Japanese Society of Radiological Technology

4. 表示系システムのコンポネント化とディジタル通信

吉田 寿
富山医科薬科大学附属病院放射線部

1. はじめに

医用画像の動向は，検査やモダリティの枠組みを取り払うかのようにディジタル化へと推移している．一般撮影系のディジタル画像は，1画像当たりのデータ量や発生件数が他のモダリティにくらべ桁違いに多い．そのため，データベースやネットワークを構築することが思った以上に困難である[1,2]．また，診断面からは，従来のフィルムの観察にくらべCRTでの観察行為が診断の不連続性を招くといった不備を指摘される．しかし，わたしたちは，ディジタル画像のもつ潜在的な能力を導くすべを心得ている．現有のシステムを利用して何ができるか．何が足りないか．その模索から，ディジタルシステムの将来像が見え隠れする．本稿では，「画像の表示と通信」をテーマに記述するが，基本的概念は，X線撮影の依頼から画像診断までの行為を細分化しパーツ毎にコンポネント化すること，そして，個々に独立したパーツを再度関連づけ，一連の統合されたシステムを再構築することにある．

2. 一般撮影系でのディジタルシステムの現状

2-1 画像の流通からみたシステムの構成と分類

2-1-1 単純撮影

画像の流通はarchive「画像の生成，記録」，storage「画像の保管」，viewing「画像の表示および観察」の三つのパートと，パートを結ぶ線「搬送」で構成した三角形で表わすことにする．各々のパートは独立しシステム化している．撮影室でフィルムを現像し画像を生成する．フィルムは，読影室や診察室に搬送され，医師により必要な病態情報が抽出される．そして，保管室に返送され法的期間保存管理される．また，フィルムは直接保管室より搬送され，一定期間まとめて診療科に貸し出される場合もある．保管室におけるマネージメントシステムは画像の運用を司るシステムであり，管理台帳から患者単位でのファイリングを可能にしている．Fig.1は，わたしたちが普段無意識に運営している画像の流通システムの基本構図である．

2-1-2 ディジタルシステム

現在，一般撮影でよく利用するディジタルシステムの構図をFig.2に示す．流通システムの基本の三角形の構図は変わらない．異なることは，画像の生成プロセスと，流通にハードコピーフィルムを利用していることである．このシステムと従来のシステムとの違いは，画像の生成過程で画像の素を取り出せることにある．この画像の素をフィルムと区別するため，以下に「image data」と明記する．

2-1-3 オフラインシステム

image dataは，光磁気ディスク等のメディアに記録できることから，流通システムの基本構図を用いて，メディアを流通させることが可能である(Fig.3)．ここでは，image dataを共通に利用するための読取装置と表示装置が必要である．メディアには一度に複数のimage dataを記録するため，管理する上での画像のデータベースが必要である．しかし，運用の段階ではメディアの共有ができないため，その複製を作成するなど対策はあるものの，マネージメントシステムとしては従来のシステムよりかなり煩雑になる．現在，オンラインによるネット化の技術が進歩し，オフラインによる運用自体は考えていない．ここは単に，電子保存ということに重点をおく．「記録保存したimage dataは，将来にわたり利用することが可能である」ことが利点である．

2-1-4 オンラインシステム

従来の画像の流通システムの基本構図とは異なり，イメージサーバに複数の画像生成システムと画像表示システムを接続する．しかし，接続する装置の数は限定され，画像の流通という点で一部の閉ざされたシステムである．オンラインシステムの特徴は，搬送が通信に代わったこと，管理システムへのデータベースの登録や読み出しが生成システムと表示システムで同時に扱えることにある．最終的には，画像の流通からみたネットワークシステムを構築することが目的である．ネットワークシステムについては最後の項目で記述する．

2-1-5 ディジタルシステムの現状

現在，画像の流通からみた一般撮影系で利用できるシステムは，ハードコピーフィルムを流通の媒体とする方法で，流通の構図は従来のフィルム法と変わらない．ディジタルシステムの有利な点は画像を生成する過程でのimage dataの電子保存と，オンラインにおけるimage dataの共有が可能になっていることである．

