

# 立山カルデラにおけるactivity sensor付きGPS受信機を用いた ツキノワグマ生態調査

後藤 優介<sup>1)</sup>、肴倉 孝明<sup>2)</sup>、古林 賢恒<sup>1,2)</sup>

## 1. はじめに

聞き取り調査によるツキノワグマの分布域を概観すると温量指数80以下のエリアと重複している部分の多いことがわかる(図1:環境庁1982、図2:古林1988)。

図2は温量指数80と95のラインならびに市町村単位で市町村天然林率(市町村の面積に対する天然林の面積率)が高い(41%以上)地域を表している。また、図3は市町村天然林率が低い(20%以下)エリアを表している。

東経136度にある琵琶湖を境に東と西で、温量指数80以下のエリアの分布様式と規模が大きく異なる。西側は、80以上のエリアが広がり、暖かく雪が少ないことで古くから人為的攪乱圧が累積されている場所が多い。塩田開発、たたらの関係から燃料を入手するために森林の伐採が古くから行われてきた瀬戸内海沿岸部には、天然林が広く分布するものの、その大半はコバノミツバツツジ-アカマツ群集として区分される二次林となっている。さらには、土地が痩せているためにスギ・ヒノキの植林に適さないことから天然生のアカマツ林が広く残存している。そこでは、県境にパッチ状に分布する温量指数80以下の落葉広葉樹の天然林をコアーにしてツキノワグマが分布している。そのため個体群の規模も小さく孤立している。

図3は開発の累積圧の結果を示し、天然林の少ない地域ほど開発の進んだ地域といえる。九州地方は開発が進んだ地域で、スギ・ヒノキの植林活動が活発に行われており、また本州から種の供給がなかったと考えられる。生息地の攪乱・乱獲、供給源がない構造は、行動圏の大きい動物にとってストレスがかかりやすく絶滅しやすい。ツキノワグマが九州地方からいち早く絶滅した理由も多分その辺りにあるのだろう。

一方、東側には、温量指数80以下の地域が広く連続分布し、開発の手が伸びにくい場所が多い構造になっている。そのため残存する落葉広葉樹の天然林が多く、

クマの生息分布図からはクマが生息できるエリアの多いことが読みとれる。

琵琶湖北東部の能郷白山から両白山地、さらには北アルプスへと続く山塊には、わが国でも有数のブナを主体とした落葉広葉樹林が広く分布している。その一隅に立山カルデラが位置しており、ツキノワグマの生息環境としては良好な条件のところが多い。ブナが分布する低山帯から亜高山帯・高山帯、またミズナラやコナラの分布する山麓帯へと山塊が連続している。

ツキノワグマは行動圏が大きいことから生息地要求性が高い代表として取り上げられ、アンブレラ種として地域の生物の多様性を保全する際の指標に位置づけられている。しかしながら、戦後50年間、日本各地においてニホンツキノワグマの生態について研究が行われてきたものの、直接観察が難しいことからその生態については不明な点が多い。これまで生態研究は主に捕獲個体にVHF発信機を装着することで行われており、北アルプスにおける研究では夏期は亜高山帯から高山帯を、秋期にはミズナラを主体とする低山帯上部を季節的に移動しながら利用することが知られている(Izumiyama et al., 2004)。VHF発信機を用いた行動の追跡は、このような長期における広範囲の移動を把握するのに有効であるが、莫大な追跡労力がかかるわりには推定位置の誤差が大きいことなどの理由から、高い精度を必要とするツキノワグマの1日の行動や、日周行動といった基礎的な生態情報を把握することは難しい。

東京農工大学古林研究室では、茨城県自然博物館の山崎晃司氏とプロジェクトをつくり、4年ほど前から東京都奥多摩地域、栃木県足尾山地において、ツキノワグマにGPS(Global Positioning System)首輪型受信機(activity sensor付き)を装着し行動生態を追跡してきた。その結果、測位を高頻度に行うことで、クマの居る位置情報が精度高く測位できることを実証し

<sup>1)</sup>東京農工大学農学部、<sup>2)</sup>NPO法人ライチョウ保護研究会



図1 ツキノワグマの生息分布

た。また、activity sensorを装着した個体を延べ8時間観察することで、クマの行動内容とactivity sensorの値との関係について比較検討することができた。

そこで同様のGPS首輪型受信機を用いて、人為的攪乱が少なく自然林が多く残されているエリアにおけるツキノワグマの行動生態を解明することを目的として、2004年10月より調査を始めた。

