

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
2015/1/21 Wed.

X線は歯科医療現場で
どのように活用されているのか？

画像検査・画像診断

- ・口内法エックス線検査
- ・パノラマエックス線検査
- ・顎顔面頭蓋部エックス線検査
- ・CT検査
- ・歯科用CBCT検査

⇒ 画像 ⇒ 診断 ⇒ 治療

放射線治療

- ・頭頸部癌、口腔癌治療 など

写真プロセス・画像形成の基本

- ・光あるいは放射線エネルギーを物体(被写体)に照射し、その物体内に変化を起こさせ(変調)、これを把握し(検知)、目に見えるような、安定した画像として記録する。



一般の写真撮影

- ・何か写すべき被写体があり、これを太陽の光や電灯の光で照明をしてカメラレンズにこの光を導きシャッターを押して感光性のフィルムもしくは撮像素子(光学センサ)に光の作用を与える。
- ・この瞬間に、フィルム中の感光物質、撮像素子が変化を起こすのであるが、このままでは目に見える像になっていない。この状態の像を潜像といっており、潜像を現像、定着の過程を経て安定な形にかえて画像が仕上げられる。



写真のプロセス改変 写真科学より

X線画像はどのように得られるのか？

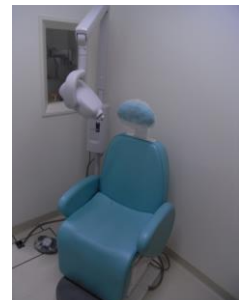
X線画像はX線管から照射されたX線が、被写体(患者)を透過して受光系・受像系に到達し形成される。

歯科で使用する主なエックス線装置

口外法エックス線撮影



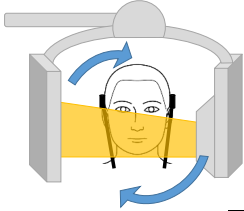
口内法エックス線撮影



엑스선画像ができるまで①

口外法엑스線撮影

口内法엑스線撮影



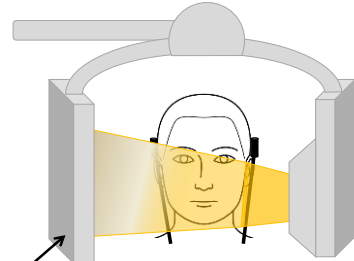
フィルムあるいは検出器を
口腔外に位置づける



フィルムあるいは検出器を
口腔内に位置づける

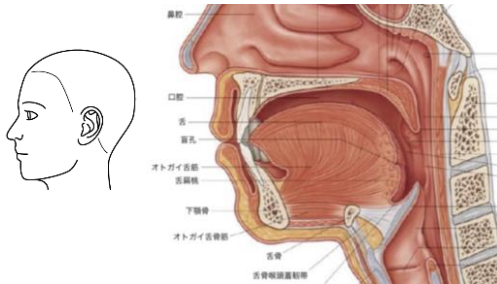
엑스線管からの一様な強さの엑스線を人体
の撮影したい領域に照射します。

엑스선画像ができるまで①

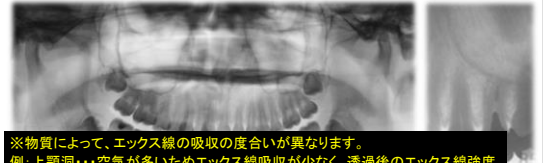


フィルム・検出器

엑스선画像ができるまで①



엑스선画像ができるまで②



※物質によって、엑스線の吸収の度合いが異なります。
例：上顎洞・・・空気が多いため엑스線吸収が少なく、透過後の엑스線強度
が強い(白)。
例：歯・皮質骨・・・歯や皮質骨は上顎洞と比較して엑스線吸収が多いため透
過後の엑스線強度が弱い(灰色・黒)。
(白は엑스線強度が強く、黒は엑스線強度が弱い。)

被写体コントラスト(復習)