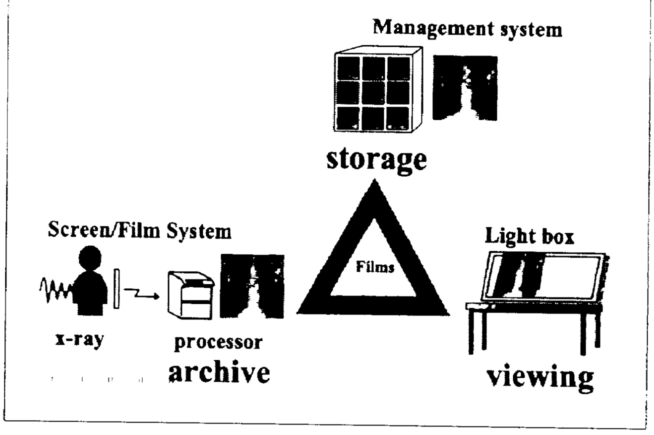

Fig. 1 The circulation system of image.
This is the basic composition that assumed current film transportation.

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Radiological Technology

2-2 他のディジタルシステム「CT，MR，DSAなど」との画像性質の比較

画像の流通から見た構図は画像の生成プロセスを除き，CT，MR，DSA等，他のディジタルシステムも同じである．ここでは一般撮影の画像を他と区別するため，image dataの性質を比較し，それらの特徴を考察する．共通点を整理してみると，「イメージの共通フォーマットはハードコピーであること」・「すでにディジタル画像として，電子保存や画像の共通利用が可能であること」であった．では，相違点は何か．それは，「一般撮影系のシステムは画像の比較対象が存在する」こと．つまり，従来のフィルムの存在である．フィルムと同等に，診断に十分な空間分解能と階調特性を要求するもので，モダリティの特異的な画像を要求するものではない．また，生成するimage dataの物理量を適正化することは運用上重要な因子である．一方，他のディジタルシステムは，「写真の目的が明確である」ことにある．CT，MR，DSA等，組織分解能にすぐれた画像は量子化技術の条件よりも検査手技に重点をおき，モダリティの特異性を求めるものである．一般撮影系のディジタルシステムの画像は，開発の過程から従来のスクリーン/フィルム法の画質と同等であることが画像生成の前提条件となっていた．現在でも，ハードコピーフィルムは従来のフィルムの性質を継承したまま，堅持していることが最大の特異点である．

3．画像の表示システム

画像の通信やネットワークを考えたとき，フィルムに代わる表示と観察システムの開発は必須である．最終出力媒体をハードコピーフィルムとするなら，オンデマンド風に観察者側の必要な端末機にレーザイメージャと自動現像機を設置し，ハードコピーを出力させる方法も可能である．しかし，この方法は汎用性が低く，画像を管理する上で合理的ではない．

3-1 ハードコピーフィルムとCRT

前項で，ハードコピーフィルムは従来のフィルムと同等の画像であるという特異性を確認した．そこで，表示システムとしてのハードコピーフィルムとCRTを比較した(Fig.4)．ただし，フィルムとCRTでは物理評価法が異なることを考慮しておく．

3-1-1 解像力と視野

ハードコピーフィルムの指標はオーバーオールのMTFである[3]．画像収集のサンプリングサイズは175μm，マトリックス数は2000×2000である．レーザイメージャの書き出しは，85μmで4000×4000であることからレーザイメージャは空間的内部情報を充分に解放している．一方，CRTはHowlettチャートによる視覚評価法である[4]．1000本系のモニターを用いた場合，表示エリアにより異なった解像特性を示し，画像全体を表示することは収集のピクセル数とモニタの表示ドットの比率が3：1に相当する．そのときの解像度は約3分の1に低下している．逆に，解像限界を

