

フォトンカウンティングCT

～次世代検出器がもたらす変化と臨床的有用性～

シーメンスヘルスケア株式会社 CT事業部

日和佐 剛



はじめに

2021年9月30日、FDA（アメリカ食品医薬品局）による「NAEOTOM Alpha（ネオトム アルファ）」の販売承認を受け、日常臨床におけるPhoton-counting CT（PCCT）の活用が始まった。承認から1年を迎える現在では、50台を超えるPCCTが稼働しており、8万件を超えるCT検査が実施された。国内では2022年6月に1号機が稼働しており、日々新しい知見が得られている。

次世代検出器がもたらす変化

CT装置がX線を利用するモダリティである以上、日常臨床におけるCT活用の幅は装置の基本性能だけでなく、被ばく低減の達成具合にも大きく依存する。例えば、固体シンチレーション検出器を搭載するCT装置（EID-CT）の多くが0.5～0.6mmの検出器幅を有するが、その主な理由は、X線の検出原理に起因する線量利用効率の低下と密接に関わっている。

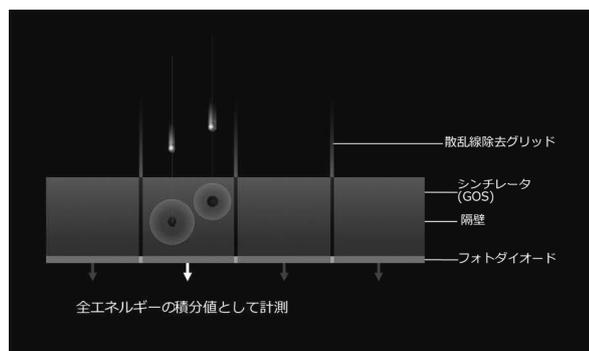


図1. 固体シンチレーション検出器の動作原理

を一度可視光に変換するため、検出器素子間の光学的なクロストークを防ぐ物理的な隔壁が必要となる（図1）。隔壁は光の反射板としての役割を果たすため、効果的に機能させるためには最低限の厚さを確保しなければならず、検出器の開口サイズを狭小化することと線量利用効率はトレードオフの関係にある。そのため、0.5～0.6mmの検出器幅を有するEID-CTは0.3mm程度の空間分解能を有する一方、隔壁による幾何学的な線量利用効率は70～80%程度となっている¹⁾。つまり、これ以上の空間分解能を実現するには被ばく低減との両立が課題となっており、X線の検出原理に直結する検出器の進化に期待が寄せられていた。

PCCTの特長²⁾は、X線フォトンを直接電気信号に変換して検出することであり、個々のX線フォトンのカウントすると同時に、エネルギー情報も含めて取得することができる（図2）。X線との相互作用で発生する電子正孔対を強力な電界によって掃引する性質上、PCCTは物理的な隔壁を用意する必要がなく、幾何学的な線量利用効率は100%を実現している。また、X線フォトンのエネルギー情報が得られる特性を生かして、検出器回路で発生する電気ノイズを恣意的に除去できることから、低線量撮影における画像ノイズの上昇も低く抑えることが可能となっている。

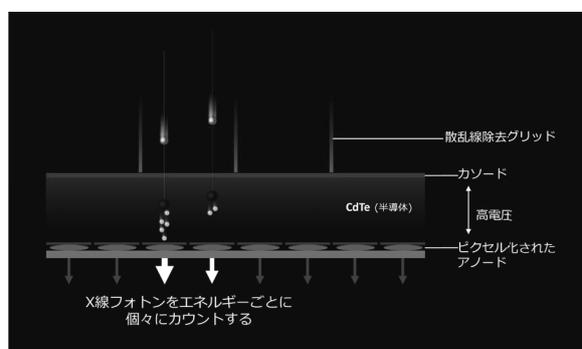


図2. Photon-counting detectorの動作原理

現在広く活用されるEID-CTは、X線フォトン

NAEOTOM Alpha（図3）は、最小で120×0.2mmのデータ収集が可能であり、体軸方向のス

ライス厚が0.2mm、面内の空間分解能は0.11mmに達する高分解能撮影を実現する一方、同等線量で撮影したEID-CTと比べて最大で47%の画像ノイズ低減効果があることが示されている³⁾。被ばく低減を実現すると同時に、従来の空間分解能では表現困難であった詳細な形態情報の取得が可能となっており、正確な病態把握や適切な治療方針決定のために必要な情報提供に大きく貢献することができる。



図3. NAEOTOM Alpha装置外観

NAEOTOM Alphaの臨床的有用性

NAEOTOM Alphaは、Dual Source CTとしての高い時間分解能（ハーフ再構成：66ms）と高速撮影（最速73cm/s）を兼ね備えたPCCTで、拍動する心臓も含めて、全身のあらゆる臓器で高分解能撮影や低被ばく、スペクトラルイメージングの活用が可能である。

今以上に高分解能化が求められる代表例として、冠動脈CTにおける石灰化やステントの内腔評価が挙げられる。NAEOTOM Alphaでは、従来EID-CTでの適用が困難であったsharp kernelと0.2mmスライス厚を組み合わせた高分解能画像によって、ブルーミングアーチファクトの影響を抑えた正確な内腔評価を実現している（図4）。

