

# X線診断システム - 確定診断から治療支援ソリューションへ

X-ray Imaging System—Imaging Support Solution for Interventional Radiology

藤井 千蔵

FUJII Senzo

西木 雅行

NISHIKI Masayuki

山田 尚樹

YAMADA Naoki

X線診断は、画像診断黎明(れいめい)期から、高精細でより多くの診断情報を含むため“確定診断”の手段として用いられてきた。近年、より直接的な診断情報を提供できる他の画像診断機器の進歩に伴い、確定診断としての位置づけが大きく変化しつつある。すなわち、X線診断の持つ即時性、簡便性を生かした救急対応などの一次診断や、リアルタイム性と高精細情報を生かした治療支援へと役割が移行してきた。特に循環器診断の分野での変化に対応するため、新たなX線循環器システムを開発した。更に、次世代X線検出器と目されるX線平面検出器(FPD: Flat Panel Detector)の登場により、X線診断の特性が強化され、位置づけと役割がより明確になることが予想される。

From the dawn of diagnostic imaging, X-ray diagnostic imaging was employed as a means of definite diagnosis due to its ability to provide more high-definition diagnostic information. With the progress of other modalities in recent years, however, the positioning of X-ray diagnostic imaging has significantly changed from the role of definite diagnosis to primary diagnosis in emergencies and medical treatment support, taking advantage of its real-time characteristics.

In response to the changes taking place in cardiovascular diagnosis, Toshiba has developed a new X-ray cardiovascular system equipped with an X-ray flat panel detector (FPD). The introduction of the FPD is expected to reinforce the characteristics of X-ray diagnosis and further clarify its role.

## 1 まえがき

X線が発見されて百有余年、“身体の中を見る”ことが可能となり、近代医学は驚異的な発展を遂げた。その発展を支えるため、より高精細でより多くの診断情報を再現する中心的な役割を担ってX線画像技術も大きな進歩を遂げ、長い間確定診断の手段として用いられてきた。

しかし、X線診断は多大な情報量を含むため、高度な診断技術も必要であり、簡便に直接的な診断画像が得られるX線CT(Computed Tomography)やMRI(Magnetic Resonance Imaging)装置の急速な発達により、確定診断としての位置づけが大きく変わろうとしている。すなわちX線診断の持つ即時性、リアルタイム性、簡便性などの特長を生かした、一次診断や治療支援としての役割が重要となっている。

このような時代の変化に対応するため、従来の“診断画像を得る”ことを主目的としたシステムから脱却し、“治療、特に血管内治療を支援する”ことを最重要目的としたX線循環器システムを新たに開発した。更に、この役割を加速させ、かつ診断から治療のワークフローを改革する手段として、次世代X線検出器と目されるFPDの実用化を計画している。

## 2 X線診断システムの特長とバリエーション

X線診断システムは、“人体を透過したX線情報を、深さ方向に重畳して平面画像化する”もので、X線制御技術やX線画像化技術の発達により、人体の情報をより忠実に表す高精細な診断画像を提供することが可能となってきた。他の画像診断システムに比べて、次のような特長がある。

- (1) 簡便性 X線曝射(ばくしゃ)スイッチを押すだけでX線診断画像が得られる。
- (2) 即時性 データの再構成などの手間が要らず、撮像後ただちに診断画像を得ることが可能である。
- (3) リアルタイム性 即時性の特長を更に拡張して、胃集団検診などで用いられているX線透視のように、リアルタイムで動画観察することも可能である。
- (4) 情報量の多さ X線画像は、人体の深さ方向の情報を重畳した平面画像であり、X線CTなどの断面像に比べ1枚の画像に含まれる情報量は非常に多く、1枚の画像からいろいろな診断が可能となる。

これらの特長を生かした多くのシステムバリエーションがあり、医療の様々な場で効果的に用いられている。

一方、X線診断システムには以下のような問題点もある。

- (1) 情報量が多いため、高度な診断技術が要求される。
- (2) 深さ方向の情報が重畳され、かつ濃度方向の分解能が

不十分であり、濃度情報による組織の識別ができない。

- (3) もともとアナログ情報であり、ネットワークや遠隔診断などのIT(情報技術)化へのハードルとなる。
- (4) X線被曝を伴う。

これらの問題点を克服しつつ、特長を生かしたシステムを開発し、病院のワークフロー改善などに貢献することが求められている。

### 3 循環器診断システムの新しい流れ

様々なバリエーションのあるX線診断システムの中でも、その特長を最大限に生かし高度な性能が要求される循環器診断システムは、優れた空間分解能と時間分解能、更に直接血管を見ることのできる唯一の手段として、外科的手術前の確定診断や手術後のフォロー診断に用いられてきた。

