

テクニカルノート

昆虫音声を用いたスマートフォンで投稿可能な 環境モニタリングシステム—Chu-lingual

和田 智晃¹ 秋田 純一² 北川 章夫^{2,a)}

受付日 2011年6月17日, 採録日 2011年9月12日

概要: 従来の昆虫の分布調査は専門家による実地調査が主だったが, 一般人の参加を可能にすることで, データがより多く集まることや環境教育への利用が期待される. 本稿では, 自動で昆虫の種を識別し, 誰でも手軽に楽しく使える, 環境モニタリングシステムの実現を目的とする. まず, 昆虫の音声による種の識別手法を提案, 評価しその有用性を示した. そして, WEB システムと, 音声, 位置, 時間, 温度などが手軽に取得できるスマートフォン向けアプリケーションの連携により, 環境モニタリングシステムを構築した.

キーワード: 環境モニタリング, スマートフォン, WEB システム, 昆虫音声, 自動識別

Environmental Monitoring System in Cooperation with Smartphones by Automatic Identification of Insect Sounds – Chu-lingual

TOMOAKI WADA¹ JUNICHI AKITA² AKIO KITAGAWA^{2,a)}

Received: June 17, 2011, Accepted: September 12, 2011

Abstract: Distributional survey of insects is carried out primarily by a field research by experts, however, the public participation to the research promotes the efficiency of data acquisition and an environmental education. We intend to develop an environmental monitoring system that automatically identifies the species. The participants can use this system easily and learn the environmental issues with pleasure. In this paper, the automatic identification method is proposed and the accuracy rate of the identification is evaluated to verify the utility of this method. Then, the system which works in cooperation with the web application and the smartphone application is presented.

Keywords: environmental monitoring, smartphone, WEB system, insect sound, automatic identification

1. はじめに

環境モニタリングとは降水量, 日照量, 大気汚染, 水質, 騒音などの環境データ全般の観測と収集, そして変化や関連性などを調査することを指す.

近年は調査対象として, 環境そのものを調べるほかに, 環境の変化に対して敏感に影響を受ける, 昆虫や野鳥などの野生生物, および花や樹木などの植生を調べることによ

る環境モニタリングもさかんに行われている. たとえば, 水質の調査には専用の道具が必要になるが, 綺麗な水質でしか生息できない生物がいるかどうかを探することで, 水質の目安とすることができる. ある調査では, クマゼミの分布と積算気温の上昇の関連性が示唆されている [1]. また, 絶滅危惧種は毎年増え続けており, これらの希少な種を守るために, その種を探すことや生息環境の調査の重要性が高まっている.

一方, 野生動物の調査は直接現地に足を運ばなければできないため, 従来は専門家や有志の集まりが調査地へ赴くことで調査を行っていた [2]. この場合, 収集できるデータの数に限りがあることや, 継続的なデータの収集を行うことに難があった. そこで, 近年は投稿型の WEB サイト

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University, Kanazawa, Ishikawa 920–1192, Japan

² 金沢大学
Kanazawa University, Kanazawa, Ishikawa 920–1192, Japan

a) kitagawa@is.t.kanazawa-u.ac.jp

などを利用した環境モニタリングシステムを通して、一般人が参加可能な環境モニタリングも行われるようになってきた [3]。誰でも参加できることで、調査地を全国に拡大でき、データの集まりがよくなることだけでなく、参加者が環境や身近な生物などに意識して注意を向けるきっかけにもなるなど、環境教育の効果も期待される [4]。しかし、ここで問題点として、誰でも参加できるシステムである場合、集まるデータの質が確かかどうか分からないということがあげられる。たとえば、時間などの情報は簡単に入手できるが、昆虫の種の識別は一般人には難しく、見た目がわずかに違うだけで、外来種と絶滅危惧種を見間違えることもありうる。

そこで、これらの問題点を解決する方法として、一般人参加型の環境モニタリングシステムにおいて、種の識別を自動化することが有用であると考えられる。また、専門家と比べると関心度が低い参加者は、システムの利用が面倒や面白くないと感じるとデータの提供をやめてしまう恐れがある。そのために、システムは識別精度が高いことだけでなく、利用が簡単で、参加者が面白いと感じる必要があると考えられる。

本研究では、昆虫の音声を用いた種の識別を自動化するための識別手法を考案し、評価を行う。また、より簡単にデータの収集と投稿を行えるようにするため、スマートフォン用のアプリケーションを開発し、WEBシステムと連携できる環境モニタリングシステムの構築を行う。

