

新型400万画素リアルタイムデジタルラジオグラフィ装置 DR-2000X(Clavis)

A new 4-million pixels real-time digital radiography system DR-2000X (Clavis)

小池 潔¹⁾ Kiyoshi Koike
石川 謙²⁾ Ken Ishikawa
谷口 正²⁾ Tadashi Taniguchi

池田 満¹⁾ Mitsuru Ikeda
池田 重之²⁾ Shigeyuki Ikeda
高橋 文隆²⁾ Fumitaka Takahashi

1) 株式会社日立メディコ 柏事業本部

2) 株式会社日立メディコ 技術研究所

近年、X線I.I.と撮像カメラを使うリアルタイムデジタルラジオグラフィ(DR)装置が普及し、臨床の場で幅広く使われようになった。多様な医療現場の要求に応え、ユーザーズメリットを更に向上させるため、新しい撮影系と画像処理装置をもつ新型DR装置DR-2000X(Clavis)を開発した。撮像系は透視と撮影が1枚のセンサでできるマルチモード400万画素CCDカメラを開発し、従来を上回る画質と共にメンテナンス性の向上、小型化を達成した。画像処理装置はWindows NT®をベースに構成し、高速磁気ディスク収集、DSA機能拡充、画像伝送機能強化、記録やプリントと撮影の並行処理、操作性の向上等を実現した。

In recent years, "real-time digital radiography" system using a X-ray I.I. and an imaging camera, has widely spread in various medical fields. In order to reply various requirements from clinical sites, and to improve its merit for user, we have developed a new DR system DR-2000X(Clavis) renewing its imaging system and its image processing unit. For the imaging system, we have developed a multiple mode 4 million pixels CCD camera employing a newly developed sensor being applicable to both fluoroscopy and radiography. It has resulted in easier maintenance characteristic and size reduction along with higher image quality comparing with the previous system. The image processing unit based on Windows NT® has realized the followings:(1)high-speed image acquisition using hard disks;(2)expansion in DSA functions;(3)strengthening image transfer performance;(4)concurrent processing of image acquisition, data storage and printing; (5)easy operation.

Key Words: デジタルラジオグラフィ、DR、CCD

1. はじめに

1.1 リアルタイムデジタルラジオグラフィ装置

増感紙とフィルムで行われてきたX線撮影をデジタル化する装置にはComputed Radiography、リアルタイムデジタルラジオグラフィ(以下DRと呼ぶ)、平面センサの三種類がある。X線撮像には撮影(静止画)の他に透視(動画)がある。透視は元々撮影の位置決め用だったが、最近は透視下の治療(IVR)用などに広く使われるようになってきた。デジタルX線画像撮像法の内、透視が可能なのはDRのみである。動画対応の平面センサもあるが低線量の画質が不十分なため通常の透視には使われていない。現在、DRは臨床的に広く使われ適用範囲も拡大しており、多様な医療現場の要求に応えるため、この度、図1に示す新型DR、DR-2000X(Clavis)を開発した。

図2にDR装置の一般的な構成を示す。DR装置は大きく分けて撮像系と画像処理装置からなる。撮像系は被写体を透過したX線像を撮像して画像データにする部分で、高精細X線I.I.、光学系、撮像カメラからなる。画像処理装置は画像データを収集し、画像処理を行い、外部記憶装置へのデータ保



図1 : DR-2000X(Clavis)の外観

管、高精細モニタやレーザプリンタへの画像出力、ネットワークとの情報の授受を行う部分である。

1.2 DR装置の変遷

図3にDR装置の変遷を示す。日立メディコは1992年に高精細X線I.I.と1インチ撮像管カメラを組合せた世界初の400万画素DR装置を製品化した(DR-2000H)¹⁾。1993年には小型化とリアルタイム分割撮影のような撮影・観察ソフトの高度化で、検診施設や車載システムに適用範囲を広げた(DR-2000MC)。更に1997年には撮像カメラを撮像管型からCCD型に換え大幅な画質向上(特に大視野での解像力とラチチュード)を達成し²⁾³⁾、併せて自動表示階調等の画像処理機能や放射線科情報システム(RIS)との接続等の運用ソフトも拡充した(DR-2000AD)。

