

NIRS を利用した文章の肯定・否定に関する脳状態の識別

Brain state analysis of affirmative or negative answers to the questions by using NIRS-based BMI

谷野 広祐^{*1} 瀬戸 勇記^{*2} 阿児 駿平^{*2} 阪上 慶二郎^{*2}
 Kosuke Tanino Yuki Seto Shumpei Ako Keiji Sakagami

三浦 浩一^{*1} 松田 憲幸^{*1} 曾我 正人^{*1} 瀧 寛和^{*1}
 Hirokazu Miura Noriyuki Matsuda Masato Soga Hirokazu Taki

^{*1} 和歌山大学システム工学部

Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

^{*2} 和歌山大学システム工学部研究科

Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

This paper describes the analytical method for cerebral blood flow during imagining affirmative or negative answers to the questions by using NIRS. Our method can discriminate which imagining affirmative or negative answers with 70% of precision.

1. はじめに

現在、日本では高齢化社会が進展しており、脳卒中・脳梗塞や身体障害等による肢体不自由者の被介護者数が増加し、被介護者に対して介護福祉士等の介護者の不足が問題として挙げられている。そこで、近年、対応策として注目が集まっているのが脳と外部機器を直接つなぐブレイン・マシン・インタフェース(BMI: Brain-Machine Interface)[1]である。BMI はユーザーの脳活動で発生する電位や血流量を計測することによって思考や活動を推定し、機器を制御しようとする技術である。BMI を用いることで義手・義足を制御したり、電動車いすを制御したりといった成果が報告されている。BMI を導入することで介護者の負担軽減や、被介護者の自主的な生活が可能になることが期待されている。

本研究では、NIRS 脳機能計測装置を用いて肯定・否定想起時の脳血流変化を調べることで、意思の識別を試み、BMI に利用可能か検証する。表示される質問に対し、賛成・反対の想起をした時の脳血流量の変化を NIRS 脳機能計測装置で計測する実験を行う。肯定想起時と否定想起時に得られたデータにそれぞれどのような特徴があるのか、個人間や個人内で相関があるのか等を解析・識別し、fMRI や PET のように巨大で専門の技術者が操作する必要のある装置ではなく、日常生活においても気軽に取り扱えるような簡易な装置で意思伝達や意思判別が行うことができるようになることを目指す一歩として本研究を行った。

2. 実験手法

携帯型 NIRS 脳機能計測装置を用いて、肯定否定想起時の脳血流計測実験を行い、得られた脳血流量変化データをニューラルネットワークにより、肯定時なのか否定時なのかを識別可能かどうか検証する。

2.1 実験条件

実験機器は日立製作所のウェアラブル光トポグラフィ WOT-100 を用いた。被験者は 20 代の右利きの健常な男性 4 名で、計測箇所は前額部の 10 カ所を計測する。これは一般的に人間の意思判断や感情などの機能は脳の前頭部で処理されるとい

うことから決定したものである。被験者は椅子に着席し、安静開眼状態で行う。

2.2 実験手順

被験者は眼前のディスプレイを注視しておく。タスク時にディスプレイに表示された質問に対して、回答(肯定・否定)を想起してもらう。レスト時にはディスプレイの一点を注視しておく。1 回の計測を前レスト 10 秒、タスク 10 秒、後レスト 10 秒の計 30 秒(図 1)とし、これを各被験者 50 回行った。表示される質問内容は「あなたは男性ですか」や「あなたは右利きですか」といったような肯定・否定で答えられるようなものを用いた。また、後日、同じ被験者に同様の質問内容で 2 度目の実験を行う。これは個人内でのデータの比較を行い、個人内でのデータの差が小さければ、個人毎の特徴の抽出が可能であると考えられるためである。

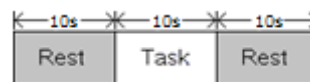


図 1: 試行時間

3. 解析手順

3.1 特徴抽出

計測した脳血流データはまず、周波数フィルタをかけ、変化量の大きな期間を検出し、データ内に目印をつけ、その部分を異常な変化であるとして、解析に使用しないように除外する。今回、検出に用いた周波数フィルタは 0.02~0.5Hz のバンドパスフィルタを用い、除外する対象となる変化量は 2 サンプル前の対象データの標準偏差の 3 倍以上のものとする。

次に混入したノイズを除去するために、0.02~0.1Hz のバンドパスフィルタを適用させる。そして、1 試行の区間データの刺激期間を参考にし、一部の区間を除いたデータに対して n 次式フィッティングを行い、その結果をベースラインとし、下のデータからベースラインを差し引くことで、単調増加、減少、周期的に変化するノイズを取り除くことで、目的となる活動の特徴の抽出を行った。

3.2 タスクの識別

本研究におけるタスクの識別には、階層型 3 層ニューラルネットワーク(図 2)を用いた。上記で解析した各チャンネルの総ヘモグロビン量を入力として用い、識別されたタスクの種類(肯定・

否定)が出力されるようにした。また、中間層のノード数は最小 5 個から最大 40 個の間で 5 個ずつ変化させて識別を行い、最も識別率が高いものを採用した。

ニューラルネットワークの学習法のニュートン法は、目的関数を探索点の近傍で 2 次多項式に近似する手法である。収束速度が高いが、初期点を解の近傍に取らなければ収束性の保証がない。本研究ではニュートン法の収束速度の高さに加えて収束性の向上を実現させた準ニュートン法を用い、学習を行った。

