

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22967

研究課題名（和文）細胞-基質間動的相互作用の絶対計測法の開発

研究課題名（英文）Quantitative evaluation of cell-substrate interactions

研究代表者

出口 真次（Deguchi, Shinji）

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授

研究者番号：30379713

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、細胞の基質側細胞膜と基質との間の距離の絶対値を測定できる方法の開発を目指した。具体的には、干渉反射顕微鏡法（反射干渉顕微鏡法：RICM, reflection interference contrast microscopy）の改良を行う。これまでに三つの異なるレーザー波長を用いて球体ポリスチレンビーズの反射干渉像を取得した。理論解析に改良を行い、様々な誤差要因をそれぞれ定量的に検証できるようにした。この3波長RICM法では、三波長それぞれの強度の比について唯一解の得られる条件に基づき、ポリスチレンビーズの3次元形状をナノメートル精度で評価できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

細胞の形態はその複雑な機能と密接な関係をしており、細胞機能のさらなる理解のために細胞形態の計測を高い精度で実施することは重要な研究課題です。しばしば研究対象とされる培養細胞において、細胞上側の細胞膜形状は原子間力顕微鏡を用いてナノメートル精度で計測できるのに対して、下側のそれは現状では正確な計測が困難です。本研究では3波長のレーザー光を用いた干渉反射顕微鏡法により、独自の理論解析と併せて、細胞下側の細胞膜の形状を計測する方法の開発に取り組みました。細胞と同程度の大きさをもつポリスチレンビーズに対して実証実験を行い、期待通りの精度で計測できることを確認した。細胞測定への有効性の検証も進めている。

研究成果の概要（英文）：We aimed at developing a method to measure the absolute value of the distance between the cell membrane and the underlying substrate. Specifically, we improve the analytical aspect of the reflection interference contrast microscopy, RICM, which is performed using three different wavelengths. We demonstrate that our methodology is applicable to the absolute three-dimensional measurement on polystyrene microbeads, which was determined from the only one solution obtained from the theoretical analysis. We are now working on applying this new technology to our original target, namely living cells, and in parallel with that we have summarized the current data on the microbead measurement to write a draft for publications.

研究分野：生体工学

キーワード：干渉反射顕微鏡法 共焦点顕微鏡法 細胞工学 細胞膜

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

細胞の形態はその複雑な機能と密接な関係をしており、細胞機能のさらなる理解のために細胞形態の計測を高い精度で実施することは重要な研究課題である。しばしば研究対象とされる培養細胞において、細胞上側の細胞膜形状は原子間力顕微鏡を用いてナノメートル精度で計測できるのに対して、下側のそれは現状では正確な計測が困難である。本研究では 3 波長のレーザー光を用いた干渉反射顕微鏡法により、独自の理論解析と併せて、細胞下側の細胞膜の形状を計測する方法の開発に取り組む。

2. 研究の目的

本研究では、細胞の「基質側細胞膜と基質との間の距離の絶対値」を測定できる方法の開発を目指す。従来の干渉反射顕微鏡法では原理的に細胞膜・基質間絶対距離を決定することができなかった。そこで干渉反射顕微鏡法に新しい原理を導入して、細胞膜・基質間絶対距離を計測できる方法へと発展させる。ここで開発する方法を用いて細胞-基質間の動的相互作用に関する細胞生物学的研究分野の開拓へとつなげ、その意義を広く生命科学領域全般に対して示す。

3. 研究の方法

本研究では、細胞-基質間動的相互作用の絶対計測法として、干渉反射顕微鏡法(反射干渉顕微鏡法: RICM, reflection interference contrast microscopy)の改良を行う。三つの異なるレーザー波長を用いて球体ポリスチレンビーズの反射干渉像を取得する。光学に基づく理論解析に大幅な改良を行い、様々な誤差要因をそれぞれ定量的に検証できるようにする。この 3 波長 RICM 法では、三波長それぞれの強度の比について唯一解の得られる条件に基づき、ポリスチレンビーズ(本方法の妥当性を検証するためのマイクロメートルサイズの人工微小物体)の絶対位置の評価を行うものであるが、その 3 次元形状をナノメートル精度で評価できることを確認する。また、 piezoアクチュエーター駆動ステージを導入し、ステージ面のフィードバック制御も駆使して精度の向上につなげる。すなわち、光学理論に実用的な補正も加えることで誤差を最小化することに取り組む。

