

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04265

研究課題名(和文) 使い捨て可能な低コスト・ウェアラブル空気圧制御機器の開発とその応用

研究課題名(英文) Development of Disposable Low-cost Wearable Pneumatic Control Devices and Its Application

研究代表者

赤木 徹也 (Akagi, Tetsuya)

岡山理科大学・工学部・教授

研究者番号：50311072

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：一部使い捨て可能な家庭で使えるリハビリテーション機器の開発をめざした本研究では、手首の可搬型リハビリテーション機器として、伸長型柔軟空気圧アクチュエータを用いた低コストの球面アクチュエータや四面体型柔軟アクチュエータを構成した。さらに、On/off弁操作時の挙動をモデル化し、組込コントローラを用いたセンサレスでの姿勢制御システムを構築することで洗浄可能な機器を構築した。さらに、水道水圧の利用を考慮し、気液両用弁として、ゲート機構とダイヤフラムを用いた新たな開閉機構を有する低コストサーボ弁を開発した。さらに、これら開発要素技術を配管検査ロボットや体幹訓練用の6脚移動ロボットに応用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、自宅で、独りで使用できるリハビリテーション機器の実現に必要なソフトアクチュエータやセンサ、制御弁などの要素技術の開発を行った研究であり、さらに、機器使用後の洗浄コストや人手を考慮し、開発当初から使い捨てに耐え得る低コストの制御機器の開発をめざした研究である。この研究成果は、将来の福祉分野への応用だけでなく、低コストでさらに空気の圧縮性やソフトアクチュエータの耐衝撃性の利点からロボット分野への応用にも期待できる要素技術の開発であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study aiming to develop the disposable rehabilitation device that can be used at home is summarized as follows. As a wrist rehabilitation device, a low-cost spherical actuator and a tetrahedral-shaped soft actuator using extension type flexible pneumatic actuators were developed. In the attitude control using these actuators, the model of the actuator driven by on/off valves was proposed. By constructing the attitude control system of the actuator without sensor based on the proposed model, the washable rehabilitation device could be realized. In consideration of using Tap water, the low-cost servo valve that has a novel opening and closing mechanism using a gate mechanism and diaphragm was also proposed as a gas-liquid control valve. In addition, the developed control devices were applied for pipe inspection robot and six-legged mobile robot.

研究分野：メカトロニクス・流体制御

キーワード：低コストホームリハビリテーション機器 使い捨て可能なソフトアクチュエータ 伸長型柔軟空気圧アクチュエータ ゲート機構を用いた低コスト気液両用サーボ弁 低コスト組込コントローラ 可搬型柔軟球面アクチュエータ 四面体型柔軟空気圧アクチュエータ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

近年の少子高齢化社会への急激な推移に伴い、将来における介護支援者の高齢化や実質的な労働力不足は深刻な問題である。また、高齢者の QOL(Quality Of Life)の維持は労働力の確保や社会福祉費の軽減から、将来の経済負担の軽減になる。そのため、一時的な致傷により軽微な障害を負った高齢者が一人で利用できる簡易なりハビリテーション機器の開発が必要となる。これらの機器は人体に接しながら使用するウェアラブル駆動システムであり、そのアクチュエータは、軽量であるのはもとより、アクチュエータが接触する環境下でも十分安全を保つ必要があり、柔軟なアクチュエータの開発が望まれる。また、使用者の負担を軽減するため、アクチュエータの制御に必要な弁などの周辺機器の小型・軽量化も必要である。しかし、これらのウェアラブル制御機器の実用化には、サイズ、質量や性能の観点だけでなく、コストにも注目する必要がある。現在、ゴム人工筋肉など軽量・柔軟で、発生力/質量比の大きい空気圧駆動ウェアラブルアクチュエータの開発は進んでいる。これらのアクチュエータは安価な高分子・弾性材料で製造でき、軽量・低コストも既に実現できている。しかし、残念なことに、図1に示すようにアクチュエータを動かす周辺機器は従来の産業応用の弁やコントローラ(PC)が使われるため、本来主役であるアクチュエータより質量やコストが大きくなり、一般家庭での普及の大きな妨げになっている。また、アクチュエータを駆動するために必要なコンプレッサなど家庭での圧力源の確保も大きな課題の1つである。

