



会期：平成10年 4 月10日
会場：ポートピアホテル

電子カルテと画像情報の役割

速水昭雄
亀田総合病院

The Integrated Electronic Medical Record System and Function of Medical Imaging Information System

Akio Hayami
Kameda Medical Center

はじめに(総括)

今回の報告は、私が平成2年より亀田総合病院に赴任して以来取り組んできた画像情報管理の面から捉えた電子カルテについてまとめた。

当院では1990年頃より開発研究を開始し、1995年より世界でも初めてといわれている本格的な電子カルテによる診療を実施している¹⁾。

電子カルテシステムは診療支援を目的とした総合医療情報システムであり、病院内のすべての情報を一括管理するHISの役割をも持っている。したがって部門システムとしての画像情報システムもその機能の一つであり、クライアントの電子カルテ端末で患者のカルテ情報と同時に必要な医用画像を参照できる。この電子カルテのコンセプトの一つは、将来の情報管理の重要性に着目することにより、現在の紙カルテからペーパーレスとフィルムレスに移行することが目標である。また、この医療情報は院内の特定の場合だけでなく、患者個人の情報として生涯に渡り広く利用されなければならない。実験的な試みではあるが病診連携としての地域ネットワークの機能も果たしている²⁾。

今後フィルムレスに移行するためにはCRT診断が重要な手段となり、そのための学術的検証が必要である。また、CRT診断のレベルを維持するためのCRTモニタ性能の評価と管理の明確な基準を確立すべきである。この報告の主たる内容は次のような3セクションに分類される。

1. 電子カルテシステムの概要
2. 画像情報システムの現状と将来
3. CRT管理とCRT診断

1. 電子カルテシステムの概要

電子カルテシステムとは、現在紙によって運用している診療録をすべて電子化し、患者への診療活動を電

子化された情報により運用していくシステムである。診療録には様々な使用目的があるが、中でも日常診療において担当医師が他の医師との患者情報交換をする場としての役割がある。しかしながら、今日の多くの診療録は乱雑で読みにくい筆記や専門医のみに判読可能な略語、あいまいな表記方法、必須項目の欠落など情報交換のメディアとしては不完全である。その点、電子カルテは記載の標準的なフォーマットを設定することが前提であり、表現方法の統一や医学用語の標準化によって医療担当者相互の情報の利用を図り、医療の質の向上に大きく寄与するものと考え³⁻⁴⁾。

1-1 電子カルテの目的

1-1-1 診療情報の標準化による医療の質の向上

現状においては医療用語も含めた医療情報は十分に使用できる標準化がまだできていない。しかし、電子カルテ開発のための医療情報の標準化作業は、厚生省の班研究を中心として進められている。国内での標準化がなされることにより、診療スタッフ間における情報交換、診療情報の管理、診療の精度の向上に寄与することとなる。

1-1-2 診療情報の有効利用による診断・治療への支援

すなわち、現状の紙カルテによる情報検索では膨大なカルテの閲覧と手間と時間を必要とする。しかし、電子カルテにおいては、診療情報検索の即時性と容易性、蓄積された診療情報の編集・加工、研究・学会用の症例データの加工・解析に大きく寄与する。

1-1-3 カルテ・フィルムの保管スペースの削減による病院経営の効率化

どこの病院も大きな障害として問題になっていることは、カルテ・フィルムの保管スペースの確保と管理の限界にきていることである。法的には5年の保存義務ではあるが、実際にはそれ以上の長期の保存管理を必要としている。それを解決する手段としては電子保

存が最も有効となる。

1-1-4 作業の効率化による患者サービスへの向上

カルテ・フィルムは病院内において頻繁に貸し出しと利用が図られる以上、紛失や破損等の問題が常にクローズアップされる。電子保存されることによりカルテ・フィルムの整理ができ、搬送の手間と時間が大いに節約される。

1-2 電子カルテシステムとしての機能

主たる機能としては、Table 1に示すような項目に分類され、カルテ入力機能とオーダリング機能とカルテ表示機能(結果参照機能)と診療予約機能およびメール

Table 1 電子カルテシステムの機能。

- | | |
|------------|-----------|
| ・電子カルテ表示 | ・看護記録 |
| ・電子カルテ入力 | ・退院サマリ |
| ・診療予約 | ・手術記録 |
| ・画像・検査結果表示 | ・プロブレムリスト |
| ・オーダリング | ・紹介状 |
| ・履歴 | ・カルテ印刷 |
| ・病歴 | ・利用者権限 |
| ・他医師への連絡 | |

Table 2 電子カルテ入力機能。

- | | |
|--------|--------|
| ・初診カルテ | ・再診カルテ |
| 一主訴 | 一症状 |
| 一現病歴 | 一所見 |
| 一家族歴 | 一評価 |
| 一一般所見 | 一方針 |
| 一病歴要約 | |
| 一検査所見 | ・共通 |
| 一方針 | 一特記事項 |
| | 一提携文入力 |
| | ・ムンテラ |

機能などから成立する。診療現場で医師が記録および参照すべきすべての患者データをコンピュータ化したものであり、診療科単位や初診・再診等による入力手法の切り分け機能を持つ。また、チャート化された用語入力はコード化されており、統計資料として利用できる。Table 2はカルテ入力機能の具体的な項目を示す。

Fig.1～4は、実際の電子カルテ画面における2号用紙診療記録表示画面、診療予約画面、検査結果表示画面、レポート表示画面である。

1-3 オーダリングシステムの構成

現在実施されているオーダシステムはTable 3のような構成であり、処方オーダ(Fig.5)、注射オーダ、検査オーダ(Fig.6)、画像オーダ(Fig.7)、リハビリオーダ、給食オーダ、手術オーダなどである。オーダリングの開発は各部門単位で行い、従来のオーダ伝票の内容と機能をコンピュータ化したもので部門によりコンセプトが異なる。当然予約の必要なオーダは予約設定が付加されている。また、基本的には会計システムと連動し、会計へのデータ転送を実施している。

Fig. 2 診療予約。

Fig. 1 2号用紙。

Fig. 3 検査結果。

1-4 部門システムの範囲とホストシステムとの関連

ホストコンピュータ (IBM-9672) をメインフレームとし、クライアントサーバとして4台のIBM-AS400部門サーバによって分散構成されている。部門システムとしては診療、看護、検査、画像、人間ドック、薬局、栄養室、医療事務、物流管理、経営管理などに分類される。すべてのID情報はホストコンピュータにて一元管理され、情報はホストおよび部門サーバで分散管理する。また、700台近いクライアント端末はパソコン機能を有したワークステーションの機能をもつことにより、ホストの負荷軽減を図っている。Fig.8は、亀田総合医療情報システム全体の構成を示したものである。

1-4-1 教育システム・サポートシステムとしての機能

現在計画中および準備中のシステムであるが、医療支援のための教育システムを考えている。看護教育システム、医薬品情報、医用材料情報、文献情報、医療保険情報、最新医療情報、電子カルテ操作支援情報等がある。

1-4-2 物流管理システムと会計システムの連携

現在のシステムは、物流管理システムとしての独自性を持ったパッケージソフトとして院内の物流管理お

よび発注管理のために開発してきたが、電子カルテシステムの部門システムとしてのデータベースを共用することにより、今後医事会計システムおよび看護や他の部門システムとの連携をもたせることができる (Table 4)。

