

河川生態系ネットワーク保全手法の調査研究

Research on river ecological network conservation methods

自然環境グループ 研究員 内藤 太輔
 自然環境グループ 研究員 大澤 秀一
 自然環境グループ グループ長 森 吉尚
 主席研究員 宮本 健也
 新潟大学 向井 喜果
 新潟大学 鎌田 泰斗

本稿は、生態系ネットワークの定量的な評価方法について、主に鳥類を対象とした生息適地モデル、生息ポテンシャルマップの導入について検討した概要と結果を報告するものである。

全国的な取組みの推進が図られている「河川を基軸とした生態系ネットワークの形成」については、生態系ネットワークのより効果的、効率的な改善、保全を進めるために、具体的な改善・保全技術や評価方法を確立することが課題となっている。このことから、生態系ネットワークの定量的な評価方法について、鳥類を対象に、生息適地モデル (MaxEnt) を用いる方法 (モデル型) とモデルを用いない簡易な方法 (非モデル型) による生息ポテンシャルの推定、およびその地図化 (生息ポテンシャルマップ) の導入を検討した。モデル型では、モデル地域 (マガン-斐伊川、コハクチョウ-福島潟 (新潟県)) で、生息適地モデルを構築し、AUC (モデルの適合度)、環境要因の重要度を算出したうえ、生息ポテンシャルを定量的に推定した。さらに構築したモデルを全国の主要なマガン、コハクチョウの生息箇所以外挿し、生息ポテンシャルマップを作成、生息分布と比較した。非モデル型では、モデル地域 (コウノトリ-円山川) で、環境要因を点数化し、その総和から生息ポテンシャルを算出した。検討を通して得られた結果をもとに、今後の導入についての課題、活用方法について考察した。

キーワード：生態系ネットワーク、生息ポテンシャルマップ、生息適地モデル (MaxEnt)、GIS

This report includes the overview and results of considering quantitative evaluation methods of the ecological network such as the suitable habitat model mainly for birds as well as the installation of the potential habitat map.

Regarding the activity, “Creation of a River-Based Ecological Network”, which is promoted nationwide, specific improvement/conservation techniques and evaluation methods must be established to improve and conserve ecological networks effectively and efficiently. Therefore, concerning the quantitative evaluation method of ecological networks with a focus on birds, the installation of the habitat potential estimation method that uses the suitable habitat model (model type), the simplified method that does not use the model (non-model type), and the map (potential habitat map) were considered. Regarding the model type, a suitable habitat model will be created in the model area (*Anser albifrons*-Hiikawa, *Cygnus columbianus*-Fukushimagata (Niigata prefecture)) and the quantitative estimate of potential habitats was obtained by calculating the AUC (model compatibility) and the importance of environmental factors. Also, this model was extrapolated to other habitats for *Anser albifrons* and *Cygnus columbianus* within Japan and a potential habitat map was created and compared with the habitat distribution. Concerning the non-model type, environmental factors in the model area (*Ciconia boyciana*-Maruyamagawa) were rated and the total score was used to calculate the habitat potential. Based on the obtained results through much consideration, issues regarding future installations and utilization methods were discussed.

Keywords: ecological network, potential habitat map, suitable habitat model (MaxEnt), GIS

1. はじめに

近年、森林・農地・市街地等を連続した空間として結びつける、生態系ネットワークの重要な基軸としての河川の機能に着目し、河川だけでなく流域の生物多様性を保全、再生し、地域づくりにも寄与できる「河川を基軸とした生態系ネットワークの形成」の取組みが進められている¹⁾。

「河川を基軸とした生態系ネットワークの形成」に取り組むための協議会が全国で設立され（平成30年11月時点で9つの流域、地域）¹⁾、平成30年4月に閣議決定された環境基本計画においても「大型鳥類等をシンボルとし、河川を基軸とした流域での生態系ネットワークを構築する」と明確に示された。

一方で、生態系ネットワークのより効果的、効率的な改善、保全を進めるために、具体的な改善・保全技術や評価方法を確立し、体系化していくことが課題となっている²⁾。

本研究では、生態系ネットワークの定量的な評価とは、指標とする生物の生息しやすさを地域比較できる形で数値化することとして取り扱っている。具体的には、鳥類を対象に、生息適地モデルを用いる方法（モデル型）とモデルを用いない簡易な方法（非モデル型）の二つの方法で、環境要因と生物の確認情報（在情報）から生息ポテンシャル（生息適地としての適性を分布確率や点数化により数値化したもの）を推定し、その結果を地図化（生息ポテンシャルマップ）した。また、検討を通して得られた結果をもとに、今後の導入についての課題、活用方法について考察した。

