

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：12608

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05470

研究課題名(和文)イオン交換膜が実現するソフトロボットのモーションコントロール

研究課題名(英文)Motion Control of Soft Robots Realized by Ion Exchange Membrane

研究代表者

鈴森 康一(Suzumori, Koichi)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：00333451

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 98,200,000円

研究成果の概要(和文)：本計画課題では、様々な電気化学プロセスの基本材料であるイオン交換膜に着目し、ソフトロボット学のベースの一つである、「しなやかな動き」の創出とそのコントロールを目指す。具体的には、(1)イオン交換膜への電圧印加に伴う交換膜内での物質移動によって引き起こされる交換膜変形を利用したソフトアクチュエータにおける多様な立体形状の形成手法を開発した。また、(2)交換膜/電極界面での電極反応による気体生成・吸収による気液の容積変化を利用した柔軟な電気駆動人工筋肉を実現した。以上により、イオン交換膜を用いたアクチュエーションにおける「しなやかな動き」の実現のための基盤技術を創出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イオン交換膜を用いたアクチュエーションにおける「しなやかな動き」の実現のために、アクチュエータ・ロボットを専門とする研究者と、機能性高分子材料を専門とする研究者の密接な協力を通し、材料開発からロボット構築までの一貫した設計、解析、評価に関する学術の確立を目指した。このような融合研究を通して、イオン交換膜を用いたアクチュエータ・ロボットの設計・統合手法の確立に取り組み、「しなやかな動き」を実現するソフトロボティクスの運動に関する学術分野を切り拓いた。

研究成果の概要(英文)：This research project focuses on ion-exchange membranes, fundamental materials in various electrochemical processes, to aim to create and control "flexible movements," which is one of essential elements of soft robots. Specifically, (1) we have developed methods for forming diverse three-dimensional shapes in soft actuators utilizing membrane deformation induced by material transport within ion-exchange membranes upon voltage application. Additionally, (2) we achieved flexible electromechanical artificial muscles by utilizing volume changes of gas-liquid due to gas generation and absorption through electrode reactions at the membrane/electrode interface. Through these advancements, we have established foundational technologies for achieving "flexible movements" in actuation using ion-exchange membranes.

研究分野：Actuator

キーワード：soft actuator soft robotics IPMC ion exchange membrane

様式 C - 19 , F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究課題では、本学術領域のソフトロボット学において「しなやかな動き」創出のための、「人工筋肉」の研究がテーマである。近年、様々な原理のソフトアクチュエータが「人工筋肉」として注目されている。例えば、電圧印加によって変形する電気活性高分子や熱による形状記憶合金・ポリマー、あるいは流体駆動アクチュエータなどがある。本研究では、新しい原理による「人工筋肉」として、種々の固体電気化学プロセスの基本材料であるイオン交換膜に注目し、(1)イオン交換膜への電圧印加に伴う交換膜内での物質移動によって引き起こされる交換膜変形を利用したソフトアクチュエータ(イオン高分子アクチュエータ)、および、(2)交換膜/電極界面での電極反応による気体生成・吸収による気液の容積変化を利用したラバーアクチュエータ(ECラバーアクチュエータ)について、イオン交換膜をベースに電気化学プロセスとメカニカルプロセスがカップリングしたソフトアクチュエータ研究の確立を目指す。

本研究課題の申請者らは、(1)については、フッ素系イオン交換樹脂であるデュポン社のナフィオン膜に金を無電解メッキした接合体の金電極間に数 Hz の交流電圧を印加し、翅の様な動きをさせるソフトロボット、(2)については、ナフィオンを用いた燃料電池/水電解膜にマッキンベン人工筋を複合化させ、水素/酸素の発生、吸収で人工筋を駆動する、プレリミナリーな実験に成功している。

