

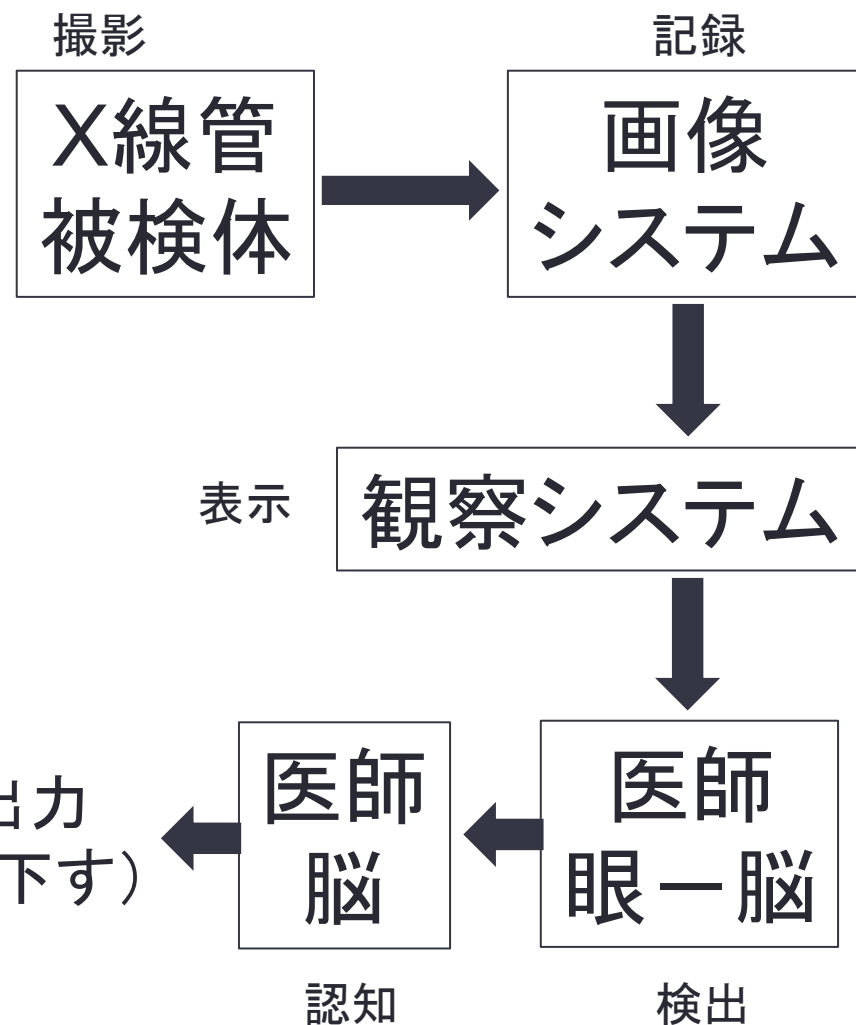
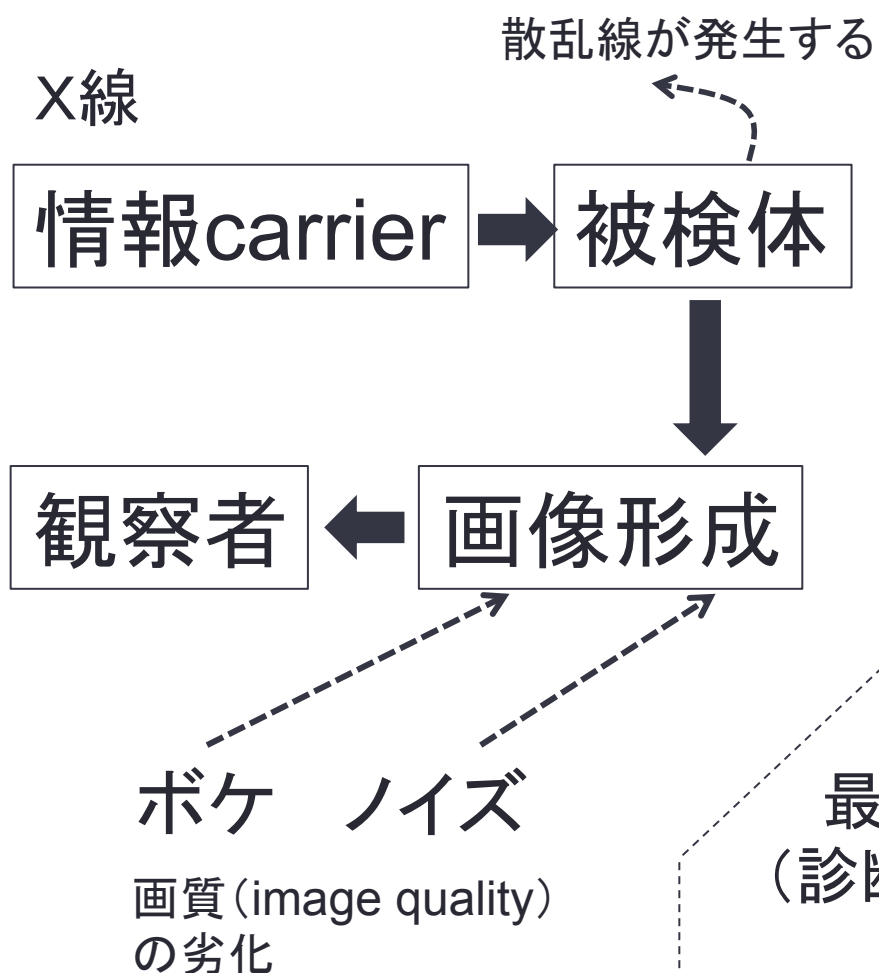
国家試験問題

透過光が入射光の5%になる写真濃度はどれか. ただし, $\log_{10}2 = 0.3$ とする.

1. 0.7
2. 1.3
3. 1.7
4. 2.3
5. 2.7

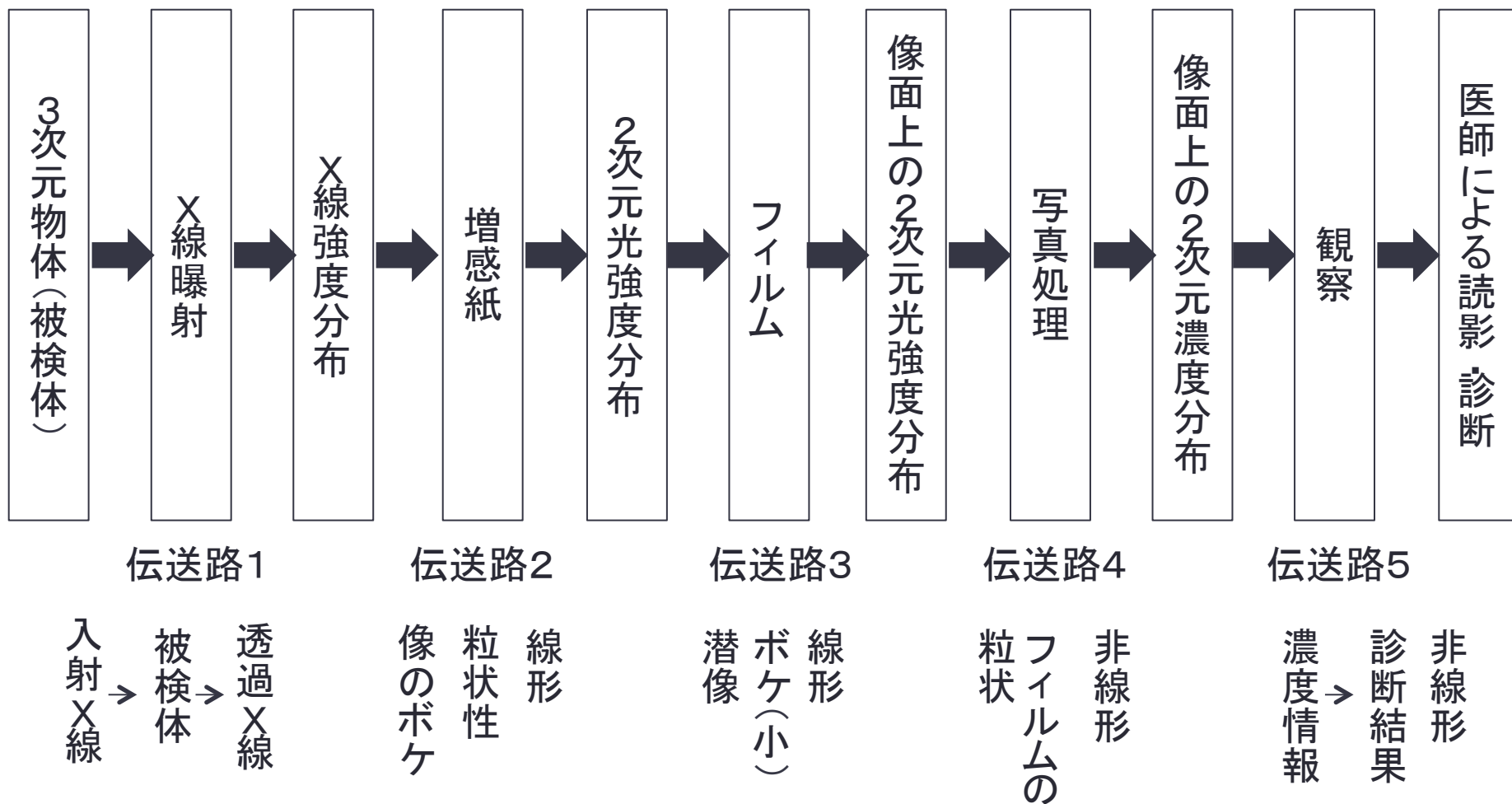
X線画像形成の概略

X線画像診断の過程



アナログX線画像の形成

(Screen/Film: S/F系における画像情報の形成)



画像評価 [画質の3要素]

- _____ (_____ 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

- _____ (_____ 特性)

