

平成23年5月12日現在

機関番号：15301  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20560239  
 研究課題名（和文）空気式多自由度マニピュレータを用いた高機能型手首リハビリ支援装置の開発  
 研究課題名（英文）Development of High Functional Wrist Rehabilitation Device Using Pneumatic Parallel Manipulator  
 研究代表者  
 高岩 昌弘（TAKAIWA MASAHIRO）  
 岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授  
 研究者番号：60243490

研究成果の概要（和文）：本研究は、空気式パラレルマニピュレータを用いた人の手首部におけるリハビリテーション動作の支援システムの構築を目的としている。従来の手首リハビリテーションでは手首関節のトルクと、関節角度・角速度の関係に負荷を設定する手法が一般的であるが、手首の運動機能は上腕部の筋肉のそれに大きく依存しているため、上腕部の筋肉（筋力）を直接訓練できれば合理的であると考え、筋力と手首関節角度・角速度の関係に負荷を設定した訓練手法を実施することで、訓練したい筋肉をより直感的に訓練できることを実験により検証した。

研究成果の概要（英文）：We developed a wrist rehabilitation device using a pneumatic parallel manipulator. In generally, wrist rehabilitation is implemented by setting a payload between wrist torque and wrist joint angle/angular velocity. In this study, we proposed a rehabilitation with payload between muscle force detected by EMG sensor and joint angle/angular velocity. Using the proposed method, we can train the muscle selectively and intentionally. EMG signal can be also used as an index of fatigue. The validities of the proposed method are confirmed through some experiments.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：ロボット工学，制御工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：手首リハビリテーション，ロボット，表面筋電位，空気圧駆動システム

## 1. 研究開始当初の背景

理学療法白書(2005)によると、現在我が国の理学療法士(以後P.T.)数は、約3.5万人であり、全国の理学療法承認施設は約12,000箇所ある。このうちの約4,000箇所の施設にはP.T.が一人しか在籍していない。全国の医療・福祉施設に満遍なくP.T.を配置するには8~10万人の需要が必要との推計結果もあり、このようなP.T.の絶対数不足への対策としてロボット技術の導入が期待されている。一方、平成18年に診療報酬制度が改定され、保険診療が180日に限定された。このため、リハビリ動作を行う機械システムの導入は、保険診療を続行するか否かの判断に不可欠な定量的評価をもたらし、また、在宅でのリハビリを可能とする。このような観点から高機能なリハビリ支援装置の需要は高い。

## 2. 研究の目的

本研究目的を以下に示す。

(1) P.T.の徒手訓練動作を支援装置により獲得した後、患者に実行する手法の構築

(2) 患者の手首特性に基づく訓練動作の実現

(3) 理学療法士の訓練のための物理的的患者モデルの構築

(1)については、P.T.と患者の間にマニピュレータを介在させ、位置および力センサとして機能させることでP.T.の徒手訓練動作を獲得し、獲得後は通常の訓練装置として訓練動作を実行する機能を実現する。(2)については、支援装置自体に患者の手首特性に応じた訓練動作を生成する仕組みを提案し実現する。(3)については、患者の手首特性の同定結果に基づき、支援装置そのものを患者手首の物理モデルとして機能させ、P.T.の徒手訓練の高機能化をはかる。

## 3. 研究の方法

研究目的(1)に対して、マニピュレータを患者とP.T.間に挿入し、P.T.が患者に対して施す徒手訓練動作時にP.T.の印加力をマニピュレータに獲得させる手法を提案した。そして、獲得した印加力を患者に対して与える手法を実現した。

研究目的(2)に対しては、患者自身の筋力に基づく訓練手法を提案した。具体的には従来の手首関節トルクに基づく手法ではなく、訓練したい筋肉を直接訓練する手法を提案した。具体的には、筋電位センサーを導入し、表面筋電位の移動積分を筋力の指標とした。そして筋電位センサーからの出力信号とマニピュレータにより測定される手首関節の角度・角速度の間に負荷を設定する制御手法を提案した。

研究目的(3)に対しては、まず、患者手首の機械特性を一般的な機械インピーダンス特性として同定した。具体的には、脱力した患者に対して外部から印加した力と運動の関係を本マニピュレータを用いて多自由度方向同時に同定するとともに、同定モデルをインピーダンス制御を実施することでマニピュレータに実装できることを示した。