2. 研究の目的

本学術領域が目指すソフトロボット学のベースの一つは、「しなやかな動き」の創出とそのコントロールにある。本計画課題では、アクチュエータ・ロボットを専門とする研究者と、機能性高分子材料を専門とする研究者の密接な協力と徹底的なディスカッションを通し、材料開発からロボット構築までの一貫した設計、解析、評価に関する学術を確立する。

我々は、様々な電気化学プロセスの基本材料であるイオン交換膜に着目して研究を進める。具体的には、(1)イオン交換膜への電圧印加に伴う交換膜内での物質移動によって引き起こされる交換膜変形を利用したソフトアクチュエータ、および、(2)交換膜/電極界面での電極反応による気体生成・吸収による気液の容積変化を利用したラバーアクチュエータ、の2つの原理のソフトアクチュエータ・ロボットの構築とその自在なモーションコントロールの実現を目標に掲げる。それぞれのアクチュエータ・ロボットについて、(a)材料科学、電気化学的解析、材料シミュレーションといった観点から、ソフトロボティクスに特化した種々のイオン交換膜材料と電極材料を新たに開発するとともに、(b)3Dプリンティングとモールドイングによる成形プロセスを工夫することで、種々の形状デザインの素子を創り上げる。また、(c)電気化学反応の制御、およびロボット運動制御といった広い観点から、その制御法を確立する。イオン交換膜を用いたアクチュエータ・ロボットの設計・統合手法を確立し、「しなやかな動き」を実現するソフトロボティクス運動学に関する学術分野の形成に寄与したい。

3. 研究の方法

本研究課題で目指す「しなやかな動き」創出とは、生体の筋肉の様に、「複雑でしなやかな動き」、及び「パワーがありしなやかな動き」を、簡単な電気信号で実現することにある。プレリミナリーな2個の成果を発展させ、イオン交換膜をベースにした材料研究と、それを用いたアクチュエータ・ロボット設計・統合手法研究を行う。具体的には下記の通りである。

(1)イオン高分子アクチュエータ材料の研究では、簡単な低電圧入力信号で「複雑でしなやかな動き」が可能な材料の研究をする。イオン交換樹脂について、複雑かつ立体的な形状を実現するため、熱成形、湿式成形可能な樹脂についてアクチュエータ性能の最適化研究を行う。また、電極について、金・白金・カーボン電極などの、無電解メッキ・印刷などのパターン化可能な接合法を開発し、ソフトロボット研究の基本的知見とする。

(2)ECラバーアクチュエータ材料の研究では、低電圧入力で駆動可能な「パワーがありしなやかな動き」をする材料の研究を進める。燃料電池/水電解膜反応の高パワー化を行うために、イオン交換樹脂の最適設計、高効率電極触媒の合成研究を行い、さらにラバチュエータとの効率的な複合のため、形状としてフィルム状、チューブ状を検討することで、高効率・ハイパワーの材料を開発するとともに、それらの電気化学プロセスを解明し、ソフトロボット研究の基本的知見とする。

以上の材料研究の知見をもとに、本研究で取り扱うアクチュエータをソフトロボットへ適用し“しなやかな動き”を実現するロボットの設計手法の確立を目指す。

(1)アクチュエータ研究においては「複雑でしなやかな動き」を実現するために、目的とする3次元構造及び駆動系設計手法の研究を行う。材料研究における知見をもとに所望の形状を実現する製造法の検討を行う。また、駆動手法に関しては、どのような入力信号によって操作するかだけでなく、作製されたイオン交換樹脂の3次元構造を適切に動作させるための電極の配置や想定される動作をどのように実現するかという駆動系構築までを念頭においた検討をすすめる。

(2)ECラバーアクチュエータにおいては、「パワーがありしなやかな動き」を実現するために、ラバーアクチュエータ部及び制御系の設計手法の検討を行う。実際に動きを生成するラバーア

クチュエータ部の材料選定や各種構造パラメータの最適化を行うことで、材料研究で開発されるイオン交換樹脂との効率的な統合を行い、双方を含めたシステムの最適化設計手法の確立を目指す。

