

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：32643

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00105

研究課題名（和文）模倣と共感の共通過程：動物モデルによるミラーニューロン系と報酬系の相互作用研究

研究課題名（英文）Common processes between imitation and empathy: how reward system reinforces mirror neuron system?

研究代表者

岡ノ谷 一夫 (Okanoya, Kazuo)

帝京大学・先端総合研究機構・教授

研究者番号：30211121

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 28,300,000円

研究成果の概要（和文）：模倣と共感の原始的モデルとして小鳥の歌学習とラットの情動伝染に共通する神経機構を探った。小鳥が歌を学ぶ過程は音声模倣学習である。組織化学的な方法で小鳥の聴覚と発声の双方に応答する細胞を大脳基底核に同定し、その近傍にチロシン水酸化酵素（TH）を見出した。ラットは快情動下と不快情動下で特異的な音声を発し、それらに接近または回避することから共感様応答が起きている。ラットの前帯状皮質にはこれらの音声に応答する神経細胞があることを示し、同部位でもTHが発現することがわかった。これらの結果は、模倣と共感に共通してミラーニューロン様細胞があり、それがドーパミン系によって強化されていることを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

模倣と共感、ヒトを含む多くの動物の円滑な社会生活に必要な能力である。従来これらは個別に研究されており、共通基盤があることは想定されていなかった。本研究では、ジュウシマツの歌学習を模倣のモデルに、ラットの快不快音声への応答を共感のモデルとした。生物心理学的研究から、どちらの過程にも感覚と運動を統合するミラーニューロンと呼ばれる神経細胞があり、また、その神経細胞はドーパミンを中心とする脳の報酬系によって強化を受けていることがわかった。本研究はコミュニケーションの基盤として模倣、共感、報酬があることを示した点で学術的な意義があり、コミュニケーション研究の今後の方向性を示した点で社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：We explored the neural mechanisms common to song learning in birds and emotional contagion in rats as primitive models of imitation and empathy. The process of birds learning songs is a form of vocal imitation learning. Using histochemical methods, we identified cells in the basal ganglia that respond to both auditory and vocal stimuli, and found tyrosine hydroxylase (TH) nearby. Rats emit specific vocalizations under both positive and negative emotional states, and they exhibit approach or avoidance behaviors, indicating empathy-like responses. We demonstrated that neurons in the rat anterior cingulate cortex respond to these vocalizations and that TH is also expressed in this region. These findings suggest that mirror neuron-like cells, reinforced by the dopaminergic system, are shared mechanisms underlying both imitation and empathy.

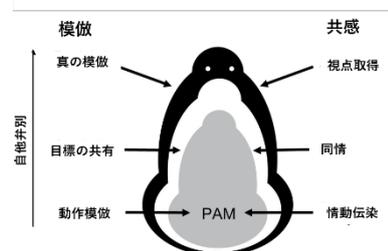
研究分野：生物心理学

キーワード：ミラーニューロン ラット ジュウシマツ 報酬 発声学習 情動伝染 ドーパミン コミュニケーション

1. 研究開始当初の背景

模倣と共感が共通した行動基盤を持つという指摘は早くからなされてきた(佐藤, 1967)。より近年では、de Waal が「共感と模倣はどちらも生得的な知覚運動機構を核とした重層構造として捉えるべきである」と述べている(de Waal, 2008)。de Waal のロシア人形モデル(入れ子モデル: 下図 de Waal 2008 より改変)によれば、動作模倣と情動伝染が同じ知覚運動メカニズムとしてもっとも核にあり、その外殻に目標の共有と同情がある。さらにその外殻に真の模倣と視点取得があるという。

