

# 脳波測定器 Muse2 による正確な脳波データの取得法分析

安部拓磨\*1, 篠崎諒\*1, 塩尻(斎藤)亜希\*1, 上條浩一\*1, 大関和夫\*1, 鈴木雅実\*1

\*1 東京国際工科専門職大学

## Acquisition Method Analysis of Accurate Electroencephalogram Data by Electroencephalograph Muse2

Takuma ABE \*1, Ryo SHINOZAKI \*1 Aki SHIOJIRI(SAITO) \*1,

Koichi KAMIJO\*1, Kazuo OHZEKI\*1, Masami SUZUKI\*1

\*1 International Professional University of Technology in Tokyo

脳の活動観測において、装着が容易で被験者への負荷が低い脳波計(EEG)は様々な分野で利用されている。しかしながら、EEG は、脳磁図記録(MEG)などに比べ空間分解能に優れず精度が低い、という問題がある。そこで、精度が低いドライタイプの EEG 装置(Muse2)を用いても、装着の容易さと被験者への負荷を損なうことなく、高い精度で脳波を計測する方法の研究を行った。研究の結果、Muse2 を頭に固定する簡易的な工程を加えるだけで、脳波の標準偏差が小さくなることが確認できた。ある電極では、固定の有無で各々46.425, 0.354 となり、131 分の 1 まで小さくなることを確認した。

キーワード: 簡易脳波計, EEG, Muse2, アーチファクト, 動画視聴, 集中度

### 1. はじめに

近年では多くの企業から多様な脳波計(electroencephalograph: EEG)が出てきており、MEG(Magneto-Encephalo-Graphy)などの時間分解能に優れた大がかりな脳波計だけでなく、より安価で多様性のあるものも販売されている。そして、脳波計を用いた研究は、様々な分野へ広がりを見せている。しかし、計測には様々な問題が指摘されている。その中でもアーチファクトの除去は大きな課題<sup>(1)</sup>であり、中でも皮膚の電極間接触抵抗(10k $\Omega$  以下)を取ることは重要な課題の 1 つである。一般の脳波計測においては皮脂除去や導電性ペーストなどを使用することで頭皮に電極をフィットさせている。しかし、これらの前処置をすることは簡易とは言えず被験者への不快感も増加していると考えられる。本研究では、簡易脳波計として広範な分野で使用されているドライタイプの EEG 装置(Muse2: InteraXon 社、図 1)<sup>(2)</sup>を用いて EEG 装置の中で最も感度が劣る脳波計とされている。

そこで本研究では Muse2 は皮膚と電極との接触が悪くなっていることでアーチファクトの原因になると

いう仮説の元、電極と皮膚間の接触を的確にするためヘアバンド(バンド)を使用することで正確な測定をすることを目的とした。

### 2. 方法

#### 2.1 実験方法

##### 2.1.1 被験者

本研究では、東京国際工科専門職大学の工科学部情報工学科に所属する 1, 2 年次の学生(9 名)を対象に実験を行った。表 1 に被験者の詳細を記す。実験の実施に当たり、直前に当該研究の趣旨、及び倫理的配慮の記載された資料を作成し、対面にて説明を実施した。



図 1 Muse 2 の本体(左)<sup>(2)</sup>と

脳波センサ(右, TP9, TP10, AF7, AF8)<sup>(3)</sup>

表 1 被験者の詳細

No.	性別	年齢	メガネ
1	M	22	
2	M	21	○
3	M	20	
4	M	22	
6	M	19	
5	M	20	
7	M	19	○
8	M	21	
9	M	19	

### 2.1.2 脳波測定

脳波の測定には、Muse2、スマートフォン(Google Pixel 4a)、及び EEG raw データ取得アプリ(Mind Monitor)を使用した。Muse2 は、脳波センシング・ヘッドバンドであり、従来の生体センサのような電極ジェルなどが不要なため長時間の装着が可能である。また、国際 10-20 法に対応した AF7・AF8・TP9・TP10 の 4 チャンネルの電極(図 1)から 3 次元加速度、3 次元ジャイロ、 $\delta$  波(0.5-4Hz)、 $\theta$  波(4-8Hz)、 $\alpha$  波(8-12Hz)、 $\beta$  波(12-35Hz)、及び  $\gamma$  波(35Hz 以上)の情報を取得可能である<sup>(2)</sup>。データ記録開始・終了は、Android スマートフォンに事前にダウンロードした Mind Monitor<sup>(3)</sup>を使用し、動画開始直前から動画終了直後を計測した。また、脳波のリサンプリングは EEGLAB<sup>(4)</sup>を使用した。

