

安心、安全、快適な医療を支えるX線装置の最新技術

Cutting-edge Technologies for X-ray Systems Ensuring Safety, Security, and Comfort of Diagnosis and Treatment

佐藤 直高 黒木 貴紘

■ SATO Naotaka ■ KUROKI Takahiro

人体を通過したX線を画像化するX線装置は、シンプルで即時性があるという特長を生かし、幅広い分野で利用されている。近年の多くの技術革新により、画質や使いやすさが向上し、診断と治療の精度向上及び時間短縮が進んできている。

東芝メディカルシステムズ(株)は、被ばく低減技術の開発だけでなく、被ばく状況を正しく把握するために、積極的に被ばく管理技術を開発している。また、検査をより効率的に進めるための技術開発を通して、患者に掛かる負担の低減も図っている。これらの技術を多くの装置に展開することで、患者、術者、及び医療スタッフにとって、より安全で優しい医療装置の提供を推進している。

X-ray systems that convert X-rays passing through the human body into images are widely used in various fields of diagnosis and treatment, due to their simplicity and immediacy. In recent years, improvements in the image quality and usability of such systems as a result of technological innovations have contributed to more accurate diagnosis and treatment and shorter examination times.

Toshiba Medical Systems Corporation has been continuously developing exposure management technologies that can precisely estimate doses of exposure as well as technologies to reduce exposure. We are also making efforts to reduce the burden on patients through the development of technologies to enhance the effectiveness of examinations. By applying these technologies to our various X-ray products, we are actively promoting the provision of medical systems offering safety, security, and comfort to both patients, and operators and other medical staff.

1 まえがき

X線装置とは、X線を人体へ照射し、通過したX線を2次元検出器で捉えて画像として表示する装置である。シンプルで即時性があるという特長を生かし、整形外科や、消化器、循環器などの幅広い分野で、スクリーニングから、精密検査、治療、フォローアップに至る多くの場面で用いられている。近年の多くの技術革新により、画質や使いやすさが向上し、診断と治療の精度向上及び時間短縮が進んでいる。ここでは、X線装置における、より安全で優しい医療を目指した最新技術について述べる。

2 被ばくの低減と可視化

血管系疾患の診断や治療に使用されるX線循環器診断システムは、血管内治療デバイスや治療手技の進化とともに、なくてはならない医療機器として普及してきた(図1)。

医療行為における患者の被ばくは、その有効性がリスクを上回ること容認されているとはいえ、必要な診断情報を可能な限り最小限の被ばくで取得し、患者の被ばく情報を正しく把握し管理することは非常に重要である。東芝メディカルシステムズ(株)は、独自の被ばく低減技術及び可視化技術を開発し、DoseRiteとして提供している。

