

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：12602

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19556

研究課題名（和文）宇宙実験を利用した機械的ストレス応答マイクロRNAの同定と老化バイオマーカー開発

研究課題名（英文）Identification of mechanical stress response microRNAs and development of aging biomarkers using space experiments

研究代表者

佐藤 信吾（Sato, Shingo）

東京医科歯科大学・東京医科歯科大学病院・講師

研究者番号：40462220

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：メカニカルストレスや重力の減少が、筋骨格系や他臓器の機能低下を引き起こすことが知られているが、そのメカニズムはよくわかっていない。そこで本研究では、臓器間情報伝達因子としての分泌型マイクロRNA（以下miRNA）に着目し、宇宙ステーション「きぼう」で飼育されたマウスや人工過重力負荷装置で飼育されたマウス等の血中miRNAの網羅的発現解析を通して、メカニカルストレスや重力の変化に伴って血液中での発現が変動するメカニカルストレス応答miRNAを同定した。さらに、同定したmiRNAが生体臓器の機能低下を誘導するメカニズムならびに老化のバイオマーカーとなる可能性について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

寝たきり状態は骨密度や筋力を低下させるだけでなく、全身の機能低下を引き起こすため、社会的にも医学的にも大きな問題となっている。本研究では、老化を加速させる環境でもある宇宙空間で飼育されたマウス等を利用し、重力やメカニカルストレスに応答するmiRNAの同定を通じて、個体の機能低下の新たな分子メカニズムについて検討した。本研究にて同定したmiRNAは、老化を予測・診断するバイオマーカーになりうるとともに、当該miRNAを標的とした加齢性疾患の新規治療薬の開発に繋がることも期待される。筋骨格系ならびに個体の機能低下を抑制できれば、国民の健康寿命は飛躍的に延伸し、医療費・介護費の抑制も期待できる。

研究成果の概要（英文）：It is known that reduction of mechanical stress or gravity cause functional decline of the musculoskeletal system and other organs, but the mechanism is not well understood. In this study, we focused on secreted microRNAs (miRNAs) as inter-organ signal transduction factors and identified several mechanical stress response miRNAs whose expression in the blood fluctuates in response to changes in mechanical stress or gravity, through comprehensive expression analysis of miRNAs in the blood samples from mice bred in the space station "Kibo" and in an artificial hypergravity environment. We also investigated the mechanism by which the identified miRNAs induce functional decline of biological organs and their potential as aging biomarkers.

研究分野：整形外科学

キーワード：整形外科 メカニカルストレス 分泌型マイクロRNA 宇宙実験

1. 研究開始当初の背景

我が国では、筋骨格系の加齢性疾患(骨粗鬆症、サルコペニアなど)を有する高齢者は急増しており、骨折や寝たきりの原因となっている。また、身体活動が制限された高齢者は、さらに骨量や筋量が低下するほか、認知症や心血管疾患などの加齢性疾患を二次的に発症することも多く、運動器の健康を維持することは社会的にも医療経済的にも重要な課題となっている。

近年、「臓器連関」などの名称で示されるように、臓器間の機能連関、相互作用による新たな生体の恒常性維持機構が注目されている。これまでは臓器間の情報伝達因子として、神経やホルモンに着目した研究が主流であったが、最近ではマイクロRNA(以下、miRNA)を含むエクソソームが臓器間を移動していることが明らかになり、臓器間情報伝達因子としての分泌型 miRNA の生理作用が大きく注目されている。老化現象もまた、多様な miRNA によって制御されていることが明らかとなっており、機能が低下した老化細胞からは miRNA を含むエクソソームの分泌が亢進していることも報告されているが、老化のメカニズムは十分解明されていない。

ところで、宇宙微小重力環境では、地上の高齢者に起こるような機能低下(老化)を、地上の数倍~数十倍もの速度で再現できることが知られている。そのため、宇宙微小重力環境で飼育されたマウスの解析は、老化のメカニズムを解明する上で、極めて重要な実験ツールとなる。また、研究代表者は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と共同研究を展開しており、宇宙ステーション「きぼう」へのマウスの打ち上げも計画されている。

