

## オカメインコによる斉唱

### — ヒト以外の動物における階層系列を介した意図共有の例 —

## Unison by cockatiels: An example of intention sharing via hierarchical sequence in a non-human animal species

関 義正<sup>†</sup>

Yoshimasa Seki

<sup>†</sup>愛知大学

Aichi University

yoshimasa.seki@gmail.com

### 概要

手乗りとして育てたオカメインコ3羽が、ヒトの音楽を自発的に模倣して発声するようになった。さらに、それらのトリはその音楽を再生すると、途中からそれに加わり、いわば“斉唱”するようになった。これはそれらのトリが、メロディの全体像をイメージし、進行中の音とそのメロディのどの時点で表れるべきものであるかを判断しつつ、タイミングのみならず、音高や音圧を同調させながら発声運動を行う能力を持つことを示す。

キーワード：オウム、発声、同調 (synchronization)

### 1. 発声とその同調

みなで力を合わせて（互いに意図を共有・確認しながら）作業する際に、声を出しあいながらタイミングを計ることがある。このことは、綱引きをイメージすると理解しやすい。また、そのような発声は、しばしばリズムを伴い、歌のように、すなわち音楽的な特徴を持つパターンを示すようになる。一方、そのような場面で、調子外れの声を出すメンバーがいれば、それにより全体の動きの調和も崩れるだろう。

加えて、ヒトには通文化的に、みなで声を合わせてうたう行動、すなわち、斉唱や合唱がみられる。伴奏なしの斉唱は、周囲の歌い手と、発声のタイミングや音高を同じくすることでなされる。このことから、ヒトが発声同調能力を持つことは明らかである。一方で、合唱においては、周囲の音に引きずられないように自身のパートをうたわなければならない。このことは、ヒトが発声する際には、その認知機構において、同調しようとする強い傾向が働くことを示す。

さらに、同調の対象がメトロノームのような単純な刺激の繰り返しではない場合、これらの同調には、1) 発せられる音列の時間的な構造の全体像をイメージし、2) 進行中の音とその構造のどこに位置するのかを判断し、3) 先行する音列の速度に基づいて続く音の生

成タイミングを予測し、4) その音と自身の発声出力のタイミングが揃うよう事前に運動の生成準備をするという高度な認知過程も必要とされるだろう。さらに、同調しようとしている対象が、集団のメンバーの発声であれば、それらの者たちと同じ音列をイメージすることでもあるから、これは単純な機械的処理というだけでなく、意図を共有することと言えるかもしれない。

### 2. 発声学習能力

ヒトの発声において、同調の基盤となっているものの一つは、発声学習能力であると考えられる。発声学習とは聴覚経験に基づいて新たな発声パターンを獲得することである。先に挙げた例を考えると、綱引きの際の「オーエス、オーエス」は生得的な発声ではなく、集団のなかで後天的に共有される発声なので、発声学習能力がなければ用いることはできない。歌をうたうことにおいても同様である。この能力はヒトには普遍的に備わっており、音声言語の利用において不可欠であるため、あまりにも当たり前のものと感じられる。そのため、この能力の特殊性について考えることは少ないかもしれない。

しかし、声を発するヒト以外の動物は非常に多いものの、発声学習能力を持つ動物種はそれほど多くないとされている。この分野の研究者の共通認識によれば、哺乳類では、程度の違いはあるものの、ヒト、鯨類の一部、ゾウ、アザラシの一部個体、コウモリの一部においてのみ発声学習能力が認められる。また、鳥類においては、スズメ目、オウム目、ハチドリ仲間分類される種のみとその能力があるとされる(例えば[1])。

### 3. 発声に関わる同調の比較認知研究

発声学習能力による後天的な発声の獲得と維持には、聴覚フィードバック、およびそれに基づく実時間の運

動制御が重要である。このことからすれば、発声学習能力を持つ動物は、感覚―運動協調に関わる優れたシステムを持つと想定され、ゆえに優れた同調能力を持つと仮定できる。そして、それらの動物の中に、その優れた同調能力の発露として“斉唱”に似た行動を示す種類が見つかることも期待できそうなものである。しかし、これまで、ヒト以外の動物においてはそのような行動は報告されてこなかった。もちろん、複数個体による鳴き交わしのタイミングの研究は多数存在する(例えば, [2])。しかし、斉唱のように、複数個体が、後天的に獲得した同一の音列を重なり合うように発する行動は報告されていない。

