


【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

実施期間：2017年4月～2020年3月  
研究経費（累積額）：125,605千円



研究代表者

兵庫県立大学

横山真弓

# 研究目的

背景	密度指標の不足	データの質と量の確保が困難	分布拡大地では生態情報が不足	データに応じた推定モデルの不足	捕獲の効果検証ができていない	管理体制が構築されていない
目的	データの質と量の確保		分布拡大地の状況を把握	データの質量と構造に応じた推定モデルの開発		持続可能な管理システムの提案

## データ収集

1. 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  
兵庫県立大学

## モデル構築

2. 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  
東京大学

## モデル構築

3. 効率的な捕獲のための事業効果測定モデルの開発  
国立環境研究所

## データ収集

4. 分布拡大地におけるイノシシの生態特性の解明  
広島修道大学

## システム化

5. 人口減少による野生動物の分布拡大地（福島県）への応用  
東京農工大学

# 研究体制

研究代表者：横山 真弓（兵庫県立大学）

サブテーマ1：兵庫県立大学

◎横山 真弓 ○高木 俊 ○栗山 武夫

△東出大志 △中島 啓裕（日本大学）

サブテーマ2：東京大学

◎宮下 直 △深谷 佑紀 △横山 雄一 △筒井 優

△笠田 実（IGB-Berlin） △長田 穰（東北大学）

サブテーマ3：国立環境研究所

◎深澤 圭太 ○横溝 裕行

サブテーマ4：広島修道大学

◎奥田 圭 △加茂前 秀夫

サブテーマ5：東京農工大学

◎梶 光一 △林 好美

# 主な成果

## 目的

データの質と量の確保

分布拡大地の状況を把握

データの質量と構造に応じた推定モデルの開発

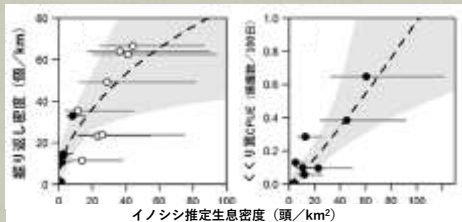
持続可能な管理システムの提案

## 主要な成果

### イノシシの密度指標開発

有効と考えられる密度指標

- 掘り返し跡
- くくり罠CPUE



### データ収集の効率化

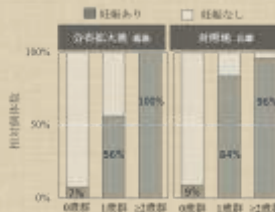


- スマホアプリの開発
- 深層学習による画像データからの成獣・幼獣判別



### 分布拡大地での繁殖

- イノシシ繁殖状況の解明
- 効率的捕獲に向けた提言



### ① 局所推定モデル

- 日別捕獲数と捕獲努力量
- 個体数と捕獲効果の測定

狭域

単年

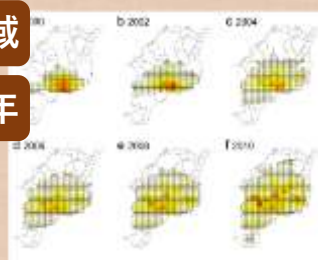


### ③ 時空間動態モデル

- 広域密度指標 + 広域捕獲状況
- 動態予測、分布拡大推定

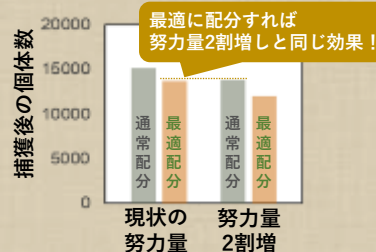
広域

複年



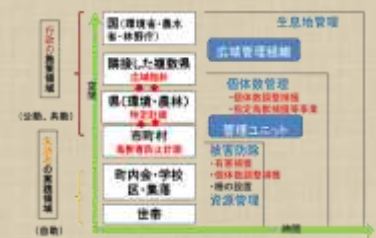
### 最適な捕獲努力配分

- 複数種の同時管理
- 効率的な捕獲努力の配分



### 持続可能な管理体制

- 各都道府県の状況整理
- 課題解決に向けた提案
- 学術会議、鳥獣管理法、生物多様性国家戦略





# イノシシの密度指標の開発

## 局所密度の推定

自動撮影カメラを用いた  
REST法のイノシシへの適用

Random Encounter and  
Staying Time model

$$D = \frac{E(Y) \cdot E(T)}{sH}$$

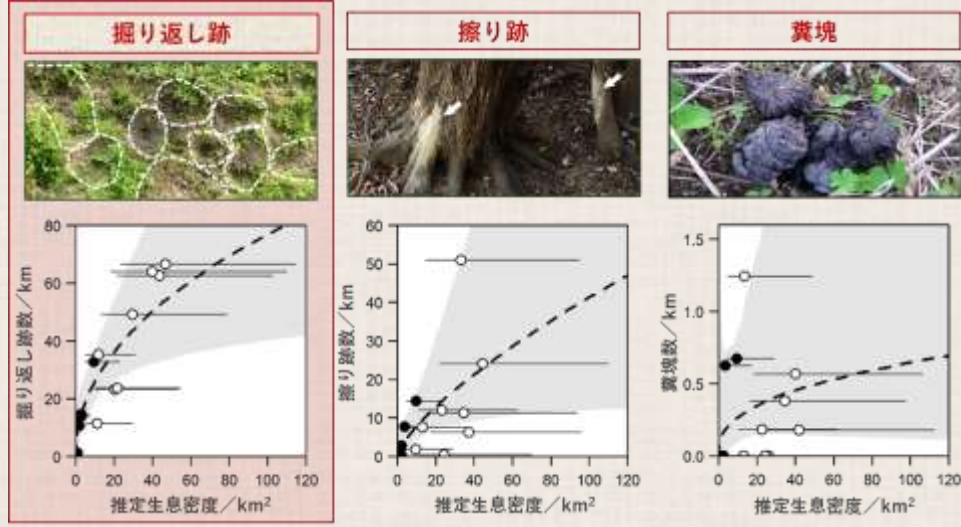
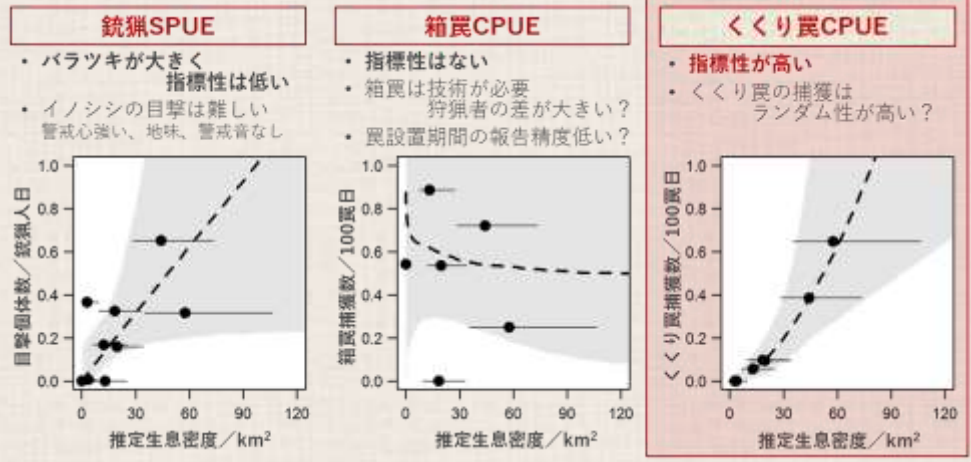
- $D$  : 生息密度
- $E(Y)$  : 撮影回数の期待値
- $E(T)$  : 滞在時間の期待値
- $s$  : 検出面積
- $H$  : 調査期間 (稼働時間)



