

## 研究の課題名

# 空気圧パラレルリンクを用いたリハビリ作業支援システムに関する研究

福岡工業大学工学部知能機械工学科 准教授

報告者 加藤 友規

報告日 2013年（平成25年）8月30日

## 1. 本研究の意義・特色

食生活の変化による生活習慣病、交通事故、高齢化社会などによる身体の麻痺者の増大に対する、社会生活自立のためのリハビリテーション（リハビリ）作業支援体制の整備・拡充が望まれている。しかし、現状、わが国では理学療法士（P.T.）の絶対数が不足している問題や、診療報酬制度の規定により患者が所定の日数を超えてリハビリへの保険適用を受けることができないことなどが問題として指摘されている。

本研究の延長線上にある最終ターゲットは、不足している理学療法士の補助として、麻痺した人の手首部のリハビリ作業をサポートするための新しいリハビリ福祉機器を開発することと、リハビリ作業をインターネットを介した遠隔操作システムにより集中管理する作業支援システムを開発することにある。また、外科手術ロボットや災害復旧用ロボットなどの面においても、インターネットを介したロボットシステムの遠隔操作技術の活用が期待されている。

上記を踏まえ本研究では、それらのロボットシステムのアクチュエータとなる高減衰空気圧ゴム人工筋の開発、その人工筋を用いたパラレルリンク機構によるロボットアームの遠隔操作および腹腔鏡外科手術用空気圧ロボットシステムの遠隔操作、について取り組むこととした。

## 2. 実施した研究の具体的内容、結果

この研究によって得られた知見を以下に記す。

### 1) ゴムベローズを用いた高減衰空気圧ゴム人工筋の提案と特性解析

空気圧ゴム人工筋（PARM）の減衰性を向上させるため、ゴムベローズと絞りをを用いた高減衰 PARM を提案し製作した（図1）。

提案した高減衰 PARM2 本と、空気圧サーボ弁等を使用して慣性負荷を有する 1 自由度拮抗駆動系（図2）を構築し、周波数応答実験を行った。実験の結果、従来のを使用した

場合と比較し、共振のピーク値の 2.7Hz 付近で約 2.7dB の振幅の低減を確認した。次に、各要素のモデル化を行い、MATLAB Simulink を用いてシミュレータを製作した (図 3)。シミュレーション結果を実験結果と比較した結果、両者の傾向はほぼ一致し、モデル化の妥当性が確認された。また、例として絞りの形状が異なる場合のシミュレーションを行い、絞りの形状の変化により特性を向上できる可能性を示した。

