

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11260

研究課題名（和文）グラフ信号処理の基礎研究及びビッグデータへの応用

研究課題名（英文）Fundamental Research of Graph Signal Processing and Its Applications to Big Data

研究代表者

張 熙 (ZHANG, XI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：40251706

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、奇数次で偶対称の線形位相FIRフィルタにおける多項式変換および因数分解による2チャンネルグラフフィルタバンクの設計法を提案した。分解側と合成側ローパスフィルタの振幅特性を、多項式変換を用いて、周波数領域からグラフスペクトル領域へ変換した。このとき、分解側と合成側で多項式で表現できない部分が存在するため、新たな多項式に置換し、グラフフィルタを設計した。そして、フィルタバンクが完全再構成となるための多項式の条件を導出した。また、グラフ信号処理の手法を画像処理へ適用した。画像の各画素を頂点と見立て、画素間を辺で接続し、様々なパターンのグラフを作成し、性能調査・比較を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

周知のように、ネットワークは重み付きグラフによって表現できる。グラフは、データの一般的な表現形式であり、その幾何的構造を記述するために有用である。ソーシャルネットワーク、センサーネットワーク、ニューラルネットワークなどのような応用では、高次元データは、自然に重み付きグラフの頂点上に存在する。様々なネットワークから集められた膨大な量のデータから有用な情報を抽出する必要があるため、有用な情報を効率よく抽出するための革新的なアプローチが必要不可欠である。グラフ信号処理は、様々なグラフ信号に対し効率的な保存・伝送・解析の手段を提供する。具体的には、フィルタリング、ノイズ除去や圧縮などの応用がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed a method for designing two-channel graph filter banks by polynomial transformation and factorization of odd-order and even-symmetrical linear phase FIR filters. The amplitude responses of the analysis and synthesis lowpass filters were converted from the frequency domain to the graph spectrum domain by using polynomial transformation. At this time, since there are parts that cannot be expressed by polynomials in the analysis and synthesis lowpass filters, we replaced them with new polynomials and designed graph filters. Then, the condition of the polynomials for the filter bank to be perfectly reconstructed was derived. We also applied the graph signal processing method to image processing. Each pixel of the image was regarded as a vertex, the pixels were connected by edges, various patterns of graphs were created, and performance surveys and comparisons were performed.

研究分野：信号処理

キーワード：グラフ 信号処理 画像処理 ビッグデータ フィルタバンク ウェーブレット

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

周知のように、ネットワークは重み付きグラフによって表現できる。グラフは、データの一般的な表現形式であり、その幾何的構造を記述するために有用である。ソーシャルネットワーク、センサーネットワーク、ニューラルネットワーク、エネルギーネットワーク、交通網などのようなアプリケーションでは、高次元データは、自然に重み付きグラフの頂点上に存在する。様々なネットワークから集められた膨大な量のデータから有用な情報を抽出する必要がある。そのため、有用な情報を効率よく抽出するための革新的なアプローチが必要不可欠である。

科学・工学の多くの分野でグラフ信号の例がみられる。交通網においては、病気の伝播を記録する疫学データ、人類移動パターンを記録するセンサデータや貨物の梱卸しを記録する物流データなどの分析が必要である。また、脳画像では、大脳皮質の機能領域を頂点とし、機能領域間のつながりを辺とする重み付きグラフによって表現できる。よって、ノイズを含む fMRI 画像は重み付きグラフ上の信号として扱うことができる。マシンビジョンや自動学習分類などのような統計学習アプリケーションでは、データポイント間の類似度を表すために重み付きグラフがよく用いられる。

従来の信号処理では、音声や画像などのようなユークリッド空間上に配置された信号が扱われてきた。時間(空間) 周波数解析により、周波数領域において、信号を効果的に処理・圧縮することができ、信号処理の有用な理論や手法などが確立されている。例えば、フーリエ変換や、ウェーブレット変換などがよく用いられている。しかし、信号自身の構造は、それほど重要視されてこなかった。

