

腕下ろし体位における アームアーチファクト低減CT画像再構成法の評価

名和 蓮

(指導教員：市川 勝弘 教授・川嶋 広貴 助教)

要旨

腕を下ろした状態での体幹部 CT 検査では、X 線の減弱が大きい骨構造の重なりに起因してアームアーチファクトが発生する。そこでアームアーチファクト低減に特化した画像再構成アルゴリズムを開発し、その評価を行った。腹部を模した楕円柱水ファントム内に椎体を想定した骨等価物質を固定し、その両側に腕を模した 8cm 径円柱水ファントムを配置した。ファントムをスキャンし、その raw data から通常の FBP 法(filtered back projection)と投影データの腕を通る部分にノイズ抑制処理を施す再構成アルゴリズム(proposed)により再構成した。また Aquilion One (Toshiba)においても同様に撮像し、FBP(FBP_T)と逐次近似再構成法である FIRST の画像データを比較用として取得した。アーチファクトの評価には、SD 値計測を基本とする artifact index (AI)を算出した。FBP, proposed, FBP_T, 及び FIRST の AI 値は、それぞれ 0.94, 0.13, 1.13, 0.30 であり、最新の逐次近似再構成法である FIRST より顕著にアーチファクトが低減した。提案手法は、体幹部の周囲に腕がある場合に特化した手法であり、画質を大きく損なうことなく、ストリークアーチファクトを低減することが可能であった。

I. 緒言

体幹部の CT 検査において、多発外傷や意識障害などで腕を挙上することができない患者は撮影範囲内に腕が含まれる。腕の付加により X線が減弱し、ビームハードニング効果(線質硬化)が生じ、骨構造の重なるの多い上肢の骨と脊椎の間にはストリークやダークバンドが発生する。このアーチファクトは腕に起因するため、アームアーチファクトとされている。これらの臨床での対策として、腕のポジショニングを変更する方法や、管電圧、線量などのパラメータを調節する方法などがあるが、実質的な解決策とは言えない。そこで本研究では腕を挙上できない患者の体幹部 CT 画像に発生するアームアーチファクトの低減に特化した再構成アルゴリズムを開発し、他のアーチファクト低減技術と比較、検討した。

II. 方法

1) ファントム及び撮影条件

腹部を模した楕円柱水ファントム(楕円長径: 330 mm, 楕円短径: 180 mm)内の腰椎相当位置に、CT 値が約 300 HU である骨を固定した。腕を模したファントムとして 8 cm 径の円柱水ファントムの内部に 300 HU の上腕骨模擬物質を固定した。腹部模擬ファントムに腕模擬ファントムを付加した時、しない時で撮像した。

SIEMENS 社の 16 列マルチスライス CT 装置, Emotion を用いてファントムを撮影し, raw data を取得した。管電圧は 130 kV, CTDI_{vol} は 20 mGy, 設定スライス厚は 5 mm とし, ノンヘリカルスキャンで撮像した。

東芝社 Aquilion One を使用し、120 kV, $CTDI_{vol}=20$ mGy にてヘリカルスキャンモードで撮影し、設定スライス厚を 5 mm として、通常の filter back projection (FBP) と逐次近似再構成法である FIRST で再構成した。

2) 提案手法と FIRST の処理手法

Emotion で取得した raw data から再構成を通常の FBP 法で行った。得た再構成画像から腕を認識させた。次に腕を通るパスを全ての投影データ上にマークした。そしてそのマークデータのみ非線形のノイズフィルタを施した。最後にこの処理されたデータから再構成を行った。

FIRST の再構成処理の概要を図 1 に示す。

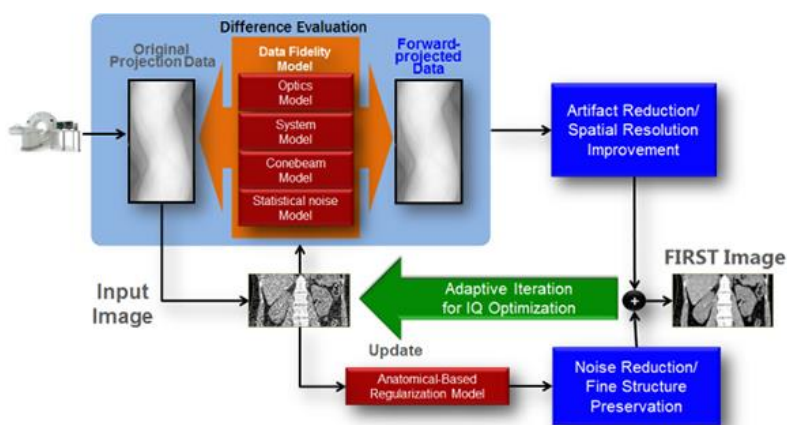


図 1. FIRST の再構成処理の概要

3) artifact index の算出

Artifact index (AI) 値は腕を付加していない画像を基準として腕の付加により発生したアーチファクト強度を示すように、腕を付加した時としない時の CT 画像から、(1)式を用いて算出した。画像上の standard deviation (SD) の計測には、日本 CT 技術学会の CT 画像計測ソフトウェアである CTmeasure version 0.97b を使用した。評価部位は肝臓の位置の前面レベルとアーチファクトの発生が最も多い腰椎レベルの 2 点とし、開発手法と FIRST で比較を行った。

