

令和 7 年 6 月 19 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2024

課題番号：21H03781

研究課題名（和文）感覚運動学習の敏感期：鳴禽の歌学習をモデルとした神経科学的・生理学的研究

研究課題名（英文）Sensitive period for sensorimotor learning: behavioral neurophysiology of bird song acquisition

研究代表者

橘 亮輔（Tachibana, Ryosuke）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：50610929

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,700,000円

研究成果の概要（和文）：フィードバックに基づき運動を修正する「感覚運動学習」の敏感期を制御するメカニズム解明を目指し、鳴禽類の歌学習をモデルとした行動神経科学研究をおこなった。幼鳥を騒音の中で育てて自分の声を聞こえなくし、後から静かな環境に戻したところ、本来は終わっているはずの歌の学習が再開して歌が獲得された。この際の音響的な変化を詳細に調べたところ、通常であれば2か月かかる学習プロセスが短縮し2週間ほどで標的歌要素が急激に生じ、ばらつきが小さくなり、系列が複雑化することが分かった。これに連動して脳活動と血中ホルモンが変化する可能性が示された。歌発達を自動解析できるソフトウェアを整備し、今後の研究の土台を築いた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで感覚学習の研究が中心だった敏感期の議論を感覚運動学習へと拡張し、その操作可能性を示した。このことは、脳の可塑性研究を運動制御領域まで広げることで、言語発達や楽器演奏などの学習を神経メカニズムから説明する新しい枠組みを提供しうる。また、敏感期のタイミングとその延長可能性を示したことで、子どもの言語・音楽教育やスポーツ・リハビリのトレーニング開始時期を科学的に設計できる可能性につながった。

研究成果の概要（英文）：We investigated the mechanisms that regulate sensitive periods of sensorimotor learning, which is the ability to modify motor output based on sensory feedback, using song learning system in songbirds as a model. Juvenile birds were raised in continuous loud noise to prevent them from hearing their own vocalizations. When returned to a quiet environment, song learning, which would normally have been completed at that time, resumed and resulted in successful song acquisition. Detailed acoustic analyses revealed that the typical two-month learning process was compressed: target song elements emerged rapidly within approximately two weeks, with reduced variability and increased sequence complexity. These changes were likely accompanied by alterations in neural activity and circulating hormone levels. We also developed software to automatically analyze song development, providing a foundation for future research.

研究分野：研究分野

キーワード：発声学習 敏感期 可塑性

1. 研究開始当初の背景

発話や楽器演奏は、聴覚情報に基づく複雑かつ精緻な身体制御を要する。その学習は、感覚フィードバックを手掛かりに運動を修正する感覚運動学習 (sensorimotor learning) である。高度な技能を備える演奏家やパフォーマーの多くは、幼少期から訓練を開始している。ピアノやバイオリン奏者の手指制御能力には、総訓練量だけでなく訓練開始年齢も如実に反映される (Bailey and Penhune 2012)。また、訓練開始年齢は脳の運動野の構造・機能の高度化にも投影される (Steele et al. 2013; Elbert et al. 1995)。これらの知見は、幼少期の特定の期間に学習能力と脳可塑性が著しく高まることを示す。この期間は一般に敏感期 (sensitive period) と呼ばれる。

敏感期の存在は、言語習得における音素弁別や音楽における絶対音感など、感覚入力の特徴検出能力を獲得する感覚学習 (sensory learning) の領域でよく知られている。動物研究では、発達初期に視覚を制限するとその後の視知覚に重大な影響が生じることが知られる。この知見をモデルとして、敏感期の神経機構解明が進められてきた。敏感期の開始・終了には特定の介在ニューロンが関与しており (Hensch 2005)、これらへ働きかけることで敏感期を延長・短縮できることが示唆されている (Fagiolini and Hensch 2000)。さらに、フクロウにプリズム眼鏡を装着して視聴覚空間マップの適応を調べた研究では、幼鳥期に適応を経験すると成鳥になっても可塑性が残存することが示された (Brainard and Knudsen 1998)。以上の知見から、可塑性は日齢のみならず経験にも依存して制御されると考えられる。ただし、これらは感覚学習に関する研究であり、感覚運動学習では神経メカニズムが質的に異なる可能性がある。

