

和歌山大学協働教育センター クリエプロジェクト
＜2017年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：脳情報総合研究プロジェクト

ミッション名：事象関連脱同期を用いたブレイン・コンピューター・
インターフェースの提案

ミッションメンバー：システム工学部2年 原 崇輔 システム工学研究科1年 碓塚 龍望，システム工学部
4年 奥野 弘貴，システム工学部4年 廣橋 百輔，システム工学部3年 浅野 勇大，システム工学部3年 清
水 菜々子，システム工学部3年 道網 亮佑

キーワード：脳波 BCI ERD 周波数帯域 インターフェース

1. 背景と目的

近年脳波を用いて機会を操作する技術ブレイン・コンピューター・インターフェース(BCI: Brain Computer Interface)が注目され、盛んに研究が行われている。

BCI は体動を用いないインターフェースであり、実現すれば既存のインターフェースの概念を一新し、様々な方面への応用を可能とする次世代技術である。たとえば、BCI を用いれば四肢の動作を制限された環境下でも複雑な機器の操作を行うことができる。また、日常生活においても、考えるだけで文字を入力することができれば作業速度が大きく向上する。さらにBCIは、脳活動さえ計測することができれば使用が可能なので、通常のインターフェースを使うことができない、体が不自由な人でも、健常者と同じように利用することができるバリアフリーなインターフェースの実現にもつながる。

しかし、BCIは未だに実用化の段階には至っていない。（「実用化」とは様々な人々に広く普及している状態のことを指す。）実用化に至っていない理由として、利便性と性能が不十分であることが挙げられる。

現状では、BCIに使用する脳波計は、性能面のみから見ると ECoG (Electrocorticogram) を計測する脳波計が最適である。ECoGとは、脳のしわの間から計測される、皮質脳波と言われる脳波のことである。

ECoGは頭皮から計測される脳波に比べ、ノイズが少なく、高周波帯域の脳波を計測することができる。ECoGを計測する脳波計を用いたBCIの研究は既に、難治性てんかん患者などの「人」を対象とした臨床研究が行われる段階にまで進んでおり、実用性が高いという点では最も実用化に近いBCIであると言える。

しかし、このECoGを計測しBCIに利用するためには、外科的手術を行い脳の表面に電極を設置する必要がある（図1）。

大多数の健常者は、わざわざ脳に電極を設置する手術を行ってまでBCIを使用したいと思うことはない。よって、BCIを一般的なものにするためには、外科的手術を必要としない非侵襲性脳波計（図2）を用いた手軽に使用することが可能なBCIを研究するべきである。

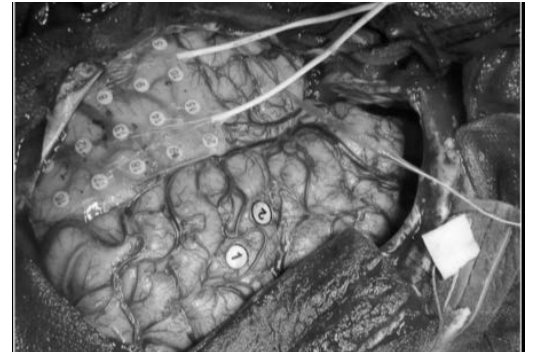


図1 ECoG(皮質脳波)の取得の様子

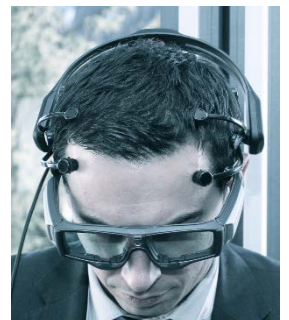


図2 非侵襲性脳波計の一例
Emotiv(Emotiv社)

だが、非侵襲性脳波計を用いた BCI には次のような問題点がある。

まず、脳から直接、神経細胞の電位の変化を計測するわけではなく、頭皮や頭蓋骨などの介在物を通して信号を取得するため、BCI の動作に必要な様々な信号(ノイズ)を同時に計測してしまい、必要な脳波の識別が困難である。そのため、脳波を識別するのに時間が必要になり、命令から実行までのタイムラグが長くなる。加えて、その識別の困難さから、同時に識別できる脳波の種類も多くないので選択の幅が狭くなり、インターフェースとして不便である。

