平成 21 年度環境研究・技術開発推進費

# クマ類の個体数推定法の開発

## 平成 21 年度第 1 回打合せ会議

日時：2009 年 9 月 25 日：13 時～17 時
場所：（財）自然環境研究センター（東京都台東区）
（アクセス、http://www.jwrc.or.jp/）
出席者（予定）：
分担研究者
ヘア・トラップ班：　米田 政明、常田 邦彦、佐藤 喜和
DNA 分析班：　玉手 英利、湯浅 卓、
補完法・代替法班：　三浦 慎悟、青井 俊樹
個体群モデル班：　松田 裕之、堀野 眞一
ポスドク・院生雇用者
鵜野 レイナ、東出 大志
自然研担当者
黒崎 敏文
欠席
間野 勉、釣賀 一二三、山内 貴義、近藤 麻実

議題：
（１）平成 21 年度研究計画とこれまでの経緯
（２）サブ・テーマ別報告
１）ヘア・トラップ班
２）DNA 分析班
３）補完法・代替法班
４）個体群モデル班
（３）大規模ヘア・トラップ計画について（ツキノワグマ、岩手北上山地）
（４）個体群モデル班へのデータ提供について
（５）ウェブサイトの開設について
（６）進捗状況調査票について
（７）今後の予定

# 主 要 課 題

## （１）確認事項

- 大規模ヘア・トラップ調査地：
- トラップ構造と設置密度：
- DNA 分析（標準試料による精度管理）：
- 個体群モデル班へのデータ提供：
- ウェブサイト開設（内容と時期）：
- 進捗状況調査票：

## （２）今後の予定など

- 現地打合せ（岩手）日程：
- 次回打合せ（H21、第 2 回）日程：
- 来年度調査計画と概算提出（研究チーム内）：

資料１：H21 研究計画と経緯

# １．平成 21 年度研究計画とこれまでの経緯

## （１）平成 21 年度研究計画

i) 大規模ヘア・トラップ調査実施のための環境整備とこれまでの調査レビュー
ii) DNA 分析手法の標準化と既存試料の分析
iii) 代替法としてのカメラトラップによる個体識別法の開発開始
iv) これまでのヘア・トラップ法データに基づく、個体数推定法のレビュー

## （２）経緯（2009 年）

- 2 月 2 日：平成 21 年度研究課題申請書送付（予算減額修正版）
- 3 月 26 日：積算資料提出
- 4 月 2-3 日：計画打合せ会議（東京、自然研）→ 研究計画マトリックス作成
- 5 月 1 日：ポスドク雇用開始（3 名）

（2009 年 5 月末に、環境省担当者（影沼沢さん）移動。後任、下舘さん（HIROAKI_SHIMODATE@env.go.jp）、遠藤 美幸さん（miyuki_endo@env.go.jp））

- 6 月 26 日：平成 21 年度新規課題承認の連絡（6 月 1 日付け承認）
- 7 月 6 日：各分担研究機関・研究者への予定連絡（自然研（常田）→各分担研究者）
- 7 月 30 日：各分担研究機関への委託額連絡（見積作成依頼）（自然研（事務、吉田）→各分担研究者）
- 7 月 31 日：積算-見積書提出（自然研→環境省）
- 8 月 28 日：平成 21 年度環境研究・技術開発推進費新規採択課題を公表（環境省総合環境政策局総務課、環境研究技術室）

## （３）計画打合せ会議（4 月 2-3 日）の主要事項（研究計画マトリックス）

### 1）ヘア・トラップ法による個体数推定法を確立する

1-1.既存資料のレビューを行う（レビュー）
1-2.効果的なヘア・トラップ法の構造を比較調査する（レビュー）
1-3.効果的な誘引餌を明らかにする
1-4.設置に最適な時期を明らかにする
1-5.効果的なヘア・トラップ配置を明らかにする（テレメトリー個体との対応をとる）
1-7.（生息地利用頻度を考慮した）トラップの空間配置分析
1-8.ヘア・トラップ法のマニュアルを作成する
1-9.実施体制の構築を進める

### 2）個体数推定に関わる効果的な DNA 分析法を確立する

2-1.DNA 分析プロトコルを確立する
2-2.試料の管理方法を確立する
2-3.分析エラーを減らす
2-4.分析効率（成功試料数/総試料数）を向上させる

### 3）代替法・補完法を開発する

3-1.部位の探索（カメラトラップ：顔、頭骨計測による可能性）

3-2.部位の探索と撮影法を確立する（顔、鼻紋、ツキノワ紋）
3-3.撮影法の検討を行う
3-4.野外での撮影法を確立する
3-5.代替法の効果を検証する

**4）個体群モデル**

4-1.捕捉率（ヘア回収個体/地域総個体）の推定法を明らかにする
4-2.再捕獲率が低い場合の個体数推定法を開発する
4-3.空間モデルから最適トラップ配置数を決定する
4-4.最適セッション数を明らかにする
4-5.クマ個体の質（人慣れ）とヘア・トラップ捕捉率を明らかにする
4-6.条件に合う再捕モデルを選択する
4-7.高標高地域（ヘア・トラップ実施困難な所）の推定を行う
4-8.多量サンプルがとれたときの分析試料数を明らかにする
4-9.推定値の誤差幅を明らかにする
4-10.セッション間のトラップ移動をしなくてもよい推定モデルを開発する
注：1)他の推定法と同じ地域で年次別捕獲統計が得られるなら、比較、補完法が考えられる
2)個体群モデル班は、トラップ班などからのデータ提供が前提となる

**5）その他**

5-1.低密度地域の扱い（奥羽/北上で開発いた方法のコピー適用は困難と考えられる）
5-2.低密度地域研究者/関係者との合同ワークショップを開催する

---

**資料２：HT レビュー**

**2009 年 9 月（米田）**

## ヘア・トラップ法によるクマ類の個体数推定法のレビュー
## （ヘア・トラップ班第 1 回打合せ資料）

クマ類の個体数推定のため､非侵襲法的方法で採取した体毛から抽出した DNA のマイクロサテライト塩基配列変異を遺伝子マーカとして使う方法は、Woods et al. (1999)が北米のアメリカクロクマとヒグマを対象に初めて実証した｡試料の体毛採取に有刺鉄線を使ったトラップを使うため、ヘア・トラップ法と一般に言われる。遺伝子マーカによる個体識別に対しては、判別部位が少ない場合、同一個体と識別する危険性も指摘されたが（Milles et al. 2000）、分析部位を増やすことでその誤差を減らすことができる。この方法はその後、対象地、対象種を変えて、世界各地に適用されてきた（湯浅、佐藤、2008）。また、調査面積規模を拡大することで、数千平方キロメートルの範囲の生息数推定にも応用されている（Boulanger et al., 2006, Kendall et al., 2008）。日本でも長野県や岩手県で 2003 年から試験的に開始され、2008 年現在 19 府県で、しかし、この方法は、(1)体毛採取のためのトラップ設計と配置､(2)DNA 分析における誤差､(3)捕獲歴からの個体数推定、において解決すべき課題がまだある。

ヘア・トラップ調査法に関する課題では次のような個別課題が残されている。

1. ヘア・トラップの構造
2. 誘引エサの利用と種類
3. 試料採取率と採取時期
4. トラップの配置と間隔
5. 遺伝マーカの種類と分析領域数（マイクロサテライト・フラグメント解析）
6. 個体数推定の方法（遺伝マーカによる標識・再捕獲法）

日本国内において、費用対効果を意識しながらヘア・トラップ法によるクマ類の生息数推定精度を高めるため、上記の 6 点に注目したレビューを行った。

**ヘア・トラップ法によるクマ類個体数推定のガイドライン-時期と対象個体（案）**

- ❑ 個体数推定調査時期は 6 月～10 月とする（背景：0 歳子をつれたメス親も冬眠穴から出ている、猟期（11 月-翌年 2 月）でない）
- ❑ その年生まれの 0 歳個体は個体数推定に含めない（背景：0 歳子の体毛試料採取は困難）

# まとめ
## －先行事例レビューによる大面積ヘア・トラップの実施方法案－

## １．ヘア・トラップの構造

- 有刺鉄線 2 段張り（地上 35cm と 70cm）一辺 4～5m が有効
- 労力・経費対試料採取成績の精査から、簡易型の開発も並行して行う
- 体毛捕捉率の確認及び代替法として、可能であればカメラトラップを併設する

## ２．誘引エサの利用と種類

- 国内のヘア・トラップ調査では誘引エサが必要
- ツキノワグマに対しては、ハチミツ（蜜蝋）が最も有効と考えられる。
- 肉食性の高いヒグマに対しては、魚/魚粉肥料のような動物質誘引エサが有効である。
- 誘引エサは、食べられないことを基本とする。

## ３．試料採取成績と調査時期

- ツキノワグマにおける採集効率は 0.3～1.5 試料/TS（トラップ・セッション）、ヒグマ（北海道）では 3.5 試料/TS の高い効率が報告されている（ただし、1 セッションが 21 日）。
- DNA 抽出率は 7 月が高い（岩手県 2004-05 年調査）、降雪期は不適（宮城県 2008 年度調査）。
- 国内（ツキノワグマ）では、7-9 月を標準調査時期とすることが適当と考えられる。

## ４．トラップの配置と間隔

- 既知の生息密度や行動圏からは、トラップ密度は 1 基/2-km メッシュ（1 基/4-km$^2$）でよい（ただし、1 日の平均移動距離を基準とすると、トラップ間隔は<690-m となる）。
- 均一配置を原則とするが、アクセス条件によって適宜変更する（<2km であれば、個体分布－トラップ密度試算から見て、大きな誤差要因とはならないと考えられる）。
- 試料採取効率を高めるには、セッション間でのトラップ移動が望ましい。
- 周辺効果は、トラップ最外郭線に行動圏の半径を加えて求める
- トラップ密度・間隔の設定には、先行研究において複数のトラップで捕獲（試料採取）された個体の移動距離と捕獲間隔に関するレビューが必要である。

## ５．遺伝マーカの種類と分析領域数（マイクロサテライト・フラグメント解析）

- 個体識別の精度を示す Probability of Identity (PID)の低い 6 種類の遺伝子座でほぼ個体識別が可能である（WMO、2007）。ただし、MSUT-1 の PID は高く、個体識別精度は低い（環境省、2009a）

## ６．個体数推定の方法（遺伝マーカによる標識・再捕獲法による推定）

- 東北地方から北陸地方の日本海側地域で、ツキノワグマの高い生息密度（>0.5 頭/km2）が報告されている。
- 生息密度推定では、(1)データをプールして求める、(2)対象地の地域区分ごとに生息数を推定する、(3) トラップごとに生息数（指標）を推定する、3 つの方法が考えられる。
- ヘア・トラップの設置が 3 ヶ月程度、大面積とすれば、標識・再捕獲法による個体数推定において、移出・移入、出生率、死亡率は考慮しなくてよいと考える。

## ヘア・トラップ法その他の方法によるクマ類の個体数・生息密度推定報告（主要なもの）

| 都道府県 | 報告書・文献 | 備考 |
|---|---|---|
| 北海道 | 北海道環境科学センター（2000 年）ヒグマ・エゾシカ生息実態調査報告書 Ⅳ | 聞き取り調査。全道推定生息数 1,771 頭～3,628 頭 |
| | 釣賀 一二三（2008）北海道渡島半島地域におけるヘア・トラップ調査の実施例．哺乳類科学 48(1): 119-123. | ヘア・トラップ調査（渡島半島、2003-2005 年度） |
| 青森県 | 青森県自然保護課（1982）青森県におけるツキノワグマの生息数等調査報告 | 追い出し法と足跡観察。県全域推定個体数 254 頭（1981 年度） |
| | 自然環境研究センター（1993）平成 4 年度クマ類の生息実態等緊急調査報告書. | 捕獲資料などによる下北半島推定生息数 100 頭/1,000km$^2$ |
| | (財)日本森林林業振興会青森支部（2009）平成 20 年度ツキノワグマ生息状況調査委託業務（生息数推定調査分析）報告書. | ヘア・トラップ調査（H17-H20、下北半島、白神山地（津軽）） |
| 岩手県 | 岩手県（2008、H19）第 2 次ツキノワグマ保護管理計画、参考資料、ツキノワグマの生息数の推定について | ヘア・トラップ法と痕跡密度の組み合わせから全県生息数推定 |
| | 山内 貴義・斉藤 正恵（2008）岩手県におけるヘア・トラップの実施と今後の課題．哺乳類科学 48(1):125-131. | ヘア・トラップ調査。遠野市(2004-05 年)、奥羽山地(2006 年) |
| 宮城県 | 環境省自然環境局生物多様性センター（2009）平成 20 年度 自然環境保全基礎調査種の多様性調査（宮城県）報告書（環境省 2009a） | ヘア・トラップ調査。仙台市とその近郊で実施（2008 年度） |
| 秋田県 | 秋田県林務部林業政策課（2002）．秋田県ツキノワグマ保護管理計画（H14-H19） | 追い出し調査。県内分布域から抽出した 150 区画（900ha/区画） |
| 山形県 | 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 | 山系別直接観察調査。全県推定生息数 1,507 頭（H19） |
| | 環境省自然環境局生物多様性センター（2009）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（環境省 2009b） | ヘア・トラップ調査。5 頭識別/10 メッシュ（約 10-km$^2$） |
| 栃木県 | 栃木県林務部自然環境課（2006）栃木県ツキノワグマ保護管理計画（平成 18 年）付属資料. | ヘア・トラップ調査（2003-04 年）推定生息密度 0.06～0.16 頭/km$^2$ |
| 群馬県 | （財）自然環境研究センター（1999）平成 10 年度群馬県ツキノワグマ生息状況調査報告書 | 定点観察と痕跡調査。全県推定生息数 600 頭。 |
| 新潟県 | 新潟県環境生活部環境企画課（新潟県猟友会及び新潟大学）（1999）ツキノワグマ年齢構成等調査報告書（平成 8-10 年度） | 追い出し調査。全県推定生息数 583-589 頭。 |
| 富山県 | 野生動物保護管理事務所（WMO）（2007）平成 18 年度ツキノワグマ個体数調査報告書（富山県） | ヘア・トラップ調査。推定個体数 44.0±27.0 頭/100-km$^2$(西部) |
| 石川県 | 石川県自然保護課内部資料。平成 15 年と平成 17 年の春季定点勝法によるツキノワグマ個体数推定調査. | 定点観察調査。天然林 10 齢級以上の生息密度、0.70 頭/km$^2$（H15）、0.81 頭/km$^2$（H17） |
| | 上馬 康生・中谷内 修（2007）石川県におけるツキノワグマのヘアートラップ調査（2006 年）石川県白山自然保護センター研究報告 33: 33-40 (2006) | ヘア・トラップ調査。白山市で 62 頭/20km$^2$、小松市で 6 頭/20km$^2$ を識別した |
| 福井県 | 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. | 標識再捕獲法による全県推定生息数 596±208 頭 |
| | （福井県、ヘア・トラップ法調査）（平成 18 年度） | |
| 神奈川県 | 野生動物保護管理事務所（WMO）平成 13 年度自然再生技術調査業務報告書（丹沢山地） | 丹沢山地のツキノワグマの遺伝的多様性分析 |
| 山梨県 | 野生動物保護管理事務所（WMO）（2000）山梨県ツキノワグマ生息実態調査報告書（平成 11-12 年；1999-2000 年） | 標識再捕獲法調査。全県推定生息数 400 頭 |
| | 環境省自然環境局生物多様性センター（2009）平成 20 年度 自然環境保全基礎調査種の多様性調査（山梨県）報告書（環境省 2009c） | ヘア・トラップ調査。ただし、体毛回収は 1 トラップからのみ |
| 長野県 | 野生動物保護管理事務所（WMO）（2005）緊急地域雇用創出特別基金事業(狩猟規制基礎調査)業務委託報告書 | ヘア・トラップ調査。関東山地と八ヶ岳（2003-04 年度） |
| | 長野県森林整備課（2007）第 2 期特定鳥獣保護管理計画（ツキノワグマ）資料編、長野県におけるツキノワグマ推定生息数の算出方法（全県を 8 地域に区分、痕跡頻度、捕獲状況から地域生息密度補正） | ヘア・トラップ法による関東山地と木曾南部推定生息密度と地域補正から全県生息数を推定 |
| 岐阜県 | 岐阜県（2009）特定計画鳥獣保護管理計画（ツキノワグマ） | ヘア・トラップ調査による全県推定個体数 851 頭（中央値） |
| 西中国 | 自然環境研究センター（2006）西中国山地ツキノワグマ生息調査事業（平成 16-17 年度、2004-2005 年） | 標識再捕獲法と生息密度区分を組み合わせ個体数を推定。 |
| 四国 | 金澤 文吾他．2008．四国剣山山系におけるツキノワグマ個体数推定の課題．第 14 回野生生物保護学会大会講演要旨．2008 年 11 月 7-9 日、佐世保 | カメラトラップ調査とヘア・トラップ調査組み合わせ。最小識別個体数 9 頭（2008 年時点） |

特定計画背景資料としてくり返し調査がある場合などは調査年の新しいもののみを示した。

## １．ヘア・トラップの構造

- **基本原理：エサあるいは樹上接近の際に、有刺鉄線に体毛が引っかかる。**

### （１）Woods et al. (1999)：囲い型と、斜め丸太型を使う

ヘア・トラップ法を最初に実用化した Woods らは、1 段張り囲い型と斜め丸太型（棚型）の 2 種類のトラップを使用した。エサは魚粉肥料（fish fertilizer）を用いた。

| タイプ | 目的 | 外周バラ線地上高 | 誘引エサ | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 囲い型 | 全個体（ヒグマ、アメリカクロクマ） | 地上 50cm（1 段張り）、バラ線張りには立木を使う。 | 魚粉肥料 | ハイキング用トレールから 200m 以上離す |
| 斜め丸太型 | 子グマ用（Cubby） | 地上から高さ 1m まで丸太上に設置 ; バラ線、ワイヤーブラシ、イヌ用ブラシの 3 種類設置 | 魚粉肥料 | |

＊バラ線によるクマへの悪影響はない（This procedure (passing a short strand of barbed wire through the body hair of several immobilized bears) had no adverse effects on the bears. In no case was there evidence of injury to bears passing under or over the wire.）

**囲い型**

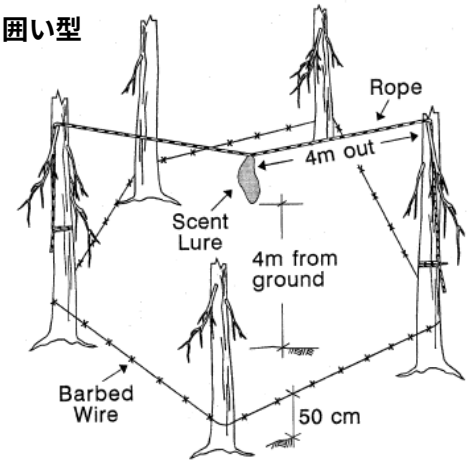



Figure 1. Barbed-wire enclosure hair-trap used to collect hair from bears. Scent was placed about 2 m above the ground on a central tree at hair-traps without cameras in 1995 instead of suspended as shown. Conducted in the Columbia River basin near Golden, British Columbia, Canada, 1995 and 1996.

**斜め丸太型**

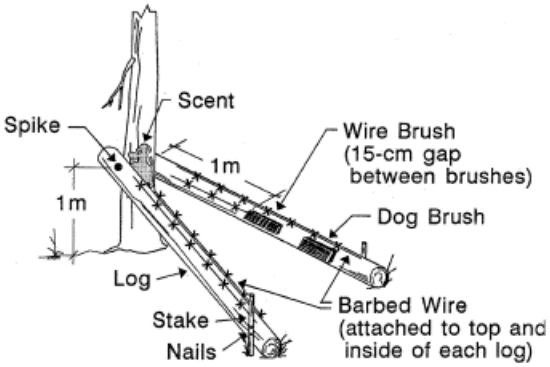



Figure 2. Cubby with barbed wire, wire brush, and dog-grooming brush hair-traps used to collect hairs from bears in the Columbia River basin near Golden, British Columbia, Canada, 1995.