十数年ほど前から、血管病変に対する治療法として血管内からの治療が実用化され、急速に発展してきた。IVR(Interventional Radiology)と呼ばれるこの治療法は、血管内に通したカテーテルを使用して、血管の狭窄(きょうさく)部位を風船で押し広げたり、微細なカッターで血栓などを削り取ったり、網目状の金属で支えたり、癌(がん)組織への栄養血管をふさいだりする画期的な治療法である。

IVRが普及するとともに、血管内の病変部位へ治療デバイスを的確に持つていくためのナビゲーション手段としてX線循環器システムが用いられるようになった。更にX線CTなどの高速化、高画質化により、血管造影検査は、診断目的からよりIVR中心の検査へと移ってきた。

IVR検査では、より安全により確実に治療を行うことが重要であり、X線循環器システムに要求される顧客CTQ(重要な顧客要求課題)は、以下のように定義される。

- (1) “より安全にIVR検査を行う”ために、より短時間に低被曝で検査が行え、患者の病状の変化を的確にとら

えることができ、更に装置の信頼性が高いこと

- (2) より確実に治療を行うために、治療部位が簡単にわかり、治療デバイスが明瞭(めいりょう)に見え、術者の思いどおりにカテーテルなどの操作ができること

これらの顧客CTQに対するソリューションを提供し、医療経済構造の変化にも対応していくため、次世代X線循環器システム Infinix Celeve™ シリーズ(図1)を開発した。



図1 . Infinix Celeve™ システム - スリムなCアームやパソコンを使用し、機能・性能向上とダウンサイジングを実現した。  
Infinix Celeve™ system

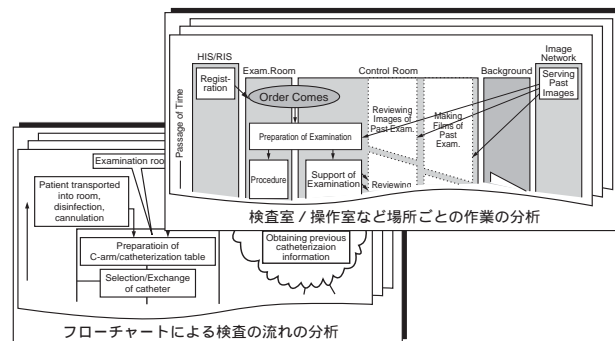
### 4 Infinix Celeve™ システムのコンセプトと特長

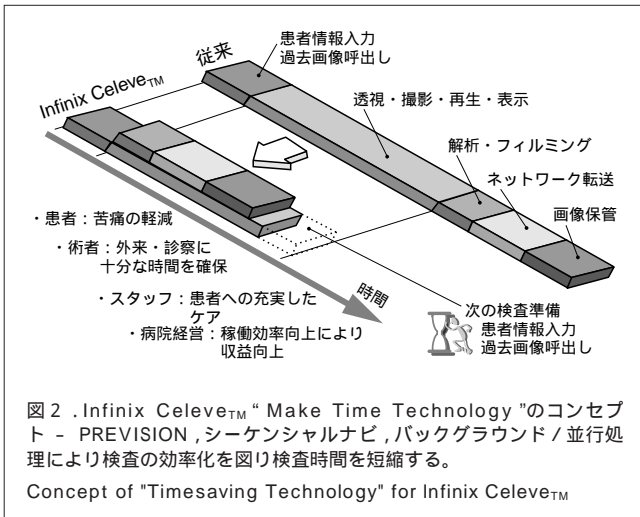
Infinix Celeve™ システムは、“患者・術者・スタッフに快適な検査環境を提供する”ことを基本コンセプトとし、以下の技術により顧客CTQへのソリューションを提供する。

- (1) “時間”を提供(Make Time Technology) 検査の流れ(ワークフロー)を詳細に分析した結果(囲み記事参照)、装置に起因する様々なむだや効率化が要求される部分を見つけ出し、機能強化した。IVR検査を大きく準備、検査、検査後に分けて、それぞれの効率化を

### 心臓検査のワークフロー分析

米国での死因No.1は心臓疾患によるもので、心臓検査の数は年々増加しており、検査の質を保ちながら効率向上を図ることが重要課題となっている。開発メーカーと病院が共同して検査のワークフローを詳細に分析することにより、装置側はどのような機能・性能を向上させればよいか、病院側はどこを改善すればよいか、お互いのアクティビティのベクトルを合わせることができる。東芝は、米国の有力心臓検査施設の一つである Johns Hopkins University と共同で心臓検査のワークフロー分析を行っている。これには、推定されるタスク分析やフローチャートを用意し、実際の検査を詳細に観察しながら修正追加を行っている。





