

和歌山大学学生自主創造支援部門（クリエ） クリエプロジェクト
＜2024 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：脳波と AI による言語学習支援

ミッションメンバー：システム工学部 4 年李ヒョンギョン, システム工学部 2 年三谷陸人, システム工学部 2 年坂田樹紀

キーワード：脳波・AI・BCI・学習支援

1. 背景と目的

脳波を用いて認知活動を推定する研究において、書く、読む、聞く、想起する、話すといった異なる認知活動は、それぞれ独自の脳波パターンを生み出すことが知られている。従来の研究は、対象を特定の認知活動に限定するものが多い。しかし、これらの異なる認知活動すべてに焦点を当て、分析を行うことにより、発音や文字形、文法などの様々な障壁に直面する言語学習初学者の、言語学習支援につなげられと考えられる。

例えば、フレーズを読むときに発音のみが分からないのか、それとも文字形と発音が統合されていないのかが分からないことがある。その他にも、日本の畑とアメリカの field(畑)では作物や気候などが異なるために、畑と field を全く同一の単語とみなすことは難しい。そのため、学習の障害となっている具体的な点を明確にするためには、特定の分野だけではなく異なる認知活動すべてに焦点を当て、分析する必要がある。

異なる認知活動の脳波を分析して得られたデータを統合し、それを活用する AI システムを開発することで、学習者がどの部分でつまづいているのかをリアルタイムに特定し、より効果的な学習へと導くことが可能になると考えられる。また、個々のニーズに合わせ、カスタマイズされた学習プランを提案することも可能となる。そこで本ミッションでは、そのようなシステムの基礎となる、文字と画像の想起からどの文字や画像を想起しているのかを判断するシステムを開発することを目的とする。

2. 活動内容

前述の目的を実現するために、成人男性 4 人に対し、周りに電子機器がない、静かで快適な部屋で脳波の測定を行った（図 1）。脳波の測定には OpenBCI Cyton 集録ボード 8ch を使用し、10-20 法にのっとり、Fp1, Fp2, O1, O2 の 4 か所の脳波を測定した（図 2）。Fp は「前頭極(Front polar)」の略で、解剖学的部位では前部前頭葉に当たる脳波を測定することができる。また、O は「Occipital」の略で、解剖学的部位では視覚野に当たる脳波を測定することができる。これらの部位は文字や画像の想起と深く関係があることが先行研究からわかっている^{[1][2]}。

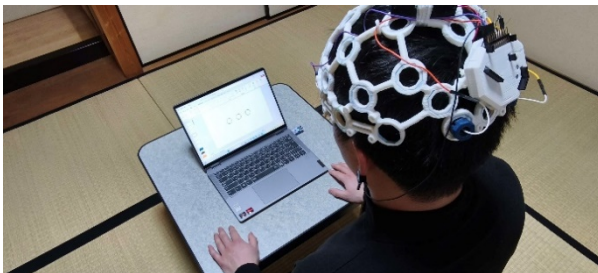


図 1 実験の様子

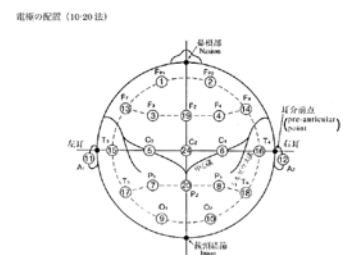


図 2 国際 10-20 法

先行研究^[3]を参考にし、マルが表示されている間、特定の単語（あお・いちご・おれんじ）を想起させた。マルの数に対応する単語を想起させるように指示し、マルを 1 秒間表示されたあと 6 秒間白色画面を表示させた。また、これらの単語に対応する画像も想起させた。画像も 1 秒間表示させた後、6 秒間白色画面を表示させた（図 3）。

