

人間の音楽性の由来と発達  
—鳴禽類, 霊長類, 乳児をめぐる学際的探究と音楽教育—

今 川 恭 子

関 義 正

香 田 啓 貴

藤 井 進 也

## **The origin and development of human musicality: Interdisciplinary inquiry into songbirds, primates, human infants, and music education**—————

### **Abstract** —————

Darwin is considered the first person to focus his scientific interest on the origins of the human ability to play music. Regarding this ability, a theory was proposed from an anthropological viewpoint in the late twentieth century that musicality is universal among humans. This theory has been supported in recent years not only from the viewpoints of the humanities and social sciences but also from the viewpoints of the natural sciences, including biology. If the ability to play music is universal in humans, it is natural to think that this ability has a certain innate foundation. Since the late twentieth century, an increasing number of studies have provided compelling evidence that infants develop a strong ability to recognize music at a very early stage, and the possibility that the human ability to play music has a certain innate foundation has found empirical support.

In the first three sections of this article, the authors, who are engaged in a study of the brain and physiology of songbirds, primates, and human infants, provide an overview of research trends in their discipline regarding the origins and development of human musicality. It will be shown that although there are species other than humans that “sing” in the sense of uttering regular tone sequences, there is a clear boundary between humans and non-human species. In addition, it will be revealed that although vocal learning is not unique to humans, humans have a distinct ability to learn songs in the context of culture. The fact that human children in their very early years display high sensitivity to music and joyfully learn songs suggests the possibility that humans have an essential psychological and physiological mechanism geared toward musical learning. In the final section, the authors, who are also engaged in the research of infant musical education, discuss the musicality peculiar to humans based on actual examples of children.

## はじめに

人が音楽をする能力の由来に最初に科学的関心を向けたのは、C. Darwinだと言われる<sup>1</sup>。この能力をめぐるのは、20世紀後半になって文化人類学的観点から音楽性が人に普遍的であるとする見解(Blacking,1973)が提示されている。この見解は、近年では人文科学や社会科学だけでなく、生物学をはじめとする自然科学の観点からも支持されている(Hauser & McDermott 2003ほか)。音楽をすることが人に普遍的であるとするれば、その能力にはなんらかの生得的基盤があると考えるのが自然だろう。これまでに認知科学的視点からは、音楽的知性の生得性を想定した理論枠組(Gardner,1983)が示されるなどしてきた。そして20世紀後半以降には、乳児がごく早期から高い音楽知覚認知能力をもつことが次々と証明されており、音楽をする能力がなんらかの生得的基盤をもつ可能性は、実証的に支持されつつあると言ってよい。

近年になって、「音楽性musicality」という語が乳児科学において用いられるのをしばしば目にする。代表的なものがTrevarthenとMallochによるコミュニケーション・ミュージカリティ communicative musicality概念の提唱である(Malloch & Trevarthen 2009)。彼らの主張を端的に言えば、人間は間主観的に他者と通じ合う能力の基盤をもって生まれており、その基盤が音楽性と呼べるものだというのである。我々が多様なコミュニケーションの中で「調子が合う」、「息が合う」、「間合いがよい」などと言い表わす現象の中で共鳴、共感し合う実感をもつことの根底を、Trevarthenらはまるごと「音楽性」と呼んだのである。そしてその基盤の生得性を彼らは主張した。ここでいう音楽性が、我々が社会・文化的に共有する実践の集合たる「音楽」概念に対応する有能さや熟達ぶりを表す語でないことには注意する必要がある。彼らが言う音楽性は、音楽に限らず人間のあらゆる相互的な交流現象に見てとれる性質に由来するものであり、音楽に

紐づけて呼ばれるのは、それが我々の共有する音楽行為に見出される諸要素に通ずるがゆえである<sup>2</sup>。だがここで、人々の主観性の生得的基盤を抱えこむ概念として「音楽性」という語が用いられたということは、その能力および能力の発現が、いわゆる「音楽をする」と深くつながりを持つという推測を支える。このつながりをどのように論理的に説明するかについては未解決の課題も多く、多方向からの実証研究が進行中といったところである。

Trevarthenらの編著書（前掲）において彼らの主張は学際的に論証されようとしている。立場により実証性の度合いや音楽性の解釈に微妙なずれがあるなど問題も孕んではいるものの、実証の一角として重要な位置を占めるのが、生物としてのヒトおよびその進化と発達を他生物種との比較を通じてひもとく視点<sup>3</sup>と乳児科学の視点<sup>4</sup>である。

以下本稿は第1節から第3節において、鳴禽類、霊長類、乳児の脳と身体の研究に携わる3人の執筆者が、人間の音楽性の由来と発達に関わる研究動向を見渡す。生物学的視点、特にヒト以外の「歌う」生物として真っ先に思い浮かぶトリ（第1節）と、霊長類の中でも「歌」と呼べる音声をもつテナガザル（第2節）を取り上げての比較は、ヒトならではの音楽性を支えるメカニズムや機能、その獲得過程の理解への入り口になるだろう。第3節では、音楽に関わってヒトがもつ生得的基盤を乳児期の脳と身体に探る。最後に3つの視点を踏まえて、乳幼児音楽教育に関わる立場から人に固有の音楽性を考えること、子どもが音楽をする現場と科学的知見との往還の重要性を確認する。

