

脳波解読による CG キャラクターの制御に関する基礎的研究

石津 貴弘^{a)}・迫間 健治^{b)}・坂本 真人^{c)}

Fundamental Study on Control of CG Characters by Electroencephalography (EEG) analysis

Takahiro ISHIZU, Kenji SAKOMA, Makoto SAKAMOTO

Abstract

Virtual Reality (VR) technology is expected to develop in various fields such as medical, education, business and entertainment. In this study, we aim at more intuitive operation by focusing on troublesome mounting in VR. When using VR equipment, it is necessary to set up many cables and sensors. Also, when using it, there must always be a certain space around the user. This is because we always use the controller when operating in the world of VR, for reasons of care or for the safety of the user. For this reason, there arises a problem that the location must be selected when the VR device is used. As a method to solve this problem, we propose manipulation method of CG character by electroencephalography (EEG). In this paper, we ask five subjects to manipulate CG characters by EEG and evaluate this system by questionnaire.

Keywords: Virtual Reality (VR), manipulation method, CG character, electroencephalography (EEG)

1 はじめに

VR (Virtual Reality : 人工現実感) 元年と呼ばれた 2016 年以降、VR 技術は世界中で目覚ましい発展を遂げている。年々、よりレベルの高い VR 機器が発売され、値段は多少張るものの我々にも簡単に購入できるようになってきた。その結果、VR 技術は様々な分野—医療、教育、商売、エンターテインメントなど—でその発展が期待されている。

しかし、VR 技術の発展には解決しなければならない問題点が大きく五つ存在する。一つ目に装着の煩わしさ、二つ目にスペックの問題、三つ目に社会的・市場的問題、四つ目に制作現場における問題、そして最後に健康に関する問題である。私はこの中で特に一つ目の装着の煩わしさに着目した。VR 機器を使用する際、多くのケーブルやセンサなどをセットアップする必要がある。また、使用するときには必ず使用者の周りに一定の空間がなければならない。これは、VR の世界で操作する際、必ずコントローラー

を使うため、周りへの配慮または使用者本人の安全のためである。このため、VR 機器を用いる時に場所を選ばなければならないという問題が発生する。最近ではケーブル類を一切必要としない一体型 (スタンドアロン型) のモデルも徐々に登場しつつある。一体型によってケーブル類の問題は解決する。しかし、使用者の周りの空間問題については解決されていない¹⁾。

そこで、この問題を解決するための方法として脳波による操作—BMI (Brain-Machine Interface : ブレインマシンインターフェース) を提案する。BMI は BCI (Brain-Computer Interface : ブレインコンピュータインターフェース) とも呼ばれ、脳波を機器によって計測後、その脳波から特徴を抽出し、その特徴によってコンピュータに反応を生じさせて CG キャラクターを制御させる研究である。この方法を用いれば使用者の周りの空間問題は解決するのではないかと考える^{2,3)}。

a) 工学専攻機械・情報系コース大学院生

b) 情報システム工学科学部生

c) 情報システム工学科准教授

2 研究手法

2.1 使用機器

- Mind Wave Mobile



図 1. Mind Wave Mobile.

ニューロスカイ社が販売している機器(図 1 参照)。今回の研究では脳波を測定する必要があるため、この機器を用いる。

2.2 開発環境

本システムを構築するための開発環境は以下の表 1 に示す通りである。

OS	Windows 10
言語	C#
計測機器	Mind Wave Mobile
ソフトウェア	Visual Studio 2017 Unity 2017.3.1f1

表 1. 開発環境.

