

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25291071

研究課題名(和文)採餌行動の脳内機構：多元的価値に基づく意思決定に関する研究

研究課題名(英文)Brain Mechanisms of Foraging Behavior: Studies on Decision-making based on Multiple Values

研究代表者

松島 俊也 (Matsushima, Toshiya)

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：40190459

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：ふ化直後のヒヨコを用いて神経経済学的研究を行った。これまでに競争的な環境で採餌をさせると選択衝動性が著しく亢進することを見出してきた。本研究では大脳線条体と扁桃体相同領域に着目して、意思決定が報酬量・近さ・コスト・リスク・公共情報等多様な価値によってどのように決まるか、を実験的に調べ、次の結果を得た。(1)競争の下では手がかり刺激から報酬量を想起するシステムが抑制を受ける、(2)競争下ではより多くのエフォートを払うが、これは中脳の報酬系(ドーパミン系)ではなく情動系(扁桃体)によって担われている、(3)餌量のリスクと競争が共にある場合に衝動性が亢進する、(4)競争の結果餌の情報は共有される。

研究成果の概要(英文)：Neuroeconomical studies were performed using newly hatched domestic chicks. We have so far found that competition makes chicks impulsive. In this study, by focusing on basal ganglia and amygdala-homologous area, we analyzed how the multiple values (such as amount, proximity, cost, risk and public information) could determines decisions. As the results, we found (1) competition suppresses the neural representation of reward by associated visual cues, (2) chicks pay more effort under competition (social facilitation), which was not mediated by reward system (dopaminergic neurons) but by emotion system (limbic amygdala), (3) risk meets competition to yield choice impulsiveness, and (4) competition leads to formation of publicly shared information about the food resource, thus giving rise to optimal foraging of the group.

研究分野：神経行動学

キーワード：最適性 意思決定 社会的採餌行動 衝動性 労働投資 大脳基底核 扁桃体 集合知

1. 研究開始当初の背景

(1) 神経経済学における先行研究：2000年ころより行動経済学と神経経済学が急速な進展を見せた。端緒の一つは D. Kahneman (2002年ノーベル経済学賞受賞者)に代表される行動経済学である。ミクロ経済学と心理学の統合によって、人間の経済行動の素子の過程を実験室内で解析的に調べることが可能になった。もう一つの重要な端緒はヒト脳の非侵襲的イメージング解析法の開発と、主にマカク猿を用いたシステム神経科学の展開である。大脳の前頭葉、頭頂葉、そして大脳基底核の解析によって、報酬の主観的価値の細胞表現、対象や行為の選択に関わる神経機構が明らかになった。

(2) 動物行動学における先行研究：餌をめぐる意思決定の課題について、最適性の観点からの確に課題を提起し解析を重ねてきたもう一つの分野は、動物行動学である。1960年代以来昆虫や鳥類の採餌生態に関する知見を蓄え、それを基盤として1970年代には理論面で大きな発展を遂げた。昆虫学者でもあった Eric L. Charnov の寄与は極めて大きい。彼は野外における餌資源が著しく不均一に分布すること、また採餌者が餌資源に関してごく限定的な知識しか持ち得ないことを意識し、その限定の下で最適な行為を検討した。その成果は最適採餌理論と呼ばれ、その後の社会採餌理論と合わせて動物行動学・行動生態学の基礎理論とみなされるに至った。

