

第 8 章

捕獲・放獣条件の違いによるツキノワグマの 行動特性

横山真弓・坂田宏志・関香菜子・斎田栄里奈・中村幸子・森光由樹

要 点

- ・捕獲や放獣の際の条件の違いが、放獣後のツキノワグマの行動にどのように影響しているのかを明らかにした。
- ・捕獲・放獣条件は、人の生活圏に接近して有害捕獲あるいは錯誤捕獲され、忌避条件付けや移動の後、放獣された個体（グループ1）と、被害とは直接関わりのない山間の生息地で学術研究捕獲され、その場で放獣された個体（グループ2）を比較した。
- ・放獣後の利用標高、放獣地点からの距離、人為的環境からの距離について、捕獲・放獣条件、放獣後の経過期間、時間帯とそれぞれの相互作用との関係を分析した。
- ・利用標高は、グループ2では、時間の経過とともに高標高へ移動する傾向にあったが、グループ1では、低標高へ移動する傾向が認められた。
- ・放獣地点からの距離は、グループ2では放獣地点から約 2km にとどまり、時間の経過とともに変化がなかったのに対して、グループ1では直後に平均で 4km 程度移動し、1週間後には 6km 程度まで移動していた。
- ・ツキノワグマの移動地点の人為的環境からの距離は、グループ2では平均で約 1km であったが、グループ1では平均で約 500m であり、夜間は時間の経過とともに接近する傾向にあった。
- ・捕獲地点から移動させて放獣すると、放獣直後に大きく移動することが明らかとなり、放獣場所に定着させる効果はないと考えられた。

key words: GPS 首輪 人為的環境 移動放獣 利用標高 一般化線形モデル

1. はじめに

ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) の忌避条件付け放獣（学習放獣）や移動放獣は、絶滅が危惧されているツキノワグマの保全管理における一つの手法である。管理捕獲（有害捕獲及び錯誤捕獲）を実施する場合に、捕殺せずに放獣することで、人為的な死亡率を最小化することを目的としている（横山ほか 2008）。しかし、放獣後に、ツキノワグマがどのような移動ルートをとるのか、人為的環境を利用しなくなるのかなどについては、これまで十分な情報は得られてこなかった。放獣後の行動を明らかにすることは、放獣の効果を判定する際に重要な判断基準となるだけでなく、放獣への理解や合意を得るための情報としても重要である。そのため、放獣後の移動様式や行動パターンを明らかにし、放獣の可否の判断や方

針の策定、合意形成を得るための情報整理が求められる。特に兵庫県を含む近畿圏は、人の生活圏とツキノワグマの生息地域が近接しており、すみわけによる共存を目指すための被害対策やバッファゾーン整備という観点からも、ツキノワグマの移動ルートや行動パターンなどの情報を得る必要がある。

欧米では、ヒグマ (*Ursus arctos*) やアメリカクロクマ (*Ursus americanus*) を対象として、被害を発生させた個体や人里近くに出没した個体に対して、移動放獣や忌避条件付け放獣が行われている (McArthur *et al.* 1981; Rogers 1986; Rauer *et al.* 2003; Leigh & Chamberlain 2008)。このような海外の事例では、移動距離が平均 40km を超える長距離移動や、標高差 1000m を超える移動など、大規模な移動放獣が行われる。しかしながら、国内では、大規模な移動放獣はきわめて限られた地域でしか行うことができない (岩手県 2001)。そのため、国内での移動放獣に参考となる情報は、海外の事例からはほとんど得ることができない状況にある。

兵庫県には、このような長距離移動を行える環境はなく、また、ツキノワグマ保護管理計画においては、放獣は原則同一市町内となっており、数 km 程度の移動放獣や現地放獣が行われている (兵庫県 2009)。そこで、兵庫県で実施されている捕獲と放獣の条件の違いが、ツキノワグマの移動様式や行動パターンにどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的として、GPS 首輪による行動追跡を行った。

GPS 首輪による行動追跡個体には、大きく分けて、被害とは直接関わりのない山間の生息地で学術研究捕獲された個体と、人の生活圏に接近して有害捕獲あるいは錯誤捕獲された個体がある。前者の場合、捕獲個体にできる限りストレスをかけないように配慮しながら処置をし、捕獲されたその場で放獣を行っている。一方後者の場合は、有害性の高い個体が多いため、忌避条件付けを行ったり、捕獲地点から移動して放獣することが多い。また、学術研究捕獲の多い時期は、有害捕獲・錯誤捕獲が多い時期と異なるなど、実施時期や放獣場所、放獣時の対応などの条件は一致していない。

