

◎原 著

新型DR装置・高精細CCDカメラX線テレビ装置の使用経験

稲山 恒雄, 中井 睦郎, 梶本 和宏¹⁾, 光延 文裕¹⁾
御船 尚志¹⁾, 谷崎 勝朗¹⁾, 越智 浩二²⁾,
Riaz Chowdhury²⁾, 佐藤 昌孝³⁾, 右近 弘栄³⁾

岡山大学医学部附属病院三朝分院放射線室

¹⁾岡山大学医学部附属病院三朝分院内科

²⁾岡山大学臨床検査医学

³⁾東芝メディカル(株)

要旨：画像の入力部に世界初100万画素の多画素・高精細のCCD（電荷結合素子）を用いたテレビカメラを搭載したX線テレビ装置とDigital・Radiography装置を導入し、主に消化管検査を中心に多目的に使用した。このシステムは従来のscreen/filmシステムの持つ膨大な情報量を確保しながらCCDカメラのメリットを最大限に生かしており、DRシステムの特長であるリアルタイムのCRT撮影画像表示、透視像のFREEZE確認、動態解析、画像処理等を導入することにより診断能の向上がはかれた。更に、従来X線フィルム・撮像管に比較して被曝量の大幅な低減が期待できた。また、デジタルであるため撮影像をHDに保管すると共にMODにも記録・再生が可能である。今後、PACSやフィルムレス電子媒体保管への展開の可能性についても確認できた。

索引用語：増感紙/フィルム, 光電子増倍管, デジタル・イメージング, 電荷結合素子, 光磁気ディスク, デジタルラジオグラフィ

Key words : Screen/Film, Image・Intensifier (I・I), Digital・Imaging, CCD, MOD, Digital Radiography

I. はじめに

X線発見より、100年になろうとしているが、従来の、Image・Intensifier (I・I) とTVカメラを用いたシステムが現在も医用画像分野の大部分を占めている。X線診断装置の歴史の中では、CTの出現によりDigital・Imaging・System化が実現した。近年の医用画像分野では、X線CT、

US, DSA (Digital Subtraction Angiography), MRI, CR (Computed Radiography) 等のDigital・Imaging技術が発達し、画像処理技術も確立されつつある。

1980年ごろから登場してきたI・I-TV装置のDigital・Imaging・Systemは、今日DSA装置として普及してきた。しかし、全X線撮影検査の割合からすると血管造影検査で用いる程度で限られ

たものであった。またマトリクス数が256×256、あるいは512×512と限られた空間分解能でありscreen/filmシステムに劣っているために一般撮影領域にまで広がることは少なかった。しかし、近年医療現場ではさらに高マトリクスI・I-TV方式を望んでおり環境は新しい局面を迎えてきた。

当院では、1994年4月より画像の入力部に世界初100万画素の多画素・高精細のCCDを用いたテレビカメラを搭載したX線テレビ装置（東芝：FLUOREX：DTA-380A）とDigital・Radiography（以下DRと呼ぶ）装置（東芝：DDX-1000A）を導入し、消化器系検査を中心に婦人科領域の子宮卵管造影、骨盤計測、また内視鏡検査との併用など多目的に使用する機会を得た。そこで今回はその有用性と問題点を検討した。

II. 装置の概略

当院に設置したDRシステム（I・I-DR）は、X線透視撮影台、操作コンソール、演算処理装置の3つからなる。写真1にX線テレビ透視撮影台を示す。X線テレビ装置の機能としては、断層撮影・アンギオ撮影（6枚/秒連続撮影）・IP撮影フォーマット機能の付いたアイランドタイプの撮影台であり、I・I-TVチェーンにはトリプル視野（12/9/6インチ）アドバンスト・スーパー・メタル形I・Iと100万画素・高精細CCD方式TVカメラを搭載しておりDRシステムの要となっている。X線高電圧装置は、出力80KWのインバータ方式でインテリジェントAECと名付けられた新方式の自動露出制御と相まって濃度の安定した撮影が可能である。各フィルムサイズ左右2.3分割2回/秒・3回/秒の連続撮影と0.4~6コマ/秒で0.2ステップDR連続撮影が可能である。また、近接操作卓は防滴タイプのシートスイッチ・水平解像度1050本17インチ高精細X線モニタが装備されている。写真2は遠隔操作卓・収集処理コンソールを示す。遠隔操作卓には、水平解像度1050本15インチ形高精細モニタを搭載。DRとscreen/film（以下Conventional）は、スイッチ一つで切り替わり、DR撮影画像は、撮影と同時にCRT表示され、画像の確認、診断が可能である。I・I視野

