

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01254

研究課題名(和文) 自己組織化プロセスによる生命機械融合ウェットロボティクスの構造制御と機能創発

研究課題名(英文) Construction and Functional Emergence of Living Machined Wet Robotics by Self Organization process

研究代表者

森島 圭祐 (Morishima, Keisuke)

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号：60359114

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,100,000円

研究成果の概要(和文)：従来のアクチュエータ研究では、人工物を利用した研究が主流であり、生体組織、細胞を直接利用した方法論の提案には至っていなかった。本研究は、電気エネルギーを全く用いず、化学エネルギーのみで駆動する生物の発想を採り入れることで、生物の最小単位である細胞やタンパク質と機械を融合した、マルチスケールでのマイクロナノデバイスのパーツとして機能するバイオアクチュエータを実証し、従来になかった生命機械を実現しようとする点で、革新的な省エネルギー型の新原理デバイスやマイクロロボティクスへの応用といった融合分野を開拓した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超高齢化社会、超省エネ型社会において、石油や電気、内燃機関等の化石燃料や動力源に頼らず、生体や自然環境のエネルギーを取り込むことで駆動できる機械システムやロボットの実現が望まれている。本研究から得られた知見、アプローチにより、生物が形を形成し機能を発現する自己組織化の原理を解明し応用することができれば、将来的に、マイクロナノマシン技術・バイオナノテクノロジー・メカトロニクス・分子ロボティクス・自己組織化原理を駆使して、ソフトでウェットなハイブリッド型分子ロボット、体の一部になるマイクロマシン、人が飲んだり食べたりできる生命機械、生体システムとのハイブリッドの創出につながる。

研究成果の概要(英文)：In this research, by adopting the idea of living things that are driven by chemical energy, without using electrical energy at all, as a part of a multi-scale micro-nano device that fuses machinery with cells and proteins, which are the smallest units of living things. In demonstrating functional bioactuators and trying to realize unprecedented living machines, we have successfully demonstrated a fusion field of innovative new energy-saving principle devices and application to microrobotics.

研究分野：マイクロナノロボティクス

キーワード：ウェットロボティクス マイクロマシン 人工筋肉 自己組織化 バイオアクチュエータ マイクロロボット 光造形 生命機械融合

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、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまで Micro Electro Mechanical System (MEMS) 技術を用いて、省エネルギー、省資源、省スペースといった特徴を持つ微小空間での化学プロセスの集積化を目指した Micro Total Analysis System (μ TAS) や Lab on a chip が発展してきた。MEMS 技術はシリコンから高分子、金属まで様々な材料の微細加工を可能としており、ドライからウェットまで多種多様な環境で動作するデバイスが開発されている。したがって、これらの技術を活用して、生物の最小単位である細胞の機能や生体組織の機能を、人工的な微小空間において人工的な材料で実現しようとした研究例はこれまであったが、細胞そのもの、タンパク質や立体組織を用いたマルチスケールでのデバイス・システムの研究は未開拓の分野であった。特に、マイクロナノロボティクスを構築する上で、様々な部品、センサ、アクチュエーターをアセンブリすることが大きな問題である。代表者の森島は、マイクロな空間で細胞を高効率で大量培養する技術と、マルチスケールでの細胞操作技術と MEMS 技術を独自に工夫し、さらに様々な生物の筋肉生理学と生化学的な観点でのアイデアを新たに導入することで、心筋細胞や筋細胞そのものを用いた新原理のバイオアクチュエータを用いたデバイス、生命と機械を融合した「ソフト&ウェットロボティクス」を実証してきた。しかしながら、このように、従来の「バイオミメティック」から、「細胞、タンパク質そのものを用いたものづくり」へのパラダイムシフトを起こすデバイスの設計論や新たなアセンブリ方法を構築するためには、基本設計論の理解や方法論がまだまだ不十分であり、化学エネルギーで駆動し、自由自在にアセンブリできるマイクロナノロボットを構成するための新しいアプローチが必要である。

