

報告日 2015 年 (平成 27 年) 6 月 8 日
報告者 津山工業高等専門学校 電子制御工学科 准教授
谷口 浩成

1. 研究概要

(和文)

(1)課題名 (日本語)

作業療法士の施術方法を実現する空圧式ハンドリハビリテーションシステムの
試作研究

(2)研究者氏名

谷口 浩成 津山工業高等専門学校 電子制御工学科 准教授

(3)研究概要 (日本文)

事故による怪我や、脳卒中などの病気による身体麻痺により拘縮が発症することがある。これを予防するために、作業療法士や理学療法士らの介助者によるリハビリが施術される。しかしながら、今後介助者が患者に対して不足することが懸念されており、十分なリハビリを行うことが困難になることが予想される。そこで、本研究では、作業療法士が行う手指の拘縮を防ぐ関節可動域訓練動作と、筋肉をもみほぐす筋リラクゼーション動作の両方を可能とする空圧式ハンドリハビリテーションシステムを提案した。実験より、関節可動域に制限のない人に対して、3種類の関節可動域訓練および筋リラクゼーションが行えることを確認し、その有用性を示した。

(4)キーワード

空気圧ソフトアクチュエータ, 拘縮予防, リハビリ, 作業療法士

(英文)

(1) Research title

Development of a Rehabilitation System to Prevent a Contracture for Finger Joints using Pneumatic Soft Actuators

(2) Name of researcher with title of position

Hironari Taniguchi, Associate Professor, National Institute of Technology,
Tsuyama College

(3) Summary

There has been increased interest in use of pneumatic actuators in many fields, such as medical care and welfare. In particular, proposed pneumatic soft actuator with soft material has many advantages such as low mass, flexibility, safety and user-friendliness. We therefore focus on the pneumatic actuators as a drive source of a rehabilitation device. The purpose of this work is to develop a rehabilitation system to prevent contracture of the finger joints using the pneumatic soft actuators. We prototyped the system and measured the flexure angle and the extension angle in the rehabilitation test. As a result, we confirmed the problem of rehabilitation system with unlimited to the joint range of motion.

(4) Key Words

Pneumatic Soft Actuator, Prevent Joint Contracture, Rehabilitation System, Occupational Therapist

2. 本研究の意義・特色

病気や事故が原因で体が麻痺すると、関節の拘縮（関節の動く範囲が狭くなる現象）が始まる。拘縮が重症化すると、正常な状態にまで回復することは難しいため、拘縮を予防することが最も大事であると言われている。通常、拘縮を予防するためには、作業療法士により、リハビリ運動が施術される。しかし、作業療法士が患者につき添える時間が限られており、患者は十分なリハビリを受けられないことがある。特に手指は、複雑なリハビリが必要となるため、十分なリハビリを行うことが困難である場合が多い。

そこで本研究は、作業療法士が手指に施術するリハビリ運動を提供できる、空圧式ハンドリハビリテーションシステムを開発することである。すなわち、患者の緊張や筋肉のこわばりを取り除く筋リラクゼーション運動と、関節可動域運動を1つの装置で実現できる点に特色がある。これにより、早期での社会および日常生活への復帰を支援することを目指す。特にこのような問題は、高齢者が対象である場合が多いため、高齢者の自立支援につながるものでもあったと考えられる。

3. 実施した研究の具体的内容、結果（本文）

3. 1 空圧式ハンドリハビリテーションシステムの構造と試作

昨年度まで、著者らの研究グループでは、アクチュエータを取り付けた台をステッピングモータによって移動させ、その2つを制御することで、屈曲・伸展動作、筋リラクゼーションの3種類のリハビリ運動を行う装置を製作した。そして、屈曲・伸展動作の関節可動域（以下、ROMと記す）訓練実験を行ったところ、屈曲動作ではMP関節の屈曲角度が、目標値に対し約40%程度、伸展動作ではMP関節の伸展角度が、目標値に対し約70%程度

で、どちらの動作も MP 関節の動作が不十分のため、目標値を達成することができなかった。このような結果となったのは、手首の固定が不十分であったこと、屈曲方法や伸展方法が悪かったこと、といった問題のためであった。またアクチュエータの形状上、特に第 5 指にアクチュエータが作用しておらず、リハビリ動作も右手しか行うことができなかった。

そこで本研究では、これまでの装置の改良点として、ROM 訓練の精度向上と指の内外転動作運動の追加を試みた。そして、それらの実現のため、袋型空気圧アクチュエータの改良とスポイト型空気圧アクチュエータを新たに開発し、装置を試作した。

袋型空気圧アクチュエータの構造を図 1(a)に示す。これは、手指圧迫用や高さ調節用として用いた。また、本アクチュエータは、アルミフィルムを接着することで袋型にし、複数組み合わせ、その周りを帆布で覆った。次に、スポイト型空気圧アクチュエータを図 1(b)に示す。これは、手指 1 本に対して屈曲および伸展運動を行うために用いられた。このアクチュエータは 3 つのケミカルスポイトの蛇腹部分を切り抜き、ホットボンドで接着して製作した。また本アクチュエータは、手指に直接作用させるため、すべりや柔軟性を考慮し先端にスポンジを付けた。

