



## 2 電極の脳波による集中とリラクスの 最小判定可能時間の分析

Analysis of the minimum time that can determine concentration and relaxation  
using two-electrode brain waves

兒嶋達矢<sup>1)</sup>, 高橋秀智<sup>1)</sup>

Tatsuya KOJIMA, Hidetomo TAKAHASHI

1) 東京工科大学大学院 工学研究科 (〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1, takahashidtm@stf.teu.ac.jp)

**概要** : 近年, 脳波インターフェースについて研究が進められている. 本研究では 2 状態の脳波のパターンによる複数操作を行える, 実用化が容易なシステム構築を目的として, 電極数の少ない汎用的な脳波計による, 集中とリラクスの最小判定可能時間の調査を行った. これは集中とリラクスの判定が脳波解析の最も基本的なものであるためである. 実験では集中時とリラックス時の脳波を継続時間を変化させ, 測定し, 解析を行った.

**キーワード** : 脳, インターフェース,

### 1. はじめに

近年, 体の動かせない人へのサポートとして, 脳波を用いてコンピュータを操作するブレイン・コンピュータ・インターフェース (BCI) の研究が進められている. 脳波によるコンピュータの操作を可能にすることで, 将来的に身体能力的にハンデを持ってうまく体を動かせない人の不平等をなくすという形でサステイナブル社会に貢献していけると考える. しかし, 用いられる脳波測定方法が医療用脳波計といった高額で手に入れにくい機器を用いたものになってしまっている.

そこで本研究では, 2 状態の脳波のパターンによる複数操作を行える, 実用化が容易なシステム構築を目的として, そのために電極数の少ない汎用的な脳波計による, 集中とリラクスの最小判定可能時間の調査を行った.

### 2. 関連研究

渡辺大夢らの研究では, EMOTIV という比較的簡易な脳波計と専用のソフトウェアを用いてコンピュータのスクロール操作を可能としている[1]. しかし, EMOTIV は現在一般の使用が難しく, 電極の管理もしっかり行わなければならない. このことから, より誰でも用いることができる脳波計でコンピュータの操作を可能にできないかと考えた.

大場隆史らの研究では, 5 電極の脳波を用いて集中状態とリラックス状態に分けることで 2 状態でのコマンド操

作の評価を行っている[2]. しかし, こちらも一般の使用が難しい EMOTIV の脳波計を用いている. また, 後頭部を含めた 4 電極を用いて行っており, 髪による装着, 測定のにくさも問題の 1 つである. そこで測定しやすい場所の脳波のみを用いて実現することができないかと考えた.

これら技術をより身近な技術にするために, 額という測定しやすい位置の 2 電極のみの脳波を用いてコマンド操作を実現できなかと考えた.

### 3. 脳波測定・解析方法について

脳波とは外部刺激への注意や内因的な事象の想起, 脳状態の変化, 身体の運動指示などの脳活動により発生する電気信号を測定したものである. その中で集中とリラクスは測定しやすい脳波としてよく研究に用いられている. それは心理状態によって周波数帯ごとに以下のような特性が見られるからである[3].

- ・  $\delta$  波(デルタ波), 1 ~ 4 Hz, 睡眠時
- ・  $\theta$  波(シータ波), 4 ~ 8 Hz, 睡眠時・注意時
- ・  $\alpha$  波(アルファ波), 8 ~ 12 Hz, リラックス・閉眼時
- ・  $\beta$  波(ベータ波), 15 ~ 20 Hz, 集中・運動時
- ・  $\gamma$  波(ガンマ波), 30 ~ Hz, 記憶・視覚処理時

この特性を利用して集中とリラクスを識別して, それに応じた操作ができないかと考えた. そこで本研究では脳波計 muse2[4] を用いて脳波を測定し, mind monitor[5] と EEGLAB[6] という二つの方法を用いてそれぞれ周波数帯ごとに分析を行った.

