

第 6 章

バイオリギング・ウェアラブルカメラ端末を用いた 野生ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) の生態解明の検討

森光由樹^{1,2*}

¹兵庫県森林動物研究センター

²兵庫県立大学自然・環境科学研究所

要 点

- ・ ツキノワグマの生態を解明するため、昼夜撮影可能なウェアラブルカメラを開発製作し、兵庫県氷ノ山山系に生息している成獣メス 1 個体に装着しその映像を分析した。
- ・ クマに装着したカメラの撮影時間は 1057 分 (撮影成功率、91.7%) であった。
- ・ 撮影された動画は、休息 618.5 分 (58.51%)、移動 287.5 分 (27.20%)、採食 (飲水含む) 139.5 分 (13.20%)、行動 9.5 分 (0.90%)、不明 2 分 (0.19%) の順で多く記録された。
- ・ 移動時間帯を分析すると昼間に活動し、特に早朝と夕方に活発に活動する個体であった。
- ・ 採食物の割合は、果実が最も多くアオハダ (実) 71%、ミズキ (実) 20%、ヤマボウシ (実) 5%、クロモジ (実) 1% だった。他に獣肉 2%、昆虫 1% が認められた。
- ・ 本試験研究は、直接観察法を含む従来の方法では困難であった、野生動物の生態の新たな側面を解明する研究手法であると考えられた。

Keywords: 行動分析、採食物分析、動画分析、ビデオシステム、夜間データ収集

Investigating the ecology of wild Japanese black bears (*Ursus thibetanus*) using animal-borne video systems

Yoshiki Morimitsu^{1,2*}

¹ Wildlife Management Research Center, Hyogo

² Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo

Abstract: The use of bio-logging, which involves the collection of ecosystem data by attaching a small sensor and/or wearable camera to wild animals, is increasing in mammal ecology. Image information obtained from the point of view of individual animals can provide valuable insights into behaviors, including preferred habitats, diet, breeding, and

受付日：2022 年 2 月 3 日、受理日：2022 年 2 月 16 日

* 責任著者：森光 由樹 ✉morimitsu@wmi-hyogo.jp

〒669-3842 兵庫県丹波市青垣町沢野 940 兵庫県森林動物研究センター

competition. However, shooting at night is rarely performed owing to technical limitations. Therefore, we improved the wearable camera terminal to enable data capture during the day and night and developed a collar-type camera. This camera was experimentally attached to a wild black bear for validation of the approach. The shooting success time was 1057 minutes (91.7%). Various behaviors were captured, including rest (618.5 minutes, 58.51%), movement (287.5 minutes, 27.20%), eating (including drinking water; 139.5 minutes, 13.20%), other behaviors (9.5 minutes, 0.90%), and unknown activity (2 minutes, 0.19%). Although the species is generally active in the daytime, the individual was active in the early morning and evening. Various types of food were collected, including 71% *Ilex macropoda* (fruit), 20% *Cornus controversa* (fruit), 5% *Cornus kousa* (fruit), and 1% *Lindera umbellata* (fruit). In addition, the diet included 2% meat and 1% insects. This research method has the potential to elucidate new aspects of wildlife ecology that were difficult to observe by conventional methods, including direct observation.

Keywords: animal-borne video systems, behavioral analysis, foraging analysis, nighttime data collection, video analysis

1. はじめに

大型哺乳類の直接観察法によるデータ収集は困難な場合が多い。特に夜行性の哺乳類においては難しいと言える。しかし近年センサー付き自動撮影カメラを調査地に設置することで、人を忌避する動物に対しても昼夜問わず観察記録が収集でき分析できるようになった (O'Brien et al. 2003; Yasuda 2004; O'Connell et al. 2011; Matsubayashi et al. 2011)。ただしセンサー付き自動撮影カメラは、一定の場所や範囲でのみセンサーに反応した対象動物の情報を収集するものであり、撮影対象個体が撮影範囲外に移動した場合、連続データの収集ができないといった課題もある (O'Connell et al. 2011)。

このような直接観察が困難な種の生態を解明するためにバイオリギング法が開発された。バイオリギング法で、ウェアラブルカメラ端末を用いたものは動物側からの視線をカメラで代用し動画データとして収集することができる (Marshall et al. 2007)。本法はウェアラブルカメラ端末のほかに、温度計、深度計、活動量センサーなど多くの機材が研究目的により選択され使用されている。動画データは、パソコン上で再生し直接観察法と同じ目視でデータを整理することが可能である。既存研究としてヒグマ (Marshall et al. 2004) やライオン、家畜ネコ (Kerrie et al. 2013)、オジロジカ (Sartwell et al. 2009)、ムース (Moll et al. 2007) などを対象としたものがある。しかし、バッテリーの問題から短時間の記録が多い。また、夜間の撮影は光量不足の問題から良質な画像撮影を取得することは難しく技術的な面からほとんど行われていない。陸上の野生動物で夜間撮影が可能な機種の開発が進めば有益な情報収集が可能となる。カメラの開発は、採食物の種類や量、個体間の関係など多くの生態学的情報が読み取れるものと期待できる。そこで本研究では、光量が低下すると照度計センサー

がそれを感知し赤外線を照射する昼夜撮影が可能なウェアラブルカメラ端末を開発した。そして開発したウェアラブルカメラ端末を装備した首輪型カメラを野生ツキノワグマに試験的に装着し方法の可能性を検討した。

2. 材料および方法

1) 動物用装着超小型カメラの作成

赤外線照明内蔵のカメラ (CHOBiCAM Pro with Night Vision JTT 輸入販売品) を開発に用いた。カメラは、広角レンズ 28 mm で、本体の重量は 39 g、サイズは横 45 mm×縦 22 mm×奥行 19 mm である。記憶媒体は、このカメラに対応する microSDHC 32GB を用いた。カメラの内蔵バッテリーおよび電源・操作ボタンを取り外し、電源・操作ボタン部へ外部コントロール用のコード・コネクタを取り付けた。音声機能は回路設定で支障が生じるため停止させた。赤外線と照度計センサー (ワンダーキット製) を装着した。照度は、日出入時の明るさ (光量 300 lux) を下回ると赤外線を照射するようにした。赤外線の光量はおおよそ 1 m の照射が可能となっている。電源は単 3 乾電池を直列にし、さらに 4 並列として容量を増やし、カメラ及びコントロール用マイコンの電源とした。回路は、マイコンからの出力をフォトカプラを介して伝達した (図 1)。PIC マイコンは 12F683 (Microchip 社製) を使用し、プログラムにより、電源 ON/OFF、撮影開始/停止、赤外線照明の制御を行った。カメラとバッテリー、基板の収容は強度の高いポリカーボネート製の防水ケース (タカチ製作所製 BCAS081107G) 165 g を使用した。開発したカメラ 2 台をケースに収納した。レンズ部、ケースの 2 か所に直径 1.5 cm の円状の穴開けた後、無色透明の亚克力板を固定した (図 2)。レンズと接する亚克力板外側に水滴や汚れが付着した場合、撮影に影響する可能性があるため、親水剤 (ポートドライ、FISHEYE 製) を亚克力板外部に塗布した。外部ケースに VHF 電波発信器 LT-01、130 g (サーキットデザイン製) と脱落装置、Timed collar release R1C 127A (Sirtrack 製) をベルトに装着した (図 3)。トータルの重量は、512 g となった。開発した機械の重量は、行動への影響、動物福祉を考慮し、体重の 5%以内になるよう遵守した (Aldridge and Brigham 1988)。また、クマの捕獲と本機材の装着は、兵庫県立大学 自然・環境科学研究所、野生動物研究倫理等に係る研究計画の審査を受けて実施した (兵庫県立大学自然・環境科学研究所許可番号 1)。

