

猛禽類の鳴き声からAI技術を活用した 自動識別器の構築

ーオオタカ，サシバを対象としたモニタリング調査への活用についてー

鈴木雅人¹・前川侑子²・河野郁央²・栗原健³・小野寺 遼⁴

¹ 国際航業株式会社 公共コンサルタント事業部（〒984-0051 宮城県仙台市若林区新寺1-3-45）

² 国際航業株式会社 公共コンサルタント事業部（〒660-0805 兵庫県尼崎市西長洲町1-1-15）

³ 国際航業株式会社 公共コンサルタント事業部（〒451-0045 名古屋市西区名駅2-27-8）

⁴ 国際航業株式会社 公共コンサルタント事業部（〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1）

開発等に伴う環境影響評価では，生態系の指標種である猛禽類の生息調査が欠かせない．この調査では，目視や鳴き声・痕跡等の確認で繁殖行動を調べるが，林地では視認性が低く，十分な情報を得られない．そこで林内を詳しく踏査すると，調査圧が生じ，繁殖阻害を招く恐れがある．この相反する問題の解決として，鳴き声を含む音声を録音し，解析する方法が試みられてきたが，鳴き声の抽出には多大な労力がかかる．これを踏まえ，当社ではAI技術を活用し，音声データから猛禽類の鳴き声を自動で識別する研究を進めてきた．本発表では，環境保全措置を講ずる機会が多いオオタカとサシバを対象とした先行調査成果の検証事例を紹介する．

Key Words：環境影響評価，猛禽類調査，音声解析，AI（深層学習），自動識別器

1. はじめに

(1) 猛禽類調査の現状

猛禽類調査では，目視により観察を行う定点調査が一般的であり，見通しのよい調査定点に調査員を配置し，双眼鏡，望遠鏡等で個体の追跡を行い，飛行軌跡・行動等を記録する．行動圏の確認や営巣場所を絞りこむことができる有効な調査手法である¹⁾．

ただし，視界の悪い条件下での調査では十分な情報が取得しにくいことや，コスト面から連続した調査の実施回数が限られる等課題も多く，調査で得られるデータは必ずしも十分であるとはいえない（図-1）．また，調査頻度を高めることで逆に調査圧が生じ，繁殖阻害のリスクが高まる恐れがある²⁾．



図-1 猛禽類調査の調査環境

(2) 新技術の活用事例

この現状を踏まえ，猛禽類調査の効率化・高度化を目的に，様々な先端機器や技術を用いた調査手法が検討されている．特に，繁殖及び生息状況に関する情報収集として，個体の繁殖や生息情報を直接得るために巣の近くにCCDカメラやインターバルカメラ等の各種カメラを設置する手法や，できるだけ個体への調査圧を低減させるよう巣の周辺で録音した鳴き声を用いた音声解析といった手法が挙げられる．

(3) 本研究の目的

音声解析では鳴き声が録音できる範囲であれば調査場所の制限はなく，設置や維持管理が容易であることから，近年では音声から鳥類のモニタリングを行った事例等も増えている．しかし，音声解析では録音した音声データを確認するための時間と労力が必要なため，鳴き声の自動抽出ソフトウェアの開発や，実用化に向けた検証が課題とされている¹⁾．

そこで，AI技術（深層学習）を活用することで，より効率的かつ客観性を確保した調査が期待できることから，本研究ではAI技術を用いて鳴き声を自動で識別するシステムを構築し，猛禽類の生息・繁殖状況を推定する技術開発を行った．

2. AI技術を活用した自動識別器の構築

(1) 対象種の選定（オオタカ・サシバの生態）

本研究では、環境保全措置を講ずる機会が多いオオタカ（*Accipiter gentilis*）とサシバ（*Butastur indicus*）を対象とした（図-2）。

オオタカは2017年に「国内希少野生動植物種」から除外されているが、環境省レッドリスト2020では準絶滅危惧種（NT）に指定されている他、多くの都道府県でもレッドデータブックに掲載されている。広域的な生物多様性の指標となるアンブレラ種とされている希少な種で、平地の農耕地や森林地帯に生息する。

