

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：15301

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05936

研究課題名(和文)重力変化を含む力学的ストレスに対するメカノセンシング機構

研究課題名(英文)Mechanosensing Mechanisms for Sensing Mechanical Stress Including Gravitational Changes

研究代表者

成瀬 恵治(Naruse, Keiji)

岡山大学・医歯薬学総合研究科・教授

研究者番号：40252233

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 73,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、細胞の重力応答をリアルタイムで観察できる遠心蛍光顕微鏡システムを開発した。これにより、数十分間の回転刺激に対する細胞形態変化のライブイメージングに成功した。また細胞の重力感知に関する新たなメカニズムを発見した。宇宙では宇宙飛行士の骨密度が低下するが、これに一致するように模擬微小重力は間葉系幹細胞の骨分化に抑制的に働く。これは、模擬微小重力環境下で機械感受性イオンチャネルTRPV4の活動が低下し、続いてプロテインキナーゼCの活性が低下することにより、転写共役因子YAPの核内移行が抑制されることによることが示唆された。さらに、異種動物間の遺伝子発現量を統一的に解析する統計手法も開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は遠心蛍光顕微鏡システムの開発により、重力による細胞内小器官の形態的变化をリアルタイムで捉える技術を確立した。これにより、筋、骨、心血管系など、あらゆる細胞の重力感知機構を明らかにするためのプラットフォームが与えられた。また重力が間葉系幹細胞の骨分化に影響を及ぼすメカニズムの一端を解明した。これにより、長期宇宙滞在による骨密度低下を抑制する方法の手がかりが得られた。さらに、本研究は異種間の遺伝子発現量解析を統一的に行う手法も開発した。DNAアレイやRNA-seqのデータは高価だが、既存のデータベースのデータを活用することにより、宇宙医学の発展が加速すると期待される。

研究成果の概要(英文)：This study developed a centrifugal fluorescence microscope system that can observe the gravity response of cells in real time. In this way, we succeeded in live imaging of morphological changes of cells due to gravitational stimulation by rotation for several tens of minutes.

We also discovered a new mechanism for the gravity sensing of cells. In space, the bone density of astronauts decreases. In agreement with this, simulated microgravity acts as a suppressive factor in bone differentiation of mesenchymal stem cells. Our results suggest that the activity of the mechanosensitive ion channel TRPV4 is reduced in the simulated microgravity environment, and the activity of the protein kinase C is subsequently reduced to suppress the nuclear translocation of the transcriptional cofactor YAP. In addition, we have also developed a statistical method for uniformly analyzing gene expression levels among different species.

研究分野：生体医工学、循環器生理学、メカノバイオロジー

キーワード：宇宙 宇宙生物学 宇宙医学 メカノバイオロジー 重力

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

宇宙飛行士による数ヶ月を超える長期宇宙滞在は、現在日常的に行われている。民間の宇宙旅行のビジネス化は、日進月歩で進んでいる。そして、火星への挑戦的な有人惑星探査計画も現実となりつつある。我々人類は、地球上で生命が誕生して以来慣れ親しんできた1G環境以外の重力環境で、既に生活を始めている。一方、よく知られているように、宇宙の無重力環境は筋の萎縮と骨密度の低下を招く。それだけでなく、重力環境の変化は心臓血管系などその他の組織の形態と活動にも影響を及ぼすことがわかってきた。しかし、組織を構成する細胞がいかにして重力を感知し、形態と活動を変化させるかはよくわかっていない。

2. 研究の目的

本研究では、細胞レベルのメカニクス・システムに注目し、1)重力を含む力学的ストレスに対するメカノセンシング機構の解明、及び、2)その制御方法の開発を目指す。また、他の研究班と協力し、細胞から組織、器官、個体まで広範なレベルでのメカニクス・システムの統合的理解を目指す。

3. 研究の方法

1) 細胞メカノセンシング機構の解明：重力に対する細胞メカニクス・システムの動作の統合的な理解を目指す。特に1.重力を含む力学的ストレスに対するメカノセンサーの同定、2.重力感知/応答の際の細胞内シグナルや生体分子の動態の時空間的な情報のイメージング解析に注力する。2) 細胞メカノセンシング機構の制御：無重力環境下での細胞メカニクス・システムの変調の仕組みを理解し、3.伸展等の力学的ストレス負荷やシグナル経路修飾によるシステム動作の制御、に取り組む。

4. 研究成果

I. 細胞の重力応答の観察

細胞の重力応答をリアルタイムで観察するため、遠心力により重力を発生させる蛍光顕微鏡システムを開発を実施した(図1、特願2016-043814)。回転中でのCMOSカメラとLED光源のリモート制御が可能となり、数十分程度の回転刺激に対する細胞形態変化のイメージングに成功した。これに加え、培養細胞の観察により適した倒立型遠心顕微鏡の開発を現在実施している。また2次元培養細胞への重力負荷方向を垂直または水平に切り替えることにより、細胞内小器官の配置の変化を解析した。

