

令和 2 年 5 月 21 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07066

研究課題名(和文) ソングバードの音声模倣学習を支える神経基盤

研究課題名(英文) Neural basis of vocal learning in a songbird

研究代表者

柳原 真 (Yanagihara, Shin)

東京大学・大学院総合文化研究科・特任助教

研究者番号：60392156

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、親鳥(教師)との相互作用が幼鳥(学習者)の動機づけレベルを高めることで学習が促進される、との仮説を実験的に検証することである。鳴禽類の幼鳥は臨界期に親鳥から直接歌を聴き覚え、模倣することで親鳥と同じ歌をさえずるようになる。ここでは歌を聴き覚える感覚学習に焦点を絞り、親鳥の存在が幼鳥の中脳ドーパミンニューロンの活動に与える影響を神経生理学的手法により検討した。その結果、親鳥の歌に対する中脳ドーパミン細胞の応答は親鳥が存在する文脈で顕著に亢進することが明らかにされた。このドーパミン細胞の活動が歌の記憶形成を促進することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトの幼児が言葉を学ぶ際には、大人が話しかける言葉を対面状況で聴くことが重要であり、同じ内容をスピーカーから聴くだけでは学習効果が低いことが知られている。同様に、鳴禽類の一種であるキンカチョウの幼鳥が歌を聴き覚える際には、親鳥から直接歌を聴く必要があり、スピーカーから提示された歌を幼鳥はうまく学ぶことができない。親鳥との対面・非対面状況下における中脳ドーパミン細胞の活動計測の結果から、ドーパミン細胞が社会的相互作用による学習促進に関与することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to experimentally test the hypothesis that interaction with a father bird (teacher) promotes learning by increasing the motivation level of juvenile birds (learners). Juvenile songbirds hear and memorize songs directly from their father during the critical period, and by imitation, they begin to chirp the same songs as their father. Here, we focused on the sensory learning and examined the effects of the presence of a father bird on the activity of midbrain dopamine neurons in juvenile birds using neurophysiological methods. The results showed that midbrain dopaminergic activity in response to the song of the father bird was markedly enhanced in the context in which the father bird was present. It is suggested that this dopamine cell activity promotes song memory formation.

研究分野：神経科学

キーワード：鳴禽 学習 記憶 ドーパミン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトの幼児が言葉を学ぶ過程では、大人が話しかける言葉を直接聴くことが重要であり、同じ内容をスピーカーから受動的に聴いても高い学習効果は得られないことが知られている (Kuhl 2003 PNAS)。同様に、鳴禽類の一種であるキンカチョウの音声模倣学習 (歌学習) においても、幼鳥は社会的つながりの成立した親鳥から直接歌を聴くことが重要であり、スピーカーから提示された歌を受動的に聴くだけでは幼鳥はうまく学習できない (Eales 1989 Animal Behaviour、Chen & Sakata 2016 PNAS、図 1)。同じ聴覚刺激でも、学習が成立するかどうかは幼鳥 (学習者) が社会的つながりのできた親鳥 (教師) から対面状況で聴覚情報を受けられるかどうか強く依存する。このように社会的相互作用が学習を促進するという行動レベルの知見は知られているが、その神経メカニズムは不明である。

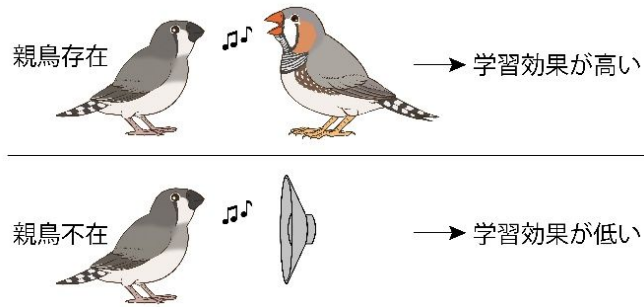


図 1 親鳥から対面状況で歌を聴くことが歌学習に重要

全く同じ聴覚刺激であっても、適切に学習が成立するかどうかは刺激を受けとる幼鳥の内的状態に強く依存すると考えられる。この幼鳥の内的状態は、親鳥の存在の有無という社会的文脈に強い影響を受けると考え、本研究では中脳ドーパミン神経系に着目した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「社会的つながりの形成された親鳥が存在することによって幼鳥の動機づけレベルが高まり、音声模倣学習が促進される」との仮説を実験的に検証することである。中脳の腹側被蓋野・黒質 (VTA/SNc) のドーパミン神経系に焦点を絞り、幼鳥が親鳥から歌を聴き憶える感覚学習にドーパミン神経系が果たす役割を神経生理学的手法により検討した。

3. 研究の方法

キンカチョウ幼鳥の中脳 VTA/SNc に慢性的に記録電極を埋め込み、自由行動下において同時に複数のニューロン活動を計測した。親鳥が存在・不在の状況下でスピーカーから親鳥の歌を提示し、その神経応答を記録した。また、大脳聴覚野に記録電極と薬物投与のためのカニューレを埋め込み、ドーパミンの投与が聴覚応答を修飾するか否かを検討した。

4. 研究成果

神経活動計測の結果から、中脳 VTA/SNc には親鳥の歌に聴覚応答を示し、しかもその応答が親鳥の存在する状況で顕著に増強するニューロンを見出した (図 2)。これらのニューロンはスパイク波形・自発発火頻度・ドーパミンアゴニストに対する応答から、ドーパミンニューロンと考えられる。さらに、実際に親鳥が幼鳥に向けてさえずる歌を幼鳥が聴いた場合にも、これらのニューロンは顕著な聴覚応答を示した。このことから、親鳥が存在する状況下で歌を聴くことによって、幼鳥の中脳ドーパミン神経の活動が亢進することが明らかになった。

