

奈良県におけるカメラトラップを用いたツキノワグマの個体数推定

高田敦史*1・若山学*2

Estimating population size of Japanese black bear, *Ursus thibetanus japonicus*,
using camera traps in Nara prefecture.

Atsushi TAKADA and Manabu WAKAYAMA

カメラトラップ調査を実施し、奈良県におけるツキノワグマの個体数を推定した。上北山村と十津川村にカメラトラップを設置し、ツキノワグマの直立姿勢を誘導して動画を撮影した。胸部斑紋の形状に基づく個体識別により、各調査地域における個体数を得た。カメラトラップ設置地点を中心として調査範囲の面積を定義することで各調査地域における生息密度を算出し、その平均値を奈良県におけるツキノワグマの生息密度とした。また、アンケート調査により分布情報を得た 1 km メッシュ区画数から奈良県におけるツキノワグマの分布面積を推定した。生息密度×分布面積によって奈良県におけるツキノワグマの個体数を試算したところ、174.6～466.7 頭（中央値 267.3 頭）となった。2000 年および 2008 年の調査と同様の個体数水準に該当することから、大きな個体数の変動はないものと推察された。

1. はじめに

奈良県に生息するニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) は紀伊半島の個体群に属する。この個体群は、1991 年より、環境省のレッドリストにおいて「絶滅のおそれのある地域個体群」として掲載され、1994 年以降、狩猟による捕獲が禁止されている¹⁾。一方、ツキノワグマはスギやヒノキの樹皮を剥ぎ、材に変色・腐朽をもたらすことが知られており²⁻⁴⁾、2008 年以降、奈良県では実損面積で年間 100ha 以上の深刻な林業被害が報告されている⁵⁾。また、近年は目撃報告件数が増加しており⁶⁾、人身被害の予防および対策も重要な課題となっている。このように、紀伊半島のツキノワグマについては、地域個体群の維持・発展と農林業被害・人身被害の対策を両立するための適切な保護管理が求められている。

奈良県では、2002 年から 5 年ごとに奈良県ツキノワグマ保護管理計画を策定している。保護管理計画の策定にあたり、個体数の把握は極めて重要であることから、これまでも個体数の推定が試みられてきた。紀伊半島における個体数は、捕獲頭数に基づく試算により、1980 年代前半で 180 頭⁷⁾、1991 年時点で 137 頭と推定された⁸⁾。また、奈良県における個体数は、2000 年のアンケ

ート調査（以下、2000 年調査）により、46～332 頭（平均値 123.7 頭）と推定され⁹⁾、2008 年のヘアトラップ調査（以下、2008 年調査）により、103.8～269 頭（中央値 157.6 頭）と推定された¹⁰⁾。しかし、2008 年以降、調査は実施されておらず、生息動向は不明瞭であることから、奈良県におけるツキノワグマの個体数を調査する必要性が生じている。

野生動物の個体数推定においては、非侵襲的な標識により個体を識別し、識別個体数に基づいて調査地域の個体数を推定する方法が用いられる。クマ類の個体数推定では、個体識別の手法としてヘアトラップ法が利用されてきたが^{11,12)}、体毛の採取や DNA の抽出において、時期によって体毛の採取率が変化することや、体毛からの DNA 抽出成功率に差があることが課題として報告されている^{13,14)}。また、遺伝解析に要する金銭的成本や専門性が利用に際して障壁となる¹⁵⁾。そこで、本研究では、これらの課題を解決する代替法として開発されたカメラトラップ法¹⁵⁾を採用し、ツキノワグマの個体数を推定した。

2. 材料および方法

2.1 カメラトラップ調査

*1 現 奈良県 水循環・森林・景観環境部 森と人の共生推進課

*2 現 十津川村

「カメラトラップ調査の手引き—ツキノワグマの個体数推定へ向けて—」¹⁶⁾を参考として調査を実施した。

奈良県上北山村の県有林および十津川村の村有林を調査地とした(図1)。なお、本調査地は2008年調査のヘアトラップ設置地域の一部である。調査は、上北山村地域では2016年11月21日～2018年10月5日、十津川村地域では2017年5月22日～2018年10月25日に実施した。各調査地域において15地点にカメラトラップを設置し(図1)、1ヶ月～2ヶ月の間隔で自動撮影カメラの電池とSDカードの交換およびカメラトラップの補修を行った。なお、冬季は自動撮影カメラを回収して調査を休止した。また、上北山村地域で法面の崩落が発生したため、2018年は9地点で調査を実施した。