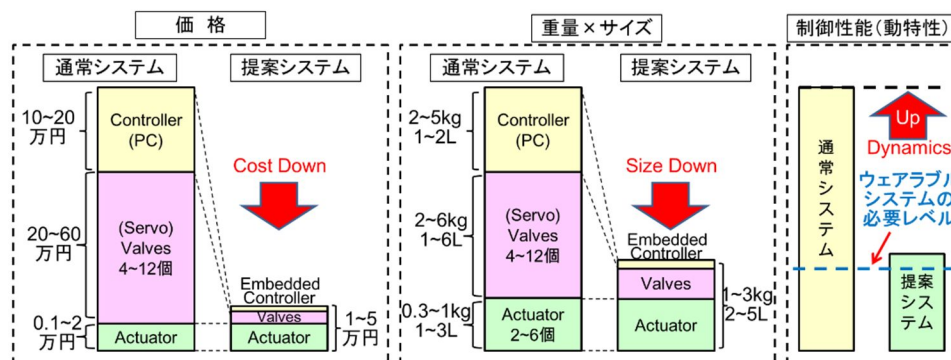


図1 現状のウェアラブル駆動システムのコスト・質量×価格、性能比較と研究目的

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では、図1に示すように、弁、コントローラやセンサなど流体アクチュエータの駆動システムを構成するのに必要な制御機器の『小型・軽量化』と『低コスト化』を目的とし、家庭での使用を考慮した水道水圧も利用可能な駆動システムの構築をめざす。さらに、安価で可動域の大きな柔軟アクチュエータを開発し、一部もしくは全てが使い捨て可能なウェアラブル駆動機器の開発について検討する。

この研究目的を実現するため、以前の研究で安価な弁として、弁内部に気密性を保ちながら開閉する複雑な機構を無くし、柔軟チューブ内のチェック弁のボールを、チューブ外側についた振動モータで動かし開閉する On/Off 制御弁を開発した。この弁は振動により内部の鋼球が管路に沿って回転することで、一定の開口面積 = 流量を生じる。また、材料費も 200 円程度と非常に安価で、サイズ 1cc、質量 2g と非常に軽量・コンパクトである。さらに、安価なサーボ弁として、座屈したチューブの屈曲角をラジコン用のサーボモータで変えることでアナログ的な給排気の流量調整を行う小型サーボ弁も開発している。この試作弁の材料費は 900 円程度と市販のサーボ弁と比べ驚異的な低コストを実現している。またこの弁は、管路中に錆びや腐食を生じるような部品がなく、空気などの気体だけでなく、水などの液体の流量制御にもそのまま転用できる。ソフトアクチュエータに関して、以前に柔軟チューブをシリンダに用いたロッドレス型柔軟空気圧シリンダの開発を行った。シリンダは、動作中に外力により変形を生じてもプッシュプル（押し出し・引込み）動作が可能で、無加圧時にスライドステージがその位置に留まるように『自己保持機能』を有し、位置決め制御が比較的簡単に行うことができる。さらに材料費も 1m 当たり数百円と非常に安価である。また、これを用いた球面アクチュエータを開発し、両手にもって機器を動かすことで、腕や肩を含む上肢全体に他動運動を誘導できるポータブルリハビリテーション機器を開発した。この機器は患者自身に装着する必要がなく、恐怖を感じた際は、すぐに手放せることから自宅で、患者が一人でを行うホームリハビリテーションに向いている。

本研究では、上述の開発要素を組み合わせ、自宅などで高齢者が自身で操作できるリハビリテーション機器の開発やウェアラブル駆動システムの開発を行う。これは、性能や安全性・操作性の向上もさることながら、コントローラを含めたウェアラブル制御システム全てが 1 万円程度の安価な材料費で構成する必要がある。つまり、人体と接触する駆動部分のモジュール化や製作費を含めた低コスト化により、使い捨てできるほど安価な機器の開発をめざす。

## 3. 研究の方法

具体的には、球面駆動のポータブル上肢リハビリテーション機器として、原価数百円で自然長の2.5倍の伸長が可能な柔軟アクチュエータ(図2参照)を使って、手にもって使用することで身体に他動運動を加えることのできるリハビリテーション機器の開発をめざすとともに、機器全体がウォッシュャブルな駆動システムを実現する。また、以前開発した屈曲チューブを用いたサーボ弁に関して、より耐久性がある新たな開閉機構を考案するとともに気液両用のサーボ弁の開発について検討する。また、開発アクチュエータや機器のセンシング技術として、以前開発したワイヤ式リニアポテンシオメータ(多回転可能なポテンシオメータとワイヤ巻取り機構の組合せ:原価900円)を用いた姿勢検出システムの開発についても検討する。さらに、これらの要素技術を配管検査用ロボットにも応用する。