ここで言う知覚運動メカニズムは、今日ではミラーニューロンであると言い換えることができる。ミラーニューロンとは、自らの行為のみならず他者の類似行為の観察でも活動するニューロンのことであり(Rizzolatti et al, 1996)、当初はサルの高次運動野で発見されたが、ヒトの下前頭回でも同様な振る舞いを見せる部位が同定され(Kilner et al, 2009)、歌を親から学習する歌鳥の高次運動野でも歌をうたう際に活動するニューロンが同じ歌を聴く際にも活動することが発見されている(Prather et al, 2008)。また、ヒトが嫌悪の表情を知覚する際とヒトが実際に嫌悪を感じている際とで同じ脳部位(島)が活動することから、ミラーニューロンは共感にも関連すると考えられるようになった(Wicker et al, 2003)。以上を受け、本研究における私の「問い」は、模倣と共感に共通する知覚運動メカニズムがあるかどうか、そしてあるとすれば、それはどのように作られているのか、ということであった。



ミラーニューロンと報酬系の関連については、ヒトを対象とした研究がいくつかあるが、機能的MRIを用いた機能的接続の研究であり(eg., Shimada et al, 2016)、当然のことながら、神経細胞レベルでの研究は難しい。ヒトでの知見を、動物実験により精緻化し細胞レベルの因果関係にまで落とし込む必要がある。鳥類の歌学習(eg., Prather et al, 2017)、ラットの快・不快音声(eg., Saito & Okanoya, 2017)はともにさまざまな角度から研究が進められている分野であるが、これらと比較してミラーニューロンとドーパミン神経細胞との関連を探ろうという研究は存在しなかった。本研究で私が示そうとしていることは、模倣と共感がミラーニューロンと報酬系ドーパミン神経細胞との連結によって可能になっているという単純な仮説であったが、世界的にみても新規性と独創性があった。

2. 研究の目的

模倣と共感に共通する知覚運動メカニズムがあるかどうか、そしてあるとすれば、それはどのように作られているのか、という問いに対して、私が提案する仮説は「模倣も共感も、ミラーニューロンと報酬系のドーパミン神経細胞とが密に接続することで生起する」というものであった。このアイデアは模倣についてはヒトを対象としMRIを使った研究で一部整合する結果が示されている。ミラーシステムがある運動前野と報酬系の一部とされるvmPFCとの間に機能的接続があるというものである(Shimada et al, 2016)。これはたいへん興味深い結果であるが、私はより直接にドーパミン神経細胞とミラーニューロンがどのように関連しているのかを知りたいと考えた。このことで、模倣に関わるミラーニューロンと共感に関わるミラーニューロンが共通の基盤を持つのかどうか、また、ミラーニューロンがどのように形成されるのかについて、手がかりを得ることを目指した。

<引用文献>

- de Waal, F. B. (2008). Putting the altruism back into altruism: the evolution of empathy. *Annu. Rev. Psychol.*, 59, 279-300.
- Kilner, J. M., Neal, A., Weiskopf, N., Friston, K. J., & Frith, C. D. (2009). Evidence of mirror neurons in human inferior frontal gyrus. *Journal of Neuroscience*, 29, 10153-10159.
- Prather, J. F., Peters, S., Nowicki, S., & Mooney, R. (2008). Precise auditory-vocal mirroring in neurons for learned vocal communication. *Nature*, 451, 305.
- Prather, J. F., Okanoya, K., & Bolhuis, J. J. (2017). Brains for birds and babies: Neural parallels between birdsong and speech acquisition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 81, 225-237.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive brain research*, 3, 131-141.
- Saito, Y., & Okanoya, K. (2017). Response characteristics of the rat anterior cingulate cortex to ultrasonic communicative vocalizations. *NeuroReport*, 28(9), 479-484.
- Shimada, S., Matsumoto, M., Takahashi, H., Yomogida, Y., & Matsumoto, K. (2016). Coordinated activation of premotor and ventromedial prefrontal cortices during vicarious reward. *Social cognitive and affective neuroscience*, 11(3), 508-515.
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J. P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted

in My insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, 40, 655-664.
佐藤方哉 (1967). “共感”と“模倣”の行動理論的分析. *科学基礎論研究*, 8, 28-36.

