野生動物の目撃情報を用いたニホンジカ密度評価手法の検討

江口則和（人間環境大学）
狩場晴也・石田朗・竹内豊（愛知県森林・林業技術センター）
寺田行一・早川雅人・佐藤亮介（株式会社マップクエスト）

ニホンジカ（以下，シカ）による森林被害を軽減化するためには，その地域でのシカ密度情報が欠かせない。シカ密度は 5×5km 単位で推定されることが多いが，その情報は公的利用に限られることも多く，地域住民が利用できないという問題がある。そこで本研究では，「シカ情報マップ」という名称で公開されている野生動物目撃 web アンケートを用いて，シカ密度を評価する手法を検討した。シカの性比等，シカ情報マップから得られた指標を検討した結果，ニホンカモシカ目撃数/シカ目撃数（以下，カモシカ比）にシカ密度と負の関係があることが示された。シカ情報マップから算出されるカモシカ比は，シカ密度評価に有用な情報と考えられた。
キーワード：ICT，ニホンカモシカ，ニホンジカ，シカ情報マップ

I　はじめに

ニホンジカ（*Cervus nippoon*, 以下，シカ）の増加と森林被害は深刻な状況であり，近年社会問題としても広く知られるようになってきた（角田 2019）。そのため，シカの捕獲駆除など様々な被害対策が行われている（Simard et al. 2013）。現在は効率的な被害対策のための情報も求められている（釜田ら 2019）。

被害対策のための必要情報として，シカ密度情報は欠かせない。従来，シカ密度は 5×5km 単位で推定される（Iijima et al. 2013, 江口ら 2015）。しかしながら，この情報は公的利用や学術利用に限られることも多く，地域住民が利用できないという問題がある。このことから，シカ密度の大小に対応し，一般市民が自由に活用にできる情報が必要であると考えられる。

筆者らは 2015 年度に行政職員及び一般市民からシカ目撃情報を収集する web アンケートシステムを開発した（「シカ情報マップ」， https://shikadoko.jp/）（釜田ら 2019）。本システムにより，シカ及びニホンカモシカ（*Capricornis crispus*　以下，カモシカ）の目撃地点，目撃したシカの性別情報，森林被害程度などを収集することができるようになった。収集された情報は一般公開されているため，5×5km 単位で推定されるシカ密度の代替指標として利用できる可能性がある。

本システムから集計できるシカ密度の代替指標の候補として，5×5km 単位での①シカ目撃数，②シカ性比，③シカ－カモシカの比率が考えられる。このうち，①シカ目撃数については，目撃報告位置が道路に限られることや報告者の数に影響を受けることなどから，解釈や取り扱いが難しいことが考えられる。一方，②シカ性比や③シカ－カモシカの比率について，シカのオスの割合はシカの分布広がりと関係のあること（浅田 2013），カモシカの割合はシカ密度と関係性のあること（Koganezawa 1999）が知られている。すなわち，②シカ性比と③シカ－カモシカの比率は，シカ密度の代替指標として利用できる可能性がある。

そこで本研究では，シカ情報マップから得られたシカのオスの割合やカモシカの割合が，シカ密度を評価する手法として利用可能かどうか検討することを目的とした。

II　方法

1. 調査対象地とデータ収集

対象地は，愛知県におけるシカの主な生息域である愛知県東部地域（豊橋市，岡崎市，豊川市，豊田市，新城市，北設楽郡設楽町，北設楽郡東栄町，北設楽郡豊根村）とした。2015 年度から 2019 年度まで，該当地域の行政職員及び一般市民を対象に，シカ情報マップを用いて目撃情報を収集した。収集した情報のうち，本研究で利用したものは，目撃日時，目撃地点の緯度と経度，目撃動物の種類（シカかカモシカか）と頭数，目撃されたのがシカだった場合はその性別（オスかメスか不明か）である。本調査で収集したデータは，シカで合計 2,783 頭分，カモシカで合計 235 頭分であった。

2. パラメータの算出

得られた目撃情報は，GIS ソフト「QGIS（ver3.10）」を用いて 5×5km メッシュ（全国標準地域メッシュ・2 次メッシュの 4 等分）に重ね合わせた。年度ごと，メッシュ番号ごとに，シカのオスの割合（以下，オス率）及びカモシカの割合（以下，カモシカ比）を算出した。

EGUCHI Norikazu*, KARIBA Haruya, ISHIDA Akira, TAKEUCHI Yutaka, TERADA Kouichi, HAYAKAWA Masato, SATO Ryosuke
Evaluation method of sika deer density using wildlife sightings
n-eguchi@uhe.ac.jp

