

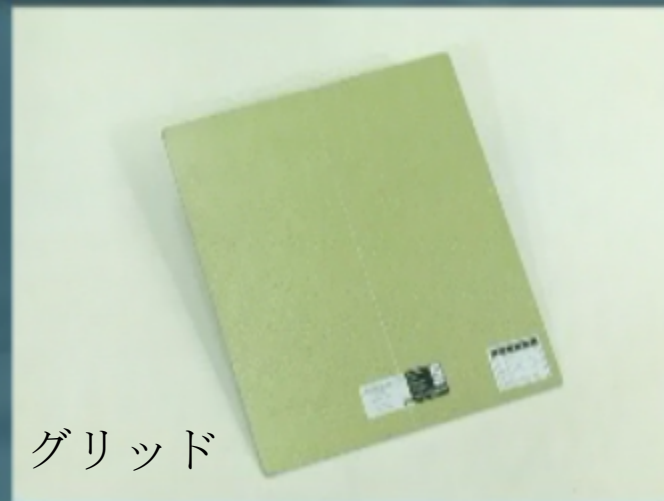
## X線装置



カセット  
+  
検出器



グリッド



X線撮影に必要な主な物品

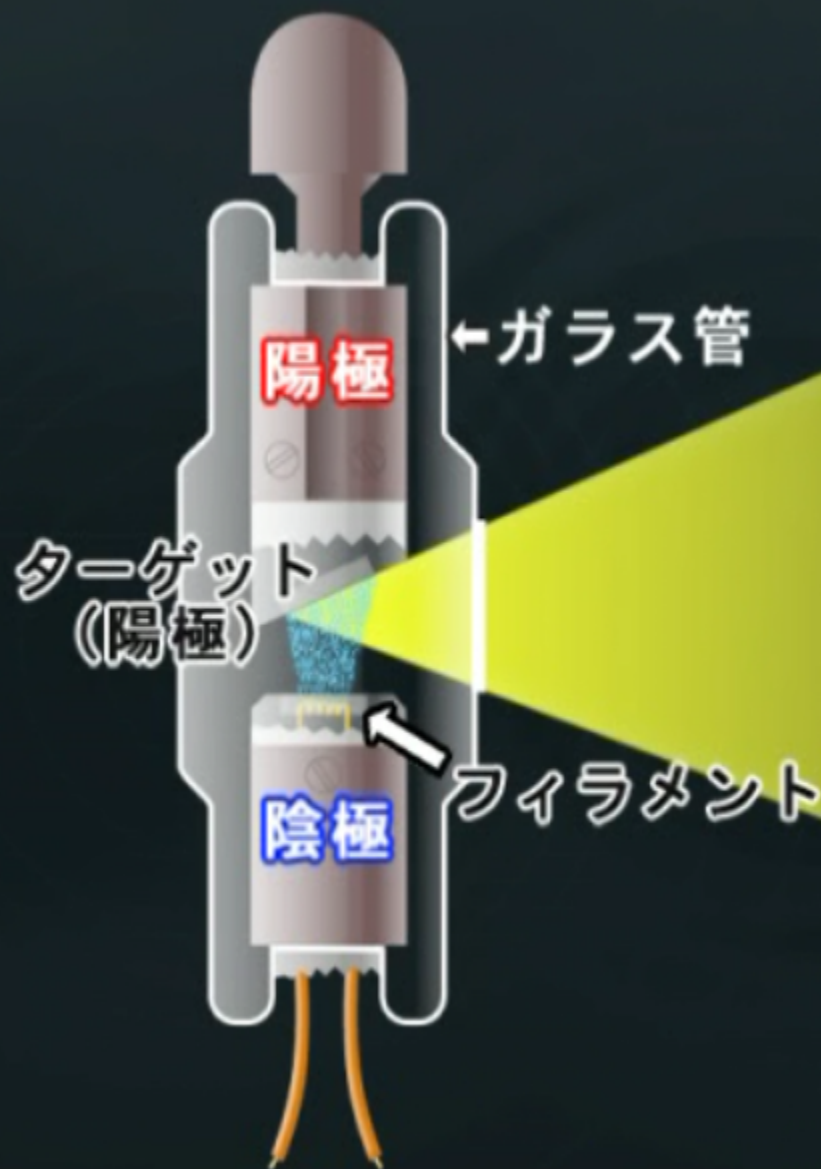


陰極と陽極がガラス  
で封印されている構  
造. ガラス内は真空.

