

1. X線画像(単純X線画像)

X線は、患者を通過する際生体を構成する物質との相互作用により減弱する。患者を通過したあとのX線の強度分布を可視化したものがX線画像である。

2. 被写体コントラスト(X線コントラスト)

患者を通過したあとのX線の分布は部位ごとに異なる。これを被写体(X線)コントラストという。

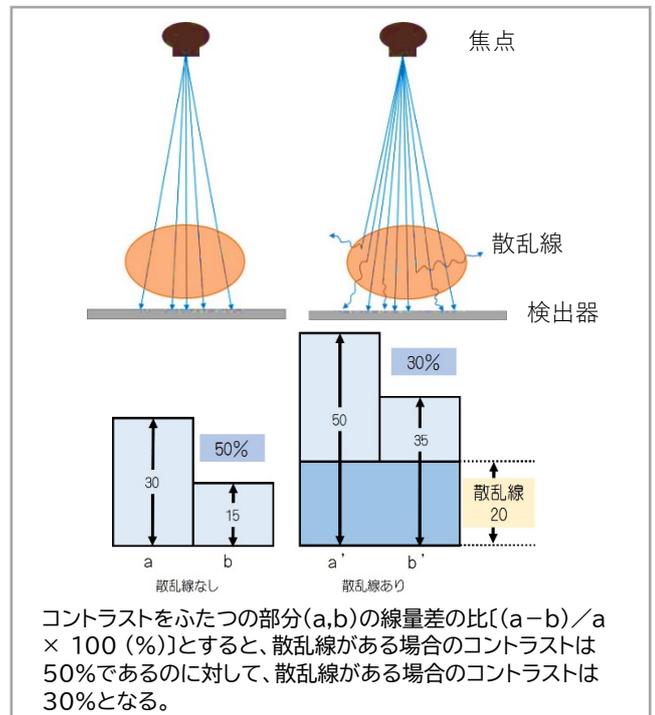
被写体コントラストは次の3つの因子によって、その大きさが左右される。

- ① 被写体それ自体の構造・構成 → 厚さ、密度、原子番号
- ② X線の線質 → 管電圧、濾過
- ③ 体内で発生した散乱線の量 → 照射野(照射容積)、管電圧

3. 散乱線

撮影の際、X線は写体を通過し、直進して検出器(フィルム)に到達する。一方、被写体内ではX線と物質との相互作用により、散乱という現象が生じる。散乱線は、入射方向とは異なった方向へ進むが、その一部は検出器(フィルム)に到達する。散乱線は、照射野が大きいほど、管電圧が高いほど多く発生する。検出器(フィルム)に到達した散乱線は、画像のボケや低コントラスト(濃度差が小さい)を招くため、散乱線を減少させる方法が用いられている。

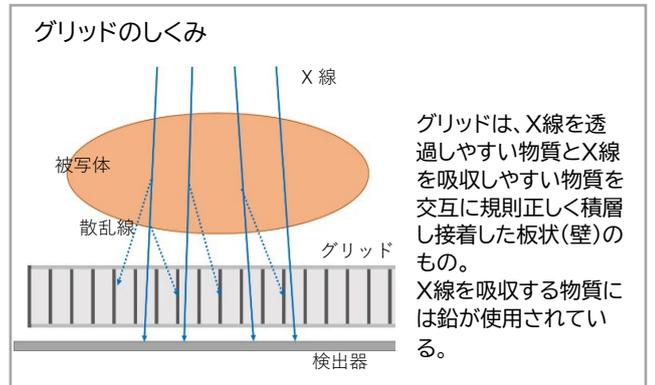
- ① 照射野を最小限にする。
- ② **散乱線除去用グリッド(壁)**を利用する。
散乱せずに直進するX線(一次X線)は鉛の壁にほとんどぶつからずに通過できるが、散乱線は、この壁で吸収されて検出器に到達できない。
- ③ 被写体と検出器を離す(グレーテル法)。ただし、被写体-検出器間距離が大きいと半影が増加し画質の低下を招く。



