

平成 30 年 5 月 16 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K16477

研究課題名(和文) コミュニケーション補助に効果的な情動聴覚刺激を用いたBMIに関する研究

研究課題名(英文) Study of affective sounds applied to the auditory brain-machine interface towards smooth communication

研究代表者

大西 章也 (Onishi, Akinari)

千葉大学・フロンティア医工学センター・特任研究員

研究者番号：20747969

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000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)は脳波を解読し、制御命令などに変換する装置である。BMIを用いると考えるだけで意思伝達が可能となるため、体の不自由な患者のコミュニケーションを補助することができる。本研究では音を数える方式を用いたBMIの性能向上のため、独特な脳波を生み出す情動音を導入し、それがBMIに与える影響を評価した。本研究により情動音がBMIの識別精度を向上させることを示唆する結果が得られ、筋萎縮性側索硬化症患者1名が提案するBMIを用いて操作可能であることを確認した。さらに情動音による脳波の違いを生かした特徴抽出方法を提案し、従来手法と比べて高い識別精度が得られた。

研究成果の概要(英文)：Brain-machine interface (BMI) translates brain signals such as electroencephalography (EEG) into commands for controlling devices. Since the BMI can be driven by thinking, the device would be a next generation of communication aids for persons with disabilities. In order to improve BMIs that works by counting stimuli silently, affective sounds were introduced to the BMI and the effect of the affective sounds were evaluated. The results of this study implied that the BMI performance was improved by an affective sound. Moreover, a patient with amyotrophic lateral sclerosis operated BMI with 90% classification accuracy. In addition, ensemble convoluted feature extraction, which took advantage of EEG difference caused by the sounds, showed higher classification accuracy than a traditional multidimensional time-series feature.

研究分野：福祉工学

キーワード：ユーザインタフェース リハビリテーション ブレイン-マシン・インタフェース(BMI) P300 情動

1. 研究開始当初の背景

ブレイン-マシン・インタフェース(Brain-Machine Interface; BMI)あるいはブレイン-コンピュータ・インタフェース(BCI)は脳波などの脳信号を計測し、瞬時に福祉機器の制御命令やコミュニケーションのための命令などに変換する装置である(Wolpaw et al., 2002)。BMI の操作には手足を使う必要がないため、体の不自由な患者のコミュニケーションを補助する新しい技術として期待されている。

BMI の主要な方式の一つに、刺激の出現回数を心の中で数える方式のものがある。図 1 に示す聴覚刺激を用いた BMI はその例である。5 種類の互いに区別できる音が用意されている。まず、被験者は(1)どの音を数えるかコンピュータから指示を聴く。次に(2)5 種類の音がランダムな順序で再生されるので、被験者は指示された音の出現回数を心の中で数える。数える刺激の出現頻度はその他の刺激に比べ低頻度となっており、その際の脳波・事象関連電位には刺激開始から 300 ミリ秒後に正のピークが見られ、これを P300 成分と呼ぶ。この P300 を含む脳波を解析すれば、(3)脳波から意図した音を選択することができる。この方式の BMI を P300 BMI と呼び(Farwell and Donchin, 1988)、各音にコミュニケーションのための命令を割り当てれば脳波を用いた意思伝達が可能となる。

P300 BMI の刺激には視覚刺激や聴覚刺激、触覚刺激を使うことができる。P300 BMI はこれまで視覚刺激について主に研究されており、患者研究などでの有効性が示されてきた(Ikegami et al., 2014)。しかし、視線の制御を制限することにより識別精度が低下することが示唆されており(Brunner et al., 2010)、加えて患者が目を開けられない場合や、目が見えない場合なども想定される。そのため、他の感覚を用いた BMI が利用できるほうが望ましい。視覚刺激に次いで、聴覚刺激を用いた P300 BMI の開発が進められているが、その識別精度は低く(Wang et al., 2015)、更なる性能向上が必要となる。

聴覚刺激を用いた P300 BMI の性能向上を図るため、感情を一時的に変化させる情動音を刺激に用いることを検討した。これまで視覚刺激を用いた P300 BMI に情動画像を用いると識別精度が向上することが報告されている(Zhao et al., 2011)。また、聴覚刺激を用いた P300 BMI に情動音を用いた研究はないが、感情的な音楽刺激により P300 の振幅が変化することが報告されている(Steinbeis et al., 2006)。これより、情動音を P300 BMI の刺激に用いるとその性能が向上する可能性があり、本研究では情動音が P300 BMI に与える影響について着目した。

