

G-23 N-mode SVD によるアーティファクト成分を含む EEG の成分分離 Separation of Electroencephalogram from the Artifacts by N-mode Singular Value Decomposition

○佐原光¹, 保谷哲也²

*Hikaru Sahara¹, Tetsuya Hoya²

N-mode Singular Value Decomposition (N-mode SVD)[1] has been found to be a useful analytical method for reduction of broadband noise in speech signals[2,3]. In brain signal processing, simple filtering approaches are often used to remove the artifacts such as electromyogram(EMG). This paper shows that N-mode SVD can effectively separate the electroencephalogram(EEG) from EMG in terms of the experimental study, in comparison with a conventional filtering approach.

1. はじめに

脳波を用いた実験を行う上で、被験者の眼球運動や筋電成分(EMG)などのアーティファクトは正確な結果を計測する妨げとなる。本稿では、近年考案された N-mode SVD アルゴリズム[1]による雑音除去法[2,3]を用いて、この筋電成分の分離を試みた。

2. N-modeSVD、テンソル

近年、N-mode SVD アルゴリズムが画像や音声雑音処理に有効であることが報告されている[1-3]。

N-mode SVD は、あるテンソル形式のデータに対して行う特異値分解法の一つである。[2, 3]に示されるように、テンソルとは上記のようなデータ解析を行う上で扱われるデータ表現形式であるが、より具体的には、図 1 に示されるように、2次元のデータをサンプルで区切り、N次元に再配列した形式を指す。以下、テンソルについて簡単に示す。(詳細については[2]を参照。)

今、テンソルを、各モードで展開した行列 $A_{(n)}$ に対して SVD を施した場合、以下のように表わされる。

$$A_{(n)} = U_n \Sigma_n V_n \quad (1)$$

次に、基底行列 U_n を用いてテンソル \mathcal{A} を分解すると以下ようになる。

$$\mathcal{A} = Z \times_1 U_1 \times_2 U_2 \times \dots \times_n U_n \times \dots \times_N U_N \quad (2)$$

$$Z = \mathcal{A} \times_1 U_1^T \times_2 U_2^T \times \dots \times_n U_n^T \times \dots \times_N U_N^T \quad (3)$$

このテンソル Z をコアテンソルという。計算によりコアテンソル Z を(3)より求め、(2)のように元のテンソル形式で表して、最終的にそのテンソルを元のデータと同じ2次元の行列の形式に戻す。

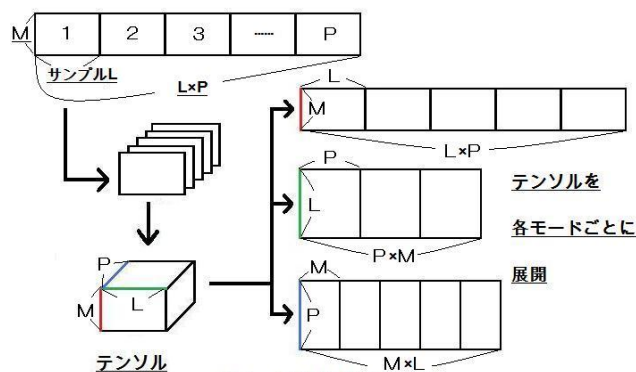


図 1 . テンソルの概念図

3. 実験

今回、実験に用いたデータは、128-channel Biosemi EEG system を用い、サンプリング周波数 2048[Hz]で、被験者に映画を鑑賞させている際に記録したものである。また、本実験は、計 128 チャンネルの中から図 2 の頭頂葉に近い A7 および B4 の 2 チャンネルのみを選択し解析を行った。

実験では、まず初めにこの 2 チャンネルの原信号データに対してベースラインを取った。

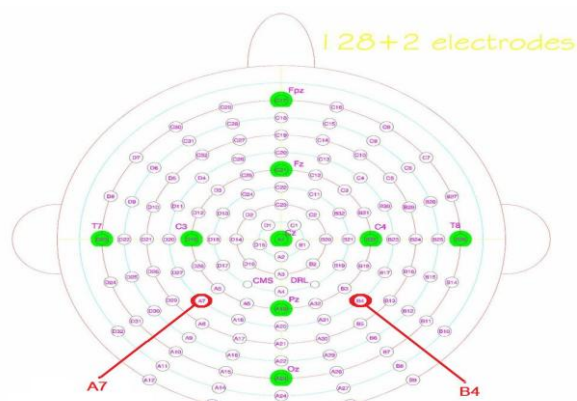


図 2 . 計測電極図

その方法として、1[Hz]のハイパスフィルターを用いた。そして、そのベースラインを取ったデータと、N-mode SVD を行った結果とを比較した。次に N-mode SVD について示す。

モードは、チャンネル・サンプル・分割の 3 つとした。分割のサンプル数はサンプリング周波数と同じ 2048 とした。すると、チャンネル：2、サンプル数：182272、分割のサンプル数：2048 よりテンソルのサイズは $2 \times 2048 \times 89$ となる(ここで、分割のサンプル数 89 は、サンプル数を分割のサンプル数で割ることにより求められる。つまり、図 1 で $M=2$ 、 $L=2048$ 、 $P=89$ の場合に該当する)。