カメラトラップ設置地点は、上北山村地域では落葉広葉樹林、十津川村地域では常緑広葉樹林が大半を占め、いずれもツキノワグマの生息に適した環境であることが想定された。カメラトラップ設置地点の標高は、上北山村地域で376mから1252m、十津川村地域で582mから798mであり、平均標高は上北山村地域で約891m、十津川村地域で約695mであった。

カメラトラップでは、立木2本の間に地上約1.5mの高さでスギの角材を固定し、その片面中央部に誘引物を設置することにより、ツキノワグマの直立姿勢を誘導した。誘引物の真下には直立補助のための杭を配置した。誘引物は、市販の蜂蜜約200gと赤ワイン約40mlの混合物とし、ポリスチレン製容器に入れて設置した。なお、匂いのみで誘引し、ツキノワグマが摂食できないようにした。カメラトラップは誘引物の設置面が斜面上部となるように配置し、斜面下部約3mの位置に自動撮影カメラを設置した。自動撮影カメラはLtl Acorn[®] Ltl-6511WMCを使用した。本機種はノーグロータイプの赤外線投光器を搭載しており、センサー感知角度は100°、画角は100°、トリガー速度は0.8秒であった。カメラの設定は、動画撮影モードで撮影時間は60秒とし、撮影間隔は0秒、センサー感度はNormal(2017年はHigh)とした。カメラの画角は、正面からカメラトラップの全体が収まるように調整した。

カメラトラップで撮影された動画を目視により確認し、ツキノワグマが確認された場合は、撮影日時および形態的特徴により個体識別を試みた。斑紋が撮影された動画については、斑紋撮影品質を3段階(A:斑紋全体が正面から鮮明に撮影できている、B:Aに劣るが、概ね斑紋全体が撮影できている、C:極端に角度がある、不鮮明、または斑紋の一部しか撮影されていない)に区分し、原則として品質がB以上の動画を個体識別に用いた

¹⁶⁾。なお、品質がCの動画については、品質がB以上の動画を用いて個体識別した後に確認し、個体識別に用いた。斑紋が一部しか撮影されなかった場合でも、すでに識別された個体と明らかに異なる斑紋を有する個体については別個体として識別した¹⁷⁾。

2.2 アンケート調査

ツキノワグマの分布状況、目撃状況および被害状況についてのアンケート調査を2018年に実施した。2000年調査および2008年調査と同様の内容で調査票を作成し、1kmメッシュの区画の入った1/50000地形図とともに配布した。対象者はツキノワグマの生息が想定される地域の狩猟者とし、猟友会本部から、支部を通じて狩猟者に調査票の配布と回収を行った。アンケート調査票は、奈良県南部地域に所在する猟友会支部を中心に12支部(五條、吉野、大淀、下市、黒滝、天川、野迫川、十津川、下北山、上北山、川上、東吉野)を選出し、合計402部を配布した。

回収された調査票の総数は70件、回収率は17.4%であった。本報では、このうち分布区画についての回答が得られた30件の結果を利用し、カメラトラップ調査の結果を用いて個体数を推定する際に、奈良県におけるツキノワグマの分布面積の算出根拠とした。

2.3 個体数推定

奈良県におけるツキノワグマの個体数を推定するにあたり、2008年調査と同様の方法を用いた。カメラトラップ調査によって得られる識別個体数から生息密度を推定し、アンケート調査によって得られる分布区画数から分布面積を推定した。

