

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500509

研究課題名（和文）食事支援用モバイルアームに関する研究

研究課題名（英文）A Study on Mobile Feeding Assistive Robotic Arm

研究代表者

比嘉 広樹（Higa Hiroki）

琉球大学・工学部・准教授

研究者番号：60295300

研究成果の概要（和文）：本研究では、まずブリーフケースに収容可能な移動型モバイルアームを製作し、評価実験を行った。その結果、筋ジストロフィー疾患患者が本システムを用いて水分摂取できることが明らかにされた。次に、健常被験者の事象関連電位を計測し、そのデータからモバイルアームの操作に関わる特徴抽出の検討を行った。解析結果より、電極 C4、Pz の部位において 71 % の判別率が得られた。今後は、90 % 以上の判別率を得るための検討を行う必要がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have made a mobile robotic arm that can contain in a briefcase. The experimental results showed that using the mobile robotic arm system a person suffering from muscular dystrophy could drink water. We also recorded event related potentials of an able-bodied subject, processed and analyzed the measured data. It was found that we could obtain an average rate of accuracy of 71 % on both electrodes C4 and Pz. A rate of accuracy above 90 % should be needed to appropriately manipulate the mobile robotic arm for our future work.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：ロボットアーム、携帯型、食事支援、神経疾患

1. 研究開始当初の背景

(1) 神経難病や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）においては、種々の原因による筋力低下や筋萎縮のために、意思があっても自分の思うままに四肢を動かすことが難しくなり、日常生活動作が制限されてしまうことが頻繁に起こる。このため一人で食事を行うことができ

なくなる。これらの患者は家族や介護者らの介助により食事を行っており、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」のが現状である。他者と接する楽しい時間となるはずの「食事」において、患者の人権をないがしろにするにほぼ等しいこのような状況は、その精神的苦痛ははかり知れないと思われる。

(2) 神経疾患患者の生活の質 (QOL) の向上と、このような状況を改善することを目的に、本研究代表者らは神経疾患患者を対象とした食事支援のためのロボットアームを試作し、食事支援の検討を行っている。これまでの試作機は重量 20kg があり、可搬性が低いシステムであった。

2. 研究の目的

本研究では、神経疾患患者の生活の質の向上を目的として、自宅外での利用も考慮した、携帯可能なロボットアーム (モバイルアーム) システムを製作し、その評価を行う。誰でも容易に利用できる「孫の手」的な存在となるモバイルアームの開発を目指す。

3. 研究の方法

(1) 2010 年度では、まず携帯性を考慮し、アタッシュケースに収容可能な 7 自由度のモバイルアームを製作した。具体的には、アルミ材を加工し、モバイルアームの各構造部品を製作した。根元の 3 軸に関しては多大なトルク発生時にも耐えられるように、高トルク性を有するサーボにて駆動した。手先にかけての 4 軸については、小型・軽量でかつある程度の高トルク性を有するサーボを使用した。サーボの制御にはマイコンを使用し、電源回路も製作した。モバイルアーム本体の完成後、製作したモバイルアームのための基本制御プログラムを作成した。

(2) 健常被験者にモバイルアームを操作してもらい、ペットボトルを保持して水分摂取を行う評価実験を実施した。

(3) 次に、脳波を計測するための増幅器を試作した。擬似的な脳波信号として、周波数 10Hz、振幅 $25\mu V$ の正弦波信号を入力し、その信号対雑音比を測定した。同一の信号源を用いて市販の脳波計の信号対雑音比も同様に測定した。

(4) また健常被験者に光刺激によるオドボール課題を課した際の脳波計測を行った。電極の配置には、国際 10-20 法を用いた。

(5) 2011 年度では、まず前年度製作した、アタッシュケースに収容可能な 7 自由度のモバイルアームのサーボにおいて、ある一定以上のトルクが加わった場合にモバイルアームシステムが停止するように制御ソフトウェアの改良を施した。また利用者が非常時に手元で緊急停止するためのスイッチをコントローラに設けた。さらに、マイコンが暴走した際の利用者への接触事故を避ける目的で、フォトリフレクタと信号検出回路から構成される、非常停止装置を付加した。

(6) これらの安全対策ののち、モバイルアームを用いた水分摂取実験を行った。実験被験者は 3 名の筋ジストロフィー疾患患者である。3 名とも全身の筋力が低下して筋委縮が顕著であり、日常生活において寝ているとき以外は電動車椅子で生活している。食事の際には

介助が必要な状態である。3 名の患者が操作可能な専用のコントローラを製作後、実験を実施した。

(7) 次に、健常被験者に視覚刺激によるオドボール課題を課した際の脳波計測を行い、標的刺激 1 回ごとの計測データの、リアクションタイムが速いグループと遅いグループの電極 Pz と O1 に着目して解析した。電極には皿電極を使用し、電極の配置には、国際 10-20 法を用いた。

