

利便性の高い BMI・BCI の実現に関する研究
2015 年度 成果報告書

脳情報総合研究室 VR・BMI ラボ
代表 廣橋 百輔

1. はじめに

近年、疾患由来の運動麻痺や脳障害、加齢による身体機能の低下などを原因とする、身障者の生活の質（Quality of Life, QOL）の低下に焦点を当て、その向上を目的とした技術の研究が盛んに行われるようになりつつある。

とりわけ BMI（Brain Machine Interface）、BCI（Brain Computer Interface）は、脳信号を直接コンピュータに入力し、考えるだけで機械の操作が行えるようになるため、近未来の技術として注目されている[1]。このような技術が実用化されれば、身障者の生活補助となるだけでなく、四肢が制限される特定の作業環境などにおいても活用が期待できる。

しかし、BMI・BCIの研究は多くの場合高価な機器を用いて行われており[2]、実用には課題が残る。

そこで本研究では、安価な脳波計を用いて BMI・BCI を実現することを目指し、15 万円程度の脳波計 Emotiv EPOC（図 1）、および 2.5 万円程度の脳波計 B3-Band（図 2）を用いた研究を行った。



図 1 Emotiv EPOC



図 2 B3-Band

2. 研究成果

2.1 SSVEP の検出に関する研究

昨年度まで検出することができなかった SSVEP（Steady-State Visual Evoked Potential、定常的視覚誘発電位）を、Emotiv EPOC を用いて検出することに成功した。

SSVEP とは、ある一定の周波数で点滅する刺激を見つめた際に、主に後頭部の視覚野から誘発される、特徴的な脳活動（視覚誘発電位）のことである。信号の安定性から、トレーニングを必要としない BMI の実現手法としてもっとも有用な信号の一つと考えられている[3]。

本研究では、Emotiv EPOC を用いて SSVEP を検出することを目標とした。SSVEP を検出するには、複数回脳波を測定し加算平均を行う必要がある。このためには、加算のタイミン

グ同期をとるためのトリガー信号を入力する外部入力端子が必要となる。通常、高価な脳波計には外部入力端子が搭載されているが、Emotiv EPOCには搭載されておらず、そのままでは加算平均を行うことができない。これが、昨年度まで SSVEP を検出することができなかった原因である。

そこで今年度、脳波計の電極のうち、脳波解析に利用しない電極を外部入力端子の代替とする手法を構築した。具体的には、視覚提示用ディスプレイの画面右下隅に設置されたフォトトランジスタによって同期信号を検出し、Emotiv EPOC の AF3 電極に入力することで、加算平均を行う際のトリガー信号として利用する。

実験では、10[Hz]、15[Hz]、30[Hz]の3種類の刺激を被験者に提示した。刺激は1回につき5秒間持続し、各刺激それぞれ7回ずつ提示を行った。得られた脳波データに対して、前述のトリガー信号を基に加算平均し、フーリエ変換を行った結果を図3に示す。なお、解析には後頭部に位置する電極 O2 を用いた。

