

## 論 文

GPSテレメトリ法と活動量センサを用いた  
ニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) の行動区分

中川恒祐\*・長谷川尚史\*・玉谷宏夫\*・高柳 敦\*

Behavior classification of Japanese black bear (*Ursus thibetanus japonicus*)  
by using a GPS telemetry system with activity sensor

Kousuke NAKAGAWA\*, Hisashi HASEGAWA\*, Hiroo TAMATANI\*, Atsushi TAKAYANAGI\*

活動量センサを併用したGPSテレメトリ法によって得られたデータから、ニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) の行動区分の推定を試み、受信間隔と行動区分の推定精度との関係について分析を行った。捕獲したニホンツキノワグマに活動量センサを内蔵したGPSカラーを装着し、30分間隔の位置データから算出した移動距離および活動率を得た。得られたデータを用いて、休息、滞在、移動の行動区分を推定することができた。次に、60分、120分、180分間隔で取得されたデータを擬似的に作成し、各受信間隔において推定された行動区分と30分間隔で判定された行動区分とを比較した。行動連続時間の長い休息で高い一致率を示したのに対し、行動連続時間の短い滞在および移動では、受信間隔が長くなるにしたがって一致率が低下した。また受信間隔を長くすると、連続行動時間の長い行動区分に対しても推定精度が低下した。行動区分の推定精度は連続行動時間と受信間隔の関係によって決定されるので、調査対象とする行動区分の連続行動時間を考慮した上で、受信間隔を決定する必要があると考えられた。

キーワード：GPSテレメトリ、活動量センサ、ニホンツキノワグマ、行動区分、受信間隔

A Global Positioning System (GPS) collar with activity sensor was deployed on a Japanese black bear (*Ursus thibetanus japonicus*) in early winter of 2001, and the collar was programmed to fix every 30 minutes for seven days. The behavior pattern of the black bear can be classified into "rest", "stay", and "move" by the obtained moving distance and the activity rate. Three patterns, set at interval 60, 120, and 180 minutes, were simulated, and the behavior classification estimated from each fix interval data was compared with the data of 30 minutes interval. The "rest", of which consecutive time was long, showed high concordance rate, while the "stay" and the "move", were short, showed low concordance rate as fix interval was long. Since the accuracy of behavior classification was determined by the relationship between consecutive time of behavior and fix interval, fix interval should be programmed with due consideration of consecutive time of the behavior according to the research subject.

Key words: GPS telemetry, activity sensor, Japanese black bear, behavior classification, fix interval

## 1. はじめに

従来、野生動物の行動圏や生息環境利用、移動距離などの行動調査にはVHF電波を用いたラジオテレメトリ法が主に用いられてきた。しかしラジオテレメトリ法では、位置精度が悪いこと、地形によって電波の受信が困難になること、行動圏の広い野生動物の追跡には限界があることなどの問題がある (Rodgers *et al.* 1996)。そこで、ラジオテレメトリ法に替わる方法としてGPS (Global Positioning System) を内蔵した首輪 (以下、GPSカラー) を調査個体に装着するGPSテレメトリ法が試行されている。GPSとは、高度約2万kmの円軌道上を飛行する複数の衛星からの電波を受信することにより、受信位置の3次元座標を求める測位システムである。

GPSテレメトリ法は、地形や樹木の電波遮断によって測位データが得られない場合があるほか、高価であること、取得データ数により装着期間が制限されることなど、ラジオテレメトリ法と比べて不利な点もある。しかし一方、GPS測位をスケジュールしておくことにより、任意の間隔で調査個体の位置データを高精度に得ることができ、また天候、時間に影響を受けない点などから、従来得られなかった行動調査データが取得できると考えられる。海外ではヘラジカ (Rempel *et al.* 1995)、オオカミ (Merrill *et al.* 1998)、オジロジカ (Bowman, 2000)、トナカイ (Dyer *et al.* 2001) に装着した例などが、日本ではニホンジカ (鈴木ら, 2000) に装着した例が報告されている。