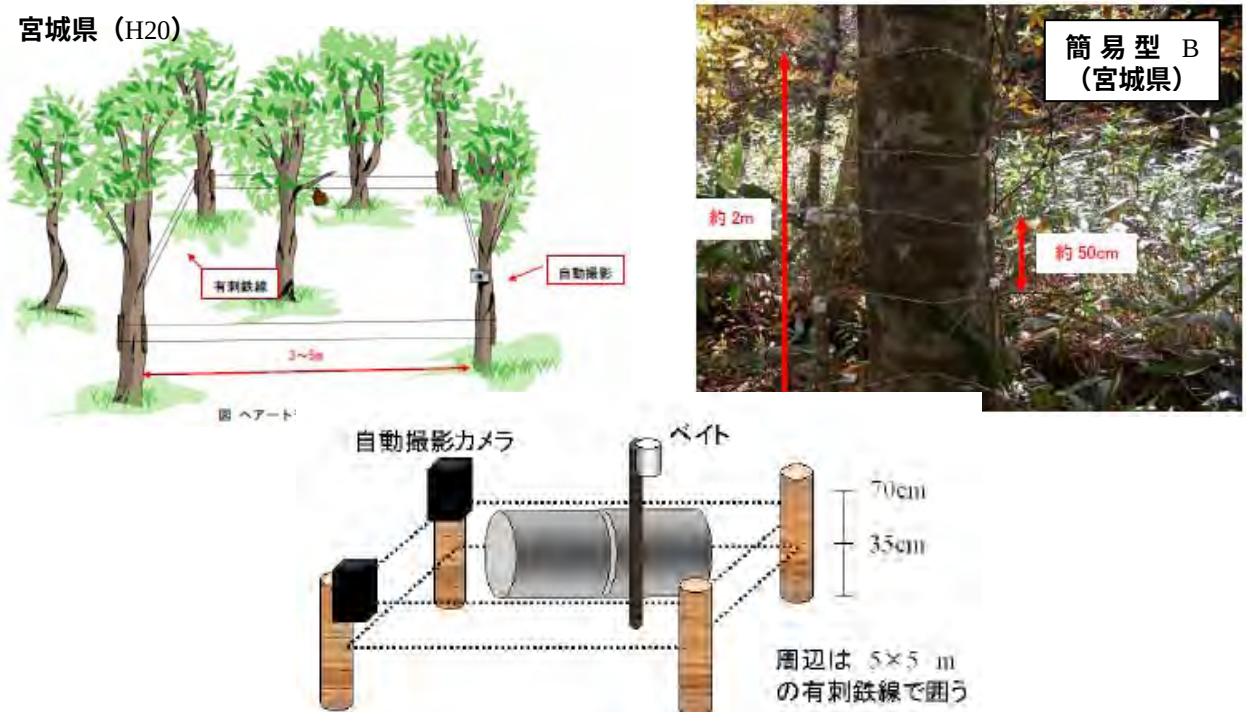
### （２）Robinson（2007）：ループ型（クマ通路に直角に円形バラ線設置）

アメリカクロクマが高密度に生息しているアラスカ沿岸において、Robinson (2007)は誘引エサを用いない、ループ型（スネア型）と横断型のワナを利用した。

| タイプ | 目的 | 外周バラ線地上高 | 誘引エサ | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| ループ型 | 全個体（アメリカクロクマ） | 長さ 3.5m のワイヤーに 4 カ所バラ線をつける。ゴムでワイヤーが閉まり、毛をとったあと自動的に緩む構造。 | なし | |
| 横断型 | | クマのトレールにバラ線を地上 50cm に設置する | なし | |

## （3）日本の事例：囲い型とバネ式事例

| 対象種 | タイプ | 外周バラ線地上高 | 誘引エサ | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| ツキノワグマ | 1 段張り囲い型（北上） | 35-50cm、平均設置時間 20 分/基 | リンゴ | Miura & Oka, 2003 |
| | **2 段張り囲い型**（宮城県） | 下段は地上 30-50cm、上段は地上 50-70cm。一辺 3-5m。カメラトラップ併設 | 蜜蝋 | 人が立ち入る可能性のあるところ避ける、民家から 1-km 以上離す。 |
| | 簡易版 A（宮城県） | 小型囲い型（一辺 150cm 程度） | | |
| | 簡易版 B（宮城県） | 幹型：大木幹にバラ線を巻き付ける | | |
| | **2 段張り囲い型**（山形県） | 下段は地上 35cm、上段は地上 70cm。 | ハチミツ | 植生タイプ別に、林道近くに設置 |
| | 1 段張り囲い型（山形県） | 地上 50cm | | |
| | バネ式ヘア・トラップ（山形県） | ドラムカンタイプ、中にバネ設置（試料が雨に濡れない、1 個体分のみ採取） | | |
| | 1 段張り囲い型（富山県；有峰と東部地区 2 カ所） | 16 番有刺鉄線利用。高さ 40-50cm、周囲長 8-16-m | ハチミツ吊り下げ | 有峰地区はダム湖周辺線状配置 |
| ヒグマ | 1 段張り囲い型（北海道） | 地上 50cm、周囲長 20-30m | サケ科魚 | 250-km$^2$ |




**囲い型とバネ式ヘア・トラップ及びカメラトラップ併設（H20 山形県）**

**トラップ構造と捕獲成績のまとめ：有刺鉄線 2 段張り（地上 35cm と 70cm）一辺 4〜5m が有効**

- **有刺鉄線 2 段構造では体毛が採取されたのに対し、簡易版 A（小型囲い型） 及び簡易版 B （幹型）においては、体毛が採取されなかった（宮城県、2008 年）**
- **設置労力と経費は要するが、有刺鉄線 2 段張りが有効である（山形県、2008 年、表 4）**
- **バネ式ヘア・トラップ（山形県）の捕獲成績は悪い（試料採集成功 3 例のみ）**
- **労力・経費対試料採取成績の精査から、簡易型の開発も並行して行う必要がある。**
- **体毛捕捉率の確認及び代替法として、可能であればカメラトラップを併設する。**

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 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

## ２．誘引エサ

### （１）誘引エサが必要か

Robinson (2007)は誘引エサを用いず、アメリカクロクマの通路（trail）にループ型あるいは地上横断型有刺鉄線を設置することで体毛を採取している。これ以外のヘア・トラップ調査の大部分では、誘引エサを利用している。クマ類の生息密度が高く、通路がはっきりしている場所では誘引エサなしの方法でもよいが、国内調査ではトラップに誘引エサを用いることが必要と考える。

### （２）エサの種類

宮城県（2008 年度；環境省, 2009b）では、近接したワナにおける試料（体毛）採取率から、3 種類のエサに対する誘引効果を比較し、ハチミツがもっと効果的との結果を得ている。

| 比較組み合わせ試験 | 平均体毛採取数/ワナ・セッション | | |
|---|---|---|---|
| | ハチミツ（蜜蝋） | トウモロコシ | リンゴ |
| ハチミツ×トウモロコシ | 2.33 | 0.17 | ---- |
| ハチミツ×リンゴ | 0.83 | ---- | 0.67 |

### （３）採食扱い（エサをとらせる/とらせない）

ヘア・トラップの誘引エサを食べさせるか食べさせないかは、(1)再捕獲効率、(2)餌付け影響、(3)エサの設置作業効率、の 3 点から検討する必要がある。本研究では、特に(2)の餌付け影響を避けるとの観点から、食べさせないエサ配置を基本とする。誘引エサを高い位置に置くあるいは丈夫な容器に入れることで、クマ類を誘引するが採食されることを減らすことができる。

**誘引エサのまとめ：ハチミツ（蜜蝋）が有効**

- **国内のヘア・トラップ調査では誘引エサが必要。**
- **ツキノワグマに対してはハチミツ（蜜蝋）が最も有効と考えられる（H20、宮城県調査）。**
- **肉食性の高いヒグマに対しては、魚/魚粉肥料のような動物質誘引エサが有効である。**
- **誘引エサは、食べられないことを基本とする。**

**【参考】ヘア・トラップ、その他の方法（食肉類一般）**

- 多くの種類を対象とする場合、ベルクロあるいはネイルトラップも使われる。（Castro-Arellano et al., 2008）。
- 野生ネコ類のヘア･トラップ調査では､ネコ類の頬こすりつけ習性を利用し､市販の’Weaver’s Cat Call’液を板に塗り、そこに体毛がとれるようワイヤーを設置する試みが行われている（Weaver et al. 2005）。
- クマ類の背こすりつけ（rubbing）習性を利用した、こすりつけ木（rub tree）からの体毛採取工夫の可能もある。

## ３．試料採取成績と調査時期

### （１）試料採取率

ヘア・トラップによるクマ類の試料（体毛）採取成績を比較して**表 1** に示した。ツキノワグマにおける採集効率は 0.3～1.5 試料/TS（トラップ・セッション）程度である。ヒグマ（北海道）で

は、1 セッションが 3 週間と長いこともあり、3.5 試料/TS の高い効率が報告されている。試料からの DNA 分析成功率は、32%から 80%程度の範囲にある。日本の試料採集効率は、北米における調査事例と比べ低い。ただし、日本国内でも地域・季節により試料採取率には大きな差がある。

**表１　試料（体毛）採取効率**

| 対象種 | 対象地域 | 報告者 | 試料数 [1)] | DNA 分析成功率 | DNA 判別個体数 | 試料数/Trap・Session (TS), Trap Nights (TN) | セッション日数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ツキノワグマ | 岩手県北上山地 | Miura and Oka, 2003 | 247 | | | 247/(51+124+126) =**0.821/TS;** Bear Visit:(28+47+12) /(51+124+126)=0.289/TS | 3 週間 |
| | 岩手県遠野市 | 山内ら、2004 | 218 | 32%(9 月)～80%(7 月) | 45 頭（8 月） | 218/(107T×3S) = **0.679/TS** | 1 ヶ月 [2)] |
| | | 山内ら、2005 | 262 | 19%(9 月)～72%(7 月) | 29 頭（8 月） | 262/(100T×3S) = **0.873/TS** | 1 ヶ月 |
| | 関東山地 | WMO 、2005 | 188(DNA 抽出試料) | | 33 頭 | 332/(100T×14S) = **0.237/TS** | 6～7 日 |
| | 石川県白山市 [3)] | 上馬・中谷内、2006 | 124 | | 54 頭 | 124/(20T×4S) = **1.55/TS** | 7 日 |
| | 富山東部 H18 | WMO, 2007 | 274 [5)] | 38%（抽出成功率） | 5 頭 [4)] | 274/(100T×2S) = **1.37/TS** | 7 日 |
| | 富山西部 H17 | | 355 [5)] | 39%（抽出成功率） | 9 頭 [4)] | 355/(98T×2S) = **1.81/TS** | 7 日 |
| | 山形県 | 環境省、2009a | 28 [6), 7)] | 解析率 61%（識別=17） | 5 頭 | 28/(20T×115N) ＝**0.0122/TN** | 計 115 日 |
| | 宮城県 | 環境省、2009b | 167 | 解析率 55%（識別=92） | 23 頭 | 167/(34T×60N) = **0.0819/TN** | 計 60 日 |
| | 山梨県 | 環境省、2009c | 4 | | 3 頭 | 4/(10T×72N) = **0.006/TN** | 計 75 日 |
| ヒグマ | 北海道渡島半島 | 釣賀、2008 | 301（毛根有り 2003 年） | | 47 頭（2003 年） | 201/(29T×3S) = **3.5/TS** | 21 日 |
| アメリカクロクマ | カナダ | Woods et al. 1999 | 1,548 | | 55 頭/303 試料 | 1,548/2,653TN = **0.583/TN** | Trial 3 |
| | アラスカ | Robinson, 2007 | | | | 平均 = **0.41** (capture/trap occasion) | 10 日 |

1) 採取した試料全数、毛根のあった試料数のみ、DNA 抽出ができた試料数が混在している。
2)セッション間隔を 1 ヶ月と長くしても、DNA 分析が可能であった。
3)白山山麓調査と並行して、小松市、金沢市でも調査を行っているが、ここでは白山市の結果のみ示した
4)分析試料数は 100 に限定している。
5)有刺鉄線の棘 1 つ毎の体毛を 1 サンプルとした
6)トラップサイト 1 面あたりの試料を 1 サンプルとしている
7)カメラトラップを併設した調査から、山形県（2008 年度）ではヘア・トラップ内に侵入したが、体毛を残さない個体があったことが確認されている。ヘア・トラップサイトの訪問実数に対する体毛捕捉率は 61%と推定されている。
WMO: （株）野生動物保護管理事務所

### （２）試料採取時期

日本国内の事例では、ヘア・トラップにおける試料採取率に季節差と地域差が見られる。岩手県遠野市における調査（2004-05 年）では、8-9 月の採取効率が高かった。一方、遺伝子解析成功率は、7 月が最も高く、8 月から 9 月にかけて減少した（山内、2008 年 4 月 28 日、自然研会議プ

レゼンテーション）（**表 2**）。山形県（2008 年度）調査（7 月～11 月）では、8 月の採取率が高かった（**図 1**）。宮城県（2008 年度）調査（9 月下旬～11 月）では、11 月前半の採取率が最も高かった（**図 2**）（＊ただし、トラップ設置後の馴れ効果の影響も考えられる（米田））。一方、11 月下旬以降、雪にさらされた体毛からは DNA 抽出ができないことが報告されている。

**表 2　ヘア・トラップによる体毛回収率と遺伝子解析成功率の季節差（岩手県、遠野市）**

| 年 | 項目 | 7 月 | 8 月 | 9 月 |
|---|---|---|---|---|
| 2004 年 | 体毛回収率（%） | 87 | 94 | 74 |
| | 遺伝子解析の成功率（%） | 80 | 67 | 32 |
| 2005 年 | 体毛回収率（%） | 89 | 92 | 81 |
| | 遺伝子解析の成功率（%） | 72 | 57 | 19 |

出典：山内貴義、2008 年 4 月 28 日、自然研会議プレゼンテーション

**図 1　山形県（2008 年度）調査における試料回収の季節変化**

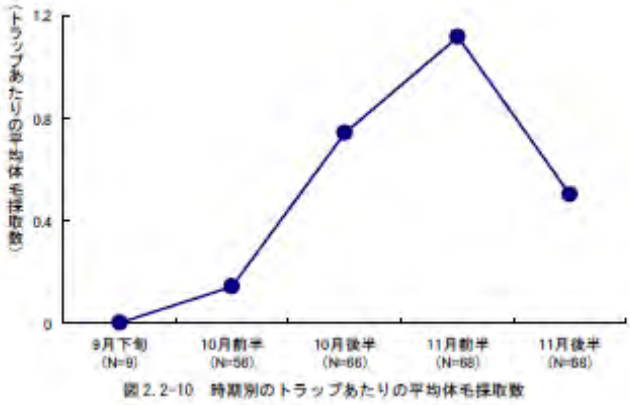


図 2. 2-10　時期別のトラップあたりの平均体毛採取数

**図 2　宮城県（2008 年度）調査における試料回収の季節変化**

**試料採取効率と採取時期：採取効率は北米より低くまた地域差が大きい。**

- **ツキノワグマにおける採集効率は** 0.3～1.5 **試料**/TS（**トラップ・セッション**）、**ヒグマ（北海道）では** 3.5 **試料**/TS **の高い効率が報告されている（ただし、**1 **セッションが** 21 **日）。**
- **採集効率の高い時期は** 8 **月（山形県）、**11 **月（宮城県）と幅がある。岩手県調査では** 7 **月～**8 **月が最適としている。**
- DNA **抽出率は** 7 **月が高い（岩手県** 2004-05 **年調査）、降雪期は不適（宮城県** 2008 **年度調査）。**
- **国内（ツキノワグマ）では、**7-9 **月を標準調査時期とすることが適当と考えられる。**

## ４．トラップの配置と間隔

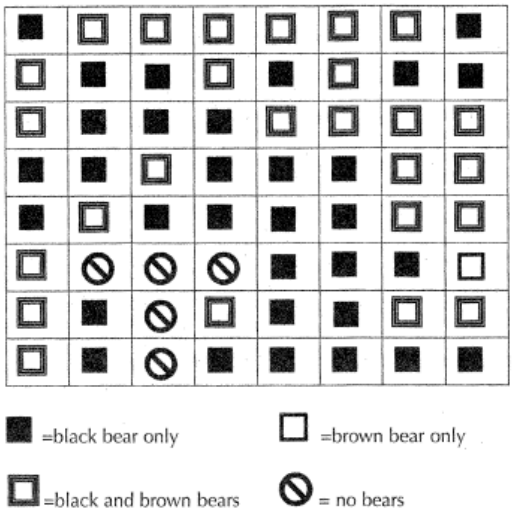
### （1）配置と間隔（トラップ密度）

トラップの配置と間隔に関して、北米ではワナ間隔を広くし広域に設置するか、アラスカ沿岸部のように地形（氷河）で生息地が分断されている特定地域では、比較対象地域にランダムに設置するか、どちらかの方法が採用されてきた。一方、国内では、ツキノワグマを対象にした場合、1-km グリッドに 1 基程度の高密度で設置されてきた。しかし、地形及びアクセス条件でトラップ設置が困難な場合は、線状配置も行われてきた（**表 3**）。

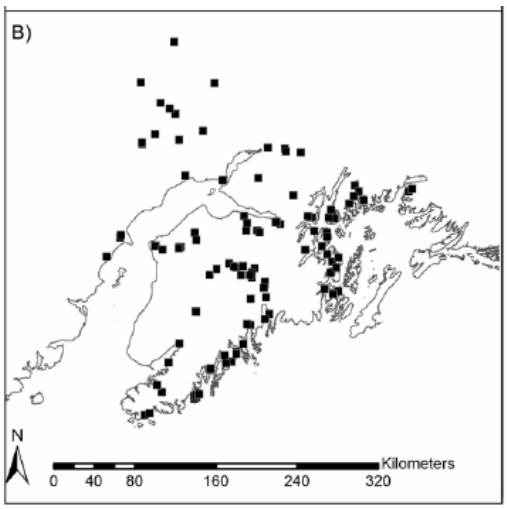
**表 3　ヘア・トラップ数、トラップ間隔と調査面積**

| 対象種 | 地域 | 報告者 | トラップ数 | トラップ間隔 | 総調査面積 |
|---|---|---|---|---|---|
| ヒグマ、アメリカクロクマ | カナダ | Woods et al. 1999 | 64 | 8×8-km セルに 1 基 | 64×64-km = 4,096-km2 |
| ヒグマ | カナダ | Boulanger et al. 2006 | 180 | 7×7-km セルに 1 基 | 8,820-km2 |
| | 米国 | Kendall et al., 2008 | 2,558 | 7×7-km セルに 1 基、計 641 セル | 約 60,000-km2 |
| アメリカクロクマ | 米国ルイジアナ州 | Boersen, et al., 2003. | 122 | 122 トラップ/329-km2 = 0.37/km2 | 329-km2 |
| | アラスカ | Robinson, 2007 | | 沿岸線上配置 | 2,400-km2（集中調査 KEFJ 半島）* |
| ツキノワグマ | 岩手県(遠野市) | 山内ら、2004 | 107 | ●詳細情報未入手 | ●詳細情報未 |
| | | 山内ら、2005 | 100 | ●詳細情報未入手 | ●詳細情報未 |
| | 関東山地 | WMO、2005 | 100 | 1-km セルに 1 基 | 100-km2 |
| | 山形県 | 環境省、2009 | 20 | 2 トラップ/1-km セル | 7.53-km2 |
| | 宮城県 | 環境省、2009 | 34 | 4-～5 トラップ/2-km セル | 3 カ所分散配置 |
| | 富山県 | WMO、2008 | 98（西部） | 1 トラップ/1-km セル | 100-km2 |
| | 富山県 | WMO、2008 | 100（東部） | 0.5 トラップ/1-km セル | 200-km2 |
| | 青森県 | 青森県、2008 | 下北と津軽 | 1 基/1.5～2.0-km 間隔 | 約 1600-km$^2$(下北) |
| ヒグマ | 北海道 | 釣賀、2008 | 39 | 3×3-km グリッド | 250-km2 |

