

ワークステーションの最新技術について～心臓CTを中心に～

ザイオソフト株式会社 臨床応用開発グループ 安達 雅昭

はじめに

近年 CT 装置の進歩はめざましく、高分解能化、多列化、低被ばく化など大きく進歩を遂げている。CT 装置本体においては成熟した装置になり、今後ますます、ポストプロセスでのワークステーション解析における診断能の向上が望まれる。単に画像を 3D 表示するだけでなく、CT で撮影された膨大なボリュームデータの動態解析や機能解析のほか、マルチモダリティデータを使用した術前シミュレーションなど、CT 装置での解析の枠を超えたポストプロセッシングによる解析技術が求められてきた。

ziostation2 は先進的な技術を常に搭載し、今後も画像診断を向上するべく、新たなソフトウェアの開発を行っている。今回は ziostation2 における最新の心臓CT領域のアプリケーションをご紹介します。

CT 冠動脈解析 2

「CT 冠動脈解析 2」は、撮影条件に左右されない安定した抽出力で、データオープンから血管抽出、CPR、ストレートビュー、短軸、AGV 表示まで高速で自動処理し、各冠動脈を自動でラベリングし、出力もあらかじめ決めたフォーマットで自動出力することが可能である (図 1)。また血管狭窄率等の計測も容易で、連続する血管を追加抽出するエクステンダー機能(図 2)やAGVの表示切替機能(図 3、4)など、冠動脈の解析をより効率的に行える豊富な機能を取り揃えている。

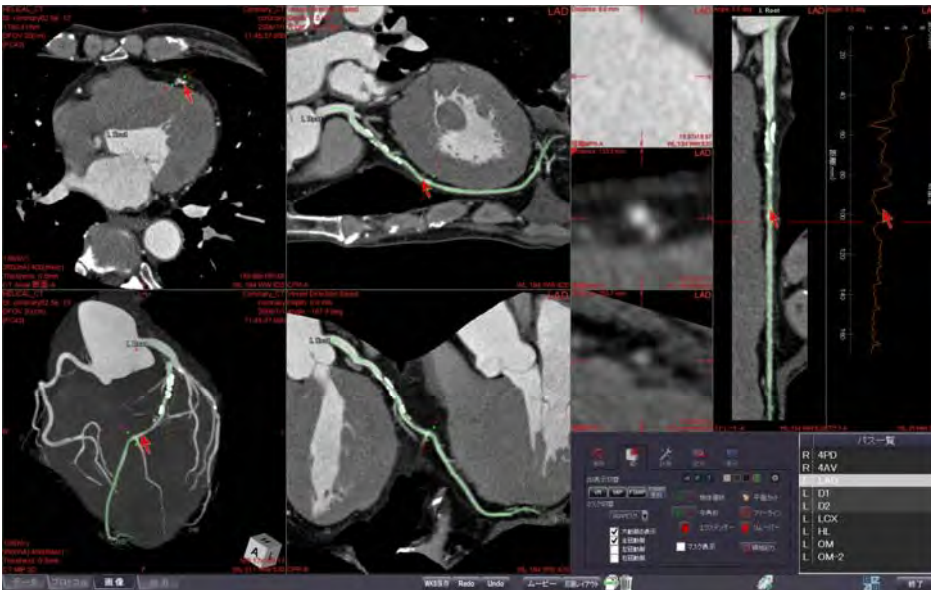


図 1 CT 冠動脈解析を起動した状態 (すべての冠動脈にラベルが入りフルオートで解析完了)

CT/SPECT 心臓フュージョン

心臓の CT 検査による形態画像と、冠動脈病変の機能的評価法である SPECT 画像を 3 次的に合成する事が可能なソフトウェアである。CT 画像だけでは高度石灰化やモーションアーチファクトなどにより、判定が困難な場合がある。同様に SPECT 画像単独では所見部位を同定しにくい事がある。CT/SPECT フュージョン画像を用いることで冠動脈の責任病変の同定やリスクエリアを容易に把握する事が可能である。CT 画像と SPECT 画像のフュージョンで重要なのが位置ずれの最小化である。当社では左室の中心から心筋に SPECT の最大値のみを放射状に投影する放射変換マッピング法を採用し、位置ずれの少ない正確な位置合わせを実現している。

