

2026 年 8 月 14 日

鳥のさえずりに、人間の言語と共通する統計構造を発見

<概要>

帝京大学先端総合研究機構特任教授 岡ノ谷一夫らの研究グループは、ジュウシマツ^{*1}のさえずりに、人間の乳児が連続した音声から語の境界を見つける仕組みに着想を得た解析法を適用することで、人間の言語にも見られる統計的な構造が存在することを明らかにしました。

同研究グループは、日本で収集された雄のジュウシマツ 6 羽について、発達過程の 5 時点で記録したさえずり計 30 記録を解析しました。その結果、音節のつながりが大きく弱まる位置を境界として、統計的にまとまりのある部分列を検出しました。これらの出現頻度は、少数の単位が頻繁に使われ、多数の単位がまれに現れるジップ (Zipf) 型分布^{*2}によく適合しました。この構造は音節頻度の偏りだけでは説明できず、隣接する二音節を超えた系列構造に由来することが示されました。さらにジップ型分布は解析可能な発達初期から存在し、成長に伴って部分列のまとまりが明瞭になりました。加えて、頻繁に使われる部分列ほど短いという「ジップの簡潔性の法則^{*3}」も確認されました。本研究は、2026 年 8 月 8 日 (土) 午前 3 時 (日本時間) に学術誌「Science Advances」に掲載されました。

<研究の背景>

人間の言語には、音が統計的にまとまって「語」を形成することと、語の頻度がジップ型分布に従うことという二つの統計的特徴があります。ジップ型分布では、最も頻繁な単位ほど突出して多く使われ、順位が下がるにつれて頻度が規則的に低下していきます。この分布は、乳児・子ども・成人による語の発見や学習を助けることが知られています。

近年、文化的に学習・伝達されるザトウクジラの歌にも同様の統計構造が報告されました。そこで本研究では、同じく複雑な歌を他個体から学ぶジュウシマツのさえずりを対象に、人間の言語やクジラの歌に用いられたものと同じ解析法を適用しました。

<研究の内容>

同研究グループは、雄 6 羽について、各個体の発達過程の 5 時点、合計 30 記録を用いて、ジュウシマツのさえずりに含まれる連続音節間の遷移確率^{*4}を計算しました。そしてその確率が直前の遷移確率の半分未満に低下する位置で歌を分割しました。主解析では、1 回の歌唱区間につき平均 10.72 カ所の境界が検出されました。抽出された部分列の頻度と順位の関係は、べき乗則に平均 $R^2 = 0.89$ で適合し、分布の平均傾きは 1.05 でした。この値は人間言語で報告される値に非常に近く、分割の感度を変えても同様の結果が得られました。

この構造が個々の音節の使用頻度だけから生じた可能性を検討するため、音節順序を無作為化した 1,000 個の擬似データセット、隣接する二音節の統計のみを保った 1,000 個の擬似データセット、分割位置をずらした 1,000 個の擬似データセットと比較しました。いずれの比較でも、実際のさえずりの方がジップ型分布への適合度が高かったため、観察された統計構造は、単純な音節頻度や二音節間の関係だけではなく、それより長い系列構造に由来すると考えられます。

発達分析では、部分列内部と部分列間の遷移確率の差が成長とともに大きくなり、さえずりのまとまりが明瞭になりました。一方、ジップ型分布への適合度そのものは日齢によって変化せず、解析可能な最も早い段階からすでに存在していました。ただし、分布の傾きは発達とともに増加し、少数の高頻度部分列と多数の低頻度部分列との差が大きくなりました。

このほかに、長い部分列ほど出現頻度が低く、短い部分列ほど頻繁に使われるという関係が認められました。これは「ジップの簡潔性の法則」と呼ばれ、人間言語や複数の動物コミュニケーションで知られる効率的な符号化の原理に対応しています。

<研究成果の意義>

本研究は、人間、ザトウクジラ、ジュウシマツという進化的に大きく離れた種において、文化的に学習・伝達される複雑な音声系列が、共通する統計的特徴を持ちうることを示しました。ジュウシマツで検出された部分列が人間の語のような意味を持つことを示すものではありませんが、意味や機能の異なるコミュニケーション体系に類似した構造が現れる点は重要であると考えます。また、複雑な発声系列が世代を越えて伝達される過程では、学習しやすい構造が繰り返し選択される可能性があります。

本成果は、言語に特徴的と考えられてきた統計構造の一部が、人間だけに固有の能力ではなく、文化伝達に伴う収斂的な組織化原理として生じうることを示唆しています。ただし、すべてのジップ型分布が文化伝達によって生じると結論づけるものではありません。

<特記事項>

本研究は、Israel Science Foundation grant 445/20、文部科学省科学研究費補助金 基盤研究 (S) JP23H05428、学術変革領域研究 (A) JP24H01560 および JP25H01949、Royal Society University Research Fellowship UF160081 および URF/R/221020 の助成を受けて行われました。

本研究成果は、2026 年 8 月 8 日 (土) 午前 3 時 (日本時間) に学術誌「Science Advances」に掲載されました。

・ **タイトル** : Language-like statistical structure arises in learned signaling: evidence from birdsong

・ **著者** : Simon Kirby, Kazuo Okanoya, Ellen C. Garland, Miki Takahashi, Inbal Arnon

・ **DOI** : 10.1126/sciadv.aea3015

<用語説明>

- ※1 **ジュウシマツ** : コシジロキンパラを祖先とする飼育品種の小鳥。雄は複数の音節を複雑な順序で組み合わせたさえずりを学習する。
- ※2 **ジップ型分布** : 語や音節のまとまりが、**それぞれどのくらいの頻度で使われるかという分布**に関する統計法則。少数のものが非常に頻繁に使われる一方、多くのものはまれにしか使われない。頻度順では、第 2 位は第 1 位のおよそ半分、第 3 位はおよそ 3 分の 1 となる。
- ※3 **ジップの簡潔性の法則** : 語や音節のまとまりの**使用頻度と長さの関係**に関する統計法則。頻繁に使われるものほど短く、まれにしか使われないものほど長くなる傾向を指す。
- ※4 **遷移確率** : ある音節の後に特定の音節が続く確率。確率が高い音節同士は統計的にまとまりやすく、確率が大きく低下する位置はまとまりの境界候補となる。

【本件に関する問い合わせ先】

<研究に関すること>

帝京大学 先端総合研究機構 特任教授 岡ノ谷一夫

E-mail : kazuookanoya@gmail.com

<報道に関すること>

帝京大学本部広報課

TEL : 03-3964-4162

E-mail : kouhou@teikyo-u.ac.jp