

カエルの鳴き声を AI で識別する —繁殖活動の高効率なモニタリング調査に向けて—

概要

繁殖期になると水場に集まり盛んに鳴きだすカエル類は、目で見るとよりも耳をすませるほうが効率的に探すことができます。そのため生息調査では音声レコーダーを用いた音響モニタリングが広く実施されてきましたが、録音データはすぐに膨大になり解析しきれなくなることが課題でした。

京都大学大学院理学研究科 木村楓 博士課程学生および曾田貞滋 同名誉教授の研究グループは近年発達した AI 技術を用いてカエルの鳴き声を自動で判別し、繁殖活動のモニタリングに用いる手法を確立しました。鳴き声を学習させた AI は、調査地に現れた 5 種のカエルを 90% 以上の高精度で判別できました。また調査地においてカエルをほぼ毎日数えたところ、鳴き声の活発さを表す指標が高い日ほど出現個体数が多いことが確認されました。ただし個体数が少ない種では検出が難しくなることや、鳴き声の活発さが産卵状況と必ずしも強く相関しないといった課題も見つかりました。今後 AI を利用した野外調査が活発化するなか、カエルの音響モニタリングを有効に実施するために本研究が土台の一つとなると期待されます。

本成果は 2023 年 11 月 17 日 06:00 (現地時間) に米国の国際学術誌「*Ichthyology & Herpetology*」にオンライン掲載されました。



喉を大きく膨らませて鳴くニホンアマガエル (撮影：木村楓)

1. 背景

繁殖期になると水場に集まり盛んに鳴きだすカエル類は、目で見るとよりも耳をすませるほうが効率的に探すことができます。そのため生息調査では音声レコーダーを用いた音響モニタリングが広く実施されていますが、録音データはすぐに膨大になり、とても人力では解析しきれないことが課題となっています。このような膨大な野外観察データを扱うために、近年発達した AI 技術であるディープラーニングが注目されています。しかしながら、カエル各種の鳴き声を集積したデータベースが不足していることもあって、AI を用いたカエルの音響モニタリング調査に関する研究はあまりなされていませんでした。夏の水田では複数種のカエルが何十匹も集まって合唱することが珍しくありません。加えて虫や鳥の鳴き声、雨風や車の音もあります。そのような複雑な野外録音においても AI が正確に鳴き声を聞き分けることができるのか、そして音声レコーダーで録音された音の情報は個体数に関する情報をどれだけ含んでいるのかきちんと確かめることで、将来 AI を用いた野外調査を行う際の指針になると考えました。

2. 研究手法・成果

本研究ではディープラーニングの一種である CNN（畳み込みニューラルネットワーク）と呼ばれるモデルを用いて、調査地に現れた 5 種のカエルの鳴き声を識別することを試みました。そのために山の中の小さな池と水田の 2 ヶ所にレコーダーを設置して繁殖期のカエルの鳴き声を録音しました。野外で録音した音声から抽出した約 2700 の短い音声クリップについて調査者がカエルの種のラベル付けを行い、それを教師データとして AI に学習させたところ、種によって 90–100% の精度および 75–98% の感度で鳴き声を識別することができました。精度と感度はともに AI の性能を測る指標の一つで、今回の場合、精度は「AI がその種のカエルが鳴いていると判断したテストデータにおいて、その判断が正解だった割合」を、感度は「テストデータに含まれるその種のカエルの鳴き声を検出できた割合」を表し、100% に近いほど性能が良いということになります。対象とした 5 種のうちトノサマガエルでは感度が 75% と他のカエルに比べてやや低く、これは調査地において個体数の多かったニホンアママガエルに鳴き声がかき消されてしまうため検出が難しいのだと考えられました。このように学習させた AI を用いて録音データを解析すると、ニホンヒキガエルが早春にほんの数日だけ一斉に繁殖することや、ニホンアママガエルとツチガエルが夏の夜に数ヶ月間にわたって繁殖するといった、各種で全く異なる繁殖パターンがうまく現れてきました。

次に音声レコーダーで記録された鳴き声の活発さが繁殖場所に現れる毎晩の個体数を反映するのか検討しました。雄が多いほど鳴き声が活発になるのは当たり前と思われるかもしれませんが、実際には鳴き声の活発さの測定は簡単ではなく、例えば音の強さで判断しようとするると特定の個体が近くで鳴いていたかどうかだけで結果が大きく変わってしまいます。本研究ではカエルの個体数が多い日には一晩中合唱が鳴き止まないという経験則から、鳴き声が検出された時間の長さをもとに鳴き声の活発さの指標を定義して、それを雄個体数および雌雄ペアの数と比較しました。雌雄のペアを形成している個体はその晩のうちに産卵するため、ペア数はオス個体数よりも直接的に産卵状況を反映すると考えられます。分析の結果、ほとんどの種では鳴き声が活発である日ほど雄の個体数もペアの数も多いことが示されました。ただしペアの数と鳴き声との相関は比較的弱いもので、音声レコーダーで得られたデータを産卵活動の活発さと結びつける上では注意が必要だということが分かりました。

