

定常状態視覚誘発電位を用いた無線通信による機器制御の検討
Study on Wireless Apparatus Control by SSVEP Brain Machine Interface

霧 浩 二
Koji Tsuru

1. まえがき

重度身体障害者や、筋萎縮性側索硬化症患者 (ALS) が使用できるインターフェイスとして、脳波を利用した脳波インターフェース (Brain-Computer Interface : BCI) が、多くの機関で研究されている。BCI で利用される脳波は、事象関連電位、事象関連同期/脱同期などがある。中でも光刺激を利用して、脳波中の周波数成分を抽出する定常状態視覚誘発電位 (Steady-State Visual Evoked Potential : SSVEP) を利用した BCI は、事前訓練が必要ないということから注目されている [1-3]。しかし、SSVEP 型 BCI には、人によって再現性が低く、ディスプレイなど多くの装置が必要になるといった問題点も指摘されている。

本実験では被験者に SSVEP を誘発させるための LED の光を用いたフラッシュ刺激を与える小型の視覚刺激装置と、脳波の情報を無線で送信することができる実験用 BCI システムを作製し、SSVEP の測定を行い、判別率を求めた。このことより、測定した脳波から、脳波によって 0.5 秒毎に機器を制御できる可能性があることを明らかにした。

2. 実験方法

図 1 にシステムのブロック図を示す。本実験では被験者の安全を考え、頭皮からの脳波電位を測定した。製作した視覚刺激装置から被験者へ LED の点滅による視覚刺激を与え、その時に誘発する脳波を生体信号用アンプ、A/D コンバータを介してコンピュータに取り込み、SVM(Support Vector Machine) と K 分割交差検定を用いて SSVEP が誘発しているか判別する。判別後、結果に応じてリモコンカーへ無線でコマンドを送出し、リモコンカーは受信した信号によって様々な動作をする。さらに、このリモコンカーの動作を被験者へのフィードバックを予定している。被験者 2 名は健康な成人男性であり、利き腕、利き目ともに右である。

2.1 脳波測定

脳波測定は、頭皮から電位を測定する方法を採用した。本実験では Easy-cap 社の脳波測定電極を使用し、有線の電極による頭皮からの脳波測定を行った。電極はアクティブ電極となっており、ア

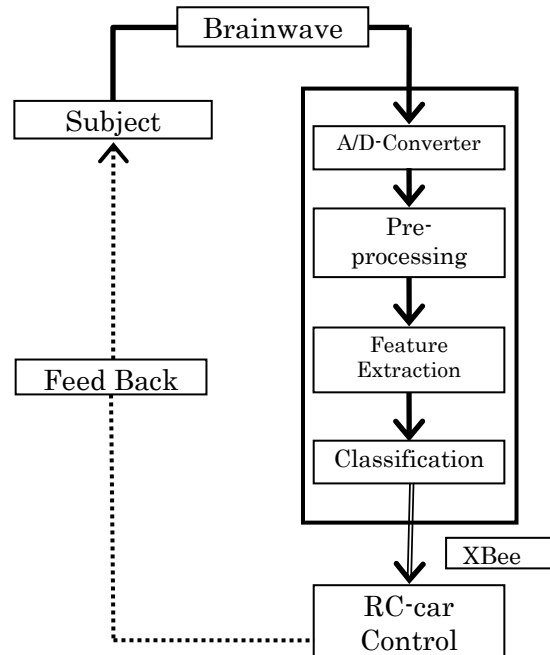


図 1 実験システム

ーチファクトの混入を抑えることができる。電極は国際 10-20 法に基づき次に示す 5 点に配置する。測定用のアクティブ電極を O1, O2, Cz に取り付け、GND を被験者の右耳たぶ (A2) に、Ref は被験者の左耳たぶ (A1) に取り付けた。そして、O1 と Cz の電位差と、O2 と Cz の電位差を EEG として記録した。

2.2 視覚刺激装置

視覚刺激には代表的な 2 つの刺激方法が存在する。点滅光を使った刺激であるフラッシュ刺激とディスプレイ上に表示した白黒の画像の白と黒を任意の時間間隔で反転させて提示するパターンリバーサル刺激がある。フラッシュ刺激は準備が簡単のため、実験に多く用いられる視覚刺激である。本研究でも光刺激として、このフラッシュ刺激を採用した。装置は、超高輝度 LED(白色)を使用し、任意の照度と周波数に変更できる機能を備える。この機能によってどの周波数に対して SSVEP が誘発しやすいのかを調べた。可変周波数とするために周波数設定が容易なマイコンを使用した。実験に用いた視覚刺激装置には H8/3664F マイコンを使用した。

