

様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成21年 5月 12日現在

研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：2007～2008
課題番号：19591408
研究課題名 (和文) 多列検出器型CT画像における金属アーチファクト軽減アルゴリズムの開発に関する研究
研究課題名 (英文) Developing New Image Processing Algorithm for Metallic Artifacts Reduction with Multi-detector Row CT
研究代表者
五島 聡 (GOSHIMA SATOSHI)
岐阜大学・医学部附属病院・助教
研究者番号：90402205

研究成果の概要：金属を挿入した腹部模擬ファントムを用いて、CT 検出器に到達する X 線光子カウントの変化量より金属アーチファクト部分のダイナミックレンジを測定した。X 線入射角度を用いた数学的な補正補間処理法を開発し、金属アーチファクト部分の自動抽出と線形補間を可能とした。作成したアルゴリズムは人工大腿骨頭を有する 20 名の患者画像に適用し、40 画像中 34 画像にて著しい画質の改善を得た。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学 放射線科学

キーワード：コンピュータ画像診断、CT、金属アーチファクト、放射線、X線

1. 研究開始当初の背景

多列検出器型 CT は広範囲を高速で撮像可能であり、臨床の現場では広く普及している。CT そのものの欠点の一つとして金属アーチファクトが挙げられるが、体内に存在する金属物、すなわち義歯、椎体形成術後、人工骨頭置換術後、前立腺癌小線源放射線治療計画画像においては強いアーチファクトの発生により非常に評価困難な領域として診断に

苦慮している。具体的には撮像スライス内に金属物が存在すると、金属物領域およびその周辺が黒く色が抜け、さらにその周辺には放射状の高吸収アーチファクトが発生する。CT 画像は本来、物質を通過した X 線光子カウントデータを $-\log$ 変換することで信号強度曲線を得ているため、金属領域における光子カウントが 0 もしくはその近傍の値をとるとこれらのアーチファクトが発生する。CT 画像

ではそのデータを Back projection と言われる手法で逆投影することで、画像を再構成しているが、この段階ではアーチファクト軽減のため様々なフィルター技術が存在する。しかしながら、いずれも信号強度曲線上または Back projection の過程にて行われる方法であり、多くのデータが間引かれることとなる。

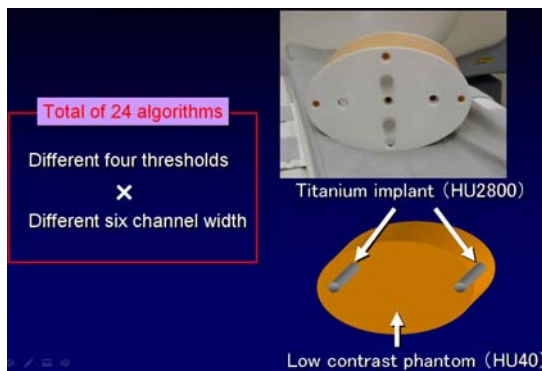
本研究にて挑戦した方法は光子カウントの段階で金属領域を抽出し、近傍検出器のデータを用いて線形補間を加えることで、限りなく真のデータに近似した画像再構成アルゴリズムの開発を目指した。これは非常にシンプルかつ先駆的なアルゴリズムであり、CT 装置に多大な計算負荷を与えることなく、金属アーチファクトを軽減することを目的とした。

2. 研究の目的

本研究ではファントム撮像において、X 線光子カウントデータから金属領域抽出のための域値設定、逆投影処理時の数学的な補正補完処理法についてある程度解明した後、そのアルゴリズムを実際の患者画像に応用し金属領域におけるアーチファクト軽減 CT 画像を再構成し、これまで評価不可能であった領域の診断能向上に貢献することを目的とした。

3. 研究の方法

I. 研究の第 1 段階として金属アーチファクト模擬腹部ファントムによる基礎評価を行った。腹部領域の金属性高吸収体として人工大腿骨頭を想定し、チタン材 (2800HU) を挿入した腹部撮像用ファントム (40HU) を作成した。



内部には金属物の他に複数のコントラスト差のある密度分解能評価領域を設け、このファントム撮像により金属アーチファクトに影響されることなく十分なコントラスト分解能を保てるような設定を行った。



