筋電（電動）義手の処方と製作システムの確立に関する研究 ―Development of a support system for Myoelectric Hand Users―

大塚　博　　中川昭夫
OTSUKA Hiroshi, NAKAGAWA Akio
陳　隆明　　中村春基（兵庫県立総合リハビリテーションセンター）
CHIN Takaaki, NAKAMURA Haruki（Hyogo Rehabilitation Center）
古川　宏（神戸大学）
FURUKAWA Hiroshi（Kobe University）

Keywords：
Myoelectric Hand, Support System, Team Approach

Abstract：
Myoelectric prosthetic arms, compared with other artificial arms, are mobile in a variety of positions. When compared to hook-shaped terminal devices, they have a more natural appearance and a stronger grip. In Japan, however, unlike other industrialized nations, myoelectric prosthetic arms are not yet widely used. There are many possible reasons for this, which can be categorized into: 1）problems in the public benefit system and 2）not having a comprehensive system for prescribing and manufacturing such artificial arms. This is why we aim to estabish and actually manage the system as mentioned in 2), overcoming problems in the process by using a method of a “team approach” at our rehabilitation center. The purpose of the study is to promote myoelectric prosthetic arms to be more widely used.

This year, we applied our system on three subjects. As a result, we have found out a variety of problems and future issues to be addressed, such as in regards to the entire picture（flow-chart）of the system, parts that are easily damaged and possibilities for developing new training devices. The following is our report.

1. はじめに

日本での筋電電動義手開発は、サリドマイド児の対策を機に1968年からいくつかの大学を中心として始まった。しかし、どれも試作にとどまり、その後の開発でも実用化には至らなかった[1)]。早稲田大学のグループが開発した筋電義手を改良し、1979年にようやく実用化されたのが「ワイム（WIME）ハンド」である[2)]。

それから20年以上が経過した現在でも、筋電義手は日本ではほとんど普及していない。中島ら[3)]の調査によると、1998年に国内の主要な製作所で製作された義手4417本のうち筋電義手はわずか8本であった。最も多く製作されたのは装飾用義手、次いでケーブルコントロール式能動義手である。

筋電義手の利点は、ケーブルコントロール式と比較して上肢を頭上や背後に位置したときでも開閉可能であること、同タイプのフック型手先具と比較して外観が人の手に近いこと、把持力が大きいことが挙げられる。筋電義手が普及していない原因は様々なものがあるが、次の2つに集約できると考えられる。

①公的給付制度の問題点：筋電義手は高価であり、自費での購入には切断者の経済的負担が大きい。

②処方から製作そしてメンテナンスまでのシステムの未確立：切断者が筋電義手を求めても、処方、製作する側がシステマティックに対応できないために充分なサポートがなされず、使用を放棄してしまう。

そこで本研究は②処方、製作およびメンテナンスシステムをどのように整備すれば、筋電義手が切断者にとって有効に機能するかを調査し、システムを確立することを目的とする。

2. 筋電義手に関する情報

2.1 筋電義手の公的給付制度

切断者など肢体不自由者が装着する義肢（義手と義足）は、「労働者災害補償保険法（以下、労災法）」、「身体障害者福祉法（以下、身障法）」などの公的制度に基づいて給付される。しかし、何れの制度も筋電義手はそれ以外の義肢と区別され、「両側上肢切断者のみ（労災法、1979年から適用）」や「基準外給付として特別な申請（身障法、1994年から明確に適用）」等の条件があり、普及の障害となっている。

2.2 筋電義手とは

筋電義手とは、切断者が随意的に断端の筋を収縮する時に発生する筋電をセンサーで拾い、これをスイッチとして電動の手先を開閉操作する電動義手である。その概念図を図1に、模式図を図2に示す。