4. 研究成果

IPMC アクチュエータの3次元造形法の開発

3次元造形法として5つの手法を開発した。1つ目は3Dプリントによる手法である。ゲル用Dプリンタに粘度を調整したナフィオン分散液を用いる。加熱した基盤上に射出し、溶媒を乾燥させることで、3次元形状のイオン交換樹脂の造形が可能となる。

2つ目は積層キャスト法である。厚み分布のある型に対して、段階的にキャストをすることにより、厚み分布を有するIPMCロボットを実現した。これにより、駆動部と非駆動部のような1つのIPMC内での多機能化に成功した。

3つ目は、紙や布をベースとした3次元IPMCの製作手法である。立体構造を維持するための母材として紙や布といった材料を使用し、それらにイオン交換樹脂の分散液を浸透させることで、液体だけでは難しかった複雑な3次元構造の実現を目指した。基礎実験として単純な短冊型のサンプルを複数の母材を用いて製作し、その基礎特性の測定を行った。さらには、基礎特性の測定から得られた知見を元に、鶴形及び飛行機型のIPMCを試作し、その駆動に成功した。また、複雑形状のIPMCの駆動に必要な要素となる電極パターンニングについても、機械的な接触により、還元を阻害する手法を提案し、実証試験に成功している。

4つ目は、接触マスクと名づけた3次元形状のマスクを用いて、形状の固定と選択的な金電極成形法を提案し、実験でその有効性を示すことができた。またこの手法を用いてヒトデ型のソフトロボットを開発し動作に成功した。さらに本手法を応用することにより、ペーパクラフトのように平面状のIPMCから立体形状のロボット構造を構築することに成功した。

5つ目は、水溶性樹脂を用いた手法である。まず、水溶性樹脂を用いて造形対象の基材となる立体構造を3Dプリンタにより造形する。造形した基材に対して濃度を調整したイオン交換樹脂の分散液を塗布し、乾燥及び熱処理による結晶化を行う。次に、水溶性樹脂が無電解メッキを阻害するため、温水に漬ける工程と常温の流水で表面を洗い流す工程を繰り返すことで完全に除去する。その後メッキ処理を施す。本手法を用いて、イルカ型のIPMCロボットを試作し、駆動に成功した。

駆動手法については、自律駆動IPMCロボットの実現に取り組んだ。自立駆動IPMCロボットに関しては、IPMCアクチュエータの屈曲運動と電気配線の短絡を利用することにより、直流電圧の印加により振動動作を実現する自励振動型IPMCアクチュエータを実現した。また、IPMCアクチュエータの2つの電極にそれぞれ銅及びマグネシウムを配置することにより、IPMCアクチュエータの動作環境である水を電解液として利用して、マグネシウム電池を構成し、電圧を印加することが可能である。この2つの技術を組み合わせることにより、水中で外部からの電源供給を行うことなく、振動動作を実現するIPMCアクチュエータを実現した。更にこの原理を用いて、テザーレスの自律駆動型IPMCロボットを試作し、遊泳実験に成功した。

IPMCアクチュエータの性能向上に関しては、カルボキシル基で官能されたカーボンナノチューブ(以下、CNT-COOH)を混合したイオン導電性高分子アクチュエータを製作し、従来の1.5倍の屈曲性能向上を達成した。従来技術ではアクチュエータ表面にしか設けられなかった電極を、我々の分散技術を用いて高分子内にCNT-COOHを分散させることによって、高分子内部までネットワーク構造をもった電極を設けることが可能となった。

