

「Brilliance iCT TVI」の使用経験

さいたま赤十字病院

放射線科部

高橋 讓 大河原 侑司

1. はじめに



図1：施設外観

当院は一般病棟 553 床、救急病棟 32 床、ICU6 床、CCU14 床からなり、第 3 次救急医療を担う救急救命センター、地域がん診療拠点病院、災害拠点病院などの指定を受けた、県南地域における中核病院（図 1）である。

平成 24 年 11 月に、12 年間使用した既存 CT の更新に伴い、PHILIPS 社製「Brilliance iCT TVI」（図 2）が導入された。今回は Brilliance iCT TVI の使用経験を紹介する。



図 2：Brilliance iCT TVI

2. 装置の特長

2-1 0.27sec/rot を実現する Floating Drive

従来 CT のガントリとフレームは金属ベアリングによって支持されていた。この金属ベアリングは摩擦抵抗を生じ、高速回転の安定性を妨げ、さらには回転軸のブレ、騒音などの原因となっていた。

そこで Brilliance iCT TVI は、金属ベアリングを廃止し、圧縮された空気によってガントリとフレーム間にエアフィルムを形成するエアベアリング方式を採用している。これにより、ガントリとフレーム間の物理的接触が無くなり、騒音を抑え、最速 0.27sec/rot のガントリ高速回転を可能とした。このエアベアリング方式を搭載したシステムを Floating Drive System と呼ぶ。

2-2 最大 1000mA 出力の X 線管

0.27sec/rot というガントリ高速回転を実現させるためには、高出力の X 線管が必要となる。

そこで、Brilliance iCT TVI には最大 1000mA の出力を可能にした i-MRC という新しい X 線管が搭載されている。i-MRC は PHILIPS で初の Smart Focal Spot を採用している。Smart Focal Spot は X-Z 方向に焦点を偏光しながら体軸方向のサンプリングを増加させることで、分解能の低下を防ぎ、さらに、ヘリカルアーチファクトを抑制する。

2-3 DFS と ZFS

Brilliance iCT TVI は、DFS、ZFS と 2 種類の Smart Focal Spot から選択することができる。DFS は X 方向に、ZFS は X/Z 方向に対し、電

磁偏向するシステムである。ZFS を選択することで、高速撮影において面内および体軸方向のサンプリング数を増加させ、面内分解能の向上および体軸方向の倍密サンプリングを可能としている。このことにより 128 列による 256slice を可能としている。マルチスライス CT では体軸方向のデータサンプリング密度不足からヘリカルアーチファクトを生ずる場合が多々見られるが、ZFS では常に体軸方向のサンプリング密度が十分に満たされ、ヘリカルアーチファクトの発生が限りなく少ない。

DFS では、面内分解能のみに着目したアップサンプリングであり、高速スキャンを必要としない部位の場合への空間分解能向上を目的としたシステムである。

図 3・4 は、同一条件における DFS と ZFS の画像である。画像を比較すると、ZFS ではヘリカルアーチファクトが非常に少ないことが分かる。

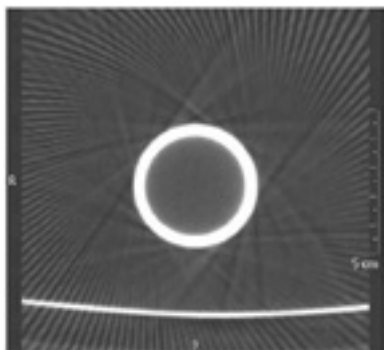


図 3 : DFS (128slice)

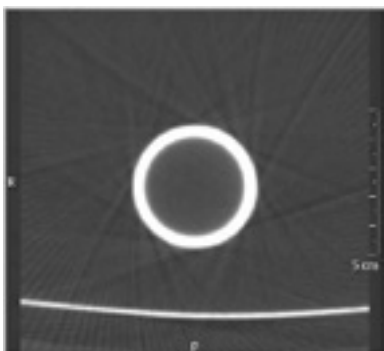


図 4 : ZFS (256slice)

2-4 Nano Panel3D

従来、CT の検出器は X 方向にのみ焦点に対し集束しており、多列化を図るにあたり、単純に Z 方向に検出器を増加させていた。ここで問題となるのが多列化に伴う Z 方向の散乱線の影響である。

