



画像データベース

医用画像データベースの現状と将来†

西原 栄太郎††

1. はじめに

近年、コンピュータ技術の発展により、病院、検査センタ、健診センタなどの医療機関でのコンピュータによるシステム化が進み、特に500床以上の大病院ではほとんど病院情報システムの導入が完了している。ただし、病院情報システムの管理対象は、医事会計、給与、薬品在庫管理、臨床検査、病歴などのテキスト情報であり、膨大な量にのぼる画像の管理は行っていない。

一方、CT、MRI、デジタルX線装置に代表される画像診断装置（以下モダリティと呼ぶ）の進歩で、医用画像のデジタル化が進み、人体に関するさまざまな情報を種々の角度から得るとともに、光ディスクを使った画像ファイリング、ワークステーション上での画像処理による診断支援が可能となった。

しかし、病院における画像の管理は依然としてフィルムなどのハードコピーを媒体として行われているので、画像を参照したいときはフィルム保管室からの借用及び物理的搬送を必要とし、画像へオンラインでアクセスするというデジタル画像の利点を生かした処理は行われていなかった。また、フィルムの保管スペースの増大、貸出中のフィルムの散逸などの管理上の問題も解決されていなかった。

上記の問題を解決することを目的として医用画像をデータベース化し、読影室、外来診察室、病棟などの病院内各所から画像をオンラインでアクセスすることを可能とするシステムをPACS (Picture Archiving and Communication System) と呼ぶ。PACS は約 10 年前に提唱され、実現に

向かって研究が続けられている。

本稿のテーマである「医用画像データベース」は非常に広い概念であり、解剖図譜の画像データベース、教育用の各種症例のデータベースなどのパソコンベースのローカルなものから、さきに紹介した PACS のように病院内をカバーするもの、さらに、病院間ネットワークを介し検索を行うものまで、種々のシステムが考えられる。

本稿では「医用画像データベース」の定義を病院内での医用画像の管理システムと位置付け、PACS に絞って構築の現状を紹介することとする。

2. 医用画像データの特徴

表-1 に病院内で扱われる各種データの分類を示す。現状の人手によるフィルム保管・搬送のしくみでは、画像データはフィルム保管室の中のフィルムファイルに保存されている。フィルムファイルは患者ごとに整理されており、その中には、その患者が過去から受けてきた各種検査が検査ごとに整理され収められている。各検査には通常「読影（後述）」の結果を示すコメントまたはレポートが付加されており、後日参照できるようになっている。さらに画像には患者名などの付帯情報、重要な病変を示すアノテーション（矢印など）、及び画像に重ね合わせて参照するオーバーレイ（グラフなど）が付随している。これらのデータ構造を図-1 に纏める。

画像の種類を表-2 に示す。各モダリティごとに、サイズ、発生量共に異なっている（X線についてはデジタル化した場合の換算値である）。この発生量は病院の病床数にはほぼ比例しており、表-2 の例では、一年で数十万枚もの画像が発生し、デジタル画像量としては数 TB の容量に達する。現状では、これらのデジタル画像は、いった

† An overview of Medical Image Data Base by Eitaro NISHIHARA (System & Software Eng. Dept, Nasu works Medical Systems Division, TOSHIBA CORPORATION).

†† (株)東芝那須工場システム技術部

ハードコピーをとられX線フィルムと一緒のフィルムファイルに格納される。

3. 医用画像データの利用の現状

現状の病院内では、医用画像データをフィルムに焼き付け、図-2 に示すような形態で画像を利用した診断・治療を行っている。

3.1 画像診断部門内での読影

読影とは検査依頼され撮影された画像について正常・異常を判断することであり、放射線科医などの画像診断医が画像をもとに病変の有無などを判断し、疑われる病名などを記してレポートを作成する業務である。まず読影を依頼されている画像と同一のモダリティの過去の画像・レポートと比較して時系列的な変化を追う。または同一部位の臓器を撮影した他の種類のモダリティの画像との比較をする。この業務は、放射線科あるいは直接画像の読影をすることのある依頼科（呼吸器内科、整形外科など）で行われる。