よって本ミッションは、非侵襲性の脳波計を用いて、手軽に使用でき、かつ複数の操作を同時に行うことが可能な、命令から実行までのタイムラグが少ない BCI の実現を目的とし研究を行った。

非侵襲性の脳波計を用いた BCI の製作には、外部・内部刺激に対する応答といったある程度、発生の原因が解明されている脳波を利用することが一般的である。

BCI に利用される自然脳波の中に、事象関連脱同期 (ERD : Event Related Desynchronization) という脳波がある。ERD とは特定の運動を行うまたは想起する際に、頭部の特定の部分で脳波の振幅の減衰がみられる現象である(図 3)。振幅の減衰がみられる場所は、運動を行う又は想起する体の部位によって異なる。例えば右手の運動の場合、頭頂部の左側で振幅の減衰がみられる。この脳波は特定の波形ではなく振幅の減衰を計測するものであるため、計測が容易である。そのため、加算平均などの脳波データからノイズを除去するための処理を行うことなく脳波を判別することが可能である。よって、脳波データの処理にかかる時間が少ない分、命令から実行までのタイムラグの小さい BCI を実現することができる。

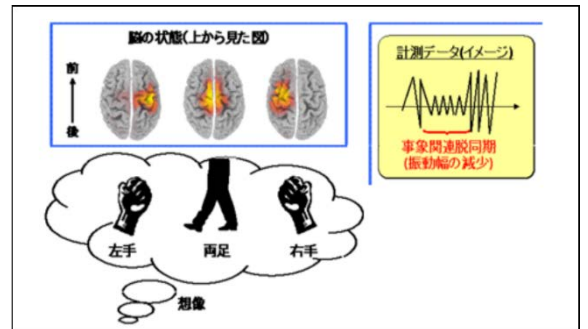


図 3 ERD のイメージ

上述の理由より、我々は ERD についての研究を行うこととした。

先行研究において、ERD は α 波帯域、 β 波帯域の周波数帯で発生するとの報告がある[1]。しかし、ERD を用いた BCI の先行研究としては、どちらか片方の帯域の ERD のみを応用したものが一般的であった。そこで我々は α 波帯域、 β 波帯域の両方の ERD を同時に計測することができれば、計測ミスが発生しづらい精度の高い BCI ができるのではないかと考えた。よって我々は α 波帯域、 β 波帯域の両方の ERD を併用した BCI の実現を今年度の目標として研究を行った。

2. 活動内容

最初に、今年度の研究を行うにあたり、Polymate Mini AP108 という脳波計を使用するための環境を構築した。

次に、 α 波帯域、 β 波帯域の両方の ERD を併用した BCI を実現するために、両者の帯域の ERD の関連性を調べる実験を行った。

この実験は Polymate Mini AP108 を用いて以下のように脳波を計測することで行った[2]。

まず、3名の被験者に23回、踵を地面につけたままつま先を上を上げる、という運動を想起してもらい、運動を行った際の脳波データを記録した。次に、得られた脳波データにフーリエ変換を行い、 α 波帯域の情報のみを含んだ脳波データと、 β 波帯域の情報のみを含んだ脳波データの二つの

データを取得した(図4)。その後、両方の脳波データに逆フーリエ変換を行い、運動想起時の脳波の振幅の変化率を求めた。変化率は、運動想起前の3秒間の脳波の振幅の平均値を基準値とし、運動想起後2秒間の脳波の振幅の平均値を想起測定値として、以下の計算式で求める。

$$\text{変化率} = \frac{\text{想起測定値} - \text{基準値}}{\text{基準値}} \times 100[\%]$$

また、変化率が-10%以下になったとき ERD を判別できたものとし、ERD を判別できた回数と総試行回数を用いて ERD の判別率を求めた。

その後、運動想起時の α 波帯域の電位と β 波帯域の電位の二つの相関係数を調べた。これらの処理には MATLAB を用いた。

これらの実験の結果、被験者の α 波帯の ERD の平均検知率は 52.8%、 β 波帯の ERD の平均検知率は 22.2%であった。また、相関係数は $r = 0.1370$ であった。

3. 活動の成果や学んだこと

3.1 研究結果の考察

β 波帯域での検知率の低さから、 β 波帯域では ERD の発生する時間の長さや減衰量が異なる可能性が示唆された。また、相関係数の低さから、両者の ERD は独立して発生する、もしくは ERD が発生した回数そのものが少なかったという可能性が示唆され、目標の実現にはさらなる問題点が存在することが発覚した。

