

簡易脳波計を用いたヘルスケアシステムの実現可能性に関する検討†

本村信一*

Consideration for the Health-care System Using a Simplified Electroencephalograph†

Shinichi Motomura*

A lifestyle of fitness is becoming more important in worldwide. And, various health monitoring devices are developed now. Previously, it was mainstream to measure blood pressure and the weight, temperature and a pulse. On the other hand, the electroencephalograph is useful in the medical practice and brain research. However, it must be easy and small when users use an electroencephalograph for healthcare. The conventional electroencephalograph attaches electrodes more than dozen to a head using paste. The characteristic of the simplified electroencephalograph is inferior in precision, but it is cheap, light weight, paste free, and short at wearing time. In this research, we verified the usefulness of the simplified electroencephalograph in investigating human mental condition and predicted that this simplified device will be widely used for health diagnosis. And, we show an interesting result about the setting position of the electrode, a brain wave behavior at the work, an appearance of the individual difference.

Key words : EEG, Simplified Electroencephalograph, Healthcare

1 はじめに

現在、世界中の多くの人々の健康意識が高まりつつあり、長寿のための生活改善や健康状態のチェックが重要とされる。1980年代から健康モニタリングシステムが普及し始め、家庭でも血圧や心拍数の記録が行えるようになった。2000年以降に、日常的に身につけられる装置としてウェアラブル端末の開発が進められている。一方、脳波計の小型化も進んでおり、近い将来にモバイルヘルス技術の1つとして、簡易脳波計を用いて家庭で脳波のモニタリングが可能になる。これにより、体重や血圧、脈拍といった情報に加えて脳波の活用が期待される。

これまで脳波計は脳科学の発展や、医療分野で役立ってきた。従来型の脳波計は、頭に十数個以上の電極を、ペーストを用いて取り付ける。また、極めて高い精度を要求する場合はシールドルームという電氣的に隔離された部屋で計測を行う。そのため精度は良いものの長い準備時間を必要とする。一方で、簡易脳波計の特徴は、精度は劣るものの、安価で軽量かつペーストが不要で、装着時間も短い。また、多くは充電電池を搭載しており電源供給が不要である。しかし、電極数が少ないため電位の空間的情報を得ることはできない。また充電電池の特性上、

連続計測時間はおよそ2時間に満たない程度である。

このように、簡易脳波計は様々な制約条件が存在し、健康管理といったより実用的な利用のために克服しなければならない点が多い。まず第1に、電極の配置問題がある。一般的に装着のしやすさのため、少ない電極を額の中央部に設置することが多い。しかし、計測の目的によって中央部よりも左側や右側が有利な可能性がある。第2は日常生活における体調の変化を、簡易脳波計で捉えることができるかどうかという問題がある。毎日の生活において、好調、体調不良、疲労といった様々なコンディションが移り変わる。多くの電極を有する従来型脳波計であれば、多くの脳波データをもとに状態を判断することは可能である。これを制約条件の多い簡易脳波計で違いを見出すことができるか検証する必要がある。

そこで、本研究ではB-Bridge Internationalが開発した簡易脳波計 B3 Band を使用し、電極の位置問題や連続作業中の脳波の変動、個人差について検証を行った。この簡易脳波計のチャンネル数は1チャンネルで、片側の耳たぶをアースとして計測する。より効果のある電極の位置を検討し、日常生活で予想される負荷を与えた場合の差を、簡易脳波計で求めることが可能であるか検討する。

† 原稿受理 平成27年2月27日 Received February 27, 2015

* システム生体工学科 (Department of Systems Life Engineering)

2 関連研究

関連研究として、簡易脳波計の実用化や有効活用のための研究がある。また、健康管理アプリケーションに関する研究や、脳波と気分の関係をまとめた研究などがあげられる。

簡易脳波計を使った研究事例として、吉田らが学習状態の脳波の分析を報告している¹⁾。この研究では、ストレスや集中力の度合いについて、 β 波と α 波の比率を用いた指標が有効であると述べている。また、石野らは、感情や感覚の評価に関して簡易脳波計を用いた研究を行っている²⁾。しかし、本格的な医療分野や脳科学の分野では簡易脳波計が用いられることはほとんどないため、研究事例の数が少ない。

