

令和元年6月20日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01549

研究課題名（和文）装飾義手の外観に把持機能を備えた軽量・低コストの電動義手の開発

研究課題名（英文）Low cost and lightweight prosthetic hand with a cosmetic glove and grasping function

研究代表者

吉川 雅博（Yoshikawa, Masahiro）

大阪工業大学・ロボティクス&amp;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） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、装飾義手の外観に把持機能を備えた軽量・低コストの電動義手の実現を目的とする。これを実現するため、1)手に酷似した外観を備え、指機構と親和性の高い装飾グローブ、2)モータで牽引するワイヤにより駆動する5指義手、3)湾曲型空気圧人工筋で駆動する5指義手、4)距離センサアレイを用いた手の動作推定手法、について研究を行った。開発した義手は、前腕欠損者が参加したユーザテストで有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、装飾グローブ、ワイヤで駆動する5指義手、湾曲型空気圧人工筋で駆動する5指義手、距離センサアレイを用いた手の動作推定手法、の開発を行った。これらの研究成果を活用することにより、新しい5指義手を実現することが可能となり、前腕欠損者に対して新たな義手の選択肢を提供できる。開発した2種の義手は、ユーザが実際に装着して使用できるレベルを達成している。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study is to develop a low cost and lightweight prosthetic hands with a cosmetic glove and grasping function. We conducted the following research to develop the hand. 1)Flexible cosmetic glove with realistic appearance, 2)Wire-driven five-fingered electric prosthetic Hand, 3)Five-fingered prosthetic hand driven with curved pneumatic artificial muscles, 4) Hand motion estimation using a distance sensor array. The effectiveness of the hands was verified with user tests in which an amputee participated.

研究分野：福祉工学

キーワード：義手

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

国内の前腕切断者に処方される義手の80%以上が装飾義手である。装飾義手は手に酷似した外観のため切断者が心理的に受け入れやすく、価格が安く、軽量であるためである。しかし、装飾義手は把持機能を持たないために、日常生活では不便ことが多い。

一方、Michelangelo, i-limb, bebionic など5指の筋電義手が製品化されており、世界的に高機能な筋電義手の研究開発に注力されてきた。

しかし、筋電義手の国内処方数は全体の2%程度にとどまっている。これは最も低価格なOttoBockの3指筋電義手でも150万円と高価（5指筋電義手は300万円以上）であり、現行の補装具支給制度では入手が容易ではないことが大きな原因の一つである。また、筋電義手が専用グローブを装着もしくはそのままの状態で使用するために、装飾義手ほど外観が自然ではなく、切断前の手と同様の外観を求める切断者にとって筋電義手を選択しづらいという理由もある。その他にも、高機能化により重いこと、海外製のため保守性が低いこと、医療機関で手軽に試用できる環境が整備されていないことも普及が進んでいない原因である。現在の筋電義手は、複数の把持動作を実現するために価格や重さが犠牲になり、切断前の手の外観を取り戻したいという切断者のニーズを満たせておらず、把持機能、手の外観、重さ、コストをバランスさせた電動義手が必要である。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、装飾義手の外観に把持機能を備えた軽量・低コストの電動義手を開発し、上肢切断者に新たな電動義手の選択肢を提供することを目的とする。義手の外観で重要となる装飾グローブ、能動的および受動的な動作を実現する指の動作機構、使用者の操作意図を検出するセンシング手法、を中心に研究開発を行う。

### 3. 研究の方法

本研究では、以下の3点に関して研究を行った。

- (1)手に酷似した外観を備え、指機構と親和性の高い装飾グローブの開発
  - (2)能動的および受動的な動作を実現する指の動作機構の開発
  - (3)使用者の操作意図を検出するセンシング手法の開発
- 具体的な方法とその成果は、次節で合わせて示す。

### 4. 研究成果

#### (1)手に酷似した外観を備え、指機構と親和性の高い装飾グローブ

佐藤技研の協力の元、リアルな外観を実現する装飾グローブの開発を行った。本装飾グローブは、内蔵する指の動作を阻害しないように、通常の装飾グローブよりも薄く柔らかく、また母指と示指での対立把持を可能とするために親指を延伸した。リアルな外観を持ちながら、把持に適した形状を備え、柔軟な装飾グローブを実現した。

#### (2)能動的および受動的な動作を実現する指の動作機構

指の動作機構に関しては、サーボモータによるワイヤ駆動方式、湾曲型空気圧人工筋を骨格に用いた駆動方式の2種類を検討した。

##### (2)-1 サーボモータによるワイヤ駆動方式

本方式では、単一のサーボモータでワイヤの牽引を行い、5指屈曲を行う。一方、5指の伸展は、上記(1)で開発した装飾グローブの弾性を用いた。これにより、単一のサーボモータを用いて5指の屈曲と伸展を制御できる。本方式は、ユーザ自身による能動的な操作だけでなく、外力に対しても受動的な動作を行うことを可能とした。本方式を用いた3Dプリント義手を試作し、前腕欠損者（男性、30代）による上肢機能評価テストSHAP、日用品（財布、ペットボトル、本、スマートフォン、ペン、メジャー）の把持テストを行った。その結果、SHAPではすべてのタスクに成功し、日用品の把持テストではすべて把持可能であり、日常生活における義手の有効性を確認した。図1に6種の日用品を把持している様子を示す。グローブを除く製作コストは5万円以下となり、低コストで製作可能である。ソケットを含む総重量は530gであり、通常の筋電義手の半分程度の重さとなった。

