

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 23 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350671

研究課題名(和文) 食事支援モバイルアーム用インタフェースの開発

研究課題名(英文) Interface for Mobile Feeding Assistive Robotic Arm

研究代表者

比嘉 広樹 (Higa, Hiroki)

琉球大学・工学部・教授

研究者番号：60295300

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、モバイルアームのユーザインタフェースに関する検討を行った。まず健常被験者6名に視覚刺激を提示し、オドボール課題を課した際の脳波を測定した。測定した脳波データの加算平均処理波形における事象関連電位P300とN100に着目して、ニューラルネットワークによる判別を行った結果、95.8%の判別率が得られた。

次に、Webカメラより取得したユーザの眼球運動を画像処理により検出する手法を用いて、テーブル上の食器(食物)を選択する食事支援システムの検討を行った。テーブル上の3つの食器を一つずつ見てもらった実験結果より、被験者の選択した食器へモバイルアームの手先が適切に移動することが確認できた。

研究成果の概要(英文)：We have developed a user-interface for a mobile robotic arm in this study. We made a visual stimulus program that one of four triangles was randomly turned white in a computer monitor. Six able-bodied volunteers participated in the experiments. EEG signals were recorded from the scalp, amplified, sampled, and bandpass-filtered. Each subject was required to silently count white triangle. Some features, event-related potentials P300 and N100, were extracted from the averaged waveforms, and the total of classification accuracy across subjects of 95.8% was obtained using artificial neural network.

A vision-based user interface was also considered. The user interface consists of a single web camera to obtain user's eye movements, computer running a detection program of the center of the iris and pupil from the captured images. An able-bodied subject could operate the proposed user interface without any difficulty. The interface allows user to support to select one of foods on a table.

研究分野：生体医工学

キーワード：ロボットアーム 食事支援 神経疾患 インタフェース 脳波 眼球運動

1. 研究開始当初の背景

(1)筋ジストロフィー症などの神経疾患患者(以下、「神経疾患患者」と略す)は、筋力低下や筋萎縮が生じ、日常生活動作が制限され、単独で食事を行うことができない場合も多い。この場合、患者は家族、あるいは介護者の介助により食事を行うことになるが、特に介護者の少ない施設等では「急かされて食べさせられている」状況が多々起こり得る。他者との会話を楽しみながら、楽しいひとときとなるはずの「食事」において、患者の人権を無視するに等しいこのような状況ではその精神的苦痛ははかり知れない。

(2)神経疾患患者の生活の質(QOL)の向上を目的に、本研究代表者は食事支援のためのロボットアーム(以下、モバイルアームとする)を試作し、食事支援の検討を行っている。しかし、モバイルアームを操作するためのコントローラはコンピュータのキーボード(あらかじめ割り当てられた特定のキーを押して操作する)あるいはユーザ専用カスタマイズされたプッシュスイッチのみであった。

2. 研究の目的

本研究では、モバイルアームのユーザインタフェースに関する検討を行った。神経疾患患者の入力信号源として可能な脳波と眼球運動を利用する構成とした。

3. 研究の方法

(1)本研究では、モバイルアームシステムのインタフェース部の製作を中心に研究を実施した。初年度(2013年度)には、まずモバイルアームの制御に活用するための脳波を誘発する目的で、上下左右4方向に灰色三角形を配置し、何れかがランダムに点滅(点灯時には白色三角形を同一座標上に表示)する視覚刺激プログラムを作成した。

(2)次に市販の脳波増幅器を現有のシステムに接続し、試作アンプからの入力なしでモバイルアームが操作できるように設定した。その後、作成した視覚刺激を健常被験者に提示し、1試行中に1方向の刺激が提示された場合の提示回数を数えてもらい、その際の脳波を測定した。電極の配置には、国際10-20法を用いた。

(3)また1試行中に4方向の視覚刺激を上、左、下、右の順序で5個ずつ数えてもらう課題を課した際の健常被験者の脳波を測定した。得られた脳波データを用いてニューラルネットワークによる各方向の判別率を算出した。

