

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03525

研究課題名(和文) 医工学的解析に基づく神経筋クロストークを介した筋の運動適応機序の解明

研究課題名(英文) Elucidation of the mechanisms underlying muscle adaptation to exercise via neuromuscular crosstalk based on biomedical engineering analysis.

研究代表者

片野坂 公明 (Katanosaka, Kimiaki)

中部大学・生命健康科学部・准教授

研究者番号：50335006

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：運動後の骨格筋に生じる遅発性筋痛とその適応過程における、神経と筋の機械受容体分子の寄与を医工学的解析により明らかにすること、また運動適応に関わる分子の網羅的解析により筋痛の緩和の基盤となる分子を特定することを目的として研究を実施した。運動後の筋では膜融合過程に関わる幾つかのタンパク質の発現が増加し、適応後の筋では変化しないことを見出した。一方、機械受容体TRPV2の筋痛への寄与は小さいと考えられた。本研究により、運動に対する筋の適応、筋性疼痛の軽減に、膜修復の亢進に関わる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動後に感覚神経を介して痛みを生じ、しばらくして回復をみせる遅発性筋痛において、神経と筋で働く重要分子を探索し、反復的な運動に適応して筋痛を低下させる可能性のある分子を同定した。これらの分子の機能を亢進させ、骨格筋自身の適応機構を賦活化する方法を見出すことにより、筋性疼痛の緩和、運動器障害の予防、運動療法の効率化等につながる新たな治療戦略としての応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to clarify the contribution of a mechanoreceptor molecule in primary sensory neuron and muscle to delayed onset muscle soreness in skeletal muscle after exercise and its adaptation process, and to identify the molecules involved in muscle adaptation to exercise by multi-omics data analysis. We found that the expression of proteins involved in the membrane fusion process was increased in the post-exercise muscle and was unchanged in muscle after adaptation. The contribution of the mechanoreceptor TRPV2 to muscle soreness appeared to be small. The results suggest that enhanced membrane repair may be involved in muscle adaptation to exercise and relief from muscular pain.

研究分野：感覚生理学

キーワード：骨格筋 運動適応 筋痛 侵害受容 機械受容 メカノセンサー

1. 研究開始当初の背景

骨格筋では、不慣れな運動後にやや遅れて筋痛を生じることが経験的に良く知られており、遅発性筋痛と呼ばれる。しかし、同強度の運動の繰り返しに対しては、2度目の運動にして早くも慣れを生じ、運動後の筋痛や筋力低下は軽減される。この運動に対する筋の適応現象は、運動器障害や筋の疼痛予防につながる重要な課題であるが、運動のどのような要素が、筋と神経にどのような変化を生じて筋の適応につながるのかという分子機序の詳細は明らかではない。また、遅発性筋痛においては運動や圧迫などによる機械刺激に対する疼痛が特徴的であるが、筋の痛覚受容器(感覚神経)が、運動に伴うメカニカルストレスを感知するしくみは不明である。

このように、筋線維および筋感覚神経の双方が、機械的な刺激に対してその機能を変容させることから、我々は、筋と神経におけるメカノトランスダクションに着目した研究を実施してきた。これまでに、メカノセンサー分子である transient receptor potential vanilloid type 2 (TRPV2) チャネルの組織特異的ノックアウト(KO)マウスを作成してその表現型解析をおこない、TRPV2 チャネルが心筋(Katanosaka et al., Nat. Commun., 2014)、および一次感覚神経細胞において機械刺激受容と関連した生体機能に関与することを明らかにしてきた。くわえて骨格筋特異的な TRPV2 欠損マウスの開発を進めており、筋におけるメカノセンサーTRPV2 の役割、特に運動適応での役割について調べるための準備をおこなってきた。一方、筋痛の軽減という運動適応現象に関わる因子に関して、網羅的分子スクリーニング等により体系的に調べた研究は知られていない。

2. 研究の目的

本研究では、筋と神経に共通するメカノセンサー分子 TRPV2 を中心に、筋痛覚受容器がメカニカルストレスを感知するしくみの解明、TRPV2 の運動適応への関与の検証、網羅的解析による骨格筋の運動適応に関わる分子の同定、の3点を目的とした研究を実施した。これらの研究により筋痛発症および運動適応における神経と筋の TRPV2 の役割を解明し、骨格筋の運動と疼痛感覚との相互作用機序の理解を進める。また運動適応に関わる新規分子の探索では、運動器障害や筋痛の改善につながる治療方策の基盤となる分子の特定を目指す。