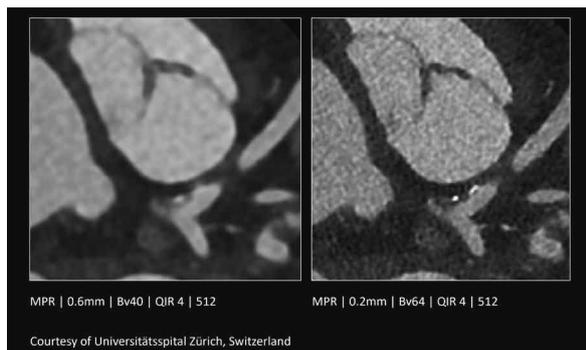


図4. 冠動脈CTにおける高分解能画像

血管観察における一般的なkernel（Medium smooth）による0.6mmスライス厚では石灰化プラークと低吸収プラークの境界が曖昧であるが（図4左）、0.2mmによるsharp kernelを適用した高分解能画像（図4右）ではそれぞれのプラークの境界が明瞭で、イベントリスクが高いとされるハイリスクプラークの性状を詳細に把握できている。加えて、0.2mmスライス厚における画像ノイズの上昇が低く抑えられていることは特筆すべき特長の一つであり、0.6mm画像と比べてスライス厚が1/3、かつsharp kernelを適用しているにも関わらず、空間分解能と画像ノイズのバランスが取れた高精細な画像が提供されている。

また、NAEOTOM Alphaは66msの時間分解能によるスペクトラルイメージングが可能となり、動きの影響を受けやすい冠動脈も対象とした新しい石灰化除去機能（Quantum PURE Lumen）を搭載している。Quantum PURE Lumenは、物質弁別と仮想単色X線画像を組み合わせたアルゴリズムを採用しており、画像からカルシウム成分を選択的に除去することに加え、任意のエネルギーレベル（keV）の画像表示が可能となっている（図5）。そのため、石灰化によるブルーミングアーチファクトの影響を受けない内腔評価ができ、従来、冠動脈CTの適用が制限されてきた高度石灰化病変の診断能向上に期待が持たれる。今後、侵襲的な冠動脈カテーテル検査の適用を判断するゲートキーパーの役割を果たすモダリティとして、重要性が増すと考えられる。

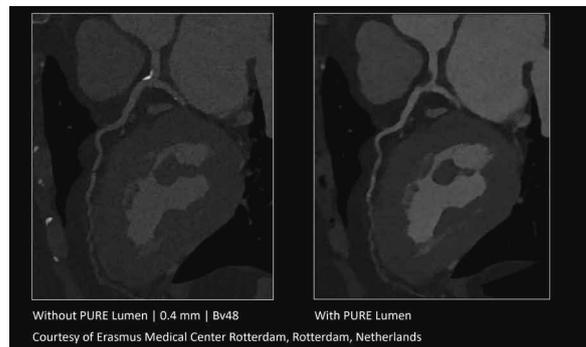


図5. PURE Lumenによる冠動脈の石灰化除去

PCCTは、仮想単色X線画像を標準的な出力画像とする運用となるため、撮影した管電圧に依存しないコントラスト情報の提供が可能となる。加えて、ヨードマップ画像やVNC画像（仮想単純画像）をはじめとするさまざまな物質弁別画像も

常時使用することができるため、必要に応じて適切なコントラスト情報の選択も可能である。例えばがん診療において、CT値の精度と再現性が高まることは重要であると考えが、治療前後の造影効果を正確に観察することや、定量値に基づいた治療効果判定などに応用できる。また同一の収集データからLow keV画像（最大3倍ほどのコントラスト増強が得られる）を活用するメリットも大きく、造影効果の有無を感度よく検出することで、転移巣の検索や全身化学療法の効果判定などにも活用が期待される。

図6は、肺塞栓症の既往歴を持つ患者で、全身状態が悪いことからがんの罹患が疑われ、腫瘍検索を目的とした造影CT検査が実施された症例である。高分解能画像（70keV）において、肺高血圧症に伴う形態学的な特徴が示され、肺野モザイクパターンも観察される。本症例は肺血管の解剖構造や肺実質の血流評価に適した撮影タイミングではなかったが、同一収集データからLow keV（45keV）画像を作成することで肺動脈の形態評価も可能であり、ヨードマップ画像では肺血流の低下が描出されている。VNC画像では、肺血流低下に関連する石灰化した血栓も示されており、腫瘍検索を目的とした造影検査ではあったが、患者の既往歴と画像情報から慢性血栓塞栓性肺高血圧症を示唆する情報が同時に取得できたことに意義があった一例である。重ねて、これら高分解能での仮想単色X線画像・ヨードマップ画像・VNC画像が、同一収集データから作成できることがPCCTの大きな特長である。

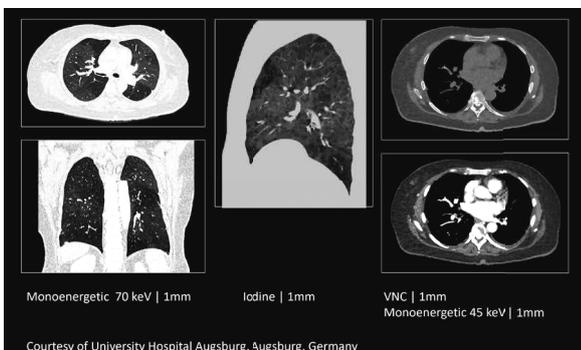


図6. 腫瘍検索を目的とした造影CT検査

さいごに

PCCTは被ばく低減と基本性能の向上を両立した、今後の画像診断の発展を切り開く重要なイノ

ベーションになることが予想される。日常臨床で幅広く活用されることによって、次世代の技術が必要とする全てのかたがたのために、そして、医療をその先へ推し進める原動力となることを期待している。

参考文献

- 1) T. Flohr, et al: Phys Med, Nov 79; 126-136, 2020.
- 2) 伊藤俊英：画像診断. vol.42, no.10, 1063-1070, 2022.
- 3) K. Rajendran, et al: Radiology. 2022 Apr; 303(1): 130-138.