(2) 気液変換型ラバーアクチュエータ

気液変換を用いたラバーアクチュエータに関しては、径を小さくすることで柔軟性を高めたマッキベン型人工筋肉である細径マッキベン型人工筋を対象として研究を進めた。チューブ状のイオン交換樹脂に対して還流による白金メッキ等により柔軟かつ電気駆動可能な細径マッキベン型人工筋の試作及び駆動に成功していた。しかしながら、電極として白金メッキのみを施しただけでは、白金の延性の低さから電極に亀裂が発生し、性能が低下する現象が見られた。そのため、延性の高い金メッキを施し、このように金と白金の二層電極にすることにより、白金の触媒作用と金の延性によるひび割れの防止の2つの性質を同時に発揮することを狙った。さらに、高い性能を実現するためには、電気抵抗を低くすることが重要であるが、表面の金メッキのみで抵抗を下げるのはコストがかかるため、表面に配線を施し、更に水とナフィオンの接触が増えるように工夫した。加えて、気液変換用のチューブの内側で発生する圧力を効率よくアクチュエータの動作に反映されるために柔軟なチャンバーをチューブに設置した。以上の改良により、気液変換細径マッキベン型人工筋肉は収縮率20%、平均収縮時間31sを達成した。これは従来の収縮率4.7%のおよそ4倍の値となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Jang Yujin, Nabae Hiroyuki, Endo Gen, Suzumori Koichi	4. 巻 333
2. 論文標題 Analysis of the multi-balloon dielectric elastomer actuator for traveling wave motion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 113243 ~ 113243
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.sna.2021.113243	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 -
1. 著者名 Li Wen-Yung, Takata Atsushi, Nabae Hiroyuki, Endo Gen, Suzumori Koichi	4. 巻 6
2. 論文標題 Shape Recognition of a Tensegrity With Soft Sensor Threads and Artificial Muscles Using a Recurrent Neural Network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 6228 ~ 6234
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2021.3091384	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 -
1. 著者名 Ishiki Asuka, Nabae Hiroyuki, Kodaira Akio, Suzumori Koichi	4. 巻 5
2. 論文標題 PF-IPMC: Paper/Fabric Assisted IPMC Actuators for 3D Crafts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 4035 ~ 4041
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2020.2985571	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 -
1. 著者名 Cacucciolo Vito, Nabae Hiroyuki, Suzumori Koichi, Shea Herbert	4. 巻 6
2. 論文標題 Electrically-Driven Soft Fluidic Actuators Combining Stretchable Pumps With Thin McKibben Muscles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/frobt.2019.00146	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 T. Horiuchi, K. Asaka	4. 巻 29-9
2. 論文標題 245mm-length IPMC catheter with an ellipse-like cross-section	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Smart Materials and Structures	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-665X/ab2a28	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 -

1. 著者名 Jie Ru, Changsheng Bian, Zicai Zhu, Yanjie Wang, Junshi Zhang, Tetsuya Horiuchi, Takushi Sugino, Xiaofeng Liu, Hualing Chen, and Kinji Asaka	4. 巻 28
2. 論文標題 Controllable and durable ionic electroactive polymer actuator based on nanoporous carbon nanotube film electrode	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Smart Materials and Structures	6. 最初と最後の頁 85022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-665X/ab2a28	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 Vito Cacucciolo, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori, Herbert Shea	4. 巻 6
2. 論文標題 Electrically-Driven Soft Fluidic Actuators Combining Stretchable Pumps With Thin McKibben Muscles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frobt.2019.00146	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 Akio Kodaira, Kinji Asaka, Tetsuya Horiuchi, Gen Endo, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori	4. 巻 Vol.4, No.2
2. 論文標題 IPMC Monolithic Thin Film Robots Fabricated Using a Multi-Layer Casting Process	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 1335-1342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LRA.2019.2895398	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 -