サシバは環境省レッドリスト2020で絶滅危惧Ⅱ類（VU）に指定されている。日本には夏鳥として渡来し、里山の生態系の上位に位置する種でオオタカと同じくアンブレラ種として注目されている。



図-2 対象種（左：オオタカ，右：サシバ）

(2) 音声の画像変換

録音した鳥類の鳴き声は種や個体によって特徴（周波数や継続時間等）が異なり、様々な鳴き方のパターンが存在する（囀り・地鳴き等）ほか、様々な環境音やノイズも含まれている。また、連続した音声はデータサイズが大きく、処理に時間を要する。

そこで、音声データを鳴き声の特徴がわかるスペクトログラム（声紋）の画像データに変換し、解析に要する時間短縮のため、1秒単位で細かく画像を区分した。なお、本研究では、オオタカの鳴き声は代表的な3種類に区分した（表-1、図-3）。

表-1 オオタカの鳴き声と特徴

鳴き声	主な特徴
「ピュー」	親鳥や雛のコミュニケーション・餌乞い時の声
「ケケケ」	警戒・威嚇等に使う鳴き声
幼鳥(雛)	親鳥が巣に飛来した時の幼鳥(雛)の鳴き声

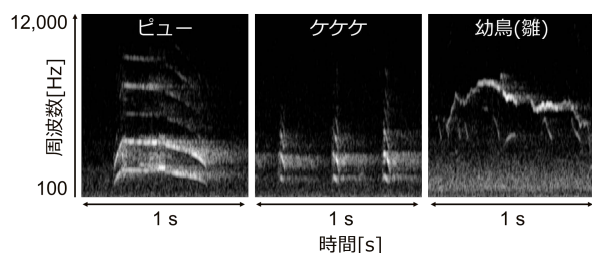


図-3 オオタカの鳴き声のスペクトログラム

(3) 深層学習の活用

AI技術の1つである深層学習の中でも「畳み込みニューラルネットワーク（CNN, Convolutional Neural Network）」は、画像の特徴を抽出し、学習を進めていくことで、高精度に識別できることから、幅広い分野で応用されている（図-4）。これを踏まえ、画像化した音声データをCNNにて学習を行うことで、自動識別器の構築を行った。

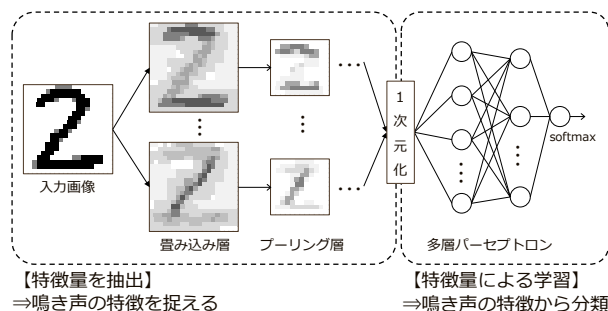


図-4 CNNのイメージ図

(4) 自動識別器の構築

a) 学習用のデータ収集

学習用のデータには、福井県で録音したオオタカの鳴き声を活用した。録音時期はオオタカの繁殖期のうち4～7月、録音時間は早朝から午前中にかけて比較的行動が活発になるため午前4時～7時とした。録音にはICレコーダー（OLYMPUS社製 DM-750）を用い、防水のため機材をプラスチック製のボックスに入れて設置した。防風のためマイクにはウインドジャマーをつけた（図-5）。なお、録音場所は巣から30mの地点とした。



図-5 現地に設置した録音機材

b) 識別器の構築

オオタカの鳴き声の学習では表-1で示した3種類の鳴き声（ピュー、ケケケ、幼鳥(雛)）に着目し、50,663枚の画像を使用した。この結果、識別器の評価指標であるF値（適合率と再現率の調和平均）は97.0%と高い識別精度を確保した。

また、学習に使用していない音声データを用いて汎化性能を検証した結果、親鳥や雛のコミュニケーションや餌乞い時の声である「ピュー」は、99.7%と高い精度で識別できた。警戒や威嚇等に使われる鳴き声の「ケケケ」も76.0%と比較的精度が高く、「幼鳥(雛)」は14.4%であった。