カメラトラップ調査によって得られる識別個体数から生息密度を推定する際には、調査地域におけるツキノワグマの行動範囲を定義する必要がある。本調査では、2008年調査と同様に、カメラトラップ設置地点を中心とした半径2km、3km、4kmの円内を、カメラトラップによって撮影できるツキノワグマの行動範囲と仮定した。また、調査地域の環境がツキノワグマの生息に適した環境かどうかを評価する必要がある。本調査では、生息環境を評価する指標として、人為的影響の度合いによって日本の植生を10の類型に区分した植生自然度(表11⁸⁾)を用いた。2008年調査の自然環境調査の結果に基づき、植生自然度が6～9に該当する地域をツキノワグマの生息に適した環境であると仮定し、カメラトラップ設置地点を中心とした半径2km、3km、4kmの円内のうち、植生自然度が6～9に該当する面積を調査地域におけるツキノワグマの行動範囲の面積として定義した。アンケート調査によって得られる分布区画から分布面積を推定す

る際にも、分布地域の環境がツキノワグマの生息に適した環境かどうかを評価する必要がある。したがって、同様に、植生自然度が 6~9 に該当する地域をツキノワグマの生息に適した環境であると仮定し、アンケート調査によって得られる分布区画のうち、植生自然度 6~9 に該当する区画をツキノワグマの分布区画として定義した。

なお、植生自然度の分類にあたり、現存植生のデータ

は、環境省自然環境局生物多様性センターが実施している自然環境保全基礎調査植生調査の第 6・7 回基礎調査 1/25000 植生図 GIS データ¹⁹⁾を用いた。1km メッシュでの植生データは植生調査の成果物として公開されている第 5 回基礎調査植生 3 次メッシュデータ (1992-1996)²⁰⁾を用いた。

