

コウモリ類調査における超音波無人録音機 (D500X) の試用報告

佐藤顕義・加藤栄一・勝田節子・山本輝正

はじめに

夜間のコウモリの活動状況を観察・調査する場合、捕獲する方法以外にバット・ディテクターを用いて飛翔しているコウモリが発する超音波をヘテロダイン方式(以下、HET方式)やタイムエクスパンション方式などで人間の耳で聞こえる音域に変換された音声を直接聴いて、音声の周波数や状況を記録するか、録音して再生または解析する方法が知られている(三笠 2002)。しかし、直接の記録や録音には人による作業が発生し、日入から日出までの一晩の活動状況を継続して把握することは実際には困難な作業である。

2010年1月に日本で発売された超音波無人録音機 D500X (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Sweden) は、サンプリングレート^{*1}を 44.1・300・500KHz (解析可能音声周波数は各々 22・150・250KHz) から選択でき、デジタル変換 16 ビットの高精細度で、コウモリが発する超音波を直接デジタル化することによって、高音質で記録することができる。本体は防水仕様で、単 3 電池 4 本で作動し、メモリーカード 4 スロット (最大記録容量 32GB × 4=128GB) を持ち、タイマー機能 (録音の開始・終了時刻を設定する)、トリガー機能 (超音波を検知すると録音を開始する)、録音時間の設定 (0.3 ~ 20 秒)、インターバル機能 (録音しない時間を設定する)、ハイパスフィルター機能 (20KHz 以下の低い周波数をカットする) などを備えている。

すなわち、あらかじめ設定した日時内にコウモリが飛来した際に発する超音波を自動的に検知して、一定の時間、生の超音波音声を無人で録音することができる。

そこで今回、D500X を用いて夜間のコウモリの飛翔活動に対して、どのような調査ができ、どのような結果が得られるか、また調査の際にどのような設定で調査すべきかを検討したので報告を行う。なお、現在のところ、コウモリの音声による種判別は一部の種を除いて不可能である(福井 2011)。従って、本報告ではピーク周波数 (peak frequency or frequency of maximum energy of the pulse) の値 (以下、PF) を代表して KHz 台のコウモリと称して扱った。

調査地および方法

D500X を用いた調査地として、山地帯として 2 カ所、市街地として 1 カ所を選んで実施した。

山間の止水域を利用するコウモリの活動状況を把握するために、山梨県南アルプス市櫛形山県民の森の北伊奈ヶ湖 (N35.603, E138.422) および立沼 (N35.608, E138.421) の止水域湖畔で調査を行った。北伊奈ヶ湖は標高 820 m、広さ 100 m 四方の人工池で周囲をアカマツ・ヒノキ等の常緑針葉樹に被われていた。一方、立沼は標高 890 m、広さ 30 m 四方程度の窪地にできた自然池で周囲をスギ・ヒノキ等の常緑針葉樹林に被われていた。両調査地は 600 m 程度離れていた。

また、市街地におけるコウモリの活動状況を把握するために、埼玉県さいたま市岩槻区の 3 階建て住居 (N35.951, E139.697) の 3 階 (高さ約 7m) のベランダで調査を行った。周辺は戸建て住居に囲まれているが、ベランダからは前方に障害物がなく、広く上空が見渡せる。

超音波の録音は D500X を 1 台用いて行い、本体に付属しているマイクの保護のため、自作したプラスチックケース (以下、ハウジング) に入れた (写真 1)。ハウジングはマイク部分のみ開口させた。録音は本体に付属しているタイマーを利用して、日の入前には作動を開始させて、日の入後には停止する設定とした。夜間は立ち入り禁止となる北伊奈ヶ湖では地面に設置し、2011 年 6 月 10~11 日の 19:00~5:00 の間に調査を行った。夜間も人