3. 研究の方法

模倣については、さえずり（歌）を父親から模倣して獲得する鳴禽類の一種、ジュウシマツを対象とした。共感については、快情動と不快情動に対応して音響学的に明瞭に異なる鳴き声を発するラットを対象とした(Tachibana et al, 2020)。「模倣も共感も、ミラーニューロンと報酬系のドーパミン神経細胞とが密に接続することで生起する」という仮説を検証するため、以下の実験を行った。

(1) 模倣と共感のミラーニューロンの組織化学的同定

鳥類では、歌をうたう行動をした鳥を麻酔して同じ歌を聴かせた。その後、脳を取り出し神経活動によって発現する遺伝子である *Arc* の mRNA 発現を調べた。*Arc* は刺激を受けた直後は神経細胞の核内で、その 20-30 分後は核外、細胞質内で発現する。この現象によればうたうことと聴くこと双方に応答する神経細胞では核内・核外ともに遺伝子発現が見られるはずと仮定した。

ラットを対象とした研究では、情動音声を発している状態と、それらを聞いている状態で、対応する行動が発現することを確認した上で、鳥類と同様な遺伝子発現を利用する手法を試みた(Iizuka et al, 2023)。

(2) ミラーニューロンの電気生理学的同定

ミラーニューロンが存在する部位（模倣では運動前野と大脳基底核、共感では前部帯状回が予想された）からの電気生理計測を行った。鳥類では有線マイクロドライブによる単一細胞記録の手法を確立していたのでこれを利用した(Yanagihara et al, 2021)。ラットでは軽量のワイヤレス装置を頭部に装着し、自由行動下の動物から神経記録が得られるシステムを立ち上げた。

(3) ミラーニューロンと報酬系の関連

ドーパミンなどのカテコラミンの合成に必要なチロシン水酸化酵素の分布を指標として、ミラーニューロンと報酬系の関連を探った。また、ミラーニューロンの生成に関連する部位にドーパミンを注入したり、ドーパミンのアゴニストを注入することで、行動の変化を探ることを計画した。さらに、鳥類でも哺乳類でも共通にドーパミン細胞が密集している中脳の VTA を光ファイバーで観察して、鳥においては歌を聴くときと歌うとき、ラットにおいては情動発声を聴くときと発するときの VTA の活動を観察することを試みた。

なお、ミラーニューロンの選択的損傷による模倣と共感の変容について検討する予定であったが、こちらの研究は基盤研究（S）に引き継ぐこととなった。

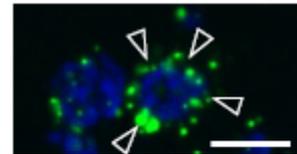
4. 研究成果

「模倣も共感も、ミラーニューロンと報酬系のドーパミン神経細胞とが密に接続することで生起する」という仮説を補強する成果を得ることができた。

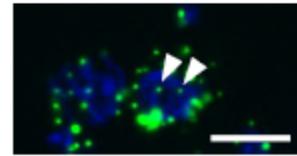
(1) 模倣と共感のミラーニューロンの組織化学的同定

ジュウシマツを使った研究では、最初期遺伝子である *Arc* の発現をもとに、歌をうたった際の遺伝子発現と歌を聴いた際の遺伝子発現を時間的に分離することができた。その結果、従来ミラーニューロンが存在することがすでに示されていた運動前野に加え、歌学習に関与するとされてきた大脳基底核にもミラーニューロンを同定することができた。

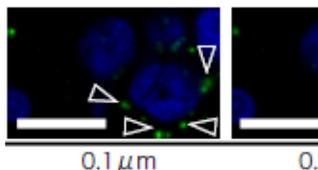
右図は、運動前野における *Arc* 遺伝子発現である。上段の白抜き△は歌をうたったことによる細胞質内発現、下段の△は歌を聴いたことによる核内発現である。同じ神経細胞に異なる深さでフォーカスした写真である。ここにある神経細胞は、知覚と運動のミラーニューロンであるといえる。