サイズは、12/9/6インチの3モードがスイッチ一つで簡単に選択できる。また、画像マトリクスサイズは1024×1024となっている。収集処理コンソールでは、CCDカメラからA/Dコンバータを通しデジタル形式で画像データを受け取り必要な処理を施してモニタに画像表示する。画像処理装置は、収集処理コンソールで行う。また、収集したデータは種々の形式で外部に出力することが可能である。

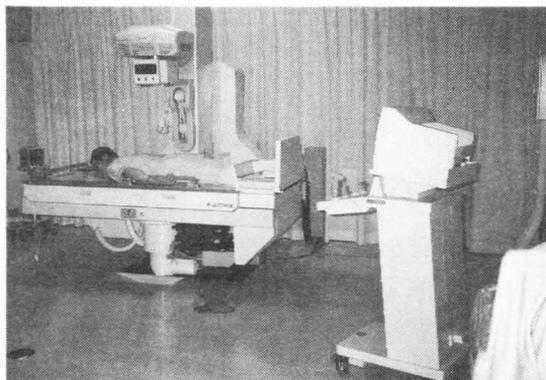


写真1 X線テレビ透視撮影台 (DTA-380A)

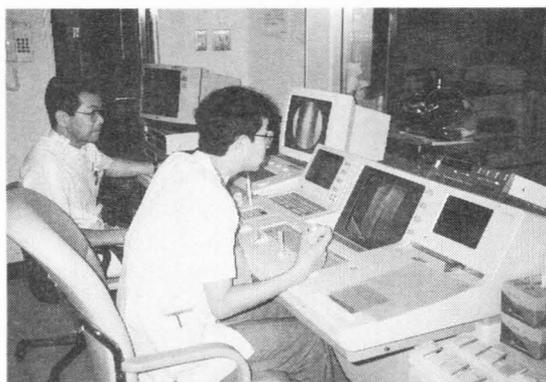


写真2 遠隔操作卓 (右)・収集処理コンソール (左)

このシステムを画像の流れに沿って示したものが図1のI・I-DRシステムブロック図であり、図2に機器の構成を示す。CCDカメラで得られた画像信号は、カメラコントロールユニットでA/

D変換され、リカーシブフィルタ等の処理が行われた後、デジタルデータ形式で画像処理装置（演算処理装置）に送られる。実際の検査では1枚撮りの場合や連続撮影の場合があるが、収集された一連の撮影画像は全てメモリ上にテンポラリに記録され、それと同時に磁気ディスクにも転送される。メモリ上の画像は一時的にしか存在しないが、磁気ディスク上の画像は能動的に消去されるまでは存在する。ディスク容量は約400画像であり、数日分の検査データを蓄えておけるのでこの間必要に応じて再度呼出すことができる。

メモリに記録された画像は、散乱線補正やフィルタ処理、階調処理を行い、必要に応じて拡大や回転が加えられて画像表示される。これらの操作は収集処理コンソール（写真3）で行い、タッチパネル方式での操作を行う。

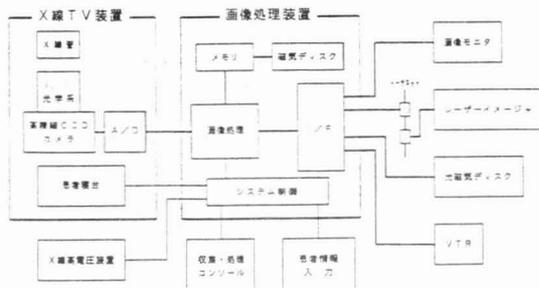


図1 II-DRシステムブロック図

X線テレビ透視撮影台	東芝	FLUOREX : DTA-380A
高電圧発生装置	東芝	KXO-80N (80kWインバータ)
X線管球	東芝	DRX-3535HD (0.3/0.8mm)
11 (光電子増倍管)	東芝	12/9/67(オプトレストスーパーメタル) 11
テレビカメラ	東芝	100万画素CCDカメラ (MTV-500A)
デジタル画像処理装置	東芝	DDX-1000A
		マトリクス 1024×1024, 10bit
レーザーイメージャー	コニカ	Li-10A (自動現像機直結型)
自動現像機	コニカ	SRX-503
光磁気ディスク装置	リコー	RS-9200Xi (652MB)
VTR	松下	AG-7355
	ビクター	BR-S601M×2
カラープリンター	東芝	TPC-7070
電子内視鏡装置	オリンパス	CLV-U20D