2. 研究の目的

本研究では、臓器間情報伝達因子としての分泌型 miRNA に着目し、宇宙ステーション「きぼう」で飼育されたマウスや人工過重力負荷装置で飼育されたマウスなどの血中 miRNA の網羅的発現解析を通して、重力やメカニカルストレスの変化に伴って血液中での発現が変動するメカニカルストレス応答 miRNA の同定を目指す。さらに、同定した miRNA が生体臓器の機能低下を誘導するメカニズムならびに老化のバイオマーカーとなる可能性について明らかにする。

3. 研究の方法

1) メカニカルストレス・重力の減少により変動する血中分泌型 miRNA の同定

研究代表者らは、尾部懸垂にて後肢へのメカニカルストレスを減少させ、後肢の骨量・筋量の減少を誘導できるマウスモデルを確立している。さらに研究代表者らは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と共同で、宇宙ステーション「きぼう」にマウスを打ち上げ、「きぼう」内の飼育装置で飼育したマウスの解析も計画している。本研究では、これらのマウスから採取した血液検体を用いて、血中 miRNA の網羅的発現解析を実施し、メカニカルストレスや重力の減少に応答する血中分泌型 miRNA を同定する。

2) メカニカルストレス・重力の増加により変動する血中分泌型 miRNA の同定

JAXA の施設内に設置されている人工過重力環境飼育装置を利用し、2G および 3G 環境で飼育したマウスの骨量や筋量を解析するとともに、過重力環境飼育マウスから採取した血液検体を用いて、血中 miRNA の網羅的発現解析を実施し、メカニカルストレスや重力の増加に応答する血中分泌型 miRNA を同定する。

3) 同定したメカニカルストレス応答 miRNA が老化を誘導するメカニズムの解明

まず、老齢マウスから採取した血液検体を用いて、血中 miRNA の網羅的発現解析を実施し、個体の老化によって血液中の発現が増減する血中分泌型 miRNA を同定する。続いて、この老齢マウスの血中 miRNA 発現プロファイルと、1)および2)で得られた血中 miRNA 発現プロファイルとを比較することで、個体の老化を誘導するメカニカルストレス応答 miRNA を同定する。さらに、web でアクセス可能なデータベース等を利用して、同定した miRNA の生体臓器に対する生理作用を予測するとともに、in vitro ならびに in vivo 実験を通して、同定した miRNA が標的臓器の機能に与える影響を検証する。

4. 研究成果

1) メカニカルストレス・重力の減少により発現が変動する血中分泌型 miRNA の同定

尾部懸垂により後肢へのメカニカルストレスを減少させたマウスの血中 miRNA 網羅的発現解析を実施し、メカニカルストレスの減少により発現が変動する血中分泌型 miRNA を同定した。さらに、宇宙ステーション「きぼう」内の飼育装置で飼育されたマウスの血中 miRNA 網羅的発現解析にも成功し、重力の減少により発現が変動する血中分泌型 miRNA を同定した。

2) メカニカルストレス・重力の増加により発現が変動する血中分泌型 miRNA の同定

人工過重力環境飼育装置で飼育されたマウスの血中 miRNA 網羅的発現解析を実施し、メカニカルストレスの増加により発現が変動する血中分泌型 miRNA を同定した。

3) 同定したメカニカルストレス応答 miRNA が老化を誘導するメカニズムの解明

100 週齢の老齢マウスの血中 miRNA 網羅的発現解析を実施し、個体の老化によって血液中の発現が増減する多数の血中分泌型 miRNA を同定した。続いて、上記の 1) および 2) で得られたメカニカルストレス減少もしくは増加環境で飼育されたマウスの血中 miRNA 発現プロファイルと比較し、個体の老化に関連する計 5 種類 (miR-A、miR-B、miR-C、miR-D、miR-E) のメカニカルストレス応答 miRNA の同定に成功した。