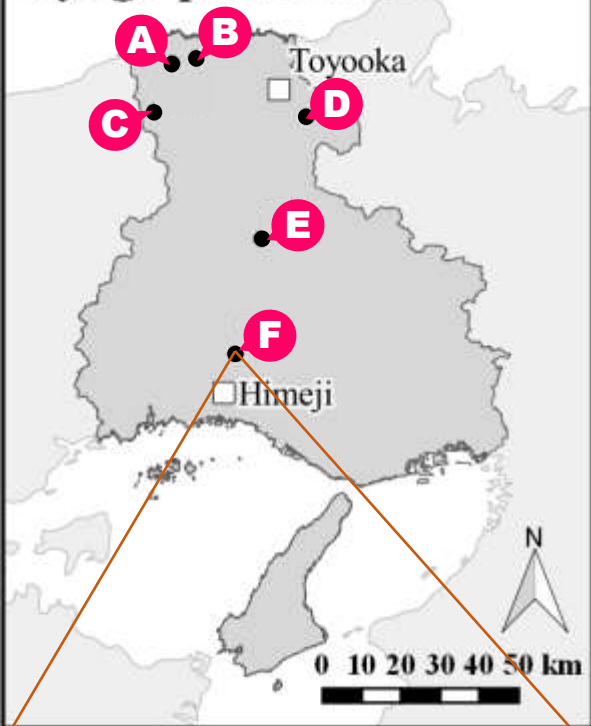
捕獲努力量の指標

痕跡の指標

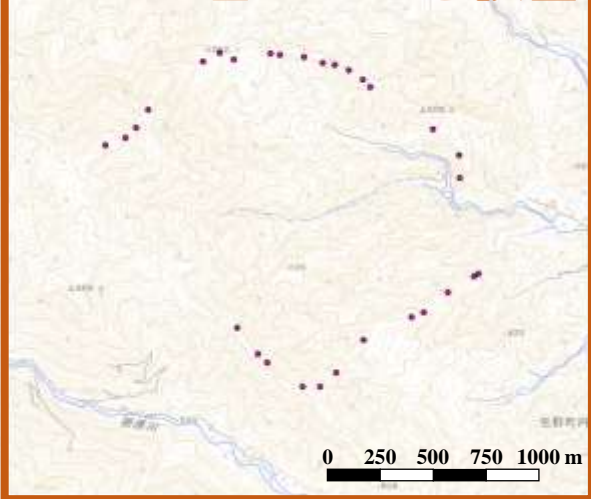
## 広域相対密度指標



# Hyogo prefecture

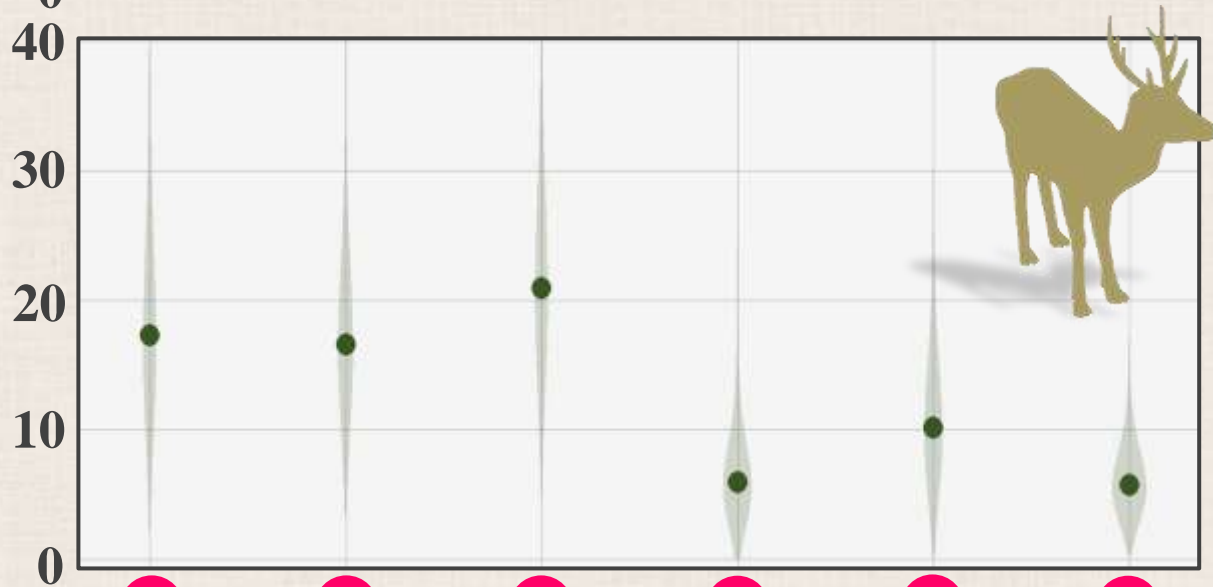
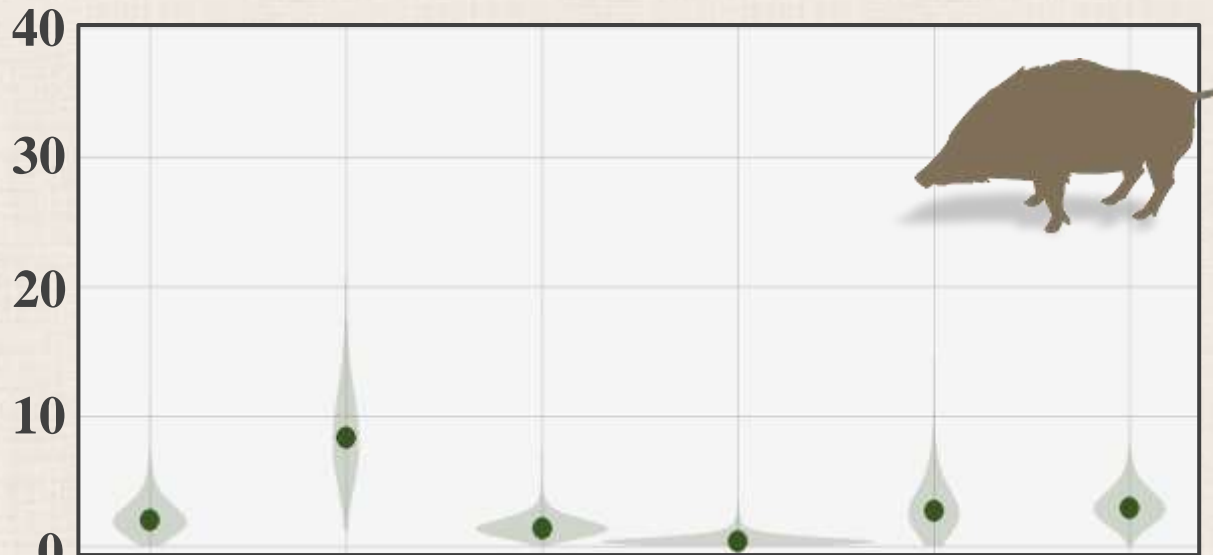


各地域30台カメラを設置



生息密度  
(/km<sup>2</sup>)

