

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：32643

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K16472

研究課題名（和文）小鳥の求愛行動における発声と身体運動を協調するコミュニケーション神経機構

研究課題名（英文）Neural mechanisms of communication coordinating vocalization and body movements in courtship behavior of songbirds

研究代表者

森 千紘（Mori, Chihiro）

帝京大学・薬学部・助教

研究者番号：00772253

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：動物は発声の他に様々な感覚信号を用い、時にはそれらを組み合わせてコミュニケーションを行う。中でも鳴禽類は、複雑な時系列構造の歌を学習により獲得する。本研究の目的は鳴禽類を用い、歌と身体運動を組み合わせたコミュニケーションを制御する神経機構と、複雑な音配列を受容する神経機構を明らかにすることであった。行動解析の結果、求愛行動時に歌と跳躍が協調して制御されている可能性を見出した。また、歌の運動制御領域を局所的に抑制しても跳躍に影響がないことを示した。神経生理学的実験により、鳴禽類の高次聴覚領域には、聴覚記憶・複雑な音配列の処理に関わるミスマッチ聴覚応答があ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

本研究では、鳴禽類の求愛行動を自動で記録・追跡可能にしたことで、学習により獲得された歌と跳躍運動が求愛という特定の社会的文脈でいかに協調されているかについて、その一端を明らかにできた。また、鳴禽類の高次聴覚領域において聴覚記憶処理に関わるミスマッチ聴覚応答を計測したことで、今後その神経機構を調べることで、逸脱検出だけでなく、ヒトの構文処理との比較可能な視点を提供できる研究へと発展されることが期待できる。

研究成果の概要（英文）：Many animal species communicate by combining vocalizations and multimodal signals, as in human speech with body gestures. Songbirds acquire songs composed of complex sound sequences through learning. The purpose of this study was to elucidate the neural mechanisms that control communication combining song and body movements and the neural mechanisms of processing complex sound sequences in songbirds. Behavioral analysis revealed the possibility that song and jumping are controlled in a coordinated manner during courtship behavior. We also showed that local inhibition of the motor control region of song did not affect jumping. In neurophysiological experiments, we found mismatch negativity like responses in higher-order auditory area elicited by changes in regular pattern possibly reflect deviance detection.

研究分野：行動神経生物学

キーワード：鳴禽 コミュニケーション 聴覚 求愛行動 発声行動

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

動物は発声の他に視覚や嗅覚など様々な感覚信号を用い、時にはそれらを組み合わせてコミュニケーションを行う。鳥類では発声や翼で出す音に加えて飛翔やダンスなど、顕著な身体運動を伴って求愛を行う種がいる (Clark & Feo, 2008, *Proc. R. Soc. B*; Prum, 1998, *Anim. Behav.*)。その中でも鳴禽類は、複雑な時系列構造をもつ歌を親鳥から聞いて憶え、学習により獲得する。鳴禽類の歌とその学習・制御に関わる脳領域は、ヒトの言語獲得とそれに関わる脳領域と類似しており、ヒトの言語獲得機構解明のモデルとして精力的に研究が進められている (Jarvis, 2019, *Science*)。これらの脳領域には、運動野・運動前野に相当する領域、大脳基底核、聴覚領域などがあり、歌の時系列構造や音韻構造やそのゆらぎなどを制御したり、受容・記憶することに関わっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、学習により獲得した発声、また、その発声と身体運動を組み合わせたコミュニケーションを受容し、制御する神経機構を明らかにすることであった。具体的には以下の2つである。

(1) 発声学習により獲得した複雑な時系列構造をもつ発声と身体運動を組み合わせたコミュニケーションがどのように協調されているのかについて、またその神経メカニズムについて明らかにする。

(2) 発声学習や複雑な音声コミュニケーションを可能とする聴覚の神経機構として、音配列の弁別に関わる機構の一つであるミスマッチ聴覚応答があるかを検証する。ミスマッチ聴覚応答は、ヒトで報告されている事象関連電位のひとつで、一定の規則的な音配列の中で予期せぬ逸脱した音刺激にさらされた際に起こる神経応答であり、聴覚情報・記憶処理や構文処理に関わる神経活動であると考えられている。

3. 研究の方法

(1) 鳴禽類の一種であるブンチョウを用い、求愛行動における歌とダンスがどのように協調されているのか、行動解析と薬理学的操作により調べた。ブンチョウのオスは親鳥から歌を学習し、学習した歌と跳躍などの身体運動を組み合わせて求愛を行う。ブンチョウの求愛行動中の歌と頭部の動きを記録し、自動追跡するための装置とプログラムを開発し、歌と身体運動がどのように協調されているのか行動解析を行った。また、薬物投与用カニューレを歌の時系列構造を制御する運動前野相当の領域に埋め込み、GABA受容体アゴニストのムシモールやグルタミン酸受容体アゴニストであるイボテン酸の局所投与を行い、標的領域の神経活動を一過的または永続的に抑制し、求愛行動への影響を調べた。

(2) ブンチョウの高次聴覚領域に電極を埋め込み、無線送信機を利用して自由行動下で局所電場電位を記録した。音配列の弁別課題として、純音、地鳴きの音声、歌を構成する音要素を使い、規則的な音配列 (標準刺激) の中で稀に提示される異なる音 (逸脱刺激) からなるオッドボール課題を作成し実施した。標準刺激と逸脱刺激それぞれに対する事象関連電位を比較し、ミスマッチ聴覚応答が見られるかを調べた。