無線動画(シリアル)撮影を 可能にした回診用X線撮影装置 「AeroDR TX m01」のご紹介

コニカミノルタ株式会社 ヘルスケアカンパニー IoT事業統括部 病院戦略部
塩原 惇也



KONICA MINOLTA

【はじめに】

当社は、単純X線検査は静止画という従来の常識から、“時間軸”という次元を加えた動画撮影によって新たな価値を提供する「デジタルX線動画撮影システム (Dynamic Digital Radiography)」(以下、DDR) を展開している。さまざまな動画解析機能を有する「X線動画解析ワークステーションKINOSIS (キノシス) (販売名「画像診断ワークステーション コニカミノルタ DI-X1) (製造販売認証番号：第230ABBZX00092000号)」(以下、KINOSIS) により、動画から得られる組織の動きを解析し生体生理機能の視覚化・定量化を通じて、診断価値向上に貢献できると考えている。

これまで動画撮影システムは単純X線撮影室での検査のみであったが、今回、新たに回診用X線撮影装置「AeroDR TX m01 (エアロディーアール ティーエックス エムゼロワン) (販売名「動型汎用X線装置 AeroDR TX m01 (製造販売認証番号：第303ABBZX00055000号)」(以下、AeroDR TX m01) による動画撮影システムを開発し、これにより病室で動かせない患者に対するベッドサイドでの動画撮影が可能となった。本稿では、AeroDR TX m01の特徴とKINOSISによる、さまざまな画像解析について紹介する。

【AeroDR TX m01の特長】

1. 無線動画(シリアル)撮影機能

「AeroDR TX m01」とワイヤレスカセット型DR「AeroDR fine motion (販売名「デジタルラジオグラフィー SKR 3000) (製造販売認証番号：第228ABBZX00115000号)」との組み合わせにより、パルスX線の連続照射 (15 frame/sec) による無線動画撮影に対応 (図1)、ベッドサイドにおいて臥位や座位での動画撮影を可能としている。

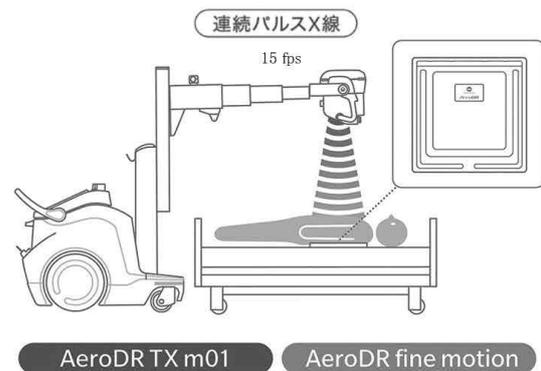


図1. 無線動画(シリアル)撮影の概念図

2. アライメントサポート機能

「AeroDR TX m01」では、ベッドサイドでの撮影におけるポジショニングの支援を目的とし、X線管とパネルそれぞれのロール角とピッチ角を表示することで、アライメントの調整をサポートする機能を搭載した。動画撮影時にはX線管とパネルのピッチ角が一致すると色付きで表示、直感的にアライメントの状態を確認することが可能である (図2)。このアライメントサポート機能により撮影の再現性を向上させ、経時変化の観察に適した画像の提供に貢献することが可能である。



図2. アライメントサポート機能

3. 静電容量式タッチ技術を採用したデッドマンハンドル

「AeroDR TX m01」は静電容量式タッチ技術を採用したデッドマンハンドルを走行ハンドル、管球ハンドグリップに採用。走行・管球操作をスムーズに行うことが可能となった（図3（左））。

管球回転操作においても電磁ロックを採用。ボタンを押すことで管球回転操作を行う撮影室と同等の使用感を実現し操作性向上に貢献している（図3（右））。



図3. (左) 走行ハンドル外観
(右) ハンドグリップ外観

4. パネル充電機能を備えたキャビネット

「AeroDR TX m01」は、幅540mmとコンパクトサイズでありながら、本体前方（フロントキャビネット）にAeroDRパネル2枚（1417サイズ or 1717サイズ+1012サイズ）と後方（バックキャビネット）に1枚（全サイズのパネル対応）の合計3枚のパネルを収納できるキャビネットを配置（図4）、装填するだけでパネルへの自動給電を可能としている。充電のためのケーブル着脱やバッテリーチャージャーの使用などが不要となり、より効率的なワークフローを実現した。