## 1. 鳴禽類研究から：その系譜と最前線

### 1. 1 トリのさえずりは歌なのか

動物が規則性を持つ音列を発するとき、研究者はそれをsong、そのような音を生む行動をsingと定義することがある。セミやコオロギが体の一部

をこすり合わせて作る音でさえ歌と表される。ならば、トリのさえずりを歌と呼ぶのは妥当だろう。ジュウシマツ、カナリアのようなさえずりトリ「鳴禽類」は英語でsongbirdである。ベートーヴェンの田園交響曲ではナイチンゲールのさえずりが管楽器で表現されるが、人々はトリのさえずりと我々の歌・音楽との類似点、相違点、関連性を考えてきた。さえずりの音響特性を分析し、ヒトの音楽と比較した研究もある。ここではこの点を掘り下げる代わりに、鳴禽類やオウム・インコの声真似能力と、それに基づく歌・音楽と情動の関連についての研究を紹介する。

## 1. 2 発声学習

鳴禽類のヒナは、周囲のトリのさえずりを手本とし、真似ながら練習を重ねつつ、自身のさえずりパターンを確立していく。種ごとの音響の特徴は存在するが、生得的に固定されたさえずりパターンがあるわけではない。そのため、同種のトリであっても、さえずりは個体ごとに異なったものになる。このように発声パターンを後天的に学習・獲得することを「発声学習 (vocal learning)」という。これは動物においては稀な能力で、鳥類の分類群では、鳴禽類を含むスズメ目、オウム目、ハチドリの仲間のみ見られる。ヒト以外の哺乳類においては、鯨類、その他海生哺乳類の一部、ゾウ、コウモリの一部においてのみ確認されている。それら以外の動物は生得的な発声パターンを発するのみである<sup>5</sup>。

## 1. 3 発声学習能力の役割

さえずりの機能は求愛と縄張り防衛である。多くの鳥類種ではオスのみがさえずる。進化の過程で、オス間競争およびメスによる選好の結果、大きく長く複雑な歌をさえずるオスが選択されてきたと考えられる。つまり、さえずりは本来、繁殖成功に関わる行動である<sup>6</sup>。

翻って、ヒトが優れた発声学習能力を有するのはなぜか。ヒト以外の霊長類は、チンパンジーを含め、この能力を持たず、その進化的起源は不明である。しかし、これが言語の基盤となり言語はまた、この能力の進化を促進しただろう。また、この能力がうたうことを可能にした要因の一つで

あることは明白である。いずれにせよ、我々は通文化的にうたうようになり、うたうことは感情と密接に関わっている。

#### 1. 4 さえずりと情動

ここで「歌をうたうこと・聞くことが情動に関わるというのはトリにも当てはまるか」という問が成立する。トリのさえずる様子が楽しげな漫画で表されることも多い。動物行動の擬人化は研究者にとって適切でない。とはいえ、正しく扱えば、この問の答を得ることは不可能ではない。ヒトの脳活動は多様な方法で計測され、脳活動と情動との関連が研究されている。ヒト以外の動物の脳活動も計測され、脳の各部位の種間での対応も研究されている。それら知見から、脳活動をヒトと比較することで動物の情動を推定できる。

さて、EarpとManey (2012) は鳴禽類のキンカチョウを用い、録音したさえずりをトリに聞かせ、側坐核・腹側被蓋野・線条体<sup>7</sup>、扁桃体<sup>8</sup>等における即初期遺伝子Egr 1の発現量を調べた。雌性ホルモン投与群と非投与群、2つのメスの群で結果を比較したところ、ホルモン投与群では非投与群よりも遺伝子発現の量が多かった。つまり、ホルモンにより繁殖を促されたメスにおいては、さえずりを聞くことでドーパミン系に変化が生じる、つまり快情動が生じる可能性が示唆された。

うたうことについてはどうか。Ritersら (2014) は鳴禽類のムクドリを用い、以下のような実験を行った。まず30分間の「条件付けセッション」で、さえずりの頻度や長さを記録する。前述通り、トリは自発的にさえずることがあるので、その間に多くさえずるトリもいれば、そうでないトリもいる。その直後、各トリを一定期間、「青」ケージに入れておく。後日、トリが「赤」「青」いずれにも自由に入れるようにし、どちらのケージを好むかテストする。もし、さえずることで快が生じるなら、条件付けセッションで多くさえずったトリほど「青」への選好性が強くなるだろう。結果はこの予想を裏付けた。さらに、多くさえずったトリの脳ではオピオイド受容体遺伝子の発現量が多かった。これらは、トリにとってさえずるこ

