

# 定常状態視覚誘発電位を用いたブレイン・マシン・インターフェースにおける刺激呈示装置の検討

Study on Stimulus Presentation Device in Brain-machine Interface using

Steady-state Visual Evoked Potentials

Jiao Yunwei<sup>1)</sup>, 小林伸彰<sup>2)</sup>

Jiao Yunwei and Nobuaki Kobayashi

1) 日本大学大学院 精密機械工学専攻 大学院生 (〒274-8501千葉県船橋市習志野台7-24-1, E-mail:csun23011@g.nihon-u.ac.jp)

2) 博(工) 日本大学 准教授 (〒274-8501千葉県船橋市習志野台7-24-1, E-mail:kobayashi.nobuaki@nihon-u.ac.jp)

SSVEP refers to the electroencephalography (EEG) induced in the visual cortex of the brain by steady-state visual stimuli. While displays are mainly used as visual stimulus presentation devices, continuous viewing of the display is necessary to induce SSVEP, which can be inconvenient for daily life. This issue could be addressed by using smart glasses. In this study, we examined devices using displays, smart glasses (with transparent background), and smart glasses (with black background) to facilitate SSVEP responses.

**Key Words :** brain computer interface, EEGNet, SSVEP, smart glass

## 1. はじめに

近年、脳波信号によって機械を動かすことが可能にする様々な BMI (Brain Machine Interface) が提案されている。BMI とは、脳波等の脳活動を計測・解析し、機械で扱える形に変換することで、脳と機械を接続する技術である。これによって、身体に不自由のある人々が自らの意思で機械を制御することが可能となる。

BMI に活用するための脳波がこれまでにいくつか提案されており、例としては SSVEP (Steady State Visual Evoked Potential), MI (Motor Imagery), P300 などが挙げられる。

本研究では、SSVEP に着目する。SSVEP は定常的な刺激により脳の視覚野で誘発される脳波 (EEG) であり、視覚が一定の周波数により刺激されるときに生じる。例えば、15Hz の視覚刺激を呈示した場合、それに同調して 15Hz 成分の脳波が増幅される。SSVEP は特徴量抽出が容易であり、短い試行時間でも分類が可能なため遅延が小さく、慣れや訓練があまり必要でないことがメリットとして挙げられる。一般的な視覚刺激呈示装置として主にディスプレイが挙げられるが、SSVEP を誘発するにはディスプレイを視認し続ける必要があり、日常生活に不便が生ずる。上記の問題はスマートグラスにより解決される。本研究ではディスプレイ、スマートグラス(透過背景)、スマートグラス(黒背景) を用いて SSVEP の反応が出やすい装置の検討を行った。

## 2. 原理と方法

### a) SSVEP

SSVEPは、特定の視覚的刺激に対する脳の反応を示す一種の脳波である。これをBMIとして活用するためには、

まず異なる周波数で点滅する刺激を準備し、それぞれに個別の命令を割り当てる。利用者が意図する命令を行うために、利用者は割り当てられた刺激に注視する。その際、脳波を解析して利用者の意図を分類することができる。しかし、脳波は微弱な信号であり、測定時に外部および内部のノイズの影響を受けるため、正確な測定が困難である。

通常、SSVEPを誘発するためには、被験者にディスプレイで刺激を提示する。しかしこの方法では、利用者はディスプレイを注視する必要があり、実用性に欠ける。そのため、本研究ではスマートグラスを利用することを検討した。スマートグラスは、実際の視覚情報に情報を重ねて表示することができる（拡張現実と呼ばれる）、ヘッドマウント方式のウェアラブルデバイスである。ディスプレイを注視する必要がないため、利用者はよりリラックスした姿勢で脳波を測定できる。そのため、実用性が向上し、脳波の測定精度も向上すると考えられる。

また、一般的にはフラッシュ刺激が使用されるが、本研究ではチェックカーボードの白黒を反転させるリバーサルパターンによる刺激提示方法を採用した。この方法は、フラッシュ刺激よりも弱いパワーでSSVEPを発生させることができると言われている。

