

野生生物と社会学会青年部会企画

『他分野のアプローチに触れる若手研究座談会—野生動物管理の学際的議論にむけて—』
報告書

個体群生態学と群集生態学が果たす Wildlife Management におけるエビデンス創出

稲穂 太一（合同会社 東北野生動物保護管理センター）

1. はじめに

野生動物に関わる諸問題は鳥獣被害、外来種問題、希少種の保全と幅広い。その解決のために Wildlife Management(以降、WM)が重要であるが、そのための予算や労力等は限られている。このような状況下で、証拠に基づく政策立案(Evidence-based Policy Making、以降、EBPM)は費用対効果の向上や失敗の可能性の軽減等の効果が指摘されており、その有用性が期待できる(Sutherland 2022)。

WMにおいて必要と考えられる証拠(以降、エビデンス)¹は野生動物の個体数や生息地、感染症、遺伝子に関するものが挙げられる。その創出には個体群生態学や群集生態学が寄与するところが大きいことは明らかである。また、近年の統計学や数学等の研究蓄積、および、コンピュータの演算機能の向上は、そのような実社会におけるデータの活用やエビデンスの創出を促している。

そこで、本稿では両学問が創出可能なエビデンスとその活用方法について、研究事例を引用し、手法に主眼を置き報告する。本内容は、「野生生物と社会」学会の青年部会が2023年3月4日に開催した「他分野のアプローチに触れる若手研究懇親会—野生動物管理の学際的議論に向けて—」というシンポジウムで筆者が話題提供した「生態学が果たす EBPM への貢献 ～特に個体群生態学と群集生態学に着目して～」の内容を再構成したものである。

2. エビデンスの創出とその手法

個体群生態学と群集生態学が創出できるエビデンスとその活用方法、その創出にはどのような手法が用いられているか、研究事例の一例を表1にまとめた。以降では、エビデンスごとに説明していく。

¹ Sutherland (2022) は、エビデンスを「任意の課題に関する仮説を評価するための関連情報」(原文: 'relevant information used to assess one or more assumptions related to a question of interest')と定義し、発表された研究や報告書、観察されたもの、市民科学、ローカル・ナレッジが含まれるとしている。これに加え、意思決定支援システムやエビデンスに基づいた既知の原則から生み出された理論も含める場合がある(Salafsky et al., 2019)。本報告書では、主にデータ解析の結果をエビデンスという言葉で示した。

表 1 個体群生態学と群集生態学が創出できるエビデンスとその活用方法、手法、および研究事例

エビデンス	活用方法	手法	研究事例
個体数の推定と予測	個体数把握	直接観察 モデリング	環境省 2013 環境省 2016 環境省 HPa
	捕獲戦略	最適努力量配分 感度分析や弾性分析 鳥獣被害と景観要素と個体数の解析	独立行政法人 環境再生保全機構 2020 高田ほか 2010 Vetter et al., 2020
	対策の効果検証	シミュレーション	Clark et al., 2021 Miller et al., 2014
生息地の予測と選好性	対策地の設定	生息地選好性 (多)種分布モデル	Louppe et al., 2019 根本 2016 Yokoyama et al., 2020
	対策の優先地	鳥獣被害と景観要素の解析 空間解析 生息地の評価	高田ほか 2010 玉那覇ほか 2017 Enari et al., 2022 Minor and Urban 2007
感染症の対策	感染動態のモニタリング	感染動態のモデル化	Han et al., 2020
	感染症対策の立案 保全対策	感染率の空間解析 遺伝的多様性	Okada et al., 2022 大西・安河内 2010
遺伝情報	個体数管理	過去・現在・未来の個体群動態	Dusseix et al., 2021 Iijima et al., 2023 O'Grady et al., 2006
その他	費用対効果	費用便益分析	Allen 2015 吉田ほか 2015
	ミクロな対策立案	捕獲データ 痕跡調査 行動観察 テレメトリー調査	浅田 2013 Tamura N and Yasuda M 2023 環境省 2016
	食性	食性分析	環境省 2013

