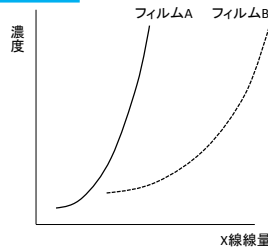


# 歯科用デジタルエックス線 診断システム

2年生・編入3年生  
生体理工学II・歯科放射線学  
2015/1/26 Mon.

## 復習



- ①感度  $A > B$
- ②寛容度  $A < B$
- ③ガンマ  $A > B$
- ④カブリ  $A < B$

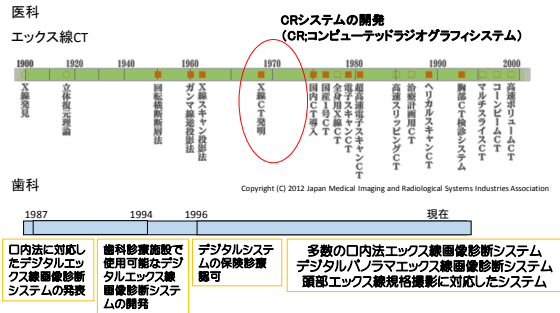
- ガンマが大きい→線量の変化に対して黒化度が大きく変わる→写真コントラストは高い
- ガンマが小さい→線量の変化がそれほど黒化度に影響しない→写真コントラストは低い

## デジタルラジオグラフィ (デジタルX線撮影)とは

### デジタルシステムを利用したX線撮影

- コンピュータを利用して診断用画像を得る装置を**デジタル画像診断システム**、特にX線検査に使用するシステムを**デジタルX線画像診断システム**、あるいは**デジタルX線撮影システム**とよぶ。

## 診断用画像のデジタル化の歴史



- 1987 口内法に対応したデジタルエックス線画像診断システムの発表
- 1994 歯科診療施設で使用可能なデジタルエックス線画像診断システムの開発
- 1996 デジタルシステムの保険診療認可
- 現在 多数の口内法エックス線画像診断システム、デジタルパノラマエックス線画像診断システム、頭部エックス線規格撮影に対応したシステム

## アナログとデジタル

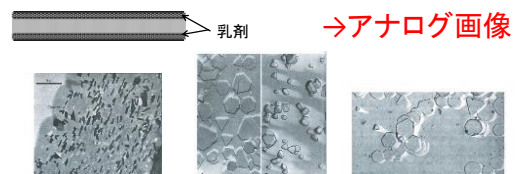


- アナログは連続した量、デジタルはとびとびの量で表現される。
- デジタル化とは本来の連続的な数値データ(実数値)をとびとびの値(離散値)にすること。
- 一般に、アナログデータをデジタルデータに変換することを**A/D変換**という。

## 画像のデジタル化

### ・従来のエックス線画像(フィルム)

写真中の乳剤層に多数分布する金属銀の数が多いか少ないかによって画像の濃淡が表わされる。金属銀の分布はランダムなため写真の濃度は画像の二次元平面上で連続的に変化する



## 画像のデジタル化

- 画像データのデジタル化は

標本化 (sampling)

量子化 (quantization)

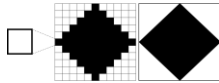
の2段階のプロセスからなる

## 標本化 (sampling)

- 空間的な情報の離散化
- 画像における位置のアナログ情報を間隔ごとに読み取る操作  
(画像を格子状に分割し小さな区画の集合として表す操作)
- この間隔が小さいほうがアナログ情報に近くなる

## 標本化 (sampling)

画素(ピクセル)  
= 画像の最小単位



- 標本化する際の間隔を**標本化間隔(サンプリング間隔)**という。
- どのような間隔で標本化すればよいか決める手法として**標本化定理(サンプリング定理)**がある

## 量子化 (quantization)

- 振幅のアナログ情報の離散化
- 濃度や輝度を適切な間隔で整数値として表す操作
- 整数値は10進法からコンピュータが理解できる2進法に変換される(符号化)

