

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：14603

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25871200

研究課題名(和文)操作性とデザイン性を両立した軽量・低コストな作業用電動義手の開発

研究課題名(英文)Low-cost and lightweight functional prosthesis considering functionality and design

研究代表者

吉川 雅博(Yoshikawa, Masahiro)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：40584511

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、機能性とデザイン性に優れた軽量・低コストの電動義手を提案した。対向配置の3指をリニアアクチュエータで制御する機構とすることで、低コスト化と軽量化を図りつつ、優れた作業性を実現した。また、安価な距離センサを用いることで、筋電センサ同様の直感的な操作性を低コストで実現した。切断端とのインタフェースとなるソケットは、場面に応じて使い分けられるように、容易に着脱可能とした。道具として洗練された外観を備え、3Dプリンタで安価に製作可能である。総重量は300gである。前腕切断者を対象としたSHAPテストによって、本義手が6種の基本的な把持動作や日常生活動作において有効であることを確認した。

研究成果の概要(英文)：We developed a low-cost and lightweight electric prosthesis with three opposed fingers considering functionality and design. A simple mechanism to control fingers by a linear actuator contributes to satisfactory workability, lightweight, and low cost. A control system using an inexpensive distance sensor allows intuitive operability as the myoelectric sensor at low cost. A socket is easily removable so that users can wear properly as the situation demands. It has a sophisticated appearance as a tool and can be produced by a 3D printer. The total weight of the hand and socket is 300 g. Evaluation tests utilizing Southampton Hand Assessment Procedure (SHAP) demonstrated that developed prosthesis was effective to operate light objects for daily use.

研究分野：福祉工学

キーワード：義手 3Dプリンタ

1. 研究開始当初の背景

現状、前腕切断者が選択可能な作業用義手には、大きく分けて能動フックと筋電義手がある。能動フックは切断肢と反対側の肩の動きを利用してケーブルを牽引しフック状の手先の開閉を操作する義手であり、作業性が高い。短所は、ケーブルを牽引するハーネスを体に装着するため装着感が悪く、フックのデザインが大きく外観を損ねている点である。能動フックは製品化から約 50 年経っているが、機構や外観は変化しておらず、研究開発はほとんど進んでいない。

一方、筋電義手は人間の手に近い自然な外観を有し、前腕から計測可能な筋電位を信号源として指の動作を行うため、自然な操作性が得られる特長がある。Otto bock 社は第 2 次世界大戦後、3 指での把持が可能な Myobock を製品化し、最近では 5 指による自然な動作が可能な Michelangelo Hand を開発している。また、Touch Bionics 社も同様な 5 指 Hand iLimb を製品化している。これらの手は人の手と同じ 5 指による動作を実現しているものの、機構が複雑となり高価である。そのため、日本の補装具の支給制度では支給申請が難しく、製品化はされていても前腕切断者がこれらの筋電義手入手することは容易ではない。また、筋電義手は重量があるため、ようやく入手してもその重さに慣れず、使用を中止する切断者も多い。これらの作業用義手の課題が障害となり、前腕切断者の多くは作業用義手を使用しておらず、機能性の低い装飾義手を使用している。

2. 研究の目的

そこで、人間の手に近い外観・動作の実現を目指す従来の研究開発とは一線を画し、能動フックの作業性・筋電義手の自然な操作性と、道具としての機能美を持った外観デザインを両立した、軽量・低コストな作業用電動義手を実現したいと考えた。このような着想のもと、申請者は 2011 年より作業用電動義手の開発に着手し、初期プロトタイプ製作に取り組んできた。本研究では初期プロトタイプで提起した技術的課題に対しさらなる解決を図り、全体の完成度を高めることで義手の実用化を狙う。

3. 研究の方法

図 1 に試作した電動義手(左手用)の外観と図 2 に内部機構を示す。義手の構成要素は、大きく分けてハンド、ハンドホルダ、ソケット、距離センサ、サポータに分けられる。ハンドはリニアアクチュエータで開閉する対向配置の 3 指を備える。前腕に距離センサを装着し、筋収縮時におけるセンサと皮膚表面間の距離変化に応じて指の開閉を行う。切断端を挿入するソケットは、サポータの留め具で締め付けることで容易に装着できる。ソケットを含む重量は 300g、低コスト(4 万円程度)で試作可能である。