2. 1 個体数の推定と予測

WMにおいて個体数に関する情報の把握は重要である。ニホンザル(*Macaca fuscata*)やカワウ(*Phalacrocorax carbo*)は、直接観察による個体数調査が行われている(環境省 2013; 環境省 2016)。一方、直接的に個体数を把握できないイノシシ(*Sus scrofa*)とニホンジカ(*Cervus nippon*)に関しては、個体数推定を Beverton-Holt モデルを利用したハーベストベースドモデルが採用されている(環境省 HP URL; <https://www.env.go.jp/nature/choju/effort/effort9.html>)。

後者のようなモデルから推定した(もしくは引用した)生活史パラメータを用いて将来の個体数予測や捕獲戦略の立案を行うことができる。例えば、千葉県の実例では現状のニホンジカとイノシシの捕獲努力量を空間的に最適配分することで、現状の捕獲努力量を 1.2 倍した場合と同等の個体数削減効果があることを示した(独立行政法人 環境再生保全機構 2020)。年齢や性別をその構造に持つ統合個体群モデル(Integrated Population Model、以降、IPM)を構築し、感度分析や弾性分析等を行うことで、どの個体を捕獲すれば、個体群動態に大きな影響与えられるのかが分かる。Vetter et al., (2020)は、年齢と幼獣の体サイズをその構造に持つモデルから、イノシシの個体数を減らすためには 1 歳の個体を捕獲するのが有効であることを明らかにした。高田ほか (2010)では、アンケートによるニホンジカによる水稲被害の大中小の把握と局所的な個体群密度や景観要素の解析から、局所的な捕獲頭数の目標の算出を行っている。これらのような解析により、どこで、どれくらい、どのような個体を捕獲するかという具体的な捕獲戦略を立てたり、行政によるワナの貸し出しの空間的な分配を決めたりすることができる。

対策の効果検証もシミュレーションから行うことができる。Miller et al., (2014)では、年齢構造を持つ IPM から、ネコ(*Felis catus*)の個体数を減らすためには、どのような環境下で、何歳の個体に、不妊化ワクチンまたは TNR²または捕獲のいずれかの対策をどの程度行えば効果があるのかをシミュレートした。その結果、TNR または捕獲の効果が高く、個体群が閉鎖していることが個体数を減らすうえで重要であることが明らかになった。Clark et al., (2021)では、イエローストーンで 1995 年と 1996 年に再導入されたオオカミ(*Canis lupus*)がエルク(*Cervus canadensis*)の個体群動態に与える影響を明らかにするため、オオカミの捕食率を考慮したエルクの個体群動態モデルを構築し、不確実性³を考慮する確率論的シミュレーションと考慮しない決定論的シミュレーションの両方を行った。その結果、確率論的シミュレーションでのみ 1.04%という確率でエルクの個体数が小さくなること⁴を明らかにした。このような種間関係の考慮は個体数管理、特に外来種対策において重要となる(巨 2011)。様々な解析により、どのような対策が効果があるかまたは効果があったのかを明らかにしつつ、今後の対策方法の選択を行うことができる。

² ネコを捕獲し(Trap)、去勢手術を施した後(Neuter)、元の個体群に戻すこと(Return)。

³ 野生動物のような自然資源を対象にする場合、不確実性が伴うため、その考慮ができる確率論的シミュレーションは有効であると考えられる。

⁴ 本現象は Predator Pit といわれ、捕食者の影響で被食者の個体数が特定の範囲になった時にその自然増加率が 0 以下になることである。

2. 2 生息地の予測と選好性

特に生息地管理や対策場所の選定において、対象種の生息地またはその予測やその選好性の把握が必要である。本節では、それらを把握するための解析手法とその活用方法について、研究事例を引用しつつ、説明する。

