

ヤンバルクイナの鳴き声検出精度向上のためのアルゴリズムの検討

Examination of algorithm for accuracy improvement of detection of *Gallirallus okinawae* calls

宇根 健一郎† 蔵屋 英介† 神里 志穂子† 野口 健太郎†

金城 道男‡ 長嶺 隆‡ 嘉手苅 修‡

Kenichiro Une Eisuke Kuraya Sihoko Kamisato Kentaro Noguchi
Michio Kinjou Takashi Nagamine Osamu Kadekaru

1. はじめに

沖縄本島のやんばる地域の固有種で天然記念物でもあるヤンバルクイナは、発見当初から個体数も少なく絶滅の危機にある。ヤンバルクイナは飛翔力がなく森林に生息しているため、生息場所やその生態から長期間の継続的な調査は困難を極める。そこで我々は、森の音を定点で 24 時間 365 日録音して、その中からヤンバルクイナの鳴き声を検出することで、一年を通じた定点での生息状況の調査の試みを行ってきた[1][2]。しかしながら、これまで提案してきた鳴き声検出方法では、長時間の録音データからヤンバルクイナの鳴き声を検出できるようになったものの、環境音の影響や鳴き声の音量により包絡線が閾値を超えて鳴き声検出ができない問題があり、十分な検出精度が得られなかった。そこで、本稿では、鳴き声の検出精度を向上させるために、これまでの検出手法のアルゴリズムに平均変化率の処理を加えることで検出精度の検証を行った。

2. これまでの鳴き声検出アルゴリズムの問題点と検出精度向上のためのアルゴリズムの検証

これまでの録音データからの鳴き声を検出する方法では、ヤンバルクイナの鳴き声から、1 秒間に 7 回から 9 回鳴き声を発し、5 秒～30 秒程度鳴き声が継続する、2.5kHz から 3.2kHz の周波数帯に強いスペクトルが現れるという 2 つの特徴を検出し、図 1 に示す方法でヤンバルクイナの鳴き声を検出してきた。この手法では、まず、ヤンバルクイナの周波数の特徴を利用し、バンドパスフィルタで 2.5kHz から 3.2kHz の周波数帯を抽出する。さらに、全波整流を行った後に移動平均フィルタにより包絡線を得て、設定した閾値に対するゼロクロスカウンタにより鳴き声の検出を行った。鳴き声の検出は、包絡線の平均値と環境音の定常値から閾値を設定し、1 秒毎にゼロクロスカウンタの結果より得ている。この手法では、バンドパスフィルタによって、ヤンバルクイナの鳴き声以外の環境音の大部分を除去することができるが、ヤンバルクイナの鳴き声の特徴と同じ周波数成分の車や風の音などの環境音も一部含んでいる。これまで、環境音の定常値が大きい場合には、包絡線がゼロクロスカウンタの閾値を大きく上回り、音量が小さい鳴き声を検出できない問題があった。また、長時間の録音データは、マイクゲインを最大で録音しているため、ヤンバルクイナが近距離で鳴いた場合と、鳴き声の音量が閾値を

大きく超えてしまい、検出できなくなるといった問題があった。そこで本稿では、図 2 に示す平均変化率による鳴き声検出法により検出精度向上の検討を行った。この手法によって、包絡線検波した波形から平均変化率を求めることで、環境音の定常値から算出される閾値が、風や風の音などの環境音の影響を最小限に抑えるとともに、鳴き声の音量が大きい場所でも、平均変化率を求めることで正負に変化する信号となり、大きな音量でも閾値に対してゼロクロスし、大きな鳴き声も検出することが可能となる。図 2 に示す平均変化率によるゼロクロスカウンタの閾値は、バンドパスフィルタ後の平均変化率から正の部分の平均値を算出し、その値の 2 倍とすることで残留した環境音が誤検出されないように設定した。検出精度の検証として、これまでの包絡線を使った鳴き声検出法と、本稿で考案した平均変化率による 2 つの方法について、スピーカーでヤンバルクイナの音源を距離と角度を変化させて再生し、その鳴き声を録音したデータに適用して検討を行った。表 1, 2 に、2 つの検出方法による検出可能な距離を示す。距離の検証データでは、距離が近いほど音量が大きく録音されているため、これまでの鳴き声検出手法では、80m から 160m の鳴き声の音量に大きく影響を受け、閾値が高くなり、検出できる鳴き声が限られていた。それに対して、平均変化率による鳴き声検出法では、環境音の定常値から算出される閾値で 80m から 480m までの距離を検出できていた。検出できなかった鳴き声は、環境音と区別がつかないほどに音量が小さいものだけだった。90° のデータに対しても同様の検証を行ったが、向きを変えることで音量の影響がでるため、240m までの音量で検出可能な結果を得た。これら結果から、平均変化率を用いた鳴き声検出法は、鳴き声の音量に影響されることなく検出することが可能となり録音マイクに対向した鳴き声であれば 480m まで検出することが可能となった。

