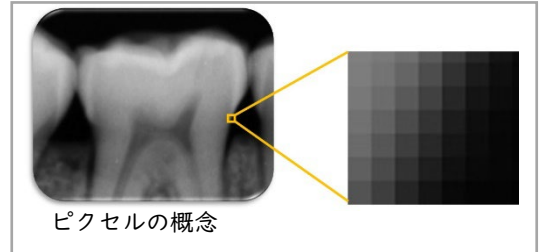


1. デジタル画像診断システム

コンピュータを利用して診断用画像を得る装置。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。

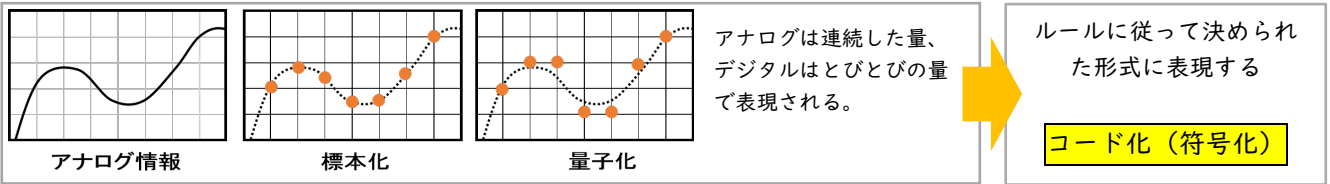
2. デジタル画像

単純X線撮影において、デジタル画像は、**ピクセル (pixel)** 単位 (小さな正方形) で計算される。計算されたデジタル画像は、フィルム撮影の画像と同様で、3次元構造を2次元で表現した画像である。CTなどで用いられる3次元画像での画素は、立方体をしているので、最小単位を**ボクセル (voxel)** とよぶ。



3. 画像のデジタル化

コンピュータ内の情報は、2進法 (1 と 0) で表現した情報 (データ) である。コンピュータ上の画像は数値データとして扱うので、各ピクセルからのアナログ信号 (連続的な数値) をアナログデジタル変換器によってデジタル信号 (とびとびの値) に変更される必要がある。→**A/D 変換**
A/D 変換に必要な処理は、**標本化 (sampling)**、**量子化 (quantization)** の2段階のプロセスからなる。



1) **標本化 (sampling)** ⇒ 画像の細かさを決定

空間的な情報の離散化であり、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のことである。この間隔が小さいほうがアナログ情報に近くなる。標本化する際の間隔を標本化間隔 (サンプリング間隔) といい、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がある。

2) **量子化 (quantization)** ⇒ 色の細かさ (何階調にするか) の設定

振幅のアナログ情報の離散化であり、濃度や輝度を適切な間隔で整数値として表す操作のことである。整数値はコンピュータが理解できる二進法に変換される (符号化)。量子化された値は、各画素がもつ濃度 (輝度) 情報であるため、一般的に画素値 (ピクセル値) や濃度値とよばれる。

➤ 階調

色や明るさの濃淡の段階数を示すものであり、同一画像の中で、真白から真黒までの情報を何段階で表現するかを表す。濃度階調を表す単位としてビット (bit) が用いられ、次式で表される。

$$n \text{ ビット} = \text{階調数 } 2^n$$

1 ビットの画像は、白と黒の2色しかもたないが、2 ビットでは、4 (2の自乗) 段階の色で表現することが可能。

4. デジタル画像のデータ量

1) 単位

デジタル技術において、コンピュータの情報量の最小単位をビット (bit) という単位で表す。現在では、データを8ビットごとに取り扱うことが通例であるため、8ビットを**1バイト (byte)** と称して、1つのまとまりとしている。1バイトは2

階調数	ビット	階調数
	0	1
	1	2
	2	4
	3	8
	4	16
	5	32
	6	64
	7	128
	8	256

	n	2^n

$2^8 = 256$ 通り (256種類、256値)の状態を表している。装置や記憶装置の容量などは、情報が多いためバイトで表すことが多い。

2) キロバイト、メガバイト

8ビットはまとめて1バイトと称され、簡単にビットはb、バイトはBと表記されることが多い。また、慣例として、1024バイトを1KB (キロバイト)としている。これは、1024 (2^{10})が概ね1000であることから、コンピュータ上の計算を簡単に行うためである。同様に、1024×1024 (2^{20})を1MB (メガバイト)としている。

情報の補助単位(医療系スタッフのための情報システム入門より)