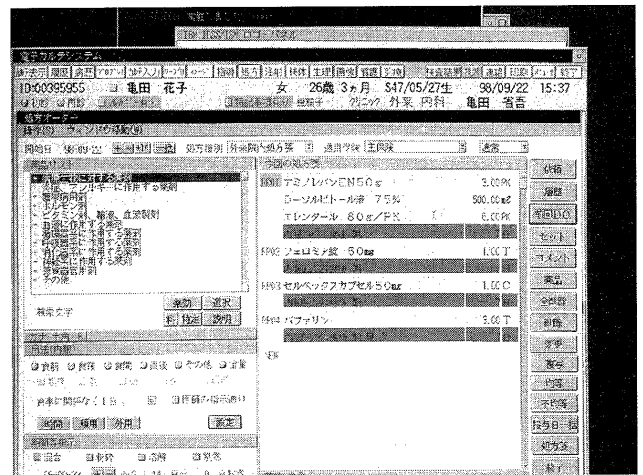


Fig. 5 処方オーダー。

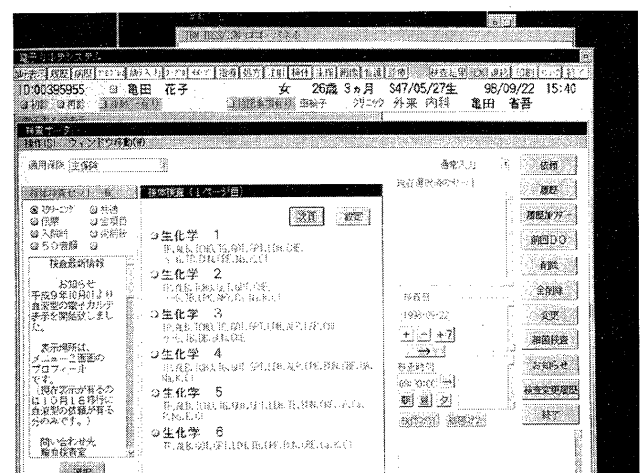


Fig. 6 検査オーダー。

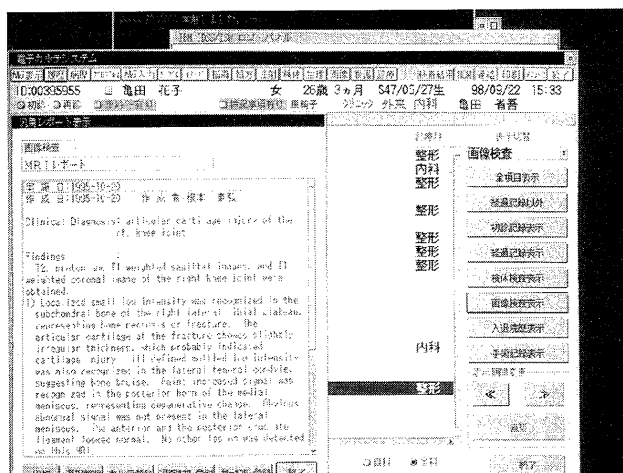


Fig. 4 レポート表示。

Table 3 オーダリングシステムの構成。

- ・処方オーダー
- ・注射オーダー
- ・検体検査オーダー
- ・生理検査オーダー
- ・画像オーダー
(単純造影、病室、断層、CT、MR、エコー、内視鏡)
- ・手術オーダー
- ・リハビリオーダー
- ・看護オーダー
- ・給食オーダー
- ・診療オーダー

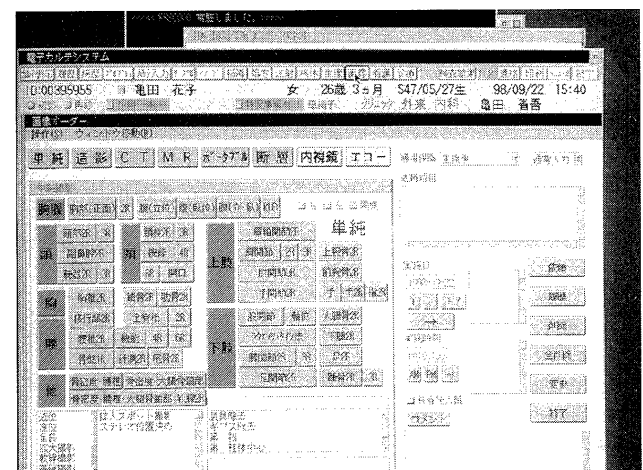


Fig. 7 画像オーダー。

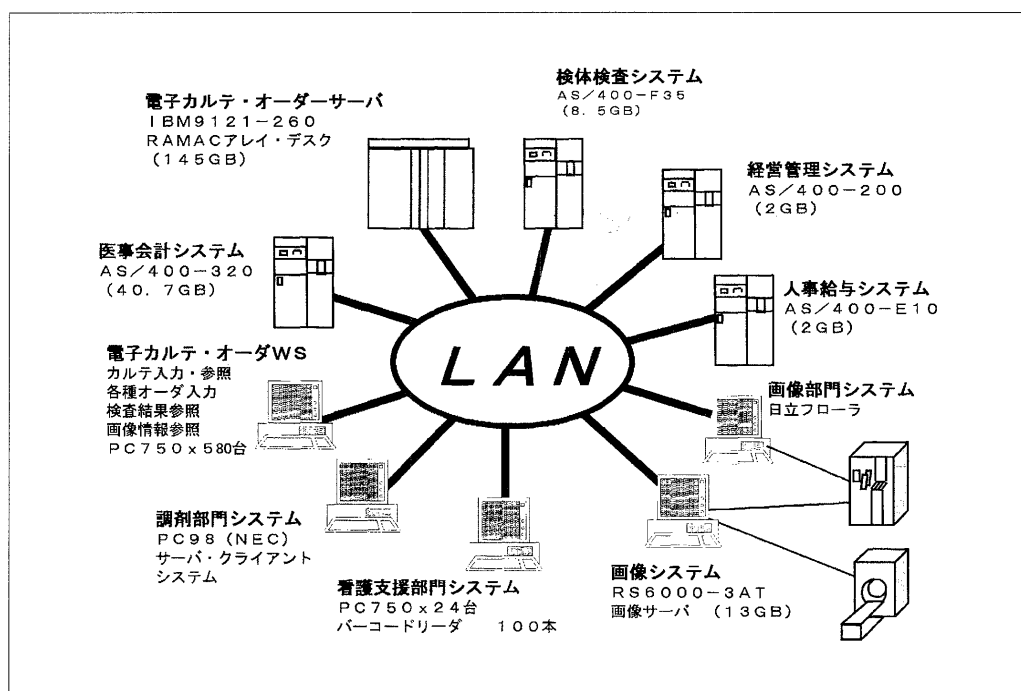


Fig. 8 亀田総合医療情報システム全体構成図。

Table 4 物流管理システムの主たる構成。

- ・購買管理：契約管理，発注管理，入庫管理，支払管理
- ・在庫管理：在庫管理
- ・販売管理：契約管理，発注管理，出荷管理，売上管理
- ・供給管理：定数管理，請求管理，供給管理
- ・その他

1-5 ナビゲーションケアマップ (Navigation Care Map) の概念と実際

現在使用している電子カルテの第二次バージョンであって，入院患者用として開発したものである。ナビゲーションケアマップとは，欧米では実際の診療現場ですでに実用化されているクリティカルパス (critical path) をコンピュータシステム上で自由に種々のバリエーションに追従して対応できるように独自のアイデアにより電子カルテと連動した三次元の患者 (疾患) 別入院診療支援システムである。

ケアマップの考えは，患者単位に二次元平面上で縦軸をカテゴリ別診療行為，つまり診断・治療，検査，給食，看護ケアなどとし，横軸を入院経過の時間軸に沿った診療計画テーブルといえる (最初の画面表示は患者単位の入院中のすべての診療スケジュールの目次的な役割を持つ)。このケアマップを電子カルテの中心にもってきて，この画面から患者の診療に関するすべての情報検索と指示がダイレクトにできるようになっている (コンピュータによる指示命令の操作に階層のページを繰り返すことがない)。今後のDRG-PPSへ

の対応や診療の管理と支援のためには重要な手段となるものと思われる。Fig.9は実際のナビゲーションケアマップの画面の一部を示したものであり，このケースは心臓バイパス手術を想定した模擬患者の術前4日間の表示サンプルである。ケアマップ上ではスケジュール予定が未実施と実施済と結果がでたものによって表示色が変わる。

1-6 イン트라ネットおよびインターネットへの対応 (院外ネットワークとの連携と外部とのネットワークの構築)