GPSによる高頻度の位置情報とactivity sensorの値を組み合わせることによる行動解析の有効性を検討し、その結果を用いて日周行動、季節的行動圏およびその内部構造について1例ではあるが検討することができた。

なお、本研究は立山カルデラ砂防博物館の委託調査として行われた。

## 調査地と方法

### 1. ツキノワグマの捕獲とGPS首輪の装着

捕獲にはドラム缶2連式のバレルトラップ（口絵写真1）を用い、掲載誘引するための餌としてハチミツをトラップ内に仕掛けた。バレルトラップは、常願寺川の最上流域にあたる富山県中新川郡立山町の湯川谷奥に2004年10月2日に設置した。

10月14日に捕獲された個体（雌成獣46.7kg、当歳仔1頭づれ）は麻酔薬を用いて不動化し、GPS首輪型受信機（Lotek社製型式GPS3300）を装着した（口絵2）。

### 2. GPSの測位間隔とactivity値の解析

GPSは高度約20,000kmを飛行する24機の人工衛星を用いた測位システムである。複数の衛星からの電波を受信し測位された位置データは、首輪に内蔵されたデータロガーに蓄積される。測位間隔は任意に設定できるが、本調査では10月16日から5分間隔で測位する設定とした。測位期間終了後、首輪に付属する脱落装置を遠隔操作により作動させて首輪を11月1日に回収し、データのダウンロードを行った。

位置データは測位されなかった場合はNO-Fix、4機以上の衛星から発信された電波を傍受し位置を測位した場合は3 D-Fix、3機の衛星から発信された電波を傍受し位置を測位した場合は2 D-Fixと示される。本試験では2 D-Fixと3 D-Fixをあわせた割合を測位成功率とした。