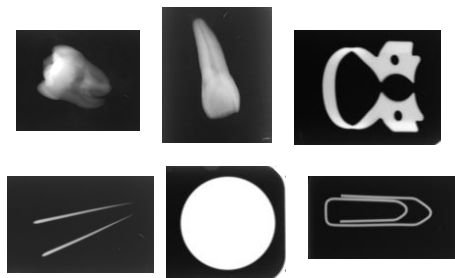
- 被写体コントラストとは
 - 엑스線が物質を透過した際の透過した엑스線の比

被写体コントラストの3要因


- 一次の要因によって被写体コントラストの大きさが
左右される

- 被写体それ自体の構造、構成(厚さ、密度、原子番号)
- 엑스線の線質(管電圧、濾過)
 - 엑스線のエネルギーが高いほど被写体コントラストは小さくなる
- 体内で発生した散乱線の量

被写体コントラスト




③ エックス線画像ができるまで



前のスライドのエックス線強度分布は直接目で見ることができませんので、光強度画像（弱いけれども目に見える光の画像）に変換します。このとき蛍光増感紙を用いて撮影する場合があります。増感紙はエックス線が当たるとその強度に比例した光を発する性質を持っています。

- * 口内法撮影で用いられるフィルムはエックス線によって直接フィルムを感光させます（増感紙は使いません）。
- * デジタル撮影ではエックス線情報を光・電気信号に変換させます。

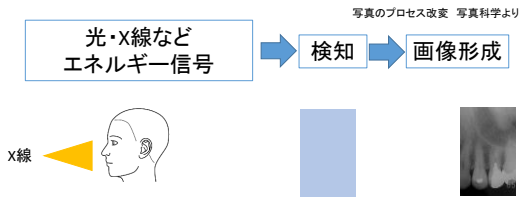
④ エックス線画像ができるまで



光強度画像がエックス線フィルムを感光させますので、そのフィルムを現像してエックス線写真が得られます。このエックス線写真では光が強くなった部分が黒くなるので、エックス線強度分布や光強度画像とは逆に、上顎洞は黒く、歯や骨は白くなっています。デジタル撮影では電気信号がパソコンに転送されデジタル画像となります。

写真プロセス・画像形成の基本

- 光あるいは放射線エネルギーを物体（被写体）に照射し、その物体内に変化を起こさせ（変調）、これを把握し（検知）、目に見えるような、安定した画像として記録する。



X線画像はどのように得られるのか？

X線画像はX線管から照射されたX線が、被写体（患者）を透過して受像系に到達し形成される。

- ① どのような受像系システムがあるのか？
（アナログシステム / デジタルシステム）
- ② X線画像はどのように形成されるのか？
- ③ よいX線画像とは？（画質の良し悪しの判断）

⇒ これらの知識が必要

講義内容

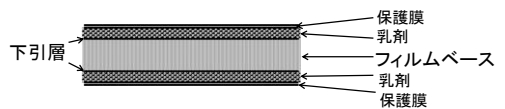
受像系

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. フィルム <ol style="list-style-type: none"> i. フィルムの構造 ii. フィルムの種類 iii. 歯科用エックス線フィルム 2. 増感紙 | <ol style="list-style-type: none"> 4. デジタルラジオグラフィ <ol style="list-style-type: none"> i. 画像のデジタル化 ii. 歯科用デジタルエックス線画像診断システム iii. 口腔内センサー |
| <ol style="list-style-type: none"> 3. エックス線写真処理 <ol style="list-style-type: none"> i. 感光の理論 ii. 写真処理 iii. 写真濃度 iv. 特性曲線 | <ol style="list-style-type: none"> 5. 画像評価 6. 医療情報とデジタル画像の統合 7. エックス線投影の原則 |

