

AIによる外来カエル類の自動検出法の開発 —世界自然遺産・西表島への定着を防ぐために—

概要

人間によって本来の分布域外に運ばれ定着した外来種は、定着先の生物多様性に大きなダメージを与えることがあり、外来種問題の対策が世界的に課題となっています。外来種はいったん数が増えると根絶が難しく、侵入初期に発見し、増殖を防ぐことが重要です。侵入をモニタリングするための人員や予算はしばしば極めて限られていますが、近年急速に発展したAI技術を活用し、野外に設置したカメラや音声レコーダーで記録された外来種を自動検出することができれば、侵入の早期検出に大いに役立つと考えられます。

そこで京都大学大学院 理学研究科 木村楓博士後期課程学生、同人間環境学研究科 福山伊吹博士後期課程学生（研究当時、現：北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 日本学術振興会特別研究員PD）、慶應義塾大学 福山欣司名誉教授の研究グループは、世界自然遺産・沖縄県西表島に定着する危険性が高い2種の外来種のカエルを鳴き声から自動で検出するAIモデルを開発しました。また性能をテストするために、一年を通じて様々な季節にスピーカーで鳴き声を流したところ、多様な背景雑音があるなかでも、AIモデルがこれらの鳴き声をほぼ正確に検出できることを確認しました。本手法を外来種調査の現場で使用し、より実践的な場面での有効性と課題を洗い出すことが次の課題です。

本研究成果は、2025年3月4日に国際学術誌「*Biological Invasions*」にオンライン掲載されました。



西表島では、外来種であるシロアゴガエルとオオヒキガエルが近隣の石垣島からたびたび侵入している。本研究では侵入の早期発見に役立つため、これら2種の鳴き声を検出するAIを開発した。（撮影：福山伊吹・木村楓）

1. 背景

人間活動によって本来の分布域の外に運ばれ定着した外来種は、しばしば定着先の生物に負の影響を与えるため、その対策が世界的に課題となっています。外来種はいったん数が増えると根絶が難しい場合が多く、侵入初期に発見することが重要です。早期検出を可能にする技術のひとつとして、近年、ディープラーニングと呼ばれる機械学習の一種が注目されています。ディープラーニングを用いることでカメラや音声レコーダーに記録された生き物の種の判別を自動化できると期待され、たとえば毎日・多数地点で録画や録音を行い、その膨大なデータを解析することも可能になります。しかしこの手法が生物のモニタリングに利用され始めたのは最近で、とくに音声（鳴き声）解析技術を外来種問題に応用した研究例はとても限られています。

沖縄県の西表島にはイリオモテヤマネコなどの貴重な固有の動植物が生息し、世界自然遺産にも登録されています。しかしその西表島から 30km ほどの近い距離にある石垣島では、外来種であるオオヒキガエル（南米原産）とシロアゴガエル（東南アジア原産）が数を増やしており、貨物などにまぎれて運ばれたのか、これまで 10 回以上西表島への侵入が確認されています。オオヒキガエルは「世界の侵略的外来生物ワースト 100」、シロアゴガエルも「日本の侵略的外来生物ワースト 100」のリストに入っている、侵略性の高い外来種です。西表島に定着すれば、島内の固有の生態系に大きなインパクトを与えかねません。なかでもオオヒキガエルは、捕食者として在来の昆虫・小動物を捕食することに加え、強力な毒を持ち、在来の大型動物に食べられた際にそれらを中毒死させる場合があることから、生態系へのインパクトが極めて大きい種として知られています。西表島において外来種のカエル類は発見のたびに駆除されているため、現在のところ定着していません。しかし巡視員が人力で島内の広い範囲を見回するには人員や予算の制限があり、外来種侵入の早期発見を補助できるような、自動検出装置の開発が必要だと考えました。

2. 研究手法・成果

カエル類は繁殖期にオスがメスへのアピールとして活発に鳴きます。この鳴き声は遠くからでも聞こえるため、屋外にレコーダーを設置して対象種を調査する音響モニタリングによって効率的な分布把握が可能です。そこで私たちは、もともと鳥類の研究で用いられていた BirdNET というディープラーニングのモデルをカエルに転用することで、外来カエル類の鳴き声を自動で検出するモデルの開発を試みました。そのためにはモデルがカエルを認識できるよう再訓練する必要があったので、西表島および石垣島の 6 地点で約 1 年間野外録音を行い、その音源をもとに 190 分間のカエルの鳴き声のデータセットを作成してモデルの訓練を行いました。また外来カエル類が西表島に侵入した場合を想定して、島内の一地点で定期的に鳴き声をスピーカーで再生することを、巡視員の方に依頼しました。このスピーカーの音を含む環境音を録音することで、背景雑音として他のカエルや虫の鳴き声、風音などの多様な音があるなかでも、モデルが外来種の鳴き声を正確に検出できるか検討しました。

すると、スピーカーで鳴き声を流した日はほとんどの場合に外来種の鳴き声とうまく検出されました(図 1)。その日以外にも少数の誤検出がある場合もありますが、おおよそ満足の行く性能だと判断しました。鳴き声を再生しているのに全く検出できなかったのは 12 月 28 日の一回だけで、シロアゴガエルが検出されず、オオヒキガエルのみ正常に検出されていました。この日の音声データを確認すると、在来種のヤエヤマヒメアマガエルというカエルが大合唱している夜で、鳴き声の音の高さが似ているシロアゴガエルはその合唱にかき消されてしまったことが原因のようでした(図 1)。