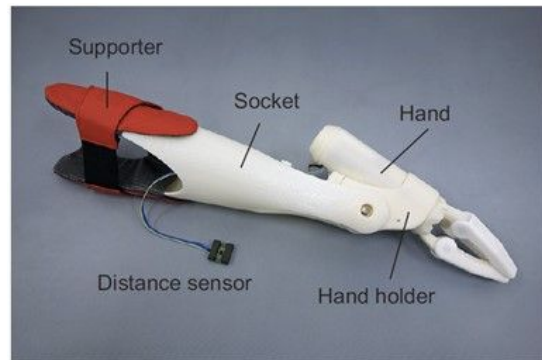


図 1 電動義手の外観

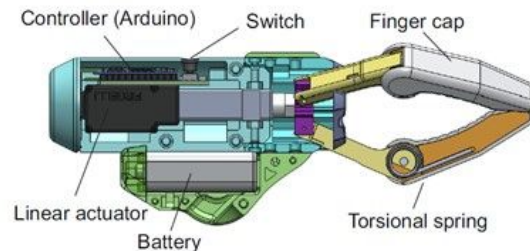


図 2 義手の内部機構

(1) 対向配置の 3 指

提案義手は対向に配置された同一形状の 3 指が同時に開閉することにより対象を把持する。図 3 のように手先の位置を二等辺三角形となるように配置することによって、各指が干渉することなくペットボトルなどの円筒形の物体を把持(握力把持)することが可能となっている。図 4 の左図に示すように、OttoBock 社などの 3 指の筋電義手は、リンクの運動方向が回転軸に対して直交しているため、平板状の対象を把持する場合、回内外を行わずに把持可能な方向は 1 種類のみである。一方、図 4 の右図に示すように、3 指を対向に配置すると、回内外を行わずに 3 種類の把持方向が可能である。そのため、肩や体幹の動きで回内外の動きを補償する代償動作を抑制し、無理の無い姿勢での操作が可能となる。図 5 に示すように、リニアアクチュエータで 3 指を直接制御するシンプルな機構により、軽量・低コスト化も実現できる。

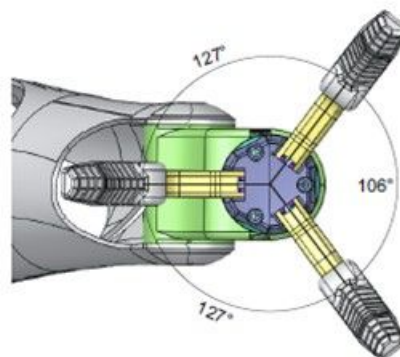


図 3 手先の配置

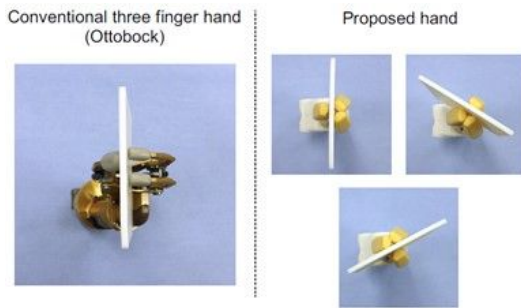


図4 既存の義手との把持可能方向の比較

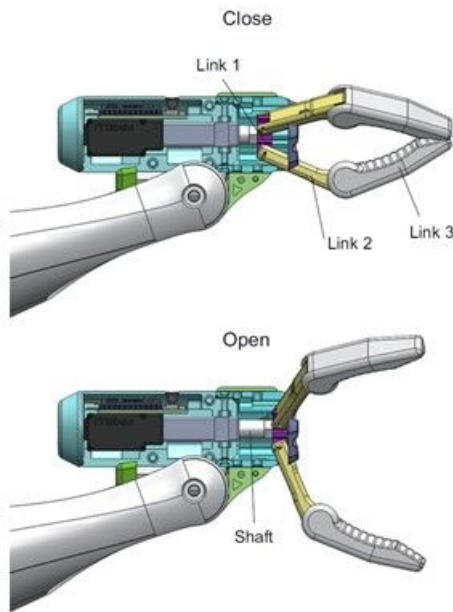


図5 指開閉の機構

(2) 距離センサに基づく操作システム

図6に示す反射型光距離センサ(フォトリフレクタ)で捉えた、筋収縮時におけるセンサと皮膚表面間の距離変化に基づく操作システムを備える。筋電義手の筋電センサと同様の直感的な操作性が、低コストで(1000分の1程度)実現できる上、非接触のため汗による誤動作を起こしにくい。安静時と筋力発揮時のセンサデータを用いて、短時間で個人に適応可能なアルゴリズムを実装している。

