

眼球運動に関連した独立成分抽出に最適なアルゴリズムの検討

Optimal Algorithm for Extracting Saccade-related Independent Components

船瀬 新王 (PY)^{†,‡}, 毛利 元昭^{†,‡}, 八木 透^{§,‡}, Andrzej Cichocki[‡], 内匠 逸[†]

Arao Funase(PY), Motoaki Mouri, Tohru Yagi, Andrzej Cichocki, and Ichi Takumi

[†] 名古屋工業大学大学院工学研究科

[‡] 理化学研究所

[§] 東京工業大学大学院理工学研究科

funase.arao@nitech.ac.jp

Abstract— Most of the analysis of the EEG data has been performed using ensemble averaging approaches. In signal processing method for BCI, raw EEG signals are analyzed. The ensemble averaging method is not suitable for processing raw EEG signals.

In order to process raw EEG data, we use independent component analysis. This paper presents extraction rate of saccade-related EEG signals by four ICA algorithms and six window size.

As results of extracting rate focused on ICA algorithm, The JADE and Fast ICA have good results. As you know, calculation time in Fast ICA is faster than calculation time in JADE. In this case, Fast ICA is best in order to extract saccade-related ICs. Next, we focus on extracting rate in each windows. The windows not including EEG signals after saccade and the windows which has small window size is good extracting rate.

Keywords— Brain computer interface (BCI), Independent component analysis (ICA), Saccade, EEG

1 背景

近年、脳波インタフェースと呼ばれるインタフェースの研究が盛んに行われている。しかしながら、従来型の脳波インタフェースは、脳波における周波数成分を入力信号としており、波形信号そのものを入力とはしない。これは、脳波解析における波形信号処理法として一般的な加算平均法は、インタフェースの信号処理に必要な実時間性を持っていないためである。

そこで、複数試行のデータを必要とする加算平均法でなく、我々は独立成分解析と呼ばれる、単一実行時の脳波を解析することのできる信号処理方法を利用して、脳波波形処理が可能であることを明らかにした [1]。しかしながら、従来研究では使用する独立成分解析のアル

ゴリズムの妥当性と使用する解析対象区間幅の妥当性を論じていない。そこで本研究においては、使用するアルゴリズム・解析対象区間幅と眼球運動に関連する独立成分の抽出率の関係について解析する。

2 対象脳波

本研究の対象とする脳波は、眼球運動に関連している脳波である。これは、我々がは眼球運動に関連した脳波を利用する脳波インタフェースを提案しているからである [2]。

3 実験環境

本研究では、暗室としたシールドルームで行った。被験者は、シールドルームのイスに座り、あごのせ台であごを固定させられた。両眼の中心から左右それぞれ 25° と 0° の位置に視覚刺激用 LED と聴覚刺激用のブザーが配置した。被験者の頭部には脳波測定用の Ag-AgCl 電極を 19 個が国際 10 - 20 法に基づいて貼付された。電極から導出される信号は NeuroScan 製 SIMAMP で記録された (サンプリング周波数 1000Hz)。

実験課題は、Visually guided saccade task である。被験者は、実験開始時に正面にある LED を注視する。正面の LED の注視を 3~5 秒間行う。この後、正面の LED が消灯し左右どちらかの LED が提示される。被験者は提示された LED へ視線を動かし、提示された LED を 1 秒間注視する。その後、左右いずれかの LED は消灯し、正面の LED が提示される。それにともない、被験者は正面の LED を注視する。これを左右 25 回、計 50 回繰り返す。

被験者は正常な視覚を持つ右利きの男性 5 名で、年齢は 25 歳 ~ 26 歳 (平均年齢は 25.4 歳) である。

4 本研究で使用する独立成分解析

本研究においては、Fast ICA [3], ANUSE [3], NG-FICA [3], JADE [3] の 4 種類のアルゴリズムを使用して眼球運動の抽出率の比較検討を行う。また、以下の解析対象区間; Window A (-999[ms] ~ 1000[ms]), Window B (-499[ms] ~ 500[ms]), Window C (-349[ms] ~

