

低被ばくと高画質を両立した64列マルチスライスCT SCENARIO Viewの開発

Development of 64 row multi-slice CT SCENARIO View compatible with low dose and high image quality

國分博人 Hiroto Kokubun / 佐藤誠 Makoto Sato

定丸弘樹 Hiroki Sadamaru / 高橋悠 Hisashi Takahashi

竹本和馬 Kazuma Takemoto

株式会社 日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット

ABSTRACT

われわれは低被ばくと高画質を両立した64列マルチスライスCTシステム「SCENARIO View^{*1}（シナリア ビュー）」を開発した。

本製品は、低被ばくと高画質の両立と、検査効率の大幅な改善をコンセプトの柱としており、次世代の逐次近似応用再構成として開発した「IPV(Iterative Progressive reconstruction with Visual modeling)」、位置決め画像から撮影範囲を自動的に算出する「AutoPose」など、さまざまな新規機能を搭載している。

またガントリデザインを刷新し、80cmの開口径、20cmの寝台横移動機構、ガントリ、寝台、操作卓の3ユニット構成による省スペース設計など、被検者と、操作者双方に快適な検査環境を提供している。

We developed a 64 row multi-slice CT system “SCENARIO View^{*1}” that is compatible with low dose and high image quality. This product is based on the concept of compatibility between exposure dose and improvement of image quality and great improvement of examination efficiency. “SCENARIO View” is equipped with various new functions such as “IPV(Iterative Progressive reconstruction with Visual modeling)” developed as Next-generation iterative reconstruction method, “AutoPose” automatically setting the scanning range from the scanogram image. In addition, the gantry design has been redesigned to provide a comfortable examination environment for both patients and operators, such as 80cm wide bore, 20cm lateral table movement, a space-saving design with 3 units of gantry, table, and operation console.

Keywords: CT System, Low Dose, Workflow

はじめに

国内のX線CT市場は、医療費削減や診療報酬改訂もあり2012年度をピークに年々販売台数が減少傾向であるが、16列CT装置から64列以上のX線CT装置への更新が進み、64列以上のX線CT装置は国内で4割弱の台数シェアを占めるほど増えている¹⁾。海外でも64列以上のX線CT装置の市場規模は年々増加し、64列/128スライスX線CTはCTの主力装置としてニーズが多様化し、サブセグメント化が進んでいる。成熟市場である米国や欧州では、財政難や医療費削減の市場環境の中で、低被ばくかつ高画質な先端アプリケーションだけ

でなくコストパフォーマンスも重視される。未成熟市場である中国・アジアは、1日の撮影検査数が非常に多く、被検者がCT室に入室してから退出するまでのCT検査のワークフローも重要である。

また、厚生労働省の医療放射線の適正管理に関する検討会では、国内の単純X線装置やX線CT装置を使用した医療被ばくの最適化や、放射線診療の有益性が有害性を上回るかどうか医療被ばくの正当化を医療機関が実施するだけでなく、医療被ばくの適正管理を義務付ける法律の検討が進んでいる²⁾。

そのような社会的背景の中で、今後の64列/128スライス

図1 装置外観

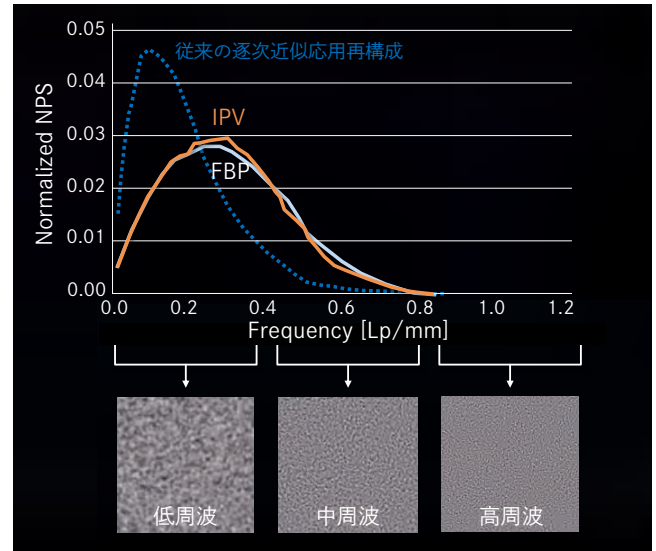


X線CTは高速かつ広範囲を撮影できるだけでなく、質の高い診断を維持したまま、可能なかぎり低線量で撮影可能な次世代の画像再構成技術と、被検者と操作者双方に快適な検査環境を提供する装置デザインが求められる。今回、低被ばくと高画質の両立、検査効率の改善をコンセプトとする新製品 SCENARIO View^{*1}を開発した(図1)。以下に SCENARIO View のシステム概要と特長機能を解説する。

