

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：11101

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05511

研究課題名(和文) ナノ科学とメカトロニクスの融合によるバーチャル分子間相互作用ディスプレイの開発

研究課題名(英文) Virtual molecular display by nanoscience and mechatronics for nanobiotechnology

研究代表者

星野 隆行 (Hoshino, Takayuki)

弘前大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：00516049

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,500,000円

研究成果の概要(和文)：バイオ環境中のクーロンポテンシャル制御を原理としたナノバイオ操作手法の提案とその応用研究である。電子線描画による空間電荷密度の時間・空間的な制御を基盤技術として細胞膜近傍のクーロンポテンシャルとイオン濃度を任意に操作することが可能である。この独自技術を用い生成したクーロンポテンシャルを介してバイオ環境(電解質)中のナノ分子間の静電および疎水性相互作用を変化させ、ナノ分子間の機能的ネットワーク(細胞膜や細胞骨格など)構造が造る力学的機能のシステム理解を目指す。また、分子間相互作用を直接的に操作する本提案の特徴を生かして次世代ナノ構造材料形成における自己組織化現象の誘導・制御に応用する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

バイオ環境中の生体分子に界面動電現象や電気化学現象を用いて操作することで、分子の時空間パターンニングという基礎課程だけでなく、細胞接着分子の結合状態を操作して細胞内に働いている弾性ひずみエネルギー分布を可視化することや、これまで見ることができなかった接着界面の電気化学的イメージングに応用できることを示すなど、本研究で取り組んできたバーチャル電極を自在に提示、操作する技術は細胞工学やナノバイオテクノロジーなど新しい技術革新が求められている分野に貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：This research proposed nanobio manipulation method based on the control of Coulomb potential and ion concentration in biological environment. Spatial charge density control by electron beam drawing is a fundamental technology to control the spatial and temporal charge density of biomolecular systems in this research. Our research aims to understand the system of mechanical functions with biomolecular interactions which can be manipulated by potential and ion concentration as desired. This method, which directly manipulates intermolecular interactions, is also applied to the induction of self-assembly phenomena, which is important for the construction of next-generation nanostructured materials.

研究分野：ナノバイオテクノロジー

キーワード：メカトロニクス ナノバイオテクノロジー 分子機械

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物の機能はタンパク質など生体分子の 3 次元立体構造とその物質拡散により特徴づけられており、これらの機能発現には分子間/分子内の静電相互作用・ファン・デル・ワールス力、および水素結合などが関与している。すなわち、生体の機能形成における素過程であるこれらの分子間相互作用を調整することで工学的にさまざまな機能を実現することが出来る。化学工学などでは物質固有の分子間力の効果を理解し、組成や分子配列を変化させて新規の分子機能を獲得するような設計アプローチがとられる。一方でメカトロニクス的な視点からは組成(材料)を変えずに外部から力を与えて可逆的に仮想的な分子間力のプロファイルを形成することで、任意の時刻に任意の空間パターンを機能発現させるインタフェースを考えることが出来る。従来このようなデバイスの困難性は、分子間相互作用が物質固有の特性に強く依存するものであり、また分子スケールで電場やイオン強度を制御する物理的手法がなかった点である。本研究ではこの点に対して、ナノスケールの空間電荷を任意に形成するために電子線描画を用いることで解決し「実質的な分子間相互作用を時空間的にディスプレイする」一つの方法論を提案する。電子の局所注入により機能発現の調整を可能とする技術を目指す。分子が関係する自己組織/自己集合現象にも応用できることから、バイオマニピュレーションとして用いるだけでなく、広く機能構造を誘導するインタフェースとして用いて新規機能材料のより高い設計性と機能性を備えたナノ構造開発に貢献するものである。

2. 研究の目的

バイオ環境中のクーロンポテンシャル制御を原理としたナノバイオ操作手法の提案とその応用研究である。電子線描画による空間電荷密度の時間・空間的な制御を基盤技術として細胞膜近傍のクーロンポテンシャルとイオン濃度を任意に操作することが可能である。この独自技術を用い生成したクーロンポテンシャルを介してバイオ環境(電解質)中のナノ分子間の静電および疎水性相互作用を変化させ、ナノ分子間の機能的ネットワーク(細胞膜や細胞骨格など)構造が造る力学的機能のシステム理解を目指す。また、分子間相互作用を直接的に操作する本提案の特徴を生かして次世代ナノ構造材料形成におけるレオロジー解析や分子機能の誘導・制御に応用する。