DR-2000シリーズは現在までに約300台が出荷され、高精細X線画像の実時間観察、フィルム増感紙(FS)系の1/2 1/3の低線量、画像の電子保存・PACSへの対応といった利点から幅広い検査に使用されている。DR-2000が臨床に適用された当初は上部消化管検査が中心であったが、その後の装置改良と画質改善により、下部消化管、泌尿器系、胆管系、整形関係に適用範囲を広げ、最近では頭部血管造影や各種のIVRにも使用している。こうした中で現行機(DR-2000AD)を超える新しいDR装置への要求に基づいて今回の新型DR装置DR-2000X(Clavis)を開発した。

1.3 DR-2000X(Clavis)の開発コンセプト

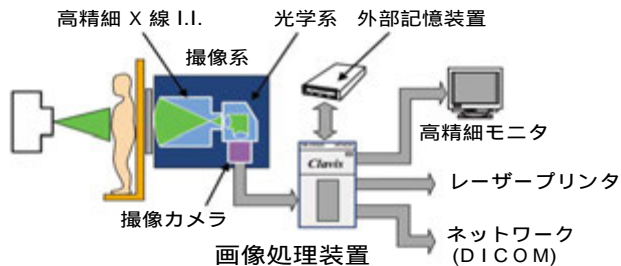


図2：DR装置の一般構成

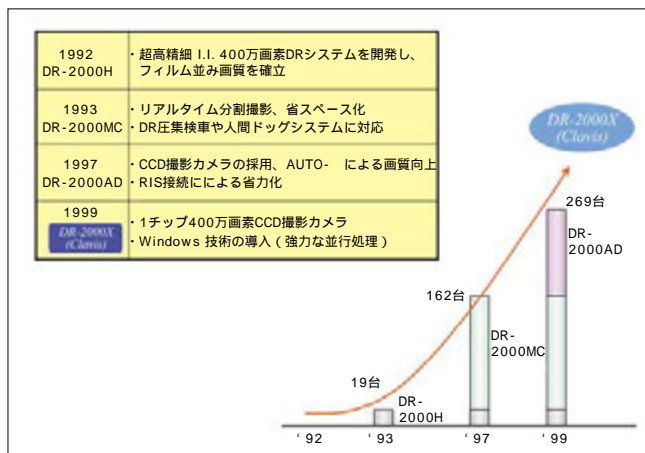


図3：DR装置の変遷

開発に当たり、表1に示すように、従来装置の課題と技術動向から開発コンセプトを決定した。

従来の撮像系はフィルム法と同等の画質を得る400万画素撮影と100万画素透視を行うのに二つのカメラが必要であったため、構成が複雑になり、メンテナンス性、スペースファクタに悪影響を及ぼしていたので、最新のCCD素子により1カメラ化することとした。

従来の画像処理装置は独自プラットフォームの上に構成されており、高速化、アンギオ検査等への機能拡張、操作性向上、ネットワーク対応が課題であった。近年の著しいIPC技術発展の成果を採り入れるために、プラットフォームをWindows NT[®]化する方針とした。

2. 撮像系の1カメラ化

2.1 400万画素高速マルチモードCCD

一つのCCDセンサで400万画素撮影と毎秒30フレーム100万画素透視の高速マルチモード出力を得るため、図4に示す技術を用いた。図4左の複数チャンネル読み出しは、センサを複数の領域に分割し、各領域に出力を付けて高速化する方法である。図4右のセンサ内画素加算は、水平レジスタ上での垂直加算と水平加算で、隣接画素を加算し、画素数を1/4に縮小する方法である。