更に、Stress 像と Rest 像をそれぞれ同時に処理することで Reversibility、また Washout Rate の評価も可能とした。これにより心筋バイアビリティの評価に有用となる。最新バージョンではブルズアイ表示も可能となり、Stress, Rest, Reversibility (または Washout Rate) と VR フュージョン画像を同時に比較することができる。

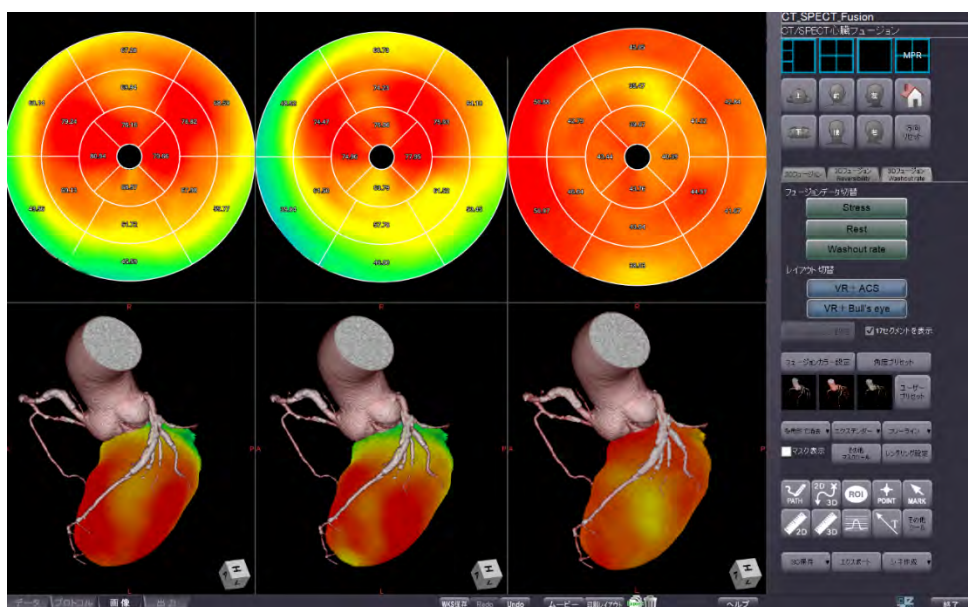


図 6 CT/SPECT 心臓フュージョンの解析画面

CT 心筋血流解析

CT における灌流の評価は 2008 年頃より研究ベースでは海外では多く進められてきたが、GeorgeRT らによれば、CTA での狭窄 50%以上+SPECT での Perfusion の欠損のある領域をゴールドスタンダードとし、CTA での狭窄 50%以上+CT での Perfusion の欠損のある領域を比較した結果、陰性的中率は非常に高かった。さらに TPR(Transmural Perfusion Ratio)という指標にて虚血心筋と正常心筋の比較も行っており、虚血領域にて TPR が有意に低下することを認めたと報告している※1。

「CT 心筋血流解析」は Stress/Rest の 1 フェーズの心臓 CT データを使用して、左室心筋血流の TPR(Transmural Perfusion Ratio)をそれぞれ、もしくは同時に解析するソフトウェアである。左室心筋と冠動脈を自動抽出し、解析結果をフュージョン表示し、右側には Bull's eye map を表示する。17 セグメント表示も対応し、虚血のエリアの把握が容易になっている。