メッシュ番号 i 内のオス率及びカモシカ比の算出方法は以下のとおりである。

オス率[i]＝オス数[i]/（オス数[i]＋メス数[i]） …（1）

カモシカ比[i]＝カモシカ数[i]/シカ数[i] …（2）

なお，式（1）について，性別不明の回答は集計から除いた。また参考値として，行政の情報（愛知県環境局自然環境課の保有するシカの捕獲駆除数データ及び出猟カレンダーデータ）からもオス率を算出した。

3. パラメータの有効性評価

得られたオス率及びカモシカ比を使って，以下 4 種類の一般化線形混合モデルを作成し，シカ密度との関係性を解析した。

・モデル 1　シカ密度 ~

$a_{01}+a_{11}$ オス率 1 + ランダム変数 …（3）

・モデル 2　シカ密度 ~

$a_{02}+a_{12}$ オス率 2 + ランダム変数 …（4）

・モデル 3　シカ密度 ~

$a_{03}+a_{13}$ オス率 3 + ランダム変数 …（5）

・モデル 4　シカ密度 ~

$a_{04}+a_{14}$ カモシカ比 + ランダム変数 …（6）

モデル 1 のオス率 1 は行政の捕獲駆除数データより，モデル 2 のオス率 2 は行政の出猟カレンダーデータより，モデル 3 のオス率及びモデル 4 のカモシカ比はシカ情報マップデータより算出した。応答変数の「シカ密度」は愛知県環境局自然環境課の保有する各年度各メッシュのシカ密度中央値を利用した。応答変数はガンマ分布に従うと仮定し，リンク関数は log とした。ランダム変数は各「年度」（2015～2019）とした。説明変数の効果（a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}）は Wald 検定により評価し，有意水準（P）は 0.05 以下とした。解析には統計解析ソフト「R（ver 4.0.2）」及びパッケージ「lme4（ver 1.1-26）」を利用した。

III　結果

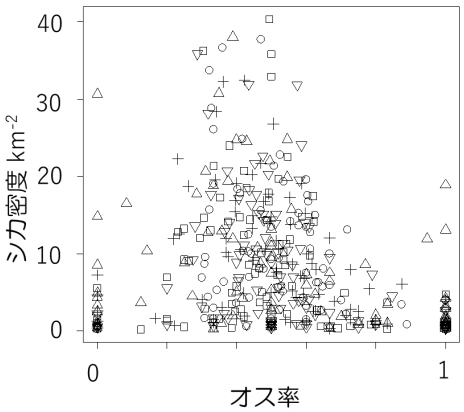
1. オス率との関係

行政情報から算出したオス率とシカ密度との関係について，捕獲駆除数データを用いたモデル 1 のオス率 1（図－1）も，出猟カレンダーデータを用いたモデル 2 のオス率 2（図－2）も，シカ密度と負の関係が認められた（表－1）。オス率 1 のほうがオス率 2 よりもシカ密度との負の関係性が明確だった（表－1）。

