The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	放射線画像ネットワークシステムの構築-試験的多目的利用による評価-
Author(s)	春日, 敏夫; 曽根, 脩輔; 伊津野, 格 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(5), p. 329-339
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18724
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

放射線画像ネットワークシステムの構築

－試験的多目的利用による評価－

春日　敏夫[1)]　曽根　脩輔[1)]　伊津野　格[1)]　小口　和浩[1)]　青木　純[1)]
酒井　文和[1)]　滝沢　正臣[1)]　細羽　実[2)]　山口　賢二[3)]

1）信州大学医学部放射線医学教室　2）島津製作所医用技術部　3）GE 横河メディカルネットワーク技術部

Trial of a Small Image Network System in a Radiology Department of an University Hospital

Toshio Kasuga[1)], Shusuke Sone[1)], Itaru Izuno[1)]
Kazuhiro Oguchi[1)], Jun Aoki[1)], Fumikazu Sakai[1)],
Masaomi Takizawa[1)], Minoru Hosoba[2)] and Kenji Yamaguchi[3)]

This paper describes the construction of an image network system in Shinshu University Hospital, and some of its current issues and advantages. Our discussion is based on our experience with a PACS system. SAIPACS, which was installed in 1990 for use in clinical conferencing and pre- and post-graduate education, and with a new CT and MRI network, which was subsequently introduced in 1993.

The SAIPACS interconnects eight digital imaging modalities, including CT, MRI, XTV-DR (including digital tomosynthesis), FCR, nuclear medicine (RI), DSA, US, and a film digitizer (FD), with a workstation. Transmission time from the magnetic disk of each imaging modality to the SAIPACS image disk is not rapid enough. Therefore, we need to select images for transfer that are pertinent to our specific purpose, to complete image transmission within a practically acceptable period of time.

The new CT/MRI network is composed of two CT units, two MRI systems, an image processing unit and a Universal Gateway. It provides faster image transmission than the SAIPACS system, because there is no need to reform image data to send them in a reversible compressed form. A versatile network system connected to the SAIPACS and CT/MRI network enables digital image data to be processed and edited and images to be transfered back to SAIPACS for clinical or educational use.

Research Code No. *: 209.9*

Key words *: PACS, Network, Transmission time*

Received Sep. 12, 1994 ; revision accepted Dec. 14, 1994

1）Department of Radiology, Shinshu University, School of Medicine／2）Medical System Division, Shimadzu Corporation／3）Network Engineering, GE Yokogawa Medical Systems

はじめに

信州大学では，1990 年に放射線部に小規模 PACS（島津製作所製，Shimadzu Artificial Intelligent Picture Archiving and Communication System, SAIPACS）を設置した．従来から，各種の放射線診断モダリティーの画像データの中央保管や，病院内各所に置いた遠隔端末（画像ワークステーション）への伝送表示，画像処理による診断情報の加工などを含めた大規模 PACS の利点や可能性が論じられていたので[1)-7)]，われわれはこれらの将来性を意識しながら，PACS 関連の当時の技術水準から現実に効果を期待できる内容をまず導入しようと考えた．当時，すでに当院では各種の画像モダリティーのデータをそれぞれの装置に付属した専用の光ディスクに保管していたので，これをさらに PACS に結合して引き出す利点も考えた．CRT 診断の信頼性や有用性は，Computed Tomography (CT) や Magnetic Resonance Imaging (MRI) などについては問題ないが，単純 X 線像や血管造影などの各種造影像の診断においては確立されていないと思われ[4)-6)]，CRT 診断一本化へは踏み切れなかった．このような考慮を経て，PACS の種々の可能性の中から，中央放射線部におけるすべての画像データの電子保管と分配という大規模の内容は見送り，画像収集ネットワークを構成し，画像ワークステーションの機能を充実させる方向に進んだ[3)-15)]．そして，システムの経費や効果などは当然考慮しなければならないが，具体的関心事として第 1 に，各種の画像モダリティーからの画像伝送が転送時間や機能，操作性などの点で実用的かどうか[5),8)-14)]，第 2 に，画像ワークステーショ

ンを用いて，院内の症例検討会で放射線画像を表示して簡便にして有効に利用できるか[5)-7),9),12),13)]，第3に，画像ワークステーションでの画像処理は診断や研究，教育に役立つかなどを検討し[5),6),14),16)]，これらの結果を踏まえて，今後当院でPACSの機能や利用範囲をいかに拡大すべきかを探りたいと考えた．その後，当院では，1993年にCTとMRIが増設され，これに伴ってこれらの装置にかかわる画像伝送ネットワークと画像処理装置が加わった．本論文では，当院における放射線画像ネットワークの構築に際しての工夫と現状，その問題点と有用性などを報告する．

ネットワークシステムの概要

当院の放射線画像ネットワークシステムは，小規模PACS（SAIPACS）とCT/MRIネットワークシステム，および，多目的ネットワークシステムで構成されている（Fig. 1）．

SAIPACSは，症例検討会や研究，教育に必要な選択された画像のみを，8種の放射線画像モダリティーからネットワークを用いてワークステーションへ転送し，CRT観察を可能とし，画像保管する小規模PACSである．

最近設置したCT/MRIネットワークには，データベースが共通な同一メーカーのCT，MRIが結合されている．ここでは迅速な画像転送が可能であり，離れた場所にあるCT室とMRI室が機能的に一体化されている．CT，MRI画像は，Gatewayを経由して多目的ネットワークに供給される．さらに，別ルートのインターフェース（Dataview）経由で，SAIPACSへ直接供給できる．

多目的ネットワークには，画像編集などの処理機能を有する3台の画像処理装置が結合され，SAIPACSやCT/MRIネットワークから取り込んだ画像を加工処理できる．そして，ここで加工した画像をSAIPACSへ転送し，症例検討会や研究，教育に使用できる．

本稿では，以下にSAIPACSとCT/MRIネットワークおよび多目的ネットワークシステムのそれぞれについて，その構成と有用性，われわれの使用経験結果などを述べる．

小規模PACS（SAIPACS）

本システムは，1990年に症例検討会や研究，教育などに必要な画像のみを扱うことを前提にして構成された（Fig. 2）．

1．SAIPACSの画像ワークステーションの構成

主な構成は，ホストCPU（データゼネラル製MV 9500），サブCPU（モトローラ製68020），システム磁気ディスク（600MB），画像ディスク（Image Disk 1200 MB），大容量画像メモリ（64MB），CRT表示メモリ（6 MB×4），画像演算ボードなどを有するSAIPACS本体とこれに付属の4台のCRT（20インチ，走査線数：1280本non-interlace型，3台は白黒表示用，1台はカラー表示用），集合型光ディスク（Juke box type OD：JB，5インチ，32GB），5インチ光磁気ディスク（MOD，600 MB）およびキャラクター端末などからなる．この中の大