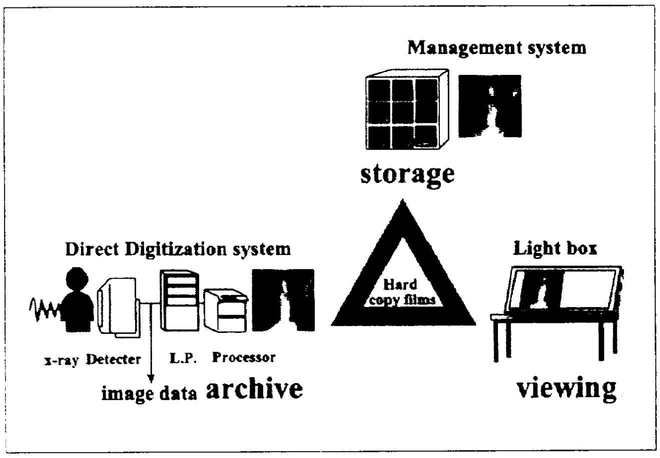

Fig. 2 The image circulation system with the digital system.
Hard copy films become media in the circulation.

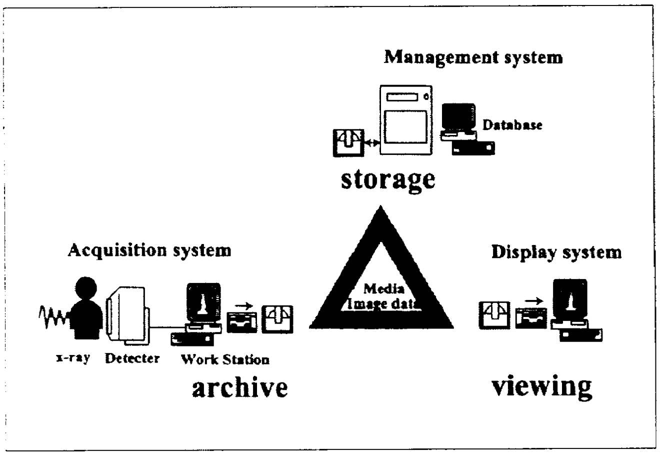

Fig. 3 Off-line system.
A media done electronic recording of image data is picked up in logistics of image.

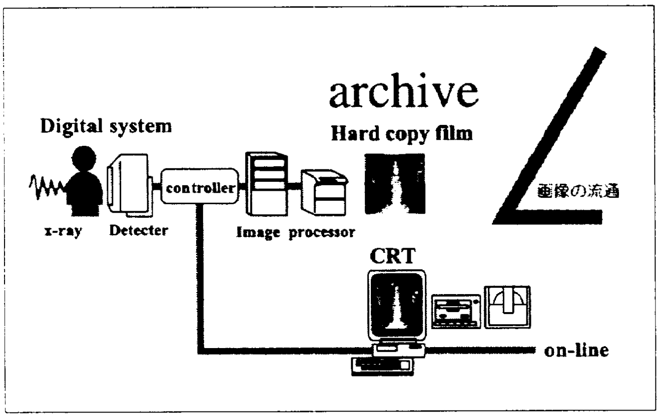

Fig. 4 Image display system.
Comparison of hard copy film and CRT.

十分引き出すため1：1表示にしたとき，表示領域は全体の9分の1である(Fig.5)．CRTは，空間的窓から内部情報をのぞき見る拡大鏡である．

3-1-2 フィルム濃度とCRTの発光特性

ハードコピーフィルムに出力する場合，濃度の変換テーブルを用いて，従来のフィルムの濃度特性に近似させることで，遜色のない画像が得られる．一方，

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Radiological Technology

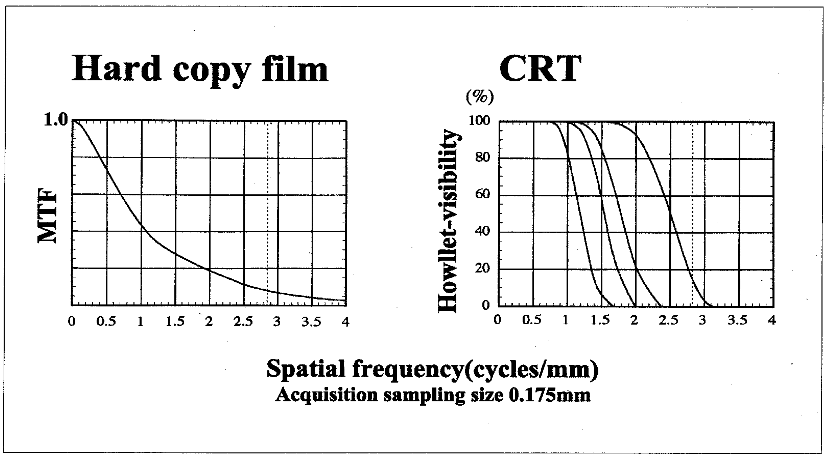

Fig. 5 MTF of hard copy film (over all) and Visibility curve of CRT (over all).