GPS首輪にはactivity sensorが内蔵されている。Activity sensorは主にシカ類の活動量を推定するため



図2 温量指数80ラインと市町村天然林率41%以上の市町村の分布

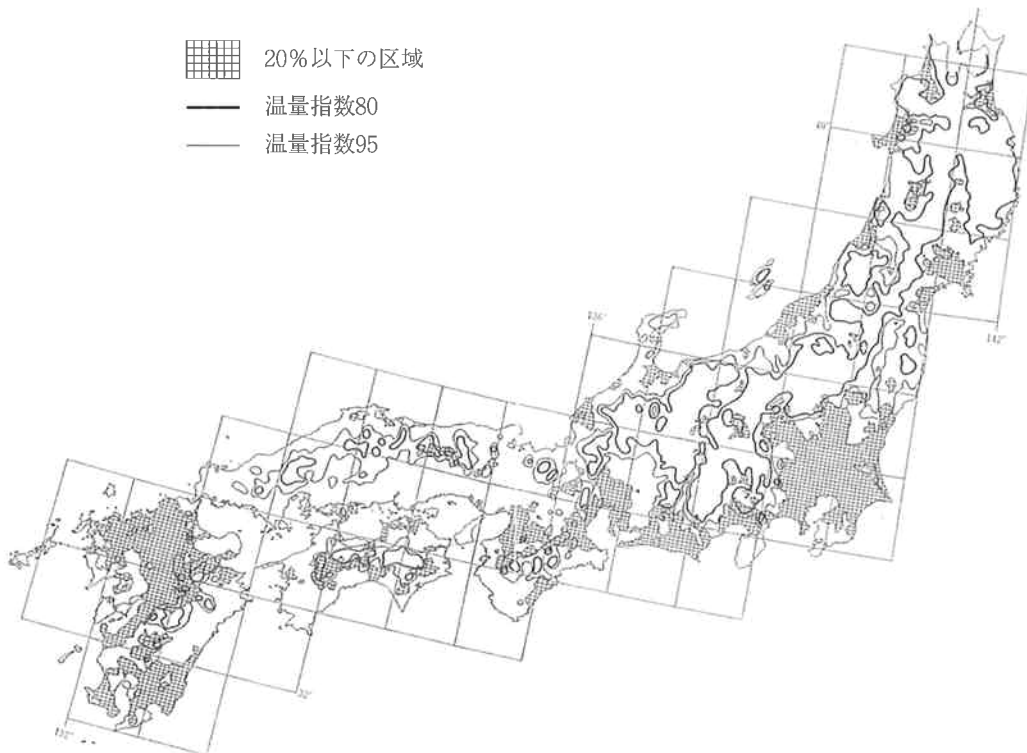
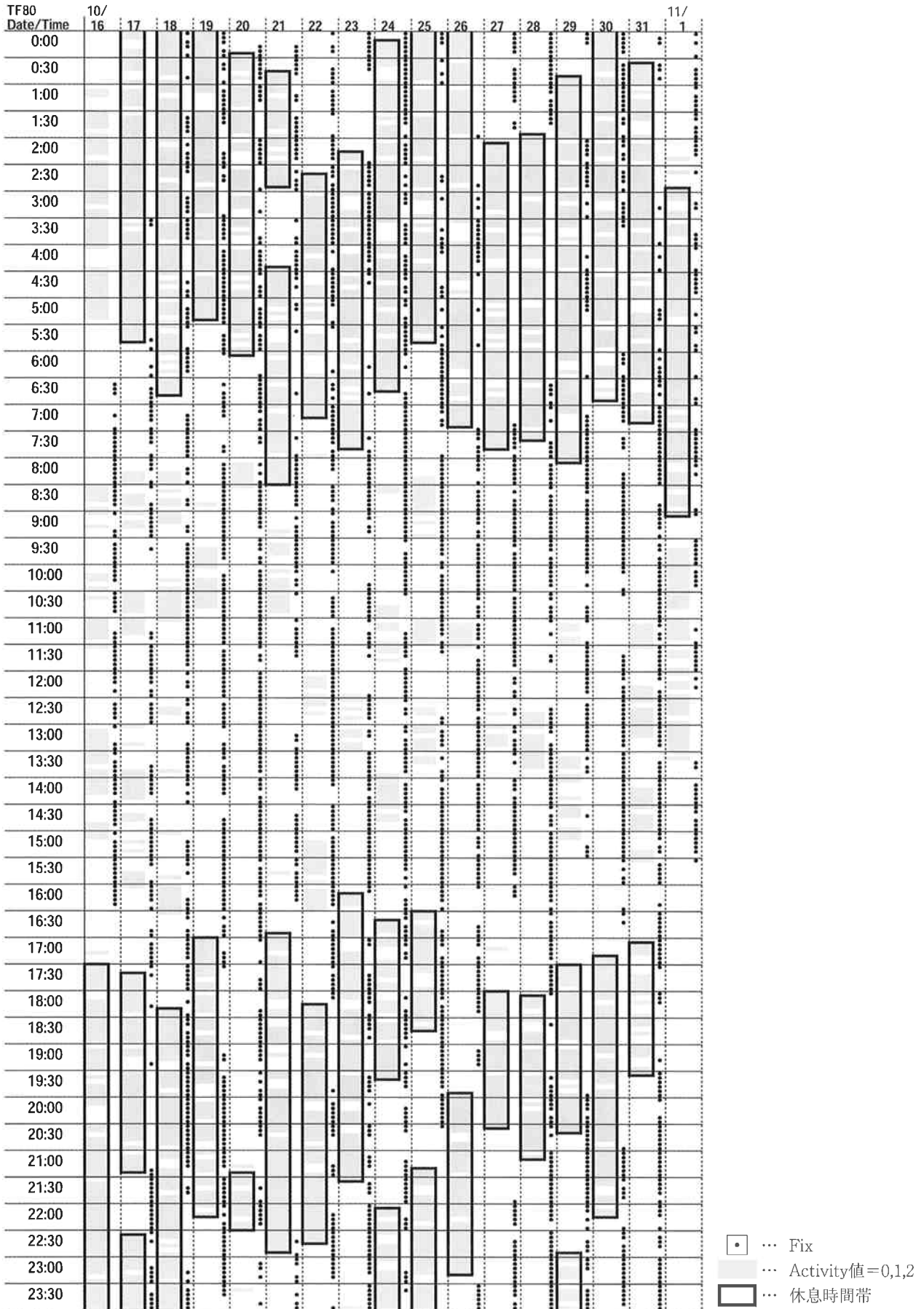