また、Changらは健康状態を警告するシステムの研究を行っている³⁾。医療現場において統計的見地に基づき危険な状態を医師に知らせるシステムの開発を進めている。一方、Diegoらは、アロマセラピーの効果を、脳波を用いて検証した⁴⁾。主にアルファ波とベータ波に着目し、効果の有効性を示した。

3 簡易脳波計を用いた検証

3・1 簡易脳波計の特徴

本研究で使用した簡易脳波計は、B-Bridge社のB3Bandである。キャップ式とは異なり、鉢巻きのようなヘッドバンドタイプである。B3Band本体とケーブルで接続されている耳の形をした金属部が耳たぶと接触して基準電位となる。そしてバンド部に埋め込まれた2つの電極との電位差を計測する。ただし、双極誘導法を用いているため、実際の計測値として有効なチャンネル数は1チャンネルである。簡易脳波計とコンピュータとの間は無線のBluetoothで接続されているため、ケーブルによる拘束がない。重量は約100gと軽く、長時間の計測でも疲れることはないが、耳たぶの形状や、汗の状況によって、うまく計測できない場合がある。

採取されるデータについて述べる。生データはサンプリング周波数512Hzで計測される。これと併せて、周波数スペクトルデータと集中度、リラックス度が1秒間に1回計測される。B3BandのデータはTable 1に示す周波数帯で区分される。

Table 1 Frequency band division of B3 Band

帯域名	出力名	周波数帯域[Hz]
Delta		0.5 - 2.75
Theta		3.5 - 6.75
Low-alpha	Alpha1	7.5 - 9.25
High-alpha	Alpha2	10 - 11.75
Low-beta	Beta1	13 - 16.75
High-beta	Beta2	18 - 29.75
Low-gamma	Gamma1	31 - 39.75
High-gamma	Gamma2	41 - 49.75

3・2 最適な電極位置の検討

脳波を計測する電極は、拡張国際10-20法に基づくと、F9, Fp1, Fpz, Fp2, F10の5つの位置が候補に挙げられる。また、アースは左耳(A1)と右耳(A2)の2つの位置が候補に挙げられる。この候補の組み合わせを考慮して検討を行った。

健常な18歳から35歳までの被験者20名(男19名、女1名)について、Table 2に示す4つの電極位置で計測を行った。タスクは2つあり、1つは閉眼リラックス状態で、もう1つは閉眼暗算タスク(オンタスク)である。閉眼暗算タスクは、頭の中で初期値から7を引き続けるタスクである。慣れの影響を軽減させるために、初期値は230, 250, 270, 290の4種類であり、初期値の提示順序を被験者ごとに変えて実験を行った。2つのタスクの計測時間は1分間であり、採用データ箇所は後半の30秒とした。

Table 2 Combination of electrode position

	計測電極	リファレンス	アース	位置関係
(a)	Fp1	F9	A1	左寄り
(b)	Fp2	Fp1	A1	電極中央
(c)	Fp1	Fp2	A2	電極中央
(d)	Fp2	F10	A2	右寄り

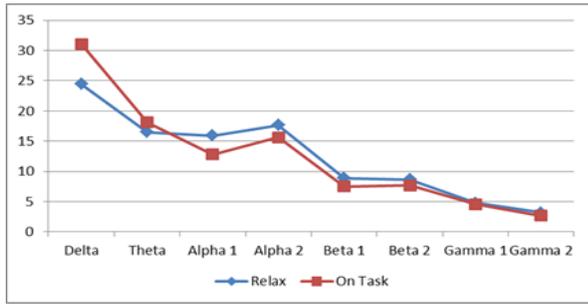
計測後、後半の30秒間分の周波数スペクトルデータを抽出した。そして、個人差で生じるパワーの差をなくすために各帯域の成分比を割合で表現した。これらをもとに、個々の結果を集計し被験者20人分の割合データについて集団解析を行った。ある電極の組合せにおいて、リラックス状態と暗算タスクの割合の差を求める方法で評価した。

