

令和元年6月16日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16406

研究課題名(和文) 胸腹部IVR支援を目的とする術中履歴画像を用いた画像解析手法の開発

研究課題名(英文) Analysis method of recorded intraoperative images for thoracoabdominal IVR support

研究代表者

大西 峻(Ohnishi, Takashi)

千葉大学・フロンティア医工学センター・助教

研究者番号：30706833

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)：カテーテル手技中に胸腹部の血管像を取得する場合には、アーチファクト低減のために患者に息止めを要求する。許容できないアーチファクトが発生した場合には、再撮影を行うことになる。そこで、本研究では術中に撮影された画像群を解析・活用することで、患者の息止めが不要で低アーチファクトな画像生成法を開発を行った。

アーチファクトの主要因は呼吸性体動であり、周期的な特徴を有する。本研究では周期性に基づく成分分離を行うことで、明瞭な造影成分の画像化を行うことが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

術中に明瞭な画像を取得するために、患者は息止めを要求されてきた。息止めが困難な患者も多く、撮影を繰り返すケースは少なくない。本研究で開発した手法は術中に撮影された画像群を活用するだけであり、息止めやそれに代わる要求、追加的な計測装置などを設置する必要がない。血管像の撮影中においても患者は自然呼吸で良い。将来的に、患者への負担を軽減した撮影が実施できる可能性が見いだされた。

研究成果の概要(英文)：To obtain an acceptable blood vessel image, patient has to hold his/her breathing during image acquisition in thoracoabdominal catheter operation. If there are unacceptable artifacts, image acquisition is repeated. In this study, we developed image analysis and generation method which provide blood vessel image without breath hold.

Main reason of the artifacts is breathing motion which is periodic. Thus, an agent component was extracted from angiographic images based on periodicity. We found that the clear blood vessel image could be obtained proposed method.

研究分野：医用画像処理

キーワード：画像解析 DSA X線造影像 IVR

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

胸腹部を対象とする手技の場合、呼吸動態が問題となる事例が多い。例として造影前後の X 線画像対を差分することによって、造影部位を強調した画像を得る Digital Subtraction Angiography (DSA) 撮影が挙げられる。画像間で被験者の状態が変わると、その変位量も強調されてしまい、利用価値が下がる。また、カテーテル誘導中の患者は自然呼吸下であり、リアルタイムに取得される X 線透視像と DSA 像とは呼吸位相が一致しないため、単純に比較することはできない。このため、医師は各画像を参照し、周囲の解剖学的情報からカテーテル位置や血管走行を推定し、誘導操作を行う。この工程は再現性や定量性が乏しく、過剰な被曝や造影剤の投与量の増加の要因となる。

### 2. 研究の目的

本研究課題では DSA の撮影に際し、撮影回数や撮影時間を最小限に抑えるため、手技内で撮影された X 線透視像や血管造影像を蓄積し、再利用することで画像撮影の回数削減を目指す。特に呼吸動態とそれに関連して動く各種臓器に関する知見は手技において有用な情報となり得るため、画像収集と同期して解析を行う。すなわち、蓄積した画像群にバックグラウンドでも各種画像処理を施す。これらの技術を統合することにより、自然呼吸下でもカテーテルの誘導操作に必要な情報提示が行えるシステム構築を行う。

### 3. 研究の方法

蓄積した血管造影像から呼吸動態を学習し、リアルタイムに取得された X 線透視像とから DSA 像を生成する手法を開発した。X 線透視像における画像特徴は被験者によって異なる上、最も呼吸動態と相関のある横隔膜は必ず撮影されるわけではない。そこで、機械学習手法を導入することにより、安定的かつリアルタイムに呼吸位相を同定する手法を構築した。