※1 GeorgeRT, et al. Circulation, Oct2008;118:S_936

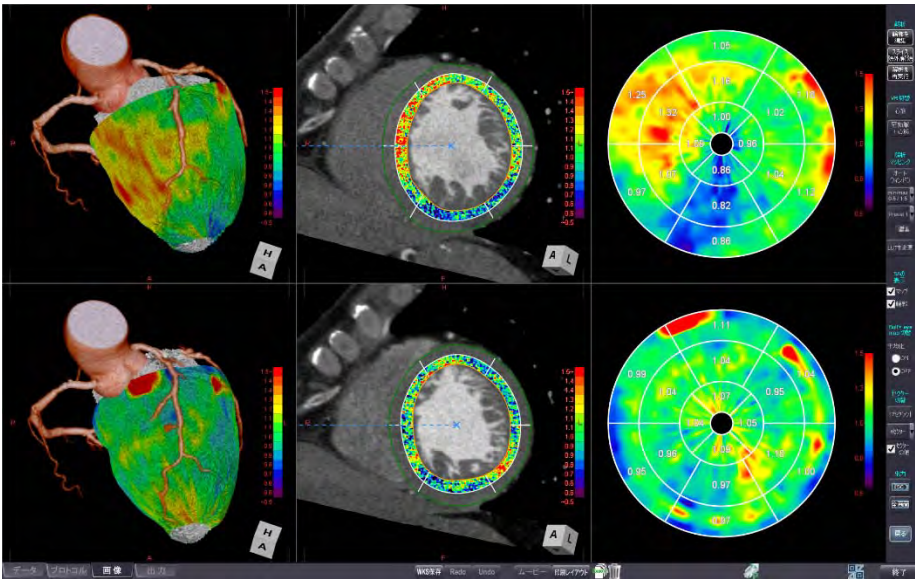


図7 CT 心筋血流解析の解析画面

CT 心筋ダイナミック血流解析

心電図同期にてダイナミック撮影された心筋ボリュームデータを「非剛体位置合わせ」を用いる事で、各位相での位置ずれを補正しパフュージョン解析を行うソフトウェアである。CT 心筋ダイナミック血流解析はどのモダリティよりも心筋虚血において鋭敏な感度を持っているが、ダイナミック撮影を行ったデータに対して従来位置合わせを正確に行うことができなかったため、研究ベースに留まっていた。今回、非剛体レジストレーションを用いることにより、正確な位置合わせが可能となり、短時間にて虚血の評価を行うことが可能になった。従来の心筋虚血の評価はSPECT MRI が主流であったが、より短時間で撮像のできるCTにて虚血の評価を行うことができるようになった。

また冠動脈 CT データとのフュージョン表示により、虚血領域の責任血管の同定を可能としている。

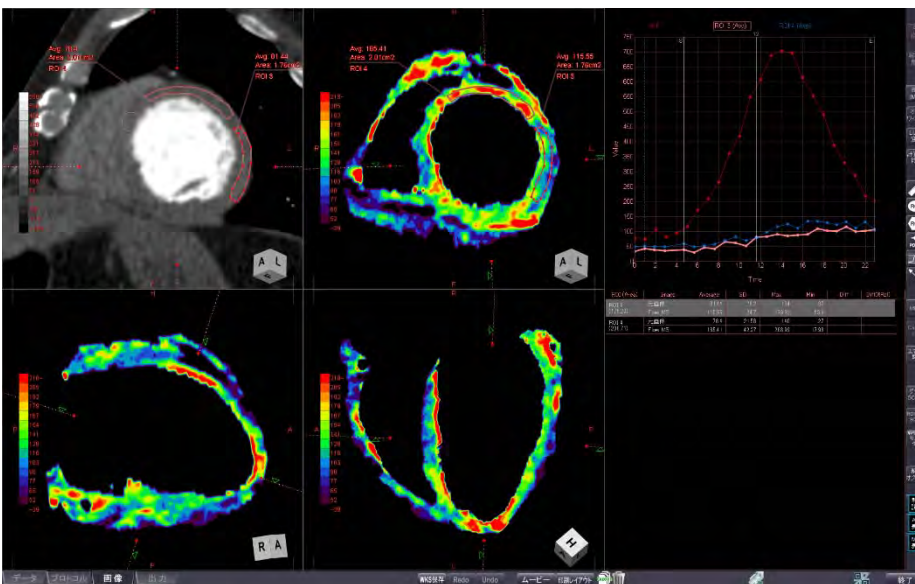


図8 CT 心筋ダイナミック血流解析の解析画面

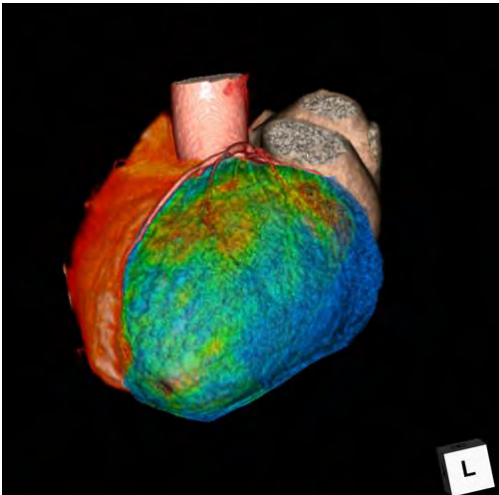


図9 解析結果をVR画像とフュージョン表示（側壁から下壁への血流が低下している）

TAVR 術前プランニング

2013年10月より日本においても経カテーテル大動脈弁治療（TAVR・TAVI）が保険償還可能となり、今後日本において、急速に普及していくと考えられる治療法である。

