

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：24405

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20630

研究課題名（和文）脊椎動物の自己意識の起源の解明：魚類の鏡像自己認知、意図的騙し、メタ認知から

研究課題名（英文）The origin of self-consciousness in vertebrates: From studies of mirror self-recognition, intensive deception and meta-recognition

研究代表者

幸田 正典（Kohda, Masanori）

大阪公立大学・大学院文学研究科・客員教授

研究者番号：70192052

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,900,000円

研究成果の概要（和文）：鏡像自己認知の過程はヒト以外ではわかっていない。我々はホンソメワケベラを材料にこの認知過程の解明に世界で初めて成功した。本種は顔認識により他者認知をするが、この認知メカニズムを用いて、自己顔認識による自己認識を行っていた。この点はヒトの認知メカニズムと類似し、自己顔の内的イメージを持つため、本魚種も内面的自己意識を持つと言える。種間比較の結果、この自己意識は脊椎動物の古生代の祖先に起源する、つまり相同と推測される。

また、鏡像が自己であるとの認識は、仮説検証型の認知に基づき、理解によりなされていることが示された。このようなものが「わかる」ことの発見は、今後の認知研究を大きく展開させる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で発見された自己顔認識による自己認識は、ヒト以外で初めての発見である。つまり、ヒトと同じような自己認識が魚でも発見されたわけで、その成果はヒトだけが自己意識があるとする従来の哲学的概念の再考を促す。魚で見つかったことは、他の脊椎動物でも同様になされることが推測される。また、「ユーリカ時刻」の確認は、魚にも物事が理解できることを明示している。これは、言語を持たない動物にも思考ができることを初めて示した研究成果であり、脊椎動物の賢さに対する認識を根底から覆すものである。その意味でこれらの発見が、社会科学にもたらす意義はとてつもなく大きいと言える。

研究成果の概要（英文）：We successfully revealed the mental process of mirror self-recognition in cleaner fish. This fish have mental image of self-face and identify itself, of which process is similar to humans. Thus, we can conclude this animals have private self-awareness. We propose this mental process will be homologous among animals that have the ability of mirror self-recognition.

We studied the timing of understanding of the mirror image as self, and found they have a eureka moment like humans: at the Moment then comprehend the self with emotions. This revolutionary finding will open a new field for cognitive ethology.

研究分野：認知進化生態学

キーワード：自己意識 自己概念 他者認識 他者概念 鏡像自己認知 写真自己認知 レムノンレム睡眠 洞察

1. 研究開始当初の背景

我々は2019年に魚類で鏡像自己認知(MSR)を発見し(Kohda et al. 2019)、その後追試論文も発表した(Kohda et al. 2022)。我々は、過去10年間に渡り、魚類の認知研究を野外、室内実験により明らかにしてきた。そこには、推移的推察(=三段論法的思考)顔認識、顔認知の倒立効果、そして2019年度に掃除魚として知られるホンソメワケベラ(ホンソメ)で、鏡像自己認知(MSR)ができることを示し(Kohda et al. 2019)、内外で多くの反響が起こった。魚類のMSRの実証は、この「知的な」動物の範囲が一気に脳サイズも大きくなく、かつ知性もさほど高くないとみなされている魚類にまで広がることを意味する。現在、我々はホンソメワケベラが高次の自己認知ができると考えており、その証明には、本種がMSRだけではなく、メタ認知や心の理論(具体的には、戦術的意図的騙し)も併せ持つことを示そうと計画している。むしろ、魚類ではこの3つが示された事例や、その試みすら存在しない。ホンソメでは、すでに「心の理論」は検証論文が出ている(Triki and Bshary 2019)。もしこの3つのうち特にメタ認知が示されたら、これまで大型類人猿やヒトにだけあると見なされていたレベルの自己意識が魚類に存在することになるし、これまでの常識を覆し、自己意識がもっと広い範囲の社会性の高い脊椎動物に広く見られることを示唆する。

また、MSRができる動物がどのように自己鏡像を自分だと認識するのかその心的過程は、チンパンジーをはじめ、どの種でもできていない。ヒトの場合は、鏡像の自己顔を認識することにより自己認識をする。ヒトは他者認知をする際にも、他者顔により他者認識をする。実は、ホンソメワケベラも親しい複数の個体を識別するが、その際ヒトや多くの哺乳類と同様に相手個体の顔で識別している。このことから、我々はホンソメは鏡像自己認知をヒトと同じように自己顔を認識し、それに基づき行っているのではないかと考えている(=自己顔認識仮説)。もし、そうであれば、おそらくこれはまったく新規の発見である。