さらに、web でアクセス可能なデータベース等を利用して、各 miRNA の分泌臓器および生理作用を推測したところ、miR-A と miR-B は、臓器 X において特異的に発現が亢進していることが明らかとなった。また、各 miRNA が筋骨格系組織に与える影響を検討するために、各 miRNA のアゴニスト (mimic) を合成し、マウス初代骨芽細胞およびマウス筋芽細胞 (C2C12 細胞株) に過剰発現させ、その増殖能や分化能に与える影響を検討した。その結果、大変興味深いことに、miR-A、miR-B、miR-C は骨分化・筋分化をともに抑制する miRNA であることが明らかとなり、臓器 X と筋骨格系組織との新たな連関の可能性も示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Motohashi Masataka, Funauchi Yuki, Adachi Takuya, Fujioka Tomoyuki, Otaka Naoya, Kamiko Yuka, Okada Takashi, Tateishi Ukihide, Okawa Atsushi, Yoshii Toshitaka, Sato Shingo	4. 巻 49
2. 論文標題 A New Deep Learning Algorithm for Detecting Spinal Metastases on Computed Tomography Images	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Spine	6. 最初と最後の頁 390 ~ 397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/BRS.0000000000004889	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 Qian Cheng, Ito Nobuaki, Tsuji Kunikazu, Sato Shingo, Kikuchi Katsushi, Yoshii Toshitaka, Miyata Toshio, Asou Yoshinori	4. 巻 14
2. 論文標題 A PAI-1 inhibitor ameliorates Hypophosphatemia of Hyp mouse, a Vitamin D-resistant rickets model mouse	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 FEBS Open Bio	6. 最初と最後の頁 290 ~ 299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2211-5463.13745	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 Arai Makoto, Ochi Hiroki, Sunamura Satoko, Ito Nobuaki, Nangaku Masaomi, Takeda Shu, Sato Shingo	4. 巻 24
2. 論文標題 A Novel Long Noncoding RNA in Osteocytes Regulates Bone Formation through the Wnt/ -Catenin Signaling Pathway	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 13633
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms241713633	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 Tanaka Tomoyuki, Miyakoshi Yuri, Kobayashi Yutaka, Xiaolong Sun, Daiyang Yu, Ochi Hiroki, Sato Shingo, Kato Tsuyoshi, Yoshii Toshitaka, Okawa Atsushi, Kaldis Philipp, Inose Hiroyuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Regulation of Osteoblast to Osteocyte Differentiation by Cyclin Dependent Kinase 1	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Biology	6. 最初と最後の頁 e2300136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adbi.202300136	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 Sato Shingo, Tomitori Hideyuki, Okawa Atsushi, Akano Kyoko	4. 巻 28
2. 論文標題 Prescription patterns of analgesics in cancer patients with bone metastases in Japan: a retrospective database study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Clinical Oncology	6. 最初と最後の頁 1227 ~ 1235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10147-023-02365-3	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 Aobulikasimu Alkebaier, Liu Tao, Piao Jinying, Sato Shingo, Ochi Hiroki, Okawa Atsushi, Tsuji Kunikazu, Asou Yoshinori	4. 巻 13
2. 論文標題 SIRT6-PAI-1 axis is a promising therapeutic target in aging-related bone metabolic disruption	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-33297-7	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 該当する