代表的なアプローチとして経大腿アプローチと経心尖アプローチがあるが、「TAVR 術前プランニング」は、それぞれのアプローチに対して専用のレイアウトを用意して経カテーテル大動脈弁治療をワークフローに沿って効果的にサポートすることが可能である。今回最新のバージョンでは機能強化より、弁輪面の自動抽出の追加、自動計測機能の追加、レポート機能の追加など、ニーズに合わせた新機能が追加された。大腿動脈から弁を留置する経大腿アプローチでは、血管の蛇行や狭窄、石灰化の評価に加えシースサイズを選択して、シミュレーションを行うことが可能であり、計測ポイントも自動計測が可能だ（図10）。TAVRに関するガイドラインやデバイスメーカーのプロクタリングシスで推奨されている術前計測に対応するレポート出力機能も今回新たに搭載した（図11）。

心尖部から弁を挿入する経心尖アプローチに対しては、心筋の厚み、大動脈弁へのアプローチ角度など、TAVR 術前に必要な情報を計測できる。経カテーテル大動脈弁治療において、最も重要な術前シミュレーションに弁輪面の解析がある。大動脈の自動抽出および弁輪面の自動計測を可能としており、従来の弁輪面計測と異なり、1心拍分のすべてのフェーズにて自動計測が可能だ。またサーフェスレンダリング表示にも対応し、より正確なシミュレーションを可能としている（図12）。

これらの機能は後述するPhyZiodynamicsにより実現された機能である。

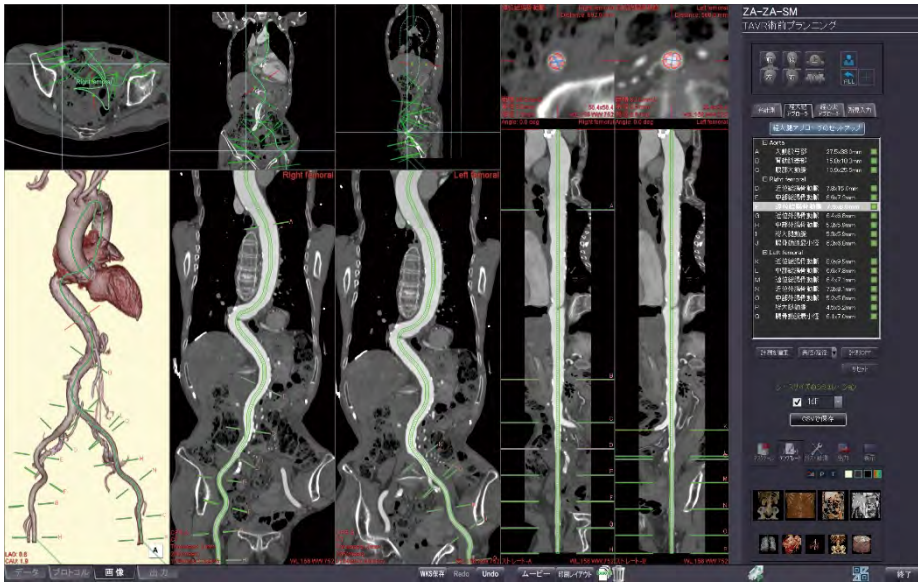


図10 TFアプローチ経路解析画面とシースシミュレーション (写真は16Fr)

検査報告書

検査日 2019年 1月 1日

ID: 0000 受付番号: 0000 氏名: TAVR部
 年齢: 70 歳 生年月日: 2000年 1月 1日 性別: 男
 依頼医師: 診療科: 心臓血管科
 施設名: 360 soft

画像所見

大動脈弁	弁尖の閉鎖	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 2尖弁	<input type="checkbox"/> 3尖弁の閉鎖
大動脈弓	弁の閉鎖	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 閉塞	<input type="checkbox"/> 40% 閉塞 (50%)
大動脈弓	弁の閉鎖	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 閉塞	<input type="checkbox"/> 40% 閉塞 (50%)
大動脈弓	弁の閉鎖	<input type="checkbox"/> 正常	<input type="checkbox"/> 閉塞	<input type="checkbox"/> 40% 閉塞 (50%)

