

# 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

— 処方、訓練、組立て、メンテナンスシステムの研究 —

— The study of the system consisted of prescriptions, trainings,  
fabrications and maintenances —

小西 克浩、中川 昭夫

Konishi Katsuhiko, Nakagawa Akio

大塚 博

Otsuka Hiroshi (Teikyo University)

陳 隆明、中村春基、柴田八衣子、大庭潤平、山下英俊、溝部二十四、深澤喜啓

Chin Takaaki, Nakamura Haruki, Shibata Yaeko, Oba Junpei, Yamashita Hidetoshi, Mizobe Futoshi,

Fukazawa Yoshihiro (Hyogo Rehabilitation Center)

古川 宏 (神戸大学)

Furukawa Hiroshi (Kobe University)

キーワード：筋電義手、システム、普及

Keyword: Myoelectric hand prosthesis, Support System

#### Abstract:

In Japan, myoelectric upper limb prostheses are not used widely compared with other industrialized countries. One of the reasons for this is that the overall support system of them has not been established. So we started to try to establish the system in 1999. We completed the almost effective system which helps myoelectric hand wearers to use them continuously. This is the final report of the study and shows mainly the fabrication process and the evaluation of the system.

#### 1. はじめに

本研究の目的は、筋電義手の使用を希望する切断者に対して筋電義手を処方し、使用者に適した筋電義手を製作、適合させた後、その用途に適した訓練

を行い、故障時の修理メンテナンスを必要に応じて即座に行うことの出来る全体的なシステムを確立することである。その背景として、わが国では先進諸国と比較して筋電義手の普及が立ち遅れている状況がある。その原因として筋電義手のトータルサポートシステムが確立されていないことが挙げられる。具体的には、義手を処方する立場にある医師の多くが筋電義手についての十分な情報を持っていないこと、義手を製作し適合する義肢装具士および訓練を行なう作業療法士が、筋電義手に関する情報及び経験を持ち合わせていないことである。また、筋電義手パーツメーカー又は義肢装具士が筋電義手使用中の故障に対して修理を迅速に行えないために、筋電義手を使用できない期間が長引くことで使用者の筋電義手に対する信頼を失い、使用を中止してしまうことも、トータルサポートシステムが確立されていない原因の一つである。

そこで平成11年度から3年計画でシステムの確立をめざした。今年度までに21名の被験者に筋電義手を処方、製作し、訓練、組立およびメンテナンスシステムを構築してきた。これまでの経緯を簡単に述べると、平成11年度にはスタッフと役割が決定し