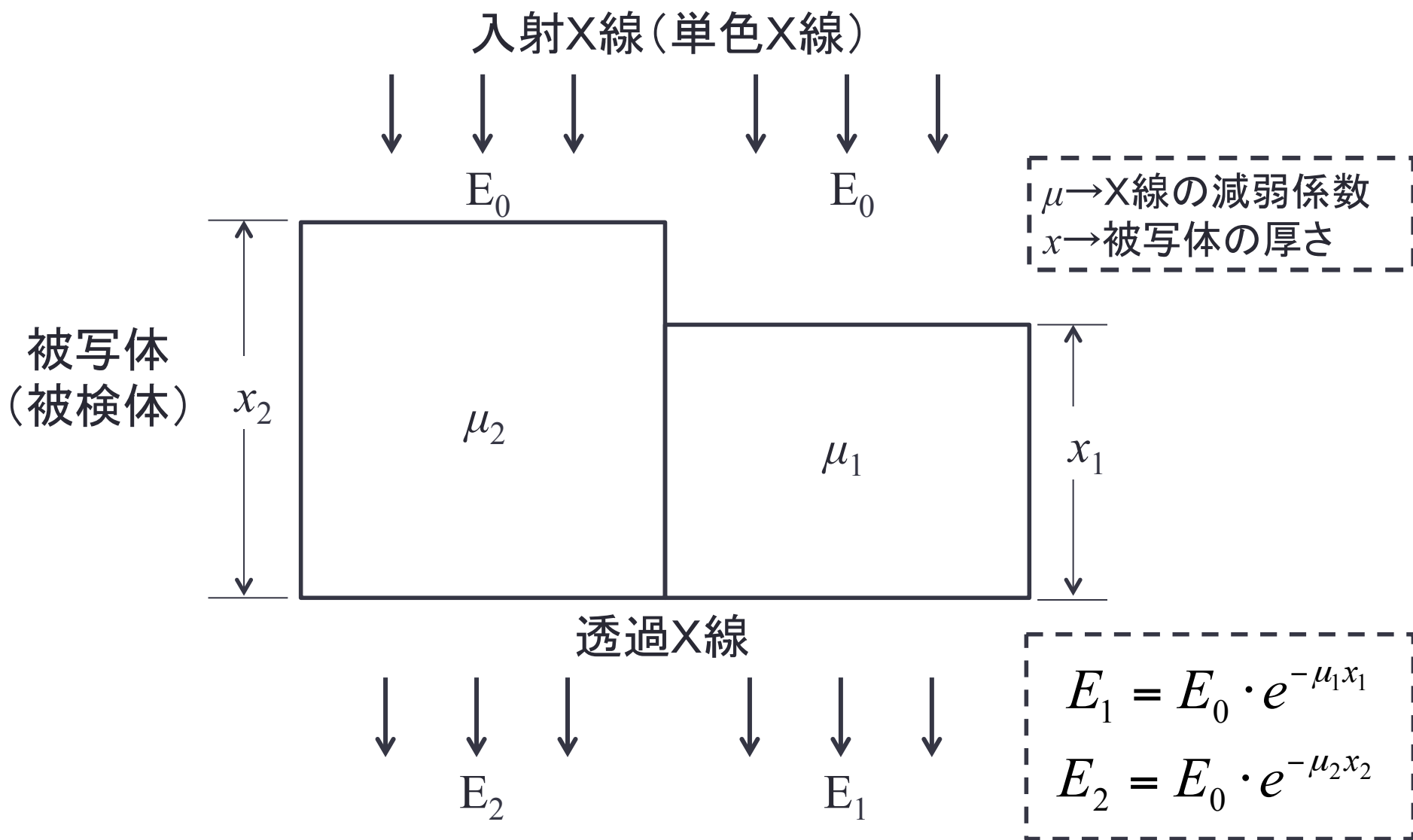
画像の細かさの度合い

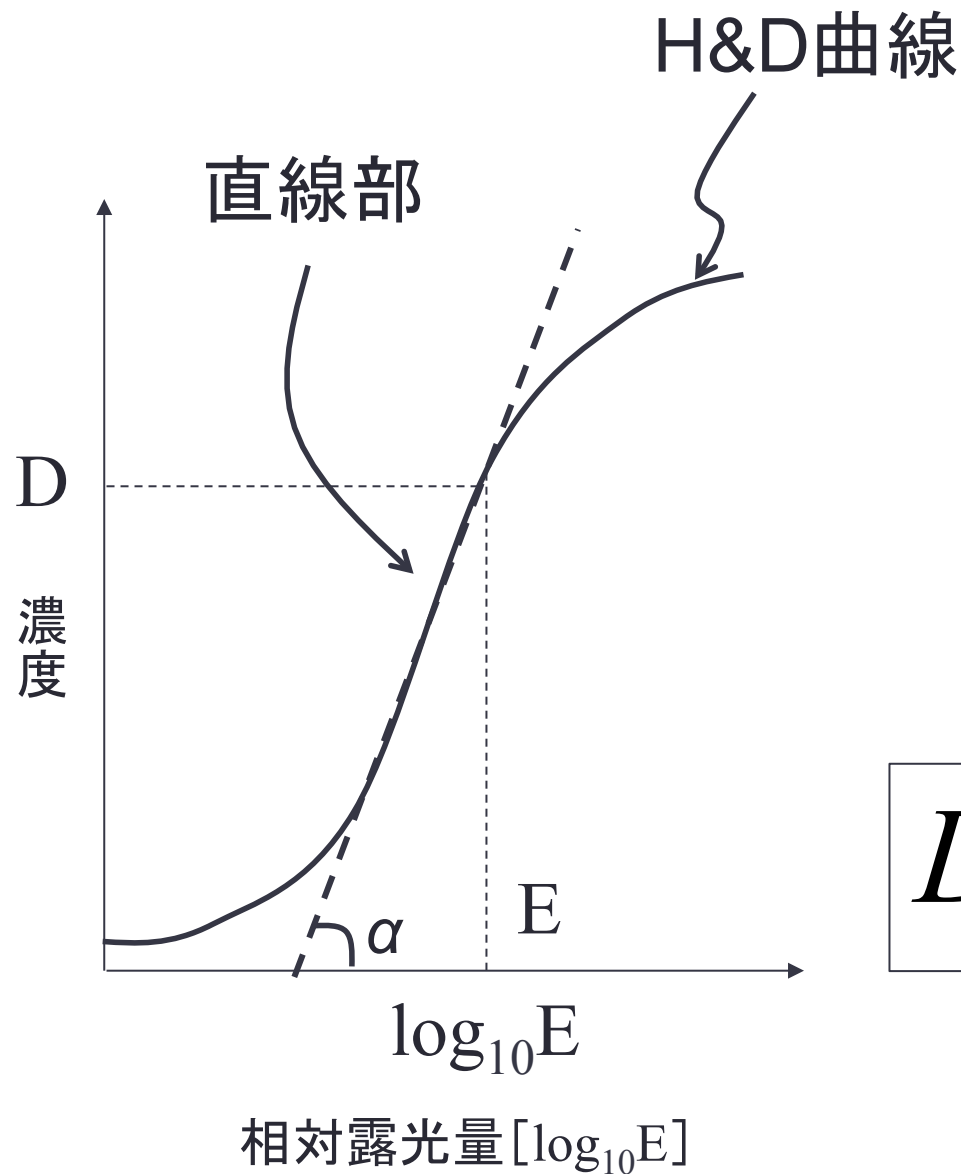
かつては空間領域
で評価・解析され
ていたが、現在は
空間周波数領域で
評価・解析するの
が主流である

- _____ (_____ 特性)

画像上のざらつきの度合い

単純被写体構造の入射X線と透過X線





$$\gamma = \tan \alpha$$

$$= \frac{D}{\log_{10} E}$$

$$D = \gamma \cdot \log_{10} E$$

入射X線(単色X線)

E_0

E_0

x_2

μ_2

μ_1

x_1

E_2

E_1

D_2

D_1

D_1

ΔD

D_2

E_2

E_1

$\log_{10} E_2$

$\log_{10} E_1$

$$\Delta D = D_1 - D_2$$

X線写真コントラスト(C_r)

$$\Delta D = D_1 - D_2$$

$$= \gamma \cdot \log_{10} E_1 - \gamma \cdot \log_{10} E_2$$

$$= \gamma \cdot [\log_{10} E_1 - \log_{10} E_2]$$

$$= \gamma \cdot [\log_{10} (E_0 \cdot e^{-\mu_1 x_1}) - \log_{10} (E_0 \cdot e^{-\mu_2 x_2})]$$

$$= \gamma \cdot [\log_{10} E_0 + \log_{10} e^{-\mu_1 x_1} - \log_{10} E_0 - \log_{10} e^{-\mu_2 x_2}]$$

$$= \gamma \cdot [\log_{10} e^{-\mu_1 x_1} - \log_{10} e^{-\mu_2 x_2}]$$

$$\log_A BC = \log_A B + \log_A C$$

$$\log_A B = \frac{\log_C B}{\log_C A}$$

$$= \gamma \cdot \left[\frac{\log_e e^{-\mu_1 x_1}}{\log_e 10} - \frac{\log_e e^{-\mu_2 x_2}}{\log_e 10} \right]$$

$\log_A A^B = B$

$$= \gamma \cdot \left(\frac{1}{\log_e 10} \right) \cdot (\mu_2 x_2 - \mu_1 x_1)$$

$$= \frac{\gamma}{2.3} \cdot (\mu_2 x_2 - \mu_1 x_1)$$

$$= 0.43 \cdot \gamma \cdot \underline{(\mu_2 x_2 - \mu_1 x_1)} = C_r$$

X線写真コントラスト

フィルムコントラスト

被写体コントラスト

コントラストについて

X線写真コントラストは、フィルムのガンマと露光量の比に依存する

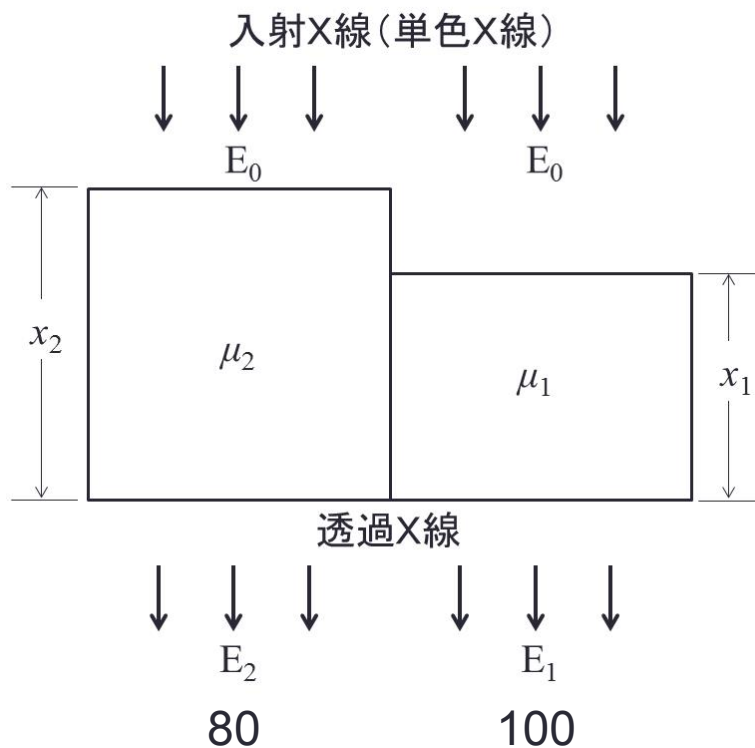
被写体コントラスト
(subject contrast: SC)

$$SC = \mu_2 x_2 - \mu_1 x_1 \quad \text{または}$$
$$SC = \log_{10} E_1 - \log_{10} E_2$$

