

302 リハビリテーション機器への応用を考慮した SMAアクチュエータシステムの研究

Study of the SMA actuator system in consideration of the application to medical rehabilitation equipment

○ 峯村 章 ・ 日本工業大学

Akira MINEMURA
Nippon Institute of Technology

正 中里 裕一 ・ 日本工業大学

Yuichi NAKAZATO
Nippon Institute of Technology

中村 勇介 ・ 日本工業大学

Yusuke NAKAMURA
Nippon Institute of Technology

1. はじめに

脳卒中などを発病すると、手足が麻痺してしまうことがある。麻痺した手足を、そのままほおっておくと、しだいに関節が変形し、かたくなってしまふ。実際に使える手足(実用肢)にするためには、発作直後から正しい手足の姿勢をはじめから保つことが必要となり、さらに自分でまったく動かせない場合には、他人に動かしてもらって、関節がかたくならないようにすることが大切である¹⁾。

しかし、リハビリテーションをおこなうためには理学療法士、作業療法士やリハビリテーション看護婦などの協力が必要になるが、一人の患者に付きっきりになることは出来ない。そのため、リハビリテーション機器が必要となると考えられる。現在、手指のリハビリテーション機器としては、いくつか開発されているが、アクチュエータとしてモータを使用しているものが多く、機構は複雑で大型である。手指のリハビリテーション機器用アクチュエータは、指の屈曲にしなやかに対応し、駆動音が静寂で、扱いやすいということが求められる。そこで、動作形態が滑らかで駆動音が静寂であり、柔軟な材料であるとともに単位重量あたりの出力が大きい形状記憶合金(SMA; Shape memory alloy)に着目した²⁾。研究者らは、SMAを使用することにより人間の手に匹敵する性能を有するアクチュエータを実現することが可能であると考えた。しかし、SMAは冷却が十分おこなえないと動作速度が遅くなるという欠点がある。

そのため、本研究では、SMAを熱伝導率の高い液体で包囲し、冷却効率を上げるとともに、この液体の圧力を使った動力伝達機構を開発してきた。本報では、この方式に改良を加え、メンテナンスが簡単に出来る手指用リハビリテーション機器への応用を考慮したアクチュエータシステムの研究を行なったので報告する。

2. アクチュエータ概要

本研究では、リハビリテーション機器への応用を考慮したSMAアクチュエータの研究を行った。リハビリテーション機器のアクチュエータに求められる条件は

- ① 安全性が高い。

- ② 生体に対する親和性が高い。
- ③ 指の屈曲にしなやかに対応する。
- ④ 不快な振動や音がない。
- ⑤ 扱いが容易。

SMAアクチュエータは一般に生体親和性が高く、駆動音が静寂で扱いやすい³⁾。しかしながら、SMAアクチュエータの特徴からSMAで往復運動を行わせるためには、実際に作用する部分を製作しながら個々の機器にそった設計をしなければならない。本研究では現在、リハビリテーション機器の見体的な設計仕様が決まっていないため、とりあえず、人間の手の自由度と同じロボットハンドを製作することにより、リハビリテーション機器への応用を意識した設計を行うことにした。

2-1. 機構 アクチュエータの基本構造としては、パイアス方式(図1)と拮抗方式(図2)がある。小型・軽量化を行う目的からアクチュエータの基本構造は図2に示す拮抗方式を変化させた、図3に示すようなSMAをシリンダの左側に1本、右側に1本封入し拮抗させる機構を採用した。

作動水は、日本薬局方規格A2クラスで電気伝導率が $1[\mu S/cm]$ である精製水を作動水として使用する。

2-2. アクチュエータの動作原理 始めにシリンダ左側にあるSMAを加熱させ収縮させることにより作動水に圧力が加わり、押し出される。このとき右側のSMAは伸ばされると同時に、作動水をシリンダ内に戻す。つまり、シリンダ内の左右のSMAを交互に加熱・冷却することにより作動水に圧力が加わり、交互に押し出し、戻しを繰り返す。

また、SMAがシリンダ内に封入した状態でも張りを調節出来るようにサルカンの付いたアジャスタを付け、管の途中に三又の継ぎ手を付けその1つに逆支弁を付け外部から水の充填を行えるようにすることによりメンテナンスを容易にした。

3. 駆動部

アクチュエータから押し出された作動水が各関節のバルーンに流れ、バルーンを膨らませることによって図4(i)

に示すように関節を曲げ、物を把持する。また、指が開く場合は図4(ii)に示すように曲がる場合は反対のバルーンが膨張することにより開いた状態になる。

人間の指と同じ内骨格で3関節3自由度、1関節ずつ可動させることにより、より人間らしい指を設計した。製作した指を図5に示す。

4. 結果および考察

本研究では、拮抗方式アクチュエータの製作をおこなったが十分な動作をさせることは出来なかった。バイアス方式ではバルーンを膨らまし、可動させることができ発生力は200gfであった。今回の拮抗方式の構造であるSMAのひずみをSMAで戻す方法では、SMAのトレーニングが十分でなかったため、収縮率に誤差が発生してしまい正確に拮抗することが出来なかったことが理由と考えられる。また、水冷を行う役目を果たしている作動水の水温が上昇してしまい、本来ならば形状記憶合金のみを加熱するべきである。そのため、シリンダ内の温度センサにより冷却水が加熱された場合にフィードバック制御し、冷却水循環バルブを開き、水温を下げる必要がある。

