

パーセプトロンを用いた NIRS-BCI システムの開発

日大生産工 (院) ○澤井 英幸

日大生産工 (院) 柳沢 一機
日大生産 綱島 均

1. 緒論

現在, BCI (Brain Computer Interface) についての研究が盛んに行われている. BCI とは, 人間が脳で考えることを脳神経情報として取り出し, 機械に入力することにより機器を制御するシステムである. 先行研究における BCI として脳波 EEG (electroencephalogram) を用いた BCI は多数研究されている. しかし, EEG は使用者の体動による影響が大きく, 電氣的ノイズに弱いという問題がある. これに対して近赤外分光法 NIRS (Near infrared spectroscopy) は EEG よりも体動制限が少なく電氣的ノイズに強いため使用者への負担が小さく, 電子機器からの影響も無い. よって本研究では NIRS を用いた BCI に着目した. NIRS を用いた BCI の先行研究としては, 永岡ら^[1]が開発した筋刺激リハビリテーションシステムがある. この研究では, NIRS から計測した信号に閾値を設けることで, 脳神経情報に対応して使用者の上腕二頭筋に電気刺激を与え, 肘関節の屈折運動を誘発する. NIRS で計測される信号には, 計測機械のノイズや心拍・呼吸といった課題に関係のない信号成分が含まれており, 閾値による単純な脳活動レベルの判定では不安定である.

そこで本研究では, BCI の初期検討として精度の高い on/off 操作を実現するために, パーセプトロンを用いた脳活動レベルの判別法を提案する. また, グラッピングの想起時の脳活動からシステムの識別精度の検証を行った.

2. 近赤外分光法 (NIRS) の原理

NIRS は, 近赤外光を用いて脳血流の変化を計測することによって, 間接的に脳活動を捉える非侵襲的計測法である. 神経活動が生じる部位では, 局所的に血流が増加し, 血中のヘモグロビンの濃度が変化する. 近赤外分光法は, 生体への透過性が良好な 700~900nm の波長の近赤外光を照射し, その透過光・拡散光から酸化ヘモグロビン (oxy-Hb) と脱酸化ヘモグロビン (deoxy-Hb) の濃度変化を計測することが可能である.

3. 実験概要

脳活動レベルの判定を行うためにグラッピング想起時の脳活動を計測した. 実験は 1 試行を前レスト 10 秒, タスク 30 秒, 後レスト 10 秒とし, 5 試行くりかえす. はじめの 2 試行を準備ステージとし使用者の oxy-Hb の変動のパターンを学習させた. 3 試行以降は判定ステージとし学習したパターンに従い, oxy-H に対応して脳活動の有無の判定を行った. タスクはグラッピングの想起課題を行った. レスト間は安静にしているよう教示した. 測定部位は運動野とした. プローブ配置は左右 4×4 とし, 計 48ch で計測した.

4. 準備ステージにおけるチャンネルの評価

oxy-Hb の微分値はタスクのワークロードとの相関があることから, oxy-Hb とその微分値を用いて脳活動レベルの判定を行った. まず, NIRS 信号にはノイズが多く含まれるため離散ウェーブレット変換による多重解像度解析^[2]を行い, 信号の分解・再構成した.

グラッピングの想起中の oxy-Hb を横軸に, その微分値を縦軸に展開した信号の軌跡を図 1 に示す. タスク時の軌跡とレスト時の軌跡はまとめて観測されていることがわかる. 準備ステージでは分散度^[3]という特徴平面内の信号のまとまりを評価する指標を用いることで, タスクとレストの軌跡のまとまりが顕著に表れているかを評価した. 実験の被験者は右利きだったため, 体側運動野を測定部位とする 25ch から 48ch の中で最も分散度が高い値を示したチャンネルを判定に用いた. グラッピング想起時の oxy-Hb とそ