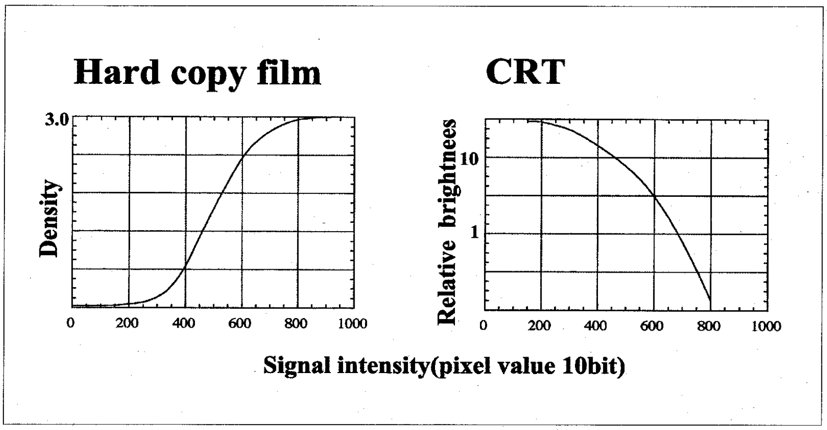

Fig. 6 Density character of hard copy film and Luminescence character of CRT.

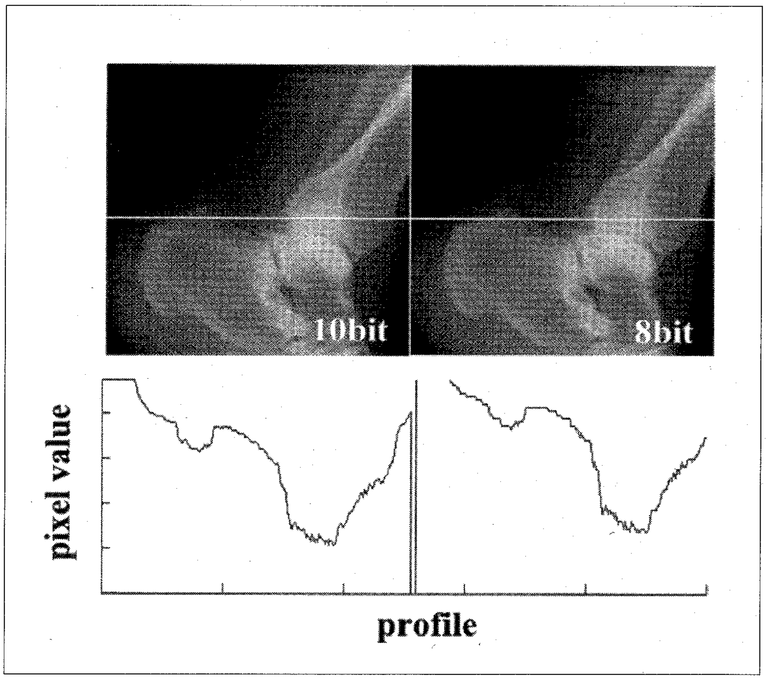

Fig. 7 LUT of display system.
This is the stage that LUT is made.

