

平成23年 5月16日現在

機関番号：14403

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20540168

研究課題名（和文） ウェーブレットによる時間周波数解析の
ブラインド信号源分離への応用研究課題名（英文） An application of time-frequency analysis using wavelet to
blind source separation problem

研究代表者

守本 晃 (MORIMOTO AKIRA)

大阪教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：50239688

研究成果の概要(和文):パーティ会場のようないろいろな音声や雑音が混じった環境でも,我々は特定の音源のみを識別することができる. この聴覚系の能力はカクテルパーティ効果とよばれている. カクテルパーティ効果をコンピュータで解かせる問題をブラインド信号源分離とよぶ. 本研究では, この問題に対処するために, 信号に対して時間と周波数の両方の情報にアクセスできるウェーブレット解析という手法を改善・発展させた. さらに, 2次元信号である画像を扱えるように, ウェーブレット解析手法を発展させた.

研究成果の概要(英文): The cocktail party problem deals with the specialized human listening ability to focus one's listening attention on a single talker among a cacophony of conversations and background noise. The blind source separation problem corresponds to a way to enable computers to solve the cocktail party problem in a satisfactory manner. For this problem, we improved wavelet analysis, which can access time and frequency information on the signal. Moreover, we generalized our separation method to the n-dimensional case, and applied it to image separation problem.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：実解析

キーワード：ウェーブレット, 時間周波数, 信号源分離, 解析信号, モノジェニック信号,
カクテルパーティ効果, 画像分離

1. 研究開始当初の背景

(1) 複雑に重なり合った音の中から, 特定の音声信号のみを選択的に聞き分けることができる聴覚の能力(カクテルパーティ効果)に興味があり, その工学的な実現であるブラインド信号源分離を研究してみたかったこと.

(2) 信号の時間的特徴と周波数的特徴を同時に調べることができる時間周波数解析の一つであるウェーブレット解析を以前から研究していたのでその応用例として, 信号源分離を取り上げることによって, ウェーブレット解析に新たな知見を加えたかったこと(信号源分離の分野では独

立成分分析以外の方法はほとんど用いられてこなかった).

- (3) 前回の科学研究費補助金のおかげで、ウェーブレット解析を用いた、空間的混合問題（時間遅れのない問題）に対する解法まではできていたので、今回は時間遅れのある問題や観測信号にノイズが入った場合の分離問題を解決したかったこと.

2. 研究の目的

- (1) 空間的混合問題（時間遅れなし）における信号源の数の推定の精密化（特にノイズの入った場合）.
- (2) 時空間的混合問題（時間遅れあり）の計算の効率化.
- (3) 時空間的混合問題のノイズが入った場合の対処.
- (4) 観測信号の数が信号源の数より少ない場合の分離法
- (5) 実際にマイクなどで測定した観測信号を用いた信号源分離.

3. 研究の方法

- (1) 時間遅れが入らない空間的混合問題に対しては、複数の実数値ウェーブレット関数を用いて作成した時間周波数情報行列を特異値分解して、階数が 1 になる場所を選択して、ヒストグラムを描き、ピークの個数から信号源の個数を推定し、ピーク的位置から混合係数を推定した. このとき複数種類の実数値ウェーブレット関数の選び方と（単位球面上の）ヒストグラムの描き方やピークの抽出のやり方を考察する. ノイズに対しては、信号のダウンサンプリングや低周波数領域のみを解析することを考える.
- (2) 時間遅れのある時空間的混合問題に対しては、(1) で性能の良かったウェーブレット関数の組を実部と虚部にした複素数値ウェーブレット変換を用いる. 観測信号どうしの複素数値の連続ウェーブレット変換に時間遅れパラメータを入れてから、それらの商を取り、商の位相情報を利用する.
- (3) 時空間的混合問題でノイズの取り扱いは、研究方法 (2) の出来具合による.
- (4) 観測信号の数が信号源の数より少ない場合の分離法は、スパース表現や圧縮センシングなどの手法を考えてみる.
- (5) 実際のマイクからの録音音声を使った信号源分離を試みる.

4. 研究成果

- (1) 時間遅れが入らない空間的混合問題に対しては、実数値ウェーブレット関数として、メイエの正規直交ウェーブレット変換の解析信号の実部と虚部を選べば（解

析ウェーブレット変換とよぶ）効率的であることが分かった. 雑誌論文 ⑫, ⑬, ⑭などで発表した.

