The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	鳥類モニタリングのための深層学習による鳥類の鳴き声自動識別システムに関する研究
Author(s)	前川, 侑子
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/92957
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　前　川　侑　子　）	
論文題名	鳥類モニタリングのための深層学習による鳥類の鳴き声自動識別システムに関する研究

論文内容の要旨

生物群集の状況や変化をモニタリングすることは，生物多様性の評価を行う上で重要であり，中でも鳥類は広く調査されている分類群である．近年，鳴き声を使った録音調査により鳥類調査が実施されることが増えてきているが，その分析を人力で行うと調査労力がかかるため，分析ツールとなる鳥類の鳴き声自動識別システムが注目されている．また世界的な動向としては，システムの構築の概念実証（PoC: proof-of-concept）の段階から，生物多様性のモニタリングといった社会実装の段階への移行の必要性が指摘されている．システム開発の際に，社会実装を目指した留意点を検討している研究もあるものの，まだ十分ではない．そこで，本研究では，鳥類モニタリングを行うための鳴き声自動識別システムを構築し，モニタリングでの実現可能性を検討することを目的とした．

第1章では，鳥類のモニタリングの現状と，活用が期待されている鳴き声自動識別システムに関する先行研究を概観した．システムの構築は，北アメリカやヨーロッパで活発に行われている一方，日本においてはシステムを構築した事例が少ない．しかし，同じ環境条件であっても地域によって生息する生物種は異なるため，日本の鳥類を調べるためには，日本の鳥類を対象とした鳴き声自動識別システムを開発する必要がある．日本で鳥類モニタリングを行うために用いるシステムを構築する必要性が明らかになった．

第2章では，社会実装にむけて鳴き声自動識別システムを用いた鳥類モニタリングを行った研究事例をレビューし，システムを活用した鳥類モニタリングの動向を整理した．研究動向を踏まえると，単一種のモニタリング，個体群のモニタリング，侵入検知，個体数推定といった場面で，今後活用が期待できると考えられた．また，活用を進めるにあたっての課題としては，システムの対象種の拡大，モニタリングへの利用可能性の検討，録音条件の検討，重複した鳴き声の検出，市民科学による音声データ収集，鳴き声自動識別システムを活用における欠点の理解の6点があげられた．

第3章では，単一種の鳴き声自動識別システムの開発を行い，サシバをケーススタディとして，長時間の音声データからサシバの鳴き声を識別するシステム構築した．まずはサシバの鳴き声を識別する際の最適な手法を検討することで，音圧が1～3 dB上昇した時点を検出し，2～3sの時間幅の音声を用いて，畳み込みニューラルネットワークにより学習するのが最適な条件であることがわかった．先行研究と比較しても同等以上の精度であり，高精度な鳴き声識別システムの開発が達成できた．さらに，このシステムの社会実装に向けて，構築したシステムにより検出したサシバの鳴き声数の推移から，サシバの活動のモニタリングを試行した．長時間の音声から鳴き声数の推移が把握でき，生態の解明や効率的な環境調査に寄与する可能性が示唆された．

第4章では，鳴き声自動識別システムを活用した新しい調査手法の開発を行い，オオタカをケーススタディとして，猛禽類調査としての活用に向けた検討を行った．オオタカの鳴き方を識別できるシステムが構築でき，幼鳥の鳴き声に関しては多少の人力での確認も必要になるものの，調査労力を削減でき，調査圧の少ない調査手法となった．また，録音機材の設置場所は巣内でなくても識別可能なシステムとなっており，録音機材の設置場所の検討も行った．最後に，調査員が目視による観察との比較により，毎朝3時間の録音により，オオタカの生息状況と繁殖状況の概況が推定できることが確認できた．

第5章では，複数の鳥類の鳴き声自動識別システムの開発として，単一種の鳴き声自動識別システムを応用させることで，日本に生息する66種の鳥類を対象として種判別を行うシステムを構築した．海外の事例と比べると同等以上の精度であった．ただし，一部の種については学習用データの不足や，地域差や録音機材や録音形式の違いが影響により未知のデータの識別精度が悪い等の課題が確認された．ただし，日本での研究事例が少ないことから今後の国内の鳥類の鳴き声識別研究のベンチマークとして活用できるものとなった．