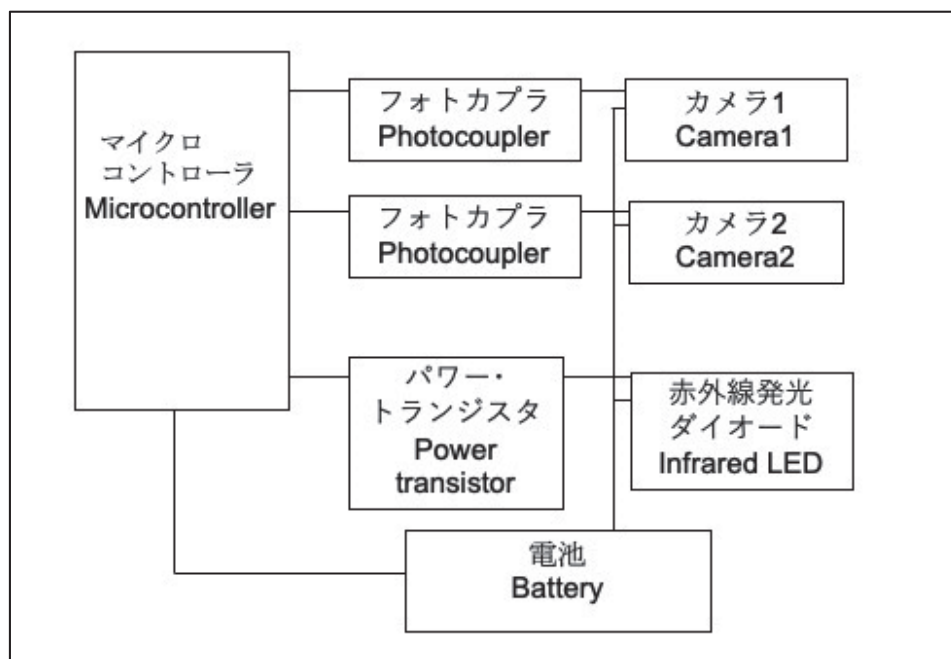


図 1. 回路図

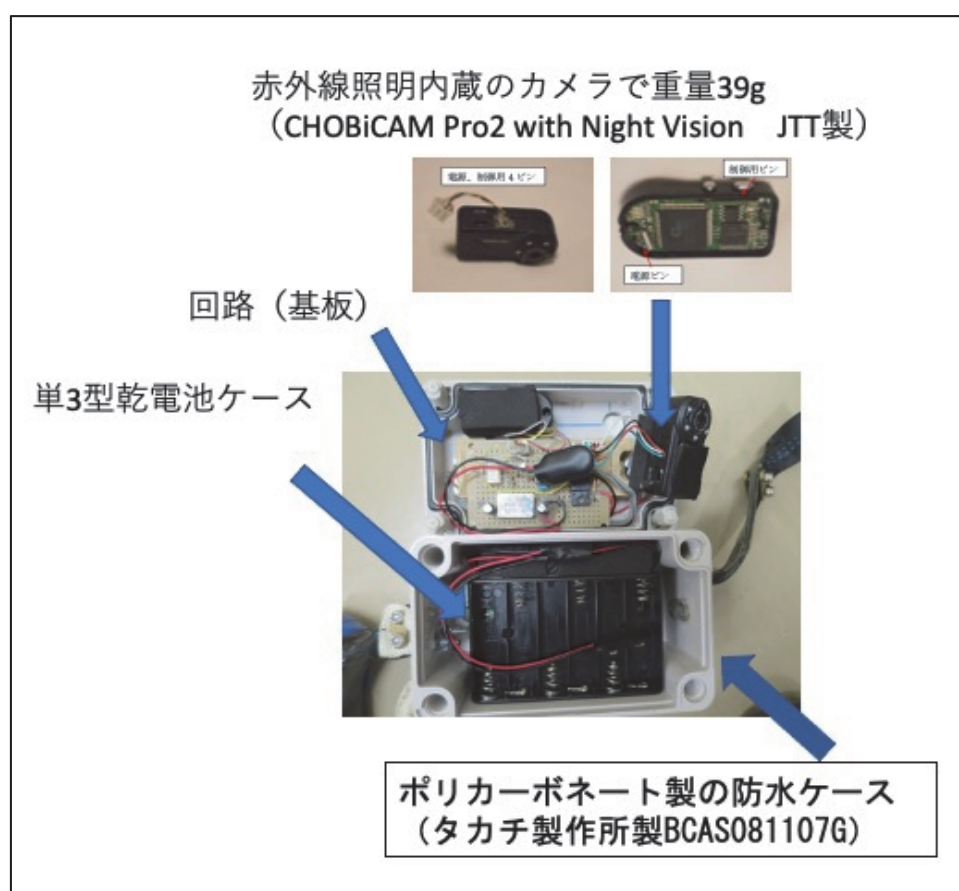


図 2. 装着した機材の内部構造

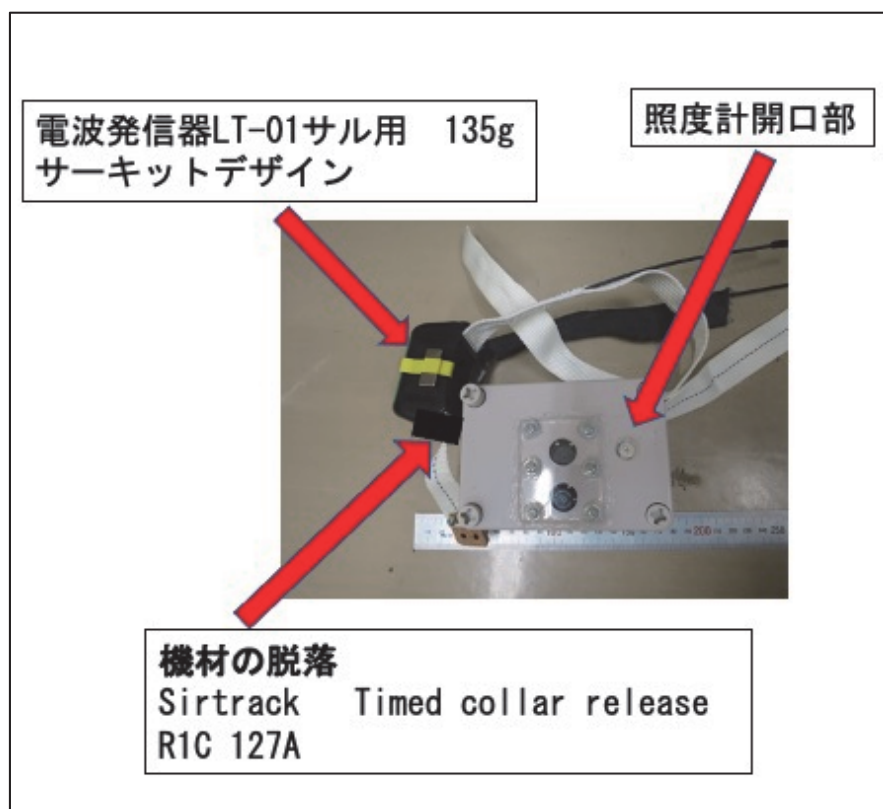


図 3. 装着した機材一式

2) マイコンを用いた撮影スケジュールの設定

カメラ 1 台の撮影可能時間は、576 分で 2 台をセットした。従って 2 台の合計は最大 1152 分の撮影が可能である。プログラムにより電源の ON および OFF、撮影の開始、停止、赤外線照明の制御を行った。装着予備試験ではクマが首輪装着を忌避し、カメラ機材を触る行動が少なくとも 3 日間続き動画データが振動（ブレ）し使用できなかった（森光 未発表）。したがって機材装着後、3 日間は撮影を停止するよう設定した。機材を装着した日から 4 日後の午前 0 時 00 分より撮影を開始させた。画像収集はスキッピングサンプリング法（一定時間間隔でデータ収集する方法）を採用し、10 分間隔で 1 回に 30 秒の撮影を繰り返すように設定した。

記録期間は、1 日あたり 72 分（30 秒 6 回 × 24 時間）ずつ記録を行う設定とした。16 日間の撮影が可能である。

3) 開発した動物用超小型カメラの装着と回収

氷ノ山山系（兵庫県養父市轟、北緯 35.34'23"、東経 134°58'98"）で、2017 年 8 月 23 日に錯誤捕獲したツキノワグマ（58 kg メス）に首輪型カメラを装着した（図 4）。

捕獲した個体が生息している氷ノ山山系（最高峰 1,150 m）は、兵庫県と鳥取県の県境に位置し、その山腹にはブナをはじめトチノキやサワグルミ、シオジを主体とした原生的自然植生が残存する。

