

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02118

研究課題名(和文)光操作ナノ工具を用いた1細胞・1分子機械加工プラットフォームの実現

研究課題名(英文) Mechanical processing platform for single cells and single molecules using optically-driven nanotools

研究代表者

寺尾 京平 (TERAO, KYOHEI)

香川大学・創造工学部・准教授

研究者番号：80467448

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：切断や組立といった機械加工に相似した操作を、細胞1個と分子1個に対して実現することが本研究の狙いである。それにより細胞・分子を分解して解析し生命現象の理解に繋げること、細胞を改変・組み立てることで医薬品開発や再生医療において有用なバイオサンプルを創出する。そのために、酵素・抗体反応をピンポイントに生じさせる光駆動ナノ工具を開発し、加工対象の細胞・分子を配置固定可能なマイクロ流体ワークテーブル上で1個の細胞・1個の分子に対して機械加工するための要素技術を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果として開発した要素技術を統合することで、将来「1個の細胞・1個の生体分子を望み通りに捕捉し、解析する」、「1個の細胞に物質を導入し性質を改変する」、「細胞を1個1個望み通りに組み立て、臓器を作製する」、「1個の生体分子を望み通りに切断する」、といった機械加工に相似した操作を細胞と分子に対して1個の解像度で実現することに近づくことが期待される。それにより、1細胞・1分子解析への応用や、有用な細胞サンプルの調製に繋がる。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to realize mechanical processes, such as cutting and assembling, on individual cells and molecules. This will enable us to disassemble and analyze cells and molecules, leading to a better understanding of biological phenomena. In addition, we can reassemble cells to develop biosamples that are beneficial for drug development and regenerative medicine. To achieve this, we have developed an optically-driven nano-tool that allows for precise induction of enzyme and antibody reactions. Additionally, we have developed technologies for working on a single cell or molecule using a microfluidic worktable. This allows us to position and secure the cell or molecule being processed.

研究分野：ナノマイクロ工学

キーワード：ナノ加工 1細胞解析 1分子計測 生体分子加工 マイクロ流体デバイス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、1細胞毎の差異ががん化に重要な役割を果たしていることが分かってきており、解析に必要な細胞加工のためのツールが求められている。さらに1分子レベルでのDNA解析が生物学に革新をもたらしつつあり、1分子を扱うための前処理技術が必要とされている。また、医薬品の評価や移植のために生体外で疑似臓器構造を作製する技術が望まれている。現在、これらの解析やサンプル調製に至る大部分の過程が、バルク集団に対する化学反応として行われているために、熱拡散に依存した偶然に頼らざるを得ず、細胞や生体分子に対して1個1個の解像度で処理を行うことは難しい。

それに対して本課題では機械工学的なアプローチを、細胞と生体分子にまで拡張することで、個々の細胞や分子を望み通りに加工する技術の開発に取り組んできた。細胞と生体分子を機械加工することにより、従来のバルク溶液操作では困難であった **I** 対象を分解して解析できるようにすること、**II** 改変したり組み立てることで新たなサンプルを生み出すことが可能になると期待される。つまり、生命現象の謎を解明すること、有用なバイオサンプルを生み出すことにつながる。本研究では「1個の細胞・1個の生体分子を望み通りに捕捉し、解析する」、「1個の細胞に物質を導入し性質を改変する」、「細胞を1個1個望み通りに組み立て、臓器を作製する」、「1個の生体分子を望み通りに切断・接合する」、これらの機械加工に相似した操作を細胞と分子に対して実現することを目指し、それぞれに必要な要素技術の開発に取り組んだ。