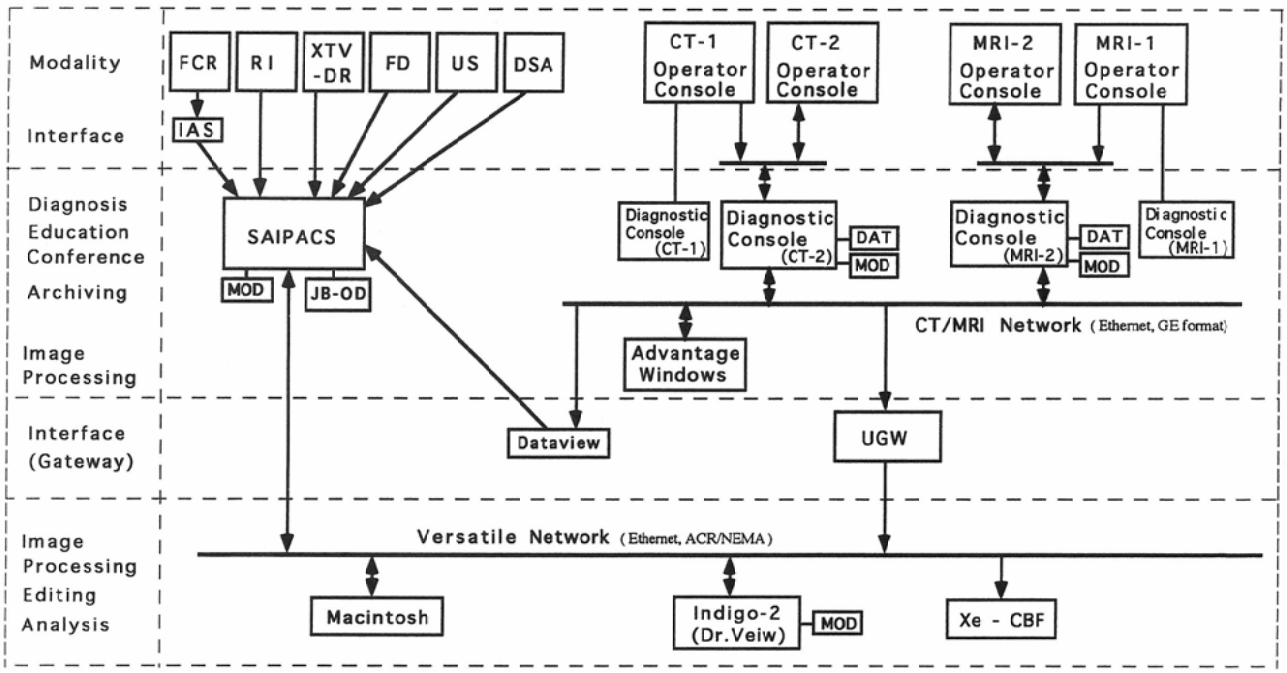

Fig. 1 Block diagram of the image network system for Radiology Department

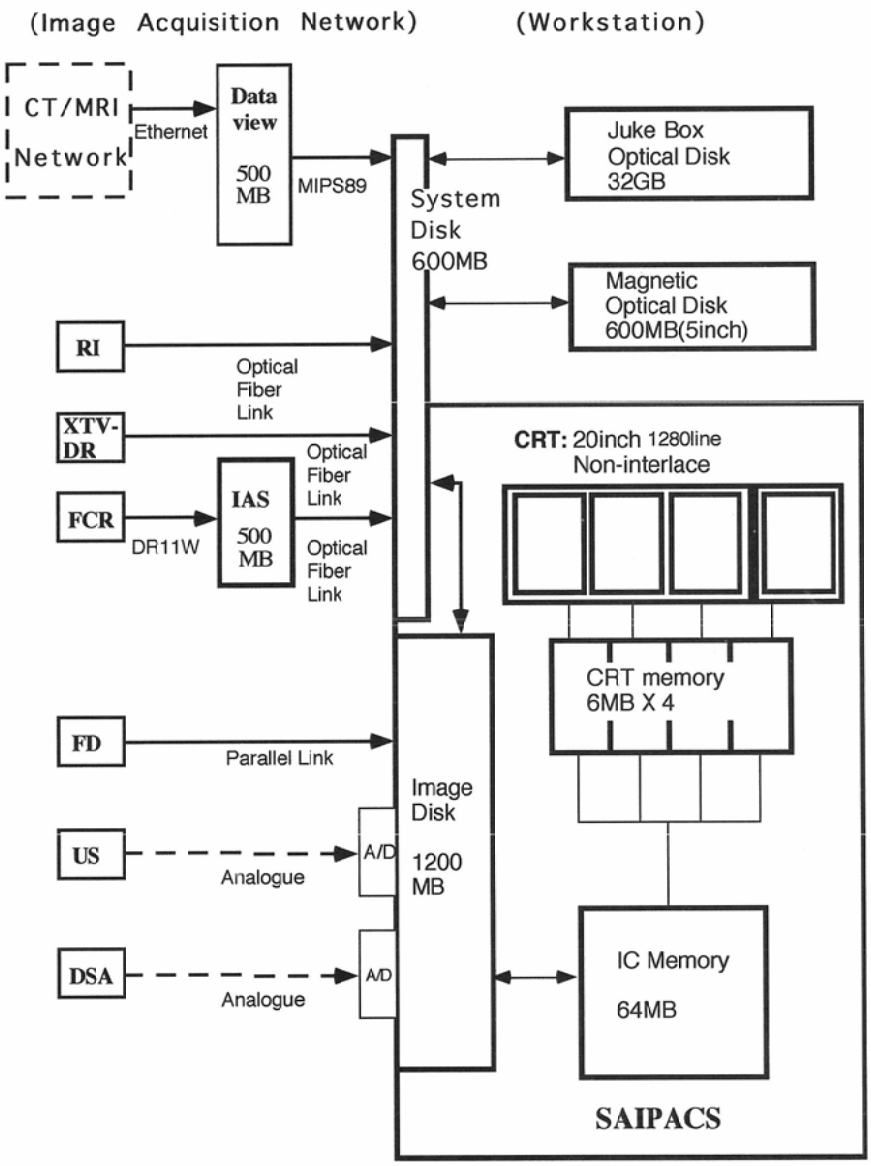

Fig. 2　Block diagram of SAIPACS

容量画像メモリとCRT表示メモリはSAIPACSワークステーションの特色の一つであり，前者は画像ディスクから必要な複数または一連の画像をあらかじめ読み込むためにあり，別名ICシャウカステンとも称される．CRT表示メモリは，CRT 4台に対応するメモリを有する．ICシャウカステンに登録された複数の画像すべてが1台のCRTに表示されるので，通常のX線フィルムをシャウカステンにかかげるのとほぼ同感覚で観察でき，ここから画像を選択して，残り3台のCRTに適宜表示できる．このCRT表示はリアルタイムに行われ，複数画像表示や一連の画像の連続シネモード表示，また，画像の拡大や縮小，濃度やコントラストの調整などが容易である．