2. 手法

河川を基軸とした生態系ネットワーク形成の取組みで指標種に設定されている鳥類3種（マガン、コハクチョウ、コウノトリ）について、それぞれモデル地域を設定、対象生物の分布情報と環境要因から生息ポテンシャルを推定し、その結果を地図化した生息ポテンシャルマップを作成した。

2-1 分析対象とする指標種、流域・地域

河川を基軸とした生態系ネットワークの形成に取り組んでいる流域、地域の多くは、鳥類もしくは魚類のいずれかで指標種を設定している。

本研究では、これらの指標種の中から、マガン、コハクチョウ、コウノトリの大型水鳥3種を分析対象とした。

マガン、コハクチョウは渡り鳥で、日本で越冬する。これら2種が生息するには、ねぐらとなる水域と採餌

環境が行動圏内に分布していることが必要であることから、2種の生息は、一定規模以上の開放水面と群れを維持できる餌資源のある湿地、水田が行動圏内に分布し、送電線や道路など移動の障害が少ない生態系ネットワークが形成されていることを指標とする。

コウノトリは湿地生態系の頂点に位置する鳥で、大型の淡水魚をはじめとする水生動物から、ヘビやバッタのような陸生動物まで、多様な餌を食べる肉食の鳥である（コウノトリの郷公園ウェブページ http://www.stork.u-hyogo.ac.jp/park_intro/how_ows/）。

コウノトリの生息は、採餌環境となる河川、水田に餌資源となる生物が十分に生息できる生態系が維持されていることを指標とする。このことから、河川を基軸とした生態系ネットワークの指標種として最も多くの流域、地域で選ばれている。

生息ポテンシャルの推定のための分析対象地域（モデル地域）は、対象とする鳥類の生息分布情報が取得できることを前提として、マガンは指標種として、すでに設定されている斐伊川流域、コハクチョウについては、新潟大学関島研究室による詳細な生息確認調査結果の提供が得られた福島潟（新潟県）、コウノトリについては、国内で唯一、多数の個体が定着している円山川流域をそれぞれ設定した。

また、マガン、コハクチョウについては、モデル地域の結果をもとに全国の主だった分布地域についても生息ポテンシャルを推定した。「モニタリングサイト1000 ガンカモ類調査結果（2004～2017年、環境省）」をもとに、主に全国で確認個体数の多い上位30地域程度を対象として、それぞれ選定した。

2-2 生息ポテンシャルの推定

(1) マガン、コハクチョウ（モデル型）

生息適地モデルは、対象生物の分布パターンと環境要因の関係性を統計モデルで解析することで、その種の生息に重要な環境を定量的に評価し、生息ポテンシャルを推定する手法である^{3,4)}。

本研究では、生息適地モデルとして、Maximum entropy modelling (Maxent)⁵⁾を用いた。Maxentは、生物の分布としての在データ（対象生物の確認された位置情報）と環境要因のデータから生息ポテンシャルを推定するモデルで、少数の在データであっても比較的精度の高い分布推定ができるとされている。

マガン、コハクチョウの生息ポテンシャルの推定は、それぞれのモデル地域の斐伊川流域、福島潟において生息適地モデルを構築し、全国の主だったマガン、コハクチョウの生息箇所を外挿した。

モデルの適合度の評価には、ROC 曲線 (Receiver Operatorating Characteristic curve) の AUC (Area Under the Curve) を用い、説明変数となる環境要因と応答変数となる対象生物の分布確率の関係性は、重要度と応答曲線の形状によって評価した。

マガン、コハクチョウについては、主な採餌環境である水田を評価対象とした採餌環境モデルを構築した。

生物の分布情報は、マガンは 1997～2000 年度の斐伊川下流部での調査結果 (国土交通省提供)、コハクチョウは 2013～2014 年度の福島潟での調査結果 (新潟大学関島研究室提供) を用いた。