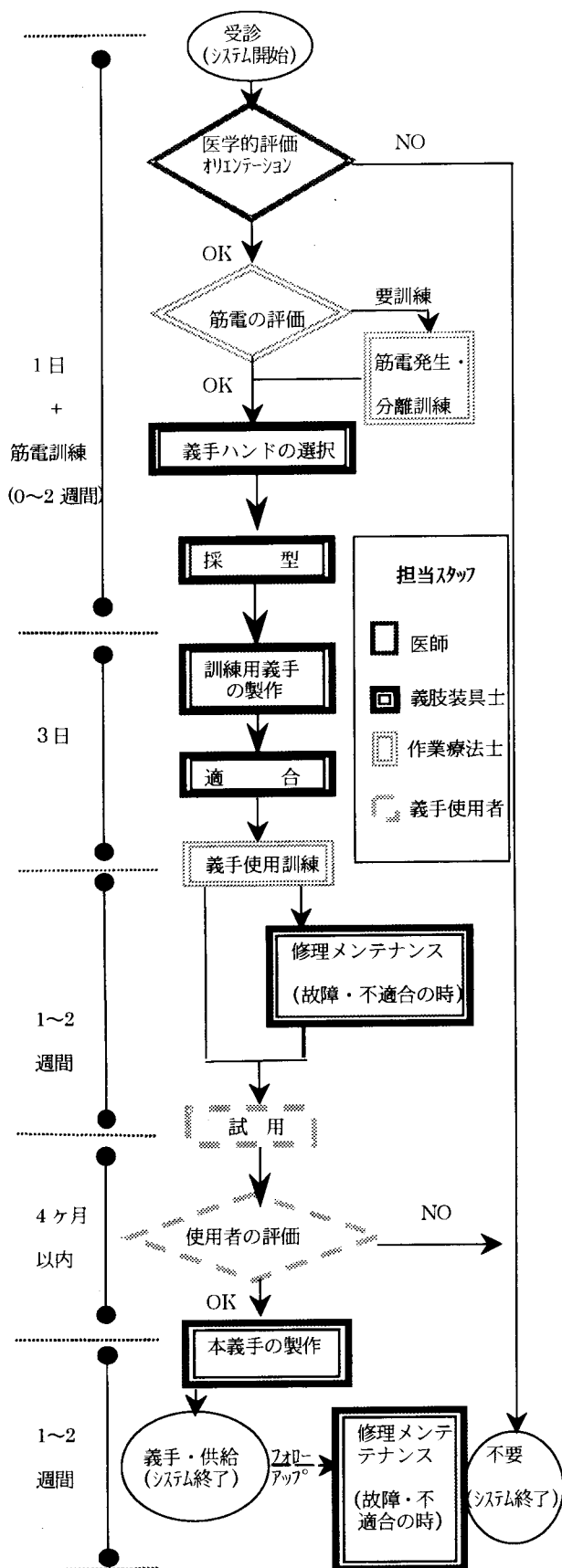


図1 システムのフローチャート  
Fig.1 Flow-chart of our system

システムの骨格を作った。12年度でシステムの流れと各項目での所要時間を把握することができ、切断者が筋電義手の使用を希望した時点から筋電義手入手するまでを示したフローチャート(図1)が完成した。またメンテナンス事例や筋電義手に対する使用者の要望を抽出した。今年度は新たな被験者を加え、システムを運用して問題点を抽出するとともに、システム全体を最終点検して評価を行なった。

## 2. 今年度の症例

今年度中にシステムを適用させた症例の内、2症例について報告する。

### 2.1 手関節離断

右手関節離断で、肘伸展屈曲及び前腕回内回外動作に問題は無かったため、その動作を制限することのない様、訓練用筋電義手ソケットを頼上支持式ではなく、橈骨及び尺骨の茎状突起部で懸垂できるように、前腕を内外側から挟み込むタイプとした。一方、本義手(図2)については、筋電義手の耐久性を考慮して、内ソケットを軟性樹脂を用いて筒型で製作し、外ソケットは硬性樹脂を用いて挟み込むタイプとした。訓練用及び本義手のいずれも良好な懸垂性を得られると共に、自身による前腕回内回外及び肘屈曲動作を妨げることなく良好な適合を得られ、筋電義手操作についても、長断端で皮膚の状態及び筋組織の状態が良好で随意的な筋活動が明確であり、問題は無かった。

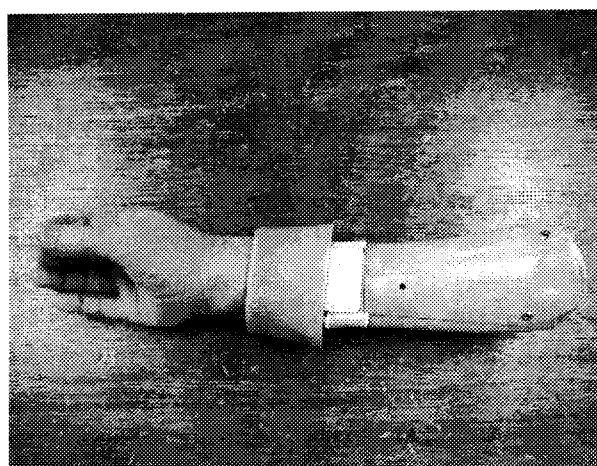


図2 手関節離断用筋電義手  
Fig.2 A myoelectric hand prosthesis for wrist disarticulation

## 2.2 前腕切断 (図3、図4)

表面筋電位変化の採取が困難な症例 (図3) で、電極の位置をソケット開口部に配置した。肘屈曲時の操作に訓練当初は問題があったが、電極の感度調節によりほぼ問題なく操作可能となり、ソケットの適合にも特に問題は無かった (図4)。



図3 筋電信号採取の困難な例

Fig.3 A difficult case of extraction of myoelectric signal

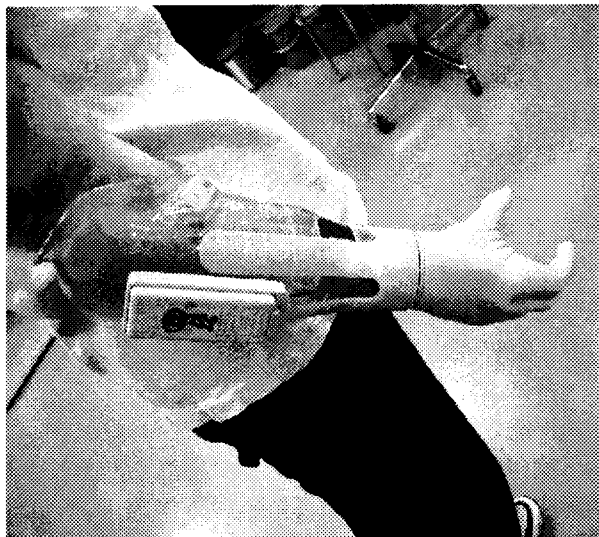


図4 前腕切断用筋電義手 (訓練用仮義手)