画像形成

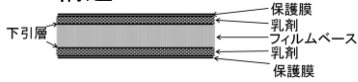
1. フィルム

i. X線フィルムの構造



フィルムベース（支持体）の両面に乳剤が塗布されている。

i. X線フィルムの構造



①フィルムベース: ポリエステルベースなどの合成高分子加工物からできている。

②乳剤: ハロゲン化銀をゼラチン溶液と混濁させたもの。X線フィルムには臭化銀(AgBr)の結晶が使用されている。

③保護膜: 乳剤面が直接外部と接するのを防ぐために塗布されている。

④下引層: 乳剤層とベースの間の薄い層。乳剤層とベース層を強固に結び付けている。

ii. フィルムの種類

ノンスクリーンタイプフィルム Non-screen type film

- ✓X線そのもので画像を描出する方法で用いる
- ✓X線波長に感度が設定されており直接エックス線で感光させる
- ✓感度を上げるため乳剤層が厚い
- ✓歯科領域の口内法エックス線撮影法に用いる

スクリーンタイプフィルム Screen type film

- ✓X線エネルギーを蛍光体(増感紙)によって光に変換しその光の写真作用を利用する方法で用いる
- ✓増感紙を張ったカセットに1枚ずつ装填して使用



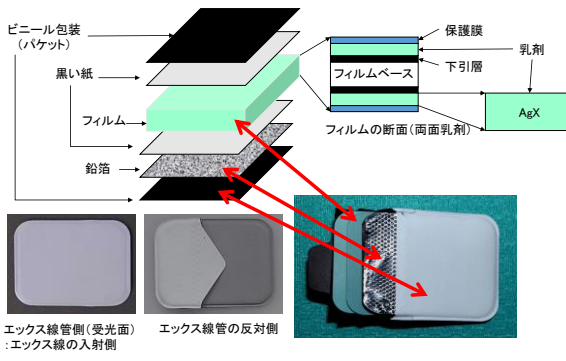
2. 増感紙

- X線が当たると蛍光を発する物質(蛍光物質)を支持体(ポリエステルなど)に塗布したもの
- 蛍光物質にはタンゲステン酸カルシウム(CaWO_4)、希土類元素(Gd: ガドリニウム)が使用される
- 増感紙フィルムの組み合わせを使用するとフィルム単独の撮影と比べて照射線量を1/10以下にできる
- カセット内面に増感紙を張り裏表両面からフィルムをはさんで使用する

1 iii 歯科用エックス線フィルム

口内法撮影法に使用するフィルムを観察しましょう

iii. 歯科用エックス線フィルム



歯科用エックス線フィルムの種類

- フィルム感度 (ISO規格・JIS規格)

* 感度 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

歯科用エックス線フィルムの種類

- 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 × 40mm, 31 × 41mm) ②小児用 ③咬合型



- 裏表識別のマーカ―
- 歯科用エックス線写真の例

マーカ― (凹凸) マーカ― (数字)

歯科用エックス線フィルムの包装を一部開いた写真を別に示す。
矢印で示すものの役割はどれか。

- ①被曝線量の低減
- ②静電気発生の防止
- ③フィルム表裏の区別
- ④増感物質による蛍光作用



エックス線フィルムについて正しいのはどれか。

- ① nonscreenタイプは口外法に適している
- ② nonscreenタイプは安全光が使用できない
- ③ screenタイプは乳剤片面塗布が特徴である
- ④ screenタイプはエックス線の感度が低い

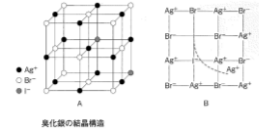
3. エックス線写真処理



i 感光理論 - 潜像の形成 -

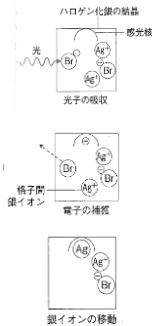
乳剤層に光が当たるとその中に含まれるハロゲン化銀が光化学変化を起こし潜像が生成される。

- 主なハロゲン化銀
- 塩化銀 AgCl
- 臭化銀 AgBr
- ヨウ化銀 AgI



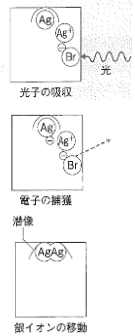
• 潜像の形成の原理

- ① ハロゲン化銀に光が当たると光子エネルギーが吸収され、導電帯が生じる。
- ② 導電帯にある電子は自由に結晶内を動きまわり、エネルギーの低い点(感光核)に捕えられる。
- ③ 電子を捕えられた感光核は負に帯電するので格子間銀イオンを引きつけこれを中和して感光核に銀原子として集積する。