本来の目的に沿えば、捕獲時の条件や放獣前の移動や忌避条件付けの有無、季節などの要因を分離して検証することが望ましいが、人との軋轢を誘発する可能性のある放獣や移動などを、野外実験として実施することは実際上不可能であり、予算や労力の制限もある。しかしながら、複合的な条件の違いがある上記の 2 グループを比較すれば、捕獲・放獣時の条件の違いによって、放獣後の個体の行動特性がどのように異なるかを検討することは可能である。本稿では、このような観点から、現時点で GPS による行動追跡によって明らかにできる到達点を確認するために、2つのグループの個体の利用標高と放獣地点からの距離、人為的環境からの距離の放獣後の変化を比較する。

2. 方法

位置データの取得

調査は、兵庫県内の東中国個体群が分布する氷ノ山山系で行った。2005~2008年までに、有害捕獲あるいは錯誤捕獲などの管理捕獲により、移動放獣が行われた 9 頭と、学術研究捕

獲により山間部で捕獲され、現地で放獣された7頭についてGPSによる行動追跡を行った。捕獲時には麻酔による不動化を行い、GPS首輪(Lotek4400S: Lotek社製)を装着した。測位プログラムは2時間おきとし、1年後にタイマーにより脱落するように設定した。取得した位置データのうち、3Dデータのみを使用し、ディファレンシャル補正を行った。本解析には、放獣後30日間のデータを使用した。捕獲・放獣の条件は次の2つである(表1)。

グループ1

管理捕獲した個体の場合は、放獣時に人為的なストレスを与えて(忌避条件付けや移動)放獣した。これを「グループ1」とする。管理捕獲では、捕獲地点は集落が近いので、すべて移動放獣を行ったが、忌避条件付けを行った個体と行わなかった個体があった。忌避条件付けを行うかどうかは、捕獲地点での被害発生状況によって判断された。また、「グループ1」の個体は、すべてほぼ同一地点A(標高800m)付近で放獣された。

グループ2

学術研究捕獲は、東中国個体群の生息コアエリアと考えられている氷ノ山山系地域で実施した。忌避条件付けなどは行わず、放獣個体に人が及ぼすストレスを最小化するように配慮して放獣した。具体的には、不動化した個体は移動させずに、捕獲地点で覚醒のための薬剤を投与し、作業者は速やかに現場から離れるなどの配慮を行った。放獣場所は、氷ノ山山頂B(1510m)の周辺であり、標高はおおよそ1000m付近であった。

表1 GPS首輪を装着し行動追跡を行った個体の捕獲・放獣の条件

	グループ1	グループ2
捕獲許可	有害捕獲と錯誤捕獲	学術研究捕獲
被害との関係	有害性がある可能性あり	有害性なし
捕獲場所	集落内もしくは、人為的環境の周辺	人的環境から離れた山間部
捕獲時期	9月～11月	7月～9月
捕獲場所	地点A(標高800m)付近	地点B氷ノ山山麓付近(標高1000m)
放獣方法	移動放獣	現地放獣
放獣時の対応	有害捕獲時は忌避条件付けを実施。錯誤捕獲は原則行われない。	作業時のストレス最小化に配慮

統計解析

得られた GPS データは、地理情報システム (GIS) (Esri 社 ArcGIS 9.3) 上において、①利用標高、②放獣地点からの移動距離、③人為的環境からの最短距離を算出・抽出した。標高計算には数値地図 (国土地理院) を使用した。人為的環境は、自然環境保全基礎調査「第 2-5 回植生調査重ね合わせ植生図」(環境省生物多様性センター) より、住宅地及び水田、畑、果樹園を統合したポリゴンを作成し、「人為的環境」とした。この人為的環境とクマの測位地点からの最短距離を「人為的環境からの距離」とした。