4. 研究成果

干渉反射顕微鏡法(反射干渉顕微鏡法: RICM, reflection interference contrast microscopy)の改良を行った。これまでに三つの異なるレーザー波長を用いて球体ポリスチレンビーズの反射干渉像を取得した。理論解析に改良を行い、様々な誤差要因をそれぞれ定量的に検証できるようにした(図 1)。この 3 波長 RICM 法では、三波長それぞれの強度の比について唯一解の得られる条件に基づき、ポリスチレンビーズの 3 次元形状をナノメートル精度で評価できることを確認した。ただし、測定対象の一定の高さ以上の部分においては誤差の多くなることが確認された(図 2)。現在はさらに個々の誤差発生要因を特定し、その定量的検証と条件出し実験を並行して行っている(図 3)。さらに生きた細胞の底面についても測定を行い、形状の概形を把握することに取り組んでいる(図 4)。

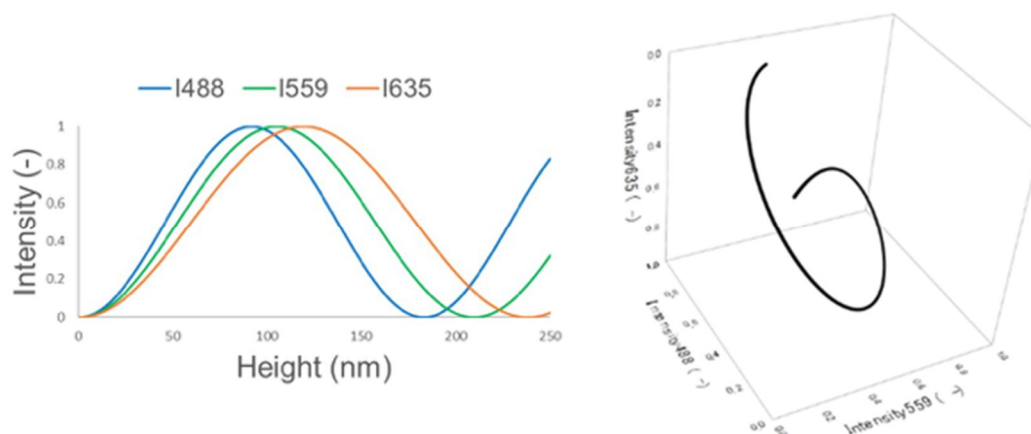


図 1 当該 3 波長 RICM が絶対高さを十分に決定できることを確認した。

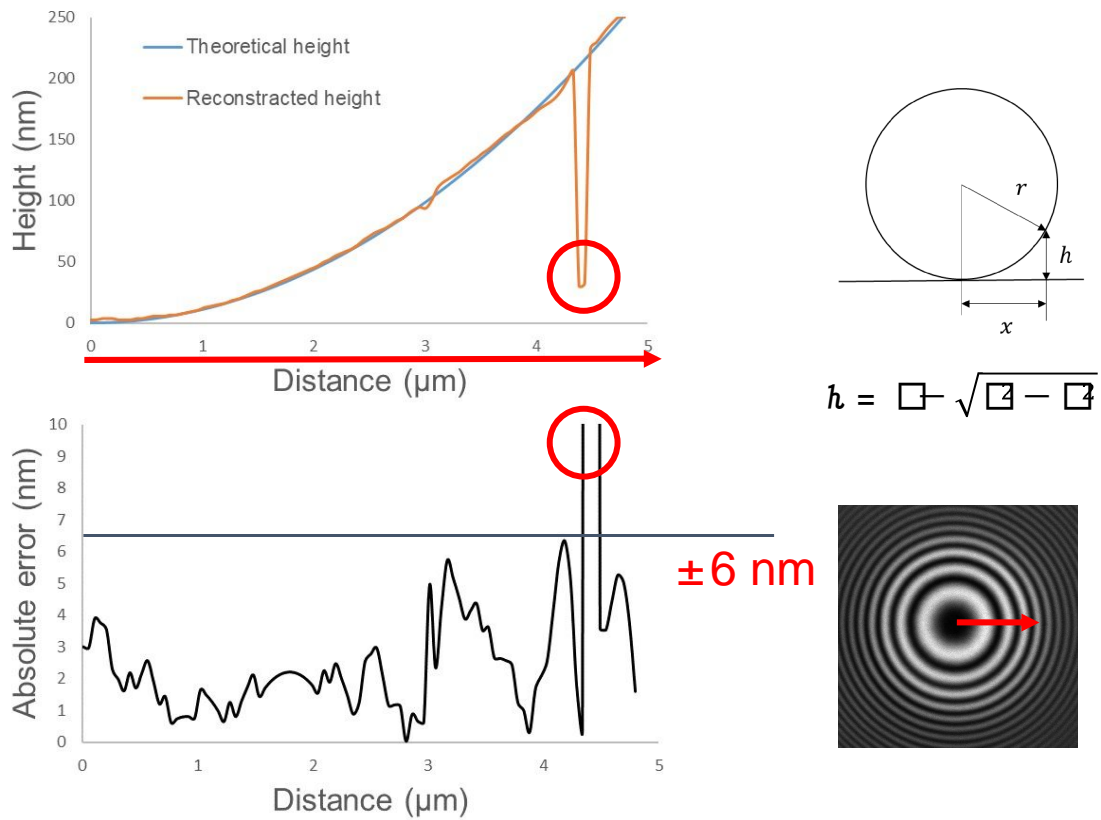
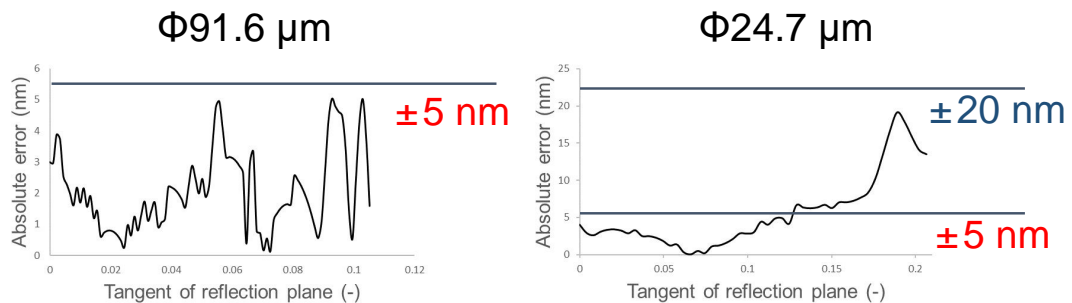


図2 高さ再構築の結果、外れ値が存在することが確認された。



Tangent of reflection plane	Slope of liner regression
0 - 0.05	-9.32
0.05 - 0.1	5.58

Tangent of reflection plane	Slope of liner regression
0-0.05	-32.0
0.05-0.1	36.7
0.1-0.15	84.0
0.15-0.2	208