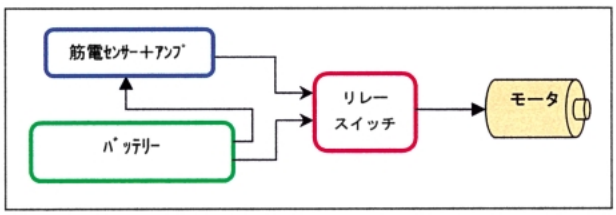


図1　筋電義手の概念図

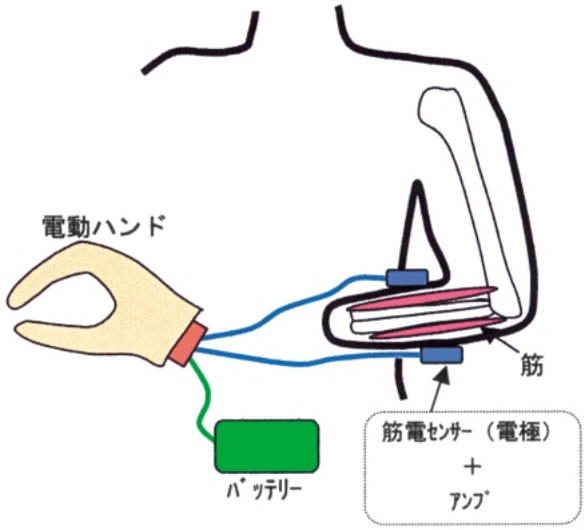


図2　筋電義手の模式図

2.3 国内で入手できる筋電義手

筋電義手は日本、米国、カナダ、英国、ドイツ、スウェーデン、ロシア、中国および台湾のメーカーから供給されている。しかし、海外メーカーから、製品の充分なアフターケアを含めて入手できる筋電義手は限られている。

以下に国内で開発された筋電義手と入手しやすい海外メーカーの筋電義手を挙げる。

①「ワイム（WIME）ハンド」（株）今仙技術研究所（図3）

国内で初めて製品化されて1979年から販売された筋電義手である。早稲田大学理工学部の加藤一郎教授が考案した「WASEDAハンド」を基本として開発された。電動ハンドは2サイズ用意されている。センサーは2つ必要である。

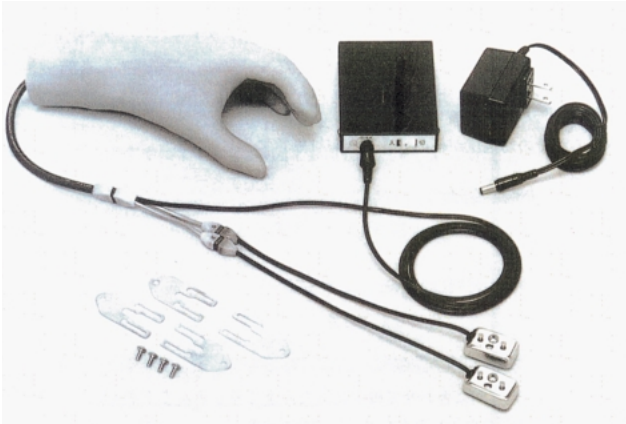


図3　「ワイムハンド」今仙技研カタログより

②「SH-1」原田電子工業株式会社（図4）

1999年に発売された筋電義手で、5指を独立して制御可能としているのが特徴である。センサーは2箇所必要で、処理された筋電発生パターンの出力数と同数の動作が可能である。

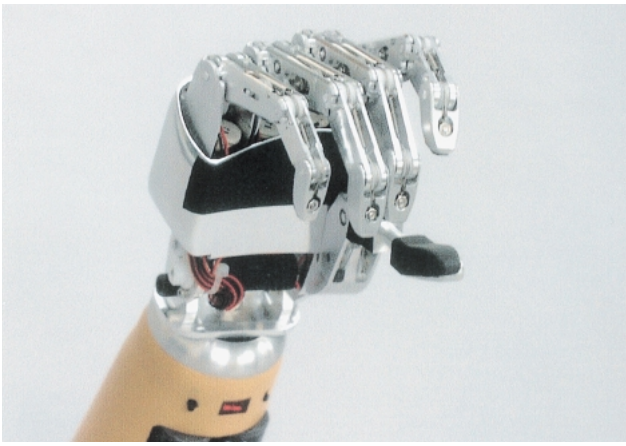
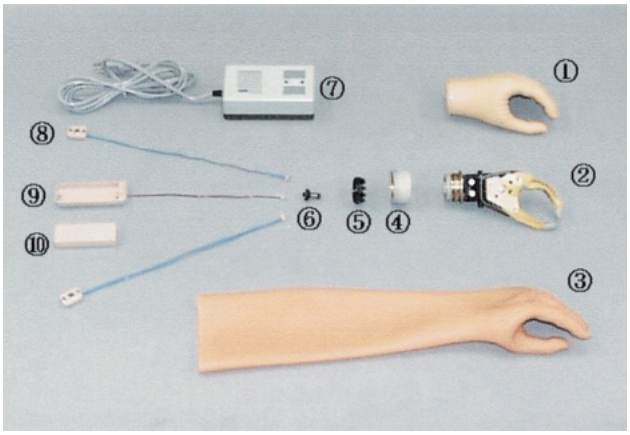


