

J-036

把持動作支援を可能とする装着型サイバニックハンドの開発 Development of Wearable Type Cybernic-Hand for Grasp-Assistance

竹内 奨十
Tasuku Takeuchi

山海 嘉之十
Yoshiyuki Sankai

1. はじめに

1.1 背景

脳梗塞や脳出血に代表される脳卒中は年間100万人以上が発症しており、脳の運動を司る部位が損傷を受けることにより、後遺症として身体の左右どちらか片側が麻痺する片麻痺を伴う[1]。特に手指には麻痺が残りやすいことが知られており、理学療法士、作業療法士の不足や、医療保険のリハビリテーション期間の制限から、手指に麻痺を残したまま日常生活を余儀なくされている人々は数多い。そのような麻痺患者らに対しては、関節の拘縮などの防止のため、日常生活において麻痺した手指を積極的に利用することが推奨されている[2]。脳神経系のリハビリテーションを促進させるニューロリハビリテーションの立場からも、日常生活で麻痺部位を積極的に利用することにより麻痺が改善する可能性が示されている[3][4]。

しかし、手指を自発的に動かすことのできない比較的重い手指の麻痺をもつ患者にとって、思うように動かない手指を意識的に使用することは困難である。特に日常生活で行う頻度の高い物体の把持動作は、麻痺のない側で代替可能な動作であることもあり、麻痺手指の積極利用がされにくいという側面がある。そのため、廃用による筋力低下や関節の拘縮により、麻痺症状が悪化することが問題として挙げられる。この問題を解決するため、本研究では日常生活で頻繁に行われる物体の把持動作に着目し、装着型システムを用いて把持動作アシストを行うことにより、麻痺患者に対して麻痺した手指の積極利用を促す。これによりADL・QOLの改善ならびに、麻痺部位の積極利用によるニューロリハビリテーション効果による麻痺症状の改善が期待される。

1.2 研究目的

本研究の目的は、麻痺患者の指の動作をアシストし、把持動作支援を可能とする装着型サイバニックハンドの開発である。ハードウェアの設計、製作と、人間の手指を模したモックアップによる動作実験について述べ、麻痺患者への適用可能性を示す。

2. 装着型サイバニックハンド

2.1 要求される機能

本研究で開発する装着型サイバニックハンドは、把持動作をアシストすることにより、麻痺部位の積極的な利用を促すシステムである。そのため、動作支援を行う機能に加え、日常生活を送る上で装着者の負担にならないことが要求される。

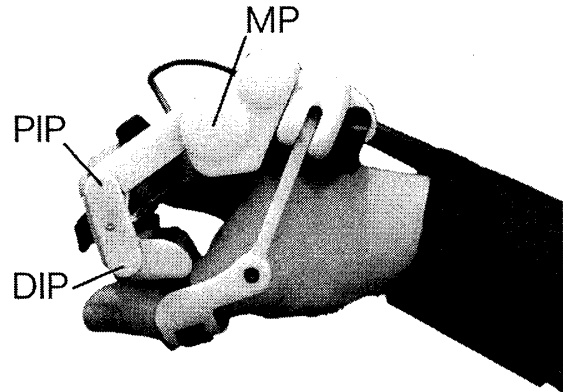


図1 装着型サイバニックハンド

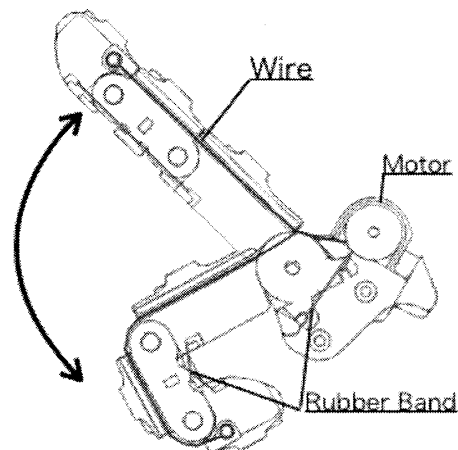


図2 機構動作イメージ

以下の項目を満たすよう、装着型サイバニックハンドを開発した(図1)。

- ・指の動作をアシストし、把持動作を可能にする
- ・小型、軽量である
- ・装着者の意図に即した操作方法を持つ

2.2 アシストする動作

麻痺部位の積極利用の観点からすれば、麻痺患者の手指すべての自由度をアシスト可能なシステムであることが望ましい。しかし、すべての指の関節動作を装着型のシステムによってアシストしようとするれば機構の複雑化と重量の増大を招く。本研究では、支援を行う動作として日常生活で使用される頻度の高い、円柱状の物体に対する握り把持動作を選択した。対立姿勢に固定された拇指に対して、他指の動作をアシストすることにより把持動作を行う。

† 筑波大学大学院システム情報工学研究科
Graduate School of Systems & Information Engineering,
University of Tsukuba