2．収集ネットワークの構成

CT, MRI, Fuji Computed Radiography (FCR), Nuclear Medicine (RI), X-ray TV-Digital Radiography (XTV-DR, 含Tomosynthesis), Film Digitizer (FD), Ultrasonography (US), およびDigital Subtraction Angiography (DSA)の8種類のモダリティーをワークステーションに接続した (Fig. 2).

画像データの基本的な流れは以下のとおりである．まずモダリティー側からの画像とその付帯情報（以下，画像データ）が，規格化されたかたち（データフォーマットまたは通信規格）でSAIPACSのワークステーションのシステム磁気ディスクに伝送される．SAIPACSでは，画像データがSAIPACSフォーマットに変換され，さらにデータベースが作成されて画像ディスクへファイル登録される．このようなSAIPACS内での処理は，画像ファイル管理を行う装置に共通して行われている．

SAIPACSを設置したときには，GE社製のCT（CT 9800 Quick）とMRI（Singa Advantage Ver. 4）とをSAIPACSへ結合させるために必要な，データフォーマット変換と一時的な蓄積機能（Gateway機能）および伝送先のチェック機能をもったインターフェースが存在しなかった．このために，これらの機能をもつGE横河メディカル社製のCT/MRI専用のワークステーション（Dataview）が，インターフェースとして接続された．しかし，最近導入されたCT/MRIネットワークでは，Gateway（UGW）と多目的ネットワーク（versatile network）を経由してCT/MRIとSAIPACSが結合されている．しかし後者による画像転送では，SAIPACSからUGWへ画像データを受け取りに行く操作が必要になる（後述）．このような画像データの伝送の途中に必要な，人による操作を省いて自動伝送するために，CT/MRIネットワークには，従来の伝送経路，Dataviewへ出力するルートを残している．Dataviewでは，画像データをGEのCT，MRIフォーマットからDataviewフォーマットに変換して磁気ディスクに記録する．そして，ここでMIPS 89フォーマットに変換されてSAIPACSへ伝送される．その後に，上記のようにSAIPACSフォーマットに変換されてデータベースに登録される．

FCR（富士メディカルシステム製FCR-7000）のデータ伝送にはDR11Wおよび島津専用光ケーブル（Shimadzu optical fiber net）が用いられた．この際，ネットワークの中間にインターフェース（島津製作所製Image Acquiring Station, IAS：磁気ディスク容量600MB）がバッファメモリとして介在している．大きいデータ量のFCR画像の収集には時間を要するので，IASにより，他のモダリティーからSAIPACSへのデータ伝送が遅延するのを防いでいる．すなわち，基本的にはSAIPACSで行うべきデータフォーマット変換（富士FCRフォーマットからSAIPACSフォーマットへの変換）がIASで行われている．

RI（島津製作所製SCINTIPAC-7000）の画像データの伝送には，島津専用のデータフォーマットと島津専用光ケーブル（Shimadzu optical fiber net）が用いられた．

XTV-DR（含Digital Tomosynthesis）（島津製作所製）もFCRと同じ理由で，あらかじめ，XTV-DRでSAIPACSフォーマットに変換した画像データを島津専用光ケーブルを用いて伝送している．

FDで収集される画像データの伝送には，島津専用接続パラレルインターフェース（Shimadzu high speed parallel link）が用いられた．

DSAと超音波断層像（US）の画像伝送は，同軸ケーブルによるビデオ信号の伝送方式で行われ，A/D変換が行われた．また，患者のIDなどデータベースに必要な付帯情報の入力は，キャラクター端末から行われる．

上記のごとく各種の画像モダリティーからSAIPACSへディジタル伝送された画像データはデータベースに登録され，患者のIDに従って一元的に画像ディスクに管理される．永久保管が必要な画像はさらに集合型光ディスク（JB-OD）に転送される．この際，画像圧縮はされていない．

3．画像転送時間と症例検討会への使用結果

Table 1に6種類のモダリティーの画像転送時間を動作確認用プログラムを用いて測定した結果を示す．CT, MRI, RI, XTV-DR（含Digital tomosynthesis）は20画像を連続伝送して測定した．ここでの画像伝送時間とは，画像データが各モダリティーの磁気ディスクから読み出されてSAIPACSのシステム磁気ディスクへ収集されるまでの時間とした．また，システム磁気ディスクに収集された画像データが，SAIPACSフォーマットへの変換を経て画像ディスクへ送られ，データベースへ登録されるまでの時間をファイル登録時間とした．すなわち，画像転送時間は画像伝送とファイル登録に要する総時間であるが，画像伝送とファイル登録は順次並行して行われるため，1画像当たりの転送時間は転送する画像数によって異なる．そこでCT, MRI, RI, XTV-DRについては，20画像を連続転送して所要時間を測り，その平均値を1画像当たりの転送時間とした．FCRとFDについては，1画像の転送を5回繰り返し，その平均時間を計算した．FDにおいては，

Table 1 Transfer time of an image from various modalities to the image disk

Modality	CT	MRI	FCR	RI	XTV-DR	FD
Image matrix size	512×512	256×256	1760×1760	64×64	1024×1024	1670×2010
Transfer time from modality to system disk	16 (20)	10 (12)	60 [250]	1.0	21 [129]	8.0
Registration time to the image disk	26	18	80*	1.3	27*	5.0
Transfer time from modality to the image disk	37	23	510	1.4	151	13

(sec)

( ): Transfer time from the magnetic disk in CT, MRI to the magnetic disk in Dataview

[ ]: Processing time of the image data reformation to SAIPACS format in IAS (FCR interface) and in XTV-DR

*: Registration time to the image disk without image data reformation to SAIPACS format