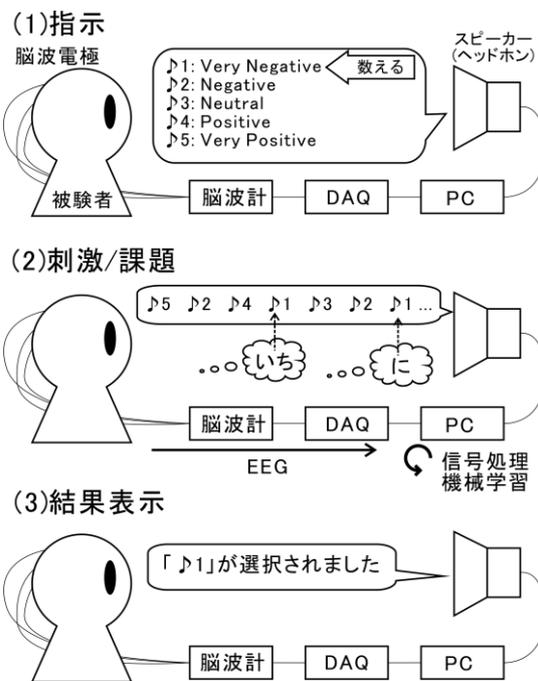


図 1 P300 BMI の心理課題

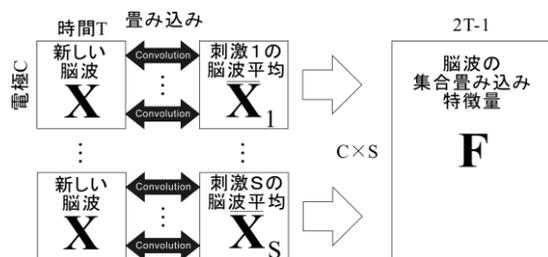


図 2 集合畳み込み特徴抽出(E-Conv.)

2. 研究の目的

本研究では聴覚 P300 BMI の性能向上のために情動音を導入し、情動音が BMI に与える影響や、健常者と患者を被験者とした場合の性能を評価することを目的とする。

3. 研究の方法

情同音が BMI に与える効果を明らかにするための比較対象として、情動音を細かく区切りランダムに並べ替えて再結合したかき混ぜ音を用意した。かき混ぜ音にすると音の順序が入れ替わるため情動の効果が減ると考えた。情同音に猫の甘えている声を「はい」に、また猫の怒っている声を「いいえ」に割り当て、残り 3 種類は正弦波とした。以上の実験に健常者 15 名が参加した。また筋萎縮性側索硬化症(ALS)の患者 1 名での識別精度を測定した。

提案手法の更なる改善のため、使用する情同音を 2 種類から 5 種類に増やし、刺激呈示時間などパラメータを調整し、健常者 11 名のオンライン識別精度を求めた。さらに音による脳波の違いを考慮し、図 2 のように各音に対する脳波平均波形 \bar{X}_s と新たに得た脳波 X と電極ごとに畳み込み積分を計算し、それらを

結合する集合畳み込み特徴抽出を提案した。提案する特徴抽出方法の効果을明らかにするため、健常者16名のデータを用いてオフライン解析による比較を行った。

4. 研究成果

図3に情動音がP300 BMIに与える影響に関する結果を示す。猫の甘えている声(PA)とそのかき混ぜ音(Permuted-PA)、猫の怒っている声(NA)とのかき混ぜ音(Permuted-NA)それぞれのオフライン識別精度と情動の正負を示す視覚アナログスケール(Visual Analog Scale; VAS)を示す。その結果、PAのVASは正であり、Permuted-PAは中間に近くなり、かき混ぜ音にすることで情動の効果が有意に減っていることがわかる。加えて、PAの識別精度はPermuted-PAと比べて有意に高くなった。一方、NAとPermuted-NAのVASはともに負となり、識別精度においても差が見られなかった。以上の結果は情動音により識別精度が向上することを示唆する。また、ALS患者1名のオンライン識別精度は90%となり、提案手法を用いて患者の意思を伝達することが可能であることが示された。

また、上記BMIのパラメータを調整し、健常者が使用した場合のオンライン識別精度を求めた。具体的には刺激呈示間隔を1000ミリ秒から500ミリ秒に短縮し、訓練時間を15分から10.42分に短縮した。このことにより短時間に多くの波形を得ることが出来るようになった。上記BMIの識別精度11名分を図4に示す(被験者1-5はパラメータ調整のため除外)。オンライン平均識別精度は84.1%であった。

提案する集合畳み込み特徴抽出(E-Conv.)によるオフライン識別精度を図5に示す。比較には、多チャンネル脳波時系列データ(Control)や、全刺激の平均波形との畳み込み特徴抽出(Conv.)、新たに得られた脳波波形自身の畳み込み特徴抽出(S-Conv.)、全刺激の平均波形との正準相関分析(CCA)を用いた特徴抽出(Spuler et al., 2014)や、各刺激とのCCAの結果の集合特徴量(E-CCA)を用いた。刺激繰り返し回数Rを1から10まで変化させ、各特徴抽出を用いた場合のオフライン識別精度を求めた。その結果、E-Conv.はControlと比べて有意に高くなった。また、E-CCAとCCAも有意にControlより高い識別精度を示した。E-CCAはConv.より高い識別精度を示した。一方、S-Conv.はどの特徴抽出よりも劣っていることがわかった。これより提案手法は従来手法(Control)と比べて性能が向上していることがわかる。その性能向上は全刺激の平均波形を用いたConv.では顕著に見られず、また、新たに得た信号自身を用いたS-Conv.でも見られなかった。このことからE-