これらの変数を用いて、一般化線形混合モデル (GLMM) (SAA/STAT9.2 の GLMMIX プロシジャー) により解析した。すなわち、応答変数を上記の①利用標高として、説明変数に「捕獲・放獣条件」・「経過期間」とその 2 次までの交互作用を与えた場合と、さらに測位時の「時間帯 (日中・夜間)」と 2 次までの交互作用を与えた場合を設定した。また個体差が大きいことを考慮して、変量効果に「個体差」を用いた。同様に、上記②、③を応答変数として、モデルを設定した。モデルの選択は、全ての変数の組み合わせのうち、赤池情報量基準 (AIC) が最小になるモデルを選択した (丹後ら 1996)。

表 2 捕獲・放獣した個体の属性と放獣日

放獣方法	個体ID	性	年齢	体重(kg)	放獣日
移動	1	♂	5	64.5	2005/11/21
	4	♀	9	48	2006/9/14
	5	♂	11	95.5	2006/10/7
	10	♂	14	106	2007/11/16
	11	♂	3	105.5	2007/11/18
	12	♀	16	57.5	2007/11/22
	13	♀	5	70	2008/11/24
	16	♀	5	47	2008/10/10
	19	♂	6	92	2008/10/22
現地	O	♀	17	33	2007/8/21
	B	♀	3	37.5	2007/8/29
	C	♀	6	38	2007/9/23
	D	♀	6	64	2007/10/4
	E	♀	10	48	2007/10/4
	G	♂	2	40	2008/8/2
	K	♀	3	34	2009/7/3

3. 結果

データを取得した個体の属性を表2にまとめた。また、3Dデータを取得した個体の位置とその移動ルートを図1に個体別に示した。グループ1の捕獲地点から放獣地点までの移動距離は、 $6.2\text{km} \pm 2.3\text{km}$ であった。

モデルは、①利用標高に関係する変数として、「捕獲・放獣条件」と「経過期間」および「捕獲・放獣条件と経過期間の交互作用」が選択され、それぞれの変数で有意となった(表3)。放獣後の利用標高は、グループ1と2では、時間の経過とともに異なるパターンを示した(図2)。グループ1では、時間の経過とともに低標高へ移動する傾向があったが、グループ2では、時間の経過とともに高標高へ移動する傾向が認められた。時間帯は影響のある変数としては選択されず、日中と夜間では、利用標高に差は認められなかった。

②放獣地点からの距離に関係する変数としては、「捕獲・放獣条件」と「経過期間」および「放獣条件と経過期間の交互作用」が選択され、それぞれの変数で有意となった(表3)。グループ1では、時間の経過とともに放獣地点から遠ざかる傾向がある一方で、グループ2では、時間が経過しても放獣地点から2kmほどの地点を利用していた(図3)。時間帯は選択されず、日中・夜間でほとんど違わなかった。

③人為的環境からの距離は、「捕獲・放獣条件」と「経過期間」、「時間帯」および「捕獲放獣条件と経過期間の交互作用」、「時間帯と経過時間」が選択され、それぞれの変数で有意となった(表3)。グループ2では、放獣直後は人為的環境から1kmほど離れた場所を利用し、時間の経過とともに離れる傾向にあった(図4)。一方、グループ1は、放獣直後に利用した環境は人為的環境から500mほどの地点であり、時間が経過するほど、夜間に人為的環境に近づく傾向を示した。