4. X線画像の形成

X線管から発生したX線が患者を通過して検出器(フィルム)に到達し形成される。

検出器に到達したX線の量に応じて、濃度差が生じ、多様な黒、白、灰色が混在する投影画像として描出される。



生体(物質)	物質のX線の吸収	通過後のX線の量	画像
軟組織, 空気 X線を通しやすい	小	多	黒
骨, 歯, 金属 X線を通しにくい	大	少	白

5. X線投影の原則

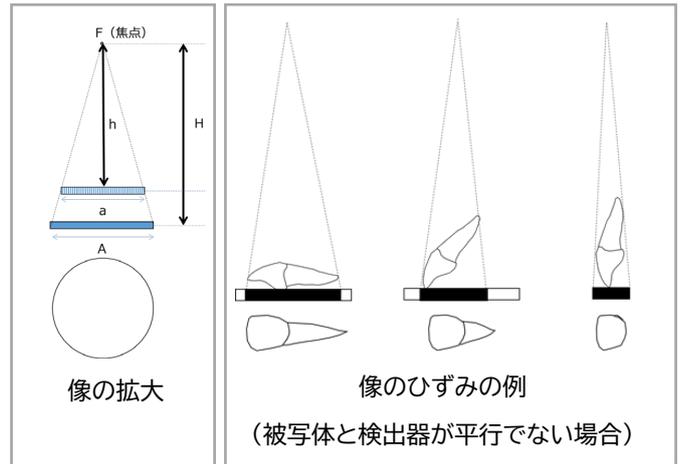
X線検査の対象である生体組織、病巣は立体構造である。(単純)X線画像は、これらの立体画像が二次元の平面画像として投影される。X線は焦点から広がり、ある方向性をもち直進するため、検出器に投影される像は、幾何学的現象が起こり、像の鮮鋭さ(ボケや境界の不明瞭さ)に影響する。

1) 像の拡大

$$\text{拡大率} = H/h$$

H:焦点フィルム間距離 h:焦点被写体間距離

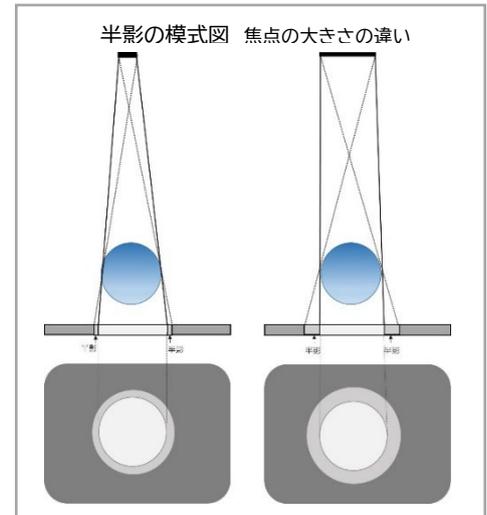
X線は焦点で発生し、円錐状に広がりながら被写体、検出器の方向へ進む。そのため、被写体と検出器の距離が大きくなる、拡大率が大きくなる。



2) 像のひずみ

被写体と検出器の距離が大きくなると、拡大が生じる(像の拡大参照)。被写体と検出器が平行でないときに(X線の進行方向に対して斜めの位置関係の場合も)、被写体の位置による拡大率の差が生じ、被写体はひずんだ形で画像上に写し出される。

= 像がひずむ



3) 半影

いわゆるボケ(幾何学的なボケ)のこと

線管の焦点は、実際には面積があるため、被写体の辺縁に沿って滲んだような不鮮明な領域ができる。これを半影とよぶ。半影が大きいほど、画像はぼける。

半影の大きさは、焦点・被写体・検出器の相対的位置に影響される。

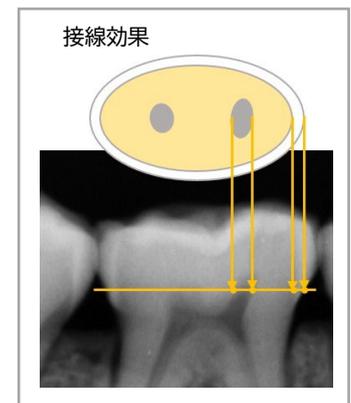
4) 接線効果

被写体の隣り合う構造の境界面に接点をもつように、X線が入射されると、その構造の輪郭が明瞭に描出される。このような現象を接線効果という。エナメル質、象牙質、歯髄腔などの輪郭は、接線となった部分が描出されたもの。