種のデータと景観要素のデータを利用し、生息地選好性や種分布モデル(Species Distribution Model、以降、SDM)の解析を行うことができる。根本 (2016)は、ツキノワグマ(*Ursus thibetanus*)の GPS データと植生データの解析から主にミズナラ林といった餌を得られる植生に対する選好性が明らかにし、人里周辺に存在するミズナラやクリ、カキの管理を提言した。Yokoyama et al., (2020)では、REST モデルから推定した月ごとのイノシシの個体群密度と植生データと罠による捕獲データの解析から、季節ごとの生息地選好性を明らかにしつつ、冬は捕獲率が高いことを明らかにし、季節ごとに生息地選好性に合った捕獲の実施を提言した。このような解析からどこで、どのような対策をすればいいかを明らかにすることができる。また、Louppe et al., (2019)では、SDM を利用してアライグマ(*Procyon lotor*)の現在の潜在的な生息地を推定した後、気候変動シナリオから 2050 年の潜在的な生息地を予測した。その結果、現在の生息地は依然として選好され、かつ温暖化の影響で生息地を北の方に拡大させる可能性が示唆された。予測を行うことは対策場所を絞ったり、未侵入地域における予防的対策につなげたりできる。ただし、保全対象となりやすいと考えられる希少種はデータが少なく、SDM による推定の難しさが指摘されている点は注意しなくてはならない。しかし、その多種系版である多種分布モデル(Joint Species Distribution Model、以降、JSDM)に拡張することで、推定精度が向上することが明らかになっている(Ovaskainen et al., 2011)。更に、種間関係も同時に推定できるモデルの開発が進んでいる。

対策の優先地に関する研究は、先述の鳥獣被害と景観要素の解析(高田ほか 2010)、空間解析(玉那覇ほか 2017)、生息地の評価(Minor and Urban 2007)等がある。玉那覇らは、ケナガネズミ(*Diplothrix legata*)のロードキルの発生個所のデータからどこでそのリスクが高いかを明らかにし、ケナガネズミ交通事故防止重点区間の設定変更と高リスクの場所へのオーバークラスの設置の提言を行った。Minor と Urban は、モリツグミ(*Hylocichla mustelina*)の各パッチの重要性を、空間明示型モデルとグラフ理論の両方から評価し、グラフ理論が有効であることを明らかにした。これに加えて、グラフ理論は空間明示型モデルと異なり、定量的な個体数のデータが無い場合でも生息地の評価を行うことができる。Enariらは、ニホンザルの群れの行動圏情報を全国から収集し生息地評価モデル(RSF)を行い、最小コストパス解析(LCP)を用いて個体群や生息地の接続性を評価した。これらから接続の脆弱な個体群構造を持っている地域を抽出し、捕獲圧の回避を推奨することを提言した。

2. 3 感染症の対策

感染症対策には、その宿主の個体数や感染動態、どのような場所で感染リスクが高いのかを把握することが必要である。Han et al., (2020)では、SIR モデルを用いて、げっ歯類の感染症について空間的な感染動態の把握を行った。また、本研究ではモデル内のパラメータの決定に胎仔数等の宿主の特徴を組み込むことで、それを加味した感染動態の記述に成功している。これは感染症拡散の防止のための個体数管理の立案や感染症対策の効果検証に資することができる。Okada et al., (2022)では、牛舎に近いほどネコとクマネズミ(*Rattus rattus*)のトキソプラズマの感染率が高いことを明らかにし、その感染防止対策のための畜

舎におけるネコの飼育の禁止と捕獲、飼料の適正管理によるネズミ対策を提言した。このような解析により、具体的な感染症対策の立案を行うことができる。

2. 4 遺伝情報

遺伝情報を解析することで、遺伝的多様性や過去・現在・未来の個体群動態等を明らかにすることができる。本節では、そのための解析手法とその活用方法について、研究事例を引用しつつ、説明する。

