

定常視覚誘発電位による注視方向の推定とその応用

唐山 英明*¹ 廣瀬 通孝*²

Estimation of Eye-Gaze Direction Based on SSVEP and Its Application

Hideaki Touyama*¹ and Michitaka Hirose*²

Abstract - In this article, the electroencephalograms were investigated aiming to control a virtual robot camera via human brain activities. Applying virtual reality technology, the visual evoked potentials, induced by virtual panorama and two flashing squares, were analyzed involving three subjects. The classification analysis yielded 80.2% of average recognition rate in inferring two gaze directions. The online control of the virtual camera was demonstrated only via brain computer interface.

Keywords: brain computer interface, visual evoked potential, classification and virtual reality

1. はじめに

人間と機械,あるいはロボットとのインタラクションの手法は様々にある。例えば,マウスやジョイスティック,モーションキャプチャによるものなどが挙げられよう。従来のこのようなインタフェース研究の一方で,近年,脳-コンピュータインタフェース(Brain Computer Interface BCI) [1]の研究が認知されてきた。人間の訓練を必要とするものもあるが,すでに脳活動のみによるキーボードやコンピュータカーソルの操作が可能であることが分かっている。

著者らは,没入型仮想空間 [2]においてBCIの実験を行い,被験者がどちらの明滅仮想物体を注視しているかを脳波から推定し,リアルタイムで仮想物体の位置制御を実演した[3]。本研究では,これまでの研究を進展させ,立体視を伴う高臨場都市景観と単純な仮想物体との組み合わせによる視覚刺激が誘発する脳波によって,仮想ロボットカメラのオンライン制御の可能性について検討したい。

2. 原理

眼の網膜に光刺激を与えた際に網膜や大脳視覚領に生ずる反応を視覚誘発電位(Visual Evoked Potential VEP) [4]という。例えば,白黒パターンの明滅の反転周期が約200ミリ秒以下(一般に4-5 Hz以上)となると,個々の刺激に対する反応が融合して周期的な正弦波様の反応,すなわちsteady-state型の視覚誘発電位が出現することが知られている。

このような視覚刺激に同期した脳活動電位を分析す

ることにより,被験者が注視する仮想ボタンなどを識別,視線を推定することができるが[5,6],これらの先行研究はいずれも通常のコンピュータディスプレイ上のアプリケーションであった。

3. 本文

この一連の実験は,20,30歳代の計3名の健康な成人A-Cに被験者として参加していただいて実施した。

本実験では,BCI研究としては従来にない図1のような没入型仮想空間における仮想都市景観と正方形の白黒反転視覚刺激とした。仮想都市景観のグラフィックスデータは,SGI社が提供するOpenGL Performerとした。仮想都市景観内に埋め込まれた白黒反転刺激周波数は,4-8 Hzの中から選ばれ,実験中は固定した。

被験者は没入型仮想空間の床面に設置した椅子にリラックスして座り,正面スクリーンに描画される仮想物体を両眼立体視するために液晶シャッター眼鏡を装着した。両眼から正面スクリーンまでの距離は2 m程度に調整し,顎台は使用しなかった。また,耳栓などの雑音低減措置を施さずに実験を行った。

3.1 オフライン実験

被験者には次の2つの課題を課した。【課題1】前面ス



Fig. 1 BCI experiment in virtual environment

*1: 東京大学 IRT 研究機構

*2: 東京大学大学院情報理工学系研究科

*1: Information and Robot Technology Research Initiative, The University of Tokyo.

*2: Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo.