〔学会発表〕 計31件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Wen-Yung Li, Atsushi Takata, Hiroyuki Nabae, Gen Endo, Koichi Suzumori
2. 発表標題 Shape Recognition of a Tensegrity With Soft Sensor Threads and Artificial Muscles Using a Recurrent Neural Network
3. 学会等名 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akio Kodaira, Hiroyuki Nabae, Tetsuya Horiuchi, Kinji Asaka, Gen Endo, Koichi Suzumori
2. 発表標題 Au/Pt Double-Layer Electrodes and Expanding Internal Chamber for Improving Air-Hose-Free Thin McKibben Muscles
3. 学会等名 4th IEEE International Conference on Soft Robotics (RoboSoft2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黄 振善, 難波江裕之, 遠藤玄, 鈴森康一
2. 発表標題 固体高分子膜による水の可逆化学反応を利用したホースレス空圧移動ソフトロボットの試作
3. 学会等名 第39回 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新倉 敦彦, 難波江 裕之, 遠藤 玄, 郡司 芽久, 森 健人, 新山 龍馬, 鈴森 康一
2. 発表標題 キリン首型筋骨格ロボットの項靭帯と弾性関節の改良
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新倉 敦彦, 難波江 裕之, 遠藤 玄, 郡司 芽久, 森 健人, 新山 龍馬, 鈴森 康一
2. 発表標題 キリン首型筋骨格ロボットの項靱帯と弾性関節の改良
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久保景太, 難波江裕之, 堀内哲也, 安積欣志, 遠藤玄, 鈴森康一
2. 発表標題 カードモデルに着想を得たイオン交換樹脂シートからの3次元形状IPMCロボットの構築
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張裕真, 難波江裕之, 遠藤弦, 鈴森康一
2. 発表標題 誘電エラストマー製バルーンアクチュエータによる搬送実験
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wen-Yung Li, Atsushi Takata, Hiroyuki Nabae, Gen Endo, Koichi Suzumori
2. 発表標題 Thin McKibben Muscle Actuated 3-bar Tensegrity Prism and Deformation Sensing with Soft Sensor
3. 学会等名 The 65th Annual Conference of the Institute of Systems, Control and Information Engineers (SCI '21)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keita Kubo, Hiroyuki Nabae, Tetsuya Horiuchi, Kinji Asaka, Gen Endo, Koichi Suzumori
2. 発表標題 Simultaneous 3D Forming and Patterning Method of Realizing Soft IPMC Robots
3. 学会等名 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Asuka Ishiki, Hiroyuki Nabae, Akio Kodaira, Koichi Suzumori
2. 発表標題 PF-IPMC: Paper/Fabric Assisted IPMC Actuators for 3D Crafts
3. 学会等名 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae, Kinji Asaka, Tetsuya Horiuchi
2. 発表標題 Applying IPMC to soft robots
3. 学会等名 SPIE Smart Structures + Nondestructive Evaluation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保景太, 難波江裕之, 堀内哲也, 安積欣志, 遠藤玄, 鈴森康一
2. 発表標題 接触マスク法を用いたIPMCの選択的電極成形によるヒトデ型ソフトロボットの開発
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wen-Yung Li, Gen Endo, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori
2. 発表標題 Development and performance evaluation of artificial muscle actuated tensegrity hand
3. 学会等名 JSME Conference on Robotics and Mechatronics
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石木 明日翔, 難波江 裕之, 小平 暁雄, 遠藤 玄, 安積 欣志, 堀内 哲也, 鈴森 康一
2. 発表標題 紙/布を用いた立体形状IPMCロボットの提案
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小平暁雄, 堀内 哲也, 難波江裕之, 安積 欣志, 遠藤玄, 鈴森康一
2. 発表標題 Au/Pt多層電極柔軟PEFCチューブの開発による電気駆動細径マッキベン人工筋の高応答化
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akio Kodaira, Kinji Asaka, Tetsuya Horiuchi, Gen Endo, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori
2. 発表標題 IPMC Monolithic Thin Film Robots Fabricated through a Multi-Layer Casting Process
3. 学会等名 the 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Nabae, Akio Kodaira, Tetsuya Horiuchi, Kinji Asaka, Gen Endo, Koichi Suzumori