CRTでは，リニアな入力データに対して円弧を描くような発光特性を示す(Fig.6)．また，表示能力はCRTで「256階調」が限度といわれ，もともと「1024階調」あるデータが表示装置を介することで，4分の1程度に減弱している．例えば，生データを使って10bitから8bitに平滑化処理し，画像のプロフィルを調べてみると，階段状の連続性のとぎれたデータを得る(Fig.7)．同様の現象はCRTの表示においても予想できる．しかし，CRT表示がデータの欠損を起こす訳ではない．これも階調の窓として使用するならば，観察の関心領域の幅を決めることで十分に対応でる．幸いにも，ディジタル信号のX線に対するダイナミックレンジはフィルムよりも広い範囲で直線性があるため，フィルムで表現しきれない濃度曲線の脚や肩の部分をより見やすく表示することが可能である[3]．言い替えれば，CRTの方がフィルムより表現の自由度が高いのである．

3-1-3 マルチレイヤ

通常，一般撮影の基準画像は正面と側面であったり，耳や目の両側の2画像であったりする．1部位あたり7方向の撮影もある．フィルムでは，シャーカステンに複数のフィルムを同時にかけて観察する．CRTでは，かつて複数のモニタを設置して，オペレータが各々のモニタをコントロールして画像を映す構想もあった．最近までは，マルチチャンネル表示を行って，見たい画像を選択し，ハードディスクに本画像を読みにいくといった仕様例がほとんどであった．有効かどうかはさておき，観察者は複数のフィルムを同時に見ているのではなく，1枚1枚視点を変えながら観察している．また，モニタの中でのマルチ画像表示は検索キーでしかない．そこで，装置のイメージメモリを十分確保し，許す限りの画像をマルチレイヤとして表示すれば，複数のフィルムをシャーカステンで見るより速く画像の展開ができると思える．また，モニタ上の画像展開は観察者の視点の空間移動を起こさない点でも有効である．

3-2 表示系のLUT

レーザイメージャと自動現像機は1対で出力装置である．厳密にいえば，イメージャの内部または外部に，変換処理を高速化するための大量のイメージメモリとイメージプロセッサを搭載しているし，画像の観察まで含めれば，シャーカステンも出力装置の一部である．一方，CRTはイメージメモリ，イメージプロセッサ，DAビデオコンバータとモニタが該当する．ところで，レーザイメージャで出力することを前提にした通信や保管では，画像にどうのような色調を用いるかを決定するために，階調LUTをimage dataのヘッダ情報として付加する．LUTは画像の収集，再構成ののち早い段階で作成する．通常，画像の強度分布から関心領域を

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Radiological Technology

設定し，その信号値をどのくらいの濃度にするかを解析し，その画像固有のLUTを決定する．これはパラメータ処理といわれるものの一部である．レーザイメージャはimage dataとLUT情報から画像を再合成し，フィルムに焼き付ける．同一条件で補正したレーザイメージャと自動現像機の組み合わせにより，常に，再現性のよい安定した画像が得られる(Fig.8)．また，サブシステムからでも，このLUTを利用することで，解析プロセスなしにまったく同じ画像が出力できる特徴がある．しかし，レーザイメージャ用のLUTをCRTに用いても，観察に適した表示は行えない．それは，前述したとおり出力装置としての特性が異なるからである．まして，個々のCRTが固有に補正されている保証はない．例えば，Fig.9に示すようなフィルムに適合したLUTを使用すると，CRTでは画像の白い部分がつぶれ，上手く表現できない経験をよくする．そこで，モニタのブライトとコントラストを調整するが，ビデオ情報がつぶれているため，調整は不可能である．CRTによる安定した表示をもとめる場合，まず，レーザイメージャ同様，個々のCRT装置にも固有の補正をほどこして置くことである．Fig.10は，理想的なCRTのガンマ補正だが，観察には安定性のよい中心のリニアな部分を使う．この補正ができてはじめて，CRTの観察に適したLUTを決定することができる．そして，LUTのパラメータ処理は表示装置単体で行うのが理想である．それはモダリティの区別なしに，観察に適切な表示が行えるからである．

3-3　表示システムとしてのCRTの今後

フィルムとCRTとでは観察するとき，利便性の違いから異なった印象をもつ．CRT表示は基準となる表示の方法がフィルムのように確定していない．しかし，表示にはハードコピーフィルムと異なり，いくらかの自由度がある．このことは，最終的な画像表示の決定権が観察者側にあることになる．現在，CRTの観察は主観的要素が増大するという危険性を含んでいる．この問題は，撮影の目的を明確にすることやCRT表示の基準設定を確立することで解決できる．これからは，表示系システムを区別して利用したい．一つは，完成の域にあるレーザイメージャを代表とするハードコピー装置．もう一つは，ビュワーシステムとしての，CRTを代表とした通信型の装置である．特に，CRTは画像ネットワーク上での表示を司る独立したコンポネントシステムとして，マンマシンインターフェイスの基準設定も押し進めるべきである．