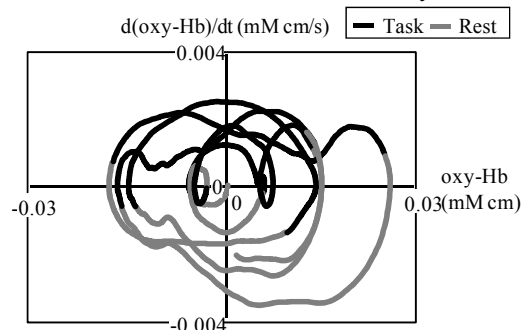


Fig 1. A feather plane of oxy-Hb and it's derivative

Development of NIRS-BCI Using a Perseptron

Hideyuki SAWAI, Kazuki YANAGISAWA and Hitoshi TSUNASHIMA

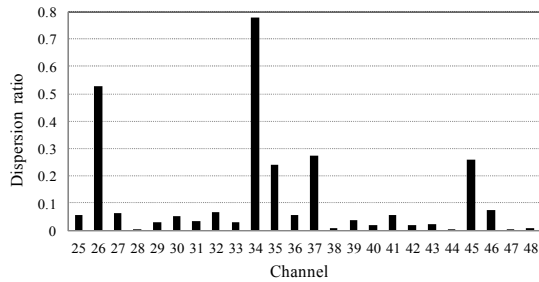


Fig 2. Dispersion ratio of motor area

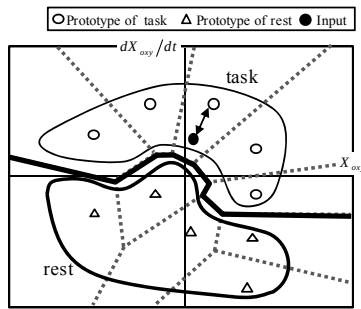


Fig 3. Class separation by perceptron

の微分値から求めた分散度を図 2 に示す。図 2 から 34ch の分散度が最も高い値を示していることがわかる。よって判定ステージでは 34ch の oxy-Hb と微分値から脳活動レベルの判定を行った。

5. 準備ステージにおけるチャンネルの評価

判定ステージではパーセプトロンを用いて脳活動レベルの判定を行った(図 3)。準備ステージにおいて、タスク時に計測された軌跡をタスクのグループのプロトタイプとし、レスト時に計測された軌跡をレストのグループのプロトタイプとする。判定ステージで計測された軌跡に対して、タスクのプロトタイプとレストのプロトタイプのうち、最も距離が近いプロトタイプの属しているグループから被験者の脳活動が低い状態か、グラッピングの想起を行い脳活動レベルが高い状態かを判定した。

以上のように判定することで、タスクとレストのグループを分離する境界線(図中実線)はプロトタイプの数に比例して詳細に求めることができ、単純な閾値よりも高い精度の判定が期待できる。

6. 判定結果

まず、比較対象として oxy-Hb に移動平均処理を行い、準備ステージの最大値の 20% を閾値として設けて oxy-Hb が閾値を上回ったら脳活動が高いと判定した結果を図 4 に、提案法を用いた脳活動レベルの判定結果を図 5 に示す。図 4 ではレスト時に誤った判定が行われ

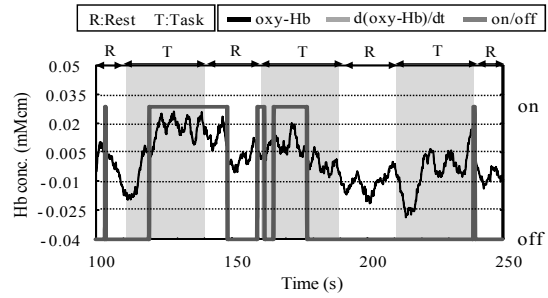


Fig 4. Result of on/off decision by simple thresholding

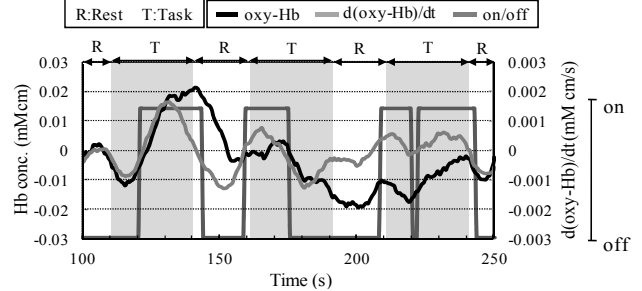


Fig 5. Result of on/off decision by proposed method

ていた。また 5 試行目のタスクではほとんどの期間で脳活動が高いと判定されていなかった。これに対して、提案法では単純な閾値による誤判定が改善されている。また、タスク期間の広い範囲で脳活動が高いと判定されていることがわかる。

7. 結言

本研究では、NIRS を用いた BCI のための新しい脳活動の判定方法としてパーセプトロンを用いた脳活動レベルの判別法を提案し、グラッピングの想起時の脳活動からシステムの識別精度の検証を行った。実験結果から閾値による判定に対し、提案した判定方法のほうがより精度のよい判定を行うことができた。

本研究は平成 23 年度日本大学学術助成金(総合研究)(近赤外分光法(NIRS)を応用したブレイン・コンピュータ・インターフェースの開発:綱島均)の助成を受けた。

「参考文献」

- 1) T. Nagaoka et al., "Development of a new rehabilitation system based on brain-computer interface using near infrared spectroscopy", *Advances in Experimental Medicine and Biology*, (2010), Vol. 662, pp. 497-503.
- 2) 柳沢一機ほか, 機能的近赤外分光法装置(fNIRS)を用いた高次脳機能計測とその評価, ヒューマンインターフェース学会誌, Vol.11, (2009), No.2, pp.183-191.
- 3) 澤井英幸ほか, パーセプトロンを用いた NIRS-BCI, 第 26 回生体・生理光学シンポジウム論文集, (2011), pp.614-617.