

骨盤運動支援ロボット装具による到達把持運動支援の基礎的研究

Trial application of robotic pelvis orthosis for reach-to-grasp tasks

○ 松村悠暉(九工大) 坂井伸朗(九工大) 林克樹(誠愛リハ) 安部汐美(三菱重工)
 涌野広行(誠愛リハ) 山中昌子(誠愛リハ) 松田貴郁(誠愛リハ) 古場友貴(誠愛リハ)
 小森望充(九工大) 村上輝夫(九大) 小野山薫(誠愛リハ)

Yuki MATSUMURA, Nobuo SAKAI, Motimitu KOMORI, Kyushu Institute of Technology
 Shiomi ABE, Mitsubishi Heavy Industries

Katsuki HAYASHI, Hiroyuki WAKUNO, Akiko YAMANAKA, Takahumi MATSUDA, Yuki KOBAYASHI, Kaoru ONOYAMA, Seiai Rehabilitation Hospital
 Teruo MURAKAMI, Kyushu University

Abstract: In a post-stroke rehabilitation settings, one of the standard rehabilitation menu for the upper extremity is reach-to-grasp tasks. In reach-to-grasp tasks, therapists carefully watch not only the coordination of upper and forearm but also scapula and trunk motion as a root of the upper arm. Since pelvis motion is a center of any motion stabilities including trunk motion and walking, facilitation of the pelvis stands prior to any treatment menus. In this study, we focused on the pelvis treatment techniques as the most fundamental segment of anybody motions. To control the pelvis motion, we tried to develop a master-slave robotic orthosis for pelvis handling with a bilateral control, which could capture the motions and forces of master/slave devices. In this report, basic functionalities of the robotic orthosis are presented by showing the bilateral control.

Key Words: Rehabilitation, Wearable Robot, Stroke Therapy

1. はじめに

高齢化に伴い脳卒中患者が増加し脳卒中リハビリの需要が高まっている。今後更なる高齢化により療法士が不足しても、療法士の手技を再現したリハビリロボットを用いることで、患者に十分な治療を行うことができると考える。しかし、リハビリ治療は療法士の勤や経験、勉強会等の情報収集といった定性的な要素が多いため、リハビリ治療技術の定量的評価が必要となる。脳卒中リハビリにおいて上肢機能の回復のため療法士は到達把持リハビリを行っている。脳卒中上肢リハビリのため前腕をロボットにより動作させるモデルが多く提案されているが、本研究で到達把持動作の運動測定を行ったところ、股関節は先んじて動作を開始する基点となる関節であり、他の運動軸と同時に運動していることから、治療においても上肢のみでなく、体幹に適切な運動を与える必要がある。また、上肢運動を活用するためには骨盤の安定性が重要となるため療法士も骨盤運動をリハビリメニューの最初に行う。本稿では開発した到達把持動作の基盤となる骨盤運動を支援すると共に、療法士の手技の定量的な測定が可能能力覚機能を有したロボット装具を用いて、健常者による簡易実験を行ったので報告する。

2. 骨盤運動支援ロボット装具概要

2-1 機構設計

開発した骨盤運動支援ロボット装具を Fig.1 に示す。本ロボット装具はリハビリ治療における療法士の手技を測定するために療法士がハンドルを操作し、患者が着座状態で装着したロボット装具を制御する構成とした。操作部は直径 100mm のハンドルを有し療法士が回転させることでロボット装具を操作する。ロボット装具は股関節軸に 1 軸(座面から上 35.34mm, 上前腸骨棘から後ろ 8.7mm)を配置し、座面下に配置したモータでベルトを介して駆動する。マスタ、スレーブの回転角、トルクはそれぞれモータ付近に取り付けたロータリエンコーダ、トルクセンサを用いて測定している。ロボット装具装着の際は着座状態の被験者の上

前腸骨棘を骨盤把持具で掴むことで、骨盤運動の制御を可能にしている。骨盤把持具には股関節の屈曲、伸展のアシストを加える箇所にバルサ材と到達把持動作での臀部の転がり運動をサポートする伸縮の少ない布を取り付けた。

