

## カメラトラップ法を用いたツキノワグマ密度推定

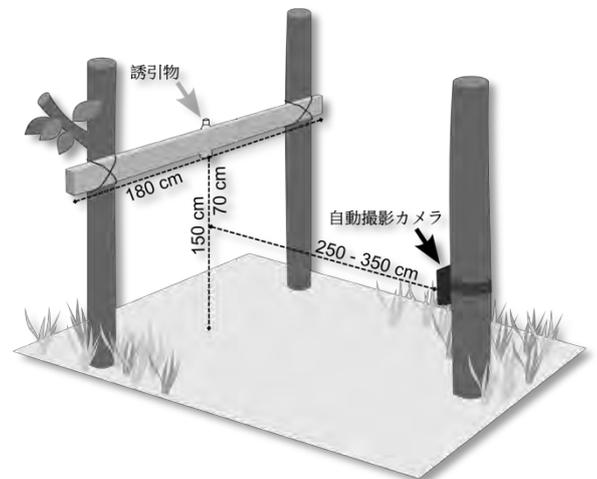
東出 大志（早稲田大学人間科学学術院）

ツキノワグマの適切な保護管理を実施するためには、個体群の現状や被害の実態を把握する必要がある。特に、生息数やそれに準じた指標の継続的なモニタリングは、ツキノワグマの個体群管理において欠かせない要素である。しかし、地形の急峻な日本の森林環境において、ツキノワグマのように生息密度が低く、大型で、広い行動圏を持ち、単独性で、人目を避けて活動する動物の生態を把握することは容易ではなく、これまで現場で使用可能な精度の高い実用的生息数推定手法はなかった。

近年、ツキノワグマの生息数推定に際してはヘアトラップ法が広く用いられるようになってきたが、サンプル採取やDNA分析過程において精度やコストに関する問題点が指摘されている。特にDNA分析に要する金銭的成本や専門性が、保護管理の現場における利用に際して障壁となっているのが現状である。そこで我々は、ヘアトラップと同様に非侵襲的なサンプリング・個体識別手法であるカメラトラップと natural-markings（天然の標識）に着目し、安価、簡便かつ高精度な生息数推定法として「カメラトラップ法」を開発した。本手法を用いることで、各個体の性別や体サイズ、繁殖状態、活動時間など、様々な情報を同時に得ることも可能である。

本日はこの「カメラトラップ法」を用いたツキノワグマ密度推定の“ノウハウ”をご紹介します。本講演が各地域におけるツキノワグマ保護管理の一助となれば幸いです。

### ○ カメラトラップ法による密度推定の流れ



2013.02.20  
平成24年度  
鳥獣保護管理の先進事例等に関する研修会

## カメラトラップ法を用いた ツキノワグマ密度推定

東出 大志 (早稲田大学 人間科学学術院 助手)

第1章 背景

## ツキノワグマの分布と現状

アジア南東部に分布  
生息地破壊  
過度の狩猟  
個体群縮小  
地域絶滅  
IUCN Red list  
絶滅危惧Ⅱ類  
CITES (ワシントン条約)  
付属書Ⅰ (輸出入禁止)

Carvalho & Steinmetz 2003

## ツキノワグマの分布と現状

日本には好適生息環境が残るとされているが・・・

**地域絶滅**  
九州

絶滅のおそれのある地域個体群  
下北半島, 紀伊半島, 西中国, 東中国, 四国

生息状況は必ずしも良好ではない

## ツキノワグマの分布と現状

全国的に被害増加  
(人身・農業・林業)

有害鳥獣駆除が増加

2006年の捕殺頭数  
4500頭  
推定個体数  
10000頭前後  
約半数が捕殺?  
個体群存続が危惧

科学的根拠に基づいた  
的確な保護管理が求められている  
(ワイルドライフマネジメント)

## ツキノワグマ調査の現状

地形の急峻な日本の森林において  
ツキノワグマのような動物の生態把握は容易でない

- 生息密度 低
- 大型
- 行動圏 広
- 単独性
- 人目を避ける

特に  
**生息数, 個体群動態, 行動パターン, 社会性**  
などに関連した情報

**必要**  
個体識別, 属性判別を伴った継続的観察

観察・捕獲  
困難

ツキノワグマでは・・・

- 調査手法が乏しい
- 莫大なコストや労力

研究と保護管理の両面から  
実用的な調査手法が求められている

## 生息数推定方法

- 観察個体から推定 (決定)**  
実際に目で見て数える  
定点観察/ライトセンサス/ヘリセンサス/区画法/追い出し法  
→ 多くの場合かなりの過小評価 (これまでクマにも利用)

e.g. 新潟県の推定生息数  
497頭 (1987) → 641-653頭 (2006)  
しかし有害鳥獣駆除頭数は・・・

H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	計
183	96	489	15	106	64	420	1373

