

循環器 X 線撮影装置の被ばく低減システムにおける被ばく低減効果

東芝メディカルシステムズ(株)
X線開発部 佐藤 直高

1. はじめに

循環器 X 線撮影装置は、いくつかの大きな技術革新を経て進展してきたが、近年の大きな話題は、やはりフラットパネルディテクタ (FPD) の登場であろう。

東芝でも、長年の研究開発を経て、2004 年より Cardiac 用、Angio 用の FPD システム Infinix Celeve-i™ シリーズを順次製品化してきた。

Infinix Celeve-i™ シリーズは、当初より FPD 組合せを考慮したシステム設計となっており、様々な新しい技術が取り入れられている。インターベンションの普及により装置側に対しては画質向上と被ばく低減の両立がますます求められてきている。ここでは、主に Cardiac FPD システムの被ばく低減技術に関してその特徴を紹介する。



写真1 Infinix Celeve-i INFX-8000C

2. Infinix Celeve-i™ シリーズの被ばく低減技術

1) 透視画像処理

低線量画像ではカンタムノイズをいかに低減するかが最も重要な課題である。線量を上げずにノイズを低減する方法としては、一般には画像加算処理が使用されるが、これだけでは残像が問題となる。このため、東芝では、新しい発想に基づいたデジタル画像処理を開発し、FPD 透視画質の改善を行っている。

主要な画像処理としては、DPRF (Digital Pattern Recognition Filter) / DDCF (Dynamic Digital Compensation Filter) が上げられる。DPRF は、統計的手法を用いて画像上の線状陰影を検出し、線状信号の強調、背景のノイズ低減により画質改善を行っている。DDCF は、背景画像をダイナミックレンジ圧縮してハレーションなどを低減し、信号のコントラストを強調している。

2) 線質フィルタと高出力 X 線管

線質フィルタは、被ばく低減のためにはなくてはならないアイテムである。東芝では、タンタル

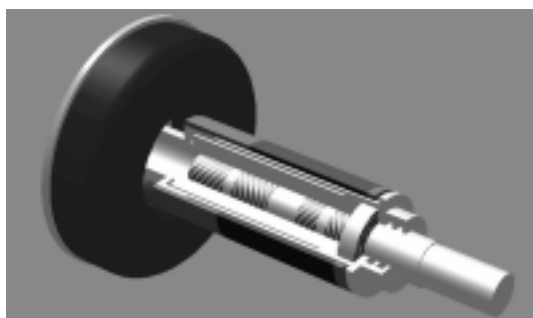


写真2 液体金属潤滑を使用した動圧軸受け

循環器 X 線撮影装置の被ばく低減システムにおける被ばく低減効果という金属を使用した 3 種類の線質フィルタを目的に応じて切替えて使用している。

線質フィルタを有効に利用するためには、システム側の対応が重要となる。例えば、線質フィルタを挿入したことで管電圧が上昇してしまい、画像のコントラストが低下すれば、画質劣化を引き起こしてしまう。画質と被ばく低減の両立を行うためには、管電圧を上げないで線質フィルタを有効利用できる高出力 X 線管と、その X 線条件を最適に制御する X 線制御が不可欠である。

東芝では、高出力 X 線管として、従来の金属球ベアリングに代わり、液体金属潤滑を使用した動圧すべり軸受け構造を持った 3 MHU の大容量 X 線管をラインナップしている。

3) 自由度の高い透視パルスレート

低レートパルス透視は、単純でわかりやすい被ばく低減に効果の高い機能である。

最近では、被ばく低減意識が高くなってきていることもあり、透視レートは 15fps が主流になってきている。

従来は、30fps、15fps、7.5fps の透視レートが一般的であったが、Ceveve-i では、それ以外の多くのパルスレートを準備している。例えば、30fps から直接 15fps へ変更すると違和感を感じる場合があるが、途中で 20fps に慣れてもらった後で 15fps にしていくという使い方も可能である。



図 1 透視パルスレート

4) 透視モード選択機能

これは、従来の線量切替えモードに加えて、パルスレートや線質フィルタなどを組み合わせて同時に切替える機能である。4 種類までの組合せが登録でき、検査目的や、術者ごとのカスタマイズも可能となっている。図 2 に組合せの一例を示す。