3. 研究の方法

(1) バーチャル電極の生成

電子線描画システムを用いて微小領域での物理現象の操作を行っており、厚さ 100nm の SiN 薄膜をディスプレイ面として用い、SiN 薄膜裏面から照射した 1 次電子は衝突により薄膜内で運動エネルギーを全て失い誘電体である SiN 薄膜表面に微小な電場(バーチャル電極)が形成される。

(2) 細胞内の主ひずみ分布計測

接着性細胞の細胞内に生じている張力構造を明らかにするために、細胞内に蓄積しているひずみエネルギーを開放して、そのときの変位応答分布からひずみエネルギーの分布を求める実験を行った。筋芽細胞である C2C12 細胞を SiN ディスプレイ表面に接着培養し、仮足の位置にバーチャル電極を作用させ、接着たんぱく質をディスプレイ表面から局所的に解離させ、その瞬間の変形応答を光学顕微鏡で同時計測した。

(3) ピンポイント エレクトロポレーション

このバーチャル電極を用いて、細胞膜穿孔や分子機能操作を試みた。ディスプレイ表面に接着培養した細胞に対してバーチャル電極を適用し、細胞膜に穿孔現象を起こすことに成功した。この手法では、電子線照射によって SiN 薄膜内に蓄積した電荷がバーチャル電極として働くことで電場が形成され、細胞膜で電気穿孔が生じていると考えられる。したがって、電子線の焦点のスキャンが容易であることを活用し多数の細胞に対しての素早いアプローチと、電子線の収束性を利用したサブマイクロスケールでのマニピュレーションの両立が期待できる。本研究では、電子線の照射時間を変化させたときの穿孔現象の過渡応答を蛍光観察し、穿孔が局所的に生じていること、および照射時間で可逆的と不可逆的な電気穿孔を決定できる可能性を示した。また、電子線の加速電圧を変化させることで、穿孔現象が電気穿孔で生じている可能性を示した。

細胞試料には C2C12 細胞(マウス筋芽細胞株, Riken cell bank)を用いた。C2C12 細胞はディッシュでの培養後に細胞懸濁液とし、ポリエチレンイミンで表面をコーティングされた SiN 薄膜に播種した。SiN 薄膜への接着を確認した後に培養液を無血清培地(Dulbecco's modified Eagle medium: DMEM)に取替え、濃度が 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ となるよう PI(Propidium Iodide)を添加して試料とした。この試料中の個々の C2C12 細胞に対して、電子線を 1 回ずつ照射した。照射時間は 1000 ms, 100 ms, 10 ms とした。電子線の強度は、加速電圧を 2.5 kV, 電流値を 4.9 nA とした。また、加速電圧による変化を調べるため、照射時間 1000 ms, 加速電圧 2.0 keV での照射を行った。観察は、蛍光では露光時間 20 ms で照射開始から照射後 120 秒まで 1 秒間隔で行い、明視野では照射前と照射後に行った。PI の蛍光波長に合わせるため蛍光撮像には、TRITC フィル

タ(励起波長: 540-565 nm, 蛍光波長: 580-630 nm)を用いた。解析では, 照射前の蛍光像との差分を取り, ノイズを除くためにメディアンフィルタをかけた。その上で, 電子線照射点近傍での蛍光強度の時間変化を求めた。

(4) 脂質分子の操作

バーチャル電極の電場により, ディスプレイ界面付近の電解質溶液には静電気力, 界面動電現象, および電気化学反応を引き起こすことができる。一方で, リポソームは浸透圧や外部電場により形状が変化する性質があるので, バーチャルによってリポソームの形状の局所的な操作が期待できる。本実験では, 静置水和法により NaCl および rhodamine B を含む 1,2-dioleoyl-sn-glycero-3-phosphocholine (DOPC) リポソーム分散液を作成した。NaCl および rhodamine B の最終濃度はそれぞれ 10 mM, 0.02%とした。電子線の加速電圧を 2.5 kV とし, ある 1 点に対して電子線を 5 秒間照射したときの, リポソームの形態変化を蛍光顕微鏡により同時観察した。[宮廻, 2018]

