

安価な脳波計を用いた直観的で利便性の高い BMI の実現

2016 年度 成果報告書

脳情報総合研究プロジェクト BMI 研究ユニット

代表 清水 菜々子

1. はじめに

近年、BMI（Brain Machine Interface）と呼ばれる、脳信号によって機械を操作する技術の研究が盛んに行われている。しかし、それらの研究は大規模かつ高価な脳波計を必要としており、実用化が容易ではない。

そこで、本研究では装着が容易で安価な脳波計を用いて BMI を実現することを目標とし、約 20 万円程度の脳波計 Emotiv EPOC（図 1）を用いて研究を行った。



図 1 Emotiv EPOC

2. 研究成果

2-1 方向を想起させる漢字を視認した際の事象関連電位の検出

先行研究[1][2]より、向きを表す単語や記号に対して、事象関連電位（Event Related Potential, ERP）が検出されることが確認されている。ERP とは、内的・外的刺激に反応して起きる脳活動のことである。この研究では、約 600 万円の脳波計 Synafit EE2500(日本 GE マルケット)を用いて実験を行っており、その結果「上」「下」「左」「右」の漢字および「↑」「↓」「←」「→」の記号を視認した際、前頭葉において ERP が検出された。

そこで本研究では、Emotiv EPOC を用いて、漢字の「左」「右」を視認した際の ERP の取得を試みた。先行研究より、漢字の「左」「右」視認時には潜時 500[ms]前後で「左」の場合は正の方向に、「右」の場合は負の方向にそれぞれ振幅の変化があることが確認されている。

本研究の実験手順として、まず脳波計を装着した被験者に視覚刺激として漢字の「左」「右」をそれぞれ提示し、視覚刺激提示中の脳波を計測した。視覚刺激は 0.6[s]は漢字を提示し、その後 3.0[s]は画面中央に注視点のみを提示した。この 3.6[s]を 1 サイクルとして、1 実験当たり 40 サイクル視覚刺激の提示を行った（図 2）。

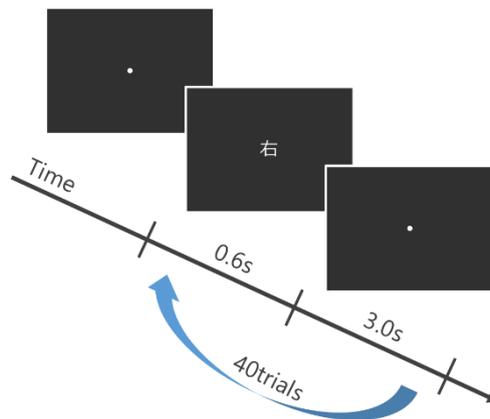


図2 刺激の提示サイクル

取得された脳波の解析手法としてまず加算平均を用いて、ERPが検出されているかを確認した。「左」提示時の脳波の加算平均の結果を図3に、「右」提示時の脳波の加算平均の結果を図4に示す。なお、漢字を視認した際のERPは前頭葉に生じるため、解析には国際10-20法におけるAF4電極を用いた。サンプリングレートは128[Hz]である。

図3、4ともに潜時300[ms]近くにピークが見られ、時間的特徴よりP300であると考えられる。P300とは、識別可能な高頻度の刺激と低頻度の刺激を提示し、低頻度の刺激に注目した際、潜時300[ms]前後で正の方向にピークが現れる脳波である。本実験でP300が検出された理由として、本実験がP300を惹起させることで有名なオドボール課題と似ていることが挙げられる。

また、先行研究より潜時400~600[ms]の間に目的のERPが存在すると考えられたが、P300やノイズの影響を強く受けていたため、ERPの波形が明確に分からなかった。