3.2 外来・病棟部門での画像の参照

外来部門、病棟部門においては、医師がまず参考にするのはカルテである。読影レポートは検査結果の一つとして、他の検査結果（血液検査など）と

ともにカルテにファイルされ参照される。部門によって異なるが、画像もそれらの検査結果との関連をみるため同時に用意されており参照される。

外来部門は検査当日に患者を外来に呼び戻し検査結果の画像を参照することが多く、放射線科から速やかに画像を送ることが必要となる。

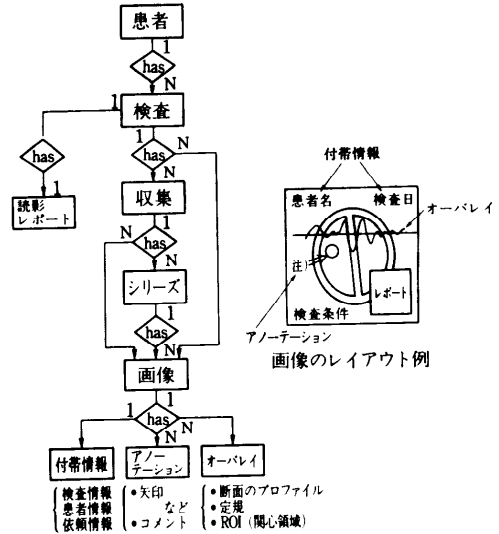


図-1 医用画像データのデータ構造

表-1 病院内で扱われるデータの分類

分類	情報源	フィルムファイル	検体検査	生体検査*	病理検査	医学会計	カルテ
文字・コード化情報	検査依頼 読影レポート		数値	レポート	レポート	数値コード	診断結果
2値画像	スケッチ アノテーション		グラフ	グラフ	スケッチ		スケッチ
多値画像		画像			画像		

* 心電図、脳磁図など

表-2 医用画像の種類とデータ発生量 (500床)
Typical amount of medical image data in hospital

診断装置	画像サイズ	1画像のデータ量 (Mバイト/枚)	1人当たり枚数 (枚/人)	1人当たりデータ量 (Mバイト/人)	一日平均被保険者数 (人/日)	データ量			
						1日 (Gバイト)	1年* (Tバイト)	5年 (Tバイト)	
静止画	X線	約2,000×2,000×10bit	5	3	15	250	3.8	1.1	5.6
	X-CT	512×512×16bit	0.5	15	7.5	20	0.15	0.04	0.19
	MRI	256×256×16bit	0.1	40	4	10	0.04	0.01	0.05
	超音波	512×512×16bit	0.5	10	5	20	0.1	0.03	0.15
	核医学	512×512×16bit	0.5	10	5	6	0.03	0.01	0.05
動画	内視鏡	512×512×8bit×3	0.8	20	16	10	0.16	0.05	0.25
	X線	1,024×1,024×12bit	1.5	5,000	7,500	4	30	4.5	22.5
	超音波	512×512×16bit	0.5	1,800	900	10	9	2.7	13.5

* 検査日は6日/週 (シネだけ3日/週) とした。

3.3 研究時の参照

医師の研究のために同一症例・類似症例の検索，同一患者の時系列的検索など，統計的な処理も含めた検索が行われる。非ルーチン業務ではあるが，本応用が画像データベース的な応用として最も期待されているものである。現時点ではっきりした適用例は少ないが，今後データが蓄積されるにつれて応用が広がっていくと考えられる。

3.4 問題点

このようにいろいろな場面での応用がなされているが，現行のフィルムベースの保管・搬送のしくみには下記の問題点がある。

- (1) フィルムの扱いが面倒
 - 紛失・散逸（探すのが大変）
 - 重い
 - 掛け換え
- (2) フィルムの保管スペースがない
- (3) 比較読影がしにくい
 - 簡単に比較表示できない
 - 時間経過を追って画像を見ることが必須