大角フィルムを読み取って転送する時間を示した．各モダリティーにおける画像のマトリックスサイズは表に並記した．

1画像の転送では，ファイル登録時間が画像転送（画像伝送時間＋ファイル登録時間）に占める割合が大きい．しかし，CT画像の20画像の転送を例にとると，Dataviewへの転送時間（CTからの伝送時間とDataviewでのファイル登録時間の合計）は1画像当たり20秒であり，これにDataviewからSAIPACSへの伝送時間16秒を加えた36秒がSAIPACSへの画像伝送時間になる．画像伝送とファイル登録26秒とは並行して行われるので，｛(画像伝送時間36秒×20画像）＋ファイル登録時間26秒｝／20画像から，1画像当たりのＣＴ画像の転送時間は３７秒になり，ファイル登録時間の影響は少なかった．すなわち，画像数が多いほど，伝送時間とファイル登録時間のどちらか長時間を要する方に転送時間が依存することになる．

日常の症例検討会でよく用いられるCTとMRI, FCRの画像の転送時間をここで例示する．すなわち大角フィルム8枚掛のシャウカステン2面に大角版のCT写真(20フレーム表示) 4枚とMR写真(20フレーム表示) 8枚，大四版のFCR写真4枚を並べることを考え，これと同じ内容，すなわちCT 80画像，MRI 160画像，FCR 4画像の転送時間を測定した．その時間は約1時間48分であった．したがって，通常の症例検討会に本システムを使用する際の準備としての画像転送時間は約2時間弱かかる．

Table 2に各モダリティーの1画像当たりの画像ディスクと集合型光ディスク（JB）間の入出力のための画像転送時間を示す．上記の症例検討会用の画像，すなわちCT 80画像，MRI 160画像，FCR 4画像を画像ディスクからＪＢへ書き込むのに要する時間は46.6分であった．したがって，JBに収集した画像を利用する場合は，1症例の画像データをCTやMRI，FCRの各装置から，DataviewとSAIPACSを経てJBへ転送し保管するのに，約2時間35分必要である．また，一旦JBに登録された画像データを画像ディスクへ読み出すのに約31分経過した．以上は1症例用の画像転送時間であり，通常の症例検討会では数例が対象となるので，その準備には検討会開始の数時間前にJBから画像ディスクへの画像転送を始めねばならない．すなわち，現在症例検討会にJBに収集された画像を用いることは困難である．

種々のモダリティーの画像が，画像ディスクから出てICシャウカステンへ書き込まれるまでの時間を測定してTable 3に示す．これを上記のCT 80画像，MRI 160画像，FCR 4画像の転送に適用すると，ICシャウカステンへの転送時間は約3分であった．症例検討会では，SAIPACSのワークステーションで画像の検索メニューを用いて該当患者の画像の指定操作を行い，画像データを画像ディスクからICシャウカステンへ転送する．担当者があらかじめ提示画像とその順序などを決めていれば，操作に要する時間は，過去10症例の平均で1症例当たり約15秒であり，画像転送の所要時間は平均4分であった．これに対して通常のX線フィルムを用いた症例検討会を考えると，各例のマスタジャケットからX線フィルムを取り出してシャウカステンに並べるのに，担当者がフィルムを事前に選択していれば30秒程度を要した．そして，これに症例の臨床経過などの説明が約5分加わった後に，放射線画像の検討が開始されることが多かった．これとほぼ同じ所要時間でICシャウカステンは使用できる．すなわちICシャウカステンへの画像転送の指定をまず行い，その後に臨床経過の説明などを行うと，症例の説明が終了する頃には画像転送も終了するので中断なく画像の表示に移れる．しかし，このような画像転送時間は不可欠であり，そのために，臨床経過の説明が簡単に終わる例では検討会の流れが中断された．

画像磁気ディスクからICシャウカステン（64MB）への画像転送を上記の画像例数で行うと，画像データ量は計

Table 2　Processing time for managing and retrieving/archiving image files between the juke box type optical disk and the image disk

Modality	CT	MRI	FCR	RI	XTV-DR	FD
Image matrix size	512×512	256×256	1760×1760	64×64	1024×1024	1760×2010
Time for retrieving an image	25	7.6	270	0.3	100	300
Time for archiving an image	16	5.0	180	0.2	66	200

(sec)

Table 3　Transfer time of an image from the image disk to the image memory (IC memory)

Modality	CT	MRI	FCR	RI	XTV-DR	FD
Image matrix	512×512	256×256	1760×1760	64×64	1024×1024	1670×1670
Image display time from the image disk to the IC memory	1.0	0.7	7.0	0.6	6.0	8.0

(sec)

77.2MBになり，ICシャウカステンの中にそのすべては収まらない．さらにICシャウカステンへの画像転送は，画像単位，あるいは画像のシリーズ単位で行われ，これらがメモリ上に自動配置されるので，この際にメモリ上の画像間にむだな空間が生じ得る．これは，シャウカステン上に複数のフィルムを並べるときに空きスペースが残ることに相当する．したがって，ICシャウカステンに搭載される画像数は単純計算より少なくなる．すなわち，放射線画像を主とする症例検討会には現有の画像メモリ容量では不足であり，128MB以上の大容量が必要と思われた．

4．研究，教育への利用

SAIPACSのワークステーションには，画像表示や画像処理のほか診断や研究，教育の基本的支援機能も加わっており，本研究ではこれらの実用化をはかった．

(1) 読影レポートの作成

ユーザーが事前に画像の所見や病名の短文を作って登録しておくと，この短文を検索，選択することにより診断レポートが作成される．当施設では，診断レポートを比較的短文化しやすい心筋シンチグラムについて本機能を試験した．しかし，試作の短文を連続させた文章では表現が不十分で，修正あるいは文章の追加が必要と感じられることが多く，その場合に現有のキャラクター端末のワープロ機能では対処困難であった．

(2) 骨診断のエキスパートシステム

SAIPACSのシステム磁気ディスクには，エキスパートシステム構築用の推論機構（エキスパートシェル）が設けられている．このエキスパートシェルを用いて，当院の放射線医による骨疾患の画像診断用の知識ベースを構築した．骨のX線写真を見ながら画像所見についての設問に答えると，疑われる複数の病名が確率の高いものから順に確信度の指標とともに出力される．本機能は，学生や研修医の教育あるいは診療修練用の手段として有用であった．

(3) 複合画像の編集とスライド作製

種々の放射線画像や図表を，それぞれ適当なディスプレイ条件でトリミングや拡大縮小，周波数処理などを行った後に，CRT画面で編集する機能を導入した．画像に説明文や矢印などを追加するアノテーション機能をもたせた．そして編集された画像をスライド化すべく，カメラに出力可能にした．

(4) CRT画面のレーザプリント

上記のようにCRT上で編集された画面を，レーザプリンタによりX線フィルムにハードコピー可能にした．その結果は教材として，あるいは学会におけるバックライト展示にも利用できる．