環境要因については、向井⁶⁾を参考に、表-1 に示す 9 変数を設定した。このうち、水田面積、送電線総距離、標高、森林面積、TWI のバッファサイズの設定にあたっては、9 変数すべてを組込んだモデルを構築したうえで、バッファサイズを 100m～2,100m まで 200m ごとに変化させた全 11 ケースで、AICc (修正済み赤池情報量規準) を算出し、その値が最小となるモデルのバッファサイズを最適値として採用した。マガンでは 1,500m、コハクチョウでは 1,100m が選択された。

モデル構築に用いるデータセットは GIS 上で作成した。分析対象とする地域を 50m×50m のメッシュで分割し、各メッシュに付与される生物分布と環境要因データの値から、各変数を算出した。

構築したモデルを用いて推定した生息ポテンシャルは、生息ポテンシャルマップとして地図化した。

表-1 マガン・コハクチョウの環境要因データ

項目	選定の観点	データ
水田からねぐらまでの距離	ねぐらと採餌環境の連結性	①、②
道路までの距離	障害要因	①、②
高速道路と高規格連続高架道路までの距離	障害要因	①、②
市街地までの距離	障害要因	②
水田面積 ^{*1}	採餌環境	②
送電線総距離 ^{*1}	障害要因	①
標高 ^{*1}	地形要因	③
森林面積 ^{*1}	障害要因	②
TWI (地形湿潤指標) ^{*1,2}	湿潤の度合	③

※1 該当項目のバッファサイズは、マガンが 1,500m、コハクチョウが 1,100m

※2 地形湿潤指標 (TopographicWetnessIndex;TWI) の計算式は $\ln(\alpha / \tan \beta)$ で、 α は該当地点の等高線長あたりの寄与集水面積、 β は該当地点の傾斜角を表す。湿潤条件になりやすいほど TWI 値は大きくなる⁷⁾。

①: 国土基本情報 (ESRI 公共地図 2018)

②: JAXA30m 土地被覆データ

③: JAXA30mDSM「ALOS 全球数値地表モデル」ALOS World 3D - 30m (AW3D30) 第 2.1 版, JAXA.

(2) コウノトリ (非モデル型)

モデルには、適合度や重要度が定量化できるメリットがあるが、原理的な部分ばかりで、説明変数の追加、調整にも専門的な知識が必要となる。一方、モデルを用いない (非モデル型) 評価手法では、予測精度の向上に課題が残るが、専門的な知識がなくても扱いやすいメリットがある。生物の情報がほとんどない場合に、おおよその生息適地分布を把握するための活用が想定される。コウノトリについては、生息適地モデルは用いず、設定した環境要因を個別に点数化し、それらの総和で生息ポテンシャルを評価した。

具体的な評価手順は、「円山川水系自然再生 参考資料 (平成 17 年 11 月 国土交通省近畿地方整備局、以下「円山川自然再生資料」という) を参考として、以下のとおりに行った。

1) 環境要因の計測

分析対象とした円山川流域を 50m×50m メッシュに分割し、これらを実評価単位とした。

円山川自然再生資料と同様に、評価対象メッシュの中心から半径 1 km の円内に含まれる評価項目の面積、延長を GIS で計測し、評価対象メッシュに付与した。

2) 環境要因の設定

円山川自然再生資料の項目を基本とし、湿潤環境を指標する TWI、窪地面積を追加した。設定した環境要因は表-2 に示す。

3) 評価の数値化

コウノトリの評価は、説明変数ごとに閾値を設定し、閾値を超過する場合を 1 点、それ以下を 0 点として評価する方法を採用し、生息ポテンシャルはその総和とした (生息ポテンシャルは 0～7 点)。

表-2 コウノトリの環境要因データ

項目	選定の観点	データ
大・中河川面積 ^{*1}	採餌環境 (餌資源 (魚類等) の生息環境)	①
幹線水路延長 ^{*1}	採餌環境 (餌資源 (魚類等) の生息環境)	①
小水路延長 ^{*1}	採餌環境 (餌資源 (魚類等) の生息環境)	①
水田面積 ^{*1}	採餌環境 (餌資源 (魚類等) の生息環境)	①
山裾延長 ^{*1}	ねぐら・営巣環境と採餌環境の連結性	①
窪地面積 ^{*1}	採餌環境 (湿地的な環境の指標)	②
TWI (地形湿潤指標) ^{*1}	採餌環境 (湿地的な環境の指標)	②

※1 該当項目のバッファサイズは、1,000m

①: 豊岡市提供データ

②: JAXA30mDSM「ALOS 全球数値地表モデル」ALOS World 3D - 30m (AW3D30) 第 2.1 版, JAXA.