図4. キャビネット外観
(左) フロントキャビネット
(右) バックキャビネット

5. 19インチタッチモニタとセカンドモニタによるユーザビリティの向上

「AeroDR TX m01」では、メインモニタとして大型19インチのタッチモニタを採用、画像の視認性向上や簡便な操作性を実現している。また撮影条件の確認や変更が可能なセカンドモニタをX線管操作部に配置し効率的なワークフローを実現するとともに、X線管～被写体間の距離を自動計測し表示する機能にも対応することにより、ユーザビリティの向上を図っている。

【KINOSISによる画像解析】

撮影した動画をKINOSISへ送信することで、さまざまな画像解析処理を行うことができる（図5）。主な解析処理として、動画の視認性向上や、動きの定量化、呼吸による肺野内組織の生理的機能に伴う信号値変化（X線透過量）の可視化、心臓領域から抽出された信号波形（心拍波形）と類似する肺野内の信号値変化を可視化することができる。これにより造影剤などの薬剤を使用せずに多くの情報取得が可能である。

【病室における動画撮影の新たな可能性】

X線動画撮影は、CTや核医学などの高度な医療機器による検査よりも著しく簡便な方法で、スクリーニング検査に必要な多くの画像解析情報を得られる期待がある。

今回、回診用X線撮影装置による動画撮影を可能にしたことにより、ICU、ERなどにおける重症度が高く、移動にリスクを伴う患者に対しベッドサイドでの動画撮影が可能となった。

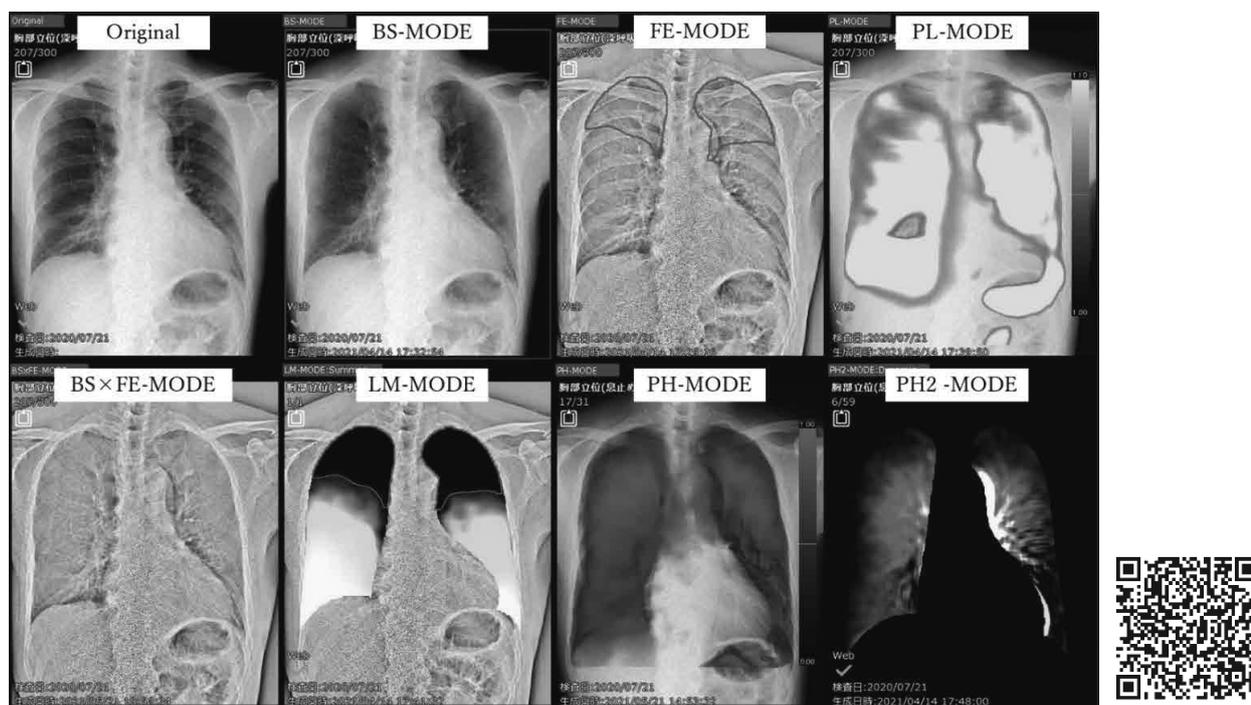


図5. KINOSISにより得られる解析画像

ICUの領域において、人工呼吸器を装着している呼吸状態の悪い患者は、肺の動きや換気状態の管理が特に重要となる。動画撮影が呼吸に伴う肺の膨張収縮の観察を可能にし、PL-MODEを用いることで患者の呼吸状態をより簡便に把握することができ、より高度な患者の病態管理を実現する可能性が示唆される。

ICUにおける重症度の高い患者にとって、CT検査やMRI検査は移動が伴うため、移動時も検査中も患者状態を把握することが必須となり、リスク・ハードルが非常に高い検査となりうる。そのような重症度の高い患者に対して、日常のルーチン検査にベッドサイドでの動画撮影を組み込むことで、急変時の合併症の検出や急変前の微細な病態変化の検出、日常の患者の病態管理の改善といった可能性に期待の声が上がっている。

【さいごに】

コニカミノルタが提供する単純X線撮影領域における回診用X線撮影装置による動画撮影の実現とその可能性、今後のさらなる研究の基盤となるDDR Atlasについて紹介した。DDRは2018年に販売開始され4年が経過し、胸部の撮影を中心に広まってきたが、気管・嚥下の観察、整形領域とさまざまな診療科への適応拡大が期待されている。今回、回診用X線撮影装置による動画撮影を