カメラはクマの首下にくるように装着した。錯誤捕獲したツキノワグマに、チレタミン/ゾラゼパム（ゾレチル, Virbac 社）とメデトミジン（日本全薬工業）の混合薬（ゾレチル 5 mg/kg・メデトミジン 0.1 mg/kg）を麻酔銃を用いて筋肉内注射した。不動化した後、機材を装着した。アチパメゾール（日本全薬工業）5 mg/kg の筋肉内注射により、完全に麻酔から覚醒したことを確認後、捕獲地域で放獣した。首から首輪と機材を脱落させるドロップオフは、3 週間後（9 月 13 日）に作動するようセットした。4 週間後、VHF 電波発信器の発信パルスを用いて、脱落したカメラの場所を特定しカメラを回収した。



図 4. 首輪型カメラの装着

4) データの抽出と補正

回収したカメラから記憶媒体 microSDHC を取り出し、データをパソコンにコピーした。動画補正ソフト EDIUS Neo ver.3.5 を用いて映像のブレを補正した。その後動画を再生し、映像を観察しながら以下の分析内容を判定し時間割合を記録した。時間割合は動画に同時記録されるものを利用した。主な分析内容は行動時間の分析、活動時間と休息时间、観察された採食物の割合、採食時間帯である。

5) 分析した内容と判定基準

- a. 移動
 - ・ 走行（画面風景が急速に進む、移動によるカメラの揺れのため画像のブレが著しい）
 - ・ 歩行（画面風景がゆっくり進み、画像のブレがほとんど無い）
 - ・ 搜索歩行（クマの鼻先が地上面、倒木や草本類などと接し、嗅覚で何か探している状況）
- b. 休息（画面が静止した状態、地上または樹上を判別し場所を特定した）
- c. 採食（飲水を含む）
 - ・ 種類と時間
- d. 同種（クマ）または異種との接触状況