図2 システム構成



写真3 収集処理コンソール (DDX-1000A)
タッチパネル方式の操作はシンプルで軽快、繁雑さを感じない。

画像データは、画像表示と並行して各種インターフェースを介して外部に出力されレーザーイメージャー（写真4）へは、イーサネットによりデジタルデータを転送し所定のフォーマットでフィルム画像を作成する。

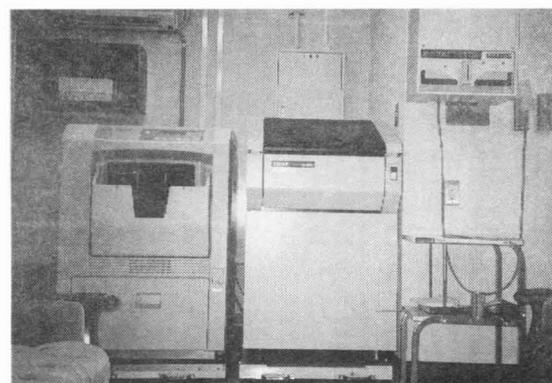


写真4 右がレーザーイメージャー (Li-10A) 自動現像機 (左 : SRX-503) 直結型。

光磁気ディスクへは一定のフォーマットによるデジタルデータを出力し、画像を一枚一枚記録し画像ファイルする。また、VTRへの記録の方式としてはS-VHS方式を用いビデオ信号を出力し動態の画像記録を行っている。RS-232Cを介し

てVTRの動作制御も行っているので、記録画像のファイル管理が行えるようになっている。(写真5) このシステムでは主に透視画像の記録を行い、診断のための新しい付加価値を模索している。



写真5 左側の上段下段は内視鏡検査用VTR (BR-S601M)
二段目が透視用動画像VTR (AG-7355)
中段が光磁気ディスク (RS-9200Xi)
上段は電子内視鏡用モニター (KX-14HD1)

Ⅲ. 各種機能

① 患者情報登録 (編集, 患者リスト, エラー回復, 表示形式)

患者情報を登録するプログラムで、PCにて患者番号を入力、検査名、性別、年齢、必要に応じてコメントを入力する。X線検査で透視・撮影を行う画像メモリやハードディスクに撮影画像が記録され、これらの画像を管理している。X線検査をする前に「患者情報登録」プログラムで患者情報を入力、検査の準備ができたならメインコンソールの患者モードで「患者選択」機能を実行すると患者検査データベースに登録されている患者情報がタッチパネルにリスト表示される。表示された患者情報の中から、これから検査する患者情報を選択する。X線検査が始まり、撮影によって画像収集を行うと、画像メモ

リまたはハードディスクに収集した画像に付随して記録される。

② 画像処理・収集機能

画像処理装置の主な操作を行う収集処理コンソールには、動作モードを選択するシートスイッチとモード内の機能を選択するタッチパネル及びVTRの保存画像を再生操作するジョグシャトルがあり、動作モードとタッチパネル機能スイッチには患者モード・検査モード・診断モード・MODモード・VTRモード・ユーティリティモードがある。他のシートスイッチには、オートウィンドウ処理・ネガポジ反転処理・前画像・後画像・モニタ選択・表示選択・セーブ等がある。

③ 検査モードにおける機能

構成機能は、透視線量モード (低線量 \leftrightarrow 標準線量)・透視記録 (VTR透視記録オン \leftrightarrow オフ)・動画フラッグ (VTR透視像注目マーク)・連続撮影レイト・検査画像確認 (検査中に撮影したインデックス画像一括確認)・検査画像削除 (検査中に撮影した画像の中から不要画像削除)・画像処理条件・フィルムアウト・検査画像プリント・プリントキャンセル等の機能を有する。

④ 診断モードにおける機能

収集処理コンソール [DIAGNOSIS] キーで収集した画像を用いた診断を支援する診断モードになる。

構成機能は、LIST (患者リスト又は、画像内から患者指定)・CONFIRM (画像確認カレント患者の画像をインデックス画像一括確認)・ZOOM・ROTATE (拡大/回転)・SHUTTER (表示シャッター矩形/円形)・ANNOTATE (画像に注釈・コメント/矢印/定規/線分)・動態診断 (頭だし再生/撮影画像検索再生/動画フラッグ再生)・PRINT (レーザーイメージャで画像をフィルム)・CURRENT (多分割表示の時、画像処理対象画像を指定)がある。

