

瞑想の深さ判別に向けた脳波データの特徴可視化手法の検討

見角 優樹[†] 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、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いる。コストや簡便性という面で脳波(EEG)が主流である。しかし、特徴量が微弱なことから、ユーザの習熟度にばらつきがあることが課題となっている。解決策としてマインドフルネス瞑想による α 波の増強が挙げられる。先行研究[1]では、瞑想の経験が豊富な人ほどBCIの習熟度が高いことが報告されている。これまでに時間周波数と機械学習を用いた瞑想の深さ判別に取り組んでいる研究があるがシステムには精度や汎化性能にまだ改善の余地がある。そこで本研究では、時間周波数解析の他に時系列データの2次元画像化手法についても比較し、BCIの動作に最適な解析法を検討していく。

2. 2次元画像化手法

2.1 ウェーブレット変換(WT)

時間周波数解析手法でありマザーウェーブレット $\psi_{a,b}(t)$ を基底関数として用いる手法。

$$W(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \overline{\psi_{a,b}(t)} dt \left(\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \right)$$

2.2 リカレンスプロット(RP)

時系列の時間順序に関する情報、時系列の局所的な時間相関を視覚化する手法であり、時系列上の2点間の距離を用いる。

$$R_{(i,j)} = \begin{cases} 1, & |x(i) - x(j)| < \epsilon \\ 0, & \text{other wise} \end{cases}$$

3. 実験概要

今回は瞑想の専門家と一般人の計24名分の脳波のオープンデータから瞑想の専門家12名分のデータを使用した。瞑想者に行われた瞑想の深さに関するアンケートをもとに瞑想の深浅を分けた。また、以下の式から時系列の単位時間あたりのエネルギー(E)を計算した。

$$E = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^N x(i)^2$$

α 波帯域である8~13[Hz]のバンドパスフィルタを適用したデータを10秒ずつ区切ったデータ毎の単位時間あたりのエネルギー、各チャンネルごとの単位時間あたりのエネルギーを求めた。これらから10秒間の時系列の α 帯域の割合を求め瞑想の深浅を分ける閾値とした。

アンケートをもとに瞑想が深いと判定されていて閾値を上回るデータを瞑想が「深い」と、アンケートから浅いとなっているかつ、閾値を下回るデータを「浅い」とラベル付けし、2次元画像化手法を適用した画像でCNNを行った。

4. 実験結果

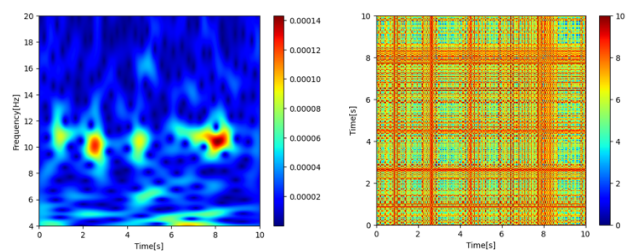


図1. WTによる解析画像

図2. RPによる解析画像

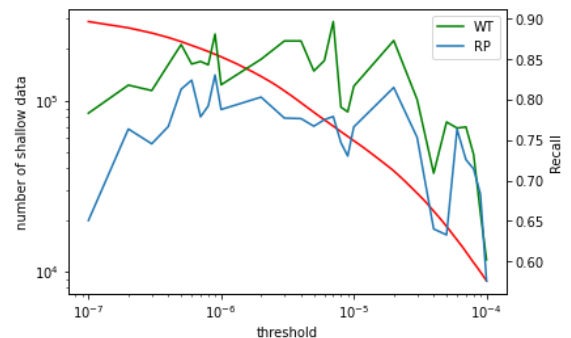


図3. 各閾値におけるWT,RPの再現率とアンケートでは瞑想が浅いが、閾値を上回っているデータ数

図3からWTの方が精度がRPより精度が高いという結果となった。また、閾値としては 1.0×10^{-5} 付近にすることで閾値を上回っているがアンケートで瞑想が浅いとなっているデータ数が減少し再現率が高くなっていることがわかる。

5. まとめ

RPでもWTと比べ精度が低いものの瞑想の深さ判別は可能であるといえる。精度をもっと上げることができればRPなどの2次元画像化手法を用いることで計算量が少なくより早い瞑想判別システムを構築できると考えられる。

参考文献

- [1] J. 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).