現状では院内ネットワークに限定した独自システムであるため，汎用性のないシステムの延長上ではあるが，院外支援ネットワークを一部医療機関との間でISDNを利用して構築している。

現状では共通規格もないこととセキュリティの問題が解決していないが，将来はハードに影響しないJABAのようなソフトを利用したWebブラウザ等を用いたインターネットでの相互利用を考える必要がある。

1-6-1 セキュリティについての考え方

セキュリティについては厚生省として検討されているところではあるが，この概念については単に機密性 (confidentiality) だけに限定されたものではなく，利用可能性 (availability) と信頼性 (integrity) を考慮したものでなければならないといわれている⁵⁾。

具体的には厚生省の資料によれば，セキュリティの考えとして，保存系におけるセキュリティ (情報の記録系) とネットワークにおけるセキュリティ (情報の伝達・交換) に分けられる。想定される要因としては，

紛失、破壊、改ざんなどの問題と患者のプライバシーの保護がある。その対応策として検討されていることは、データのバックアップ、ユーザの認証、改ざん防止システムの導入とアクセス状況の記録保持、暗号技術の導入、ファイアウォールの導入などがある⁶⁾。

1-7 入力デバイス(Table 5)

音声入力についてはNTT等との開発をすすめているところではあるが、特定の登録された音声での入力や定型文書の入力については問題はないと考えられ、近い将来一般的な実用化がなされるものとなる。

OCR入力については印刷文書に関してはほとんど問題なく入力可能である。

図形入力については現在ザウルスを使用しているが決して実用的ではなく、コンピュータへの負荷を抑え図形記入の支援をかねた方法として図形テンプレートを利用する方法がある。

波形入力についても現在アナログ入力による方法はあるがデジタル入力によるものは少ない。現在心電図のデジタル入力を開発中である。

1-8 電子カルテ運用の実体と問題点

日本の現状では電子カルテは正式の医療情報記録の手段として法的な認可を得ることができないが、現在法的な規制緩和が検討されており、近く認可の対象となるはずである。また、本当に使いやすい電子カルテにしていくための改善と機能のグレードアップは常に継続していく必要があると考えている。

以下に電子カルテ運用の実体と問題点をまとめてみた。

1-8-1 電子カルテ運用の現状

- 1) 外来診療は全面電子カルテにて入力実施している。ただし、紙カルテへのコピー出力を実施しこれを正規のカルテとして保存。
- 2) 入院診療は現時点での環境と物理的な制約で電子カルテと紙カルテを併用している。平成11年度中には入院も全面電子カルテの運用に変更予定である。
- 3) 医用画像は電子カルテ画像とフィルム画像の両用で表示している。その根拠としては法的な制約の問題、保険請求上の問題、運用の利便性およびCRT診断への環境整備などが挙げられる。

1-8-2 電子カルテ運用の問題点

- 1) 現状では法的に診療記録は紙で残さなければならない。
- 2) 医療情報を100%電子化することの困難性
- 3) コンピュータ能力と操作性の向上
- 4) 電子カルテ入力についての医師の教育と協力

Navigation Care Map				
	97-09-18 入院時	97-09-19 入院時2日	97-09-20 手術前日	97-09-21 手術日(術前)
記録	医師記録 看護記録	医師記録 看護記録		
活動制限		比テリタリー	比テリタリー	
食事	心臓食 ハイカロリー 体量測定	心臓食 ハイカロリー 体量測定	心臓食 ハイカロリー 体量測定	食止め ハイカロリー 体量測定
観察・モニター				
検査	三種培養 心電図 胸部X線 尿一般検査 定期処方			
内服・外用				プレジディ
注射				
処置				
リハビリテーション		術前呼吸機能訓練	術前呼吸機能訓練	
コード・イネーション	手術前準備 MSW連絡		麻酔科術前訪問 ICU見学	
患者家族の教育	病体リエーション 手術前説明	術前トレーニング	術前説明	

Fig. 9 ナビゲーションケアマップ。

2. 画像情報システムの現状と将来

一般的に現状の画像情報システムは、PACSとして画像のみの独立したシステムでローカルなネットワークのなかで運用されている。当初PACSが発表された時、画像のデジタル化の時代を迎え、また、フィルムの管理に行き詰まっていた放射線科を中心にして画像のファイリングと画像処理・画像管理等への期待から大学病院等の大施設で積極的な導入が図られた。しかし、当時のワークステーションは画像処理やデジタルタイピングの時間もかかり、操作性の問題などもありその後期待された普及はしなかった。

しかし、最近ではパソコンの普及と周辺機器の画期的な進歩とコストダウンにより、画像関係だけではなく病院内のあらゆる部門でコンピュータが使用されソフト開発を含めた普及が図られるようになった。これからはそれらの分散した情報を統一管理し統合的な利用を図る必要がある。画像情報システムもホストシステムの一部門システムとしての連携がますます重要となり、そのような要求に答えるシステムとして電子カルテは今後の発展を大いに期待されている。

当院で現在運用している電子カルテは、ほぼすべての画像情報を電子カルテに転送し、他のカルテ情報とともに画像も観察できるようになっている。画像の読

Table 5 入力デバイスとして利用される手段。

テキスト入力、マウス入力
・画像入力
・図形入力
・波形情報入力
・音声入力
・OCR入力
・テンプレート入力

影診断は保険適用の問題もあり、従来のフィルム系で行っている。

電子カルテ上の画像は参照画像として捉えており、運用管理面と画像品質面を考慮して原則として非可逆の1/10JPEG圧縮を行い、画像マトリクスは1K×1Kで8 bitにて保管運用している。

今後、フィルムレスの保険適用が認められたときには、診断用の画像は高精細のCRTにて読影診断を行い、電子カルテでの運用は当面の期間レポートを付加した現状の参照画像で行うこととなる。しかし、将来の方向としては大容量の画像の転送や保管、および画像処理のスピードは大幅に変化することが期待でき、その時にはオリジナル画像での運用が可能となる (Table 6)^{7,8)}。

2-1 デジタル画像管理システム

電子カルテ画像表示システム (CIS-image) におけるハードディスク容量と保存可能期間、操作性と検索スピードについて、

- 1) ハードディスク容量：HD 100GB (使用可能有効容量 75GB)、MO 100GB
- 2) オンライン保存可能期間：8 カ月～1 年
- 3) 検索のスピード：当院の圧縮画像で100枚の転送を30秒で可能。したがって、電子カルテに転送されるすべての画像について常時オンラインでほとんど時間差を気にせずに転送・検索が自由に行える。
- 4) 操作性：自動化処理により専用オペレータの必要がない。
- 5) 特徴：電子カルテと接続し、画像ワークステーションとしての各種画像処理ができる。

2-2 画像部門システム (RIS) のコンセプト

HIS (電子カルテサーバ) からのオーダーリング情報とID情報を受けて、画像内の各撮影装置のRIS端末にオーダー情報を転送し、撮影装置との患者情報転送および撮影情報入力を行い、撮影記録情報をRISサーバへ会

計結果情報を会計情報システムに転送する。RISでは照射録情報の作成と日報、月報、年報の作成機能を持つ。Table 7にRISのコンセプトを示す。

2-3 カラー画像への対応

現状のCRTの開発はカラーモニタの高精細化に進んでおり、コスト的にも白黒CRTはコスト高であり、医用画像のなかでのカラー画像の取り扱いが増大している (内視鏡、エコードプラ、RI、3D等の画像)。

そのためにもマルチユーズな電子カルテにおいてはカラー画像表示は必須条件となる。したがって、カラーCRTの白黒表示での性能が重要なポイントとなる。

CIS-imageではフルカラーまでサポートしているが実際に表示できる画像のクオリティは搭載する画像処理ボードの性能に依存する。

2-4 動画・シネ画像への対応

医用画像の中で静止画像だけではなく、循環器系を中心としたシネ画像の診断や3Dの動画画像の観察が重要視される。最近ではコンピュータ系の性能向上もあり、PC上で短時間の動画やバーチャルイメージの表示は可能である。