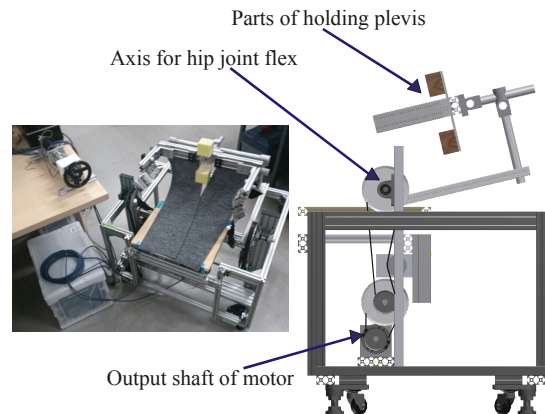


Fig.1 The robotic orthosis of pelvis motion

2-2 制御設計

療法士がリハビリ治療を行う上で、患者から感じる力覚は必要不可欠である。そこで本ロボット装具には加速度型のバイラテラル制御を実装しており、測定した回転角、角速度、トルクより生成した加速度参照値を指令値として入

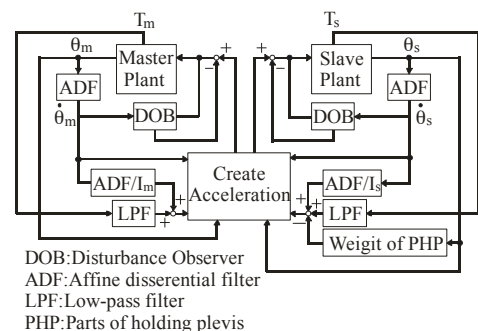


Fig.2 Block diagram of bilateral control

力することでマスタ、スレーブ間で回転角、角速度を同期させると共に力覚の伝達を可能にしている。また外乱オブザーバを実装することで外乱を抑制する。装着した際に被験者の負担を軽減するため、骨盤把持具の重さを打ち消している。実装した制御のブロック図を Fig2 に示す。

3. 実験

3-1 バイラテラル制御性能評価

実装したバイラテラル制御の性能を評価するために、被験者無しで動作の解析を行った。マスタ、スレーブ共に拘束なしで操作部のハンドルを手動で回転した際のマスタ、スレーブの回転角、角速度を Fig.3 に示す。Fig.3 の結果よりマスタ、スレーブ間で非常に少ない遅れで動作を同期していることを確認できた。療法士は 0.1 秒単位で観察し運動を行わせることで治療を行うが、本ロボット装具を用いても十分治療に対応できると考える。

続いてマスタの動きを拘束した状態でスレーブを手動で操作することで、マスタ、スレーブ間で伝達するトルクの測定を行い、結果を Fig.4 に示す。Fig.4 よりマスタで発生した反力をスレーブに伝達できていることを確認した。スレーブトルクがマスタトルクの3倍になっているのは3倍のパワーアシストを加えているためである。

3-2 骨盤運動制御実験

本稿ではこの骨盤運動支援ロボット装具を用いた最初の段階の試験として健常男性1名で実験を行い、有用性を確認した。被験者は通常着座を維持し、マスタを操作しロボット装具を装着した被験者を到達把持動作へ誘導できるか検証を行った。測定したマスタ、スレーブの回転角とトルクを Fig.5 に示す。Fig.5 よりマスタを操作することで被験者の骨盤運動を制御できており、最大でマスタの 30.5deg の操作により股関節軸を 7.6deg 屈曲させたことがわかる。この時の股関節軸のトルクは 13.7Nm であることを確認し、バイラテラル制御により骨盤運動を制御し、その際の制御力の測定が可能であることを示した。本研究で行った到達把持動作の解析⁽¹⁾で到達把持における股関節角は左肩峰を中心とした同心円状に大きくなり、膝前 30cm での到達把持には股関節をおよそ 20~30deg 屈曲させており、到達把持動作へ誘導するために、療法士らにより促通技法を用いて操作することが必要である。