サポートする機能・性能を用意した( 図2 )。

検査準備としては、患者ID( IDentification )を入力するだけで検査履歴から患者情報や過去の検査画像を検索・取得し利用可能状態にする、“ PREVISION ”機能を用意した。

検査中は、術者のリズムを壊さず意のままに使えるよう、Cアームの回転速度、透視・撮影や画像再生の応答性など、基本性能の向上を重点とし、更に検査の流れに沿って最小限の操作で各ユニットが同期してセットされる“ シーケンシャルナビ ”機能を追加した。

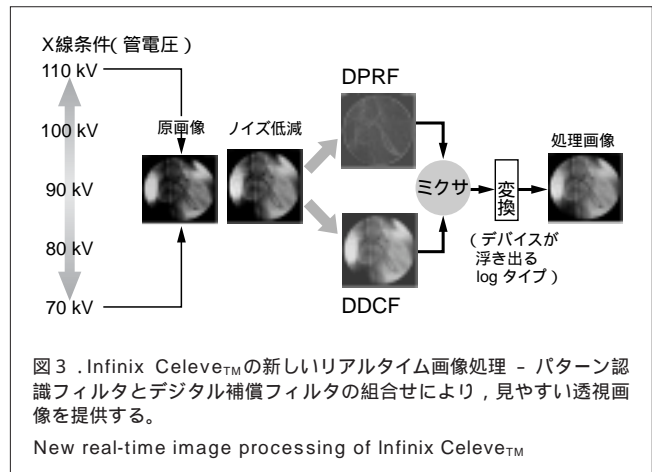
検査が終わると、検査結果( 主に画像 )を保存したり、フィルミングを行ったりする。しかし、これら検査後の作業は基本的には付加価値を生まない作業である。この作業を減らすために、検査中にCD-Rや画像サーバに自動的に画像を保管できる“ バックグラウンド処理 ”機能や、検査中に別画像のフィルミングを行うことを可能とする並行処理機能を用意した。

(2) 高画質透視・撮影( High Image Quality Technology )

より確実な治療を行うためには、治療部位や治療デバイスが明瞭に見えることが重要であり、透視画像の画質確保が必須である。

Infinix Celeve™では、新しくDPRF( パターン認識フィルタ )とDDCF( デジタル補償フィルタ )を開発した( 図3 )。30枚/秒撮像するX線透視画像に対し、カテーテルや治療デバイスなどの線状パターンをリアルタイムで認識するDPRFと、画像全体のダイナミックレンジを圧縮して信号を見やすくするDDCFをリアルタイムで施すことにより、透視画質を大幅に向上させた。

(3) 高い信頼性( Fault Tolerant Technology ) 万が一故障した場合でも、その影響を最小限にしたり、バックアップ手段を用意したりすることにより、システム全体の信頼性を向上させた。例えば、撮影画像を記録するデ



バイスとして高速大容量RAID( Redundant Array of Inexpensive( Independent )Disks )を採用し、ディスク単体の故障やエラーが発生しても検査を続行可能とした。また、X線管の透視用微小焦点が切れた場合は、撮影用の焦点で透視を行うことができるようにした。

更に、電話回線を利用してサービスセンターに故障状況を即座に知らせたり、システムの稼働状況を監視したりするリモートメンテナンス機能を用意し、故障の未然防止やダウンタイムの短縮を図ることができる。

以上のような技術を実現するため、システム中枢制御方式をとり、ユーザーインターフェースをWindows®(注1)パソコンのプラットフォームの下に構築し、高速画像処理は専用の高密度実装画像処理ボードを開発して、新しいソリューションを提供するとともにダウンサイジングを実現した。

5 FPD の特長

Infinix Celeve™システムに代表されるように、X線診断の位置づけの変化に合わせて、X線診断システムも少しずつ機能・性能が変わりつつある。ところが、この数年、全世界のX線関係技術者や病院関係者が注目している次世代X線検出器と言われるFPDは、X線診断そのものを大きく変える起爆剤になると期待されている技術である。

FPDは、TFT( 薄膜トランジスタ )を画素スイッチに用い、その上層にX線を電荷に変換する手段を構成し、TFTスイッチを使用して各画素に蓄積された電荷を順次読み出すことにより画像化するもので、形状から平面検出器と呼ばれている。図4に外観、図5に構造の模式図を示す。

