ノート

本学に導入した PACS の評価

平 田 吉 春・山 口 智 正・山 根 武 史
藤 原 裕 之・松 田 敏 裕・松 崎 芳 宏
山 岡 信 夫・谷 野 文 彦・国 岡 孝 志
角 原 重 利

鳥取大学医学部附属病院

(論文受理 1991年 7 月16日)

(最終論文受理 1992年 3 月27日)

(Code No. 140)

Key words : PACS, Image digitization, Digital image processing

EVALUATION OF PICTURE ARCHIVING AND CUMMUNICATION SYSTEM OF
TOTTORI UNIVERSITY HOSPITAL

YOSHIIHARU HIRATA, TOMOMASA YAMAGUCHI, TAKEFUMI YAMANE
HIROYUKI FUJIHARA, TOSHIHIRO MATSUDA, YOSHIHIRO MATSUZAKI
NOBUO YAMAOKA, FUMIHIKO TANINO, TAKASHI KUNIOKA
SHIGETOSHI KADOHARA
Tottori University Hospital

(Article received : Jul. 16, 1991)

Summary

The introduction of PACS developed in our department of radiology and evaluation of the system were made. As a result, the following could be observed. 1) Image transfer by PACS proved to be more precise than either man or airshooter; capable of saving power as well as time. 2) A great deal of time and manpower for the image examination could be saved. 3) Although communication now has to be faster, it is thought that the software will make up for this. 4) Many points were noted in the image-inputting system. 5) CRT reading was fully possible, dependent on the image processing method.

In conclusion, PACS has numerous merits such as savings in power, time and space in image transfer, keeping as well as many others. However, image reading and calling have many problems in terms of both software and hardwares, making it necessary for both radiologists and radiological technologist to cooperate in

preparing spot-matched images.

1. 結 言

現在、当院ではX線写真を含めた撮影フィルム枚数は年間25万枚に達し、その保管スペースの確保や検索に必要な管理の問題が生じている。また、画像は各科で分散保管を行っているため、過去の画像の検索には多くの時間とマンパワーが必要で、時として検索できない画像も発生している。この問題点を解消するには、院内全体の画像を電子ファイル化し、放射線部で中央管理することが望ましいと考える。

その第一ステップとして、本学では平成2年5月に放射線部・放射線科内に small picture archiving and communication system (以下 PACS と略す) を構築した。

その目的は、1) 各種医療用画像をデジタル化し、大容量記憶装置にファイリングして包括的かつ系統的に管理する。2) 画像に付随する各種患者情報も格納でき、総合的に利用できるよう管理する。3) デジタル化された医用画像に種々の画像処理を施し、診断に有用な情報を抽出できるように図る。4) カンファレンスを全てCRT

で行え、かつ予約検索機能を有していてカンファレンス日にリアルタイムに画像が読影できる。5) 撮影された当日画像は、自動転送機能を有し速やかに読影できる。6) large PACS 構築のためのパイロットスタディができることである。

現在、規模の大小は別として PACS を構築している施設は何箇所かあるが、そのシステムの系についての報告は少ない。そこでわれわれは約1年ほどではあるが PACS を使用し、そのシステムの評価を行ったので報告する。

2. システムの構成

システムの構成を Fig. 1 に示す。マシン室には画像管理用コンピュータ、96GB の集合型光ディスク、単盤型光ディスク、磁気ディスクを設置し、画像の入力は MRI はデジタル画像入力端末 (digital image input terminal 以下 DIT と略す) を介してオンラインで、そのほかのモダリティはフィルムをフィルム画像入力端末 (film image input terminal 以下 FIT と略す) から入力した。なお、FIT による入力は、全て放射線科にて読影を行う

Fig. 1 Composition of picture archiving and communication system of Tottri university hospital. NIU: Network interface unit. DIT: Digital image input terminal. FIT: Film input terminal. IDT: Image display terminal. OD: Optical disk. MD: Magnetic disc.