- ④ その後、銀原子は現像核とよばれる一定の大きさに成長し、現像操作の際に黒化の起点となる
- ⑤ 現像核をもつ臭化銀粒子の集団を潜像という

* X線光子による潜像形成機構も光によるものと本質的にはかわらないが、X線光子はエネルギーが大きいため、光電効果やコンプトン効果によって二次的に発生した電子が乳剤中を走行しハロゲン化銀を数個貫通し多くの自由電子を作り、この自由電子が潜像を形成する。

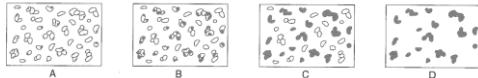


潜像形成の原理 (Curry, T.S. et al. 改変)

潜像を可視化して画像とするには

写真処理（現像処理）が必要

X線フィルム写真処理の概念 HHS Publ.FDA81-8150,1980,46. 改変

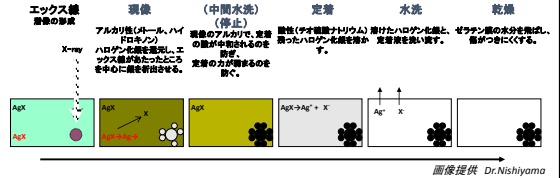


- A ハロゲン化銀の結晶に潜像の形成
- B 潜像では銀イオンが一部金属銀に変換している
- C 現像が終了すると結晶の全体が金属銀となる
- D 定着が終了するとみ感光のハロゲン化銀が取り覗かれる

ii 写真処理

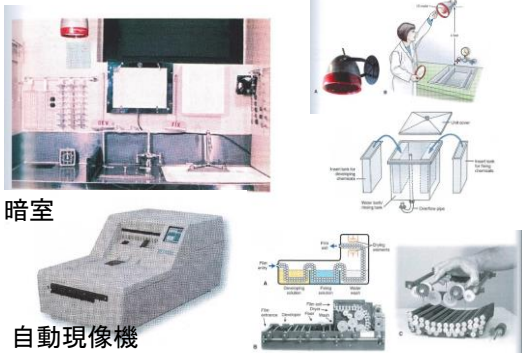
• 写真処理の工程は

現像 → 定着 → 水洗・乾燥
(中間水洗)



ii 写真処理

ORAL RADIOLOGY Principles and Interpretation EDITION 7 より



iii 写真濃度

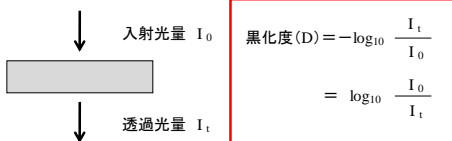
• 写真コントラスト
エックス線写真の濃度の異なる部位の濃度差

黒化度(写真濃度)①

- エックス線フィルム(エックス線が照射され現像されたフィルム)を観察すると、照射されたエックス線の量に応じて黒さの違いを画像として認識することができる。
- 黒化度はエックス線写真の黒さの程度をいう

黒化度(写真濃度)②

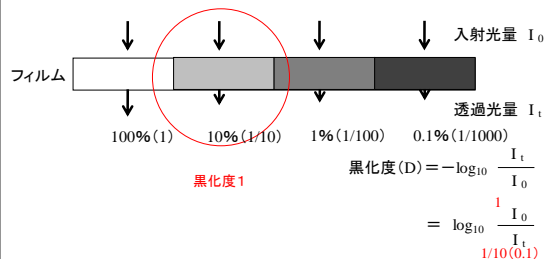
• 黒化度はエックス線フィルムを光に通し透過した光の量から求める



• エックス線フィルムの各部分を透過して観察される黒化度は透過した光の量の比として常用対数で示す。

黒化度(写真濃度)③

• 黒化度 1 とは透過した光量が入射光量の 1/10 になるフィルムの黒さをいう



黒化度(写真濃度)④

入射光量 I_0
透過光量 I_1

100% (1) 10% (1/10) 1% (1/100) 0.1% (1/1000)