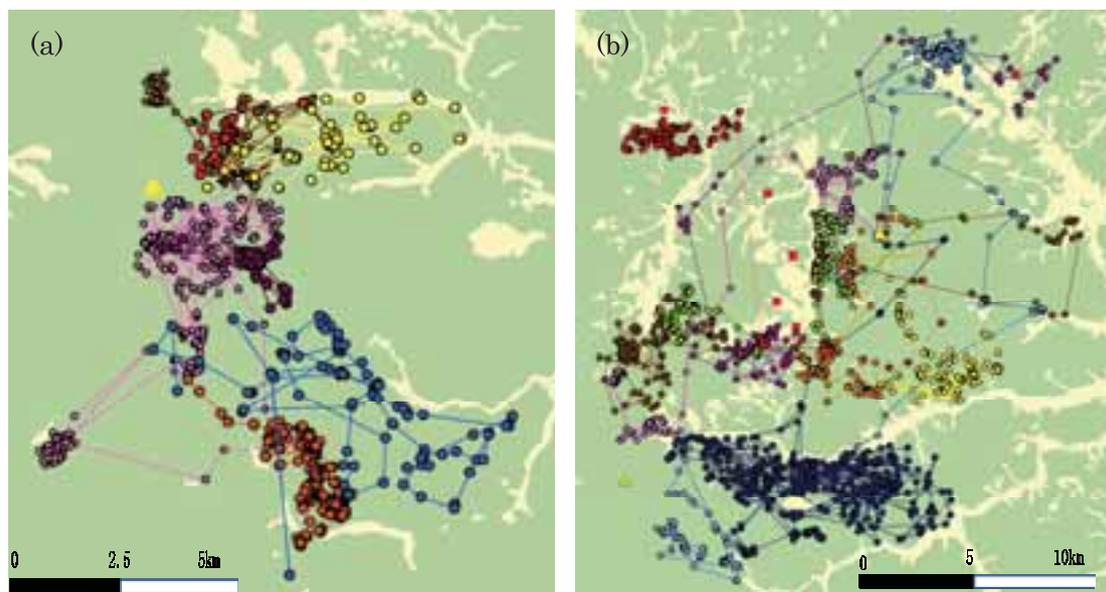


図1 GPS首輪による放獣後の個体別行動追跡結果

(a) 学術研究捕獲の許可に基づき捕獲され、現地放獣された7個体の追跡結果。▲は氷ノ山山頂。
(b) 管理捕獲により、移動放獣された9個体の追跡結果。■は捕獲地点を示し、▲は放獣地点を示している。両図の背景図において、クリーム色(■)のエリアは人為的環境。緑色(■)のエリアはそれ以外(おもに森林)の環境を示す。

表3 固定効果の TypeⅢ検定の結果

①利用標高

効果	自由度		F 値	Pr > F
	分子	分母		
放獣・放獣条件	1	2737	32.1	<.0001
経過期間	4	2737	18.94	<.0001
捕獲・放獣条件 * 経過期間	4	2737	28.03	<.0001

②放獣地点からの距離

効果	自由度		F 値	Pr > F
	分子	分母		
放獣・放獣条件	1	2727	18.29	<.0001
経過期間	4	2727	98.45	<.0001
捕獲・放獣条件 * 経過期間	4	2727	47.83	<.0001
時間帯	1	2727	6.18	0.0129
時間帯 * 経過期間	4	2727	3.22	0.0121

③人為的環境からの距離

効果	自由度		F 値	Pr > F
	分子	分母		
放獣・放獣条件	1	2447	8.3	0.004
経過期間	4	2447	5.82	0.0001
捕獲・放獣条件 * 経過期間	4	2447	7.15	<.0001
時間帯	1	2447	28.34	<.0001
時間帯 * 経過期間	1	2447	17.89	<.0001

