

2. Flat Panel Detector

高野英行

千葉県がんセンター 画像診断部

Flat Panel Detector

Hideyuki Takano

Division of Diagnostic Imaging, Chiba Cancer Center

Abstract

The Flat panel detector (FPD) or Flat detector (FD) is an advanced X-ray detector system, which can provide fast development of wide dynamic range X-ray images without distortion. FPD can show high spatial resolution and visibility of low contrast objects with less exposure. Two major types of FPD are direct conversion and indirect conversion. There is no clinical significance between them. Using FPD, the X-ray system is smaller and gives a wide working space which provides easy access to patients on a table. Digital radiography (DR) is usually used for fluoro. DR with FPD can show excellent static images such as Computed Radiography (CR). FPD can also provide high quality digital images which can be used for 3D reconstructions such as Flat-detector Angiographic CT (FACT). FACT delivers soft tissue images in the angio suite like the Angio-CT system. Fact provides fine and wide dynamic range data and small cubic voxels. These data enable us to visualize fine vasculature in 3D, not only by arterial injection but also by intravenous injection (Volume IntraVenous Injection DSA). These innovations change the workflow of the radiology department.

Keywords : Flat panel detector, Flat-detector Angiographic CT, 3D-DSA

Flat panel detector, Flat detectorとは

Flat panel detector (FPD) または、Flat detector (FD) は、透視や撮影に使われる Computed radiography (CR) やイメージインテンシファイアー (II) に代わって、X線を画像化する装置であり、コンピューターなどの液晶モニターのような形状をしている。その中には、液晶ディスプレイに利用されている Thin Film Transistor liquid crystal (TFT : 薄層トランジスタ) 技術を利用し、平面状で薄く、従来型のX線検出器を大幅に上回る検出能を持つ。従来のフィルムの欠点である、長い現像時間、デジタル化すると画像が劣化するなどの問題や、II

の欠点である大きな容量、視野が丸いこと、解像度が低い、そして画像がゆがむことなどが大幅に改善されている。CRと比べると、マンモグラフィーでの空間分解能が低いことなどがあるが、この分野でも FPD 装置の進歩が続いている。また、CRと比べると画像描出までの時間が短いので、患者さんのスループット時間が短縮し、効率化に貢献するといわれている。

FPDの変換方式

FPDには直接変換方式と間接変換方式がある¹⁾。「直接変換方式」では、X線の強さをX線変換膜 (X-ray photoconductor) により直接変換する方式であ

FPDの汎用性

る。一方「間接変換方式」では、入射されたX線の強さに応じて光に変化させるシンチレータと光を電気信号に変えるフォトダイオードと、電気信号を受け取る薄膜トランジスタ(TFT)により構成されている。

「直接変換方式」のメリットは、フォトダイオードによる層が不用で、信号劣化やノイズ混入が少ないと言われているが、1mm前後のセレン膜を均一にし、X線を電気信号に変換するために、10KVの高電圧をかける必要があるため、その状態を維持させることは難しいといわれている。「間接変換方式」のメリットは、フォトダイオードによる優れた光検出能である。しかし、光散乱などによる空間的なボケの問題もあると言われているが、臨床上、問題となっていない。

「間接変換方式」にはノイズが多いといわれるが、ノイズが多いことが、認識能を下げるわけではなく、軽度のノイズがあったほうが、認識能が上がるという視覚的認識特性がある。グレーや中間色の濃淡を、乱数的に発生させたドットで表現するディザリングにより対象物の認識能が上がるということが知られている²⁾。

FPDの画像は、Digital radiography (DR) 装置においてもCRと同等の画像を撮影することが可能ということである。このことを利用して、我々の施設では、DR装置をIVPなどの撮影に用いている。広い撮影範囲により、腎臓上縁から恥骨までをカバーでき、造影剤の排泄が遅い場合に、透視による観察により、無駄な撮影を回避できる。中心静脈カテーテルの挿入、位置確認、気胸の有無の確認もできる(Fig.1)。また、機器を兼用できるため、効率の良い検査が可能で、機器の集約化も可能である。我々の施設では3台の検査機器を2台に集約することができ、高性能機器の導入ができ、放射線技師の仕事の効率も上昇した。また、余った検査室をCTのための点滴確保に使うなど、メリットが多い。

我々の用いているFPDは、単純X線、透視、血管造影とも間接方式で、I.I.と比較するとFPDはダイナミックレンジが広く、コントラストが良好である。我々の用いている血管造影装置では濃度分解能は14bitのデータ深度を持っている。そのた

