

高精細CTを用いた側頭骨撮影における Deep Learning Reconstruction画像の画質評価

新潟大学医歯学総合病院 医療技術部放射線部門 ○大杉 勇輝(Ohsugi Yuki)
酒井 健一 能登 義幸

【はじめに】

側頭骨computed tomography (CT) 撮影では内耳内の微細な構造を明瞭に描出する必要があり、細かい検出器を用いた高精細CTが有用とされる。一方、検出器を細かくすることにより増加する画像ノイズが、微細な構造の描出能を低下させる可能性がある。近年、deep learning reconstruction (DLR) の一つであるAdvanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE) が開発され、様々な撮影領域での描出能向上が期待される。当院の高精細CT装置に、AiCEにおける内耳領域を想定したパラメータ (Inner Ear) が導入されたが、詳細な画質評価についての報告はない。本研究の目的は、高精細CTを用いたAiCE (Inner Ear) 画像の物理特性を、task transfer function (TTF) およびnoise power spectrum (NPS) により評価し、その有用性を検討することである。

【方法】

CT装置としてAquilion Precision (キヤノンメディカルシステムズ) を用いて、2種類のファントムの撮影を行った。物理特性を測定するために、円柱状のロッドが配置された領域と均一な水領域の2つの構造を有する、直径180 mmの円柱状TOSファントム (CT装置付属) を用いた。また、定性的評価のためにCatphan Phantom 504 (Phantom Laboratory) を用いた。ファントムはガントリ中心かつ円柱の中心軸が体軸方向と平行になるように配置し、それぞれ撮影を行った。撮影条件は管電圧120 kV、管電流250 mA、回転時間1.0 s、ピッチファクタ0.569、検出器構成0.25 mm×160列とした。画像再構成条件はfield of view 100 mm、スライス厚1 mm、スライス間隔0.5 mm、マトリックス512×512 pixelsとし、再構成アルゴリズムはフィルタ補正逆投影法 (filtered back projection:FBP) および順投影適用モデルベース逐次近似再構成法 (forward projected model-based iterative reconstruction solution:FIRST)、AiCEを用いた。それぞれの再構成パラメータとして、FBP FC80 (骨領域における標準的な関数)、FIRST Bone Mild、およびAiCE Inner Ear Standardを使用した。統計的な変動成分を抑えた物理特性を測定する

ために、TOSファントムのみ軌道同期スキャンを20回行った。

TTF測定のために、TOSファントム内の直径20 mmのロッド (背景領域とのCT値差= Δ 950 HU) を用いた。ロッドが画像中心となるように再構成された画像 (Fig.1) を1620枚加算平均することで解析画像を作成した。解析画像からcircular edge法^{1,2)}を用いてedge spread functionを算出し、微分することでline spread functionを得た。これをフーリエ変換し、TTFを算出した。

NPS測定のために、TOSファントム内の均一な水領域のCT画像群 (それぞれ101枚) を用いた (Fig.2)。軌道同期スキャンを20回行い、異なる2回の撮影で得られたCT画像群を差分することで、トレンド除去処理を行った20セットのノイズ画像群を得た。それらの各ノイズ画像群における画像の中心領域 (マトリックス数: 256×256) をフーリエ変換し、radial frequency法³⁾を適用することでNPSを算出した。

本研究では得られたTTFおよびNPSを比較することで、AiCE Inner Earの有用性を検討した。また、Catphan phantom 504における高分解能モジュール (CTP528) 画像を定性的に比較し、物理特性が画像に与える影響について調べた。

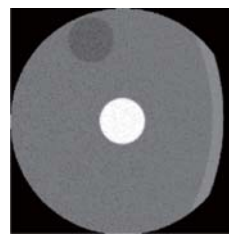


Fig.1 円柱状ロッド
(Δ 950 HU) 画像

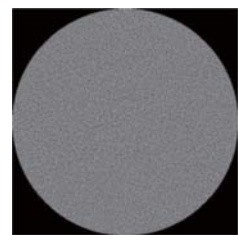


Fig.2 均一な水領域の
CT画像

【結果】

3つの再構成アルゴリズムの画像より得られたTTFの結果をFig.3に示す。3つのTTFを比較すると、AiCEはFBPと同程度であり、FIRSTよりも高値を示した。同様に、NPSの結果をFig.4に示す。3つのNPSを比較すると、AiCEはFBPよりも低値を示し、FIRSTと同程度であった。

定性的な画像評価に使用したCatphan phantom 504における高分解能モジュール (CTP528) 画像

をFig.5に示す。AiCE画像 (Fig.5a) とFBP画像 (Fig.5b) は画像中に存在するスリット (空間周波数における0.8~1.3 cycles/mmに相当) の見え方がほぼ等しいことがわかった。一方、FIRST画像 (Fig.5c) ではスリットのボケが確認された。画像の粒状性に注目すると、AiCE画像はFBP画像に比べて粒状性が低いことがわかった。また、AiCE画像とFIRST画像はノイズのテクスチャが類似していた。これらはそれぞれの再構成アルゴリズムで測定されたTTFおよびNPSの結果と類似した傾向を示した。

