

# GISと生息適地モデルによる 広域スケールでの生物の生息環境の評価と地図化の試み

上野裕介・栗原正夫

## 1. はじめに

自然環境保全や生物多様性に対する意識の高まりとともに、平成7年に最初の生物多様性国家戦略が策定され、平成20年5月には生物多様性基本法が成立した（同年6月施行）。平成22年10月には、愛知県で生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）が開催され、愛知目標が設定された。さらに最新の生物多様性国家戦略2012-2020（平成24年9月策定）では、新たに愛知目標達成に向けたロードマップが示されるとともに、基本戦略の一つに「科学的基盤を強化し、政策に結び付ける」ことが明記された。

自然環境や生物多様性の保全のためには、まず現状を把握することが不可欠である。つまり、どこにどのような生物がどの程度いるのか、好適な生息環境はどこにあるのかを知ることで、希少種などの保全上重要な地域を地図上に示したり、国土管理や都市計画、保護区の設定、環境アセスメントにおける生物調査の効率化・重点化、外来種の分布拡大リスクの評価・対策の検討を行う際に、正確な判断や意思決定を行ったりすることが可能になる。一方で、全国あるいは広域での綿密な生物調査は、多大な時間と労力を必要とする。

そこで本報文では、既存データ（既存の自然環境情報）を活用することで広域での生物の生息環境を予測・評価する試みについて紹介する。特に、現在著者らが進めているGIS（地理情報システム）と生息適地モデルという2つの技術を併用した研究を紹介し、研究過程で明らかになってきた課題と今後の可能性について整理する。

## 2. 研究の背景と目的

### 2.1 技術基盤：環境情報とGIS、生息適地モデル

日本では、高精細な地形図や土地利用図、植生図、気象観測網など自然環境に関する基盤情報が

整備されており、かつ公開されている。また生物情報に関しても、生物多様性保全基礎調査（環境省）や河川水辺の国勢調査（国土交通省）、自治体や博物館、NPO等による調査、図鑑情報などが充実している。そのため、これらを統合することで、自然環境版の巨大なデータベースを構築し、分析に活用することができる。

GISは、位置情報を持ったデータを総合的に管理・加工する技術で、視覚的な表示や高度な分析、目的に合わせた地図の作成を可能にする。

生息適地モデル（ハビタットモデル、種の分布モデル等とも呼ばれる）は、動植物種の分布情報と景観構造（環境要因）の関係を統計的な手法を用いて予測する手法であり、事前に分布情報が得られない場所についても種の生息可能性（ポテンシャル）を定量的に把握することができる。言いかえるならば、対象種が分布している環境と類似した環境条件の場所を統計モデルによって抽出・把握するものであり、既存情報が少ない場所についても情報を補完しようとする試みと言える（図-1）。

したがって、自然環境に関する基盤情報とGIS、生息適地モデルを組み合わせることで、生物の生息環境の予測・評価地図を作成し、正確な判断や意思決定を支援することが可能になる。一方で、これらの技術は発展途上であり、学術面ならびに実用面からの研究と検証が不可欠な状況にある。

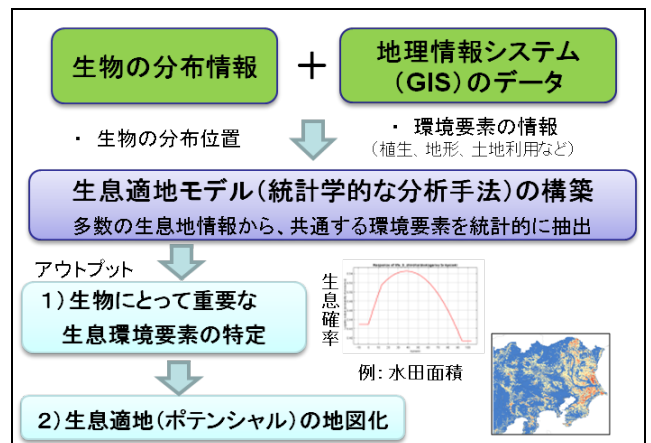


図-1 生息適地モデルによる予測と地図化の流れ

## 2.2 研究の背景と目的

頻繁に環境アセスメントの対象となる猛禽類は、生息環境を定量的・効率的に把握するための手法が確立されておらず、道路やダムなど各種事業においてその調査・保護・保全のために多くの人員と期間を必要としてきた。そこで著者らが所属する国土技術政策総合研究所では、猛禽類に対する効果的な環境保全措置と効率的なモニタリング手法の開発を目指し、研究を進めている。