回帰直線の傾きが10
 →反射面の傾きが0.1増加すると絶対誤差が1 nm増加する

図3 反射面の傾きと誤差の関係

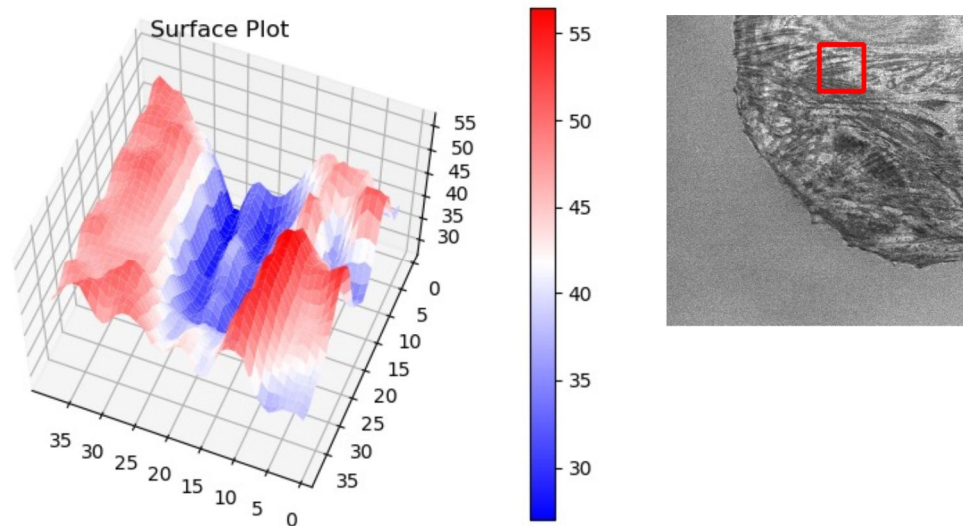


図3 下側細胞膜の底面形状

学会発表成果

丁詩航, 松永大樹, 福島修一郎, 出口真次, 反射干渉顕微鏡を応用した微小物体の絶対計測. 第32回バイオフィロントニア講演会, 2022.

Shihang Ding, Daiki Matsunaga, Shuichiro Fukushima, Shinji Deguchi, RCM-based micro-object detection and application. The 11th Asian-Pacific Conference on Biomechanics, online, 2021.

森光一郎, 出口真次, 松井翼, 福島修一郎, 福田翔太, 微小物体の形状計測に関する研究. 日本機械学会 関西学生会学生員卒業研究発表講演会, 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9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 1件）

