

3. Angioの技術進歩と 被ばく低減への取り組み

—血管撮影装置の進化： PureBrainが導く被ばく低減への試み 【田貫会 高瀬クリニック】

循環器内科

長岡 秀樹

当院では、320列Area Detector CT「Aquilion ONE」(東芝社製)が稼働しており、冠動脈造影(CAG)の代用として利用している。そのため、血管撮影装置ではCAGはほとんど実施されず、冠動脈インターベンション(PCI)を主とした利用となっている。当院では、平面検出器(flat panel detector: FPD)を搭載したシングルプレーンシステムおよびバイプレーンシステムの血管撮影装置「Infinix Celeve-i INFX-8000V」(東芝社製: 以下、INFX-8000V)を所有し、年間にPCIを959例、末梢血管インターベンション(PPI)を129例、不整脈に対するカテーテルアブレーションを148例実施している(2010年実績)。INFX-8000Vには、「PureBrain」と呼ばれる最新の画像処理コンセプトが採用されており、従来装置に比べ非常に視認性の良い透視画像が得られる。このPureBrainによりもたらされるのは、デバイスの視認性のみならず、インターベンション全体の被ばく低減が挙げられる。

本稿では、当院のインターベンションの現状と、INFX-8000Vを用いた被ばく低減の新たな取り組みを紹介する。

インターベンションにおけるマルチスライスCTの役割

当院では、2005年7月に64列マルチスライスCT「Aquilion 64」(東芝社製)を導入し、2009年10月には320列の

Area Detectorを搭載したAquilion ONEを導入した。虚血性心疾患が疑われる場合、予約なしでマルチスライスCTによる冠動脈撮影(冠動脈CT)を実施し、同日のうちに読影して、患者への説明を完了している。

冠動脈CT、CAGおよびPCI件数の推移を図1に示す。当院における冠動脈CT検査の診断精度は、PCIまたは冠動脈バイパス術(CABG)の血行再建をエンドポイントとした場合、感度93.5%、特異度79.8%、陽性適中率59.3%、陰性適中率97.5%となっており、CAGの76.8%を省略可能と判断している¹⁾。そこで、マルチスライスCTを中心とした診断・治療戦略を打ち立て、血管撮影

装置で実施していたCAGを積極的に冠動脈CTに切り替えた^{1), 2)}。その結果、CAGの件数は減少し、PCIの実施件数を増やすに至っている。

冠動脈CTは、診断に寄与するだけではない。当院では、CTと循環器動脈ネットワークシステム「CardioAgent」(東芝社製)を接続し、図2のようにカテーテル室でもCT画像が閲覧可能である。PCIやPPI中に、CTを参照画像として用いることができ、血管撮影装置では得られないプラークの情報などを治療中に確認することができる。また、血管内超音波(IVUS)や超音波装置の画像も表示することが可能で、それぞれの装置のモニタに目を向けなくとも、透視モニタ

