

SCENARIO Viewの初期臨床経験 次世代型逐次近似を中心に

Initial Clinical Experience of SCENARIO View Focusing on the Next Generation Iterative Progressive Reconstruction

田所俊介 Shunsuke Tadokoro

株式会社 日立製作所 日立総合病院 放射線技術科



田所俊介

ABSTRACT

2018年9月にSCENARIO View^{*1}の共同研究が開始され、今回次世代型逐次近似処理の基礎特性と、これまでの臨床経験を評価した。次世代型逐次近似処理は、本実験での条件下においてノイズの周波数特性を変化させずにノイズ低減が可能であった。そのため臨床画像に適用すると、従来の逐次近似処理に見られた画像の違和感が解消され、より高い強度で使用できる可能性が示唆された。つまり低線量撮影や低管電圧撮影等に利用しやすいと言える。また、素早いスカウト撮影、撮影範囲の自動決定、操作室からの寝台移動などによってワークフローが改善され、スループットが向上した。

We began joint research on SCENARIO View^{*1} in September 2018 to evaluate the basic characteristics of next-generation iterative progressive reconstruction processing and the clinical experiences with it so far. Next-generation iterative progressive reconstruction processing was able to reduce noise under the conditions of this experiment without changing the noise frequency characteristics. Therefore, when it was applied to clinical images, it eliminated the unnaturalness apparent with conventional iterative reconstruction, suggesting that it may be used at higher intensities. In other words, it can be said to be easy to use for low dose imaging and imaging at low tube voltages. In addition, it improved the workflow and enhanced the throughput by faster scout imaging, automatic determination of the imaging range, and by moving the bed out of the control room.

Key Word: SCENARIO View, Iterative Progressive Reconstruction with Visual Modeling, Noise Power Spectrum

はじめに

当院は茨城県日立市にあり、24時間体制の3次救急、がんセンターを持つ企業立病院である。2018年9月にSCENARIO View^{*1}を共同研究機として導入し、臨床での検査を開始した。今回は次世代型逐次近似処理である、Iterative Progressive reconstruction with Visual modeling (以下IPV)の評価を中心に、初期臨床使用経験について紹介する。

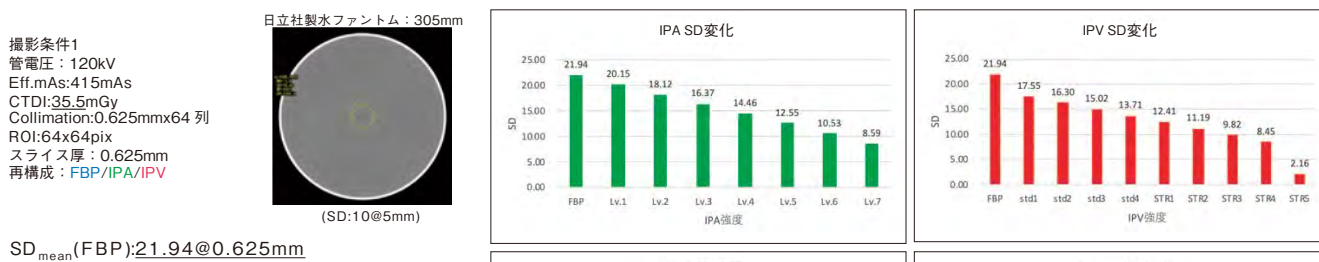
日立逐次近似処理の変遷

日立の逐次近似処理は、2010年より処理速度、リアルタイム性を重視したIntelli IP^{*2} Normalから始まった。これは、

適応型・逐次反復処理により、統計的なデータの信頼性に基づいたノイズ低減処理を投影データと画像データの双方に施し、ノイズ低減度、先鋭性、粒状性などのバランスを部位ごとに最適化する処理である。2012年には、より厳密な統計モデルを使用したIntelli IP Advanced (以下IPA)が使用できるようになり、当院でも利用している。