現在、400万画素マルチモードCCDには、図5に示すよう

表1：新型DR装置DR-2000Xの開発コンセプト

構成要素	撮像系	画像処理装置
従来	撮影用/透視用 2カメラ方式	独自 プラットフォーム
課題	メンテナンス性向上 小型化	高速化 機能拡張(特にアンギオ検査) 操作性向上 ネットワーク対応
技術動向	CCD技術の発展	PC技術の発展
開発方針	最新CCD素子 による1カメラ化	プラットフォームの Windows NT [®] 化による PC技術の導入

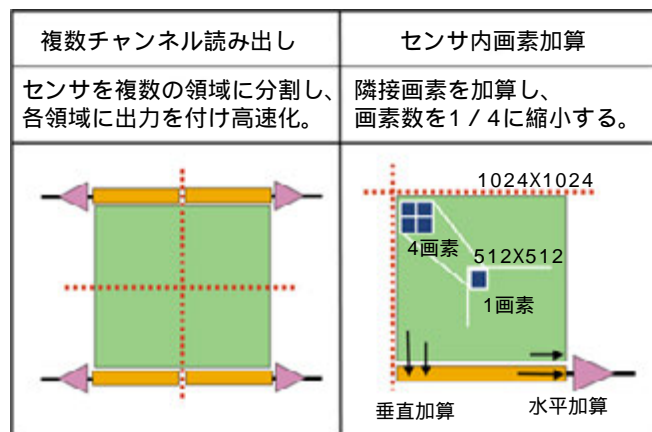


図4：高速マルチモードCCDの原理

なFFT(フルフレーム転送)型とIT(インターライン転送)型がある。FFT型は全面感光素子で、それらが垂直CCD列を構成し、露光後、信号電荷を一段づつ下方に送り水平CCDから一画素づつ出力する。比較的単純な構造で早くから大画素数のものが作られてきたが、露光中の画像読出しができず連続透視不可なので接続するX線装置が制約される。一方、IT型は感光素子と垂直CCDが別で、信号電荷は露光後短時間にすぐ横の遮光された垂直CCDへ転送されるので、連続透視可能でX線装置を制約しない。従来比較的小画素数だったが、新たに400万画素が開発されたので、これを用いた撮像カメラを開発した。

2.2 撮像系1カメラ化の結果

撮像系1カメラ化の結果を表2にまとめて示す。部品点数を大幅に削減してメンテナンス性が向上した。光学系は5点が3点に、撮像カメラは2点が1点に減った。又、光学系と撮像カメラを合わせて、長さが5cm、幅が10cm短縮し、昇降式透視撮影台の機械的制約を軽減した。画質面では、信号対雑音比(SNR)特性は撮影、透視とも従来と同等の高画質(撮影ラチチュード100)であり、解像力(MTF)特性は従来より向上した。

図6に400万画素撮影時の撮像系のMTF特性を示す(I.I.視

野9インチ、垂直方向)。縦軸は変調度、横軸はI.I.入力面上の空間周波数である。実線と黒丸は新型、破線と白丸は従来の撮像系の特性である。新型では病変描出能に大きく寄与すると考えられる2から3 lp/mm付近の変調度が向上している。

3. 新型DR画像処理装置

3.1 DR画像処理装置の構成

DR装置は透視台やCCDカメラからなる撮像系と画像処理装置にわかれる。このDR装置はフィルムレスの運用を検討されることが多く、患者属性の入力は、磁気カードリーダーやRIS(放射線情報システム)との接続などで自動化され、撮影済みの画像はネットワークに出力して観察装置で読影する運用が増えている。すなわち、DR装置は、高精細X線画像を大量にリアルタイムでデジタル化できる唯一の撮影装置であり、PACS(画像管理システム)との親和性も極めて高い。

画像処理装置(図7)は撮像系から400万画素の画像を取り込み、そのシーケンスを制御する収集部と、透視時の残像制御やシャープニングそして、DSA透視を行う透視部、一般のコンピュータに相当する中央処理部から構成されている。