2.3 ライブラリ

- libStreamSDK

Visual Studio 2017 で Mind Wave Mobile より脳波データを受信するときに使用した。

- MathNet.Numerics
- Accord
- Accord.MachineLearning
- Accord.Math
- Accord.Statistics

Visual Studio 2017 で Mind Wave Mobile から受信したデータを処理するときに使用した。

2.4 脳波計測

本研究では、脳波を計測する必要がある。そこで、ニューロスカイ社製の脳波測定機 Mind Wave Mobile を使用する。また、脳波データを Visual Studio 2017 で受信する際に、libStreamSDK というライブラリを使用した。

2.5 脳波処理法

2.5.1 FFT (Fast Fourier Transform : 高速フーリエ変換)

DFT (離散フーリエ変換) の一種であり、DFT を計算機上で高速に実行できるよう考案されたアルゴリズムである(式 1 参照)。本解析法を使うときは MathNet.Numerics のライブラリを使用した⁵⁾。

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-i \frac{2\pi}{N} kn} \quad (1)$$

2.5.2 連続ウェーブレット変換

基底関数として、ウェーブレット関数を用い、フーリエ変換では失われてしまう、時間的情報を残すことが可能である。ウェーブレット関数を拡大縮小、平行移動して加算することで与えられた入力の波形を表現しようとする手法である(式 2 参照)。

$$WT(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2)$$

2.5.3 離散ウェーブレット変換

元信号を高周波成分と低周波成分に分解し、分解された低周波成分もまた高周波成分と低周波成分に分解する作業を繰り返す手法である(式 3 参照)⁶⁾。

$$d_k^{(j)} = 2^j \int_R f(t) \overline{\psi(2^j t - k)} dt \quad (3)$$

2.5.4 脳波特徴判別法

脳波特徴判別法には、脳波特徴判別で一般的に使われている SVM (Support Vector Machine : サポートベクターマシン) を用いる。SVM は教師あり学習を用いるパターン認識モデルの一つである(式 4、5 参照)。SVM は未学習の

データに対して高い識別性能を持つ。本研究ではカーネル関数にガウスカーネル(式 6 参照)を用いた。また、SVM を実行するために MathNet.Numerics Accord、Accord.MachinerLearnin、Accord.Math、Accord.Statistics のライブラリを使用した⁴⁾。

$$y(x) = \text{sgn} \left\{ \sum_{n=SV} w_n K(x_n, x) + b \right\} \quad (4)$$

$$= \begin{cases} 0 & x \in \text{classA} \\ 1 & x \in \text{classB} \end{cases} \quad (5)$$

$$K(x_1, x_2) = \exp(-\|x_1 - x_2\|^2 / 2\sigma^2) \quad (6)$$

2.5.5 Visual Studio 2017

Visual Studio 2017 では、Mind Wave Mobile から送られた脳波データを処理し、特徴検出を行う。この際、脳波処理法は FFT を使用する。その後、処理された脳波データを SVM にかけて、リラックスしているときは 0、動こうとすると 1 が出力(式 5 参照)されるように脳波を判別する。

2.5.6 Unity 2017.3.1f1

脳波の特徴に反応して変化する CG キャラクター、プログラムを作成した(図 2 参照)。Visual Studio 2017 から処理され、SVM によって判別された特徴を受け取り、その特徴に則って反応するよう作成した。なお今回のキャラクターは Unity の Asset Store より無料で配布されているものを使用する。

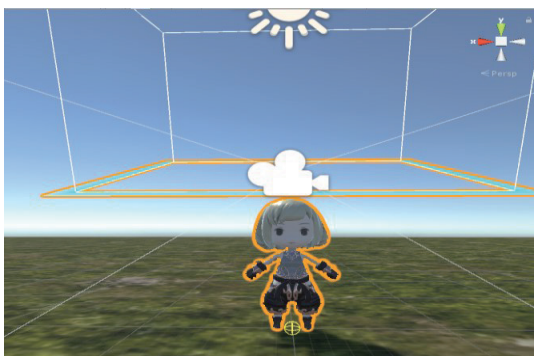


図 2. Unity で使用する CG キャラクター。

3. 実験方法

被験者には椅子に座って頂き、頭部に Mind Wave Mobile を装着後に計測を開始する。脳波処理法には FFT を使用する。

実験中、被験者には適度にリラックスしたり、体を動かしたりするなどして頂き、それによって Unity 内の CG キャラクターがどう動くかについて評価する。本研究では、CG キャラクターの動きは 2 種類のみで、リラックスしている時は止まっていて、体を動かそうとすると前進するようになっている。