### 3.1 脳波計「Muse2」

本研究では装着や使用が容易で比較的安価で手に入れることができる Muse2 を用いた[4].



図 1 脳波計「Muse2」[4]

(株式会社ハコスコ, “脳波デバイス MUSE 2”,

<https://goodbrain.jp/devices/muse/>)

Muse2 の電極位置は図 5 の 4 か所である.

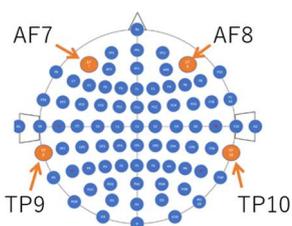


図 2 Muse2 の電極配置[7]

(株式会社マクニカ 新人技術者の脳波測定記, 電極の配置方法

<https://www.macnica.co.jp/business/ai/manufacturers/innereye/136852/>)

図 5 で示した 4 か所の内, 髪などの影響を受けにくく, 測定しやすい額の位置の電極である AF7, AF8 の脳波のみを用いて操作を実現することでより簡易に脳波による操作の実現を目指す.

### 3.2 Mind monitor

Mind monitor とは脳波計で測定した脳波を受け取り, 記録することができるアプリである.

図 1 の左下の 5 つのマークは接触状態を示しており, これを基準に装着を行った.

また, mind monitor には周波数帯ごとに抽出する機能があるが, 正確にはどのような処理がされているか明確ではない. そのことから EEGLAB を用いて周波数帯ごとに抽出を行う.

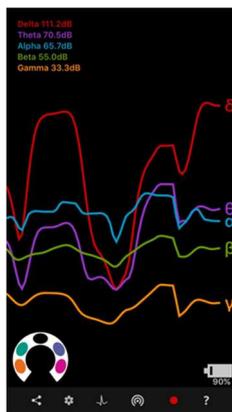


図 3 mind monitor の表示画面

### 3.3 EEGLAB

EEGLAB とは MATLAB の脳波解析専用ツールである. EEGLAB は周波数帯を指定してフィルターをかけることができる. このことから, 本実験では EEGLAB を用いて mind monitor で行われている周波数帯ごとの分解を行い, 比較する.

### 3.4 瞬きによるノイズ

脳波を用いるときに影響の大きいノイズの原因として瞬きがある. 以下の図 2 はデルタ波において, 瞬きをしている脳波と目を閉じている脳波を比較したグラフである.

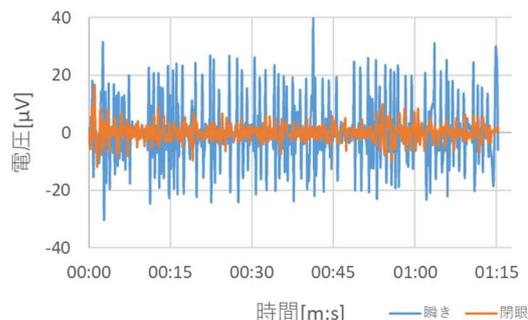


図 4 デルタ波における瞬きと閉眼の比較

図 2 より, 瞬きによってノイズとなる値が発生していることがわかる. 可能であればこのノイズを完全に除去した上で解析したいが本実験では実現できなかったことから, mind monitor の機能である瞬きを検出する機能を用いて瞬きの回数変化から瞬きによる影響かどうか検討する.

## 4. 判定可能時間に関する実験

本研究では脳波による操作を実現するために脳波の判定に必要な時間に関する実験を行った. 以下の図 3 はその時の実験風景である.



図 5 実験風景

本実験では集中とリラクスを交互に繰り返す実験を行った. 被験者には PC の画面を見てもらい, 画面中央に赤い点が表示されたら点に集中, 画面に点がなく白い状態であるときはリラクスという指示を与えて実験を行った. この時の集中とリラクスの時間をそれぞれ 60 秒, 45 秒, 30 秒, 20 秒, 15 秒, 10 秒と段階的に短くしていくことで最小判定可能時間の分析を行った.