発声以外の身体運動によるタイミング同調についてであれば、発声学習能力を持つトリにおける報告がある。例として、オウム目の1種であるキバタンが音楽の拍に合わせてダンスをするという報告[3]、加えて著者らが行ったセキセイインコによるメトロノームに同調したつつき運動の実験[4][5]などを挙げられる。ただし、発声の同調と比べれば、身体運動による同調は単純なものである。身体運動においては、四肢などの運動タイミングを感覚入力にあわせるだけでリズムに同調できる。一方、発声を同調させようとするれば、これはいわば spectral synchronization[6]となり、音高と音圧、およびそれらの時間的な変化、つまり3次元での適切な発声運動制御が必要になる。そのように考えると、われわれ自身は普段、声を同調させる際の認知過程を顕在的に意識することはないにしても、その実現のためには、実は相当に複雑な情報処理がなされているということを容易に理解できるだろう。さらに、それらの複雑な過程に(この点については、身体運動を用いた同調についても一部同様であるかもしれないが)先に挙げた“意図の共有”に関連する困難が加わるかもしれない。したがって、見方によっては、ヒト以外の動物において、これに類する行動が報告されてこなかったのは当然であるとも言える。

#### 4. ヒト以外の動物による音楽の模倣

さて、言語と同様、音楽には階層性がある。つまり、個々の音が組み合わさることで上位の単位が作られ、さらに、それらの組み合わせにより全体が構成されるという特徴がみられる。本稿では、この階層構造を記憶し、音列の中に表れる音が全体のどこに位置するかを認知できる能力にも着目する。

カナリアやジュウシマツ、キンカチョウなどの鳴禽(スズメ目のトリ)は発声学習能力を持ち、周囲のトリが発する階層構造を持つ音列(さえずり)を模倣するようになる。そのため、それらのトリは、音楽とその起源を探るための比較認知研究の対象とされてきた(例えば[7])。しかし、そのさえずりの音響パターンには生得的な制約がある。そのため、鳴禽であるウソにおいてヒトの音楽模倣の報告があるものの[8]、これは例外的であり、一般に、それらのトリはヒトの音楽を模倣するようにはならない。

#### 5. 本研究の目的

一方で、トリの愛好家の間では、オウム目のオカメインコ(図1)が、その口笛のような発声により、ヒトの音楽を非常にうまく真似るようになることが良く知られている。YouTubeを検索すると、そのことを如実に示すたくさんの動画を確認できる。そのため、このトリには、ヒトの音楽性の起源を探る比較認知研究対象として大きな可能性があるかもしれない。しかしながら、その模倣についての学術研究報告は存在しない。



図1 オカメインコ

そこで、本研究においては、オカメインコをヒナの時期からヒトの手により給餌することで手乗りのトリとして育て、ヒトの音楽を模倣させることを試みることにした。そして、飼育者の口笛により、ミッキーマーチに似たメロディを聞かせながら、各個体が自発的にそれを模倣するようになることを目指した。

その結果、3羽のトリが明瞭にそのメロディを模倣するようになった（なお、ヒトの口笛は声帯運動を伴わないため発声ではないが、オカメインコが発する口笛のような音は、ヒトの声帯に対応する鳴管を振動させて発せられるので発声である）。

さらに、驚いたことに、飼育者がそのメロディを奏でていると、トリたちは自発的に、途中からその進行中のメロディに加わり、“斉唱”するようになった。そこで、飼育者の発する口笛の録音を再生し、それに対するトリの同調発声を記録・分析することにした。

## 6. 実験：材料と手続き

被験体として、オカメインコ3羽（トリ P, C および P2. オス：1歳）を用いた。これらは実験者らが生後二十数日齢から餌付けして育てた個体であった。また、これらの個体は、発達初期より、日に10回程度、飼育者が吹くミッキーマウスマーチ風の口笛にさらされながら育った。その結果、生後90日を過ぎたあたりから口笛の模倣のような発声が見られるようになり、生後4か月から6ヵ月以降、明瞭に模倣であることが確認できる発声系列を生じるようになったため、本実験が行われた時期には、すべてのトリが安定してメロディの模倣音を生成できるようになっていた。なお、これらのトリはそのメロディ以外にも、さまざまなヒトの発話なども模倣するようになっていた。