1. 著者名 Liu, S., Matsui, T.S., Kang, N., Deguchi, S.	4. 巻 33
2. 論文標題 Analysis of senescence-responsive stress fiber proteome reveals reorganization of stress fibers mediated by elongation factor eEF2 in HFF-1 cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Molecular Biology of the Cell	6. 最初と最後の頁 ar10, 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1091/mbc.E21-05-0229	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 Kang, N., Matsui, T.S., Liu, S., Deguchi, S.	4. 巻 32
2. 論文標題 ARHGAP4-SEPT2-SEPT9 complex enables both up- and down-modulation of integrin-mediated focal adhesions, cell migration, and invasion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecular Biology of the Cell	6. 最初と最後の頁 ar28, 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1091/mbc.E21-01-0010	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 Saito, T., Matsunaga, D., Matsui, T.S., Noi, K., Deguchi, S.	4. 巻 404
2. 論文標題 Determining the domain-level reaction-diffusion properties of an actin-binding protein transgelin-2 within cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experimental Cell Research	6. 最初と最後の頁 112619
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.yexcr.2021.112619	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 Huang, W., Matsui, T.S., Saito, T., Kuragano, M., Takahashi, M., Kawahara, T., Sato, M., Deguchi, S.	4. 巻 320
2. 論文標題 Mechanosensitive myosin II but not cofilin primarily contributes to cyclic cell stretch-induced selective disassembly of actin stress fibers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 C1153-C1163
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1152/ajpcell.00225.2020	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 Kang, N., Matsui, T.S., Deguchi, S.	4. 巻 78
2. 論文標題 Statistical profiling reveals correlations between the cell response to and structural sequence of Rho-GAPs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cytoskeleton	6. 最初と最後の頁 67-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cm.21659	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 Saito, T., Huang, W., Matsui, T.S., Kuragano, M., Takahashi, M., Deguchi, S.	4. 巻 20
2. 論文標題 What factors determine the number of nonmuscle myosin II in the sarcomeric unit of stress fibers?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomechanics and Modeling in Mechanobiology	6. 最初と最後の頁 155-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10237-020-01375-8	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 Takumi Saito, Daiki Matsunaga, Tsubasa S. Matsui, Kentaro Noi, Shinji Deguchi	4. 巻 n.a.
2. 論文標題 Determining the inherent reaction-diffusion properties of actin-binding proteins in cells by incorporating genetic engineering to FRAP-based framework	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 n.a.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2020.09.21.305615	査読の有無 無
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 Nehwa, F.J., Matsui, T.S., Li, H., Matsunaga, D., Deguchi, S.	4. 巻 521
2. 論文標題 Multi-well plate cell contraction assay detects negatively correlated cellular responses to pharmacological inhibitors in contractility and migration	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 527-532
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2019.10.160	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 Okamoto, T., Matsui, T.S., Ohishi, T., Deguchi, S.	4. 巻 19
2. 論文標題 Helical structure of actin stress fibers and its possible contribution to inducing their direction-selective disassembly upon cell shortening	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomechanics and Modeling in Mechanobiology	6. 最初と最後の頁 543-555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10237-019-01228-z	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55件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Shinji Deguchi
2. 発表標題 Machine learning-based detection of cellular forces and its application to drug screening
3. 学会等名 International Conference on Future Healthcare and Economic Development (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinji Deguchi
2. 発表標題 Cellular adaptation to mechanical environment
3. 学会等名 MEI-Center Summer School 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinji Deguchi
