

九州唯一のチュウヒ（タカ科の鳥類：絶滅危惧 IB 類）の 繁殖保全システムの調査研究

特定非営利活動法人 北九州ビオトープ・ネットワーク研究会

副理事長 安枝 裕司

1. はじめに

福岡県北九州市に位置する響灘地区の一部は、時間経過に伴い、湿地や草原などの多様な生態系を生み、そこに様々な種類の生物が生息するようになった。その中には絶滅危惧種に分類される生物の生息や繁殖が確認され、北九州市はこの生態系を保全するため、用地の一部を生物多様性学習施設「響灘ビオトープ」として整備し、2012年に開園した。中でもチュウヒ（タカ科の鳥類、国・絶滅危惧 IB 類、国内希少野生動植物）は、我が国では主に北海道や東北地方で繁殖しているが、響灘地区においても繁殖が確認された。また、響灘地区は、リサイクルプラントや風力発電施設を含む開発区が隣接した自然保護区という性質を持っている。一方で、継続的なモニタリングによる鳥類の生活行動の把握、並びに生活環境となる植生の把握は重要となるが、自然環境を管理する手法のマニュアル化は難しい。このような現状において、本研究では、湿地生態系の頂点にいるチュウヒの生息環境を人工知能（AI）の一分野として、学習データに正解を与えて学習させる機械学習に属する手法の 1 つである深層学習法により解析し、定量的に把握するとともにチュウヒの生息条件を圧迫している要因を突き止め、その除去・軽減に取り組むと共に画像解析による植物識別システムを構築し、植物の生育・分布状況の調査を行った。

具体的には植物と鳥類について、それぞれ深層学習法による機械学習に属する手法を用いたシステムを開発。植物では複数の調査地点ごとにオリジナルの学習画像データベースを作成し、深層学習法による物体分類を用いて高精度植物識別システムを構築する。また、構築したシステムを用いてドローンで撮影した俯瞰画像から植物の分布を求める手法について検証を行った。鳥類では響灘ビオトープに設置された 4K ネットワークカメラを活用し、深層学習法による物体検出を用いて、リアルタイムでの鳥類の自動検出および検出鳥類の自動追跡システムを開発し、生息環境保全のための生物情報収集の省力化の大きな可能性を示した。また、開発したシステムの常時運用を行い、鳥類の生態解析へむけた検証とシステムの課題を明らかにした。

2. 研究結果

2-1 深層学習法を用いた植物識別

響灘ビオトープを含む 3 地区を対象に、専門家同伴の下で植物種を調査し、写真撮影により画像データを収集した。121 種の植物を撮影し、作成した学習済みモデルは表 1 に示す性能を得ることができた。学習の際は撮影画像およびその一部を切り出した部分画像を用いて構成した画像データを学習、検証、試験それぞれに 7:2:1 の割合で配分し、学習時に検証データを用いた正解率を学習時正解率、作成された学習済みモデルと試験データを用いた正解率を学習後正解率とした。画像識別の際は予測確率 1 位での正解を 1st、2 位での正解を 2nd、3 位での正解を 3rd とし、top1 は予測確率 1 位のみでの正解率、top3 は予測確率 3 位までに正答が含まれている場合の正解率を示す。

本研究で得られた SHAP 解析の一部を図 1～図 2 に示す。図 1、図 2 ではチガヤの特徴的な穂に対し着目しているが、その大きさにより予測確率は大きな差が見られ、穂が小さい図 1 では 4.7%に対し、穂が大きい図 2 では 79.7%へ向上している。

表1 最終的な学習済みモデルの各試験結果

	画像数	正答画像数			正解率	
		1st	2nd	3rd	top1	top3
学習時正解率	8398	8255	73	28	98.3	99.5
学習後正解率	4309	4229	47	15	98.1	99.6
別地点 14 種	270	188	16	8	69.6	78.5

