

# メディア信号処理コア 客員教員プロジェクト活動報告

章 忠 (第2工学系, メディア信号処理コア)

## 1 はじめに

メディア信号処理コアでは、画像や音声などのメディアを対象に、その解析・生成・知的応用などにむけた基礎理論の構築と応用研究を行っている。本稿では、これに関連した客員教員プロジェクトについて概要を報告する。

## 2 客員教員の紹介

メディア信号処理コアにおいては、以下の2名の客員教員にプロジェクト参画を依頼し、「複素数離散ウェーブレット変換を用いた独立成分分析によるハンズフリーインタフェースの開発」をテーマに基礎研究を進めている。

- ・戸田 浩 客員准教授 (岡山県立大学)
- ・堀畑 聡 客員准教授 (日本大学松戸歯学部)

戸田 浩氏は、ウェーブレット変換理論とその実装を専門とし、関連書籍の著作および、ウェーブレット変換を用いた各種解析プログラムの構築において著名な研究者である。本プロジェクト研究においては、特に複素数離散ウェーブレット変換について、その処理におけるシフト不変性の改善および高速化に向けた革新的な解析処理理論の構築を担当するとともに、音源生成、信号特徴の抽出、画像処理など各分野への応用を検討している。

堀畑 聡氏は、時間周波数解析手法および非定常信号解析を専門とし、音声信号、設備診断、生体信号解析への応用研究を行っている。本プロジェクト研究においては、実測信号を基底関数としたウェーブレット解析手法の構築と、その応用検討を担当している。

## 3 プロジェクト研究の概要

近年、カーナビ音声案内システムや家庭用ロボットのコミュニケーションシステムなどにおいて、音声はインタフェースとして利用されている。また、音声認識技術は年々進歩しており、一人が静かな環境でマイクに向けて丁寧に話した言葉であればかなり高い精度で認識できるようになっている。しかし、実環境において目的音声以外にさまざまな背景音、たとえば周囲の人の声、流れる音楽、雑音などが存在し、認識率が急激に低下する。

このような問題の解法として、独立成分分析 (Independent component analysis, ICA) がある。これは複数の音源が統計的に互いに独立であるという仮定

のみを用い、出力が互いに独立となるようにフィルタを求める手法である。この手法は音源の調波構造などの仮定と、音源とマイクの位置情報などを用いなくても音源分離ができ、大きく注目されている。本研究では、この中でも、混合信号を時間・周波数領域へ変換し、周波数毎にICAを適用するという時間・周波数領域ICAを対象とし、時間・周波数変換に複素数離散ウェーブレット変換 (Complex discrete wavelet transform, CDWT) を用いる手法を提案し、その核となるアルゴリズムについて研究を行っている。

最終的には、これらを、走行雑音や同乗者の声などが入り混じる、自動車内でのドライバ音声抽出に適用し、運転に対して負荷の少ないドライバインタフェースの開発を目指している。

## 4 研究成果：完全シフト不変性を実現する複素数離散ウェーブレット変換

ここでは、本プロジェクト研究成果のうち、複素数離散ウェーブレット変換における完全シフト不変性の実現に関する成果を報告する。

Hilbert 変換ペアの複素数ウェーブレットによる複素数離散ウェーブレット変換が、離散ウェーブレット変換におけるシフト不変性の欠如を改善することはよく知られている。しかし Hilbert 変換ペアの複素数ウェーブレットにおける、離散信号への対応の難しさから、その形状やシフト不変性の欠如の改善には限りがあった。

そこで、本研究では Meyer ウェーブレットを基本にし、完全シフト不変性を実現するとともに、さまざまな形状を持つ、新しい Hilbert 変換ペアの複素数ウェーブレットの設計法と、新しいフレーム構造による計算法を提案した。

シフト不変性の欠如とは、解析対象信号の僅かな時間方向のシフト変動に対して、各解析レベルでウェーブレットが捉えるエネルギーが大きく変動する現象が生じることを指す。このことはさまざまな信号処理、画像処理に深刻な影響を及ぼしてきた。Fig.1 は、直交ウェーブレットの Daubechies6 ウェーブレットをもとに設計された、Hilbert 変換ペアの複素数ウェーブレットの RI-Daubechies 6 ウェーブレットである。また Fig.2 は離散ウェーブレット変換 (discrete wavelet transform, DWT) および複素数離散ウェーブレット変換 (Complex discrete wavelet transform, CDWT)、それぞれによるレベル-3 における、インパルス信号

のシフト変動に対するインパルス応答波形の変動の様子を表したものである。(a)(b)は、インパルス信号を1サンプルずつ変動させてDWT, CDWTを実行し、レベル-3のウェーブレット係数のみを残し(他の係数をすべて0とし)て逆変換した波形を、1サンプルずつの変動順に並べたものである。このようなシフト変動におけるレベル-1~4のインパルス応答波形のエネルギー変動について、DWT, CDWTをそれぞれ適用した際の結果を(c),(d)に示す。CDWTのインパルス応答波形は、ほぼ左右対称であり、そのエネルギー変動もDWTに比べて安定している。しかしその変動率は最大7.5%であり、完全には0にならない。

これに対し、本プロジェクトでは、直交ウェーブレットのMeyerウェーブレットの性質、すなわちMeyerウェーブレットのスケール関数を時間方向に任意に平行移動させたものは新たな直交ウェーブレットのスケール関数となるという性質に着目し、Meyerウェーブレットのスケール関数を基本とした、完全シフト不変性(perfect translation invariance, PTI)の性質を持つ複素数ウェーブレット(PTI complex wavelet)の設計法を提案し、それによるCDWTの計算法を確立した。

