.2程度になるような条件で、鉛板をウェッジに半分かけたまま1回露光する。次に鉛板を除き同条件でもう一度露光する。

③試験試料は即時現像した後、1回露光、2回露光とも境界内側近くの位置の濃度を測定する。

④グラフ用紙の横軸の左側から等間隔に20段から1段までを記入し、1回露光および2回露光の濃度値を

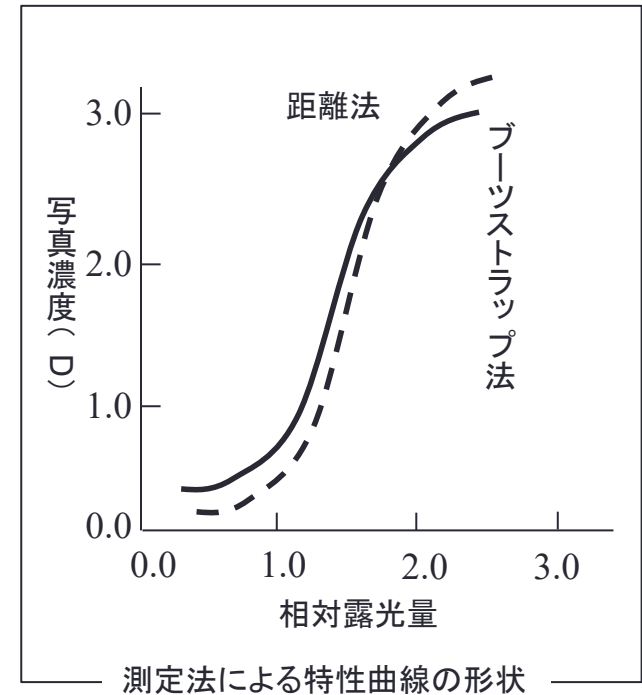
各段数ごとにプロットし、2本の“濃度－ステップ曲線”を描く。1回露光の曲線で、濃度が0.3～0.6前後の適当な段数を選んで基準段数とし、ここから縦軸に平行な線を引き、2回露光の曲線と交わったら再び横軸に平行に、次々と階段状に線を引く。





濃度一ステップ曲線

特性曲線



- ⑤ AからHまでの写真濃度を順に読み取り、それらを特性曲線の縦軸の値とする。特性曲線の横軸である相対X線量の間隔は $\log_{10}2=0.3$ であることから、横軸の相対X線量の間隔は0.3となる。つまり、(0.0, A), (0.3, B), (0.6, C), (0.9, D).....の各点をプロットしつなぐことで特性曲線が得られる。

タイムスケール法

撮影時間を変化させることでX線量を変化させる方法。撮影時間を大きく変化させるために_____が問題となることが知られており、増感紙ーフィルム系ではあまり用いられていない。しかし、デジタルX線画像システムでは、X線検出器にフィルムを用いてないので、相反則不軌が問題とならない。したがって、_____も距離法やアルミニウム段階を用いた方法と並んで有効な測定方法である。ただし、正確な相対X線量を決めるためには、表示撮影時間と出力X線量との関係を調べて、もしも直線性が崩れている場合には、補正する必要がある。

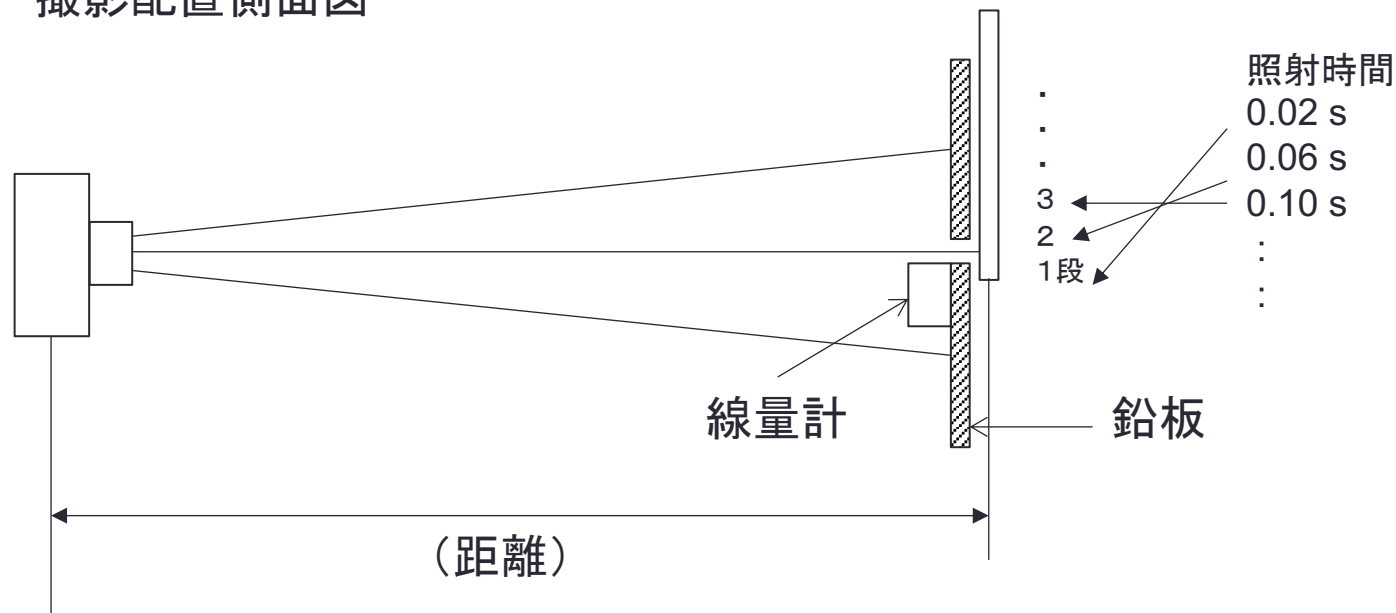
相反則不軌

フィルムに光を露光するとき、露光量(E)を強度(I)と照射時間(t)で表わすと、 $E=I \cdot t$ となる。ここで、 E を一定としたとき、どのような I と t の組み合わせに対しても一定の写真濃度が得られることを_____といい、これが成り立たない事を_____という。

増感紙ーフィルム系のX線画像では、ある露光量を得るために大電流と短時間を組み合わせたときと、小電流と長時間を組み合わせたときに、写真濃度が変わる(____が変化する)ことに起因する。

タイムスケール法による測定手順¹

撮影配置側面図



- ①カセット，鉛板，線量計を配置し，X線中心束をスリット中心に合わせ，照射時間によって線量を変えながらカセットを移動させて露光する.

