

把持動作を目的とした手指リハビリテーション機器の開発

Development of Hand rehabilitation equipment for gripping motion

○ 青代敏行 松本 航 加村孝太(松江高専)

Toshiyuki AODAI, Wataru MATSUMOTO, Toshiyuki KAMURA, National Institute Technology, Matsue College

Abstract: The purpose of this paper is to develop a new link model of a hand motion assist robot for rehabilitation therapy. The hand motion assist robot is designed to support the flexion/extension motions of fingers and thumb. Our hand motion assist robot has one feature. It is the compact exoskeleton mechanism using 'New link model'. 'New link model' was composed of 4-link mechanism and one actuator of 'new link model' is able to move all joints within the digits from index finger to little finger. The effectiveness of new link model was verified experimentally. The gripping motion test on new link model with hand phantom was performed to determine the form and joint angle in the finger. The finger form of index finger driven by a link mechanism was similar to gripping motion of human except that the joint angle in the finger.

Key Words: Rehabilitation, hand motion, Link mechanism

1. 緒言

生活習慣病患者の増加に伴い脳卒中患者数は、増加している。患者の後遺症に手指などの上肢運動、歩行に代表される下肢運動の障害が挙げられる。脳卒中により運動障害を抱えた患者にとって、QOL(生活の質)の向上や社会復帰するために早期のリハビリテーションが有効である。しかし、経験豊富な理学療法士の慢性的な不足などの理由により多くの脳卒中患者は、早期のリハビリテーションが行えていない。そのため、患者の機能回復レベルにあわせたリハビリテーション機器が必要である。

これまでに様々な研究機関によって、多くのリハビリテーション機器について研究開発されてきた⁽¹⁾。しかし、従来までのリハビリテーション機器は、ヒトと協調して動作させるために装置が大きくなる、複雑なシステムになるなどの問題がある。また近年、リハビリテーション分野において、血行促進、筋肉硬直の緩和を目的に温水療法が注目されている。リハビリテーション機器と温水療法を組み合わせることにより効果的なリハビリテーションが実現できると考えられている。この観点から考慮した場合、リハビリテーション機器のアクチュエータが温水使用に対応していない問題が挙がる。

本研究は、ヒト骨格をリハビリテーション機器の運動機構の一部に組み込む新しい概念により、対象物形状にあわせて各指関節角度が変化するリンク機構を考案および試作した。試作型手指リハビリテーション機器を用いて様々な対象物形状に対して動作実験を行った。人差し指と拇指の形体および各関節角度より機構の評価を行い、機構の有効性を確認した。

2. 手指リハビリテーション機器用リンク機構の概略・構成
2-1 4指用リンク機構

図1に人差し指から小指までに適用する4指用リンク機構を示す。本リンク機構は4節リンク機構を応用した機構とし、中手指節関節(MP関節)、近位指節間関節(PIP関節)と遠位指節間関節(DIP関節)のそれぞれに適用した。各リンク機構は、MP、PIP、DIP関節の屈曲/伸展を実現した。またヒトMP関節の外転/内転は対象物に対して受動的に動作する⁽²⁾。そこで構造の簡略化を目的に外転/内転軸を屈曲/伸展軸と兼用させるためボールジョイントを