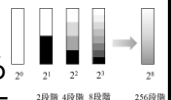
## 量子化 (quantization)

- 量子化された値は整数でありこれを量子化レベルといい、画像では階調やグレーレベルとよぶ。
- 各画素がもつ濃度(輝度)情報であるため、画素値(ピクセル値)や濃度値ということもある。

## 階調度(グレーレベル)

- 同一画像の中で利用可能な画素値の数を階調数といい、真白から真黒までの情報を何段階表現するかを表す
- 階調数はビット(bit)数で表せる
- 10進法で8階調(3ビット)の画素値は0から7の整数値をとり、これを2進法に変換すると0~111の数値になり3桁(3ビット)必要である

ビット	階調数
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
...	...
n	2 <sup>n</sup> のn乗



10進法	2進法
7	111
6	110
5	101
4	100
3	11
2	10
1	1
0	0

8階調(3ビット)

### アナログ情報とデジタル情報の概念図

アナログ情報      標本化      量子化

デジタル情報出力  
 ...1011...0101...

### デジタル画像

- X軸方向にM個、Y軸方向にN個の画素からなる画像を“M×N画素”の画像とよぶ。

例)

- デジカメ  
 「撮像素子の総画素数800万画素」
- プリンタ スキャナ  
 「1インチ当たりのドット(画素)数(dpi: dot per inch)」

- 画像のデータ量は、X軸方向、Y軸方向の画素数(それぞれM,N)と階調数(ビットで表現した値)によって決まる。  
 $M \times N \times \text{階調数(ビット)}$

### 歯科医師でも ちょっぴり重要な雑学

- 医用画像情報学
- 医用画像工学

#### 空間周波数

⚠ 電波、音波で出てきた周波数のこと?

- 電波や音波は時間的に変動する波に対して使われる周波数は単位時間あたりに繰り返される波の回数を意味する。  
 単位はcycle/sec (Hz)

### 歯科医師でも ちょっぴり重要な雑学

#### 空間周波数

- 空間的に明暗が変動する縞模様の波形に対して用いられる。単位長さの中に存在する波(明暗の繰り返し)を意味する  
 単位は cycle/cm ( cycle/mm , cycle/m )

### 歯科医師でも ちょっぴり重要な雑学

ジョゼフ・フーリエ  
 ウィキペディア (Wikipedia):  
 フリー百科事典」。

- フーリエ変換 フーリエ解析  
 高速フーリエ変換(FFT)
- 複雑な形をした信号、現象を正弦波、余弦波を合成したものとして考える
- 画像に含まれる成分を空間周波数ごとに分析することが可能

• 畳み込み積分      • ウェーブレット変換

### 空間分解能

- 標本化レベル...画素数
- 標本化間隔の大小は空間分解能を表す
- 標本化レベルが高いほど画像を構成する画素数が多くなる

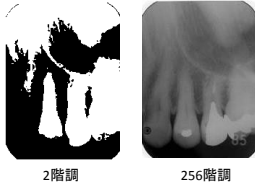
#### 高い空間分解能が得られる

40 × 54      80 × 109      161 × 221

### 濃度分解能

- 量子化レベル・・・階調数
- 量子化レベルが高いほど階調数が多くなる

高い濃度分解能が得られる

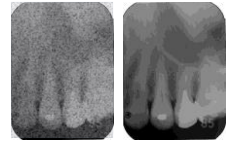


### 空間分解能と濃度分解能

- 標本化レベルと量子化レベルを高くするほど空間分解能と濃度分解能が高くなる
- 反面、ノイズ(雑音)の影響が大きくなる

ノイズとは画像処理には役立たない、または処理の妨げになるもの

- ノイズを減少させるためにはより多くのX線照射が必要 → 患者被曝増加
- ☆目的に合った標本化レベルと量子化レベルの設定が必要である



### 歯科用デジタルX線画像診断システム

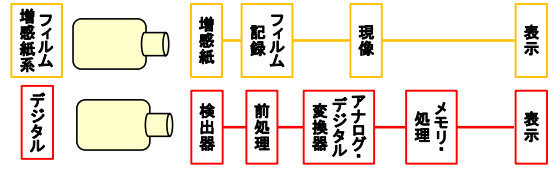
- 従来のX線フィルム(増感紙/フィルム系)
  - ① センサー機能: X線情報をとらえる
  - ② 表示機能: 画像を表示する
  - ③ 保存機能: 画像を保管する
 → フィルムが3役を担っている