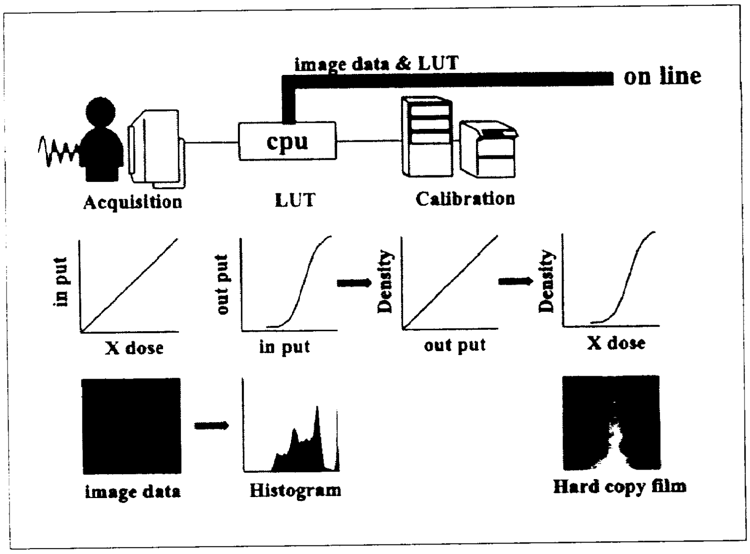

Fig. 8　LUT of display system.
This is the stage that LUT is made.

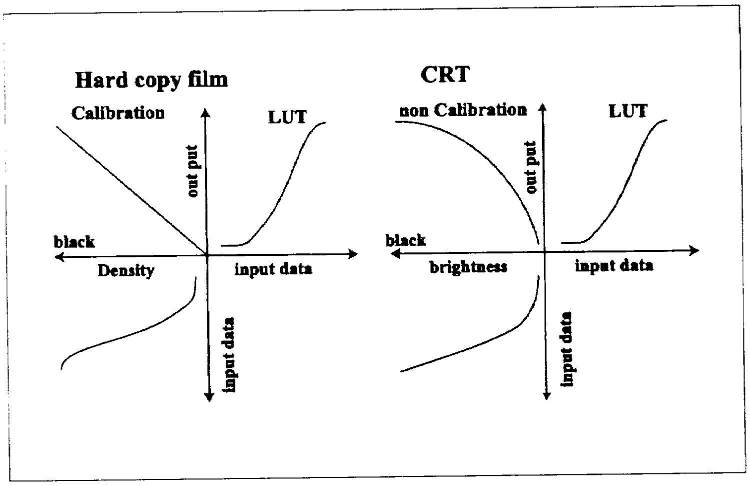

Fig. 9　Calibration of display unit.

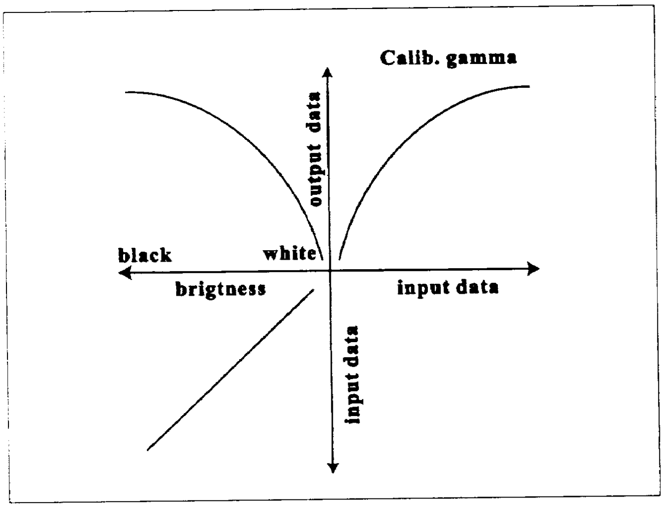

Fig. 10　Gamma calibration of CRT.

