

最新のアンギオ装置

1) 『東芝DFP-2000A』の使用経験

山形大学医学部附属病院 放射線部 江口陽一
 鈴木幸司
 佐藤俊光
 岡田明男
 加賀勇治

はじめに

血管造影検査においてデジタル撮影が一般化するなかで、心大血管領域にあっては、シネフィルム撮影が依然主要な位置を占めている。この原因には、TVカメラ（撮像管）がシネフィルムに比較して解像度が低く、高速収集ができにくいことと、デジタル画像を観察できる専用の装置がなかったためと考える。

東芝が開発したDF（Digital Fluorography）装置DFP-2000A/1000Aには、世界ではじめて100万画素CCD（Charge Coupled Device）カメラが搭載された¹⁾。このCCDカメラで得られたデジタル画像は、物理特性や臨床評価においてシネフィルムに匹敵することが報告されている^{2),3)}。

本稿では、DFP-2000Aの使用経験と本格的シネフィルムレス化を実現するために導入したデジタル動画像観察システムを紹介する。

DFP-2000Aのシステム構成と機能

図1にDFP-2000Aのシステム構成図を示す。以下にその主要な構成要素について述べる。

1. 100万画素 CCD カメラ

CCDカメラは従来の撮像管に比べ以下のような優れた特長をもつ。^{1),4)}

(1) 高い解像特性と安定性

図2にダイオードサチコンとCCDカメラの解像特性を示す。⁵⁾ CCDカメラはサチコンカメラに比べ飛躍的に解像度が向上した。また、CCDカメラは周辺部の解像度の劣化もなく、解像度の入射光量依存性も存在しない。⁶⁾ 定量解析に優れたカメラである。

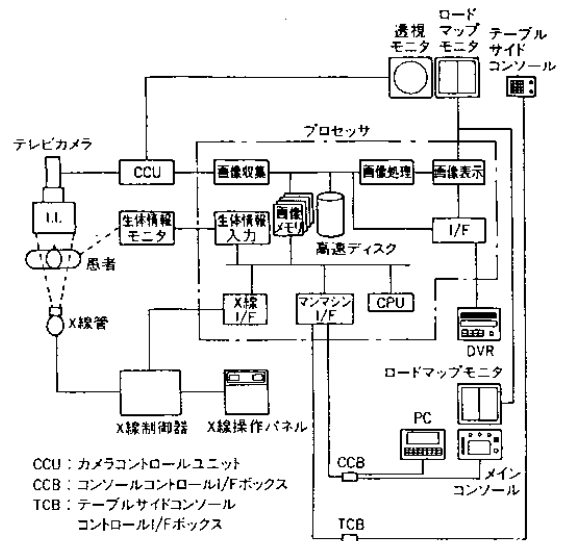


図1 DFP-2000Aのシステム構成図

(2) 高速収集でも高いSN比

DFP-2000Aは、1024²マトリックス30フレーム/秒、512²マトリックス60フレーム/秒の高速収集が可能である。撮像管で高速収集した場合は電気ノイズが増大しSN比が低下するが、CCDカメラでは高速収集でも高いSN比が得られる。

(3) 入出力特性の直線性が高い

定量解析の精度向上、散乱線補正を可能にした。

(4) 広いダイナミックレンジ、耐ブルーミング特性

ハレーションに強く、撮像管のように”にじみこみ”がない。

(5) 残像がない、小型長寿命、焼き付きがない

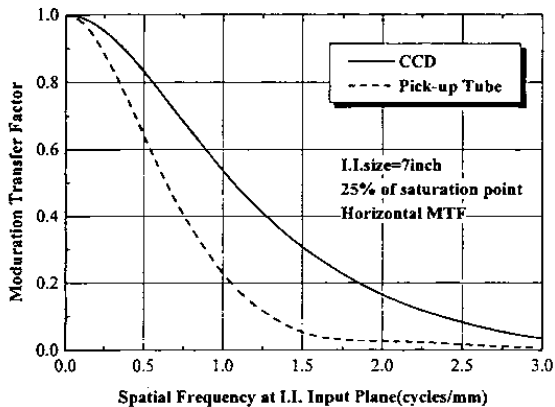


図2 CCDカメラとサチコンカメラの解像特性の比較

2. 画像記憶媒体

高速・高精細な撮影により、膨大なデータが発生する。これを処理するため大容量のICメモリ(320MB)と高速磁気ディスク(1778MB)を用いることにより、リアルタイムでの記録、再生が可能となった。また、画像の保管にはデジタルVTR(D-2フォーマット)を採用した。MサイズのD-2カセット(94分,69GB)には、 $512^2 \times 10$ bitで約160,000画像、 $1024^2 \times 10$ bitで40,000画像の記録が可能である。当院では、冠動脈は 1024^2 マトリックスで、左心室・小児は 512^2 マトリックスで撮影を行っているが、1本のカセットに約25人分のデータを記録することができる。これによりランニングコストや保管場所の削減が図られた。なお、デジタルVTRへの録画は、原画像をそのままデジタルデータとして記録するファイルモードと、通常のTV画像に変換して記録するビューモード(512^2 マトリックス)がある。

