

## シンポジウム

## 画像診断、最新的话题

## 画像管理システム (PACS)

大阪大学医療技術短期大学部

イナ モト カズ オ  
稲 本 一 夫

(受付 昭和63年11月28日)

## 1. PACS の沿革

PACS は picture archiving and communication system の略称であり、画像の保存、伝達を行うシステムで、総合画像管理伝送システムと訳されている。医療の場に PACS が登場したのは、放射線画像にコンピュータを介して作られるデジタル画像が登場してきてからである。現在最も普及しているデジタル画像の代表例であり、かつ最初に登場したのは、Hounsfield が1973年に開発した computed tomography (CT) である。飯沼はその翌年に、画像診断情報を連結し利用することを提唱し、東京女子医大雑誌第44巻に発表している<sup>1)</sup>。筆者も当時、CT の画像処理を電話回線を用い大型コンピュータで集中処理することを某メーカーに提案したが、一笑にふされ、以後このようなことを言われると商売のじゃまだと言われた。飯沼先生の提案はかえりみる者もなく、興味を持つメーカーもなかったが、後日米国で PACS が提唱されてからは、日本のメーカーはいずれも熱心に PACS に取り組むようになった。

PACS の具体例を提示したのは、Kansas 大学の Dwyer らである<sup>2)</sup>。彼の研究の発端となったのは、病院の画像保管の実態をみて、デジタル画像装置によって得られた画像も、一度フィルムに焼き付けられ、従来の X 線撮影で得られたアナログ画像とともに、フィルムジャケットに収められて保管されていることである。ここで起きる問題と

して、第1にフィルムジャケットは単一個人の利用にのみ供せられるが、同時に異なる場所で多数の人間に利用されにくい。また最近の検査や離れた場所で行われた検査の写真は、ジャケットに収容されるのが遅れ、見ることができないなどの問題がある。そしてジャケットがそのまま紛失する事故も起こりうる。

第2にデジタル画像のもつ dynamic range が著しく損なわれる。つまりデジタル画像のもつ大きな特徴であるパラメータを変えて画像診断をすることができなくなってしまう。

第3にデジタル画像が増加し、デジタルデータ量が1日500～750 Megabyteに達し、年間で1.05 Terabyteにもなる。これらをフィルムに焼き付けファイルルームに保管するコストは年間100万ドルにも達し、放射線科検査収入の30%にもなる。つまり経済性からみれば、ビデオイメージングカメラでフィルムに焼き付けるのは決してよいとはいえない。

彼の思想は、Kansas 大学システムに生かされている。実験システムが扱っている画像データは、デジタル画像に限られている。初期の構成では、CT、核医学装置、超音波装置、デジタル血管撮影装置より標準化された信号で画像情報と患者情報が送られ、1日600 Megabyte、5日間のデータが自由にどの端末からでも呼び出され、利用されるようになっていた。

---

Kazuo INAMOTO [College of Biomedical Technology of Osaka University] : Picture archiving and communication system (PACS)

## 2. Digital radiography

PACSを構成する医療機器で作られる画像は、従来のフィルム・スクリーン系をもとにしたアナログ画像でなく、デジタル画像でなければならない。Digital radiography (DR) と呼称されるものには、直接的または狭義なものは、X線像が記録・表示される前に、これを電的に捕らえ、デジタル化しコンピュータで画像処理を加え再構成して表示するものを指す。間接的なものは、従来のX線撮影方式でフィルムに記録された画像をフィルムデジタイザーでデジタル化したものである。

直接的DRとしては、CT、DSA、FCRなどがあり、放射線ではないが、MRIもコンピュータで処理された画像である。

FCR (Fuji computed radiography) は富士写真フィルムが開発した我国のオリジナル製品である。FCRはIP (imaging plate) と呼ばれる輝光性蛍光体上にX線像の潜像を作り、その後、レーザ・ビームで光走査し、その潜像を読み出し、画像処理を加え、再生レーザ・ビームを用いてフィルム上にX線像を再現する(図1)。このシステムは従来のX線診断手法をほとんど変えずにデジタル技術を適用したもので、IPのもつ高感度、広