2. 研究の目的

本研究は、生命の根源であるタンパク質と生物の最小単位である細胞が共に運動機能を創発する際に自己集積する自己組織化プロセスに着目し、筋細胞が互いに融合分化し、サルコメアと呼ばれる収縮機構を精密に構築し、収縮能をもつ動的システムを作り出す細胞内部で起きているプロセスを人為的に *in vitro* で制御することを目指し、タンパク質や細胞が力学的機能を発現する組織を構築する現象の解明と、それを応用した階層的な運動システムの構築を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、MEMS、メカトロニクス、生物物理、タンパク質工学、シミュレーションの異分野融合研究チームを構成することで、ウェットロボティクスやバイオアクチュエータの設計ツールとなる基盤技術を確立すること、及び自己組織化プロセスによる生体力学場形成のメカニズムを解明することを工学と生物学の両面からアプローチしていった。

まず、人工筋肉の材料となるモータータンパク質の検討をおこない、機能発現した光応答性人工筋肉の特性評価を行った。次に、その発生力の見込まれる大きさに基づいて、マイクロデバイスを設計試作し、アセンブリ実験、動作確認実験を行った。構造制御と運動機能創発のメカニズムの解明を目指して、様々な光照射条件により自己組織化を誘発し、アクチュエータとしての力学的特性評価を行い、条件検討を行った。マイクロナノロボットへの応用として、光応答性人工筋肉と MEMS デバイスとの融合による様々な応用を検討した。

4. 研究成果

現在、論文投稿中のため、詳細は論文を参考。

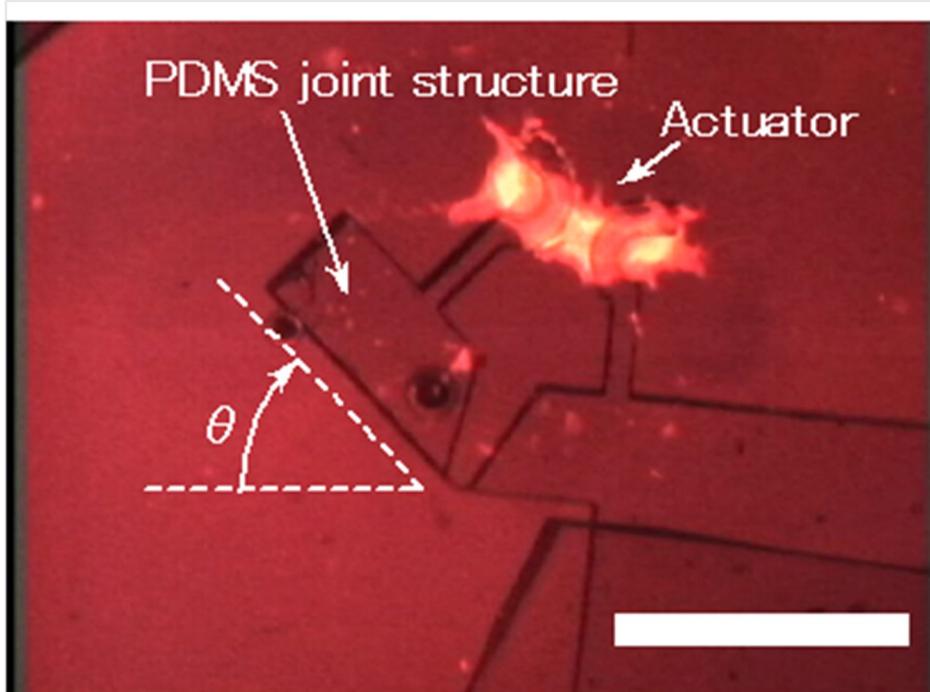
・人工筋肉の材料となるモータータンパク質の材料検討及び設計

キネシン-微小管モデルにおいて、発生力の増加が見込めるモデルの検討及び設計とシミュレーションによるモデルの最適化を行った結果、キネシン複合体と微小管を大量に分散させた時、全体が収縮するような動きが得られた。

・仕組みの理論的解明のための基礎実験モデルとシミュレーションの検討を行い、実験結果から、より正確なシミュレーションモデルを構築できた。仕組みの理論的解明のためのシミュレーションモデルにより、実験及び理論両グループの実験条件検討及び設計仕様決定に役立った。

・機能発現した光応答性人工筋肉をマイクロデバイス(図)と融合アセンブルし、動作確認に成功。光造形により様々な形状のアクチュエータとマイクロロボットへの応用の可能性を示した。