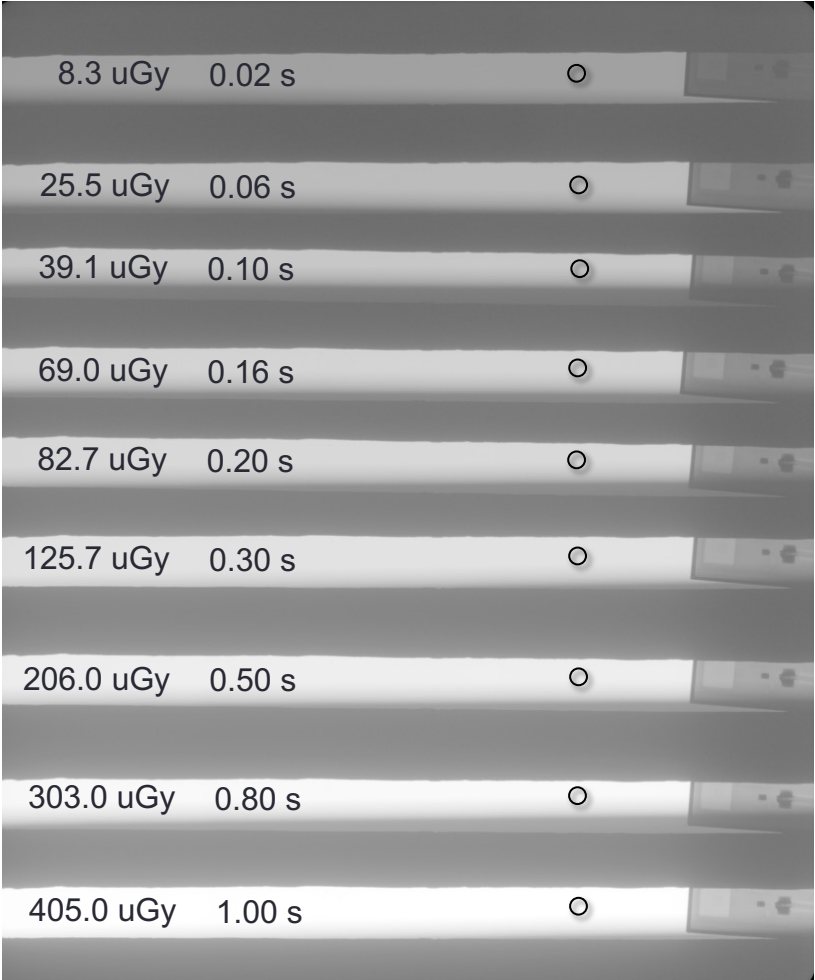
タイムスケール法による測定手順²

②全段の露光が終わったら、測定試料を同時現像し、各段の濃度を確定する

③グラフ用紙の縦軸に濃度Dを、横軸に相対X線強度(相対露光量)を目盛間隔を等しくとり、各段濃度をプロットし、特性曲線を作る。横軸のプロット間隔は、例えば、最も低い線量を標準線量として次の式で求める。

$$\log RE = \log_{10}(\text{線量}/\text{標準線量})$$

線量 照射時間



8.3 uGy	0.02 s	○
25.5 uGy	0.06 s	○
39.1 uGy	0.10 s	○
69.0 uGy	0.16 s	○
82.7 uGy	0.20 s	○
125.7 uGy	0.30 s	○
206.0 uGy	0.50 s	○
303.0 uGy	0.80 s	○
405.0 uGy	1.00 s	○

タイムスケール法の注意点

- フィルムに光を露光するとき、露光量(E)を強度(I)と照射時間(t)で表わすと、 $E=I \cdot t$ となる。
- E を一定としたとき、どのような I と t の組み合わせに対しても一定の写真濃度が得られることを相反則といい、これが成り立たない事を相反則不軌という。
- 増感紙－フィルム系のX線画像での相反則不軌は、ある露光量を得るために大電流と短時間を組み合わせたときと、小電流と長時間を組み合わせたときに、写真濃度が変化する(感度が変化する)ことに起因する。
- タイムスケール法は撮影時間を変化させることでX線量を変化させる方法であるため、増感紙－フィルム系では相反則不軌が問題となることが知られており、特性曲線の測定にあまり用いられない。
- デジタルX線画像システムでは、X線検出器にフィルムを用いてないので、相反則不軌が問題とならない。

画像評価 [画質の3要素]

- コントラスト(入出力特性)

隣接する2部分の濃度の差

入射X線強度(入力)
に対する写真濃度
(出力)
評価・解析は空間領
域でH&D曲線を測
定することで行う

- 鮮鋭度(解像特性)

画像の細かさの度合い

かつては空間領域
で評価・解析され
ていたが、現在は
空間周波数領域
で評価・解析する
のが主流である

- 粒状度(ノイズ特性)