0.1 μm

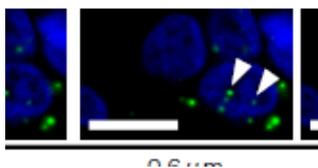


0.5 μm



0.1 μm

0.5 μm

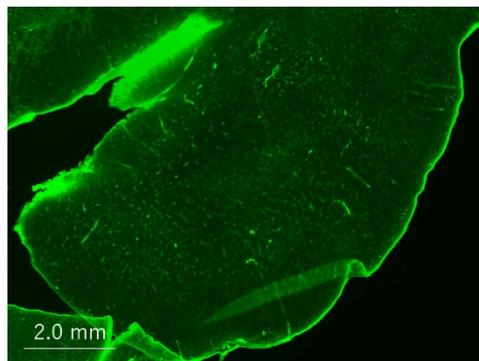


0.1 μm

0.5 μm

左図は、大脳基底核における *Arc* 遺伝子発現である。運動前野同様、上段の白抜き△は歌をうたったことによる細胞質内発現、下段の△は歌を聴いたことによる核内発現である。この図からも、大脳基底核にも知覚と運動のミラーニューロンがあることが明らかである(Iizuka et al, 2022)。

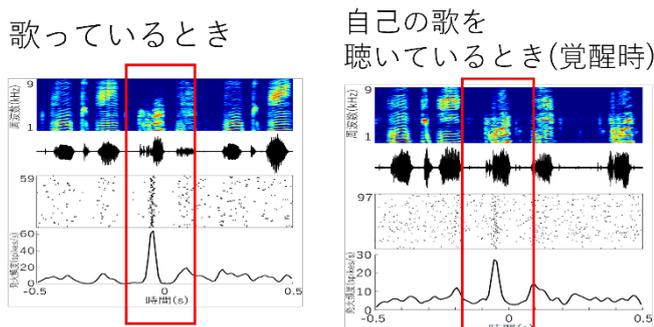
ラットを使った研究では、最初期遺伝子の発現を明瞭にラベルする抗体を入手することができなかった。このため、より一般的な *c-fos* 遺伝子の発現を指標とした研究に変更した。結果、情動伝染に関連する部位として前帯状皮質を同定することができた（緑色の点群）。しかしこの部位がミラー特性を持つかどうかは現時点ではまだ明瞭ではない。なぜならば、この標本は再生した情動音声を聞き続けた個体から得られたもので、この個体が情動音声を発しているかどうかを計測していないからである（右図）。



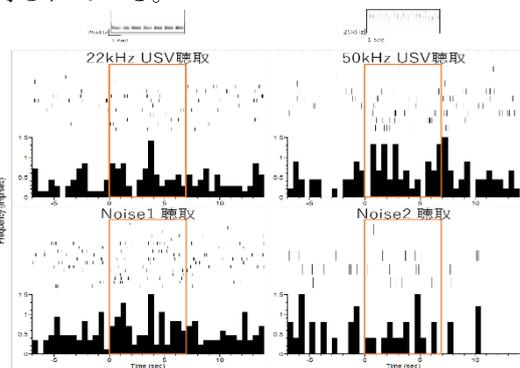
以上まとめると、ジュウシマツの歌模倣のミラーニューロンは運動前野と大脳基底核にあることがわかった。ラットの情動音声に対する共感のミラーニューロンは、前帯状皮質にある可能性が高い。

