

小児検査での最適活用における FPD 搭載透視診断装置の画像処理エンジン『FAiCE-V NEXT STAGE1+』

株式会社日立製作所

ヘルスケアビジネスユニット

画像診断アプリケーション部

遠藤亜矢子

はじめに

診療・診断・治療において医用画像の果たす役割は大きい。現在でも医用画像診断装置は臨床的に有用な情報を提供するために様々な装置が開発され、それぞれの特長に合わせ最適なものを選択できる。反面、それらの装置は短所も併せ持ち、改良が進められてきた。X線透視診断装置に関しては、上部消化管造影検査を行うための装置として、1960年代には、ほぼ現行製品の基本スタイルが完成されていた。近年では新しいアプリケーションも開発されているが、並行してより安全に手技が施行できるよう、『低被ばく』であることも重要な要素となっている。

その中でも特に小児は放射線感受性が高いため、放射線を用いる検査では十分な配慮が必要となる。また知能・精神・身体が成長過程にあるため意志の疎通が困難なことが多く、息止めや動きの抑制、呼吸・拍動の状態、ストレス等に考慮する必要がある。

当社のX線透視診断装置では、従来のテーマである低被ばく化に加え、さらに小児検査に配慮した画像を提供できるよう様々な取組みを行ってきた。本稿では低被ばく化を可能としたFlatPanelDetector(以下 FPD)搭載透視診断装置の特徴と併せ、小児検査において最適に活用するために有用な最新の透視画像処理技術について報告する。

CsI方式FPDの採用

当社では2002年FPD搭載透視診断装置の発売より、CsI方式のFPDを採用している。

CsI方式のFPDの特長は低線量領域での感度が高く、X線透視診断装置で使用される管電圧帯域において電子検出効率が良い。また、温度管理が簡便で24時間の空調を必要としないため、体温調整が未熟な小児が対象の検査でも、最適な室温で検査を行うことができる。

FPD搭載透視診断装置CUREVISTA*の特徴

前述の通り、小児検査においては息止めや動きの抑制や検査時にストレスを与えないよう配慮が必要となる。これらの要求に応えるため、当社では安全性に重きをおいた製品を展開している。

1.2Wayアームと広いストローク

映像支持器を上下左右動かせることで、天板(被検者)を動かさずに視野移動することができる。そのため、穿刺やカテーテル挿入時も安全に検査を行えるよう配慮した。また、ストロークはほぼ天板の全面をカバーしており、視野の小さい被写体に対しても天板の中心にポジショニングする必要がないため、術者の手元でストレスなく手技が施行できる。(図1a)

2.オフセットテーブルと広いワークスペース

天板周囲のワークスペースを広くとることで、介助を行いやしくした。オフセットテーブルは通常ポジションよりさらに広いワークスペースを確保するための機能であり、周辺機材の配置が容易となる。(図1b)

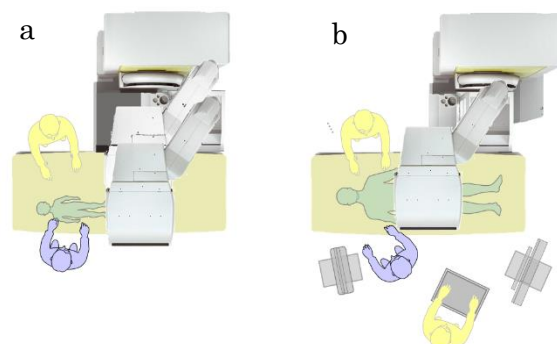


図1 CUREVISTA 外観

a:2Wayアームの活用

b:オフセットテーブルの活用

3. ストレスを与えにくいデザイン

装置全体が丸みを帯びたラウンドフォルムであり、カラーは検査室の明るさに影響を受けにくいマイルイエローを採用することで、被検者にストレスを与えないデザインとなっている。