とが快である可能性を示唆する。

また、著者の関らはジュウシマツを用い神経細胞の活動を直接記録する方法でこの点を検討した (Seki et al. 2014)。さえずりに関わる神経回路には、大脳基底核の一部でドーパミン系に属する部位が含まれる。この部位にはさえずるときに活動する「さえずり関連神経細胞」がある。一方で、ネズミやサルの実験により、エサや飲物のような報酬とその予期に対し、大脳基底核のドーパミン神経細胞が活動することが知られている。これらを前提に、この研究では次の仮説を組み立てた。トリにとっても、エサがもらえる、もらえないという事象は情動に関連するだろう。そしてドーパミン系の神経細胞の活動はその情動を反映するだろう。そのような活動を示す神経細胞が、もし、さえずる際にも活動するとすれば、その神経活動は情動に関連しているだろう。実際に該当部位に電極を差し入れて実験したところ、「さえずり関連神経細胞」の一部はエサがもらえる、もらえないという状況に依存した活動パターンを示し、仮説を支持する結果となった。

### 1. 5 「発声学習とリズム同調」仮説

最後に、見出しの仮説を紹介する。我々ヒトの文化においては、音楽に合わせたダンスが普遍的に見られる。一方、動物は一般に、リズムカルな運動を示すが、与えられる任意のリズムに運動を同調させることはない。ところが、オウムが自発的に音楽に同調して踊るという報告がなされた (Patel et al. 2008)。発声学習とリズムに同調したダンスという一見あまり関連のない2つの能力には、実は「感覚情報の身体運動への変換」という共通点がある。そこで、リズム同調能力は繁殖に関わる行動として先に獲得された発声学習能力の副産物として備わったという本仮説が成立する。そして、オウムとヒトが共にこれらの能力を有するという事実はこの仮説を支持する。著者の関を含むグループはこれに関連した研究を発表し (Hasegawa et al. 2011)、現在も引き続きこの方向性で研究を進めている。

## 1. 6 小括

これまで、トリの発声学習を主題に、歌や音楽の生得性を考えるヒントとなり得るいくつかの研究例を紹介してきた。一方で我々は、歌詞や曲調により歌に任意のメッセージを込め、多様な楽器や技術を用いて様々な感情を表現する。トリのさえずりは動物のものとしては最も歌らしい歌の一つだが、その機能は基本的に、求愛、縄張り防衛、つがい等社会関係の形成・維持に限定される。我々の文化に見られる歌や音楽とは、この点で大きく異なる。

我々は遺伝により音楽の生得的基盤を受け継ぐだけでなく、複雑な文化体系も継承するようになった。また、生物学的な制約を超えた創造性を発揮できるようになった。ありきたりではあるが、音楽教育においては情動に関わる生物学的・生得的・生理的基盤を適切に刺激し、ヒトだけが持つ多彩な感情表現や創造性をいかにうまく引き出すかが重要なのだろうと思う。

## 2. 霊長類研究から：その系譜と最前線

### 2. 1 ヒト以外の霊長類に「歌」はあるか

歌とは人間の音楽的行為の側面である。歌をはじめとした音楽的行為が、人間において普遍的な現象であり文化的な営みであることは、社会科学・人文科学的な観点からして異論がないだろう。一方でヒトの行動という生物学という自然科学的な側面から考えた場合、音楽が普遍的な行為であるということはこういったことを指し示すのであろうか？ 言語とおなじように、音楽はあらゆる文化圏を横断して観察されることからして、音楽は個体発生<sup>9</sup>の側面では自ずと獲得される過程であることを示し、系統発生<sup>10</sup>の側面では、音楽を発現させるメカニズムがなんらかの進化の過程で成立してきたことを指し示す。すなわち、生物学的視点からするとヒトに固有に存在するメカニズムや進化史についての理解を深めることが重要



である。とりわけ、音楽は化石に痕跡が残らないため、そのヒトに固有と思われる現象である音楽や歌の進化史について解明することはたいへん難しい。こうした場合、音楽や歌を持たない（あるいは類似しているが本質的には異なる）ヒト以外の動物について調べ、メカニズムの相同性について比較を通じて明らかにする手段が有効となってきた（Hauser et al. 2002）。中でも、ヒト以外の霊長類である類人猿（チンパンジー・ボノボ・ゴリラ・オランウータン・テナガザル）やサルと比較することで、ヒトの行動の固有性や、ヒトの系統での能力の特殊化の進化史について推定できることが多いために、有力な手段となる。

さて、ヒトでの歌の進化を推察するために、ここで問いを設定しよう。「ヒト以外の霊長類に『歌』は存在するか？」

## 2. 2 テナガザルの「歌」は歌なのか？

ヒト以外の霊長類に音楽が存在しないのは自明であろう。また、「歌」も人間が想像するような形で存在しないのは明白である。しかし、前節の鳴禽類での説明にあるように、「規則性を持つ音列」と拡大定義した場合、いちおう該当する現象が存在する。テナガザルの歌である。