- (2) 時間遅れのある時空間的混合問題については、解析ウェーブレット変換の性質を調べて効率よく信号源分離に使えることを示した（論文雑誌 ⑰, ⑱, ⑲, ⑺）. その後、解析ウェーブレット変換の商の位相角ヒストグラムの時間遅れ方向へのアニメーションを用いる方法を開発し、この方法が時間遅れが離散時間間隔の整数倍で無いときにも有効なことが分かり、観測信号をダウンサンプリングすることによる計算の効率化・ノイズに対する耐性なども実現できた（雑誌論文 ⑧, ⑩, ⑫）.
- (3) 雑誌論文 ⑯ では、一次元の音声信号を二次元の画像に拡張し、空間シフトのない画像の分離問題を考えた. その後、研究方法 (1) で述べたように、時間周波数情報行列と特異値分解を使って、三次元ヒストグラムと自己組織化地図を用いた単位球面上のヒストグラムの作成法などを考案した. 音声信号の分離に最適であった解析ウェーブレット変換の多次元拡張であるモノジェニックウェーブレット変換の性質を調べた（雑誌論文 ⑦）. モノジェニックウェーブレット変換の性能が悪かったので、マルチウェーブレットフレームなどを含むいろいろなウェーブレット関数を調査中であり、結果を学会発表（③, ④, ⑥, ⑧, ⑩, ⑫, ⑬）した.
- (4) 観測信号の数が信号源の数より少ない場合の分離法については、スパース表現や圧縮センシングなどの手法を考えている. この分野は研究分担者の芦野隆一が、雑誌論文 ②, ④, ⑤, ⑩, ⑬, ⑭などで盛んに研究している. 今後、分離問題に用いる予定である.
- (5) 実際のマイクからの録音音声を使った信号源分離に関しては、手をつけていない.
- (6) 評価の位置づけ：この研究に関して、論文発表や国際会議で話す機会を得た. 信号源分離問題の解法を通して発展させた解析ウェーブレット変換やモノジェニックウェーブレット変換について、研究分担者の芦野隆一が、基調講演 ④ と日本数学会の実関数分科会の特別講演 ① を行った.

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 28 件）

- ① 芦野隆一, 解析ウェーブレット変換とその

応用, 日本数学会 2011 年年会予稿集, 実
関数分科会, 査読無, 全 10 ページ, 2011.

② 芦野隆一, 圧縮センシングの基礎とその研
究動向, システム制御情報学会誌, 査読有,
55, 88-93, 2011.

③ 芦野隆一, ICM2010 特別企画・ガウス賞業
績紹介 メイエ, 数学セミナー, 日本評論社,
査読無, 50, 35-39, 2011.

④ R. Ashino and R. Vaillancourt, Mean
breakdown points for compressed sensing by
uniformly distributed matrices, JSIAM
Letters, 査読有, 2, 111-114, 2010.

⑤ R. Ashino and R. Vaillancourt,
Equivalent mean breakdown points for
linear codes and compressed sensing by l_1
optimization, Proceedings of the 10th
International Symposium on Communications
and Information Technologies 2010 (ISCIT
2010), 査読有, 1, 701-706, 2010.

⑥ M. Bahri, E. Hitzler, R. Ashino, and R.
Vaillancourt, Windowed Fourier transform
of two-dimensional quaternionic signals,
Appl. Math. Comput., 査読有, 216(8),
2366-2379, 2010.

⑦ A. Morimoto, R. Ashino, and T. Mandai,
Image separation using the monogenic
wavelet transform, Proceedings of the 10th
International Symposium on Communications
and Information Technologies 2010 (ISCIT
2010), 査読有, 1, 707-712, 2010.

⑧ R. Ashino, T. Mandai, and A. Morimoto,
Blind source separation of
spatio-temporal mixed signals using phase
information of analytic wavelet transform,
Int. J. Wavelets Multiresolut. Inf.
Process, 査読有, 8(4), 575-594, 2010.

⑨ 芦野隆一・守本晃, ウェーブレット解析と
応用, 検査技術, 日本工業出版, 査読無,
15(2), 1-7, 2010.

⑩ R. Ashino, T. Nguyen-Ba, and R.
Vaillancourt, Linear-code and
compressed-sensing with equivalent
average breakdown points, Scientific
journal of Riga Technical University in
series "Computer Science", 査読有, 51,
91-96, 2009.

⑪ 守本晃・芦野隆一・萬代武史, 複素ウェー

ーブレット変換を用いたブラインド信号源分
離, 可視化情報, 査読有, 29(115), 256-262,
2009.

