

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：56203

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17667

研究課題名（和文）患者のコミュニケーション補助を円滑にする顔の映像や音声を用いたBMIの開発

研究課題名（英文）Development of BMIs using facial images and sounds for the smooth communication with persons with disabilities

研究代表者

大西 章也 (Onishi, Akinari)

香川高等専門学校・電子システム工学科・助教

研究者番号：20747969

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：ブレイン・マシン・インタフェース（BMI）は脳波を機器制御命令に変換することができる装置である。近年、視聴覚刺激を用いたBMIが提案された。しかしそれは感覚刺激の統合による結果であろうか。また、顔画像や情動など刺激の内容に影響を受けるであろうか。本研究では顔画像と音声を刺激として用いた視線の移動を必要としないBMIを開発し、刺激強度を統制した実験を行った。その結果、視聴覚刺激の性能向上は刺激内容の統合によることを示唆する結果が得られた。また、情動を視聴覚刺激に加えたが、有意な精度向上は認められなかった。本研究で開発したシステムはオンライン平均識別精度 $85.71 \pm 11.50\%$ であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

BMIは手足が不自由な方が福祉機器を制御するための新しい手法として着目されている。従来のBMIは視線の制御により性能が左右されるものであったため視線を自由に動かせない患者に適さない問題があった。本研究では視線の移動を必要としないBMIに視聴覚刺激を導入し、それにより精度が向上することを明らかにした。本研究で開発したBMIを用いることで手足が不自由で、かつ視線を自由に動かすことが難しい方が使えるようなBMIを開発することが可能となり、国民の生活の質の向上に貢献すると考える。

研究成果の概要（英文）：Brain-machine interface (BMI) converts brain signals into control commands for external devices. A recent study indicated performance improvement of the audiovisual BMI. However, is it caused by the integration effect of multimodal stimuli? In addition, is it also influenced by the facial images or affective stimuli? This study proposed a gaze-independent BMI that has facial images and artificial voice, and conducted an experiment that was controlled the stimulus intensity. The results implied that the performance improvement caused by the audiovisual stimuli was due to the integration effect of the stimuli. However, affective audiovisual stimuli did not show significant improvement. The online classification accuracy of the BMI was  $85.71 \pm 11.50\%$ .

研究分野：福祉工学

キーワード：BMI BCI 脳波 P300 視聴覚刺激 顔 音声

### 1. 研究開始当初の背景

ブレイン・マシン・インタフェース (BMI) は脳波などの脳信号を計測し、それに信号処理や機械学習を適用して機器制御命令へと変換するインタフェースである (Wolpaw et al., 2002). BMI を用いると脳信号を外部装置が翻訳し、機械を制御することが可能となるため、手足が不自由な方の新しい運動出力経路となる。

BMI で多用される脳波の一つに P300 がある。P300 は刺激発生後約 300 ミリ秒後に頭頂周辺で広く出現する正の事象関連電位であり、高頻度刺激と低頻度刺激をランダムな順序で提示した際に低頻度刺激の出現のみを数えた場合などに見られる。P300 を応用し、複数の刺激のうちどの刺激に対して P300 が最も生じたかを調べれば、ユーザが着目した刺激を脳波から特定することができる。このような原理で動く BMI を P300-based BMI (P300 BMI) という (Farwell and Donchin, 1988)。

P300 BMI は視覚刺激、聴覚刺激、触覚刺激により生じた P300 を用いることができると知られている。さらに複数の感覚を用いたマルチモーダル刺激を用いることができる。特に視聴覚刺激を用いると P300 BMI の識別精度が高くなることが知られている (Wang et al., 2015)。また、視覚と聴覚のいずれかに障害があったとしても視聴覚刺激を用いた BMI を操作可能であると考えられる。そのため視聴覚刺激を用いる利点は高いと考える。しかし、視聴覚刺激は視線に依存しない種類の P300 BMI に対しても効果的であろうか。さらに視聴覚刺激を用いた P300 BMI の精度向上は視聴覚刺激の統合による効果であろうか、あるいは複数の感覚を統合することによる単なる強度の違いであろうか。また、視聴覚刺激の統合による効果が見られた場合は、刺激の内容による変化はみられるのであろうか。これまで顔画像を用いた BMI や、情動を用いた BMI が識別精度向上に貢献することが知られていたため、それらを視聴覚 BMI に用いることは効果的であろうか。