単にX線管と呼ばれる  
ことも多い

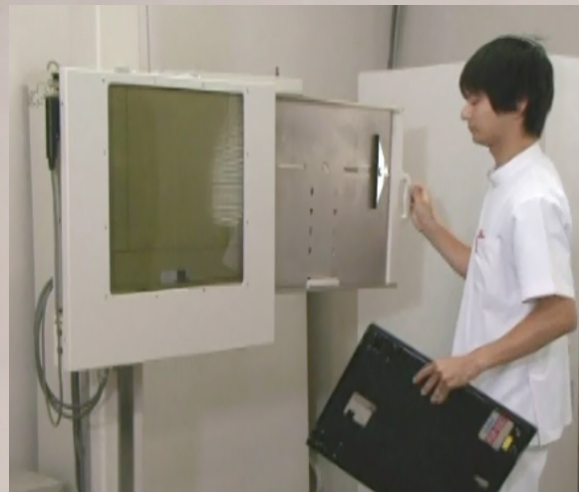
**固定陽極管**





電流を流すと陰極から電子が飛び出し、それが陽極のターゲットに当たるとエネルギーの一部がX線として放出される。  
「電離放射線」





カセットをX線装置の  
架台にセットしている  
様子



デジタルX線撮影  
用のイメージングプ  
レートをいれて使う  
タイプもある。

撮影用の生フィルム  
を入れる薄型の遮蔽  
箱。撮影部位に応じ  
ていろいろなサイズ  
がある。

カセット



# アナログX線撮影の場合

カセット内部に生フィルムを入れて使用する。

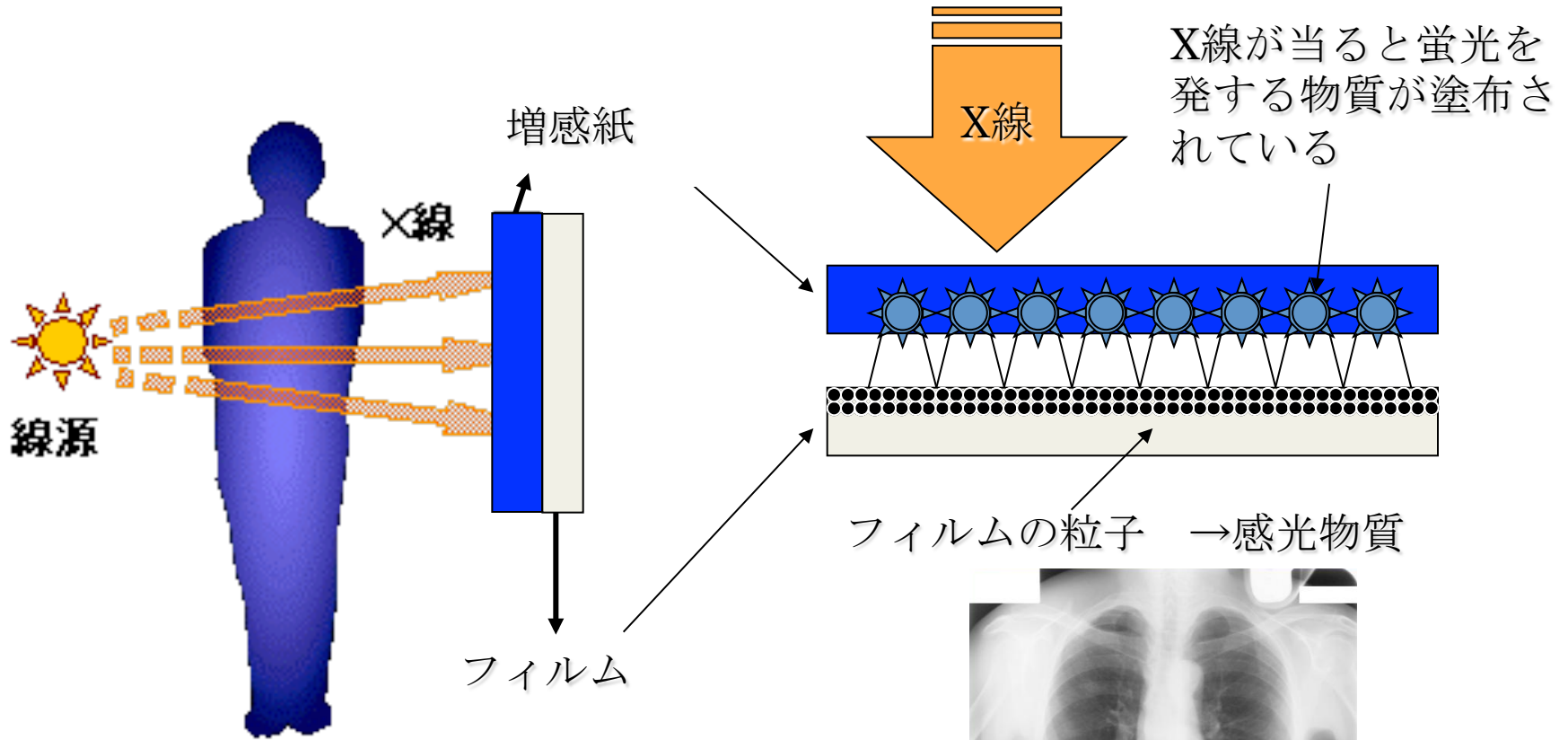
カセットの前後には**スクリーン**と呼ばれる**増感紙**が組み込まれている。

X線が照射されると増感紙が発光してフィルムが感光される。

カセット後面には鉛板が取り付けられていて、カセットより先にはX線が透過しないようになっている。

**フィルムが感光しないよう、作業は暗室で行う**

# 単純X線撮影の原理



人体の複雑な構造を透過(減弱)してきたX線を蛍光して画像化

| フィルム<br>サイズ | 撮影部位      |
|-------------|-----------|
| 四切          | 頭部、頸椎、股関節 |
| 大四切         | 胸椎、腰椎     |
| 大角切         | 胸部、骨盤     |
| 半切          | 腹部        |