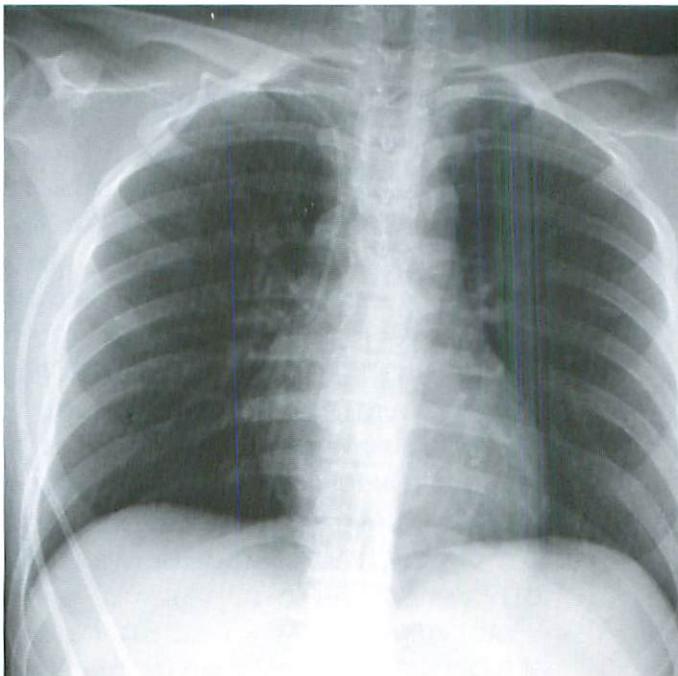


Fig.1

A chest x-ray taken by FD fluoroscopy
This x-ray was taken after insertion of a central venous catheter. Pulmonary vasculature is clearly seen, as well as the tip of the catheter. We were therefore convinced that there was no apparent pneumothorax.

め、四肢の経静脈性のDSAにおいて経動脈性と同等の画質が確保できる (Fig.2)。また、透視、血管造影ともディテクターとしての形が長方形であるので、通常の血管造影においては、肝臓から脾臓がカバーできる。長方形であることは、cone-beam CTによる再構成を行う場合も、truncationとなる領域が少ないために、アーチファクトが出にくい。画像のゆがみが少なく、cone-beam CT再構成に

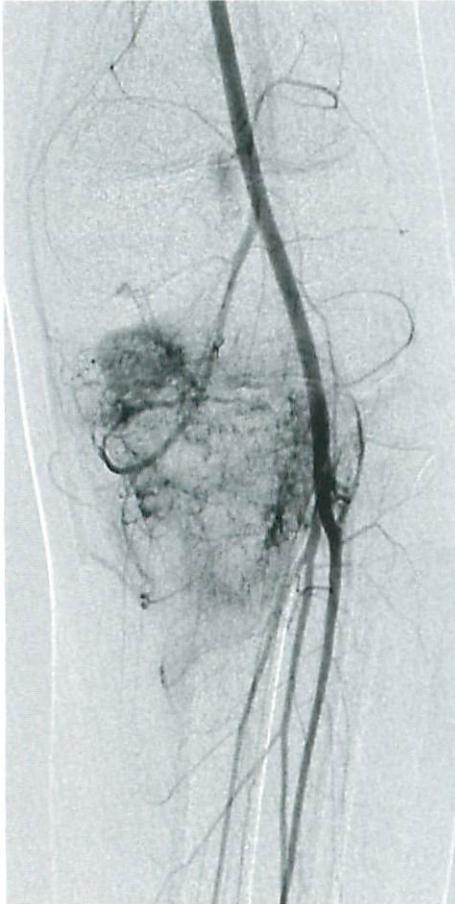


Fig.2 Intravenous injection DSA (IVDSA) for evaluation of perfusion of an osteosarcoma
The image quality of this IVDSA is as that of good as Intra-arterial injection DSA (IADSA) in visualization of fine vasculature and stains around the knee.

優位に働く。通常のI.I.は地磁気などの磁場影響などがあるが、FPDにはないので、マグネチックナビゲーションなどと併用も可能である。

FPD画像の再構成

FPDの有用性としてデジタル画像を生かして、画像再構成を行うことができる。DSAや周波数強調などでは、I.I.においても行われてきた。肝臓がんの多いわが国では、肝臓のインターベンションにおいて、腫瘍の染まり、門脈血流の欠損、塞栓後のリピオドールの集積の確認等において、アンジオCTとしてCTを使うことが多い。しかしながら、1つの室内にCTとアンジオ装置がある場合、コスト、設置場所の大きさ、利用頻度の低さが問題となっていた。そこで臨床用に開発されたのが、FPDによるcone-beam CTである。Cone-beam CT自体は20年以上前から研究されており³⁾、その技術をIVR-CTに応用したものである。そのcone-beam CT技術は、低コントラスト分解能が低いため、また高濃度な造影剤による高コントラストな構造物として描出される中程度までの血管を描出できたため、3D-DSAとして、主に脳血管領域、ウイルス輪近くの脳動脈瘤の治療の際のナビゲーションに用いられた⁴⁾。問題として、一部の脳血管は描出されるが、I.I.の画像のゆがみもあり、動脈の太さは正確ではなかった。