(3) 我々の研究室における先行研究：1995年以來我々の研究室はヒヨコ(初生雛)を対象として、刻印付け(インプリンティング)や強化学習、そして経済的意思決定の神経機構を解析してきた。特に、大脳基底核(側坐核とその近傍の内側線条体)の機能解析が端緒となった。基底核ニューロンが実報酬のみならず、報酬と結びついた手がかり刺激にも強く反応すること(Yanagihara et al. 2001)その局所破壊が選択衝動性を亢進すること(Izawa et al. 2003)さらに側坐核に投射する大脳弓外套が餌を処理するために投資すべきコストの計算に関わること(Aoki et al. 2006)等が明らかになった。報酬となる「餌の量」「処理時間と近さ」「処理にかかる労働コスト」、これら3つの要因はヒヨコの脳内の異なる部位で独立に処理され、実験的に分離可能であることが判明した。さらに、リスク感受性の詳細な検討によって、「量の変動」と「近さの変動」が分離されること(Kawamori & Matsushima 2000)、競争的他者を視覚的に認めることに依って選択衝動性が亢進すること(Amita et al. 2010, 2011)、同時に労働投資量が著しく社会的促進を受ける事(Ogura et al. 2011)、同種他個体の生物的運動に対する選好性が刷り込みと同様の過程を経て孵化後速やかに発達を遂げる事(Miura & Matsushima 2012)などが明らかになった。こ

の一連の成果については既に総説として Matsushima et al. (2008) に整理した。

2. 研究の目的

2013年度より始まる本研究ではこれまでに得られた知見を総合的に俯瞰し、競争採餌による衝動的選択や社会的促進、そして同種他個体の視認知に関わる脳部位を特定することを具体的な目的と定めた。経済的意思決定は社会的諸関係の中に埋め込まれている、という判断に基づく。その具体的な座位として、基底核に投射する大脳弓外套(哺乳類の辺縁系皮質、扁桃核に機能的に相似な神経核)に着目し、その機能解析を行う。さらに、基底核と中脳被蓋の相互の神経投射に着目して、強化学習における時間差信号計算の機構についても検討する。

3. 研究の方法

古典的な神経科学の手法、すなわち神経解剖学、神経生理学、そして定量的な行動研究を総合的に活用する。価値の多元性をかいせきするために異時点間選択課題を用い、また報酬量と労働コストを分離するために二つの給餌器を備えたI型迷路におけるシャトル課題を開発した。領域間の神経連絡に着目して局所破壊を施し、また課題遂行中の自由行動下で単一ニューロン活動を導出することに依って、各領域の機能と情報表現を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 競争採餌は参照記憶に基づく報酬予期の細胞表現を弱化する(Amita & Matsushima 2014)。擬似的な競争条件を設けることで、実際の餌報酬に競争なく、オペラント行動の潜時短縮を起こすことができる。報酬と連合した手がかり刺激に対する大脳基底核のニューロン応答が、競争者の存在によって弱化的ことが判明した。他方、遅延期の予期報酬表現、また実報酬に対する神経活動には影響がない。

(2) 実報酬の変動がなければ選択衝動性は亢進しない(Mizuyama & Matsushima 2016)。自然な局面では餌をめぐる競争は、競争的な他者を視覚的に知覚するだけではなく、得られる餌が毎回大きく変動する、リスクの経験を強いられる。実験下においても同様に、リスク経験のみ、あるいは競争的他者の知覚だけでは選択衝動性の亢進は起こらない。両者を同時に経験することによって、ヒヨコは初めて選択衝動性を高めることが判明した。リスクを伴う選択肢だけではなく、その場で入手可能なすべての選択肢の時間割り引きが強化されることから、割引率が個々の選択肢から独立した変数として機能することに、実験的な根拠を与えた。

(3) 社会的促進は中脳被蓋のドーパミン系

ではなく大脳弓外套によって担われている (Ogura et al. 2015, Xin et al 2017a)。従来社会的促進は行動の「ドライブ」を高めることに依って生じるものと考えられてきた。そこで中脳被蓋のドーパミン起始核を損傷したところ促進は確かに抑えられた。しかし、ドーパミンニューロンのみを選択的に破壊したところ、その効果は消失したことから、ドーパミン・ドライブ仮説を放棄するに至った。中脳被蓋に投射する下行路を詳細に検討したところ、大脳弓外套の関与が疑われるに至った。確かに弓外套の局所破壊は社会的促進を減弱することが分かったが、効果は非選択的で労働投資全般に減弱を生じる傾向があった。そこでさらに弓外套から出力する線維連絡を解剖学的に検討したところ、弓外套外側部は内側部と異なり、一連の辺縁系諸核 (海馬、中隔、IMM 核、視床下部等) へ強く投射していることが判明した。この外側部を局所破壊したところ、ほぼ選択的に社会的促進のみを抑制することができた。

