

エゾシカ低密度地域におけるライントランセクト法及び カメラトラップによる生息密度指標の評価

南野一博・雲野 明・明石信廣

Estimation of sika deer density indices using a line transect method and camera traps in a low-deer-density area

Kazuhiro MINAMINO, Akira UNNO, and Nobuhiro AKASHI

要旨

道有林空知管理区イルムケツ山山の東側に位置する保残伐実験地周辺において、ライントランセクト法を用いてエゾシカの生息密度を推定するとともに、調査ライン沿いに自動撮影カメラを設置し、100カメラ稼働日あたりのエゾシカの撮影枚数を撮影頻度指標（RAI）として算出した。ライントランセクト法は、調査地内に約42kmの調査ラインを設置し、2014年6月と10月にそれぞれ4日間実施した。6月の調査では、4日間で計4頭のエゾシカが観察され、10km走行あたりの観察数は0.24頭であった。10月の調査では、4日間で21頭、10km走行あたり1.35頭が観察された。10月の観察結果を用いて距離標本法による生息密度を推定した結果、調査地内のエゾシカの生息密度は3.5頭/km²（95%信頼区間：2.3～4.5頭/km²）、生息数は206頭（132～321頭）と推定された。一方、カメラトラップによる全期間を通じたRAIは14.7であり、月別RAIは、0.0～31.7と大きく変動し、1月～3月までの期間はエゾシカが撮影されなかった。また、地点別RAIでは、86.2と高い地点がある一方、エゾシカが撮影されなかった地点もみられた。これらのことから、カメラトラップは、生息状況の季節変化を把握する有効な手法となるが、低密度地域では設置地点によりRAIが大きくばらつくと考えられた。

キーワード：エゾシカ、距離標本法、撮影頻度指標、低密度地域

はじめに

エゾシカ（*Cervus nippon yesoensis*以下、シカとする）の増加に伴い、北海道では平成10年度以降「道東地域エゾシカ保護管理計画」及び「エゾシカ保護管理計画」が策定され、生息数を適正な水準にまで減少させるための様々な対策が進められてきた（Kaji et al. 2010, Uno et al. 2009）。平成24年度に策定された「エゾシカ保護管理計画（第4期）」（平成27年5月に北海道エゾシカ管理計画（第4期）に変更）では、地域ごとの捕獲目標が設定され、生息動向をモニタリングしながら狩猟や有害駆除、計画的な捕獲（カリング）により捕獲数の確保を目指している。

かつてはシカの生息数の動向を把握する方法として、北海道ではライトセンサス、ヘリコプターセンサス、農林業被害額や狩猟者1人1日あたりのシカ捕獲数（CPUE）や目撃数（SPUE）、列車運行支障発生件数などが用いられてきたが（梶

・富沢1993, 宇野ほか2007）、近年はライトセンサスと捕獲数をもとに個体群動態モデルを用いたバイズ推定法による個体数指数の推定が行われている（Yamamura et al. 2008）。これらの手法は、北海道東部地域など広域の生息数の把握を目的としており、地域単位における生息数の動向や捕獲の効果を検証するには、より小さな地域スケールで把握できる手法が必要である（宇野ほか2013）。さらにシカの生息密度の低い地域では、CPUEやSPUEなどの狩猟統計は情報が少ない場合が多く、ライトセンサスについては一群れの観察の有無で観察数が0頭～数頭とばらついてしまうなどの問題が指摘されており、低密度地域での感度の高い生息密度指標やモニタリング手法が求められている（宇野2012）。

近年、野生動物の密度を把握する手法として、ライントランセクト法を適用する事例が増えている（Buckland et al. 2001, Thomas et al. 2010）。ライントランセクト法は出現した目標物（本研究ではシカ）と調査ラインの垂直距離から、そ

の地域の目標物の密度を推定する方法である (Krebs 1999)。Ruelle and Albaret (2003) は、ライントランセクト法について夜間にライトを照射して探索するスポットライトカウント調査に加え、発見距離を計測することで適用し、これによりアカギツネ (*Vulpes vulpes*) の生息密度を推定している。日本では同様の手法により屋久島のヤクシカ (*C.n.yakushimae*, Tsujino et al. 2004), 宮崎県のキュウシュウジカ (*C.n.nippon*, 小泉ほか2004), 日光のホンシュウジカ (*C.n.centralis*, Koganezawa and Li 2002), 北海道胆振地域 (揚妻ほか2007), 釧路地域及び胆振地域 (Uno et al. in press) のエゾシカなどで適用されている。