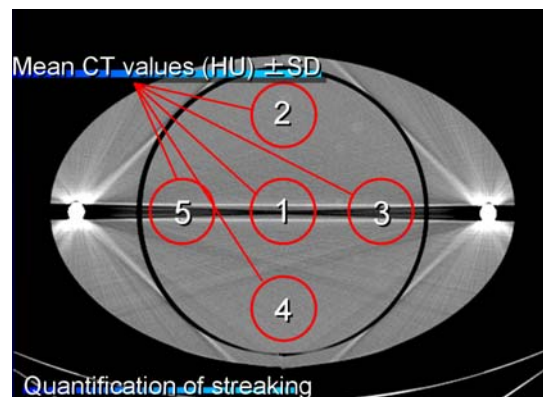
ファントム画像撮像およびデータの解析では、金属領域抽出精度、金属アーチファクト低減の最適パラメータの決定を行うため、上記の光子カウントデータにて赤で示した金属領域によるカウント減少部分から光子カウント閾値設定および線形補間のためのデータ収集を行う検出器幅を可変的とし、24 通りのアルゴリズムを作成した。

用いたアルゴリズムは以下の計算式からなる。

$$P'i = w(\text{th}, P_i) \times P_i + [1 - w(\text{th}, P_i)] \times \text{SM}(d, P_i)$$

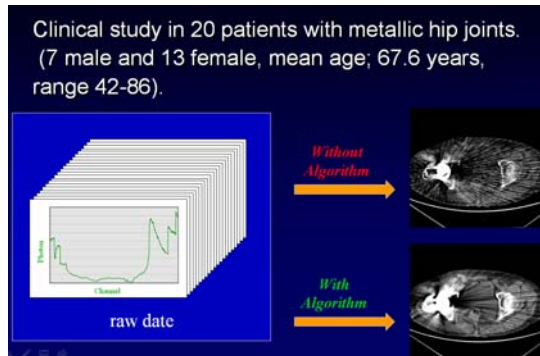
- ✓ P_i : Projection Data at i channel
- ✓ $P'i$: Projection Data at i channel after correction
- ✓ d : channel width
- ✓ $\text{SM}(d, P_i)$: d channel boxcar average smoothing at P_i
- ✓ th : threshold factor
- ✓ $w(\text{th}, P_i)$: Weighting (or blending) factor calculated from th and P_i
 - $P_i = 0 \rightarrow w = 0$
 - $P_i \gg \text{th} \rightarrow w = 1$
 - w is adaptive for P_i

それぞれのアルゴリズムにて画像再構成を行い、ファントム画像内での CT 値測定と放射線科専門医による視覚評価の両者にて低減法適用可能例 / 不可能例の確認を行い、最適なアルゴリズムに必要な各種パラメータを決定した。



定性評価として画像内に5カ所の関心領域を設定し、5カ所での平均CT値±1SD、streaking発生量を測定した。

II. ファントム実験にて作成したアルゴリズムは人工大腿骨頭置換術後の20名の患者画像へ応用し、撮像内でのCT値、標準誤差、および盲検者（放射線科専門医）による視覚的画質評価にて、精度を確認した。視覚評価は1. poor~5. excellentの5段階のスコアリングとした。

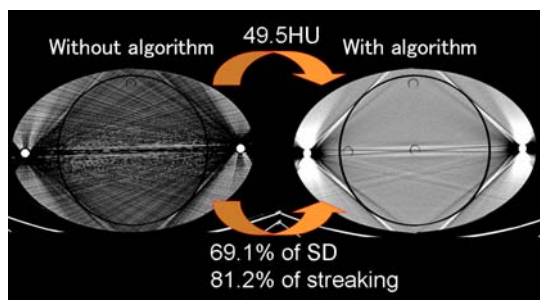


具体的にはCT撮像時のRaw dataから、すでにCT装置に標準的にインストールされ常用されているアーチファクト軽減アルゴリズムと本研究にて開発したアルゴリズムを用いて2通りの画像を作成し、各々の画像に於けるアーチファクト量および画質を盲検する手法をとった。