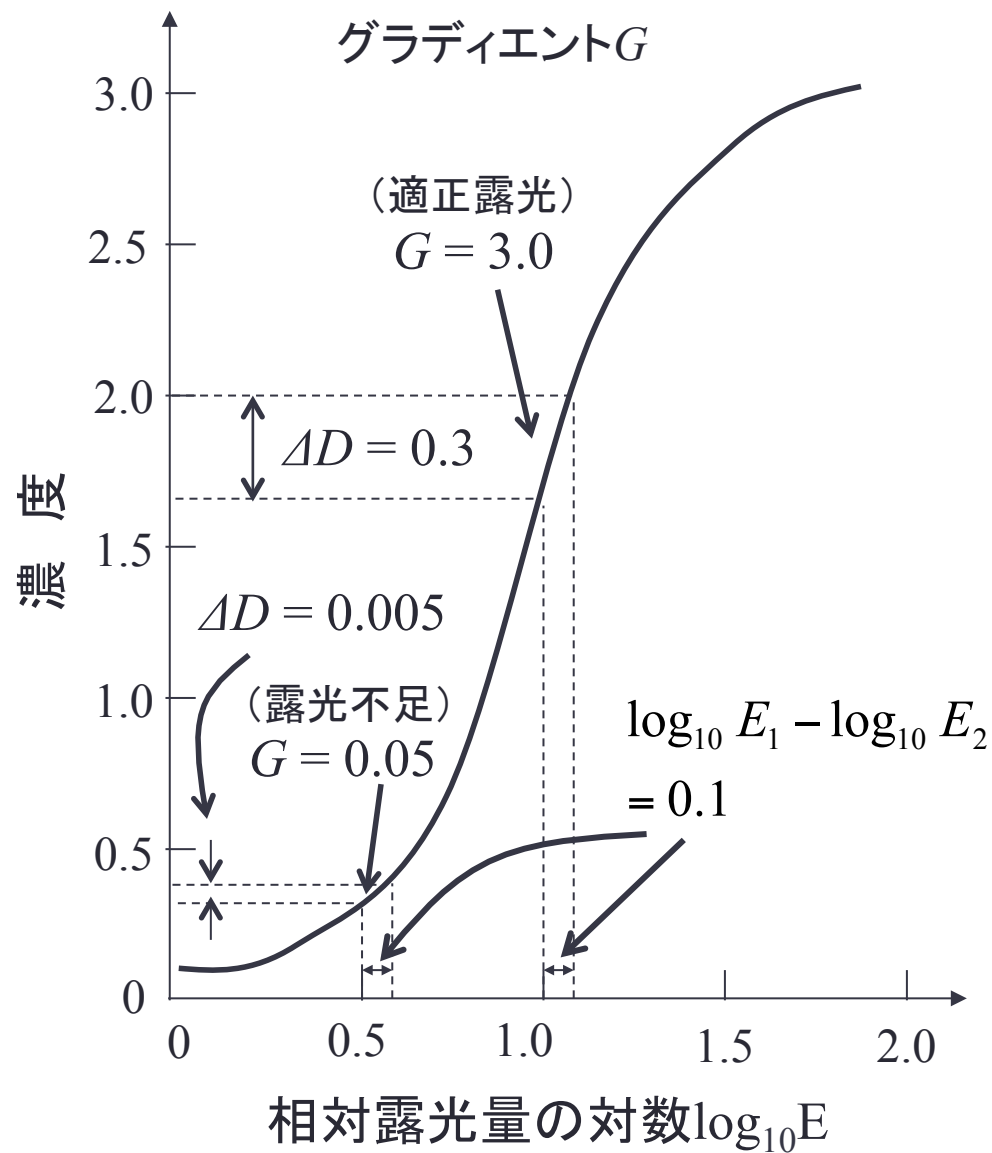
被写体コントラストは、被写体の物理的性質(減弱係数, 厚み)およびX線エネルギーに依存する

フィルムコントラスト

フィルムコントラスト(γ)は、被写体コントラストを記録するときのフィルムの能力を表す。フィルムコントラストは、使用するフィルムの種類、現像処理、フィルム濃度に依存し、H&D曲線で定量的に評価できる。



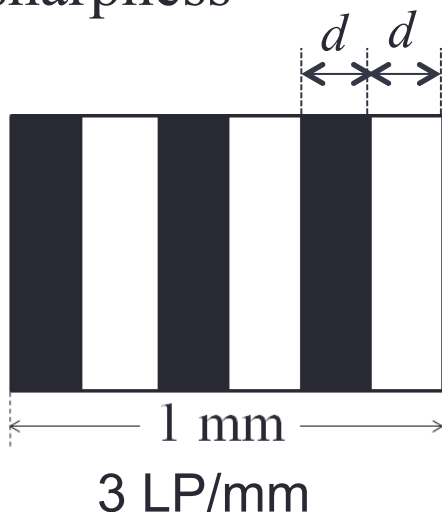
$$\begin{aligned}
 SC &= \log_{10} E_1 - \log_{10} E_2 \\
 &= \log_{10} 100 - \log_{10} 80 \\
 &= 2 - 1.9 \\
 &= 0.1
 \end{aligned}$$



アナログ画像

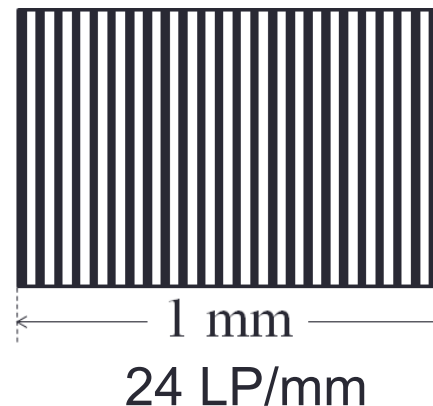
鮮鋭度

sharpness



デジタル画像

解像特性



- 画像の細かさの程度
- 画像の____の程度
- 画像信号を忠実に伝送できるかの程度



鮮鋭度(性)が良くない
⇒画像のボケが大きい(非鮮鋭)

画像信号を忠実に伝送(再現)
できていない

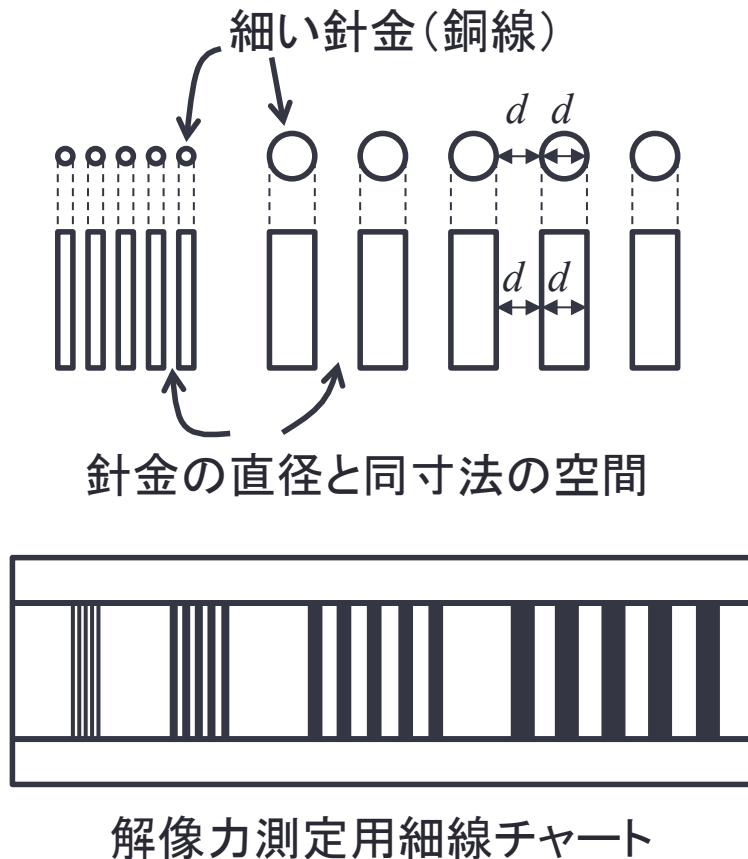


鮮鋭度(性)が良い
⇒画像のボケが小さい(鮮鋭)

画像信号を忠実に伝送(再現)
できている

並列細線法(解像力法)

過去, 放射線画像はどの程度まで細かい物体が再現できるかが, 評価の対象であった. いわゆる, 解像力である.