画像を対象とし、その内容は RI, CT, 心・頭部を除く血管造影, 放射線科が行う特殊検査(消化管など), 一般撮影, 断層, US である. Table 1 にはその一日の PACS への登録データ量を示し, データの格納期間は磁気ディスクで約 1 週間, 集合型光ディスクで約 3.5 年とした. なお, MRI のデータの算出はマトリクス数, ビット数ともに選択枝が多いが標準的な 512×512 , 12bit と 256×256 , 12bit の平均を取り, また 9 画像を 1 フレームとしてフレーム単位で画像を保管するためにデータは 2.2 MB とした. $[(512 \times 512 \times 12 \times 9 + 256 \times 256 \times 12 \times 9) \div 2 = 2.2 \text{ MB}, 1/3 \text{ の圧縮では } 0.733 \text{ MB となる.}]$

また, 放射線部・放射線科の受付には, ワークステーションを設置して患者基本情報・画像付帯情報の登録および照会を行う. 特に部のワークステーションには, 画像付帯情報の登録と同時にバーコードライターでバーコードが自動発行するようにした. 読影室には 1 CRT 型と 2 CRT 型の 2 台の画像表示端末を設置し, さらに 1 CRT 型には, その CRT と同一の画像が同時に表示できる CRT を 6 台増設し, 読影とカンファレンスができるようにした.

そして, 参照画像を速やかに観察できるように, 画像を検索すると過去 1 年以内前 3 回の画像を参照画像として, 光ディスクより管理用プロセッサ内の磁気ディスクに自動出庫するようにした.

なお, 各部署間には local area network を引き, その形態はブランチ型で伝送速度は 10 Mbit/sec, 通信方法はベースバンド方式である.

3. システムの評価方法

3.1 FIT による画像入力

a: FIT のオートフィーダーでのフィルムの移動と CCD ラインセンサー部分での画像の読取時間をフィルムサイズ別に測定する.

b: FIT からフィルムを入力する場合, そのフィルムの患者基本情報・画像付帯情報はバーコードをフィルムに貼って認識させる方法と, フィルム入力時にキーボードから情報を直接手入力する方法があり, 両者の操作時間を半切フィルムで測定し比較する.

3.2 DIT による画像入力

MRI の画像を入力する時, その画像を全て転送する場合と, 必要な画像だけを選択して転送する場合の操作時間を測定する.

3.3 当日画像読影

全てのモダリティから発生した当日読影用画像は, 画像入力装置から管理用プロセッサに取り込んだ後, 自動的に画像表示端末に転送するようにした. その画像データのフローを Fig. 2 に示す.

a: 放射線部からフィルムを PACS でデジタル変換した後, 放射線科の読影室へ送信して CRT に表示する場合と, メッセンジャーがフィルムを放射線部から搬送して読影室のシャウカスに掛ける場合と, エアーシューターを利用してフィルムを読影室に送り, それを看護婦がシャウカステンに掛ける場合のそれぞれに要する時間を測定し比較する.

b: 過去 3 回分の胸部単純写真を, 看護婦がフィルム

Table 1 Data volume of medical images per day, which are transfered into PACS.

Modality	classi- fication	Compression rate	Data volume (KB/film)	Sheets of film (sheets/day)	Data volume (MB/day)
Film	14×17 inch	1/10	454	5	2.3
	14×14 inch		394	33	13.0
	11×14 inch		311	6	1.8
	10×12 inch		242	14	3.5
	8×10 inch		162	26	4.2
CT	14×17 inch	1/5	908	53	48.1
	11×14 inch		622	6	3.7
			Data volume (KB/frame)	number of frame (frame/day)	
MR (on-line)		1/3	733	48	35.2
Total		—	—	165	111.8

Fig. 2 Image data input from DIT or FIT are transferred to magnetic disk on IDT automatically.