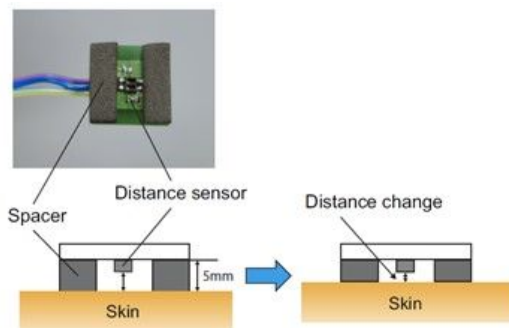


図6 距離センサ

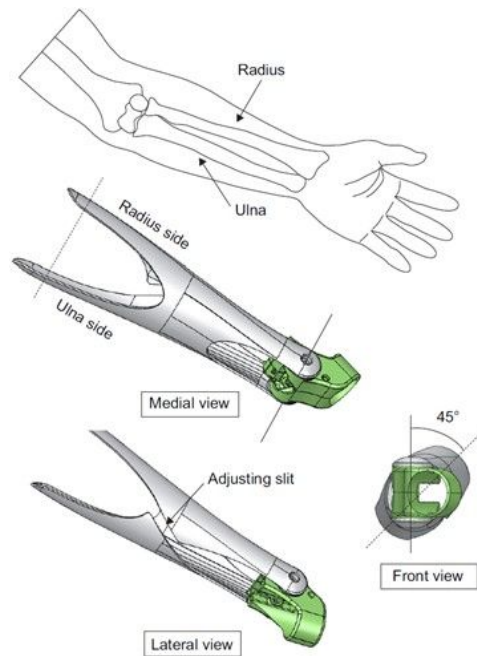


図7 切断端を挿入するソケットのデザイン

(3) 容易に着脱可能で快適なソケット

従来の義手は切断端を挿入するソケットを、義肢装具士が時間をかけて適合・製作する必要があり、気軽に義手を製作することを困難にしていた。本ソケットは、切断端のサイズに合わせて調整可能であり、専用サポータで締め付けることで容易に装着できる(図7)。サポータ裏地は、抜け落ち防止と快適性を実現する特殊素材となっている。このソケットとサポータによって、装飾義手ユーザでも本義手を容易に着脱して作業に用いることができる。

(4) 道具として洗練されたデザイン

提案義手は、人間の手の外観を模倣するのではなく、日常作業に用いる道具としての機能美を重視して外観をデザインしている。対向配置の3指、着脱が容易なソケット、距離センサを用いた操作システムなどの機能性を担保しながら、身体と調和する滑らかな曲線から成る外観デザインにアプローチしている。指先キャップとサポータの色の組み合わせを変更するだけで、義手の印象を変えることが可能である。

4. 研究成果

試作義手の有効性を検証するため、前腕切断者による評価を行った。被験者は1名の左前腕切断者(男性、60代)である。評価には上肢機能の評価テストであるSHAPを用いた。SHAPは日常生活における把持タイプの使用頻度の分析などに基づき、図8に示すような手が日常的に行う6種の把持の能力を評価する。軽量物(木材)または重量物(金属)から成る12種の抽象物体を、机上の規定の位置へ移動に要する時間により評価を行う。

表1にテストの結果を示す。軽量物に関しては、すべての把持タイプで7秒以内に達成できた。重量物については、側面つまみ(Lateral)を除いて10秒以内に達成できた。重量物の側面つまみ以外の11課題は困難なく達成出来たことから、前腕切断者が試作した義手を用いて6種の把持を反映した抽象物体の操作が可能であることを確認できた。日常的に作業用義手を使用しない切断者が10分程度の練習で操作できるようになったことから、距離センサを用いた操作システムが有効であることが示された。また、被験者は短断端であったが、物体を把持した状態でもソケットから切断端が抜け落ちず、十分な懸垂力が発揮できることが示された。

