

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 19 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2011～2014

課題番号：23241077

研究課題名(和文) 高次捕食者の生息適地を評価する機構論モデルの構築と将来予測への応用

研究課題名(英文) Mechanistic models for estimating habitat suitability of top predators and its application to future prediction

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 29,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、移動制限と餌資源制限が、いかに高次捕食者の分布に影響を与え、それが分布予測モデルに影響するかを明らかにした。とくに、里山の高次捕食者であり絶滅危惧種となっているサシバを対象に、解像度の高い分布データを収集し、統計モデルを用いた移動制限の定量化、地域特性を組み込んだ生息適地モデルの構築、餌資源の季節動態の地域間での違いを明らかにした。これらの結果をもとに、生息適地モデルの時空間外挿についての転用可能性や、餌資源動態の地理的変異の重要性について議論した。

研究成果の概要(英文)：This study investigated how dispersal limitation and resource limitation affect distribution pattern and habitat suitability modelling for top predators. In particular, we obtained high-resolution data of Gray faced buzzard, a top predator and an endangered species in Satoyama landscape, and estimated the degree of dispersal limitation by statistical analysis, constructed habitat suitability models incorporating regional characteristics, and regional differences in seasonal dynamics of prey animals. Based on these results, we discussed spatio-temporal transferability of habitat suitability models and importance for considering geographic variation in prey dynamics for top predators.

研究分野：生態学

キーワード：生息適地モデル ニッチモデル 景観生態学 分散制限 食物網 転用可能性

1. 研究開始当初の背景

生物分布と景観構造の関係を統計的に推定した生息適地モデルは、対象生物の生息地保全の手段として重要な役割を担ってきた。このモデルをもちいた保全活動では、モデルを作成した地域での関係が他地域にも当てはまることを前提とする場合が多い(モデルの転用可能性)。しかし広域分布する生物、とくに高次捕食者では、この前提が満たされない可能性が高い。転用可能性を低下させる要因はいろいろ考えられるが、大別すると以下の3種類になると思われる。主たる景観要素のレンジが地域間で異なる、生物の移動の制限または促進により、適地が過少または過大に評価される、利用する主たる餌資源が地域間で異なる。このうち、については、統計モデルの構造の工夫で検証可能であるが、は時系列データが必要であり、については、主たる資源利用やその動態を実際に把握し、新たなモデルを構築する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、まず様々な機能群や食物連鎖の栄養段階を有する鳥類全般を対象に、生息適地に影響を与える環境要因の効果と、移住確率の距離依存性を明らかにしたうえで、景観構造が重要な種の特定や、どのような形質が移動制限を強く受けているかを明らかにする。つぎに、里山の高次捕食者の代表であり、景観構造や移動制限の影響が重要と思われるサシバを対象に、わが国の分布域全体をカバーする5地域において、解像度の高い分布データを収集し、地域特性を組み込んだ生息適地モデルを構築する。ここでは、とくに景観構造と餌種の地域差に注目して解析を行う。さらに、分布境界を決める要因を明らかにするために、サシバの分布北限を中心とした分布・非分布域において、複数の餌資源の時空間動態を明らかにする。最後に、人為影響として最も重要と考えられる農地整備が餌資源を介してサシバに与える影響を明らかにする。これら一連の調査により、移動分散制限と餌資源制限が、いかに高次捕食者の分布に影響を与え、それが分布予測モデルに影響するかを提示する。

3. 研究の方法

(1) 高次捕食者を含む鳥類の広域分布解析

本研究では第2回(1978年)・第6回(1998-2002年)自然環境保全基礎調査で得られた鳥類126種の2時点の繁殖分布を対象に、距離依存の移動分散と局所個体群の絶滅で分布動態を記述する「ハピタット散布同時モデル」のパラメータを最尤法により推定し、生息適地に影響を与える環境要因の効果と、移住確率の距離依存性を明らかにした。そして、反応変数の推定誤差を考慮したPhylogenetic Generalized Least Square (PGLS)法により、種ごとのパラメータと形質

