

医用画像管理システム(PACS)の動向

佐藤 一弘

(株)日立メディコ・技術研究所

PACSは病院内で各種画像診断機器から発生する画像の蓄積管理、伝送、表示を行うシステムである。近年の新しいデジタル画像診断機器の普及による画像の増加に対する画像保管管理の労力の低減や紛失の防止、多様な医用画像を総合的に利用したいなどのニーズから開発されている。

PACSの構成要素は、入力機器である画像診断装置、蓄積機器、画像表示/処理機器、伝送系などに分けられる。しかしPACSは一般の文書、図形に比べ画像データの膨大さや画像診断など汎用コンピュータシステムによるオンラインシステムとは異なる技術的な困難さがある。PACSはまだ小規模なシステムが多く、大きなシステムはまだ無い。

Recent development of Picture Archiving and Communication System

Kazuhiro Sato

Research & Development Center, Hitachi Medical Corporation
Shin-toyofuta 2-1, Kashiwa-shi, Chiba 277, Japan

The concept of PACS can be covered by the following goal description: "the goal is to use computers and data communication equipment to collect, store, process, retrieve and communicate medical images for all hospital affiliated activities, and satisfy the functional requirements of all the authorized users". This paper will consider the present stage of realisation of the PACS concept and recent technologies that support PACS.

1. 医用画像管理システム（PACS）の概要

1) PACSとは

PACSは Picture((医用)画像) Archiving(保管) and Communication(通信) System の略で、「医用画像管理システム」、「医用画像情報システム」等と訳される。医療機関では日常X線撮影、CT、MRI、超音波、核医学等の各種画像診断検査が行なわれている。これらの画像診断検査で作られた医用画像は、従来は写真フィルムに写し込まれ運搬、保管され観察に供されてきた。PACSはフィルムの代わりに電気信号、特にデジタル信号を用いて医用画像情報の伝送、保管、表示を行なうシステムである。

2) PACSの背景

- a. 各種の新しいデジタル化画像診断機器が普及し、医用画像情報が増大、多様化した結果、次のような問題が現れた：
 - ①フィルムの運搬、保管、検索に要する時間、労力、スペースの増大。
 - ②フィルムの紛失、散逸事故の増大。
 - ③各画像診断機器が別個に作成するフィルムでは、画像診断に多様な医用画像を総合的に利用することが困難。
- b. 医療機関にコンピュータシステムが普及し、画像診断部門の電算化が検討されるようになった。
- c. 半導体技術、オプトエレクトロニクス技術、コンピュータ技術の進歩により、情報量の大きな医用画像の電氣的な伝送、蓄積、処理、表示が実用的なレベルで可能となった。

3) PACSの目的

- a. 医用画像を電子ファイル化して画像データベースとして保管、管理することにより、保管スペース、経費、人員の削減や、検索時間の短縮、画像の紛失、散逸事故を防止する。
- b. 医用画像の電氣的伝送により、フィルムの運搬に要する時間、労力を削減し、更に遠隔地への短時間伝送を可能として地域医療等に役立てる。
- c. 各種の医用画像を処理、編集、表示する画像ワークステーションで総合画像診断のサポート、診断情報の抽出、強調を行ない、診断精度の向上に役立てる。
- d. 病院情報システム(HIS: Hospital Information System)や放射線科情報システム(RIS: Radiology Information System)と結合することにより、患者情報、検査情報、診断レポート等の一元管理により、労力の削減と診断精度の向上を図る。

2. PACSの構成と機器

1) PACSの構成

図1にPACSの概念的構成を示す。画像診断機器で発生した画像情報はデジタル信号、フィルムまたは映像信号を媒介とし、フィルムディジタイザ、ビデオディジタイザ、収集装置を介してPACSに入力され、LAN(Local Area Network)により画像データベースに蓄積、保管される。読

影室や診察室には画像ワークステーションが置かれ、収集装置や画像データベースからLANにより送られる画像情報をCRTに表示して医師の診断に供する。必要に応じ画像ハードコピー機器でハードコピーが作成され必要な部署に配布される。患者情報、検査情報、診断レポート等をやり取りするために、HISやRISの端末がPACSに接続される場合もある。又、通信機器を介して他施設との情報伝送が行なわれる場合もある。

