原著論文

ラインセンサスと音声録音による鳥類記録種数の比較

松岡 茂¹

¹ 森林総合研究所北海道支所 〒062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘7番地

(2004年6月18日受付; 2004年9月28日受理)

キーワード: 音声録音, 種数, ラインセンサス.

日本鳥学会誌

*Japanese Journal of
Ornithology*

© The Ornithological Society
of Japan 2004

Shigeru Matsuoka¹. 2004. A comparison of species richness detected by line transect censuses and sound recordings. *Jpn. J. Ornithol.* 53: 87–92.

Abstract. I tested the usefulness of sound recordings compared with line transects for estimating bird species richness in a temperate broad-leaved forest. Many of the common species recorded by both methods showed similar and high occurrence rates (the percent of the number of line transect censuses or sound recordings in which a bird species was detected/total number of line transect censuses or sound recordings). And many species recorded only by one of the methods showed lower occurrence rates. The numbers of species detected by the sound recordings at fixed and random sites did not differ significantly. Relationships between the elapsed time and the cumulative numbers of species detected by each line transect census and sound recording showed that both methods yield a similar measure of species richness. The results of the present study indicate that sound recordings perform as well as line transect censuses for assessing bird species richness in a temperate broad-leaved forest.

Key words: Line transect census, Sound recording, Species richness.

¹ *Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Hitsujigaoka-7, Toyohira, Sapporo, Hokkaido, 062-8516 Japan.*

はじめに

異なる国, 地域, 環境における鳥類の目録作りは, 生物多様性保全の基礎資料を得るために, また環境のモニタリング等の事業として今後さらに需要が増すと考えられる. 目録作りには, 信頼性が第一の要件であるが, 継続性が必要なモニタリングなどの事業では効率性も求められる. しかし, 調査者が直接現地に赴いてセンサスを行うことが多い現行の体制では, 信頼性や効率性を保持するのが困難な場合も想定される. 目録作りにおけるこれら2つの要件を高めることを目的に, 鳥の声の録音データが鳥類調査やモニタリングに利用可能かどうかの検討を行った.

録音を利用した研究は, 鳥学のさまざまな分野でおこなわれている(大庭 1988). 土方ら(1982)

は録音を利用して森林性鳥類の個体数調査を試みているが, 必ずしも成功しているといえず, その後の進展も認められない. 録音を利用した鳥類の個体数推定は, 夜間通過する渡り鳥の声を録音し相対密度として個体数の算定が試みられているのを除いて(Evans & Rosenberg 1999), 一般の条件下での推定方法はまだ確立されていない.

この研究では, 録音データによる個体数の推定には触れず, 生息鳥類の種の数え上げに録音が利用可能かどうかについて述べる. 土方ら(1982)も, 録音とマッピングセンサスによって記録された鳥の種類を示しているが, この報告ではさらに録音機器の林内での配置が記録種類や種数に与える影響, 時間経過に伴う累積種数の増加傾向についても検討する.

調査地と方法

調査は, 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘に所在する

¹ E-mail: shmatsu@affrc.go.jp

独立行政法人農業・生物特定産業技術研究機構北海道農業研究センターの落葉広葉樹林（北緯42度59分50秒，東経141度23分54秒付近）で，2002年5月中下旬に行った（札幌における5月20日の日の出時刻は午前4時6分．国立天文台2004）．調査実施日の天気は晴れまたは曇りであった．調査は，54 haの森林の中の約12 haで行ったが，調査地の一部は牧草地と接していた．森林のおもな構成樹種は，ミズナラ，イタヤカエデ，シラカバなどである．