CIS-imageにおいてもシネ表示は可能であるが、あくまでも静止画のシネ表示のためデータ容量が膨大になる。したがってMPEGによるファイリングと表示ソフトを使用する方が動画を実用的に利用する場合には有効であると考ええる。

2-5 コンピュータ関連システム

2-5-1 ネットワーク構築とデータ転送のスピードと量について (Table 8)⁹⁾

2-5-2 デジタル情報とアナログ情報

アナログ画像は通常ビデオ信号で転送し、そのままCRTで表示するか、A/D変換をしてデジタル保管する。コピーでの画像の劣化およびノイズ増加が起こる。デジタルは自由に画像処理ができ画像の劣化がない。今後は経済的なことはあるがコンピュータ管理をするうえにおいて、デジタル化は必須条件となる。

Table 6 画像検査における情報の流れ。

- ・医師による画像オーダー実施
- ・画像部門システムへの画像オーダーの転送
- ・画像センターでの患者受付
- ・撮影室への案内
- ・撮影室端末への画像オーダーの表示
- ・撮影
- ・フィルム枚数、薬剤、機材等の入力または自動取込
- ・会計情報としての転送
- ・画像情報の転送

Table 7 放射線部門システム (RIS) のコンセプト。

- | | |
|---------------|-------------|
| ・患者情報と画像情報の融合 | ・管理業務のシステム化 |
| ーオーダー受付 | ー日報・月報の作成 |
| ー実施入力 | ー部門内物流管理 |
| ー医事会計転送 | ー勤務管理 |
| ー照射記録の作成 | ー被曝線量管理 |
| ー患者情報の提供 | ー個人情報管理 |
| ー撮影履歴の提供 | |
| ー画像履歴の提供 | |

Table 9にデジタル情報の特徴を示す。

2-5-3 データ保存媒体の評価(Table 10, 11, Fig.10)

現在パソコンに付属する3.5インチ1.44MB-FD(フロッピーディスク)は日本では1998年頃にはトップの使用実績となり10年以上利用されている。FDの代換としてはZIP, MO, PDなどがある。ZIPは手軽さと高速性, 低価格性で世界的な導入が図られている。MOは日本でのシェアが高い商品であり, PDはCD-ROMドライブの代替として用いられることが多い。新しいメディアとしてはFDの互換性を持つものとしてHiFD, SuperDiskがあり, 大容量化を目指したものにはDVD-RAM(4.7GB), DVD-RW(3GB), ASMO(7GB), MMFV(5.5GB)などがある。小型化を目指したものとしてはスマートメディア(8 MB), コンパクトフラッシュ(30MB)などやClik!(40MB)がある⁹⁾。

Table 12は現在一般に使用されるPCの代表的な記録装置として, ハードディスク装置と光磁気ディスク装置との比較を示す¹⁰⁾。

Table 13は現在の当院の電子カルテでの画像データ量である。

2-6 まとめ

この章のまとめとして画像情報システムの将来性について考察してみたい。まず考えられることは, 情報機器とそれに関連したソフトの進歩は予測を越えた伸びを示し年々大きく躍進する。私たちの研究はそれらを利用した応用技術に依存するところが多く, 少なくとも医療情報での進歩と開発は期待以上の成果が予測

Table 8 WAN(wide area network)connect optionにおける相対的speedの評価。

Type	Rated speed	X mint time/MB
28.8 modem	28.8 Kbits	4 min 51.3 sec
SW56	56 Kbits	2 min 29.8 sec
ISDN 64	64 Kbits	2 min 11.0 sec
ISDN 128	128 Kbits	1 min 55 sec
T1	1.544 Mbits	5.4 sec
T3	44.736 Mbits	0.18 sec
ATM	155 Mbits	0.05 sec

Table 9 デジタル情報とアナログ情報の比較。

〈デジタル画像〉
・エラーの訂正ができる
・画像処理ができる
・画像の劣化がほとんどない
・画像圧縮ができる
・回路が複雑で装置が高価となる

される。

2-6-1 画像情報システムの将来-1(ハードおよびソフトの進歩)

* 情報端末と周辺機器の進歩

演算処理の高速化, 記憶容量の増大, 画像処理の進歩(PC等の進歩)

* モニタ(CRT)の進歩

高輝度化, 高解像性

* 通信系の進歩

WAN・LANの高速・大容量化

* 無線LANの普及

* 画像処理ソフトの進歩と開発

Table 10 コンピュータで使用される保存媒体。

	記憶容量 (MB)	最大転送速度 (MB/秒)
FD	1.44	0.063
Zip	100	1.4
SuperDisk	120	0.66
HiFD	200	3.6
MO	640	3.0
PD	650	1.1

Table 11 コンピュータ記録装置。

- ・ハードディスク装置
固定ハードディスク, リムーバブルハードディスク
- ・フロッピーディスク装置
大容量フロッピーディスク, その他のフロッピーディスク
- ・光ディスク装置
CD-ROM, DVD-ROM
- ・磁気テープ装置
- ・データカートリッジ
- ・ICカード
- ・その他の補助記録装置

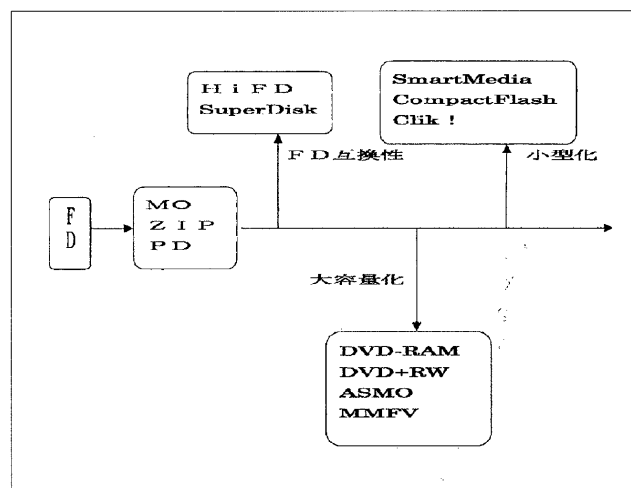


Fig. 10 コンピュータで使用される次世代の記憶媒体。

* 低価格化, 軽量化

2-6-2 画像情報システムの将来-2(応用技術の進歩)

* フィルムレスとCRT診断への移行

* 画像情報ネットワークの拡張

* 院内LAN(イントラネット)と院外WAN(インターネット)の普及と利用, 遠隔診断の利用

* カラー画像・動画の利用拡大

* 3D画像の利用拡大

* 画像診断支援の拡充

3. CRT診断とCRT管理

画像のデジタル保管が公認されたときには, そのデジタル画像の読影診断の手段としてのCRTの評価と管理が重要となる. 日本においてはCRTの読影診断評価については厚生省班研究報告があり, CRT読影とフィルム読影との有意差はないといわれている. CRT診断の基準についてはACRの「テレラジオロジーに関する標準: Res.21-1994」で診断用CRTの性能と管理について勧告されている. 日本では日本画像医療システム工業会のSC-4209委員会において検討されたJIS化案EJ-015: 医用画像部門における評価と日常試験パート2-5「画像表示装置の不変性試験(案)」およびSC-3305委員会検討の「CRT診断用テレビモニタの画像性能試験方法(案)」の中で画像表示装置の規格化が検討されている. これらを参考にして診断用CRTに要求される性

能と管理について提案したい^{11~13)}.

3-1 CRTの性能管理と性能試験

CRT診断用テレビモニタの試験評価についてはIEC 1223-2-5の画像表示装置の不変性試験があり, それに基づいてJESRA案(SC-4209)が検討されている. ここではテストパターンとして独自の案が提案されているが, SMPTEのテストパターンの使用も認めている.

3-1-1 CRTのSMPTEパターンによる評価¹⁴⁾

医用画像表示のための標準パターン「CSP委員会勧告に基づくSMPTEパターン」によりCRT評価をする.