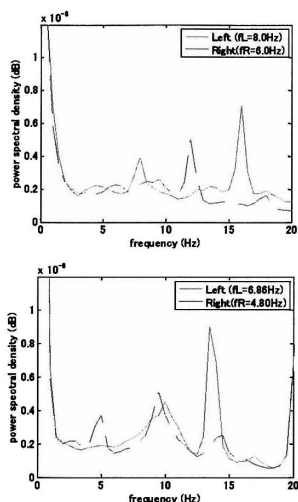


Fig. 2 Averaged power spectral density

クリーン左半側に位置する白黒明滅刺激 (f_L Hz) の赤色注視点を注視する, 【課題 2】 前面スクリーン右半側に位置する白黒明滅刺激 (f_R Hz) の注視点を注視する, ここで $f_L > f_R$ であった. 計測は課題 1, 2 を交互に一試行ずつ行い, 一試行 (30 秒間) が終わった後は, 1 分程度の休憩をはさみ次の試行を行った.

以上の脳活動データの収集後, 拡張された国際 10/20 法の 3 箇所 (O₂, PO₇, PO₉) からの信号を対象に分析を行った. 周波数分析データの加算結果を図 2 に示す. これより, 刺激に同期, あるいはその高調波が観測され, 注視物体の判別がある程度可能であることが予想された. 実際に, 加算なしの場合に 2 課題の判別率を評価したところ, のべ 5 回の計測において, 80.2% の平均正答率で二つの注視方向の推定が可能であることが分かった.

3.2 オンライン実験

著者らは, オンラインシステムを構築し, 実際に仮想都市を脳波のみで制御することを試みた. 実験前に, 上記 3.1 と同様に判別器を用意しておいた. 実験の結果, 図 3 のように, 10 秒ごと左右視覚刺激上に位置を変えるキュー (緑色縦線) に対して, 相関よく仮想都市のシーンを更新できることが分かった [7]. ここで横軸は時間, 縦軸はユーザの回転角度 (yaw 角) である. 一部, BCI は, 誤判別により意図しない方向にシーンを動かすこともあったが, 概ね脳波のみによる制御は可能であると結論できよう. この技術により, 信号処理手法の改善, 注意やその他の脳電位と合わせて, 将来的に家電製品の操作やロボットの制御に適用できると考えている.

4. まとめ

本研究では, 仮想ロボットカメラの制御を脳波により行った. しかしながら, 被験者は課題の実施中において

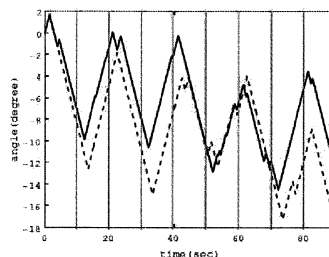


Fig. 3 Results of online experiments

常に, 視覚刺激を注視しておく必要があった. 現在, 発展的研究として, 視線を固定し, 視空間的注意により脳活動パターンがどのように変化するかについて検討中である [8].

謝辞

本研究の一部は, 財団法人みずほ学術振興財団の研究助成により実現したものです. また, 本発表は, 第 25 回日本ロボット学会学術講演会における発表に基づいています.

参考文献

- [1] J.R.Wolpaw et al. : Brain-computer interfaces for communication and control, *Clinical Neurophysiology* 113, pp. 767-791 (2002)
- [2] Cruz-Neira C. et al. : Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE, *ACM SIGGRAPH'93 Proc.*, pp. 135-142
- [3] 唐山ら : 視覚誘発電位を利用した CAVE 内の仮想物体制御に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会第 11 回大会, 発表論文集 (2006)
- [4] 黒岩ら : 視覚誘発電位 その正常波形と臨床応用 (初版), 西村書店 (1989)
- [5] M.Middendorf et al. : Brain-Computer Interfaces Based on the Steady-State Visual-Evoked Response, *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering* Vol.8 No.2, pp. 211-214 (2000)
- [6] M.Cheng et al. : Design and Implementation of a Brain-Computer Interface With High Transfer Rates, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* Vol.49 No.10, pp. 1181-1186 (2002)
- [7] 青塚ら : 視覚誘発電位を利用した VR 空間内の移動に関する研究, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2007, 発表論文集 (2007)
- [8] J.Fujisawa et al. : Extracting Alpha Band Modulation during Visual Spatial Attention without Flickering Stimuli using Common Spatial Pattern, *Proceedings of EMBC'08*, pp.620-623 (2008)