

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12883

研究課題名（和文）先天性上肢形成不全児のための小型軽量の電動義手の開発

研究課題名（英文）Development of a compact and lightweight electric prosthetic device for children with congenital upper limb deficiency

研究代表者

吉川 雅博（Yoshikawa, Masahiro）

大阪工業大学・ロボティクス&デザイン工学部・准教授

研究者番号：40584511

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）：先天性上肢形成不全児の欠損の状態は様々であり、それぞれの欠損の状態に合わせて提供できる電動義手はほとんど存在しない。そこで本研究では先天性上肢形成不全児のための小型軽量の電動義手の開発を行った。電動ハンド、電動肘、電動肩、ソケットをモジュール化し、距離センサを用いた操作システムと組み合わせることで、前腕欠損、上腕欠損、肩欠損のすべてに対応可能な電動義手を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、電動ハンド、電動肘、電動肩、ソケットをモジュール化し、距離センサを用いた操作システムと組み合わせることで、前腕欠損、上腕欠損、肩欠損のすべてに対応可能な電動義手を実現した。電動義手はユーザが使用できるレベルに達しており、これまで適当な電動義手の存在しなかった先天性上肢形成不全児（特に上腕欠損と肩欠損）に対して、新たな義手の選択肢を提供できる。

研究成果の概要（英文）：Children with congenital upper limb deficiency have a variety of defects, and there are few electric prosthetic devices that can be provided for each defect. In this study, we developed a compact and lightweight electric prosthetic device for children with congenital upper limb deficiency. By modularizing the electric hand, elbow, shoulder, and socket, and combining them with an operation system using distance sensors, we have realized the electric prosthetic device that can be used for all types of forearm, upper arm, and shoulder defects.

研究分野：福祉工学

キーワード：義手

1. 研究開始当初の背景

最新の研究によると、国内の先天性形成不全児の年間出生件数は、約 400 人と推計されている (Mano et al. 2018)。上肢の先天性形成不全児に対する支援機器として、小児用の前腕能動義手、前腕筋電義手が実用化されている。

前腕能動義手は、ケーブルの牽引により開閉可能なフック状の手先を、身体の動きを利用して操作する。安価なため入性は良いものの、ケーブル牽引用のハーネスを装着するために拘束感が強い、システム全体が重い、小児の力ではケーブル牽引が難しい、などの課題がある。

前腕筋電義手は人の手に近い外観を持ち、筋電による手先の開閉が可能である。小児には筋電を用いた操作を理解するのが難しい、高価にもかかわらず購入しても成長によりすぐにサイズが合わなくなる、重い、などの課題がある。最近では筋電義手を貸与する財団が設立されているが、筋電義手は高価なため貸与できる数は不足している。

前腕欠損に関しては上記の前腕義手が適用できる可能性はあるが、より重度の上腕欠損や肩欠損に関しては、適用できる義手がほとんどない。肘と手先を操作できる上腕能動義手は、重量や操作の難しさから、多くの小児に適用は困難である。1960 年前後に多数の先天性上肢形成不全児を生み出したサリドマイド事件では、上腕電動義手の開発が進められたが、実用化には至らなかった。

先天性上肢形成不全児が義手のような支援機器を用いない場合、日常生活や学習、遊びの場面において支障をきたす。両肩欠損の場合では、手の代わりに足を用いた日常生活を送るため、公共の場での活動に制限があり、また高齢になるにつれ、股関節などに障害が起きることが問題となっている。片側欠損の場合でも左右の重量や筋のバランスが悪いことによって側弯症などが起きることが知られている。このような背景から、当事者や医療従事者から先天性上肢形成不全児に適した電動義手が求められている。

2. 研究の目的

そこで、本研究では先天性上肢形成不全児（主に 5 歳から 12 歳までを対象）のための小型軽量の電動義手を実現する。図 1 に示すように、電動ハンド、電動肘、電動肩、ソケットをモジュール化し、筋隆起センサを用いた操作システムと組み合わせて用いることで、前腕欠損、上腕欠損、肩欠損のすべてに対応可能な電動義手を開発する。

