原 著

ニホンザルの新センサス法、ブロック分割定点調査法の有効性について

大井 徹¹⁾・好廣眞一²⁾・東 英生³⁾・手塚牧人⁴⁾・東 滋⁵⁾

1) 森林総合研究所東北支所

2) 龍谷大学経営学部

3) ワイルドライフワークショップ

4) 野生動物保護管理事務所

5) 京都大学霊長類研究所

はじめに

昼行性の霊長類の個体数（あるいは集団の数）推定には、ラインセンサス法が一般に用いられてきた。この方法は、できるだけ長距離の直線のセンサスラインの設定と踏査が必要なので、平坦地に生息する霊長類の調査に適用されている(Defler & Pintor, 1985; Brockelman & Ali, 1987など)。一方、起伏の多い山岳地帯を生息域とするニホンザルには、ラインセンサス法は適用されなかった。

ニホンザルのセンサスにおいて、一般にとられた方法は、林道や登山道などを利用して群れの探索を行い、報告書、論文には通常記述されることのない調査者の判断で整理された集団の発見情報から群れ密度を算出するというものである。結果の精度についても「ほぼ完全に発見できたであろう」などという主観的な記述がされることが多い（例えば、東他, 1984）。従って、調査結果の信頼性は、調査者の知識や経験に大きく依存し、しかも熟練した調査者を十分な数だけ集めるのは困難な場合が多いので、精度の高い調査を広域的に行うには限界があった。

近年、保護管理の側面から、群れの分布状態や個体数を一定の精度で広域的に調査する必要性がますます高まっている。そこで我々は、サルにつ

いて簡単な知識しか持たない調査経験の浅い人間でも多人数いれば実施可能なセンサス法（ブロック分割定点調査法）を考案し、試行した。その際、群れ数が既に判明している地域での適用と、群れの直接追跡を併用することにより、このセンサス法の有効性を検討した。

調査地域

調査は、鹿児島県屋久島西部の国割岳西斜面の、9.5 km² (Fig. 1) の地域で行った。標高は0-800 mであり、所々基盤岩の露出する急峻な地形でラインセンサスには不向きな地域である。調査地域のはほとんどがスダジイ (*Castanopsis cuspidata*)、タブノキ (*Machilus thunbergii*) などの常緑の暖温帯林で被われ、アコウ (*Ficus wightiana*)、ガジュマル (*Ficus microcarpa*) などの亜熱帯性植物も混在している。標高約160mの等高線に沿っては、県道が走っており、道路沿いは、アカメガシワ (*Mallotus japonicus*)、ウラジロエノキ (*Trema orientalis*) などからなる代償植生となっている (Maruhashi, 1980; 田川, 1980)。常緑広葉樹林が優先するこの地域は一年を通じて林内の見通しが悪い。

この地域では、林道を横切る群れの個体数調査

Fig. 1. Location of the research area, and the disposition of the quadrats. The arrow indicates the position of the research area in Yakushima island. An area of each census was given name, and shown in the map as the quadrats numbered the same figure: Hanyama area numbered 1; Hanyama-Kankake (A) area, 2; Hanyama-Kankake (B) area, 3; Kawahara area, 4; Mankichi area, 5.

がほぼ毎年行われている。さらに、半山地域 (Fig. 1) では、1973年以来、複数の群れについて個体識別に基づく調査が継続されていたので、本調査に先立ち群れ数と分布の概要が明らかになっていた。

ブロック分割定点調査法

地図上で、調査区域を500m四方の方形区 (ブロック) に分割する。各々のブロックのほぼ中央のできるだけ見晴らしのよい一地点を定点と定め調査者を配置する。各ブロックの調査者は定点からブロック内の集団を視覚 (双眼鏡使用)、聴覚の両方を用いて一斉に探索するが、集団発見後は、集団の動きを定点から追跡し、その軌跡を地図に記入するとともに、トランシーブで互いに連絡をとることにより、集団の広がりや、他集団との位置関係を掴む。これらの情報により断続的に発見される集団の関係 (同一の群れか別の群れか) を推測し、重複カウントを除いた上で群れの分布と数を推定する。ブロックの大きさは、調査者の位置からブロックの境界までの距離が、おおよそニホンザルの叫び声 (Itani, 1965のA-7~A-12, B, C) が観測者に充分聞こえると経験的に考えられる200-300mとなるよう決定した。

調査方法

1990年8月2日から8月8日の7日間にわたって、40名の調査員によってブロック分割定点調査法の精度と再現性を検討するための調査を行った。定点に配置された調査者は1名を除いてサルの観察経験がないかほとんどなく、調査に先だって1日はサルの観察や探索の仕方についての訓練を行った。定点の調査者はデータシートに、サルの観察時間、発見位置、最初にサルを発見した手がかり (サルの姿、音声、枝揺れの音、他の定点からの連絡など)、集団を発見したか単独個体を発見したか、気象状態 (天候、風力) などの項目を記録した。定点での探索は、07:00-17:00の時間帯に行った。