(4)モバイルアームの手首部にWebカメラを固定し、画像処理手法を用いてペットボトルの位置座標を取得するための検討を行った。

ここで、座標系の原点をモバイルアームのベース部に設定した。

(5)次年度(2014年度)には、まず健常被験者に2種類の視覚刺激を提示した際の脳波を測定した。得られた脳波データにおける事象関連電位に着目し、それぞれの時間範囲を設けて、その範囲内における平均値を事象関連電位の代表値とした場合の解析を実施した。

(6)また得られた脳波データから特徴パラメータの抽出し、主成分分析、サポートベクターマシンを用いた判別を行った。

(7)さらに4種類の視覚刺激を提示した際の、健常被験者3名の脳波を測定し、事象関連電位P300とN100に着目して、特徴パラメータを抽出し、ニューラルネットワークを用いた判別を行った。

(8)モバイルアームの手先付近に固定したWebカメラを用いて、把持対象物の位置座標の算出を検討した。

(9)最終年度(2015年度)には、まず8種類の視覚刺激プログラムを作成し、健常被験者に提示した際の脳波を測定した。被験者には、一つの三角形を注視してもらい、3回点滅したら次の三角形の点滅を数えてもらう、という課題を課した。注視する順番は上から順に右上、右、右下、下、左下、左、左上、上とした(時計方向)。

(10)4種類の視覚刺激を提示した際の、健常被験者の脳波を測定した。被験者には、一つの三角形を注視してもらい、5回点滅したら次の三角形の点滅を5回数えてもらう、という課題を課した。得られた脳波データの特徴パラメータとして、電極と事象関連電位P300とN100に着目して、特徴パラメータを抽出し、ニューラルネットワークを用いた判別を行った。

(11)次に、ユーザの眼球運動によりテーブル上の食器(食物)を選択する食事支援システムの検討を行った。眼球運動の検出には、Webカメラから取得した画像データから画像処理手法により眼球(黒眼部分)を検出する方法を採用した。モバイルアームの制御プログラムにはあらかじめ食器の座標を設定しておいた。Webカメラを固定したメガネを健常被験者に装着してもらい、テーブル上の3つの食器を一つずつ見てもらい、その動作確認を行った。

4. 研究成果

(1)作成した視覚刺激(図1)において、各4方向の三角形がランダムに点滅(同一座標上において白色三角形が表示)することを確認した。

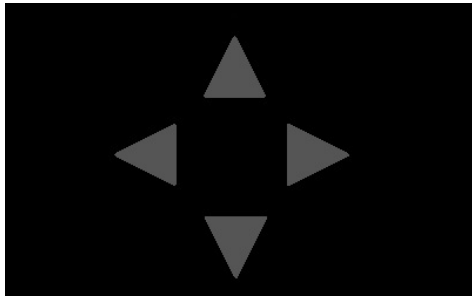


図 1 視覚刺激

(2)測定した脳波データを加算平均処理した波形において事象関連電位が確認できた。P300 については電極 Pz, Cz において特に大きなピーク電圧が見られ、N100 については上下方向のピーク電圧が左右方向よりも大きく観測できた。

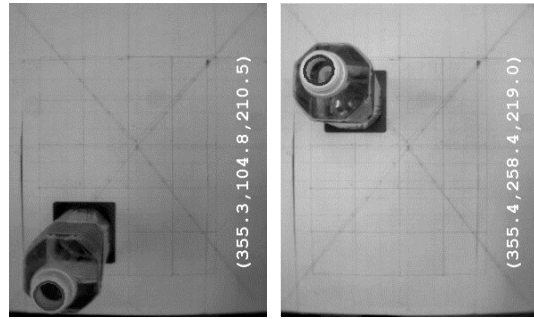
(3)上、左、下、右の順序で 5 個ずつ数えてもらう課題において、測定した脳波データから特徴パラメータを抽出し、ニューラルネットワークによる判別率を算出した。その結果、上下左右方向のそれぞれにおける判別率は 73.6%、58.9%、33.9%、34.5%であった。