さらに、細胞が圧力を感知する機構を明らかにするため、圧力顕微鏡システムを開発した。東北大学との共同研究により、線虫において圧負荷が転写因子Foxoの核移行を誘発することを見出した。

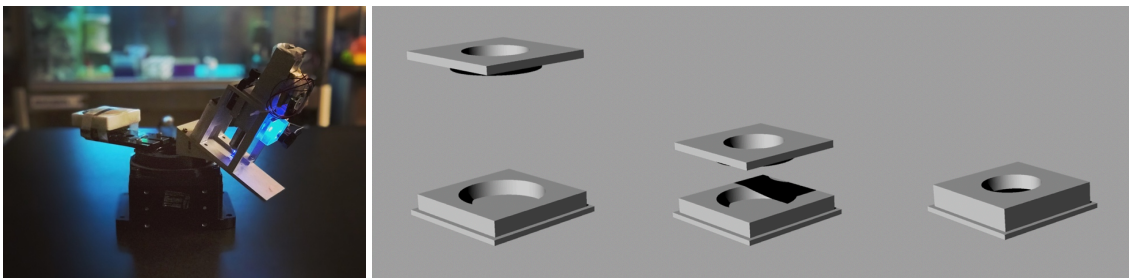


図1. 遠心力により重力を発生させる蛍光顕微鏡システム(特願2016-043814)。遠心顕微鏡システムに20倍の対物レンズと緑色蛍光観察用フィルターを装着し、回転中及び数十分程度の回転刺激に対する細胞形態変化のイメージングに成功した。

II. 細胞の重力応答におけるストレス線維および機械刺激受容チャネルの影響

細胞の微小重力環境感知の入り口として、核やミトコンドリアといった比重の重い細胞内小器官に対する重力作用の消失が考えられる。これまで我々は、細胞の重力感知に関連する分子として、足場の硬さや細胞内骨格の張力に依存して活性制御を受けることが知られている転写調節因子YAPに注目してきた。我々は、間葉系幹細胞をクリノスタット装置による模擬微小重力環境下に置き、細胞のYAP活性がリン酸化とは別の制御を受けて低下することを見出してきた。

これに引き続き、間葉系幹細胞においてYAPを過剰発現させ、模擬微小重力環境に曝露して遺伝子発現と細胞機能の変化を調べた。その結果、分解を抑えるよう遺伝子改変したYAPを過剰発現した細胞では、骨分化マーカーであるRunx2の発現は見られなかった。またアルカリホスファターゼ活性の抑制作用も見られなかった。これらの結果は、間葉系幹細胞の骨分化が模擬微小重力環境下で抑えられる過程で、YAP活性の低下が必要なステップであり重要な役割を果

たしている可能性を示唆している。

ここまでの研究で、間葉系幹細胞が模擬微小重力に曝露されると、リン酸化とは別の制御により YAP 活性が低下することを我々は見出してきた。これに引き続き、プロテインキナーゼ C (PKC)が細胞の重力感知機構に関与するかどうかを間葉系幹細胞を用いて調べた。その結果、PKC α の発現を抑制した細胞では YAP 活性が低下していたことから、間葉系幹細胞の重力感知において YAP の上流で PKC α が働いていることが示された (図 2)。

さらに我々は、間葉系細胞が模擬微小重力に対して示す YAP 活性の低下に、機械刺激受容チャネルである TRPV4 (Transient Receptor Potential Channel V4)の活動が関与するのかを検討した。その結果、薬理的に TRPV4 を活性化させると模擬微小重力環境による YAP シグナル活性の低下が抑えられた。一方、TRPV4 発現を抑制すると、重力の強さに依らず YAP シグナル活性が低下した。それらの結果から、間葉系幹細胞の重力感知において YAP の上流で TRPV4 が働いていることが示された (図 2)。1 G の重力環境では、TRPV4 からカルシウムイオンが流入し YAP シグナルを活性化するのに対し、クリノスタットによる模擬微小重力環境では TRPV4 の活性が抑えられ、YAP シグナル活性も低下している可能性が考えられる。

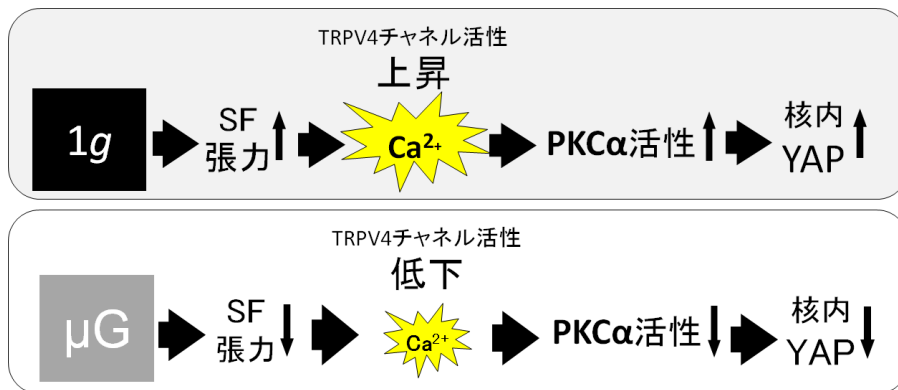


図 2. 間葉系幹細胞の細胞骨格の張力変化に基づく重力感知機構。SF: ストレス線維

III. 模擬微小重力の負荷方法の違いが遺伝子発現に与える影響の解析

重力変化に対する心臓循環器系の応答無重力環境において、体液の移動など心臓循環器系の機能変化が起こることは広く知られている。今回は、血管の機能調節に重要な役割を果たす血管内皮細胞が重力変化に対してどのような応答を示すかを調べた。