聴覚刺激として、飼育者が発したミッキーマウスマーチ風の口笛音をあらかじめモノラル録音したもの（sampling rate: 44.1kHz）を用いた。音列は無音で区切られた22音からなるもので、全体の長さはおよそ8.2秒であった。なお、予備実験においては、実験者が口笛を吹く際に生じるトリの同調発声を録音していた。トリから発声行動を引き出すためには、実験者の口笛そのもののほうが有利であった。しかし、そのような手続きを用いる場合、実験者の側がトリの発声に同調する恐れがあるため、本実験においては録音データの再生を用いることとした。

刺激はパーソナルコンピュータによりアクティブスピーカ（AT-SP151, audio-technica）を通じて再生した。しかし、カーテンの裏側にスピーカを置く、あるいは、実験者が口笛を吹くふりをし、その顔付近にスピーカを位置するなどの工夫をした。音圧はトリの頭の位置付近で55-60dBとなるようにした（背景雑音35-40dB）。また、この同じ出力をスピーカとは別の回路に分岐し、

その出力はPCMレコーダー（DR-40, TASCAM）の右チャンネルによりWindows PCM（.wav）ファイルとして記録された。

トリの音声は指向性マイクロホン（PRO35, audio-technica）により取得し、先のPCMレコーダーの左チャンネルを通じて録音された。これにより、ステレオの左右のチャンネルを介して、再生音とトリの発声を分離しつつ、かつ同時に記録された1つのステレオファイルとして保存した（sampling rate: 44.1kHz）。

音ファイルの編集と分析にはAvisoft SASLab Pro（Avisoft Bioacoustics）を用いた。ステレオファイルは2つのモノラルファイルとして分離した。トリの発声が記録されたファイルについては500Hzのハイパスフィルターを通し、環境雑音を低減した。さらに音列のピーク音圧がダイナミックレンジの75%となるように全体の音圧を正規化した。そしてサウンドスペクトログラム（FFT長512, 時間解像度87.5% overlap）として表し、SASLabのautomatic parameter measurementを使い、音列を構成するそれぞれの音のオンセットと平均周波数を得た。

## 7. 実験：結果

飼育環境では実験者は3羽すべてから“斉唱”のような同調発声を確認したものの、その発声は、完全にトリの自発性に依存するものであり、データは他のトリから隔離した状態で、マイクロホンを向けた時にしか得られないという制約の中で、最終的にトリPから16, Cから10, 計26の同調発声の記録を得た（図2）。

トリは途中から“斉唱”に加わることになるため、しばしば前半の音列が欠落することとなった。トリが単独で発声する時にはこのようなことは見られないため、このことは、これらの記録が刺激の再生のタイミングとトリの発声のタイミングが偶然合うことで得られたのではないことを示す。

また、各発声系列中の発声と再生刺激のタイミングのずれは、メロディが進むにつれて減少していくと仮定した。そこで、トリPから得た16の発声系列について、後半の12-22番目の音に着目し（前述のとおり、前半は欠落しているため）、その発声と刺激のオンセットのタイミングのずれを求めた。その結果、仮定どおり、ずれは小さくなっていき、ずれの大きさと音の進行の間には有意な負の相関がみられた（スピアマンの順位相関検定  $r = -.33, p < .001$ ）。