(8) モバイルアームを用いて、健常被験者 2 名による食事動作の実験を行った。食物には、おかゆとシューマイを用いた。

(9) 2012 年度では、まず画像処理手法により把持対象物の位置座標を取得する検討を行った。具体的には、手首部に Web カメラを取り付けたモバイルアームをテーブル上に固定し、そのベースを基準に座標系を設定した。ペットボトルを置いた際の位置座標を検出する評価実験を行った。

(10) 次に、被験者の脳波からモバイルアームの操作に関わる特徴抽出の検討を行った。まず 1:4 の割合で点滅する光刺激を健常被験者に呈示して、低頻度の光が点灯したときにボタンを押してもらったオドボール課題を実施し、その際の被験者の事象関連電位を計測した。電極には皿電極を使用し、電極の配置には国際 10-20 法を用いた。

(11) その後、計測した事象関連電位を加算平均処理して、ウェーブレット変換を行った。また、事象関連電位 P300 成分の潜時の範囲を 250 ms から 500 ms に設定した際の、各試行における脳波の潜時と振幅に関する線形判別を行った。

4. 研究成果

(1) アタッシュケース (36cm×25cm×9cm) に収容可能な 7 自由度のモバイルアームを製作した。そのシステム構成を図 1、外観を図 2 に示す。制御コントローラには、ノートパソコン、あるいはプッシュスイッチによる専用コントローラを用い、どちらでも操作できるように設定した。

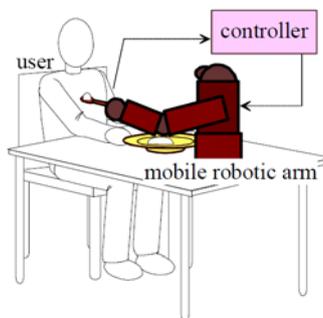
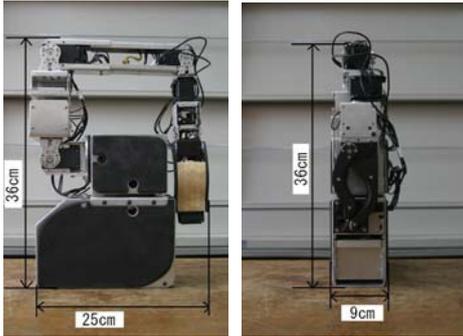


図 1 モバイルアームのシステム構成



(a)



(b)

(c)

図 2 製作したモバイルアームの外観。(a) アタッシュケース収容時。アタッシュケースから取り出した際の (b) 側面図と (c) 背面図。

(2) 健常被験者による水分摂取の実験結果を図 3 に示す。実験結果より、製作したモバイルアームを用いてペットボトルを保持し、水分摂取できることが示された。

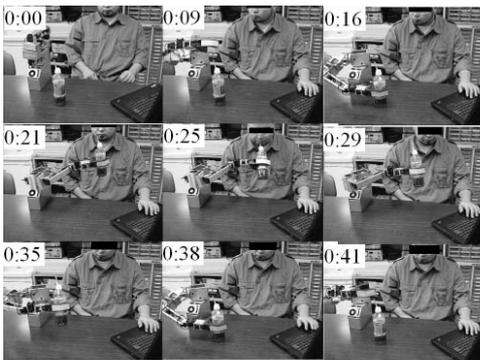


図 3 健常被験者による水分摂取の実験結果の 1 例。左上は経過時間を表す。

(3) 試作した増幅器の信号対雑音比を測定した結果、試作した増幅器の方が市販の脳波計よりも良い特性を示すことが明らかになった。

(4) 計測した脳波データをオフラインにて信号処理した結果、抽出された脳波データにお

いて事象関連電位 P300 が観測できることが示された。

(5) 追加した非常停止装置の概略図を図 4 に示す。本装置の付加により、非常時にはモバイルアームの手先の負荷の有無に影響されずにモバイルアームシステムが適切に停止することが実験的に示された。

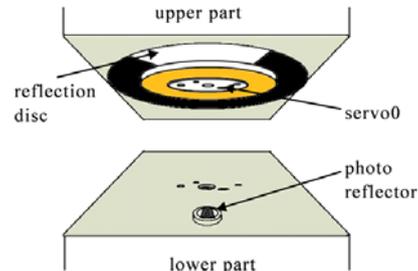


図 4 追加した非常停止装置。モバイルアームのベース部に取り付けた。

(6) 製作した筋ジストロフィー疾患患者専用の制御コントローラを図 5 に示す。実験結果より、筋ジストロフィー疾患患者でも本モバイルアームシステムの操作が可能であることが明らかになった。



図 5 製作した筋ジストロフィー疾患患者専用の制御コントローラ。右側のプッシュスイッチは制御入力スイッチ、左側のトグルスイッチは緊急停止スイッチである。

(7) 健常被験者に視覚刺激によるオドボール課題を課した際の脳波計測結果において、事象関連電位 P300 では Pz の方が最大振幅が大きく、潜時も長い傾向が見られた。一方、N100 では反対に O1 の方が最大振幅が大きく、潜時が短くなる傾向が見られた。