画像上のざらつきの度合い

- 解像特性 (resolution characteristic) とは, 画像の _____ (sharpness) を表す特性であり, _____ (optical transfer function: _____) を用いて完全に表すことができる
- 解像特性が優れているということは, _____ が少なく画像が _____ であることを意味する. 逆に解像特性が劣っているとは, 画像が _____ であることを意味する
- 画像がボケる原因: X線管の _____, 被写体の動き, _____ のボケ, 信号伝達・処理系, 画像処理の効果, 画像表示系のボケなど, 多くの因子が関係している

解像特性 → 評価の道具として
_____が用いられる

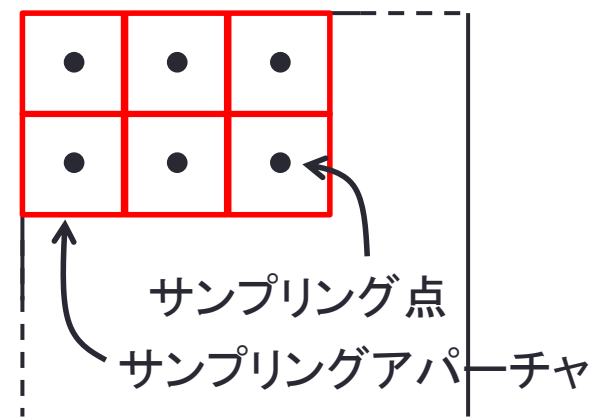
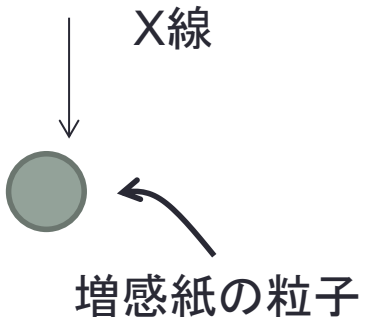
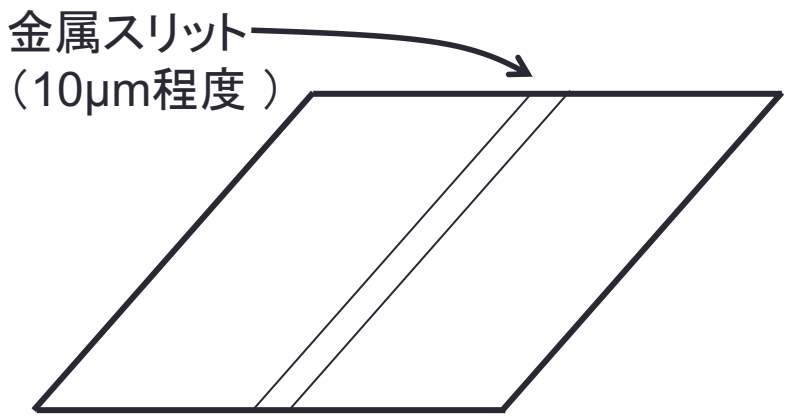
- 鮮鋭度
- Sharpness
- Resolution characteristic



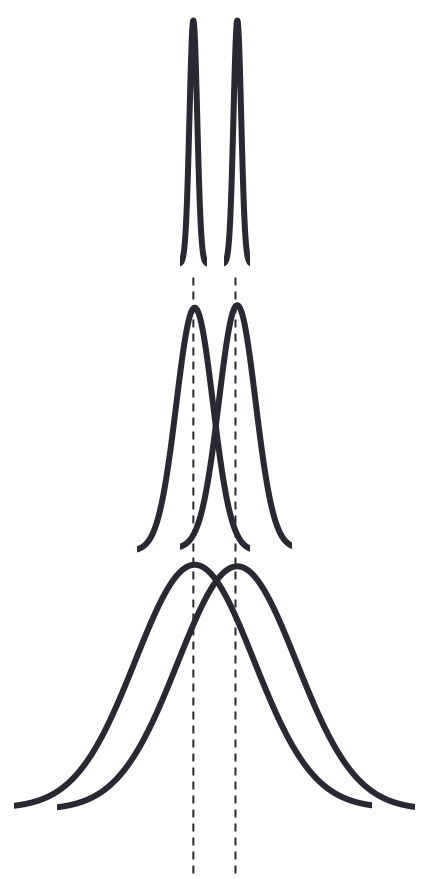
画像の忠実度（再現性） → 100 % → 1.0
90 % → 0.9
50 % → 0.5

MTFの値

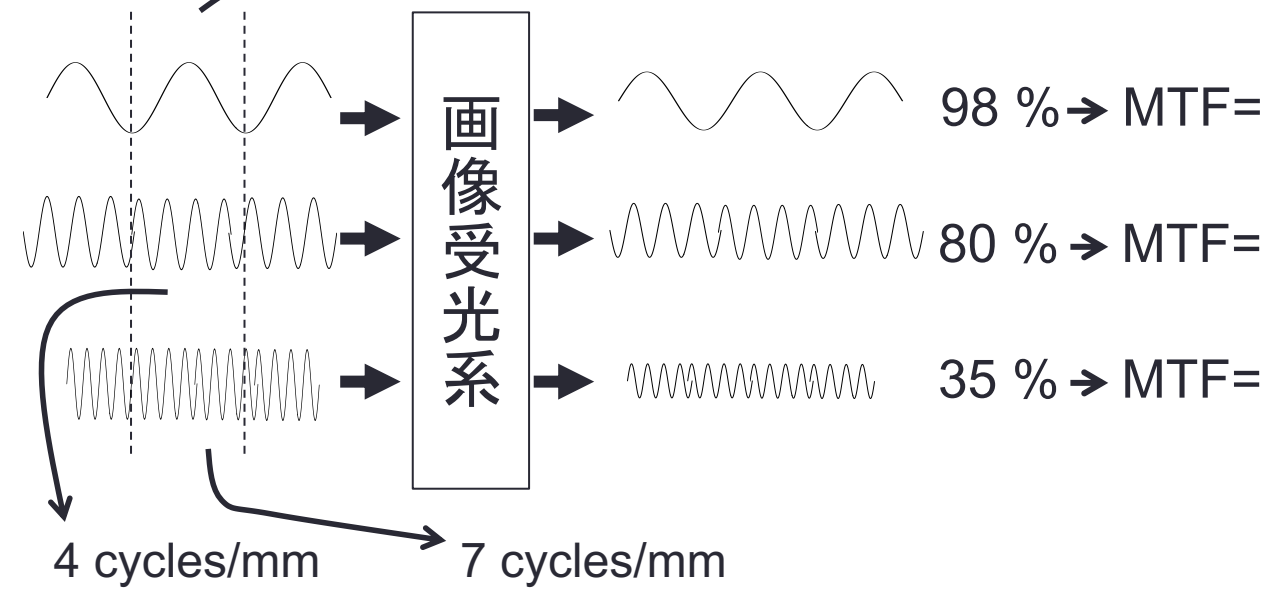
- 最大値は_____である
- _____ほど忠実度・再現性が良い
- _____とボケが多いことを意味する