3. TVモニタ

1050本60Hzノンインタレース表示のTVモニタにより、フリッカの少ない安定感のある画像が得られる。また、CRTの表面反射処理の改良により高輝度の画像が得られ、明るい室内でも見易くなっている。モニタの大きさは15,17,21インチが用意されている。当院では検査室側に大型の21インチモニタを使用しているが、細いガイドワイヤーやステントを目的部位に進める場合、大

画面で見易いと好評を得ている。

4. マンマシンインターフェース

メインコンソールでは、アイコンを多用したメニュー画面とタッチパネルを組み合わせたものを中心にジョグシャトルを使い、ビジュアルで操作性に優れたものとなっている。

カテーテルテーブルにはテーブルサイドコンソールが付属し、術者自身が画像のコントロールやパルス透視の選択などを手元で行うことができるようになっている。また、赤外線リモコンを使って画像をコントロールすることも可能である。

5. パルス透視

近年、IVR(Interventional Radiology)は急速な進歩と普及を遂げている。それに伴い、インターベンション手技の高度化が進み、長時間の透視が日常化し、患者・術者被曝が大きな問題となっている。パルス透視は動きの速い部位でもボケの少ない透視画像が得られるほかに、低レートにすることで被曝線量を低減できる。DFP-2000Aのパルス透視には、低・標準・高線量の各線量モードと、 $30 \cdot 15 \cdot 7.5$ pulse/secの各パルスレートがある。パルス透視の線量は標準線量モードで30 pulse/secの時、連続透視(30 frame/sec)と同じ線量に設定されている。低線量モード(標準の $1/2$)で7.5 pulse/secを選択すれば連続透視の $1/8$ まで被曝線量を低減できる。線量モードとパルスレートは、検査部位や目的、それに術者の操作性を考慮に入れて選択しなければならない。

パルス透視の自動輝度コントロールは、透視画像のSN比と透過率(患者被曝)を考慮し、X線管電圧、管電流、X線パルス幅、TVカメラアイリスをそれぞれ制御する方式になっている。I.I.入射線量は一定のもと、管電圧が80~100kVの範囲内に納まるよう管電流、X線パルス幅が制御される(高電圧発生装置KXO-80Cで大人の患者の場合)。胸厚が厚く、4.5インチのI.I.サイズが選択され、最高管電圧になっても線量不足の場合には、TVカメラのアイリスを開くことによりTVモニタの輝度を確保するようになっている。

6. カテーテル操作支援

DFP-2000AはIVRを考慮に入れ開発されているため、カテーテル操作を支援する機能は充実している。複雑に分岐した細い血管に、カテーテルやガイドワイヤーを進める場合、カテーテル操作を支援する透視ロードマップ等の機能は非常に有効である。以下にカテーテル操作支援の機能を示す。

- (1) 透視ロードマップ機能（ピークピクセル、ランドマーキング）
- (2) ひとつのTVモニタに、上下または左右2分割画像表示、およびテレビインテレビ表示
- (3) 独立した透視モニタとロードマップモニタ
- (4) 再生中画像のリアルタイムな拡大表示
- (5) 透視画像の拡大表示
- (6) 参照画像機能、静止画をディスク、メモリへのセーブとロード
- (7) 現在のCアームの角度にもっとも近い角度で撮影された画像の自動表示
- (8) 16分割カタログ表示
- (9) 透視画像収集
- (10) モニタへのストップウォッチ表示

7. 画像解析

画像解析には、血管狭窄率と左心室駆出率の定量解析機能がある。操作は極めて簡単である。血

管狭窄率の計測では、狭窄部の前後2箇所をカーソルで指示するだけで、自動的に血管辺縁が抽出され計算される。また、左心室駆出率では大動脈弁部2点と心尖部を指示することで左心室辺縁が自動的に抽出される。自動で抽出された血管辺縁・左心室辺縁が正しくないときにはマニュアルで補正を行うこともできる。