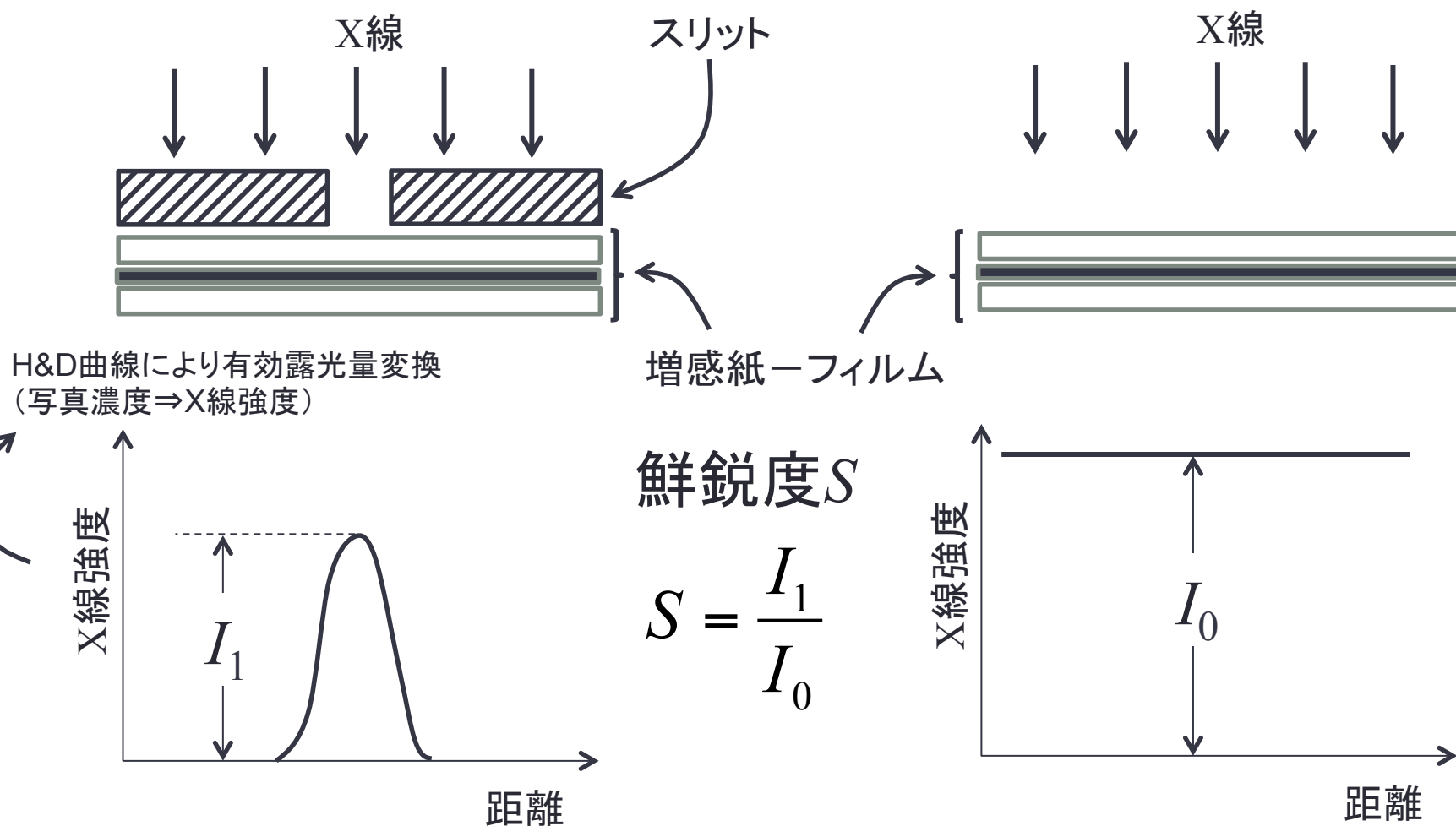
このようなチャートを撮影して, 直径 d の金属線まで線対が分離して観察できたとき, 解像力 R は

$$R = \frac{1}{2d}$$

である. 例えば, 直径0.5 mmの細線まで分離して識別できたとすると, 解像力は $R = 1$ 本/mm である.

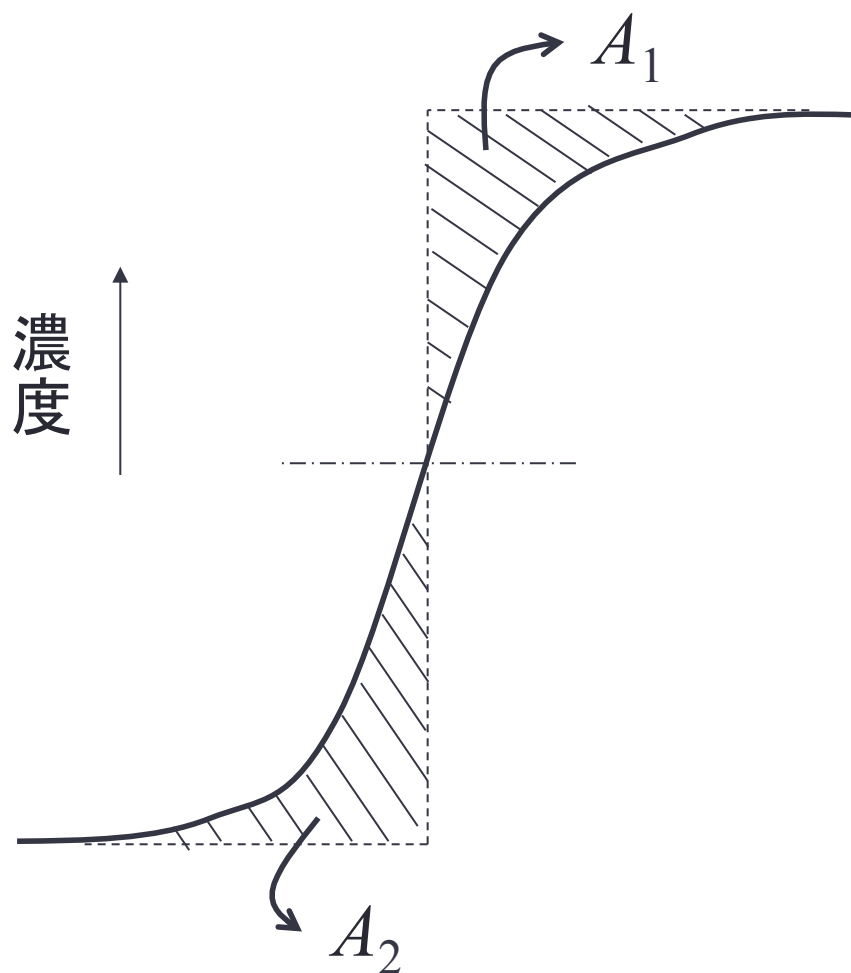
この方式はX線の線質, 細線の材質およびフィルム濃度などによって判定が変わる. さらに観察者の視力などの影響を受ける(主観的要素).

Rudinger-Spiegler法 (鮮鋭度指数法)



この方法は、スリット幅で I_1 の値が変化する. したがって、 S の値も変化するという欠点がある.

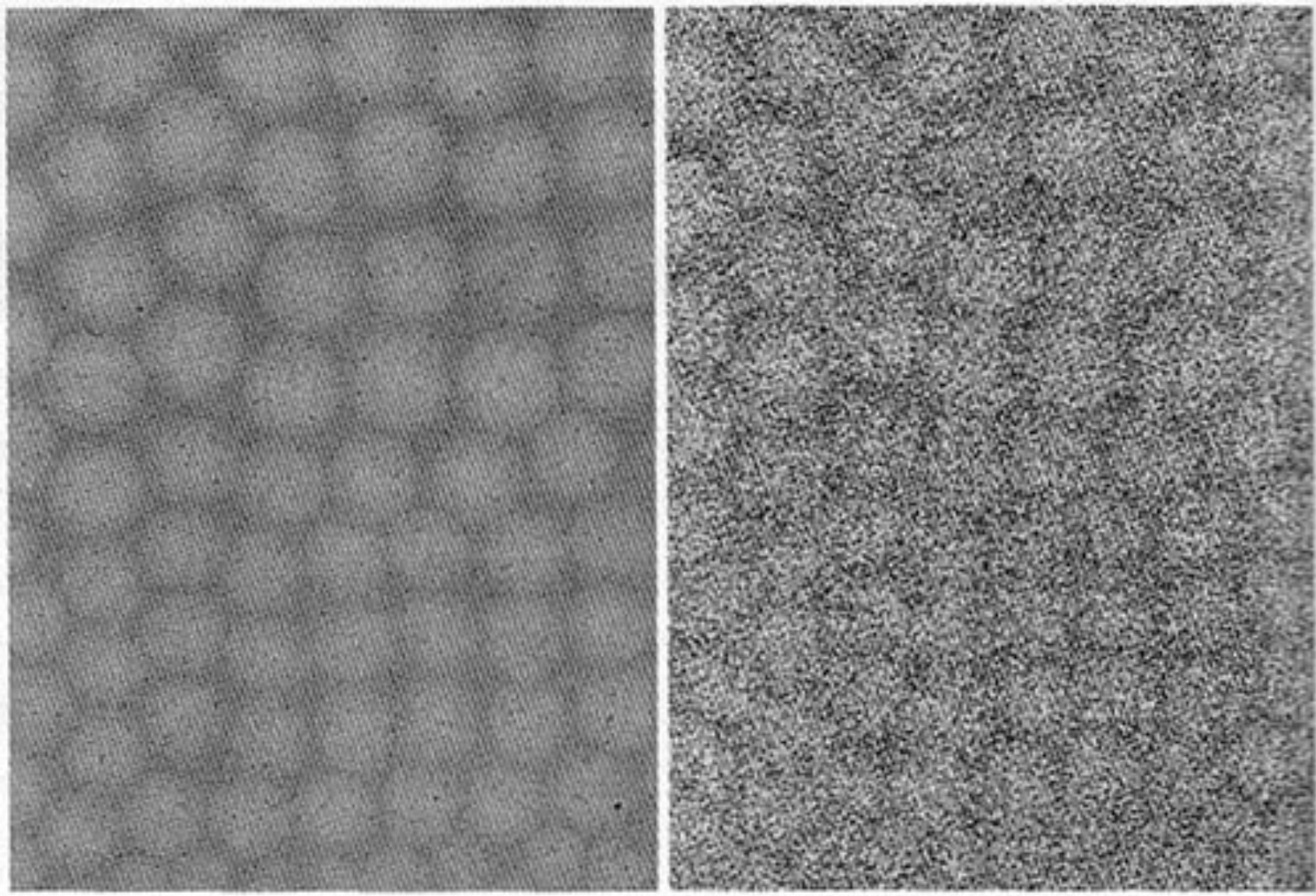
Nitka法



$$\text{不鋭指数} = A_1 + A_2$$

エッジ像とその理想像で囲まれた面積を鮮鋭度の指標とする方法

再現性が良いのでよく使われていたが、最大の欠点は、濃度分布をそのまま使用することである。このため、フィルムの特性、すなわち、H&D曲線の影響を大きく受ける。



異なるノイズレベル撮影されたビーズ玉のX線写真

アナログ画像

粒状度

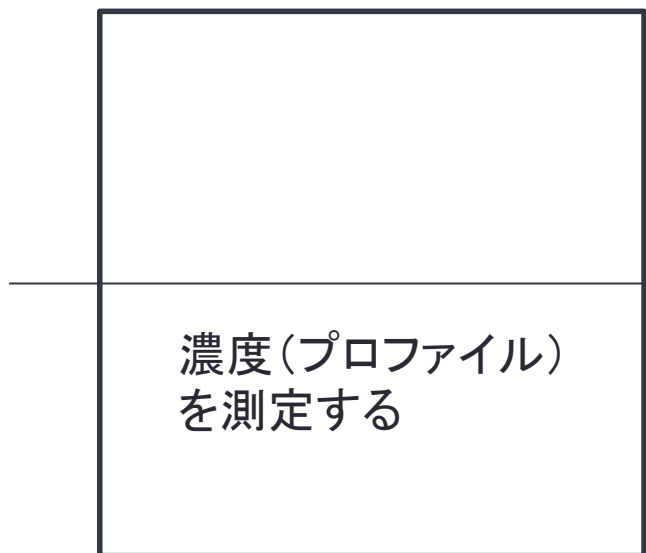
(濃度のゆらぎ)

