

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：33910

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870684

研究課題名(和文)SSVEPを用いた視覚的注意の空間的範囲の推定とBCIの安全性評価に関する研究

研究課題名(英文)The attention area estimation and safety evaluation of BCI using SSVEP

研究代表者

板井 陽俊 (ITAI, Akitoshi)

中部大学・工学部・講師

研究者番号：10551971

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は定常視覚誘発電位(SSVEP)を利用した脳コンピュータインタフェース(BCI)の開発において、SSVEPが誘発される空間的範囲を求め、利用者が安全に利用可能なBCIの構成を表す指標の作成を目指した研究の一部である。SSVEPは周期的に点滅する視覚刺激へ注意を向けた際に誘発されるなど、内発的注意との関連が知られている。一方、SSVEPを利用したBCIの安全性評価は、内発的注意を周辺環境からはずす必要があることから必要不可欠と言える。本研究では、特にSSVEPによる視覚的注意の空間的範囲の計測システム開発と解析を行い、SSVEPの誘発範囲や網膜像のズレとの関連を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to provide an evaluation criterion of safety for a SSVEP based BCI system. There has been great interest in SSVEP as an input of BCI. SSVEP is a periodic EEG response reflecting a steady-state neural responses elicited by a periodic flickering of two or more stimuli. When we focus our attention or interest on a flickering visual stimulus, the SSVEP is recorded. The evaluation of safety is important task since the user of SSVEP based BCI need to focus own attention to a visual stimulus and surrounding situation, simultaneously. In this research, we develop a system to measure and analyze the evoking map of SSVEP.

研究分野：信号処理

キーワード：SSVEP 内発的注意 BCI

### 1. 研究開始当初の背景

動物の脳とコンピュータ間の意思伝達を行う脳コンピュータインタフェース(BCI)に関する研究開発が進められている。特にヒトの脳とコンピュータ間の情報伝達は身体不自由者の補助ツールとなる。したがって、意思を反映する脳機能の発見、解析、その検出技術開発が注目を浴びている。近年では、計測や検出の容易さから、定常視覚誘発電位(SSVEP)の BCI への応用に関する様々な研究が進められている。

SSVEP は点滅する視覚刺激にヒトが注意をむけることにより誘発される脳波である。それを効率的に誘発する刺激の開発、脳波の計測法、SSVEP 推定法など数多くの研究がなされている。また、実用化に向けた BCI システムの構築例も報告されている。一方、SSVEP が誘発される、すなわち注意の空間的範囲や、視覚刺激に注意を向けた時の周辺環境変化への反応など、実環境に適した BCI 構築、もしくはその安全性評価については研究が進められていない。

### 2. 研究の目的

SSVEP が誘発される水平・垂直・奥行き方向の空間的範囲を計測するシステムを提案し、各種データ計測、解析を行う。また、移動する視覚刺激を利用し網膜像のずれが存在する状態に対しても同様の結果が得られるか検討する。

次に、上記研究に異なる周期の点滅刺激を交互に表示する合成刺激を利用した場合、従来の知見とは異なる周波数の SSVEP が誘発される現象を発見した。そこで、その発生原因と合成刺激から誘発される SSVEP を推定する手法を提案する。

### 3. 研究の方法

(1) 液晶ディスプレイの中央に固視点、任意の位置 度にチェッカーボード(点滅刺激)を提示し、被験者が固視点に視線を向け、点滅刺激に注意を向けているときの脳波を計測する。計測条件を表 1、実験の概略図を図 1 に示す。チェッカーボードは 5cm 四方、25 マスである。被験者は暗室であご乗せ台に頭部を固定された状態で椅子に座った状態で脳波計を装着する。チェッカーボードの中心と固視点が一致する状態を 0 度とし、 $-7.5$  度から  $7.5$  度まで  $2.5$  度刻みの 7 種類とする。被験者に提示する視覚刺激の順番はランダムに決定される。被験者は成人男性 3 名、計測回数は各 につき 2 回である。

(2) (1)と同じ実験環境において、視覚刺激の提示位置を鉛直方向の  $-10.0$  度から  $2.5$  度刻みで  $10.0$  度までの 9 種類とした脳波計測を行う(図 2)。被験者は成人男性 4 名、計測回数は各 につき 1 名が 1 回、3 名が 2 回である。