Fig. 1は各電極位置におけるリラックス状態と暗算タスクの周波数帯域別割合を示したものである。横軸は周波数帯域を名称で示し、縦軸は割合を示す。

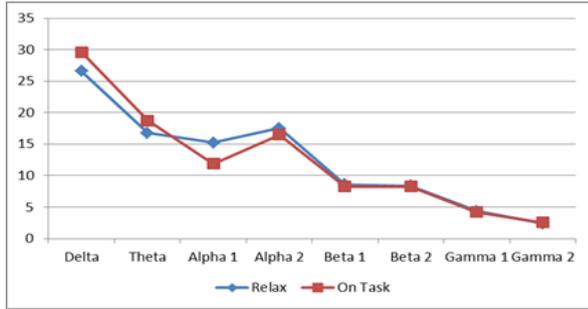
全体的な傾向として、リラックス状態よりもオンタスクである計算活動時のほうがデルタやシータ帯域の割合が高い。一方でアルファ1帯域において、オンタスクの方が割合は減少した。アルファ2帯域よりも高周波帯域であるベータやガンマの帯域では両者の違いはほとんど見られなかった。

次にリラックスとオンタスクの差を最も反映している電極の位置についてまとめる。Table 3は、4つの電極位置に対してリラックスとオンタスクの割合の差を示したものである。なお、帯域の表記はDeltaならばDのように、頭文字のみとしている。

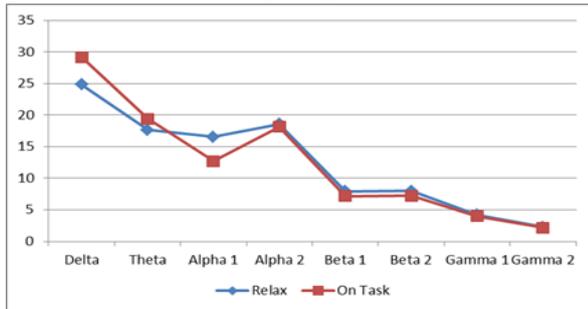
Table 3より、アースがA2で計測電極Fp2(右寄せ)の位置が最も差が大きいことが確認できる。次にアースがA1で計測電極Fp1(左寄せ)の位置という結果を得た。一方、電極を額の中央部に設置した場合、アースが左耳でも右耳でも割合の差は小さくなった。



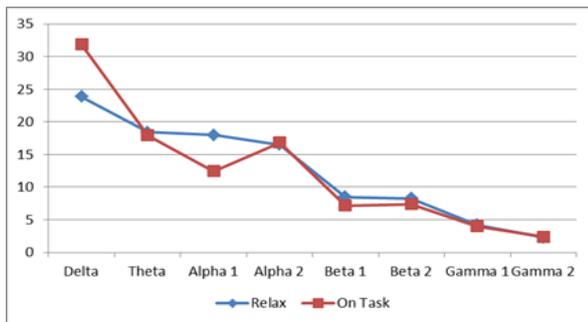
a) Fp1, F9 - A1



b) Fp2, Fp1 - A1



c) Fp1, Fp2 - A2



d) Fp2, F10 - A2

Fig. 1 Experimental result

Table 3 The difference between the percentage of in relax and tasks

	D	T	A1	A2	B1	B2	G1	G2	SUM
(a)	5.7	1.4	2.9	1.5	1.3	0.8	0.2	0.5	14.3
(b)	2.8	2.4	3.3	1.4	0.4	0.2	0.2	0.1	10.8
(c)	3.6	1.8	3.8	0.1	0.7	0.6	0.2	0.0	10.8
(d)	8.3	0.0	6.0	0.0	1.3	0.8	0.2	0.1	16.7

3・3 連続作業時の脳波採取

日常生活において、体調や疲労の具合は変化する。この違いを検出するには、電極数の多い従来型脳波計を用いる方が効果的であるが、家庭での利用を想定すると簡易脳波計が有利である。そこで、被験者に連続作業の負荷を与え、1チャンネルの電極のみで違いを見出すことができるかを検証する。

