

令和 2 年 7 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：2017～2019

課題番号：17H01916

研究課題名(和文)人間活動による行動変化を組み込んだ大型哺乳類の個体群管理戦略の構築

研究課題名(英文) Development of optimal management strategies to control mammal populations incorporating behaviorally mediated indirect effect

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・健康研究センター・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) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：房総半島南部地域において、自動撮影カメラを用いた現地調査を行い、景観及び人為活動の不均質性がイノシシの生息密度および個体群パラメータにどのような影響を与えているのかを明らかにした。人里近くにおける高い幼獣死亡率は罠による直接的な捕獲によること、人里での成獣の高い密度は森林内部で増加した個体の移動による可能性があることが示唆された。また、耕作放棄地は一年を通して利用されやすく、捕獲効率は冬に比較的高くなる傾向があった。

人為活動と関係のある農地などの面積や狩猟人口の変化に応じて、イノシシの合計個体数を最小にするための捕獲努力の最適空間配分を計算するアルゴリズムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年日本各地でイノシシやシカなどの野生生物が増加し、その管理が重要課題となっている。本研究では、「人為に起因する行動変化とそれがもたらす個体群レベルでの影響を明示的に組み込んだ管理戦略」を構築するため、捕獲やそれ以外の人為活動がもたらす行動介在間接効果を考慮に入れて、イノシシなどの哺乳類の個体群成長率や捕獲効率を空間明示的に予測した。人為活動と個体群パラメータの関係などを、フィールド調査により明らかにした。合計個体数を最小にするための捕獲努力の最適空間配分を計算するアルゴリズムを開発した。こうした成果は、人口減少社会を迎えた日本などにおける野生動物の効率的な管理に有用となると考えられる。

研究成果の概要(英文)：On the southern part of the Boso Peninsula, in Chiba Prefecture, Japan, we conducted a field survey using camera traps to examine how the heterogeneity of landscape and anthropogenic activity affects the population density and population parameters of wild boars (*Sus scrofa*). Our results suggest that the high mortality rate of juveniles near human habitation areas was due to capture by trapping, and the high density of adult animals near such areas may have been due to the increased migration of individuals inside forests. Abandoned agricultural areas were used by the boars throughout the year, and catchability tended to be relatively high in winter. We developed an algorithm that calculated the optimum spatial allocation of hunting efforts to minimize the total number of boars in accordance with, for example, changes in the area of agricultural land and in the hunting population in relation to human activities.

研究分野：数理生態学

キーワード：大型哺乳類 カメラトラップ 個体数密度推定 ニホンイノシシ RESTモデル 焼きなまし法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

野生動物の急激な増加は世界各地で起きており、生態系に悪影響を与えたり、農業被害等をもたらすことで、われわれ人間とさまざまな軋轢を起こしている。その軋轢の緩和や未然防止のために適切に個体群管理を行うことが喫緊の課題となっている。しかし、そのためには動物種の生態学的特性を十分に把握する必要がある。ここで特に評価すべき重要な点は、3 栄養段階系における中間消費者の行動変化を介した間接効果である。すなわち、肉食動物による潜在的な捕食リスクは、草食動物の行動を変化させ、時として捕食が直接もたらす個体数の減少以上に、草食動物の個体群動態に大きな影響を与え、その結果、植生構造にまで影響が波及することである (Schmitz et al. 2004)。これを「行動介在間接効果」とよぶ。捕食者の存在や活動を、狩猟者の存在や日常的な人間活動(営農等)と置き換えて考えればよい。しかし、こうした人為がもたらす行動介在間接効果を組み込んだ管理計画は皆無といえる。

2. 研究の目的

本研究では狩猟や営農等の人間活動が哺乳類個体群の分布や適応度に与える影響を考慮した最適な捕獲戦略を構築する。事例研究として、房総半島のイノシシの最適管理に取り組む。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関係も予想される。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おり、管理対象として優先させるべき地域の選択に生態学的知見が重要な役割を果たす。