小児検査に有用な透視画像処理技術

小児検査においては、成人検査時よりも被ばくを低減することが求められるのはもちろん、呼吸や拍動の速さにも対応した画像が求められる。従来、画質改善には X 線量の増加が選択されてきたが、当社では 2016 年に『低被ばくなのに高画質』を実現した新しい透視高速画像処理エンジン「FAiCE-V NEXT STAGE1」*を開発・実装した。グラフィック処理に特化した専用のマイクロプロセッサである Graphics Processing Unit を採用することで、複雑な処理をリアルタイムで可能とし、全ての装置に統一した画像処理を搭載した。現行装置にはさらに進化した「FAiCE-V NEXT STAGE1+」*を展開し、低被ばく化・高画質化に寄与している。

1. MTNR [Motion Tracking Noise Reduction]*

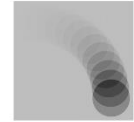
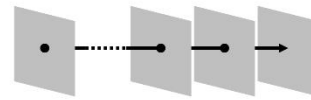
従来、透視画像のノイズ低減にはリカーシブフィルタが採用されていた。時間フィルタの 1 つであるリカーシブフィルタのノイズ低減効果は高いが、前のフレームを利用して加算処理を行うため、その効果は残像と呼ばれる体動ボケとトレードオフの関係にあった。その課題を解決するために開発したのが、動き補償型ノイズ低減処理 MTNR である。

透視画像の特徴は動画像、低線量である。撮影像と比較すると微弱な X 線を連続的、またはパルス状の X 線を間歇的に照射し動画像を表示する。そのため、高画質化にはノイズの処理をリアルタイムに行うことが必須となる。

MTNR ではパターンマッチングによる動き成分の検出を画素単位で行い、時間方向のノイズ低減処理を行う領域と空間方向のノイズ低減処理を行う領域を決定することで、残像の発生を抑制

しつつ画像ノイズを強力に低減した高画質な動画を生成することを可能とした。(図 2、図 3)

■リカーシブフィルタ



■MTNR (動き補償型ノイズ除去技術)

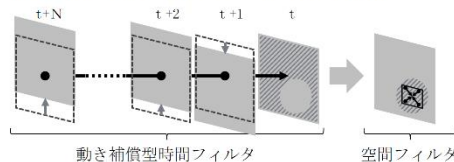


図 2 MTNR の概略図

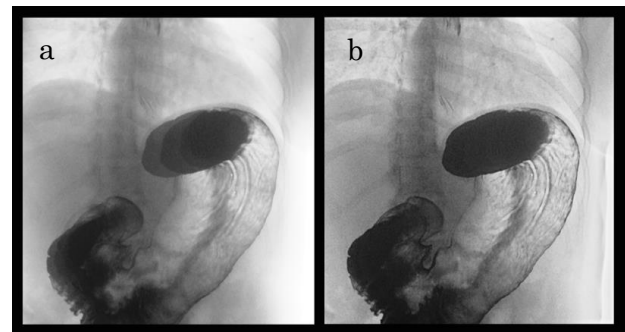


図 3 従来処理と MTNR 処理の画像比較

a: 従来処理画像

b: MTNR 処理画像

また、動き成分の検出を画素単位で高精度に行うことにより、時間フィルタの適用範囲を十分確保している。そのため従来のリカーシブフィルタを使用していた処理と同等の S/N を得られるために必要な線量を約 20% 低減することが可能となる。

MTNR は低被ばくと高画質を両立する画像処理として特許庁長官賞を受賞した。

2. M-DRC [Multi-Dynamic Range Compression]

M-DRC はマルチ周波数処理をリアルタイムで高速処理することで、動画に対応できるようにした。これにより、ノイズ成分、軟部組織、陰影、構造物等、画像を各構造体の周波数帯域に分解し、それぞれの周波数帯域に適切な強調処理を行うことで鮮鋭度を向上させ、広い帯域のノイズ低減を可能とした。また併せてダイナミックレンジ圧縮処理を行うことで、ハレーションを抑制できる

ため、抑制の困難な小児検査においてもストレスなく透視観察できる。(図4)