- 歯科用デジタルX線画像診断システム
  - ① センサー機能
  - ② 表示機能
  - ③ 保存機能
 → 3つの機能を別々に構成し、最適化をはかる

より複雑化・・・

### 歯科用デジタルX線画像診断システムの基本構成

- X線センサーで得られたX線量に関するアナログ情報をアナログ電気信号に変え、これをアナログ・デジタル変換器でデジタル信号に変換後、コンピュータに転送して種々の処理を行う。

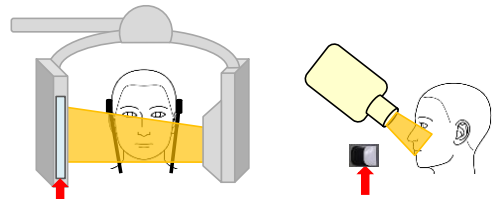


### 歯科医師でも ちよっぴり重要な雑学

光が電気に変わる！ **光電変換**

- 光のエネルギーを原子内の電子に与え、電子の動き(電流)を起こす
- 画像検出器の受光面に当たった光の強さに応じて電荷が発生する
- この電荷を電気信号に変換し、信号を順次読み出すことで、画像を写し出すことができる

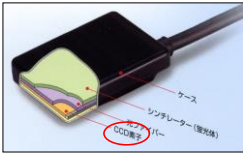
### X線センサー



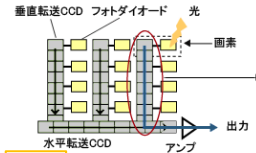
- 固体半導体方式
- IP (Imaging plate; イメージングプレート) 方式
- FPD (Flat Panel Detector; フラットパネル検出器) 方式

## 固体半導体方式

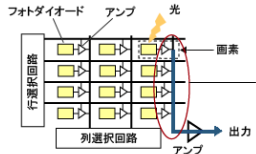
- CCD (Charge-Coupled Device; 荷電結合素子センサー)
- CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor; 相補型金属酸化膜半導体センサー)



### CCD



### CMOS



[https://cgi.sharp.co.jp/products/device/about/ic/ccd\\_cmos/index.html](https://cgi.sharp.co.jp/products/device/about/ic/ccd_cmos/index.html)

## IP

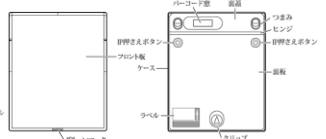
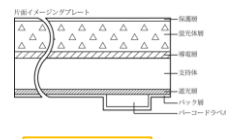
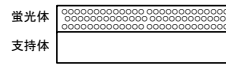
(Imaging plate; イメージングプレート)

- ポリエステルの支持板に輝尽性蛍光体と呼ばれる物質を塗布したもの。
- 輝尽性蛍光体はエックス線を吸収すると励起状態となり暗所でその状態を保持する。
- レーザー光を当てると吸収したエックス線量に比例する量の光を発する。
- この光を光電子増倍管という光センサーで読み取り、電気信号に変換。
- 信号をパソコンへ転送して画像化する。

## IP方式

(Imaging plate; イメージングプレート)