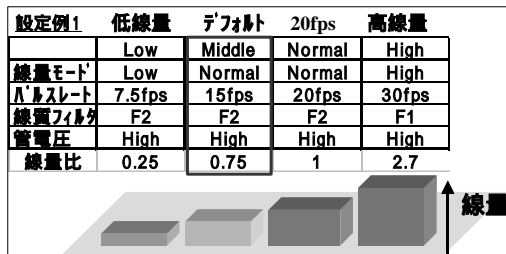


図 2 透視モード設定例と入射線量比

5) 透視収集機能

透視画像は、画像処理などで大きく改善しており、動画像で見ただけでなく、撮影と同じような有効利用ができれば被ばく低減の可能性が広がる。

例えばバルーン拡張の確認撮影の代わりに透視収集を利用することなどが考えられる。

Ceveve-i の透視収集機能は、透視中やラストイメージホールド (LIH) 像の静止画収集の他に、透視終了前の最大 90 秒間の画像を収集することができる。もちろん、収集した透視画像は、撮影画像同等の扱いができ、サーバーへの転送なども可能である。

6) バーチャルコリメーション機能

LIH 像の画像上で補償フィルタや X 線コリメータの位置を表示させ、X 線を出さずに操作を行う機能である。これも、透視を出さずに補償フィルタや X 線コリメータの操作が出来るという、被ばく低減が主要な目的の機能である。

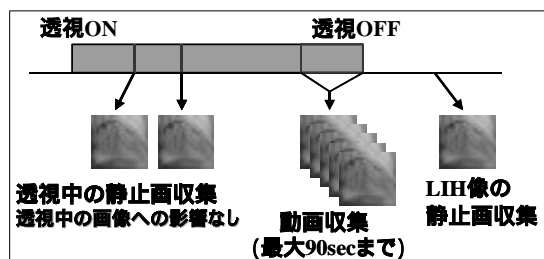


図 3 透視収集機能

7) 透視条件からの撮影条件推定機能

透視条件は、被写体の変化にリアルタイムで追従するため、最適な撮影条件を推定する最も良いヒントになる。

透視終了時の X 線条件から、撮影時の線質フィルタや管電圧条件の違いなどを瞬時に計算して、最適な DA/DSA 撮影条件を決定している。

撮影開始時などに、診断に寄与できないような画像を出さないことで、不要被ばくを抑えることにもなる。

8) 透視線量制限機能

医療法 / JIS 規格の改定で、従来の透視管電流規制から、海外同様に透視線量規制が取り入れられたのは周知の通りである。

装置側としては、この変更により、通常透視では、あらゆる条件下でも、図 4 に示す 50mGy/min のカーブを超えないような透視管電圧 / 管電流の組合せを選択する複雑な X 線制御を行っている。

ちなみに、海外ではほとんどの国で、通常透視で 10R/min (87mGy/min) が採用されており、50mGy/min は日本独自の規格である。

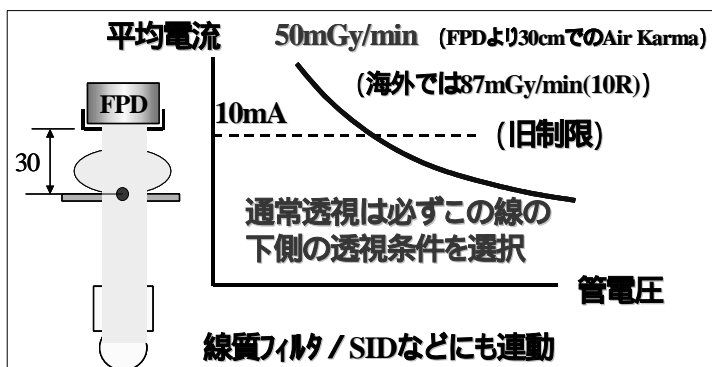


図 4 通常透視での入射線量制限

従来の透視管電流制限では、被ばく低減用の厚い線質フィルタを入れると、管電圧が先に上がって画質劣化するため、線質フィルタが有効利用できなかった。線量規制となったことで、高い管電流が可能となり、線質フィルタが効果的に使える環境になったと考えることも出来る。最近のシステムでは、透視平均電流が 10mA を超えることも珍しくなくなったが、昔に比べて被ばくが増えているわけではなく、線質フィルタが厚くなったことで管電流が高くなっているためである。