棚より検索してシャウカステンに掛ける場合と、PACSで画像を検索してCRTに表示する場合の時間を測定して比較する。

3.4 患者基本情報、画像付帯情報登録

外来の看護婦4人が患者基本情報(患者番号、性別、患者氏名・生年月日)を登録する操作時間と、放射線部受付にて医師、技師、事務職員が画像付帯情報(依頼科、依頼医、部署または病棟、モダリティ、部位)を登録する操作時間を測定する。

3.5 画像表示アクセス時間

画像表示端末で検索の信号を送信してから、CRTに画像が完全に表示されるまでの画像表示アクセス時間を、圧縮比ごとに測定する。

3.6 CRTでの画像の読影

a: ROCを用いて評価する。観察者は放射線科医師5名、放射線技師5名で行った。実験は神戸大学の古東らと同様な方法⁷⁾で行った。胸部ファントムに直径1cm、厚さ5mmの円盤状パラフィン模擬病巣としてアトランダムに配置して得られたX線写真を、FITよりサンプリングピッチ100 μ m、マトリクスサイズ1775 $\times$ 1775、階調10bitでデジタル化した後走査線数1024本のCRTに表示し、X線写真、未処理のCRT画像、処理したCRT画像の3種類についてROC解析を行った。

4. 結 果

4.1 FITによる画像入力

a: 結果は、オートフィーダを使用した場合のフィルムサイズ別読取時間は、1枚単位では、半切53秒、大角48秒、大四48秒、四切44秒、六切41秒であり、CCDラインセンサのみの読取時間は、半切で25秒なのでオートフィーダーの作動時間が半分を占めている。

b: バーコードおよびキーボードを利用して半切フィルムを入力する場合の、フィルム現像終了時から画像読取終了までの時間は、バーコード利用が自現室からマシン室までのスタッフの移動が15秒、バーコードを貼るのに4秒、機器の操作が12秒、フィルムの読取が53秒で計1分24秒。キーボードの場合は、移動、読取はバーコードと同じであるが機器の操作に67秒かかり計2分15秒であり、バーコードに比較して約1分近く時間を多く必要とした。

4.2 DITによる画像入力

MRI画像をPACSへ転送するために必要な画像選択の操作時間は、画像を全てまとめて転送する場合は、患者の選択をするだけで1人当たり平均1分30秒で、1日8人の検査をするので計12分必要であり、一方、必要な画像だけを選択する場合は、患者選択の後にそれぞれ必要な画像を選択してからPACS用に画像を並べ直し、さらに不必要な画像を消去しなければならない、1人当たり平均6分、8人では48分もの時間が必要であった。

4.3 当日画像読影

a: PACS、メッセンジャー、エアーシューターを利用した場合のそれぞれの当日読影用画像搬送時間は、PACSで画像を送信してCRTに表示するまでの時間が平均2分30秒、メッセンジャーがフィルムを搬送してシャウカステンに掛けるまでの時間が平均3分10秒、エアーシューターで搬送してシャウカステンに掛けるまでの時間が平均1分40秒であった。

b: 胸部単純写真(大角)過去3回分の画像を参照できる時間は、看護婦がフィルムを検索してシャウカステンに掛けるまでに約5分、PACSを利用した場合は、医師がIDTから検索するだけで最初の1枚が36秒で観察できた。

4.4 患者基本情報、画像付帯情報登録

それぞれの登録所要操作時間は、患者基本情報登録が 1 人平均 20 秒で 1 日約 15 人を登録するので計 5 分、画像付帯情報登録が 1 人平均 30 秒で 1 日約 40 人で計 20 分であった。

4.5 画像表示アクセス時間

Table 2 に画像表示アクセス時間の測定結果を示すが、1/1 が非圧縮、1/5～1/20 が非可逆圧縮の圧縮比で、表中の数値は image display terminal (以下 IDT と略す) の磁気ディスク (IDT・MD)、ホストコンピュータの磁気ディスク (MS・MD)、集合型光ディスク (MS・OD) に画像データがある場合の秒数を表している。ホスト側にデータがある場合はアクセス時間が長く、IDT:MD に比較して MS:MD では大角で約 5 倍、四切で約 7 倍、そして MS:OD ではさらに 2 倍近い時間が必要であった。