## 5. 結果と考察

現在の結果としては EEGLAB を用いて周波数帯ごとに分析した結果の内, 変化の見られたデルタ波が以下の図 6 である. 赤は電極 AF7, AF8 のデルタ波の脳波を平均した値であり, 青は集中とリラクスの指示を表しており正の値の時は集中で負の値の時はリラクスである.

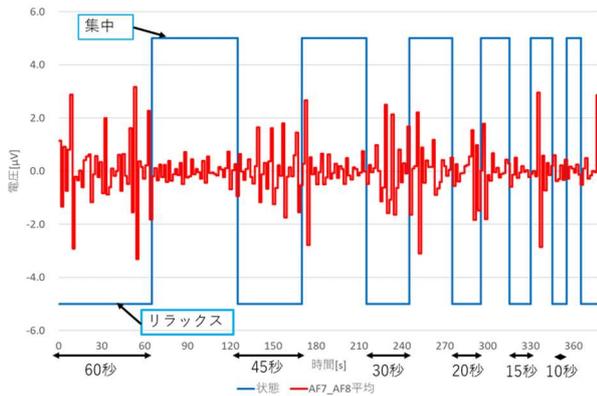


図 6 集中、リラックス時のデルタ波の脳波

図 6 において、315 秒時点までは多少の遅れはあるものの集中時に振幅が小さくなり、リラックス時に振幅が大きくなる反応を測定することができた。しかし、時間間隔が 20 秒以下になる 270 秒以降では遅れによってわかりにくくなり、時間間隔が 15 秒以下となる 315 秒以降ではその特徴がわからなくなった。

このことから本研究の判定方法では最低 20 秒で判定が可能と考えられるがより正確に判定したいなら 30 秒必要だと考える。

次に図 6 を行った時の mind monitor が検出した瞬きの 10 秒平均回数が以下の図 7 である。

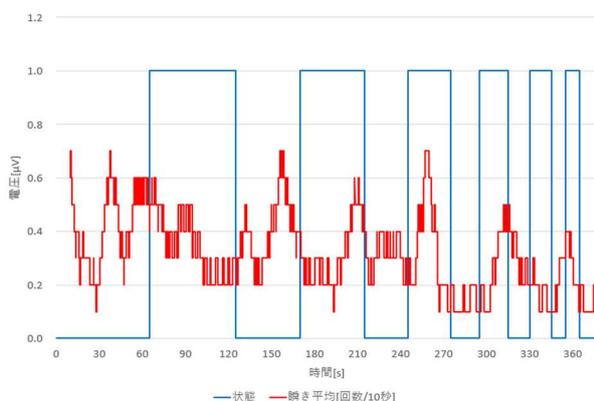


図 7 直前 10 秒の 1 秒あたりの瞬きの回数

図 7 を図 6 と比較すると図 6 で振幅が大きくなっている箇所でも多く瞬きしている様子が見られる。しかし、270~300 秒の間では瞬きは少ないが振幅が大きくなっていることがわかる。

このことから本研究で得られた集中時とリラックス時の脳波の変化は瞬きによるものがあるものの、瞬き無しでも発生していると考えられるが瞬きの検出ができなかっただけの可能性があるため今後より調査しなければならない。

また、この結果が得られたデルタ波は睡眠による脳波が出るかとされており、今回測定された特徴が集中とリラックスで得られたのか疑わしい。ほかの周波数帯においては特徴かもしれない波形もあるもののデルタ波のように明確な結果は得られず、より瞬きなどによるノイズでわからな