実現したことでICU、ERという重症患者を扱う診療科への適応拡大を果たし、さらなる診断価値向上が期待される。

コニカミノルタは、診療上のプライマリ検査として広く利用されている単純X線撮影により得られる情報の価値を高め、また独自の画像処理技術により、患者にとってよりリスク・負担の少ない低侵襲な検査の実現を目指し、医療の質の向上に貢献していく。

※当社ホームページを御覧ください。

<https://www.konicaminolta.jp/healthcare/products/dr/kinosis/index.html>

「Ir-192高線量率密封小線源治療装置 フレキシトロンHDR」

株式会社千代田テクノロ メディカル営業支援課
浪花 健太



■治療装置 フレキシトロンHDR

高線量率密封小線源治療は、Remote After Loading System (リモートアフターローディングシステム) の頭文字を取ってRALS (ラルス) や、Brachytherapy (ブラキセラピー) と呼ばれ、本治療の歴史は長く、1898年にキュリー夫妻によるラジウム発見にまでさかのぼる。放射線治療において、大きな役割を担う高線量率密封小線源治療は、特に子宮頸癌根治的放射線治療においては不可欠な標準治療となっており、近年では日本放射線腫瘍学会小線源治療部会が中心となって作成されたガイドラインが広く普及している。

RALS治療とは、カテーテルもしくはアプリケーションと呼ばれる専用器具を患者体内に挿入し、治療装置内部のタングステン容器に格納されている小さな高線量の放射性同位元素 (Ir-192線源) を、遠隔操作でアプリケーション内に送り込み、腫瘍の近傍 (=Brachy) で停留させることで、Ir-192線源より放出される放射線により腫瘍を治療 (=therapy) する治療のことであり、その治療適用部位は婦人科領域が最も多く、前立腺・乳腺・頭頸部など、全身に適用可能である。

弊社が取り扱うRALSは、『フレキシトロンHDR』(Elekta社製) という製品である (図1)。製品名にもHDR (High Dose Rate : 高線量率) と名付けられている通り、単位時間あたりに放出される放射線量が多いIr-192線源を用いた治療装置である。Elekta社のRALSの歴史は古く、前機種を含めると2000台程度の販売実績をもつ、

いわばRALS治療のパイオニアと言える。現在日本国内においてはElekta社RALSが約120台稼働しており、そのうちフレキシトロンHDRは約40台、埼玉県下では1施設が稼働中、さらには設置中につきまもなく1施設が稼働を予定している。

1-1. 高い治療精度

前述のIr-192線源はワイヤーの先端についたカプセル内に密封された形状であるが、その寸法はわずか長さ3.5mm×直径0.6mm程度の小さなものである。遠隔操作によりIr-192線源を順次停留させて送り込むが、その停留ステップ間隔は1.0mmとかなり細かく (前機種の場合は2.5mm) になっている。さらに、それぞれのステップにおける停止箇所への停留位置精度は±0.5mmを担保 (前機種の場合は±1.0mm) していることから、より細かな照射計画を立てることができ、複雑な形状の腫瘍に対しても腫瘍形状に沿ったより最適な放射線照射を行うことができ、高い精度での治療が提供可能である。

1-2. 安全性への配慮・品質向上

1-2-1. ヒューマンエラー発生を低減させる設計

ヒューマンエラーを最小限にするための設計がなされている。その1つに、移送チューブの標準長を1,000mmに統一したことが挙げられる。前機種マイクロセレクトロンHDRでは、使用するアプリケーションに応じて、それぞれ長さの違う移送チューブを使用しており、長さの違いによる複雑さがあったが、フレキシトロンHDRでは、移送チューブの標準長を統一することで、長さの違いによる入力間違いなどのヒューマンエラーのリスクが軽減された設定となっている。その他にも多くの安全設計を取り入れており、高精度な治療を安全に提供可能である。



図1. フレキシトロンHDR

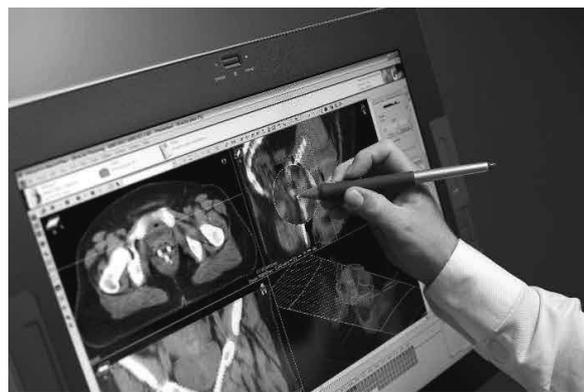


図2. Oncentra Brachy

1-2-2. 治療装置の転倒リスクの軽減

前述の通り、Ir-192線源は治療装置本体内のタングステン容器に格納されているが、このタングステン容器は中心よりそれぞれ数cm以上の厚みがあり重量もかなりのものである。RALS本体にはキャスターが付随しており、移動が可能な構造となっているが、特に地震大国である本邦においてはその転倒防止対策が必要となる。フレキシトロンHDRでは、タングステン容器を治療装置内の最適な位置に配置し、重心バランスを考慮した転倒防止策の取れた治療装置となっている。

