

令和元年6月25日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16222

研究課題名（和文）音声による種の識別システムを用いた鳥類モニタリング手法の開発

研究課題名（英文）Development of an avian monitoring system using species identification by bird songs

研究代表者

藤田 素子 (Fujita, Motoko)

京都大学・東南アジア地域研究研究所・連携研究員

研究者番号：50456828

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：録音データからの機械的な種の識別システムは、さえずりの検出、さえずりの識別の2段階から構成されている。この過程において、当初想定していた2チャンネルでの録音では解析時の検出率が低いといった問題がでてきた。その大きな理由は、同時にさえずっている複数の個体を分離できないことにあった。本研究課題では録音チャンネルを8つに増やし、ロボット聴覚ソフトウェアHARKを用いて解析を進めた。福井県およびインドネシアの森林において8チャンネルで録音したデータを解析したところ、同時にさえずっている個体の分離が可能であることが明らかになり、精度の高い識別のための基礎的な知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鳥類のモニタリングは環境や生物多様性の変化を知るうえで欠かせない調査であり、従来は目視での調査が行われてきたが、近年はデータの保存性や再現性の観点からさえずりの録音データを用いる方法が検討されている。しかし、モニタリング調査に録音データを用いる場合は、長期録音データを効率的に解析する技術が不可欠である。本研究では、さえずりの検出、さえずりの識別の2つの段階を機械的に行う手法を開発することを目的としているが、そのうちにおいて障害であった「同時にさえずっている個体の分離」が可能となった意義は大きく、高い精度で識別するための基礎的な知見を得た。

研究成果の概要（英文）：Automatic species identification system from bird songs consists of (1) detection of bird songs and (2) identification of bird songs. At the stage of (1), it turned out that with the 2-channel recordings, which was the target of this study in the beginning, detection rate remained quite low during analysis. The primary reason of this is due to difficulties in differentiation of songs of more than two individuals at the same time. Therefore, I decided to increase the recording channel up to 8 channels and to introduce Open Source Software for Robot Audition (HARK). Newly recorded samples of Fukui prefecture and Indonesian forests using 8 channels were analyzed, and it was clarified that the separation of individuals singing simultaneously was possible, which would lead to better identification results.

研究分野：鳥類生態学

キーワード：長期モニタリング 音声解析 さえずり

1. 研究開始当初の背景

- (1) 生物多様性の研究において、生物の生息情報はもっとも基礎的なデータとして扱われるため、モニタリング調査の有効性は極めて高く、今後も世界的に重要な位置づけになることは疑いがない。
- (2) 鳥類のモニタリングには目視による観察が使われるが、調査者によるバイアスが種の同定結果を左右する問題があり、さえずり録音を活用する動きが広まっている。近年では、耳で聞いてさえずりを同定する方法にかわり、人の言語認識アルゴリズムを応用した機械的なさえずり識別システムが開発されつつある。しかし、モニタリングへの応用を見据えた長期録音データからの自動的なさえずりの抽出・識別やフィールドデータとの比較はなされてこなかった(表1)。

表1. 機械的な音声による種の識別法の特徴

	ポイントセンサス法 など	音声録音法	
		耳で聞く方法	機械的な種の識別法
使用する フィールドサイン	目視/さえずり/ 地鳴き	さえずり/地鳴き	さえずり/地鳴き
メリット	鳴かない個体も視 認で検出できる	保存性がある	保存性がある/客観的な同 定が可能/労力が少ない
デメリット	調査者による識別 バイアスが大きい /保存性がない	耳で同定する人の識別バイアス がある/同定労力が膨大/鳴 かない個体は検出できない	鳴かない個体は検出できな い

2. 研究の目的

- (1) 本研究では、機械的なさえずり識別システムに、モニタリングへの応用を見据えた長期録音データからの自動的なさえずりの抽出・識別やフィールドデータとの比較を加えた音声による種の識別システムの構築を目指した。システムは種の識別モデルの構築、長期録音からの自動的なさえずり抽出、抽出されたさえずりの識別、の3段階によって構成されている。長期間の録音データを用いるモニタリングにおいて、さえずりサンプルの抽出を手動で行うのは現実的でなく、自動化が大きな課題となっている。そのため、本研究ではさえずりサンプル抽出を自動化することに特に大きな焦点を当てた。
- (2) なお、当初はフィールドデータを用いた検証のためモニタリング調査との連携および機械学習用の音声データの収集のため音声データベースの活用を予定していたが、予定していた予算に届かなかったことと、研究成果(1)で述べるように、識別システムの構築段階において当初想定していた2チャンネルの録音システムでは識別率の向上が難しいことなどが明らかになったため、8チャンネルでの録音システムが整っていないモニタリング調査との連携および既存の音声データベースの活用は行わなかった。