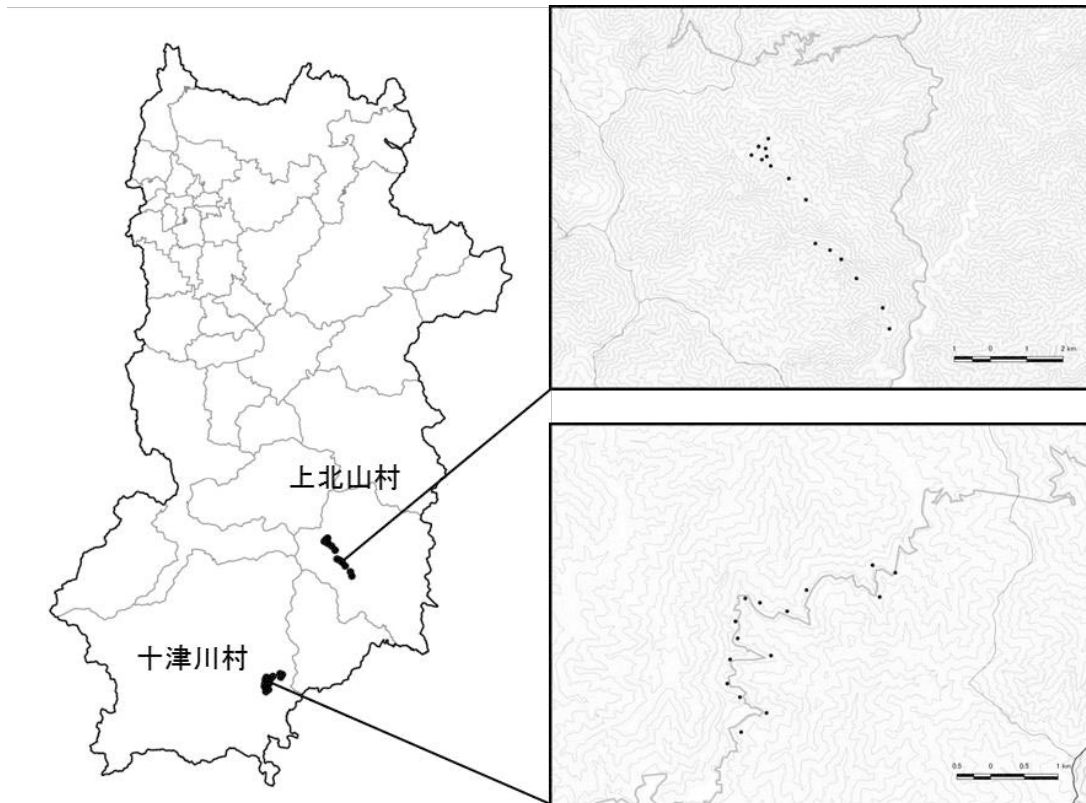


図 1 調査地

表 1 植生自然度の区分¹⁸⁾

植生自然度	区分基準
10	高山ハイデ、風衝草原、自然草原等、自然植生のうち単層の植物社会を形成する地区
9	エゾマツ・トドマツ群集、ブナ群集等、自然植生のうち多層の植物社会を形成する地区
8	ブナ・ミズナラ再生林、シイ・カシ萌芽林等、代償植生であっても、特に自然植生に近い地区
7	クレーミズナラ群落、クヌギーコナラ群落等、一般には二次林と呼ばれる代償植生地区
6	常緑針葉樹、落葉針葉樹、常緑広葉樹等の植林地
5	ササ群落、ススキ群落等の背丈の高い草原
4	シバ群落等の背丈の低い草原
3	果樹園、桑園、茶畑、苗圃等の樹園地
2	畑地、水田等の耕作地、緑の多い住宅地
1	市街地、造成地等の植生のほとんど存在しない地区
98	自然裸地
99	開放水域
0	不明

3. 結果と考察

3.1 カメラトラップ調査

2つの調査地において、3年間で撮影された動画は、カメラの動作確認中と設置・回収作業中の撮影およびカメラの転倒・故障による撮影不良のデータを除き、11665本であった。そのうち、ツキノワグマが撮影された動画は222本であった。さらに、斑紋が撮影された動画は114本であり、斑紋撮影品質別にはAが23本、Bが30本、Cが61本であった(表2)。

撮影間隔30分以内に撮影された複数の動画を1回の撮影機会として扱う^{17,21)}と、ツキノワグマの撮影機会は118回であった。そのうち、個体識別に用いることができたのは63回であり、ツキノワグマが撮影された場合は、約53.4%で個体識別が可能であった。

識別された個体数は、上北山村地域では3年間で12個体、十津川村地域では2年間で7個体であった(表3)。1年間で最も多くの個体を確認したのは2017年であり、上北山村地域で10個体、十津川村地域で7個体であった(表3)。

表2 撮影動画数

調査地・年度	クマ動画数	斑紋品質別動画数			
		A	B	C	
上北山村	2016年	25	2	5	4
	2017年	106	9	13	24
	2018年	24	4	1	9
十津川村	2017年	47	7	7	19
	2018年	20	1	4	5
合計	222	23	30	61	

表3 識別個体の撮影回数および識別個体数

調査地	識別個体	撮影回数			合計
		2016年	2017年	2018年	
上北山村	K01	2	9	2	13
	K02	1	1		2
	K03	1	3	2	6
	K04		6	2	8
	K05		2		2
	K06		1	2	3
	K07		2		2
	K08		3		3
	K09		1		1
	K10		1		1
	K11			1	1
	K12			1	1
	識別個体数	3	10	6	12
十津川村	T01		2		2
	T02		1		1
	T03		2		2
	T04		2	6	8
	T05		4		4
	T06		1		1
	T07		3		3
		識別個体数		7	1

3.2 アンケート調査

ツキノワグマの生息が想定される区画は、1kmメッシュでは1937区画(図2)、5kmメッシュでは106区画であった(図3)。2000年調査および2008年調査において生息が確認された5kmメッシュは、それぞれ87区画および96区画である(図3)。本調査で新たに分布情報が得られた地域は曾爾村、御杖村および東吉野村であり、県中東部へ分布が拡大していることが推測された。



図2 ツキノワグマの分布区画(1kmメッシュ)