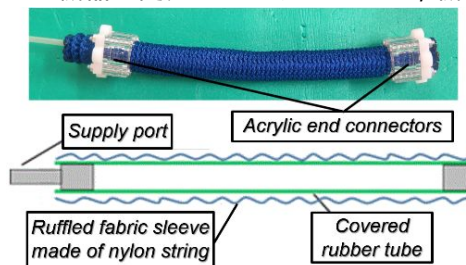


図2 伸長型柔軟空気圧アクチュエータ

以上、低コストでウェアラブルな仕様に耐え得る新たな『アクチュエータ』『制御弁』『センサ』などの要素技術の開発を行うとともに、これらの制御機器を組み合わせた様々な機器開発を複数のテーマのもとで行い、水道圧を圧力源とした家庭でも容易に使用できるようなホームリハビリテーション機器やウェアラブル駆動システムの開発につながる要素技術開発を行う。

#### 4. 研究成果

本申請での研究成果は以下の通りである。まず、従来曲げ剛性の低さが問題となっていた伸長型柔軟空気圧アクチュエータ(EFPA)を複数本並列に配置し、さらに各EFPA内部のゴムチューブを被覆している蛇腹状のスリーブを、樹脂シート用いて互いに拘束することで、柔軟な特性を有しつつ、適切な剛性を得る手法の開発を行った。さらに、この改良アクチュエータを用いた肩関節に広範囲に他動運動を加えるリハビリテーション機器を試作し、搭載型の制御システムを開発し、動作実験によりその有効性を確認した。

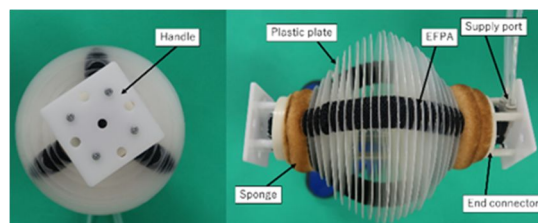


図3 ポータブルリハビリテーション機器

また、手首のポータブルリハビリテーション機器として、図3に示す並列配置の3本のEFPAを、両端から中央部に向かう毎にEFPAの直径を大きくした柔軟アクチュエータを構成し、各EFPAの加減圧により、アクチュエータ両端が球面状に沿った動作を行うことを確認した。また、センサレスで目標軌道に沿った駆動が可能な姿勢制御システムの構築として、安価なOn/off弁を一定周期毎に間欠的に操作した際のアクチュエータの挙動をモデル化し、弁操作に対するEFPA内圧とアクチュエータの湾曲角を推定するモデルを組み込みコントローラ内に構築することでアクチュエータの姿勢制御を行うシステムを開発した。また、手首のリハビリテーション用に図4に示すように正四面体の3辺にEFPAを配置し、四面体形状を構成するように樹脂製の板で拘束した四面体型柔軟アクチュエータを構成した。さらに、そのアクチュエータの中心変位と頂点部の傾斜角から、各EFPA長さを導出するモデルを提案し、そのモデルをもとに提案リハビリテーション機器の任意軌道の姿勢制御を行った。さらに、正四面体の各辺の部分に開発した周拘束強化型のEFPAを配置することで任意の四面体形状に変形が可能な柔軟アクチュエータをポータブルなりハビリテーション機器として構成した。

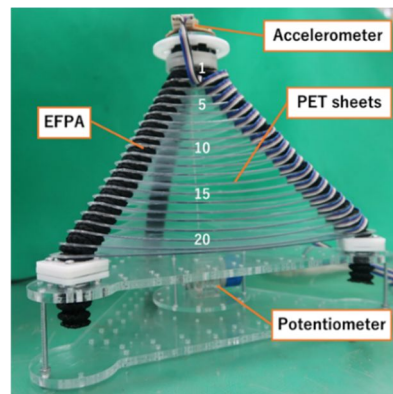


図4 手首リハビリテーション機器

さらに、この四面体型柔軟アクチュエータを脚として用いた6脚移動ロボット(図5参照)を構成し、6方向の水平移動や時計回りと反時計回りの回転動作が可能なロボットを開発した。さらに移動動作だけでなく、ロボットの姿勢を傾斜させる機能を持たせることで、使用者がロボットに乗ることで、体幹の訓練が可能となる機器を開発した。

