

第7回 自然環境保全基礎調査

平成20年度 自然環境保全基礎調査
種の多様性調査（山形県）報告書

平成21（2009）年3月

環境省自然環境局 生物多様性センター

はじめに

環境省自然環境局生物多様性センターは、全国的な観点からわが国における自然環境の現況及び改変状況を把握し、自然環境保全の施策を推進するための基礎資料を整備することを目的とし、「自然環境保全基礎調査」を実施している。調査範囲は陸域、陸水域、海域を含む国土全体を対象としている。

「自然環境保全基礎調査」は、環境庁（当時）が昭和 48(1973)年より自然環境保全体法に基づき行っているものであり、今回で7回を数える。一方、近年の生物多様性の重要性に対する認識の高まりにあわせ、平成 6(1994)年度より「生物多様性調査」が新たな枠組みとして開始された。

本調査は、「生物多様性調査」の一環である「種の多様性調査」という位置づけで実施され、国内の生物多様性保全施策の基礎となる資料を得ることを目的とし、環境省からの委託を受け、山形県が実施したものである。

本報告書は平成 20(2008)年度に行われた「種の多様性調査（山形県）」についての調査結果をとりまとめたものである。

環境省自然環境局生物多様性センター

要約

個体数推定法として利用が進んでいるヘア・トラップ法を用いて、月山・朝日飯豊保護管理ユニット（環境省）に生息するツキノワグマの個体数推定を行った。調査地は、月山西部に位置する山形県鶴岡市上名川字早田川地内の森林に設けた。調査内容は、ヘア・トラップ調査、遺伝子調査、テレメトリー調査である。ヘア・トラップ調査では、有刺鉄線を用いたトラップと金属バネを用いたバネ式ヘア・トラップを用いて、個体識別のための体毛サンプル（以下サンプル）の採取と、効率的なトラップ構造の検討を行った。遺伝子調査では、マイクロサテライト遺伝子分析により、遺伝子分析条件の検討、サンプルの遺伝子型決定、最小確認個体数の算定を行った。テレメトリー調査では、GPSアルゴシステムを用いて、調査地域におけるツキノワグマの行動圏の調査、トラップ周辺での行動特性の調査、位置情報取得効率の検討を行った。結果は、ヘア・トラップ調査では、753haの調査地内で7月15日から10月31日までの調査期間に20か所のトラップ地点から28サンプルが採取された。サンプルは有刺鉄線を用いたトラップでより多く回収され、回数は時期により大きく異なった。遺伝子調査では、61%のサンプルが個体識別でき、5個体が確認された。最小確認個体数に基づく推定生息密度は0.5(頭/km²)、標識再捕獲法に基づく推定生息密度は0.57(頭/km²)となった。テレメトリー調査では、2個体が捕獲されたが、発信機による行動調査はできなかった。位置情報の取得効率は、発信機の設置状況等により大きく異なることが示された。総合考察において、月山から半径20km以内の生息可能地域における推定生息数は、最少確認個体数に基づく推定では315頭、標識再捕獲法に基づく推定では359頭となった。

SUMMARY

The population size of the Japanese black bear (*Ursus thibetanus*) in the Gassan-Asahi-Iide management unit was estimated by using hair traps, which have been utilized in wildlife studies recently. The study site is in a forest on the western part of Gassan Mountain, in Wasadagawa district of Tsuruoka, Yamagata Prefecture. We combined the hair-trapping with genetic and radio-telemetry studies. Using two types of hair traps, barbed-wire traps and barrel traps equipped with coil springs to pluck hairs, we collected hair samples for genotyping, and we compared the efficiency of the two types of hair traps. In the genetic study, we optimized the conditions of microsatellite-based genotyping and genotyped the hair samples to determine a minimum number of identified bears. In the radio-telemetry study, we tested the GPS-Argos system for possible use in studying home ranges and behavior of bears in and around the traps. We collected 28 samples from 20 traps in the study area during hair-trapping conducted from July 15 to October 31. The number of samples collected in barbed-wire traps was greater than that recovered from the barrel traps, and the number of samples in each type of trap varied during the sampling period. About 61% of the samples were successfully genotyped and five individuals were identified. An estimated population density calculated from the minimum number of identified individuals (MN) and that based on the mark-recapture (MR) method was 0.5 individuals/km² and 0.57 individuals/km², respectively. Two individuals were captured in the radio-telemetry study, although their behavior could not be recorded. The efficiency of the GPS signal transmission was greatly affected by the conditions of the environment and transmitters. Estimates of population size within a radius of 20km from the habitat area were 315 and 359 based on the assumption of MN and MR, respectively.

目次

1. 目的と実施内容

(1) 目的	1
(2) 実施期間	1
(3) 実施項目	1
(4) 実施体制	2
(5) 実施フロー	2

2. 調査内容

(1) ヘア・トラップ調査

①目的	3
②調査方法	3
1) 調査地の選定	3
2) 調査地の概要	3
3) 調査期間	6
4) ヘア・トラップの設置地点	6
5) ヘア・トラップの種類と構造	8
6) 自動撮影カメラによる記録	10
7) サンプルの回収と保存	11
8) ツキノワグマ体毛の分別	12
③調査結果	12
1) サンプルの回収状況	12
2) サンプル数	14
3) 自動撮影カメラによる記録	15
4) ヘア・トラップの捕捉率	17
④まとめ	18

(2) テレメトリー調査	19
①目的	19
②調査方法	19
1) 捕獲用トラップの構造と設置状況	19
2) 捕獲作業および放獣	21
3) テレメトリー用発信機	21
4) データ取得スケジュール	22
5) 位置情報取得状況の調査	22
③調査結果	24
1) 捕獲個体の行動調査	24
2) 位置情報取得状況の調査	25
3) アルゴスシステムのツキノワグマ行動調査への適応可能性	28
④まとめ	29
(3) 遺伝子調査	30
①目的	30
②調査方法	30
1) マイクロサテライト遺伝子座の選択	30
2) 遺伝子型の決定	30
3) 最少確認個体数の算出	31
③調査結果	31
1) 遺伝子マーカーの選定	31
2) 遺伝子型の決定率	32
3) 個体識別に基づく最少確認個体数	33
4) 生息密度の推定	33
5) 遺伝子データと自動撮影カメラ画像から推測した個体の行動	35
④まとめ	37
3. 考察	38
4. まとめ	42
5. 参考文献	43

資料編

- (1) テレメトリー調査関連資料
- (2) 遺伝的多様性
- (3) 現地説明会資料

- 図 1 月山・朝日飯豊保護管理ユニットと調査地の位置
- 図 2 調査地域の植生区分
- 図 3 調査地(山形大学演習林)の全体図
- 図 4 有刺鉄線ヘア・トラップ模式図
- 図 5 誘引用餌と設置状況
- 図 6 バネ式ヘア・トラップ (1 連式)
- 図 7 バネ式ヘア・トラップ (3 連式)
- 図 8 ドラム缶に対する自動撮影カメラの撮影方向
- 図 9 サンプル付着及び採取状況
- 図 10 ツキノワグマとニホンカモシカのサンプル回収数の比較
- 図 11 カモシカのトラップへの接近と採取されたカモシカ体毛
- 図 12 ヘア・トラップに誘引される個体
- 図 13 耳タグを装着した個体と 10 月に撮影された同個体
- 図 14 バネ式ヘア・トラップの内部と中に入る個体
- 図 15 捕獲用トラップの構造
- 図 16 捕獲用トラップ内部
- 図 17 注意喚起の看板
- 図 18 捕獲用トラップの設置状況
- 図 19 GPS アルゴス発信機
- 図 20 位置情報取得状況を比較した調査地点の状況
- 図 21 8 月 6 日捕獲個体 (メス)
- 図 22 10 月 23 日捕獲個体 (オス)
- 図 23 GPS アルゴス発信機の機体によるデータ送信率の違い
- 図 24 開空度測定に用いた魚眼レンズによる撮影写真と二値化した画像
- 図 25 各調査地点における位置情報取得率の比較
- 図 26 生息可能区域の抽出

- 表 1 各トラップ地点の設備と環境
- 表 2 サンプル回収日程
- 表 3 トラップ巡回回数と回収サンプル数
- 表 4 サンプル回収数とサンプル発見回数
- 表 5 自動撮影カメラによる撮影記録や痕跡情報
- 表 6 発信機番号 008 番の受信状況
- 表 7 マイクロサテライト解析に用いた遺伝子座
- 表 8 使用した遺伝子座の PID
- 表 9 マイクロサテライト遺伝子座の遺伝子型決定率
- 表 10 サンプルの遺伝子型決定率
- 表 11 調査時期による遺伝子型決定率
- 表 12 ヘア・トラップサンプルのマイクロサテライト遺伝子型
- 表 13 各個体のトラップ訪問記録と痕跡
- 表 14 ヘア・トラップ法と直視法の生息密度の比較
- 表 15 月山地域における推定生息数

1. 目的と実施内容

(1) 目的

近年、シカやイノシシ等一部の哺乳類の人里への出没増加、分布拡大等による農林業被害や生態系への影響が社会的問題となっている。これらの哺乳類について科学的知見に基づく適切な保護管理施策を講じるため、生息状況及び個体群動態を迅速かつ的確に把握することが求められている。このような状況を背景として、平成19年12月に「鳥獣による農林水産業等に係る被害の防止のための特別措置に関する法律」が制定され、その附則において環境大臣及び都道府県知事による鳥獣の生息状況等に関する調査の実施とその結果の活用に関する規定が鳥獣保護法に盛り込まれたところである。

そのような中、環境省ではこれまで「種の多様性調査」として我が国に生息する哺乳類の分布調査を実施してきた。しかしながら、特定種の生息密度及び個体数推定など個体数管理等の施策実施に必要とされるデータを収集するためには、こうした従来の分布調査のみでは不十分である。ツキノワグマの地域個体群については、未だ解明できていない部分が多く、その生息地評価、生息密度及び個体数の推定などについての調査を実施する必要がある。

一方、山形県では平成14年度に「山形県野生鳥獣共存指針（ニホンザル・ツキノワグマ）」を策定し、ツキノワグマとの共存に向けた取組を実施している。その前段階として、昭和52年度からツキノワグマの生息状況調査を実施し、個体数推定を行ってきているところである。しかしながら、平成18年度には全国的な傾向と同様に、ツキノワグマの人里への大量出没に伴い、未曾有の捕獲数となった。このことは改めて人とツキノワグマの共存のあり方が問われることとなり、平成20年度において「ツキノワグマ保護管理計画」の策定作業を実施している。

以上のことから、これまでの山形県内で実施された調査の実績を踏まえ、山形県、特に、月山・朝日飯豊保護管理ユニットにおけるツキノワグマの生息情報の収集、生息環境の把握、生息密度及び個体数の推定などについて、新たな調査手法も追加した基礎調査を実施することとした。

(2) 実施期間

平成20年6月9日～平成21年3月18日

(3) 実施項目

本調査の実施項目は以下の通りである。

1. ヘア・トラップ調査
 - ・ツキノワグマの体毛サンプルの採取
 - ・トラップ形状及び設置条件の検討

2. テレメトリー調査
 - ・行動圏の把握
 - ・トラップ周辺における行動特性の調査
 - ・ツキノワグマ生態調査における GPS アルゴスシステムの有効性の検討
3. 遺伝子調査
 - ・マイクロサテライト解析による個体識別
 - ・最小確認個体数の算定と生息密度の推定
4. 総合解析
 - ・ヘア・トラップ法と直接目撃法（直視法）の比較
 - ・生息数の推定
 - ・ヘア・トラップ法によるツキノワグマ生息調査の意義