焦点の大きさ	被写体と検出器の距離	
大	大 被写体と検出器が遠い	→ 半影が 大きい
小	小 被写体と検出器が近い	→ 半影が 小さい

5) 重積効果

X線の入射方向に対し、2つ以上の構造が、前後に位置する場合、X線の透過性の違いによって、X線画像として描出可能な時と不可能な時が生じる。これを重積という。臨床において、下顎管と埋伏智歯、上顎中切歯と埋伏過剰歯、顎下腺に生じた唾石と顎骨が重積像として観察される。



6. X線フィルムと増感紙

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。歯科臨床において使用されている受像系は、検出器とX線フィルムの2つに大別される。

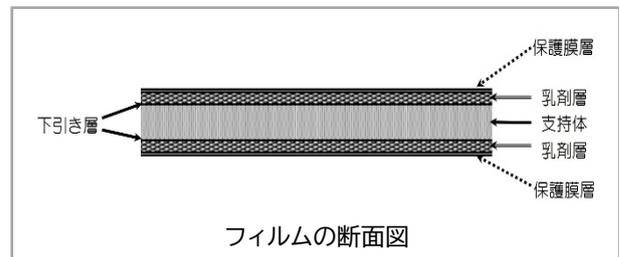
本院では病院移転に伴い歯科撮影室もデジタルシステムが導入され、検出器を使用している。(次回の講義)

1) X線フィルムの種類

フィルムの種類	増感紙	フィルムの特徴	使用される撮影法
スクリーンタイプフィルム	要	・増感紙から発光される蛍光に対する感度が高い	□外法
ノンスクリーンタイプフィルム	不要	・X線に対する感度が高い ・X線が直接フィルムを感光	□内法

2) フィルムの構造

- ・ 支持体、乳剤層、下引き層、保護膜層からなる。
- ・ X線フィルムは、両面に乳剤層を有していることが特徴である。
- ・ フィルムの感光率(感光のしやすさ、程度)は、乳剤層の厚みや、内部に含まれるハロゲン化銀粒子の大きさが関与する。
- ・ ハロゲン化銀粒子が大きいほど、X線の感度が高く感光しやすい。



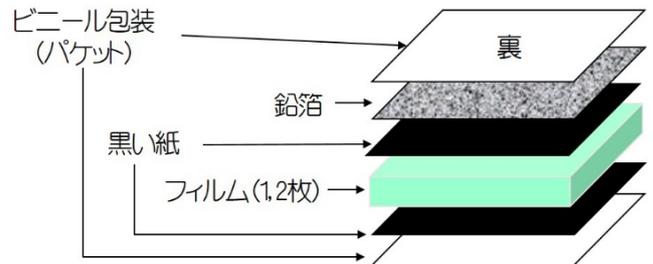
構造	役割	材質,成分	特徴
支持体	フィルムのベースとなる部分	ポリエステルベースなどの合成高分子化合物	利点 ① 丈夫 ② 現像処理過程で伸び縮みがない ③ 平面性がよい ④ 折曲がらない
乳剤	フィルムの感光, 潜像の形成	ハロゲン化銀をゼラチン溶液と混濁させたもの ハロゲン化銀として、臭化銀(AgBr)の結晶が使用されている。結晶はイオン結合で、銀イオンと臭素イオンが一定距離で規則的に配列されている。そこに微量のヨウ化銀が含まれている(格子間隔の調整)。粒子の大きさは1μm程度で、その大きさはX線感度に影響する。	ゼラチン層の役割 ① ハロゲン化銀の凝集、沈殿を防ぐ(一様に)。 ② 照射されなかった粒子を現像液から保護する。 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	フィルムベース(疎水性)とゼラチン乳剤層(親和性)の強固な接着		
保護膜層	乳剤膜と外部との接触防止		