⑫ A. Morimoto, Blind source separation
from corrupted observed signals, Procee
dings of the fifth international confer
ence on Information, 査読有, 1, 196-199,
2009.

⑬ R. Ashino, T. Nguyen-Ba, and R. Vaill
ancourt, Decoding linear codes by linea
r programming, Proceedings of the fifth
international conference on Informatio
n, 査読有, 1, 192-195, 2009.

⑭ R. Ashino, T. Nguyen-Ba, and R. Vaill
ancourt, Low-dimensional linear codes w
ith high breakdown points by QR decompo
sition, Int. J. Pure Appl. Math., 査読
有, 57, 151-163, 2009.

⑮ 溝畑潔・芦野隆一・守本晃, マルチウェー
ブレットの画像処理への応用, 可視化情報,
査読有, 29(115), 249-255, 2009.

⑯ 守本晃・神山浩之・井上大樹・大道淳史・
西村一志・芦野隆一・萬代武史, ウェーブ
レット解析を用いた画像分離, 日本応用数理学
会論文誌, 査読有, 19(3), 257-278, 2009.

⑰ R. Ashino, T. Mandai, A. Morimoto, an
d F. Sasaki, Blind source separation of
spatio-temporal mixed signals using ti
me-frequency analysis, Applicable Analy
sis, 査読有, 88(3), 425-456, 2009.

⑱ 芦野隆一, マルチウェーブレットの構成と
応用, 数理解析研究所講究録, 査読無, 1622,
18-36, 2009.

⑲ 芦野隆一, マルチウェーブレットの構成と
応用, システム制御情報学会誌, 査読有,
53(1), 15-20, 2009.

⑳ 芦野隆一, ウェーブレットの広がり, 数学
セミナー, 査読無, 48(3), 39-43, 2009.

㉑ 守本晃, 数値計算とウェーブレット, 数学
セミナー, 査読無, 48(3), 29-33, 2009.

㉒ 守本晃, 時間周波数解析によるブラインド
信号源分離, 数理解析研究所講究録, 査読無,
1622, 47-96, 2009.

㉓ R. Ashino, T. Mandai, A. Morimoto, and
F. Sasaki, Solving the spatio-temporal

mixture problem using timefrequency analysis, Seminar Notes of Mathematical Sciences, 査読無, 11, Ibaraki University, 12-26, 2008.

②A. Morimoto, R. Ashino, T. Mandai, and F. Sasaki, Blind source separation using analytic wavelet transform, Proceedings of the 2008 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 査読有, 541-546, 2008.

〔学会発表〕(計 30 件)

①芦野隆一, 解析ウェーブレット変換とその応用, 日本数学会 2011 年度年会 実関数分科会 特別講演, 2011 年 3 月 20 日, 早稲田大学.

②井川信子・守本晃・芦野隆一, 聴性誘発脳波を用いた他覚的聴力検査, 日本応用数理学会 2011 年研究部会連合発表会, 2011 年 3 月 8 日, 電気通信大学西地区西 4 号館.

③守本晃・芦野隆一・片岡秀輔・萬代武史, 定常ウェーブレット変換のモノジェニック信号を用いた画像分離, 日本応用数理学会 2011 年研究部会連合発表会, 2011 年 3 月 8 日, 電気通信大学西地区西 4 号館.

④R. Ashino, S. Kataoka, T. Mandai, and A. Morimoto, Signal and image source separations by wavelet analysis, International Conference on Inverse Problems, 2010 年 12 月 15 日, City University of Hong Kong, Hong Kong.

⑤R. Ashino, Sparse representation and linear codes, The series of lectures at Banaras Hindu University, 2010 年 12 月 4 日, Banaras Hindu University, Varanasi-221005, India.

⑥A. Morimoto, Blind image separation using wavelet analysis, The series of lectures at Banaras Hindu University, 2010 年 12 月 1 日, Banaras Hindu University, Varanasi-221005, India.

⑦R. Ashino, Introduction to wavelet analysis, The series of lectures at Banaras Hindu University, 2010 年 11 月 30 日, Banaras Hindu University, Varanasi-221005, India.

⑧A. Morimoto, R. Ashino, and T. Mandai, Image separation using the monogenic wavelet transform, The 10th International

Symposium on Communications and Information Technologies 2010 (ISCIT 2010), 2010 年 10 月 28 日, Meiji University, Tokyo.