重力感知機構の研究において微小重力を地上で模擬する場合、ヒトでは頭部を傾けた状態での head-down-tilt bed rest、げっ歯類では尾部を吊るすことによる後肢懸垂、細胞ではクリノスタットなどの方法がある。複数の研究グループによる骨格筋の遺伝子発現量変化の DNA アレイデータを Kristiansson (BMC Bioinformatics 14: 70, 2013)らの方法を用いて横断的に統計解析したところ、各実験方法に固有な遺伝子発現量変化の共通のパターンが認められた (図 3 左)。このことから、微小重力あるいはその模擬方法の違いによって、発現量が変化する遺伝子群が異なることが示唆された。

一方、我々は spaceflight による微小重力負荷およびクリノスタットによる模擬微小重力負荷が血管内皮細胞の遺伝子発現に及ぼす影響を、上述の方法により統計解析し、spaceflight およびクリノスタット両条件に共通して発現量変化を示す遺伝子のリストを得た。HUVEC におけるこれらの遺伝子の発現量をクリノスタット実験により調べたところ、模擬微小重力環境ではエイコサノイドのトランスポーター遺伝子の発現量が減少していることを見出した (図 3 右)。

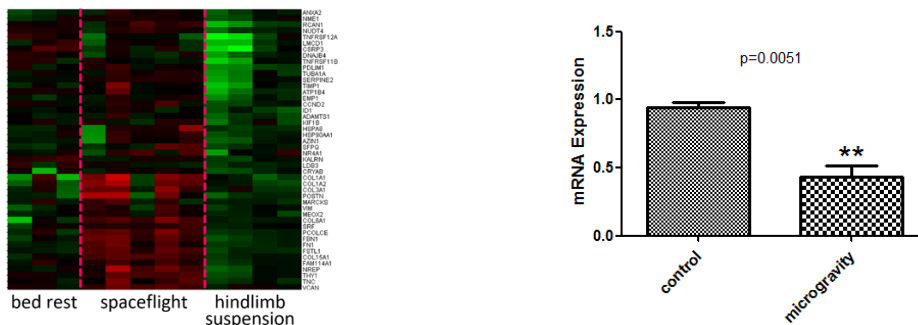


図 3. 左: 微小重力あるいはその模擬条件における、骨格筋遺伝子発現量変化の DNA アレイ解析。各列は個別の DNA アレイデータを示す。Bed rest, spaceflight, および hindlimb suspension 実験それぞれに遺伝子発現量の固有の変化パターンが認められる。右: HUVEC におけるエイコサノイドトランスポーター遺伝子の発現量変化。クリノスタットによる模擬微小重力曝露により、発現量が約 1/2 に減少した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計35件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Naruse Keiji	4. 巻 10
2. 論文標題 Mechanomedicine	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biophysical Reviews	6. 最初と最後の頁 1257 ~ 1262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1007/s12551-018-0459-7	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 NARUSE Keiji	4. 巻 54
2. 論文標題 MECHANOMEDICINE: applications of mechanobiology to medical sciences and next-generation medical technologies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Smooth Muscle Research	6. 最初と最後の頁 83 ~ 90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1540/jsmr.54.83	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 高橋 賢、佐々並三紗、長田 仁、成瀬恵治	4. 巻 62
2. 論文標題 特集：宇宙の極限環境から生命体の可塑性をさぐる--1.重力変動の生理機能への影響 細胞の重力応答機構--	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 生体の科学	6. 最初と最後の頁 106-109
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 無
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 Ken Takahashi, Shogo Hayashi, Mari Miyajima, Marei Omori, Jing Wang, Keiko Kaihara, Masatoshi Morimatsu, Chen Wang, Jian Chen, Gentaro Iribe, Keiji Naruse, Masahiro Sokabe	4. 巻 79
2. 論文標題 L-type calcium channel modulates mechanosensitivity of the cardiomyocyte cell line H9c2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cell Calcium	6. 最初と最後の頁 68-74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ceca.2019.02.008	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 Hayakawa K, Sekiguchi C, Sokabe M, Ono S, Tatsumi H	4. 巻 431(2)
2. 論文標題 Real-time single molecule kinetics analyses of actin filament severing by actin interacting protein 1 (AIP1)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Mol Biol	6. 最初と最後の頁 308-322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmb.2018.11.010. PMID:30439520	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 Hayakawa H, Hirata H, Samsonov M, Sokabe M	4. 巻 506(4)
2. 論文標題 Planar compression of extracellular substrates induces S phase arrest via ATM-independent CHK2 activation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biochim Biophys Res Commun	6. 最初と最後の頁 983-989
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2018.10.192	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 Kiyoshima D, Tatsumi H, Hirata H, Sokabe M	4. 巻 -
2. 論文標題 Tensile loads on tethered actin filaments induce accumulation of cell adhesion-associated proteins in vitro	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b02076	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 Katsuta H, Sawada Y, Sokabe M	4. 巻 -
2. 論文標題 Biophysical mechanisms of membrane thickness dependent MscL gating: An all atom molecular dynamics study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b02074	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 Dobrokhotoov O, Samsonov M, Sokabe M, Hirata H	4. 巻 7(1)
2. 論文標題 Mechanoregulation and pathology of YAP/TAZ via Hippo and non-Hippo mechanisms	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Clin Trans Med	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40169-018-0202-9	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 Uchida T, Sakashita Y, Abe T, Kohno S, Hirasaka K, Ohno A, Nakao R, Higashitani A, Higashibata A, Ishioka N, Rudwill F, Kobayashi T, Okumura Y, Choi I, Oarada M, Mills EM, Kondo S, Takeda S, Ishihara N, Tanaka E, Tanaka K, Sokabe M, Nikawa T	4. 巻 314(6)
2. 論文標題 Reactive oxygen species upregulate expression of muscle atrophy-associated ubiquitin ligase Cbl-b in rat L6 skeletal muscle cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Am J Physiol: Cell Physiol	6. 最初と最後の頁 C721-731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpcell.00184.2017	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 該当する