鳴禽類は歌う小鳥であり、求愛や縄張り防衛のために歌をさえずる。ジュウシマツやキンカチヨウの歌は、多様な音節 (シラブル) と、それらを区切る無音区間 (ギャップ) で構成される。彼らは孵化後 1~2 ヶ月の間に父親の歌を聴いて感覚学習を行い、その後数ヶ月をかけて模倣する感覚運動学習を経て自らの歌を獲得する。3 ヶ月頃にはほぼ歌が完成し、4 ヶ月頃には歌の変化が見られなくなる。橘 (研究代表者) の最近の研究では、歌の感覚運動学習にも敏感期が存在する可能性が示された (Tachibana et al. 2017)。この研究では、短い雑音を罰刺激として用い、その回避を学習させる雑音回避学習実験を実施し、特定のギャップを伸長させた。実時間の歌分析により、標的ギャップが一定長以下の場合にのみ雑音を即時提示する設定とした。約 2 週間の実験の結果、成鳥 (7 月齢以上) では伸長が 20% 程度に留まったのに対し、若鳥 (3 月齢頃) では 200~300% もの伸長が観察された。この結果は、3~7 月齢の間に可塑性が急減し、感覚運動学習の敏感期が終結することを示唆する。では、この敏感期は経験によって変化するのだろうか。

この問いに対し、ある研究が部分的な答えを示している (Funabiki and Konishi 2003)。彼らは感覚学習直後の幼鳥を、110 dBA という非常に強い雑音の流れ続ける「騒音箱」に移し、聴覚フィードバックをマスクして感覚運動学習を阻害した。1~5 ヶ月後に騒音箱から幼鳥を出して歌の変化を調べたところ、即座に学習が進行し、完全ではないながらも手本歌に類似した歌を獲得した。通常であれば 90 日齢頃に歌はほぼ完成し、120 日齢頃には変化が見られなくなるが、騒音箱に入れられた鳥たちは 120 日齢を過ぎても歌の変化が継続した。この結果は、聴覚フィードバック遮断を経験することで敏感期が延長し得る可能性を示唆している。

2. 研究の目的

本研究は、感覚運動学習の敏感期の神経機構の解明を目指し、学習に伴う神経回路再編と、その可塑性を制御する要因を明らかにすることを目的としていた。特に、感覚運動学習の可塑性において聴覚情報遮断がどのように影響するかを明らかにするために、定常的な騒音による聴覚フィードバック阻害実験と、雑音回避行動による可塑性計測、およびその際の神経科学的・生理化学的計測を組み合わせた研究を行ってきた。神経科学的・生理化学的計測については後続課題 (科研費 基盤 A「随伴性に基づく発声学習メカニズムの統合的理解」) において継続中であるため、ここでは、騒音による聴覚フィードバック阻害の有無による歌学習への影響を、詳細な音響特徴分析により定量した結果を中心に報告する。

3. 研究の方法

本研究では、幼鳥の歌発達を計測するために、各研究機関で繁殖方法を確立し、常に対象個体を確保できる体制を整えた。そのうえで、感覚学習後の幼鳥に対し、聴覚情報を遮断する操作として、常時大音量の白色雑音が再生される防音箱 (以下、騒音箱) で 1.5 か月間飼育し、その後、静かな録音用防音箱 (以下、録音箱) で歌発達の変化を観察する実験を行った。

まず、孵化後 45-55 日齢の幼鳥について、歌発声の有無から雌雄を判定した。歌が検出されればオスと認定した。オスであることが確認された幼鳥を 55-60 日齢で数日間録音し、60 日齢か

ら騒音箱へ移した。105 日齢まで騒音箱で過ごさせた後、録音箱へ移し、140 日齢まで連続録音を行った。この操作により、感覚運動学習の重要期に聴覚フィードバックがほぼ遮断された状況を作り出した。騒音箱で飼育した個体を騒音群とし、同期間を通常の飼育ケージで過ごした個体を無騒音群とした。

騒音箱は、防音・吸音処理を施した内寸約 50 cm 立方の箱内にラウドスピーカーと騒音計マイクロホンを設置した構造とした。白色雑音生成器の出力をスピーカーに入力し、スピーカー前面に配置した騒音計マイクで音圧をモニタしつつ、常時 98-100 dBA になるよう振幅を調整した。餌水の交換や清掃のため、2 日に一度程度、数分間だけ雑音を停止し扉を開けた。その間、個体は他個体の声や自身の歌声を聴取可能であったが、実際にはほとんど歌わないが、数回発声する程度に留まった。録音箱にはマイクロホンを設置し、歌発声を収録した。長期録音によるデータ量増大を避けるため、歌発声が検出された時のみ録音を開始されるシステムを構築した。