調査域全体を5つの調査地区 ((1)半山地帯, 3 km²; (2) 半山-カンカケ(A)地区, 4 km²; (3)半

山-カンカケ(B)地区, 3 km², (4)川原地区, 3 km²; (5)マンキチ地区, 2 km²) に区分して順次調査を進めた (Fig. 1)。調査地区(1), (2), (3)は大幅に重複している。

定点調査と同時に熟練した研究者が調査地域内の群れを直接追跡した。追跡者は、たえず群れの広がりの中に位置し、群れの位置を30分毎に記録した。

群れの発見効率を、群れと一定の距離関係にある定点の何割が定時にその位置を把握していたかで定義し、これと探索距離との関係をまず検討した。また、各調査日において正時ごとの積算発見集団数の変化を整理し、どの時間帯に集団が発見され易いかを検討した。さらに、複数の群れの分布が長期観察によりわかっている半山地帯で二回調査を繰り返し、このセンサス法の精度 (既知の群れ数の何パーセントを把握できたか) と再現性を検討した。群れ数が未知の川原地区と、半山-カンカケ(B)地区においても2回調査を繰り返した。また、半山-カンカケ(A)地区下部の2 km² では、半山地帯と共通するので、同じ調査を3回繰り返したことになる、同じく再現性を検討した。

結 果

群れ追跡との比較

直接追跡は、8月3日8:30-14:40, 7日09:40-12:30, 14:15-15:00, 8日07:35-15:14の計17時間6分行った。この3日間は晴れか曇りで風は無しか微かだったので、天候の発見効率への影響は考えなかった。

直接追跡時に30分毎に群れの位置を39点記録できた。39点の群れの位置の内、51%は1点ないし2点の定点から確認された。群れの発見の手がかりは、記録不備の2例を除くと、92% (22例) が音によるものであり、2例だけが姿の確認によった。発見の手がかりとなった音の内、10例は叫び声 (Itani, 1965のA-7~A-12) や悲鳴 (Itani, 1965のB-1~B-3) などのサルの大声、1例は枝揺れの音とともに聞こえたクークーという鳴き交わし (Itani, 1965のA-2) だった。残り11例

は、サルの音声であるが、その種類については記録不備のため不明だった。

定点と群れとの水平距離と発見効率との関係を検討した。直接追跡されている群れの位置との距離が1.1 km 以内になった199例について分析した。他の調査員から連絡を受けた場合も含めて調査員が群れの存在を確認できた最大の距離は722 m, 他からの情報なしで自分で群れを発見できた最大の距離は712 mであった。

発見効率 $g(y)$ は調査員と群れとの距離 y が長くなればなるほど指数関数的に減少した(Fig. 2)。そこで Gates et al. (1968) の仮説に従って発見効率を指数関数で近似すると次式で表わされた。

$$g(y) = \text{EXP}(-0.0036y)$$

定点がブロックの中央にあるとすると、定点か

らブロックの境界までの距離は250 mから約350 mとなり、境界での発見効率は0.41～0.28となる。

時刻と発見群れ数

一日で発見される総集団数の75%は、午前10時までに発見された(Fig. 3)。それ以降は14時から15時に発見群れ数の増加がややみられ、以降は発見群れ数の増加はない。

精度と再現性

実数10から11の群が存在すると考えられる半山地区(3 km²)で調査を2回行った。1回目は調査初日で、定点観察により2群(実数の18-20%), 2回目は1回目調査の翌日で7群が確認された(実数の64-70%)。また川原地区、半山-カンカケ地

Fig. 2. Detection curve against distance from the group.

The vertical axis is detection efficiency (probability), and the horizontal axis is the distance between the observer and the monkey group. The numbers in parentheses are sample sizes.

Fig. 3. Accumulated number of detected groups at each time of the day. (1) Hanyama area, (2) Hanyama-Kankake (A) area, (3) Hanyama-Kankake (B) area, (4) Kawahara area, (5) Mankichi area. Broken lines represent the results of the second trials.

