— 原 著 論 文 —

さえずり頻度の時間的変異を考慮したヨタカの効率的な生息調査法

才木道雄^{1,*}・後藤 晋²

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林秩父演習林 〒368-0034 埼玉県秩父市日野田町 1-1-49

² 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林教育研究センター 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

(2016 年 4 月 16 日受付；2016 年 11 月 20 日受理)

キーワード：さえずり頻度，時間的変異，生息調査，秩父山地，ヨタカ。

日本鳥学会誌

Japanese Journal of
Ornithology

© The Ornithological Society
of Japan 2017

Michio SAIKI^{1,*}, Susumu GOTO². An efficient method for estimating Jungle Nightjar habitat distribution, considering the temporal variation of song frequency. Jpn J Ornithol 66: 19–28. (2017)

Abstract. We investigated the temporal variation in the song frequency of the Jungle Nightjar *Caprimulgus indicus*, and categorized it in three ways, as: 1) peaks during the middle of the night, 2) peaks at dusk and dawn, and 3) lacks distinct peaks. In order to estimate song frequency, a sampling strategy of five or ten minutes investigation at hourly intervals was more effective than an intensive 50-min investigation during twilight. We suggest that sampling for five minutes, 10 times at hourly intervals is the most efficient method for estimating the habitat distribution of the Jungle Nightjar.

Key words: song frequency, temporal variation, habitat distribution, Chichibu Mountains, Jungle nightjar.

¹ The University of Tokyo Chichibu Forest, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 1-1-49, Hinoda-cho, Chichibu, Saitama 368-0034, Japan.

² Education and Research Center, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan.

はじめに

夜行性鳥類は昼行性鳥類と比べて目視による観察が難しく，広域スケールでの分布の把握や，地域スケールでの生息地利用の確認をするために，夜のさえずりを利用することが多い．近年，鳥類調査における録音の有効性が示され（松岡 2004），夜行性鳥類の生息調査も大幅に進展しつつある．録音機器の機能向上により録音時間は長くなっており，録音時間が調査の制限になることは少なくなってきた．しかし，録音データの確認には録音時間と同等以上の時間が必要であるため（松岡

2004），なるべく少ない努力時間で，しかも精度よく，さえずりの有無や頻度を把握する手法の確立が必要となっている．

一般に，夜行性鳥類の生息状況の記録は，日没直後と日出直前といった薄明時に行うのが効率的とされる（植田 2008）．しかし，薄明時だけでなく，夜遅くから未明にさえずる種も存在する（植田 2008）．また，同じ種であっても，月の状況（Mills 1986; 水田ら 2009）や皆既日食に伴う明るさの変化（関 2010）によって，さえずり行動が影響を受けることもある．したがって，夜行性鳥類を対象とする場合には，夜のさえずり行動にどのような時間的変異があるのかを予め明らかにしておく必要がある．

夜行性鳥類のヨタカ *Caprimulgus indicus* は，近

* E-mail: saiki@uf.a.u-tokyo.ac.jp

doi:10.3838/jjo.66.19

JOI:JST.JSTAGE/jjo/66.19

年分布域が縮小傾向にあるとされており（環境省自然環境局生物多様性センター 2004）、環境省の第4次レッドリストでは準絶滅危惧（NT）に選定されている。しかし、ヨタカの詳細な生息調査は、平野ら（2012）が栃木県内で行った調査以外はほとんどみあたらない。したがって、広域的な分布状況や地域的な生息地利用の把握が急務となっており、効率的な生息調査法の確立が必要とされている。ヨタカのさえずりは、薄明時に記録率が高いこと（清棲 1978; 植田 2008; 内田 2011）、つがい形成期と抱卵期から育雛初期に活発であること（才木 2016）が報告されている。しかし、ヨタカが夜にどの程度さえずるかについての報告はほとんどない。近縁種のヨーロッパヨタカ *C. europaeus* では、さえずりを記録するのに最適な時間帯は日没30分後から一時間と日出30分前からさかのぼって一時間とされている（Cadbury 1981）。一方で、月あかりのある夜にさえずりが活発であるという報告もある（Mills 1986; Woods & Brigham 2008）。このように、ヨタカ類のさえずりについては不明な点が多く残されている。