$$AI = \frac{\sqrt{SD_A^2 - SD_B^2}}{SD_B} \quad \dots\dots(1) \quad \begin{array}{l} SD_A : \text{腕を付加した時の標準偏差} \\ SD_B : \text{腕を付加しない時の標準偏差} \end{array}$$

4) 解像度への影響の検討

市販のプラスチック剣山を腹部ファントム内に配置し、腕を付加した時の提案手法による描出能への影響を観察した。

III. 結果

1) 腕によるアーチファクト付加

Emotion で腕を付加しない時とした時で撮像した画像を図 2 に示す。また同じように Aquilion One で撮影した画像を図 3 に示す。再構成法には FBP を用いた。腕を付加することで腰椎レベルだけでなく肝臓や脾臓に相当する部位にもアームアーチファクトが発生し

た.

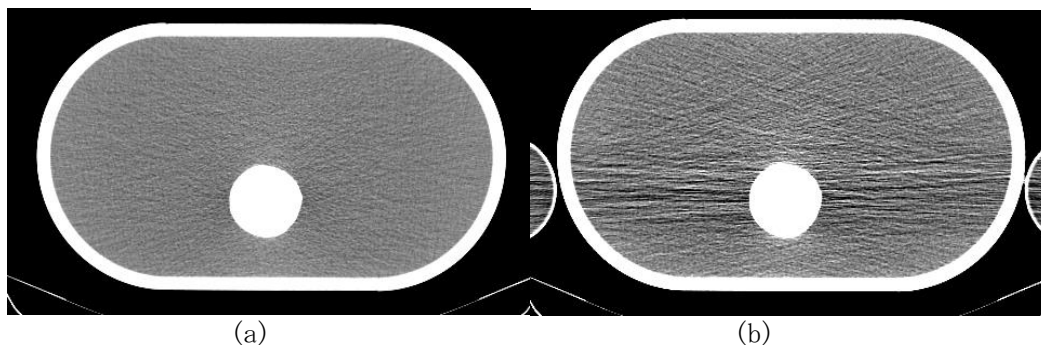


図 2. Emotion で撮影した腕の (a) 有 (b) 無による画像の比較

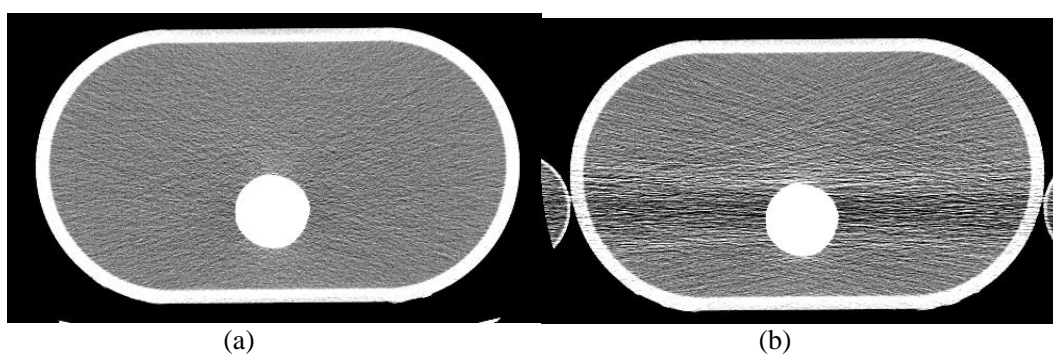


図 3. Aquilion One で撮影した腕の (a) 有 (b) 無による画像の比較

2) 提案手法と FIRST の比較

図 4 に提案手法を用いて再構成した画像と、逐次近似再構成法である FIRST を用いて再構成した画像を示す。開発手法では顕著にストリークアーチファクトが低減された。FIRST の画像は画像のテクスチャに違和感があり、また骨物質辺縁がボケる現象が生じた。

