

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05899

研究課題名(和文) 空気式多自由度ロボットを用いた手首リハビリ患者シミュレータの開発

研究課題名(英文) Development of wrist rehabilitation simulator using pneumatic multiple DOF manipulator

研究代表者

高岩 昌弘 (Takaiwa, Masahiro)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授

研究者番号：60243490

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：理学療法士(PT)の技能向上を支援する手首リハビリ患者シミュレータを開発した。空気式多自由度マニピュレータに手首モデルを装着し、機械インピーダンス制御の実装により拘縮などの疾患状態を再現した。物理モデルの機械特性を実際の患者手首の機械特性に近づけるためにジョイスティックを用いたインターフェースを開発した。これによりPT自身が、物理モデルからの反力を感じながら、自身の経験に基づき粘弾性パラメータを調整する仕組みを提案した。また、熟練PTの技量を新人PTに伝承する手法としてAR技術の導入により多軸方向のトルクを可視化することで熟練PTの力のかけ具合を視覚的に把握し追従練習ができる環境を提案した。

研究成果の概要(英文)：We have developed a wrist rehabilitation simulator in order to improve skill of PT and transfer skill from expert PT to new one. A pneumatic parallel manipulator is introduced and wrist model is mounted on the manipulator. Mechanical impedance control is implemented to realize mechanical property of the wrist. An interface using joystick is proposed with which a PT regulates the parameter of the impedance based on their expert knowledge and long term experience. We also proposed a skill transfer strategy where AR technology is introduced to visualize the applied torque from an expert PT and new one can follow the visualized torque as a reference.

研究分野：ロボット工学

キーワード：空気圧システム リハビリテーション 患者シミュレータ パラレルマニピュレータ 機械インピーダンス制御

1. 研究開始当初の背景

理学療法白書(2012)によると、我が国の理学療法士(以後 P.T.)数は、約 7.7 万人であり、その絶対数は増加傾向にあるものの、理学療法士自身の技能向上は依然として大きな課題である。P.T.に伺ったところによると、技能向上のための訓練はお互いの P.T.同士が手を取りあって実施しているとのことであり、より高機能な訓練シミュレータの導入が不可欠な状況にあった。

2. 研究の目的

本研究では、食事や着替えなどの日常動作に不可欠な手首の動作に着目し、このリハビリ動作を行う P.T.の技能向上を支援する手首リハビリ訓練シミュレータ(患者シミュレータ)の開発を目的とする。具体的には図 1 に示すように空気圧で駆動される多自由度マニピュレータの上部プラットフォーム上にマネキンの手首モデルを装着し、マニピュレータに機械インピーダンス制御を実装することで、拘縮などの疾患状態を有する患者手首の物理モデルを再現する。このような高機能型患者シミュレータを通して P.T.個人の技能向上、ならびに熟練 P.T.のノウハウを若手 P.T.へと伝承する教育の場を提供することを目的とする。

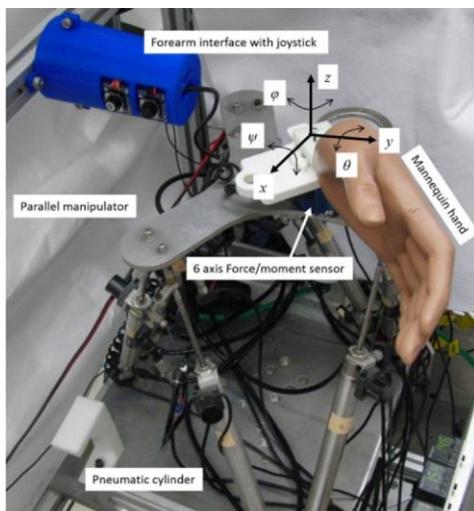


図 1 手首リハビリシミュレータ

3. 研究の方法

図 2 はマニピュレータに実装した機械インピーダンス制御系を示す。図中の Imp は設定機械インピーダンスで手首の機械特性に相当する。内部の位置制御系には外乱オブザーバを導入し、摩擦力やパラメータ変動の影響を圧力の次元で推定し、これを相殺するため