### 2. 研究の目的

本研究では図 1 に示すような画面中央のみに顔画像を呈示し、同時にヘッドホンから音声を再生するような視線に依存しない視覚刺激刺激を用いた P300 BMI (視聴覚 BMI) を開発した。さらに視覚刺激と聴覚刺激の刺激強度を統制した実験を行い、視聴覚刺激の内容の統合による影響による効果を明らかにすることを目的とした。加えて、提案する BMI における情動刺激による効果を明らかにすることを目的とした。さらに本 BMI システムを患者に実際に使ってもらい、その性能や課題を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### 3.1 P300 BMI システムの構成

P300 BMI システムの構成を図 1 に示す。この BMI システムは脳波で日本語の母音「あ、い、う、え、お」を入力することができるシステムである。視覚刺激は画面中央の身に大きく表示されるため、視線を移動させる必要がない。このシステムでは 5 種類の母音を表す顔画像と音声がモニタ及びヘッドホンからランダムな順序で出現する。ユーザが文字を入力する際は、希望する文字が出現した際にその文字の出現を心の中で数を数える。その課題時の脳波を脳波計より計測し、PC で処理し、どの刺激に対して P300 が最も出現していたかを調べる。そのように推定した結果をディスプレイ及びヘッドホンからユーザにフィードバックする。

#### 3.2 視聴覚刺激の統合による効果

視聴覚刺激の単なる強度の違いでなく、内容の統合が BMI に影響を与え

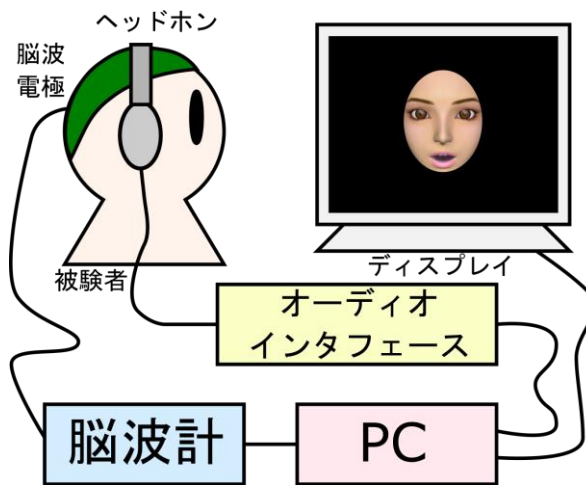


図 1. BMI システムの構成

条件	視覚刺激	聴覚刺激
AV		通常
V		マスキング
A		通常

図 2. 視聴覚刺激

ることを明らかにするため、図2に示すように刺激強度を統制した3種類の視聴覚刺激を比較した。視聴覚 (AV) 条件の場合、母音と対応する顔画像と合成音声を表示する。一方、視覚 (V) 条件では顔画像はそのままであるが、音声はマスキングされている。また、聴覚 (A) 条件では合成音声は再生されるが、顔画像が位相スクランプリング加工されている。これら刺激間では刺激強度を統制されており、各刺激呈示時の BMI の性能を比較することで視聴覚刺激の統合による効果を明らかにする。

### 3. 3 情動刺激による効果

視聴覚 BMI における情動の影響を明らかにするため図3に示す2つの条件を用意した。情動なし (N) 条件では無表情の顔画像と C4 の高さの合成音声が表示される。一方、正の情動 (P) 条件においては笑顔の顔画像と、少し高い音 (E3) の合成音声は再生される。これらと比較することにより情動の影響を明らかにする。





条件	視覚刺激	聴覚刺激
N		 C4
P		 E4

図3. 情動刺激

## 4. 研究成果

### 4. 1 視聴覚刺激の統合による効果

本実験を健常被験者11名に対して行った。刺激条件ごとのオフライン識別精度を図4に示す。識別精度はAV条件の場合に最良となった。また、V条件やA条件に比べてAV条件が有意に高い識別精度を示した。本結果は視聴覚刺激の精度向上は単なる刺激の強度の影響ではなく、刺激内容の統合に起因することを示唆する。