その一つとして、猛禽類の営巣環境及び餌場環境を定量的に評価する手法の開発を目的に、1) 既存資料の収集と解析に必要なデータを整備し、2) 猛禽類の生息適地（営巣・餌場ポテンシャル）を予測する『生息適地モデル』の試作と改良を行っている。さらに、3) 生息適地モデルを、今後の道路事業等において活用するための技術的課題について検討を行っている。

## 3. 研究内容

### 3.1 既存資料の収集・整理とデータ基盤の整備

生息適地モデルでは、生物種の分布/非分布情報と環境要因との関係を、統計的手法を用いた予測式の形で表わす。そのため精度の高い予測には、十分な数の生物の分布情報（猛禽類の営巣位置情報や餌生物の分布情報）に加え、予測対象範囲の環境要素（植生、地形等）の情報が必要となる。生物情報については、全国の直轄道路事業等における生物調査の結果（平成21～24年度の約500事例）を収集し、各種の確認位置情報を抽出した。あわせて生物多様性保全基礎調査の結果（環境省生物多様性センター）やその他の既存調査資料を収集し、猛禽類の営巣情報や餌となる鳥類の生息状況を整理した。環境情報は、インターネット上で公開されている基盤地図（国土地理院）や植生図（環境省生物多様性センター）を活用した。これらをGIS上で統合し、全国規模の生物情報及び環境要因のデータセットを作成した。

### 3.2 猛禽類の生息適地モデルの試作

生息適地モデルに使用する統計解析手法には、従来、重回帰分析や判別分析が多用されてきたが、近年、データの確率分布型を考慮した一般化線型モデルや非線型モデル（一般化加法モデル）、ベイズ推定、機械学習等が取り入れられている<sup>2)</sup>。

今回、猛禽類の営巣適地の予測には、確認位置

情報（在情報）のみで比較的頑健な予測が可能な機械学習の一種（MaxEnt<sup>3)</sup>：最大エントロピー法）を採用した。予測の対象は、頻繁に環境アセスメントの対象となる猛禽類5種（今回は、オオタカ・サシバを紹介）とし、環境要素には樹林、水田、畑地、草地、市街地の各面積割合と森林の林縁長を用いた。MaxEntでは、営巣位置情報と予測対象範囲の環境情報を入力することで、営巣場所周辺の環境と似た/似ていない環境の場所を抽出し、個々の営巣可能性（ポテンシャル）を計算できる。そこでこの技術を用い、全国一括（20×20km単位）、地方ごと（1×1km単位）、事業ごと（100×100m単位）の3階層で、モデルの試作と精度検証、改良を行っている。

猛禽類の餌場適地の予測には、既存資料<sup>4),5)</sup>から得られた1970年代及び90年代の東京地域の鳥類相に関する調査結果を基に、在・不在情報及び時間変化を同時に扱う一般化線型モデルを用いた。予測の対象は、東京都全域の鳥類とした。

### 3.3 結果と地図化

猛禽類の営巣適地、餌場適地を予測する統計モデルを試作し、結果を図示した（図-2～4）。

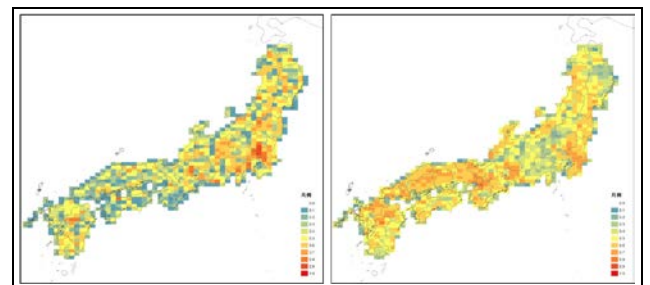


図-2 試作モデルによる営巣適地の予測結果

左図：東北以南のオオタカの営巣適地、右図：サシバの営巣適地。赤色の場所ほど、営巣の可能性（ポテンシャル）が高く、青色に近づくほど低いことを示す。

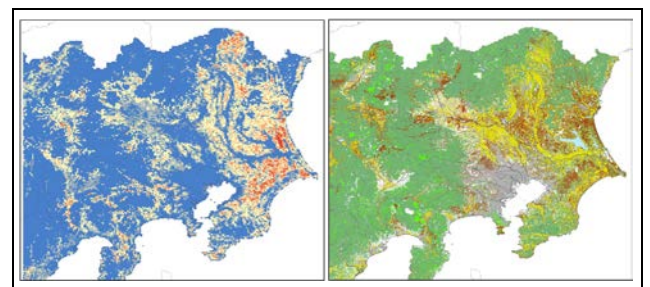


図-3 試作モデルによる営巣適地の予測結果

左図：関東のオオタカの営巣適地、右図：植生図。営巣の可能性が高い場所（左図の赤色の場所）は、水田（右図の黄色の場所）や畑地（同・茶色）、森林（同・緑色）が混在する地域に集中している。