単位の名称	記号	10^3 ごと	2^{10} ごと
キロ	K	1 000 = 10^3	1 024 = 2^{10}
メガ	M	1 000 000 = 10^6	1 048 576 = 2^{20}
ギガ	G	1 000 000 000 = 10^9	1 073 741 824 = 2^{30}
テラ	T	1 000 000 000 000 = 10^{12}	1 099 511 627 776 = 2^{40}

総画素数(800×600), 1画素あたり8ビットの濃度階調をもつ画像のデータ量の計算
 1画素あたり, 1バイトのデータ量となるため,
 $800 \times 600 \times 1 = 480000$ バイト
 $4800 \div 1024 = 468$ キロバイト

3) データの圧縮

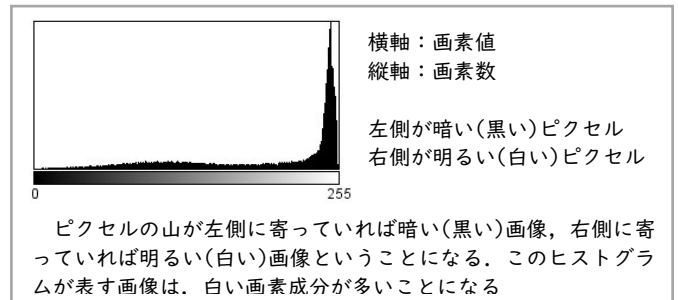
デジタルデータは、保存時にある規則・法則に従ってそのデータ量を減少させることができる。このような処理をデータ圧縮という。データ圧縮にはさまざまな方法があるが、可逆圧縮と非可逆圧縮に分類される。

5. デジタル画像処理

デジタル画像は、拡大や縮小、明るさの調整の他、距離、面積、濃度などの計測も可能である。

1) ヒストグラム

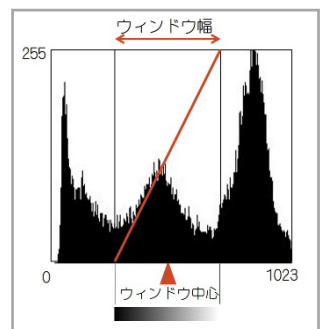
ヒストグラム (度数分布図) とは、画像がどのような画素値をもつ画素から構成されているかを示す。



2) ウィンドウイング (階調処理)

モニター上で画像を観察するときに行う階調処理のこと。ウィンドウ幅 (目的とする画素値の範囲) とウィンドウ値 (ウィンドウ幅の中心) の2つのパラメータを調整して行う。モニター上で表示できる最大の階調数にウィンドウ幅を広げて、観察したい領域のコントラストだけを強調して表示することができる。

◇ 操作や強調によってある部分が観察しやすくなるかもしれないが、一方で臨床情報が失われ、診断が損なわれる可能性があることを覚えておく必要がある。

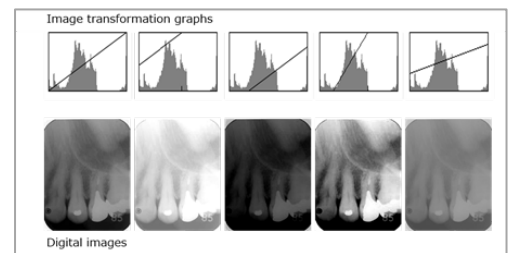


6. 歯科用デジタルX線画像診断システム

歯科X線撮影に用いるのは、X線撮影装置 (X線発生装置)、被写体コントラストを捉えるX線検出器、画像を目に見える形にする画像処理装置 (画像読み取り装置) である。デジタルシステムでは、X線検出器として、半導体X線検出器や蛍光体イメージングプレート (IP) を用いる。また画像処理はコンピュータを用いて行い、モニター上で画像を観察する。

1) 特徴

- フィルムを扱うアナログX線写真と比較した際の歯科用デジタルX線システムの利点
- ① フィルムと比較して感度が高いため、X線の量を減らして撮影できる (患者の被ばく低減)
- ② フィルム、現像装置 (現像液) などが不要



- ③ 撮影後の画像処理やコントラスト調整が可能
- ④ 画像データの保存、再利用、転送が可能でコンピュータ支援検出/診断 (CAD) や遠隔画像診断に用いられる
- ⑤ 画像を迅速に表示可能 ⑤半導体 X 線検出器の利点
- ⑥ 既存の撮影機材、撮影手技が活用可能 ⑥イメージングプレート X 線検出器の利点