3. 研究の方法

- (1) 予備的に作成済みのインドネシア・マレーシアの森林性鳥類のさえずり識別アルゴリズムを発展させ、長期録音データからのさえずりの抽出、抽出されたさえずりからの種の識別を加えた音声による種の識別システムの構築を試みた。
- (2) さえずり抽出プログラムを作成し、そのプログラムの性能を評価した。音声サンプルは東南アジア(インドネシア)の熱帯林で早朝に録音されたものを用いた。音声データはまず Raven Pro 1.4 を用いてリスニングし、手動でさえずりを特定した。MATLAB R2016bを用いたさえずり抽出プログラムでは、ノイズ除去のため500-5000Hzまでの周波数帯でフィルタリングを行い、大津法による二値化により閾値を設定してさえずりを検出した。検出されたさえずりを手動リスニングによる結果と照らし合わせ、音声抽出プログラムの性能を評価した。
- (3) (2)の研究成果をうけて、同時にさえずっている複数個体を分離し精度の高い識別を行うために、録音チャンネルを従来の2チャンネルに加えて8チャンネルを増やし、さらに強力な音源定位機能をもつロボット聴覚



図1. たまご型マイクアレイを用いた録音

ソフトウェア HARK を用いて解析を進めた。録音データを新規に取得するため、鳥類の繁殖期を中心に現地調査を行った。福井県およびインドネシア・スマトラ島の森林において、たまご型マイクアレイ (TAMAGO-3) を用いて 8 チャンネルでの録音を、福井県は繁殖期に該当する 2017 年 5 月および 2018 年 5 月、インドネシアは 2018 年 3 月および 2018 年 9 月に行った (図 1)。

4. 研究成果

- (1) 本研究課題で対象としている録音データからの種の識別システムは、さえずりの検出、さえずりの識別の 2 段階から構成されている。録音データからさえずりを検出する過程において、従来の 2 チャンネルでの録音から大津法を用いてさえずりの検出をした場合、解析時の検出率が手動での検出に比べて低いといった問題があることが明らかになった。この検出率の低さの大きな理由は、同時にさえずっている複数の個体を分離できず、一つの個体のさえずりとして認識してしまうことにあった (図 2)。

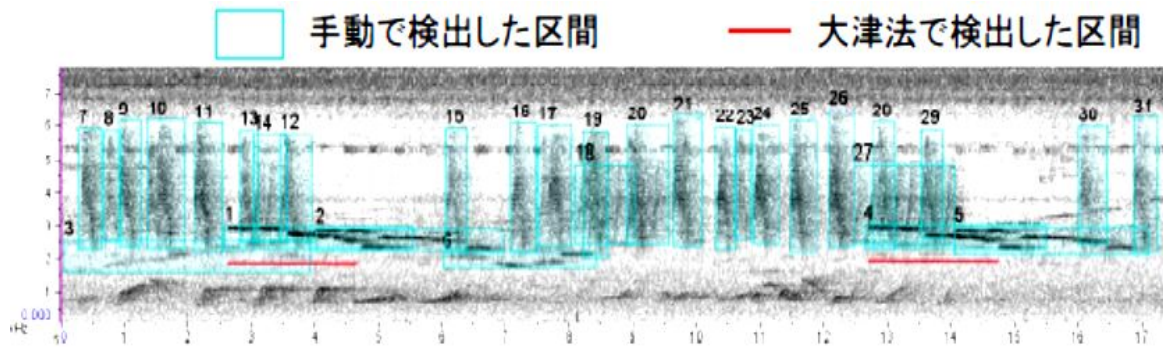


図 2 .耳で聞いて検出したさえずり(薄い青枠と付随する番号はさえずりごとに付与)と、機械的に検出したさえずり(番号なしの赤い下線)。重なっているさえずりは最初の個体しか検出されなかった(例えば、番号 1、2 のうち 1 は大津法で検出できたが 2 は検出されていない)。