# シカとイノシシの同時推定



**A** 新温泉    **B** 香美    **C** 新温泉    **D** 豊岡    **E** 朝来    **F** 姫路

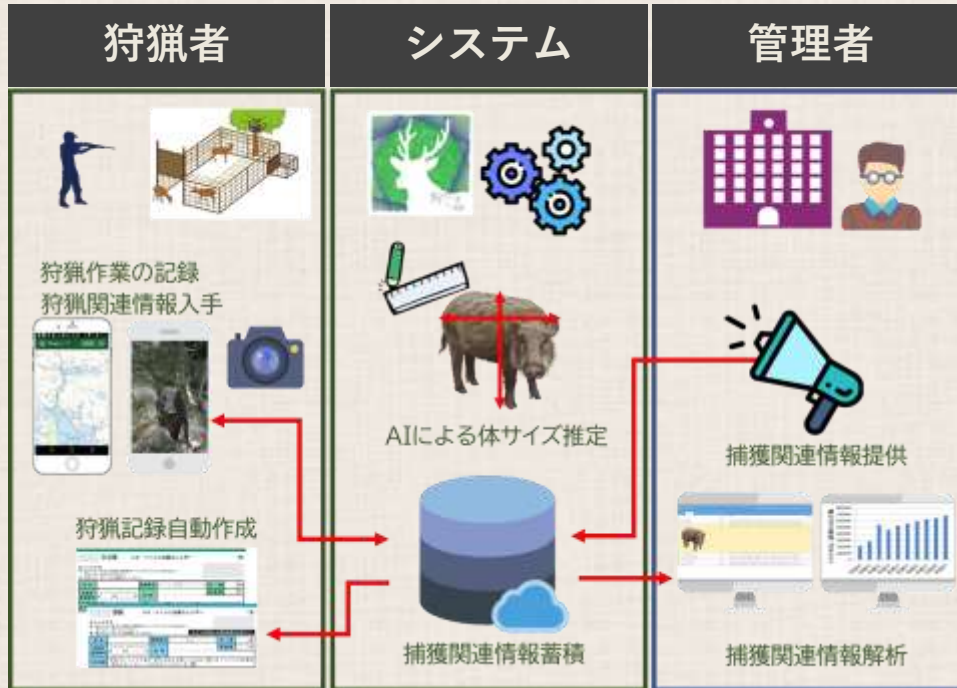
調査地域

# 個体数推定データ収集アプリケーション

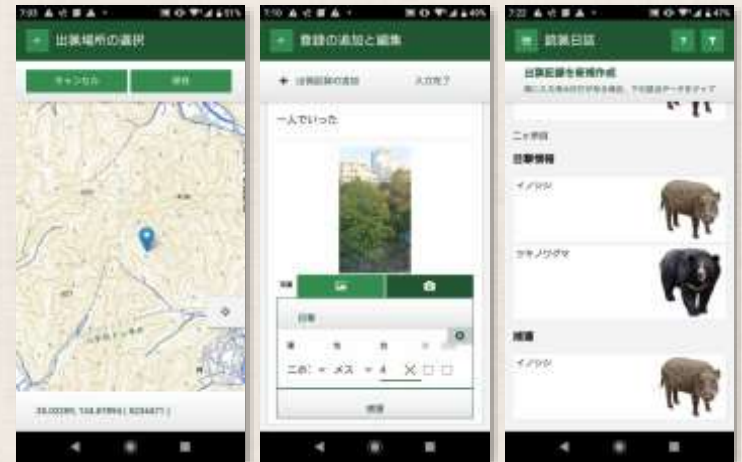
カリング

## 「狩ingマップ」の開発

### ● 狩ingマップの構成



### 銃猟記録



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

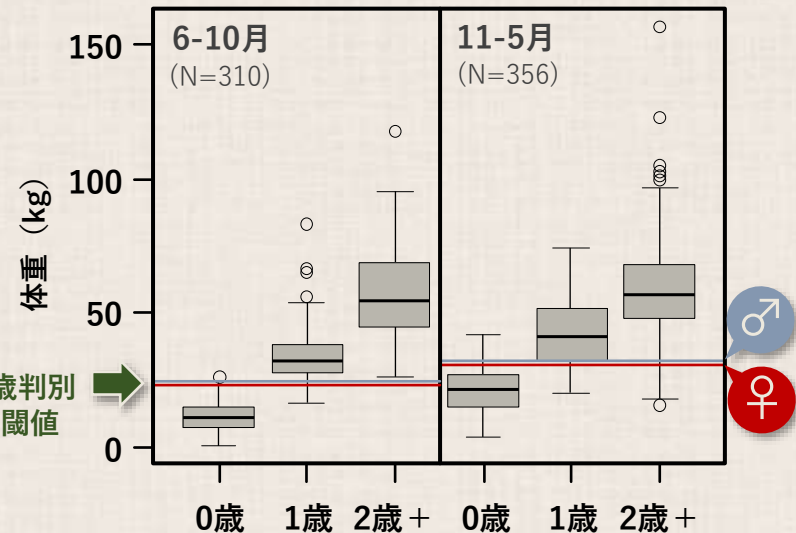
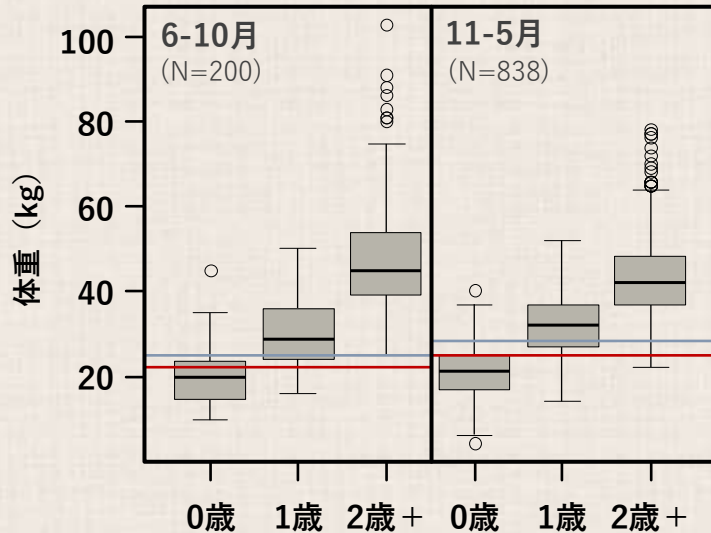
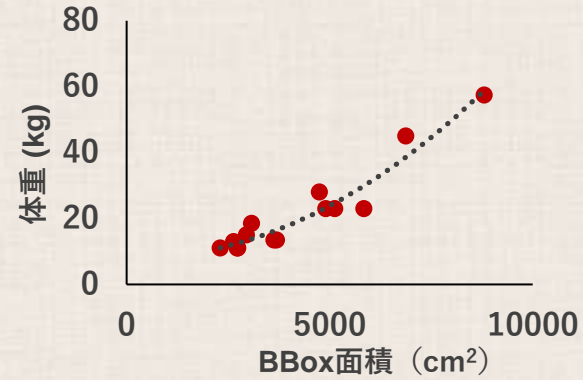
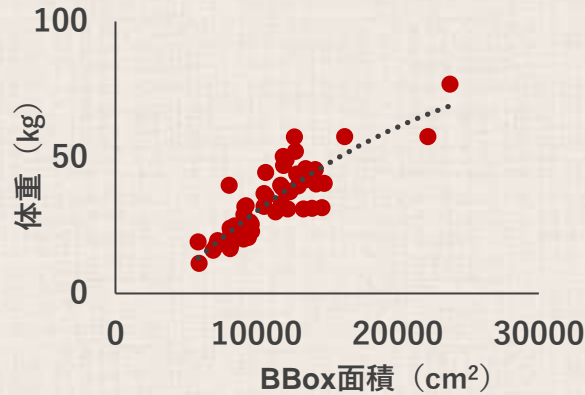
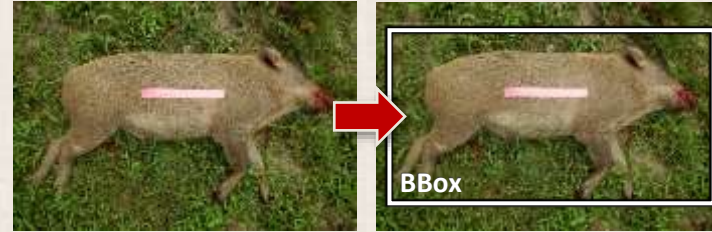