図3 温量指数80ラインと市町村天然林率20%以下の市町村の分布

表1 Activity値0,1,2の出現時間と5分ごとの測位結果の一覧



開発された装置であるが、対象個体の動作に伴う首輪の傾き回数をX、Yの2方向でそれぞれ5分間の累積値として記録する。これまでツキノワグマに装着した事例（後藤2004、小坂井2005）から、X+Yの値（以下、Activity値とする）と活動との間には密接な関係があることが確かめられている。直接観察によるクマの行動とactivity値を整合させた事例（小坂井2005）によると、activity値が0-2は休息していたこと、50以上は活発に行動していたこと、3-49については実際の行動と対応している事例が少ないものの、緩やかな活動としている。そこで、本調査においてもactivity sensorに基づく5分間の累積値をactivity値とし、activity値が0-2は休息、50以上は活発な行動、3-49は穏やかな行動として行動生態の分析に用いた。

## 結果

### 1. 測位成功率とactivity値の関係

本試験の期間を通しての測位成功率は、72.8%となった。

Activity値と測位成功率の関係についてみると、activity値の高いグループ（50以上）では、NO-Fixが8%、2D-Fixが49%、3D-Fixが43%となった。一方、activity値の低いグループ（0-2）では、NO-Fixが47%、2D-Fixが35%、3D-Fixが18%となった（図4）。つまり、活発な活動時（activity値 $\geq$ 50）の92%という高い測位成功率に比べて休息中（activity値 $\leq$ 2）の測位成功率は53%にまで低下してしまうことがわかった。

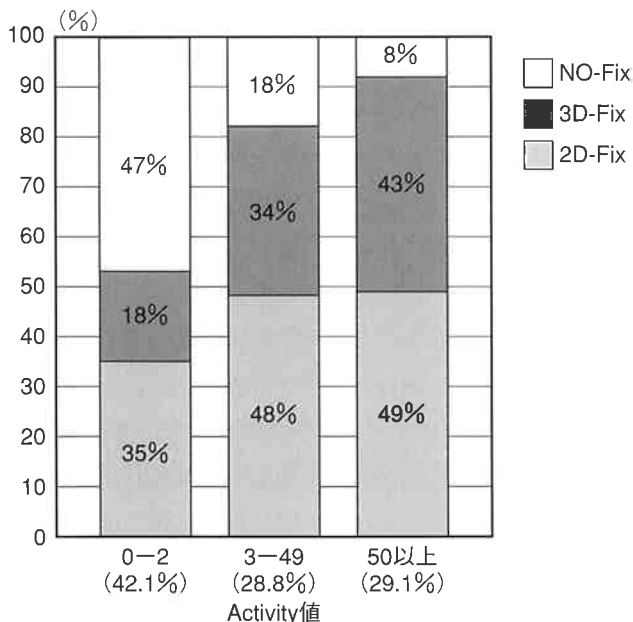


図4 3つのactivity値グループと測位別割合  
( )内はactivity値全体に対する各区分の値が占める割合

## 2. 日周行動と行動圏の内部構造

### 2-1. 日周行動

図5は、各時間帯（1時間ごと）におけるactivity値が0,1,2の休息となる割合を示す。

追跡した16日間（10月16日～11月1日）において、中間日にあたる10月23日の富山市における日の出時刻は6時6分で、日の入り時刻は17時5分であった。これを基準に6時から17時を日中、17時から6時を夜間として休息時間の割合を算出したところ、日中は休息の割合が21 $\pm$ 9%（n=11）、夜間は59 $\pm$ 14%（n=13）となり、なかでも真夜中の1時から夜明けの6時までの5時間については、73 $\pm$ 8%（n=5）となり、有意に休息の割合が高くなるのがわかる。以上のことから、調査個体は昼行性の活動様式をもっていたことになる。