図4　SH-1

③「マイオボック（MYOBOCK）」オットボック社（Otto Bock）

この義手はドイツの「Otto Bock社」の製品で国内では代理店が販売している。同店は修理メンテナンス体制が整えられていて、在庫も比較的多く用意している。義手はモジュラー化された部品から成り、故障時の修理は大部分が部品交換で対応できる（図5）。電動ハンドは成人用4サイズ、小児用4サイズが用意されている。



①インナーグローブ ②電動ハンド ③装飾グローブ ④ラミネーションリング ⑤カップリングピース ⑥同軸プラグ ⑦充電器 ⑧筋電センサー ⑨バッテリーボックス ⑩バッテリー

図 5　モジュラーシステム

また、同社の義手は断端から取得できる筋電信号数や処理方法によって次の 3 種類の電動ハンドが用意され、切断者に適したものを選択できる。

（Ⅰ）「デジタルハンド」

筋電信号が 2 箇所から取得できる場合に使用する。ハンドの「開く」、「閉じる」という動作を、対応する 2 つの筋電センサーを通して操作する。

（Ⅱ）「DMC（Dynamic Mode Control）ハンド」

「デジタルハンド」と同様に 2 つの筋電センサーを通して操作するが、筋電信号の強弱によってハンドの開閉スピードと把持力が比例的に制御できる。

（Ⅲ）「ダブルチャンネルハンド」

筋電信号が 1 箇所のみしか取得できない場合に使用する。すなわち 1 つの筋電センサーを通してハンドの開閉を操作する。「開く」と「閉じる」の 2 つの閾値を設定し、発生する筋電を強弱させることによって操作する。

その他に筋電信号が 1 箇所も取得できない場合にセンサーの代わりに電動ハンドを操作するための各種スイッチが用意されている。何れのスイッチも健手、顎および断端の回内外等を利用して操作する。

以上 3 社の義手の中から、製品としての信頼性、メンテナンス体制および選択の容易さ等を考慮し、「MYOBOCK」を本研究で採用した。

2.4 筋電テスター

筋電テスターは発生している筋電信号を計測し、計測値をリアルタイムで見るための計測器である。その使用目的は

①切断者の筋電信号の発生能力を評価する
②計測値を確認しながら、筋電信号の発生強化訓練を行う（筋電信号が弱い場合）
③ 2 箇所からの筋電信号を随意的に分離して発生させるための訓練を行う
④最適な筋電信号発生部位を特定する（ソケット内のセンサー取り付け位置の決定）

である。

本研究で使用した筋電テスターは「MYOBOCK」専用の「マイオトレーナー（Myotrainer）」（Otto Bock 社）である（図 6）。

図 6　「Myotrainer」Otto Bock 社カタログより

2.5 筋電義手の研修体制

前述のように身障法では 1994 年から「基準外交付」として明確な給付が行われるようになった。それに伴って、筋電義手の動作原理等の知識や製作、適合技術を持つ義肢装具士が必要となり、「国立身体障害者リハビリテーションセンター学院」において「電動義手研修会」が 1996 年から行われている。研修内容は筋電義手の理論等の講義と実際の上肢切断者をモデルとした採型法、製作法、適合法およびメンテナンス法などの実習があり、研修期間は 5 日間である。