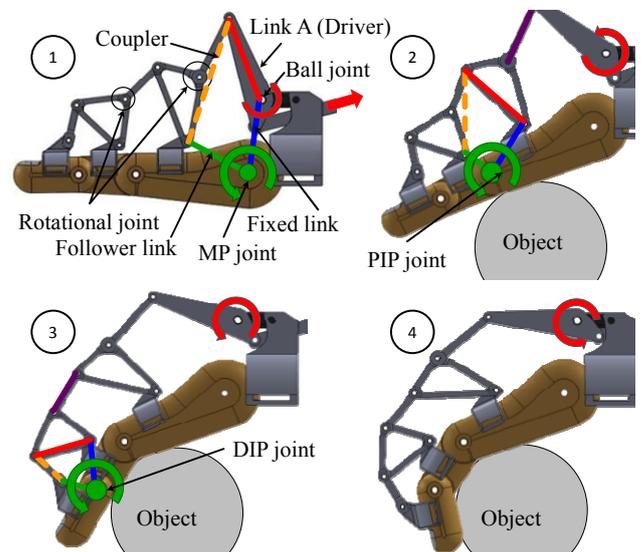


Fig. 1 Schematic of action pattern for Index finger

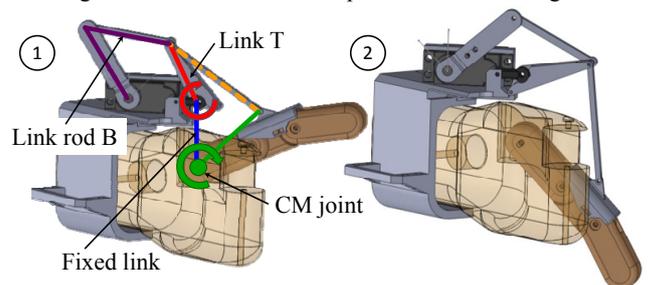


Fig. 2 Schematic of action pattern for thumb

Link A 内部に設けた。MP、PIP 関節用 4 節リンク機構の各中間節は中央部に回転関節を追加した構造になっている。ただし中間節を構成する各リンクのなす初期角度を 175 度とした。これにより、Link A をアクチュエータで回転させ、基節骨や中節骨が対象物に接触した時点から中間節に設けた回転関節で中間節が屈曲し、MP、PIP 関節より先の 4 節リンク機構が動作する。そして対象物形状に合わせた把持動作の再現を可能とした。

2-2 拇指用リンク機構

図2に拇指用リンク機構概略図を示す。把持動作中の拇

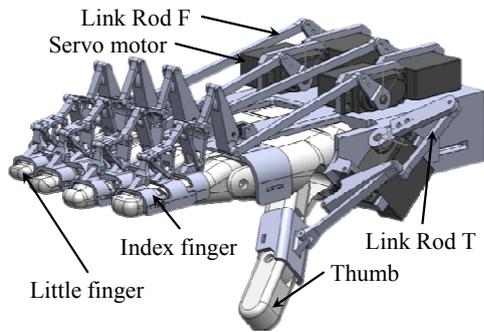
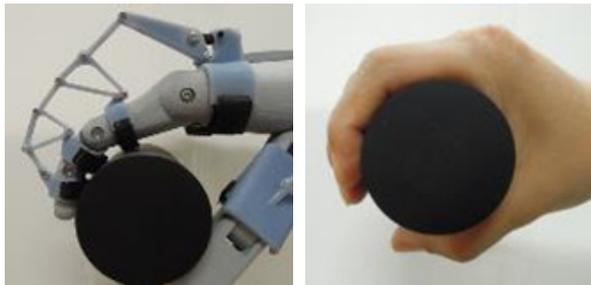
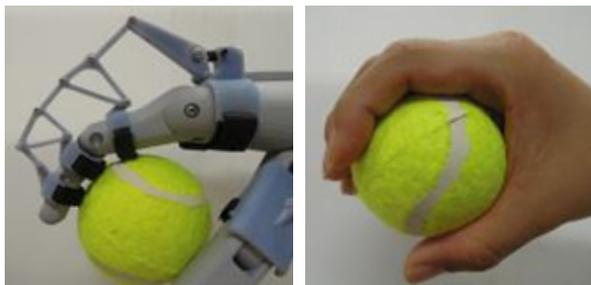


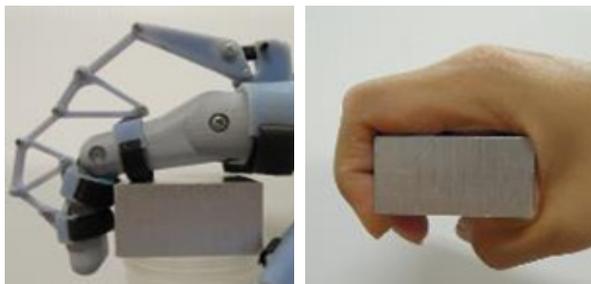
Fig. 3 Schematic view of hand rehabilitation equipment