(渡り性、食性、サイズ等)との関係を明らかにした。

(2) 高次捕食者サシバの生息適地モデル

国内のサシバ分布域の北部と中心、南西部に位置する5地域(北部:岩手、中心:栃木・千葉・愛知、南西部:福岡)それぞれ25-100km²を対象に、各地の協力者が3-15年にわたって収集した繁殖巣の位置情報と、巣立ち雛数の情報をもちいた解析を行った。調査対象地の景観構造の情報は、環境省の植生調査(第6-7)の情報を用いた。生息適地モデルは、1.繁殖サシバの分布情報に基づくモデルと、2.サシバの繁殖成功に基づくモデルの2つを作成した。

分布情報に基づく生息適地の解析

解析では、サシバの行動圏面積とおよそ同じと考えられる1km x 1kmのセルを単位とし、セル内で繁殖するサシバの在不在を応答変数、餌生物の生息地と考えられる林縁、広葉樹林、草地、水田を予測変数とする一般化線形モデルを用いた。サシバの分布とこれらの景観変数との関係が、地域によって変化するかどうかを調べるため、地域区分のコードと景観変数の交互作用項を、このモデルに組み込んだ。地域区分法として、サシバの餌内容の類似性に基づいた区分と、生息地の景観要素の類似性にもとづいた区分を行い、コード名をつけた。予測変数の重要性は、AICにもとづくモデル選択によって評価した。

繁殖成功に基づく生息適地の解析

上の分布モデルと同様、解析では1km x 1kmのセルを単位とし、セル内で確認されたサシバの巣の巣立ち雛数の平均値を応答変数、分布モデルと同じ景観変数を予測変数とする一般化線形モデルを、巣立ち雛数の情報のある栃木、千葉、福岡の3地域を対象に作成し作成し、AICにもとづくモデル選択によって予測変数の重要性を評価した。

(3) 繁殖北限域におけるサシバの繁殖地選択と食物資源との関係

太平洋側のサシバの繁殖地の北限域で恒常的に本種個体群が繁殖している岩手県花巻市、花巻市とほぼ同緯度に位置し、本種の繁殖が確認されていない岩手県盛岡市、青森県五戸町、東北町、局所的に1つがいの継続的な繁殖が確認されている青森県青森市、青森市とほぼ同緯度に位置する五所川原市と鱒ヶ沢町の計7カ所を調査地として設定した。花巻市には7カ所、他の調査地では3-5カ所の調査区を設定した。各調査区内の畦畔に沿って150-200mの調査ルートを3本設定した。調査はサシバの育雛期間である5月下旬から7月上旬の間に4回、7月下旬に予備調査を11回行った。

サシバの育雛期間において有力な食物資源であるとされる大型のカエル類、トカゲ類、ヘビ類、昆虫を調査対象種とした。

(4) 農地整備とサシバの分布に関する研究

鳥根県西部では、2012年に谷津35か所を対象に調査を行った。サシバの採餌がもっとも活発と考えられる育雛中期(6月上旬)に、谷津ごとに2回のサシバの定点観察と1回のカエル類の個体数調査を行った。一般化線形モデルを用い、(1)各谷津でのサシバの存在を応答変数、餌生物の密度や林縁などの景観量を予測変数とするサシバモデルと、(2)トノサマガエルなど餌生物の種ごとの密度を応答変数、農地整備の有無や景観量を予測変数とする餌生物モデルを作成した。

千葉県北部では、2013年と2014年に谷津65か所を対象に調査を行った。サシバが営巣し(4月下旬)雛が巣立つまで(7月初旬)に4から6回、サシバの定点観察と、その餌であるカエル類の個体数調査を行った。サシバが分布する確率を、調査回ごとの発見確率を考慮した site occupancy model で推定し、分布を予測する変数として2つの景観要素(林縁長、市街地面積)と餌生物量(アマガエル、トウキョウダルマガエルの密度)を組み込んだ。

アマガエルとダルマガエルの密度は、それぞれの出現が最大化する調査日を明らかにした後、発見確率を考慮したN-mixture modelを用いて、アマは発見個体数期待値を平均とするポアソン分布、ダルマはゼロ過剰ポアソン分布に従うと仮定し推定した。カエル密度を予測変数として、コンクリート水路密度、水田面積、放棄田面積、林縁長を入れた。