1-2-3. 移送チューブの清潔な取り回し

治療装置に格納されたIr-192線源は患者体内に挿入された applicator へと送り込まれるが、治療装置と applicator を移送チューブと呼ばれる アクセサリーを用いて接続する。この移送チューブは治療装置に接続された状態で待機をすることが多く、フレキシトロンHDRでは待機状態においても装置を移動させるためのハンドル部に掛けられる設計により地面に接地することがない構造となっている。

■放射線治療計画プログラム Oncentra Brachy

フレキシトロンHDRを用いた高線量率密封小線源治療において必要となるのが放射線治療計画プログラムの Oncentra Brachy である (図2)。RALS 治療においては、あらかじめ applicator 内の指定した位置に、どの程度停留させるかといった治療 (照射) 計画を立案する必要がある。Oncentra Brachyはその治療計画を行うための

ソフトウェアに当たる。治療計画には患者に applicator を挿入した状態で撮影した主に X 線画像を用いるが、近年では、CT や MRI といった三次元 (3D) 画像を取得可能なモダリティが広く普及しており、RALS 治療計画にも CT や MRI を用いた三次元画像誘導小線源治療 (3D-IGBT (3-Dimensional Image-Guided Brachy Therapy)) が主流になりつつある。婦人科領域は軟部組織が多いことから MRI 画像による腫瘍部の描出が適しており、Oncentra Brachy は 3D-IGBT に対応しているだけでなく、MRI 画像をベースとした治療計画を立案することも1つの特徴といえる。

Oncentra Brachy は最適な治療計画を立案するためのオプションライセンスを多く取りそろえており、その1つに ACE (Advanced Collapsed cone Engine) がある。体内は軟部組織以外にも骨や筋肉など、不均質な媒質によって構成されており、Ir-192線源からの放射線照射はその媒質により実際には異なった透過率を示すが、通常の治療計画では、それらによる減弱の差は考慮されていない。本ライセンスはそれらの体内の異なる媒質を通過する際の放射線透過の不均質さを補正した線量計算ができるものであり、アメリカ物理学会AAPMのタスクグループTG-186のリコメンデーションに基づく計算式を用いている。ACEは、その計算アルゴリズムに Collapsed Cone の Superposition/Convolution 手法を用いており、ワークステーションに GPU を備えることで計算時間の大幅な短縮を可能としている。



図3：フレッチャーウィリアムソン アジアパシフィック
アプリーケーター



図4：Genevaアプリーケーター

■専用器具 アプリーケーター

これまで前述で説明してきたあらかじめ患者体内に挿入されるアプリーケーターだが、治療装置からのIr-192線源の通り道であることから、腫瘍の近くに配置できる形状であることが望ましい。典型的な婦人科子宮頸癌への照射に用いられるアプリーケーターは1本のタンデムと2本のオボイドからなるフレッチャータイプであり、本邦で最も普及しているアプリーケーターを示す（図3）。

フレキシトロンHDRの前機種であるマイクロセレクトロンHDRの時代より使用されているフレッチャーウィリアムソン アジアパシフィックアプリーケーターですが、材料にステンレスを用いていることから、昨今の3D画像取得の際、CTではメタルアーチファクトが生じることを考慮する必要があり、またMRIには吸着によるMRI装置の故障の危険性があることからMRI室への持ち込みは禁止されている。

そこで、近年ではその主材料に樹脂を使用したタイプのアプリーケーターが主流となっている。その一例としてGenevaアプリーケーター（図4）では一切の金属部品を排除した構造となっている。樹脂製アプリーケーターを用いることで、CTやMRIを用いた治療計画の際にもメタルアーチファクトが生じず、Ir-192線源の経路が明確に認識できることで、位置認識における不確かさの少ない高精度な治療を提供可能である。さらには、これまでの典型的なタンデム・オボイド構造に加えて、オボイドからニードル（針）を刺入できる構造となっており、ニードル内部にもIr-192線源を送り込むことができるため、不整形な腫瘍に対しても、ニードルを刺入することで腫瘍に対して最適な放射線を照射することができる。

フレキシトロンHDRでは、これらのアプリーケーターを多く取りそろえており、その多くは世界的なRALSにおける前向き研究であるEMBRACE Studyの研究結果にも基づいて開発がなされている。

婦人科領域のみならず、その他の部位への適切な放射線照射が可能なアプリーケーターも多く取りそろえているフレキシトロンHDRは、今後も有益なシステムであり続けるために日々研究開発が行われている。

デジタルX線透視撮影システム 「CUREVISTA Apex」の有用性

富士フィルムヘルスケア株式会社 画像診断営業部
吉川 修

FUJIFILM
Value from Innovation

1. はじめに

近年、X線透視撮影システムは従来の胃部造影検査から内視鏡・整形などの幅広い分野で活用されており、このニーズに応えた『CUREVISTA Open』（キュアビスタ オープン）^{*1}を2020年から販売してきた。今回、CUREVISTAシリーズの新たなラインナップとしてデジタルX線透視撮影システムCUREVISTA Apex（キュアビスタ エイペックス）^{*1}を販売開始したので特長を説明する（図1）。



図1. CUREVISTA Apex

1-1 たて・よこ・ななめ、診たいアングルに -3WAY ARM (スリーウェイアーム)