⑨R. Ashino and R. Vaillancourt, Equivalent mean breakdown points for linear codes and compressed sensing by l_1 optimization, The 10th International Symposium on Communications and Information Technologies 2010 (ISCIT 2010), 2010 年 10 月 28 日, Meiji University, Tokyo.

⑩R. Ashino, T. Mandai, and A. Morimoto, Wavelet and signal source separation Forum "Math-for-Industry" 2010, 2010 年 10 月 23 日, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka-shi.

⑪片岡秀輔・芦野隆一・萬代武史・守本晃, 複数の定常離散ウェーブレット変換を用いた画像分離アルゴリズム, 可視化情報学会全国講演会(鹿児島 2010), 2010 年 10 月 8 日, 霧島市国分シビックセンター(霧島市役所内).

⑫守本晃・芦野隆一・片岡秀輔・萬代武史, 複数の定常離散ウェーブレット変換を用いた画像分離法, 可視化情報学会全国講演会(鹿児島 2010), 2010 年 10 月 8 日, 霧島市国分シビックセンター(霧島市役所内).

⑬守本晃・芦野隆一・片岡秀輔・萬代武史, 複数の定常離散ウェーブレット変換を用いた画像分離について, 第四回ウェーブレット変換およびその応用に関するワークショップ, 2010 年 9 月 28 日, 豊橋技術科学大学講義棟 A1-101.

⑭芦野隆一, 数学的顕微鏡, 講演会「見方が変わる数学の学び」(第四回関西地区), 2010 年 7 月 31 日, 同志社大学明德館.

⑮芦野隆一・R. Vaillancourt, 圧縮可能測定と線形符号, RIMS 研究集会「偏微分方程式の逆問題解析とその周辺分野に関する研究」, 2010 年 6 月 22 日, 京都大学数理解析研究所.

⑯守本晃, 信号源分離とウェーブレット解析, 日本応用数理学会 2010 年研究部会連合発表会, 2010 年 3 月 9 日, 筑波大学計算科学研究センター.

⑰A. Morimoto, Blind source separation from corrupted observed signals, the fifth international conference on Information, 2009 年 11 月 7 日, 京都大学法経学部.

⑬守本晃・芦野隆一・萬代武史，複素ウェーブレット変換を用いた画像分離，可視化情報全国講演会(米沢2009)，2009年10月24日，山形大学工学部（米沢キャンパス4号館）。

⑭守本晃・芦野隆一・萬代武史，ノイズを含んだ観測信号からのブラインド信号源分離，日本応用数学会2009年年会，2009年9月30日，大阪大学豊中キャンパス共通教育棟C207号室。

⑮守本晃，解析ウェーブレット変換の位相情報を利用したブラインド信号源分離，日本応用数学会2009年研究部会連合発表会，2009年3月8日，京都大学理学部6号館202号室。

⑯守本晃，時間周波数解析によるブラインド信号源分離，RIMS 共同研究 ウェーブレットの構成法と理工学的应用，2008年10月28日，京都大学数理解析研究所。

⑰守本晃・芦野隆一・萬代武史・佐々木文夫，Analytic wavelet transform を用いたブラインド信号源分離，日本応用数学会2008年年会，2008年9月19日，東京大学柏キャンパス。

⑱守本晃・芦野隆一・萬代武史・佐々木文夫，Analytic wavelet transform のブラインド信号源分離への応用，第2ウェーブレット変換およびその応用に関するワークショップ，2008年9月18日，豊橋技術科学大学。

⑲A. Morimoto, R. Ashino, T. Mandai, and F. Sasaki, Blind source separation using analytic wavelet transform, the 2008 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 2008年8月31日, Hong Kong.

㉑守本晃，Analytic wavelet transform を使ったブラインド信号源分離，岐阜大学「非線形数理科学とその応用」，2008年6月20日，岐阜大学地域科学部棟4階413セミナー室。

〔図書〕(計2件)

①芦野隆一・R. Vaillancourt, はやわかり MATLAB 第2版, 共立出版, 1-227, 2010.

②山田道夫・榊原進・佐々木文夫・芦野隆一，計算力学理論ハンドブック，7章 数値シミュレーションにおける適応ウェーブレット法，朝倉書店，146-189，2010.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~morimoto/>

<http://kenkyu-web.bur.osaka-kyoiku.ac.jp/Profiles/2/0000184/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

守本 晃 (MORIMOTO AKIRA)

大阪教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：50239688

(2) 研究分担者

芦野 隆一 (ASHINO RYUICHI)

大阪教育大学・教育学部・教授

研究者番号：80249490

(3) 連携研究者

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