遺伝的多様性に関する研究事例は、大西・安河内 (2010)がある。本研究では、日本全土のツキノワグマの mtDNA のハプロタイプは東日本グループと西日本グループと南日本グループの 3 つに大別され、更に南日本グループは四国と紀伊半島のグループに分かれていることを明らかにした。特に四国における個体数は 16~24 頭と推定されており (鶴野-小野寺ほか 2019)、後述のように近親交配による個体群の存続が危ぶまれているため、保全対策が行われている。

過去・現在・未来の個体群動態に関する研究事例は、有効集団サイズ(Iijima et al., 2023)、交雑による外来由来遺伝子の遺伝子頻度の解析(川本ほか 2001)、近交弱勢(O'Grady et al., 2006)がある。Iijima らは、兵庫県のニホンジカと北海道のエゾシカの有効集団サイズ、つまり、存続している個体群の過去の個体数の推定から、明治時代に個体数が小さくなったことを明らかにした。これにより、明治時代の乱獲がその原因であり、ニホンジカまたはエゾシカの個体数管理において捕獲圧の強化が有効であることが示唆された。川本らは、紀伊半島におけるニホンザルとタイワンザル(*Macaca cyclopis*)、両種の交雑個体の遺伝子分析から交雑割合と遺伝子流動、つまり、現在の個体群の遺伝的な変化に関して明らかにしている。O'Grady らは、鳥類と哺乳類を対象にしたメタ解析により近親交配が起こった場合と起こらなかった場合における未来の絶滅率と個体数の変化をシミュレートした。その結果、近親交配が起こった場合、起こらなかった場合の 12.3 倍遺伝子が劣化することと絶滅までの平均時間が 37%減少することが明らかになった。その為、保全対策において近親交配への対策と遺伝的多様性の維持の重要性を主張した。

2. 5 その他のエビデンス

本節では、2.1~2.4 までに述べた以外の WM に有効である手法とそれにより創出されるエビデンスの活用方法について、研究事例を引用しつつ説明する。

鳥獣被害量または野生動物のデータと対策にかかったコストを利用して、経済学的手法の費用便益分析を行うことで、費用対効果の評価ができる。Panzacchi et al., (2007)では、侵略的外来種であるヌートリア(*Myocastor coypus*)のイタリアで行われた個体数の抑制対策とイギリスで行われた根絶対策の費用対効果の検証を行った。その結果、個体数の抑制対策は局所的には効果がみられる場合があったが、広域には効果がみられなかった。一方で、根絶対策は短期的に非常に費用がかかったが、長期的な視点から費用対効果が高かったことが示唆された。更に、Allen (2015)では種間関係を考慮に入れた費用便益分析を行っている。本研究は南オーストラリア州北部の肉用牛経営において、ディンゴ(*Canis familiaris dingo*)を駆除することで、それによる咬傷被害の減少による経済的メリットと駆除費用とカンガルーの増加による牧草の食害の増加による経済的デメリットを比較し、どのような場合に駆除を行った方がいいのか明らかにしている。このような分析から、様々な対策の選択

肢がある中で、そのコストに見合った効果がありそうかまたはあったのかを判断し、実際に
行う対策の取捨選択をするエビデンスの1つとすることができる。

浅田 (2013)では、千葉県におけるニホンジカとアライグマの捕獲データの性比の空間分
布から、個体数や分布が制限されている時期である遅滞相の有無を分析し、それを利用した
遅滞相管理について提言している。Tamura and Yasuda (2023)では、外来種であるクリハラ
リス(*Callosciurus erythraeus* subsp.)の対策が進み、低密度化した際に、どこに本種がいる
かを調べるため、ベイトトラップによる検出を行った。これにより、生息場所を特定し、わ
なの設置を行った。ニホンザルの対策に関してはアンケート調査や行動観察による群れの
加害レベルの判定やテレメトリー調査による遊動域の把握、直接観察による個体数と群れ
の社会構造の把握が必要とされている(環境省 2016)。これにより、どの群れを優先的に、
どのような対策を行えば良いかが明確になっている。