従来までのラジオテレメトリ法による行動区分では、

\* 京都大学大学院農学研究科森林科学専攻

\* Graduate school of Agriculture, Kyoto University

移動距離が短くある地域に定着しその環境を利用しているか、長距離の移動をしているかということしか分からなかった(水野ら, 1985). また羽澄ら(1985)はアクトグラムを用いて休息, 穏やかな動き, 活発な動きと分けることで行動を区分したが, 位置情報と結びついてこなかった. しかしGPSテレメトリ法では, GPSによる高精度な位置データと, 温度センサや活動量センサなど他のセンサとを組み合わせることにより, さらに多くの情報を得ることができると考えられる. 鈴木ら(2000)は金華山島においてニホンジカに活動量センサを内蔵したGPSカラーを装着し, GPSと活動量センサの併用によって, 位置だけでなくそこでの行動状態が推定できると指摘している. GPSを用いて野生動物の行動状態を推定できれば, ツキノワグマのように直接観察の困難な動物の生態を解明するための有効な手段になりうると思われる. しかし, 現在のところGPSを用いた野生動物の行動状態の推定を行った研究は報告されていない.

一方で, 推定精度と装着期間とはトレードオフの関係がある. 受信間隔が短いほど高精度の行動状態推定が可能となるが, GPSカラーはバッテリーやメモリー容量によりデータ取得回数に限界があるため装着期間は短くなる. 装着期間を長くするためには受信間隔をある程度長くする必要があり, 行動状態の推定精度と受信間隔との関係に関する知見が必要である.

本研究では, 捕獲したニホンツキノワグマ(*Ursus thibetanus japonicus*, 以下クマ)に活動量センサを内蔵したGPSカラーを装着し, 30分間隔で得られた位置データおよび活動量データからクマの行動状態を推定した. また, 擬似的に作成した60分, 120分, 180分間隔で取得されたデータから推定される行動状態と比較した.

## 2. 調査地・調査方法

調査は, 京都府北東部に位置し温暖帯林と冷温暖帯林の移行帯にあたる, 京都大学大学院農学研究科附属芦生演習林とその周辺で行った. クマの捕獲には, 内杉谷, 中ノツボ, 池ノ谷, 宮ノ森の4地点に二連式のドラム缶檻を設置した. 2001年11月14日に池ノ谷の捕獲檻にて44kgのメス個体を捕獲した(「さくら」と命名). 11月15日Telonics社製のGPSカラー(TGW-400)を装着後, 放獣した. GPSカラーの総重量は1,260gで調査個体の体重の2.86%であった. GPSの受信間隔は30分毎に設定し, 11月15日~22日間のデータを取得した. GPS測位は単独測位とし, ディファレンシャル補正は行わなかった. GPSカラーには活動量センサ(Activity Sensor: Transition Type)と温度計, VHF発信機が内蔵されて

いる. 今回用いた活動量センサは, 測定時間内の調査個体の動いた割合(以下, 活動率)を測定するもので, 本研究においては受信開始と同時に20分間測定し, その後10分間非測定を繰り返すよう設定した.

## 3. 結果と考察

### 3.1. 30分間隔で取得されたデータによる行動区分

GPSの位置データ取得率は95%であった. 取得された位置データを図-1に示す. さくらが一カ所に留まっては移動するというパターンを繰り返していることが分かる. 2地点間の直線距離を30分間の移動距離とし, 移動距離と活動率の関係を図-2に示す. 移動距離の短い場合においても, 活動率が0%に近い状態と, より高い活動率を示す状態に分類できると考えられた. そこでさくらの行動に対し, 動きのない“休息”, 一カ所に留まり行動する“滞在”, 滞り場所および休息場所間の“移動”の3種類の行動区分を想定した.

活動率の頻度分布(図-3)によると, 活動率5%未満が全体の4割を占めており, 5%以上の時とは明らかに異なる状態であるため, 活動率が5%未満の時はすべて休息とした. 次に, 活動率が5%以上のデータについて, 活動率と移動距離を変数としたK-means法によるクラスター分析を用いて, 2種類のグループ(行動区分)への分類を試みた(図-4). その結果, 平均移動距離が61.1m, 平均活動率が29.8%のグループと平均移動距離が341.3m, 平均活動率が52.2%のグループに分かれ, 移動距離が約210mのラインを境に区分された. よって, 活動率が5%以上かつ移動距離約210m以上の行動を移

