

新たな役割を開拓するX線診断装置

X-ray Imaging Systems: Exploring New Roles

間庭 祐司 西木 雅行

■ MANIWA Yuji

■ NISHIKI Masayuki

X線診断装置は、100年以上の歴史を持つ画像診断装置であり、今も進化を続けている。その間、映像化の原理は変わっていないが、新しい画像診断装置の発展によって、その役割が変化しようとしている。近年、X線平面検出器（FPD：Flat Panel Detector）の導入によって高画質のデジタル画像が得られるようになり、より正確ながん診断が可能になってきた。一方、循環器の領域では、CT（Computed Tomography）装置やMRI（Magnetic Resonance Imaging）装置の急速な進歩によって、X線が従来担ってきた診断の役割から、IVR（InterVentional Radiology）という血管内治療を効率的に支援する役割へ変化している。

X線診断装置は、変化する医療環境のなかで、今後も新たな役割を見いだして発展を続けていく。

Although X-ray diagnostic imaging has been used for more than 100 years in the medical imaging field, it is still developing. While the principle of the imaging has remained the same, its role is changing inspired by the introduction of new devices and the rapid evolution of other modalities in recent years. One direction of change is the progress in cancer diagnosis due to the introduction of flat panel detector (FPD) digital images. Another direction of change is in the area of vascular diagnosis; that is, since X-ray imaging is being replaced by computer tomography (CT) and/or magnetic resonance imaging (MRI) for the diagnosis of vascular diseases, it is finding its main role in supporting interventional radiology (IVR) procedures.

X-ray diagnostic imaging is expected to further evolve in the rapidly changing medical imaging field by finding additional new roles.

1 まえがき

X線は、1895年にレントゲン博士によって放射線として発見され、その直後から医療への応用が開始された。それ以来100年以上にわたって、医用画像診断の中心を担ってきており、医用画像診断装置のなかではもっとも長い歴史を持っている。

その間、被写体（患者）を透過したX線を検出して単純に映像化する原理は変わっていないものの、いくつかの技術革新があった。X線発生系では、回転陽極X線管や液体軸受X線管の導入があった。またX線検出系では、増感紙とフィルム、I.I. (Image Intensifier) とテレビ (TV) カメラ、CR (Computer Radiography) と続き、1990年代後半からFPDが導入されている。これによって、従来アナログのフィルム画像が、デジタル画像に変わろうとしている。FPDの導入は、病院全体がデジタル化に向かって前進する原動力の役割を果たしている。FPDを搭載した静止画撮影システムの全景を図1に示す。

また、広い視野にわたって高精細な全体像を簡便に提供できるというX線装置の特長によって、病院の検査はX線撮影から開始されるという診療ワークフローは維持されている。

一方で、他の画像診断装置が長足の進歩を遂げた結果、X



図1. FPDを搭載した静止画撮影システム — FPDシステムでは撮影直後に画像確認ができるので、患者拘束時間を短縮できる。

Radiography system equipped with FPD for still image collection

線診断装置の役割が変わってきている。従来は、がんの画像診断にはX線診断装置が唯一の手段であったが、例えば、肺がんではCT装置の利用が有望視されている。しかし、FPDの導入により、胃がんなどの診断ではX線診断装置の優位性が見直されている。

また循環器領域では、診断はCT装置やMRI装置でより安全に行われるようになり、X線診断装置は、血管内治療の

支援として多く使われるようになってきた。

このようなX線診断装置の役割の変化について、以下に述べる。

2 X線診断装置の特徴

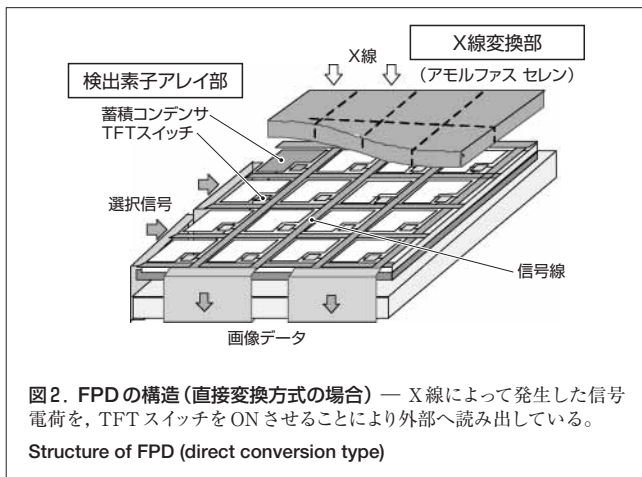
CT装置やMRI装置などの他の画像診断装置と比較した場合、X線診断装置の長所は次のとおりである。