テナガザルは、チンパンジーやニホンザルなどに比べ我々日本人にはなじみのない霊長類である。テナガザルは、東南アジアに広く分布する類人猿<sup>11</sup>に分類される。体重は5～10キロと、ヒトの1歳児程度の体重しかない小型の動物だが、彼らが生息する熱帯雨林に響き渡るような声量で迫力のある発声を行い、コミュニケーションする。その発声は、規則性のある、あたかも歌のような旋律を伴うため、「霊長類の歌」と表現される。鳴禽類のさえずりの役割がメスを引き付けるためのオスのものである一方で、テナガザルの場合は形成する家族<sup>12</sup>の間で歌を歌うことから、「デュエット」などとも呼ばれる。また、オスが夫婦の相手であるメスに「合いの手」<sup>13</sup>を入れる規則性もある（Koda 2016）。

前節の定義に従えば、規則性を持った音列という点で、動物の歌に該当する事例であると思われる。しかし、これはヒトで観察される歌という現

象と比べ、同じメカニズムの上で成立した発声行動と考えるとよいのだろうか？

### 2. 3 テナガザルの歌の限界はどういったことか

テナガザルの歌を、ヒトの歌と直接比較する試みはたいへん少なく、近年筆者たちが実施した研究程度しかない (Koda et al. 2012)。テナガザルは小柄な体格で大音量を長時間にわたり発声するが、その大音量化の背景に発声方法の洗練化が認められる。発声は、喉頭に配置された声帯を肺呼吸により震わせる。そして声帯で得られた音源を、口唇や顎の運動から制御される共鳴を利用して、大音量化を図っている (Titze 1994)。音響力学的な分析を行うと、共鳴方法においてヒトの女性ソプラノ歌手の歌唱法とテナガザルの歌の歌唱法が一致する。音響学的な発声方式といった点においては共通基盤を運用している。

いっぽうで、決定的に異なる点が当然存在する。それは、自由に旋律を変更しリズムを変化させる能力がテナガザルの歌動作には欠落する。テナガザルの歌とヒトの歌唱は、ともに規則性を伴った発声運動であるが、規則性に学習による変化や、運動の随意的制御といった発声運動の自由度について決定的な差異が存在する。運動を随意的に制御し、さまざまなリズムを発声に与え、歌唱を実現するような革命的な運動制御の基盤が、ヒト以外の霊長類では (チンパンジーにおいても) 確認できない (Jürgens 2002)。これこそが、ヒトとヒト以外の霊長類を決定的に分岐させるメカニズムであり、その脳内機序や発達機序、さらに進化史における獲得過程について考察すると、ヒトの音楽性の起源に生物学的に取り組めるのではないかと考えられる。では、このヒトならではの運動制御能力について、現時点でどのような進化史が想像できるだろうか？

### 2. 4 歌の創発に潜む身体運動の革命

テナガザルの歌はヒトの歌唱と異なると述べながらも、運動操作の固有性という点においては類似する現象ともいえる。テナガザルはほかの霊長類では見られないような発声運動を実現しテナガザルに固有と考えられる

歌を成立させている。同様に、ヒトの随意発声能力とリズム制御能力に支えられヒトに固有と考えられる歌唱を実現している。固有の形式は異なるが、固有性の成立の進化史を推察する作業は、大変よく類似した思考作業であろうと考えられる。

それでは、テナガザルの歌動作の発現に関与しそうな現象とはなにか？それは、声帯や肺、喉といった様々な運動動作を歌運動として制御するための運動基盤が成立する以前に、彼らの特殊な身体動作の革命が存在するといった点が注目に値する現象であろう (Koda 2016)。テナガザルは小柄であるため、一日中30mの巨木の樹冠で生活をする。そして木から落下することもなく腕渡り動作と呼ばれる四肢動作の特殊化を遂げた霊長類でもある<sup>14</sup> (Carbone et al. 2014)。旋律を伴う見事な発声運動成立の背景には、こうした身体性の革命（樹上を自由に飛び回る）が先行成立し、それが発声運動に延長されたのではないかと推察される。

## 2. 5 小括

以上のようなテナガザルでの身体動作革命と歌発現との関連性は、ヒトでも推察される類似した進化史であるだろう。ヒトは直立二足歩行といった特別な身体運動を示す霊長類であり、さらに明瞭な利き手や楽器演奏に代表される指の階層化動作に優れているという身体動作の固有化現象が認められる。こうした身体動作制御に見られる革命的な随意性獲得や階層性獲得は、運動性言語野であるブローカ野や随意運動制御の起点である運動野などといった運動制御を司る脳機能のヒトでの固有化現象と深く関係しているが、歌唱をはじめとする音楽行為の不変的な共通性として、身体動作の「ヒト化」が関与しそうである。ヒトが大地を踏み手の操作が解放されたとき、身体動作がさまざまな形で複雑化する。その先に創発した現象の一つが音楽性であろうし、その能力と発話能力が融合した結果が、ヒトの歌になったという進化史が推察される。動物との比較を通じて、よりヒトの固有性が浮き彫りにされ、歌の生物学的な理解が進むことが今後期待される。