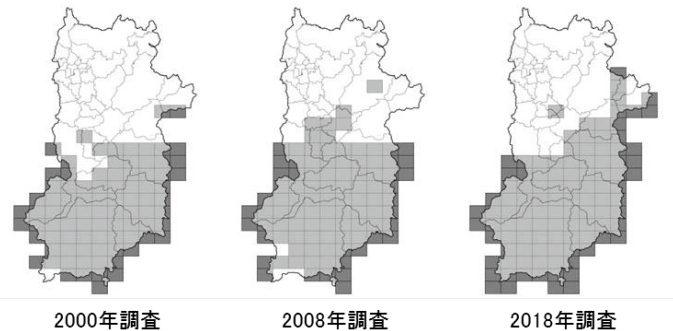


図3 ツキノワグマの分布区画の変遷(5kmメッシュ)

3.3 個体数推定

各調査地のカメラトラップから半径2km、3km、4km圏の植生自然度を図4および図5に示し、その植生自然度別の面積を表4に示した。カメラトラップ調査によって得られた識別個体数は、各調査地域における最低限の個体数であり、これらの地域ではさらに多くの個体が存在すると推測されるが、1年間で識別した最も多い個体数を各調査地域の個体数と仮定し、生息密度の推定に用いた。表5に示す識別個体数と植生自然度6~9の面積により生息密度を推定した。

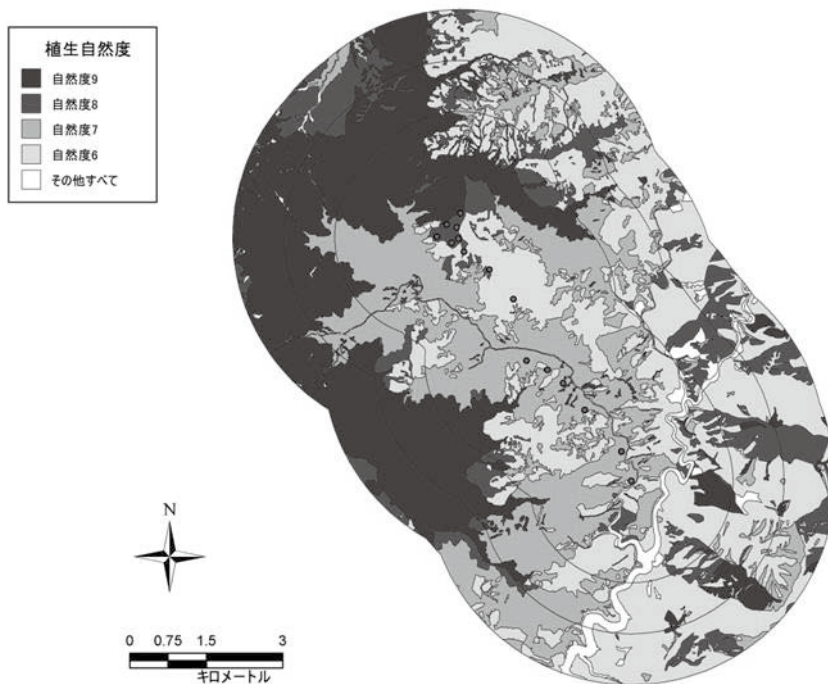


図4 カメラトラップ設置地点周辺の植生自然度 (上北山村)