- (1) X線曝(ばく)射スイッチを押すだけで画像が得られる簡便性
- (2) データの再構成などの手間が要らず、撮影後すぐに診断画像を得ることができる即時性
- (3) 胃のバリウム検診などで用いられているX線透視機能によるリアルタイムの動画観察
- (4) 0.1 mm程度の微細なものまで高精細に画像化。これは、他のイメージング装置を1けた程度上回る大きな特長
- (5) 約40 cmの大視野で病気の位置を容易に把握

- 一方、X線診断装置には次のような短所もある。
- (1) 診療に要する被曝量を低減する努力が求められる。
 - (2) X線画像は、人体の3次元構造を2次元画面に投影した画像であるため、奥行き方向に様々な構造物が重なって写っている。したがって、微細なコントラストの対象物は注意深く観察しないと見逃すおそれがある。
 - (3) フィルムはもちろんアナログであり、画像処理やファイリングに不便であった。最近のFPDの導入によって、確実にデジタルへの移行が進んでいる。

3 高画質のデジタル画像が得られる FPD

FPDは、画素ごとに半導体のスイッチを内蔵する平面状のX線検出器である。代表的な構造を図2に示す。FPDに入射したX線は、まずX線変換部(アモルファス セレンから成るフォトコンダクタ)で吸収されて電荷を発生する。この電



荷は、画素ごとに設置された蓄積コンデンサに蓄えられ、画素に付属する読出しスイッチ(TFT(Thin Film Transistor)スイッチ)を通じて外部回路に読み出される。TFTスイッチというのは、アモルファスシリコンを素材として形成されるスイッチング用のトランジスタのことで、ノートパソコンの表示部や液晶ディスプレイなどに広く利用されているデバイスである。

読出し方法としては、まず1本の駆動線が選択され、この駆動線にTFTのON(開放)電位が与えられる。すると、この駆動線につながっているすべてのTFTがON状態になり、蓄積コンデンサに蓄えられていた電荷が信号線上に流れ出す。この電荷は、外付けの電荷アンプによって電圧に変換され、A/D(Analog to Digital)変換されてデジタル信号となる。

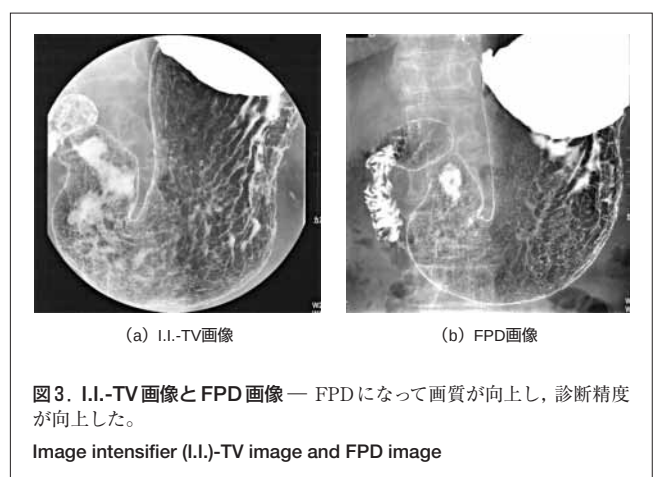
FPDの特長は、コンパクトな形状であって高画質のデジタルX線画像を出力できることにある。この特長を生かしてFPDは、従来フィルムが使われていた静止画領域にも、II-TVが使われていた動画領域にも、すべてのX線診断分野へ進出している。FPDの普及によって、以下に述べるように、X線装置の変化が促進されている。

4 がんの診断・治療への貢献

X線診断装置は従来から、様々ながんの診断に使われてきた。最近のCT装置やMRI装置の進歩によって、肺がんなどの診断では主役の座を譲りつつあるが、X線診断装置が依然として中心的な役割を果たしているがん診断領域もある。代表例としては、胃がんと乳がんが挙げられる。