2.3 脳波解析

測定した脳波は、生体信号用アンプ (Melon Technos 社) で 2000 倍に増幅した。増幅した脳波を A/D コンバータ (National Instruments 社 NI USB-6218) で変換し、コンピュータに取り込んだ。サンプリング周波数は 1024Hz である。コンピュータに取り込んだ脳波を周波数変換 (FFT) して、スペクトル強度の 4~50Hz の 24 個のスペクトル強度をその EEG の特徴量とする。その後、SVM (Support Vector Machine) によって SSVEP が誘発しているか判別し、フラッシュ刺激と同じ周波数の検出を行う。判別の結果に応じた制御信号を PC からリモコンカーに無線での送信を予定している。

2.4 無線デバイス

本実験では被験者の機器制御と被験者へのフィードバックとしてリモコンカーの操作を行う。このリモコンカーは取り回しやすいうように無線モジュールによって無線操作を行うこととする。無線モジュールには ZigBee 規格の無線通信機能とマイコンを搭載した小型モジュールである XBee を用いた。

3. 実験結果

3.1 SSVEP 信号の識別

本実験では SSVEP の判別に SVM を用いた [4]. SVM は教師あり学習を用いる識別手法の一つである。

今回はまず一つの光源を用いて、5 つの周波数 (10Hz, 14Hz, 18Hz, 22Hz, 26Hz) に対してそれぞれ測定を行い、これを SVM の学習モデルとした。このモデルを K 分割交差検定によって評価し、SSVEP の識別率を導出した。

実験では、測定した各クラスの特徴量を 24 個ずつを 20 組集めた部分集合を 5 つ作り、5 分割交差検定を行った。2~5 クラスの識別に用いる光源の周波数は以下の通りである。

- 2 クラス 14, 22Hz
- 3 クラス 10, 18, 26Hz
- 4 クラス 14, 18, 22, 26Hz
- 5 クラス 10, 14, 18, 22, 26Hz

また、判別に用いたのは測定データの 0.5 秒分である。

判別率の実験結果を表 1 に示す。この判別率は、クラス毎の平均判別率をグラフで表したものである。2 クラスにおいては、後頭部の電極を用いた場合、0.63 の判別率を示した。しかし、それ以上のクラスになると、判別率は、思ったほど高くなかった。また、判別率は、O2- Cz に比べ O1- Cz は高い判別率を示した。これには被験者の左右の

視力差が関係したと思われる。また、現在のシステムでは、2 クラスであれば、0.5 秒毎に 6 割程度の精度で機器を制御できることがわかった。

表 1 クラス毎の平均判別率

subject	class	2	3	4	5
	electrode				
1	O1- Cz	0.74	0.45	0.33	0.31
	O2- Cz	0.62	0.39	0.33	0.28
2	O1- Cz	0.58	0.43	0.30	0.26
	O2- Cz	0.57	0.41	0.27	0.22
average		0.63	0.42	0.31	0.27

4. まとめ

SSVEP 型の BCI システムの構築を目的に、被験者に周波数の違う光視覚刺激を与え、SSVEP の判別率の測定を行った。その結果、2 クラスでも現状では、判別率は低く実用に適さないが、今後、さらに判別精度を高めることにより、SSVEP 型 BCI システムの実現を目指し、さらに、無線による機器制御に取り組む。

謝辞

本研究の測定・解析に協力いただいた卒業生の安部貴大氏、川崎政吾氏に感謝致します。

参考文献

- [1] D. Zhu, J.Bieger, G. G. Molina and R. Aarts, "A Survey of Stimulation Methods Used in SSVEP-Based BCIs", *Computation Intelligence and Neuroscience*, Vol.2010, 1, 2010.
- [2] P. Horki, C. Neuper, G. Pfurtscheller and G. Müller-Putz, "Asynchronous steady-state visual evoked potential based BCI control of a 2-DoF artificial upper limb", *Biomed Tech*, 55, 6, pp. 367-74, 2010.
- [3] 張誠, 木村陽介, 東広志, 田中聡久, "定常的視覚誘発電位に基づいたブレイン・コンピュータインタフェースにおける移動ロボットの制御", *信学技法*, NC2011-79, 2012.
- [4] C.-C. Chang and C.-J. Lin, "LIBSVM: a library for support vector machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*", vol.2, 3, 27:1-27:27, 2011.