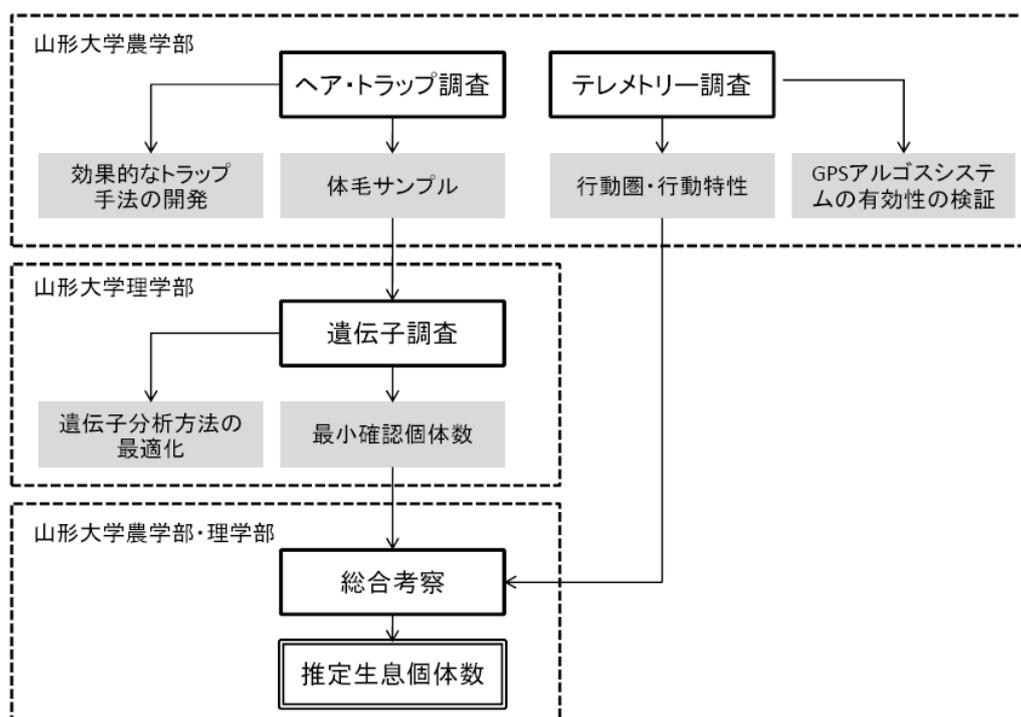
(4) 実施体制

本調査は山形県（担当：文化環境部みどり自然課）が山形大学に委託して実施した。各調査の実施体制は次のとおりである。

1. ヘア・トラップ調査およびテレメトリー調査
山形大学農学部（責任者：林田光祐）（調査地管理責任者：小野寺弘道）
2. 遺伝子調査
山形大学理学部（責任者：玉手英利）
3. 総合解析
山形大学農学部（責任者：林田光祐）及び同理学部（責任者：玉手英利）

(5) 実施フロー

本調査の実施フローを以下に示す。



2. 調査内容

(1) ヘア・トラップ調査

①目的

山形県では昭和 52 年度からツキノワグマの生息状況調査を実施し、継続的にデータを積み重ねてきた。これまでの生息状況調査では、個体を直接目撃により数える方法（以下直視法）による生息密度推定が行われた。さらに、行動圏や行動特性などの生息動向調査、捕獲個体の個体情報の収集、ブナ、ナラ類の豊凶調査など多面的なモニタリングが行われている。今後、保護管理計画の実施に向けて、新たな調査方法の応用も検討しながら生息状況を更に調査することが求められる。そこで本調査では、これまで直視法による調査が行われた地域において、ヘア・トラップ法による生息調査を実施し、新たに生息密度推定を行うこととした。現地調査では、サンプリングの効率化を図るために、トラップの形状、設置方法及び設置時期について検討した。

②調査方法

1) 調査地の選定

本調査では、山形県鶴岡市上名川字早田川 10 の山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター演習林（面積 753ha）を調査地とした。調査地の選定にあたっては、以下の条件を検討した。

1. 月山・朝日飯豊保護管理ユニット（環境省）であること
2. ツキノワグマの生息が確認されていること
3. ブナ林を含むこと
4. 調査地域および周辺に民家や耕作地等がなく、調査地への立ち入りを管理できること

2) 調査地の概要

調査地は月山の西部に位置し（図 1）、標高は 229m～847m の範囲にある。地形は、ほぼ中央を梵字川支流の早田川が貫流し、東西稜線にむけて V 地形となり、平均傾斜 30 度以上の急傾斜地が約 50% を占めている。過去の年最深積雪は 130cm～405cm で、平均積雪深は 271cm となっている。

調査地は全域が典型的な東北日本海側のブナ帯に位置し、植物社会学的にはチシマザサーブナ群団に属する。原生的な森林はほとんど残されておらず、旧薪炭林のブナ二次林とスギ人工林がモザイク状に分布する月山地域の大半を占める里山環境を有している。標高の低い早田川本流や林道周辺の低地や斜面上には主にスギの人工林がつくられており、それ以外がブナをはじめとする天然林となっている。ブナ林は標高 500m 以上のほとんどを占め、それ以下の尾根や急斜面地にはミズナラやイタヤカエデ、シナノキなどの落葉広葉樹林、早田川本流の河道内や支流の周辺はオニグルミ、サワグルミ、トチノキを主とする溪畔林が成立している。これらの森林が占める面積の割合はおおよそ次

のとおりである。天然林（二次林）が 81%、人工林が 19%である。人工林の内訳は、スギ 88%、カラマツなどその他の針葉樹 11%、広葉樹 1%、天然林の内訳はブナ 50%、ミズナラ 20%、その他混交林 30%である（図 2）。

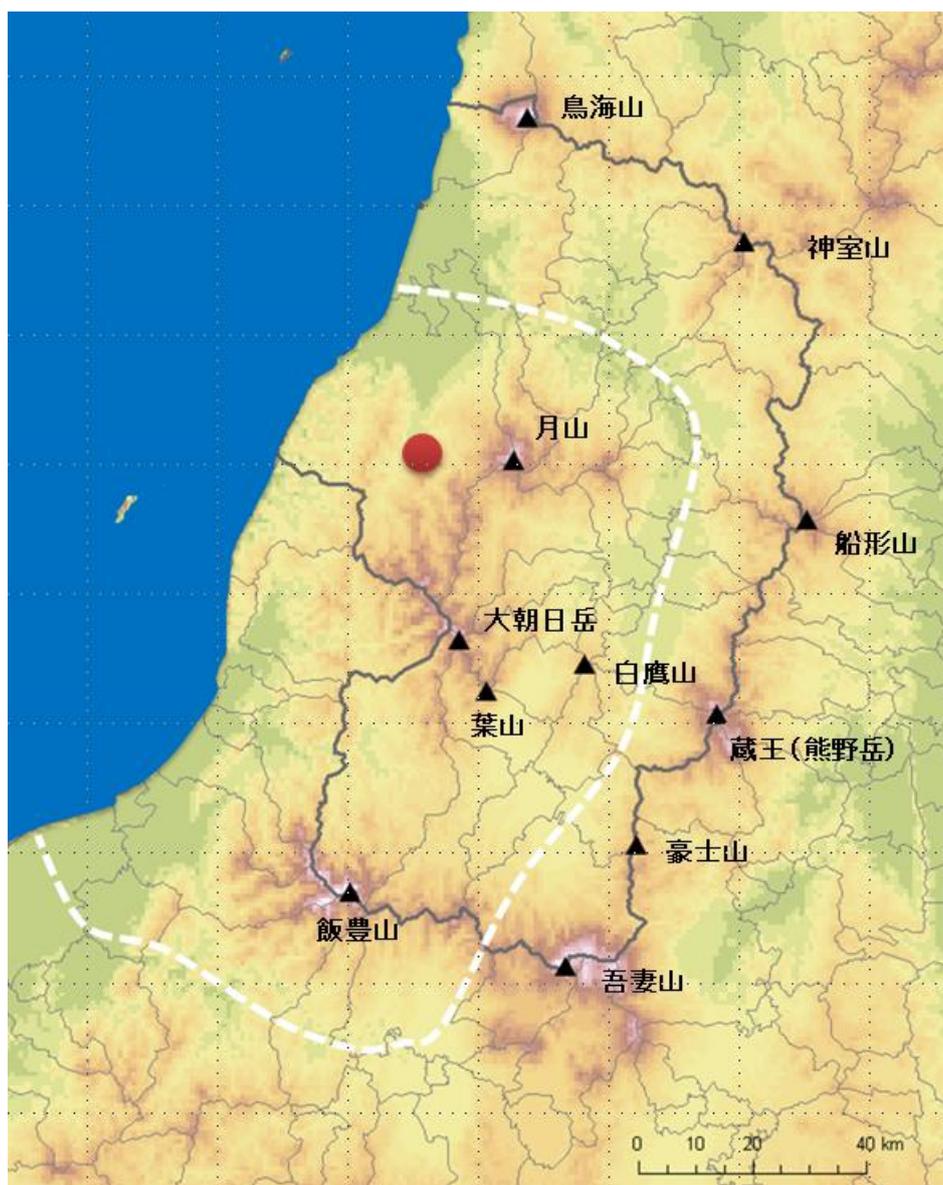


図 1 月山・朝日飯豊保護管理ユニット（白線で囲った部分）と調査地（○）の位置

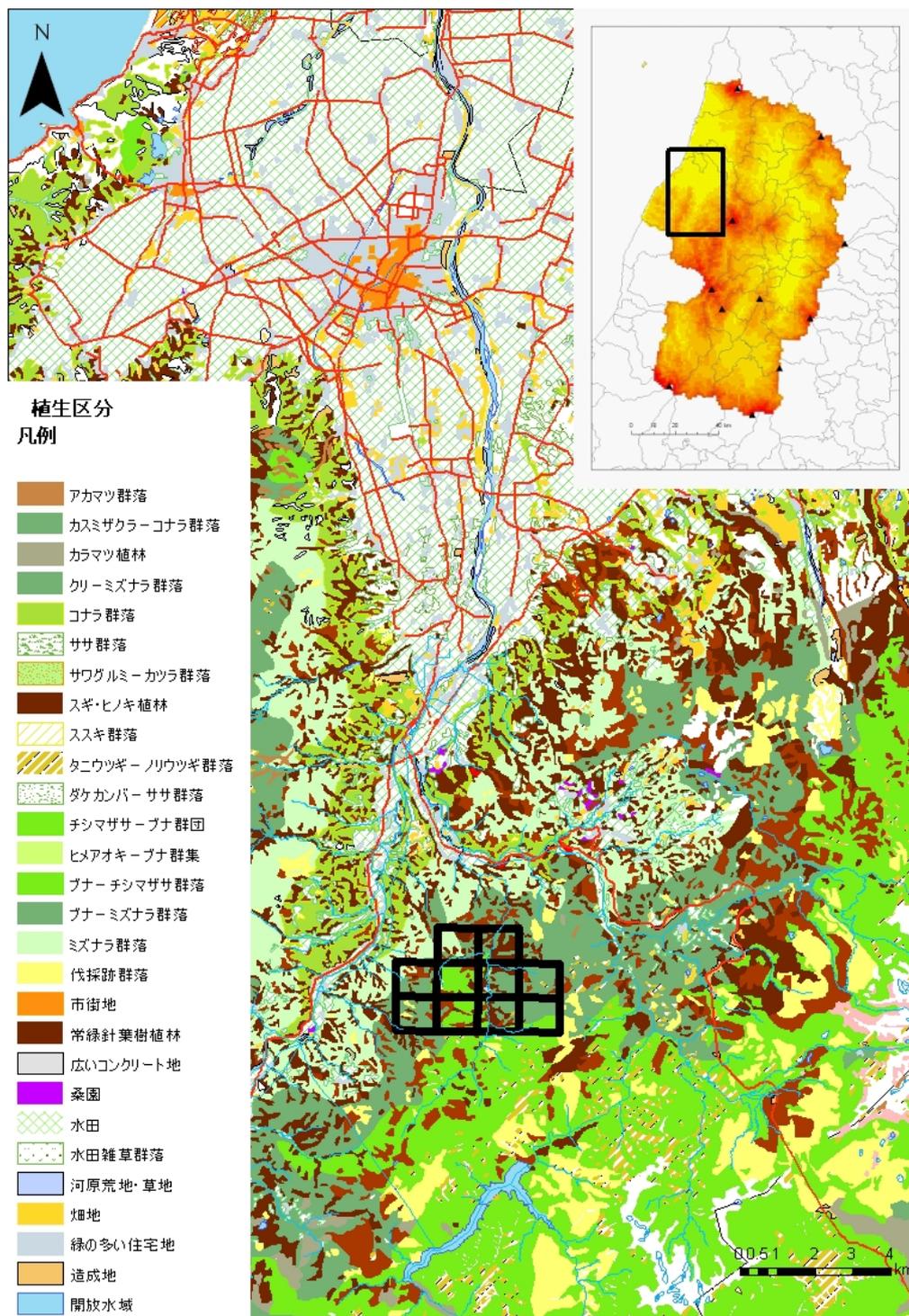


図2 調査地域の植生区分（環境省生物多様性情報システム自然環境 GIS データより引用）

植生図中の黒枠は調査地の3次メッシュを表す。右上図は、植生図を示した地域の位置を黒枠で示す。

3) 調査期間

遺伝子解析の成功率は、ヘア・トラップの設置時期によって異なることが報告されている（山内・齋藤，2008）。そのため、本調査では可能なかぎり長期にわたりサンプル回収を行うこととした。調査地において林道が通行できるのは6月から11月までのため、ヘア・トラップは林道が通行可能な期間内である平成20年7月9日から同年10月31日までの115日間設置した。