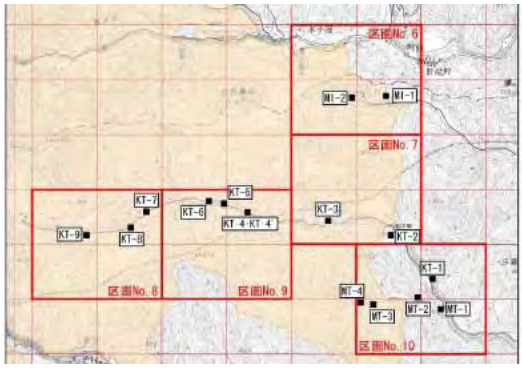
*アメリカクロクマ高生息密度地域（125 頭/1,000km$^2$）



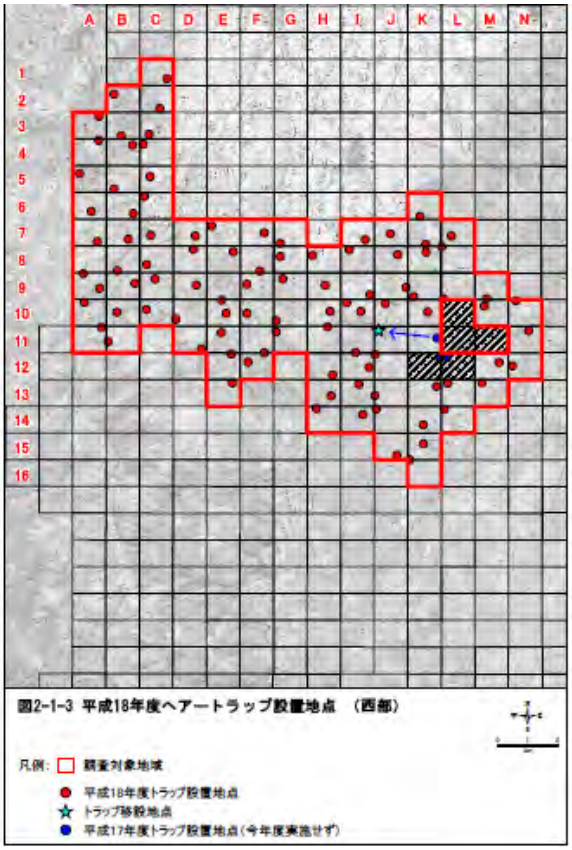

**等間隔**(8×8-km)**トラップ設置**（Woods et al., 1999）




**任意トラップ設置**（Robinson, 2007）




宮城県（2008 年度）トラップ配置例
（グリッドと線形配置組み合わせ）




富山県（2006 年度、西部）トラップ配置（1 基/1-km セル）

**トラップ配置に関するツキノワグマのデータ**

**(1) 行動圏面積：3,000-7,000 ha/頭年**

| 地域 | 報告者 | 個体数（N） | 行動圏面積（km²） | 円形仮定行動半径（km） |
|---|---|---|---|---|
| 北アルプル | Izumiyama, 2004 | 5 | 32-123 | 3.2-6.3 |
| 静岡 | 静岡県、2005 | 41 | 18.55±21.73（♀6.86） | 2.42-2.63 |
| 兵庫 | 鈴木、2002 | 16 | 平均：♀7.4、オス 29.8 | 1.5-3.1 |

**(2) 1 日の移動距離（直線距離）（兵庫県；鈴木、2002）：670-970 m/日**

| 性別 | 平均（m） | 最大（m） |
|---|---|---|
| オス | 970 | 4,400 |
| メス | 670 | 2.300 |

**(3) ツキノワグマの生息数・推定密度（岩手県、2008）:0.16 頭/km²（北上山地）**

| 地域 | 生息区画数（1 区画=600ha） | 推定生息数（頭） | 推定数平均値 | 生息密度（頭/km²） |
|---|---|---|---|---|
| 北上高地 | 1,329 | 1,018～1,535 | 1,267 | 0.16 |
| 北奥羽 | 573 | 325～562 | 448 | 0.13 |

## （2）トラップのセル内移動

クマとトラップの出会い確率がセル内でも偶然性に左右されるとすると、トラップを移動すれば試料採取率が向上することが期待できる。Boulanger, et al.(2006)は、サンプリングのセッション間にセル内トラップ移動を行った場合、トラップ固定方式に比べ個体数推定が多くなったこと、特にメスでは 15-25%多く推定されたことを報告している

## （3）トラップ間隔・密度

トラップ間隔・密度は、クマ類の個体分散様式、生息地利用、生息密度及び移入・移出を考慮して決める必要がある。ヘア・トラップの設置は、最大 4 ヶ月程度であるため、大規面積調査であれば、このうち移入・移出は考慮しなくてよいであろう。これらのデータに関し、これまでの知見をまとめると次のようになる。

- 国内のツキノワグマは、親子を除き単独行動であり、群れ型集中分布ではない。
- ツキノワグマの行動圏は、1,000-7,000ha（10-50km2；円形行動圏と仮定すると直径 3.2～9.4km）、ただし、50%利用行動圏とするとこの半分の値（直径 2.5-km～6.6-km）となる。
- 1 日の移動距離は、オスの平均が 970m、最大 4,400m、メスの平均が 690m、最大＝2,300m と報告されている（鈴木、2002 年；兵庫県における調査結果）。
- 生息地利用では、季節ごとにエサ資源の多い場所を集中的に利用する。
- 生息密度は、岩手県のツキノワグマ生息密度は 0.2 頭/km2 前後である。

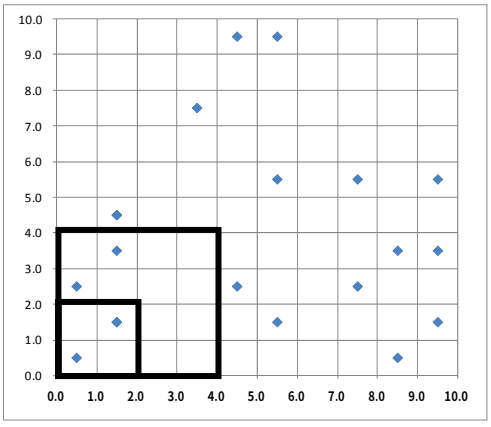
これらデータから

- 集中分布型でないため、トラップ配置は均等密度としてよい。
- 調査期間中クマは行動圏内を均一に利用すると仮定すれば、トラップ密度を行動圏より狭い密度（>1 トラップ/10-km2＝1 トラップ/3-km メッシュ）に設定することで個体を捕捉できる。ただし、実際には行動圏の重複があり排他的行動圏モデルより生息密度は高くなるため、最小限のトラップ密度を 1 基/5-km2＝1 基/2-km メッシュ程度とする
- 季節毎の利用地の差に対応するには、セッション間でのセル内トラップ移動方式が考えられる。ただし、トラップ移動には労力・経費がかかる。

## （4）ポアソン分布とトラップ密度

個体がランダム分布と仮定すると、個体分布はポアソン分布から推定できる。生息密度を 0.2 頭/km2 と仮定した場合の、ポアソン分布による 1-km メッシュから 4-km メッシュまでの、メッシュ毎の個体の存在確率を次に示した。

| | トラップ間隔 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 生息頭数 | 1-km | 2-km | 3-km | 4-km |
| 0 | 0.819 | 0.449 | 0.165 | 0.041 |
| 1 | 0.164 | 0.359 | 0.298 | 0.130 |
| 2 | 0.016 | 0.144 | 0.268 | 0.209 |
| 3 | 0.001 | 0.038 | 0.161 | 0.223 |
| 4 | 0.000 | 0.008 | 0.072 | 0.178 |
| 5 | 0.000 | 0.001 | 0.026 | 0.114 |
| 6 | | | 0.008 | 0.061 |
| 7 | | | 0.002 | 0.028 |
| 8 | | | | 0.011 |
| 9 | | | | 0.004 |
| 10 | | | | 0.004 |




**ポアソン分布計算**　$f(x)=e^{-m}(m^x/x!)$（x: **確率**、m: **ある区画に入る個体数**）

**トラップ（グリッド）間隔と生息頭数確率分布(生息密度 0.2 頭/km2 仮定)**

**（右の図は 100 グリッド内に 20 頭がランダム分布する場合の分布例（2 頭は重複分布））**

### （５）周辺効果

トラップの周辺効果は、(1)トラップ設定地外周長、(2)トラップ周辺域生息個体の行動圏面積、(3)トラップの捕捉率、の 3 つの要因で決まる。周辺効果に対し、次のような対応が提案される。

- オプション１：外周長は、最外郭のトラップを結ぶ線とする（最外郭トラップにさらに平均トラップ間隔長を加えて最外郭を求めることは行わない）
- オプション２：トラップ最外郭線上に行動圏をもつ個体の捕捉は、各個体の外郭線内と外の行動圏割合で相殺されるとして、円形行動圏仮定における半径を最外郭線に加えた値とする（平均 3,000ha の円形行動圏と仮定すると、約 3-km を最外郭線から外側に加えた範囲が周辺効果を取り入れたトラップ有効面積となる）
- オプション３：トラップ捕捉率は再捕獲データから別途推定し、周辺効果を補正する（オプション２×捕捉率補正）。

**トラップの配置と密度のまとめ**

- **既知の生息密度や行動圏からは、トラップ密度は 1 基/2-㎞ メッシュ（1 基/4-㎢）でよい（ただし、1 日の平均移動距離を基準とすると、トラップ間隔は<690-m となる）。**
- **均一配置を原則とするが、アクセス条件によって適宜変更する（<2㎞ であれば、個体分布－トラップ密度試算から見て、大きな誤差要因とはならないと考えられる）。**
- **試料採取効率を高めるには、セッション間でのトラップ移動が望ましい。**
- **周辺効果は、トラップ最外郭線に行動圏の半径を加えて求める**

【課題】トラップ密度・間隔の設定

- トラップ密度・間隔の設定には、先行研究において複数のトラップで捕獲（試料採取）された個体の移動距離と捕獲間隔に関するレビューが必要である。

## ５．遺伝マーカの種類と分析領域数（マイクロサテライト・フラグメント解析）

**表 4** に平成 16 年度（2004 年）から 18 年度（2006 年）のツキノワグマを対象とした国内のヘア・トラップ調査による分析遺伝子座（マイクロサテライト）を示した。この期間の 8 県における調査では、23 の遺伝子座が使われたことがわかる（ただし、遺伝子座記号は元報告書標記に従ったため同じ遺伝子座を別記号で重複記載している可能性がある）。個体識別の精度を示す Probability of Identity (PID)の低い 6 種類の遺伝子座でほぼ個体識別が可能である（WMO、2007）。ただし、MSUT-1 の PID は高く、個体識別精度は低い（環境省、2009a（山形県））

**表** 4 **ツキノワグマのヘア・トラップ調査における分析遺伝子座**

| 遺伝子座（プライマー | 青森（2008） | 岩手県（2004 | 岩手県（2005 | 山形（2008） | PID（山形,2008） | 宮城（2008） | PID(宮城,2008) | 富山(2005-06) | 石川（2006） | 福井県（2006 | 長野（2003-04） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G1A | ○ | ○ | ○ | ○ | 1.21 | ○ | 0.149 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| G1D | - | ○ | - | - | - | - | - | - | ○ | ○ | ○ |
| G10B | - | ○ | ○ | - | - | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ |
| G10C | - | - | ○ | - | - | - | - | - | ○ | | ○ |
| G10L | ○ | ○ | ○ | ○ | 0.282 | ○ | 0.196 | - | ○ | ○ | ○ |
| G10M | ○ | ○ | - | ○ | 0.096 | ○ | 0.153 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| G10P | - | ○ | - | - | - | ○ | 0.107 | ○ | ○ | | ○ |
| G10X | ○ | ○ | ○ | ○ | 0.13 | ○ | 0.336 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Mu5 | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - | - | - |
| Mu23 | ○ | - | - | - | - | - | - | ○ | - | - | - |
| Mu50 | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - | - | - |
| Mu64 | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MUTE2 | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - | - | - |
| MUTE4 | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - | - | - |
| MUTE5 | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - | - | - |
| MSUT-1 | - | - | - | ○ | 0.513 | ○ | 0.335 | - | - | ○ | - |
| MSUT-2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - |
| MSUT-4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MSUT-6 | - | - | - | ○ | 0.247 | - | - | - | - | ○ | - |
| MSUT-7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - |
| UamA107 | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| UamD2 | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| UamD102 | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 分析遺伝子座数合計 | 9 | 7 | 5 | 6 | | 6 | | 11 | 8 | 10 | 8 |

## ６．個体数推定の方法（遺伝マーカによる標識・再捕獲法による推定）

### （１）個体数・生息密度・地域レベル

**生息密度地域差報告のレビュー**

ツキノワグマの生息密度は、全国レベル、県レベル、小面積レベルで地域差がある。

i) 全国レベルの生息密度差：ツキノワグマの県／地域レベル（＞1,000-km2）における生息密度には、大きな地域差がある（**表 5**）。全国レベルで見ると、東北地方から北陸地方の日本海側地域で、ツキノワグマの高い生息密度（>0.5 頭/km$^2$）が報告されている。

ii) 県内レベルの生息密度差 : 県内においても生息密度の地域差がある（事例 : 長野県（**表 6**））

iii) 調査区画レベルにおいても、生息地利用／ミクロ環境差、による生息密度の差がある（事例：岩手県（**表 7**）、調査区画毎の生息密度差推定）。

**表 5　保護管理ユニット別のツキノワグマ生息密度（太字はヘア・トラップ法による報告事例）**

| 管理ユニット | 環境 | 生息密度推定（頭/km$^2$） | | | | 報告書 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 最小密度 | 最大密度 | 中央値 | 平均 | |
| 1.下北半島 | ブナクラス域 | なし | なし | 0.100 | 0.100 | 自然研（1993） |
| | ブナクラス域 | 下北半島推定総生息数：**195±75 頭** | | | | 日本林業振興会（2009） |
| 2.白神山地 | ブナクラス域（多雪地帯） | 0.183 | 0.327 | 0.248 | 0.248 | 秋田県（2002）[1)] |
| | ブナクラス域（多雪地帯） | 白神西部推定総生息数：**824±343 頭** | | | | 日本林業振興会（2009） |
| 3.北上山地 | ブナクラス域（代償植生） | **0.127** | **0.193** | **0.159** | 0.159 | 岩手県（2007） |
| 4.北奥羽 | ブナクラス域 | **0.095**<br>0.183 | **0.163**<br>0.327 | **0.130**<br>0.248 | 0.189 | 岩手県（2007）<br>秋田県（2002）[1)] |
| 5.鳥海山地 | ブナクラス域 | 0.183<br>なし | 0.327<br>なし | 0.248<br>0.167 | 0.185 | 秋田県（2002）[1)]<br>山形県（2008） |
| 6.月山朝日飯豊 | ブナクラス域（多雪地帯） | 0.3 | 0.5 | **0.5** | 0.5 | 環境省（2008a）(最小確認個体数 5 頭/630 ﾒｯｼｭ) |
| 7.南奥羽 | ブナクラス域 | なし | なし | 0.112 | | 山形県（2008）（蔵王山系；33 頭/354 ﾒｯｼｭ） |
| | ブナクラス域 | 宮城県全県推定個体数：**401～896 頭** | | | | 環境省（2009b） |
| 8.越後三国 | ブナクラス域（多雪地帯） | **0.060**<br>なし<br>0.060<br>**0.512** | **0.160**<br>なし<br>0.170<br>**0.928** | **0.11**<br>0.160<br>0.130<br>**0.720** | | 栃木県（2006）<br>自然研（1999）<br>新潟県（1987）<br>長野県（2007）[2)]県北部 |
| 9.北中央アルプス | ブナクラス域（富山県）<br>普通植生域（富山県）<br>ブナクラス域（長野県）（多雪地帯） | **0.360**<br>**0.110**<br>**0.512**<br>**0.340** | **0.740**<br>**0.330**<br>**0.928**<br>**0.740** | **0.550**<br>**0.220**<br>**0.720**<br>**0.540** | 0.508 | WMO（2008）<br>WMO（2008）<br>長野県（2007）[2)]県北部<br>長野県（2007）木曾 |
| 10.白山奥美濃 | ブナクラス域（多雪地帯） | なし<br>なし | なし<br>なし | 0.810<br>0.250 | 0.530 | 石川県（2007）[3)]<br>福井県（1997） |
| 11.関東山地 | ブナ／ヤブツバキクラス域 | なし<br>**0.320** | なし<br>**0.580** | 0.120<br>**0.450** | 0.285 | WMO（2000）山梨<br>長野県（2007）長野 |
| 12.富士丹沢 | ブナ／ヤブツバキクラス域 | なし<br>なし | なし<br>なし | 0.120<br>0.050 | 0.085 | WMO（2000）山梨<br>羽澄ら（1997）[4)] |
| 13.南アルプス | ブナ／ヤブツバキクラス域 | なし<br>**0.102** | なし<br>**0.222** | 0.190<br>**0.162** | 0.176 | WMO（2000）山梨<br>長野県（2007）[5)]南アルプス |
| 14.近畿北部 | ブナ／ヤブツバキクラス域 | なし | なし | 0.060 | 0.060 | 福井県（1997） |
| 15.東中国 | ブナ／ヤブツバキクラス域 | なし | なし | 0.106 | 0.106 | 鳥取県（2007）[6)] |
| 16.西中国 | ブナ／ヤブツバキクラス域 | 0.010 | 0.290 | 0.068 | 0.068 | 自然研（2006）[7)] |
| 17.紀伊半島 | ブナ／ヤブツバキクラス域 | なし | なし | なし | -- | （奈良県、2008 年度調査実施） |
| 18.四国 | ブナ／ヤブツバキクラス域 | 0.035 | なし | なし | -- | 自然研（1996）[8)]徳島 |

なし：最小密度、最高密度が示されてない報告

1)秋田県（2002）による平成 2 年（1990 年）から平成 13 年（2001 年）の全県生息数調査データから、最小年（平成 3 年）、最大年（平成 6 年）及び 12 年間平均を求め、白神山地、北奥羽及び鳥海山地の生息密度を求めた。

2)越後三国及び北中央アルプス保護管理ユニットの長野県域の密度は、関東山地の基準値に 1.6 倍した補正値として示した（長野県、2007）。

3)上馬・中谷内（2006）は、捕獲個体を含め 1-km 間隔 20 基のヘア・トラップ調査により 62 頭を識別したと報告している。

4)丹沢山地のツキノワグマ推定生息数 30 頭、生息面積 600km$^2$ との報告から生息密度を計算した。

5)南アルプス（赤石山地）保護管理ユニットの長野県域の密度は、木曾南部の基準値に 0.3 倍した補正値として示した（長野県、2007）。

6)鳥取県の分布面積 960km2、生息数 100 頭以下より生息密度を計算した。

7)推定生息数中央値 477 頭、分布面積 7,000km2 より生息密度を計算した。

8)四国剣山系徳島県域の連続分布面積 340km2、最小推定生息数 12 頭より生息密度を計算した。

**表 6　長野県におけるツキノワグマ生息密度指標の地域差（出没件数とワナかけ日数に対する捕獲効率の差から求めた値）**

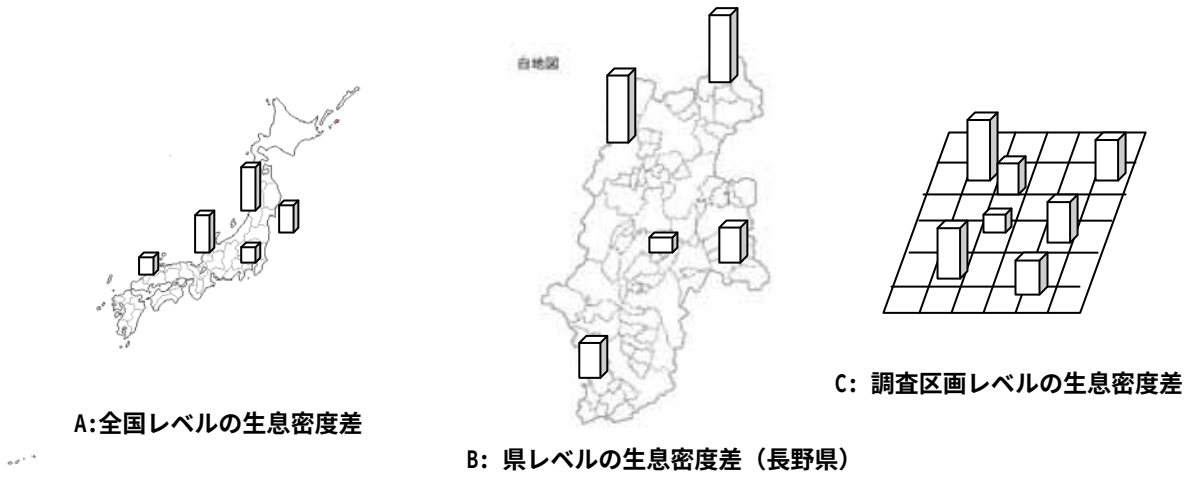
| 指標　　地域 | 関東山地 | 県北部 | 南アルプス | 八ケ岳 |
|---|---|---|---|---|
| 生息密度指標 | 1.0 | 1.6 | 0.3 | 0.1 |