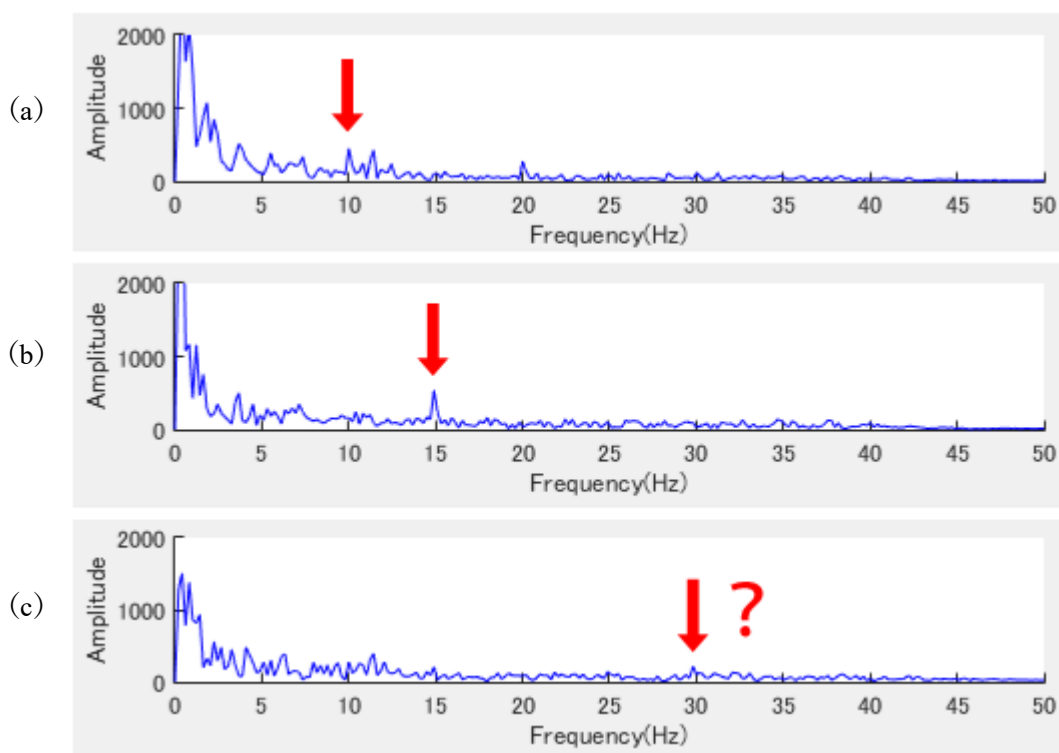


図3 加算平均後のフーリエ変換結果 (a)10[Hz] (b)15[Hz] (c)30[Hz]

実験の結果、10Hz および 15Hz では SSVEP が検出できた。一方 30Hz では、フーリエ変換の結果から十分な振幅が得られなかった。これは、SSVEP は周波数が上昇するにつれて検出されづらくなるのが原因と考える。

2.2 マイコンを用いた画面表示の取得

2.1 節では、ディスプレイから取得したトリガー信号を直接脳波計に入力した。しかしこの手法では信号が安定せず、解析が行いづらかった。そこで、Arduino を用いて刺激信号を真偽の論理値に変換する手法を構築した。

具体的には、フォトトランジスタからの入力先を Emotiv EPOC の電極から Arduino に変更する。Arduino が取得したトリガー信号に閾値を設け、その上下によって“0”か“1”の二値に区分する (図 4)。

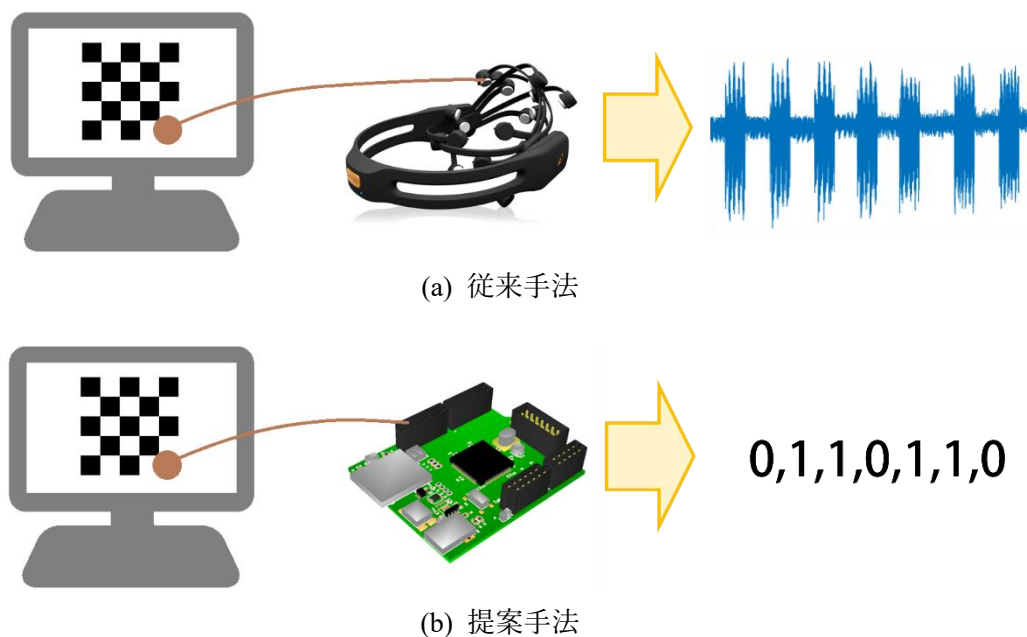


図 4 Arduino を用いた刺激信号変換のイメージ図

実験の結果、センサから入力される刺激信号に対して閾値を設け、信号の 2 値化に成功した。

現状では、Arduino を用いた 2 値化まで行った。Arduino からの出力、並びに脳波計への入力は未実装である。今後、SSVEP の検出や、本プロジェクトの他ミッションで行っている P300 の検出、方向想起時の誘発脳波の取得と組み合わせることで、脳波測定がよりスムーズになると期待される。