なお、図1は概念的構成であり、実際は設置施設の事情、導入目的、システム規模に応じて様々な構成をとる。特に、PACS導入の初期は、LANが省かれたり、画像ワークステーションに付属する比較的小規模の蓄積機器が画像データベースの代わりに用いられたり、画像ワークステーションが収集装置を兼ねていたりする場合が多い。又、画像ハードコピー機器は画像ワークステーションに付属する場合が多い。

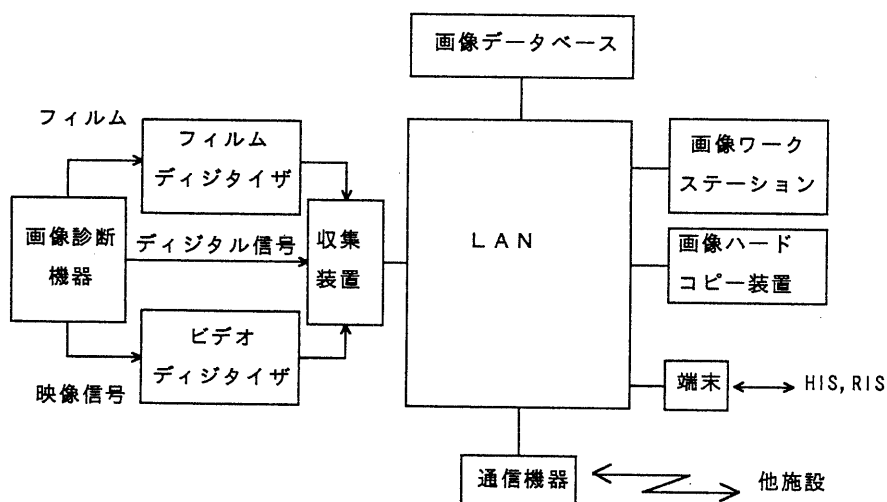


図1. PACSの概念構成図

2) 入力機器

a. デジタル画像診断機器

CT (Computed Tomography)、MRI (Magnetic Resonance Imaging)、DSA (Digital Subtraction Angiography)、CR (Computed Radiography) や DR (Digital Radiography)、核医学検査装置等のデジタル画像診断機器は装置内部で画像情報がデジタル信号として取り扱われているので、通信用インターフェースとそれを駆動するソフトウェアが用意されていれば、原理的にはそのままPACSの入力機器とすることができる。しかし実際には通信用インターフェースと伝送プロトコル、情報のデータ形式が統一されていないので、直接PACSのネットワークや画像処理/表示機器に接続するのは困難である。そのため、現状ではこれらのデジタル画像診断機器とネットワークの間に画像収集装置を介在させる例が多い。

b. フィルムデジタイザ

新しいデジタル画像診断機器が広く使われるようになって、未だに医用画像の大部分を占めるものはX線撮影による画像であり、その多くは従来通りフィルムをX線の検出と出力手段としている。又、デジタル画像診断機器からも、複数のCRT画像を1枚のフィルム上に写真撮影するマルチフォーマットカメラを用いて出力フィルムが得られる。このためフィルム画像をPACSに入力するにはフィルム上の光学濃度分布を読み取ってデジタル化するフィルムデジタイザが用いられる。

PACSで用いられているフィルムデジタイザにはレーザ走査方式とCCD方式とがある。レーザ走査方式は、レーザ光を回転多面鏡や振動鏡を用いた1次元偏向走査とそれに直交するフィルム搬送でフィルム全面にラスタ走査し、フィルム透過光を集光して検出器に導き電気信号に変換する。CCD方式はフィルムを照明し透過像をCCDラインセンサを使って読み取る。分解能100~200 μ m程度、読み取り時間数10秒、濃度階調10~12ビット/画素で、濃度範囲はレーザ走査方式で0~4、CCD方式で0~3程度である。フィルムはオートフィーダで自動入力できるが、その際のID情報のような付帯情報の入力方法が問題となっている。

c. ビデオデジタイザ

デジタル画像診断機器や超音波診断装置は画像観察用のCRTモニタを備えており、表示画像に対応したアナログ映像信号が得られるので、これをデジタル化してPACSに入力する方式もある。映像信号の規格化は進んでいるので、デジタルの通信用インターフェースを使うより容易に、画像診断機器をPACSに接続できる利点があり、欧米ではよく用いられている。但し、通常は装置内の原画像データにレベル/ウィンド処理等を施して表示画像としているので、原画像データより情報量が減少してしまう。