6) 行動圏の分析

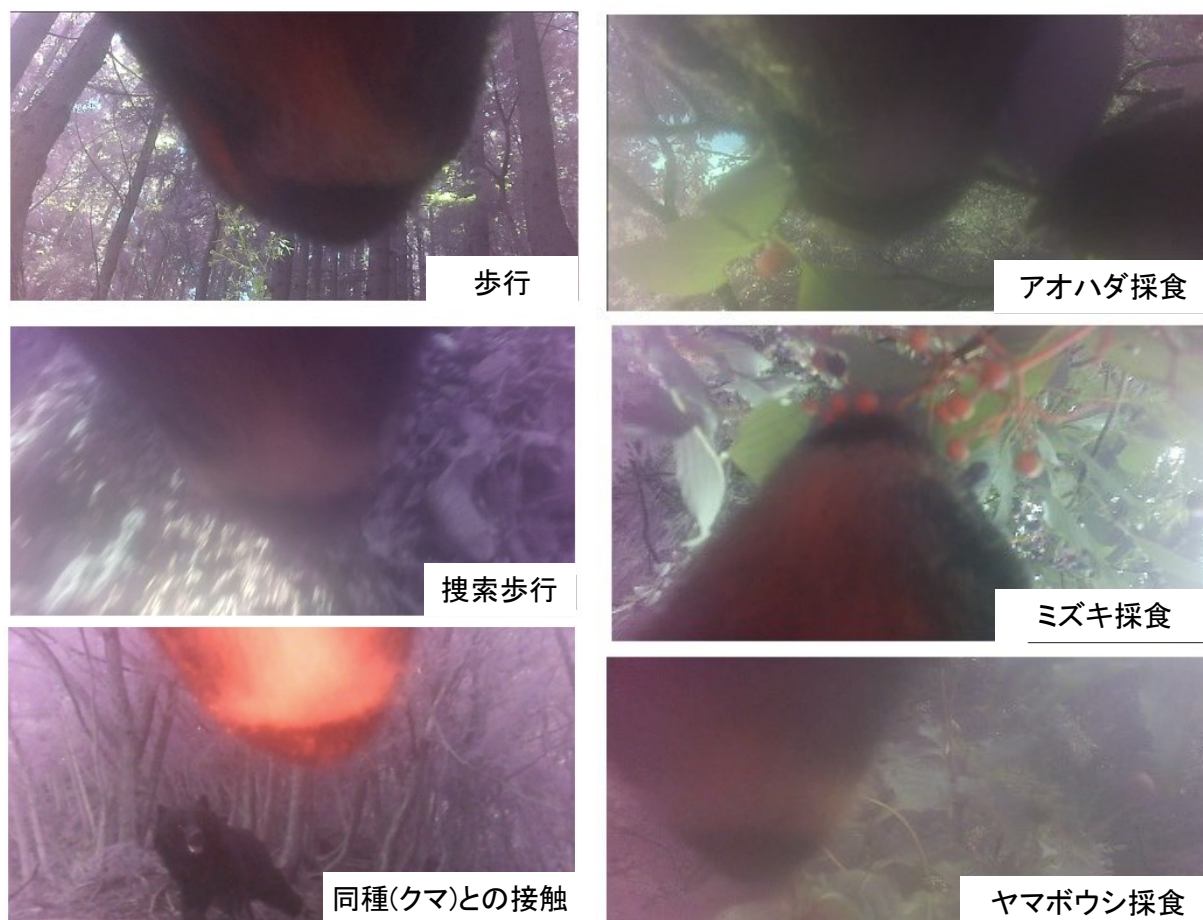
捕獲放獣した 2017 年 8 月 23 日から機材をドロップオフする 9 月 13 日までの間に電波発

信機を用いて、週 1～2 回の頻度で個体の位置情報を確認した。確認した位置情報から、行動圏を分析した。行動圏は、最外郭法 (Minimum Convex Polygon: MCP) を用いた。

3. 結果

カメラを装着し放獣した後 4 週間後に調査地で VHF 電波発信器の発信状況を確認し、脱落したカメラの位置を特定し回収した。記憶媒体 (microSDHC) から映像データをパソコンへ移し、動画補正ソフトで補正後、動画を再生し目視にて分析に必要な情報を整理した (図 5)。

図 5. 撮影された動画の例



2 台のカメラで撮影に成功した時間は 1057 分 (撮影成功率 91.7%) であった。95 分 (撮影失敗率 8.3%) は、撮影動画の記録がなかった。撮影に成功した画像の中で、行動判定不能な動画が 2 分 (0.19%) 認められた。記録された内容の詳細は表 1 に示した。判定できた 1057 分の映像分析の結果、全体で休息時間が最も多く 618.5 分 (58.51%) であった。休息は地上が最も多く、363.5 分 (34.39%)、樹上での休息は 255 分 (24.12%) であった。移動は 287.5 分 (27.20%) であった。歩行 142.0 分 (13.43%) が最も多く、次に歩行 (搜索; 地面に鼻をつけながら移動) が 135.5 分 (12.82%) と多かった。次に多かったのは、採食 (飲水を含む) 139.5 分 (13.20%) であった。また、ほかのクマとの遭遇があり、その後逃避し樹上に登った

例が 0.5 分 (0.05%) 観察された。採食種の同定を行ったところアオハダ *Ilex macropoda* (実) の採食時間が最も多く、91.5 分 (8.66%)、次にミズキ *Cornus controversa* (実) 25.5 分 (2.41%)、ヤマボウシ *Cornus kousa* (実) 6.0 分 (0.57%)、クロモジ *Lindera umbellata* (実) 1.0 分 (0.09%) であった。また獣肉 (シカ死体含) の採食が 2.5 分 (0.24%)、ハチ (種不明) 1 分 (0.09%)、昆虫 (種不明) 0.5 分 (0.05%)、飲水 0.5 分 (0.05 分) が認められた。また、樹皮舐め 3.5 分 (0.33%)、咀嚼しているが何を食べているか不明 (種不明) が 7.5 分 (0.71%) 認められた。

表 1. 行動時間分析

	(分)	(%)		(分)	(%)
休息	618.5	58.51	地上	363.5	34.39
			樹上	255.0	24.12
移動	287.5	27.20	走行	2.0	0.19
			歩行	142.0	13.43
			歩行 (搜索)	135.5	12.82
			木登り	4.5	0.43
			樹上間移動	3.5	0.33
採食 (飲水)	139.5	13.20	アオハダ (実)	91.5	8.66
			ミズキ (実)	25.5	2.41
			ヤマボウシ (実)	6.0	0.57
			クロモジ (実)	1.0	0.09
			獣類 (シカ)	2.5	0.24
			ハチ	1.0	0.09
			昆虫種不明	0.5	0.05
			飲水	0.5	0.05
			樹皮舐め	3.5	0.33
			種不明	7.5	0.71
行動	9.5	0.90	倒木堀	4.5	0.43
			土壌掘り	1.0	0.09
			周囲を伺う行動	3.5	0.33
			競合 (クマ)	0.5	0.05
行動不明	2.0	0.19		2.00	0.19

採食物の割合を計算したところ果実が最も多く 97%であった。その内訳はアオハダ (実) 71%、ミズキ (実) 20%、ヤマボウシ (実) 5%、クロモジ (実) 1%だった (図 6)。

休息および活動時間を図 7 に示した。日の出時前の平均 5 時 24 分 $\pm$ 0.006 SD から活動を開始し、平均 116.25 分間 $\pm$ 27.59 SD 活動した後、平均 7 時 19 分 $\pm$ 0.09 SD に休息に入った。その後 16 時～17 時 30 分まで活動と休息を繰り返し、日の入り前、平均 17 時 07 分 $\pm$ 0.02 SD から再び活動を活発化し、平均 175.6 分間 $\pm$ 30SD 活動した後、平均 20 時 17 分 $\pm$ 0.02 SD から翌朝の活動開始時刻まで休息するといった日周行動が認められた。