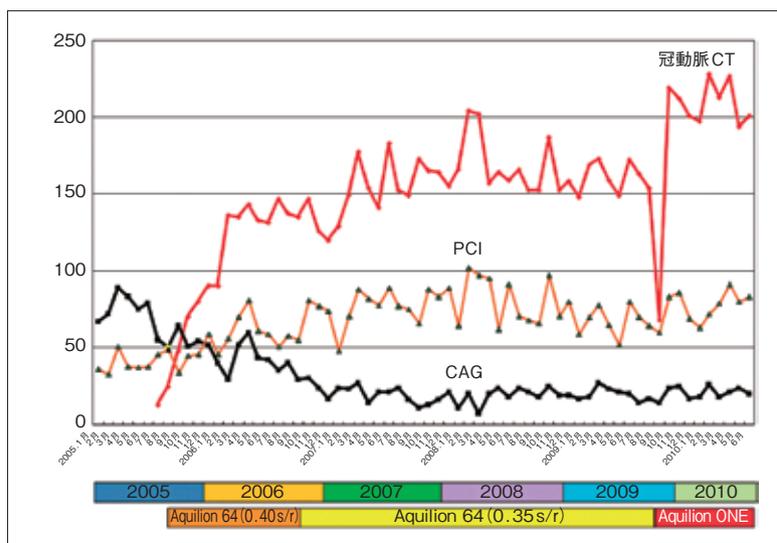


図1 冠動脈CT, CAG, PCIの月間件数推移
2009年9月はCT入れ替えのため件数が下がっている。



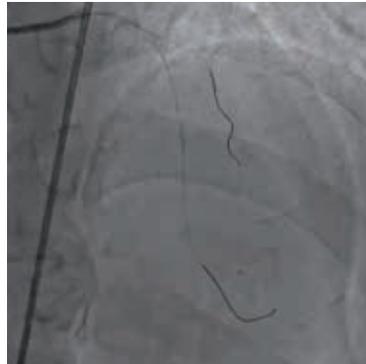
図2 PCI中の検査室



図3 INFX-8000Vの長手移動



a: 透視画像



b: DA画像

図4 PureBrainの画像

に近いところで必要な画像が確認できるようになっている。

Infinix Celeve-i INFX-8000V

マルチスライスCTを中心にした診断・治療戦略により、血管撮影装置を治療専用で用いることができる。そのため血管撮影装置には、インターベンションに即した機能が求められる。INFX-8000Vは、PCIのみならずPPIも容易にこなせるように患者体軸方向にCアームが移動する(図3)。これにより、冠動脈から下肢血管までをスムーズに造影することが可能である。また、透視・撮影中でも、動画中で参照画像を確認できたり、透視中であっても参照画像を自由に切り替えられるなどのマルチタスク処理にも優れ、術者のリズムを崩さない工夫がなされている³⁾。

同装置の最も特長的な機能は、PureBrainと呼ばれる画像処理のコンセプトである。PureBrainによる画質の向上は、透視におけるデバイスの視認性を向上し、安定したPCIを可能とする。次に、Pure-

Brainにて得られる画質について詳細を紹介する。

PureBrain

PureBrainでは、撮影画像のdigital angiography (DA) 画像はもちろんのこと、透視画質も従来装置に比べ飛躍的に向上している。

従来装置には、透視画像のノイズ低減としてリカーシブフィルタが用いられており、残像が発生していた⁴⁾。PureBrainでは、リカーシブフィルタとは異なる“Super Noise Reduction Filter (SNRF)”と呼ばれるノイズ低減処理機能が搭載され、量子ノイズが少なく、デバイスの残像がほとんどない明瞭な透視画像を呈する。PureBrainにおける透視画像とDA画像を図4に示す。透視画像とDA画像で、ガイドワイヤの視認性がほぼ変わらない。そのため、慢性完全閉塞病変 (CTO) などに対する難易度の高いPCIにおけるワイヤ操作には、非常に有効である。CTOのPCIでは、ガイドワイヤの先端0.5mmを曲げ、病変内を

掘り進める。先端がどの方向に向いているのか、先端がどの位置に存在するのかわかると、透視画像で常に正確に確認することがCTO-PCIの成功に不可欠である。PureBrainは、その点でわれわれを満足させる明瞭な透視画像を提供してくれ、不必要なDA撮影を省くことができる。PureBrainで使用されているSNRFの特性を調査するため、いくつかの実験を実施した。

1. ノイズ特性・解像度特性

X線管焦点からFPD入力面までの距離 (SID) を100cmとし、FPD前面からX線管焦点に30cm戻した位置にアクリル20cmを設置できるようカテーテルテーブルを配置した。FPD前面に解像力チャート (X線テストチャートType8: 三菱化学社製) を添付し、8インチ視野、15fpsにてデータを収集した。

SNRFを用いない透視画像をOriginal、SNRFを用いた透視画像をSNRF、SNRFを用いず従来方式のリカーシブフィルタを用いた透視画像をRecursive、SNRFを含む撮影をDAとして、1024×1024マトリックス、8ビットで収集し、結果を得た。透視におけるアクリル入射面へのX線入射線量率は22.0mGy/min、DAにおける入射線量率は199.1mGy/minであった。ノイズ特性を見るため、得られた画像を、図5のように128×128マトリックスの範囲の画素値をヒストグラムにとり、その標準偏差を比較した(図6)。Originalの標準偏差13.107に対し、SNRFとRecursiveはそれぞれ5.676と7.187で、ノイズが低減されていることがわかる。DAは線量が多い分、2.836とノイズが大幅に低減されている。

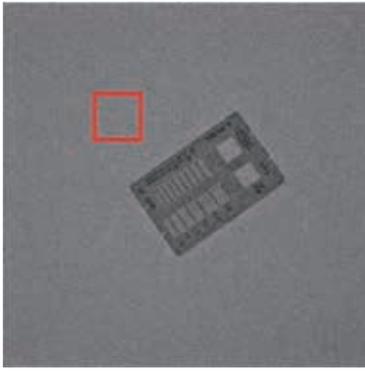


図5 ノイズ比較測定範囲 (Original 画像)