低被ばくと高画質の両立

今回、次世代の逐次近似応用再構成として IPV (Iterative Progressive reconstruction with Visual modeling) を開発した。IPVでは低被ばくと高画質の両立をめざし、特に画像の質感の再現性に着目して開発を行った。従来の逐次近似応用再構成ではノイズを低減することで視認性改善を行っている。その一方で、CT画像のノイズは周波数に対して一様ではなく、高周波から低周波まで再構成フィルタに応じた強度分布を持

図2 IPVの周波数特性

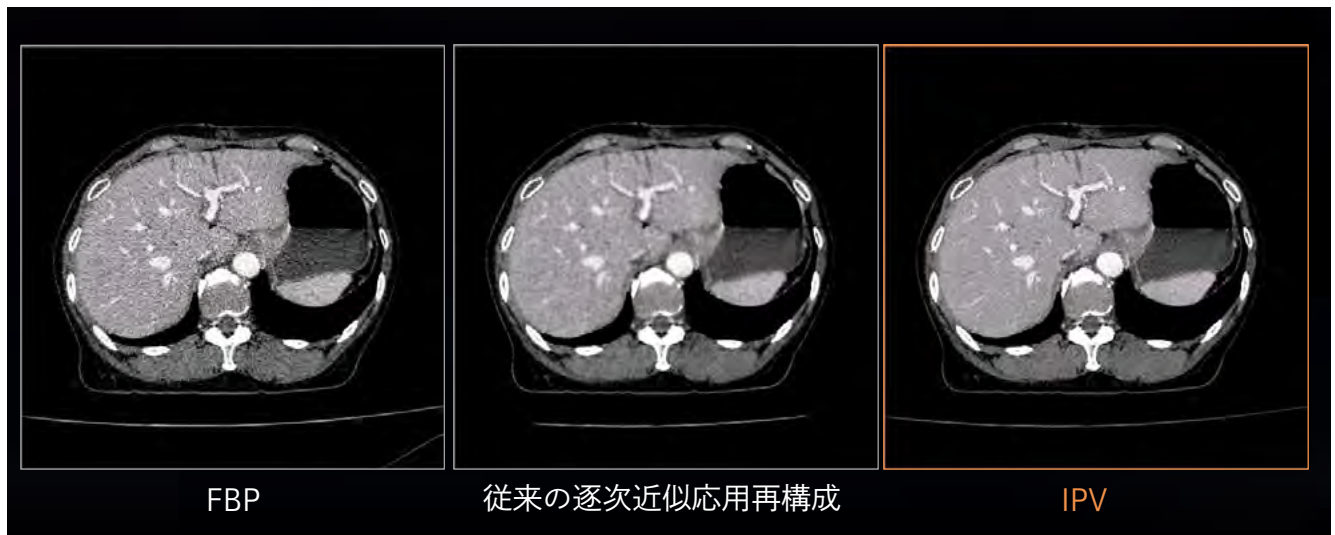


っている。このうち、低周波ノイズは粒状性の粗いノイズ、高周波ノイズは粒状性の細かいノイズとして描出される。このようなノイズの周波数特性は視認性に対して重要な因子であることが知られている。

従来の逐次近似応用再構成では、高周波ノイズと低周波ノイズの低減の割合が異なる(図2)。その結果、ノイズ低減とともにノイズの周波数分布 (Noise Power Spectrum) が低周波側にシフトすることで、ノイズの粒状性が粗くなるなどの質感の変化、いわゆる逐次近似応用再構成特有の見た目の違和感につながっていた。IPVでは高周波から低周波までのノイズをバランスよく低減することで、視認性に影響を与える周波数特性 (Normalized NPS) を従来の画像再構成法である FBP (Filtered Back Projection) 法に近づけ、質感の改善を図っている。その結果として、高いノイズ低減率においても、画像の質感(Texture)を維持し、低線量時でも視認性の優れた画像を実現した(図3)。

また IPV は、独自に開発した逐次近似処理を用いて、組織

図3 IPV画像例



構造の劣化を抑制しながらノイズのみを選択的に低減することが可能である。これにより、従来のFBP法と比較して、低コントラスト分解能を維持しながら最大83%の被ばく低減が可能である*。