### 口内法



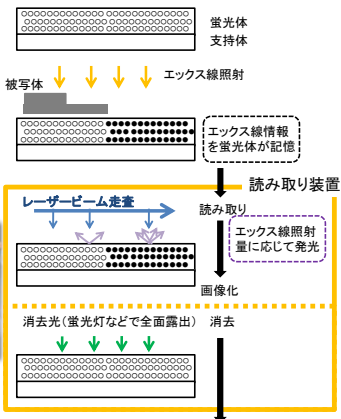
### 口外法

富士 IP IN カセット CC-VI

## IP方式による画像形成



イメージングプレート(IP)による画像形成 よくわかる医用画像工学より



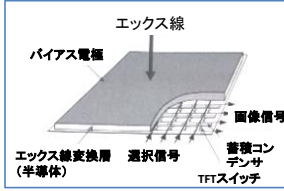
## FPD方式 (Flat Panel Detector; フラットパネル検出器)

- エックス線受光面、画素、半導体スイッチ (TFT: Thin Film Transistor; 薄膜トランジスタ)、信号読み出し回路で構成される
- エックス線受光面の機構により直接変換方式、間接変換方式の2種類が存在
- 被写体を通過したエックス線エネルギーを電荷量に変換し、その電荷量を二次元的に配置された画素ごとの読み出しスイッチを通じて電気信号として読み出す

図 よくわかる医用画像工学より引用

## FPD方式 (Flat Panel Detector; フラットパネル検出器)

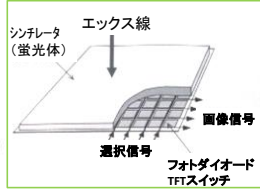
### 直接変換方式



X線が直接的に変換層内にて電気信号へ

解像特性が優れている

### 間接変換方式



シンチレータでX線が可視光へ信号変換  
この光信号がフォトダイオードで電気信号へ

直接変換方式と比較してボケが生じやすい

## 歯科用デジタルエックス線 画像診断システムの特徴

### ①デジタルシステムであることによる特徴

- 画像処理が可能
- 大量の画像データを少ないスペースで保管でき容易に検索できる
- 画像データに劣化がない
- 電話回線などを通して画像データを遠隔地に伝送できる
- デジタル画像の分解能はアナログ画像より低い

## 歯科用デジタルエックス線 画像診断システムの特徴

### ②固体半導方式、IP方式に共通の特徴

- 患者の被曝を低減できる
- 写真処理が不要 (現像液、定着液が不要)
- 画像を用いた患者への説明が容易

## 歯科用デジタルエックス線 画像診断システムの特徴

### ③固体半導方式の特徴

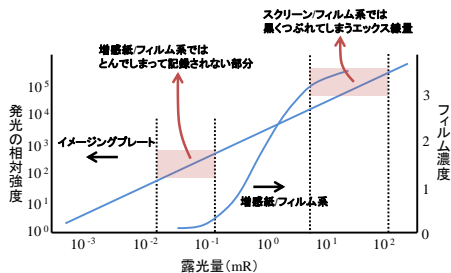
- 撮影後、画像表示までの時間が短い
- コードのついたセンサーによる撮影が難しい

### ④IP方式の特徴

- 口腔内操作は従来のフィルムと同様に扱える
- エックス線量に対する応答反応が広い
- IPの読み取り操作が必要
- IPに光が当たると画像情報が減衰する

## エックス線量に対する応答反応が広い

センサーとしてのイメージングプレートと増感紙/フィルム系の比較



## 画像フォーマット

画像データをファイルに格納する形式

- デジタル画像は画像の縦と横のサイズ、1画素の情報量が何ビットかなどが明らかでなければ表示することができない
- 画像情報として何をどんな順序で保存するのか (ファイルの書式) を定義したものが画像フォーマットであり、BMP (Bit Map File)、TIFF (Tagged Image File Format)、JPEG (Joint Photographic Experts Group) などがある
- 医用画像ではDICOMが使用される

