

## AIMaP 研究集会等実施報告書

## (Part 1/4) 名称・重点テーマ・キーワード等

項目	内容
名称	ウェーブレット理論と工学への応用
採択番号	2018A017
重点テーマ	ウェーブレット解析に基づいた信号・画像処理とその応用
キーワード	ウェーブレット解析, 画像処理, 聴力検査, 脳波処理, 医療画像処理
主催機関	大阪教育大学
運営責任者	守本 晃, 芦野 隆一, 森岡 達史
開催日時(開始)	2018/11/21 13:20
開催日時(終了)	2018/11/22 14:30
開催場所	大阪教育大学 天王寺キャンパス

## (Part 2/4) 最終プログラム・参加者数

項目	内容
最終 プログラム	<p>平成 30 年 11 月 21 日(水)13:20 - 18:30</p> <p>13:20-13:30 開催の挨拶</p> <p>13:30-14:30 座長: 木下保(筑波大学)</p> <p>1. 戸田浩, 章忠(豊橋技術科学大学)</p> <p>連続ウェーブレット係数の定義と応用</p> <p>14:50-15:50 座長: 鈴木俊夫(流通経済大学)</p> <p>2. 井川信子(流通経済大学)</p> <p>聴覚のしくみについての知見に基づく聴性誘発反応の考察</p> <p>16:10-17:10 座長: 藤ノ木健介(東海大学)</p> <p>3. Luoqing Li (Hubei University, China)</p> <p>The recent trend of wavelet theory and its applications from IJWMIP</p> <p>17:30-18:30 座長: 藤田景子(富山大学)</p> <p>4. Hong Li (Huazhong University of Science and Technology, China)</p> <p>The hyperspectral image classification based on wavelet analysis</p> <p>平成 30 年 11 月 22 日(木) 9:30 - 14:30</p> <p>9:30-10:30 座長: 井川信子(流通経済大学)</p>

	<p>5. Luoqing Li (Hubei University, China) Atomic Representation-based Classification: Theory, Algorithm and Applications</p> <p>10:50-11:50 座長: 戸田浩 (豊橋技術科学大学)</p> <p>6. 大村肇 (佐賀大学) Wavelet 変換と位相的データ解析に基づいた内視鏡画像からの早期食道癌検出</p> <p>13:30-14:30 座長: 藤田景子 (富山大学)</p> <p>7. 新井康平 (佐賀大学) ウェーブレットによる回転加速度移動物体の動的特性抽出</p>
参加者数	数学・数理科学:8人, 諸科学: 10人, 産業界: 0人, その他:0人

(Part 3/4) 論点・現状・今後の展開

項目	内容
当日の論点	<p>1. 戸田浩, 章忠 (豊橋技術科学大学)「連続ウェーブレット係数の定義と応用」では, シフト不変性を実現する Hilbert 変換ペアのウェーブレット関数を基礎に連続ウェーブレット係数を定義し, それを基にした応用について議論した. とくに, 信号に対して, 長さを変えずに, 周波数を変える方法について議論した.</p> <p>2. 井川信子 (流通経済大学)「聴覚のしくみについての知見に基づく聴性誘発反応の考察」では, ABR や ASSR などの聴性誘発脳波を用いた他覚的聴覚検査(受け答えできない新生児や詐称を防ぐために行う聴覚検査)の高速化の必要性を示し, ウェーブレット解析を応用した高速化に関する研究について発表した. 臨床面や実験系による知見をレビューすることで, 聴性誘発反応のモデル化を模索し, 議論した.</p> <p>3. Luoqing Li (Hubei University, China)「The recent trend of wavelet theory and its applications from IJWMIP」では, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing (IJWMIP) の Managing Editor である Luoqing Li 教授に, IJWMIP に掲載された最近のウェーブレット研究のトレンドについて, 講演してもらった. 画像のエッジに特化した curvelets, shearlets の説明とフレームとその応用などについて議論した. 特に, ウェーブレットニューラルネットワークについて質疑応答がなされた.</p> <p>4. Hong Li (Huazhong University of Science and Technology, China)「The hyperspectral image classification based on wavelet analysis」では, RGB だけでなく様々な周波数(数千くらい)で物体を撮影した画像を, ハイパースペクトル画像とよぶ. 人工衛星から撮ったハイパースペクトル画像を解析して土地の利用状況(畑, 森, ビル, 水面)などに分類する研究を発表した. 本研究では, 多重解像度解析(MRA)やウェーブレット変換と関数データ表現モデルを用いて, 主成分分析を用いる場合より高速で分類精度の高い結果が得られた.</p> <p>5. Luoqing Li (Hubei University, China)「Atomic Representation-based Classification: Theory, Algorithm and Applications」では, スパース表現のような「何々表現」に基づいた分類法の一つである「atomic representation-based classification (ARC)」について議論</p>