出典：長野県 2007（第 2 次ツキノワグマ保護管理計画）

**表 7　岩手県におけるツキノワグマ生息密度の地域差（区画当たり痕跡数と DNA 個体識別及び生息区画数に対する調査区画数から求めた生息密度と推定生息数）**

| 区画当たり痕跡数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5≦ | 計 | 区画数 | 生息数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 区画当たり生息密度① | 0.67 | 1.25 | 1.60 | 2.06 | 2.50 | 2.50 | | | |
| 北奥羽② | 41 | 17 | 6 | 3 | 0 | 3 | 70 | 736/70 | 448 |
| 推定個体数（①×②） | 27.47 | 21.25 | 9.60 | 6.18 | 0 | 7.50 | 72.0 | | |
| 北上高地③ | 49 | 37 | 16 | 5 | 3 | 5 | 115 | | |
| 推定個体数（①×③） | 32.83 | 46.25 | 25.6 | 10.3 | 7.5 | 12.5 | 134.98 | 1081/115 | 1,267 |

計は調査区画の推定生息数。区画数は全生息区画/調査区画。生息数は調査区画推定生息数に調査区画数割合を掛けたもの
出典：岩手県（2007）ツキノワグマ保護管理計画（第 2 次）




A:全国レベルの生息密度差

B：県レベルの生息密度差（長野県）

C：調査区画レベルの生息密度差

**地域レベルの生息密度差と求める生息密度（問いかけ）**

ヘア・トラップ調査で求めているのは、(1) 県内レベルの生息密度、(2) 調査区画別の生息密度差、のどちらだろうか。トラップ毎の捕獲記録からは、トラップー区画毎ごとの生息密度（指標）が推定できる。ただし、この方法では生息密度よりも生息地利用の差を測定していると言えよう。県内レベルの生息密度の差は、クマ類の保護管理の上ではより重要な指標となる。県内レベルの生息密度の差を求めるには、一般に行われているように、複数のヘア・トラップにおける捕獲記録ー推定生息数をプールして分析する。

**生息密度推定の方向性：３つのオプション**

ヘア・トラップからの個体数推定では次の３つの方法が考えられる。これまでの調査では、多くはオプション 1 を採用しているが、岩手県及び宮城県は痕跡調査密度オプション 3 の方法で個体数を推定している。

- オプション１：ヘア・トラップ捕獲データをプールして対象地の平均生息数を求める（平均推定生息密度×生息地面積＝総個体数）
- オプション２：ヘア・トラップの体毛採取率（あるいは痕跡密度など）から、調査地（トラップ設定地）内における生息密度（＝生息地利用／ミクロ環境差）の地域区分を行い、地域

区分ごとに生息数を推定する。

- オプション３：ヘア・トラップ毎の体毛採取率の差から、トラップごとに生息数（指標）を推定する。

**生息密度／個体数推定における誤差**

生息密度／個体数推定における主な誤差原因として次の３つの要因が考えられる。

(1) 観察数誤差：主には、個体発見率／生活痕跡発見率／ヘア・トラップ捕捉率による誤差
(2) 推定方法誤差：推定式による誤差（例：山形県は、春山の追い出し・直接観察法では、実際の観察数×2.75＝推定生息数、と大きな補正値を置いて個体数を推定している）
(3) 調査面積誤差：生息地を過大評価（＝密度は過小評価）／過小評価（＝密度は過大評価）による生息密度誤差

### （２）個体数推定式（標識再捕獲法）

#### １）識別個体数法

ヘア・トラップで識別（確認）した個体数を（最小）推定個体数として求める。山梨県（2008年度調査）（環境省自然環境局生物多様性センター．2009c）の報告のように、体毛採取率が低い場合などはこの方法が用いられている。

識別個体数法の応用として、調査努力量－累積識別個体数増加曲線から個体数を推定する方法が考えられる（図１参照）。ただし、ヘア・トラップ法においてこの方法で個体数を求めた事例はない。

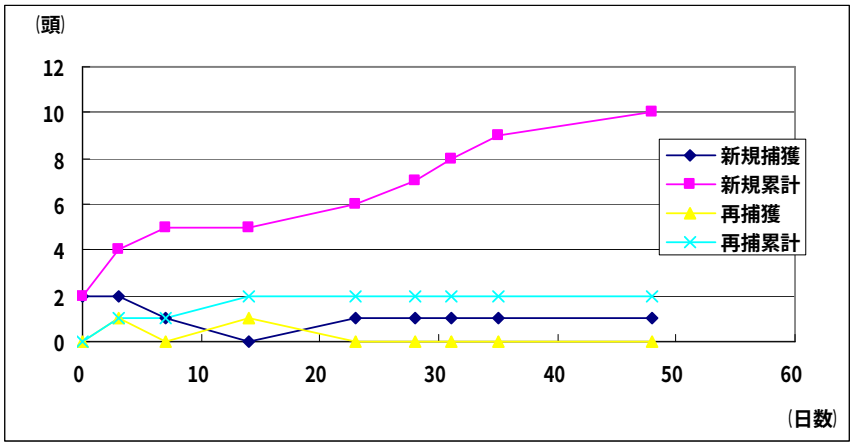



**図３　ヘア・トラップ法によるツキノワグマの新規捕獲と累積捕獲数（長野県、2004）**

#### ２）個体数推定式・モデル

次のような推定式・モデルが適用されている。

- Lincoln-Petersen 法(Chapman 法も同じ)
- Petersen-Bailey 法（個体数の少ない場合）
- Jolly-Seber モデル（調査期間中の生存率と死亡率を取り入れた個体数推定）
- Huggins (1989、1991)モデル（個体毎の捕獲履歴から最尤推定を行う）
- Otis et al. (1978)

これらの推定法 → Program Mark（Cooch & White eds.）に発展？

### ３）方向性

Lincoln-Petersen 法はシンプルで汎用性の高い個体数推定方法だが、クローズな環境を想定しており、また 2 回目捕獲時の捕獲率ゆらぎの影響を受ける。このため、複数回捕獲を行い、さらに調査期間中の出生・死亡を取り入れた個体数推定式がいくつか提案されてきた。

複数回捕獲－CAPTURE モデル

複数回捕獲では、調査セッションごとの標識（識別）個体と捕獲記録のマトリックス表を作成する。

| 個体 | セッション 1 | セッション 2 | セッション 3 | ・・・ |
|---|---|---|---|---|
| Bear 1 | 1 | 0 | 1 | |
| Bear 2 | 1 | 1 | 0 | |
| Bear 3 | 0 | 1 | 1 | |
| Bear 4 | 0 | 0 | 1 | |
| ・・・ | | | | |

1：捕獲あり、0：捕獲なし

ただし、アメリカクロクマのヘア・トラップ調査では、2 回目以降のセッションにおける再捕獲率が高いが日本のこれまでの報告（青森県、2009；長野県（WMO）、2005 など）では再捕獲率が低いことが報告されている。

Table 2. Captures and recaptures of brown bears based on genetic tags in the Columbia River basin near Golden, British Columbia, Canada, 1996.

| | Hair-trap session[a] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Category | A | B | C | D | Total |
| Bear captures | 16 | 15 | 22 | 20 | 73 |
| New bears | 16 | 11 | 18 | 9 | 54 |
| Recaptured bears | 0 | 4 | 5[b] | 15[c] | 24 |
| Cumulative new bears | 16 | 27 | 45 | 54 | N/A |

[a] Four non-overlapping periods starting 10 June. Sixty-four hair-traps were moved within each 8 × 8-km grid cell at approximate 10-day intervals.

[b] Includes 3 bears from session A and 2 from session B.

[c] Includes 6 bears from session A, 4 from session B and 5 from session C.

**アメリカクロクマのヘア・トラップ法による新規-再捕獲状況（Woods et al. 1999）**

【問いかけ】３回以上の調査セッションに Lincoln-Petersen 法を用いることができるか？

ヘア・トラップ調査において 3 回（3 セッション）以上の調査を行った場合、i-1 回までの識別個体をプールして、Lincoln-Petersen 法を適用できだろうか。

### ４）個体数推定－暫定まとめ

ヘア・トラップで採取された体毛試料の遺伝マーカからの個体識別法による個体数推定では、以下の変数を考慮する必要がある。

＜閉鎖個体群モデル＞

1. 捕捉率（2 回セッションのみ、あるいはそれ以上のマルチセッション）

＜開放個体群モデル＞

1. 捕捉率
2. 移出・移入率
3. 出生率
4. 死亡率

ヘア・トラップの設置が 3 ヶ月程度、大面積とすれば、標識・再捕獲法による個体数推定において次の理由から、開放個体群モデルの、移出・移入、出生率、死亡率は考慮しなくてよいと考える。

- ツキノワグマ・ヒグマでは、個体数推定に影響する大規模、大面積の季節移動は報告さ

れてない。

- 本研究では、個体数を 1 歳以上と定義しており、0 歳個体を含めない。また、クマ類の出産は 1-2 月であり、ヘア・トラップを実施する夏期に出産による新規加入個体はない。
- ヘア・トラップ調査を行う夏期の 0 歳以上のクマ類の自然死亡率は、低いことが知られている（クマ類（>1 歳）の自然死亡率は＜0.05/年、夏期の 3 ヶ月間であれば大きく見積もっても<0.02 程度と考えられる）。
- ヘア・トラップ調査地において、調査期間中に有害捕獲あるいは狩猟捕獲があった場合は、調査前の推定生息数としてはその実数を補正すればよい。

ヘア・トラップ法による個体数推定では、MARK が北米では標準法となっている。MARK では複数回捕獲－CAPTURE モデルで示したように、セッション×個体別捕獲記録のマトリックス表を作成する必要がある。個体数推定は、Otis et al. (1978)モデルの採用が提案される。

**生息数推定法のまとめ**

- **夏期**<3 **ヶ月、大面積（例えば**>500-km2）**調査では、個体の出生・死亡、移出・移入は考慮しない。**
- 2 **回セッションと＞**3 **回セッションの** MARK **を組みあわせる。**
- **再捕獲率が低い場合の** MARK **法の適用課題を検討する（推定式の改良）。**
- **個体の捕獲履歴では、毎回の捕獲率は一定でなく、個体差もあることを前提とした** Otis et al (1978)**モデルの適用を検討する。**

別紙：ヘア・トラップによる小スケールにおける面的な個体密度推定について（by 深澤）参照

引用文献（日本国内、都道府県別調査事例に示してない文献）

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(1)：101-107.

静岡県林業技術センター・静岡県環境森林部自然保護室・静岡県や性動物研究会、2005．静岡県ツキノワグマ生息調査報告書（1998-2002 年度）．静岡県林業技術センター.

鈴木 健次郎．2002．東中国ツキノワグマ個体群の行動圏と環境利用に関する GIS 解析．東京大学農学部生命科学研究科、2001 年度修士論文（website 公開要旨）.

工藤 雅志．2004．ヘアートラップ法を用いたツキノワグマ生息数調査手法の検討．岩手県環保研センター年報 4,97,2004

*山内貴義・工藤雅志．2005．ツキノワグマを中心とした大型野生哺乳類の生態に関する研究．岩手県環境保健研究センター*

Boersen, M. R. et al., 2003. Estimating black bear population density and genetic deiversity at Tensas River, Louisiana using microsatellite DNA markers. Wildlife Society Bulletin 2003, 31(1): 197-207.

Boulanger, J., M. Proctor, S. Jimmer, G. Stenhouse, D. Paetkau, and J. Cranston. 2006. An empirical test of DNA mark-recapture sampling strategies for grizzly bears. Ursus 17(2):149-158.

Huggins, R. M. 1989. On the statistical analysis of capture experiments. Biometrika, 76(1):133-140.

Huggins, R. M. 1991. Some practical aspects of a conditional likelihood approach to capture experiments. Biometrics 47:725-732.

Izumiyama, S. and T. Shiraishi, 2004. Seasonal changes in elevation and habitat use of the Asiatic black bear (Ursus thibetanus) in the Northern Japan Alps. Mammal Study 29: 1-8.

Kendall k. et al., 2008. Northern Divid Grizzly Bear Project Release Results. International Bear News 17(4):19-21.

Miura, S. and T. Oka, 2003. Evaluation of apple bait hair-traps for genetic tagging of Asiatic black bears in the Kitakami Highland, northern Honshu, Japan. Mammal Study, 28: 149-152 (2003).

Otis, D.L., K., K.P. Burnham, G.C. White and D.R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. Wildlife Monograph, 62.

Robinson, S. J. 2007. Landscape genetics of black bears (Ursus americanus) on the Kenai Peninsula, Alaska: Phylogenetic, population genetic and spatial analysis. A thesis; Degree of Master of Science, University of Idaho.

L. S. Mills, J.J. Citta, K.P. Lair, M.K. Shwartz and D.A. Tallmon. 2009. Estimating animal abundance using noninvasive DNA sampling: Promise and Pitfalls. Ecological Applications, 10(1): 283-294.

Weaver, J.L. et al., 2005. Use of scented hair snares to detect ocelots. Wildlife Scoiety Bulletin 33(4): 1384-1391.

Woods, J.G., D. Paetkau, D. Lewis, B. N. McLellan, M. Proctor, and C. Strobeck, 1999. Genetic tagging of free-ranging black and brown bears. Wildlife Society Bulletin 27(3):616-627, 1999.

# ヘアトラップによる小スケールにおける面的な個体密度推定について

JWRC　深澤

【個体数推定に向けた課題】

1. 従来の手法の問題点

・空間的不均一性を考慮しない推定手法の問題点

Petersen-Lincoln(PL)モデル、Jolly-Seber(JS)モデルなどがこの手法にカテゴライズされるが、これらの手法では、トラップを設置した地域内の個体密度は一様であることが仮定されるので、小スケールにおける面的な個体密度の推定は不可能。1 つの調査区を複数のトラップを含む均質な複数の区画として分ければそれぞれの個体密度を推定できるが、区画が小さくなるほどデータが少なくなり、移出率・移入率がおおきくなるので推定の不確実性は大きくなる。

・ヘアトラップで検出された個体数をトラップ周辺に生息する個体数とする方法

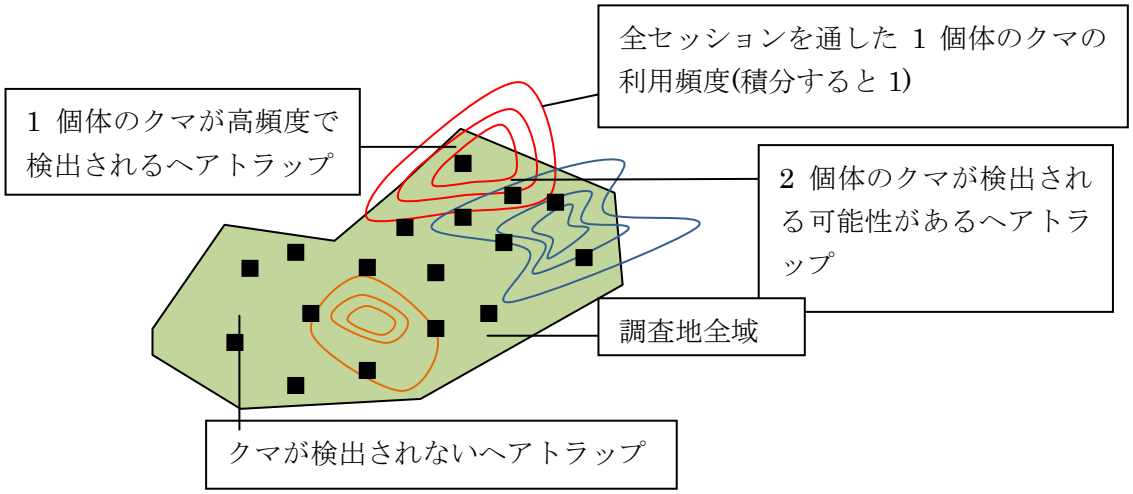
森林総研の岡氏が行ったツキノワグマ個体数の推定はこの方法であった。この方法の問題点は、検出されたクマが、ヘアトラップがあるメッシュをどのくらいの割合で利用しているかがわからないことである。例えば、ヘアトラップで 1 個体のクマが検出され、そのメッシュにおける滞在時間の割合が 50%だとすると、そのメッシュにおける個体密度は「1/メッシュ面積×50%」としなくてはならないが、この方法では滞在時間を考慮することはできない。また、一度も検出できなかった個体はいなかったことになってしまうため、その分個体数が過小評価となる。

⇒いずれも、今回の事例には不適であると考えられる。しかしながら、JS モデルは対象域の均一性を仮定したモデルとしては広く使われているため、空間明示型の新手法の妥当性を検証する際の参考にはなりそう。

【解決策の案】

1. 基本的な考え方

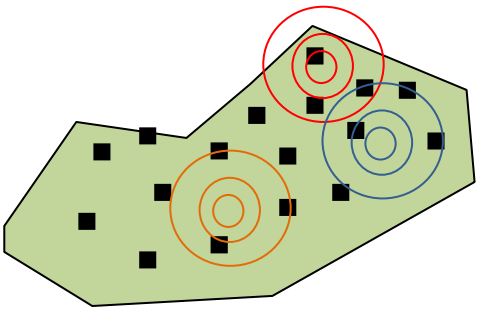
ツキノワグマの行動圏よりも小さい解像度で面的な個体密度を推定することは、各個体の利用頻度の空間分布を推定することとほぼ同義である。



各個体のヘアトラップ検出の空間分布から、各個体の利用頻度の確率分布を推定
　→メッシュごと・個体ごとの利用頻度を計算し、全個体の利用頻度をメッシュごとに足し算した値がメッシュごとの個体密度の推定値

2.　具体的な推定方法

　セッション数が少ないので、利用頻度分布の形状の推定には単純な仮定が必要になると思われる。クマの利用頻度分布の形状について、個体間に差がない(性差などは考慮できる)、円形である(x,y に関する 2 次元正規分布)、という 2 つの仮定をおけば、各個体の行動圏の中心の xy 座標と、各個体共通の標準偏差(∝行動半径)という限られたパラメータ数で記述することができる。
(階層ベイズモデルにすれば個体ごとに行動半径が異なることを明示できるが、往々にしてこのような複雑なモデルは推定計算が発散する)



各ヘアトラップにおける、全セッションを通したある一個体の検出回数の平均値は、
　ヘアトラップの地点周辺における利用頻度×検出率
　(検出率：個体ごとに異なる値をとり、検出回数が多いほど高い値をとるパラメータ)
となり、実際の検出回数はそれを期待値とするポアソン分布に従うと考えられる。
最尤法により、利用頻度分布の中央座標(個体ごと)、標準偏差、検出率(個体ごと)を推定することができる。
この手法では、エッジ効果について考慮しなくても問題ない可能性が高い(調査地の外側は単純にヘアトラップがない場所としてみなされるため)。

3.　必要なデータ

・各ヘアトラップにおける、各クマ個体の検出回数
・各ヘアトラップの位置座標
・メッシュの shp ファイル
　→個体密度の面的予測の際にのみ使用。1km だとちょっと荒い感じがするので、50m メッシュぐらいでやった方がいいかもしれない

4.　問題点

1 回も検出されない個体が存在すると、個体数の過小評価が発生する。JS モデルなどによる推定値との比較が必要

【Jolly-Seber モデル(Amstrup et al. 2005; Schofield 2007)】

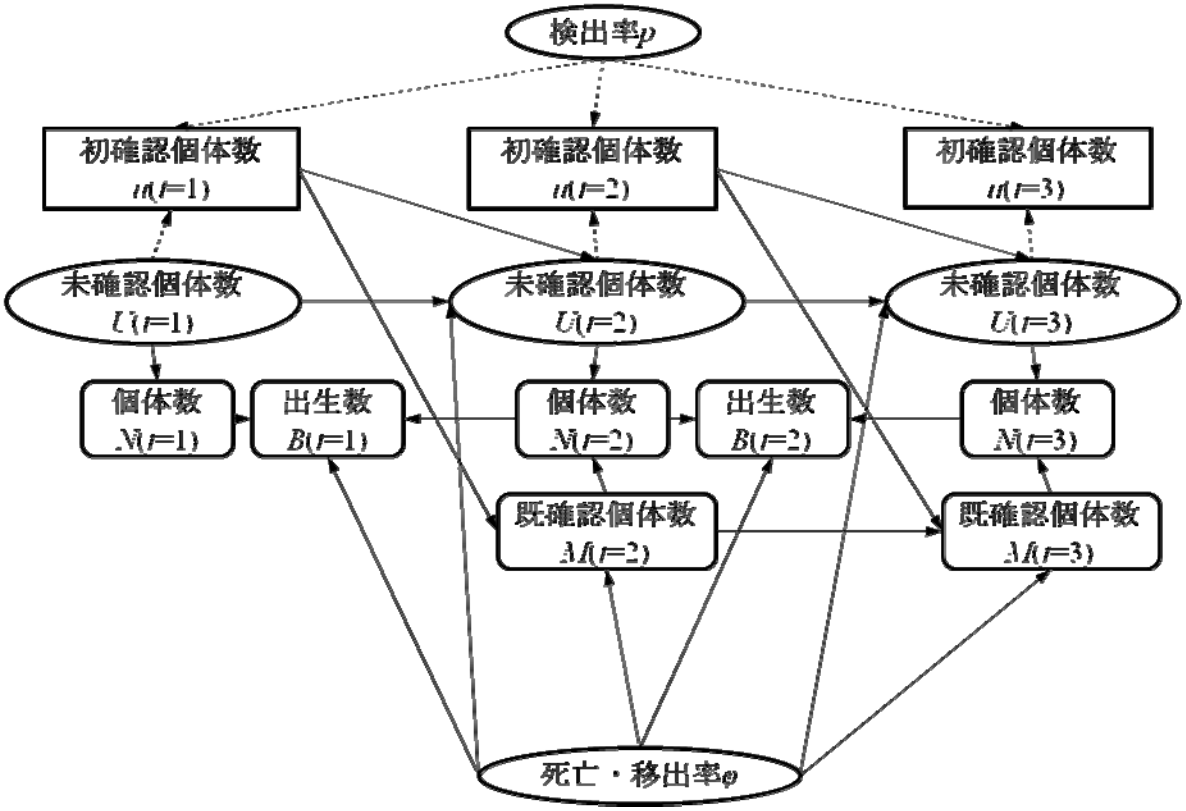
Open population(死亡・移出による個体数の減少、出生・移入による個体数の増加がある個体群)のモデルの代表的なもので、1 回目に捕獲される個体が、対象個体群からのランダムサンプリングと仮定できるときに使用可能(それが仮定できない場合は Cormack-Jolly-Seber モデルが用いられる)。今回の調査においては、移出移入が存在し、かつヘアトラップによる個体の検出はランダムに発生するため、この手法は一つの選択肢になりえる。推定計算はフリーソフト Program MARK(Cooch & White 2008)により可能である。

