

令和 3 年 5 月 20 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14789

研究課題名(和文)鳥類の音声コミュニケーションにおける文法能力の発達機構

研究課題名(英文)Ontogeny of syntactic capabilities in avian vocal communication

研究代表者

鈴木 俊貴 (Suzuki, Toshitaka)

京都大学・白眉センター・特定助教

研究者番号：80723626

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：動物が発する鳴き声は「求愛」や「威嚇」などの単純な情報しか伝えず、単語を組み合わせる文法能力はヒトに固有に進化したと考えられてきた。それに対して申請者は、シジュウカラが異なる意味をもつ鳴き声を一定のルールに従って組み合わせ、より複雑な情報を伝えていることを発見した。本研究では、シジュウカラのヒナが、音声を組み合わせたり、語順を認識したりする認知能力を、どのような過程・機構によって発達させるのか、野外実験によって検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

動物のコミュニケーションの発達に関する従来の研究は、鳥類のヒナが父親からさえずり(求愛のためにオスが発する音声)を学習する過程に集中しており、音声と情報を関連づけたり、文法のルールを用いて音列の意味を理解したりするための高度な情報処理能力が、どのように発達するのか研究されてこなかった。本研究は、鳥類における文法能力の発達機構を明らかにする国内外で初めての研究であり、動物のコミュニケーションの理解を大きく前進させると期待される。

研究成果の概要(英文)：Animal vocalizations have long been considered expression of the emotional state of signalers. Syntax, a set of rules to combine words into well-formed complexes, has been considered unique to humans. Previous studies showed that Japanese tits combine different meaningful calls into call sequences according to an ordering rule, thereby conveying complex information to conspecific receivers. In this study, I explore how young of Japanese tits develop their ability to combine calls and to decode call sequences.

研究分野：動物行動学

キーワード：文法 発達 鳥類 コミュニケーション 言語 動物行動 動物言語

## 1. 研究開始当初の背景

ヒトは単語を文法のルールに従って組み合わせ、さまざまな文章を構成する。また、聞き手(読み手)は文法のルールを当てはめることで、単語の組み合わせから派生する文章の意味を正しく理解できる。ヒトの幼児は驚くほどスピーディかつスムーズにこのような文法能力を獲得するが、同様の発達過程は他の霊長類において未だに確認されておらず、言語の習得にかかわる様々な機構(言語学習や普遍文法)が、どのように適応し、進化してきたのかは大きな謎に包まれている。

私は、詳細な行動観察や音声解析、野外実験を通して、鳥類の一種・シジュウカラが文法を用いて他個体に情報を伝えていることを発見した。本種は「警戒」と「集合」を意味する異なる音声を組み合わせ、群れの仲間に「警戒しながら集まれ(そして捕食者を追い払おう)」という複雑な情報を伝える(図1)。この音声の組み合わせには文法ルール(警戒→集合)が存在し、それに反すると情報が正しく伝わらないことも、音声再生実験から明らかになった(Suzuki et al. *Nat. Commun.*)。さらに、本種はこの文法ルールを当てはめることで、初めて聞いた音声の組み合わせからも正しく情報を解読できることも実験的に示された(Suzuki et al. 2017 *Curr. Biol.*)。

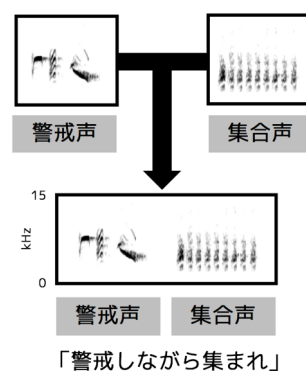


図1. シジュウカラは異なる鳴き声(単語)を一定の語順に組み合わせ、より複雑な情報を伝える。

## 2. 研究の目的

本研究では、シジュウカラの文法能力が、どのような過程や機構(学習・生得)によって発達するのか明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

長野県北佐久郡に位置する冷温帯落葉樹林に木製の巣箱を80個仕掛け、それを利用したシジュウカラを対象に研究をおこなった。まず、シジュウカラのヒナが、発声能力(音声の組み合わせや文法)をどのような過程を経て発達させるのか明らかにするために、録音調査をおこなった。多くのスズメ目鳥類と同様に、シジュウカラは巣箱のなかでは餌乞いの声しか発さず、音声の組み合わせなどの複雑な発声は、巣立ち後2ヶ月ほどかけて発達する。そこで、巣箱のなかだけでなく、巣立ち後もヒナを追跡し、1週間おきに音声の録音をおこなうことで、その発達過程を明らかにした。捕食者に対する警戒声の録音は、捕食者(モズ)の剥製を用いて捕食者の襲撃を模すことでおこない、コントロールとしては捕食者でない鳥類(キジバト)の剥製を提示した。