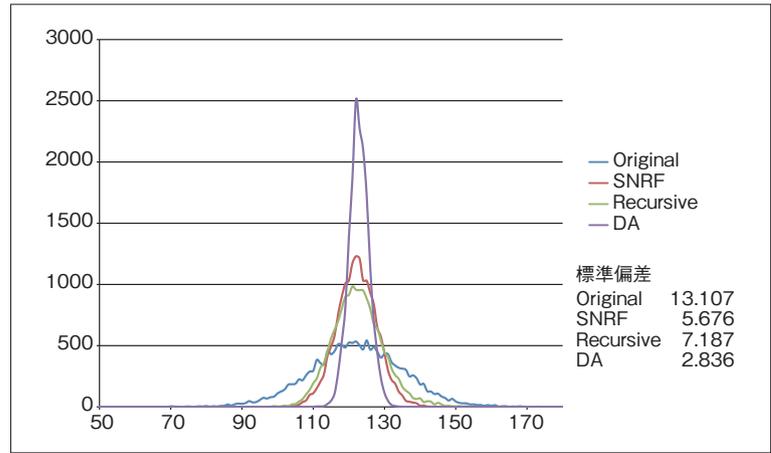
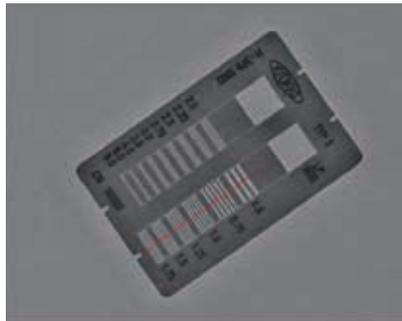
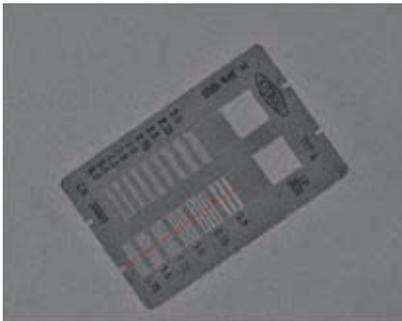


図6 ノイズ測定 ROI 内の画素値ヒストグラム



a : SNRF を用いた透視

b : DA 画像

図7 解像力プロファイル測定位置

赤いライン上のプロファイルカーブを比較した。

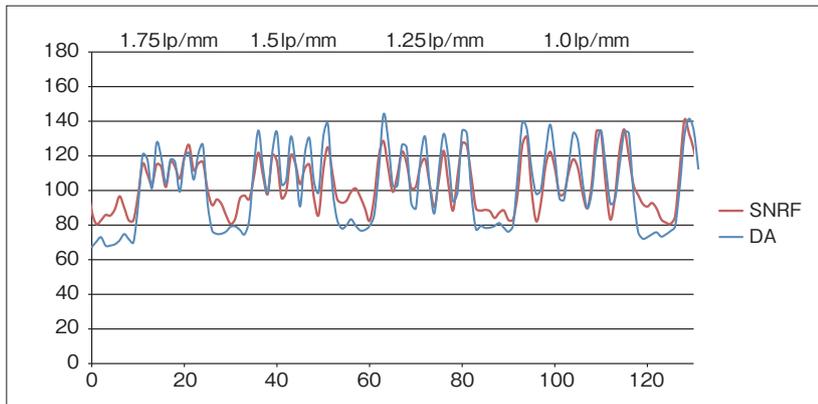


図8 解像力チャートのプロファイル

ノイズ量の観点では、SNRFの透視とDAは同等とは言えない。

解像力については、SNRFを用いた透視とDAにて、図7に示す画像を用いて解像力チャートのプロファイルカーブを比較した。その結果は図8であり、約0.011インチ径にあたる1.75lp/mmまでの領域において、SNRFを用いた透視はDAと類似した解像力を示した。

SNRFを用いた透視画像に関して、ノイズ低減効果はDAには及ばないものの、

必要な解像力は有することが示された。

2. 動体特性

次に、動いているものに対する特性を確認した。SID 100cm, カテーテルテーブルの高さ95cmにて、胸部を模したCVファントム(三田屋製作所製)を設置し、その上に30回転/分の回転ファントム(07-680-6290 NEMA SCA&I Rotating Target and Motor KIT: FLUKE製)を配置した。それを8イン

