

Vol.1 No.3 25 .June 2011

The Monthly Lecture Meeting

第 3 回 月例発表会



第 1 卷 3 号

同志社大学生命医学部
医療情報システム研究室

Published by the Medical Information System Laboratory
OF Doshisha University, Kyotanabe, Japan

Medical Information System Laboratory

The Monthly Lecture Meeting

Contents

光トポグラフィデータからの脳活動信号抽出

横田 山都 . . . 1

光トポグラフィデータからの脳活動信号抽出

横田 山都

1 はじめに

近年、脳機能計測に対する関心が高まっており、従来から使用されてきた MEG (Magnetoencephalography) や EEG (Electroencephalograph) などの脳神経活動を計測する機器に加え脳血流量の変化から脳機能を計測する機器が登場している。脳血流量変化の計測を行う代表的な機器は fMRI (functional magnetic resonance imaging) と光トポグラフィである。光トポグラフィは非侵襲であると同時に拘束性が低いことから脳機能研究において注目を集めている。

しかし、光トポグラフィは開発されてから10年程度しか経過しておらず、計測データの解釈や解析方法に不明な点が多いことから実用化には至っていないケースが多い。

そこで、本研究では光トポグラフィデータに含まれる様々な信号がどのような刺激に対して発生しているものかを明らかにすることで、計測したい刺激に対する脳活動の変化を抽出することを目指している。その一例として、本報告では ICA (Independent component analysis) により分離させた光トポグラフィデータから脈拍に起因する信号の分離が可能かを検討した。

2 光トポグラフィデータの解析

光トポグラフィは MEG や fMRI などと比べて機器が簡便であり利用も容易であるという特徴を持つ。また、光トポグラフィは近赤外線の照射部と受光部を頭皮に接触させるだけでよいことから電極にジェルなどを塗る必要のある EEG に対しても計測のコストが低いといえる。

しかし、計測される信号は相対的な値となるため各チャンネル間、被験者間での比較が難しいという問題がある¹⁾。そのため、タスク間や被験者間で加算平均処理などが行われるが、信号には注目している脳活動変化以外の信号も含まれていることから処理を行うことで重要な信号が失われてしまう可能性が考えられる。また、光トポグラフィは原理的に脳活動以外の頭皮表面部を流れる血流の影響を受ける²⁾。そのため、恒常的に移動加算平均処理や周波数フィルタ処理が使用されているが、これらの処理に関しても実験者の主観や経験的な観点からパラメータが決められている。

そこで、本研究では、複数の観測信号を使用することで未知の現信号を見つけ出すことが出来る ICA と呼ばれる手法を光トポグラフィデータに使用することで、データに含まれている個々の刺激を明らかにする。それによ

り注目する脳活動に影響を与えずにノイズ除去やデータの比較を行うことが可能になると考える。

3 ICA による信号分離

ICA とはとは、複数の信号源から発生した信号が混ざった混合信号を複数のセンサで受信し、観測された観測信号だけからそれぞれの信号源ごとの信号を波形レベルで分離するための手法である。各信号源が統計的に独立であると仮定することによって未知である原信号の波形を推定する BBS (Blind Source Separation) 手法である。

ICA による光トポグラフィデータの解析は森本らにより行われている³⁾。この研究報告では光トポグラフィデータの計測データから類似する波形の選択、波形の特徴的な部分の整合を行うことで ICA を行えると報告している。しかし、これらの選択、整合の処理は実験者の主観的な評価により行われているため再現性が低いと考えられる。また、分離する波形の数に関しても経験的な要因で決定されていると思われる。

そこで、本研究では、相関係数と PCA (principal component analysis) を使用することで光トポグラフィデータに対する ICA における波形の選択、整合および分離波数を自動的に決定する方法を提案する。

4 提案手法

本提案では、相関係数を使用することで波形形状の類似ではなく、波形の時間的変化の類似を求めることで同一の原信号 (脳活動等) を計測していると考えられる信号の選択を自動的に行う。計測位置が隣接する場合は考えにくいですが、例えば前頭葉と側頭葉を同時に計測した場合、前頭葉の脳血流量増加と側頭葉の脳血流減少が発生することが考えられる。そのため、相関係数を利用することは波形の関連度を定量的に示し、自動的に類似波形を選択することが出来ることに加え、視覚的な判断では類似が見逃ししやすい負の相関なども抽出できるというメリットが考えられる。また、波形の整合に関しても波形をずらし、相関係数の最も高くなる位置を波形の整合が行えた位置とした。

そして、ICA により分離する波数に関しては相関係数を使い選択した信号に対して PCA を行い、寄与率の低い波を削っていき、ICA を行った際に入力波数と出力波数が一致した時の出力を適切な分離波数とした。これにより、ICA により出力される信号を安定させることがで