カワウ対策においては、胃内容分析による魚類の捕食量と個体数のカウント調査の結果
を組み合わせることで、その被害量や金額を把握したり、推定したりすることができる(環
境省 2013)。このような食性分析は他種への影響の把握や被害予測を行うことができる。

3. まとめ

本稿で取り上げた手法によって生み出されたエビデンスの活用が効果的で効率的な WM
の実現につながると考えられる。しかし、その実現のためには、誰が、どのようにデータを
取得・解析するか、結果をどのように現場へする還元かという課題が存在する。今後の研
究課題として、これらの課題を解決できる制度設計や体制構築等が求められる。

謝辞

本稿を作成するにあたって、合同会社東北野生動物保護管理センター代表社員宇野壮春
氏には多くのご助言を頂きました。京都大学大学院農学研究科古賀達也氏には本稿を書く
機会を頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 浅田 正彦. (2013). ニホンジカとアライグマにおける低密度管理手法「遅滞相管理」の提
案, 哺乳類科学, 53 巻, 2 号, p. 243-255
- Barbara A. Han, Suzanne M. O'Regan, John Paul Schmidt and John M. Drake. (2020).
Integrating data mining and transmission theory in the ecology of infectious diseases.
Ecology Letters 23: 1178–1188
- Benjamin L. Allen. (2015). More buck for less bang: Reconciling competing wildlife
management interests in agricultural food webs. Food Webs 2 1–9
- 独立行政法人 環境再生保全機構. (2020). 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 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
(4-1704) 平成 29 年度～令和元年度
- Emily S. Minor and Dean L. Urban. (2007). Graph Theory As A Proxy for Spatially Explicit
Population Models In Conservation Planning. Ecological Applications, 17(6), pp. 1771–
1782

- Enari, H., Seino, H., Uno, T., Morimitsu, Y., Takiguchi, M., Suzuki, K., Tsuji, Y., Yamabata, N., Kiyono, M., Akaza, H., Izumiya, S., Oi, T., Ebihara, H., Miki, K., Kuramoto, M., & Enari, H. S. (2022). Optimizing habitat connectivity among macaque populations in modern Japan. *Conservation Science and Practice*, 4(11), e12824
- Iijima, H., Nagata, J., Izuno, A., Uchiyama, K., Akashi, N., Fujiki, D., & Kuriyama, T. (2023). Current sika deer effective population size is near to reaching its historically highest level in the Japanese archipelago by release from hunting rather than climate change and top predator extinction. *The Holocene*, 0(0).
- Julian J. O'Grady, Barry W. Brook, David H. Reed, Jonathan D. Ballou, David W. Tonkyn and Richard Frankham. (2006). Realistic levels of inbreeding depression strongly affect extinction risk in wild populations. *Biological Conservation* Volume 133, Issue 1 Pages 42-51
- 環境省. (2013). 特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン及び保護管理の手引き (カワウ編)
- 環境省. (2016). 特定鳥獣保護・管理計画作成のためのガイドライン (ニホンザル編・平成 27 年度)
- 環境省 HP 「抜本的な鳥獣管理対策について || 野生鳥獣の保護及び管理[環境省] (env.go.jp)」 (<https://www.env.go.jp/nature/choju/effort/effort9.html>) (2023 年 2 月 5 日確認)
- 川本 芳, 大沢 秀行, 和 秀雄, 丸橋 珠樹, 前川 慎吾, 白井 啓, 荒木 伸一. (2001). 和歌山県におけるニホンザルとタイワンザルの交雑に関する遺伝学的分析, *霊長類研究*, 17 巻, 1 号, p. 13-24
- Loupe Vivien, Leroy Boris, Herrel Anthony & Veron Géraldine. (2019). Current and future climatic regions favourable for a globally introduced wild carnivore, the raccoon *Procyon lotor*. *Sci Rep* 9, 9174
- 根本 唯, 小坂井 千夏, 山崎 晃司, 小池 伸介, 中島 亜美, 郡 麻里, 正木 隆, 梶 光一 (2016) ブナ科堅果結実量の年次変動にともなうツキノワグマの秋期生息地選択の変化. *哺乳類科学*, 56 巻, 2 号, p. 105-115
- Nick Salafsky, Judith Boshoven, Zuzana Burivalova, Natalie S. Dubois, Andres Gomez, Arlyne Johnson, Aileen Lee, Richard Margoluis, John Morrison, Matthew Muir, Stephen C. Pratt, Andrew S. Pullin, Daniel Salzer, Annette Stewart, William J. Sutherland, Claire F. R. Wordley. (2019). Defining and using evidence in conservation practice. *Conserv Sci Pract.* 2019;1:e27
- 大西 尚樹・安河内 彦輝. (2010). 九州で最後に捕獲されたツキノワグマの起源, *哺乳類科学* 50 巻, 2 号, p. 177-180
- Otso Ovaskainen and Janne Soininen (2011) Making more out of sparse data: hierarchical modeling of species communities. *Ecology*, 92(2), pp. 289–295