なわばり内におけるヨタカの繁殖行動については不明なことが多いが、ヨタカは巣の周辺で多くの鳴き声が記録されることがわかっている（内田 2011）。ヨーロッパヨタカは巣の周辺を離れて採餌することがあるものの（Alexander & Cresswell 1990）、巣の周辺で費やす時間の割合が高いことがわかっている（Lack 1932; Alexander & Cresswell 1990）。これらの先行研究から、ヨタカ類の巣の周辺ではさえずりの記録が多いことが予想され、さえずり頻度の分布を効率的かつ精度よく推定することができれば、繁殖環境の保全や繁殖生態を理解する上で有用だと考えられる。筆者らは、2013年に埼玉県秩父地方の山地帯で録音したヨタカのさえずり頻度の時間的・空間的変異を記載した。さらに、録音データの効率的・高精度の推定法として、夜を分割してサンプリング調査をする方法と日没後・日出前に集中して調査する方法とを検討した。

調査地と調査方法

1) 調査地

調査地は関東山地のほぼ中央部、荒川源流域に位置する東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林秩父演習林（以下、秩父演習林）とした。秩父演習林は主に山地帯と亜高山帯に分布の中心

をもつ樹種により森林が構成されており、山地帯域では、尾根部はツガ *Tsuga sieboldii*、山腹斜面はイヌブナ *Fagus japonica* あるいはブナ *F. crenata*、谷沿いはシオジ *Fraxinus platypoda* やサワグルミ *Pterocarya rhoifolia* が優占する（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林秩父演習林 2012）。秩父演習林の管理面積の98.7%が森林で、林相はヒノキ *Chamaecyparis obtusa* やカラマツ *Larix kaempferi* などからなる人工林が13.2%、過去に皆伐に近い伐採が行われた記録のある落葉広葉樹主体の天然林が53.7%、過去に伐採の記録や形跡がないか極めて小規模である天然林が31.8%に区分される（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林秩父演習林 2012）。

2) 録音方法と解析対象地の選定方法

録音は2013年5月下旬から7月上旬にかけて行った。録音機材はICレコーダー DS850（OLYMPUS）に外付けマイク AT9904（audio-technica）を接続したものを13セット使用し、コンクリートパネルを加工して雨よけとしたものに取り付けて樹木にしばりつけた。録音は予約機能により日没時刻から日出時刻まで継続して3日連続行った。録音が終了したら場所を変えて、設置と回収を繰り返し、最終的に65地点の録音データを得た。植田（2008）の調査結果によるとヨタカのさえずりの記録率は日没後90分間と日出前90分間に高いため、本研究では各調査日の日没時刻から90分間の録音データを確認し、さえずりが記録された地点を解析対象地とした。ただし、雑音が多いか、さえずっている位置が遠いためにさえずりの確認が困難だった地点は、さえずり頻度の時間的変異を記載するのに不相当であると判断して除外した。また、録音地点が接近していると同じ個体の同じさえずりを記録してしまう可能性があるため、地点間距離が400 m以下の場合は、さえずりの少なかったほうの地点を除外した。以上の結果、解析対象地は7地点となった（図1、電子付録1）。地点AとBとCとEは植栽から10年以下の伐採跡地と人工林との境界、地点FとGはそれぞれ1969年と1930年に植栽した人工林内、地点Dは天然林内に造成された土捨て場跡である。各地点における最も近接する地点との距離は、地点AとBが約420 m、地点CとAが約870 m、地点DとBが約870 m、地点EとFが660 m、地点GとEが約940 mである。なお、地点AとCでは録音機の設定ミスによる欠測が各1日あったため、録音デー

図1. 調査地の位置. 等高線（灰線）および林道（黒線）は東京大学秩父演習林所有のデータを利用して作成した。黒丸は気象観測地を示す。

Fig. 1. Map of the study area. Contours (gray lines) and roads (black lines) are based on data derived from the University of Tokyo Chichibu Forest. The black circle indicates the location of the meteorological station.