4.6 CRT での画像の読影

Fig. 3 に、X 線フィルム(A)、フィルムをデジタル変換後 CRT に表示した画像(B)、CRT に表示したものに画像処理を行った画像(C)の 3 種類の ROC 曲線を示す。なお、未処理の CRT 画像は、写真濃度を 0.0 から 3.2 の範囲を 1024 段階で処理し、ウインドレベル 512 (レベルの中心値)、ウインド幅 1024 として表示したものであり、また処理画像は未処理の CRT 画像の出力ステップの勾配を 2 倍にし、かつウインドレベルを 614 として表示したものである。ここでレベルを 614 としたのは、5 名の放射線科医師で臨床胸部写真の画像処理を行った結果、 γ を 2 倍にした場合はレベル 614 が最も観察しやすいということからこの処理を行った。

そして A と B、B と C をそれぞれ両側検定 (面積については Hanlay らの方法²⁾ で算出した) をして有意差の判定を行った結果、危険率 5% で明らかに A は B よりも、また B は C よりも検出率が良かった。

5. 考 察

5.1 FIT による画像入力

オートフィーダーを含めた FIT の処理能力は、多数のフィルムを連続で使用する場合は、一枚単位で使用する時よりも少し効率が良いため大角フィルムで 100 枚/時ほどであるが、それでも速くなく、入力画像が短時間内に多発した場合は、入力待ちの画像が発生するので処理能力の向上が必要であり、また、院内全体ファイル考えた場合は複数台の FIT が必要と考えられる。

FIT から画像を入力する場合の患者基本情報などの

Table 2 Time between searching action of images from IDT and display of images on IDT. IDT・MD: from MD of IDT. MS・MD: from MD of host processor. MS・OD: from OD of host processor.

14×14 inch film

unit: sec

COMP. rate Equipment	1/1	1/5	1/10	1/20
IDT・MD	25	7	6	5
MS・MD	133	35	28	24
MS・OD	161	60	53	51

10×12 inch film

COMP. rate Equipment	1/1	1/5	1/10	1/20
IDT・MD	11	4	3	2
MS・MD	70	29	24	19
MS・OD	87	49	43	39

Fig. 3 Receiver operating characteristic curves of X-ray film (A), process image on the CRT (B) and original image on the CRT (C).

認識は、バーコード入力のほうがキーボード入力より省時間化に優れ入力ミスも非常に少なかった。また、バーコードの利用では、複数患者、複数枚のフィルムを一括処理できる利点も認められた。

FIT は、四切フィルムなどは長辺方向にしか読み取れず、長辺を横に撮影した画像は、読影時に CRT 上でその都度位置変更をしなければならない、どの方向にも読み取れるように改良が必要である。

FIT は設置時からトラブルが多く、オートフィダー、network interface unit の通信系のもの、FIT 自体のものと多種多様に常態で稼働してなく、また、前述したとおり入力方法にも問題が多く、現在新しい入力方法を開発中である。

5.2 DIT による画像入力

必要な画像だけを選択して転送する場合と、まとめて転送する場合の操作時間は、前者のほうが36分もの時間を多く必要とするが、これは DIT を介する前の MRI 側のコンピュータのソフトの問題である。PACS を画像の倉庫として使用するならまとめて転送するのも良いが、3D などの再構成前の元画像なども保管すれば光ディスクの枚数も増え、また、一番問題となるのは画像を観察する時、不必要な画像が多すぎ検索に時間がかかることである。当施設で考えられる最良の方法は、フィルムに出力する画像が自動的にピックアップされて転送されることで改良が必要である。

DIT から入力された画像を CRT に表示したとき、画像の読影の基本となるべき位置決め写真の表示と撮像に用いたパルスシーケンスの表示が不適切であったり、表示されなく読影に支障をきたした。そのため、転送用ソフトを改良し 3 年 5 月よりテスト運用を行っている。