図3は冠動脈疾患100例に対し、本装置での狭窄率とシネフィルム（コントロール CARDIO 500）での狭窄率の比較を示す。両者の相関係数はレンジ法で0.96、エリア法では0.94と非常に高い相関が得られた。⁹⁾ 検査中に簡便な操作で定量解析が行えることは、臨床において非常に有用である。

8. 散乱線補正

画質を劣化させる大きな要因のひとつに散乱X線とI.I.のベーリンググレアがある。本装置で新しく開発された散乱線補正アルゴリズムは、画像に含まれる散乱X線量を推定し、原画像からリアルタイムに除去する。¹⁾ 臨床画像で散乱線補正を使用した場合、血管のコントラストが向上し末梢血管や側副血行路、それに血管が骨に重なった部分が見易くなる。⁸⁾ (図4)

図5, 6はDFP-2000Aによる臨床例である。

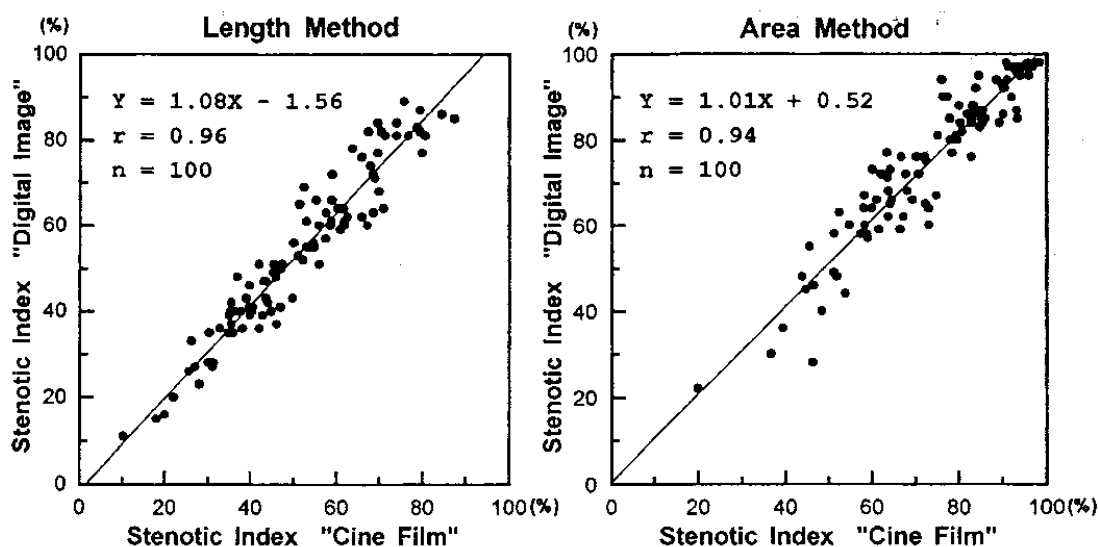


図3 デジタル画像とシネフィルムでの狭窄率の比較

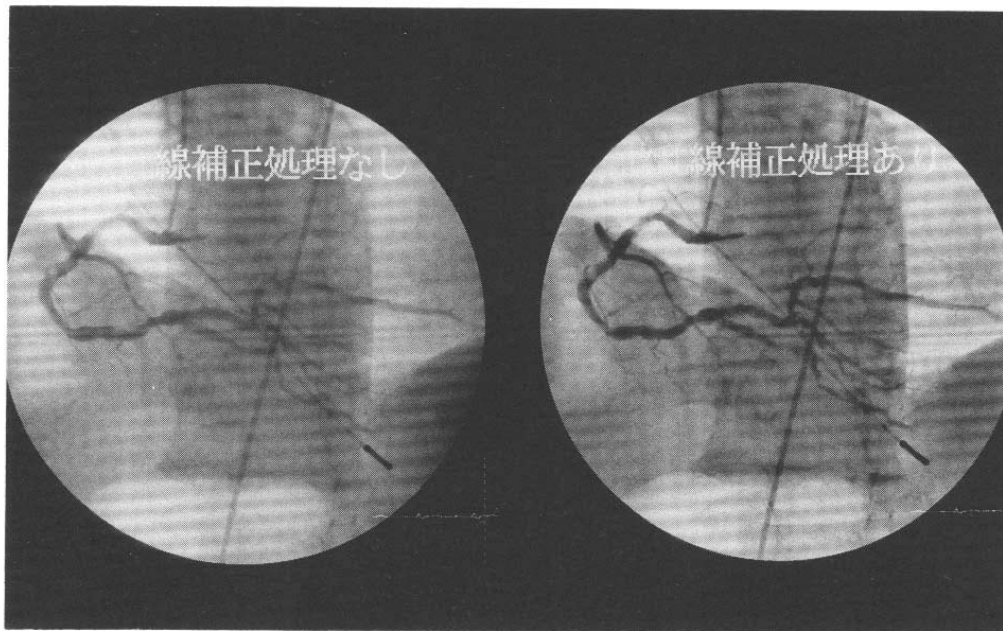


