

兵庫県におけるニホンジカの生息密度指標と 捕獲圧, 農業被害の関連

坂田 宏志^{1)*}, 濱崎 伸一郎²⁾, 岸本 真弓²⁾, 三橋 弘宗¹⁾,
三橋 亜紀³⁾, 横山 真弓¹⁾, 三谷 雅純^{1)*}

The Relationships between Sika Deer Density, Hunting Pressure and Damage to Agriculture in Hyogo Prefecture

Hiroshi SAKATA^{1)*}, Shin-ichiro HAMASAKI²⁾, Mayumi KISHIMOTO²⁾, Hiromune MITSUHASHI¹⁾,
Aki MITSUHASHI³⁾, Mayumi YOKOYAMA¹⁾, Masazumi MITANI^{1)*}

Abstract

Density of Sika deer has increased in Japan since the 1970s, and it has caused serious damage to agriculture and forestry since the 1980s. We studied the relationships between Sika deer density, hunting pressure and damage to agriculture in Hyogo Prefecture in 1999-2000. To ascertain the relationship between deer density and hunting pressure, we analyzed data corresponding to 4km (NS) × 5km (EW) grids. The hunting pressure on Sika deer tended to be intense in the grids where deer density was high. An increase in deer density in a grid was affected by hunting pressure on females in a wide range including neighboring grids, rather than that on males and hunting pressure in the grid. The deer causing damage to agriculture seemed to exist within 2.5 km from the border of farms. The higher the proportion of Japanese cedar or Japanese cypress plantation in forest areas around farms was, the greater the damages to farms by deer. Based on these results, we discuss how we should apply them to wildlife management and what we should study to supplement the limitations of existing research.

Key words : wildlife management, population dynamics, human-sika deer interactions, landscape, forestry

はじめに

日本列島ではニホンジカの狩猟資源としての活用と個体数減少にともなう禁猟措置, 農業被害軽減のための駆除が繰り返されてきた(田口, 2000)。近年では戦後にニホンジカの個体数は減少していたため, 1947年から全国でメスジカの狩猟禁止措置がとられた。そして, 1970年代以降にはニホンジカの密度は増加傾向にあったと考えられるが, 1978年には狩猟者1人あたり1日1頭というオスジカの狩猟制限が設けられ, 1980年代に入ると, 農

林業被害や自然植生への影響が全国的に顕在化してきた(自然環境研究センター, 1999)。

兵庫県においても, 特に中山間地域でシカによる農林業被害が深刻化し, 被害額は1993年に7億円, 1999年には5億円にも上ると見積もられている。シカによる林業被害はやや減少したが, 農業被害は未だ増加傾向にある。このような状況の中, 被害防止のための防護柵が積極的に設置され, 1999年の時点で総延長は累計で2,300kmに上っている。1993年に本州部でメスジカの狩猟が解禁され, 2000年には特定鳥獣保護管理計画が策

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境マネジメント研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Division of Environmental Management, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

²⁾ 野生動物保護管理事務所 Wildlife Management Office; Fujiwaradai-minami 4-10-2, Kita, Kobe, 651-1303 Japan

³⁾ c/o 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境マネジメント研究部 Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

* 兼任: 姫路工業大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 三田市弥生が丘6丁目 Institute of Natural and Environmental Sciences, HIT; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan

定されたが、兵庫県では一貫して個体数を抑制する方針がとられてきた（兵庫県，2000）。

兵庫県内で生息するシカの個体数は1999年の時点で3万頭余りと推定されているが（兵庫県，2000），2000年には狩猟や有害駆除により捕獲されたシカの個体数は約1万頭に上り、全国の都道府県の中で2番目に多い。

現在、シカは農林業被害を引き起こす害獣としての見方が強く、資源としてはそれほど重視されていない。しかし、シカは古くから日本人にとって重要な食糧であり、その皮革や角骨は生活必需品でもあった（原田，1993；田口，2000）。欧米諸国をはじめ多くの国々では、今日でもシカの狩猟資源としての価値が認められ、その保護と管理のための努力が続けられている。

日本でも、北海道では、エゾシカの保護管理の取り組みを進め（梶ほか，1998；梶，2001），増加したシカの駆除個体の有効利用を図っている（大泰司・本間，1998）。たとえば足寄町では、1992年度から「エゾシカ有効活用検討モデル事業」として、販売利益で被害の補填や対策費に充足するために、町がシカ肉を平均1頭3万円程度で食肉として販売している。この例から、大まかに計算して、兵庫県の3万頭以上のニホンジカは9億円以上に相当する共有財産であると考えられる。そして、適切な狩猟資源の保全を行い適切に流通させたならば、毎年1万頭（約3億円程度）の生産を持続的にあげることも可能なのである。解体、加工、流通販売まで考えると、シカの有効利用が中山間地域の経済に与える効果は大きいと思われる。

当然のことながら、人間から見たシカの価値は、資源としての価値だけではない。日本では数少ない大型の野生草食動物であるシカが生態系の中で果たす役割は重要であろうし、文化的にも精神的にもシカが生息することに価値を認める人は多い。これらの価値は簡単に貨幣に換算できないが、経済的な資源としての利用価値に劣らず重要で、人類にとってかけがえのないものである。

現在、兵庫県も含め日本各地で捕獲による個体数の調整が行われている。しかし、科学的・計画的な保護管理を適切に行わなければ、再び、過去の乱獲による個体数激減の轍を踏み、貴重な資源と財産を減らすことになるだろう。

個体数の激減や生息状況の悪化を防ぎ、農林業被害を軽減するためには、より正確な個体数変動の把握と将来予測が必要である。しかし、大型哺乳類の個体数の推定や変動の予測は現時点において非常に困難な課題である。例えば、アダプティブ・マネージメントの手法を導入し日本でもっとも保護管理のための調査に力を入れている北海道においても、当初12±4.6万頭と推定されていた1994年のエゾシカの個体数が、2000年には1994年の個体数は20±4万頭であったと修正されたほどである

（北海道環境生活部，2000）。同様に、兵庫県の3万頭余りというニホンジカ推定個体数も、大きな誤差があり得ることは強く認識しておかなければならない。ましてや、大型哺乳類の個体群動態を予測する有効な手法は未だ確立されていない。