iOS版



# 画像から幼獣・成獣を推定

イノシシ・シカともに幼獣・成獣判別を「狩ingマップ」に実装

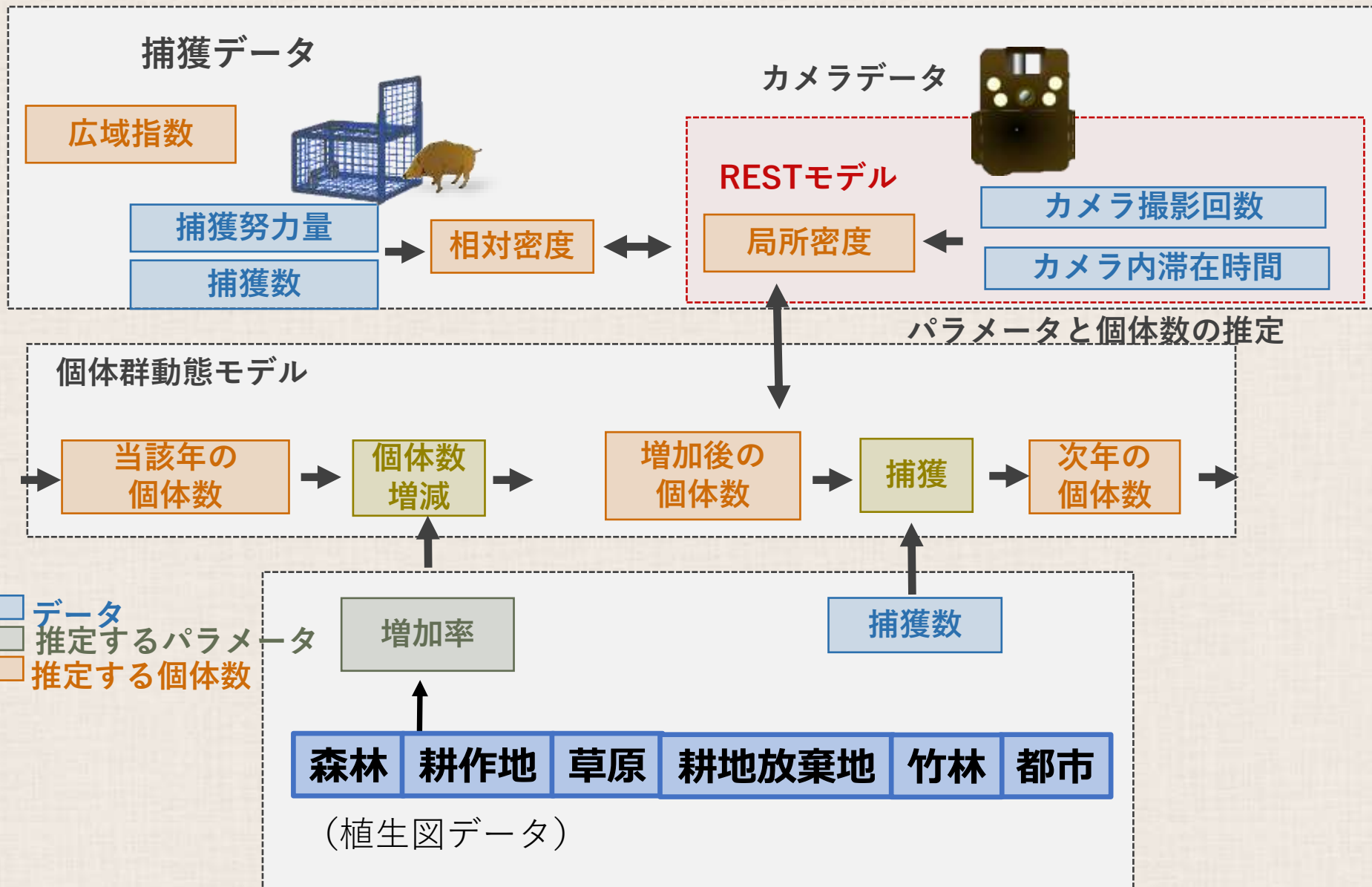






サブ2

# 景観構造を組み込んだイノシシの 個体群動態モデル

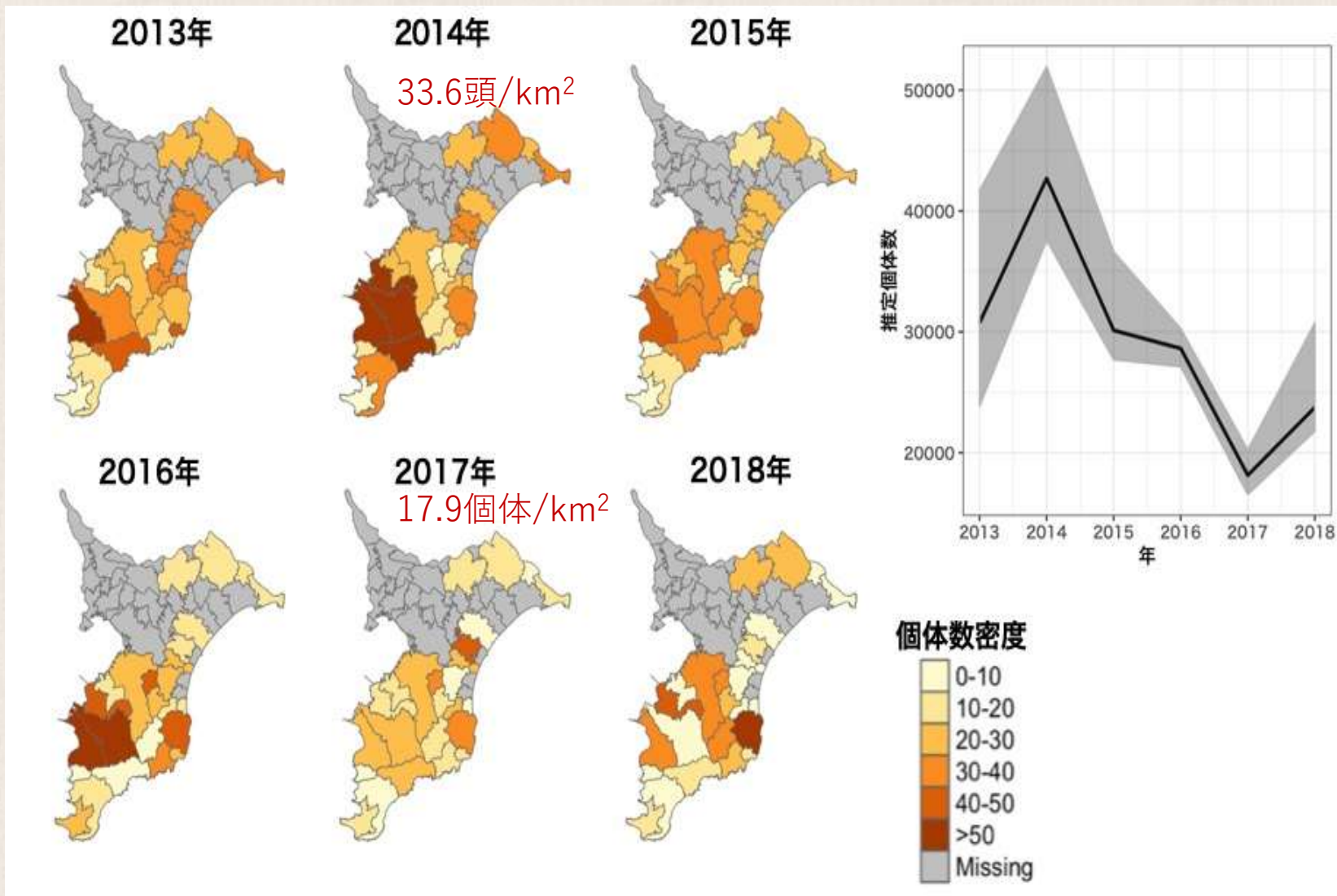




サブ2

# イノシシの推定生息数（経年変化）

個体数は、年変動が大きいですが2014年をピークとして減少傾向（千葉県）

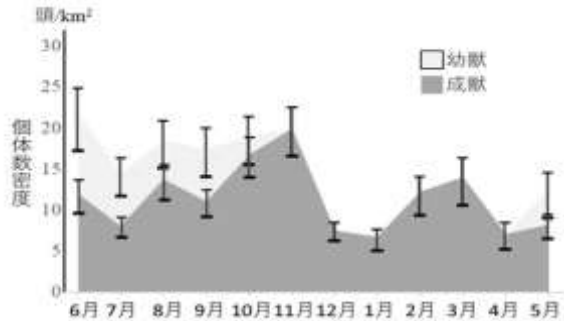




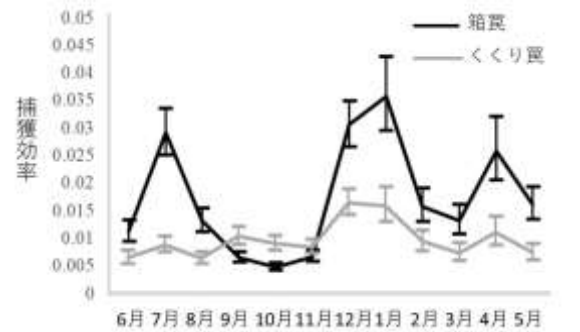
# イノシシの推定生息数

イノシシの個体数、環境選好性、罠の捕獲効率を同時推定に成功

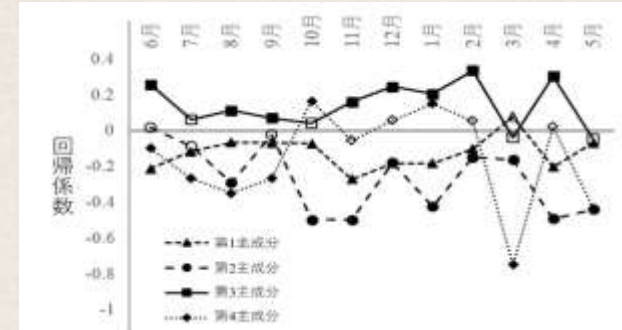
### 月別生息密度 (千葉県)



### 月別捕獲効率

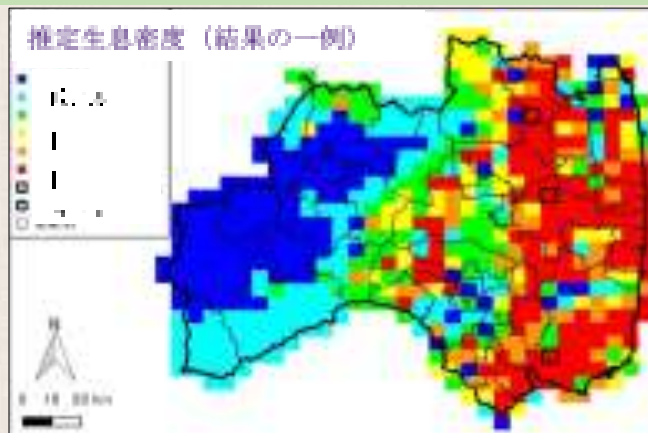


### 月別環境選好性



## 単年度データによる試行的推定

(福島県) (サブ3, 4, 5との連携)



(兵庫県)

(サブ1との連携)