・ _____ボケる ・ _____でボケる

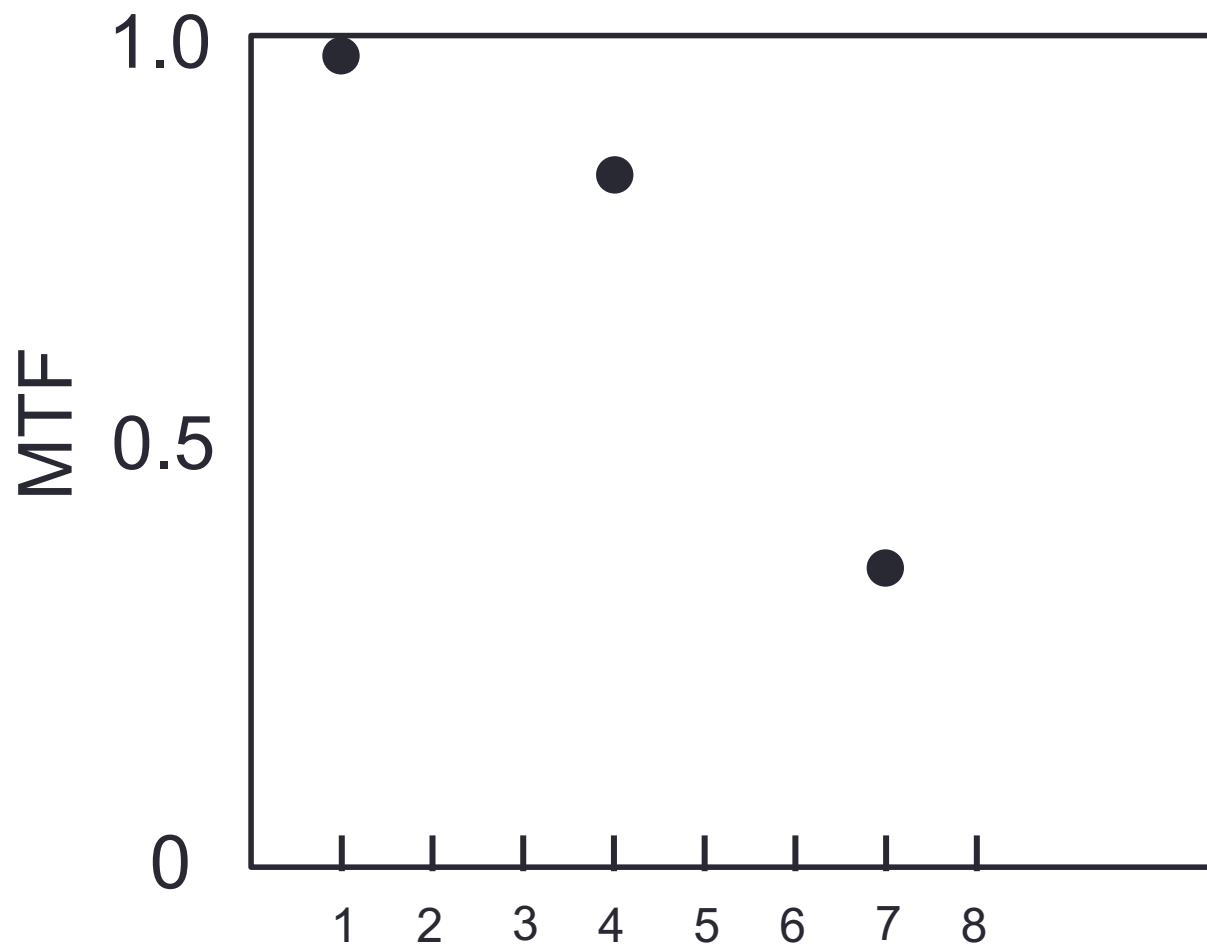


空間周波数 1 cycles/mm



1 cycles/mm
98 % → MTF=0.98

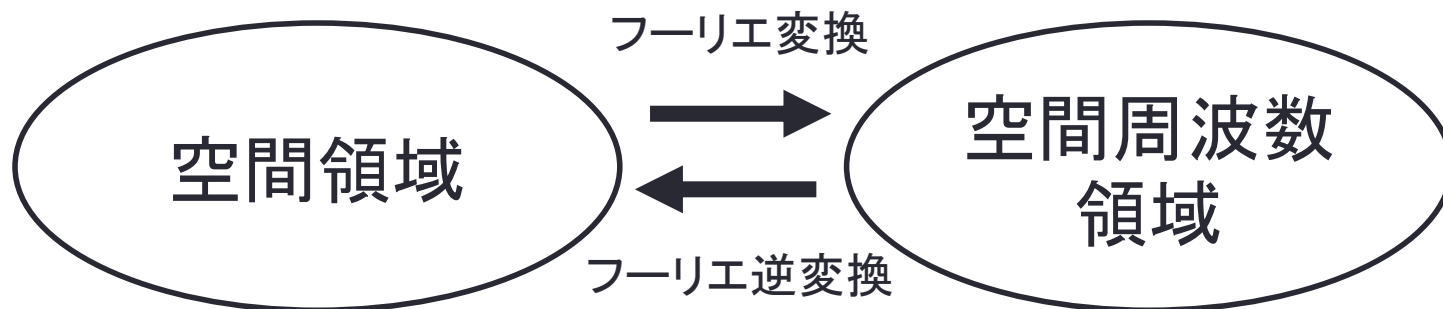
画像受光系(検出器)の
解像特性を表すMTFである



4 cycles/mm
