

A 放射線機器・器材

1. 歯科用口内法エックス線撮影装置

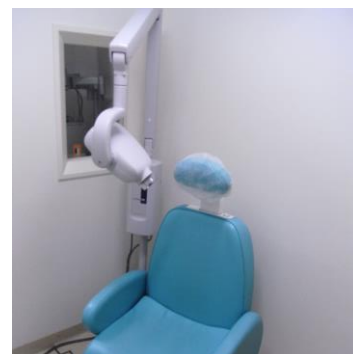
- ・口外法撮影装置と比較して小型、撮影角度を自由に変えることができるようデザインされている。
- ・構成…ヘッド、指示用コーン、アーム、操作パネル（コントロールボックス;制御装置）※¹、照射スイッチ※²など。

※1 操作パネル（コントロールボックス;制御装置）

エックス線の発生、撮影条件（管電圧、管電流、照射時間）を決める装置。

※2 デッドマン式スイッチ（dead man switch）

スイッチを押している間のみエックス線が照射され、離すと照射されない。
突発的事故の際、照射を中断できる。



2. パノラマエックス線撮影装置

- ・パノラマエックス線撮影法…歯および口腔顔面領域を1枚に収めた写真（画像）を得るための撮影法

1) 回転パノラマ方式…歯科臨床で多用されている。

- ・1949年 Paatero によって考案され、顎骨を1枚の展開像として描出することを可能にした。その後幾度の改良により隣在歯との重なりもほとんどなくなり、歯・顎顔面領域に欠かせない撮影法、撮影装置となっている。（撮影方法、画像原理、画像形成、画像解剖については4年生の歯科放射線講義）

2) 口内法線源方式（体腔管方式）…現在はほとんど用いられていない。

- ・口腔内にエックス線管を挿入し顔面に圧接したフィルムに向けてエックス線を照射して撮影する。



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）…頭部位置づけの角度や、エックス線焦点—患者（被写体）—フィルム（検出器）間距離を規格化して撮影することにより、撮影されたエックス線画像上における像の角度や拡大率が一定となる撮影法。異なる時期に撮影した複数の写真（画像）間で、固体の成長・発育による大きさの変化や、矯正歯科学てきな計測角度の変化などを経済的かつ定量的に比較できる。
- ・頭部維持装置（cephalostat）…イヤールッド（耳桿）

4. 一般（医科用）撮影装置（顔面頭蓋部エックス線撮影装置）

- ・顔面頭蓋部エックス線撮影は撮影の対象が大きく、エックス線管と患者（被写体）、フィルム（検出器）の距離も長くなるため、一般的に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

歯科用コーンビーム CT、顎関節の撮影、断層撮影、CT、MRI、US、核医学など
(詳細は他の講義にて)

(6～9は主にアナログシステム☆)

☆アナログシステム 増感紙-フィルムシステム

・エックス線写真におけるアナログシステムは、増感紙とエックス線フィルムからなる増感紙-フィルムシステム(screen-film system)が一般的。

6. 増感紙

- ・ポリエステルなどの支持体に蛍光物質*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。
- ・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。
 - 増感紙上のごみは画像上で白く写る。
- ・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。

※蛍光物質…タングステン酸カルシウム、希土類元素。

7. フィルム

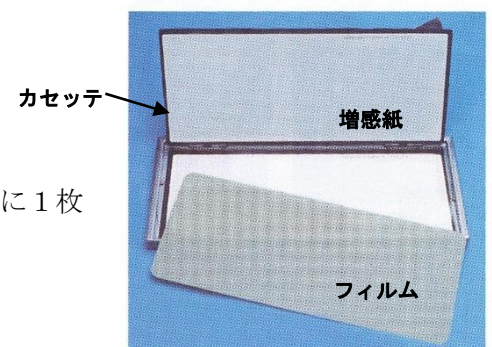
1) 種類

(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。

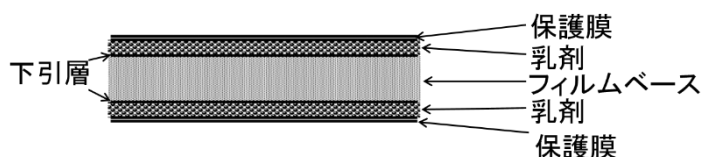
(2) スクリーンタイプフィルム

- ・増感紙 (screen;スクリーン) 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ト (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。



2) 構造

①支持体 ②乳剤層 ③下引き層 ④保護膜層
からなる。



- ・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1 μm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。