2015年からは逐次近似処理によるノイズ低減率を考慮してAutomatic exposure control (以下AEC)による線量制御を行うIntelliEC^{*3} Plusが搭載された。これにより、ノイズ低減率を自動計算して、画像SDを担保したまま線量低減が可能になった。当時の当院の検討と運用に関しての検討はMEDIX

図1 SD変化と低減率の比較1 (AEC SD:10@5mm)



vol.64を参照していただきたい¹⁾。

IPVの基礎評価

逐次近似処理は被写体コントラストやノイズレベルに応じて解像特性やノイズ特性が変化する、いわゆる非線形性を有する²⁾ため評価が難しく、関連学会でも議論は絶えない。また、SCENARIO ViewでCORE Plusとして採用されているFiltered back projection (以下FBP) と比べて、ノイズの周波数成分バランスが変わることが画像に違和感をもたらす理由の一つである。しかし、造影剤を減量する場合、低管電圧撮影と逐次近似画像再構成法の併用が推奨される³⁾などその有用性も多数報告されている。日立は2018年に画像の違和感の解消をめざして、次世代型逐次近似処理であるIPVを発表した。強度はSTANDARD1～4 (以下std1～4)、STRONG1～5 (以下STR1～5)の9段階を選択できる。

1) ノイズ評価

日立製水ファントム(径305mm)を用いてstandard deviation (以下SD)を測定した。撮影条件は管電圧120kV、管電流は

AECを用いてSD: 10@5mm (CTDIvol: 35.5mGy)、SD: 15@5mm (CTDIvol: 14.8mGy)で撮影した。撮影したデータをスライス厚0.625mmでFBP、IPA (Lv.1～Lv.7)、IPV (std1～4、STR1～5)でそれぞれ再構成し、得られた画像中心に64×64pixelのROIを設定し、全画像の平均SD値を求めた。結果を図1、2に示す。SD値はFBPに比べ、どの撮影条件でもIPAもIPVも強度を高くするにつれて低下した。また、各強度のSD値をFBPのSD値で除することでノイズ低減率を算出した。IPVの特徴としては、最小強度のstd1でも20%低減効果があり、最大90%程度のノイズ低減効果が期待できることである。ただし、STR4とSTR5の強度間のみ差が大きいため、臨床で使用する際はこの低減率を目安にして評価していくことが望ましいと思われる。

次に水ファントム(径210mm)を用いてNoise power spectrum (以下NPS)を測定した。撮影条件は管電圧120kV、管電流50mA、スキャン時間0.5s、ピッチファクター0.58 (CTDIvol: 3.9mGy)で撮影した。撮影した画像をスライス厚0.625mmでFBP、IPA (Lv.1～Lv.7)、IPV (std1～4、STR1～5)でそれぞれ再構成し、得られた19スライスの画像から仮想スリット法にてNPSを求め、10シリーズのデータから平均NPSを求めた。

図2 SD変化と低減率の比較2 (AEC SD:15@5mm)