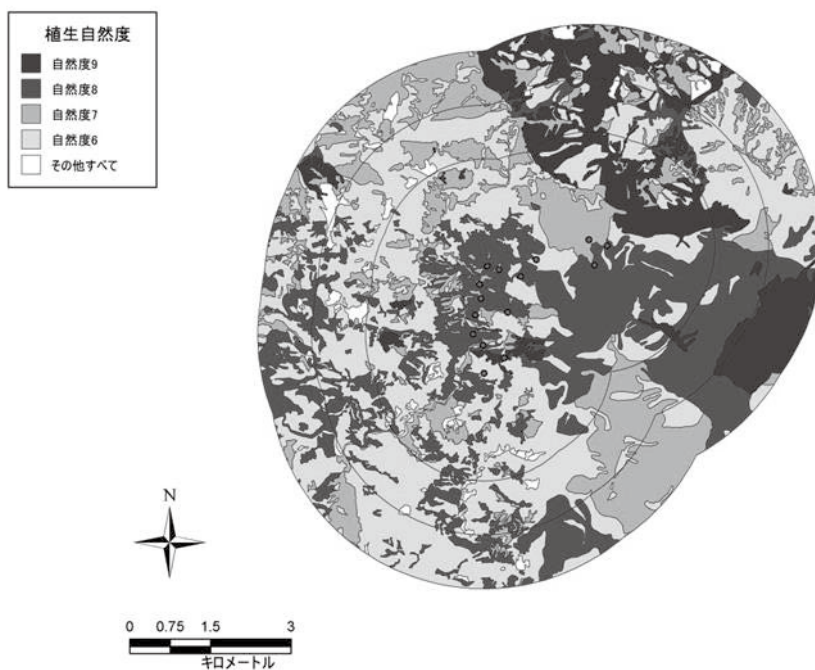


図5 カメラトラップ設置地点周辺の植生自然度 (十津川村)

表4 調査地域における植生自然度別の面積

調査地	行動範囲	植生自然度別面積 (km ²)										総面積 (km ²)	植生自然度6~9 面積 (km ²)
		1	2	4	5	6	7	8	9	98	99		
上北山村	2km圏	0.24	0.00	0.04	0.00	13.77	15.22	2.40	7.01	0.03	0.92	39.63	38.40
	3km圏	0.61	0.00	0.17	0.01	23.68	21.02	5.73	16.06	0.13	1.35	68.75	66.48
	4km圏	0.68	0.02	0.38	0.01	36.85	25.67	11.35	26.84	0.40	1.79	103.99	100.71
十津川村	2km圏	0.00	0.10	0.21	0.06	12.43	5.04	9.50	2.94	0.05	0.00	30.32	29.89
	3km圏	0.01	0.26	0.62	0.17	24.00	8.89	14.98	4.81	0.09	0.00	53.83	52.68
	4km圏	0.01	0.33	1.27	0.21	35.55	16.19	20.46	9.42	0.12	0.00	83.56	81.62

表5 調査地域における推定生息密度および平均生息密度

行動範囲	調査地	識別個体数	植生自然度6~9 面積 (km ²)	生息密度 (個体数/km ²)	平均生息密度 (個体数/km ²)
2km圏	上北山村	10	38.40	0.260	0.247
	十津川村	7	29.89	0.234	
3km圏	上北山村	10	66.48	0.150	0.142
	十津川村	7	52.68	0.133	
4km圏	上北山村	10	100.71	0.099	0.093
	十津川村	7	81.62	0.086	

アンケート調査によって得られたツキノワグマの生息が想定される1937区画のうち、1kmメッシュによる県内の植生自然度6~9の区画面積は1780区画であった(図6)。1kmメッシュの区画面積は、約1.06km²であることから、ツキノワグマの生息する分布面積を1780区画×1.06km²=約1887km²と推定した。

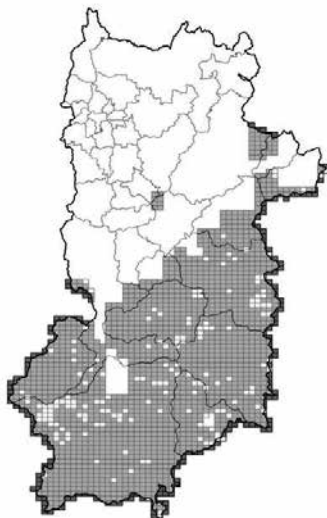


図6 ツキノワグマの分布面積

注：メッシュは分布情報を得た1937区画を示し、着色したメッシュはのうち植生自然度6~9に該当する1780区画を示す。

以上のように推定した生息密度と分布面積により、奈良県における個体数は174.6~466.7頭(中央値267.3頭)と推定された(表6)。推定された個体数について、これまでの調査とは方法が異なるため、数値だけでその

