

NIRS-based BCIのための複数タスク判別の精度向上に関する検討

A study on the improvement in accuracy of two or more tasks classification for NIRS-based BCI

後藤 かをり*¹ 参沢 匡将*² 広林 茂樹*²
 Kaori Goto Tadanobu Misawa Shigeki Hirobayashi

*¹富山大学大学院理工学教育部知能情報工学専攻
 Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama

*²富山大学大学院理工学研究部(工学)
 Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama

Developments of Brain-Computer Interface (BCI) have been researched actively in recent years. The brain activity corresponding to a blood-flow change measurable by NIRS is known to be slow to react, compared with a brain wave measurable by electroencephalograph (EEG). So, in developments of BCI which used near-infrared spectroscopy (NIRS), a method to reflect the amount of information more in short time is needed. Therefore, in this study, we considered the classification potential of two or more choices by using two or more cognitive tasks, and its improvement. Specifically as two or more cognitive tasks, we used “calculation task”, “Stroop task”, and “graphic task”. And the experiment of repeating answering about cognitive task with a mouse was performed for five participants. And classification accuracy was verified offline. Though additional examination is needed, the future potential of multiclass classification by two or more cognitive tasks for BCI using NIRS was demonstrated.

1. はじめに

近年の非侵襲性脳機能計測機器の発達に伴い、Brain-Computer Interface (BCI) の開発が盛んに行われている [Farwell 88]。BCI は、脳の活動を入力とすることで、身体的な動作を要せずに直接機械 (PC など) を操作しようとするシステムであり、身体が不自由な人が意思を決定・伝達することを支援するシステムとして期待されている。また、近年、脳機能計測機器の中でも近赤外分光法 (NIRS) が BCI のための計測機器として着目されてきている [Coyle 04]。しかしながら、NIRS で計測可能な血流変化に対応する脳活動は脳波計 (EEG) で計測可能な脳波に比べて反応に時間が掛かることが知られている。このことから、NIRS を用いた BCI の開発にあたり、短い時間でより情報量を反映させる手法が必要であると考えられる。そこで本研究では、NIRS による BCI のための判別手法として、複数の認知タスクを用いることによる 2 択以上の判別可能性およびその精度向上について検討を行った。

2. タスク設計

タスクの概要を図 1 に示す。まず、画面中央に “X” を表示して休息时间 (レスト) を設けた後、3 種類の認知タスクのいずれかを、再び “X” が表示されるまで 10 秒間行う (これを 1 trial とする)。認知タスクには「計算タスク」、「Stroop タスク [Zyset 01]」、「図形タスク」を用いた。いずれのタスクについても、被験者は提示された課題についての解答を画面下部の 4 つの選択肢からできるだけ早くマウスで選択する。解答が選択されると次の課題が提示され、被験者は 10 秒以内にできる限り解答を行うことを試みる。各タスクの詳細について以下に述べる。

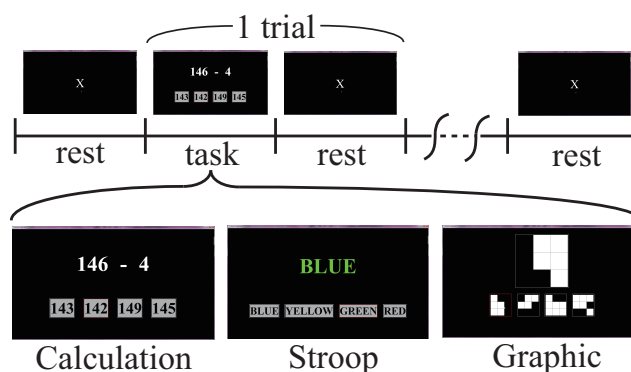


図 1: タスク概要

計算タスク (Calculation task)

画面中央に提示される計算式 (引き算) を解き、正しい答えを選択する (図 1, Calculation の場合、正解は 142)。

Stroop タスク (Stroop task)

画面中央に表示される色を表す単語 (例えば BLUE) の “文字の色” を答える (図 1, Stroop の場合、正解は GREEN)。

図形タスク (Graphic task)

画面中央に表示される図形と同じ図形を、回転も考慮して、選択肢の中から選択する (図 1, Graphic の場合、正解は一番左の図形)。

3. 実験

3.1 概要

5 名の被験者 (21 ~ 22 歳, 女性 1 名) に対して実験を行い、実験中の各被験者の oxy-Hb 濃度変化を NIRS (Spectratech 社製 OEG-16 : 16 チャンネル, サンプルング間隔 0.65 秒) を

連絡先: 参沢 匡将

富山大学大学院理工学研究部 (工学)
 〒 930-8555 富山県富山市五福 3190
 misawa@eng.u-toyama.ac.jp



図 2: 実験風景

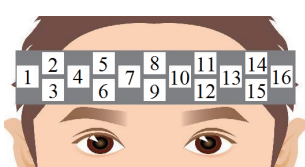


図 3: 計測部位 (channels)

用いて計測した。各タスク 50 trial (合計 150 trial) で 1 回の実験とし、各被験者に対して 2 回行った。ただし、1 回目はレスト、タスクともに 10 秒ずつとしたが、2 回目はタスクは 10 秒のまま、10 秒のレストを 3 trial に 1 回とし、その他のレストは 2 秒と短く設定を変更して実験を行った。これは、BCI への実装を考えた場合、レストを短くすることでタスク全体にかかる時間を短くできる可能性を検証するためである (被験者へ提示できる情報量を考えて 3 trial 毎に設定している)。また、実験中の 3 種類のタスクの出現順序はランダムとした。実験風景を図 2 に示す。また、計測部位は図 3 に示すように前頭前野である。図 3 中の数字はチャンネル番号に対応する。