### DICOM標準規格による画像および 画像通信の標準化

- DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) : ダイコム
- エックス線写真、CT、MRI、超音波、内視鏡などの医用画像診断装置・医用画像プリンタ・医用情報システムの間でデジタル画像データを扱う国際標準規格
- 画像データとともに関連する診療データ(氏名・日時・検査方法など)がファイルに含まれる
- エックス線写真などは16ビット画像として扱われる
- DICOM画像フォーマットを表示するための専用ビューソフトが必要

### DICOM



### DICOMファイルメタ情報

CT画像の例

### 画像ビューア

- 画像データが保存されたファイルをわれわれが理解できる形態(画像)に再構築するためには、その画像に適した画像ビューアが必要
  - 画像ビューア: 画像を表示・閲覧するためのプログラム
- DICOM形式の医用画像では特別な画像ビューアが必要

### デジタル画像処理

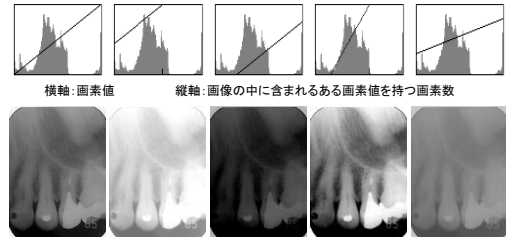
- 拡大・縮小、明るさの調整、フィルター処理  
距離、面積、濃度などの計測が可能

### デジタル画像処理

- ヒストグラムと階調処理

ヒストグラムはデジタル画像がどのような画素値を持つ画素から構成されているかを示す

Image transformation graphs



Digital images

## データ圧縮

- デジタルデータは、保存時にある規則・法則に従ってそのデータ量を減少させることができる → データの圧縮処理という
- 圧縮したデータは、展開(解凍)することで元データを回復できる
- 圧縮方法(2通り)
  - 可逆圧縮 非可逆圧縮
- 電子メールへの添付が可能

## 解像特性

- 画像の鮮鋭さ(sharpness)を表す特性
- 画像特性が優れている

→ ボケが少なく鮮鋭である

- 画像がボケる原因  
X線管の焦点寸法による半影、撮影中の被写体の動きによる不鋭、X線検出器のボケ、伝達・処理系、画像処理効果、表示系……

## 画像の評価

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 物理的画質           <ul style="list-style-type: none"> <li>被写体の構造がどの程度忠実に反映されているかを示す指標</li> <li>➢ 解像度 空間領域における評価</li> <li>➢ コントラスト</li> <li>➢ ノイズ</li> <li>➢ 信号雑音比</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 診断的画質           <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 心理物理的過程</li> <li>➢ 心理的過程</li> <li>➢ 病名決定過程</li> </ul> </li> </ul> |
|--|---|

## 医療情報とデジタル画像の統合

- 診療録の電子化(電子化)
- 医療情報システム、病院情報システム
- 電子カルテの標準化
- DICOM標準規格による画像および画像通信の標準化
- 医療情報の統合
- 遠隔画像診断

## 医療情報システム

- 医療に関する患者情報(個人識別情報)を含む情報およびその情報を扱うシステム
- 医療情報の取り扱いも医療行為と同様医療法等で医療機関等の管理者の責任で行うことが求められている(適切な取り扱い)
- 医療機関における個人情報  
「医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取り扱いのためのガイドライン(H22/9/17改正)」

個人情報保護・守秘義務  
(関連法規により規定)

## 病院情報システム

(HIS;Hospital Information System)ヒス

- 病院内の診療業務内での情報交換・情報蓄積を司るシステム
- 医療事務会計システム、診療予約システム、診療情報システム、検査・薬剤等の各部の門の情報管理システム、検査データの管理システムやいわゆる電子カルテのシステムなどを中心に構成されている
- 電子カルテの標準化 HL7 (Health Level 7)

## 画像保管管理システム パックス (PACS ; Picture Archiving and Communication System)

- 医療画像診断装置からの画像を電子的に保存、検索、解析する画像データベース・システム
- 膨大な量の医用画像をデジタル画像としてデータベース化し必要に応じてその画像を転送、表示することができる