4．搬送と通信システムの構築

4-1　オフライン

冒頭で記述したとおり，従来のフィルム系では，フィルム自体が媒体として，画像の流通が行われている．光磁気ディスク等に電子保管をし，データの読み出しと書き込みの機能が備わった表示装置があれば，フィルムに代わって電子媒体を流通システムにのせる

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Radiological Technology

ことが可能である．しかし，運用上の問題から電子記録した媒体をそのまま流通の媒体として利用することは見計らっている．その理由は先に述べたが，画像の流通システムの大きなサイクルを想定しての場合であり，画像を生成するパートの中では多いに利用できる可能性を秘めている．例えば，集団検診での大量の収集画像を画像センターで集中出力する方法や，観察装置が十分な能力があるものと仮定して，電子媒体から直接読影を行うことにも利用できる．

4-2 オンライン

画像の生成と保管，保管と表示といった一連の動作が関連づけしていなかった以前は，運用にオペレータが介在した(Fig.11)．オペレータは生成画像のデータベースを管理し，次に，いくつかある表示装置へ要求する画像を転送する．表示側に大容量のハードディスクを備えて，予測できる画像を前もって一度に転送することも考えた．受ける側では，転送するデータにみあっただけの量の空き容量を確保する作業も要求された．また，異なったシステムの接続は，その数だけ管理の方法が異なり，システムが複雑になった．少し進むと，オペレーションを統一化する目的や異機種間どうしの画像の受け渡しを簡素化するために，扱う画像情報を規格化する試みが出てきた．

4-3 ネットワーク

ネットワークを運営するにあたり重要なことは，情報の使用基準を設定することである．画像の流通システムでは，画像形式を統一することはもとより，画像が何であるかを明確にすることが重要である．画像とは製品であり，何かは製品のパッケージに相当する．パッケージを開けなくても，中味の製品が確認できることが必要なのである．画像の生成システムは，画像に標識化したパッケージを施すことから始まる．管理システムは，パッケージ情報をもとに画像の保管とベータベースを構築する．また，表示システムは，データベースから画像を決定し，管理システムに画像を要求する．それぞれのシステムが流通システムを通して一体化している(Fig.12)．装置が流通システムの使用基準を満たしたとき，入力装置，保管装置，出力装置をネットワークに接続することができる．取り扱うデータの塊が規格化していることで，画像の管理は個々の接続装置で行うことも可能である．データをネットに解放するかしないかは施設の部門間の運用体制により決定すればよいことである．

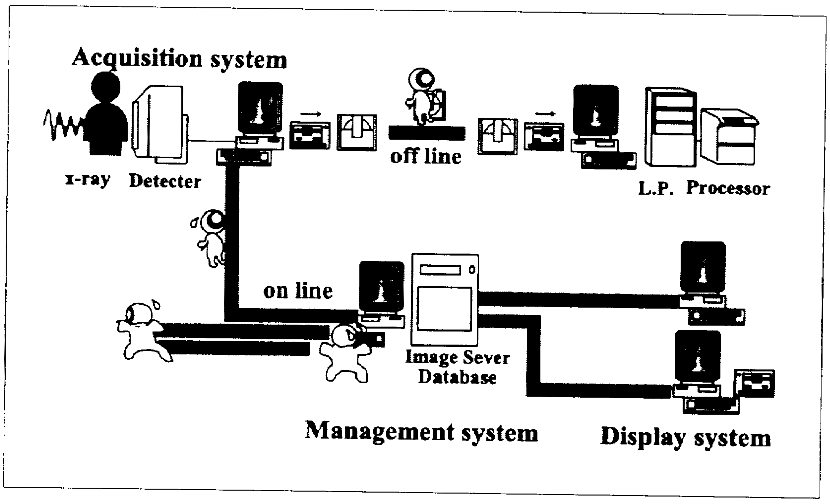

Fig. 11 Communication system by an on-line.
It is the closed system.

