

閃き時の脳波の特徴抽出の検討

高橋 友博[†] 磯山 直也[†] Guillaume Lopez[†]

青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科[†]

1. はじめに

授業中などの学習時において、授業内容についての理解や問題の解決策の案出がある瞬間に突然起きることがある。その瞬間の前に与えられた情報は理解や案出に重要な鍵となっている可能性が高い。そのためその情報について知ることは、学習者の理解を深めることや、教員の授業資料を改善することにおいて有益である。しかし、その瞬間は突然に発生するため、その情報を記録しておくことは困難であり、現在ではその瞬間を可視化することは出来ていない。そこで本研究では簡易的な脳波センサを用いて、その瞬間の脳波(EEG:electroencephalogram)の特徴を見つけることを目的とする。本研究では閃き時の脳波について着目し、被験者に閃きを誘発する動画を視聴させることによって、閃きが発生した際の脳波を計測し、分析を行う。

2. 関連研究

本研究の関連研究として、問題解決の「閃き」と「探索解決」との判別したものがある[1]。この研究では、問題解決における「閃き」を用いた解決方法と「探索」を用いた解決方法は、それぞれ脳の活性化する部位が異なるという結果となったものである。なお、この研究はfMRIという脳波ではなく血流動態反応の変化を見る大規模な装置を用いているため、授業環境に応用出来ない。また、関連研究として聴覚的認知におけるアハ体験というものがある[2]。この研究ではよく知られているメロディの一部を隠すように新しいメロディを作成し、それを聴いている時に基となるメロディを認知した際の脳波を計測したものである。本研究では聴覚刺激ではなく、授業環境を想定して課題を視覚的に捉えて分かりやすくするために、視覚刺激を用いて実験を行う。

3. 脳波の解析手法

3.1 脳波について

EEGは、脳神経活動に伴い大脳皮質の表層に生じる電位変動である。

健常な成人における脳波は、覚醒、睡眠などの意識レベルや、薬物などの生理状態によって変化する。また、脳波は0.5Hzから30Hzが中心となる周波数成分をもち、 μV 単位の微小な電位である。周波数成分によって δ 波(0.5~4Hz)、 θ 波(4~8Hz)、 α 波(8~14Hz)、 β 波(14~30Hz)、 γ 波(30Hz~)というように分類される[3]。

3.2 脳波の周波数解析

脳波信号は時間とともに周波数成分が変化していく。そのため脳波信号から周波数の情報を取り出すことで、通常状態と閃きが発生した際の状態との違いを定量的に比較出来ると考える。本研究では、どのタイミングで閃いたか知る必要があるため、時間の情報も保つ必要がある。そのため、短時間フーリエ変換(STFT: Short-Time Fourier Transform)を用いてデータを解析する。STFTは時刻 t 付近において、以下の式(1)のように数式表現出来る。

$$\text{STFT}_{x,\omega}(t,\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \omega(\tau - t) e^{-i\omega\tau} d\tau \quad (1)$$

ここで i は虚数単位、 τ は波形を定義している時刻、 $x(t)$ は変換される関数、 $\omega(t)$ は窓関数である。また、 $\text{STFT}_{x,\omega}(t,\omega)$ は時刻 t 各周波数 ω のスペクトルを表現する複素数である。本研究ではサンプリング周波数が128Hzの脳波計(Emotiv EPOC[®])を使うため、2のべき乗である512個ずつデータを解析するためにウィンドウサイズを4秒とし、時間の情報を保つためにウィンドウシフトを1秒として解析を行った。

本研究で使用する脳波計から得られる生データは、DCオフセットの影響があるため、ハイパスフィルタを利用して除去する。本研究では覚醒状態に行うため θ 波以上の帯域に着目するため、カットオフ周波数を5Hzとした1次ハイパスフィルタを用いる。

3.2 脳波パワー含有率(パワー比)の導出

STFTによって各周波数帯に分けられたものを、それぞれパワーを求め、これらの帯域の全帯域の中に含まれる割合を求めることで、脳波の特徴を捉える。 $V_f[\mu V^2]$ を周波数 $f[\text{Hz}]$ における脳波のパワー、 P_α を α 波のパワーの平均とすると P_α は式(2)によって求められる。ここで (F_{min}, F_{max}) は $i=\theta$ の時、(5~8)[Hz]、 $i=\alpha$ の時、

Detection of Inspiration Moment from EEG Features

[†]Tomohiro TAKAHASHI, Naoya ISOYAMA, Guillaume LOPEZ

[†]Department of Integrated Information Technology, College of Science and Technology, Aoyama Gakuin University