(4) 中脳被蓋のドーパミン作動性ニューロンおよびその近傍ニューロンの時間差表現は、大脳基底核 (内側線条体) から下降する報酬表現、報酬予期表現の線型和によって計算されている (Wen & Matsushima 2016)。 遅延報酬によって強化されたオペラント行動は、報酬を消去すると徐々に消失に向かう。この過程で、基底核における実報酬表現は直ちに消失するのに対し、参照記憶に基づく手がかり期の報酬予期表現はゆっくりと消失する。他方、中脳被蓋核 (黒質緻密部と網様部) のニューロンの一部は価値の時間差を表現すること、これらも報酬消去に伴ってゆっくりと活動を減弱することが分かった。基底核 (内側線条体) は中脳被蓋核に投射するが、前者の単純な活動の総和は、後者の活動の変化をかなり良く説明することが判明した。時間差学習 (temporal difference、TD-learning) の全体像はまだ明らかになっていないが、少なくとも単純線型和によって、TD 信号が算出されている可能性が示唆された。

(5) 生物的运动は刷り込み学習を促進する (Miura & Matsushima 2016, Takemura et al. 2018)。 ヨハンソンの生物的运动 (biological motion, BM) に対する選好性は、ふ化後に運動する物体の視覚刺激に曝されるだけで、非特異的に誘導される。BM 性の刺激に曝されることに依って BM 選好性が学習されるのではない (Miura & Matsushima 2012)。一連の行動研究の結果、一度誘導された BM 選好性は、本来の母鳥に対する選択的刷り込みを強化することが分かった。誘導された BM 選好性の強さは、脳内の甲状腺ホルモン変換酵素 (Dio2) の発現量と有意な正の相関を示すことから、BM 選好性の誘導は刷り込みのごく初期から社会関係の形成に必須な要因となっていることが結論された。

(6) 競争採餌は労働投資量の促進と引き換えに対応則を改善し、餌場に関する公共情報による集合知を実現する (Xin et al. 2017b)。 競争採餌は労働投資量の著しい亢進をもたらす、一見不合理な行動特性である。給餌率に対する最適な滞在時間配分が、競争的採餌の下で改善されるか、あるいは劣化するか、検討した。その結果、2羽のヒヨコは1羽単独で採餌する場合に比べて、より正確な対応則を示す事、また餌場の価値に関する長期記憶を参照記憶として形成しやすくなることが判明した。コストと引き換えに、餌場に関する正確な情報が共有され、結果として個体の採餌行動は最適化される。

以上の結果から、自然な物理的・社会的環境に対し、ヒヨコが合理的行為 (生態的・外的蓋然性を備えた行為バイアス) を速やかに築いていくことが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件 内 14 件は査読のある国際専門誌に掲載)