Fig.4 A myoelectric hand prosthesis for a forearm amputation (A temporary hand for training)

## 3. 被験者プロフィールおよび経過データ

平成11年以来3年間で21名の被験者に対して筋電義手を製作し、訓練およびメンテナンス体制を評価、改良しシステム全体を整備した。被験者プロフィールおよび経過を表1に示す。

全21名のうち、9名が現在までに筋電義手の使用を中止した。この9症例の傾向を調べると、過去に筋電義手以外の義手すなわち装飾用義手または体内力源能動義手 (能動フック、能動ハンド) を使用した経験の有る方が7名、一方義手の使用経験の無い方が2名であった。また、訓練環境についてはOT (作業療法) における訓練期間の確保が十分可能な「入院」が3名、一方、OT (作業療法) における訓練期間の比較的短い「外来通院」が6名であった。

以上の結果より、筋電義手の使用を断念する可能性の高い切断者の傾向として、既に何らかの義手で実生活に復帰し、訓練中も実生活を過ごすために今まで使用していた義手を併用してしまうために、集中的な訓練を行うことができない切断者が多いことがわかった。以前より言われていることであるが、上肢切断者が義手の種類、装着の有無に限らず一度社会復帰を果たし、自分のライフスタイルを確立してしまうと新たな義手の受け入れが困難になることを改めて確認できたと言える。

## 4. システムの評価

本システムは筋電義手を希望する切断者が適切に筋電義手を使用出来る様サポートするものである。後述の医学的評価により筋電義手の適用が困難と判断された切断者や、試用後何らかの理由により筋電義手の使用に対して意欲をなくした切断者に対しては、場合によってはその切断者に適した他の義手、例えば装飾用義手や体内力源義手の適用を考慮し、一方、何らかの原因により普遍的な筋電義手の使用が困難であると判明したが、その切断者が筋電義手の使用に対して意欲を持っている場合には、可能な限り部品改造、交換、また別の筋電義手システムの使用などを考慮する必要がある。すなわちいかなる場合にも、筋電義手使用に関わる上肢切断者の心身両面での適応をサポートすることを目標とし、整備・改良を行ってきた。本システムの各項目の成立過程と、更なる検討事項を明らかにすることで最終評価を行う。

### 4.1 医学的評価とオリエンテーション

本システムでは筋電義手を希望する切断者に対して、第一段階として医師による「医学的評価」を行い、筋電義手の使用に適しているか判断している。我々は当初より筋電義手の操作・使用に望ましい条件と

して以下の項目を設けてきた。

- ①理解力：筋電義手の操作を理解できる。
  - ②断端：断端長は10cm以上。筋電信号が取得できる皮膚の状態であること。
  - ③関節可動域：肘屈曲70-80度以上
- ③の条件は、肘関節の拘縮を持つトリアルケースが予想通り中止群に入ったことから有効性を証明できた。しかし、義手の改良、例えば倍動肘継手付きスプリットタイプソケットを使用すれば筋電義手の使用に支障をきたさない結果になったかもしれない。このケースは肘屈筋力も小さかったため、このような改良を行わなかったが、この点は今後の検討課題である。

## 4.2 訓練（筋電発生・分離訓練）

医学的評価後、筋電義手の操作に必要な筋電信号の発生の評価を行った。筋電信号が容易に取得できない場合のために「筋電発生・分離訓練」プログラムを設定した。筋電発生訓練とは、筋電テスターを使用し、屈筋と伸筋の収縮を瞬時に最大限に発揮するための訓練で、その後、屈筋と伸筋を分離して収縮するための筋電分離訓練を行うものである。

本研究においては、当初「筋電発生・分離訓練」プログラムにより筋電を発生困難なケースでも2週間以内の訓練により全員が次のプロセスに進むことができ、その有効性を確認できた。

## 4.3 組立て（製作）

### 4.3.1 最適な義手ハンドの選択

訓練用義手を製作する前に筋電発生訓練後の使用者の能力を筋電テスターを使用して再確認し、最適なハンドを選択した。義手ハンドにはサイズはもちろんであるが制御方式の異なるものもある。