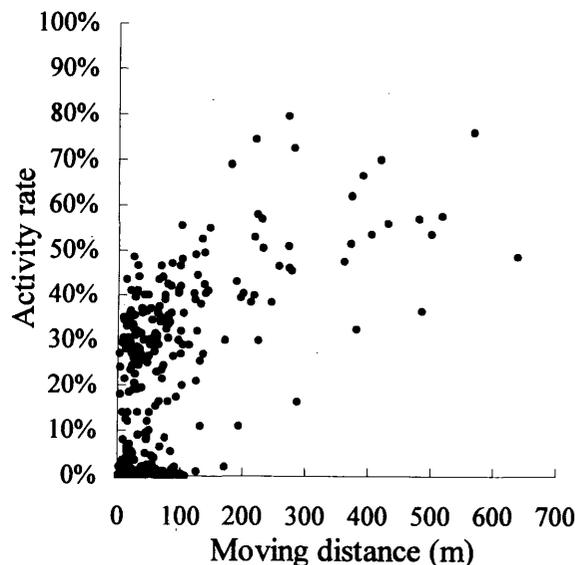


図-2 移動距離と活動率の関係  
Fig.2 Relationship between moving distance and activity rate.

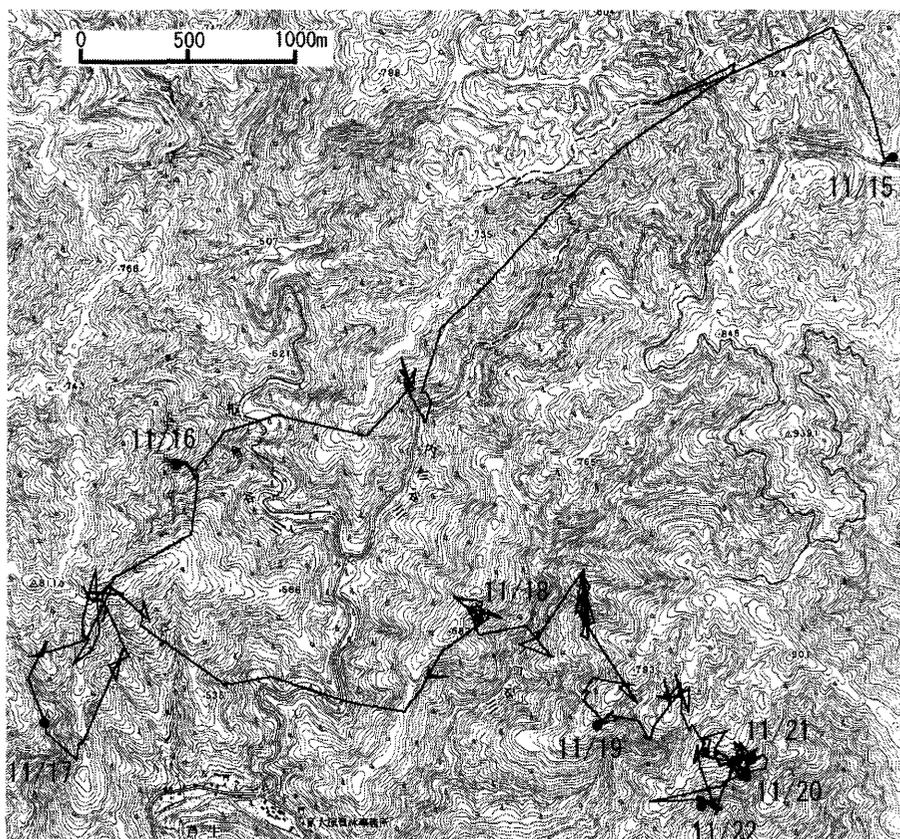


図-1 GPSテレメトリによって得られた位置データ(11/15~11/21)  
 Fig.1 Positional data obtained by using GPS telemetry during 11/15-11/21.

日付の点は当該日の12:00のデータを示す。  
 (図は国土地理院刊行の2万5千分の1地形図「中」、「久多」、「久坂」、「古屋」より複製)  
 The points with date show positional data of the day at 12:00.  
 (The figure is reproduced from "Naka", "Kuta", "Kusaka", and "Furuya" the 1:25,000  
 Topographic Map published by The Geographical Survey Institute.)