仮に年増加率を50%と仮定しても  
絶滅してしまう・・・

- 痕跡から推定**  
個体1日あたりの痕跡量を基に, 発見した痕跡量から推定  
足跡法/糞粒法/被害痕  
→ 種によっては相対密度指標となるが, クマ類では難しい
- 捕獲個体から推定**  
捕獲率や再捕獲率の変化に基づいて推定  
除去法/標識再捕獲法  
→ 現状最も高精度, 生息数推定の主流

### 標識再捕獲法

基本的な考え方

2回目捕獲時の標識個体と非標識個体の捕獲率が同じだとすると  
 生息数 = 1回目捕獲標識数 ÷ 2回目捕獲数 × 2回目既標識数  
 生息数 = 1回目捕獲標識数 × 2回目捕獲数 ÷ 2回目既標識数  
 $N = 4 \times 5 \div 2 = 10$

→ 対象とする動物の捕獲，標識（個体識別）が必要

### 生息数推定調査手法

従来は・・・  
 捕獲 → 人工の標識 (タグ, 首輪, 入墨, 染色, 指切り)  
 Artificial marking

**利点**

- 種類が多く、様々な動物を標識可能
- 標識からの個体識別が容易

**欠点**

- 捕獲、標識による動物への影響
- 捕獲による調査者への危険
- 標識の持続性 (欠落)
- 捕獲が必要

ツキノワグマの捕獲調査を  
 広範囲で実施することは難しい

Norford et al. 1994, Rudran 1994

### 生息数推定調査手法

近年 非捕獲調査法が主流  
 体毛採取 (ヘアトラップ) → 遺伝子の標識 (マイクロサテライトDNA)  
 Genetic tagging

▶ヘアトラップ法

**利点**

- 非侵襲的 動物に与える影響少
- 比較的簡便 トラップ設置, サンプル採取
- 高精度 個体識別

**欠点**

- DNA分析に要する多額の費用・専門性  
 分析機器は数千円  
 試薬は5千円/検体  
 外注すると数万円/検体

調査実施に際して大きな障壁

### 生息数推定調査手法

そこでもう1つの非捕獲調査法  
 画像採取 (カメラトラップ) → 天然の標識 (毛皮模様, ヒゲ点, 角鱗, 足跡, 傷痕)  
 Natural marking

▶カメラトラップ法

**利点**

- 非侵襲的 動物に与える影響少
- 比較的簡便 トラップ設置, サンプル採取, 個体識別
- 高精度 個体識別, サンプル採取
- 比較的安価 トラップ設置

**欠点**

- 多少高価  
 自動撮影カメラは約2万円/1台  
 DNA解析よりは格段に安価

ツキノワグマ密度推定における  
 実用的調査手法

### 本日の講演内容

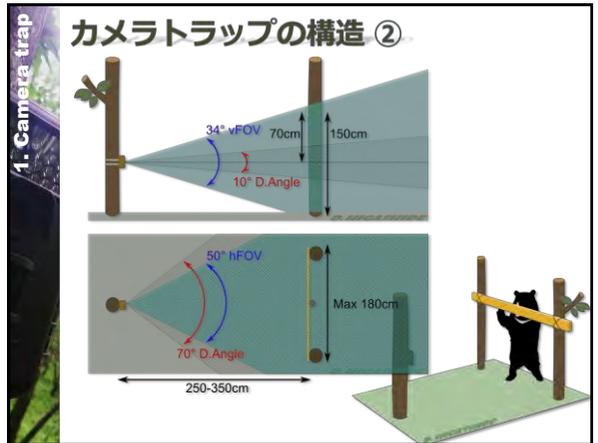
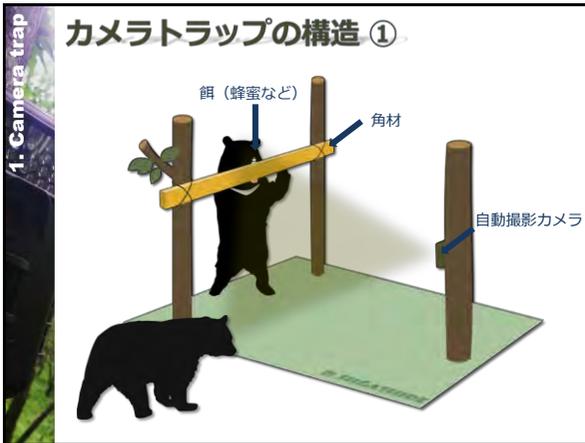
1. カメラトラップによる斑紋撮影手法
2. 個体識別のポイント
3. 密度推定の事例紹介