2.3 ハードウェア

片麻痺においては、指の屈曲はある程度できるものの、指を自発的に伸展することが困難であるケースが多く、手指のリハビリテーションでは、療法士が外力により麻痺指を伸展させる訓練が行われている。これに倣い、麻痺指の伸展方向へ動作アシストすることにより、麻痺患者の残存機能を生かしつつ間接的に把持動作支援を実現する。機構の動作イメージを図2に示す。機構の小型化、単純化のため、駆動には腱駆動方式を採用した。フレーム先端部に取り付けたワイヤーを手甲部に配置したモータで巻き取ることによってDIP、PIP、MP(図1)それぞれの関節を連動させ伸展する。これにより1自由度でありながら4指の各関節の伸展を行うことを可能としている。屈曲方向の動作は弾性体の復元力によって行っているため、把持物体の形状に対してある程度なじむように把持することが可能である。また、物体把持中にモータが力を出し続ける必要がないという利点もある。計測、制御のため、把持動作部のMP、PIP、DIP関節部それぞれに角度センサを搭載している。

2.4 操作方法

脳卒中麻痺患者の場合では、脳から筋肉へ正常な指令が伝わらないため、筋活動の指標である生体電位信号を制御に用いることが困難である。そのため、麻痺のない側の手で操作する小型のスイッチにより、伸展と屈曲を切り替えて操作を行う。また、屈曲時に指が物体に接触し、各関節の角速度が0になったタイミングを物体の把持と判断することにより、物体に対しなじむように把持することを可能とした。

3. 動作実験

麻痺患者に適用する事前実験として、人間の手指を模したモックアップにより、物体の把持が可能であるか検証を行った。把持対象としてはペットボトルを選択した。実験の様子を図3に示す。動作時の各関節の角度を図4に、角度の取り方は図5に示した。実験の結果、モックアップにより、ペットボトルを把持し、挙上することが可能であった。またグラフより、指の各関節を屈曲伸展し、物体になじむよう把持できていることが読み取れる。この結果から、指を自分で動かすことができない麻痺患者に対しても把持動作支援が有効であることが示唆される。

4. まとめ

麻痺患者の指の動作をアシストし、把持動作支援を可能とする装着型サイバニックハンドのハードウェアを設計、製作し、モックアップによる動作実験から麻痺患者への適用可能性を示した。

今後の課題として、装着型サイバニックハンドを麻痺患者に適用した実証試験により、把持動作支援の有効性と、ニューロリハビリテーション効果による機能回復の検証を行う。

謝辞

本研究は、文部科学省グローバルCOEプログラム「サイバニクス：人・機械・情報系の融合複合」の支援を受けて行われた。



図3 ペットボトルの把持

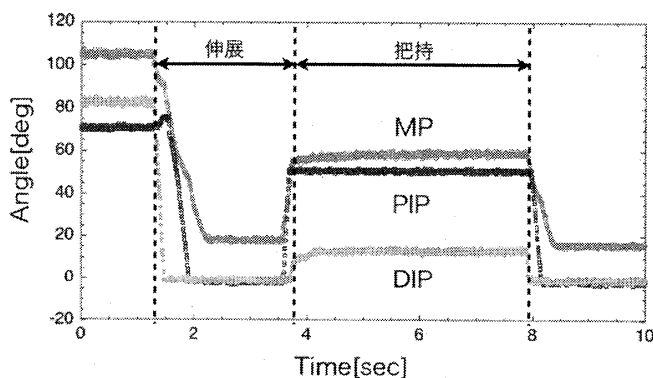


図4 動作時の関節角度

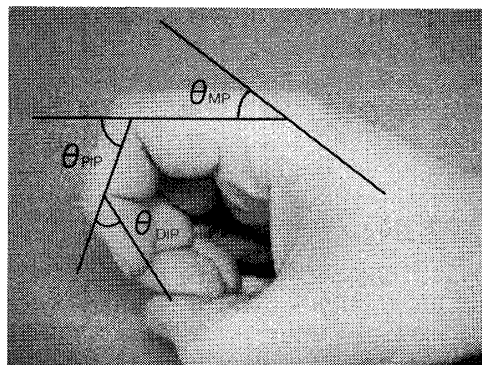


図5 関節角度の取り方

参考文献

- [1] 厚生労働省統計 平成17年患者調査 表12 主要な傷病の総患者数
- [2] 日本脳卒中学会 脳卒中治療ガイドライン2004 2-3. 上肢機能障害に対するリハビリテーション
- [3] 久保田競, 宮井一郎: "脳から見たリハビリ治療 - 脳卒中の麻痺を治す新しいリハビリの考え方", 講談社ブルーバックス
- [4] Taub E, Uswatte G, Pidikiti R. Constraint-induced movement therapy: a new family of techniques with broad application to physical rehabilitation—a clinical review. J Rehabil Res Dev 1999;36:237-51.