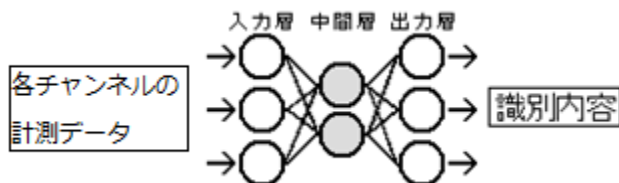
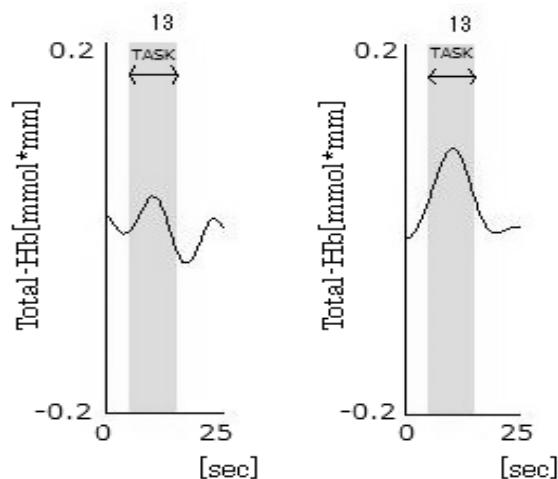


図 2: ニューラルネットワーク

4. 実験結果

被験者から得られたデータを解析し、肯定・否定のデータをそれぞれ加算平均することで得られた総ヘモグロビン量の時間変化グラフを図 3 に示す。図 3 は被験者 B の実験結果である。また、ニューラルネットワークによる識別結果を表 1 に示す。



(a)肯定想起時 (b)否定想起時
図 3: 被験者 B の脳血流変化(13Ch)

表 1: 各被験者の肯定・否定想起の識別率

	肯定	否定	平均識別率
被験者 A	92.3%	41.7%	67.0%
被験者 B	82.4%	62.5%	72.5%
被験者 C	73.3%	70.0%	71.7%
被験者 D	61.5%	83.3%	72.4%
平均	77.4%	64.4%	70.9%

表 1 より、肯定想起時の平均識別率は 77.4%、否定想起時の平均識別率は 64.4%、全体での平均識別率は 70.9%となっている。全体の平均では肯定想起時の方が識別率は高いが、被験者 C では肯定・否定のどちらも同じ程度の識別率で、被験者 D では否定想起時の識別率の方が高くなっている。また、被験者 A は否定想起時の識別率が 50%を下回り、41.7%となっている。

5. 考察

タスク時である肯定・否定想起時に前額部の総ヘモグロビン量が増加していることがわかる。また、肯定想起時に比べ、否定想起時の方が比較的総ヘモグロビン量の増加量が大きいことがわかる。またレスト時において、多少の変動は見られるものの 0 へ収束する傾向があり、検出したい活動の特徴を抽出していることが確認できた。被験者 A の 1 度目の実験と 2 度目の実験のデータの比較をしたところ、特に賛成想起時のデータに違いが見受けられた。これは脳血流量変化がその日の体調や状況によって異なってくるためと考えられる。また、今回使用した装置である WOT-100 では計測位置を固定することができないため、多少の計測位置のずれが生じたために、計測結果に差が出たと考えられる。また、被験者 A と被験者 B のデータを比較したところ、脳血流の増減量や波の形に違いがあることがわかる。これは他被験者の比較でも同様であり、これにより、賛成・反対の想起による脳血流量変化は個人差があると推測される。

識別率においては全体平均では 70%以上の識別率を得られたので携帯型 NIRS 脳機能計測装置を用いた肯定・否定想起時の識別は可能であると考えられる。しかし、2 値判別問題において、平均 70%という結果では BMI として利用するには実用的な識別率であるとはいえない。そこで、実験回数の増加や、実験前の被験者側のトレーニングを行うことで識別率の向上が望めるのではないかと考える。また、今回の識別には酸化ヘモグロビン量と還元ヘモグロビン量の合計である総ヘモグロビン量のデータのみを用いたが、酸化ヘモグロビン量と還元ヘモグロビン量それぞれのデータを用いることで識別率にどのように変化があるのかを確認する必要がある。

6. まとめ

脳血流を計測する携帯型 NIRS 脳機能計測装置を用いて、質問に対する肯定・否定想起時の脳血流量変化の解析・識別を行い、小型の NIRS 装置でも BMI として利用可能かどうか検証した。識別にはニューラルネットワークを用いたところ、肯定・否定の識別率は平均で 70.9%という結果が得られた。この結果から、携帯型 NIRS 脳機能計測装置を用いた肯定・否定想起の識別による、BMI として利用できる可能性が確認された。しかしながら、本研究における識別率は十分な精度であるとはいえない。そこで精度の向上のために、実験回数の増加や、実験前の被験者側のトレーニング、総ヘモグロビンだけでなく酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンを識別に利用することの検討等を行うことが今後の課題である。

参考文献

[瀬戸 2013] 瀬戸,尾花,阿児,賀集,坂上,三浦,松田,瀧:脳波を利用した意思判断における選択状態の分析, IIS-13-036, 電気学会 次世代産業システム研究会予稿集, 2013
 [松下 2004] 松下,中川: 光トポグラフィによる感性情動解析, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報学会, 2004.
 [雑賀 2009] 雑賀,三浦,王: 黙読を用いた Brain-Computer Interface の開発, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, バイオメディカル・ファジィ・システム学会, 2009.
 [長谷川 2008] 長谷川: ブレイン-マシンインタフェースの現状と将来, 電子情報通信学会誌, 電子情報通信学会, 2008.
 [飯塚 2009] 飯塚,加納,宮本,吉信,川島: 運動イメージ時の脳活動における NIRS 信号を用いたニューロフィードバックの効果: NIRS による評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報学会, 2009.