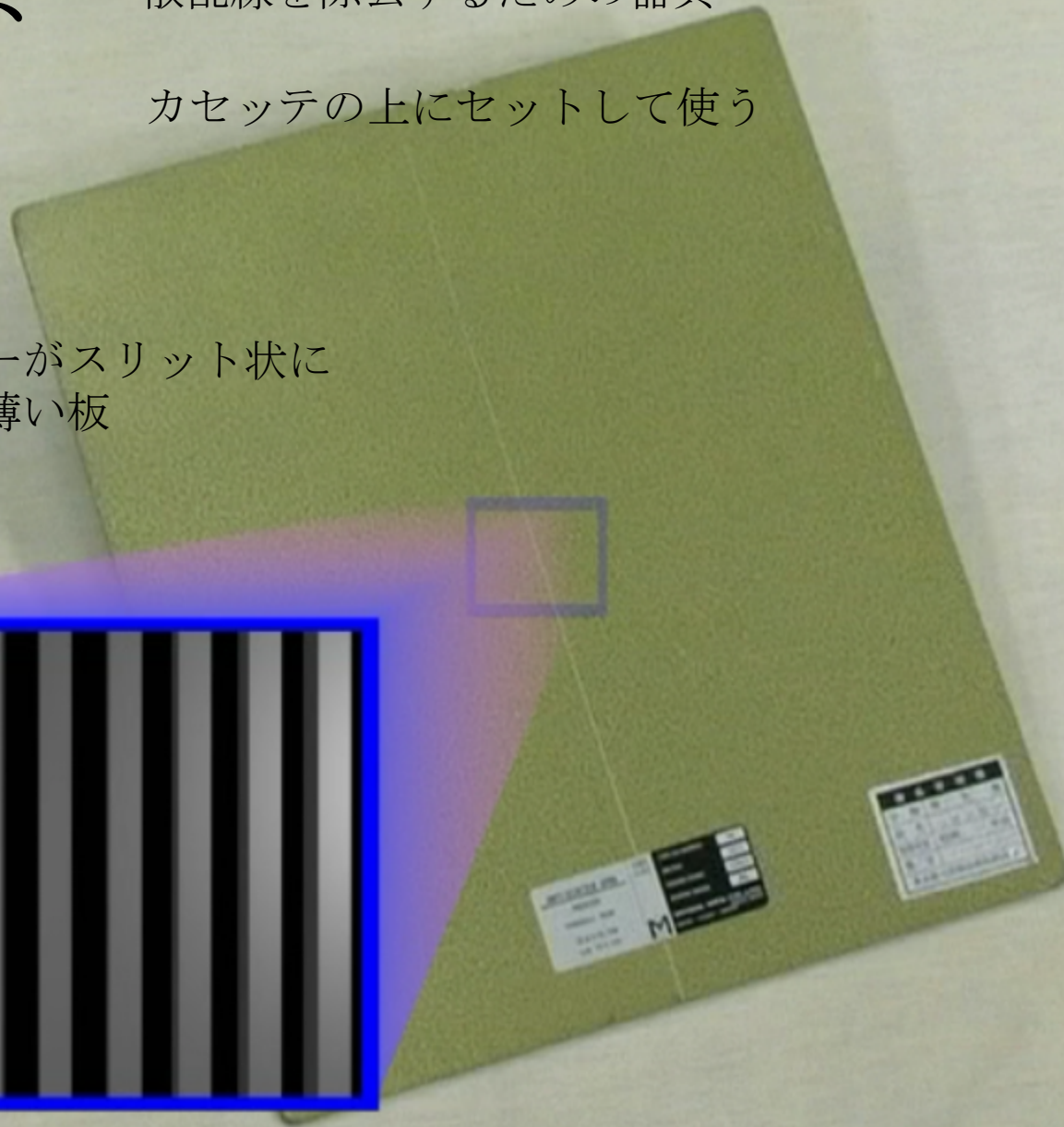


# グリッド

散乱線を除去するための器具

カセットの上にセットして使う

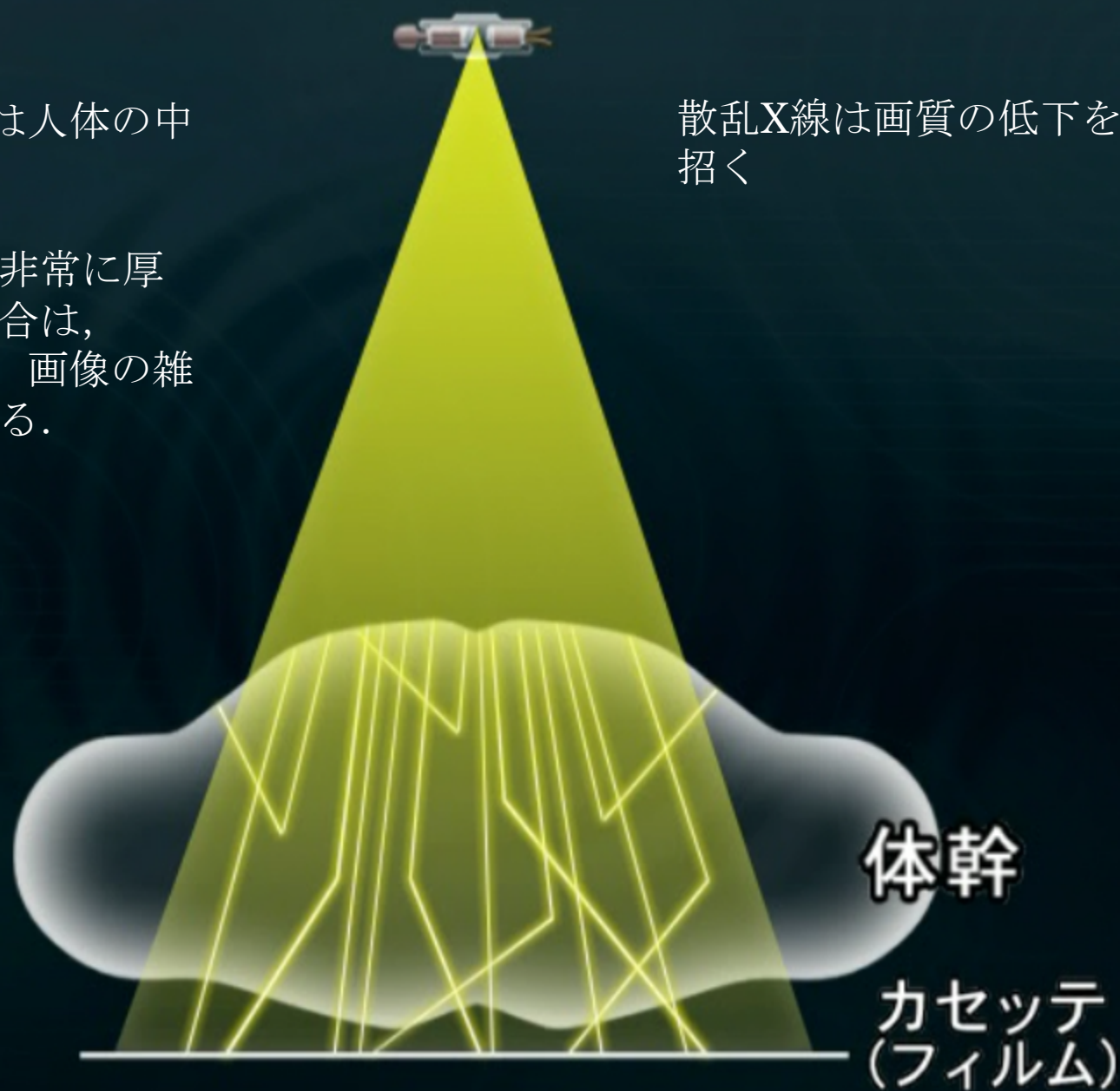
鉛のワイヤーがスリット状に  
並んでいる薄い板

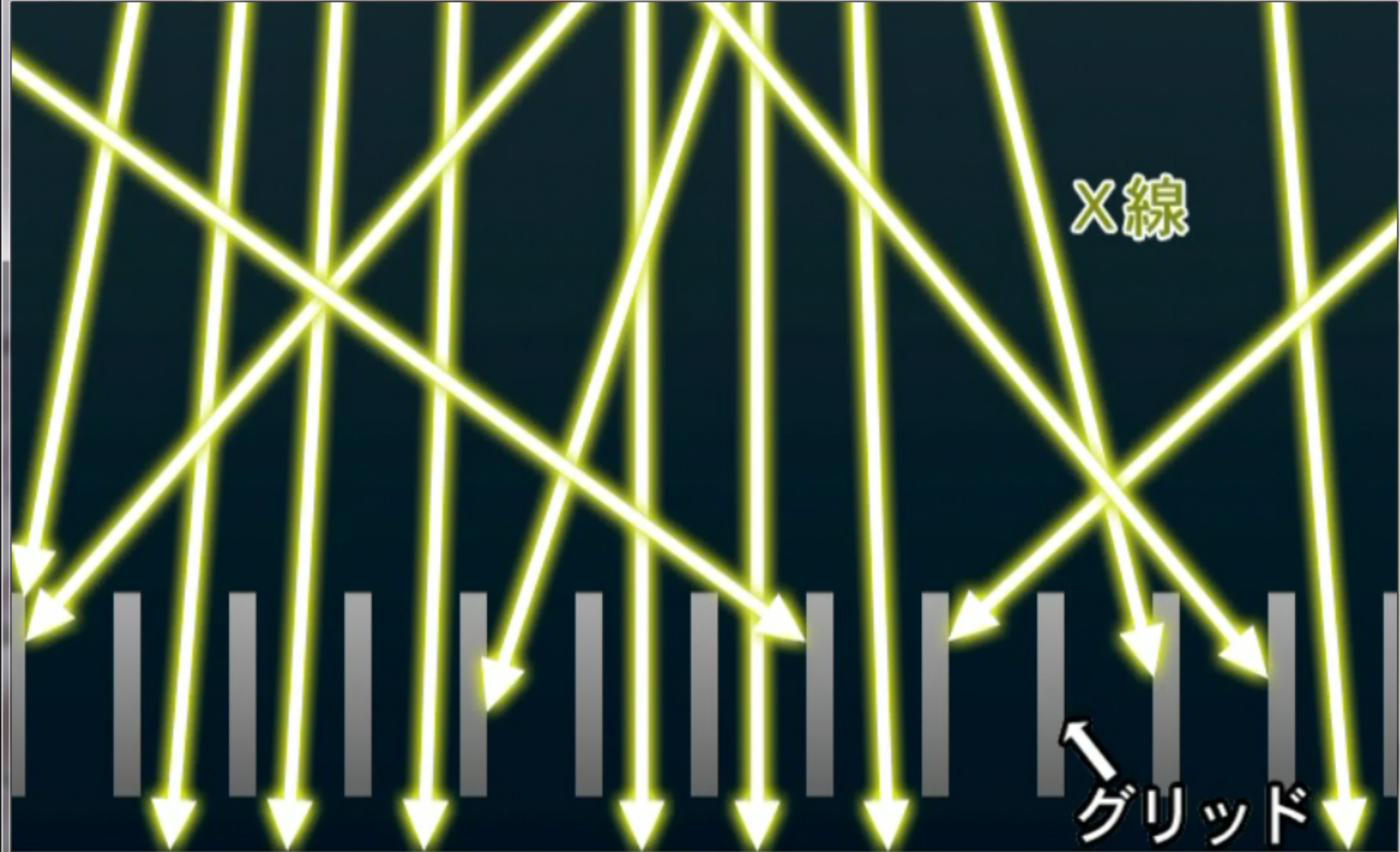


基本的にX線は人体の中で散乱する

散乱X線は画質の低下を招く

体幹のような非常に厚い被写体の場合は、X線が散乱し、画像の雑音の原因となる。





X線

グリッド

カセット(フィルム)