(5) 電気化学イメージング

走査型電気化学顕微鏡 (Scanning Electrochemical Microscopy, SECM) は様々な液体試料中にあるたんぱく質や細胞表面の電気的性質と表面形状を取得可能なプローブ顕微鏡であるが, 試料が接着している界面の内側における性質を観察することが困難である。本研究では, 試料の接着界面領域に電気的作用を及ぼし走査することを可能とする手法として, バーチャル電極を用いた。電子線走査によりバーチャル電極をプローブとして走査し, 一般的な SECM では観察不可能であった接着界面領域のイメージングを試みた。このバーチャル電極は, SiN 薄膜を介して 2.5 kV 以下の低加速電圧による電子線照射を行うことにより, SiN 薄膜内に局所的に生成する負の電極である。バーチャル電極を SECM におけるプローブ電極と同様に用い, 試料中に生じるファラデー電流を対極 (Ag-AgCl) から計測し, 蛍光ポリスチレン球や人口脂質膜のイメージングを試みた。

4. 研究成果

(1) バーチャル電極の生成と効果

バーチャル電極の形成の効果を視覚的に確認するため, 静電遮蔽が起りにくい純水中での動電現象を観察した。蛍光ナノ粒子をトレーサ粒子として用い, バーチャル電極の形成において局所的に電気浸透流が生じることを確認した。また, 電気浸透流を用いることでナノ粒子の濃度の 2 次元パターンニングをすることに成功した。化学走性の局所的な制御など, 生化学反応系の時空間ダイナミクスの解明に応用できると考えられる。[Miyazako, 2015]

さらに負のゼータ電位をもつナノ粒子の集合・解離操作が可能であることを示した。高電流密度の電子線によりディスプレイ表面にナノポアを開け, ナノポアからの水の流出とバーチャル電極による局所電場の組み合わせでナノ粒子の操作ができることを示した。SiN ディスプレイは真空-水との隔膜となっているので, バーチャル電極を高電流密度で照射することでその場で任意の場所にナノポアの形成と自在な電場を形成でき, ナノポアを通じて真空側への水流による求心力と電場による反発力によりナノ粒子の操作が可能である。ナノポアから半径 3 μm 以下の領域のナノ粒子を集合でき, 負電荷のタンパク質等の濃縮・析出に応用できる。[Hoshino, 2015]

また, ディスプレイ表面に吸着させた有機分子に対してバーチャル電極を適用することで, MPC ポリマーの脱離, ポリエチレンイミンなどの有機分子の堆積を“その場で”パターンニングすることに成功した。細胞足場をその場で改変することで細胞運動を制御するなど, 細胞の自己組織化現象の誘導に応用できると考えられる。[Miyazako, 2016]

(2) 細胞内の主ひずみ分布計測

加速電圧 2.5kV のとき, バーチャル電極の解像度は 120nm であることを PEDOT の堆積反応から明らかにし, 非常に局所的な電気化学現象を操作できることを示した。この電場操作により細胞接着分子の操作を行い, 細胞を局所に脱接着させ細胞に蓄積されているひずみ分布の可視化を可能にした。仮足周辺や核近傍に大きなひずみエネルギーの分布があることがわかり, この結果は, 本装置が生体分子の局所操作が可能であり, そのバイオメカニカルな分野への応用ができることを示している。[Hoshino, 2016]

(3) ピンポイント エレクトロポレーション

すべての照射時間と加速電圧において細胞内の蛍光強度の上昇が見られ, これは照射点近傍から生じて細胞内に拡散していた。また, 1000 ms では照射点近傍の蛍光強度が上昇し続ける例があったのに対し, 100 ms と 10 ms ではこれは生じなかった。これより, 電子線による細胞膜穿孔では 1000 ms と 100 ms の間に穿孔現象が可逆的であるか不可逆的であるかの閾値があることを示している。さらに, 1 次電子がディスプレイ表面上に脱出する可能性のない 2.0 keV の条件でも穿孔現象が生じたので, 穿孔が細胞膜へ直接電子衝突することで生じている可能性を否