そこで Brilliance iCT TVI は、X / Z 方向に焦点方向に集束させた球面型検出器を搭載した。

これは、Nano Panel と呼ばれる 16x16ch のモジュールを、X/Z 方向へ複数配置することにより可能とした技術である。そして、それぞれの Nano Panel の前面には、X/Z 方向へ 2D 化した 2D Anti Scatter Grid を装着している。

この球面検出器を構成している全ての技術の総称は Nano Panel3D Technology と呼ばれ、この技術により、理想的な焦点と検出器入射面を形成し、散乱線の影響を軽減することに成功している。

2-5 Resolution Mode

一般的に CT では、空間分解能を最もつかさどる因子の一つである焦点サイズを、電力量によってスイッチングするシステムを採用している。これは使用したい電流などによって分解能が変化してしまうことが示唆される。しかし、PHILIPS 社製 CT の焦点サイズの変更は Resolution Mode と呼ぶ、ユーザー選択型のシステムを採用しており、ユーザーが焦点サイズを分解能モードとして選択できるシステムとなっている。一般的には大焦点である Standard Imaging (以下、Std)、小焦点である High Resolution Imaging (以下、High) の 2 種類の選択となると考えがちだが、Brilliance iCT TVI では、「UHR コリメーター」と呼ばれるハードウェア技術が導入されており、Ultra High Resolution モード (以下、UHR) を選択することが可能である。

UHR を選択することで、空間分解能を大幅に向上させることが可能である。UHR の空間分解

能は24lp/cm@0%MTFと従来CTと比較すると、大焦点に比べ約2倍、小焦点で約1.5倍の空間分解能を臨床で使用することができる。

そしてこれらのResolution Modeは任意に選択することができる。

図5に各Resolution Modeにおける大腿骨頭の画像を示す。UHRでは骨梁が詳細に評価できるのが分かる。

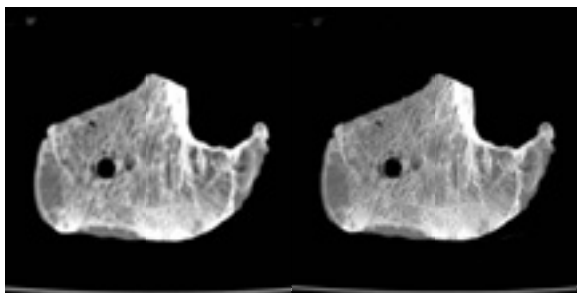
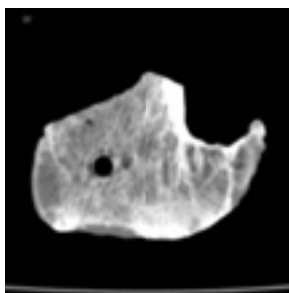


図5：Resolution Modeの比較
 左上：Standard Mode
 左下：High Resolution Mode
 右下：Ultra High Resolution Mode

3. iDose⁴

3-1 自然な臨床画像

従来の逐次近似法による再構成は、空間分解能の低下とNoise Power Spectrum (NPS)のシフトによる画質の変調が課題であった。iDose⁴では、これらの課題を解決し、空間分解能、NPSを維持したまま再構成することが可能となった(図6参照)。これにより、従来の再構成法である逆投影法(FBP)と比較しても、違和感のない自然な臨床画像を取得することができる。また、iDose⁴は7種類のノイズリダクションレベルを選択することができる。

