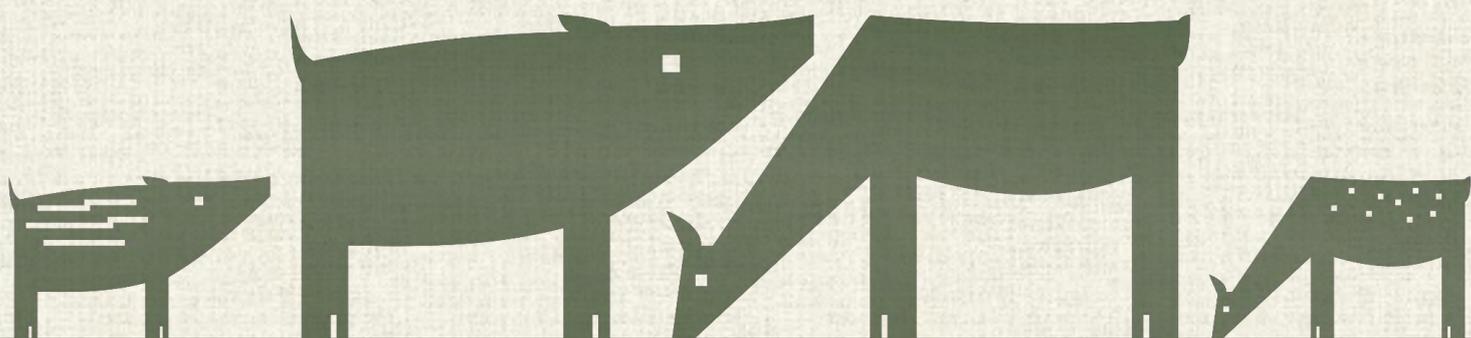


異質環境下における  
シカ・イノシシの  
個体数推定モデルと  
持続可能な  
管理システムの開発



成

果

報

告

集

# CONTENTS

はじめに	1
研究・開発の背景と課題	1
<b>イノシシ密度指標およびリアルタイムデータのクラウド管理システムの開発</b> サブテーマ1 (兵庫県立大学)	
● 自動撮影カメラを用いた生息密度推定手法	2
● イノシシにおける有効な密度指標の開発	4
● 個体数推定データ収集アプリケーション「狩ingマップ」の開発	6
● 写真画像判別による体サイズの推定	8
<b>空間構造を考慮した個体数推定と最適管理モデルの開発</b> サブテーマ2 (東京大学)	
● イノシシの密度と個体群動態を推定するモデル開発	10
● シカの分布拡大を推定する個体群動態のモデル開発	12
● シカとイノシシを同時に管理するための最適努力配分モデル	13
<b>効率的な捕獲のための事業効果測定モデルの開発</b> サブテーマ3 (国立環境研究所)	
● 指定管理鳥獣捕獲等事業における捕獲効果の評価	14
● 捕獲効果の評価手法の選択マニュアル	15
● 開放個体群除去法 OpenCE	16
● 対象地内外比較デザイン除去法 CDCE	17
<b>分布拡大地におけるイノシシの生態特性の解明</b> サブテーマ4 (広島修道大学)	
● 分布拡大地におけるイノシシの繁殖特性	18
● 分布拡大地におけるイノシシの管理	19
<b>人口減少による野生動物の分布拡大地 (福島県) への応用</b> サブテーマ5 (東京農工大学)	
● シカ・イノシシの分布と捕獲情報の類型化	20
● 空間スケールを考慮した統合的な野生動物管理システム	22
● モニタリング体制に応じた個体数推定モデル	23
● 分布拡大地 (福島県) におけるイノシシ生息密度推定の試行	24
<b>巻末付録</b>	
● 生息密度推定のための自動撮影カメラ調査手順	26
● 撮影動画からの滞在時間計測方法	28
● 自動撮影カメラの反応速度比較	29
<b>研究体制</b>	30

# はじめに

ニホンジカとイノシシの急増による社会的な問題が深刻化し、農山村地域の問題からあらゆる地域の課題へと拡大しています。本研究を立案した2016年当時は、農業被害のほか、市街地出没、北陸・東北地域への分布拡大、原発事故を起因とした人為的環境でのイノシシの激増と定着など、問題の多様化がすでに始まっていました。そして2020年を迎えた現在では、残念ながら収束に向かうというより、深刻さを増してしまいました。その代表的な問題にCSF（豚熱）の発生、瀬戸内海などの島嶼部に侵入したイノシシの爆発的な増加など、特にイノシシをめぐる危機が差し迫っています。現代の日本社会が経験したことのない課題への対応が精力的に進められているものの、見通しが立っていないのが現状です。問題を複雑にした背景には、イノシシの生息数や生息密度が不明のまま対応せざるを得ず、対処療法を強いられているという現実があると私たちは考えています。

かねてより増加力の高いシカやイノシシについては、戦略的な個体数管理が必要と考えていましたが、残念ながら予防原則に基づく個体数管理が実行されているとは言い難い状況です。特に捕獲戦略を構築する根幹にあるべき個体数モニタリングの仕組みが脆弱であることは危機的です。改めて、徹底したモニタリングデータの収集と解析、モニタリング拠点の整備などが求められています。

本研究では、上記のモニタリングや個体数推定の課題を解決するために推進されました。この成果を、モニタリングと個体数の動向の把握、対策の効果検証などを検討するために活用していただけるよう普及版の報告書として本冊子を作成いたしました。本編で取り上げられない詳細なマニュアル、Rなどのプログラムなどは、ホームページで公開していますので、併せてご活用いただきますようお願いいたします。

研究代表者 横山 真弓（兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 教授）

## 研究・開発の背景と課題

全国的に被害が深刻化しているニホンジカ・イノシシの個体数推定に際して、環境省で現在採用しているモデルは、特に都道府県レベルにおいて、多くの問題が指摘されています。主な問題点としては以下の4点が挙げられます

- 1) 適正な密度指標となるデータが不足し、捕獲数に影響されたモデルである
- 2) 少ない指標から推定結果を収束させる工夫として、データの二度利用をする、事前分布に多くの仮定を盛りこむ、など統計学的に問題が大きい
- 3) 推定値を検証することができないモデルである
- 4) 移出入や景観などの空間情報が考慮されていないため、捕獲が難しい地域（鳥獣保護区や都市公園、市街地周辺）の個体数は考慮されていないため過小評価の可能性がある

階層ベイズ法を用いた複雑なモデルでは、大前提としてこれに耐えうるデータの質と量の確保が求められます。しかし、データの質や量が制限要因となって、頑健性が低いにもかかわらず、個体数管理の現場に活用されているのが現状です。そのため今後のシカ・イノシシの個体数管理に深刻な悪影響を及ぼす懸念があります。環境省が示す両種の個体数半減には、実際の捕獲を効果的に進めることに貢献する精度の高い推定値に基づいて、空間的な捕獲目標と捕獲体制を構築することが求められています。

# 自動撮影カメラを用いた生息密度推定手法

- 野生動物の調査において自動撮影カメラは非常に有効なツールとなりました。近年では、**撮影データに基づき生息密度を推定する画期的な手法（RESTモデル）**も提案されています。ここでは、自動撮影カメラを扱う際に把握しておくべき、**カメラの特性**や**撮影プロセス**について解説するとともに、**RESTモデルの仕組み**について紹介します。

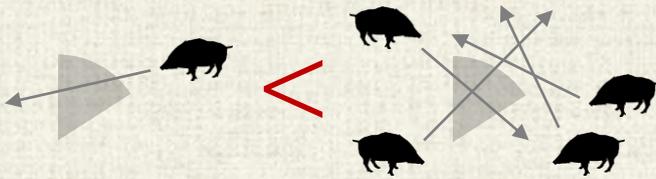
## ● 自動撮影カメラのしくみと注意点

- 赤外線センサーにより動物から放射される赤外線を検知することで動作（撮影）  
※ 背景との温度差の変化を検出するため、動物だけでなく太陽光などにも反応
- レンズの画角やセンサーの検知角、反応速度などはメーカーや機種によって異なる
- 近くにいる大きい動物ほど撮影されやすく、  
遠くの小さい動物ほど撮影されにくい
- 一般的に垂直方向のセンサー検知角は狭い（誤作動抑止のため）  
→ 小さい動物はセンサーの検知範囲外を  
通過してしまう可能性もあるので注意が必要



## ● 撮影頻度に影響を及ぼす要因 撮影頻度は相対密度指標として利用できるか？ 「撮影頻度が高い＝生息密度が高い」とは限らない！

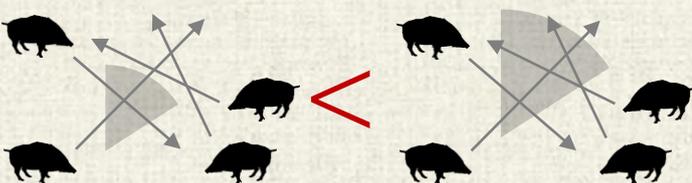
### ① 生息密度が高いほど撮影頻度は高くなる



### ② 移動速度が速いほど撮影頻度は高くなる (単位時間あたりの移動距離が長いほど)



### ③ 撮影(検知)範囲が広いカメラほど撮影頻度は高くなる



### ④ カメラの撮影範囲（主に地上）を利用する頻度が高い種ほど撮影頻度は高くなる



### カメラの撮影頻度とは？

RAI : Relative Abundance Index

単位努力量あたりの対象動物の独立撮影回数

$$RAI = 100 \times \text{独立撮影回数} / \text{努力量}$$

#### 単位努力量

- ・ 100カメラ日を基準とすることが多い
- ・ 努力量は設置期間ではなく**有効動作期間**が対象  
※ 電池切れや大幅な画角変化など  
カメラが正常に稼動していなかった期間を除く

#### 独立撮影回数

- ・ 同一のカメラで同種の動物が連続して撮影された場合は1度の訪問イベントとみなす
- ・ 30分以上の間隔で撮影された記録を独立撮と定義することが多い (O'Brien et al. 2003)

## ● RESTモデルによる生息密度推定

Random Encounter and Staying Time model (Nakashima et al. 2018)

自動撮影カメラの動画データから得られる対象種の撮影範囲内への  
進入回数と滞在時間(移動速度)に基づく個体識別を必要としない生息密度推定手法

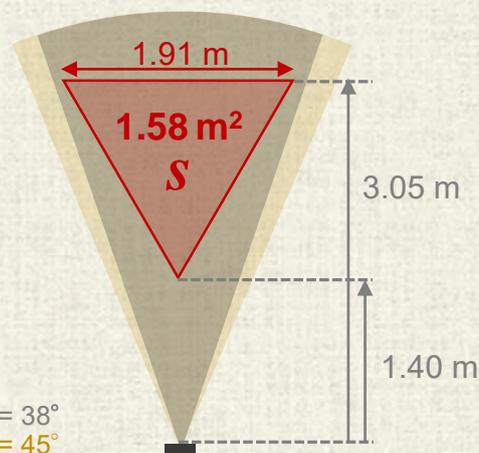
### ● 満たすべき条件 (仮定)

- ① 動物の分布に対してカメラの配置がランダムである
- ② 撮影範囲内に進入した動物をすべて撮影できている
- ③ 調査期間内の生息密度は変化しない
- ④ カメラが動物の行動に影響を与えない
- ⑤ 対象種の(地上における)活動時間の割合が定義可能である

### ● 推定式

$$D = E(Y) \cdot E(T) / sHa$$

- $D$  : 生息密度
- $E(Y)$  : 撮影範囲内への進入回数の期待値
- $E(T)$  : 1回の進入における滞在時間の期待値
- $s$  : カメラの撮影範囲 (正三角形)
- $H$  : 調査期間
- $a$  : 活動時間の割合



レンズ画角 = 38°  
センサー角 = 45°

撮影範囲の一例 (Bushnell Trophy Cam AGGRESSOR)

レンズ画角とセンサー検知角、最適撮影距離は  
メーカーや機種によって大きく異なるため、使用機材にあわせて  
正三角形の撮影範囲の大きさや位置の調整が必要

## ● RESTモデルの実施方法

### 1. 撮影範囲を定義し対象種の範囲内への進入と滞在時間を計測できるようにカメラを設置する

※ 動画撮影データであれば何でも利用できるというわけではありません  
RESTモデルを利用するためには、カメラ設置の際に満たすべき条件と手順があります

▶ 生息密度推定のための自動撮影カメラ調査手順 p 26-27  
必要機材/設置場所の選定/設置手順について解説

### 2. 撮影された動画から撮影範囲内への対象種の進入回数と滞在時間を計測

▶ 撮影動画からの滞在時間計測方法 p 28  
ソフトウェア/計測手順について解説

### 3. 得られたデータを基に生息密度を推定

※ MCMC法に基づくパラメータのベイズ推定 (詳細はNakashima et al. 2018のサンプルコードを参照)

▶ RESTモデルのサンプルコード (Supporting Information Appendix S1)  
<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.13059>

## 参考文献

- Nakashima, Y., Fukasawa, K., & Samejima, H. (2018). Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps. *Journal of Applied Ecology*, 55(2), 735-744.
- 中島啓裕. (2019). 自動撮影カメラが拓く新しい哺乳類研究—個体識別を必要としない密度推定—. *哺乳類科学*, 59(1), 111-116.  
(自動撮影カメラの歴史や特性、RESTモデルについてわかりやすく解説されています)
- O'Brien, T. G., Kinnaird, M. F., & Wibisono, H. T. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation* 6(2), 131-139.