4. PACS の概要

4.1 PACS の目的及び期待する効果

上記の問題点を解決することを目的とするシステムがPACSである。また，本システムの構築により下記の効果が期待できる。

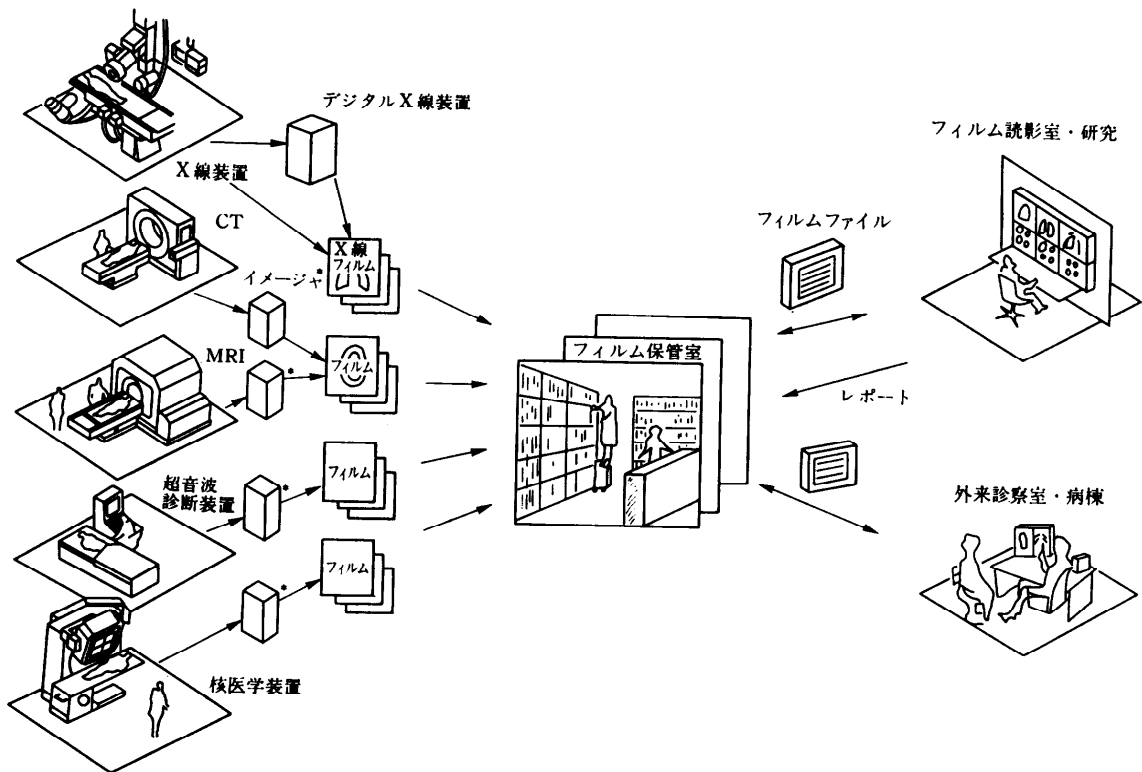
(1) 読影などのルーチン業務における画像の比較診断を容易に行い，病変の発見・確認をより確実にする。これを通して診断の質の向上を図れる。

(2) 光ディスクなどの大容量記憶媒体に画像を記録することにより，保管スペースの削減，フィルムの散逸による紛失などを防ぎ，病院管理の効率向上を図れる。

(3) 画像のデータベース化により種々の研究を可能にすることにより新しい診断論理の確立を支援できる。

4.2 位置付け

図-3に示すように，PACSは病院全体のシステムのうち画像に関するサブシステムであり，放射



* イメージャ：デジタル画像のハードコピー装置
 図-2 現行のフィルムベースの医用画像データ管理のしくみ

線科情報システムとともに放射線部門の情報システムを構成する。

4.3 機能・構成

図-4 に PACS の基本構成を示す。

(1) 画像診断装置 (モダリティ); CT, MRI,

デジタルX線装置などを指す。システムにとってのデータ入力源である。従来のX線装置から発生した通常のフィルムはフィルム読み取り装置によりデジタル化してシステムに入力できる。

(2) 画像データベース; モダリティで発生し

- EES: Electronic Endoscope
- CT: Computer tomography
- MRI: Magnetic Resonance Imaging
- DF: Digital Fluoroscopy
- CR: Computed Radiography
- US: Ultrasound
- NM: Nuclear Medicine
- RIS: Radiology Information System
- HIS: Hospital Information System