次に、各音声から情報を読み解く能力や、音声の組み合わせに文法のルールをあてはめる能力が、どのような過程を経て発達するのか明らかにするために、音声再生実験をおこ

なった。孵化後5日目、11日目、17日目のシジュウカラの巣箱において、警戒声、集合声、それらの組み合わせ音声をスピーカーから再生し、巣箱内部に仕掛けた小型カメラの映像をもとに、ヒナの反応を記録した。また、ヒナが語順を認識するかどうか明らかにするために、人為的に語順を入れ替えた合成音（文法ルールに反する音声）も再生し、反応を検証した。コントロールとしては、音声を含まない背景の音（風音）を再生した。巣立ち後もヒナを追跡し、1週間おきに上記の音声を再生することで、ヒナの反応（警戒行動や接近行動）がどのように発達するのか明らかにした。

#### 4. 研究成果

上記の研究から、シジュウカラが音声をどのように発達させるのか明らかにすることができた。また、音声再生実験から、各音声やその組み合わせの認知がどのように発達するのかについても明らかになった。しかし、これだけでは（1）音声の学習が巣立ち雛までに限定されたものなのか、（2）異なる音列（自然音列あるいは合成音列）への反応がよく聞く音声かどうかといった音声への親密度の違いから生じたものなのかといった新たな疑問を解決することができなかった。

そこで、私は、種間コミュニケーションを利用した発達過程の研究課題を新たに着想し、実施した。たとえば、シジュウカラと同所的に生息するヒガラ (*Periparus ater*) はシジュウカラの警戒声に反応するが、その際に捕食者の視覚情報を想起し、探索に役立っていることが明らかになった (Suzuki 2020 *Curr. Biol.*)。この結果は、シジュウカラ科には、警戒声と特定の意味情報を結びつける能力が巣立ち雛だけでなく、親鳥においても存在していることを示唆する。また、リヨン大学研究員の Dutour 博士、ウプサラ大学研究員の Wheatcroft 博士と共同で、文法ルールの知覚が系統的に保存された能力であることを実験的に示した。本実験では、ヨーロッパシジュウカラ (*Parus major*) に対して、同所的に生息しないシジュウカラ科のアメリカコガラの音列を聞かせ、行動変化を記録した。ヨーロッパシジュウカラは、アメリカコガラの自然な音列と人為的に音素の順序を編集した音声を区別し、自然な音列により強く反応した (図2)。この結果は、シジュウカラ科において音列の認知システムが広く進化している可能性を示唆している (Dutour et al. 2018 *Behav. Ecol. Sociobiol.*)。

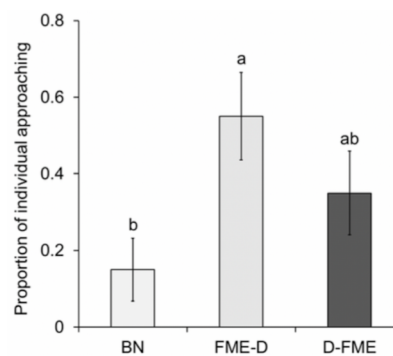


図2. ヨーロッパシジュウカラは初めて聞いたアメリカコガラの音列の語順も区別する（自然な音列 (FME-D)；反転させた音列 (D-FME)；背景ノイズ (BN)）。

私は、上記の実証研究のみならず、鳥類やその他動物を対象において文法能力を検証するための研究方策に関して、総説論文を複数執筆することで広く提唱してきた (Suzuki et al. 2018 *PLoS Biol.*、 Suzuki et al. 2019 *Anim. Behav.*、 Suzuki et al. *Phil. Trans. R Soc.*; Suzuki & Zuberbuhler 2019 *Curr. Biol.*; Suzuki 2021 *Ecol. Res.*)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 2件）

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshitaka N., Wheatcroft David, Griesser Michael                                      | 4. 巻<br>375               |
| 2. 論文標題<br>The syntax-semantics interface in animal vocal communication                                | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences                       | 6. 最初と最後の頁<br>20180405    |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1098/rstb.2018.0405  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshitaka N., Zuberbuhler Klaus   | 4. 巻<br>29                |
| 2. 論文標題<br>Animal syntax   | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Current Biology  | 6. 最初と最後の頁<br>R669 ~ R671 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1016/j.cub.2019.05.045   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshitaka N.  | 4. 巻<br>47                |
| 2. 論文標題<br>Imagery in wild birds: Retrieval of visual information from referential alarm calls         | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Learning & Behavior  | 6. 最初と最後の頁<br>111 ~ 114   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.3758/s13420-019-00374-9  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshitaka N., Griesser Michael, Wheatcroft David                                      | 4. 巻<br>151               |
| 2. 論文標題<br>Syntactic rules in avian vocal sequences as a window into the evolution of compositionality | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Animal Behaviour   | 6. 最初と最後の頁<br>267 ~ 274   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1016/j.anbehav.2019.01.009   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|   |                  |
|---|------------------|
| 1. 著者名<br>Dutour Mylene、Suzuki Toshitaka N.、Wheatcroft David  | 4. 巻<br>74       |
| 2. 論文標題<br>Great tit responses to the calls of an unfamiliar species suggest conserved perception of call ordering. | 5. 発行年<br>2020年  |
| 3. 雑誌名<br>Behavioral Ecology and Sociobiology   | 6. 最初と最後の頁<br>37 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00265-020-2820-7   | 査読の有無<br>有       |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する     |