なお、閾値は、各説明変数のヒストグラムの最頻値とした（図-1）。

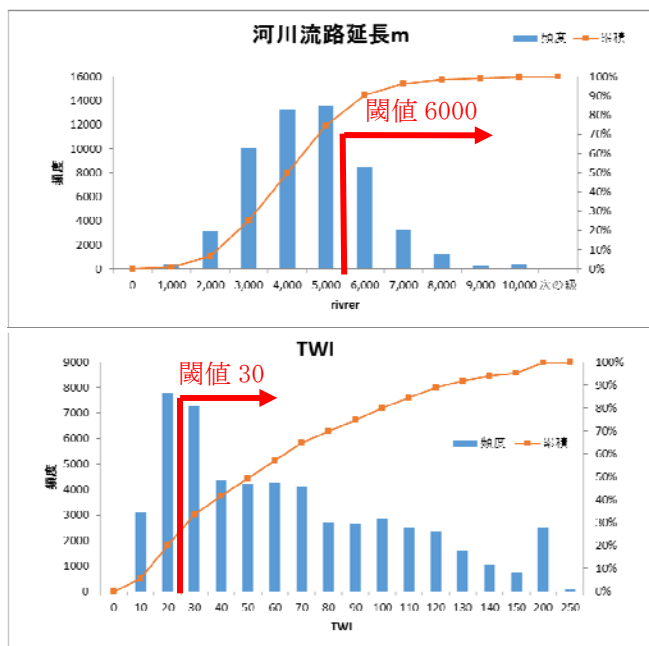


図-1 コウノトリの環境要因の閾値の設定例

3. 結果と考察

3-1 マガン

(1) 生息適地モデル

構築した生息適地モデル (Maxent) は、AUC が 0.889 で、Swets⁸⁾の示す、“useful applications” (0.7 ~ 0.9) に該当し、十分な適合度が得られた。AUC の値は 0.5 ~ 1 の範囲で、1 に近いほどモデルとしての適合度が高い。生息分布への重要度では、TWI の値が 95.2% と突出して大きく（表-3）、支配的な要因であることが示された。TWI の応答曲線は S 字型の正の相関を示した（図-2）。マガンの TWI は評価対象のメッシュから半径 1,500m 内の平均値で算出していることから、周囲が地形的に湿潤になりやすい水田が採餌環境として好適である可能性が示唆された。

(2) 生息ポテンシャルマップ

作成した生息ポテンシャルマップを実際の分布状況と比較すると、対象とした斐伊川河口部では、北部の一部を除き実際のマガンの確認場所は、分布確率が 0.7 以上の範囲であった（図-3）。

また、現地調査（2019年1月）でマガンの群れが確認できた2箇所では、いずれもポテンシャルの高い斐伊川河口付近左岸の水田を利用しておりポテンシャルマップとの整合が確認できた（図-3）。

表-3 マガンの各説明変数（環境要因）の重要度

説明変数	生息分布への重要度
TWI（地形湿潤指標）（1,500m内）	95.2%
水田総面積（1,500m内）	0.4%
送電線総距離（1,500m内）	1.4%
市街地までの距離	2.6%
ねぐらまでの距離	0.3%