### 3. ヒトの脳と身体と音楽性：その系譜と最前線

#### 3. 1 ヒトの音楽性の発達起源

ヒトの脳と身体は、胎芽期、胎児期、新生児期、乳児期、幼児期、学童期、思春期を経て発達する。この脳と身体が発達する過程において、いつからか、我々ヒトは、音楽に合わせて歌い、踊り、楽器を奏で、音楽を楽しむようになる。上述の鳴禽類、霊長類に関する研究を顧みてもわかるように、ヒトの音楽性は、生物学的にみると実は大変不思議である。生物学者のDarwinをはじめこれまで数多くの学者たちが、この不思議なヒトの音楽性の起源に思考を巡らせ、様々な仮説を提唱してきた (Darwin 1871; Mithen 2005; Fitch 2012; Patel 2014)。そして近年、ヒトの音楽性の起源に関する興味深い研究が、続々と報告されはじめている。本章では、これらの研究動向の中で、特に音楽拍子の知覚と同期現象の発達起源に焦点を絞り、関連研究を概説する。

#### 3. 2 音楽拍子の知覚と同期

我々ヒトは、音のリズムを聴くと、周期的な時間構造 (= 拍子:Beat) をすぐに知覚 (Perception) し、知覚した拍子に合わせて、発声や手足の運動リズムを予測的に同期 (Synchronization) することができる。これが、「拍子知覚と同期 (Beat Perception and Synchronization : BPS)」である。BPSは、我々ヒトが音楽に合わせて歌ったり、踊ったり、楽器を奏でたりするとき、ごく自然に行われている。ところが、ヒト以外の動物においてBPSを観測することは、なかなか難しい。生物学者のFitchは、「なぜイヌは踊らないのか」という端的な言葉で、BPSにまつわる生物界の不思議を表現した (Fitch 2012)。つまり、ホタルの明滅リズムやカエルの発声リズムの同期など、生物界にはリズム同期現象が遍在しているにもかかわらず、太古よりヒトと生活を共にしてきたイヌが音楽の拍子に合わせて自発的に踊りださないのはなぜなのか、という提言である (Fitch 2012; Patel

2014)。

この謎に迫るひとつの興味深い仮説が、「発声学習とリズム同期仮説 (Vocal Learning and Rhythmic Synchronization Hypothesis)」である (Patel et al. 2009)。これは、「複雑な発声を学習する能力の副産物として、生物にBPS能力が備わったのではないか」という仮説である。この仮説に従えば、複雑な音声学習のできないイヌは踊れないが、複雑な音声学習のできるオウムやインコは踊れる、ということになる。この仮説を支持するように、Patelら (2009) は、オウムが音楽の拍子に同期して頭を動かすことを報告した。同年、Shachnerら (2009) も、発声模倣種 (Vocal Mimicking Species) の身体運動リズムが、音楽の拍子に引き込まれることを報告した。また2011年に関らのグループも、インコがリズムカルな視聴覚刺激に対して予測的に身体運動を同期することを報告した (Hasegawa et al. 2011)。

ところが2013年以降、チンパンジーが音のリズムに合わせて自発的にタッピングすること (Hattori et al. 2013)、そして、アシカでさえも音楽の拍子に合わせてリズムカルに頭を動かすことが報告され (Cook et al. 2013; Rouse et al. 2016)、発声学習とリズム同期仮説の真偽や、BPS能力の神経生物学的基盤について論争が繰り広げられている (Patel 2014)。

### 3. 3 音楽拍子の知覚と同期に関する発達研究

ではヒトは発達過程のいつから、音楽の拍子を知覚し、拍子に合わせて身体を動かすのだろうか。2008年の著書*Music, Language, and the Brain*の中でPatelは、「拍子に同期する能力は、4歳頃まで現れないように見える」と記述した (Patel 2008, p.405)。本当に、ヒトのBPS能力は、4歳頃まで表出しないのであろうか。

2009年にWinklerらは、音楽拍子の知覚がヒトに生得的に備わっている可能性を発表した (Winkler et al. 2009)。Winklerらは、ドラムパターン音に対する新生児の脳波の事象関連電位 (Event Related Potential: ERP) を調べた。すると、驚くべきことに、ヒトの新生児の脳波から、拍子 (ダ

ウンビート)の予測に関連するERPが観測されたのである(Winkler et al. 2009)。さらに、同様の脳波実験をサルで実施しても、拍子の予測に関連するERPは観測できなかったという(Honing et al. 2012)。これらの実験結果を踏まえHoningは、拍子の知覚はヒトという種に特有であり、かつ生得的ではないか、と考察している。

身体をリズムカルに動かす能力はどうだろうか。ZentnerとEerola(2010)は、音楽と発話音を聴取する生後5～24ヶ月の乳児の手足の運動を調べた。すると、興味深いことに、発話音よりも音楽を聴取しているとき、乳児はより長い時間リズムカルに手足を動かしていた。さらに、リズムカルに手足を動かす時間の長い乳児ほど、笑顔である時間も長かったという(Zentner and Eerola 2010)。音楽に合わせてリズムカルに身体を動かす能力は、ヒトの快情動に関連しており、その能力は発達段階のかなり初期から備わっているのかもしれない。