次に、テンソルをモードごとに展開した。すると、1 目 (D_1) のサイズは 2×182272 、2 目 (D_2) は 2048×178 、3 目 (D_3) は 89×4096 となる。

そして、各々のテンソルに SVD の計算をし、基底行列 U_n を求めると、 U_1 は 2×2 、 U_2 は 2048×178 、 U_3 は 89×89 のサイズの行列となる。その後、アーティファクト除去のため、 U_n を次元縮小することにより、 U_1 は 2×1 、 U_2 は 2048×10 、 U_3 は 89×10 のサイズにし、各行列が収束するまで計算を行った[2,3]。これにより求められたコアテンソル Z 、および U_n からテンソルを 1 章(2)のように作り、それを再度元データと同じ行列の形に戻し、原信号と比較した。

4. 実験結果・まとめ

結果を図 3～図 5 に示す。図 3 は A7 および B4 の原信号、図 4・図 5 はそれぞれ A7 および B4 のベースラインを取った原信号と N-mode SVD を比較したものである。

大きい振幅が筋電図のアーティファクトである。アーティファクトのない箇所と比べ、幾つかの部分であまり減衰せず残っていることが確認できる。この結果より、従来の単純なフィルタリング法より N-mode SVD を用いた成分分離法が有効であることが確かめられた。

5. 今後の予定

今回は左右対称となる 2 チャンネルを用いて実験を行った。結果を数値として表わすことに間に合わなかったので講演会当日までに行う予定である。今後は、対にならないチャンネルを選択した場合や、チャンネル数を増加した場合も正確に結果が得られるようにパラメーターを調整し、成分分離を行える範囲の拡大を試みる。さらに、次元縮小数を変えることで、より分離度の高い結果を出せるように工夫を行う予定である。

また筋電図の載ったデータ以外にも、前頭葉周辺のチャンネルに混合した瞬きや眼球運動のアーティファクト成分分離にも取り組む予定である。

6. 参考文献

- [1] M. A. O. Vasilescu and D. Terzopoulos, "Multilinear subspace analysis of image ensembles," presented at the IEEE Conf. CVPR, 2003.
- [2] Sato Y, Hoya T, Bakardjian H, Cichocki A, Reduction of Broadband Noise In Speech Signals by Multilinear Subspace Analysis, Proc. of InterSpeech2010 Conference, Makuhari, Japan, Sept.26-30, 2010.
- [3] 佐藤佑介, 保谷哲也, "N-mode SVD を用いた雑音除去", 平成 21 年度 (第 53 回) 日本大学理工学部学術講演会

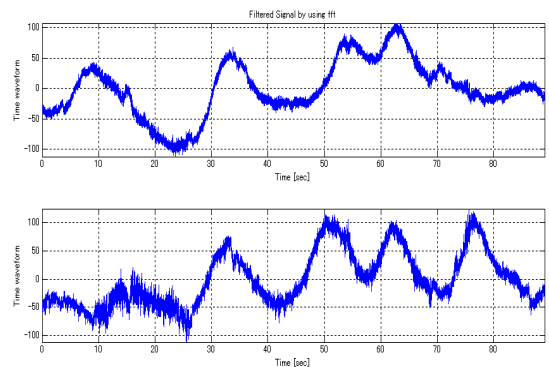


図 3 . 原信号 ch.A7(上) ch.B4(下)

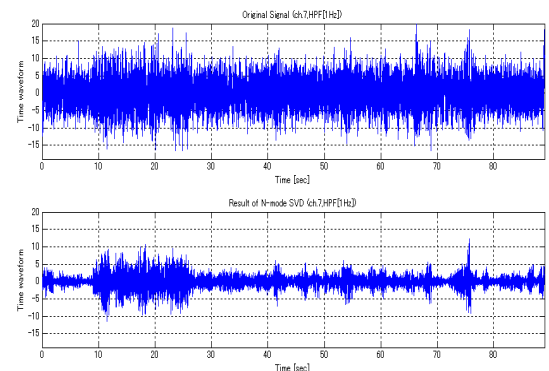


図 4 . ch.A7 原信号(上)とN-mode SVDの結果(下)の比較

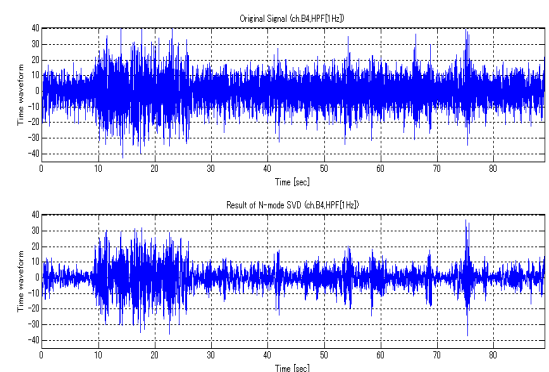


図 5 . ch.B4 原信号(上)とN-mode SVDの結果(下)の比較