

脳波の時間周波数解析と機械学習による 瞑想の深さ判別手法の開発

阪田 竜士[†] 酒井 一樹[†]
[†] 長岡工業高等専門学校電子制御工学科

1. はじめに

近年、人間の脳と外部機器をつなげる技術である、ブレインコンピュータインターフェース(BCI)の研究が盛んに行われており、麻痺のある患者を支援するツールやコミュニケーションの代替経路を提供することなどに期待されている。BCIを動かす際に必要な脳情報を取り出す手法としては、コストや簡便性という面で脳波(EEG)が主流である。しかし、脳波は特徴量が微弱なことから、動作させるまでの時間が長いことやユーザーの習熟度にばらつきがあることが課題となっている。

先行研究[1], [2]より、瞑想の経験を持つ人の方がBCIの習熟度が高く、一般人でも徐々に瞑想の効果が現れてくることが報告された。よって、一般人が瞑想の効果を獲得することができればBCIの効率的な動作につながることを期待できる。しかし、瞑想を学習する際にどの状態が瞑想が深いと言えるのかは明確には分からない。そこで本研究では、瞑想が深いか浅いか自動で判別する二値分類システムの開発を目的とする。

2. 機械学習を用いたシステムの開発

2.1. システム構想

システムの全体を表した図を図1に示す。まず、瞑想に取り組んだ被験者から得られる脳波の一つのチャンネルから10秒間の波形を切り出す。次に、その波形にフィルタ処理を施して極端な低周波、高周波成分を取り除き、時間周波数解析によって時間-周波数マップ(T-Fマップ)を作成する。この一連の流れをチャンネルと時間区間を変えながら繰り返し、それぞれに対応するT-Fマップを作成する。それらを機械学習の入力に用いて学習させ、瞑想状態を出力するシステムを構築する。機械学習には、畳み込みニューラルネットワークによる事前学習済みモデルを用いたファインチューニングを使用した。

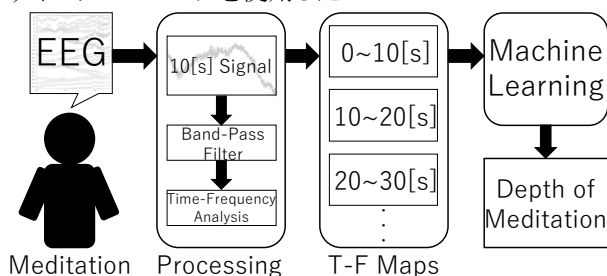


図1. システム構想

2.2. データセットの作成

先行研究[2]で記録された12人の瞑想の専門家の脳波の中から α 波の変化が優位に現れたチャンネルを使用し、今回は時間周波数解析法の一つである、ウェーブレット変換によってT-Fマップを作成した。脳波を記録した際に瞑想者にとってアンケートで瞑想が浅いと答えているものに「浅い」、深いと答えていてかつスペクトルの最大値が閾値(その瞑想者の全チャンネル、全瞑想時間内での最大スペクトルの60%)を超えているものに「深い」というラベルを付けた。

2.3. 学習結果

バッチサイズを32、エポック数を20、最適化アルゴリズムをSGD、学習率を0.001、損失関数を交差エントロピー誤差、モデルをEfficientNetV2-Lにして学習させた。損失の学習曲線を図2に示す。

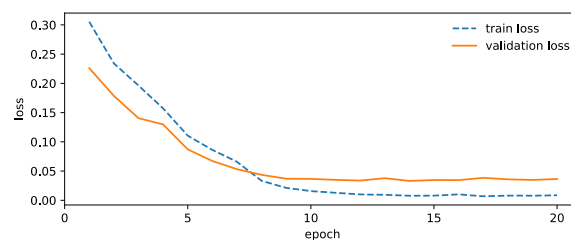


図2. 損失の学習曲線

図2より、学習がうまく進んでいることがわかる。また、正解率は約99%であった。このことから精度の高いシステムが構築できたとと言える。

3. まとめ

今回は時間周波数解析法としてウェーブレット変換を用いたが、その他の解析法を用いた際の結果も検証したいと考えている。また、被験者やチャンネルを増やして評価することも今後の課題である。

参考文献

- [1] James R. Stieger, et al, “Mindfulness Improves Brain Computer Interface Performance by Increasing Control over Neural Activity in the Alpha Band”, *Cerebral Cortex*, **31**, 1, 426-438, (2021)
- [2] Tracy Brandmeyer, Arnaud Delorme, “Reduced mind wandering in experienced meditators and associated EEG correlates”, *Experimental Brain Research*, **236**, 2519-2528, (2018)