

深層学習を用いた脳波による視覚情報の予測に向けた基礎研究

5年C組 濱野 泰地

指導教員 藤野 智美

1. 要約

脳の各部位の活動は脳波によって計測される。従って脳波データを解析すれば脳の活動を予測することができる。本研究では深層学習を用いて脳波データから視覚情報を予測することを目標としている。本論文では視覚情報のうち色に関する情報を予測することを目的とした実験を行った。現時点では色を予測するには至っていないが、その原因として考えられる要素を5つに絞ることに成功した。今後はこの5つのうちどの要素が直接的な要因となっているか検証する必要がある。

キーワード：脳波，深層学習，ニューラルネットワーク，視覚情報

2. 研究目的

人間の視覚は主観的な感覚であり、直接他人に伝えるのは容易ではない。そのため現在は文章などの媒体を通じて視覚の情報を伝えているが、媒体を通ずにあたって、情報の正確性が失われることがよくある。例えば、視力検査はランドルト環を用いて行われることが多いが、それだけでは色覚異常など、その他の視覚に関する情報の検出はできないといった問題がある。本研究ではこのような問題に対し、脳波を用いたアプローチによる解決策の模索を目的とした。

脳の活動のほとんどは脳の神経細胞に流れる電気信号によって行われている。脳波とは、その電気信号(電流)を、頭皮に装着したセンサで計測したものである。そのため、脳波解析により脳の活動の様子を調べることができる。また、視覚を含めた人間の五感には全身の感覚神経で感知されたのち、脳で解釈される。従って、脳波には視覚の情報が含まれているため、人間の脳波を解析すれば、その人の視覚情報を得ることが可能だと考える。本研究では視覚情報のうち、色の情報を脳波から予測することを目的とした。

3. 研究手法

3. 1 脳波解析の難点

脳波は、視覚の情報以外にもその他の五感の情報、思考、運動など様々な情報を含んでいるため、その中から必要な情報のみを抜き出す必要がある。また、思考や感覚などはその瞬間で得るものであるため、規則性を見出すのは容易ではなく、解析方法に工夫が必要である。そこで本研究では以下に述べる様々なメリットから、解析手法として深層学習を用いることとした。

3. 2 深層学習

深層学習(ディープラーニング)とは、人間の神経細胞の仕組みを再現したニューラルネットワークを用いた機械学習の1つであり、複数の層にデータを解析させることで学習を行うという、多層構造のニューラルネットワークを用いる。その層には様々な種類があり、解析するデータや目的に応じて適切に選択する必要がある。

そのため、本研究のような複雑なデータから規則性を見出すために用いられることが多いため、解析の手法として採用した。

3. 3 脳波センサ

脳波を計測するためには専用のセンサが必要となるが、その脳波センサにも様々な種類が存在する。本研究ではセンサ(電極)の取り付けられたヘッドセット型のフレームを頭にかぶる、ヘッドセット型の脳波センサを採用した。この種類のセンサは他の種類に比べデータの正確性はやや低いが、着脱が容易であることが特徴である。本研究の目的は基礎研究であり、医療目的ではなく、精度よりも実験時の着脱の負担を軽減することのほうがより重要であると判断し、この種類を選択した。

また、電極にもウェット型とドライ型がある。ウェット型は頭皮に専用のジェルなどを塗り、その上に電極を装着することで、誘電性を上げ、精度が高い。ドライ型は同様に着脱が容易である代わりに精度が落ちる。本研究ではヘッドセット型を採用したときと同様の理由でドライ型のセンサである、Ultracortex Mark IV EEG ヘッドセット (OpenBCI)を選択した。図1は、実際に使用した脳波センサである。

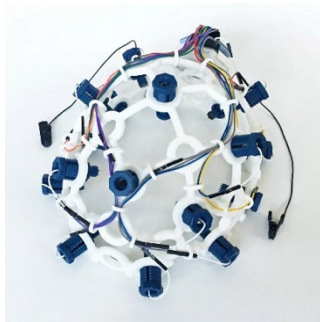


図1 Ultracortex Mark IV EEG ヘッドセット
(参考文献[1]を参照)

4. 実験準備

4. 1 実験手順

本研究では視覚の情報の中でも特に色にまつわる情報に注目して実験を行った。以下に実験手順を記載する。なお、脳波センサ

は4個の電極を、国際10/20法(図2)で定められている位置のうち、C3,C4,T5,T6に配置した。

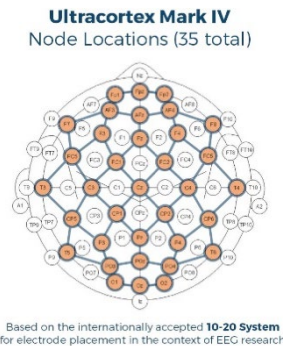


図2 国際10/20法(参考文献[1]を参照)

- ① パソコンの画面に映る画像(単色画像で赤、青、緑、白、黒の5種類)を見る。
- ② ①の時の脳波を図1のセンサを用いて計測する。
- ③ 計測した脳波とその時の画像の色を紐づけて保存する。
- ④ ①~③を繰り返し、複数個データを用意する。
- ⑤ 用意したデータのうち、脳波を入力、色を出力として、紐づけた内容に沿うように深層学習のモデルに学習させる。

4. 2 深層学習のモデル

⑤において、使用するモデルは、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)および、全結合層からなる出力層によって構成されたものを使用した。CNNは画像認識から株価予測など、幅広い分野で利用されている深層学習の手法で、高い学習の安定性と早い計算速度が特徴である。参考文献[2][3]においても用いられているため、本研究でも採用した。また、実験を行うにあたってCNNのフィルター数などのパラメータや層の数などを複数回変更した。