録音調査は，ポータブルミニディスク録音機（SANYO MDG-U4T，以下MD録音機）に外部マイクrophon（SONY ECM-MS907）を接続し，4台使って行った．MD録音機は，種の数上げには十分な性能を示すことが知られている（松岡2004）．午前5時から80分間の録音を，延べ26回（合計34時間40分）行った．森林内での場所の違いによる記録種類や種数の変異を明らかにする目的で，4台のうち2台は毎回同じ場所に設置（各5回）し，他の2台は調査地内に毎回ランダムに配置（16回）して録音を行った．ただし，1回80分間の録音中にMD録音機を移動させることはなかった．固定点に設置したMD録音機間の距離は200 m，ランダムに配置したそれらの平均距離は194 m，そして固定点とランダムに配置したMD録音機間の平均距離は153 mであった．マイクrophonは，地上約1.5 mの高さに，20～30度の仰角をつけて設置し，固定点に設置した2台の録音機ではほぼ南側に向けたが，ランダムに配置した録音機ではとくに定めなかった．マイクrophonの指向角は120度にした．録音データは，後に2分間隔に区切り，その間に記録された種類をそれぞれ特定した．ラインセンサスと対応させるため，鳥の種類の特典に当たっては，録音の聴取はそれぞれ1回に留めた．

ラインセンサスは，同時期に同じ調査地で午前5時前後から6回行った（1回当たり約2時間，延べ12時間）．50 m間隔で林内のササを刈り払った歩道をセンサス経路とした．1回のセンサスで経路が重複することはなく，その長さは3.1 kmであった．記録方法は，経路から25 m離れた経路に平行な線を境界として，境界の内外に出現する鳥を別個に記録する2ベルト法とした（Bibby *et al.* 2000）．記録は，経路の両側で行った．ただ，MD録音機では25 m以上離れた場所で発せられた鳥の音声も記録する場合があります，これとラインセンサスによる種の記録状況を一致させる必要があった．この

ため，ラインセンサスによる種の記録として，2つのベルトから得たデータを利用した．ラインセンサスは，調査地における鳥類の繁殖つがいや営巣場所等の予備知識を持たない調査者に委託した．ラインセンサスでは，特定の調査地点で通過時刻を記録したが，日によって各調査地点を通過する時刻が異なったため，一定時間間隔での種数の算定はできなかった．

また，ラインセンサスと録音では，それぞれ1回の調査に要した時間が異なるため，単純にこれらの方法で記録された種数を比較することはできない．そこで，2つの方法により記録された種数を定量的に比較するために，時間経過と累積記録種数との関係を求めた．ラインセンサスのデータについては，特定の調査地点間における調査時間とその間に記録された種数を，録音データについては2分間ごとに記録された種数をそれぞれ累積したものを経過時間に対してプロットした．そして，時間経過と累積記録種数の関係を表す関数として，対数関数（ $y=a+b \times \ln(x)$ ， $b>0$ ，ここで y は累積種数， x は調査時間である）を当てはめた．ただし，実際の調査では調査開始時点での記録種数は0種であるので，対数関数の性質を考慮し，実際の調査時間に1分を加える修正を行った．

結 果

1) 調査時刻による記録種数の変化：録音聴取により記録された2分間ごとの種数は，4種から12種と変異が大きかった．しかし，録音を開始した午前5時から2分間ごとに記録された種数データの中央値の時間変化をみると，7種から9種まで変異はあるものの，時間経過に伴う増減などの特別な傾向は認められなかった．また，記録された種のリストをみると，特定の種が特定の時間帯に出現するという傾向も見られなかった．このことから，午前5時からの80分間の録音では記録される鳥の種類や種数に大きな変化はないものとして，時刻によるデータの補正は行わなかった．これと同様の解析は，ラインセンサスデータに関してはできなかったが，録音データの結果から5時前後からほぼ2時間は時間経過に伴う単位時間当たりの記録種数に変化はないものと仮定し，時刻によるデータの補正は行わなかった．

2) 調査場所による記録種数の変異：固定点2ヶ所で録音された各80分（全5回）の記録種数は，それぞれ平均で22.2（範囲は20～24），23.0（同21～25）であった．両固定点で録音により記