3.2 DR画像処理装置の開発目標

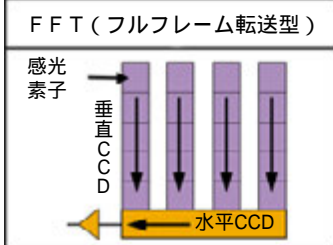
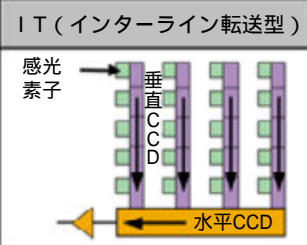
FFT (フルフレーム転送型)	IT (インターライン転送型)
	
構造が単純で、早くから大画素数の素子が作られてきた	従来比較的小画素数だったが新たに400万画素が開発された
画像読出し後、次の露光	画像読出し中、次の露光可能
連続透視不可(パルス透視のみ) X線装置を制約	連続透視可能 X線装置を制約しない

図5：400万画素高速マルチモード CCDの種類

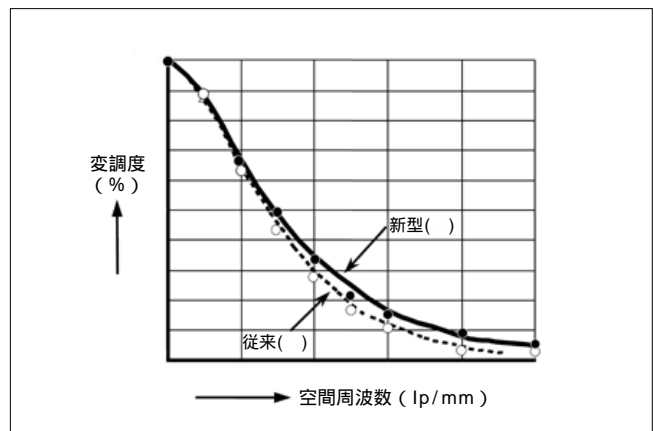


図6：撮像系のMTF特性(400万画素撮影)

表2：撮像系1カメラ化の結果

メンテナンス性の向上 (部品点数削減)	光学系	5点：1次レンズ、2次レンズ X 2種、 ▼ 光学絞リ X 5種 3点：2次レンズ、2次レンズ、光学絞リ
	撮像カメラ	2点：400万画素撮影用、 ▼ 100万画素透視用 1点：マルチモード 400万画素カメラ
小型化	長さ5cm短縮、幅10cm短縮	
画質	信号対雑音比特性：現行機同等 解像力(MTF)特性：現行機より向上	

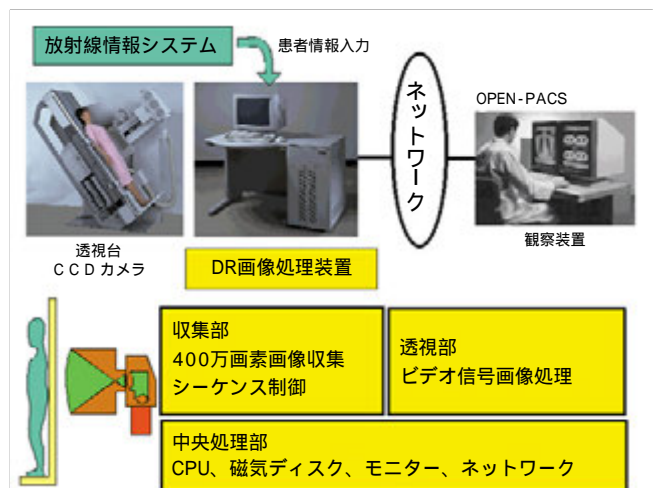


図7：DR画像処理装置の構成

新型DR装置の課題と開発テーマを表3に示す。

(1)プラットフォームのPC化

昨今のPC関連技術は世界中で膨大な開発人員と費用がかけられ、その進歩はとどまるところを知らない、この技術を可能な限り利用し、高性能な中央処理部を構築する。一方、医療機メーカーのノウハウを生かし、画像収集部や透視部は自社開発とする。