しかし、作動水の充填や空気抜きを容易にするために三又の継ぎ手を付け外部から作動水の充填を行えるようにし、サルカンを使用したアジャスタを使用することによりSMAの張りがねじれずに調節出来るようになりメンテナンス面は向上された。

駆動部は、バルーン方式を採用した。それにより、各関節を独立して可動出来るようになり、曲げ角度も85°~95°と人間らしい3関節3自由度の指を製作できた。しかし、バルーンの大きさとゴム厚が不均一なため関節は動かせるが、細かい位置制御は出来ないと考えられるので、医療用のカテーテルを使用するなど均一に近い物を使用することで解決できると考えられる。

5. おわりに

脳卒中などで手指の麻痺した患者のリハビリテーション機器としてこのアクチュエータを使用するためには、SMAのトレーニング方法を確立することが重要であると考えられる。また、安全性の面を考慮すると圧力センサなどを使い、フィードバックをかけて出力するトルクの制御をする必要もある。

今後は、今回製作したアクチュエータの問題点を解決し、小型化をはかるとともに、指部を改良し人間の手に装着出来るようにしリハビリテーション機器の開発を行う。

参考文献

- 1) 荒木五郎：脳卒中の正しい知識、南江堂、(1988)、50~51
- 2) 谷江和雄：アクチュエータの現状と展望、日本ロボット学会誌第2巻第4号(1984)、284~286
- 3) 藤吉敏生：形状記憶合金とその使い方、日刊工業新聞社(1987)、234

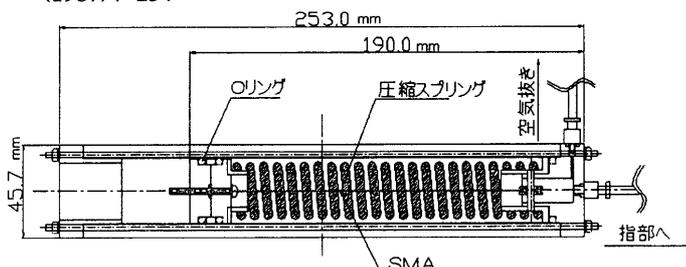


図1 バイアス方式

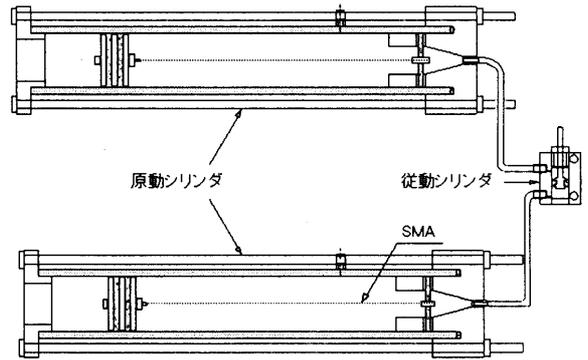


図2 拮抗方式

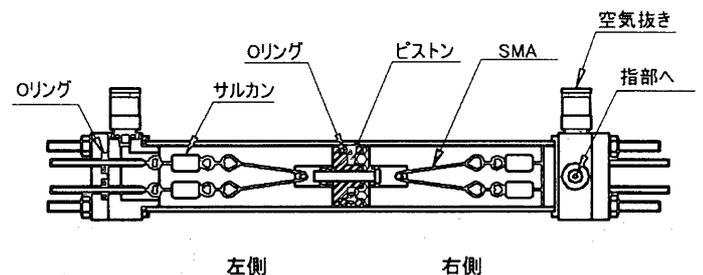


図3 アクチュエータ概略図

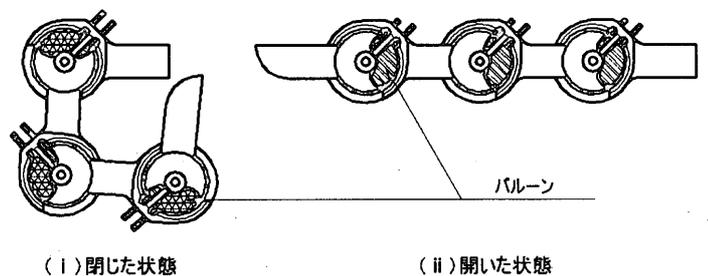


図4 指関節部

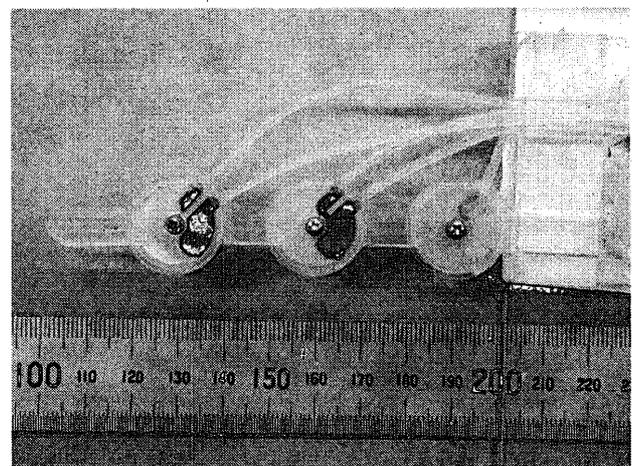


図5 製作した指関節部