歯科用エックス線撮影における機材と写真処理

2年生・編入3年生　生体理工学Ⅱ
歯科放射線学　2016/1/20

•医学

•患者の人体情報を得る手段

- 触診や顔色などの感覚、知覚による手法
- 体温計や心電図などセンサーを用いて解析して医師にわかるような情報に変換する手法

•患者の体内を直接観察できない場合は

- それをいったん他の形に置き換えて情報を得られるようにする（写像、画像化）

医用画像

✓ エックス線検査は歯科医療現場でどのように行われているのか？

①疾患の診断
②病変の進展範囲の把握
③予後評価 → 適切な治療

本日の講義

• 画像検査の基礎

A　放射線機器・器材

1. 歯科用口内法エックス線撮影装置
2. パノラマエックス線撮影装置
3. 頭部エックス線規格撮影装置
4. 一般（医科用）撮影装置
（5. その他の撮影装置）
6. 増感紙
7. フィルム
8. 特性曲線・粒状性
9. エックス線写真の観察
（10. 歯科用デジタルエックス線撮影装置）

B　エックス線写真の基本的事項

1. 画像形成・画像形成原理
2. 画像形成・幾何学的条件
3. コントラスト
4. 鮮鋭度と解像度
5. 画質に影響する因子

1．歯科用口内法エックス線撮影装置

- 口外法撮影装置と比較して小型、撮影角度を自由に変えることができるようデザインされている。
- ヘッド、指示用コーン、アーム、操作パネル（コントロールボックス;制御装置）、照射スイッチなど。

2．パノラマエックス線撮影装置

1）回転パノラマ方式
歯科臨床で多用

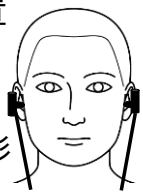
2）口内法線源方式
（体腔管方式）
ほとんど用いられていない

3. 頭部エックス線規格撮影装置

・頭部エックス線規格撮影（セファロ撮影）
・頭部維持装置（cephalostat）
イヤーロッド（耳桿）による頭部固定

4. 一般（医科用）撮影装置（顔面頭蓋部エックス線撮影装置）

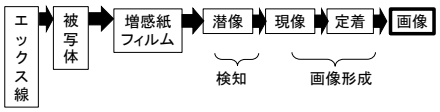
・医科で胸部や腹部の撮影に使用されているエックス線撮影装置が使用される。



5. その他の撮影装置

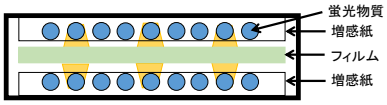
- 歯科用コーンビームCT
- 顎関節の撮影
- 断層撮影
- CT

エックス線写真におけるアナログシステム



受光系・受像系

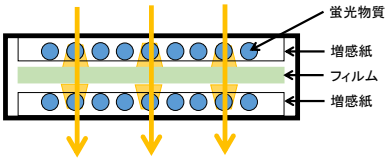
増感紙―フィルムシステム（増感紙とエックス線フィルム）



- 照射線量を1/10以下にできる。
- 増感紙を使用しない場合の撮影と比較して鮮鋭度が低下する（ボケ画像となる）。
- 増感紙の表面の傷やごみにより蛍光にむらが生じ画像に影響を与える。
- 増感紙は長期間の使用により劣化する。
- デジタルエックス線画像診断システムでは不要

6. 増感紙

- ポリエステルなどの支持体に蛍光物質（タングステン酸カルシウム、希土類元素）が塗布されているもの。



- エックス線を当てると内部の蛍光物質が発光して、その蛍光でエックス線フィルムを「**感光**」させる。

7. フィルム

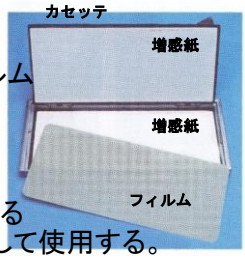
1）種類

（1）ノンスクリーンタイプフィルム

- エックス線に対し感度が高く、光には感度が低いように作られたフィルム。
- 増感紙（screen;スクリーン）を使用しない撮影に用いる。
- 口内法撮影に用いる。