- (1) 2つの筋電センサーでハンドの開閉を操作するタイプ（ON-OFF制御）
- (2) 2つの筋電センサーでハンドの開閉を操作するが、筋電の発生を強弱させることによって開閉スピードを変化可能なタイプ（DMC制御）
- (3) 1つのセンサーでハンドの開閉を操作するタイプ（ダブルチャンネル）
- (4) 筋電センサーで皮膚の表面筋電を採取するのではなく、体内力源によりハンドの開閉スイッチをON-OFFするタイプ

### 4.3.2 採型

筋電の最もよく採取できる部位にマークし、断端を採型した。方法は、装飾用義手や体内力源義手と同様であるが、電極部位については、筋電信号が採

取しやすい様、少しタイトになるようにした。

### 4.3.3 訓練用義手の組立て

陽性モデルを作成し、透明な熱可塑性プラスチックでチェックソケットを製作した。チェックソケットを断端に適合させた後、このチェックソケットにハンド、筋電センサー及びバッテリーを取り付けて訓練用仮義手を完成させた。

### 4.3.4 適合

義手の完成後、使用者へ装着させ適合をチェックした。チェックポイントは懸垂性、圧痛部分の有無であった。

## 4.4 修理メンテナンス

我々は故障後の修理のために、長期にわたって筋電義手を使用できなくなることが筋電義手の継続使用を阻む原因の一つであることを把握していた。そこで、修理メンテナンスをその場で短時間に修理できる体制を整備した。具体的にはモジュラーパーツを在庫として所有することで故障パーツを交換し修理が完了できるシステムをつくった。

その結果、故障した義手が持ち込まれた当日に修理を完了できた。

代表的な故障をあげる。

- (1) 装飾グローブの破損
- (2) 装飾グローブの汚れ
- (3) ハンドの動作速度の低下
- (4) ハンド内部の配線の断線
- (5) 汗による動作不良

いずれも平成12年度までに対処法を確立した。

## 4.5 使用者のニーズ及び使用者自身による評価

まず、筋電義手の使用を中止した方の中止理由の主なものを挙げる。

- (1) 動作不良
  - ・汗によるもの
  - ・不随意収縮の誘発によるもの
  - ・操作の未熟さ（高齢が原因の場合もあり）
  - ・皮膚の状態不良による筋電採取困難
- (2) 重さ
  - ・両側切断のため筋電義手が重く、装着困難
- (3) 故障修理
  - ・重作業による頻繁な故障
  - ・代替品の不足
- (4) 費用
  - ・公的支給が困難

・筋電義手の必要性を考慮すると自費による購入は無理

(5) 煩わしさ

- ・受傷による肘関節可動域不足による使用困難。
- ・ダブルチャンネルタイプが使用困難。

(6) 全般

- ・想像した筋電義手と実際のものとのギャップが大きい。
- ・実生活での必要性を見出せない

以上のような中止理由を考慮し、筋電義手を希望する切断者の筋電義手に対する理想と現実のギャップを埋めるため、我々は、訓練施設内での訓練用筋電義手を用いた使用訓練後に直ちに本義手を製作するのではなく、訓練用義手を自宅に持ち帰り、筋電義手が本人にとって必要であるか、実生活での使用を行うことで最終的に本人が判断する項目を設定した。

システムの実行により、この期間に、9名が筋電義手の使用を見直し中止に至る結果となった。そして試用開始から中止に至った期間が特異例1名（筋電義手使用開始時は筋電義手の使用が必要不可欠であったが、筋電義手使用の必要性の低い職場に配置転換になった方）を除くと1~4ヶ月であった。よって「試用期間」を4ヶ月以内とした。

当初、本システムでは切断者の経済的負担が継続使用の中止原因とならないように、自費での購入は難しいが、筋電義手を必要と感じ公的給付による購入を希望する切断者に対しては、無償にて無期限の試用を設定した。このため、本人による返却の意向があいまいとなる問題が発生した。このことから、我々スタッフから試用期限の存在を説明し、また試用期間中にも使用者の意向を尊重し、相談しながら期間内に将来の筋電義手使用の有無を決定する項目を今後システムに取り込む必要がある。

## 5. 小児筋電義手（図5、図6）

本研究により構築したシステムを応用し、平成14~16年度に「小児切断リハビリテーションにおける筋電義手処方システムの確立に関する研究」を行う。欧米では、事故によって上肢を失った子供や、先天的（生まれつき）に上肢を欠損している子供に対して、将来義手を使用した生活を行わせるために、早期より筋電義手を積極的に処方する（リ）リハビリテーションが確立している。しかし、わが国では確立していないため、切断児の親の義手をつけさせたいという要望に、適切に対応することが出来ない。そのために義手を使用しない生活に慣れてしまい、成長後に義手訓練を始めても義手の装着が煩わしくなり、義手を使用しない生活を選択してしまう。そこ

