

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：19700474  
 研究課題名（和文） 手指麻痺患者の自在な把持動作を実現する実用的ソフトパワーグローブの開発  
 研究課題名（英文） Development of a soft power glove to restore grasping functions for people with finger paralysis  
 研究代表者  
 諸麥 俊司（MOROMUGI SHUNJI）  
 長崎大学・工学部・助教  
 研究者番号：70346930

## 研究成果の概要：

麻痺した5指の自由な運動が可能となるパワーグローブの開発を行った。本グローブは腱に相当する駆動糸を内蔵した皮製の手袋と駆動糸を操る駆動装置とから成る。利用者の意図に基づいて駆動装置が駆動糸に張力を与えることで、利用者の指は操り人形のように自由に動く仕組みとなっている。試作したグローブを用いてテニスボールの投球・捕球動作、缶飲料の把持、シャンケンなどの動作の実現が確認できた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	0	1,700,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	240,000	2,740,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：麻痺、機能代替、手指、障害者福祉、生活支援、グローブ、能動装具

## 1. 研究開始当初の背景

頸椎損傷や脳梗塞などにより、上肢に麻痺を負った人々は日常生活に多くの不便を抱えている。中には腕や肩などはある程度自由に動くが、指だけが動かないという人も多く、そのような人に握力をもたらす装置を提供できれば、簡単な手作業なども可能となり、自立した日常生活だけでなく、社会復帰への可能性も広がる。

## 2. 研究の目的

手指麻痺者の不便解消を目的として、エンゲン型、ランチョ型をはじめ、各種把持装具

が開発され普及している。これら把持装具は金属製あるいは樹脂製のフレームを有しており、フレームが示指（第2指）および中指（第3指）を屈曲させて対立位に固定された拇指（第1指）との間で対象物を挟むことで把持動作を実現している。動力装置は無く、指の屈曲はリンク機構により手首の背屈に機械的に連動する仕組みとなっている。しかし、この把持装具には大きく二つの難点がある。ひとつは手首を背屈した姿勢でのみ把持動作が可能であること。この為、対象物の自由な取り回しが難しく手作業を行うには不十分である。もうひとつは、把持装具のフレ

ームが車椅子の操作の邪魔になることである。把持装具の利用者は頸椎損傷者など車椅子利用者である場合が多い。フレームを有する把持装具ではホイールを操作する際に邪魔になり、移動のたびに装具を手からはずさなくてはならない。手指麻痺者にとって装具の着脱は容易ではなく、日常利用の大きな妨げとなっている。

これらの把持装具の難点を踏まえ、本研究では動力による握力の生成で手首の運動と独立した把持機能を実現し、かつ骨格のない構造とすることで装着したまま車椅子の操作を可能とするこれまでにない握力生成手段であるパワーグローブの開発に取り組んだ。

### 3. 研究の方法

提案するパワーグローブは装着部、駆動装置、そして入力手段としての筋活動センサにより構成される。各部それぞれの試作を繰り返しながら開発をすすめ、最終的にそれらを組み合わせて動作実験を行い、操作性や把持能力の評価を行った。開発したシステムの詳細を以下に述べる。