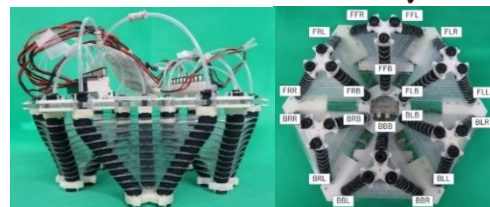


図5 EFPAを用いた6脚移動ロボット



また、気液両用の低コストの小型サーボ弁として、ゲート機構とダイヤフラムをも用いた新たな開閉機構（図6参照）を有するゲート機構式サーボ弁を開発し、従来の屈曲チューブを用いた弁に比べモータの可動域を小さくできるなどの利点を確認した。また、ゲート機構式サーボ弁内部に圧力制御系を搭載した圧力制御型の弁（図7参照）を開発するとともに、伸長型柔軟空気圧アクチュエータ（EFPA）を四面体の1辺に配置したりハビリテーション用の柔軟アクチュエータの姿勢制御に応用した。

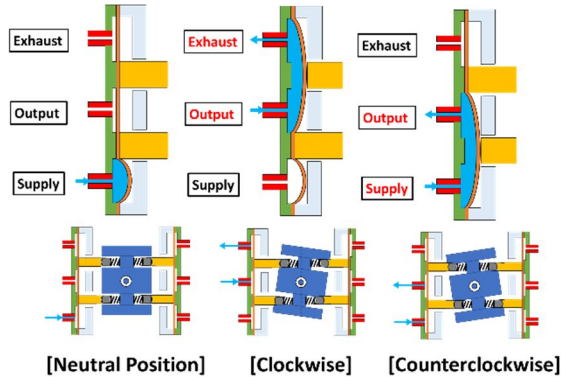


図6 ゲート機構を用いた新たな開閉機構

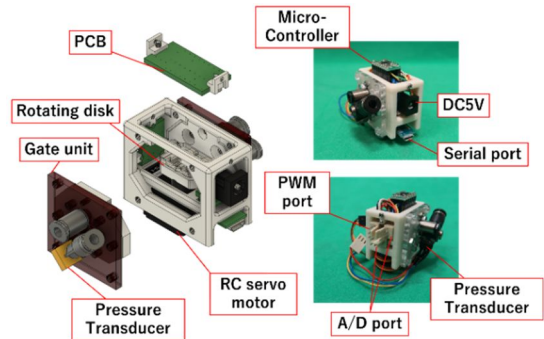


図7 ゲート機構を用いた圧力制御型サーボ弁

さらに、これらの要素技術のロボットへの応用として、水分を有する環境下で使用できる配管検査ロボットとして、上述の複数のEFPAを、蛇腹を利用してフィンを有する拘束シートで拘束した繊毛型配管検査ロボット（図8参照）を試作し、伸長収縮動作によりロボットが配管内を走破できることを確認した。また、曲げ動作などを加えることで、湾曲方向に関係なく、ロボット自体がその柔軟性を活かして捻じれながら進むことができることを確認した。さらに、各EFPAを数珠つなぎに繋いだ配管内に適切な絞りを設けることで、自動で湾曲動作を繰り返す駆動システムを構築し、ロボットのモデルをもとに適した絞り径を算出し、直管での走行速度が改善するとともに弁のOn/Off動作だけで、曲がり管も含め複雑な管路の走破が可能であることを確認した。また、EFPAの円筒面側の一部の伸長を抑制することで、湾曲動作を行うアクチュエータを開発し、3本の湾曲アクチュエータを放射状に湾曲するように配置することで、異なる内径を有する管路内を保持しながら尺取虫のように進むことのできるロボットを試作した。さらに、アクチュエータの湾曲動作を利用した推進機構（図9参照）を開発し、動作確認を行った。