3. 「チームアプローチ」によるシステムづくり

従来、総合リハビリテーションセンターでは、リハスタッフ間の協力と連携が行われ、より質の高いサービスを障害者に供給してきた。このような手法を「チームアプローチ」という。本研究はこの「チームアプローチ」の手法を用いることで試行錯誤しながら、システムの確立をめざす。

システムに関わるスタッフとその主な役割を以下に示す。

①医師

本システムのコーディネーターとして各スタッフを統括する。また、切断者の外来診察時にオリエンテーションを行い、筋電義手の機能、生活に与える影響などについて説明する。オリエンテーション後、

筋電義手に適する断端であるか医学的評価を行う。

②作業療法士

筋電義手を操作するために必要な筋電信号が断端から2箇所得られるかどうか評価を行う。信号が得られにくい場合や分離できない場合は訓練を行う。また、訓練用筋電義手が完成した後、切断者が義手を使用して日常の動作を行うための訓練を行う。

③義肢装具士

筋電義手を製作するために、切断者の断端を採型し、最適なソケットデザインとパーツを選択し、製作後、切断者へ適合させる。また故障時のメンテナンスを行う。

④エンジニア

本システムに適した義手や訓練機器等の周辺機器を評価し、改良・開発を行う。

4. 被験者へのシステム運用の結果

今年度は切断者3名に対してシステムを運用した。以下に現時点での経過を被験者ごとに示す。

○被験者 1

(1) 性別：男性
(2) 年齢：25歳
(3) 職業：土木工事
(4) 切断原因：電撃傷（労災、1998年10月）
(5) 切断部位：両側切断（右前腕切断、左手部切断）
(6) 訓練環境：入院
(7) 使用した義手：DMCハンド(右)、能動フック（左）
(8) 特記すべき経過：
・筋電の発生・分離は数時間で完了
・採型から適合まで2日間（写真1）
・使用開始：1999年8月
・退院： 1999年12月

写真 1　義手の適合と動作評価

・使用中に義手の故障が2回あった。何れもモジュラー化された部品を交換することで即日修理が完了し、不使用期間は数時間であった。

図7、8に故障した部分を示す。

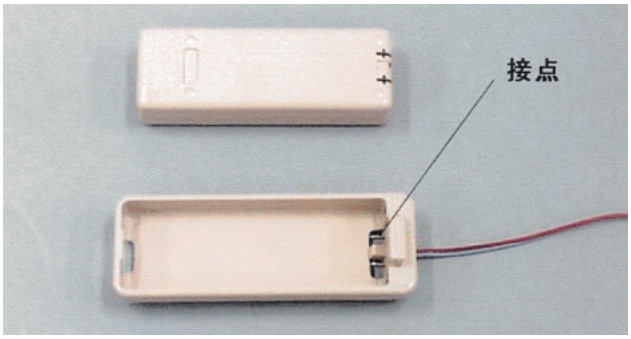


図 7　摩耗して接触不良を生じたバッテリー接点

動作不良は、被験者がバッテリー電力低下時にハンドの動作が鈍くなると、弱くなったバッテリーを回復させるために一旦外し、再び着けるということを繰り返し行ったのが原因と思われる。