タは延べ19日であった。

3) 気象条件と月あかりの確認方法

秩父市（35.9917°N, 139.0856°E）における各調査日の日没時刻，日出時刻，月齢を国立天文台のこよみの計算によりもとめた（国立天文台 オンライン）。また，秩父特別地域気象観測所（図1）における18時から4時までの各時間の天候を確認し（気象庁 オンライン），最も長い時間を占めていた天候を各調査日の天候とした。

4) 録音データの確認方法

録音データは，フリーソフトのEcoDecoToolを用いてWAVファイルに変換したのち，Acoustic-Core8（Arcadia）を用いてパソコン画面にスペクトログラム表示してヨタカのさえずりの有無を目視で判断した。録音データの確認は1分区切りとして記録時間をカウントした。個体識別は行わずに複数個体がさえずっていたとしても記録時間は1分とし，雑音により目視だけではさえずりの有無の判断が難しかった場合は，録音データの聞き取りも行った。

5) 録音データの調査方法の検討

19日分の録音データからさえずりの記録開始と記録終了を確認した。さえずりの記録時間は19時台，20時台といった一時間間隔で調査地点ごとに集計してさえずり頻度の時間的変異のパターンの有無を検討した。次に，各調査日のさえずり記録時間の合計値（以下，実測値）を真値として，さえずり頻度を効率的かつ精度よく推定するために必要な録音データの調査法を検討した。

調査法は，夜の時間を分割して，定期的に一定時間を確認する分割型と日出前と日没後に集中して確認する集中型に分類した。分割型の各調査法の略記，観測開始時刻，総確認時間（以下，努力時間）を表1にまとめた。3回確認する場合，日没時刻，23時，3時からとし，5回の場合，日没時刻，21時，23時，1時，3時から，10回の場合，日没時刻，20時，21時，22時，23時，24時，1時，2時，3時，4時からとした。努力時間は5分×3回（以下，表1の略記5 min×3を用いる）で15分，10分×10回（10 min×10）で100分である。

表 1. 調査法の概要.

Table 1. Outline of investigation methods.

分類 Strategy	調査法 (略記) Method (Abbreviation)	観測開始時刻 Starting time	努力時間 (分) Effort (min)
分割型 Sampling strategy	5 分×10 回 (5 min×10)	日没時刻 Sunset 20:00, 21:00, 22:00, 23:00, 24:00, 1:00, 2:00, 3:00, 4:00	50
	5 分×5 回 (5 min×5)	日没時刻 Sunset 21:00, 23:00, 1:00, 3:00	25
	5 分×3 回 (5 min×3)	日没時刻 Sunset 23:00, 3:00	15
	10 分×10 回 (10 min×10)	日没時刻 Sunset 20:00, 21:00, 22:00, 23:00, 24:00, 1:00, 2:00, 3:00, 4:00	100
	10 分×5 回 (10 min×5)	日没時刻 Sunset 21:00, 23:00, 1:00, 3:00	50
	10 分×3 回 (10 min×3)	日没時刻 Sunset 23:00, 3:00	30
集中型 Intensive strategy	日没後 50 分 + 日出前 50 分 (SS50 + SR50)	日没 30 分後と日出前 80 分前 30 min after sunset and 80 min before sunrise	100
	日没後 50 分 (SS50)	日没 30 分後 30 min after sunset	50
	日出前 50 分 (SR50)	日出 80 分前 80 min before sunrise	50

集中型では、日没 30 分後から 50 分間（以下、表 1 の略記 SS50 を用いる）と日出 30 分前からさかのぼった 50 分間（SR50）とこれらを合わせた日没後 50 分 + 日出前 50 分（SS50 + SR50）の 3 方法を対象とした（表 1）。これらの努力時間は前者の 2 つが 50 分、最後の 1 つが 100 分となる。