# イノシシにおける有効な密度指標の開発

- 広域スケールで野生動物の相対的な密度の違いを評価するためには密度指標が有効
- そのほかの情報（RESTモデル・捕獲数）と組み合わせることで広域の生息密度推定も可能
- イノシシでは有効な密度指標がほとんど検討されていなかった
- RESTモデルの生息密度推定結果との比較からイノシシ密度指標の空間的指標性を検討
- イノシシではくくり罠CPUEと掘り返し跡が密度指標として有効であると考えられた

## ● 密度指標とは？

生息密度と相関する相対的な指標

密度指標にはどんなものがある？

### 捕獲データ

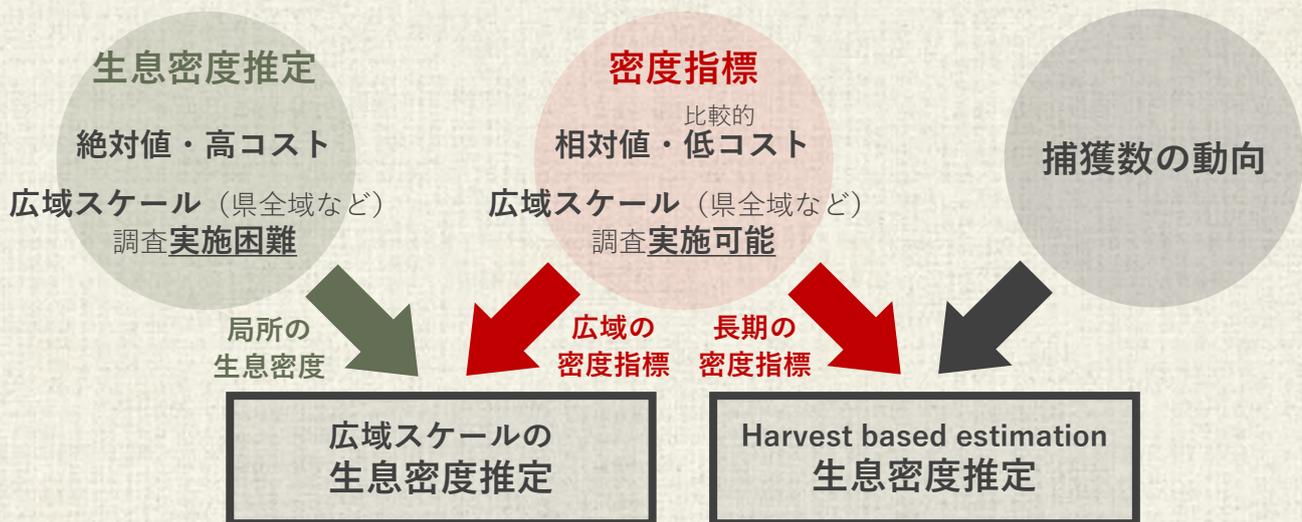
- **SPUE** (Sighting Per Unit Effort)  
銃猟の出猟人日あたり対象種目撃回数
- **CPUE** (Catch Per Unit Effort)  
罠猟の設置罠日あたり対象種捕獲個体数

### 生息痕跡

- **糞塊(粒)密度** (シカで利用が盛ん)  
探索距離 (面積) あたりの糞塊(粒)数
- **足跡密度** (雪上のウサギなど)  
探索距離あたりの横断軌跡数

## ● なぜ密度指標が必要か？

- 比較的低コストで収集可能なため、広域スケールの相対的密度の把握に有効
- 他の情報と組み合わせることで、広域スケールの生息密度推定も可能



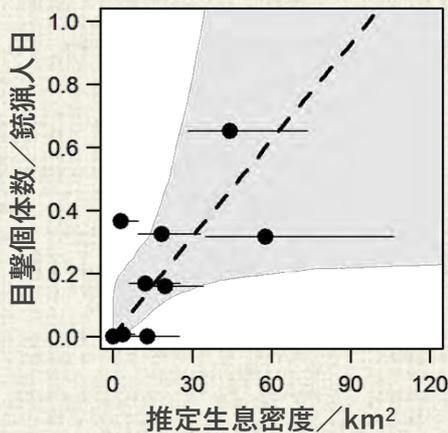
しかしイノシシでは密度指標の有効性がほとんど検討されていない

- ▶ 複数地域でRESTモデルによる推定生息密度と様々な密度指標を比較イノシシの相対密度把握に有効な密度指標を検討

## ● イノシシ捕獲データの密度指標としての有効性

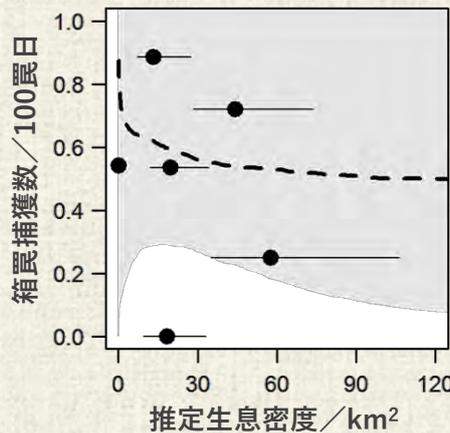
### 銃猟SPUE

- バラツキが大きく  
指標性は低い
- イノシシの目撃は難しい  
警戒心強い、地味、警戒音なし



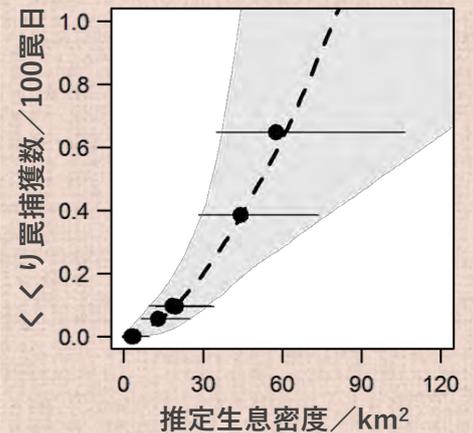
### 箱罨CPUE

- 指標性はない
- 箱罨は技術が必要  
狩猟者の差が大きい?
- 罨設置期間の報告精度低い?



### くくり罨CPUE

- 指標性が高い
- くくり罨の捕獲は  
ランダム性が高い?

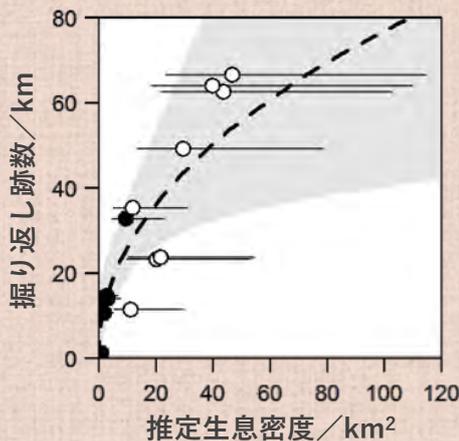


## ● イノシシ痕跡の密度指標としての有効性

### 掘り返し跡



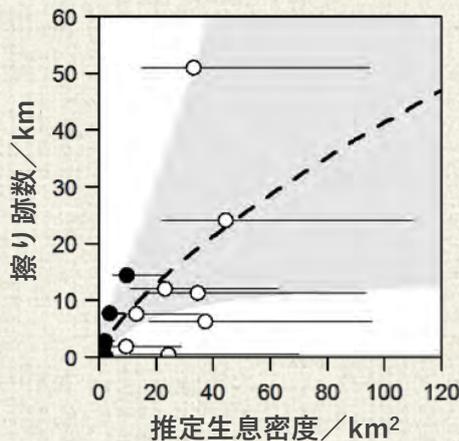
- 指標性が高い
- 掘り返しは探餌行動  
季節や年次変動など検討必要
- 痕跡が多い場所では1つ1つ  
数えることが難しく大変



### 擦り跡



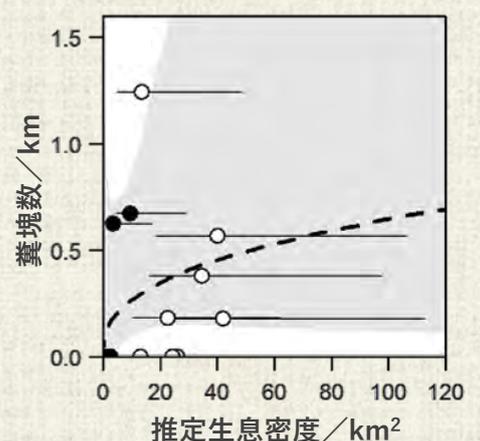
- バラツキが大きく  
指標性は低い
- 擦り跡の形成と発見には  
様々な要因が影響  
ヌタ場の分布、泥の色、樹皮の色  
樹皮の硬さ、天候など



### 糞塊



- 指標性はない
- ほとんど見つからない  
分解が早い? 排糞率が低い?

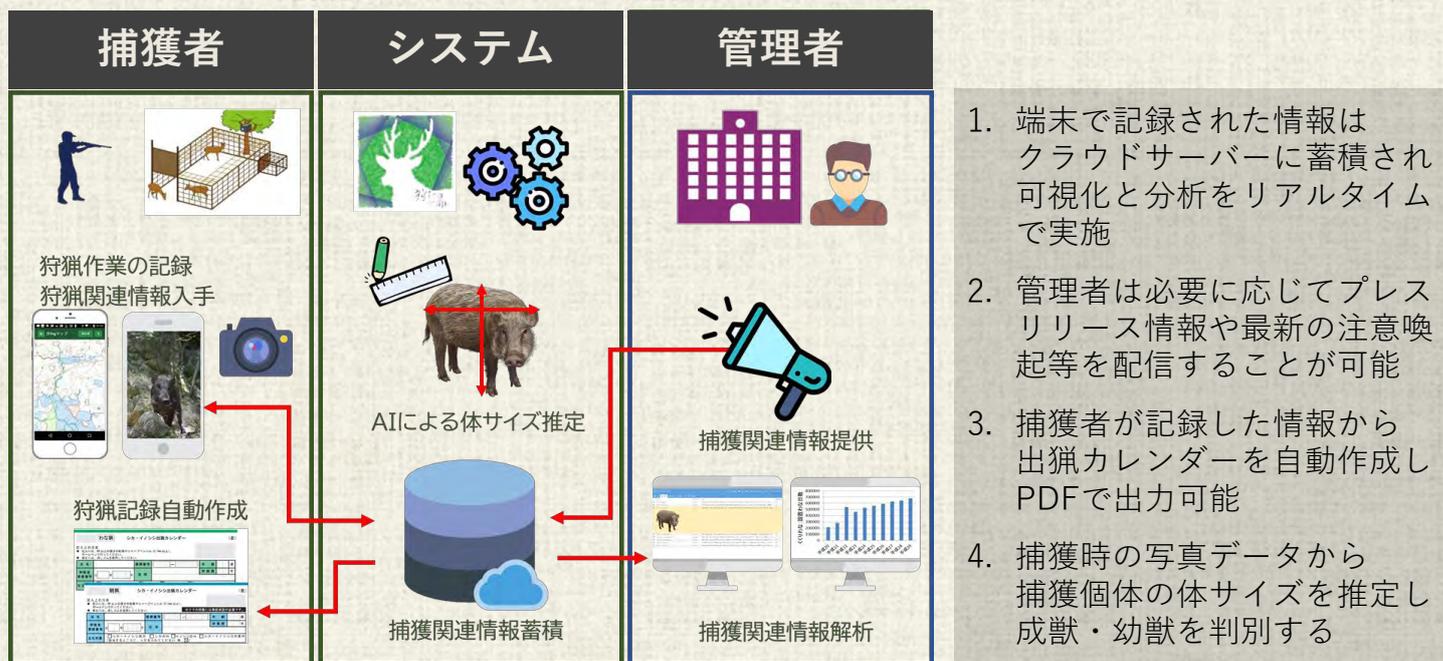


# 個体数推定データ収集アプリケーション 「狩ingマップ」の開発

- 捕獲数、CPUE、位置データなど個体数推定に必要なデータ収集を効率化しさらに捕獲者の記録を現場で支援するためのアプリケーションをAndroid版、iOS版で開発
- ①鳥獣保護区等位置図を配置したGPS機能を持つ地図、②わな猟と銃猟のデータ記録支援③写真記録、④捕獲個体の写真による体サイズ推定（幼獣成獣の判別）などの機能を有する

カリング

## ● 狩ingマップの構成



## ● 狩ingマップの主な機能

### 初期画面

起動時の初期画面は2タイプから選択可能

#### 地図画面



#### メニュー画面



or

### 地図機能

兵庫県版

森林内での捕獲活動を支援する機能を搭載



- ネットワーク接続がなくても利用できるオフライン地図
- 鳥獣保護区等の表示
- 罠設置場所の表示
- フィールドサインなど目印を地図上に記録

← 現在地ボタン

## 罾猟記録

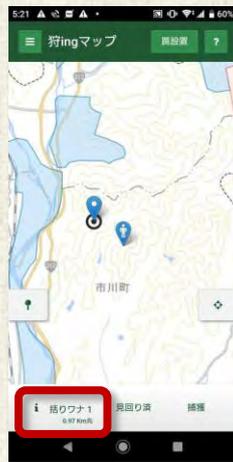
### 罾の設置と見回り時の情報を記録可能

1. 罾のタイプや誘引餌、稼働の有無
2. 罾の設置場所（地図上に表示）
3. 見回り時は現在地から最も近い罾の情報画面に表示されるため効率的に記録可能

罾の詳細を  
記録可能



現在地付近の  
罾情報を表示



## 銃猟記録

### 3種類の情報を入力

1. 出猟情報：実施日、場所、同行者数
2. 目撃情報：銃猟中に目撃した動物の情報
3. 捕獲情報：捕獲した動物の情報

地図上で  
出猟場所を  
タップ



捕獲情報入力



目撃・捕獲  
情報一覧



## 捕獲記録

### 捕獲ボタンを押して捕獲動物を選択



## 出猟カレンダー作成

### 狩猟時に記録した位置情報から メッシュ番号や出猟場所を自動出力



狩ingマップサポートページ  
<https://pacificspatial.com/hunting-app/>

アプリダウンロード先

Android版



iOS版

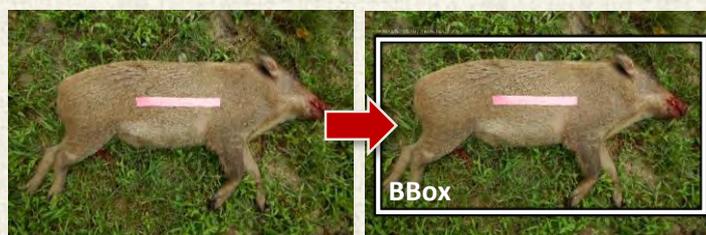
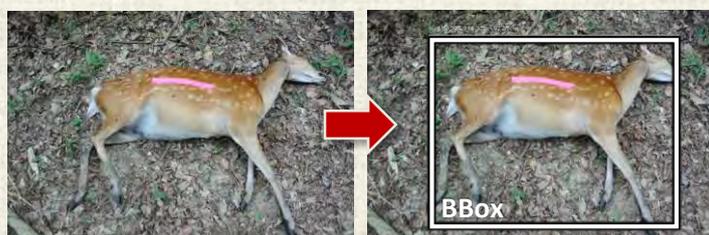


