

Wavelet 変換を用いた楽音の分離に関する研究

2L-03

土屋陽介 幹 康
 拓殖大学大学院 工学研究科

1. はじめに

音楽は大抵複数の楽器のアンサンブルにより作られる。人間はその音楽から各楽器の音を聞き分けることが出来る。例えば、大きな楽団において一流の指揮者などは、いくつもある同じような楽器の中から特定の楽器を聞き分ける事や、演奏者を特定する事までできるといわれている。また音楽の知識があまり無い人でも、音楽を聞いてその中から特定の楽器の音だけを聞き分けることはある程度出来る。しかし、一度 CD などに録音した音楽からある特定の楽器の音やパートだけを分離し、取り出すことは非常に難しい、また他にあまり例をみない。

分離するにあたり、信号処理の方法として近年その応用が期待される Wavelet 変換の中でも、直交関数である Daubechies をマザーウェーブレットとした多重解像度解析[1][2]を用いた。一般に楽音の信号は、局所的に周期的な変動で、その周波数が時間とともに変化するようなものが多い。このため、高い時間分解能が必要となり、時間-周波数領域で解析できる、多重解像度解析を選んだ。

本研究では、すでに録音された音楽から特定の楽器のパートだけを分離することを最終目的とし、まず 2 つの楽器で構成された音の分離について研究を進めた。

2. 分離処理

分離作業を行う際に、まず多重解像度解析でウェーブレット成分を求める。そして分離を試みる方法として、ウェーブレット成分の割合から求まる重みにより分離を考えてみた。

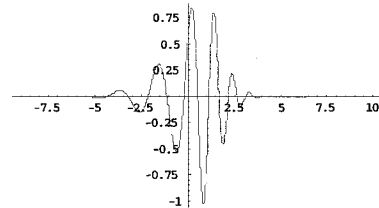
2.1. 多重解像度解析

Daubechies は $N=10$ の係数を用いた。これは $N=10$ 以下の係数では処理時間は早いですが、細かい処理ができなく、分離処理時にはできるだけ細かい情報が必要とされるため $N=10$ を選んだ。Daubechies($N=10$)のマザーウェーブレットを図 1 に示す。

2.2. 分離方法

2 つの信号を分離するための重みを求め、この重みを分離したい信号に掛けて分離する。この重みは以下のような手順で求めた。

- (1) あらかじめ 2 つの信号をそれぞれ多重解像度解析する。

図 1. Daubechies($N=10$)のマザーウェーブレット

- (2) 2 つ信号の Wavelet 成分を各レベル毎に二乗平均値をとる。
- (3) 各レベル毎、お互いの二乗平均値の割合を計算し、重みを決定する。

2.3. 実行結果

この分離方法で分離した結果は以下ようになった。取り出した波形を見る限りでも、あまり良い分離が出来なかったのが分かる。

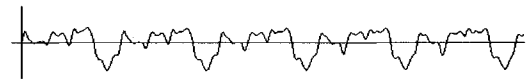


図 2. 分離したい信号

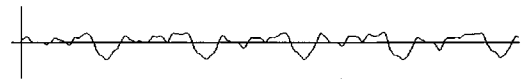


図 3. 重みによる分離で取り出した信号

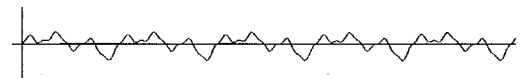


図 4. 取り出したオリジナル信号

3. 複素多重解像度解析

ここで分離の精度を改善するため、多重解像度解析からもう一度見直すことにした。その結果、これまでの多重解像度解析では信号の実数成分だけを解析していたことが分かった。そこで考えたのが信号の複素成分を用いる方法である。

3.1. 多重解像度解析の問題点

多重解像度解析では以下の問題点が発生したため、あまり良い分離作業が出来ないと判断した。

- (1) ウェーブレット成分は位相にきわめて敏感であり、位相が僅かでもずれるとそのウェーブレット成分の現れ方はまったく変わってしまう。

- (2) 2つの信号の合成でウェーブレット成分の瞬時値が0になり、2つの信号の成分が失われてしまうことがある。

上記2点の問題点を解決するために、包絡線に着目した。これにより2つの信号の合成でウェーブレット成分が0になる場合でも、信号の瞬時パワーからウェーブレット成分を求めることが出来るのではないかと考えた。そこで信号の包絡線に着目した解析手法として、複素ウェーブレットフィルタを提案する。