3) 増感紙(スクリーン)

増感紙は、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あるいは希土類元素)が塗布されているもので、X線が当たるとその強度に比例した光を発する性質を持つ。この光はX線よりもX線フィルムを強く黒化させるため、増感紙を使うことで、患者に照射するX線の量を減らすことができる(被曝低減)。一方、蛍光の拡散が生じたり、増感紙の表面に付着した傷やほこりにより、蛍光の出方にむらが生じたりすると、画像に影響する。増感紙は恒久的ではなく、劣化するため定期的な交換が必要である。実際の撮影では、増感紙を**カセット**の前後に貼り付けてこの間にフィルムをはさむ。

4) 口内法フィルム(ノンスクリーンタイプフィルム)

- 口内法では、フィルムを口の中に入れて使用する。
- 標準型(30.5×40.5 mm)、小児用(22×35 mm)、咬合型(57×76 mm)の3種類が用いられる。
- フィルムの感度には ISO 規格がある。グループ D が最も感度が低く、グループ F が最も高い。グループ E は、グループ D の2倍感度がよいので、約 1/2 の線量で、同じ濃度が得られる。
- フィルムの包装パケット： 防湿、遮光黒い紙
鉛箔： 散乱線防止、被ばく低減
- 裏表識別のフィルムマークが付与されている。

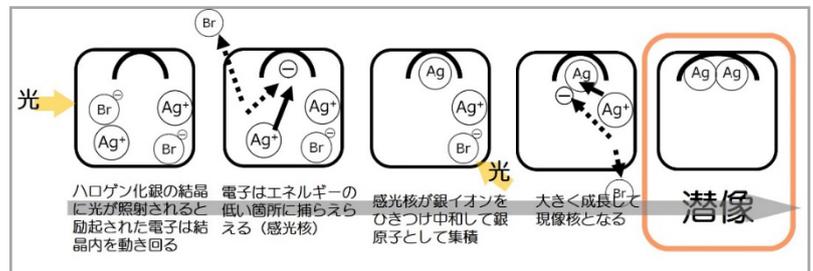


口内法フィルムの構造

7. X線写真処理と観察

1) 感光理論

X線や増感紙からの光にX線フィルムが照射され、その結果ハロゲン化銀の結晶が現像可能となる。



2) 写真処理(X線フィルムの現像)

現像、定着、水洗、乾燥に分けられる。

行程		液の成分
現像	ハロゲン化銀の還元。 X線があたったところを中心に銀を析出。	主薬：ハイドロキノン、メトールの組合わせ (MQ型)、 ハイドロキノン、フェニドンの組合わせ (PQ型) 促進剤：無水炭酸ナトリウム 保存剤：無水亜硫酸ナトリウム 抑制剤：臭化カリウム
中間水洗	現像液と定着液による中和を防ぐ	
定着	現像されずに残ったハロゲン化銀の溶解	主薬：チオ硫酸ナトリウム、チオ硫酸アンモニウム 保護材：亜硫酸ナトリウム 硬膜剤：アルミニウム塩 酸性化剤：氷酢酸
水洗	解けたハロゲン化銀と定着液を洗い流す	
乾燥	ゼラチン膜の水分を飛ばす (フィルムに傷がつきにくくする)	

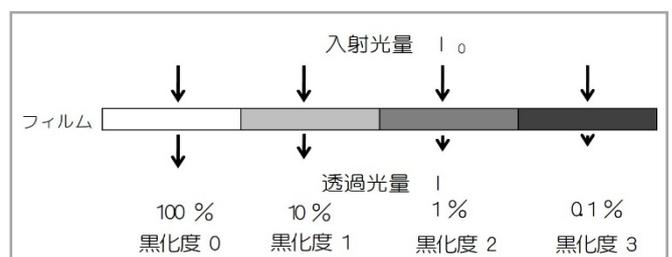
3) 黒化度(写真濃度)