# 写真画像判別による体サイズの推定

- 捕獲の効果を検証するためには、捕獲個体の成獣・幼獣に関する情報が必要となるため、**写真画像を用いた体サイズの推定モデルを構築**
- 深層学習により、**写真画像の81%でシカ、イノシシの体サイズを反映したバウンディングボックス (BBox) の生成に成功**
- 実測データと画像データから、**幼獣と成獣の判別点をシカ、イノシシそれぞれで構築**

## ● 動物判別基本モデル

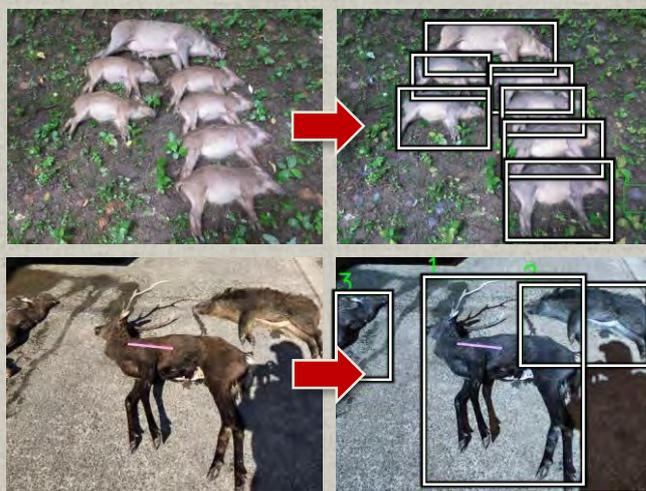
- 一般対象物認識モデル (COCO) およびそれらを用いてトレーニングされたMask R-CNNにより、**シカ、イノシシの体サイズを反映したバウンディングボックス (BBox) の生成に成功**
- 撮影は1頭ずつ真上から撮影することが好ましいが、「背景との判別が不明瞭」「形態の変形」「斜めから撮影」「複数頭の映り込み」などフィールドデータの多様な条件を想定した深層学習を実施
- 539枚の画像のうち、81%で判別に成功



動物の輪郭が不明瞭または姿勢が整ってなくても判別に成功



複数個体、斜めからの撮影、影の映り込みがあっても判別に成功



## ● 動物判別応用モデル

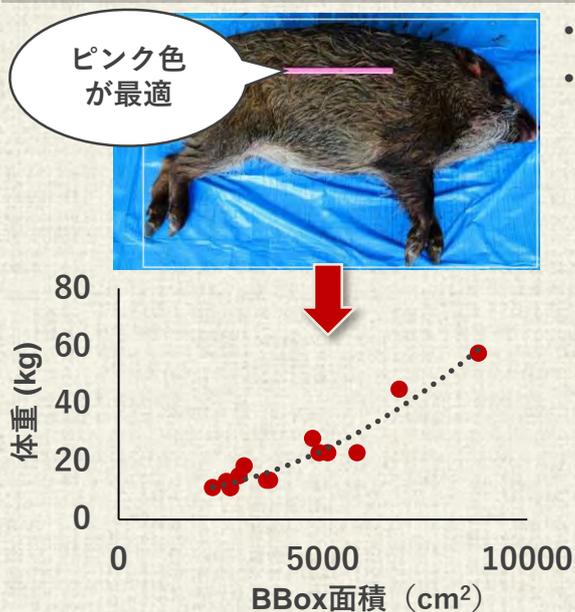
- 背景から動物とサイズ計測用スケールの切り分けに成功



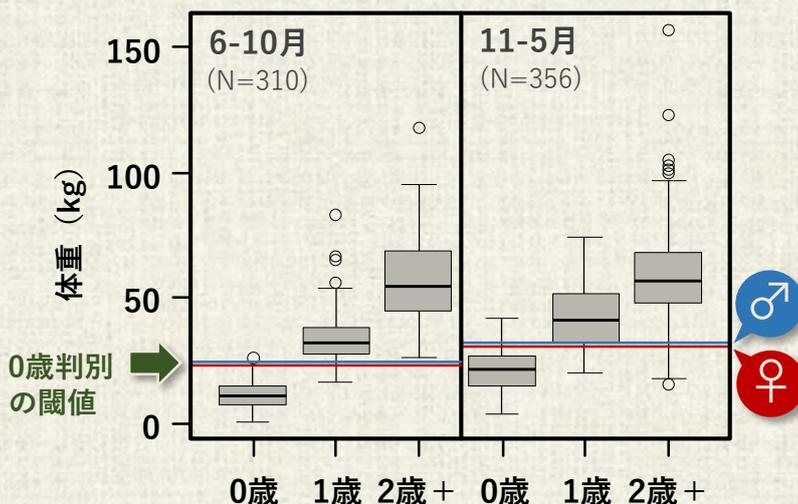
## ● 幼獣・成獣判別モデル

- 30cmのピンク色のスケールを配置することで、1ピクセルの実測が可能
- BBoxの辺長サイズを検出
- BBoxの辺長・面積と体長・体高・体重の実測値には高い相関が認められた（ベストモデルは体重）

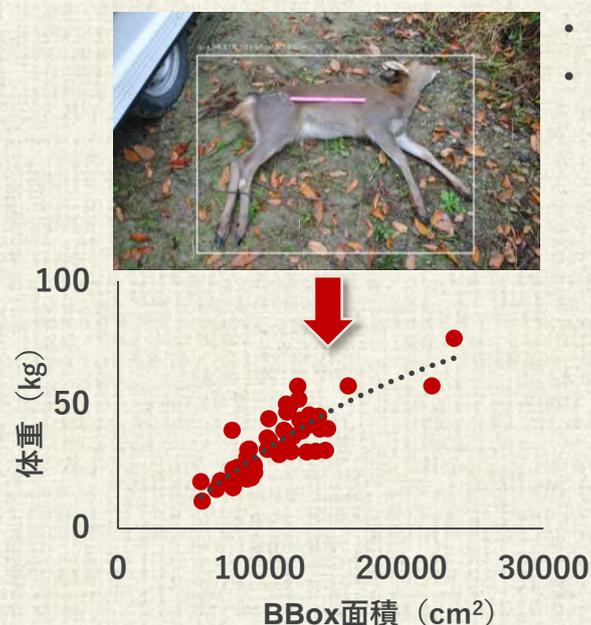
### イノシシ



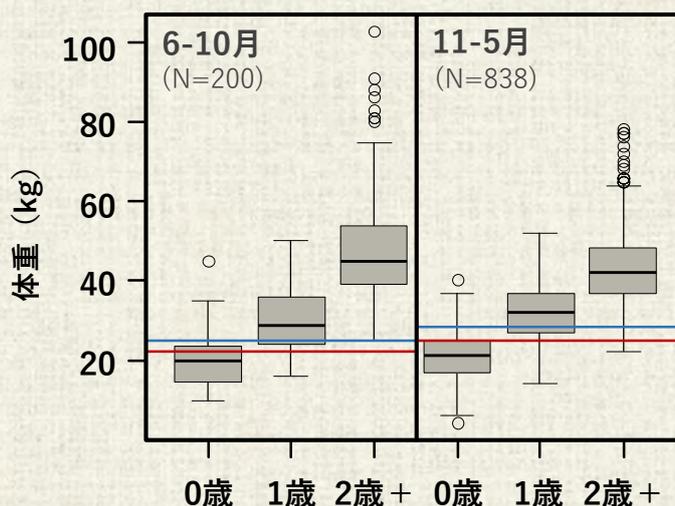
- イノシシの成長段階（0歳は11月以降急激に成長）を考慮
- 時期ごとに体重から0歳個体を判別する統計モデルを構築



### シカ



- シカの成長段階と捕獲時期(有害捕獲と狩猟)を考慮
- 時期ごとに体重から0歳個体を判別する統計モデルを構築



▶ イノシシ・シカともに幼獣・成獣判別を「狩ingマップ」に実装

## 参考文献

- Francois, C. (2018). Deep Learning mit Python und Keras: Das Praxis-Handbuch vom Entwickler der Keras-Bibliothek. MITP-Verlags GmbH & Co. KG.
- Lin, T. Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., Dollár, P. & Zitnick, C. L. (2014). "Microsoft coco: Common objects in context." In *European conference on computer vision*, pp. 740-755. Springer, Cham.

# イノシシの密度と個体群動態を推定するモデル開発

## 1. 個体群の経年変化を推定するモデル

- 市町村が収集したイノシシの捕獲数と捕獲努力量のデータと、自動撮影カメラで得たデータを統合して、個体群動態を推定するモデルを開発
- 捕獲データの精度は粗いが広域で長期間のトレンドを捉えるという利点と、カメラデータの狭い範囲の密度を比較的正確に推定できるという長所を組み合わせたモデル
- GISから得た土地利用データを組み合わせることで、個体数だけでなく、環境に応じた個体数の増加率も同時に推定可能

### 捕獲関連データ

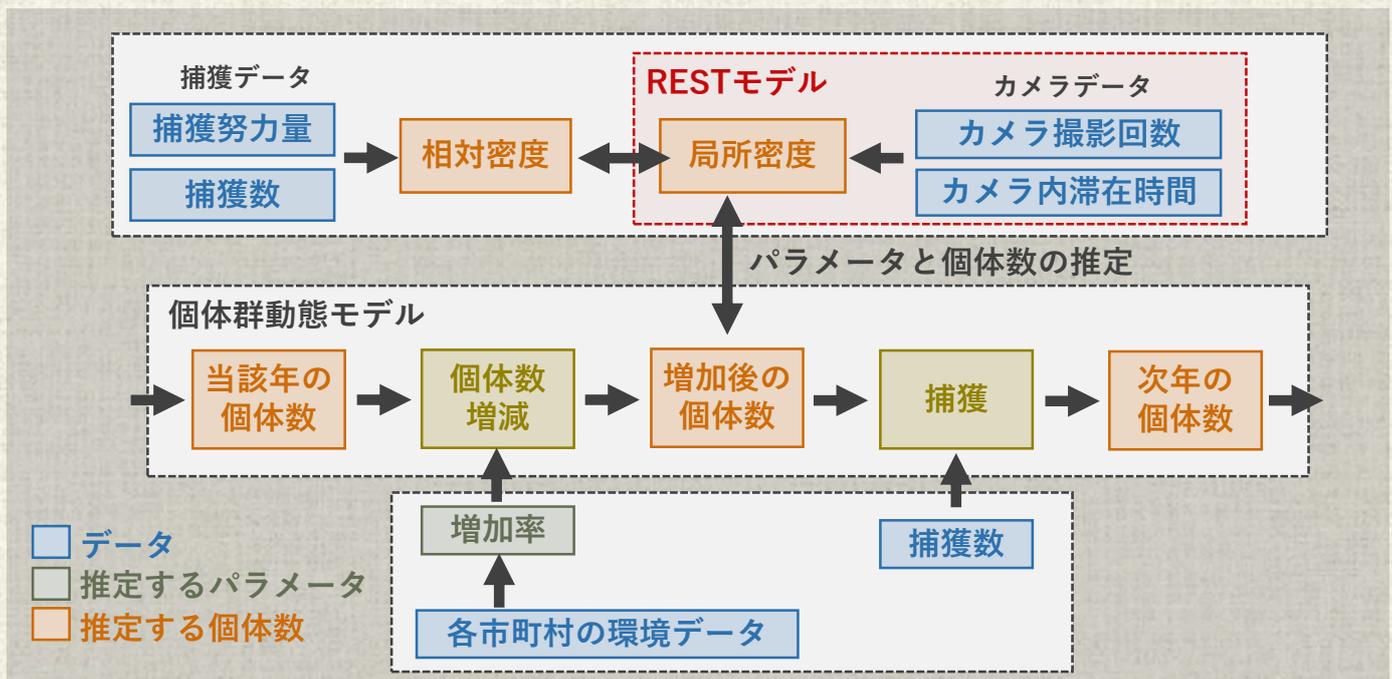
広域・長期間のトレンド

### カメラデータ

局所密度

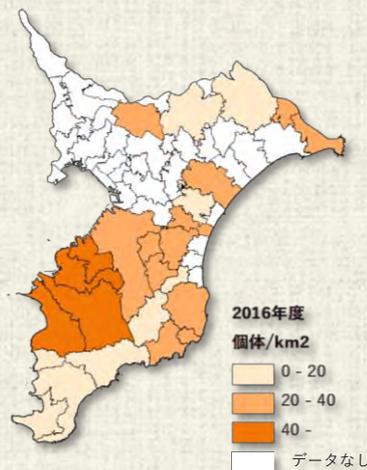


## ● モデルの概要



## ● 千葉県イノシシ密度を市町村レベルで推定した結果

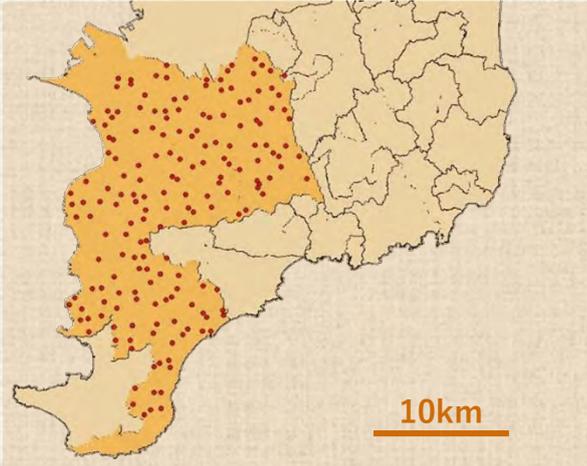
※数値は暫定的なものであることに注意



## 2. イノシシの局所密度と罠の捕獲効率の季節変動を推定するモデル

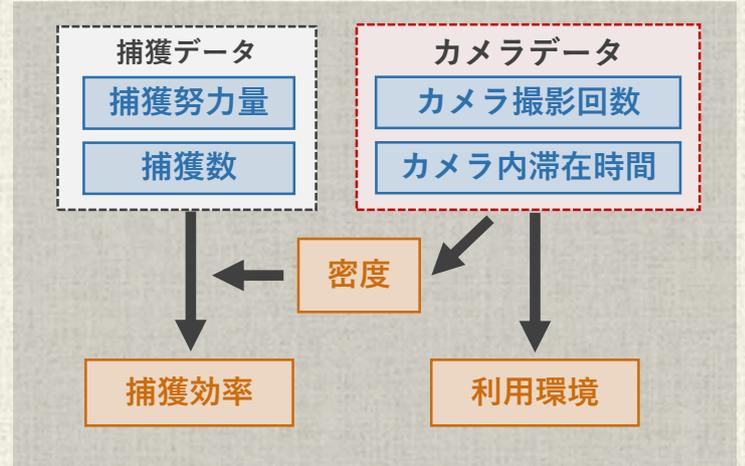
- 市町村が収集した捕獲データと新たに取得するカメラデータを組み合わせ、イノシシが「いつ・どこで」獲れやすいかを推定するモデルを開発
- 個体群動態モデルでは把握できない、よりきめ細かな環境の変化がイノシシの行動や捕獲率に与える影響を明らかにすることで、効率的な個体数管理が検討可能