分割型、集中型のいずれについても、努力時間内のさえずり記録時間から録音時間内に記録されるさえずり頻度を推定した。すなわち、さえずり頻度の推定値（以下、推定値）＝録音時間／努力時間×努力時間内のさえずり記録時間とした。各調査日において、実測値と推定値の差の絶対値（以下、実測値と推定値の差）をもとめて、これをさえずり頻度の推定精度を指標とする統計量とした。図 2 に地点 F の 2013 年 6 月 9 日における推定例を示した。この場合の録音時間は 566 分である。5 min×10 の場合、努力時間内に記録されたさえずり時間は 11 分であったため、推定値は $566 / 50 \times 11 = 124.5$ で 124.5 分となった。実測値は 111 分なので、この調査法の実測値と推定値の差は 13.5 分である。同様に、10 min×5、SS50、SR50 における努力時間内のさえずり記録時間はそれぞれ 12 分、23 分、28 分であったため、実測値と推定値の差はそれぞれ 4.5 分、105.5 分、155.5 分となった（図 2）。

6) 統計解析

一般化線形モデルを用いて、応答変数を実測値と推定値の差、説明変数を調査法（カテゴリー変数）とした。説明変数がカテゴリー変数の場合、y 切片に当たる最初の調査法を基準として、それぞれの調査法における推定が行われる。ここでは努力時間が 50 分以内で、かつ実測値と推定値の差の平均値が最も小さかった調査法を基準とした。また、応答変数のヒストグラムを描いたところ、明らかに正規分布とは異なり、0 付近に集中して次第に減衰する形であったため、応答変数の誤差分布はガンマ分布、連結関数には log を用いることとした（久保 2012）。この解析では、基準とした調査法の実測値と推定値の差に比べて、それぞれの調査法が有意に違うかどうかを調べることができ、95%信頼区間が 0 を跨がなかったときに有意であると判断した。統計解析には、R ver. 3.1.2（R Core Team 2014）を用いた。

結 果

各調査日の月齢は、地点 A, B, C, D の調査期間は 12.6 から 17.6 で満月日前後、地点 E, F, G の調査期間は 0.5 から 2.5 で新月日前後であった（電子付録 1）。秩父特別地域気象観測所における調査期間中の天候は 5 月 22–23 日、5 月 23–24 日、

図2. 録音データの調査法（地点Fの2013年6月9日の例）。記録されたさえずり（灰色の線）の合計値を実測値とする。黒色の線で囲まれた範囲とその上の数字は調査の努力時間と各時間内におけるさえずり記録時間を示す。努力時間が50分の4つの調査法として、分割型（5 min × 10, 10 min × 5）と集中型（SS50, SR50）の例を示した。

Fig. 2. Methods of investigation to estimate song frequency (F, 2013–6–9). The sum of the recorded songs (gray lines) is the observed value. Black lines indicate effort time, and numbers above black lines show the number of songs recorded. Four examples using 50 minute effort are shown indicating the sampling strategy (5 min × 10, 10 min × 5) and intensive strategy (SS50, SR50).

5月24–25日, 5月26–27日, 6月8–9日が晴れ, 5月25–26日, 5月27–28日, 6月9–10日, 6月10–11日が曇りだった（気象庁 オンライン）。

さえずり頻度の時間的変異は、夜遅くから未明に多く記録されるパターン（地点A, D）と日没後と日出前の薄明時を含む時間帯に多く記録されるパターン（地点E, G）、日没から日出まで記録されるパターン（B, C, F）にわけられた（図3）。一調査日あたりのさえずり記録時間は、地点Aが23.5分, 地点Bが155.6分, 地点Cが124分, 地点Dが6.6分, 地点Eが41.6分, 地点Fが162.6分, 地点Gが7.3分で、調査地点ごとに大きなばらつきがあった（図3）。

分割型の実測値と推定値の差について、調査法別の平均±標準偏差を示すと、5 min × 3が44.3 ± 33.8（分）、5 min × 5が36.3 ± 30.6（分）、5 min