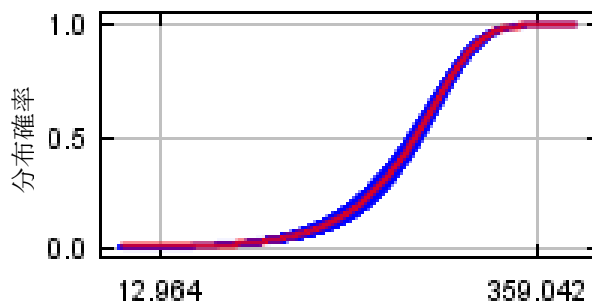


図-2 TWI の応答曲線

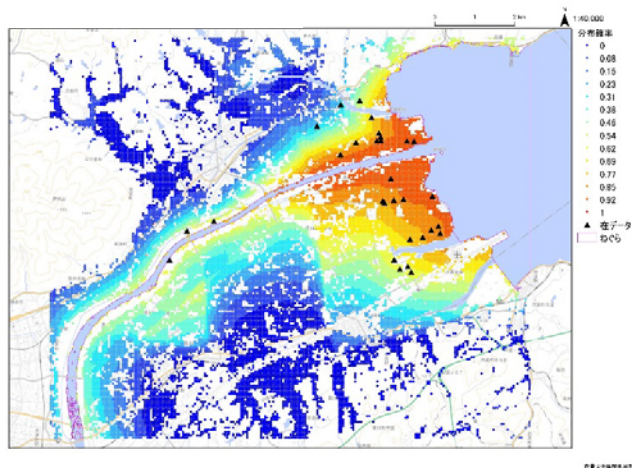


図-3 斐伊川におけるマガンの生息ポテンシャルマップ

※▲：マガン生息確認地点
 ※▼：現地調査（2019年1月）でのマガンの水田利用確認地点
 ※採餌環境としての水田を評価対象としたため、河道内の確認箇所（図中、中央左の3点）は対象外

(3) 全国版ポテンシャルマップの作成（外挿）

斐伊川河口域で作成したモデルを全国の他のマガンの生息環境に外挿、生息ポテンシャルマップを作成し、実際の確認個体数と比較した。

生息ポテンシャルマップでは、いずれの地域でも高いポテンシャルを示す範囲が確認できたが、各地域の確認個体数の大小と高ポテンシャルの分布面積の広さは必ずしも一致しなかった。例えば、マガンは伊豆沼周辺（宮城県）は全国的にも最も個体数が多いが、今

回の結果では、確認個体数の多くない琵琶湖北部と比較しても高ポテンシャルの分布面積は小さかった。一方、春季の個体群数が全国的に最も多くなる八郎潟(秋田県)は、今回の結果からも高ポテンシャルの分布面積が大きかった(図-4)。これらのことから、今回の結果は全国的に生息適地の分布傾向を把握できる程度のレベルにはあると考えられた。

高ポテンシャルの分布面積と個体数の大小が一致しなかった理由として、①モデルを構築した斐伊川河口域と他地域との地域特性の違い、②渡りルートとの位置関係、③他のガンカモ類との競合が考えられた。①については、斐伊川河口と他地域での気候(積雪状況を含む)、地形、土地利用などの違いから、重要となる環境要因が異なる可能性があるため、今後、他地域においても同様の方法で、マガンの分布、環境要因のデータからの分析を行い比較することが必要と考えられる。

②③については、ポテンシャルが大きな地域においても、渡りルートや他のガンカモ類との餌資源の競合など、マガンの行動様式や生態学的な要因で実際に分布する個体数が少なくなる可能性がある。今後、全国版のポテンシャルマップを活用するうえでは、このようなマガンの行動様式等にも留意する必要がある。

3-2 コハクチョウ

(1) 生息適地モデル

構築した生息適地モデル(Maxent)は、AUCが0.683で、予測精度としては、“useful applications”(0.7~0.9)⁸⁾に届かなかった。

生息分布への重要度では、水田総面積(1,100m以内)、市街地までの距離、平均標高(1,100m以内平均)、TWI(1,100m以内平均)の4つの環境要因の値が10%を上回った(表-4)。応答曲線を見ると最も高い重要度を示した水田総面積については、正の相関が見られ隣接する水田規模が大きいほどコハクチョウに好適な採餌環境であることが示された。他の環境要因の応答曲線は複雑だが、市街地までの距離は一定距離までは正の相関(市街地までの距離が遠いほど適地)を示し、それを超えると明確な傾向が見られなかった。平均標高とTWIは、大きな傾向としては、平均標高が負、TWIが正の相関を示し、地盤が低く湿潤な環境が適地となる可能性が示唆された(図-5)。全体として市街地の近傍を除く地盤の低い水田が広がっている採餌環境が好適であると考えられた。

(2) 生息ポテンシャルマップ

作成した生息ポテンシャルマップを実際の分布状況と比較すると、対象とした福島潟周辺では、福島潟の南東の住宅地に隣接する箇所などの一部を除き、コハクチョウの確認場所は、おおむね分布確率が0.6以上の範囲であった(図-6)。