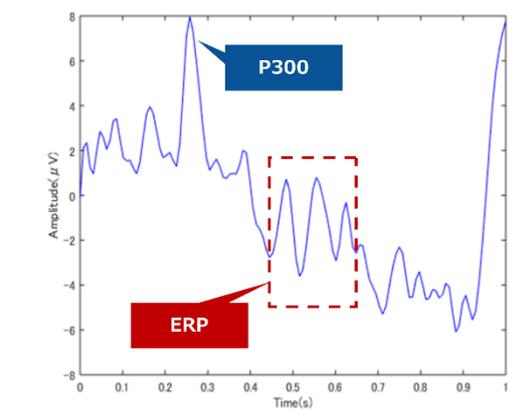


図3 「左」提示時の脳波の加算平均

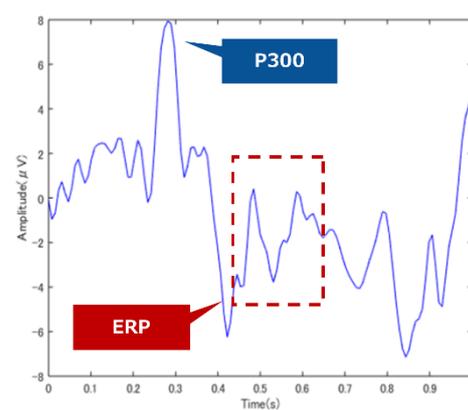


図4 「右」提示時の脳波の加算平均

そこで、主成分分析[3]を用いることで、P300やノイズと、ERPとの区別を試みた。「左」提示時の主成分分析の結果を図5に、「右」提示時の主成分分析の結果を図6に示す。第1主成分から順にCL1, CL2, ..., CL6である。

図5に示すように、潜時600[ms]前で正の方向に振幅の変化が見られ、「左」の場合のERPの位置を確認できた。また、図6に示すように、潜時600[ms]前で負の方向に振幅の変化が見られ、「右」の場合のERPの位置を確認できた。

