

多様な日用品の操作を実現する対向3指の機能義手 Finch の開発

Finch: Functional Prosthetic Hand with Three Opposed Fingers for Operating Various Objects

○ 吉川雅博（大阪工業大学）

Masahiro YOSHIKAWA, Osaka Institute of Technology

Abstract: In this paper, we report functional hand “Finch”. It is lightweight, low-cost, three-fingered functional prosthesis created by 3D printing technology. It was designed for amputees easier to get-fit-use in their daily living as an alternative to the conventional prosthesis. A simple mechanism to control fingers by a linear actuator contributes to workability, lightweight, and low cost. A control system using an inexpensive distance sensor allows intuitive operability at low cost. A socket is easily removable. It has a stylish appearance as a tool and can be produced by a 3D printer. The total weight of the hand and socket is 380 g.

Key Words: prosthetic hand, 3D printer, distance sensor, supporter socket

1. はじめに

身体障害者更生相談所の平成 22 年度の義手の新規処方件数において、86.3%が把持機能を持たない装飾義手であった⁽¹⁾。装飾義手以外にも、能動義手、筋電義手などが前腕切断者の選択肢となるが、いずれも処方件数は5%以下である。能動義手は、筋電義手に比べ低価格で作業性の高い義手であるが、ハーネス装着の手間、手先のデザインや操作性に課題がある。筋電義手は、手に近い外観を有し、筋電を用いた操作システムは操作性に優れたものの、能動義手ほど作業性は高くなく、800g以上の重量、150万円以上の価格に課題がある。能動義手、筋電義手ともに優れた機能性を持ちながらも、これらの義手が抱えるいくつかの課題により、多くの義手ユーザは装飾義手を選択している。

このような現状を踏まえ著者らは、軽量・低価格で作業性と操作性に優れた3指電動義手Finchを実用化した⁽²⁾⁽³⁾。Finchは把持安定性の高い3指をシンプルな機構で制御することによって、高い作業性を実現し、3Dプリント技術も活用することで、軽量・低価格化を図っている。また、距離センサによる筋隆起検出に基づく操作システムや義手を容易に着脱可能とするサポータソケットなど義手の操作性や装着性に関わる新しい提案を行っている。本稿ではFinchの主に機能面に焦点を当て、解説する。

2. 3指機能義手 Finch

Finchの外観を図1に示す。Finchは大きく分けてハンド、距離センサ、サポータソケットから構成され、ハンドにはモータ、コントローラ、電池が内蔵されている。Finchの仕様を表1に示す。Finchは軽作業での使用を想定しているため、500gのペットボトルが持てる程度の把持力、約8Nとした。650mAhの9Vリチウムイオン充電電池を使用した場合、約8時間の連続使用が可能である（30秒に1回の開閉を行うと想定した場合）。総重量は380gで通常の筋電義手の半分以下である。ハンドにはボタンが1個あり、キャリブレーションや指先のロックを行う。

Finchの特長は以下の4点である。

- (1)多様な日用品を把持可能な対向配置の3指
- (2)容易に着脱可能なサポータソケット
- (3)距離センサによる筋隆起検出に基づく操作システム
- (4)3Dプリンタ製造による軽量・低価格化

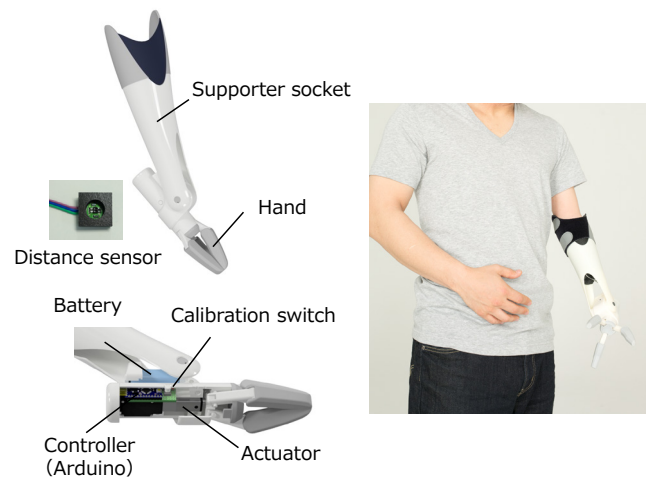


Fig. 1 Appearance of the Finch

Table 1 Specification of the Finch

Weight	380 g (Hand:250 g, Socket:130 g)
Max pinch force	8 N
Battery life	8 h (Lithium ion, 650 mAh)
Time from closing to opening	1.5 s

