

平成 22 年 6 月 28 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2008 ～ 2009
 課題番号：20700170
 研究課題名（和文） ICA 縮退フィルタと多重解像度フィルタを用いた IVR 画像の画質改善法の開発
 研究課題名（英文） IVR image enhancement with ICA domain shrinkage filter and multi-scale filter
 研究代表者
 韓 先花（Han XianHua）
 立命館大学・総合理工学研究機構・研究員
 研究者番号：60469195

研究成果の概要（和文）：

本研究では、IVR画像の画質改善および血管強調に焦点を絞り、ICA ShrinkageフィルタとMultiscale フィルタを組み合わせた適応的(adaptive)な画質改善法の開発により、IVRの画質改善と血管強調の両方を同時に達成できる手法を開発し、その実用化を目指す。研究の成果が以下のとおりです。

- (1) IVR 画像における血管信号を強調する Multiscale フィルタを開発した；
- (2) IVR 画像に適した ICA Shrinkage フィルタの開発し、量子ノイズを除去した；
ICA Shrinkage フィルタの結果と Multiscale フィルタの結果を融合させる方法を開発し、画質改善（ノイズ除去）と血管強調が同時にできる手法を確立できた；
- (3) 開発した ICA Shrinkage フィルタと Multiscale フィルタ融合法が実際の I V R 動画像を応用した；
- (4) DV BV 法を用いた改善画像の定量評価。

研究成果の概要（英文）：

This research project mainly focus on IVR image quality improvement and vessel enhancement. We developed an adaptive ICA shrinkage filter and multi-scale filter for Poisson noise reduction and vessel extraction, and then fusion these two developed filters to achieve high quality IVR images with distinctive vessel and less noise effectiveness. Therefore, we want to apply the developed algorithms for real IVR image enhancement for diagnosis application. The research achievements are as the following:

- (1) Developed multi-scale filter for Vessel extraction from IVR images, and explore the high-speed algorithm;
- (2) Proposed an adaptive ICA shrinkage filter for Poisson noise reduction in IVR images, and then fusion the two developed algorithm for IVR image enhancement;
- (3) Applied our developed algorithm to real IVR images for diagnosis application;
- (4) Adopted DV BV methods for quantitative evaluation of the enhanced IVR images by different algorithms. Evaluation results showed that the enhanced image by our proposed algorithm has the highest DV/BV rate.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	600,000	180,000	780,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
総計	1,300,000	390,000	1,690,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：医用画像処理、画質改善、独立成分分析、縮退フィルタ、雑音除去、多重解像度フィルタ、IVR 画像

1. 研究開始当初の背景

(1) インターベンショナルラジオロジー (IVR) が血管系病変の治療において果たしている役割は極めて大きく、今後も医療の重要な手段として更に発展していくものと期待されている。この発展を工学面から支える重要な技術の一つが、透視の画質向上に関する技術である。

(2) IVR では、長時間の治療による被曝を極力少なくするため、通常撮影条件の数十分の一程度の条件での収集のため、線量不足による粒状性(量子ノイズ)が着目対象であるガイドワイヤ、カテーテル、血管系の視認性を悪くさせている。量子ノイズを除去すると同時に、血管などの線状陰影情報を強調させることが重要な研究課題となっている。

(3) 既存の研究：血管の抽出及び強調に関する研究は、Multiscaleフィルタによる方法やmodel-basedアプローチなどが提案されている。これらの手法は血管の強調や血管の抽出などに極めて有効な手法であるが、血管のみが強調あるいは抽出されているため、背景画像(骨などの画像)がなくなり、実際の診断や治療に使用できない；放射線画像に含まれている量子ノイズは信号に依存するため、従来のノイズ除去フィルタ派適用できない。我々はこれまで放射線画像における量子ノイズの除去に関する研究を行ってきており、画像の統計的性質に適応したICA (Independent Component Analysis) Shrinkageフィルタを提案した。しかし、ICA Shrinkageフィルタのみを用いると、量子ノイズの除去には有効であるが、血管信号などを強調することができない。

2. 研究の目的

本研究では、IVR 画像の画質改善および血管強調に焦点を絞り、我々がこれまで行ってきた ICA Shrinkage フィルタ技術と、従来の Multiscale フィルタを組み合わせ、量子ノイズを除去された背景画像と血管を強調された画像を融合させることにより、IVR の画質改善と血管強調の両方を同時に達成できる手法を開発し、その実用化を目指す。具体的目的が以下のとおりです。

- (1) IVR 画像における血管信号を強調する Multiscale フィルタを開発する；
- (2) IVR 画像に適した ICA Shrinkage フィルタの開発し、量子ノイズを除去する；

(3) ICA Shrinkage フィルタの結果と Multiscale フィルタの結果を融合させる方法を開発し、画質改善(ノイズ除去)と血管強調が同時にできる手法を確立する；

