

転移学習モデル VGGish を用いた北海道外来種トノサマガエル属の
鳴き声の自動判別

Automatic identification of the vocalizations of invasive species, Genus *Pelophylax*, from
Hokkaido, Japan, using the transfer learning model VGGish

○小泉信明^{**}・中島直久^{**}・宗岡寿美^{**}・木村賢人^{**}

Nobuaki KOIZUMI, Naohisa NAKASHIMA, Toshimi MUNEOKA, Masato KIMURA

1. 背景 トノサマガエル及びトウキョウダルマガエルは国内外来種（北海道庁，2010）であり，両種は北海道の指定外来種に指定され，生物多様性に著しい影響を及ぼす恐れがある。両種の分布は河川沿いに拡大し，飛び地的に生息地が形成されていると考えられる（斎藤・八谷，2002）。しかし，両種の侵入分布を体系的に調査した事例はなく，分布領域の把握はされていない。両種の分布領域を解明するには広範囲を密に調査する必要があり，多大な労力と時間が必要となる。広範囲の調査を効率的に行う手法として，録音した鳴き声を自動判別する技術がある。しかし野外で外来種の鳴き声を取得する場合は良質な教師データが得にくい。そこで本研究では転移学習モデル VGGish を用いて本種の鳴き声の自動判別モデルの構築を行い分布領域の推定を行った。

2. 方法 2-1 調査方法:2023年6月1日から7月20日にかけて北海道の空知総合振興局，石狩振興局管内の河川沿いの水田に計104地点でICレコーダ（TASCAM社製DR-05 version3）を設置した。録音時刻はタイマー録音機能を使用し，カエルが盛んに鳴く20時から26時で録音を行った。録音した音声データは1ファイルごと最大93分，サンプリング周波数が96000Hz，低域カット80Hz，ステレオのwav形式で保存した。

2-2 解析方法：録音音源は同所するニホンマガエルの鳴き声が混入するため，雑音の低減を行った。音声編集ソフト Audacity のハイパス・ローパスフィルタを用いて，250Hzから1000Hz以外の周波数帯を除去した。その後，0.5秒区間ずつに分割し，Python3.10.9とノイズ除去パッケージ noisereducer を用いて雑音の低減を行ったのち，0.5秒の無音区間を追加し1セグメントとした。

転移学習モデル VGGish は Google が提供している AudioSet を学習させた転移学習モデルである（Hershey et al.2017）。データセットは上記の処理をした音声を本種の鳴き声600セグメントと鳴いていない背景音声600セグメントを作成し，8:2で学習用・検証用データとした（バッチサイズは16，エポック数は50）。精度評価には学習に用いない地点から480セグメントを用意した。学習済み VGGish を用いて104の調査地点で本種の在地点を検出した。

3. 結果と考察 テストデータの混同行列と精度評価の結果を Table.1(a),(b)に示す。再現率が高いため，「いない」と予測して実際に「いる」ことが少ない。ただし適合率が低く，「いる」と予測して外れる割合が高い。再現率が高いことは外来種のモニタリング向けのモデルが作成できたと考えられるが，一方で適合率が低い。適合率の低さは偽陽性の多さに起因しており，本種の鳴き声と周波数とパターンが類似しているハウジングが風で揺れる衝突音や，水路の落水音を誤検出していると考えられる。1日の録音で約3万セグメントが取得されるが，そのうちひとつでも本種の鳴き声と考えられる音源が現れると，その地点では「いる」と判別されてしまう。

* サンスイコンサルタント株式会社 Sansui Consultant Co.Ltd ** 帯広畜産大学 Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine キーワード：自動音声分類，深層学習，生物多様性，環境保全，外来種

そこで偽陽性に関する閾値を設定し在不在の判断基準とした。約 90 分の内、本種が繁殖に参加するならば少なくとも 3 分間隔で一回 10 秒は鳴くと仮定した。したがって、延べ 300 秒以上鳴いていると判別した地点を「いる地点」、鳴いていないと判別した地点を「いない地点」とした。300 秒は音源 600 セグメントに相当する。