(a) Cylinder



(b) Ball



(c) Cuboid

Fig. 4 Overview of gripping motion in link mechanism

Table 1 Rotational angle of joint in the finger driven by the link mechanism

	Cylinder	Ball	Cuboid
Palma-Proximal phalanx	156.6	162.7	165.2
Proximal - Middle phalanx	149.6	144.0	124.4
Middle - Distal phalanx	151.2	169.5	151.5

[Unit: Degree]

Table 2 Rotational angle of joint in the finger of human

	Cylinder	Ball	Cuboid
Palma-Proximal phalanx	135.1	140.1	157.2
Proximal - Middle phalanx	128.1	135.3	115.8
Middle - Distal phalanx	144.1	169.5	145.4

[Unit: Degree]

指は、MP 関節、指節間関節 (IP 関節) を拘束した状態で手根中手関節 (CM 関節) の屈曲/伸展する⁽²⁾。拇指用リンク機構は Link T を原動節、Link T 回転軸と CM 関節間を固定節、基節骨とリンク機構の固定部に設けた回転軸と CM 関節間を従動節とした単純な 4 節リンク機構である。本 4 節リンク機構により CM 関節の屈曲/伸展を再現する。

2-3 手指リンク機構のシステム構成

成人男性の指寸法を模擬した手指モデルに対して、各リンク機構の設計を行った。4 指・拇指用リンク機構を統合した手指リハビリテーション機器の全体図を図 3 に示す。各リンク機構はサーボモータ (Hitec Multiplex Japan 社製, HSB-9380TH), 平行リンク機構に接続され, Link rod F, Link rod T によって駆動する。これにより、各指を独立で動作できる。

3. 各指用リンク機構の動作評価実験方法・結果

各リンク機構について、把持対象物形状に対する指模擬モデルの形体および各関節角度より動作評価した。動作評価実験は、対象物を丸棒 (直径 50mm) とテニスボール (直径 63mm), 直方体 (幅 50mm×高さ 25mm) とし、人差し指・拇指用リンク機構に対して行った。ただし、各対象物と各リンク機構の位置を固定して行った。PC に接続されたマイコン ATMEGA328-PU により、サーボモータの指令値を生成し、各サーボモータを駆動した。

把持最終形体を図 4、最終形体における人差し指の各関節角度を表 1, 2 に示す。拇指用リンク機構において、指模擬モデルの最終形体は、ヒトが対象物を把持した形体と比べて大きな差異が見られた。そのため、最終形体の関節角度測定を行わなかった。動作中の人差し指用リンク機構において、指模擬モデルは、各対象物形状に合わせて MP, PIP, DIP 関節の順に屈曲した。またヒトの把持形体と比べて大きな差異は見られなかった。人差し指において、本リンク機構により把持動作を再現できることが示唆された。しかし、表 1, 2 より、指模擬モデルの最終形体における各関節角度は、ヒトの把持形体に比べて大きく、差異が見られた。本リンク機構は、対象物とリンク機構が接触したとき、屈曲する関節は次に移行する。また図 4 より、指模擬モデルの基節骨、中節骨が対象物に接触する前に指模擬モデルと各リンク機構の接続に使用したバンドが対象物に接触していた。これらにより、把持動作最終形体における各関節角度に差異が見られたと考える。

4. 結言

本研究は、把持動作を対象とした手指運動用リハビリテーション機器の開発を目的に各指運動用リンク機構を考察・試作した。形状の異なる対象物を把持し、把持形体・関節角度より各リンク機構を評価した。4 指用リンク機構は、把持動作の再現が可能であった。しかし、拇指用リンク機構は、再検討が必要であった。今後は、拇指用リンク機構の再構築、ヒトに手指リハビリテーション機器を装着し、機器の評価を行う。

参考文献

- (1) 田口 幹, 山田高史, 吉田久有子, リハビリ支援パワーアシストグローブ, ロボティクス・メカトロニクス講演会公園概要集, 2P2-A08, 2006.
- (2) 青代敏行, 遠山茂樹, 超音波モータを用いた手先用MRI対応マニピュランダムの開発, ライフサポート学会誌, vol. 19, no. 4, pp. 27-34, 2007.