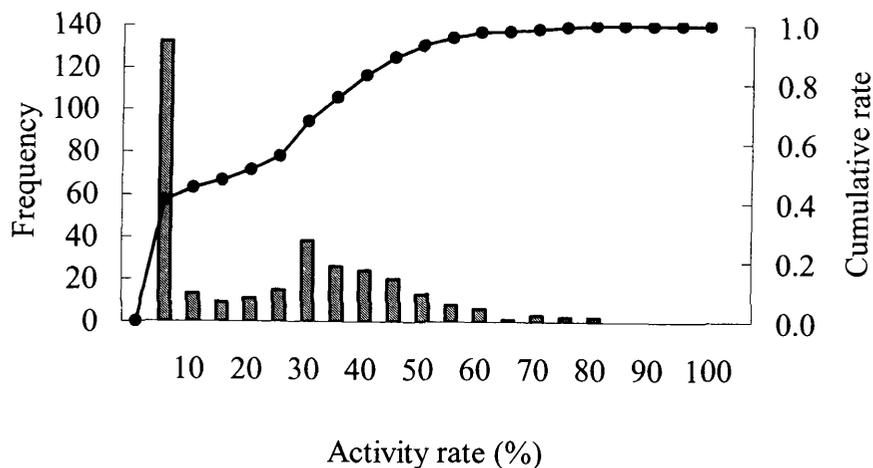


図-3 活動率の頻度分布  
 Fig.3 Frequency distribution of activity rate.

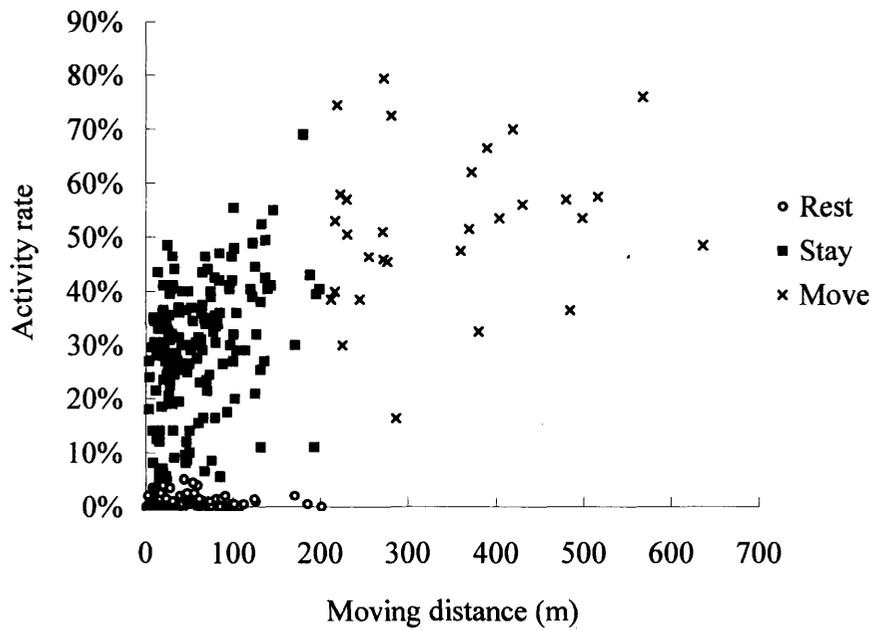


図-4 クラスタ分析を用いた行動区分  
Fig.4 Behavioral classification by using cluster analysis.

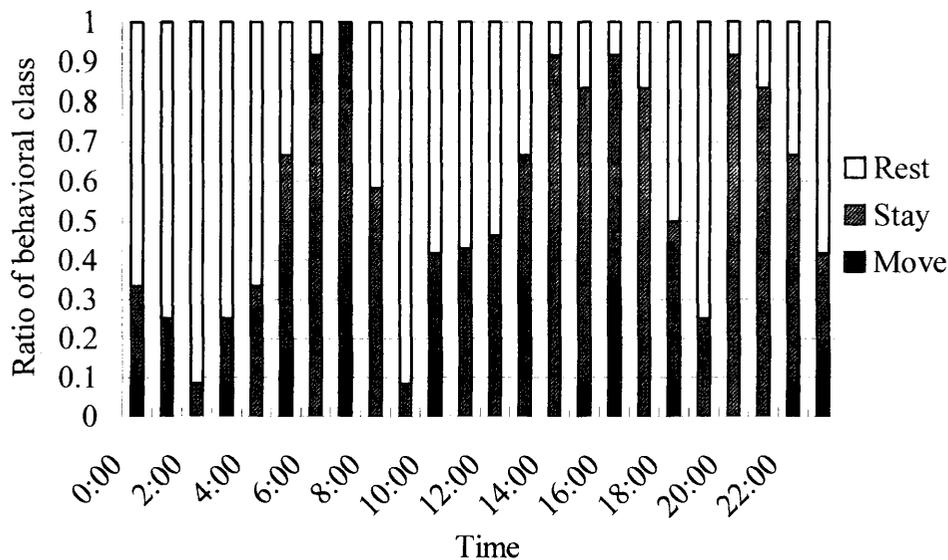


図-5 時間別の行動区分結果 (11/16~11/21)  
Fig.5 Result of behavioral classification in each time during 11/16-11/21.