Table.1 (a) Confusion matrix of test data

	予測いる	予測いない
実際いる	49	7
実際いない	73	351

(b) Accuracy evaluation of test data

正解率	適合率	再現率	F1 スコア
83%	40%	88%	55%

学習済みモデルを用いて 104 の調査地点で判別を行った結果を **Fig.1** に示す。**Fig.1** でモデルにしていると判別された地点は、岩見沢市・南幌市・石狩市・江別市で今までに既往の研究で生息が確認されてきた地点とおおむね一致している（斎藤・矢谷, 2002 ; Takai, 2011 ; 徳田, 2013 ; 徳田, 2014)。また、本研究では既往の研究で生息が確認された地点より多くの地点で本種が生息していると判別された。既往の研究では聞き取り法や目視による確認により生息が確認されてきた。録音音声に学習済みモデルを用いて判別を行うことで既往の研究より長時間の録音音声を用いることができたため、既往の研究で生息が確認された地点より多くの地点で生息していると判別されたと考えられる。

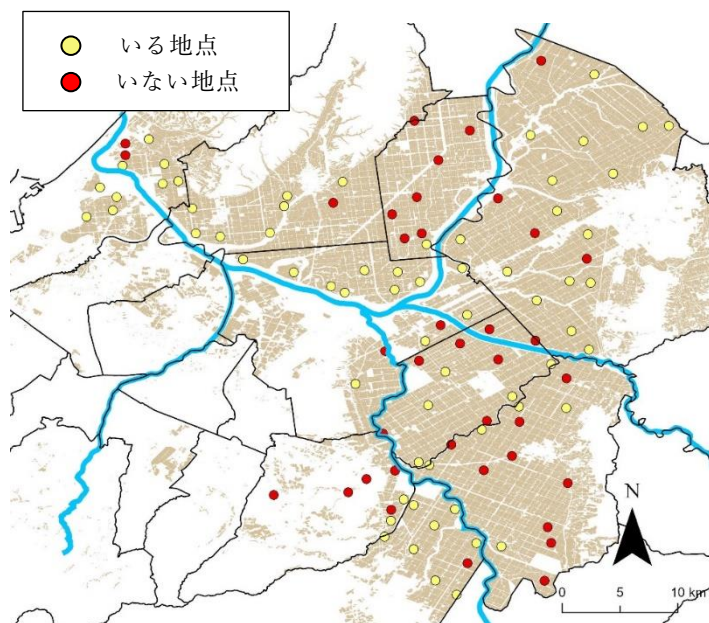


Fig. 1 The acoustic presence/absence of the Tokyo daruma pond frog and Black-spotted pond frog determined by the VGGish model. The yellow circle indicates presence and the red circle indicates absence.

岩見沢市の北端の地点、恵庭市の南端の地点で学習済みモデルによりいると判別された。このことから、本種の分布領域は、岩見沢市以北地域、恵庭以南地域にも拡大していると考えられ、より正確な分布領域を把握するには調査範囲を広げる必要がある。

4. まとめ 録音音声からトノサマガエル属の鳴き声を自動判別するモデルを構築することができ、トノサマガエル属の分布領域の推定に有効な手法であると考えられる。しかし、本研究で作成したモデルは適合率が低く、より正確な分布領域の把握を行うには録音機材の雨除けや設置場所を工夫することで偽陽性の誤検出を少なくし、適合率を高める必要がある。

【引用文献】北海道 (2010) 北海道ブルーリスト 2010.(2023/8/10 アクセス) : 斎藤和範・八谷 (2002) 北海道における移入ガエルの動向—岩見沢市近郊におけるトウキョウダルマガエルの分布状況— *WildlifeConservation Japan* 7 (2) 67-74, 2002 : Shawn Hershey et al. (2017) CNN ARCHITECTURES FOR LARGE-SCALE AUDIO CLASSIFICATION, ICASSP2017 : Kotaro Takai (2011) The origin and ecology of *Rana nigromaculata* introduced into Hokkaido. PhD Dissertation Submitted to Division of Bioscience, Hokkaido University : 徳田龍弘 (2013) 江別市内の石狩川右岸におけるトノサマガエル (*Rana nigromaculata*) の生息について 北海道爬虫両棲学会研究報告 (1)15-19 : 徳田龍弘 (2014) 石狩川河口及び周辺域における外来種カエルの分布確認について 北海道爬虫両棲学会研究報告 (2)1-4