チ視野で15fps, 1024×1024マトリックス, 8ビットで収集した(図9)。回転ファントム内の残像評価用Dotを含むROIを設定し、そのプロファイルカーブを得た(図10)。

Recursiveの透視画像は、見た目に残像が確認されるが、Dotの画素値が他の測定より高く、コントラストが落ちていることがわかる。従来のリカーシブフィルタ方式では、残像による画像ボケに加え、コントラストの低下がデバイスの視認性を落としていたと考えられる。SNRFとDAは、ほぼ同等の画素値である。

動体に関して、SNRFによる透視画像はDA画像に匹敵する性能を有することが示された。

被ばく低減に向けた取り組み

これまでの結果から、SNRFによる透視画像は、従来のリカーシブフィルタ方式と同等のノイズ低減能力を持ちながら、動体に対する視認性はDA画像に匹敵し、PCI中のデバイス操作に必要な解像力を有していることがわかった。また、ノイズ特性確認で得られた線量の比較で、DAの線量率は透視の線量率に比べ、10倍ほど高いことがわかった。INFX-8000Vでは、透視画像をDAのように収集する透視収集機能が用意されており、PCI中のデバイス確認のためのDAを透視画像に切り替えられるならば、治療全体での被ばく低減が可能と判断した。

しかし、これを実施する上で、透視収集が簡便な操作で行われなければ、実臨

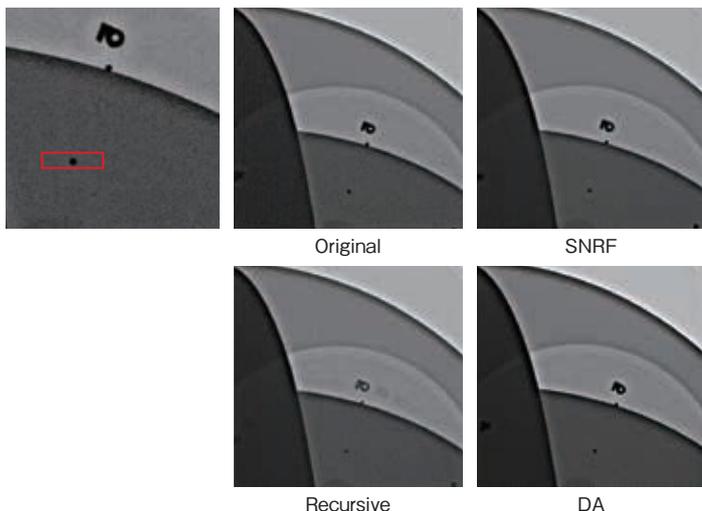


図9 回転ファントムによる残像評価
 赤いROIを設定し、そのプロファイルカーブを比較した。

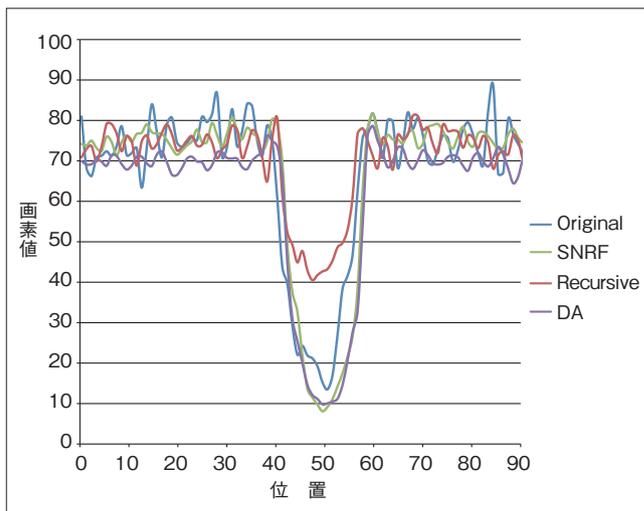


図10 回転ファントムのDotを含むROI内のプロファイルカーブ

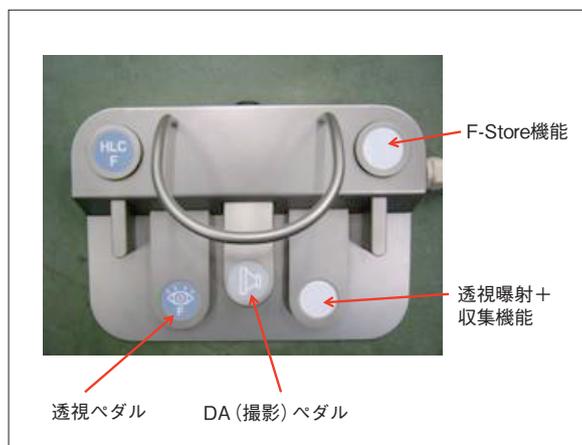


図11 透視収集機能を追加したフットペダル

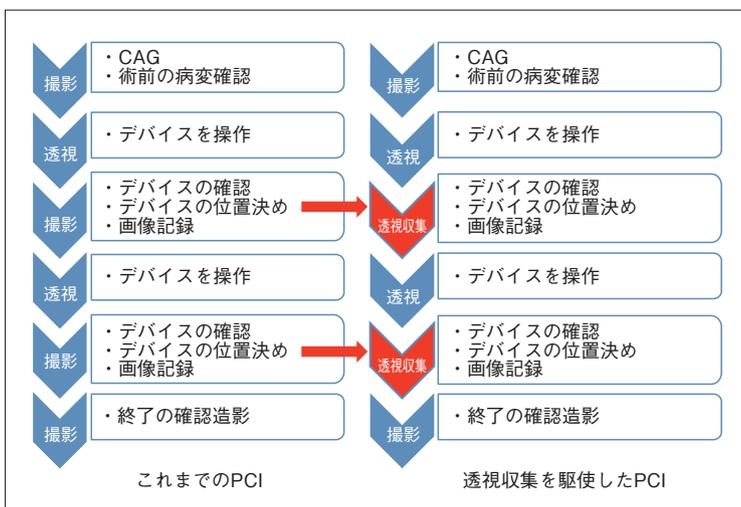


図12 PCIでのX線曝射方法の変更