1. Matsushima, T., Amita, H., Ogura, Y. (2018) Ecological bases of impulsive choice: consequences of the profitability rule and the producer-scronger game in chicks. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics* (under revision) (査読あり)
2. Yamaguchi, S., Aoki, N., Matsushima, T., Homma, K.-J. (2018) Wnt-2b in the intermediate hyperpallium apicale of the telencephalon is critical for the thyroid hormone-mediated opening of the sensitive period for filial imprinting in domestic chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Hormone and Behavior* 102: 120-128 (doi: 10.1016/j.yhbeh.2018.05.011) (査読あり)
3. Takemura, Y., Yamaguchi, S., Aoki, N., Miura M., Homma, K.-J., Matsushima, T. (2018) Gene expression of Dio2 (thyroid hormone converting enzyme) in telencephalon is linked with predisposed biological motion preference in domestic chicks. *Behavioural Brain Research* 349: 25-30 (doi: 10.1016/j.bbr.2018.04.039) (査読あり)
4. Xin, Q., Ogura, Y., Uno, L., Matsushima, T. (2017) Selective contribution of the telencephalic arcopallium to the social facilitation of foraging efforts in the domestic chicks. *European Journal of Neuroscience* 45: 365-380 (doi:10.1111/ejn.13475) (査読あり)
5. Yamaguchi, S., Hayase, S., Aoki, N., Takehara, A., Ishigohoka, J., Matsushima, T., Wada, K., Homma, K.-J. (2017) Sex differences in brain thyroid hormone levels during early