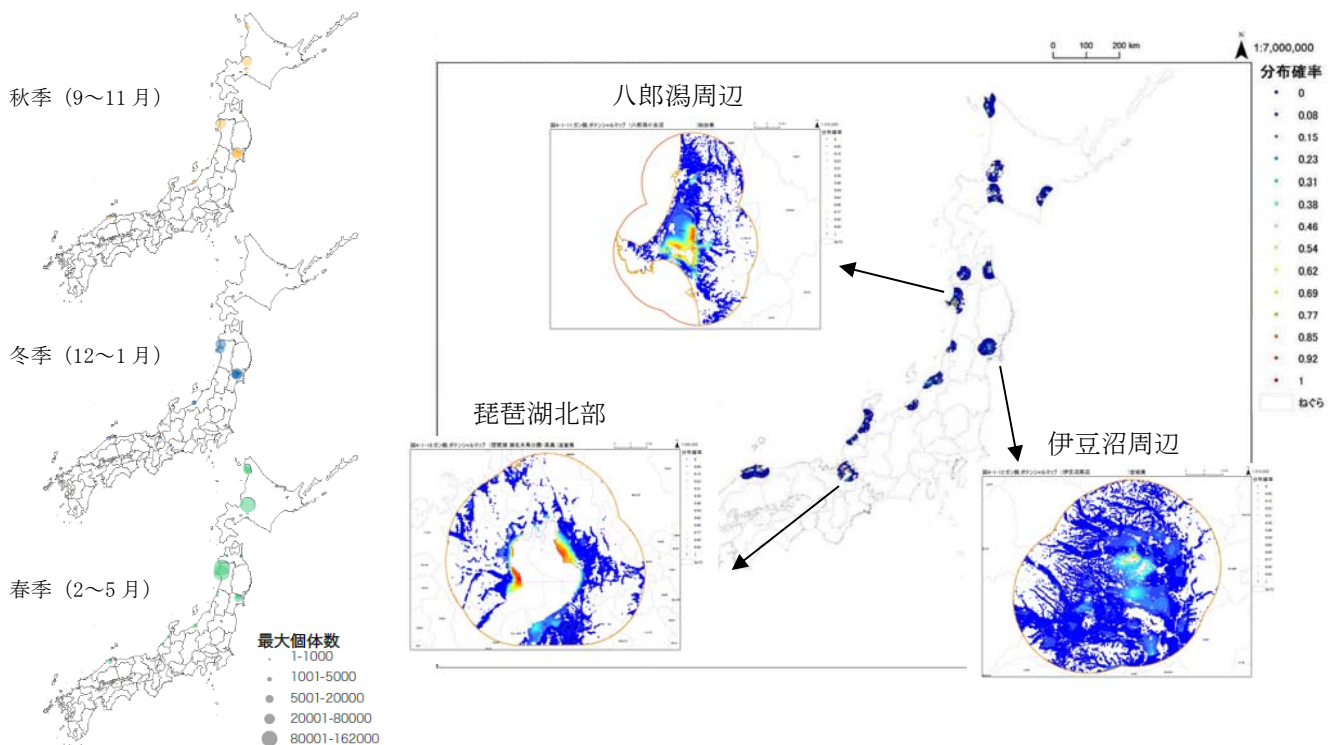


図-4 マガンの個体数分布(左)と全国版生息ポテンシャルマップ(右)

※マガンの個体数分布(左)は、「平成29年度 モニタリングサイト1000 ガンカモ類調査2016/17年 調査報告書(環境省)」より引用

表-4 コハクチョウの各説明変数（環境要因）の重要度

説明変数	生息分布への重要度
水田面積 (1, 100m 内)	23%
市街地までの距離	18.2%
TWI (1, 100m 内)	13.3%
高速道路と高規格連続高架道路、新幹線までの距離	9.8%
平均標高 (1, 100m 内)	15.6%
被覆森林面積 (1, 100m 内)	8.3%
ねぐらまでの距離	7.9%
道路までの距離	3.9%