1. 著者名 Mori Tomohiro, Agata Nobuhide, Itoh Yuta, Inoue-Miyazu Masumi, Mizumura Kazue, Sokabe Masahiro, Taguchi Toru, Kawakami Keisuke	4. 巻 68
2. 論文標題 Post-injury stretch promotes recovery in a rat model of muscle damage induced by lengthening contractions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physiological Sciences	6. 最初と最後の頁 483 ~ 492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12576-017-0553-9	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 Asano Shuichi, Ito Satoru, Takahashi Kota, Furuya Kishio, Kondo Masashi, Sokabe Masahiro, Hasegawa Yoshinori	4. 巻 5
2. 論文標題 Matrix stiffness regulates migration of human lung fibroblasts	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 e13281 ~ e13281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.13281	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 Takahashi Kota, Ito Satoru, Furuya Kishio, Asano Shuichi, Sokabe Masahiro, Hasegawa Yoshinori	4. 巻 242
2. 論文標題 Real-time imaging of mechanically and chemically induced ATP release in human lung fibroblasts	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Respiratory Physiology & Neurobiology	6. 最初と最後の頁 96 ~ 101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.resp.2017.04.008	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 Hirata Hiroaki, Gupta Mukund, Vedula Sri Ram Krishna, Lim Chwee Teck, Ladoux Benoit, Sokabe Masahiro	4. 巻 1487
2. 論文標題 Quantifying Tensile Force and ERK Phosphorylation on Actin Stress Fibers	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Methods Mol Biol	6. 最初と最後の頁 223 ~ 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-4939-6424-6_16	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 Hirata Hiroaki, Samsonov Mikhail, Sokabe Masahiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Actomyosin contractility provokes contact inhibition in E-cadherin-ligated keratinocytes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 46326 ~ 46326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep46326	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 Takada Hiroya, Yonekawa Jun, Matsumoto Masami, Furuya Kishio, Sokabe Masahiro	4. 巻 2017
2. 論文標題 Hyperforin/HP-β-Cyclodextrin Enhances Mechanosensitive Ca ²⁺ Signaling in HaCaT Keratinocytes and in Atopic Skin Ex Vivo Which Accelerates Wound Healing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 BioMed Research International	6. 最初と最後の頁 1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2017/8701801	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 Ujihara Y, Iwasaki K, Takatsu S, Hashimoto K, Naruse K, Mohri M, Katanosaka Y	4. 巻 111(4)
2. 論文標題 Induced NCX1 overexpression attenuates pressure overload-induced pathological cardiac remodelling	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Cardiovasc Res	6. 最初と最後の頁 348-361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cvr/cvw113	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 Takahashi K, Naruse K	4. 巻 26(12)
2. 論文標題 Response to mechanical stimulus and cardiovascular homeostasis.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Clin Calcium	6. 最初と最後の頁 1671-1676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) ClicCa161216711676	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 Takada H, Yonekawa J, Matsumoto M, Furuya K, Sokabe M	4. 巻 2017
2. 論文標題 Hyperforin/HP- β -cyclodextrin enhances mechanosensitive Ca ²⁺ signaling to improve wound healing in HaCaT keratinocytes and atopic dermatitis in ex vivo skin	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Biomed Res Internatl	6. 最初と最後の頁 8701801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2017/8701801	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 Hirata H, Gupta M, Vedula SRK, Lim CT, Ladoux B, Sokabe M	4. 巻 1487
2. 論文標題 Quantifying tensile force and ERK phosphorylation on actin stress fibers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Methods Mol Biol	6. 最初と最後の頁 223-234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-4939-6424-6_16	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 該当する