活動時間帯の中から、採食時間帯を抽出して分析した結果を図 8 に示した。採食時間帯は 5 時 30 分～8 時 20 分、10 時 20 分～11 時 20 分、12 時～13 時 50 分、14 時 50 分～21 時 10 分で認められた。最も多く採食活動が認められた時間帯は、夕方 18 時 00 分と 18 時 10 分の 9 回 (4.5 分間) であった。次に多かったのは、早朝 6 時 00 分と夕方 17 時 50 分、8 回 (4 分) だった。

電波発信機を用いて位置情報を確定したポイント数は、8 ポイントであった。捕獲放獣および機材を回収した位置情報を加えた、合計 10 ポイントで分析した行動圏 (MCP) を図 9 に示した。

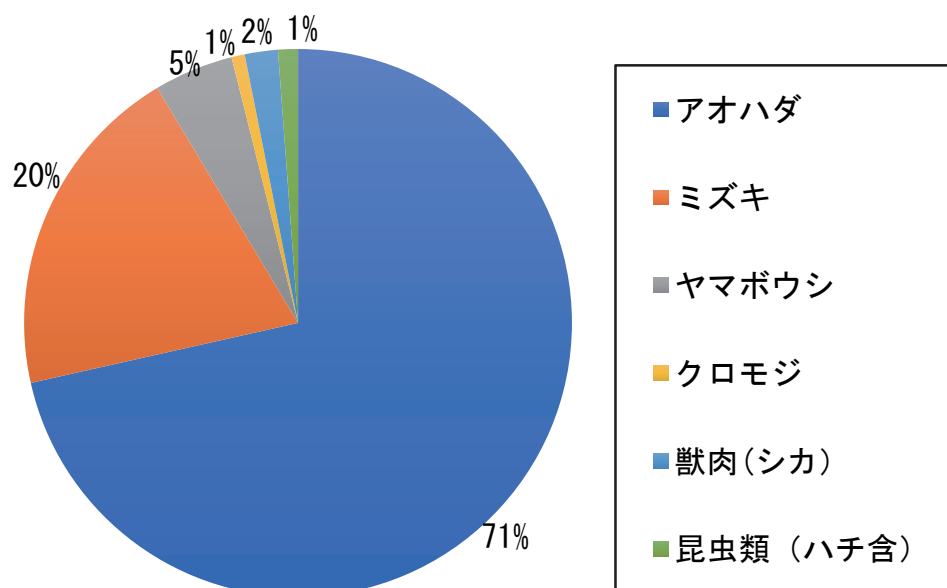


図 6. 観察された採食物の時間割合

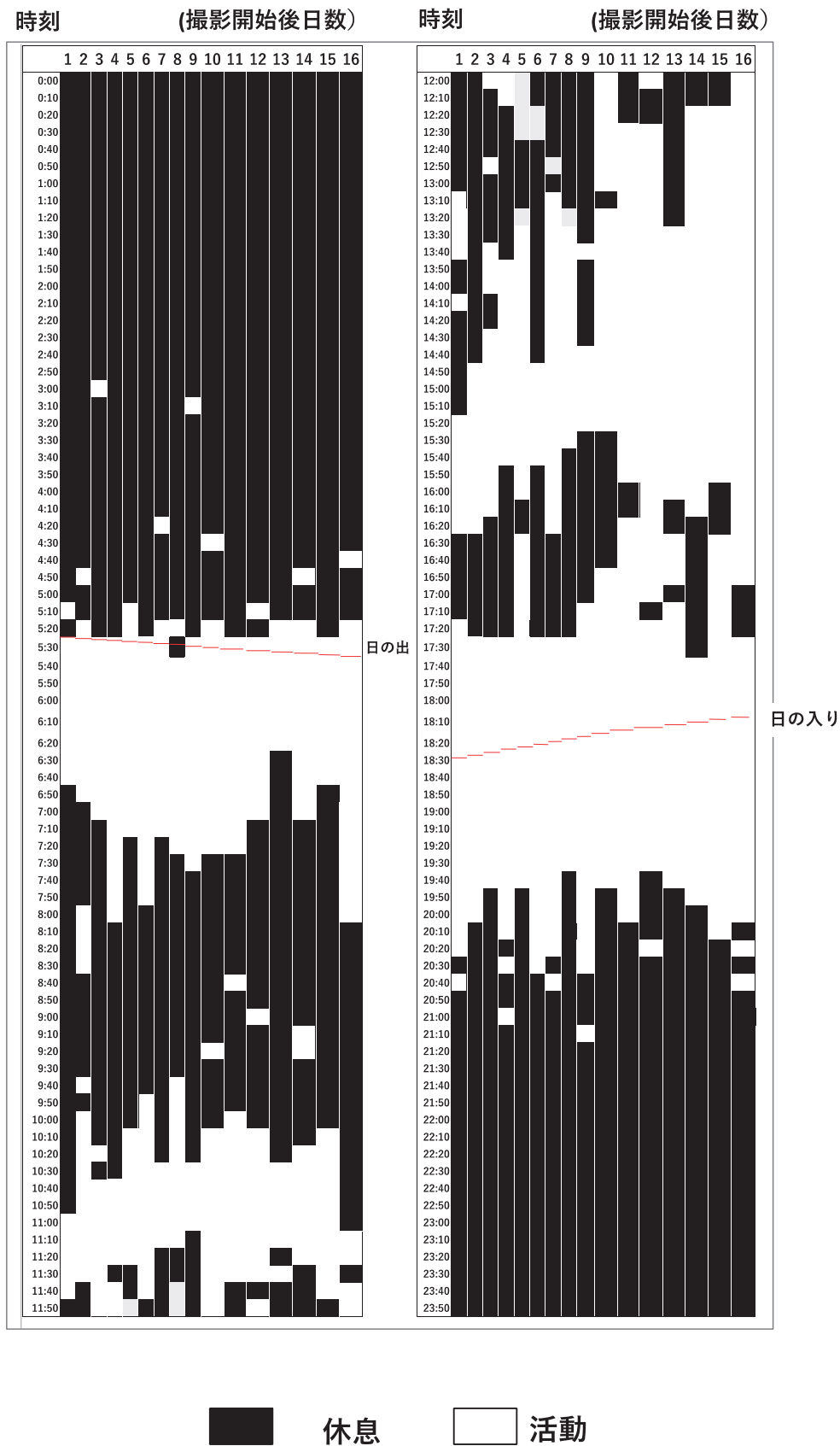


図 7. 活動時間と休息時間。10 分間の内記録した 30 秒間を休息・活動に割り振ったもの。

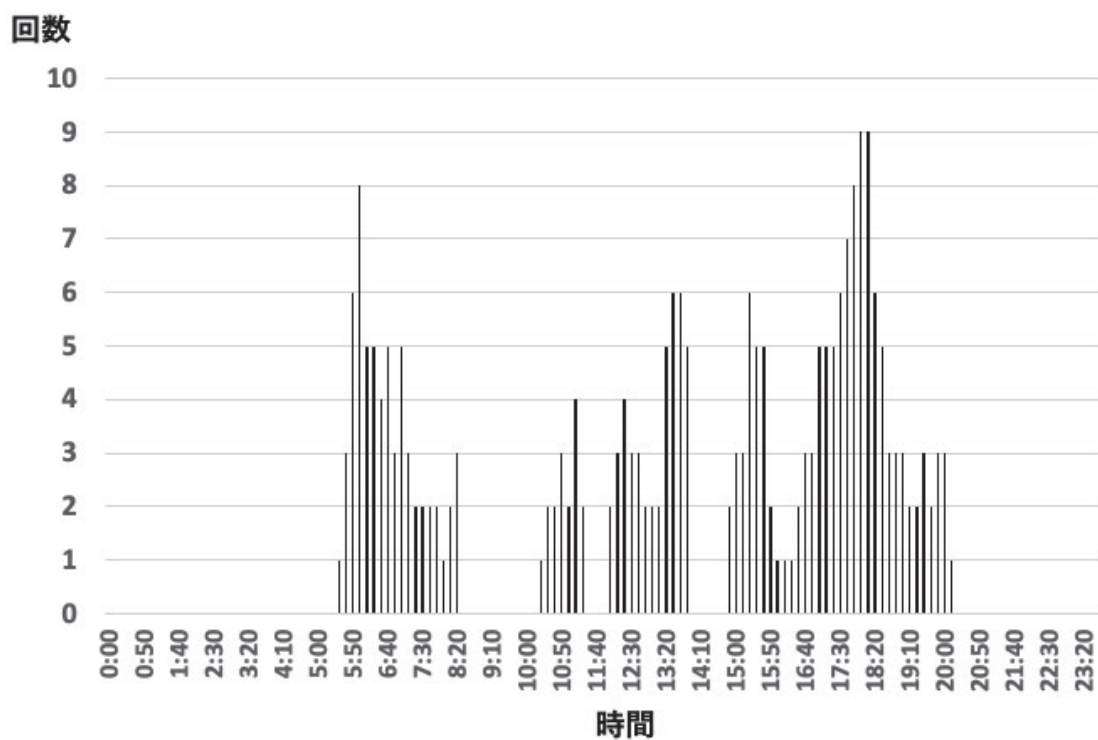


図 8. 時間帯ごとの採食回数

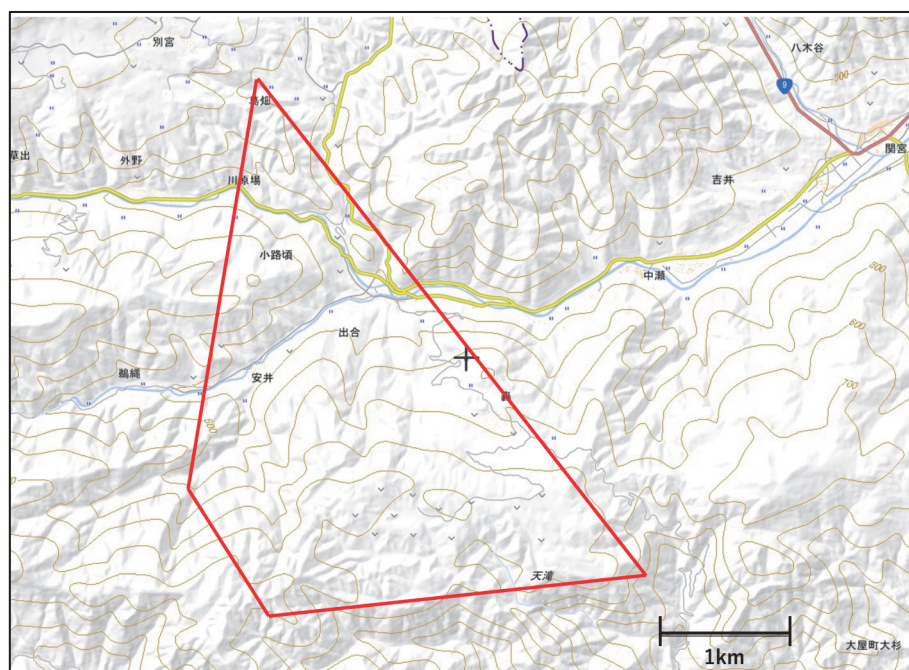


図 9. 行動圏（最外郭法：赤色）

4. 考察

これまでウェアラブルカメラ端末を用いた野生動物の行動研究のデータ収集時間帯は、光量が豊富な日中に限られていた。夜間撮影が可能となれば、夜行性動物の生態を解明する一助になる可能性がある。