(2) ミラーニューロンの電気生理学的同定

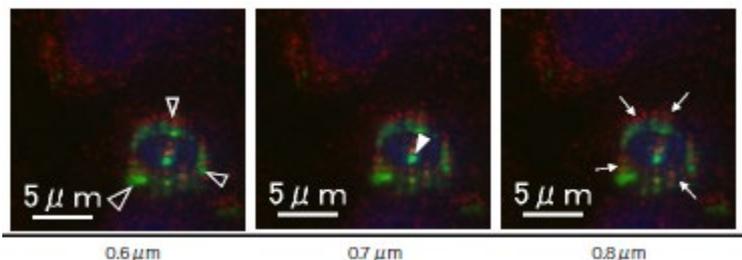
ジュウシマツの大脳基底核にある解剖学的に同定されたミラーニューロンは、生理学的にもミラーニューロンとしての機能を持つであろうか。これを解明するため、大脳基底核に電極を留置したまま、歌をうたった際に活動する神経細胞を保持し、そのまま同じ歌を聴かせる実験を行った。結果、そのような特性を持った神経細胞がいくつか記録された(鈴木ほか, 2022)。その1例を右図に示す。右図左はうたっているときの応答、右図右は聴いているときの応答である。1 段目は歌の周波数 x 時間表示、2 段目は歌の音圧表示、3 段目は神経応答のラスタ表示、4 段目は神経応答のヒストグラム表示である。この神経細胞は、歌の特定の要素について、うたっている際と聴いている際とで同様に応答しており、生理学的なミラーニューロンの基準を満たしている。同様な成果は、運動前からのカルシウムイメージングによる方法でも得られている。



ラットでは、覚醒・自由行動下の共感ミラーニューロンの存在を前帯状皮質で探索した。結果、一部の神経細胞は快情動または不快情動により強く応答することを発見した。右図の最上段は刺激として与えた音声の周波数時間表示、中断は左が不快音声、右が快音声への応答である。下段は、不快音声、快音声モデルを作成したノイズ刺激である。この神経細胞は、不快音声よりは快音声によりよく応答する傾向を持っていた(Koshiishi et al, 2023)。この神経細胞がミラーニューロンであるかどうかを判断するには、情動音声発声時のデータが必要である。



(3) ミラーニューロンと報酬系の関連

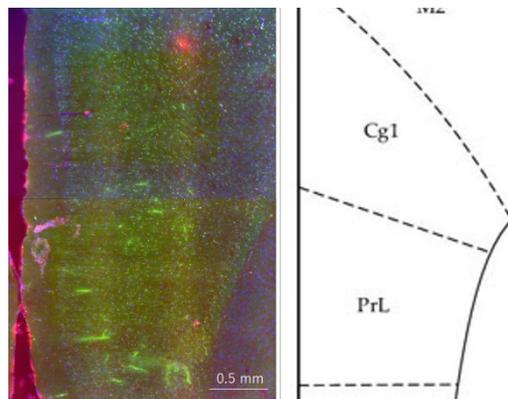


ジュウシマツの大脳基底核では、解剖学的に同定したミラーニューロンの近傍にチロシン水酸化酵素への免疫反応が見られた。左図は大脳基底核に同定されたミラーニューロンで、白抜△はうたったことによる細胞質内遺伝子発現、白埋△は聴いたことによる核内発現、そして矢印はチロシン水酸化酵素への免疫応答である。このことから、ミラーニューロンの周りにはドパミンの放出があることが示唆される。

ラットを対象とした研究でも、ミラーニューロンの候補と考えられる神経細胞がある前帯状皮質を観察すると、*c-fos* の発現とチロシン水酸化酵素の発現が重なっていることがわかった(次ページ図)。このことから、前帯状皮質でもミラーニューロンのドパミンによる強化が働いていることが示唆される。

以上まとめると、ジュウシマツの運動模倣（発声学習）においては運動前野と大脳基底核に聴

覚発声ミラーニューロンがあり、その周りにはドーパミンの放出があることがわかった。ラットの共感についての研究はジュウシマツの結果ほど明瞭ではないが、前帯状皮質にミラーニューロンの性質の一部を持つ神経細胞（緑の点）があること、そしてその周囲にはやはりドーパミンの放出を示唆するチロシン水酸化酵素があることがわかった（白色の点）。最適な抗体が見つかっていないことから、ラットの組織化学の結果はまだ確定したものではない。しかし電気生理学的なデータはより説得力がある。