- post-hatching development in zebra finch (*Taeniopygia guttata*). *Plos One* 12: e0169643 (doi: 10.1371/journal.pone.0169643) (査読あり)
6. Xin, Q., Ogura, Y., Matsushima, T. (2017) Four eyes match better than two: Sharing of precise patch-use time among socially foraging domestic chicks. *Behavioural Processes* 140: 127-132 (doi: 10.1016/j.beproc.2017.04.020) (査読あり)
 7. Yamaguchi, S., Aoki, N., Takehara, A., Mori, M., Kanai, A., Matsushima, T., Homma, K.-J. (2016) Involvement of nucleotide diphosphate kinase 2 in the reopening of the sensitive period of filial imprinting. *Neuroscience Letters* 612: 32-37 (doi: 10.1016/j.neulet.2015.12.004) (査読あり)
 8. Miura, M., Matsushima, T. (2016) Biological motion facilitates imprinting. *Animal Behaviour* 116: 171-180 (doi: 10.1016/j.anbehav.2016.03.025) (査読あり)
 9. Mizuyama, R., Uno, L., Matsushima, T. (2016) Food variance and temporal discounting in socially foraging chicks. *Animal Behaviour* 120: 143-151 (doi: 10.1016/j.anbehav.2016.07.032) (査読あり)
 10. Wen, C., Ogura, Y., Matsushima, T. (2016) Striatal and tegmental neurons code critical signals for temporal-difference learning of state value in domestic chicks. *Frontiers in Neuroscience (Decision Neuroscience)* 10: article 476 (doi: 10.3389/fnins.2016.00476) (査読あり)
 11. 松島俊也, 「ヒヨコの経済学 気が短いにもわけがある」, *ネクストコム (Nextcom, KDDI 総研)* 25 巻 50-51 頁 (2016) (査読なし)
 12. Aoki, N., Yamaguchi, S., Kitajima, T., Takehara, A., Katagiri-Nakagawa, S., Matsui, R., Watanabe, D., Matsushima, T., Homma, K.-J., (2015) Critical role of the neural pathway from the intermediate medial mesopallium to the intermediate hyperpallium apicale in filial imprinting of domestic chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Neuroscience* 308: 115-124 (doi: 10.1016/j.neuroscience.2015.09.014) (査読あり)
 13. Tsutsui-Kimura, I., Ohmura, Y., Izumi, T., Matsushima, T., Amita, H., Yoshida, T., Yoshioka, M. (2015) Neuronal codes for the inhibitory control of impulsive actions in the rat infralimbic cortex. *Behavioral Brain Research* 296: 361-372 (doi:10.1016/j.bbr.2015.08.025) (査読あり)
 14. Ogura, Y., Izumi, T., Yoshioka, M., Matsushima, T. (2015) Dissociation of the neural substrates of foraging effort and its social facilitation in the domestic chick. *Behavioral Brain Research* 294: 162-176 (doi: 10.1016/j.bbr.2015.07.052) (査読あり)
 15. 川森愛・松島俊也, 「リスク感受性の生態学 不確実な世界において適応的な意思決定とはなにか」 *臨床神経科学 Clinical Neuroscience* (中外医薬社) 32 巻 1 号 25-29 頁 (2014) (査読なし)
 16. Amita, H., Matsushima T. (2014) Competitor suppresses neuronal representation of food reward in the nucleus accumbens / medial striatum of domestic chicks. *Behavioral Brain Research* 268: 139-149 (doi: 10.1016/j.bbr.2014.04.004) (査読あり)
- [学会発表] (計 50 件)
- 1 Matsushima T. (oral presentation, invited speaker) Chicks meet economics: ecological rationale behind economical irrationality. In: Joint Workshop "Neural bases of emotion and social interactions in mammals and birds", 27 March 2018, Zhejiang University (School of Medicine), Hangzhou, P.R.China.
 - 2 Matsushima T., Xin Q., Fujikawa Y., Ogura Y. (oral presentation at Nano-symposium on emotion) Distinct processing of the effort cost and the food-patch information in socially foraging domestic chicks. In: SfN2017 (47nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience), 11-15 November 2017, Walter E. Washington Convention Center, Washington DC, USA.
 - 3 松島俊也 (口頭発表、招待講演) 社会性の帰結 科学研究費補助金・基盤研究 (S) 「集合行動の認知・神経・生態学的基盤の解明」 (代表: 亀田達也、東京大学人文社会学研究科) ワークショップ、2017年9月23日、久留米ビジネスプラザ、久留米市。
 - 4 三浦桃子・西大介・松島俊也 (ポスター発表) ヒヨコは生物的運動に選択的に刷り込まれるか? 行動 2017 (日本動物行動学会第 36 回大会・日本動物心理学会第 77 回大会、他 4 学会合同大会) 2017 年 8 月 30 - 9 月 1 日、東京大学駒場キャンパス、東京都。
 - 5 Xin Q., Ogura Y., Matsushima T. (ポスター発表) Precise matching of patch-use time shared among socially foraging domestic chicks 行動 2017 (日本動物行動学会第 36 回大会・日本動物心理学会第 77 回大会、他 4 学会合同大会) 2017 年 8 月 30 - 9 月 1 日、東京大学駒場キャンパス、東京都。
 - 6 竹村友里・山口真二・青木直哉・本間光一・松島俊也 (口頭発表) 刷り込みの初期過程 甲状腺ホルモン (T3) と生物的運動 (Biological motion) 日本動物学会北海道支部大会 (第 88 回大会) 2017 年 8 月 26 日、北海道大学、札幌市。
 - 7 Matsushima T. (oral, invited speaker in an international symposium) What is rational for animals? In: The 17th Winter Workshop on the Mechanisms of Brain and Mind, 11-13 January, 2017, ルスツリゾート、留寿都。
 - 8 Nishi D., Matsushima T. (ポスター発表) Effects of imprinting using point-light animations of biological motion on the visual preference in domestic chicks. 第 76 回日本動物心理学会、2016 年 11 月 23 - 25 日、北海道大学、札幌市。
 - 9 Wen C., Matsushima T. (ポスター発表) Striatal and tegmental neurons code critical signals for temporal-difference learning in domestic chicks. 第

