

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  
 Thershold determination for Detection of *Gallirallus okinawae* song

宇根 健一郎† 藏屋 英介† 神里 志穂子† 野口 健太郎††

金城 道男‡ 長嶺 隆‡ 嘉手苺 修‡‡

UNE Kenichiro Kuraya Eisuke KAMISATO Shioko NOGUCHI Kentaro  
 KINJOU Michio NAGAMINE Takashi KADEKARU Osamu

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、ヤンバルクイナの鳴き声を録音データから検出することで、通年を通じた定点での生息状況の調査を行ってきた。これまで、野鳥の鳴き声を音データから検出する研究がなされているが、特定の種を区別して検出することはできていない[1]。一方、我々は、音データに閾値を設定することで波形をカウントし、ヤンバルクイナの鳴き声のみを自動検出する方法を検討してきた[2][3]。しかしながら、環境音によって大きく変わるノイズレベルや包絡線に対し、その都度閾値を決める必要がある。そこで本稿では、包絡線の平均値や平均のノイズレベルから鳴き声検出のための閾値の決定法について検討する。

2. ヤンバルクイナの鳴き声検出と閾値の決定

2.1 鳴き声検出の流れと従来の閾値決定の問題点

ヤンバルクイナの鳴き声検出法の流れを図 1 に示す。本手法では、ヤンバルクイナの鳴き声の特徴から、音データにバンドパスフィルタ処理を施し、全波整流と移動平均フィルタによって包絡線の検波を行う。次いで、その包絡線をカウントし、ヤンバルクイナの鳴き声の特徴に一致した箇所を鳴き声として検出している。そのためには、包絡線をカウントするための閾値の設定が必要となるが、これまで、包絡線の波形を確認し、ノイズレベルよりも高い値をその都度、閾値として解析を行ってきた。しかしながら、通年を通して録音された長時間の音データをその都度、解析していたのでは膨大な時間を要してしまう。そこで、閾値の決定方法を検討するに先立ち、2 時間の録音データを詳細に解析して、問題点を明らかにすることとした。

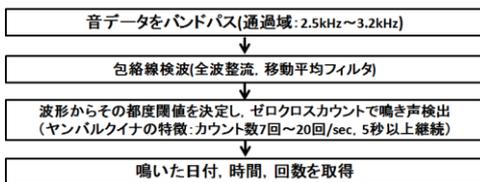


図 1 これまでのヤンバルクイナの鳴き声検出の流れ

- † 沖縄工業高等専門学校
- †† 東京工業高等専門学校
- ‡ NPO 法人どうぶつたちの病院
- ‡‡ (株) 沖縄コカ・コーラボトリング

2.2 誤検出や検出できなかった鳴き声の解析

長時間録音されたデータのうち 2 時間の録音データにヤンバルクイナの鳴き声検出法を適用し、誤検出と検出できない鳴き声の特徴を解析した。事前の解析により 2 時間の音データにはヤンバルクイナが 20 回鳴いていることが明らかとなっている。鳴き声検出法を適用した結果を図 2 に示す。これまでの鳴き声検出法を適用したところ誤検出

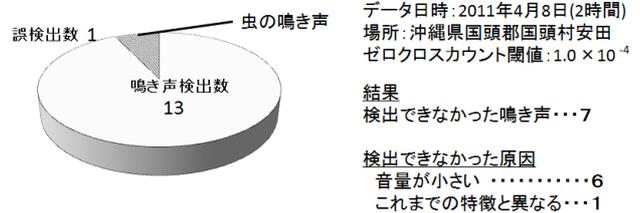


図 2 2 時間のデータに鳴き声検出法を適用した結果が 1 箇所、検出できなかった箇所が 7 箇所あった。誤検出箇所は虫の鳴き声であり、ヤンバルクイナの特徴である周波数帯で鳴き、ヤンバルクイナの特徴と同じであったために検出されたものであった。

検出できなかった鳴き声を詳細に解析した結果を図 3 に示す。原因として、鳴き声検出法で設定したヤンバルクイナの特徴と異なる鳴き方のものと鳴き声の音量が閾値よりも小さいために検出できなかったことが分かった。