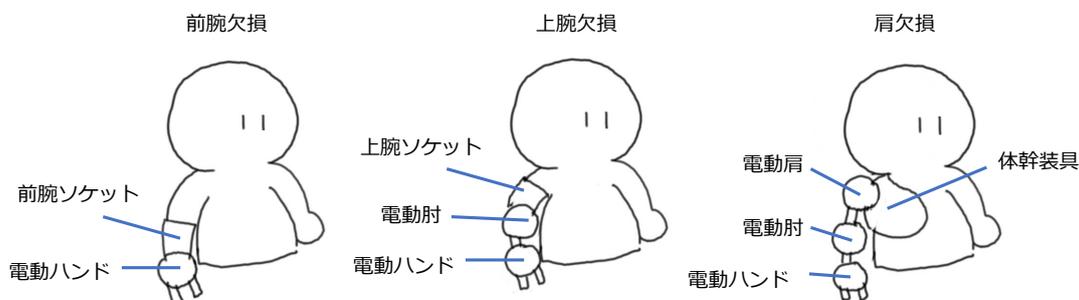


図 1 本研究で実現する電動義手

3. 研究の方法

本研究では、以下の 4 つの要素に関して開発を行った。

- (1) 電動ハンド
- (2) 前腕ソケットおよび設計ソフトウェア
- (3) 電動肘および電動肩
- (4) 筋隆起センサを用いた操作システム

上記の要素を組み合わせることにより、前腕欠損、上腕欠損、肩欠損に対応する義手を構成可能とする。

4. 研究成果

電動ハンド，電動肘，電動肩，ソケットをモジュール化し，筋隆起センサを用いた操作システムと組み合わせて用いることで，図2に示すように，前腕欠損，上腕欠損，肩欠損に対応可能な電動義手を構成可能とした。



図2 前腕欠損，上腕欠損，肩欠損に対応する3種の電動義手

(1) 前腕欠損用義手

前腕欠損用義手は，電動ハンド，ソケットから構成される．電動ハンドは電動義手 Finch をベースに，小児が使用できるように小型軽量化を行った．本電動ハンドは，対向配置の3指を持ち，リニアアクチュエータにより3指が同時に開閉される．フォトリフレクタを利用した筋隆起センサにより計測した前腕の筋隆起の大きさに基づき，指先の開閉が制御される．ソケットは，小児の成長に合わせて3Dプリンタで造形できるように，電動義手 Finch のソケット形状をベースに，前腕最大周径と前腕長のパラメータを入力すると，自動でソケットの3Dデータを作成できるソフトウェアを構築した．電動ハンドとソケットを合わせた総重量は274gとなった．円筒把持における把持力は12Nとなった．

前腕欠損小児1名によるユーザ評価を行った．図3に示すように，本義手によりティッシュペーパー，紐，小箱，クリップ，糊，電池，スプーン，フォーク，ナット，ボルト，鍵，コインなどの日用品のピックアンドブレースが可能であることを確認した．紙を義手で把持してハサミで切るなどの作業も可能であった．