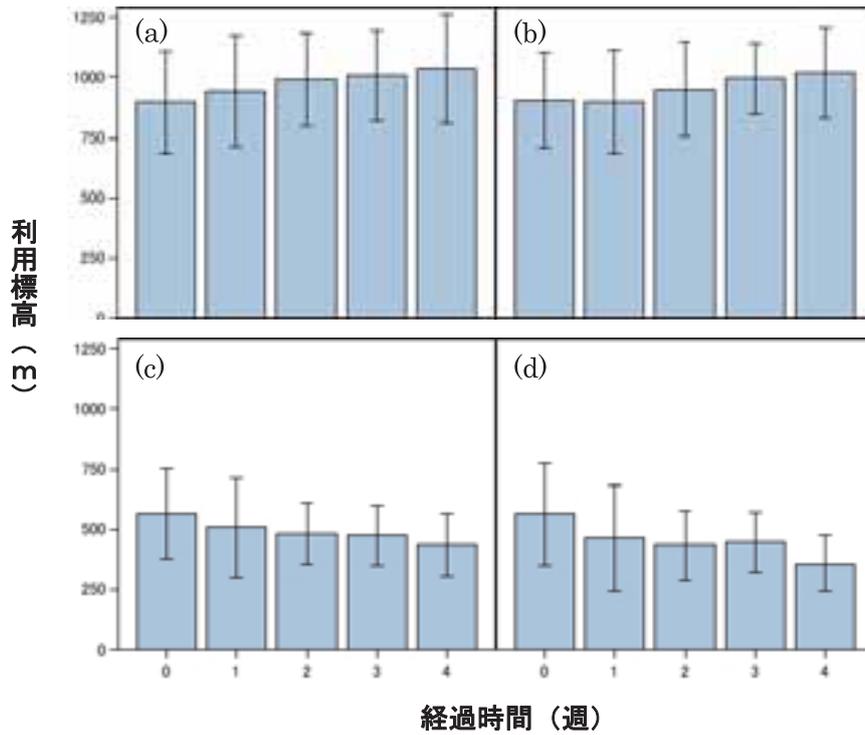


図2 放獣後4週間目までのツキノワグマの利用標高の変化

学術研究捕獲による現地放獣個体（グループ2）の日中(a)と夜間(b)、および管理捕獲による移動放獣個体の日中(c)と夜間(d)（グループ1）の利用標高（平均と標準偏差）を示した。

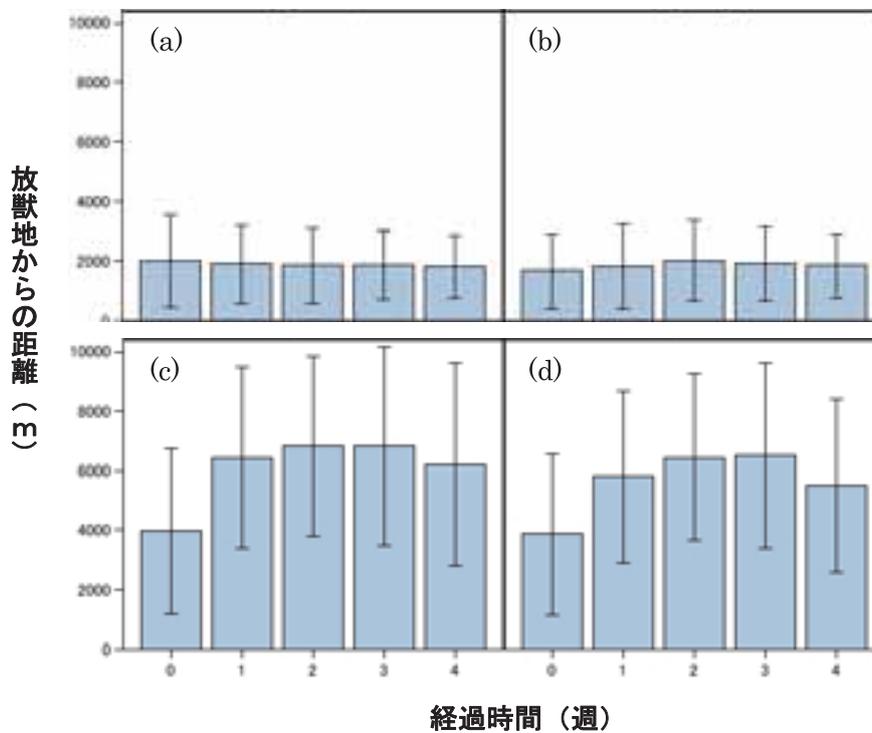


図3 放獣後4週間目までのツキノワグマの放獣地からの距離

学術研究捕獲による現地放獣個体（グループ2）の日中(a)と夜間(b)、および管理捕獲による移動放獣個体の日中(c)と夜間(d)（グループ1）の放獣地からの距離（平均と標準偏差）を示した。