・モデルの構造

Jolly-Seber モデルは、各個体における初回の検出と 2 回目以降の検出という 2 つのプロセスによって標識再捕獲をモデル化している。2 回目以降の検出プロセスは、Cormack-Jolly-Seber モデルと同じ構造をもつ。初回の検出の尤度と 2 回目以降の検出の尤度の積がモデル全体の尤度関数となり、それを最適化することでパラメータ推定を行う。

1. 初回の確認

各サンプリングセッション $t$ において新たに確認された個体数 $u$ をモデル化している。まず、セッション $t$ までにまだ一度も確認されていない未確認個体数を U、既確認個体数を $M$ とすると、全個体数 $N=U+M$ となる。Closed Population モデルでは、既確認個体数 $M$ はデータから自明であるが、JS モデルのような Open population モデルにおいては死亡・移出によってマーク付き個体が減少するため、既確認個体数は未知数となる。初確認個体数は検出率 $p$ で未確認個体数 $U$ から無作為抽出したサンプルと考えられ、その確率分布は 2 項分布となる。検出率 $p$ が Cormack-Jolly-Seber モデル部分から特定できれば、データとして得られている初確認個体数 $u$ から、各セッションにおける未確認個体数 $U$ を推定することができる。また、Cormack-Jolly-Seber モデル部分から推定される死亡・移出率 $\varphi$ と初確認個体数から、セッションごとの既確認個体数を計算することができる。さらに、2 時点間の個体数と死亡・移出率からセッションごとの出生数 $B$ も計算できるが、この値は負の値となることも多く、あまりあてにはならない。(出生数をパラメータとする改良型 JS モデルもあるが、MARK ではサポートしていない。階層ベイズモデルとなるので、推定は WinBUGS などによるギブスサンプリングが必要)

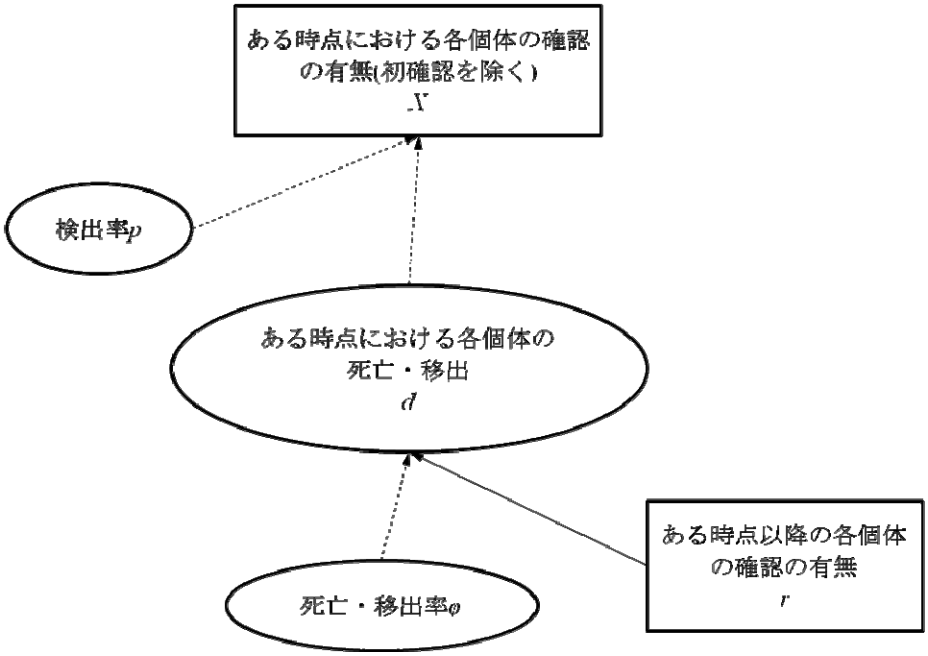



初回の確認のグラフィカルモデル。長方形は得られているデータ、楕円はデータから推定されるパラメータ、角丸四角形は推定されたパラメータとデータから決定論的に計算される未知数である。実線の矢印は決定論的な関係、破線の矢印は確率論的な関係を示す。

2. 2回目以降の確認

2回目以降の確認は、各セッションにおける個体の確認の有無をモデル化している。あるセッションにおいて個体が検出された場合は、少なくともそのときまで個体が対象個体群の中に存在していることが明らかである。しかし一方、確認がない場合は、存在しているが検出できなかった可能性と、その時点までにその個体が死亡・移出した可能性の両方を考える必要がある。ある時点またはそれ以降に個体の確認があれば(r=1)、そのときの死亡・移出の有無 d は 0 となるが、その時点およびその後に個体の確認がない場合、$d$ の値は観測できない状態変数(Latent variable)となる。未知の $d$ の値が 1 であるか 0 であるかは、死亡・移出率 $\varphi$ によって確率論的に決まる。d が 0 の時、個体の確認の有無($X$)が 1 となる確率は検出率 $p$ であり、$X$ はベルヌイ分布に従う。一方、$d$ の値が 1 のとき、$p$ の値に関わらず $X$=0 となる。

ここで推定すべきパラメータは検出率 $p$ と死亡・移出率 $\varphi$ である。このようなモデルの推定計算においては、3 つの方法が考えられる。1 つ目は、観測値間の四則演算で解析的に $p$ と $\varphi$ の値を決める方法である(Amstrup et al. 2005)。この方法は手計算でも計算が可能であるが、モデルが複雑になると解析的に解くことが不可能となることが多い。2 つ目は、とりうる $d$ の値の組み合わせ全てについて X の尤度を計算し、それらをそれぞれの発生確率で加重平均した値(周辺尤度)を最大化する方法である。周辺尤度からは未知の $d$ が除去されており、未知数は $p$ と $\varphi$ だけとなる。MARK で使用される方法はおそらくこれになる。3 つ目は、このモデルを階層ベイズモデルとみなして、ギブスサンプリングによって $d$ の値を逐次確率的に変化させながら、すべての不確実性を考慮して $p$ と $\varphi$ の事後分布を推定する方法である。




2 回目以降の確認のグラフィカルモデル。長方形は得られているデータ、楕円はデータから推定されるパラメータ、角丸四角形は推定されたパラメータとデータから決定論的に計算される未知数である。実線の矢印は決定論的な関係、破線の矢印は確率論的な関係を示す。

・検出率、死亡・移出率に影響を与える要因の考慮

検出率、死亡・移出率は、セッションごと、個体ごとに異なると考えるのが自然であろう。JS モデルを拡張することで、そのような検出率、死亡・移出率の不均一性を考慮することが可能である。測定されている個体の要因(オスメス、齢など)やわなの要因(設置場所の環境条件など)、セッションの要因(気象条件など)が不均一性の原因であると考えられる場合、ロジスティック回帰式などで検出率や死亡・移出率をそれらの性質で説明するようにモデル化してやればよい。この方法は、MARK で使用可能である。また、一度トラップにかかるとよりかかりやすくなる効果(trap happy)またはその逆(trap shy)の効果も、この枠組みで扱うことができる。

しかしながら、そのような測定されている要因では説明できない不均一性が存在することも多い。そのような場合、セッションごと、個体ごとの検出率や死亡・移入率を別々のパラメータとする方法が考えられる。この方法は MARK でも使用可能だが、パラメータ数が非常に大きくなるので、推定値が不安定になるだけでなく、最適解が一意に定まらないことも多い。この問題の解決には、それらのパラメータに共通の事前分布を設定した階層ベイズモデルが有効である。この方法を用いると、複数のパラメータ値の分布の形をデータから推定し、それに基づいて個々のパラメータの値もロバストに推定できる。さらに、測定された要因との関係も同時に推定することができる。推定には、フリーソフト WinBUGS などによるギブスサンプリングを用いる。

・JS モデルの背後にある仮定

・一度移出した個体が再度移入することはない
・見落とし、ジェノタイピングエラーは存在しない

・JS モデルの問題点

・個体数はパラメータではないため、個体数に影響を与える要因を明らかにするには別の解析が必要となる
・出生数が負の値を取ることがあるなど、生物学的な解釈が困難な場合がある

・参考文献

Amstrup SC, McDonald TL, Manly BF (2005) Handbook of capture-recapture analysis. Princeton University Press.

Cooch E, White G (2008) Program MARK – a gentle introduction, 8th edition. URL: http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/.

Schofield MR (2007) Hierarchical capture-recapture models. URL: http://augusta.otago.ac.nz/home/downloads/theses/PhD_Matthew_Schofield.pdf .

【ヘアトラップの配置】

空間明示的な解析をするか否かに関わらず、調査地域内にできるだけ均等に配置されることが望ましい。トラップ位置と行動圏が重複しないことにより 1 回も検出されない個体をできる限り減らすことが必要。トラップの設置密度は高い方がよい。ヘアトラップを設置する環境については、トラップ間に検出率の差を仮定しないうちはそろえた方がよいが、将来的にトラップ間の差を明示する解析を行う可能性があるなら、設置環境については空間的な位置と無相関になるようにランダムにばらして、トラップごとに設置環境(地形、植生など)を記録する方がいいかもしれない。

**資料３：大面積 HT 計画**

2009 年 9 月

**環境研究・技術開発推進費：クマ類の個体数推定法の開発に関する研究（ヘア・トラップ法確立）**

# 岩手県北上山地：大面積ヘア・トラップ計画について（素案）

**目的：大面積／大規模ヘア・トラップ設置により、広い範囲から多数個体の試料を採取し、生息数推定に係る要因（捕捉率、個体のトラップ間移動など）及び方法（トラップ密度、時期など）を明らかにする。**

## （1）調査地域選定

北上山地選定理由

次の理由から、岩手県北上山地をツキノワグマの大規模ヘア・トラップ調査研究地とする。

(1) 半閉鎖系である

(2) まとまった個体群が生息する（総面積約 10,000-km$^2$、恒常的生息域＞5,000-km$^2$）

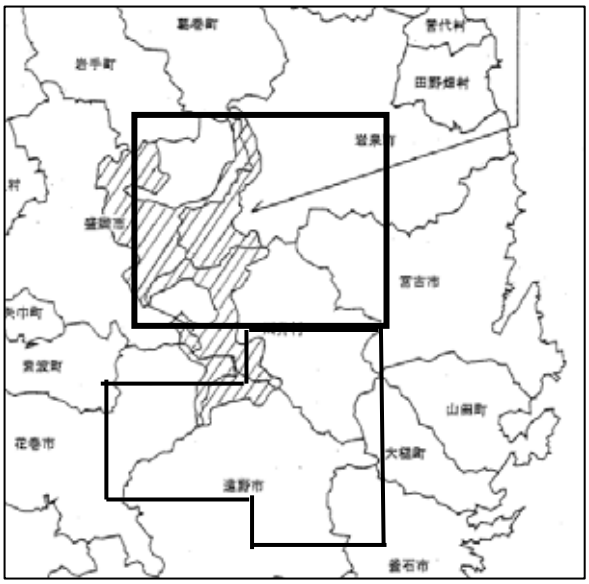
(3) 道路条件、地形条件が相対的に調査に適している

大面積トラップ地－青葉山地域

北上高地全域（約 120×40-km）をヘア・トラップ調査地とするのは困難である。北上山地は、JR 釜石線（花巻－釜石）を境に、北上南部と北上北部に便宜的に分けられる。北上北部はさらに、早池峰山北部の青葉山地域（仮称）と南部の遠野地区に区分できる（**図１**）。平成 22 年度以降の大面積ヘア・トラップは**表１**に示す理由から、青葉山地域を調査地として予定する。

- 注１：岩手県調査計画との調整：本調査結果を H22 以降、県に提供する
- 注２：早池峰山周辺は、(1)自然環境保全地域、(2)森林生態系保護地域、(3)高標高地でツキノワグマの利用が少ないと考えられること、から調査地から除外する。

**図１ 北上山地ヘア・トラップ調査候補地**



**北上山地カモシカ保護地域（網掛）と青松葉山、遠野地域調査候補地**

**表１　北上北部地域の 2 地区の比較**

| 項目 | 青松葉山地域（早池峰山北） | 遠野地区（早池峰山南） |
|---|---|---|
| 地形 | 尾根部は平坦、谷はややけわしい | 尾根部は平坦､谷部も比較的なだらか |
| 土地利用 | 放牧地は相対的に少ない､主要道沿いに農地・集落点在 | 大規模放牧地が尾根部に多くある｡遠野市と川井村の河川沿いに農地多い。 |
| 標高 | 相対的に高標高地多い（>1,000-m の地域が約 2 割） | 薬師岳－天野山と白見山を除き >1,000-m の高標高地はない |
| ツキノワグマ捕獲 | 相対的に低い（補足資料参照） | 相対的に高い |
| 国有林 | カモシカ保護地域周辺に多い | 相対的に少ない |
| カモシカ保護区 | 北上山地カモシカ保護地域（412 ha）の主要部が含まれる | 薬師岳周辺の一部が含まれる |
| 先行事例 | 盛岡市東側でヘア・トラップ調査（今回の広域調査予定地外） | ヘア・トラプ調査（2004-05 年）、テレメトリー調査（遠野南東部）実施 |

## （２）青松葉山地域調査対象範囲と除外地域（図２，図３、図４参照）

- 対象地域：岩手県北上山地、青松葉山（1,366-m）最高峰を中心とする地域（約 674-km$^2$）
  （集落のある谷沿いと道路沿い地域を除外すると実質面積は 600-km$^2$ 程度と予想する）
  盛岡－早坂高原－岩泉道路より南、岩泉線より西、岩手－宮古道路より北、橋場－御大堂山－松草を結ぶ道路より東
- 安全管理のため、集落からは［>1-km］（H20 宮城報告）、道路からは［>100-m］離して設置する。（注：集落から 1-km 離すのは現実的でない。200m 程度でもよいと考える）
- 牧場内草地は除外地だが､地権者の同意があれば､牧場内森林はトラップ設置対象地とする。

## （３）トラップ・デザインと方法（図５、図６参照）

先行研究のレビューから、大面積ヘア・トラップは次の方法で実施することを計画する。

- 構造：有刺鉄線 2 段張り（1 段目地上 40cm、2 段目地上 70cm）、一辺の長さおよそ 4～5 m（H20 山形報告書参照）（必要な有刺鉄線量：20 m×2＝ 40 m／カ所×300 カ所＝12-km）
- エサ：ハチミツまたは蜜蝋が第一候補、第二候補はリンゴ（H20 宮城報告書参照）
- エサ扱い：クマが採食できないことを基本とする。
- 設置密度：高密度＝1 基/1-km メッシュ（200 基＝200-km$^2$）と低密度＝1 基/2-km メッシュ（100 基＝400-km$^2$）、を組み合わせる。
  （＊要検討。生息密度 0.2 頭/km$^2$ として 600-km$^2$ で最小限 120 頭レベルの出現を想定）
- 設置時期：5～6 月は準備、7 月～9 月にオープン（2010 年予定）
- 必要人数試算：（300 基設置、1 セッション＝10 日+2 日）
  (1) 設置：6 トラップ/2 人日（3 トラップ/人日）、300 トラップ＝100 人日、3 グループ（2 人/グループ）×16.6 日（実質 20 日程度）
  (2) 見回り：10 トラップ/2 人日（1 グループ）＝5 トラップ/人日、300 トラップ＝60 人日/セッション（3 グループ×2 人×10 日）（セッション間に 2 日の休日をとると、実質 1 セッション＝12 日となる）。300 トラップ× 6 セッション＝のべ 1,800 トラップ・セッション（12 日×6＝72 日）。試料採取率＝0.7/TS と仮定すると、のべ 1,260 試料採取見込み。

## （４）試料回収・保存

- 現地でソーティングは行わず、全試料を回収する（明らかに、他の獣毛と考えられるものは当初から区分）
- ただし、体毛が［50 本］程度以上まとまってあった場合は、［50 本］程度のまとまりを採集して残りは現地焼却する。

- 試料採取に際しては、コンタミ防止のため、(1)医療手袋着用（ラテックスゴム手袋）、(2)ピンセットを用いる、(3)ピンセットは 1 試料採取が終了するたびにライターで先端を焼く。
- 現地では、紙封筒に試料を保存する（採集日、採集場所、回収者指名を記入する）
- 試料は冷凍庫で保管する（＜-20℃）。

### （5）平成 21 年度の大面積ヘア・トラップ調査（準備作業）

目的と場所

- 平成 22 年（7 月～9 月予定）、北上山地青松葉山地域において、大規模ヘア・トラップ（>300 個）調査を実施するための準備を行う。
- 作業効率（トラップ設置に必要な作業時間及び見回り時間）とトラップ単価を算出する。

作業項目

- ヘア・トラップ設置位置の詳細決定

（高密度＝1 個/1-km メッシュと中密度＝1 個/2-km メッシュの組み合わせ）

(1) 地図上にプロットしたトラップ予定地までのアクセス条件確認
(2) 現地の地形、植生、土地利用条件からトラップ予定地を修正する
(3) 設置予定地の森林所有者など地権者の確認
(4) 最終予定地の位置、地形、植生等の記録と一覧表作成

- 資材購入・ストック
- 試験的に 1 セッション、100 トラップ程度を設置する

時期・人材

- 研究補助員 3～4 名配置（自然研）
- 2009 年 9 月～11 月 14 日（猟期前）現地作業

### （6）作業スケジュール案

- 2009 年度は準備段階。ただし、猟期前までにトラップ設置条件が整えば、(1)設置トレーニング、(2)作業時間測定、(3)今年度の試料採取、のため試験的設置を検討する。
- 平成 22 年度、2010 年 7-9 月に本格的設置を行う（最大：7 日/セッション×10 セッション×300 トラップ＝3,000 Trap Session (TS)、21,000 Trap Night (TN)）（＊試料採取効率を、0.7/TS あるいは 0.1/TN とすれば 2,100 試料採取）

**作業スケジュール案**

| | 2009 年 | | | 2010 年 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 作業項目 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 |
| 現地調査説明・入林許可 | | | | | | | | |
| 設置場所下見 | | | | | | | | |
| 予定地、地権者合意とりつけ* | | | | | | | | |
| 試験オープン（＋撤収） | | | | | | | | |
| 2010 年計画・設置説明 | | | | | | | | |
| トラップ設置 | | | | | | | | |
| 見回り（＋セル内移動） | | | | | | | | |
| 撤収 | | | | | | | | |