(5) 個人用光磁気ディスクファイル

複合画像などのCRT画面を，5インチの光磁気ディスクに記録し，ファイル管理したり，光磁気ディスクにファイルされた画像SAIPACSへファイル登録する機能も追加した．これにより，個人専用の画像ファイルが作成され，SAIPACSへ登録した画像データの個人的利用が容易になった．教官がこのような個人ファイルを準備しておけば学生の実習にそのまま利用できる．

(6) モダリティーの異なる画像の重ね合わせ処理

カラーCRTの表示メモリにおいて，上位8ビットと下位8ビットに各モダリティーの画像情報を記録し，一方を白黒画像で，他方をカラー画像で同時に表示することを試みた．しかし本法の実用化は容易でなく，色階調の豊富な，より高度な処理装置の導入が必要と思われた．

5．小規模PACSについての考察

(1) 画像転送時間について

当院のように，小規模PACSへ多種類の放射線画像を伝送する試みや，それに要する時間などの具体的なデータの報告は少ない[8),12)]．本研究では，小規模PACS（SAIPACS）による画像転送時間が実用範囲内にあるか，画像ワークステーションの利用は具体的に有用であるかを調べた．

画像転送時間は，各モダリティーとSAIPACSのCPUの処理速度や磁気ディスクの入出力速度，および入出力の管理機能（ソフトウェア）によっても異なる[9),10)]．また，入力チャンネル数が多ければ遅延要因になり得る．当院における転送時間はCT 37秒，MR 23秒（Table 1）であった．これに対して国内の大規模PACSを用いた報告では，CTやMRI，FCR画像が各モダリティーから画像収集用の磁気ディスクへ転送されるのに，1画像当たり40秒から50秒要するとされている[2),3),8)]．UCLAでは，CT 22画像とMRI 16画像の転送時間が約40分と7分であって，これらがホストコンピュータを経て画像表示用ワークステーションの磁気ディスクへ転送される時間を加えると，それぞれ41.8分と7.79分である[12)]．これは1画像当たり，CTで114秒，MRで29.2秒であり，当院より遅い．しかし当院の現行のシステムにおいても，全画像の集中管理にPACSを利用するには，その転送時間はなお遅すぎると感じている．当院で明らかになった主たる問題は，画像とその付帯情報の通信規格（データフォーマット）が装置メーカーごと，あるいは画像モダリティーごとに異なるため，種々の画像モダリティーをネットワークする場合にフォーマット変換が必要なことであり，これは転送時間を遅延させた．すなわち，各モダリティーの画像データを転送する場合に，モダリティー側でSAIPACSフォーマットへ変換しておくか（XTV-DR），モダリティーから受け取ったデータをSAIPACS側で変換するか（RI），あるいはモダリティーとSAIPACS間のインターフェース（Dataview）において必要な画像データの変換を行わなければならなかった（CT 9800, Signa Ver. 4）．

最近，画像伝送時間の短縮のために，Ultra Network Technologies（Ultra Net）やFiber Distributed Data Interface（FDDI）などの高速通信手段が開発されている[15)]．しかし，既存の種々の画像法とPACSにおけるCPUの処理速度や入出力機能を残したままでは，これらをPACSへ追加導入しても画像伝送収集時間の短縮に直

ちにはつながらない[9),10)]．最近はメーカーも通信用のデータフォーマット規格の統一に積極的になってきた．これはネットワークの単純化につながる．当院で最初に小規模PACSを導入した際には，インターフェースとしてのDataviewが必要とされた．今後このような問題はしだいに減少するであろう．しかしデータフォーマットが統一されても，基本的な画像収集時間の短縮にはつながらない．磁気ディスクで行われているフォーマット変換が高速化されない限り，画像収集のための転送時間を飛躍的に短縮させることは望めないと思われる．

当院におけるFCRの画像伝送には，SAIPACSで行われるフォーマット変換がインターフェース（IAS）で行われた．これはFCRの取り扱う大量の画像データの処理により，SAIPACSでその他の画像の処理が大幅に遅れることをさけるためであった．FCRやFDを取り扱う画像ネットワークにおいて，FCR画像が撮影後約3.5分でワークステーションに転送できたという報告があるが[13)]，FCRのPACSによる画像転送時間の報告を見ても，撮影実施後にこれが画像診断室のCRTに表示されるまでの時間が長く，多忙な放射線医を満足させていないようなシステムが多い[1)-3),11),12)]．FCRのような大量のデータを取り扱うモダリティーでは，独自のネットワーク化の考え方も成立するであろう．事実，最近FCRは独自のネットワークによる院内の画像転送システムを発表しており，フォーマット変換を行わず，圧縮技術[7),16)]の導入による実用的で迅速な画像転送が行われている．伝送時間の短縮には画像圧縮方式の検討が残されており，これが有効に取り入れられなければ，PACSの種々の利点を具体化させるための大幅な伝送時間の短縮は期待できないであろう．

(2)　ワークステーションによる症例検討会について

ワークステーションによる症例検討会は，PACSの利用法として有望な領域であろう．症例検討会では，担当医がワークステーションにおける画像表示をスムーズに行う必要がある．現行のわれわれのシステムでは，症例検討会の開始前に画像ディスクへ必要な画像を転送しておき，症例提示に際しては，これをICシャウカステンに転送してCRTに表示している．CRTは4台使用できるので，適宜CRTを選択して画像を表示するが，効果的なプレゼンテーションを行うには，どのCRTへどの画像をいかなる表示条件で提示するかなどの前準備が必要であった．従来の使用経験から，本システムのワークステーションを効果的に利用するには，ICシャウカステンの記憶容量の増設とCRT台数の増設が必要と思われた．そして，ICシャウカステンに表示される個々の画像サイズを現行のものより大きくして見やすくすべきと思われた．また，種々のモダリティーによる画像をCRTに表示するときに，その表示条件が自動化されていると便利である[14)]．

本システムにおいては画像転送時間と集合型光ディスクでの画像入出力時間が長くかかることから，現行では選択された画像のみを画像磁気ディスクへ転送して使用しているが，それでも転送時間が長く，PACSの症例検討会への利用意欲を低減させる．しかし，放射線画像のシネモード表示や種々の画像処理像を表示できるという大きい利点も否定できない．われわれは，後述の多目的ネットワークを利用でき，MacintoshやIndigo-2からの画像をSAIPACSへ転送できることから，これらを症例検討会などに利用した場合の利点をさらに確認したいと考えている．