3.2 活動を通して学んだこと

今年度の活動では、使用する脳波計を我々が今までに使用していたものから新しいものに変更した。それに伴い、専用のアプリケーションの操作やそれを用いた脳波解析法など新たな脳波計を運用するための様々なノウハウを学ぶことができた。

また、今年度の活動では当初の予想以上に多くの問題点が発見され、目標を達成することができなかった。しかしこれらの問題点を発見し対策を考えるという経験も、今後研究活動を行う際に非常に役立つものになると考えられる。

今年度の活動では、こういった研究活動の成果を論文にまとめ学会に投稿し、ポスター発表を行うといった活動を行った。そのため論文執筆やポスターの製作といった技術を勉強することができた。

4. 今後の展開

今年度の活動では上述の通り、目標の実現のためには様々な問題点があることが発覚し、当初の目標である「 α 波帯域、 β 波帯域の両方の ERD を併用した BCI の実現」を達成することができなかった。今後は ERD に対する学習及び特性の把握に努め、 α 波帯域の ERD と β 波帯域の ERD それぞれに適した計測手法を確立したい。また、本来の目的であるであるタイムラグが少ない BCI の実現のために、機械学習を用いた脳波判別システムの製作なども行う予定である。

5. まとめ

近年脳波を用いて機会を操作する技術 BCI が注目され、盛んに研究が行われている。

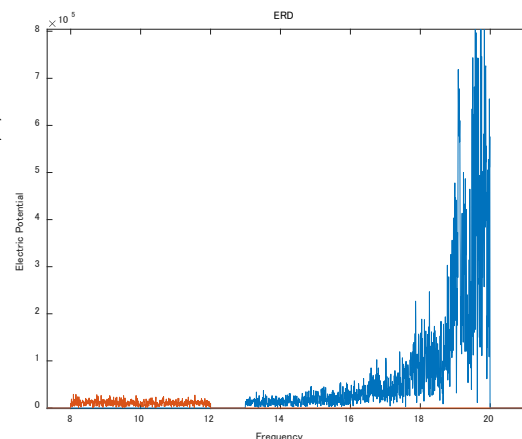


図4 α 波帯域、 β 波帯域のみの ERD

本ミッションでは、非侵襲性の脳波計を用いて、手軽に使用でき、かつ複数の操作を同時に行うことが可能な、命令から実行までのタイムラグが少ない BCI の実現を目的とし研究を行った。

そのために、 α 波帯域、 β 波帯域の両方の ERD を併用した BCI を実現することを今年度の目標として研究を行った。

まず、Polymate Mini AP108 という脳波計を使用するための環境を構築した。

次に、 α 波帯域、 β 波帯域の両方の ERD を併用した BCI を実現するために、両者の帯域の ERD の関連性を調べる実験を行った。

この実験の結果、 β 波帯域では ERD の発生する時間の長さや減衰量が異なる可能性が示唆された。また、2つの帯域の ERD は独立して発生する、もしくは ERD が発生した回数そのものが少なかったという可能性が示唆され、目標の実現にはさらなる問題点が存在することが発覚した。

今後は ERD に対する学習及び特性の把握に努め、 α 波帯域の ERD と β 波帯域の ERD それぞれに適した計測手法を確立していく。また、本来の目的であるであるタイムラグが少ない BCI の実現のために、機械学習を用いた脳波判別システムの製作なども行う予定である。

今年度の活動は、昨年度までの活動とは様々な部分で異なったことに挑戦したため、なかなか研究が進まず、目標を達成することができなかった。この失敗は今後の研究計画を考える際の参考にしていきたい。しかし、目標の達成こそ失敗したものの新たな知識を多く学ぶことができ、良い経験ができた1年であった。今後も機械学習の勉強など新たなことに積極的に挑戦していきたい。

参考文献

- [1] 横田 悠右, 脳波を用いた知覚・認知情報の抽出に関する研究, 豊橋技術科学大学 博士論文, 2013年, pp.16
- [2] 中村 翔太郎, 吉川 大弘, 古橋 武, ERD に基づく運動想起判別に関する一検討, ファジィシステムシンポジウム講演論文集 24, 2008年, pp.214~218