

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：82404
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2015～2016
課題番号：15K16415
研究課題名（和文）少数電極の脳波による聴覚刺激を用いたyes/no判別手法の開発

研究課題名（英文）Development of auditory BMI with few electrodes

研究代表者

高野 弘二（Takano, Kouji）

国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 脳機能系障害研究部・研究員

研究者番号：00510588

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では脳波を利用し聴覚刺激を用いるBMIにより、質問への「はい/いいえ」を判別可能な手法を開発することを目的として研究を行った。

H27年度は健常者を対象として、音声で提示される質問に「はい/いいえ」の思考により答える課題を実施した。その結果、2chの脳波を解析し、位相の情報をパラメータとして使用することで68.3%の精度での判別が可能であることを示した。

H28年度は筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者1名を対象として実験を行い、脳波データを画像化し、その画像を深層学習の手法で、70%の精度での判別が可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：Target of this research is the development of auditory BMI with few electrodes.

The subjects were asked to answer the question from auditory que by yes/no thinking.

EEG data was recorded and analysed. As the result, The EEG data from healthy subjects was correctly discriminated in 68.3%. The EEG data from ALS patient was correctly discriminated in 70.0%.

研究分野：ブレイン-マシン・インターフェイス

キーワード：BMI 脳波 コミュニケーション

1. 研究開始当初の背景

脳からの信号を利用し、外部への働きかけや、コミュニケーションを行うブレイン-マシン・インターフェイス/ブレイン-コンピュータ・インターフェイス(BMI/BCI)の研究には刺激入力を使用するものや運動イメージを使用するもの等がある。

BMI によるコミュニケーションや生活環境制御、ロボットハンドの操作などは、病気や障害により身体に麻痺を伴う患者・障害者の生活の質(QoL)の向上に繋がることが期待される。

特に、完全閉じ込め状態と呼ばれる、意識がありながら外界への出力手段を失っている患者において、BMI は唯一のコミュニケーション手法となりうる。

完全閉じ込め状態に至ることがある疾患として筋萎縮性側索硬化症(ALS)があげられるが、患者が日常使用できるような装置を用いた BMI の実証評価研究は少ない。その理由として脳活動の計測上の問題があげられる。ベッドサイドでの実証評価を想定した場合、大型の計測機械が必要な fMRI や MEG の使用は現実的ではない。そこで脳波や近赤外線分光法(NIRS)を用いることとなる。本研究ではそのうち脳波を用いて研究を行った。日常的な使用を想定する場合、脳波測定に使用する電極の数が多くと家族やヘルパー等の負担がかかり、実用的ではない。そこで本研究では、少ない脳波電極数による BMI 機器の基礎研究として「はい/いいえ」の判別が可能な課題および解析手法について研究を行う。

2. 研究の目的

本研究では脳波を利用し聴覚刺激を用いる BMI により、質問への「はい/いいえ」を判別可能な手法を開発することを目的として研究を行った。

3. 研究の方法

応募者はこれまでに主に視覚刺激を用いる BMI による生活環境制御装置について研究開発を行ってきた。しかしながら、完全閉じ込め状態の患者には開眼が困難な場合もあり、本研究では聴覚刺激を提示し、それに対する脳活動を解析することで、意図の抽出を行う手法の開発を進める。

4. 研究成果

初年度である平成 27 年度は健常者を対象として、課題の検証および解析手法に対する検討を行った。

被験者は健常男性 2 名、被験者は音声で提示される簡単な質問(「キリンの首は長いですか?」、「氷は熱いですか?」等)に対する「はい/いいえ」を 25 秒間思考することを課題として与えられ、その際の脳活動を測定した。

1セッションでの質問の数は 30 とし、1 名につき 3 セッションを 3 日に分けて実施した。

測定には USB 接続の脳波計(g.USBamp)を用いた。電極位置は 10-10 法に従い、AFz を接地電極、Fpz を基準電極として、全頭から 8ch の脳波を計測した。デジタル化のサンプリングレートは 512Hz とした。計測されたデータは 50Hz のノッチフィルタと、0.1Hz のハイパスフィルタを適用し、質問毎にデータの切り分けを行い、その後の解析に使用した。