1. 著者名 Itoh Y, Murakami T, Mori T, Agata N, Kimura N, Inoue-Miyazu M, Hayakawa K, Hirano T, Sokabe M, Kawakami K	4. 巻 55(2)
2. 論文標題 Training at non-damaging intensities facilitates recovery from muscle atrophy.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Muscle and Nerve	6. 最初と最後の頁 243-253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mus.25218	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 Nomura T, Sokabe M, Yoshimura Y	4. 巻 2016
2. 論文標題 Voltage dependent inactivation of MscS occurs independently of positively charged residues in the transmembrane domain	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Biomed Res Internatl	6. 最初と最後の頁 2401657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1155/2016/2401657	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 Furuya K, Tan JJ, Boudreault F, Sokabe M, Berthiaume Y, Grygorczyk R	4. 巻 311(5)
2. 論文標題 Real time imaging of inflation-induced ATP release the ex-vivo rat lung	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Am J Physiol:Lung Cell Mol Physiol	6. 最初と最後の頁 L956-L969
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajplung.00425.2015	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 該当する

1. 著者名 Hirata H, Ku WC, Yip AK, Ursekar CP, Kawauchi K, Roy A, Guo AK, Vedula SR, Harada I, Chiam KH, Ishihama Y, Lim CT, Sawada Y, Sokabe M	4. 巻 129(19)
2. 論文標題 MEKK1-dependent phosphorylation of calponin-3 tunes cell contractility	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J Cell Sci	6. 最初と最後の頁 3574-3582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jcs.189415	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 Ito S, Furuya K, Sokabe M, Hasegawa Y	4. 巻 3(4)
2. 論文標題 Cellular ATP release in the lung and airway	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 AIMS Biophysics	6. 最初と最後の頁 571-584
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/biophy.2016.4.571	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 曾我部正博	4. 巻 26(12)
2. 論文標題 メカノバイオロジ-はどのようにして生まれたのか	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Clin Calcium	6. 最初と最後の頁 1659-1669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) CliCa161216591669	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 平田宏聡、曾我部正博	4. 巻 257(10)
2. 論文標題 伸展・圧縮センシング	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 1001-1007
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 無
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 平田宏聡、曾我部正博	4. 巻 17(1)
2. 論文標題 接着構造 / 細胞骨格のメカノセンシング	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 血管医学	6. 最初と最後の頁 77-85
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 無
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 Sawada Y, Sokabe M	4. 巻 44
2. 論文標題 Molecular dynamics study on protein-water interplay in the mechanogating of the bacterial mechanosensitive channel MscL	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Eur J Biophys	6. 最初と最後の頁 531-543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00249-015-1065-2	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 Nomura T, Cox CD, Bavi N, Sokabe M, Martinac B	4. 巻 10
2. 論文標題 Unidirectional incorporation of a bacterial mechanosensitive channel into liposomal membranes	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 FASEB J	6. 最初と最後の頁 4334-4345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1096/fj.15-275198	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 該当する

1. 著者名 Sokabe M, Sawada Y, Kobayashi T	4. 巻 72
2. 論文標題 Ion Channels Activated by Mechanical Forces in Bacterial and Eukaryotic Cells	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Subcell Biochem	6. 最初と最後の頁 613-626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-94-017-9918-8_28	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 曾我部正博	4. 巻 16
2. 論文標題 発展するメカノセンシング研究	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 血管医学	6. 最初と最後の頁 73-85
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 無
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 曾我部正博	4. 巻 51
2. 論文標題 オビニオン：メカノバイオロジーの可能性	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 ファルマシア	6. 最初と最後の頁 1025
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 無
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 辰巳仁史、早川公英、曾我部正博	4. 巻 55
2. 論文標題 アクチン線維は張力を感じ、コフィリンとの相互作用を介して細胞骨格の動態を制御するメカノセンサーである	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 生物物理	6. 最初と最後の頁 187-191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.2142/biophys.55.187	査読の有無 無
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 小林剛、曾我部正博	4. 巻 29(35)
2. 論文標題 骨と筋におけるメカノセンシングとメカノシグナリング	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 The BONE	6. 最初と最後の頁 45-53
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 無
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72件 (うち招待講演 50件 / うち国際学会 28件)