5.3 当日画像の読影

画像の搬送時間は、実験ではエアースhower が 1 分 40 秒と一番短時間であったが、実際の業務では常に人がエアースhower の前で待機していないので、もっと時間が必要と思われる。しかし PACS の場合は、2 分 30 秒の時間内に画像表示端末から検索・転送の要求なしに画像の自動転送が可能のため、全く人手を要せず、かつ正確で省力化、省時間化が果たせた。また参照画像の自動出庫のソフトは、診療の省力化、省時間化を図るうえで有効であった。

5.4 患者基本情報、画像付帯情報登録

患者基本情報、画像付帯情報の登録とも、現在の人数なら問題はないが、院内全体の画像ファイルとなると登録人数も増え、現行の方法では不可能となってくる。このような情報は、病院情報システムからオンラインで PACS に取り込めばよく、その前段階として平成 4 年 9 月稼働を目指して、放射線部画像オンラインオーダーリングを現在構築中である。

5.5 画像転送

画像表示アクセス時間の測定結果より、非圧縮画像は転送に非常に時間が掛かり、画像圧縮は画像通信に大きいメリットをもたらすことが分かる。しかし圧縮率を高

くするほど転送時間は短縮されるが、逆に圧縮が非可逆なので圧縮率が高くなるほど画質は劣化³⁾するという問題点が生じる。このような圧縮の問題は別にしても画像の伝送速度は、院内全体 PACS を考えた場合、もっとスピードアップが望まれる。またホスト側に比較してローカル側にデータがある場合はアクセス時間は非常に短く、このことからあらかじめ IDT・MD へ予約転送、自動転送したり、参照画像を自動出庫させるソフトは画像通信の効率化を図る意味で重要である。

5.6 CRT での画像の読影

Fig. 3 に示したように、CRT 画像は処理を加えると検出率が向上することが認められるが、フィルム画像より検出率は低い結果が得られた。しかし、このひとつのパターンの模擬病巣の評価で CRT の画像は検出率が低いと決めつけられず、あらゆるパターンの評価を行わなければならない。また今回表示した画像が的確な処理だったのか、もっと良い画像処理を行えば違った評価が得られたかもしれない。このあたりの評価については、デジタル画像は空間分解能で劣る分を濃度分解能で補い総合的に優る画像とする処理法が存在するという報告⁴⁾もあるので、今後さらに検討を行いたい。ただ当施設では、アンギオなど画像によってはわずかな処理をするだけでフィルムより見良いという評価を得ていることから、CRT での画像の読影は処理方法しだいでは十分使用可能と思われる。

CRT での画像表示の操作は、1, 2 枚の画像を観察するのにはなんら問題はないが、血管造影などの画像をまずシリーズで観察してから動脈層、静脈層と間欠に観察する場合使用しづらく、また、その他操作性に問題点も多く改良が必要である。そのためには、CRT が X 線フィルムに代わる画像情報伝達能の評価のための CRT 画像の検討⁵⁻⁸⁾以外に、実際 PACS を運用する時に重要となる CRT の操作性や、患者の検索方法、画像の転送・削除方法、画像の表示およびテキスト画面表示方法、画像の表示順位、CRT のもつ処理機能などの検討が必要である。

画面の視認性についても、画像以外に読影に不必要な文字が表示されているので、必要最小限の表示にすべきと考える。

また、現在 CRT の持つ処理機能は何かが必要で何が不用なのか明確ではなく、処理機能が多ければ多いほど、そして走査線の本数が多いほど良い装置のような評価をされがちである。しかし、それはコストパフォーマンスを上昇させ、必要な CRT の台数が購入できず PACS の