鉛のスリットが斜めから入ってくるX線を散乱線として吸収して除去する



距離

管電圧

管電流

時間

線質 (X線のエネルギー)  
を決める

管電流, 照射時間, 距離に  
よって線量を決める

撮影条件



## 管電圧 (kV)

線質 (X線のエネルギー)  
を決める条件

### X線透過性を調整

- 低い → 長波長のX線  
(透過力弱)
- 高い → 短波長のX線  
(透過力強)

人体の撮影 : 45 kV ~ 150 kV で調整



管電圧:低

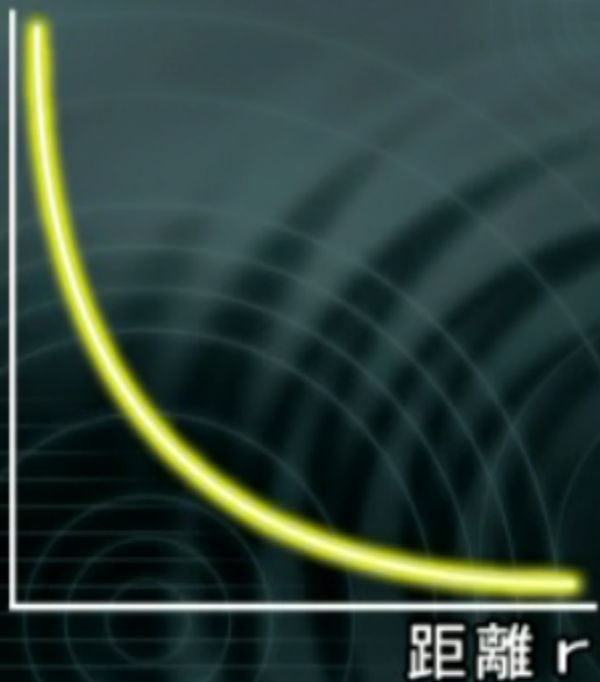
被写体が薄い場合、  
透過力の弱いX線を使  
う

被写体が厚い場合、  
透過力の強いX線を使  
う

管電圧:高







管電流 (mA)

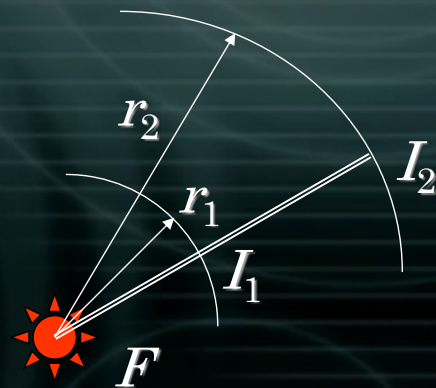
×

時間 (sec)

距離 (cm)

X線は距離の逆二乗則 $\frac{1}{r^2}$ に従って減衰

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$



X線焦点からの距離  $r_1, r_2$ , その点での強さ  $I_1, I_2$

積が同じなら  
発生するX線の  
線量は同じ

管電圧

70 kV

距離

100 cm



$\text{X線量} = \text{管電流} \times \text{時間}$

管電流

100 mA



50 mA



時間

0.5 sec

1.0 sec

照射線量が同じになり，同質の画像が得られる



管電圧

70 kV

距離

200 cm



距離を倍にするとX線は $1/4$ に減衰する。  
距離100 cmと同質の画像を得るためには  
管電流と時間をそれぞれに倍にする。  
あるいは片方を4倍する。

管電流

200 mA



100 mA



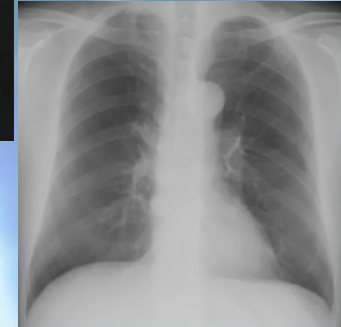
時間

1.0 sec

2.0 sec

距離100cmのときと同質の画像になる





X線は体を透過するとき組織に吸収され減弱する。

吸収の度合いは組織ごとに異なり，透過後のX線には吸収に応じた強弱が生じる。

この強弱の度合いをフィルムに感光させる，あるいは電気信号に変換することで画像化するのがX線検査である。

# X線画像の画質に影響する因子

## ➤ X線管球

                      
(幾何学的不鋭)

