

超音波音声録音および樹冠タワーを用いた富士山北麓アカマツ林における
コウモリ類の動態佐藤顕義^{1,3}・中野隆志²・勝田節子¹・高田隼人²・中川雄三³

(2018年10月31日受付 2019年2月1日受理)

Dynamics of bats activity using canopy tower and ultrasonic sound
recording in Japanese Red Pine forest at northern foot of Mt. FujiAkiyoshi SATO^{1,3}, Takashi NAKANO², Setsuko KATSUTA¹,
Hayato TAKADA² and Yuzo NAKAGAWA³

要 旨

富士山山麓のコウモリ類の動態を把握するために、2017年6月から11月まで富士吉田市剣丸尾のアカマツ林内に設置された高さ20mのタワーの15.8mからは樹冠および上空、5.5mからは林内を飛行するコウモリ類の超音波音声録音した。さらに周辺のアカマツ林において目視および捕獲によって生息種の調査を行った。音声調査では15.8mからの樹冠およびその上空において主に開放空間を飛行する10-30kHzの周波数帯を発声するコウモリ類が優占し、8月下旬が最も多かった。さらに日没後5時間以内の記録が多かったことから周辺に日中のねぐらが存在している可能性が示唆された。一方、5.5mからの林内での飛行は少なく、採餌も1回のみであった。しかし6月中下旬には飛行が多かったことから定住種は少なく、移動ルートとして利用している可能性が示唆された。生息種はコキクガシラコウモリ *Rhinolophus cornutus*、ニホンウサギコウモリ *Plecotus sacrimontis*、ヒナコウモリ *Vespertilio sinensis*、ヒメホオヒゲコウモリ *Myotis ikonnikovi* およびモモジロコウモリ *Myotis macrodactylus* の5種を確認した。ヒナコウモリは近接する施設で集団越冬している可能性が示唆され、コキクガシラコウモリ、ヒメホオヒゲコウモリおよびモモジロコウモリは捕獲時刻が夜中以降であったことから、音声の調査結果も鑑みて活動期の日中のねぐらは調査地から離れた場所に存在している可能性が示唆された。

キーワード：コウモリ、樹冠タワー、高所飛行、超音波音声、アカマツ林

I はじめに

食虫性コウモリ類の多くは声帯を振動させて口や鼻から超音波帯の音声を発し、その反響によって空間認識（反響定位：エコーロケーション）を行っている。エコーロケーションに用いる周波数やパルス型などは種毎に異なっており、超音波域の低周波帯（15-30kHz 前後）を発する種類は主に開放空間を飛行し、高周波帯（40-150kHz 前後）を発する種類は林内や林縁などの比較的閉塞空間を飛行する（例えば、Norberg and Rayner 1987；Schnitzler et al. 1987；Altringham 2011）。一方、コウモリ類は翼のアスペクト比（長さとの比）と荷重面積により、林内などの閉塞空間の飛行に適した広短型、

開放空間の飛行に適した狭長型、その両方が飛行可能な中間型に分類される場合もある（庫本 1972；Altringham 2011）。

超音波音声の録音を用いて、種毎あるいは場所毎にコウモリ類がどのような環境を飛行しているかの先行研究は海外では多く（例えば、Law et al. 1998；Kalcounis et al. 1999；Holderied and Helversen 2003；Parsons et al. 2003；Kalda et al. 2014）、近年では風力発電所建設前および稼働後におけるブレードへの衝突死などの環境影響評価にも応用されている（例えば、Reynolds et al. 2006；Barclay et al. 2007；Jain et al. 2011；Weller and Baldwin 2011；Roemer et al. 2017）。国内では森

1. 有限会社アルマス 2. 山梨県富士山科学研究所 3. 山梨県希少野生動植物保護専門員

林のギャップを利用するコウモリ類の研究 (Fukui et al. 2011)、野外の開放空間を飛翔するアブラコウモリ *Pipistrellus abramus* の採餌行動等に関する研究がある程度で (藤岡ほか 2010a; 藤岡ほか 2010b; 渡邊ほか 2013; 本居ほか 2015)、日本におけるコウモリ類の音声情報を用いた飛翔活動の周年動態を調査した事例はない。

筆者らは富士山麓におけるコウモリ類の活動状況を把握し、今後の生息環境変化の評価に資する基礎的資料を得ることを目的として、富士山北麓の山地帯に成立したアカマツ林に設置されたタワーを用いた音声によるコウモリ類の活動期の動態とアカマツ林および周辺に生息しているコウモリ類の調査を行ったので報告する。

II 調査地および方法

調査は山梨県富士吉田市の約 1,000 年前に流れた剣丸尾溶岩上に成立したアカマツ林で行った。調査地のアカマツ林はアカマツが優占する林で、大塚ほか (2003) による 1999 年の調査では常緑針葉樹であるアカマツ *Pinus densiflora* が胸高断面積比で 79.7% を占め幹密度は 912 本 /ha、平均胸高直径は 23.5cm であった。亜高木層は常緑広葉種であるソヨゴ *Ilex pedunculosa* が優占し胸高断面積では約 6.9% を占め幹密度は 1,725 本 /ha、平均胸高直径は 4.8cm であった。亜高木層はソヨゴの他に落葉広葉樹であるネジキ *Lyonia ovalifolia*、リョウブ *Clethra barvinervis*、ヒロハツリバナ *Euonymus macropterus* などが見られた。アカマツの年齢は、成長錐から推定した個体のほとんどが 80-90 歳 (1999 年時点) であり、植林ではなく人手が加わっていた場所に一斉に侵入した一斉林で、アカマツを天然更新させるための雑木除去や木炭や薪の利用のための下層木の除去が行われた二次林的特徴を持つ林であるとされている (大塚ほか 2003)。現在アカマツの平均樹高は約 22m である。剣丸尾溶岩上のアカマツ林は、標高で約 850m から 1200m までで長さが約 5km 最も広い部分で幅約 100m の細長い形で存在し、面積は約 520ha である。