野生動物を含む生態系のマネージメントにおいては、このような現状を前提に策を練る必要がある。たとえ正確な値を出すことができなくても、その時点で、できる限り正確だと考えられる推定値を割り出す努力をし、その時点で最善と思われる計画を立てる必要がある。そして、その後のモニタリング調査を怠らず、誤りが明らかになれば、率直に誤りを訂正し、計画を修正するアダプティブ・マネージメントの手法を取り入れる必要がある。

現在の兵庫県におけるシカの個体数調整の主な目的は農林業被害の軽減であるが、これは単にシカを捕獲すれば実現する問題ではない。場合によっては、数を減らしても被害の軽減につながらないこともある。被害の軽減のためには、シカの個体数と農林業被害量の関係を正確に把握する必要がある。個体数の動向や生息地の状態の把握はもちろん、シカの生息密度がどのように変化したら農林業被害がどのように変化するか、あるいは、農耕地からどの程度の距離に生息するシカが農業被害に関与しているのかななどの知識なくして、適切な被害管理は不可能である。さらに、狩猟や有害駆除による捕獲率が、シカの個体数や農業被害にどのような効果を及ぼしているのかを検証する必要がある。しかし、現在の兵庫県には、これらの検証に必要なデータが不足しているし、解析に十分な努力がなされているとは言えない。

本稿では、現時点で著者らが入手可能なデータを用いて、兵庫県におけるニホンジカの分布や生息密度、各地での増減の傾向を推定し、捕獲率や農業被害との関連を解析する。これによって現時点で最も妥当だと思われる(1)生息密度と捕獲率との関係、(2)生息密度と捕獲率がシカの生息密度の変化率に及ぼしている影響(3)生息密度や周辺の環境と農業被害の関係を推定する。

これらの解析の過程で、現状のモニタリング法とデータ解析の問題点を明らかにすると共に、より効果的なモニタリング体制確立への指針や、解析結果を保護管理へ活用していく方策を検討したい。

方 法

糞塊密度と狩猟報告による密度指標

兵庫県のように地形の起伏が激しく密茂した森林が多い地域において、直接シカの個体数を正確に数えることは困難である。本稿では、1999年11月と2000年11月の糞塊密度調査と猟期（11月15日から翌年2月15日）にお

ける狩猟報告を基にした出猟人・日あたりのシカ目撃数（努力量あたり目撃数）を基に密度指標を計算した。密度指標は該当地域の森林における尾根上にルートを設定して、1kmあたりの糞塊数を単位として表すこととする。

兵庫県では全県を緯度幅2分30秒×経度幅3分45秒（およそ4km×5km程度）の方形区に区切り、その区画（狩猟区画）を単位として狩猟報告や糞塊密度調査を行っている。方法の詳細は次節以降に示すが、狩猟報告による努力量あたり目撃数は、猟法や狩猟者の技量、報告に関する理解度などに左右される。本研究では、専門の調査員が一定の時期に一定の方法で行った糞塊密度調査の結果をより信頼性が高いと見なす。しかし、糞塊密度調査の実施した区画は限られているため、糞塊密度調査が実施されていないが狩猟報告のある区画においては、両方の数値がそろっている区画のデータから努力量あたり目撃数と糞塊密度との関数を回帰分析で求め、その回帰式より、尾根上の踏査1kmあたりの糞塊数に換算して密度指標とした。

この密度指標は、決まった方法で糞塊を数えながら歩くことにより比較的容易に確認することができる。確認が困難な個体数や努力量あたり目撃数よりも容易に観測できる指標を、予測値やマネジメントにあたっての目標数値としたほうが、解析結果の評価や保護管理計画の実施効果を検証する上で好ましい。

糞塊密度の測定法と密度指標としての有用性

糞塊密度測定の方法は以下の通りである。1つの狩猟区画のなかに、それぞれ約5kmの踏査ルートを森林の尾根上に設定する。尾根はシカの獣道ができやすく、シカが生息していれば糞塊が落ちやすい所である。また、ルート内であるべくその区画に出現する植生を網羅して踏査することができるようにルートを設定した。調査員は、ルートを歩きながらルートの両側各1mずつの範囲にある10粒以上の糞粒の認められる糞塊の数を記録した。複数の糞塊が重なっているときや一つの糞塊が分散していると思われるときは、糞粒の大きさ、形状および新鮮さの違いを識別して、一つの糞塊か複数の糞塊かを判断して糞塊数を記録した。

約5kmの踏査ルートのうち、植生の境界や地図上でわかりやすい地形の区切りごとに、各ルートに10から20程度の小区分をもうけて小区分ごとに記録したが、本稿では各区画の森林内での生息密度を示す指数として、踏査ルートでの1kmあたりの平均糞塊数を用いた。

兵庫県では鳥獣保護事業の一環として、シカの糞塊密度調査を行っている。しかし、調査地点数や継続性から見て未だ十分な調査であるとは言い難い。1999年には兵庫県の鳥獣保護事業として119ルートが調査された（野

生動物保護管理事務所2000）が、2000年には兵庫県の事業としては40ルートの調査しか行われなかったため、著者らで独自に20ルートの調査を同じ時期に追加して行った。これらのデータを併せて本研究の解析に用いた。

糞の残存率は季節や植生によって異なる（岩本ほか、2000；池田、2001；遠藤、2001）ため、糞塊密度による調査結果は季節によってばらつきが生じる。そのため兵庫県における糞塊密度調査は、季節をあわせて全て11月に行った。また、できるだけ多様な植生や環境条件を通過するようにルートを設定し、毎年同じルートを踏査することで、環境条件による年度ごとのデータのばらつきを少なくする努力をした。11月には糞虫などによる糞の分解は少なくなるが、落ち葉によって発見率が低下するという課題もある。ただし、この糞塊密度調査の結果は、同じ時期に同じ区画で行われた区画法による密度推定結果とも比較的高い相関を示し（1996年の調査n=14でR²=0.655, p<0.001, 1999年の調査n=7でR²=0.827, p<0.001）、生息密度の指標として有効であると考えられる（野生動物保護管理事務所、2000；ただしp値は生データを基に新たに計算した）。