1. 発表者名 Naruse K
2. 発表標題 Mechanomedicine.
3. 学会等名 9th Federation of the Asian and Oceanian Physiological Societies Congress (FAOPS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naruse K
2. 発表標題 Cell Mechanosensing.
3. 学会等名 International Symposium on LIVING iN SPACE 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naruse K
2. 発表標題 Mechanomedicine.
3. 学会等名 Mechanobiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naruse K
2. 発表標題 Mechanomedicine and Piezobiology.
3. 学会等名 The 10th International Conference on High Pressure Bioscience and Biotechnology (HPBB2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 メカノメディスン
3. 学会等名 日本学術会議「心と脳など新しい領域検討小委員会」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 重力変化を含む力学的ストレスに対するメカノセンシング機構
3. 学会等名 新領域学術研究「宇宙に生きる」2018年度 第2回全体会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 重力変化を含む力学的ストレスに対するメカノセンシング機構
3. 学会等名 新領域学術研究「宇宙に生きる」2018年度 第1回全体会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 メカノメディスン：基礎医学研究から不妊治療・再生医療への展開のアップデート
3. 学会等名 日本生物物理学会北海道支部会講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 Opening Remarks.
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sokabe M, Kobayashi T, Hirata H
2. 発表標題 Active Mechanosensing at Cell-Substrate and Cell-Cell Adhesions
3. 学会等名 Asian Biophysics Association Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sokabe M, Hirata H
2. 発表標題 Mechanobiology of Skin Cancer: Proliferation of Keratinocyte is Regulated by Mechanical Force Generated in the Cell
3. 学会等名 The 5th International Conference on Innovative Biology, Medicine and Engineering (ICIBME) in Vietnam (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sokabe M
2. 発表標題 Plant-Inspired Mechanobiology of Cell Gravi-Sensing in Animal Cells
3. 学会等名 Memorial Symposium for the Establishment of Institute of Space Nutrition in Tokushima University (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sokabe M
2. 発表標題 Mechanobiology of Wound-Repair and Contact-Inhibition/Cancer: Critical Role of Mechanical Forces
3. 学会等名 International Conference on Mechanobiology for Regeneration & 1st NCKU-CUHK Joint Forum on Cell Therapy & Tissue Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sokabe M, Kobayashi T, Nikawa T, Naruse K, Higashibata A
2. 発表標題 Toward the Elucidation of Cell Gravi-Sensing in Space
3. 学会等名 15th Korea-Japan Joint Seminar on Space Environment Utilization Research (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 メカノバイオロジーの誕生と発展：分子/細胞から組織/器官への展開
3. 学会等名 JSPSナノテクノロジー第174委員会 第64回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曾我部正博、平田宏聡
2. 発表標題 Mechanobiology of the Contact Inhibition in Cell Proliferation
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 ミルク放出、創傷治癒、がんのメカノバイオロジー：細胞力覚の実体としくみ
3. 学会等名 日本薬学会次世代を担う創薬・医療薬理シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 Urgent problems to be solved in mechanobiology, Symposium: Mechanomedicine
3. 学会等名 第95回日本生理学会大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 再生医療とメカノバイオロジー、シンポジウム “再生医療における物理刺激の役割（メカノバイオロジーとメカノセラピー”
3. 学会等名 第17回日本再生医療学会総会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中瑞奈, 平野拓真, 曾我部正博, 小林 剛
2. 発表標題 間葉系幹細胞の足場の硬さ感知における機械刺激受容チャネルTRPV4を介したYAP活性化
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東谷篤志, 小林 剛
2. 発表標題 線虫を用いた筋ミトコンドリア研究
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤信靖, 田中瑞奈, 曾我部正博, 小林 剛
2. 発表標題 間葉系幹細胞の重力感知における機械刺激受容チャンネルTRPV4を介したシグナル伝達経路の役割
3. 学会等名 日本宇宙生物科学会第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀池由朗, 田中瑞奈, 加藤信靖, 成瀬恵治, 曾我部正博, 小林 剛
2. 発表標題 ストレス線維の張力低下により誘導された接着斑解体におけるエンドサイトーシスの役割
3. 学会等名 日本宇宙生物科学会第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Morimatsu M, Naruse K
2. 発表標題 Rotational microscope visualizes cell mechanics under high gravity condition.
3. 学会等名 Biophysical Society 62st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 重力変化を含む力学的ストレスに対するメカノセンシング機構
3. 学会等名 2017年度 生命科学系学会合同年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 重力変化を含む力学的ストレスに対するメカノセンシング機構
3. 学会等名 新領域学術研究「宇宙に生きる」2017年度第2回全体会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 蛍光遠心顕微鏡プロジェクト
3. 学会等名 新領域学術研究「宇宙に生きる」2017年度第2回全体会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曾我部正博、澤田康之、小林剛
2. 発表標題 ワークショップ：ザ・メカノバイオロジー：分子から個体のメカノセンシング
3. 学会等名 2017年度生命科学系学会合同年次大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曾我部正博、田中基樹、陳玲
2. 発表標題 神経ステロイドDHEAはラット海馬歯状回におけるアストロサイトのグルタミン輸送体GLT-1の活性を促進する
3. 学会等名 第26回海馬と高次機能学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 Mechanobiology: Past achievements and future issues, Symposium 2SAI Development of methodology to explore the mechanobiology
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 メカノバイオロジーへの招待：細胞力覚研究のフロンティア
3. 学会等名 第3回日本筋学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 メカノバイオロジー入門：いのちを支える細胞力覚
3. 学会等名 日本医科大学大学院特別講演（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 Introduction to the Symposium: The Impact of Mechanobiology in Physiology, Symposium on the impact of mechanobiology in physiology
3. 学会等名 第94回日本生理学会大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 メカノバイオロジーへの招待：機械受容チャネルから再生医療まで
3. 学会等名 第3回HO(特別講演)NGO HEART CLUB (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 Introduction to mechanobiology: Molecular and biophysical mechanisms of cell mechanosensing, Invited Lecture at the Platform for Dynamic Approaches to Living System
3. 学会等名 Approaches to Living System (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahashi K
2. 発表標題 Coarse grained molecular dynamics simulation of mammalian mechanosensitive ion channel TRPV2
3. 学会等名 3rd International Symposium on Mechanobiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirata H, Chiam KH, Tatsumi H, Lim CT, Sokabe, M
2. 発表標題 Force and rigidity sensing by talin and vinculin at focal adhesions
3. 学会等名 3rd International Symposium on Mechanobiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nikawa T, Uchida T, Kobayashi T, Sokabe M
2. 発表標題 Unloading induces reactive oxygen species associated signal transduction toward atrophy in skeletal muscle cells
3. 学会等名 3rd International Symposium on Mechanobiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sokabe M, Furuya K