4. 研究成果

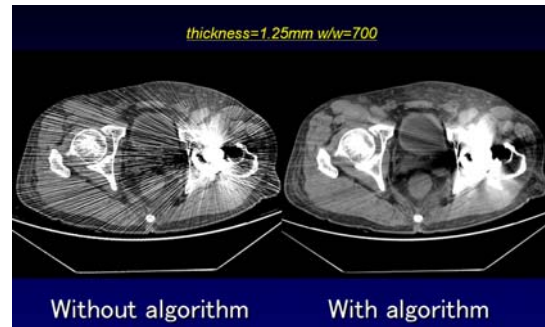
I. ファントム画像評価。

以下にファントム画像を示す。

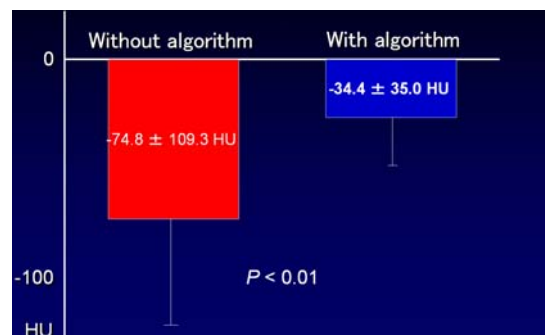


各種パラメータの異なる24種類のアルゴリズムのうち、7種類のアルゴリズムにて画質の改善を得た。CT画像内での平均CT値±1SD、アーチファクト発生量を測定した結果、最も優れたアルゴリズムではCT値は49.5HUの上昇、69.1%のSD減少、81.2%のアーチファクト量減少が可能であった。

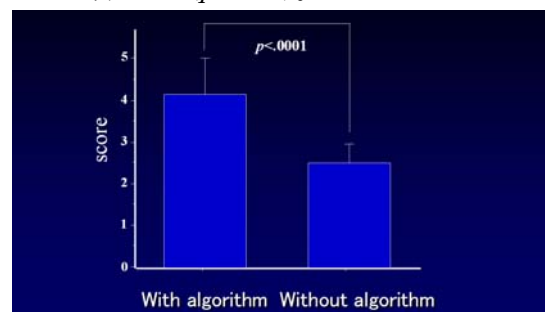
II. 臨床画像評価。



上は本アルゴリズムにて画質改善の得られた1例である。本アルゴリズムを適応することで、20患者中17患者にて画質の著明な改善を得た。画像左（アルゴリズム未使用）では左人工大腿骨頭のため、非常に強い金属アーチファクトが発生しているが、画像右（アルゴリズム適応例）ではそれらのアーチファクトは著明に改善している。また、骨盤内に認める膀胱、精嚢、直腸などの解剖学的構造物の描出や前腹壁脂肪組織の淡い濃度上昇も明瞭に描出されているのが分かる。



上はアルゴリズム非適応および適応画像における平均CT値±1SDの比較である。CT値の測定ではアルゴリズム非適応画像にて平均-74.8±109.3HUであったのに対し、アルゴリズム適応画像では-34.4±35.0HUにまで上昇した（ $p < 0.01$ ）。



また、盲検者（放射線科医）による視覚評価でもアルゴリズム非適応画像にて平均score 2.7に対してアルゴリズム適応画像では平均score 4.2であった（ $p < 0.001$ ）。

本研究では高い確率にて画質改善を行える良好なアルゴリズム開発に成功したが、次の課題として成功率100%を目指す。本研究にてアーチファクトの軽減は使用されている金属物の種類、太さ、挿入部位・角度、患者体型により微調整が必要であることが推測され、今後はCT撮像時に、自動的にパラメータ設定を変えられる自動可変アルゴリズムの開発を考慮している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

1. Goshima S, Miyoshi T, Kondo H, Tsuge Y, Watanabe H, Kanematsu M. Developing New Image Processing Algorithm for Metallic Artifacts Reduction with Multi-detector Row CT. Radiological Society of North America. 2008年12月3日, Mc Cormick Place Convention Center, Chicago, USA

2. MDCTにおける金属アーチファクト軽減アルゴリズムの開発. 五島 聡、三好利治、近藤浩史、柘植祐介、渡邊春夫、兼松雅之
第144回 日本医学放射線学会 中部地方会.
2008年7月12日, 福井

6. 研究組織

(1) 研究代表者

五島 聡 (GOSHIMA SATOSHI)
岐阜大学・医学部附属病院・助教
研究者番号：90402205

(2) 研究分担者

兼松 雅之 (KANEMATSU MASAYUKI)
岐阜大学・医学部附属病院・准教授
研究者番号：40252134
近藤 浩史 (KONDO HIROSHI)
岐阜大学・医学部附属病院・講師
研究者番号：20324311
柘植 裕介 (TSUGE YUUSUKE)
岐阜大学・医学部附属病院・医員
研究者番号：80444272
渡邊 春夫 (WATANABE HARUO)
岐阜大学・医学部附属病院・医員
研究者番号：30456529

(3) 連携研究者