狩猟報告のデータと努力量あたり目撃数から糞塊密度への換算

兵庫県では、猟期におけるシカの狩猟の際に、狩猟に入った年月日、場所を示す区画番号、狩猟者数、シカの日撃頭数と捕獲頭数をそれぞれオス、メスに分けて報告するよう狩猟者に依頼している。その結果、80%以上の狩猟登録者からの報告を、環境政策課鳥獣保護係がとりまとめている。のべにして1999年に21,717件、2000年に23,492件の出猟者による報告が集まっている。

努力量あたり目撃数から糞塊密度を単位とした密度指標への換算については、狩猟報告と糞塊密度調査の両方のデータがある区画のデータを用いて、回帰分析により換算式を導いた。この換算式に基づいて、糞塊密度調査は行っていないが、狩猟報告のある区画の糞塊密度を推定し密度指標とした。回帰モデルは(1)式の通りで、a, b, cを最小自乗法による非線形回帰を行って推定した。最適化には修正ガウス-ニュートン法を用いた。

$$\text{密度指標(糞塊数/km)} = a \times \frac{\text{目撃数}^b}{\text{出猟者}^c} \cdots (1)$$

密度指標と密度指標の変化率、捕獲圧、人間の土地利用との関係の解析

1999年と2000年のシカの密度指標から1年間の変化率を計算し、変化率と密度指標、捕獲圧との関係を区画単位のデータを基に解析した。まず、MallowsのC_p値（Mallows, 1973；丹後、2000の解説を参照）による

表1 解析に用いた変数のリスト

変数名	内容
密度指標の変化率に関する解析	
密度指標	およそ5km四方の区画内の森林の尾根上1kmあたりの糞塊数.あるいは努力量あたり目撃数から換算した糞塊密度.
隣接区画の密度指標	該当区画に隣接する8区画の密度指標の平均
隣接区画の個体数指標	該当区画に隣接する8区画の密度指標と森林面積の積の合計
該当区画の捕獲圧 (オス・メス)	該当区画の森林面積あたりのオスまたはメスの年間捕獲個体数
広域の捕獲圧 (オス・メス)	該当区画を中心にした9区画約1.5キロ四方の森林面積あたりのオスまたはメスの年間捕獲個体数
密度指標の変化率	(2000年の密度指標/1999年の密度指標)の自然対数
農業被害に関する解析	
農耕地の周囲(2.5kmまたは5km)のシカの個体数指標	該当農耕地の周辺(2.5kmまたは5km)以内の密度指標と森林面積の積分
農耕地の周囲(2.5kmまたは5km)の植林地率	該当農耕地の周辺(2.5kmまたは5km)以内にある森林内のスギ・ヒノキ植林地面積の割合
農耕地の周囲(2.5kmまたは5km)の農地率	該当農耕地の周辺(2.5kmまたは5km)以内における農耕地面積の割合
農耕地の周囲(2.5kmまたは5km)の人工地率	該当農耕地の周辺(2.5kmまたは5km)以内における住宅や道路,工場など,農耕地や林地以外の人工的な環境の面積の割合
林縁長	該当農耕地が森林と接する接線の長さ
被害面積	市町ごとシカによる農業被害面積
被害額	市町ごとにまとめたシカによる農業被害額

説明変数の選択手法によって重回帰モデルにおける密度指標の変化率に対する説明変数を選んだ。用意した説明変数は、1999年の区画のシカ密度指標、隣接区画のシカ密度指標、隣接区画のシカ個体数指標（密度指標に、隣接する8区画の森林面積をかけた指標）、該当区画のメスに対する捕獲圧、該当区画のオスに対する捕獲圧、隣接区画も含めた広域のメスに対する捕獲圧、隣接区画も含めた広域のオスに対する捕獲圧の7変数である（表1）。変数を選んだあと、捕獲圧には猟期に入る1999年11月15日から2000年11月15日の猟期前までの狩猟と有害駆除を含めた森林面積あたりの年間捕獲個体数を用いた。有害駆除に関しては1999年に2012件、2000年に1918件の情報が得られている。

さらに、説明変数選択の後、説明変数同士の相関も解析するために共分散構造分析を行って各変数の関係を示すパス図を作成した。共分散構造分析は、得られた多変量データの変数間の直接・間接の因果関係を定量的に推定する解析手法である（豊田1998の解説を参照）。この解析にあたっては、捕獲圧が密度指標の変化率にプラスに働くことはないと言う事前の制約をもうけ、その因果

係数が0より大きくなるようにした。

農業被害と個体数指標、人間の土地利用の関係

著者らが入手することのできた農業被害に関するデータは、兵庫県がとりまとめたシカによる被害面積と被害金額を市町別に集計したデータである。このため農業被害に関する解析は市町を単位として行った。

農業被害の面積と金額に対して、説明変数をMallowsのCp値を用いた説明変数の選択手法によって用意した次の変数の中から選んだ（表1）。用意した説明変数は、農耕地の周囲2.5kmおよび5kmの範囲の森林におけるシカ個体数指標、農耕地の割合、森林における植林地率、住宅地や工場人工建造物が占める面積の割合、そして、農耕地が森林に接する長さである。これらは環境庁の自然環境情報（環境庁、1999）と、上の密度指標、狩猟報告のデータから、地理情報システム(GIS)を用いて計算した。個体数指標には、該当する森林面積と密度指標の積（正確には100m四方のグリッドを単位とした該当森林内の各グリッドの密度指標の合計）を用いた。

表2 狩猟報告によるデータから糞塊密度指標を計算する換算式の推定結果

モデル式 $\text{糞塊密度} = a \times \frac{\text{目撃数}^b}{\text{出猟者}^c}$ の各係数、指数の推定値を示す。実際の糞塊密度と推定値の相関係数は0.61であった。

推定係数	推定値	推定値の標準誤差	95%信頼限界下側	95%信頼限界上側
<i>a</i>	2.896	0.179	2.541	3.253
<i>b</i>	0.727	0.159	0.413	1.040
<i>c</i>	0.468	0.179	0.114	0.823

結 果

密度指標と変化率

回帰によって推定した、糞塊密度と狩猟報告による目撃個体数と出猟者数の換算式は(2)式の通りであった。推定誤差等は表2に示す。

$$\text{密度指標(糞塊数/km)} = 2.89 \times \frac{\text{目撃数}^{0.73}}{\text{出猟者}^{0.47}} \dots (2)$$