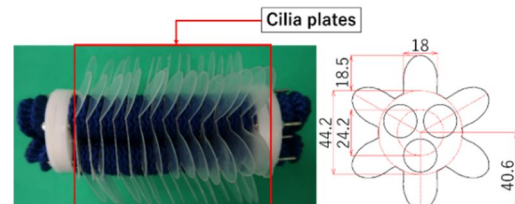


図8 EFPAを用いた繊毛型配管検査ロボット

また、並列に配置した3本のEFPAの被覆チューブの蛇腹部を、蛇腹の数を変えて互いに拘束することで、らせん状のアクチュエータを構成し、巻付け動作による身体部位の保持が可能なアクチュエータを開発した。さらに、このアクチュエータの巻付き動作を利用して、建物に備え付けの梯子を自動で登るロボット（図10参照）の開発を行った。

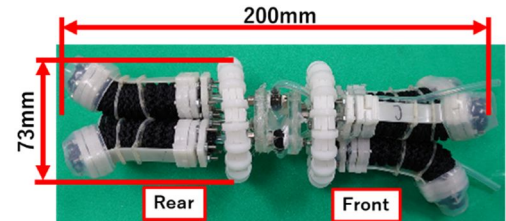


図9 湾曲動作を利用した配管検査ロボット

以上、当初の目的であったホームリハビリテーション機器に利用できる使い捨てが可能なほど安価なソフトアクチュエータが開発できたとともに、流体駆動システムの中で最も高価な制御弁の低コスト化やコントローラの低コスト化により、安価で個人購入が可能なホームリハビリテーション機器の開発の一助ができたものとする。さらに、伸長型柔軟空気圧アクチュエータを用いた柔軟な配管検査ロボットへの応用や、VRなどを利用して体幹訓練を行えるアミューズメントロボットや柔軟アクチュエータの特性を利用した梯子昇降ロボットなど当初予定していなかった研究成果も得られた。