2.3 ネットワーク経由でのロボット遠隔操作

昨年度までに、2.5万円程度の脳波計 B3-Band を用いて、「集中度」によるロボット操作に成功している。今年度はさらなる利便性の向上を目指し、ネットワーク経由での、ロボットの遠隔操作を行った。操作対象には、二足歩行ロボット Robovie-X を用いた。

ロボットは、被験者の「集中度」によって操作する。B3-Band を用いて被験者の集中状態を取得し、取得された値によってロボットの動作を変更する。一例として、集中時は前進、リラックス時は後退の動作を割り当てることが考えられる（図5）。

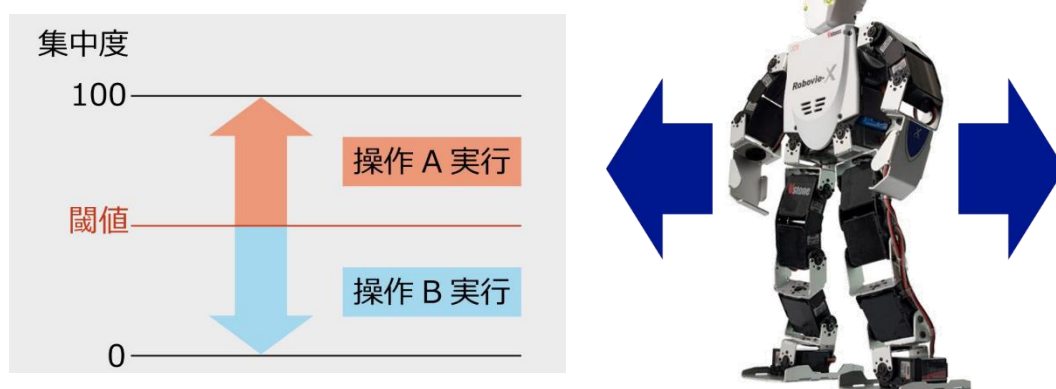


図5 集中度を用いたロボット操作のイメージ図

しかし、この手法では2種類の動作しか行うことができない。そこで昨年度は、集中度からコマンドを作成し、それによってロボットを4方向に操作する手法を構築した。

具体的には、集中度を15秒間×2回計測する。最初の15秒間で集中状態よりもリラックス状態が長ければ「0」を、逆にリラックス状態よりも集中状態が長ければ「1」を振り分ける。続く15秒間も同様の手順を行い、合計30秒間で2桁のコマンドを作成する（図6）。これによって得られた「1,1」「1,0」「0,1」「0,0」の4種類のコマンドに対して、それぞれ前進、右移動、左移動、後退を割り当てることで、4方向の操作を可能とした（図7）。

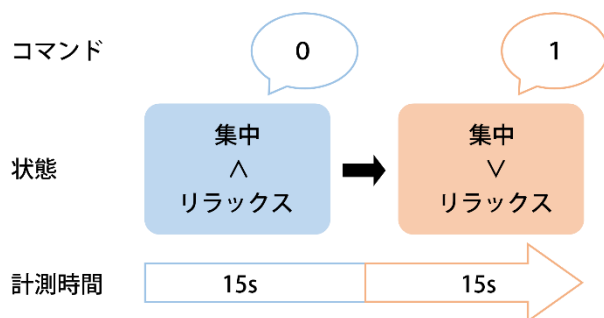


図6 2桁のコマンド生成

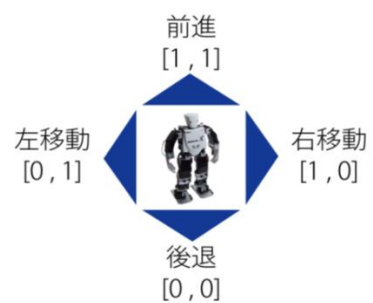


図7 4方向の操作

今年度は、このロボット操作をネットワーク経由で行った。

具体的には、被験者が B3-Band を用いて「集中度」から作成したコマンドを、一文字のキーボード入力に変換する。次に、入力された文字を UDP で通信することによって遠隔地のコンピュータに送信する。受信したコンピュータは、受信した文字によってロボットの操作方向を判定し、ロボットを動作させる（図8）。