## ➤ 撮影条件

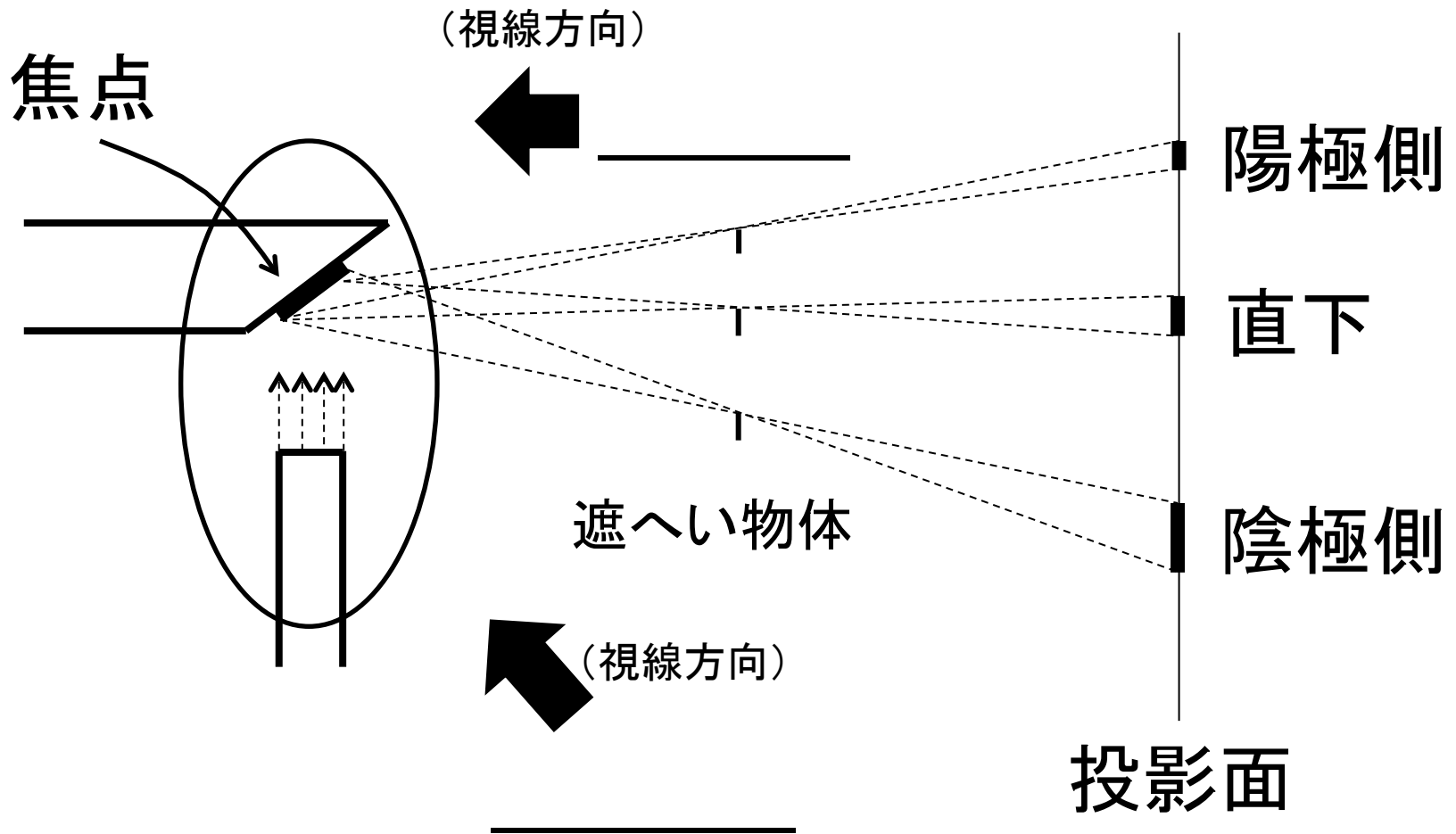
管電圧, 管電流, 距離

                      
X線スペクトル  
(低エネルギー,           )

## ➤ X線検出器

検出器の特性

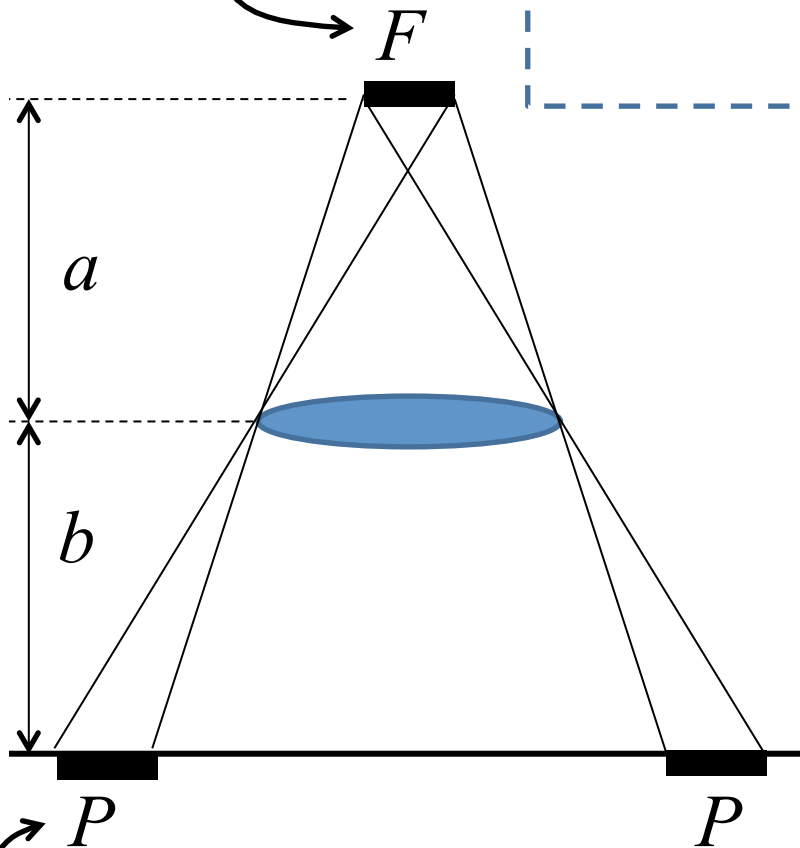
# X線管焦点と画角特性





焦点寸法 ( $F$ )

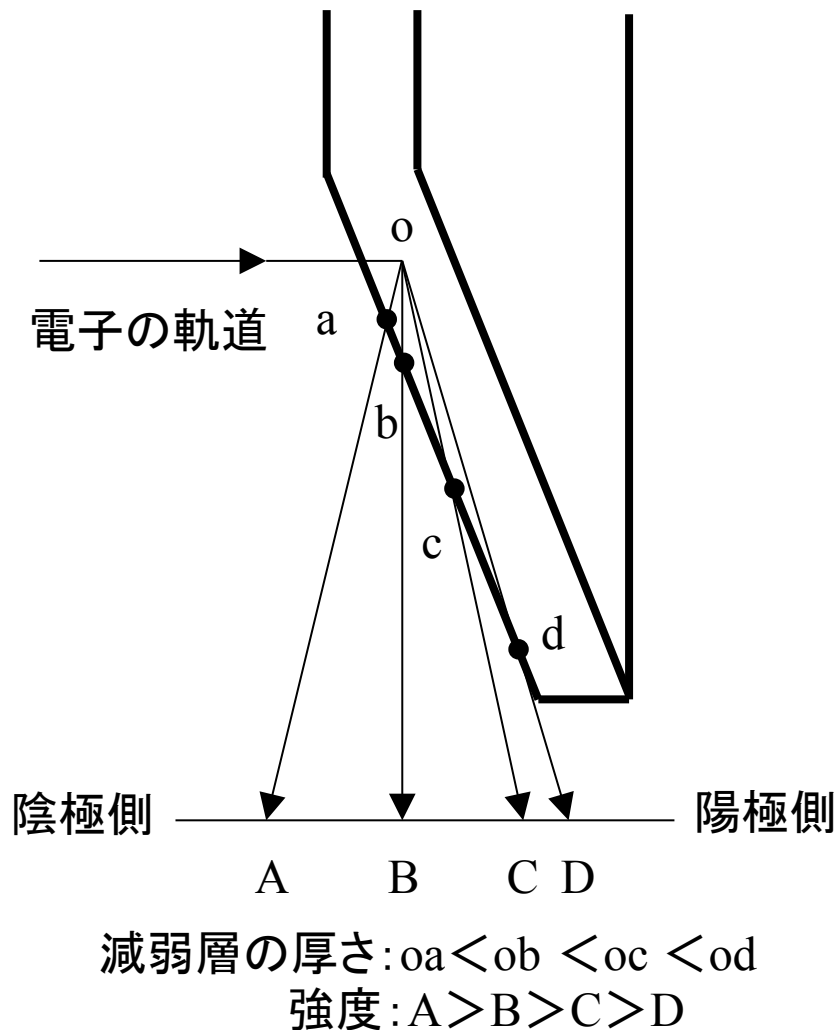
拡大率 ( $M$ )