次に、周期性に基づいた成分分離手法を導入することで、血管造影像のみから DSA 像を生成する手法を構築した。通常は血管造影像とペアで X 線透視像が必要となるが、本手順では血管造影像のみから DSA 像が生成可能となる。ここで、一般的な血管造影撮影では血管全体を一枚の画像におさめることは困難である。すなわち、血管走行全体を確認するためには複数の画像に渡って参照する必要があるが、手間となる。複数枚の血管造影像を加算する手法が有効であるが、呼吸位相が異なる画像を加算するとアーチファクトの発生に繋がる。そこで、解析した呼吸動態の情報から、各画像の呼吸位相を特定の画像に合わせる手法を考案した。これにより、一枚の画像で血管走行全体が観察可能となる。

最終的にリアルタイムに取得される X 線透視像と DSA 像の呼吸位相を合致させ、カテーテル先端と血管分岐の位置・形状を直接比較できる画像診断手法を構築した。

### 4. 研究成果

最初に、Robust Principal Component Analysis (RPCA) を適用し、血管造影像から造影成分の抽出を試みた。このとき、造影成分の抽出結果は充分であった一方で、呼吸動態に伴うアーチファクトも同様に得られてしまった。そこで分離手法における制約項の追加を行った。本研究では CT 再構成などで利用される全変動および、X 線透視像の取り得る画素値の範囲を制約に加えた。得られた画像例を Fig. 1 に示す。また、画質を定量的に評価した結果を Fig. 2 に示す。



Fig. 1 造影成分分離結果

値が高いほうが、アーチファクトが少なく臨床における利用価値が高いことを示す。通常の DSA では、呼吸動態が直接アーチファクトの発生に繋がっており、横隔膜付近の血管を認識することが困難となっている。従来の RPCA を適用すると、アーチファクトが軽減できているものの、依然としてその抑制効果は限定的であることがわかる。提案手法においてもわずかなアーチファクトが確認できるものの、血管走行との重複が軽微で明瞭に血管を確認することができた。数値評価結果からも提案手法がもっともアーチファクトが軽減できていることがわかる。平均して 35% のアーチファクトが軽減できていた。

得られた造影成分を合成することにより、血管走行全体の可視化を行った。結果を Fig. 3 に

示す。呼吸などの体動を補正せずに合成した場合、体動に伴って変形や移動している血管が分散して可視化されている。しかし、提案手法により補正された画像で合成を行った場合には、不適切な位置ずれなく合成できることが確認された。

自然呼吸下で収集された血管造影画像のみから、精度よく造影成分のみが抽出できたものの、計算時間については大幅に増加する結果となった。臨床においてはリアルタイムに画像を収集・利用する必要があるため、高速化が課題であった。まず、GPUを用いた並列化を実施した。このとき、提案

手法において追加した制約項の最適化演算が並列処理に適していなかったため、基礎的な四則演算で近似的に最適化可能な手法へ変更した。最適化手法を変更したため、生成される画像の室が変化する可能性があったため、前述と同様の数値評価を行った。その結果、有意な差は認められず、目視評価においても軽微な差しか確認できなかった。計算時間に関しては、高速化前は1データセット当たり3時間を要していたが、高速化後では8秒程度で処理が完了することを確認した。すなわち、従来のDSAと同程度の時間で画像提示が行えることが示された。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1件)

- ① Takashi Ohnishi, Yuya Takano, Hideyuki Kato, Yoshihiko Ooka, Hideaki Haneishi: Respiratory-synchronized digital subtraction angiography based on a respiratory phase matching method, Signal, Image and Video Processing, 査読有, Vol. 12, Issue 3, pp. 539-547, (2017. 10) (DOI:10.1007/s11760-017-1190-8)

[学会発表] (計 6件)