(4) 全体のまとめ

本研究により、模倣と共感の共通過程として、知覚と運動、刺激と情動反応を結びつけるミラーニューロンがあること、そしてそれがドーパミン系によって調整を受けていることと矛盾しない結果を得ることができた。ドーパミンのアゴニスト、アンタゴニストによって模倣と共感にどのような影響が現れるかを解明するのが次の段階として重要である。

<成果文献>

- Iizuka, T., Mori, C., & Okanoya, K. (2023). 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. *Neuroscience Research*, 192, 56-62
- Iizuka, T., Mori, C. & Okanoya, K. (2022). Song-related auditory-motor neurons in Bengalese finch's basal ganglia: analyses using temporal difference of gene expression. *Joint Conference on Language Evolution*, Kanazawa, Japan.
- Koshiishi, R., Saito, Y. Yanagihara, S. & Okanoya K. (2023). Neural processing of emotional vocalizations in rats: involvement of the dopaminergic system. *International Bioacoustics Conference*, Sapporo, Japan.
- 鈴木祐佳, 柳原真, & 岡ノ谷一夫. (2022). 鳴禽類の脳基底核には聴覚発声ニューロンが存在する. *研究報告音声言語情報処理 (SLP)*, 2022(21), 1-4.
- Tachibana, R. O., Kanno, K., Okabe, S., Kobayasi, K. I., & Okanoya, K. (2020). USVSEG: A robust method for segmentation of ultrasonic vocalizations in rodents. *PloS one*, 15(2), e0228907.
- Yanagihara, S., Ikebuchi, M., Mori, C., Tachibana, R. O., & Okanoya, K. (2021). Neural correlates of vocal initiation in the VTA/SNc of juvenile male zebra finches. *Scientific Reports*, 11(1), 223.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Iizuka Takafumi, Mori Chihiro, Okanoya Kazuo	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 Fujii Tomoko G., Coulter Austin, Lawley Koedi S., Prather Jonathan F., Okanoya Kazuo	4. 巻 13
2. 論文標題 Song Preference in Female and Juvenile Songbirds: Proximate and Ultimate Questions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 876205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2022.876205	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 Fujii Tomoko G., Okanoya Kazuo	4. 巻 17
2. 論文標題 Auditory and sexual preferences for a father's song can co-emerge in female Bengalese finches	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0254302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0254302	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 Furutani Akari, Okanoya Kazuo	4. 巻 21
2. 論文標題 Acoustic Parameters Related to Behavioral Discrimination of Emotional Vocalizations in Java Sparrows	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ornithological Science	6. 最初と最後の頁 177-187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2326/osj.21.177	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 Yanagihara Shin、Ikebuchi Maki、Mori Chihiro、Tachibana Ryosuke O.、Okanoya Kazuo	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 Umemoto Sachio、Yanagihara Shin、Okanoya Kazuo	4. 巻 181
2. 論文標題 Durations of preparatory motor activity in the avian basal ganglia for songs and calls in a species of songbirds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 66 ~ 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2022.03.008	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 -