4. 研究成果

(1) 高次捕食者を含む鳥類の広域分布解析

ハビタット散布同時モデル推定の結果、約24年間における50%確率移住距離が20km未満と推定された種は85種にのぼり、多くの鳥類の分布に分散制限が影響していることが明らかになった。また、38種が気温上昇により、25種が水田-森林境界長の減少により生息適地が縮小すると推定された。形質との関係解析では、肉食鳥類の分散距離は長いことが明らかとなった。また、渡りをする種は移住距離が短いことが明らかとなった。

(2) 高次捕食者サシバの生息適地モデル

分布情報に基づく生息適地

サシバの生息適地が、餌内容の類似度が低い地域間で違っていた。すなわち、サシバの生息確率と草地や広葉樹林面積との正の関係が、南西部(福岡)で強く、分布北限付近(岩手)で弱くなっていることが分かった(図1)。このような生息適地の地理的差異が生じた理由として、サシバの主要な餌生物とされるカエル類や直翅類などの種類相や発生時期が、これらの地域間で大きくちがっていることや、同じ高次捕食者である他の猛禽類の影響が考えられた。

繁殖成功に基づく生息適地

南西部の福岡でのみ、サシバの繁殖成功と水田面積と正の相関があることが明らかになった。分布情報に基づく結果と合わせると、福岡では、サシバは草地や広葉樹林が多い場所で営巣可能性が高いが、営巣場所と利用されている場所の中では、水田の多いところほど繁殖成功が高いことが示された。その理由として、水田にくらす餌生物の質が草地などの餌生物に比べて良質であったり、現時点で草地などの多い場所が、かつては水田の多かった場所であったりすることが考えられた。

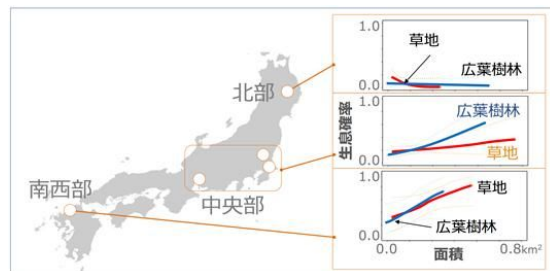


図1. 構築された生息適地モデルを用いた各景観要素の面積とサシバの生息確率の関係とその地域差。

(3) 繁殖北限域におけるサシバの繁殖地選択と食物資源との関係

カエル類は、繁殖地である花巻市と同等以上の発生量が確認されたのは盛岡市と青森市のみであった。また花巻市と盛岡市は発生量のピークが6月上旬にあるのに対し青森市では6月下旬にあった(図2)。トカゲ類は、花巻市と五所川原市でのみ確認された。バッタ類は、いずれの調査地でもサシバの育雛期間である5月下旬から7月上旬にかけて発生量は少なかったが、花巻市のみ巣立ち後の7月下旬に発生量の急増が見られた。

サシバの個体群レベルでの恒常的な繁殖地である花巻市におけるサシバの育雛期間内の食物資源となる小動物の発生動向の特徴としては、カエル類の発生量が多く、5月下旬の段階で既にカエル類が発生し、トカゲ類が生息しているということである。

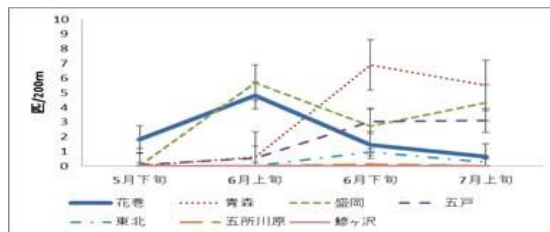


図2. 各調査地におけるカエル類の個体群動態

(4) 農地整備とサシバの分布に関する研究

鳥根でのサシバの分布は、トノサマガエルの密度との正の関係がもっとも顕著で、トノサマガエルの密度は、農地整備の有無と強い負の相関にあることが明らかになった。千葉でのサシバの分布は、林縁の長さよりもトウキョウダルマガエルの密度が強く関係して

おり、カエル密度が高いほど確率が高くなっていることが分かった(図)。トウキョウダルマガエルの密度は、コンクリート水路や放棄田が多いほど低くなっていることも解明された。