本研究期間内に、以下の3つの実験を実施した。

感覚神経特異的TRPV2欠損マウスの遅発性筋痛の解析

骨格筋におけるTRPV2発現と筋特異的TRPV2欠損マウスの遅発性筋痛の解析

筋発現分子の網羅的解析による運動適応関連分子の探索

3. 研究の方法

感覚神経特異的TRPV2欠損マウスの遅発性筋痛の解析

Flox-TRPV2 系統と Wnt1-Cre 系統のマウスの交配により既に作成済みの、感覚神経特異的 TRPV2 欠損マウスを用いて、伸張性収縮運動の負荷による筋痛の発症の経過を解析した。筋痛モデルの作成および疼痛の評価は、Ota et al. (Scand J Med Sci Sports, 2014)の方法に従った。また、免疫組織化学染色により、正常マウスの筋感覚神経における TRPV2 の発現を検証した。

骨格筋における TRPV2 発現と筋特異的 TRPV2 欠損マウスの遅発性筋痛の解析

正常マウスの骨格筋における TRPV2 の発現を免疫組織化学染色により調べた。またカルシウムイメージング法を用いて、単離筋線維の機械刺激依存的カルシウム応答を解析し、筋線維の機械応答における TRPV2 の寄与を検証した。さらに Flox-TRPV2 系統と MCK-Cre 系統のマウスの交配により作成した筋特異的 TRPV2 欠損マウスを用いて、伸張性収縮運動負荷による筋痛の発症および運動への適応の経過を解析した。

筋発現分子の網羅的解析による運動適応関連分子の探索

筋発現遺伝子とタンパク質の網羅的解析により、運動前後の筋で発現変化する因子の探索を実施した。後肢伸筋群への伸張性収縮運動により遅発性筋痛を発症させた筋痛モデルラットから、運動前、および運動後1日目、筋痛のピークである運動2日目、筋痛からの回復後の運動

5日目の後肢筋を単離し、総RNA試料、膜タンパク質試料、組織観察用試料を調整した。これらの試料を用いて、DNAマイクロアレイ法によるトランスクリプトーム解析、定量的質量分析法による膜タンパク質プロテオーム解析を実施し、運動前後に特徴的な発現変動を示す因子を抽出した。抽出した分子群のうち、筋痛の緩和に関与する可能性が疑われる因子について、ウェスタンブロットング等の生化学的解析、RT-PCT法による発現経過の解析、免疫組織化学的解析により個別の解析を実施し、その妥当性を検証した。

4. 研究成果

感覚神経特異的TRPV2欠損マウスの遅発性筋痛の解析

TRPV2の感覚神経特異的欠損マウスを用いて、伸張性収縮運動の負荷による筋痛の発症および運動への適応の経過を解析した。その結果、TRPV2欠損マウスは正常マウスと比較して遅発性筋痛の程度が若干弱い傾向が見られたものの、統計学的に有意ではなかった。筋感覚神経におけるTRPV2の発現を検証するために、正常マウスの筋組織において、免疫組織化学染色を行ったが、抗体染色ではTRPV2陽性の神経終末構造の同定は困難であった。一方、皮膚の痛覚線維応答の電気生理学的解析から、皮膚痛覚においてはTRPV2陽性の感覚神経線維が寄与していることを示すデータを得た（Katanosaka et al., 2018; Taguchi et al. 未発表）。以上の結果から、正常時の筋痛覚および運動後の遅発性筋痛においては、皮膚痛覚とは関与している感覚神経線維が異なっており、TRPV2陽性の感覚神経の寄与が小さいことが考えられた。しかし、TRPV2は筋細胞にも発現しているため、次項に示す実験にて検証した。

骨格筋におけるTRPV2発現と筋特異的TRPV2欠損マウスの遅発性筋痛の解析

筋細胞のTRPV2を同定するため、正常マウスの筋組織の免疫組織化学染色を行った。その結果、前頸骨筋ではタイプIIAおよびタイプIIXの筋線維が半数以上を占めており、これらの細胞にTRPV2が共発現していた。一方、タイプIIBの筋線維にはTRPV2が発現しておらず、TRPV2が筋線維タイプ特異的な役割を担っていることが示唆された。急性単離筋線維での生理応答の記録により、TRPV2欠損マウスの筋において機械刺激依存的カルシウム応答が低下していたことから、筋の機械応答にTRPV2が寄与していることが明らかとなった。しかしながら、筋特異的TRPV2欠損マウスで伸張性収縮運動後の筋痛を行動試験により評価したところ、正常マウスと同様に遅発性筋痛が観察され、その程度や時間経過に有意な違いは見られなかったことから、筋に発現するTRPV2の筋痛発症への寄与は小さいと考えられた。筋のTRPV2は、筋痛以外の、何らかの筋線維タイプ特異的な過程に関わっていると考えられる。