⑤ MODに関する機能

収集処理コンソール [MOD] キーで収集した画像を記録。記録された画像を再生する

MODモードになる。

構成機能は、MOD初期化 (INIT)・MOD削除 (DELETE)・MODマウント/ディスマウント・MOD記録 (SAVE)・MOD再生 (LOAD) がある。

⑥ VTR/VDR機能

収集処理コンソール [VTR/VDR] キーでテープ/ディスクの再生/記録を支援するモードになる。

構成機能は、テープ初期化・テープマウント・テープディスマウント・TEMPがある。

⑦ UTILITY

収集処理コンソール [UTILITY] キーでUTILITY (HDD内画像の削除) がある。

削除の実行は、HDD内に空がなくなった時実行する。

IV. 画像処理と臨床評価

① 強調画像処理

本装置で使用している空間フィルターは画像成分の大部分が含まれる中間周波数領域を強調し、ノイズの割合が多い高周波数領域を押さえるという特性を持っている。さらに画像を観察しながら強調の度合いを手動で連続的に調整できる。これらにより鮮鋭度が高くノイズの少ない画像を容易に得られている。臨床例では、未処理よりも強調処理をした方がDR画像は見やすいようである。

② 白黒反転画像

本装置では、骨黒 (ポジ) と骨白 (ネガ) が簡単に切り換えられる。ポジは隆起の輪郭が見やすくなりネガは表面の凹凸などの性状がわかりやすいように思えるが、これは、読影するものの主観に左右されやすい。

③ ZOOM (拡大) 処理

収集した画像の中で任意の範囲を指定し、コンピュータ処理にて拡大して表示することが出来る。一般に拡大すると像はボケるが、実際に2倍に拡大しても潰瘍底の性状や粘膜ひだの集中、周堤の状態などが見やすくなり、拡大画像の任意移動と共に患者への迫力ある診断説明に

は魅力である。(写真6) ただし、現在では拡大像をプリントアウトすることが出来ない。

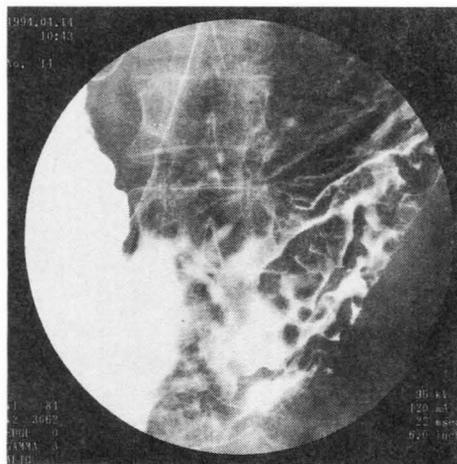
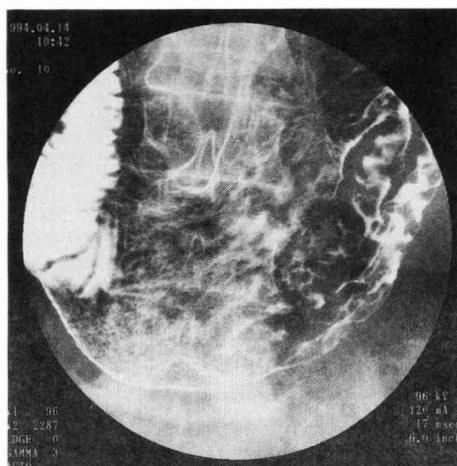


写真6 胃体中部潰瘍像

6インチモードDR画像。超高解像度で細部まで抽出されており、走査線がほとんど確認できない。

④ 自動露出機構の機能

本装置はConventionalとDR撮影のそれぞれについて専用の自動露出機構を有している。Conventional撮影時には、フィルム前面に薄型フォト検出器を内蔵させた前面採光フォトタイマ方式 (インテリジェントAEC) にて撮影線量を制御して写真濃度の安定化を計っている。また、DR撮影時には、光学系の中に内蔵され

たI-Iからの光をもとにI-Iフォトタイマ方式にて制御しており画像輝度の安定化を計っている。しかし、実際にDR撮影ではI-I視野サイズの9インチ/6インチモードでの自動露出機能は収集後の処理をすることなく安定した良い画質を得ているが、12インチモードでは露出不足などがあり不安定である。(写真7) 収集後の処理によって画像の明暗を調整できるが、Conventionalに比較して評価は良くなかった。