(4)画像処理手法を用いて、ペットボトルを把持対象物とした場合の位置座標の取得結果を図 2 に示す。ペットボトルの口の面積より、その高さ方向の位置座標も推定できるようになった。またモバイルアームを用いてそのペットボトルを適切に把持できることも実験にて確認した。

(5)健常被験者 4 名の脳波データを加算平均処理した結果、事象関連電位が観測できた。また設定した時間範囲内における事象関連電位 P300、P200、N200、N100 の時間と振幅値を検出して、その平均値を求めるプログラムを作成した。

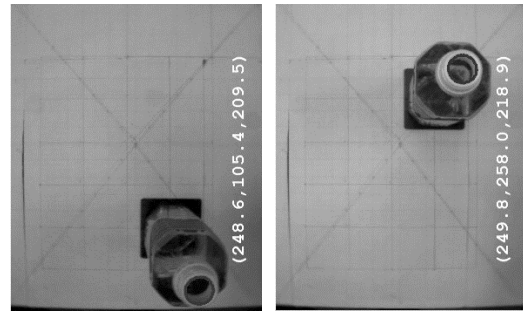
(6)特徴パラメータとして、複数の電極における事象関連電位 P300、P200、N200、N100 に着目し、主成分分析、サポートベクターマシンを用いた判別を行った。その結果、平均判別率 75.3 %が得られた。若干ではあるが、昨年度の結果（研究成果(3)）より改善できた。

(7)健常被験者 3 名の脳波データから加算平均処理した波形が得られた。また、特徴パラメータとして電極 10 個における事象関連電位 P300、N100 に着目し、ニューラルネットワークを用いて 4 方向の判別率を算出した。その結果を表 1 に示す。被験者 3 名において各方向 99.0 %以上の判別率が得られた。



(a)

(b)



(c)

(d)

図 2 ペットボトルの位置座標の取得

(a) (350,100,0), (b) (350,250,0), (c) (250,100,0), (d) (250,250,0)にそれぞれペットボトルを置いた場合の実験結果。ここでは、高さ 218mm のペットボトルを使用した。

表 1 各方向における判別率

方向	判別率 (%)		
	被験者 A	被験者 B	被験者 C
上	100.0	100.0	100.0
下	100.0	100.0	100.0
左	95.2	96.7	96.0
右	100.0	100.0	100.0
合計	99.0	99.1	99.0

(8)モバイルアームの把持対象物として、チキンから揚げ(一口サイズ大)を用いた場合、数ミリ以内の誤差でその位置座標の取得が行えることを示した。

(9)作成した 8 種類の視覚刺激を図 3 に示す。視覚刺激としてランダムに点滅することを確認した。また測定した健常被験者 2 名の脳波データの加算平均処理を行った。その結果、被験者 2 名の各方向の処理波形において事象関連電位が観測された。この結果より、4 つの電極における事象関連電位 P300、N100 に着目し、ニューラルネットワークを用いた判別率を算出した。その結果、2 名の被験者において各方向の判別率 100 %が得られた。

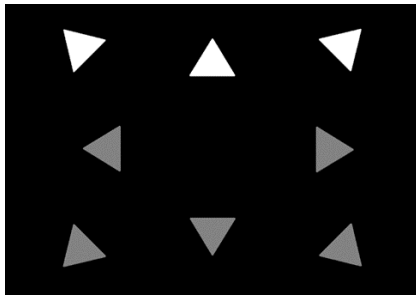


図3 視覚刺激

(10) 健常被験者 6 名 (男性 5 名、女性 1 名) に視覚刺激 (図 1) を提示し、上、右、下、左の順序で 5 個ずつ標的刺激の点滅した回数を数えてもらう課題を課した際の脳波測定を行った。測定した脳波データの加算平均処理を行い、事象関連電位 P300 と N100 に着目して、特徴パラメータを抽出した後、ニューラルネットワークを用いた判別率を算出した。その結果、電極を 2 個に特定しても各方向における判別率が 97 % 以上となった。これは電極数個を用いた場合の判別率 (研究成果 (7)) と同程度となった。また同判別処理モジュールを用いた Simulink モデルを作成し、動作確認を行った。実験結果より、全体の判別率は 95.8 % となった。