- (2) また、大津法を用いたさえずりの抽出では、音量 (Power) が小さい場合の検出率が低いことも課題として挙げられた。今回解析した音声サンプルでは、手動リスニングで検出したさえずり音声の 10~50% 程度しか、大津法で検出できなかった。一方、大津法でのさえずりタイプ数 (種数) の検出率は、手動リスニングで検出したさえずりタイプ数の 50~100% であった。この結果から、すべての個体のすべての音声を抽出することは難しいものの、どのような種が生息しているかといった多様性の指標には有効である可能性が示唆された。
- (3) 本研究課題では録音チャンネルを従来の 2 チャンネルに加えて 8 チャンネルに増やし、さらに強力な音源定位機能をもつロボット聴覚ソフトウェア HARK を用いて解析を進めるよう、大きく方向転換をすることにした。録音データを新規に取得するため、鳥類の繁殖期を中心に現地調査を行った。福井県およびインドネシア・スマトラ島の森林において、たまご型マイクアレイ (TAMAGO-3) を用いて 8 チャンネルでの録音を行った。解析にはロボット聴覚ソフトウェア HARK を利用した結果、2 チャンネル録音では不可能だった、同時にさえずっている個体の分離が可能であることがわかった。この手法を用いることで、より正確な識別につながるができることが明らかになった。
- (4) 本研究成果から明らかになった方向性をとることで、録音データからのさえずり識別システム的大幅な改良につながることを期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

Motoko S. Fujita, Hiromitsu Samejima, Dendy Sukma Haryadi, Ahmad Muhammad, Mohammad Irham, Satomi Shiodera. 2016. Low Conservation Value of Converted Habitat for Avifauna in Tropical Peat Land on Sumatra, Indonesia. *Ecological Research* 31: 275-285 査読有

Shoko Kobayashi, Yoshiharu Omura, Kazadi Sanga-Ngoie, Yoshio Yamaguchi, Ragil Widyorini, Motoko S. Fujita, Bambang Supriadi, Shuichi Kawai. 2015. Yearly Variation of Acacia Plantation Forests obtained by Polarimetric Analysis of ALOS PALSAR Data. *IEEE Journal of Selected Topics*

in Applied Earth Observations and Remote Sensing 8:5294-5304 査読有

Motoko S. Fujita and Kayoko Kameda. “Nutrient Dynamics and Nutrient Cycling by Birds” in: *Why Birds Matter - Avian Ecological Function and Ecosystem Services*. Cagan Sekercioglu, Daniel Wenny, Christopher Whelan eds. The University of Chicago Press, August 2016, pp.271-297. 査読有

〔学会発表〕(計 7 件)

藤田素子, 小林祥子, 大村善治. 熱帯におけるマイクロ波衛星による森林構造把握と鳥類群集評価への応用. 第 28 回日本熱帯生態学会年次大会, 静岡. 2018 年 6 月.

S.Kobayashi, M. S. Fujita and Y. Omura (2018) “Feasibility study on monitoring of tropical bird diversity using full polarimetric L-band SAR data”, Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission FY2017, January 22- 26, 2018, Tokyo, Japan

Motoko S. Fujita. Bird diversity in tropical peat land. International Conference on Biodiversity, Society for Indonesian Biodiversity, Pontianak, Indonesia. 2017 年 10 月 (Invited as a Keynote Speaker)

S. Kobayashi, Y. Omura and M. S. Fujita, “Retrieval of vegetation structure in Indonesian plantation forests from microwave satellite remote sensing data”, The 2nd Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science, Uji, Japan, July 19-21, 2017.

Motoko S. Fujita, Tsuyoshi Yoshimura, Yoshiharu Omura, Shoko Kobayashi. Vegetation structure influences on bird diversity: linking remote sensing and biodiversity monitoring. The 2nd Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science, Kyoto University. 2017 年 7 月.

藤田素子・丸山晃央・糸山克寿・奥乃博・神崎護. 熱帯の長期録音データから鳥類のさえずりを検出する. 第 64 回日本生態学会, 東京. 2017 年 3 月.

藤田素子・吉村剛・大村善治・小林祥子・Muhammad Iqbal. 持続的な熱帯林業プランテーションにむけた生態系管理. 第 335 回生存圏シンポジウム「生存圏ミッションシンポジウム」, 京都大学. 2017 年 2 月.

〔図書〕(計 1 件)

Kosuke Mizuno, Motoko S. Fujita & Shuichi Kawai eds. Catastrophe and Regeneration in Indonesia's Peatlands: Ecology, Economy and Society, NUS Press and Kyoto University Press, Singapore, February 2016, 512pp.

〔産業財産権〕

該当なし

〔その他〕

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

該当なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 奥乃 博

ローマ字氏名: OKUNO, Hiroshi

研究協力者氏名: 糸山 克寿

ローマ字氏名: ITOYAMA, Katsutoshi

研究協力者氏名：鈴木 麗壘
ローマ字氏名：SUZUKI, Reiji

研究協力者氏名：丸山 晃央
ローマ字氏名：MARUYAMA, Akio

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。