動、活動率5%以上かつ移動距離約210m未満の行動を滞在と分類した。なお 図-2, 4において活動率0%付近にもかかわらず移動距離があるデータはGPSの測位誤差によって生じた可能性が高く、この影響によるクラスタ分析の精度劣化を防ぐため、先に活動率のみによって休息を区分した後、クラスタ分析によって滞在および移動の区分を行った。

図-5に時間別の行動区分の構成比率を示す。放獣後24時間のデータは麻醉等の捕獲による影響を考慮して除いた。羽澄ら(1985)はアクトグラムを用いた調査を行

い、秋期の栃木県日光地域におけるクマの活動が6:00と16:00にピークをもつ薄明薄暮型で、1:00に活動が最も弱まることを報告している。本研究では、6:00付近、16:00付近、21:00付近の時間帯において滞在や移動が活発になり、また2:00に休息の割合が最も大きくなることから、この報告結果と21:00付近の行動を除いてほぼ一致していた。

以上の結果から、GPSテレメトリ法による位置データと活動量センサを組み合わせることで、行動を“休息”、“滞在”、“移動”に区分でき、かつGPSによる正確な位

置情報と結びつけて解析することが可能と考えられた。

### 3.2. 受信間隔と行動区分の推定精度

30分間隔で取得されたデータから、受信間隔を60分、120分、180分間隔で取得した場合に得られるデータを擬似的に作成した。この際、位置データは該当時刻の測位データを抜き出し、また活動率は該当時間間隔における活動率の平均とした。図-6にそれぞれの位置データを示す。受信間隔が長くなるにつれて、一カ所に滞在している場所の特定が困難になると予想される。

次に30分間隔時の区分の手法と同様に、受信間隔内の活動率が5%未満の時を“休息”とし、“滞在”と“移動”をクラスター分析により区分した。その結果、活動率5%以上かつ移動距離が60分、120分、180分間隔毎に

それぞれ約335m, 約430m, 約440m未満の時が“滞在”, それ以上が“移動”となった。各受信間隔において推定された行動区分と30分間隔で判定された行動区分との関係を表-1に示す。休息の一致率は180分間隔でも93.8%の一致が見られたが、滞在では60分間隔で80.6%, 180分間隔では59.8%に低下し、移動では120分間隔において52.8%しか一致しなかった。

一致率にはそれぞれの行動の連続時間が関係していると考えられる。各行動区分の連続時間の頻度分布を図-7に示す。平均連続時間は休息、滞在、移動それぞれ、129.6分、111.6分、51.6分であり、連続行動時間の短い場合に一致率が低くなる傾向が見られた。図-8には行動の連続時間と一致率の関係を受信間隔別に示した。受信間隔よりも短い行動区分では推定精度が急激に低下