CRTの評価の標準パターンとしての認知度が高く, 標準化されたデータとして使用できる意義が大きい. このテストパターンは輝度の最高値, 最低値, グレースケールの標準測定に適している. 歪み, 輝度ムラの測定も可能. 解像性の評価には問題がある.

3-1-2 SMPTEパターンによるCRT輝度・コントラスト特性

CRTでは最適画像を表示するための輝度とコントラストの相関は個々のCRTにより異なる表示となり, それは最高輝度値に依存する. コントラスト比は最適画像表示に調整された状態での最高輝度と最低輝度の比で表す. 黒レベルは通常外周の影響がなければ0と考える.

コントラスト比=白レベル輝度/黒レベル輝度:1

3-1-3 CRT輝度の経時変化・環境特性

CRT輝度の経時的変動特性を定期的にチェックする必要がある. 特にCRT使用時間と輝度, CRTの環境による影響など(外部照度と0%輝度値の相関)を考慮すべきである.

CRT診断のレベルを維持するうえで大切なことはCRTの性能維持である. 特に輝度は使用時間に比例する経時的な劣化を来す. 定期的な輝度調整がなければ1年間で1/2~1/3減少する. ほとんどのCRTは初期設定の輝度を100%より抑えて調整し, マニュアル調整で劣化分の補正をできるようになっている. また, ビーム強度を電氣的に調整できるが強くすれば電子ビームの径が大きくなり解像度の低下を来すためその調整には限界がある. 最近の特定のメーカーのCRTでは自動輝度管理をできるようにコンピュータ基盤を組み入れたものが市販されている.

3-1-4 CRTでの解像度評価(物理評価)

SMPTEテストパターンの解像度評価法についてはコントラストが3段階に変化しており, 理論的には優れているが高解像度のCRTの評価には, できれば周波数が連続的に変化するテストパターンでなければならない. ハ

Table 12 ハードディスク装置と光磁気ディスク装置との比較.

	ハードディスク装置	光磁気ディスク装置
記録方法	磁気記録	光磁気記録
記憶容量 (MB/台, 枚)	約1,600	538/643
データ転送速度 (MB/s)	約10	1~3
平均シーク時間 (ms)	10~12	28~30
回転数 (rpm)	4,500~5,400	3,600
装置価格 (円/台)	24,500~26,500	67,000~70,000
メディア価格 (円/枚)		4,200~4,400
1 MBの価格 (円)	15.3~16.6	58.6~61.3

Table 13 電子カルテでの画像データ量.

オリジナル画像データ	電子カルテ表示画像 (1/2~1/10圧縮)
CR (4k×4k, 10 bit)	1k×1k, 8 bit
CR (2k×2k, 10 bit)	同上
CT (512×512, 12 bit)	512×512, 12 bit
MRI (256×256, 12 bit)	256×256, 8 bit
MRI (512×512, 12 bit)	512×512, 8 bit
DR (512×512, 12 bit)	512×512, 8 bit
US (256×256, 8 bit)	256×256, 8 bit
内視鏡 (512×512, 24 bit)	512×512, 24 bit
その他	

ウレットチャートまたはバーガファントムによる評価を利用する方法もある。

3-1-5 CRT画面上での鮮鋭度および輝度のばらつき

CRTの解像度は電子ビームの電子密度分布の形状により変化し、輝度も電子密度とビーム強度に依存するといわれている。2,000×2,000画素のCRTでも中央近辺では表示能力に匹敵する解像性をもつが、周辺では半分程度の解像性になるCRTも多い。輝度の分布もCRTにより異なるが中央付近は高いが周辺になると低くなるものが多い¹⁵⁾。

3-1-6 CRT画面の輝度むら、歪みを評価

偏向歪み

$$= \frac{\text{最大(最小)間隔} - \text{平均間隔}}{\text{平均間隔}} \times 100(\%)$$

3-1-7 CRTのノイズ

空間ノイズ(CRT蛍光体の構造モトル、電氣的応答ノイズ)と周波数ノイズ(フリッカ)により影響を受ける(参考として走査線周波数70Hz以上のリフレッシュレートのノンインタレイス方式が理想)¹⁶⁾。

Fig.11は、1台のCRT(HIC 654)について約1年間の輝度の変化をチェックしたものである。SMPTEの輝度値の100%、70%、30%、0%の輝度の変化をグラフ化した。0%輝度については輝度変化を正確に測定することは困難であるが、他のデータについてはこのモニタにおいては、それぞれ1年間で約30%の輝度低下を示した。Fig.12は使用環境および使用開始年度の異なる6台のCRT(HIC 654)についての100%輝度値における約1年間の輝度の変化をモニタしたものである。