2. 研究の目的

細胞や生体分子を処理するとき一般的に用いられる、酵素が触媒する化学反応や、抗体による結合は、ナノ領域の視点で見れば分子の切断や接合など機械加工と相似した処理を行なっている。しかし、現在は処理時にバルク溶液内で反応させるため、ターゲットとなる配列や分子種に特異性はあるものの、同じターゲットを持つ細胞や分子集団に対しては、非特異的かつランダムなタイミングで確率的に生じている。それに対し、本研究で実現する技術は狙った対象の狙った箇所に細胞が活着している状態で反応を生じさせるものであり、バイオ分野に新たな機械加工の方法論を提供する。

本研究は、細胞・生体分子解析と有用サンプル調製における基礎操作ツールとして、細胞1個・生体分子1分子をターゲットにしたマイクロ・ナノメートル領域の微細機械加工技術の実現を目標とする。そのためこれまでに開発してきた光駆動ナノ構造体による生体分子1分子の物理操作技術をベースに、ナノ構造体表面に様々な化学反応を触媒する酵素と抗体を固定することで、加工用の光操作型「ナノ工具」を実現する。また、加工対象の細胞・生体分子を配置・搬送するためのマイクロ流体ワークテーブルを実現する。本課題においては、この提案原理を実証することを目的とし、細胞への物質導入・分子抽出を可能にする細胞穿刺加工、1細胞レベルでデザインされた疑似臓器の形成に向けた細胞逐次組み立て加工に取り組むこととした。

3. 研究の方法

本研究は、細胞・分子機械加工を達成するため、2つの構成要素からなるプラットフォームを実現する。一つは **A** 光操作型ナノ工具であり、もう一つは加工する場である加工テーブルに相当する **B** マイクロ流体ワークテーブルである。

半導体微細加工技術によってナノメートルサイズの微小構造体を作製し、表面に様々な酵素・抗体を固定することで「ナノ工具」を実現する。このナノ工具は光操作するためのハンドル部と、加工するための反応部から成る。集光レーザーによりハンドル部をトラップ(光ピンセット)することで、溶液中で位置や姿勢を自在に操作できる。反応部に接触した生体分子はその位置でピンポイントに酵素が触媒する化学反応により加工される。もしくは、抗体により構造体に固定化される。形状は加工目的に応じて任意に作製することができ、対象となる細胞のサイズや形状に合わせてデザインすることができる。

マイクロ流体ワークテーブルは、顕微鏡ステージに設置され、加工に必要な工具と細胞を収容し、細胞を所定の位置に搬送・配置する機能を持つ。さらに工具となる酵素や抗体が機能するための温度・溶液環境を与える。工具は加工エリアに隣接した工具ストックチャンバーに流体操作によって収容し、その後、生細胞を導入し、微小なトラップ構造を用いて細胞毎に所定の位置に配置する。加工時は、ストックチャンバーからナノ工具を光操作でロードし、加工対象サンプルに接触させ、反応させる。加工されたサンプルはテーブル出口から光・流体操作により回収する。

2つの構成要素について、具体的な研究開発課題を以下に示す。

A) 光操作型ナノ工具

酵素や抗体の担体となるナノ構造体は電子線描画装置によるナノ加工と UV リソグラフィによるマイクロ加工を組み合わせることで作製する。構造体への酵素・抗体固定化にはこれまでに開発したクロスリンク処理を組み合わせる手法を利用した。レーザー操作は、蛍光顕微鏡に導入した 2 軸光ピンセットによって行った。

本課題では、2 種類の加工法を計画している。一つは、ナノ工具に 200 nm 幅程度のナノニードルを作製し、1 細胞に穿刺する加工技術であり、これにより細胞内の生体分子へアクセスすることが可能となり、ニードル部の酵素や抗体の特異的反応により細胞解析・改変に利用できる。もう一つは、反応部に抗体を固定することで、接着により細胞を逐次捕捉し、細胞を任意の配置でクラスター状に組み立てる加工である。これにより臓器モデルとなる細胞塊を形成することで、薬剤開発への応用が期待できる。