ダイナミックレンジ、高い空間分解能と適正な画像処理(階調処理、空間周波数処理、複数の画像間の加減算処理)により、画像の強調を行い、診断情報の増加をはかっている。

DRが普及してきているとはいえ、現在のところ放射線診断の約75%は、依然として従来のアナログX線画像であり、これらをデジタル画像として処理するには、画像を読み取りA/D変換する間接的DRの手法が必要となる。デジタル化の方式には、レーザー走査方式、蛍光灯CCD検出方式、カメラ撮影方式がある。デジタイザーの仕様は、濃度読み取り範囲、濃度分解能、空間分解能、読み取り速度が重要な因子となる。空間分解能についての実験では、サンプリングサイズ $100\mu\text{m}$  (5 lp/mm) までは変調伝達関数(MTF) 曲線が向上する。しかしピッチを $75\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ と小さくしても、限界解像度は向上するが、MTF曲線の形状の改善の度合は小さい。大角サイズ(14×14インチ)のX線フィルムを $100\mu\text{m}$ でデジタル化すると、 $4,096 \times 4,096$ ピクセルになる。これに濃度情報10ビットを付加すると、およそ $2 \times 10^8$ ビット(=25 MB)の画像データとなる。現在の画像処理装置の能力からすると、 $2,048 \times 2,048$ ピクセルにデータを限定するので、大角サイズ全体を $175\mu\text{m}$ でデジタル化するのが一般的である<sup>3)</sup>。

## 3. ローカルファイリングシステム

画像を入力し、CRTに出力し、光ディスクに記録する一連の作業をセットした装置が出現している。1984年に日本電気が発表したMediFile 1000は独立型のローカルファイリングシステムで、画像入力にはCCDセンサーでサンプリングピッチ10 line/mmで読み取り、CRT(走査線数1,024本)に出力表示し、12インチ光ディスクに圧縮なしで4,000枚収容することが可能である。この装置は比較的簡単な操作でフィルムを読み取ることが可能であり、画像表示も良く、PACSのkey nodeとして役目をもっている(図2)。

## 4. 記録媒体

PACSの機能の重要な部分として画像を保存する媒体としては、1980年始めに実用化された光ディスクがある。光ディスクはガラスまたは樹脂

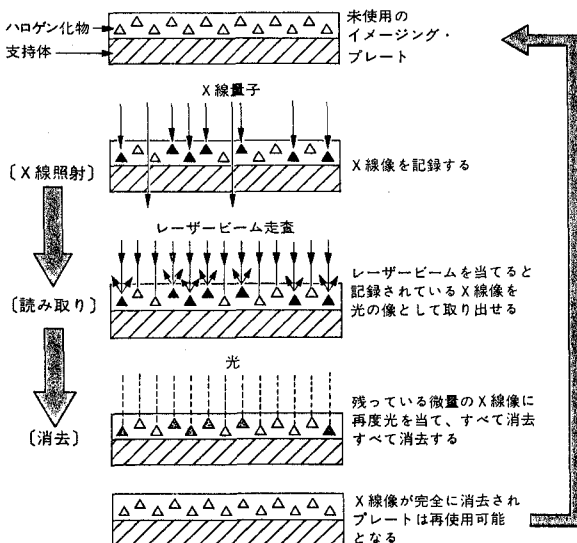


図1 FCR イメージプレートのX線像の記録・読み出し・消去プロセス  
(富士写真フィルム資料より)

## MediFile-1000の基本構成



図2 ローカルファイリングシステム, MediFile-1000 (NEC)

円板上に $1.6\mu\text{m}$  間隔のV字型溝がスパイラル状に切っている。この溝に沿ってパルス状レーザ光が画像データに応じて直径 $0.8\mu\text{m}$ の穴をあけていく。この穴のあり、なしがデジタル信号の“1”，“0”に対応する。記録データを読み取るときは、連続レーザ光で穴の有無を検出していく。直径12インチの光ディスクの両面に、合計2.62GBの画像データが記録できる<sup>3)</sup>。

光ディスクはすでにCT装置に附属し、CT像の記録に活躍している。0.5MBのCT像では5,200スライス記録でき、磁気テープ(1,600BPI, 2,400ft) 29巻分に相当する。多数枚の光ディスクを駆動、管理する光ディスクライブラリも出現していて、記録容量を飛躍的に増加させることも可能である。