区(B)で各々2日間行った調査では両日とも発見群れ総数は同数(各々8群, 5群)となった。半山-カンカケ地区と半山地区の共通の2km²の部分(実数9群)では, 1回目は2群(実数の22%), 2回目と3回目はともに5群(実数の56%)となった。

議 論

ニホンザル社会の単位集団である群れは, 時に離合集散を行うことが知られている(Fukuda, 1989)。ブロック分割定点調査法では, 主に音声をつたよりに遠方から観察が行われるので, 集団どうしの社会交渉は詳しく観察できず, 集団の合流, 分離の社会的意味合いを決定できないことが多いし, 観察時間を超える集団の分離は探知できない。よって, このセンサス法では群れから一時的に分離することにより発生した個体の集合も数え上げ, 群れ数を過大に評価する危険性が考えられた。しかし, 実際の群れ数推定の結果は過小評価となった。これは, (1)集団の発見効率が通常1よりかなり小さいこと, (2)調査地域のニホンザルは, せいぜい1km²程度の遊動域しか持たず(丸橋他, 1986), 群れが広がり, 離合集散が起きるのはその狭い中においてであるので, 離合集散が起きても群れの広がりとして捉えられる傾向があることによると考えられる。逆に, 離合集散する群れの遊動域が広く, 分離集団同士がかなりの距離離れる地域では, 分離集団どうしが一つの群れであるという判断の根拠を得ることは難しく, 個々の分離集団をそれぞれ一つの群れと数えてしまうことが多いだろう。このように, 群れ数推定を目的としてこの方法を選択する場合には, 調査地域の群れの遊動域の大きさや離合集散などサルの行動特性も考慮して, 得られた結果の偏りについて検討する必要がある。

一方, 生息個体数の推定は, 発見された集団が群れであろうがなかろうがその集団数と平均集団サイズとの乗算で行える。この場合には, 集団の探査と併せて, 林道など見通しのよい場所をサルが渡る機会などを利用して複数の集団サイズのカウントを行い平均の集団サイズを推定する。

半山地区では, 調査初日にあたる1回目より調査2日目にあたる2回目の調査の精度が著しく高かった。調査者のほとんどが, 調査未経験者であり, 2回目で探索能力が向上したものと考えられる。また, 調査に充分慣れたと考えられる2日目以降3地区での繰り返し調査では, 集団の発見数は同一だった。調査者が未経験者でも, 1日ないし2日間の訓練のための調査を行えば再現性のある調査を行えるといえる。

また, 調査の開始後3時間で, その日発見した集団数の75%, 8時間で100%を発見した。これは, ニホンザルの活動の日周変化に伴い発見の手がかりとなる行動の頻度が変化することと, 調査者の疲労の蓄積が関係していると考えられる。ともかく朝7時から調査を始めた場合8時間程度の調査時間で十分な精度の調査が行えることが経験的に明らかになった。より効率よく調査を行うためには, サルが叫び声を比較的頻繁にあげる時間帯の検討を行い, それに併せて調査時間を設定する必要があるだろう。

発見効率は, 距離が増加すると指数関数的に減少した。発見は主にサルの音声によっており, ニホンザルの音声伝播の物理モデルや人間の可聴域から $g(y)$ の型を推定し, 今回得られた経験式の妥当性を検討する必要がある。群れの発見効率は, 調査精度と関係するが, これに影響を与える要因として, 探索距離や調査者の可聴能力の他に, 調査者の熟練度, 天候, 風, 調査地の植生, 調査の時間帯, 調査地の地形などが挙げられる(Burnham, Anderson, & Laake, 1980)。また, 猿害地で駆除圧を受けている群れや小サイズの群れでは音声の発生頻度が少なく発見効率が低くなるという指摘がある(鹿児島大学鳥獣害研究会, 1993)。理想的にはそれぞれの要因と発見効率の関係を定式化しておく必要があるが, 実際上は不可能であり, より簡便には, 定点調査と同時に群れ直接追跡を行い, 追跡されている群れの発見効率を今回の結果と比較することにより, 調査全体の精度についてのおおまかな目安を得るといい。直接の群れ追跡が困難なところでは, あらかじめ群れ個体に電波発信機の装着を行って電波追跡を併用すること

も考えられる。

我々が経験的に決定したブロックの大きさでは、平方キロメートル当たり4人の未経験者を調査員として投入することにより、60-70%の精度の調査が可能だった。発見効率は距離と逆相関するので、ブロックが小さいほど精度の高い調査ができるが、一定の面積の調査地域に対し調査員の動員数が大きくなる。目的、予算、安全性、調査期間なども勘案してブロックの大きさは適宜決定すればよいだろう。ただし、精度の低下はこれ以上望ましくないのでブロックを大きくすることは避けた方がよい。全調査域の形状は、単独のブロックからしか探査できない地域が少なくなるよう、でこぼこのない方形が望ましく、理想的には4つの定点から探査が行われる地域の数が増えるよう正方形になるよう設定するのが望ましい。

謝 辞

この調査を行うにあたって次の方々に、調査員として協力をしていただきました。青木保、東隆蔵、阿部美穂、池田博司、石川学、伊藤豊、岩槻好太郎、上辻宏、片山忍、木戸口剛士、倉品治男、高津文人、神山義徳、近藤あや子、白戸圭一、四戸宮治朗、関根雅夫、田崎純、田中香、田中希、中島健介、中田健二、中山裕理、花沢明俊、古市剛史、堀切竜也、脇田しをり、増山典久、丸橋珠樹、三浦耕太、村木優子、山極寿一、芳田和雄、NDODA MUWANZA (アイウエオ順、敬称略)。京都大学霊長類研究所渡辺邦夫氏には草稿を読んでいただき、有益なコメントをいただきました。調査費の一部として、京都大学霊長類研究所共同利用研究費(好廣、手塚)、霊長類学会保護基金の提供を受けました。感謝いたします。

