

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 26 日現在

機関番号：14403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400202

研究課題名(和文) 多次元マルチウェーブレット解析とその画像処理への応用

研究課題名(英文) Multidimensional multiwavelet analysis and its application to image processing

研究代表者

芦野 隆一 (Ashino, Ryuichi)

大阪教育大学・教育学部・教授

研究者番号：80249490

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ウェーブレット解析を用いたブラインド信号源分離の数学的基礎を研究した。ブラインド信号源分離の新しいアルゴリズムを提案し、その有用性を示した。多次元マルチウェーブレット解析を使った画像解析を研究し、画像分離のアルゴリズムを提案した。四元数に値を持つ関数のフーリエ解析並びにウェーブレット解析の基礎的な研究を行った。四元数値関数のコンボリューションに関するいろいろな定理を研究し、得られた結果を論文として発表した。また、圧縮センシングを使った符号化において誤り訂正のための手法を提案し、その得失に関して数値実験を行い、得られた結果を論文として発表した。

研究成果の概要(英文)：Mathematical basics of blind source separation based on wavelet analysis were studied. Our proposed methods for blind source separation were verified by numerical simulations. Blind source separation algorithms for images based on multidimensional multiwavelet were proposed. Fundamental studies on Fourier analysis and wavelet analysis of quaternion valued functions were investigated. Various theorems on convolution of quaternion valued functions were presented. These convolution theorems are related to filters and linear systems in engineering. An error-correcting code based on compressive sensing was proposed and its validity was demonstrated through numerical experiments.

研究分野：数学一般(含確率論・統計数学)

キーワード：ウェーブレット解析 マルチウェーブレット 画像処理 多重解像度解析 四元数 スパース表現

1. 研究開始当初の背景

ハイパースペクトルセンシングは、観測衛星や人工地震によって得られる観測以外にも、工場での生産や検査、品質管理におけるコンベヤー搬送やロールラインなどに設置されたハイパースペクトルセンサーカメラ等によって活発に行われている。ある種のハイパースペクトルセンシングでは、非常に狭い範囲の周波数帯ごとの情報を得ることができる。得られた情報から必要な時間周波数情報にアクセスするためには、何らかの適切な時間周波数解析を行う必要がある。

2. 研究の目的

画像解析における重要なテーマのひとつであるハイパースペクトルイメージングがある。これは、可視光だけではなく人間が見ることができない電磁波のスペクトル情報を広範囲に観測して対象物を詳しく解析する技術である。本研究では、多次元マルチウェーブレット解析をハイパースペクトルイメージングに応用するための数学的基礎について研究する。

3. 研究の方法

我々はこれまでの研究において、周波数領域で方向性を持った複数のウェーブレット関数を使い、異なったタイプの複数のウェーブレット関数による時間周波数情報を比較することができる多次元連続マルチウェーブレット変換を提案し、その離散化を行い、ブラインド画像分離問題に適用していくつかの成果を得てきた。この多次元マルチウェーブレット解析をハイパースペクトルイメージングに応用するための数学的基礎について研究する。

4. 研究成果

ウェーブレット解析を用いたブラインド信号源分離の数学的基礎を研究した。ブラインド信号源分離の新しいアルゴリズムを提案し、シミュレーションによりその有用性を示した。多次元マルチウェーブレット解析を使った画像解析を研究し、画像分離のアルゴリズムを提案した。四元数に値を持つ関数のフーリエ解析並びにウェーブレット解析の基礎的な研究を行った。コンボリューションはフィルターや線形システムに関係するため、四元数値関数のコンボリューションに関するいろいろな定理を研究し、得られた結果を論文として発表した。また、圧縮センシングを使った符号化において誤り訂正のための手法を提案し、その得失に関して数値実験を行い、得られた結果を論文として発表した。

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 16 件)

1. R. Ashino, T. Mandai, A. Morimoto, Scaling functions generating fractional Hilbert transforms of a wavelet function, J. Math. Soc. Japan, 67(3), 1275-1294, (2015).

2. R. Ashino, T. Mandai, A. Morimoto, An estimation method of shift parameters in image separation problem, Current Trends in Analysis and Its Applications: Proceedings of the 9th ISAAC Congress, Krakow 2013, Mityushev, Vladimir, Ruzhansky, Michael V. (Eds.), Birkhauser, 467-473, (2015).

3. A. Morimoto, R. Ashino, K. Ikebe, M. Tatsumi, T. Mandai, Fractional Hilbert transforms of biorthogonal wavelets, Proceedings of 12th International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG 2015, 347-352, (2015).

4. M. Bahri, R. Ashino, Convolution and correlation theorems for Wigner-Ville distribution associated with linear canonical transform, Proceedings of 12th International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG 2015, 341-346, (2015).