当社の従来からあるX線透視撮影システムでは、視野を移動する際にはアームを縦方向に、天板を横方向に動かすのが一般的であるが、「横方向」への視野移動をERCPなどの手技中に行うと、カテーテルなどの処置具が体内に挿入された状態の被検者を動かしてしまう。前述のCUREVISTA

Openは天板不動で、X線管を「たて」「よこ」方向に移動させることで、撮影範囲を移動可能な2WAY ARMを搭載。そして2022年に誕生したCUREVISTA Apexでは、「たて」「よこ」、そして「ななめ（左右軸方向の斜入）」へと天板上を自由に動かすことが可能な「3WAY ARM」に進化させた（図2）。これは、臓器と椎体や臓器とスコープとの重なりを避けたり、分岐する消化管の前後関係が分かりづらいときに、被検者を動かすことなく視野の角度を変える新しい設計である。

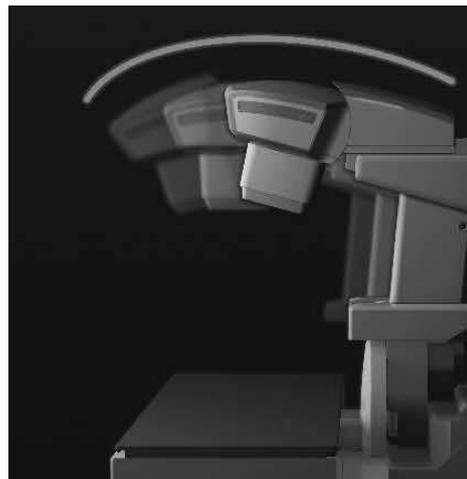


図2. 3WAY ARM 「ななめ」

1-2 被検者の様子も、明るさも

SECURECAMERA（被検者監視カメラ）^{*2}

SECURELIGHT（手技用スポットライト）^{*2}

CUREVISTA Apexでは、術者・操作者をサポートする二つの機能を搭載可能である。一つはX線管アームに設置された広角カメラが、天板上の被検者をモニタリングする。従来、壁や床に監視カメラを設置するケースが多くあったが、天板上の視認性が悪いことがある。カメラの性能に依存する部分もあるが、天板周辺に立つ術者などに遮られ天板上が死角になってしまうことが原因である。「SECURECAMERA」^{*2}はX線管アームにカメラを配置することで、天板上をモニタリングすることが可能である（図3）。



図3. SECURECAMERA

もう一つは、検査室で外科などの手技を行う際に、部屋を暗くすることがあるが、同時に手元が暗くなってしまう。従来は床移動型の無影灯を準備することもあったが、場所を取ることが懸念点であった。「SECURELIGHT」^{*2}はコリメータに内蔵された複数のLEDランプで術者の手元を照らす(図4)。

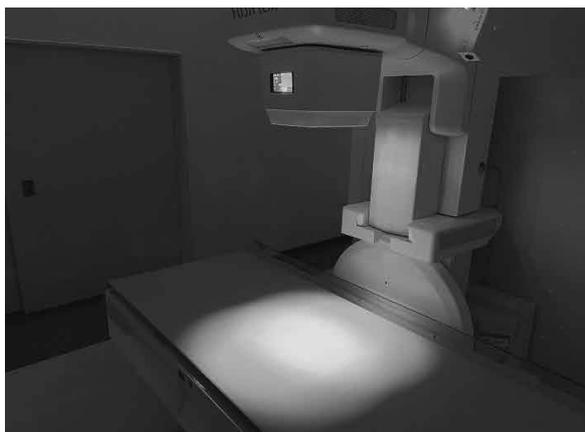


図4. SECURELIGHT

2. 声で画像処理エンジン进行操作 -MAGICHAND(マジックハンド)| ボイスコントロール

ERCPなどの手技においては、医師が操作するケースもある。その際に、手技を行うために手が塞がっており、操作がし難い場面がある。それに対する新たな取り組みとして「MAGICHAND」を搭載した。「MAGICHAND」は、専用のマイクを通じてウェイクワードを発すると、画像処理「VISTABRAIN」^{*3}が反応。続けてコマンドを発すると画像処理プリセットの変更や、視野サイズの変更などを行うことができる。

3. 見える低被ばく

ERCPやInterventional EUSはX線透視下で行われる。そのため被検者のみならず医療従事者の「被ばく」という観点での安全性向上も長年の課題である。近年、医療従事者の水晶体被ばくに関する関心が高まり、各施設では被ばく低減のための工夫を行っている。この様な環境下で、当社では大局的な被ばくの低減を図る画像処理技術を開発してきたが、今回2つの新しい技術を紹介する。

3-1 目に見えない散乱X線を可視化する -IntelliMAP (インテリマップ)^{*2} | 線量マップ

被検者だけでなく、医療従事者の被ばく量を減らすことが重要視されているが、リアルタイムに線量を把握することは難しい。そこで開発をしたのが線量マップ「IntelliMAP」^{*2}(図5)である。IntelliMAP^{*2}は、実際のX線照射線量と機械的な位置情報を基に透視撮影台装置の周辺に散乱するX線分布をシミュレーション、結果を透視撮影台のモデル上にカラーでマッピングすることで、散乱X線の状況がリアルタイムで直観的に理解しやすくなる。このマップはリファレンスマニター上に表示されるため、検査中においても散乱X線量分布の状況を経時的に可視化することが可能で、被ばく低減を考慮する一助になると考えている。