デジタル画像

ノイズ特性



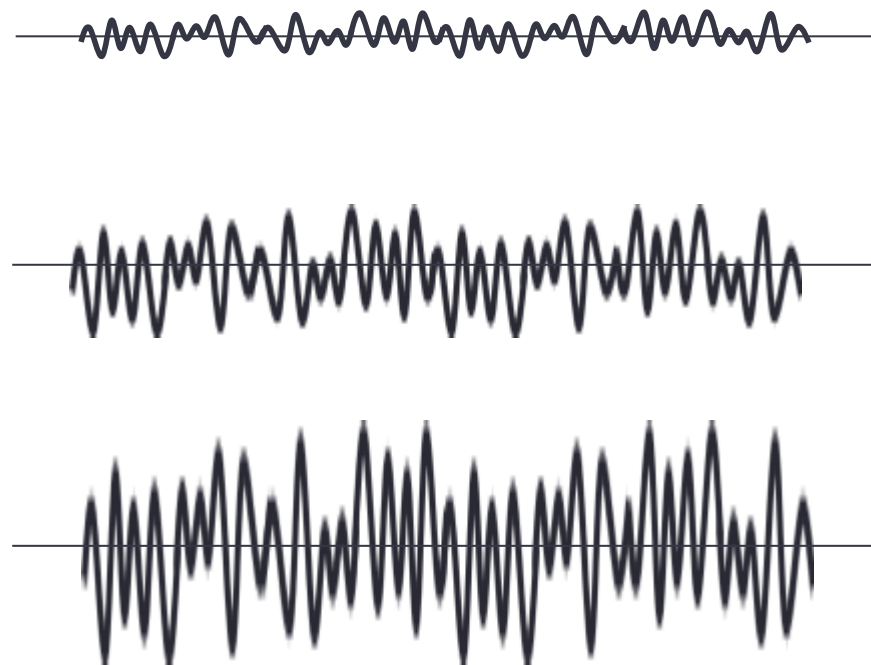
変動 小 → good



X線画像(被写体なし)

変動 大

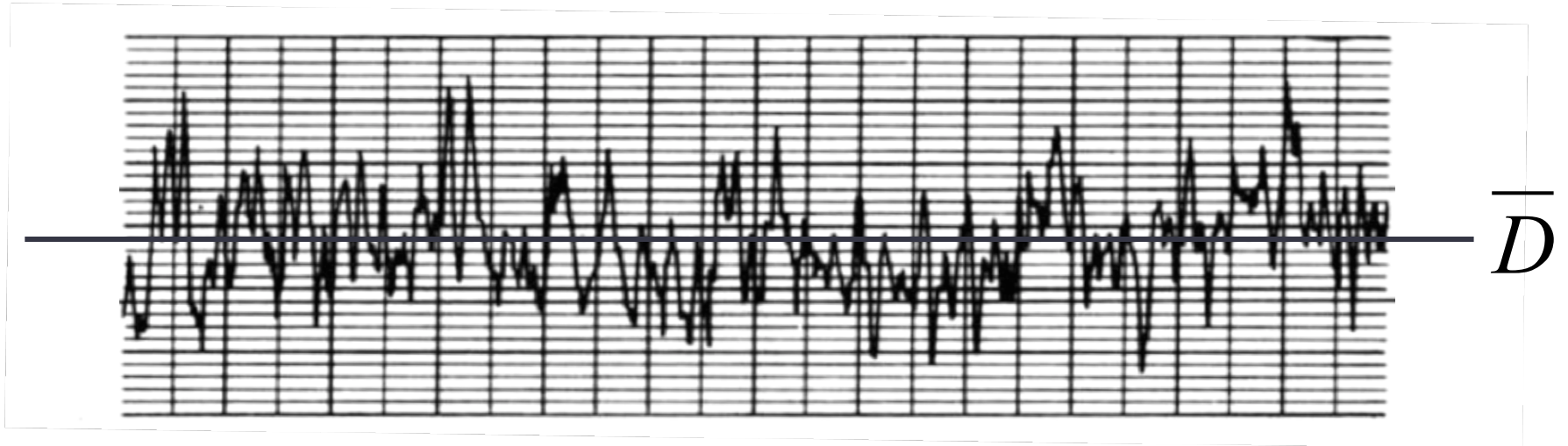
→ poor



濃度の変動が小さいほど粒状度(性)が良い。

RMS粒状度

RMS: root mean squareの略, すなわち標準偏差



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (D_i - \overline{D})^2}{(N-1)}}$$

$\overline{D}$: 平均値

D_i : 位置 i における値

N : データ数

RMSの値が大きいほど，変動が大きいことを示すので，粒状性は悪い．

RMS粒状度は，簡単に求めることができる．しかし，X線フィルムの濃度で変化する．また，マイクロデンシトメータの走査に用いる開口面積（アパーチャサイズ）に依存する．開口面積と，RMS粒状度の二乗の積が一定の値を示す．

空間での画像評価 & 解析の限界

空間画像解析による鮮鋭度と粒状度の評価は、観察や測定の方法によって結果(量)が変わる。このような量を_____という。これは空間画像解析の欠点である。一方、_____とは、物の長さ、速度のように測定法や測定器で求まる結果が変わらない量である。

こうした空間画像解析の重大な欠点を解消するために、空間周波数解析が放射線画像伝達系へ導入された。空間周波数解析の最大の利点は、求まる量が物理量であるということである。したがって、画質を左右する各要素およびその要素を組み合わせた系全体の評価および解析ができる。

X線画像の画質に影響する因子

(a) X線スペクトル

・低いエネルギー

・散乱線

画像形成に役立っていない
(被写体に吸収される)

付加フィルタを用いて取り除く

Contrast低下の原因
Gridを用いて除去する

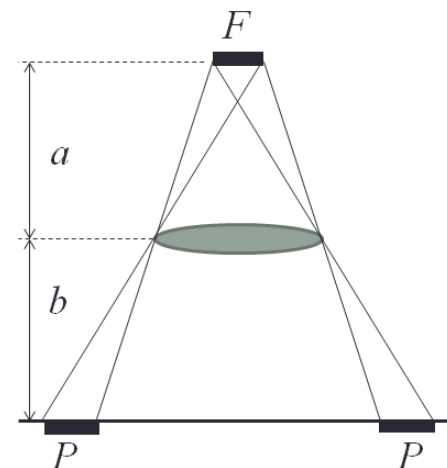
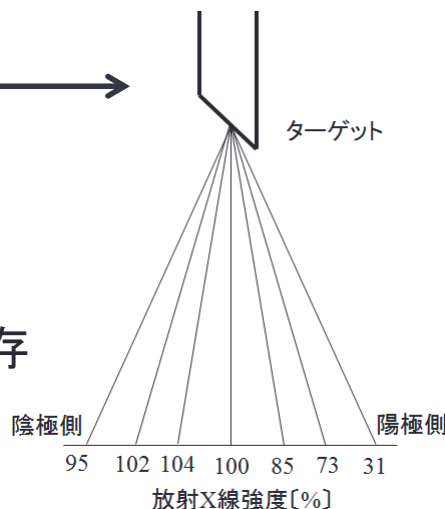
(b) 幾何学的不鋭

