

令和元年6月17日現在

機関番号：84404

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K19819

研究課題名（和文）“位相差画像”を用いたCT画像ノイズ低減法の臨床応用への実証研究

研究課題名（英文）Clinical application of noise reduction method applicable by shifting reconstruction phase

研究代表者

西井 達矢（Nishii, Tatsuya）

国立研究開発法人国立循環器病研究センター・病院・医師

研究者番号：20749345

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：CT画像を対象とした新たなノイズ低減法である本手法が、実際の臨床画像への応用可能性を検証した本研究により、臨床画像においても強力なノイズ低減による画質向上およびCT検査から得られる定量的なパラメータの担保を両立可能であることを示した。また被ばく量や造影剤量の低減とともに、本手法による画質維持も可能であることを示した。しかしながら、本手法では、検査時の心拍数や不整脈という点において十分な効果が得られないという制約があるという課題も明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CT画像における新たなノイズ低減法である本手法が実際の臨床画像に対して利用可能を検証した本研究より、検査時の心拍数や不整脈という点において一部制約があるという課題が明らかになり、その一方で、臨床画像においても強力なノイズ低減による画質向上を可能にしつつ、CT検査から得られる定量的なパラメータである計測値や狭窄度も担保されることが示された。また撮影に必要となる被ばく量および使用する造影剤量を減少しても、本法による画質維持によって、これまでの画像と同様に得られることが示され、CT検査の低侵襲化に繋がる点は本研究の社会的に重要な知見である。

研究成果の概要（英文）：The present study using clinical images has shown that our proposed noise-reduction method is compatible with image quality improvement with substantial noise reduction and security of quantitative parameters obtained from the CT examination. Further, we could maintain the image quality as well as the radiation dose reduction and the contrast agent amount reduction using this noise-reduction method. However, there is a limitation in this noise-reduction method that a sufficient effect can not be obtained in terms of heart rate and arrhythmia at the time of CT examination.

研究分野：放射線医学

キーワード：ノイズ低減 CT 心臓CT

## 1. 研究開始当初の背景

CTにおいて、放射線被ばくや造影剤を低減した撮影法を実施する場合には、画像ノイズとのトレードオフになるため、その増加したノイズを低減させる方法（ノイズ低減法）が精力的に開発されてきている。CTの三次元データに加えて、時間軸に沿ったフィルターなどを適応させた、さらに強力なノイズ低減法（4DNR：Four dimensional noise reduction）の開発が進んでいるなか、我々は、CT画像が撮影対象の周囲を回転しながらデータ収集した「位相画像」であることに注目し、再構成開始角度をずらすことで、「位相差画像」を作成し、それぞれのデータ間は短い時間幅ながらも、時間軸をもたせることで、4DNRを適応できる手法を開発した。この手法では、画像ノイズが50%へ低減可能という技術原理は開発できているが、臨床画像への効果を詳細には検証できておらず、実臨床における知見が少ないという状況にあった。それゆえ、臨床画像にこの手法を適応することで診断能向上や検査侵襲度の低減が可能であることを実証することを目的とした。

## 2. 研究の目的

我々が原理を考案した、「位相差画像」を用いたノイズ低減法の臨床CT画像への応用を実現することで、複数の応用可能性の中から特に実臨床で得られた心臓大血管CT画像に適応することで、画質向上による診断能向上や侵襲度低減が可能であることを実証することである。具体的には、以下の3点を目的とした内容を研究期間内に行った。画像分解能などの画質特性を評価することで、臨床応用可能である妥当性を担保する。診断が難しい領域において、診断能が向上することを証明する。被ばくや造影剤など検査侵襲度を低減できる撮影法の提示とその妥当性の証明をする。

## 3. 研究の方法

研究期間内には、このノイズ低減法の持つ複数の応用可能性の中から特に実臨床で得られた心臓大血管CT画像に適応することで、画質向上による診断能向上や侵襲度低減が可能であることを実証することを目的として以下の3点の目的を立てた。画像分解能などの画質特性を評価することで臨床応用可能である妥当性を担保する。診断が難しい領域において、診断能が向上することを証明する。被ばくや造影剤など検査侵襲度を低減できる撮影法の提示とその妥当性の証明をする。具体的には以下の4つの課題を行った。

### (1) 動態ファントムを用いた原理的妥当性とその限界の把握

臨床応用可能である妥当性を担保する目的として、動態ファントムを用いて、複数の脈拍を模擬し、本法のノイズ低減効果と撮影時の線量効率との関係を明らかにするとともに、本手法に含まれる動き補正（画像非剛体位置合わせ）の精度に伴うと予想される冠動脈狭窄度への影響を評価した。

### (2) 実臨床画像におけるノイズ低減の程度と、ノイズ低減後の計測値の妥当性

心電図同期CTによる実臨床画像においても、ノイズ低減率の評価と、本手法に含まれる動き補正（画像非剛体位置合わせ）の精度に伴うと予想される画像の変化や歪みがないことを、临床上に必要な計測値を用いて評価した。

### (3) 実臨床画像における冠動脈CTの造影剤低減とノイズ低減法の併用による画質維持

実臨床における冠動脈CTで低造影剤、低管電圧撮影を行う際に、十分な被ばく線量をかけられない患者に対して、本手法でノイズ低減を行い、コントラストノイズ比が維持できることを評価した。

### (4) 実臨床画像における診断の難しい細緻な脈管の描出における本法による向上

これまで描出が困難であった、細緻な脈管描出を目的とした冠動脈CTにおいて、高精細な回数による分解能上昇を目指しつつ、本法のノイズ低減による画像ノイズの維持を行い、画質向上が可能であることを評価した。