(11) 眼球運動による食事支援の実験系を図 4 に示す。被験者にはフィードバック情報として LED の点灯 / 消灯による表示器を提示した。被験者の眼球運動検出に用いた各領域を図 5 に示す。テーブル上に置いた 3 個の食器を一つずつ被験者に見てもらった実験結果を図 6 に示す。被験者が選択した食器の番号 (白枠内の数値) と 4 ビットで表現した LED の表示結果 (点灯 / 消灯状態、但し、左側を MSB、右側を LSB とする) が一致していることが確認できた。本結果は、種々の要因により脳波信号の S/N 比が低下した際の、モバイルアームの制御のフォールトトレラント対策の一つとして活用できると考えられる。

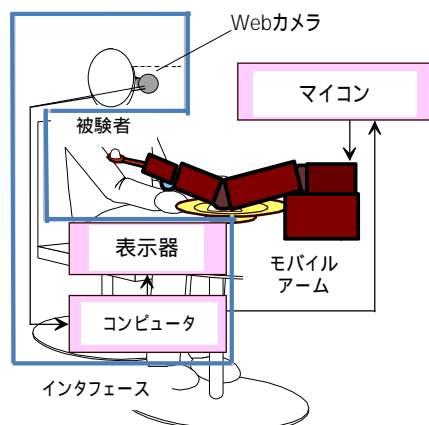


図4 眼球運動による食事支援実験系

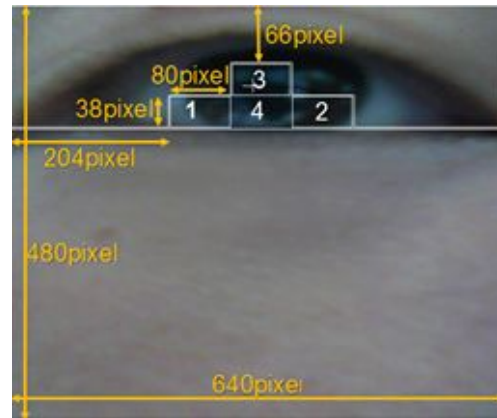
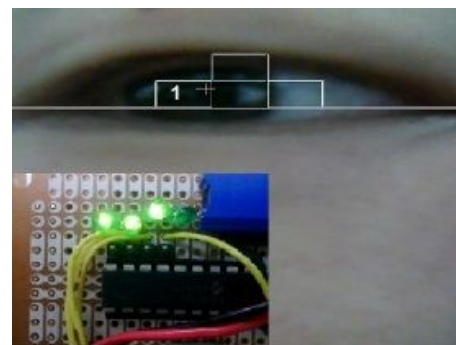
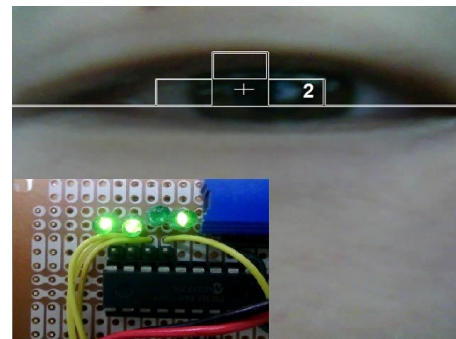