さらに刺激呈示間隔を250ミリ秒とし、視聴覚刺激を用いた場合のオンライン識別精度は  $85.71 \pm 11.50\%$  であった。また、本研究で開発したBMIシステムを改変してロボットを制御することにも成功した。

なお、患者実験は2年目、3年目に実施する予定であったが、新型コロナウイルス感染症拡大防止のため患者実験を自粛した。

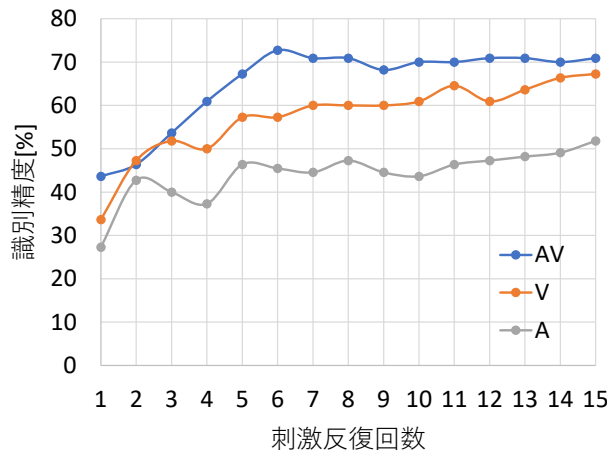


図4. 刺激条件ごとの識別精度

### 4. 2 情動刺激による効果

本実験を健常被験者5名に対して行った。視聴覚 BMI における情動刺激の効果を明らかにするため、正の情動を含む刺激 (P) と無表情の刺激 (N) を比較した。その結果を図5に示す。これより P と N の間には有意差は見られなかった。このことから、視聴覚 BMI において本研究で用いた情動刺激の影響は小さいと考える。

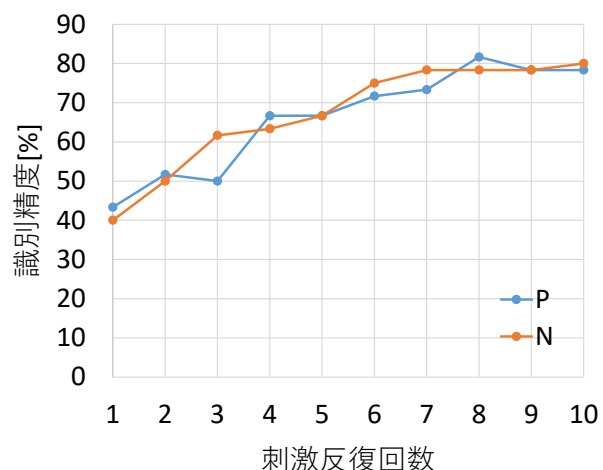


図5. 視聴覚刺激における情動の効果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Onishi Akinari, Nakagawa Seiji	4. 巻 13
2. 論文標題 How Does the Degree of Valence Influence Affective Auditory P300-Based BCIs?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnins.2019.00045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Onishi Akinari	4. 巻 32
2. 論文標題 Convolutional Neural Network Transfer Learning Applied to the Affective Auditory P300-Based BCI	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 731 ~ 737
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2020.p0731	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Onishi Akinari, Nakagawa Seiji
2. 発表標題 Comparison of Classifiers for the Transfer Learning of Affective Auditory P300-Based BCIs
3. 学会等名 41th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Onishi Akinari, Nakagawa Seiji
2. 発表標題 Within- and Between-Subject Classification of the Affective Auditory P300-based Brain-Computer Interface
3. 学会等名 International Symposium on Info Comm and Mechatronics Technology in Bio-Medical and Healthcare Application (IS 3T-in-3A) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Onishi, S. Nakagawa
2. 発表標題 Ensemble Convolved Feature Extraction for Affective Auditory P300 Brain-Computer Interfaces
3. 学会等名 The 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森岡大介, 大西章也
2. 発表標題 脳波による走行ロボットの遠隔制御に関する研究
3. 学会等名 第26回高専シンポジウムオンライン
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	森岡 大介  (Morioka Daisuke)	香川高等専門学校・電子システム工学科  (56203)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------