では、生後5か月以前のヒトの身体は、音楽に対してどう反応するのだろうか。胎児や乳児の手足は、特に外部から刺激がない状態でも自発的に動く。発達初期にみられるこの自発的な身体運動は、「ジェネラルムーブメント (General Movement: GM)」と呼ばれる(Prechtl and Hopkins 1986)。GMは、受精後8～10週頃の胎児期に出現し、出生を向かえるまで大きく変化しないが、出生してから生後4ヵ月までの間に大きく変化し、寝返りする頃にはほとんど見られなくなる(小西 1998; 多賀 2002)。リズムカルなGM運動は、脊髄の中枢パターン発生器(Central Pattern Generator: CPG)のような神経回路網によって生成され、大脳皮質—皮質下間の神経回路網の状態によって運動の複雑さが変化するのではないかと考えられている(小西 1998; 多賀 2002)。

著者の藤井らは、「脳—身体—環境の間にグローバルエンブレインメント」(多賀 2002)が生じれば、乳児の脳と身体が、環境にある音楽のリズムに引き込まれ、踊りの前兆のような行動が創発する可能性もあるのではないかと考えた。そしてこの仮説を検証するため、生後3～4ヶ月の乳

児約100名の運動計測を行い、音楽聴取中の手足の運動をリズム引き込み現象の観点から解析した (Fujii et al. 2014)。すると興味深いことに、音楽が流れると急にリズムカルに手足を動かす乳児が存在し、さらに乳児の手足の運動リズムと拍子の位相同期の程度は有意に高く、乳児の身体が音楽のリズムに引き込まれている可能性が示唆された (Fujii et al. 2014)。

しかし、音楽を聴いてリズムカルに動き出す乳児はたった2名であった。大多数の乳児は、音楽が流れると、手足の運動量が減少する傾向にあった。その代わりに、乳児全体の傾向としては、音楽聴取中に声の基本周波数が高くなり、フォルマント周波数の変動性が大きくなる結果が観測された (Fujii et al. 2014)。乳児はまるで歌うかのように、発声パターンを豊かに変化させていたのかもしれない。踊りや歌の前兆行動は、生後3～4ヶ月の段階ですでに観察される可能性があるが、音楽に対する乳児の反応の個人差をどう理解するかが今後の大きな課題である。

### 3. 4 小括

以上、音楽拍子の知覚と同期現象の発達起源に焦点を絞り、近年の研究動向を概説した。依然として、発達過程のいつから、どのようにして、ヒトの脳と身体に音楽性が宿るのか、まだ十分には理解されていない。ヒトの音楽的行為の中にみられるリズム知覚・生成・同期現象のメカニズム (Fujii and Schlaug 2013; Fujii and Wan 2014) をさらに深く探究していくことで、ヒトの音楽性の起源に迫ることができるのではないかと考え、筆者は今も研究を続けている。

## おわりに

最後に、3つの論考を音楽教育に関わる立場から振り返ってみたい。「歌うこと」、「音楽をすること」は、人間ならではの精神文化の重要な部分を担う。「人間ならではの」はどこに見出されるのか。この問題に迫ることは、人間の音楽性の由来と発達に迫るだけでなく、人同士の絆を形成する間主

観的な関わり合いの由来と発達に迫ることにもつながる。それはとりもなおさず、我々が社会・文化の中で何を大切にし、何を育てていくべきかの指針を考えることにもなる。

規則性をもつ音列を発するという意味で「歌う」生物はヒト以外にもあるが、ヒトとそれらとの間には明確な一線があるようだ。すべてをひとつにまとめることは難しいが、まず音楽をすることの社会的機能は彼我に差がある。また、音楽をすること上で発動する能力の一部を他生物と共有していても、人間だけが歌の自由度や複雑性を支える身体的・精神的基盤を手に入れた道筋のあることが推測される。人間がこの自由度と複雑性を包括して音楽文化を継承していることの重要性に、ここであらためて気づかされるだろう。

文化の継承という点から見れば、歌の伝承を担保する発声学習はヒト固有ではないとはいえ、ヒトが文化の中の歌を学習する能力はきわだっていると言えよう。子どもがきわめて幼い時から音楽に対する高い感受性を示して嬉々として歌を学ぶ姿からは、ヒトが音楽学習に向かう心身のメカニズムを本来的にもっていることを示唆する。子どもたちのかたわらで「文化的な実践者のモデル」として生きる大人の役割の大切さが、あらためて認識されるだろう。また当然のことながら、歌うことの学習が本来喜びを伴う行為であることも、科学的な根拠とともに理解されるだろう。