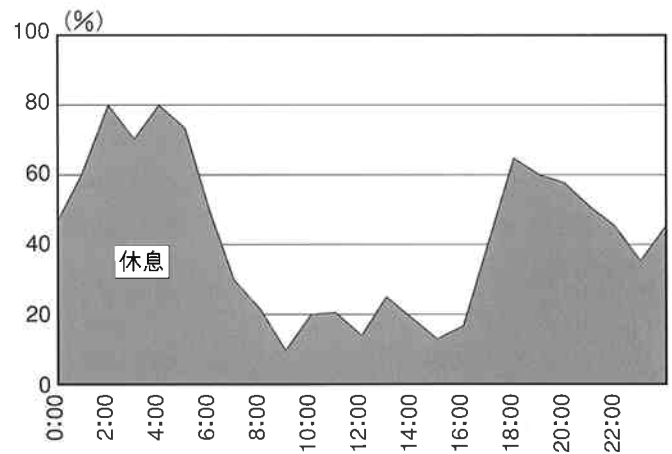


図5 1時間ごとのactivity値が0,1,2となる割合

### 2-2. 行動圏の内部構造（1日の中の休息時間帯と活動時間帯）

表1はactivity値0,1,2の出現時間と5分ごとに位置がFixされたかどうかを示す。また、夜間においてactivity値 $\leq$ 2が10分以上連続し、かつactivity値 $\geq$ 3が30分以上連続しない時間帯を休息時間帯として表中、囲い太線で示した。休息時間帯は追跡期間中の16晩で31事例存在した。図6に休息時間帯におけるactivity値の頻度分布を示す。全31事例の休息時間帯の中で、activity値が0-2となる行動が81.7%、3-26となる行動が16.7%、27-49となる行動が0.7%、50以上となる行動は0.8%を占めた。休息時間帯には休息（activity値0-2）以外に穏やかな活動（activity値3-26）を示すことがわかる。

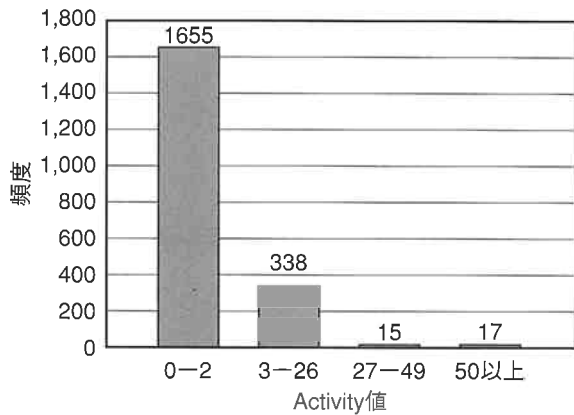


図6 休息時間帯におけるactivity値の頻度分布

全31事例の休息時間帯について、休息時間帯中に測位された測位点、および休息時間帯の直前および直後に測位された測位点をもとに把握した休息場所の位置を図7に示す。夜間の休息場所は全16晩のうち、場所を変えずに1晩中同じ場所にいたと考えられる日が2晩(16日,18日)、一晩の中で40m以内の短い移動をともなった場合が4晩(17日,20日,23日,26日)、100m以上の移動をともなった場合が10晩(19日,21日,22日,24日,25日,27~31日)存在した。また、図中A、B、Cの3ヶ所については複数日にわたって(Aは17日,22日,31日、Bは25日,30日、Cは26日,27日)再利用した休息場所である。

立山カルデラの植生図(富山県 1994)をもとに1日のなかで活動時に選択した植物群落とその滞在時間を図8に示す。いずれの日もダケカンバ群落およびオオイタドリ群落を主に利用している。その他にはドロノキ群落、オノエヤナギ群落、ヒメヤシャブシ群落などパイオニアの植物群落に滞在していた。追跡した17日間を通してみるとダケカンバ群落・オオイタドリ群落に76%、ドロノキ群落・オノエヤナギ群落・ヒメヤシャブシ群落に14%、合わせて90%の時間、パイオニア群落に滞在していたことになる(図9)。17日間生活していた行動圏(図7)は最外殻法で示しても115haと小さく、ブナとミズナラは分布していない場所で生活していた。

クマが利用した活動域、休息域を踏査することにより、夜間の休息場所において66個、昼間の休息地点や活動地点、移動ルート上において94個、計160個の糞を採取した。

## 考察

### 1. Activity sensor付きGPS首輪の特性

#### 1-1. 高い測位成功率の獲得

測位成功率はactivity値と密接な関係にあり、activity値が高いと92%、低いと53%と大きく異なることがわかった。No-fixが発生する要因としては、樹冠の閉鎖度、衛星の配置、地形による開空度の減少などが考えられる(D'Eon et al. 2002)。また、活動時には首輪の上面(クマの背中側)に位置する受信アンテナが真上に向いているが、休息時の体勢によってはアンテナの向きが活動時と異なる方向に向いている可能性がある。このことが休息時の測位成功率を低下させているのかも知れない。樹洞や岩穴といった電波を受信しにくいところに潜り込んでいることも考えられる。休息場所としてどのような場所を利用しているのか、今後の検討課題である。

GPS首輪にactivity sensorを装着していない場合を考えてみる。連続して測位されなかった場合クマの位置情報が不完全となり、クマの位置情報から判断する植物群落の選択性や行動圏などといった行動生態について調査する場合の精度が低くなることが予想される。また、数例のケーススタディーしかないが、測位間隔を問題にしなければならないことを示唆するデータがある。15分間隔や1時間間隔で測位した事例では測位成功率がそれぞれ、43%、42%に低下し、位置情報の精度が低下することが確認されている(後藤2004、葛西2004)。