図4 散乱線補正の有無による臨床例

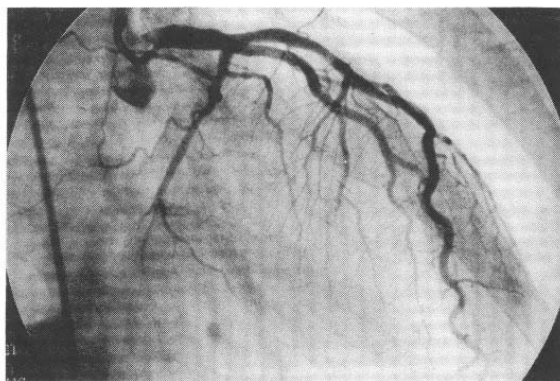


図5 左冠動脈臨床例

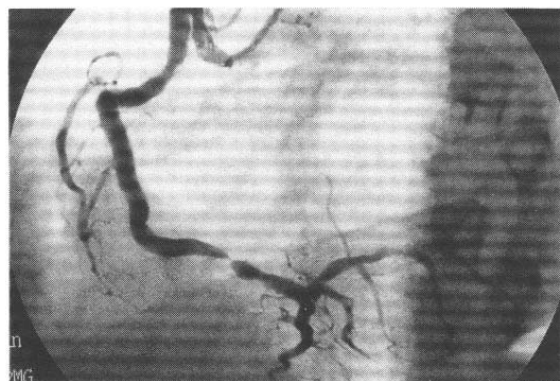


図6 右冠動脈臨床例

デジタル動画像観察システム

1. システム構成

図7にデジタル動画像観察システムのシステム構成図を示す。

(1) 患者情報データベース

患者情報の一元管理を行う。イーサネットによりそれぞれのコンポーネントと患者情報の通信を行う。

(2) 収集ステーション

DF装置から患者情報を患者情報データベースに登録する。DF装置の患者登録用パーソナ

ルコンピュータと共用する。

(3) レビューステーション

動画像の観察を行う。読影室、カンファレンス室に設置し、パーソナルコンピュータ、高精細TVモニター、デジタルVTR、VTRコントローラ、アップスキャンユニットまたは画像処理プロセッサにより構成される。カンファレンス室には29インチの大型TVモニターを組み合わせた。