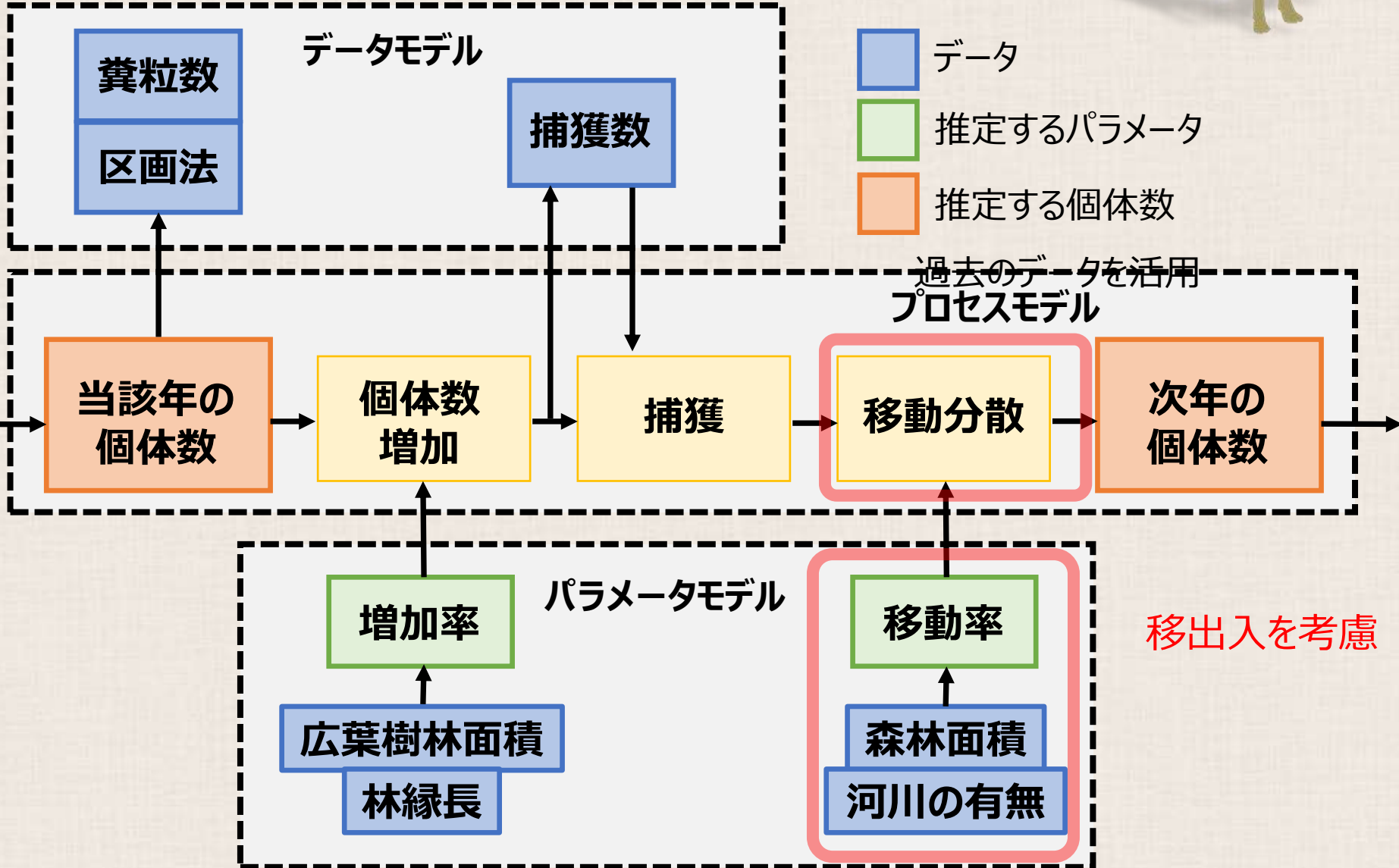


・精度は低いですが単年度ごとの推定も可能が示せた。

・経年的データ収集により経年変化が追跡可能

# 異質景観下におけるシカの増殖と 分布拡大を同時推定するモデル

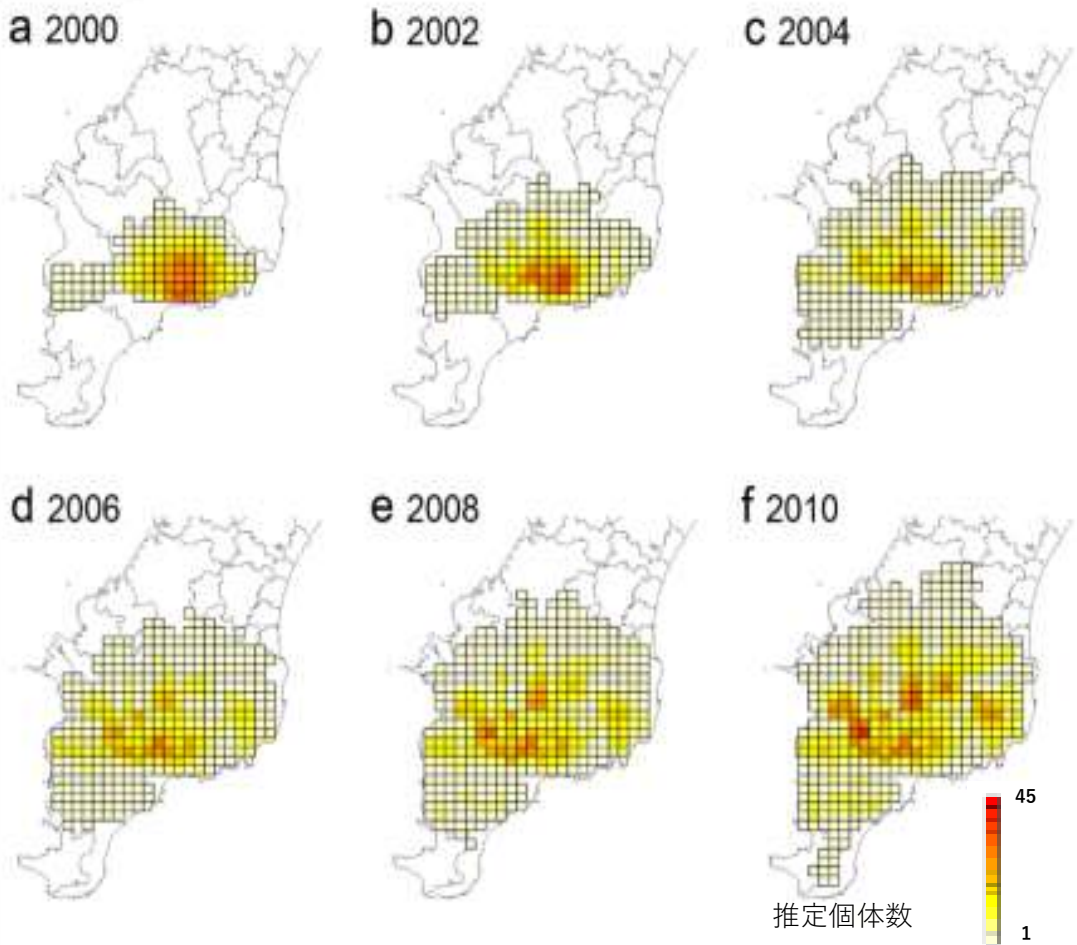
PFMCMCアルゴリズムを適用



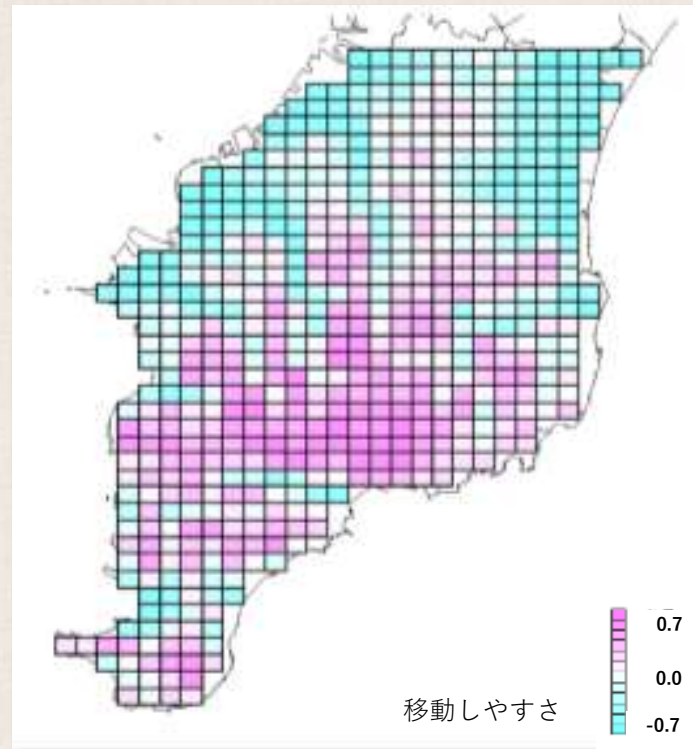


# シカの推定個体数の変化と移動率

房総半島におけるシカの分布拡大と  
個体数増加の推定



移動率の推定値

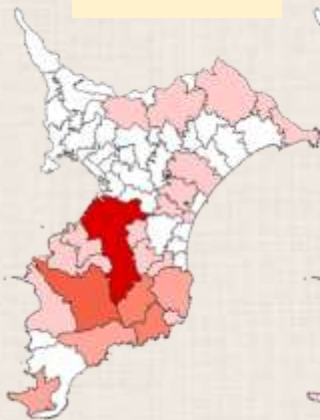


森林面積が分散に正の影響  
を及ぼしていた

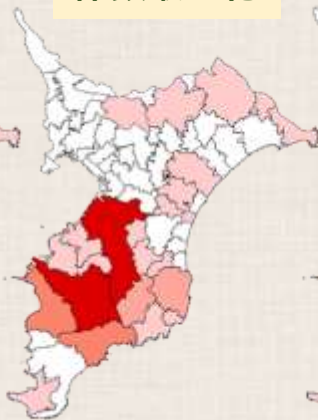
# シカ・イノシシの個体数低減を目的とした捕獲努力の空間的な最適配分モデル

捕獲努力量

2017年度  
の努力量



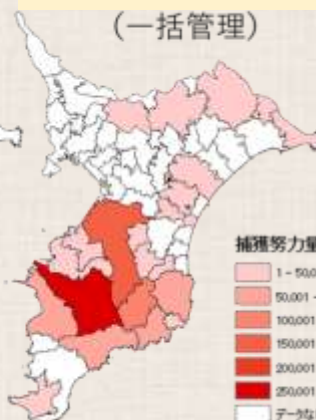
イノシシ個  
体数最小化



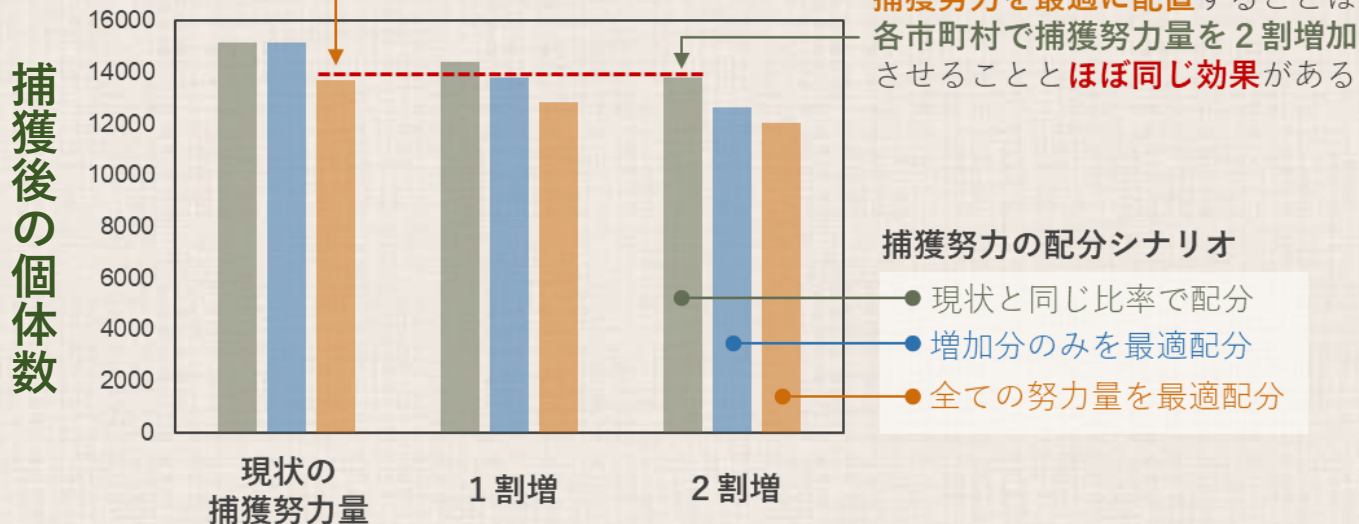
シカ個体  
数最小化



イノシシとシカの合計個体  
数が最小になる捕獲努力量  
(一括管理)