音声調査はアカマツ林内に設置された高さ 20 m の鉄パイプ製のタワー (北緯 35 度 27 分 17 秒、東経 138 度 45 分 46 秒、標高 1040m) を使用し、2017 年 6 月 8 日から 2017 年 11 月 27 日まで行った。タワーの約 5m の高さに録音機 (SM4 BAT FS, Wildlife Acoustics, Inc) 2 台を設置し (図 1A)、そ

れぞれの録音機から延長ケーブルを用いて 5.5m (以下、林内) および 15.8m (以下、樹冠) の高さにマイク (SMM-U1, Wildlife Acoustics, Inc) を設置した。タワーは 20m の高さであったが上部付近がアカマツに覆われていたため、マイクが枝葉に当たらない樹冠下の 15.8m の高さに設置した。樹冠のマイクは下向きに設置し反射板を用いて上方の音声を記録し

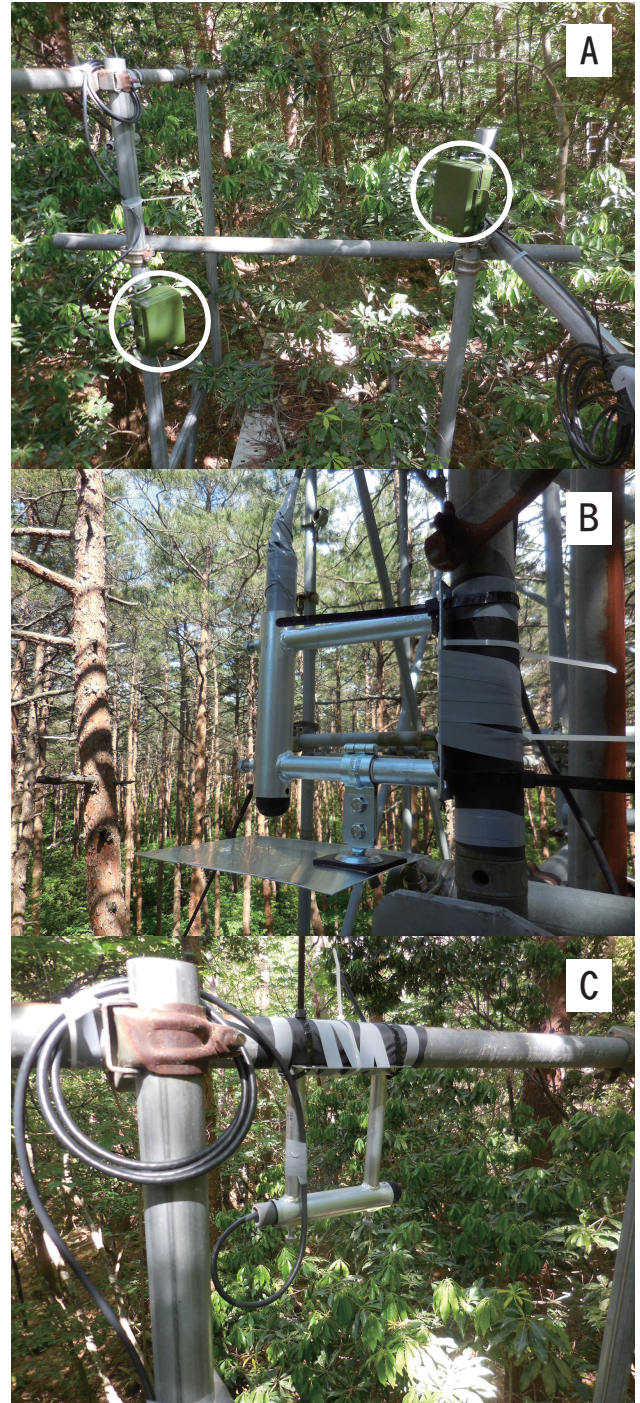


図1 超音波録音機材の設置状況

(A:録音機(SM4BAT)白丸は録音機材本体. B:15.8m(樹冠)設置外部マイク. C:5.5m(林内)設置外部マイク)

た（図 1B）。林内のマイクは水平に林内に向けて設置した（図 1C）。録音機は設置場所の緯度経度を入力して日没から日出までの時間を録音した。記録された音声ファイル（wav 形式）は音声解析ソフト（Bat Sound, Pettersson Electronics and Acoustics AB）によってソナグラム化して解析を行った。解析に当たっては 1 ファイル中の最も鮮明な 1 パルスを選び、最も強い音圧を示した周波数（ピーク周波数、以下 Pf 値）を記録し、Pf 値を 10 から 20kHz 台（10-30）、30 から 50kHz 台（30-60）、60kHz 以上（60-）の 3 周波数帯に区分して、出現 1 回として当てはめた。夜間の時刻帯は 16 時から 21 時（日没後）、21 時から 2 時（夜中）、2 時から 6 時（日出前）に区分した。1 ファイル中に複数の周波数帯が見られた場合は、それぞれの Pf 値を当てはめた。それぞれの高さのファイルの解析が終了後、同時刻に記録されたそれぞれの高さのファイルをダブルカウントとして抽出した。抽出されたファイルは時刻、パルスの一連の状態、パルス間隔を比較して、同じ音声記録されていたと判断できた場合は各ファイルの同じパルスの音圧を比較して音圧レベルが高い方のファイルを採用した。なお Pf 値等による種の同定には別途詳細な検討が必要なことから今回は行わなかった。ソーシャルコール（社会的音声）は、普段のエコーロケーションから変調する場合があるため、パルスの Pf 値を計測せずに 3 周波数帯のいずれかに当てはめて別途記録を行い、パルス形状からタイプ分けを行った。採餌音声（バズコール）は探索期（エコーロケーション）からパルス間隔が徐々に短くなる接近期（または精査音）を得て、パルス間隔がさらに短く発声周波数も下がる採餌期からなり（図 8-1, 2, Russ 2012）、接近期のみで終わる場合があるために今回は採餌期を示す一連のパルス形状の有無について別途記録を行った。

調査地の気象データは近くにある気象庁河口湖観測所のアメダスデータ（富士河口湖町船津、北緯 35 度 30.0 分、東経 138 度 45.6 分、標高 860m）を用いた。

