

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H06076

研究課題名(和文)1細胞～少数細胞「その場」直接操作・計測・分離システムの構築

研究課題名(英文)Construction of "in-situ" direct operation/measurement/separation system for single and minority cells analysis

研究代表者

小嶋 勝 (Kojima, Masaru)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：00533647

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、少数細胞からの解析技術が確立しつつある背景をふまえ、高精度な位置情報に基づいて細胞1つ1つを操作・計測・分離する技術の確立を目指した。そこで、2本の微小な針を箸のように器用に扱い細胞の操作が可能な2本指マイクロハンドと局所化学環境の精密制御を可能とする高機能なナノピペットと組み合わせることにより、1細胞-少数細胞「その場」直接操作・計測・分離システムを開発した。さらに、本システムを用いて細菌べん毛モータや動物細胞を対象とした実証実験を行い、要求精度を満たすシステムであることを確認し、生命現象の未解決問題に資する結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したシステムはこれまでにない高速な動作と精密な作業を実現している。これは、微小領域での計測と制御に関わるマイクロロボティクスの基盤技術として価値があり、大きな意義を持つ。また、生体組織内の少数細胞をその場で直接操作(刺激)・計測・分離することを可能とする本技術は、細胞解析の汎用的なツールとしての価値も高く、バイオ医療分野の発展に寄与する点においても意義がある。

研究成果の概要(英文)：In recent years, techniques for analysis from minority cells have been established. In this study, we aimed to establish a technique to manipulate, measure, and separate individual cells based on high-precision positional information for the purpose of application to analysis from minority cells. Therefore, we developed an in-situ direct manipulation, measurement, and separation system for single and minority cells by combining a two-fingered microhand that can handle two end-effectors dexterously and a highly functional nanopipette that can precisely control the local chemical environment. In addition, we have conducted experiments using this system on bacterial flagellar motors and animal cells, and confirmed that the system satisfies the required accuracy and contributes to solving unsolved problems of biological phenomena.

研究分野：マイクロ・ナノシステム工学

キーワード：ナノ・マイクロメカトロニクス マイクロ・ナノデバイス ベン毛モータ 微生物

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。

1. 研究開始当初の背景

細胞の集団は一見すると同じ細胞の集まりに見えるが、実際には均一なものではなく、タンパク質の発現や、代謝物の量など内部の状態は異なる。単細胞生物でさえも、同一環境下で個々の細胞の内部状態はゆらぎを持っており、細胞は個性を持っているとも言える。このような、細胞集団の平均値としてみると埋もれてしまう細胞の特性を明らかにするために、1細胞レベルでこのような生体が持つ情報を解析する研究が進められている。次世代シーケンサーを用いたDNA解析等ブレイクスルーとなる技術の革新によって、1細胞のゲノム、エピゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボローム等の各種オミクスの網羅的な解析がすすめられ、1細胞～少数細胞からの解析技術が確立しつつある。このような背景の中、高精度な位置情報・形態情報に基づいて細胞1つ1つを操作(刺激)・計測・分離する技術の確立、つまり、解析すべき1細胞をいかに操り・単離するかも重要な課題となっていた。これらの課題を解決するためには、ロボティクスに基づいた高度な統合システムと実証実験に基づくシステム改善が必要であり、新たなシステムの開発が期待されていた。

一方、我々は二本指マイクロハンドの機能拡張に関連した研究を行ってきた。この2本指マイクロハンドは、アクチュエータとして積層型圧電素子を搭載し、各モジュールをパラレルリンク機構によって構築することで、1 μm を越えるエンドエフェクタ位置決め精度、微小対象物の把持、回転、移動、解放といった着で物体を扱うような柔軟な操作を実現している。さらに、この2本指マイクロハンドのエンドエフェクタに微小力センサを搭載することで細胞の剛性計測も可能である。実際の計測においては、2本指マイクロハンドを用いて細胞の把持を行い、エンドエフェクタを細胞に押し込んでいく過程での細胞からの反力を記録し、得られたフォースカーブを元に細胞の剛性を評価する。本システムを用いて細胞がウイルスに感染していく過程での細胞の剛性変化の検出にも成功している。

さらに、我々は電気浸透現象を利用したピペットからの溶液噴出(電気浸透流)を利用することで、マイクロ・ナノピペットから微小な容量の溶液を噴出させることに成功し、ピペットを用いてベンモータ回転のエネルギー源供給を局所的に変化(化学的刺激を変化)させることで細菌ベンモータの回転速度を変えることに成功した。ベンモータとは細菌が水中を遊泳する時に使用するナノサイズモータであり、イオンを駆動力としている。この実験では、一方のピペットから駆動源であるイオンを噴出し、もう一方のピペットからイオンを含まない溶液を噴出することで、局所の化学物質濃度の制御を実現している。この手法により、これまで不可能であった局所化学環境の動的な変化に対する応答特性の計測・操作が可能となりつつあった。