→ 粒子が**大**きくなれば、感度は**高**くなるが、粒状性^{*}は**悪**くなる。

- ・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。

※粒状性…フィルム上での銀粒子の分布状態（不均一な状態）をいう。粒子が細かく、均等でむらがないものを「**粒状性が良い**」という。

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。

ハロゲンイオン (Br⁻) + 光 → ハロゲン + ⊖電子 → ⊖電子 + 銀イオン (Ag⁺) → 銀 (Ag)

※このような機序により銀核が成長し、現像しうる状態の現像核となる。

潜像 = 現像核をもったハロゲン化銀粒子の集合

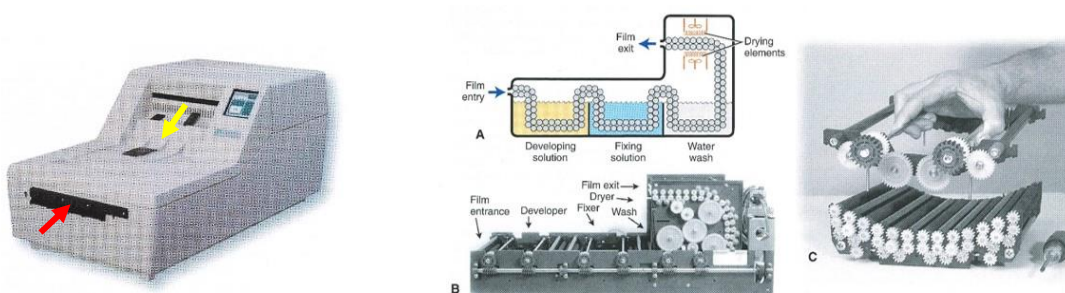
③潜像を写真処理（現像処理）することにより画像として可視可能となる。

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

※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。



ORAL RADIOLOGY Principles and Interpretation EDITION 7 より

(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。

(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 → 安定化

(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

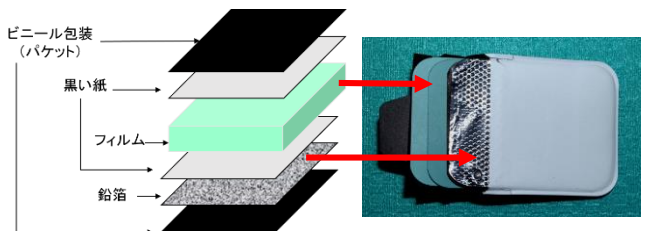
- ・水洗により乳剤層に充満した水分を乾燥する行程。
- ・温風を吹きつけることで均等かつ迅速に乾燥させる。

※写真処理の行程でしばしば失敗が伴う。→同じ失敗をしないよう原因を明らかにする。

| 現像行程 | 濃度、色 | その他 |
|--------|--|--|
| (1) 現像 | <ul style="list-style-type: none"> ・過度→時間(過)、温度(過)、濃度(過) ・不足→時間(不足)、温度(不足)、液疲労 ・むら→高温処理、照射過剰の際の現像液浸漬時間の不足 | <ul style="list-style-type: none"> ・膜面剥離→乱暴な扱い、温度(過) ・カブリ→現像時間(過)、温度(過)、液疲労 ・フィルム上の黒点→処理開始前の現像液の飛沫 |
| (2) 定着 | <ul style="list-style-type: none"> ・不足→定着過度 ・黄色着色→液不良、疲労 ・灰白色フィルム→液疲労 | <ul style="list-style-type: none"> ・膜面剥離→乱暴な扱い、温度(過) ・ちりめんじわ→処理温度の急変 ・乾燥遅延→定着過度 ・フィルム上の白点→処理開始前の現像液の飛沫 |
| (3) 水洗 | <ul style="list-style-type: none"> ・黄色着色→水洗不足 ・灰白色フィルム→水洗不足 | <ul style="list-style-type: none"> ・膜面剥離→乱暴な扱い、温度(過) ・ちりめんじわ→処理温度の急変 |
| (4) 乾燥 | | <ul style="list-style-type: none"> ・膜面剥離→乱暴な扱い、温度(過) ・ちりめんじわ→急激な乾燥温度の上昇 |

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タイプ
- ・フィルムの背面側に鉛箔が入っている → 背面への散乱線防止、被曝低減のため
- ・フィルムの縁にフィルムマーク (凹凸、数字) が付与されている → 照射側を区別するため
- ・フィルムのサイズは使用用途に応じて主に3種類が使用されている



→ ①標準型フィルム (31×41 mm) ②小児用フィルム ③咬合型フィルム

- ・フィルムの感度※にはISO規格により、C、D、E、Fに分類されている。

→ Cが最も低く、Fが最も高い。

例) EグループのフィルムはDグループのフィルムに対して2倍の感度を持っている。EグループはDグループの約半分の線量(照射時間)でよい。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。