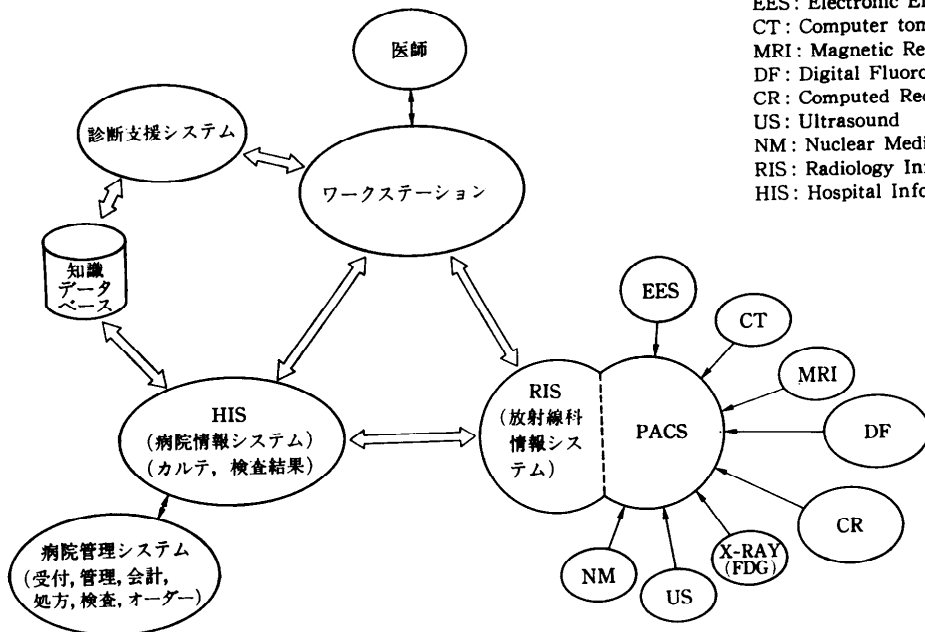


図-3 病院内のデータ管理システムの関係

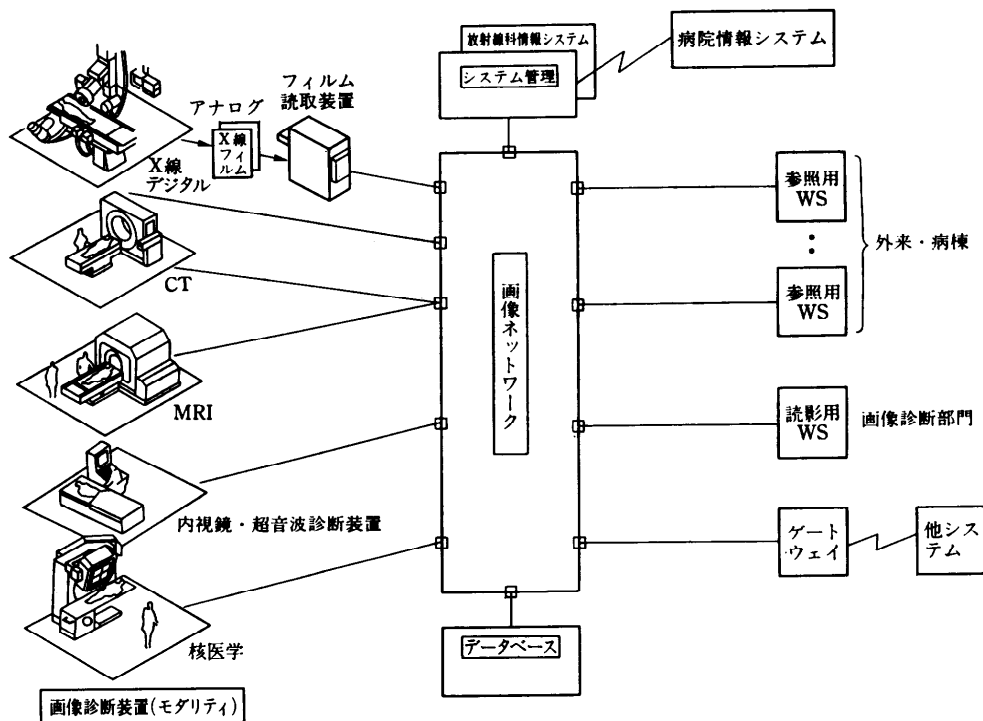


図-4 PACS の基本構成

た画像を光ディスクに書き込み、数年にわたってオンラインで保管・管理する。

(3) 画像ワークステーション; 画像及び他の医療情報を CRT 上に表示して、読影業務やその他の診療業務の支援を行う。システムの出力ノードであり、ユーザ (医師) とのインタフェースとなる。従来のフィルムと同等の画質を保持するためには、画素数にして少なくとも 1000 画素×1000 画素、部位によっては 2000 画素×2000 画素以上の解像度が必要とされている。