図10 らせん型EFPAと梯子昇降ロボット

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 Hayashi Koutaro, Akagi Tetsuya, Dohta Shujiro, Kobayashi Wataru, Shinohara Takashi, Kusunose Keichi, Aliff Mohd	4. 巻 Vo.9 No.2
2. 論文標題 Improvement of Pipe Holding Mechanism and Inchworm Type Flexible Pipe Inspection Robot	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 894 ~ 899
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.9.6.894-899	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Mohd Aliff, Fitri Danieal, Mohd Firdaus Mohamed, Ahmad 'Athif, Tetsuya Akagi, Nor Samsiah	4. 巻 83
2. 論文標題 Development of Flexible Pneumatic Rehabilitation Actuator for Knee Injury	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Test Engineering and Management	6. 最初と最後の頁 12849-12855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kusunose K., Akagi T., Dohta S., Kobayashi W., Shinohara T., Hane Y., Hayashi K., Aliff M.	4. 巻 17
2. 論文標題 Development of Inchworm Type Pipe Inspection Robot using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Automotive and Mechanical Engineering	6. 最初と最後の頁 8019 ~ 8028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15282/ijame.17.2.2020.20.0601	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Shimooka S., Akagi T., Dohta S., Shinohara T., Aliff M.	4. 巻 17
2. 論文標題 Development of Reinforced Extension Type Flexible Pneumatic Actuator with Circumferential Restraints and Its Application for Rehabilitation Device	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Automotive and Mechanical Engineering	6. 最初と最後の頁 8116 ~ 8127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15282/ijame.17.3.2020.05.0609	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tian Wei-Hang, Jhan Cian-Cheng, Inokuma Misaki, Akagi Tetsuya, Dohta Shujiro, Shimooka So	4. 巻 32
2. 論文標題 Development of a Tetrahedral-Shaped Soft Robot Arm as a Wrist Rehabilitation Device Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 931 ~ 938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2020.p0931	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 SHIMOOKA So, HANE Yusuke, AKAGI Tetsuya, DOHTA Shujiro, KOBAYASHI Wataru, SHINOHARA Takashi, MATSUI Yasuko	4. 巻 13
2. 論文標題 Development and Attitude Control of Washable Portable Rehabilitation Device for Wrist without Position Sensor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JFPS International Journal of Fluid Power System	6. 最初と最後の頁 25 ~ 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5739/jfpsij.13.25	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Inoue Ryota, Akagi Tetsuya, Dohta Shujiro, Kobayashi Wataru, Eguchi Yuya, Fukukawa Nobuhiro, Shinohara Takashi	4. 巻 Vol. 8, No. 2
2. 論文標題 Development of Simple Rehabilitation Device Using Flexible Linear Stepping Actuators	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 316 ~ 322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.8.2.316-322	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fukukawa Nobuhiro, Akagi Tetsuya, Dohta Shujiro, Kobayashi Wataru, Eguchi Yuya	4. 巻 Vol.8, No. 3
2. 論文標題 Improvement of Pneumatic Chuck in Flexible Linear Stepping Actuator with Backdrivability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 437 ~ 442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.8.3.437-442	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wataru Kobayashi, Shujiro Dohta, Tetsuya Akagi, Yusuke Miyamoto and Naoki Kato, and Kazuhisa Ito	4. 巻 Vol. 8, No. 4
2. 論文標題 Displacement Control of Flexible Pneumatic Cylinder Using Disturbance Observer and Smith Compensator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 594-599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.8.4.594-599	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 SHIMOOKA So, AKAGI Tetsuya, DOHTA Shujiro, KOBAYASHI Wataru, SHINOHARA Takashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Improvement of Home Portable Rehabilitation Device for Upper-Limbs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JFPS International Journal of Fluid Power System	6. 最初と最後の頁 10~18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5739/jfpsij.12.10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 So Shimooka, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Wataru Kobayashi and Takashi Shinohara	4. 巻 Vol. 8, No. 6
2. 論文標題 Flexible Displacement Sensors Using Ultrasonic Sensor for Soft Actuator with Long Stroke	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 982-986
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.8.6.982-986	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 So Shimooka, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Shinsaku Fujimoto, and Wataru Kobayashi	4. 巻 Vol. 9, No. 1
2. 論文標題 Development of Intelligent Rubber Artificial Muscle with Integrated Pneumatic Driving System and Built-in Inner Diameter Sensor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 136-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.9.1.136-142	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takuya Yano, Shinsaku Fujimoto, Tetsuya Akagi, and Wataru Kobayashi	4. 巻 Vol. 9, No. 2
2. 論文標題 Development of Outer Diameter Sensor for Position Control of McKibben Artificial Actuator Using Hall-effect Sensor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 190-196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.9.2.190-196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hideyuki Obayashi, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Wataru Kobayashi, Yasuko Matsui, So Shimooka, Takashi Shinohara, and Mohd Aliff	4. 巻 Vol. 9, No. 3
2. 論文標題 Development of Portable Rehabilitation Device Driven by Low-Cost Servo Valve Using Tap Water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 353-359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.9.3.353-359	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計25件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Takumi Kobayashi, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Hideyuki Obayashi and Mohd Aliff
2. 発表標題 Development of Small-sized Control Valve using RC-servo Motor and Diaphragm for Pneumatic Drive Soft Mechanism
3. 学会等名 2020 the 5th International Conference on Control and Robotics Engineering ( ICCRE2020 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 Takumi Yasunaga, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Wataru Kobayashi, So Shimooka, Yusuke Hane and Mohd Aliff
2. 発表標題 Proposal of Extension Type Pneumatic Artificial Muscle with Built-in Valve and Sensor
3. 学会等名 2020 the 5th International Conference on Control and Robotics Engineering ( ICCRE2020 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2020年 ~ 2021年