1. 著者名 Caspani Giorgia、Fujii Tomoko G.、Mizuhara Tomoko、Gilman R. Tucker、Okanoya Kazuo	4. 巻 19
2. 論文標題 Biased Learning of Sexual Signals by Female Bengalese Finches	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ornithological Science	6. 最初と最後の頁 3 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2326/osj.19.3	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 During Daniel N.、Dittrich Falk、Rocha Mariana D.、Tachibana Ryosuke O.、Mori Chihiro、Okanoya Kazuo、Boehringer Roman、Ehret Benjamin、Grewe Benjamin F.、Gerber Stefan、Ma Shouwen、Rauch Melanie、Paterna Jean-Charles、Kasper Robert、Gahr Manfred、Hahnloser Richard H.R.	4. 巻 33
2. 論文標題 Fast Retrograde Access to Projection Neuron Circuits Underlying Vocal Learning in Songbirds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 108364 ~ 108364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2020.108364	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 Ikebuchi Maki, Okanoya Kazuo, Bischof Hans-Joachim	4. 巻 37
2. 論文標題 Different Reactions of Zebra Finches and Bengalese Finches to a Three-Component Mixture of Anesthetics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Zoological Science	6. 最初と最後の頁 159 ~ 167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2108/zs190055	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 Kagawa Hiroko, Kato Yoko, Suzuki Kenta, Kato Masaki, Okanoya Kazuo	4. 巻 395
2. 論文標題 Variation in auditory neural activation in response to strain-specific songs in wild and domesticated female Bengalese finches	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Behavioural Brain Research	6. 最初と最後の頁 112840 ~ 112840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbr.2020.112840	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 Koumura Takuya, Okanoya Kazuo	4. 巻 29
2. 論文標題 Distributed representation of discrete sequential vocalization in the Bengalese finch (<i>Lonchura striata</i> var. <i>domestica</i>)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bioacoustics	6. 最初と最後の頁 356 ~ 373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09524622.2019.1607558	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 Mizuhara Tomoko, Okanoya Kazuo	4. 巻 174
2. 論文標題 Do songbirds hear songs syllable by syllable?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Behavioural Processes	6. 最初と最後の頁 104089 ~ 104089
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.beproc.2020.104089	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 Tachibana Ryosuke O., Kanno Kouta, Okabe Shota, Kobayashi Kohta I., Okanoya Kazuo	4. 巻 15
2. 論文標題 USVSEG: A robust method for segmentation of ultrasonic vocalizations in rodents	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0228907	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 Takahasi Miki, Okanoya Kazuo, Mazuka Reiko	4. 巻 6
2. 論文標題 How vocal temporal parameters develop: a comparative study between humans and songbirds, two distantly related vocal learners	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Language Evolution	6. 最初と最後の頁 26 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jole/lzaa008	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 Yanagihara Shin, Ikebuchi Maki, Mori Chihiro, Tachibana Ryosuke O., Okanoya Kazuo	4. 巻 14
2. 論文標題 Arousal State-Dependent Alterations in Neural Activity in the Zebra Finch VTA/SNc	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroscience	6. 最初と最後の頁 897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnins.2020.00897	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24件 (うち招待講演 3件/うち国際学会 9件)