*営林署、森林組合、牧野組合、市町村役場、集落責任者など想定

### （7）その他

- 安全確保：クマ・スプレー携帯（ハンター同行は困難）
- 機材処理：撤収後の有刺鉄線、ポールなどの処理

図２　北上山地青松葉山地域調査計画地

図３　国有林と青松葉山調査地

図４　市町村と青松葉山調査地

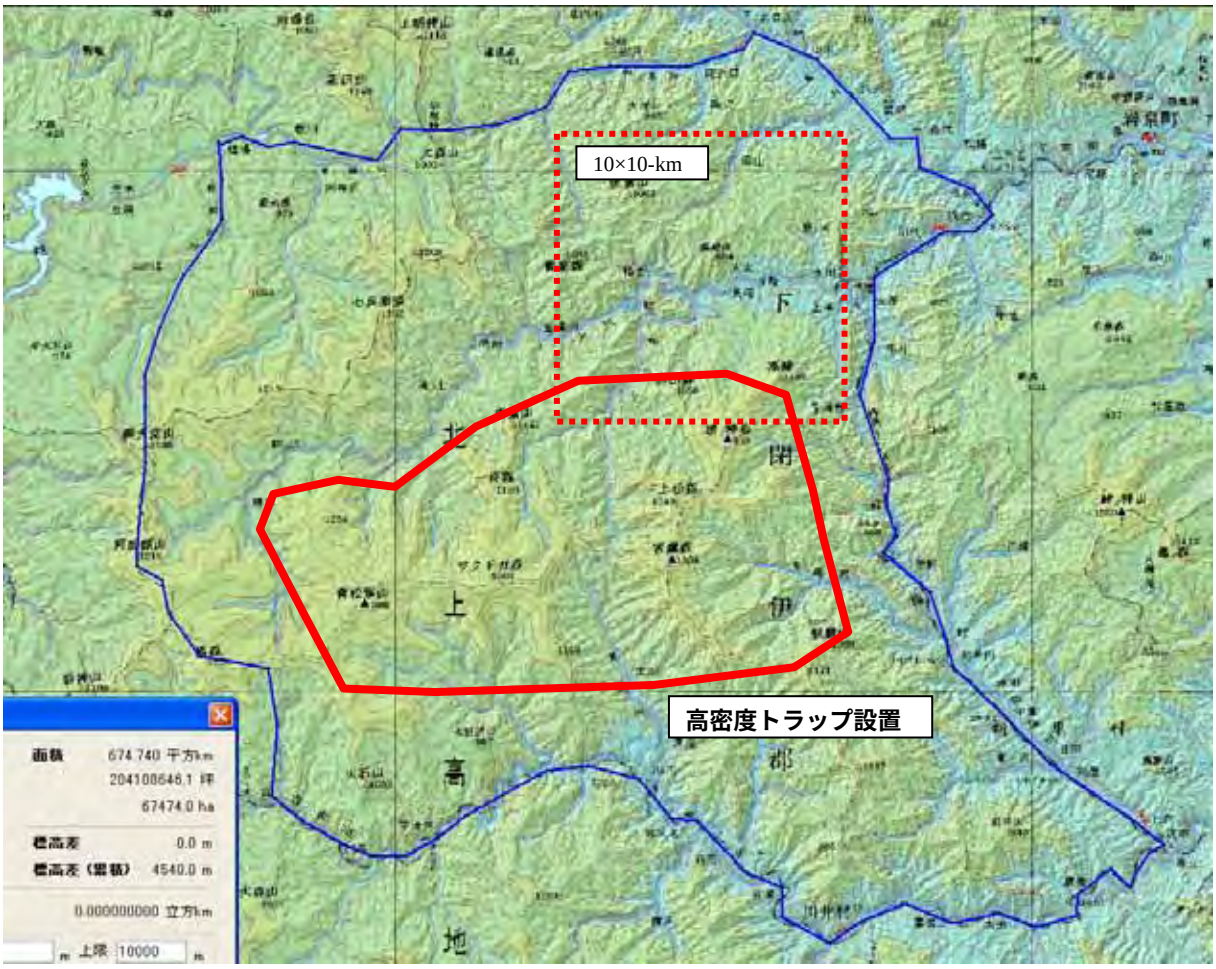



**図５　青松葉山調査地域地形と高密度トラップ（１基/1-km グリッド、200 基、200-km²）設置計画地（それ以外の地域は低密度トラップ（1 基/2-km グリッド、100 基、400-km²）設置）**

**図６　青松葉山調査地航空写真（Google map）**

# 北上山地、ヘア・トラップ調査予定地の GIS 整備（計画）

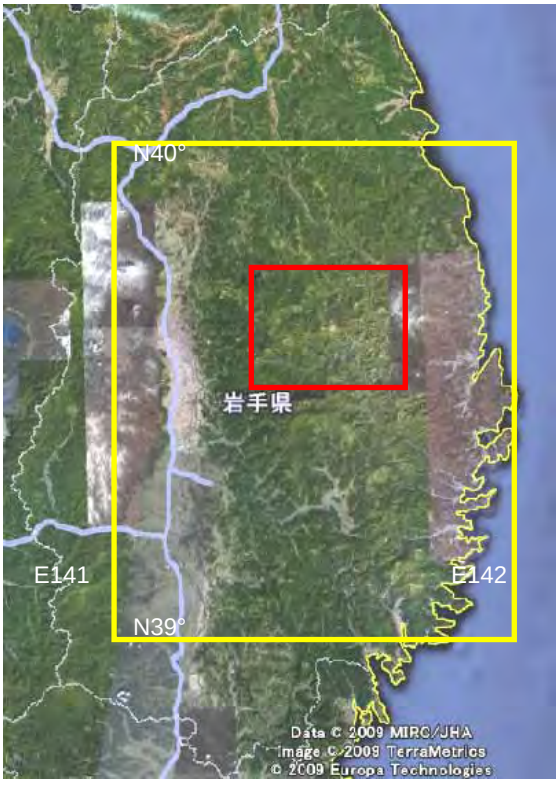
**目的**：　(1) 調査地環境の基礎情報とする
(2) 生息密度区分図を作成する（ヘア・トラップ調査＝生息地利用頻度×環境情報）

**作成項目（＊ツキノワグマ生息地評価マップ作成のため、適宜追加する）**

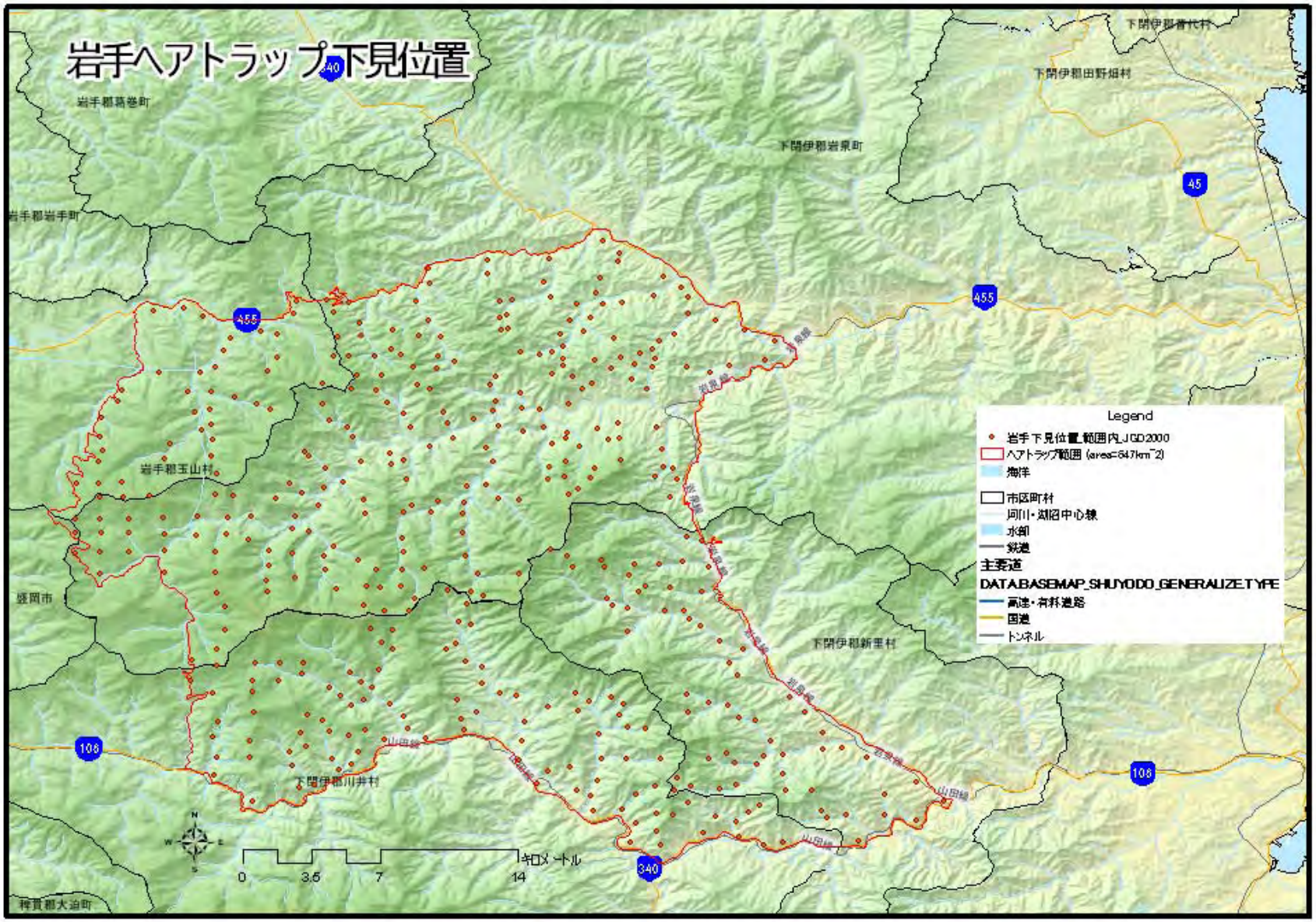
（１）作成範囲
- 広域：北上山地全域（N39-40°、E141-142°）
- 重点地域：遠野周辺

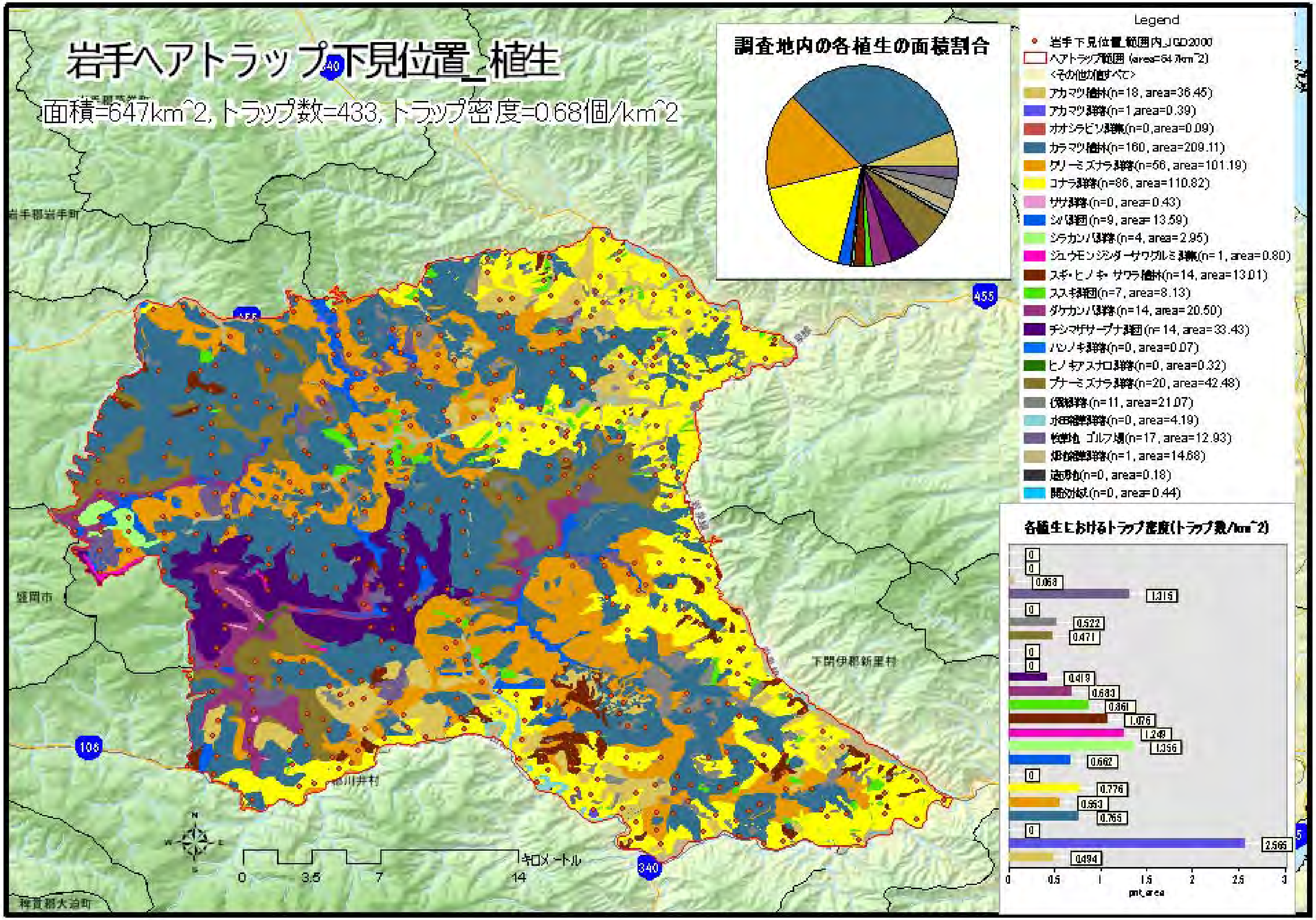
（２）環境図
- 地形：標高区分（デジタル標高）、主要河川
- 土地利用（地表被覆）（ポリゴン）：森林、耕作地、放牧地、市街地、開放水域、
- 植生（ポリゴン）：第 3 回自然環境保全基礎調査、統合凡例による植生図
- 森林所有区分：国有林、公有林、民有林
- 保護区図（ポリゴン）：自然公園（国立、国定、県）、自然環境保全地域、鳥獣保護区、カモシカ保護地域
- 道路密度（3 次メッシュ）：道路密度段階区分（km/メッシュ）
- 一般情報（ライン）：主要道路、主要鉄道、市町村境界

（３）ツキノワグマ生息状況
- 捕獲密度分布：捕獲数（2004-2008 年度）/3 次メッシュ
- 被害発生地点：
- これまでのヘア・トラップ調査地点

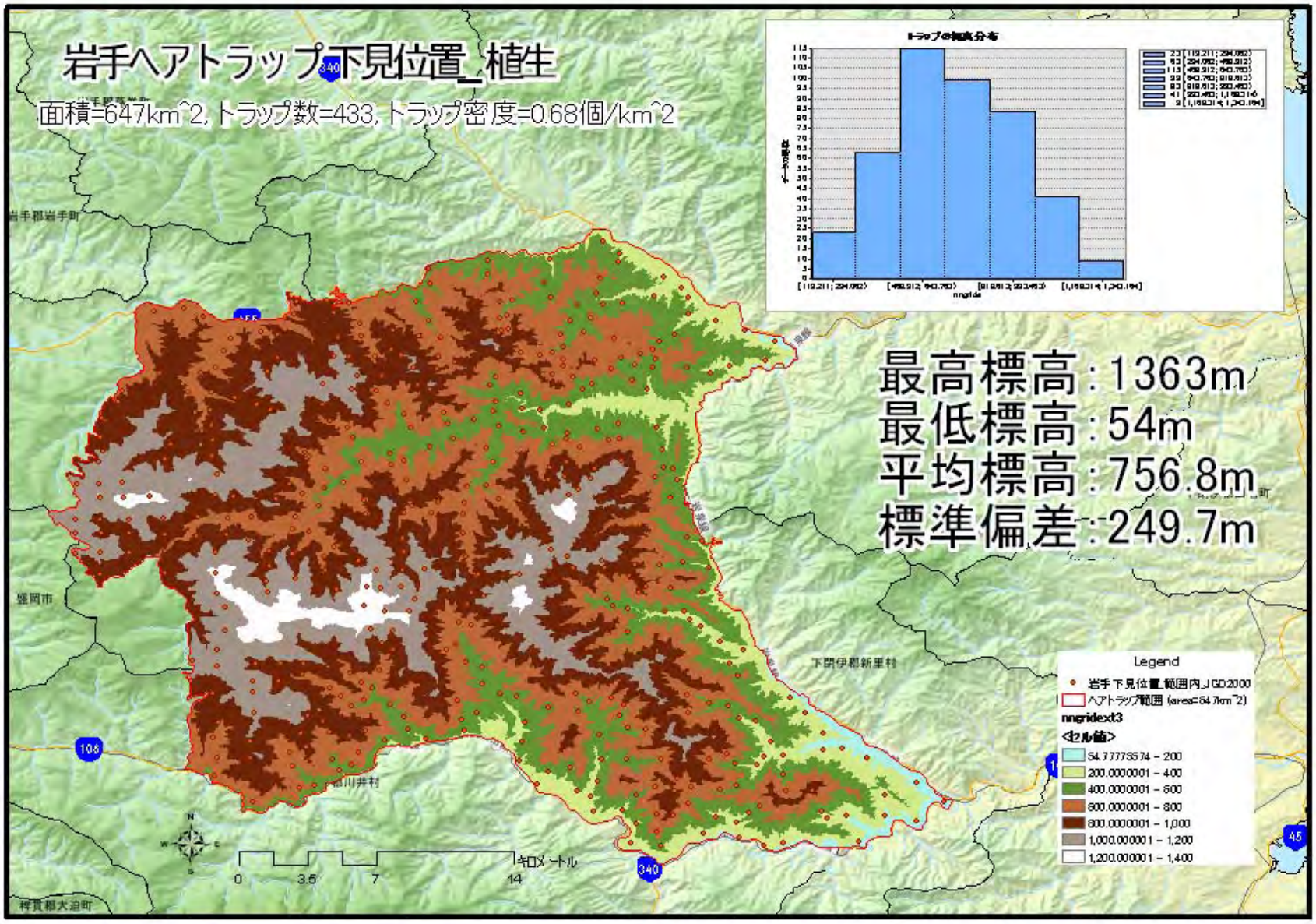



GIS **地図作成範囲**（N39-40°、E141-142°）
**黄色は北上山地全体、赤は重点地域（ヘア・トラップ予定地；遠野）**


岩手ヘアトラップ下見位置
岩手郡葛巻町
下閉伊郡岩泉町
下閉伊郡田野畑村
岩手郡岩手町
岩手郡玉山村
盛岡市
下閉伊郡川井村
下閉伊郡新里村
稗貫郡大迫町
340
455
45
108
Legend
岩手下見位置_範囲内_JGD2000
ヘアトラップ範囲 (area=647km^2)
海洋
市区町村
河川・湖沼中心線
水部
鉄道
主要道
DATABASEMAP_SHUYODO_GENERALIZE.TYPE
高速・有料道路
国道
トンネル
0
3.5
7
14
キロメートル



岩手ヘアトラップ下見位置_植生
面積=647km^2, トラップ数=433, トラップ密度=0.68個/km^2
調査地内の各植生の面積割合
Legend
岩手下見位置_範囲内_JGD2000
ヘアトラップ範囲 (area=647km^2)
<その他の値すべて>
アカマツ植林(n=18, area=36.45)
アカマツ群落(n=1,area=0.39)
オオシラビソ群落(n=0,area=0.09)
カラマツ植林(n=160, area=209.11)
クリ－ミズナラ群落(n=56, area=101.19)
コナラ群落(n=86, area=110.82)
ササ群落(n=0, area=0.43)
シバ群団(n=9, area=13.59)
シラカンバ群落(n=4, area=2.95)
ジュウモンジシダ－サワグルミ群集(n=1, area=0.80)
スギ・ヒノキ・サワラ植林(n=14, area=13.01)
ススキ群団(n=7, area=8.13)
ダケカンバ群落(n=14, area=20.50)
チシマザサ－ブナ群団(n=14, area=33.43)
ハンノキ群落(n=0, area=0.07)
ヒノキアスナロ群落(n=0, area=0.32)
ブナ－ミズナラ群落(n=20, area=42.48)
伐採跡群落(n=11, area=21.07)
水田雑草群落(n=0, area=4.19)
牧草地 ゴルフ場(n=17, area=12.93)
畑地雑草群落(n=1, area=14.68)
造成地(n=0, area=0.18)
開放水域(n=0, area=0.44)
各植生におけるトラップ密度(トラップ数/km^2)
0
0
0.068
1.315
0
0.522
0.471
0
0
0.419
0.683
0.861
1.076
1.249
1.356
0.662
0
0.776
0.553
0.765
0
2.565
0.494
0 0.5 1 1.5 2 2.5 3
pnt_area
岩手郡岩手町
盛岡市
下閉伊郡新里村
川井村
稗貫郡大迫町
340
455
106
0 3.5 7 14
キロメートル