定される。したがって、本研究での細胞膜への穿孔現象は、電子線での電場形成により電気穿孔が生じていることが分かった。バーチャル電極はディスプレイ表面上に自在にスキャンできるので、任意の位置で細胞膜を電気穿孔し、局所的な物質導入する技術である。[Hoshino, 2018]

(4) 脂質分子の操作

バーチャル電極を印加する前のリポソームは直径約 $6\mu\text{m}$ の球状であったものが、印加開始から 2 秒後にはリポソームは楕円状に形状変化し、長軸方向の長さは約 $9\mu\text{m}$ となった。バーチャル電極の印加中はリポソームの形状は楕円状に維持された。その後、バーチャル電極の印加をやめると、2 秒後にリポソームの形状は元の球状に戻った。これらの結果から、加速電圧 2.5 kV の条件でバーチャル電極を適用することで、ディスプレイ界面近傍に生成される電場によってリポソームの可逆的な変形を操作したといえる。リポソームが変形するメカニズムとしては、バーチャル電極による電場の力やイオン濃度の局所的な変化など複合的な要因が考えられ、電解質中の脂質分子集団の形態制御にも応用できることが分かった。[宮廻, 2018]

(5) 電気化学イメージング

バーチャル電極を SECM におけるプローブ電極と同様に用い、試料がディスプレイ表面に接着している様子を観察した結果、試料が接着している場所では局所的にプローブ電流が減少していることが確認でき、接着界面の形状やギャップなどをイメージングすることができた。プローブ顕微鏡としての解像度や反応電流の解釈について今後解析を進め、界面をイメージングできるプローブ顕微鏡としての応用を進めているところである。[遠山, 2018]