グラフ信号処理は、従来の信号処理と異なり、信号の構造が明確に指定されている。そのため、グラフ信号の構造を考慮したグラフ信号処理の理論を構築する必要がある。単純な例として、信号のシフトについて考える。従来の離散時間信号においては、1 サンプルのシフト操作は、時間的に1 サンプル前後の信号を意味する。しかし、グラフ信号では、同様なシフト操作はうまく働かない。なぜなら、頂点の番号はグラフ信号値からはどのように付けられたか？物理的に近い位置か、または近い値を持つかはわからないからである。また、頂点に多数の辺がつながっているとき、シフト操作は何も意味を持たない。この例から分かるように、グラフ信号処理に従来の信号処理技術を直接使用するだけでは、効果的に解析することができない。従って、グラフ信号のために従来の信号処理と同種の変換を再定義する必要があり、グラフ信号処理の基礎理論を構築しなければならない。

2. 研究の目的

グラフ信号処理の目的は、様々なグラフ信号に対し、効率的な保存・伝送・解析の手段を提供することである。従来の信号処理と同様に、フィルタリング、ノイズ除去や圧縮などのアプリケーションが考えられる。しかし、信号の構造が明確に指定されているために、従来の信号処理における強力な解析ツールであるフーリエ変換やウェーブレット変換などをそのまま利用することができない。そのため、グラフ信号処理への拡張を考え、新しいグラフウェーブレットフィルタバンクを構築することが必要である。

グラフ信号処理の最近の発展は、グラフ理論、特にスペクトルグラフ理論を調和解析・信号処理へ統合していくことである。スペクトルグラフ理論では、専らグラフ自体の解析、すなわちグラフラプラシアン行列の固有値と固有ベクトルの解析が中心となっているが、グラフの頂点上に定義された信号の解析を主目的とするグラフ信号処理とは異なる。スペクトルグラフ理論から、グラフラプラシアン行列の固有ベクトルを用いたグラフフーリエ変換が定義され、グラフ信号の周波数解析が可能となった。また、グラフウェーブレット変換も提案され、グラフ信号の圧縮やノイズ除去などのアプリケーションにおいて威力が発揮している。グラフウェーブレット変換では、様々なグラフ信号に対し多様なグラフウェーブレット基底を用意する必要がある。しかし、グラフウェーブレット変換に関する研究は、まだ十分とは言えず、その設計手法も限られている。そのため、実際のアプリケーションでの多種多様な要求に応える新しい設計法の開発が急務となっている。

本研究では、従来の信号処理理論から信号処理の概念や方法などをグラフ信号処理へ拡張し、グラフ構造を利用した効率的な処理アルゴリズムの開発を目的とする。具体的に、グラフウェーブレット変換に着目し、基礎となるグラフウェーブレットフィルタバンクの新しい設計法を提案する。ウェーブレット変換は、フーリエ変換と異なり、基底の選択に自由度があるため、アプリケーションに合わせてグラフフィルタバンクを設計する。