そこで、高い位置決め精度による細胞操作・力刺激・計測が可能となる2本指マイクロハンドを基盤として発展させ、局所化学環境精密制御を可能とするこれまでにない高機能なエンドエフェクタと組み合わせることにより、生体の1細胞～少数細胞をその場で直接操作(刺激)・計測・分離可能な自動化されたロボットシステムの構築を目指した。

2. 研究の目的

本研究では、1細胞～少数細胞からの解析技術が確立しつつある背景をふまえ、高精度な位置情報に基づいて細胞1つ1つを操作・計測・分離する技術の確立を目指す。特に、2本のエンドエフェクタを箸のように器用に扱い細胞の剛性計測も可能な特徴的な2本指マイクロハンドを基盤とし、局所化学環境の精密制御を可能とする高機能なエンドエフェクタと組み合わせることにより、1細胞～少数細胞「その場」直接操作・計測・分離システムを創出する。さらに、本システムを用いて、細菌ベンモータを対象とした実証実験を行い、要求精度を満たすシステムを構築すると同時に、生命現象の未解決問題に資する。

具体的には、局所化学環境精密制御を可能とするエンドエフェクタを2本指マイクロハンドに統合し、生体の1細胞～少数細胞をその場で直接操作(刺激)・計測・分離可能な自動化されたロボットシステムの構築を行う。予備実験で顕在化した問題点として以下が挙げられる。(i) マイクロハンド: 1細胞の特定部位をターゲットとするためにはサブ μm オーダの位置決めが必要となる。(ii) 局所化学刺激: 両ピペットから噴出しているため、化学物質が少量ずつ液中に拡散してしまい、1細胞のみをターゲットとするためには効果範囲の微小化が必要となる。また、単一の化学物質による刺激にしか対応出来ず、複数同時刺激には未対応である。(iii) 計測・制御システム: 噴出操作が手動のため刺激が低時間分解能であり、オフラインで計測を解析するためフィードバック制御を行うことが不可能である。これら問題点を解決するため、並列設置可能かつ高精度・高速に作用可能な小型・高剛性を実現するマイクロハンドを設計・試作し、リアルタイム計測に基づくフィードバック制御により、ミリ秒単位での対象物の変化に対応したミリ秒単位での刺激の切り替えを実現した新規システムを構築する。化学物質の拡散は、噴出ピペットに対応した吸引ピペットにより吸引を行わせることで抑え、並列化によりマルチチャンネル化も行う。また、力学刺激・計測とも統合することでこれまでにない複合刺激・計測も実現する。以上により、1細胞～少数細胞「その場」直接操作(刺激)・計測・分離システムを創出する。さらに構築したシステムを用いて細菌ベンモータを対象として実証実験を行い、要求精度を満たすシステムを構築すると同時に、生命現象の未解決問題に資する。

3. 研究の方法

システム要件を満たす新型マイクロハンドの構築：

(i) 並列設置可能かつ高精度・高速に作用可能な小型・高剛性マイクロハンドの試作

微視的な環境下では僅かな振動や構造の緩みがマニピュレーションに大きな影響を与える。そのため、制御周波数で共振しない構造とする必要がある。また、現行のハンドは単体で高い自由度を得るためにサイズが大きくなっているため、設置自由度が低く、複数台設置することが困難である。これらの問題を解決するため、高精度・高速に作用可能な小型・高剛性を実現するマイクロハンドを設計・試作する。ハンドの設計指針としては、自由度を減らすことで小型化を図り、現行からサイズダウンを行い並列設置可能な大きさにする。また、ハンドをステンレスのフレームで覆い、駆動に piezoelectric actuator を採用することで高い剛性を確保する。piezoelectric actuator は、強い発生力、高速駆動だが、変位が極小（数 μm ）である点がマイクロハンドの駆動に最適であり、これらをパラレルリンク型に配置することで高い位置決め精度を得る。

(ii) マイクロハンド支援用自動ステージの構築

小型化のために減らした自由度はステージと組み合わせることで補償する。対象へのアプローチは mm オーダでの動作が可能な粗動ステージと μm オーダでの動作を行う微動ステージを組み合わせることで達成する。また、マイクロハンドで対象を操作する際、マイクロハンドは作業環境に固定されているため、アプローチする方向が制限されてしまう。そこで、方向の制限を解消するために、対象物をその場で回転可能な自動回転ステージを構築する。