シカ情報マップデータを用いたモデル 3 のオス率 3 とシカ密度との関係について，両者の間に明確な関係は認められなかった（図－3，表－1）。

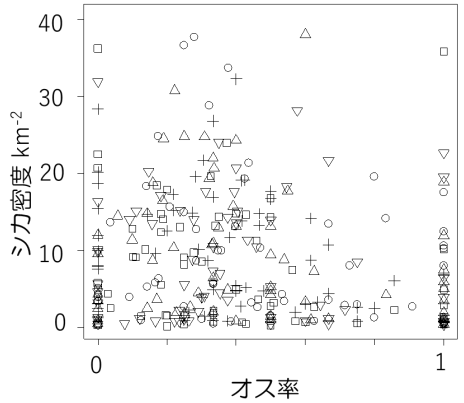
2. カモシカ比との関係

シカ情報マップデータを用いたモデル 4 のカモシカ比とシカ密度との関係について，両者の間に負の関係が認められた（図－4，表－1）。



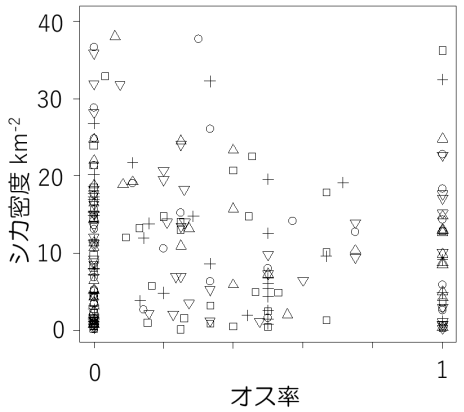
図－1. 捕獲駆除数データから算出したオス率 1 とシカ密度との関係

図中の○は 2015 年度, △は 2016 年度, ＋は 2017 年度, ▽は 2018 年度，□は 2019 年度のデータを示す。n=454



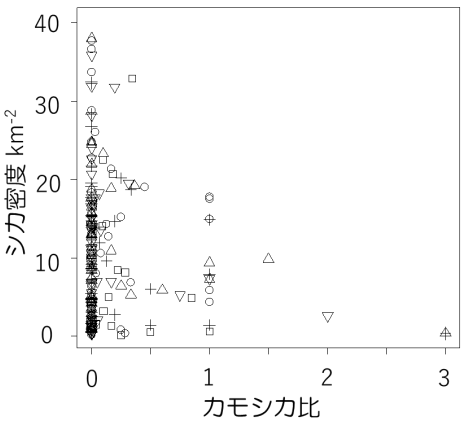
図－2. 出猟カレンダーデータから算出したオス率 2 とシカ密度との関係

図中の○は 2015 年度, △は 2016 年度, ＋は 2017 年度, ▽は 2018 年度，□は 2019 年度のデータを示す。n=322



図－3. シカ情報マップから算出したオス率 3 とシカ密度との関係

図中の○は 2015 年度, △は 2016 年度, ＋は 2017 年度, ▽は 2018 年度，□は 2019 年度のデータを示す。n=219



図－4. シカ情報マップから算出したカモシカ比とシカ密度との関係

図中の○は2015年度, △は2016年度, ＋は2017年度, ▽は2018年度, □は2019年度のデータを示す。n=233

表－1. 統計解析結果

モデル	説明変数	説明変数の算出データ	説明変数の係数	χ^2値	*P*値
1	オス率1	行政・捕獲駆除数	-2.00	61.15	***
2	オス率2	行政・出猟カレンダー	-0.60	9.55	**
3	オス率3	シカ情報マップ	－	0.26	0.61
4	カモシカ比	シカ情報マップ	-0.44	4.63	*

*は $P<0.05$, **は $P<0.01$, ***は $P<0.001$ を示す。

IV　考察

シカ情報マップから得られたデータを用いてシカ密度を考える際，行政の情報ではシカ密度との関係が明確であったオス率よりも，カモシカ比が有効な指標になりうることが考えられた。

本研究では，カモシカの割合が高い地域ではシカが少ない傾向にあることが認められた（図－4，表－1）。同様のことは先行研究でもいくつか報告例がある。まず，栃木県の足尾地域における研究では，シカが高密度になることでカモシカとの間に競争が生じ，カモシカが減少あるいは絶滅する可能性を示唆し，これは，単独性であるカモシカがシカを避けて行動したためと考えられた（Koganezawa 1999）。また，長野県下伊那郡上村においても，シカの個体数増加に伴ってカモシカの個体数が減少したという報告がある（岸元 and 前河 2001）。逆に，シカの個体数の少ない浅間山での研究例では，シカがカモシカの生息地に侵入することなく住み分けが実現するため，シカがカモシカを排除することなく両者の共存が可能という報告もある（Takada et al. 2020）。これらのことから，カモシカ比に注目してシカ密度を考えることは，両者の生態的な特徴からも妥当なものであることが考えられた。

本研究では，指標の候補としたオス率についても検討したが，行政情報から算出したオス率 1，オス率 2 ではシカ密度と関係性があったものの（図－1, 図－2, 表－1），シカ情報マップから算出したオス率 3 ではシカ密度と明確な関係性は認められなかった（図－3，表－1）。先行研究によると，シカは分布拡大に伴い，地域へ侵入した段階ではオスの割合が高いものの，増加する段階になってくるとオスーメス比が同程度になるといった報告がある（古澤ら 2016, 江成・江成 2020）。実際に，シカの分布拡大初期には，オスがより多く捕獲されやすく, その後 10 年程度経過するとメスも捕獲されるといった報告（浅田 2013）や，シカの侵入後時間が経過するとメスの撮影頻度が高まるといった報告（出口・村山 2016）もある。この現象は，オスとメスの行動特性の違いによるものであり，オスが若いころから遠くへ移動する傾向のあるのに対し（Greenwood 1980, Minami et al. 2009），メスは母親の行動圏の近くに自らの行動圏を確保する傾向があるため（Porter et al. 1991）に生じるといえる。本研究において，シカ密度推定に利用する捕獲者から得られる情報で算出したオス率 1 及びオス率 2 では，シカ密度が少ない地域でオス率1及びオス率2に高い傾向が認められたことは(図－1，図－2，表－1)，これら先行研究と同様の傾向を示していると考えられた。