FACT (Flat-detector Angiographic CT ; DynaCT)

FDはゆがみがなく、広いダイナミックレンジ、高い空間分解能を持っている。FDを用いたcone-beam CTが、アンジオ室におけるCTとして期待され、各メーカーが研究開発を行っていた。2004年11月より、我々はこのFDのcone-beam CTのプロトタイプを共同開発してきた。Siemens社は同年のRSNAにて、Angiographic CT (商品名DynaCT)として発表した。2005年の我々の成果をRSNAに発表した。日本においてはAngio-CTという言葉がIVR-CTとして使用され、Angiographic CTと区別しにくい。FACT (Flat-detector Angiographic CT)という言葉を用いた⁵⁾。

FACTの解像度は、メーカーごとに異なるが、通常の再構成されたスライス画像は、20 cm程度の

FOVの範囲を512matrixにて再構成するため、約400 μm の大きさのmatrixとなり、体軸方向も同じ長さとなるため、約400 μm のvoxelにより構成されている。このvoxelの大きさを小さくすることにより100 μm 前後まで縮小することができる。骨梁の描出においては16列MDCTを上回る繊細さがある。

FACTを含めたcone-beam CTでは、全ての辺の長さを同じにして画像再構成するため、voxelの一辺の大きさは同じで、立方体(cube)をしているため、Cubic voxel imagingと言える。MDCTのisotropic imagingは、日常臨床では全ての方向の辺の長さは同じでなく、near iso-tropicとなる。DynaCTを含めたFACTのCubic voxel imagingはMDCT以上の特性と言える。

透視用FDは、造影剤の認識が良好になるように製作されている。そのため、ダイナミックレンジが広く、骨や造影剤の濃度を分離できる濃度分解能を有する。DynaCTに用いられるFPDでは14bitのダイナミックレンジを持つ。CTの検出器は、低コントラスト分解能が高くなるように作られている。そのため、高濃度領域のダイナミックレンジは狭く、骨と造影剤など高濃度の物質は、分離が難しい。DynaCTによる3次元血管像はCTアンジ

オによる3次元血管像よりも優れている。

DynaCTは、低コントラスト分解能では、MDCTには劣るが、小さいvoxelサイズ、cubic voxel、そして、細かく広いダイナミックレンジにおいて、MDCTよりも優れており⁵⁾、動脈の3次元構造を画像化することにおいては、MDCTを超えていると考えられる。

Volume IntraVenous Injection DSA (VIVID)

四肢のIVDSAにて動脈造影と同等の画像が得られることに注目し、我々は、肘静脈からの造影剤注入によるVolume angiographyである、Volume IntraVenous Injection DSA (VIVID)を行っている⁵⁾。特に、脳血管造影や四肢の血管造影を立体画像として描出可能である。スライス厚を変えて、立体を切り込むことにより、血管の連続性や存在部位を認識でき、左右の動脈の区別や動脈と静脈の区別が可能であった。この方法は、小児においても施行可能である(Fig.3, 4)。VIVIDは、診断的な頭部CAGの一部が不要なほどの精度を持つ。欠点としては、患者さんの動きが、サブトラクションのアーチファクトとして描出されることである。