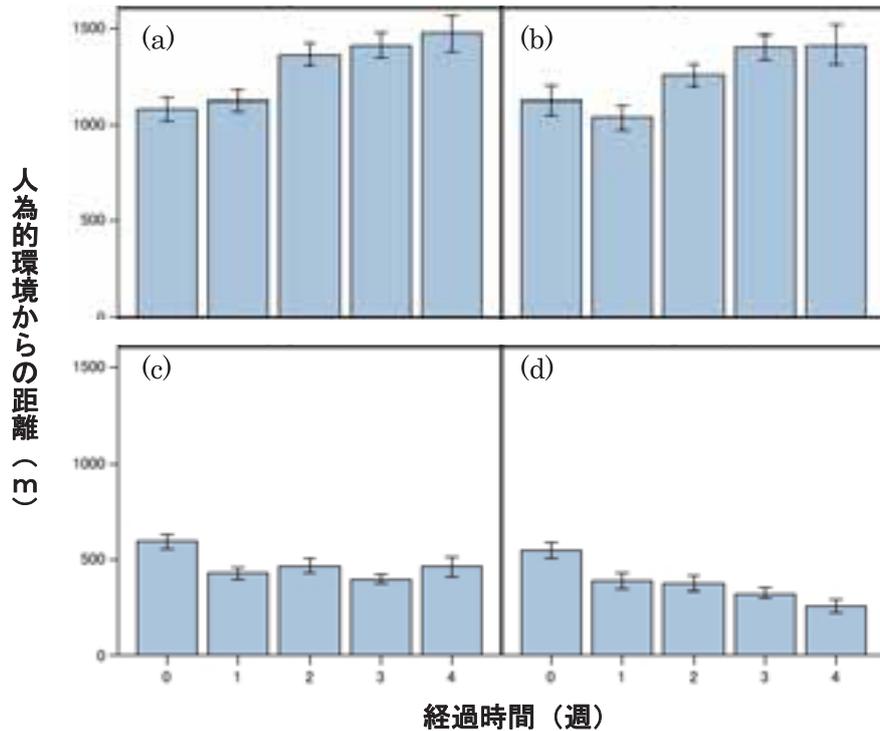


図4 放獣後4週間目までのツキノワグマの人為的環境からの距離

学術研究捕獲による現地放獣個体の日中(a)と夜間(b)、および管理捕獲による移動放獣個体の日中(c)と夜間(d)の人為的環境からの距離(平均と標準偏差)を示した。

4. 考察

冒頭でも述べたように、今回のツキノワグマ行動追跡の調査と分析のデザインは、個別の至近要因を特定できるものではないが、2つのタイプの捕獲・放獣方法によって、その後の行動には大きな違いがあることを示唆する結果が得られた。山間部で学術捕獲され、現地放獣された個体(グループ2)は、放獣地点周囲2kmほどに滞在する傾向があり、標高1000mの放獣地付近で活動していた。時間の経過とともに移動する傾向は見られなかった。これらの個体に対しては、人為的影響を最小化して放獣を実施しているため、捕獲前から行動している範囲から移動せず、捕獲後も同じ行動圏を利用していたと考えられた。

一方、集落周辺で捕獲され、移動放獣された個体(グループ1)は、放獣された場所にはとどまらず、すぐに平均4kmほど移動し、2週間以内に、さらに2km程度移動し、その後も放獣地点付近で活動することはほとんどなかった(図1)。このような過程の中で、一時的に捕獲地点とも放獣地点とも、空間的に全く離れた異なる環境に移動した個体も見られた。

グループ1の個体は、放獣後2週間を過ぎたところで移動距離が小さくなり(図3)、定着する傾向がみられた。このような行動をとる要因として、以下の二つの可能性が考えられた。第一に、グループ1の個体は、覚醒している状況で忌避条件付けや移動などのストレスを受けているため、放獣直後にその場にいる人から離れるという行動をとった可能性が挙げられる。第二に、従来の行動圏から大きく移動させられて放獣されている可能性が高いことから、それまでの行動圏に戻ろうとする習性によって移動した可能性が考えられる(横山ほか

2011)。捕獲地点へ回帰した事例は、岩手県（岩手県 2001）や栃木県（丸山 2002）においても報告されている。本研究において、ツキノワグマが移動放獣後に示した行動には、これらの二つの要因が関係している可能性が高い。

放獣時に行なう一度の忌避条件付けのみで、ツキノワグマが食物資源の豊富な集落（鈴木ほか 2011）を忌避するようになるかどうかは、森林の食物資源などの状況により大きく異なってくると考えられる（関ほか 2011）。ヒグマでは、人為的環境に著しく執着していた場合、移動放獣や一度の忌避条件付けでは効果がないという報告もあり（中西 2007）、本研究の結果の一部も、その可能性を示唆するものとなった。しかし、大きく移動したものの、捕獲地点とは異なる場所に定着した個体や、集落環境に再出沒しなかった個体もいたことから、出沒初期段階に捕獲されて放獣されるなど、捕獲放獣の条件によっては、移動放獣や忌避条件付けが効果的に働く可能性もあると考えられた（横山 2009; 関ほか 2011）。

以上の点から、現行の手法による移動放獣は、ツキノワグマを移動放獣した場所に定着させる機能は弱いと考えられた。むしろツキノワグマは、放獣地を忌避している可能性も示唆された。このようなツキノワグマの特性と、集落や生息地域への執着の状態を考慮して、放獣方法を検討する必要がある。