生息種の調査は目視調査と捕獲調査によって行った。目視調査は測定機を設置したタワーと同じアカマツ林内でタワーから 500m 以内にある環境省生物多様性センター、山梨県富士山科学研究所および周辺のアカマツ林内を対象に 2017 年 5 月 8 日、6 月 26 日、8 月 22 日および 2018 年 6 月 26 日、8 月 14 日の日中から夕刻に行った。捕獲調査はタ

ワーが設置されているアカマツ林内の遊歩道において日没から翌朝までハーブトラップ（Faunatech/Austbat）を使用した。調査は 2017 年 5 月 8 日から 9 日、6 月 26 日から 27 日および 8 月 22 日から 23 日に実施した。捕獲調査時はヘテロダイン方式（D200, Pettersson Electronics and Acoustics AB）およびリアルタイムエキスパンション方式（EM3+, Wildlife Acoustics, Inc）の超音波探知機（バットディテクター）を使用して林内の飛翔状況を確認した。捕獲は環境省（環関地野許第 1703084 号）および山梨県（第 305 号）の許可を得て実施した。なお生息種の調査結果の一部は、「2018 山梨県レッドデータブック」に情報提供済みである（山梨県森林環境部みどり自然課 2018）。

コウモリの種の和名と学名は Ohdachi et al. (2015) に従った。

III 結果

1 音声調査

調査晩数は林内および樹冠とも 172 晩であったが、電池切れのため林内は 15 晩、樹冠で 9 晩の欠測があった。従って有効晩数は林内で 157 晩、樹冠で 163 晩であった。記録されたファイル数は林内が 88044 ファイルでそのうちコウモリ類の音声は 881 ファイル、樹冠が 22155 ファイルでそのうちコウモリ類の音声は 5355 ファイルであった（表 1）。

1 ヶ月を上中下旬に区切った旬別の 1 晩平均出現状況では（表 2, 図 2）、林内は 6 月上旬、6 月中旬、8 月中旬が多く出現した。樹冠においては 8 月下旬に明確な出現の増加が現れる一山型を示し、6 月上旬を除いてすべて林内の出現回数を上回っていた。

周波数帯別の 1 晩平均出現状況は（表 2, 図 3）、林内の 6 月上旬中旬を除いてどちらも 10-30 kHz が優占していたが、林内での出現回数は樹冠に比べて少なかった。林内の 10-30kHz では明確な出現の増減は現れず、樹冠では 8 月下旬に出現が最も多い一山型を示した。

周波数別の時刻帯出現状況としては（図 4）、林

表 1 コウモリ類音声調査結果概要

	林内	樹冠
調査晩数	172	172
欠測晩数	15	9
有効調査晩数	157	163
全ファイル数	88044	22155
音声ファイル数	881	5355

内の 10-30kHz は日没後多く出現して日出前にかけて減少した。30-60kHz は日没後が最も少なかった。60- kHz は大きな変化は現れなかった。樹冠においては 10-30kHz および 30-60kHz は日没後から日出前にかけて出現が減少し、60- kHz では日出前の出現が増加した。日没後の 10-30kHz は他よりも突出した出現状況であった。

気温別の出現状況は（図 5）、林内は 10 から 14℃までは 30-60kHz が多かったが、15℃以上では 10-30kHz が多くなっていた。樹冠では 7℃付近より出現が見られ、14℃からは 10-30kHz が 30-60 kHz を大きく上回っていた。そして 22℃での出現が突出していた。

風速別の出現状況は（図 6）、林内および樹冠ともに風速 1m/s 台がすべての周波数帯で多く出現し、風速 4m/s 以上の出現は稀となっていた。10-30 kHz は風速 0 から 2m/s 台までで樹冠が林内の 7 倍程度の出現となっていた。30-60kHz は風速 0 から 1m/s 台は樹冠が林内の 3 倍程度であったが、風速 2m/s 以上からは 10 倍以上となっていた。60-kHz は林内および樹冠とも風速 3m/s 以上では出現しなかった。

バズコールの出現状況を時刻別で見ると（図 7）、樹冠では 17 時から 22 時で 30 回、1 時台および 4 時台で各 1 回の計 34 回確認されたが、林内では 3 時台の 1 回のみであった。19 時台の樹冠における採餌割合は 61.8% (21/34) で半分以上を占めていた。バズコールの出現状況を風速別でみると（図 7）、樹

冠での採餌は風速 0 から 3m/s 台で全体の 94 % を占めた。林内での採餌は風速 1m/s 台で 1 回であった。

ソーシャルコールについて旬別に 1 晩平均の出現状況を見ると（表 2）、樹冠では 6 月上旬、9 月上旬、11 月中旬以外の 14 旬期で出現し、7 月下旬（1.64）、9 月下旬（1.25）と 10 月中旬（1.40）に 1 回以上の出現が見られた。一方、林内では 7 月下旬（0.18）、9 月上旬（0.10）、9 月中旬（0.22）、10 月上旬（0.10）および 11 月上旬（0.20）の 5 旬期に出現したのみで樹冠よりも低い回数であった。

確認されたソーシャルコールをパルスの形状により次の 9 つのタイプに分類した。すなわち階段状に周波数が下がる A タイプ（図 8A）、縦型のパルスが密に連続する B タイプ（図 8B）、パルスが横方向伸びて中心付近が盛り上がる C タイプ（図 8C）、パルスが横向きの S 字に屈曲する D タイプ（図 8D）、パルスが明確に分離する E タイプ（図 8E）、パルスが二重になる F タイプ（図 8F）、パルスが V 字になる G タイプ（図 8G）、パルスが横方向に細い波状になる H タイプ（図 8H）およびパルスが横方向に伸びて鋸歯状になる I タイプ（図 8I）である。

ソーシャルコールの出現を月別に見ると（表 3）、A タイプが林内（4 回）および樹冠（49 回）の両方で最も多かった。6 月以外の月に確認され 10 月が最も多く、いずれも 10-30kHz の周波数帯でのみの確認であった。B タイプは 6 月から 8 月に樹冠のみで確認され、30-60kHz の周波数帯では確認されなかった。C タイプは樹冠および林内で 10-30kHz の