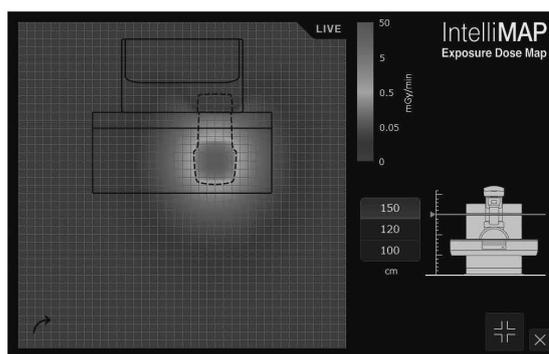


図5. IntelliMAP

3-2 低線量のビニング処理を高解像度にする -IntelliRESOLUTION (インテリレゾリューション)^{*2} |低線量高解像度化処理

透視下で長時間の検査や治療を行うケースが増える中、検査に必要な画質を得る一方で、医療従事者の被ばくも重要である。当社は低線量モード(LD Shot)で撮影した画像(2×2pixelビニング)

(図6) に対し、IntelliRESOLUTION^{※2} (低線量高解像度化処理) を開発した (図7)。

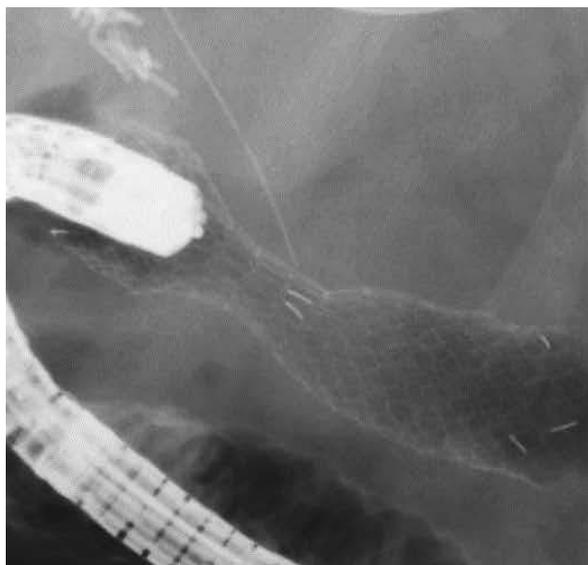


図6. LD Shot (低線量モード)

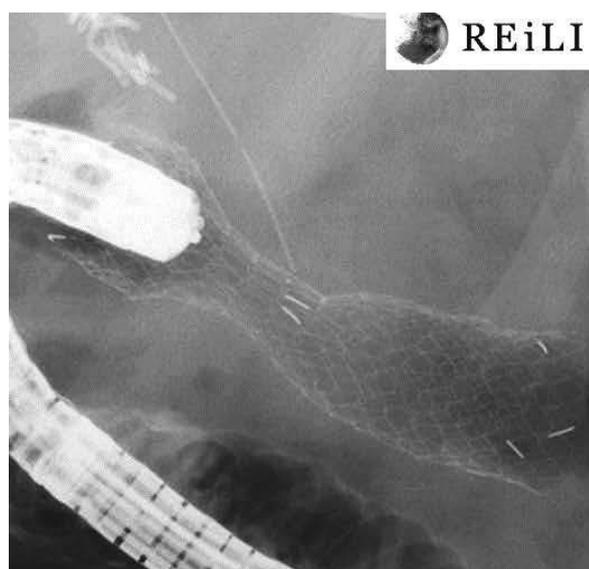


図7. IntelliRESOLUTION (LD Shot + 超解像技術)

IntelliRESOLUTION^{※2}は「超解像技術」を応用した画像処理を用いて画像拡大補間し解像度を改善する。画像内の成分を推定して分離し、それぞれに異なる処理を行って解像度の低下を改善させる。つまり、これを低線量で撮影した2×2ピニングの画像に適用することで、画質を劣化させることなく被ばく低減を期待できる。この処理はAI技術を活用した画像フィルタである。

4. おわりに

CUREVISTA Apexは本稿で述べた以外にも各

種の独自機能を搭載している。本装置の開発に当たって顧客と現場のニーズを考慮した開発・製品化を行っている。またAIを活用した時代に即した新しい技術にも取り組んでおり、今後も、顧客が使用する現場において必要とされる機能の開発に取り組んでいきたい^{※4}。

- ※1 CUREVISTA Open・CUREVISTA Apex
販売名：デジタルX線透視撮影システム
CUREVISTA Open / CUREVISTA Apex
医療機器認証番号：第302ABBZX00032000
製造販売業者：富士フイルムヘルスケア株式会社

CUREVISTA OpenはデジタルX線透視撮影システム CUREVISTA Open / CUREVISTA Apexの2WAY ARMを搭載したモデルの呼称です。

CUREVISTA ApexはデジタルX線透視撮影システム CUREVISTA Open / CUREVISTA Apexの3WAY ARMを搭載したモデルの呼称です。

- ※2 オプション機能
※3 CUREVISTA、VISTABRAINは富士フイルムヘルスケア株式会社の登録商標です。
※4 AI技術のひとつである機械学習を設計に用いています。導入後に自動的にシステムの性能や精度が変化することはありません。