ヒトではレム・ノンレム睡眠が知られている。この睡眠時のレムとノンレム睡眠の周期的な繰り返しの過程で、記憶処理がなされると考えられている。一方、これまで魚類の睡眠は「原睡眠」とされ、睡眠行動に周期性は見られず、むしろレム睡眠様の浅い眠りだけからなると見なされている。我々は、魚類も「寝る」場合、ヒトに類似したレム・ノンレム様の睡眠をとり記憶の処理をしているのであり、このことで、彼らの高い認知機能(メタ認知、心の理論しかし、鏡像認知)が可能になっているものと考えている。

2. 研究の目的

自己意識や自我の問題は、これまで主に近世西洋哲学の流れで、「科学的」に扱われてきた。ヒトに特有と見なされてきた自己意識の起源は霊長類、特に大型類人猿で独自に進化した能力とみなされている。これは言語を「話すヒトの直系である。現在、ゾウ、イルカ、カササギでは、それぞれ脳の相対的に大きな社会性の発達した動物で独立に鏡像自己認知(MSR)が進化したとの見方が主流である。しかし、我々は体長10cmほどの小さな魚で鏡像自己認知を発見した。この魚ホンソメワケベラのMSRはヒトや他のMSR動物とは独立に進化したのだろうか、あるいはその起源はむしろもっと古くにまで遡るのだろうか。つまり、脊椎動物のMSRはできること(=自己意識)が相似関係にあるのか相同関係にあるのか、この判定が最初の目的である。

そのことと関連し、魚類がいかにしてMSRを実現しているのか、その内面的過程の検出

を目指したい。この心的過程がヒトと異なるのであれば、その結果は脊椎動物の自己意識が相似関係であることを示すだろう。しかし、もしヒトの場合と類似し、自己顔の内面的心象を持ち、その心象と対比させて認識していたのであれば、これこそ驚くべき発見であり、従来の哲学・心理学・動物心理学・行動学・の常識、世界の固定観念を完全に覆す内容である。それは、自己意識のあり方さえもが、ヒトと魚で共通している可能性、つまり相同性を示唆するからである。このため、MSRの心的過程の解明の意義は極めて大きい。この発見を基盤に、魚類の自己意識や「理解」、「こころ」の問題について、野外およびさまざまな室内水槽実験、脳神経科学からのアプローチ、さらに睡眠も含め、魚類の自己意識を含め認知能力の実態を解明したい。その成果は、これまでのヒトや類人猿をトップに置いた動物観、進化観、世界観を180度ひっくり返してしまうコペルニクス的インパクトが期待できる。

3. 研究の方法

研究は、大阪公立大学の理学部棟(杉本学舎)にある魚類飼育実験室にて行なう。ここにはすでに過去の科学研究費などでそろえた大型水槽、特殊実験水槽など飼育設備が整っており、実験研究はすみやかにできる。我々はまったく新たな観点で、この心の理論のテーマをホンソメの習性を利用して実施する予定である。そのアプローチによる成果は大きく期待できる。もし、魚類で「心の理論」が検証されれば、これだけでもヒトと大型類人猿にしかできないとの固定観念が覆るのである。何せ、できるのが「下等な」魚類であり、動物の認知能力の理解に革命が起こる。メタ認知もヒト・類人猿にだけできるとされて、その他の実験もイルカでの報告のみである。このメタ認知も、ホンソメで現在実験が進んでいる。そのほかにも、他者の姿概念、他者概念もを社会的魚類が持つことをシクリッドを用いた研究を計画している。

魚類の鏡像自己認知の研究は、どのようなタイミングで鏡像認知がなされるのか、という点に注目して研究した。これまで大型類人猿を含めてもこのような視点の研究はまったくない。本魚種を含め鏡像認知できる動物は、初めは鏡像を他個体とみなして攻撃し、次いで鏡像が自分かどうかの確認をし、その後自分だと認識する。おそらく我々が物事を理解したとき「わかった」という感覚があるように、魚類も鏡像が自分であるとわかる「瞬間」(Eureka moment)があると思われる。またこの確認行動の時間帯、平均30分間にどのようにして自己認識をするのか、我々はホンソメが鏡像は自分であるとの予想/仮説を立て確認行動を通してその仮説を検証していると考え「鏡像仮説検証仮説」を立てた。本研究では、確認行動を途中で遮ることにより、鏡像が自分だとは認識できず他者だと認識することを示す。この仮説は言葉をもたない魚である本種が論理的な思考を確実に実践していることになる。