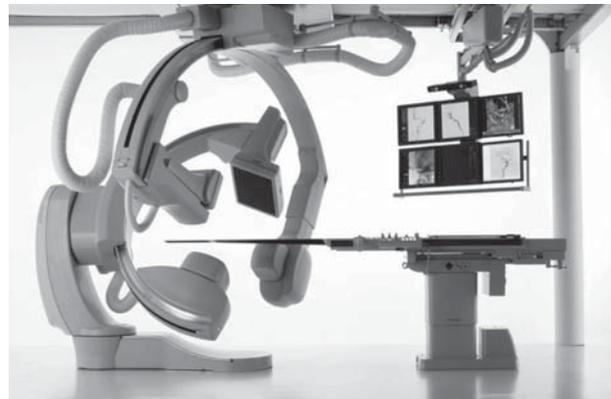


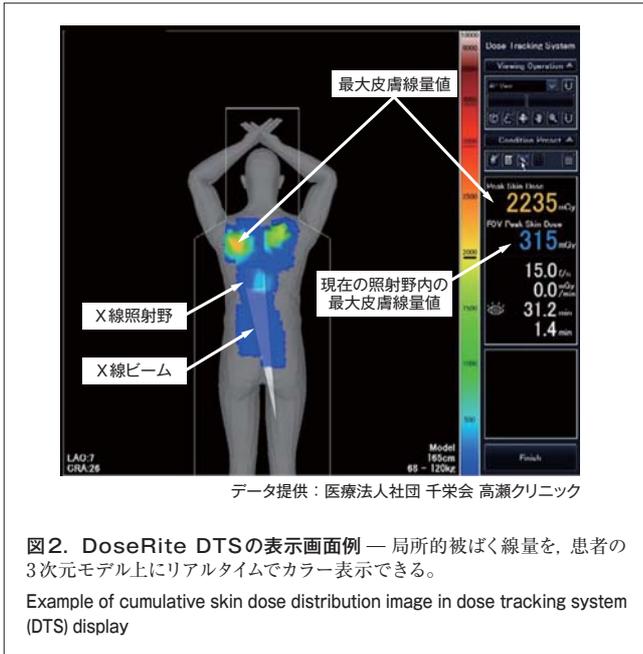
図1. X線循環器診断システム Infinix Celeve-i — 俊敏な動作を実現する機構技術、先進の画像処理技術、及び様々な被ばく低減技術を取り入れている。

Infinix Celeve-i series interventional angiography system

2.1 DoseRite DTS

血管内治療における被ばくは局所的であるため、確率的影響(将来がん化するリスク)よりも確定的影響(過剰被ばくによる皮膚損傷リスク)が重視される。しかし局所的被ばくを精度よく把握することが技術的に難しく手法が確立されていなかったため、従来は総線量から推定することしかできなかった。

新しく開発したDoseRite DTS (Dose Tracking System) は、



局所的被ばく線量を、患者の3次元モデル上にカラーマップとしてリアルタイムに表示する機能である（図2）。

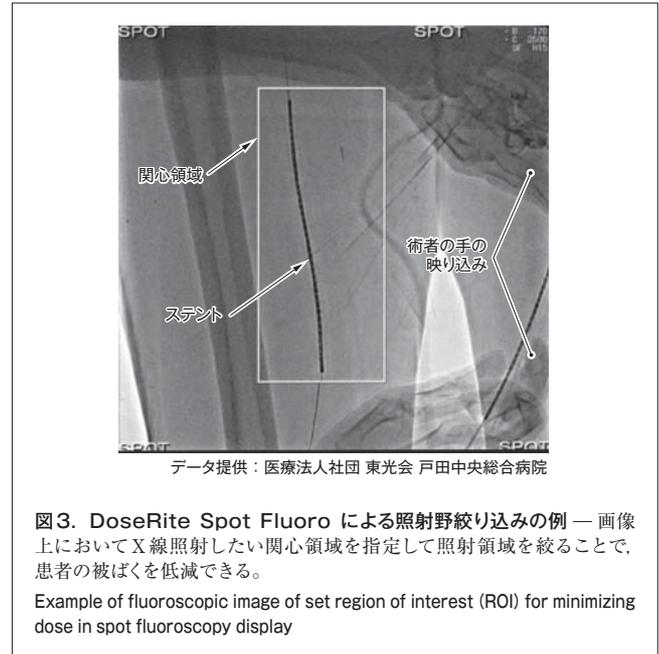
線量モニタリング機能では、術後に皮膚線量が上限値を超えたことがわかって遅いので、術中に正しく判断できるようリアルタイム性と、十分な皮膚線量推定精度が求められる。また、術者及び医療スタッフが瞬時に理解できるような表示の工夫も重要である。

リアルタイム性では、パルスX線の照射ごとに、X線条件や幾何学的な位置情報などの各種情報から、患者モデル表面での皮膚入射線量を計算する方法を採用することにより、X線照射中の天板移動や、アーム回転、60フレーム/sの高レートの照射などにもリアルタイムで追従可能になった。

