サーボモータを用いた指リハビリ装置の開発 ～機構構造の検討試作～

Development of Medical Rehabilitation Equipment for Fingers Using Servo Motor ～Trial Manufacture of The Mechanism of Equipment～

○ 遠藤 美幸 (㈱アクトメント)
小川 明 (㈱アクトメント)
加藤 明雄 (㈱アクトメント)

星野 伸行 (㈱アクトメント)
中里 裕一 (日本工業大学)
坂田 悍教 (埼玉県立大学)

Yoshiyuki ENDOU, ACTMENT Co.,Ltd. 3-1-48 Nisiyagisaki Kasukabe-si Saitama-ken

Akira OGAWA, ACTMENT Co.,Ltd.

Akio KATOU, ACTMENT Co.,Ltd.

Nobuyuki HOSHINO, ACTMENT Co.,Ltd.

Yuichi NAKAZATO, Nippon Institute of Technology

Takenori SAKADA, Saitama Prefectural University

Abstract: In this research, we have developed the rehabilitation device that characteristic is 1)easy to move and having portability, 2)possible to move each joints separately. So we focus attention on an actuator using for rehabilitation equipment, and allocate the very small, but high power weight ratio actuator at each joints. For this reason, we are able to miniaturize and lightening the entire rehabilitation equipment.

Key Words: Rehabilitation equipment, Actuator, Servo motor, Power weight ratio

1. はじめに

現在、持続的他動運動訓練 (CPM: Continuous Passive Motion) を行える装具が多く開発されているが、指のリハビリ機器に関しては、容易に持ち運びができ、扱いが簡単な装置はあまり見られない。さらに、最近では治療手段もより高度に複雑化しているため、今までの装具を簡略化し、使いやすい物へという「改善の段階」に入っている¹⁾。また、これまでの装置では一箇所の動力源によって、リハビリを行おうとするため、個々の関節を個別にリハビリすることが難しく、訓練の自由度が低いという問題があった。

そこで、本研究では 1)移動や持ち運びが簡単で、2)個別の関節運動が可能な、リハビリ機器の開発を行う。そのため、リハビリ機器に用いるアクチュエータに着目し、個々の関節に直接配置することで、個別の関節運動を可能にした。また、小型・軽量化なアクチュエータを直接関節に配置したため、リハビリ機器全体の小型・軽量化にも寄与することが出来たので報告する。なお、このアクチュエータは模型飛行機などに用いられる小型のサーボモータであることから、単純な構造で制御も容易に行えるため、比較的安価で安定したリハビリ機器の開発が可能になった。

2. 開発方針

現在様々なリハビリ機器が開発されているが、それらは装置が大きく、重いために持ち運びが困難なため、特別な部屋を設けそこに配置する仕様の装置がほとんどである。患者は病室を離れ、わざわざリハビリ装置の置かれた場所まで行かなければならない。そのため、使用時間に制限があったり、歩行が困難な場合は利用することができなかったりと、大きな制約を受ける。

本研究では、患者が手術・損傷後速やかにより効果的な持続的他動運動訓練 (CPM: Continuous Passive Motion) が行えるよう、以下の 4 項目を装置の試作目標にし開発を行う。

- 1) 装置の小型化。 (腕に装着可能)
- 2) 扱いが簡単かつ持ち運びも容易 (1kg 以下)
- 3) 手のひら側には機構をもたない。
(掌、指で触覚を感じることができる)

- 4) 全関節の屈曲角度が十分である。

(MP 関節は 80° ～ 90° , PIP 関節は 90° ～ 100° 屈曲)

3. 使用アクチュエータ

リハビリ機器のアクチュエータとして、模型飛行機などに用いられる市販のラジコン用サーボモータを用いる。このサーボモータは現在、模型飛行機以外にも、小型の歩行ロボットなどに利用されている。一般にラジコン用サーボモータは、減速機構の構成歯車をプラスチックにし、コストダウンや軽量化を図っている。しかしながら小型歩行ロボットのブームなどで、減速機構の構成歯車を金属製に置き換え、信頼性と耐久性を高くし、高トルクが出力できる製品が登場し始めている。今回実験で使用したサーボモータも、ラジコン用サーボモータながら金属歯車を用いたもので、小型ながら出力が比較的大きい。モータ諸言を表 1 に示す。