5分間隔で測位を行うと精度が高くなることがわかったが、最大16-17日間の追跡しかできないこと、測位間隔を長くすると追跡期間は長くなるが位置情報の精度が低下するトレードオフの関係があることから、調査の目的に合わせて使用方法を検討しなければならない。

例えば、大きな移動を生活様式に組み込んでいる個体の移動パターンを追跡したい場合には、少々データがラフになっても良いので測位間隔を長めにすることが可能である。しかし、季節的に利用している植物群落、食性、行動圏のサイズを明らかにしたい場合には、測位間隔を短くしなければならない。調査研究の資金面のやりくりを考えると、測位間隔はGPS首輪によるクマの行動生態調査のkeyとなる問題でもある。

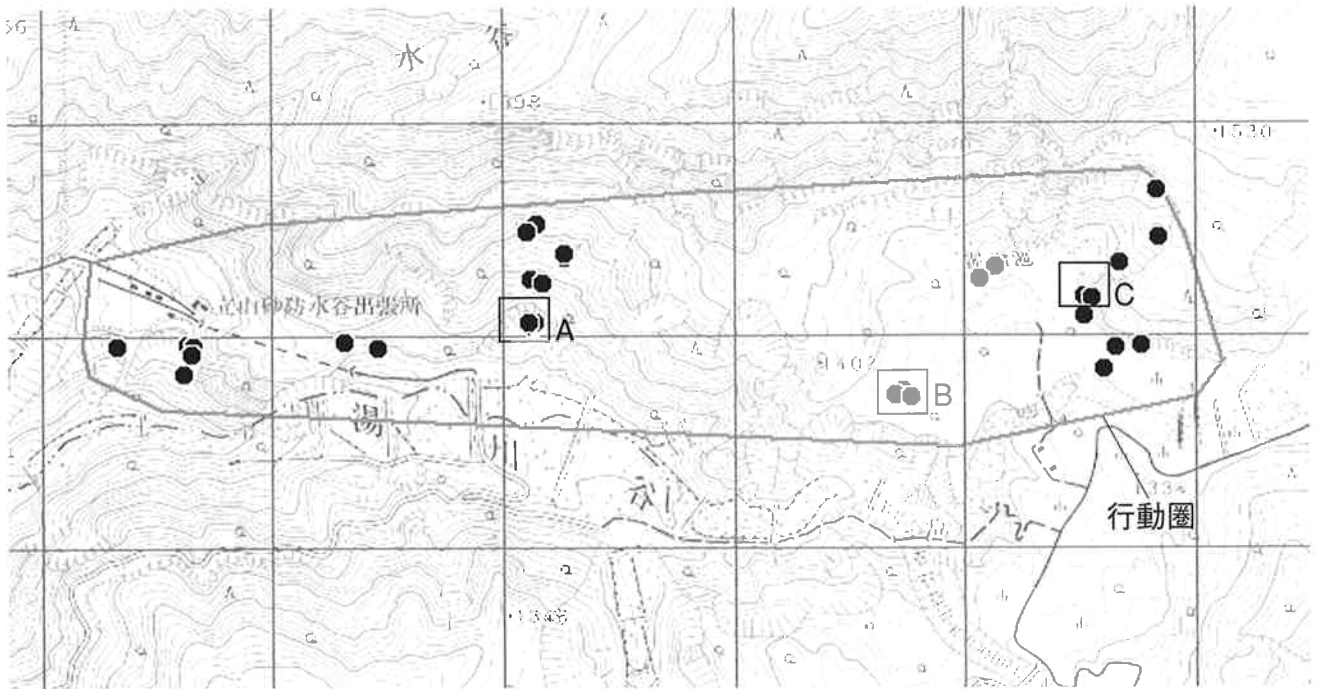


図7 夜間休息場所の位置および17日間の行動圏 メッシュは500m×500m

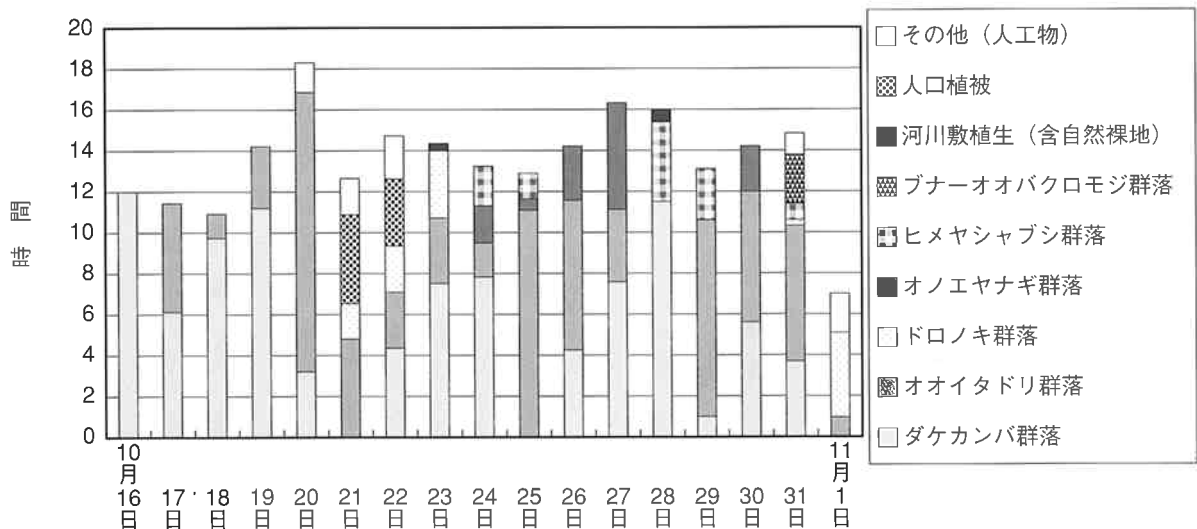


図8 各日において活動時に選択した植物群落とその滞在時間

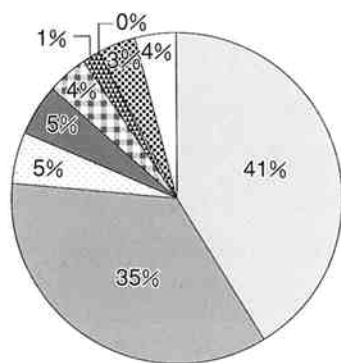


図9 17日間の追跡期間において活動時に選択した植物群落の滞在時間割合 (凡例は図8に同じ)

### 1-2. 日周行動と休息時間帯の穏やかな行動

これまで同じ方法により調査した3例の結果がある。一つは栃木県足尾山地の6月の雌成獣(仔連れ)と雄成獣の場合、今一つは同じく足尾山地の8月から9月にかけての雌成獣の場合である。雌成獣の二つの事例とも日没から夜明けまで休息の割合が急激に増加する昼行性の行動パターンが認められたが(小坂井2005、後藤2004)、本調査はそれを支持する結果となった。