現在の光ディスクは記録・再生速度が遅い難点はあるが、一番の問題は、メーカー間でディスクの互換性がハードウェア、ソフトウェアとともに全くないことであり、開発途上にある装置として

は仕方ないとはいえ、すみやかな対処が必要である。最近、消去・再記録のできる5.25インチの光磁気ディスクが開発され、発表されていて、今後、フロッピーディスクや磁気テープに代わるメディアとして有望視されている。

記録媒体としては、デジタルレコーダ(DDR)がある。これは画像のデジタルデータをVTRに記録する方式である。集合型光ディスクと比較して、テープ1巻当りの容量が大きく、ランニングコストが安価となる特徴がある。しかし記録再生ヘッドの寿命保証が約300~500時間と短く交換が必要であり、磁気テープ故に記録寿命が短く、一時メモリとしては有効であるが永久保存の場合は改めて光ディスクにする必要があり、テープ両端の画像を検索するのに時間がかかる難点がある。

コンパクトで可搬性の高い情報記録媒体としてカードがある。カードには磁気カード、ICカード、光カードの3種類がある。この内、PACSに有望

なのは大容量の光カードである。開発途上にあるが、近い将来に個人の画像記録保持に使用されると考えられている<sup>4)</sup>。

### 5. PACS の構成

PACS を具体化するには、CT, MRI, 核医学装置等を連結した形で実現するのがアプローチしやすい。Small PACS と呼ばれるこの方式は大阪の富永記念病院ですでに実用化されている<sup>5)</sup>。ここではすでにデジタル化されている X 線 CT, MRI, DSA, RI の画像データをオンライン記録保管している。イメージワークステーションにも経費節約の意味で、2 種類用意され、読影室やカンファレンスルームには、マルチモダリティ診断、画像処理機能、メモリ機能が備えてあるインテリジェント・イメージワークステーションを、観察と説明が主目的の外来診察室や詰所には、検索と表示機能のみの一般型イメージワークステーションを使用している。データベースとして、患者情報、画像情報、診断情報および画像データのすべてが記録されていて伝送される。ここでは毎夕、医師が全員集まり、カンファレンスルームに伝送されてきた画像をマルチディスプレイで表示しながら診断を進め、能率よく症例検討を行っている。

### 6. PACS の医側からみた問題点

PACS の問題点を医師側から考えてみる。まず第 1 に PASS で取扱う画像の問題である。従来のフィルム・スクリーン系のアナログ像のデジタル化に際しては、画像の選択の問題が生じてくる。撮影したフィルムを無差別に A/D 変換するか、読影の際に選び出すかである。いまのところ実用化の段階でこの問題に当面するところまで組まれたシステムはないので、机上の論にならざるをえない。

日常の業務の中で、画像の選択がはたして可能なのか疑問視する声も強い。読影時に選択するのは可能だが、医師の仕事量を増加されては文句がでてくる。結局、撮影された画像は全て記録として残されるであろう。それより現在、やたらとフィルム枚数が増加していく消化管透視、血管造影などを少ないフィルム枚数で診断できないかの方向で考えるべきである。つまり発生源の画像数の減

少で考えていく方が現実的である。

第 2 に画質の満足度がある。これには画素数と濃度階調の問題がある。レーザー走査方式のデジタル化が可能となり、 $100\mu\text{m}$  の画素サイズでサンプリングできるまでになっているが、それだと大角フィルムで  $4,096 \times 4,096$  ピクセルになる。将来はともかく今のところ普及している技術は  $175\mu\text{m}$ 、 $2,048 \times 2,048$  の画素数で入力するのが一般的であり、濃度階調に 12 ビットもあれば胸部 X 線像での良好な評価がえられている。ただ今のところ走査線数 2,000 本の CRT はあることはあるが、まだ一般的でないので、1,000 本の CRT に間引いて表示せざるをえない。画素数は多くすれば精細度は上がるが、コンピュータデータ量も増加を来す。しかしこの点は後述のデータ圧縮が可能になってきているので希望はもてる。

第 3 に CRT 診断の問題がある。医師が従来のフィルム読影に代えて、CRT で画像をみて診断していくことが可能かの問題である。

画像の忠実再現性が要求される CRT の表示画像は、はたして医師の読影に対する願望が満足されるかを、胸部 X 線像を対象として放射線科医に観察評価してもらった実験が行われている (表 1)。