4) ヘア・トラップの設置地点

調査区域（753ha）を国土地理院の3次メッシュで区切り、植生の現状等の状況を考慮して、林道から近い場所にトラップ地点を設けた（図3）。生息密度推定に標識再捕獲法を用いる可能性を考えて、捕獲回数を多くするために3次メッシュあたりのトラップ設置個所を2か所とし、合計で20か所のトラップ地点を設けた。

トラップ設置時にトラップ地点の植生を調査し、調査地全域の植生の分布の割合をほぼ反映するように、設置個所を、ブナ林7か所、スギ林7か所、ミズナラ林3か所、溪畔林3か所とした。

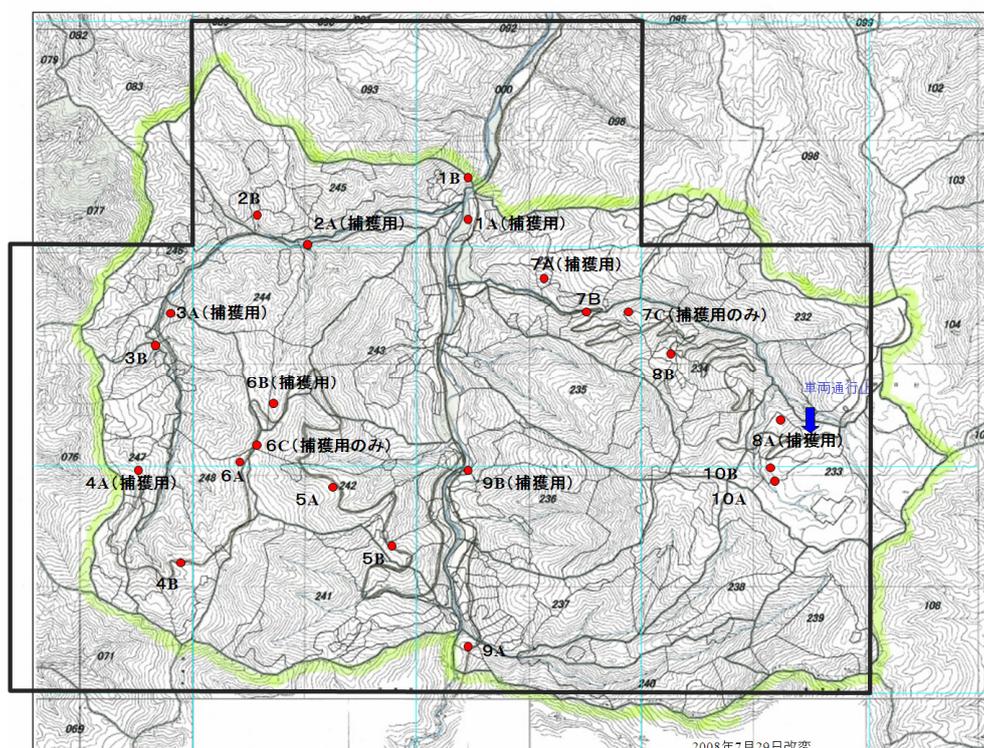


図3 調査地（山形大学演習林）の全体図

トラップ地点赤丸はトラップ設置場所、数字 - 英字はトラップ番号を示す。黄色は演習林境界。水色の線は3次メッシュを表し、図2の黒枠と対応している。

20箇所設置したトラップの形状、自動撮影カメラ、捕獲設備、周辺植生の概況を表1に示す。捕獲設備に関しては、テレメトリー調査の章にて後述する。

表1 各トラップ地点の設備と環境

トラップ番号	有刺鉄線	バネ式	カメラ	捕獲設備	周辺植生の概況
1A	2段	有	有	有	溪畔林
1B	1段	-	-	-	スギ林
2A	2段	有	有	有	ナラ林
2B	2段	-	-	-	ナラ林
3A	2段	有(3連)	有	有	スギ林
3B	1段	-	-	-	スギ林
4A	1段	有	有	有	ブナ林
4B	2段	-	-	-	ブナ林
5A	1段	-	-	-	ナラ林
5B	2段	-	-	-	スギ林
6A	1段	-	-	-	ブナ林
6B	1段	有	有	有	ブナ林
6C	-	有	有	有	ブナ林
7A	2段	有(3連)	有	有	スギ林
7B	1段	-	-	-	スギ林
7C	-	有	有	有	スギ林
8A	1段	有	有	有	ブナ林
8B	2段	-	-	-	溪畔林
9A	1段	-	-	-	溪畔林
9B	1段	有(3連)	有	有	スギ林
10A	1段	-	-	-	ブナ林
10B	2段	-	-	-	ブナ林

5) ヘア・トラップの種類と構造

本調査では多くの自治体で利用されている有刺鉄線を使ったヘア・トラップおよび、新たな試みとして、ドラム缶内にサンプル採取のための金属バネをとりつけたバネ式ヘア・トラップを作製し、使用した。基本構造が異なる2種類のヘア・トラップを用いて、サンプル採取効率を比較した。

i) 有刺鉄線ヘア・トラップ

本調査では有刺鉄線を1段または2段に張ったトラップを作製した。1段張りのトラップでは地上から高さ50センチの位置に、2段張りのトラップでは地上から高さ35センチと70センチの位置に、有刺鉄線を配置した(図4)。トラップの周囲は5×5メートルとした。トラップ内に、アカシアのハチミツ絞りカスを金属容器に入れた誘引用餌を、支柱または樹木から吊り下げた。誘引用餌の容器には金網を掛けて雨よけで覆い、昆虫などに餌が持ち去られないようにした(図5)。餌の交換頻度は約1か月ごととし、餌が持ち去られた場合には補充した。

1段張りトラップと2段張りトラップをそれぞれ10台使用した。なお、有刺鉄線を用いたヘア・トラップ設置地点のうち、半数に捕獲用のドラム缶トラップを設置した((2)テレメトリー調査参照)。

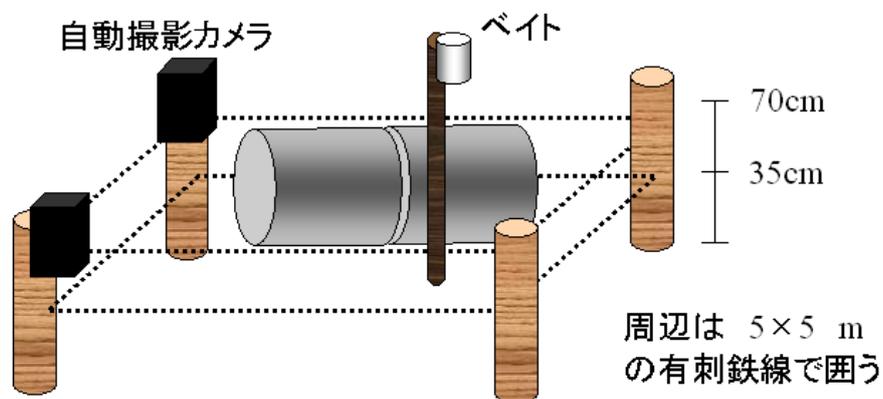


図4 有刺鉄線ヘア・トラップ模式図



図5 誘引用餌（左図）と設置状況（右図）

ii) バネ式ヘア・トラップ

有刺鉄線ヘア・トラップでは、採取した毛が風雨や日光に暴露されるためサンプルが劣化する可能性と、複数の個体の毛が混在して採取される可能性がある。これらの問題点を改善するため、本調査ではドラム缶内で毛が採取されるバネ式ヘア・トラップを考案した。このトラップでは採取された毛がドラム缶内に残るために、風雨や日光に暴露されることによるサンプルの劣化が少ないと期待される。さらに、個体がバネに触れた後にバネが脱落する仕組みがあり、1個体分の体毛を確実に回収できることが期待される。



図6 バネ式ヘア・トラップ（1連式）



図7 バネ式ヘア・トラップ（3連式）

バネ式ヘア・トラップは、単体のドラム缶を利用した一連式と（図6）、3連ドラム缶を使用した3連式を用いた（図7）。3連式は捕獲用ドラム缶トラップ（2連）に単体のバネ式ヘア・トラップを連結した形状で、捕獲用トラップとヘア・トラップを組み合わせる可能性について検討するために試験的に作製した。

6) 自動撮影カメラによる記録

ドラム缶を利用したヘア・トラップには、ヘア・トラップでのツキノワグマの行動特性を調べるために、赤外線センサー自動撮影カメラ（5.0 Outfitter camera, Moultrie Feeders）をトラップあたり2台、両側からドラム缶の入り口に向けて設置した（図8）。撮影された画像データをSDカードに記録し、トラップ巡回時に回収した。使用した自動撮影カメラは、単1電池を6個使用するタイプであり、約1か月の頻度で電池交換を行った。

また、トラップの形状から、調査個体の進入方向が推測される。そのため、自動撮影カメラの赤外線焦点をドラム缶入口に向けることで、標識再捕獲の際の耳タグ（（2）テレメトリー調査参照）を撮影することができる。この撮影画像を利用し、耳タグの色を識別することによるヘア・トラップの遺伝子調査の精度の検証を行うための個体識別を試みた。



図8 ドラム缶に対する自動撮影カメラの撮影方向

7) サンプルの回収と保存

体毛サンプルの回収にあたっては、回収作業者に銃を持った地元猟友会会員が同行し、2名で作業を行った。回収頻度は、毛DNAの劣化を防ぐため、また複数個体の毛が同じ有刺鉄線の棘に掛かかるとを避けるために、週2回とした。回収作業は7月9日から開始し、10月31日に終了した。

有刺鉄線の棘一つに付いた毛を1サンプルとして(図9)、紙封筒及びエタノール瓶にて保存した。ヒトDNAや回収されずに残った古い毛が混入することを防止するため、サンプル採集時には使い捨て手袋を使用し、採取後は残った毛を完全に除去するためにバーナーなどで有刺鉄線を完全に焼く処理を施した。



図9 サンプル付着及び採取状況

8) ツキノワグマ体毛の分別

有刺鉄線トラップやバネ式ヘア・トラップで得られたサンプルを顕微鏡で確認し、ツキノワグマの体毛と他の動物の体毛を分別した。ツキノワグマの体毛の判別は、①黒色のメラニン（ユーメラニン）が毛幹全体で密に沈着していること、②太くゆるやかに波打っていること等の特徴によった。ユーメラニンの沈着が疎で白色または褐色部分が多く含まれるサンプルはニホンカモシカの毛と判定した。

③調査結果

1) サンプルの回収状況

7月15日～10月31日の115日間に、合計32回のヘア・トラップ巡回を行い、68サンプルを回収した（表2）。このうち、毛色と形態によってツキノワグマの毛ではないと判定されたサンプルが40あり、最終的なツキノワグマのサンプル数は28であった。22台のトラップのうち、サンプルが1回以上回収されたトラップは8台で、サンプルが回収されたトラップは全体の約4割であった。この値を山形県以外の先行事例と比較すると大きな違いは見られない（Miura and Oka, 2003; 上馬・中谷内, 2006）。