きると考える。

5 実験

本実験では、光トポグラフィデータに対して提案手法により脈拍に起因する信号を分離することを目的としている。

5.1 実験環境

実験に使用したデータはストループ・カラーワード・テストと呼ばれるタスクを実施した光トポグラフィデータである。Fig. 1 に示すようにタスクは画面に表示される文字と色が一致している一致課題と、文字と色が異なっている不一致課題を3セットずつ実施している。

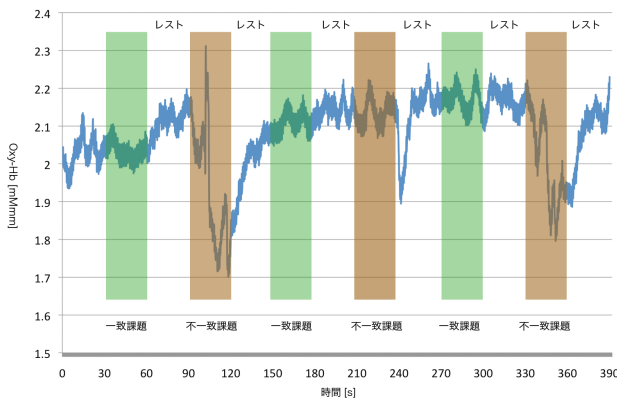


Fig. 1 タスク設計

実験では移動加算平均処理や周波数処理を行っていないデータを使用した。計測データの詳細を Table. 1 に示す。

	値
計測機器	ETG-7100
計測部位	前頭葉
計測チャンネル数	22Ch
サンプリングレート	0.1s
計測時間	390s
使用波形	Oxy-Hb

5.2 ICA による処理

実験では Fig. 1 に示した計測データのうちタスク区間の波形のみを切り出し、以下の手順で信号の分離を行った。

1. 信号の選択
CH1 の信号を基準に相関係数が 0.8 以上 (-0.8 以下) のものを使用する信号として選択した。
2. 波形の整合
選択した信号を CH1 に対して -5s ~ +5s まで移動させた時に相関係数が最大となる位置を使用した。本実験では計測部位が近いことから初期の状態で整合がとれていた。
3. PCA
選択した信号に対して PCA を行った。

4. ICA

PCA で出力された信号を ICA により分離した。分離した信号の数が入力数より少ない場合は PCA において寄与率の低い信号を出力波数と入力波数が一致するまで削除していった。

5.3 実験結果

1 セット目の不一致課題をのデータを ICA により分離したところ 14 個の信号に分離できた。出力された信号は Fig. 2 ~ Fig. 4 に示すように出力順に ICA1 ~ ICA14 とした。

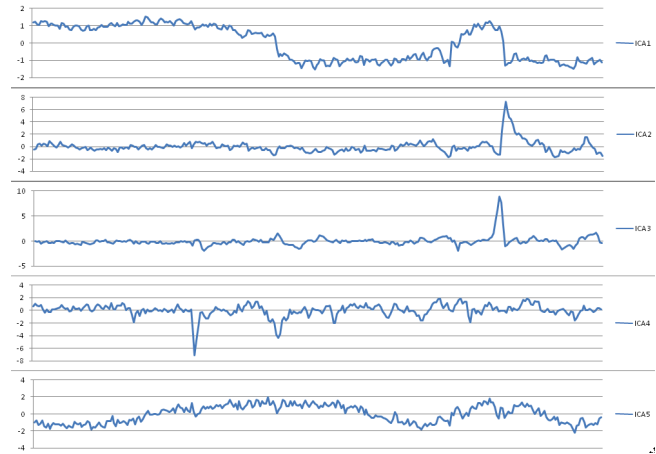


Fig. 2 ICA1 から ICA5 の波形

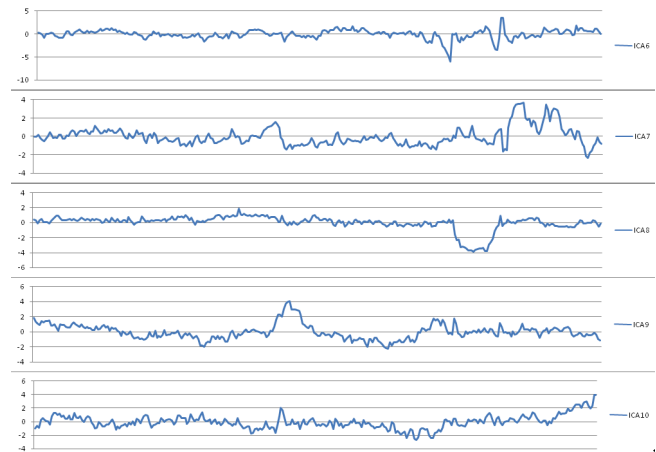


Fig. 3 ICA6 から ICA10 の波形

5.4 考察

ICA により出力された信号のうち Fig. 4 に示した ICA11 の波形が脈拍に類似していると考え、ICA11 に対して FFT (Fast Fourier Transform) を行った。FFT の結果を Fig. 5 に示す。