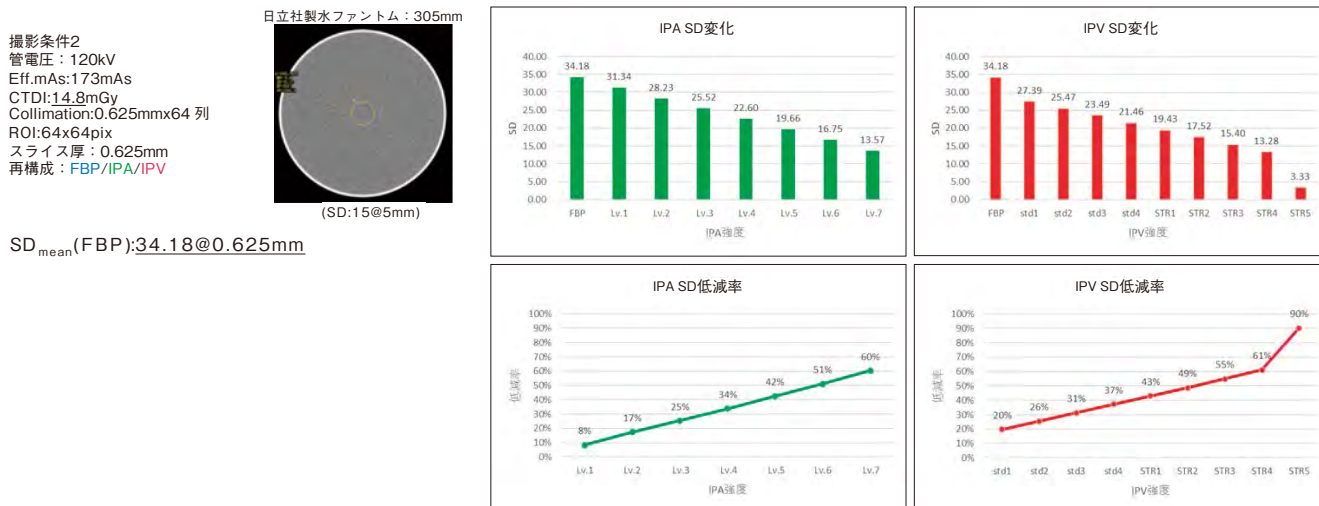


図3 IPAのNPS

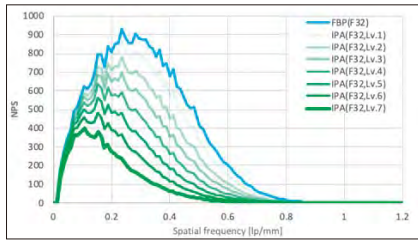


図4 IPVのNPS

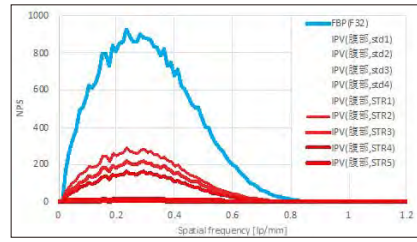
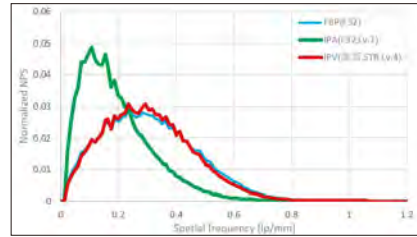
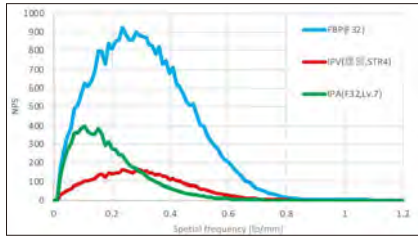


図5 各再構成法のNPS比較



結果を図3、4に示す。IPAは強度を高くするにつれて高周波のノイズは大きく下がるが低周波ノイズはあまり下がらない結果となったが、IPVはFBPの空間周波数特性を変えずに下がっていく傾向を示した。次に、各強度のNPSの曲線下面積をFBPの曲線下面積で除することで正規化したNPSを図5に示す。本実験ではIPA: Lv.7とIPV: STR4は同程度のノイズ低減率だが、正規化したNPSを見るとノイズの周波数特性は異なり、IPVはFBPと同様の形となることが分かる。つまり、IPVの強度を上げるとFBPの撮影線量を増していくようなNPSを示しており、従来の逐次近似処理で見られた画像の違和感を低減させる可能性が考えられた。

FBP、IPA (Lv.1 ~ Lv.7)、IPV (std1 ~ 4, STR1 ~ 5) でそれぞれ再構成し、得られた画像の一番大きな低コントラストオブジェクトに8×8pixelのROIを設定し、CT値を求めた。結果を図6に示す。IPA、IPVともにFBPと比べ強度を上げてもCT値に変動はなかった。

2) CT値評価

CATPHANファントムの低コントラストモジュールを用いてCT値を測定した。撮影条件は管電圧120kV、管電流180mA、スキャン時間1.0s、ピッチファクター0.58 (CTDIvol: 26.6mGy) で撮影した。撮影した画像をスライス厚0.625mmで