筋発現分子の網羅的解析による運動適応関連分子の探索

麻酔下ラットの後肢伸筋群への伸張性収縮運動負荷により、遅発性筋痛を発症させた筋痛モデル動物の筋を単離し、発現転写産物および筋膜タンパク質の網羅的解析をおこない、運動前後で発現が変動する因子を探索した。DNAマイクロアレイ法によるトランスクリプトーム解析の結果、運動負荷1日後の遺伝子発現変動は非常に小さく、筋痛が明瞭となる2日目に比較的多数の遺伝子に発現変動がみられたが、個々の増減の程度は比較的小さなものであった。一方、運動5日後に発現が変動した遺伝子は非常に少なく変動幅も小さい状態にあり、運動前とほぼ同レベルに戻っていた。運動2日目の変動因子についてさらに解析し、細胞内輸送、細胞骨格制御、N結合型糖鎖合成等に関わる遺伝子群の発現増大を見いだした。

筋の運動適応に筋細胞膜の構造的特徴や機能的な変化が関わっている可能性が予想されることから、これに着目し、骨格筋の膜タンパク質のプロテオーム解析を実施した。ラットの筋組織からのタンパク質抽出条件を検討し、高純度の筋細胞膜が調製できる条件を見出した。遅発性筋痛モデルラットの骨格筋を用いて、転写産物レベルとタンパク質レベルで二種類の網羅的解析を実施し、運動負荷の有無によって発現量が変動する因子（群）を調べ、いくつかの細胞機能に関わる分子の増減を観察した。運動を負荷した筋との比較対照として非運動筋を使用した場合には、筋収縮とエネルギー代謝に関わる因子の変動が生じ、筋痛発症に寄与する因子が見出しにくい可能性が考えられた。そのため、筋痛を生じやすい伸張性収縮運動を実施した筋（LC群）との比較対照として、遅発性筋痛が生じにくい短縮性収縮運動を施した筋（SC群）を準備した。その結果、運動5日後の前頸骨筋において、細胞膜融合、結合組織構築、イオン輸送、などの細胞機能に関わるタンパク質群の発現が上昇していることを見出した。DNAマイクロアレイの結果と比較し、両者で共通して運動後の発現上昇が見られる分子群の機能として膜融合があることを見出した。

そこで、膜融合過程を含む細胞現象として細胞膜修復に着目し、その中心的な役割を担うMitsugumin53(MG53)ほかの複数のタンパク質について、免疫組織化学的解析と生化学的解析を実施した。運動適応への寄与の検証のため、伸張性収縮運動を5日間隔で2度繰り返して行い、

1回目と2回目の運動後の筋における mRNA 発現を解析したところ、MG53 を含む2つの膜修復関連分子において、初回の運動後に発現が上昇し、2回目の運動後には上昇がみられなかった。この結果は、これらの分子が運動適応後の筋において再発現を必要としないことを意味しており、運動適応に関わる可能性が示唆された。タンパク質レベルでは、運動後5日で MG53 の有意な発現増が観察され、その際、MG53 が筋血管に強く発現していることを明らかにした。他の膜融合関連分子については、これまでのところ、タンパク質レベルでの明瞭な増減や特徴的な組織分布は確認できていない。以上の結果から、運動に対する筋の適応・筋痛の軽減に、筋を構成する細胞の膜修復機能の亢進に関わる可能性が示唆された。筋痛の発症には筋血管でのブラジキニンの産生が必要であると考えられており、運動後の筋血管に MG53 の強い発現が観察された結果とあわせて、血管内皮細胞の細胞膜などの損傷修復能の増大が筋痛の軽減に寄与している可能性が見出された。今後も引き続き、遺伝子欠損マウス等を用いてこれらの分子の運動適応への関与の検証をすすめていく予定である。