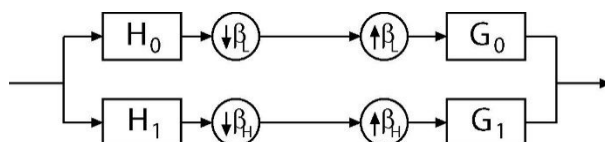


図1 2チャンネルグラフウェーブレットフィルタバンク

3. 研究の方法

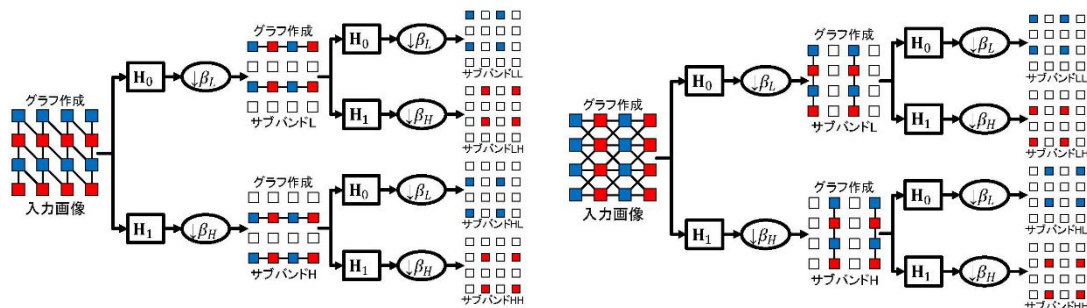
2チャンネルグラフウェーブレットフィルタバンクを図1に示す．図1において， H_0 と H_1 は分析フィルタの変換行列， G_0 と G_1 は合成フィルタの変換行列である．また， H_0 ， G_0 は低域通過フィルタ， H_1 ， G_1 は高域通過フィルタである．グラフ信号は，低域と高域通過フィルタより処理された後，ダウンサンプリングされ，低スペクトル成分と高スペクトル成分に分割される．合成側では，アップサンプリングした後，それぞれ G_0 と G_1 を通し再構成される．入力信号と同じ出力信号を得るには，フィルタバンクが完全再構成条件を満たす必要がある．また，冗長性を無くすために直交条件も必要となる．さらに，大規模グラフの場合，一般的に固有値分解は非常に困難となる．そのため，グラフラプラシアン行列の固有値分解を必要とせず，フィルタを効率的に実装するには，各フィルタカーネルを多項式で近似する必要があり，各フィルタスペクトルを所望特性に近づけるようにフィルタカーネルを多項式で近似する．

従来の信号処理では，2チャンネル完全再構成フィルタバンクが既に提案されている．その中の線形位相 FIR フィルタバンクから，線形変換 $\omega = \lambda\pi/2$ を用いて2チャンネルグラフフィルタバンクを得る方法があった．その方法では，チェビシェフ多項式を用いてグラフフィルタカーネルを近似するため，フィルタバンクの完全再構成条件が満たさなくなる問題点があった．そこで，線形変換での問題点を解消するため，多項式変換 $\cos(\omega) = f(\lambda)$ を用いた2チャンネルグラフフィルタバンクの設計法が考えられた．偶数次で偶対称の線形位相 FIR フィルタの場合，まず分解側と合成側のローパスフィルタの振幅特性を，多項式変換 $\cos(\omega) = f(\lambda)$ を用いて，周波数領域からグラフスペクトル領域へ変換し，多項式のグラフフィルタを設計した．そして，従来の信号処理における2チャンネルフィルタバンクの再構成条件をグラフスペクトル領域に変換し，2チャンネルグラフフィルタバンクの再構成条件を満たすための多項式 $f(\lambda)$ の条件を導出した．

本研究では，奇数次で偶対称の線形位相 FIR フィルタにおける多項式変換および因数分解による2チャンネルグラフフィルタバンクの設計法を提案した．まず分解側と合成側ローパスフィルタの振幅特性を，多項式変換 $\cos(\omega) = f(\lambda)$ を用いて，周波数領域からグラフスペクトル領域へ変換した．このとき，分解側と合成側それぞれ多項式で表現できない部分 $\sqrt{(1+f(\lambda))/2}$ が存在するため，新たな多項式 $e_H(\lambda)$ ， $e_G(\lambda)$ に置換し，グラフフィルタを設計した．そして，フィルタバンクが完全再構成となるための多項式 $e_H(\lambda)$ ， $e_G(\lambda)$ の条件を導出した．そこから， $(1+f(\lambda))/2$ を因数分解することで， $e_H(\lambda)$ ， $e_G(\lambda)$ を決定した．さらに，因数分解の組み合わせの数を増やし，直交フィルタバンクに近づけるため，分解側のフィルタがより高次で，三重零点を持つ線形位相 FIR フィルタの場合についても，合成側のフィルタを変えずに，分解側の振幅特性だけ変形した後，多項式変換 $\cos(\omega) = f(\lambda)$ を用いて，グラフスペクトル領域へ変換した． $(1+f(\lambda))^2/4$ を因数分解することにより，線形位相 FIR フィルタの振幅特性に近くかつ直交性が高い $e_H(\lambda)$ ， $e_G(\lambda)$ を決定した．