我国で行われた PHD 研究班での実験では、CRT の空間分解能は  $2,048 \times 2,048$  画素の表示が必要という意見であり、 $1,024 \times 1,024$  画素の表示に比較して明らかな有意差があるとの結果がでている<sup>6)</sup>。CRT の濃度分解能についての議論も多い。ディスプレイ回路内の画像データが 12~16 ビットあっても、CRT モニタの蛍光膜は濃度分解能がよくなく、階調 6 ビット、64 グレイレベルに押さえられていて折角、フィルムデジタイザーで入力した微妙な濃度差も CRT で表示できない、シャウカステンに比して明度が 10 分の 1 で暗いなどの問題もでている。PHD 研究班の実験の際に聞かれた医師達の意見を集約してみる (表 2)。

最近、MacMahon は CRT 診断に疑問的意見を述べている<sup>7)</sup>。静止画である X 線画像を凝視しなければならない肉体的苦痛の多い CRT 診断を実用化し広げていくには、技術改良と何よりも CRT そのもののコストを下げ、買いやすくした上で、

表1 デジタル画像の満足度(胸部X線像 A/D 実験)

A. フィルム出力					
報告者	対象	入力	ビット	出力	至適
Mac Mahon et al	間質性変化, 気胸	0.1mm	10	0.1-1.0mm	0.1mm
Seeley et al	小児正常, 病的例	0.1mm	8	5.0-0.625 lpm (0.2mm)	2.5 lpm (0.2mm)
B. CRT 出力					
報告者	対象	入力	ビット	出力	至適
Lams et al <sup>1)</sup>	孤立性結節 胸膜線状影	0.2mm	8	0.2-1.6mm	0.8mm 0.4mm
Goodman et al <sup>2)</sup>	胸部正常, 異常例	0.2mm	12	0.4mm	0.4mm

<sup>1)</sup> 1024 line, <sup>2)</sup> 1000 line

表2 CRT 診断の評価 (PHD 研究班実験時調査)

1. 画像処理で見落しがなくなる.
2. 濃度変換で縦隔影がよくみえる.
3. 簡単に拡大・反転してみることができる.

#### CRT 診断の問題点

1. 明度が足りない.
2. Dynamic range が狭い.
3. 空間分解能が劣る.
4. 画面が原画像に比し小さい.
5. 周辺像がぼける.
6. 画像処理はよいが, false positive を作る.
7. 読影時間がかかり疲れる.

便利さを認めさせねばならない. その意味で近く始まるハイビジョン(高品位テレビ)に期待をもっている. しかし, いずれにせよ, 現在のフィルム画像はあまりにも空間分解能がよく, 安価で求めやすく, 取扱いやすいところから, 簡単にフィル

ムレス, CRT 診断へ移行するとは思えない.

#### 7. 標準化の問題

画像を伝送するシステムはローカルエリアネットワーク (LAN) と呼ばれ, 機器, データベースの接続方式として, スター型, バス型, リング型があり, それぞれの特色がある (図3, 表3). LAN を用いて画像を伝送する際の手順, 規約をプロトコールと呼んでいる. 米国では医療側の ACR と企業側の NEMA とが行っている. ACR-NEMA 規格とよばれているもので, すでにその規格に準じたインターフェースも試作が行われている. 日本でも通産省工業技術院の委託により, MIPS 規格が発表されている. これはコネクタなど物理層については ACR-NEMA 規格と同じであるが, ソフト面でかなり異なっている. そのため国際的な問題になっていて, 結局 ACR-NEMA 規格に統一されるものと考えられている. ACR-NEMA 規格は今