3) 低コントラスト検出能評価

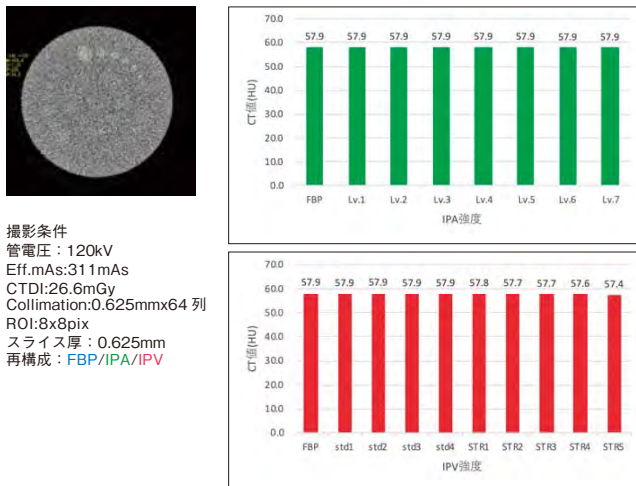
2) で得られた画像を図7に示す。同等のSDであるIPA: Lv.7とIPV: STR3の画像を比べると、低周波ノイズが改善されたためIPVの低コントラストオブジェクトが良好に確認できる。

SCENARIO View 臨床と経験

1 装置外観

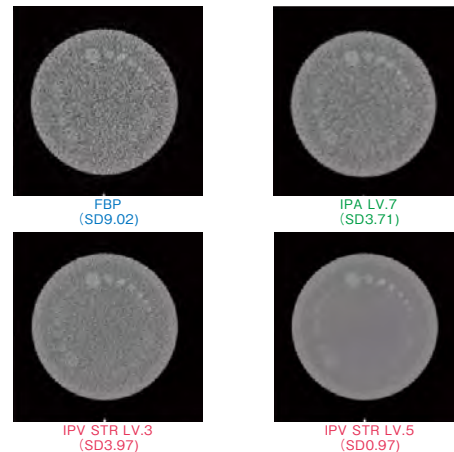
CT装置の外観の写真を図8に示す。ガントリの操作パネルは集約化され、デザインが分かりやすくなった。ボタンを

図6 各再構成法のCT値比較



撮影条件
管電圧: 120kV
Eff.mAs: 311mAs
CTDI: 26.6mGy
Collimation: 0.625mmx64 列
ROI: 8x8pix
スライス厚: 0.625mm
再構成: FBP/IPA/IPV

図7 各再構成法の低コントラストモジュール



撮影条件
管電圧: 120kV
Eff.mAs: 311mAs
CTDI: 26.6mGy
Collimation: 0.625mmx64 列
スライス厚: 0.625mm

図8 装置外観



同時に押すことが可能であり、スループットの向上にも寄与するだろう。また、ストレッチャーからの患者移動時に、従来のSCENARIOでは頭側のスタッフが背中や足でスイッチを押してしまうことがあったが、SCENARIO Viewでは操作パネルを横から見ると斜めにデザインされ、スイッチも深い位置にあるので触れにくくなった。また、フットスイッチにカバーが取り付けられたことで、寝台の誤操作を防止している。

寝台下部両サイドの形状が縦長フラットな構造になり、ストレッチャーが寝台に挟まりにくくなった。当院ではストレッチャーの寝台挟み込みが危惧され、各スタッフ間での情報共有で防止しているが、医師、看護師を含むスタッフのローテーション後はリスクが高くなる。最初からこのような対策がされていることは現在のCT検査の稼働率を踏まえると検査が止まってしまうリスクが一つ解消され、装置の寝台の性能も担保されるため、より安全な放射線医療の提供が可能になる一助となるだろう。

2 ソフトウェアなどの新機能

2-1 APスキヤノグラム

スキヤノグラムは、従来PA方向の撮影のみであったが、AP方向の撮影モードも選択できるようになった。そのため検査開始直後にX線管球を動かすことなく、すぐにスキヤノグラム撮影が可能となり、スループット向上に寄与している。可能であれば撮影部位ごとにAPかPAを設定できれば、撮影部位におけるリスク臓器の被ばく線量を少しでも下げることが可能になるので今後の改善に期待したい。