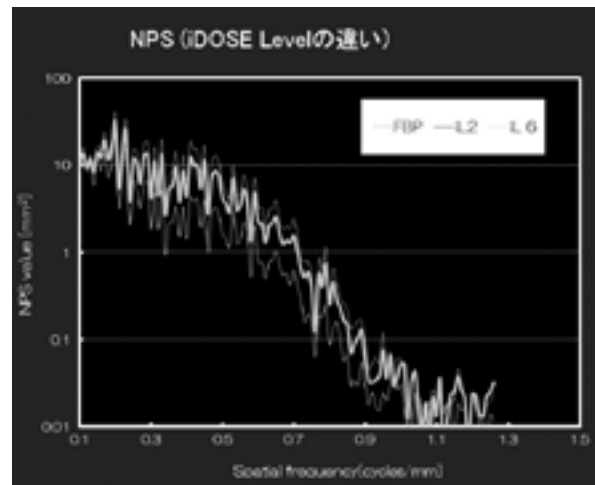


図6：NPSの比較

3-2 アーチファクト抑制

iDose⁴は、サイノグラム上での繰り返し演算によるノイズを低減しているため、線量不足が招くストリーク状のアーチファクトの発生を抑制することができる。

3-3 分解能向上

空間周波数の高い再構成関数を使用することで鮮鋭度は向上するが、一方でノイズも強調される。iDose⁴はNPSを維持したままノイズ除去が可能で、空間分解能の高い再構成関数によって増加したノイズを除去することで、分解能を向上させた画像を取得することができる。

図7はCatPhan Phantomを各Resolution Modeで撮影したものである。この図より、空間分解能はStd、High、UHRの順に良くなっているが、同様にノイズも増加していることが分かる。

図8はHighで撮影した左上の基準画像にiDose⁴を入れて再構成した画像である。この図より、iDose⁴のレベルを上げていくと、ノイズは低減されていくのが分かる。ここで注目すべきは分解能である。視覚的に分解能は変わらず、ノイズが低減されている。

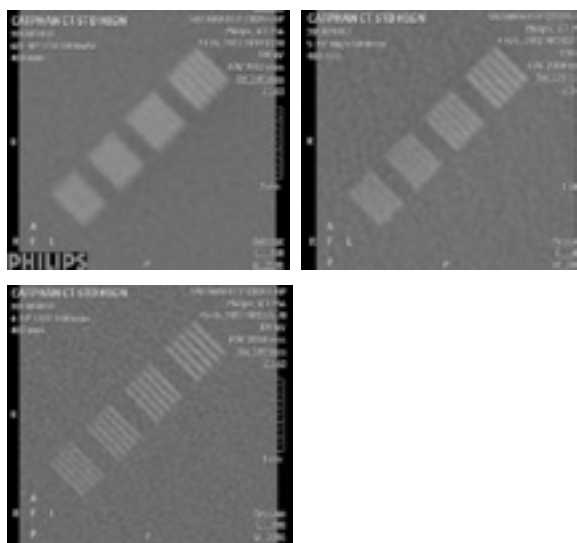


図7：各 Resolution Mode での空間分解能
 左上：Std
 右上：High
 左下：UHR

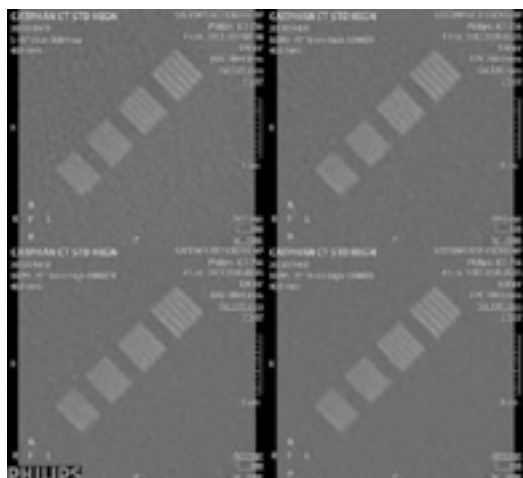


図8：High Resolution Mode における
 iDose level の違い比較
 左上：iDose⁴ なし
 右上：iDose level 2
 左下：iDose level 4
 右下：iDose level 6

上記より、Resolution Mode と iDose⁴ を組み合わせることで、大幅な被ばく低減が望める。導入時から撮影条件の試行錯誤を繰り返し、既存装置と同等の診断能を得られる撮影プロトコルを決定した。当院では胸部撮影に High Resolution Mode と、iDose level 3 を採用した。図9は当院

で撮影した胸部単純 CT の画像である。被ばく低減の効果は既存装置である 64 列 CT で撮影した CTDIvol が平均で 20.24mGy であるのに対し、Brilliance iCT TVI での CTDIvol は平均で 6.40mGy と、実に 68.4% の線量低減を実現した。