なお、本研究では深層学習のモデルをTensorFlowという機械学習向けライブラ

リを用いて作成し、クラウド上の PC にオンライン上でアクセスすることができるサービスの、Colaboratory 環境下で学習を行った。TensorFlow および Colaboratory はともに Google が開発している。

4. 3 被験者および環境について

倫理的な問題の回避や実験の容易さなどから、被験者は自分自身とした。また、実験は周囲が静かな場所で椅子に座り、机の上に置かれたノート PC の画面を見ながら行った。

5. 実験結果

約 2000 のデータを計測し、それらのうち、8 割を学習用、2 割を検証用に用いて学習を行った。結果を図 3 に示す。

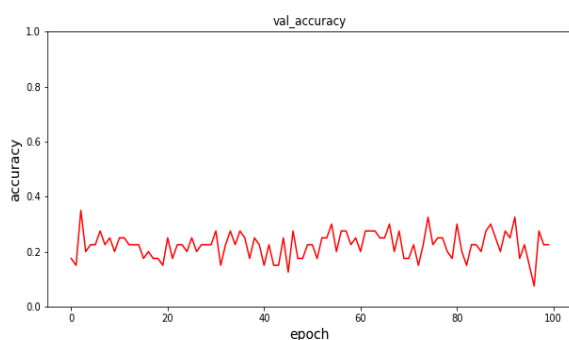


図 3 学習曲線

機械学習において、学習の結果を表す際には学習曲線が用いられることが多い。学習曲線は横軸に学習回数(epoch)を、縦軸に学習結果の指標となる値を入れる。今回は縦軸に全体正解率(accuracy)を用いた。accuracy はモデルの予測結果の正答率を表したもので、1.0 で最大となる。図 3 には、検証データ accuracy(val_accuracy)を用いた。なお、本実験は 5 つの選択肢の中から分類するタスクであるため、無作為に分類した場合、accuracy は 0.2 となることに留意が必要である。

図 3 の accuracy の値域は 0.0~0.4 であ

り、0.2 付近から上昇も下降もしていない。従ってこのモデルは本実験において期待していたような内容を学習できていないといえる。また、データの数、脳波センサの電極の位置、モデルのハイパーパラメータなどの値を変更して同様の実験を行ったが、いずれも学習できていない結果となった。

6. 考察と今後の展望

複数回行った実験により、学習ができていない原因として以下の仮説を立てた。

① データの数が足りない

通常、機械学習ではデータが多いほど精度が上がる場合が多い。また、極端にデータが少ない場合はそのデータ間で規則性を見出せず、学習ができないこともある。しかし、画像処理や自然言語処理などといった他のタスクでは、最終的な精度に優劣はあれ、1000 以上あれば学習ができないということは少ない。よって、この要素が原因である可能性は低い。

② モデルに問題がある

今回 CNN を採用したが、それを用いるにあたって設定したハイパーパラメータが不十分であった、または CNN が脳波処理に適切ではない可能性がある。しかし、ハイパーパラメータに関しては様々な値を試したが、どの値を設定しても結果が変わらなかったため、この要素が原因である可能性は低い。

③ 脳波センサの精度が足りない

今回用いた脳波センサが本研究の解析に十分な精度の脳波を測定できない可能性がある。しかし、今回用いた Ultracortex Mark IV EEG ヘッドセットは、参考文献[4]など、本研究以外の研究においても実際に使用されているため、この要素が原因である可能性は低い。

④ 脳波の測定方法に問題がある

脳波は脳から出される電気信号を頭皮から測定したものであるため、非常に微弱で、ノイズの影響を受けやすい。従って、適切に機器を装着できていない場合、正常な脳波を測定できない可能性がある。特に本研究ではドライ電極を用いた脳波センサを利用したため、ウェット型などよりもノイズの影響を受けやすい。ノイズは無規則であり、ノイズの混入したデータからノイズを判別・除去するのは難しく、この要素が原因である可能性は高い。

⑤ 脳波センサの電極の数が足りない

本研究では4つの電極を用いて測定したが、4つの電極では脳波から視覚の情報を予測するには不十分である可能性がある。実際、参考文献[2]においては60個、参考文献[3]においては32個の電極が用いられている。

①から⑤の仮説のうち、どれが直接的な原因となって学習ができないかは不明だが、学習ができるようになった後、予測の精度を上げることを目標とする際、これらすべてを改善する必要があると考える。

7. 参考文献

[1]ダイナブレイン株式会社：Ultracortex Mark IV EEG ヘッドセット(参照日 2022/01/27)

<https://dynabrain.jp/collections/headsets/products/ultracortex-mark-iv-eeg>

[2]加藤 正起, 嶋田 総太郎(2019): 畳み込みニューラルネットワークを用いた脳波ブレイン・マシン・インターフェースの開発, 2019 年度人工知能学会全国大会(第 33 回), pp.1-2.

[3] Wataru Akashi, Hiroyuki Kambara, Yousuke Ogata, Yasuharu Koike,

Ludovico Minati, Natsue Yoshimura(2021): Vowel Sound Synthesis from Electroencephalography during Listening and Recalling, Advanced Intelligent Systems published by Wiley-VCH GmbH, pp.2-3.

[4] Ienca, M., Haselager, P. & Emanuel, E.J. Author Correction: Brain leaks and consumer neurotechnology. Nat Biotechnol 37, 819 (2019).

<https://doi.org/10.1038/s41587-019-0167-2>

8. 謝辞

本研究にあたり、直接の御指導をいただいた顧問の藤野智美先生に深謝いたします。

また、本研究の実験にあたり有益なご助言を戴いた奈良女子大学研究院生活環境科学系准教授中田大貴先生に感謝の意を表します。基盤探究(科学探究)の授業においても本研究の研究活動に対して松浦紀之先生、松原俊二先生に有益な助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。