写真 1 自作したハウジング内の D500X

*1 サンプリングレート：アナログ信号からデジタル信号への変換を 1 秒間に何回行うかを表す数値。音を正確に記録し再現するためには、その音の周波数の倍数程度の周波数でサンプリングする必要があるとされている (編集部注)



写真 2 D500X の設置例 (立沼)

の立ち入りが自由である立沼では樹木の幹の高さ 4 m 程度に設置し (写真 2)、2011 年 6 月 19~20 日 (タイマー, 18:00~5:00) に調査を行った。さいたま市では三脚に固定し、ベランダ柵より上方になるように設置し、2011 年 6 月 28~29 日 (タイマー, 18:30~5:00) に調査を行った。

録音は超音波を検知すると自動的に録音が始まるトリガーマードを使用し、検知後の 5 秒間録音し、55 秒のインターバル (録音しない時間) を設定して行った。北伊奈ヶ湖の調査では録音の開始から 2 時間程度はインプットゲイン (INPUT GAIN: 入力レベルの音量調整)、トリガレベル (TRIG LEV: 自動録音が始まる超音波の音量設定)、トリガ感度 (T SENS: 検知する超音波の感度設定、5 段階) の調整を行った。録音された音声は 5 秒間を 1 ファイル (wav ファイル) として本体に差し込まれたコンパクトフラッシュカードに記録された。音声ファイルは超音波解析ソフト、バットサウンド (Bat Sound : Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Sweden) を用いて、ソナグラムを確認しながらコウモリの音声を抽出し、10 分間毎に録音された回数を集計した。

結果

山地帯の 2 ヶ所の調査地のうち、北伊奈ヶ湖における調査で録音されたファイル数は 340 ファイルで、そのうちコウモリの音声は 153 ファイルであった。コウモリ以外のファイルはほとんどが夜半からの雨の音 (雨だれ等) であった。コウモリ類の活動は日入 (19:01) の 30 分後から始まり、深夜まで 3 山型の活動状況であった (図 1)。その後の日出まで降雨が続き (降雨量 11 日: 0 時, 0 mm . 1 時, 0.5 mm . 2 時, 1.5 mm . 3 時, 3.5 mm . 4 時, 7 mm . 5 時, 9 mm)、コウモリの活動は見られなくなった。録音された超音波は FM 型の音声で PF は 40KHz 台が多かったが (図 2)、0 時台には PF が 50KHz 台の超音波も記録されていた (図 3)。

一方、立沼における調査では 162 ファイルでコウモリの音声は 146 ファイルであった。コウモリ類の活動は日入 (19:06) の 40 分後から始まり、概ね深夜がピークになる 1 山型であった (図 4)。なお、夜間の降雨は見られなかった。録音された超音波の PF は 20KHz 台 (図 5) が多かったが、PF が 50KHz 台 (図 6) の非常に弱い音声も録音されていた。

市街地における調査地のさいたま市で録音されたファイル数は 61 ファイルで、電車の走行音またはブレーキ音、上空を通過する飛行機の音と考えられるものが多く、コウモリの音声

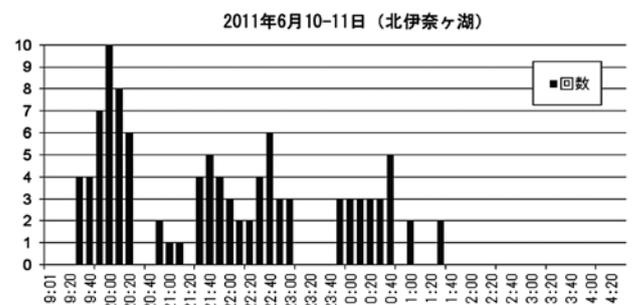


図 1 北伊奈ヶ湖におけるコウモリの音声による活動状況 (日入は 19:01, 日出は 4:30, 降雨量 11 日: 0 時, 0 mm . 1 時, 0.5 mm . 2 時, 1.5 mm . 3 時, 3.5 mm . 4 時, 7 mm . 5 時, 9 mm)