Table 1 Specification of servo motor

Torque	6.4kg-cm(6.0V)
Speed	0.14sec/60°(6.0V)
Size	28.0×14.0×29.8mm
Weight	28g

使用したサーボモータの制御は、モータに内蔵されたセンサーと制御 IC によって行うため、モータには一本の指令信号を送るだけでモータ軸の角度制御が行える。制御信号は単純なプロトコルの一種のパルス波で、軸の位置を±数度の誤差で位置決めすることが可能であるため、リハビリ機器内臓マイコンの負荷を大幅に軽減できる。高度な位置決めを必要としないリハビリテーション用の機器の制御には、十分な精度であると考えた。

4. 機構

装置を小型軽量化するため、示指から小指までを同時に動作させることとし、機構を簡略化させる。この方法であると十分な CPM が行えないと思われるが、外科手術や脳卒中発症直後、また、リハビリ訓練後の再硬縮予防のみに使用を限

定するのであれば、十分であると考えられる。

また、2章でも述べたように、手のひら側には機構をもたず、かつ人間の指の屈曲運動（伸び+曲げのような動作）に対応できる構造が必要であると考えられる。

そこで、本装置では、図1に示したように、1関節に対し2つの保持部材と2本のアームがあるリンク機構を考案し、示指から小指の4指を同時に動作させる構造にして試作を行った。

本機構は図2に示すように、保持部材Aおよび保持部材B上にサーボモータを配置しそれに接続されたアームを、動力アームA・動力アームB、動力アームと保持部材を接続しているアームを、伝達アームA・伝達アームB、および手の関節によってリンク構造をとったものである。

動力アームがもっとも引き側のとき（甲側へ転倒したとき）伝達アームが甲側へ引き寄せられ、逆に、動力アームが指先側へ転倒すると手を含む機構全体がスライダ・リンク機構として機能し、関節が固定軸となつて指が曲がり始める。

さらに動力側アームが指先側へ転倒すると、角度制限カムが係合状態となることで、指が掌側へ一杯に押し込まれる。

また、動力アームと伝達アームの間で力を伝達する際、カムの係合と非係合の状態を利用して、動力アームと伝達アームの相対角度を所定範囲内に制限するようになっており、その効果によって保持部材B・保持部材Cを動作させることで関節の可動を円滑に行うことができるとともに、装置のコンパクト化に成功した。

4. 結果及び考察

本研究では、示指から小指の4指を対象とした装置を開発し、実際に装置を装着、指の曲り角度の計測を行い、その動

作の検証を行った。その結果、図3、4に示すように、MP関節が 80° 、PIP関節が 93° の屈曲角度を示し、2項に挙げた試作目標である以下4項目を達成したと考えられる。

- 1) 腕に装着可能なサイズに小型化。
- 2) 重量を約300gに抑え、持ち運びが容易。
- 3) 手のひら側に機構を持たず、つかみなどの作業が可能。
- 4) 各関節の屈曲角度はMP関節が $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 、PIP関節が $90^{\circ} \sim 100^{\circ}$ を満す。

しかしながら以下4項目の問題点が判明した。

- 1) 過電流対策が不十分で、モータが破壊しやすい。
- 2) 小指の曲げが不十分である。
- 3) $0^{\circ} \sim$ 最大曲げ角度の範囲内でのみの連続動作。
- 4) 体格差による手の大きさの違いに対応しない。

5. まとめ

第4章で述べた問題点をふまえ、

- 1) モータの過電流対策を講じる。
- 2) 小指の曲げ角度を改善する。
- 3) ソフトウェアの改良による動作パターンの追加。
- 4) 体格差による手の大きさの違いに対応させる。

の4項目を今後の課題とし、更に装置およびシステムの完成度を向上させ臨床を行い、実際の現場で使用可能な状態まで改良を加えていく。

参考文献

- (1) 国立社会保障・人口問題研究所、日本の将来推計人口平成14年1月推計
- (2) 矢崎潔、手のスプリントのすべて[第2版]、三輪書店、(2001)、p10

Fig.1 Outline of rehabilitation equipment

Fig.3 Photograph of rehabilitation equipment

Fig.2 Basic structure of the rehabilitation equipment

Fig.4 Photograph of experimental equipment