(3)　研究，教育への利用について

症例検討会のような画像転送の迅速性がそれほど必要とされない場合，たとえば学生の臨床実習などでの画像表示に，本システムは有効であった．これに使用する教材用の画像を作成する場合に，SAIPACSに収集された画像のみならず，MacintoshやSAIPACSの複合画像の編集機能や文字表示のアノテーション機能が利用できる．これらの画像は5インチの個人用光磁気ディスクにファイルできるので，教官が各自で教材画像を収集し保管できる．しかし，この光磁気ディスクへの入力がCRT表示画像（表示マトリックス：1024×1024）を用いて行われる場合に，胸部や骨の単純X線写真の画質は不十分であった．2048×2048マトリックス以上の利用が必要と思われた．Macintoshから入力した文字画像をプリントアウトする場合にも，マトリックスサイズを大きくすることにより鮮明な文字表示が可能になり，これはたとえば学会におけるバックライト展示に使用できる．

骨疾患の放射線診断へのエキスパートシステムの利用を現在試行中であり，今後の発展が期待できる．診断レポート作成への利用については，定型化した短文の作成に困難性があった．十分なレポート作成には多くの短文が必要であり，これらの検索や修正に時間を要し煩雑であった．むしろフリーフォーマットによる記載の方が，短時間に要領よくレポートを作成しやすかった．

CT/MRIネットワークシステム

当院のMRI室は，既存の放射線部から離れて新設され，CT室から約300m離れた場所に位置している．このため，両検査室間のネットワーク化により，検査担当者間のコミュニケーションや画像の相互参照を可能にすることが望まれていた．しかしSAIPACSにおける経験から，これを実現して有効に利用するためには迅速な画像転送が不可欠な条件になると考えていた．昨年度，既設のCT（CT 9800 Quick, CT-1と略）とMRI（Signa Advantage Ver. 4, MRI-1と略）に加えて，新たに同一メーカー（GE社）のCT（CT HiSpeed Advantage, CT-2と略）とMRI（Signa Advantage Ver. 5, MRI-2と略）が増設され，従来のわれわれの希望をほぼ満足させるネットワークが構築された．そして画像処理装置Advantage Windowsが加わり，転送された画像データの多目的処理が可能になった．以下にその概要を述べる．

1．CT/MRI ネットワークシステムの構成

今回構築されたCT/MRI ネットワークシステムの特徴は，データフォーマットの変換が不要であり，データ量の少ない圧縮画像を迅速に画像転送できることである．システムの構成は，CT-1 とCT-2，MRI-1 とMRI-2 で，それぞれにオペレータコンソールと独立コンソールが備わり，これらの画像データはAdvantage Windows で処理する(Fig. 1)．これらは同一メーカー（GE 社）製であるので，そのデータベースがほぼ同じで，データーベースとメーカー専用の通信規格（GE 社のデータフォーマット）も同じである．このため，ネットワークにおいてフォーマット変換を必要とせず，データベースがそのまま転送されると考えてよい．また，同様の管理機能をもつ装置でシステムが構成されているため，データベース構築のうえでも問題が少ない．さらに，各装置の画像圧縮（2分の1可逆圧縮）機能も同じであり，圧縮画像を迅速に伝送できる．

本ネットワークには，画像のデータを一般的なデータフォーマットのACR/NEMA（American College of Radiology/National Electrical Manufacturers）Ver. 2 に変換して，他のネットワーク（後述の多目的ネットワーク）に供給するためのGateway（Universal Gateway：UGW，GE 横河メディカル製）を加えている．さらに上記のように，従来からのSAIPACS への画像転送方法としてのDataview の経路も残している．

2．CT/MRI ネットワークによる画像データの転送

本ネットワークでは，Table 4に示す装置間で画像データの転送を可能にしている．通信方法にはEthernet を用い，通信プロトコールはTCP/IP，データフォーマットはGE 専用フォーマットを用いている．

ネットワークとシステムを構成する各装置との結合部にはtransceiver が付設されており，これの制御により画像データの各装置への入出力や単なる通過が決められる．すなわち，画像データを直接に目的とする装置へ転送させ，途中に介在するモダリティーを素通りさせる機能である．このため本ネットワークのどの装置間でも転送できる．

画像データの流れをFig. 1に示す．このうち主な作業と画像転送は以下のごとくである．CT-1 とMRI-1 で合成された画像を，放射線医はそれぞれの診断コンソール(Diagnostic Console）で見て診断している．CT-1 のオペレータコンソールと診断コンソールは，互いに並行動作して画像データベースの磁気ディスク（300MB）を共有している．MRI-1 についても同様に診断コンソールと磁気ディスク（300MB）を共有している．このためネットワーク構築のうえでは，CT-1 とMRI-1 のそれぞれのオペレータコンソールと診断コンソールとは，一体の装置として扱われる．増設されたCT-2（磁気ディスク：1720MB）とMRI-2（磁気ディスク：600MB）の画像データは，それぞれの（独立）診断コンソール（磁気ディスクはCT-2：1.3GB，MRI-2：1.2GB）へ自動転送され，放射線医がここで診断を行う．CT-2 の診断コンソールへはCT-1，MRI-2 の診断コンソールへはMRI-1 の画像データも，自動またはマニュアル操作で転送される．すなわち，診断コンソールの磁気ディスクの記憶容量が大きい（CT-2 は最大3200 画像，MRI-2 は最大800 画像）ので，これを利用して2機種分の画像データが記録でき，これらはすべてDigital Audio Tape（DAT）へ自動保管される．また，研究，教育に必要な画像は5インチ光磁気ディスク(MOD, 600MB）にも記録できる．

CT 室とMRI 室の画像転送は，主にCT-2 とMRI-2 の診断コンソール間で行われ，検査担当医間の診断支援に利用される．また，CT-2 とMRI-2 の診断コンソールからAdvantage Windows へ画像転送され画像処理が行われる．なおCT-1 は他の装置とデータフォーマットが若干異なっていたので，画像転送のためのフォーマット変換が必要であり，このためのソフトウェアが追加された．

上記の主な画像データの流れ以外にも装置間の画像転送を可能にしている（Table 4)．これらは，Advantage Windows の処理画像をCT-2 やMRI-2 の診断コンソールで観察したり，DAT または5インチ光磁気ディスクへ保管する．また，CT-2またはMRI-2 で，CT-1またはMRI-1 の画像を観察するなど，通常は使われないが，CT-2 やMRI-2 の診断コンソールが画像観察に使われているときなど，補助的に使えるようにしている．