録された種数の間には、統計学的有意差が認められず (Mann-Whitney U-test, $U=9$, $P=0.46$), また出現種の構成も良く似ていたもので、これらのデータは併合した。また、ランダムに選ばれた地点での16回の録音で記録されたそれぞれの種数 (平均21.5, 範囲17~25) と固定点での記録種数を比較したが、これらの間にも有意差は見られず (Mann-Whitney U-test, $U=49.5$, $P=0.10$), また出現種の構成も良く似たものであった。したがって、ラインセンサスデータとの比較では、固定点とランダム点で取得したデータを併合したものをを用いた。

3) ラインセンサスと録音聴取による記録種数の比較: 両方法で記録された種数は、合計で43種であった (表1, 録音での“アカゲラ *Dendrocopos major* かオオアカゲラ *D. leucotos*”を除く)。この中には、トビ *Milvus migrans* など森林の上空を通過した種は含めたが、森林の周囲の畑地でのみ記録されたヒバリ *Alauda arvensis* は含めなかった。ラインセンサスで記録された種数は、33種 (記録された全種数の約77%) であった。いっぽう、録音によって記録された種数は、種の識別ができない“アカゲラかオオアカゲラ”を1種として数えると38種 (記録された全種数の約88%) であった。このうち、両方で共通する種は27種で、これは録音聴取では識別できなかったアカゲラとオオアカゲラを除く全記録種数41種の約66%に相当した。一方の手法でのみ記録された種は、それぞれ出現率の低い種が多かった (表1)。しかし、ピンズイ *Anthus hodgsoni* のようにラインセンサスでは出現率が高かったにもかかわらず録音では記録されなかった種や、逆にヒガラ *Parus ater*, オオルリ *Cyanoptila cyanomelana* のように録音で高い出現率を示した種もいた。ただし、ピンズイについては、センサス記録をみると、7例のうち6例では目視のみによって記録されており、残り1例の判定基準も目視と地鳴きとなっていた。

次に、個々のラインセンサスや録音で記録される種数を比較する。時間経過に伴う記録種数の増加は、いずれも開始直後に急に増加し、その後の増加は穏やかであった (図1)。対数変換した調査時間と累積種数の関係を現す回帰式は、図1に示すとおりであり、“傾きが0である”という帰無仮説はそれぞれ棄却された (ともに $P<0.01$)。ラインセンサスデータでは、累積種数の変動の86%を、録音データでは80%を、対数変換した調査時間から説明することができた。

この回帰式から、調査開始後30分の累積記録種

数は、ラインセンサスでは16.5種 (予測値の95%信頼区間は、10.2~22.9種)、録音では17.5種 (同13.1~21.9種) と予測された。60分後にはそれぞれ、20.0 (同13.6~26.3), 20.1 (同16.2~25.1), 90分後は、22.0 (同15.6~28.4), 22.5 (同18.1~26.9) と予測された。ラインセンサスと録音により記録された鳥類については、時間経過に伴う累積種数の増加傾向に大きな違いは認められなかった。

考 察

鳥のセンサス結果には、観察者、センサス方法、生息環境、季節、時間、天気など多様な要因が影響することが知られている (Bibby *et al.* 2000)。この報告では、センサス方法 (今回の場合は方法の違いに付随する観察者の違いもあった) 以外の環境条件をほぼ同一にして結果を比較し、種記録方法の違いによる結果の差異を明らかにすることを試みた。それぞれの方法で記録された種には共通種が多く、それらの多くは出現率が高い種であった。また、それぞれの方法でのみ記録された種も、少数の種を除いて出現率が低い種であった。一方の方法でのみ記録された出現率の低い種は、特定の方法でのみ記録されるという種とは考えられないので、これらの種についても、他の方法で調査時間を増やすことでリストに加わる可能性があると考えられる。一方でのみ比較的高頻度で記録された種については、観察者の識別能力の違いなどの要因も考えられるが、今回の調査ではその原因については明らかにできなかった。ただ、ピンズイのようにセンサスにおいて目視で記録されることが多かった種が出現していることは、録音による種の数え上げには種による音声活動の季節変異あるいは時間的変異を考慮する必要性も示唆している。しかし、アカゲラとオオアカゲラのように音声の聴取だけでは識別が困難な種を除けば、今回記録された大方の種に関しては、ラインセンサスによる調査でも、録音による調査でも、ほぼ同様に数え上げることができるものと考えられた。