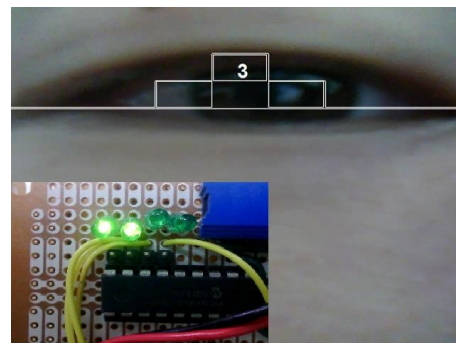
図5 設定した各領域



(a)



(b)



(c)

図6 実験結果の一例。(a)ライス (食器 1) 選択時、(b)スープ (食器 2) 選択時、(c) メインディッシュ (食器 3) 選択時。左下には表示器 (LED) の状態を示す。但し、LED の点灯、消灯をそれぞれ 0、1 と設定した。

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2件)

- (1) F. Gao, H. Higa, H. Uehara, and T. Soken, "A Mobile Robotic Arm for People with Severe Disabilities: Trial Development of a Vision-based User Interface," Journal of Advanced Control, Automation and Robotics, 査読有, Vol.1, No.1, pp. 25-30, 2015.
- (2) H. Higa, K. Kurisu and H. Uehara, "A Video-based Assistive Robotic Arm for People with Severe Disabilities," Trans. Machine Learning and Artificial Intelligence, 査読有, Vol.2, No.3, pp.12-23, 2014.

[学会発表](計8件)

- (1) 下笠友生, 比嘉広樹, "脳波の特徴抽出に関する検討(第2報)," 平成27年電気学会九州支部沖縄支所講演会講演論文集, pp. 214 -217, OKI-2015-39, 琉球大学, 沖縄, 2015年12月19日, 2015.
- (2) 仲摩幸広, 比嘉広樹, "脳波によるマウスカーソル操作に関する検討," 平成27年電気学会九州支部沖縄支所講演会講演論文集, pp. 218 -221, OKI-2015-40, 琉球大学, 沖縄, 2015年12月19日, 2015.
- (3) Fei Gao, 比嘉広樹, 上原英之, 祖堅敬, "眼球運動を用いたロボットアームによる食事支援の検討," 平成27年電気学会九州支部沖縄支所講演会講演論文集, pp. 222 -225, OKI-2015-41, 琉球大学, 沖縄, 2015年12月19日, 2015.
- (4) F. Gao, H. Higa, H. Uehara, and T. Soken, "A Vision-based User Interface of a Mobile Robotic Arm for People with Severe Disabilities," International Conference of Advanced Control, Automation and Robotics, 査読有, pp. 25-30, OIST, Okinawa, 2015/11/29, 2015.
- (5) T. Tamaki and H. Higa, "Analysis of Single-Trial Event-Related Potentials," SCIS&ISIS2014, 査読有, pp. 1248-1250, Kitakyushu, Fukuoka, 2014/12/4, 2014.
- (6) T. Shimogasa and H. Higa, "Toward a Control of a Mouse Pointer: EEG Analysis for Feature Extraction," ISDA2014, 査読有, pp. 151-155, OIST, Okinawa, 2014/11/28, 2014.
- (7) H. Higa, H. Uehara, and T. Soken, "A Vision-based Mobile Robotic Arm for People with Severe Disabilities," IEEE EMBC2013, p.2959, Osaka International Convention Center, Osaka, 2013/7/6, 2013.
- (8) 比嘉広樹, "琉球大学と沖縄病院との連携交流 -支援機器を通じた取り組み-,"

福祉情報教育フォーラム(招待講演), SP-1, 沖縄国際大学, 沖縄, 2013年8月25日, 2013.

[その他]

- (1) 比嘉広樹, "琉球大学におけるリハビリテーション工学," リハビリテーション工学を活用した生活セミナー(ゲストスピーカー), 沖縄県那覇市総合福祉センター, 沖縄, 2015年2月21日, 2015.

ホームページ等: なし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

比嘉 広樹 (HIGA HIROKI)
琉球大学・工学部・教授
研究者番号: 60295300