2. 識別手法

本研究では、先行研究 [5] で提案された、LPC（線形予測符号）係数を特徴量として SVM（サポートベクターマシン）で学習と識別を行う手法を基に、コオロギの識別率を向上させる処理を追加し、評価を行った。

2.1 特徴量の抽出

まず、音声ファイルに対して前処理として、ステレオ音源のモノラルへの変換、録音時の直流成分の除去、フィルタによる高域の強調、振幅の正規化、を行う。次に、音声の切り出しを行う。図 1 にその処理手順の概要を示す。音声波形を 4ms ずつ切り出し、その区間の平均振幅が大きければハミング窓を掛けて 13 次の LPC 係数を計算し、平均振幅が小さい場合は処理をスキップする。切り出しの処理は 1ms ずつオーバーラップさせながら複数回行い、LPC 係数が 20 セット集まるか、音声ファイルの終わりに到達することで終了する。音声ファイル 1 つに対して、この LPC 係数の集まりを 1 つの特徴量ファイルとする。

2.2 学習と識別

SVM を用いてすべての特徴量ファイルから昆虫の種ごとの正解モデルを作成し、学習を行う。識別時は、特徴量

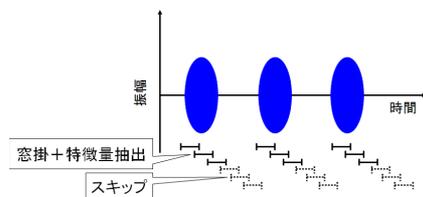


図 1 音声の切り出し方

Fig. 1 Method of extracting a sound.

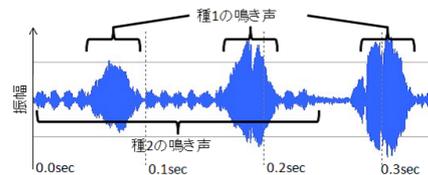


図 2 2種の鳴き声が混ざった波形

Fig. 2 Mixed wave of two species.

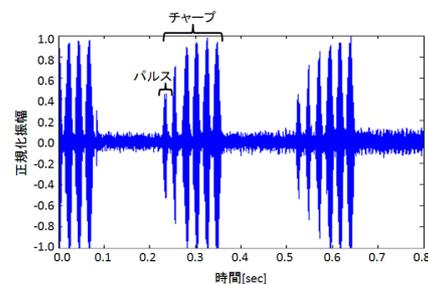


図 3 コオロギの音声の構造

Fig. 3 Structure of a cricket sound.

ファイルが入力されると、LPC 係数の 1 セットごとに各種のモデルでの識別を行う。20 回の識別の中でそれぞれの種に該当した回数を類似度とし、類似度が高い順に種名を出力する。これにより、図 2 のような 2 種の鳴き声が混ざった音声では、2 種の類似度が高く出力されるため、両種の検出が可能である。

2.3 コオロギの鳴き声の特徴

コオロギの鳴き声は、複数のパルスが集まったチャープと呼ばれる音の塊から構成されている [6]。典型的なコオロギの音声波形と、パルス、チャープの対応関係を図 3 に示す。いわゆる「リンリンリン」と聞こえる鳴き声の、1 つの「リン」が 1 つのチャープに対応している。

パルスの長さは種ごとに偏りがあるため、識別の参考になると考えられる。パルスの長さの測り方の概略を図 4 に示す。音声ファイル全体の平均パワーを閾値とし、一定の区間ごとに区間平均パワーを求め、閾値より小から大、大から小へ変化した時点を、パルスの開始点と終了点とし、その間隔からパルスの長さを求めることが可能である。このアルゴリズムでコオロギの 57 ファイルすべてのパルスの長さを求め、値がすべて収まった区間を図 5 に示す。

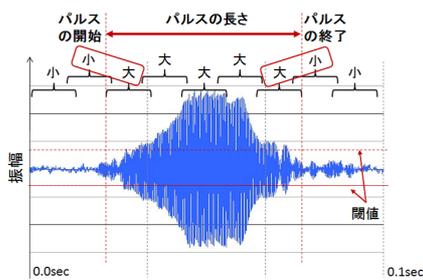


図 4 パルスの長さの測り方

Fig. 4 Measurement method of the pulse length.