線量計算では、X線焦点から患者モデル表面にある多数の計算ポイントまでの距離を3次元座標上でリアルタイムに計算し、照射角度による天板吸収補正や、視野サイズによる散乱X線補正、後方散乱X線を含めたキャリブレーションの工夫などにより、線量計算精度及び表示位置精度を確保している。

表示部分では、患者情報によって最適な患者モデルを選択し、皮膚線量に応じたカラーの割付けを行いカラーマップとして表示させている。皮膚線量の最大値の他に、現在の照射野での最大値も表示できるため、被ばくの多い部位を避けた照射方向の選択が可能である。検査終了時には、自動的に線量レポートが作成され、患者モデルのカラーマップ像も添付される。

DoseRite DTSを使用している施設では、見えない被ばくがリアルタイムに可視化できるようになり、過剰被ばくの防止だけでなく、術者及び医療スタッフの被ばく低減への意識付けが深まるという効果も見られている。



2.2 DoseRite Spot Fluoro

DoseRite Spot Fluoroは、X線検査・治療中に、X線照射範囲を任意の照射野位置及びサイズに縮小することで、患者、術者、及び医療スタッフの被ばくを低減する機能である。下肢動脈の狭窄（きょうさく）に対してステント（血管拡張・補強のためのデバイス）を挿入して治療する際にこの機能を使用した表示画像の例を図3に示す。通常透視では画面全体へX線を照射するが、DoseRite Spot Fluoroを用いることで、白枠の関心領域（ROI：Region of Interest）内だけへの照射に切り替わる。ステント挿入部分の最小限の照射野に絞ることで、患者への照射線量が低減される。また、関心領域の照射野外には、全体を把握できるように、直前の静止画像が表示される。図3では、画像の上下にステントを挿入している術者の手が映り込んでいるが、DoseRite Spot Fluoroを使用することで、このような術者の直接の被ばくが低減できる。更には、患者からの散乱X線による術者や医療スタッフの被ばくも低減される。

DoseRite Spot Fluoro には一般的なX線絞りでの照射野制限と比べて、次のような新しい技術が取り入れられている。

- (1) 通常透視とDoseRite Spot Fluoroの切替は、フットスイッチの踏替えだけで簡単に操作可能
- (2) 関心領域の位置とサイズに応じて、あらかじめ用意された3種類のサイズの他に、任意のサイズと位置を簡単な操作で選択可能
- (3) 関心領域の外側に直前の透視画像を静止画表示させることで、手技実施位置を直感的に把握可能
- (4) 一般的には、X線照射野を絞ると散乱X線が減少するため、自動輝度制御によりX線強度が増加して被ばくが

増加するが、DoseRite Spot Fluoroでは被ばく増加を抑える制御を実行

このように、DoseRite Spot Fluoroは、患者だけでなく、術者や医療スタッフの被ばく低減にも貢献している。

2.3 Dose SR

線量管理では、局所被ばく線量のDTSによる把握の他に、施設における統計的な被ばく管理も重要になる。この線量管理には、規格で決められた基準位置での空気カーマという線量単位が用いられ、X線装置から外部の線量管理サーバにDose SR (Structured Report) として出力される。出力されたDose SRの情報を使用して、検査ごとの線量データを、被ばく線量推移の監視や、施設間の比較、被ばく低減施策の効果など、統計的な被ばく線量管理へ有効に利用できる。

Dose SR表示機能は、検査中の被ばく線量の推移をグラフとして装置上に随時表示する。Dose SR表示機能を利用して検査中に生成された線量推移グラフの例を図4に示す。被ばく線量値の推移グラフでは、画像とともに測定した線量値及び検査を開始してからの累積線量値を2軸のグラフで表示する。これにより、術者や医療スタッフは検査を開始してからの線量値の推移を視覚的に理解できる。この際、各々の撮影が透視撮影によるものか静止画撮影によるものかを判断し、色を変えて表示することで、それぞれの撮影に要した線量値が適切かどうかを判断しやすくなるような表示上の工夫も行っている。