### ● 調査事例（カメラ設置）



- 千葉県南部に計180台のカメラを設置
- 1年間にわたって野生動物を観測

### ● モデルの概要



- 密度、利用環境、捕獲効率を同時に推定
- 毎月推定し、季節変化を把握

### ● 利用環境および捕獲効率の季節変化の推定結果



※ 色が濃いほど好んで利用

※ 図中の絵はイノシシが選好する理由を推定したもの（モデルの結果ではなく結果の解釈）



※ 色が濃いほど効率が低い

- イノシシが選好する環境の推移や捕獲効率が高い時期を推定可能
- 箱罠とくくり罠で個別に推定すれば

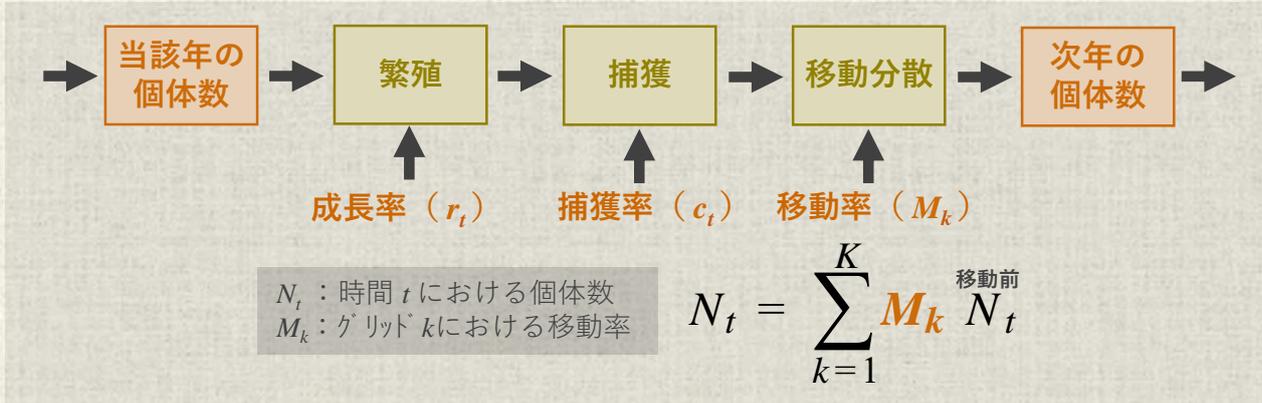
季節ごとの効果的な捕獲手法も検討可能

# シカの分布拡大を推定する個体群動態のモデル開発

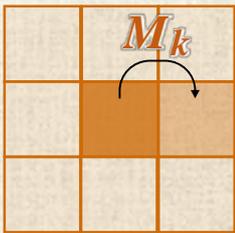
- 空間的な移動（移出や移入）を考慮した個体群動態モデルを開発
- 広域での捕獲の経年記録とGISによる土地利用データがあれば、シカの個体数だけでなく、分布拡大も予測可能

## ● モデルの概要

① シカ個体群の動態として、繁殖→捕獲→移動分散の3プロセスの単純なサイクルを仮定

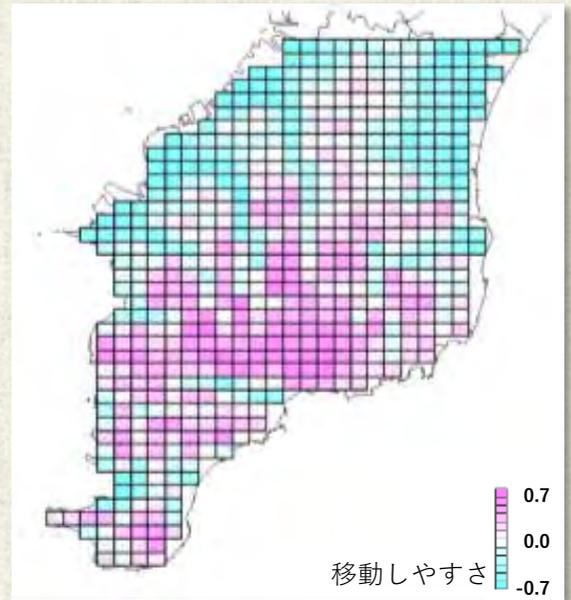
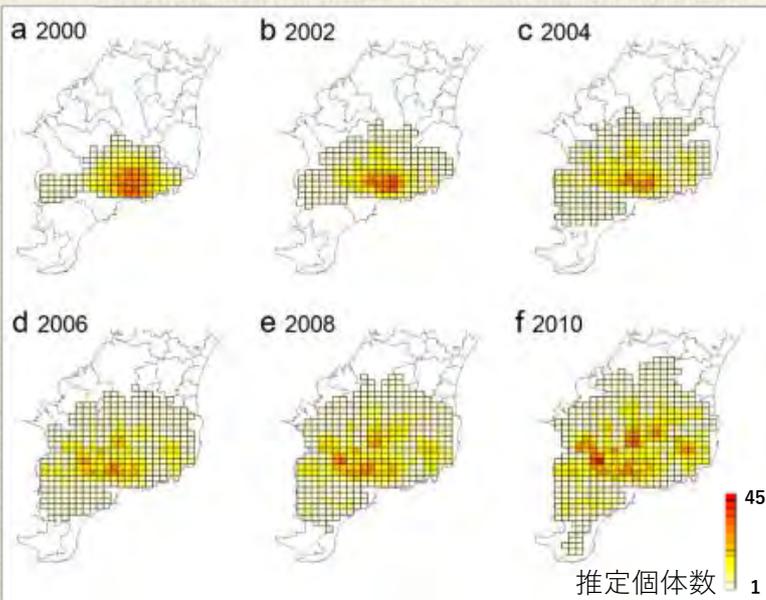


② 移動率  $M_k$  は隣接する8グリッドの環境条件（土地利用）で決まる  
移動しやすさに影響



✖ モデルが複雑なためある程度の統計的知識をもった人が扱うことがのぞまれます

## ● 千葉県房総半島におけるシカの分布拡大過程の推定結果



シカが個体数を増やしながらか生息地を拡大していく様子      シカの場合ごとの移動しやすさの違い

## 参考文献

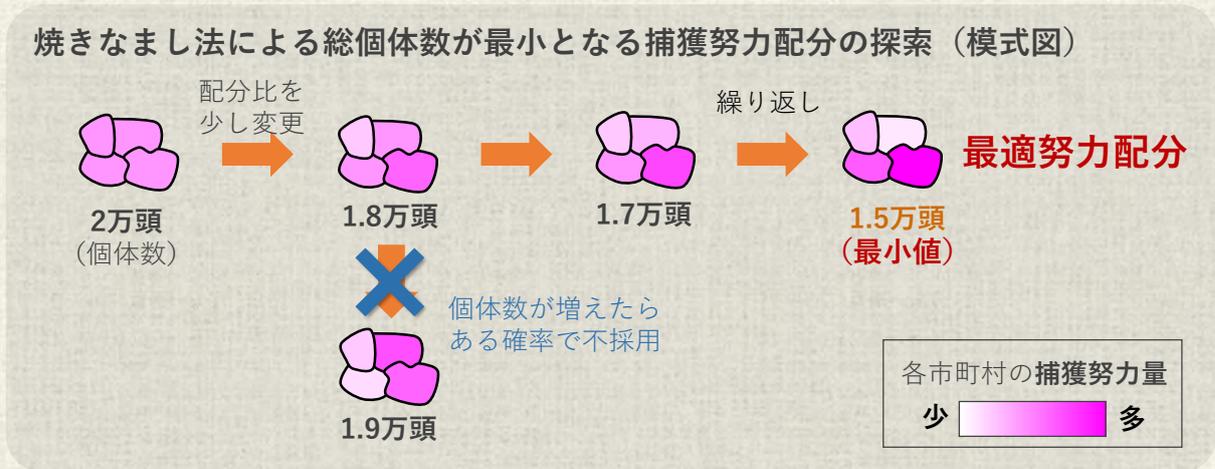
- Osada, Y., Kuriyama, T., Asada, M., Yokomizo, H., & Miyashita, T. (2019). Estimating range expansion of wildlife in heterogeneous landscapes: A spatially explicit state-space matrix model coupled with an improved numerical integration technique. *Ecology and Evolution*, 9(1), 318-327.

# シカとイノシシを同時に管理するための 最適努力配分モデル

- 複数の野生動物の同時管理を可能にする最適努力配分モデルを開発
- 従来は個々の種の管理は個別に考えられてたが、罠の設置に関わる総捕獲努力量をうまく空間配分し、イノシシとシカの総個体数を最小化することで、費用対効果の高い一括管理が可能

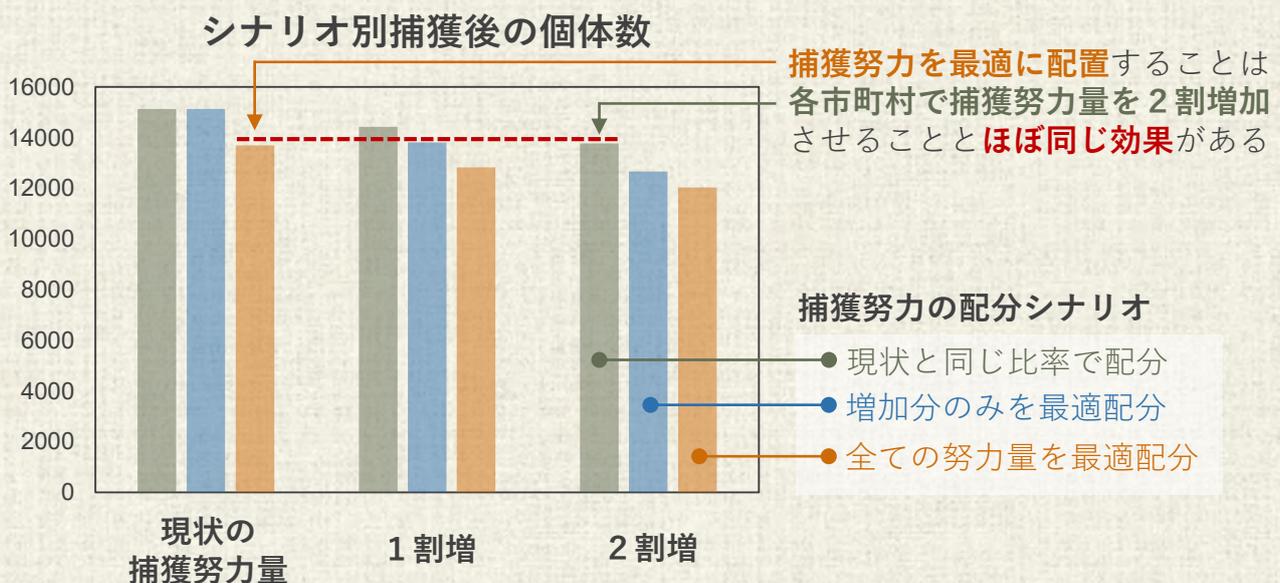
## ● モデルの概要

- 最適化手法の一つである「焼きなまし法」を用いた数理モデルを構築
- 個体数・個体群増加率・捕獲効率・移動率の推定値に基づいて計算を実行
- あらかじめ設定された総個体数の目標値を達成するために必要な捕獲努力量を算出することができ地形などによる罠設置の制約も組み込める



## ● 様々な捕獲シナリオに対する捕獲後の個体数の予測

⇒ 複数の捕獲シナリオのパフォーマンスを評価することが可能



▶ 捕獲努力の増加や最適配置による  
個体数の低減効果を具体的な数値で示すことができ  
今後イノシシやシカ等の管理に適用できます

# 指定管理鳥獣捕獲等事業における捕獲効果の評価

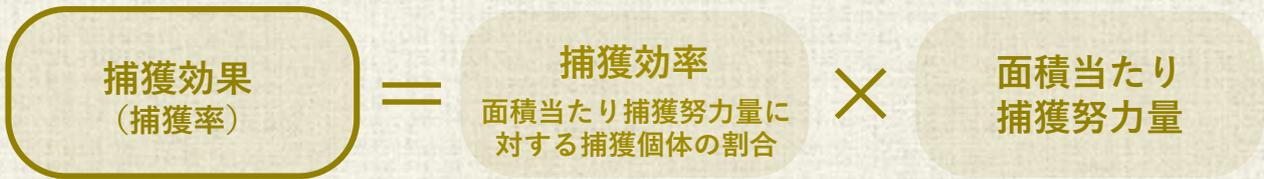
- 指定管理鳥獣捕獲等事業のような単年度事業に適した事業評価手法を開発
- 従来法を含む使い分けのガイドラインを提示
- 捕獲効果は捕獲率（=捕獲効率×面積当たり努力量）で評価することが望ましく、推定手法は移出入の有無等によって使い分けることが望ましい
- 移出入を考慮した手法を新たに開発、統計解析環境Rにおける関数や実装例を提示

