

## CT 逐次近似画像再構成アルゴリズムの性能比較

吉田皓文<sup>1)</sup>、長谷川晃<sup>1)</sup>、成田啓廣<sup>2)</sup>、深谷貴広<sup>3)</sup>、市川勝弘<sup>4)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 医療技術学部 診療放射線学科
- 2) 新潟大学 医学部 保健学科
- 3) 新潟大学歯学総合病院 診療支援部 放射線部門
- 4) 金沢大学 医薬保健学域

【背景・目的】 X線 CT 画像の画像再構成法として、フィルタ補正逆投影 (filtered back projection: FBP) 法、ハイブリッド型逐次近似 (hybrid iterative reconstruction: HIR) 法、モデルベース逐次近似(model based-iterative reconstruction)法が臨床で用いられている。一般に、従来利用されてきた FBP 法に対し、逐次近似 (IR) 法を用いて得られる画像は画像ノイズが少ない良好な画像が得られる。しかし、IR 法により得られる画像は、FBP 法の画像と異なり、撮影に用いる放射線量や、撮影する被写体などによって画像の周波数特性が変化する性質が報告されている。すなわち、IR 画像は解像特性とノイズ特性が変化するため、ある CT システムに対する性能指標が一つの値とならない。IR 法の画質を評価する方法として、ある病変の検出タスクを想定して評価する方法 (タスクベース評価) が考案された。タスクベース評価により、特定の病変検出タスクに対する性能指標を用いて IR 画像が評価できる。しかし、複数の MBIR 法の再構成アルゴリズムに対する性能を評価し、比較した文献は見当たらない。

本研究の目的は、MBIR アルゴリズムの性能をタスクベース評価し、複数の MBIR アルゴリズムの性能および特性の違いを明らかにすることである。

【方法】 異なる IR アルゴリズムを有する CT 装置 3 機種を用いて Catphan 504 ファントムを撮影した。各装置の FBP 法と IR 法によって得られた CT 画像について、解像特性の指標として task-based modulation transfer factor ( $MTF_{task}$ )、ノイズ特性の指標として noise power spectrum (NPS) を測定した。 $MTF_{task}$  は、Catphan 504 CTP515 モジュールに封入されているポリスチレンロッド (被写体コントラスト: 約 130 HU, 直径約 12 mm) を用い、circular edge 法を用いた解析により測定した。NPS は、Catphan 504 CTP486-2 モジュールを用い、radial frequency 法により測定した。タスクベース評価で想定する病変は肝臓の粗大病変および肺スリガラス結節とし、これに対応する仮想被写体の画像 (半値幅 10 mm・周囲との CT 値差 50, 240 HU) をシミュレーションにより算出した。画像から得られた  $MTF_{task}$ 、NPS、および仮想被写体のパワースペクトルを用い、被写体に対する検出能指標

(detectability index:  $d'$ ) を算出した。IR アルゴリズムは FBP アルゴリズムに対してどれだけ画質を向上させるかを表すため、FBP の  $d'$  に対する IR の  $d'$  を除算し、 $d'$  の向上率を求めた。

様々な画像再構成アルゴリズムにおける  $MTF_{task}$ 、NPS、 $d'$ 、 $d'$  向上率を比較した。

なお、本研究に関連する利益相反はない。

【結果】 IMR (Philips 社)、ADMIRE (Siemens 社) は撮影線量に依存せず  $d'$  の向上がみられた。IMR は他のアルゴリズムより高い  $d'$  向上率を示した。ADMIRE は線量の増加に伴い  $d'$  向上率が増加する傾向を示した。FIRST (Canon 社) の  $d'$  は、撮影線量 (CTDI<sub>vol</sub>) 1 mGy の場合では FBP に対し向上したが、線量の増加に伴い FBP よりも低値となる傾向を示した。1 mGy の場合では、FIRST の  $d'$  向上率は ADMIRE を上回ったが、線量の増加にともない ADMIRE を下回った。

【考察】  $d'$  は画像再構成アルゴリズムの性能だけでなく、CT 装置の物理性能を含めた性能指標である。本研究では、FBP における  $d'$  に対する IR の  $d'$  の比を  $d'$  向上率とし、システムの物理性能の影響を相殺させている。ハードウェアの性能ではなくアルゴリズムの性能を比較するために、便宜的に向上率を比較に用いた。

本研究で用いた仮想被写体のパワースペクトルは主に空間周波数 0.04 cycles/mm 以下に分布していた。特に 0.1 cycles/mm 以下の周波数帯の  $MTF_{task}$  および NPS が detectability index に寄与すると考えられる。

本研究で評価対象とした MBIR は、解像特性・ノイズ特性ともにそれぞれ異なる性質を示した。 $d'$  を用いたタスクベース評価では、IMR が最も高い  $d'$  向上率を示した。IMR は、空間周波数 0.1 cycles/mm 以下の帯域で、他の MBIR に比べ FBP に対するノイズ特性の向上率が高いことが影響していると考えられる。

本研究では  $d'$  を用いたタスクベース評価により、数種類の IR アルゴリズムの性能評価を行った。臨床画像を用いることなく、IR アルゴリズムの導入によって低減できる撮影線量を求めることができた。他機種を有する施設における撮影プロトコル管理の運用において、タスクベース評価は有用な評価法であると考えられる。

【結論】 複数種類の CT 装置・アルゴリズムを対象として、detectability index を用いたタスクベース評価を行った。臨床画像を用いることなく、IR アルゴリズムの性能および特性の違いを明らかにすることができた。