4. 研究成果

三年間で以下の研究が達成され、成果が得られたのは以下である。1)ホンソメの鏡像自己認知の心的認知過程の解明、2)ホンソメの自己認知のタイミングの解明、3)ホンソメの洞察行動の検証、4)ホンソメの確認行動が仮説検証であることの検証研究。まだ途中せあるが今後の展開がしっかりと示された成果として、5)ホンソメのレム・ノンレム睡眠の実態解明がある。

ホンソメの鏡像自己認知の心的過程の解明。本成果は Kohda et al. (2023, PNAS) として、研究期間内に発表できた。本研究では対象10個体がマークテストに合格することが確認さ

れた。合格した 10 個体に他者写真と自己写真を見せると、他者写真は攻撃するが自己写真はまったく攻撃しない。これは自己写真を自己と認識している可能性を示す。顔を入れ替えた、自己顔他者体写真と他者顔自己体写真を作り見せたところ、自己顔写真/他者体写真は攻撃しないが、他者顔写真/自己体写真は他者写真と同様に激しく攻撃した。このことは、本種が顔が誰かを認識することにより、自己認識をすることを示している。さらに自己写真の喉にマークをつけた写真を提示したところ、対象個体は自分の喉にはマークがないにもかかわらず、頻繁にマークのない自分の喉を底に擦り付けた。このことは、自己写真は自分自身であると認識していることを明白に示している。

本種の自己認識はヒトの認識様式とほぼ同じである。顔認識による他者認識の内的機構を自己認識に応用したものと考得られる。実際に、MSR ができる他の動物はいずれも顔認識による他者認識をしている。これら MSR 動物が自己顔認識に基づく自己認識をしていることが推察される。これまで、鏡像自己認知は類人猿などで独立に進化したと考えられてきた。しかし、その認識様式などを考慮するとホンソメからヒトまでを含めこれら MSR 動物のこの能力は独立進化ではなく、内的認知機構は相同であり MSR の認知機構も相同であると考えられる。この提唱は、従来の高次認知の進化に関する定説をひっくり返す。

ホンソメの鏡像自己認知のタイミングの解明 鏡像自己認知研究は、これまで概ね全ての手順で最初の Gallup(1970)を踏襲している。マークテストを行うタイミングも顔認識後 1 週間かそれ以上経過してからなされている。このため、対象動物がどのタイミングで MSR ができるのかは全ての動物種で分かっていない。どのタイミングで MSR ができるのかを把握することは、MSR の理解にとり極めて重要である。この課題を遂行するため、我々は実験開始前からマークを施した個体を用いて観察した。その結果、9 個体のうち 6 個体が開始後平均 82 分で初めて喉を擦ったのである。これまでは MSR ができる全ての動物で、1 週間以上後には MSR ができることはわかっているが、ここまで素早くできるとは思われていなかった。また、この 9 個体は喉擦りまでに、鏡像への攻撃、遊泳、鏡像の動きの同調性の確認行動が見られ、その後マーク指向行動が見られている。さらに興味深いことには 1 - 5 日の日中にも、攻撃や確認行動が見られている。詳細な行動分析の結果、1-5 日めの行動は攻撃は攻撃行動ではなく、鏡の探索行動とみなせること、また確認行動の自身の動きの確認ではなく、鏡そのものの確認であることが明らかになった。本研究成果は、これまでチンパンジーはじめ大型類人猿、ゾウ、イルカ、カササギにおける攻撃、確認行動は、自己の確認のための行動ではなく、鏡の性質を理解するための行動であると考えられる。そして、これら動物種の自己認識のための確認行動はもっと早く、MSR ができるタイミングはもっと早いものと推察される。

ホンソメの洞察行動の検証 ホンソメが鏡像が自分であると気づく時、自分であると「わかった」と考えられる。これは、言語を用いずに行う思考（非言語的思考）によって理解したのだと言い換えることができる。このような認知はこれまでは動物では類人猿にだけ想定され洞察行動として知られている。鏡像が自分だとの認識は平均 30 分続く「確認行動」の時間の間になされると考えられる。自分だとの理解が徐々に起こることを予測する「学習仮説」と、最後一気に気づくと予測する「洞察仮説」をたて、確認行動の頻度、自己指向行動を調べたところ、いずれもが最後に一気に自分だとわかる洞察仮説を支持し