### 1. カメラトラップによる斑紋撮影手法

斑紋は胸部にある  
 → 普段はほとんど確認できない

- ・ 歩いている時には映らない
- ・ 立たせる
- ・ カメラの方向を向かせる

→ トラップの構造には工夫が必要



1. Camera trap

### 自動撮影カメラ

赤外線感知センサー内蔵  
→ 動物が来ると撮影される

**選定基準**

- 動画撮影が可能である
- 赤外線発光器infrared flash内蔵である
- センサー感知範囲が広い
- トリガースピードが速い
- 電源タイプが乾電池である
- 必要乾電池本数が少なく寿命が長い
- できれば小型機種が良い
- 記録媒体はSDカードが望ましい
- できれば安いほうが良い

Bushnell Trophy Cam (\$199.99)

動画撮影モード  
撮影時間：30秒  
撮影休止：01秒  
センサー感度：High



1. Camera trap

### 傾斜地に設置する際の注意点

**必ず斜面上部が餌、下部がカメラ**

- ・ クマは斜面上部から餌にアプローチ (斜面上部からの方が餌に近いから?)
- ・ 逆に設置した場合、クマの後ろ姿ばかり撮影される可能性



### 1. Camera trap

#### どの程度斑紋が撮影できるか？

2010年調査データより

	餌あり	餌なし
クマ動画数	108	49
斑紋動画数	58	11
斑紋撮影率	54%	22%

斑紋撮影品質		餌あり	餌なし
A	19%	31%	4%
B	22%	29%	14%
C	13%	20%	4%

識別可能 (A+B)	餌あり	餌なし
	41%	18%

**A** 斑紋全体, 正面, 鮮明

**B** 概ね斑紋全体

**C** 一部, 不鮮明, 角度

### 1. Camera trap

#### どの程度斑紋が撮影できるか？

識別可能な動画の撮影率は**59%**だが・・・

ほとんどの場合トラップに来た個体は連続して撮影される (インターバル1秒)

1回の撮影で斑紋が撮影できない確率 = 41%		
3回連続撮影	撮影できない	斑紋撮影率
$0.41^3 = 0.069$	<b>7%</b>	<b>93%</b>
5回連続撮影		
$0.41^5 = 0.012$	<b>1%</b>	<b>99%</b>

▶ かなり高確率でトラップに来た個体の斑紋を撮影

### 2. Individual identification

#### 2. 個体識別のポイント

- 斑紋の形状
  - ・ 分裂の有無とその位置
  - ・ 凹凸の位置とその形状
- 斑紋の大きさ
- 下顎紋の有無
- 性別
- 体サイズ
- その他特徴
  - ・ 毛並 (まれにハゲのある個体)
  - ・ 傷跡

### 2. Individual identification

#### 識別事例 ①

**同一個体**  
左写真の斑紋は多少伸びているが下記の形状と位置が完全に一致

- ▶ 尖っている
- ▶ 先端が丸い山形
- ▶ 曲線状のくぼみ
- ▶ 曲線状のふくらみ
- 角張っている

### 2. Individual identification

#### 識別事例 ②

**同一個体**  
形状が非常に特徴的であり、判別が容易

- ▶ 末端に向かって細くなる
- ▶ 分裂
- ▶ 極端に細くなる

### 2. Individual identification

## 識別事例 ③

**異個体**  
全体的な雰囲気は似ているが細部の形状が全く異なる

- ➡ L:山形のくぼみ R:台形のくぼみ
- ➡ L:なだらか R:尖っている
- ➡ L:切れ目あり R:なし

### 2. Individual identification

## 識別事例 ④

**異個体**  
4個体とも中央で分裂し左右対称だが、大きさや形状が全く異なる

### 2. Individual identification

## 様々な斑紋パターン

個体識別は誰でも比較的容易に可能?

### 3. Population estimate

## 3. 個体数推定の事例紹介

調査地：岩手県北上山地（盛岡市・岩泉町）  
調査期間：2011年 6月～8月  
80trap × 5session（10日間隔）

### 3. Population estimate

## 採取サンプルと個体識別

Session	Trap		Movie		Rate	Identified bear		
	Work	Bear	Bear	Mark		N	new	recapture
1	34	4	66	38	58%	6	6	0
2	73	15	170	67	39%	20	15	5
3	74	17	262	91	35%	19	12	7
4	76	26	372	158	42%	25	9	16
5	73	32	382	192	50%	26	11	15
Total	330	94	1252	546	44%	53	25	

クマ動画数 **1252**      **53**個体を識別  
2回以上確認の再捕獲個体 **25**個体

無効トラップについて  
・カメラ故障・破壊・紛失  
・カメラ電源入れ忘れ  
・カメラ設置方向（餌周辺が撮影範囲外・クマによる方向変化も？）  
※Session1は今年度購入分においてセンサー感度が高く誤作動が多発  
2～3時間で2GBが一杯