取得した各音声ファイルについて、代表者が開発したソフトウェアを用い、音のオンセット・オフセットを検出したうえで、羽ばたきや移動に伴う非歌シラブルノイズを除去した。1 日に得られるシラブル数は約 2~3 万であり、105-140 日齢の 35 日間で総計 70~100 万シラブルが得られた。各シラブルについて、時間長、振幅、スペクトルモーメント、Wiener エントロピーの時間平均・標準偏差・時間差分絶対値平均など詳細な音響特徴量を算出し、日齢に伴う変化を解析した。長期記録に伴う計測機器状態の変動による影響を低減するため、背景雑音レベルの変化と相関する成分を除去した後、シラブル間ユークリッド距離を UMAP 法等で低次元への非線形埋め込みを行い、音響特徴の変化を可視化することで評価した。低次元に埋め込まれた分布がどのように変化するかを示すために、各日齢における分布と、最終的(140 日齢;騒音を止めてから 25 日後)な分布との差異を、分布同士の非類似性を示す Kullback-Leibler (KL) divergence として得た。

4. 研究成果

4.1. 歌発達の分析

全体的な傾向としては、騒音群では騒音箱終了後すぐでは、騒音箱条件の歌はシラブル間の違いがあまりなく単調な繰り返しが多いが、最終的には手本歌に類似した歌パターンを獲得した。一方、無騒音群の歌は初期から多様なシラブルを持ち、十分な期間を置いた後でもあまり変化は生じなかった。興味深いことに、騒音群では強い騒音下にあったにもかかわらず、本来学習すべきシラブルの一部については獲得していた。これは、強い騒音下にあっても、振幅が強く明瞭なシラブルについては、骨導で聴取可能な範囲で学習が継続できたことによるのかもしれない。その後、騒音群のトリが騒音箱から出てすぐの歌の変化を観察すると、はじめの 1 週間程度でシラブルが急速に変化していることが見て取れた。例えばある 1 例では、騒音箱から出て 1 日目は類似したシラブルを一定のリズムで繰り返していたが、1 週間後には時間長やピッチパターンの違いが生じた。2 週間後には、さらに多様なシラブルが生じ、手本歌に近い歌パターンが獲得された。

騒音箱から脱した後の歌の音響的な変化を詳細に検討するために、音響特徴量を UMAP 法および t-SNE 法を用いて 2 次元に埋め込んだ。無騒音群のうち、発達中の歌を 60 日齢から 140 日齢まですべて録音した例では、初期はシラブルに違いがなく特徴量空間に広く分布しているが、日が経つにつれ、空間上の数か所に凝集していき、シラブルカテゴリに多様性が生じることが分かった。その様子は、日齢ごとの KL divergence の変化として定量化することができた。

同様に UMAP 埋め込みにより、騒音群・無騒音群の歌のシラブル変化を可視化した。無騒音群では、録音を開始した時点ですでにシラブルの多様性がある一方で、騒音群では共通して初期にはシラブルがあまり分離しておらず、ばらつきが大きい。しかし、140 日齢までの間に音響空間上の数か所に凝集していき、いくつかのシラブルカテゴリが生じることが分かった。また、140 日齢の分布を基準として、各日齢の分布同士の距離を KL divergence として計算すると、無騒音群でははじめ 10 日程度で収束するが、騒音群はより長い時間をかけて歌が変化していくことが分かった。加えて、分布の凝集性を調べるために、クラスタリング手法をつかってクラスタ数を推定したところ、初期にはクラスタ数が少ないがその後急激に増加することが分かった。これらの結果は、従来は歌が完成し学習可塑性が減少していると思われた期間においても、まだ十分に通常の学習過程に復帰できること、すなわちいまだに可塑性を保持している可能性を示唆している。

4.2. その他の成果の概要

本研究では、ジュウシマツ幼鳥を対象とした長期歌発達実験のために、飼育・繁殖から行動・神経・分子計測まで一貫した実験基盤を構築し、感覚運動学習の敏感期を制御する要因を明らかにした。まず、代表・分担研究者の両機関で繁殖手順を最適化し、雄幼鳥を安定して確保できる

体制を整備した。その結果、予備検討を含む 10 例の個体を用いて半年間の追跡実験が可能となった。行動実験では上述の通り、常時白色雑音を提示する「騒音箱」と静音環境の「録音箱」を組み合わせ、孵化後約 60~140 日齢にわたり歌を断続的に収録した。自動トリガー録音システムの導入によりデータ量を大幅に削減しつつ、高解像度で発達過程を捕捉する体制を確立した。