人為的環境からの距離についても2つのグループで大きく異なっていた。グループ2の個体は、人為的環境から1kmほど離れた場所を主に使っており、氷ノ山山麓の人為的環境から離れた場所をおもな行動範囲として常に利用していると考えられた。グループ1の場合は、人為的環境からの距離がわずか500mほどの場所を利用していた。また時間の経過とともに、夜間にさらに人為的環境に近づいている結果となった。グループ1の個体は、移動放獣の影響をうけて、人為的環境に隣接した場所を移動ルートとして選んだとは考えにくく、むしろ、これまでも人為的環境に隣接した場所を利用していた、あるいは人為的環境に隣接した森林内がツキノワグマの移動や生息に適した環境となっていてそこを利用していた、などの可能性が示唆された。

今回、山間部で捕獲されたツキノワグマは、その周辺で行動していることが明らかになり、その一方で、集落近くで捕獲されたツキノワグマは、移動した後に忌避条件付けを行って放獣しても、引き続き集落に近い森林を利用しつづけている現状が明らかになった。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、GPS 首輪の装着及び調査にあたり、㈱野生動物保護管理事務所の皆様にご協力をいただきました。また、この研究で利用したデータの一部は、平成17年～19年度科学研究費補助金（17688014）「絶滅危惧種ツキノワグマは、なぜ人里へ出沒するのか？—生理学的なアプローチからの出沒要因の解明—」の助成を受けました。

引用文献

- 兵庫県 2009 第2期ツキノワグマ保護管理計画. 兵庫県, 30pp.
- 岩手県 2001 ツキノワグマ保護管理対策事業報告書ー移動放獣マニュアル. 岩手県生活環境部, 90pp.
- 中西将尚・小平真佐夫・山中正実・岡田秀明 2007 知床国立公園周辺（北海道斜里町）におけるヒグマ忌避学習付けの効果について. JBN 緊急クマシンポジウム&ワークショップ報告書, pp. 62-66. 日本クマネットワーク（JBN）.
- 丸山哲也 2002 ツキノワグマに対する非致死的管理方法の検討ー有害鳥獣駆除により捕獲された個体の奥地放獣試験（Ⅱ）ー. 野生鳥獣研究紀要 28: 52-58. 栃木県県民の森管理事務所.
- Leigh J, Chamberlain MJ 2008 Effects of aversive conditioning on behavior of nuisance Louisiana black bears. *Human - Wildlife Conflicts* 2:175-182.
- McArthur KL 1981 Factors contributing to effectiveness of black bear transplants. *Journal of Wildlife Management* 45: 102-110.
- Rauer G, Kaczensky P, Knauer F 2003 Experience with aversive conditioning of habituated brown bears in Austria and other European countries. *Ursus* 14:215-224.
- Rogers LL 1986 Effects of translocation distance on frequency of return by adult black bears. *Wildlife Society Bulletin* 14:76-80.
- 関香菜子・横山真弓・坂田宏志・森光由樹・斎田栄里奈・室山泰之 2011 ツキノワグマにおける捕獲理由の違い及び忌避条件付けの有無と土地利用の関係. 「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3号, pp.71-83. 兵庫県森林動物研究センター.
- 鈴木克哉・横山真弓・藤木大介・稲葉一明 2011 ツキノワグマの誘引要因としてのカキの木分布様式と対策手法の検討. 「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3号, pp.139-152. 兵庫県森林動物研究センター.
- 丹後敏郎・山岡和枝・高木春良 1996 ロジスティック回帰分析ーSAS を利用した統計解析の実際ー. 朝倉書店, 245pp.
- 横山真弓・坂田宏志・森光由樹・藤木大介・室山泰之 2008 兵庫県におけるツキノワグマの保護管理計画およびモニタリングの現状と課題. *哺乳類科学* 48:65-71.
- 横山真弓 2009 ツキノワグマー絶滅の危機からの脱却ー. 「動物たちの反乱」, 河合雅雄・林良博編, pp.129-158. PHP サイエンス・ワールド新書.
- 横山真弓・斎田栄里奈・江藤公俊・中村幸子・森光由樹 2011 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. 「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3号, pp.59-70. 兵庫県森林動物研究センター.