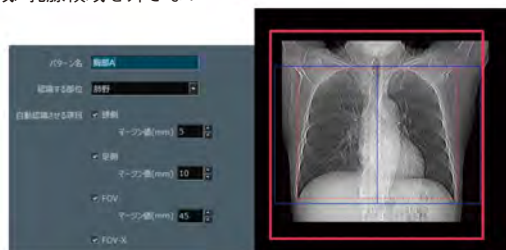
2-2 AutoPose

AutoPoseはスキヤノグラム撮影後にスキヤン範囲の位置座標を中心にし、かつ任意設定された上下左右の範囲でfield of view (以下FOV) を自動設定する機能である。概略を図9に示す。この機能もスループット向上につながる機能であり、

図9 AutoPose概略

AutoPose

- 位置座標を中心にし、再現性向上
 - 胸部用だが、胸腹部でもある程度正しく動作
- Ex) 乳がんパターン：頭側マージン+FOV マージン多めに設定
→ LN 領域/乳腺領域を外さない



FOVの設定はプロトコルごとに設定できる。当院では健診センターにおける肺がんCTだけでなく、乳がんパターンや肺がんパターンを作成し、所属リンパ節領域や乳腺を含むであろうFOV設定、副腎まで含めるスキヤン範囲などを設定してスキヤノグラム後すぐに撮影に入れる運用を検討している。前回検査時のFOVに設定する運用をしている施設では自動でFOVが変わってしまい使いにくい部分もあると思うが、撮影位置座標が中心に合うことと撮影者間の誤差が無くなる利点は大きい。現在は胸部でのみ利用可能な機能だが、胸腹部撮影時にも有効に働くケースもある。今後の改善に期待したい。

2-3 操作室からの寝台移動

撮影後に、操作パネルのHOMEとSTARTボタンを同時に押すことで寝台をホームポジションまで下げることが可能になった。概略を図10に示す。また、寝台をOUT方向のリミット位置で一時停止して、再度操作することで下降する安全機能を持つ。さらに、造影プロトコル使用時はルート抜去防止のため、寝台のOUT方向のリミットの位置までの操作にとどまり、寝台下降の動きはできない安全機能を有する。特に撮影とポジショニング、患者対応等を一人で担当している施設では、画像の確認と並行して寝台を下げる事が可能になるのでスループット向上に役立つだろう。ただし、患者の安全配慮には十分注意されたい。

図10 操作室からの寝台移動概略



【HOME】+【START】両方の操作でテーブルをホームポジションに移動
造影プロトコル後はルート 抜去防止のためOUTのみで一時停止

逐次近似処理を使用した臨床画像

現在撮影している症例画像を報告する。

1 臨床画像1 標準線量例

患者は49歳男性、身長170cm、体重80kg、腓尾部腫瘍(NET疑い)で造影CTを施行した。撮影条件は管電圧120kV、管電流はSD:10@5mmのAEC、CTDIvolは29.1mGyであった。後期動脈相のスライス厚0.625mmの症例画像を図11に示す。IPAとIPVはいずれも図1、2の結果において同等のノイズ低減率であったIPA:Lv.4とIPV:std3で再構成した画像である。両者共にFBPに比べるとノイズ低減による画質の改善を認める。さらに、IPVでは肝実質のノイズが自然に低減され、胆嚢壁と肝臓の境界がより明瞭になっていると思われる。

2 臨床画像2 線量低減例

患者は23歳男性、身長173cm、体重53kg、尿管遺残膿瘍疑いで単純+造影CTを施行した。撮影条件は管電圧120kV、管電流はSD:12@5mmのAEC、CTDIvolは11.7mGyであった。スライス厚0.625mmの単純+門脈相の症例画像を

図12に示す。IPAとIPVはいずれも図1、2の結果において同等のノイズ低減率であったIPA:Lv.4とIPV:std3で再構成した画像である。両者共にFBPに比べるとノイズ低減による画質の改善を認める。さらに、IPVではより椎体からのビームハードニングによる腸腰筋や腸管など腹腔内のストリークアーチファクトが低減している。