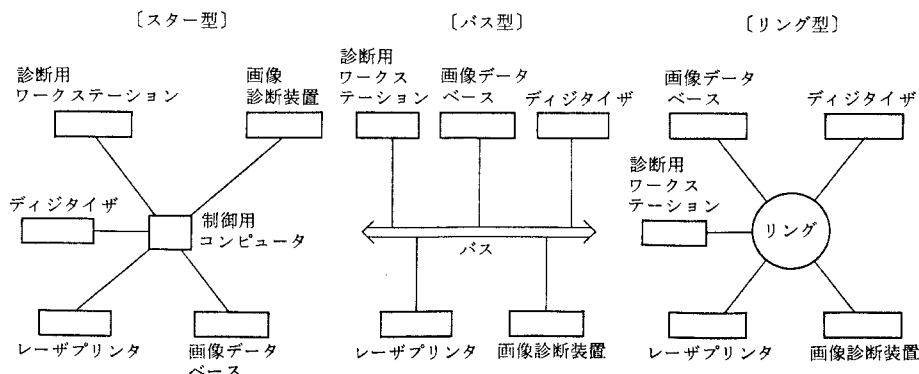
図3 ネットワークの形式 (岡部<sup>3)</sup>より)

表3 ネットワークの比較 (岡部<sup>3)</sup>より)

構 成	長 所	短 所	アクセス方式
ス タ ー	方式的に単純で、システムへのアクセス、伝送規約の制限が少ない 音声情報、データ、画像など異なった情報の複合化が容易	伝送線コストが大 制御 CPU の故障でシステム全体がダウン	特に規約なし
バ ス	回路構成が単純 伝送線コストが小 小規模から大規模までシステムの大きさが柔軟	システムへのアクセスに衝突があり、伝送規約が必要 伝送線の分岐にデバイスが必要 他の方式よりも伝送速度を大きくしておく必要がある	CSMA/CD トークン ポーリング
リング (ループ)	伝送線コストが小 伝送線の二重化、バイパス機能などの追加によって信頼度を高めることが可能 拡張が柔軟 長距離化が可能	容量の異なった情報を同一線路で取り扱う場合には多重化などに工夫が必要 (例：時分割、周波数分割)	トークン ポーリング

後、伝送のみならず、PACSに関連した機器の標準化に及んでいき、現在大きな問題となっている統一規格が実現するであろう。

#### 8. データ圧縮

膨大なデータ量となる画像データを記録媒体に効率よく記録し、データ量を少なくする方法としてデータ圧縮がある。この手法には、可逆圧縮と非可逆圧縮に分類できる。

可逆圧縮は、圧縮処理によって画像を構成する画素値に変化が生じなく、画質が劣化しない。しかしこの方法の欠点は、圧縮率が低いことである。通常1/2～1/3程度の圧縮率に止まり、1/5以上の高い圧縮率は望めない。

圧縮処理により多少とも画素値が変化する場合、その圧縮手法を非可逆圧縮と呼ぶ。この方法は1/5～1/20程度もしくはそれ以上の高い圧縮率が得られる。しかし欠点として圧縮処理によって一部の画素値に変化を生ずることである。許容される画像劣化はどの程度までよいか臨床的な実験が行われている<sup>8)</sup>。安藤の胸部 X 線像の実験では原画像と1/5圧縮の間には ROC 曲線の解析ではほとんど差がないと考えられるが、1/10以上の圧縮では読影結果がやや悪くなると報告している<sup>9)</sup>。今のところ1/10程度が一応の目安となっている。しかし、この1/10の数字は、画像データ記録量からすると画期的な減少であり、期待できる。

#### 9. 日本の PACS 開発

日本の PACS 開発の具体化は、医療情報システム開発センター (MEDIS) と PHD 研究班の二大

プロジェクトを嚆矢とする。いずれも昭和57年より始まっている。

MEDIS のシステムは、コンピュータと集合型光ディスクを配置した医用画像ファイルを設置し、撮影室、読影室、診療科をローカルエリアネットワーク (LAN) で結ぶ。アナログ X 線画像も全てデジタル化して保管しようとしてデジタイザーの開発も行われた。63年度末には実験システムが長崎中央病院に設置され、テストが行われることになっている。このシステム開発の途上では MediFile 1000や圧縮技術、高速画像処理技術、画像伝送技術などが育成された。

PHD (personal health data) 研究は国立がんセンターの池田茂人氏を中心に始められた。画像情報を個人に持たせ、活用せんとする雄大な計画であり、昭和58年より63年まで5年間の基礎的研究が行われた。記録媒体、再生機構の開発、入出力システムの開発、統一フォーマット作成、入出力の基準と方式の研究、効果的活用に関する広範囲の成果をあげた。特に国立がんセンターに画像処理や表示の装置を設置し、我国で初めて CRT 読影評価実験が行われた。