80 % → MTF=0.80

7 cycles/mm
35 % → MTF=0.35

空間領域と空間周波数領域



単位
長さ, 距離 mm

単位
cycles/mm
line pairs/mm (LP/mm)

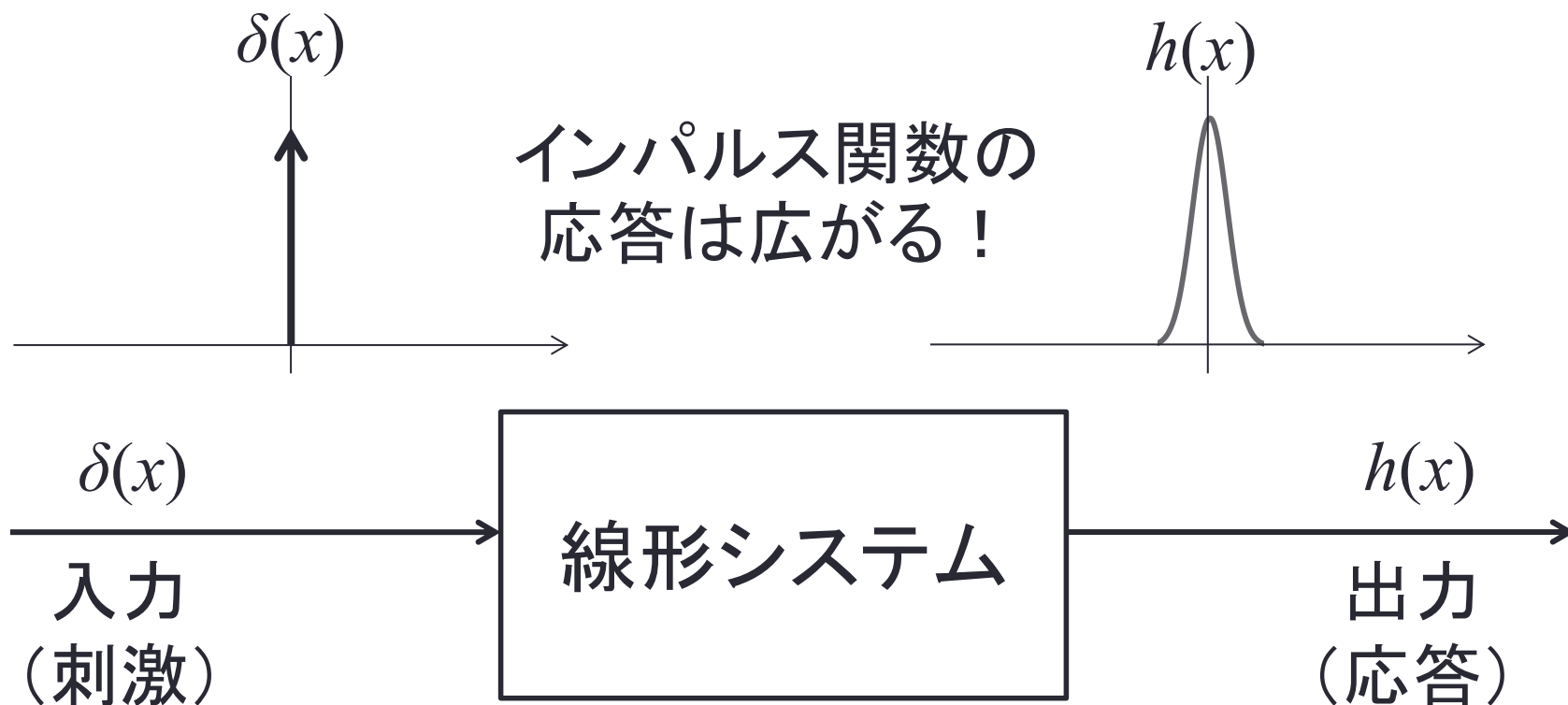
_____の大きさの物体 $\longrightarrow$ _____の空間周波数