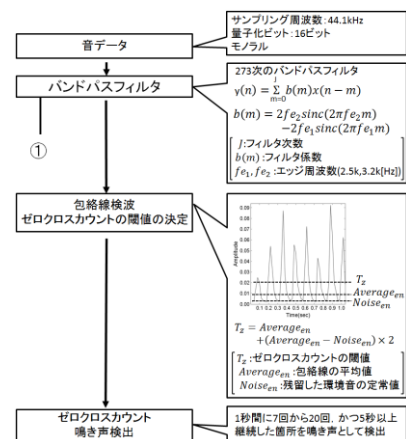


図 1: 包絡線を利用したこれまでの鳴き声検出方法の流れ

† 沖縄工業高等専門学校
Okinawa National College of Technology‡ NPO 法人どうぶつたちの病院
Conservation & Animal Welfare Trust‡ (株) 沖縄コカ・コーラボトリング
Okinawa Coca-Cola Bottling Company

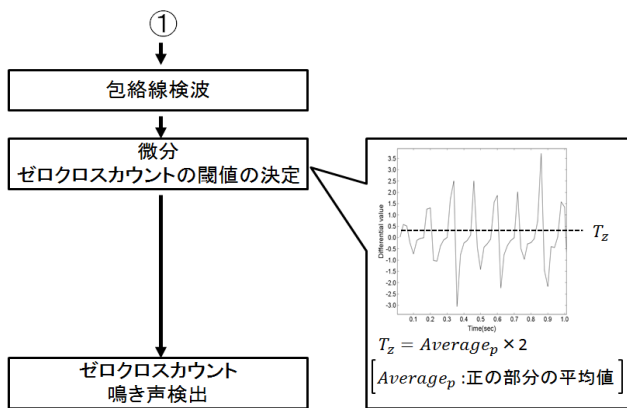


図2：平均変化率による精度向上の検討

表1：これまでのアルゴリズムの検出可能距離

向き\距離	80m	160m	240m	320m	400m	480m
0°	○	○	×	×	×	×
90°	○	×	×	×	×	×

表2：提案するアルゴリズムの検出可能距離

向き\距離	80m	160m	240m	320m	400m	480m
0°	○	○	○	○	○	○
90°	○	○	○	×	×	×

3. 鳴き声検出法の問題点と検出条件の検討

これまで、環境音の定常値が大きい場合には、包絡線がゼロクロスカウン트의閾値を大きく上回り、音量が小さい鳴き声が検出できない問題があった。また、長時間の録音データは、マイクゲインを最大で録音しているため、ヤンバルクイナが近距離で鳴いた場合、鳴き声の音量が閾値を大きく超えてしまい、検出できなくなるといった問題があった。平均変化率を用いた鳴き声検出法により、これらの問題が解決されるか検証するため、ヤンバルクイナが息をする森で録音された長時間データを用いて解析を行った。24時間の録音データにはヤンバルクイナの鳴き声が156カ所あることが分かっている。これまでの包絡線検波による検出方法と平均変化率による検出方法について、24時間データに適用した結果、これまでの検出方法では61カ所の鳴き声を検出し、平均変化率を用いた鳴き声検出法では81カ所の鳴き声を検出するにとどまった。検出された鳴き声を詳細に解析したところ、環境音の定常値を除去することで、かろうじて環境音と区別がつく程度の小さい鳴き声を検出した一方、これまでの鳴き声検出条件である“1秒間に7回から9回鳴き声を発し、5秒以上継続する”という条件に適合しない鳴き声が多数あることが明らかとなった。特に今回、解析に用いた長時間データには、1秒間に6回鳴き声を発する個体ならびに3秒程度で鳴き声がいったん途切れる個体が多数おり、検出精度が向上しない主な原因であることが明らかとなった。