Fig. 5 から分かるように 1.5Hz の周波数付近にピークが来ており、ICA11 が脈拍信号に起因する波形であること判断した。このような波形は他のタスク区間における ICA 結果でも得ることができた、しかし、波形を得ることが出来たのは不一致課題に対してのみであった。一致課題においては Fig. 6 に示すように脈拍信号と他の信

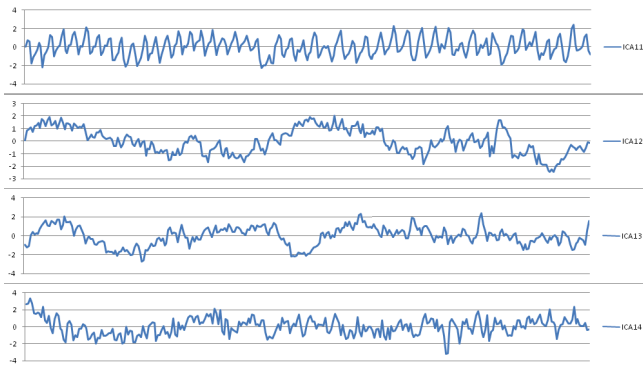


Fig. 4 ICA11 から ICA14 の波形

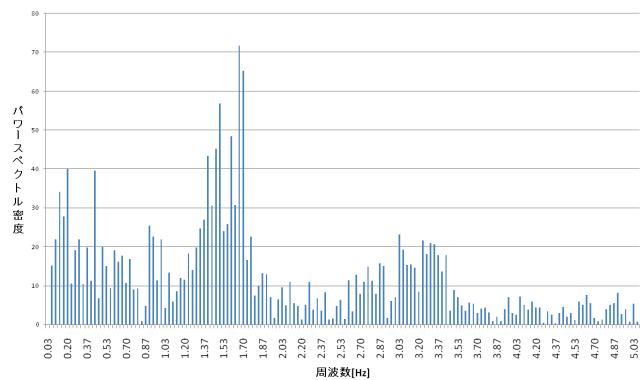


Fig. 5 ICA11 に対する FFT 結果

号が混合して出力された。

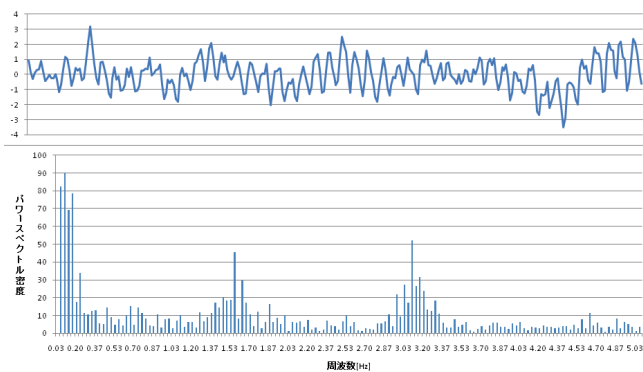


Fig. 6 一致課題における脈拍波形

本実験は 1 データに対してのみの実施であったため断言は出来ないが、一致課題においては脈拍と関係のある何らかの脳血流変化があったと考えられる。

6 おわりに

本報告では、光トポグラフィデータから脈拍に起因する信号の抽出を行った。実験では、提案した光トポグラフィデータに対する ICA 処理手順において一部ではあるが脈拍に起因する信号を分離できた。しかし、今回は信号の持つ周波数成分から脈拍に起因する信号であると判断したが、正確な判断には実際に被験者の脈拍を測る必要がある。

今後は他の計測データに対しての提案手法の適用や結

果の考察に加え、計測データに含まれる体動に起因する信号の抽出を計測時に加速度センサなどを使用することで行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 佐藤知絵, 島田美帆, 星祥子. 近赤外分光計測における層構造散乱媒質の深部情報の抽出と定量化. 脈管学, Vol. 47, No. 1, pp. 29–37, 2007.
- 2) Kohl M et al. Obrig H, Wenzel R. Near-infrared spectroscopy: does it function in functional activation studies of the adult brain? *Psychophysiol*, Vol. 35, No. 1, pp. 125–142, 2001.
- 3) 森本章範 河合正登志 奥野裕樹柳田益造. Nirs 信号に対する類似波形選択と特徴点整合を前処理とした独立成分分析. 電子情報通信学会 信学技報, Vol. 111, No. 89, pp. 41–46, june 2011.