(2)式より推定した糞塊密度をベースにした1999年のニホンジカの密度指標と1999年から2000年の密度指標の変化率を図1、2に示す。大まかな傾向として、1999年に密度指標の高かった生息地の中心では密度指標は横這いかやや減少で、密度指標の低かった周辺部で増加する傾向にあった。

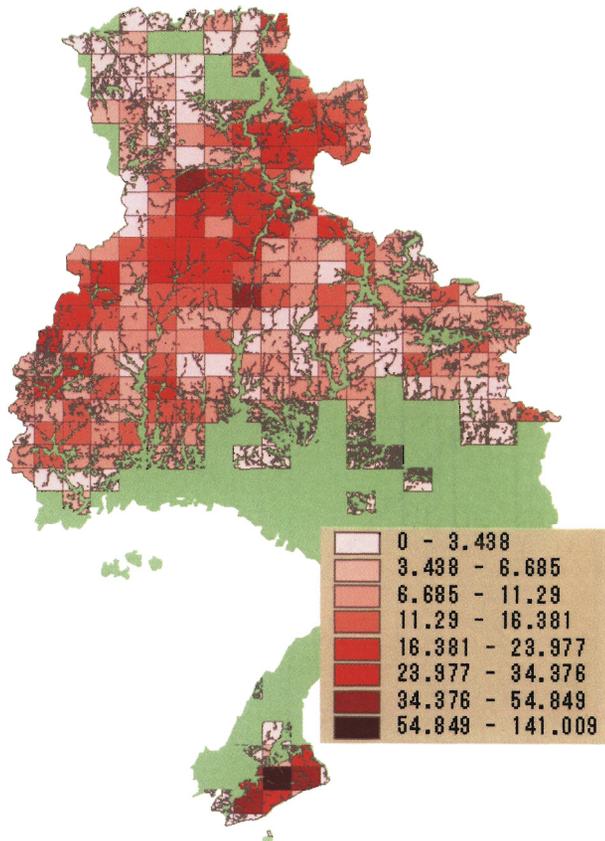


図1 推定されたニホンジカの生息密度。尾根1 kmあたりの糞塊の密度に換算して表す。

密度指標と変化率、捕獲圧の関係の解析

シカの密度指標と変化率、捕獲圧の関係を解析した結果、各区画における密度指標の変化率に影響する変数として、(1)区画のシカの密度指標、(2)隣接区画のシカの個体数指標、(3)隣接区画を含めた広域のメスに対する捕獲圧、(4)隣接区画を含めた広域のオスに対する捕獲圧、の4つの変数が選ばれ、図3のようなパス図を得た。共分散構造分析においては、広域のオスに対する捕獲圧は密度指標の変化率に対して有意ではない(t-test $p=0.42$) 小さな正の因果係数(+0.05)を示したが、プラスの影響を持たないという事前の制約に違反したので因果係数は0に固定した。以下に個別の関係について述べる。