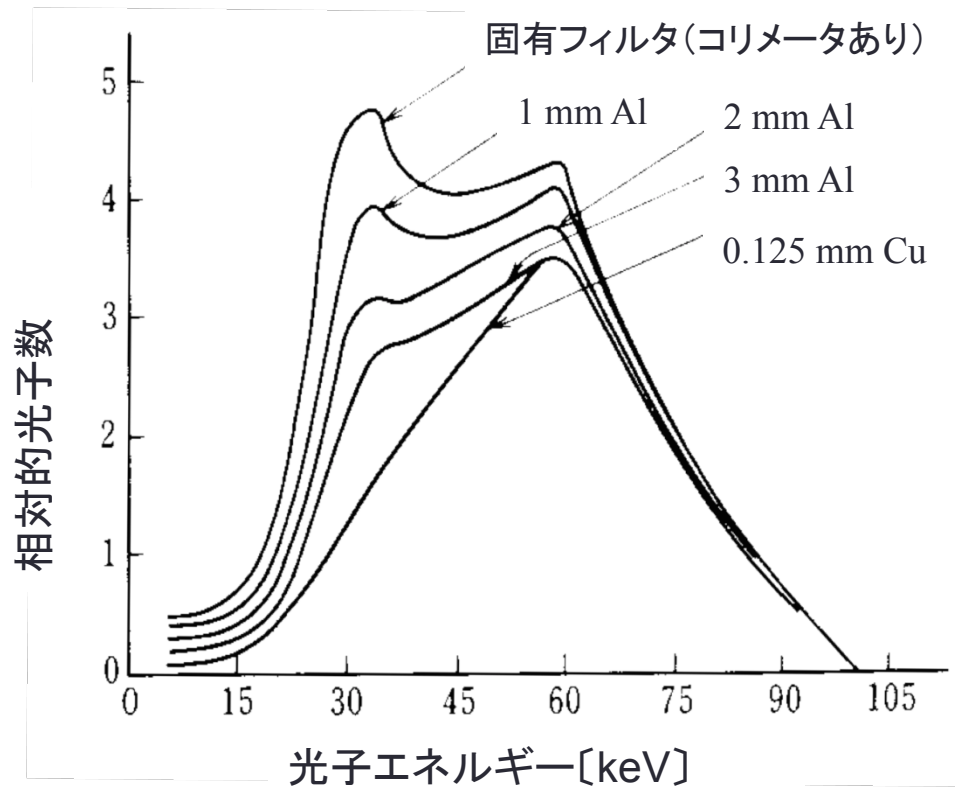
→ ・焦点の大きさ

$$P = F \times \frac{b}{a}$$

(b) ヒール効果

- ・X線照射分布の不均一性
- ・原因は陽極ターゲットの構造
- ・焦点－被写体間距離にも依存



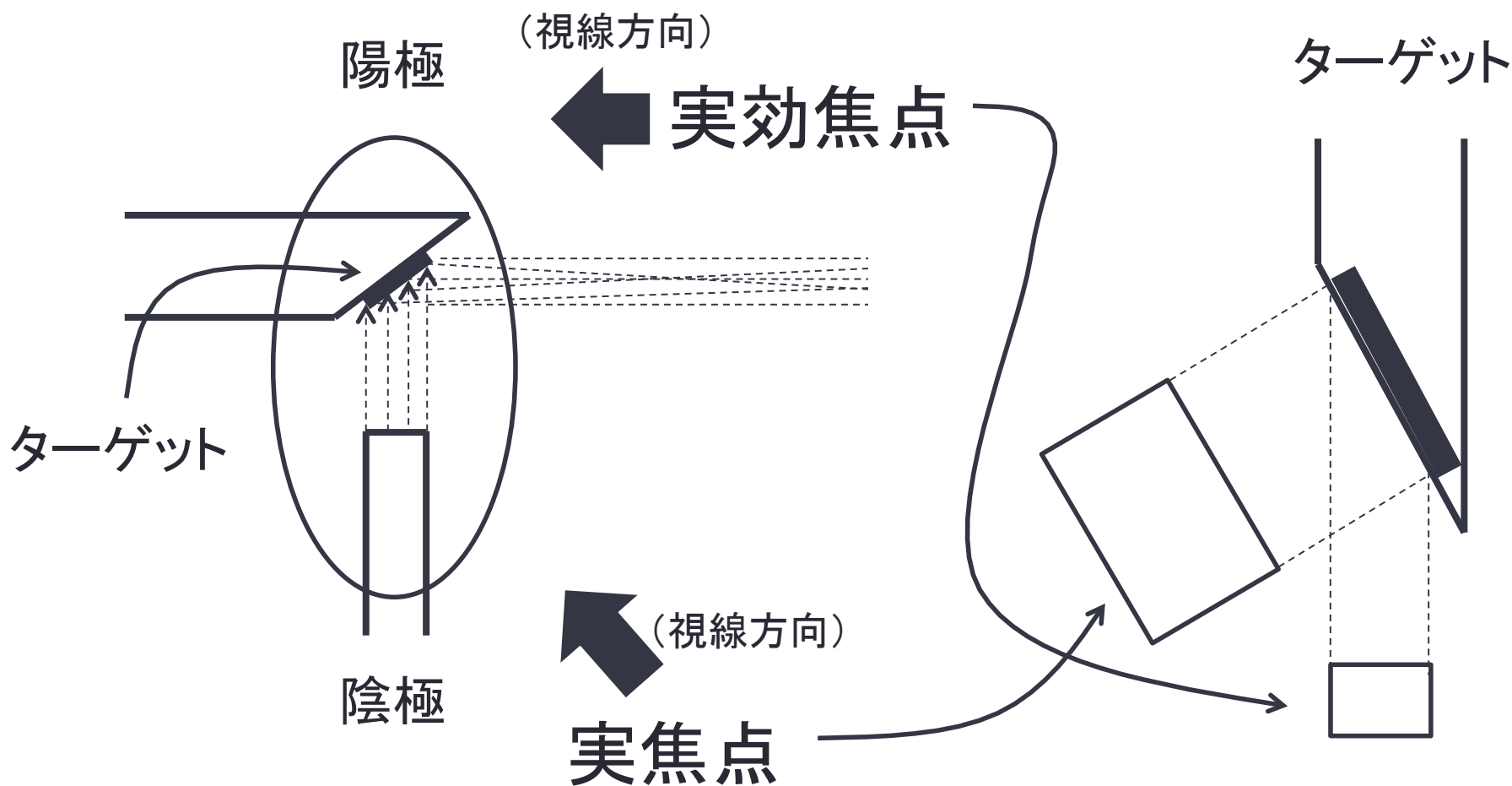


付加フィルタとX線スペクトル

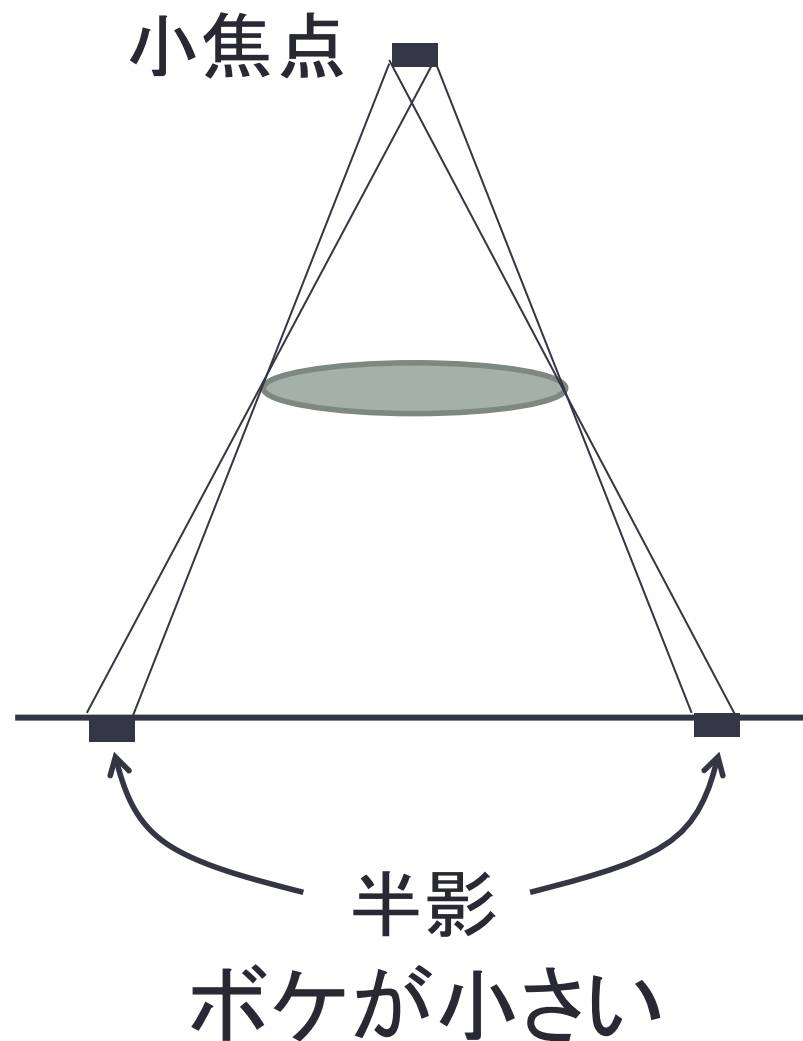
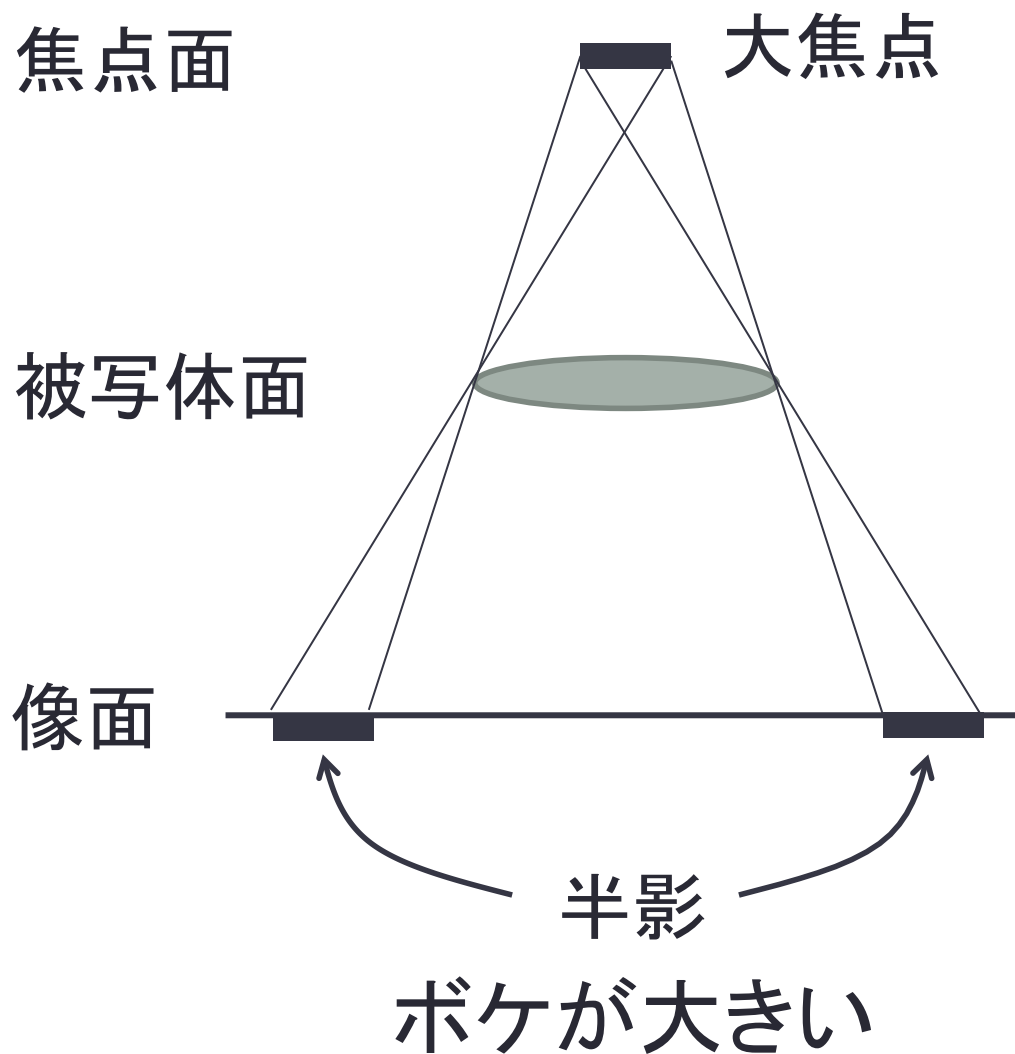
付加フィルタを挿入すると
低エネルギーの光子を効果的
に除去できる。