表 2 コウモリ類音声の旬別 1 晩平均出現回数

期間	樹冠 (15.8 m)							林内 (5.5 m)						
	有効 晩数	ピーク周波数 (KHz)			合計 平均	Soc	バズ	有効 晩数	ピーク周波数 (KHz)			合計 平均	Soc	バズ
		10-30	30-60	60-					10-30	30-60	60-			
6 月上旬	3	13.00	3.00	0.33	16.33	0.00	0.00	3	1.00	33.33	4.33	38.67	0.00	0.00
6 月中旬	10	14.30	6.40	0.10	20.80	0.00	0.30	10	2.50	14.20	1.20	17.90	0.00	0.10
6 月下旬	10	20.90	5.10	1.90	27.90	0.60	0.20	10	3.60	0.20	0.40	4.20	0.00	0.00
7 月上旬	10	38.70	3.20	3.00	44.90	0.20	1.00	10	4.80	0.20	0.50	5.50	0.00	0.00
7 月中旬	10	35.00	6.50	4.80	46.30	0.90	0.50	10	2.40	0.30	0.60	3.30	0.00	0.00
7 月下旬	11	34.82	7.73	5.00	47.55	1.64	0.09	11	3.45	0.18	0.27	3.91	0.18	0.00
8 月上旬	8	30.75	4.38	0.50	35.63	0.13	0.00	8	1.75	0.00	0.25	2.00	0.00	0.00
8 月中旬	10	40.70	3.30	0.30	44.30	0.20	0.60	10	13.60	0.00	0.40	14.00	0.00	0.00
8 月下旬	11	58.55	12.55	0.55	71.64	0.91	0.18	11	5.18	0.18	0.36	5.73	0.00	0.00
9 月上旬	10	36.40	6.60	0.90	43.90	0.00	0.20	10	3.60	0.10	0.20	3.90	0.10	0.00
9 月中旬	10	26.90	10.30	0.30	37.50	0.10	0.00	9	1.22	0.11	0.11	1.44	0.22	0.00
9 月下旬	4	14.25	8.75	0.25	23.25	1.25	0.00	4	1.75	0.00	0.00	1.75	0.00	0.00
10 月上旬	10	20.40	7.60	0.20	28.20	0.90	0.10	10	1.00	0.00	1.00	2.00	0.10	0.00
10 月中旬	10	19.00	2.30	0.00	21.30	1.40	0.00	10	2.90	0.00	0.20	3.10	0.00	0.00
10 月下旬	10	7.70	5.60	0.30	13.60	0.80	0.10	7	0.43	0.29	0.00	0.71	0.00	0.00
11 月上旬	10	12.10	9.40	0.10	21.60	0.60	0.10	10	3.60	0.30	0.20	4.10	0.20	0.00
11 月中旬	10	3.90	3.80	0.00	7.70	0.00	0.00	10	1.50	0.30	0.30	2.10	0.00	0.00
11 月下旬	6	5.33	0.83	0.00	6.17	0.17	0.00	4	3.00	0.25	0.00	3.25	0.00	0.00

Soc：ソーシャルコール、バズ：採餌音声 (Buzz call)

超音波音声録音および樹冠タワーを用いた富士山北麓アカマツ林におけるコウモリ類の動態

周波数帯のみ 3 回ずつ確認された。D タイプ、E タイプ、F タイプおよび G タイプは樹冠の 10-30 kHz の周波数帯と 30-60kHz の周波数帯で各 1 回確認さ

れた。H タイプは林内の 9 月のみに 10-30kHz の周波数帯で 1 回確認された。I タイプは樹冠の 7 月のみに 10-30kHz の周波数帯で 1 回確認された。

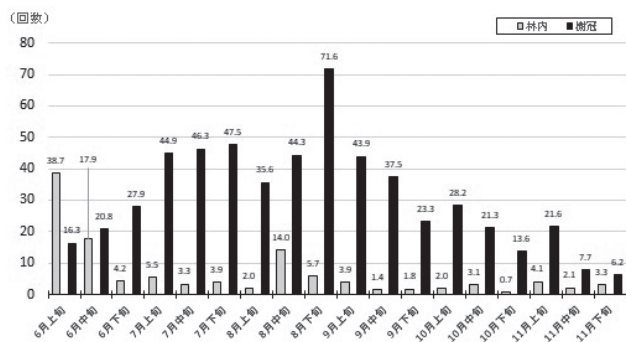


図 2 コウモリ類音声の旬別の 1 晩平均出現状況

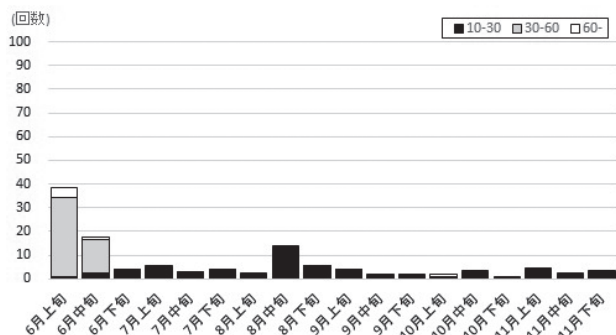
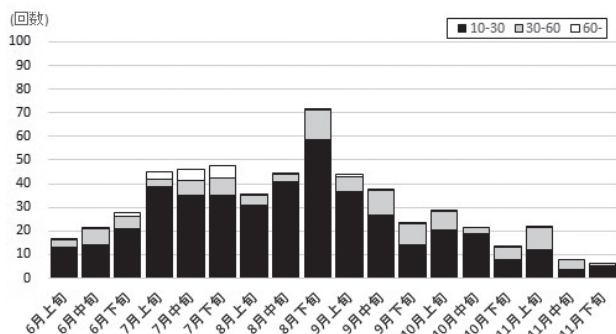


図 3 コウモリ類音声の周波数帯別の 1 晩平均出現状況 (上段：樹冠 (15.8m). 下段：林内 (5.5m))

