

Task-specific spatial resolution properties of iterative and deep learning-based reconstructions in computed tomography : Comparison using tasks assuming small and large enhanced vessels

著者	松浦 佳苗
著者別表示	MATSUURA Kanae
journal or publication title	博士論文要旨Abstract
学位授与番号	13301甲第5566号
学位名	博士(保健学)
学位授与年月日	2022-09-26
URL	http://hdl.handle.net/2297/00069941

doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2022.01.009>



様式4A

学位論文要旨

学位請求論文題名

Task-specific spatial resolution properties of iterative and deep learning-based reconstructions in computed tomography: Comparison using tasks assuming small and large enhanced vessels

(CTの逐次近似再構成およびディープラーニング再構成におけるタスク固有の空間分解能特性: 大小造影血管を想定したタスクによる比較)

著者名・雑誌名

Kanae Matsuura, Katsuhiko Ichikawa, Hiroki Kawashima
Physica Medica

金沢大学大学院医薬保健学総合研究科保健学専攻

<u>医療科学</u>	<u>領域</u>
<u>機能画像解析学</u>	<u>分野</u>
<u>学籍番号</u>	<u>1729022021</u>
<u>氏名</u>	<u>松浦 佳苗</u>
<u>主任指導教員名</u>	<u>市川 勝弘教授</u>
<u>副指導教員名</u>	<u>宮地 利明教授</u>
<u>副指導教員名</u>	<u>川島 博子教授</u>

【背景および目的】近年における Computed tomography (CT) では、画像ノイズ低減のために iterative reconstruction (IR) や deep learning-based image reconstruction (DLIR) などの画像再構成技術が導入されている。これらの技術では、空間分解能は画像コントラストと放射線量により変化し、低線量および低コントラスト条件下では不十分となる傾向がある。したがって、空間分解能の評価では実際の身体部分と同様のコントラストを持つオブジェクトを使用する circular edge (CE) 法が用いられる。CE 法では通常直径 20~30mm のロッドオブジェクトを使用するため、そのサイズにおける task transfer function (TTF) の評価となり、必ずしも様々な臨床状況に対応する特性を示しているわけではない。本研究では、それぞれ大小の血管をシミュレートする、直径 30 mm のロッドオブジェクトと直径 1 mm のワイヤーによるタスクについて、DLIR と IR の TTF を評価することを目的とした。

【方法】直径 300 mm の水ファントムに、12 mg/ml の濃度の希釈ヨウ素と等価となる材料で作成された、直径 30 mm、長さ 100 mm のロッドまたは直径 1mm、長さ 100mm のワイヤー (iodine wire: IW) を水ファントム内に配置した。IW は、スライス面と体軸方向測定用に体軸方向とスライス面に対して約 5 度の傾斜となるように配置した。ロッドおよび IW は 120kV で約 270 HU であった。ロッドファントムによる面内方向の TTF は CE 法、z 方向の TTF は plane edge (PE) 法により測定した。また、IW では、ワイヤーに沿って画像を合成することで、ピクセルサイズの 1/5 となるオーバサンプリング画像を生成し、それをフーリエ変換した (IW 法)。256 列の Revolution CT (GE Healthcare, US) と 64 列の Definition Edge (Siemens Healthcare, DE) を使用し、撮影条件は両システムで 10 及び 5 mGy の CTDI_{vol} となるような条件にてファントムをスキャンしそれぞれ 0.625 mm と 0.6 mm のスライス厚の画像を 160 枚取得した。Revolution CT の再構成アルゴリズムは、FBP, True Fidelity Imaging (TFI), および Advanced Statistics Iterative Reconstruction-V (ASiR-V) とし、Definition Edge の再構成アルゴリズムは、FBP および Advanced Modeled Iterative Reconstruction (ADMIRE) とした。また、TFI, ASiR-V および ADMIRE のノイズリダクションの強度はいずれも最大とした。