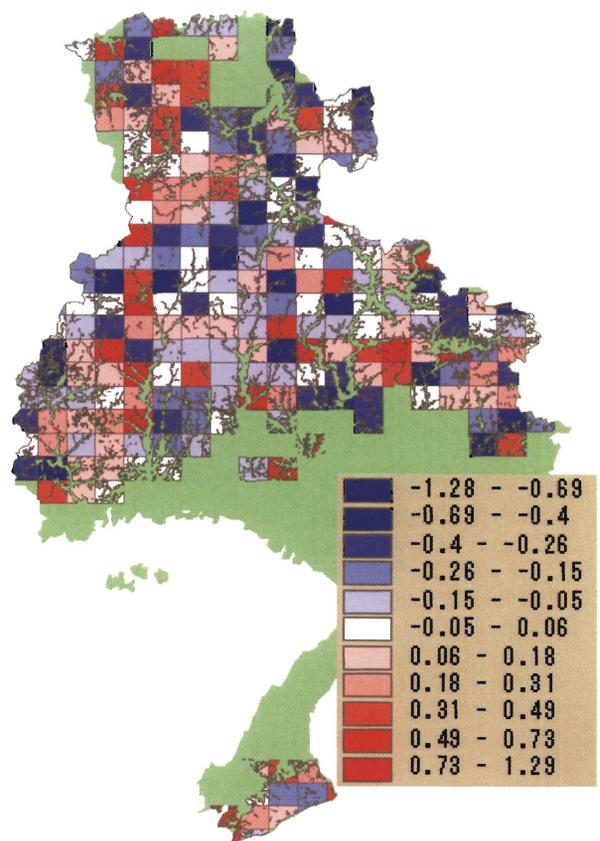


図2 推定されたニホンジカの生息密度増加率。図1の糞塊密度をベースに増加率を自然対数で表す。

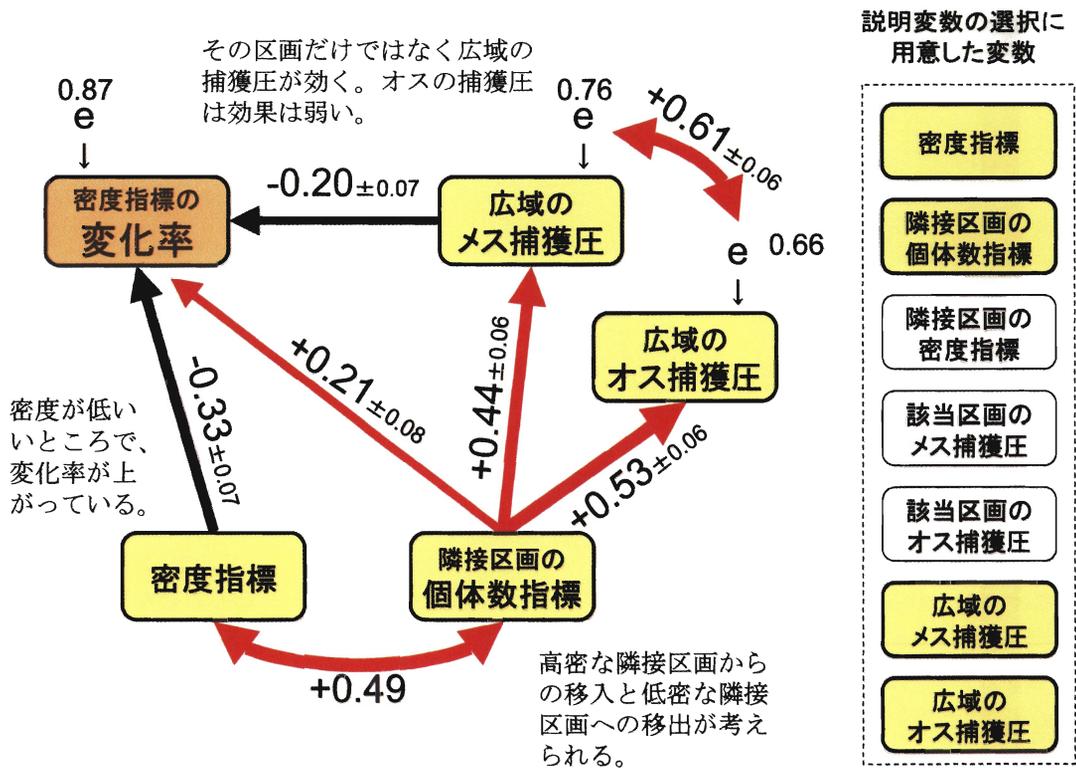


図3 ニホンジカの生息密度と増加率、狩猟圧の関係。右側の変数のうち、ニホンジカの生息密度の増加率に関する説明変数として選ばれた変数についてパス解析を行った。矢印の太さは始点の変数が終点の変数に及ぼす影響の大きさを示し、赤い矢印は正の、青い矢印は負の作用をあらわす。数字は標準化された因果係数と標準誤差。両端の矢印は外生変数間での相関を示す。eは誤差変動を示す。

密度指標、周辺の個体数と密度指標の変化率の関係

シカの密度指標の変化率は区画内の密度指標に影響され、密度指標の高いところでは増加傾向は弱く、密度指標の低いところでは増加傾向にあると推定された。また、隣接区画のシカ個体数指標が密度指標の変化率に影響し、個体数の多い区画から個体数の少ない区画へのシカの移動があることがわかる(図3)。

狩猟の影響

各区画でのシカの密度指標の変化率に対する狩猟の効果については、その区画内だけの捕獲圧でなく、むしろ隣接区画も含めた広域の捕獲圧との相関が高いことがわかった。オスシカに対する捕獲圧が密度指標の変化率に及ぼす影響は弱く、メスシカに対する捕獲圧が密度指標の変化率に及ぼす影響は有意であった。ただし、標準化された因果係数は-0.2程度でその効果には区画によるばらつきがある(図3, 4)。

密度指標と捕獲圧、密度指標の変化率の関係

捕獲圧は密度依存的で、シカ密度指標や周辺の個体数の多い区画で強い傾向があった。密度効果に注目してパス図を単純化すると、区画内の密度指標と広域の捕獲圧と変化率の相関関係は図4のようになる。変化率に関する

密度効果は捕獲圧の効果を介さない直接的な効果として-0.33、密度指標が高いところで捕獲圧が高くなるという捕獲圧の密度依存的な効果を介した間接効果として、 $-0.20 \times 0.29 = -0.058$ 、総合的な密度効果としては合わせて-0.39となる。

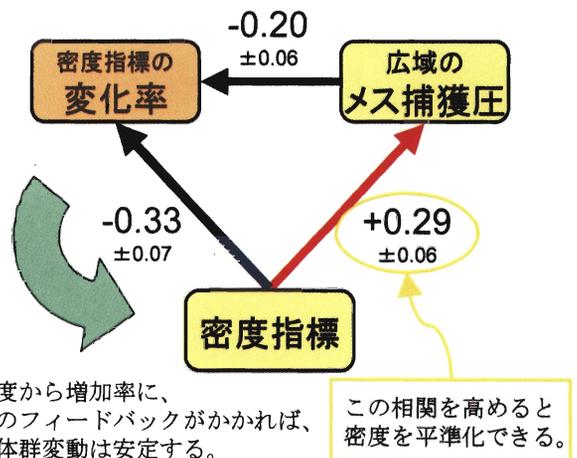


図4 簡略化したニホンジカの生息密度と増加率、狩猟圧の関係。図3を特に注目すべき増加率とメッシュの密度、メスに対する狩猟圧の3変数に絞り、間接効果も含めた因果係数を計算して示す。見方は図3と同じ。

このような総合的な密度効果の影響は、現在のところ高密度の区画で増加がないか、やや減少気味という程度で、中には高密度も関わらず増加した場所もみられた(図5)。

農業被害を左右する要因の解析

農業被害面積と被害額ともにその変動を説明する変数として、(1)農耕地の2.5kmの範囲に存在するシカの個体数指標と、(2)農耕地の周囲2.5kmの範囲にある森林の植林率、(3)農耕地が森林に接する境界の長さ、の3変数がCp値による変数選択法により選ばれた。周囲5kmの範囲のシカ密度指標は選ばれなかったことから、少なくとも

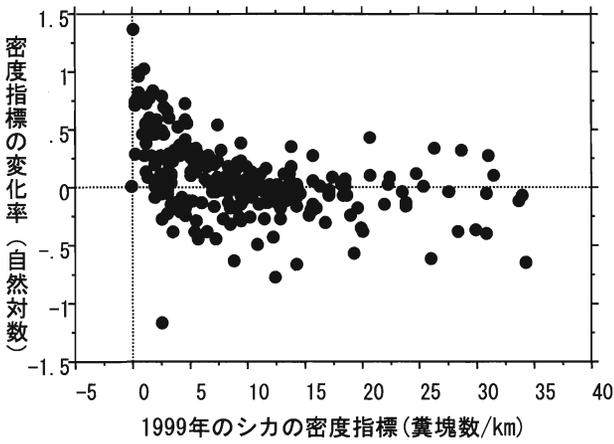


図5 ニホンジカの糞塊密度と増加率の関係。

周囲5kmよりは2.5km程度の農耕地の近くにいるシカが農業被害に関与していると考えられる(図6)。

このように周囲2.5kmのシカ生息数と農業被害には、比較的強い相関があるものの、同じシカの個体数指標でも被害が多い市町と、少ない市町があることがわかる(図7)。

その要因として、ランドスケープの観点から、農耕地の周囲2.5kmの範囲にある森林の植林率の高いところでは被害が大きくなる傾向があることがわかった。また、農耕地が森林に接する境界が長い市町ほど農業被害は多くなっていった(図6)。

