

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25281057

研究課題名(和文)空間明示モデルによる複数種の哺乳類を統合した管理戦略の構築

研究課題名(英文)Development of optimal management strategies to control mammal populations using spatially explicit models

研究代表者

横溝 裕行 (Yokomizo, Hiroyuki)

国立研究開発法人国立環境研究所・環境リスク研究センター・主任研究員

研究者番号：30550074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年日本各地で増加しているシカ、イノシシ(在来種)、アライグマ(外来種)の個体群の成長率や分布域の拡大、農作物の被害を空間明示的に予測し、哺乳類3種の費用対効果の高い管理戦略を探索し、その結果を行政に提示することを目的として研究を行った。事例研究として房総半島の哺乳類の最適管理を導出した。具体的には、ベイズ推定モデルにより精度の高い個体群動態や被害の予測を行うとともに、限られた予算や人的資源を複数種に最適配分する管理戦略を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Overpopulated mammal populations cause damages to ecosystems and agricultural crops in Japan. We need to develop effective management plans under limited hunting resources. When we determine management plans, we have to deal with various uncertainties such as population size, growth rate, dispersal probability and hunting efficiency due to lack of data. We developed statistical models to estimate population sizes, growth rates, and agricultural damage from spatially-sparse survey data. We also developed a spatially explicit models incorporating anisotropic movement in heterogeneous landscape for the management of deer. We derived optimal allocation of hunting efforts to each management unit under uncertainties to minimize agricultural damage caused by deer, wild boars, and raccoons in Chiba prefecture, Japan.

研究分野：数理生態学

キーワード：哺乳類 状態空間モデル ベイズ推定 作物被害 最適管理

1. 研究開始当初の背景

生物多様性の減少は地球上のあらゆる環境で進行している。2010年には名古屋で国際会議 COP10 が催され、生物多様性の持続的な保全是、人類共通の重要課題であることが一般人の間でも浸透しつつある。一方で、特定の生物種が増えすぎて、生態系に影響を与え、われわれ人間とさまざまな軋轢を起こしているのも周知のとおりである。外来種はもちろん、在来種でも人間活動が間接的に正の駆動因となり急増している。こうした状況に対応することは喫緊の課題であるが、現場の対症療法で終わっている例が多い。その理由は、個体数の推定が困難、異質景観での分布拡大の予測が困難、複数種を効率的に管理するシステムティックな体系や発想がない、ことがあげられる。

複数の種によって引き起こされる問題を別個に捉えるのではなく、一括して解決の道を探るのが合理的である。その理由は、以下の3つに集約される。第1に、当該の自治体は、一定の予算や人的資源の範囲内で複数の問題を取り扱う必要があるからである。個々の種についてではなく、複数種を同時に取り扱うことで管理上のトータルな最適解が見つかるはずである。こうした認識自体は従来からあるものの、方法論的枠組みが確立されていないため、管理の実践には十分生かされていない。第2に、各種の動態や被害発生仕組みが、相互に関連している可能性があることである。増加した生物種は、農作物や生態系へのインパクトが大きいため、競合関係や人間活動を介した促進的關係（例えば、A種による耕作放棄は、B種の進入を促進する）も予想される。第3に、不確実性のある限られた情報（データ）から個体群パラメータを推定する場合には、一括して解析することで情報量が増えるため、より精度の高いパラメータ推定が可能になることである。ベイズ統計学の発展は、こうした一括推定の利点を高めている。

事例研究として、房総半島の哺乳類の最適管理に取り組む。シカ、イノシシ（在来種）や、アライグマ（外来種）などの哺乳類は、全国的にセットで問題になっていることが少なくない。こうした状況下では、地方の自治体は大変な苦難に直面している。しばしば、どの種、どの地域を管理対象として優先させたらよいか、という重層的なジレンマが発生するからである。千葉県におけるこれらの3種哺乳類の個体群は、いずれも孤立個体群であるため、多くの自治体で行われている行政区分で切り取った「個体群」ではなく、真の個体群を丸ごと捉えることができるという利点がある。

2. 研究の目的

本研究では、近年日本各地で増加しているシカ、イノシシ（在来種）、アライグマ（外来種）の個体群の成長率や分布域の拡大、農

作物の被害を空間明示的に予測し、哺乳類3種の費用対効果の高い管理戦略を探索し、その結果を行政に提示することを目的とする。具体的には、新たな統計手法を用いた空間明示ベイズ推定モデルにより精度の高い個体群動態や被害の予測を行うとともに、シミュレーテッド・アニーリング法を用いて限られた予算や人的資源を複数種に最適配分する管理戦略を導出する。