## 4. 研究成果

### (1) 動態ファントムを用いた原理的妥当性とその限界の把握

60、70心拍に模擬した動態ファントム内の狭窄ファントムを5回撮影し、最適心位相（60心拍：拡張中期、70心拍：収縮末期）から位相をずらした2および3位相を用いて最適位相のノイズ低減画像を補間作成した。コントラストノイズ比（CNR）、必要位相再構成に必要な撮影時間（撮影線量）にて正規化したCNRおよび狭窄率を計測した。CNRは5%刻み3位相、撮影線量にて正規化したCNRは4%刻み2位相でのノイズ低減法が最も高いことを示した。なお、狭窄率評価は心拍60bpmでは離れた位相でのノイズ低減画像を用いても差を認めなかった。しかし心拍70bpmで収縮期再構成を模擬した場合では、4%刻み2位相より位相が離れると、狭窄率は過小評価を示した。以上より、どの心拍数においても最も線量効率が高い心臓画像が提供できる、汎用性の高い条件は、4%刻みの2位相から作成したノイズ低減画像であり、その際収縮期再考

性においても狭窄率は担保される。一方で、本法による最大のノイズ低減効果を得るためには、十分に心拍数を下げた上での3位相を得ることが重要である。

#### (2) 実臨床画像におけるノイズ低減の程度と、ノイズ低減後の計測値の妥当性

経動脈的大動脈弁置換術(TAVI)前における大動脈弁輪部の計測用のCTでは、心電図同期で複数位相を撮影することが多いために被ばく線量が増加する。それに対して、本法によるノイズ低減および計測値が妥当であれば、さらなる被ばく線量低減につながる。そのため、まず通常撮影の計測法で計測したものとノイズ低減を加えた方法で、TAVI弁のサイズ決定に影響するかを評価した。本法を利用することで、TAVI用の撮影など、複数位相のある心電図同期撮影では、最適な時間幅を持った(50ms以上)の複数位相を用いることで、強力なノイズ低減が可能であり、被ばく線量は約半分にできる可能性が示唆された。なお、計測値の誤差は計測者間の誤差より低く、TAVI弁のサイズ決定には影響はなかった。しかしながら、位相間で動きの早く、大きく動いている構造物(弁尖)では、ブレによる画像のアーチファクトが出現する欠点も認められた。

#### (3) 実臨床画像における冠動脈CTの造影剤低減とノイズ低減法の併用による画質維持

70kVなど低い管電圧で撮影することで、造影効果を2倍へ上昇することが可能である。その効果を利用し、造影剤を半減することが可能である。しかしながら、最新のCTを用いても低管電圧の際に十分な線量をかけるための、高電流が十分ではない。その線量不足に対して本法を利用し、妥当なCNRになることを評価した。これまでの100%造影剤および120kVでの撮影に対して、60%造影剤および70kV撮影では、冠動脈本幹でのCNRはわずかに低くなり、線量不足の可能性が示唆された。しかし本法を追加で使うことで、冠動脈本幹でのCNRは有意に向上し、これまでの100%造影剤使用時のCNRからも有意に向上し、線量低減と造影剤量低減の両方において有用であると示された。

#### (4) 実臨床画像における診断の難しい細緻な脈管の描出における本法による向上

閉塞性肥大型心筋症に対する経カテーテル中隔アブレーション術(PTSMA)前において、ターゲットとなる中隔枝の評価に冠動脈CTが期待されているが、これまで細い血管のために描出が困難であったが、空間分解能を向上できる高周波関数による再構成を応用して描出を試みた。しかしながら、ノイズ上昇の影響もあり、十分な描出ではなかったため、上昇したノイズを低減しつつ、分解能を維持できる本法を加え、描出の程度を評価した。第1-3中隔枝を対象に治療前の冠動脈造影をリファレンスに、CTにて描出できた中隔枝の本数と連続する長さを計測し、本法による描出向上を確認した。本法により細い中隔枝を1本追加で描出できた。さらにそれぞれの中隔枝の長さは統計学的に有意に長くなり、本法による描出向上が示された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 3件)

西井達矢、下山真介、渡邊慶明、河野淳、末廣瑛里奈、関谷俊範、高橋哲、杉村和朗；二管球CTを用いた心臓CTに対する「位相差画像」を用いた四次元ノイズ低減法の最適化 心臓血管放射線研究, 2017

Tatsuya Nishij, Takayoshi Toba, Shumpei Mori, Natsuko Tahara, Yu Izawa, Shinsuke Shimoyama, Yoshiaki Watanabe, Atsushi K Kono, Satoru Takahashi, Kazuro Sugimura ; The Basal Ring Area Measurement in the Prospective Electrocardiogram-Triggered High-Pitch Double-Spiral Scan: Comparisons with Retrospective Single Spiral Scan The 11th Congress of the Asian Society of Cardiovascular Imaging, 2017

Tatsuya Nishij, Satoshi Higuchi, Atsushi K Kono, Yasuhiro Hamatani, Hideaki Kanzaki, Chisato Izumi, Tetsuya Fukuda ; Intensified Imaging of the Septal Branch in Coronary CT Angiography with the Four-dimensional Noise Reduction The 13th Congress of the Asian Society of Cardiovascular Imaging, 2019

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕  
ホームページ等  
なし

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：なし

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：河野 淳

ローマ字氏名：Kono Atsushi

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。