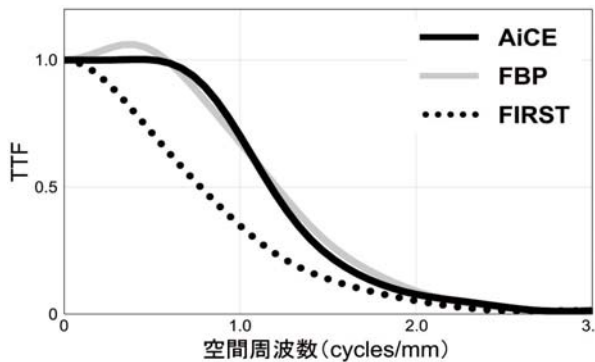


Fig.3 異なる再構成アルゴリズムのTTF比較

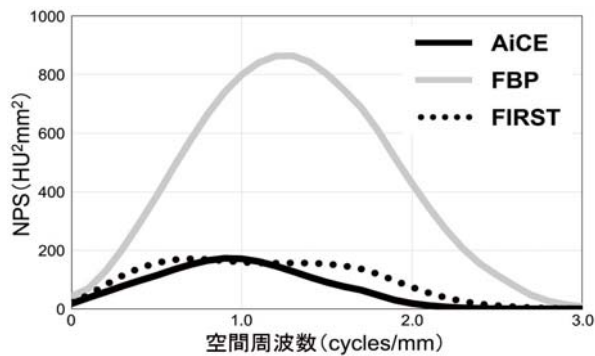


Fig.4 異なる再構成アルゴリズムのNPS比較

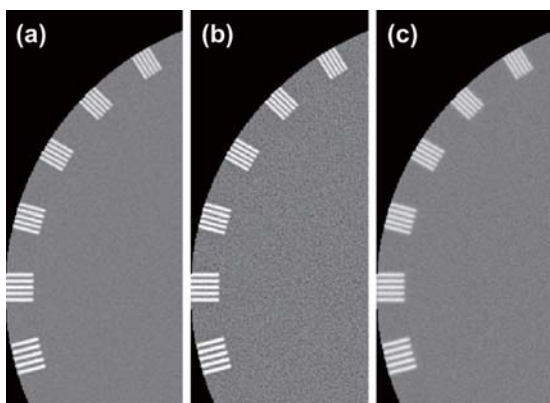


Fig.5 Catphan phantom 画像の定性的比較
(a) AiCE, (b) FBP, (c) FIRST

【考察】

3つの再構成アルゴリズムの画像からそれぞれ測定されたTTFおよびNPSを比較することで、

AiCEは高いノイズ低減効果を有しながら、高い空間分解能を維持した再構成アルゴリズムであることが定量的に示された (Fig.3、4)。高精細CTを用いた側頭骨撮影においてAiCEの有用性は高いことが示唆された。また、高い空間分解能維持とノイズ低減効果を有するAiCEを用いることで、従来の再構成アルゴリズムを使用したときよりも撮影線量を下げることが可能となり、被ばく線量の低減が可能であると考えられる。

空間分解能特性に着目すると、FBPのTTFは1を超えているのに対して、AiCEのTTFは1を超えていない (Fig.3)。これにより、AiCEは被写体信号を忠実に再現可能な再構成アルゴリズムであることが示唆された。

本研究では、一つの撮影・再構成条件で検討を行った。撮影・再構成条件が異なる場合、逐次近似再構成法やDLRのように非線形処理された画像から得られる物理特性は変化する可能性がある⁴⁾。そのため、撮影線量を変化させるなど様々な条件においても同様の検討を行う必要がある。また、本研究で用いた被写体は直径20 mmの円柱状ロッドであり、内耳領域のような微細な構造を再現できていない。より側頭骨を模擬したファントムを用いることで、正確なTTF測定が可能となると考えられる。しかし、高分解能モジュール画像が物理特性の結果 (Fig.3、4) と同様の傾向を示していたことから、結果に与える影響は小さいものと考えられる。

【まとめ】

内耳領域を想定したDLR (AiCE Inner Ear) は、従来の再構成アルゴリズムと比較して物理特性が優れており、高精細CTを用いた側頭骨撮影の画質評価において有用であることが示唆された。

【参考文献・図書】

- 1) Richard S, et al., Towards task-based assessment of CT performance. *Med Phys* 2012; 39(7): 4115-4122.
- 2) 市川勝弘, 村松禎久 編. 1・1 空間分解能. 標準X線CT画像計測. オーム社, 東京, 2009, 26-71.
- 3) Kijewski MF, et al., The noise power spectrum of CT images. *Phys Med Biol* 1987; 32(5): 656-675.
- 4) 森一生. 近年のX線CT画像の非線形的特性と画質の物理特性について. *東北大宝健紀* 2013; 22(1): 7-24.