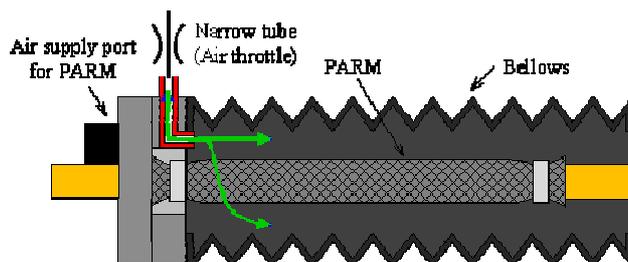


図 1 提案した高減衰空気圧ゴム人工筋の構造

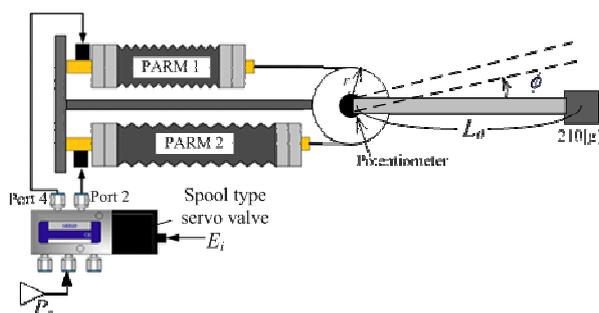


図 2 慣性負荷を有する 1 自由度拮抗駆動系

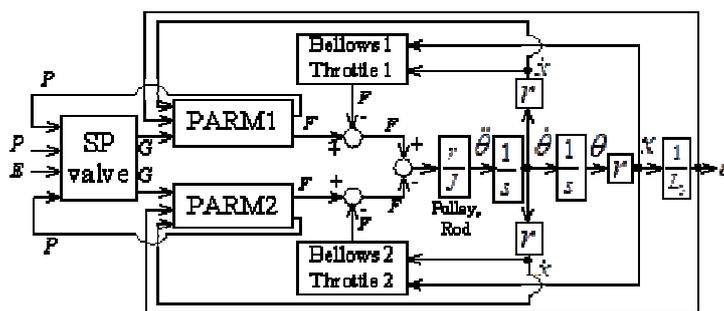


図 3 製作したシミュレーションモデルのブロック線図

## 2) 空気圧ゴム人工筋駆動の平行リンク機構を用いたロボットアームの遠隔操作

まず、空気圧ゴム人工筋を 4 本用いた 2 自由度の平行リンク機構を 2 組用いた、4 自由度のロボットアームを設計・製作した (図 4)。

マスタースレーブシステムの空気圧ゴム人工筋ロボットアームについて、インターネット回線を介して日米間での遠隔操作を試みた。2 地点間の距離は約 8600[km]である (図 5)。

また、ロボットアームに手元の映像が観測可能なサブカメラを設置し、その有効性について調査を行うこととした。また、通信速度の異なる 2 種類のテレビ電話システムを用いて、作業時間の比較を行った。

その結果、サブカメラの採用によって作業時間は単純には短縮しなかったが、目標物以外の部分を誤って掴むというミスが少なくなるという結果を得た。また、映像の通信遅れが少ないテレビ電話システムを用いると、作業時間が短くなるという傾向を確認した。

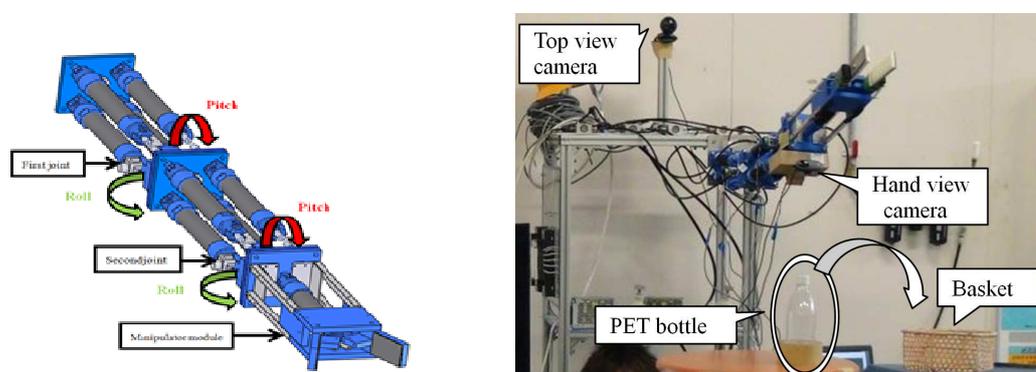


図 4 空気圧ゴム人工筋駆動の平行リンク機構を用いたロボットアーム

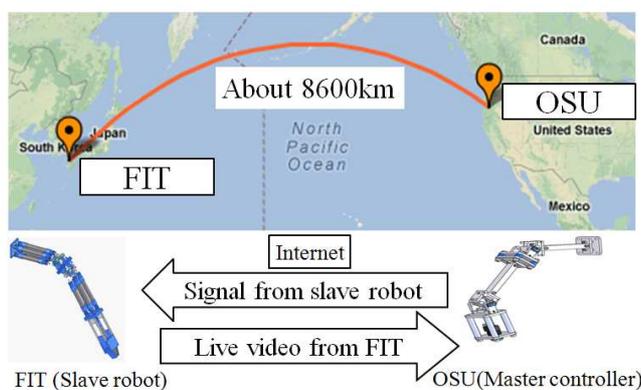


図 5 日米間による遠隔操作

### 3) 腹腔鏡外科手術用空気圧ロボットシステムの遠隔操作

本研究では、手術支援用の空気圧ロボット (図 6) を遠隔通信制御する場合における、フィードバックの有効性を検証する評価方法を確立することを目的とした。

東京ー福岡間で遠隔操作を行った際に、フィードバック制御の有無により作業時間に差異が生じるかについて、実験的に検証した (図 7)。タスクは、ロッドを穴に入れるとい