PHD 研究は PACS とは別のものとはいえ、結果的には PACS の研究に深いかかわりをもってきている。特に開発された高精細度白黒ディスプレイ装置は26インチ、走査線数2,105本、縦長サイズで、従来の1,000本のテレビを越えた高精細画像を表示することを可能にした。

上記2大プロジェクトを中心に、我国の PACS

表4 日本の PACS 具体例

1. 高知医大	CR, Display station
2. 京大	CT, CR, Display station
3. 富永記念病院	Digital network
4. 北里大学	CR, Display station
5. 富山医薬大	Image filing system
6. 北大	Image filing system (PACS 計画中)

研究が進められていて、最近かなり具体例が登場している(表4)。1989年初頭には、国立大学に初めて予算処置がとられた北海道大学の PACS が登場し、その成果が期待されている。

#### 10. 画像伝送

PACS は病院内で発展する可能性はあるが、その特徴をいかに発揮するには地域医療の観点で考える必要がある。電話線、衛星通信を利用した画像伝送は技術的には可能となっている。すでに群馬県や長崎県で、地域間や離島との伝送の実験が行われている。画像伝送は、医療過疎地と都市間が考えられるが、大都市内で開業医と病院、救急センターなどの伝送がよりニーズがあるものと考えられる。

#### 11. 画像処理

CRT 診断は制約も多いが、コンピュータに直結し、デジタル画像処理を行える特徴がある。画像処理が医師の診断能力を向上させるか、十分研究がつくされてはいない。我々は胃癌症例の X 線像で経年変化の追跡と解析に画像処理の技術を導入する研究を行っている<sup>10)11)</sup>。胃の粘膜と辺縁の変化を明瞭にする方法としては、ネガ反転、濃度変換強調、辺縁強調法がある。特に1次または2次微分法を用い、フィルタ処理を行った上で、オリジナル画像と差分する方法は、画像の強調に効果的であることがわかっている(写真1)。例えば6年間にわたり観察した陥凹性 IIC 症例では正常粘膜像から過形成、潰瘍形成、瘢痕化の後に IIC へ変化する像を追求することができた。また3年間にわたり追跡した隆起性 I 型症例では、隆起が大きくなる模様と隣接して潰瘍が形成されるのが処理像で強調され描出された。

胃 X 線画像に画像処理を加えることは、病変描

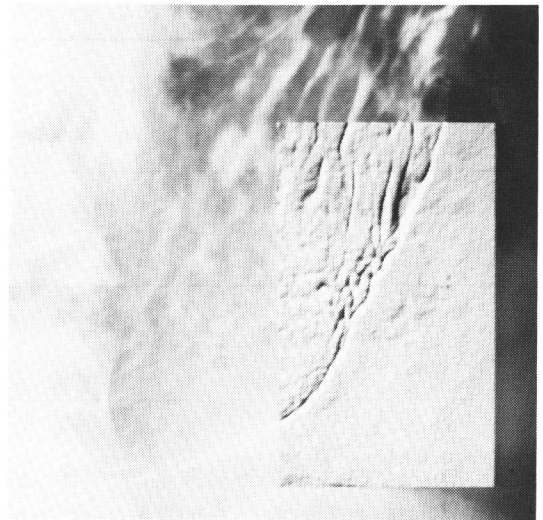


写真1 胃癌症例の画像強調例

出能を向上させる方法として有望で、特に胃集検への応用を期待して研究を進めている。画像処理としては、3次元画像も新しい話題である。形成外科での利用など応用面は広い。

#### 12. PACS のマンパワー

PACS が今後、わが国の病院にとりいれられていくには、その運用に必要なマンパワーをいかに確保していくかが問題である。Huang の指摘<sup>12)</sup>にあるように、わが国の病院で PACS の開発、実験的運用に当たっているところで、医用物理学者、医用電子技術者が大学または病院のスタッフとして存在しているのは極めて稀なことである。

人的問題の解決には、現在職制として安定している放射線技師の活用以外にはないと考えている。今後、放射線技師は単なる機器のオペレーターから病院情報システムに直結した画像システムのエンジニアへと発展していくことが予想される。それには現在の教育システムの見直しと、4年制教育による優秀な人材の確保と医療技術研究の発展が必要となる<sup>13)</sup>。