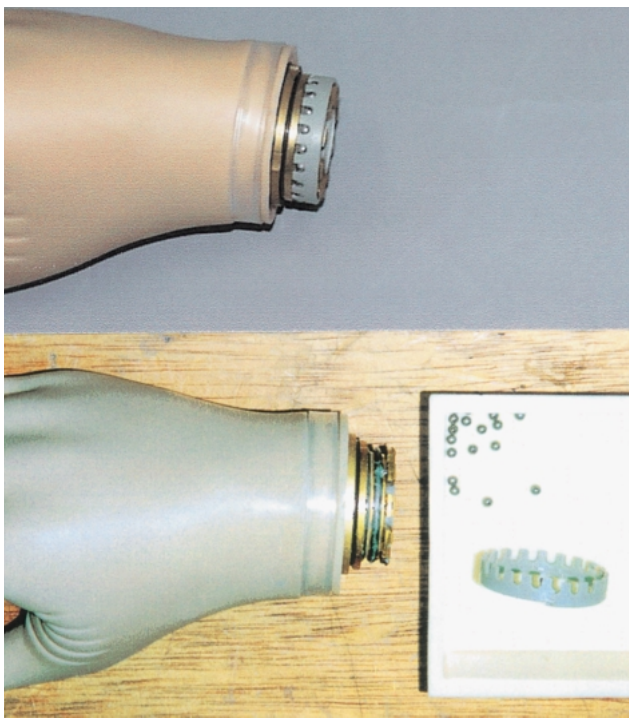


図 8　ハンドの連結部の破損(上：正常、下：破損)

義手でラジカセを持ちながらの歩行中に、ハンドがリスト部で回転し、脱落した時に破損した。

(9) 現時点での使用者の評価

被験者は「筋電義手は生活の中で無くてはならないもの」と評価し、使用を継続中（7ヶ月間）である。現在、労災保険適用のための申請を行っているが、適用されなくても自費で購入したいと考えている。

○被験者 2

(1) 性別：男性
(2) 年齢：56 歳
(3) 職業：舗装材の運搬
(4) 切断原因：交通事故（労災、1999 年 7 月）
(5) 切断部位：片側切断（右前腕切断）
(6) 訓練環境：入院
(7) 使用した義手：デジタルハンド
(8) 特記すべき経過

・初期筋電評価では筋電信号が取得できる部位が 1 箇所のみであったが、OT による訓練で約 2 週間後、2 箇所から取得できた。
・使用開始：1999 年 12 月
・職業上、重量物（30kg）を両手で持ち上げる動作が必要であり、把持力の強い筋電義手でないと職場復帰ができない（写真 2）。継続使用中。

写真 2　重量物を持ち上げる訓練

(9) 現時点での使用者の評価

被験者は筋電義手を使用することで職場復帰が可能であることを高く評価している。

○被験者 3

(1) 性別：女性
(2) 年齢：63 歳
(3) 職業：現在、主婦
(4) 切断原因：プレス機事故（労災、1996 年 11 月）
(5) 切断部位：両側切断（右上腕切断、左手関節離断）
(6) 訓練環境：外来（通院時間 1 時間）
(7) 使用した義手：DMC ハンド（左）、能動ハンド（右）
(8) 特記すべき経過

・筋電の発生・分離は数時間で完了
・使用開始：2000 年 1 月（写真 3）
・外来で 3 日間使用訓練後、通院の負担を軽減するために自宅での訓練を希望し、持ち帰った。

(9) 現時点での使用者の評価

被験者はこれまでに自宅では親類が製作した自助具的な作業用義手を使い、屋外ではケーブルコントロール式の能動ハンドを主に外観を整えるために使用してきた。現時点では訓練の中で筋電義手の利点を探している段階である。

写真 3　筋電義手の操作訓練

5. 考察及び、今後の課題

今年度は 3 名の被験者に対して筋電義手の処方、製作・適合を行った。そして 3 名とも使用を継続している。システムを運用した結果判明したことと、今後の課題を以下にあげる。

・義手の破損しやすい部品の傾向：部品の連結部の破損や消耗。対策としてこれらの部品の在庫を充実させる。
・故障した際のメンテナンス法：義手部品はモジュラー化されているので在庫があれば、ほとんどが交換修理のみで対応でき、数時間内で修理は完了できる。
・システム全体の流れ：これまでの経過から、現時点で考えられるシステムのフローチャートを作成した（図 9）。

・筋電発生訓練などを通院で行う場合の負担を軽減するために自宅でできる訓練機器のニーズ：来年度以降の新規被験者の結果も踏まえて検討する。
・日常動作における筋電義手と他の義手の比較：それぞれの義手の比較評価法を作成し、利点欠点を明らかにする。
・行政への働きかけ：筋電義手の有効性を明らかにすることで行政に筋電義手を認知してもらい、公的給付制度の見直しを促す。