音楽の特徴は文化毎に多様であり、多様性の中には長時間の学習を要する高度な複雑さも含まれ、この複雑さの大部分は人から人へ伝承という学習形態で保持されている。我々の社会のこうした現実を見るならば、音楽学習が発動する精神的・社会的・情動的メカニズムまでをも包括して探究すること、すなわち音楽をすること・学ぶ人の姿の現実を探究することまでを含めて、はじめてヒトならではの音楽性の全貌が見えてくとも考えられる。子どもたちが生きる文脈と科学的知見との往還は、音楽性の科学的探究のこれからにとっても、音楽教育における現代的な課題の探究にとっても、今後ますます必要になるだろう。



[付記] 「はじめに」と「おわりに」は今川，第1節は関，第2節は香田，第3節は藤井が分担して執筆した。とりまとめは，各執筆者の専門性を尊重して今川がおこなった。なお本研究はJSPS科研費16K01886の助成を受けている。

## 注

1. C. Darwinは「音楽を楽しむことも，音楽をつくり出す能力も，ともに人間の通常の生活に関して直接の役には立っていないので，これは人間に備わっている能力の中でも最も不思議なものの一つに数えられるべきだろう」（ダーウィン／長谷川訳，p.402）と述べ，音楽的能力を人間の本来の能力のなかでも謎の扱いをしている。近年ではPinker, Miller, HagenとBryant, Brown, Hauserらにも，音楽的能力の起源への言及が見られるが，いずれもまだ実証的根拠は十分でなく（Huron 2001; Hauser & McDermott 2003），仮説の段階であることを書き加えておきたい。
2. Trevarthenらはこうした特質が，ヒトが体内にもつ広義のリズムに由来する可能性を見る。また音声や身振り等の全体的輪郭を，旋律や踊りといった語で隠喩的に論じつつ，この輪郭を人同士が察知し合いながら歩み寄るのだと考えた。彼らの主張において重要なことは，従来哲学の言葉で語られてきた間主観的「通じ合い」の能力基盤が科学的に実証されようとしている点であり，その能力基盤の実体や発現の仕方は多様であるものの，いわばまるごと「音楽性」という言葉で包括したことである。
3. 乳児が示す音楽への高い感受性と認知能力については多くの研究がある。最近の成果を概観するにはTrehub（2003）等を参照されたい。
4. Hauserら（2003）は，生物種間の比較によってヒトが進化の過程で手に入れたヒト固有の生得的音楽能力を見つけ出せるという。一方，音楽のような高次の認知機能については生得性と学習との二分法で語

ることは困難とする見方もある (Trainor 2006)。

5. オンドリの「コケッココー」、イヌの「ワンワン」がその例である。
6. 単独でのさえずりは、そのパターンの維持に必要な練習と解されることが多い。
7. ドーパミン系の一部でヒトにおいては快情動と関連する。
8. 好き嫌いに関連する。
9. すなわち乳幼児から成人に至る発達の観点。
10. すなわちヒトという動物が持ち合わせる行動や認知活動としての観点。
11. 系統的にヒトと最も近縁な霊長類分類群に属す。
12. 人間社会のように雄雌ペアの夫婦を基本とする。
13. 合いの手は「オスのコーダ」と呼ばれ、まるでオーケストラのようでもある。
14. テナガザルという名前は手を使い木から木へと見事に飛び移る様子から名づけられている。
15. ここでは時間軸上に組織化して配置された音列群と定義する。

## 【引用・参考文献】

- Blacking, J. (1995). *Music, Culture, And Experience: Selected Papers of John Blacking*. Univ. of Chicago Press.
- Carbone, L., Alan Harris R. & Gnerre S. et al. (2014). "Gibbon genome and the fast karyotype evolution of small apes." *Nature* 513:195-201. doi: 10.1038/nature13679
- Darwin, C. (1871). *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. London: John Murray; NY:D Appleton
- Cook, P., Rouse, A., Wilson, M., and Reichmuth, C. (2013). A California sea lion (*Zalophus californianus*) can keep the beat: motor entrainment to rhythmic auditory stimuli in a non vocal mimic. *J*

Comp Psychol 127, 412-427.

Darwin, C. (1871). *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*.  
London: John Murray.

Earp, S. E. & Maney, D. L. (2012). "Birdsong: is it music to their ears?"  
*Frontiers in evolutionary neuroscience*. 4, 14.

Fitch, W.T. (2012). "The biology and evolution of rhythm: unraveling  
a paradox," in *Language and music as cognitive systems*, eds. P.  
Rebuschat, M. Rohmeier, J.A. Hawkins & I. Cross. (Oxford: Oxford  
University Press), pp. 73-95.

Fujii, S., and Schlaug, G. (2013). "The Harvard Beat Assessment Test  
(H-BAT): a battery for assessing beat perception and production  
and their dissociation." *Front Hum Neurosci* 7, 771.

Fujii, S., and Wan, C.Y. (2014). "The Role of Rhythm in Speech and  
Language Rehabilitation: The SEP Hypothesis." *Front Hum Neurosci*.  
8, 777.

Fujii, S., Watanabe, H., Oohashi, H., Hirashima, M., Nozaki, D., and Taga,  
G. (2014). "Precursors of dancing and singing to music in three- to  
four-months-old infants." *PLoS One* 9, e97680.