また，グラフ信号処理の手法を画像処理へ適用した．画像をグラフ信号として考える必要があるため，画像を構成する各画素を頂点と見立て，画素間を辺で接続し，各画素値をグラフの各頂点上に配置されたグラフ信号と解釈すればよい．なお，画素間の辺の接続方法は任意であるため，同一の画像に対し多数の相異なるグラフを作成することが可能である．そのため，画像をグラフ信号として考えると，より柔軟性の高い処理を行うことができる．画像に対する従来のグラフ作成法では，各画素に対し，隣接する上下左右の画素との間に辺を接続してできる格子状のグラフと，隣接する斜め方向の画素との間に辺を接続してできるグラフがあった．どちらのグラフも2部グラフである．これらのグラフは，2チャンネルグラフフィルタバンクによる画像処理を行う際によく用いられてきた．

ノイズ除去や圧縮などの様々な画像処理を行う際，グラフウェーブレットフィルタバンクを用いて，画像をいくつかのサブバンド画像に分割する必要がある．まず，入力画像において，各画素に対し，画素間に辺を接続することでグラフを作成し，グラフの各頂点にインデックスを割り当てる．そして，グラフの隣接行列と次数行列を求め，正規化グラフラプラシアンを計算する．次に，グラフの各頂点に付随する画素値を，インデックスの順番に従って並び変えることで，画像を1次元のグラフ信号へ変換し，正規化グラフラプラシアンを用いて，ローパスフィルタおよびハイパスフィルタで処理する．それぞれのフィルタの出力を1次元信号から2次元信号へ戻し，作成したグラフにおいて，2部グラフを考えてダウンサンプリングを行い，サブバンド画像



(a) パターン1 (b) パターン2
図2 画像に対するグラフ作成例

LとHを得る．得られたサブバンド画像LとHに対し，同様に2部グラフを作成し，両者の正規化グラフラプラシアンを計算する．サブバンド画像を1次元信号へ変換してフィルタ処理を行い，フィルタの出力を2次元信号へ戻し，ダウンサンプリングし，サブバンド画像LL, LHおよびHL, HHを得る．画像からサブバンド画像LL, LH, HL, HHを得る流れを図2に示す．従来の隣接する上下左右の画素との間に辺を接続する格子状のグラフと，隣接する斜め方向の画素との間に辺を接続するグラフ以外に，様々なパターンのグラフ作成が可能である．本研究で作成した数十パターンの中の性能が比較的良い二つのグラフを図2に示した．

4. 研究成果

奇数次で偶対称のD-8/4線形位相FIRフィルタバンクを用いて，2チャンネルグラフフィルタバンクを設計した．このフィルタバンクは，次数が7次と3次なので，分解側ローパスフィルタの次数が高く，三重零点を持つ．そのため，多項式変換 $\cos(\omega) = f(\lambda)$ を用いるとき， $(1 + f(\lambda))^2/4$ を因数分解することで，多項式 $e_H(\lambda), e_G(\lambda)$ を求め，グラフフィルタを設計した．線形変換 $\omega = \lambda\pi/2$ と，多項式変換 $\cos(\omega) = f(\lambda)$ および因数分解を用いて設計したグラフフィルタの直交性を検証した．その結果，直交性が0.7以上となる $e_H(\lambda), e_G(\lambda)$ を求めたところ，4つのグラフフィルタが得られた．得られたグラフフィルタのグラフスペクトル特性を図3に示す．図3では，4つのグラフフィルタの直交性が，線形変換のときの直交性 $=0.7497$ に比べ，改善されている．グラフスペクトル特性に関しては，パターン1, 2, 4のとき，線形変換に比べ，良くなった．その中， $=0.9117$ ，すなわち，パターン2のグラフスペクトル特性が最も良かった．