3) 蓄積機器

a. 情報蓄積媒体、装置

大病院における年間の医用画像情報発生量は数テラバイト(10¹²Byte)に達する¹⁾。PACSの実現は、大容量の情報蓄積機器が現れるまでは不可能だった。表1に現在PACSで使用されている蓄積媒体、装置を示す。磁気ディスクは比較的小容量だがアクセス、転送スピードに優れているので、短期蓄積用に画像収集装置や画像ワークステーションで使用される。最近では速度を上げるために複数台の磁気ディスクを並列に駆動する装置も使われ始めている。光ディスクは12インチ型と5インチ型が主に用いられている。これらは単独で使用される場合もあるが、大きなシステムでは、数10枚のディスクを管理駆動する集合型光ディスク装置が画像データの登録や検索を行なうデータ管理用コンピュータと共に画像データベースを形成し、システムの中核として用いられている。光ディスクのバックアップ用に大容量デジタルVTRが用いられる場合もある。最近5インチ型光磁気ディスクがオフラインの情報搬送用に注目されており、IS&C(Image Save & Carry)やPHD(Personal Health Data Recording System)への応用が考えられている。

表 1. P A C S で使用される情報蓄積媒体、装置¹⁾²⁾

媒体、装置	容量(GB)	転送速度(MB/s)	アクセス時間(s)
磁気ディスク	0.03-0.6	3	0.024
光ディスク	2~7	0.3-1.5	0.3
集合型光ディスク	90-440	0.3-1.5	5-30
デジタルVTR	≥ 100	11.7	最大180-420
光磁気ディスク	0.3-1	0.5-2.0	0.07

b. データ圧縮

大病院で発生する医用画像データを数年分オンラインで保管するには複数の集合型光ディスクを用いてもそのままでは困難である。そこでデータ量を減らすためにデータ圧縮技術が使われる。CTやMRI画像には圧縮率1/2~1/3の可逆圧縮が用いられ、データ量が大きく冗長さの高いX線撮影画像には圧縮率1/8~1/20程度の非可逆圧縮が用いられることが多い。しかし、医用画像における画質の重要性から、画像診断を行なうためには非可逆圧縮では平均1/10程度と言われている。

処理の高速化のために各社が独自のアルゴリズムとハードウェアを使用しており、標準化は進んでいない。

4) 画像処理、表示機器

PACSの表示端末としては、ワークステーションクラスのコンピュータに目的に応じて1~8台の高精細ディスプレイを接続した画像ワークステーションが用いられる。画像診断を支援する各種の画像処理、計測用に高速の画像処理プロセッサを装備している場合が多い。

a. ディスプレイ

デジタル化したX線撮影画像の画素数は2048²以上である。CTやMRI画像の画素数は256²~512²であるが数十枚の画像を一度に観察することが多い。いずれも画素深さ10~13ビットのモノクロ画像である。こうした画像(群)を表示するために走査線1000本以上のノンインターレースモノクロ20インチモニターが標準的に使われている。医療用フィルムの形状に対応して縦長の画面で使われることが多い。階調数はレベルとウィンド処理で、解像度は拡大処理で補っているが、従来のフィルム観察器(シャーカステン)と比較した場合、モニターの輝度不足が指摘されている。最近走査線2000本以上のモニターも使われ出したが、全ての場合に必要かは議論的となっている³⁾。

b. 画像処理、計測

階調処理、空間周波数処理、拡大縮小、白黒反転、画像回転、画像間差分、レベル/ウィンドウ処理等の画像処理ソフトウェアや、長さ、面積、体積、画素値の平均、分散、ヒストグラム等の計測ソフトウェアが用意されている。また、近年CT、MRI画像を利用した3次元画像処理が実用化され整形外科の分野で使用されている。

5) 画像ハードコピー機器

PACSは最終的には画像診断のフィルムレス化を目指しているが、最初から従来のフィルムによる運用を全てPACSで置き換え、画像観察を行なう全ての場所に画像ワークステーションを設置するのは困難である。そこで、通常のPACSには画像ハードコピー機器が組み込まれている。高精細、高階調の医用画像に用いるために、透過型写真フィルムに出力する高階調のレーザプリンタが標準的に使われている。画素サイズ80-100 μ m角、階調数12ビットで、半切判(14 \times 17インチ; 356 \times 432mm)やB4判のフィルムが良く使われる。

