

## 非利き手としての機能を有する能動義手の開発

室蘭工業大学 松井 雄太郎, 寺本孝司

### 要 旨

義手は先天的欠損あるいは事故や病気による切断によって上肢の機能を失った患者に対して、手の機能の補完と社会への参加意欲の回復を目的として用いられている。手は多くの動作を可能とするが、その一方で既存の義手では手の機能再現が十分ではなく、その機能の低さと装着時の煩わしさから使用率の低さが問題となっている。本研究では、物体の固定と把握における非利き手としての機能を有する三指能動義手を開発し、従来の能動義手との比較検討を行った。

### 1. はじめに

人間の手は物体を操作する上で優れた機能を有している。しかし、先天的あるいは事故による上肢の欠損、病気による切断を余儀なくされてしまう場合がある。そのような患者のために手の機能補完と社会への参加意欲の回復を目的として用いられる装具が義手である。手の多様な動作は、普通の生活の様々な動作を可能としているが、上肢の機能を完全に満足する義手は開発されていないのが現状である。

### 2. 義手の現状と課題

従来の義手は大別して装飾義手、作業用義手、筋電義手、能動義手の4種類に区分され、用途などに応じて使用者は義手を選択している。片側切断の場合、対側が健常であれば9割以上のADL (activities of daily living : 日常生活動作) を健常肢で行うことができるため、1986年、1996年、2010年に実施された調査<sup>(1)(2)</sup>では9割近くが装飾義手を使用している。

従来の義手研究の多くは5指の筋電義手を対象としている。筋電義手は、使用可能となるまでにある程度の訓練が必要であり、使用に際して患者の切断部形状によって制約が設けられることが問題となっている。例えば、上肢の欠損部形状によって表面筋電位を正しく計測することが出来ない患者も存在する。さらに、経済的な負担も筋電義手では大きな問題となっている。一方、能動義手には、ハンド型能動義手、フック型能動義手の2種類が存在し、ハンド型はフック型と比較して外観に優れるが保持能力は劣る。その他の特徴をまとめるとTable 1のようになる。能動義手は、訓練方法が確立している上、保険適用されることから一定程度普及しているものの使用率は高くない。また、製品化から長期間経過した現在も機構や外観に大きな変化がないまま機能の向上が図られていない。

近年、義手に関する新たな試みとして、handiii, Finch, e-nable Raptor handなどの、立体形状を安価に実体化可能なAdditive Manufacturing技術を活用した開発例が報告されている(Fig.1)。

本研究ではこのような義手を取り巻く現状を踏まえ、ハーンネスの動力によって手先部を開閉する従来の能動義手の機構を利用した単純な機構により物体把握が可能な、非利き手として健常肢の動作をサポートできる能動義手を提案する。具体的には、ハンド型、フック型のメリットを兼ね備えた、以下の4つの機能を有する義手の開発を行うこととした。

- (1) 3本指による安定な保持
- (2) 親指の対向機能の再現
- (3) 従来の装具の活用
- (4) 非利き手として動作

以上の機能を実現するための具体的な機構として、以下の3つの機構について検討し、試作義手の作成を行った。

- 指に冗長な間接を配置し対象物形状に応じた接触を実現する。
- 指の閉鎖のための力源ゴムを義手表面に配置して対象物を滑りにくくする。
- 母指に沿うとする対向指を配置し把持の安定性を高める。

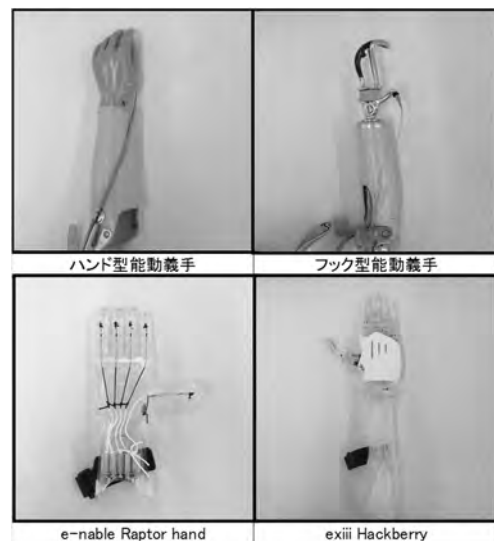


Fig.1 各能動義手の外観

Table 1 能動義手の特徴

		ハンド型	フック型
外観	全体的な形状	人の手を模している	特殊な形状
	指の形状	三点着き機構、硬弾性筒型 指先はドーム状	2本の金属鉤(鉤先端は鋭利) 擦り合わせ面は平面
保持能力	細粒	把持が極めて困難	困難
	細い針、針金等	拾い上げが困難	拾い上げるが可能
	滑、細い紐等	熟練しても困難	把持容易
	薄い布	把持困難	把持容易
	柔らかい紙	困難、皺になる	容易、握み上げも可
	テント紙など 紙コップなど	困難、折れ曲がってしまう	把持が可能 把持困難
棒状の物体	やや不安定	不安定	

### 3. 非利き手用能動義手の製作および考察

本研究では、義手製作の材料として ABS 樹脂及び厚さ約 1mm のカラーシリコンゴム（硬さ 10°）を使用し、上述した 3 つの機構を考慮した非利き手用能動義手を製作した。製作した義手の外観を Fig.2 に示す。