3. 研究の方法

(1) 房総半島南部地域に 182 台の自動撮影カメラを約 2km 間隔で設置し、イノシシを対象に密度推定を行った。密度推定には、REST モデル (Nakashima et al. 2018) を利用し、どのような景観構造が密度の多寡に影響しているのかを明らかにした。さらに、春先に出産したメス成獣が連れている当歳児数の時系列変化に注目した。出産時期、繁殖個体割合(ここでは全成獣に対する出産個体の割合)、産仔数および幼獣生存率を同時推定する階層ベイズモデルを構築し、これらの生活史パラメータに影響する景観構造についても明らかにした。さらに、幼獣及び成獣の死亡個体数を推定し、市町村から提供された捕獲データと比較した。また、箱罟とくくり罟による捕獲効率も季節によって変化も解析を行った。

(2) 個体数推定値に基づき、イノシシの個体数が最小となるように捕獲努力量を最小化するために焼きなまし法を用いたアルゴリズムを開発した。捕獲努力量の変化に応じた、最適な捕獲努力量の配分を求めた。現在の捕獲努力の空間配置が変わらない場合と、最適に配置した場合を比較する事で、捕獲努力量の最適配置の効果を定量化する。行動介在間接効果を組み込んだ個体数の将来予測と、それに応じた捕獲努力量の最適配置を求めるためのアルゴリズムを構築した。

4. 研究成果

(1) イノシシに適用可能な個体数密度および個体群パラメータを効率的に推定するフィールド調査手法(自動撮影カメラの設置法)を確立した。イノシシの個体数密度を効率的に推定するための設置方法と個体群パラメータ(とくに繁殖個体割合、産仔数、幼獣生存率)の取得に最適な設置方法をそれぞれ別に決めた。前者に関しては、検出率を最大化するために事前に撮影有効範囲を定め、約 1.0m の高さにカメラを設置するとよいことが分かった。後者に関しては、検出率を確保しながらイノシシの連れ仔集団全頭を撮影するために、高さ 2.5m の位置から見下ろす形で設置することが望ましいことが分かった。

(2) これらのデータから個体数密度と個体群パラメータ(とくに繁殖個体割合,産仔数,幼獣生存率)を同時推定するための統計モデルを構築した。とくにメス親が連れていくウリボウ(当歳児)数が時間とともに減少していく過程をモデリングすることで、繁殖個体割合、産仔数および幼獣生存率を同時に推定できることを確かめた。また、既存のモデル(Nakashima et al. 2018)によって成獣の個体数密度を効率的に推定することも確かめた。

(3) これらのモデルを実際のデータに適用し、房総半島南部地域における人為的な活動がイノシシの個体数増加率にどのように影響しているのかを明らかにした。(a) イノシシ成獣の個体数密度は人里近くの環境で高くなること、(b) 産仔数の空間的な変化は小さいこと、一方で、(c) 幼獣生存率は人里近くの環境で低くなることが分かった。すなわち、人里近くでは、イノシシの個体数密度が高い反面、幼獣の死亡率も高かった。また、市町村から得られた捕獲頭数と、推定されたイノシシの死亡個体数を比較したところ両者がほぼ一致することが分かった。これらの結果は、現在の農業被害対策としての箱罠・くくり罠設置による捕獲作業が人里近くでの個体数増加を抑制しているものの、林内で成長した幼獣個体が成長とともに餌資源の多い人里近くへ誘引されていることを示唆するものである。すなわち、房総のイノシシ個体群は、林内のソース個体群と林縁のシンク個体群というソース-シンク構造が見られる可能性がある。イノシシの個体数は、景観構造と直接的な捕獲の影響が強く、(狩猟以外の)人為的な活動が与える行動改変を介した間接効果は限定的であると考えられた。

(4) 環境選好性は季節によって変化していた。耕作放棄地は一年を通して利用されやすいことが明らかになった。また、その選好性は冬期に強まり、環境選好性の季節動態は餌資源の利用場所や休息場所の様子によって説明することができた。