次に、親鳥から歌を聴く際にドーパミンがどの脳領域に作用するかを神経活動計測と薬理実験により検討した。大脳聴覚野からニューロン活動を計測し、親鳥の歌に対する聴覚応答がドーパミンの局所投与によって修飾されるかどうかを検討した。その結果、聴覚野ニューロンの親鳥の歌に対する応答は、ドーパミン投与によって顕著に増強されることを見出した。

これら研究結果から、親鳥から直接歌を聴く際には、中脳の VTA/SNc のドーパミンニューロンの活動が亢進し、大脳聴覚野にドーパミンが放出されることによって聴覚応答が増強され記憶形成につながる事が示唆された。社会的つながりの形成された個体との相互作用が学習者のドーパミン神経系の活動を亢進させ、学習を促進する可能性がある。今後は、ドーパミン神経系の活動操作が感覚学習に与える影響を検討していく必要がある。

本研究をさらに進展させることにより、外界における様々な刺激の中から個体にとって意味のある学習対象を絞り込み、学習を可能にする神経メカニズムが明らかになると期待できる。ヒトの言語学習においても、幼児が言葉を学習する際には大人が話しかける言葉を直接聴くことが重要であり、スピーカーを通して同じ内容を聴いても学習効果は低い。本研究で明らかになった知見は、鳥の音声模倣学習の神経メカニズムの理解だけにとどまらず、ヒトにおける言語学習等を含む社会的学習の神経基盤の理解につながる事が期待できる。

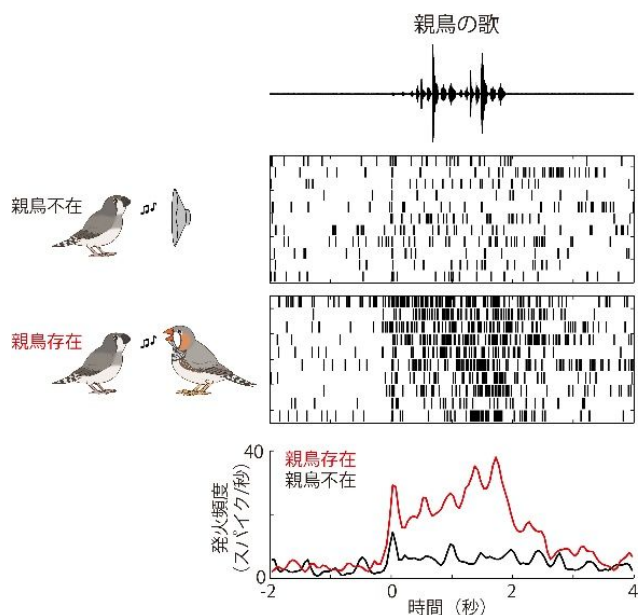


図2 幼鳥における中脳ドーパミンニューロンの聴覚応答の例。親鳥の歌に対する聴覚応答は、親鳥不在の状況に比べて親鳥が存在する状況で顕著に増強した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 3件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shin Yanagihara
2. 発表標題 Neural basis of social influences on vocal learning in a songbird
3. 学会等名 Symposium ‘Emotion, Mirror, and Reward: Reconsidering the Russian Doll model’ The University of Tokyo, supported by ‘Evolinguistics’ project (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin Yanagihara
2. 発表標題 Social influence on VTA/SNc auditory activity in zebra finches
3. 学会等名 Minisymposium for Comparative Neurobiology of Songbirds, Center for Evolutionary Cognitive Science, The University of Tokyo, co-supported by ‘Evolinguistics’ project (招待講演)
4. 発表年 2019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 Social influence on VTA/SNc auditory activity in a songbird
3. 学会等名 第42回日本神経科学学会・第62回日本神経化学会大会合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Yanagihara, Maki Ikebuchi, Chihiro Mori, Ryosuke, O. Tachibana, Kazuo Okanoya
2. 発表標題 Neural mechanisms for social enhancement of vocal learning in a songbird
3. 学会等名 日本動物心理学会第79回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Yanagihara, Maki Ikebuchi, Chihiro Mori, Ryosuke, O. Tachibana, Kazuo Okanoya
2. 発表標題 Role of VTA/SNc neurons in social enhancement of vocal learning in a songbird
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第41回大会
4. 発表年 2019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 鳴禽類の歌学習における中脳ドーパミン神経系の役割
3. 学会等名 第43回鳥類内分泌研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. YANAGIHARA, M. IKEBUCHI, C. MORI, R. O. TACHIBANA1, K. OKANOYA
2. 発表標題 Neural basis for social enhancement of vocal learning in a songbird
3. 学会等名 次世代脳プロジェクト 2019年度冬のシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Yanagihara, Maki Ikebuchi, Chihiro Mori, Ryosuke, O. Tachibana, Kazuo Okanoya
2. 発表標題 Social context modulates auditory activity in a songbird VTA/SNc
3. 学会等名 The 10th IBRO World Congress of Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Yanagihara, Maki Ikebuchi, Chihiro Mori, Ryosuke, O. Tachibana, Kazuo Okanoya
2. 発表標題 Social modulation of auditory activity in a songbird VTA/SNc
3. 学会等名 49th Annual Meeting of Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Yanagihara and Yoko Yazaki-Sugiyama
2. 発表標題 Auditory experience-dependent cortical circuit shaping for memory formation in bird song learning
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会 (招待講演)
4. 発表年 2018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連した中脳腹側被蓋野・黒質の神経活動
3. 学会等名 次世代脳プロジェクト 2018年度冬のシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳原真・池淵万季・岡ノ谷一夫
2. 発表標題 鳴禽類の発声学習における中脳ドーパミン神経系の役割
3. 学会等名 行動2017 (日本動物行動関連学会・研究会 合同大会)
4. 発表年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----