ナノニードルについては、加工条件を検討し、技術の確立に取り組んだ。ピンポイントな酵素反応の実証には、DNA 切断酵素を固定したナノ工具を用いた DNA 切断実験による実証に取り組んだ。また、細胞への穿刺に向けて、様々な駆動条件で操作を行うとともに、ナノ工具のさらなる機能化を目的として、金属電極のパターニングについて検討を期間内に開始した。

B) マイクロ流体ワークテーブル

細胞を加工するための実験場をマイクロ流体デバイスで作製することで、加工細胞の位置決めと細胞周囲の薬液置換を可能にする。本デバイスはマイクロ流路の中に、ナノ工具を収容する工具ストックチャンバー、細胞配置アレイ構造と加工エリア、溶液導入ポートを有している。本デバイスは、高精度マイクロポンプ・バルブに接続され、内部の溶液種・流量を制御する。また、光学顕微鏡ステージに設置することで、リアルタイムイメージングと光操作に必要な集光レーザーの導入を可能にしている。したがって、オペレーターが顕微鏡像を見ながらその場でリアルタイムに加工を実施できる。

マイクロ流体デバイスの作製は一般的な PDMS デバイスの加工法を使用し、細胞や DNA サンプルとナノ工具を同時に導入し、光操作することで、顕微鏡下で観察しながら細胞組立実験および DNA 切断実験を行った。

4. 研究成果

切断や組立といった機械加工に相似した操作を、細胞 1 個と分子 1 個に対して実現することが本研究の狙いである。それにより細胞・分子を分解して解析し生命現象の理解に繋げること、細胞を改変・組み立てることで医薬品開発や再生医療において有用なバイオサンプルを創出する。そのために、酵素・抗体反応をピンポイントに生じさせる光駆動ナノ工具を開発し、加工対象の細胞・分子を配置固定可能なマイクロ流体ワークテーブル上で 1 個の細胞・1 個の分子に対して機械加工を達成する。以下にそれぞれの研究成果を示す。

A) 光操作型ナノ工具

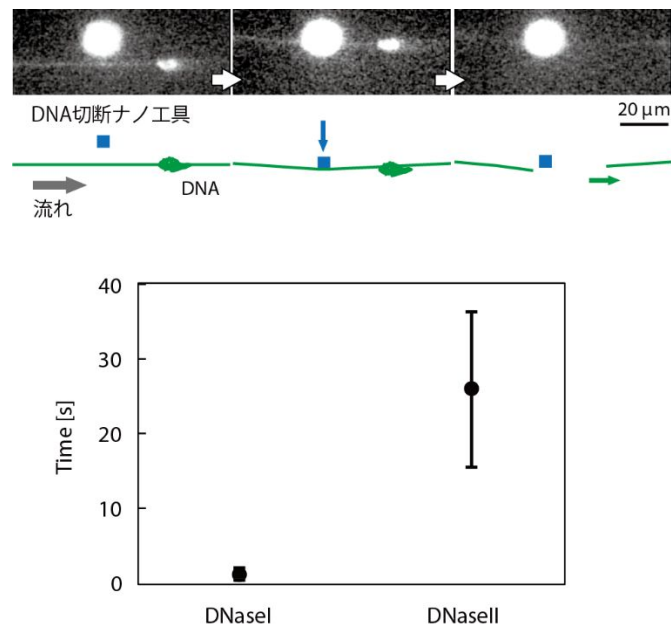
半導体微細加工技術によってナノメートルサイズの微小構造体を作製し、表面に様々な酵素・抗体を固定することで「ナノ工具」を開発した。期間中には、工具作製条件の検討を進め、200 nm 幅のナノニードル形状を一度のリソグラフィプロセスで数万個程度安定に形成し、水溶液中に回収する手法を開発した。さらに、加工条件の詳細を検討したナノ加工法について、加工限界（最小サイズ、加工面積、加工形状）の把握と光操作特性の測定を行った。加工限界の把握については、途上であるが、数 10 nm 幅のサイズのパターンかつ、3 次元的な形状が形成できる見込みが得られた。加工原理の検討を同時に行い、通常のフォトリソグラフィーと、近接場露光によるリソグラフィーが行われ、それによりナノメートルからマイクロメートルの 3 次元的な構造が得られていることが示唆された。さらに検討を進めることにより本加工法による形状作製の範囲が広がることが期待される。