本義手ではゴム取り付け経路及びゴムの側端は Fig.3 のようにゴムの長さを変えて固定できるようにして、張力の調整が行えるようにした。

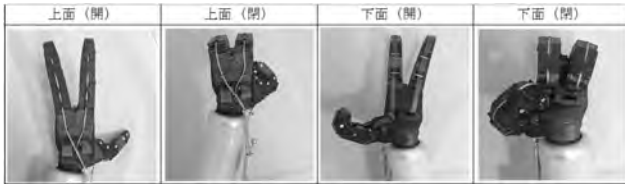


Fig.2 非利き手用義手

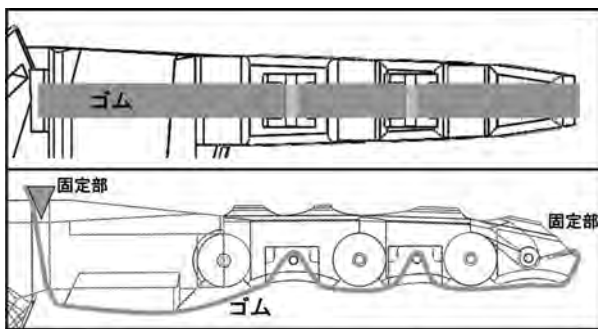


Fig.3 ゴムの取り付け図

### 4. 機能の検証

義手が非利き手として作用するためには、対象物の固定と把握が必要である。そこで、製作した非利き手用能動義手の実用に対する評価方法として、フック型及びハンド型、非利き手用能動義手に対して以下の 3 種類の評価を行った。

#### (1) 開閉に必要なケーブル引っ張り力の測定

各義手を水平が確保される台に固定し、手先部の開閉に必要なケーブルの引っ張り力を測定した。結果を Table 2 に示す。結果として非利き手用能動義手の開閉に必要なケーブル引っ張り力はフック型能動義手よりわずかに高いものの実用に即すものと考えられる。

#### (2) 直径約 $\phi 50\text{mm}$ の空き缶に対する把持力

義手の把握能力の比較のためにワイヤを取り付けた直径約  $\phi 50\text{mm}$  の空き缶を義手に把持させたのち、空き缶を軸方向に引っ張り、空き缶が動きだすときの張力を測定した。結果を Table 3 に示す。非利き手用能動義手の直径約  $\phi 50\text{mm}$  の空き缶に対する把持力は比較的低い結果となった。これはゴムの復元力が指先に最もかかるため各指と対象物とに間に隙間が生じ的確な把握が行えなかったためであり、改善が必要であると考えられる。

#### (3) 卓上の薄物に対する固定力

各義手の卓上の薄物に対する固定力を検討するため Fig.4 に示す A4 サイズのテストペーパーを用いた評価を行った。机の上に置いたテストペーパーを各義手で抑え、健常肢で HB の鉛筆を操作し各図形をなぞりその結果を比較することで各義手の固定力の検討を行った。描写の逸脱が最も顕著であった円形図に対する結果を Fig.5 に示す。

従来の能動義手では接触面積が狭いため手先部を支点にペーパーが回転してしまい図形に対して描写の逸脱が大き

くなったが非利き手用能動義手では比較的良好な結果が得られた。

Table 2 開閉に必要なケーブル引っ張り力

[N]	1	2	3	4	5	平均
フック型	20.2	20.5	19.8	20.1	20.4	20.2
ハンド型	54.3	50.2	49.3	40.3	51.2	49.1
非利き手用	21.7	21.6	22.3	21.3	21.4	21.7

Table 3 直径約  $\phi 50\text{mm}$  の空き缶に対する把持力

[N]	1	2	3	4	5	平均
フック型	4.7	4.8	6.2	5.0	6.5	5.4
ハンド型	4.6	4.8	5.5	4.5	3.9	4.7
非利き手用	4.1	4.5	3.6	4.0	4.0	4.0

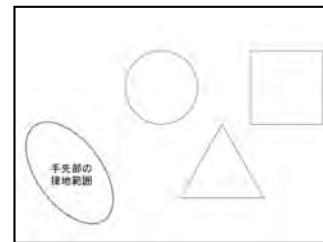
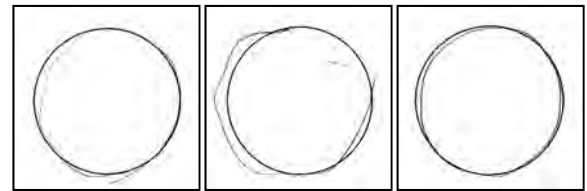


Fig.4 検証に使用したテストペーパー



(a)フック型 (b)ハンド型 (c)非利き手用

Fig.5 円形図に対する結果

### 5. おわりに

本研究では能動義手を検討対象とし ADL における義手の健常肢をサポートする役割を果たす非利き手用能動義手に関して製作及び評価を行った。結果として本研究で製作した非利き手用能動義手は従来のフック型能動義手及びハンド型能動義手の把持能力に近い機能が得られた。非利き手用能動義手は形状及び構造を従来の能動義手から大きく変更したため、従来の金属性で鋭利な印象を与えるフック型義手や動作に不自然さのあるハンド型義手に比べ、動作を含めた外観の面で改善が図れる可能性がある。しかしながら、金属部分やワイヤの露出によって外観が損なわれていることもあり、改善が必要である。非利き手用能動義手では各指に関節を設けることで対象物に対して柔軟な把握動作を目指したが、指先端から屈曲してしまうため、対象物と十分な接触面積を得ることができなかった。また、使用を重ねていると親指のゴムが亀裂を生じ破断してしまう問題も発生した。これらの機構場の改善と長期使用に耐える構造についても改善が必要である。

#### 参考文献

- (1) 中島咲哉, 義手の現状と問題点, 日本義肢装具学会誌, 日本義肢装具学会 vol.20 (2004), No.1, P7-15
- (2) 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 61(5)(2013) P305-308