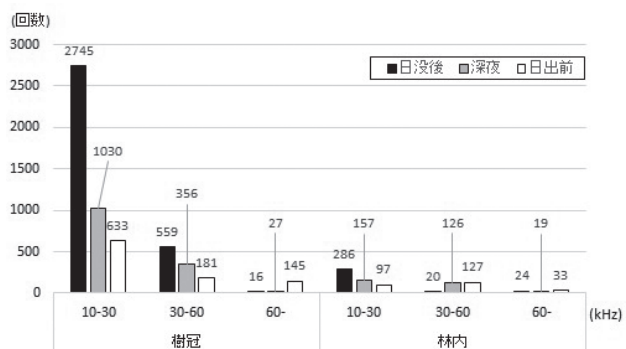


図 4 コウモリ類音声の周波数帯別の出現時刻帯 (日没後:16 時から 21 時, 深夜:21 時から 2 時, 日の出前: 2 時から 6 時)

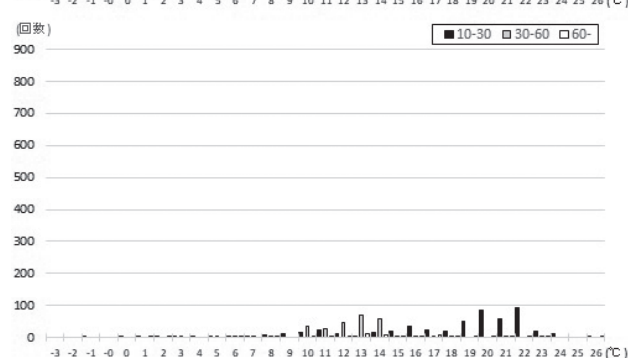
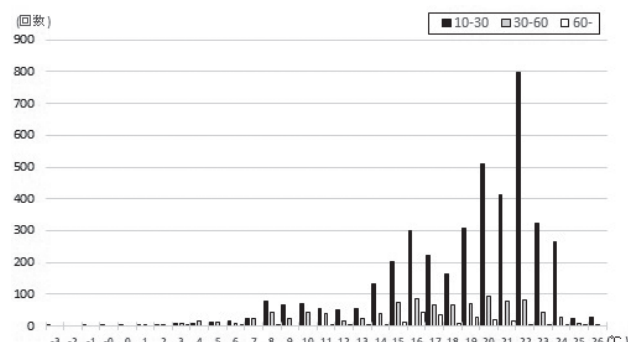


図 5 コウモリ類音声の気温別の出現状況 (上段：樹冠 (15.8m). 下段：林内 (5.5m). 凡例 kHz)

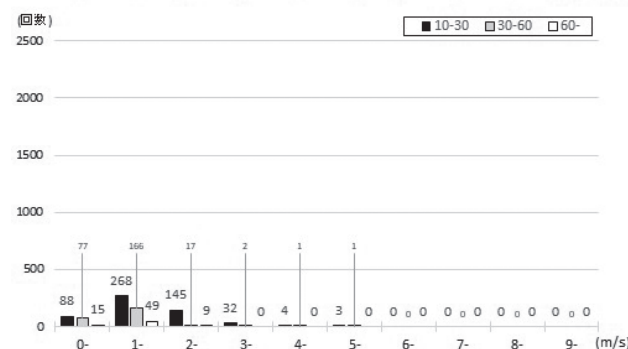
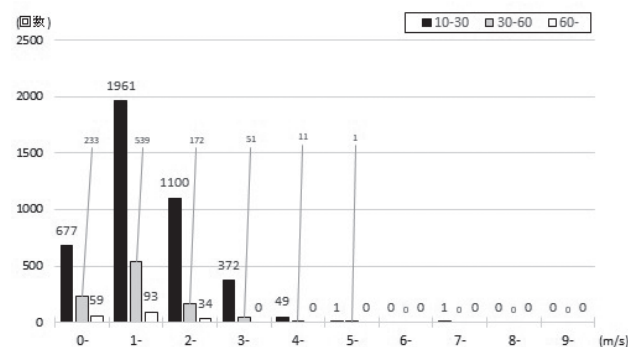


図 6 コウモリ類音声の風速別の出現状況 (上段：樹冠 (15.8m). 下段：林内 (5.5m). 凡例 kHz)

2 生息種調査

目視において1科3種、捕獲において2科3種の合計2科6種のコウモリ、すなわちキクガシラコウモリ科のコキクガシラコウモリ *Rhinolophus cornutus*、ヒナコウモリ科のニホンウサギコウモリ *Plecotus sacrimontis*、ヒナコウモリ *Vespertilio sinensis*、ヒメホオヒゲコウモリ *Myotis ikonnikovi*、モモジロコウモリ *Myotis macrodactylus*、コテングコウモリ *Murina ussuriensis* を確認した（表4）。

目視調査では2017年5月8日の日中に環境省生物多様性センター施設内の天井裏で休眠していたニホンウサギコウモリ1個体を確認し、夕刻に壁面上部にある金属カバー内から多数のコウモリ類が飛翔し、カバー内に残ったヒナコウモリ1個体を確認された。山梨県富士山科学研究所では、2018年8月14日の日中に施設内の倉庫の天井で休眠していたニホンウサギコウモリ1個体を確認している（表4）。また、施設本館の壁面内外に糞は見られたものの調査時に個体の確認はできなかった。2018年6月26日の日中にアカマツタワー周辺のアカマツ林内を踏査し、枯れたホウノキの葉の中で休眠するコテングコウモリ1個体を確認した（表4）。6月および8月の調査では環境省生物多様性センター施設周辺を飛翔する超音波音声は入感したものの、ねぐらとして利用する個体は確認されなかった。

捕獲調査では2017年6月26日の深夜にモモジロコウモリ1個体およびヒメホオヒゲコウモリ2個体が捕獲された。モモジロコウモリは腹部が膨らん

だ妊娠個体であった。2017年8月22日はコキクガシラコウモリが捕獲されたが疑乳頭がない未経産個体であった。捕獲調査時の林内のコウモリ類の音声は極めて少なかった。

IV 考察

活動期における調査地のアカマツ林では、樹冠および上空においては10-30kHzの周波数帯のコウモリ類が優占し（図3）、活動のピークは8月下旬で日没後の飛翔が多く（図2, 図4, 図7）、気温が14℃から24℃（図5）、風速0から2m/s台において活発で採餌活動も行っていた（図6, 図7）。ソーシャルコールは10月に多く、階段型のAタイプを多く発声していた（図8, 表3）。