1. 著者名 Sugita Keisuke, Onishi Iichiroh, Nakayama Ran, Ishibashi Sachiko, Ikeda Masumi, Inoue Miori, Narita Rina, Oshima Shiori, Shimizu Kaho, Saito Shinichiro, Sato Shingo, Moriarity Branden S., Yamamoto Kouhei, Largaespada David A., Kitagawa Masanobu, Kurata Morito	4. 巻 6
2. 論文標題 Indirect CRISPR screening with photoconversion revealed key factors of drug resistance with cell-cell interactions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-023-04941-9	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 Kaku Takumi, Oh Yoto, Sato Shingo, Koyanagi Hiroataka, Funauchi Yuki, Hirai Takashi, Yuasa Masato, Matsukura Yu, Yoshii Toshitaka, Nakagawa Tsuyoshi, Miyake Satoshi, Okawa Atsushi	4. 巻 7
2. 論文標題 Prevalence of Precursory Signs of Atypical Femoral Fractures in Patients Receiving Bone Modifying Agents for Bone Metastases: A Cross Sectional Study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JBMR Plus	6. 最初と最後の頁 e10749
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jbm4.10749	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 Horie Tetsuhiro, Fukasawa Kazuya, Yamada Takanori, Mizuno Seiya, Iezaki Takashi, Tokumura Kazuya, Iwahashi Sayuki, Sakai Shiho, Suzuki Akane, Kubo Takuya, Osumi Ryoma, Tomizawa Akane, Ochi Hiroki, Sato Shingo, Kaneda Katsuyuki, Takahashi Satoru, Hinoi Eiichi	4. 巻 40
2. 論文標題 Erk5 in Bone Marrow Mesenchymal Stem Cells Regulates Bone Homeostasis by Preventing Osteogenesis in Adulthood	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Stem Cells	6. 最初と最後の頁 411 ~ 422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/stmcls/sxac011	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 Tanaka Tomoyuki, Takahashi Akira, Kobayashi Yutaka, Saito Masanori, Xiaolong Sun, Jingquan Chen, Ito Yoshiaki, Kato Tsuyoshi, Ochi Hiroki, Sato Shingo, Yoshii Toshitaka, Okawa Atsushi, Carlsson Peter, Inose Hiroyuki	4. 巻 54
2. 論文標題 Foxf2 represses bone formation via Wnt2b/ -catenin signaling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Exp Mol Med	6. 最初と最後の頁 753 ~ 764
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s12276-022-00779-z	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 Yamada Takanori, Fukasawa Kazuya, Horie Tetsuhiro, Kadota Takuya, Lyu Jiajun, Tokumura Kazuya, Ochiai Shinsuke, Iwahashi Sayuki, Suzuki Akane, Park Gyujin, Ueda Rie, Yamamoto Megumi, Kitao Tatsuya, Shirahase Hiroaki, Ochi Hiroki, Sato Shingo, Iezaki Takashi, Hinoi Eiichi	4. 巻 17
2. 論文標題 The role of CDK8 in mesenchymal stem cells in controlling osteoclastogenesis and bone homeostasis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Stem Cell Reports	6. 最初と最後の頁 1576 ~ 1588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.stemcr.2022.06.001	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 Takada Ichiro, Hidano Shinya, Takahashi Sayuri, Yanaka Kaori, Ogawa Hidesato, Tsuchiya Megumi, Yokoyama Atsushi, Sato Shingo, Ochi Hiroki, Nakagawa Tohru, Kobayashi Takashi, Nakagawa Shinichi, Makishima Makoto	4. 巻 298
2. 論文標題 Transcriptional coregulator Ess2 controls survival of post-thymic CD4+ T cells through the Myc and IL-7 signaling pathways	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 102342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbc.2022.102342	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 Koyanagi Anri, Onishi Iichiroh, Muraoka Karin, Sato Ikue, Sato Shingo, Kimura Tsuyoshi, Kishida Akio, Yamamoto Kouhei, Kitagawa Masanobu, Kurata Morito	4. 巻 9
2. 論文標題 Identification of the Factor That Leads Human Mesenchymal Stem Cell Lines into Decellularized Bone	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bioengineering	6. 最初と最後の頁 490