した. 新しい条件 atomic classification condition (ACC) を導入することで, ARC の学習における収束性が証明できる. 顔認証を用いた数値実験でも収束性を確認した.

6. 大村肇 (佐賀大学)「Wavelet 変換と位相的データ解析に基づいた内視鏡画像からの早期食道癌検出」では, ウェーブレット変換と位相的データ解析に基づいた内視鏡画像からの早期食道癌検出法について講演した. 入力された内視鏡画像を CIE  $L^*a^*b^*$ 色空間に変換し,  $a^*$ 成分と  $b^*$ 成分を用いて合成画像を生成する. 次に, この合成画像に対して, Dyadic Wavelet 変換(DYWT)と二重ツリー複素数離散 Wavelet 変換(DT-CDWT)を適用し, 得られた各周波数成分に動的閾値を施して, 二値画像を得る. その後, 各二値画像を小さなブロックに分割し, 各ブロックに対して, 位相的データ解析手法を適用して特徴を抽出し, その特徴に基づいて早期食道癌の検出を行った. 提案手法を用いた実験結果を提示し, その有用性について議論した.

7. 新井康平 (佐賀大学)「ウェーブレットによる回転加速度移動物体の動的特性抽出」では, 回転加速度を有する非対称形状物体の動画から, ウェーブレット変換に基づく動的特性抽出手法を検討した. 実例としてシャトルコックの動的特性抽出を行うことにより, シャトルコックの状態を識別することを試みた. また高速道路上の監視カメラの車のビデオ映像から, 車の状態(ふらついて危険とかドリフトしているが安全など)の判定を行った.

研究の現状と課題(既にできていること、できていないことの切り分け)

発表 1 では, 周波数軸上で幅  $2\pi$  以下のコンパクトサポートを持つ正規直交ウェーブレット関数のヒルベルト変換ペアと対応するスケーリング関数に基づいた 2 倍単位の離散ウェーブレット変換の定義と応用はできている. 有理数倍の離散ウェーブレット変換も定義できる. 無理数倍の場合は, 無限種類のウェーブレット関数を用意すると解析できる. そこで, 純正律(各音階の周波数比率が有理数になる音階, 1 オクターブを 12 分割)に対応する離散ウェーブレット変換をこしらえて, 時間周波数解析を行った. 特に音の長さを変えずに周波数を変化させた自然な音声を作成した. 問題点として, 計算時間が非常にかかること(10 秒くらいの音声の処理に, 1 日)と, 平均律(各音階の比が 2 の 12 乗根)の場合の計算法の確立などが提示された.

発表 2 では, ABR についての所見を Wilson の方法と比較した. 離散定常ウェーブレット変換で得られる多重レベルの詳細データを少数回加算平均することで, ABR における潜時とよばれる重要なデータが高速に取り出せることを示した. 実験は聴覚健全者に対して聴覚刺激有り・無しで行い, 聴覚刺激のある場合にのみ潜時が取り出せることを示した. 聴覚異常者での確認が課題である.

発表 3 では, MWJIP に投稿されたウェーブレット関係の論文の最近のトレンドを教えてもらった. ニューラルネットワーク特に離散ウェーブレット変換を用いたコンボリューションネットワークの深層学習の収束性の証明や様々な分野への積極的な応用が今後の課題である.

発表 4 では, 人工衛星から撮ったハイパースペクトル画像を解析して土地の利用状況(畑, 森, ビル, 水面)などを分類した. 連続ウェーブレット変換と関数データ表現モデルを用いた提案手法は, 主成分分析を用いた手法より, 高速かつ良い分類精度が得られた. 離散ウェーブレット変換を用いたさらなる高速化や深層学習の適応などが今後の課題である.