_____の大きさの物体 $\longrightarrow$ _____の空間周波数

空間領域で_____物体は_____空間周波数成分, 逆に空間領域で_____物体は_____空間周波数成分に対応する

インパルス応答 Impulse response

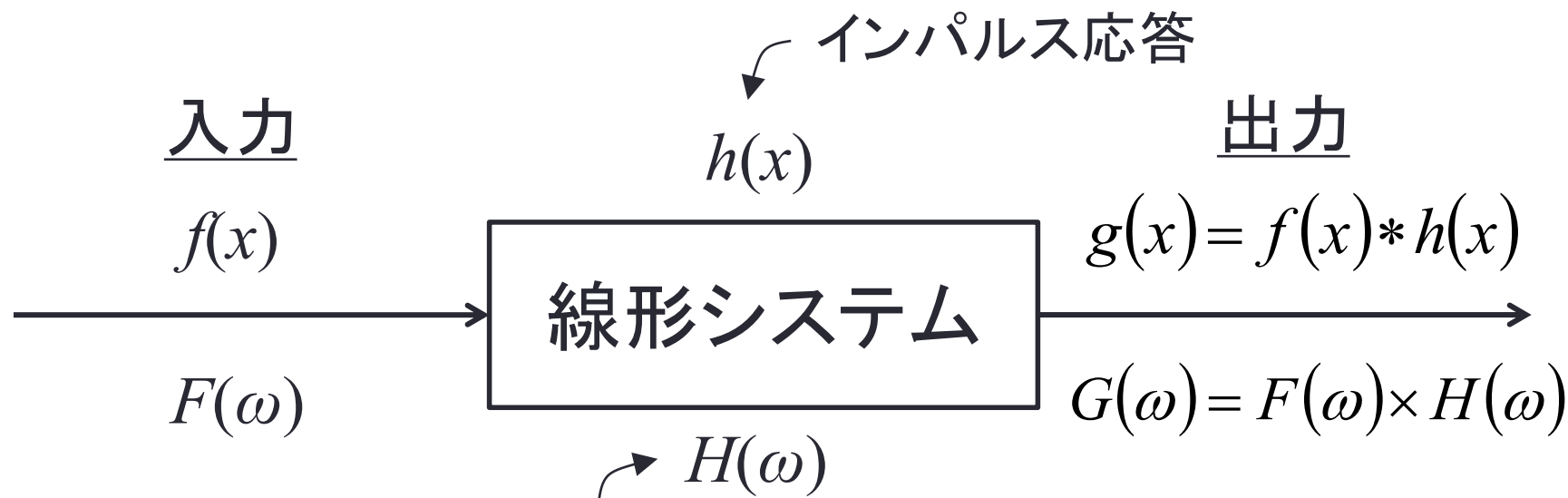
デルタ関数に対する
線形システムの
応答のこと



$$f(x) \xrightarrow{FT} F(\omega)$$