判別に使用する特徴点としては計測した 8ch の脳波のデータから頭頂部の 2ch(P3、P4)分を使用し、そのデータから計算される Power spectrum density の実部、虚部とそれらから計算される位相のそれぞれを用いた。解析の周波帯には 帯および 帯(4-13Hz)を用いた。判別器には Support Vector Machine を使い、K-fold cross validation で K=10 として実施し、各特徴点を使用した際の精度について比較した。その結果、実部を用いた場合、55.56%、虚部を用いた場合 56.67%、位相を用いた場合、68.33%の精度で提示された質問に対する「はい/いいえ」の答えを判別することができた。位相を用いた場合の精度は他 2 つの特徴点を使用したものと比較して高いが、BMI 研究において実用的な精度の目安である 70%には至らなかった。しかしながら、他の 2 つの特徴点から計算される位相を使用することで、比較的高い精度が得られたことから、計測した脳波をもとに複数の情報を得ることでより高い精度を得られる可能性が示唆される。

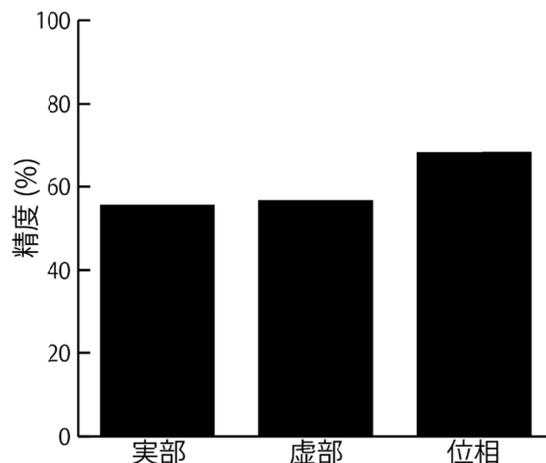


図 1. 健常者を対象とした判別精度

平成 28 年度には、筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者を対象とし実験を実施した。被験者は 50 台男性 1 名、ALS の評価基準である ALSFRS-R = 0 (0-38、値が低い程度)であった。

被験者は簡単な質問に対する「はい/いいえ」を 35 秒間思考することを課題として与えられた。被験者の疲労などの影響を考慮し、1セッションでの質問の数を 10 とし、2セッ

ションの実験を実施した。

その際の脳波を無線脳波計(Avatar EEG、Electrical Geodesics, Inc.)を用いて測定した。電極位置は 10-10 法に従い、AFz を接地電極、Fpz を基準電極として、P3、P4 の 2ch の脳波を計測した。サンプリングレートは 500Hz とした。

判別に使用する特徴点として、27 年度は PSD の実部、虚部、それから計算される位相を用いたが、より広域の周波数、およびそれらの時間-周波数の推移に関する情報を得るために、28 年度は計測した脳波について連続ウェーブレット変換を実施し、これにより得られたスカログラムをデータセットとして用いた。画像の構造や特徴点の抽出による判別には画像に関する深層学習の手法を用いて検証を行った。2 セッション分である 20 回の質問時の脳波データを用い、K-fold cross validation で K=2 として評価を行った結果、BMI において実用的とされる 70%での精度で判別を行うことができた。