1. 発表者名 Kenshiro Takeuchi, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, So Shimooka, Yusuke Hane and Mohd Aliff
2. 発表標題 Proposal of Tetrahedral type Soft Actuator Using Extension Flexible Pneumatic Actuators
3. 学会等名 2020 the 5th International Conference on Control and Robotics Engineering ( ICCRE2020 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 Kota Oe, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Takashi Shinohara, Ryota Inoue and Mohd Aliff
2. 発表標題 Proposal of rehabilitation device for hip joint using flexible pneumatic linear stepping actuators
3. 学会等名 2020 the 5th International Conference on Control and Robotics Engineering ( ICCRE2020 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 Misaki Inokuma, Wei-Hang Tian, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Cian-Cheng Jhan and Mohd Aliff
2. 発表標題 Development of Tetrahedral-shaped Soft Robot Arm for Wrist Rehabilitation Device
3. 学会等名 2020 the 5th International Conference on Control and Robotics Engineering ( ICCRE2020 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 大永昂汰、赤木徹也、堂田周治郎、小林亘、篠原 隆
2. 発表標題 逆駆動性を有する空気圧駆動股関節リハビリテーション機器の試作
3. 学会等名 2020 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 武内 健史郎, 羽根 佑典、赤木徹也、堂田周治郎、小林亘、篠原 隆
2. 発表標題 伸長型柔軟空気圧アクチュエータを用いた正四面体型アクチュエータの試作
3. 学会等名 2020 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 小林卓巳、赤木徹也、堂田周治郎、小林亘、篠原 隆
2. 発表標題 ゲート機構を用いた小型サーボ弁の改良
3. 学会等名 2020 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Keichi Kusunose, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Wataru Kobayashi, Takashi Shinohara, Kengo Nakagawa, Mohd Aliff
2. 発表標題 Improvement of Pipe Inspection Robot Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators
3. 学会等名 5th International Conference on Green Technology (ICGT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuhiro Fukukawa, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta and Ryota Inoue
2. 発表標題 Development of Portable Flexible Robot Arm Using Flexible Linear Stepping Actuator
3. 学会等名 5th International Conference on Green Technology (ICGT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryota Inoue, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Wataru Kobayashi, Nobuhiro Fukukawa, Takashi Shinohara, Mohd Aliff
2. 発表標題 Development of Portable Continuous Passive Motion Device for Knee Using Flexible Linear Stepping Actuators
3. 学会等名 5th International Conference on Green Technology (ICGT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Akagi
2. 発表標題 Development of Home Rehabilitation Devices Using Various Pneumatic Soft Actuators
3. 学会等名 2019 IEEE the 5th International Conference on Mechatronics System and Robots (ICMSR 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koutaro Hayashi, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Wataru Kobayashi, Takashi Shinohara and Keichi Kusunose
2. 発表標題 Improvement of Pipe Holding Mechanism and Inchworm Type Flexible Pipe Inspection Robot
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation Engineering (ICIMA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keichi Kusunose, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Takashi Shinohara, Wataru Kobayashi, Yusuke Hane and Koutaro Hayashi
2. 発表標題 Development of Cilia Type Pipe Inspection Robot Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation Engineering (ICIMA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Hane, So Shimooka, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Wataru Kobayashi and Takashi Shinohara
2. 発表標題 Proposal of Washable Portable Rehabilitation Device Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation Engineering (ICIMA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshio Suzuki, Tetsuya Akagi, Shujiro Dohta, Wataru Kobayashi and Takashi Shinohara
2. 発表標題 Development of 3D Coordinate Measuring System and Spherical Actuator Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation Engineering (ICIMA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林晃太郎, 赤木徹也, 堂田周治郎, 小林亘, 篠原隆, 楠瀬系知
2. 発表標題 尺取虫型柔軟配管検査ロボットの改良
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上椋太, 赤木徹也, 堂田周治郎, 藤本真作, 小林亘, 篠原隆, 福川展弘
2. 発表標題 空気圧駆動リニアステッピングアクチュエータを用いた人間親和型機器の制御
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下岡綜, 赤木徹也, 堂田周治郎, 小林亘
2. 発表標題 周拘束強化による伸長型柔軟空気圧アクチュエータの改良とリハビリテーション機器への応用
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木善雄, 赤木徹也, 堂田周治郎, 小林亘, 田偉航
2. 発表標題 球面駆動式リハビリテーション機器の試作とその応用 低コスト3次元位置計測システムの試作
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楠瀬系知, 赤木徹也, 堂田周治郎, 小林亘, 篠原隆, 林晃太郎, 羽根佑典
2. 発表標題 伸長型柔軟空気圧アクチュエータを用いた配管検査ロボットの解析と改良
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大林秀幸, 赤木徹也, 堂田周治郎, 小林亘, 小林卓巳
2. 発表標題 屈曲チューブを用いた多ポート低コストサーボ弁の設計とその応用
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 小林卓巳, 赤木徹也, 堂田周治郎, 小林亘, 篠原隆, 大林秀幸
2. 発表標題 ゲート機構を用いた小型サーボ弁の試作
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 羽根佑典, 下岡綜, 赤木徹也, 堂田周治郎, 小林亘
2. 発表標題 センサレス携帯型手首リハビリテーション機器の試作
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本優佑, 小林亘, 堂田周治郎, 赤木徹也, 藤本真作
2. 発表標題 柔軟シリンダの水圧駆動化に関する研究
3. 学会等名 2019 年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------