くなってしまっていた。このことからノイズを取り除いての解析が急務である。

## 6. 今後の展望

今回の結果を基に集中とリラックスの脳波のパターンを用いたコマンド操作の実現を目指す。具体的には以下の表 1 のようなパターンである。

表 1 脳波による操作を実現するパターン案

脳波指示 (集中: 1、休憩: 0)			
指示	1回目	2回目	3回目
a	1	1	1
b	1	1	0
c	1	0	1
d	1	0	0

このように集中とリラックスの判定を複数回行い、そのパターンを用いて行いたい指示が脳波のみでできるシステムの構築を目指す。このための 1 回の判定時間は今回の実験結果から約 20 秒を想定している。それを 3 回繰り返すことから一回の指示に約 1 分かかってしまう。今回の実験の改善点からできるだけ 1 回の判定時間を短縮してより短時間で指示を可能にしていきたいと考える。

また、リアルタイム処理を以下の図 8 のような画面で実現できないかと考えている。

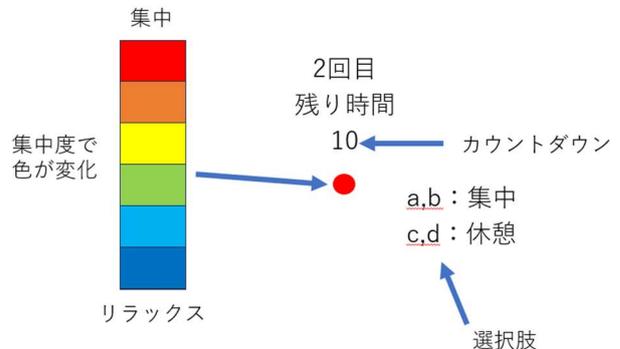


図 8 リアルタイム処理画面案

特に図 8 の左側で示すように集中用の点の色を集中度に応じて変化させることで、集中とリラックスの脳波の情報をフィードバックしてより操作しやすいものを目指すとともに可能であれば集中の度合いを用いて、3 状態の脳波のパターンによる操作を実現したいと考えている。

また、今回の研究では瞬きによるノイズを除去できずに解析するという内容になってしまった。今後は脳波解析用のシステムや機械学習などを用いてノイズを除去した脳波で解析できるよう研究を進めていこうと考えている。

## 7. おわりに

本実験では集中とリラックスの 2 状態の最小判定可能時間を分析した結果、20 秒は必要だと考えられる結果となった。この時間をより減らすために考えられる改善案と

して、音による状態の切り替えタイミングの明示と集中度のフィードバックが考えられる。音により次の操作タイミングに入ったことを知らせることで脳波による操作に移るまでがよりスムーズになると考えられる。また、集中度のフィードバックを得られることで集中による操作の手ごたえを実感でき、より速く集中とリラックスを切り替えて実行できるようになると考えたからである。

今後はリアルタイム判定の実現を目指すとともに最小判定可能時間を短縮し、より使いやすい脳波による操作を実現していきたいと考える。

### 参考文献

- [1] 渡辺 大夢,  
簡易脳波計を用いたコンピュータ操作システムの開発,  
第14回大学コンソーシアム八王子学生発表会,2022年
- [2] James Clutterbuck, Mind Monitor,  
<https://mind-monitor.com/> (2024年7月19日閲覧)
- [3] 平井章康, 吉田幸二, 宮地功, “簡易脳波計による学習時の思考と記憶の比較分析”「マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM2013) シンポジウム」  
2013年7月
- [4] 株式会社ハコスコ, “脳波デバイス MUSE 2”,  
<https://goodbrain.jp/devices/muse/>  
(2024年7月19日閲覧)
- [5] Swartz Center for Computational Neuroscience,  
“EEGLAB “,  
<https://scn.ucsd.edu/eeglab/index.php>  
(2024年7月19日閲覧)
- [6] MathWorks, “MATLAB “,  
<https://jp.mathworks.com/products/matlab.html>  
(2024年7月19日閲覧)
- [7] 株式会社マクニカ, 新人技術者の脳波測定記,  
電極の配置方法  
<https://www.macnica.co.jp/business/ai/manufacturers/innereye/136852/>  
(2024年7月19日閲覧)