2. 発表標題 Wrinkle force microscopy: a machine learning-based approach to evaluate cellular forces
3. 学会等名 DevMech Webinar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口真次
2. 発表標題 細胞の力のホメオスタシス、細胞の力のアッセイ
3. 学会等名 京大ウイルス再生研生体材料学分野・セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口真次
2. 発表標題 ストレスファイバーの熱力学
3. 学会等名 第33回バイオエンジニアリング講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口真次
2. 発表標題 細胞による力学環境への適応のメカニズム
3. 学会等名 MMDS・AIMap研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口真次
2. 発表標題 シグナル伝達，数理モデルに基づく細胞計測
3. 学会等名 生物物理学会サブグループ・メカノバイオロジー研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出口真次
2. 発表標題 バイオメカニクスの最前線－細胞の恒常性を理解する－
3. 学会等名 次世代医療システム産業化フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金尾 太雅, 松井 翼, 松永 大樹, 福島 修一郎, 出口 真次,
2. 発表標題 微小空間における異常拡散の計測に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会 関西学生会2020年度 学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinji Deguchi
2. 発表標題 Machine learning-based detection of cellular traction forces
3. 学会等名 LINK-J & UC San Diego Joint Webinar Series (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本告 楽, 松井 翼, 松永 大樹, 野井 健太郎, 出口 真次
2. 発表標題 アクチン繊維を架橋するタンパク質はストレスファイバー内でせん断的の力を支える
3. 学会等名 第31回バイオフィロンティア講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Saito, Daiki Matsunaga, Tsubasa S. Matsui, Shinji Deguchi
2. 発表標題 FRAP combined with genetic manipulation reveals the kinetics of actin-binding proteins in cells
3. 学会等名 Summer Biomechanics, Bioengineering, and Biotransport Conference (SB3C 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤 匠, 松井 翼, 松永 大樹, 福島 修一郎, 出口 真次
2. 発表標題 細胞内タンパク質の分子交換メカニズムに関する研究
3. 学会等名 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合 拓真, 松永 大樹, 出口 真次
2. 発表標題 非平衡開放系における細胞内骨格構造に関する研究
3. 学会等名 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 達樹, 松井 翼, 出口 真次
2. 発表標題 ストレスファイバーのひずみ非一様性に関する構造力学的検討
3. 学会等名 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長藤 拓己, 松永 大樹, 出口 真次
2. 発表標題 微小管路中の微生物遊泳の数値解析
3. 学会等名 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本吉 楽, 松井 翼, 福島 修一郎, 野井 健太郎, 出口 真次
2. 発表標題 細胞骨格分子動態の局所性に関する考察
3. 学会等名 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Li Honghan, 松永 大樹, 松井 翼, 出口 真次
2. 発表標題 CNN に基づく細胞内収縮力評価アルゴリズム
3. 学会等名 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田 唯花, 松永 大樹, 松井 翼, 出口 真次
2. 発表標題 ストレスファイバーにおける張力ホメオスタシスのメカニズムに関する熱力学的考察
3. 学会等名 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kang Na, Tsubasa S. Matsui, Shiyou Liu, Sachiko Fujiwara, Shinji Deguchi
2. 発表標題 Identification of specific Rho GTPase-activating proteins that modulates diverse cellular functions
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Foncham Jermia Nehwa, Tsubasa S. Matsui, Li Honghan, Daiki Matsunaga, Shinji Deguchi
2. 発表標題 Drug screening assay for evaluating cellular contractility
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 泓翰, 松永 大樹, 松井 翼, 出口 真次
2. 発表標題 機械学習によって迫る細胞メカノシグナル機構
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Li Honghang, Daiki Matsunaga, Tsubasa S. Matsui, Shinji Deguchi
2. 発表標題 CNN-based cellular contractile force evaluation algorithm
3. 学会等名 MHS2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤 匠, 松井 翼, 松永 大樹, 出口 真次
2. 発表標題 遺伝子組換え技術を利用した FRAP による分子交換メカニズムの研究
3. 学会等名 第9回ソフトマター研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合 拓真, 松永 大樹, Fanlong Meng, Ramin Golestanian
2. 発表標題 回転外部磁場下における磁気回転子の集団運動に関する研究
3. 学会等名 第9回ソフトマター研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Matsunaga
2. 発表標題 Controlling migration of ellipsoidal magnets in microfluidic channel for biomedical applications
3. 学会等名 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kang Na, Tsubasa S. Matsui, Shiyu Liu, Sachiko Fujiwara, Shinji Deguchi
2. 発表標題 Involvement of Rho GTPase-activating proteins in cell functions
3. 学会等名 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Honghan Li, Daiki Matsunaka, Tsubasa S. Matsui, Shinji Deguchi
2. 発表標題 CNN-based intracellular contractile force evaluation algorithm
3. 学会等名 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takumi Saito, Tsubasa S. Matsui, Daiki Matsunaga, Shuichiro Fukushima, Shinji Deguchi
2. 発表標題 Revealing the mechanism of molecular exchange in living cells
3. 学会等名 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuki Okamoto, Tsubasa S. Matsui, Shinji Deguchi