3.2 判別精度の分析

本研究では、2 択以上の判別可能性を検討するにあたり、実験で計測を行った 3 種類のタスクの oxy-Hb 濃度変化データを 2 種類ずつの組に分割し、各組み合わせにおいての判別精度について、Offline で 5-fold cross validation にて検証を行った。データの前処理には Savitzky-Golay smoothing filter [Savitzky 64] を用い、判別手法としては Support vector machine (SVM) を用いた。

表 1 は被験者 5 人の 2 回の実験データについて、3 通りの各タスクの組み合わせにおける精度の分析において、最も良い精度を示した際のデータを使用したチャンネルの組み合わせと、その精度を示している。分析の結果、精度は平均して約 70% となった。表 1 に示した分析では、SVM の入力データとして用いる特徴量には、計測チャンネル毎の oxy-Hb 濃度変化データ (16 次元) について主成分分析 (PCA) を行い、累積寄与率が 80% を超えるまでの上位主成分得点を用いている。この他に、t 検定を用いて特徴量を選別する手法についても同様に検討を行ったが、分析結果は平均して約 64% という精度であり、PCA を用いることで精度が 6% 向上した。このことから、各被験者について適切な特徴量を抽出することでさらに精度が向上する可能性があるものと考えられる。

また、全体として、1 回目と比較して trial 間のレストを短く設定した 2 回目の実験について、判別精度の明確な低下は見られず、レストを短くすることによる判別精度への影響は小さいと考えられる。被験者によっては 2 回目の方が高い精度を示している場合もあり、判別精度の平均は 2 回目の方が高い結果となった。このことより、更なる検証が必要ではあるが、レストを短くすることによって判別精度を低下させずにタスク実行時間の短縮を図ることができるだけでなく、さらに精度の向上に繋がる可能性があるものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、NIRS を用いた BCI のための判別手法として、3 種類の認知タスクを用いて 2 択以上の判別の可能性について検討を行った。被験者 5 人に実験を行い、計測したデータについて、2 種類ずつのタスクの判別精度について Offline にて分析を行った結果、平均して約 70% の精度となった。さらなる

表 1: 判別精度の分析結果

Calculation and Stroop task				
Participant	1st		2nd	
	channels and accuracy (%)		channels and accuracy (%)	
A	7, 9, 11, 15	70.0	6, 8, 11, 12, 14	83.0
B	9, 12, 14	68.0	3, 6, 7	70.0
C	2	69.0	3, 4, 9	76.0
D	7, 11, 12, 13, 14	71.0	2, 12, 14	74.0
E	4, 5, 8, 12	72.0	8, 15	68.0
Average		70.0		74.2
Stroop and Graphic task				
Participant	1st		2nd	
	channels and accuracy (%)		channels and accuracy (%)	
A	8, 9, 12, 15	67.0	3, 12	76.0
B	4, 5, 13	67.0	2, 7, 12	70.0
C	9, 11	66.0	3, 8, 14, 15	66.0
D	13	71.0	3, 4, 10, 15	71.0
E	2, 5, 7, 9, 13	72.0	7, 8, 15	68.0
Average		68.6		70.2
Graphic and Calculation task				
Participant	1st		2nd	
	channels and accuracy (%)		channels and accuracy (%)	
A	5, 11, 13, 14	72.0	2, 4, 11, 12, 13	84.0
B	5, 8, 10, 13	68.0	3, 5, 6, 11	70.0
C	5, 7, 10, 12, 14	68.0	2, 4, 14	65.0
D	2, 3	67.0	2, 4, 6, 14, 15	67.0
E	2, 7, 15	70.0	4, 11, 15	71.0
Average		69.0		71.4

精度の向上が必要であるが、2 種類ずつの判別を更に組み合わせることにより、複数の認知タスクを用いて同時に 2 択以上の判別を行える可能性はあるものと考えられる。

今後は、2 種類ずつで行っている判別精度の分析を拡張し、3 種類の認知タスクの判別可能性および精度向上について検討を行っていく予定である。本研究では判別に用いる特徴量の抽出に PCA を用いたが、各被験者について適切な特徴量を用いることで、さらに精度を向上できる可能性があり、PCA 以外の手法についても検討が必要である。加えて、本研究では認知タスクとして「計算」、「Stroop」、「図形」を用いたが、その他の認知タスクについても検討が必要であるものと考えられる。また、レストを短くすることによるタスク実行時間の短縮と精度向上の可能性についても、さらに検討を行う予定である。

参考文献

- [Coyle 04] Coyle, S., Ward, T., Markham, C., and Mc-Darby, G.: On the suitability of near-infrared (NIR) systems for next-generation brain-computer interfaces, *Physiological Measurement*, Vol. 25, p. 815 (2004)
- [Farwell 88] Farwell, L. and Donchin, E.: Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials, *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, Vol. 70, No. 6, pp. 510–523 (1988)
- [Savitzky 64] Savitzky, A. and Golay, M.: Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures., *Analytical chemistry*, Vol. 36, No. 8, pp. 1627–1639 (1964)
- [Zysset 01] Zysset, S., Müller, K., Lohmann, G., and Von Cramon, D.: Color-word matching Stroop task: separating interference and response conflict, *Neuroimage*, Vol. 13, No. 1, pp. 29–36 (2001)