### b) 脳波測定

脳波を測定する方法には、侵襲式、低侵襲式、非侵襲式がある。本研究では非侵襲式で脳波測定を行う。

非侵襲式には様々な種類があるが、中でも頭皮上に電極を配置して脳内の電流を測る脳波測定と呼ばれる手法

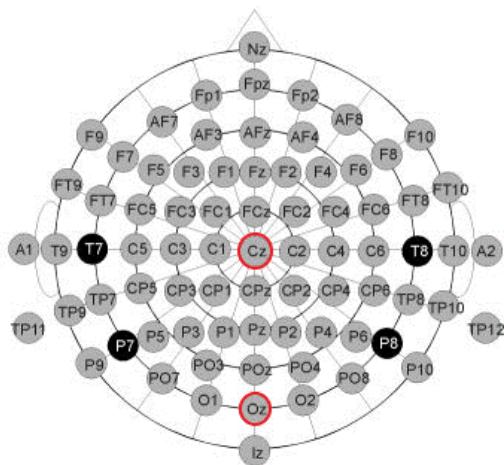


図-1 電極配置図

が主流となっている。他の方法と比べると取り付けは非常に容易で安全性も高い反面、頭蓋骨などを通して脳波の測定を行うため、ノイズ成分が多くなりやすい。

本研究の測定機器は、Gtec 社の Unicorn Hybrid Black、スマートグラスは MOVERIO BT-40 を使用した。

目から与えられた視覚刺激は視神経を通り、後頭葉にある一次視覚野へ電気刺激として送られる。そこから色、形、動きなどの要素に分けられ、情報を処理する場所に運ばれる。このように後頭葉を中心にして視覚情報の処理が行われている。

そこで電極は図 1 の示す通り、Oz, Cz の 2 つのチャンネルに配置し、Oz と Cz それぞれで計測された脳波の差分信号 Oz-Cz のデータを取得する。

### c) 深層学習モデル

本研究では脳波分類のために、コンパクトな深層学習モデルである EEGNet を使用した [1]。EEGNet は、主に畳み込みニューラルネットワーク (CNN) アーキテクチャをベースにしており、脳波信号の分類や解析などのタスクに適している。

EEGNet は BCIにおいて睡眠ステージの分類、てんかん検出などの応用に広く使用されている。

### d) 実験方法

被験者は 10 人の男女で、年齢は 22~23 歳の健常者である。全ての被験者は既知の知的障害や他の重要な健康上の問題を持っていない。

まず第一に、脳波の計測方法を以下の図 2 に示す。5×5 のチェックボードを 4 つ、それぞれ 7.5, 10, 12, 15 [Hz] の周波数でディスプレイの 4 つ角にて点滅させる。

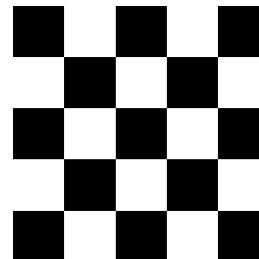


図-2 チェッカーボード

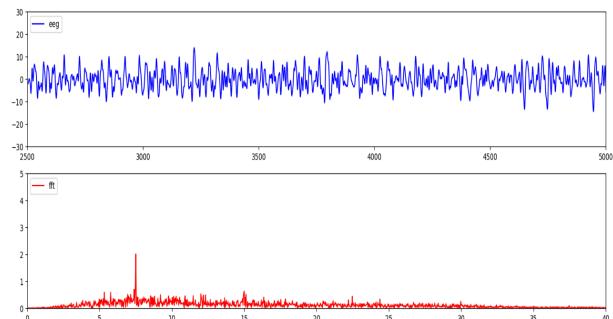


図-3 時間-周波数領域変換 (フーリエ変換)