2. 発表標題 Soft Polymer-Electrolyte-Fuel-Cell Tube Realizing Air-Hose-Free Thin McKibben Muscles
3. 学会等名 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Nabae, Asuka Ishiki, Tetsuya Horiuchi, Kinji Asaka, Gen Endo, Koichi Suzumori
2. 発表標題 Frequency Response of Honeycomb Structured IPMC Actuator Fabricated through 3D Printing with Dispersion Liquid
3. 学会等名 30th International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小平暁雄, 安積欣志, 堀内哲也, 難波江裕之, 遠藤玄, 鈴森康一
2. 発表標題 柔軟PEFCチューブを用いた気液変換細径マッキベン型人工筋肉
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小平暁雄, 安積欣志, 堀内哲也, 難波江裕之, 遠藤玄, 鈴森康一
2. 発表標題 積層キャスト法を用いた水中移動IPMC薄膜ソフトロボット
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石木明日翔, 鈴森康一, 難波江裕之, 遠藤玄, 安積欣志, 堀内哲也
2. 発表標題 イオン交換樹脂分散液の3DプリンティングによるIPMCソフトマイクロロボットの成形
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新倉敦彦, 難波江裕之, 遠藤玄, 郡司芽久, 森健人, 新山龍馬, 鈴森康一.
2. 発表標題 解剖学知見に基づくキリン首模擬機構の試作
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Suzumori
2. 発表標題 Toward practical application of soft robots
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Soft Robotics (Robosoft 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Suzumori
2. 発表標題 MEXT KAKENHI Project on Soft Robots in Japan
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Soft Robotics (Robosoft 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Suzumori
2. 発表標題 Soft Robotics as E-kagen Science
3. 学会等名 Robotics: Science and Systems (RSS 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Suzumori
2. 発表標題 Soft Robotics as E-kagen Science
3. 学会等名 The IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木康一
2. 発表標題 ソフトロボットによる人間支援
3. 学会等名 北九州学園研究都市フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木康一
2. 発表標題 ソフトロボット学
3. 学会等名 日本機械学会2019年次大会基調講演 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小平暁雄, 安積欣志, 堀内哲也, 難波江裕之, 鈴森康一
2. 発表標題 IPMC立体成膜法によるアノマロカリス型ロボットの試作
3. 学会等名 第36回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小平暁雄, 安積欣志, 堀内哲也, 難波江裕之, 遠藤玄, 鈴森康一
2. 発表標題 3次元任意形状IPMCアクチュエータの成膜の試み
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小平暁雄, 安積欣志, 堀内哲也, 難波江裕之, 遠藤玄, 鈴森康一
2. 発表標題 立体形状IPMC成膜プロセスによる蝶型ロボットの試作
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>ニューアクチュエータ(東工大 鈴森研究室) http://www.robotics.mech.e.titech.ac.jp/suzumori/research/newactuator.html イオン交換膜が実現するソフトロボットのモーションコントロール https://softrobot.jp/research-groups/a02-2/ ニューアクチュエータ(東工大 鈴森研究室) http://www.robotics.mech.e.titech.ac.jp/suzumori/research/newactuator.html イオン交換膜が実現するソフトロボットのモーションコントロール https://softrobot.jp/research-groups/a02-2/ A02-2: イオン交換膜が実現するソフトロボットのモーションコントロール http://softrobot.jp/research-groups/a02-2/ 東京工業大学 鈴森・遠藤研究室 http://www.robotics.mech.e.titech.ac.jp/home.html 東京工業大学 鈴森・遠藤研究室 http://www.robotics.mech.e.titech.ac.jp/research/pamsoftrobo.html ソフトロボット学ホームページ http://softrobot.jp/research-groups/a02-2/</p>
--

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
研究分担者	難波江 裕之 (Nabae Hiroyuki) (90757171)	東京工業大学・工学院・助教 (12608)	
研究分担者	堀内 哲也 (Horiuchi Tetsuya) (60738061)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・主任研究員 (82626)	
研究分担者	宮川 祥子 (Miyagawa Shoko) (00338203)	慶應義塾大学・看護医療学部(藤沢)・准教授 (32612)	
研究分担者	安積 欣志 (Asaka Kinji) (10184136)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・上級主任研究員 (82626)	

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