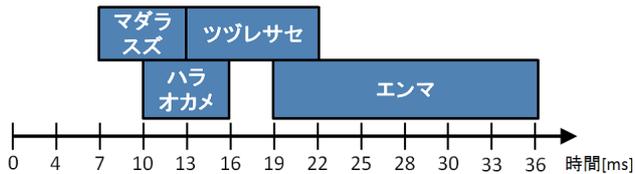


図 5 パルスの長さの比較

Fig. 5 Result of the comparison of the pulse length.

表 1 識別対象の種名とデータ数

Table 1 Species names and a number of data for identification.

科・亜科	種名	データ数
コオロギ	エンマコオロギ	13
	マダラスズ	12
	ハラオカメコオロギ	15
	ツツレサセコオロギ	17
セミ	アブラゼミ	56
	スジアカクマゼミ	12
	エゾゼミ	31
	コエゾゼミ	15

2.4 パルス長による判定

コオロギの種の識別においては、パルスの長さが正確に種の特徴を表していることを利用し、SVMによる類似度が高い2種の組合せによって、追加の処理を行う。パルスの長さで一意に区別できる組合せのときは、パルスの長さによって識別結果を決め、区別できない組合せで、パルスの長さも複数種の可能性が残る場合は、類似度の高さに従う。たとえば、エンマコオロギとハラオカメコオロギの順に類似度が高く、パルス長が11msであった場合は、識別結果をハラオカメコオロギとする。

2.5 提案手法の評価

識別率の評価に用いる音声ファイルは、サンプル数が多い、日本で見られる代表的なコオロギ4種計57ファイル、セミ4種計114ファイルで、内訳を表1に示す。音質は48~96kHzサンプリング、量子化ビット数16のWAVファイルである。これらのファイルから1つずつ特徴量ファイルを作り、交差検定を行った。SVMのみの場合と、SVMに加えパルス長による判定を行った場合の識別率を表2に示す。種の自動識別に十分な精度であるといえる。

表 2 本手法による識別率

Table 2 Accuracy rate with the proposed method.

科・亜科	識別可能な種	識別率 (SVMのみ)	識別率 (SVM + パルス長)
コオロギ	4/4	61.4%	87.7%
セミ	4/4	96.5%	96.5%

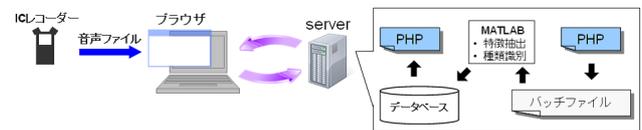


図 6 Chu-lingual の構成

Fig. 6 Configuration of Chu-lingual system.



図 7 マイページ

Fig. 7 My page.

3. WEB システム

3.1 WEB システムの構築

誰でも参加でき、簡単に使えることに加え、投稿履歴の保存や画像による結果の表示などの継続的に利用しやすくなる仕掛けを用意し、システムを構築した。PHP, MySQL, Apache を用いて、WEB システムを作成し、音声の処理と識別のために MATLAB とも連動している。この WEB システムを Chu-lingual (チューリンガル) と呼び、構成を図6に示す。

3.2 WEB システムの動作画面

本システムは、ID とパスワードを登録してログインし、ユーザがマイページを持つことが可能である。マイページには、プロフィールや画像、投稿履歴、今まで見つけた昆虫の分布図などが表示される (図7)。音声データの投稿画面では、昆虫を見つけた時間の入力、地図による見つけた場所の入力、音声ファイルの指定、任意で画像の添付をし、送信する (図8)。データを送信すると、識別結果の画面になり、類似度の高さを円グラフで表し、結果としてどの種であると識別されたかが表示される (図9)。



図 8 投稿画面
Fig. 8 Posting page.



図 10 初期画面
Fig. 10 Start-up view.



図 9 識別結果
Fig. 9 Result page.



図 11 識別結果の表示
Fig. 11 Result view.