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。

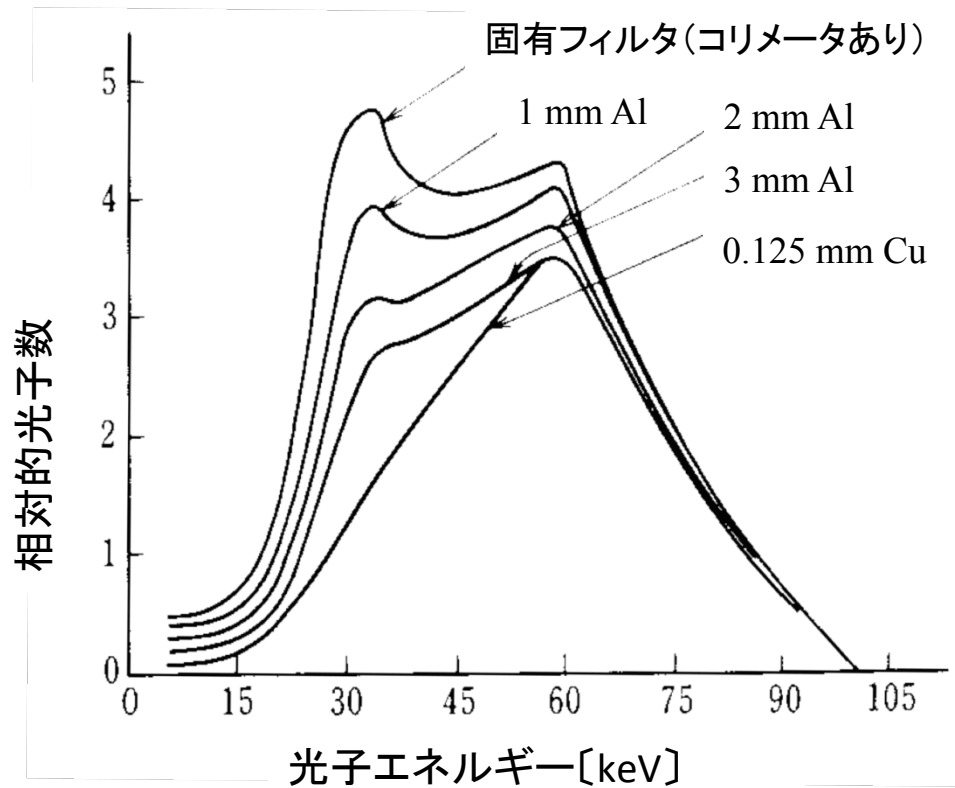
半影 (P)

# ヒール効果 (heel effect)



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。この現象をヒール効果という。

間距離にも依存する。

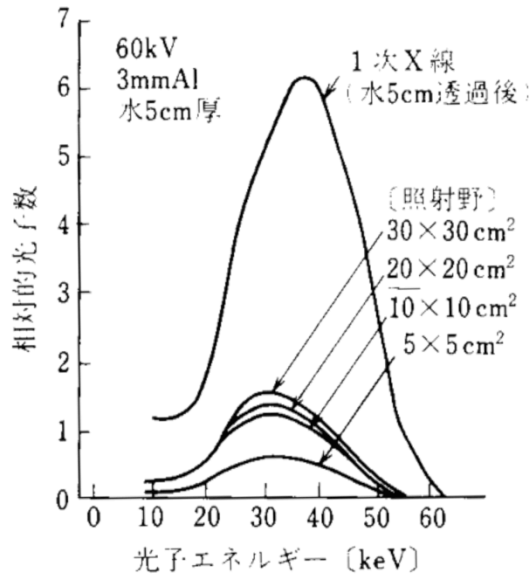


付加フィルタとX線スペクトル

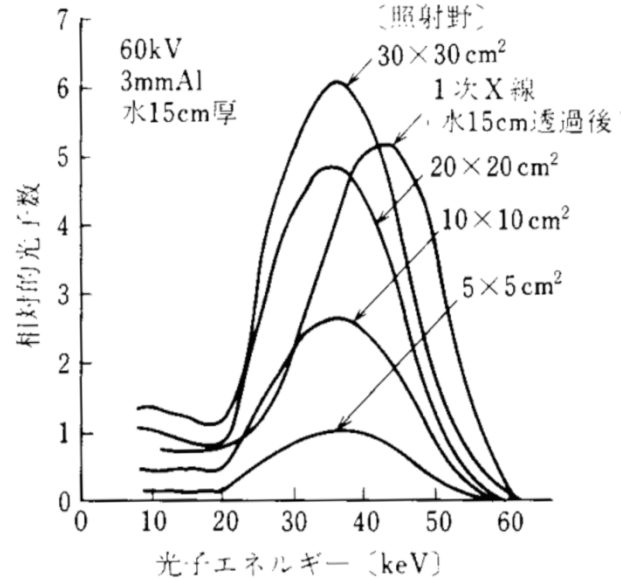
付加フィルタを挿入すると  
低エネルギーの光子を効果的  
に除去できる。

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\_\_\_\_\_という  
好ましくない効果を引き起こす  
可能性が高い(\_\_\_\_\_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。

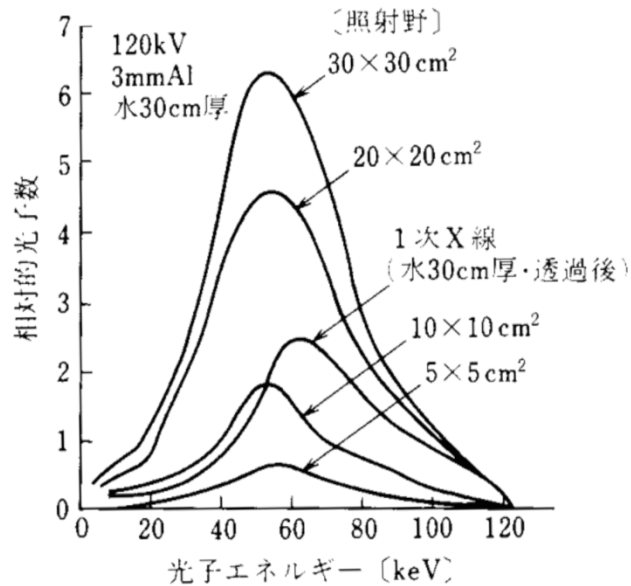




(a)



(b)



(c)

は入射X線が被検体(吸収体＝散乱線体)を透過する過程で、2次的に発生するX線。その大半は、はじめの方向と違った方向に進む。画像に対して一様にカブリを与えるため、画像のコントラストを低下させる。