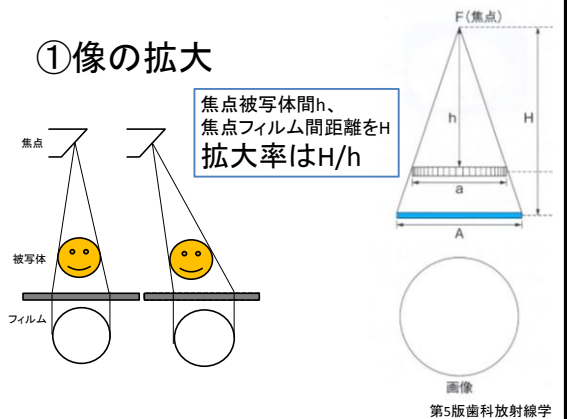
## 放射線情報システム (RIS ; Radiology Information System)

- 放射線科部門内における検査、治療の予約、診断結果のレポート、実績管理、材料在庫などの管理を行う
- 画像保存・管理をするPACSと連携している

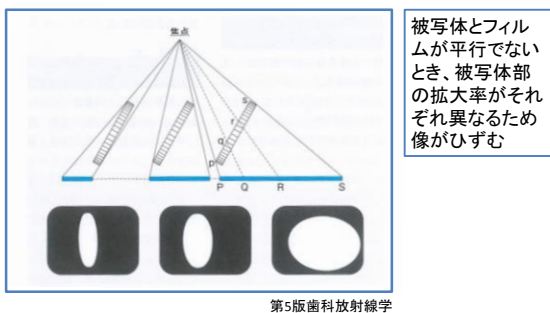
## エックス線投影の原則

- エックス線像の形成では
  - ① 像の**拡大**
  - ② 像の**ひずみ**
  - ③ **半影** が起こる
- エックス線像に影響する因子
  - i. エックス線管の焦点サイズ
  - ii. 焦点-被写体間距離
  - iii. 被写体-フィルム間距離
  - iv. 被写体やフィルムへのエックス線入射角度

### ①像の拡大

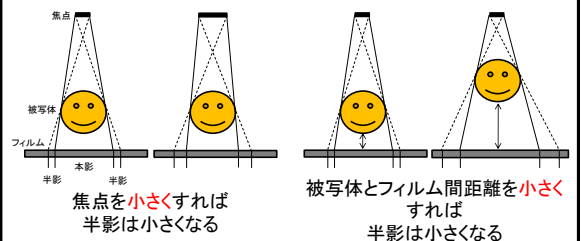


### ②像の歪み



### 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



## ④ エックス線像に影響する因子

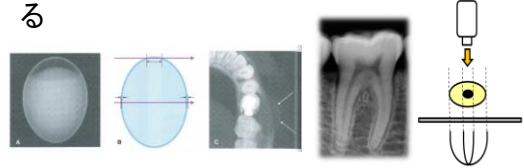
- i. エックス線管の焦点サイズ
- ii. 焦点-被写体間距離
- iii. 被写体-フィルム間距離
- iv. 被写体やフィルムへのエックス線入射角度

### 復習

- 焦点が点であれば半影は生じない。
- 焦点が大きいと半影が大きい。(小さくすれば半影は小さくなる)
- 被写体とフィルム(検出器)を近づければ半影は小さくなる
- 焦点フィルム間距離を長くすれば半影はちいさくなる

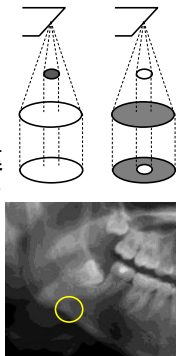
## ④ 接線効果

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



## ⑤ 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きと不可能なきが生じる



## 講義内容

1. フィルム
  - 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
3. エックス線写真処理
  - i. 感光の理論
  - ii. 写真処理
  - iii. 写真濃度
  - iv. 特性曲線
4. デジタルラジオグラフィ
  - 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
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