以下に、胃がんを例にとりて、がん診断におけるX線診断装置の最近の技術進歩について述べる。

図3は、II-TVカメラとFPDの臨床画像比較である。胃がんの診断には、従来はII-TVが使われてきたが、(a)に見られるように、解像度が低いことと視野が円形であることが欠点であった。FPDになると、(b)のように解像度が上がり、



矩形(くけい)の視野が実現できた。これによって、がんの診断がより正確に、見落としなくできるようになった。

図4は、寝台の進歩によって、従来は困難だった角度からの撮影が可能になり、病変部の診断がより正確に行えるようになった例である。従来の寝台では、(a)に示すように、寝台と直行する方向だけの画像しか得られず、病変の位置によっては観察困難な場合があった。そこで、(b)のように寝台に対する撮影角度が自由に換えられる装置を開発することによって、患者が動くことなしに、最適角度での撮影が可能になった。このように、自由に撮影角度が換えられるシステムは、従来から血管撮影では多用されてきたが、それを消化管撮影にも応用しようという試みである。

図5は、新しい画像処理によって、診断精度を上げる技術である。DCF (Digital Compensation Filter) と呼ばれるこの処

理を使うと、胃の内部の構造が1枚の画像上で、どの領域も適正濃度(明暗)で観察できる。DCF適用前の画像(a)に見られる暗い部分(画像の右端)では、暗すぎて胃の内部構造観察が困難である。単純に表示ウインドーを変えるだけでは、他の部分が白くなりすぎて、やはり観察に適さない。そこでDCF適用画像(b)では、信号成分である高周波数成分は一定に保ったまま、暗い背景部分である低周波数成分だけを増大させている。この処理によって、胃の内部構造が画像上の位置によらず均一に観察可能になった。

5 診断から治療へ

最近、重要性が増している心疾患と脳血管疾患を対象としたX線循環器診断システムの役割の変化について述べる。

血管をX線で見ようとしても、血管と周辺臓器のX線吸収差が小さいために、そのままではよく見えない。そこでこれを可視化するために、ヨウ素を主成分とする造影剤を血管内に注入している。しかし、ヨウ素は腎臓に負荷を与えるうえに、しばしば動脈を切開してそこから造影剤を注入するので、患者に大きな負担を与える。しかし、このような検査を行っても、血管内壁の形状しか観察できない。血管の病気とは結局血管壁内部の病気であり、本来は血管壁内部の性状を画像で見たいのであるが、これができない。一方、CT装置やMRI装置を使えば血管壁内部の性状がわかるので、診断はこれらの装置で行われるようになってきている。最初は大血管からこの動きが始まったが、最近のマルチスライスCT装置の急激な進歩によって、心臓の冠動脈の診断が可能になりつつある。

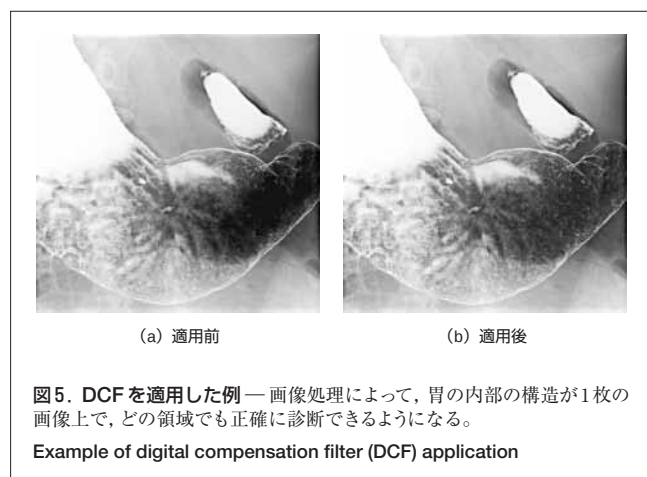
このため、X線診断装置がその特長をもっとも生かせるのは、IVR (InterVentional Radiology) と呼ばれる血管内治療においてである。IVRとは、X線透視で血管内壁形状をリアルタイムに観察しながら、血管内に通したカテーテルを使用して血管狭窄(きょうさく)部位を風船で押し広げたり、網目状の金属(ステント)を留置して広げた状態を固定したりする治療法である。IVRを実施するには、高精細な血管画像をリアルタイムに観察することが必要であり、これは今のところX線診断装置にしかできない。

このような理由で、循環器領域におけるX線診断装置は、IVRをより効率的に、また安全に支援するという顧客CTQ (Critical-To-Quality) に応える方向に進歩してきた。この方向での最近の進歩を、次に二つの例で述べる。