IPVの画像処理は、専用のオペレーションルームや追加のハードウェアを必要としないことも特長である。施設の設備や検査規模に依らず、既存の検査への適用を可能とした。

* 低コントラスト分解能は、The Phantom Laboratory社製 MITA CT IQ Phantom (CCT189) に対し、モデルオブザーバーを用いて計測した。評価条件は0.625mmスライス厚、IPV 腹部 Strong Lv.5である。臨床検査での被ばく低減の度合いは、使用目的や検査条件、検査対象、被写体サイズなどの影響を受ける。

検査効率の改善

ワークフローの改善を実現するにあたり、まずはじめに臨床現場での作業工程の徹底的な観察と、さらに問題点の調査・分析を行った。また、調査対象を日本国内だけでなく、中国や米国などの海外の施設にも拡大し、グローバルでも通用する多角的な観点を製品に対して取り込んでいる。問題点の調査では、一連の検査工程を、被検者セッティング、位置決めスキャン、本スキャン、撮影終了等の作業に細分化し、個々の工程ごとに課題の抽出、おのおのの課題に対して解決策の検討を行った。

一例として、本スキャン計画の作業工程の一つである撮影範囲設定の課題解決について説明する。撮影範囲の設定は、撮影した位置決め画像(スキャノグラム画像)を参照しながら適切な位置を設定する作業である。この作業はほとんどの検査において実施されるため、ユーザー負担が増大する一因と言える。また、撮影範囲は検査部位・検査内容、被検者の体格などによって適切な範囲が異なるため、特にユーザーの経験差に依存し、設定する範囲にバラつきが生じる。これら撮影範囲設定に関する問題解決を目的とし、撮影範囲を自動で設定する機能であるAutoPose機能を開発した。AutoPoseは、スキャノグラム画像を解剖学的に解析し、その解析結果を元に撮影範囲を自動で設定する機能である。これにより、ユーザーの負担軽減、検査時間の短縮、ユーザーの経験差に依存する設定範囲のバラつき解消を実現している。

しかし、設定する範囲の基準・目安はある程度決まっているものの、施設やユーザーによって、その基準・目安は異なる。例えば、肺野検査での撮影範囲設定において、鎖骨と肋骨の交点を目安とする施設もあれば、上げた腕と頭の間のできる肩のくぼみを目安とする施設もある。そのため、一律の基準位置を範囲として設定するのみでは、個々の施設に対する要望に応えることができない。そこで、一定の基準位置に対して、各施設・ユーザー任意のマージン範囲を持たせる機能を開発し、施設・ユーザーごとの検査運用ルールに対しても柔軟に対応可能とした(図4)。

また、さまざまな検査を想定し、頭側、足側等の設定位置、FOVのサイズ、中心座標などの情報に対し、自動で設定する

図4 AutoPose 設定画面



か否かを設定できるようにした。例えば、経過観察のように前回検査との比較が必要な検査においては、「FOVサイズのみ自動設定しない」等の細かな運用が可能となる。さらに、「認識部位+自動設定するか否かの設定+マージン設定」の組み合わせを一つのパターンとして複数登録可能とし、登録したパターンをスキャンシーケンス・マルチリコン単位で設定可能とした。あらかじめスキャンプロトコルとして登録しておけば、検査時には位置決めスキャン後に自動で撮影範囲・画像再構成範囲が設定され、撮影に進むことが可能である。

AutoPose以外にも、ワークフロー改善のための機能が搭載されている。CT画像再構成の待ち時間無く、解析処理に移行できるように、SCENARIO Viewでは画像再構成エンジンを新規設計した。日立独自の画像再構成アルゴリズムCORE Plusを搭載し、最大60画像/秒の速度で断層層を作成することができる。また、逐次近似応用再構成(Intelli IP^{※2} Advanced)を利用した場合でも30画像/秒で再構成可能である。また、解析作業から、次の撮影作業へのシームレスな移行を実現するべく、システムのベースとなるソフトウェア基盤の刷新を行った。新システムでは、複数被検者の検査を同時並行で行うことが可能となった。これら、ワークフロー改善のために取り込んだあまたの機能群を包括し、SCENARIO Viewでは「SynergyDrive」として製品化した。