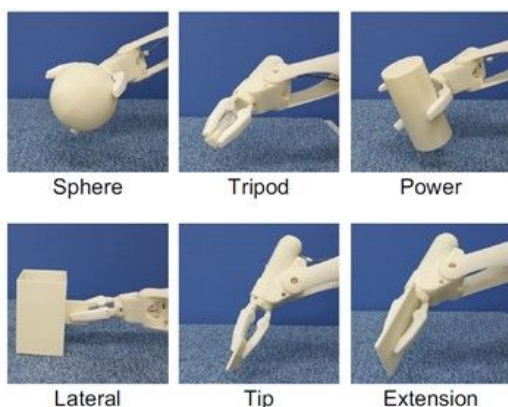


図8 義手による6種の抽象オブジェクトの把持

表1 SHAP テストの結果

Grip type	Time [s] (weight [g])	
	Light	Heavy
Sphere	5.1 (18)	9.8 (530)
Tripod	5.1 (1)	6.5 (21)
Power	4.8 (12)	8.1 (530)
Lateral	6.0 (2)	F (143)
Tip	6.2 (1)	5.0 (71)
Extension	6.5 (21)	6.1 (236)

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1件)

吉川雅博, 田口裕也, 阪本真, 山中俊治, 松本吉央, 小笠原司, 河島則天, "機能性とデザイン性を考慮した軽量・低コストの対向3指義手," 日本ロボット学会誌, vol.32, no.5, pp.456-463, 2014, 査読有 DOI: 10.7210/jrsj.32.456

[学会発表](計7件)

松永拓也, 吉川雅博, 丁明, 高松淳, 小

笠原司, "手指機能障害者の第3の手となる生活支援デバイス," 第16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(SI2015), pp.3B3-3, 名古屋市国際会議場(愛知県名古屋市), 12月, 2015.

Masahiro Yoshikawa, Ryo Sato, Takanori Higashihara, Tsukasa Ogasawara, Noritaka Kawashima, "Rehand: Realistic Electric Prosthetic Hand Created with a 3D Printer," Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2015), pp.2470-2473, Mirano, Italy, Aug, 2015.

吉川雅博, 佐藤諒, 小川和徳, 小笠原司, 山中俊治, 河島則天, "3Dプリンタで作る2種の電動義手," ロボティクスメカトロニクス講演会2015(ROBOMECH2015), pp.2A2-110, みやこめっせ(京都府京都市), 5月, 2015.

佐藤諒, 吉川雅博, 高松淳, 小笠原司, 河島則天, "3Dプリンタで製作するリアルな外観の電動義手," 第15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(SI2014), pp.3B4-3, 東京ビックサイト(東京都), 12月, 2014.

Masahiro Yoshikawa, Yuya Taguchi, Shin Sakamoto, Shunji Yamanaka, Tsukasa Ogasawara, Noritaka Kawashima, "Finch: Three-fingered Functional Hand Created by 3D Printer," Myoelectric Controls Symposium (MEC2014), pp.286, Fredericton, Canada, Aug, 2014.

Masahiro Yoshikawa, Yuya Taguchi, Shin Sakamoto, Shunji Yamanaka, Yoshio Matsumoto, Tsukasa Ogasawara, Noritaka Kawashima, "Trans-Radial Prosthesis with Three Opposed Fingers," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2013), pp.1493-1498, Tokyo (Tokyo Big Sight), Japan, Nov, 2013.

吉川雅博, 田口裕也, 阪本真, 山中俊治, 松本吉央, 小笠原司, 河島則天, "3Dプリンタで製作可能な電動義手," 第15回医療福祉技術シンポジウム, pp.37-40, 産業技術総合研究所(東京都), 9月, 2013.

[図書](計1件)

吉川雅博(分担), 3Dプリンタが変える電動義手のかたち, 第3章 第8節, シンギュラリティ: 限界突破を目指した最先端研究, pp.252-255, 近代科学社, 3月, 2016.

〔その他〕
ホームページ等
<http://assistive-device.org/index.html>

6．研究組織

(1)研究代表者

吉川 雅博 (YOSHIKAWA, Masahiro)

奈良先端科学技術大学院大学・

情報科学研究科・助教

研究者番号：40584511