以上のように今後さらに被験者を増やし、その結果から問題点を抽出し、システムを改良していく予定である。

当研究の遂行にあたり、貴重な情報を提供いただきました月城慶一氏（オットーボック・ジャパン）に謝意を表します。

6. 参考文献

1）加倉井周一：我が国における電動義手開発と実用化の歴史、日本義肢装具学会誌、Vol.9, No.4, 343-346, 1993.
2）西岡研一、他：前腕用筋電義手ワイムハンド、日本義肢装具学会誌、Vol.9, No.4, 347-351, 1993.1）
3）中島咲哉、古川 宏：義手の処方・製作状況から見た実態－10年間で何が変わったか－、日本義肢装具学会誌、Vol.15, No.4, 349-353, 1999.

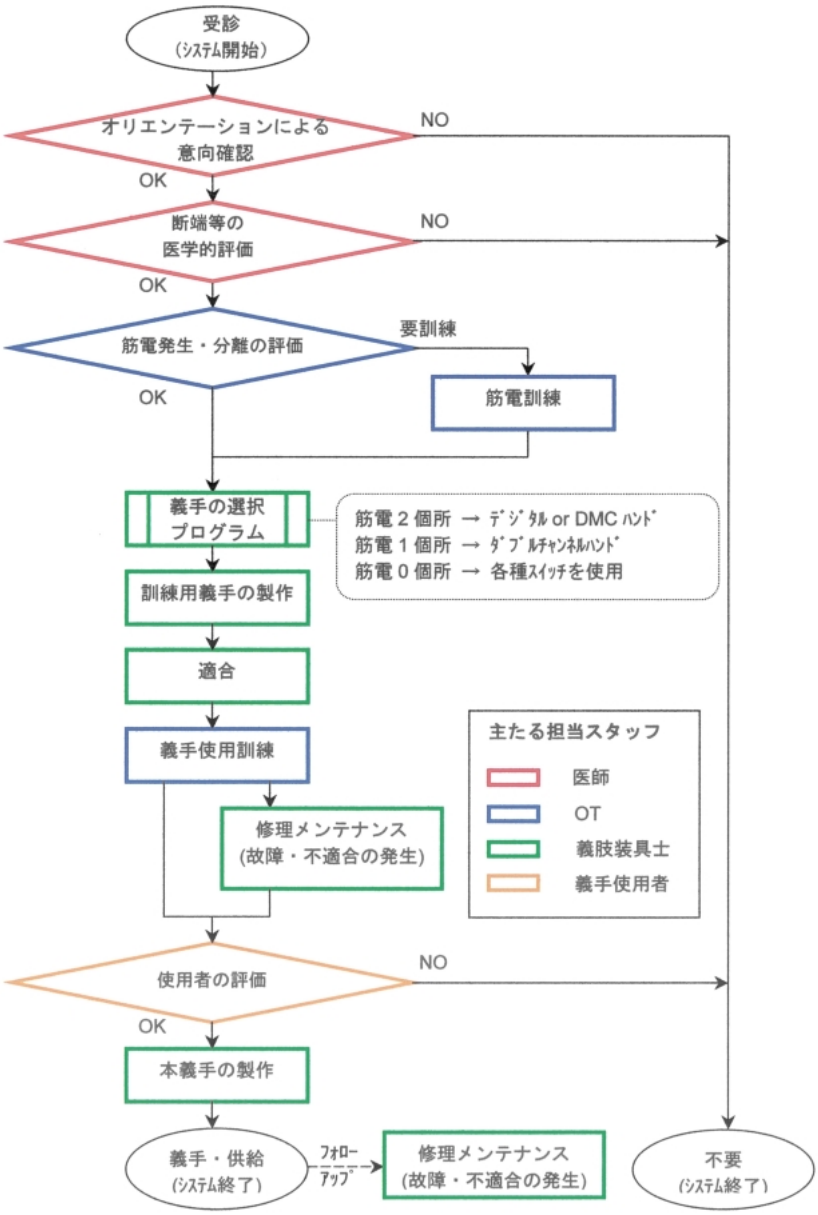


図9　当センターにおける筋電義手システム（処方から供給まで）のフローチャート