うもので、カメラの位置から穴はどこにあるか見えないようにカメラを設置した。

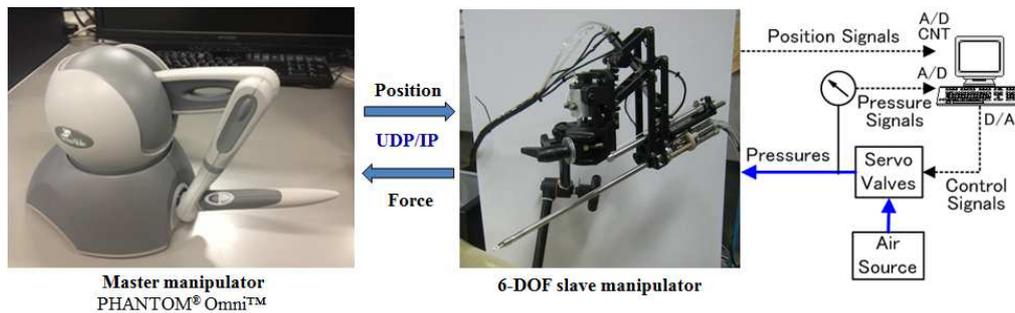
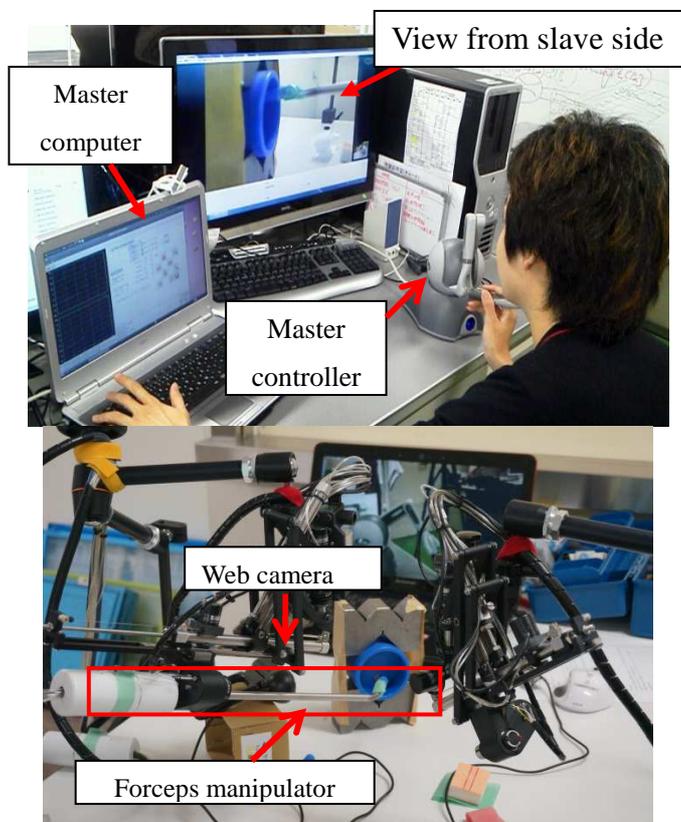


図 6 腹腔鏡外科手術用空気圧ロボットシステム



(A) Master side (Fukuoka)

(B) Slave side (Tokyo)