第6章では，本研究の成果をまとめ，鳴き声自動識別システムによる鳥類モニタリングに関する研究発展の方向性を考察した．開発したシステムはモニタリングでの利用が可能であり社会実装できる段階であることを確認した．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（前川　侑子　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	准教授	町村　尚
	副 査	教授	東海　明宏
	副 査	教授	紀伊　雅敦

論文審査の結果の要旨

生物群集の状態と変化のモニタリングは、生物多様性の評価に重要である。鳥類のモニタリングにはその特徴から鳴き声による音声調査がおこなわれているが、人力による音声分析の労力削減のため、深層学習による鳥類の鳴き声自動識別システムの開発が進められている。このようなシステム開発研究の世界的な動向として、現在は概念実証段階から社会実装段階への移行期にあたるが、実際のモニタリングを想定した自動識別システムおよびその利用方法の開発という社会実装を前提とした研究はまだ不十分である。本研究は鳥類の鳴き声自動識別システムの社会実装を目標として、独自の自動識別システムを構築し、鳥類モニタリング現場への適用によってその実用性を検討している。

本論文は、6 章で構成されている。第 1 章では，鳥類モニタリングの現状と鳴き声自動識別システムに関する先行研究を概観している。その中で北アメリカやヨーロッパで多数の研究がある一方、種が異なる日本の鳥類モニタリングのために日本の鳥類を対象とした鳴き声自動識別システムを開発する必要性を明らかにしている。

第 2 章では社会実装に向けて鳴き声自動識別システムを用いた鳥類モニタリングを行った研究事例をレビューし、システムを活用した鳥類モニタリングの動向を整理している。その結果、単一種のモニタリング、群集のモニタリング、侵入検知、個体数推定といった目的での応用が期待できることを示している。またそのための課題として、識別対象種の拡大、生物多様性モニタリングへの利用方法，録音条件、重複した鳴き声の検出、市民科学による音声データ収集、システムの限界の理解の 6 点を抽出している。

第 3 章では単一種の鳴き声自動識別システムの開発を行い、サシバを対象種として長時間の音声データからサシバの鳴き声のみを高精度に識別するシステムを構築している。最適条件として音圧が 1～3 dB 上昇した時点を検出し、2～3 s の時間幅の音声を用い、学習機として畳み込みニューラルネットワークを用いたときに最も高い精度でサシバの鳴き声を識別できることを示している。このシステムによるサシバのモニタリングを試行した結果、長時間の録音から鳴き声数の推移を把握できたことから、社会実装として種の生活史の解明と効率的な生息調査に寄与している。

第 4 章では鳴き声自動識別システムの活用として、オオタカをケーススタディとして新しい猛禽類調査手法の開発を行っている。オオタカの異なる鳴き方を自動識別できるシステムを構築し、また録音機材の最適な設置場所の検討も行っている。その結果、幼鳥に関しては多少の人力での確認を必要とするものの従来よりも調査労力が削減され、巣外に録音機材を設置できることで調査圧の少ない調査が可能なことを示している。さらに調査員の目視による観察と比較した結果、毎朝 3 時間の録音によりオオタカの生息状況と繁殖状況を推定可能といえる。

第 5 章では複数種の鳴き声自動識別システムとして、日本に生息する 66 種の鳥類を対象とする識別システムを構築し、海外の事例と比べて同等以上の精度であることを示している。また一部の種の識別精度が低い原因として、学習用データの不足、鳴き声の地域差、録音機材や録音形式の違いの影響を示している。一方でこのシステムは日本で最多の種判別をおこなっており、今後の国内の鳥類の鳴き声自動識別システムのベンチマークであるといえる。

第 6 章では本研究の成果をまとめ，鳴き声自動識別システムによる鳥類モニタリングに関する研究発展の方向性を示すとともに、開発したシステムが社会実装段階にあることを確認している。

以上のように、本論文は鳥類の鳴き声自動識別システムの高精度の達成と社会実装としての実用性のある生物多様性モニタリング方法の提案をおこなっており、生物多様性分野の環境工学的発展に貢献する成果を上げている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。