(2)高速磁気ディスク収集とDSA機能の拡充

消化管検査からスタートしたDRは、その画質の良さが認められ、整形領域、泌尿器、循環器と利用範囲が年々拡大している。新型のDR装置は血管撮影などの高速動態検査に対応するために、高速磁気ディスクを搭載し、DSA機能を拡充する。

(3)画像伝送性能の強化

医療画像の通信にはDICOM規格が定着してきており、各社のDICOMサーバへの画像出力や、DICOM形式でのレーザーイメージャ出力などに対応する必要がある。新型DRでは100万画素画像の通信時間の目標を5秒以下と設定した。

(4)並行処理

現場では、撮影画像のMOへの記録や、フィルム出力など、撮影以外の業務が後処理時間として、大きなウエイトをしめている。これらを、撮影中に並行処理できれば、この余裕時間を別の業務に振り向けられる。このような、現場のニーズに応えるために、新型DRでは、撮影中の並行処理機能を拡充する。

3.3 高速磁気ディスク収集

新型DRでは、高速収集と画像の保証のために、初めて、RAID5構成の高速磁気ディスクを採用した。RAIDは、Redundant Array of Inexpensive Diskの略で1987年にカリフォルニア大学バークレイ校で研究がはじまったもので、その名が示

すとおり、本来は、廉価な磁気ディスクを並列につなぎ、データの保全、冗長性を確保するため、誤り訂正ディスクを追加した集合型磁気ディスクである。今では、大容量磁気ディスクも廉価になってきたので、InexpensiveはIndependentと読み替えられている。RAIDには、いくつかのクラスがあるが、最も誤り訂正機能の高いRAID5を採用した。RAID5は、並列磁気ディスクにデータを分散して同時に書きこむので、高速な読み書きができるのみならず、各磁気ディスクに誤り訂正用のパリティも分散させるので、アクセスに偏りがなく、誤り訂正能力も、磁気ディスク使用効率もRAIDの中でもっとも強力である。病院での使用においての直接のメリットは、磁気ディスク障害時に電源を落とすことなく、磁気ディスクの交換ができ、尚且つ、はずした磁気ディスクの画像は自動的に修復されることであろう。RAID5による高速磁気ディスク収集の開発の結果、100万画素の画像の書き込み時間は毎秒0.5枚から7.5枚となり、目標を達成できた(図8)。

3.4 DSA機能の拡充

従来のDR装置は、血管撮影などの高速動態検査に処理速度が追従できず、透視時のDSA表示は不可能であった。

今回は、透視画像の表示回路によるDSA機能を開発し、透視下でリアルタイムにサブトラクション、ロードマップ、ピークホールドの各DSA機能を実現した。

3.5 操作画面

Windows[®]は広く普及しているOSであり、多くの人になじみのある操作環境を提供できる。図9に撮影操作画面の例を示す。

図9の一番上にある、撮影、表示、プリント、記録の各アイコンをタグと呼び、並行処理を実行するタスクを示す。例

表3：DR画像処理装置の開発目標

	課題	解決方針(開発目標)
1	CPU性能の向上 (従来：専用OS(20MHz))	プラットフォームのPC化 Windows NT [®] (500MHz)
2	高速動態検査への対応 (従来：0.5枚/s)	高速磁気ディスク収集 (100万画素画像：7.5枚/s) DSA機能の拡充
3	画像伝送性能の強化 (従来：20s/枚)	画像情報のDICOM化 (100万画素画像：5s/枚)
4	作業時間の短縮	並行処理 撮影、記録、プリント、通信

DSA：Digital Subtraction Angiography
DICOM：Digital Imaging and Communications in Medicine