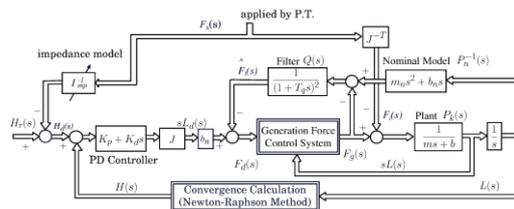


図 2 機械インピーダンス制御系

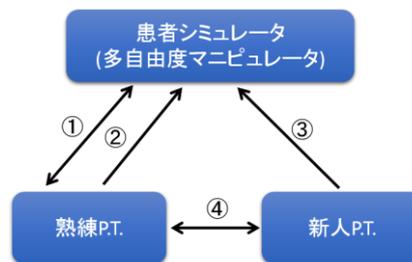


図 3 P.T.の技能訓練環境

に圧力制御系を構成している。また、前置き補償器は PD コントローラを用い、閉ループ系の過渡特性を調整している。

図 3 は本研究で提案する患者シミュレータを中心とした P.T.の技能訓練環境の全体像を示す。図中の番号がついた矢印は以下に示す機能を表している。

- ① まず、患者シミュレータの手首特性を実際の患者の手首特性に近づけていく必要がある。熟練 P.T.は専門的のノウハウや経験に基づき、患者シミュレータへの印加力と変位に基づく感覚から、患者シミュレータに実装した手首の機械特性を患者手首の疾患特性に近づくように調整する。この操作を繰り返しながら、徐々に患者シミュレータを患者の物理モデルへと仕上げていく。
- ② ①により構築された患者モデルに対して徒手動作を施し、患者シミュレータはその動作を定量的に記録する。
- ③ 新人 PT も同様に患者モデルに対して徒手動作を施し、患者シミュレータはその動作を定量的に記録する。
- ④ 熟練 P.T.および新人 P.T.が施した徒手動作を定量的に比較し、技能向上に向けた検討の場を提供する。

上記①の機能を実現するために、図 4 に示すインターフェースを構築した。

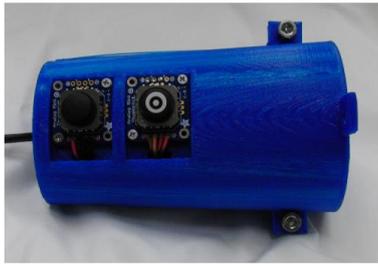


図4 インターフェース

前腕部に2つのジョイスティックが装着されている。熟練 PT は患者モデルからの反力を感じながら、長年の経験を元にジョイスティックによりインピーダンスパラメータを調整し、患者モデルの機械特性が実際の患者のそれに近づくように繰り返し調整を行う。

一方、④の機能の実現のために、本研究では図5に示すようにAR技術を導入する。

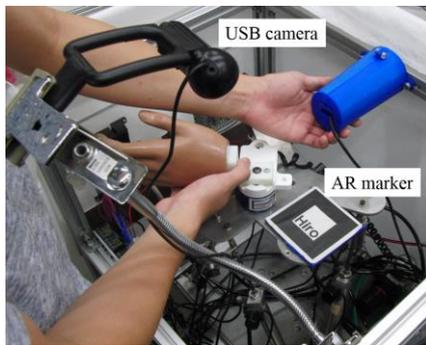


図5 AR環境の導入

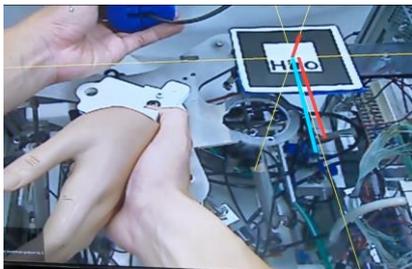


図6 力ベクトル表示

USBカメラを図5のように設置する。ARツールキットを用いることでARマーカーに力やトルクなどをリアルタイムにベクトル表示することで、通常見ることができない物理量である力やトルクを可視化することができ、熟練 P.T. が施した力・トルクを目標値としてベクトル提示し、これに追従することで、熟練 P.T. の徒手動作を実施することができる。