× 10が19.1 ± 20.2（分）、10 min × 3が43.5 ± 37.6（分）、10 min × 5が34.0 ± 28.3（分）、10 min × 10が17.3 ± 15.9（分）であった（図4）。集中型の実測値と推定値の差は、SS50が36.9 ± 49.5（分）、SR50が45.4 ± 58.6（分）、SS50 + SR50が35.1 ± 34.3（分）であった（図4）。努力時間が50分以内で最も平均値が小さかったのは5 min × 10だったので、この調査法を基準として統計解析を行った。その結果、5 min × 5, 10 min × 10, 10 min × 5の3つの調査法における実測値と推定値の差は、基準とした5 min × 10のそれと有意な違いがなかったが、それら以外は有意に実測値と推定値の差が大きかった（表2, 図4）。

努力時間50分の実測値と推定値の差を調査地点ごとに分けて注目すると、さえずりを全く検出できない地点（SS50の地点DやSR50の地点Aと

図3. さえずり頻度の時間的変異。調査日数は1) A, Cが2日, 2) B, D, E, F, Gが3日。

Fig. 3. Temporal variation in Jungle Nightjar song frequency. A and C were investigated for two days, and B, D, E, F, G for three days.

D) や実測値と推定値の差の大きい地点 (例えば, SS50 の地点 C や SR50 の地点 E) がみられた (図 5)。

考 察

Cadbury (1981) は、ヨーロッパヨタカのさえずりを記録するのに最適な時間は日没 30 分後から一時間と日出 30 分前からさかのぼって一時間であることを報告しており、ヨタカのさえずりに関する先行研究や観察例も薄明時に限定した例が多い (清棲 1978; 植田 2008; 内田 2011; 才木 2016)。しかし、本研究では、さえずりは記録されたものの、日没時刻から 90 分以内にさえずりが記録されない調査日が 3 日、日出時刻前 90 分以内にさえずりが記録されない調査日が 4 日あった (図 6)。さらに、本研究においてヨタカのさえずり頻度の時間

的変異を調べた結果、一調査日あたりのさえずり記録時間の多かった地点 B, C, F は明確なピークがなく日没から日出までさえずりが記録され、さえずり記録時間の少なかった地点は、さえずりが夜遅くから未明に多く記録されるパターン (地点 A, D) と薄明時を含む時間帯に多く記録されるパターン (地点 E, G) にわけられた (図 3)。近縁種のヨーロッパヨタカは、時間的な割合は低いものの、採餌のために巣の周辺を数 km 程度離れることが報告されており (Alexander & Cresswell 1990)、営巣と採餌の両方に適した環境であれば移動距離は短くなることも報告されている (Sharps et al. 2015)。ヨタカも同様の採餌行動がとられているとすると、さえずり記録時間の少なかった地点 A, D, E, G は採餌空間として利用されたものの営巣に利用されなかったか、逆に営巣空間とし

図4. 録音データの調査法によるさえずりの実測値と推定値の差の比較。実測値と推定値の差は絶対値で示した。箱内の線は中央値、箱は四分位偏差、ひげは範囲、プラスは平均値、アスタリスクは有意性を示す。有意性は5 min×10（灰色の網かけ）を基準として比較した。

Fig. 4. Comparison of the differences between the observed value and the estimated value for each investigation method, indicated by absolute values. The line in boxes, boxes, whiskers, pluses and asterisks are the median, quartile deviation, range, mean and significance, respectively. Significance was compared on the basis of 5 min×10 (gray shading).

表2. 調査法によるヨタカのさえずりの実測値と推定値の差の比較。応答変数はさえずりの実測値と推定値の差の絶対値、説明変数は調査法（カテゴリー変数）として、一般化線形モデルでもとめた。応答変数の誤差分布はガンマ分布に従うとし、連結関数はlogとした。

Table 2. Comparison of the differences between the observed value and the estimated value on each investigation methods. Response variable: Absolute value of the difference between observed and estimated values. Explanatory variables: Investigation methods. These response and explanatory variables were estimated using generalized linear models. Error distributions of response variables were Gamma distribution with log-link function.