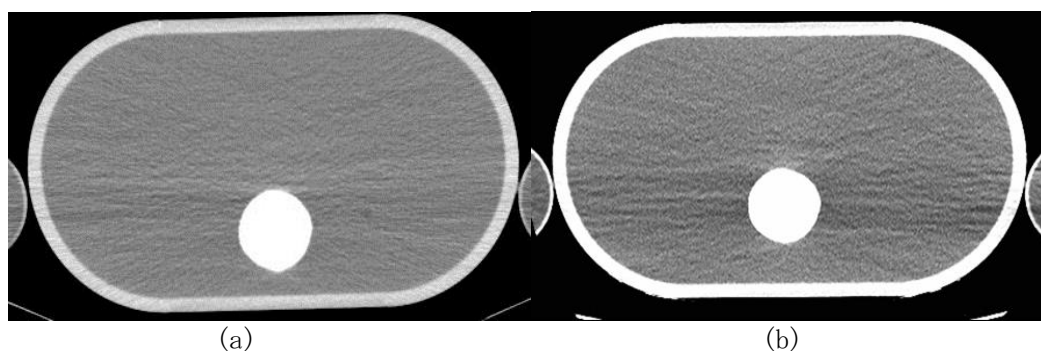


図 4. (a) 開発アルゴリズムと (b) FIRST の腕を付加した時の画像の比較

3) AI 値の比較

図 5 に前面レベル、図 6 に腰椎レベルの AI 値の結果を示す。前面レベル、腰椎レベル、ともに提案手法が FIRST に比べて優れていた。

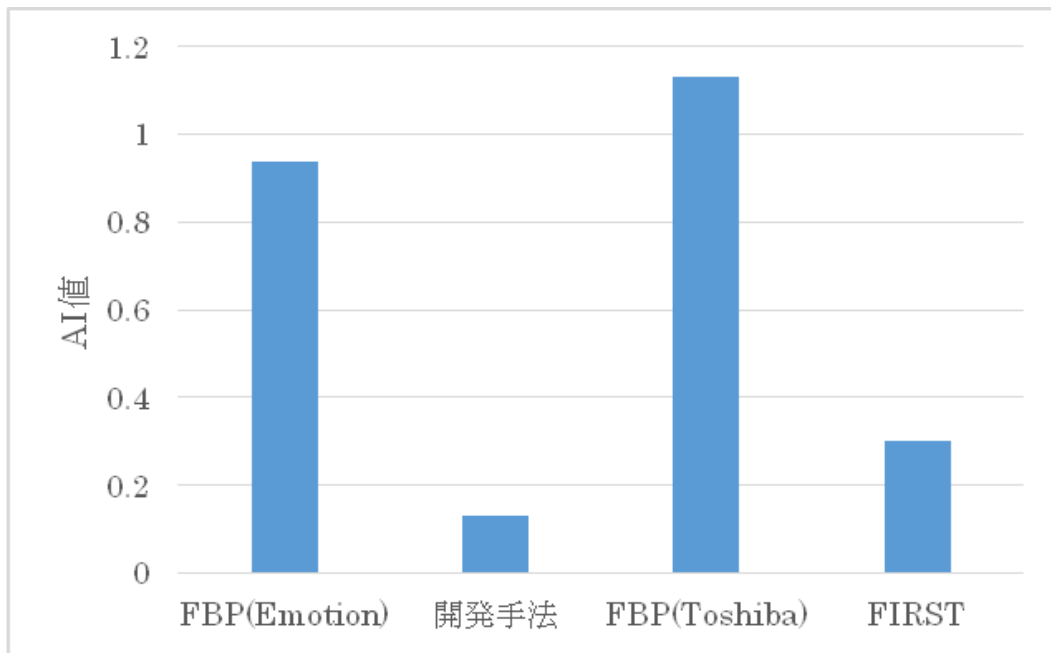


図 5. 前面レベルの AI 値

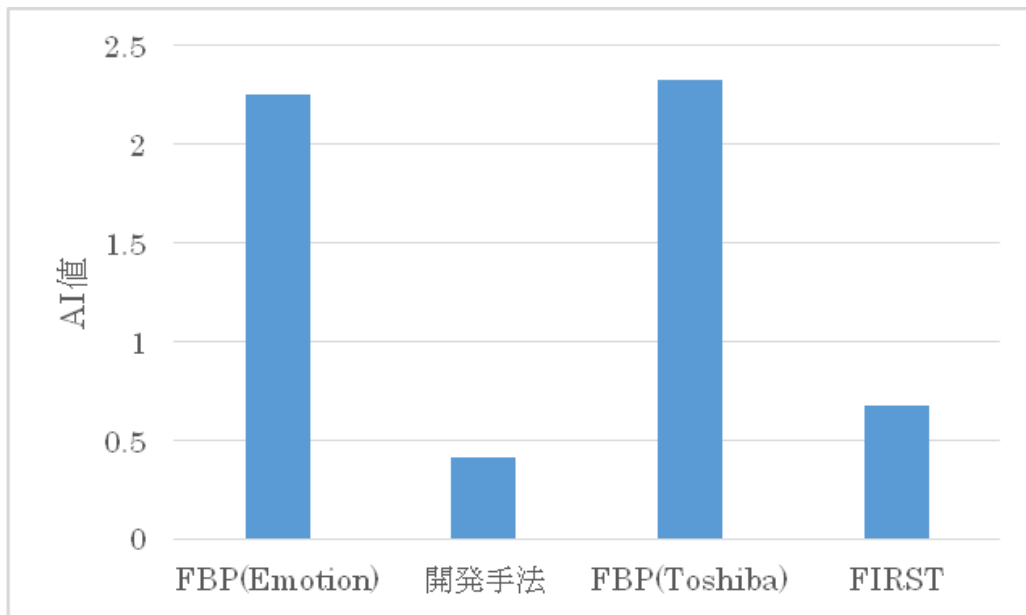


図 6. 腰椎レベルの AI 値

4) 解像度への影響

図 7 に、プラスチック剣山を付加した状態の画像を示す。剣山の描出は、提案手法で変化せず、解像度への影響は無いことが示された。

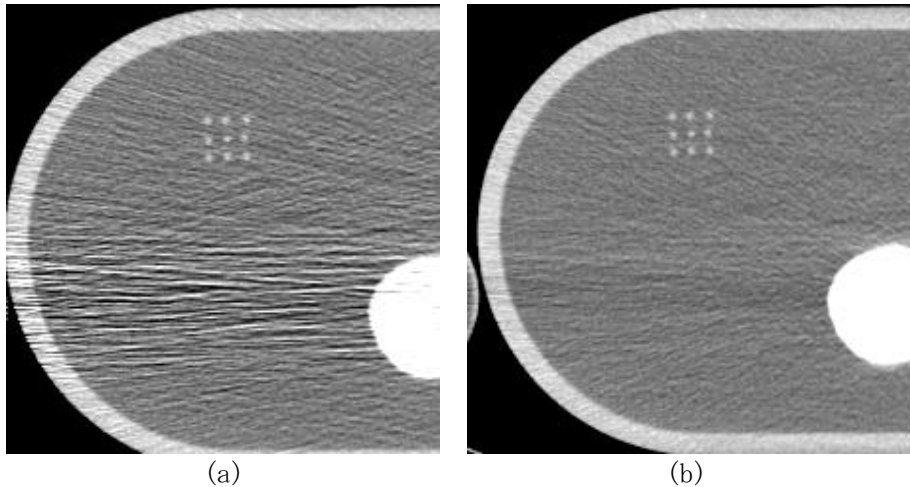


図7 プラスチック剣山を付加したファントム（腕付加）の画像． (a) FBP, (b) 提案手法

IV. 考察

体幹部のCT画像において、腕に起因して生じるアーチファクトは画像診断を困難にさせる．最新逐次近似再構成法である FIRST では再構成画像から投影したデータと実投影データに対して比較と補正を繰り返しながら、ノイズ低減、エッジ保存、アーチファクト低減を行うが、腕からのストリークアーチファクトは依然として残っていた．