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kondo Yohei, Yada Yuichiro, Haga Tatsuya, Takayama Yuzo, Isomura Takuya, Jimbo Yasuhiko, Fukayama Osamu, Hoshino Takayuki, Mabuchi Kunihiro	4. 巻 486
2. 論文標題 Temporal relation between neural activity and neurite pruning on a numerical model and a microchannel device with micro electrode array	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 539 ~ 544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2017.03.082	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 Hoshino Takayuki, Yoshioka Moto, Wagatsuma Akira, Miyazako Hiroki, Mabuchi Kunihiro	4. 巻 17
2. 論文標題 Pinpoint Delivery of Molecules by Using Electron Beam Addressing Virtual Cathode Display	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on NanoBioscience	6. 最初と最後の頁 62 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNB.2018.2798582	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 Chihiro Okutani, Akira Wagatsuma, Kunihiro Mabuchi, and Takayuki Hoshino	4. 巻 56
2. 論文標題 Cell step down by boundary curvature of high topographical structure for the device changing cell density	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 06GM03
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 -
1. 著者名 Takayuki Hoshino, Hiroki Miyazako, Atsuki Nakayama, Akira Wagatsuma, and Kunihiro Mabuchi	4. 巻 236
2. 論文標題 Electron beam induced fine virtual electrode for mechanical strain microscopy of living cell	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators B: Chemical	6. 最初と最後の頁 659-667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.snb.2016.06.023	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 Hiroki Miyazako, Kazuhiko Ishihara, Kunihiro Mabuchi, and Takayuki Hoshino	4. 巻 55
2. 論文標題 In situ patterning of organic molecules in aqueous solutions using an inverted electron-beam lithography system	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 06GL07
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.06GL07	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 Akira Wagatsuma, Masataka Shiozuka, Yuzo Takayama, Takayuki Hoshino, Kunihiro Mabuchi, and Ryoichi Matsuda	4. 巻 412
2. 論文標題 Effects of ageing on expression of the muscle-specific E3 ubiquitin ligases and Akt-dependent regulation of Foxo transcription factors in skeletal muscle	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Molecular and Cellular Biochemistry	6. 最初と最後の頁 59-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11010-015-2608-7	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 Takayuki Hoshino, and Kunihiro Mabuchi	4. 巻 8
2. 論文標題 Electron-beam-controlled reversible concentration of nanoparticles on a nanopore	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 87001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/APEX.8.087001	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 Hiroki Miyazako, Kunihiro Mabuchi, and Takayuki Hoshino	4. 巻 31
2. 論文標題 Spatiotemporal Control of Electrokinetic Transport in Nanofluidics Using an Inverted Electron-Beam Lithography System	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 6595-6603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.5b00806	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 Hatazawa Kenta, Miyazako Hiroki, Kawamura Ryuzo, Hoshino Takayuki	4. 巻 514
2. 論文標題 Pause of the target gliding microtubule on the virtual cathode	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 821 ~ 825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2019.04.200	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32件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Chihiro Okutani, Akira Wagatsuma, Kunihiko Mabuchi, and Takayuki Hoshino
2. 発表標題 Directed Cell Migration in Co-Cultures by Topographic Curvature for Heterogeneous Tissue Engineering
3. 学会等名 The 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Miyazako, Kunihiko Mabuchi, and Takayuki Hoshino
2. 発表標題 Dynamic Electromechanical Control of Biomolecules using a Nano Virtual Cathode Display
3. 学会等名 The 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮廻 裕樹, 星野 隆行
2. 発表標題 電子線バーチャル電極ディスプレイによる支持脂質二重膜の流動ダイナミクスの時空間制御,
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会, 早稲田大学
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 遠山 渉, 宮廻 裕樹, 星野 隆行
2. 発表標題 電子線走査によるバーチャル電極ディスプレイを用いたウェットサンプルの接着界面イメージング
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮廻裕樹, 星野隆行
2. 発表標題 電子線による高精細バーチャル電極ディスプレイを用いた膜ドメインと膜形態の動的制御 (Dynamic Control of Membrane Domains and Morphology Using an Electron-beam Induced Fine Virtual Cathode Display)
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 宮廻裕樹, 星野隆行
2. 発表標題 電子線によるバーチャル電極を用いた人工脂質膜の動的パターンニング
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第36回研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠山渉, 宮廻裕樹, 星野隆行
2. 発表標題 電子線走査型バーチャル電極によるナノ界面の電気化学イメージング
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第36回研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takayuki Hoshino, Moto Yoshioka, Akira Wagatsuma, Hiroki Miyazako. and Kunihiko Mabuchi
2. 発表標題 FINE VIRTUAL CATHODE DISPLAY FOR BIOMOLECULES CONTROL AND CELL NANO SURGERY