2.1 多様な日用品を把持可能な対向配置の3指

図2にFinchの把持機構と指の構造を示す。Finchは把持安定性を高めるため対向配置した3指を、1個の直動モータで同時駆動することによって把持を行う。指先にはシリコンキャップを被せることで、全面に滑り止めが効いている。また、指にはトーションバネが内蔵され、対象になじむようになっている。これらの工夫によって、図3に示すペットボトルのような太いものから、紙のような薄いものまで、多様な日用品を把持・操作可能である。フォークやペンのような細い道具は、3指とハンド本体のシリコン部分との4点把持となり、安定して把持できる。

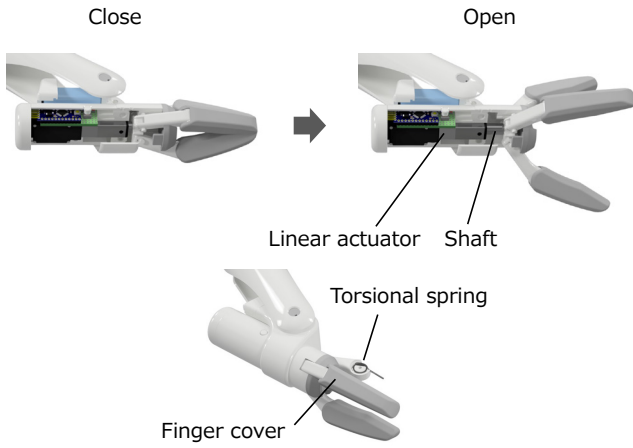


Fig. 2 Mechanism of the opening/closing the fingers



Fig. 3 Examples of daily objects grasping with the Finch

2.2 容易に着脱可能なサポータソケット

Finch は図 4 に示すサポータソケットと呼ぶ、独自のソケットシステムを採用している。樹脂ソケットフレームを 4 サイズから選択し、これに被せて使用する布サポータのバンドで締め付けることで、義手を装着できる。ソケットフレームは橈骨と尺骨を挟み込むような構造になっており、調整用スリットでサイズの微調整が可能である。サポータの内側は適度な摩擦力が得られる特殊素材になっており、断端の抜け落ちを防ぐ。断端には布サポータが接触するため、装着感は柔らかく快適である。また、断端をソケット内に密閉しないため夏場でも汗の問題がなく、サポータは洗濯できるので衛生的である。サポータソケットとハンドをつなぐ手首の関節は、 0° から 90° まで受動的に可動する。