4. 考察

実験により被験者の股関節角を制御し、制御力の測定を行いバイラテラル制御により双方向力覚フィードバックが十分に行えることが分かった。しかし単に骨盤に対し外力による運動を加えるのみでは、到達把持運動への誘導は不十分である。よって今後療法士らによるロボットの操作により到達把持運動の誘導時の技法を、本装置を用いながら解析する計画である。ロボット装具は療法士が行うリハビリ治療の手技を定量的に解析する上で有効であると考えられる。

5. まとめ

力覚機能を有した骨盤運動支援ロボット装具により健常者の骨盤運動を制御し、骨盤運動に必要な制御力の測定を行い療法士の手技を解析する上で有効であることを示した。

【参考文献】

(1)安部汐美ら, 脳卒中上肢リハビリテーション支援のためのロボット装具による到達把持様式の解析, 第 26 回バイオエンジニアリング講演会論文集 2014

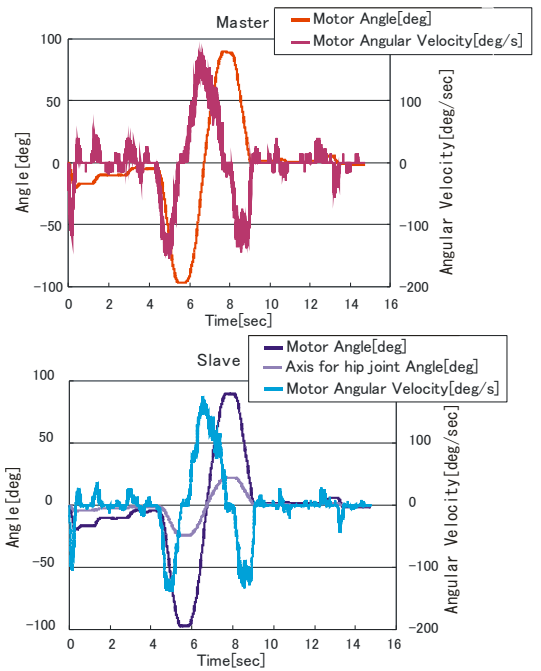


Fig.3 Performance evaluation of bilateral control (Angle and Angular velocity)

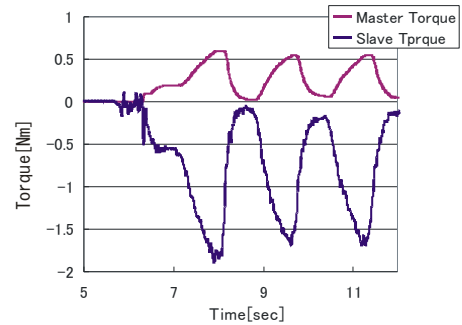


Fig.4 Performance evaluation of bilateral control (Torque)

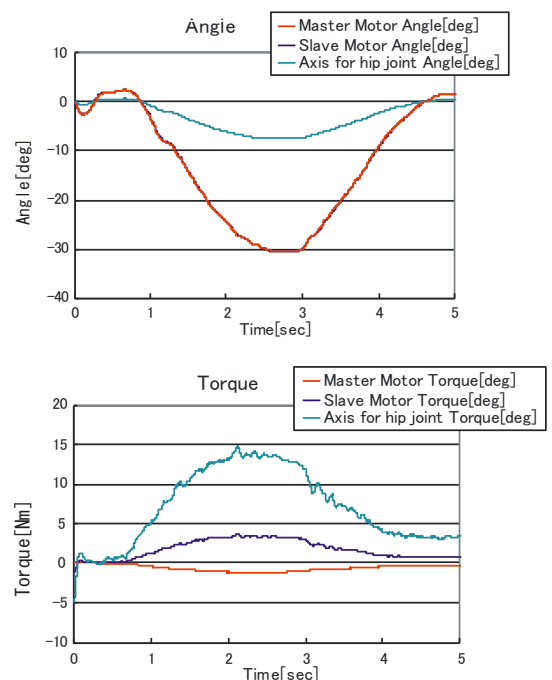


Fig.5 Measured angle and torque of each motor and hip joint