生息種では10-30kHzの周波数を発声するヒナコウモリ（コウモリの会 2011）を5月に隣接する構造物において確認したが、6月および8月のねぐらとして利用する個体は確認できなかった。このことからヒナコウモリは構造物を越冬用のねぐらとして利用している可能性が高く、音声調査の結果から夏期は周辺にねぐらが存在しているものと推察される。さらに山梨県では同周波数帯を発声するコウモリ類として（コウモリの会 2011）、過去にはクビワコウモリ *Eptesicus japonensis*、ヤマコウモリ *Nyctalus aviator* およびオヒキコウモリ *Tadarida insignis* が確認されており（山梨県森林環境部みどり自然課 2018）、特にクビワコウモリは2016年と2017年の8月に富士山地域で保護された個体の報告があることから（山梨県森林環境部みどり自然課 2018）、これらの種も調査地周辺にねぐらがあり、アカマツ林上空を飛翔していた可能性がある。

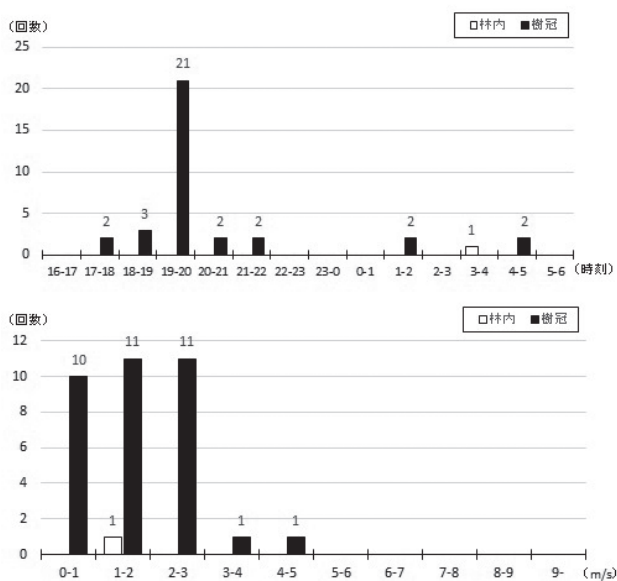


図7 コウモリ類音声の時刻別および風速別の採餌状況
（上段：時刻別の採餌回数、下段：風速別の採餌回数）

表3 コウモリ類の月およびタイプ別のソーシャルコール出現状況

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	合計
6月	樹冠		3	2		1					6
	林内										
7月	樹冠	3	2				2			1	8
	林内	1		1							2
8月	樹冠	5	3		1			1			10
	林内										
9月	樹冠	6							1		7
	林内				2					1	3
10月	樹冠	30				1					31
	林内	1									1
11月	樹冠	5		1		1					7
	林内	2									2
合計		53	8	6	2	2	2	2	1	1	

一方で林内は樹冠と比較して全体的に出現が少なく（表 1, 図 2）、採餌回数も 1 回であったことから、林内などの閉鎖空間を利用するコウモリ類の生息環境としては頻繁に利用されていなかった可能性がある。しかし、白石（1998）による剣丸尾アカマツ林の捕獲調査ではキクガシラコウモリ、ヤマコウモリ、アブラコウモリ、ニホンウサギコウモリ、ヒメホオヒゲコウモリ、モモジロコウモリ、コテングコウモリが確認されており、特に池がある St.3（標高 1050m）ではモモジロコウモリが 7 頭、ヒメホオヒゲコウモリが 5 頭、ニホンウサギコウモリが 3 頭の計 15 頭が捕獲されている。このことから同様の環境であっても水辺の有無がコウモリの生息利用に影響を与えている可能性が示唆される。本捕獲調査では林内から洞窟性のコキクガシラコウモリおよびモモジロコウモリと樹木性のヒメホオヒゲコウモリの 3 種が確認されているが（表 4. コウモリの会 2011）、出現時刻帯が深夜から日出前が多く（図 4）捕獲された時刻が遅いことから（表 4）、洞窟や樹洞などのねぐらは調査地から離れた場所に存在している可能性がある。しかし 6 月上中旬に 30-60 kHz の周波数帯のコウモリ類の出現が多く見られ（図 3）、これはその後の林内の音声出現状況から鑑みると越冬地から移動途中で調査地を通過した可能性が考えられる。

60kHz 以上の周波数帯にはキクガシラコウモリ *Rhinolophus ferrumequinum* およびコキクガシラコウモリが含まれており Pf 値で識別する事が可能である（Fukui et al. 2004；船越 2004；船越 2005；船越 2010）。音声データの解析からは今回の目視および捕獲調査から確認されなかったキクガシラコウモリの存在が強く示唆された。

ソーシャルコールについては、ヨーロッパでの研究は進んでいるが（Middleton et al. 2014；Dietz and Kiefer 2016 など）、国内では授乳時の母子間コミュニケーションに用いられる音声の研究されている（Matsumura 1981；松村 1988；松村 2001；山崎・松村 2004；船越 2006；Yamasaki et al. 2006）。しかし、それ以外のソーシャルコールは意味が明確になっていないことから、今回はその存在とタイプ分けを行ったのみである。今後はソーシャルコールのさらなる音声収集を行い、飛翔空間や高度、時期などを加味した解析検討を行う必要があるだろう。

今回の調査はアカマツ林内のタワーを利用したが、今後は異なった環境や場所での調査を行い、富士山麓に生息しているコウモリ類の動態を把握し、定量的な音声記録を残す予定である。

V 謝辞

原稿について客観的なご意見と丁寧なご助言をいただいた匿名の査読者の方、環境省生物多様性センターにおける調査をご快諾いただいた杉山昇司氏（環境省）、椎葉美香氏（環境省）、平野美澄氏（環境省）、捕獲許可の便宜を図っていただいた鈴木三枝子氏（山梨県）にはこの場をお借りして御礼申し上げます。

表 4 調査地におけるコウモリ類の確認状況

確認年月日	確認時刻	場所	種名（和名）	調査方法	性齢	生殖状況	W	FL	TL
2017/5/8	18:45	多様性センター	ヒナコウモリ	目視	(30+)				
2017/5/9	日中	多様性センター	ニホンウサギコウモリ	目視	1				
2017/6/26	22:30	アカマツ林内	モモジロコウモリ	捕獲	♀成	妊娠	8.58	38.56	
2017/6/26	23:55	アカマツ林内	ヒメホオヒゲコウモリ	捕獲	♂成		6.82	35.14	15.54
2017/6/28	4:00	アカマツ林内	ヒメホオヒゲコウモリ	捕獲	♀成		7.05	34.99	14.12
2017/8/23	4:00	アカマツ林内	コキクガシラコウモリ	捕獲	♀成	疑乳頭無	7.04	41.81	
2018/6/26	日中	富士山科学研究所	コテングコウモリ	目視	1				
2018/8/14	日中	富士山科学研究所	ニホンウサギコウモリ	目視	1				

性齢の括弧内数字は個体数．W：体重 (g). FL：前腕長 (cm). TL：下腿長 (cm).