図 7 腹腔鏡外科手術用空気圧ロボットシステムの遠隔操縦実験の様子

実験は6名の被験者がそれぞれの条件で10回ずつ、計20回ずつ行った。実験結果を図8に示す。この結果より、力フィードバックありのほうが、なしの場合に比べ、作業時間が短く、作業時間のばらつきも小さいといえる。このことより、力フィードバックの効果があったといえる。

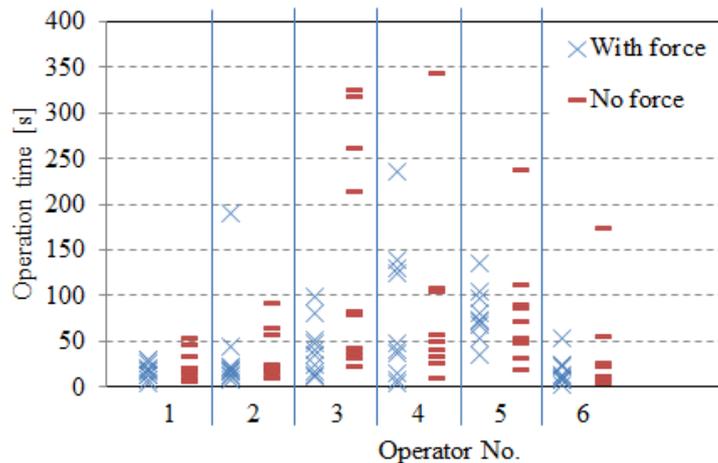


図8 力制御あり・なしの場合の実験結果の比較

### 3. 本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

加藤 友規 福岡工業大学工学部知能機械工学科 准教授

### 4. 研究実施時期

2011年(平成23年)3月1日から 2013年(平成25年)2月 28日

### 5. 本研究に関連して発表した主な論文等

- (1) 加藤友規, 大野学, 東知明, 只野耕太郎, 川嶋健嗣, 香川利春: ゴムベローズを用いた高減衰空気圧ゴム人工筋の提案と特性解析, 日本フルードパワーシステム学会論文集第42巻第6号, pp.114-119 (2011)
- (2) Tomonori KATO, Manabu ONO, Tomoaki HIGASHI, Kotaro TADANO, Kenji KAWASHIMA, Toshiharu KAGAWA: Proposal and Analysis of a Pneumatic Artificial Rubber Muscle with High-Damping Characteristics That Uses a Rubber Bellows, JFPS International Journal of Fluid Power System, No.14, Vol.1, pp.1-7 (2011)
- (3) Shunta Honda, Tomonori Kato, Hiromi Masuda, Ittirattana Jullakarn: Teleoperation of a

Master-Slave Pneumatic Robot Arm System Over the Internet : Consideration of Delay Between Oregon and Fukuoka, Lecture Notes in Electrical Engineering 253, Information Technology Convergence, Volume 2, pp.1011-1018 (2013)

- (4) Ittirattana Jullakarn, Tomonori Kato, Ravi Balasubramanian, Kotaro Tadano, Daisuke Haraguchi, Kenji Kawashima : Interoperability in Telerobotics with Force Perception, Proceedings of FLUCOME 2013 (2013)

## 6. 内外における関連研究の状況

空気圧パラレルリンク機構を用いた遠隔リハビリ支援システムに関する研究事例は、国内でいくつかの事例が報告されている。

本研究は、パラレルリンク機構を構成する空気圧ゴム人工筋の減衰特性の改善に取り組んだ点と、東京一福岡間、日米間という長距離の遠隔操縦において、力覚フィードバックの有効性の評価について取り組んだ点が独創的であると考えている。

## 7. 今後の発展に対する希望

開発した高減衰空気圧ゴム人工筋については、今後の展開として、このシミュレータを用いて寸法・絞り形状の異なる高減衰PARMを設計し、ロボットアームに適用することなどが挙げられる。また、ロボットアームと腹腔鏡外科手術用空気圧ロボットシステムの遠隔操作については、災害復旧・医療分野への実用化、などが挙げられる。