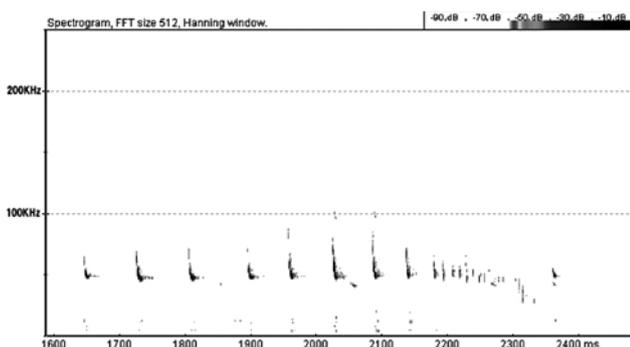


図 2 北伊奈ヶ湖 40KHz 台の探査・採録音 (2011 年 6 月 10 日 19:46, ピーク周波数 48.0KHz, 1725-1741.4ms)

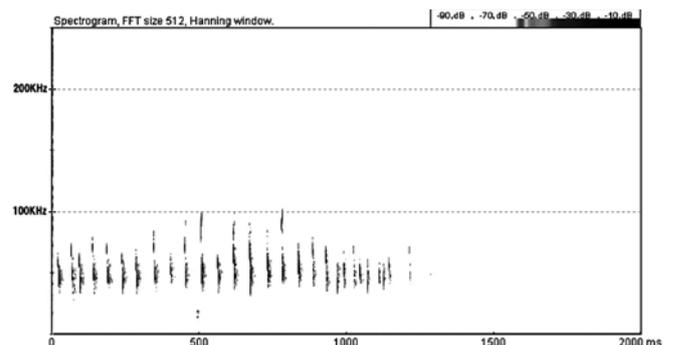


図 3 北伊奈ヶ湖 50KHz 台の探査・採録音 (2011 年 6 月 11 日 0:01, ピーク周波数 54.9KHz, 559.1-572.1ms)



図4 立沼におけるコウモリの音声による活動状況（日入は19:05，日出は4:31）

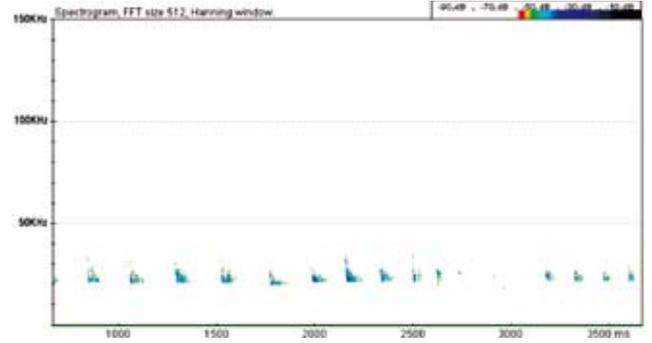


図5 立沼 20KHz 台の探知音 (2011年6月19日 23:29, ピーク周波数 21.8KHz, 1288-1362ms)



図6 立沼 50KHz 台の探知音 (2011年6月20日 23:29, ピーク周波数 51.0KHz, 4203.3-4206.7ms)

は 29 ファイルであった。コウモリの活動は、日入（19：07）の約 1 時間後から始まり、やや付近を飛翔していたが、その後は 1 時間に 2 回程度の利用であった。2 時台からは比較的頻繁に利用されていたが、3 時台は低下し、日出（4：27）の 30 分前にも活動が見られた（図 7）。なお、夜間の降雨は見られなかった。録音された超音波は 40KHz 台（図 8）のみで、採餌音は 20 時台に 1 回だけ録音されていた。