た。さらに、情動に關係する遊泳速度や摂餌頻度を調べたところ、いずれの結果も、徐々に気分が安定していくのではなく、確認行動の時間帯の最後に一気に自分だとわかる、と同時にリラックスすることが示された。この結果は、チンパンジーやヒトで知られる「アッハ！」時間やユーリカ時間に相当するものと思われる。すなわち、この時点で一気に洞察により鏡像が自分であると理解できたと思われる。これはビデオ撮影した行動解析だから、対象動物がどのようなタイミングでユーリカが出るのか、つまり洞察行動が出るのか、その情動の変化も含め把握できることが示せた点で、その価値が極めて高い。

ホンソメの確認行動が仮説検証であることの検証研究 MSRの過程での確認行動が、鏡像が自分であるとの仮説を立てそれを検証しているとの仮説について検証した。確認行動の平均30分の時間帯で10-40回ほどの確認行動がなされる。確認行動とは鏡の前で行われる不自然な行動で、それにより鏡の動きとの同調性を確認していると思われる。実際に数秒の確認行動をやめ鏡から離れる際、ホンソメは鏡像から目を離さずずっと鏡像を追跡している。この最短10分から最長2時間の確認時間が終わるのは、本人が鏡像は自分だと気づいたときだと言える。すなわち、確認の終了前に確認行動を遮れば、検証作業が終わり、鏡像は自分であるとは認識できない、つまり他個体だとみなすと思われる。十分な確認行動ができないように実験的に操作したところ、対象個体は翌日提示された自己写真を激しく攻撃した。この結果より、確認行動により、鏡像は自分だとの仮説の検証を行なっているのだと考えることができる。ホンソメの仮説検証は、高次の思考過程である。従来は仮説検証のような作業は論理的思考だとみなされ、言語的思考であり言語を使うのだとみなされてきた。しかし、明らかにホンソメは言語を持たないし、このような思考はできないと想定されてきた。本成果は、従来の言語的思考の考えの正当性に疑問を投げかける。多くの哲学者、心理学者、人類学者が考える、言語は思考に必須であり、言語を持たない動物には思考はできないとの大前提は、根本から見直さなければならない。