本研究では，交通網に対して，提案した2チャンネルグラフフィルタバンクを実装した．また，高周波数成分を圧縮して再構成することで，圧縮性能の調査を行った．図4にグラフ信号の一例を示す．これは，アメリカのミネソタ州の高速道路の交通網を表すグラフ信号である．頂点は全部で2642個あり，頂点間を結ぶ辺は除いてある．右横のcolor barは各頂点での信号値の分布を色で表したものである．奇数次で偶対称のD-8/4線形位相FIRフィルタバンクを用いて設計したグラフフィルタバンクにおいて，1レベル分解を行い，すべての低周波数成分と一部の高周波数成分を用いて再構成を行った．再構成で用いる高周波数成分は，絶対値が大きいものから順に取り出し，その割合を1%間隔で上位15%まで変化させて，信号対雑音比(SNR)を計算した．その結果，グラフスペクトル特性が良くないパターン3では，線形変換の方が性能良く，パターン1, 2, 4では，多項式変換の方が性能良くなった．その中でも，パターン2のとき，最も性能が良いことが分かった．D-8/4フィルタバンクから線形変換と，多項式変換で設計したグラフフィルタバンクのパターン2を用いて，すべての低周波数成分と高周波数成分上位1%で再構成した結果を図5に示す．図5から，線形変換のとき，左側で発生していた誤差(信号値が赤の所)が，パターン2ではなくなり，改善されていることが分かった．

また，各種のテスト画像に対し，本研究で作成したグラフパターンそれぞれにおいて，グラフウェーブレットフィルタバンクによる5レベルの帯域分割を行った．次に，高周波数成分のサブバンド画像において，画素値の絶対値が上位5%の画素を取り出し，そして，低周波数成分のサブバンド画像を加えて再構成を行い，得られた再構成画像を性能(PSNR)評価した．さらに，従来の信号処理手法の離散ウェーブレットフィルタバンクと，グラフウェーブレットフィルタバンクにおける従来のグラフ作成法と圧縮性能を比較した．それらの再構成画像を図6に示す．図6から，従来の離散ウェーブレットフィルタバンクで得られた再構成画像(図6(a))には，白黒のモヤモヤとしたアーチファクトが発生し，従来のグラフ作成法によるグラフウェーブレットフィルタバンクで得られた再構成画像(図6(b))には，エッジの部分においてギザギザとしたアーチファクトが発生していることが確認できる．これらのアーチファクトは，特にイラスト画像において顕著に見られた．しかし，提案したグラフ作成法によるグラフウェーブレットフィルタバンクで得られた再構成画像(図6(c))では，これらのアーチファクトがかなり軽減されており，原画像により近くなっていることが確認できる．そのとき，PSNR=25.63dBで，三つの再構成画像の中で最も高いことが分かる．

