

周期信号に基づく信号分解と音声分離への応用

学籍番号：90175046 飯國研究室 奥村 浩之

1 はじめに

信号処理の対象となる信号の多くは局所的に周期信号とみなすことができる。この性質を利用して混合信号を複数の周期信号へ分解することができれば、特定の周期信号のみを抽出することで信号分離が実現できる。本報告では振幅時変周期信号に基づく信号モデルを用いたスパース信号分解を提案し、その音声分離への応用を示す。

2 信号モデルとコスト関数

振幅時変 p 周期信号 $f^{(p)}(n)$ は振幅が各周期で変化する p 周期の信号であり、

$$f^{(p)}(n) = \sum_{k=0}^{\lfloor N-1 \rfloor / p} a_k^{(p)} t^{(p)}(n - kp) \quad (1)$$

と定義する。ただし、テンプレート $t^{(p)}(n)$ は平均 0 の数列で、 $n \in [0, p-1]$ で非零要素、それ以外で零を持つ。また、振幅係数列 $a_k^{(p)}$ は $k \in [0, \lfloor N-1 \rfloor / p]$ で定義される非負の数列である。提案する振幅時変周期信号に基づく信号モデルは、信号 $f(n)$ を

$$f(n) = \sum_{p \in \mathcal{P}} f^{(p)}(n) \quad (2)$$

と表す信号モデルである。ここで、 \mathcal{P} は周期の集合である。以下では、これらの $f(n), f^{(p)}(n)$ をベクトル表示し、それぞれ $\mathbf{f}, \mathbf{f}^{(p)}$ と示す。信号 \mathbf{f} に対して、周期信号 $\mathbf{f}^{(p)}$ は一意に決めることができない。そこで、周期信号の発生源が少ないという仮定の下に、スパースに信号分解を行うコスト関数を導入する。スパース信号分解の方法として、BPDN[1] が知られている。これを応用して、スパース性に関するペナルティを含んだコスト関数として

$$E = \frac{1}{2} \|\mathbf{f} - \sum_{p \in \mathcal{P}} \mathbf{f}^{(p)}\|_2^2 + \sum_{p \in \mathcal{P}} \lambda_p \|\mathbf{f}^{(p)}\|_2 \quad (3)$$

を用いる。ここで、 λ_p は近似精度とスパース性を調整するパラメータである。式 (3) のコスト関数の最小化問題を解くにはテンプレートと振幅係数の 2 つを求める必要がある。そこで、各々の値を交互に更新する操作を反復して解を導出する。これにより、周期信号に基づくスパース信号分解を実現する。

3 信号分解実験

8kHz サンプリングでモノラル録音された男女各 1 つの実音声信号に対して提案した信号分解を適用した。信号を 360 点のフレームに分割した各々のフレームで、信号分解を行っている。その再構成信号の SNR と各フレームで用

表 1: 実音声での信号分解結果

	SNR(dB)	平均周期数
女声	17.09	2.34
男声	15.56	2.54

いた振幅時変周期信号の数の平均を表 1 に示す。表 1 から、男声、女声とも平均 2.5 個程度の周期信号で各フレームを近似し、全体として 15dB 以上の近似精度を達成していることが分かる。

4 1 チャンネル音声分離への応用

周期分解した後に各振幅時変周期信号を話者毎にクラスタリングすることで、音声分離を行う。このクラスタリングには、あらかじめ各話者の音声から無音部分を除去した信号を用意しておき、それを参照信号として用いる。そして、各参照信号からフレームを切り出して振幅時変周期信号との相関係数を求める操作を行い、その最大値を与える参照信号の話者へ振幅時変周期信号を割り振る。実験では、女声、男声を各々 3 つ用意し、その各組み合わせで 2 つの音声を混合し、その混合信号から音声を分離した。混合信号は元の音声信号に対する SNR が 0dB になるように作成されている。これにより得られた各話者の音声信号の SNR の平均を男女別にとったものを表 2 に示す。ただし、各組み合わせに対して、その列の性別の平均 SNR を示している。異なる性別の混合信号では 6dB 以上、同じ性別でも 5dB 程度の SNR の向上がみられる。

表 2: 音声分離結果の平均 SNR(dB)

	女声	男声
女声	4.92	6.33
男声	6.42	4.88

5 まとめ

本報告では振幅時変周期信号に基づく信号モデルを用いたスパース信号分解を提案し、提案法がスパース性の高い信号分解を与えることを示した。さらに、提案法を 1 チャンネル入力による音声分離へ適用する実験により、提案法の音声分離への応用が可能であることを示した。今後の課題としては、コスト関数のパラメータ λ_p の決定方法の検討とクラスタリング方法の改良が挙げられる。

参考文献

- [1] S. S. Chen, D. L. Donoho and M. A. Saunders, "Atomic decomposition by basis pursuit," SIAM Journal on Scientific Computing, vol.20, no.1, pp.33-61, 1998.