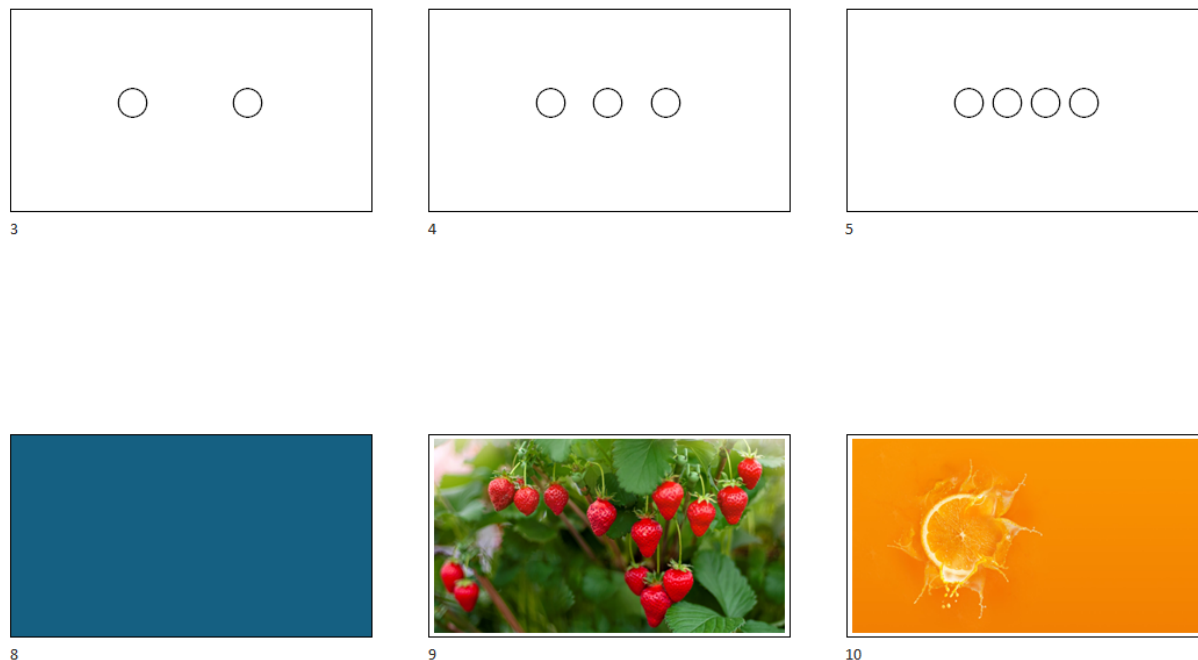


図 3 提示した画像

測定した脳波データを Python の mne ライブラリを用いて読み込み、ノッチフィルタやバンドパスフィルタを用いてノイズの除去を行った。その後、各波形を平均値 0，標準偏差 1 になるように標準化し、加算平均を行った。このようにして得られた各波形にナンバリングを行い、SVM モデルを用いてトレーニングを行った。テストデータとして、ノッチフィルタとバンドパスフィルタを用いてノイズの除去を行った生のデータを、7 つ加算平均した後の波形を 12 個用いた場合と、ノッチフィルタとバンドパスフィルタを用いてノイズの除去を行った生のデータを 84 個用いた場合の精度を評価した。

3. 活動の成果や学んだこと

加算平均後の脳波をテストデータとした際の正答率は 91.67%、生の脳波をテストデータとした際の正答率は 52.38%であった。生の脳波データを用いた場合正答率が低下しているのは、ノイズが関係していると考えられる。少ないデータの場合、標準化して加算平均するとノイズの除去を行ったものと同じような脳波が得られるが、これを用いたときの正答率が 9 割を超えていることから、ノイズを適切に除去することができれば、高精度の判別が可能になると考えられる。

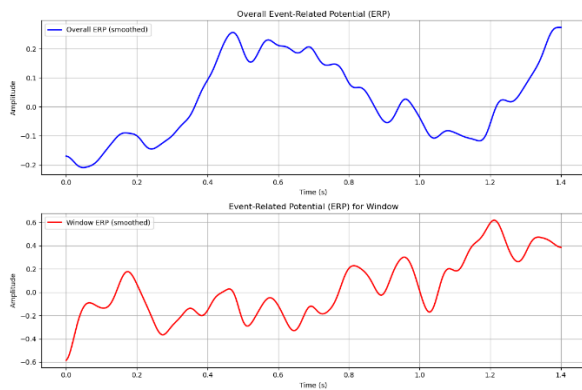


図4 ノイズが入ってしまった ERP(赤)

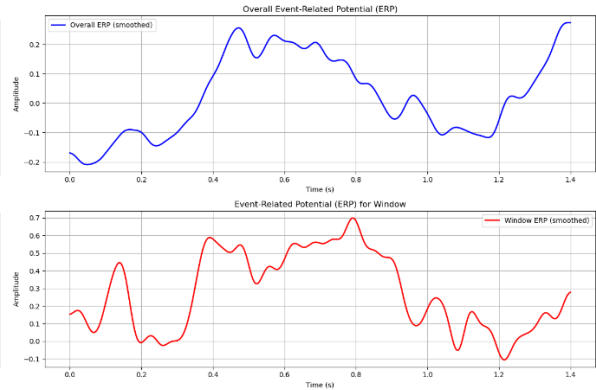


図5 ノイズの少ない ERP(赤)

そのためには、まばたきと心拍による主なノイズの除去を行う必要があると考えた。心電と眼電のデータを取り、独立成分分析を行うことによりノイズを除去できれば、この問題は解決できるのではないかと考える。