本研究で見出した膜融合関連分子については、今後その機能を亢進させる手段を探ることにより、骨格筋自身もつ適応機構を賦活化し、サルコペニアの改善や各種運動療法の効率化につなげる新たな治療戦略のひとつとして、応用が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hori A, Hotta N, Fukazawa A, Estrada JA, Katanosaka K, Mizumura K, Sato J, Ishizawa R, Kim HK, Iwamoto GA, Vongpatanasin W, Mitchell JH, Smith SA, Mizuno M	4. 巻 600
2. 論文標題 Insulin potentiates the response to capsaicin in dorsal root ganglion neurons in vitro and muscle afferents ex vivo in normal healthy rodents	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J Physiol.	6. 最初と最後の頁 531-545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/JP282740	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 Hotta N, Katanosaka K, Mizumura K, Iwamoto GA, Ishizawa R, Kim HK, Vongpatanasin W, Mitchell JH, Smith SA, Mizuno M.	4. 巻 597
2. 論文標題 Insulin potentiates the response to mechanical stimuli in small dorsal root ganglion neurons and thin fibre muscle afferents in vitro.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Physiol.	6. 最初と最後の頁 5049-5062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/JP278527	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 Jin K, Imada T, Nakamura S, Izuta Y, Oonishi E, Shibuya M, Sakaguchi H, Tanabe H, Ito M, Katanosaka K, Tsubota K.	4. 巻 189
2. 論文標題 Corneal Sensory Experience via Transient Receptor Potential Vanilloid 1 Accelerates the Maturation of Neonatal Tearing.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Am J Pathol.	6. 最初と最後の頁 1699-1710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ajpath.2019.05.015.	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 Katanosaka Kimiaki, Takatsu Satomi, Mizumura Kazue, Naruse Keiji, Katanosaka Yuki	4. 巻 8
2. 論文標題 TRPV2 is required for mechanical nociception and the stretch-evoked response of primary sensory neurons	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-35049-4	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 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 片野坂公明
2. 発表標題 痛みのメカノバイオロジー（シンポジウム：健康科学・体力科学分野におけるメカノバイオロジー研究の可能性）
3. 学会等名 第26回日本体力医学会東海地方会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nasu T, Hibino Y, Katanosaka K, Mizumura K.
2. 発表標題 Contribution of peripheral adenosine receptor to analgesia by intramuscular injection of drugs.
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Katanosaka K, Taguch T, Takatsu S, Mizumura K, Naruse K, Katanosaka Y.
2. 発表標題 Involvement of transient receptor potential vanilloid 2 (TRPV2) in mechanical nociception of adult mice.
3. 学会等名 The 4th International TRP Meeting (TRP2021, Hybrid edition) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ota H, Washizawa L, Hayashi K, Katanosaka Y, Katanosaka K, Kashio M, Tominaga M, Taguchi T, Mizumura K.
2. 発表標題 TRPA1 contributes to lengthening contraction-induced muscular mechanical hyperalgesia.
3. 学会等名 The 4th International TRP Meeting (TRP2021, Hybrid edition) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hibino Y, Katanosaka Y, Katanosaka K.
2. 発表標題 Analysis of Molecular Mechanisms Involved in Mechanical Adaptation: In the Case of Repeated Bout Effect on the Exercise-induced Muscle Pain.
3. 学会等名 The 3rd International Yangtze River Delta Symposium on Mechanobiology and 9th Chinese National Symposium of Medical Biophysics. (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀天, 那須輝頭, 片野坂公明, 水村和枝, Masaki Mizuno, 堀田典生
2. 発表標題 Repeated cold stress augments cardiovascular responses to triceps surae stretch in rats.
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田口 徹, 片野坂友紀, 太田大樹, 片野坂公明
2. 発表標題 細径線維受容器終末のTRPV2チャネルを介した機械痛覚の末梢神経機構
3. 学会等名 第26回日本基礎理学療法学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田大樹, 大井理史, 片野坂公明, 田口 徹
2. 発表標題 遅発性筋痛モデルラットの筋における機械受容チャネル Tmem120Aの発現増大