(4) 高速ネットワーク; モダリティ、画像データベース、画像ワークステーションなどのノード間を接続し、高速に画像転送を行う。

(5) システム管理装置; 画像の配送、ダウン時の縮退運転の指令などシステム全体の運用を管理する。

(6) ゲートウェイ; 他システム (他の画像システム、病院情報システムなど) と画像及び他の情報の授受を行う。

5. PACS における画像データベース; 実現上の問題点と技術動向

5.1 要求仕様・特徴

PACS を実現するために画像データベースとして要求される仕様は次のとおりである¹⁾。

(1) 大容量化; 少なくとも数 TB の容量まで容量を拡張できること。

(2) 高速化; ワークステーションからのアクセス要求に応じて、1 検査あたり、理想的には数秒以下で画像を転送できること。

(3) 高信頼化; 医用画像を扱う上で不可欠なのがデータの信頼性の保持である。医用画像は、2 年から 5 年の保管義務がある。この間、紛失がなく、また改ざんが不能な状態で管理される必要がある。また不要な人が画像にアクセスできる状態も避けねばならない。また、常にアクセスできる状態を保つため、MTTR (平均修理時間) が短い必要がある。

(4) 他の情報システム (病院情報システムなど) とのデータの相互乗り入れ、検索が容易に図れること。

このように仕様としては非常に厳しい。一方、アクセス時には次の特徴があり設計時に考慮できる²⁾。

(1) まとまった単位でアクセスされる; 医用画像は通常画像、検査、患者という階層構造をもつ。たとえばひとりの患者は通常複数の検査をしたことがあり、一つの検査は複数の画像からなる。通常のアクセスはその中の切り出しとして検査などの単位でまとめて行われる。

(2) 変更の操作は少なく追加が多い; いったん登録された画像、及び付帯情報の変更は少ない。これは医療情報の改ざんを防ぐ意味もある。ただし、付帯情報の追加は順次行われる。

5.2 実現状況

5.2.1 大容量化を図るための技術

(1) データベース管理技術

システムが保存すべきデータ量は TB オーダとなり、画像のファイリングを一台の集中型のデータベースで達成するのは難しい。よって図-5 に示すように、データの所在の管理は一つの管理システムで行い、実際のデータを複数のデータベースに分散させる構成をとる方式が提案されている⁴⁾。

画像をアクセスする場合、まず管理システムにアクセスし画像の所在を知る。次に各データベースにアクセスして画像を転送する。各データベ

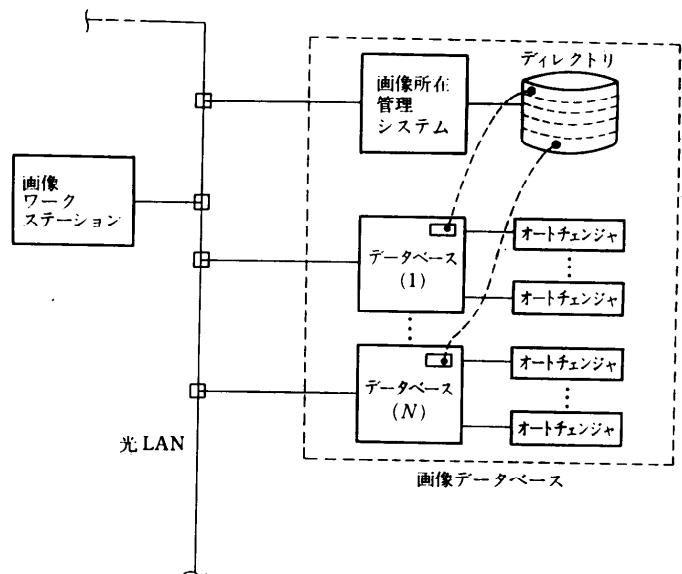


図-5 画像データベースの実現例

スが独立して動作できるため、画像転送の負荷分散を図ることが可能になりシステムのスループットをあげることができる。

ただし、この方式ではシステムの規模が大きくなるにつれて管理システムの処理能力がボトルネックになってくる。この解決を図るためには管理システムそのものの分散処理を行うことも必要となる。Sheng らによるシミュレーションでは、システムの規模が大きくなるにつれ分散化による性能の向上のメリットがでてくることが確認されている⁵⁾。