「細胞解析用リアルタイム局所化学刺激システム」の構築：

(iii) 電気制御型マイクロ・ナノピペットシステムの構築

高時間分解能での噴出制御を実現するため、制御用 PC のプログラム上からマイクロ・ナノピペットの操作を行う系を構築する。多チャンネル出力を持つ DA 変換ボードを用いて、ナノピペットとチャンバー底面の ITO (透明電極) 基盤との間に電圧を印可し、電気浸透流によるナノピペット内の溶液の噴出を行う。噴出の確認実験には蛍光試薬を用い、蛍光顕微鏡で観察することで噴出を確認・評価する。

(iv) 空気圧による吸引用ピペットを組み合わせた局所化学刺激システムの構築

局所刺激性を高める目的で、一方のピペットから電気浸透流で噴出させ、もう一方のピペットから空気圧による吸入を行うシステムの構築を行う。局所刺激性の評価には蛍光試薬を用い、その拡散の様子を蛍光顕微鏡で観察する。2本のピペット間の距離、噴出量、吸入量を変化させて観察を行い、各パラメータと刺激範囲の変化との関係を明らかにする。

(v) 噴出量定量化とフィードバックによる濃度制御

任意の濃度での噴出・制御を実現するため、高速で画像取得可能な蛍光観察用高速カメラと蛍光顕微鏡を用いて噴出量の定量化を行う。噴出する蛍光強度を計測し、濃度既知の蛍光強度と比較することで定量化を行う。次に、カメラによる蛍光強度計測に基づいてピペットの噴出量をコントロールするフィードバック制御と組み合わせることで、任意の動的な濃度変化による刺激を実現する。

(vi) マルチチャンネル局所化学刺激システムの構築

複数の化学物質による刺激を実現するため、ナノピペットの並列化を試みる。電気生理用の多チャンネルキャピラリを用いてそれぞれのチャンネルを独立して制御することで隣接した複数の噴出口からの異なる化学物質の噴出を試みる。

(vii) マルチチャンネル局所化学刺激システムの応用

対象を刺激する化学物質、剥離する化学物質、吸引用チャンネルを組み合わせることで刺激を行った後に剥離し、吸引により回収が行えるかを確認する。具体的には、トリプシンを含む溶液を局所に噴出・吸引することによって、生体組織の局所的な少数細胞の回収を行い評価する。

「その場」計測・刺激・分離システムを用いたべん毛モータの解析：

べん毛モータは天然の高効率ナノモータであり、生物模倣の観点からも興味深い。その回転機構は未だ不明である。動的な回転エネルギー入力の変化に対するべん毛モータの追従特性を調べることで、べん毛モータのシステム同定を試みる。

(viii) 高速カメラを用いたべん毛モータ回転観察実験

べん毛モータは天然の高効率ナノモータであり、生物模倣の観点からも興味深い。その回転機構は未だ不明である。そこで、高速で画像取得可能なカメラを計測用カメラとして顕微鏡に設置し高速回転するモータの回転速度の計測を行う。モータの回転計測にはテザードセル法と呼ばれるべん毛を固定し、菌体の回転で回転速度を計測する方法を用い、対象物の輝度を高めることで、高速画像取得を実現する。回転速度は菌体の重心位置を追跡し、円軌道にフィッティングすることで算出するリアルタイムべん毛モータ回転観察用プログラムを作成し、これを用いて計測する。

(ix) べん毛モータの解析・実証

上記の回転計測をピペット操作と統合し、回転計測情報を基にピペットの操作を出力する画

像フィードバック型の回転速度制御システムを構築する。構築したシステムの実証実験として、Na⁺駆動型モータをもつ変異型大腸菌を使用し、外界の Na⁺濃度を操作することで指定した速度でべん毛モータを回転させる回転制御実験を行う。このべん毛モータの回転制御実験においては、ミリ秒単位でのフィードバックを実現し、高時間分解能での運動制御の実現を試みる。次に、外界の Na⁺濃度を動的に変化させ、べん毛モータの追従特性を調べることで、べん毛モータのシステム同定を試みる。