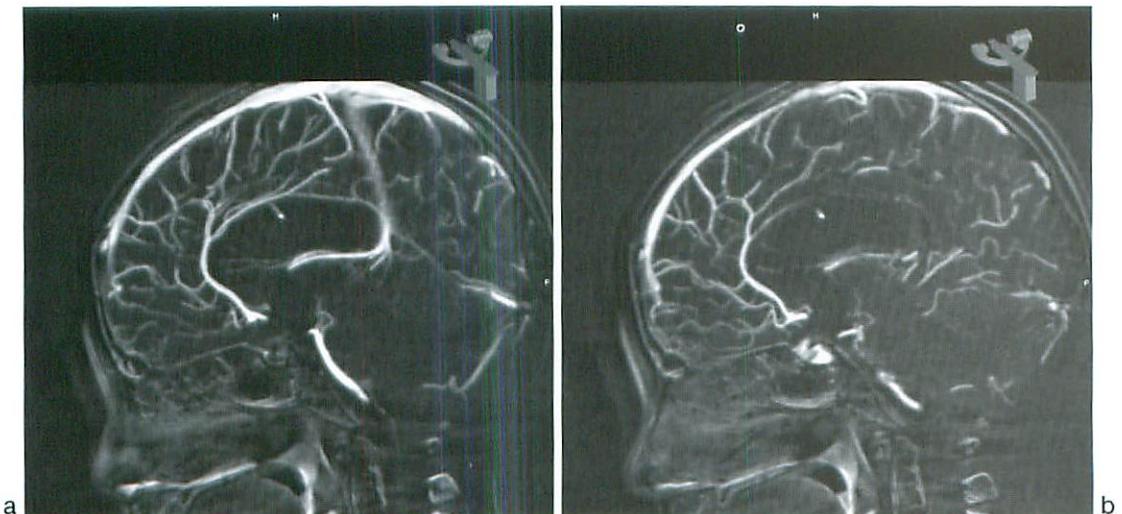


Fig.3 A case of Volume Intra-Venous Injection DSA (VIVID) in children. Parasagittal sequential slab MIP

a, b: In a cerebral angiogram, the orbitofrontal arteries are clearly visualized in the frontal fossa. Sequential slab display on a workstation demonstrates the spatial relationships of these arteries. The both sides are displayed without superimpose of the contralateral side.

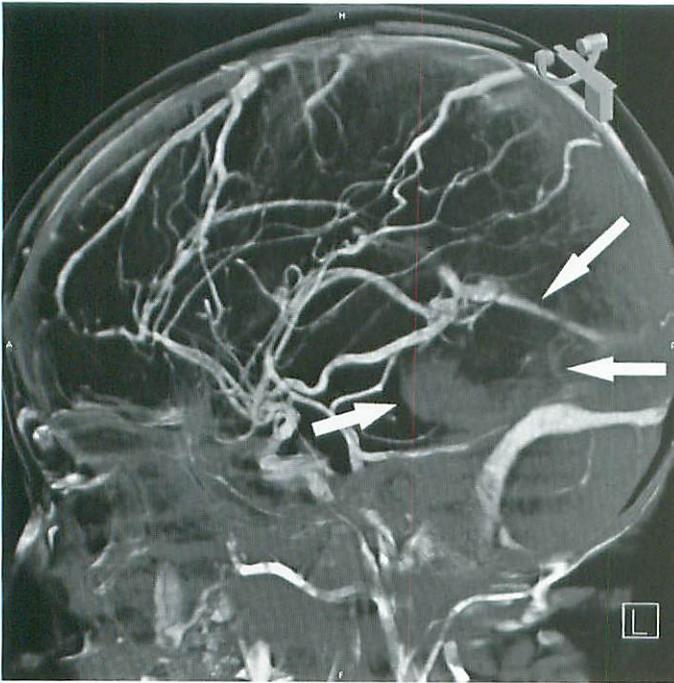


Fig.4
A case with brain metastasis from a renal cell carcinoma in a child evaluated with VIVID
Using the volume rendering method, tumor stain (arrows), arteries and veins are visualized. We can differentiate arteries from veins because of the continuity of these vessels with larger vessels.

DynaCTなどのFACTは、アンジオCTの多くの部分を置換でき将来的には、MDCTなどの改良で培われた様々な補正技術が投入され、アンジオCTに取って代わる存在になる可能性がある。

まとめ

FDの技術の確立は、PACSを含めた画像のデジタル化に寄与する。また、デジタル画像であるので、再構成も容易であり、IVDSAやFACTへの応用は、小児の画像診断にも大きく貢献すると思われる。

●文献

- 1) 高野英行：インターベンショナル・ラジオロジーの新しい波. 新医療 2005 ; 32 : 112-114.
- 2) Enrico S, Massimo R, Charles S, et al : Visual Perception of Stochastic Resonance. Physical review letters 1997 ; 78 : 10-10.
- 3) Feldkamp LA, Davis LC, Kress JW : Practical cone-beam algorithm. J Opt Soc Am 1984 ; 1 : 612-619.
- 4) Hirai T, Korogi Y, Suginozono K, et al : Clinical usefulness of unsubtracted 3D digital angiography compared with rotational digital angiography in the pretreatment evaluation of intracranial aneurysms. Am J Neuroradiol 2003 ; 24 : 1067-1074.
- 5) 高野英行 : Flat-detector angiographic CT (FACT) による3D angiography. 臨床放射線 2006 ; 51 : 1067-1074.