検査終了後は、一般的なDose SR情報としての利用の他、DICOMDIR形式^(注1)で画像情報とともに外部メディアに書き出す手段を設けることで、画像と対応付けた線量管理を容易に行うことができる。

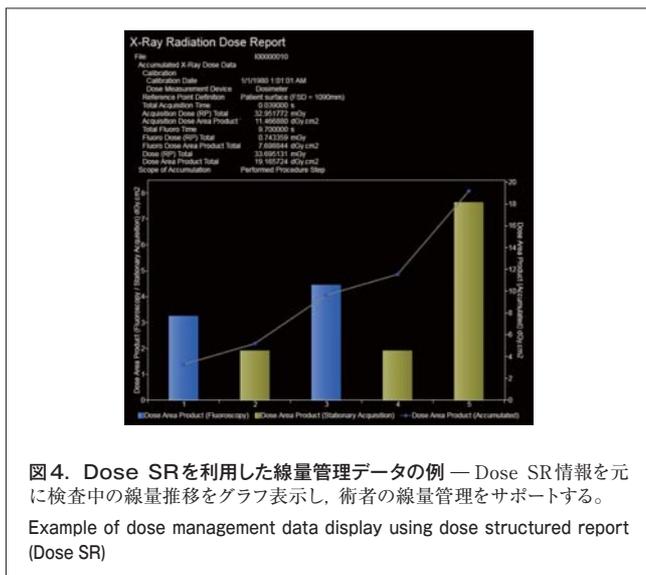


図4. Dose SRを利用した線量管理データの例 — Dose SR情報を元に検査中の線量推移をグラフ表示し、術者の線量管理をサポートする。

Example of dose management data display using dose structured report (Dose SR)

(注1) DICOM (医用の画像及びその通信プロトコルを規定する規格) に準拠する画像ファイルを管理するデータベース。

この機能は、検査プロトコルがあらかじめ定義され、診断に利用する撮影画像がある程度確立されている、消化器系や、胸部、整形領域などの検査において、検査全体の被ばく量の傾向を把握して比較できるため、術者や医療スタッフに被ばく低減への意識付けをする手段としても期待できる。

3 検査効率の向上

当社は、2章で述べた被ばくの低減と可視化技術に加え、検査をより効率的に進めるための技術も積極的に開発し、製品に取り入れている。

ここでは、例として主にX線一般撮影システム及びX線TV (テレビ) システムでの活用を目的とした二つの技術について述べる。これらの技術は、従来技術の利用価値を向上させたり、従来技術に替えて用いられたりすることで、検査時間など患者に直接掛かる負担を低減すると期待できるため、人に優しい患者中心の医療装置を実現するうえでの重要な機能を担っている。

3.1 Wireless FPD 搭載システム

一般的なX線診断では、骨格系の撮影を中心に関心部位を複数の体位や方向から撮影し、数種類の画像から総合的に診断するケースが多い。体位によっては、X線の照射方向だけではなくX線検出センサを適切な位置へ設置することが重要になる。そのため、X線検出センサの取回しの良さは、効率的に検査を進めるうえで重要である。

Wireless FPD (FPD (Flat Panel Detector) : X線平面検出器) は、従来X線装置内部に組み込んで使用していたFPDに無線通信部とバッテリーユニットを組み込むことで可搬化したFPDである。規格化されているCR (Computed Radiography) カセットと同一の寸法であるため、術者や医療スタッフは、CRカセットと同じ取回しの良さのまま、より低線量、高画質、かつ高スループットのFPDによる撮影を実現することが可能になる。