4. スマートフォンによる投稿

4.1 スマートフォンを用いる利点

前述の WEB システムでも払拭できない問題として、音声の録音と同時に時間や場所などのデータを記録しなければならないことがあげられる。この記録自体が面倒でもあり、特に地名が分からない場合などは、情報の取得自体が不可能になる。

そこで、スマートフォン用の専用アプリケーションを用いることで、自動で各種データの取得を行い、録音から送信までをより手軽に行うことが可能になる。また、利便性の向上以外にも、温度計などの測定機器を持ち歩かなくても、温度や標高などの昆虫の分布との関連が示唆されるデータが得られるという利点がある。

4.2 専用アプリケーションの機能

アプリケーションの開発は iPhone SDK を用い、iPhone3GS で動作確認を行った。実際の動作時のアプリケーションの初期画面を図 10 に示す。ログイン情報は設定画面で登録し、以後は自動でログインできる。日付時刻の取得、GPS を用いた位置の検出と、近隣のアメダスの温度の取得、そして録音した音声にこれらのデータを付与

して、識別ボタンを押すと送信を行う。送信後は識別結果を受け取り、結果表示画面に遷移し、類似度の円グラフと識別結果の種名の表示を行う (図 11)。現在は未実装であるが、識別結果の表示とともに、該当する種の画像や解説文なども盛り込む予定である。

5. おわりに

本研究では、昆虫の音声による種の識別手法を提案し、良好な識別結果を示した。また、簡単に利用できる参加型の環境モニタリングシステムを構築し、スマートフォン向けの専用アプリケーションによってより手軽に利用できる環境を整えた。特に手軽さと楽しめる要素を重視し、ユーザのモチベーションの維持を狙った。

今後はこのシステムを実際に運用してデータを収集し、さらに有効な特徴量を探すことで、識別性能の向上や対応種の増加を目指す。また、投稿回数やアクセス数の推移などのユーザの利用動向や、主に子どもを対象とした環境教育効果の面からもシステムの評価を行う。

なお、Chu-lingual は <http://chu.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/> で 2011 年 7 月より公開している。また、アプリケーションは Apple 社の App Store での配布を予定している。

参考文献

- [1] ウェザーニューズ：“地球温暖化”の影響で『クマゼミ』の北限が北上し生息地拡大，ウェザーニューズ（オンライン），入手先（<http://weathernews.com/ja/nc/press/2008/080903.html>）（参照 2011-06-13）.
- [2] 山本貴仁，小川次郎，佐伯英人：愛媛県におけるアオマツムシ（バッタ目：マツムシ科）の分布，愛媛県総合科学博物館研究報告，No.10, pp.1-21 (2005).
- [3] 環境省：いきものみつけ，環境省（オンライン），入手先（<http://www.mikke.go.jp/>）（参照 2011-06-13）.
- [4] 武井由貴，中島裕輔：環境モニタリングを活用した環境教育手法に関する研究：愛知万博における環境モニタリングシステムの構築，研究報告集 I，材料・施工・構造・防火・環境工学，No.75, pp.725-728 (2005).
- [5] 小林 透，北川章夫，秋田純一：鳴声認識機能付昆虫 Wiki～Chu-lingual～，エンタテインメントコンピューティング 2009 予稿集，pp.143-146 (2009).
- [6] 本田恵理：昆虫の系統と音声信号，日本音響学会誌，Vol.57, No.4, pp.302-307 (2001).



北川 章夫 （正会員）

昭和 36 年生．昭和 62 年名古屋工業大学大学院工学研究科博士前期課程修了．工学博士．同年金沢大学工学部電気・情報工学科助手．平成 7 年より同講師．平成 9 年より金沢大学情報システム工学科准教授．平成 9 年から平成

10 年マサチューセッツ工科大学マイクロシステムズテクノロジー研究所研究員兼任．平成 11 年から平成 12 年東京大学大規模集積システム設計教育研究センター准教授兼任．集積回路，特に新機能センサ，無線センサ，新型不揮発性メモリと応用システムに関する研究に従事．IEEE，電子情報通信学会各会員．



和田 智晃

昭和 61 年生．平成 22 年金沢大学工学部情報システム工学科卒業．同年金沢大学大学院自然科学研究科電子情報工学専攻博士前期課程に進学．現在に至る．昆虫の音声の認識手法および，それを用いた WEB システムの研究に

従事．



秋田 純一 （正会員）

昭和 45 年生．平成 10 年東京大学大学院工学系研究科電子情報工学専攻博士課程修了．博士（工学）．同年金沢大学工学部電気・情報工学科助手．平成 12 年より公立ほこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学

科講師．平成 16 年より金沢大学工学部情報システム工学科講師．平成 20 年より同准教授．平成 23 年より同教授．集積回路，特に高機能イメージセンサと，インタラクティブシステム等の応用システムに関する研究に従事．電子情報通信学会，映像情報メディア学会，芸術科学会各会員．