#### (1) システム構成

図1に今回開発したソフトパワーグローブを示す。

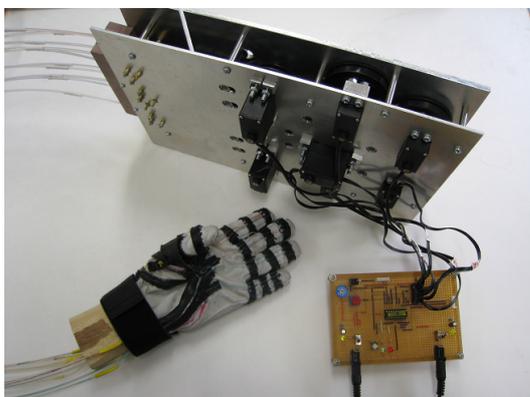


図1 開発したパワーグローブ

ソフトパワーグローブの特徴を以下に示す。

- 骨格のない柔軟な構造。従来の把持装具のようにフレームを有さず、革をベースとした柔軟素材のみで構成されており、優れた装着感を有する。
- 5指全て駆動。従来の把持装具ではフレーム重量等が問題となり、駆動する指を示指のみ、あるいは示指および中指に限定するのが一般的であった。本グローブは軽量の構造でありながら、5指全ての駆動を可能とした。
- 複雑な指の動きを実現。特に拇指においては伸展・屈曲だけでなく、内転・外転、内旋・外旋といった拇指本来の多様な動きを可能と

し、複雑な表現能力や対象物の把持およびハンドリング機能を実現した。

- 軽量の装着部。駆動源をグローブから切り離し、ボデーケーブルにより動力を伝達することで、非常に軽量の装着部を実現した。

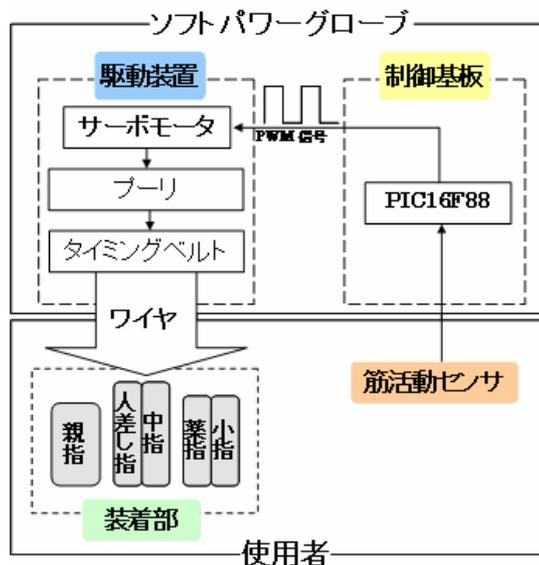


図2 システム構成図

ソフトパワーグローブのシステム構成図を図2に示す。入力手段として研究代表者が独自に開発した筋活動センサを用いている。利用者の体の麻痺の無い筋肉(ここでは操作筋と呼ぶ)を選び、その上にセンサを専用ベルトで固定する。この筋肉の緊張度により駆動装置へ送るPWM信号のDUTY比を決定する。送られたPWM信号によって駆動装置内のサーボモータが駆動し、サーボモータに取り付けられたプーリが回転し、指の動きを実現する駆動糸に張力が生まれ、把持動作が実現される。

#### (2) 装着部 (グローブ部)

装着部は皮製の手袋で構成される。関節を挟むようにして厚手の革で作られたリングが配され、このリングと手袋の間にはテフロンチューブが固定されている。テフロンチューブ内を腱にあたる駆動糸が通っており、この駆動糸を引いたり緩めたりすることで指の運動を実現している。指の手のひら側を通る駆動糸を引くと同時に手の甲側を通る糸を緩めると指は屈曲する。反対に手の甲側を引き、手の平側を緩めると伸展する。図3に第2指から第5指までの屈曲に働く駆動糸の配置を赤色線で図示する。指の先端で固定された駆動糸は指の付け根付近まで2本の経路をたどり、そこから合流して手のひらに縫い付けられたテフロンチューブに手首の尺骨側に案内される。さらにグローブの端から出た塩ビチューブを通して駆動装置に至る届き、その先端は電気モータによって駆動されるゴムベルトにより牽引・開放が行われ

る。本試作機においては、5指によるボール、および缶飲料の把持、さらにジャンケンのゲー、チョキ、パーの実現を目標動作として設計した。図3に装着部に配された駆動糸の例を示す。本試作機においては第2指と第3指、第4指と第5指をそれぞれ途中で統合し、駆動系統簡素化を図っている。