- ① 河辺 杜生, 小倉 優理, 大西 峻, 加藤 英幸, 大岡 美彦, 酒井 智弥, 羽石 秀昭: ロバスト主成分分析を用いた造影領域強調処理の並列化による高速化, 電子情報通信学会技術報告, Vol. 118, No. 412, pp. 1-4, MI2018-59, メディカルイメージング連合フォーラム 2019, 沖縄県青年会館 2019
- ② Yuri Kokura, Takashi Ohnishi, Hideyuki Kato, Yoshihiko Ooka, Tomoya Sakai, Hideaki Haneishi: Generating a whole vessel image using robust principal component analysis and correction of breathing-oriented motion, International Young Researchers' Workshop on Multimodal Medical Imaging 2018, 2-C, Chiba, Japan 2018
- ③ 小倉 優理, 大西 峻, 加藤 英幸, 大岡 美彦, 酒井 智弥, 羽石 秀昭: ロバスト主成分分析と時相間変形を用いた血管ロードマップの生成, 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会 2017, A-2-04, 千葉大学西千葉キャンパス 2017
- ④ 市川 和輝, 大西 峻, 加藤 英幸, 大岡 美彦, 羽石 秀昭: 呼吸同期 DSA 像の生成を目的とした自動呼吸位相マッチング, 電子情報通信学会技術報告, Vol. 117, No. 220, pp. 5-7, 医用画像研究会, 千葉大学 2017
- ⑤ 小倉 優理, 大西 峻, 加藤 英幸, 大岡 美彦, 酒井 智弥, 羽石 秀昭: 先験情報付加によるロバスト主成分分析に基づく造影領域強調手法の改良, 第 36 回 日本医用画像工学会大会, OP6-2, じゅうろくプラザ 2017
- ⑥ 小倉 優理, 北上 侑乃丞, 加藤 英幸, 大岡 美彦, 大西 峻, 羽石 秀昭: ロバスト主成分分析と時相間変形を用いた血管走行全体の強調, 第 35 回 日本医用画像工学会大会, PP2, 千葉大学 けやき会館 2016

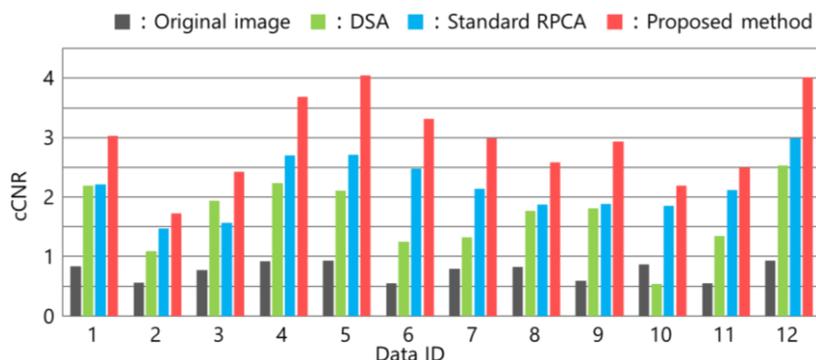


Fig. 2 画質定量評価結果

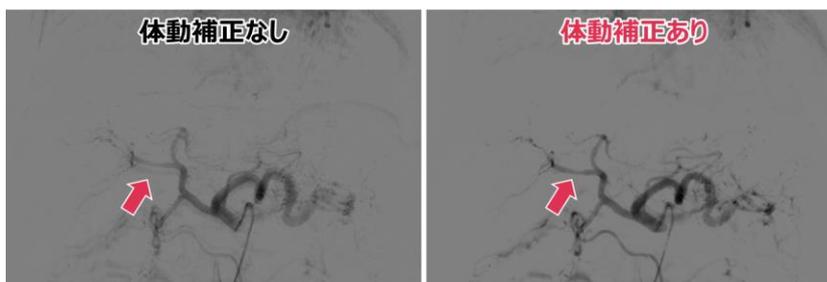


Fig. 3 複数造影成分合成結果

〔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

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：羽石 秀昭，酒井 智弥，大岡 美彦，加藤 英幸，  
高野 裕也，市川 和輝，小倉 優理，河辺 杜生

ローマ字氏名：(HANEISHI, Hideaki), (SAKAI, Tomoya), (OOKA, Yoshihiko), (KATO, Hideyuki),  
(TAKANO, Yuya), (ICHIKAWA, Kazuki), (KOKURA, Yuri), (KAWABE, Morio)

※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。