シナリオ別捕獲後の個体数



最適配分

保護区の設定等にも利用されている最適化手法「焼きなまし法」を採用



# 指定管理鳥獣捕獲等事業における捕獲効果の評価

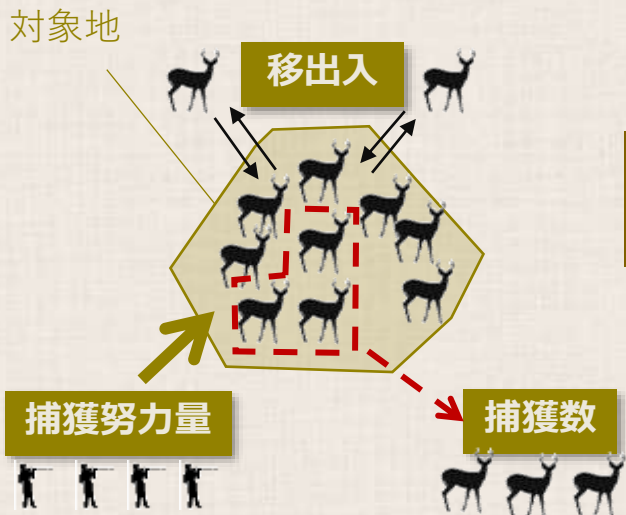
捕獲効果<sup>①</sup>を評価するためにCPUE（および密度指標）の時間変化から捕獲効率<sup>②</sup>を推定する統計手法（= 除去法, catch-effort method）を適用

$$\text{捕獲効果 (捕獲率)} = \text{捕獲効率} \times \text{面積当たり捕獲努力量}$$

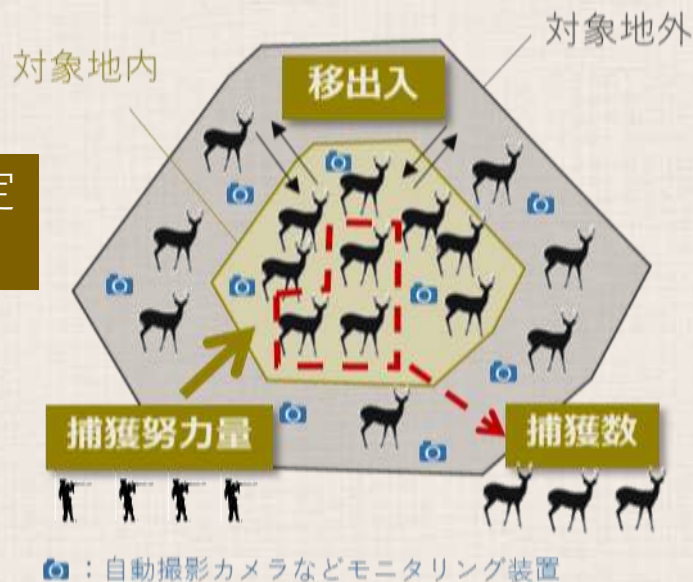
面積当たり捕獲努力量に対する捕獲個体の割合

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

## 開放個体群除去法 OpenCE



## 対象地内外比較デザイン除去法 CDCE

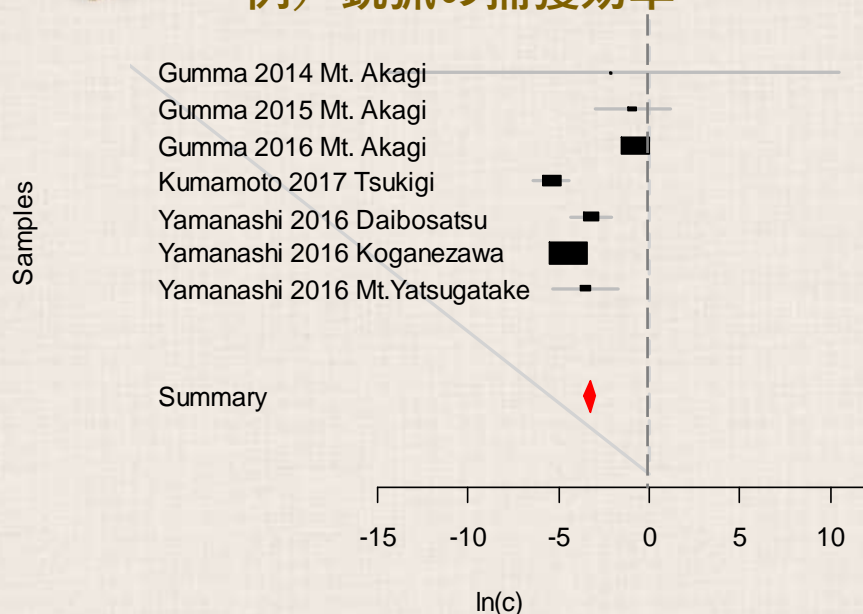


局所密度推定にも利用



# 実データへの応用とマニュアル化

## 実データの適用 例) 銃猟の捕獲効率



銃猟		くくりわな	
平均	95%CI	平均	95%CI
3.60%	2.6-5.0	0.22%	0.17-0.29

### 増加と捕獲が釣り合う捕獲努力量

銃猟 (人日/km <sup>2</sup> )		くくりわな (わな日/km <sup>2</sup> )	
平均	95%CI	平均	95%CI
7.1	5.2-9.8	115	87.8-150.5

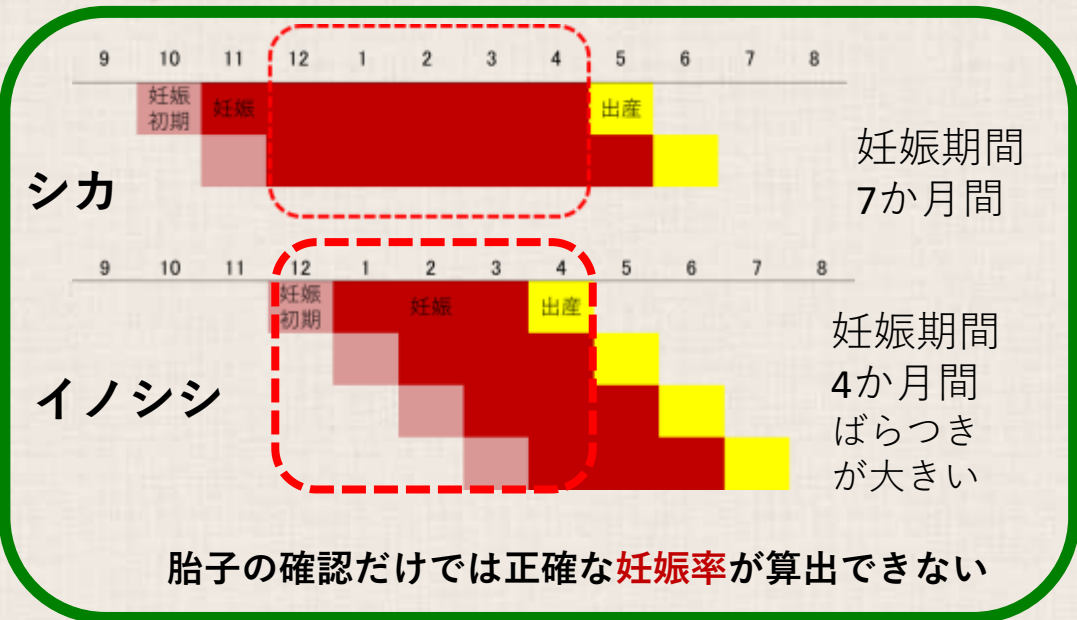
## 捕獲効果の評価手法の選択マニュアル



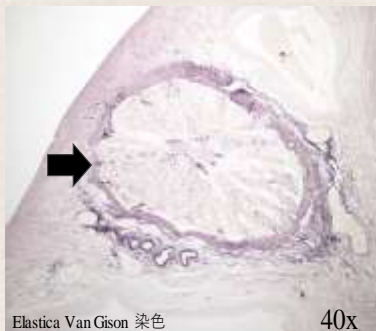
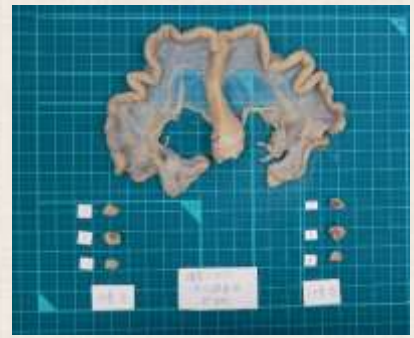