3. 学会等名 The 30th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takayuki Hoshino, and Kunihiko Mabuchi
2. 発表標題 Fluorescence Over-Recovery in Transient Response of Bacteriophage T4 DNA with YOYO-1 after Electrical Stimulation on Virtual Electrode
3. 学会等名 The 29 th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Chihiro Okutani, Akira Wagatsuma, Kunihiko Mabuchi, and Takayuki Hoshino
2. 発表標題 Cell Migration Control by Boundary Shape of Topographical Structure
3. 学会等名 The 29 th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Chihiro Okutani, Akira Wagatsuma, Hiroki Miyazako, Kunihiko Mabuchi, Takayuki Hoshino
2. 発表標題 TOPOGRAPHICAL STRUCTURE INDUCED FUNCTIONAL SINGLE CELL MIGRATION: A HOLE-SIDE WALL TRAPPING CELL AND ENHANCING CELL MIGRATION SPEED
3. 学会等名 International Conference on Single Cell Research 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takayuki Hoshino, Moto Yoshioka, Hiroki Miyazako, Akira Wagatsuma, Kunihiko Mabuchi
2. 発表標題 VIRTUAL ELECTRODE FOR MECHANICAL STRAIN MICROSCOPY AND ELECTROPORATION ON INVERTED-ELECTRON BEAM LITHOGRAPHY
3. 学会等名 International Conference on Single Cell Research 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiroki Miyazako, Kunihiko Mabuchi, and Takayuki Hoshino
2. 発表標題 Electrical Control for Self-Assembly of Biomaterials Using an Electron-Beam-Induced Virtual Electrode
3. 学会等名 2016 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiroki Miyazako, Kunihiko Mabuchi, Takayuki Hoshino
2. 発表標題 In-situ Manipulation of Giant Liposomes Using an Electron-beam Induced Virtual Cathode
3. 学会等名 RSC Tokyo International Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奥谷智裕, 我妻玲, 満洲邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 地形的構造による細胞走性の誘導を用いた細胞密度変化
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 星野隆行, 宮廻裕樹, 吉岡基, 我妻玲, 満洲邦彦
2. 発表標題 バーチャル電極ディスプレイの単一細胞解析への応用-細胞内ひずみ解析とピンポイントエレクトロポレーション-
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 遠山渉, 宮廻裕樹, 満洲邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 電子線励起バーチャル電極による液体試料の電気化学イメージング
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮廻裕樹, 満洲邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 電子線励起バーチャル電極による液体試料の電気化学イメージング,
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 富井潤, 宮廻裕樹, 奥谷智裕, 我妻玲, 星野隆行, 満洲邦彦
2. 発表標題 筋芽細胞のネマチック性に基づく細胞配向パターンの誘導のための境界設計法
3. 学会等名 計測自動制御学会第29回自律分散システム・シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮廻裕樹, 満洲邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 電子線による局所電場を用いたリボソームの形状操作
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第34回研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宮廻裕樹, 満洲邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 電子線による局所電場印加システムを用いた高分子レオロジーのその場制御
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 星野隆行, 宮廻裕樹, 満洲邦彦
2. 発表標題 電子線誘起局所電界操作によるバイオ分子操作とin-situリソグラフィ
3. 学会等名 第63回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奥谷智裕, 我妻玲, 米谷玲皇, 満洲邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 地形的なパターンによる筋芽細胞C2C12の運動への影響
3. 学会等名 63回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 吉岡基, 宮廻裕樹, 我妻玲, 満淵邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 倒立型電子線描画を用いた細胞膜電気穿孔現象
3. 学会等名 第63回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 吉岡基, 宮廻裕樹, 我妻玲, 満淵邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 電子線の動電現象による単一接着性細胞への局所的な染色液導入の観察 (Observation of Local Dye Inflow into Single Adherent Cells induced by Electrokinetic Phenomena of Electron Beam)
3. 学会等名 第53回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 宮廻裕樹, 藤田恭子, 中村暢文, 大野弘幸, 満淵邦彦, 星野隆行
2. 発表標題 生化学分析のための電子線による有機カチオン輸送制御 (Transportation Control of Organic Cations Using an Electron-beam for Biochemical Analysis)
3. 学会等名 第53回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takayuki Hoshino, and Kunihiko Mabuchi
2. 発表標題 Temporal Control of Bacteriophage T4 DNA Concentration on a Nanopore by Using Inverted-Electron Beam Lithography
3. 学会等名 The 28th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Hiroki Miyazako, Kazuhiko Ishihara, Kunihiko Mabuchi, and Takayuki Hoshino
2. 発表標題 Dynamic Patterning of Organic Molecules in Aqueous Solutions Using an Inverted Electron-Beam Lithography System
3. 学会等名 The 28th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Hiroki Miyazako, Kunihiko Mabuchi, and Takayuki Hoshino
2. 発表標題 2D control of ionic transport and electrochemical reaction in nanofluidics using a highly focused electric field of an electron-beam
3. 学会等名 The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 星野 隆行
2. 発表標題 リアル分子と情報世界を繋ぐバーチャル電極ディスプレイの提案
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畑澤 研太, 宮廻 裕樹, 川村 隆三, 星野 隆行
2. 発表標題 バーチャル電極ディスプレイによる微小管滑走制御の局所性評価
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Hatazawa, Hiroyuki Miyazako, Ryuzo Kawamura, Takayuki Hoshino
2. 発表標題 Temporal-Stop of Microtubule Movement by Electrical Stimulation on Virtual Cathode
3. 学会等名 Proceedings of The 31th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

弘前大学 星野研究室 https://sites.google.com/view/hoshino-lab/researches/display

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