そこで、平均変化率を用いた検出法の精度を検証するにあたり、従来までの鳴き声検出条件に加え、1秒間の鳴き声回数、鳴き声の継続時間をパラメータとし、24時間データに適用することで検出精度の検証を行った。また、ゼロクロスカウン트의閾値は、バンドパスフィルタ後の平均変

化率から正の部分の平均値を算出し、その値の2倍とすることで残留した環境音が誤検出されないように設定しているが、閾値の設定方法についてもあわせて検証を行った。図3にそれぞれのパラメータを変化させた時の鳴き声検出数と誤検出数の結果を示す。従来までの検出条件ならびに閾値の設定方法では、156カ所の鳴き声数に対し81カ所を検出し、パラメータを変化させた中で最も低い値となったが、誤検出数も7カ所と最も低い値となり、全体の検出数に対する鳴き声数は、最も高い値が得られた。鳴き声の継続時間を5秒から3秒にした場合には、鳴き声の検出数の増加が見られるものの誤検出数が著しく増加し、全体の検出数に対する鳴き声検出数が著しく低下することが明らかとなった。閾値については、鳴き声の継続時間5秒のときには、鳴き声検出数ならびに誤検出数に大きな変化は見られなかったが、鳴き声の継続時間を3秒とした際には、閾値を下げることで誤検出数のみが著しく増加する結果となった。以上のことから、平均変化率を用いた鳴き声検出精度は、従来までの“1秒間に7回から9回鳴き声を発し、5秒以上継続する”条件が最も良く、1秒間の鳴き声回数を6回とすることで、鳴き声検出数が改善されることが明らかとなった。鳴き声継続時間を短くすることで、鳴き声検出数がわずかに増加するものの誤検出数が著しく増加し、鳴き声の確認作業に大きな負担を強いる結果となった。

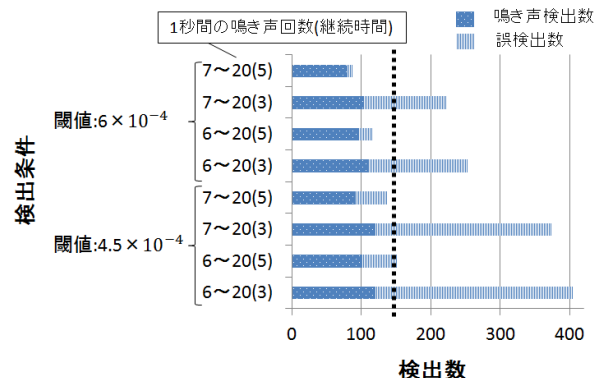


図3：検出条件を変化させたときの鳴き声検出数と誤検出数

4. まとめ

ヤンバルクイナの鳴き声検出法として平均変化率を用いたことで、ヤンバルクイナの鳴き声検出における問題を明確にできたとともに、鳴き声検出精度を向上させることができた。今後は、本稿で提案した鳴き声検出法を使用し、長時間の録音データからヤンバルクイナの鳴き声頻度を詳細に解析し、生態を調査するシステムを開発していく予定である。

参考文献

- [1] 宇根健一郎, 蔵屋英介, 神里志穂子, 野口 健太郎, 金城道男, 長嶺隆, 嘉手苺修, “ヤンバルクイナの鳴き声検出のための閾値決定方法の検討,” 第11回情報科学技術フォーラム, 法政大学, Sep. 2012.
- [2] 宇根 健一郎, 蔵屋 英介, 神里 志穂子, 野口健太郎, 金城 道男, 長嶺隆, 嘉手苺修, “環境音を含む音データからのヤンバルクイナの鳴き声検出の検討,” 情報処理学会第74回全国大会, May. 2012.