## 4. 研究成果

研究目的(1)である理学療法士の徒手訓練動作の獲得と実行に対しては、実験により、P.T.の徒手動作時における印加トルクをマニピュレータが精度よく再現できることが確認された。これにより、最初の1回目は実際にP.T.が患者に対して徒手訓練動作を行う必要があるが、2回目からはマニピュレータがP.T.に代わって患者に対して訓練を行うことができるため、一人のP.T.が多く患者に対応することができ、P.T.の絶対数不足への一つの対応策を示すことができた。

研究目的(2)である患者の手首特性に基づく訓練動作の実現に対しては、手首の回内・回外動作を支配的に行う筋肉である指伸筋の筋電積分と回内・回外方向の回転角度の間に負荷を設定した。角度に対する抵抗を与えればバネ特性が実現できるし、角速度に対する抵抗を持たせれば粘性抵抗を与えた訓練が実施できることが確認された。本手法によれば、本来、指伸筋が少ししか貢献しない運動方向に対する上記のようなリハビリ動作も実施可能である。これはトルクに基づく従来のリハビリ訓練では実施できない、全く新しい訓練手法である。また、筋肉に疲労が蓄積されると、表面筋電位の平均周波数が低周波数域に移行していくことが広く知られている。本研究ではリアルタイムに筋電位信号をFFT解析する手法を提案し、これに基づき、リハビリ訓練を実施しながら、オンラインで患者の疲労度を定量的に検出する手法を提案した。

研究目的(3)である理学療法士の訓練のための患者物理モデルの構築に対しては、患者の手首特性を同定し、それをマニピュレータにインピーダンス制御を実施することで実装した。多自由度方向の機械インピーダンス特性を実装することで、あたかも患者の手首の特性をマニピュレータに持たせることが可能であることを示した。本研究では実験により提案する手法の有用性を検証しており、理学療法士の訓練装置としての実現可能性が示された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Masahiro Takaiwa, Toshiro Noritsugu, Norimichi Ito, Daisuke Sasaki, Wrist rehabilitation device using pneumatic parallel Manipulator based on EMG signal, International Journal of

Automation Technology, 2011, 査読有, Vol.5, No.4

- ② Masahiro Takaiwa, Toshiro Noritsugu, Development of Wrist Rehabilitation Device Using Pneumatic Parallel Manipulator, Proceedings of The First China-Japan Joint Workshop on Fluid Power, 2010, 査読有, 42-47
- ③ Masahiro Takaiwa, Toshiro Noritsugu, Wrist Rehabilitation Equipment Using Pneumatic Parallel Manipulator, Proceedings of World Automation Congress 2010, 査読有, ISORA223
- ④ Masahiro Takaiwa, Toshiro Noritsugu, Development of Wrist Rehabilitation Equipment Using Pneumatic Parallel Manipulator -Acquisition of P.T.'s Motion and Its Execution for Patient-, Proceedings of 2009 IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics ICORR, 2009, 査読有, 34-39

[学会発表] (計4件)

- ① Masahiro Takaiwa, Development of Pneumatic Driving System and Its Application for Human Support Device, 6th International Symposium on Fluid Power Transmission and Control, Invited lecture, 2010年8月12日, 中国(蘭州理工大学)
- ② 高岩昌弘, 則次俊郎, 伊藤訓道, 佐々木大輔, 空気式パラレルマニピュレータを用いた手首リハビリ訓練動作の獲得と実行, 平成22年春季フルードパワーシステム講演会論文集, 2010年5月28日, 機械振興会館(東京都)
- ③ 高岩昌弘, 空気式パラレルマニピュレータを用いた手首リハビリ訓練装置の開発,

日本機械学会2009年度年次大会，2009年  
9月14日，岩手大学（岩手県）

- ④ 伊藤訓道，空気式パラレルマニピュレー  
タを用いた手首リハビリ訓練動作の獲得  
と実行，日本機械学会中国四国学生会第  
39回学生員卒業研究発表講演会，2009年3  
月5日，広島大学（広島県）

〔その他〕

ホームページ等

<http://mcrlab.sys.okayama-u.ac.jp>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高岩 昌弘 (TAKAIWA MASAHIRO)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授  
研究者番号：60243490

### (2) 研究分担者

該当無し