指定管理鳥獣捕獲等事業においては、適切に捕獲効果の評価が必要だと考えられるが、これまで評価のガイドラインは存在していなかった  
ここでは捕獲効果評価のために開発した新たな統計手法を紹介し、評価手法選択の手引きを示す

## ● 指定管理鳥獣捕獲等事業で実施される鳥獣捕獲の特徴

- 単年度事業で実施される
  - 事業期間内に繰り返し集中的な捕獲が行われる
  - 事業範囲は明確な境界をもつが、柵で囲われておらず個体の移出入が生じうる
- ※ なお本項目で扱う内容は、管理鳥獣捕獲等事業だけでなく、上記の特徴をもつ他の捕獲事業にも該当する

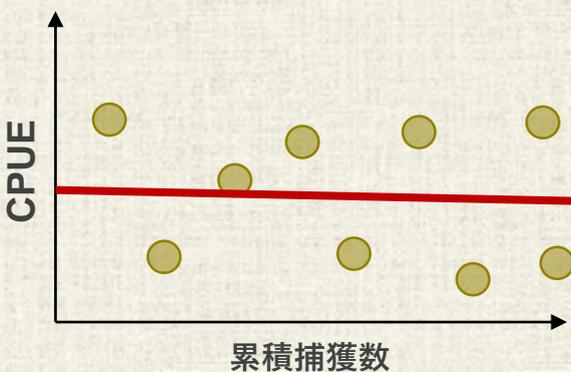
## ● 捕獲効果の評価とその原理



**CPUE: 単位努力量当たり捕獲数**  
※ 捕獲効率と混同されやすいが全く別の概念

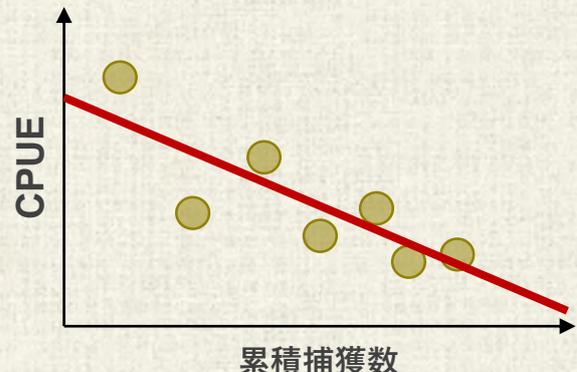
### 捕獲効率が低いとき

⇒ 捕獲してもCPUEが減らない



### 捕獲効率が低いとき

⇒ 捕獲に対してCPUEが減少



▶ 捕獲効果の評価するためにCPUE（および密度指標）の時間変化から捕獲効率を推定する統計手法（= 除去法, catch-effort method）を適用

# 捕獲効果の評価手法の選択マニュアル

## 移出入が無視できる

捕獲対象地が閉鎖系（島）、あるいはごく短期間の捕獲事業であるなど

Yes

No

### 従来の除去法

(Leslie & Davis 1939など)

#### 必要なデータ

- ・ 日別捕獲数 (手法別)
- ・ 日別捕獲努力量 (手法別)

#### 他に収集することが望ましいデータ

- ・ 時間遅れのない日別密度指標データ  
例えばカメラトラップなど

#### 統計解析環境Rの推定関数

- ・ `deplet()`関数 (package "fishmethods")
- ・ `depletion()`関数 (package "FSA")

## 密度依存の移出入がある

捕獲開始前には捕獲対象地内外の個体密度が等しい  
季節移動、事業地外への逃避は無視できる

Yes

Yes

No

New

### 開放個体群除去法

#### OpenCE

Open catch effort method

#### 必要なデータ

- ・ 日別捕獲数 (手法別)
- ・ 日別捕獲努力量 (手法別)

#### 他に収集することが望ましいデータ

- ・ 時間遅れのない  
日別密度指標モニタリングデータ  
例えばカメラトラップなど  
SPUEの使用は非推奨

p16

New

### 対象地内外 比較デザイン除去法

#### CDCE

Control-removal design catch effort method

#### 必要なデータ

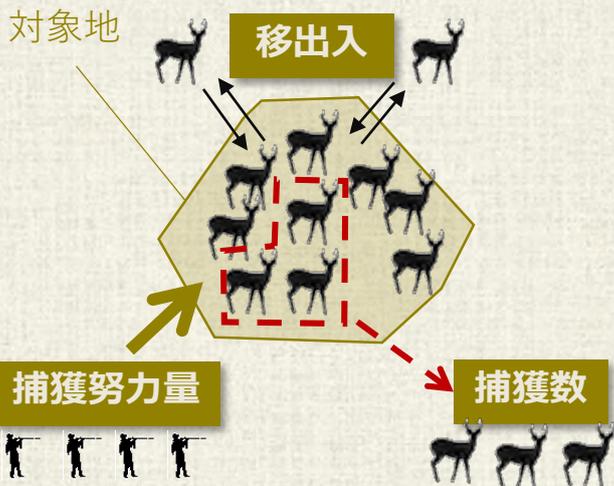
- ・ 日別捕獲数 (手法別)
- ・ 日別捕獲努力量 (手法別)
- ・ 対象地内外それぞれで収集された  
日別密度指標モニタリングデータ  
例えばカメラトラップなど

p17

## 参考文献

- Leslie, P. H., & Davis, D. H. S. (1939). An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. *The Journal of Animal Ecology*, 94-113.

# 開放個体群除去法 OpenCE



## ● モデルの前提条件

- 捕獲による除去と同時に外部との移出入が捕獲対象地の個体数に影響を与える
- 捕獲対象地外の個体密度は不変で  
(対象地外の個体数は移出入個体数より十分多いことに相当)  
捕獲前の時点で対象地内外の個体密度は等しい
- 移出入は内外の個体密度の差にのみ依存  
季節移動など外的な要因は無視できる

## ● モデルの構造

- ある時点の**移出個体数**は、その時点の個体数からある確率（移出入率）で決まると仮定 ⇒ 二項分布
- ある時点の**移入個体数**は、捕獲開始時点の移出個体数と平均的に同程度起こる（外側の個体数は十分に多いと仮定） ⇒ ポアソン分布
- ある時点の**捕獲率**は面積(A)あたり捕獲努力量(E)の関数  $1 - e^{-cE/A}$  ※ cは捕獲効率でデータから推定される
- **捕獲数**は移出入後の個体数から捕獲率で決まると仮定 ⇒ 二項分布  
日による違いが大きい場合はベータ二項分布
- **モニタリング検出数**は平均的に  $\Rightarrow$  ポアソン分布  
個体数 × モニタリング努力量に比例 日による違いが大きい場合は負の二項分布
- **次の時点の個体数**は移出入後の個体数から捕獲数を引いたものとなる

## ● R関数による推定

本研究で開発したR関数 `opence()` により、簡便に上記モデルの推定が実施可能  
ソースコードは下記よりダウンロード可能

[▶ https://github.com/kfukasawa37/Open-CE](https://github.com/kfukasawa37/Open-CE)

※ 利用手順はReadmeに記載（別途Rのインストールが必要）

```
opence(C, Eh, A, Y=NULL, Em=NULL, Coth=NULL, capod=TRUE, monod=TRUE, Smax=1000)
```

C: 手法別日別捕獲数(必須、複数手法の場合は行列)

Eh: 手法別日別捕獲努力量(必須、複数手法の場合は行列)

A: 事業地面積(必須)

Y: モニタリング検出数(オプション、複数手法の場合は行列)

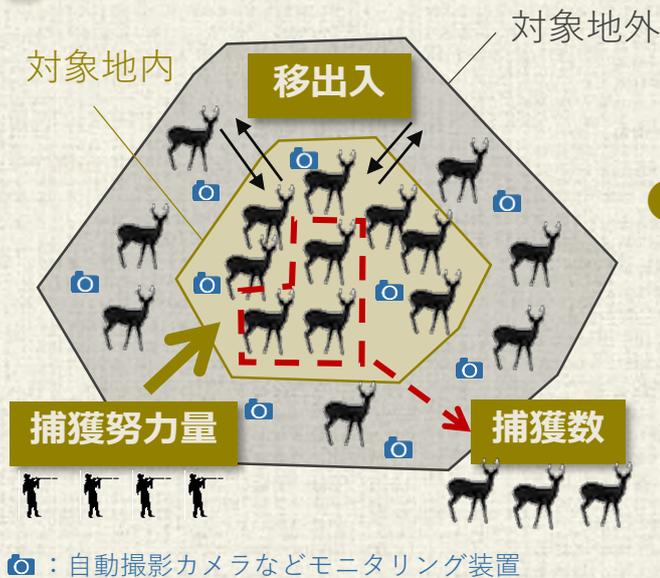
Em: モニタリング努力量(オプション、複数手法の場合は行列)

Coth: cに含まれない努力量が不明な日別捕獲数(オプション)

capod, monod: 捕獲とモニタリングの誤差分布の過大分散の考慮(オプション)

Smax: 最大個体数。想定される生息数より十分大きい値とする(オプション)

# 対象地内外比較デザイン除去法 CDCE



## ● モデルの前提条件

- 対象地内でのみ捕獲が実施され、対象地外は対象地内との移出入により個体数が変化（それ以外の外的要因もモデル化可能）
- 対象地外とさらに外側の移出入は明示的に考慮しないが、結果的に生じるバックグラウンドの個体数の増減はモデル化可能
- OpenCEとは異なり  
初期時点で内外の個体密度の均一性は仮定しない

## ● モデルの構造

- ある時点の対象地内から対象地外への**移出個体数**はその時点の対象地内の個体数から移出率（=対象地周囲長/対象地内面積×拡散係数）⇒ **二項分布**で決まると仮定
- ある時点の対象地外から対象地内への**移入個体数**はその時点の対象地内の個体数から移入率（=対象地周囲長/対象地外面積×拡散係数）⇒ **二項分布**で決まると仮定
- ある時点の**捕獲率**は面積(A)あたり捕獲努力量(E)の関数  
 $1 - e^{-cE/A}$  ※ cは捕獲効率でデータから推定される
- 捕獲数**は移出入後の個体数から捕獲率で決まると仮定 ⇒ **二項分布**  
日による違いが大きい場合はベータ二項分布
- モニタリング検出数**は平均的に ⇒ **ポアソン分布**  
個体数×モニタリング努力量に比例 日による違いが大きい場合は負の二項分布
- 次の時点の対象地内の個体数**は移出入後の個体数から捕獲数を引いたものとなる

## ● 実装例

この枠組みでは**バックグラウンドの個体数増減の詳細なモデル化**や対象地内外をさらに**細かい複数のユニットに分割**するなど様々な実装が可能

下記URLに最もシンプルな系である

対象地内外各1ユニット、バックグラウンドの個体数変動なしの**擬似データ生成と推定例**を示す

[https://github.com/kfukasawa37/Open-CE/blob/master/control-treatment\\_design\\_CE.r](https://github.com/kfukasawa37/Open-CE/blob/master/control-treatment_design_CE.r)

## ● 注意事項

OpenCE, CDCEいずれも捕獲効率や初期個体数は少ないバイアスで推定できていた  
ただし移出入率を正しく評価することは困難であり、過小評価となる傾向がある

# 分布拡大地におけるイノシシの繁殖特性

- 分布拡大地（福島県・愛媛県）と従来分布地（兵庫県）の繁殖パラメータ（出生月、妊娠率）を比較
- 分布拡大地のイノシシは歯の萌出交換から推定した出生月のばらつきが大きかった
- 黄体退縮物により、妊娠率分析に必要な出産履歴を確認することができた
- 分布拡大地のイノシシの妊娠率は対照地と差はなかった

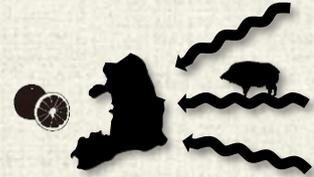
## ● 調査地（分布拡大地）

● 福島県 原発避難指示区域



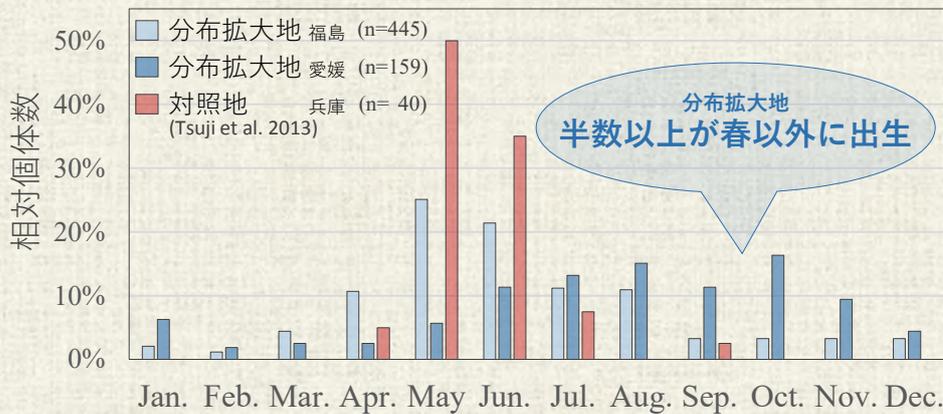
2011年 原発事故後、人間の避難に伴いイノシシが新規流入

● 愛媛県 大三島



近年、海を渡って大三島にイノシシが新規流入

## ● 出生月の比較 分布拡大地はばらつきが大きい



### 【出生日の推定方法】

#### 分布拡大地：

捕獲個体の歯牙の萌出状況から週齢を推定

$$\text{推定出生日} = \text{捕獲日} - \text{週齢}$$

小寺ら(2012) に準拠

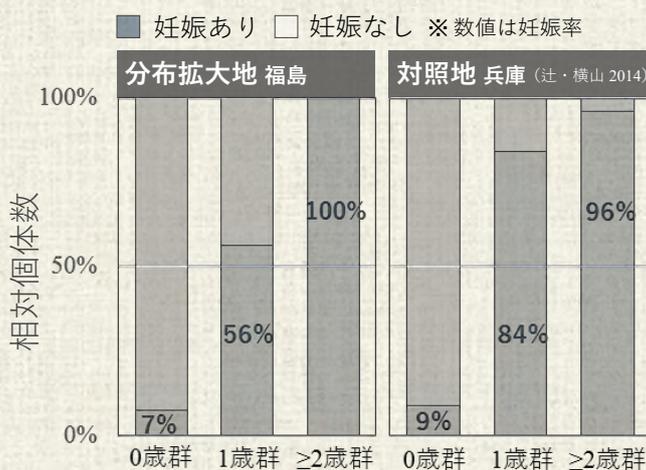
#### 対照地：

捕獲個体の胎子体重から胎齢を推定

$$\text{推定出生日} = \text{捕獲日} - \text{胎齢} + \text{妊娠期間}$$

辻・横山 (2014) から作図

## ● 妊娠率の比較 顕著な差異なし



### 【妊娠の確認方法】

- ・ 胎子の有無
- ・ 黄体退縮物（白体）の有無
- ・ 出産後の妊娠判定が可能
- ・ 出生月がばらつくイノシシの妊娠率算出に有効

Tsuji et al. (2013)

### 福島県のイノシシの月別卵巣の状態

胎子のいない個体（8-11月）でも妊娠判定が可能

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	合計
機能性黄体 (妊娠黄体)					1 (1)	4 (2)							5 (3)
白体 Type I								4		3	2		9
その他 (発育黄体)	1				2		1 (1)	3	7 (1)	6	11		34

### 【黄体退縮物（白体Type I）の有無を診断】



## 参考文献

- 小寺祐二・竹田努・都丸成示・杉田昭栄. (2012). 週齢査定によるイノシシ *Sus scrofa* の出生時期の推定. 哺乳類科学 52(2), 185-191.
- Tsuji, T., Yokoyama, M., Asano, M., & Suzuki, M. (2013). Estimation of the fertility rates of Japanese wild boars (*Sus scrofa leucomystax*) using fetuses and corpora albicans. *Acta Theriologica* 58(3), 315-323.
- 辻知香・横山真弓. (2014). 兵庫県におけるニホンイノシシの基本的繁殖特性. 兵庫ワイルドライフモノグラフ 6, 84-92.