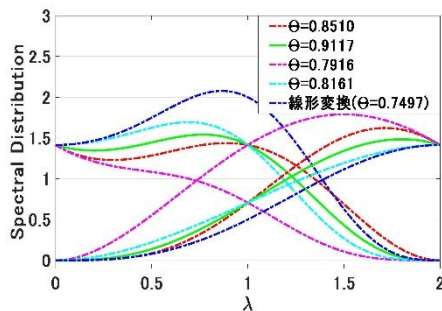


図3 グラフスペクトル特性

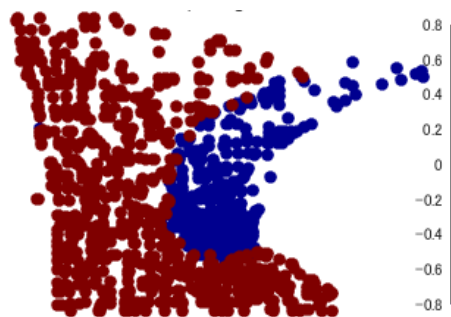
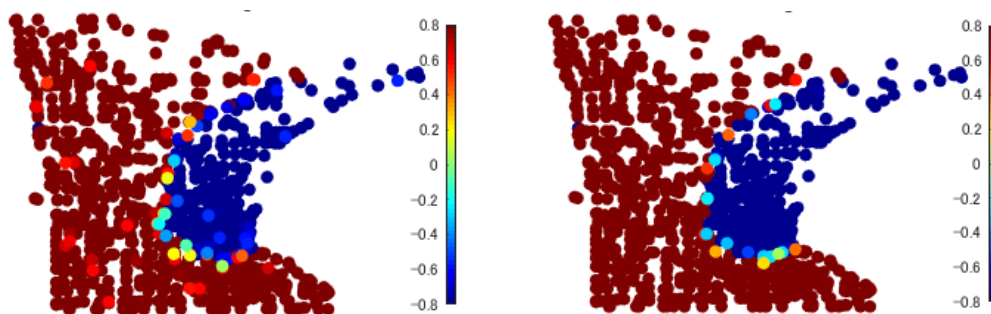
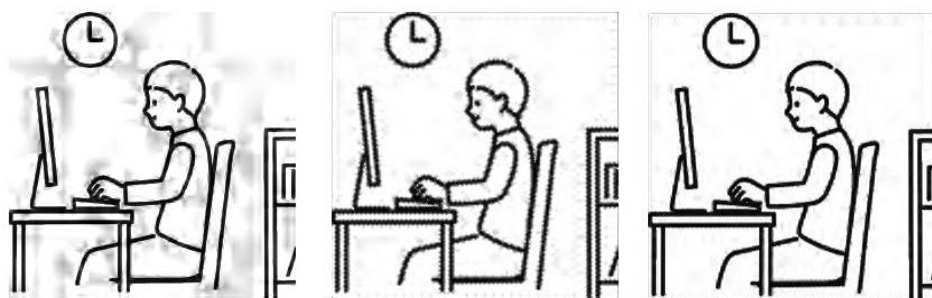


図4 グラフ信号の例



(a) 線形変換 (SNR = 19.52 dB) (b) 多項式変換 (SNR = 22.80 dB)

図5 D-8/4 パターン 2 を用いた場合の再構成信号(高周波数成分上位 1%)



(a)

(b)

(c)

図6 フィルタバンク処理による再構成画像の比較(高周波数成分上位 5%) . (a) 従来の離散ウェーブレットフィルタバンク (PSNR = 23.03 dB), (b) グラフウェーブレットフィルタバンクの従来法 (PSNR = 21.14 dB), (c) グラフウェーブレットフィルタバンクの提案法 (図 2 のパターン 2) (PSNR = 25.63 dB).