図-2は、東北以南におけるオオタカとサシバの営巣適地を20×20kmの範囲ごとに予測したものである。オオタカは、東日本でポテンシャルが高い傾向があり、サシバは関東及び西日本で高い傾向が見られた。図-3は、対象を関東地方に限定し、1×1kmの範囲ごとにオオタカの営巣適地を予測した結果である。営巣適地は、茨城・千葉県付近に多いと予測され、それらは標高がそれほど高くなく、水田と畑地、森林が混在する里山的景観を有した場所に集中していた。図-4は、猛禽類の餌となる鳥類が多い場所を、東京都を対象に1×1kmの範囲ごとに予測した結果である。その結果、鳥類の種数が多い場所（つまり猛禽類の餌となる鳥が多い環境）は、1970年代から90年代、2010年代にかけて縮小してきていることがわかった。

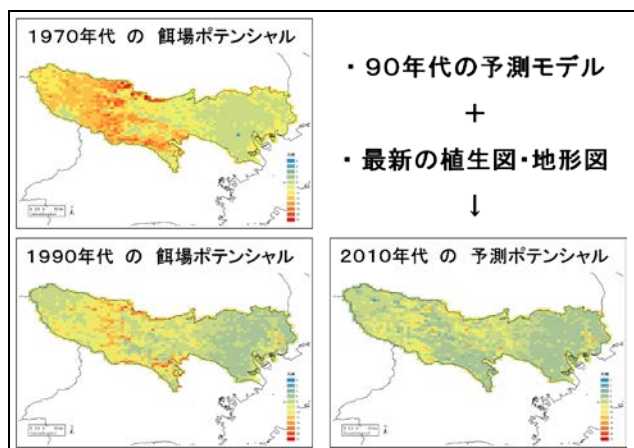


図-4 試作モデルによる餌場適地の予測結果

東京都の鳥類31種の生息ポテンシャルを重ね合わせ、表示している。鳥類の種数が多いと予測された場所（赤色の場所）は、時代とともに縮小している。

### 3.4 技術的課題の整理

猛禽類の生息環境や保全上重要な地域を、既存資料を用いて効率的に予測・評価する手法の開発を目指し、猛禽類の生息適地モデルを試作した。一方、いくつかの課題も見えてきた。

まず、希少種の生息情報の蓄積・公表状況には地域差があり、情報が不足する地域では正確な予測が行えないことがわかった【課題1. 情報の地域的な偏り】。また、別の地域の情報で補完しようにも、ある地域で作成した生息適地モデルが、他の地域に当てはまらないことも多いことがわかった。これは、地形や植生、気象条件等が異なる他地域とは種の分布を規定する要因も異なる可能性が高いためと考えられる【課題2. 空間的汎

用性の欠如】。さらに、対象種の生態的特性（種の特徴）や生物の分布データの属性によっても、使用する統計モデルや考慮すべき環境要因が異なるため、予測モデルの構築には対象種の生態的特性の理解と統計解析に関する専門的知識がともに不可欠であることがわかった【課題3. 専門的知識の重要性】。これらの課題に対処するためには、全国の生物情報を集約し（メタデータ化）、事業等に活用できる仕組みを構築すること、予測精度や予測の汎用性がどのような要因で変化するかを、数学的・生態学的見地から検証することが必要と考えられた。そこで著者らは、現在、予測の適合度合いを表す定量的指標を基にモデル比較を行い、最適な環境変数や解析を行う空間スケール、現地調査と予測結果との整合性を確認することに加えて、作成した予測モデルの時間的・空間的な適用範囲について予測の限界を調査している。

### 3.5 実用上の課題の整理

実際の利用においても、留意すべき点がある。

まず、予測には不確実性が伴うことを理解する必要がある。つまり、ポテンシャルが高いと予測された場所は、あくまで相対的に分布の可能性が高いことを示しているのであり、必ずしも種が生息しているわけではない【課題4. 予測の不確実性】。また生息適地モデルの予測精度は、用いるデータの量や精度、統計モデルの特性に依存する。例えば、古い分布情報や信頼性が不確かな文献情報を用いる場合には特に注意が必要である。そのため、いったん構築した予測モデルであっても、その後も情報を更新し、現実にあわせ、モデルを修正していく必要がある【課題5. 情報の更新】。このように予測には常に不確実性があることから、将来的には、生物データを集積し、予測に頼らない、実データに基づいた意思決定に移行していくことが重要かつ確実である。生息適地モデルは、それまでの過渡期の技術として、不確実性を許容しつつ利用することが現実的である。