2. 発表標題 Delamination of helical actin stress fibers subjected to cell shortening
3. 学会等名 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱口 裕貴, 松井 翼, 出口 真次, 古市 泰郎, 藤井 宣晴, 眞鍋 康子
2. 発表標題 培養骨格筋細胞の発揮張力を評価する測定手法の確立とスループットシステムの開発
3. 学会等名 第7回若手による骨格筋細胞研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青崎 宏樹, 松井 翼, 出口 真次
2. 発表標題 がん細胞が発生する力のアッセイ
3. 学会等名 第78回日本癌学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出口 真次, 松井 翼, 李 泓翰, 福島 修一郎, 松永 大樹
2. 発表標題 細胞が発生する力のアッセイ
3. 学会等名 日本機械学会2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出口 真次
2. 発表標題 Focal adhesionsの新しい描像
3. 学会等名 日本メカノバイオロジー研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出口 真次
2. 発表標題 細胞の恒常性と適応の力学
3. 学会等名 第59回生物物理若手の会 夏の学校
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出口 真次
2. 発表標題 生命の恒常性と適応の力学
3. 学会等名 大阪大学基礎工学部 第41回公開講座
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出口 真次
2. 発表標題 細胞張力恒常性の分子生物学と力学
3. 学会等名 代謝調節の分子生物学・独り占めセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Matsunaga
2. 発表標題 Life in UK as a researcher
3. 学会等名 Bio-Frontier Symposium 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤 匠, 松永 大樹, 松井 翼, 福島 修一郎, 出口 真次
2. 発表標題 細胞内非筋II型ミオシンの動態解析
3. 学会等名 第30回バイオフィロンティア講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 泓翰, 松永 大樹, 松井 翼, 福島 修一郎, 出口 真次
2. 発表標題 深層学習による細胞発生力の評価
3. 学会等名 第30回バイオフロンティア講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出口 真次, 吉本 昂平, 松井 翼
2. 発表標題 ストレスファイバーはなぜ長いのか? (Factors that determine the length of stress fibers)
3. 学会等名 第19回日本蛋白質学会年会/第71回日本細胞生物学会大会 合同年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井 翼, 本告 楽, 吉本 昂平, 徳永 昌也, 福島 修一郎, 出口 真次
2. 発表標題 細胞接着斑はどのように異なる大きさの力を感知するか? (How do focal adhesions sense different levels of cellular tension?)
3. 学会等名 第19回日本蛋白質学会年会/第71回日本細胞生物学会大会 合同年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤 匠, 松井 翼, 福島 修一郎, 松永 大樹, 出口 真次
2. 発表標題 ストレスファイバー内のミオシン分子数が筋原線維内のそれより一桁少ないのはなぜか? (Factors that determine the number of nonmuscle myosin II in stress fibers)
3. 学会等名 第19回日本蛋白質学会年会/第71回日本細胞生物学会大会 合同年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱口 裕貴, 松井 翼, 出口 真次, 古市 泰郎, 藤井 宣晴, 眞鍋 康子
2. 発表標題 培養骨格筋細胞の発揮張力を評価する測定手法の確立 (Establishment of a novel system to evaluate contractile force of cultured skeletal muscle cells)
3. 学会等名 第19回日本蛋白質学会年会/第71回日本細胞生物学会大会 合同年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李泓翰, 松永大樹, 松井翼, 福島修一郎, 出口真次
2. 発表標題 機械学習による細胞発生力の評価
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井翼, 出口真次
2. 発表標題 ビジュアルフィードバック制御によるタンパク質複合体線維の顕微粘弾性評価
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 出口真次, 吉本昂平, 松井翼
2. 発表標題 細胞の力学的適応を担うフィードバックメカニズムの考察
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞鍋康子, 濱口裕貴, 松井翼, 出口真次, 古市泰郎, 藤井宣晴
2. 発表標題 骨格筋細胞の収縮力を測定する新技術
3. 学会等名 日本栄養・食糧学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Deguchi
2. 発表標題 Characterizing the mechanical properties of cellular fibers
3. 学会等名 KSME-JSME Joint Symposium in 2019 KSME BioEngineering Division Spring Conference
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 香川尚輝, 兎山浩崇, 松井翼, 出口真次
2. 発表標題 QCM 法を応用した上皮間葉転換の力学特性の考察
3. 学会等名 日本機械学会 関西学生会平成30年度 学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬川勝仁, 福島修一郎, 松井翼, 出口真次
2. 発表標題 細胞外基質の材料特性に依存する細胞遊走と基質変形の解析
3. 学会等名 日本機械学会 関西学生会平成30年度 学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長藤拓己, 松永大樹, 出口真次
2. 発表標題 微小管路における微生物遊泳挙動の数値計算
3. 学会等名 日本機械学会 関西学生会平成30年度 学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部哲也, 松井翼, 福島修一郎, 出口真次
2. 発表標題 非筋細胞から単離した線維状タンパク質複合体の力学特性計測
3. 学会等名 日本機械学会 関西学生会平成30年度 学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本告栄, 松井翼, 福島修一郎, 出口真次
2. 発表標題 細胞接着構造の分子動態計測
3. 学会等名 日本機械学会 関西学生会平成30年度 学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森光一郎, 出口真次, 松井翼, 福島修一郎, 福田翔太
2. 発表標題 微小物体の形状計測に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会 関西学生会平成30年度 学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 眞鍋康子, 濱口裕貴, 出口真次, 松井翼	4. 発行年 2021年
2. 出版社 実験医学	5. 総ページ数 6
3. 書名 筋細胞を用いた筋機能の定量的評価: 創薬や身体トレーニングの開発への応用	

1. 著者名 出口 真次, 松井 翼, 市川 尚文, 木岡 紀幸	4. 発行年 2019年
2. 出版社 北隆館 ニューサイエンス社	5. 総ページ数 4
3. 書名 月刊「細胞」	

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪大学大学院基礎工学研究科・出口研究室 http://mbm.me.es.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

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
---------	---------