これらの結果は、ディープラーニングを活用したカエルの音響モニタリングの有効性と現段階での限界について示唆を与えるものと言えます。今後 AI を利用した野外調査がますます活発化するなかで、カエルの音響モニタリングを効果的に実施するために本研究が土台の一つとなると期待されます。

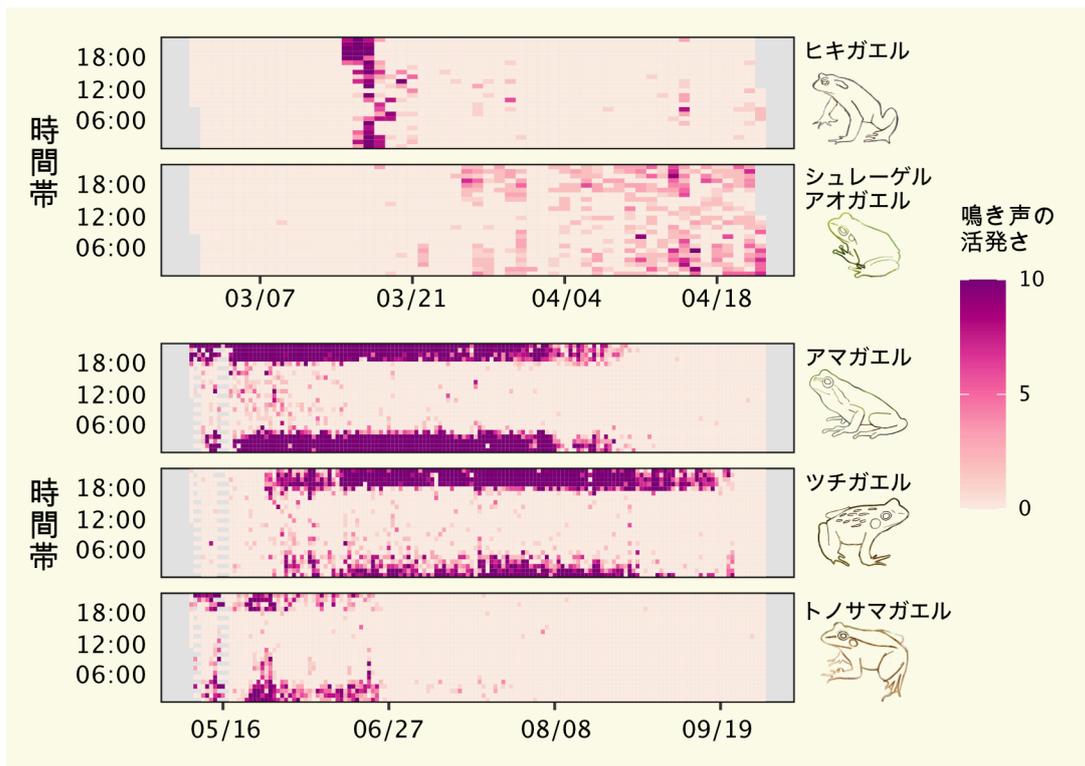


図. ディープラーニングを用いて解析したカエル5種の繁殖活動。色が濃いほど活発に鳴いていたことを表す。ヒキガエルは3月17日前後の数日間に集中して鳴く一方で、アマガエルとツチガエルでは数カ月に渡って夜間鳴いていたことが見て取れる。

3. 波及効果、今後の予定

本研究ではディープラーニングをカエルの鳴き声に応用することで、雄の繁殖活動を詳細に解析することに成功しました。この手法を用いれば、レコーダーを設置するだけで、これまで研究者個人では不可能だったほど広い範囲で詳細な繁殖活動の観察を行うことができると期待されます。

モニタリング調査は希少種保全や外来種管理といった場面でも重要な基礎となるものです。AI を利用することで専門知識がなくとも誰でもカエルの種判別が可能となるため、将来的にアプリ化などを通じて市民科学調査の裾野が広がれば、外来種侵入や分布域縮小の早期発見を通じて生物多様性保全に大きな貢献ができる可能性があります。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2110 の支援を受けたものです。

<研究者のコメント>

本研究のポイントは、最新の技術を用いるだけでなく、100 日以上夜の田んぼでカエルを数えながら歩く地道な調査も実施したことにより、録音データと野外の生物の活動を結びつけることができたことです。またその過程で AI の利便性を身をもって実感しました。AI を研究助手として活用することで、これまで個人では不可能だったほど沢山の野外観察ができることを楽しみにしています。(木村楓)

<論文タイトルと著者>

タイトル：Evaluation of Deep Learning-Based Monitoring of Frog Reproductive Phenology (ディープラーニングを用いたカエル類の繁殖モニタリング法の検討)

著者：Kaede Kimura, Teiji Sota

掲載誌：*Ichthyology & Herpetology* DOI：10.1643/h2023018