(9~14)[Hz], $i = \beta$ の時, (15~30)[Hz]を用いた. また, 各周波数帯での平均パワーの総和を式(3)によって求める. G_{α} はそれぞれ δ 波, θ 波, α 波, β 波の全体に対する α 波のパワー含有率であり, 式(4)によって求められる. 他の周波数帯でも同様に求められる.

$$P_i = \sum_{f=F_{min}}^{F_{max}} V_f / (F_{max} - F_{min}) \quad (2)$$

$$P_{sum} = P_{\theta} + P_{\alpha} + P_{\beta} \quad (3)$$

$$G_{\alpha} = P_{\alpha} / P_{sum} \quad (4)$$

4. 実験

4.1 実験方法

脳波を計測する装置は、エモティブ・システムズ(Emotiv Systems)社製の Emotiv EPOC を用いた。Emotiv EPOC は脳波信号を 14 チャンネルで収集・処理出来るワイヤレスの脳波計で、サンプリング周波数は 128Hz であった。視覚刺激には被験者に関心を誘発するために、web 上に公開されている画像の一部分が徐々に変化していくアハ体験動画を用いた[4]。また、動画視聴時に閃いた瞬間を記録するためにスマートフォンアプリを実装した。被験者には動画視聴中に回答が分かったと思ったらスマートフォンの画面をタップするように指示した。画面をタップした後に回答を口頭で言うように指示した。被験者は健常な男女 4 名(21~23 歳)であった。実験手順は以下の図 1 のように行った。

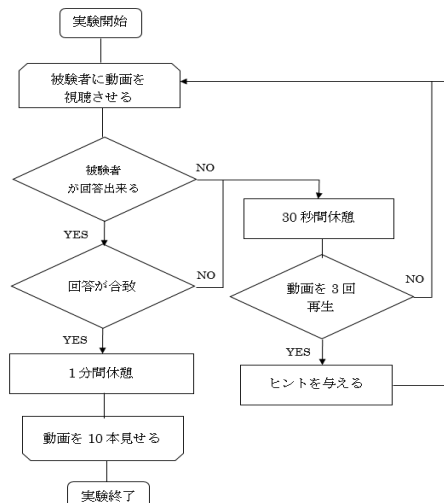


図1 実験フローチャート

回答のヒントは動画を再生して3回目、6回目後に回答が分からなかった際に与えるものとし、被験者には回答が分かるまで動画を見せた。また、被験者には画面をタップするだけの動作と、声を発するだけの動作を2回行い、閃いた瞬間との比較も行った。

4.2 実験結果

パワー含有率を求めた結果の例を以下の図 2 に示す. これは 14 チャンネルあるうちの脳の右半球の後頭葉部分のデータである. 緑の点線は被験者が閃いたと感じてスマートフォンをタップしたところである.

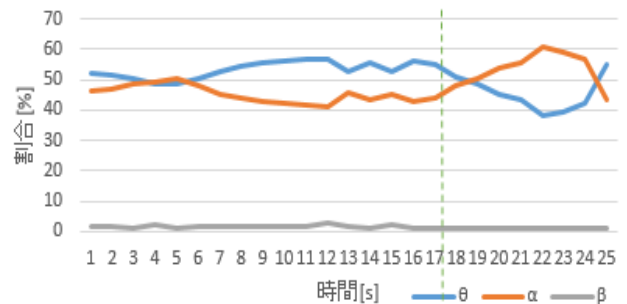


図 2 パワー含有率の例

この例では被験者が閃いた後に α 波のパワー含有率が上昇するような傾向が見られるが、データを比較すると、含有率の変化にばらつきが多く、通常時にも α 波が上昇することもあった。また、画面をタップするだけの動作と声を発する動作を解析した結果、どちらもその瞬間に脳波のパワー含有率の著しい変化は見られなかった。

5. むすび

本研究では脳波計を用いて、閃きを誘発させる動画によって閃いた瞬間の脳波を計測・分析し、特徴抽出の検討を行った。今回の実験結果からは、動画から閃いた瞬間の具体的な特徴を捉えることは出来なかった。今後は動画以外の刺激も検討し、より被験者を増やすことで、データの精度の検証や個人間での差を比較していく、閃いた瞬間の特徴を捉えることを目指す。

6. 参考文献

- [1]Aziz-Zadeh, L., Kaplan, J. T., & Iacobini, M.. “Aha!”: The neural correlates of verbal insight solutions.Human Brain Mapping, 30, 908–916,2009
- [2]西村亮治,植野正敏;”メロディ認知における聴覚的アハ体験”,日本人間工学会第 50 回記念大会,2011
- [3]山本尚武,中村隆夫,2011,『生体電気計測』コロナ社
- [4]アハ体験動画,
https://www.youtube.com/playlist?list=PLXy5GC_hIXkgKy7zJItK5tRERjKo4ncHU