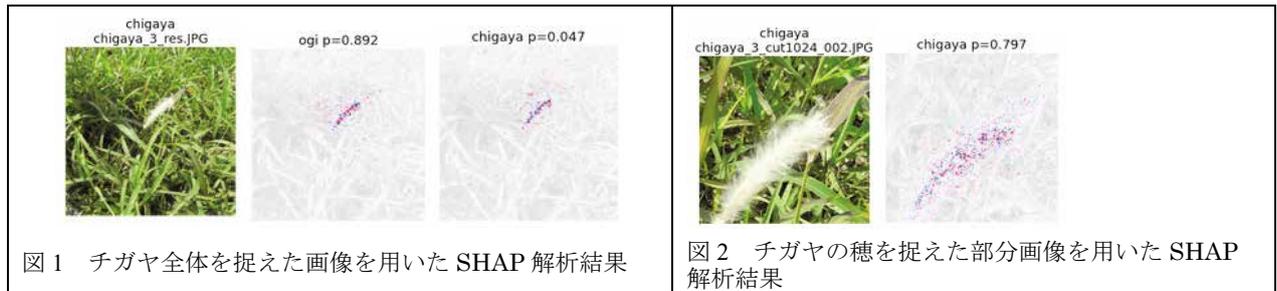


図1 チガヤ全体を捉えた画像を用いた SHAP 解析結果

図2 チガヤの穂を捉えた部分画像を用いた SHAP 解析結果

画像単位の深層学習法では高い正解率を得るためには大量の学習用画像が必要であり、画像分類コンテストなどで多く用いられている ImageNet では、1000 種 45 万枚の画像が用意されている。本研究のように独自に撮影した画像を用いる場合、各対象の撮影枚数は少なく、より確度の高い学習法を工夫・改善していくことが重要である。植物種調査への深層学習を応用する上で、本研究で得られた知見、指針を以下にまとめる。

- ①撮影した画像は各対象 50 枚程度であっても、Keras で用意された神経回路モデル Xception の転移学習により、100 種を超える植物種に対して正解率の高い学習が可能である。
- ②撮影した植物の全体画像から細部情報を切り出した部分画像を加えて学習させることが、正解率向上に有効である。
- ③部分画像は対象が中心に写り、小葉など葉の多い場合は葉が完全に複数写っている画像を選別する。
- ④茎、葉、穂などが細くて背景が写り込む植物は被写界深度を狭くするか、後ろに板を置いて撮影することで背景（他植物や物体）の影響は低減する。
- ⑤SHAP 解析により神経回路モデルが識別時に反応する画像内の箇所が明確になり、確度高低の要因解明に有用である。

2-2 植物の群落分けへの応用

2-1 より作成した学習済みモデルとドローン空撮画像を用いて、植物の分布解析について検証した。真上から撮影した植物群の俯瞰画像に対し、画像処理法を用いた分割プログラムを使い植物群を群落単位で1つの画像に抽出し、抽出した群落を1つずつ AI で分類することで、図3のような植物の分布解析を行った。ヨシとアカツメクサの群落の一部を正しく識別できたが、不正解が目立つ結果となった。これは学習画像に真上から撮影した画像が少なかった



図3 俯瞰画像を用いた分布解析結果

ことが原因と考えられる。これに対し、深層学習法を用いた領域検出手法であるセマンティックセグメンテーションとの比較を行った。分割ポリゴンを用いた物体分類は画像単位での識別であるが、セマンティックセグメンテーションは画素単位での識別であり、画像単位と比べて緻密な識別が行えると考えられる。

2-3 深層学習法を用いた鳥類自動検出システムの構築

物体検出には YOLO 法の 1 つである YOLO-v5m モデルを用い、検出時の予測確率閾値を 0.05 にすることで、4K カメラ映像に対し最小で 156px の検出面積を持つ鳥類検出が可能であった。4K カメラのリアルタイム映像に対しこれを適用することで、鳥類が検出された場合に絞って動画を保存するシステムを開発した。開発したシステムは 2022 年 1 月 22 日から響灘ビオトープでの常時運用を行い、4K カメラによる 1 日ごとに鳥類検出データを収集した。また、YOLO のフレーム単位の検出結果を用い、フレーム間で同一と思われる物体を、位置座標を基に推定し追跡するシステムを開発し飛跡解析を試みた。図 4 に物体追跡結果を示す。2 羽の飛跡が交差するような場面でも、物体を間違えることなく追跡できていることが確認できた。