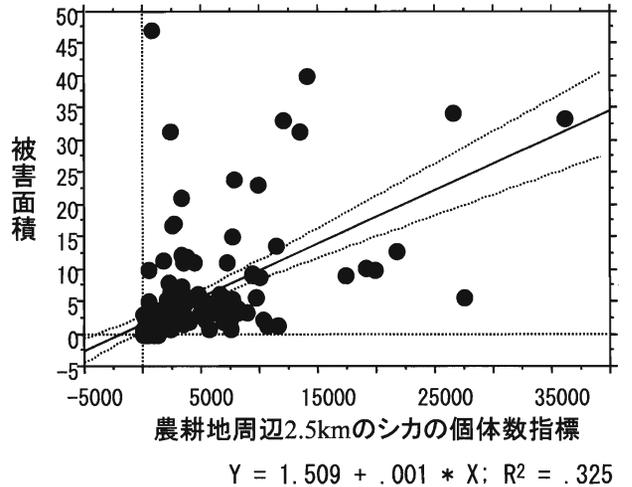


図7 ニホンジカの生息個体数と被害面積の関係 生息個体数の指標については図6と同じ。

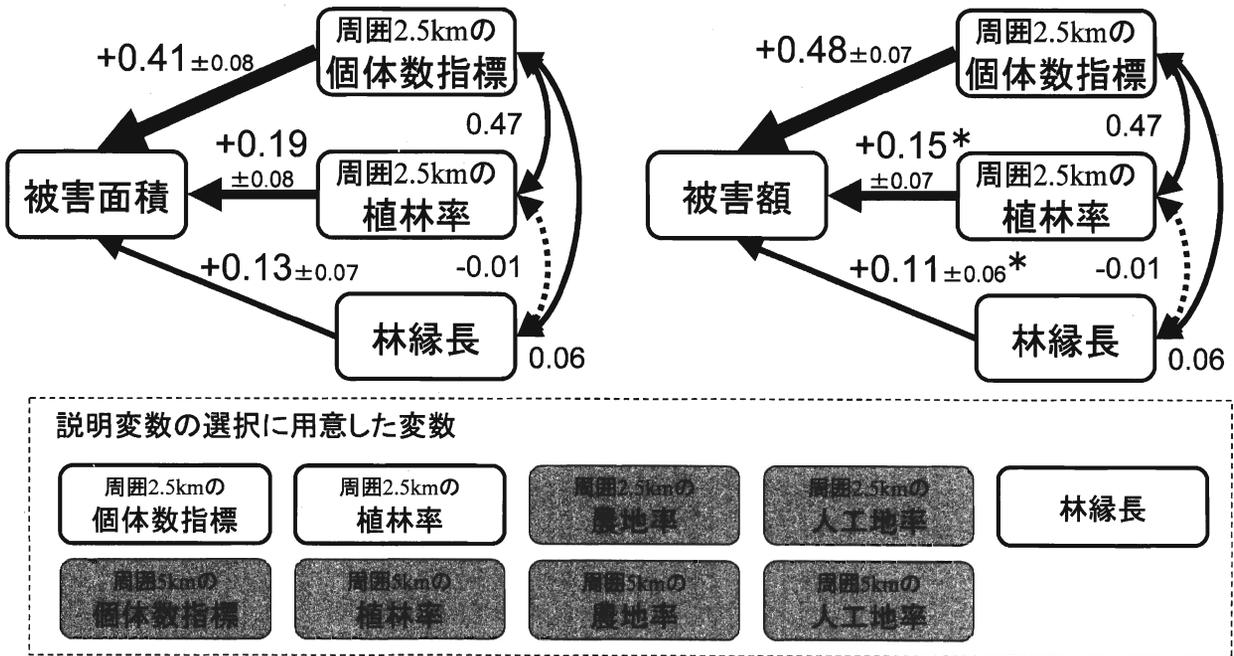


図6 ニホンジカによる農業被害面積、被害額とシカの生息数、ランドスケープ構造の関係。見方は図3と同じ。ただし、生の作用は実線で、負の作用は点線で示す。シカの個体数指標は推定した糞塊密度を対象となる面積を掛けたものとする。

考 察

生息密度の推定とモニタリング調査について

兵庫県のような起伏の大きく密茂した森林に生息し、人間に対して警戒の強い大型動物の生息密度を正確に推定することは非常に困難である。しかし、生息密度を反映すると考えられる区画法による推定値、糞塊密度、努力量あたり目撃数は、それぞれ相互に高い相関があり、糞塊密度も密度指標として利用できると考えられた。詳細に定量的な値を求めたり、非線形の反応曲線を推定したりするためには、精度は充分とはいえないが、他の変数との相関関係や全体的な傾向を把握する目的であれば、大きな問題はないと思われる。

努力量あたり目撃数については、単純に目撃数をのべ出猟者数で割るよりも、目撃数の0.73乗をのべ出猟者数の0.47乗で割ったものが糞塊密度調査の結果とより当てはまりがよいことがわかった。特に集団による巻き狩りが主に行われている兵庫県の狩猟では出猟者数の増加がそのまま目撃数の増加に結びつかないため、このような換算式が妥当であると考えられる。この換算式は、狩猟の形態や猟場の状況、狩猟報告のとりまとめ方によって変わってくるであろうから、今後も、時と場合によって回帰式を検討し直す必要がある。

現時点では、生息密度の指標として、猟の状況など狩猟者の事情に左右される任意の狩猟報告からのデータよりも、専門の調査員が目的に沿って一定の方法で行う糞塊密度調査が、より正確だと考えられる。しかし、兵庫県は糞塊調査を1999年には119地点で行ったものの、2000年には40地点でしか行っていない。結局、糞塊密度の変化率を計算する際には40地点のデータしか使えず、1999年のデータが十分に活かせない。継続的に調査を行わなければ、それまでの努力や費用が無駄になる。モニタリング調査は、周到な計画のもとに十分なサンプル数で継続的に行うことが重要である。

これまで予算の制約などからシカ密度が低いと思われる地域での調査は余り行われていない。このような地域は出猟者も少なく、狩猟者からのデータは集まりにくい。そのため、調査の必要性が高い地域である。現在のようなシカの分布が周辺部に拡散している状況の中では、これまで密度の低かった区画や生息していなかった区画での調査が重要になるだろう。