7．フィルム

（2）スクリーンタイプフィルム

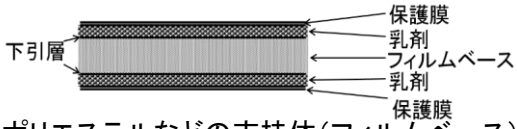


- 増感紙を組み合わせて使用するフィルム。
- 増感紙を貼りつけたカセッテ（フィルムを入れるケース）に1枚ずつ装填して使用する。
- 増感紙から発光する蛍光に対して感光する。
- エックス線よりも可視光線に感度が高いように作られたフィルム。
- 口外法撮影などに用いられる。

7．フィルム

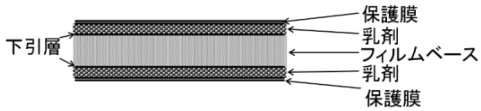
2）構造

①支持体②乳剤層③下引き層④保護膜層

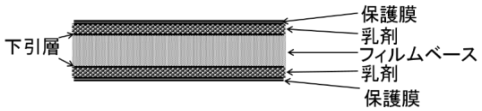


・ポリエステルなどの支持体（フィルムベース）の両面に乳剤層が塗布されている。

両面乳剤 → エックス線フィルムの特徴
（エックス線の感度を増すため）



- 乳剤はハロゲン化銀の微細な結晶を主体に各種薬品を加えてゼラチン中に均等に分配させたもの。
- ハロゲン化銀はおもに臭化銀（AgBr）、その他にヨウ化銀（AgI）、塩化銀（AgCl）など。粒子の大きさは1μmあるいはそれ以下で、その大きさはエックス線感度に影響する。



- ゼラチンの役割

①ハロゲン化銀の凝集・沈殿を防ぐ

②照射されなかった粒子の保護

③現像液・定着液を浸透させ粒子との反応を高める

- 下引き層は支持体（疎水性）とゼラチン乳剤層を強固に接着させる。
- 保護膜層は乳剤層が直接外部と接するのを防ぐ。

7．フィルム

3）フィルムの感光

①エックス線がフィルムに照射されると、そのエネルギーの一部が乳剤のハロゲン化銀に吸収される。

②エネルギーを吸収したハロゲン化銀は「**潜像**」となる。潜像が形成されたことを「**感光**」という。

Br^-＋光（エックス線エネルギー）→ハロゲン＋電子
→ 電子＋銀イオン（Ag^+）→ 銀（Ag）

※Ag粒子の集まりを「潜像」という。

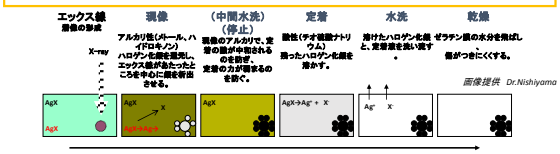
③潜像を写真処理（現像処理）することにより画像として可視可能となる。

7．フィルム

4）エックス線写真処理

- エックス線フィルムの乳剤に記録された潜像を現像して画像化するシステムを現像処理とよぶ。
- 行程

（1）現像→（2）定着→（3）水洗→（4）乾燥



7．フィルム

（1）現像→（2）定着→（3）水洗→（4）乾燥

（1）現像

- 潜像を可視化 ＝ 金属銀の状態まで成長させる（ハロゲン化銀の還元）
- 液体状の現像液にフィルムを浸す行程。

現像液：アルカリ性
（メトール、フェニドン、ハイドロキノン）

（2）定着

- 液体状の定着液にフィルムを浸す行程。
- 感光しなかった、または感光が弱かった未現像のハロゲン化銀をフィルムから溶解除去し、安定化する。

定着液：酸性
（チオ硫酸ナトリウム、チオ硫酸アンモニウム）

（3）水洗

- 付着している水溶性銀塩や定着液を洗浄する行程。

（4）乾燥

- 水洗により乳剤層に充満した水分を乾燥する行程。
- 温風を吹きつけることで均等かつ迅速に乾燥させる。

7．フィルム

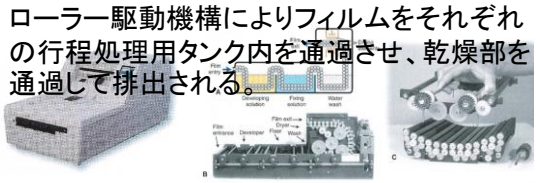
（1）現像→（2）定着→（3）水洗→（4）乾燥

・暗室　恒温槽

安全光

・自動現像機

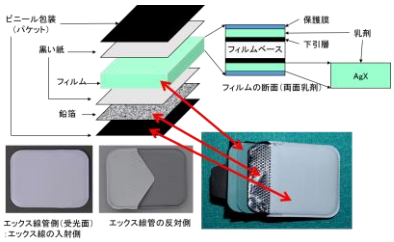
※近年の現像処理システムは自動化。
ローラー駆動機構によりフィルムをそれぞれの行程処理用タンク内を通過させ、乾燥部を通過して排出される。