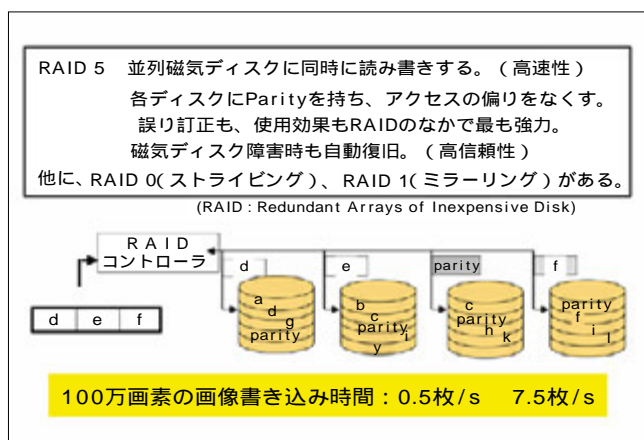


図8：高速磁気ディスクの特長

例えば、撮影の合間に、前回の画像をDVDから読み出すときには、記録のタグを選択し、前回画像の読み出しをスタートさせたあと、処理の終了をまたずに撮影のタグを押して、撮影にもどることができる。表示、プリントとも同様に撮影のバックで処理を進めることができる。さらに、撮影中の画像については、一切の操作なしに、自動的にプリントや記録、DICOM出力を並行して行うことができる。撮影モードの切り替えや、分割撮影の切り替えなど、撮影中に必要となる操作キーは、このモニター上のアイコンでも操作可能であるが、X線操作卓に設けられたタッチパネルで操作できるようにした。

操作の表示は極力日本語化し、かつ、パソコンに見られる暗号のようなショートカット操作はさけ、すべては明示された釦による操作とした。これにより、取り扱い説明書なしでも操作可能となるとおもわれる。

3.6 新旧システムの機能比較

従来のDR装置は、1992年に消化管検査を目的に開発され、

その利便性が認められ多目的な検査への対応を望まれるようになった。我々も、より広範囲な普及を狙いDSA機能やリアルタイム撮影機能などを、積極的に追加してきた。この付加機能により磁気ディスク容量の拡大、撮影メモリー容量の拡大、処理速度の高速化、通信性能の高速化などが望まれるようになった。これらの、要求を盛り込んだものが、新型DRである。表4に新旧システムの機能比較を示す。

4. 臨床画像例

図10に上部消化管像の臨床画像例を示す。

5. まとめ

近年の画像診断機器デジタル化の中で、X線I.I.と撮像カメラを使いX線画像をデジタル撮影するリアルタイムデジタルラジオグラフィ(DR)装置が普及し、臨床の場で幅広く使われている。当社は、1992年に400万画素DRシステム(DR-2000H)を市場に投入して以来、常に最高水準のDR装置を提供してきた。今回、ユーザーズメリットのさらなる向上のために、新しい撮影系と画像処理装置の開発を行った。

撮像系は透視と撮影が1枚のセンサでできるマルチモード400万画素CCDカメラを開発し、従来を上回る画質と共にメンテナンス性の向上、小型化を達成した。画像処理装置はWindows NT[®]をベースに構成し、高速磁気ディスク収集、DSA機能拡充、画像伝送機能強化、記録やプリントと撮影の並行処理、操作性の向上等を実現した。

DR装置がX線イメージング全体の中で最大の機能を発揮するためには、X線発生装置、支持器、PACS等とのバランスや協調が不可欠である。今後、日立のX線装置全体として、医療現場のニーズに応える最良の総合性能を提供できるようにシステム構築に努める所存である。