変数 Variables	努力時間 Effort (min)	推定値 Estimated value	標準誤差 Standard error	t 値 t-value	P 値 P-value	有意性 Significance
y 切片 y-intercept: 5 min×10	50	2.950	0.235	12.575	<0.001	***
方法 method: 5 min×5	25	0.642	0.332	1.936	0.055	ns
方法 method: 5 min×3	15	0.842	0.332	2.539	0.012	*
方法 method: 10 min×10	100	-0.102	0.332	-0.307	0.760	ns
方法 method: 10 min×5	50	0.578	0.332	1.743	0.083	ns
方法 method: 10 min×3	30	0.824	0.332	2.484	0.014	*
方法 method: SS50 + SR50	100	0.694	0.332	2.092	0.038	*
方法 method: SS50	50	0.659	0.332	1.988	0.049	*
方法 method: SR50	50	0.865	0.332	2.608	0.010	**

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, ns: not significance

て利用されたものの採餌にあまり利用されなかったのかもしれない。各調査日の月齢に注目すると、地点EとGは新月日前後で、地点AとDは満月

日前後であった。満月日前後では、5月25-26日と5月27-28日は曇りであったが、5月22-23日と5月24-25日と5月26-27日の天候は晴れで、

図5. 調査法によるさえずりの観察値と推定値の比較 (努力時間 50 分).

Fig. 5. Comparison between the observed value and the estimated value (50 min effort times).

満月日前後の調査期間中はある程度月あかりのある状況下であったことが予想される。Mills (1986) はホイップアーウィルヨタカ *Caprimulgus vociferus* のさえずりが月あかりのある状況下でより活発であることを報告しており、さえずりが夜遅くから未明に多く記録された地点 A と D のパターンは、月あかりが影響を及ぼした可能性がある。しかし、地点 A, D と地点 E, G では距離が 10 km 以上離れているため、地域差や個体差が存在する可能性もある。また、調査日が 10 日以上離れているため、さえずり活動の季節変化 (才木 2016) が影響している可能性もある。ヨタカのさえずり行動に影響を及ぼす要因の特定については今後の課題である。

録音データの調査法は、分割型では分割回数の増加に伴って、さえずり頻度の推定精度が向上したが、分割回数が同じであれば一回ごとの調査時間を 5 分から 10 分に長くしても推定精度が大きく向上することはなかった (図 4)。そのため、本研究における分割型のパターンでは、一回の調査時間が 5 分で 10 回確認 (5 min × 10) するのが、効率的で精度よく、さえずり頻度の分布を推定できる調査法だと考えられた。5 min × 10 の努力時間 50 分と同じ時間を日没後と日出前に集中させた調査法では、5 min × 10 と比較してさえずり頻度の推定精度に有意な差がみとめられ、ばらつきも大

きかった (表 2, 図 4)。また、日没後と日出前を合算して努力時間を倍増しても推定精度の向上はみられなかった (図 4)。

以上のように、ヨタカのさえずり頻度の時間的変異には異なるパターンがみとめられることから、日没後と日出前に集中した調査法では、ヨタカの生息の有無やさえずり頻度の分布を正確に把握できない可能性が示唆された。現在、ヨタカの広域的な調査が必要とされているため、ひとつの調査地や調査日に長時間をかけることは現実的ではない。ヨタカ類のさえずりの記録に関する先行研究 (Cadbury 1981) を参考とすると、努力時間は 60 分前後が妥当と思われる。したがって、長時間録音が可能であれば日没から日出までおよそ一時間間隔に 5 分間調査するのが、有効なヨタカの生息調査法であると結論された。

本報告で使用した録音データは、科研費 (奨励研究) 25924008 の助成を受けて取得した。編集幹事と匿名の査読者には、本稿の改訂にあたり有益なコメントをいただいた。ここに記して感謝を申し上げる。

摘 要

ヨタカ *Caprimulgus indicus* のさえずり頻度の時間的変異を月あかりに注目して調査した。さえず

図 6. さえずりの開始時間と終了時間。点線は日没から 90 分後と日出の 90 分前を示す。

Fig. 6. Starting and ending times of songs. The dotted line indicates the elapsed time from 90 min after sunset and until 90 min before sunrise.