7．フィルム

5）歯科用エックス線フィルム
（口内法エックス線撮影フィルム）

- 増感紙を使わないノンスクリーンタイプ



歯科用エックス線フィルム

- フィルムサイズ：3種類が主として用いられる

①標準型（30×40㎜，31×41㎜）
②小児用
③咬合型

- 裏表識別のマーカー

歯科用エックス線写真の像

歯科用エックス線フィルム

- フィルム感度（ISO規格・JIS規格）
  カブリとベースを除いた写真濃度1.0を生ずるのに必要な線量（R）の逆数で表示。

グループ	感度（Rの逆数）
C	7.0–14.0
D	14.0–28.0
E	28.0–56.0
F	56.0–112.0

ISO感度グループ

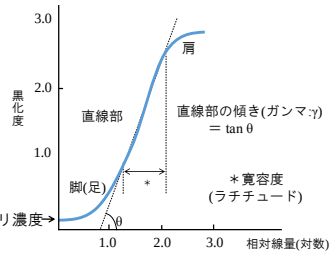
EはDの1/2 、FはEの1/2の線量で撮影可能
※被曝低減のために感度の高いフィルムを使用するのが望ましい。

8．特性曲線と粒状性

1）特性曲線

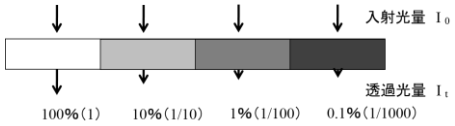
（1）特性曲線とは

- フィルムに当たったエックス線の量（照射線量）とその黒化度（写真濃度）との関係を示した曲線。



（2）黒化度

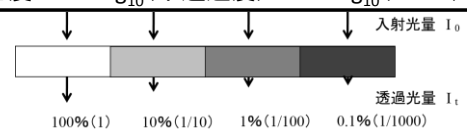
- エックス線写真の黒さの程度をいう。
- 現像により黒化したフィルムに光を当てた時に、その不透過度（フィルムの入射光量Io／フィルムを透過した光量It）の対数で表す。



黒化度＝Log_{10}（不透過度）＝Log_{10}（Io/It）

（2）黒化度

黒化度 ＝ Log_{10}（不透過度） ＝ Log_{10}（Io／It）



フィルムの入射光量Ioを1としたとき、

透過した光量Itが			
1（100%）	黒化度＝Log_{10}(1/1)	＝	0
1/10（10%）	黒化度＝Log_{10}(1/0.1)	＝	1
1/100（1%）	黒化度＝Log_{10}(1/0.01)	＝	2
1/1000（0.1%）	黒化度＝Log_{10}(1/0.001)	＝	3