(2) 画像圧縮技術

画像圧縮によりデータベースの物理容量の削減とネットワーク負荷の軽減の二つを同時に図ることができる。現在医用で用いられる圧縮方式としては可逆圧縮として差分ハフマン符号化方式、非可逆としては DCT 法などがある²⁾。非可逆圧縮法は高い圧縮率 (1/10~1/20) を期待できるが、圧縮率をあげると画質劣化が問題となる。可逆圧縮では画質の劣化はないが圧縮率も 1/2 程度となる。

これら二つの方式の使い分けについては、まだ検討段階だが、読影終了までは画質を保持するために可逆圧縮を用い、それ以降画像の重要度に応じて非可逆圧縮と可逆圧縮を併用する方式が検討されている。

(3) 光ディスクオートチェンジャ

光ディスクオートチェンジャは、複数 (数十枚~) の光ディスクを内蔵し、搬送機構によって自動的に光ディスクをドライブへ装着、交換できる装置である。12" 光ディスク用は 100~400 GB の容量で 1 台当たりの容量が大きいが、床面積、容積も大きくなる。一方、5.25" 光ディスク用オートチェンジャは 1 台当たりの容量は相対的に小さい (30 GB~100 GB) が、容積比では 12" のものの 1/4 となり、またアーム部の移動速度も速いためより高速なアクセスが可能となる。

5.2.2 高速化のための技術

(1) マイグレーション、プリローディング

現在の技術レベルでは、光ディスクがボトルネックとなり、システム内のいかなる画像に対しても数秒以下でアクセスできる速度は達成できない。ただし、いったんワークステーションにもってきた画像については上記が可能である。

よって、アクセスする可能性のある画像を事前に予測し、光ディスクから磁気ディスクへデータの移動を行えば、見かけ上常に速いアクセスが可能となる。一般的にワークステーションの磁気ディスク上ファイルにデータベースから画像をコピーしておくことをプリローディングと呼び、データベースの磁気ディスク上のファイルに画像をコピーしておくことをマイグレーションと呼ぶ。プリローディングのほうがアクセス時間は短くなるが、異なるワークステーションで画像を読み出したいときには新たにデータベースから読み出すため時間がかかる。よってマイグレーションとの併用が必要である。

この方式を真に生かすには、どの画像がアクセスされるかの予測が重要である。これに関して Sheng らが IRES (Image Retrieval Expert System) を提唱している⁶⁾。比較読影は PACS の目的の一つであるが、読影対象画像、読影者、部位によって参照すべき他の画像は変化する。よって単純に過去の数検査を参照したからといって、すべての必要な画像が入手できているとはかぎらない。IRES はこれらの関係の知識をデータベース化しておきマイグレーション、プリローディングの際に使用し、優先的に光ディスクから読み出すこととする。これにより限られた磁気ディスク容量を有効に利用でき、所望のデータが磁気ディスクファイルにある確率 (いわゆるヒット率) が高くなって、見かけ上速いアクセスが提供できる。現在その知識ベースの構築が行われている段階である。

(2) 高速ネットワーク技術

病院内の PACS 用ネットワークとしては回線交換方式を用いたネットワーク⁷⁾、FDDI などが考えられている。前項で述べたプリローディングを行ったとき、データベース、ワークステーション間の転送時間を短縮するにはより早い専用ネットワークが必要となる。

転送負荷にもよるが LAN の性能としては 500 床規模の病院で実効値で数十 Mbps 以上が要求されている⁸⁾。

5.2.3 高信頼化のための技術

データの保存年限は光ディスクの保存年限に依存する。改ざんに関してはシステムとして書きかえの履歴をとることで改ざんが行われているかどうかのチェックを行うことが可能である。また、システムにログインする際のチェックを行うことで登録されたユーザのみの参照を可能とできる。