試用結果のまとめ

サンプリングレートを 300 KHz、録音時間を 5 秒間に設定した場合、約 1 秒が約 1MB の記録容量であった。トリガーレベルは 30 前後が適当で、それ以下にすると弱い（遠い）超音波音声を録音してしまい、ソナグラムに表れない場合もあった。トリガー感度は「Very High」に設定すると、同時に聞いていた HET 方式のバッドディテクター（D200：Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Sweden）に入感がなくても録音を開始していた。「Medium」に設定すると HET 方式で聞き取れるとほぼ同時に録音を開始していた。ただし、これらの設定については調査地の周辺環境（林内か開放地か等）や対象種によって微調整が必要と感じられた。各事例では、本機の設定を「INPUT GAIN: 45, TRIG LEV: 30, T SENS: VERY HIGH」として録音した結果、比較的良好な波形を得ることができた。

しかし、今回のモニタリング方法では両事例とも個体数を把握することができないことから、多数個体が同時に利用していたか、少数個体が入れ替わり利用していたかを判断することはできなかった。さらに、立沼においては 7 月、8 月、9 月にも同様な試用を行ったが、超音波域まで発声しているバツタ類やセミ類などの昆虫類の音声によって録音が始まってしまい、ほぼ 1 分おきにファイルが作成された。さらにソナグラムも混成した状態となったため（図 9）、コウモリと昆虫類の判別が困難になる場合が多かった。

また、バツサウンドで再生しながらコウモリのパルスに当たりをつけ、ソナグラムの画像濃度を変化させることで音声を抽出することもできたが、ピーク周波数などに誤差を生む（コウモリの音声ではないパルスを読んしまう）可能性が高かったため、活動状況の結果としての報告は行わなかった。昆虫類の活動時期においてモニタリングを行う場合は、本体を地表より高い位置に取り付けるか、別売りの外部延長マイク（1~30m）を使用し、さらに指向性を持たせて録音することにより、地表近くで鳴いている昆虫類の音声を録音を回避できると考えられる。また 1 回の録音時間を長めに設定し、昆虫類の音声と重なっていない部分を抽出することでコウモリの活動状況が把握できると考えられる。

市街地における本機の使用はトリガーレベルを上げることで、生活音などを排除した録音が可能と考えられるが、トリガーレベル調整は周辺の住環境や対象種によって、その都度行う必要があると考えられる。

電源電池はエネルーブが推奨されているが、プリトリガーモード（トリガー作動時より

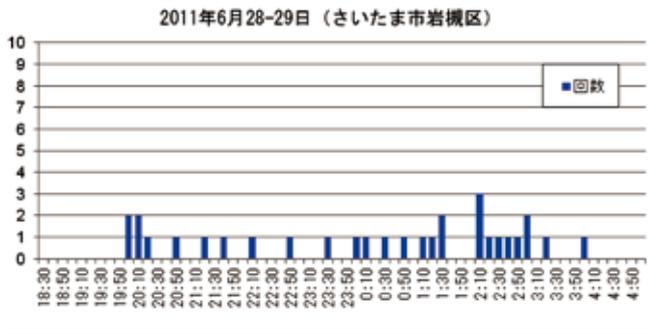


図7 さいたま市岩槻区におけるコウモリの音声による活動状況 (日入は 19:02, 日中は 4:27)

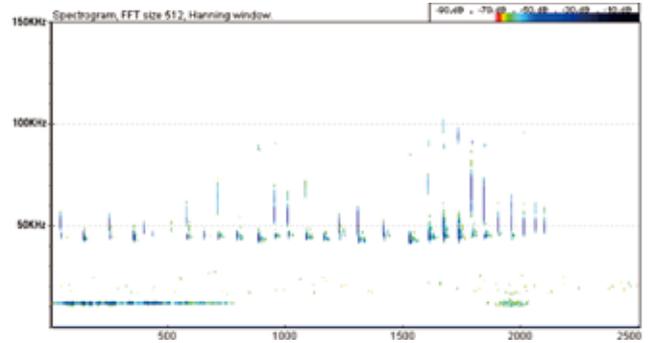


図8 さいたま市岩槻区 40kHz 台の探査・探餌音 (2011年6月28日 20:00, ピーク周波数 44.9kHz, 1084.4-1098.8ms)

