

⚡ 上肢機能障害者のための力伝達装具 (アクティブギプス) の開発

Force Transmission Orthosis (Active Cast) for Upper Limb Disabled Persons

矢野 賢一

Kenichi YANO

◎1999年豊橋技術科学大学大学院工学研究科博士後期課程修了, 同年豊橋技術科学大学工学部生産システム工学系助手, 2004年4月岐阜大学工学部機械システム工学科助教授, 2010年8月三重大学大学院工学研究科機械工学専攻教授, 現在に至る

◎研究・専門テーマは, 制御工学, ロボット工学, 医療福祉工学

◎正員, 三重大学教授 大学院工学研究科機械工学専攻

(〒514-8507 津市栗真町屋町 1577 /
E-mail : yanolab@robot.mach.mie-u.ac.jp)



図1 力伝達装具 (アクティブギプス)



図2 アクティブギプス装着の様子

1. はじめに

現在, 事故や疾病などにより身体機能を失った身体障害者の数は毎年増加傾向にあり, 日本では約 350 万人であると推計されている. 身体障害者の約 50% に相当する約 176 万人は肢体不自由者であり, とくに下肢機能障害者と上肢機能障害者を合わせると 100 万人以上とされる⁽¹⁾. これらの機能障害により歩行困難となった人の別の移動手段として車椅子がある. 頸髄損傷などの上肢機能障害者にとって, 屋外環境における段差や坂道, 砂利道といった障害は大きな弊害となり, 道路脇の段差や砂利道のような走行抵抗の大きな路面環境には対応できず, ADL (Activities of Daily Living) や QOL (Quality of Life) の低下や自立性の欠如につながる.

近年, 頸髄損傷などの上肢機能障害者の上肢機能を支援する装着型ロボットの開発が行われている^{(2)~(7)}. しかしながら, モータ等によって直接動作支援を行うため, 高出力の駆動システムが必要となる点や他動力を用いることによる残存機能の低下が懸念される. 障害者の自立を目的とした生活支援機器に向け, 従来研究のようなパワーアシスト型では解決しなければならない問題が数多く残っている.

そこで本研究では, 手動式車椅子を利用する上肢機能障害者の残存機能に着目し, その残存力を手先に伝達することのできる生活支援機器を開発することを目的とする.

2. 力伝達装具 (アクティブギプス)

上肢機能障害者の肩関節周りの残存力を手先に伝達させることを目的とした力伝達装具 (アクティブギプス) を図

1, 2 に示す.

本装置は肘関節での力の損失を防止するために, 肘回転軸にラチェット機構を組み込んでおり, 機構的に肘関節での回転を止め, 肘をロックさせることで肩からの力を手先に伝達させる仕組みとなっている. また, 肘関節の屈伸伸動作の際に上肢骨格の構造から起こる前腕部の内外旋の動作をフォローするために動作軸と同軸上に内外旋方向に遊びが生じるように揺動を設けており, 人間本来の生理的可動域を侵さないよう工夫されている.

現在, 装置本体の重量はバッテリー, センサ, モータすべてを搭載しても, 300 グラムを下回る程度まで軽量化されており, 長時間の使用にも耐え得る構造となっている. 利用者の残存機能をフルに活用することにより, 発熱の問題も解決し, 服の中に装着することも可能である. このロボットの特徴は, 動力源となるロボットと軟部組織に覆われた人体をつなげるロボット専用装具にある. 筋肉の収縮・増幅を考慮し, 利用者の肩から装着しなくてもずれ落ちない構造と, ロボットからの力を確実に人体に伝達