また、短期間のモニタリングでは環境変動や推定誤差などの影響を受ける可能性が高い。適切な保護管理のためには多くの地点で長期的モニタリングの体制を整えることが必要不可欠である。そのためには、データの精度をあげると共に調査の費用対効果をよく検討することが求められる。1地点(時点)のデータの精度を増すことよりも、同じ精度でもサンプル数を増やし統計的に処理す

る方が効果的な場合もある。その点で、兵庫県域という広いスケールでの調査を行うためには、1人日で5kmの踏査が可能な糞塊密度調査は、1km四方を約5人日(10人で半日)かかる区画法や、狭い範囲に労力を集中させる糞粒法と比べて現実的で効果も高いと考えられる。今後、糞塊密度調査と狩猟者の協力による努力量あたり目撃数や捕獲数は兵庫県におけるシカ生息密度推定の重要な柱になるであろう。

個体数の変動と捕獲圧の調整について

シカのみならず動物の個体群動態や環境収容力を考えるとき、密度依存的な効果の働き方を検討することが重要である。特に本稿のように野外の開放系の個体群において密度の影響を扱う場合は、直接的な干渉や資源をめぐる種内競争による繁殖率の低下、死亡率の増加、移出入に及ぼす影響まで考慮しなくてはならない。さらに、密度の高いところでは人間による捕獲圧が高まって変化率を下げる効果など、間接的な相互作用も含めた様々なタイプの密度効果を検討する必要がある。

個体数の安定性や変動の大きさは、密度と密度の変化率の関数や、密度効果や狩猟の効果働くタイムラグの幅など多くの要因によって決まる。自然の繁殖率や死亡率に対する密度効果は人間が簡単に操作できるものではないが、少なくとも人間の行為である狩猟については、狩猟者の行動特性を見極め、狩猟の効果に関するできる限りの知見を集めて、適切に捕獲圧を調節すべきであろう。

ただし、生態系への施策においては、試行錯誤なしに適切な方法にたどり着くことは困難である。シカの捕獲圧の調整は生態系における実験と見なして、継続的なモニタリングを行い、結果に応じて施策を修正していくことが必要不可欠である。

1999年から2000年の時点では、兵庫県におけるシカの密度は、密度の低い所で増加し、高い所で横這いとなっているが、その密度依存的な効果は総合的に考えても個体群全体を減少させるほどの効果ではない。深刻な農業被害が起こっている地域でも、密度依存的な効果による生息数の大きな減少は起こっていない。ただし、近い将来、シカ個体群がこのままの水準で緩やかな変化を見せるのか、突然急激に減少するかを予測できる材料は乏しい。適切な狩猟調整や個体数管理を行うには、より詳細なモニタリングと分析を長期的に継続し、個体数変動の傾向を検出する必要がある。

密度の変化にタイムラグなく対応し、密度に応じて適切に捕獲圧を調整することができれば、シカの個体数変動の幅を抑えることはある程度可能であろう。個体数変動と対策実施のタイムラグを極力少なくするために、迅速にデータを収集・解析し、情報を提供するシステムを

構築すると共に、狩猟管理の体制を整えるべきである。

本稿では238地点のデータを基に解析し、同時点での地域的な傾向を把握することは可能であるが、時間軸においては1999年と2000年の2時点のデータしかなく、時間軸に沿っての密度効果や捕獲圧の動向を議論することはできない。地域的な密度の差異に基づく議論すれば、シカの密度依存的な効果は直接効果と狩猟を通じた間接効果を含めて-0.39で、密度とメスの捕獲圧の因果係数は0.29であった(図4)。仮に、密度にあわせて狩猟を調整して密度と捕獲圧の因果係数を1にできれば、総合的な密度依存効果を $-0.33+(-0.20 \times 0.29)=-0.39$ から $-0.33+(-0.20 \times 1)=-0.53$ まで強めることができ、地域的な密度の差異を平準化することができる。時系列的な個体群動態の安定化は、時系列的なデータを基に同じような解析を行い、効果をモニタリングしながら捕獲圧を調整することで可能となる。今後は、時間軸に沿ったデータを継続的に収集し、密度効果や捕獲圧の時系列的な動向も解析することが必要である。

メスジカとオスジカの狩猟の調整について

今回の解析ではオスジカに対する狩猟の効果はなく、兵庫県においても、Matsuda et al. (1999) の示した、個体数の抑制が必要なときはメスを捕獲し、個体数の増殖が必要なときは狩猟活動と狩猟技術や狩猟者を維持しておくためにオスを捕獲するという個体数管理の手法が適応できそうである。ただし、注意が必要なのは、これはシカの密度が高く、オスジカも多い状況の中での現象である。シカの個体数が減ったときに同じように、オスジカに対する狩猟が個体群に影響を及ぼさないと考えるのは危険である。Matsuda et al. (1999)の示した管理プログラムにも考慮されているとおり、あくまでも現場での生息密度や捕獲圧の影響を確認するモニタリングをしながら、状況に応じた適応的な狩猟管理を行うことが必要である。

農業被害について

シカの個体数の変動は隣接する区画からの影響を受けるなど、比較的広域に渡る現象であるのに対して、農業被害は、農耕地の周辺2.5km程度の範囲にいるシカの個体数に影響されることがわかった(図6)。ただし、ここで言う「2.5km」とは単に「5km」と比べてよく被害量を説明できるということであるから、大まかな目安ととらえるべきである。

被害の大きさは単にシカの個体数指標だけでは決まらない。市町によっては個体数指標が低いにも関わらず甚大な被害が出ている場所もあれば、個体数指標ほどの被害は出ていないところもあった(図7)。このような現象が起こるメカニズムと社会的な要因を把握し、適切な被

害防除を行う必要がある。例えば、個体数指標が低いにも関わらず被害の大きい地域では、個体数調整で被害を軽減しようとするのは適切ではなく、他の要因の改善を図るほうが合理的であろう。少なくとも、農業被害を防除する上では、近隣の森林の生息状況を十分に把握し、農業被害の起こる仕組みを理解した上で、対応を検討するべきである。

本研究の結果で示したとおり、農耕地と森林の境界の長さや近隣の森林の植林率など、ランドスケープの構造もシカの個体数指標と被害の関係に重大な影響をもたらしている。特にスギやヒノキの成林からなる植林地はシカの餌となる下層植生が極端に少ないため、同じ個体数のシカが生息していても近隣の農耕地に餌を求めるシカは多くなるものと思われる。この点を十分に考慮し、森林の涵養や森づくりを行っていくことが重要である。