- 黒化度 0 は 透過した光量 = 入射光量
- 黒化度 2 は 透過した光量が入射光量の $1/100$
- 黒化度 3 は 透過した光量が入射光量の $1/1000$

X線ステップ アルミニウムのstep wedgeを撮影

現像されたフィルムには階段状に濃度の異なる部分ができる

濃度

部分ごとに照射された線量を横軸に、縦軸にその線量に対応する濃度をプロットした曲線

特性曲線

照射線量(対数)

iv 特性曲線(黒化度曲線)

フィルムに当たったX線線の量(照射線量)に対する黒化度を表す

黒化度

直線部の傾き(ガンマ: γ) = $\tan \theta$

*寛容度(ラチチュード)

カブリ濃度 →

1.0 2.0 3.0 相対線量(対数)

iv 特性曲線(黒化度曲線)

曲線の形はフィルムの種類(感度)の他にも、現像条件などに影響をうける

特性曲線から読みとれる因子は

- ①フィルムの感度
- ②寛容度(ラチチュード)
- ③直線部分の平均勾配あるいは傾き
- ④カブリ濃度

特性曲線の因子

- ① 感度
 - 同一の濃度を得るために必要なX線線の量の大小
- ② 寛容度(ラチチュード)
 - 1枚のX線線写真上に広い範囲の被写体コントラストを描出する能力
- ③ 直線部分の平均勾配・傾き
 - 階調度、ガンマ(γ)
 - 直線部分における濃度/線量の増分比。
 - 一定の線量の相違に対する濃度の相違。
- ④ カブリ濃度
 - 脚の部分の延長と縦軸の交わる点の写真濃度。X線線が照射されていないフィルムを現像した時の濃度(フィルムベースの色が反映される)

特性曲線の因子

①感度

感度はAの方が高い

相対線量(対数)

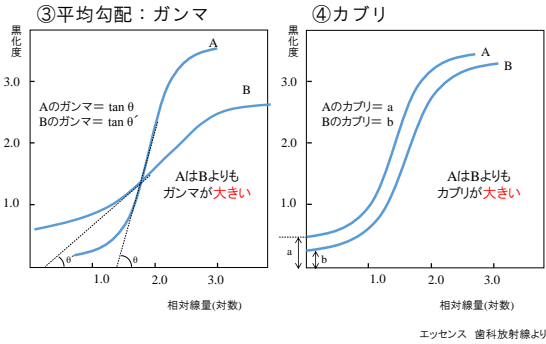
②寛容度(ラチチュード)

BはAよりも寛容度が広い

相対線量(対数)

エッセンス 歯科放射線より

特性曲線の因子



エックス線フィルムの特性曲線で示されるのはどれか。

- ①ガンマ値
- ②鮮鋭度
- ③拡大率
- ④寛容度

被写体コントラストと写真コントラストの関係

- 被写体コントラスト
透過するX線量の対比
- 写真コントラスト
X線画像・写真の濃度の異なる部位の濃度差

被写体コントラストに関する因子は
写真コントラストにすべて関係する

写真コントラストのみに影響する因子

- フィルムの種類
- 写真現像処理
(温度、時間、現像液の劣化など)
- フィルムの有効期限
- フィルムの光などによるカブリ
- 増感紙の劣化

被写体コントラストと写真コントラストの関係

被写体の構成
(厚み・密度・原子番号)
エックス線の線量
散乱線

エックス線画像ができるまで

(a) エックス線照射

(b) エックス線強度分布
目に見えない
エックス線画像
被写体コントラスト

(c) 光強度画像
弱いが目に見える光画像
被写体コントラスト 増感紙

(d) エックス線画像(写真)
目に見える画像
被写体コントラスト 増感紙
フィルムの種類・写真処理 写真コントラスト