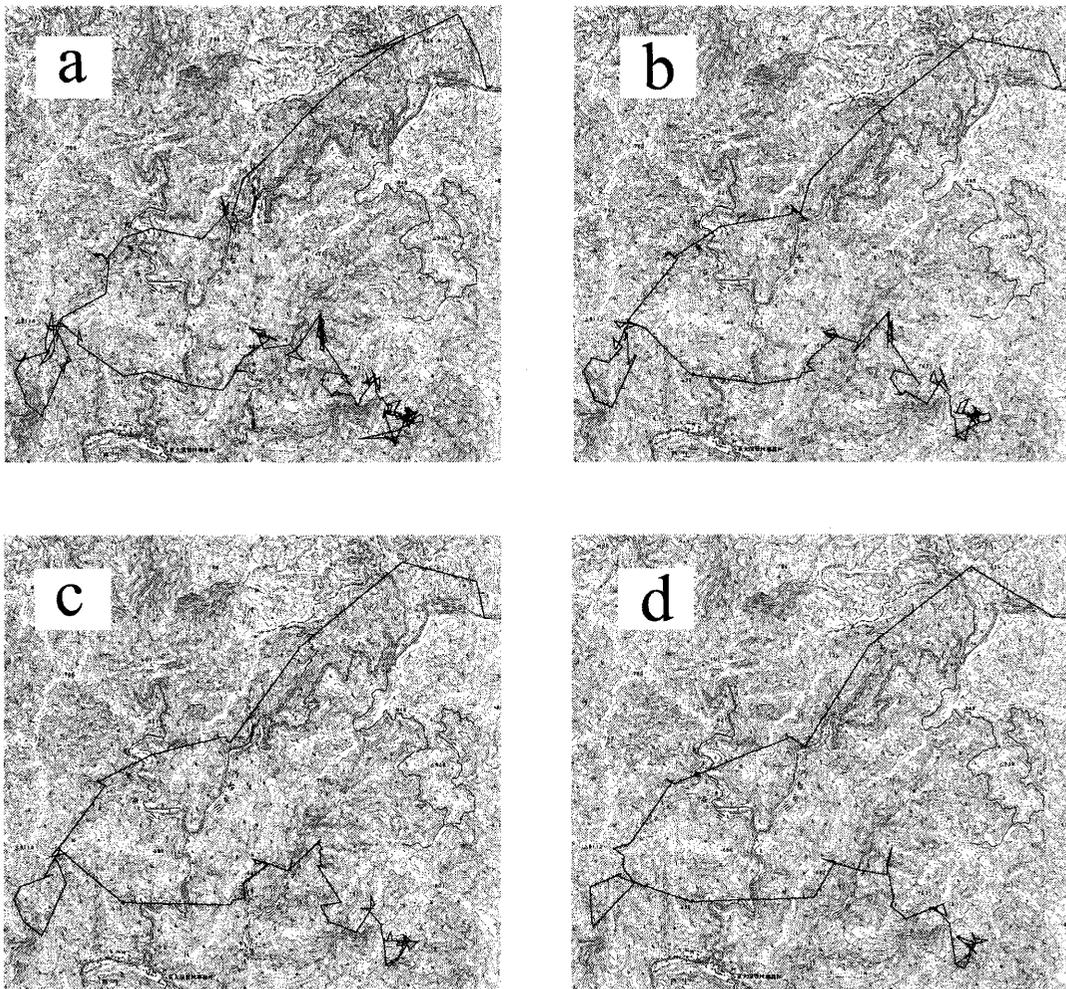


図-6 受信間隔を変えた場合の位置データ  
Fig.6 Positional data in each fix interval.

(a) 30分間隔 (b) 60分間隔 (c) 120分間隔 (d) 180分間隔  
(図は国土地理院刊行の2万5千分の1地形図「中」, 「久多」, 「久坂」, 「古屋」より複製)  
(a) 30 minutes interval (b) 60 minutes interval (c) 120 minutes interval (d) 180 minutes interval  
(The figure is reproduced from "Naka", "Kuta", "Kusaka", and "Furuya" the 1:25,000 Topographic Map published by The Geographical Survey Institute.)

表-1 各受信間隔における行動区分の推定結果  
Table 1 Estimated behavioral class on each fix interval.

		30min.			Total	Concordance rate
		Rest	Stay	Move		
60min.	Rest	120	8	0	128	0.938
	Stay	22	145	13	180	0.806
	move	1	4	17	22	0.773
	Total	143	157	30	330	0.855
120min.	Rest	84	4	0	88	0.955
	Stay	50	137	11	198	0.692
	move	4	13	19	36	0.528
	Total	138	154	30	322	0.745
180min.	Rest	65	5	0	70	0.929
	Stay	74	125	10	209	0.598
	move	5	19	17	41	0.415
	Total	144	149	27	320	0.647

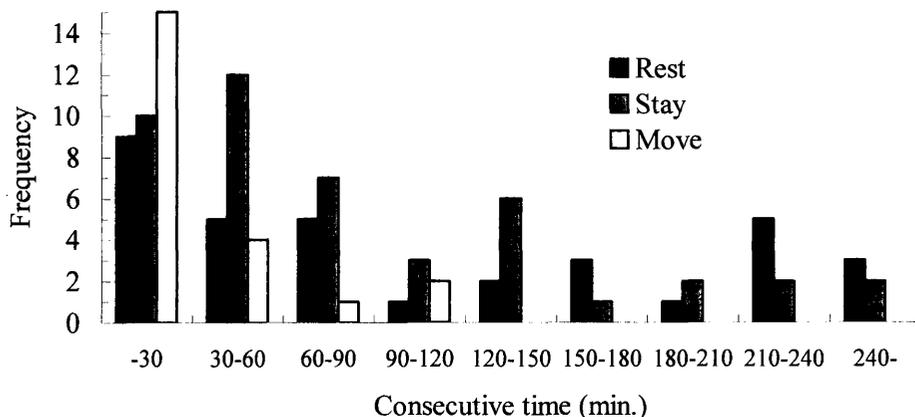


図-7 連続行動時間の頻度分布  
Fig.7 Frequency distribution of consecutive time by each behavioral class.