り頻度の時間的変異は、1) 夜遅くから未明にピークをもつパターン、2) 薄明時にピークをもつパターン、3) 明確なピークをもたないパターン、の 3 パターンにわけられた。さえずり頻度の推定は、薄明時に集中するよりも、日没から日出までを一時間間隔に分割して 5–10 分間確認する調査法の方が効率的で比較的精度がよかった。本研究の結果、日没から日出までの録音データを一時間間隔に分割して 5 分間ずつ (5 分×10 回) 確認するのが最も効率的なヨタカの生息調査法であることが示唆された。

引用文献

- Alexander I & Cresswell B (1990) Foraging by Nightjars *Caprimulgus europaeus* away from their nesting areas. *Ibis* 132: 568–574.
- Cadbury C J (1981) Nightjar census methods. *Bird Study* 28: 1–4.
- 平野敏明・野中 純・石濱 徹・長野大輔・手塚 功・石川ふく・川田裕美 (2012) 栃木県におけるヨタカの生息状況 (2011). *Accipiter* 18: A1–A7.
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2004) 第 6 回自然環境保全基礎調査 種の多様性調査 鳥類繁殖分布調査報告書。環境省自然環境局生物多様性センター、富士吉田。
- 気象庁。過去の気象データ検索。(オンライン) <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index>, 参照 2016–3–1.
- 清棲幸保 (1978) 増補改訂版 日本鳥類大図鑑 II。講談社、東京。
- 国立天文台。こよみの計算。(オンライン) <http://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>, 参照 2014–2–24.
- 国立天文台。こよみの計算。(オンライン) <http://eco.mtk>.

- nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi, 参照 2016-3-3.
- 久保拓弥 (2012) データ解析のための統計モデリング入門 一般化線形モデル・階層ベイズモデル・MCMC. 岩波書店, 東京.
- Lack LD (1932) Some breeding habits of the European Nightjar. *Ibis* 74: 266-284.
- 松岡 茂 (2004) ラインセンサスと音声録音による鳥類記録種数の比較. *日鳥学誌* 53: 87-92.
- Mills AM (1986) The influence of moonlight on the behavior of Goatsuckers *Caprimulgidae*. *Auk* 103: 370-378.
- 水田 拓・鳥飼久裕・石田 健 (2009) 月の明るさが道路路上に出現するアマミヤマシギの個体数に与える影響. *日鳥学誌* 58: 91-97.
- R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (online) <http://www.R-project.org/>, accessed 2017-01-18.
- 才木道雄 (2016) 秩父山地におけるヨタカのさえずり頻度の季節変化. *日鳥学誌* 65: 1-5.
- 関 伸一 (2010) トカラ列島における皆既日食で観察された鳥類の音声行動の変化. *Bird Res* 6: A1-A11.
- Sharps K, Henderson I, Conway G, Armour-Chelu N & Dolman MP (2015) Home-range size and habitat use of European Nightjars *Caprimulgus europaeus* nesting in a complex plantation-forest landscape. *Ibis* 157: 260-272.
- 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林秩父演習林 (2012) 秩父演習林第 10 期教育研究計画 (2011 (平成 23) 年度~2020 (平成 32) 年度). 演習林 (東大) 51: 177-266.
- 内田 博 (2011) ヨタカ *Caprimulgus indicus* の抱卵行動. *日鳥学誌* 60: 238-240.
- 植田陸之 (2008) 森林の夜行性鳥類の効率的な調査時刻と録音による調査の可能性. *Bird Res* 4: T1-T8.
- Woods CP & Brigham RM (2008) Common Poorwill activity and calling behavior in relation to moonlight and predation. *The Wilson Journal of Ornithology* 120: 505-512.

電子付録 1. 調査日の日没時刻, 日出時刻, 月齢.

Supplement 1. Time of sunset and sunrise and age of the moon on study days.

<http://doi.org/10.3838/jjo.66.19>