

エンベロープ変化を伴う周期信号のためのスパース信号分解

学籍番号：90178013 飯國研究室 石井 裕太

1 序論

楽曲や雑踏でのスピーチなど、複数の音源から発せられた信号が混在する信号から特定の音源の信号を分離する処理を音源分離という。モノラル信号に対する音源分離は主に、観測された信号を大まかな要素へ分解する処理と、それらを各音源へ振り分ける処理の2段階で行われる[1]。本研究では、音源分離の1段目の処理へ応用することを目標として、信号を少ない数の周期信号の和へ分解するためのスパース信号分解を提案する。

2 スパース周期信号分解

スパース周期信号分解[2]は信号をできるだけ少ない個数の周期信号に分解する方法である。ここでは[2]のモデルを拡張した、エンベロープ変化を伴う周期信号に基づく信号モデルを提案する。

周期 p 、信号長 N の振幅時変な周期信号 \mathbf{f}_p は次式のよう表現できる。

$$\mathbf{f}_p = \text{diag}(\mathbf{m}_p) \mathbf{S}_p \mathbf{t}_p \quad (1)$$

$$\mathbf{S}_p = [\mathbf{I}_p, \dots, \mathbf{I}_p, \mathbf{J}_{p,N}]^T \quad (2)$$

$$\mathbf{m}_p \geq \mathbf{0} \quad (3)$$

\mathbf{m}_p はエンベロープを表す列ベクトルであり、 $\text{diag}(\mathbf{m}_p)$ は \mathbf{m}_p を対角成分に持つ行列を表している。また、 \mathbf{t}_p は振幅変動を除いた周期信号の一周期分の波形を表す列ベクトルである。 \mathbf{I}_p は p 行 p 列の単位行列であり、 $\mathbf{J}_{p,N}$ は $(N \bmod p)$ 行 p 列で対角成分が1の行列である。

任意の信号 \mathbf{f} を式(1)で表現される周期信号の和で表した式(4)が信号分解に用いるモデルとなる。

$$\mathbf{f} = \sum_{k=1}^K \mathbf{f}_{p_k} + \mathbf{e} \quad (4)$$

K は分解に用いる周期の個数であり、 \mathbf{e} は信号の近似誤差である。しかし、このままでは式(4)を満たす周期信号群を一意に決定できない。そこで周期に関するスパース性、すなわち観測信号が少ない数の周期信号の和で生成されているとの仮定を与え、以下のコスト関数を導入する。

$$E = \frac{1}{2} \|\mathbf{f} - \sum_{k=1}^K \mathbf{f}_{p_k}\|_2^2 + \lambda \sum_{k=1}^K \alpha_{p_k} \|\mathbf{f}_{p_k}\|_2 + \frac{\tau}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{N-1} (m_{k,i} - m_{k,i+1})^2 \quad (5)$$

λ, τ はそれぞれペナルティ間でのトレードオフを調整するパラメータである。右辺第2項は周期に関するスパース性に対するペナルティ、第3項は、エンベロープの連続性に関するペナルティ項である。第3項によって、振幅変動と波形そのものの変動を分離して表現している。この式(5)の値を最小とする周期信号群を分解結果とする。この問題を解くためにコスト関数を周期毎の副問題を考える緩和法によって減少させる。つまり、ある周期に関する変数以外を固定し、その周期のテンプレートとエンベロープを更新する操作を順次繰り返すことで解を求める。エンベロープの推定では、コスト関数を最小化するために不動点反復法を用いている。

3 実験

それぞれ周期が28, 44, 52の三つのエンベロープ変化を伴う周期信号を加算混合した信号の分解を行った。周期信号波形は各周期毎に1通り、エンベロープは全部で10通り用意し、実験にはそれらをかけ合わせた信号から周期の異なる三つの信号を選び合成した6通りの信号を用いた。

以下の図表にそれらの一つを示す。図1は分解の対象とする合成信号波形、図2は提案法で分解して得られた振幅分布である。図2よりスパースに信号を分解できていることが分かる。さらに振幅分布は源周期信号の周期に集中している。また、表1を見ると提案法の方が従来法よりもSDRの値が高く、提案法で得られた周期信号波形の方がより源周期信号波形に近いことが分かる。図3, 4, 5に提案法で得られた周期信号波形を示した。

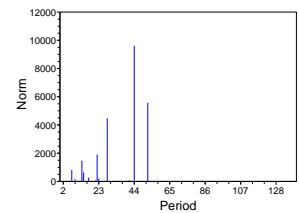
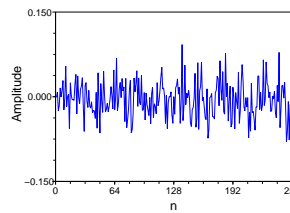


図1: 合成信号

図2: 提案法による振幅分布

表1: SDRの値 (dB)

	SDR		
period	28	44	52
提案法	7.87	10.61	13.46
従来法	5.68	8.45	6.90

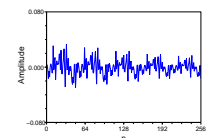
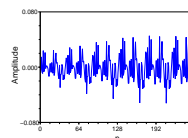
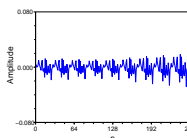


図3: 周期信号波形 (p=28)

図4: 周期信号波形 (p=44)

図5: 周期信号波形 (p=52)

4 結論

本報告では、エンベロープ変化を伴う周期信号のためのスパース信号分解を提案した。実験では、提案するスパース周期信号分解によって、事前情報を用いずに少ない個数の源周期信号を合成した信号を分解し、さらにそれらの源信号のエンベロープ変化を推定できる事を示した。今後の展開としては、さらなる推定精度の向上や実音声、楽音などの音源分離への応用などが考えられる。

参考文献

- [1] G. Hu and D. Wang, "Monaural speech segregation based on pitch tracking and amplitude modulation," *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 15, no. 5, pp. 1135-1150, Sep. 2004.
- [2] M. Nakashizuka, "A sparse decomposition method for periodic signal mixtures," *IEICE Trans. on fundamentals*, vol. E91-A, no. 3, pp. 791-800, Mar. 2008.