1台のCRTを除いては使用しない時はCRTの電源をシャットダウンした管理状態で平均的に30%程度の輝度劣化を示した。

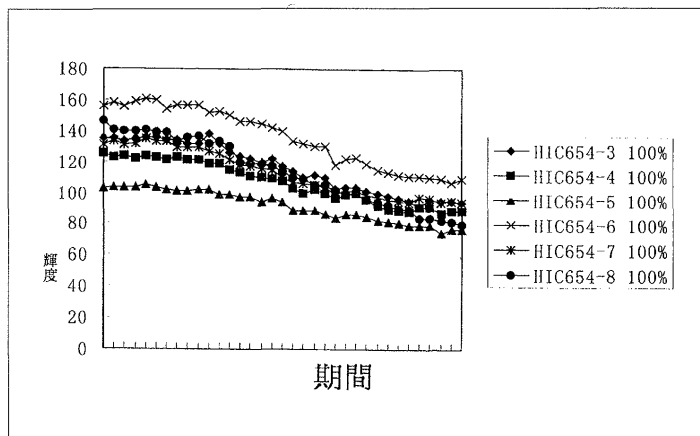


Fig. 12 各種CRT (HIC 654)の経時的輝度変化特性(約1年間)。

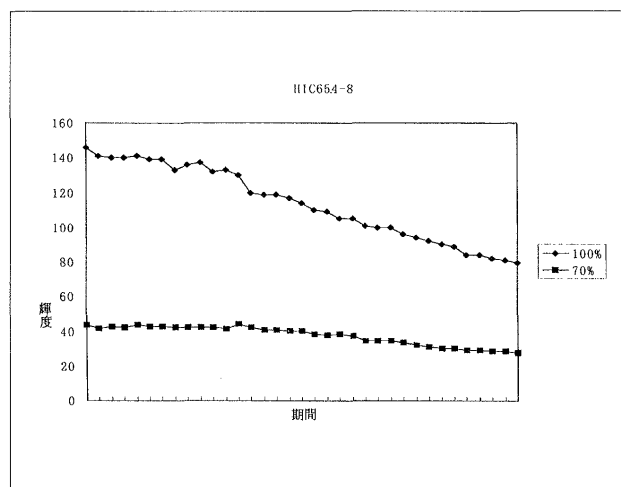


Fig. 13 CRTの経時的輝度変化(利用が最も激しかったCRT)。

Fig.13はCRTのスクリーンセーバは使用しているが、CRTの電源はいつも付けた状態での輝度の変化を調べたもので、1年間で約45%の輝度低下を示した。

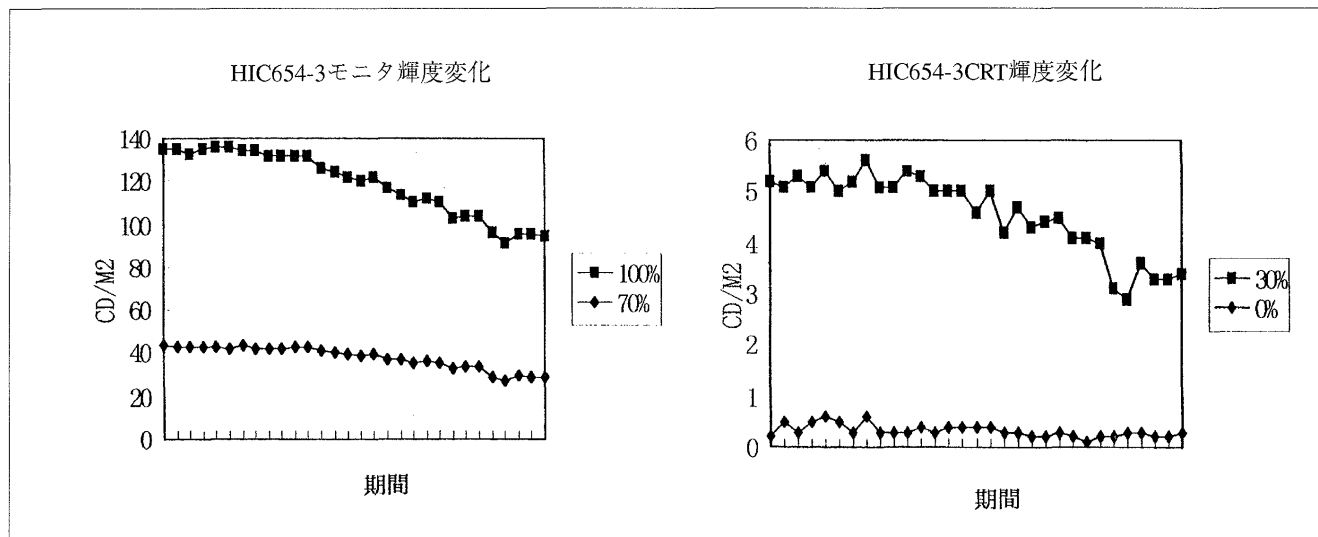


Fig. 11 CRTの経時的輝度変化(階調100%, 70%, 30%, 0%)。

3-1-8 bright・contrast調整とCRT輝度特性

フィルム系での輝度，コントラストのコントロール特性とCRTでの特性はまったく異なる．むしろ特性としてはフィルム系と逆のような変化を示す．Fig.14はCRTのブライト値を一定にした状態でコントラスト値を変えた場合の輝度の変化をプロットしたものである．傾向としては全体の輝度が一定レベル変化したような状態となる．Fig.15はコントラスト値を一定にしてブライト値を変えた場合の輝度特性を調べたものである．傾向としては低輝度レベルの輝度値の変化が大きく寄与し，結果としては写真コントラストが変化しているような傾向を示す．

3-1-9 HIC 654でのA(直線)・E(胸部用)階調とSMPTEの指定階調特性

CRTではビーム強度の変化と輝度の対数変化値との相関において直線的な関係を示す様に調整(A階調)されているが，実際の臨床画像ではその画像の持つダイ

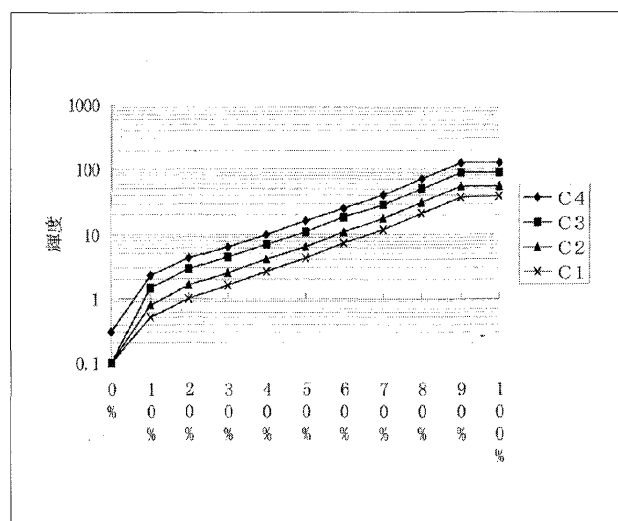


Fig. 14 CRTのcontrast特性.

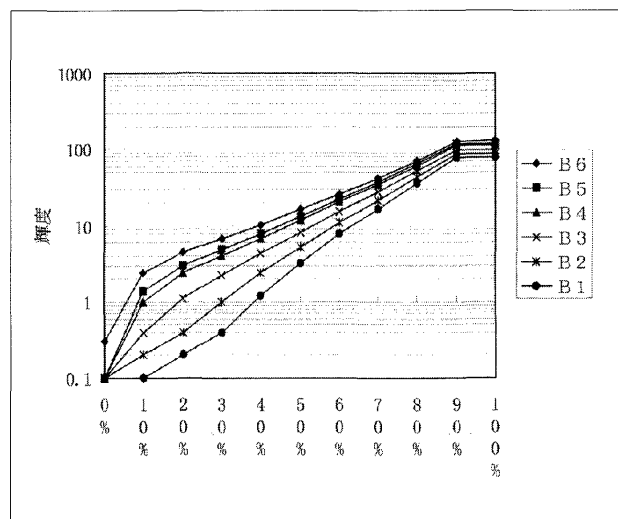


Fig. 15 CRTのbrightness特性.

ナミック特性やコントラスト特性により最適なコントラスト濃度階調は異なる．したがって診断目的や部位により最適な階調カーブを選択適用している．

Fig.16は品質管理用に提案されている標準階調，原則直線階調として表示されるA階調，胸部画像の臨床画像で使用するP階調をそれぞれSMPTEの輝度レベルでプロット表示したものである．

3-2 ユーザサイトにおけるCRTの初期管理と日常管理としての提案

3-2-1 初期設定時点検項目と方法

- * 輝度特性(SMPTE, モニタ表示のグレースケールの輝度測定)
- * コントラスト特性(SMPTEグレースケールの輝度特性)
- * 歪み特性(格子パターンの目視観察または格子間隔の計測)
- * 輝度ムラ特性(CRT対角線上での輝度変化測定)
- * 解像特性(ハウレットチャート, RETMAチャートでの測定)
- * カラーCRTでは色温度, RGB輝度バランス, (専用測定器による計測, BARCOまたはDOMEキャリブレーションシステムの利用)
- * ノイズの測定(空間的ノイズと周波数ノイズ: 走査周波数)

3-2-2 日常管理項目と方法

輝度パターンの特性を目視点検する(SMPTEまたは他の標準テストパターン)．

3-2-3 定期管理項目と方法

- * 最高輝度, 最低輝度の測定(1週間～1カ月点検)

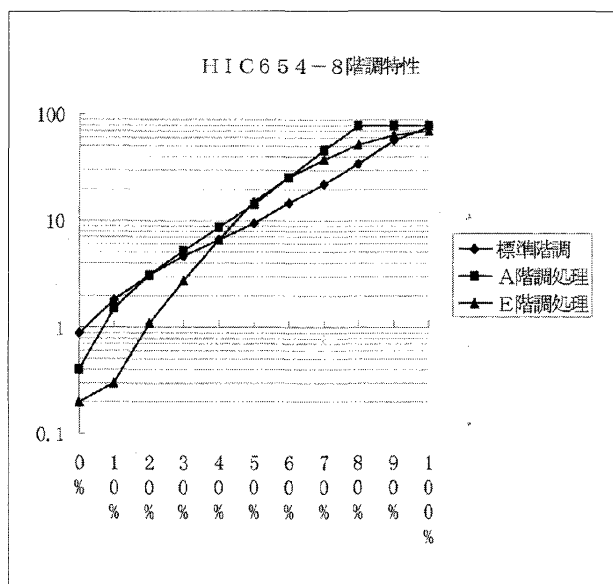


Fig. 16 CRT(HIS 654)でのA・E階調とSMPTE指定の標準階調.