※感度…特性曲線において実濃度で1.0を得るのに必要な線量【R】の逆数から求められる。

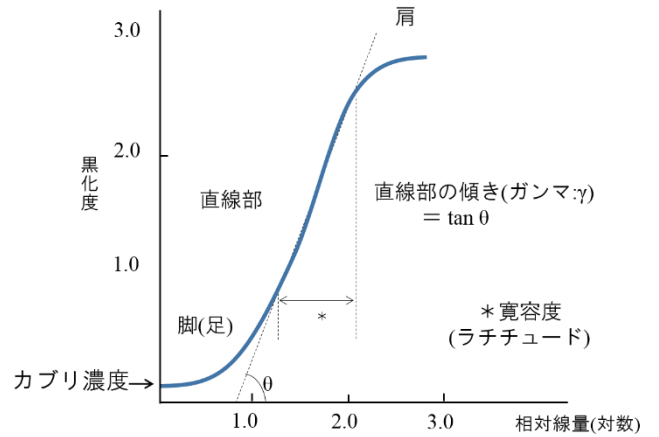
| グループ | ISO感度の範囲 |
|------|-----------|
| C | 7.0~14.0 |
| D | 14.0~28.0 |
| E | 28.0~56.0 |
| F | 56.0~112 |

8. 特性曲線・粒状性

1) 特性曲線

(1) 特性曲線とは

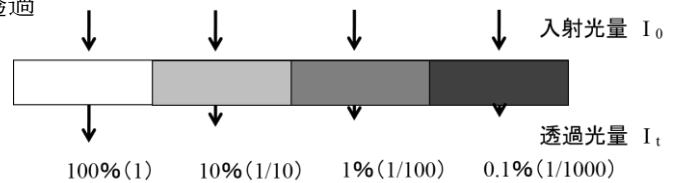
- ・フィルムに当たったエクス線の量（照射線量）とその黒化度（写真濃度）※との関係を示した曲線。
- ・照射線量対数値を横軸、黒化度を縦軸とする。
- ・曲線の形はフィルムの種類（感度）の他にも現像条件などの影響を受ける。
- ・照射線量が増加するに従い黒化度が増加する部分を直線部、低黒化度部分を脚、黒化度の上昇が低下する部分を肩とよぶ。



- ・直線部では、エクス線コントラスト（被写体コントラスト：線量の比）と写真コントラスト（黒化度の差）が比例関係。 → エクス線画像を読影するのに都合がよい

(2) 黒化度とは

- ・エ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 I_0 / フィルムを透過した光量 I_t ）の対数で表す。



- ・式 黒化度 = $\text{Log}_{10}(\text{不透過度}) = \text{Log}_{10}(I_0/I_t)$
- ・フィルムの入射光量 I_0 を 1 としたとき、

| | | | |
|------------------|---------------|----------------------------------|-----|
| → 透過した光量 I_t が | 1 (100%) | 黒化度 = $\text{Log}_{10}(1/1)$ | = 0 |
| → | 1/10 (10%) | 黒化度 = $\text{Log}_{10}(1/0.1)$ | = 1 |
| → | 1/100 (1%) | 黒化度 = $\text{Log}_{10}(1/0.01)$ | = 2 |
| → | 1/1000 (0.1%) | 黒化度 = $\text{Log}_{10}(1/0.001)$ | = 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 $\tan \theta$ 。

ガンマが大きいほど、写真コントラストがよい。

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。

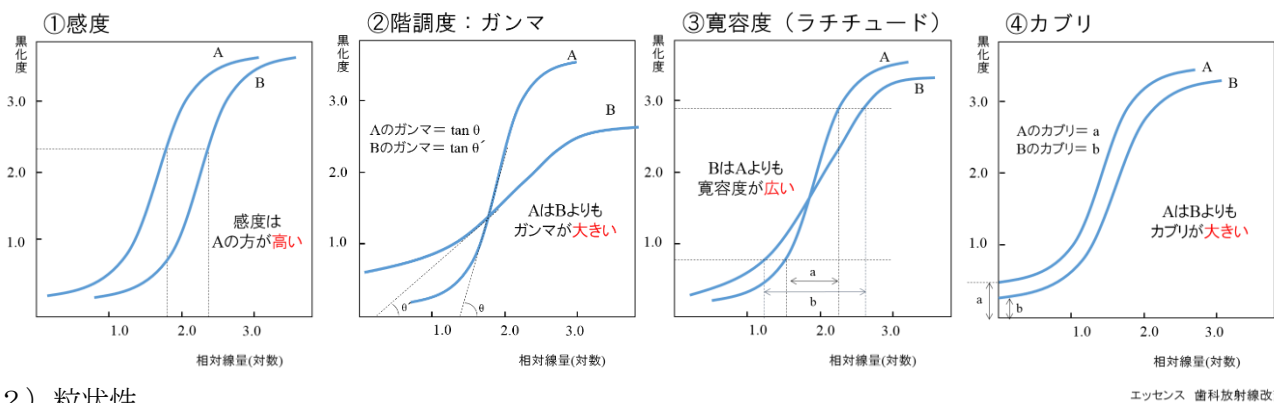
直線部の傾斜小 → γ 小 → ラチチュード大* → 線量の変化が黒化度に影響しない
 直線部の傾斜大 → γ 大 → ラチチュード小* → わずかな線量変化が黒化度に影響する