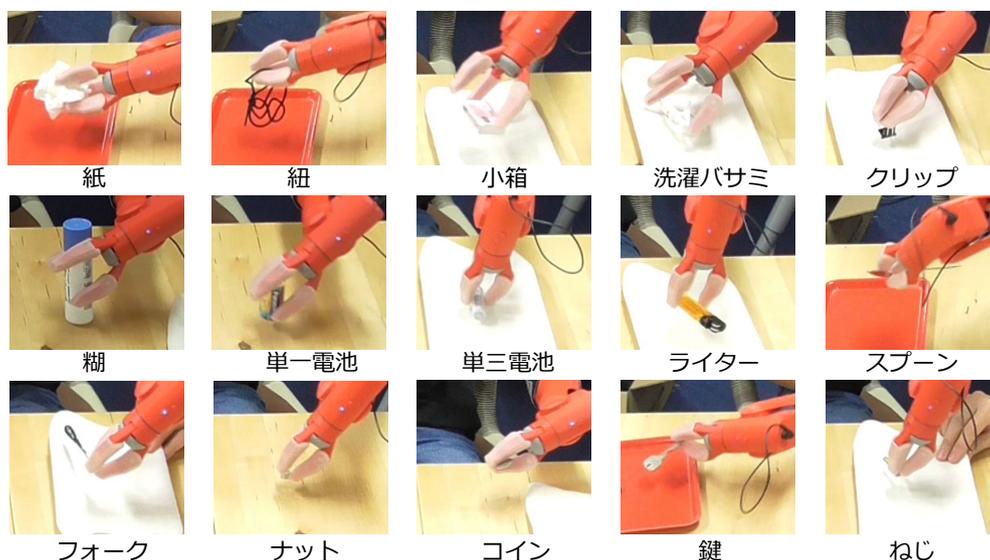


図3 前腕欠損用義手による物体把持の様子

(2) 上腕欠損用義手

上腕欠損用義手は，上記電動ハンドと，手継手，電動肘，1ch用コントロールボックスから構成される．手継手と電動肘は既存の義肢装具部品と同じ規格のパイプで接続した．電動肘は500gの物体を電動ハンドで把持した状態でも肘の屈曲伸展を可能とした．電動肘は1ch用コントロールボックスに接続した筋隆起センサにより操作する．総重量は484gとなった．

上腕欠損児1名によるユーザ評価を行った．SHAPテストで使用される，木製の球，板，円筒，三角柱，カップのピックアンドブレースが，体幹装具に装着した2個の筋隆起センサの操作により可能であることを確認した．

(3) 肩欠損用義手

肩欠損用義手は、上腕欠損用義手に電動肩を組み合わせるにより構成される。電動肘と電動肩の両方の操作が必要となるため、2チャンネルの筋隆起センサを接続できる2ch用コントローラを開発した。肩欠損用義手は体幹装具に接続し、筋隆起センサは体幹装具内側に装着することで、肩甲骨などの動きで操作することを想定した。総重量は529gとなった。

肩欠損用義手については、コロナ渦により当事者の評価ができなかった。そのため、健常者5名が筋隆起センサにより電動ハンド、電動肘、電動肩を独立に操作することによって、机の上に置かれた日用品（せんべい、ぬいぐるみ、ブロック、ボール）のピックアンドプレースが可能であるか評価した。その結果、すべての参加者において、30秒以内に達成できることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 吉川 雅博	4. 巻 47
2. 論文標題 義手開発における3Dプリンタの可能性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 総合リハビリテーション	6. 最初と最後の頁 947-953
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Toya Kobayashi, Masahiro Yoshikawa, Kazunori Ogawa, Satoko Ohmatsu, and Noritaka Kawashima
2. 発表標題 Compact and Lightweight Transradial Electric Prosthesis for Children with Forearm Deficiency
3. 学会等名 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2019), (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shotaro Funaki, Masahiro Yoshikawa
2. 発表標題 Assistive Finger with an Adaptive Mechanism to Object Shape for Persons with Finger Dysfunction
3. 学会等名 Proc. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuma Yamanaka, Masahiro Yoshikawa
2. 発表標題 A Prosthetic Hand with Three Opposing Fingers Driven by a Hydraulic Actuator
3. 学会等名 Proc. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉川雅博, 上山なつめ
2. 発表標題 用途に応じて交換可能な球をモチーフとした幼児用手先具
3. 学会等名 第37回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川雅博
2. 発表標題 一人のための義手開発 - デジタルファブリケーションが変える福祉機器開発の現場 -
3. 学会等名 NCA Annual Conference 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪工業大学アシスティブデバイス研究室 https://assistive-device.org/
--

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

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
---------	---------