さらに、外来カエル類がすでに定着している石垣島で一年間録音した音声を解析することで、2種のカエルの繁殖期が明らかになり、音響モニタリングに効果的な季節がわかりました。シロアゴガエルは春から秋（2月から11月）にかけて鳴く一方で、オオヒキガエルの繁殖時期は特定の季節に集中せず、録音地点によって春、晩夏や冬に活発に鳴いていました。したがって、音響モニタリングによって侵入状況を調査する際に、シロアゴガエルが対象であれば春から秋にかけて録音すれば十分ですが、オオヒキガエルが対象に含まれる場合には通年の録音が早期検出につながると考えられます。

本研究で開発したモデルを利用することで、オオヒキガエルとシロアゴガエルの侵入をこれまでよりも効率的にモニタリングできる可能性があります。

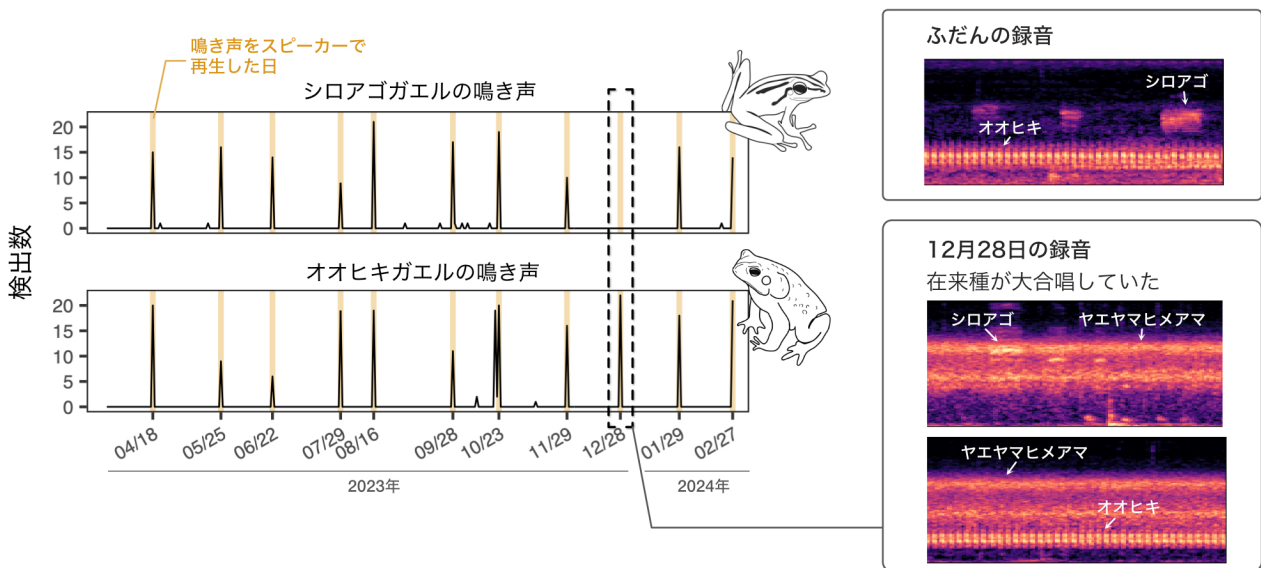


図 1. ディープラーニングモデルによる鳴き声の検出テスト。基本的にスピーカーで鳴き声を流した日（橙色）に検出数が多くなっている。12月28日は在来種のヤエヤマヒメアマガエルが大合唱しており、シロアゴガエルの鳴き声はかき消されてしまったが、オオヒキガエルは低い声で鳴くため検出できた。

3. 波及効果、今後の予定

本研究では、ディープラーニングの利用により、外来カエル類の鳴き声を高精度で検出できることを示しました。一般にディープラーニングでは大量の訓練データが必要とされますが、本研究で用いた訓練データは190分とそれほど膨大ではなく、少人数でも用意できる量なので、他の地域や生物種でも比較的簡単に同様の自動検出モデルを作成できると期待されます。

今後の課題としては、本手法を外来種調査の現場で使用し、より実践的な場面における有効性や課題を検討することが挙げられます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は公益信託エスペック地球環境研究・技術基金（エスペック環境研究奨励賞）の助成を受けました。

<研究者のコメント>

「我々はふだんフィールドで両生類の生態を研究していますが、そこで培った知識と技術を活かして外来種問題に貢献しようと本研究を始めました。調査で訪れた春の夜の西表島では、これまで見たこと無いほど沢山のカエルが生息している水田があり、それを食べに来たヘビも数多く、その密度に圧倒されました。こういった環境が将来にも残ることを望みます。」(木村楓)

<論文タイトルと著者>

タイトル：Deep learning-based detector of invasive alien frogs, *Polypedates leucomystax* and *Rhinella marina*, on an island at invasion front (侵入前線における侵略的外来種シロアゴガエルとオオヒキガエルのディープラーニングを用いた検出器の開発)

著者：Kaede Kimura, Ibuki Fukuyama, Kinji Fukuyama (木村楓、福山伊吹、福山欣司)

掲載誌：*Biological Invasions* DOI：10.1007/s10530-025-03553-0