1. 発表者名 鈴木祐佳、柳原真、岡ノ谷一夫
2. 発表標題 鳴禽類の脳基底核には聴覚発声ニューロンが存在する
3. 学会等名 音声言語情報処理研究会・音声研究会・音楽情報科学研究会「音楽シンポジウム2022」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木祐佳、柳原真、岡ノ谷一夫
2. 発表標題 ジュウシマツの脳基底核における聴覚発声ニューロン
3. 学会等名 第45回日本神経科学大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木祐佳、柳原真、岡ノ谷一夫
2. 発表標題 ジュウシマツの脳基底核には聴覚発声ミラーニューロンが存在する
3. 学会等名 第46回鳥類内分泌研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Suzuki Yuka, Yanagihara Shin, Okanoya Kazuo
2. 発表標題 Audio-vocal mirror neuron in the songbird basal ganglia
3. 学会等名 Joint Conference on Language Evolution (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Umemoto Sachio, Yanagihara Shin, Okanoya Kazuo
2. 発表標題 Initiating learned vocalization is preceded by long ramping in neural activity in basal ganglia in a species of songbird
3. 学会等名 Joint Conference on Language Evolution (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yanagihara Shin、Ikebuchi Maki、Mori Chihiro、Tachibana Ryosuke、Okanoya Kazuo
2. 発表標題 Role of midbrain dopaminergic system in social enhancement of vocal learning in songbird
3. 学会等名 Joint Conference on Language Evolution (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Okanoya Kazuo
2. 発表標題 Song complexity and auditory perception in Bengalese finches
3. 学会等名 International Ornithological Congress 2022 (28th IOC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Okanoya Kazuo
2. 発表標題 The other-origin theory of mind
3. 学会等名 Workshop on Life Mind Continuity (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Minamii Marika、Saito Yumi、Okanoya Kazuo
2. 発表標題 Effect of Environmental Richness on Responsiveness of Rats to Species-Specific Emotional Calls
3. 学会等名 Joint Conference on Language Evolution (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Iizuka Takafumi, Mori Chihiro, Okanoya Kazuo
2. 発表標題 Song-related auditory-motor neurons in Bengalese finch's basal ganglia: analyses using temporal difference of gene expression
3. 学会等名 Joint Conference on Language Evolution (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡ノ谷一夫
2. 発表標題 鳥類の聴覚と発声
3. 学会等名 電子情報通信学会 (音声言語情報処理研究会・音声研究会・音楽情報科学研究会「音楽シンポジウム2022」) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡ノ谷一夫
2. 発表標題 コミュニケーション行動から探る動物の心
3. 学会等名 NTT コミュニケーション科学基礎研究所 オープンハウス2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Okanoya Kazuo
2. 発表標題 What Can We Learn from Bird Songs and Rat Tweets?
3. 学会等名 Joint Conference on Language Evolution (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yanagihara Shin、Ikebuchi Maki、Mori Chihiro、Tachibana Ryosuke O.、Okanoya Kazuo
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、池淵万季、岡ノ谷一夫、柳原真
2. 発表標題 鳴禽を対象とした社会的報酬による発声オペラント条件づけ
3. 学会等名 日本音響学会聴覚研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tachibana Ryosuke O.、Ikebuchi Maki、Okanoya Kazuo、Yanagihara Shin
2. 発表標題 Operant control of songbird's vocal production with social reward
3. 学会等名 日本動物心理学会第81回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橘亮輔・池淵万季・岡ノ谷一夫・柳原真
2. 発表標題 Operant conditioning of songbird's vocalization with social reward
3. 学会等名 日本動物心理学会第80回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井朋子・池淵万季・岡ノ谷一夫
2. 発表標題 Sexual imprinting on father's song in female Bengalese finches
3. 学会等名 日本動物心理学会第80回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 外谷弦太・結城笙子・岡ノ谷一夫
2. 発表標題 A computational modeling of metacognition in rats
3. 学会等名 日本動物心理学会第80回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 勝野史子・岡ノ谷一夫
2. 発表標題 Examination of action co-representation during joint task in rats
3. 学会等名 日本動物心理学会第80回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wei Chen・岡ノ谷一夫
2. 発表標題 How Bengalese finches discriminate conspecific faces in various angles
3. 学会等名 日本動物心理学会第80回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上條禎子・岡ノ谷一夫
2. 発表標題 Do rats recognize identical relation of visual stimuli?
3. 学会等名 日本動物心理学会第80回大会
4. 発表年 2020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 鳴禽類の発声開始に関わる中脳腹側被蓋野・黒質の神経活動
3. 学会等名 第44回鳥類内分泌研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井朋子・池淵万季・岡ノ谷一夫
2. 発表標題 ジュウシマツのメスにおける父親歌への性的刷り込み
3. 学会等名 第44回鳥類内分泌研究会
4. 発表年 2020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	池淵 万季 (Ikebuchi Maki) (20398994)	国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・ 研究員 (82401)	

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	橋 亮輔 (Tachibana Ryosuke) (50610929)	東京大学・大学院総合文化研究科・特任准教授 (12601)	
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)	

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1件

国際研究集会 Joint Conference on Language Evolution	開催年 2022年～2022年
--	--------------------

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