昼行性はツキノワグマの内在的なリズムによるものと考えられるが、人為的な攪乱により夜行性の活動をする事例がある。例えば、栃木県山間部の牧場

において飼料の採食のため牛舎に侵入する個体の場合（丸山2003）、また、秋に柿を採食するために各地の集落に出現する個体の場合（山崎ら未発表）、丹沢ホームの養魚場の魚油に餌付いた個体は1ヶ月間以上も夜になると出現し、夜明け近くまで滞在したこと（古林未発表）など夜行性の行動をとることが知られている。その場合、日中の行動がどのようなものかなどについてもGPS首輪を装着することにより、明らかにすることができる。

6月期の雄成獣の場合には、交尾行動期に該当し雌成獣とは異なる不規則な行動パターンを示した。雄の行動パターンは餌資源以外に行動が制約される事例で、繁殖行動によるものと考えられる（Sandell 1989）。

また、休息時間帯にactivity値が穏やかな活動を示すことがあるが、飼育個体の夜間の行動観察によると、休息中に寝返りを打つ行動、一時的に立ち上がり、寝ていた場所付近で脱糞し、再び休息に戻る行動が恒常的に存在することが観察されている（後藤2004、葛西2004）。また、野外における休息個体の観察では、落石音などに反応し、一時首を上げた後、再び休息に戻る行動を観察している。これらの大きな移動をともなわない行動が緩やかな活動に含まれると考える。