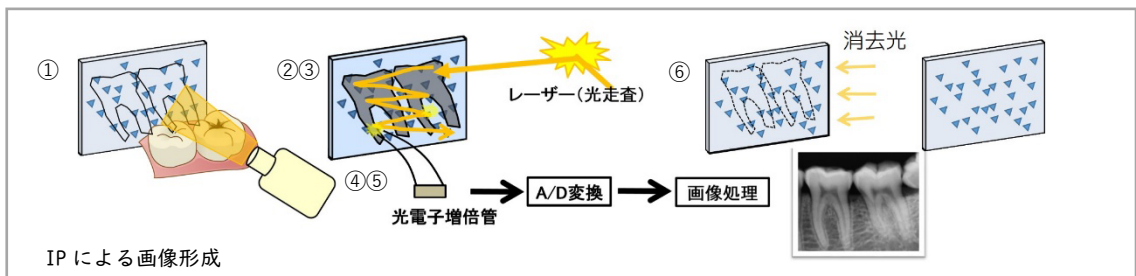
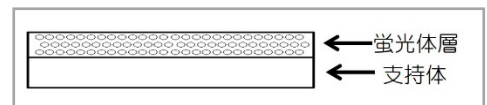
2) 固体半導体方式 X 線検出器

- 検出器に照射された X 線を電気信号に変換した情報を読みとり、PC のモニター上に直接表示するシステム
- 口内法で使用される検出器は、平らで小さな長方形 (口内法フィルムのサイズに類似)、フィルムのように曲がらず (硬く)、約 5 ~ 7mm の厚みを有している
- 固定半導体方式の検出器のほとんどは、ケーブルで PC と接続されている (無線のものもある)
- CCD (Charge-Coupled Device; 荷電結合素子)、あるいは CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor; 相補型金属酸化膜半導体) を利用しており、どちらも X 線に対して感度が低いため蛍光体を利用して X 線を可視光へ変換する
- 精密機器であり、使用後にオートクレーブのような滅菌は困難なため、使用時には口腔内へ挿入する検出器からケーブルにかけて、専用のビニール袋や、ラップを巻いて、感染対策を行うことが必要。



3) イメージングプレート X 線検出器 (本院、口内法で使用しているのはこのタイプ)

- 蛍光体が塗布されたプラスチック板であり、この蛍光体には、X 線情報を蓄積する働きがある
- PC と接続するケーブルは有しておらず、撮影後に読み取り操作が必要である
- IP による X 線情報の画像化の仕組み
 - ① 被写体を通過した X 線情報が IP に蓄積される (蛍光体による X 線情報の記録)
 - ② IP を読み取り装置内に挿入する
 - ③ 読み取り装置内で、IP に励起光 (レーザー光) を当てると、X 線量に比例する量の光を発する。 (読み取り)
 - ④ 光を光電子増倍管という光センサーで検出し、電気信号に変換する
 - ⑤ この電気信号をパソコンへ転送して画像化する
 - ⑥ 読み取りが終了した IP は、蛍光灯などの大量の光によって読み残された画像情報を全て消去され、繰り返し撮影に用いる (X 線情報の消去)



- 一度読み取りが終われば、次の撮影に用いることができる (繰り返し撮影に用いる)
- 口内法撮影時には、検出器を専用の袋に入れて使用する

4) FPD (フラットパネルディテクター) 検出器 (本院のパノラマ、歯科用 CBCT で使用)

- 受像面と電気回路を1つのユニットに組み込んだ平面検出器
- X線検出部分 (一次センサー) とその信号を検出する部分 (二次センサー) で構成される
被写体を通過した X 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
- X線検出部分 (一次センサー) の違いにより、直接変換方式と間接変換方式の2つに大別される。
 - ① 直接変換方式
X線を一次センサー (変換層内) にて直接電気信号へ変換する。解像特性が優れている
 - ② 間接変換方式
X線をシンチレータ (蛍光体) により可視光へ信号変換し、この光信号を電気信号へ変換する。X線～光信号へ変換する操作があるため、直接変換方式よりも解像度は劣りボケが生じやすい。
- 口外法のパノラマ撮影、歯科 CBCT などで使用されるようになっている

5) フォトンカウンティング検出器

- フォトンカウンティング検出器では、光子1つ1つのエネルギーの解析が可能であり、白黒の従来の画像に加えて、実効原子番号画像を取得することができる
- 物質の組成ごとに色分けされるため、物質同定や密度計測に応用できる

7. 画像評価

1) 解像度、空間分解能

- どこまで小さい物体を解像しうるかを示す指標
- 解像度は、1 mm中に白黒のペア (ラインペア) がいくつ観察されるかを示す lp (ラインペア) /mm で表す。(数字が高ければ解像度は高い)