3. 研究の方法

農作物の被害や個体群動態の予測を行うために、農作物被害や駆除個体についての経年的な空間分布情報の整備を行う。哺乳類3種の個体群動態に関わるパラメータの推定において、移動や成長率の環境不均一性を考慮するために、粒子フィルターと逐次モンテカルロ法を用いた空間明示ベイズ推定モデルを導入する。各種作物の被害率を予測する統計モデルを構築し、被害率の将来予測を行う。駆除努力の空間配分の組み合わせは無数にあるためにシミュレーテッド・アニーリングというアルゴリズムを用い、哺乳類3種の最適管理戦略を導出する。本研究によって得られた最適管理戦略を哺乳類管理に適用し、その結果を行政に提示する。

本研究は、以下の4つのプロセスから構成される。農作物被害や駆除個体についての経年的な空間分布情報の整備、哺乳類3種の個体群動態に関わるパラメータの推定、各種作物の被害率を予測する統計モデルの構築、複数のシナリオをもとにした哺乳類3種の最適管理戦略の探索。

千葉県が収集してきた各種哺乳類による農作物の被害データ、駆除データを電子化するとともに、新たなデータをアンケート等により収集する。さらに綿密な被害予測を可能にするために、農地利用区分などの基盤データを整える。

哺乳類の被害分布、駆除個体数分布、ベイズ推定を用いて個体群の密度と増加率、移動率を推定する。具体的には、状態空間モデルを用いて個体群パラメータを推定する。

景観構造と農地利用区分・作物名をもとに、各種作物の被害率を予測するモデルを開発する。ここでは、得られた動物の密度分布に加え、密度と被害率の関係性、さらに詳細な農地利用区分、の3者を統合し、各種農作物の被害の予測モデルを作成する。

得られた個体群パラメータと、構築された被害予測モデルをもとに、駆除努力に投資できる予算や人的資源に制約がある中で、駆除努力の最適な空間配分を導出する。

4. 研究成果

アライグマの農業被害が起きない密度（被害許容密度）を、農地周辺の景観構造から2km四方で空間明示的に予測することを目的に、まず 個体群動態 を明示的に扱った状

態空間モデルを用いて市町村の平均的な個体群密度を推定し、景観の異なる3地域で詳細なワナ設置位置と捕獲数を調べ、密度と環境の関係を明らかにし、その関係式を用いての平均密度を2km四方にダウンスケーリングした。その後推定された個体数と景観構造を独立変数としたロジスティック回帰を行うことで被害程度との関係を明らかにし、2km四方で被害許容密度を推定した。

ニホンジカとイノシシの密度と個体群増加率を空間明示的に推定した。ニホンジカは環境異質性を考慮して分布拡大の予測も行った。イノシシは推定に必要なデータが限られており、モデルの複雑さに比べてデータ量が不足している場合に起こる過剰適合を避けるために、ベイジアンモデル平均により推定を行った。

房総半島における大型哺乳類による農作物被害程度の分布を、加害動物種の個体数密度と土地利用パターンから、3次メッシュ単位で予察する統計モデルを構築した。被害程度の分布はH21年度の農家アンケート回答から得た。各回答地点が属するメッシュの被害程度と、H21年度の各メッシュにおけるシカとイノシシの推定密度、及び各メッシュあたりの土地利用種別面積率の関係を、ベイズモデルで推定した。土地利用パターンは、シカの生息場所利用と、市町村内におけるイノシシの密度勾配に影響し、間接的に被害程度に影響すると仮定した。推定結果によると、シカとイノシシの被害程度はともに市街地と畑の面積が少なく・放棄水田面積が大きいメッシュで深刻になりやすかった。加えてイノシシの被害程度には、森林・竹林・水田・果樹園・放棄畑の面積率が正の影響を与えており、放棄果樹園の面積率が負の影響を与えていた。各モデルの決定係数はシカで53%、イノシシで27%であり、後者は改良の余地があるものの、シカに関しては実用に足る精度のモデルを構築できたと考える。また、説明変数間の相関によるパラメータ推定への影響を検証するため、人工的に生成したデータを使用して推定の精度をテストする手法を開発した。