個々のラインセンサスや録音で記録される種数の比較によれば、時間経過に伴う累積種数の予測値は、どちらの方法で記録しても大きな違いがなかった。今回これらの関係を明らかにするために対数関数をあてはめたが、対数関数では、時間経過に伴い累積種数は増加し続ける。しかし、1回2時間程度のセンサスや録音の場合、その地区の鳥の種数は固定していると考えられることもできる。こ

表1. センサスおよび録音聴取により記録された種のリスト.

Table 1. List of bird species detected by line transect censuses and sound recordings.

種名 Japanese name	学名 Scientific name	ラインセンサス* line transect censuses	録音聴取* listening to sound recordings
ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	100.0	100.0
クロツグミ	<i>Turdus cardis</i>	100.0	100.0
ヤブサメ	<i>Urosphena squameiceps</i>	100.0	100.0
センダイムシクイ	<i>Phylloscopus coronatus</i>	100.0	100.0
キビタキ	<i>Ficedula narsissina</i>	100.0	100.0
ハシブトガラス	<i>Corvus macrorhynchos</i>	100.0	100.0
ウグイス	<i>Cettia diphone</i>	100.0	96.2
ハシブトガラ	<i>Parus palustris</i>	100.0	96.2
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	100.0	96.2
アオジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	100.0	96.2
ニューナイスズメ	<i>Passer rutilans</i>	100.0	96.2
イカル	<i>Eophona personata</i>	83.3	96.2
コルリ	<i>Luscinia cyane</i>	83.3	92.3
カワラヒワ	<i>Carduelis sinica</i>	83.3	92.3
ツツドリ	<i>Cuculus saturatus</i>	100.0	69.2
メジロ	<i>Zosterops japonicus</i>	83.3	80.8
ヤマガラ	<i>Parus varius</i>	66.7	92.3
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	100.0	57.7
ゴジュウカラ	<i>Sitta europaea</i>	50.0	88.5
コゲラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>	66.7	57.7
カッコウ	<i>Cuculus canorus</i>	16.7	3.8
オオジシギ	<i>Gallinago hardwickii</i>	16.7	11.5
アオバト	<i>Sphenurus sieboldii</i>	16.7	11.5
シメ	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	16.7	15.4
エゾムシクイ	<i>Phylloscopus borealoides</i>	16.7	19.2
アオサギ	<i>Ardea cinerea</i>	16.7	26.9
アカハラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	83.3	3.8
アカゲラ	<i>Dendrocopos major</i>	100.0	
ビンズイ	<i>Anthus hodgsoni</i>	50.0	
オオアカゲラ	<i>Dendrocopos leucotos</i>	33.3	
トラツグミ	<i>Zoothera dauma</i>	33.3	
トビ	<i>Milvus migrance</i>	16.7	
モズ	<i>Lanius bucephalus</i>	16.7	
アカゲラかオオアカゲラ	<i>Dendrocopos major or D. leucotos</i>		100.0
ヒガラ	<i>Parus ater</i>		65.4
オオルリ	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>		46.2
キバシリ	<i>Certhia familiaris</i>		30.8
エナガ	<i>Aegithalos caudatus</i>		15.4
コサメビタキ	<i>Muscicapa dauurica</i>		7.7
コムクドリ	<i>Sturnus philippensis</i>		7.7
カケス	<i>Garrulus glandarius</i>		7.7
ハイタカ	<i>Accipiter nisus</i>		3.8
ツグミ	<i>Turdus naumanni</i>		3.8
コガラ	<i>Parus montanus</i>		3.8
記録された種数	Number of species detected	33	38