### 2.1.3 実験条件

脳の刺激として、本研究は 5 分程度で視聴できる動画を用意した。被験者は 5 分 4 秒の「介護における IoT 活用事例紹介<sup>(5)</sup>」を 2 回に分けて視聴する。脳波測定は順序効果を考慮して、動画視聴 1 回目にバンドを着用する条件と着用しない条件に分けた。被験者は教示に従い、各自でアルコール除菌シートを用いて額と耳裏を拭き、皮脂の不純物を取り除いて行った。被験者は着席し、静止した状態で視聴した。Muse2 を固定するために図 2 のヘアバンドを用いた。全ての実験の終了

後、アンケートの記入を求めた。サンプリング周波数は 300Hz であった。

### 2.1.4 アンケート

実験終了後、実験アンケートを実施した(表 2)。各アンケートの項目は、快—不快の項目を含め、それに付随するアンケートとして 6 つの形容詞対を 5 段階評価とした。



図 2 ヘアバンド

表 2 アンケート詳細

大項目	小項目	回答形式	
		単一	記述
参加者情報	氏名(フリガナ)		○
	学籍番号		○
測定環境	その着席位置	○	
	室温の快適度	○	
	ヘアバンドの快適度	○	
動画視聴時について	動画の視聴経験	○	
	視聴時の快適度	○	
	1 回目の視聴時にヘアバンド使用の有無	○	
	1 本目の動画の関心度	○	
	2 本目の動画の関心度	○	
	動画視聴時の覚醒度	○	
その他	良かった点		○
	改善してほしい点		○

## 2.2 データの解析

データを解析するにあたり、脳波の計測時にビデオ撮影を行うことで検査状態を検討した。入眠状態で体が揺れて筋電図が計測の全般的に混入している 1 名 (No.3)を除き、残りの 8 名で分析を行った。Bad Fit(BF)回数および Jaw Clench(JC)<sup>(3)</sup>は Mind Monitor 専用のサイトを使用した。

300Hz でサンプリングされたデータを 75Hz にリサンプリングし、5-35Hz の帯域幅を持つバンドパスフィルタを適用した。このように前処理を行ったデータを使用し、4 秒間に記録された各電極の出力値の標準偏差(単位は  $\mu\text{V}$ )を 1 秒間隔で算出し、標準偏差が 15 以上の電極データをノイズとして出力した。そして、チャンネルごとにノイズと出力した回数を記録した。さらに、ノイズの回数を記録したものを標準偏差で算出し t 検定で計算した。

アンケートの結果からバンド・視聴時の快適度(5 段階)の評価を 3 以下と 4 以上で 2 群に分け、低評価群を不快群、高評価群を快適群とした。2 群間の BF 数・JC 数を対応のない t 検定で分析した。

## 3. 結果

バンド装着に関するアンケートからは装着不快を示すものは 1 例認められたがそのほかの 8 名は最大で計測時間 6 分 21 秒の測定にて問題は認められなかった。表 3 の通り、バンド無しで測定困難者 3 名、バンド有りでは全員測定可能であった。

### 3.1 アンケート結果

アンケートの結果より、バンドの快適度の項目において、1(非常に不快)を選択したものはおらず、2(やや不快)を選択したのも 1 例のみで、他 8 名は 3(どちらでもない)以上を選択しており、動画視聴時の測定でのバンドの使用に関して、不快感を持つものはほとんどみられなかった。また、バンド・視聴時それぞれの不快群と快適群間の BF 数・JC 数の t 検定の分析を行った結果どちらも有意差は得られなかった。

### 3.2 RAW データの結果

RAW データの結果を表 3, 4 に記す。アーチファクトのうちでは BF 数は、バンド無し  $34 \pm 25.4$  回、バ

表 3 RAW データの結果

No.	年齢	バンド無し		バンド有り	
		BF 数	JC 数	BF 数	JC 数
1	22	—	—	5	0
2	21	59	43	0	0
3	22	—	—	11	32
4	20	—	—	0	6
5	20	51	1	7	0
6	19	48	23	1	3
7	19	2	0	0	0
8	21	2	8	1	4
9	19	42	6	0	5