- * コントラスト特性の測定(1 カ月点検)
- * カラーCRTではRGBの輝度バランスの測定(1 カ月)

3-2-4 JESRA案

現在JESRAとして厚生省の委託研究で検討されている品質性能評価試験案の項目を参考提示する(Table 14, 15)。

3-3 診断用端末としての機能(ワークステーションとしての)

- * ワンタッチで操作が可能。
- * データの検索時間を気にしない程度の速さがある。
- * 簡単な操作で濃度・コントラストの調整・拡大表示・濃度反転などができる。
- * その他の機能として計測・コメント入力(レポート入力)などができる。

3-4 白黒CRTとカラーCRTの違い(CRTの解像度および視覚認識能に及ぼす影響)

CRTの解像度は原則として画素数に起因するため、同じサイズのモニタで画素数が同じ場合、白黒とカラーの解像性は同じといえる。しかし、カラーCRTではR, G, Bの3原色の蛍光体へのビーム調整によりフルカラーを作り出すため、1画素のサイズは白黒より小さくすることは物理的に難しく、市販の高解像カラーモニタの画素で0.25～0.21mm程度であり、白黒CRTの高解像性CRTには及ばない。

Table 16は高解像性CRTとカラーCRTのハウレットチャートでの解像性能を評価したものである。ハウレットチャートのような高コントラスト特性での解像度では画質値差が0.35とそれほど差はなかった。

3-5 CRTサイズと画素数(Table 17, 18)

CRTでの解像性を評価するとき、その値は画素数で表示される。しかし、実際にはそのCRTの画像表示の大きさを指定しておく必要がある。または画素サイズを表示すべきである。人間がCRTを見る場合、観察距離により異なるが最も見やすい大きさは50cmほどの観察距離においてはCRTサイズ21インチ程度が必要となる。

3-6 画像データ量と認識能評価

CRTの拡大機能を使用することにより、画像認識能は拡大するが、それは表示画像の情報量および画像表

Table 14 製造者向け画像性能試験パラメータ。

- 1) コントラスト比
- 2) 解像度
- 3) 変更歪み
- 4) 最大輝度および明るさの変換特性
- 5) 黒レベル偏移
- 6) インタレイスの安定度
- 7) 画面有効サイズ
- 8) 色純度
- 9) コンバージェンシス
- 10) 白の均一性
- 11) 白バランス

Table 15 ユーザ向け画像不変性試験。

- 1) グレースケール
- 2) 画像歪み
- 3) 空間解像度
- 4) 低コントラスト解像度
- 5) 画像の安定性
- 6) アーチファクト
- 7) カラー画像関連パラメータ

Table 16 高解像性CRTとカラーCRTのハウレットチャートでの解像性能評価。

	MWD-321 (カラー) 21インチ 1,600 × 1,200	UHR-482P (白黒) 21インチ 2,048 × 2,056
ハウレットチャート画質値	11.30	11.65

Table 17 CRTの画素数と画質についての提案。

- ・一般的にTVの解像度は相対値であるTV本(TVL)が用いられ、TV本は、白黒ペアで2本と数える。
- ・画像の画素数は、解像度×画像の長さで定義される。
- ・画像全体の画素数は水平方向画素数×垂直方向画素数で表示される。
- ・参照診断用CRTで1,000×1,000以上、画像診断専用モニタでは2,000×2,000以上の画素数を理想とする。

Table 18 画像機器の画素数¹⁵⁾。

- ・ビデオCD (MPEG 1) : 240 × 352
- ・現行TV : 483 × 720
- ・ハイビジョン : 1,035 × 1,920
- ・フォトCD (最大) : 2,048 × 3,200
- ・画像表示CRT (カラー) : 1,024 × 1,024
- ・高解像度カラーCRT : 2,048 × 2,048
- ・高解像度白黒CRT : 2,560 × 2,048

示ボードの性能に依存する。また画像圧縮と量子化レベルおよび標準化レベルのエラーが拡大により強調されるためにCRT表示機能に応じた最適な拡大率が存在することとなる¹⁵⁾。

3-7 画像圧縮と画質への影響(画像圧縮が大きい場合の画質への影響)

* ブロック歪み

ブロックの境界が不連続となるモザイク状アーチファクトが発生する。

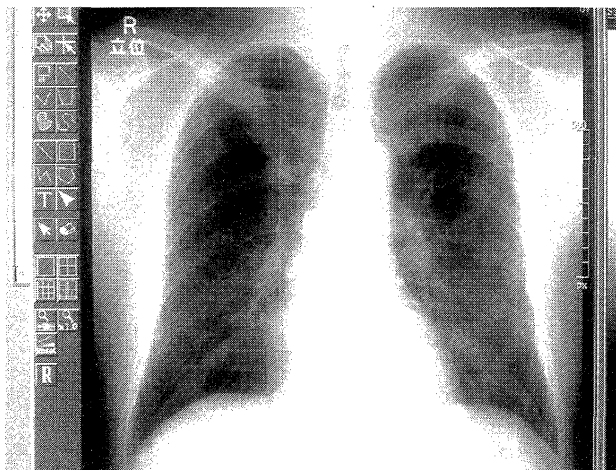
* モスキート雑音, コロナ効果

ブロック内にエッジがあった場合量子化ノイズによる画像エッジ部分が波立つようなアーチファクトを発生。

* エラーの伝搬

1カ所にエラーが発生した場合それが次々と伝搬する。

Fig.17は胸部の画像をJPEG圧縮にてオリジナル, 約1/10, 1/20, 1/40, 1/80, 1/160まで圧縮した結果のオリジナル画像(a)と1/160圧縮画像(b)である。



(a)

(b)

Fig. 17 (a)オリジナル.
(b)1/160.

3-8 画像量子化bit数と画質への影響

量子化レベル5bit以下では画像のコントラストが低い部分では偽輪郭と呼ばれる縞模様のアーチファクトが発生する。CRT診断を有効活用するためには、量子化レベルは10bit以上を必要とする(階調レベル数は、デジタル画像の場合、量子化bit数の2倍である)。

Fig.18は胸部画像のbit値を8, 6, 4bitに変えた場合のオリジナル画像と6bit画像(a)とオリジナル画像と4bit画像(b)である。

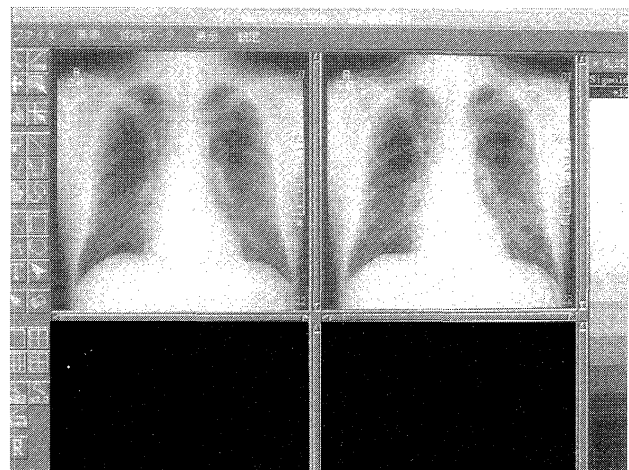
3-9 画像変換・転送方式の違いによる評価

3-9-1 オリジナル画像データとCRT表示変換の特性

一般的にはモダリティ別, 撮影部位別の階調変換を実施する必要がある。実際には画像濃度統計値(ヒストグラム)処理によるダイナミックレンジの調整をする。本質的にはCRT特性に合った画像表示調整が必要



(a)



(b)

Fig. 18 (a)オリジナル(左)と6bit image(右).
(b)オリジナル(左)と4bit image(右).