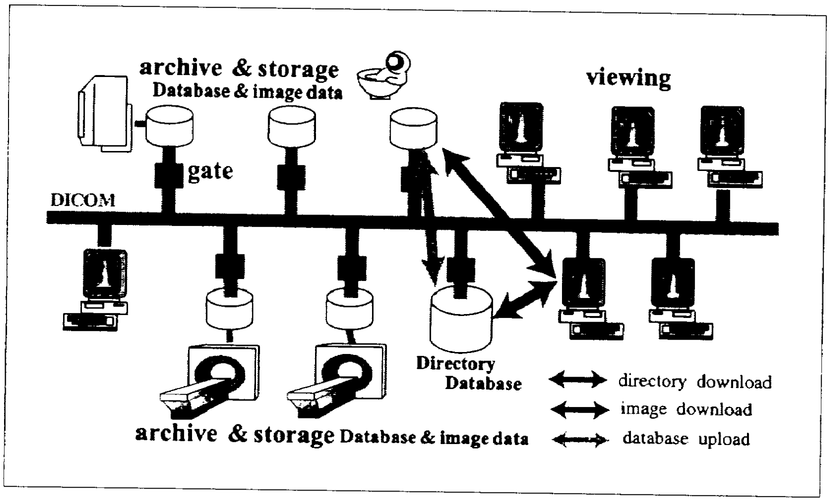

Fig. 12 Network system.
On the database of directory information and image information, upload and download done on the same standpoint between thing of connection unit.

5．まとめ

一般撮影系のディジタルシステムを構築するにあたり，今後必要なことは，従来のフィルムと同等に評価されるネットワークでの表示システムを開発することと，ネットワークの仕組を明確にすることである．すでに，ディジタルシステムのレーザイメージャから出力するハードコピーは，フィルムと同等に評価され利用されている．しかし，画像の流通から見た場合，いまだにフィルムが人の手によって搬送され管理されている．この利用自体，ディジタルの機能の一部にしか過ぎない．これは，表示装置において，ディジタルの内部情報を十分に解放できるものがレーザイメージャのほかにないという先入観と，CRTは観察を目的とした表示システムとしての総意がないためである．現在のCRT表示システムは，観察者に必要以上の操作を強要し，表示方法も明確ではない．

次に，ネットワークの仕組を明確にすることは，情報の管理を行うことである．まず，情報の規格化がなされる．現段階でネットワークの構想がなくても規格基準に適合した接続装置を選択するこ

NII-Electronic Library Service

Japanese Society of Radiological Technology

とが賢明であろう．ネット化が実現されるまで蓄積した画像は，即座に流通にのせることができる．また，ネットのなかでは情報のみが飛交うため，モダリティの区別は一切なくなる．情報の規格化の意味はほかにもある．医用の世界は診断という行為があるため，オリジナル画像を重視する風潮がある．後先で異なる変換は画像の改竄とみなし，これを区別して取り扱うのである．また，医用画像を流通させるにあたり，画像を保障すると同時に，個人情報として保護もしなければならない[5]．情報の規格化には安全機構が組込まれている．

6．結　語

ネットワークシステムでの表示システムの基本的仕様を考案し，総意を得なければならない．それは，供給する側がいくら画像を保障しても，観察側での画像の信頼性は表示システム固有の能力や，利用者の認識度で失われる危険性があるからである．

参考文献

1) 倉西　誠，小西　稔，吉田　寿，他：X線写真ID自動認識技術を用いたPACSの構築，日放技学誌，**48**(9)，1755，(1992)．
2) 滝沢正臣：医用画像ファイリングシステムの現状と動向，映像情報，**26**，43-48，(1994)．
3) 吉田　寿，倉西　誠，中村　衛，他：新しい輝尽性蛍光体を用いたDRシステム(KD-1000)の画像評価，日放技学誌，**50**(1)，1-5，(1994)．
4) 大塚昭義，砂屋敷忠，小寺吉衛：実験画像評価，pp.97-104，日本アクセル・シュプリンガー出版社，東京，(1994)．
5) 大山永昭：(ISACの)今後の課題と展望，INNERVISON，**6**(5)，68-71，(1993)．

NII-Electronic Library Service