・光応答性人工筋肉と MEMS デバイスとの融合による微小機械システムの駆動メカニズムの提案と設計試作、学会発表及び論文投稿(現在投稿中)を行った。



Bending PDMS joint structure by molecular artificial muscle Scale bar : 1mm

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Kaoru Uesugi, Keizo Nishiyama, Koki Hirai, Hiroaki Inoue, Yoichi Sakurai, Yoji Yamada, Takashi Taniguchi, Keisuke Morishima	4. 巻 11
2. 論文標題 Survival Rate of Cells Sent by a Low Mechanical Load Tube Pump: The “Ring Pump”	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 447-460
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.3390/mi11040447	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 Yingzhe Wang, Kazuma Toyoda, Kaoru Uesugi, Keisuke Morishima	4. 巻 304
2. 論文標題 A simple micro check valve using a photo-patterned hydrogel valve core	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 111878
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.sna.2020.111878	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 Kaoru Uesugi, Fumiaki Shima, Ken Fukumoto, Ayami Hiura, Yoshinari Tsukamoto, Shigeru Miyagawa, Yoshiki Sawa, Takami Akagi, Mitsuru Akashi, Keisuke Morishima	4. 巻 10
2. 論文標題 Micro Vacuum Chuck and Tensile Test System for Bio-Mechanical Evaluation of 3D Tissue Constructed of Human Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Cardiomyocytes (hiPS-CM)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 487-504
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.3390/mi10070487	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 Eitaro Yamatsuta, Sze Ping Beh, Kaoru Uesugi, Hidenobu Tsujimura, Keisuke Morishima	4. 巻 5
2. 論文標題 A Micro Peristaltic Pump Using an Optically Controllable Bioactuator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Engineering	6. 最初と最後の頁 580-585
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.11.033	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 Yaxiaer Yalikun, Kaoru Uesugi, Minamida Hiroki, Yigang Shen, Yo Tanaka, Yoshitake Akiyama, Keisuke Morishima	4. 巻 8
2. 論文標題 Insect Muscular Tissue-Powered Swimming Robot	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Actuators	6. 最初と最後の頁 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3390/act8020030	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 Katayama Takashi, Uesugi Kaoru, Morishima Keisuke	4. 巻 9
2. 論文標題 Analytical Model and Experimental Evaluation of the Micro-Scale Thermal Property Sensor for Single-Sided Measurement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 168 ~ 168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3390/mi9040168	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 Miyakawa Shohei, Uesugi Kaoru, Morishima Keisuke	4. 巻 9
2. 論文標題 A Closed System for Pico-Liter Order Substance Transport from a Giant Liposome to a Cell	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 331 ~ 331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3390/mi9070331	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 Katayama Takashi, Morishima Keisuke	4. 巻 133
2. 論文標題 Time evolution of the heat diffusion phenomenon from the point source near the interface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Thermal Sciences	6. 最初と最後の頁 170 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.05.034	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 Uesugi Kaoru, Sakuma Yui, Akiyama Yoshitake, Akiyama Yoshikatsu, Iwabuchi Kikuo, Okano Teruo, Morishima Keisuke	4. 巻 33
2. 論文標題 Temperature-responsive culture surfaces for insect cell sheets to fabricate a bioactuator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 219 ~ 231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/01691864.2019.1568908	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 E. Yamatsuta, S. Beh, H. Tsujimura, K. Uesugi, K. Morishima	4. 巻 in print
2. 論文標題 A Micro Peristaltic Pump Using an Optically Controllable Bioactuator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Engineering	6. 最初と最後の頁 in print