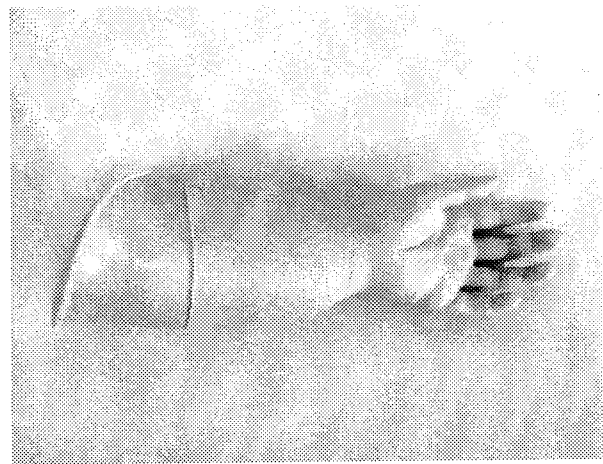
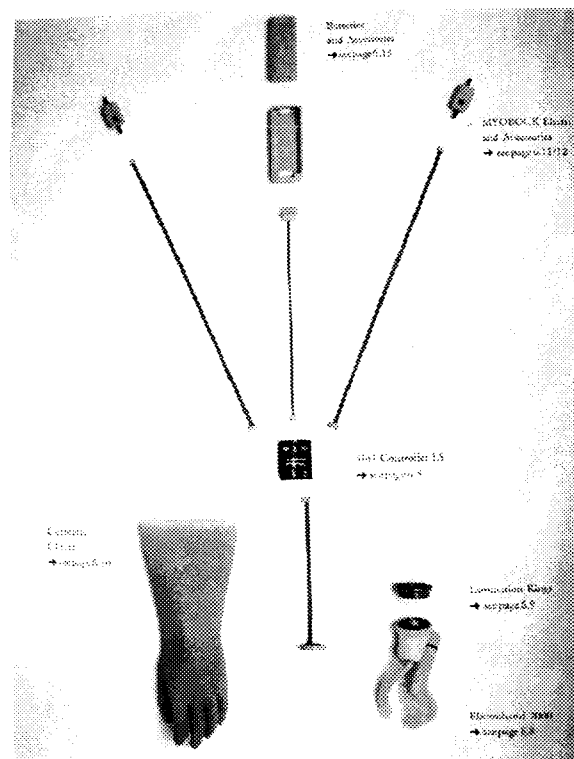


図5 小児用装飾義手

Fig.5 A cosmetic hand prosthesis for a child



（オットボック筋電義手カタログより引用）

図6 小児用筋電義手部品

Fig.6 A myoelectric hand prosthesis parts for children

で、当研究所スタッフを中心として、県立総合リハビリテーション中央病院の医師、作業療法士らとともに、小児の切断に対して筋電義手をいつから処方し、そして成長とともにどのように対応すれば良いのか、という一連のシステムの確立をめざす。

本年度は、まず1症例に対して、生後約12ヶ月時に義手のソケットに慣れる目的で、装飾義手を処方製作し適合させた(図5)。次年度には、小児用筋電義手(図6)を処方製作し、装飾義手からの切り替えを行う予定である。

## 6. おわりに

我々は平成11年度より筋電義手のサポートシステムの確立をめざし、本研究を行ってきた。そして改良を重ね有効なシステムを確立することができた。また研究を進めると同時に、わが国の筋電義手の公的支給制度確立と普及を促す一助となるように筆者らの活動を「日本義肢装具学会」、厚生労働省・委託研究「災害科学に関する研究」において平成11年より報告を行い、社会と行政に対して働きかけを行ってきた。また日本義肢装具学会は「筋電電動義手の公的支給」を制度に盛り込むために厚生労働省に対して要望書を提出することになったが、これは我々の活動による影響を少なからず受けたからであると考えている。

本研究は今年度で終了し、平成14年度から小児、特に先天性上肢切断児に重点をおいた筋電義手システムの研究「小児切断リハビリテーションにおける筋電義手処方システムの確立に関する研究」を開始する。本研究で培った経験、手法を礎に小児切断に適した新たなシステムの確立をめざすとともに、本研究で確立した筋電(電動)義手の処方と製作システムのフォローを行い、継続的に筋電義手希望の上肢切断者に対しサポートを行う予定である。

### (参考文献)

- 1)川村次郎他：海外における筋電義手の公費支給制度インターネットによるアンケート調査,第16回日本義肢装具学会学術大会, 207-207, 2000
- 2)大塚博他：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,福祉のまちづくり工学研究所報告集 159-167, 2000