# 分布拡大地におけるイノシシの繁殖特性

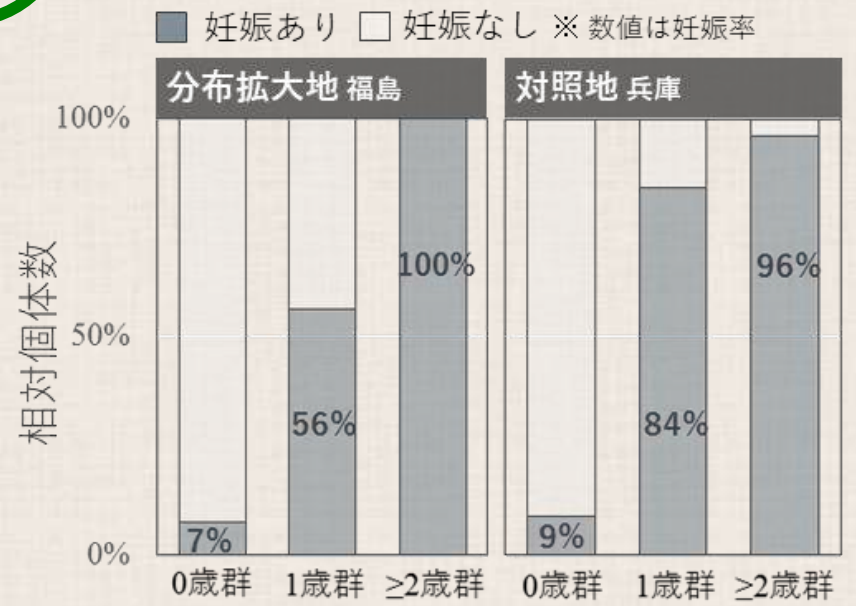
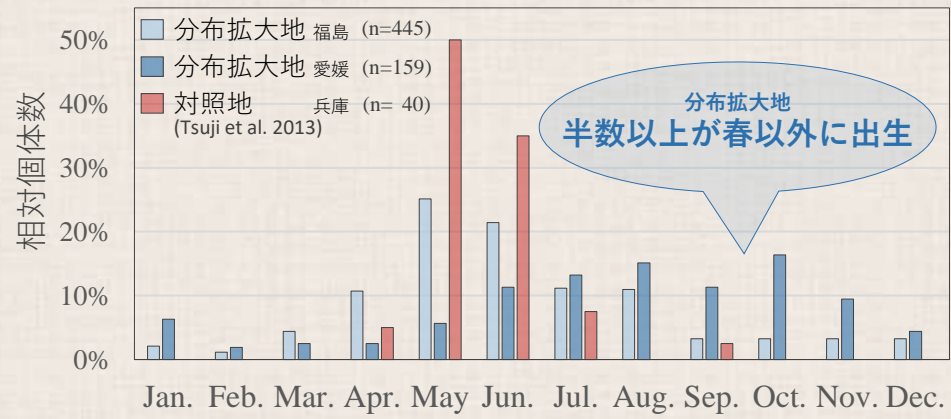


胎子が確認されない時期は、  
卵巣の黄体退縮物による判定を行った。



胎子の確認だけでは正確な**妊娠率**が算出できない

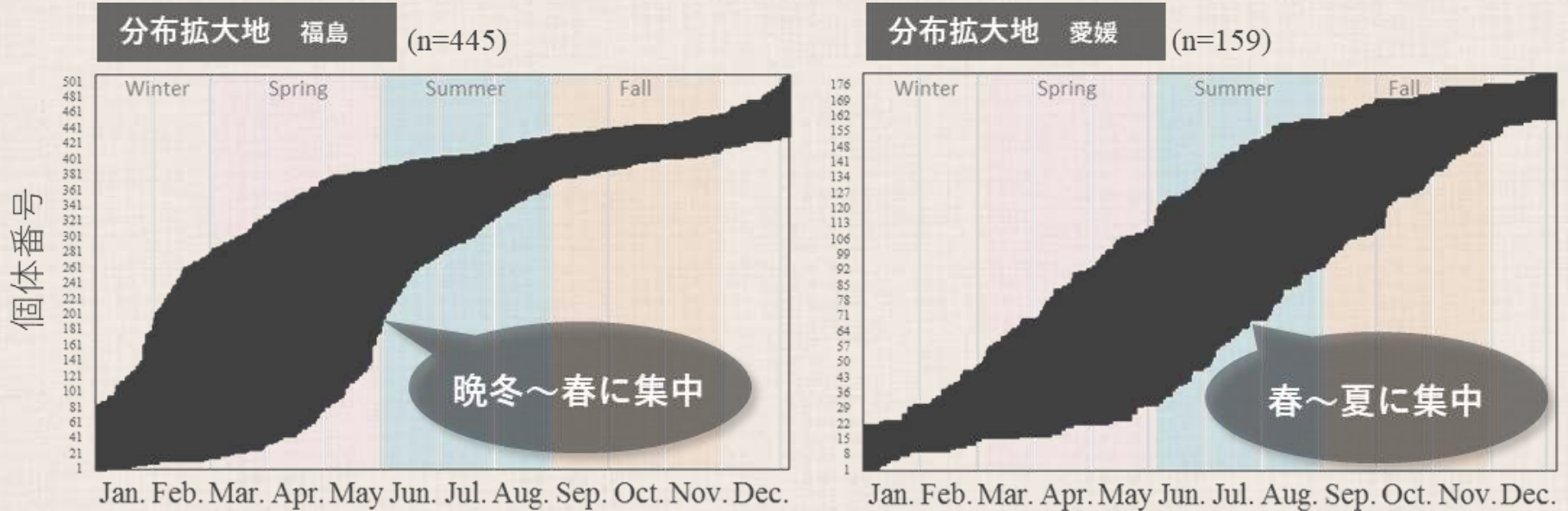
## ● 出生月の比較 分布拡大地はばらつきが大きい





# 繁殖特性から見た効率的捕獲時期

## 推定妊娠期間の分布→捕獲戦略の提案



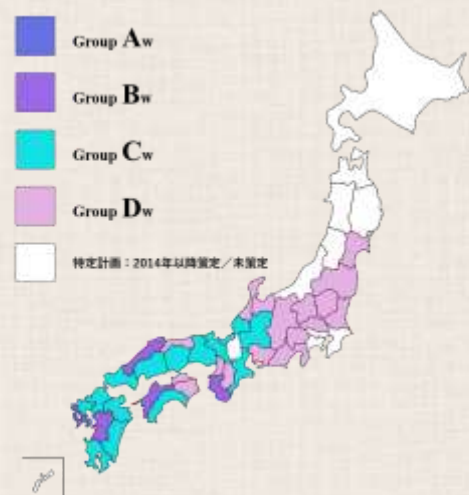
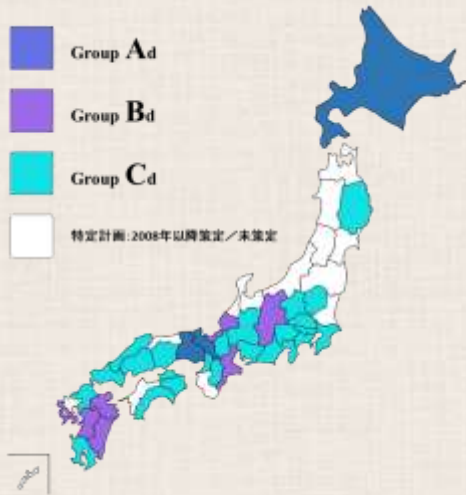
- 多産であるイノシシは、出生後に捕獲するデメリットが大きい。
- 胎子がいる時期に成獣メスを捕獲することが効率的である
- 分布拡大地では、繁殖ピークがことなるため、胎子期を判定した捕獲が効率的となる。



# 人口減少による野生動物の分布拡大地（福島県）への応用—持続可能な管理体制の提案—

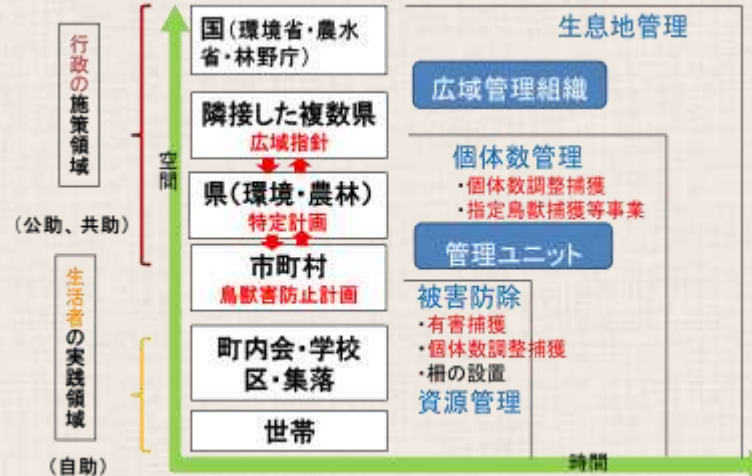
シカ捕獲効率の類型化

イノシシ捕獲効率の類型化



順応的管理の体制へ

統合的な管理



## 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的の推進により、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



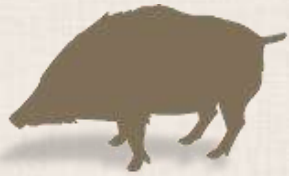
・ヨーロッパでは科学的データを収集・共有する包括的なデータベースの構築が急速に発展  
 ・住民を巻き込んだモニタリング (ITシステムを利用) と対策 (市民の科学) を目指し始めている  
 ・ASF (アフリカ豚熱) 危機は科学的根拠に基づいた管理を進展させる好機と認識されている (Vicente et al. 2019)