#### 13. おわりに

PACS は種々の要素技術の集合であり、CT、MRI にみられたような画像診断の革新的進歩が期待できず、今のところその発展は低迷しているようにみえる。しかし21世紀をにらみ、新しい発

展を期し、着実に発展させねばならない。病院内だけでは PACS は発展するとは思えない。地域医療への発展がぜひとも必要である。また画像データベースを構築し、教育に反映し、画像診断の精度を上げていくよう人工知能 (AI) 機能の付加などの飛躍が望まれる。

### 要 約

1. PACS はデジタル画像をネットワークすることから始まった。
2. Digital radiography は新しい方向であり、代表例として FCR がある。
3. 従来の X 線画像は、レーザー走査装置で読み取りデジタル化することが可能になっている。
4. PACS の要素単位としてローカルファイリング装置があり、画像の入力、表示、処理、記録ができる。
5. 記録媒体としては光ディスクが代表的であり、高密度大容量記録が可能である。
6. 我国でも富永記念病院にみられるように small PACS の実例が出ている。
7. PACS の医側の問題点として画像の選択、画像の満足度 (画質)、CRT 診断がある。
8. 現在、画像入力には画素サイズ  $175\mu\text{m}$ 、画素数  $2,048 \times 2,048 \times 12$  ビットであれば、一応の満足が得られている。
9. CRT に表示される画像を見て診断することは可能になっているが、フィルムの持つ空間分解能、明るさには及ばず、フィルムレスになるにはまだ時間がかかる。
10. PACS には機器間の伝送のプロトコールの標準化が必要であり、今後 ACR-NEMA 規格が普及するものと思われる。
11. データ圧縮は非可逆圧縮で  $1/10$  までは臨床的に診断情報の劣化がないと評価される。
12. 日本の PACS 開発は 1982 年より MEDIS, PHD 研究班を中心に始められた。
13. 1984 年初頭には北海道大学の付属病院に本格的 PACS が登場する。

14. 画像伝送は興味あるものであり、日本でも実験が行われている。

15. 画像処理研究は盛んになっていて、胃癌 X 線像の処理など将来性のあるものもある。

16. PACS のマンパワーとしては放射線技師の活性化、4 年制教育による高度化をはからねばならない。

### 文 献

- 1) 飯沼 武：医用画像処理 (システムの考察)。東大医大誌 44 : 152-159, 1974
- 2) Cox GG, Templeton AW, Dwyer SJ III : Digital image management networking, display and archiving. Radiol Clin North Am 24 : 37-54, 1986
- 3) 岡部哲夫：医用画像管理システム。「最近の医用画像診断装置」(木村博一 監修), pp240-269, 朝倉書店, 東京 (1988)
- 4) 紀ノ定保臣, 高橋 隆：記録媒体, カード情報。Innervision 4(臨時増刊「PACS」): 472-474, 1988
- 5) 曾根憲昭：PACS の実際, 富永記念病院。Innervision 4(臨時増刊「PACS」): 96-98, 1988
- 6) 福久健二郎, 松本 徹, 飯沼 武ほか：胸部 X 線写真の CRT 表示による読影診断。Med Imag Tech 5 : 49-60, 1987
- 7) MacMahon H, Metz CE, Doi K et al : Digital chest radiography : Effect on diagnostic accuracy of hard copy, conventional video, and reversed gray scale video display formats. Radiology 168 : 669-673, 1988
- 8) 米川 久：データ圧縮の考え方。Innervision 4(臨時増刊「PACS」): 82-83, 1988
- 9) 安藤 裕：ユーザーからみたデータ圧縮。Innervision 4(臨時増刊「PACS」): 84-85, 1988
- 10) 稲本一夫, 山下一也, 森川 薫ほか：胃 X 線像の画像処理—胃癌症例での評価。Med Imag Tech 5 : 387-393, 1987
- 11) 稲本一夫：イメージ・プロセッサによる画像データベースの作成。メディカル・パソコン 3 : 322-326, 1988
- 12) Huang HK, Mankovich NJ, Cho PS et al : Picture archiving and communication system in Japan. AJR 148 : 427-429, 1987
- 13) 稲本一夫：PACS 実用化への総合的課題, マンパワー。Innervision 4(臨時増刊「PACS」): 119-120, 1988