X線スペクトル分布において、
最大エネルギーはX線管に印
加される加速電圧：管電圧
(kV)で決められるが、スペク
トルは低いエネルギーの領域に
までのびている。この低エネル
ギーの光子は被検体の体表
面：皮膚面に吸収されるという
好ましくない効果を引き起こす
可能性が高い(画像形成にも
ほぼ寄与しない)。そこで、事
前に低エネルギーの光子を取り
除く必要がある。その目的に
用いられるのがフィルタ(ろ過
板)である。

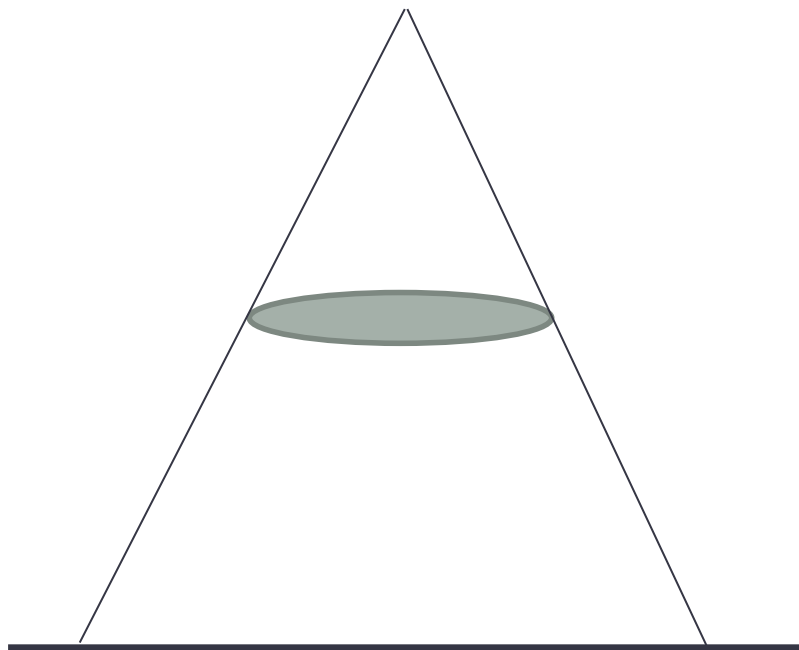
X線管焦点と画角特性



幾何学的不鋭

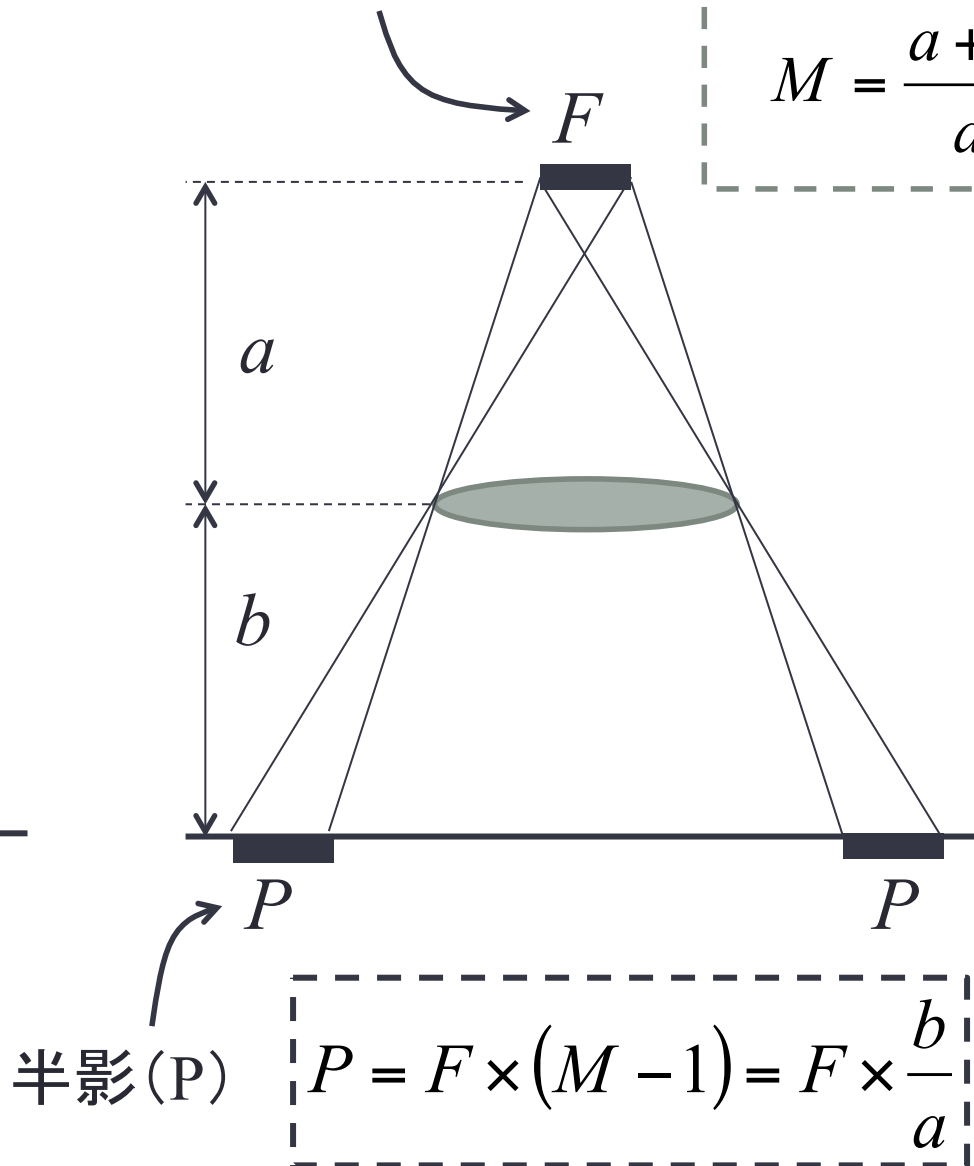


点焦点
(理想)



半影は発生しない
(ボケは生じない)

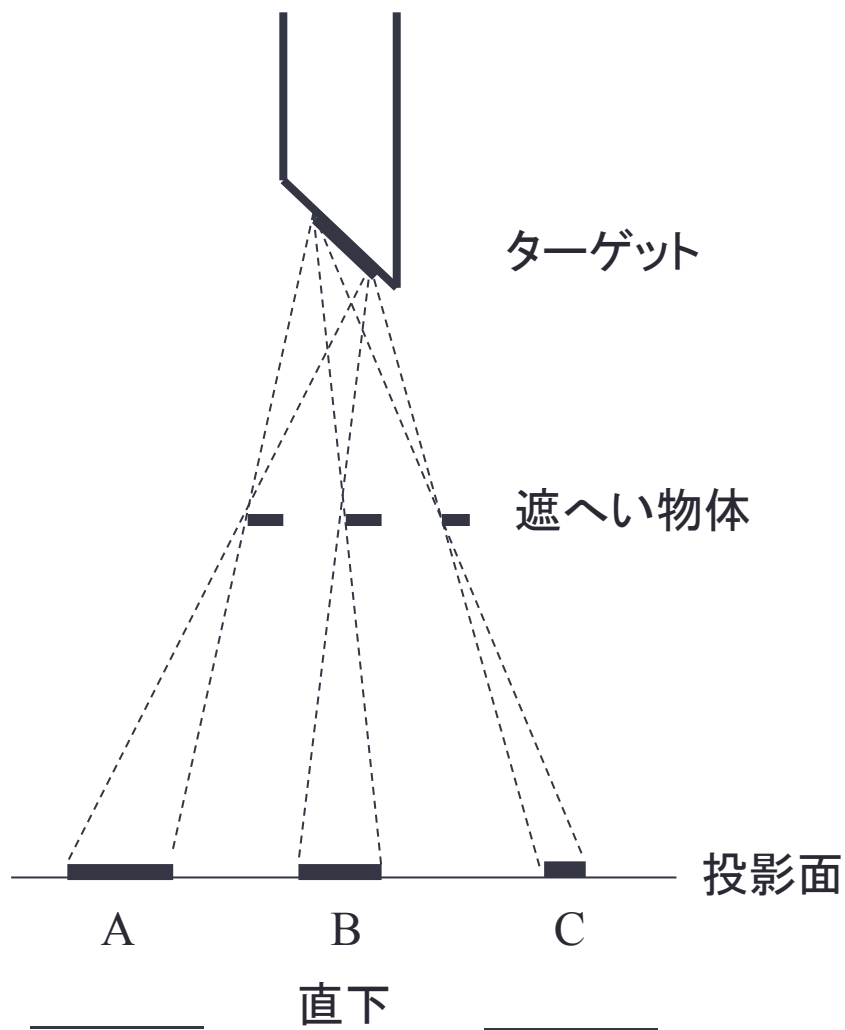
焦点寸法(F)



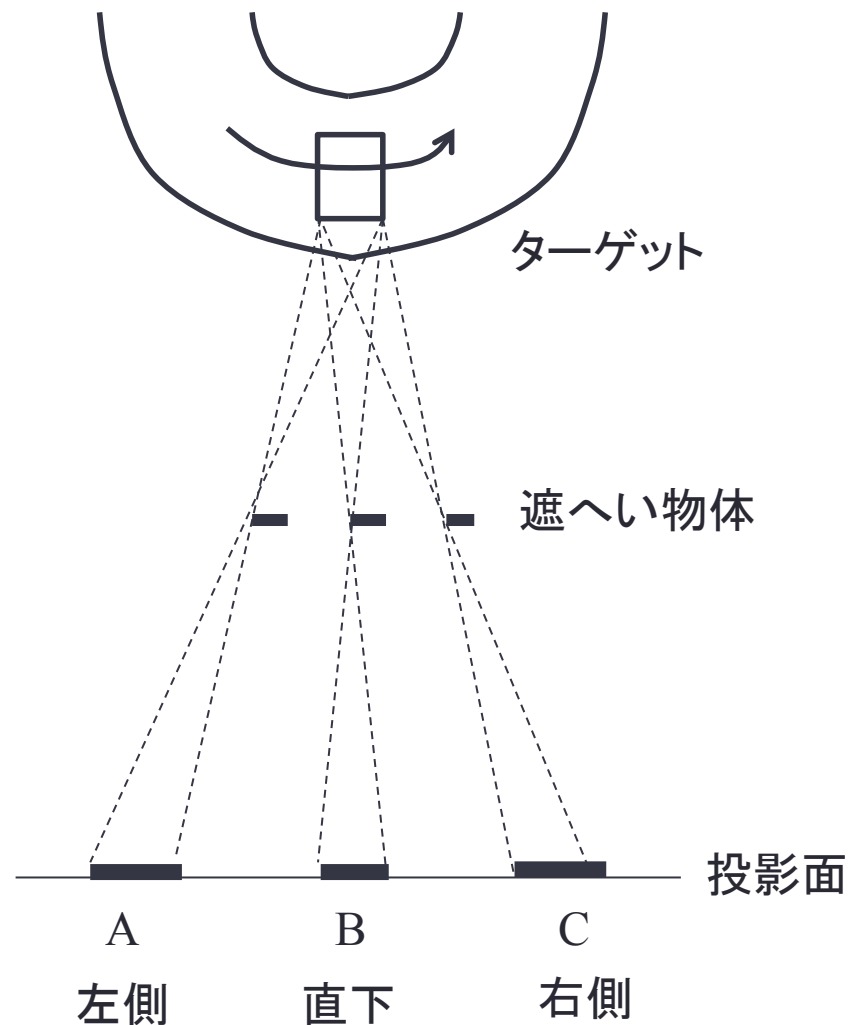
半影(P)