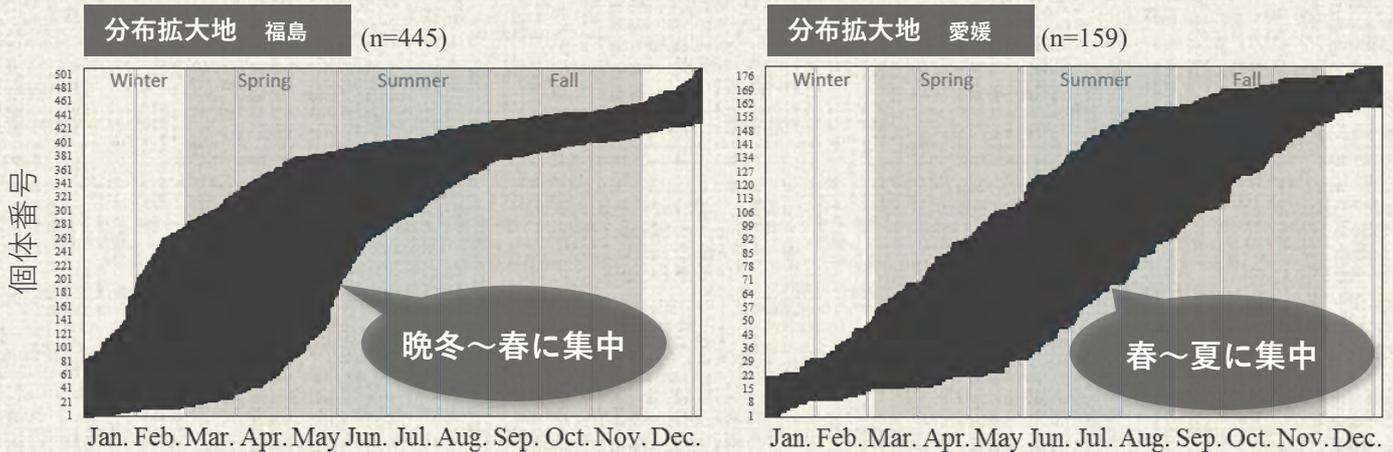
# 分布拡大地におけるイノシシの管理

- 福島では**晩冬～春**、愛媛では**春～夏**に妊娠個体が多い
- 妊娠個体が多い時期に**成獣メス**を捕獲するためには、  
年度の切り替え時期（3～4月）に捕獲が可能な体制の構築が必要

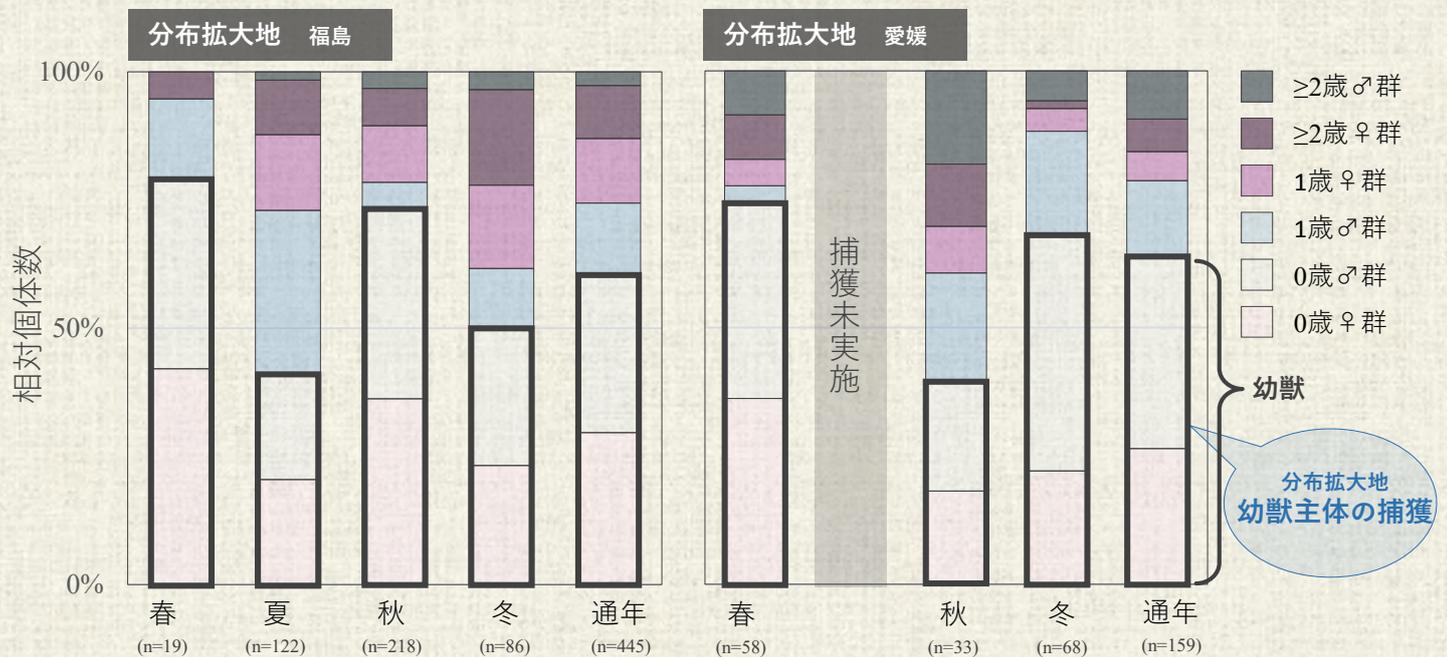
個体数低減に効果的な捕獲対策は？・・・妊娠個体主体の捕獲が望ましい

## ● 妊娠個体が多い時期は？

捕獲個体の推定誕生日から、各個体が母体内に胎子として存在する期間（イノシシの妊娠期間:120日）をグラフ化



## ● 妊娠個体を効率的に捕獲できている？



福島：晩冬から春に妊娠個体が多い = 年度の切り替わり時期 = 当年度と翌年度の捕獲事業間の捕獲未実施期間

愛媛：春から夏に妊娠個体が多い ⇒ 春：幼獣主体の捕獲 夏：捕獲は未実施

➡ 効率的な捕獲を実施するためには、  
妊娠メスや成獣の捕獲への転換が必要

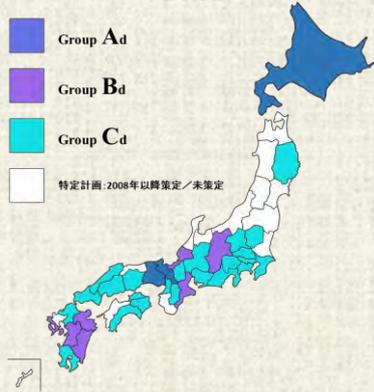
# シカ・イノシシの分布と捕獲情報の類型化

- シカ・イノシシの狩猟者一人当たりの捕獲数は  
2000年の狩猟規制の緩和および2008年の特措法新設による捕獲促進政策によって増加
- モニタリングに基づき早期にメスジカの捕獲を強化した地域では個体数の減少傾向が顕著

## ● ニホンジカの狩猟者一人当たりの捕獲数の類型化と時系列変化

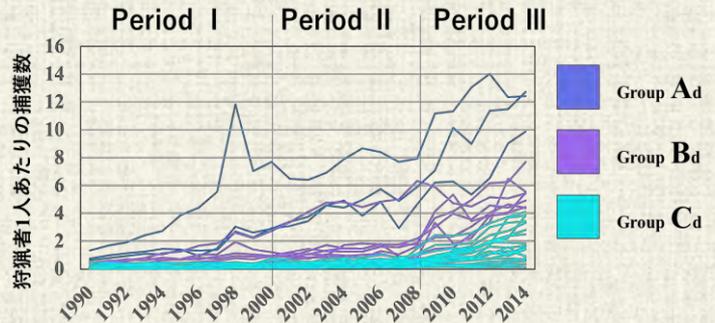
※ 2007年以前に特定鳥獣保護管理計画（特定計画）を策定した都道府県対象

### ① 捕獲数/狩猟者の時系列変化は3つのグループに分かれる



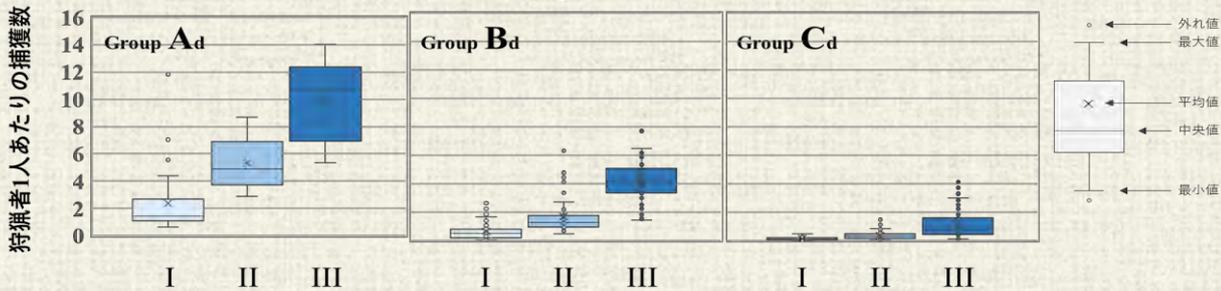
### ② 3グループとも捕獲数/狩猟者は年々増加

Period I : 任意計画 (1990-1999)  
 Period II : 特定計画 (2000-2007)  
 Period III : 特定計画・鳥獣被害防止特措法 (2008-2014)



### ③ 捕獲数/狩猟者 グループ内：Ⅰ < Ⅱ < Ⅲ グループ間：A<sub>d</sub> > B<sub>d</sub> > C<sub>d</sub>

- 計画経過年が最長のGroup A<sub>d</sub> (平均19年)  
特定計画および鳥獣害防止特措法（特措法）により捕獲数が増加
- Group B<sub>d</sub> (平均14年) およびGroup C<sub>d</sub> (平均11年)  
特措法により捕獲数は増加したがC<sub>d</sub>では伸び率が最小



Group A<sub>d</sub>では広域スケールでの個体数の減少傾向が報告されている

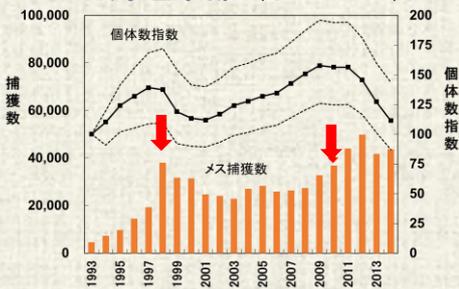
Group A<sub>d</sub> : 北海道（東部地域）、兵庫、京都

Group B<sub>d</sub> : 長崎、熊本、宮崎、大分、三重、福井、長野

Group C<sub>d</sub> : 岩手、栃木、群馬、埼玉、東京、千葉、神奈川、山梨、静岡、愛知、岐阜、滋賀、奈良、大阪、岡山、広島、島根、山口、福岡、香川、徳島、高知、鹿児島

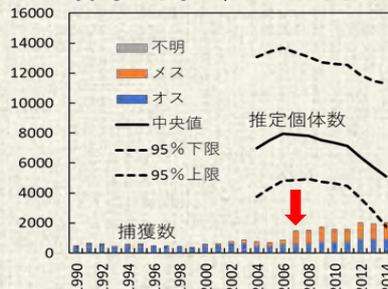
### ④ 個体数低減を達成した実例：モニタリングによりメスを中心とする捕獲強化を早期に実現 個体数管理にはモニタリングに基づく順応的管理が不可欠！