4 . 研究成果

システム要件を満たす新型マイクロハンドの構築：

ステンレスのフレームで覆いフレームで剛性を強化し、駆動に piezoアクチュエータを採用した高精度・高速に駆動可能な小型かつ高剛性のマイクロハンドを試作し、その動作確認を行った。その結果、新たに設計したマイクロハンドはエンドエフェクタの動作を任意軌道で生成可能かつ数百 Hz で高速動作できることが確認された。また、対象物をその場で回転可能な自動回転ステージを構築し、対象物を任意の位置、向きで操作可能であることを確認した。さらに、高速駆動可能な特徴を生かし、エンドエフェクタの振動を利用した対象物のリリース手法を提案し、自動高速マニピュレーションを実現した。

「細胞解析用リアルタイム局所化学刺激システム」の構築：

空気圧による吸入と即応性の高い電気浸透流による噴出を組み合わせ、局所性を高めたナノピペットを用いた細胞解析用リアルタイム局所化学刺激システムの構築に取り組み、電気制御型マイクロ・ナノピペットシステムを構築し、空気圧による吸引用ピペットを組み合わせた局所化学刺激システムを構築した。構築したシステムは蛍光溶液の噴出により評価を行った。高感度カメラを用いて噴出する蛍光強度から噴出量を定量化し、フィードバックによる濃度制御を行うことで、任意の濃度での噴出・制御を試み、実現可能であることを確認した。さらに、複数の化学物質による刺激を実現するため、ナノピペットの並列化を試み、マルチチャンネル局所化学刺激システムを構築した。具体的にはマルチバレル型のキャピラリーから作成したマルチチャンネルピペットを用い、マルチチャンネル局所化学刺激システムを実現した。本システムにより、複数の化学物質を対象に噴出が可能となった。この構築したシステムの応用にも取り組み、接着細胞(マウス線維芽細胞)の局所に対して細胞剥離に用いる酵素であるトリプシンを噴出し、少数細胞の剥離、吸引による回収が可能であることを確認した。さらに、システムを拡張し、2本指マイクロハンドに搭載することで、組織片などの3次元的な細胞集団への刺激を可能とし、その有用性を確認した。

「その場」計測・刺激・分離システムを用いたべん毛モータの解析：

天然の高効率ナノモータであるべん毛モータを対象として、構築したシステムを用いたべん毛モータの回転速度制御実験を行った。回転計測と溶液を微量噴出可能なピペット操作とを統合し、回転計測情報を基にピペットの操作を出力するフィードバック型の回転速度制御システムの構築を行い、システムが良好に動作することを確認した。具体的には、構築したシステムの実証実験として、Na⁺駆動型モータをもつ変異型大腸菌を使用し、外界の Na⁺濃度を操作することで指定した速度でべん毛モータを回転させる回転制御実験に成功した。さらに、べん毛モータの動的環境変化に対する出力の変化の解析を行うため、局所化学刺激によって外界の Na⁺濃度を変化させ、モータの特性の評価を行った。その結果、今回の実験条件ではモータ応答性が非常に速く、現行のモデルを裏付ける結果が得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Eunhye Kim, Masaru Kojima, Kazuto Kamiyama, Mitsuhiro Horade, Yasushi Mae, Tatsuo Arai	4. 巻 6
2. 論文標題 High-Speed Active Release End-Effector Motions for Precise Positioning of Adhered Micro-Objects	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 World Journal of Engineering and Technology	6. 最初と最後の頁 81-103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/wjet.2018.61005	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 Kojima Masaru, Wang Zhiqin, Nakajima Masahiro, Arai Tatsuo, Fukuda Toshio	4. 巻 245
2. 論文標題 Microchip device with parallel operation for bacterial chemotactic analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators B: Chemical	6. 最初と最後の頁 695-701
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1016/j.snb.2017.01.159	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 Eunhye Kim, Masaru Kojima, Yasushi Mae, Tatsuo Arai	4. 巻 11
2. 論文標題 High-Speed Manipulation of Microobjects Using an Automated Two-Fingered Microhand for 3D Microassembly	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 534
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.3390/mi11050534	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24件（うち招待講演 0件/うち国際学会 7件）