5. N. Ikawa, A. Morimoto, R. Ashino, A phase synchronization model between auditory brainstem response and electroencephalogram, Proceedings of 2015 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Guangzhou, 12-15 July, 2015, 111-116, (2015).

6. A. Morimoto, R. Ashino, T. Mandai, Image separation using n-tree wavelet transforms, Proceedings of 2015 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Guangzhou, 12-15 July, 2015, 93-98, (2015).

7. M. Bahri, R. Ashino, Convolution and correlation theorems for continuous reduced biquaternion wavelet transform, Proceedings of 2015 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Guangzhou, 12-15 July, 2015, 81-86, (2015).

8. R. Ashino, T. Mandai, A. Morimoto, Multistage blind source separations by

wavelet analysis,
Int. J. Wavelets Multiresolut. Inf. Process., 12(4), 1460004, 25, (2014).

9. M. Bahri, R. Ashino, R. Vaillancourt, Convolution theorems for Clifford Fourier transform and properties, J. Indones. Math. Soc., 20(2), 125-140, (2014).

10. M. Bahri, R. Ashino, R. Vaillancourt, Continuous quaternion Fourier and wavelet transforms, Int. J. Wavelets Multiresolut. Inf. Process., 12(4), 1460003, 21, (2014).

11. A. Morimoto, R. Ashino, K. Ikebe, T. Mandai, M. Tatsumi, Filter coefficients of the fractional Hilbert transforms of biorthogonal wavelets, Proceedings of 2014 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 13-16 July, 2014, Lanzhou, China, 134-139, (2014).

12. M. Bahri, R. Ashino, Relationship between quaternion linear canonical and quaternion Fourier transforms, Proceedings of 2014 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 13-16 July, 2014, Lanzhou, China, 116-121, (2014).

13. N. Ikawa, A. Morimoto, R. Ashino, The detection of the relation of the stimulus intensity-latency of auditory brainstem response using optimal wavelet analysis, Proceedings of 2014 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 13-16 July, 2014, Lanzhou, China, 127-133, (2014).

14. R. Ashino, R. Vaillancourt, Phase transitions in error correcting and compressed sensing by l^1 linear programming, Int. J. Wavelets Multiresolut. Inf. Process., 11(4), 1360004, 16, (2013).

15. M. Bahri, R. Ashino, R. Vaillancourt, Convolution and correlation based on discrete quaternion Fourier transform, Abstr. Appl. Anal., Art. ID 162769, 10, (2013).

16. M. Bahri, R. Ashino, R. Vaillancourt, Convolution theorems for quaternion

Fourier transform: properties and application, Information, 16(11), 7837-7848, (2013).

〔学会発表〕(計 9 件)

1. R. Ashino, T. Mandai, A. Morimoto, A blind separation method based on multiwavelet analysis, The International Congress on Industrial and Applied Mathematics, Beijing, 2015/08/13.

2. M. Bahri, R. Ashino, Convolution and correlation theorems for continuous reduced biquaternion wavelet, The 2015 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR), Guangzhou, China, 2015/07/13.

3. R. Ashino, Multiwavelet analysis and its application to signal processing, RIMS 研究集会調和解析と非線形偏微分方程式, 2015/07/06.

4. M. Bahri, R. Ashino, Convolution and Correlation Theorems for Wigner-Ville Distribution Associated with Linear Canonical Transform, The twelfth International Conference on Information Technology: New Generations, Las Vegas, Nevada, USA, 2015/04/14.

5. R. Ashino, Blind source separation using wavelet analysis, 2014 A3 Foresight Program Conference on Modeling and Computation of Applied Inverse Problems, International Convention Center Jeju, South Korea, 2014/11/22.

6. M. Bahri, R. Ashino, Relationship between quaternion linear canonical and quaternion Fourier transforms, The 2014 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR), Lanzhou, China, 2014/07/15.

7. R. Ashino, スパース表現と圧縮センシング
地球流体現象の疎構造科学技術試験研究委託事業「数学協働プロジェクト」スタディグループ, 京都大学数理解析研究所, 2014/03/14.

8. M. Bahri, R. Ashino, Correlation theorems for type II quaternion Fourier transform, 2013 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR),

Tianjin, China, 2013/07/15.

9. M. Bahri, R. Ashino,
Two-dimensional quaternion wavelet
transform,
The sixth international conference on
information, Tokyo, 2013/05/08.

〔図書〕(計 1 件)

山田道夫・萬代武史・芦野隆一，応用のた
めのウェーブレット，共立出版，2016.

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

芦野 隆一 (ASHINO RYUICHI)
大阪教育大学・教育学部・教授
研究者番号：80249490

(2) 研究分担者

萬代 武史 (MANDAI TAKESHI)
大阪電気通信大学・工学部・教授
研究者番号：10181843

(3) 研究分担者

守本 晃 (MORIMOTO AKIRA)
大阪教育大学・教育学部・教授
研究者番号：50239688