3. 調査手法としての利用可能性の検証

(1) 離隔距離の検証

識別器は巣から30mの地点の音声から構築したが、より調査圧の低減を図るためには、識別可能範囲の把握が必要である。そこで音源からの離隔距離の違いによる識別精度の違いを検証した。検証は巣から30m、100m、200mのそれぞれの場所で音声を収集し、識別したオオタカの画像枚数を比較した（図-6）。なお、録音した日時は各場所で異なる。

識別されたオオタカの画像枚数は離隔距離が遠くなるほど減少したが、200mではほとんど鳴き声が到達せず識別精度も低かった（ピュー：F値53.7%）。ただし、100m以内であれば鳴き声も一部が到達しており、かつ高い識別精度（ピュー：F値93.5%、ケケケ：F値89.9%）が確保できることが示唆された。

【30m】		判別結果				N
		ピュー	ケケケ	幼鳥(雛)	その他	
正解	ピュー	4197	1	2	16	4216
	ケケケ	2	1015	0	6	1023
	幼鳥(雛)	1	0	276	11	288
	その他	30	7	21	41,783	41,841

【100m】		判別結果				N
		ピュー	ケケケ	幼鳥(雛)	その他	
正解	ピュー	115	0	0	2	117
	ケケケ	0	49	0	5	54
	幼鳥(雛)	0	0	0	0	0
	その他	14	6	6	11,147	11,173

【200m】		予測				N
		ピュー	ケケケ	幼鳥(雛)	その他	
実測	ピュー	11	0	0	7	18
	ケケケ	0	0	0	4	4
	幼鳥(雛)	0	0	0	0	0
	その他	12	21	39	17,383	17,455

■：正しく判別できた画像の枚数
□：誤って判別された画像の枚数

図-6 巣からの離隔距離の検証結果

(2) 地域汎用性の検証

福井県のデータで構築したシステムに対し、他の地域でも利活用が可能かどうかを確認するため、福島県で収集した音声データを用いて地域汎用性を検証した。この結果、「ピュー」が91.3%、「ケケケ」が87.0%と高い適合率であり、他地域でも十分活用できることがわかった（図-7）。一方で「幼鳥(雛)」の適合率が8.0%と低い精度であった。

音声クラス	判別結果		
	ピュー	ケケケ	幼鳥(雛)
正判別	5,132	1,192	27
誤判別	488	178	311
適合率	91.3%	87.0%	8.0%

図-7 地域汎用性の検証結果

(3) 他手法との確認状況の比較

福井県で実施した1月～3月調査にて、定点調査・定点カメラによる調査との確認状況の比較を行った。音声解析では2月中旬に初めて鳴き声を確認したほか、2月下旬頃から鳴き声の数が増加したため、繁殖活動が本格化したことが想定された（図-8）。一方、定点調査では2月上旬に調査を実施したがオオタカの確認はなく、初確認は3月上旬であった。また、定点カメラによる調査でも初確認は3月上～中旬であった。音声解析による調査は、他手法に比べて早い時期からの生息・繁殖活動確認が可能であることが示唆された。

調査方法	調査時期				
	2月			3月	
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬
音声解析による調査					
定点調査					
定点カメラによる調査					

■：調査を実施したがオオタカの確認がなかった期間

■：調査でオオタカを確認した期間

図-8 調査方法ごとの確認状況

4. サシバ（他種）への応用展開

(1) サシバの識別器構築

オオタカの識別器構築と同様の手法で、サシバの識別器構築を行った。学習用のデータは、福井県で収集した音声を用いた。なお、サシバは主に「ピクク」と鳴くため、鳴き方は区分していない。この結果、F値は92.8%と高い識別精度を確保した。

(2) 地域汎用性の検証（識別器の改善）

地域汎用性を検証するため、高知県のデータを活用した結果、サシバの識別精度F値は65.3%に留まった。誤識別された画像を確認すると画像の切り出しの時間設定が主な要因であった。

当初の設定では画像の切り出し時間幅を1秒としていたが、サシバの鳴き声が1秒以内に収まらないことで、特徴を捉えきれない画像が多かった（図-9）。これを踏まえ、画像の時間幅を1秒から2秒に変更し、サシバの鳴き声の特徴が反映される画像として切り出すように設定した。再度精度を検証した結果、サシバの識別精度F値は79.5%まで向上した。