参考文献

- 東 滋, 大竹 勝, 山極寿一, 他 1984: 屋久島原生自然環境保全地域のヤクザルの生態. 屋久島原生自然環境保全地域調査報告書, 環境庁自然保護局, 東京, pp. 517-568.
- Brockelman WY, Ali R 1987: Methods of surveying and sampling forest primate populations. In Marsh CR & Mittermeier RA (eds): Primate Conservation in the Tropical Rain Forest, Alan R. Liss, New York. pp. 23-62.
- Burnham FP, Anderson DR, Laake JL 1980: Estimation of density from line transect sampling of biological populations. Wildlife Monographs, 72: 7-202.
- Defler TR, Pintor D 1985: Censusing primates by transect in a forest of known primate density. Int. J. of Primat. 6: 243-259.
- Fukuda F 1989: Habitual fission-fusion and social organization of the Hakone Troop T of Japanese macaques in Kanagawa Prefecture, Japan. Int. J. of Primat. 10: 419-439.
- Gates CE, Marshall WH, Olson DP 1968: Line transect method of estimating grouse population densities. Biometrics, 24: 135-145.
- Itani J 1963: Vocal communication of the wild Japanese monkey. Primates, 4: 11-66.
- 鹿児島大学農学部鳥獣害研究会 1993: ヤクザル生息実態調査報告. 鹿児島県, 鹿児島.
- Maruhashi T 1980: Feeding Behavior and diet of the Japanese monkey (*Macaca fuscata yakui*) on Yakushima Island. Primates, 21: 141-160.
- 丸橋珠樹, 山極寿一, 古市剛史 1986: 屋久島の野生ニホンザル. 東海大学出版会, 東京.
- 田川日出夫 1980: 屋久島国割岳西斜面の植生. 鹿児島大学理科報告, 29: 121-137.

(Summary)

Reliability of a New Method to Census Japanese Macaques:
Fixed Observers in Quadrats

Toru OI¹⁾, Shinichi YOSHIHIRO²⁾, Hideo HIGASHI³⁾,
Makito TEZUKA⁴⁾, Shigeru AZUMA⁵⁾

1) *Tohoku Research Center, Forestry & Forest Products Research Institute*

2) *Department of Economics, Ryukoku University*

3) *Wildlife Workshop*

4) *Wildlife Management Office*

5) *Primate Research Institute, Kyoto University*

We devised a census method that uses fixed observers in quadrats to estimate the density of Japanese macaque groups or populations. A research area is divided into $500 \times 500\text{m}$ quadrats. Observers are positioned in each quadrat at a fixed point where they can get a good view over the quadrat. The observers simultaneously search monkey groups both visually and auditorially, and map the movement of the groups. To avoid duplication in counting, the observers communicate with each other by radios. At the end of the census, the number of groups detected was summed. This method can also be used to estimate population density if the number of individuals in groups is counted. Unexperienced students conducted this census in 9.5km^2 steep mountain area of Yakushima Island where a line census was impracticable. Individual censuses were conducted over areas of 2 to 4km^2 from 7:00 to 17:00. This area included the 3km^2 area where 10 or 11 groups were known to inhabit from studies since 1973. This area was used to measure the accuracy of the method. Three different areas were censused two or three times to evaluate the precision of the method. Furthermore, experienced observers moved with monkey groups to record the exact positions of the groups in order

to measure the detection efficiency of fixed observers. Monkeys were mostly detected by loud calls, and 75% of groups were found within 3 hours after start of observation at 7:00 A.M., and after 8 hours no new groups were detected. Detection efficiency was measured as the ratio of the number of observers who found the position of groups to the number of all observers tested. The detection efficiency exponentially decreased as the distance between the observer and the group increased. The maximum observer-to-group distance was 720m. In the first day of the observation in an area where the number of groups had been known, unexperienced students detected about 20% of the groups, but in the second day they detected 60–70% in the same area as the first day. Repetition of censuses in the other areas resulted in the same counts of the groups in different censuses in each area. We conclude that this method can be successfully used in steep mountainous areas even by unexperienced field assistants, with sufficient accuracy and precision if a prior survey exercise of one or two days is conducted. If this method is applied in an area with different conditions, evaluation of accuracy is first needed.

大井 徹 森林総合研究所東北支所

〒020-01 盛岡市下厨川字鍋屋敷 72

Toru OI Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute
Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate 020-01, Japan