本実験で使用した装置により、どの程度の距離まで検出

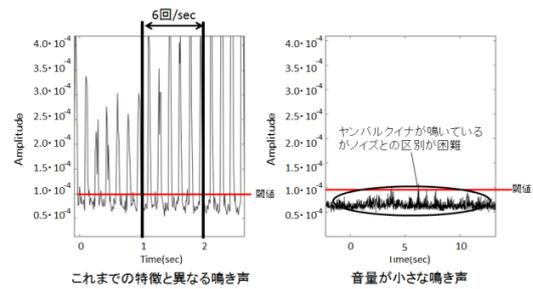


図 3 検出できない鳴き声の包絡線

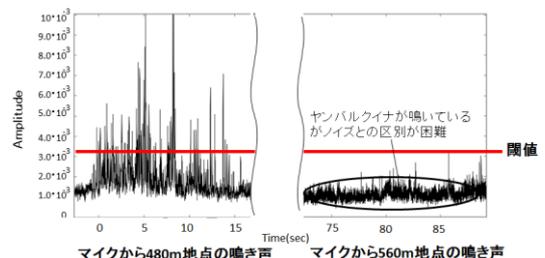


図 4 480m 地点と 560m 地点の鳴き声の包絡線

できるか明らかになっていないため、本実験による鳴き声検出法での検出距離の解析を行った。検証方法としては、マイクに対してヤンバルクイナの鳴き声の音源を、距離を測定しながら再生し、鳴き声検出法で検出できる限界の距離を検査した。その結果を図 4 に示す。480m 地点までの鳴き声は検出できたが、500m 地点を超えた場所からの鳴き声は、ノイズレベルとの区別がつかず検出できなかった。したがって、本手法によるヤンバルクイナの鳴き声検出法では、録音マイクから 480m 圏内にいるヤンバルクイナの鳴き声を解析の対象とすることとした。

### 2.3 閾値の決定方法の検討

これまでの鳴き声検出法では、環境音によって大きく変わるノイズレベルに対し、その都度、閾値を決めていたが、包絡線の平均値ならびにノイズレベルが 24 時間にわたりほとんど一定であることに着目し、包絡線の平均値とノイズレベルから決定する方法を検討した。図 5 に 2 時間デー

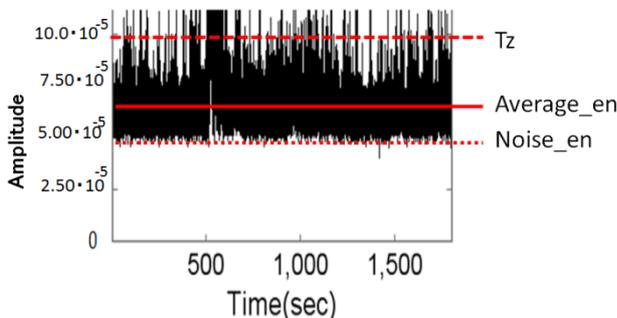


図 5 2 時間データにおける包絡線、ノイズレベルの平均値ならびに閾値 (2011 年 4 月 8 日の音データ)

タにおける包絡線、ノイズレベルの各平均値ならびに閾値を示す。閾値決定の手法として、ノイズレベルと包絡線の平均値を考慮し、ゼロクロスカウンットの閾値を  $T_z$ 、包絡線の平均値を  $Average\_en$ 、包絡線の定常ノイズ値を  $Noise\_en$  とし、

$$T_z = Average\_en + 2 \times (Average\_en - Noise\_en) \quad (1)$$

を定義した。2.2 章で述べた 2011 年 4 月 8 日の 2 時間データ、6 時間ごとならびに 24 時間全体の包絡線の平均値を求め、閾値を(1)式より求めた。表 1 に示すように、包絡線の平均値は  $6.58 \times 10^{-5} \sim 7.40 \times 10^{-5}$  とほぼ一定値をとり、実験者の主観により決めていた 2 時間データでの閾値  $T_z=1.00 \times 10^{-4}$  に対し、24 時間全体では  $T_z=1.18 \times 10^{-4}$  と非常に近い値となった。以上の結果から、鳴き声検出法におけるゼロクロスカウンットの閾値の決定は、(1)式により算出することとした。