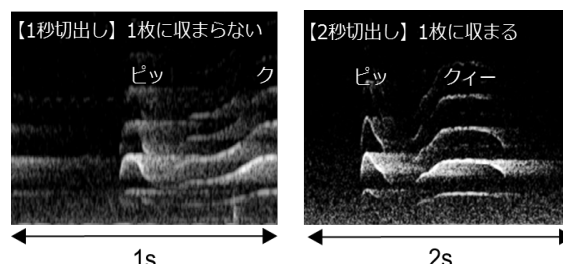


図-9 切り出し時間別のサシバのスペクトログラム（左：1秒、右：2秒での画像切り出し）

5. 本技術の効果

AIを活用した自動識別器の活用は従来の調査手法に比べて様々な効果が挙げられる（表-2）。特に、経済性の点では現地調査にかかる人件費の大幅な削減が期待できる。また、自動判別のため安定した調査結果が得られるほか、記録された音声データにより客観性も確保されるため品質の向上や確実性が期待できる。現場では録音機器の設置・撤去時、データ回収時のみであり、常駐しないことによる作業環境・安全性の向上も挙げられる。

また、本技術は猛禽類の巣に近づかなくともデータが取得可能であり、林内に立ち入ることも少なく済むため、調査圧の低減が期待できる。生息・繁殖状況の確認も他手法より早い時期から把握可能であることが示唆されたため、より詳細な情報収集として役立つことが期待できる。

以上から、既知営巣木の利用状況の把握、ある特定の範囲にオオタカがいるかどうかを調べる簡易的な調査等、繁殖個体への影響を避けつつ、生息・繁殖状況を把握する有効な手法であると考えられる。

表-2 本技術活用における効果

項目	効果	評価内容
経済性	向上	定点調査法と比べて、現場日数・人員が削減できるため、経済性が向上する
工程	削減	調査期間は同等であるが、現場での作業量は減少するため、作業日数が削減できる
品質	向上	現地調査では環境条件、調査員の識別能力等に左右されることもあるが、音声からの自動判別のため安定した品質が得られる
安全性	向上	現場に常駐する必要がないため、熱中症や低体温症の発生リスクが抑えられる
個体への影響	低減	従来の調査手法だと繁殖期間中に巣に近づくことで繁殖阻害の要因となる恐れがあるが、離れた場所からの生息・繁殖状況が確認できるため、個体への影響も抑えられる
確実性	向上	連続的なデータの取得から、生息状況をもれなく把握できるほか、第三者による検証が可能なほか、客観性が確保できる

6. 今後の課題と展望

今回実施した各検証では概ね高い精度が確認できたものの、まだ精度が低い結果もあるため、学習データを増やし、識別器の精度向上を図ることが今後の課題である。

また、本技術の展望として「リアルタイム化」と「他種への応用展開」の2点を進めている。本研究では、音声データを現地で回収する方法を採用したため、リアルタイムでは生息・繁殖状況が把握できていない。定点調査と比べると、調査日数も少なく、必要に応じてデータを収集できる利点があるが、現地で音声データを回収する点は改善する必要がある。このため、リアルタイムで音声を収集するシステムを構築することで、より効率よく調査が実施できるよう現在開発を進めている。

併せて、オオタカやサシバ以外への猛禽類への応用展開も進めることで、猛禽類調査の効果・効率的な調査実施を目指す。

謝辞：本研究は、大阪大学松井助教のご指導と国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所、福島県南会津建設事務所のご協力を受けて実施したものです。ここに記して、関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省国道技術政策総合研究所：新技術等を用いた猛禽類の調査手法に関する技術資料，2016
- 2) 環境省自然環境局野生生物課：猛禽類保護の進め方（改訂版）—特にイヌワシ、クマタカ、オオタカについて—，2012年12月
- 3) Maegawa et al. : A new Survey Method using Convolutional Neural Networks for Automatic Classification of Bird Calls, Ecological Informatics Volume 61, March 2021