4. 研究成果

図3の①における効果として、手首物理モデルの機械特性を患者のそれに近づけていくため、提案するインターフェースを使用した手首特性の調整結果を図7に示す。屈曲/

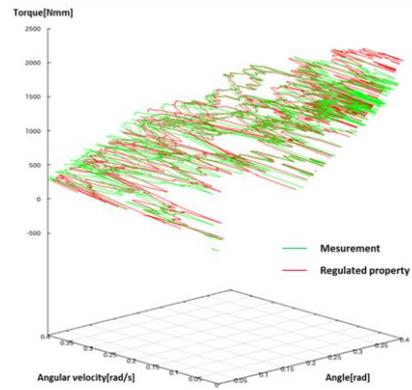


図7 手首粘弾性特性

伸展方向における粘弾性特性を設定し、それを実現した結果を示す。得られた特性は設定パラメータをよく再現していることが確認されている。任意の手首粘弾性特性を提案するインターフェースを介して設定できることが示された。

一方、図8は熟練 P.T. の技量を新人 P.T. に伝えるために導入したAR技術の効果を示している。

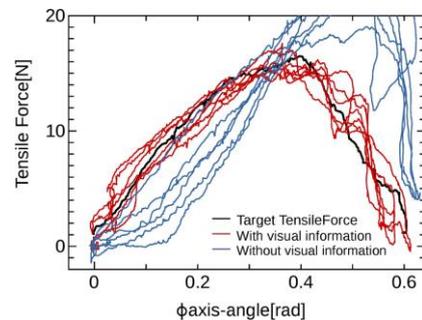


図8 前腕軸引張力の訓練結果

手首のリハビリでは手根骨同士の摩擦を避けるために、前腕軸方向に引張り力を常に与えながらトルクをかける動作を行う必要がある。この前腕軸方向の引張り力を図6に示すAR技術を用いた力ベクトル表示により、あらかじめ取得した熟練 P.T. による引張り力に追従するように力をかけて行った。図中黒線が目標引張り力、赤線がAR情報あり、青線がなしの場合である。AR情報の提示により熟練 P.T. と同様の引張り力を生成できていることが確認できる。このように熟練 P.T. 及び新人 P.T. が施した徒手動作を定量的に比較することで、技術伝承など教育の場を提供できる可能性がある。

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2件)

- ① Masahiro Takaiwa, Hiroyuki Imanaka, Wrist rehabilitation simulator for P.T.

using pneumatic parallel manipulator, Proceedings of the 10th JFPS International Symposium on Fluid Power, **査読有**, 2017, 1-7

- ② Masahiro Takaiwa, Wrist rehabilitation simulator for P.T. using pneumatic parallel manipulator, Proceedings of Advanced Intelligent Mechatronics AIM 2016, **査読有**, 276-281

[学会発表] (計 5 件)

- ① 今中宏之, 高岩昌弘, 空気式パラレルマニピュレータを用いた患者手首シミュレータの構築, 平成 29 年春季フルードパワーシステム講演会, 2017
- ② 高岩昌弘, 今中宏之, 空気式パラレルマニピュレータを用いた多自由度患者手首シミュレータの構築, 第 18 回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2017
- ③ 高岩昌弘, 空気式パラレルマニピュレータを用いた P.T. のための手首リハビリシミュレータ, 平成 28 年度春季フルードパワーシステム講演会, 2016
- ④ 高岩昌弘, 空気圧アクチュエータを用いた人間支援システムの構築, 日本機械学会 2015 年度年次大会先端技術フォーラム(招待講演), 2015
- ⑤ 高岩昌弘, 空気式パラレルマニピュレータを用いた P.T. のための手首リハビリ患者モデルの構築, 第 58 回自動制御連合講演会, 2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高岩 昌弘 (TAKAIWA, Masahiro)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部
(理工学域)・教授

研究者番号：60243490