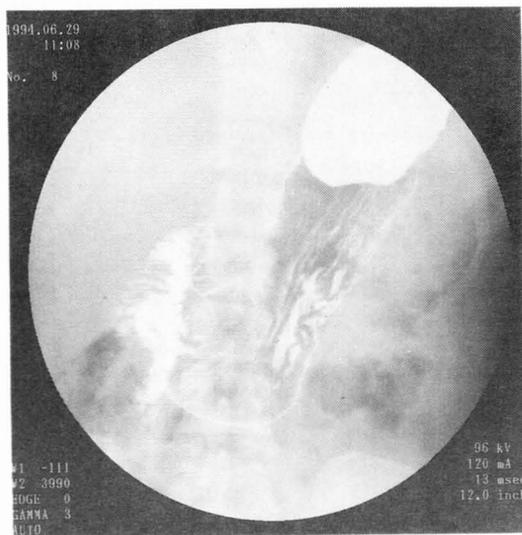


写真7 12インチ 96Kv 120mA 13msec

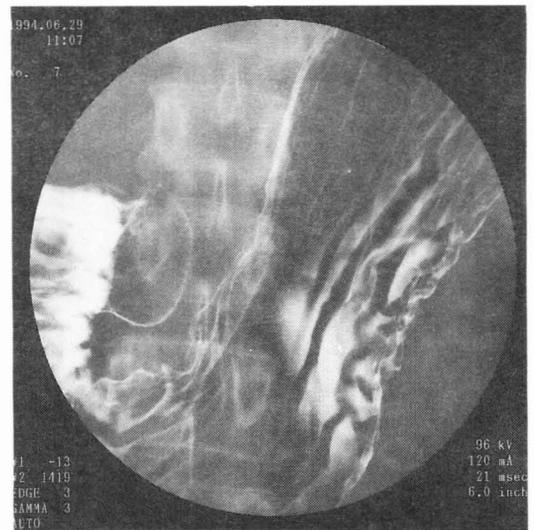


写真7 6インチ 96Kv 120mA 21msec

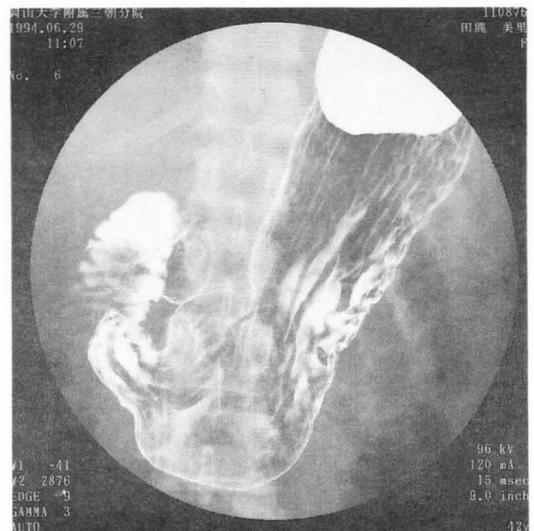


写真7 9インチ 96Kv 120mA 15msec

V. まとめ

有用性について

1. リアルタイム画像処理により、即時診断、動態解析が容易となった。

2. Conventionalとほぼ同等の画像評価が得られた。
3. 被曝線量も従来の消化管に比較してかなり少ないにもかかわらず(96Kv120mA15msec:9インチモード)粒状性の優れた良好な画像が得られた。特に放射線被曝線量の軽減から子宮卵管造影、骨盤計測などには有力な検査診断法といえる。
4. 従来の撮影システムから、I-I-DRへの切り替えが即時に選択でき、撮影条件も自動露出機構によりConventionalと同様の撮影が可能である。
5. 撮像管にCCDカメラを使用したことで速い動きによる残像がなく、また撮像管と異なって経年的劣化がない。
6. 撮影像を画像メモリに記録すると共に、画像処理を施しCRT表示しながら、イメージャーへ出力し検査情報と共にMOD記録することができる。
7. 読影、診断を目的とした単発、連続の撮影モードで静止画像として収集できる。
8. 患者情報(日本語登録、コメント入力、表示)によって予約でき撮影像の表示内容が一目で判別でき便利である。
9. MODに記録した撮影画像を再生し、VTRに記録した透視画像をポストプロセス再生が可能となり、バックアップ機能としてのダブルチェックと再検査の防止が可能となった。
10. タッチパネル方式の操作は、次に行うべき操作を明快にすると共に軽快で、操作体系がシンプルで複雑さを感じない。また、ソフトウェアの拡張(バージョンアップ)を受けやすくする。
11. 内視鏡検査VTRと透視VTRとで繰り返し再生やスロー再生を動画で表現できるため、ERCP、Broncho Fiber、ColonoscopyなどVTR動態を含めた機能診断にも応用できた。
12. 断層撮影では検査部位の透視確認、斜入角度と断面・ステップの設定、照射角度選択が遠隔操作パネルで可能なため大変便利である。また、検査時間の短縮と再撮影の防止に役立っている。