$$h(x) \xrightarrow{FT} H(\omega)$$

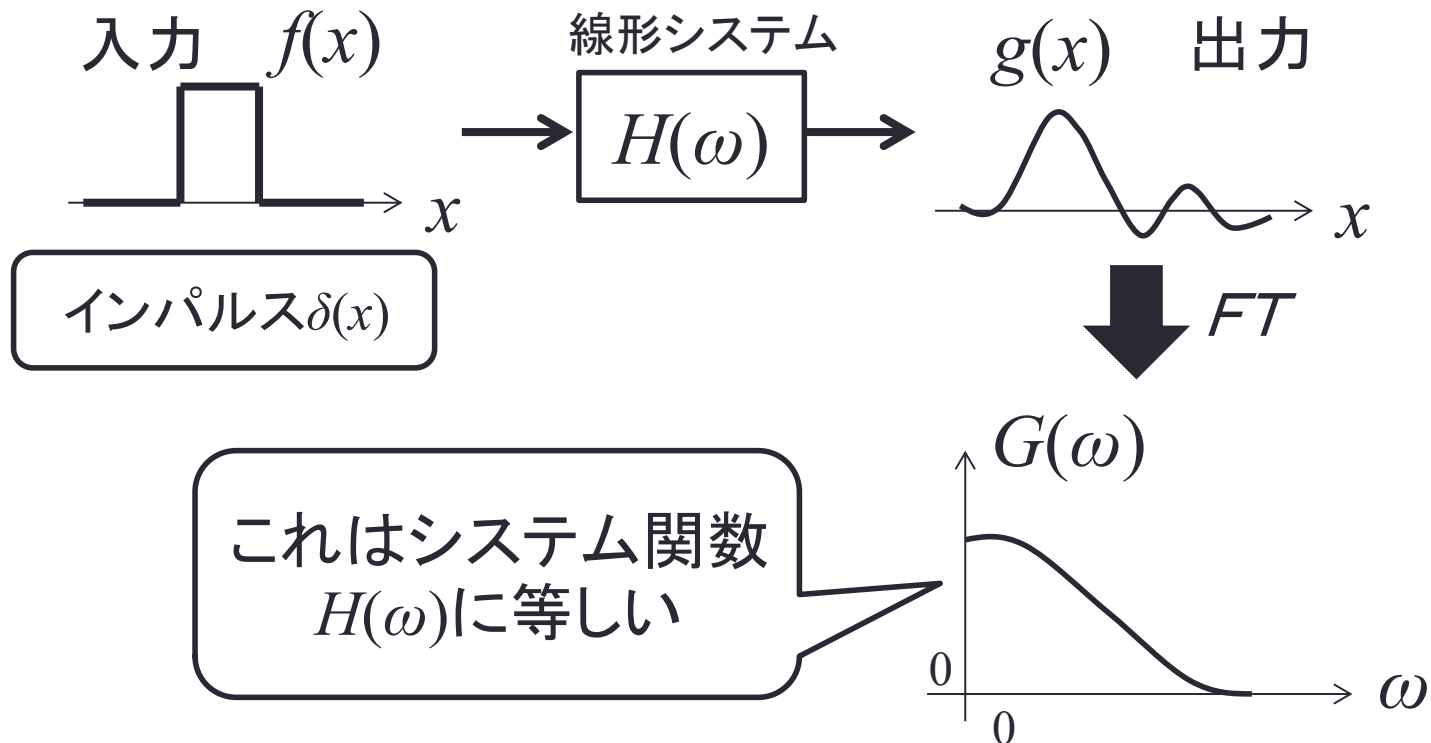
$$g(x) \xrightarrow{FT} G(\omega)$$



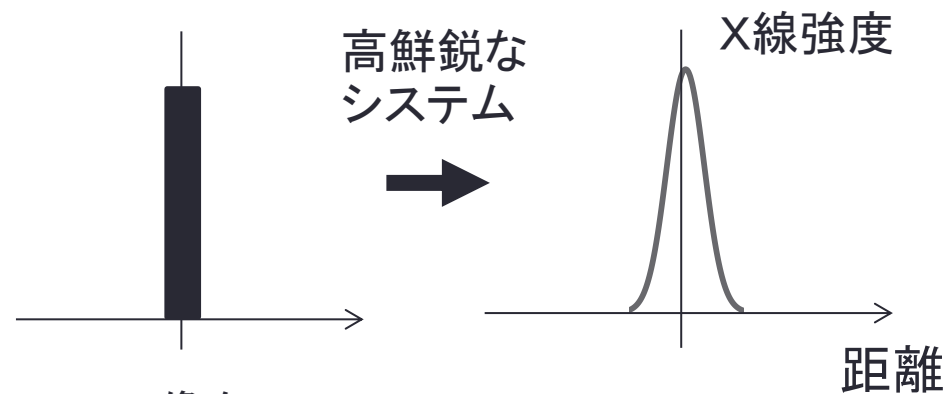
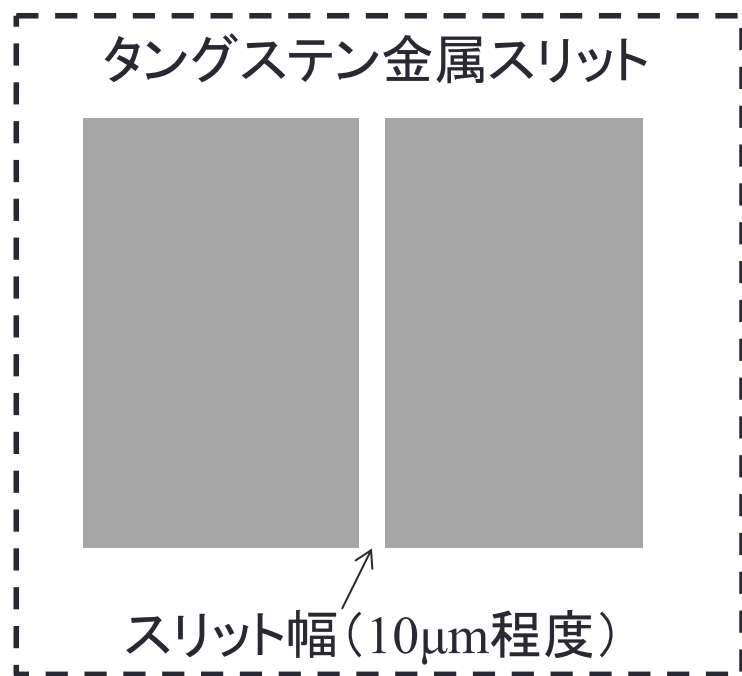
システム関数 or 周波数応答関数