ニホンカモシカの毛が採取される割合は、回収した体毛サンプル中で56%と高かった（図10）。しかし、自動撮影カメラで記録されている例は一例のみであった（図11）。これは、ニホンカモシカが、クマ用餌には誘引されず、トラップの外縁で行動するためと考えられる。顕微鏡観察によりニホンカモシカの毛と判別されたサンプルは遺伝子分析から除外した。

バネ式ヘア・トラップでのサンプル回収は3回にとどまり、遺伝子分析の結果（(3) 遺伝子調査参照）では、1サンプルのみ個体識別が可能であった。また、体毛が途中でちぎれることや、脱落したバネがトラップ外に落ちることなど、サンプルの質を低下させる可能性がある現象が観察された。サンプルを採取するバネの強さなどについては更に改良する必要があると考えられる。

表2 サンプル回収日程

トラップ番号	7月					8月					9月					10月																				
	7-9	15	18	22	25	29	1	5	8	12	16	19	22	26	29	2	5	9	12	16	19	23	26	30	3	7	10	14	17	21	24	28	31			
1A	トラップ設置																																			
1B							▲12,13	◎15																										▲66		
2A																																				
2B																																			◎68	
3A		▲1																																		
3B					▲7																														◎67	
4A																																				
4B		-	-																																	
5A		▲2,3	▲4																																	
5B						▲10,11																														
6A				▲5,6	▲8,9																															
6B																																				
6C																																				
7A																																				
7B																																				
7C																																				
8A																																				
8B																																				
9A																																				
9B																																				
10A																																				
10B																																				

▲ カモシカ体毛
 ◎ ツキノワグマ体毛
 赤字 バネ式ヘア・トラップで捕獲されたサンプル

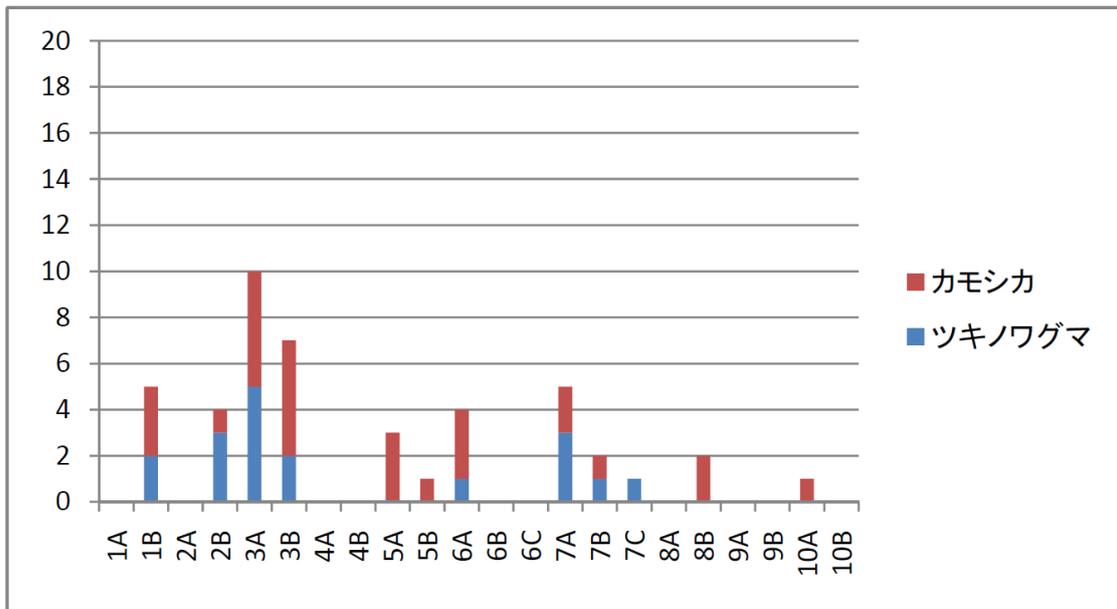


図 10 ツキノワグマとニホンカモシカのサンプル回収数の比較



図 11 カモシカのトラップへの接近 (左図) と採取されたカモシカ体毛 (右図)

2) サンプル数

サンプルが最も多く回収されたのは8月で、22個のサンプルが得られたが、9月から10月のサンプル数は減少した(表3)。有刺鉄線を2段張ったトラップと1段張ったトラップを比較すると、見回りでサンプルが発見される回数に明らかな差は見られなかった。しかし、2段張りのほうがより多くの棘にサンプルが付着するため、回収作業1回あたりのサンプル数は多かった(表4)。

表3 トラップ巡回回数と回収サンプル数

	調査時期				
	7月	8月	9月	10月	全期間
1. トラップ巡回の数	5	9	9	9	32
2. サンプルが発見された トラップ巡回の数	0	12	4	2	18
3. 回収サンプル数	0	22	4	2	28

表4 回収サンプル数とサンプル発見回数

	有刺 鉄線	トラップ番号										合計
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
回収サンプル数	1段	2	0	2	0	0	1	1	0	0	0	6
	2段	0	4	3	0	0	0	12	0	0	0	19
サンプル発見回数	1段	2	0	2	0	0	1	1	0	0	0	6
	2段	0	4	3	0	0	0	3	0	0	0	10

3) 自動撮影カメラによる記録

自動撮影カメラでは8月に6回、10月に4回、ツキノワグマが撮影された(表5)。画像解析により少なくとも2個体(個体A, B)が確認された。個体Aは2段の有刺鉄線の上部と下部の両方を通過したことが判明した(図12)。8月6日に捕獲したメス個体(個体B)は両耳に2色ずつ、計4色の耳タグを装着しており((2)テレメトリー調査参照)、画像解析により個体識別できた。同個体は再度写真撮影され、8月6日に放獣を行った個体であることが確認された(図13)。

バネ式ヘア・トラップに入る個体も確認された(図14)。自動撮影カメラの映像から、ツキノワグマが有刺鉄線を避けるようにトラップに接近している様子が確認された。画像解析により、トラップを訪れながら体毛は採取されなかった事例が2回あることが確認された。

自動撮影装置(カメラトラップ)を個体数調査に用いる方法も検討されている(平川, 2004)。本調査では、トラップあたり2台のカメラを使用することで、両耳に耳タグを装着した個体を両側から撮影することができた。このような場合には、自動撮影装置(カメラトラップ)のみで個体識別を行うことが可能であることが示された。

本調査で標識再捕獲された個体Aは、8月の捕獲時では39kgと小型のツキノワグマであったが、10月に撮影された写真では、耳タグが装着されていなければ同一個体と認識するのが困難であるほどに体型の変化が見られた。ツキノワグマの場合は季節による体型の差が大きいので、自動撮影装置(カメラトラップ)の適用においては画像解析で判別できる標識の使用が不可欠と考えられる。

4) ヘア・トラップの捕捉率

10月3日から7日までのサンプリング間の4日間のうちに2個体のツキノワグマがトラップを訪問していることが画像解析により確認された。しかしながら採取されたサンプルからの遺伝子解析による個体識別((3)遺伝子調査参照)では、1個体分(個体A)が確認された。この観察例が示すように、ヘア・トラップを訪問する個体でもサンプルは採取されない個体が存在することが明らかである。自動撮影カメラを設置していない地点においても、餌の蜂蜜が持ち去られた記録から体毛を残さない侵入形跡が12回確認された(表5)。痕跡(体毛付着、撮影記録、餌の有無)から訪問実数をもとに捕捉率を算定したところ61%(19/31)であった。

以上のことから、個体による捕捉率の差がないことは必ずしも担保されないとと言える。



図12 ヘア・トラップに誘引される個体(個体A)



図13 耳タグを装着した個体(個体B、マチコ)と10月に撮影された同個体



図 14 バネ式ヘア・トラップの内部（左図）と中に入る個体（右図）

④まとめ

ヘア・トラップ調査では、有刺鉄線ヘア・トラップ（1段張、2段張）とバネ式ヘア・トラップを使用した。115日間の調査期間でツキノワグマの体毛を28サンプル回収できた。回収時期は8月が最も多かった。設置したヘア・トラップのうち約4割でサンプルが得られた。

有刺鉄線ヘア・トラップで1段張と2段張を比較すると、2段張の方がサンプル数は多く、有刺鉄線の2段張は1段よりも経費と労力を要するが、サンプル数を増やすうえで有効と言える。また、有刺鉄線ヘア・トラップとバネ式ヘア・トラップを比較すると、バネ式ヘア・トラップのサンプル数は少なく、今後改良の必要が認められた。

自動撮影カメラの記録や餌の持ち去り等の痕跡から、トラップを訪問してもサンプルを残さない個体がいることが明らかとなった。このことから捕捉されない個体が存在することを考慮しながら個体数推定を行う必要があることが示された。

(2)テレメトリー調査

①目的

ツキノワグマの生息密度等を推定するための手法であるヘア・トラップ法においては、トラップシャイなどで、体毛を残さない個体がいると言われている。本調査では、ヘア・トラップ周辺における行動特性を明らかにするとともに、ヘア・トラップを訪れる個体の行動圏を把握し、ヘア・トラップの効果的な設置方法と、行動特性を考慮した生息数推定方法に関する基礎資料を収集することとした。個体の行動を継続的に追跡するための調査方法として、衛星を利用して位置情報を取得する GPS アルゴシステムの利用可能性を検討した。

②調査方法

1) 捕獲用トラップの構造と設置状況



図 15 捕獲用トラップの構造（手前はバネ式ヘア・トラップ）

ヘア・トラップ設置場所のうち、学術捕獲用ドラム缶トラップ（以下捕獲用トラップ）を設置できる場所を選択し、8月より10基の捕獲用トラップを設置した（図15）。これらの捕獲用トラップはヘア・トラップ地点近傍に併設した（配置は図3参照）。本調査には牙や顎、爪を傷めないパンチパネル扉式捕獲用トラップを使用した。今回の捕獲用トラップの構造の特徴は以下の通りである。

(a)扉

ツキノワグマの足を傷めないよう、クマが完全に中に入った状態で扉が閉まるようにした。また、外側からのパイプを通じて内部の蜂蜜とワイヤーを連結することで、ワイヤーの長さ遊びを持たせないようにした。また、扉にはロック式のものがあがるが、仔グマの捕獲された際に母グマが外から動かして仔グマを救出できるよう、ロック式には

しなかった。

(b) トラップ内部構造

クマが捕獲された際、捕獲用トラップ内部のワイヤーで腕や歯を傷めないよう、餌と直接連結する部分はワイヤーを使用せず、紐を利用した（図 16）。



図 16 捕獲用トラップ内部

(c) 安全対策

本調査においては、(a)扉の場合と同様に仔グマが捕獲された場合を想定して捕獲用トラップの両脇を固定しなかった。これは、仔グマが捕獲された際に母グマが付近に潜んでいる可能性があり、調査員がトラップ確認時にトラップに近づく際の人身事故を回避する目的である。

また、設置にあたっては捕獲用トラップ付近に、注意喚起の看板を設置した（図 17）。



図 17 注意喚起の看板

2) 捕獲作業および放獣

捕獲が確認された場合には、体重等を計測し、遺伝子調査のための体毛の採取と、テレメトリー用発信機の装着を行うこととした。放獣後は、捕獲個体の行動をテレメトリーや自動撮影カメラ等で確認する。捕獲用トラップの設置状況を図 18 に示す。



図 18 捕獲用トラップの設置状況

3) テレメトリー用発信機

本調査地の南側（早田川上流）は国有林のブナ帯が広がっており、VHF 電波のデータを取得するために調査者が奥地に入り込むのは困難な環境である。そのため本調査では自動化されたセミリアルタイムの位置推定の手法として、アルゴスシステムを利用した。本調査では GPS 受信機で測位したデータをアルゴス衛星に送信する機能を持つ Telonics 社 GPS アルゴス発信機 (TGW-4580, 重量 942.45g) を使用した。この発信機を搭載した首輪には、GPS データロガーと、データロガーを回収する場合に備えて VHF の地上波送信機を装備した(図 19)。