以上の成果をもとに、農作物被害を受けない農地面積を最大化する事を目的として、千葉県における捕獲努力量の最適配分をシミュレート・アニーリング法により導出した。捕獲は千葉県全体で均一に行うのではなく、集中して対策すべき市町村を選定する事が重要である事が明らかになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6件)

Osada Y, Kuriyama T, Asada M, Yokomizo H, Miyashita T, Exploring the drivers of wildlife population dynamics from insufficient data by Bayesian model averaging, *Population Ecology*, 査読有、2015、57、485-493

Ijima H, Fujimaki A, Ohta U, Yamamura K, Yokomizo H, Uno H, Matsuda H, Efficient management for sika deer (*Cervus nippon*) population in Hokkaido Island, Japan: accounting for migration and management cost, *Population Ecology*, 査読有、2015、57、397-408

井嶋浩貴、藤巻碧海、太田海香、横溝裕行、山村光司、宇野裕之、松田裕之、管理区域間の移動は、野生動物管理にどの程度影響を及ぼすか? : 行列モデルを用いたエゾシカ (*Cervus nippon yezoensis*) 管理計画の解析、自然環境復元研究、査読有、2015、7、3-14

Yokomizo H, Coutts SR, Possingham HP, Decision science for effective management of populations subject to stochasticity and imperfect knowledge, *Population Ecology*, 査読有、2014、56、41-53

Coutts S, Yokomizo H, Meta-models as a straight forward approach to the sensitivity analysis of complex models, *Population Ecology*, 査読有、2014、56、7-19

Yokomizo H, Takimoto G, Making the most of mathematical models for effective environmental management, *Population Ecology*, 査読有、2014、56、3-5

[学会発表](計 8件)

横溝裕行、長田穰、空間明示モデルによる複数種の哺乳類を統合した管理戦略の構築、日本生態学会、2016.3.22、仙台国際センター(宮城県・仙台市)

鈴木牧、香川幸太郎、個体数密度と土地利用から農業被害を予測する：房総半島のニホンジカとイノシシにおけるケーススタディ、日本生態学会、2016.3.22、仙台国際センター(宮城県・仙台市)

Osada Y, Ando M, Miyashita T, Foot-and-mouth disease spread in heterogeneous landscape: where to invest monitoring efforts, *日本生態学会*、2015.3.19、鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)

横溝裕行、長田穰、栗山武夫、浅田正彦、鈴木牧、松村愛美、宮下直、シカの捕獲効率

の不確実性を考慮した最適な狩猟努力の空間配分、日本生態学会、2015.3.18、鹿児島大学（鹿児島県・鹿児島市）

長田穰、浅田正彦、栗山武夫、横溝裕行、宮下直、異質環境下におけるニホンジカの将来分布の予測：セルベースの状態空間モデルによる解析、個体群生態学会、2014.10.11-12、筑波大学（茨城県・つくば市）

栗山武夫、長田穰、浅田正彦、宮下直、状態空間モデルによるアライグマの個体数推定と空間明示的な作物被害の許容密度の推定、個体群生態学会、2014.10.11-12、筑波大学（茨城県・つくば市）

栗山武夫、長田穰、浅田正彦、宮下直、状態空間モデルによるアライグマの個体群動態の解明と景観を考慮した農作物被害モデルの構築、日本生態学会、2014.3.17、広島国際会議場（広島県・広島市）

Suzuki M, Ito E, Interactive impacts of over-shading and herbivory on aboveground and belowground ecosystems of abandoned woodlands、International Congress of Ecology、2013.8.19、London(UK)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横溝 裕行 (YOKOMIZO, Hiroyuki)

国立研究開発法人国立環境研究所・環境リスク研究センター・主任研究員

研究者番号：30550074

(2) 研究分担者

宮下 直 (MIYASHITA, Tadashi)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：50182019

鈴木 牧 (SUZUKI, Maki)

東京大学・新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：40396817

(3) 研究協力者

浅田 正彦 (ASADA, Masahiko)

合同会社 AMAC

栗山 武夫 (KURIYAMA, Takeo)

東邦大学・生命圏環境科学科・博士研究員

長田 穰 (OSADA, Yutaka)

総合地球環境学研究所・センター研究推進支援員