が大きくなると散乱X線の割合は増加し、水の厚さがと、直接X線(1次X線)よりも散乱X線の割合は増加する。

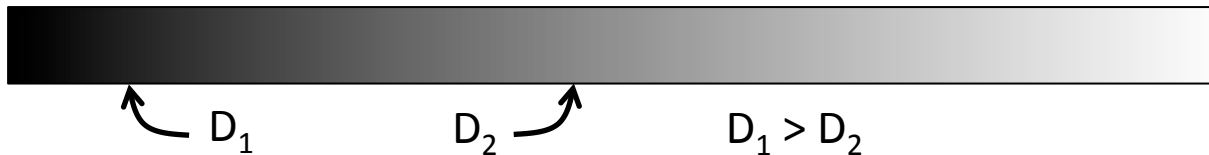
- 
- 感光材料の感光特性値[感度(sensitivity), 階調度(gradient), ガンマ(gamma), ラチチュード(latitude), カブリ(fog)など]を測定することにより, 感光材料の性質を知る方法である
  - 広義にX線写真の\_\_\_\_\_を求めて, 感材や現像処理の特性を評価することをいう
  - 1)露光, 2)現像, 3)濃度測定, 4)特性曲線の作成・評価の4つの過程を経る

# X線写真濃度

- 一般的に光学濃度 (optical density) を意味する
- \_\_\_\_\_ と \_\_\_\_\_ の関係から写真の黒さを表す

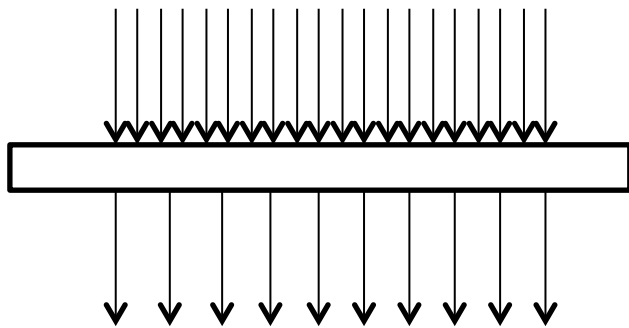
$$D = \frac{\log I_0}{\log I}$$

$T$ : 透過率  
 $I_0$ : 入射光強度  
 $I$ : 透過光強度



Dの値が大きいと、より黒いことを意味する

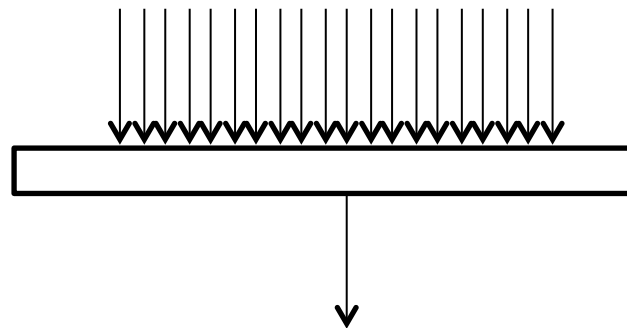
入射：100



透過：10

検出器

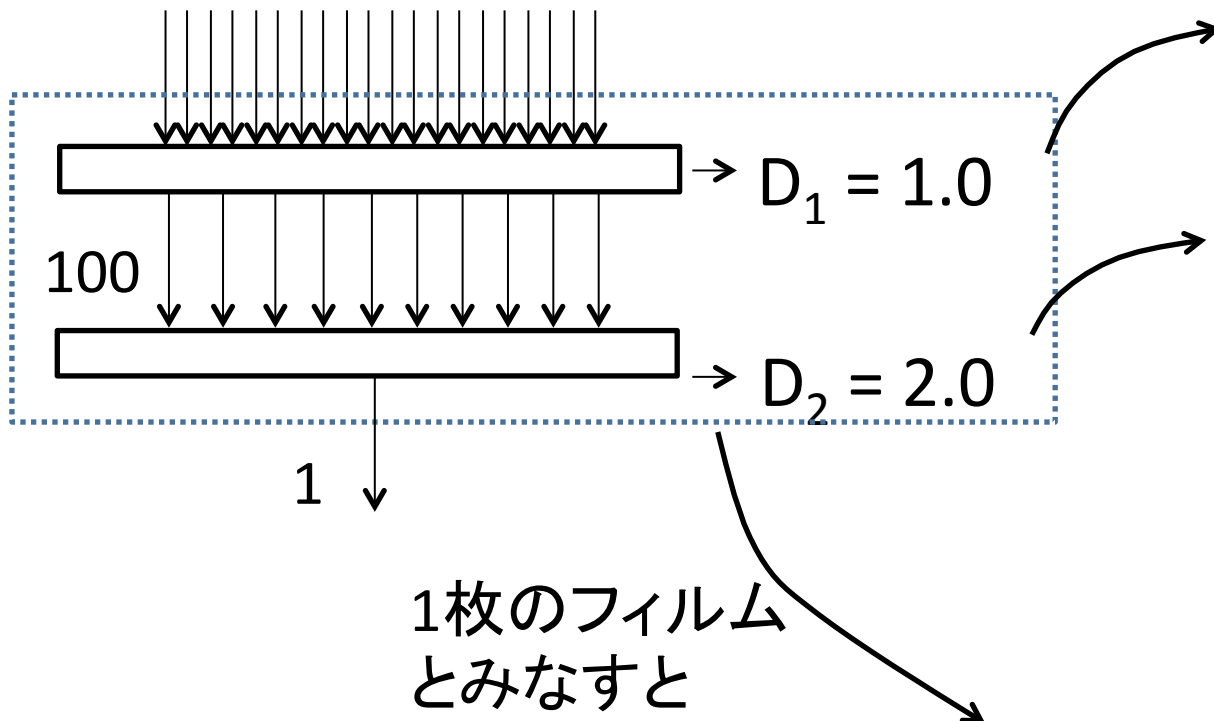
入射：100



透過：1



1000

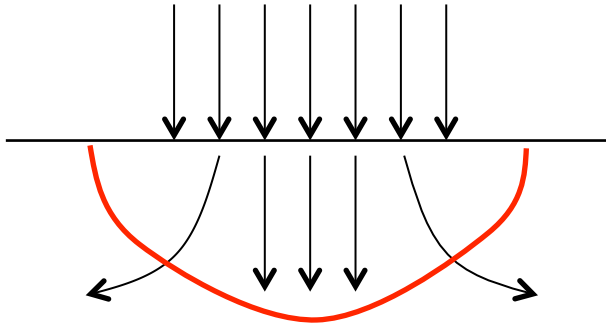


濃度は足し算



濃度

入射:  $I_0$



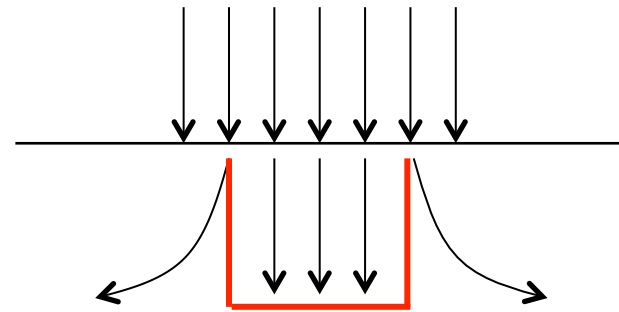
拡散した光も捉えて透過光として扱う

$$D = \log_{10} \frac{\text{入射光}}{\text{透過光}}$$

=

濃度

入射:  $I_0$



平行に透過した光のみを透過光として扱う

$$D = \log_{10} \frac{\text{入射光}}{\text{透過光}}$$

=

(キャリエ係数,  $Q$ ): 平行光濃度 / 拡散光濃度の比 (\_\_\_\_)

Figure 1: A plot of the logarithm of the relative error (log RE) versus the logarithm of the relative error (log RE). The curve shows a sigmoidal shape, starting near 0.0 and increasing towards 3.0. Key features include a dashed line tangent to the curve at log RE = 1.0, labeled  $\alpha$ , and a vertical dashed line at log RE = 1.0, labeled 'latitude'. The difference between the curve and the tangent line is labeled  $\Delta D$ , and the difference between the curve and the vertical line is labeled  $\Delta \log RE$ .