3.2. 複素ウェーブレットフィルタ

ウェーブレット成分は図5のようなバンドパスフィルタ $F(j\omega)$ で求められている。これにより求められたウェーブレット成分は実数成分を表している。これに対し図6は、バンドパスフィルタ $F(j\omega)$ の ω 成分がマイナスの部分で上下反転させることによってウェーブレットの虚数成分が求まる。このフィルタを $G(j\omega)$ とする。

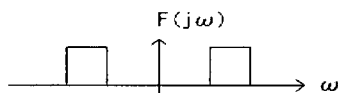


図5.実数部フィルタ

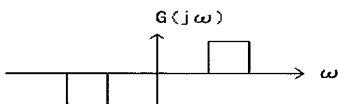


図6.虚数部フィルタ

この2つのバンドパスフィルタを式(2)のように合成させることによって、図7に示すフィルタ $H(j\omega)$ が作られる。これを複素ウェーブレットフィルタと呼ぶ。

$$H(j\omega) = F(j\omega) + G(j\omega) \quad (2)$$

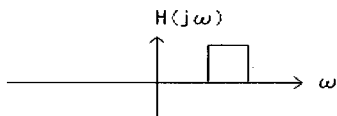


図7.複素ウェーブレットフィルタ

この複素ウェーブレットフィルタ $H(j\omega)$ を用いて多重解像度解析する手法を複素多重解像度解析と呼ぶ。これにより得られたインパルス応答 $h(t)$ は次式で表すことができる。

$$h(t) = f(t) + jg(t) \quad (3)$$

ここで $f(t)$, $g(t)$ はそれぞれフィルタ $F(j\omega)$, $G(j\omega)$ のインパルス応答であり、 $g(t)$ は $f(t)$ のヒルベルト変換[3]である。この式(3)は解析関数になる。よってインパルス応答 $h(t)$ は解析信号であるといえる。その絶対値を取ると次式になり、これは包絡線[4]と呼ばれ、 $A(t)$ で表される。

このようなフィルタを用いることにより、入力信号の包

絡線を求めることができる。

$$|h(t)| = A(t) = \sqrt{f^2(t) + g^2(t)} \quad (4)$$

3.3. 複素 Daubechies ウェーブレット

ここで多重解像度解析に用いた Daubechies ウェーブレットから、複素マザーウェーブレットを考えてみた。それを図8に表す。これは図1と同じく $N=10$ の Daubechies ウェーブレットである。

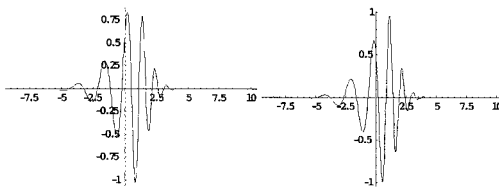


図8.複素 Daubechies ウェーブレットの実数部(左)と虚数部(右)

3.4. 包絡線を用いた分離

包絡線を用いることにより、信号の瞬時パワーが求められる。そのため、信号の位相のずれに影響されることなくウェーブレット成分が得られるのではないかと考えた。そこで複素多重解像度解析で得られた包絡線で分離を行うことにした。

包絡線を用いた分離方法として考えたのは、包絡線の重みによる分離である。流れとしては多重解像度解析で行った重みによる分離とほぼ同じである。

- (1) あらかじめ2つの信号の包絡線を求める。
- (2) 各レベル、各時刻における瞬時パワーの割合から重みを決定する。
- (3) 分離したい信号を複素多重解像度解析した結果に(2)で求められた重みをかけ、分離する。

4. おわりに

現段階ではまだ実行結果は得られていない。よって複素多重解像度解析がどれだけ有効なのか分からない。今後は包絡線を用いた重みによる分離と、ウェーブレット成分だけで求められた重みによる分離とで分離精度の比較を行いたい。

参考文献

- [1] 榊原 進, ウェーブレット ビギナーズガイド, 東京電気大学出版局, 1995
- [2] 中野宏毅・山本鎮男・吉田靖夫, ウェーブレットによる信号処理と画像処理, 共立出版, 1999
- [3] 小畑 秀文・幹 康, CAI デジタル信号処理, コロナ社, 1991
- [4] 伊達 玄, デジタル信号処理(下), コロナ社, 1978