図 19 GPSアルゴス発信機

4) データ取得スケジュール

データの取得については、本調査の日数、電池寿命、発信機の重量を考慮して、以下の送信スケジュールを設定した。

アルゴス送受信期間	2008.07.14- 2009.01.01
アルゴス送受信頻度	3日ごと
GPS受信期間	2008.07.14 - 2009.01.01
GPS受信頻度	4時間ごと

5) 位置情報取得状況の調査

本調査では首輪装着個体を放獣・追跡することができなかつたため、模擬調査により本調査地の環境条件において GPS アルゴスシステムから位置情報を効率的に取得する条件を検討した。

(a) 単体動作の検証

使用した発信機の独立した二つの測位方法である、アルゴス単体でのドップラー効果を利用した位置データ取得と、GPS受信機による位置データ取得との取得率を比較するために、GPSアルゴス発信機単体による定点での精度検証を行った。

V字溪谷の川沿いに位置する演習林官舎(北緯 38.55545 度・東経 139.86155 度)の屋上に GPS アルゴス首輪(発信機番号 008 および 009 の 2 台)を固定し、定点から一定期間内でのデータ送信割合を比較した。この際、複数の発信機による干渉の可能性を考慮し、それぞれの発信機を一週間ごとに交代させて、一ヵ月間、定点に設置した。発信機と固定した鉄柱の間には緩衝材として発泡スチロール板を置いた。

(b)開空度が異なる地点における位置情報取得・送信状況の調査

開空度がデータ送信に影響を与える可能性を調査するために、調査地内のスギ林、サワグルミ林（落葉後）、裸地（雪計測柱）の地上高さ 1.5m の位置に発信機(009 番)を据え置きして、それぞれの地点でのデータ取得状況を比較した（図 20）。発信機を設置した 3 地点は半径 500 メートル以内に位置しており、尾根や溪谷などの地形の影響はほぼ同じであると考えられる。それぞれの地点において、アルゴスシステムを介して GPS データを送信した場合のデータの取得状況と、発信機を回収し GPS のデータロガーを直接読み込んだ場合の取得状況を比較して GPS アルゴスシステムにおける位置情報取得率とした。

各地点での開空度を測定するため、発信機を設置した定点の上空を魚眼レンズ装着カメラ（画角 180 度, 15mm, F2.8）で撮影した。得られた画像を 2 値化するソフトウェア「LIA」を用いて開空度を算出した。



図 20 位置情報取得状況を比較した調査地点の状況

③調査結果

1) 捕獲個体の行動調査

捕獲用トラップを設置した地点 6C(図 3 参照)では 8 月 6 日にメス 1 個体(個体 B、個体名マチコ)が捕獲された(図 21)。同個体は推定年齢が 3~4 歳で体重が 39kg であったため、今後の成長が考えられることから発信機の装着を避け、耳タグ、電子タグのみを装着して放獣した。同個体は再度、トラップを訪問したことが自動撮影カメラで確認された((1)ヘア・トラップ調査参照)。

その後、9 月以降も調査地内の捕獲はなかったため、調査地周辺部で捕獲された個体についても対象とすることとした。10 月 23 日に調査地周辺部の民有林のクリ林内でオス 1 個体が捕獲された。推定年齢 13 歳、体重 129kg のオス個体(個体名カズオ)にアルゴス GPS 発信機を装着した(図 22)。しかし、10 月 24 日、放獣用トラップ内での死亡が確認されたため、行動追跡は実施できなかった。

本調査の対象となったのは以上の 2 個体のみで、テレメトリーによる行動追跡を行うことはできなかった。そのため計画を一部変更し、発信機を据え置きした定点調査により位置情報の精度検証を行うことにした。



図 21 8 月 6 日捕獲個体(メス)



図 22 10月23日捕獲個体（オス）

2) 位置情報取得状況の調査

(a) 単体動作の検証

最初に、発信機単体から発せられる電波をアルゴス衛星がどのくらい受信できる環境にあるのかを検証するために、発信機－アルゴス衛星間の受信状況を確認した。今回使用した2台の発信機うちの1台（ID番号87008）の、衛星からのメッセージの受信状況の結果を表6に示す。精度の良いドップラー位置が算出されるためには、1回の衛星パスで4つ以上の受信メッセージを得る必要がある。

本調査では一ヵ月間で16回の衛星パスのうち4つ以上の受信メッセージが得られた回数は1回であった。この結果から、本調査地においても岩手県の先行事例（岩手県，2001；大井ら，2002）と同様に、アルゴスのドップラー効果により精度の高い位置情報を得るには問題点が残る。しかし、各衛星パスで2，3メッセージの受信があることから、1メッセージでも伝送可能なGPS位置情報は取得できる可能性がある。

表 6 発信機番号 008 番の受信状況

	衛星パス日時	受信メッセージ数	最大受信レベル
官舎屋上	2008/09/09 00:10	2	-117
	2008/09/12 00:46	2	-120
	2008/09/12 03:05	1	-126
	2008/09/15 00:27	3	-124
	2008/09/18 00:22	4	-122
	2008/09/18 00:55	1	-127
	2008/09/18 03:39	1	-126
	2008/09/21 03:08	3	-121
	2008/09/24 00:00	1	-120
	2008/09/24 00:19	1	-126
	2008/09/24 02:37	3	-131
	2008/09/24 05:49	1	-129
	2008/09/24 05:56	2	-129
	2008/09/27 02:06	2	-132
	2008/09/27 03:46	1	-125
	2008/10/08 09:51	1	-126
	平均	1.8	-125.1

次に、発信機の機体によるデータ送信率の違いをみるために、データ送信率を比較した。データ送信率は、発信機のデータロガーに記録された GPS 位置情報のうち、アルゴス衛星を介して取得できたデータの割合 (%) として算出した。その結果、図 23 に示すように、発信機 008 と 009 では約 2 倍の送信率の差が見られた。この結果から、V 字溪谷の川沿いという地形条件下での送信では、すべての GPS データが回収できないことがわかる。これは受信メッセージ数が少ないためであり、発信機－衛星間での受信率を上げるためには、送信電波強度を上げる必要がある。また、発信機の機体による GPS データ送信率の違いが、調査効率に大きな影響を与えうると考えられる。

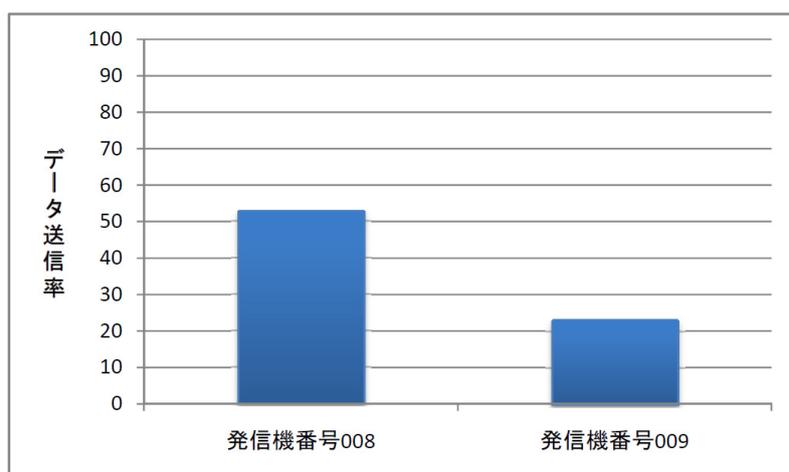


図 23 GPS アルゴス発信機の機体によるデータ送信率の違い

(b)開空度が異なる地点における位置情報取得・送信状況の調査

スギ林・サワグルミ林・裸地で撮影した上空の画像を図 24 に示す。「LIA」で計測した開空度を数値化した。発信機を設置した調査地内のスギ林、サワグルミ林、および裸地の 3 調査点で、開空度はそれぞれ、16.7, 64.9, 99.4 となった。



図 24 開空度測定に用いた魚眼レンズによる撮影写真（上図）と二値化した画像（下図）。上下とも、左から順にスギ林、サワグルミ林、裸地。

位置情報取得率は、調査日程期間内に想定される全通信が成功したと仮定した場合を 100%として算出した。

各地点において GPS 受信機による位置情報取得率に大きな差は見られず、スギ林のような開空度が低い地点でも測位できた（図 25・赤）。しかし、アルゴシステムを介して GPS データを送信した場合のデータ取得率はいずれの地点でも低い。なお、開空度の高い裸地で衛星を通じての位置情報取得率が低い理由として（図 25・青）、発信機を固定した支柱（雪計測柱）の影響や、裸地での試験期間が短く衛星とのリンクが成立する回数が限られていたことが考えられる。官舎屋上（開空度 100）で衛星を通じた取得率は 20%である。

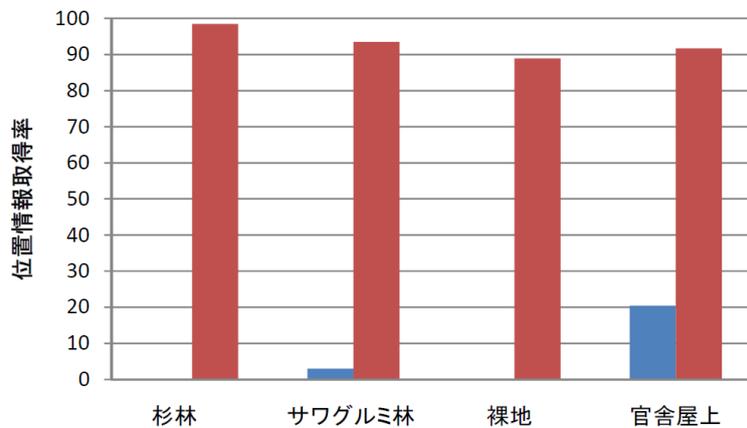


図 25 各調査点における GPS 位置情報取得率の比較
赤：発信機から直接取得、青：アルゴス衛星を通じて取得

3) GPS アルゴスシステムのツキノワグマ行動調査への適用可能性

アルゴス単体でのドップラー効果による測位については、送信機の受信状態で大きく影響を受けることが示唆された。また、GPS アルゴスによる測位については、調査地点での GPS 受信機による位置情報取得率は高いものの、発信機からの電波がアルゴス衛星を通じて入手出来た位置情報取得率は 20%~50%に留まった。ツキノワグマに装着した場合には、地形状況はさらに厳しくなること、アンテナがクマの首に近接するため送信電力がさらに低下すること等を考慮すれば、さらに位置情報取得率が低くなることが予想される。

位置情報取得率を上げるためには、アルゴス衛星への送信時にノイズの影響が懸念される日本の場合ではアンテナからの送信出力をできるだけ上げることと、頻繁に衛星にデータを送信する設定にして通信可能な機会を多くすることが、改善策として考えられる。しかしその場合は電力消費が大きくなり、調査期間が短縮されるという問題点が残る。

アルゴスシステムによる位置情報の取得は、GPS 受信機で測位することにより精度が大きく改善されたが、発信機-アルゴス衛星間で生じる問題により、日本での森林性の動物の行動調査においては、まだ改良の必要がある。アルゴス衛星への送信出力を上げることと、データロガー回収のために必要となる地上波 (VHF) の発信を持続することについては、送信機の電池性能等についても更なる向上が期待される。

④まとめ

2個体が捕獲されたが、結果としてGPSアルゴス発信機を装着することはできなかった。そのうち1個体は装着した標識により、ヘア・トラップ内での行動が確認された。

GPSアルゴスシステムの位置情報取得状況について、調査をおこなったところ、調査地でGPS受信機による測位はできたが、発信機とアルゴス衛星間の送受信が上手く出来ず、システムとしての位置情報取得率は低かった。日本でのツキノワグマの生息調査においてGPSアルゴスを使用するためには、GPSで測位されたデータをアルゴス衛星に送信するために送信の出力を上げたり、送信設定の工夫により効率を上げることが必要と考えられる。