2) コントラスト

- 明るい部分と暗い部分の輝度の差
- 差が大きいほどコントラストは高いと表現される

3) ノイズ

- 信号の検出を妨害する雑音
- 画像形成に用いられる光子量が多いほど (照射線量が多く、検出器の光子検出効率が良いほど)、画像に含まれるノイズが減少する

4) 信号雑音比

- 画像形成に用いられる信号と雑音の比を、光子量の比として表したもの
- 信号雑音比が高いほど、画質はよいといえる
- デジタルシステムは、フィルムよりも信号雑音比が高いため、同等の画質を得るための線量が、フィルムよりも少なくなり、被ばく低減できる

5) フィルムとデジタル画像の画質の違い

- デジタルシステムにおいて、被写体コントラストが最終的な画像のコントラストに変換される方式は、フィルムと全く異なる
- フィルムでは、被写体内での X 線減弱が大きくなるにつれて、徐々にコントラストが低下する
- デジタルシステムでは、その低下が著しいが、線量に対する応答範囲が広いので、撮影後にコントラストを変更し、診断に必要なレベルまでコントラストを調整することができる
- 照射線量に対して対数応答する歯科用デジタル X 線画像診断システムも開発されている

8. 医療情報とデジタル画像の統合

1) 医療情報

- ・ 診療の過程で医療従事者が知りえた情報（紙・電子媒体に関わらずすべての情報）
- ・ 診療録は医師・歯科医師が作成を義務付けられている（医師法第24条、歯科医師法第23条）
- ・ 看護記録、手術記録、検査所見記録、画像、紹介状、入院中の診療経過記録の要約など

2) 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機関等の管理者の責任で行うよう求められている（医療法等）
- A) 医療情報の取り扱い 情報セキュリティの確立**
- ・ ID、パスワード
 - ・ 病院関係者以外のネットワークの遮断
 - ・ 安全なシステム設計（サーバに認証させた装置のみ情報システムに接続できるなど）
 - 説明責任（アカウントティング）により履歴情報の記録
 （利用者が業務を行う上で必要な患者の診療情報のみを使用しているか、診療記録が適切なタイミングで作成されていることを確認する監査証跡として必要）

<医療情報システムに関連するガイドライン>

「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」(2010年)	厚生労働省	
「ASP・SaaSにおける情報セキュリティ対策ガイドライン」 「ASP・SaaS事業者が医療情報を取り扱う際の安全管理に関するガイドライン」	総務省	事業者向け
「医療情報をいたく管理する情報処理事業者向けガイドライン」	経済産業省	

- B) 個人情報** 基本的なルールとして法的に以下のような厳格な取り扱いが規定されている
- ① **保有の制限**：利用目的を明確に、必要な範囲を超えて個人情報を保有しない
 - ② **利用目的の明示**：個人情報を取得する必要性と利用目的の明示
 - ③ **利用、供給の制限**：利用目的以外に個人情報を利用、提供してはならない
 - ④ **正確性の確保**：利用条件内で保有している個人情報が、過去または現在の事実と合致するよう努めなければならない
 - ⑤ **安全確保**：個人情報の漏洩防止に必要な措置を講じなければならない
 - ⑥ **従事者の義務**：業務に関して知り得た個人情報を、他人に知らせたり、目的外に利用したりしてはならない

<関連法規>

「個人情報の保護に関する法律」(個人情報保護法)	
「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ダンス」	個人情報保護委員会と厚生労働省
「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」	文部科学省と厚生労働省

3) 診療録の電子化（電子カルテの導入）

<関連法規>

1994年	「X線写真等の光磁気ディスク等への保存について」	電子的保存「可」
1999年	「診療録等の電子媒体による保存について」(電子保存通知) → 電子カルテの3原則*	電子保存及び保存場所に関する要件の明確化
2002年	「診療録等の保存を行う場所について」	

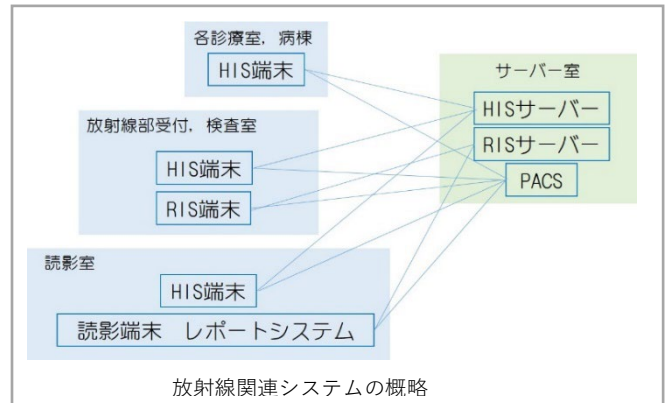
2004年	「民間事業者等が行う書面の保存等における情報通信の技術の利用に関する法律」(e-文書法)	法令等で作成または保存が義務付けられている書類の電子的な取り扱い「可」
-------	--	-------------------------------------