4. 研究成果

(1) ブンチョウの求愛行動中の歌と頭部の動きを解析した結果、跳躍のタイミングは求愛歌の一連の音配列のタイミングに対応していないが、歌を伴う場合に、歌を伴わない場合よりも跳躍の時間間隔が短くなることがわかった（図1）。これは、歌と跳躍運動が協調するように制御されている可能性を示唆する。そこで、歌の時系列構造を制御する脳領域を不活化し、歌と跳躍への影響を調べた。その結果、歌は変化するが、跳躍運動自体に大きな影響は見られなかった。このことは、この脳領域は歌と身体運動の同期に関与していないことを示唆する。しかし、不活化領域が広いほど求愛行動自体が抑制される傾向があった。今後さらなる解析を進め、歌と跳躍運動の協調に寄与する脳領域の同定や、聴覚フィードバックの関与などを検討していきたい。

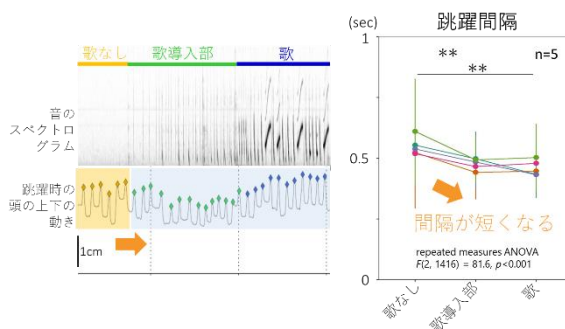


図 1. 求愛行動中の歌と跳躍運動時の頭の動きの軌跡の例（左）と跳躍の時間間隔（下）

(2) 純音、地鳴きや歌要素などのコミュニケーション音声のそれぞれに対し、事象関連電位が刺激開始後 165～270 ミリ秒の範囲で、標準刺激と比較して逸脱刺激に対して有意に陰性側に変化しており、ミスマッチ聴覚応答様の反応が観察された。この結果を受けさらに、純音についてランダムまたは規則的に変化する標準刺激の課題を提示し、事象関連電位を計測したところ、逸脱刺激に対する陰性側への有意な変化は検出されなかった。このことは、少なくとも純音へのミスマッチ聴覚応答様の反応は、聴覚刺激に対する予測誤差を反映しているのではなく、繰り返される標準刺激への馴化により引き起こされた可能性を示唆する。さらに検証するために、3 音の組み合わせの音配列課題として、5 種類の地鳴き音声を組み合わせ、標準刺激の“AAB”パターンに対する、逸脱刺激①の“AAB”パターン（標準刺激と同じ構造だが音の種類が異なるパターン）と逸脱刺激②の“ABB”パターンへの事象関連電位の違いを調べた。その結果、逸脱刺激②の“ABB”パターンにおいて陰性電位側への有意な変化が観察され、ミスマッチ聴覚応答様の反応が確認できた（図 2）。これらの結果は、聴覚の感覚記憶処理の電気生理学的特性として、ミスマッチ聴覚応答様の反応が鳴禽類の高次聴覚領域でも見られることを示唆する。鳴禽類におけるミスマッチ聴覚応答の神経機構を調べることで、逸脱検出だけでなく、ヒトの構文処理との比較可能な視点を提供することが期待できる。

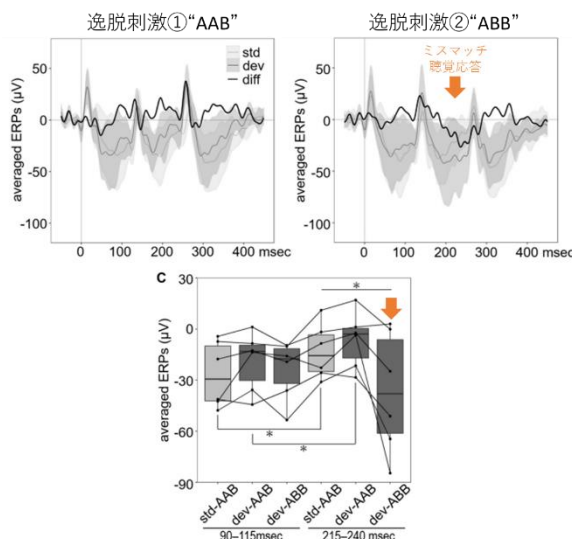


図 2. 3 音の組み合わせの音配列課題における逸脱刺激と標準刺激への聴覚応答（ERP：事象関連電位）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Mori Chihiro, Okanoya Kazuo	4. 巻 13
2. 論文標題 Mismatch Responses Evoked by Sound Pattern Violation in the Songbird Forebrain Suggest Common Auditory Processing With Human	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 822098-822098
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fphys.2022.822098	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 Mori Chihiro, Aoki Naoya, Fujita Toshiyuki, Yamaguchi Shinji, Matsushima Toshiya, Homma Koichi J.	4. 巻 420
2. 論文標題 Gene expression profiles of the muscarinic acetylcholine receptors in brain regions relating to filial imprinting of newly-hatched domestic chicks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Behavioural Brain Research	6. 最初と最後の頁 113708 - 113708
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.bbr.2021.113708	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2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森千紘
2. 発表標題 歌の感覚学習における社会的関係の影響
3. 学会等名 日本動物学会 第92回 オンライン米子大会 サテライトシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森千紘、青木直哉、藤田俊之、山口真二、本間光一
2. 発表標題 Gene expression profiles of the muscarinic acetylcholine receptors in brain of newly-hatched domestic chicks
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会・CJK第1回国際会議
4. 発表年 2021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
--	---------------------------	-----------------------	----

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