|   |                        |
|---|------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshitaka N.、Wheatcroft David、Griesser Michael                 | 4. 巻<br>16             |
| 2. 論文標題<br>Call combinations in birds and the evolution of compositional syntax | 5. 発行年<br>2018年        |
| 3. 雑誌名<br>PLOS Biology  | 6. 最初と最後の頁<br>e2006532 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1371/journal.pbio.2006532                        | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する           |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshitaka N.  | 4. 巻<br>36              |
| 2. 論文標題<br>Animal linguistics: Exploring referentiality and compositionality in bird calls | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>Ecological Research  | 6. 最初と最後の頁<br>221 ~ 231 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1111/1440-1703.12200  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshitaka N.   | 4. 巻<br>30                   |
| 2. 論文標題<br>Other Species' Alarm Calls Evoke a Predator-Specific Search Image in Birds | 5. 発行年<br>2020年              |
| 3. 雑誌名<br>Current Biology   | 6. 最初と最後の頁<br>2616 ~ 2620.e2 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.cub.2020.04.062                                 | 査読の有無<br>有                   |
| オープンアクセス<br>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<br>-                    |

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 10件 / うち国際学会 4件）

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Suzuki T  |
| 2. 発表標題<br>Imagery in wild birds? Retrieval of visual information from referential alarm calls |
| 3. 学会等名<br>Evolinguistics symposium: Concepts and Categories, 東京大学駒場キャンパス（招待講演）（国際学会）          |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Suzuki T  |
| 2. 発表標題<br>Referentiality and compositionality in birds calls    |
| 3. 学会等名<br>Evolinguistics Workshop 2019, 東京大学駒場キャンパス（招待講演）（国際学会） |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>鈴木俊貴                       |
| 2. 発表標題<br>鳥の鳴き声に単語や文法？シジュウカラにみる言語の起源 |
| 3. 学会等名<br>九州昆虫セミナー, 佐賀大学（招待講演）       |
| 4. 発表年<br>2019年                       |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>鈴木俊貴                      |
| 2. 発表標題<br>動物言語学入門：鳥類の鳴き声における指示性と構成性 |
| 3. 学会等名<br>白眉セミナー, 京都大学（招待講演）        |
| 4. 発表年<br>2019年                      |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>鈴木俊貴                   |
| 2. 発表標題<br>シジュウカラの単語と文法:地鳴き研究の新展開 |
| 3. 学会等名<br>日本鳥学会2018年度大会(招待講演)    |
| 4. 発表年<br>2018年                   |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>鈴木俊貴                     |
| 2. 発表標題<br>シジュウカラは警戒声から捕食者の探索像を想起する |
| 3. 学会等名<br>日本動物行動学会第37回大会           |
| 4. 発表年<br>2018年                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>鈴木俊貴                              |
| 2. 発表標題<br>シジュウカラの音声認知:鳴き声により喚起される捕食者の探索イメージ |
| 3. 学会等名<br>日本生態学会第66回全国大会                    |
| 4. 発表年<br>2019年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Suzuki Toshitaka  |
| 2. 発表標題<br>Exploring compositionality and grammatical rules in avian vocal sequences |
| 3. 学会等名<br>ABS 2018(招待講演)(国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Suzuki Toshitaka   |
| 2. 発表標題<br>Alarm calls evoke a visual search image of a predator in birds |
| 3. 学会等名<br>ISBE 2018 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>鈴木俊貴                     |
| 2. 発表標題<br>鳥の鳴き声に単語や文法？シジュウカラ語・大研究！ |
| 3. 学会等名<br>パードリサーチ設立15周年記念大会 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2018年                     |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

|   |
|---|
| <a href="https://scholar.google.gr/citations?hl=ja&amp;user=wi9UUksAAAAJ">https://scholar.google.gr/citations?hl=ja&amp;user=wi9UUksAAAAJ</a> |
|---|

|                           |                       |    |
|---------------------------|-----------------------|----|
| 6. 研究組織                   |                       |    |
| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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  |          |  |  |
|---------|----------|----------|--|--|
| スウェーデン  | ウプサラ大学   |          |  |  |
| スイス     | チューリッヒ大学 | ヌーシャテル大学 |  |  |
| フランス    | リヨン大学    |          |  |  |