6) 伝送系

a. 施設内伝送系

施設内で画像入力機器、画像データベース、画像ワークステーション等を接続してオンラインPACSを形成するのにLANが用いられる。大きなシステムでは100Mbps程度の光ファイバー伝送路によるループ型LAN(FDDI LAN)が基幹となっている例が多いが、スター型の構成をとる場合や、数10Mbpsのブロードバンド伝送やベースバンド伝送を使用する場合もある。支線や小規模PACSには10Mbps程度の伝送路が用いられており、Ethernetを使ったLANも良く使われている。しかしながら、100Mbpsネットワークを使用しても、患者が診察室に来てから画像ワークステーションから画像データベースを検索するのは時間がかかりすぎるため、予約により予め画像を画像ワークステーションの磁気ディスクに転送しておく方法(プリフェッチ)が用いられる。

b. 施設間伝送系

異なった施設のPACS間や、画像入力機器や画像ワークステーションのみが設置された施設とトータルPACSの置かれた施設との間で通常の電話回線、ISDN(Integrated Services Digital Network)、専用回線を用いた画像データ伝送が行なわれている。又、通信衛星を用いた例もある。国土の広い米国では盛んであるが、日本ではまだあまり利用されていない。日本と米国における診療システムの違いも関係している。

7) 機器間インターフェース

PACSを構築する際に大きな問題となるのが機器間インターフェースである。1つの医療機関には複数の会社の画像診断機器が設置されることが多い。2)でも述べたように各社の画像診断機器やPACS用機器の間で通信用インターフェースとプロトコル、情報のデータ形式が統一されていないので、極端な場合、接続される機器の組合せ毎に専用のインターフェースハードウェア、ソフトウェアが必要となる。この問題点を解決するために、医用画像機器間の標準的な通信規格として、ISO(International Organization for Standardization)のOSI(Open System Interconnection)参照モデルに基づき、1985年に米国でACR(American College of Radiology)-NEMA(the National Electrical Manufacturers Association)規格が作成され、日本でも1988年にACR-NEMA規格に準拠したMIPS(Medical Imaging Processing System)規格が作成されたが、接続例はまだあまり多くない。今後徐々に増えていくものと思われる。

8) 動画像、カラー画像への対応

これまでPACSは放射線科主体で出発したため、CT、MRI、デジタル化X線撮影画像といったデジタル、モノクロ、静止画像を主な対象とし、それに適応したシステムとして発展してきた。PACSが対象としてきた画像の内でもDSA、超音波画像は本来動画像であるし、核医学や超音波ドプラー画像には擬似カラーが用いられているが、PACSの中では通常モノクロ、静止画像として扱われている。又、カラー動画像である内視鏡画像、カラー静止画像である病理顕微鏡画像は通常PACSの対象とはなっていない。これらの動画像やカラー画像への対応がPACSの今後の課題の1つでありこうした分野へは、従来のPACSとは異なるアナログ系の技術の適用も検討されている。

3. PACSの諸問題

現在、トータルPACSを導入し、日常の診断に使用しつつある病院は日米ともまだあまり多くない。その他のPACS導入施設は、少数のデジタル画像診断機器と画像ワークステーション、集合型光ディスク装置などによりシステム化を図りつつある。PACSが本格的に普及するためには、現状の技術をもってしてもまだ問題点が多くある。また、技術的な問題だけではなく、経済的問題、デジタル保管に対する医療法の問題、臨床サイドではCRTモニタによる読影診断に対する医師のなれ、などいろいろな課題をかかえている。フィルムにはフィルムの良さがああり、CRTにはCRTの良さがあって、それぞれの相補的な役割を担って、よりすぐれたPACSを作る必要がある。

画像診断機器におけるデジタル化は大きな流れであり、核医学検査装置から始まり、CT、DSA、MRIなど新しい原理に基づきデジタル処理により画像を再構成する装置とともに、近年ではCRやDRなど新しい検出器により、従来のレントゲン装置の一部のデジタル化も進みつつある。一方、画像のデジタル保管に対する医療法上の問題についてはその技術的解決方法が具体的に検討されつつある。また臨床の面では、小規模なPACSが徐々に各施設に導入されつつあり、各所で臨床評価され具体的に使用され始めている。

参考文献

- 1) 木村他：最近の医用画像診断装置，朝倉書店（1988.6）
- 2) 古島、竹田：画像管理・伝送システム<PACS>，映像情報(M)，22(25)；1441-1443,1990
- 3) 秋貞他：PACSの世界動向と日本の方向性，新医療，1991年1月号，96-105