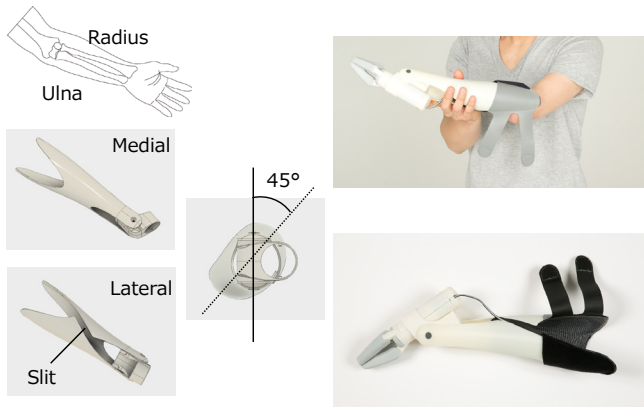


Fig. 4 Structure of the supporter socket

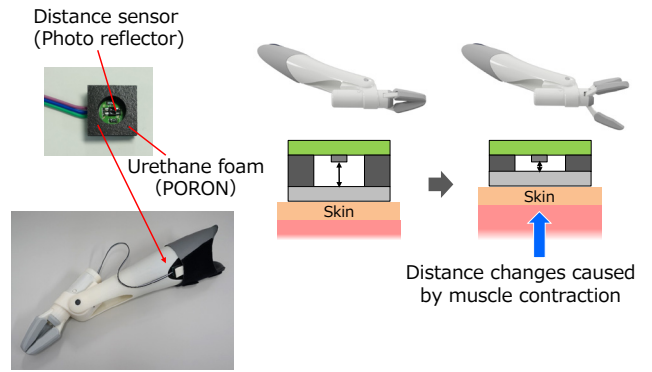


Fig.5 The structure of the distance sensor

2.3 距離センサによる筋隆起検出に基づく操作システム

Finch は距離センサを用いた操作システムを採用している。図 5 に示すように、筋収縮による皮膚表面の隆起の度合いをフォトリフレクタで検出し、その度合いに応じて指先を開閉する。フォトリフレクタの周囲はフォーム材で囲み、樹脂の蓋で密閉しているため、外光の影響は受けない。

筋隆起の個人差に適応するためのキャリブレーションは、筋収縮していない安静状態 2 秒間と、筋収縮状態の 2 秒間の計測を行い、ハンド本体の 1 個のボタン操作により 5 秒以内で完了する。

距離センサは筋電センサとは異なり、電極が皮膚に接触する必要がないため、布を介しても計測できる。そのため、先に示したサポータソケットとの親和性が高く、図 5 に示すサポータのポケットに距離センサを挿入して動作意図を検出できる。Finch は基本的には従来の筋電義手と同様の訓練が適用可能である。ただし、4 サイズから一番近いソケットサイズを選ばずすぐに装着して試用できる点、自身の筋収縮と距離センサの押し込み具合との関係が理解しやすい点は従来の筋電義手とは異なる。これまで 20 名以上のユーザに試用していただいたが、ほとんどの方は 10 分ほどの練習で簡単な物体把持ができるようになった。欠点としては、距離センサの性質上、外部から物理的に押されると誤動作してしまうため、肘の姿勢変化の影響を受けないセンサ位置を決定する必要がある。

2.4 3D プリント製造による軽量・低価格化

Finch ではソケットを含むほとんどの部品を 3D プリントで製造している。少量の部品を製造する場合には、金型が不要な分、1 個の製造コストを抑えることができる。3D プリントに加え、オープンソースの低価格マイコン (Arduino) などを活用することによって、10 万円の販売価格を実現している。3D プリントで出力する ABS 樹脂部品は強度不足となりやすいので、強度が必要な部分を通常の成型部品より厚くする、金属で補強するなどの工夫を行っている。機能を絞り込み機構をシンプルに設計した結果、ハンドのみの重量は 220g、ソケットを含む全体でも 380g と従来の電動義手に比べて軽量である。Finch の耐久試験は、JIS T 9218-92 能動ハンドおよび JIS T 0601-1 医用電気機器に基づいて行っている。

3. おわりに

Finch は 20 名規模のユーザ評価のフィードバックに基づいて改良を行い、実用化した。Finch の機能面が評価され、ユーザも徐々に増えつつある。今後は、上腕欠損のユーザや小児義手に対応する Finch を開発予定である。

謝辞

本研究の一部は，立石科学技術振興財団，JSPS 科研費 JP2587120，JP16K01549，NEDO 福祉用具実用化開発推進事業などの助成を受けて実施したものです。また，ご協力いただいたモニターユーザの皆様に深く感謝致します。

参考文献

- (1) 榎本 修，障害者自立支援法における筋電義手の支給と課題，日本職業・災害医学会会誌，vol. 61, No. 5, pp. 305-308, 2013
- (2) 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.
- (3) 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, 2013.