写真濃度(黒さ)の度合いを表すのに黒化度という指標がある。これは、現像した後のX線写真(フィルム)に光を当てた時に、どれくらい光が透過してくるかを数値化したものである。黒化度は次式のように定義されている。

$$\text{黒化度 } D = -\text{Log}_{10} I / I_0$$

I：フィルムを通過した光量

I₀：フィルムに入射した光量

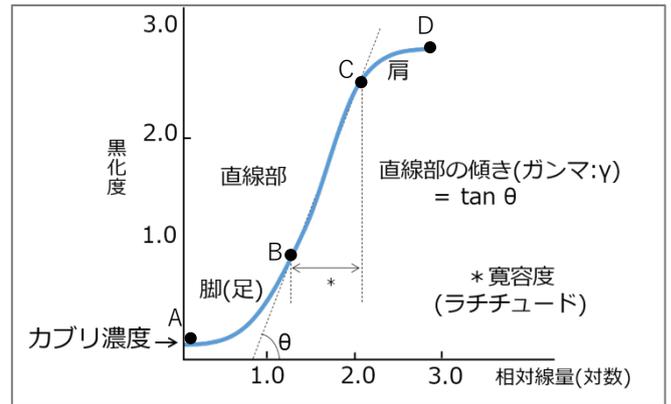


4) 特性曲線(黒化度曲線)Characteristic curve

フィルムに当たったX線量(照射線量)と、現像後の黒化度(写真濃度)との関係を示す曲線を特性曲線という。

それぞれのフィルム特性によって、被写体コントラストを強めたり、弱めたりすることができる。また少ない X 線でも適切な濃度の写真にしたり、強い X 線でも濃度を下げたりすることもできる。これらの相違を客観的に表現した曲線(グラフ)である。

A:カブリ、BC:脚(足)、BC:直線部、CD:肩



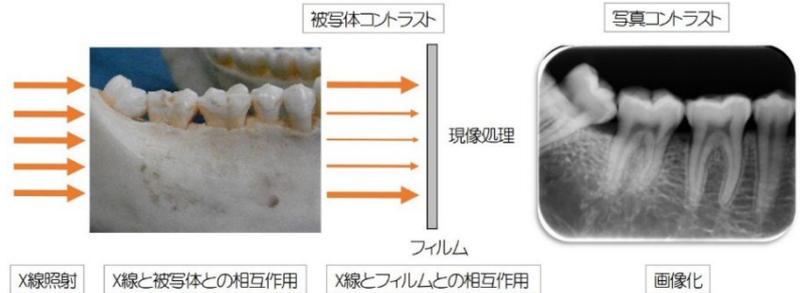
特性曲線から読み取れる指標

- ① **感度**：適切な黒化度を与えるために必要な X 線照射量を判断できる。感度が高いフィルムは少ない X 線量で画像形成が可能。(感度 = 黒化度1を得るのに必要な X 線照射量の逆数)
- ② **寛容度(ラチチュード)**：適切なコントラスト得ることのできる X 線照射量を示す領域。(BC 間の幅)
- ③ **ガンマ**：直線部(BC 間)の傾き。コントラスト。傾きが強ければ、高コントラストフィルムであること意味する。
- ④ **カブリ濃度**：X 線を当てない部分のフィルムの黒化度。(A)

5) 写真コントラスト(フィルムでの概念)

被写体を通過した後の X 線は、フィルムに到達すると、フィルムと相互作用が生じ、強い X 線がフィルムに入射した部分ではフィルムが強く感光され、弱い X 線が入射した部分では感光が弱くなる。このフィルムに対して現像処理を行うと、フィルムに入射した X 線の強弱に対応して黒化度の違いをもつ X 線画像が形成される。この黒化度の違いを**写真コントラスト**とよぶ。

写真コントラストは、被写体コントラストの因子に、増感紙、フィルムの種類、フィルムの濃度、現像処理などの因子が加味されて生じる。



8. 歯科で使用される撮影装置と機材

1) 歯科用口内法用 X 線撮影装置(口内法 X 線撮影装置)

口内法撮影は、検出器を口腔内に挿入、保持して、X 線画像を取得する撮影方法である。

- **ヘッド(X 線発生装置)**：X 線の発生に必要な部品が格納されている。照射孔には指示用コーンが取り付けられている。
- **アーム**：ヘッドの支持部
- **操作パネル**：X 線の発生、撮影条件を決定する装置。主にタイマーによって X 線の照射を制御する。