である。

3-9-2 ゲートウェイでの自動変換とマルチフォーマッターによるマニュアル変換の特徴

- 1) マルチフォーマット方式は、CT, MR, DRのようなシステムでは通常担当技師が撮影終了後に必要な画像をレーザーイメージャにハードコピーを作る。その画像は診療に最適な画像に条件設定をするわけであるから、そのイメージングの画像をそのままデジタル保管をするためにイメージャのフォーマッターを通して転送する。さらに必要な画像だけ選択して保管転送することも自由にできる。この方式は画像情報と画像のID情報を分離して扱うところに多少の問題がある。
- 2) ゲートウェイでの方式は、画像装置から送られてくる直線階調を持ったオリジナル画像情報を診断目的や部位に応じてゲートウェイで観察用のCRTの階調に合う階調変換をして転送保管する。この方式は画像の持つすべての情報を転送できるが、CRTに表示する最適な画像を作るための表示テーブルを選択する必要がある。

3-10 CRT診断に関する学術研究業績面での評価¹⁷⁻¹⁹⁾

3-10-1 平成3年度厚生科学研究費補助金佐久間班の報告

学会報告および文献での評価としては平成3年度佐久間班の研究成果では胸部CR画像のCRフィルム(1,760×1,760pixels, 10bit)とCRT(1,024×1,536, 8bit:1,024×1,280, 10bit)での胸部単純のROC評価の結果は統計的有意差がなかった。

3-10-2 平成5年度厚生科学研究費補助金石垣班の報告

胸部間質性疾患のCRフィルム画像(1,760×1,760, 10bits)とS/F系画像との比較において有意差はなかった。

3-10-3 平成6年度厚生科学研究費補助金石垣班報告

胸部間質性疾患のCRフィルム画像とCRT画像(HIC654)との比較において有意差はなかった。

3-11 CRT診断についてのまとめ

CRT診断については現状では操作性、レスポンス、経済性、輝度等の問題はありますが、CRT診断を否定するような障害はない。今後フィルムレスの提案が進む中で診断用CRTの需要と技術進歩によっていずれCRT診断に移行していくことは十分に予測できる(Table 19, 20)。今の時点で国外も含めたCRT診断に関する正式な勧告として、ACRの遠隔診断の勧告で次の様に定義している^{17, 20)}。

Table 19 CRT読影診断とフィルム読影診断の特徴。

	CRT	フィルム
輝度	100~150 FL	400~500FL
コントラスト	自由に变化	一定
濃度	自由に变化	一定
サイズ	縮小~拡大	一定(実寸大, 縮小)
操作性	トレーニング必要	簡単
読影環境	照度調整必要	照度の影響少ない

Table 20 画像表示系の輝度¹⁵⁾。

シャーカステン: 400~500 FL
最高輝度のCRT: 300 FL
医用画像用CRT: 30~150 FL
ただし、1 FL (フットランバード) = 3.426 cd/m ²

3-11-1 テレラジオロジに関するACRの標準-1 画像の空間分解能

- 1) 小さな画像のマトリクスのシステム(CT, MRI, US, RI, DR)
ディジタル化システム: 0.5k×0.5k×8bit
ディスプレイシステム: 0.5k×0.48k×8bit
- 2) 大きな画像マトリクスのシステム(CR, デジタル化された直接フィルム)
ディジタル化システム: 2k×2k×12bit
ディスプレイシステム: 2k×2k×8bit

3-11-2 テレラジオロジに関するACRの標準-2 ワークステーションの機能

- 1) グレースケール・モニタは最低50FL(約170cd/m²)の輝度を持つこと
- 2) 大きな画像マトリクス(CR)用の表示ワークステーションに要求される機能として、
 - * インターアクティブのWL, WWの設定機能
 - * 画像拡大機能
 - * グレーレベルの反転機能
 - * 回転および移動機能
 - * 正確な長さ測定の機能

3-11-3 テレラジオロジに関するACRの標準-3 品質管理

- 1) レポートを作成のための転送画像に必要なパラメータを表示すること: 画像マトリクスサイズ, bit数, 画像圧縮率, 使用された画像処理の有無。
- 2) SMPTEパターン等でダイナミックレンジをテストし, 0%, 100%の隣接する5%差のエリアが識別できること。

3-12 CRT診断と今後の方向について

現状の診断用CRTワークステーションにおいては、

操作性・経済性等の問題があるが、診断用のモダリティとして使用価値に問題はない。しかも、今後の方向として今問題となるいくつかの指摘事項も装置の進歩とともに十分解決されることであり、大いに普及が期待できる。

Table 21 CRT性能評価に使用した装置。

- HI-C654 (FUJI)
 - CRT 20インチ
 - 表示画素数：1,580×1,152
 - 操作方法：67Hzノンインタレイス
 - グレーレベル：10bit
- NWU-91A (日本無線)
 - カラーCRT 32型ソニートリニトロン
 - 表示画素数：2,048×2,048
 - 垂直周波数：60Hzノンインタレイス
- CH-121 (BARCO)
 - カラーCRT 21インチ
 - 表示画素数：1,600×1,200
 - 垂直周波数：48～120Hzノンインタレイス
 - 自動キャリブレーション機能付き
- UHR-4820 (MegaScan日本バイナリー)
 - CRT 21インチ
 - 表示画素数：2,048×2,560
 - 垂直周波数：71Hzノンインタレイス

- 1) フィルムレスの時代を迎え診断用CRTの普及が広がる。
- 2) 高輝度・高解像性のCRTの普及によりコストダウンが図られる。
- 3) 診断用高解像度のカラーCRTの開発が図られる。
- 4) 診断用CRTは21インチ以上のモニタが使用されることが望ましくCRT画面に複数の画像を比較表示することも必要である。また、画像情報を最大限引き出せるような拡大観察等の画像処理が多用される。
- 5) 診断用CRTとしては21インチで4メガピクセル以上の解像性があり、最高輝度300cd/m²以上の性能が望ましい。ただし、参照用CRTとしては1メガピクセル程度でもよい。

Table 21は今回のCRT評価の実験に使用した装置で、ご協力をいただいたメーカーの各社に感謝したい。

謝 辞

宿題報告の機会をいただきました川上学会長、第54回総会 畑川大会長に深甚の感謝を申し上げます。また、今回の研究報告にあたりご協力をいただきました亀田メディカルセンターのスタッフ始め、機材提供を受けたメーカー各社および格別の指導と協力をいただきましたIBM 鈴木英夫様に御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 亀田情報研究所：亀田総合病院 電子カルテシステム概要。(1991)。
- 2) 伊東十三男：動き出した電子カルテシステム。新医療，22(9)，40-43，(1995)。
- 3) 亀田クリニック：電子カルテシステムの運用で日本の医療改革へ。新医療，23(3)，6-10，(1996)。
- 4) 速水昭雄，伊東十三男：亀田総合病院における医療情報管理システムについて。映像情報，26(10)，568-570，(1994)。
- 5) 木内貴弘：セキュリティの考え方と方法。インナービジョン，13(8)，62-65，(1998)。
- 6) 松本義幸：電子カルテの普及に対する行政の対応と考え方。インナービジョン，13(8)，33-36，(1998)。
- 7) 速水昭雄，伊東十三男，塚田 智，他：亀田総合病院での画像管理システムとデジタル保管。新医療，22(1)，93-96，(1995)。
- 8) 厚生省健康制作局監修：医用画像情報の電子保存のあらまし。医療情報センター，(1994)。
- 9) 澤辺直太：次世代リムーバブルメディア。日経産業新聞，(1998. 1.30)。
- 10) 渡辺吉人：記録メディアビジネス最前線。日債銀総合研究所，工業調査会，東京，(1997)。
- 11) JESRA EJ-015 (IEC 1223-2-5)：画像表示装置の不変性試験。
- 12) JESRA SC-3305：CRT診断用TVモニタの画像性能試験方法。
- 13) 日本画像医療システム工業会 SC 4029 (IEC 1223-2-5)：CRT診断用テレビモニタの普遍性試験方法案。(1997)。
- 14) JESRA X-56：医用画像表示用パターン。
- 15) 高木幹雄，篠田英範，伴野 明，他：平成8年度厚生省情報技術開発研究事業 技術的な課題の研究—CRTモニタ等の表示装置—。
- 16) 志村一男，石田正光：医用CRT表示装置の画質。Fuji Medical Review，5，50-64，(1995)。
- 17) 遠隔医療研究班総括報告書(最終案)：11 April, 1997, <http://square.umin.u-tokyo.ac.jp/>
- 18) 石垣武男，宮坂和男，稲邑清也，他：CRT診断に関する諸問題。The Japanese College of Radiology，10，3-12，(1997)。
- 19) 石垣武男，池田 充，遠藤登喜子，他：診療技術評価に関する研究報告。平成6年度厚生科学研究。
- 20) ACR Standard for Teleradiology (Res. 21-1994), <http://www.acr.org/teleradiology>