3 臨床画像3 腎機能低下により造影剤半量+低管電圧使用例(標準体型)

患者は51歳男性、身長161cm、体重51kg、盲腸癌術後再発で造影CTを施行した。撮影条件は管電圧100kV、管電流はCNR:10@5mmのAEC、CTDIvolは12.3mGyであった。スライス厚0.625mmの門脈相の症例画像を図13に示す。IPAとIPVはいずれも図1、2の結果において同等のノイズ低減率であったIPA:Lv.4とIPV:std3で再構成した画像である。両者共にFBPに比べるとノイズ低減による画質の改善を認める。さらに、IPVでは肝転移や膵嚢胞のコントラストが良好であり、血管周囲のボケが改善されている。

図11 臨床画像1

臨床画像1 腓尾部腫瘍 (NET 疑い)
49歳 男性 170cm 80kg
120kV 0.35s P0.6 0.625x64 スライス厚:0.625mm SD:10 CTDI:29.1mGy

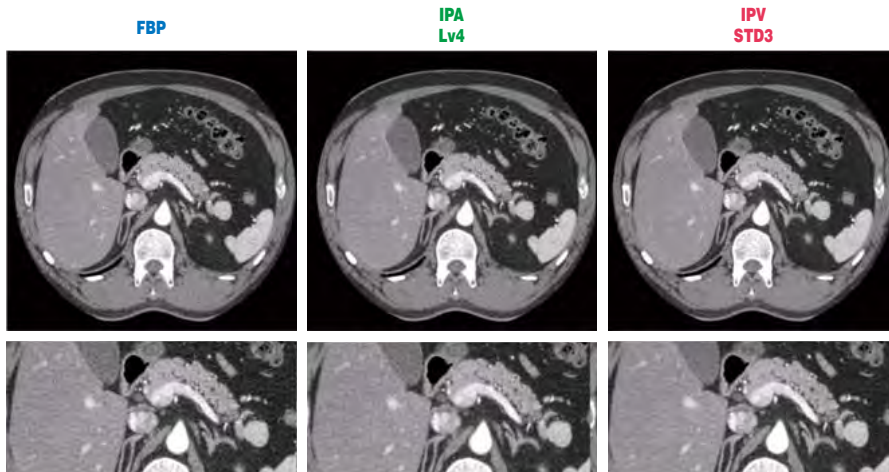
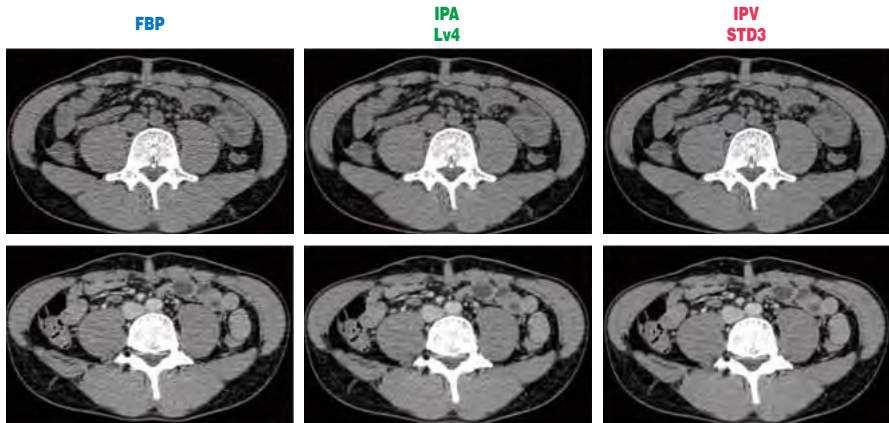


図12 臨床画像2

臨床画像2 尿管遺残膿瘍疑い 単純+造影
23歳 男性 173cm 53kg
120kV 0.35s P0.8 0.625x64 スライス厚:0.625mm SD:12 CTDI:11.7mGy



4 臨床画像4 腎機能低下により造影剤半量+低管電圧使用例(肥満体型)