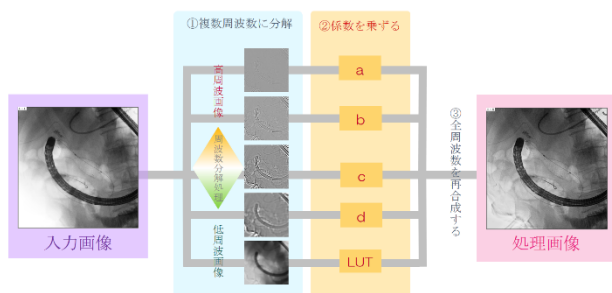


図4 M-DRC 概念図

3.FRC[Frame Rate Conversion]

FRCは前後のフレームから中間のフレームを作成し補間する技術であり、パルス状で照射しているX線の倍のコマ数で透視が観察できる。これにより、従来の応答速度と同等の画質を得るために必要な線量を50%カットできるようになった。(図5)

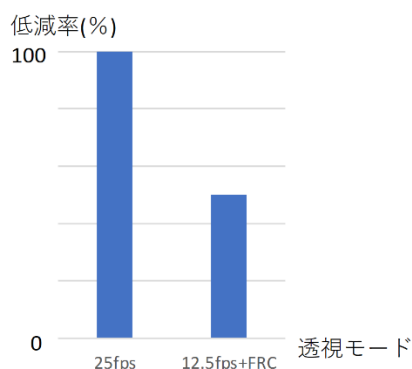


図5 FRC適用時の線量比較

補間する中間フレームはMTNRでの動き成分の検出を利用し、前後のフレームから動き補償を適用した上で自動生成される。実照射画像と補間画像を比較した際のCNR、解像度、低コントラスト分解能はほぼ同等であり、移動時における解像度及び低コントラスト分解能にも有意差は見られなかった。

アプリケーション

FAiCE-V NEXT STAGE1+シリーズは付加価値として被ばく低減が期待できるアプリケーションを多数有する。

1.透視スナップショット

透視中、必要なタイミングもしくはラストイメージホールド画像をハードディスク内にデジタル保存が可能である。DICOM出力も可能なため、消化管造影等の撮影までは必要としない検査において有効である可能性を持ち、撮影回数を減らすことで被ばく低減にも繋がる。任意の枚数をデジタル録画することも可能であり、排尿時膀胱造影や食道造影等、タイミングの早い動態観察も可能となる。

2.被ばく管理

当社は被ばく管理に力を入れており、2007年よりNDD法**による線量管理を装置に標準搭載している。また、構造化レポート(Structured Report)や線量情報のセカンダリーキャプチャーを作成する機能も持ち合わせており、施設の運用に合わせて最適な方法を提供する。

**NDD法は、茨城県放射線技師会被曝低減委員会(班長: 森剛彦氏が1986年当時)が提案した方法であり、茨城県立医療大学 佐藤齊氏が係数を導きソフトウェアを開発したものである。

3.多彩な視野サイズ

視野サイズは最大6段階有しており、4倍まで拡大可能である。対象臓器に合わせて最適な視野を選択することは画質の向上にもつながり、検査時間を短縮することが可能である。

小児用パラメーターの構築

当社は開発当初からのコンセプト通り、低被ばくなのに高画質である画像を提供できるよう、高いレベルでの進化を進めてきた。しかし、小児検査の被ばくに関しては成人以上の被ばく低減が求められる。この課題を踏まえ、小児検査においてより安心・安全な医療を提供できるよう、有用な技術を開発し、専用のパラメーターを構築・設定した。

1.小児用のROI設定

被写体の小さい小児検査は、関心領域が成人と大きく異なる。また、比較的腸管ガスが多く、動きも大きいいため直接線の影響を受けやすく、ハレ

ーションが発生しやすい。FAiCE-V NEXT STAGE1+ではX線制御決定のためのROIを検査部位毎に設定できる。この機能を活用し、適正な透視・撮影条件決定のためにROIのサイズの最適化を行った。(図6)