4. 評価実験

本実験では、大学生 5 人に被験者となってもらい、評価実験を行い、アンケートに答えてもらった。評価内容は「良かった点」、「悪かった点」、「その他」について自由記述形式で行った。

5. 評価結果

アンケートを行った結果、以下の通りになった。

『良かった点』は『単純に面白かった』、『体を動かさうと思うだけで動くので興味深かった』、『CG キャラクターが可愛かった』などが挙げられた。

『悪かった点』は『リラックス/体を動かそうとしてから、実際に CG キャラクターにその反応が反映されるのに時間がかかった』、『Mind Wave Mobile がずれてくる』、『Mind Wave Mobile が頭を締め付けてきて痛い』、『リラックス/体を動かさうとしてないのに動く/静止する』、『VR 機器と Mind Wave Mobile が干渉して装着しづらかった』、『ずっとやっていたら気分が悪くなった』などが挙げられた。

『その他』は『他の動きには対応してないのか』、『他の CG キャラクターはないのか』などが挙げられた。

6. 考察

評価結果より、『良かった点』から本研究の目的である脳波による CG キャラクターの制御は、単純な前進するか静止するかの 2 パターンのみだがある程度成功しているのではないかと考える。

『悪かった点』からは、脳波処理の方法、判別法がまだまだ不完全であることが分かった。また、Mind Wave Mobile の装着にも問題があることが分かった。こちらは

サイズが変更できない、選べないことが問題であると考えられる。そして VR 技術の問題点の一つの健康面での問題である『VR 酔い』が本研究でも見られることが分かった。

『その他』の意見からは、この研究における操作性や CG キャラクターに多様性が必要であることが分かった。

7. まとめ

本研究では、VR 技術の発展において問題点となっている『装着の煩わしさ』の中で特に使用者周りの空間性の問題について、Mind Wave Mobile によって脳波データを計測し、Visual Studio 2017 によって Mind Wave Mobile からの脳波データを受信し、その脳波データを適切に処理し、その後そのデータを SVM にかけて、脳波特徴を判別し、判別した値を Unity 2017.3.1f1 に送信し、判別された値によって Unity 内のキャラクターを操作する、一般的に BMI とよばれる分野の手法を提案した。

評価実験の結果より本研究の目的である脳波による CG キャラクターの操作は精度が悪いものの、成功したと考える。今後の課題としては、脳波処理、脳波特徴判別の精度の向上や、Mind Wave Mobile の装着時の煩わしさの改善、CG キャラクターの動きの多様性などがあると考えられる。

参考文献

- 1) 平成 29 年度先進コンテンツ技術等流通促進事業報告書, 第 I 部, VR 等のコンテンツ制作技術活用ガイドライン, 2018 [Online].
https://www.vipo.or.jp/u/I-1_SenshinContents_Guideline.pdf
- 2) 日高智貴, 白石優旗, 河合由起子, 奥田 次郎, “携帯型端末を用いた脳波による情報制御システム”, 情報処理学会インタラクシオン, 2014.
- 3) 内田裕, 藤村喜久郎, 前垣義弘, “脳波解析のための脳波データの数値化処理に関する検討”, 日本知能情報ファジィ学会, 2014.
- 4) 栗田多喜夫, “サポートベクターマシン入門” [Online].
[https://home.hiroshima-](https://home.hiroshima-u.ac.jp/tkurita/lecture/svm.pdf)

[u.ac.jp/tkurita/lecture/svm.pdf](https://home.hiroshima-u.ac.jp/tkurita/lecture/svm.pdf)

- 5) 坂本順, 森保宏艸, 関岡孝繕, “離散高速フーリエ変換による確率解析法”, 日本建築学会構造系論文集, 第 472 号, 39-45, 1995 年 6 月.
- 6) 井上勝祐, “ウェーブレットの脳波解析への応用”, 数理解析研究所講究録, 第 1622 巻, 97-110, 2009 年.