350[ms]), Window D(-999[ms] ~ 0[ms]), Window E(-499[ms] ~ 0[ms]), Window F(-349[ms] ~ 0[ms]), と眼球運動に関連する独立な成分の抽出率の関係性を明らかにする。この時の, 0[ms] は眼球運動の開始時刻を示し, マイナスが眼球運動前の時間であることを示している。

5 結果

まず, 眼球運動関連する独立な成分を以下のように定義する [1]。

- 眼球運動前に急激な変動を持つインパルス性の信号が観測される。その電位のピークが眼球運動開始 50[ms] から眼球運動直前の-1[ms] までに存在する。
- 眼球運動に関連する信号のピーク振幅 $n = \frac{\bar{x} - \mu}{s}$ が $n > 3$ となる。ただし, \bar{x}, s は-1000[ms] から 0[ms] までの電位の平均とその標準偏差, μ はピーク電位である。

また, 眼球運動に関連する独立な成分の抽出率を以下のように定義することとする。

(the number of trials in which saccade-related IC are extracted)
/ (The total number of trials).

まず, アルゴリズムと抽出率の関係を表1 に示す。この表から FastICA と JADE が眼球運動に関連する独立な成分の抽出に適していることがわかる。現時点において, AMUSE と NG-FICA の結果が悪い理由については明らかになっていない。この点は今後解析する必要ある。

また, 表 2 は, 生波形を抽出する窓と抽出率の関係を示している。この表から, 眼球運動後のデータを解析対象としないことが抽出率向上において重要であることがわかる。また, 切り出し区間が短い窓を使用した時に眼球運動に関連する独立な成分の抽出率が向上することがわかる。しかしながら, 現時点においては, -349[ms]~0[ms] より短い切り出し区間を用意していない。よって, 切り出し区間が短くなればなるほど結果がよくなるということはいえない。

表 1: Extracted rate by four ICA algorithms.

	AMUSE		FastICA		NG-FICA		JADE	
	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
A	24%	4%	100%	96%	29%	36%	100%	100%
B	12%	20%	84%	80%	16%	16%	92%	96%
C	36%	24%	92%	96%	8%	32%	88%	100%
D	32%	28%	96%	100%	20%	52%	96%	100%
E	20%	28%	96%	92%	28%	40%	96%	96%
Ave.	22.8%		93.2%		27.2%		96.4%	

表 2: Extracted rate by six window size.

	FastICA	JADE
-999 ~ 1000 [ms]	37.2%	38%
-499 ~ 500 [ms]	29.6%	27.2%
-349 ~ 350 [ms]	22.4%	26.4%
-999 ~ 0 [ms]	90%	93.6%
-499 ~ 0 [ms]	93.2%	96.4%
-349 ~ 0 [ms]	99.4%	99.2%

6 結論

本論文において, 眼球運動に関連する独立な成分が抽出できることを明らかにした。また, 眼球運動に関連する独立な成分の抽出には, 現時点では JADE と FastICA が適していることが明らかになった。最後に, 解析対象とする脳波は, 現時点においては眼球運動前のみを解析対象とすることが良いことと, 切り出し区間が短いほど結果が良くなることが明らかになった。

謝辞 本研究の一部は, 文部科学省 科学技術研究費補助金 若手研究 (B)18700409 による。

参考文献

- [1] A. Funase, T. Yagi, M. Mouri, A. K. Barros, A. Cichocki and I. Takumi (2006) "Analysis on EEG signals in visual and auditorily guided saccade task by FICAR", Proc. of 6th International Symposium on Independent Component Analysis and Blind Signal Separation, 438-445.
- [2] A. Funase, T. Yagi, Y. Kuno and Y. Uchikawa (2000) "A study on electro-encephalo-gram (EEG) in eye movement", *Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 18,709-712.
- [3] A. Cichocki and S. Amari (2002) "Adaptive blind signal and image processing" Wiley.