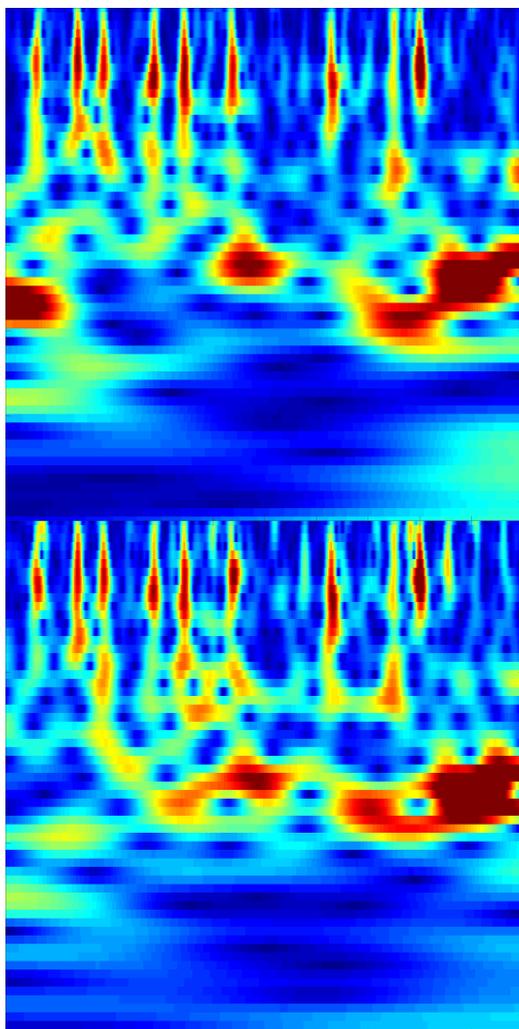


図 2. 脳波のスカログラムの例

今回の研究では ALS の被験者が 1 名であり、機械学習には不十分なデータの量であったこと、Wavelet の手法についても多様な mother wavelet を用いた検討等を行わなかつ

たこと、深層学習についても最適化などの手法に関する検討を行わなかったことなどがあり、引き続きこれらの点について調査を行うことで、より実用的な精度の確保が可能となることが期待される。

以下に機械学習を用いた脳活動の解析について展望を記す。

今回は個人毎に取得したデータを元に学習と評価を行った。BMI 機器として患者・障害者を対象とし実用的な機器を開発する場合、使用者毎のデータの差異が健常者間よりも大きな傾向があると同時に、体力的に長時間の機器使用や実験参加が困難という問題がある。機械学習は一般的に学習に多くのデータと計算時間が必要であり、その面において今回のような手順は実用的な面からは困難がある。しかしながら、複数人のデータから特徴的な脳活動を汎化することで、将来的に個人データによる学習を最小限とした機器の使用が可能となることが期待される。

機械学習、特に深層学習での「蒸留」と呼ばれる手法は、学習済みのニューラルネットワークを単純化することで効率化を行う。個人のデータをもとに作成した複数の学習済みニューラルネットワークを用いて「蒸留」を行うことで、ある特定の脳活動について、汎化されたモデルの取得が期待される。

今後はこれらの手法を用いることで、将来的に実用的な BMI 機器の開発、およびデータに基づいた脳活動のモデル開発も進めていきたい。

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

Utsumi, K., Takano, K., Onodera, O., Kansaku, K. EEG evaluation of relative change of subjective sleepiness. The 94th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan. March 30th 2017; 浜松アクロシティコンgresセンター(静岡・浜松)..

Takano, K., Komatsu, T., Nagao, M., Kondo, K., Kansaku, K. A longitudinal evaluation of SSVEP-BMI in patients with ALS. The 45th Annual Meeting of the Society for Neuroscience. Oct 21th 2015; Chicago(USA)

岡原陽二、高野弘二、長尾雅裕、佐伯直勝、神作憲司. 完全閉じ込め状態の ALS 患者に対する SSVEP-BMI の使用経験. 第 2 回脳神経外科 BMI 懇話会. 2015 年 11 月 14 日, 鉄門記念講堂(東京・文京区).

6 . 研究組織

(1)研究代表者

高野 弘二 (TAKANO, Kouji)

国立障害者リハビリテーションセンター
(研究所) 研究所 脳機能系障害研究部・研
究員

研究者番号 : 00510588