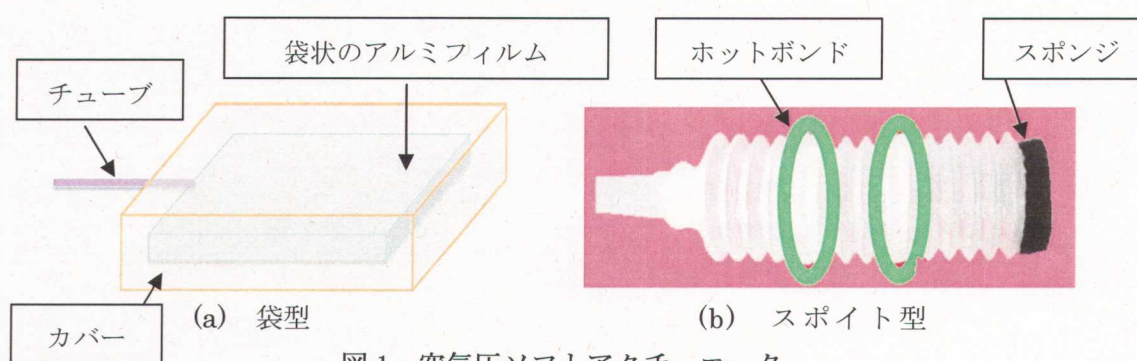


図 1 空気圧ソフトアクチュエータ

次に、ハンドリハビリテーションシステムの外観を図 2 に、屈曲動作の様子を図 3 に示す。装置全体の寸法は $240\text{mm} \times 410\text{mm} \times 300\text{mm}$ 、重量は 5.35kg （コンプレッサーや周辺機器を除く）である。この装置では ROM 運動（屈曲・伸展・内転・外転の 4 動作）および筋リラクゼーション運動を行うことができる。屈曲と伸展動作は、手の周りに配置されたスポイト型アクチュエータで行う。この時、手甲から手首にかけての固定を行っていないと、その後の関節可動域訓練で十分な運動を行うことができない。そのため、第 1 指から手腕までの手腕固定台を取り付けた。そして手甲と掌を袋型アクチュエータで挟み込むことで固定した。また、手指の間に袋型アクチュエータを配置し、空気圧を印加させ、膨張させることで内外転動作を行う。この内外転用アクチュエータは、スポイト型アクチュエータの横ずれを抑制することができ、ガイドの役割を果たしている。筋リラクゼーション動作は、指の腹側と背側の 2 方向から手指を圧迫することと、指先から順に圧迫するために、スポイト型アクチュエータを用いた。このリハビリ装置の特徴として、第 2 指が

ら第 5 指の指を一本ずつ、左右どちらの手でもリハビリが行えるような構造にした。そのためアクチュエータは左右対称的に配置されており、手腕固定台も左右に親指の置き場を設置した。

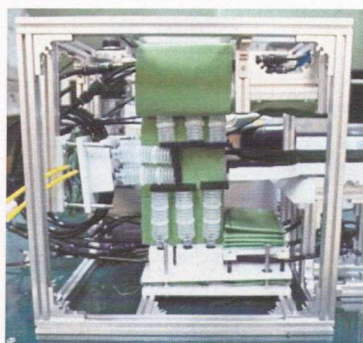


図 2 手指関節用リハビリ装置



図 3 屈曲動作試験の様子

3. 2 評価実験の結果と考察

ROM 運動の動作実験では、MP 関節、PIP 関節、DIP 関節の屈曲・伸展角度、内外転動作での指間距離、および筋リラクゼーション動作の効果の検証として、血流速度の変化を測定した。表 1 から 3 に各 ROM 運動試験の結果を示す。これらの実験結果より、屈曲動作では、MP および PIP 関節において、目標値の $\pm 10\%$ 以内の精度で実現した。また、伸展動作では DIP および PIP 関節において、目標値を達成した。内外転動作は目標値となる参考可動域が明示されていないので、自動運動（自分自身で動かしてみても最大どこまで動かすことができるか）と比較することで評価した。その結果、自動運動と同程度の結果を得た。さらに、筋リラクゼーション動作では施術前後で最大血流速度が約 2 倍となることをわかり、このことから筋リラクゼーションの効果が表れていることを確認した。

表 1. 屈曲試験の結果

		目標値	測定値		
			本装置		旧装置
			左手	右手	右手
屈曲角度 [deg]	MP 関節	90	83 (90%)	81 (90%)	48 (53%)
	PIP 関節	100	106 (106%)	105 (105%)	91 (91%)
	DIP 関節	80	34 (43%)	35 (44%)	71 (89%)