<引用文献>

- D. I. Shuman, S. K. Narang, P. Frossard, A. Ortega and P. Vandergheynst, "The emerging field of signal processing on graphs," IEEE Signal Process. Mag., pp.83-98, May 2013.
- A. Sandryhaila and J. M. F. Moura, "Big data analysis with signal processing on graphs," IEEE Signal Process. Mag., pp.80-90, Sept. 2014.
- D. K. Hammond, P. Vandergheynst and R. Gribonval, "Wavelets on graphs via spectral graph theory," Appl. Comput. Harmon. Anal., vol.30, no.2, pp.129-150, 2011.
- S. K. Narang and A. Ortega, "Perfect reconstruction two-channel wavelet filter banks for graph structured data," IEEE Trans. Signal Process., vol.60, no.6, pp.2786-2799, June 2012.
- A. Sandryhaila and J. M. F. Moura, "Discrete signal processing on graphs: Frequency analysis," IEEE Trans. Signal Process., vol.62, no.12, pp.3042-3054, June 2014.
- S. K. Narang and A. Ortega, "Compact support biorthogonal wavelet filterbanks for arbitrary undirected graphs," IEEE Trans. Signal Process., vol.61, no.19, pp.4673-4685, Oct. 2013.
- A. Sandryhaila and J. M. F. Moura, "Discrete signal processing on graphs: Frequency analysis," IEEE Trans. Signal Process., vol.62, no.12, pp.3042-3054, June 2014.
- X. Zhang, "Design of orthogonal graph wavelet filter banks," Proc. of IECON 2016, Nov. 2016.
- X. Zhang, "Design of two channel biorthogonal graph wavelet filter banks with half-band kernels", IEICE Trans. Fundamentals, vol.E100-A, no.9, pp.1743-1750, Sept. 2017.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 I. Funahashi, T. Yoshida, X. Zhang, M. Iwahashi	4. 巻 E105-D
2. 論文標題 Image Adjustment for Multi-exposure Images Based on Convolutional Neural Networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Trans. Information and Systems	6. 最初と最後の頁 123-133
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf2021EDP7087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 X. Zhang	4. 巻 1
2. 論文標題 Wavelet Filter Banks Using Allpass Filters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IntechOpen	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5772/intechopen.94519	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 R.Kato, X.Zhang
2. 発表標題 Reducing Residual Frame Information In Wavelet Video Coding Using Bandlet Transform
3. 学会等名 The 3rd ASEAN-UEC Workshop on Informatics and Engineering for SDGs（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H.Morozumi, X.Zhang
2. 発表標題 HDR Image Composition Using Undecimated Discrete Wavelet Transform
3. 学会等名 The 3rd ASEAN-UEC Workshop on Informatics and Engineering for SDGs（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y.Kitajima, X.Zhang
2. 発表標題 Threshold Estimation of Wavelet Shrinkage Using Fuzzy Theory for Flicker Reduction of Motion JPEG 2000
3. 学会等名 The Irago Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 R.Kato, X.Zhang
2. 発表標題 Improvement of Spatial Transform for Residual Frame in Wavelet Video Coding using Block Matching
3. 学会等名 The Irago Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S.Uchiyama, X.Zhang
2. 発表標題 Blood Vessels Segmentation for Fundus Images Using Machine Learning and Image Pre-processing
3. 学会等名 The Irago Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H.Morozumi, X.Zhang
2. 発表標題 Improvement of Weight Generation in Frame Interpolation of Videos
3. 学会等名 The Irago Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K.Kawai, X.Zhang
2. 発表標題 Compression Performance of Sampling Patterns Suitable for Image Edges
3. 学会等名 The Irago Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Uchiyama, X. Zhang
2. 発表標題 Blood Vessels Segmentation Algorithm for Fundus Images
3. 学会等名 The Irago Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 C. Y. Ge, X. Zhang
2. 発表標題 Image Compression Via Adaptive Triangulation Approximation Using Feature Points
3. 学会等名 The Irago Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kitajima, X.Zhang
2. 発表標題 Threshold Estimation of Wavelet Shrinkage Using Median Filter for Flicker Reduction of H.264/AVC
3. 学会等名 The Irago Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内山蒼介, 張熙
2. 発表標題 HOG特徴量とガボールフィルタを用いた眼底画像の血管抽出
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Ebisuyu, X. Zhang
2. 発表標題 Edge-aware Graph Wavelet Transform for Image Compression
3. 学会等名 The Irago Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Hirasawa, X. Zhang
2. 発表標題 Improvement of Frame Interpolation with Trajectories of Feature Points
3. 学会等名 The Irago Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Matsuura, X. Zhang
2. 発表標題 Improvement of Region Weight Generation Method for Frame Interpolation
3. 学会等名 The Irago Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 張熙, 宮川愛加
2. 発表標題 画像フュージョン技術とIoT
3. 学会等名 第9回横幹連合コンファレンス(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関