発表 5 では, atomic 表現を行った際の近似できる条件 atomic representation condition とその証明を行った. スパース表現とブロックスパース表現を用いた顔認識についての

	<p>数値実験があった。他の atomic representation (collaborative 表現, 低ランク表現, joint sparse 表現)などが、どのような応用に適しているは分からない。</p> <p>発表 6 では、内視鏡画像を、CIE L*a*b*色空間を用いて輝度によらない画像を作成し、その画像に対してウェーブレット解析を用いて、6 方向エッジ画像と近似画像に分け二値化し、それぞれの画像の小ブロックで連結成分の数を測定し、早期食道癌かどうかを識別した。画像全体としては、識別できているが、小ブロック単位での識別誤差がかなりあるので、適当なブロックの大きさおよび閾値をどう選ぶかなどが今後の課題である。</p> <p>発表 7 では、Daubechies の正規直交ウェーブレット変換を用いて、ビデオ画像から物体 (シャトルcockおよび車) の平行移動、回転 (ヨー・ピッチ) の状態を推定した。車のビデオ画像からも状態を推定した。Daubechies の正規直交ウェーブレットは左右非対称だから、進行方向が逆になったら問題になるかも知れないという意見が出た。</p>
<p>新たに明らかになった課題</p>	<p>発表 1 では、問題点として、計算時間が非常にかかること (10 秒くらいの音声の処理に、1 日) と、平均律 (各音階の比が 2 の 12 乗根) の場合の計算法があげられた。計算の並列化による高速化、サンプリング定理を利用した高速補間法の開発などが課題である。</p> <p>発表 2 では、聴覚異常者に対して、実験して提案手法の有用性を確認すること (潜時が抽出できないことの確認)。</p> <p>発表 3 では、離散ウェーブレット変換を用いたコンボリューションネットワークの深層学習について、学習の収束性の証明やいろいろな応用が課題である。</p> <p>発表 4 では、関数データ表現モデルに連続ウェーブレット変換ではなく、離散ウェーブレット変換を使ったら高速化はできるはずだが、精度はどうなるか話題になった。発表 3 で話題になった深層学習を用いて、より正確な分類ができるか研究してみる。</p> <p>発表 5 では、いろいろな atomic 表現が、どのようなパターン認識問題を解く際に有効かを調べる必要がある。</p> <p>発表 6 では、64x64 サイズの小ブロック毎に連結成分を測定していて、ブロック単位の判断ミスが多い。可変サイズにするとか deep neural networks を使えばどうかという提案があった。</p> <p>発表 7 では、回転加速度を有する非対称形状物体の動画画像から運動の様子を抽出できたが、より細かい状態を推定するには、高速度カメラでの撮影が必要である。また、ウェーブレット関数のサポート長が位置の取り出し・状態の推定の精度に影響されるので物体の大きさに応じてサポート長を変える必要がある。左右対称なウェーブレットを使った方が良いのではという指摘があった。</p>
<p>今後解決すべきこと、今後の展開・フォローアップ</p>	<p>今後解決すべきこととして、</p> <p>発表 1 では、計算の高速化、ソフトウェアのライブラリ化。</p> <p>発表 2 では、聴覚異常者での提案手法の確認。</p> <p>発表 3 では、離散ウェーブレット変換を用いたコンボリューションネットワークの深層学習について、学習の収束性の証明やいろいろな応用。</p> <p>発表 4 では、離散ウェーブレット変換による関数データ表現モデルの構築。</p>

発表 5 では、いろいろな atomic 表現が、どのようなパターン認識問題を解く際に有効かを調べること。

発表 6 では、小ブロックを可変サイズにすること、deep neural networks を用いてブロック単位ではなく流動的に調査し癌の部分のマーキングを滑らかにすること。

発表 7 では、ウェーブレット関数のサポート長の可変化、左右対称なウェーブレットの利用。

などがあげられる。

フォローアップとして、以下のことを考えている。

参加者の内、希望するものをウェーブレットメーリングリストに追加した。

日本応用数理学会連合発表会・年会などで進展具合を講演してもらうよう配慮する。また、日本応用数理学会ウェーブレット研究部会セミナーでより時間を取って詳しい内容を議論する。

本ワークショップの講演資料は、以下のホームページから参照できるようにした。

<https://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~morimoto/WSPRO/index.html>

(Part 4/4) 写真

項目	内容
添付写真 1	

添付写真 2



添付写真 3



(2018/08/22)