問題点について

1. 患者入力(PCにて患者No, 日本語漢字氏名, 検査名, 性別, 年齢を入力:約15秒)から患者選択, 検査モード機能へと検査開始までに時間(約20秒)がかかる。
2. CRT表示(15インチモニタ)画像はConventionalな臨床写真と視覚的に同等以上の評価はあるが、レーザーイメージャーへのフィルム写し込みでの画像評価はフィルム視野サイズの小さくなる分だけ評価がやや劣る。
3. 画像処理機能として画像拡大像(2倍, 4倍)／反転, コメント表示が可能であるが、プリントアウトすることが出来ない。
4. 病変部の大きさや骨盤計測検査での任意の2点間の距離計測およびグリッド表示(任意の高さ)などができない。
5. 現在のところMOD(300画像)の容量が少ないためルーチン検査に収集, 保存処理を行うと2~3日で一杯になる。

以上有用性と問題点を列記した。

当院では、今回X線テレビ装置を導入にあたり消化管検査のみでなく内視鏡検査、婦人科領域の検査等あらゆる検査に対応できる万能性を要求してきた。従ってこの装置の検査項目としては、上下部消化管検査はもちろんのこと透視確認での断層撮影、DIP、子宮卵管造影、骨盤計測、ERCP、気管支鏡検査、IVHの確認などを可能にした。

現在のDRのCRTモニタ画像は、12インチにはやや劣るが9/6インチともConventionalと同等かそれ以上の評価があるが、フィルム化しての画質の評価は、視野サイズが小さいだけ少し劣る。12インチを含め同等の解像力の画像が得られるようになれば総合点ではDRの方が優れている。つまり、DRは、被曝線量の大幅な低減を可能にし、また、光磁気ディスク等にファイルでき、その画像を短時間で検索できるような画像情報管理としての能率化が計れるからである。今年度4月1日より医用画像情報の電子保存が承認され、優れたDR画像がモニタ像による診断を方向づけたことを示唆している。

さらに、今後病院内外で画像を観察、診断でき

るようなPACSへの方向や病院管理システムの中へも組込むことによりシステムの完成度は高まりDRは益々重要な役割を占めるものと考ええる。

文 献

- 1) 田中耕次：デジタルラジオグラフィ装置の上部消化管撮影への応用と臨床評価について、映像情報(M) 8-1991
- 2) 小倉敏裕：I. I-TV (1024×1024マトリクス)リアルタイムデジタルラジオグラフィ、映像情報(M) 8-1991
- 3) 小倉敏裕：高精細I. I-DRとその臨床応用, INNERVISION (7・2) 1992

Clinical application of a newly developed radiographic system including a fluoroscope equipped with CCD and digital image processor

Tsuneo Akiyama, Mutsuo Nakai, Kazuhiro Kajimoto¹⁾, Fumihiro Mitsunobu¹⁾, Takashi Mifune¹⁾, Yoshiro Tanizaki¹⁾, Koji Ochi²⁾, Riaz Chowdhury²⁾, Masataka Satou³⁾, Hiroe Ukon³⁾

Division of Roentgenology, Misasa Medical Branch, Okayama University Medical School

¹⁾ Division of Medicine, Misasa Medical Branch, Okayama University Medical School

²⁾ Department of Laboratory Medicine, Okayama University Medical School

³⁾ Toshiba Medical Systems Co., Ltd.

We have clinically applied a newly developed

radiographic system which was introduced into our institute in April 1994.

This system consists of a fluoroscope, CCD (charge-coupled device) which had a million matrix, and digital image processor. This system has following advantages comparison with a conventional radiographic system ;

(1) doses of x-ray exposure during examination is less, (2) a sharp fluoroscopic image can be obtained by real-time image processing, (3) radiographic images can be kept in the recording device such as hard disc (HD) and magnetic optical disc (MOD) since this has a digital radiographic system. By connecting this system with main online system, it is expected to be able to see the various diagnostic images simulataneously as well as laboratory data at different spots of the hospital which is now available in other hospital.