岩手ヘアトラップ下見位置_植生
面積=647km^2, トラップ数=433, トラップ密度=0.68個/km^2
最高標高：1363m
最低標高：54m
平均標高：756.8m
標準偏差：249.7m
Legend
岩手下見位置_範囲内_JGD2000
ヘアトラップ範囲 (area=647km^2)
nngridext3
<セル値>
54.7777 3574 - 200
200.0000001 - 400
400.0000001 - 600
600.0000001 - 800
800.0000001 - 1,000
1,000.000001 - 1,200
1,200.000001 - 1,400
0
3.5
7
14
キロメートル
盛岡市
下閉伊郡新里村
岩手郡岩手町
稗貫郡大迫町

# ヘア・トラップ法による捕獲記録歴と個体数推定例

（セッション/年度別捕獲数・再捕獲がわかる例）

## １．山形県 2008 年度（H20）調査

- トラップ数：20 カ所(1 段張り 11 基、2 段張り 9 基；バネ式とカメラトラップのみ 2 カ所)
- セッション数：2 セッション（2～3 週間/セッション）
- 識別個体数：5 頭、このうち再捕獲数 2 頭

個体別捕獲履歴

| 個体 | 第 1 セッション(8/5-8/19) | 第 2 セッション(9/12-10/7) |
|---|---|---|
| 個体 A | 1 | 1 |
| 個体 B | 1 | 1 |
| 個体 C | 1 | 0 |
| 個体 D | 0 | 1 |
| 個体 E | 0 | 1 |
| 識別個体数 | 3 | 4 |
| 再捕獲個体数 | － | 2 |

- 推定生息数：10 メッシュに設置したヘア・トラップによる確認個体数を月山地域の 630 メッシュに拡大して推定

資料:環境省自然環境局 生物多様性センター.2009.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

「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」（大西ら，2008）を採用すると、山形県（2008 年度）の最小個体は 5 頭から 3 頭に減少する。

## ２．宮城県 2008 年度（H20）調査

- トラップ数：3 地域にわけて 34 カ所（このうち 4 基は比較試験のため設置）
- セッション数：1 週間程度の間隔で計 8 週間見回り
- 総識別個体数：23 頭
- 個体数推定：痕跡密度の頻度分布とヘア・トラップによる個体識別結果を組み合わせ、モンテカルロ・シュミレーションにより調査区画別の個体数を推定し、さらに生息環境から生息区画数に関しいくつかのパターンを準備し、県内の総生息数を推定している。

## ３．長野県 2002-04 年度（H14-H16）調査

関東山地と八ヶ岳地区で、ヘア・トラップ法とバレルトラップによる標識再捕獲法を組み合わせ 2003 年から 2004 年にかけて調査した。ここでは、データ量の多い関東山地の結果のみ示す。

- ヘア・トラップ数：100 基（1 段張り）
- セッション数：2004 年の場合、7 月 18 日から 10 月 6 日の間に計 14 回見回り実施（平均 5.6 日間隔）。ただし、セッション別の判別個体分析は示してない。
- 個体数は各年度の識別個体数と再捕獲個体数をプールして Lincoln-Petersen モデルで推定

| ヘア・トラップ法 | H15（2003） | H16（2004） | 最小確認個体数 | 推定総個体数 |
|---|---|---|---|---|
| 新規捕獲 | 20 | 23 | 33 頭 | 45±13 頭 |
| 再捕獲 | － | 10 | | |

- バレルトラップによる標識再捕獲法からの推定：バレルトラップ 17 基

| バレルトラップ法 | H14（2002） | H15（2003） | H16（2004） |
|---|---|---|---|
| 新規捕獲 | 4 | 15 | 12 |
| 再捕獲 | － | 1 | 2 |

資料：野生動物保護管理事務所．2005．緊急地域雇用創出特別基金事業(狩猟規制基礎調査)業務委託報告書.

## ４．富山県 2005–2006 年度（H17–H18）調査

富山県では、県西部と県東部の 2 カ所でヘア・トラッップ調査を実施した。再捕獲記録が得られたのは県西部の 2005-2006 年度調査から、Lincoln-Petersen 法で生息数を推定。

- ヘア・トラップ数：100 基（1 基/km セル）（1 段張り）

| ヘア・トラップ法 | H17（2005） | H18（2006） | 最小確認個体数 | 推定総個体数 |
|---|---|---|---|---|
| 新規捕獲 | 17 頭 | 9 頭 | 26 頭 | 44.0±27.0 頭 |
| 再捕獲 | ― | 3 頭 | | |

資料：野生動物保護管理事務所．2007．平成 18 年度ツキノワグマ個体数調査報告書（富山県）．

## ５．青森県平成 2005–2008 年度（H17–20）調査（下北半島、津軽、三八上北）

平成 17～20 年度にかけて県内を 3 地域に区分してヘア・トラップ調査を実施した。年度、地域別のトラップ数とサンプル数は次のとおり。1 回目の採集は 6～7 月、2 回目は 7～8 月に実施。

| 年度 | 設置地域 | トラップ設置箇所数（基） | 採集トラップ数（1 回目）（基） | 採集トラップ数（2 回目）（基） | 総サンプル数 |
|---|---|---|---|---|---|
| H17 | 下北半島先端部 | 205 | 23 | 55 | 210 |
| H18 | 下北半島全域 | 132 | 23 | 27 | 85 |
| H19 | 津軽（白神山地） | 258 | 44 | 52 | 141 |
| H20 | 三八上北 | 98 | 2 | 6 | 13 |
| 合計 | | 693 | 92 | 140 | 449 |

生息数推定は H18 の下北と H19 の津軽（白神）のサンプルとデータを使用し、2 回採集記録から、Chapman (1951)モデルで推定している。

| 地域（年度） | 区分 | 1 回目 | 2 回目 | 最小確認個体数 | 推定総個体数 |
|---|---|---|---|---|---|
| 下北（H18） | 新規捕獲 | 26 頭 | 28 頭 | 51 頭 | 195±75 頭 |
| | 再捕獲 | ― | 3 頭 | | |
| 津軽（H19） | 新規捕獲 | 54 頭 | 59 頭 | 110 頭 | 824±343 頭 |
| | 再捕獲 | ― | 3 頭 | | |

資料：青森県（調査機関）・(財)日本森林林業振興会青森支部（実施機関）．2009．平成 20 年度ツキノワグマ生息状況調査委託業務（生息数推定調査分析）報告書．

## ６．石川県（2006 年）（白山市の調査結果のみ示す）

- トラップ数：20 カ所
- セッション数：4 セッション（2 週間/セッション）
- 識別総個体数：54 頭（各セッションの識別個体数には 3 頭～32 頭とバラつきが見られた）

資料：上馬・中谷内．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 年）．石川県白山自然保護センター研究報告 33:33-40.

## まとめ：

- 同じ年度内で、3 セッション以上の個体別捕獲履歴を記録し、それから個体数推定を行っている例はツキノワグマでは見あたらない（渡島半島のヒグマでは記録）。
- 個体数推定では、次のような方法が採用されている。
  1) 最小確認（識別）個体数による推定（1 年間調査）：山形県（2008 年）、石川県（2006 年）
  2) 同じ年度の 2 回セッションによる Chapman（1951）モデルによる推定：青森県（2006-2007 年調査）
  3) 2 年間の再捕獲記録から Lincoln-Petersen モデルで推定：長野県（2003-2004 年調査）、富山県（2005-2006 年調査）
  4) 痕跡密度調査ーモンテカルロ・シュミレーションとの組み合わせ：宮城県（2008 年）

資料５：ウェブサイト開設

2009 年 9 月

環境研究・技術開発推進費：クマ類の個体数推定法の開発に関する研究（ヘア・トラップ法確立）

# ウェブページ（ポータルサイト）開設について

- 目的：推進費による研究成果を公表する。利用者は、研究者、行政機関、市民を想定。
- 内容：研究報告の PDF、リファレンス、DNA 分析データなど
- 構成案概要（玉手先生、2009/8/24 メモに一部追加）

（１）一般情報

ヘア・トラップ法の一般向け解説（＋クマ類の個体数調査、保護管理）

（２）技術情報

技術情報は、トラップ、DNA 分析、個体数推定、の 3 パートについて、それぞれ、標準マニュアル（PDF)、参考文献リスト（HTML 上)、関連ページへのリンクをアップする

（３）遺伝子型データベース

標準サンプルの遺伝子型について、それぞれパターンチャート（画像データを張り付けた web page、添付ファイルがサンプル）をアップ（**図参照**)。標準サンプルの配布に関わる情報をアップ

- 作成手順
  1) ウェブページ提供業者のテンプレートを活用して作成する（管理上、自然研のウェブページ管理業者のネットワーク利用を想定する)。
  2) 分担研究者全員に管理者権限＝遺伝子パターン情報の追加・修正権限などを与える
- 詳細内容（米田メモ）
  1) 遺伝マーカ：標準法紹介、マイクロサテライト分析結果の一覧（エクセル表（試料一覧）と遺伝子型パターンチャート画像（8 月 24 日、玉手先生からのメール連絡添付ファイル参照))
  2) 分析方法：標準法紹介、解析機関間の互換性をとる＝フラグメントサイズの変換必要
     ＊マイクロサテライトの遺伝子座と PID。地域によって異なるのが課題
     ＊1 回分析でよいか 2 回分析が必要か（大西論文）はさらに検討が必要
  3) 代替法：カメラトラップ法など紹介
  4) 個体群分析：個体数推定法（計算式）などの紹介
- 課題：
  1) 企業／大学・研究機関独自のノウハウに関する部分の扱い
  2) サイト管理と更新
- 追記

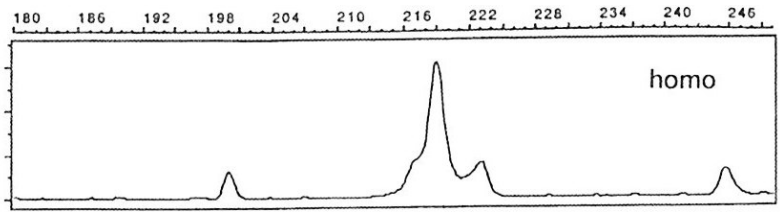
  当初、関係者のみアクセス可能なオンライデータストレージ（主に(2)の遺伝子型データベースの部分）の提供も想定したが、研究成果の広報のため HTML 形式のウェブページ開設を目指す。

標準サンプルの遺伝子型パターンチャート例（2009/8/24、玉手先生）

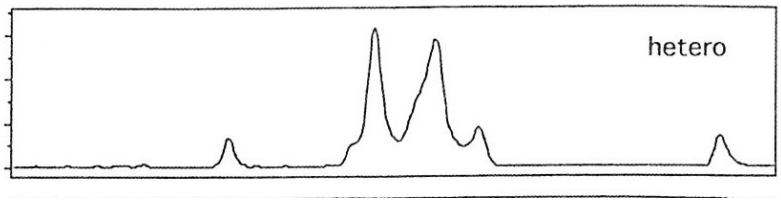
# BM203

Size range: 210-230
Annealing temperature: 58℃

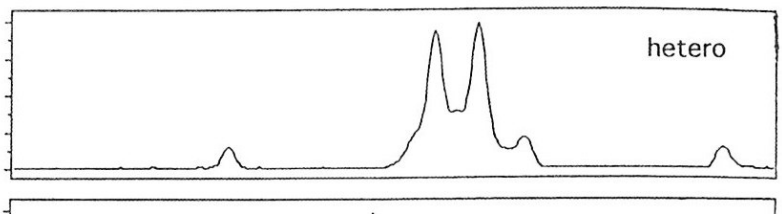
## Peak pattern (Homozygote 217/217)




## Peak pattern (Heterozygote 215/217)




## Peak pattern (Heterozygote 217/219)



資料６：進捗状況調査票（案）

平成 21 年　　月　　日

研究計画進捗状況調査票（中間報告）

提出期限：2009 年 10 月 9 日

研究課題　：クマ類の個体数推定法の開発に関する研究
研究代表者：　米田 政明
研究代表者所属機関名：財団法人 自然環境研究センター
研究実施期間：　Ｈ２１～　Ｈ２３　年度

| 調査項目 | 進　捗　状　況 |
|---|---|
| 研究目的・目標（250 字以内） | クマ類は狩猟鳥獣の中でも特に注意深い保護管理が求められている。クマ類の保護管理計画作成のため、地方公共団体等が今後実施する個体数調査に対して、遺伝マーカによる高精度かつ費用対効果の高い標準調査法を提供することを目的として、次の 4 つの課題に関する研究を行う。<br>(1)ヘア・トラップ法による個体数推定法の確立に関する研究<br>(2)個体数推定に関わる効果的な DNA 分析法の確立に関する研究<br>(3)補完法・代替法の開発に関する研究<br>(4)個体群モデルによるモニタリング手法及び生息数推定法の確立に関する研究 |
| 研究組織（分担者名･所属機関および研究分担課題） | 常田 邦彦（自然環境研究センター）：ヘア・トラップ法確立<br>佐藤　喜和（日本大学）：ヘア・トラップ法確立<br>間野勉（北海道環境科学研究センター）：ヘア・トラップ法確立<br>玉手 英利（山形大学）：DNA分析法確立研究班代表（サブテーマ2）<br>山内 貴義（岩手県環境保健研究センター）：DNA分析法確立<br>湯浅 卓（（株）野生動物保護管理事務所）：DNA分析法確立<br>釣賀 一二三（北海道環境科学研究センター）：DNA分析法確立<br>三浦 慎悟（早稲田大学）：補完法・代替法研究班代表（サブテーマ3）<br>青井 俊樹（岩手大学）：補完法・代替法開発<br>松田 裕之（横浜国立大学）：個体群モデル班研究代表（サブテーマ4）<br>堀野 眞一（独立行政法人森林総合研究所）：個体群モデル |
| これまでの研究成果（概要） | 従来調査におけるヘア・トラップ法の問題点分析を行い、次の優先課題を求めた。(1)ヘア・トラップ法に関しては、構造、誘引餌、設置時期及び空間配置が主要課題である。(2)DNA 分析法では、体毛から採取した微量 DNA の分析成功率と精度向上が課題であり、試料採取、保存、分析の手順の見直しと標準試料による精度統一が重要である。(3)代替法としてのカメラトラップ法では、個体識別可能な部位の抽出、撮影方法の改良及び画像分析法の開発が必要である。(4)個体群モデル法では、クマ類の個体の質の違いによる捕捉率の差を含め、ヘア・トラップによる個体捕捉率の推定が大きな課題である。 |
| 平成 21 年度研究実施計画 | (1)ヘア・トラップ班は、平成 22 年度以降の本格的な大規模調査（トラップ数>300 基、面積＞500-km$^2$）のため次の研究を行う。<br>• 岩手県北上山地に調査地を設定し、トラップ設置場所の詳細調査と環境分析を行う。<br>• 100 基程度のトラップの試験的設置を通じて、設置作業の効率化と DNA |

| | |
|---|---|
| | 劣化を減らす試料（体毛）採取及び保存手順の標準化を図る。採取した試料を DNA 分析班に提供する。<br>• 北海道ではヒグマを対象としたヘア・トラップ法の開発を進める。<br>• 従来調査におけるヘア・トラップ法のレビューを行い、遺伝マーカによる標識再捕獲法による個体数推定の改良と、トラップの最適空間配置に関し個体群モデル班と共同研究を行う。<br>• ヘア・トラップ設置のドラフト・マニュアルを作成する。<br>(2)DNA 分析班は、ヘア・トラップ班から提供される試料及びこれまでに採取された試料を材料に次の研究を行う。<br>• 分析手順の改良と分析機関間の精度統一のため標準試料開発を進める。<br>• 個体識別精度を示す PID（Probability of Identity）の高いマイクロサテライト遺伝子座を明らかにする。<br>• 換毛時期など生理的変化との対応から、体毛からの DNA 採取効率の高い時期を求める。<br>• 研究成果を分析手順ドラフト･マニュアルとして取りまとめ、微量 DNA 分析率の向上と分析エラーの低下を図り、平成 22 年度以降の大規模ヘア・トラップ調査から提供される多数試料への分析体制を整える。<br>(3)補完法・代替法班は、カメラトラップ撮影映像からの個体識別の改良を目的として以下の研究を行う。<br>• 飼育個体を対象に、識別精度の高い撮影部位（顔、胸斑紋など）の探索と撮影方法を確立する。<br>• 人の識別技術など応用した、デジタル画像からのクマ類の個体識別法の開発を進める。<br>• ヘア・トラップ班の調査地にカメラトラップを併設し、ヘア・トラップとカメラトラップによる個体識別精度の差を分析する。<br>(4)個体群モデル班は、ヘア・トラップ法による個体数推定法の改良を目的として、先行研究と他の 3 のサブテーマから提供されるデータを元に次の研究を行う。<br>• ヘア・トラップによる個体捕捉率（ヘア回収数/地域総個体数）の推定法に関する分析を行う。<br>• クマ個体の質（人慣れ）とヘア・トラップの捕捉率を明らかにする。<br>• 空間モデルからヘア・トラップの最適配置を決定する。 |
| 研究班会議の開催　(予定) | 2009 年 9 月 25 日：平成 21 年度第 1 回打合せ会議（実施計画）（東京）<br>2009 年 10 月下旬-11 月上旬：現地（岩手県）打合せ会議（予定）<br>2010 年 2 月：平成 21 年度第 2 回打合せ会議（とりまとめ）（東京） |
| その他特記すべき事項 | |

今後の予定

クマ類の個体数推定法の開発に関する研究

# 今後の予定（2009 年 10 月～2010 年 3 月）

## （１）現地打合せ（岩手県北上山地）：提案

- 目的：大規模ヘア・トラップ予定地（岩手県北上山地）において、現地調査・打合せを行う（試験研究旅費、盛岡調査費（4 泊 5 日）を計上している分担研究者）
  1) 平成 22 年度大規模ヘア・トラップ調査予定地調査
  2) 岩手大学御明神演習林調査地調査
- 時期（提案）：11 月 15 日の狩猟解禁日以前に実施する
  1) 2009 年 10 月 26-30 日
  2) 11 月 2 日-6 日（11 月 3 日＝文化の日休日）
  3) 11 月 9-13 日

## （２）次回全体打合せ（平成 21 年度調査まとめ会議）

- 考慮事項：
  1) 環境研究・技術開発推進費プログラム・オフィサー（国際環境研究協会、原口氏）がヒアリングを兼ねた出席希望
  2) 平成 22 年度計画との調整
- 時期（提案）：
  1) 2009 年 12 月 14-18 日の週（来年度研究優先の場合）
  2) 2009 年 2 月～3 月（年度末、本年度実質まとめが終了した段階で行う）

## （３）環境研究・技術開発推進費全体スケジュール

- 平成 21 年度の例（新規課題募集）
  - 2008 年 11 月 7 日：H21 新規課題募集締め切り（e-Rad システム）
  - 2008 年 12 月 26 日：事前評価通知＝書類合格とヒアリング通知
  - 2009 年 1 月 16 日：自然環境分科会ヒアリング
  - 2009 年 2 月 2 日：分科会からの減額指示を受けた修正計画書送付（実質採択）
  - 2009 年 3 月 25 日：積算書提出（最終版）
- 平成 22 年度：考慮事項
  - 本件は明示されてないが平成 21 年度フィジビリティ・スタディ扱い＝2010 年 1 月開催が想定される自然環境分科会ヒアリングに向けた資料準備を進める。
- 想定される具体的スケジュール
  - 2009 年 10 月末：来年度積算に向けた資料づくり（第一次案）
  - 2009 年 12 月中：本年度成果のまとめ案
  - 2010 年 1 月中旬：ヒアリング
  - 2010 年 2 月上旬：継続／中止決定

---

DNA 分析班・中間報告

DNA 班の技術開発：　何をどこまでやれば良いか？

(a)外形的には、「標準的なプロトコル」の提案

(b) 内実は、次年度大規模調査に対応した分析体制の確立

b-1　遺伝子分析効率の検討

b-2　遺伝子座の数と種類の決定

b-3　データ処理方法の検討

## １．　進捗状況報告

### １－１．　multiPCR 効率化

(a) Taq Polymerase の製品による効率化の比較

・ExTaq(TAKARA)

・ExTaqHS(TAKARA)

・ MightyAmp DNA polymerase(TAKARA)

・

| | 原液 | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ | $10^{-5}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ExTaq | ◎ | ◎ | ○ | × | × | × |
| Ex HS | ◎ | ◎ | ○ | × | × | × |
| MightyAmp | △ | △ | △ | △ | × | × |