床で使用できない。図11のように、フットスイッチに通常の透視ペダルとDA撮影ペダルに加え、透視収集機能として2種類のペダルを配置し、術者が手を使わずにフットペダルの踏み替えて透視画像を収集できるようにした。2種類の透視収集ペダルとは、DAのように曝射した透視画像をそのまま収集するペダルと、通常の透視ペダルによる透視終了から10秒前までの透視画像を収集するF-Storeペダルである。F-Storeは、透視終了後に操作し、撮り逃した透視画像を後から収集できる機能である。

この機能の追加により、患者の被ばく低減を考慮し、図12のようにDA (撮影) を可能な限り減らし、それを透視収集に変更している。すなわち、初めの診断のためのCAGと、PCI後の最後の確認

造影のみをDA (撮影) で行うことにしている。PCI中のガイドワイヤ、バルーンカテーテル、ステントなどの確認や位置決めは、透視収集で代行する。それだけでなく、バルーン拡張後やステント留置後の一時的な病変の評価さえ、収集した透視画像で十分であり、DA撮影を省くことができる。さらに、すでに撮られた透視画像をさかのぼって収集するF-Storeを多用することにより、余分な透視収集も除くことが可能となる。もちろん、complexなPCIではその限りではないが、大多数のPCIにおいてこの方法を用いることで、相当な被ばく低減が可能となる。PureBrainでは、パルス透視レートを落としても残像がほぼ発生しない。そのため不整脈に対するアブレーションでは、透視収集に加え、パルス透視レートを

15fpsから10fpsに低レート化し、透視線量率を下げることも行っている。

◎

実臨床のカテーテル治療において、Cアームの操作性や使いやすさは当然のことである。さらに、これからの血管撮影装置には、PureBrainがもたらすような明瞭な透視画質と、2種類の透視収集機能が必須と考える。

●参考文献

- 1) 近藤 誠, 近藤 武, 南淵明宏・他: 冠動脈MDCTの冠動脈疾患の診断・治療戦略に与えるインパクト. 心臓, 41・6, 627~634, 2009.
- 2) 近藤 武, 高瀬真一: 非観血的検査法—冠動脈MSCTは冠動脈造影に取って代わる. 日本冠疾患学会雑誌, 13, 21~27, 2007.
- 3) 高瀬真一: Angioの技術進歩と臨床にもたらず影響—Angioを治療シフトさせる診断ワークフローをめざす. INNERVISION, 24・5, 67~69, 2009.
- 4) [診療画像検査法] X線造影検査の実践. 中村 賢監, 東京, 医療科学社, 2002.