その結果、インパルス応答エネルギー変動の様子はFig.3のようになり、この変動率は最大で0.0001%となった。この結果は、Fig.2に示したRI-Daubechies 6ウェーブレットによるCDWTの7.5%に比べて非常に小さく、計算誤差による変動の範囲内と思われる。

## 発表論文

- [1] 堀畑 聡, 石光 俊介, 章 忠, 三宅哲夫, 非正常信号の実信号ウェーブレット変換による相関解析, Journal of Signal Processing 「信号処理」, vol.11, No.2(2007.3), pp.159-169.
- [2] 戸田 浩, 章 忠, モーションウェーブレットの提案とそのエンタテイメント効果音への応用, 日本機械学会論文集 (C 編), 73-728(2007.4), pp.1180-1187.
- [3] Zhong Zhang, Kazuaki I, Satoshi Horihata, Miyake Tetsuo and Takashi Imamura, Estimation of Sound Source Direction Using a Binaural Model, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, vol.3, no.3(2007.6), pp.551-564.
- [4] 章 忠, 池内宏樹, 石井秀明, 堀畑聡, 今村孝, 三宅哲夫, 実信号マザーウェーブレットおよびその異常信号検出への応用(平均的複素数実信号マザーウェーブレットの設計とその応用), 日本機械学会論文集 (C 編), 73-730(2007.6), pp.1676-1683.
- [5] 章 忠, 戸田 浩, シフト不変な複素数離散ウェーブレット変換 第1報: 複素数離散ウェーブレット変換の理論と原理, Journal of Signal Processing 「信号処理」, 11-5(2007.9), pp.387-400.
- [6] 戸田 浩, 章 忠, シフト不変な複素数離散ウェーブレット変換 第2報: 直交ウェーブレットを基にした複素数ウェーブレット設計法の一提案, Journal of Signal Processing 「信号処理」, 11-5(2007.9), pp.401-412.
- [7] 戸田 浩, 章 忠, シフト不変な複素数離散ウェーブレット変換 第3報: 新たな複素数離散ウェーブレット変換の計算法, Journal of Signal Processing 「信号処理」, 11-5(2007.9), pp.413-424.

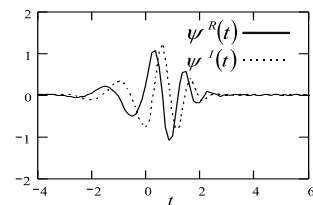
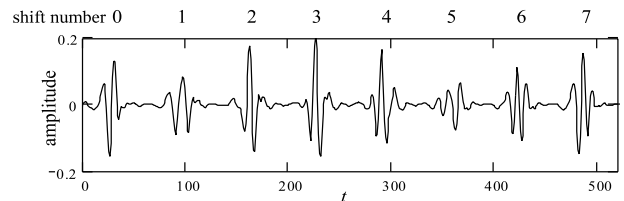
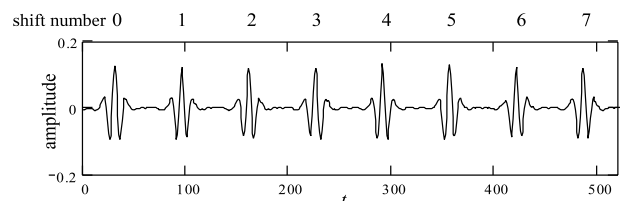


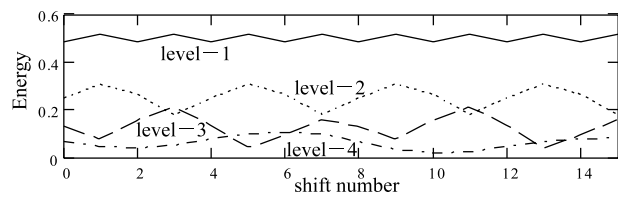
Fig. 1 RI-Daubechies 6 wavelet



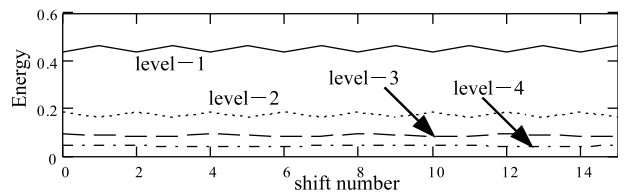
(a) The DWT's waves of the level -3



(b) The CDWT's waves of the level -3



(c) The DWT's fluctuations of energy: 69.6%



(d) The CDWT's fluctuations of energy: 7.5%

Fig. 2 Daubechies 6 wavelet を用いた DWT および RI-Daubechies 6 wavelet を用いた CDWT によるインパルス応答とそのエネルギー変動

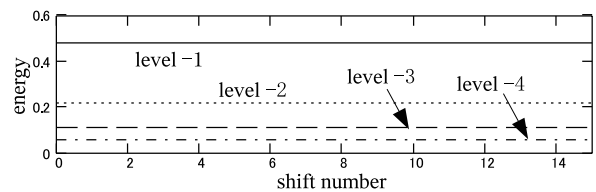


Fig. 3 完全シフト不変複素数離散ウェーブレット変換によるインパルス応答エネルギー変動の抑制