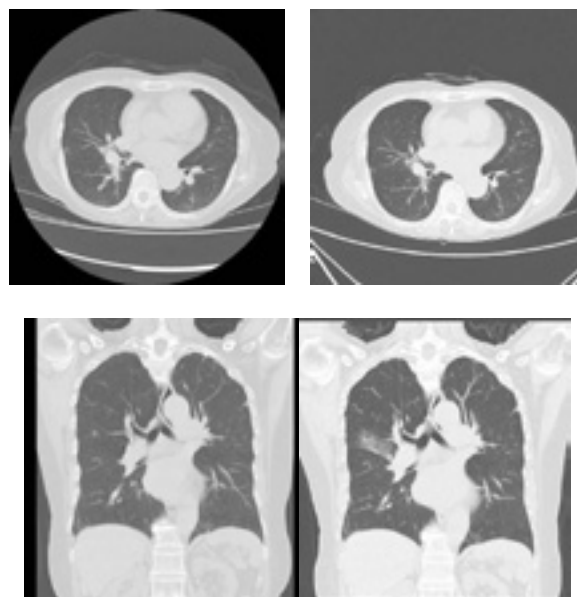


図9：胸部単純 CT 画像の比較
 左：既存の 64 列 CT
 右：Brilliance iCT TVI

4. 低管電圧撮影

低管電圧を用いて撮影することにより、造影コントラストを上昇させることができると言われている。そこで Brilliance iCT TVI においても基礎的検討を行った。

各管電圧において、それぞれの理論値に設定されたシリンジを撮影した結果を図 10 に示す。120kV の CT 値に対して、100kV における CT 値は約 1.2 倍、80kV における CT 値は約 1.5 倍になることが確認された。

次に、120kV と 100kV における SD と CTDIvol の関係を図 11 に示す。120kV から 100kV に電圧低減をすると、SD は約 30% 上昇し、CTDIvol は約 40% 低下することが確認された。