- 76 回日本動物心理学会、2016年11月23 - 25日、北海道大学、札幌市。
- 10 Xin Q., Ogura Y., Matsushima T. (ポスター発表) Selective contribution of the telencephalic arcopallium to the social facilitation of foraging efforts in the domestic chicks. 第76回日本動物心理学会、2016年11月23 - 25日、北海道大学、札幌市。
- 11 Saheki Y., Yamguchi S., Homma K-J., Matsushima T. (ポスター発表) Effects of thyroid hormone on the synaptic transmission in the pallium of domestic chicks. 第76回日本動物心理学会、2016年11月23 - 25日、北海道大学、札幌市。
- 12 Uno L., Matsushima T. (ポスター発表) Arcopallium and operant peck latency in domestic chicks. 第76回日本動物心理学会、2016年11月23 - 25日、北海道大学、札幌市。
- 13 宇野礼於・松島俊也(口頭発表)ニワトリ雛の弓外套は競争を知覚するために必要だろうか? 日本動物学会北海道支部大会(第87回大会) 2016年8月27日、旭川医科大学、旭川市。
- 14 西大介・松島俊也(口頭発表)ニワトリ雛の刷り込みにとってバイオリジカルモーションは本当に必要だろうか? 日本動物学会北海道支部大会(第87回大会) 2016年8月27日、旭川医科大学、旭川市。
- 15 佐伯百合子・松島俊也(口頭発表)ニワトリ雛の脳皮質の何に甲状腺ホルモンは作用するのか? 日本動物学会北海道支部大会(第87回大会) 2016年8月27日、旭川医科大学、旭川市。
- 16 Aoki N., Yamaguchi S., Saeki Y., Takehara A., Matsushima T., Homma K-J. (ポスター発表) Functional switch between GABA-A and GABA-B receptor determines the sensitive period for filial imprinting in domestic chicks. 日本神経科学会、2016年7月20 - 22日、パシフィコ横浜、横浜市。
- 17 Matsushima T. (oral, invited speaker in an international symposium) Socio-economics of locomotion: interplay of biological motion, imprinting and foraging decision in the domestic chick. In: International Symposium on the Neurobiology of Locomotion, 9-10 June, 2016, George Washington University, Washington DC, USA.
- 18 松島俊也(口頭発表、シンポジウム) Profitability and its social modulation: neuro-economics in domestic chicks. In: CompBiol2015 (第40回日本比較内分泌学会大会・第37回日本比較生理生化学大会・合同大会) 2015年12月11 - 13日、JMS 明日テーブルプラザ(広島) 広島市。
- 19 宇野礼於・水山亮・松島俊也(ポスター発表) Risk meets competition to yield impulsive choices in domestic chicks. In: CompBiol2015 (第40回日本比較内分泌学会大会・第37回日本比較生理生化学大会・合同大会) 2015年12月11 - 13日、JMS 明日テーブルプラザ(広島) 広島市。
- 20 佐伯百合子・山口真二・青木直哉・本間光一・松島俊也(ポスター発表) Effects of thyroid hormone on synaptic transmission in the pallium of domestic chicks. In: CompBiol2015 (第40回日本比較内分泌学会大会・第37回日本比較生理生化学大会・合同大会) 2015年12月11 - 13日、JMS 明日テーブルプラザ(広島) 広島市。
- 21 川森愛・中村光宏・松島俊也(ポスター発表) Effects of thyroid hormone on synaptic transmission in the pallium of domestic chicks. In: CompBiol2015 (第40回日本比較内分泌学会大会・第37回日本比較生理生化学大会・合同大会) 2015年12月11 - 13日、JMS 明日テーブルプラザ(広島) 広島市。
- 22 Wen C., Matsushima T. (poster presentation) Computation of reward prediction error by projections from medial striatum to midbrain dopaminergic neurons in domestic chicks. In: SfN2015 (45nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience), 17-21 November 2015, Chicago, USA.
- 23 XIN Q., Matsushima T. (poster presentation) Social facilitation of foraging effort in domestic chicks: functional contribution of the descending pathway from arcopallium to midbrain tegmentum. In: SfN2015 (45nd Annual Meeting of the Society for Neuroscience), 17-21 November 2015, Chicago, USA.
- 24 XIN Q., Matsushima T. (oral presentation) Social facilitation and synchronization in group foraging domestic chicks. In: SWARM2015 (The First International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics), 28-30 October 2015, Kyoto University, Kyoto, Japan.
- 25 三浦桃子・松島俊也(口頭発表)インプリンティングを促進する光点動画の運動要素の分析、日本動物学会(第86回大会) 2015年9月17 - 19日、朱鷺メッセ・コンベンションセンター、新潟市。
- 26 XIN Q., 小倉有紀子・松島俊也(口頭発表)ヒヨコの社会採餌:皮質下行路と視覚的注意の関与、日本動物学会(第86回大会) 2015年9月17 - 19日、朱鷺メッセ・コンベンションセンター、新潟市。
- 27 水山亮・松島俊也(口頭発表)報酬のリスクは衝動性をもたらす、日本動物学会(第86回大会) 2015年9月17 - 19日、朱鷺メッセ・コンベンションセンター、新潟市。
- 28 渡邊綱介・松島俊也(口頭発表)ブンチョウのリスク感受性に影響を与える社会的要因の検討、日本動物学会(第86回大会) 2015年9月17 - 19日、朱鷺メッセ・コンベンションセンター、新潟市。
- 29 Matsushima T., Miura M., Xin Q., Ogura Y. (oral presentation) Socio-economics in domestic chicks: interplays among biological motion, imprinting, and social facilitation. 日本動物心理学会(第75回大会) 2015年9月10 - 12日、日本女子大学、東京都。
- 30 XIN Q., Matsushima T. (口頭発表) Functional contribution of arcopallium in social facilitation of foraging effort in domestic chicks (*Gallus domesticus*)、日本動物学会北海道支部大会(第86回大会) 2015年8月22日、北海道大学、札幌市。
- 31 Ogura Y., Xin Q., Matsushima T. (poster presentation) Foraging effort and its social facilitation in the domestic chick: double dissociation of medial striatum and substantia nigra. In: SfN2014 (44th Annual Meeting of the Society for Neuroscience), 15-19 November 2014, Washington DC, USA.
- 32 渡邊綱介・松島俊也(ポスター発表)ブンチョウのリスク感受性と社会的順位、日本動物行動学会(第33回大会) 2014年11月1 - 3日、長崎大学、長崎市。
- 33 三浦桃子・松島俊也(ポスター発表)バイオリジカル・モーションは刷り込みを促進する、日本動物行動学会(第33回大会) 2014年11月1 - 3日、長崎大学、長崎市。
- 34 小倉由紀子・松島俊也(口頭発表)社会的促進の神経基盤は採餌エフォートの決定系から二重分離される、日本神経科学会(第37回大会)、2014年9月12日、パシフィコ横浜、横浜市。
- 35 小倉由紀子・松島俊也(口頭発表)中脳ドーパミン起始核の機能的当主: 枯渇剤投与による解剖学的検討、日本動物学会(第85回大会) 2014