2. 発表標題 Mechanobiology of multicellular system: Role of mechanosensitive ATP release in milk ejection and wound healing
3. 学会等名 Special Seminar at Nutrition & Sante (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sokabe M, Kobayashi T
2. 発表標題 Gravi-sensing and -response in cultured mesenchymal stem cells
3. 学会等名 2nd Japan / French Symposium on Space Nutrition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sokabe M, Hayakawa, Tatsumi H
2. 発表標題 Actin filaments work as a mechanosensor in cells: Underlying molecular and biophysical mechanisms
3. 学会等名 Satellite Meeting for the 3rd International Symposium on Mechanobiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sokabe M, Sawada Y.
2. 発表標題 Role of protein water interplay in the mechanogating of the bacterial mechanosensitive channel MscL
3. 学会等名 9th International Meeting on Biomolecules under Pressure (IMBP) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morimatsu M, Fujita A, Takahashi K, Naruse K
2. 発表標題 High hydrostatic pressure induces cytoskeletal organization and signal transduction.
3. 学会等名 2016 American Society for Cell Biology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Morimatsu M, Fujita A, Takahashi K, Naruse K
2. 発表標題 High hydrostatic pressure induces signal transduction of MAPK pathway.
3. 学会等名 Biophysical Society (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yamaguchi Y, Iribe G, Naruse K
2. 発表標題 TRPC3 participates in the angiotensin II type 1 receptor-dependent slow force response to stretch in mouse cardiomyocytes.
3. 学会等名 7th International Workshop on Cardiac Mechano-Electric Coupling and Arrhythmias (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yamaguchi Y, Iribe G, Kaneko T, Takahashi K, Numaga-Tomita T, Nishida M, Birnbaumer L, Naruse K
2. 発表標題 TRPC3 participates in the angiotensin II type 1 receptor-dependent slow force response to stretch in mouse cardiomyocytes.
3. 学会等名 45th European Muscle Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Asano Y, Matsuura K, Naruse K
2. 発表標題 Comprehensive analyses of gene expression patterns in early mouse early embryos experiencing chemical and mechanical stimuli.
3. 学会等名 Mechanobiology of Disease (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 成瀬患治
2. 発表標題 メカノ再生医療・生殖医療
3. 学会等名 第39回日本分子生物学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 成瀬患治
2. 発表標題 メカノメディスン：メカノトランスダクション研究とその臨床応用
3. 学会等名 自然科学研究機構岡崎統合バイオサイエンスセンターセミナー (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 自己集合性ペプチドゲルの医学・医療応用
3. 学会等名 第25回ポリマー材料フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 メカノ医工学：循環器・不妊治療を中心に
3. 学会等名 大阪大学MEIプロフェッショナルコース（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 メカノメディスン：メカノトランスダクション研究とその臨床応用
3. 学会等名 医学研究の基礎を語り合う集い（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山口陽平，入部玄太郎，成瀬恵治
2. 発表標題 心筋細胞におけるTRPC3チャンネルを介した伸展誘発遅発性カルシウム応答の制御機構
3. 学会等名 第11回 TRPs and SOCs 研究会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 成瀬恵治
2. 発表標題 MECHANOMEDICINE:メカノバイオロジーを駆使した医学研究・医療応用への展開
3. 学会等名 第186回横浜市立大学医学会講演会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小林 剛、橋爪藤子、田中瑞奈、丸山昭洋、東端 晃、矢野幸子、成瀬恵治、二川 建、曾我部正博
2. 発表標題 微小重力環境における間葉系幹細胞のYAP/TAZの活性化抑制機構
3. 学会等名 第62回日本宇宙航空環境医学会大会・日本宇宙生物科学会第30回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 仁科 咲織、松浦 宏治、成瀬 恵治
2. 発表標題 ヒト精子が螺旋運動する流路条件の検討
3. 学会等名 第55回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sokabe M
2. 発表標題 Actin works as a mechanosensor
3. 学会等名 IGER International Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sokabe M, Furuya K
2. 発表標題 Mechanobiology of multicellular system: Mechanosensitive ATP release is a key mechanism that orchestrates collective cell behavior ATP release
3. 学会等名 The 16th ICBME (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sokabe M
2. 発表標題 Possible Mechanisms for Gravity Sensing in Single Cells
3. 学会等名 11th Asian Microgravity Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 メカノバイオロジーを使って組織の再生力を制御する
3. 学会等名 平成28年度 再生医療サポートビジネス懇話会 - 再生医療におけるモノづくりビジネスはここから始まる - (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 分子と細胞、そして細胞と組織をつなぐメカニカルシグナル、シンポジウム "原子からいのちへ：21世紀の新しい生命観を求めて"
3. 学会等名 第54回日本生物物理学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 科学的筋治療を目指して：骨格筋の生理学 III - 感覚入力による骨格筋の制御
3. 学会等名 深層筋治療セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 メカノトランスダクションと生体界面：MS チャネル活性化における脂質/水、および接着分子/細胞骨格との相互作用
3. 学会等名 平成28年度生理研研究会「生体界面研究会」（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kobayashi T, Sokabe M
2. 発表標題 Cellular Active Touch Sensing of Substrate Rigidity
3. 学会等名 5th Nagoya Biomimetics International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kobayashi T, Sokabe M
2. 発表標題 Initial Step of Gravi-Sensing in Mesenchymal Stem Cells
3. 学会等名 the 13th Korea -Japan Joint Seminar on Space Environment Utilization Research, Hokkaido University, Graduate School of Engineering (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kobayashi T, Tanaka M, Hashizume T, Higashibata A, Yano S, Nikawa T, Sokabe M
2. 発表標題 Loss of Rigidity Sensing of Mesenchymal Stem Cells under Microgravity
3. 学会等名 11th Asian Microgravity Symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 田中瑞奈、齋木貴博、島本祐哉、首我部正博、小林 剛
2. 発表標題 ストレス線維の張力低下により誘導された接着斑解体におけるエンドサイトーシスの役割
3. 学会等名 第39回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋賢
2. 発表標題 重力変化を含む力学的ストレスに対するメカノセンシング機構
3. 学会等名 新領域研究「宇宙に生きる」2016ワークショップ
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奥村浩基、佐々並三紗
2. 発表標題 細胞の重力感知機構
3. 学会等名 新領域研究「宇宙に生きる」2016ワークショップ
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sokabe M
2. 発表標題 Mechanobiology of Wound Healing: Effects of force and extracellular ATP
3. 学会等名 The 4th International Conference on Innovative Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Sokabe M
2. 発表標題 Molecular and biophysical mechanisms underlying force dependent dynamics (breakdown) of actin cytoskeletons
3. 学会等名 7th WACBE World Congress on Bioengineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 曾我部正博
2. 発表標題 細胞から自分を眺める：メカノバイオロジーへの招待
3. 学会等名 日本心理学会第79回大会 (招待講演)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計6件