### 3. Population estimate

## 個体数推定モデル

R package **SPACECAP**  
空間明示型標識再捕獲モデル

- ① トラップの位置
- ② 個体, トラップ, セッション
- ③ 行動圏中心候補（今回は500m）

3つのデータを準備するだけ  
比較的簡単に利用可能

$$\text{Cloglog}(p(i, j, k)) = b_0 + b_1 \times x(i, j, k) + b_2 \times \text{dist}(s(i), u(j))^2$$

行動圏中心 = トラップの捕獲率      行動圏中心とトラップ距離に応じた捕獲減衰率  
個体*i*がトラップでセッション*k*に捕獲される確率      再捕獲時の捕獲変化率      ハッピー-or-シャイ

N（個体数）, lam0=exp(b0), beta=b1, sigma=sqrt(1/b2)  
様々な値を代入 → MCMCで今回の結果が得られそうな値に収束

**3. Population estimate**

## 解析環境について

- ① 統計解析環境R  
<http://cran.md.tsukuba.ac.jp/>  
 統計解析のフリーソフト
- ② パッケージ SPACECAP  
<http://cran.r-project.org/web/packages/SPACECAP/index.html>  
 空間明示型標識再捕獲モデル  
 ※ マニュアル付属
- ③ パッケージ Teaching Demos  
<http://cran.r-project.org/web/packages/TeachingDemos/index.html>  
 SPACECAPの動作に必要な

**3. Population estimate**

## 推定結果

CTによる推定密度  $0.194 \text{ 頭}/\text{km}^2$   $\approx$  HTによる推定密度  $0.202 \text{ 頭}/\text{km}^2$   
 CTとHTの推定値はほぼ同じ

CTとHTを併設

## カメラトラップ調査の手引き

- ・調査に必要な物品リスト
- ・トラップ設置時のポイント
- ・個体識別のポイント
- ・密度推定ソフトの使用法

## 個体の属性も把握可能

**体サイズ**  
 木材の幅を基準に  
 鼻先から股下を計測 (=頭胴長)

**性別別**  
 ♀：乳頭発達 ♂：陰茎・陰囊

**繁殖状況**  
 母子の同時撮影

**性別別 (判別率87%)**  
 ♂：30個体 ♀：16個体 不明：7個体  
 不明は体サイズの小さい個体に多  
 オスは識別可 → 未成熟・未経産のメス？  
 行動圏サイズ広、活動量多 = 撮影頻度多？

**体サイズ** mean±SD  
 ♂：118.5±13.6cm ♀：110.0±7.3cm

奥多摩  
 ♂：129.0±10.4cm ♀：115.0±6.0cm  
 足尾  
 ♂：129.7±10.8cm ♀：124.8±7.3cm

直立時の体サイズ計測  
 ・相対的指標として利用可能  
 ・頭胴長としては過少評価？  
 スカールとした木材よりクマは奥に位置  
 背筋が伸びているか不明

**繁殖状況**  
 子連れのメス  
**1/16個体**  
 繁殖率 (出産成功率)：6%  
 産子数：1頭

ツキノワグマの生活史

調査前年 (2010年) はブナ凶作 → 妊娠率低  
 着床遅延

長期モニタリングによって  
 ツキノワグマの出産率と産子数、その年変動を把握  
 → 個体群の存続可能性の検討に有用

## 活動時間も把握可能

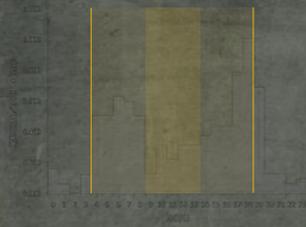
撮影された動画の  
日時情報を用いることで・・・

### ツキノワグマの活動時間

薄明薄暮性（夏季）

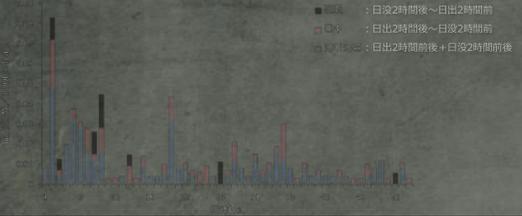
日没直前に活動のピーク

→ 被害対策，注意喚起など



## 識別個体ごとに見てみると・・・ 活動時間帯には個体差がある

- ・基本的には薄暗い時間帯
- ・夜間に活動する個体は一部
- ・個体の活動域や経験，性格の影響？



## おわりに

科学技術の発展

これまで見えなかった野生動物の実態が見えるようになってきた

### カメラトラップ法

カメラトラップ（観察）+ 胸部斑紋（個体識別）

#### いつ

- ・撮影日時

#### どこに

- ・トラップ設置位置

#### どのような個体がいる

- ・識別個体
- ・性別
- ・体サイズ
- ・繁殖状況

#### なにをしているのか

- ・動画内容



ツキノワグマに関する様々な情報を  
安価，簡便，高精度に把握可能