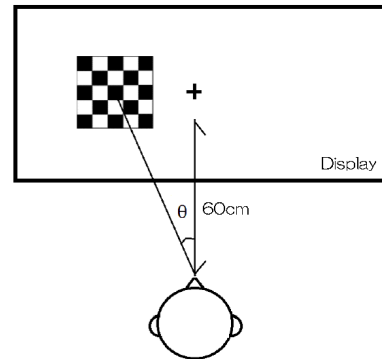


図 1:視線と水平方向に設置された視覚刺激注意時の脳波計測

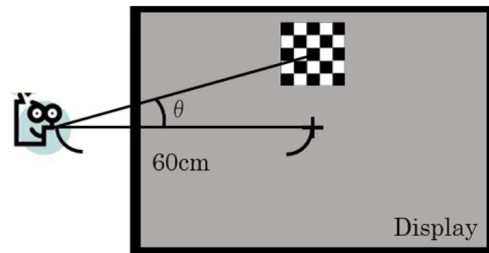


図 2:視線と鉛直方向に設置された視覚刺激注意時の脳波計測

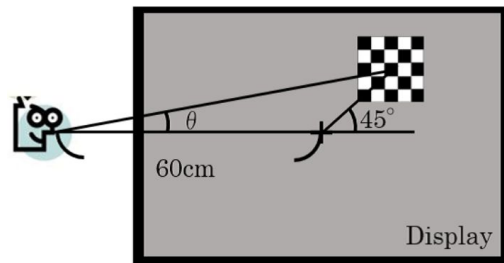


図 3:視線と斜め方向に設置された視覚刺激注意時の脳波計測

表 1:計測条件

計測機器	Emotiv 社製 EPOC
サンプリング周波数	128Hz
視覚刺激の点滅周波数	15Hz
刺激提示時間	60 秒

(3) (1)と同じ実験環境において、視覚刺激の提示位置を斜め  $45$  度方向に  $-10.0$  度から  $10.0$  度まで、 $2.5$  度刻みの 9 種類としたときの脳波を計測する(図 3)。被験者は成人男性 3 名、計測回数は各 につき 1 名が 1 回、2 名が 2 回である。

(4) (1)と同じ実験環境において、視覚刺激を中央から水平方向に  $10\text{cm}/1\text{min}$  の速度で動かした際の脳波を計測する。すなわち、 $0$  から  $9.46$  まで等速で移動する視覚刺激に注意を向けた脳波を 1 分間計測する。被験者は成人男性 3 名、計測回数は 2 回である。

- (5) 13~23Hzの合成刺激からなる視覚刺激を作成し、それにより誘発されるSSVEPの計測を行う。計測条件は(1)に従い、 $\theta=0$ の条件で60秒間の脳波計測とする。

#### 4. 研究成果

- (1) 3-(1)の各の脳波より30Hzの振幅スペクトル、すなわちSSVEP誘発量に対するt検定を行った結果を図4に示す。カラーバーは振幅スペクトルの平均値、エラーバーは標準偏差、\*は $p<0.05$ の有意差を示す。図4より、 $\theta$ の増加に伴いSSVEPが有意差を伴い減衰している。したがって、注意を向けている点滅刺激が固視点から水平方向に離れるにしたがい、誘発量が低下する。
- (2) 3-(2)にて計測した脳波に対して(1)と同様にt検定を適用した結果を図5に示す。図5より、(1)に示した水平方向と同様、鉛直方向においても $\theta$ の増加に伴いSSVEPが有意差を伴い減衰している。しかし、図5に見られた $\theta=0$ と2.5間の有意差が見られない。
- (3) 3-(3)にて計測した脳波に対して(1)と同様にt検定を適用した結果を図6に示す。図6より、斜め方向の点滅刺激についても $\theta$ の増加に伴いSSVEPが減衰する傾向はみられるが、図5と比較すると、 $\theta=2.5$ と5.0間に有意差が見られない。

以上4-(1)~(3)より、SSVEPが誘発される空間は、固視点を中心に同心円状に広がり、中心付近では水平方向に移動することにより、減衰が顕著に表れるものと推測される。これにより、生理的に計測されたヒトの注意の範囲とほぼ同形であることが示唆された。

- (4) 3-(4)の脳波より、角度 $\theta$ を中心に10秒間のデータを切り出し、その30Hzの振幅スペクトルを求めt検定を行った結果を図7に示す。図7より、移動する点滅刺激についても $\theta$ の増加に伴いSSVEPの誘発量が減衰することがわかる。すなわち、網膜像にズレが発生する視覚刺激からもSSVEPが誘発可能と推測される。
- (5) 合成刺激により誘発されるSSVEPの周波数を求め、点滅刺激のパターンと比較した。その結果、チェッカーボード(パターンリバーサル刺激)は点滅パターンの切り替えをパルス表現した時系列、LEDの明滅(フラッシュ刺激)は点滅パターンの時系列から得られる振幅スペクトルのピークにSSVEPが誘発されることを明らかにした。