ナノ工具表面への酵素・抗体の固定化は、これまでに達成したクロスカップリング手法を使用し、切断機構の異なる 2 種類の DNA 切断酵素、および、細胞膜に存在するタンパク質を抗原とする抗体を複数種類固定し、DNA 切断実験および細胞組立実験に使用した。その結果、DNA 切断酵素の違いが、DNA 切断確率と切断に至るまでに要する時間に違いを生むことが明らかになった（図 1）。また、抗体による細胞捕捉については、抗原を有しない細胞種では捕捉されず、抗原を発現している細胞種のみ捕捉されることが確認され、抗体固定化ナノ工具の特異性を確認した。これらの結果から、固定する酵素種・抗体種の適切な選択が加工に重要な条件であることが確かめられた。

ナノ工具の操作特性について、レーザーによる姿勢調節、操作速度、操作周波数について条件把握を実施し、発生力、追従性などの操作に関わる複数の項目を評価した。ナノ工具単体では pN オーダーの発生力であり、細胞穿刺は困難であることから、電気的な力を補助的に利用する手法について考案し、検討を開始した。そのため、ナノ工具への電極パターンの形成手法の検討と電界シミュレーションを実施した。

B) マイクロ流体ワークテーブル

マイクロ流体ワークテーブルは、顕微鏡ステージに設置され、加工に必要な工具と細胞を收容し、細胞を所定の位置に搬送・配置する機能を持つ。工具は加工エリアに隣接した工具ストックチャンバーに流体操作によって收容し、その後、生細胞を導入し、微小なトラップ構造を用いて細胞毎に所定の位置に配置する。工具收容については確立し、ピンポイントなDNA切断加工によって実証した。また、細胞組立技術の開発においても新たなマイクロ流体ワークテーブルを考案し、数個の細胞の逐次組み立てまで実証した(図2)。その後、組み立て細胞の回収機能まで統合したマイクロ流体デバイスの開発に取り組む計画であった。しかし、細胞の非特異吸着の課題があったことから、まずは、組み立て細胞の培養を実証するため、キャピラリーを利用した簡易な回収機構を開発することを優先した。キャピラリーで回収可能とするため、一部を大気に開放した開放型のマイクロ流体デバイスの設計と製作を行い、細胞組立を実施した。その結果、細胞とツール導入、細胞組立、組み立て細胞の培養操作の一連の工程を実現した。今後、本手法を用いることで、様々な組立細胞集団からの細胞塊形成が可能となり、臓器空間構造の解析に利用できるようになると期待される。



固定酵素種毎のDNA切断に要する時間比較

図1 . DNA切断実験

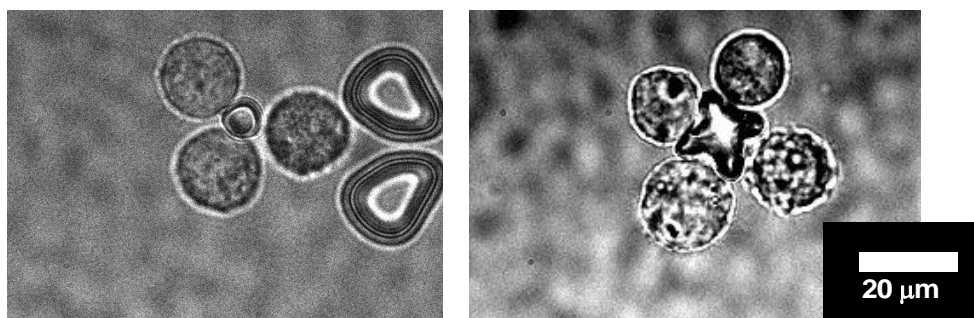


図2 . 細胞組立実験 (細胞3個、4個)