また、自動撮影カメラは低価格化や高性能化により実用性が向上したことに伴い、哺乳類相を把握する新たな調査方法として広く普及するようになってきた (小金澤2004, Yasuda 2004, 塚田ほか2006, 明石・南野 2009, 安田2012, 遠藤・北村2014, 深川・辻野2016)。自動撮影カメラを用いた調査は、対象とする動物への攪乱が少なく、24時間モニタリングが可能であり、長期間データを収集できることから、生息数が少なく直接観察が難しい哺乳類や地域に対する生息状況の把握に適している (金子2009, 杉浦ほか2014)。

シカの個体数管理において捕獲数や捕獲の効果を検証するには、その地域の生息数を把握する必要があり、生息動向のモニタリングには複数の密度指標を用いてクロスチェックすることが重要とされている (宇野2012)。そこで本研究では、シカの生息数が少ない道有林空知管理区イルムケップ山系を対象にスポットライトカウント調査を応用したライントラン

セクト法を実施し、距離標本法を用いてシカの生息密度及び生息数を推定するとともに、自動撮影カメラによる撮影頻度から生息密度指標を算出し、低密度地域におけるこれらの手法の有用性について検証した。

調査地の概要

調査地は、北海道芦別市、赤平市、深川市にまたがる道有林空知管理区 (225~250林班, 面積58.8km²) であり、イルムケップ山 (864.3m) の東側に位置する (図-1)。森林面積の58%が人工林であり、このうち79%がトドマツ (*Abies sachalinensis*) となっている。天然林ではシナノキ (*Tilia japonica*), ミズナラ (*Quercus crispula*), ハリギリ (*Kalopanax septemlobus*), ウダイカンバ (*Betula maximowicziana*), オニグルミ (*Juglans mandshurica* var. *sachalinensis*) などの落葉広葉樹が沢沿いを中心に残されており、標高500m以上ではダケカンバ (*Betula ermanii*) が優占している。調査地周辺では、近年、シカの足跡や食痕などの痕跡が確認されるようになっていもののシカの生息密度は低く、2014年度のエゾシカライトセンサスの観察データによると、調査地に最も近い赤平市の観察数は、6.0頭/10kmとなっている (北海道環境生活部環境局エゾシカ対策課未発表資料)。また、調査地における2012年度の狩猟者1人1日あたりの目撃頭数 (SPUE) は、1.0~4.0 (頭/人日) である (北海道立総合研究機構環境・地質研究本部環境科学研究センター未発表資料)。なお、Uno et al. (in press) の調査地におけるSUPEは、4.0~27.2 (頭/人日) となっている。

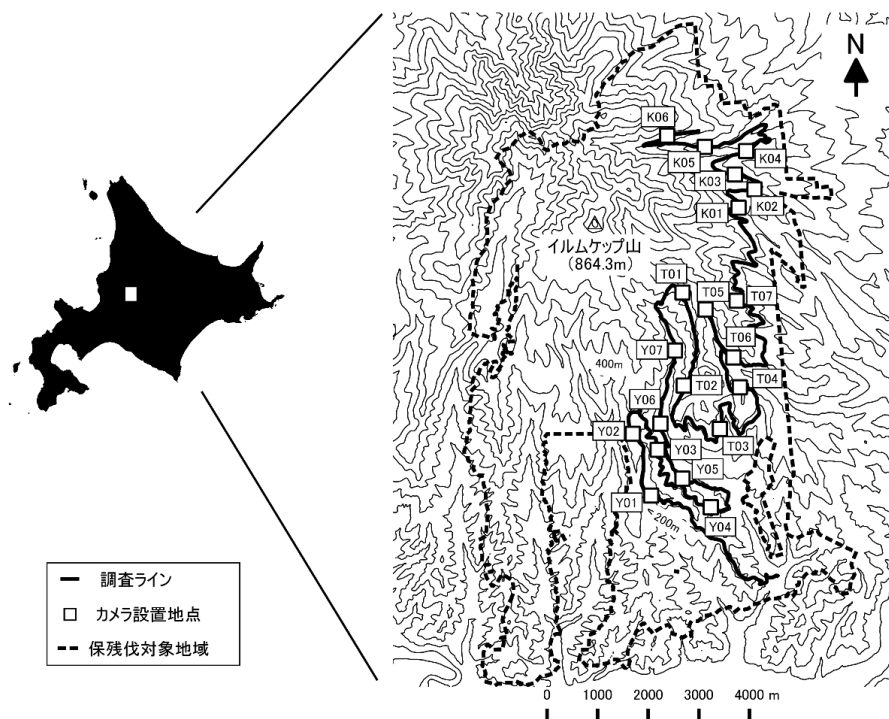


図-1 保残伐実験地における調査ラインと自動撮影カメラの設置地点

この地域は「トドマツ人工林における保残伐施業の実証実験」が行われており、皆伐区や保残木の密度が異なる3保残区と伐採を行わない天然林と人工林の対照区が設けられ、植物、鳥類や昆虫など多様な生物の分類群の生態や林業経営、水文など幅広い分野で検証することとなっている（明石2014、明石ほか2017）。しかし、シカについては生息数が少ないことから調査の対象に含まれていない。なお、本調査は実証実験の実施前に行っており伐採等の影響は受けていない。