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/bioengineering9100490	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 Park G, Fukasawa K, Horie T, Masuo Y, Inaba Y, Tatsuno T, Yamada T, Tokumura K, Iwahashi S, Iezaki T, Kaneda K, Kato Y, Ishigaki Y, Mieda M, Tanaka T, Ogawa K, Ochi H, Sato S, Shi YB, Inoue H, Lee H, Hinoi E	4. 巻 8
2. 論文標題 I-Type amino acid transporter 1 in hypothalamic neurons in mice maintains energy and bone homeostasis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JCI Insight	6. 最初と最後の頁 e154925
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1172/jci.insight.154925	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 Utagawa Kurando, Shin Takahei, Yamada Hironori, Ochi Hiroki, Sunamura Satoko, Unno Aiko, Akazawa Chihiro, Ema Masatsugu, Takeda Shu, Okawa Atsushi, Sato Shingo	4. 巻 13
2. 論文標題 Three-dimensional visualization of neural networks inside bone by Osteo-DISCO protocol and alteration of bone remodeling by surgical nerve ablation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-30492-4	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 Watanabe-Takano Haruko, Ochi Hiroki, Chiba Ayano, Matsuo Ayaka, Kanai Yugo, Fukuhara Shigetomo, Ito Naoki, Sako Keisuke, Miyazaki Takahiro, Tainaka Kazuki, Harada Ichiro, Sato Shingo, Sawada Yasuhiro, Minamino Naoto, Takeda Shu, Ueda Hiroki R., Yasoda Akihiro, Mochizuki Naoki	4. 巻 36
2. 論文標題 Mechanical load regulates bone growth via periosteal Osteocrin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 109380 ~ 109380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2021.109380	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 Aihemaiti Aidehamu, Yamamoto Naoki, Piao Jinying, Oyaizu Takuya, Ochi Hiroki, Sato Shingo, Okawa Atsushi, Miyata Toshio, Tsuji Kunikazu, Ezura Yoichi, Asou Yoshinori	4. 巻 534
2. 論文標題 A novel PAL-1 inhibitor prevents ageing-related muscle fiber atrophy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 849 ~ 856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2020.10.089	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9件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 佐藤信吾
2. 発表標題 脊椎転移を自動検出する新たな深層学習アルゴリズムの開発
3. 学会等名 第12回緩和IVR研究会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤信吾、船内雄生、平井高志、松倉遊、江川聡、加来拓実、王耀東、大川淳、吉井俊貴
2. 発表標題 医歯学融合集学的骨転移診療体制の構築と骨転移リモートカンサーボードの実践
3. 学会等名 第56回日本整形外科学会骨・軟部腫瘍学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤信吾
2. 発表標題 多職種協働が変える骨転移患者の人生 骨転移患者が最期まで「自分らしく生きる」を支える治療・ケアを考えよう!
3. 学会等名 第28回日本緩和医療学会学術集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤信吾, 船内雄生, 平井高志, 松倉遊, 江川聡, 加来拓実, 王耀東, 吉井俊貴, 大川淳
2. 発表標題 どこからでも参加可能な骨転移カンサーボード ~骨転移のフルリモートカンサーボードと遠隔診療への応用~
3. 学会等名 第96回日本整形外科学会学術総会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤信吾, 加来拓実, 王耀東, 小柳広高, 船内雄生, 平井高志, 湯浅将人, 松倉遊, 吉井俊貴, 大川淳
2. 発表標題 骨転移診療における骨修飾薬投与と非定型大腿骨骨折
3. 学会等名 第95回日本整形外科学会学術総会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤信吾, 船内雄生, 平井高志, 松倉遊, 本橋正隆, 辻野昭平, 大川淳
2. 発表標題 骨転移に対する骨修飾薬投与は毎月必要か 骨代謝マーカーの動向から見えてきた新たな知見
3. 学会等名 第55回日本整形外科学会骨・軟部腫瘍学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤信吾
2. 発表標題 がんと骨、宇宙と骨 ~多角的視点から骨粗鬆症を考える~
3. 学会等名 第76回整形外科カレントコンセプト(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤信吾、秦宇英、歌川蔵人、越智広樹、大川淳
2. 発表標題 骨透明化技術の開発による骨内神経の3次元構造の可視化と除神経による骨恒常性変化の観察
3. 学会等名 第39回日本骨代謝学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤信吾、秦宇英、歌川蔵人、越智広樹、砂村聡子、海野愛子、三宅智、大川淳
2. 発表標題 骨を透明にする技術の開発と宇宙実験への応用
3. 学会等名 第19回関東骨軟部腫瘍の基礎を語る会（招待講演）
4. 発表年 2021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
研究協力者	越智 広樹 (Ochi Hiroki)		
研究協力者	村谷 匡史 (Muratani Masafumi)		

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