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 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kusunoki Naoto, Konagaya Shuhei, Nishida Mitsunori, Sato Shigehiro, Takao Hidekuni, Shimokawa Fusao, Terao Kyohei	4. 巻 106
2. 論文標題 Microfluidic device for differentiation induction of iPS cells derived embryoid bodies with local chemical stimulation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan	6. 最初と最後の頁 e12393
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ecj.12393	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 Mori Shuntaro, Ito Takumi, Takao Hidekuni, Shimokawa Fusao, Terao Kyohei	4. 巻 Online Version
2. 論文標題 Optically driven microtools with an antibody immobilised surface for on site cell assembly	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IET Nanobiotechnology	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1049/nbt2.12114	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 Kusunoki Naoto, Konagaya Shuhei, Nishida Mitsunori, Sato Shigehiro, Takao Hidekuni, Shimokawa Fusao, Terao Kyohei	4. 巻 142
2. 論文標題 Microfluidic Device for Differentiation Induction of iPS Cells-derived Embryoid Bodies with Local Chemical Stimulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 310～315
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejsmas.142.310	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 Harada Masahiko, Takao Hidekuni, Simokawa Fusao, Terao Kyohei	4. 巻 105
2. 論文標題 Development of optical driven nanoneedles using SU 8 nanofabrication	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan	6. 最初と最後の頁 e12327
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ecj.12327	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 Harada Masahiko, Takao Hidekuni, Simokawa Fusao, Terao Kyohei	4. 巻 141
2. 論文標題 SU-8ナノ加工を用いた光操作型ナノニードルの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 173 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.141.173	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 Terao Kyohei, Kondo Shohei	4. 巻 22
2. 論文標題 AC-Electroosmosis-Assisted Surface Plasmon Resonance Sensing for Enhancing Protein Signals with a Simple Kretschmann Configuration	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 854 ~ 854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22030854	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 Masuda Akihito, Takao Hidekuni, Shimokawa Fusao, Terao Kyohei	4. 巻 11
2. 論文標題 On-site processing of single chromosomal DNA molecules using optically driven microtools on a microfluidic workbench	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-87238-3	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 Inukai Ryo, Takao Hidekuni, Shimokawa Fusao, Terao Kyohei	4. 巻 14
2. 論文標題 Capture and elongation of single chromosomal DNA molecules using optically driven microchopsticks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomicrofluidics	6. 最初と最後の頁 044114 ~ 044114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0017727	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24件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 K. Ueta, H. Takao, F. Shimokawa, F. Miura, K. Terao
2. 発表標題 Spatial Dissection of Fixed Tissue Slices Using Si Blade Array Device
3. 学会等名 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Ninomiya, R. Inoue, H. Takao, F. Shimokawa, K. Terao
2. 発表標題 Development of Through-Hole Type Nanoblade Array for Single Cell Dissection
3. 学会等名 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Tano, M. Harada, H. Takao, F. Shimokawa, K. Terao
2. 発表標題 Three-dimensional nanofabrication with UV lithography of SU-8 for optically-driven microtools