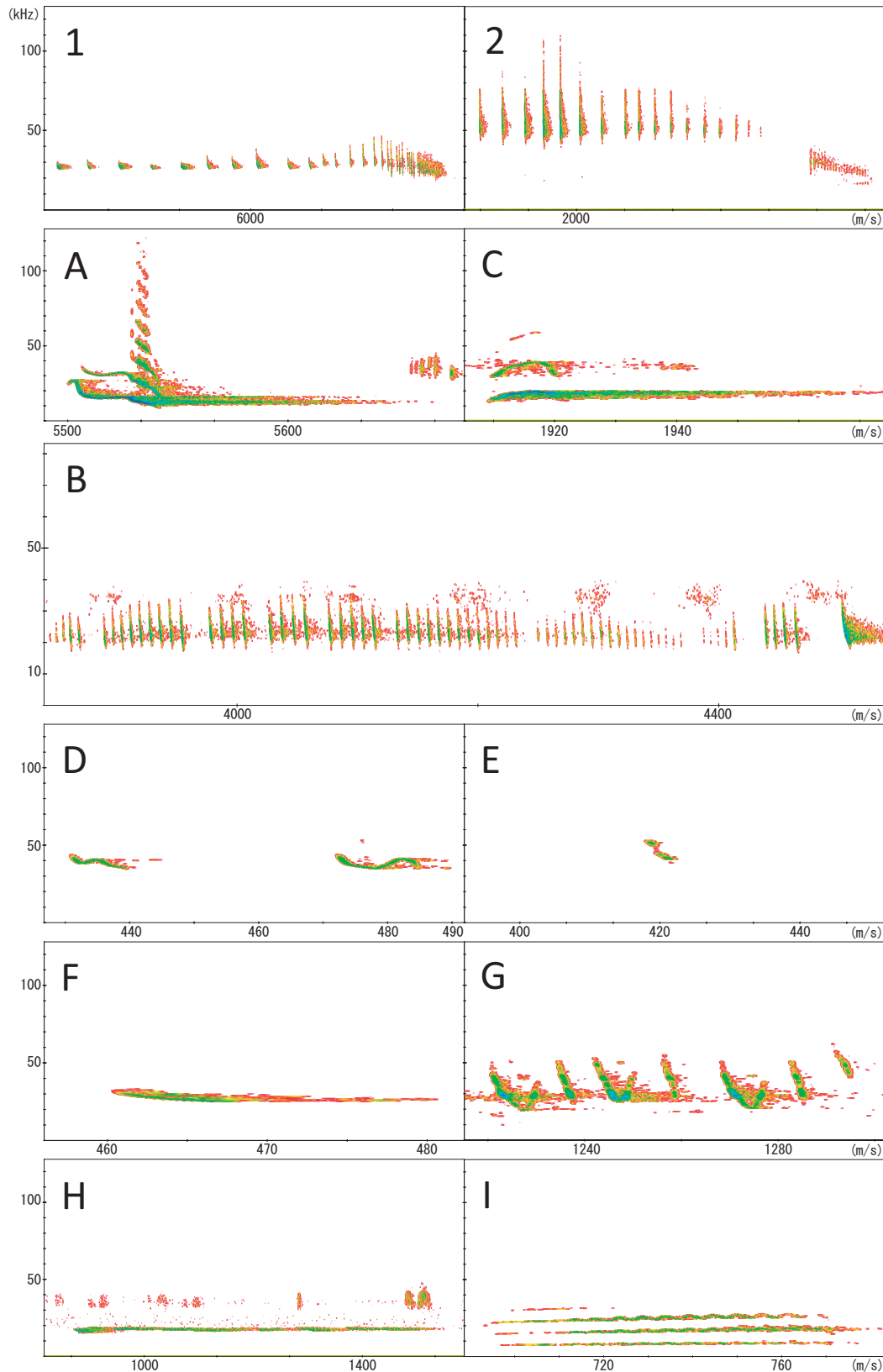


図8 コウモリ類のエコーロケーションコールおよびバズコール、ソーシャルコールのソナグラム

(エコーロケーションコールおよびバズコール, 1: 15.8 m-20170709_193433 (20 kHz 台) . 2: 5.5 m-20170612_030840 (40 kHz 台) . ソーシャルコール, A: 階段型, 15.8 m-20170930_213633. B: ハープ型, 15.8m-20170823_004842. C: ヘ型, 5.5m-20170915_041031. D: 横S型, 15.8m-20170820_231549. E: 分離型, 15.8m-20170621_202858. F: 二重型, 15.8m-20170703_201700. G: V型, 15.8m-20170814_233544. H: 波型, 5.5m-20170905_042504. I: 鋸歯型, 15.8m-20170707_044459. 縦軸: 周波数 (kHz), 横軸: 時間 (ms))