ポスターセッションでは、「これらの技術は未熟ではあるが、少し発展させれば医療現場でも利用できる可能性がある」との意見も得られた。単語を判別する場合の正答率は低いが、1文字のみを想起したときの脳波を用いて高精度な判別を行うことができれば、言語障害を持っている方でもBCIを用いれば会話ができる可能性があり、社会貢献につながると考えられる。ミッションの直接的な発展とは異なるが、本ミッションを通じて私たちは主体的に学びに行く姿勢を身につけられたと感じる。脳波について知見がなかったため、他校で脳波について研究している方とつながりに行ったり、現役で脳波を研究している研究者にもお話を伺いに行ったりする機会があった。それを通じて、知らない分野だからこのようなことを聞くのは恥ずべきことではないのか、このようなミッションは幼稚なものではないのか、と考えるのではなく思ったら行動することが大切であると感じた。

4. 今後の展開

本ミッションをより発展させるには、ノイズの除去が大切であると分かった。心電を測る機械は脳情報総合研究プロジェクトにあるため、眼電を測る機械があれば本ミッションはより発展すると考えられる。言語学習支援を行うにはリアルタイムでの処理が必要になるので、本ミッションの成果物をリアルタイム処理に対応させる必要もあると考えられる。

また、何を想起しているかを推定するAIシステムを開発する際、単語はビッグデータを作成すればよいと考えられるが、イメージは人により異なるため、特徴的な部分を抽出するシステムの開発を行うことが次の大きな課題であると考えられる。

5. まとめ

本ミッションでは、異なる認知活動（読む、書く、聞く、想起する、話す）がそれぞれ独自の脳波パターンを生み出すことに着目し、それらを統合的に分析することで、言語学習者の学習障害となっている部分を特定し、言語学習支援を行うシステムの基礎を構築することを目的とした。

特に、発音や文字形が統合されていない場合や、文化的背景の違いから単語の理解が難しい場合に対応するため、複数の認知活動を対象とする総合的な分析を試みた。最終的には、リアルタイムで学習者の障害となっている部分を特定し、効果的な学習を支援する AI システムの開発を目標としている。

本ミッションでは、成人男性 4 名に対し、静かなで快適な環境で脳波を測定した。測定には OpenBCI Cyton 集録ボード 8ch を使用し、Fp1, Fp2, O1, O2 の 4 つの部位から脳波を取得した。これらの部位は、文字や画像の想起と関係が深いことが先行研究から示されている。実験では、特定の単語やそれに対応する画像を想起させ、その際の脳波から何を想起しているかを推定した。測定したデータは Python の mne ライブラリを用いてノイズ除去を行い、加算平均後のデータを SVM モデルで解析した結果、加算平均を用いた場合の正答率は 91.67%、生データを使用した場合は 52.38%であった。この差は主にノイズの影響によるものと考えられる。

成果として、ノイズを適切に除去すれば高精度な判別が可能であり、特にまばたきや心拍に由来するノイズの除去が重要であると判明した。独立成分分析を用いることで、これらのノイズを効果的に除去できる可能性があるため、今後はこれらのノイズを除去することにより正答率が高くなることを調べる必要があることがわかった。

また将来展望として、この技術を医療現場で活用し、障害者が BCI を通じてコミュニケーションを行える可能性がある。一方で、リアルタイムでの脳波データ処理を可能にするシステムの開発や、想起したイメージの個人差を補正する手法の模索、発見、確立が今後の課題とされる。

さらに、本ミッションを通じて、異分野・同分野の研究者との交流や自主的な学びの重要性を体感した。主体的に行動し、新しい知見を得る姿勢が、研究や個人の成長において重要であることを再認識した。この研究は未熟な部分も多いが、発展すれば医療や教育分野への社会的貢献につながる可能性があり、さらなる進化が期待される。

[1] 山口修平. (2007, September 30). *Frontal Lobe and Memory —A Review from Neurological Standpoint—*. 高次脳機能研究 第 27 巻第 3 号.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/hbfr/27/3/27_3_222/_pdf

[2] 張トウ, 境田英昭, 河野貴美子, 幹男山本, & 町好雄. (2000, August 26). *視覚的イメージ想起時の脳活動に関する一研究 (An Experiment on Cerebral Activity during Visual Imagery)*.

International Society of Life Information Science (ISLIS).

https://www.jstage.jst.go.jp/article/islis/18/2/18_KJ00001512880/_pdf/-char/ja

[3] 船田真里子, & 二宮理憲. (n.d.). *Typical EEGs and Estimation of Visualized Characters under the Task of Visualizing Characters*. J-STAGE.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje1965/40/Supplement/40_Supplement_514/_pdf/-char/ja