ライントランセクト法

(1) スポットライトカウント調査

本調査地周辺はシカの生息密度が低く、スポットライトカウント調査の観察数が少なくなることが予想された。そこで調査地内の林道にUno et al. (in press) が設定した調査ラインの約2倍となる41.6kmの調査ライン（標高120～550m）を設定した（図-1）。また、森林内でスポットライトカウント調査を実施する場合、植物の生育期間中は広葉樹や高茎草本により林内の見通しが悪くなるため、雪解け直後の2014年6月2日～5日と落葉後の2014年10月27日～30日に連続4日間実施した。スポットライトカウント調査は、日没後30分を目処に開始し、自動車で時速10～20kmで走行し、2名の調査者がスポットライト（Q-Beam Max Million III, Brinkmann社製）を用いて調査ラインの両側を照射し、シカの光る目を探索した。調査は探索する時間帯が変わるように開始地点と終了地点を毎回変更して実施した。運転手はヘッドライトをハイビームにして調査ライン上にいるシカを探索するとともに記録係を兼ね、シカを発見した場合には、直ちに停車して発見時刻、調査ライン始点からの距離を記録し、双眼鏡（8×42, Nikon社製）を用いて、性別、年齢（幼獣か1歳以上）、頭数を記録するとともに、車から発見地点までの距離をレーザー距離計（COOLSHOT AS, Nikon社製）により測定した。さらに車の進行方向の方位とシカを発見した地点の方位をコンパスグラス（石神井計器製作所製）で測定し、発見地点と調査ラインの垂直距離を算出した。

(2) 距離標本法による密度推定

距離標本法は、動物の生息密度や生息数を評価するために用いられる手法であり、様々な野生動物の調査に用いられている（Buckland et al. 2001, Thomas et al. 2010）。距離標本法は、距離が遠くなるに伴い見逃しが多くなることを仮定し、距離に応じた確率的な発見頻度を発見関数 $g(x)$ と呼ばれる関数によって近似することで生息密度を推定している。主にライントランセクト法やポイントランセクト法などにおいて適用されている（Buckland et al. 2001, Thomas et al. 2010）。ライントランセクト法による生息密度の推定は、Bookhout (1994) に従い、以下の式で算出した。

$$D = \frac{n}{2 \times ESW \times L \times g(0)}$$

ここで D は生息密度（ km^2 ）、 n は発見した頭数、 L は調査距離（km）、 ESW （effective strip width）は有効探索幅（km）である。 ESW は、ある範囲までの見落とした数とそれ以降の発見した数が同じになる距離のことである（図-2）。 ESW の推定と発見関数の選択には、ソフトウェアDISTANCE ver 6.2（Thomas et al. 2010）を用いた。シカは林内に一様に分布しており、調査ライン上（距離0m）の見落としはなく、すべて発見される $g(0) = 1$ と仮定して解析した。発見関数は4種類の関数（Half-normal, Hazard rate, Uniform, Negative Exponential）から赤池の情報量基準AIC（Akaike's Information Criterion）の最も小さくなる関数を選択し、4日間のデータをまとめて1つのデータセットとした（Buckland et al. 2001, Thomas et al. 2010）。観察データと選択された発見関数による期待値について、カイ二乗検定を行いモデルの適合度を判定した。

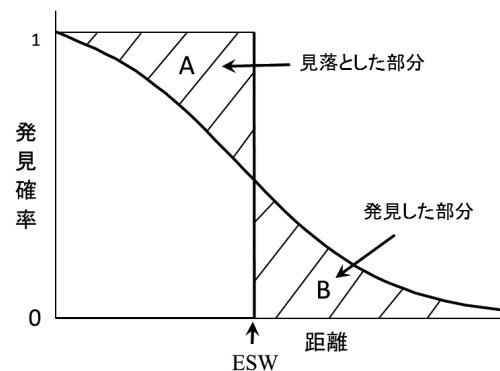


図-2 発見関数とESWの考え方

見落とした部分（A）と発見した部分（B）が同じになる距離がESWとなる

カメラトラップ

ライントランセクトの調査ライン沿いに20地点（標高250～531m）に自動撮影カメラ（ScoutGuard SG560P-8MまたはLtl Acorn 5210A）を設置した（図-1）。カメラの設置地点は、撮影環境が均一になるように、トドマツ人工林の林床植生が少ない林内または作業路跡とし、積雪による埋没や盗難防止のため高さ2.5mの位置にカメラを取り付けた。2014年6月～10月までは20地点、2014年11月～2015年6月までは4地点にカメラを設置した。カメラの設定は、撮影間隔を5分（1度撮影したら5分間は撮影しない）、センサーの反応感度はHigh, Normal, LowのうちNormalを選択した。撮影されたシカの多くは個体識別が困難であることから、データの解析には同一個体が重複して撮影される影響を排除するため、30分以上離れて撮影された場合を1回の撮影イベントとし