X線フィルムやX線イメージインテンシファイアなどの従来のX線検出器と比べ、FPDはX線診断システムの次の特長をすべて兼ね備えた、理想的な検出器である。

(注1) Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標。

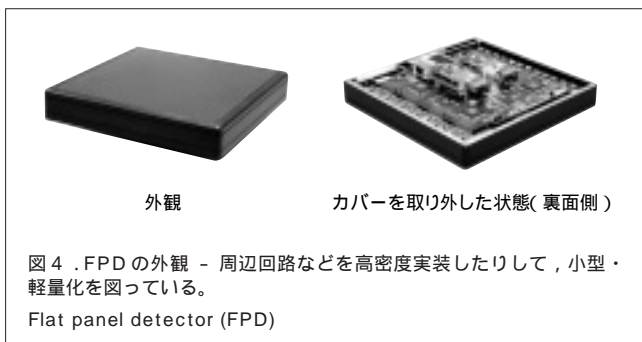


図4 . FPDの外観 - 周辺回路などを高密度実装したりして、小型・軽量化を図っている。  
Flat panel detector (FPD)

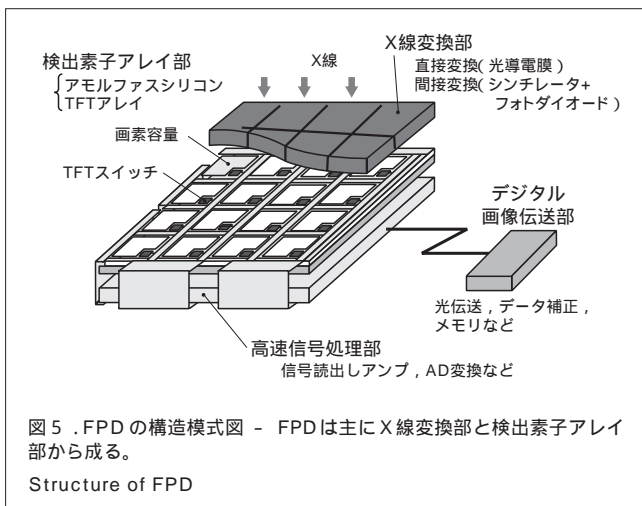


図5 . FPDの構造模式図 - FPDは主にX線変換部と検出素子アレイ部から成る。  
Structure of FPD

- (1) 即時性,リアルタイム性に優れる。
- (2) X線フィルムよりも高画質を提供する。
- (3) 小型・軽量である。
- (4) 空間的なひずみがなく,位置精度が高い。

## 6 FPDによるX線診断ソリューションの発展

以上のような特長を持つFPDの実用化により,X線診断システムの特長を最大限に生かしたシステム構築の可能性が予想される。それらのシステムは,診断から治療のワークフローに新しいソリューションを提供する。例えば,次のようなものが挙げられる。

- (1) 位置精度の高さを生かした高精度三次元再構成機能を実現し,IVR治療部位やデバイスをより明瞭に可視化するIVR治療支援ソリューション
- (2) 同じく高精度三次元再構成技術を応用したバーチャルエンドスコープ(仮想内視鏡)機能による新しい消化管診断ソリューション
- (3) リアルタイム性能を生かし,簡易透視機能を付けることにより関節の動きや損傷部位を確実にとらえることが可能な整形外科ソリューション

- (4) 小型・軽量という特長を生かした,患者やスタッフに優しいシステム。例えば,楽に乗り降りできるX線診断用寝台や,クリアランスを良くして検査効率を高めるX線循環器システムなど

これらのソリューション以外にも,FPDの実用化はX線画像のデジタル化による完全なフィルムレス病院の実現や,病院/地域連携の医療情報ネットワークの実現に大きな役割を果たすであろう。

## 7 あとがき

医用画像診断の中でももっとも長い歴史を持つX線画像診断は,その位置づけを変化させながら診断・治療のワークフローの中でも重要な役割を担ってきた。その変化に対応するため,X線診断システム自体もその特長を最大限に生かし,新しい役割で顧客CTQを満足するシステムの提供が不可欠となってきた。

次世代X線循環器システム Infinix CeVeve™をはじめ,次世代X線検出器であるFPDの実用化は,このような新しい顧客CTQを実現するとともに,装置側からも新しいソリューションの提案を可能とする。

## 文献

- (1) Tsukamoto, A., Yamada, S., et al. "Development and evaluation of a large-area selenium-based flat panel detector for real-time radiography and fluoroscopy," Proc. SPIE, 3659, 1999, p.14 - 23.
- (2) 西木雅行 .テクノノート IT時代のX線検出器 .東芝レビュー .56,5,2001, p.68 - 69.



藤井 千蔵 FUJII Senzo

医用システム社 医用機器・システム開発センター X線・治療開発部長。次世代循環器システムやFPDの開発に従事。  
Medical Systems Research & Development Center



西木 雅行 NISHIKI Masayuki

医用システム社 医用機器・システム開発センター X線・治療開発部グループ長。X線平面検出器の開発に従事。  
Medical Systems Research & Development Center



山田 尚樹 YAMADA Naoki

医用システム社 医用機器・システム開発センター X線・治療開発部グループ長。次世代循環器システムの開発に従事。  
Medical Systems Research & Development Center