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40件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Keisuke Morishima
2. 発表標題 Control of Bioactuated MicroNanoSystem and Living Machined Wet Robotics
3. 学会等名 the 4th Int. Conference on Manipulation, Automation and Robotics at Small Scales (MARSS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keisuke Morishima
2. 発表標題 Pico-liter order volume handling and substance transport between a single cell and a giant liposome
3. 学会等名 the 4th Int. Conference on Manipulation, Automation and Robotics at Small Scales (MARSS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小池 康裕, 王 穎哲, 平塚 祐一, 上杉 薫, 森島 圭祐
2. 発表標題 分子人工筋肉を駆動源とするファイバー型アクチュエータ
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 細胞内蛍光共鳴エネルギー移動による力測定を目指した微小構造体の作製
2. 発表標題 上杉薫, 森裕樹, Johannes Nicolaus Wibisana, 北口哲也, 田畑修, 森島圭祐
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 八上 雄太, 高島 義之, 上杉 薫, 森島 圭祐
2. 発表標題 金電極を用いた高速熱応答マイクロプローブ法による生体試料のセンシング
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 別所 芳春, Yingzhe Wang, 上杉 薫, 森島 圭祐
2. 発表標題 静脈弁模倣によるマイクロ逆止弁構造
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 Yingzhe Wang, Yuichi Hiratsuka, Takahiro Nitta, Kaoru Uesugi, Keisuke Morishima
2. 発表標題 MICROFLUIDIC FABRICATION OF BIO-ACTUATORS DRIVEN BY ARTIFICIAL MUSCLES MADE FROM MOLECULAR MOTORS
3. 学会等名 The 23rd International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南方和之、平塚祐一、上杉薫、森島圭祐
2. 発表標題 生体分子モーターで駆動する積層型回転アクチュエータの作製
3. 学会等名 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 Yingzhe Wang, Yuichi Hiratsuka, Takahiro Nitta, Kaoru Uesugi and Keisuke Morishima
2. 発表標題 Fabrication of bio-actuators with molecular motors by stereolithography
3. 学会等名 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 T. Katayama, Y. Takashima, S. Katayama, K. Uesugi, K. Morishima
2. 発表標題 Development of a novel monitoring technique for micro-living components utilizing heat diffusion and its application on cultured cells
3. 学会等名 IEEE International Conference on Manipulation, Automation and Robotics at Small Scales 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kaoru Uesugi and Keisuke Morishima
2. 発表標題 Multi-layer level biomechanical force measurement
3. 学会等名 IEEE MHS2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yingzhe Wang, Kaoru Uesugi and Keisuke Morishima
2. 発表標題 A SIMPLE MICRO CHECK VALVE USING PATTERNED HYDROGEL VALVE CORE
3. 学会等名 IEEE MEMS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yingzhe Wang, Yuichi Hiratsuka, Takahiro Nitta, Kaoru Uesugi and Keisuke Morishima
2. 発表標題 MICRO-ASSEMBLY USING OPTICALLY PATTERNED MOLECULAR-MOTOR-POWERED ARTIFICIAL MUSCLES
3. 学会等名 IEEE MEMS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keisuke Morishima
2. 発表標題 Construction and Functional Emergence of Bioactuated Micro Nano System and Living Machined Wet Robotics
3. 学会等名 MANA International Symposium 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Keisuke Morishima
2 . 発表標題 Construction and Functional Emergence of Bioactuated Micro Nano System and Living Machined Wet Robotics
3 . 学会等名 The SPIRITS International Symposium - Shaping self-assembled mesoscale (bio)materials with microengineering (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K. Uesugi, H. Mayama, K. Morishima
2 . 発表標題 DIRECT MEASUREMENT OF PROPELLING FORCE OF WATER STRIDER
3 . 学会等名 Micro-NanoMechatronics and Human Science 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Uesugi, K. Morishima
2 . 発表標題 mechanical properties for understanding various life phenomena
3 . 学会等名 1st International Symposium on Systems Intelligence Division (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Uesugi, H. Mayama, K. Morhisima
2 . 発表標題 mechanism of water-repellency
3 . 学会等名 Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (μ TAS 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 上杉薫, 佐久間唯, 秋山義勝, 秋山佳丈, 岩淵喜久雄, 大和雅之, 岡野光夫, 森島圭祐
2. 発表標題 昆虫細胞シート回収のための温度応答性ポリマ表面の開発
3. 学会等名 第27回インテリジェント材料・システムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上杉薫, 眞山博, 森島圭祐
