

独立成分分析による脳波データのノイズ除去

SP11106 宇佐美 敬允 非線形物理学研究室

1 はじめに

独立成分分析 (ICA) とは、多変量のデータから、信号源の独立性以外の仮定を全く必要とせずに独立成分を推定する一つの手法である。脳波計 (EEG) によって得られるデータを考えた場合、観測されるデータは脳波や筋電位などの混合の電位である。脳波や筋電位をそれぞれ独立だと仮定すれば、ICA の仮定があてはまり、混合の電位から脳波や筋電位をそれぞれ独立な成分として推定できるはずである。本実験では、実際に脳波計から得られた混合の電位に対し、これらの信号源の独立性を仮定することによって、脳波と筋電位をそれぞれ独立に推定できるのかを検証した。

2 ICA モデル

基本的な ICA モデルとして以下を仮定する。

$$\vec{x}(t) = A\vec{s}(t) \quad (1)$$

ここで、 $\vec{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))^T$, $\vec{s}(t) = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t))^T$, $A, t \in (1, 2, \dots)$ をそれぞれ、観測値ベクトル、信号源ベクトル、 n 行 n 列の混合行列、また大文字 T を転置、小文字 t を、1~の時間の変数とする。信号源ベクトル $\vec{s}(t)$ に対して独立性を仮定する際に、 $x(t)$ に独立性の必要条件である無相関化

$$\vec{z}(t) = V\vec{x}(t) \quad (2)$$

を施す (V は n 行 n 列の白色化行列、 $\vec{z}(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t))^T$)。次に、推定値ベクトルである $\vec{y} = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t))^t$ の各成分の非ガウス性が最大になるように n 行 n 列の W を予測する。

$$\vec{y}(t) = W\vec{z}(t) = WV\vec{x}(t) \quad (3)$$

これにより、混合行列 A の逆行列 WV が求められる

$$\vec{s}(t) = \vec{y}(t) = A^{-1}\vec{x}(t) = WV\vec{x}(t) \quad (4)$$

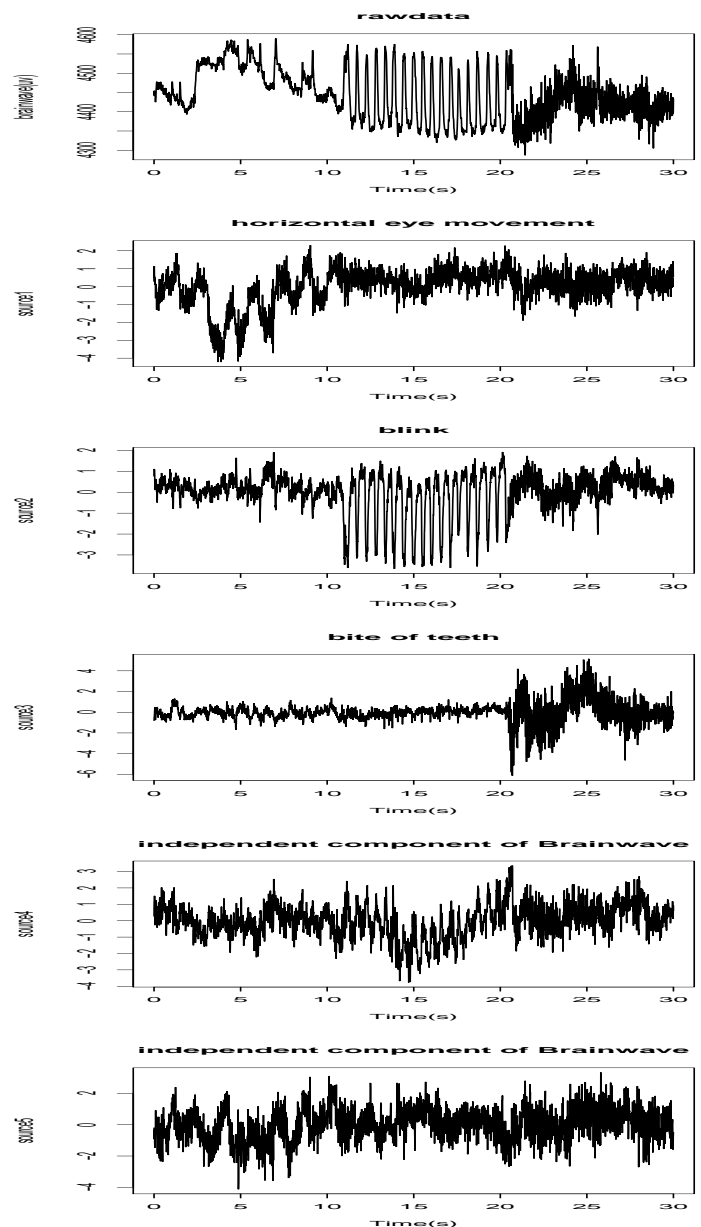
によって、お互いに独立な信号源ベクトルを求めることができる。

3 実験

本実験では、脳波計として 14 電極の EEG (emotiv 社 EPOC) を使用した。被験者は眼球の水平運動、まばたき、歯の噛み締めの 3 つの運動をそれぞれ順番に 10 秒間、合計 30 秒を 1 セットとし、合わせて 10 回の実験を行った。

4 結果

下図は、処理前と処理後の EEG データをプロットしたものである。一番上は処理前のデータを表し、残りの 5 つは ICA 処理後の独立成分である。



5 まとめ

EEG から得られた混合の電位より ICA を用いることによって、筋電位が背景脳波よりも大きい時ですら、それぞれ分離できることを示した。ゆえに実環境において、脳波だけを観測したい場合に ICA は有効であると考えられる。

6 参考文献

アーポ バビリネン, エルキ オヤ, ユハ カルーネン: 「詳解 独立成分分析 東京電気大学出版局 (2013)」