(5) 箱罠とくくり罠の捕獲効率が冬期に上昇することがわかった。冬季は餌不足により、餌を探し回るイノシシは行動域を広げることによって、罠にかかる個体が増加したためと考えられる。さらに、箱罠は、餌不足により撒き餌に誘引されやすくなり、捕獲効率が高くなった可能性も考えられる。一方、8月から11月の捕獲効率の傾向は箱罠とくくり罠で異なっていた。箱罠においては7月の捕獲効率は高いが、その後の8月から11月まで比較的低かった。これは8月から11月に餌資源が豊富だったためであると考えられる。特に秋に存在する堅果はイノシシにとって重要な餌資源であり、他の餌資源の利用を減らすことが知られている。このため、撒き餌に誘引されにくい可能性がある。くくり罠の捕獲効率は該当時期に徐々に上昇した。捕獲効率の季節変化に基づいた捕獲が今後の課題となる。

(6) 複数の哺乳類個体群の合計個体数が最小になるように捕獲努力を最適に空間配分するアルゴリズムを開発した。千葉県イノシシとシカを事例として、捕獲努力の配分方法(最適化または現状)ごとに設置可能な箱ワナの総数を変数として、将来の個体数の予測を行った。捕獲努力量が現状のままでも、捕獲努力を最適に配置することにより、個体数が約1割低減でき、各市町村で捕獲努力量を2割増加させることとほぼ同じ効果があることが示された。設置可能な箱ワナの総数を増加させた場合でも、各市町村の現状の捕獲努力量を一律に増加させた場合は、個体数の低減効果は限定的であることが明らかになった。すべての設置可能な箱ワナを最適に配置することは、実際には難しいことも考えられるが、捕獲努力の増加分のみを最適に配置した場合は、設置可能な箱ワナの総数大きい場合は、全ての努力量を最適配分した場合とほぼ同程