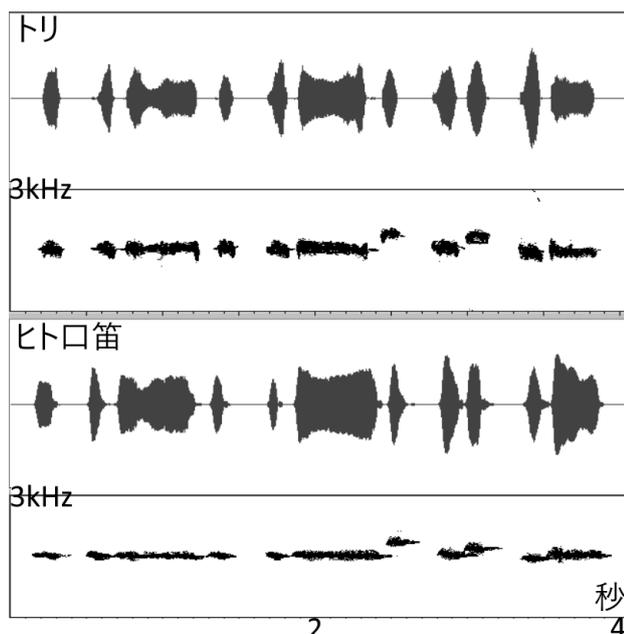


図 2 ヒトの口笛に対するトリの同調発声の例（メロディの後半 11 音を音圧の振幅とサウンドスペクトログラムで表したもの）

## 8. 考察

本実験は、ヒト以外の動物による“斉唱”に似た行動の初の定量的記述である。本研究で用いたトリは、ヒトの音楽を自発的に模倣するようになった。一般に、オカメインコを含むオウムの仲間は、ヒトの発話などを模倣することはあっても、鳴禽とは異なり、さえずることはない（例外的にセキセイインコは生得的にワーブルソングというさえずに似た発声系列を生成する）。また、本実験で用いた音刺激は、生態学的にはオウムにとって意味のないものと考えられる、ヒトの音楽のメロディであった。そのため、本研究においてオカメインコが示した行動を、それらのトリが生来有する発声行動のパリエーションとして説明することは困難であろう。このような繁殖成功にとりわけ有利に働くようには思えない行動に注目することで、ヒトの音楽の起源論についての示唆が得られるかもしれない。また、現在のヒトが音楽を楽しむ理由を文化的な側面から考える手がかりも得られるかもしれない。

また、トリはそのような発声を、再生される口笛の音に同調して生成した。この行動は、単なるタイミングの同調を超えた複雑な行動であるとはいえ、ヒトの行動において一般的に用いられる意味での意図共有と同列に位置付けることはできないだろう。しかしながら、階層性のある音列の生成能力を用いて、社会的な

つながりのある実験者と同じ行動を同じタイミングで生み出し、そのために音列の構造から、続く音の生成を予測して運動の制御を行うという一連の過程は、ヒトに見られる意図共有との関連を想起させるものであり、あるいは、意図共有の萌芽的なものとも言えるかもしれない。

本研究で用いたのが、発達早い段階から、餌付けを通じてヒトとの社会的な関係を築いた個体であったことにも注目すべきだろう。つまり、優れた発声学習能力を持ち、また階層性のある時系列構造を処理する潜在的な認知能力を持つ動物がいたとしても、社会関係のない対象に対する同調（もしくは意図共有）のためにそれらが用いられることはないかもしれない。本研究の結果は、この点でも比較認知研究において考慮すべき問いを提示することになったと言えるだろう。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 17H06380, 17H01015 の助成を受けたものです。

## 文献

- [1] Feenders, G., Liedvogel, M., Rivas, M., Zapka, M., Horita, H., Hara, E., ... & Jarvis, E. D. (2008). "Molecular mapping of movement-associated areas in the avian brain: a motor theory for vocal learning origin." *PLoS One*, Vol. 3, No. 3, e1768.
- [2] Benichov, J. I., Benezra, S. E., Vallentin, D., Globerson, E., Long, M. A., & Tchernichovski, O. (2016). "The forebrain song system mediates predictive call timing in female and male zebra finches." *Current Biology*, Vol. 26, No. 3, pp. 309-318.
- [3] Patel, A. D., Iversen, J. R., Bregman, M. R., & Schulz, I. (2009). "Experimental evidence for synchronization to a musical beat in a nonhuman animal." *Current Biology*, Vol. 19, No. 10, pp. 827-830.
- [4] Hasegawa, A., Okanoya, K., Hasegawa, T., & Seki, Y. (2011). "Rhythmic synchronization tapping to an audio-visual metronome in budgerigars." *Scientific reports*, Vol. 1, 120.
- [5] Seki, Y., & Tomyta, K. (2018). "Effects of metronomic sounds on a self-paced tapping task in budgerigars and humans." *Current zoology*, Vol. 65, No. 1, pp. 121-128.
- [6] Podlipniak, P. (2017). "The role of the Baldwin effect in the evolution of human musicality." *Frontiers in neuroscience*, Vol. 11, 542.
- [7] Fitch, W. T. (2006). "The biology and evolution of music: A comparative perspective." *Cognition*, Vol. 100, No. 1, pp. 173-215.
- [8] Nicolai, J., Gundacker, C., Teeselink, K., & Güttinger, H. R. (2014). "Human melody singing by bullfinches (*Pyrrhula pyrrhula*) gives hints about a cognitive note sequence processing." *Animal cognition*, Vol. 17, No. 1, pp. 143-155.