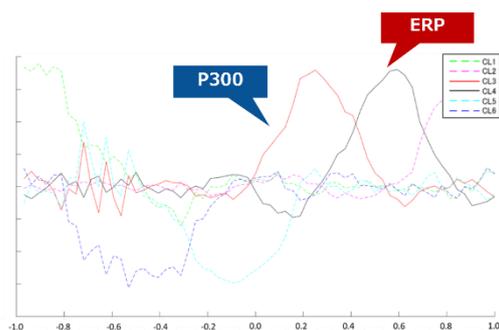


図5 「左」提示時の主成分負荷量

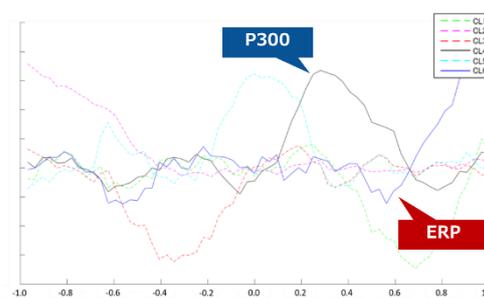


図6 「右」提示時の主成分負荷量

主成分分析の結果から加算平均の結果を再考することで、図7, 8に示すようにERPの波形の特定が可能となった。

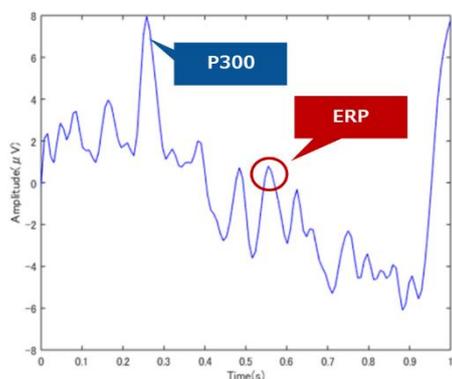


図7 「左」提示時の脳波の加算平均

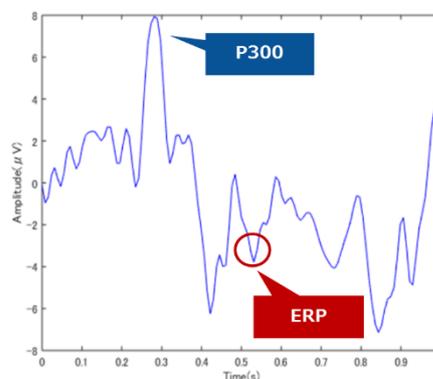


図8 「右」提示時の脳波の加算平均

なお、この研究に関しては第6回サイエンス・インカレで発表を行った。

2-2 外部入力端子を持たない脳波計における精度の高いトリガー信号の取得

高価な脳波計には、トリガー信号を入力するための外部入力端子が通常搭載されている。トリガー信号とは、脳波の解析に用いる加算平均処理において、同期を取るために必要な信号のことである。しかし、**Emotiv EPOC** は外部入力端子を持たないため、トリガー信号の入力を行うことができない。先行研究[4]においては、**Emotiv EPOC** の電極のうち実験に使用しない1電極を外部入力端子の代わりとし、ディスプレイに表示した信号を電極へ直接入力することでトリガー信号の取得を行っていたが、その際に検出されるトリガー信号は一定でなくまた微弱であった(図9)。

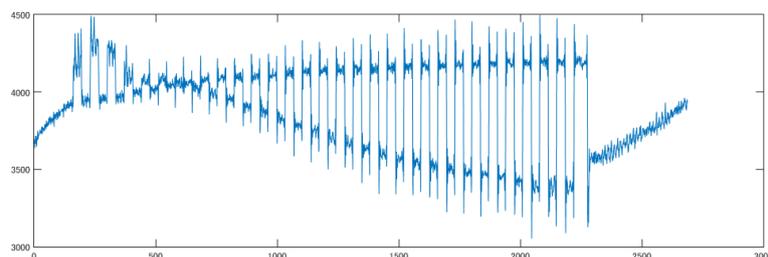
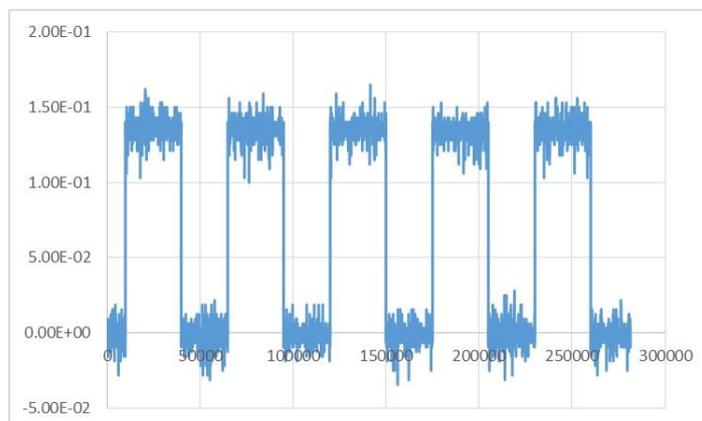


図9 1電極を外部入力端子として用いたトリガー信号

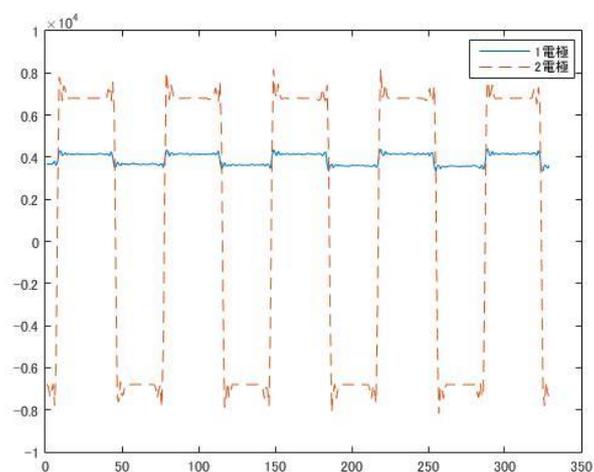
そこで2015年度は、より安定したトリガー信号を取得するために、トリガー信号を直接脳波計の電極に入力するのではなく、一旦**Arduino**に入力し、トリガー信号の二元符号化および電圧の調節を試みた。しかし、**Arduino**からの信号の出力および脳波計への入力は未実装であったため、本研究ではその実装を行った。