度の効果があることがわかった。千葉県のエノシシの場合、明らかな行動介在間接効果は見出せなかったが、行動介在間接効果を組み込んだ個体数の将来予測と、それに応じた捕獲努力量の最適配置を求めるためのアルゴリズムを構築できた。そのため、本研究で構築したアルゴリズムにおける個体群パラメータと人為活動の予測値を組み込むことにより、行動介在間接効果が検出された場合に、その効果を捕獲努力の最適配分に組み込むことが可能になった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Yutaka Osada, Takeo Kuriyama, Masahiko Asada, Hiroyuki Yokomizo, Tadashi Miyashita	4. 巻 9
2. 論文標題 Estimating range expansion of wildlife in heterogeneous landscapes: A spatially explicit state space matrix model coupled with an improved numerical integration technique	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 318-327
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ece3.4739	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 横溝裕行・鈴木牧	4. 巻 23
2. 論文標題 巻頭言-不確実性下における効果的な哺乳類管理	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18960/hozen.23.1_5	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 長田穰・栗山武夫・浅田正彦・横溝裕行・宮下直	4. 巻 23
2. 論文標題 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	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18960/hozen.23.1_29	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 栗山武夫・小井土美香・長田穰・浅田正彦・横溝裕行・宮下直	4. 巻 23
2. 論文標題 密度推定に基づいたタヌキに対する外来哺乳類（アライグマ・ハクビシン）の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 保全生態学研究	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18960/hozen.23.1_9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nakashima, Y., Hongo, S. & Akomo-Okoue, E.F.	4. 巻 241
2. 論文標題 Landscape-scale estimation of forest ungulate density and biomass using camera traps: Applying the REST model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biological Conservation	6. 最初と最後の頁 108381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biocon.2019.108381	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakashima, Y.	4. 巻 62
2. 論文標題 Potentiality and limitations of N-mixture and Royle-Nichols models to estimate animal abundance based on noninstantaneous point surveys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 151-157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.12028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中島啓裕	4. 巻 60
2. 論文標題 房総半島の里山で撮影された在来捕食者による外来種ウシガエル <i>Lithobates catesbeiana</i> の利用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 哺乳類科学	6. 最初と最後の頁 2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 0.11238/mammalianscience.60.2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中島啓裕	4. 巻 59
2. 論文標題 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	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 哺乳類科学	6. 最初と最後の頁 111-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11238/mammalianscience.59.111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yokomizo H, Y. Nakashima, Y. Osada, K. Kagawa, T. Kuriyama, M. Kasada, M. Suzuki, G. Yajima, N. Ishizuka, M. Asada, Y. Yokoyama, T. Miyashita
2. 発表標題 Optimal management strategies to control mammal populations incorporating behaviorally mediated indirect effect
3. 学会等名 2018 Annual Meeting of the Society for Mathematical Biology & the Japanese Society for Mathematical Biology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横山雄一、矢島豪太、中島啓裕、宮下直
2. 発表標題 カメラトラップと捕獲データから推定するイノシシの繁殖期前後の生態特性の変化
3. 学会等名 第66回日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島啓裕
2. 発表標題 自動撮影カメラを用いたシカとイノシシの同時広域密度推定
3. 学会等名 日本哺乳類学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島啓裕
2. 発表標題 画像から個体識別できない場合の個体数密度の推定方法
3. 学会等名 日本哺乳類学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 自動撮影カメラが拓く新しい哺乳類研究－現場の勘と統計的思考の協働－自動撮影カメラが拓く新しい哺乳類研究－現場の勘と統計的思考の協働－
2. 発表標題 自動撮影カメラが拓く新しい哺乳類研究－現場の勘と統計的思考の協働－
3. 学会等名 日本哺乳類学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島啓裕
2. 発表標題 自動撮影カメラを用いたシカ・イノシシの個体数・密度推定
3. 学会等名 日本生態学会第65回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢島 豪太, 黒瀬 弘毅, 富澤 眞柚, 中島 啓裕
2. 発表標題 房総半島における自動撮影カメラを用いたイノシシの産仔数に影響する景観構造の解明
3. 学会等名 日本哺乳類学会2018年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢島豪太, 黒瀬弘毅, 横溝裕行, 宮下直, 中島啓裕
2. 発表標題 イノシシのメス親が連れてくるウリ坊の数は何によって決定されるか? 自動撮影カメラを用いた検証
3. 学会等名 第66回日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横溝裕行
2. 発表標題 野生生物の保全・管理のための数理的研究
3. 学会等名 巖佐庸教授退官記念シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横山雄一・笠田実・宮下直
2. 発表標題 千葉県におけるイノシシの捕獲ワナ設置位置の配置の改善
3. 学会等名 第65回日本生態学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島啓裕・深澤圭太・鮫島弘光
2. 発表標題 自動撮影カメラによる地上性動物の密度推定 个体識別を必要としない手法の開発と検証
3. 学会等名 第65回日本生態学会全国大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠田実・横溝裕行・中島啓裕・矢島豪太・横山雄一・宮下直
2. 発表標題 カメラトラップと罟捕獲を利用したイノシシの個体数推定法の開発
3. 学会等名 第65回日本生態学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠田実・横溝裕行・宮下直
2. 発表標題 RESTモデル、CPUE、景観構造を統合した個体群モデルの開発
3. 学会等名 日本哺乳類学会2019年度大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島啓裕・矢島豪太・宮下直・横溝裕行
2. 発表標題 人里近くの知られざる哺乳類の世界：房総半島の大規模カメラ調査から見えてきたこと
3. 学会等名 第67回生態学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

人間活動による行動変化を組み込んだ大型哺乳類の個体群管理戦略の構築 http://www.nies.go.jp/subjects/2017/23959_fy2017.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	宮下 直 (Miyahita Tadashi) (50182019)	東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	中島 啓裕 (Nakashima Yoshihiro) (80722420)	日本大学・生物資源科学部・准教授 (32665)	