【結果】FBP における CE または PE 法と IW 法の TTF は同一となり、IW 法の解析法に問題が無いことが確認された。面内 TTF の比較においては、ノイズリダクションを使用したすべての再構成アルゴリズム (TFI, ASiR-V, および ADMIRE) で、IW を使用した TTF は CE の TTF よりも著しく低くなった。さらに、IW を使用した TTF は FBP の TTF よりも低かった。CE 法に対する IW 法の 50%TTF の比率は、50~70% となり、IW 法の FBP に対する比率は約 60~90% 程度となった。z 方向 TTF の比較についても、ノイズリダクションを使用したすべての再構成アルゴリズムで IW を使用した TTF は PE を使用した TTF よりも低くなったが (約 70~80%), ADMIRE だけ FBP からの低下は僅か (95% 程度) で小血管タスクに対するエッジ保存が良好であった。このことから、本研究で使用した DLIR および IR とも、直径 1mm の小血管の条件を想定した場合の TTF は、従来から使用されてきた CE または PE 法により測定された TTF よりも著しく低くなり、DLIR と IR が小血管の画像に対して空間分解能が十分でないことが示された。よって、現在行われている 20~30 mm 径のロッドの TTF を様々な径での代用値として用いる方法は適切でなく、小径血管に対する TTF の測定には実際の臨床状況に見合ったサイズを考慮したファントムを使用することが必要であることが示された。

博士論文審査結果報告書

学籍番号 1729022021

氏名 松浦 佳苗

論文審査員

主査(職名) 宮地 利明(教授)  印副査(職名) 川島 博子(教授)  印副査(職名) 市川 勝弘(教授)  印

論文題名: Task-specific spatial resolution properties of iterative and deep learning-based reconstructions in computed tomography: Comparison using tasks assuming small and large enhanced vessels (CT の逐次近似再構成およびディープラーニング再構成におけるタスク固有の空間分解能特性: 大小造影血管を想定したタスクによる比較)

論文審査結果

【論文内容の要旨】

Computed tomography (CT) において、画像ノイズ低減のために導入された iterative reconstruction (IR) や deep learning-based image reconstruction (DLIR) などの画像再構成技術では、空間分解能は画像コントラストや線量依存となるため、その評価は実際の臨床画像と同様のコントラストを持つロッドオブジェクトを使用する circular edge (CE) 法が用いられる。CE 法では通常直径 20~30mm のロッドを使用するため、そのサイズにおける task transfer function (TTF) の評価となり、様々な臨床状況に対応しない。本研究では、大小の血管をシミュレートする、直径 30 mm のロッドと直径 1mm のワイヤーによるタスクについて、DLIR と IR の TTF を評価することを目的とした。直径 300mm の水ファントム内に、12mg/ml の希釈ヨウ素 (270HU at 120 kV) と等価となる材料で作成された、直径 30mm、長さ 100mm のロッドまたは直径 1mm、長さ 100mm のワイヤー (iodine wire: IW) を配置した。ロッドファントムによる面内方向の TTF は CE 法、z 方向の TTF は plane edge (PE) 法により測定した。また、IW では、ワイヤーに沿って画像を合成しオーバサンプリング画像を生成し、それをフーリエ変換した (IW 法)。2台の CT 装置を用い、10 及び 5mGy の $CTDI_{vol}$ となるような撮影条件にてファントムをスキャンし、FBP、DLIR、IR で画像を再構成した。面内 TTF の比較においては、DLIR と IR ともに、IW を使用した TTF は CE の TTF よりも著しく低くなり、CE 法に対する IW 法の 50% TTF の比率は 50%~70%、さらに IW 法の FBP に対する比率は約 60~90% 程度となった。z 方向 TTF の比較についても、DLIR と IR で 1 機種の Z 方向を除いて著しく低下した (約 70~80%)。DLIR および IR とも、直径 1mm の小血管想定条件下による TTF は、従来から使用されてきた CE または PE 法により測定された TTF よりも著しく低くなり、DLIR と IR が小血管の画像に対して空間分解能が十分でないことが示された。よって、小径条件に対する TTF の測定には実際の臨床状況に見合ったサイズを考慮したファントムを使用することが必要であることが示された。

【審査結果の要旨】

DLIR や IR の空間分解能の評価が 20~30mm 径のロッドを用いる方法が普及しているが、本研究の結果より、臨床画像の状況に合わせたファントムが必要であることがはじめて示され、TTF の測定法について一石を投じる貴重な研究成果となった。審査会での質疑応答も的確であった。以上、学位請求者は本論文の論文審査及び最終試験の状況に基づき、博士 (保健学) の学位を授与するに値すると評価する。