本研究は、照度計センサーを用いて光量が 300 lux 以下を感知すると赤外線が照射するようシステムを作成した。そして、本試験において撮影動画の収集が可能であることを確認した。今回の試験では夜間を含め 1057 分（撮影成功率 91.7%）の撮影に成功した。しかし 95 分（撮影失敗率 8.3%）は、昼夜含め撮影動画の記録がなかった。この原因を解明するため、機材回収した際にバッテリーの電圧を測定したが、通常の 1.3 V の電圧を確認し、バッテリーに問題は認められなかった。現在、撮影時間が予定していた時間より少なかった原因について解明中である。また、行動の判定が不能な動画は、カメラの著しいブレやレンズの一時的な曇りによるものだった。今後、カメラの固定方法の改良や、くもり止め溶液など利用しながら改善する必要がある。記録された画像データでは、地上の休息が最も多く、363.5 分（34.39%）、樹上の休息は 255 分（24.12%）であった。樹上の休息が多い理由として考えられるのは、今回記録された採食物のほとんどが、樹上性の果実類（アオハダ、ミズキ、ヤマボウシ、クロモジ）で、採食後に休息をとっていた可能性が考えられる。また、クマとの遭遇で逃避行動が見られたことから（図 5）、ヒトや同種のクマからの攻撃から身を守るために樹上を利用していた可能性も考えられる。今後引き続き、地上と樹上の利用については分析を進める必要がある。果実の中で採食物が最も多かったのはアオハダ（実）で 71%であった。次にミズキ（実）20%、ヤマボウシ（実）5%、クロモジ 1%であった（図 6）。これはカメラを装着した時期が 8 月下旬～9 月上旬で上記 4 種は果実（しょう果）の結実時期と重複する。