(3) 遺伝子調査

①目的

ヘア・トラップ法で用いるマイクロサテライト遺伝子座は、地域個体群により遺伝的多様性が異なるので、ヘア・トラップで回収したサンプルを分析する前に、対象個体群における個体識別を有効に行うことができる遺伝子座を選択する必要がある。そのため、本調査では、先ず捕獲個体のマイクロサテライト遺伝子座の遺伝的多様性データをもとに、使用するマイクロサテライト遺伝子座を選ぶこととした。次に、ヘア・トラップ調査で得たサンプルについて、マイクロサテライト遺伝子型に基づく個体識別をおこなうこととした。本調査では、以上の手順により最少確認個体数を算出して生息密度を推定することを目的とした。

②調査方法

1) マイクロサテライト遺伝子座の選択

個体識別に使うマイクロサテライト遺伝子座として、遺伝的多様性が高いものを使用するために、平成 17 年～平成 20 年の間にヘア・トラップ調査区域周辺で捕獲された 52 個体の遺伝的多様性データ（鶴野、未発表、参考資料に添付）を参考にして、遺伝的多様性が高いマイクロサテライト遺伝子座を選択した。

選択したマイクロサテライト遺伝子座について、上記の遺伝的多様性データを用いて、個体識別の精度を示す Probability of Identity (PID) を次式に基づいて算定した。PID は、ランダムサンプリングした 2 個体が偶然同じ遺伝子型をもつ確率であり、数値が低いほど個体識別の効率は良いことを示す。

$$PID = \sum p_i^4 + \sum \sum 4p_i^2 p_j^2$$

p_i は i 番目の対立遺伝子の頻度を示す ($i \neq j$)

2) 遺伝子型の決定

顕微鏡下で毛根部分または毛根に近い部分を 5 ミリほど切断したものから、ニッポンジーン社製の ISOHAIR を用い添付のマニュアルに従って DNA を抽出した。

得られた DNA の個体識別を行うために、Paetkau and Strobeck (1995)、Paetkau et al. (1998) 及び Kitahara et al. (2000) によって報告されているマイクロサテライト遺伝子座（表 7）を増幅するプライマーセットを用いて Multiplex PCR（複数のプライマーを同時にもちいる遺伝子増幅反応）を行った。

PCR 反応は、97°C 3 分間の加熱後、変性 97°C 30 秒、アニーリング 53～63°C 1 分 30 秒、伸長 72°C 30 秒を 15 サイクル行い、変性 90°C 30 秒、アニーリング 55～63°C 1 分 30 秒、伸長 72°C 30 秒を 30 サイクル行って、最後に 60°C で 30 分間伸長させた。

サンプルの遺伝子型は ABI PRISM 310 Genetic analyzer (Applied Biosystems Inc.)

で決定した。遺伝子型が決定できないサンプルは、再度、特定のプライマーを用いて PCR を行った。PCR を 2 回行ってもピークが低く、遺伝子型が決定できない場合には、その DNA は個体識別の試料としなかった。

表 7 マイクロサテライト解析に用いた遺伝子座

遺伝子座	Forward primer の配列	Reverse primer の配列
G1A	5'-GACCCTGCATACTCTCCTCTGATG-3'	5'-GCACTGTCCTTGCGTAGAAGTGAC-3'
G10B	5'-GCCTTTTAATGTTCTGTTGAATTTG-3'	5'-GACAAATCACAGAAACCTCCATCC-3'
G10L	5'-GTA CTGATTTAATTCACATTTCCC-3'	5'-GAAGATACAGAAACCTACCCATGC-3'
G10M	5'-TTCCCCTCATCGTAGGTTGTA-3'	5'-GATCATGTGTTTCCAAATAAT-3'
G10X	5'-CCCTGGTAACCACAAATCTCT-3'	5'-TCAGTTATTGTGAAATCAAAA-3'
MSUT-1	5'-CCTTGGGATTCGGGATTGT-3'	5'-AGTCCTCACCCCTCCCTTTT-3'
MSUT-6	5'-CATATGGTGACTAAGATAAC-3'	5'-AAGAGATGATTTCTGTCTC-3'

3) 最少確認個体数の算出

4 種類以上の遺伝子座で遺伝子型が一致したサンプルを同一個体として数え、最小確認個体数を算出した。

③調査結果

1) 遺伝子マーカーの選定

7 種類のマイクロサテライト遺伝子座 G1A、G10B、G10L、G10M、G10X、MSUT-1、MSUT-6 を候補として設定し、試験的な分析を行った結果、遺伝子増幅効率が悪い G10B を除く 6 種類の遺伝子座を選択した。PID を求めたところ、MSUT-1 は特に PID が高く、個体識別精度が低いことが示された(表 8)。

表 8 使用した遺伝子座の PID

遺伝子座	PID
G1A	0.121
G10L	0.282
G10M	0.096
G10X	0.130
MSUT-1	0.513
MSUT-6	0.247

2) 遺伝子型の決定率

6種類のマイクロサテライト遺伝子座について、ヘア・トラップ調査で回収した28サンプルの遺伝子型を決定した。その結果、G10M、G10X、MSUT-6については遺伝子型決定率が低かった(表9)。28サンプルのうち、4種類以上の遺伝子座について遺伝子型が決定できた17サンプル(表10)を、個体識別されたサンプルとして扱うことにした。調査時期による遺伝子型決定率の違いは顕著ではなかった(表11)。

表9 マイクロサテライト遺伝子座の遺伝子型決定率

遺伝子座	遺伝子型決定率(%)
G1A	71
G10L	79
G10M	39
G10X	43
MSUT-1	79
MSUT-6	46

表10 サンプルの遺伝子型決定率

遺伝子型が決定された遺伝子座の数	サンプル数	累積サンプル数
6	3	3
5	6	9
4	8	17
3	3	20
2	2	22
1	1	23
0	5	28

灰色部分は個体識別サンプル

表11 調査時期による遺伝子型決定率

	調査時期				
	7月	8月	9月	10月	全期間
1. ヘア・トラップ回収サンプル数	0	22	4	2	28
2. 決定サンプル数*	-	14	2	1	17
3. 遺伝子型決定率(%)	-	64	50	50	61

*4種類以上の遺伝子座で遺伝子型が決まったサンプルの数

3) 個体識別に基づく最少確認個体数

遺伝子解析によって得られたサンプルの遺伝子型を表 12 に示す。個体識別されたのは全 28 サンプル中 17 サンプルで、個体識別の成功率は 61%であった。有刺鉄線ヘア・トラップでは、採取した 25 サンプル中 16 サンプルが個体識別され、成功率は 64%であった。一方、バネ式ヘア・トラップでは、採取した 3 サンプル中 1 サンプルが個体識別され、成功率は 33%で有刺鉄線ヘア・トラップと比較して、高くなかった。

本調査地域では合計で 5 個体の存在が確認された。したがって、最少確認個体数を 5 とした。最少確認個体数を求める際に、すべての遺伝子座で遺伝子型が一致したサンプルが複数ある場合に限り、1 個体として計数するという考えもある（大西ら，2008）。本調査では、複数のサンプルが採取されたのは 3 個体で、残りの 2 個体については 1 サンプルのみ体毛が採取された。このような限定条件を適用した場合には、本調査地内での最少確認個体数は 3 となる。

4) 生息密度の推定

ヘア・トラップ調査で生息密度を推定する場合に、観察された個体数（最少確認個体数）に補正をおこなう方法と、標識再捕獲法により推定値を得る方法がある。最少確認個体数に基づく方法は季節により個体の行動域が変化する影響をうけることが示唆されており、行動圏が拡大する夏季には他の季節よりも生息数を過大評価する可能性がある（山内・齋藤，2008）。一方、標識再捕獲法では捕獲数と再捕獲数が少ない場合には 1 個体の増減が推定値に大きな偏りをもたらす（湯浅・佐藤，2008）。本調査では、トラップ密度を高くしたため頻りに再捕獲された個体があつたが、全捕獲数と再捕獲数は少なかった。本調査の結果に標識再捕獲法を適用することは難しいが、試行として観察数が少ない場合に用いられる、Lincoln-Petersen の Chapman 式（伊藤・村井，1997）に基づいて推定値を求めた。その際、トラップ回収日が全部で 7 月 15 日～10 月 31 日までの全 32 日間であることから、調査期間をセッション 1（7/15-9/5）、セッション 2（9/9-10/31）に二分して試算した。その結果、推定値は $N=5.7 \pm 1.1$ となった。

以上から、最少確認個体数を 5 とした場合（a）、同じく 3 とした場合（b）、試算として標識再捕獲法を用いた場合（c）の各条件において求めた個体数を、本調査地範囲を包含した 10 メッシュ（3 次メッシュ）に適用して生息密度を算出した結果、次の値が得られた。

最少確認個体数 5 の場合 (a) 0.5 (頭/ km²)

最少確認個体数 3 の場合 (b) 0.3 (頭/ km²)

標識再捕獲法の場合 (c) 0.57 (頭/ km²)

表 12 ヘア・トラップサンプルのマイクロサテライト遺伝子型

サンプル番号	サンプリング地点			G1A	G1A	G10L	G10L	G10M	G10M	G10X	G10X	MSUT-1	MSUT-1	MSUT-6	MSUT-6
15	8月5日	1B	B	187	187	125	127	-	-	127	148	166	168	174	180
22	8月8日	3B	B	187	187	125	127	207	207	127	148	166	168	174	180
23	8月12日	3A		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	8月12日	7C	A-	187	189	125	139	-	-	-	-	166	166	-	-
28	8月12日	7A	A	187	189	125	139	211	211	-	-	166	166	-	-
30	8月16日	3A	A	187	189	125	139	203	-	127	139	166	166	-	-
34	8月16日	7A	A	187	189	125	139	-	-	127	127	166	166	-	-
35	8月19日	2B	B	187	187	125	127	207	207	-	-	166	168	174	180
36	8月19日	2B	B	187	187	125	127	207	207	148	148	166	168	174	180
38	8月19日	3B		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	8月19日	6A		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	8月19日	7A	C	187	216	125	139	213	213	139	139	154	166	176	184
42	8月19日	7A	C	187	216	125	139	211	213	127	139	154	166	176	184
43	8月19日	7A	C	187	216	125	139	213	213	139	139	154	166	-	-
44	8月19日	7A	C	187	216	125	139	-	-	-	-	154	166	176	184
45	8月19日	7A		-	-	125	139	-	-	-	-	154	166	-	-
46	8月19日	7A		-	-	125	139	-	-	-	-	154	166	-	-
47	8月19日	7A	C	187	216	125	139	-	-	-	-	154	166	-	-
48	8月19日	7A	C	187	216	125	125	-	-	-	-	154	166	-	-
49	8月19日	7A	C	187	216	125	139	213	213	-	-	154	166	176	184
50	8月19日	7A	C	187	216	125	139	-	-	-	-	154	166	176	184
51	8月22日	3A		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	9月9日	2B		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	9月12日	1B	D	187	187	125	127	211	215	127	139	166	166	174	184
64	9月19日	3A	B	187	187	125	127	-	-	127	127	166	168	174	180
65	9月19日	7B	E	189	208	127	127	205	215	127	145	154	168	174	176
67	10月7日	3A	A	187	189	125	139	(207)211	213	127	139	166	166	-	-
68	10月10日	2B		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	178
マチコ				187	187	125	127	207	207	127	148	166	168	174	180

表中の数値はマイクロサテライト遺伝子座の対立遺伝子の塩基長 (bps) を示す

8月12日「A-」はカメラ画像より個体識別を行った。

5) 遺伝子データと自動撮影カメラ画像から推測した個体の行動

遺伝子データで識別された個体の訪問記録（表 13）で明らかになった各個体のトラップの訪問状況は以下のとおりである。

- 個体 A は少なくとも 3 個所 (3A, 7A, 7C) に複数回の訪問が確認された。同個体は訪問時に写真撮影されており、オスであることが確認されている。
- 個体 B は少なくとも 6 個所 (2A, 2B, 3A, 3B, 6B, 6C) に複数回の訪問が確認された。この個体の遺伝子型は 8 月 6 日に捕獲し、耳タグを装着して放獣したメス個体 (マチコ) と同一であることから、同個体であると判定した。
- 個体 C は 1 個所 (7A) に 1 回のみ訪問が確認された。同個体は体毛が採取されたトラップに設置したカメラでは撮影されておらず画像では確認されていない。
- 個体 D,E に関しては、個体 D は 1 個所 (1B) に 1 回の訪問が確認された。同様に個体 E も 1 個所 (7B) に 1 回の訪問が確認された。これらの個体が訪問したトラップにはカメラは設置されておらず、画像では確認されていない。