発展を妨げているようなものである。

実際の外来診療用の画像表示端末に望まれるものは、一年間の使用経験から医師の意見を集約したところ、多くの患者が待っている外来診療における胸部、腹部などの一般撮影の観察には、処理はウィンドウ処理（幅、レベル）、拡大処理と簡単な周波数処理をするのが限度であり、また走査線の本数については当院では1000本のCRTしかないため、それ以上の本数の検討ができなく想像の域を脱しえないが、2000本クラスで十分と思われ、もっと操作性に重点を置きコストを下げ、シャウカステンに代わるほどの台数を設置できるようにならなければならない。そして複雑な処理機能を有するものは、中央施設である放射線部に中央読影室を設け、そこに設置し各科で共同利用すれば良い。すなわち使用に合わせて機能を考えるべきである。しかし、現実には診療にマッチした形で現在のマシンは構築されておらず、それは医療の現場を知らない人達がプロトタイプという形で構築したものであって、早急に検討されるべきことであると考ええる。

5.7 カンファレンス

PACS をカンファレンスに利用（データのフローを Fig. 4 に示す）しているが、従来のフィルムの場合は準備、整理、収納にかなりのマンパワーと時間を要していた。しかし、PACS を利用した場合は予め予約しておくだけで、マシンが画像を準備するので省力化が図られた。

また、フィルムを利用したカンファレンスでは、画像一枚を多数の者が同時に観察するので、どうしても画像までに距離ができ、フィルムに近づかなければ細部の読影が困難であったが、PACS では7台のCRTに同一の画像を表示して1 CRT を2～3人で観察する方法とし

たので、画像が近く細部の読影が可能であり、診療支援に有用である。

6. 結 論

今回、当施設に構築した small PACS のシステムの評価を行い、以下の結論を得た。

- 1) PACS による画像の転送は、従来の人が搬送したりエアーシューターなどを使用するより正確でかつ省力化、省時間化が図られた。
- 2) 従来、過去の画像の検索には多くの時間とマンパワーを必要としていたがそれが解消された。
- 3) 通信はもっと速くなることを切望するが、その遅さをソフトと運用でカバーできる。
- 4) FIT, DIT とも画像の入力系は問題点が多く、早急に対応が必要である。
- 5) CRT での画像の読影は処理方法によっては十分に可能であるが、操作性や視認性の面では改良が必要である。
- 6) カンファレンスは写真の準備・整理・片付けの必要がなく医師の負担も軽減でき読影に集中できる。
- 7) 当日転送画像・予約転送画像には、全て参照画像を自動的に抽出するので、時系列的観察が迅速に行え診療支援に有用であった。

謝 辞

本報告にあたり御指導賜った当放射線部部長太田吉雄教授、さらに指導校閲頂いた副部長沢田敏助教授、また、助言を頂いた放射線科水川帰一郎助教授、そして、協力頂いた部員の方々に深く感謝申し上げます。

Fig. 4 Images can be prefetched from the host computer to the magnetic disc of IDT at the date of the conference automatically. The "prefetching" can be obtained using a work station.

本学に導入した PACS の評価 (平田・他)

文 献

- 1) 古東正宜他：デジタル画像処理装置 (FIP-I) における X 線入出力画像の評価, 日放技学誌, **46**(8), 990, (1990).
- 2) Hanley JA, McNeil BJ: Meaning and Use of the Area under a Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve. Radiologi **143**: 29-36, (1982).
- 3) 米川 久: データ圧縮の考え方, INNERVISION, **3**(4), 82-83, (1988).
- 4) 遠山担彦: CRT 画像の評価, 画像通信, **13**(2), 18, (1990).
- 5) 遠山担彦他: デジタル画像の画像処理と画質変化, 日放技学誌, **43**(12), 1728-1733, (1987).
- 6) 山下一也他: CRT 観察系におけるデジタル画像の ROC 解析, 日放技学誌, **42**(7), 989-997, (1986).
- 7) 橋田昌弘他: CRT の検出能, 日放技学誌, **45**(8), 1020, (1989).
- 8) 平田吉春他: 画像ファイリング装置 (Medifile-100) によるサブトラクションの検討, 日放技学誌, **46**(8), 991, (1990).