VI 引用文献

- Altringham JD (2011) Bats, from evolution to conservation Second edition. Oxford university press, New York
- Barclay RMR, Baerwald EF, Gruber JC (2007) Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. Canadian Journal of Zoology 85:381-387
- Dietz C, Kiefer A (2016) Bats of Britain and Europe. Bloomsbury, London
- 藤岡慧明, 合原一究, 飛龍志津子, 力丸 裕, 渡辺好章 (2010a) 標的探査時におけるパルス放射の効率的運用に関する実験的・理論的検討ー採餌飛行時におけるコウモリの超音波ソナー行動の分析ー. 電子情報通信学会技術研究報告 110: 65-70
- 藤岡慧明, 松田直大, 飛龍志津子, 力丸 裕, 渡辺好章 (2010b) 野外での獲物探索時における FM コウモリのエコーロケーション戦略ー4基のマイクロフォンアレイを用いた3次元飛行軌跡と放射パルスの同時計測ー. 日本音響学会聴覚研究会資料 40: 321-326
- Fukui D, Agetsuma N, Hill DA (2004) Acoustic identification of eight species of Bat (Mammalia: Chiroptera) Inhabiting forests of Southern Hokkaido, Japan: Potential for conservation monitoring. Zoological Science 21: 947-955
- Fukui D, Hirao T, Murakami M, Hirakawa H (2011) Effects of treefall gaps created by windthrow on bat assemblages in a temperate forest. Forest Ecology and Management 261:1546-1552
- 船越公威 (2004) 九州産食虫性コウモリ類における超音波音声の解析と検索方法. 鹿児島国際大学情報処理センター研究年報 10: 1-14
- 船越公威 (2005) 九州産食虫性コウモリ類における超音波音声の追加と同定の再検討. 鹿児島国際大学情報処理センター研究年報 11: 1-16
- 船越公威 (2006) コキクガシラコウモリ *Rhinolophus cornutus* の音声の発達について. 鹿児島国際大学情報処理センター研究年報 12: 1-16
- 船越公威 (2010) 九州産食虫性コウモリ類の超音波音声による種判別の試み. 哺乳類科学 50: 165-175
- Holderied MW, Helversen OV (2003) Echolocation range and wingbeat period match in aerial-hawking bats. Proceedings of the Royal Society of London B 270: 2293-2299
- Jain AA., Koford RR, Hancock AW, Zenner GG (2011) Bat mortality and activity at a Northern Iowa Wind resource area. American Midland Naturalist 165: 185-200
- Kalcounis MC, Hobson KA, Brigham RM, Hecker KR (1999) Bat activity in the Boreal Forest: Importance of stand type and vertical strata. Journal of Mammalogy 80: 673-682
- Kalda O, Kalda R, Liira J (2014) Multi-scale ecology of insectivorous bats in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment 199: 105-113
- コウモリの会 (編) (2011) コウモリ識別ハンドブック改訂版. 文一総合出版, 東京
- 庫本 正 (1972) 秋吉台産コウモリ類の生態および系統動物学的研究. 秋吉台科学博物館報告 8: 7-118
- Law B, Anderson J, Chidel M (1998) A bat survey in State Forests on the south-west slopes region of New South Wales with suggestions of improvements for future surveys. Australian Zoologist 30: 467-476
- Matsumura S (1981) Mother-infant communication in a Horseshoe Bat (*Rhinolophus ferrumequinum Nippon*): Development of vocalization. Journal of Mammalogy 62: 20-28
- 松村澄子 (1988) コウモリの生活戦略序論. 東海大学出版会, 東京
- 松村澄子 (2001) コウモリ母ー子の音声コミュニケーションと音声の発達. 可視化情報 21: 135-138
- 本居和也, 角谷美和, 藤岡慧明, 渡辺好章, 力丸 裕, 太田哲男, 飛龍志津子 (2015) 3次元音響動態計測に基づいた採餌飛行中の野性 FM コウモリのソナービームパターンの分析. 日本音響学会聴覚研究会資料 45: 157-162
- Middleton N, Froud A, French K (2014) Social Calls of the Bats of Britain and Ireland. Pelagic Publishing, London

- Norberg UM., Rayner JMV (1987) Ecological morphology and flight in Bats (Mammalia; Chiroptera): Wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 316: 335-427
- Ohdachi SD, Ishibashi Y, Iwasa MA, Fukui D, Saitoh T (2015) *The Wild Mammals of Japan* Second Edition. Shoukadoh Book Sellers, Kyoto
- 大塚俊之, 後藤徹寛, 杉田幹夫, 中島崇文, 池口 仁 (2003) 富士北麓剣丸尾溶岩流上のアカマツ林の起源. *植生学会誌* 20: 43-54
- Parsons KN, Jones G, Greenaway F (2003) Swarming activity of temperate zone microchiropteran bats: effects of season, time of night and weather conditions. *Journal of Zoological society of London* 261: 257-264
- Reynolds DS (2006) Monitoring the potential impact of a wind development site on bats in the Northeast. *Journal of wildlife management* 70: 1219-1227
- Roemer C, Disca T, Coulon A, Bas Y (2017) Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological Conservation* 215: 116-122
- Russ J (2012) *British bat calls, A guide to species identification*. Pelagic publishing, United Kingdom
- Schnitzler HU, Kalko E, Miller L, Surlykke A (1987) The echolocation and hunting behavior of the bats, *Pipistrellus kuhli*. *Journal of Comparative Physiology A* 161: 267-274
- 白石浩隆 (1998) 河口湖周辺のコウモリ. *コウモリ通信* 6(1): 6-9
- 渡邊翔太郎, 角谷美和, 藤岡慧明, 合原一究, 渡辺好章, 力丸 裕, 太田哲男, 飛龍志津子 (2013) 獲物探索飛行中における野性コウモリのソナー行動戦略 – マイクロホンアレイシステムを用いた3次元飛行軌跡とパルス放射方向の分析 – . *電子情報通信学会技術研究報告* 113: 7-12
- Weller TJ, Baldwin JA (2011) Using echolocation monitoring to model bat occupancy and inform mitigations at wind energy facilities. *Journal of Wildlife Management* 76: 619-631
- 山梨県森林環境部みどり自然課 (編) (2018) 2018 山梨県レッドデータブック, 山梨県の絶滅のおそれのある野生生物. 山梨県森林環境部みどり自然課, 山梨
- 山崎麻里, 松村澄子 (2004) ノレンコウモリの音声の発達と母-子のコミュニケーション. *秋吉台科学博物館報告* 39: 23-36
- Yamasaki M, Sakamoto Y, Matsumura S (2006) Postnatal growth and development of sounds in the Greater Tube-nosed bat, *Murina leucogaster*. *Bulletin of the Akiyoshi-dai Museum of Natural History* 41: 33-44