

事象関連電位 P300 応答を用いた BCI の検討

関口 遼一[†] 川勝 真喜[†]
[†] 東京電機大学 情報環境学研究科

1 はじめに

日本における筋萎縮性側索硬化症 (ALS) の患者数は、1 万人近く存在する。ALS 患者は身体活動が困難になってしまう。そこで、脳波を用いて他者とのコミュニケーションやコンピュータの操作を可能にする Brain Computer Interface (BCI) の研究が行われている。

BCI には P300 を用いる方法がある。P300 は、外部の視覚・聴覚刺激によって誘発される電位の一つであり、刺激後潜時 300ms~500ms の区間に表れる。選択対象に対する P300 をとらえることで、対象の選択や文字入力が可能になる。P300-Speller は、P300 を利用して文字を綴るためのシステムである。英数字が並んだ行列の各行・列が、限られた時間ですべての文字が同じ回数だけ光るように組まれた疑似ランダムで点灯する。その光刺激で誘発される P300 を検出することで、ユーザが綴りたい文字を特定する。脳波の計測は非侵襲型の装置を用いて行なう。今回は P300-Speller の実験の結果と P300 検出について報告する。

2 実験

P300-Speller の実験では、ユーザの意図する文字の点灯により誘発される P300 と呼ばれる事象関連電位を捉える。今回は英数字を 6x6 行列に配置し、文字の色を青、刺激の色を緑とした。従来の灰色の文字を白く光らせる手法より、右脳視覚野に対する反応の増加した報告があるためである [1]。実験に使用した P300-Speller を図 1 に示す。刺激時間、刺激間隔は、ともに平均 173.7ms とした。各行各列を 30 回点滅させるのを 1 試行とし、被験者に指示した文字 (ターゲット) が何回光ったか数えてもらう。脳波の計測には Emotiv EPOC+ を使用した。サンプリング周波数は 128Hz である。

3 前処理

実験で得た脳波を試行ごとにバンドパスフィルタ (1.0~15.0Hz) をかけた。次に、瞬きによるノイズの除去のため上限 25 μ V, 下限 -25 μ V でクリッピングした。その後、刺激の瞬間から約 102ms (13 ポイント) 前をベースラインとし、刺激の瞬間から 1 秒間 (128 ポイント) の波形からベースラインの平均を引いた。

脳波にはノイズが多く単一の波形では P300 を判別することは困難である。そこで、刺激に対する反応を明瞭に取り出すために加算平均法が用いられる。加算平均する波形の数が多ければ P300 の判別は容易になるが、判別に時間がかかりユーザに負担になる。そのため、少ない加算平均回数で P300 を判別する必要がある。図 2 にターゲットが O (3 行 3 列目) のときの T8 チャンネルの 5 つの波形の加算平均を示す。刺激後 250ms にターゲットが属する行、列に電位のピークが見られる。これが、P300 であると考えられる。

4 判別手法

ターゲットとそうでない文字 (非ターゲット) を分類する。BCI のための CNN として、Depthwise Separable Convolution を用いた「EEGNet」が提案されている [2]。Depthwise

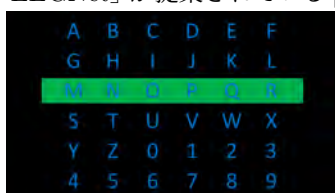


図 1: 提案する P300-Speller

Separable Convolution を用いることで、更新されるパラメータを減らし、軽いネットワークを構築することができる。

5 結果

収集したデータで 5 等分割交差検証と、収録した 3 日間で 3 分割交差検証を行なった。図 3 に加算平均回数を 1~15 回の間で増やした際の F1-score の値を示す。活性化関数には LeakyReLU を使用した。ターゲットと非ターゲットのラベル比が 1:5 であるため、評価指標には Accuracy を用いなかった。

収録日によらない分割を行なったほうが F1-score が高くなるのがわかる。加算平均回数 1 回では、5 等分割交差検証では 72.5% で日付分割交差検証では 67.5% で 5 等分割交差検証のほうが高くなった。これは、当日の脳波を学習していれば P300 検出精度を高めることができると考えられる。

6 まとめ

今回は、先行研究で示された青色の文字を緑色で刺激する P300-Speller を開発した。P300 の判別には EEGNet を使用した。評価には交差検証を使用し、当日の脳波を学習していれば 9 回の加算平均で F1-score が 9 割を超えることがわかった。今後は、開発した P300-Speller で実際に文字を綴ることを考えている。その際、当日の脳波を学習するオンライン学習を組み込み、精度を向上させていく。さらに、今回は単なる閾値での処理だった瞬きの除去についても検討する。瞬きを除去し、P300 判別に関わる情報は消さない信号処理を調査する。

参考文献

- [1] Saleh Alzahrani and Charles W Anderson. Eeg p300 wave detection using emotiv epoc+: Effects of matrix size, flash duration, and colors. Technical report, PeerJ Preprints, 2017.
- [2] Vernon J Lawhern, Amelia J Solon, Nicholas R Waytowich, Stephen M Gordon, Chou P Hung, and Brent J Lance. Eegnet: a compact convolutional neural network for eeg-based brain-computer interfaces. *Journal of neural engineering*, 15(5):056013, 2018.

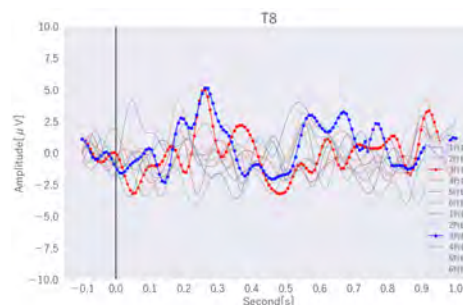


図 2: 5 回の波形の加算平均 (T8 channel)

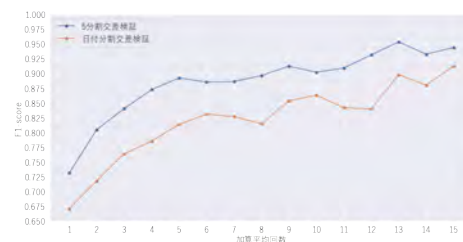


図 3: 5 等分割交差検証と日付分割交差検証の比較