これは腕の有無に関わらず全体的にノイズ低減処理をしており、腕による特異的なノイズを消すことが不可能であったからであると考えられる．提案手法のアルゴリズムでは腕認識を行い、腕を通る投影データのみフィルタリング処理を行った．その結果、腕の付加による特異的なアーチファクトを低減し、最新逐次近似再構成法である FIRST よりも高い効果を示した．フィルタリングは腕を通るデータに限られており、解像度への影響は少ないと推測したが、剣山ファントムの検証画像で示した通り、解像度を大きく損なうことはなかった．

V. 結語

投影データの腕通過部のみに非線形フィルタリングをかけることによる、アームアーチファクトの低減に特化した再構成アルゴリズムを提案した．提案手法は従来の FBP 法と比較し、ストリークアーチファクトを大きく低減させた．また最新の逐次近似再構成法である FIRST よりも高いアーチファクト低減能力が示されたことから、有用性は高いと考える．

VI. 謝辞

本研究にあたり、ご指導してくださいました市川勝弘教授、川嶋広貴助教、並びに実験において多大なるご支援をいただきました、新潟大学医歯学総合病院の放射線科の方々には深く感謝申し上げます．

VIII. 参考文献

「東芝メディカルシステムズ株式会社」

<http://www.toshiba-medical.co.jp/tmd/products/> (2017/1/9 アクセス)