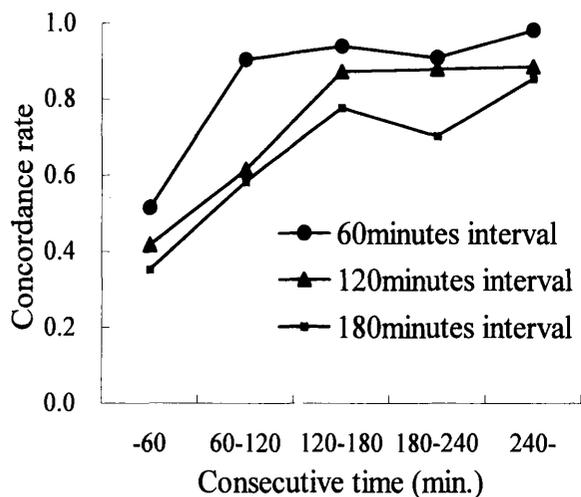


図-8 連続行動時間と一致率の関係  
Fig.8 Relationship between consecutive time and concordance rate.

し、また受信間隔を長くするほど、連続行動時間の長い行動区分に対しても推定精度が低下すると考えられた。

4. おわりに

GPSテレメトリ法と活動量センサを組み合わせることにより、クマの行動における休息、滞在、移動への行動区分を試みた。また、受信間隔と行動区分の推定精度の関係について分析を行った。行動区分の推定精度は連続行動時間と受信間隔の関係によって決定され、調査対象とする行動区分の連続行動時間を考慮した上で、受信間隔を決定する必要があると考えられた。

移動距離は、季節により異なり（玉谷ら，2001）、また個体差や地域差もあると考えられる。そのため、さまざまな季節、地域において短い受信間隔でGPSテレメトリ調査を行うことにより基礎データを蓄積し、季節毎に基準を設定する必要がある。

今後、基礎データの蓄積を重ねるとともに、食物現存量などの環境に視点を置いた調査を行うことで、植生図や地図上では分からない各行動時の状況や各行動間の状

況の違いを明らかにする予定である。

### 引用文献

- 1) Bowman, J.L., Kochanny, C.O., Demarais, S., and Leopold, B.D. (2000) Evaluation of a GPS collar for white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 28(1):1 41-145
- 2) Dyer, S.J., O'neill J.P., Wasel, S.M., and Boutin, S. (2001) Avoidance of industrial development by woodland caribou. *J.Wildl.Manage.* 65(3):5 31-542
- 3) 羽澄俊裕・丸山直樹・金典弥・行富健一郎 (1985) ツキノワグマの活動量. (森林環境の変化と大型動物の生息動態に関する基礎研究, 121p, 環境庁自然保護局, 東京). 67-70
- 4) Merrill S.B., Adams, L.G., Nelson, M.E., and Mech, L.D. (1998) Testing releasable GPS radiocollars on wolves and white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 26(4):8 30-835
- 5) 水野昭憲・野崎英吉 (1985) 尾添川流域におけるツキノワグマの行動域と日周期活動. (森林環境の変化と大型動物の生息動態に関する基礎研究, 121p, 環境庁自然保護局, 東京). 22-37
- 6) Rempel R.S., Rodgers, A.R., and Abraham K.F. (1995) Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *J.Wildl.Manage.* 59(3): 543-551
- 7) Rodgers, A.R., Rempel, S., and Abraham, K.F. (1996) A GPS-based telemetry system. *Wildlife Society Bulletin* 24(3): 559-566
- 8) 鈴木健次郎・恒川篤史・高槻成紀・東英生 (2000) 野生動物の生態研究におけるGPSの利用可能性 - 金華山島のニホンジカ (*Cervus nippon*) を事例として -. *GIS-理論と応用*8(2). 69-75
- 9) 玉谷宏夫・小林勝志・高柳敦 (2001) 近畿北部におけるニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) の行動特性と生息環境利用の季節変化. *森林研究*73. 1-12