しかしながら，シカ情報マップから算出したオス率 3 は，これら先行研究の示す傾向とは異なり，シカ密度と明確な関係性は認められなかった(図－3, 表－1)。この理由として，回答者がシカの性別を正しく判別できなかったためではないかと考えられる。回答者に聞き取りを行ったところ,「一瞬でオスメスを見分けることは難しかった。」「性別はよく分からなかった。」という話もあった。このことから，シカ情報マップでは，日常的に野生動物を見る機会がなく，一瞬でシカの雌雄を判別が難しい一般市民からの回答により，集計結果に誤った情報も含まれて影響を与えている可能性がある。これらの誤情報に関する可能性は今後検証が必要であるが，現時点では，シカ情報マップから算出されるオス率をシカ密度指標として使うことは難しいと考えられた。

一方，シカ情報マップから算出されるカモシカ比は, 前述のとおりシカ密度指標として利用できることが示唆された。日常的に野生動物を見る機会がない一般市民でも，シカとカモシカの判別は，シカの雌雄の判別ほど難しくないためだと考えられる。

まとめとして，不特定の一般市民から情報を収集するシカ情報マップから算出できるカモシカ比は，ある地域のシカ密度を評価するために有効な指標になる可能性が考えられた。地域での効果的な獣害対策を進めるためにも，今後も継続して目撃情報を収集し，密度指標としての精度を高めていくことが重要といえる。

謝辞

本研究は農林水産省農林水産分野における気候変動対応のための研究開発「野生鳥獣拡大に係る気候変

動等の影響評価」の支援を受けたものである。

引用文献

浅田正彦（2013）ニホンジカとアライグマにおける低密度管理手法「遅滞相管理」の提案. 哺乳類科学 53: 243–255

出口善隆・村山恭太郎 （2016） 新規分布地域におけるニホンジカの生息地利用および性別割合. 哺乳類科学 56: 37–41

江口則和・石田朗・山下昇・高橋啓・鈴木千秋・岡田良平・佐藤亮介 （2015） 愛知県東部地域におけるニホンジカの個体数指標の推定. 中部森林研究 63: 21–26

江成広斗・江成はるか （2020） ニホンジカの低密度管理の実現を目指したボイストラップ法の有効性. 哺乳類科学 60: 75–84

古澤優佳・斉藤正一・千葉翔・高橋文（2016） 山形県におけるニホンジカ侵入初期の目撃情報及び目撃地の特徴. 東北森林科学会誌 21: 66–70

Greenwood P J（1980）Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. Animal Behaviour 28: 1140–1162

Iijima H, Nagaike T, Honda T（2013）Estimation of deer population dynamics using a bayesian state-space model with multiple abundance indices. Journal of Wildlife Management 77: 1038–1047

釜田淳志・石田朗・栗田悟・江口則和・寺田行一・早川雅人・佐藤亮介・高橋啓・立脇隆文・安達貴広・岡輝樹 （2019）「シカ情報マップ」の利用状況と効果的な情報収集手法の検討. 中部森林研究 67: 41–42

岸元良輔・前河正昭（2001）下伊那郡上村におけるニホンジカ*Cervus nippon*とニホンカモシカ*Capricornis crispus*の種間関係. 長野県の多様な自然環境とそれにかかわる社会環境の現状把握. 長野県自然保護研究紀要4, 別冊1: 271–274

Koganezawa M（1999）Changes in the population dynamics of Japanese serow and sika deer as a results of competitive interactions in the Ashio Mountains, central Japan. Biosphere. Conservation 2: 35-44

Minami M, Ohnishi N, Takatsuki S（2009）Survival Patterns of Male and Female Sika Deer on Kinkazan Island, Northern Japan. *In* DR McCullough, S Takatsuki, K Kaji （Eds.）, *Sika Deer: Biology and Management of Native and Introduced Populations* （pp. 375–384）. Springer Japan

Porter WF, Mathews NE, Underwood HB, Sage RW, Behrend DF（1991）Social organization in deer: Implications for localized management. Environmental Management 15: 809–814

Simard MA, Dussault C, Huot J, Côté SD（2013）Is hunting an effective tool to control overabundant deer? A test using and experimental approach. J. Wildl. Mgmt 77: 254–269

Takada H, Ohuchi R, Watanabe H, Yano R, Miyaoka R, Nakagawa T, Zenno Y, Minami M（2020）Habitat use and the coexistence of the sika deer and the Japanese serow, sympatric ungulates from Mt. Asama, central Japan. Mammalia 84: 503–511

角田裕志（2019）人口減少が進んだ社会に適応可能な野生動物管理を模索する. 日本生態学会誌 69:37-44