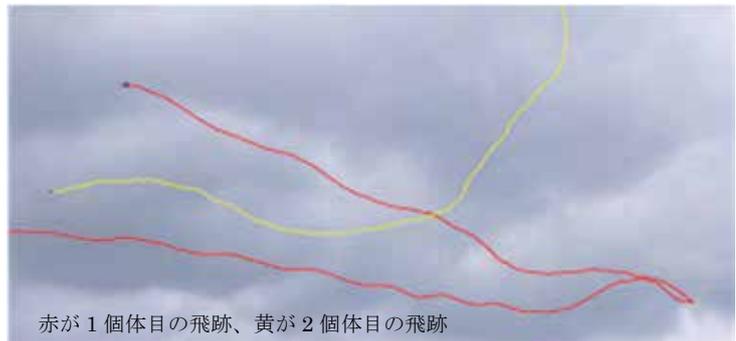


図 4 追跡プログラムによる飛跡描画

鳥類検出システムの常時運用では、2022 年 8 月 31 日までの期間で 139 日間の録画が確認された。図 5 に運用期間中に検出された鳥類の一例を示すが、姿形の明瞭さを問わない検出、個体と群体その両方の検出を確認できた。さらに検出物は、姿形が明瞭である場合はそれを正確に捉え、姿形が不明瞭な場合でもその位置を正確に捉えていることが確認できる。

本システムで用いた学習済みモデルは COCO データセットを基に学習されており、響灘ビオトープ由来の画像は学習に含まれていないため、収集された画像を用いて学習済みモデルの改善について 4 つの学習データを作成し検証を行った。作成した学習データは COCO データセット (A)、A から鳥類として検出された 4 種を抽出したもの (B)、B に誤検出された風車、植物、雲・煙を追加したもの (C)、C の bird にビオトープで検出された鳥類画像を追加したもの (D) とし、検出結果の比較を表 2 に示す。種数を限定した B は A に対し風車の誤検出が減少し、鳥類の検出が増加した。C では誤検出が劇的に改善した一方で、鳥類の検出数も A と B の検出数の 30%~46%にとどまり、検出漏れが発生している。D では風車と煙・雲の誤検出は低いままだが、植物の誤検出が劇的に増加した。これは草陰を草地に降り立った鳥類と判断した結果と考えられるが、鳥類の検出に関しては B と比較して約 2.3 倍に増加し、遠方や羽を畳んだ鳥類の検出性能が向上していることが確認できた。



図 5 システム運用で検出した鳥類の一例

表2 学習データ改良による検出数の比較

データ名	検出数	風車	植物	煙・雲	鳥類
A	1328	1039	26	15	231
B	1336	776	165	29	353
C	116	4	1	0	107
D	2468	5	1613	3	802

また、本システムでは扱えなかった検出鳥類の種の識別について、検出に用いた YOLO は映像内面積が小さい鳥類を検出するため予測確率閾値を下げており、鳥類種識別への利用は困難である。そこで鳥類種の識別には深層学習法による物体分類との連携が有効と考えられる。検出物を学習画像として学習済みモデルを作成し、入力サイズ以上の検出面積を持つ鳥類に対し種の識別を行う機能の追加が考えられる。

2-4 鳥類自動検出システムを用いたチュウヒの飛跡解析

構築したシステムを用いた検出結果の飛跡描画と、人によるチュウヒの調査結果の比較を行った。比較に用いたチュウヒ飛翔図の一部を図6に、これに対応した飛跡描画を図7に示す。図6では赤い飛跡⑤と青い飛跡⑦の2羽のチュウヒの軌跡が確認できるが、図7より飛跡描画では⑤の飛跡が一部描画できたのみだった。⑦の飛跡はカメラの撮影範囲より上空を飛行していたものと考えられる。⑤の飛跡は映像を確認したところ、距離や霞の影響から遠方の個体は断続的に姿が消失しており、連続した検出が阻害されたため、部分的にしか飛跡を描画できていない。一方で検出体の追跡に関しては良くできており、検出の連続性が保てた場合には、図6では確認できない高さ情報を確認できるなど、有用性のある飛跡図の作成が可能と考えられる。