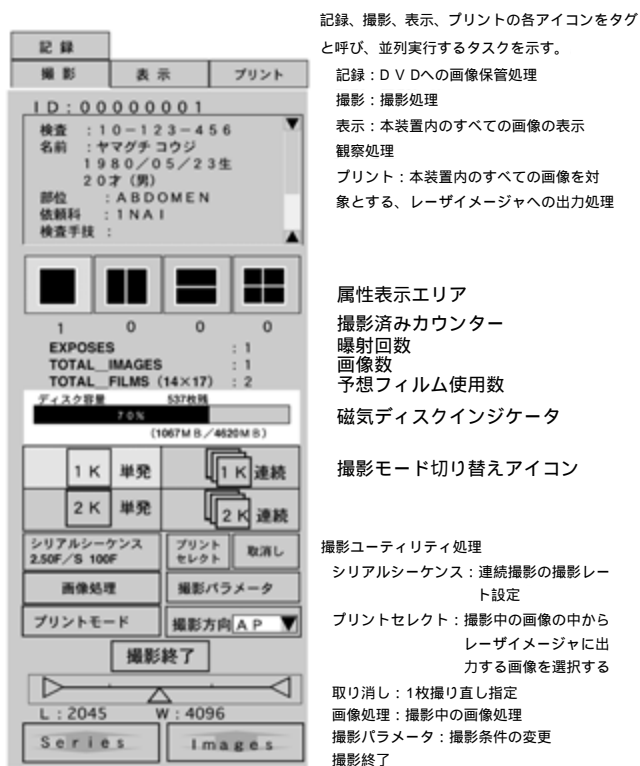


図9：撮影操作画面

表4：新旧システムの機能比較

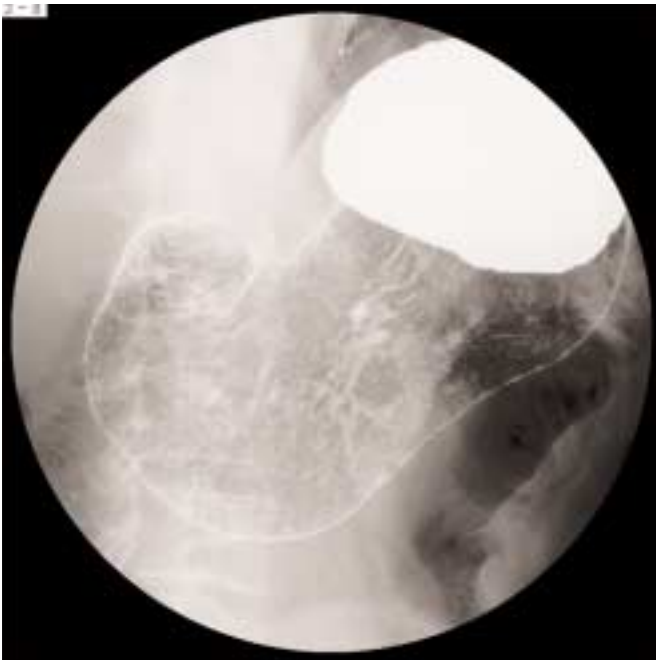
項目	新システム	旧システム
型式	DR-2000X(clavis)	DR-2000AD
撮影カメラ	400万画素マルチモードCCDカメラ	2CCDカメラ(400万画素+100万画素)
撮影レート	2048 X 2048: 2.0 fps (op.2.5fps) 1024 X 1024: 7.5 fps 1024 X 2048: 3.5fps (op.)	2048 X 2048: 1.0 fps 1024 X 1024: 6.0 fps 1024 X 2048: なし
画像処理OS	Windows NT [®]	VERSA dos
画像収集	高速磁気ディスク(18GB)	メモリー収集(256MB)
1検査枚数	無制限	28枚(400万画素)
画像保証	RAID 5 対応	なし
並行処理	撮影、記録、プリント、通信	撮影、プリント、通信
保管	DVD(1.5円/画像)	MO(16.6円/画像)
通信	DICOM対応(3 s/画像)	独自方式(15 s/画像)

op.: オプション

参考文献

- 1) M.Takahashi, et al: Real-time digital radiography system and its clinical applications. Hitachi Review 41:187-192,1992
- 2) F.Takahashi, et al: Development of a high definition real-time digital radiography system using a 4 million pixels CCD camera. SPIE 3032:364-375,1997
- 3) 石川謙：最近のDR装置の技術的進歩。日放技誌 54(12):1386-1391,1998
- 4) 飯沼元、宮川国久、牛尾恭輔、ほか：上部消化管検査における400万画素CCDを用いたDigital Radiographyの臨床評価。MEDIX 29:19-25,1998