- 年 9 月 11 日、東北大学、仙台。
- 36 三浦桃子・松島俊也 (口頭発表) 雌鶏の光点動画はヒヨコの幼若期刻印づけを促進する、日本動物学会 (第 85 回大会)、2014 年 9 月 11 日、東北大学、仙台。
- 37 辛秋紅・松島俊也 (口頭発表) 対になったヒヨコは固執行動を示す: 採餌戦略と記憶想起に対する社会的影響、日本動物学会 (第 85 回大会)、2014 年 9 月 11 日、東北大学、仙台。
- 38 Miura M., Matsushima T. (poster presentation) Visual exposure to non-specific point-light animation induces a predisposition for biological motion in domestic chicks. In: IOC2014 (International Ornithological Congress 2014), 18-24 August 2014, Tokyo, Japan.
- 39 Amita H, Mizuyama R, Uno R, Matsushima T. (poster presentation) Competition meets risk to yield impulsiveness: suppressed representation of food reward in ventral striatum of domestic chicks. In: 2014ICN/JSCPB (11th International Congress of Neuroethology / 36th Annual Meeting of the Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry), 28 July - 1 August 2014, Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan.
- 40 Ogura Y, Matsushima T. (poster presentation) Involvement of substantia nigra but not the dopaminergic neurons in social facilitation of foraging efforts in domestic chicks. In: 2014ICN/JSCPB (11th International Congress of Neuroethology / 36th Annual Meeting of the Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry), 28 July - 1 August 2014, Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan.
- 41 Miura M, Matsushima T. (poster presentation) Chicks are imprinted to point-light animation stronger than color plate. In: 2014ICN/JSCPB (11th International Congress of Neuroethology / 36th Annual Meeting of the Japanese Society for Comparative Physiology and Biochemistry), 28 July - 1 August 2014, Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan.
- 42 Ogura Y, Matsushima T. (poster presentation) Medial striatum is critical for keeping foraging effort, but not for social facilitation. In: SfN2013 (43rd Annual Meeting of the Society for Neuroscience), 9-13 November 2013, San Diego, USA.
- 43 Wen C., Matsushima T. (poster presentation) Neuronal activities in the medial striatum of domestic chicks in the reward period may code the expectation of reward to calculate the prediction error. In: SfN2013 (43rd Annual Meeting of the Society for Neuroscience), 9-13 November 2013, San Diego, USA.
- 44 Amita H., Wen C., Matsushima T. (poster presentation) Pseudo-competition suppresses subjective values of food in terms of predicted and gained food rewards represented by the nucleus accumbens/medial striatum. In: SfN2013 (43rd Annual Meeting of the Society for Neuroscience), 9-13 November 2013, San Diego, USA.
- 45 網田英敏・松島俊也 (口頭発表) 競争採餌は内側線条体における報酬予期の神経表象を抑圧する、日本動物学会 (第 84 回大会)、2013 年 9 月 26 日、岡山大学、岡山市。
- 46 Chentao WEN・松島俊也 (口頭発表) ニワトリ雛の内側線条体が実際の報酬と報酬予期を同時にコードする、日本動物学会 (第 84 回大会)、2013 年 9 月 26 日、岡山大学、岡山市。
- 47 小倉有紀子・松島俊也 (口頭発表) 内側線条体が採餌運動量とその社会的促進に果たす役割、日本動物学会 (第 84 回大会)、2013 年 9 月 26 日、岡山大学、岡山市。