(4) IVR 画像は動画像であるので、従来の 1 次元独立成分分析で学習した基底関数においては、動画像特有な一部の特徴が失ってしまい、最適な基底関数とは言えない。本研究では、IVR 動画像に適した基底関数を抽出するために、多次元独立成分分析法および多次元 ICA Shrinkage フィルタを開発し、IVR 動画像の背景にあるノイズ除去を行った；

3. 研究の方法

本研究では、独立成分分析を用いて ICA Shrinkage フィルタを開発し、量子ノイズを除去する。また、Multiscale フィルタを開発し、血管信号の強調を行う。さらに、両結果を融合させることによる、IVR 画像の画質改善と血管信号強調を同時に達成する手法の確立と実用化を目指す。

(1) 研究初年度においては、IVR 静止画像を対象として、研究開発を行う。1 次元独立成分分析を用いて IVR 画像から基底関数を抽出して、ICA Shrinkage フィルタを開発し、量子ノイズの除去を行う。応募者はこれまで先行研究として 1 次元独立成分分析を用いて自然画像および医用 PET 画像に適した基底関数を抽出して、ICA Shrinkage フィルタを開発し、半影画像と医用 PET 画像に適用し、信号成分を劣化させることなく、量子ノイズを除去することができ、その有効性を示してきた。本研究では、これまで開発した手法を IVR 画像に適用し、IVR 画像の基底関数を抽出すると同時に、IVR 画像に適した ICA Shrinkage フィルタを開発する。具体的に以下の項目について研究を行う。(a) 独立成分分析を用いて IVR 画像から基底関数の抽出；(b) IVR 画像のノイズの分散の推定法の開発: ICA Shrinkage フィルタにおいては、ノイズの成分を推定するために、分解された各成分のノイズ分散を推定する必要がある。本研究では、基底関数はノイズ画像から直接求められたので、各成分の基底関数を用いて、ノイズの分散を推定する。(c) ICA Shrinkage フィルタの設計: 各成分のノイズ

分散及びその成分の係数を用いて最適なフィルタ関数を設計し、信号成分を劣化させることなく、ノイズが除去できるようにする。 Multiscale フィルタを開発し、血管などの線状信号を強調する。 ICA Shrinkage フィルタの結果と Multiscale フィルタの結果の融合方法を開発し、画質改善と血管強調が同時に達成できる手法を確立した。

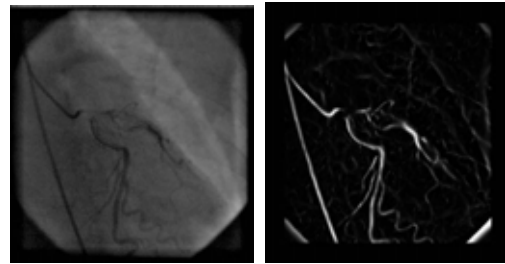
(2) 平成 21 年度においては、初年度で開発した手法をベースにして、IVR 動画を対象とする手法の開発を行った。さらに、実用化を目指した検証実験しました。3次元独立成分分析法及び多次元 ICA Shrinkage フィルタを開発する。IVR 画像は動画であるので、従来の1次元独立成分分析で学習した基底関数においては、動画特有な一部の特徴が失ってしまい、最適な基底関数とは言えない。ほかに、1次元独立成分分析は3次元動画にとって、計算コストが膨大となり、実現するのは困難である。そこで、3次元動画に適した3次元ICAを開発する必要がある。本研究では、IVR 動画に適した基底関数を抽出するために、多次元独立成分分析法および多次元 ICA Shrinkage フィルタを開発し、IVR 動画の背景にあるノイズ除去を行う；画質改善の実証実験：開発した画質改善方法は島津製作所医用機器事業部に現有する装置に実装し、画質改善方法の精度を実験的に評価し、検証を行った。

4. 研究成果

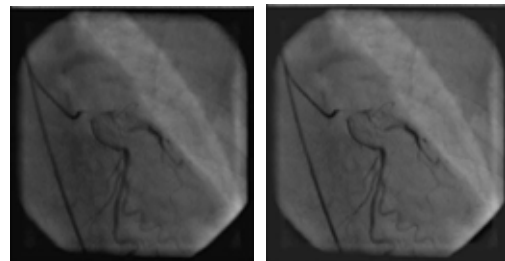
本研究では、IVR 画像の画質改善および血管強調に焦点を絞り、ICA Shrinkage フィルタと Multiscale フィルタを組み合わせた適応的 (adaptive) な画質改善法の開発により、IVR の画質改善と血管強調の両方を同時に達成できる手法を開発し、その実用化を目指す。初年度 ICA Shrinkage フィルタと Multiscale フィルタを開発して、画質改善と血管強調を行った。そして開発した両手法を組み合わせて、IVR 画像の量子ノイズを除去された背景画像と血管を強調された画像を融合させることにより、IVR の画質改善と血管強調の両方を同時に達成できる手法を開発した。従来法の単純な血管強調法や放射線画像における量子ノイズの除去法比べてより鮮明な画質が得られ、実際の診断や治療に使用可能になる。さらに、開発した画質改善と血管強調の手法を用いて島津製作所の IVR 装置が撮影した実際動画を処理し、その処理結果が評価すると、従来法より画質の改善と精度の向上が検証された。そして、開発した手法が実用化されると、医師の診断・治療精度を向上するだけでなく、患者の負担も軽減できるので、血管系病変の治療において果たしている

