

BCI における背景脳波排除と多項目動作検出を目的とした

独立成分分析による頭皮上脳波の解析

Application of Independent Component Analysis to BCI using Mu Rhythm

for Multi-class Motor Imagery Detection

○ 小嶋莉奈（東京都市大） 五味俊之（東京都市大） 島谷祐一（東京都市大） 京相雅樹（東京都市大）

Rina KOJIMA, Toshiyuki GOMI, Yuichi SHIMATANI, Masaki KYOSO, Tokyo City University

Abstract: Noninvasive Motor imagery based brain-computer interface (BCI) is an appropriate solution for upper limb stroke rehabilitation. However, multi-class brain activity detection and robustness against background EEG are required for practical use. We proposed the application of independent component analysis (ICA) to solve the problems. In this study, the multi-channel EEG signals recorded during hand movements were used for the evaluations. The amplitudes in the frequency band of mu rhythm were calculated with the original signals and ICA analyzed signals. Then the signals in which event-related desynchronizations were found were compared. The results by using ICA show that the components with and without desynchronizations were separated. The results on the rate of Amplitude degradation from event-related desynchronization show that ICA could enhance event-related desynchronization by separating background EEG component. Separation performance on multi-class activity by ICA should be evaluated for the next step.

Key Words: Brain-Computer Interface, Mu Rhythm, Independent Component Analysis

1. はじめに

BCI (Brain-Computer Interface) は、脳から情報を取り出す出力型と脳に情報を送る入力型の二つに分類される。その中でも出力型 BCI とは、脳信号を計測してコンピュータで処理し、外部機器を自分の意志で制御することのできる技術である。その中でも、非侵襲型 BCI は脳卒中等により運動・感覚機能に重度な障害を生じた患者に対して、新しいリハビリテーションの一つとして注目されている。しかし、現在行われているリハビリテーションの問題点として多項目の思考の抽出と背景脳波の影響排除に難がある事が問題点として挙げられる。

本研究では、問題点の解決を目的として独立成分分析 (ICA) の応用を提案する。ICA とは混合信号を解析してそれぞれの信号源に分離する方法である²⁾。頭皮上脳波には背景脳波や外部からのノイズが混合して計測される。よって、ICA によってこれらが独立な成分として分離できると考えた。そこで、今報告では健常者が実際に手を動かした場合の脳波を多チャンネル測定し、その波形から運動に関係する脳波の一種である μ 波を検出する事を目的とする。また、ICA によって動作に関連する成分と雑音を分離し、事象関連脱同期の成分の強調も目的としている。

2. 実験と解析

2-1 実験装置

被験者は健常成人男性 5 名であり、ヘルシンキ宣言に則り、インフォームド・コンセントを得た後に実験を実施した。また、ノイズを軽減するためにシールドルーム内で計測を行い、生体信号増幅装置、AD コンバータ、解析用 PC、動作のタイミングを表す画像に光トリガを装着したモニターはシールドルーム外に設置した。各装置の接続は Fig.1 のように行った。

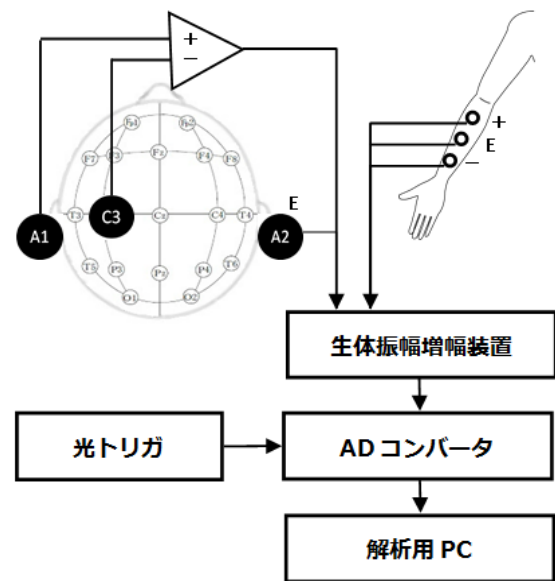


Fig. 1 Configuration of the experimental apparatus

2-2 電極位置と計測条件

被験者には右手での計測を行うため、国際 10-20 法の左脳の C3 位置を基準とし、中心溝に沿って 2cm 間隔で耳側に 1 個、頭頂側に 2 個の EEG 電極を 4 個取り付ける。また、動作開始を示す。画面上の指示に同期した光トリガ信号と右手指に関する筋電図も同時計測した。計測条件は Table.1 として計測した。

Table. 1 Measurement conditions

	EEG	EMG
Sampling Frequency[Hz]	200	200
Sensitivity[μ V/V]	0.1	0.5
Low Cut[Hz]	0.5	0.5
High Cut[Hz]	30	30
Quantization bit late[bit]	16	16

2-3 実験プロトコル

実験はストレスを軽減するために暗闇の中で行った。そして、ノイズを低減するために、瞬きや咀嚼を出来る限り行わないよう指示をした。

また、今回は被験者に運動時のタイミングを通知するために線で手の動きを表したスライドを利用した。(Fig.2) スライド上の左下に作成したマークを光トリガとし、白から黒に変わるタイミングに合わせてデータを記録した。