MightyAmp DNA polymerase は阻害物がある場合でも、増幅効率が良いとされる Taq

→　必要とするピーク以外も増幅し、ノイズが多くなるので、マイクロサテライトの解読には向かないと考えられた。

(b)　Type-it Microsatellite PCR (QIAGEN)　キットの試験的利用

| | Kit プロトコル<br>推奨 PCR 温度<br>（57℃） | 岩手方式<br>推奨 PCR 温度<br>（55℃） | Primer 過多 |
|---|---|---|---|
| 岩手方式 mixture | ○ | ◎　（推奨） | ◎ |
| キット mixture | △　（推奨） | ○ | ○ |

キットのプロトコルにおける推奨温度(57℃)・プライマー推奨濃度(0.2uM)に従わずとも、これまでの手法で PCR 産物の増幅が確認できた。

| | X | P | M |
|---|---|---|---|
| Qgen_XPM | ◎ | ◎ | - |
| $Q^{-1}$_XPM | ◎ | ◎ | - |
| $Q^{-2}$_XPM | ○ | ○ | - |
| $Q^{-3}$_XPM | - | - | - |
| $Q^{-4}$_XPM | - | - | - |
| Iwate_XPM | - | ◎ | - |
| $I^{-1}$_XPM | - | - | - |
| $I^{-2}$_XPM | - | - | - |
| $I^{-3}$_XPM | - | - | - |
| $I^{-4}$_XPM | - | - | - |

原液, $10^{-1}$, $10^{-2}$, $10^{-3}$, $10^{-4}$　STD1 のみそれぞれの濃度を準備し、multiPCR（XPM）の組み合わせを行った。 その際、キットを用いたほうが効率よい増幅が確認できた。（*試験回数は一回のみなので再現性を確認するために、複数回、複数人数で試したほうが良いのですが、、、試行実験の一例です）*

参考 WEB

http://www1.qiagen.com/Products/Type-itMicrosatellitePCRKit.aspx

１－２．　標準サンプル分析

精度保障システムとしての標準サンプル作成とサイズ合わせを実施した。

・ 各機関で分析したマーカー一覧

| | A | B | C | D | H | J | L | M | P | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 釣賀 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ |
| 山内＆近藤 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 玉手＆鵜野 | ○ | nd | ○ | ○ | | | ○ | nd | ○ | ○ |
| 湯浅 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ |

| | MU05 | MU09 | MU10 | MU23 | MU26 | MU50 | MU51 | MU59 | MU61 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 釣賀 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | nd | ○ | ○ |
| 山内＆近藤 | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | |
| 玉手＆鵜野 | ○ | | | ○ | | | | | |
| 湯浅 | ○ | | | ○ | | | | | |

| | MSUT1 | MSUT2 | MSUT6 | SE |
|---|---|---|---|---|
| 釣賀 | | | | |
| 山内＆近藤 | | ○ | | ○ |
| 玉手＆鵜野 | ○ | | ○ | |
| 湯浅 | | ○ | ○ | |

これらのうち、大規模ヘア・トラップで使用するマーカーを選択することになるが、経験的に PCR が増幅しにくいが多型のあるマーカーを用いるべきか（G10P など）？

・ 使用している Standard マーカーにより各期間でサイズが異なる。また各遺伝子座ごとにずれが生じていることもあり、単純にすべての遺伝子座に対し、共通に数 bp のズレを補正することはできない。（遺伝子座ごとの補正が必要であり、GeneScan を動かす際に毎回標準サンプルのうちのいくつかをコントロールとして流してもらう。）

・ ピークの読み方の再確認が必要なものもある。来年度の広域ヘア・トラップの分担時には、DNA 分析後にこれらの「微妙で読みにくい」サンプルを持ち寄って、確認する必要があると考えられる。

## ２．　今後予想される問題点

### ２－１．One visit & one sample の扱い

DNA 分析後に個体識別の照合を行った際、
「一度しか訪問しておらず、一袋のサンプルしか回収できなかった個体」の扱いに関して、確認個体数にカウントするか否か。

識別するのに十分な波形が確認できた場合は、一個体としてカウントすべきか。
個体数推定の際に、過大評価につながらないか？

### ２－２．個体数過大評価の可能性

・ allele dropout の可能性をいかに軽減するか
→体毛からの分析の際に allele dropout が生じると、同じ個体の複数回の訪問でも別個体としてカウントされてしまう。

・　１～２遺伝子座の allele の違いを別個体として認識する際（特に複数機関での分析を行う場合）、個体間で差異のあった遺伝子座に対し，再 PCR を行うべきか？

・　特に今回のような複数の分析機関で分担する場合、大規模ヘア・トラップのエリアごとに分担したほうが、サイズ補正時の人為的なミスによる過大評価を最小限に抑えられると考えられる。

補足資料

# 岩手県：ツキノワグマ捕獲数と生息環境

## １．岩手県ツキノワグマ捕獲数推移（1923-2007 年度）

- 捕獲数の年変動は大きい。1986 年＝223 頭、2001 年＝200 頭、2006 年＝257 頭
- 1970 年代、80 年代、2000 年代の平均捕獲数（狩猟と有害合計）は 160 頭台/年
- 2000 年代になって、有害＞狩猟となる。

岩手県におけるツキノワグマ捕獲数の年代別推移(頭

| | 1970年代 | 1980年代 | 1990年代 | 2000年代 |
|---|---|---|---|---|
| 狩猟 | 88.1 | 100.9 | 81.6 | 68.3 |
| 有害 | 72.8 | 64.6 | 46.1 | 101.0 |
| 計 | 160.9 | 165.5 | 127.7 | 169.3 |

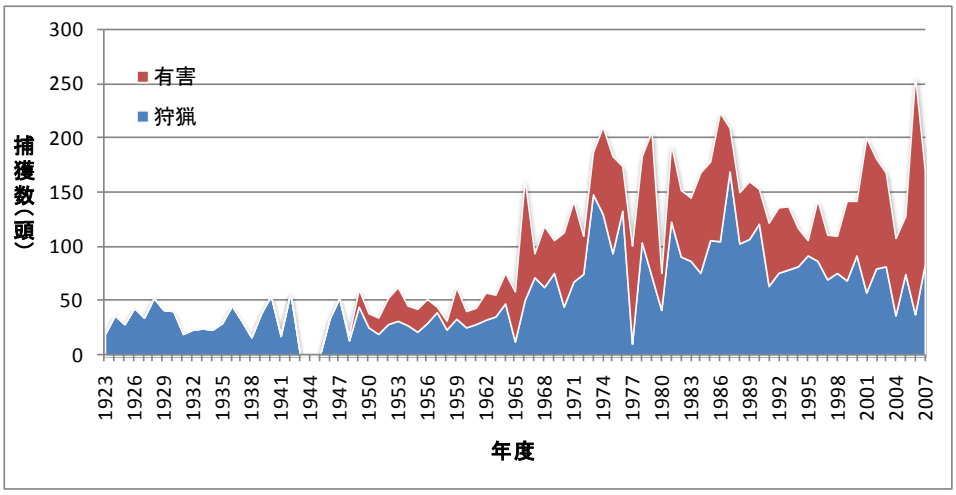



図１　岩手県におけるツキノワグマ捕獲数の長期的推移（1923-2007 年）

（資料：鳥獣関係統計）

## ２．人身事故発生件数（岩手県）

- 死亡事故発生：1984 年、1986 年、2001 年（遠野）
- 負傷事故は増加傾向にある

負傷事故件数推移(件/年)

| | 1980年代 | 1990年代 | 2000年代 |
|---|---|---|---|
| 負傷 | 5.2 | 8.2 | 11.8 |

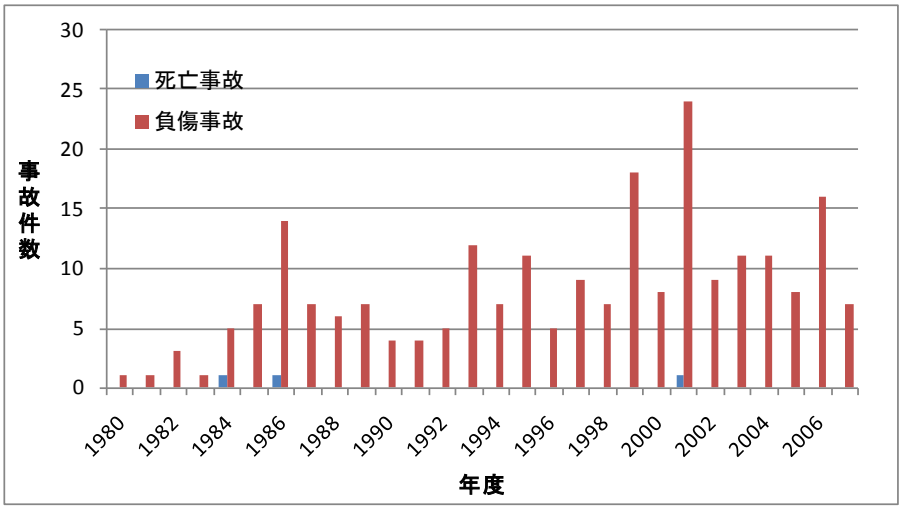



図２　岩手県におけるツキノワグマによる人身事故発生件数の推移（1980-2007 年）

（資料：環境省及び自然研資料）

## ３．北上山地と奥羽山地別ツキノワグマ捕獲数（2004-2008 年度）

- 捕獲数は通常年は北上山地＞奥羽山地だが、2006 年度は北上山地＜奥羽山地となった。

| 年度 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 奥羽山地 | 40 | 33 | 143 | 49 | 57 | 322 |
| 北上山地 | 68 | 91 | 135 | 121 | 97 | 512 |
| 計 | 108 | 124 | 278 | 170 | 154 | 834 |

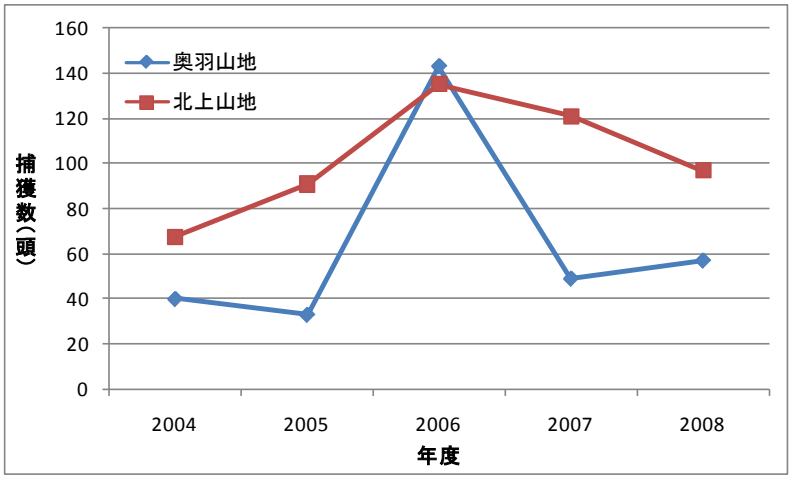



図３　奥羽山地と北上山地別のツキノワグマ捕獲数の推移（2004-2008 年度

（資料：岩手県自然保護課）

## ４．北上山地と奥羽山地の森林・土地利用比較

- 高山・亜高山、冷温帯一次林の面積比率は奥羽＞北上山地
- 北上山地は、温帯二次林と植林地があわせて 64%をしめる

森林･土地利用概要（奥羽－北上山地比較：Ohi, 2009）(km2)

| | 高山植生 | 亜高山植生 | 冷温帯一次 | 冷温帯二次 | 温帯一次林 | 温帯二次林 | 植林地 | 居住地･農地 | その他 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 北上山地 | 9.8 | 81.9 | 151.1 | 1,204.7 | 311.6 | 2,478.8 | 3,821.3 | 1,713.9 | 10.0 | 9,783.1 |
| 奥羽山地 | 19.3 | 261.3 | 755.4 | 383.8 | 76.4 | 576.2 | 1,443.2 | 901.9 | 28.5 | 4,446.0 |

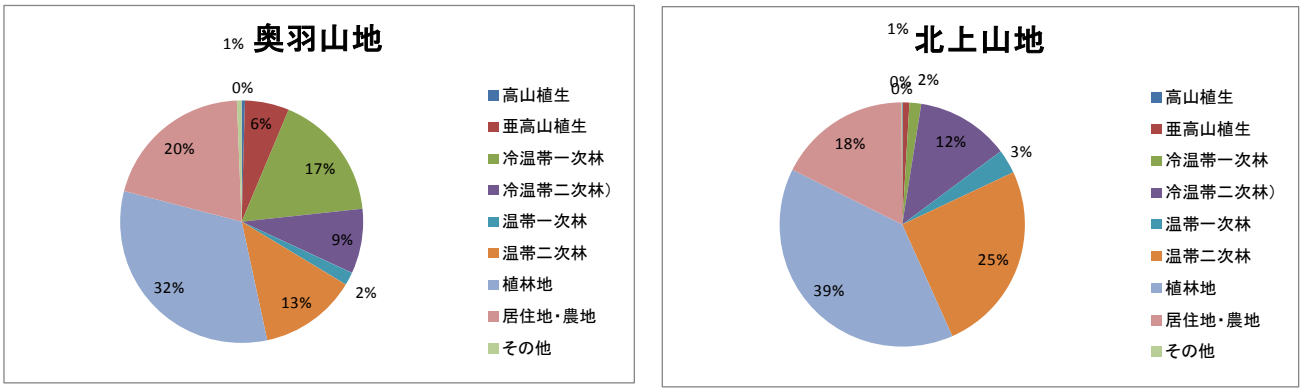



図４　奥羽山地と北上山地の植生と土地利用

## ５．北上山地中央部４市町村の森林概要比較

北上5市町村の現況森林比較（ha、2000年世界農林業センサス）

| | 国有林 | 緑資源公団 | 公有林 | 私有林 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 葛巻町 | 720 | 1,264 | 6,775 | 28,181 | 36,940 |
| 岩泉町 | 29,039 | 4,437 | 12,984 | 43,813 | 90,273 |
| 川井村 | 23,415 | 2,157 | 5,818 | 19,937 | 51,327 |
| 宮古市 | 6,807 | 23 | 2,002 | 20,197 | 29,029 |
| 遠野市 | 24,996 | 905 | 4,648 | 23,237 | 53,786 |
| 岩手県合計 | 362,426 | 19,274 | 154,776 | 609,372 | 1,145,848 |

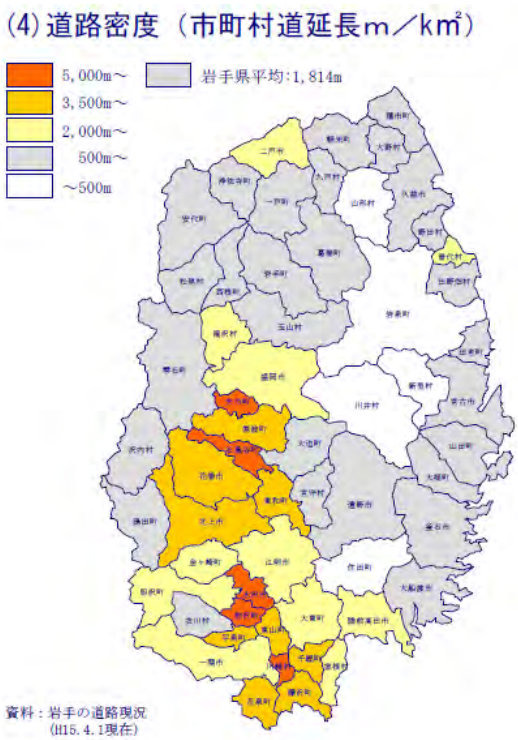
北上5市町村の人工林・天然林面積（ha、2000年世界農林業センサス）

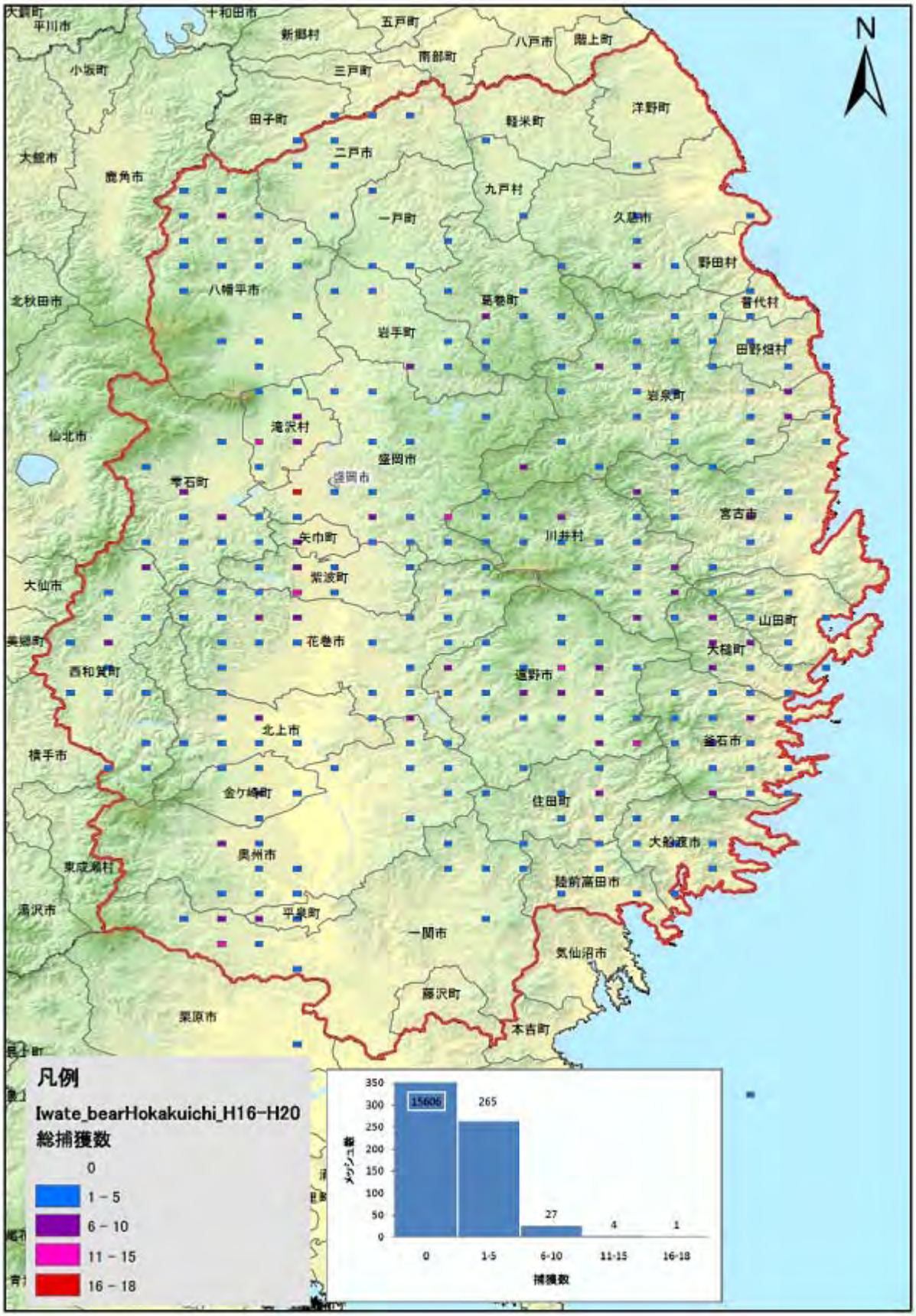
| | 人工林 | （%） | 天然林 | （%） | 計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 葛巻町 | 16,408 | 46.6 | 18,837 | 53.4 | 35,245 |
| 岩泉町 | 33,335 | 38.4 | 53,413 | 61.6 | 86,748 |
| 川井村 | 19,050 | 38.2 | 30,827 | 61.8 | 49,877 |
| 宮古市 | 11,079 | 38.9 | 17,373 | 61.1 | 28,452 |
| 遠野市 | 31,975 | 61.1 | 20,387 | 38.9 | 52,362 |
| 岩手県合計 | 504,747 | 45.3 | 608,461 | 54.7 | 1,113,208 |

北上5市町村の概況（ha、2000年世界農林業センサス）

| | 総土地面積 | 林野面積 | 耕地面積 | 総人口（人） |
|---|---|---|---|---|
| 葛巻町 | 43,499 | 37,288 | 3,900 | 8,725 |
| 岩泉町 | 99,290 | 91,420 | 2,290 | 12,846 |
| 川井村 | 56,307 | 51,672 | 1,050 | 3,761 |
| 宮古市 | 33,945 | 29,298 | 1,080 | 54,638 |
| 遠野市 | 66,038 | 54,708 | 5,900 | 27,681 |
| 岩手県合計 | 1,527,838 | 1,156,859 | 164,400 | 1,416,198 |

国有林位置図（林野庁東北森林管理局）






岩手県ツキノワグマ捕獲位置（5-km グリッド、2004（H16）-2008（H20）年度）