以上より、SD を同等にすると、被ばくが多くなってしまい、線量を一定にすると SD が上昇し

てしまうということがいえる。そこで当院では、iDose⁴を導入することで低電圧撮影においても、低線量撮影を実現した。図12に臨床画像を紹介する。

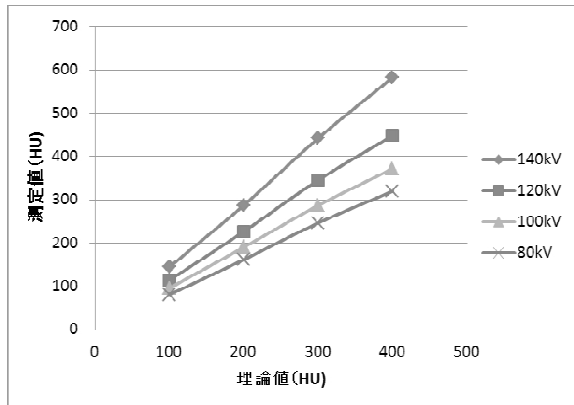


図10：各管電圧におけるCT値の変化

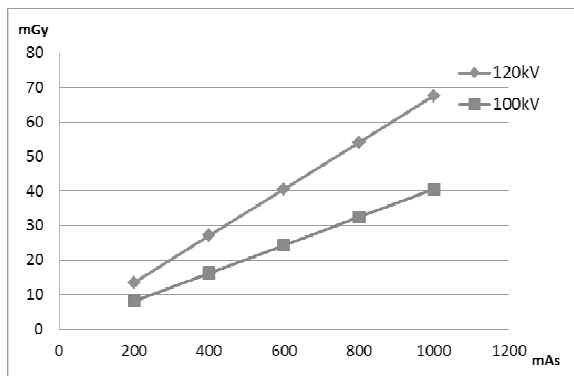


図11：各管電圧とCTDIvolの関係

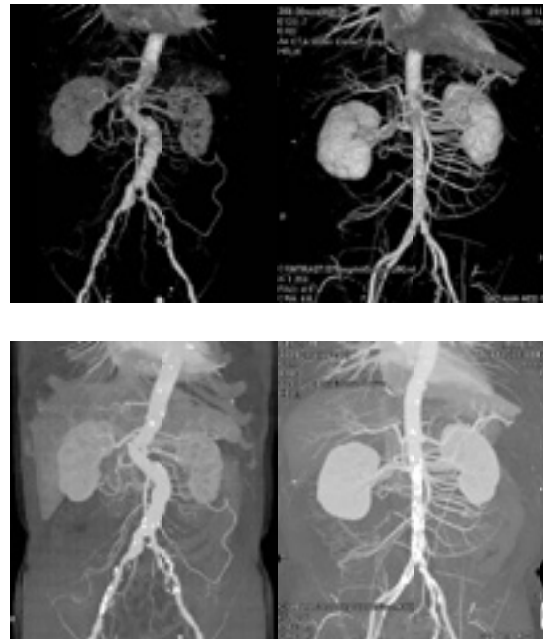


図12：臨床画像 (左) 120kVの画像 (右) 100kVの画像

5. O-MAR

(Orthopedic Metal Artifact Reduction)

O-MARとは、整形外科領域における金属アーチファクトを低減する画像再構成法である。

O-MARは、生データから再構成を行うため、追加被ばくがない。イメージ上から一定のしきい値により金属部分を識別し、forward projectionにより金属のみのサイノグラムを作成する。これをオリジナルサイノグラムとサブトラクションすることにより、金属のないサイノグラムとアーチファクト部分のイメージを生成する。そして、補完が必要となる欠損した部分を同定し、繰り返し演算によって補正する。(エラーコレクションプロセス)。

また金属アーチファクトを除去した生データとオリジナルデータを照らし合わせながら繰り返しエラーコレクションプロセスを行うことで、周辺構造物のコントラストや分解能劣化を制御している。さらに、アーチファクト制御のみでなく、金属インプラント周辺構造物の描出がよくなり、骨癒合の評価などに非常に有用である。

再構成プロトコルのチェックボックスをクリックするのみのと、操作方法も簡便であるため、当院では積極的に使用している。

図13・図14は、当院で実際に撮影した人工股関節術後と椎体後方固定術後の画像である。それぞれ、左の画像がO-MAR無し、右の画像がO-MAR有りである。全ての図において、右の画像のO-MARを適用した画像の方は金属アーチファクトが軽減され、アーチファクトで隠れていた金属近傍の骨組織や、金属自身がしっかりと描出されていることが分かる。

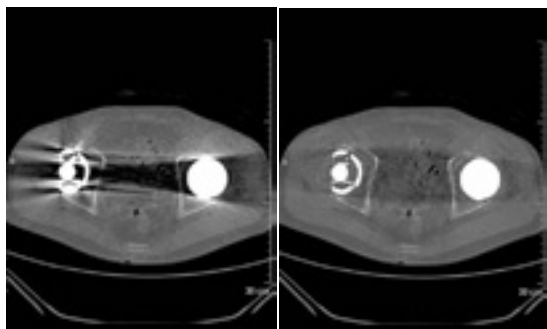


図13：人工股関節術後

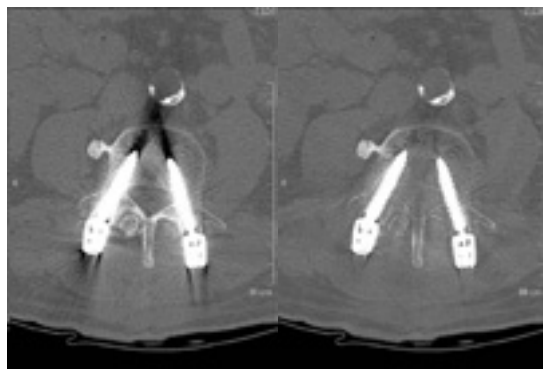


図14：椎体後方固定術後

6. まとめ

今回は Brilliance iCT TVI の使用経験を報告した。当院では iDose⁴ を中心としたさまざまな技術により、従来までの診断能を担保しつつ、大幅な被ばく低減を実現することができた。今回紹介したのは胸部単純CTのみであるが、他の検査部位においても大幅な被ばく低減に成功している。

今後も、装置の特性の理解を深めていくとともに、患者、医療従事者、どちらにも有益な画像を提供できるように取り組んでいく。