*電子カルテの3原則 次の3つの基準が満たされる場合に、電子媒体による保存が認められる

電子カルテの3原則(基準の設定)	
①真正性	<ul style="list-style-type: none"> カルテには故意または過失による虚偽入力を行なったり、書き換え、消去および混同を防止することが要求される 同時に作成の責任の所在を明確にすることが必要である 診療、患者説明、監査、訴訟などに際し、その目的に応じて利用できなければならない データベース内に修正履歴の記録が必要
②見読性	<ul style="list-style-type: none"> カルテの記載内容は必要に応じていつでも容易に肉眼で見読可能な状態にしておくことが要求される(時系列での参照など) 利用者管理の手順を明確にする
③保存性	<ul style="list-style-type: none"> 法令で定める保存期間にわたって、真正性、見読性を保ち復元可能な状態で保存することが要求される データ管理の信頼性の維持(バックアップ) アクセス権限の設定、安全性の確保を考慮

4) 病院情報システム HIS ; Hospital Information System

- 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



5) 放射線科情報システム RIS ; Radiology Information System

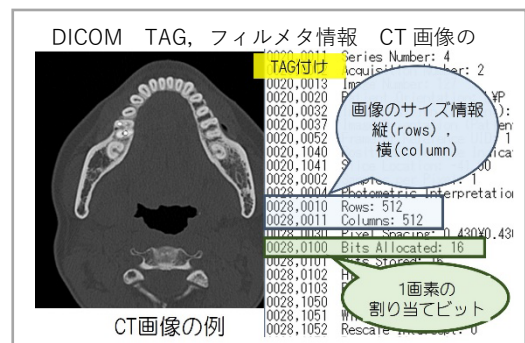
- 放射線科部門内における検査、治療の予約、診断結果のレポート、実績管理、材料在庫などの管理を行う
- 画像保存・管理をする PACS と連携している。

6) 画像保管管理システム 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

7) 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):
- X線画像、CT、MRI、超音波、内視鏡などの医用画像診断装置、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
- 一般的な画像フォーマットと違い、ヘッダ部分に付帯してファイルメタ情報が記録されている
- ファイルメタ情報には、複数のデータ要素から構成されるデータ集合が含まれている



- データ要素には TAG 番号が付けられ、番号によってデータ要素が特定できる
- DICOM 画像を表示するためには、専用の DICOM ビューワソフトが必要

8) 画像表示装置

- 医用画像表示モニターは医療用高精細モニターと呼ばれ、汎用モニターと性能が大きくことなる
- 画像診断の質を担保するために、品質管理が大切である。
- Cathode-Ray Tube (CRT 陰極線管) から Liquid Crystal Display(LCD 液晶ディスプレイ)へ
⇒ 液晶ディスプレイにより、薄型化、高精細化が可能となった。消費電力も小さい。
- 医用画像は情報量が多く情報の損失なく表示するにはグレースケールで 10bit 以上の階調が必要
⇒ 一般よりも多くの階調数や高い解像度に対応する
⇒ 大容量の画像信号を高速に伝送する
- 品質管理 (QA)
医用画像表示モニターは、長期間の使用による故障や性能劣化が発生する。
⇒ 一定基準を満たし、常に安定した状態で利用するために定期的に品質管理試験を実施する必要がある

9) 遠隔画像診断 (Teleradiology)

- 2010 年ガイドラインにて「ネットワークを利用した複数期間でのデジタル画像およびその関連情報の相互伝達によって行われる診断」と定義されている
- 専門家による画像読影が困難な医療において画像診断の専門医がその読影診断能力を提供する
- 医療の質の向上、地域医療への貢献、予防医療における有用性が利点として示されている
- システムや情報の管理、個人情報の保護などは要求されるレベルが日々変化している (定期的な見直しが必要)

9. 参考図書 (文献)

- 歯科放射線学第 6 版、5 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)
- 医療系スタッフのための情報システム入門 (秀潤社)
- よくわかる医用画像工学 (オーム社)
- 基礎放射線画像工学 (オーム社)
- よくわかる医用画像情報学 (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)
- 厚生労働省「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」
- 画像数学入門三訂版三角関数、フーリエ変換から装置まで (東洋書店)