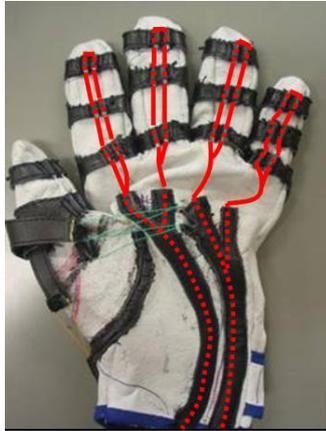


図3 装着部における駆動糸の配置

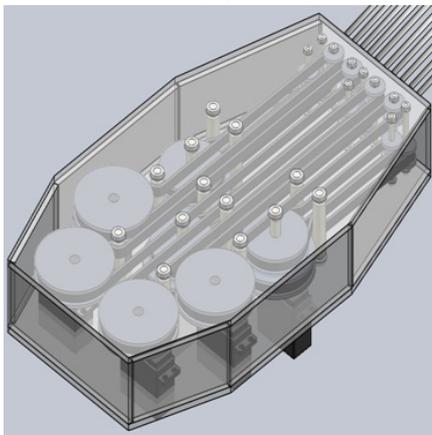
また、拇指については伸展・屈曲、内転・外転、内旋、外旋の3自由度を与えるよう、他の指よりも複雑な駆動糸の配置とした。

以上のように、本試作機では第1指に3自由度、第2～第5指に1自由度の計7自由度を持たせ、人の手とほぼ同等な自由度を実現した。

### (3) 駆動装置

図4に駆動装置のスケッチを示す。サーボモータ7個がそれぞれプーリを回転させ、ベルトを駆動する。指の伸展および屈曲は1個のモータで行われる。しかし、伸展側駆動糸と屈曲側駆動糸の最適なストロークが異なるため、プーリは2段になっており、それぞれに巻かれたベルトが正転、逆転においてそれぞれ屈曲、伸展の異なるストロークの牽引を行っている。

図4 駆動装置のスケッチ



### (4) 筋活動センサ

制御入力手段のひとつとして独自に開発した筋活動センサを用いた。このセンサの特徴のひとつ

は、衣服の上から筋活動量を検知可能な点である。図5にセンサの写真を示す。

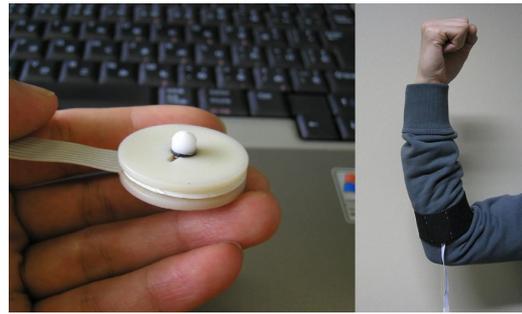


図5 筋活動センサ

利用者はグローブを装着して対象物まで手を伸ばし、センサを取り付けた操作筋を軽く力むとその力みの度合いに応じて握力が発生し、力の微調整を行いながら対象物を把持することが出来る。

### (5) 実験

#### 可動範囲測定実験

本パワーグローブで可能な動作を評価するため、実現可能な各指の動作範囲の測定を行い、健常者のそれと比較した。図6に計測結果の例を示す。健常者の各指可動範囲とグローブを装着し、脱力状態で駆動した際の最大関節角の計測値となっている。伸展させた指をそろえて手のひらを平面に付けた状態を角度0の基準姿勢とした。

		MP	DIP	PIP
人差し指	健常者	78°	109.5°	55.9°
	グローブ装着	59°	62.1°	32.5°
中指	健常者	83°	117.8°	78°
	グローブ装着	57.2°	68.8°	23°
薬指	健常者	89°	114°	69°
	グローブ装着	41°	47.9°	25°
小指	健常者	91°	111°	78°
	グローブ装着	50°	58°	37.2°

			MP	IP
親指	屈曲	健常者	51.3°	95°
		グローブ装着	41.5°	40°
親指	最大開き角	健常者	71°	
		グローブ装着	63°	
		健常者	79°	
		グローブ装着	59°	