計測情報

計測項目	計測値
計測項目 (a)	計測値
計測項目 (b)	計測値
計測項目 (c)	計測値
計測項目 (d)	計測値
計測項目 (e)	計測値
計測項目 (f)	計測値
計測項目 (g)	計測値
計測項目 (h)	計測値
計測項目 (i)	計測値
計測項目 (j)	計測値
計測項目 (k)	計測値

図11レポートフォーマット

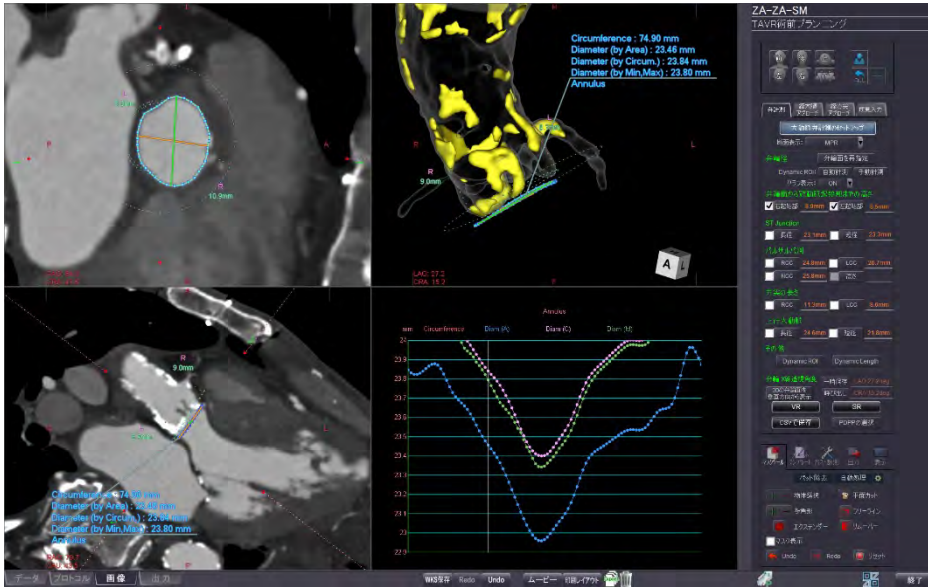


図12弁輪面の自動計測とサーフェスレンダリング表示

PhyZiodynamics

PhyZiodynamics は当社独自の基幹技術であり、モーションコヒーレンスと呼ばれる動態補完とトラッキングを軸とする複数のアルゴリズムを応用することで、4D 撮影の位相間隔を最大 10 倍に細かく再構成することが可能になる (図 13) PhyZiodynamics の効果は位相を細かくすることにより、4 DCT の最大の懸念である被ばくを低減することが可能である。図 14 は大腿動脈に対して ROI を置き、オリジナルデータの画像、オリジナルデータを 1/2 に間引いた画像、1/2 の間引き画像に PhyZiodynamics を行って補完した画像で TDC を計測したグラフだ。このように従来の 1/2 に照射間隔を減らした画像に PhyZiodynamics による補完を利用することで、オリジナルデータと同等の造影変化を再現できていることがわかる。この結果により、従来の半分の照射にて検査が可能になることが期待される。

さらに PhyZiodynamics は、オリジナル画像が保有する画質パラメーターを低下させることなく、ノイズ低減を実現する事が可能であり、CT 装置の逐次近似再構成のように照射線量を低下させることも可能だ。図 15 は心臓に対して PhyZiodynamics を用いた結果だが、有意にノイズの低減およびアーチファクトが低減をしている。

PhyZiodynamics は、その革新性と可能性から早くより臨床で使用可能な製品への実装が望まれていたが、動態補完機能を既存の Ziostation2 に実装する「PhyZio Maker」をはじめとし、前述の「TAVR 術前プランニング」など、現在までに様々な解析アプリケーションに生かされている。これらの製品化に伴い、より多く臨床で活用され、今後被ばく低減にも大きく寄与できるものと考えられる。