続いて、被験者に脳波計ならびにスマートグラスを着用させ、4 つのチェックボードを 1 つあたり 30 秒ずつ注視してもらい、その時の脳波を取得する。そして、ディスプレイ、スマートグラス (透過背景)、スマートグラス (黒背景) を装着した場合の 3 パターンをそれぞれ計測する。この時、計測の正確性を確認するため、図 3 のように、取得脳波に離散フーリエ変換を施し、時間領域のデータを周波数領域のデータに変換し、グラフ化の上、視認にて実験者が確認する。

最後に、取得した脳波をそれぞれ EEGNet にて 100 エポック分学習させ、テストデータを用いて分類精度を算出する。

### 3. 実験結果

実験結果を図 4、図 5 と表 1 に示す。ディスプレイとスマートグラス (透過背景) とを比較して、10 人のうち 3 人がディスプレイの時、5 人がスマートグラス (透過背景) で分類精度が高かった。スマートグラス (透過背景) とスマートグラス (黒背景) の比較では、10 人のうち 5 人がスマートグラス (透過背景)、残り 5 人がスマートグラス (黒背景) で分類精度が高かった。ディスプレイとスマートグラス (黒背景)との比較では、10 人のうち 2 人がディスプレイの時、残り 8 人がスマートグラス (黒背景) にて分類精度が高かった。ディスプレイとスマートグラス (透過背景) との比較では、10 人中 10 人でディスプレイよりスマートグラスで分類精度が高かった。

表-1 被験者毎の分類精度

	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	被験者G	被験者H	被験者I	被験者J
display	0.825	0.947	0.871	0.894	0.871	0.833	0.878	0.841	0.841	0.902
glass	0.984	0.962	0.848	0.894	0.969	0.833	0.712	0.818	0.939	0.992
blackglass	0.977	0.932	0.893	0.902	0.879	0.765	0.924	0.866	0.916	1.000

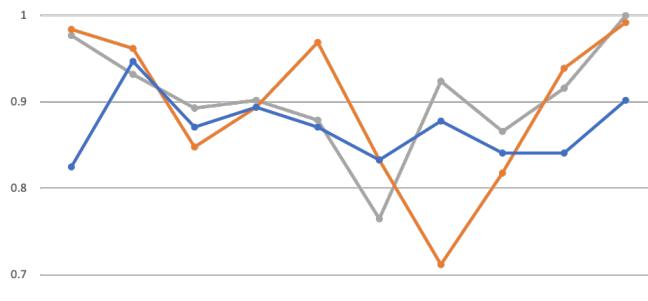


図-4 被験者の精度（折れ線グラフ）

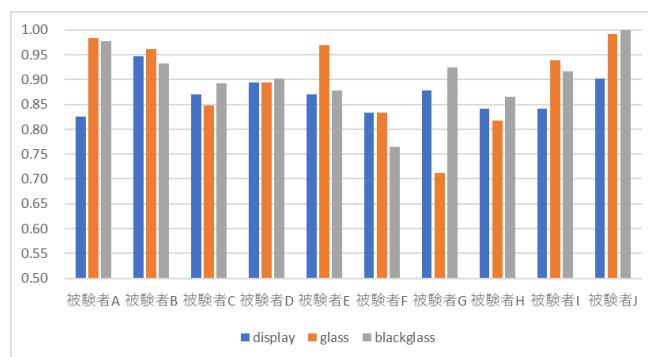


図-5 被験者の精度

#### 4. 結論

ディスプレイよりもスマートグラスを用いて取得したSSVEPの方が深層学習において高い分類精度を示した。被験者10人における分類精度の平均値は、ディスプレイで0.8703、スマートグラス(透過背景)で0.8951、スマートグラス(黒背景)で0.9054であった。以上より、10人の平均分類精度はスマートグラス(黒背景)で最も高い値が得られた。しかし、スマートグラス(透過背景)とスマートグラス(黒背景)で得られた分類精度の差は非常に小さいため、より詳細な解析にはさらに多くの被験者で取得したデータが必要である。

#### 参考文献

- [1] Vernon J Lawhern et al., "EEGNet: a compact convolutional neural network for EEG-based brain-computer interfaces", In: Journal of Neural Engineering, vol. 15, no. 5, p. 056013, 2018.