役割が極めて大きいだけでなく、社会的な効果も大きい。本手法は医用分野だけではなく、他の分野への応用も可能である。研究成果が以下のとおりです：

- (1) IVR 画像における血管信号を強調する Multiscale フィルタを開発して、IVR 画像の血管強調した (図1.(b)); 原画像は図1.(a) が示す);
- (2) IVR 画像に適した ICA Shrinkage フィルタの開発し、量子ノイズを除去した (図1.(c));
- (3) ICA Shrinkage フィルタの結果と Multiscale フィルタの結果を融合させる方法を開発し、画質改善 (ノイズ除去) と血管強調が同時にできる手法を確立できた (図1.(d));
- (4) 開発した ICA Shrinkage フィルタと Multiscale フィルタ融合法が実際の IVR 動画を応用して、従来の方法の結果と比較した (図 2);
- (5) DVBV 法を用いた改善画像の定量評価 (表 1)。

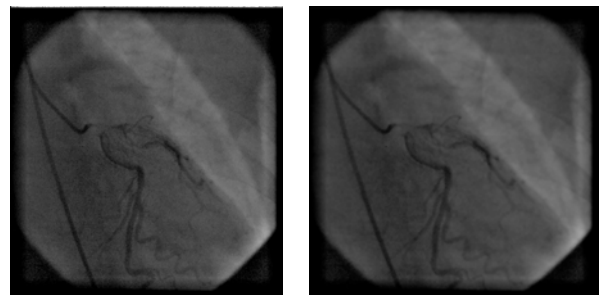


(a) 原画像 (b) Multiscale filter 結果



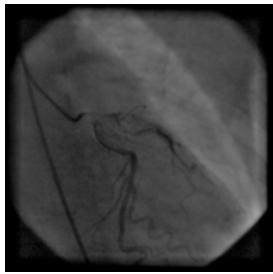
(c) ICA filter 結果 (d) 合成結果

図 1. 実験結果

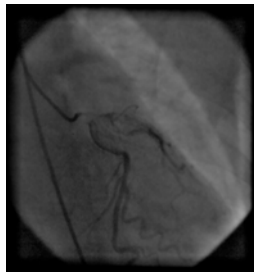


原画像

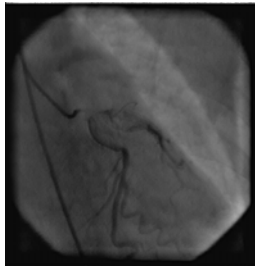
フィルタ画像



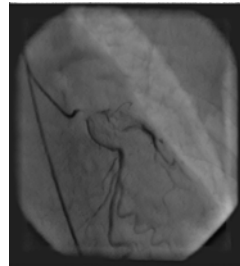
FFT フィルタ画像



DCT フィルタ画像



ICA フィルタ画像



ICA + Multiscale 合成画像

図 2 比較実験

表 1 DV-BV による実験結果の数値評価

Method	DV	BV	DV/BV
Original image	278.0	23.6	11.8
-filter	21.2	1.7	12.4
FFT Shrinkage	243.0	16.5	14.7
DCT Shrinkage	249.6	17.4	14.3
ICA Shrinkage	218.2	11.7	18.7
ICAS + Multi	194.9	9.4	20.7

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

Xian-Hua Han, Yen-Wei Chen, “A robust method based on ICA and mixture sparsity for edge detection in medical images”, Signal, Image and Video Processing, 2010,(appearing)

〔学会発表〕(計1件)

Kiyotaka Matsuo, Xianhua Han, Koichi Shibata, Yukio Mishina, Yoshihiro Mukuta and Yen-Wei Chen, “Noise Reduction and Signal Enhancement in IVR Images by ICA Shrinkage

Filters and Multiscale Filters”, The 23rd International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, Yamaguchi,2008/07/09

〔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

<http://www.iipl.is.ritsumeai.ac.jp/theme/externalfund/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

韓 先花 (Han XianHua)

立命館大学・総合理工学研究機構・研究員

研究者番号：60469195