大井ら（2012）の西中国地域のクマの糞および捕獲個体の胃内容分析では、ミズキ属およびコナラ属果実は相対重要度の年平均値が、それぞれ 19.8%、29.2%と他の種と比べて明らかに高い値を報告している。そして、この 2 属は毎年比較的安定して利用される傾向にあると考えられている。コナラ属を含むブナ科の堅果類（コナラ、ミズナラ、ブナ）は結実の豊凶度合いに年変動があり、クマの集落への出没に影響を与えるため、兵庫県をはじめ多くの自治体が堅果類の豊凶度合いをモニタリング調査している（兵庫県の場合は、藤木ほか 2011; 藤木 2022 など）。堅果類はクマの主要な餌資源であるが、ミズキ属しょう果類も重要な餌資源であると考えられている。これはミズキは脂肪量が多く（Masaki et al. 2012）、森林内にまとまって生育していることが多く（Masaki et al. 2012）、しかも、その他のしょう果類と比べて利用できる期間（結実期間）が長いためであると言われている（Koike 2009）。加えて堅果類のミズナラやミズナラ同様、クマが短時間に集中して大量に採取できる。クマの採食物のしょう果類の分析はミズキ属果実の報告が多い（例えば、長縄・小山 1994; Hashimoto et al. 2003; 大井ほか 2012）。本研究ではこれまでの先行研究とは異なり、アオハダ果実の採食がミズキ果実を上回っていた。これは、調査地の植生がアオハダの占める割合が多いからなのか、個体差による嗜好性の問題なのか、毎木調査を実施していないため、現データでは不明

である。しかし、行動圏の情報（図 9）から、今後この個体が利用した生息地のしょう果類の情報を現地調査から得ることは可能であり、今後不足しているデータを補足する予定である。いずれにしても、ウェアラブルカメラ端末を用いて、しょう果類の採食データを得ることは可能であり、手法として今後クマの採食物判定に利用可能である。

ほかの採食物は、獣肉（シカ死体）の採食が 2.5 分(0.24%)、ハチ（種不明）1.0 分（0.09%）、昆虫（種不明）0.5 分（0.05%）。飲水 0.5 分（0.05%）が認められた。今回は、シカを襲った動画記録が無いことから、採食された個体は自然死か有害駆除されてその後、放置された個体であることが考えられる。実際、有害駆除したシカの死体残渣が野外に放置されクマが誘引される例が観察されている（兵庫県森林動物研究センター 未発表）。今後、クマが有害捕獲で放置されたシカ死体に誘引され執着する可能性も考えられる。クマの食性が変化する可能性もあり注視すべき情報である。

調査対象個体は、日の出前から活動を開始し、その後、活動、休息を繰り返し、日の入り前から再び活動を活発化し、深夜はほとんど活動が無かった。そして翌朝、再び活動を再開する日周行動が認められた。兵庫県のクマ目撃情報（682 件）分析では朝 7 時から 8 時と夕方 19 時から 20 時に出没のピークがあり薄明薄暮型の活動様式をとる個体が多いことが報告されている（稲葉 2011）。栃木県足尾のクマに活動センサー付き GPS 発信機を装着し、活動時間を記録した先行研究ではクマは夕暮れ時に活発であったが、ほとんど昼行性であったことが報告されている（Yamazaki et al. 2008）。今回の試験個体も薄明薄暮の時間帯が最も活動が活発であったが、深夜の活動は無かった（図 7）。一般的にクマは夜間活動すると思われるが、調査対象個体は、夜 20 時 17 分以降はほとんど活動することが無く睡眠時間帯である可能性が考えられた。活動時間帯から、採食時間帯を抽出して分析を行うと、最も多く認められた採食時間帯は、夕方 18 時 00 分と 18 時 10 分の 9 回（4.5 分間）であり、次に多かったのは、早朝 6 時 00 分と夕方 17 時 50 分、8 回（4 分）だった。採食物のデータと同じく個体差や地域、季節により変わる可能性もあり引き続きデータを蓄積しながら検討する必要がある。

今回、撮影された動画において、倒木堀り 4.5 分（0.43%）、土壌堀り 1.0 分（0.09%）、樹皮舐め 3.5 分（0.33%）が認められた。これらの行動は、昆虫を採食するための行動だと思われるが、画像に昆虫を観察することは無く詳細は不明である。

バイオリギング・ウェアラブルカメラ端末研究の課題と今後

バイオリギング・ウェアラブルカメラ端末を含め、機材を個体に装着する研究は原則対象個体の捕獲が必要であるが、季節や密度により捕獲の難易度が変わる。ツキノワグマの場合、捕獲数は春－夏季よりも秋季の方が多い（兵庫県 2021）。春から初夏にかけては、シシウド、アザミ、フキなどの草本の芽、葉、茎、ブナやミズナラなど広葉樹の芽、新葉、花など餌資源が豊富である（橋本・高槻 1997）。そのため餌による誘引が困難な季節であり捕獲が難しい時期であると考えられる。また、四国や紀伊半島のように個体数が少なく限られた分布域の場合（環境省自然環境局生物多様性センター 2019）、捕獲することは難しいため、機材装着は

困難であることが予想される。ほかの動物種、例えば捕獲が極めて困難な大型の鯨類の場合、調査船で個体に近づき呼吸のため海面に現れた時に長い棒（例えばポール）を用いて吸盤や接着剤でカメラやセンサーを背中 of 皮膚に装着させる方法が用いられている（e.g., Herman 2008）。クマを含む陸生大型動物の場合、新たな捕獲法の開発や鯨類のように捕獲せずに生体へ機材を装着する技術開発が、本法を発展させるために重要である。

また機材装着において少なからず個体に負担をかけることになる。今回、試験した機材は、動物福祉の上、行動の制約がかからないと考えられている個体の体重 5% 以内の重量の機材を装着した（Aldridge and Brigham 1988）。しかし、より小型で重量の軽い機材の開発は必要である。現在のウェアラブルカメラの撮影稼働時間は、短時間でデータ収集量は限られている。機材を稼働させるバッテリーには、単位重量あたりの蓄電量が最も多いリチウムイオン電池を使用しているが、本機材の前実験では撮影可能時間は 3~4 週間程度であり課題である。今後は長期撮影にむけて蓄電量の多いバッテリーとメモリー量の多い記録媒体の利用が重要である。バッテリー量が増えると機材の重量が必然的に増える問題が発生する。近年カーボンナノチューブを用いたリチウム空気電池が開発され、現在製品化が待たれている（Nomura et al. 2017）。従来のリチウム電池と比べ軽量で 15 倍の蓄電量がある。また現在、SDXC カード容量で 2TB（SanDisk, U.S.A.）の製品があり記憶媒体の容量の観点からは、撮影時間の延長も可能となっている。今後、利用可能かどうか試験を実施する予定である。