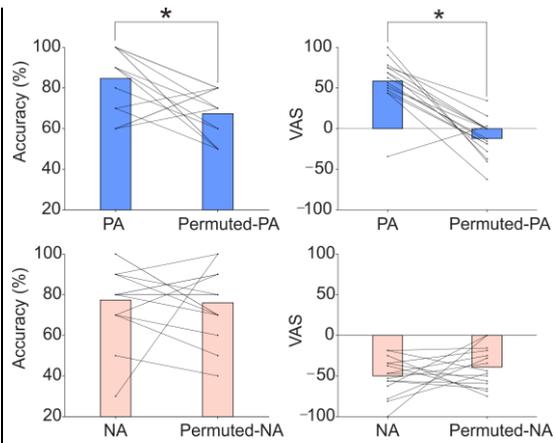


図3 情動音の効果(業績[1])

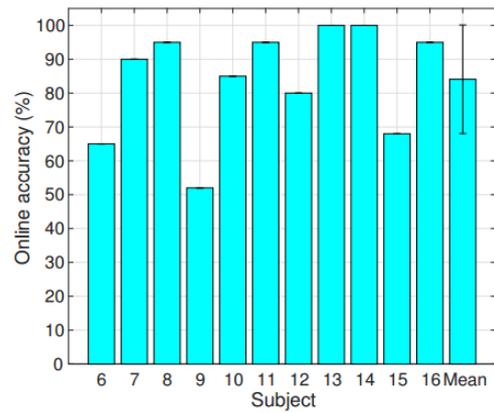


図4 オンライン識別精度(業績[2])

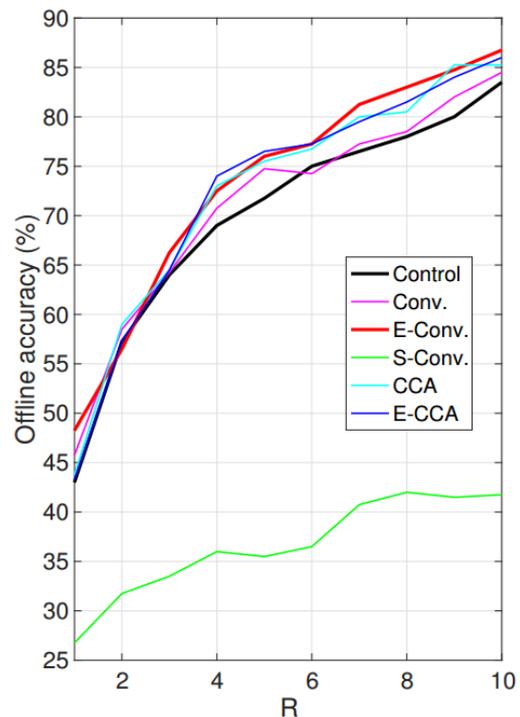


図5 オフライン識別精度(業績[2])

Conv.は各刺激により生じた脳波の違いを活用して、識別精度向上に貢献したと考える。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

[1] A. Onishi, K. Takano, T. Kawase, H. Ora, K. Kansaku, "Affective stimuli for an auditory P300 brain-computer interface," *Frontiers in Neuroscience*, vol. 11, p. 552, 2017. (査読あり)

〔学会発表〕(計4件)

[2] A. Onishi and S. Nakagawa, "Ensemble convoluted feature extraction for affective auditory P300 brain-computer interfaces," 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Honoruru, HI, in press. (査読あり)

[3] 大西章也, 大塚翔, 中川誠司, 「聴覚ブレイン・マシン・インタフェースのための和音刺激に関する検討」, 日本音響学会秋季研究発表会, 愛媛大学, 愛媛, 9月・2017年. (査読なし)

[4] 大西章也, 「情動音を用いたブレイン・マシン・インタフェースの開発」, 千葉大学フロンティア医工学センター第80回医工学研究会, 千葉大学, 千葉, 7月・2017年. (査読なし)

[5] A. Onishi, H. Ora, and K. Kenji, "Affective sounds applied to auditory P300 brain-machine interface," 39th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Kanagawa, Japan, July 2016. (査読あり)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

大西 章也 (ONISHI Akinari)

千葉大学・フロンティア医工学センター・
特任研究員

研究者番号: 20747969

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者
なし