ダウンタイムを短くすることに関しては、Nemat らの解析により、磁気ディスク、光ディスク、などのストレージシステムの故障モードが明らかになっており、バックアップ、縮退運転などにより、ダウンタイムを短くすることができる⁹⁾。

5.2.4 他のシステムとの接続性

PACS の構成要素となる画像診断装置 (モダリティ)、データベース、ワークステーション、ネットワークはさまざまなベンダによって作られている。これらを接続してシステムを構成するには、データフォーマット、通信プロトコルを同じにする必要がある。これらを統一する作業が標準化である。

一般的には ISO, CCITT が行っている標準化活動がよく知られているが医用の分野では米国の ACR-NEMA 委員会が中心となり通信プロトコル・フォーマットの標準化を行おうとしている。ACR-NEMA 規格の第一版では記述が不明確であったため、異なる実装を行った機器同士の通信は現状では困難であり修正が必要とされている¹⁰⁾。これらの指摘に触発された形で修正版¹¹⁾が出され、現在評価中である。

一方、オフラインベースでのデータ交換を目的とし、可搬型の光ディスクのフォーマット標準化の努力も行われている^{12)~14)}。

6. PACS の実際の構築状況

これらの技術をふまえ、この数年 PACS 構築への努力が続けられてきた。これらは、次の4種に分類できる。

- 1) 要素技術の実験
- 2) 実験システムの構築
- 3) 実用化試行システム
- 4) 標準化活動

ここでは実際の構築例として 2) 及び 3) の代表例について述べる。

6.1 ペンシルバニア大学病院

ペンシルバニア大学では 1986 年より PACS プロタイプ構築を進めており第一段階として MRI 画像の保管と表示をサポートするシステムを構築中である¹⁵⁾。データベースシステムとして、DFL (Digital Film Library) を提唱している。このシステムはデータベースとして市販のファイリングシステム (IARS) を使用し、その上にアプリケーションソフトとして従来のフィルム保管庫の管理機能を実現しようとしている。データベース管理システムはリレーショナル型のデータベースパッケージ (SYBASE) を使用して実現している。

このシステムが設計上留意している点は次の2点である。第一にデータベース管理システムがもつ内容と IARS のディレクトリの内容、及びこのシステムの上位に位置する放射線部門全体の情報システムのデータベースがもつ内容が常に整合性を保つようになっていること、第二にネットワークを介してデータを転送するときに複数のファイルを連結して「フォルダ」を作れるようにしていることである。この「フォルダ」には患者、検査、画像という現実の階層と同じ構造をもたせ、あたかも現実のフィルムフォルダを人手で運ぶときと同じ構造でネットワーク上を転送する。

6.2 北海道大学病院

デジタル X 線装置 (CR=computed radiography), CT, MRI を入力装置とし、放射線科、整形外科、総合内科に置かれるワークステーションに画像を配送するもので、ルーチン業務での使用をめざして 1989 年より運用に入っている¹⁶⁾。

このシステムのデータベースシステムとしての特徴は次の2点である。

1) 画像圧縮がルーチンとして使用されている (CR; 1/10, CT, MR; 1/3)

2) 予約患者についてはマイグレーションまたはプリローディングを事前に行っておく。

1) によりデータ量の削減が図れ、データベース、ネットワーク双方への負荷の削減となった。また、2) によりさらにアクセス時間を短縮できる。

本システムは、フィルムレスシステムをルーチンとして使用する初の試みであり、今後の動向が注目される。

7. 今後の展望

以上、PACS における画像データベースの現状を述べてきたが、ルーチンでの使用という面ではまだ改善すべき技術的問題も多い。今後解決すべき技術問題には下記のものと考えられる。

- 1) 分散・分割されたデータの検索をより効率的に行うデータベース管理技術の開発。
- 2) ネットワークを介した画像データへのアクセス高速化。
- 3) より知的な画像の検索手段の提供。
- 4) 医療情報の保存手段として法的にも認められ得るセキュリティ保持機構、信頼性の向上。