また、神経計測では、テトロードを用いて歌神経核の神経活動を 2 か月連続で安定記録する方法を確立した。内分泌計測では、血漿抽出と抗体プレートによるテストステロン定量プロトコルを整備し、計画個体の半数でデータ取得を開始した。さらに、歌発声に関与する最初期遺伝子発現を解析するため、歌神経核内外から組織を摘出し、RNA-seq による定量手法を確立した。

歌発達の解析からは、騒音群で騒音停止直後に歌シラブルが未分化である一方、その後およそ 2 週間で急速に分化が進むことを発見した。この急速分化は、感覚フィードバック遮断が感覚運動学習の敏感期を延長した可能性を示唆する。また、騒音停止後のテストステロン濃度が対照群と異なる推移を示し、ホルモン変動とシラブル分化時期の関連性が浮上した。

これら一連の成果は、日本神経科学大会、日本赤ちゃん学会、日本音響学会聴覚研究会などで発表し、鳴禽の発声学習神経メカニズムに関する基盤論文として出版した。以上より、本研究は感覚運動学習の敏感期制御に関する包括的知見を提供し、その神経基盤理解に大きく寄与した。

4.3. 展望

本研究で鳥類の感覚運動学習を解析する過程で、ヒトとの顕著な共通点が浮かび上がってきた。鳥の発声学習は強化学習で説明されることが多い一方、ヒトの音声発達は聴覚フィードバックに基づくフィードバック制御によるものと理解されてきた。しかし研究を進めるうちに、外見的な類似にとどまらず、神経メカニズムにも共通する学習プロセスが存在すると考えるに至った。そこで両者を直接比較できる実験課題を設計し、本課題をヒト研究へ拡張することで、その成果を普遍的な問いへ接続できると判断した。

さらに、2023 年度（令和 5 年度）に代表の橘が別の研究機関へ移籍したことで、研究機材・人的資源の両面からヒト研究への展開が容易になった。この機会に、以前より協議を重ねてきた研究者二名をヒト研究の分担者として迎え入れ、現在は後続課題（基盤 A）としてプロジェクトを継続している。この拡張により、鳥類研究とヒト研究の密な情報交換が可能となり、分野横断的な知見の創出が期待される。結果として、より高い視座からの研究が進展し、大きな波及効果が得られると見込んでいる。

引用文献

- Bailey, Jennifer, and Virginia B. Penhune. 2012. "A Sensitive Period for Musical Training: Contributions of Age of Onset and Cognitive Abilities: Bailey & Penhune." *Annals of the New York Academy of Sciences* 1252 (1): 163–70. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06434.x>.
- Brainard, Michael S., and Eric I. Knudsen. 1998. "Sensitive Periods for Visual Calibration of the Auditory Space Map in the Barn Owl Optic Tectum." *Journal of Neuroscience* 18 (10): 3929–42. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.18-10-03929.1998>.
- Elbert, Thomas, Christo Pantev, Christian Wienbruch, Brigitte Rockstroh, and Edward Taub. 1995. "Increased Cortical Representation of the Fingers of the Left Hand in String Players." *Science* 270 (5234): 305–7. <https://doi.org/10.1126/science.270.5234.305>.
- Fagiolini, Michela, and Takao K. Hensch. 2000. "Inhibitory Threshold for Critical-Period Activation in Primary Visual Cortex." *Nature* 404 (6774): 183–86. <https://doi.org/10.1038/35004582>.
- Funabiki, Yasuko, and Masakazu Konishi. 2003. "Long Memory in Song Learning by Zebra Finches." *The Journal of Neuroscience* 23 (17): 6928–35. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-17-06928.2003>.
- Hensch, Takao K. 2005. "Critical Period Plasticity in Local Cortical Circuits." *Nature Reviews Neuroscience* 6 (11): 877–88. <https://doi.org/10.1038/nrn1787>.
- Steele, C. J., J. A. Bailey, R. J. Zatorre, and V. B. Penhune. 2013. "Early Musical Training and White-Matter Plasticity in the Corpus Callosum: Evidence for a Sensitive Period." *Journal of Neuroscience* 33 (3): 1282–90. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3578-12.2013>.
- Tachibana, Ryosuke O., Miki Takahashi, Neal A. Hessler, and Kazuo Okanoya. 2017. "Maturation-Dependent Control of Vocal Temporal Plasticity in a Songbird." *Developmental Neurobiology* 77 (8): 995–1006. <https://doi.org/10.1002/dneu.22487>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Ryosuke O. Tachibana | 4. 巻 73 |
| 2. 論文標題 Relationship between parental care and vocalization in songbirds | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Animal Psychology | 6. 最初と最後の頁 99 ~ 105 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2502/janip.73.2.8 | 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 Ziguo Lan, Ryosuke O. Tachibana, Kouta Kanno | 4. 巻 230 |
| 2. 論文標題 Chronic exposure of female mice to selective serotonin reuptake inhibitors during lactation induces vocal behavior deficits in pre-weaned offspring | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Pharmacology Biochemistry and Behavior | 6. 最初と最後の頁 173606 ~ 173606 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.pbb.2023.173606 | 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 Takafumi, Iizuka, Chihiro Mori, Kazuo Okanoya | 4. 巻 192 |
| 2. 論文標題 Song-related brain auditory activity in Bengalese finches as examined by immediate early gene expressions: Comparison of arousal states and the correlational analyses between brain regions | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Neuroscience Research | 6. 最初と最後の頁 56 ~ 62 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neures.2023.01.014 | 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 Shin Yanagihara, Maki Ikebuchi, Chihiro Mori, Ryosuke O. Tachibana, Kazuo Okanoya | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Neural correlates of vocal initiation in the VTA/SNc of juvenile male zebra finches | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 22388 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-01955-3 | 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 Ryosuke O. Tachibana | 4. 巻 73 |
| 2. 論文標題 Relationship between parental care and vocalization in songbirds | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Japanese Journal of Animal Psychology | 6. 最初と最後の頁 99 ~ 105 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2502/janip.73.2.8 | 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 橋 亮輔 | 4. 巻 79 |
| 2. 論文標題 小鳥の音声が伝えるもの | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本音響学会誌 | 6. 最初と最後の頁 28 ~ 33 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20697/jasj.79.1_28 | 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 関 義正、橋 亮輔 | 4. 巻 80 |
| 2. 論文標題 動物のリズム同調能力とその源泉 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 日本音響学会誌 | 6. 最初と最後の頁 33 ~ 40 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20697/jasj.80.1_33 | 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 - |