- **照射スイッチ**：撮影室の外に設置。**デットマンスイッチ***が利用されている。
- **検出器、フィルム(6. X線フィルム参照)**：画像の表示

※デットマンスイッチ
スイッチを押している間のみ X線が発生する。撮影中不都合が生じた際にすぐに X線の発生を中止することが可能。

撮影補助具：検出器・フィルムを口腔内に保持するための補助具 ⇒ 円の部分にコーン先端を合わせる



2) パノラマ X線撮影装置

パノラマ X線撮影とは、1枚の X線像として、歯および口腔顎顔面領域の総覧的な画像を得るための撮影法である。

- X線管
- 検出器(フィルム、カセットホルダー)
- アーム
- 頭部固定装置(チンレスト、バイトブロック)
- 操作パネル
- 照射スイッチ

パノラマ X線撮影装置

パノラマ X線撮影は、目的部全体が断層域に含まれる必要があり、撮影時は、頭部固定が重要である。



3) 頭部 X線規格撮影装置

頭部位置づけの角度や焦点-被写体-検出器間距離を規格化して撮影することによって、撮影された X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。

- X線管
- 検出器(フィルム、カセットホルダー)
- **セファロスタット**：

イヤークラッド(外耳孔に挿入)。鼻根固定具が付与されたタイプもある。

頭部 X線規格撮影装置



撮影時は、イヤークラッドを外耳孔に挿入する。

4) その他の顔面頭蓋部撮影

頭部後前方向撮影(P-A 投影法)、Waters 撮影法、頭部側面撮影法、顎関節撮影法など。

5) 携帯型口内法エックス線装置

焦点-正中矢状面-検出器間が一定に保たれ、一般的に焦点-正中矢状面距離は 150cm、焦点-検出器間距離 165cm に設定される場合が多い。このため正中矢状面上の構造は、1.1 倍の拡大率で投影される。

9. 画像検査における医療安全管理と感染対策

1) 医療事故を防止するためのシステムづくり

“To Err is Human”(人はだれでも間違える)

事故を起こした当事者に原因を求めるのではなく、システムの的に改善を施すことが事故予防に有効である
事例の検証、エラー分析 → 事故の発生、再発の予防

新医療機器・医療技術産業ビジョン(厚生労働省)
2008年

医療機器は実用化後の保守管理や適正使用の確保、廃棄、再利用まで考慮する必要がある。

医療機器の保守管理をしっかりと行う

→ 医療水準の向上

2) 「患者を守る」「医療職者を守る」「装置を守る」ために

① 放射線機器の品質保証(Quality Assurance ; QA)

- ・ 日常的に質の高いX線診断環境
⇒ 良質な画像(再撮影防止や不必要な放射線被ばくの低減)
- ・ 診断用 X 線撮影装置 = 「管理医療機器」(薬事法)

② X 線撮影時の感染対策(infection control):

- ・ **スタンダードプリコーション(standard precautions ; 標準予防策)**の概念
- ・ 口内法撮影では、口腔内への検出器の位置づけ、ヘッドの位置づけ、X 線照射、画像処理と一連の流れで進むため、汚染された術者の手指が触れることになる撮影室と撮影装置の様々な物品に対して感染防止処置を考える必要がある。滅菌消毒、カバー(バリア)テクニック。

10. 参考図書

- ・ 歯科放射線学第6版(医歯薬出版株式会社)
- ・ わかりやすい歯科放射線学(学研書院)
- ・ 医用画像ハンドブック(オーム社)
- ・ エッセンス歯科放射線(学研書院)
- ・ 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)
- ・ 新・医用放射線科学講座診療画像機器学第 2 版(医歯薬出版株式会社)
- ・ ORAL RADIOLOGY Principles and Interpretation EDITION 7
- ・ 「Q&A」で学ぶ歯科放射線学:SBOs講義(学研書院)
- ・ 医療安全管理学第 2 版(医歯薬出版株式会社)