9) 線量表示機能

線量表示そのものでは被ばく低減にはならないが、術者に線量を意識させ、被ばく低減意識を高める効果は期待出来る。

Celeve-i では、面積線量計を組み合わせることで、面積線量と入射線量の 2 種類を表示させている。入射線量は IEC に基づいた IVR 基準点での散乱線を含めない Air Karma 値を表示できるが、患者位置が上下に動いても IVR 基準点は変わらないため、実際との誤差が大きいという問題点がある。

Celeve-i では、実際の入射線量に近づけるための東芝独自の方式として、天板高さなどから求めた実際の患者位置を基準点として、入射線量の計算値を表示することもできる。

また、表示された線量データなどは、撮影単位や患者単位で付帯情報として装置に保存されているため、あらかじめ登録された外部の PC などにも送ることも出来る。

さらに本格的な線量管理方法としては、東芝動画ネットワークシステム CardioAgent™ を利用して、照射録として管理することもできる。

3. まとめ

FPD システムでの被ばく低減は、システム全体として画質も考慮した最適化を進めることが重要で

ある。

東芝 FPD システムでは、ここで説明してきたように、様々な機能の中に被ばく低減要素を盛り込んだ開発を進めており、標準設定の I.I. システムと比較して、同じレートで約 30% 以上の被ばく低減になっている。(Cardiac システム当社比)

低線量で問題となるカンタムノイズは、X 線フォトンの揺らぎが主因であるため、FPD などの X 線センサーの改良だけでは大きな改善は出来ない。

今後とも、既存の被ばく低減技術をベースとしたシステム機能や、新しいアプリケーションを充実させていくとともに、ユーザの被ばく低減意識を高めることにも考慮していきたい。

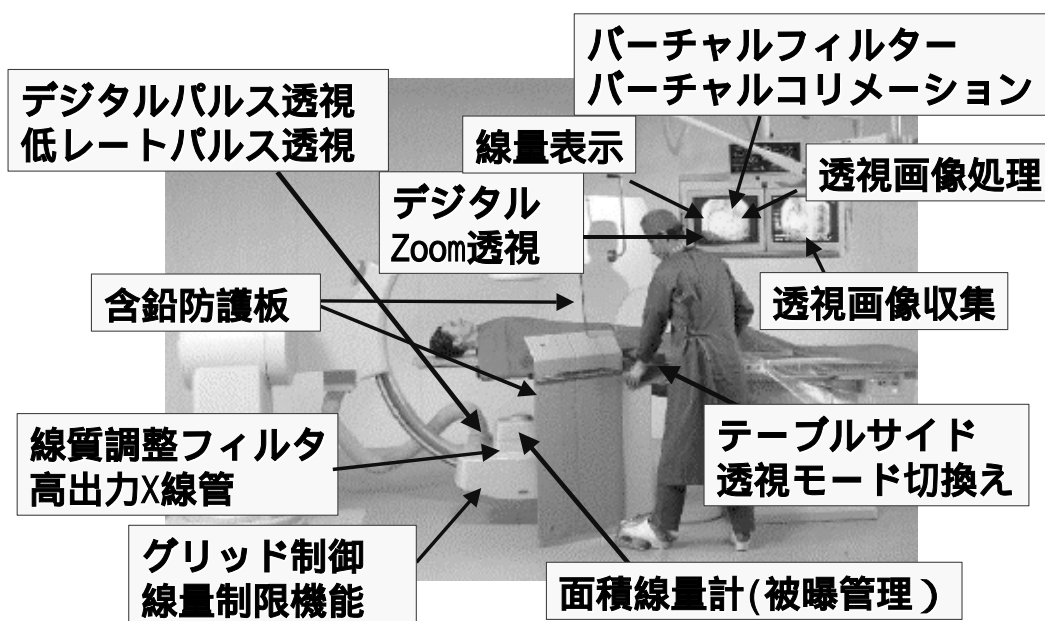


図 5 FPDシステムの被ばく低減機能

注)「Infinix Celeve は東芝メディカルシステムズ(株)の商標です。」