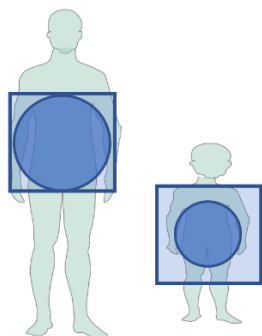


図6 小児用ROI検討例

成人検査の場合、関心領域に合わせて視野サイズの決定を行うため、比較的ROIのサイズを同一に設定しやすい。反面、小児検査においては患児の大きさによって関心領域の大きさも異なるため、大きさに追従したROIの設定が必要となる。そこで、切り替えた視野サイズに応じてROIのサイズを縮小させるよう設定した。これにより、ROIのサイズが患児を超える頻度を大幅に減らし、安定したX線条件で検査が行えるようにした。

2.小児検査用条件の設定

小児検査時の撮影条件として、以下2点をクリアできることを前提とした。

- ①入射線量を標準的な撮影条件時の50%以下とすること
- ②標準的な撮影条件同等のSNRが得られること

以上の条件を満たす撮影条件設定のため、小児用パラメーターに付加フィルタ、専用X線制御テーブルを設定した。表1に示す通り、同等の画質で約30~50%の被ばく線量低減を可能とした。

表1 小児検査に使用する付加フィルタと被ばく低減率

アクリル厚	モード	標準条件		小児条件	
		付加フィルタ	付加フィルタ	付加フィルタ	相対被ばく低減率
透視	L	0.5Al+0.10 Cu	0.5Al+0.15 Cu		30%
	M	0.5Al+0.05 Cu	0.5Al+0.10 Cu		30%
	H	なし	0.5Al+0.05 Cu		30%
撮影		なし	0.5Al+0.10 Cu		50%

3.GRIDLESS 機能

被写体厚の薄い小児に関しては、グリッドを外して検査を行う手法も被ばく低減に有効である。FAiCE-V NEXT STAGE1+シリーズの小児検査を対象とした装置では、グリッドを取り外せる機構を追加して小児検査に適用できるようにした。これにより、表2に示す通り透視・撮影線量をさらに約30~60%低減することを可能にした。

表2 グリッド未装着時の被ばく低減率

アクリル厚	モード	GRID+	GRID-	線量比 (GRID-/GRID+)
5cm	透視	0.7 mGy/min	0.2 mGy/min	29%
	撮影	0.19 mGy/min	0.07 mGy	37%
10cm	透視	1.0 mGy/min	0.4 mGy/min	40%
	撮影	0.24 mGy	0.15 mGy	61%

おわりに

当社の製品コンセプトと最新透視画像処理、小児検査における設定について報告した。

消化器系診断システムとして開発されたX線透視診断装置は、医療の発展に伴い多様な要求に応えられる装置であることが期待されるようになった。日立はそれをユーザーと協創していくとともに、今後も低被ばくかつ高画質な画像の提供を目指して開発を進めていく。

* MTNR は以下の株式会社日立製作所の登録特許です。MTNR:特許第6002324号取得済

* CUREVISTA、FAiCE-V、NEXT STAGE、およびMTNRは株式会社日立製作所の登録商標です。

販売名:汎用X線透視診断装置 CUREVISTA
医療機器認証番号:219ABBZX00109000

●参考文献

- 1)池田重之他: FPD 対応 X 線透視撮影システムの開発.MEDIX VOL.36 27-31,2002
- 2)小田和幸: FPD 搭載 X 線装置の小児への対応と可能性.INNERNVISION,26・2,41-47,2010

- 3)糸井一博：X線透視撮影システム CUREVISTA
の小児撮影への適用.MEDIX VOL.55,
30-34,2009
- 4)石川樹一：小児透視診断システムの開発とその
使用経験.MEDIXVOL.62,12-17,2015
- 5)鈴木克己：小児検査に有用な X線透視技術の最
新動向.INNERVISION,30・3,67-70
- 6)M.M. Rehani 他：Radiological Protection in
Fluoroscopically Guided Procedures outside
the Imaging Department.ICRP Publication
117, Ann. ICRP 40(6), 2010
- 7)北川まゆみ他：X線 TV システムの透視画像に
関する最新の動向. INNERNVISION,32・
12,52-55,2017
- 8)境紀行：FPD 搭載 X線透視診断装置における
フレームレート変換技術の基礎的評価と使用
経験. 映像情報 Medical 49(2): 6-10, 2017.