3. 学会等名 第7回日本筋学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田口徹, 片野坂友紀, 片野坂公明
2. 発表標題 Decreased mechanical response of cutaneous nociceptors in TRPV2-deficient mice.
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀天, 堀田典生, 片野坂公明, 水村和枝, 佐藤純, Masaki Mizuno
2. 発表標題 Insulin potentiates capsaicin sensitivity at axon terminals and dorsal root ganglion neurons of thin fiber muscle afferents
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hori A, Hotta N, Katanosaka K, Mizumura K, Sato J, Iwamoto GA, Ishizawa R, Kim HK, Vongpatanasin W, Mitchell JH, Smith SA, Mizuno M.
2. 発表標題 Insulin sensitizes the response to capsaicin in thin fiber muscle afferents and small dorsal root ganglion neurons in vitro.
3. 学会等名 The American Physiological Society's (APS) Integrative Physiology of Exercise (IPE) 2020 conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田大樹, 片野坂公明, 村瀬詩織, 加塩麻紀子, 富永真琴, 片野坂友紀, 田口徹, 水村和枝
2. 発表標題 マウス遅発性筋痛モデルにおける機械感受性TRPチャネルの関与
3. 学会等名 第13回日本運動器疼痛学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田大樹, 片野坂公明, 村瀬詩織, 加塩麻紀子, 富永真琴, 片野坂友紀, 田口徹, 水村和枝
2. 発表標題 遅発性筋痛の分子機構: TRPA1およびTRPV2ノックアウトマウスを用いた解析
3. 学会等名 第42回日本疼痛学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田大樹, 片野坂公明, 村瀬詩織, 加塩麻紀子, 富永真琴, 片野坂友紀, 田口徹, 水村和枝
2. 発表標題 マウス遅発性筋痛モデルにおけるTRPチャネルの関与
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hotta N, Katanosaka K, Mizumura K, Mitchell JH, Smith SA, Mizuno M.
2. 発表標題 Responses to Mechanical and Chemical Stimuli are Augmented by Insulin Administration in Neurons Innervating Skeletal Muscle.
3. 学会等名 EXPERIMENTAL BIOLOGY 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katanosaka K, Hibino Y, Katanosaka Y.
2. 発表標題 Exploration of the molecular mechanisms of muscular adaptive responses: in the case of the repeated bout effect on exercise-induced muscle pain.
3. 学会等名 Gordon Research Conference, Muscle: Excitation-Contraction Coupling (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田大樹, 林功栄, 加塩麻紀子, 片野坂公明, 村瀬詩織, 富永真琴, 田口徹, 水村和枝
2. 発表標題 遅発性筋痛におけるTRPA1チャネルの役割
3. 学会等名 日本筋学会第5回学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田大樹, 林功栄, 片野坂公明, 村瀬詩織, 加塩麻紀子, 富永真琴, 田口徹, 水村和枝
2. 発表標題 ラットおよびマウス遅発性筋痛モデルの機械痛覚過敏におけるTRPA1の関与
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hibino Y, Katanosaka Y, Katanosaka K.
2. 発表標題 The expression and distribution of mitsugumin53 in skeletal muscle, after lengthening contraction.
3. 学会等名 The 9th Federation of the Asian and Oceanian Physiological Societies Congress (FAOPS2019) in conjunction with the 96th Annual Meeting of The Physiological Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片野坂公明
2. 発表標題 高温感受性一次感覚ニューロンの同定に向けた免疫組織化学的解析
3. 学会等名 平成30年度温熱生理研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澁谷慎, 日比野雄平, 片野坂公明, 片野坂友紀
2. 発表標題 骨格筋特異的TRPV2ノックアウトマウスを用いたメカニカルストレス応答の解析
3. 学会等名 第6回若手による骨格筋細胞研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katanosaka K, HibinoY, Katanosaka Y.
2. 発表標題 Analysis of molecular mechanisms involved in mechanical adaptation of muscle and muscular pain after exercise.
3. 学会等名 第40回日本比較生理生化学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>ホームページでの研究成果紹介 中部大学生命健康科学部生命医科学科 研究成果と活動の紹介 https://www3.chubu.ac.jp/medicine/news/24916/</p>
--

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	金川 基 (Kanagawa Motoi) (00448044)	愛媛大学・医学系研究科・教授 (16301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	永森 收志 (Nagamori Shushi) (90467572)	東京慈恵会医科大学・医学部・准教授 (32651)	
研究分担者	片野坂 友紀 (Katanosaka Yuki) (60432639)	岡山大学・医歯薬学総合研究科・助教 (15301)	

	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	日比野 雄平 (Hibino Yuhei)	中部大学・生命健康科学部・大学院生 (33910)	
研究協力者	木原 ちあき (Kihara Chiaki)	中部大学・生命健康科学部・研究補助員 期限付研究嘱託 (33910)	

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