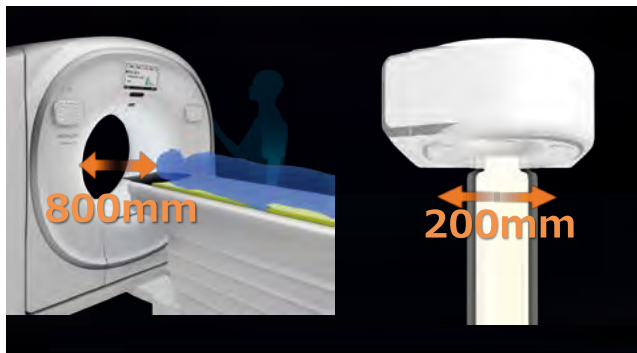
快適な検査とスムーズな操作感

SCENARIO Viewでは、被検者、ならびに操作者に快適な検査とスムーズな操作感を提供するべく、さまざまな工夫を盛り込んでいる。

一つには、検査体位の自由度を向上させるために検査空間の拡張を実現した(図5)。スキャナガントリの開口径を従来機から5cm拡張し、80cmとした。また、従来機の特長であった寝台横スライド機構の移動幅をさらに拡張し、最大20cmの移動範囲を実現した。これにより、心臓領域だけでなく肩などの整形領域の位置決めの際にも使用することが期待できる。

またスキャナガントリの周辺機器についても、新規設計による大幅な機能改善を行っている。スキャナガントリ正面の多機能モニターであるTouch Visionは、ディスプレイを大型化し、被検者への検査ガイダンスがさらにスムーズになった。また、息止めタイミングのナビゲーション表示は11か国語に対応し、手話による説明も可能である。

図5 検査空間の拡張



ガントリ正面の両サイドに配置された操作盤は、従来の分散型のボタン配置から、人間工学に基づく集中型のボタン配置へ改善した。操作者は直感的なボタン操作により、被検者や検査作業に集中することが期待できる。

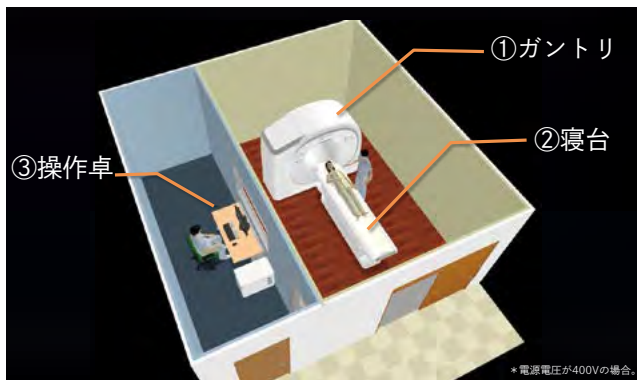
また、装置構成がシンプルであることも、快適な検査空間の提供に貢献している。SCENARIO Viewは、スキャナガントリ、寝台、操作卓の3ユニットで構成されており、施設の運用に合わせて、検査スペースの有効活用が可能である(図6)。

高画質・使いやすさを実現する多彩な機能

SCENARIO Viewでは、上述した新機能以外にも、従来製品で培ってきた、多彩な機能も引き続き搭載している。

- 1クリックでプロトコルの選択および設定を完了する

図6 シンプルなシステム構成



“Quick Entry”

- 金属アーチファクトを低減する“HiMAR^{※3}”
- テーブル移動による往復撮影を行う“シャトルスキャン”(オプション)、
- ミスレジストレーションによるアーチファクトを低減する“軌道同期スキャン”
- 逐次近似応用再構成利用時のノイズ低減率と連動した自動線量制御“IntelliEC^{※4} Plus”
- 心拍位相に応じて照射する管電流を変調させる“IntelliEC Cardiac”
- 息止め練習での心拍数を参考に最適な撮影条件を自動設定する“CardioConductor^{※5}”
- 心臓撮影時に最も動きの少ない心拍位相で心電同期作成を行う“CardioHarmony^{※6}”
- 待機中の消費電力を低減する“Eco mode”

また、今回新たに、2種類の異なるエネルギーによる撮影を実現するDual Energy撮影機能(オプション)を搭載し、ご利用施設からの多様な要望にさらに対応できるようになった。

まとめ

SCENARIO Viewは、ユーザー視点の要求を元に、基本設計から徹底的に見直した、次世代の64列マルチスライスX線CT装置である。今回、開発の柱とした低被ばくと画質の両立、ワークフロー改善は、ゴールの無い永遠の開発テーマである。われわれ開発者は、改善活動を継続し、進化の歩みを止めることなく、新しい価値を被検者、ならびにユーザーの方々にお届けする所存である。

※1 SCENARIOおよびSCENARIO View、※2 Intelli IP、※3 HiMAR、※4 IntelliEC、※5 CardioConductor、※6 CardioHarmonyは株式会社 日立製作所の登録商標です。

参考文献

- 1) 自治共ニュース, 第471号, 2017年(平成29年)6月号.:株式会社自治体病院共済会
- 2) 医療放射線の適正管理に関する検討会, 厚生労働省, https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-isei_436723.html