CT/MRI ネットワークと後述の多目的ネットワーク(Fig. 1，下段）とを結合するため，前者の出口としてUGW を設けた．UGW では，画像データはGE 専用フォーマットから，現在最も一般的なACR/NEMA Ver. 2 フォーマットに変換され，かつ，画像圧縮をもとに戻して磁気ディスクへ記憶される．UGW の磁気ディスクは，CTのみであれば約1500 画像，MRI のみでは約6000 画像を記録できる．ディスクが充満されると，自動的に画像データの古いものから消えてゆき，新しいものが入る．このUGW の磁気ディスクに記憶された画像データは，多目的ネットワークシステムを構成する装置からアクセスできる．

3．CT/MRI ネットワークシステムの使用結果

Table 4に，現在転送可能にしている装置の組み合わせと，その各装置間による画像転送時間の測定結果を示す．ここで画像転送時間とは，転送元の磁気ディスクからの読み出し，ネットワークによる伝送，転送先への登録時間の合計である．測定は動作確認用プログラムを用いて，1組の送受信装置以外では画像転送が行われていない状態で実施した．

CT-1 から他の装置への転送は約8秒，また，CT-1 を除く他装置からUGW への転送時間は約6秒であった．すなわち，本ネットワークシステムでもフォーマット変換を必要とする場合は転送が遅かった．その他の装置間では，CT は約3秒／画像，MRI で約2秒／画像で短時間転送が可能であった．

日常的に使用する場合に，本ネットワークでは，CT-2

Table 4　Transfer time from device to device

(sec)

from \ to	CT-2 Operator Console	CT-2 Diagnostic Console	MRI-2 Operator Console	MRI-2 Diagnostic Console	Advantage Windows	UGW
CT-1 Operator Console	7.9	7.9	7.9	7.9	−	−
CT-2 Operator Console	−	2.8	2.8	2.8	3.2	5.8
CT-2 Diagnostic Console	2.8	−	2.8	2.8	3.2	5.8
MRI-1 Operator Console	1.9	1.9	1.9	1.9	2.1	5.3
MRI-2 Operator Console	1.9	1.9	−	1.9	2.1	5.8
MRI-2 Diagnostic Console	1.9	1.9	1.9	−	2.1	5.8
Advantage Windows	1.9/2.8	1.9/2.8	1.9/2.8	1.9/2.8	−	5.9

1.9/2.8: matrix size (256×256/512×512)

とMRI-2の診断コンソールへはそれぞれCT-1とMRI-1から画像データも転送されるので，CT-2あるいはMRI-2の診断コンソールにおける読影診断業務に支障をきたすと困る．この点については，画像データがCTやMRI装置の識別情報を持っているので，CT-2とMRI-2の画像で，かつそれぞれの最も新しい画像をCR-2とMRI-2診断コンソールのCRTに優先的に自動表示するauto-view機能を利用すると問題にならなかった．

今回のネットワーク化により，CTとMRIの4装置によって画像データが共有され，以下のような利点を得ている．

(1)　たとえばMRI室で検査中の患者について，すでにCTスキャンが施行されていればその画像をCT-2の診断コンソールから呼び出して参照することが可能になった．

(2)　当院では，CTやMRIの検査直後にそのレポートを作成しているが，本ネットワークを用いることにより，難解例について，離れた場所にいる他の放射線医の意見を求めやすくなった．

(3)　CTとMRIの全装置に関する画像データの高度な画像処理を，1台の画像処理装置，Advantage Windowsで行えるようになった．

4．CT/MRIネットワークシステムの考察

本ネットワークシステムにより，画像診断法として現在重要なCTとMRI検査室が機能的に一体化したことは当院において得るところが大きい．また，今回達成できたネットワークシステムは同一メーカーの装置とネットワークを用いた閉鎖的なものであるが，これにより，画像転送におけるデータフォーマット変換が必要なく，圧縮画像による転送にも問題が生じないことから，CTで約3秒／画像，MRIで約2秒／画像の短時間転送が可能になった．本ネットワークシステムの中で唯一CT-1の画像転送にフォーマット変換が必要であり，そのデータ転送はやや遅延した．

当初，CT-1とMRI-1の画像データをSAIPACSへ転送するためにDataviewが利用された．この場合の転送時間は，CT-1で約20秒／画像，MRI-1で約12秒／画像であった（Table 1）．Dataviewでの磁気ディスクによるフォーマット変換時間が影響したと思われる．

本ネットワークシステムの問題点としては，DATによる画像保管は，経費が低コストであるが，過去の画像の読み出しが効率的でないことであろう．これに関しては，5インチ光磁気ディスクの利用法を含めて，今後種々の角度から検討する必要があると考える．本システムを，大規模PACSでのCT，MRI画像収集システムと考えることもできるし[9),10)]，本ネットワークを拡張し，院内に端末を設置して画像保管機能を充実させれば，有用性の高いCTとMRIの画像ネットワークにもなり得る．FCRの画像伝送をメーカー独自のネットワークシステムで行うのと同様であり，撮影後短時間に，広範に画像転送を行うことを目指したものといえる．このような，単一メーカーによる閉鎖的なネットワークの利点と一般的なデータフォーマットの共通ネットワークとを結合させて，多目的な画像処理システムを結合させて得られる利点などを考慮したネットワーク作りが重要と思われる．

多目的ネットワークシステム

多目的ネットワーク（Fig. 1，下段）では，CT/MRIネットワークのUGWとSAIPACSから画像データを取り込み，画像処理装置でこれを処理，編集する．処理画像はSAIPACSへ逆転送する．

1．多目的ネットワークシステムの構成

本ネットワークに結合した画像処理装置は以下のとおりである．

(1)　Indigo-2（Silicon Graphics社製，Indio-2 R-4400）

メモリ128MB，ディスク容量1GB，クロック周波数150MHz，色階調RGB256階調の機能をもち，各種の研究用画像処理ソフトウェアパッケージ（Dr. View）を搭

載している．UGWとSAIPACS経由で各種モダリティーの画像データをここへ転送して，重ね合わせ表示など各モダリティー専用の処理装置では困難な高度の処理を行う．

(2) Macintosh（Apple社製，Quadra 840AV）

本装置は，種々の放射線画像の出力源である放射線部から約250m離れた放射線科医局の情報処理室に設置されている．画像編集機能と図形，文字入力機能をもつ汎用パソコンMacintoshとフィルムディジタイザ（Konica LD-4500），透過および反射光型スキャナ（シャープJX-610），アナログ磁気ディスク（テイアック製SV-100M），3.5インチ光磁気ディスク，および5インチ光磁気ディスクなどで構成されている．この5インチ光磁気ディスクは，CT-2とMRI-2の診断コンソールに付属している5インチ光磁気ディスクと互換性を有する．Macintoshの画像編集と文字入力機能を活用して種々のモダリティーによる画像を研究，教育用に編集し，これを個人保管したり，あるいは教室用に疾患別光磁気ディスクにファイルする．編集画像やフィルムディジタイザから入力したX線写真のデータ，スキャナから入力した参照アトラスやシェーマ，図表などをSAIPACSへ転送して症例検討会の場などで表示できる．