図6 指関節可動範囲

グローブで実現できた各関節における可動範囲は健常者のそれと比較してやや小さくなっているものの、おおむね55～75パーセントの範囲で指の駆動が再現できていることが確認できた。

#### 把持力評価実験

本研究では筋活動センサによる操作筋の活動計測を通して利用者が自由に握力を調整可能なシステムの実現を目指している。入力信号に応じて握力の変化が確実に行えることを確認するために、入力信号と各指の把持力との関係を明らかにした。測定結果の例を図7に示す。

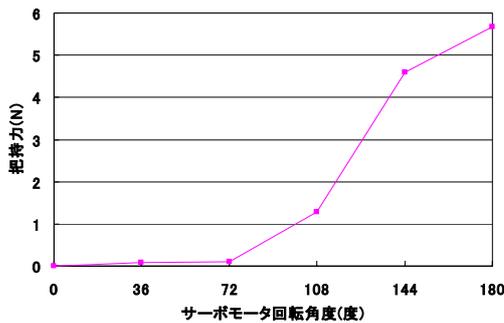


図7 示指と中指による把持力の測定

グラフから、入力信号の値を上げ、サーボモータの回転角度が大きくなるに従って、把持力が増大する様子が確認できた。モータ回転角が72度に至るまでの間に把持力の発生が見られないのはグローブ部と駆動装置を繋ぐチューブの収縮によって、指を駆動するまでの張力が生じていなかった為と考えられる。これは駆動糸長の調整により改善できると思われる。

#### 指動作表現実験

さらに、ボタン操作による各指の独立動作でテニスボールの投球・捕球、缶飲料の把持、ジャンケン動作など、多様な動作や運動を試みる実験を行った。いずれも想定された動作や運動が確認できた。図8に模型の手にパワーグローブを装着して行ったジャンケン動作実験の様子を示す。

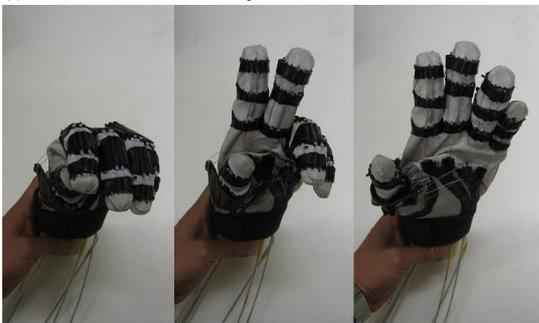


図8 ジャンケン動作実験

#### 4. 研究成果

本研究では5指を動かすフレキシブルな把持装具を開発し、人間本来の自由な手の動きが実現できることを確認できた。また、使用者の意思を読み取り、把持力を制御できること、これにより思い通りの把持動作が可能であることを示した。従来の把持装具では実現できなかった、複雑な作業も可能になると思われる。今回の試作機では駆動糸の長さの調整が不十分で、最大把持力が想定した値よりも小さかった。装着部-駆動装置間のチューブが圧縮により縮み、力が指先にうまく伝わらなかったためと考えられる。今後、この点を修正して把持力と可動範囲の改善を図る。

#### 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)

[学会発表] (計1件)

“A tendon-driven glove to restore finger function for disabled”, Shunji Moromugi, Kosuke Kawakami, Katsutoshi Nakamura, Taichi Sakamoto and Takakazu Ishimatsu, ICROS-SICE International Joint Conference 2009 (ICCAS-SICE2009), Aug. 2009, (Accepted)

[その他]

第16回日本義肢装具士協会学術大会(平成21年7月18、19日開催)にて技術紹介を予定。

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

諸麥俊司

長崎大学工学部

機械システム工学講座 助教

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

・二宮誠

(株)長崎かなえ 代表取締役

・石松隆和

長崎大学工学部

機械システム工学講座 教授