増減を評価することはできない。しかし、環境省の示す「特定鳥獣保護・管理計画作成のためのガイドライン」²²⁾において、これまでと同様に個体数水準2(100~400頭程度)に該当することから、他の水準に移行するような大きな個体数の変動はないものと推察される。個体群の動向をモニタリングするにあたり、絶対的な個体数を知ることは困難であり、一貫した方法で継続して調査することによって、相対的な個体数の増減を把握する必要がある¹⁷⁾。

表6 奈良県における推定個体数

行動範囲	平均生息密度 (個体数/km ²)	分布面積 (km ²)	推定個体数
2km圏	0.247	1887	466.7
3km圏	0.142	1887	267.3
4km圏	0.093	1887	174.6

本調査では、2008年調査と同様に、トラップの周辺域のどの範囲までを調査範囲として仮定するかが問題となった。試算したとおり、調査範囲の条件によって推定される生息密度は大きく異なった。適切な生息密度を算出するためには、行動範囲の数値についての検証が求められるが、紀伊半島地域個体群の行動圏サイズについては明らかにされていない。近隣の近畿北部地域個体群および東中国地域個体群が分布する兵庫県においては、森林動物研究センターの調査により、平均行動圏サイズはオスで64.3km²、メスで42.5km²と報告されている²³⁾。その後の調査においても、95%固定カーネル法による平均

行動圏サイズは 19.3~62.8km²と報告され、最外殻法による平均行動圏サイズでは、雌雄ともに 100 km²を超えるものがあつたとされる²⁴⁾。これらの報告に基づくと、本調査では、カメラトラップから半径 2km 圏を調査範囲とした場合、ツキノワグマの実際の行動範囲よりも狭い範囲を調査面積と仮定している可能性があり、生息密度を過大評価していると考えられる。調査範囲を仮定して生息密度を推定するにあたっては、カメラトラップ調査地域においてテレメトリー調査を実施し、撮影個体の行動についてもモニタリングすることが重要である。

また、調査範囲を仮定しないモデルによる推定法の適用についても検討が必要である。本調査で参考とした「カメラトラップ調査の手引き」¹⁶⁾では、フリー統計解析環境 R のパッケージとして公開された SPACECAP²⁵⁾の使用が推奨されている。SPACECAP を用いることで、調査エリアの設定に影響されない空間明示型標識再捕獲モデルによる推定が可能となる。SPACECAP を用いて個体数推定を行う場合には 10~15 頭の再捕獲個体と最低 3~5 回の再捕獲があることが望ましいとされる²⁶⁾。本調査では、上北山村で最大 12 個体を識別しているが、3回の再捕獲を満たしている個体は 5 個体であり(表 3)、識別個体数、撮影回数ともに不十分であつた。調査地域に生息する個体数が少ない場合、識別個体数を増やすことは困難であることから、少なくとも再撮影個体を増やすことが重要である。例えば、各調査地域でカメラ台数を増やし、撮影個体数と撮影回数を確保することが考えられる。しかし、限られた範囲で同一個体を何度も撮影することは、調査地域の個体数の過小評価にも繋がるため、行動範囲を考慮したカメラ間隔や調査範囲の設定が必要である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、調査地をご提供いただいた十津川村に心より感謝いたします。また、調査地の設定および調査の実施にご協力いただいた皆様に御礼申し上げます。

引用文献

1) 環境省：レッドデータブック 2014—日本の絶滅のおそれのある野生生物—1 哺乳類. 116-117 (2014)
 2) 柴田叡弐, 和口美明, 米田吉宏, 隅孝紀: 野生獣類による新たな森林被害の防除法確立のための基礎調査. 奈良県林業試験場業務報告. 21 (1992)