（3）特性曲線の因子

①感度

- 同じ黒化度を得るために必要な照射線量の逆数をもって感度とする。
- 同じ黒化度を得るために少ない線量でよければそのフィルムの感度はよい。

②階調度（γ;ガンマ）

- 直線部分の傾き。直線部の横軸に対する傾斜度（θ;シータ）のtanθ。
- ガンマが大きいほど、写真コントラストがよい。

（3）特性曲線の因子

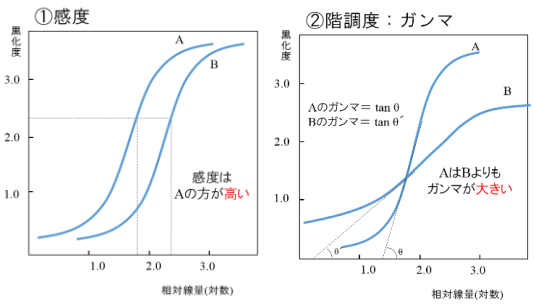
③寛容度（ラチチュード）

- 診断に必要な黒化度の範囲（＝直線部分）に対応する線量範囲。

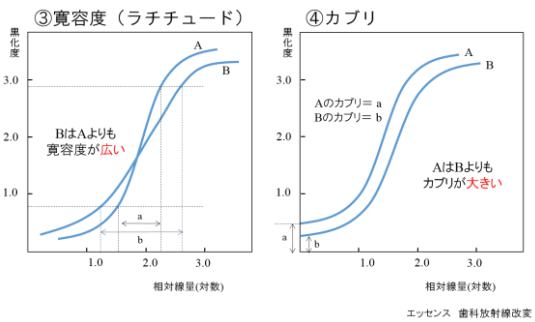
④カブリ

- 未照射フィルムを現像した部の黒化度。
- ケミカルフォッグ（未照射ハロゲン化銀がわずかに現像される）＋フィルムベース自体の濃度。

（3）特性曲線の因子



（3）特性曲線の因子



エッセンス　歯科放射線改変

2）粒状性

- フィルム状の銀粒子の分布状態（不均一な状態）や増感紙の構造的な不均一などによる細かい濃度むらをいう。
- 一般に、高感度フィルムでは粒状性が悪い。迅速現像によっても粒状性は悪化する。

9．エックス線写真の観察

- 適切に写真処理された口内法エックス線写真は一般的にフィルムマウントに入れて整理・保管する。
- エックス線写真の関節にはシャウカステンが用いられる（光量が一様になるよう規格化されている）。

10．歯科用デジタルエックス線撮影装置

B　エックス線写真の基本的事項

1．画像形成・画像形成原理

1）エックス線像の形成

2）エックス線の透過性の違い

（1）エックス線はその物質の種類（原子番号、密度）と厚さによって透過力が異なる。

（2）エックス線の吸収の差はエックス線画像上に黒（エックス線透過像）、白（エックス線不透過像）の差として描出される

（3）エックス線透過性の高い部分は黒化度が高い

3）エックス線の減弱に関わる因子

①原子番号　②物質の密度　③物質の厚さ

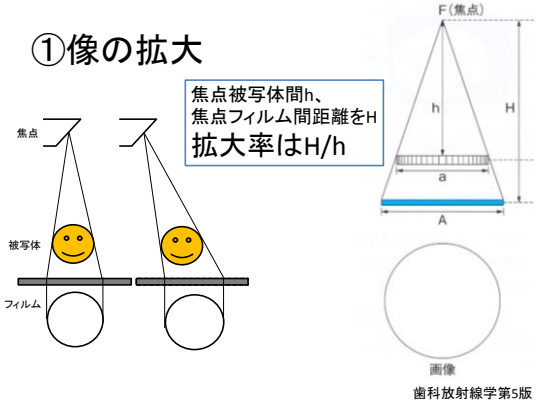
2．画像形成・幾何学的条件

1）エックス線は可視光線と同様にある方向性をもち直進するため幾何学的現象が起こる。

① 像の拡大
② 像のひずみ
③ 半影

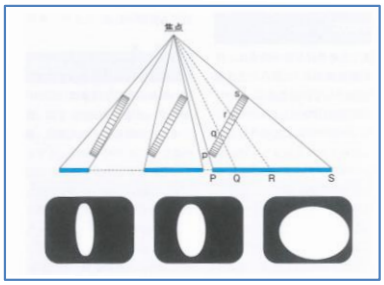
①像の拡大

焦点被写体間h、
焦点フィルム間距離をH
拡大率はH/h



歯科放射線学第5版

②像の歪み



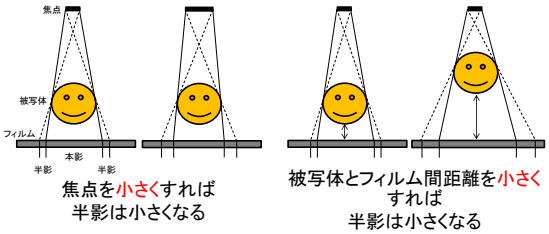
被写体とフィルムが平行でないとき、被写体部の拡大率がそれぞれ異なるため像がひずむ