ホンソメのレム・ノンレム睡眠の実態解明 ホンソメワケベラの一晩の睡眠行動を暗視野ビデオで撮影解析した。睡眠行動として、エラの開閉頻度、口の開閉頻度、寝返りなどの体躯運動、眼球運動の程度を変数として運動性の周期を調べた結果、ほぼ予備実験通り、ヒトのると睡眠と同様の傾向が見られた。高い運動性の周期をレム睡眠、それ以外の低い運動性時の睡眠をノンレム睡眠と見なすと、哺乳類で知られるレム・ノンレム睡眠に相当するとの解釈が成り立つ。今回の実験では、レムノンレム睡眠がその日の日中のエピソードの記憶量と記憶内容が影響するとの仮説の検証として、昼間に鏡を見せてこれまで経験したことのない「不可解」な経験をさせる、あるいは水槽内に未知個体を導入し未知個体による長時間の縄張り侵入を想定した実験を行い、その夜の睡眠行動の実態解析を行い、昼間に刺激を与えない対象実験での睡眠行動の結果と比較した。実験結果の解析は完全には終わっていないが、明らかに強い刺激を与えた日の睡眠はノンレム時の睡眠がとて深く、またレム睡眠の程度が鮮明に現れていることが示された。これは、コントロール実験時ではレム睡眠がさほど顕著には現れないことと比べて、非常に印象的である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Masanori Kohda, Shumpei Sogawa ¹ , Alex L. Jordan ² , Naoki Kubo, Satoshi Awata, Shun Satoh, Taiga Kobayashi ¹ , Akane Fujita, Redouan Bshary	4. 巻 20
2. 論文標題 Further evidence for the capacity of mirror self-recognition in cleaner fish and the significance of ecologically relevant marks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS Biology	6. 最初と最後の頁 e3001529
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pbio.3001529	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 Satoh S, Saeki T, Kohda M, Awata S	4. 巻 25
2. 論文標題 Cooperative breeding in <i>Neolamprologus bifasciatus</i> , a cichlid fish inhabiting the deep reefs of Lake Tanganyika	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecology of Freshwater Fish	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） 10.1111/eff.12658	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 Takashi Hotta, Satoshi Awata, Lyndon A. Jordan, Masanori Kohda	4. 巻 9
2. 論文標題 Subordinate Fish Mediate Aggressiveness Using Recent Contest Information	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers Ecol Evol	6. 最初と最後の頁 685907
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fevo.2021.685907	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 Dario J, Heg D, Takeyama T, Bonfils D, Konovalov DA, Frommen JG, Kohda M, Taborsky M.	4. 巻 75
2. 論文標題 Age- and sex-dependent variation in relatedness corresponds to reproductive skew, territory inheritance and workload in cooperatively breeding cichlids.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Evolution	6. 最初と最後の頁 2881-2897
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/evo.14348	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 Takashi, Ueno Kentaro, Hataji Yuya, Kuroshima Hika, Fujita Kazuo, Kohda Masanori	4. 巻 15
2. 論文標題 Transitive inference in cleaner wrasses (<i>Labroides dimidiatus</i>)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0237817
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0237817	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 Matsumoto Kazunori, Okamoto Yuki, Tsurumi Yuka, Kohda Masanori	4. 巻 157
2. 論文標題 Context-dependent agonistic response to neighbours along territory boundaries in a cichlid fish	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Behaviour	6. 最初と最後の頁 559 ~ 573
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1163/1568539X-bja10013	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 Satoh Shun, Bshary Redouan, Shibasaki Momoko, Inaba Seishiro, Sogawa Shumpei, Hotta Takashi, Awata Satoshi, Kohda Masanori	4. 巻 12
2. 論文標題 Prosocial and antisocial choices in a monogamous cichlid with biparental care	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-22075-6	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 Kohda, M., Bshary, R., Kubo, N., Awata S, Sowersby W, Kobayashi T, Kawasaki K & Sogawa, S.	4. 巻 120
2. 論文標題 Cleaner fish recognize self in a mirror via self-face recognition like humans.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences,	6. 最初と最後の頁 e2208420120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2208420120	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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Kohda M, Sogawa S, Awata S, Kobayashi T, Kubo N, Fujita A, Bshary R
2. 発表標題 Cleaner fish recognize self in a mirror via self-face recognition like in humans
3. 学会等名 International Society of Ethology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kobayashi T, Kohda M, Sogawa S
2. 発表標題 Cleaner fish recognize own body size by mirror self-recognition
3. 学会等名 International Society of Ethology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sogawa S, Kobayashi T, Kubo N, Kohda M
2. 発表標題 Cleaner fish perform mirror self-recognition within one hour
3. 学会等名 International Society of Ethology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 幸田正典、安房田智司、川坂健人、中居裕太、Bshary、久保直樹、十川俊平
2. 発表標題 ホンソメワケベラの「ユーリカ」：魚はヒトのように思考し理解するか？
3. 学会等名 日本動物行動学会第39回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 幸田正典・安房田智司・William Sowersby・川坂健人・久保直樹・十川俊平
2. 発表標題 ホンソメワケベラはヒトのように自己顔（心象）に基づき自己鏡像を認識する
3. 学会等名 日本動物行動学会第39回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安房田智司・幸田正典・佐藤成祥・石原千晶
2. 発表標題 「認知進化生態学」のススメ：動物の複雑な社会を維持する知性の源流を探る
3. 学会等名 日本動物行動学会第39回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 幸田正典
2. 発表標題 水圏動物の他者認知と自己認知：顔による個体識別と鏡像自己認知から．シンポジウムS17「動物の複雑な社会を維持する知性の源流を探る「認知進化生態学」：実践と展望」
3. 学会等名 日本生態学会第86回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林大雅・幸田正典・安房田智司・十川俊平
2. 発表標題 ホンソメワケベラは鏡を見て自分の体長を認識できるのか？
3. 学会等名 日本動物行動学会第39回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 幸田 正典	4. 発行年 2021年
2. 出版社 ちくま書房	5. 総ページ数 254
3. 書名 魚にも自分がわかる	

1. 著者名 太幡直也、幸田正典 他	4. 発行年 2021年
2. 出版社 北大路書房	5. 総ページ数 259
3. 書名 「隠す」心理を科学する	

1. 著者名 幸田正典	4. 発行年 2023年
2. 出版社 河出書房新社	5. 総ページ数 285
3. 書名 生き物は不思議	

〔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
研究分担者	安房田 智司 (Awata Satoshi) (60569002)	大阪公立大学・大学院理学研究科・准教授 (24402)	

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	吉田 将之 (Yoshida Masayuki) (70253119)	広島大学・統合生命科学研究科(生)・准教授 (15401)	
研究分担者	十川 俊平 (Sogawa Shumpei) (70854107)	大阪公立大学・大学院理学研究科・特任助教 (24402)	
研究分担者	川坂 健人 (Kawasaka Kento) (60908416)	大阪公立大学・大学院理学研究科・特任講師 (24402)	

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