表-1 スポットライトカウント調査の結果

月日	開始時間	天候	気温 (°C)	走行距離 (km)	観察頭数				合計	頭/10km	調査ラインまでの垂直距離 (m)
					オス	メス	仔	不明			
6/2	19:38	晴れ	14-17	41.6	0	1	0	1	2	0.48	0-18.2
6/3	19:40	快晴	15-19	41.6	0	0	0	0	0	0.00	-
6/4	19:40	快晴	17-20	41.6	1	0	0	0	1	0.24	26.7
6/5	19:40	快晴	15-17	41.6	0	1	0	0	1	0.24	43.1
10/27	17:20	雪	2-6	41.6	3	2	0	0	5	1.20	8.5-43.8
10/28	17:10	雪	1	41.6	1	4	3	0	8	1.92	0-20.5
10/29	17:06	曇り	3	35.9*	0	3	2	0	5	1.39	0-31.4
10/30	17:05	快晴	2	35.9*	1	1	1	0	3	0.84	31.4-66.2

* 積雪によりコースを短縮して実施した

て扱った (Yasuda 2004, 塚田ほか2006, 遠藤・北村2014, 杉浦ほか2014)。ただし, 30分以内に角の有無などから明らかに別個体であると判断された場合はそれぞれ別個体として扱った (若山・田中2013, 深川・辻野2016)。シカの生息密度指標には, 撮影頻度指数 (RAI: Relative Abundance Index) を用い, 100カメラ稼働日あたりの撮影枚数 (頭/100カメラ日) として算出した。

結果

ライントランセクト法

スポットライトカウント調査の結果を表-1に示す。調査を実施した6月2日~5日の天候は, 晴れまたは快晴であり, 観察条件は良好であった。シカは1日目に2頭, 2日目は0頭, 3日目及び4日目は1頭となり, 4日間で合計4頭が観察された。また, 10km走行あたりの観察数は0~0.48頭となった。確認されたシカの内訳は, メスが2頭, オスが1頭, 識別不明が1頭であり, 調査ラインからシカが発見された地点までの垂直距離は, 平均22.0m (0~43.1m) であった。

10月の調査では, 27日~28日にかけての降雪により標高の高い区間が走行出来なくなり, 29日と30日はコースを短縮して実施した。シカは1日目に5頭, 2日目は8頭, 3日目は5頭, 4日目は3頭が観察され, 4日間で合計21頭, 10km走行あたりの観察数は0.84~1.92頭となった。確認されたシカの内訳は, オスが5頭, メスが10頭, 仔が6頭であった。調査ラインとシカが発見された地点までの垂直距離は平均21.4m (0~66.2m) であった。

距離標本法により10月の観察データを用いて生息密度を推定した。AICによるモデル選択の結果, Negative Exponential関数が選択され (表-2), カイ二乗検定では, 観察データと発見確率モデルの適合性は良いと判断された ($p=0.839$, 図-3)。Negative Exponential 関数によって推定されたESWは19.3m (95%信頼区間: 12.4~30.1) となり, 調査地のシカの生息密度Dは, 3.5頭/km² (2.3~4.5頭/km²), 調査地 (58.8km²) の推定生息数は206頭 (132~321頭) と算出された。

表-2 4種類の発見関数のAICとΔAIC

発見関数	AIC	ΔAIC
Negative Exponential	163.0534	0.00
Uniform	167.1084	4.05
Half-normal	167.2247	4.17
Hazard rate	168.6054	5.55

ΔAICはもっとも小さいAIC値からの差を示す

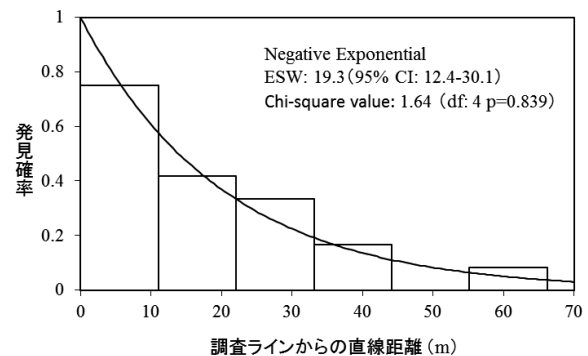


図-3 距離別のシカの発見頻度とNegative Exponential関数による発見確率

棒グラフはライントランセクト調査によって得られた発見頻度, 曲線はNegative Exponential関数モデルによる発見確率を示す

カメラトラップ

各カメラにおける月別のシカの撮影頻度指標 (RAI) の結果を表-3に示す。自動撮影カメラは, 一部を除き新品を使用したが, その中に待機中に電池が著しく消耗してしまう初期不良品が混在していた。それにより, K01では設置日から21日後, K03では33日後に電池切れが生じ, 最終的に20台中7台のカメラにこれらの不具合が発生し, 一部期間のデータが欠損した。