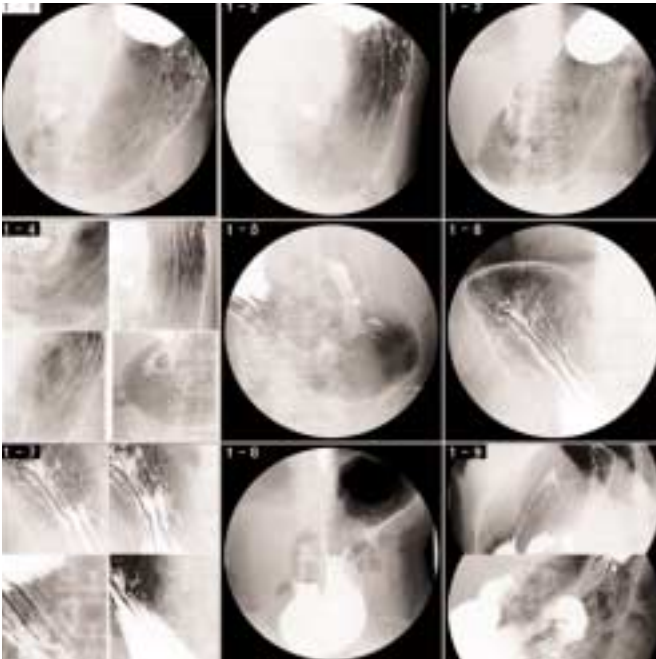
Windows、Windows NTはMicrosoft Corporationの登録商標です。



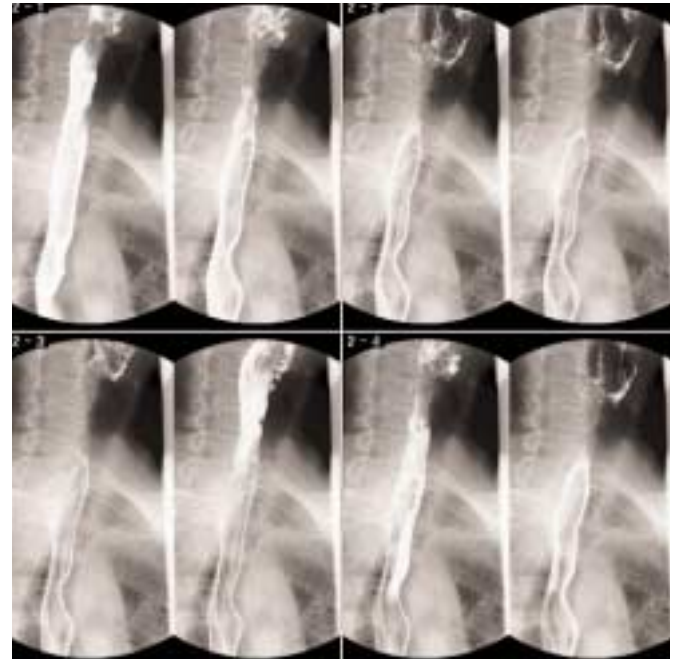
画像例 1
胃部の400万画素撮影画像例。胃小区が明瞭に描出されている。



画像例 2
画像例 1 を拡大し白黒反転した画像。撮影中でも拡大したり白黒反転したりすることが可能で、微細病変の診断に有効。



画像例 3
撮影された一連の画像を一度に見るためのマルチ表示画像。マウスで指定した画像をダブルクリックして容易に拡大。



画像例 4
食道連続撮影画像例。生理的に速く通過する造影検査などに有効。高精細モードでは、早期癌の発見に有効。

図 10 : 臨床画像例

画像例 1	画像例 2
画像例 3	画像例 4