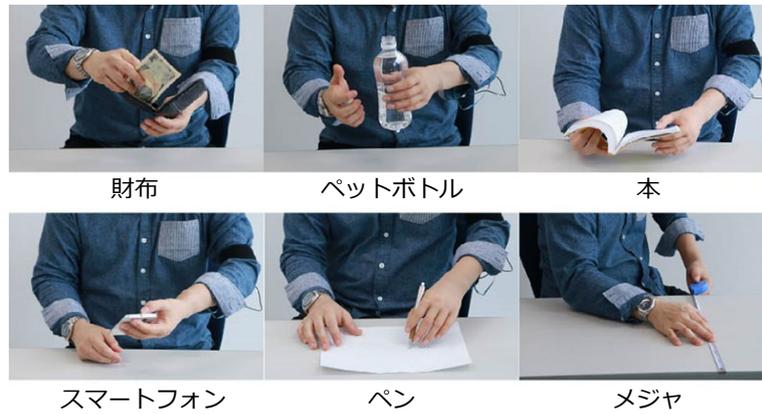


図1 ワイヤ駆動方式5指義手による日用品の把持の様子

### (2)-2 湾曲型空気圧人工筋を骨格に用いた駆動方式

湾曲型空気圧人工筋は、ゴムチューブと伸縮率の異なる2種類の布で構成されており、柔軟な特性を持つ。この人工筋を指の骨格兼アクチュエータとして使用することで、柔軟な把持と自然な動作を実現した。ハンド内部に電動アクチュエータや複雑な機構を持たないため、従来の5指義手と比較して大幅に重量を軽減することが可能となった。人工筋の湾曲した形状に追従するため、各指は2重関節を備えている。母指のCM関節を多自由度にすることで、把持パターンを受動的に変更することが可能である。本方式を用いて図2に示す3Dプリント義手を試作し、前腕欠損者(男性, 30代)による上肢機能評価テストSHAP, 日用品(財布, ペットボトル, 本, 紙)の把持テストを行った。その結果, SHAPではすべてのタスクに成功し, 日用品の把持テストではすべて把持可能であり, 日常生活における義手の有効性を確認した。世界的に見ても, 湾曲型空気圧人工筋を骨格に用いて実用レベルで使用可能な義手はなく, 初の試みである。



図2 湾曲型空気圧人工筋を用いた5指義手

### (3) 使用者の操作意図を検出するセンシング手法

義手の操作用インタフェースへ応用するため、ユーザの動作意図を検出するセンシング手法の検討を行った。図3に示すように、距離センサ10個をアレイ状に配置し、前腕に容易に装着可能な距離センサアレイを開発した。距離センサアレイは手の動作に応じた前腕の形状変化を計測することが可能である。この距離センサアレイを用いて計測した前腕形状変化と手の動作の関係を機械学習の手法により学習することによって、手の動作を推定した。機械学習手法にSVMを用いた場合、手の7動作(手関節屈曲, 手関節伸展, 手を開く, 手を閉じる, 前腕回内, 前腕回外, 中立位)を95.2%(5名の実験参加者による平均)で識別できた。また、機械学習手法にSVRを用いて、手関節, 示指のMP関節, 前腕回内外の角度を推定した場合、モーションキャプチャで計測した値とのRMSEがそれぞれ、 $4.6^\circ$ ,  $6.6^\circ$ ,  $5.3^\circ$ の精度で推定できた(3名の実験参加者による平均)。前腕形状から関節角度レベルで手の動作を精度よく推定できることを示した。



図3 距離センサアレイ

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

- [1] 吉川雅博, "3D プリンタで製造する電動義手," 日本義肢装具学会誌, vol. 32, no. 3, pp. 154-159, 2016 (査読無) .

〔学会発表〕（計7件）

- [1] 根本裕介, 小川和徳, 吉川雅博, "F3Hand: 湾曲型空気圧人工筋により駆動する5指義手," 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2018), pp. 1A2-12, 2018 (査読無) .
- [2] Sung-Gwi Cho, Masahiro Yoshikawa, Ming Ding, Jun Takamatsu, Tsukasa Ogasawara, "Estimation of Hand Motion Based on Forearm Deformation," IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2018), pp. 2291-2296, 2018 (査読有) .
- [3] Yusuke Nemoto, Kazunori Ogawa, Masahiro Yoshikawa, "F3Hand: A Five-Fingered Prosthetic Hand Driven with Curved Pneumatic Artificial Muscles," Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2018), pp. 1668-1671, 2018 (査読有) .
- [4] Sung-Gwi Cho, Masahiro Yoshikawa, Ming Ding, Jun Takamatsu, Tsukasa Ogasawara, "Hand Motion Recognition Using a Distance Sensor Array," IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2017), pp. 1459-1484, 2017 (査読有) .
- [5] 趙崇貴, 清川拓哉, 友近圭汰, 吉川雅博, 小笠原 司, 前腕形状計測に基づく手の動作認識によるロボットアームの操作, "ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017, pp. 941-944, 2017 (査読無) .
- [6] 趙崇貴, 吉川雅博, 丁明, 高松淳, 小笠原司, 距離センサアレイを用いた前腕形状計測に基づく手の関節角度の推定, "日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017 (ROBOMECH2016), pp. 2P2-M07, 2017 (査読無) .
- [7] 神田将輝, 吉川雅博, 丁明, 高松淳, 小笠原司, 河島則天, "電動回内外機構と受動的把持機構を備える装飾義手の開発," 第17回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2016), pp. 304-2, 2016 (SI2016 優秀講演賞, 査読無) .

〔その他〕

- [1] James Dyson Award 2018 日本国内3位受賞 (湾曲型人工筋を用いた5指義手 F3Hand)
- [2] アシティブデバイス研究室 Web サイト <http://assistive-device.org/>

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。