いずれも情報処理技術として寄与を期待しているものであるが、3) の知的検索についてはとくに医師と共同での研究が必要となろう。

8. おわりに

本稿では、医療に用いられる画像データベースシステムについて紹介した。まず医用画像の特徴について述べ、PACS における画像データベースの現状と将来を述べた。

医療の分野では画像をデータベース化し利用することはいまだプリミティブな段階にある。これは、具体性をもたないために潜在的ニーズがいまだ顕在化しないことに起因する場合が多い。医療システム一般にいえることだが、ニーズが顕在化するのを待つだけでなく、工学者からの提案により、医師側のニーズを掘り起こす努力が大切である。今後いくつかの実用システムの構築が予定されているが、それらの基盤構築を通して解決を図られていくことであろう。

参考文献

- 1) 小松他：医用画像保管システムの要求性能と要素技術の現状，電子情報通信学会春季全国大会抄録集，pp. 6-303-304 (1990)。
- 2) Sheng. et al. : Requirement Analysis for PACS Data base Systems, SPIE Vol. 1234 Medical Imaging IV, pp. 842-854 (1990)。
- 3) 蝶良，西原：医用画像圧縮と医用画像ファイリング装置への応用，東芝レビュー，Vol. 45, No. 8, pp. 651-656 (1990)。
- 4) 齊藤：Present and Future of Diagnostic Imaging Systems—Toshiba's Aims and Objectives, Medical Review, No. 20, pp. 47-57 (1987)。
- 5) Sheng. et al. : Distributed Data base System

design and Modeling for PACS, SPIE Vol. 1234 Medical Imaging IV, pp. 256-269 (1990)。

- 6) Sheng. et al. : IRES—Image Retrieval Expert System, SPIE Vol. 1234 Medical Imaging IV, addendum (1990)。
- 7) Nishihara. et al. : High Speed Image Transfer Network for PACS, Proceeding of SPIE, Medical Imaging, 767, pp. 685-697 (1987)。
- 8) Toshimitsu. et al. : Network Data Rate Requirement Analysis for Picture Archiving and Communication Systems, SPIE Vol. 1234 Medical Imaging IV, pp. 147-158 (1990)。
- 9) Nemat, Nishihara. et al. : Fault Tolerance for Image Database System, 第3回公開シンポジウム「医療におけるファイリングシステム」講演要旨集，pp. 74-77 (1991)。
- 10) 長田他：ACR—NEMA 規格の問題分析，MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY Vol. 8, No. 1, pp. 45-58 (Mar. 1990)。
- 11) ACR—NEMA DIGITAL IMAGING AND COMMUNICATIONS, IN MEDICINE V 3.0 ACR—NEMA STANDARDS。
- 12) Ohyama, N. : Transportable Image Recording Media—A Proposal of ISAC system, Proceeding of IMAC '89, pp. 250-255 (1989)。
- 13) 大山他：PHD 記録システムの個人データベースを院内 PACS に用いる一提言，第8回医療情報学連合大会論文集，pp. 697-700 (1988)。
- 14) 大山：ISAC (Image Save And Carry) システム：医療とコンピュータ，Vol. 3, No. 5, pp. 8-12 (1991)。
- 15) Sridhar, B. Shesadri. et al. : Software Consideration in the Design of an Image Archive, SPIE Vol. 1234 Medical Imaging IV, pp. 2-9 (1990)。
- 16) Irie, G. et al. : PACS Experience at the University of Hokkaido Medical School, SPIE Vol. 1234 Medical Imaging, IV, pp. 26-32 (1990)。

(平成3年11月5日受付)



西原栄太郎

1954年生。1977年九州大学工学部電子工学科卒業。同年(株)東芝入社。医用機器事業部勤務。以来CTスキャナ用画像再構成演算装置、医用画像処理用デジタルシグナルプロセッサ等のハードウェア設計に従事してきた。1983年8月、米国カリフォルニア大学アーバイン校大学院修士課程入学、医用画像処理を専攻、1985年3月修了。同年より同社医用機器技術研究所においてPACSの開発に従事。主として画像圧縮アルゴリズム、大容量画像データベースの研究に従事した。現在同社那須工場システム技術部開発担当課長。実システムの構築に従事している。IEEE, AAPM, ME 学会各会員。