- 48 Amita H., Wen C., Matsushima T. (contributed oral presentation) Choice impulsiveness and the producer-scrounger game: modulated representations of food value in the nucleus accumbens of the domestic chicks. In: Behaviour 2013 (the 33rd International Ethological Conference IEC), August 4-8, 2013, The Sage Newcastle-Gateshead, Newcastle, UK.
- 49 Kawamori A., Matsushima T. (poster presentation) Evolution of risk sensitivity in sympatric three species of tits: insectivorous habit draws tolerance to risk. In: Behaviour 2013 (the 33rd International Ethological Conference IEC), August 4-8, 2013, The Sage Newcastle-Gateshead, Newcastle, UK.
- 50 Miura M., Matsushima T. (poster presentation) Visual exposure to non-specific point-light animation induces a predisposition for biological motion in early hatched domestic chicks. In: Behaviour 2013 (the 33rd International Ethological Conference IEC), August 4-8, 2013, The Sage Newcastle-Gateshead, Newcastle, UK.

〔図書〕(計 1 件)

松島俊也、「行動生物学辞典」(pp.1-637)(共同編集者、項目執筆者)(東京化学同人社)(2013)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ

http://www.sci.hokudai.ac.jp/bio/teacher/matsushima_toshiya/
<https://www.sci.hokudai.ac.jp/~matsushima/chinou3/Welcome.html>
https://www.sci.hokudai.ac.jp/~matsushima/chinou3/Matsushima_english.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松島 俊也 (MATSUSHIMA TOSHIYA)
北海道大学・理学研究院・教授
研究者番号：40190459

(2) 研究分担者

(なし)

(3) 連携研究者

本間 光一 (HOMMA KOICHI)
帝京大学・薬学部・教授
研究者番号：90251438

(4) 研究協力者

(なし)