①脳波からコマンド生成 → ②文字入力として送信 → ③操作方向を判定，ロボット動作

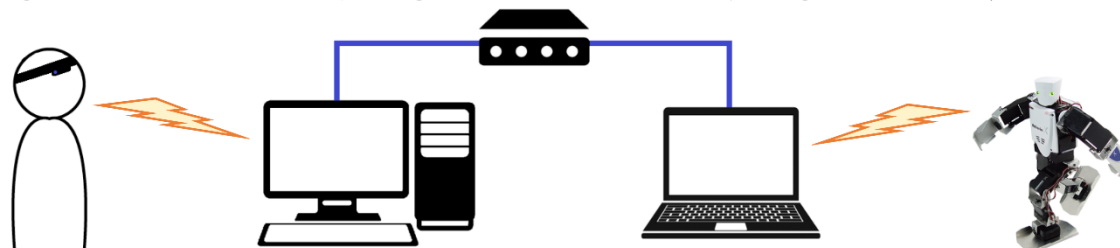


図8 ネットワーク経由でのロボット遠隔操作

これによって、被験者とロボットが遠隔地にあっても、脳波を用いてロボットを操作することが可能となった。操作者と操作対象が離れている環境であっても遠隔操作できるため、今後介護や福祉の現場での活用などが期待できる。

なお、ロボットの頭部には WEB カメラを搭載し、映像を被験者に送信した。被験者はロボットからの映像を見ながら、脳波を用いてロボットを操作した（図9）。なお、映像の送信には Skype を用いた。



図9 脳波によるロボット遠隔操作の様子

3. 対外発表・イベント参加

今年度も、多くの場で対外発表を行った。また、脳情報通信融合研究センター (CiNet) の研究者の方にご協力いただき、勉強合宿を実施するなど、様々な研究者や一般の方との議論の場を設けた。

NHK「あほやねん！すきやねん！」	スタジオ生出演，技術解説
電子情報通信学会 総合大会	論文投稿，講演 (3/15 予定)
公開体験学習会	展示，技術解説
脳情報通信融合研究センター (CiNet) 勉強合宿	一週間の勉強合宿実施
大学生のための CiNet 研究ワークショップ	参加 (3/15-16 予定)
国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト	応募 (出場ならず)
第5回サイエンス・インカレ	応募・論文投稿 (出場ならず)

4. まとめと今後の展望

今年度の研究成果として、SSVEP の検出、マイコンを用いた画面表示の取得、ネットワーク経由でのロボット遠隔操作の3つが挙げられる。現状ではそれぞれ単体の成果であるが、今後3つを組み合わせることで、研究の更なる発展が見込まれる。

SSVEP の検出に成功したことで、SSVEP を利用した BMI の実現が近付いた。SSVEP を用いた BMI 実現の一般的な手法として、複数の異なる周波数で明滅する刺激を同時に提示し、被験者はそのうちの1つに注目することで、被験者の意図を読み取るというものがある。今後これを利用し、例えば左矢印を 10[Hz]で、右矢印を 15[Hz]で点滅させ、被験者の注目している矢印を判別することで、ロボットを左右に動かすことができると考えている。これによって、昨年度までの「集中度」を用いた BMI とは一線を画した、直感的な BMI が実現できる。また、ネットワーク経由でのロボット操作を応用すれば、遠隔地のロボットを直感的に操作することも可能となる。SSVEP の検出にあたっては、マイコンを用いたトリガー信号の取得が一助となるだろう。

しかし、今年度の実験では 30[Hz]の SSVEP が取得できないなど、課題も残る。今後は位相同期度を表す ITPC と呼ばれる値の活用など、SSVEP をより検出しやすくするための工夫が必要となる。また、直感的な BMI の実現手法としては、本プロジェクトの「脳情報計測に関する基礎研究」ミッションで行った方向想起時の誘発脳波も有用と考えられる。

BMI は、身障者の生活補助となるだけでなく、健常者における猫の手のような利用法や、エンターテインメントへの応用など、様々な活用が期待できる研究分野である。その中で、実用化しやすい安価な脳波計を用いて BMI の実現を目指し、また遠隔操作も可能とする本ミッションの今後に期待されたい。

- [1]脳波を用いた知覚・認知情報の抽出に関する研究, 横田悠右, 豊橋技術科学大学 博士論文, 2013
- [2]非侵襲神経デコーディングとブレイン・マシン・インタフェース, 神谷之康, 計測と制御 第 47 普 第 5 号, 2008
- [3]SSVEP の位相テンプレートマッチング解析を用いた可搬な BMI システムの構築, 篠崎隆志, 横田悠右, 成瀬康, 電子情報通信学会 信学技報, 2015