拡大率1.5倍の撮影で、半影は 0.3 mmであった。焦点－被写体間距離を変化させないで拡大率2倍の撮影を行うと半影は何mmになるか。

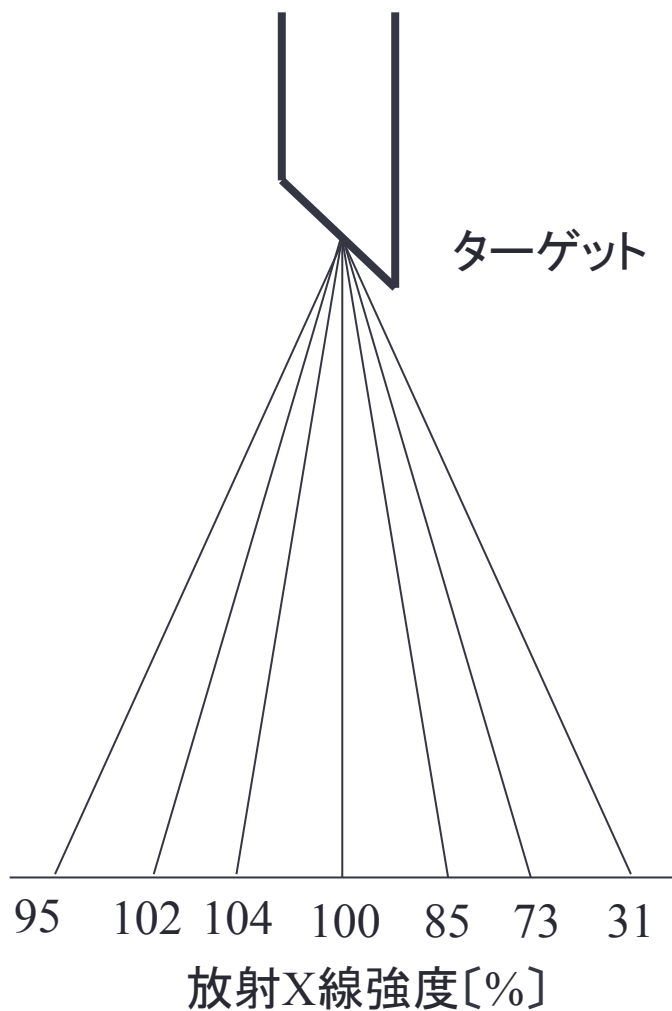
焦点－被写体間距離 40 cm, 被写体－X線検出器間距離 30 cm
の幾何学的配置において焦点寸法 2.0 mmで撮影したときの半影の大きさはいくつか。



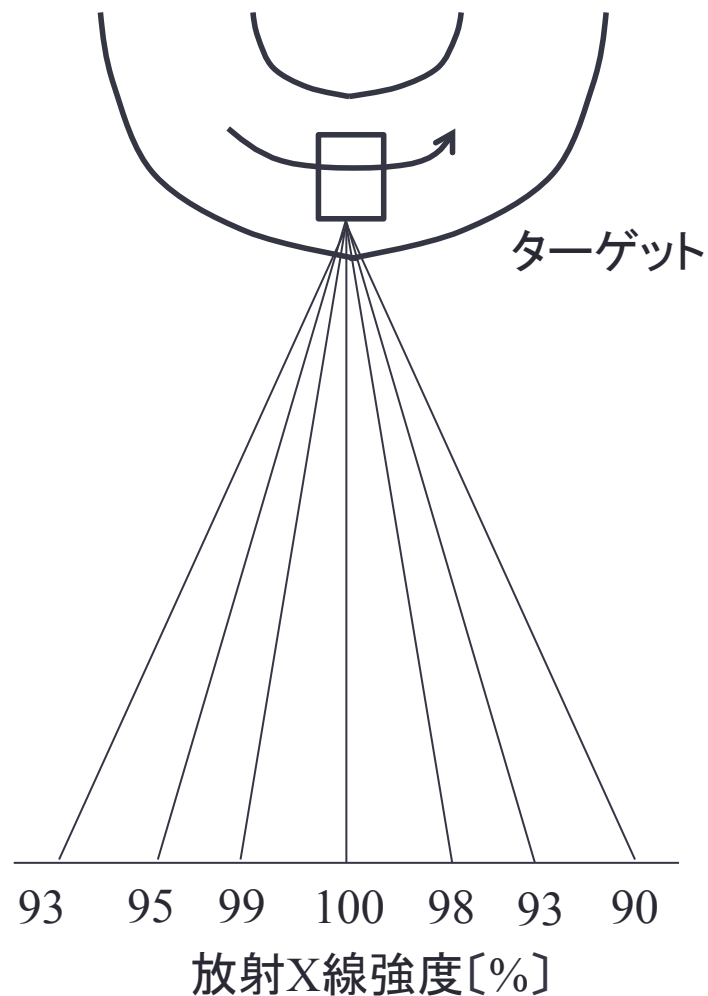
X線管の長軸(陰極－陽極軸)方向の
画角特性
大きさの順: $A > B > C$



X線管の短軸方向(管長軸に対して
直角の方向)の画角特性
大きさの順: $A = C > B$

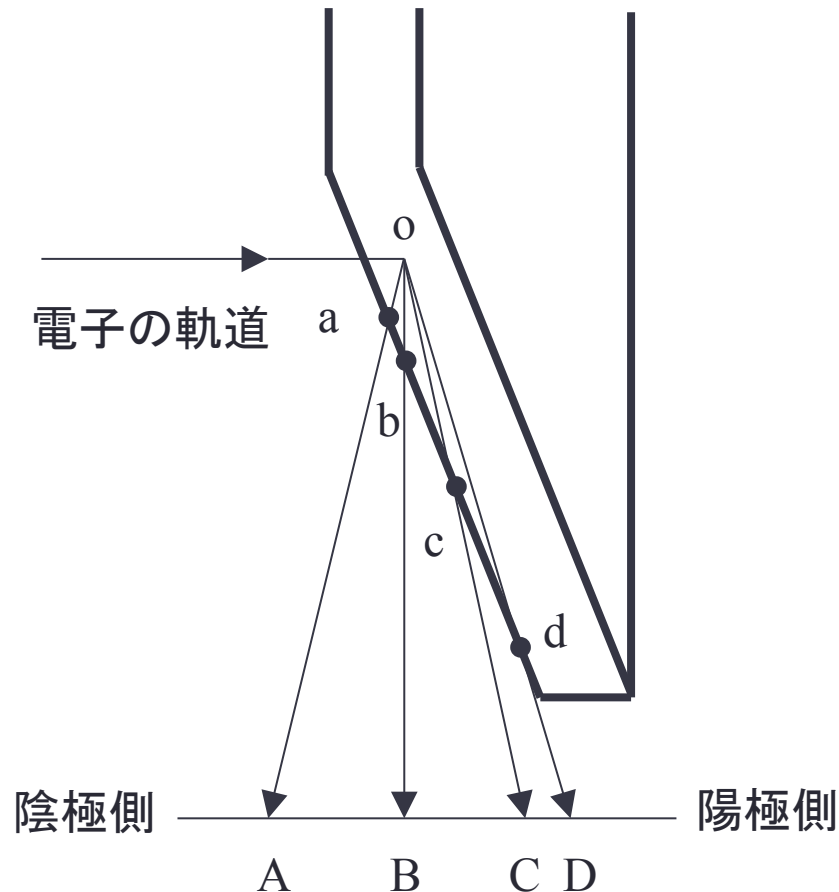


X線管の長軸方向の
放射X線強度分布の一例
(左側で急激に減少)



X線管の短軸方向の
放射X線強度分布の一例
(ほぼ左右対称)

ヒール効果(heel effect)



減弱層の厚さ: $oa < ob < oc < od$
強度: $A > B > C > D$

加速電子がターゲットの表面だけでなく、ある深さまで進入して焦点物質と相互作用した結果、X線を放出する。このとき陰極側へ放出するX線は焦点物質による減弱はほとんどないが、陽極側に出るX線は減弱を多く受ける。

国家試験問題

被写体コントラストに関係が少くないのはどれか.

1. 管電圧
2. mAs
3. 付加フィルタ
4. 被写体厚
5. 照射野

X線撮影において幾何学的不鮮鋭である半影を表す式はどれか。ただし、 F は焦点サイズ、 l は焦点被写体間距離、 m は被写体フィルム間距離とする。

1. $l \times m \times F$
2. $(m \div l) \times F$
3. $(l \div m) \times F$
4. $(m \div l) \times (1 \div F)$
5. $(l \div m) \times (1 \div F)$

国家試験問題

X線写真の鮮鋭度を向上させるのは
どれか. 2つ選べ.

1. X線管焦点を小焦点から大焦点にする.
2. 被写体－フィルム間距離を短くする.
3. カセットへのX線斜入角度を小さくする.
4. 焦点－フィルム間距離を短くする.
5. 高感度増感紙にする.

国家試験問題

0.1 mmの焦点サイズを用いて拡大撮影を行う場合、ボケの許容を0.2 mmまでとすると最大拡大率の限度は何倍か.

1. 2
2. 3
3. 4
4. 5
5. 6