* 数字は、総センサス回数および総録音回数に対する記録種類数の出現率(%)

* Figure indicates the occurrence rate of the species (number of line transect censuses or sound recordings in which a bird species detected/total number of line transect censuses or sound recordings×100)

図1. ラインセンサスおよび録音聴取における調査時間と累積記録種数の関係。実線は対数関数へのあてはめ線を、鎖線は予測値の95%信頼区間を表す。

Fig. 1. Relationship between elapsed time and cumulative number of species detected by line transect censuses and listening to sound recordings. The solid and dashed lines indicate the regression line and the 95% prediction limits, respectively.

のような例では、有田 (1998) がラインセンサスについて提案しているような種数の上限を仮定するモデルのほうが適しているかもしれないし、また調査を打ち切る時間の設定もしやすいのかもしれない。ただ、彼のモデルではすべての種が同数個体いてそれらが調査地内に一様に分布していることを仮定するなど、現実とのくいちがいも大きい。いっぽう、何日にもわたるセンサスや多数回のセンサスあるいは長期にわたるモニタリングについては、上限を仮定するモデルより今回用いた対数関数を含めた単調増加関数の当てはめにより累積種数を求めることがより適当と考えられる。有田 (2002) は、調査回数の増加に伴う累積種数の増加傾向の関係から、ある地域に出現する総種数を予測するいくつかの手法を比較している。しかし、この点に関してはここでは議論せずに、効率的に種を数え上げるという観点から、別途報告したい。

今回行ったラインセンサスと録音による記録の大きな違いのひとつは、記録のために移動を伴うかどうかである。ラインセンサスでは、移動することで調査地内をくまなく調べ上げているという印象を持つ。しかし、今回の録音による記録の結果は、各センサスでは必ずしも広範に移動する必要がないことを示している。これは、ある特定の地点で出現する鳥を数え上げるポイントカウント法の有効性を支持するものである。さらに、今回の録音による記録では、固定点での記録種数とランダムに選定した点での記録種数にも明らかな違いが認められなかった。ほぼ均質な環境では、出現する種の構成は、移動しなくても移動して記録するのと同様に把握できるものと思われた。また、大きな行動圏を持つ鳥類や生息密度が低いために記録媒体との遭遇頻度の低い種も、記録時間を増やすことで記録されるようになると考えられる。しかし、調査環境がモザイク状の場合や熱帯地域のような環境の変異に富む場所では、移動しつつ記録したり記録する場所を頻繁に変えたりすることで、種の記録数を容易に増やすことができるものと考えられる。実際、Parker (1991) は、アマゾンの熱帯雨林で録音機器を持って移動しながら録音することで効率的に種数を数え上げられることを報告している。

Haselmayer & Quinn (2000) は、ポイントカウント法と録音による記録を比較し、鳥が盛んに鳴いているような状況下では、録音による記録も種の数え上げのためには有効であることを示している。今回の結果は、早朝で鳥が盛んに鳴いているような状況で、録音によってもラインセンサス法と比較しうる種が記録できることを明らかにしており、同じような条件をもつ環境での種の数え上げにも録音が有効であることを示唆している。

今回使用したMD録音機は、タイマーにより設定した時刻に録音を開始し、終了することができる機種である。こうした録音機を利用して、種の数え上げを行う長所と問題点を最後に指摘しておきたい。Haselmayer & Quinn (2000) も録音機器利用の利点を2点指摘しているが、それらも含めて長所を記すと、1) 調査場所を決め録音機器を設置してしまえば、録音媒体の交換には、必ずしも研究者が出向く必要はないこと、2) 機材の数を増やすことで、同時に多くの場所で記録をとることができること、3) 夜間あるいは危険動物の活動時間帯にも、容易に記録が採れること、4) 異なる観察者を多地点に配置するときに問題となる観察者の