患者は52歳女性、身長159cm、体重91kgで卵巣癌術後フォローアップで造影CTを施行した。従来当院では、腎機能が低下していてもこのような体格の患者には低管電圧撮影は行っていなかったが、依頼医師と患者本人の強い要望があり、放射線診断医と相談の上、造影剤量を半量にし、かつ低管電圧の撮影にて検査を施行した。撮影条件は管電圧100kV、管電流はCNR:10@5mmのAEC(管電流は飽和)、CTDIvolは19.1mGyであった。スライス厚0.625mmの門脈相の症例画像を図14に示す。IPAとIPVはいずれも図1、2の結果において同等のノイズ低減率であったIPA:Lv.4とIPV:std3で再構成した画像である。両者共にFBPに比べるとノイズ低減による画質の改善を認める。さらに、IPVでは低周波ノイズが目立たないとされる特長により、肝実質のテクスチャーが違和感なくノイズ低減されている。また、骨盤腔内のストリークアーチファクトの消え方も良好であり、全体的にボケが解消されている。この症例では放射線診断医からはかなりの高評価を受け、よりノイズが多いことが予想される検査でも画質改善が期待できるため、従来より低線量で撮影しても画質の

違和感を与えずにノイズ低減が図れる可能性を示唆した。

所感(まとめ)

従来の逐次近似処理における画像の違和感が解消され、見慣れたFBPに近い画像提供が可能であり、かなりノイズの多い画像に対してIPVを使用しても、従来以上の効果があることが分かった。また、スループットを向上する機能もさまざまな部分に搭載された。今後は画像ノイズと使用強度のバランスを探り、より低線量で撮影し画質を担保できる使用法を思案していきたい。また、逐次近似処理では困難とされる低コントラスト検出能についても詳細に検討することで、小児に対する撮影方法についても検討していきたい。

※1 SCENARIA View およびSCENARIA、※2 Intelli IP、※3 IntelliECは株式会社 日立製作所の登録商標です。

参考文献

- 1) 田所 俊介, ほか: SCENARIAの最新技術紹介, MEDIX, 64: 19-24, 2016.
- 2) 日本放射線技術学会監修 市川勝弘ほか: 標準X線CT画像計測 改訂2版:16-17, オーム社, 2018.
- 3) 日本腎臓学会・日本医学放射線学会・日本循環器学会共同編集: 腎障害患者におけるヨード造影剤使用に関するガイドライン2018, 第1版:81-82, 東京医学社, 2018.

図13 臨床画像3

臨床画像3 盲腸癌術後 腎機能低下につき造影剤半量+Low kV
51歳 男性 161cm 51kg
100kV 0.35s P0.8 0.625x64 スライス厚:0.625mm CNR:10 CTDI:12.3mGy

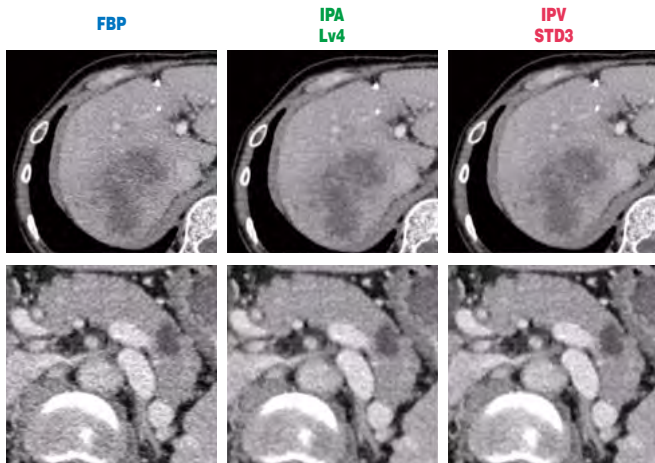


図14 臨床画像4

臨床画像4 卵巣癌術後 腎機能低下につき造影剤半量+Low kV
52歳 女性 159cm 91kg
100kV 0.5s P0.8 0.625x64 スライス厚:0.625mm CNR:10 (mA飽和) CTDI:19.1mGy