図3 傾斜路走行実験の様子

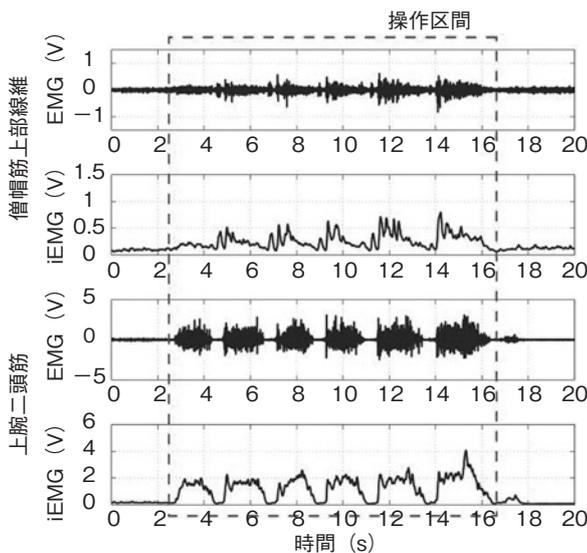


図4 装置なしの場合の筋電位信号

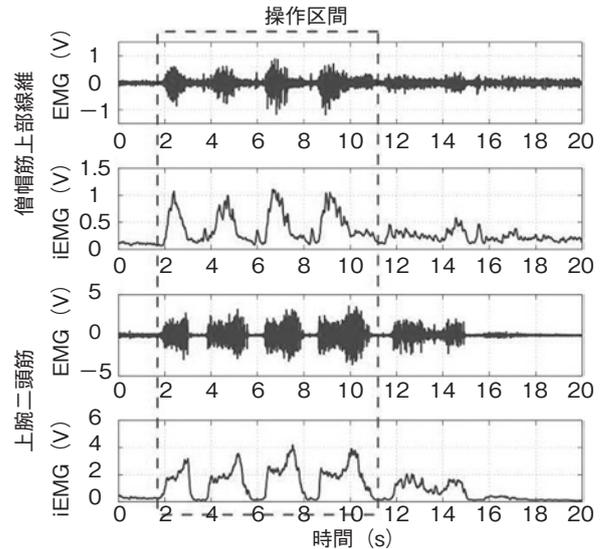


図5 装置ありの場合の筋電位信号

することのできる構造を併せ持つことがポイントである。

3. 頸髄損傷者による車椅子操作実験

Zancolli 上肢機能分類で右腕 C5A, 左腕 C5B に相当する 30 代男性に対して傾斜路走行実験を行った。本実験では、トレッドミルを用いて約 3.4 (deg) の傾斜路 (2m) を設定し、開発装置を用いた場合と用いない場合における傾斜路走行の違いと本装置の目的である肩関節周りの残存力が伝達させているかどうかを検証する。残存力を使用できているかは筋電位センサを用いて、僧帽筋上部線維と上腕二頭筋の筋活動を評価した。実験の様子を図 3 に示す。

装置なし (図 4) の場合、スロープ下端から上端まで 6 ストローク、約 13 秒で到達しているのに対し、装置あり (図 5) ではスロープ下端から上端まで 4 ストローク、約 8 秒で到達しており、手数が少なく、1 ストローク当たりの移動距離が増加していることがわかる。

筋電位信号に着目すると、図 4、図 5 に示すとおり、装置なしの場合では、伸展力がないため使用されていなかった僧帽筋上部線維の筋活動が、装置を使用することにより、活発に使用されていることが確認できた。さらに、上腕二頭筋においても操作後期において筋活動が活発になっていることが確認でき、本提案装置の有効性が確認できる。

4. おわりに

本研究では、ラチェット機構を採用した肘関節の固定、非固定を状況に応じて制御することにより肩関節周りの残存力を手先へ伝達することのできるアクティブギブスを開発し、提案装置の有効性を示した。今後は製品として市場に展開するための改良を進めていく。

(原稿受付 2015 年 8 月 26 日)

●文献

- (1) 平成 24 年度版障害者白書.
- (2) 矢野賢一・山根 理・水谷直人・青木隆明・西本 裕, 腕神経叢損傷患者を対象とした粘弾性変化と到達位置予測に基づく上肢動作支援制御, 日本リハビリテーションネットワーク研究会誌, **12-1** (2014), 1-14.
- (3) 中村博幸・ほか, C4 レベル頸髄損傷者の筋電位信号による肘関節動作支援, 日本機械学会論文集, **80**-820 (2014).
- (4) Kiguchi, K. and Hayashi, Y., An EMG-Based Control for an Upper-Limb Power-Assist Exoskeleton Robot, Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, *IEEE Trans.*, **42-4** (2012).
- (5) Hsieh, H., Chien, L. and Lan, C., Mechanical Design of a Gravity-Balancing Wearable Exoskeleton for the Motion Enhancement of Human Upper Limb, *Proc. of IEEE ICRA*, (2015-5), 4992-4997.
- (6) Mizutani, N., Matsui, H., Yano, K. and Kobayashi, Y., Driving Force Assistance Control for Wheelchair Operation Using an Exoskeletal Robot, *Proc. of IEEE/RAS BioRob 2014*, (2014-8), 1085-1090.
- (7) Tominaga, S., Nakamura, H., Mizutani, N., Sakamoto, R., Yano, K., Aoki, T. and Nishimoto, Y., Elbow Joint Motion Support for C4 Level Cervical Cord Injury Patient Using An Exoskeleton Robot, *Proc. of IEEE ICRA 2015*, (2015-5), 4979-4984.