全期間を通じたカメラ延べ稼働日数は3,294日, 全撮影枚数3,027枚のうちシカの撮影枚数は484枚であり, 全期間を通じたシカのRAIは14.7となった。20地点のうちY01を除く19地点でシカが撮影された。Y01については, 2014年6月~8月までは稼働していたが, 9月以降は電池の消耗により稼働

表-3 各カメラにおける月別のシカの撮影頻度指標 (RAI) の集計結果

カメラ No.	標高 (m)	2014						2015							
		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
K01	399	23.5(17)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K02	409	23.3(30)	26.9(26)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K03	468	86.2(29)	-	-	-	-	-	46.7(30)	0.0(31)	0.0(31)	0.0(28)	0.0(31)	30.0(30)	64.5(31)	73.3(30)
K04	430	6.7(30)	9.7(31)	3.2(31)	3.3(30)	6.5(31)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K05	424	0.0(30)	6.3(16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K06	531	3.3(30)	0.0(31)	3.2(31)	6.7(30)	9.7(31)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T01	502	6.7(30)	45.2(31)	19.4(31)	3.3(30)	9.7(31)	3.3(30)	6.5(31)	0.0(31)	0.0(28)	0.0(31)	0.0(30)	6.5(31)	36.7(30)	-
T02	402	0.0(30)	0.0(31)	3.2(31)	10.0(30)	16.7(30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T03	298	16.7(30)	41.9(31)	25.8(31)	33.3(30)	50.0(30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T04	346	16.7(30)	9.7(31)	12.9(31)	20.0(30)	36.7(30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T05	387	13.3(30)	9.7(31)	12.9(31)	13.3(30)	20.0(30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T06	336	13.3(30)	9.7(31)	12.9(31)	3.3(30)	0.0(30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T07	384	3.3(30)	9.7(31)	6.5(31)	16.7(30)	26.7(30)	13.3(30)	0.0(31)	0.0(31)	0.0(28)	0.0(31)	3.0(30)	25.8(31)	3.3(30)	-
Y01	329	0.0(30)	0.0(31)	0.0(31)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y02	384	43.3(30)	41.9(31)	29.0(31)	10.0(30)	23.3(30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y03	300	16.7(30)	25.8(31)	22.6(31)	23.3(30)	17.2(29)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y04	252	13.3(30)	22.6(31)	26.9(26)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y05	250	6.7(30)	25.0(8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y06	270	13.3(30)	22.6(31)	16.1(31)	30.0(30)	33.3(30)	6.7(30)	3.2(31)	0.0(31)	0.0(28)	0.0(31)	3.0(30)	19.4(31)	13.3(30)	-
Y07	355	13.3(30)	12.9(31)	9.7(31)	6.7(30)	13.3(30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
全体		15.2(586)	17.7(515)	14.0(443)	13.8(390)	20.2(392)	17.5(120)	2.4(124)	0.0(124)	0.0(112)	0.0(124)	9.2(120)	29.0(124)	31.7(120)	-

「-」は自動撮影カメラを撤去あるいは故障により稼働していなかったことを示す

() 内は各月におけるカメラの稼働日数

撮影頻度指標 (RAI) は100カメラ稼働日あたり撮影枚数 (頭/100カメラ日) として算出した

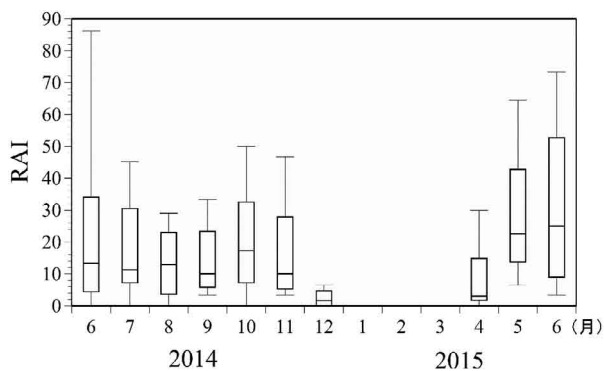


図-4 2014年6月から2015年6月までのシカの撮影頻度指標 (RAI) の季節推移

箱の上端が第1四分位数, 箱中の横線が中央値, 箱の下端が第3四分位数, ひげの両端が最大値及び最小値を示す

していなかった。

設置地点別のRAIは、2014年6月にはY01やK05などの地点では、シカが撮影されなかった一方、K03では86.2と高い地点がみられるなど、設置地点間でばらつきがみられた (表-3)。