ばらつきを考慮する必要がないこと、5) 録音データの再検査が可能であり、不明種については後に他の研究者や専門家に識別してもらうことができること、6) 録音データの保存により、将来別の観点からの分析が可能になることである。これらの長所は、種の数え上げにおける信頼性を増すことと同時に効率的に数え上げることが可能であることと関係している。いっぽう問題点は、1) 録音の再生による種の数え上げには、録音時間と同等以上の時間を要すること、2) 鳴かない種は記録できないこと、3) 本調査におけるアカゲラとオオアカゲラのように、識別が困難な種については、正確な種確認情報が得られないことである。このような長所と短所を考慮することで、すべてとは言えないまでも多くの場面で録音による記録は信頼性と効率性の観点から有効な手段になると考えられる。

録音データによって、生息鳥類の個体数あるいは鳥類群集中での個体数割合が推定可能になれば、録音によるデータ収集はいっそう有効性を増すものと考えられるので、今後この方面の研究が進むことが期待される。

最後に、センサス調査にご協力いただいた北海道大学大学院高橋靖似氏に、ハイタカの音声を同定いただいた森林総合研究所工藤琢磨博士に、そして原稿を読んでいただき適切な意見をいただいた千葉県立中央博物館大庭照代博士、農業・生物系特定産業技術研究機構中央農業総合研究センター百瀬浩博士に感謝する。

摘 要

ラインセンサスと録音聴取によって記録された鳥の種数を比較することで、鳥の種のリスト作りに録音データが利用可能かどうかの検討を行った。2つの方法で共通して記録された多くの種の出現

率は大きく、一方でのみ記録された種の出現率は2, 3の例外を除いて小さかった。調査地内のランダムな地点での録音と固定点での録音の比較では、1回の録音で記録される種数に違いは認められなかった。記録開始からの経過時間と記録された累積種数との関係から、一定時間経過後にラインセンサスと録音によって記録される鳥の種数には、大きな違いがないことが明らかになった。これらの点から、均一な環境における種の数え上げには、録音が有効な手段となりうると考えられた。

引 用 文 献

- 有田一郎 (1998) 基準地域メッシュ (1 km メッシュ) 内の鳥種の数え上げに要する探査時間。生態計画研究所年報 No.6: 27-62.
- 有田一郎 (2002) 分割地域メッシュ内に越冬期に生息する鳥類種数の予測手法の比較。環動昆 13: 219-229.
- Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA & Mustoe SH (2000) *Bird census techniques, Second edition*. Academic Press, London.
- Evans WR & Rosenberg KV (1999) Acoustic monitoring of night-migrating birds: A progress report. In: Bonney R, Pashley DN, Cooper RJ & Niles L (eds.) *Strategies for Bird Conservation: The Partners in Flight Planning Process*. Cornell Laboratory of Ornithology (online).
- Haselmayer JH & Quinn JS (2000) A comparison of point counts and recording as bird survey methods in Amazonian southeast Peru. *Condor* 102: 887-893.
- 土方康次・高野肇・関勝 (1982) 森林棲鳥類の録音機による個体数調査法の試み (II). 日本林学会関東支部大会発表論文集 34: 171-174.
- 国立天文台 (編) (2004) 理科年表CD-ROM2004. 丸善, 東京.
- 松岡 茂 (2004) 鳥類音声録音による種数数え上げのための機器選択. 日鳥学誌 53: 101-103.
- 大庭照代 (1988) 鳥類音声録音の意義と方法. *Strix* 7: 35-82.
- Parker TA III (1991) On the use of tape recorders in avifaunal surveys. *Auk* 108: 443-444.