遺伝子データと自動撮影カメラの記録から、この地域を主に利用している個体は 2 個体 (個体 A, 個体 B) であると推察された。個体 B (マチコ) は 9、10 月には有刺鉄線を避けてトラップ内部に侵入することを学習したと思われる。また、個体 A は早田川を中心とした調査地の両岸を広く行動域としていることに対し、個体 B (マチコ) は川の西岸のみのトラップを訪問していることから、雌雄の差による行動圏の違いが推測された。

表 13 各個体のトラップ訪問記録と痕跡

トラップ番号	7月					8月					9月					10月																														
	7-9	15	18	22	25	29	1	2	5	8	11	12	16	19	22	25	26	29	2	5	9	12	16	19	23	26	30	3	6	7	10	14	15	17	21	24	28	31								
1A	トラップ設置																																													
1B										◎B										☆		◎D		☆																						
2A																	■	☆			☆																									
2B														◎B			☆			◎-																										
3A												◎-	■	◎A			◎-	☆	■	☆																										
3B										◎B				◎-																																
4A																																														
4B																																														
5A																																														
5B																																														
6A															◎-																															
6B								■																																						
6C								■	マチコ捕獲																																					
7A											■	◎A		◎A	◎C																															
7B																																														
7C											■	◎A																																		
8A																																														
8B																																														
9A																																														
9B																																														
10A																																														
10B																																														

サンプル回収日以外の写真撮影記録より日付を追加
 体毛ないがハチミツに寄った痕跡
 写真よりマチコと判定された個体
 写真よりオスと判定された個体
 自動撮影カメラ電池切れにより確認できず

④まとめ

個体識別の効率化のために、マイクロサテライト遺伝子座を 6 種類選択した結果、MSUT-1 は PID が低いことが示された。選択した 6 種類のうち高い遺伝子型決定率を示す 3 遺伝子座を用いて個体識別を行った。回収された 28 サンプル中、17 サンプルで個体識別が可能であった。個体識別した結果、本調査地における最小確認個体数は 5 頭であった。

個体識別の効率をあげるためには、マイクロサテライト遺伝子座の精度と遺伝子型決定率をさらに上げる必要がある。本調査結果を用いて、標識再捕獲法による推定を行うことは困難であるため、最小確認個体数による試算を代表値とした。本調査地における生息密度は 0.5 頭/k m²と推定された。

3. 考察

(1) ヘア・トラップ法と直接目撃法による生息密度の比較

山形県では昭和52年度から平成13年度までツキノワグマの生息状況調査を毎年実施しており（以下、第1期という）、平成13年度の段階で県全体では約1,500頭が生息していると推定された。平成17年度から19年度までの3年間に実施された生息状況調査（以下、第2期という）では、平成18年度の大量捕獲による影響を考慮したうえで平成19年度調査終了時点の県全体の生息数を、第1期とほぼ同様の約1,500頭と推定した。第1期、第2期ともに調査は、勢子により調査地域のツキノワグマを追い出して直接目撃により数える直視法を用いた。

山形県の平成20年度ツキノワグマ生息状況調査では、直視法により今回の調査地に隣接する場所で4個体が確認され、早田地区での生息密度は0.13頭/km²と算定された。これと比較して、本調査のヘア・トラップ法による推定生息密度はより高い値となった。

直視法よりも高くなる原因としては、ヘア・トラップ調査をおこなった夏から秋の時期は、直視法の調査を行った春季よりも個体の行動範囲が拡大している可能性があることと、ヘア・トラップ法では追い出し法とは逆に誘引をおこなっていること等が考えられる。

本調査で確認された5個体と平成20年度の県の調査で直接目撃された4個体の関係性については、個体の成長や季節の変化に伴う行動圏の変化等を知るうえでも興味深い点があり、出没状況等の情報を蓄積することによりさらにヘア・トラップ法と直視法を関係づけることが期待される。

表14 ヘア・トラップ法と直視法の生息密度の比較

項目	本調査			平成20年度山形県ツキノワグマ 生息状況調査
調査方法	ヘア・トラップ法			直視法
調査地	鶴岡市(早田地区)			鶴岡市(早田地区)
調査期間	平成20年7月9日～10月31日			平成20年4月29日、5月4日
推定個体密度	(a)	(b)参考値	(c)参考値	0.13
	0.5	0.3	0.57	

(a)最小確認個体数を5とした場合、(b)最小確認個体数を3とした場合、(c)標識再捕獲法を用いた場合。

(2) 生息数の推定

環境省が実施した第6回自然環境保全基礎調査によれば、月山・朝日飯豊山系は一つの保護管理ユニットとして区分されており、南北に連なるこれらの山系においてツキノ

ワグマ生息分布は連続している。しかし、山形県の第2期調査では、月山・朝日飯豊山系の推定生息密度は地域により異なる結果が得られている。そのため、本調査が行われた月山地域から生息可能地域を抽出して、推定生息数を算定した。月山山頂から月山・朝日飯豊保護管理ユニットの境界となる最上川までの直線距離（約23km）を参考にして、半径20kmの範囲を対象地域とした。

他県の例では、ヘア・トラップ調査で得た推定生息密度から、生息域全体の個体数を推定するため、痕跡調査で得られたデータを利用してシミュレーションを行う方法や、生息可能地域を標高等で層別化する方法などが用いられている。しかし、本調査地域である月山では網羅的な痕跡情報の収集や標高別の生息データに基づく層別化は困難であるため、次のような考えに基づいて生息可能区域の抽出を行った。

【生息可能区域の抽出手順】

1. 環境省の生物多様性情報システム自然環境情報 GIS データより、山形県の植生図(Vg_06) から、植生自然度が6段階以上の区分（ツキノワグマが主に生息すると思われるブナ、ナラ類などの広葉樹林、および植林地）を抽出する。
2. 3次メッシュ(1km×1km) と重ね合わせ、上記の生息可能区域のうち植生自然度6以上の面積が3次メッシュ内の7割以上を占めるメッシュを抽出する。
3. 1で抽出した植生自然度6の植林地のうち、人為による影響が大きい農耕地や市街地等に接するスギ植林地帯を対象から除外する。
4. 標高1000m以上の区域(数値地図50mメッシュより算出)を対象から除外する。
5. 月山山頂を中心にして、半径20kmのバッファを作成する。
6. 1~4で抽出した区域に、5のバッファを重ね合わせ、ツキノワグマの生息可能区域と考えられる地域をGIS上で抽出する。

以上の手順により生息可能区域を抽出したところ、生息可能区域は630メッシュとなった（図26）。

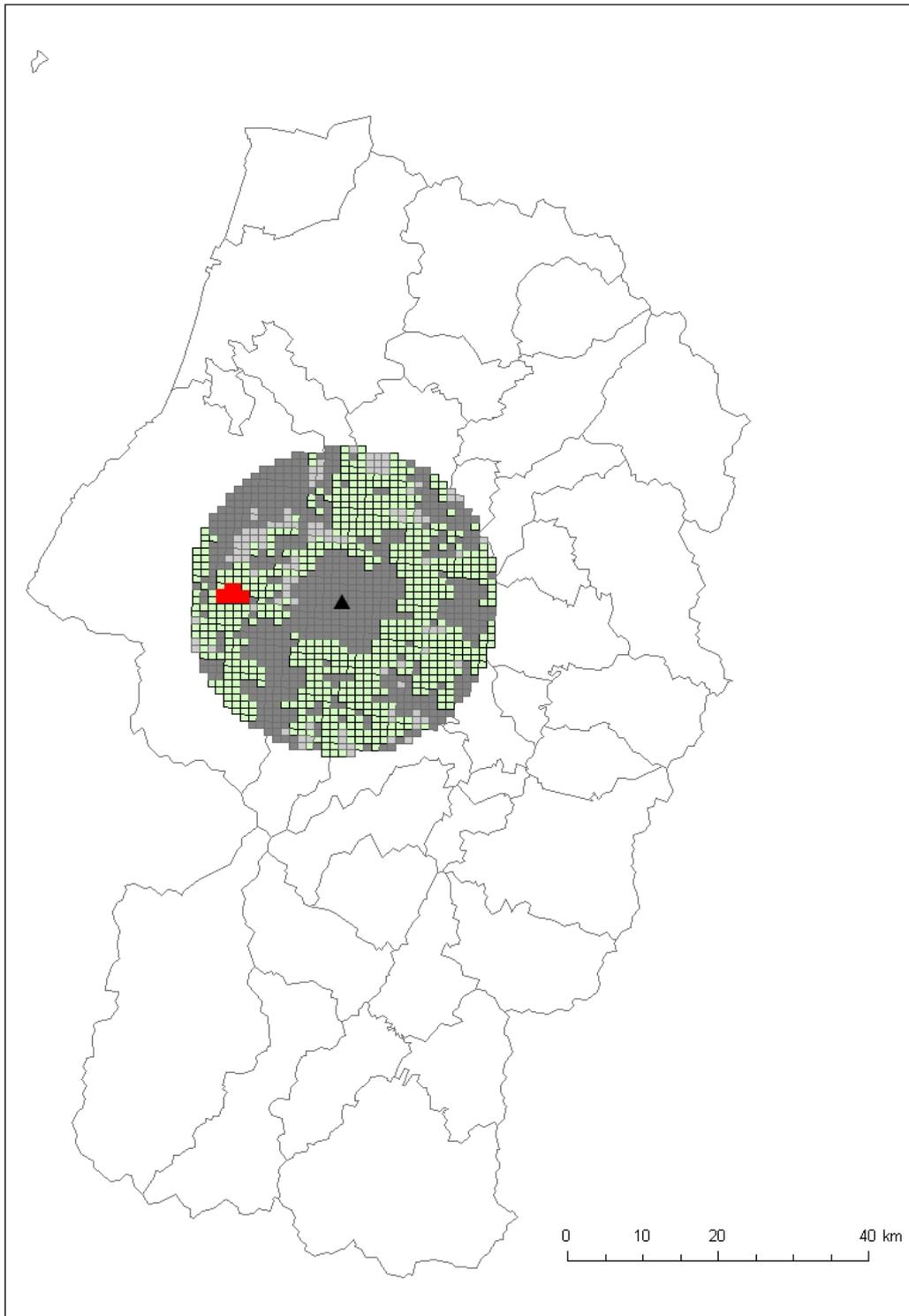


図 26 生息可能区域の抽出

円は20 kmバッファゾーン、右図の緑色部分は抽出された生息可能メッシュを示す。
赤印は本調査地を示す。

本調査で抽出した月山山系の生息可能区域 630 メッシュに生息するツキノワグマの推定生息数は、最少確認個体数を5とした場合(a)、最少確認個体数を3とした場合(b)、標識再捕獲法を用いた場合(c)のそれぞれに基づく試算から、表 15 のように求められた。

本調査ではトラップを設置した地域が限られているため、月山地域の推定生息数を算定する際に生息可能区域内の生息密度を一様と仮定したが、実際には、自然林、二次林、植林地などの植生自然度、地形、人間活動の影響などの条件により生息密度は影響をうけることを留意する必要がある。

表 15 月山地域における推定生息数

推定生息密度の算定方法	最少確認個体数を 5とした場合 (a)	最少確認個体数を 3とした場合 (b)	標識再捕獲法を用 いた場合 (c)
推定生息数	315	189	359

4. まとめ

本調査では新たな生息数推定法として利用がすすんでいるヘア・トラップ法をもちいて、月山・朝日飯豊保護管理ユニットのツキノワグマの生息数推定を行った。山形県で生息数推定を目的としたヘア・トラップ法による調査が行われるのは初めてであり、実施にあたっては様々な課題があげられたが、生息数推定に関する具体的数値が得られたことは大きな成果である。ヘア・トラップ法は技術的には未だ多くの検討課題が残されているが、ツキノワグマの生息調査では今後も利用が進むものと考えられる。本調査ではヘア・トラップ法の効果的利用に関する多くの情報が得られた。特に、ヘア・トラップの形状と設置方法、トラップ見回り頻度、トラップ設置面積などについて、本調査の結果が活用され一層の改善が進むものと期待される。また衛星システムを用いたテレメトリーをツキノワグマの生態調査に利用する際に検討すべき事項が整理された。本調査の成果がツキノワグマの生息調査において活用されることを期待する。