表 4 バンドの有無における BF・JC 比較

	バンド無し		バンド有り		t 値
	M	SD	M	SD	
BF(回数)	34.000	25.385	1.750	2.712	0.013*
JC(回数)	13.500	16.646	2.250	2.550	0.080

\* $p < .05$

ンド有り  $2.8 \pm 4.0$  回と有意に( $p < 0.05$ )バンド有りのアーチファクトは減少していた。また、JC 数ではバンド無し  $13.5 \pm 16.5$  回、バンド有りでは  $5.6 \pm 10.2$  回と明らかに低値を示していたが有意差は認められなかった。

### 3.3 リサンプリング後の結果

チャンネルごとのノイズの回数の結果は表 5 のようになった。また、それらの結果の標準偏差を計算し t 検定で有意差を調べた結果を表 6 に記す。その結果か

ら、バンド無しとバンド有りを比較すると、平均と標準偏差どちらもすべてバンド有りのほうがバンドなしに比べて小さい値となった。そこでt-検定を用いてこれらの結果の評価を行った。その結果、AF7・AF8は有意差が見られたが、TP9・TP10の電極では有意差が見られなかった。

#### 4. 考察

今回の実験では、バンドを使用することで、脳波の標準偏差が小さくなることが確認できた。特に、AF7では、バンド無し、有りで各々46.425,0.354となり、131分の1まで小さくなることを確認した。これは、前頭部の皮膚の電極間接触抵抗を抑制したことによる効果と考えられる。しかしながら、側頭部においてはTP9でバンド無し、有りで標準偏差が各々57.469,35.575と、1.62分の1になる効果は確認できたものの、改良の余地があることが分かった。このことは、バンドの使用では水平の前後方向への牽引力は適度であったが横方向への牽引が不十分であったと考えられた。横方向の牽引力を増すためにはバンドを耳の下方を回すか幅広くして頭頂部を回すなどの工夫が必要と考えられる。

表5 バンド無し有りでの標準偏差15越えの個数

No.	バンド無し				バンド有り			
	TP9	AF7	AF8	TP10	TP9	AF7	AF8	TP10
1	—	—	—	—	14	1	0	1
2	0	39	41	0	0	0	0	0
3	—	—	—	—	3	187	36	0
4	—	—	—	—	0	0	0	1
5	129	125	38	20	88	0	0	1
6	64	28	19	30	67	0	0	34
7	—	—	—	—	0	0	0	0
8	1	1	0	1	0	0	0	0
9	0	50	1	1	0	0	1	1

表6 バンド有り・無しの標準偏差の比較

バンド	有り	無し	t 値
TP9	57.469	35.575	0.280
AF7	46.425	0.354	0.040*
AF8	19.537	0.354	0.044*
TP10	13.795	11.829	0.236

\* $p < .05$

#### 5. 今後の展望

今回の結果から、バンドを着用することで一部のアーチファクトの除去に効果がみられたが、本研究の実験は、静止状態で5分4秒の動画を視聴している条件で脳波計測を行った。しかし、より自由度の高い研究を行うためには、本実験のような静止状態だけではなく動作時や長時間、その他環境によるバンドの効果はどれほどあるのかを検討すると共に改良の必要があると考えられる。

#### 謝辞

本研究は、科学研究費補助金(22K02868)の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- (1) 安藤啓司: "脳波計測における精確さと危うさ." 計測と制御, Vol.60, No.2, pp 131-135 (2021)
- (2) Muse2, <https://choosemuse.com/muse-2/>, (Available: September 2022)
- (3) Mind Monitor, <https://mind-monitor.com/>, (Available: September 2022)
- (4) Abhang, Priyanka A., Bharti W. Gawali and Suresh C. Mehrotra, "Technological basics of EEG recording and operation of apparatus", Introduction to EEG-and Speech-Based Emotion Recognition, pp.19-50 (2016)
- (5) 総務省動画チャンネル, 2021, 介護におけるIoT活用事例紹介, <https://youtu.be/MPQwGPLNeto>, (accessed on 10 February 2023)