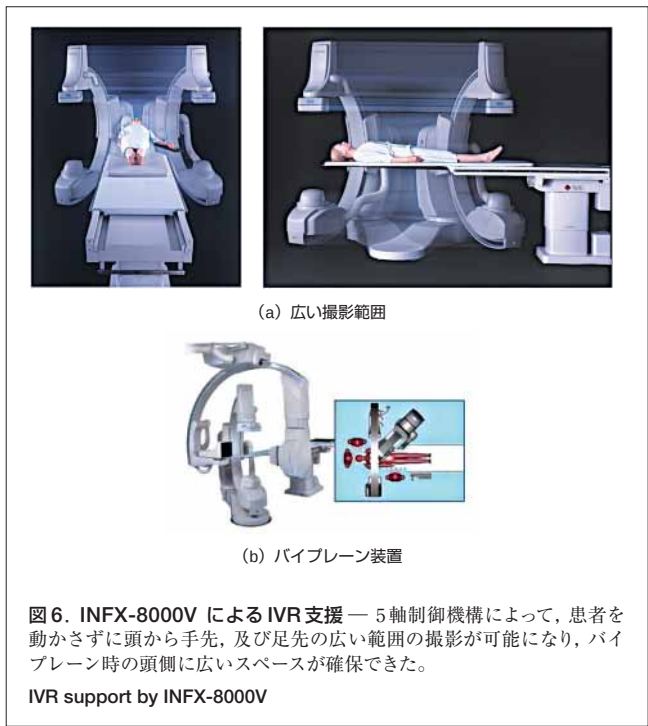
5.1 X線循環器診断システム

Infinix Celeve™i INFX-8000V

IVRを効率的に支援するためには、術者(医師)が希望する任意の位置と角度でX線画像を提供する必要がある。しかも、装置が術者の作業を妨害しないような工夫も要求され



る。INFX-8000Vは、この目的を極限まで追求して完成した最新装置で、5軸の回転軸を自在に組み合わせて動作させることにより、例えば、患者を移動させることなく、頭から手先、足先までの撮影を可能とした(図6 (a))。また、同時2方向撮影が可能なパイプレン装置では、患者の頭側にフリースペースを確保することができた(図6 (b))。これは従来装置では不可能であった機能であり、これによって麻酔器の配置や介助者の立ち位置の制限が緩くなり、外科手術を伴うインターベンション(ハイブリッド治療システム)などの新しい臨床領域への挑戦も始まっている。



5.2 3D アンギオ (3次元血管撮影法)

Cアームを患者の回りを回転させて撮影すれば、CT装置と同じように断層像が再構成できる。X線装置は大面積のFPDを使うので、得られる再構成像は高精細な3次元像となる。一方、濃度(密度)分解能はCT装置よりやや劣るが、IVRの方針決定や治療効果判定には十分使うことができる。わざわざCT検査室に移動しなくても、IVRの現場で3次元像が得られれば、たいへん効率的である。図7は、IVRで血管内に留置したコイルと血管を同一画像上に表示したものである。このような画像は、特に脳血管治療において、治療効果判定に欠かせないものとなっている。



6 あとがき

X線診断装置の最近の動向を、FPD導入に伴うがん診断の進歩と血管内治療支援の充実という二つの側面から概略を述べた。X線診断装置は画像診断装置のなかではいちばん歴史の古い装置であるが、その特長を最大限に生かす方向を探り、新たな価値を生み出すように努めている。

時代の要請は、病気が顕在化してから発見して治療するという医療から、早期発見、早期治療の予防医療へと転換している。X線診断装置に求められる役割は、高画質で、かつ取り扱い容易なデジタル画像を提供することにより、病変の早期発見に寄与することと、治療支援機能の充実によって、早期治療が可能となる装置性能を実現することである。

ここで述べたようなX線診断装置の方向性で医療に貢献していきたい。



間庭 祐司 MANIWA Yuji

東芝メディカルシステムズ(株) X線事業部 X線開発部長。
X線診断装置の開発に従事。
Toshiba Medical Systems Corp.



西木 雅行 NISHIKI Masayuki

東芝メディカルシステムズ(株) X線事業部 X線開発部主幹。
X線検出器とX線臨床技術の開発に従事。日本放射線技術学会会員。
Toshiba Medical Systems Corp.