月別RAIは季節により大きく変動しており (図-4)、2014年6月~11月は、13.8~20.2で推移していたが12月になると2.4に低下し、1月~3月はシカが撮影されなかった (表-3)。シカが撮影されなかった期間は、K03では12月1日~4月23日までの144日間、T01では12月6日~5月16日までの162日間、T07では11月22日~4月28日までの158日間、Y06では12月5日~4月18日までの136日間であった。

考 察

ライントランセクト法

ライントランセクト法をシカの生息数が少ない地域で適用する際は、シカをできる限り多く発見する必要があるが、本研究では林内の見通しが比較的良好な雪解け直後の6月上旬と落葉後の10月下旬に調査を実施した。調査ラインとシカが発見された地点までの垂直距離は、6月は平均22.0m (0~43.1m)、10月は平均21.4m (0~66.2m) であり、林内の見通しなどの観察条件に大きな違いはなかったが、観察数は6月の4頭に対し、10月の21頭と大きく異なっていた。6月と10月の観察数の違いについては、シカが調査地内外を移動し生息数が変化していた可能性がある。一方、片桐ほか (2007) は、年5回スポットライトセンサスを実施し、繁殖期の秋季に観察数が増加したことを報告している。調査を実施した10月下旬は、シカの繁殖期間中で行動が活発化する時期であったことから、観察数が増加した可能性も考えられる。

Uno et al. (in press) は、約20kmの調査ラインで4回繰り返し調査を行っているが、本研究ではその約2倍の調査努力量を実施したものの10月の観察数は21頭にとどまった。ライントランセクト法により生息密度を推定するには、観察数が40以上あることが望ましいとされている (Krebs 1999)。一方で、本研究で得られた実測値と発見関数との適合性は良く (図-3)、ESW及び生息密度を推定することができた。また、推定されたESW (19.3m) は、Uno et al. (in press) が実施した釧路地域 (53.1m, 64.6m) や胆振地域 (71.7m, 64.6m)、揚妻ほか (2007) の北海道大学苫小牧研究林 (55.1~74.4m)

と比較すると非常に小さい値であった。この理由として、本調査地は急峻な地形が多く見通しが悪かったことや、クマイザサ (*Sasa senanensis*) やチシマザサ (*Sasa kurilensis*) などの大型のササ類が生育していたことにより、調査ラインから離れたシカを発見できなかったことが考えられる。また、それにより発見距離別の頻度分布にばらつきが小さくなったことで、発見関数のあてはまりがよくなり生息密度が推定できたと推察される。

距離標本法により本調査地のシカの生息密度は3.5頭/km²と推定され、調査地の推定生息数は206頭 (132~321頭) と算出された。Uno et al. (in press) は、ライントランセクト法によりシカの生息密度を、釧路地域は2013年が39.6頭/km²、2014年は15.6頭/km²、胆振地域については2013年は8.4頭/km²、2014年は4.4頭/km²と推定している。本調査地はこれらの地域よりもシカの生息密度が低く、ライトセンサスの観察数やSPUEを勘案しても妥当な値であったと考えられる。

以上のことから、低密度地域においてライントランセクト法を実施する場合、調査地の選定や調査努力量 (調査距離・回数) について十分に検討する必要があるものの、カメラトラップやライトセンサスなどから得られる密度指標とは異なり、ライントランセクト法は対象とする地域のシカの生息数を推定できるため、地域個体群の把握や捕獲事業における目標捕獲数を設定する際の有用な手法になると考えられる。

カメラトラップ

本研究では、環境が類似しているトドマツ人工林内にカメラを設置したが、シカが一度も撮影されなかった地点がある一方、非常に高い頻度で撮影される地点があるなどRAIに大きなばらつきがみられた (表-3)。この理由として、シカの生息数が少ない地域ではシカが利用していない、あるいは利用頻度の低い空間があり、それにより撮影頻度に差が生じていた可能性が考えられた。また、月別RAIは季節によって変動がみられ (図-4)、冬季間 (1月~3月) はシカが撮影されなかったことから、本調査地ではシカは季節移動によりカメラ地点周辺で越冬していない可能性が示唆された。これらのことから、低密度地域においてカメラトラップは、カメラの設置地点間で撮影頻度にばらつきが生じるものの、シカの生息状況の季節的な変化を把握できることが示唆された。

ライントランセクト法により本調査地のシカの生息密度は3.5頭/km²と推定された。一方、カメラトラップによる全期間を通したRAIは14.7、ライントランセクトを実施した10月のRAIは20.2であった (表-3)。Rovero and Marshall (2009) は、自動撮影カメラによる撮影頻度とライントランセクト法による生息密度について、強い線形関係があることを報告しており、稲富ほか (2016) についてもそれらの関係性について検討している。