歯科放射線学第5版

③半影

・エックス線管の焦点が点でなく、面であるため半影が生じる。

・半影の大きさは焦点・被写体・フィルムの相対的位置に影響。



焦点を小さくすれば
半影は小さくなる

被写体とフィルム間距離を小さくすれば
半影は小さくなる

2. 画像形成・幾何学的条件

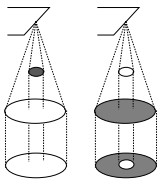
2）エックス線の画像形成に影響を与える因子

①エックス線管の焦点サイズ
②焦点－被写体間距離
③被写体－フィルム間距離
④被写体やフィルムへのエックス線入射角度

3）重積効果と接線効果

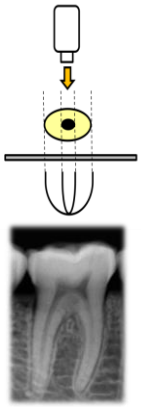
①重積効果

エックス線束に対して2つ以上の構造が前後的に存在する場合、それらの構造のエックス線透過性の相違によって、エックス線画像として描出が可能なときと不可能なときが生じる。



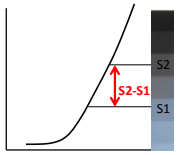
②接線効果

被写体の隣り合う構造どうしにその境界面をはさんであるレベル以上のエックス線透過性の差が存在する場合、その境界面に接点を持つようにエックス線速が入射されるとその構造の輪郭が明瞭に描出される。



3. コントラスト

- 2つのものを比べたときの差。画像内の明暗の対比。
- ある1枚のエックス線画像上に異なる2点をとりS1、S2とした場合、その濃度差、S2－S1がコントラスト。

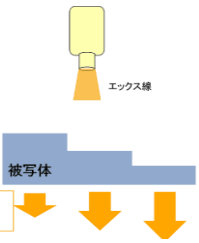


3. コントラスト

- 2部位を判別するだけであれば両者のコントラストが大きい方がよい。ただしそれ以外の部位の読影が困難。目的に応じたコントラストが必要。
- エックス線写真のコントラストを決定する因子（2つ）
  （1）被写体コントラスト
  （2）写真コントラスト

（1）被写体コントラスト（エックス線コントラスト）

- 被写体を透過するエックス線量の対比
- 被写体コントラストに影響する因子
  - ①被写体の原子番号
  - ②密度
  - ③厚さ
  - ④線質
  - ⑤照射野



（2）写真コントラスト

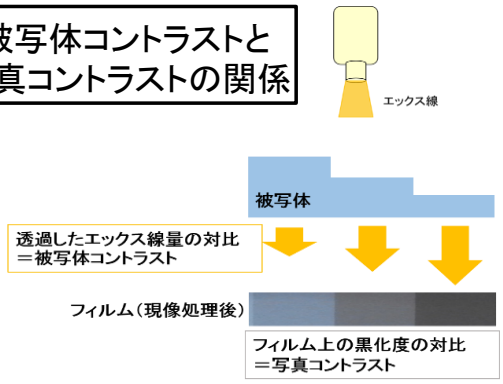
- フィルム上の黒化度の対比。
- 写真コントラストに影響する因子

①被写体の原子番号　②密度　③厚さ
④線質　⑤照射野

（被写体コントラストに関わる因子は全て関係する）

これに加え、⑥増感紙　⑦フィルムに関係する因子（特性曲線や写真処理の因子）が影響する。

被写体コントラストと写真コントラストの関係



4．鮮鋭度と解像度

1）鮮鋭度

- 画像の境界の明瞭さ（ボケの程度）
- 鮮鋭度に影響を与える因子

（1）幾何学的因子：エックス線管の焦点サイズ、焦点－被写体間距離、被写体－フィルム間距離、被写体やフィルムへのエックス線入射角度

（2）運動による因子：焦点、被写体、フィルムの動き

（3）写真的因子：フィルムの粒状性、増感紙の粒状性、増感紙の密着度、現像処理

2）解像度

- 画像に含まれる種々の形状をどこまで細かく認識できるかの度合い
- 鮮鋭度を測定するための指標

5．画質に影響する因子

- 画質の構成要素
  - ①コントラスト
  - ②解像度（鮮鋭度）
  - ③粒状性

参考図書

- 歯科放射線学第5版（医歯薬出版）
- わかりやすい歯科放射線学（学研書院）
- エッセンス歯科放射線（学研書院）
- 医用画像ハンドブック（オーム社）
- 基礎放射線画像工学（オーム社）
- デジタル放射線画像（オーム社）
- 標準デジタルX線画像計測（オーム社）
- *ORAL RADIOLOGY Principles and Interpretation EDITION 7*