

E-3

外傷性脳損傷患者に対する脳波信号を用いた治療用アプリケーションの基礎的検討 Basic Study of Therapeutic Application Using EEG Signals for Traumatic Brain Injury Patients

○高橋玄記¹, 林昂志¹, 松本卓才², 武井祐樹³, 齊藤健⁴*Genki Takahashi¹, Takashi Hayashi¹, Takatoshi Matumoto², Yuki Takei³, Ken Saito⁴

Abstract : Research on application development for traumatic brain injury (TBI) patients. TBI causes sequelae of higher-order functions and impairs patients' quality of life. However, TBI is difficult to diagnose and treatment has not yet been established. In this paper, EEG signals were used to measure concentrations as a basic study to develop applications for treating TBI. In addition, the concentration was analyzed from the ratio of alpha and beta waves in the frontal lobe. As a result, it was confirmed that β waves increased during the calculation.

1. 序論

1980年頃より外傷性脳損傷(TBI)と呼ばれる疾患が注目されるようになった。TBIは頭部の打撲、むち打ち等による脳の一時的もしくは恒久的な物理的損傷である。発症する原因として交通事故、転倒、暴行等があげられる。通常、脳は頭蓋骨内で脳脊髄液に浸され、外部の衝撃から保護されている。しかし、頭部が強い衝撃を受けた時、脳は脳脊髄液を押しつけ頭蓋骨に衝突する。このとき脳の組織が損傷し、様々な症状を引き起こす。主な症状として意識障害、高次機能障害、脳神経麻痺があげられる。TBIは脳疾患の中でも高次機能に対する影響が多くみられる。高次機能障害は集中力、理解力、注意力、遂行能力等を低下させるが、表面的に判断することが難しい。そのため患者に自覚症状がある場合でも誤った診断がなされることがある。さらに、TBIは重症度によって脳機能に長期的な悪影響を及ぼすが根本的な治療法は確立されていない。

そこで我々は Brain Machine Interface (BMI)の技術を用い、TBI患者に向けた治療用アプリケーションの開発を検討した。BMIは脳の電気信号を計測し、特徴量を抽出することで様々な機器の入力装置として利用する技術である。脳の電気信号を計測する方式には大きく分けて2つの種類がある。1つは侵襲式と呼ばれる、頭蓋骨を開頭し直接電極を埋め込む方式である。侵襲式はノイズが小さく、空間分解能に優れている。反面、外科的な手術を伴うため後遺症のリスクやコストの面で導入の敷居が高い。もう1つの非侵襲式は、頭皮上に電極を設置する。頭皮に設置する性質上、脳脊髄液、頭蓋骨、皮膚を伝搬した電気信号を取得するため、空間分解能が低い。しかし非侵襲式の脳波計は侵襲式のものより比較的安価で測定のコストも低いという利点がある。

本論文は非侵襲式の脳波計を用いてTBI患者に対する治療用アプリケーション開発の基礎的検討を行った。そのため高次機能障害から持続的注意力、一般的に集中力と呼ぶ分野に焦点を絞り、その脳波信号の解析をおこなったので報告する。

2. システム構成

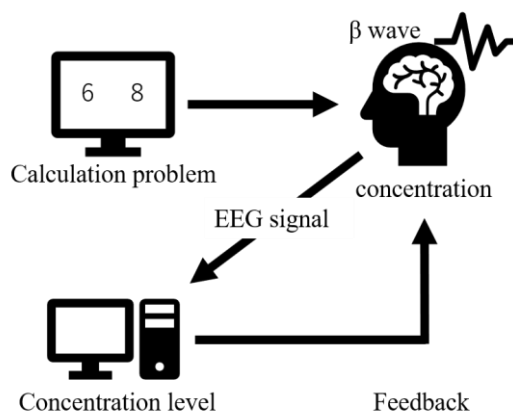


Figure 1. Application system that encourages concentration

今回の検討では、持続的注意力の働きを確認するため、計算問題を被験者に解答させ、その時の脳波信号を解析した。まず、被験者に対して持続的注意を促すための簡単なシステム構成をFigure1に示す。このシステムでは、被験者に持続的注意力を発生させるため、クレペリン検査を模した計算問題をディスプレイに表示し計算させる。この計算問題では、2つの異なる数字を1秒ごとに切り替えて表示し、被験者にはそれらを暗算で加算させる。暗算する過程で変化する前頭葉の電気信号から、集中の度合いを解析し被験者に自らの状態を何らかの形でフィードバックする。