一方、本研究ではYasuda (2004)、塚田ほか (2006)、遠藤

・北村 (2014) などに従い、100カメラ稼働日あたりの撮影枚数としてRAIを算出し、30分以上離れて撮影された場合を1回の撮影イベントとして扱った。しかし、RAIはこれ以外にも、カメラの機種や設置場所、設置方法、撮影時期、期間などにより影響を受けると考えられることから (塚田2006、金子ほか2009)、他の地域のRAIと比較するには、それらの影響を考慮することが求められる。また、ライントランセクト法による生息密度とRAIとの関係性を検討する場合は、自動撮影カメラの設定基準を統一化させることが必要になるであろう。近年は自動撮影カメラの撮影頻度から生息密度を推定することも検討されており (小金澤2004、Rowcliffe et al. 2008、安田2012、池田2015)、今後の研究の発展に期待したい。

謝 辞

本研究の実施にあたり、対馬俊之道北支場長にはスポットライトカウント調査の補助をしていただいた。解析ソフトウェアDISTANCEの使用方法について、環境・地質研究本部環境科学研究センターの上野真由美博士にご教授いただいた。また、同センターからSPUEのデータ、北海道環境生活部環境局エゾシカ対策課からはエゾシカライトセンサスの観察データを提供頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 明石信廣 (2014) トドマツ人工林における保残伐施業の大規模実験. 森林科学 71 : 48-49.
- 明石信廣・対馬俊之・雲野明・長坂晶子・長坂 有・大野泰之・新田紀敏・渡辺一郎・南野一博・山田健四・石濱宣夫・滝谷美香・津田高明・竹内史郎・石塚 航・福地 稔・山浦悠一・尾崎研一・弘中 豊・稲荷尚記 (2017) 保残伐施業の実証実験 (REFRESH) における実験区の伐採前の林分組成. 北海道林業試験場研究報告54 : 31-45.
- 明石信廣・南野一博 (2009) 自動撮影カメラで確認された北海道立林業試験場光珠内実験林における哺乳類相. 北海道林業試験場研究報告 46 : 117-126.
- 揚妻直樹・日野貴文・奥山 悟・及川幸雄・奥田篤志・佐藤智明・本前忠幸・三好 等・汲川正次・石井 正・市川一・浪花彰彦・鷹西俊和・柳田智幸・有働裕幸・青井俊樹 (2007) 西北北海道・胆振地方におけるエゾシカの再定着過程. 北海道大学演習林研究報告64 : 23-28.
- Bookhout, T. A. (1994) Research and management techniques for wildlife and habitats. 5th ed. The Wildlife Society, 740pp.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L. and Thomas, L. (2001) Advanced Distance Sampling Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, 434 pp.
- 遠藤 拓・北村俊平 (2014) 自動撮影カメラによる石川県林業試験場内の中・大型哺乳類相の調査. 石川県自然史資