(8) 健常被験者による食事動作の実験結果を図 6 に示す。これは、おかゆの場合にはスプーンを使用し、シュウマイの場合にはフォークを用いるように制御プログラムを作成した例である。スプーンからフォークの持ち換えもスムーズに行えることが確認できた。また被験者双方において、各々のペースで食事

動作を行えることも確かめられた。さらに、Web カメラを用いた手指入力インタフェースをモバイルアームシステムに接続し、わずかな手指の動きでモバイルアームを操作できることも示した。

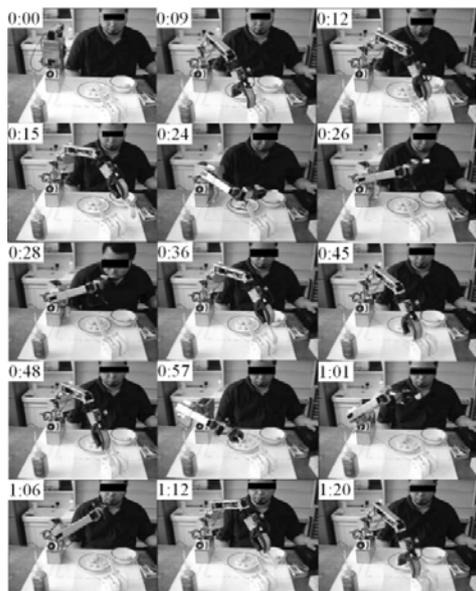


図 6 健常被験者による食事動作の実験結果の 1 例。左上は経過時間を表す。

(9) 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位置座標の取得結果を表 1 に示す。この結果より、数ミリ程度の誤差で位置座標の検出を行えることが明らかになった。またモバイルアームを用いてそのペットボトルも適切に把持できることが実験的に示された。

表 1 位置座標取得の実験結果

	位置座標の平均誤差 [mm]		
	x 軸	y 軸	z 軸
平均値	2.2	6.2	-1.5
標準偏差	2.9	1.3	4.2

(10) 被験者の脳波からモバイルアームの操作に関わる特徴抽出の解析を行った。ウェーブレット変換した際の低周波帯域における解析結果では、電極 F3、F7、T3 の θ 波が 200 ms 付近で大きく現れた。一方、高周波帯域における解析結果では、電極 C3、C4、Fz、Cz、Pz の β 波が 200 ms 付近で出現した。この結果から、200 ms 付近における β 波帯域も被験者の意思判別に利用できると考えられる。

(11) また線形判別の結果より、電極 C4、Pz の部位において 71% の判別率が得られた。モバイルアームの適切な制御を行うためには、90% 以上の判別率が必要と思われる。今後、

90% 以上の判別率を得るための検討を引き続き行う。

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 3 件)

- (1) H. Higa, “A Single-Finger Operated Noncontact User Interface,” Computer Technology and Application, 査読有, (in press).
- (2) H. Higa and V. K. Asari, “Development of a Video-Based User Interface for People with Severe Disabilities,” International Journal of Information Technology and Network Application, 査読有, Vol. 2, No. 2, pp. 23-30, 2012.
- (3) 上原英之、比嘉広樹、祖堅敬、波平宜敬、“肢体不自由者向けの携帯型食事支援ロボットアームの試作,” 電気学会論文誌、査読有、Vol. 131, No. 10, pp. 1-8, 2011.

[学会発表] (計 6 件)

- (1) H. Higa, “A Vision-Based Mobile Robotic Arm for People with Severe Disabilities,” IEEE EMBC2013, Osaka (in press).
- (2) 比嘉広樹、栗栖啓、上原英之、“携帯型食事支援ロボットアームの手先位置制御に関する検討,” 生体医工学シンポジウム 2012、大阪、pp. 565-568, 2012.
- (3) H. Higa, H. Uehara, and T. Soken, “Design of a Mobile Robotic Arm for People with Severe Disabilities,” Informatics in Control, Automation and Robotics, China, pp. 119-122, 2011.
- (4) B. Wang, H. Higa, H. Uehara, and T. Soken, “An Emergency Call Device for Wheelchair Users with Severe Disabilities,” Informatics in Control, Automation and Robotics, China, pp. 123-126, 2011.
- (5) H. Uehara, H. Higa, and T. Soken, “A Mobile Robotic Arm for People with Severe Disabilities,” Proc. of IEEE BioRob2010, Tokyo, pp. 126-129, 2010.
- (6) H. Higa, T. Soken, H. Uehara, and S. Suwazono, “An Evaluation Method for EEG Amplifiers’ Performance,” Proc. of International Congress of Clinical Neurophysiology2010, Kobe, p. S298, 2010.

[その他]

ホームページ等：特になし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

比嘉 広樹 (HIGA HIROKI)

琉球大学・工学部・准教授

研究者番号：60295300

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：