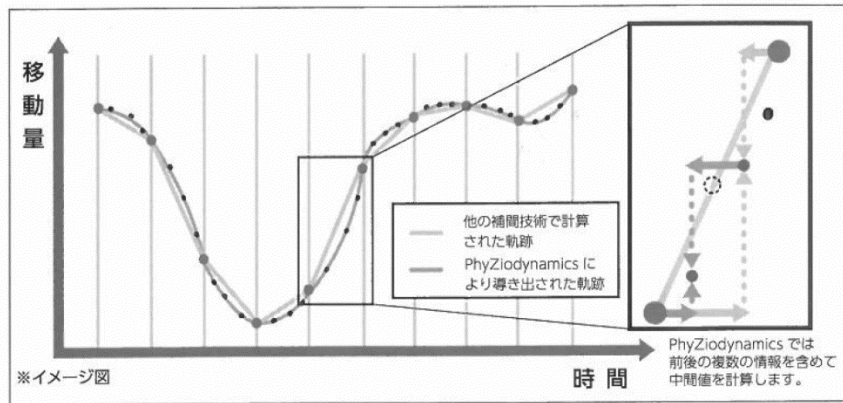


図 13 PhyZiodynamics による動態補完

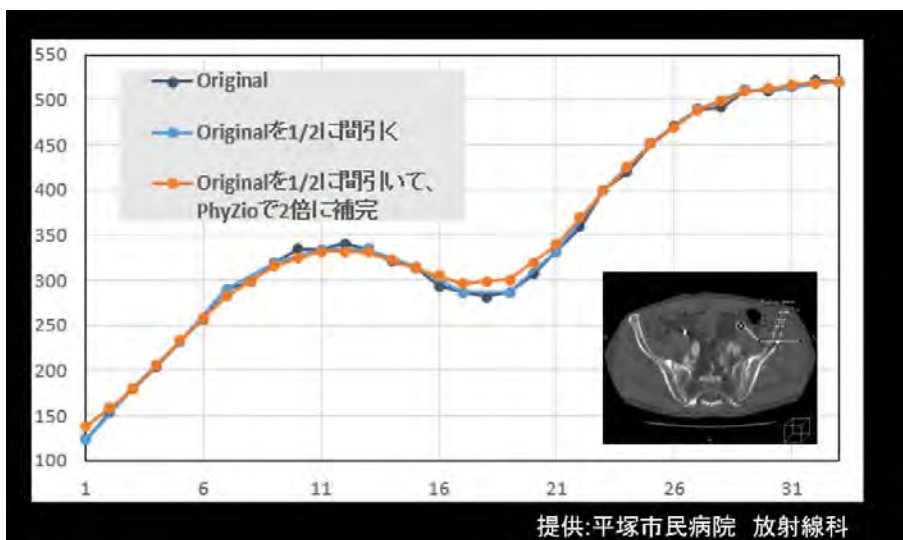


図 14 PhyZiodynamics の効果

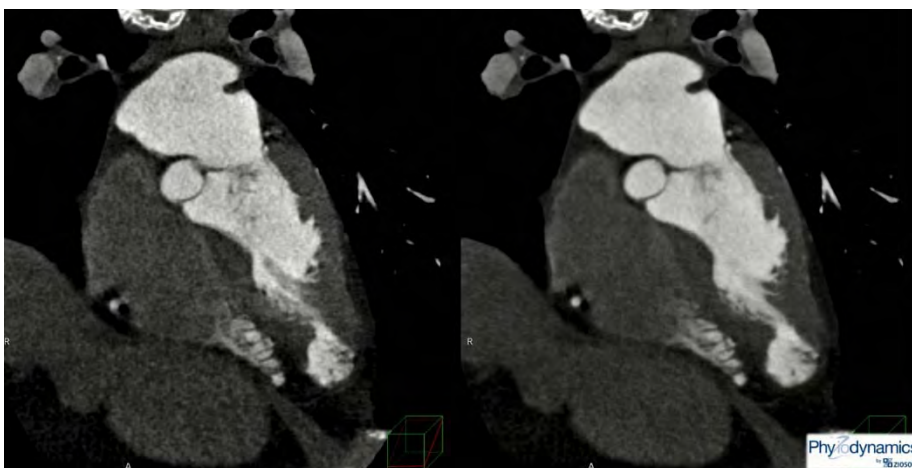


図 15 ノイズ低減効果 (左 : オリジナル 右 : PhyZiodynamics 処理後)