線形システムの周波数特性, すなわちシステム関数を調べる方法

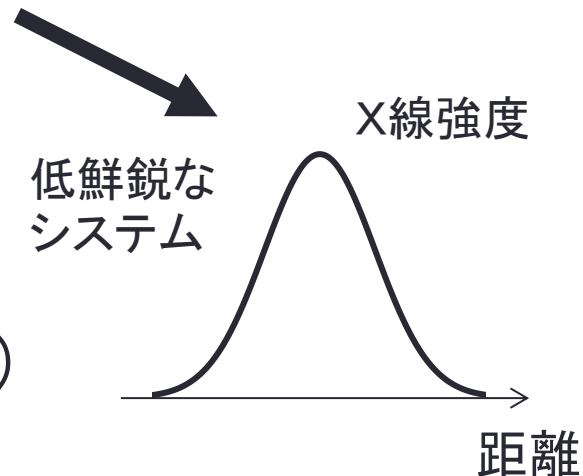
(1) インパルス応答を測定し, それをフーリエ変換する方法



X線撮像系でのインパルス応答



スリット像を
として扱う

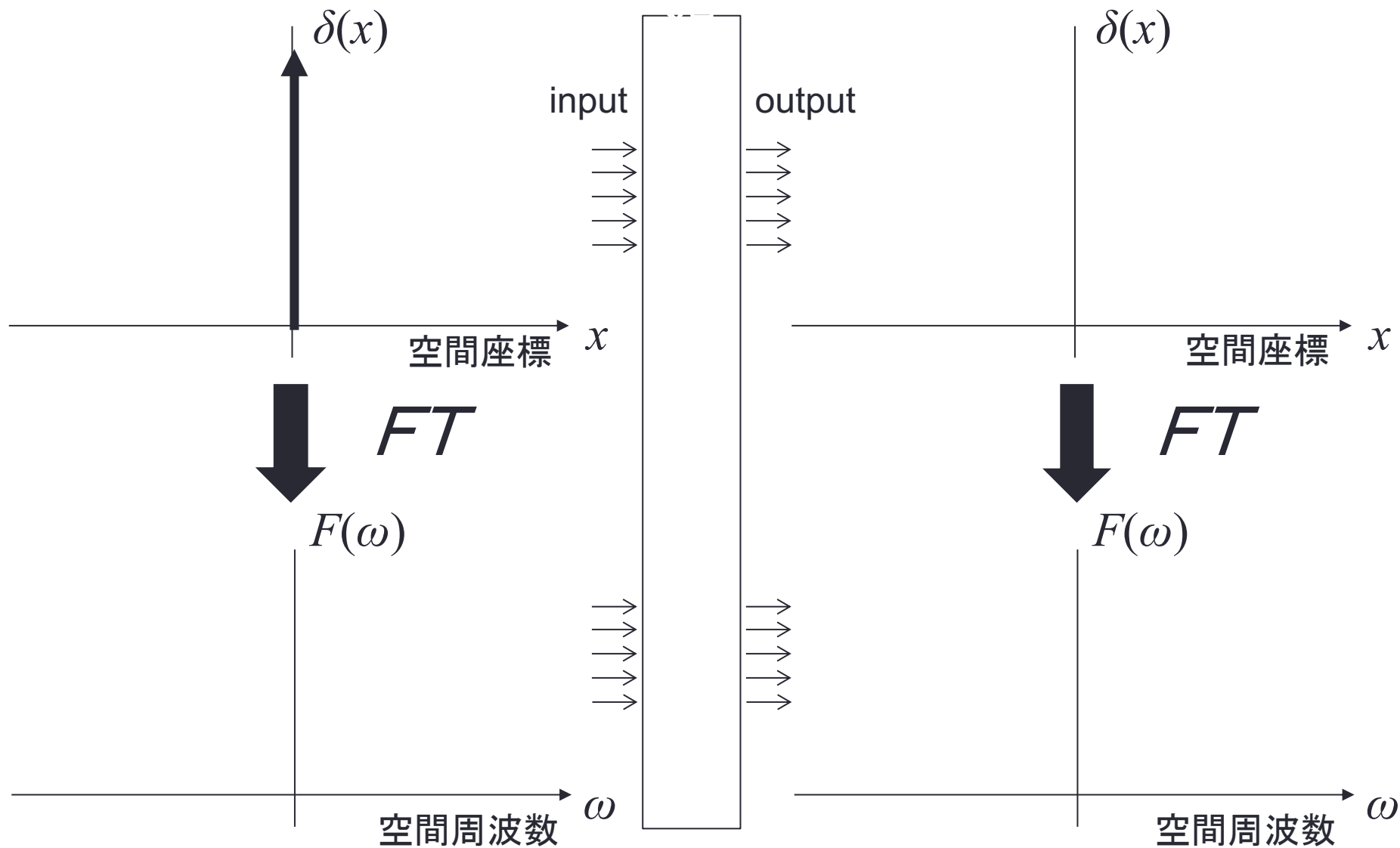


MTF (modulation transfer function)

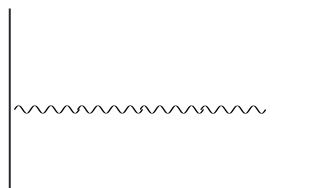
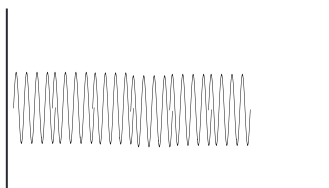
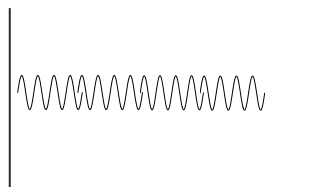
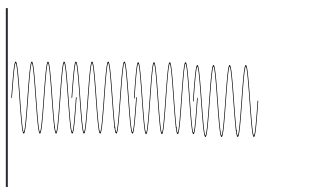
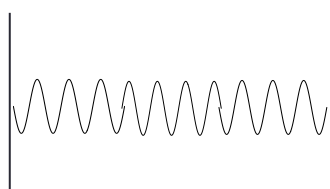
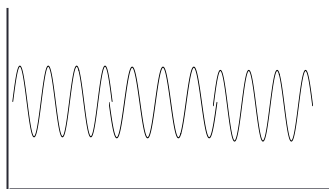
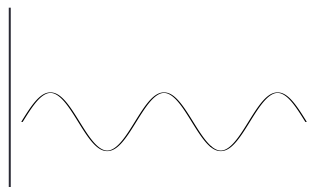
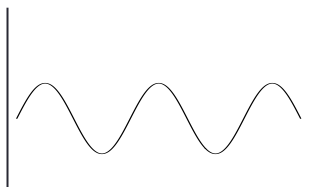
絶対値
システム関数

FT

線広がり関数



_____が失われるということは、画像の_____ことに対応している

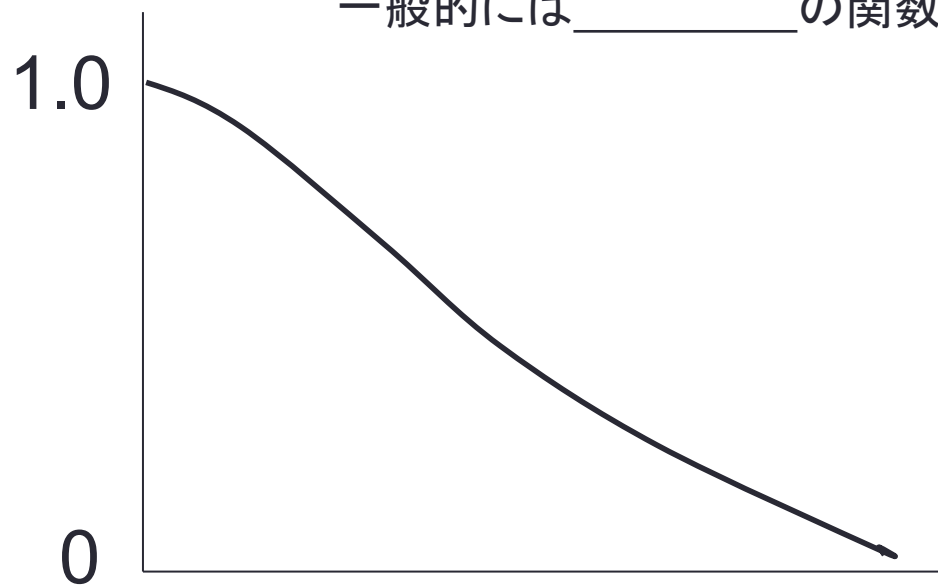


入力側

出力側

MTF

一般的には_____の関数



ボケの程度が大きい場合は、
MTFの値が_____.
(伝達特性が_____, 忠実
性が_____)