最後に本調査にご協力いただいた関係者各位に心より御礼申し上げます。

5. 参考文献

- Botstein, D., White, R. L., Skolnick, M. and Davis, R. 1980. Construction of genetic linkage map in using restriction fragment length polymorphism. *American Journal of Human Genetics* 32: 314-330.
- Boulanger, J., McLellan, B. N., Woods, J. G., Proctor, M. F. and Strobeck, C. 2004. Sampling design and bias in DNA-based capture-mark-recapture population and density estimates of grizzly bears. *Journal of Wildlife Management*. 68: 457-469.
- Creel, S., Spong, G., and Sand, J. L. 2003. Population tellitesize estimation in Yellow stone wolves with error-prone noninvasive microsatellite genotypes. *Molecular Ecology*. 12: 2003-2009.
- 林 哲・野崎 英吉. 2004. 石川県におけるツキノワグマの出没と捕獲 2004 年. 石川県白山自然保護センター研究報告 31: 79-84.
- 樋口広芳. 2001. 高度情報通信技術を利用した野生動物の移動追跡. *日本生態学会誌*, 51:205-214.
- 平川浩文. 2004. 自動撮影調査から動物の密度がわかるか-密度推定の問題を考える-. *哺乳類科学*. 44(1):103-105.
- 福井県自然保護センター. 1997. 大型野生動物生息動態調査報告書 ツキノワグマ.
<http://www.erc.pref.fukui.jp/gbank/reports/bear97.html>
- Ishibash Y. and Saito T. 2004. Phylogenetic relationships among fragmented Asian black bear (*Ursus thibetanus*) populations in western Japan. *Conservation Genetics*, 5: 311-323.
- 岩手県生活環境部. 2001. ツキノワグマ保護管理対策事業報告書-移動放獣技術マニュアル-. 90pp.
- 金森 弘樹・田中 浩・田戸 裕之・藤井 猛・澤田 誠吾・黒崎 敏文・大井 徹. 2008. 西中国地域におけるツキノワグマの特定鳥獣保護管理計画の現状と課題. *哺乳類科*

学 48: 57-64.

環境省. 2005. ツキノワグマの大量出沒に関する調査報告書. 自然環境研究センター, 東京, 115 pp.

環境省. 2007. 特定鳥獣保護管理技術マニュアル II 種別編 (クマ類) 平成 18 年度改定版. 環境省自然環境局, 東京, 107pp.

Kitahara, E., Isagi, Y., Ishibashi, Y. and Saitoh, T. 2000. Polymorphic microsatellite DNA markers in the Asiatic black bear *Ursus thibetanus*. *Molecular Ecology Notes* 9: 1661-1662.

国土交通省.

http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/kisyah/images/3643_3_04101302.pdf

キュービック・アイ. 1996. アルゴスシステムガイド. 9pp.

米田 一彦. 2008. クマは眠れない. 東京新聞出版局, 東京, 238 pp.

Matsubashi, T., Masuda, R., Mano, T. and Yoshida, M. C. 1999. Microevolution of the mitochondrial DNA control region in the Japanese brown bear (*Ursus arctos*) population. *Molecular Biology and Evolution* 16: 676-684.

宮城県. 2007. 平成 19 年度 宮城県ツキノワグマモニタリング調査 完了報告書. 宮城県環境生活部自然保護課, 仙台, 62 pp.

森光 由樹. 2008. 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: 133-138.

大西 尚紀・金澤 文吾・長久保 義紀. 2008. 四国におけるツキノワグマの個体情報の収集-体毛を用いた遺伝学的手法による個体識別-. *保全生態学研究* 13: 129-135.

Ohnishi, N., Saito, T. and Ishibashi, Y. and Oi, T. 2007. Low genetic diversities in isolated populations of the Asian black bear (*Ursus thibetanus*) in Japan, in comparison with large stable populations. *Conservation Genetics* 8: 1331-1337.

- 大井 徹・大西 尚樹・山田 文雄・北原 英治. 2008. 京都府で有害捕獲されたツキノワグマの性・年齢構成の特徴. 哺乳類科学 48: 17-24.
- 大井 徹・大谷 達也・三浦 信悟・辻本 恒徳・藤原 千尋・藤村 正樹・赤塚 謙一. 2002. アルゴシステムによるツキノワグマの追跡事例. 哺乳類科学 42: 123-128.
- Paetkau, D., Calvert W., Stirling I. and Strobeck. C. 1995. Microsatellite analysis of population structure in Canadian polar bears. *Molecular Ecology* 4: 347-354.
- Paetkau, D. and Strobeck, C. 1994. Microsatellite analysis of genetic variation in black bear populations. *Molecular Ecology* 3: 489-495.
- Sambrook, J., Russell, D. W. 2001. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 3rd edition. pp. 6.4-6.12. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- 佐藤 喜和・湯浅 卓. 2008. 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: 101-107.
- Solberg, K. H., Bellemain, E. and Drageset, O. M. 2006. An evaluation of field and non-invasive genetic methods to estimate brown bear (*Ursus arctos*) population size. *Biological conservation* 128: 158-168.
- 釣賀 一二三. 2008. 北海道渡島半島におけるヘア・トラップ調査の実施例. 哺乳類科学 48: 119-123.
- 上馬康生・中谷内 修. 2006. 石川県におけるツキノワグマのヘアートラップ調査 (2006). 石川県白山自然保護センター研究報告 33: 33-40.
- Waits, L. P., Luikart, G., Taberlet, P. 2001. Estimating the probability of identity among genotypes in natural populations: cautions and guidelines. *Molecular Ecology* 10: 249-256.
- Waits, L. P. and Paetkau, D., 2005. Noninvasive genetic sampling tools for wildlife biologists: a review of applications and recommendations for accurate data

collection. *Journal of Wildlife Management* 69: 1419-1433.

Weir, B. S. 1996. *Genetic Data Analysis II*. Sinauer Associates, Sunderland. 377 pp.

Woods, J. G., Paetkau, D., Lewins, D., McLellan, B. N., Proctor, M. and Storoobek, C. 1999. Genetic tagging of free-ranging black and brown bears. *Wildlife Society Bulletin* 27: 616-627.

Wilberg, M. J. and Dreher, B. P. 2004. GENECAP: a program for analysis of multilocus genotypes data for non-invasive sampling and capture-recapture population estimation. *Molecular Ecology Notes* 4: 783-785.

山内 貴義・齋藤 正恵. 2008. 岩手県におけるヘア・トラップの実施状況と今後の課題. *哺乳類科学* 48: 125-131.

山内 貴義・工藤 雅志・齋藤 正恵・平野 陽. 2007. 岩手県遠野市に生息するツキノワグマを対象にしたヘア・トラップ法の検討. *日本哺乳類学会 2007 年度大会要旨集*, p96.

山崎 晃司・林 友直・横山 幸嗣・細川 繁・小藤 幸史・木下 俊一・小坂井 千夏・小池 伸介. 2008. 低軌道衛星通信を利用したツキノワグマ位置情報のセミリアルタイム送受信システムの試験 *哺乳類科学* 48: 237-243.

Yasukochi Y., Nishida, S., Han, S., Kurosaki, T., Yoneda, M. and Koike, H. 2008. Genetic Structure of the Asiatic Black Bear in Japan Using Mitochondrial DNA Analysis. *Journal of Heredity*. in press.

山形県文化環境部みどり自然課. 2004-2007. 山形県ツキノワグマ生息状況報告書.

山形県文化環境部みどり自然課. 2008. 平成 19 年度山形県ツキノワグマ生息数推定(試算)について. 7pp.

湯浅 卓・佐藤 喜和. 2008. 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: 109-117.

資料1 テレメトリー調査関連資料

捕獲個体情報

GPSアルゴスの受信状況

GPSアルゴスの受信状況における項目の説明

捕獲個体情報

2008年8月6日捕獲個体

個体情報	性別	推定年齢	調査地区名	捕獲地点	マイクロチップ情報
マチコ	メス	3~4歳	演習林 6C	38.553394 139.852	39214800052155
全長	体重	耳標(上頭から見た状態)			
		右前	右後	左前	左後
120.8cm	39.5kg	白21	黄緑51	オレンジ2	水色42

2008年10月23日捕獲個体

個体情報	性別	推定年齢	調査地区名	捕獲地点	マイクロチップ情報
カズオ	オス	10歳+	鶴岡市 上名川地区	38.582202 139.858583	
全長	体重	耳標(上頭から見た状態)			
		右前	右後	左前	左後
156.0cm	139.0kg	黄色51	赤27	黄色52	白18

GPSアルゴス受信状況における項目の説明

Acquisition Time, Acquisition start time:

データ取得（開始）時間

Argos Location Class :

位置クラスは、位置計算に関する情報と計算位置の精度を表す

- クラス 0, 1, 2, 3 は、4つ以上の受信メッセージから計算された場合の位置クラスであり、計算位置の推定精度を示す
- クラス A は、受信メッセージ3つから計算された位置であることを示す
- クラス B は、受信メッセージ2つから計算された位置であることを示す
- クラス G は、プラットフォームに付属する GPS 受信機によって得られた GPS 位置であることを示す。精度（誤差）は 100m 以下。
- クラス Z は、位置計算が失敗したことを示す。

Argos Latitude, Argos Longitude, Argos Altitude:

アルゴスの緯度経度。アルゴス衛星が上空を通過時にドップラー効果で得られた計算結果による緯度経度情報。

高度の算出は、動物用プラットフォーム等では、地形モデルを用いて得られた高度情報を用いて位置計算を試みる。表の数値は計算に用いられた高度を示す。

GPS Fix Attempt, GPS Latitude, GPS Longitude:

GPS 位置データ取得の試行結果、GPS による緯度経度情報。

GPS UTM Zone, GPS UTM Northing, GPS UTM Easting:

UTM 図法(Universal Transverse Mercator Projection)による位置データ。

Satellite Uplink, Predeployment Data, Error :

衛星との通信結果。事前データ利用の有無。Error 欄に示してある「CRC Error」は計算ができなかったことを示す。

資料 2 遺伝的多様性

山形県のツキノワグマの遺伝的多様性

山形県のツキノワグマの遺伝的多様性

遺伝子座	k	Ho	He
G1A	7	0.558	0.727
G10B	5	0.712	0.761
G10L	3	0.538	0.533
G10M	6	0.808	0.770
G10X	5	0.769	0.723
MSUT-1	3	0.519	0.597
MSUT-6	5	0.673	0.547

k, 対立遺伝子数.

Ho, ヘテロ接合度の実測値. He,ヘテロ接合度の期待値.

(鶺野レイナ、未発表データ)

資料3 現地説明会資料

自然環境保全基礎調査（ツキノワグマ）調査予定箇所位置図



主な調査内容

- (1) ヘアトラップ法による生息密度調査
別添資料のようなトラップを複数基設置し、クマの体毛を回収し DNA 分析を行い生息数を推定する方法（現地調査時期予定：7～9月）
- (2) 痕跡調査
クマの足跡や糞などの痕跡などから、クマの行動特性を調査する。
（現地調査時期予定：7～11月）
- (3) ラジオテレメトリーによる行動域調査
クマに発信機を装着し、その行動域を調査する。（現地調査時期予定：7～11月）

調査実施主体：山形大学

第7回 自然環境保全基礎調査

自然環境保全基礎調査 種の多様性調査（山形県）報告書

平成 21(2009)年 3 月

環境省自然環境局 生物多様性センター

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾 5597-1
電話：0555-72-6033 FAX：0555-72-6035

業務名 平成 20 年度 自然環境基礎調査 種の多様性調査（山形県）委託業務

受託者 山形県（文化環境部みどり自然課）
〒990-8570 山形市松波 2 丁目 8 番 1 号