3) 和口美明, 隅孝紀, 米田吉宏: ツキノワグマによる剥被害の損失額—60 年生ヒノキ林の事例—. 森林防疫. 44 (12) 2-7 (1995)
 4) 若山学, 田中正臣, 木南正美, 米田吉宏, 松島博: ツキノワグマによる剥皮被害とその簡易な防止手法の検討. 奈良県森林技術センター研究報告. 41 7-14 (2012)
 5) 奈良県農林部林業振興課: 平成 30 年度奈良県林業統計. (2020)
 6) 奈良県農林部農業水産振興課鳥獣対策係, 奈良県森林技術センター森林資源課: 奈良県ツキノワグマ保護管理計画令和元年 (2019 年) 度モニタリング報告書. (2020)
 7) 柴田叡弐, 小船武司: 紀伊半島におけるツキノワグマについて. 森林防疫. 33 (10) 175-180 (1984)
 8) 若山学, 小船武司: 紀伊半島におけるニホンツキノワグマ. 森林防疫. 51 (11) 8-10 (2002)
 9) 財団法人自然環境研究センター: 平成 12 年度奈良県ツキノワグマ生息状況調査報告書. (2001)
 10) 環境省自然環境局生物多様性センター: 平成 20 年度自然環境保全基礎調査種の多様性調査 (奈良県) 報告書. (2009)
 11) John G. Woods, David Paetkau, David Lewis, Bruce N. McLellan, Michael Proctor and Curtis Strobeck: Genetic tagging of free-ranging black and brown bears. Wildlife Society Bulletin. 27 (3) 616-627 (1999)
 12) 森光由樹: 各都道府県のヘア・トラップ調査の実施状況と長野県における実施例. 哺乳類科学. 48 (1) 133-138 (2008)
 13) 佐藤喜和, 湯浅卓: ヘア・トラップを用いたクマ類の個体数推定法: 概要と注意点. 哺乳類科学. 48 (1) 101-107 (2008)
 14) 湯浅卓, 佐藤喜和: ヘア・トラップを用いたクマ類の個体数推定法における課題~国内外の事例の比較検討~. 哺乳類科学. 48 (1) 109-118 (2008)
 15) 三浦慎悟, 青井俊樹, 東出大志: “補完法・代替法の開発に関する研究”. 環境省環境研究総合推進費終了研究等成果報告書「クマ類の個体数推定法の開発に関する研究 (課題番号 S2-10) 平成 21~23 年度”. 財団法人自然環境研究センター. 東京, 2011, 58-77.
 16) 財団法人自然環境研究センター: カメラトラップ調査の手引き—ツキノワグマの個体数推定に向けて—. (2012)
 17) 米田舜, 丸山哲也, 福井えみ子, 小金澤正昭: 高原山

- 系におけるヘア・トラップ及びカメラトラップを用いたツキノワグマの個体数推定. 野生鳥獣研究紀要. 39 (2014).
- 18) 環境省自然環境局生物多様性センター：自然環境保全基礎調査植生調査 (植生自然度調査).
https://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html, (参照 2021-02-26)
- 19) 環境省自然環境局生物多様性センター：第6・7回自然環境保全基礎調査植生調査 GIS データ.
<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-025.html?kind=vg67>, (参照 2019-08-20)
- 20) 環境省自然環境局生物多様性センター：植生調査3次メッシュデータ.
https://www.biodic.go.jp/dload/mesh_vg.html, (参照 2019-08-20)
- 21) Timothy G. O'Brien, Margaret F. Kinnaird and Hariyo T. Wibisono: Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*. 6 131-139 (2003)
- 22) 環境省：特定鳥獣保護・管理計画作成のためのガイドライン (クマ類編・平成 28 年度). 2017
- 23) 兵庫県：第2期ツキノワグマ保護管理計画. (2009)
- 24) 横山真弓, 斎田栄里奈, 江藤公俊, 中村幸子, 森光由樹: “兵庫県におけるツキノワグマの行動圏の変異とその要因”. 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3号「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」. 兵庫県森林動物研究センター. 兵庫, 2011, 59-70.
- 25) Arjun M. Gopaldaswamy, J. Andrew Royle, James E. Hines, Pallavi Singh, Devcharan Jathanna, N. Samba Kumar and K. Ullas Karanth: Program SPACECAP: software for estimating animal density using spatially explicit capture–recapture models. *Methods in Ecology and Evolution*. 3 1067-1072 (2012)
- 26) Kilshaw, K. and Macdonald, D. W.: The use of camera trapping as a method to survey for the Scottish wildcat. *Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 479*. (2011)

(2021年3月23日 受理)