具体的な手法について説明する。まず、**Arduino**の回路の抵抗器通過前の信号を1つの電極に入力し、通過後の信号をもう1つの電極に入力して、**Emotiv Test Bench**によりそれぞれの電極の信号の値を記録した。脳波計は電圧計と同様の仕組みであるため、このような信号入力を行っている。そして、**Emotiv Test Bench**で出力されるデータは、脳波計の電極と基準電極の電位差であるため、一方の電極の値ともう一方の値の差分をトリガー信号とした。なお、本実験で用いた視覚刺激は4[Hz]であり、トリガー信号は128[Hz]でサンプリングされたものである。

オシロスコープでトリガー信号を検出した場合と、先行研究において用いられていた1電極を外部入力端子としてトリガー信号を検出した場合、本研究で考案した2電極を外部入力端子としてトリガー信号を検出した場合を比較した(図10)。



(a) オシロスコープ



(b) 1 電極と 2 電極

図 10 オシロスコープ，1 電極，2 電極の場合でのトリガー信号の比較

1 電極の場合より 2 電極の場合の方が，振幅が明瞭になっていることが確認された．
 なお，この研究に関しては電子情報通信学会総合大会に論文を投稿している．

3. 対外発表・イベント参加

本ミッションで行った研究について多くの場で対外発表を行った。また、今後の研究の参考とするため最先端の研究に関するイベントへの参加も行った。

2016年11月15日	公開体験学習会	展示, 技術解説
2017年3月4日, 5日	第6回サイエンス・インカレ	論文投稿, ポスター発表
2017年3月6日	テレビ朝日「キスマイレージ」	スタジオ出演, 技術提供 (放送日 3/21, 28)
2017年3月14日	大学生のための CiNet 研究ワークショップ	参加
2017年3月23日	電子情報通信学会 総合大会	論文投稿, 講演

4. まとめ・展望

今年度の成果として、方向を想起させる漢字を視認した際の事象関連電位の検出に成功した。これにより、従来大規模で高価な脳波計を用いて取得されていた脳信号が安価な脳波計を用いても取得できることが確認された。本研究をさらに発展させることで、ERPを利用したBMIを安価に実現でき、実用化が容易となると考えられる。本研究では視覚刺激を用いたが、今後の課題として単純に方向を思い浮かべたときの脳波の計測も検討している。この脳波を取得できれば、方向を思い浮かべただけでロボットをその方向に動かすことのできる直感的なBMIを安価に実現できるようになる。

また、トリガー信号を安定して取得する方法の確立にも成功したため、今後外部トリガー信号を必要とする脳波計測をよりスムーズに行うことができる。

[参考文献]

- [1] 豊島 恒, 山ノ井 高洋, 山崎 敏正, 大西 真一, 菅野 道夫, 「向きを表す単語と記号に対する時空間的脳活動の比較」, 日本知能情報ファジィ学会 知能と情報 vol.18 No3, pp.425-433, 2006
- [2] 山ノ井 高洋, 豊島 恒, 山崎 敏正, 大西 真一, 菅野 道夫, 「向きを表す単語と記号に対する時空間的脳活動の比較II」, 日本知能情報ファジィ学会 第23回ファジィシステムシンポジウム 講演論文集 23(0), pp.575-578, 2007
- [3] 武藤 真介, 「統計解析ハンドブック」, 朝倉書店, pp.526-531, 1995
- [4] 廣橋 百輔, 寺崎 綾華, 木之下 直人, 山本 舜, 金岡 優奈, 東野 利貴, 床井 浩平, 「外部入力端子を持たない脳波計を用いたSSVEPの検出法の提案」, 電子情報通信学会 総合大会講演論文集 2016年_情報システム(1), p.81, 2016