北海道東部（宇野 2017）

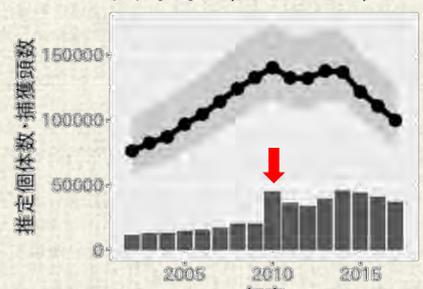


※ メスのみの捕獲数を表示

神奈川県（神奈川県提供）



兵庫県（高木 2019）

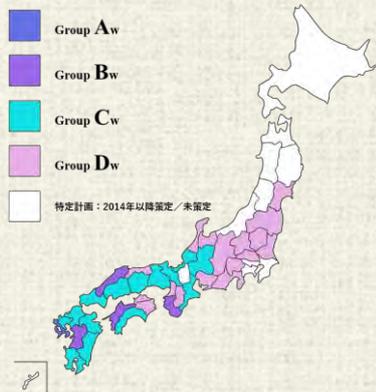


↓ は捕獲強化の開始時期を示す

# ● イノシシの狩猟者一人当たりの捕獲数の類型化と時系列変化

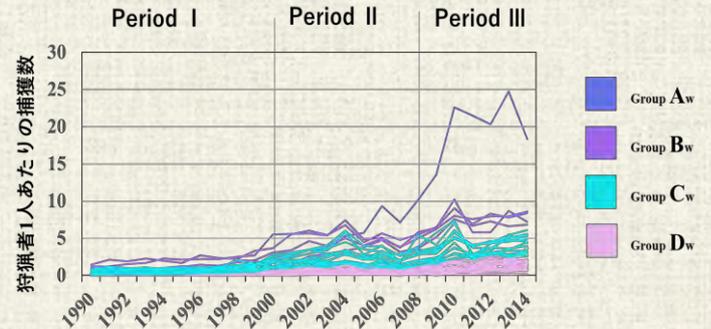
※ 2013年以前に特定鳥獣保護管理計画（特定計画）を策定した都道府県対象

## ① 捕獲数/狩猟者の時系列変化は4つのグループに分かれる



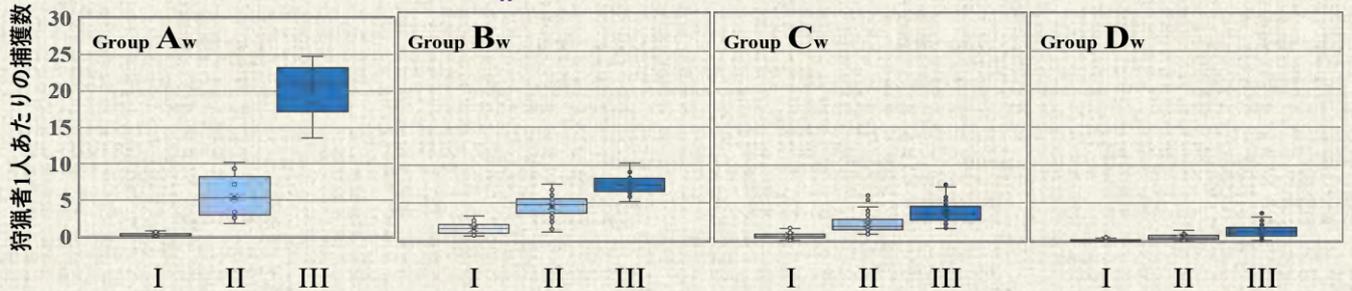
## ② 4グループとも捕獲数/狩猟者は年々増加

Period I: 1990-1999 ※ シカと異なり任意計画は不在  
 Period II: 特定計画（2000-2007）  
 Period III: 特定計画・鳥獣被害防止特措法（2008-2014）



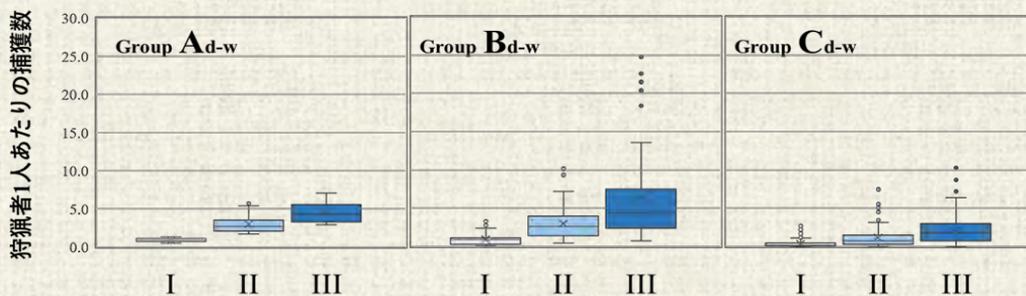
## ③ 捕獲数/狩猟者 グループ内：I < II < III グループ間：A<sub>w</sub> > B<sub>w</sub> > C<sub>w</sub> > D<sub>w</sub>

- 捕獲数/狩猟者の期間ごとの増加は、2014年までの計画経過年が長い（平均9年）Group A<sub>w</sub> B<sub>w</sub>で大きく、短い（平均7年）Group C<sub>w</sub> D<sub>w</sub>で小さい
- 捕獲数の伸び率が最も小さいD<sub>w</sub>は分布拡大地を多く含む



- Group A<sub>w</sub> : 長崎
- Group B<sub>w</sub> : 和歌山、島根、愛媛、熊本
- Group C<sub>w</sub> : 福井、岐阜、静岡、三重、滋賀、京都、兵庫、岡山、広島、山口、高知、福岡、佐賀、大分、宮崎、鹿児島
- Group D<sub>w</sub> : 宮城、福島、茨城、栃木、群馬、埼玉、富山、石川、山梨、長野、愛知、大阪、奈良、鳥取、徳島、香川

## ④ シカの類型グループに対応したイノシシの捕獲数/狩猟者の時系列変化 A<sub>d-w</sub> B<sub>d-w</sub> C<sub>d-w</sub> : I < II < III



シカの捕獲圧がもっとも高いグループA<sub>d-w</sub>ではイノシシの捕獲数/狩猟者は特措法の施行後も増加は低調

▶ 複数種の管理を統一的に実施することが重要

## 参考文献

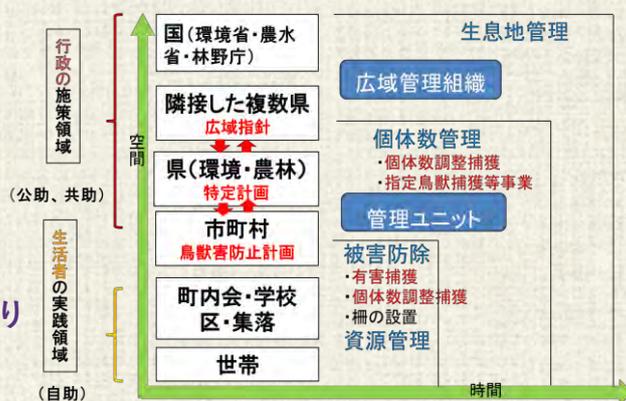
- 宇野裕之. (2017). 北海道のエゾシカ個体群の順応的管理. 日本のシカ: 増えすぎた個体群の科学と管理 (梶光一・飯島勇人, 編). 東京大学出版会, 東京.
- 高木俊. (2019). 兵庫県におけるニホンシカ個体群動態の推定と地域別の動向. 兵庫ワイルドライフモノグラフ, 11, 30-57.

# 空間スケールを考慮した統合的な野生動物管理システム

- 野生動物個体群の空間スケールに応じた管理主体の連携（広域管理組織、県、市町村等）と被害防除・個体数管理・生息地管理の統合的管理には、国・地域レベルでのデータベースが必要

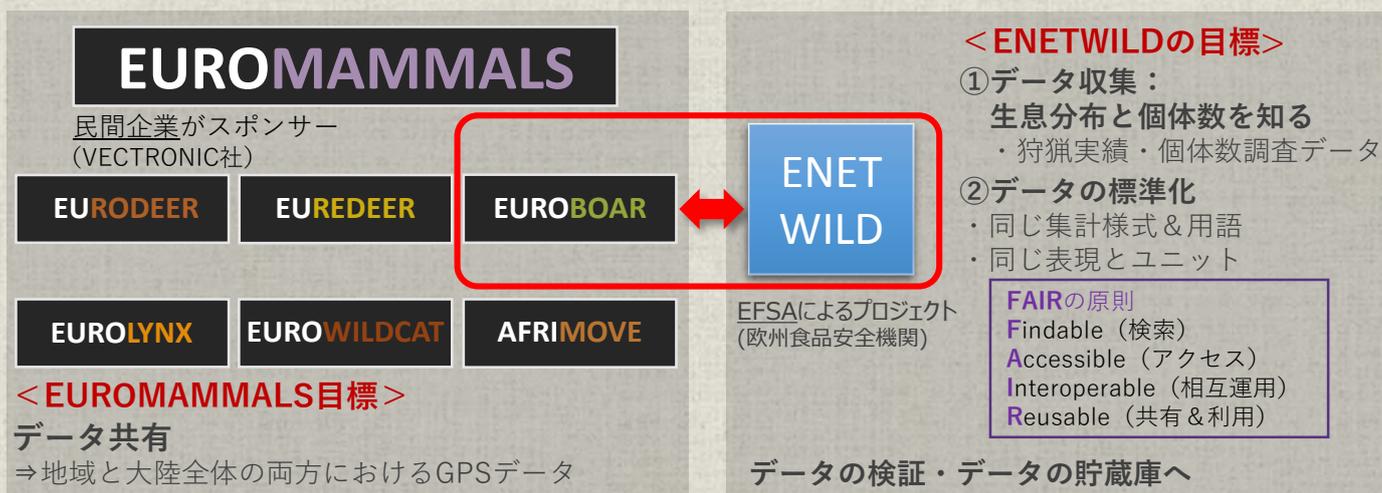
## ● 日本におけるシカ・イノシシ個体群管理の課題解決へ向けて

- 1) 生息動向の多様化（高密度維持、分布拡大or回復地域、市街地出没等）に応じた目標設定や対応
- 2) 都道府県の行政区にまたがる地域個体群への対応
  - ▶ 効果的管理の実施には各県の特定計画を束ねる広域管理組織（広域協議会）の設置が必要
- 3) 捕獲区分（狩猟・許可捕獲・指定管理事業）ごとの実施目的や実施主体が多様化し運用が複雑
  - ▶ 都道府県は捕獲区分の役割を理解し、管理ユニットごとに目標捕獲数を割り当てる必要がある
  - ▶ 市町村の有害捕獲実績を踏まえ、目標捕獲数を狩猟および県の事業で補完するしくみが必要
- 4) 都道府県による特定計画と市町村の被害防止計画との具体的整合と情報共有
  - ▶ 空間スケールに応じた管理主体の連携による統合的管理の推進
- 5) 地域における複数種管理が必要
- 6) 特定計画の計画と実行の科学的評価
  - ▶ 持続的な統合的管理の推進に向けて、多様な捕獲事業から得られるデータの標準化を図り国や地域レベルで分布と個体数に関するデータベースを構築・利用できる仕組みが必要



## シカ・イノシシの広域管理に向けて：ヨーロッパに学ぶデータのプラットフォーム

研究機関の協同的科学の推進により、異なる生息地と管理体制下の大型獣の生態情報の収集と共有



- ・ヨーロッパでは科学的データを収集・共有する包括的なデータベースの構築が急速に発展
- ・住民を巻き込んだモニタリング（ITシステムを利用）と対策（市民の科学）を目指し始めている
- ・ASF（アフリカ豚熱）危機は科学的根拠に基づいた管理を発展させる好機と認識されている（Vicente et al. 2019）

- ▶ シカ・イノシシの分布拡大と生息数増加、CSF（豚コレラ）危機にある日本においてもFAIRの原則に基づいた国・地域レベルのデータベース構築と利用の仕組みづくりが急務である

## 参考文献

- Vicente et al. (2019). Science-based wildlife disease response. *Science* 364(6444), 943-944.

# モニタリング体制に応じた個体数推定モデル

- 高い精度の個体数推定にはモニタリングデータの蓄積が必要となるがデータの収集状況に応じて、3段階の個体数推定モデルを提案
- 局所的な密度推定、空間的な密度分布推定、時空間的な動態予測がアウトプットとして提供可能

## ● データの収集状況に応じた3段階の推定モデル

### ① 局所推定モデル

既存のモニタリングデータの活用が難しい状況でも調査対象地における新規データ収集に基づき密度を推定可能

#### 【詳細な捕獲データが得られる場合】

日別捕獲数と捕獲努力量を用いた

**OpenCE p16**

**CDCE p17**

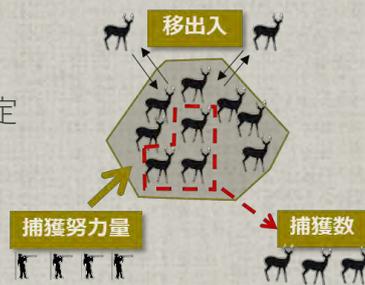
による個体数および捕獲効果推定

#### 【捕獲データが得られない場合】

自動撮影カメラを用いた

**RESTモデル p3**

による生息密度推定



### ② 空間推定モデル

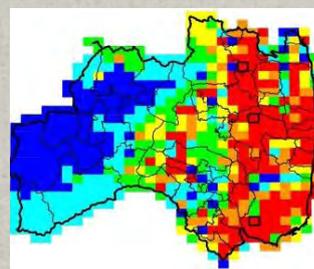
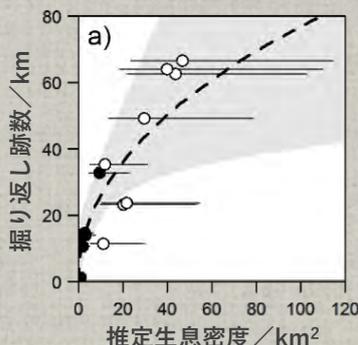
空間的な密度指標がモニタリングされている、あるいは新たに広域調査が可能な場合  
①の局所推定モデルと統合することで、空間的な密度分布を単年度で推定可能