- Panzacchi, M., Cocchi, R., Genovesi, P. and Bertolino, S. (2007). Population control of coypu *Myocastor coypus* in Italy compared to eradication in UK: a cost-benefit analysis. *Wildlife Biology*, 13: 159-171.
- Philip S. Miller, John D. Boone, Joyce R. Briggs, Dennis F. Lawler, Julie K. Levy, Felicia B. Nutter, Margaret Slater and Stephen Zawistowski. (2014). Simulating Free-Roaming Cat Population Management Options in Open Demographic Environments. *PLoS ONE* 9(11): e113553.
- 高田まゆら・鈴木 牧・落合啓二・浅田正彦・宮下直 (2010) 景観構造を考慮したニホンジカによる水稻被害発生機構の解明とリスクマップの作成. *保全生態学研究*, 15: 203-210
- 玉那覇 彰子, 向 真一郎, 吉永 大夢, 半田 瞳, 金城 貴也, 中谷 裕美子, 仲地 学, 金城 道男, 長嶺 隆, 中田 勝士, 山本 以智人, 亘 悠哉, 沖縄島における絶滅危惧種ケナガネズミのロードキル発生リスクマップの作製および対策への提言, *哺乳類科学*, 2017, 57 巻, 2 号, p. 203-209
- Tamura N and Yasuda M. (2023). Distribution and management of non-native squirrels in Japan. *Front. Ecol. Evol.* 10:1061115.
- T. J. Clark, Jon S. Horne, Mark Hebblewhite and Angela D. Luis. (2021). Stochastic predation exposes prey to predator pits and local extinction. *Oikos* 130: 300–309
- 鵜野-小野寺 レイナ, 山田 孝樹, 大井 徹, 玉手 英利. (2019). 四国で捕獲されたツキノワグマの血縁関係と繁殖履歴, *保全生態学研究*, 2019, 24 巻, 1 号, p. 61-69
- Vetter, S.G., Puskas, Z., Bieber, C., and Ruf, T. (2020). How climate change and wildlife management affect population structure in wild boars. *Sci Rep* 10, 7298
- 亘 悠哉. (2011). 外来種を減らせても生態系が回復しないとき : 意図せぬ結果に潜むプロセスと対処法を整理する. *哺乳類科学* 51(1) : 27-38
- William J. Sutherland. (2022). *Transforming Conservation: A Practical Guide to Evidence and Decision Making*. Cambridge, UK: Open Book Publishers
- Yokoyama Y, Nakashima Y, Yajima G, Miyashita T. (2020). Simultaneous estimation of seasonal population density, habitat preference and catchability of wild boars based on camera data and harvest records. *R. Soc. Open Sci.* 7: 200579