今回使用したカメラのレンズは広角 28 mm であり焦点深度はメーカーの商品データに記載が無く不明である。今回の試験では、昆虫類を明確に撮影することは難しかった。そのため昆虫の種同定ができない画像が認められた。小さな昆虫類の撮影には、接写に適しているマクロレンズを選択することは可能だが、反対に遠方や広角画像の情報が取れなくなるといった問題が生じる。今後はレンズの改良や選択は重要な課題である。

本研究では、GPS 発信器による位置情報の取得は行わなかった。カメラ動画と GPS による位置情報を照合すれば、個体が好む生息地の情報がさらに明確になるであろう。

研究成果は、生態学の情報だけに限ることなく、野生動物とヒトとの軋轢、例えば農林業被害を軽減するためのデータにも利用できる可能性がある（Sartwell et al. 2009）。クマの場合、近年、人里への出没が社会問題化している。堅果類の餌資源の量で、出没頻度が変化することが先行研究で示されているが（藤木ほか 2011; 藤木 2022）、前述のとおり、ツキノワグマの採食物の種や量については不明な点も多い。今回の試験個体の例からも夏期の、しょう果類が重要な餌資源であると考えられたが、夏期の餌資源量と集落出没との関係はほとんど調査研究されていない。今後、調査の進展が期待される。本研究は、直接観察法を含む従来の方法では困難であった野生動物の生態の新たな側面を解明する萌芽的な研究手法の分析結果である。使用されるカメラやセンサーには、最先端の工学技術が使用されており、生態学と工学の融合が研究成果につながる手法でもある。バイオロギングによる研究手法を用いるには、機種種の性能や動物福祉の問題など情報収集を続けながら活用することが重要である。

謝辞

機材の作製について、有限会社エコシス 飯泉誠氏より助言をいただきました。お礼申し上げます。本研究の成果の一部は、科学研究費助成事業（平成 24 年度）挑戦的萌芽研究（代表）課題番号 22658082、科学研究費助成事業（平成 27 年度）基盤研究 C（代表）課題番号 25450477 の研究助成を受けて実施しました。

引用文献

- Aldridge HDJN, Brigham RM (1988) Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: a test of the 5% “rule” of radio-telemetry. *Journal of Mammalogy*, 69: 379–382
- 藤木 大介, 横山 真弓, 坂田 宏志 (2011) 兵庫県内におけるツキノワグマの出没変動パターンの地域変異とブナ科堅果の豊凶の影響. *兵庫ワイルドライフモノグラフ*, 3: 50–58
- 藤木 大介 (2022) 兵庫県におけるブナ科堅果の豊凶観測に基づいたツキノワグマの出没予測. *兵庫ワイルドライフモノグラフ*, 14: 79–93
- 橋本 幸彦, 高槻 成紀 (1997) ツキノワグマの食性:総説 *哺乳類科学*, 37(1): 1–19
- Hashimoto Y, Kaji M, Sawada H, Takatsuki S (2003) Five-year study on the autumn food habits of the Asiatic black bear in relation to nut production. *Ecological Research*, 18: 485–492
- Herman E (2008) Crittercam Deployments on Humpback Whales in Competitive Groups in Hawaii. *Proceeding of The 2007 Animal-Borne Imaging Symposium 10 to 13 October 2007 Washington, DC, USA. National Geographic Society, Washington, DC, USA* : 33–37
- 兵庫県 (2021) ツキノワグマ管理計画 令和 3 年度事業実施計画 資料編. 兵庫県 pp.25
- 稲葉 一明 (2011) 兵庫県のツキノワグマの出没状況と対策.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: 1–17
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2019) 平成 30 年度 (2018 年度) 中大型哺乳類分布調査報告書. pp.26
- Kerrie A, Loyd T, Sonia M, Hernandez J, Carroll P, Kyler J, Abernathy G, Marshall J (2013) Quantifying free-roaming domestic cat predation using animal-borne video cameras. *Biological Conservation*, 160: 183–189
- Koike S (2009) Fruiting phenology and its effect on fruit feeding behavior of Asiatic black bears. *Mammal Study*, 34: 47–52
- Marshall G, Beier L, Rasch D, Bakhtiari M, Heithaus M (2004) CRITTERCAM: First Use of Animal-Borne imaging for direct observation of brown bear behavior and ecology in a

- temperate rainforest of Alaska. The 15th Conference of International Bear Research and Management. San Diego, California:32–35
- Marshall GJ, Bakhtiari M, Shepard M, Joliff M, Rasch D, Abernathy K, Tweedy J, Carrier JC, Heithaus MR (2007) An advanced solid-state animal-borne video and environmental data-logging device (“CRITTERCAM”) for marine research. *Marine Technology Society Journal*, 44(2): 31–38
- Masaki T, Takahashi K, Sawa A, Kado T, Naoe S, Koike S, Shibata M (2012) Fleshy fruit characteristics in a temperate deciduous forest of Japan: how unique are they? *Journal of Plant Research*, 125: 103–114
- Matsubayashi H, Ahmad AH, Wakamatsu N, Nakazono E, Takyu M, Majalap N, Lagan P, Sukor JRA (2011) Natural-licks use by orangutans and conservation of their habitats in Bornean tropical production forest. *Raffles Bulletin of Zoology*, 59: 109–115
- Moll RJ, Millspaugh JJ, Beringer J, Sartwell J, He Z (2007) A new ‘view’ of ecology and conservation through animal-borne video systems. *Trends in Ecology & Evolution*, 22: 660–668
- 長縄 今日子, 小山 克 (1994) 丹沢山地におけるツキノワグマの食性. *日本林学会論文集*, 105: 539–542
- Nomura A, Ito K, Kubo Y (2017) CNT Sheet Air Electrode for the Development of Ultra-High Cell Capacity in Lithium-Air Batteries. *Scientific Reports*, 7: 1–8
- O’Brien TG, Kinnarird MF, Wibisono HT (2003) Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6: 131–139
- O’Connell AF, Nichols JD, Karanth KU (2011) Camera traps in animal ecology: methods and analyses. Springer-Verlag, New York
- 大井 徹, 中下 留美子, 藤田 昌弘, 菅井 強司, 藤井 猛 (2012) 西中国山地のツキノワグマの食性の特徴について. *哺乳類科学*, 52(1): 1–13
- Yamazaki K, Kozakai C, Kasai S, Goto Y, Koike S, Furubayashi K (2008) A preliminary evaluation of activity-sensing GPS collars for estimating daily activity patterns of Japanese black bears. *Ursus*, 19(2): 154–161
- Yasuda M (2004) Monitoring density and abundance of mammals with camera traps:a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29: 37–46