[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 橋 亮輔, 森 千紘, 柳原 真, 戸張 靖子 |
| 2. 発表標題 騒音暴露による聴覚フィードバック阻害がさえずり発達に与える影響 |
| 3. 学会等名 日本音響学会聴覚研究会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 柳原真、池淵万季、森千紘、橘亮輔、岡ノ谷一夫 |
| 2. 発表標題 社会的相互作用にもとづく小鳥の発声学習を支える神経メカニズム |
| 3. 学会等名 第94回日本動物学会（山形）「動物学会シンポジウム：動物の社会性行動とその発達のしくみを探る」 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Maki Ikebuchi, Chihiro Mori, Ryosuke O. Tachibana, Kazuo Okanoya |
| 2. 発表標題 Role of dopamine in the social enhancement of vocal learning in zebra finches. |
| 3. 学会等名 IBAC2023 The XXVIII International Bioacoustics Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 橘亮輔 |
| 2. 発表標題 さえすり学習の数理モデル：雑音回避実験を対象として |
| 3. 学会等名 日本音響学会聴覚研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 橘 亮輔, 森 千紘, 柳原 真, 安部 志織, 川田 ゆい, 堀田 音, 戸張 靖子 |
| 2. 発表標題 さえすりの発達過程：騒音暴露による学習阻害からの回復 |
| 3. 学会等名 日本音響学会聴覚研究会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shin Yanagihara, Maki Ikebuchi, Chihiro Mori, Ryosuke O. Tachibana, and Kazuo Okanoya |
| 2. 発表標題 Neural representation of vocal initiation in the zebra finch VTA/SNc |
| 3. 学会等名 第44回日本神経科学大会（国際学会） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 橘亮輔 |
| 2. 発表標題 小鳥の歌発声制御と音声コミュニケーションの発達 |
| 3. 学会等名 日本赤ちゃん学会 第21回学術集会 シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ryosuke O. Tachibana |
| 2. 発表標題 Summary & beyond: socio-vocal neurosciences in humans and animal models |
| 3. 学会等名 第46回 日本神経科学学会大会（国際学会） |
| 4. 発表年 2023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 |
|-------|--|------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 森 千紘 (Mori Chihiro) (00772253) | 帝京大学・薬学部・助教 (32643) | |

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 | 柳原 真 (Yanagihara Shin) (60392156) | 帝京大学・先端総合研究機構・講師 (32643) | |
| 研究分担者 | 戸張 靖子 (Tobari Yasuko) (90453919) | 麻布大学・獣医学部・准教授 (32701) | |

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 |
|---------|---------|
| | |