前に録音を開始する設定) に設定すると電池の消耗が激しく、プリトリガー1秒、録音時間5秒、インターバル55秒の設定で1分おきの録音となった場合は一晩(18:00~5:00)で電池をほぼ消費していた。また、録音時間5秒、インターバル55秒、16:00から6:00の設定で連続使用した結果、3晩と8時間で2583ファイル(7.2GB)が記録され、電池が無くなった。従って、これ以上の長期間の調査を行う際は電池の交換や外部電源を使用することが必要である。

飛翔しているコウモリの種を把握するためには、捕獲調査を行い、種が同定されたコウモリの飛翔音声を本機の手動録音機能によって録音し、音声調査で得られたデータと比較することによって飛翔種の推定が可能と考えられる。ただし、捕獲調査時と同時に本機をモニタリング使用した際、捕獲時・放獣後の音声記録されなかったことがあったため、各調査は別途に実施した方がよい。

以上のことから本機は無人で長時間の録音が可能なることから、一定の環境または範囲におけるコウモリの夜間の活動状態を把握することができ、長期間の音声モニタリング(音声調査)にも応用することが可能である。例えば、環境アセスメントや森林伐採等の環境変化に伴う事前・事後調査やその評価、外部延長マイクを用いたコウモリの飛翔高度の調査、ビデオカメラを併用した洞穴類などのねぐらからの出帰洞(出帰巣)調査、捕獲調査や観察会などを行う際の事前の活動時刻や飛翔種の推定が可能で、多くの人手や労力を削減することができ、かつ正確な音声情報を得ることができるため費用対効果は高いものと考えられる。以上のことから、D500Xはこれまでのコウモリの調査に新たな手法が加わる可能性を予期させる機種である。

謝辞

調査地を提供していただいた石原誠氏(山梨県立県民の森森林科学館)、石井克彦氏(埼玉県立川の博物館)、調査に同行していただいた大沢夕志氏(コウモリの会)、大沢啓子氏(コウモリの会)、三宅隆氏(NPO法人静岡県自然史博物館ネットワーク)、高山壽彦氏(高山自然環境調査所)、藤井直紀氏(富士常葉大学附属環境防災研究所)、佐藤貴恵(静岡大学大学院)の皆様にはこの場をお借りしてお礼申し上げます。

引用文献

福井大. 2011. エコーロケーション・コールとバット・ディテクターの活用.(コウモリの会, 編: コウモリ識別ハンドブック改訂版) pp. 74-79, 文一総合出版会, 東京.

三笠暁子. 2002. コガタコウモリの観察.(熊谷さとし・三笠暁子・大沢夕志・大沢啓子: コウモリ観察ブック) pp.100-125. (さとう・あきよし 有限会社アルマス/かとう・えいいち フジプランニング株式会社/かつた・せつこ 有限会社アルマス/やまもと・てるまさ 岐阜県立土岐紅陵高等学校)

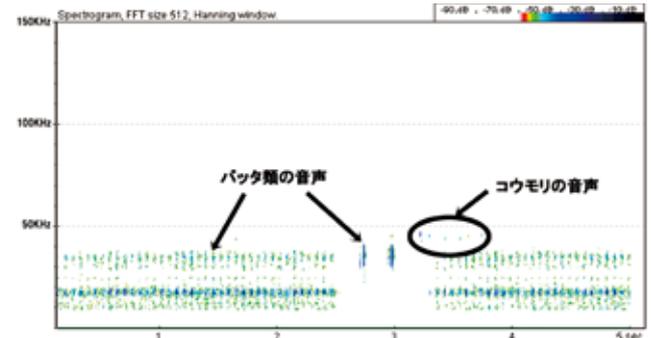


図9 立沼における昆虫類との混成 (2011年8月2日 21:20)