## 2. 行動圏の内部構造を把握することの有効性

立山カルデラにおける10月の雌成獣（当歳仔連れ）の場合、行動圏は115haとなった。栃木県足尾山地で同様の手法により行った6月の雌成獣（一歳仔連れ）の場合には、行動圏は220haであった。足尾山地もカルデラと同様に草地的な環境を利用している事例である。足尾の事例に比べて1/2倍の小さな行動圏を行動していたことになる。足尾山地において小坂井（2005）と後藤（2004）が観察した事例では、活発な行動時間帯には採食行動をともなう場合が多い。したがってどのような植物群落を利用しているか、およびその群落において何を採食しているかを明らかにしておくことは、クマがどのような内部構造のハビタットを要求しているかを明らかにする意味で重要なことになる。

本調査において、活動時に利用していた植物群落はオオイタドリ群落とダケカンバ群落であった。立山カルデラの植生図（富山県1994）を見るとダケカンバ群落が広く優占していて、ブナとミズナラの出現する群落は小規模にしか分布していない。多くの場所が匍行

土であったり、崩壊したり、崩積土の構造になっており、遷移の初期段階に出現する群落から構成されている特殊な場所であることがわかる。一方、カルデラ周辺部の土壌の構造が安定しているエリアには、ブナやミズナラを主体とした落葉広葉樹林が広く優占分布している。調査研究を持続させることにより秋の木の実の豊凶に対応した食性と行動圏のサイズが明らかになって行くと考える。

葛西（2004）、後藤（2004）が秋田県阿仁町立クマ牧場において飼育個体を用いてヤマザクラ種子などの消化試験を行った結果によると、体内滞留時間は最も短い場合で3時間30分、平均すると18～20時間となった。また、1日に平均して5～6回脱糞することを記録している。

例えば、夜明けとともに活動体制に入り、午前中に食物を摂ったと仮定すると、日の入り後から明朝までの休息時間帯にも高い確率で脱糞することが考えられる。つまり、休息場所を踏査することで糞を採取することができる。本調査で66個の糞を採取できたことはその証拠でもある。同様に昼間の休息場所や移動ルート上などにおいても高い割合で糞を回収することができることがわかった。このことは、activity sensor付きGPS首輪により精度の高い位置情報を明らかにすることで糞を採取することが容易になり、糞分析を介してクマの食性を明らかにし易くなったことを意味する。

まだ糞の分析が終わっていないために何を採食していたのか数量的には出せないが、採食痕跡および一部の糞分析からは、ヤマブドウ・キハダの果実、高茎草本のオオハナウド、アザミ類などを採食していたことがわかっている。今後、各季節において同様な調査を繰り返し行うことで、地域性を反映した詳細な季節的食性を明らかにできると考える。

2004年の秋は、ツキノワグマの里への出没が相次ぎ、大きな社会問題にまで発展する事態となった。今回の調査では、1頭のクマの追跡に終始したが、今後も研究体制を持続することにより、秋のクマ対策にも有効となる基礎的な資料が蓄積できるものと考えられる。

## 参考文献

- D'Eon, G.R, Serrouya R, Smith G, and Kochanny O.C. (2002) GPS radio telemetry error and bias in mountainous terrain. Wildlife Society Bulletin,



- 30(2):430-439
- 後藤優介 (2004) ニホンツキノワグマの種子散布者としての役割. 2003年度東京農工大学卒業論文, 28p, 東京
- 古林賢恒 (1988) 生物資源としての森林・木 報告書. 林野庁企画課, 309pp.
- Izumiyama, S. and Shiraishi, T. (2004) Seasonal changes in elevation and habitat use of the Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) in the Northern Japan Alps. *Mammal Study*, 29(1): 1 - 8
- 環境庁 (1982) 日本の自然環境, 258pp.
- 葛西真輔 (2004) ニホンツキノワグマの行動特性と種子散布に関する研究. 2003年度東京農工大学修士論文, 37p, 東京
- 小坂井千夏 (2005) Activity sensor付GPS受信機を用いたニホンツキノワグマの日周行動の解析. 2004年度東京農工大学卒業論文, 45p, 東京
- 丸山哲也 (2003) センサーカメラによるツキノワグマの牛舎への出没状況調査. 平成14年度野生鳥獣研究紀要, 29:52-56
- Sandell, M. (1989) The mating tactics and spacing patterns of solitary carnivores. *Carnivore behavior, ecology, and evolution* (ed. John L. Gittleman), 164-182pp, Cornell University Press, New York
- 富山県 (1994) 立山カルデラ自然環境基礎調査報告書, 4 - 8 pp.