## 4. 活用の可能性

ここまで述べてきたように、生息適地モデルには留意すべき点はあるものの、既存情報が少ない場所についても情報を補完でき、かつ定量的に動植物の生息・生育ポテンシャルを評価することができるため、有効な手法である。また、将来予測



など、現地調査ができない場面にも対処できる。以下、今後の活用の可能性について紹介する。

#### 4.1 効率的・効果的な環境アセスメントの実施

環境アセスメントとは、一定規模以上の事業（ダム、道路、鉄道、発電所建設など）を行う際に実施されるものであり、事業が環境に及ぼす影響を予測・評価し、影響を回避・低減するための方法を検討し、対策を実施する。この際、希少種等の生息環境を適切に予測・評価することが重要であり、生息適地モデルは、この期待に応えうる。また平成23年の環境影響評価法改正で新たに加わった配慮書手続き（事業の計画段階で、事業の位置や規模等について環境保全に配慮した検討を行い、配慮書として公表、広く意見を聞くという手続き）の際の参考資料の一つとしても活用できる。具体的には、重要な生息環境が残されている地域や、逆に、相対的に環境保全上の優先順位が低い地域（開発を進めても影響が少ない地域）を予測することができる。

#### 4.2 自然再生候補地の抽出と効果予測

生息適地モデルは、自然再生の現場でも活用されつつある。例えば、ダムに魚道の設置を検討する際に、予め生息適地モデルを用いてダム上流部に潜在的に好適な環境が残されているかどうかを評価し、魚道の設置効果の高い場所について優先的に対策を講じようという試み<sup>6)</sup>などがある。

#### 4.3 環境情報の地図化と国土・都市計画への活用

生息適地モデルを含む、地図化の最大のメリットは、分析結果を視覚的に表示し、関係者間で共有できる点にある。現在、様々な目的に合わせて環境情報の地図化が試みられており、例えば、生物多様性が高いと考えられている里山景観を地図上から抽出し、地球規模で現状を把握する試み<sup>7)</sup>などがなされている。また、生息適地モデルの予測条件を変化させることにより、将来予測や開発・計画シナリオに沿った分析も可能になる。

### 5. まとめ

本報文では、GISと統計モデルを組み合わせ、自然環境分野（特に生物の生息環境の評価）に適用することで、国土管理や都市計画、保護区の設定、環境アセスメントにおける生物調査の効率化・重点化、将来予測・シナリオ分析など、様々な利用目的に応用できることを述べてきた。一方

で、このようなアプローチだけでは不十分なこともある。例えばデータ解析により、俯瞰的にある生物が里山景観に多いというパターンを示すことはできても、その原因まではわからない。これを明らかにするためには、野外に出て生物の生態を詳細に観察し、得られたデータから現象を丁寧に解明していくことが不可欠である。予測と実証、様々なアプローチを組み合わせ、人間と野生生物がともに暮らしやすい社会を作り、豊かな日本の自然を次世代につないでいきたいと考えている。

### 謝 辞

本研究にあたって、資料の収集にご協力頂いた国土交通省の各地方整備局及び国土技術政策総合研究所道路環境研究室の皆様、技術的な見地から助言頂いた（独）農業環境技術研究所の大澤剛士博士に、この場を借りて御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) Franklin, J.: *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*, Cambridge University Press, 2010
- 2) 鷲谷いずみ、宮下直、角谷拓（編）：保全生態学の技法：調査・研究・実践マニュアル、東京大学出版、2010
- 3) Phillips, J. et al.: Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, Vol.190, pp.231-259, 2006
- 4) 東京都：東京都鳥類繁殖調査報告書（昭和48年～昭和53年）、1980
- 5) 東京都環境保全局：東京都鳥類繁殖状況調査報告書（平成5～9年度）、1998
- 6) 福島路生、亀山哲：サクラマスとイトウの生息適地モデルに基づいたダムの影響と保全地域の評価、応用生態工学、第8巻、pp.233～244、2006
- 7) Kadoya, T. and Washitani, I.: The Satoyama Index: a biodiversity indicator for agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol.140, pp.20-26, 2011

上野裕介



国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センター緑化生態研究室 研究官、水産科学博士  
Dr. Yusuke UENO

栗原正夫



国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス基盤研究センター緑化生態研究室長  
Masao KURIHARA