2. 発表標題 アメンボの撥水メカニズム解明を目指した力測定
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上杉薫, 塚本佳也, 日浦綾美, 赤木隆美, 宮川繁, 澤芳樹, 明石満, 森島圭祐
2. 発表標題 iPS細胞由来3次元積層心筋組織の拍動特性
3. 学会等名 「細胞を創る」研究会10.0
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上杉薫, 眞山博幸, 森島圭祐
2. 発表標題 アメンボの撥水機構解明を目指した脚力測定, 及び撥水モデルの提案
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上杉薫, 塚本佳也, 日浦綾美, 赤木隆美, 宮川繁, 澤芳樹, 明石満, 森島圭祐
2. 発表標題 引張刺激に対するiPS由来3次元心筋組織の拍動特性ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 珍部公輔, 木村幸太郎, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 C.elegansの化学走性によるナノ物質の運搬法に関する研究
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平井皓基, 平塚祐一, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 生体分子モータ集積人工筋肉を用いた外骨格型駆動システムの設計と製作
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮川彰平, 小川幸太, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 磁気駆動型ナノマシンの高効率細胞内導入を目指したデバイスの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Handi BELHADJ , Kaoru UESUGI , Keisuke MORISHIMA
2. 発表標題 Image Processing based Closed Loop Automated Control System for Cell Bio-Manipulation using LabVIEW and FPGA
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮川彰平, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 単一細胞-巨大リボソーム融合界面における物質輸送機序の解明を目指したマイクロ流体デバイスの開発
3. 学会等名 「細胞を創る」研究会10.0
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 麻生 晃雄、上杉 薫、神田 寛行、不二門 尚、森島 圭祐
2. 発表標題 機能回復を目的とした力学刺激による臓器圧整法の提唱
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 麻生 晃雄、上杉 薫、神田 寛行、不二門 尚、森島 圭祐
2. 発表標題 機能回復を目的とした臓器圧整法の提案
3. 学会等名 日本コンピューター外科学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 麻生 晃雄、上杉 薫、神田 寛行、不二門 尚、森島 圭祐
2. 発表標題 Eyeball Deformation by Organ Pressure Regulation Using Magnetic Sheet
3. 学会等名 28th 2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 豊田和馬, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 生体の行動原理を用いた軟性材料加工用マイクロロボットのモデルの作製
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会- 2017 in Fukushima
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 豊田和馬, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 Direct Observation and Behavior Analysis of Enchytraeus japonensis in Soft Material for Swarm Intelligent Micro Robots
3. 学会等名 MHS 2017 28th 2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 南方和之, 平塚祐一, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 生体分子モーターを用いた積層型回転アクチュエータの設計と作製
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 南方和之, 平塚祐一, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 分子モーターで駆動する積層型回転アクチュエータの作製
3. 学会等名 「細胞を創る」研究会10.0
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuyuki Minakata, Yuichi Hiratsuka, Kaoru Uesugi, Keisuke Morishima
2. 発表標題 Patterning Molecular Motors for Fabrication of Stacked Rotary Actuator
3. 学会等名 The 21st international Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉田茂生, 小川幸太, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 細胞内物性計測を目指した磁気駆動ナノマシンの細胞内導入と制御
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 LU RANWEN, 上杉薫, 森島圭祐
2. 発表標題 ナノ物質の輸送を目指したDNAオリガミによるナノマシンの設計
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 LU RANWEN, 森島圭祐
2. 発表標題 Fabrication of Continuous DNA Lattice Structure with Nanofiber Framework
3. 学会等名 第1回分子ロボティクス年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新保圭生
2. 発表標題 線虫を用いたマイクロ物質のセンシングとマニピュレーションに関する研究
3. 学会等名 日本機械学会関西学生会2017年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Asaka, Kinji, Okuzaki, Hidenori (Eds.)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 507
3. 書名 Soft Actuators-Materials, Modeling, Applications, and Future Perspectives-	

1. 著者名 松野 文俊、大須賀 公一、松原 仁、野田 五十樹、稲見 昌彦	4. 発行年 2017年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 1024
3. 書名 ロボット制御学ハンドブック 第22章マイクロ・ナノロボット	

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪大学 森島研究室ホームページ
<http://www-live.mech.eng.osaka-u.ac.jp/>

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	平塚 祐一 (Hiratsuka Yuichi) (10431818)	北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授 (13302)	
研究 分 担 者	新田 高洋 (Nitta Takahiro) (20402216)	岐阜大学・工学部・准教授 (13701)	