実験は、健常な18歳から35歳までの被験者5名(男5名)について、世界的に有名な「ウォーリーを探せ」を用いて20分間連続して作業を行う。被験者がページをめくる必要のないように、5分経過したところで実験補助員がページをめくる。計測はすべて開眼状態でを行い、電極の配置は、最もリラックスとオンタスクの差の小さいFp2・Fp1-A1とする。実験開始前にリラックス状態の開眼時脳波を計測し、実験途中の周波数成分データを記録する。なお、作業に関する脳波の変化を捉えるため、周波数分析帯域をシータ帯域からガンマ2帯域までとした。

Fig. 2は代表的な3名の連続作業中における周波数帯域別割合の変動を示したものである。横軸は実験経過時間を分で示し、縦軸は割合を示す。ただし時間軸について、大局的な変動を捉えられるようにするため、1分間のパワーの積算をもとに割合を算出した。

Fig. 2より、周波数変動のパターンが各々異なることが理解できる。特に大きく異なっているのがシータ帯域である。シータ帯域は上下の変動のパターンが全員異なるという結果を得た。アルファ帯域は被験者によっておおよそ変わらない場合と後半に増加する場合に分かれた。ベータ帯域については、一部の被験者が中盤や後半に変動を示したが、およそ大きな変動は生じなかった。ガンマ帯域は被験者全員に共通して大きな変動はなかった。

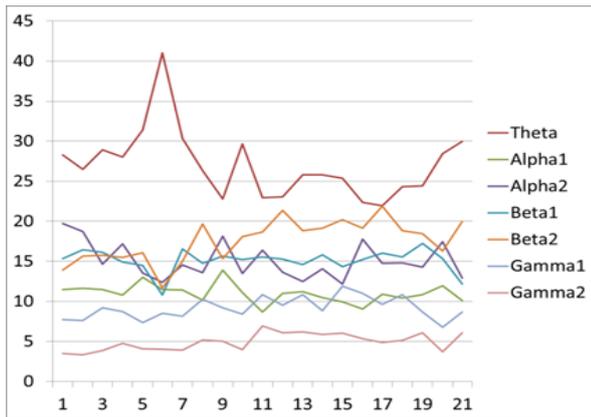
本実験において、実験前の状態と比較してアルファ帯域が減少し、ベータ帯域とガンマ帯域が増加していることが確認できた。一方で、20分の連続作業において、ベータ帯域より高周波な帯域の明確な特徴を見出すことはできなかった。

4 考察

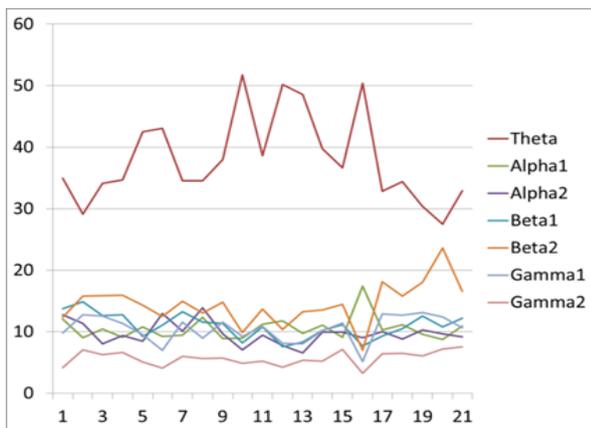
4・1 最適な電極位置の検討に関する考察

Table 3より、リラックス状態と計算活動時の周波数割合データの差が最も大きい電極の配置は、アースがA2で電極がFp2であった。ここで、割合の差以外について相関性の観点から分析する。Table 4はリラックス状態と計算活動時の周波数割合データについて相関係数をまとめたものである。