- 捕獲の成否の現状を類型化
- 統合的・階層的な管理システムの仕組みを提案
- ヨーロッパにおけるデータプラットフォームの導入検討
- 分布拡大地における密度推定の支援を通じて、継続的なデータ収集と個体数管理の体制構築の方向性を提案

# 主な成果（学術論文等）

## 査読付き論文

1. 松金（辻）知香、横山真弓：哺乳類科学、58, 1, 13-21（2018）兵庫県における高密度下でのシカの繁殖特性
2. 栗山武夫、山端直人、高木俊：兵庫ワイルドライフモノグラフ、10,1-8（2018）兵庫県の野生動物の生息と被害の動向調査の概要
3. 栗山武夫、山端直人、高木俊：兵庫ワイルドライフモノグラフ、10,9-31（2018）兵庫県の野生動物の生息と被害の動向（2006-2016年度）
4. 高木俊、栗山武夫、山端直人：兵庫ワイルドライフモノグラフ、10,32-45（2018）景観構造を考慮したシカ・イノシシの農業被害と密度指標の関係分析
5. 長田穰、栗山武夫、浅田正彦、横溝裕行、宮下直：保全生態学研究、23, 1, 29-38（2018）状態空間モデルへのベイジアンモデル平均の適用：イノシシ個体群の増減要因を探る
6. Y. Osada, T. Kuriyama, M. Asada, H. Yokomizo and T. Miyashita: Ecology and Evolution, 9, 318-327（2019）Estimating range expansion of wildlife in heterogeneous landscapes: a spatially explicit state-space matrix model coupled with an improved numerical integration technique
7. 高木俊：兵庫ワイルドライフモノグラフ、11, 30-57（2019）兵庫県におけるシカ個体群動態の推定と地域別の動向
8. Y. Nakashima: Population Ecology, 62,151-157（2020）Potentiality and limitations of N-mixture and Royle-Nichols models to estimate animal abundance based on noninstantaneous point surveys
9. D.A. Anderson, K. Okuda, A.M. Hess, K. Nanba, T.E. Johnson, T. Takase and T.G. Hinton: Journal of Environmental Radioactivity, 197, 10-108（2019）A comparison of methods to derive aggregated transfer factors using wild boar data from the Fukushima Prefecture
10. D.A. Anderson, R. Toma, Y. Negishi, K. Okuda, H. Ishiniwa, T.G. Hinton, K. Nanba, H.B. Tamate and S. Kaneko: Scientific Reports, 9, 11537（2019）Mating of escaped domestic pig with wild boar and possibility of their offspring migration after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident
11. S.L. Pederson, M.C. Li Puma, J.M. Hayes, K. Okuda, C.M. Reilly, J.C. Beasley, L.C. Li Puma, T.G. Hinton, T.E. Johnson and K.S. Freeman: Scientific Reports, 10, 4055（2020）Effects of chronic low-dose radiation on cataract prevalence and characterization in wild boar (*Sus scrofa*) from Fukushima, Japan



# 主な成果（シンポジウム等）

## 1. 報道

神戸新聞（2019年11月13日掲載）「[鳥獣捕獲、アプリでデータ集約簡単に 県立大開発](https://www.kobe-np.co.jp/news/sougou/201911/0012872853.shtml)」  
<https://www.kobe-np.co.jp/news/sougou/201911/0012872853.shtml>

## 2. 国民との科学・技術対話（市民向けシンポジウム）

「兵庫のシカ管理の成果とこれからの挑戦—科学的データに基づいた適正管理—」  
参加者108名

日本学術会議と兵庫県との共催シンポジウム  
参加者 332名

「モニタリング調査によってわかってきた野生動物の生態」参加者220名

**兵庫のシカ管理の成果とこれからの挑戦**  
—科学的データに基づいた適正管理—

【シンポジウム】  
 記念あいさつ 林 良博 研究総監/国立科学博物館  
 基調講演 ◆ヨーロッパと日本のシカ管理の現状と展望 廣 光一 所長/東京農工大学大学院教授  
 研究発表 ◆採肉数・分布の変化と適正管理の検証 高水 俊 研究員/兵庫県立大学 講師  
 ◆森林生態系の衰退—モニタリングから見た現状・管理効果・今後の課題 藤木大介 主任研究員/兵庫県立大学 講師  
 ◆新たな保護制度と今後の管理対策—個体と群集管理を駆使する事例 山崎 直人 主任研究員/兵庫県立大学 教授  
 ◆地域を支えるシカ管理の模索と課題—次のステップは何か 横山 真司 研究員/兵庫県立大学 教授

パネルディスカッション  
 コーディネーター 林 良博 研究総監  
 パネラー 講師、各発表者

日時：平成30年2月17日（土）  
13:00～16:30  
（受付12:30から）  
会場：神戸芸術センター・プロコフィエホール  
定員 125名 ※事前予約なしで参加できます。

申し込み先！  
 お名前、ご住所、電話番号を明記の上、  
 研究センターホームページまたはFAX、E-mail  
 でお申し込みください。  
 TEL 078-80-5500  
 FAX 078-80-5504  
 E-MAIL [info@hiroshima.ac.jp](mailto:info@hiroshima.ac.jp)  
 URL <http://www.hiroshima.ac.jp/>  
 URL <http://www.hiroshima.ac.jp/>

\*\*\*\*\*

野生動物と  
共に生きる  
未来

～持続可能な  
野生動物管理システムの  
構築をめざして～

日時 2月31日  
2x9時(土)  
13:00-18:00  
20:00受付開始!

兵庫県公館  
 〒650-8504 神戸市東灘区下馬場  
 講堂

主催 兵庫県立大学  
 共催 日本学術会議

兵庫県森林動物研究センターシンポジウム

【シンポジウム】  
**モニタリング調査によって  
わかってきた野生動物の生態**

【開催日時】  
 2020.2.16（日）  
 13:00～16:30  
 (20:00受付開始)

【開催場所】  
 兵庫県立美術館  
 ミュージアムホール

参加無料  
 要事前申込

# 主な成果（マニュアル等）

## 成果報告書普及+マニュアルとして発刊

成果報告シンポジウムを企画していたが、新型コロナウイルスの影響で中止  
 （申込者160名のうち冊子希望者に郵送配布）

国立研究機関 環境再生保全機構 環境研究開発部 報告書番号 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

研究成果報告書

### 自動撮影カメラを用いた生息密度推定手法

●自動撮影カメラのしくみと注意点

●撮影環境に影響を及ぼす要因

●カメラの設置場所の選定基準

### RESTモデルによる生息密度推定

●RESTモデルの実証方法

●参考文献

国立研究機関 環境再生保全機構 環境研究開発部 報告書番号 4-1704 (代表研究機関：兵庫医科大学)  
 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 研究成果報告書

## シカとイノシシの個体数をどのように推定するか？

— 手法と管理への応用 —

### 研究成果報告会

開催日時 2020年3月17日(LA)  
 13:30 - 16:30 (13:00受付開始)

会場 東京大学 弥生講堂・一条ホール

参加費 無料 (送料: 250円) 郵送申込

交通アクセス

講演内容

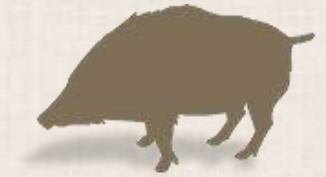
- 書籍賞概要
- 自動撮影カメラで野生動物を調べる
- シカ・イノシシの生息密度指標は何がよいか?
- シカ・イノシシの生息密度を異質レベルで推定する
- シカ・イノシシの個体数の変動を探る
- 捕獲データから個体管理効果の効果を調べる
- 持続可能なシカ・イノシシの管理に向けて

ご参加のお申し込みはこちらから!

お申し込み先 [inverte@resr.affrc.go.jp](mailto:inverte@resr.affrc.go.jp)



# 環境行政への貢献



1. 環境省の特定鳥獣保護管理計画ガイドライン（イノシシ）への反映（予定）
2. 環境省「令和元年度捕獲情報収集システムの次期更新に向けた調査検討業務に係る検討」への意見反映
3. 環境省から審議依頼のあった日本学術会議「人口縮小社会における野生動物管理のあり方の検討に関する委員会」への参画と回答への反映
4. 都道府県管理計画への反映（兵庫県）
5. 県事業としてのイノシシ密度推定RESTモデルの採用（福島県、岐阜県、兵庫県）
6. 環境省の次期生物多様性国家戦略への反映（予定）
7. 環境省「鳥獣保護管理法」の改正への反映（予定）