表 1 録音データの包絡線の平均値と閾値

2011年4月8日					
時間	0~6	6~12	12~18	18~24	0~24
平均値	$6.58 \times 10^{-5}$	$6.80 \times 10^{-5}$	$7.40 \times 10^{-5}$	$6.70 \times 10^{-5}$	$6.93 \times 10^{-5}$
2時間データ閾値: $T_z=1.00 \times 10^{-4}$	24時間データより算出した閾値: $T_z=1.18 \times 10^{-4}$				

### 3. 長時間データでの検証

対象とする鳴き声の検出は、(1)式によって求めたゼロクロスカウンットの閾値により解析できることが明らかとな

ったので、24 時間のデータに対して適用し検出が可能か検証を行った。(1)式より求めた閾値で鳴き声検出を行った結果を図 6 に示す。事前の解析から、24 時間全体の音データにはヤンバルクイナが 84 回鳴いていることが明らかとなっている。(1)式により求めた閾値により、ヤンバルクイナの鳴き声を検出できたのは 61 箇所、誤検出は 23 箇所となった。誤検出の原因を解析したところ、野鳥が複数羽で鳴いている鳴き声を検出しているもの、風の音によりノイズレベルが高くなった箇所を検出しているもの、車・飛行機音を検出しているものがあつた。野鳥が複数羽で鳴いている

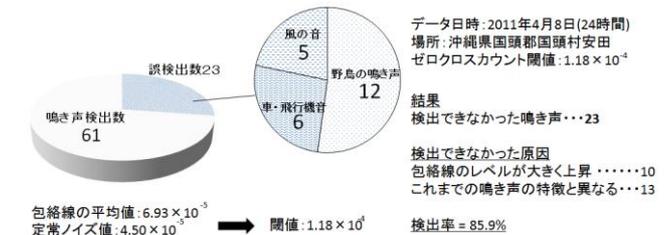


図 6 本手法で算出した閾値を用いた長時間データの解析

ものは、バンドパスフィルタで取り除けなかった鳴き声であり、複数羽で鳴いているためヤンバルクイナの鳴き声検出条件を満たしてしまうことにより検出された。2 時間データの解析と同様、(1)式により算出した閾値で検出できなかった鳴き声は、24 時間全体で 23 箇所であり、ヤンバルクイナの特徴と異なる鳴き方が 13 箇所、包絡線のレベルが環境音の変化などにより急激に変化し、検出できなかったものが 10 箇所であった。以上の結果から、24 時間全体では、これまでのヤンバルクイナの特徴と異なる鳴き方を除いた場合、検出率は 85.9% となった。

### 4. まとめ

本稿では、これまでの鳴き声検出法による誤検出や検出できない鳴き声を詳細に解析し、検出できない鳴き声の解析結果から、録音するマイクとの距離が半径 480m での鳴き声を検出対象とし、音データの包絡線の平均値、ノイズレベルから、鳴き声検出の閾値の決定法について提案した。24 時間全体のデータに適用したところ、包絡線のノイズレベルを考慮した閾値を決定でき、長時間の音データからヤンバルクイナの鳴き声を検出し、85.9%の検出率を得た。

今後の課題として、急に大きな鳴き声が出た場合や虫の声などで環境音が大きく変化する場合には、包絡線が閾値を大きく超えてしまい、その部分での検出が困難になることから包絡線の時間平均が大きく変動するようなデータに対して、鳴き声検出法の閾値を決定する手法を検討する予定である。

#### 参考文献

- [1] 牧野洋平, 三田長久, 岩崎裕介, 高橋幸司, カムケオシーパチャ, "雑音の平均値を用いた長時間音声からの野鳥の鳴き声の抽出," 第 6 回情報科学技術フォーラム, pp.331-332, 2007.
- [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, Mar. 2012.
- [3] 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, "長時間録音データの解析によるヤンバルクイナの生態調査への試み," 沖縄生物学会第 49 回大会, 琉球大学, May. 2012.