3. 学会等名 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Nakamura, H. Takao, F. Shimokawa, K. Hirano, K. Terao
2. 発表標題 Microfluidic Device for Parallel Chemical Stimulation to Local Area of Single Cell Surfaces
3. 学会等名 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Kusunoki, S. Konagaya, M. Nishida, S. Sato, H. Takao, F. Shimokawa, K. Terao
2. 発表標題 Microfluidic device for local differentiation induction of iPS cells-derived embryoid bodies
3. 学会等名 26th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Takahashi, K. Terao
2. 発表標題 Facile Fabrication of Two-Dimensional Micronozzle Array Using Skew-Positioned Wires as a Mold
3. 学会等名 26th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 楠直人, 小長谷周平, 豊田太郎, 西田光徳, 佐藤成弘, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 iPS細胞胚様体の局所刺激による分化誘導を目指したマイクロデバイスの開発
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒木佑弥, 小山哲哉, 高尾秀邦, 下川房男, 中野大介, 寺尾京平
2. 発表標題 敗血症の病態解明を目指した腎微小環境解析マイクロ流体実験システムの開発
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青野航汰, 白神吉洋, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 血中がん細胞解析に向けた3次元毛細血管狭窄部モデルの開発
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤拓海, 森駿太郎, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 抗体修飾光駆動ツールとマイクロ流体デバイスを用いた1細胞組立プラットフォームの開発
3. 学会等名 化学とマイクロナノシステム学会第46回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村瑠太, 高尾英邦, 下川房男, 平野勝也, 寺尾京平
2. 発表標題 マイクロ流路を利用した薬剤応答面積依存性の定量解析法の開発
3. 学会等名 化学とマイクロナノシステム学会第46回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 楠直人, 小長谷周平, 豊田太郎, 西田光徳, 佐藤成弘, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 iPS細胞胚様体内の細胞間相互作用評価に向けた局所薬剤刺激デバイスの開発
3. 学会等名 化学とマイクロナノシステム学会第46回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青野航汰, 白神吉洋, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 血中がん細胞動態解析に向けた3次元毛細血管狭窄部モデルの開発
3. 学会等名 化学とマイクロナノシステム学会第46回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 多納圭祐, 原田雅彦, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 SU-8 ナノ加工を用いた単一細胞情報取得のための超微細構造物の開発
3. 学会等名 化学とマイクロナノシステム学会第46回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒木佑弥, 小山哲哉, 高尾秀邦, 下川房男, 中野大介, 寺尾京平
2. 発表標題 敗血症の病態解明を目指した腎微小環境解析マイクロ流体実験システムの開発
3. 学会等名 化学とマイクロナノシステム学会第46回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深井大暉, 米田将太, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 iPS細胞の効率的分化誘導を目指した微小溶液環境可変デバイスの開発
3. 学会等名 化学とマイクロナノシステム学会第46回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 仁宮滉太, 井上遼太郎, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 細胞分割のための貫通孔型ナノブレードアレイの開発
3. 学会等名 令和4 年度電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤義純, 高尾英邦, 下川房男, 寺尾京平
2. 発表標題 マイクロ流路と接続したin vitro 微小血管構造の形成
3. 学会等名 令和4 年度電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S.Mori, H.Takao, F.Shimokawa, K.Terao
2. 発表標題 On Site Cell Assembly Using Optically-Driven Microtools With Antibodyimmobilized Surface
3. 学会等名 25th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K.Takahashi, H.Takao, F.Shimokawa, K.Terao
2. 発表標題 Two-Dimensional Microaperture Array for On-Demand Formation of Heterogeneous Gel Fibers
3. 学会等名 25th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村瑠太、高尾英邦、下川房男、平野勝也、寺尾京平
2. 発表標題 余剰受容体の定量解析用マイクロ流路デバイス
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植田光貴、塩見太郎、高尾英邦、下川房男、三浦史仁、寺尾京平
2. 発表標題 Siブレードアレイデバイスを用いた固定組織切片の分画回収技術の開発
3. 学会等名 第38回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森駿太郎、高尾英邦、下川房男、寺尾京平
2. 発表標題 抗体修飾光駆動構造体とマイクロ流体デバイスを用いた1細胞組立プラットフォームの開発
3. 学会等名 第37回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田雅彦、高尾英邦、下川房男、寺尾京平
2. 発表標題 SU-8ナノ加工を利用した光操作型ナノニードルの開発
3. 学会等名 第37回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2020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
---------	---------