表 2. 伸展試験の結果

		目標値	測定値		
			本装置		旧装置
			左手	右手	右手
伸展角度 [deg]	MP 関節	45	33 (73%)	29 (65%)	34 (76%)
	PIP 関節	0	0 (100%)	0 (100%)	0 (100%)
	DIP 関節	0	0 (100%)	6 (97%)	0 (100%)

表 3. 内外転試験の結果

	左手			右手		
	測定値 [mm]		達成度	測定値 [mm]		達成度
	自動運動	本装置		自動運動	本装置	
第 2 指－第 3 指	73.7	70.8	96%	74.2	73.4	99%
第 3 指－第 4 指	57.2	68.8	120%	58.2	69.9	120%
第 4 指－第 5 指	65.8	65.2	99%	65.9	63.6	97%

4. 本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

谷口浩成 津山工業高等専門学校・准教授

5. 研究実施時期

2014年（平成26年） 3月 1日から 2015年（平成27年） 4月 30日

6. 本研究に関連して発表した主な論文等

- [1] 谷口浩成, 脇元修一, 鈴森康一, "作業療法士の施術を目指した手指関節用リハビリ装置の開発（空気圧ソフトアクチュエータによる筋リラクゼーション運動と関節可動域訓練の検討）", 日本機械学会論文集 Vol.80, No.820, 2014.
- [2] Hironari TANIGUCHI and Yusuke NAITO, "Hand rehabilitation device to prevent contracture for finger joints using pneumatic soft actuators", International Journal of Innovations in Engineering and Technology (掲載決定) .

- [3] 谷口造成, "作業療法士の施術を再現する医療福祉機器の開発 (空気圧ソフトアクチュエータによる手指関節リハビリ装置の提案)", 油空圧技術 2014 年 12 月号, 669, Vol.53, No.13.
- [4] Hironari TANIGUCHI and Yusuke NAITO, "Design and development of a hand rehabilitation device to prevent contracture for finger joints using pneumatic soft actuators", Proceedings of 1st Asian Conference on Electrical Installation & Applied Technology 3rd Japan-Thailand Friendship International Workshop on Science, Technology & Education (Technology, Hand-making, Engineering, Energy & Environmental), pp.29-32, 2014.
- [5] Hironari Taniguchi and Yusuke Naito, "A Prototype of Multifunctional Finger Joints Rehabilitation Device Using Pneumatic Soft Actuators", Proceedings of The 6th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology (ICMDT2015), pp.132-133, (2015)

7. 内外における関連研究の状況

手指関節を対象としたリハビリ装置の研究開発は多くの研究者によって行われている[1]-[3]。例えば、水圧アクチュエータを用いた指リハビリ装置の開発[4]では、アクチュエータから押し出された水圧で蛇腹を膨張させ、このときに発生する力を、リンクを介して五指の下方方向に伝え屈曲動作を行う。また、指肢のリハビリテーションを目的としたパラレルメカニズム式ウェアラブルハンドの基礎研究[5]の研究では、パラレルメカニズム式ウェアラブルハンドと呼ばれる装着型のロボットハンドを用い、その機構の運動特性を利用することで屈曲・伸展動作を行う。

- [1] Fuhai, Z., Lei, H., Yili, F., Hongwei, C. and Shuguo, W., Design and development of a hand exoskeleton for rehabilitation of hand injuries, Mechanism and Machine Theory, 73 (2014), pp.103-116.
- [2] Jamshed, I., Hamza, K., Nikos, G. T. and Darwin, G. C., A novel exoskeleton robotic system for hand rehabilitation - Conceptualization to prototyping, Biocybernetics and biomedical engineering, 34 (2014), pp. 79-89.
- [3] Takaiwa, M., Noritsugu, T., Ito, N. and Sasaki, D., Wrist Rehabilitation Device Using Pneumatic Parallel Manipulator Based on EMG Signal, International Journal of Automation Technology, Vol. 5, No. 4 (2011), pp. 472-477.
- [4] 清水洋和, 中里裕一, 加賀屋弘樹, 水圧アクチュエータを用いた指リハビリ装置の開発, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集 (2009), pp.263-264.

- [5] 山本奨悟, 立矢宏, 佐野巖根, パラレルメカニズムを用いた手指のリハビリテーション用装着型ハンドの開発, 日本機械学会北陸信越支部第 43 期総会講演会講演論文集 (2006), pp.187-188.

8. 今後の発展に対する希望

本年度は, 目標の動作に対して改善が確認されたが, 一部改善されなかった動作もあった. また, 作業療法士による装置の評価が実施できなかったため, これらについて早急に実施する必要がある. 今後, さらに発展させるためには, 本研究で開発するリハビリシステムが, 有効性の高いリハビリを実証できるかがポイントとなる. そのため, さらなる装置の改善を行い, 実証試験へと展開していく必要がある.