※②と③は逆の関係にある

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

フィルムの使用期限切れ、貯蔵時の温度や湿度が高いとかぶりは増す。
 現像温度が高い、現像時間が長いとかぶりは増す。



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

- ・「歯科用デジタルエックス線画像診断システム」参照

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

- ・エックス線画像は被写体の各部分によるエックス線の透過性の差を黒化度（写真濃度、フィルム濃度）の差で表現した一種の影絵
- ・エックス線画像は物質のエックス線の吸収の差を利用して形成される

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

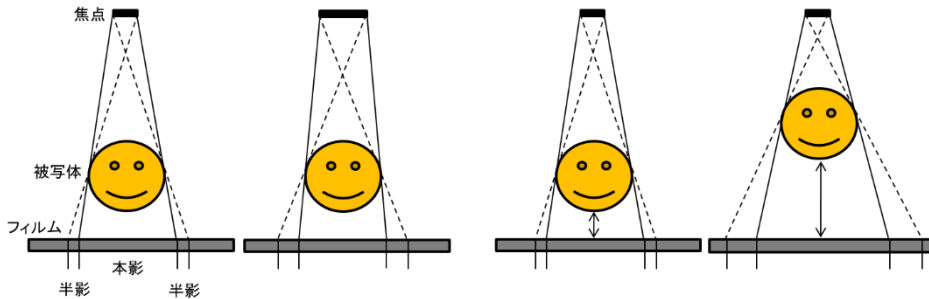
2. 画像形成・幾何学的条件

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

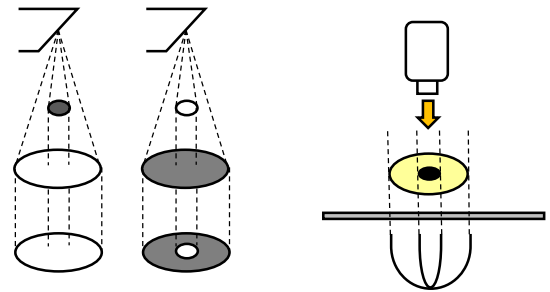
①像の歪み ②像の拡大 ③本影と半影

2) エックス線の画像形成に影響を与える因子

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



3) エックス線は物質を通過する際、吸収を受けて次第に減弱される。吸収の程度はエックス線の波長、物質の組成、密度、厚さなどによって異なり、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たり、ある部分が明瞭に描出されたりする。①重積効果 ②接線効果



①重積効果

②接線効果

3. コントラスト

- ・対比。比較。二つのものを比べたときの差。ある物体とそれ以外の風景とが区別できるようになる視覚的な差。明るい部分と暗い部分との明度の差。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点を取り S1、S2 とした場合、その濃度差、 $S2-S1$ がコントラスト 例) コントラストが高い画像→濃淡がはっきりしている→くっきり描写されてみえる
- ・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)

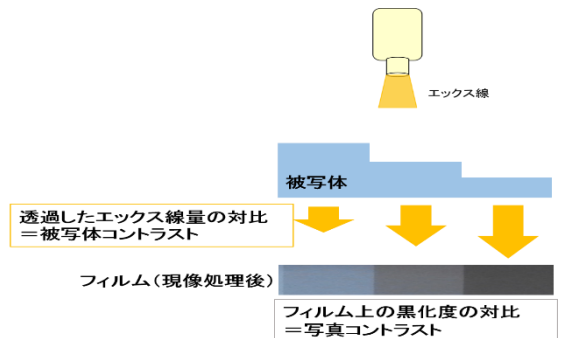
1) 被写体コントラスト (エックス線コントラスト) 2) 写真コントラスト

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散乱線の量

2) 写真コントラスト (フィルムコントラスト)

- ・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フィルムに関する因子 (特性曲線や写真処理の因子) が影響する。



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

- ・画質は、コントラスト、解像度（鮮鋭度）、粒状性で構成される。

（画質の評価については「歯科用デジタルエックス線画像診断システム」参照）