3. 前頭葉の測定

思考や判断、動機づけ等の高次機能は前頭葉に集中している。従って、持続的注意力に関しても前頭葉に見られる可能性が高い。そこで、脳波測定に用いられる規格である、国際 10-20 法から電極位置を Fz に設定した。持続的注意力の段階を示す指標として脳波の周波数帯域を利用した。脳波は 1~30Hz 程度の周波数帯域を持ち帯域ごとに活動状態を見分けることができる。一般に用いられる周波数帯域には θ (4~7Hz)、 α 波(8~13Hz)、 β 波(14~30Hz)が挙げられる。 α 波は開眼時、及び、リラックスした状態によく見られ、 β 波は集中や注意の状態を示している^[1]。従って β 波と α 波の比率、 β/α を見ることで持続的注意力の有無を確認できる。今回は、被験者を健康な成人男性 1 名とし、Figure2 のような 3 つのセクションを設けて前頭葉における脳波信号の測定を行った。

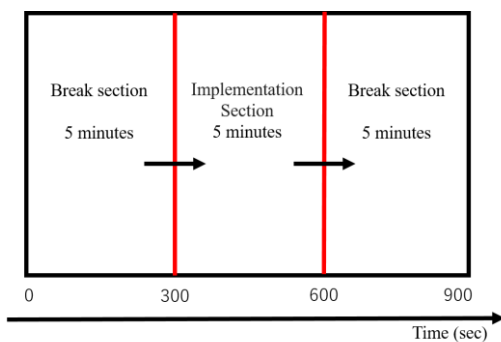


Figure 2. Section for acquiring EEG signals

なお、実施区間ではクレペリン検査を模した簡単な計算問題を 1 秒ごとに切り替えながら出題し、暗算で解かせた。以上の測定で得られたデータを元に Figure3 のような解析を行った。

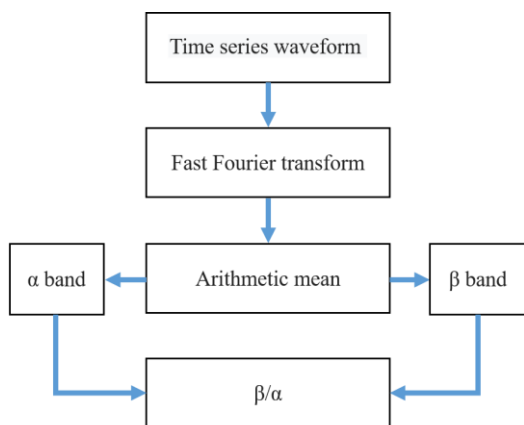


Figure 3. Analysis flowchart

脳波計のサンプリング周波数が 256Hz のため 1 秒間のデータ数は 256 点となる。これを 10 秒間の時間窓を設けてオーバーラップさせながら 2560 点のデータ速フーリエ変換(FFT)をおこなった。さらに FFT 後のデータを 100 点おきに区切りそれぞれ加算平均を求めた。さらに、その中から α 帯域と β 帯域のスペクトルを取り出し α 帯域と β 帯域それぞれの加算平均を求めた。求めた β/α の時系列データを Figure4 に示す。

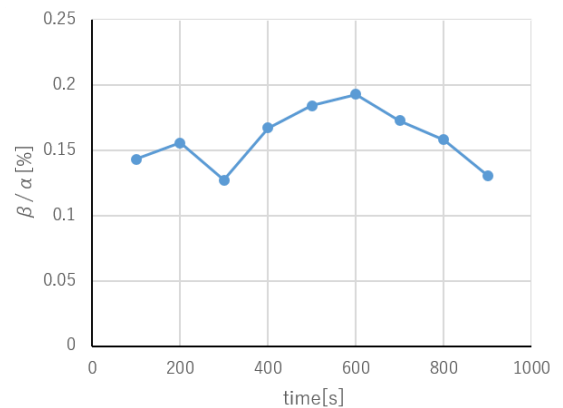


Figure 4. Change of β/α with time

0 ~ 600 秒では最大 6% 程度の β/α の上昇がみられた。300 ~ 900 秒でも最大 6% 程度の下降を確認した。 α/β の時間経過を辿ると問題を始めた 300 秒から上昇傾向があり、休憩セクションに入る 600 秒から下降傾向を示している。以上から集中を見るようなテストを行うことで前頭葉 Fz に β 波の増幅がみられることが分かる。これは持続的注意力と β 波の関係を示唆している。

4. 結論

本論文では TBI 患者に向けた治療アプリケーション開発の基礎的検討として、持続的注意力の測定をおこなった。今後はフラクタル次元による持続的注意力の定量化及びオンライン処理に向けた実装を行う予定である。

5. 参考文献

- [1] 渡邊 博之、大山 勝徳、「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シンポジウム 2013 論文集、pp、1441 - 1446、2013-07-03
- [2] 渡邊 博之、大山 勝徳、「クレペリン検査の作業量に与える脳波と利き手の影響」、工学教育、pp。6_44-6_48、65 巻 6 号、2017