(5) まとめ

本研究の主な成果は以下のようにまとめられる。多数の鳥類種を対象に分布拡大や移動制限に関する定量評価を行い、それを食性などの形質との関係から明らかにした、高次捕食者の生息適地モデルの汎用可能性や状況依存性を評価し、その背景にあるメカニズムを推定できた、高次捕食者の餌資源動態が分布北限を決めることが推測できた、人為による環境変化が餌資源を介して高次捕食者の分布に影響していることを示した。これらの成果から、高次捕食者の生息適地の予測には、従来型の景観情報のみを用いた統計モデルには限界があることがわかった。モデルを他地域に転用するには、餌資源量などの地域の特性を考慮したモデリングが必要で、また分布拡大の予測においては、分布制限を組み込んだモデリングが不可欠であることが示された。こうした成果は、希少種を多数有する高次捕食者の保全指針に対して有効な手法や概念を提供するものである。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

Fujita G, Azuma A, Nonaka J, Sakai Y, Sakai H, Iseki F, Itaya H, Fukasawa K, Miyashita T. (in press) Context dependent effect of landscape on the occurrence of an apex predator across different climate regions. PLOS ONE

Fujita G, Naoe S, Miyashita T (2015) Modernization of drainage systems decreases gray-faced buzzard occurrence by reducing frog densities in paddy-dominated landscapes different climate regions. Landscape and Ecological Engineering 11, 189-198. DOI 10.1007/s11355-014-0263-x

Azuma A, Kawabata Y, Kawamura S, Itokawa T, Kaneko E (2014) Breeding habitat preference and effects of mowing on hunting success of Gray-Faced Buzzard *Butastur Indicus* in northern Japan. Ornithological Science 13: 180.

Nagai K, Azuma A, Onoue M, Iseki F and Kasornrorkbua C (2014) Current status of the Gray-faced buzzard (*Butastur indicus*) based on mitochondrial DNA. Ornithological Science 13: 375.

[学会発表](計8件)

藤田 剛、直江将司、宮下 直 (2013) 耕作放棄と農地整備が餌生物を介して高次

捕食者サシバの分布におよぼす影響、日本生態学会第60回大会、静岡

稲村弘一、東 淳樹 (2013) 繁殖北限域におけるサシバの給餌動物としての昆虫の意義 - 昆虫の発生活長とサシバの育雛期間のミスマッチ - 日本生態学会第60回大会、静岡

藤田 剛、東 淳樹、野中 純、堺 義昭、堺 初美、伊関文隆、深澤圭太、宮下 直 (2014) 景観構造からみたサシバの生息適地の地理的差異と共通性、日本生態学会第61回大会、広島

藤田 剛、東 淳樹、野中 純、堺 義昭、堺 初美、伊関文隆、深澤圭太、宮下 直 (2014) 気候と景観構造の地域差がもたらす高次捕食者サシバの繁殖適地の違い、第30回個体群生態学会大会、筑波

藤田 剛、東 淳樹、野中 純、堺 義昭、堺 初美、伊関文隆、宮下 直 (2015). 繁殖成功からみた高次捕食者サシバの生息適地モデルにおける転用可能性. 日本生態学会第62回全国大会、鹿児島

深澤圭太、直江将司、赤坂宗光、角谷拓、宮下 直 (2015) 鳥類の繁殖地分散制限と形質による予測. 日本生態学会第62回全国大会、鹿児島

栗山武夫、藤田 剛、宮下 直 (2015) 周辺景観と農地整備がカエルを通してサシバに与える影響 発見率を考慮したパス解析による推定、日本生態学会第62回全国大会、鹿児島

Fukasawa K, Naoe S, Akasaka M, Kadoya T, Miyashita T. Trait-based prediction of breeding site dispersal under global change: can migratory birds move farther? Biological range shifts in response to climate change, Tokyo, Sep 2015.

[図書](計1件)

宮下 直 (2014) 生物多様性のしくみを解く、工作舎、227

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮下 直 (MIYASHITA Tadashi)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号: 50182019

(2) 研究分担者

東 淳樹 (AZUMA Atsuki)
岩手大学・農学部・講師

研究者番号：10322968

深澤圭太 (KEITA Fukasawa)
国立環境研究所・生物生態系環境研究センター
生物多様性評価予測研究室・
主任研究員
研究者番号：90617101

(3) 連携研究者

藤田 剛 (FUJITA Go)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
助教
研究者番号：80302595