Fig.2に表したような時間軸で計8秒を合計40回連続して計測を行った。スライドを用いて、被験者は①~②の2s間、③~④の3s間の画像の間は何もせず、②~③の画像の際に手を軽く握る。手を握るタイミングとして、図のような画像を0.25sごとに切り替える事によって3s間に6回手を握る動作をするよう指示した。

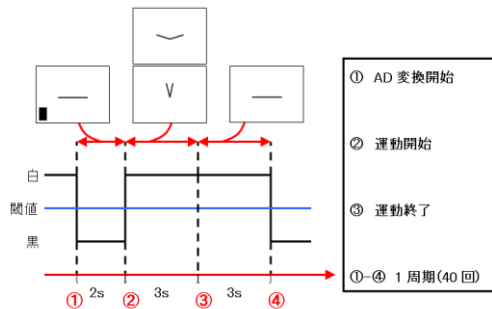


Fig. 2 Measuring method

2-4 解析方法

μ 波帯域の振幅を計算する方法を説明する。まず計測した波形に μ 波帯域である7~11Hzのバンドパスフィルタをかけ、2乗処理を行った。その波形に1Hzのローパスフィルタをかけてスムージング処理をする。求めた波形をFig.2の②の動作開始をトリガポイントとし、その2秒前から8秒間(①~④の範囲)を切り出し、40回同期加算処理を行った。

本研究では、 μ 波と背景脳波を分離して検出する方法として、白色化の後、尖度を用いた繰り返し計算により独立成分分析(ICA)を行った。ICA処理後、結果は前述の μ 波帯域の振幅算出処理にかけて評価を行った。最終的に動作による事象関連脱同期の成分の大きさを評価するため、振幅の減少率を計算し、比較した。これは、各波形を動作前(0~2s)の振幅の平均値と動作中(2~5s)の振幅の平均値との差を動作前の振幅の平均値で正規化した値である。

3. 結果

Fig.3は計測した脳波から振幅抽出処理により得られた波形である。また、ICAにより処理した波形をFig.4に示す。2つのグラフ上の2sの時点から5sの間で動作を行っている。

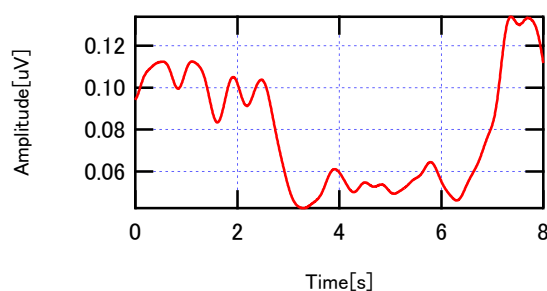


Fig. 3 EEG amplitude after extraction treatment

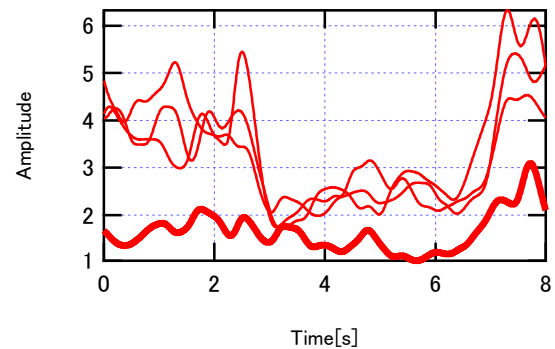


Fig. 4 EEG after the independent component analysis

次に減少率については、3名の被験者について、4チャンネルの中の最大値を求めた(table 2)。

Table. 2 Amplitude degradation rates for 3 participants

	ICA 処理前	ICA 処理後
最大値	0.38	0.41
	0.36	0.39
	0.40	0.44
最大値の平均	0.38	0.41

4. 考察

4-1 μ 波の確認

Fig.3より運動中(3~6s)の振幅が下がっている事、また運動前の振幅値から運動後の振幅値までほぼ同じ値まで回復していることが確認できた。この波形は運動時に振幅が下がる事象関連脱同期の特徴と一致するため、 μ 波の検出に成功したといえる。

4-2 ICAによる分離結果

Fig.4より独立成分分析によって動作に関連する成分と背景脳波を分離できた事を確認した。また、Table.2では μ 波の振幅減少率を示した。両者を比較すると、計測した脳波に独立成分分析を行った後の振幅減少率の方が大きい事が確認できた。これは、独立成分分析によって事象関連脱同期の成分が抽出された結果であると考えられる。

5. 結論

本研究では手を動かした際の脳波から μ 波の分離・検出を試みた。動作時の振幅減少率による評価の結果、 μ 波と背景脳波を分離して検出する事に成功した。今後は複数の動作の脳波について、ICAによる分離を試みる予定である。

参考文献

- (1) 岡庭 豊 「病気がみえるvol.7脳・神経」 メディックメディア 2011
- (2) Aapo Hyvarinen, Juha Karhunen, Erkki Oja (根本幾、川勝真喜 訳) 詳解独立成分分析-信号解析の新しい世界 東京電機大学出版局 2005