有害駆除数と被害量の間には正の相関が見られた。これは、被害が大きいところで駆除がなされているということで、有害駆除をすると被害が大きくなるとは解釈しにくい。現在、著者らは有害駆除の効果を定量化して評価するだけのデータを持ち合わせていないため、今回は有害駆除の効果について詳しい解析を行わなかった。今後、農林業被害の起こった地点や日時、規模などの必要なデータを体系的に集積すれば、有害駆除と被害量との関連を解析が可能になるであろう。その中で、効果的で適切な有害駆除のあり方も見えてくるはずである。

いずれにしても、兵庫県内には農耕地から2.5km以上離れている森林はほとんどない(図8)。環境庁の保護管理マニュアルにあるような空間的にゾーン分けし、特定の保護地域を設けることでシカの個体群を保全しようとする施策は、保護地域に指定される農林業者のことを考えると、兵庫県では実行困難である。このような施策は、シカとの共存を特定の地域(つまりは現時点での生息地)に押しつけることになるだけでなく、本来のシカの生息範囲を現時点の分布で規定し、地域的な個体群の交流や

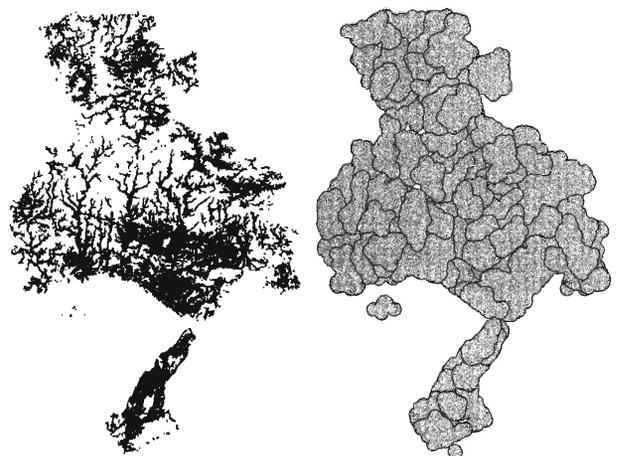


図8 兵庫県における農耕地と農耕地から2.5kmの範囲

多様性を制限するものと思われる。兵庫県においては、シカはどこにでも生息するものであり、シカとの共存する以上、全ての地域で適切なマネージメントと被害防除が必要であることを認識すべきである。

シカの価値とマネージメントのための努力

冒頭で述べたとおり、ニホンジカは兵庫県民にとって生態系の中で果たす機能、文化的な価値、資源として利用価値など、多面的な価値を持つ貴重な共有財産である。その財産はマネージメントの仕方ひとつで、人間にプラスの影響もマイナスの影響も与える。

今後、シカの生息地においては被害対策と保全対策に加えて、地域住民がシカのもたらす恩恵を持続的に享受できる工夫が必要であろう。そのためのマネージメント手法は、地域で実現しなければならない。生息地の農林業者、狩猟者、自然愛好者、行政や研究者が一体となって、科学的なデータを基に、人間と野生動物の共存を目指し関係調整に取り組むことが必要である。本稿が今後のマネージメントを議論する検討材料の一つになれば幸いである。

謝 辞

兵庫県環境政策課鳥獣保護係の北村富士雄前係長、大石房夫係長、中谷康彦氏、大道 武氏には、兵庫県による調査データをとりまとめて提供していただき、県の鳥獣保護行政上の課題や問題点について議論していただいたことを感謝したい。また、本論文の基幹となった糞塊密度調査や狩猟報告、農林業被害のデータは、多くの調査員、狩猟者、行政担当者、その他の協力者の地道な努力のたまものであり、その努力に心からの敬意を表したい。

文 献

- 遠藤 晃 (2001) 西南日本における植生相関によるニホンジカの糞の消失および加入パターンの違いについて. 哺乳類科学, **41**, 13-22.
- 原田信男 (1993) 歴史のなかの米と肉. 平凡社, 317p.
- 北海道環境生活部 (2000) エゾシカ保護管理計画書 参考資料. 17p.
- 兵庫県 (2000) シカ保護管理計画書. 19p.
- 池田浩一 (2001) 福岡県におけるニホンジカの生息および被害状況について. 福岡県森林林業技術センター研究報告, **3**, 1-83.
- 岩本俊孝・坂田拓司・中園敏之・歌岡宏信・池田浩一・西下勇樹・常田邦彦・土肥昭夫 (2000) 糞粒法によるシカ密度推定式の改良. 哺乳類科学, **40**, 1-17.
- 梶 光一 (2001) エゾシカと特定鳥獣の科学的・計画的な管理について. 生物科学, **52**, 150-158.
- 梶 光一・松田裕之・宇野裕之・平川浩文・玉田克巳・斎藤 隆 (1998) エゾシカ個体群の管理方法とその課題. 哺乳類科学, **38**, 301-313.
- 環境庁 (1999編) 自然環境情報GIS第2版 28兵庫県(CD-ROM).
- Mallows, C. L. (1973) Some remarks of Cp. *Technometrics*, **15**, 661-675.
- Matsuda, H., Kaji, K., Uno, H., Hirakawa, H., Saitoh, T. (1999) A management policy for sika deer based on sex-specific hunting. *Researches on Population Ecology*, **41**, 139-149.
- 大泰司紀之, 本間浩昭 (1998編著) エゾシカを食卓へ. 丸善ブライネット, 東京, 215p.
- 自然環境研究センター (1999編). ニホンジカ保護管理の現状と課題 - ニホンジカ保護管理ワークショップ1998の記録 -. (財)自然環境研究センター, 東京, 91p.
- 田口洋美 (2000) 列島開拓と狩猟の歩み. 東北学, **3**, 67-102.
- 丹後俊郎 (2000) 統計モデル入門, 朝倉書店, 東京, 246p.
- 豊田秀樹 (1998) 共分散構造分析 [入門編], 朝倉書店, 東京, 319p.
- 野生動物保護管理事務所 (2000) 平成11年度兵庫県野生鹿生息動態調査業務報告書. 川崎, 88p.

(2001年7月20日受付)

(2001年11月1日受理)