Wireless FPDを利用したシステムの例を図5に示す。術者や医療スタッフは、ハンドキャリアでFPDを簡単に移動させ、任意の場所に設置して撮影を行うことができる。特に急患の撮影時には、Wireless FPDを利用することでストレッチャ上で直接撮影を行って即座に画像をモニターで確認できる。このため、撮影用の寝台に移動させることで生じる患者への負担がなくなり、またCRカセット撮影と比べて検査時間を大幅に短縮できる。

無線通信は、個人情報を含む画像データの伝送を行うため暗号化されており、同時に、高速データ転送用の専用通信プロトコルを利用しているため、一般的な無線機器からのアクセスは行えないようになっている。これにより、無線通信のセキュリティを確保している。



図5. デジタル一般撮影システムRADREX-i — Wireless FPDを採用することで、FPDを任意の場所に簡単に移動させて撮影できる。米国や欧州など海外向け製品である。

RADREX-i digital radiography system equipped with wireless flat panel detector (FPD)

Wireless FPDは、その状態が無線通信を介してシステム内で把握及び管理されており、X線照射開始とFPDからの画像取込みのタイミング同期をはじめ、バッテリー残量、無線強度、及び検出器温度を常時監視して、撮影に適さない環境状態などが発生したときには、術者や医療スタッフに対し適切な通知を即座に行うようになっている。

これら、複数のセキュリティ技術及び監視技術により、術者や医療スタッフはWireless FPDを安心して利用できるようになり、更には、患者の被ばく低減や検査時間の短縮化にもつながっている。

3.2 動画ファイル保存機能

X線診断システムのFPD化や高画質化技術の進歩により低線量での透視画像の視認性向上が進んでおり、従来の関心部位のリアルタイムでの観察用途以外に、診断用途としても透視画像が利用される機会が増えている。これにより、いっそう低線量での診断が可能になることが期待される。

X線TVシステムでは、動画ファイル保存機能として、透視画像を含む検査中の全ての画像を常時保存し続ける技術を新たに開発し、透視画像の利用価値を高めている。静止画である撮影画像と保存された透視画像を時系列に並べて表示している例を図6に示す。この機能では、装置内部の専用HDD（ハードディスクドライブ）に1検査当たり1～15フレーム/sで最大40分間分の透視画像を、患者の固有情報や装置の状態とともに常時記録し続け、装置操作卓上のキーパッドを用いて操作できるようにしている。これにより、検査中に過去の透視画像を簡単に再生できるようになり、撮影と撮影の間の過程を確認し直すことが可能になる。

透視画像は、検査後も、システム全体で最大約15時間分を保存し、古い検査から自動的に削除されるように作られている。更に、撮影画像の前後の透視画像を汎用の動画ファイル



図6. 動画ファイル編集画面の例 — 検査中に保存し続けている透視画像を編集でき、観察だけでなく診断にも利用できる。

Example of movie file editing display

フォーマット（AVI形式）に圧縮変換して各種外部メディアに出力させることができる。これは、撮影画像と併用することで診断や治療方針の検討にも利用できるため、透視画像の利用価値を向上させるための有効な手段の一つとなっている。

4 あとがき

X線装置における、より安全で優しい医療を目指した最新技術について述べた。これらの技術は多くの場面で活用できる。例えば、虚血性心疾患や脳動脈瘤（りゅう）といった複雑で長時間にわたる血管内治療では、低被ばく機能を生かし、より安全に手技が行えるようになることが期待される。今後は多くの装置に積極的に搭載していくとともに、線量管理を更に進化させる技術や、他装置で得られた画像を重ね合わせ表示して利用することによりX線使用量を低減させる技術、よりいっそうの検査効率向上による被ばくを低減させる技術などの開発を推進する。当社は今後も継続して、患者、術者、及び医療スタッフにとって、より安全で優しい医療装置を提供していく。



佐藤 直高 SATO Naotaka

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



黒木 貴紘 KUROKI Takahiro

東芝メディカルシステムズ(株) X線事業部 X線開発部主任。
一般撮影用X線診断装置の開発に従事。
Toshiba Medical Systems Corp.