- 露光を全然しなくてもわずかに黒化する。露光しないで現像したフィルムを測定して求まる濃度は、「カブリ濃度」に「ベース濃度」を加えた値である（濃度では加法測が成立する）
- グラディエント (gradient:  $G$ )

H&D曲線の任意一点の接線の傾き ( $\Delta D / \Delta \log RE$ )  


---

とも呼ばれる (特に直線部で)
- 平均グラディエント (average gradient: )

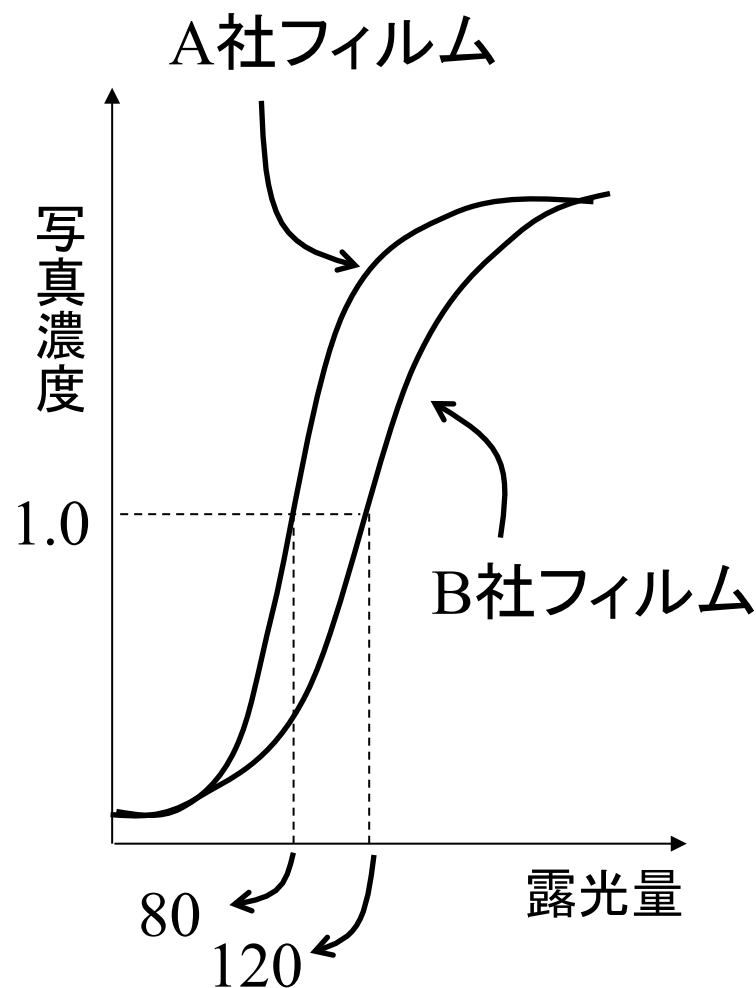
(ベース+カブリ)+0.25から, (ベース+カブリ)+2.0の濃度域におけるH&D曲線の傾き (X線フィルムのコントラストの代表値, 実用域の傾き)
- H&D曲線の直線部分の正接 ( $\gamma = \tan \alpha$ )
- H&D曲線の直線部分の入力範囲 (露光域)
- 相対感度 (relative sensitivity)

# 感度 (sensitivity)

ある決まった濃度を  
得るために必要な露  
光量の大きさ

同じ結果を得るために必要  
な刺激の量

\_\_\_\_\_ が感度が良い！



\_\_\_\_\_ のほうが  
感度が良い

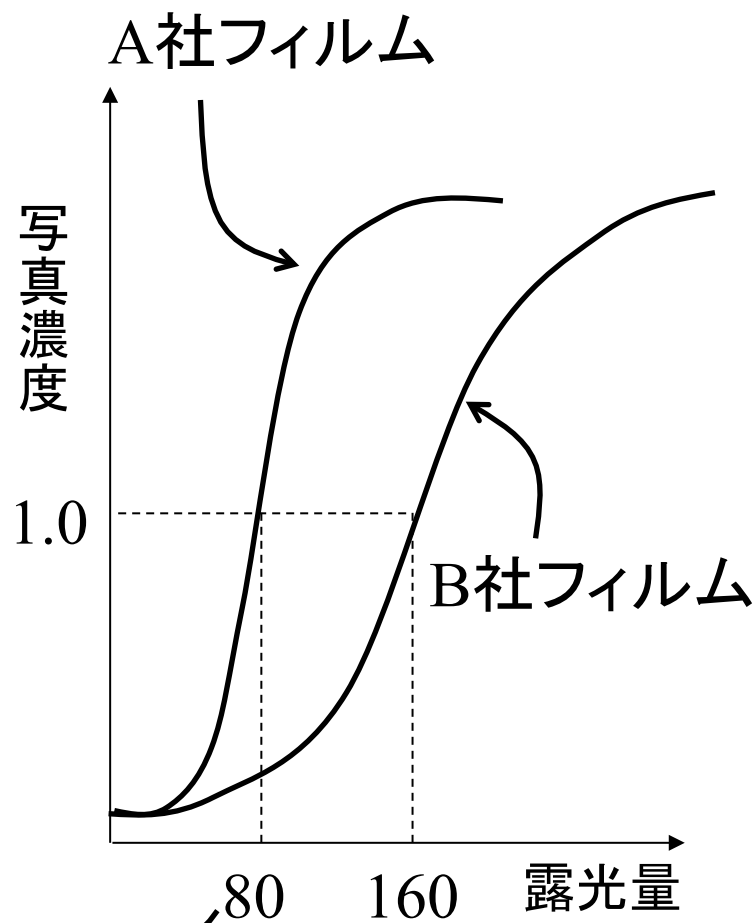


# 相対感度 (relative sensitivity)

ある基準の系を決め、  
その基準に対する感  
度で表示する

同一の濃度を得るのに必要  
な露光量の逆数から求める

例：ある増感紙－フィルム系の感  
度を100としたとき、露光量が2倍で  
同じ濃度が求まる系の相対感度は  
\_\_\_\_である



B社フィルムを基準(100)と  
したとき、それに対する相対  
感度は\_\_\_\_

## 国家試験問題

写真特性で正しいのはどれか.

1. 階調度が高いほどラチチュードは狭くなる
2. 一定濃度に必要な露光量と感度とは比例する
3. 拡散光濃度は平行光濃度よりも高い値を示す
4. 特性曲線の直線部の傾斜度を平均階調度という
5. 透過光が入射光の10%になる写真濃度は2.0である