2. 運用方法

(1) DF装置で撮影されたデジタル動画像をファ

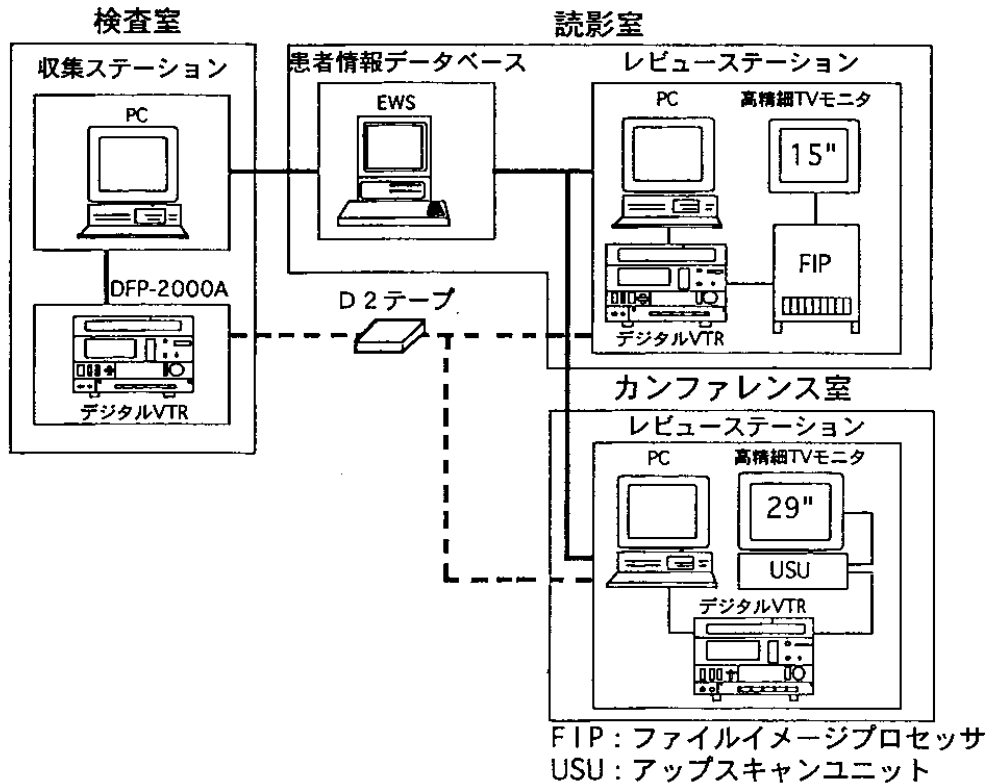


図7 デジタル動画像観察システムの構成図

イルモード (512², 1024² マトリックスの原画像) あるいはビューモード (512² マトリックスの処理画像) でデジタル VTR へ録画する。

- (2) 収集ステーションにて、D-2 カセットに記録された動画像情報を患者情報データベースに登録する。
- (3) D-2 カセットを読影室やカンファレンス室へ運ぶ。
- (4) レビューステーションにて、目的の患者・撮影部位を検索指定する。これにより目的の動画像が自動的に呼び出される。
- (5) VTR コントローラ (図8左下) またはマウスにてデジタル VTR をリモート制御し、順方向ならび逆方向の連続再生、コマ送り再生を行い、高精細 TV モニタで画像観察する。なお、動画像再生はビューモードで録画された画像は毎秒 30 フレームで再生でき、ファイルモードで録画された画像は画像処理プロセッサより、1024² マトリックスで毎秒 7.5 フレーム、512² マトリックスで毎秒 30 フレームの再生が可能



図8 レビューステーションの外観

である。また、画像処理プロセッサには以下の機能が備わっている。

- ①画像処理機能: レビューステーション PC からのマウス操作により、ウィンドウ変換処理、エッジ強調処理、任意拡大処理、サブトラックション処理がリアルタイムに行える。
- ②画像解析機能: DF 装置と同様に血管狭窄率計測と左心室駆出率計測が行える。

まとめ

DFP-2000A は 100 万画素 CCD カメラを使用することで、高速で高精細なデジタル画像を収集することが可能となった。さらに定量解析の精度向上、散乱線補正を可能とした。また、その高精細なデジタル画像を観察する動画像観察システムの開発により、カテーテル検査室以外で目的の動画像を呼び出し、観察や定量解析が可能となった。この DF 装置とデジタル動画像観察システムによりシネフィルムレス化が可能な時代になった。

参考文献

- 1) 谷口好夫、松原光良：循環器診断用デジタルフルオログラフィシステム SDF シリーズ、メディカルレビュー 54 号, 39-45, (1994).
- 2) 江口陽一、加賀勇治、岡田明男、他：新型 DF 装置の画像評価 第 3 報 100 万画素 CCD カメラとシネフィルムの比較. 日放技学誌, 50 (8), 1152, (1994).
- 3) 安久津徹、濱本泰、山口昂一、他：100 万画素 CCD カメラによるデジタルシネ撮影. メディカルレビュー 52 号, 10-17, (1994).
- 4) 日本放射線技術学会専門委員会 デジタル画像の物理的評価検討班 藤田広志編著：放射線医療技術学叢書 (7) デジタルラジオグラフィの画像評価. 23-34, 51-60, 64-68, 173-178, 日本放射線技術学会, 京都, (1994).
- 5) 江口陽一、加賀勇治、岡田明男、他：新型 DF 装置の画像評価 第 1 報 DA 撮影における高精細 CCD と撮像管の比較. 日放技学誌, 49 (8), 1457, (1993).
- 6) 江口陽一、加賀勇治、岡田明男、他：新型 DF 装置の画像評価 第 2 報 100 万画素 CCD カメラの解像特性評価. 日放技学誌, 50 (2), 263, (1994).
- 7) 岡田明男、江口陽一、加賀勇治、他：100 万画素 CCD カメラにおける血管定量解析 第 2 報 臨床応用. 日放技学誌, 50 (2), 265, (1994).
- 8) 岡田明男、江口陽一、佐藤俊光、他：散乱線補正の臨床評価. 日放技学誌, 50 (8), 1084, (1994).