Gardner, H. (1983) *Frames of mind: The Theory of Multiple  
Intelligences*. Basic Books.

Hasegawa, A., Okanoya, K., Hasegawa, T. & Seki, Y. (2011). "Rhythmic  
synchronization tapping to an audio-visual metronome in  
budgerigars." *Scientific reports*, 1.

Hattori, Y., Tomonaga, M., and Matsuzawa, T. (2013). "Spontaneous  
synchronized tapping to an auditory rhythm in a chimpanzee." *Sci  
Rep* 3, 1566.

Hauser, M. D., Chomsky, N. & Fitch, W. T. (2002). "The faculty of  
language: what is it, who has it, and how did it evolve?" *Science*(80- )

298:1569-79. doi: 10.1126/science.298.5598.1569

- Hauser, M. C. & McDermott, J. (2003). The Evolution of the Music Faculty: A Comparative Perspective. *Nature Neuroscience*. Vol.6. No.7. July 2003:663-668.
- Honing, H., Merchant, H., Haden, G.P., Prado, L., and Bartolo, R. (2012). "Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) detect rhythmic groups in music, but not the beat." *PLoS One* 7, e51369.
- Huron, D. (2001). Is Music an Evolutionary Adaption? *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 930 (2001) pp. 43-61.
- Jürgens, U. (2002). "Neural pathways underlying vocal control." *Neurosci Biobehav Rev.* 26, 235-58.
- Koda, H. (2016). "Gibbon songs: Understanding the evolution and development of this unique form of vocal communication." In Reichard, U. H., Hirai, H., Barelli, C. (eds) *Evolution of Gibbons and Siamang*. Springer, 347-357.
- Koda, H., Nishimura, T., Tokuda, I.T., et al. (2012). "Soprano singing in gibbons." *American Journal of Physical Anthropology*. 149:347-355.
- Malloch, S. & Trevarthen, C. (2009). *Communicative Musicality: Exploring The Basis of Human Companionship*. Oxford university Press. (邦訳:根ヶ山光一・今川恭子他監訳『絆の音楽性』音楽之友社, 2018)
- Mithen, S. (2005). *The singing neanderthals: the origins of music, language, mind, and body*. Weidenfeld & Nicolson.
- 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*, 19 (10), 827-830.
- Patel, A.D. (2008). *Music, Language, And The Brain*. New York: Oxford University Press.

- Patel, A.D. (2014). "The evolutionary biology of musical rhythm: was Darwin wrong?" *PLoS Biol* 12, e1001821.
- Prechtl, H.F., and Hopkins, B. (1986). "Developmental transformations of spontaneous movements in early infancy." *Early Hum Dev* 14, 233-238.
- Riters, L. V., Stevenson, S. A., DeVries, M. S. & Cordes, M. A. (2014). "Reward associated with singing behavior correlates with opioid-related gene expression in the medial preoptic nucleus in male European Starlings." *PloS one*. 9 (12), e115285.
- Rouse, A.A., Cook, P.F., Large, E.W., and Reichmuth, C. (2016). Beat Keeping in a Sea Lion As Coupled Oscillation: Implications for Comparative Understanding of Human Rhythm. *Front Neurosci* 10, 257.
- Schachner, A., Brady, T.F., Pepperberg, I.M., and Hauser, M.D. (2009). "Spontaneous motor entrainment to music in multiple vocal mimicking species." *Curr Biol* 19, 831-836.
- Seki, Y., Hessler, N. A., Xie, K. & Okanoya, K. (2014). "Food rewards modulate the activity of song neurons in Bengalese finches." *European Journal of Neuroscience*. 39 (6), 975-983.
- Titze, I. R. (1994). *Principles of Voice Production*. Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ
- Trainor, L. (2006). Innateness, learning, and the difficulty of determining whether music is an evolutionary adaptation: A commentary on Justus & Hutsler (2005) and McDermott & Hauser (2005). *Music Perception*. 24-1,105-110.
- Trehub, S. (2003). The developmental origins of musicality. *Nature Neuroscience*. 6 (7). 669-763.
- Winkler, I., Haden, G.P., Ladinig, O., Sziller, I., and Honing, H. (2009).

今川 恭子・関 義正・香田 啓貴・藤井 進也

“Newborn infants detect the beat in music.” *Proc Natl Acad Sci U S A* 106, 2468–2471.

Zentner, M., and Eerola, T. (2010). “Rhythmic engagement with music in infancy.” *Proc Natl Acad Sci U S A* 107, 5768–5773.

小西行郎, 高谷理恵子 (1997) 「未熟児・新生児の自発運動 (身体性/知性の発達, 複雑系5)」『物性研究』68, 530–533.

多賀巖太郎 (2002) 『脳と身体の動的デザイン: 運動・知覚の非線形力学と発達』金子書房

ダーウィン, C. (2016) 『人間の由来』(下) (長谷川真理子訳) 講談社