(3) Xe-CBF（安西総業製，脳血流解析装置AZ－7000）

CT-2で得られるXeガス吸入併用のCT画像データの解析装置である．

ネットワークには，UGW，Indigo-2，Macintosh，Xe-CT，およびSAIPACSが結合し，ハードウェア機能としてはCT/MRIネットワークと同様に，どの組合せの装置間でも画像転送が可能になっている．なおネットワークの通信にはEthernetが用いられている．

本ネットワークの特徴は，データフォーマットを一般的なACR/NEMA Version 2に統一したことである．データフォーマットの異なる種々の装置を結ぶ共通ネットワーク（多目的ネットワーク）においては，送信側装置のフォーマットから伝送用フォーマットに変換され，さらに伝送用フォーマットから受信側装置のフォーマットに変換することが必要になる．伝送用フォーマットを，一般的なACR/NEMAにより統一することは，前記のように特別なインターフェースが必要なくネットワークが単純化される利点がある．また，本システムでは，CTとXe-CTのデータフォーマットが異なるが，Xe-CTメーカーではACR/NEMAとのフォーマット変換ソフトウェアが用意されていて，ネットワーク構築が容易に行えたなど，将来の拡張を容易にする利点がある．

2．多目的ネットワークシステム構築と使用結果

本ネットワークによる各装置間の画像転送についてはまだ経験が浅い．伝送用データフォーマットの統一に伴い，SAIPACS，Indigo-2およびMacintoshの各装置のデータフォーマットとACR/NEMAフォーマットとの変換プログラムが必要であり，この転送に伴うファイル管理ソフトウェアも必要になった．これらのプログラムに未完成な部分も残っているが，現在下記の転送が可能である．

(1) UGWからIndigo-2，MacintoshおよびXe-CTへの一方向の画像転送

(2) Indigo-2とMacintosh間の双方向画像転送

(3) Indigo-2とSAIPACS間の双方向画像転送

(4) MacintoshとSAIPACS間の双方向画像転送

現時点では，われわれはこれを，種々の放射線画像を臨床や研究，教育の場で必要とされる内容に加工したり，伝送させる手段として用いている．たとえばIndigo-2（Dr. View）は，異種画像の重ね合わせ表示などの研究開発に利用されている．Macintoshの画像編集や，文字や図形のすぐれた表示機能は，放射線画像の編集に利用され，スライド作製や受信紙へのプリントアウト，5インチ光磁気ディスクへの研究あるいは教育用画像をファイルする目的で利用されている．そしてUGW[9]とSAIPACSからIndigo-2へ，あるいはMacintoshからSAIPACSへ画像を転送し，これらにより作成された教育用画像や，スキャナで読み込まれた参考資料をSAIPACSへ転送しファイル登録できる．

3．多目的ネットワークシステムについての考察

本ネットワークは，今後も引き続いて当院に導入されるであろうディジタル画像法のデータ転送に利用できる．将来的には病院の情報システムHIS（Hospital information system）と放射線画像のデータベースを結ぶネットワークの中心になるであろう[1),2)]．

ま と め

当院の放射線画像ネットワークシステムでは，各種のモダリティー画像を取り込み，これを観察するSAIPACS，CTとMRIの画像を診断するCT/MRIネットワークシステム，および画像データを加工する多目的ネットワークシステムから構成され，種々の作業を分担できる．ネットワークによるシステム間での放射線画像の転送により，放射線医学領域の診療や研究，教育を目的とした画像データの有効利用が可能になった．本稿では，これらの経験からネットワークシステムの有用性と問題点を報告した．

文 献

1) Irie G: Concept of Hokkaido University picture archiving communication system. J Digital Imaging 14, Suppl 1: 3-5, 1991

2) Takeda I, Kudo T: Network system: The integrated picture archiving and communication system with the hospital information system. J Digital Imaging 14, Suppl: 6-14, 1991

3) Ozaki Y, Miyasaka K: Image terminal series of Hokkaido Uinversity picture archiving communication system. J Digital Imaging 14, 4, Suppl 1: 15-19,

1991
4) Asai E, Takano M, Chida M : FCR system in Hokkaido University Hospital. J Digital Imaging 14, Suppl : 20-23, 1991
5) Yamamoto I, Kaneda K : The practical use and evaluation of picture archiving and communication system in the department of orthopaedic surgery. J Digital Imaging 14, Suppl : 25-27, 1991
6) Miyamoto K, Abe S, Kawakami Y : Picture Archiving and communication system in Hokkaido University Hospital : Advantage and Disadvantage of HU-PACS chest roentgenogram images in the outpatient clinic. J Digital Imaging 14,Suppl : 28-31, 1991
7) Miyasaka K, Abe S, Fujita N, et al : Management and clinical utilization of computed tomography, magnetic resonance imaging and angiography in Hokkaido Hospital picture archiving and communication system. J Digital Imaging 14, Suppl : 32-35, 1991
8) 宝金秀一，宮坂和男：北海道大学病院のPACSの運用状況と将来について．第17回大阪大学BME研究会コロキアム：37-40, 1994
9) Mun SM, Horii S, Benson H : Picture archiving and communication in radiology : An American perspective. J Digital Imaging 14, Suppl : 43-53, 1991
10) Perry JH : The impact of networking on image acquisition system design. J Digital Imaging 14, Suppl : 62-65, 1991
11) Chen DT, Ho BK, Chao W et al : Image flow management in a PACS network. UCLA Research and Development Progress Report : 71-78, 1994
12) Lou SL, Huang HK : Assessment of a neuroradiology picture archiving and communication system in clnical practice. AJR 159 : 1321-1327, 1992
13) Taira RK, Mankovich NJ, Boechat MI, et al : Design and implementation of a picture archiving and communication system for pediatric radiology. AJR 150 : 1117-1121, 1988
14) Hohman SA, Johnson SL, Valentino DJ, et al : Radiologists' requirements for primary diagnosis workstations : preliminary results of task-based design surveys. UCLA Research and Development Progress Report : 51-55, 1994
15) Stewart BK, Lou SL, Wong A et al : Performance characteristic of an ultrafast network for PACS. UCLA SPIE 1446 : 141-153, 1991
16) Mori T, Nakata H : Irreversible data compression in chest imaging using computed radiography : An evaluation. J Thoracic Imaging 9 : 23-30, 1994