1. 著者名 Takahashi K, Piao H, Naruse K	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Wiley-Blackwell	5. 総ページ数 14
3. 書名 Mechanobiology	

1. 著者名 佐藤 正明、安達 泰治、松下 慎二、井上 康博、平田 宏聡、曾我部 正博、出口 真次、安藤 譲二、山本 希美子、谷下 一夫、須藤 亮	4. 発行年 2017年
2. 出版社 森北出版	5. 総ページ数 160
3. 書名 細胞のマルチスケールメカノバイオロジー	

1. 著者名 曾我部正博	4. 発行年 2017年
2. 出版社 日本機械学会	5. 総ページ数 3
3. 書名 メカノバイオロジーの誕生と今後の展望	

1. 著者名 曾我部正博	4. 発行年 2017年
2. 出版社 医薬ジャーナル	5. 総ページ数 6
3. 書名 メカノバイオロジー：基礎から医療への展開	

1. 著者名 Takahashi K, Piao H, Naruse K	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Blackwell Publishing	5. 総ページ数 410(175-189)
3. 書名 Mechanobiology: Exploitation for Medical Benefit	

1. 著者名 曾我部正博	4. 発行年 2015年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 332
3. 書名 メカノバイオロジー	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 蛍光遠心顕微鏡	発明者 成瀬恵治、高橋 賢、森松賢順	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2016-43814	出願年 2016年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

宇宙に生きる・宇宙からひも解く新たな生命制御機構の統合的理解 http://living-in-space.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	曾我部 正博 (Sokebe Masahiro) (10093428)	名古屋大学・医学系研究科・特任教授 (13901)	
研究分担者	小林 剛 (Kobayashi Takeshi) (40402565)	名古屋大学・医学系研究科・講師 (13901)	