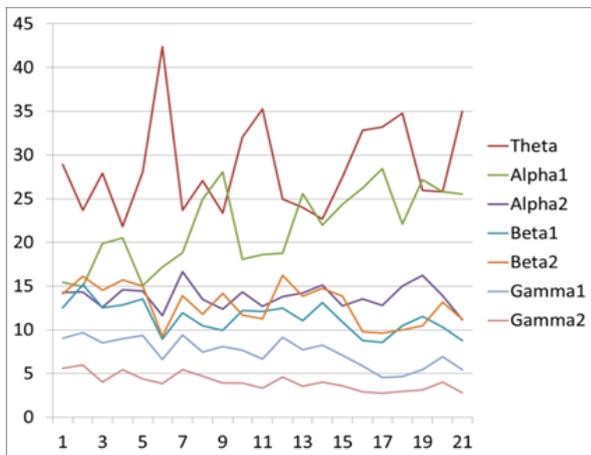
全帯域の割合データを用いた場合、割合の差と同様にアースがA2で電極がFp2の組み合わせが最も異なると判断できる。また、アルファ2以降の両者はほぼ同じなため、アルファ1以下に限定すると、さらに相関性が低くなる結果を得た。リラックス状態と計算活動の差以外にも別のタスクでの検証を行い、導出した電極位置が最も良い位置であるのか多面的に調査する必要がある。



a) Subject B



b) Subject C



c) Subject E

Fig. 2 Fluctuations in the frequency band

Table 4 Correlation of the frequency ratio data

電極-アース\相関係数	全帯域	Alpha1 以下
(a) Fp1・F9 -A1	0.96051	0.96545
(b) Fp2・Fp1 -A1	0.97946	0.96461
(c) Fp1・Fp2 -A2	0.97318	0.95953
(d) Fp2・F10 -A2	0.93247	0.92040

4・2 連続作業時の脳波採取に関する考察

本実験において、周波数帯域別割合の変動パターンが5人全員異なっている点に着目した。ここで、集中力について被験者の聞き取りをまとめる。被験者Aは実験中に低下したときがあったと述べている。また、被験者Bは後半やや疲れたと述べている。被験者Cは前半から中盤にかけて最も集中できたと述べている。また、被験者Eは、ページが新しくなると新鮮な気持ちになるが、徐々に飽きてきたと述べている。この聞き取り内容と対応した変動を示しているのがシータ帯域であった。この結果は簡易脳波計を用いて被験者の集中力の違いを見出すことが可能であることを示している。

また、実験中にまばたきや体動とは関係のない波形の瞬間的な揺らぎを何度か計測した。これは被験者が課題対象のキャラクタを発見した際の変化と予想される。しかし現時点では被験者からの発見サインと脳波を同時に計測するシステムが完成していないため、この検証については今後の重要な検討課題である。

一方で、本実験において脳波と疲労の関係までを見いだせていない。これは、20分程度の連続作業では被験者に十分な疲労を与えることができなかったといえる。もう少し長期的観測の視点で、肉体的、精神的疲労を考慮する必要がある。

5 まとめ

本研究において、簡易脳波計 B3 Band を使用し、少ない電極をどの位置に設置することが効果的であるかを示した。また、簡易脳波計を用いて連続作業中の脳波の変動を捉えることが可能であることを示した。

課題によって、電極を中央部に設置するよりも、左もしくは右寄りに設置する方がより大きな差を検出できることを示した。また、簡易脳波計を用いても、連続作業中の周波数成分の違いを明確に捉えることができた。

一方、簡易脳波計を健康管理に用いるためには、日常生活の負荷や疲労を考慮する必要がある。そのため、本研究において本格的な長期観測や、生活中的脳波モニタリングなどを次の段階で実施する予定である。

参考文献

- 1) K. Yoshida, Y. Sakamoto, I. Miyaji, and K. Yamada, KES p. 1817-1826 (2012).
- 2) K. Ishino, Proc. of 2003 IEEE Int. Conference on Systems, Man, and Cybernetics p. 4204-4209 (2003).
- 3) M. Chang, E. Aggrey, M. Sayed, and Kinshuk, Proc. 2013 Int. Conference on Brain and Health Informatics (BHI 2013), LNAI 8211 (2013), Springer, p. 307-315.
- 4) M.A. Diego, N. A. Jones, T. Field, M. Hernandez-Reif, S. Schanberg, C. Kuhn, V. McAdam, R. Galamaga, and M. Galamaga, Int J Neurosci. 96, p. 217-224 (1998).