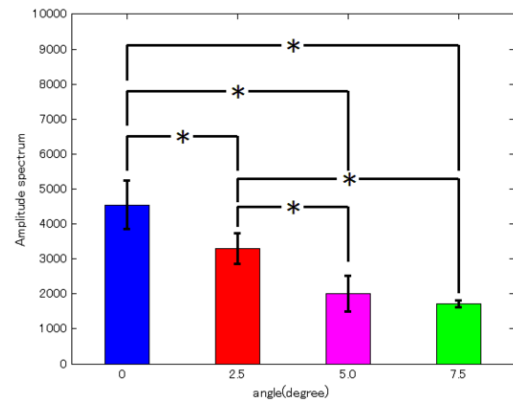


図 4:水平方向 SSVEP 誘発量 t 検定結果

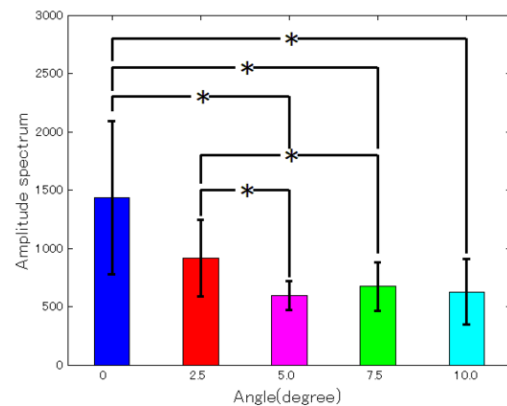


図 5:鉛直方向 SSVEP 誘発量 t 検定結果

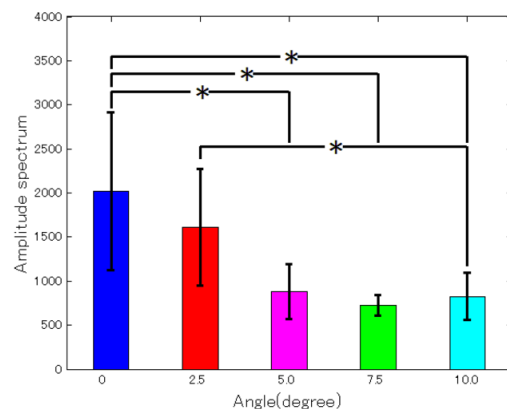


図 6:斜め方向 SSVEP 誘発量 t 検定結果

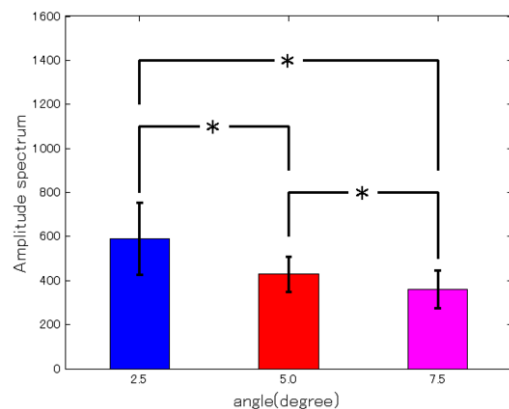


図 7:水平方向に移動する点滅刺激の SSVEP 誘発量 t 検定結果

また、本研究では奥行方向の注意範囲を計測する点滅刺激提示システムの構築、SSVEP と眼球運動同時計測とその解析を目指している。両者ともに申請書の構成では実現困難であることを突き止め、現在、システムの改良により計測可能であることを見出した。現在、両実験共に計測した脳波の解析を進めている。

今後、奥行方向の注意範囲を計測・解析を行い、SSVEP 誘発空間モデルの完成を目指す。また、その完成後には BCI の安全性評価指標の作成を開始する予定である。

## 5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

T.Sakakibara, A.Itai, The Relationship Between a Location of Visual Stimulus and SSVEP, International Symposium on Communications and Information Technologies, 査読有, 2015, 145-148  
DOI:10.1109/ISCIT.2015.7458328

[学会発表](計12件)

松井勇輝, 板井陽俊, 固視点と点滅刺激の位置関係と SSVEP の誘発特性, 第29 回回路とシステムワークショップ, 査読有, 347-350, 2016/5/13, 北九州国際会議場 (福岡県・北九州市)

A.Funase, K.Wakita, A.Itai, I.Takumi, SSVEP by Checkerboard Related to Grid Size and Board Size, Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit Conference, 査読有, 1141-1144, 2015/12/17, 香港 (中国)

K.Nishimura, S.Ueda, A.Itai, The Characteristics of SSVEP for Modulated Visual Stimuli, International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 査読有, 68-71, 2015/8/27, モリシア津田沼 (千葉県・習志野市)

S.Ueda, A.Itai, The Analysis of SSVEP Evoked by the Modulated Visual Stimulus in Medium and High Frequencies, Joint 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 査読有, 1639-1642, 2014/12/5, 北九州国際会議場 (福岡県・北九州市)

M.Hayakawa, S.Ueda, A.Itai, A.Funase, Study on Analysis of Movement-Related

Cortical Potentials Included in Saccade-Related EEG, 2014 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits & Systems, 査読有, 411-414, 2014/11/19, ANA インターコンチネンタル石垣リゾート (沖縄県・石垣市)

## 6 . 研究組織

(1)研究代表者

板井 陽俊 (ITAI, Akitoshi)

中部大学・工学部・講師

研究者番号：10551971