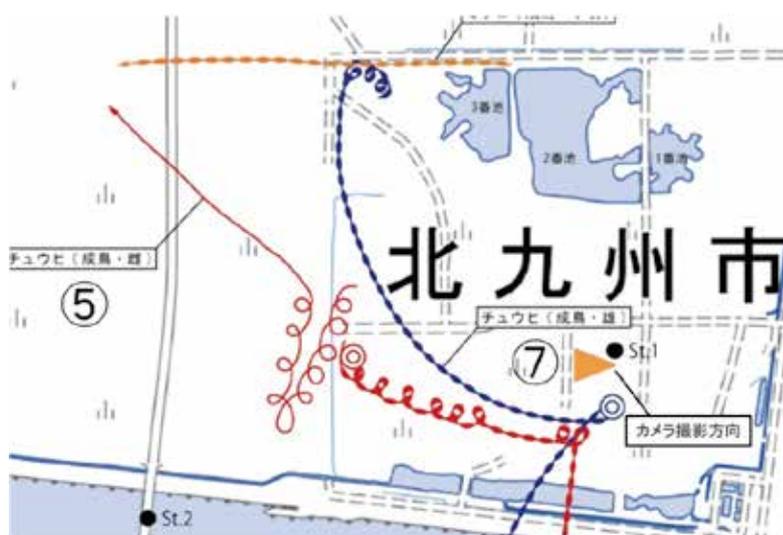


図6 チュウヒの飛跡調査図



図7 システムを用いた飛跡描画

また、図6において飛跡の位置は人の目測に依存しているが、図7では風車との比からチュウヒまでの距離を算出でき、目測と比較して客観的なデータと考えられる。表3に図上で計測したチュウヒまで

の距離と、風車との間で推定した距離の比較を示す。表3より目測値と推定値で大きな差が確認できる。目測により飛跡の位置を一時的に設定し、その後推定値へ修正するといった活用が考えられるが、推定値についてもチュウヒの大きさパラメータの設定やレンズ歪の補正といった課題がある。また撮影地点を複数用意できれば、ステレオ撮影による正確性の高いデータを得ることが可能と考えられる。

以上よりシステムを用いた飛跡解析は、検出の連続性や推定法に課題があるが、高さ情報や客観性のある距離推定など、人による調査結果を補佐できる有用性を確認できた。

表3 目測と推定によるチュウヒまでの距離の比較

チュウヒ番号	目測値(m)	比による推定値(m)
②	400	341.6
⑤	370	256.2
⑩	200	122

3. まとめ

生物の調査や保全への機械学習に属する深層学習法による解析手法の適用性について、植物と鳥類を対象に物体分類や物体検出を行うシステムを構築し、評価を行った。どちらもオリジナル画像を用いた学習済みモデルを作成することで高い精度を達成できた。この成果より、撮影手法、学習データの構成、深層学習法の性能限界について知見を得ることができ、機械学習に属する深層学習法による解析手法は、生物の調査や保全に対し、十分な適用性を持っていると確認した。一方で、植物分布図や飛跡解析といった解析については課題があり、撮影手法や学習データの構成について更なる検証が必要である他、領域検出、飛跡の3次元解析といった、別手法によるアプローチも必要である。構築したシステムは複数の環境で実施しており、他地区での運用も十分に考えられる他、得られたデータから前述したような解析の高精度化が実現すれば、生態系保全や環境教育、都市計画など他分野への応用も考えられる。

科学技術が支える文明社会により生み出された廃棄物の埋立地で新たな生態系が創出され、絶滅危惧種を含む野生生物の生息が可能となるという科学技術と環境との新たな関係が生じており、本調査研究の実施により科学技術と環境・社会経済との関係に関する新たな洞察をもたらす契機とすべく、研究は継続させる。

また、本研究は、政府による「ネイチャーポジティブ（自然再興）」の実現のために、生物多様性への依存度・影響の定量的評価、現状分析、科学に基づく目標設定、情報開示などが迫られる社会背景において、解析精度をさらに向上させることでネイチャーポジティブに大きく貢献していく。

【謝辞】

本研究は、一般財団法人新技術振興渡辺研究会の科学技術調査研究助成を受けた。ここに謝意を表す。また、申請においては北九州市立大学国際環境工学部名誉教授・村田朋美様、動画解析においては、北九州市立大学国際環境工学部教授・野上敦嗣様はじめ野上研究室の中山紘喜氏の他研究室の皆様、生物調査においては、株式会社エコプラン研究所に多大なご尽力に深く感謝申し上げます。