#### 【推定に用いる密度指標の例】

- 糞粒・糞塊密度 (シカ)
- SPUE (努力量あたり目撃数)
- CPUE (努力量あたり捕獲数)
- 掘り返し跡数 **イノシシの密度指標 p4-5**

密度指標を広域で収集、①局所推定モデルと組み合わせることで広域密度推定が可能

**福島県での推定事例 p24**



### ③ 時空間動態モデル

空間的な密度指標と捕獲状況が経年でモニタリングされている場合  
捕獲と密度指標変動のパターンから動態予測や分布拡大過程の推定が可能

#### 【捕獲が個体群動態に影響する場合】

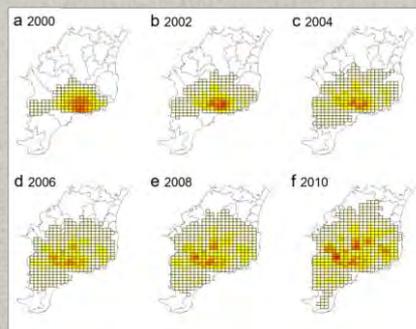
**捕獲に基づく動態モデル p10** による

個体数、増加率の推定と動態予測

#### 【移動分散が個体群動態に影響する場合】

**移出入を考慮した動態モデル p12** による

個体数、増加率、移動率の推定と分布拡大予測



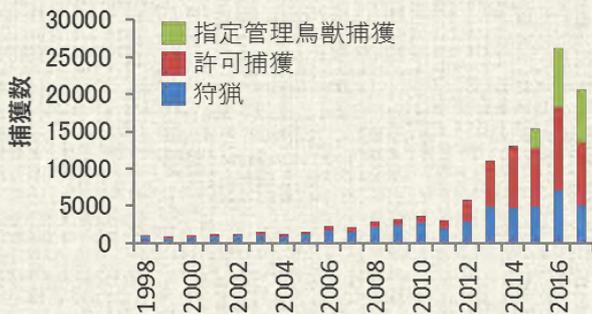
▶ 利用可能なデータに応じて段階的にアウトプットを更新しながらモニタリング体制の充実を図ることで効果的・継続的な個体数管理体制の構築を目指す

# 分布拡大地（福島県）における イノシシ生息密度推定の試行

- 福島県において2018年度に自動撮影カメラによる調査を3メッシュ(約5km四方)で実施し、捕獲数、捕獲努力量等から得られる広域密度指標と組み合わせることで密度推定を試行
- カメラ調査メッシュ数や、CPUEなどの密度指標が不十分であるという課題はあるが、経年的に個体数を推定し、捕獲事業にフィードバックできる可能性が示唆された

## ● 福島県におけるイノシシの捕獲状況

イノシシの分布域の拡大  
生息数の増加 ▶ 捕獲数が急増

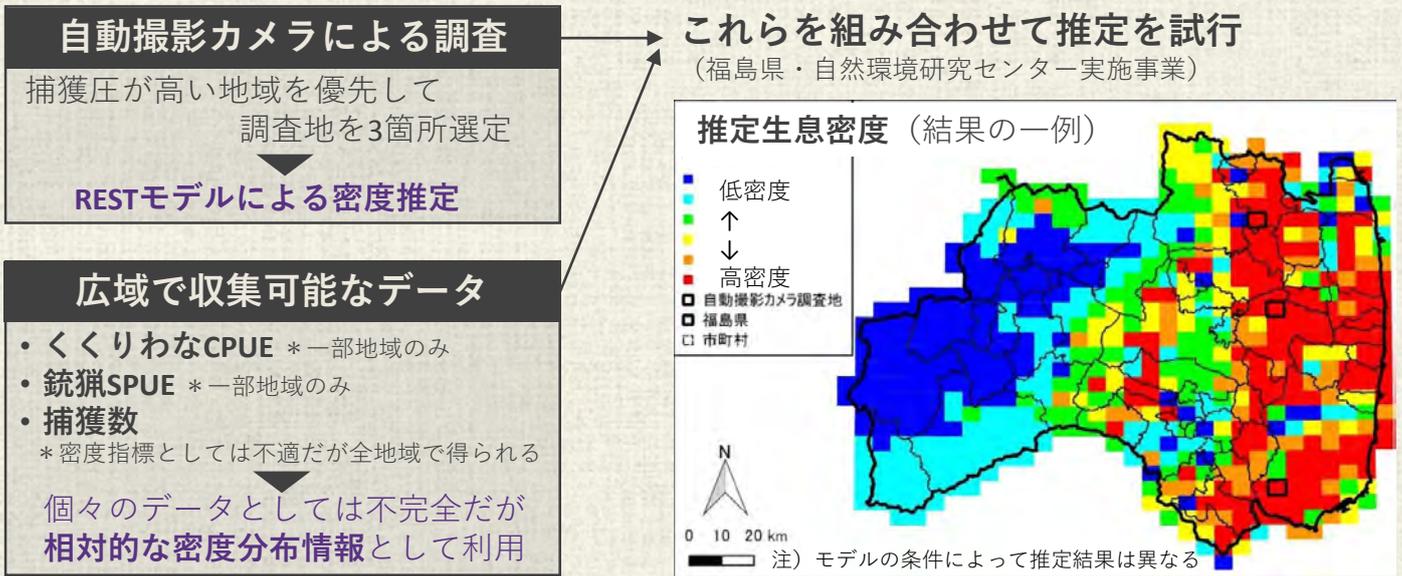


### 捕獲体制

- 許可捕獲  
有害捕獲（市町村）  
個体数調整捕獲（県が市町村長に権限を委譲）
- 狩猟（狩猟者に助成を行う市町村に県が補助）
- 指定管理鳥獣捕獲等事業（県）
- 帰還困難地区内捕獲等事業（環境省）  
その担い手は地元猟友会員（環境省事業を除く）

▶ 複数の捕獲事業が実施される中、統一的なモニタリングデータの収集体制がない

## ● 福島県事業と連携したイノシシの生息密度推定



- ▶ 限られたデータからの推定のため精度の検証が必要だが  
密度指標データと自動撮影カメラによる推定を組み合わせることで分布拡大地における密度分布が推定できる可能性が示された
- ▶ 複数事業における捕獲数や捕獲努力量のデータを統一的に収集する体制が構築できれば経年的な個体数の推定と捕獲事業へのフィードバックが見込まれる

### 参考文献

- 福島県. (2019). 福島県イノシシ管理計画 (第3期)
- 福島県. (2019). 平成30年度福島県指定管理鳥獣 (イノシシ) 生息数推定業務報告書

# 卷末付録

# 生息密度推定のための自動撮影カメラ調査手順

## 事前準備

### ● 必要機材

▶ 自動撮影カメラの反応速度比較 p 29

必要に応じて



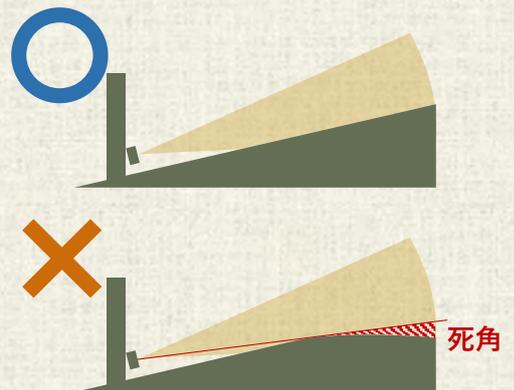
### ● カメラ設置候補地点の選定

- 調査対象エリア内の様々な環境が含まれるようにカメラ設置点をランダムに選定
  - ※ GISソフトウェア (Arc GIS, QGIS) などを利用
  - ※ 調査可能な範囲から選定 (急傾斜地やアクセス困難地などは除外せざるを得ない)
  - ※ 調査対象エリアは任意だが、エリア内の平均的な生息密度が推定されるため、地理的に分断しているなど、対象種の生息密度が大きく異なる可能性のある地域を同一の調査対象エリアに含めることは望ましくない
  - ※ 対象種の生息密度にもよるが、20台×1ヶ月以上の調査努力を推奨
- 調査エリア (カメラ設置点) における調査許可申請
  - ※ 無断で自動撮影カメラを設置することは望ましくない
- カメラ設置候補地点の位置情報 (経緯度) をGPSに保存

## 現地調査

### ● カメラ設置場所の選択基準

- 事前に選定したカメラ設置候補点付近の立木に固定
  - ※ 候補点付近に立木が無い場合は木杭などで代用することは可能だが動物に倒されるリスクが高くなる
  - ※ 直径10-30cm程度の立木が安定しておりカメラも固定しやすい
  - ※ 曲がりや根張りがある木は角度の調整が難しいので避けたほうが無難
- カメラの撮影範囲に死角が生じない地形 (右図参照)
  - ※ 死角が生じてしまうと動物の進入と滞在時間の正確な計測が困難
- 故意に獣道などの動物が利用しそうな場所を選ばない
  - ※ 動物が撮影されやすそうな場所ばかり選択すると過大評価に繋がる



❌ここに記した自動撮影カメラ調査手順は一例です  
❌カメラの機種や設置環境等にあわせて適宜ご改善ください

## ● カメラ設置手順

### 1 立木の周囲長にあわせて針金を切断

- ・周囲長よりも15cm程度長く



### 2 立木にカメラを仮固定

- ・地上高10-20cm程度
- ・きつく締めすぎない
- ・誤作動の要因となりそうなカメラ付近の植生を除去



### 3 撮影範囲明示用の巻尺と杭を設置

- ・レンズ直下にUピンで巻尺起点を固定
- ・撮影方向に向けて巻尺を張る
- ・正三角形の撮影範囲の頂点と底辺中央に杭を打つ
- ・範囲にあわせて杭をヒモで結合しておく作業しやすい



### 4 カメラの角度を調整

- ・垂直方向はカメラ背面に枝をはさむなどして調整



### 5 テスト撮影

- ・動画を撮影



### 6 画角の確認

- ・電源をOFFにしてタブレットと接続
- ・正三角形の撮影範囲が画角に収まるまで手順4-6を繰り返す
- ・最後に針金を締めてカメラを固定



### 7 電源をONにして設置情報を記録

- ・電源を入れ忘れないこと!
- ・カメラ番号・SD番号  
日時・経緯度等を記録
- ・巻尺と杭は撤去
- ・必要に応じて盗難防止措置  
注意喚起看板  
標識等の設置



※一般的な自動撮影カメラの焦電型赤外線センサーは垂直方向の検知角度が狭くなっているため正三角形の撮影範囲を画像の下2/3程度に収める

# 撮影動画からの滞在時間計測方法

## ● おすすめのソフトウェア



MPC-HC (動画再生ソフト)

<https://mpc-hc.org/>

- ・撮影経過時間 (残り時間) をミリ秒単位で表示
- ・複数動画リスト再生
- ・コマ送り (戻し) 機能



ScreenMarker (デスクトップ描画ソフト)

<https://screenmarker.jp.uptodown.com/windows>

- ・デスクトップに図形を描画

## ● 滞在時間計測手順

### 1 MPC-HCで動画を開く

### 2 撮影された杭の位置を基準に ScreenMarkerで正三角形の範囲を図示

ここを右クリックして下記項目を選択

- 残り時間
- 高精細表示

### 3 対象種が正三角形のエリアに進入したら その時の残り時間を記録

進入の判定は **両後足が範囲に入った瞬間**

● まだ右後足が範囲外

● ここで右後足も範囲内

- 00:07.390 / 00:10.336  
残り時間 7.4 (7.390) 秒

### 4 進入時刻(日時)を算出

動画記録時刻 - 残り時間  
(更新日時)  
21:25:18      0:00:07.4  
= 21:25:10.6 進入時刻

### 5 対象種が正三角形のエリアから退出したら その時の残り時間を記録

退出の判定は **両後足が範囲から出た瞬間**

● まだ右後足が範囲内

● ここで右後足も範囲外に

- 00:08.557 / 00:10.336  
残り時間 8.6 (8.557) 秒

### 6 退出時刻(日時)を算出

動画記録時刻 - 残り時間  
(更新日時)  
21:26:24      0:00:08.6  
= 21:26:15.4 退出時刻

### 7 滞在時間を計算

退出時刻 - 進入時刻 = 滞在時間  
21:26:15.4      21:25:10.6      64.8 秒

✖ 撮影終了時(開始時)に対象種が範囲内において正確な退出(進入)時刻が不明の場合はその時点まで(からの)滞在時間を計測し打ち切りデータとして推定に利用

# 自動撮影カメラの反応速度比較

2012年発売

2017年発売

2019年発売

2017年発売

ルート 速度	Bushnell Trophy Cam HD	Bushnell Trophy Cam HD Aggressor	Bushnell CORE DS	Browning Strike force HD Pro
 カメラ				
遅 	 良	 良	 優	 優
普 	 遅	 良	 優	 優
速 	 遅	 可	 良	 良
遅 	 良	 優	 優	 優
普 	 可	 優	 優	 優
速 	 遅	 良	 良	 良
遅 	 遅	 良	 優	 優
普 	 遅	 可	 優	 優
速 	 遅	 遅	 優	 優

遅：時速2km程度 普：時速4km程度 速：時速6km程度

- RESTモデルで利用する際には動物を撮り逃さないことが重要
- トリガー速度に優れた機種を利用することが望ましい

# 研究体制

独立行政法人 環境再生保全機構 環境研究総合推進費 【4-1704】

異質環境下におけるシカ・イノシシの個体数推定モデルと持続可能な管理システムの開発

課題代表者：横山 真弓（兵庫県立大学）

## サブテーマリーダー

サブテーマ1：横山 真弓（兵庫県立大学）

サブテーマ2：宮下 直（東京大学）

サブテーマ3：深澤 圭太（国立環境研究所）

サブテーマ4：奥田 圭（広島修道大学）

サブテーマ5：梶 光一（東京農工大学）

## 研究分担者

サブテーマ1：高木 俊（兵庫県立大学） 栗山 武夫（兵庫県立大学）

サブテーマ3：横溝 裕行（国立環境研究所）

## 研究協力者

サブテーマ1：東出 大志（兵庫県立大学） 中島 啓裕（日本大学）

サブテーマ2：深谷 佑紀（東京大学） 横山 雄一（東京大学）

笠田 実（IGB-Berlin） 長田 穰（東北大学）

筒井 優（東京大学）

サブテーマ4：加茂前 秀夫

サブテーマ5：林 好美（東京農工大学）

---

独立行政法人 環境再生保全機構 環境研究総合推進費 (4-1704)

**異質環境下におけるシカ・イノシシの個体数推定モデルと持続可能な管理システムの開発 成果報告集**

2020年3月発行

監修・発行 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 森林動物系

〒669-3842 兵庫県丹波市青垣町沢野940

TEL 0795-80-5500

URL <https://sites.google.com/view/hyogowildlife/suishin2017>