- 料研究報告4:23-36.
- 深川 幹・辻野 亮 (2016) カメラトラップを用いて確認された奈良県大峯山系弥山・前鬼の中・大型哺乳類相. 奈良教育大学自然環境教育センター紀要17:49-58.
- 池田 敬 (2015) 自動撮影カメラを用いた野生動物の個体数推定. 野生動物管理のためのフィールド調査法-痕跡判定からデータ解析まで-. 關義和・江成広斗・小寺祐二・辻大和編. pp.347-351. 京都大学学術出版会.
- 稲富佳洋・宇野裕之・上野真由美・長 雄一 (2016) 森林におけるエゾシカ相対密度把握手法の開発. 2-2. 自動撮影法. (環境科学研究センター編) 重点研究「森林管理と連携したエゾシカの個体数管理手法に関する研究」pp.19-29.
- Kaji, K., Uno, H., Saitoh, T., Matsuda, H. and Yamamura, K. (2010) Adaptive management of sika deer populations in Hokkaido, Japan: theory and practice. *Population Ecology* 52: 373-387.
- 梶 光一・富沢昌章 (1993) エゾシカの生息数調査と個体群評価. *哺乳類科学*32: 127-134.
- 金子弥生・塚田英晴・奥村忠誠・藤井 猛・佐々木浩・村上隆広 (2009) 食肉目のフィールドサイン, 自動撮影技術と解析—分布調査を例にして. *哺乳類科学*49: 65-88.
- 片桐成夫・坂本妙子・金森弘樹 (2007) 鳥根県弥山山地におけるスポットライトセンサスによるニホンジカの頭数, 行動, 利用植生の季節変化および年変化の検討. *森林応用研究* 16: 69-77.
- Koganezawa, M. and Li, Y. (2002) Sika deer response to spotlight counts: implications for distance sampling of population density. *Mammal Study* 27: 95-99.
- 小金澤正昭 (2004) 赤外線センサーカメラを用いた中大型哺乳類の個体数推定. *哺乳類科学*44: 107-111.
- 小泉 透・矢部恒晶・椎葉康喜・井上 晋 (2004) 距離標本法によるニホンジカの密度推定. *九州森林研究*57: 131-134.
- Krebs, C. J. (1999) *Ecological Methodology* 2nd ed. 620pp, Addison Welsey Longman, Inc.
- McCoy, J. C., Ditchkoff, S. S., Steury, T. D. (2011) Bias associated with baited camera sites for assessing population characteristics of deer. *Journal of Wildlife Management* 75:472-477.
- Rovero, F. and Marshall, A. R. (2009) Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology* 46: 1011-1017.
- Rowcliffe, J. M., Field, J., Turvey, S. T. and Carbone, C. (2008) Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology* 45: 1228-1236.
- Ruette, S., Stahl, P. and Albaret, M. (2003) Applying distance-sampling methods to spotlight counts of red foxes. *Journal of Applied Ecology* 40:32-43.
- 杉浦晃介・佐藤 謙・藤井純一・水尾君尾・吉田剛司 (2014) 夕張岳の高山帯における自動撮影カメラを用いたエゾシカ侵入状況の把握. *酪農学園大学紀要*38: 111-117.
- Thomas, L. Buckland, S. T., Rexstad, E. A., Laake, J. L., Strindberg, S., Hedley, S. L., Bishop, J. R. B., Marques, T. A., Burnham, K. P. (2010) Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47: 5-14.
- Tsujino, R., Noma, N. and Yumoto, T. (2004) Growth of the sika deer (*Cervus nippon yakushimae*) population in the western lowland forests of Yakushima Island, Japan. *Mammal Study* 29: 105-111.
- 塚田英晴・深澤 充・小迫孝実・須藤まどか・井村 毅・平川浩文 (2006) 放牧地の哺乳類相調査への自動撮影装置の応用. *哺乳類科学*46: 5-19.
- 宇野裕之 (2012) 野生動物管理におけるモニタリング. 羽山伸一・三浦慎悟・梶 光一・鈴木正嗣編「野生動物管理—理論と技術—」pp.145-159. 文永堂出版.
- 宇野裕之・梶 光一・車田利夫・玉田克巳 (2007) エゾシカ個体群の個体数管理とモニタリング. *哺乳類科学* 47:133-138.
- Uno, H., Kaji, K., and Tamada, K. (2009) Sika deer population irruptions and their management on Hokkaido Island, Japan. In (McCullough, D. R., Takatsuki, S. and Kaji, K. eds.) *Sika Deer: Biology and Management of Native and Introduced Populations*. pp. 405-419. Springer, Tokyo.
- Uno, H., Ueno, M., Inatomi, I., Osa, Y., Akashi, N., Unno, A., and Minamino, K. Estimation of population density for sika deer (*Cervus nippon*) using distance sampling in the forested habitats of Hokkaido, Japan. *Mammal Study*. in press.
- 若山 学・田中正臣 (2013) 自動撮影カメラで確認された吉野郡黒滝村赤滝の森林の哺乳類相と鳥類. 奈良県森林技術センター研究報告42: 11-18.
- Yamamura, K., Matsuda, H., Yokomizo, H., Kaji, K., Uno, H., Tamada, K., Kurumada, T., Saitoh, T., and Hirakawa, H. (2008) Harvest-based Bayesian estimation of sika deer populations using state-space models. *Population Ecology* 50: 131-144.
- Yasuda, M. (2004) Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study* 29:37-46.
- 安田雅俊 (2012) 自動撮影カメラによる調査技術. 羽山伸一・三浦慎悟・梶 光一・鈴木正嗣編「野生動物管理—理論と技術—」pp.195-201. 文永堂出版.

Summary

Line transect methods using distance sampling have been developed and applied to estimate the size of many wildlife populations. Camera traps are also widely used to monitor populations and estimate their size. In this study, we investigated sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) population density using both a line transect method and camera traps in the low-deer-density area of central Hokkaido. A line transect route of 42 km in length was established in the study area (58.8 km²), and we conducted spotlight counts four times each in the early June and late October of 2014. Using distance sampling methods, deer population density was estimated to be approximately 3.5 deer/km² [95% confidence interval (CI): 2.3–4.1 deer/km²], and the total number of deer in the study area in October was estimated to be approximately 206 (95% CI: 132–321). We set up a total of 20 infrared-triggered cameras along the line transect from June to October 2014 and 4 cameras from November 2014 to June 2015. During the study period (3,294 camera days in total), 484 pictures of deer were recorded. Relative abundance index (RAI) increased in fall and decreased in winter, and there were no observations of deer from January to March 2015. The monthly RAIs were within the range of 0.0–31.7.

Key words

sika deer, distance sampling, relative abundance index, low deer density area