1. 発表者名 小嶋 勝, 世良京太, 前 泰志, 新井健生
2. 発表標題 局所化学環境制御システムの構築と評価
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 小嶋 勝, Kim Eunhye, 前 泰志, 新井 健生
2. 発表標題 Automated cell manipulation system by using high-speed two fingered micro-hand
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小嶋 勝, 世良京太, 前 泰志, 新井健生
2. 発表標題 マイクロピペットシステムを用いた細胞解析のための局所化学環境制御
3. 学会等名 生命科学系学会合同年次大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小嶋 勝, 古澤 達也, 前 泰志, 新井 健生
2. 発表標題 多チャンネル局所化学環境制御システムの構築
3. 学会等名 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
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenichi Ohara, Masaru Kojima, Shota Takagi, Mitsuhiro Horade, Yasushi Mae, Tatsuo Arai
2. 発表標題 Development of the 3D measurement system in real-time for micro-manipulation
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masaru Kojima, Mitsuhiro Horade, Suguru Takata, Sota Nakadai, Yasushi Mae, Tatsuo Arai
2. 発表標題 Development of micro heater array system for cell manipulation
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tanoshi Kihara, Masaru Kojima, Yasushi Mae, Tatsuo Arai
2. 発表標題 Fluidic channel device for generating tubular structure in situ delivering nutrients
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuma Takeuchi, Masaru Kojima, Yasushi Mae and Tatsuo Arai
2. 発表標題 Improvement of 3D Reconstruction Image by Confocal Microscope with the Cell Rotated
3. 学会等名 2017 IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小嶋勝, 洞出光洋, 福岡創, 福田敏男, 新井健生
2. 発表標題 マイクロ構造体を用いた運動性を持つ微生物の操作
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第33回研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小嶋勝, 山本幸太郎, 神山和人, 洞出光洋, 前泰志, 新井健生
2. 発表標題 微細作業支援自動ステージを用いた細胞操作
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masaru Kojima, Tatsuoya Furusawa, Hajime Fukuoka, Yasushi Mae, Tatsuo Arai
2. 発表標題 Development of the multi-channel local chemical stimulation system
3. 学会等名 第54回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masaru Kojima, Taisei Tanaka, Yasushi Mae, Toshihiko Ogura and Tatsuo Arai
2. 発表標題 Cell Stiffness Measurement by Two-fingered Micro-hand System with Plate Shaped End Effector
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuma Koshiede, Masaru Kojima, Yasushi Mae and Tatsuo Arai
2. 発表標題 Implementation of Local Environmental Control System on the Microhand
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaru Kojima, Keita Sera, Yasushi Mae and Tatsuo Arai
2. 発表標題 Evaluation of Local Environment Chemical Stimulation System for Cellular Analysis
3. 学会等名 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内悠真, 小嶋勝, 前泰志, 新井健生
2. 発表標題 回転操作を応用した細胞の高詳細3次元像の構築
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 戸谷匡宏, 小嶋勝, 洞出光洋, 前泰志, 小椋利彦, 金子真, 新井健生
2. 発表標題 マイクロ流体デバイスを用いた細胞核への機械刺激と応答の評価
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 木原楽土, 小嶋勝, 前泰志, 新井健生
2. 発表標題 脈流生成システムを応用した複雑管状構造の構築
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 小嶋 勝, 田中 泰誠, 前 泰志, 新井 健生
2. 発表標題 マイクロハンドシステムを用いた細胞の力学特性計測
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 吉川 遼, 小嶋 勝, 前 泰志, 新井 健生
2. 発表標題 マルチスケール同時観測を用いた微小物体の自動剛性計測
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 竹内悠真, 小嶋勝, 前泰志, 新井健生
2. 発表標題 複数視点からの観察像を用いた細胞の 3 次元像構築
3. 学会等名 第19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
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉川遼, 小嶋勝, 前泰志, 長井隆行, 新井健生
2. 発表標題 マルチスケール同時観察系による細胞計測の高効率化
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 増田侑馬、小嶋勝、前泰志、長井隆行、新井健生
2. 発表標題 マイクロハンドシステムを用いた細胞レオロジー計測
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 越出 和磨、小嶋 勝、前 泰志、長井 隆行、堀井 隆斗、新井 健生
2. 発表標題 局所化学環境制御を目的としたデュアルピペットシステムの機能性向上
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小嶋 勝、境 慎司、中畑 雅樹、西城 英秋、前 泰志、新井 健生
2. 発表標題 機能性高分子を応用した高機能エンドエフェクタの検討
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>受賞： MHS2018 Best Poster Award, Masaru Kojima, Taisei Tanaka, Yasushi Mae, Toshihiko Ogura, Tatsuo Arai, 29th 2018 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, 2018年 2018 ロボティクス・メカトロニクス部門一般表彰, ベストプレゼンテーション表彰, 小嶋 勝, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門, 2018年 第33回化学とマイクロ・ナノシステム研究会 優秀研究賞, 小嶋 勝, 洞出光洋, 福岡創, 福田敏男, 新井健生, 一般社団法人 化学とマイクロ・ナノシステム学会, 2016年</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
--	---------------------------	-----------------------	----