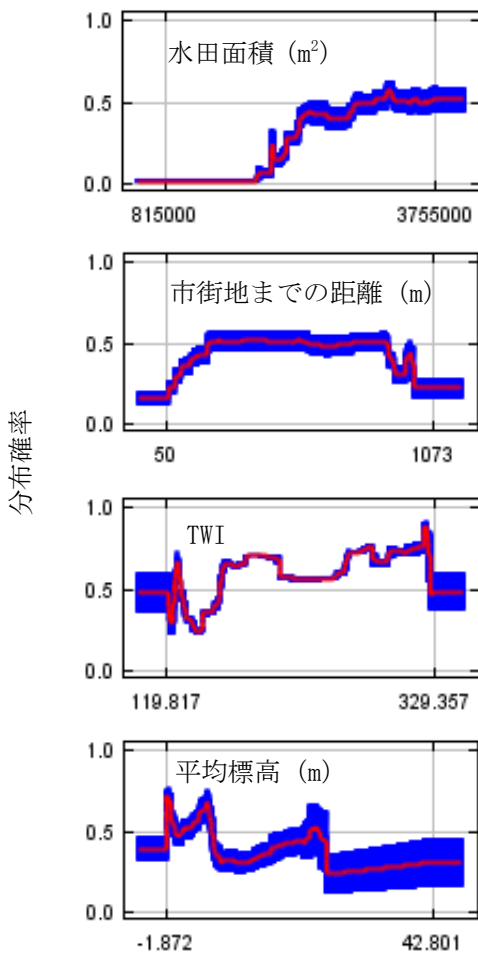


図-5 応答曲線（上から水田面積、市街地までの距離、TWI、平均標高）

(3) 全国版ポテンシャルマップの作成（外挿）

福島潟で作成したモデル（Maxent）を全国の他のコハクチョウの生息環境に外挿し、生息ポテンシャルマップを作成した。

生息ポテンシャルマップでは、いずれの地域でも高

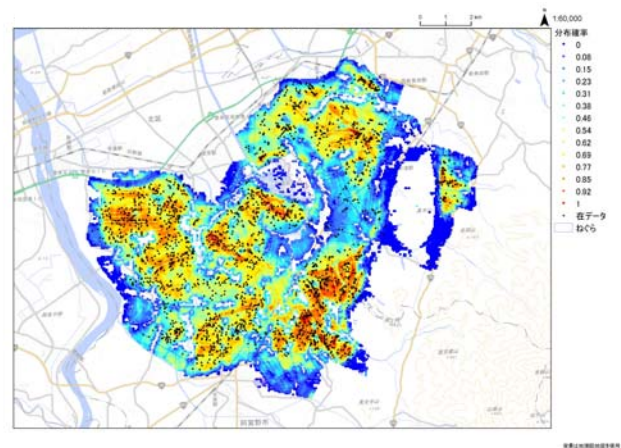


図-6 福島潟におけるコハクチョウの生息ポテンシャルマップ

いポテンシャルを示す範囲が確認できた。また、北海道北部（クッチャロ湖周辺）、東部（三日月沼、生花苗沼）で特にポテンシャルの高い範囲が多く、全体の傾向として東北地方でポテンシャルの高い範囲が多く確認できた（図-7）。

コハクチョウは秋に北海道北部に飛来し、さらに本州に南下する。冬季は主に本州日本海側で越冬し、新潟県が最大の越冬地になっている。

これに対してポテンシャルマップでは、これらの範囲のほか、北海道東部（三日月沼、生花苗沼）や東北地方の太平洋側（小川原湖（青森県）、伊豆沼周辺（宮城県））でもポテンシャルの高い範囲が確認できている（図-7）。これらの地域では、コハクチョウと採餌環境が類似するオオハクチョウが多く生息することから、コハクチョウの生息環境としてのポテンシャルとしても高いものと考えられた。

3-3 コウノトリ

7 項目の総合評価値をもとにした円山川水系におけるコウノトリの生息適地のポテンシャルマップを図-8に示す。

目撃個体数⁹⁾が多かった範囲と円山川の分析範囲全体で、メッシュの総合評価点を比較した。全体の平均総合評価値が3.03であったのに対して、目撃個体数が多かった5つの範囲では、3.25~5.24(5つの平均4.68)で、全体平均よりも高い総合評価値となり、おおむね、コウノトリの生息密度の高い範囲で総合評価値が高い傾向が確認できた（図-8）。

ただし、今回の非モデル型の評価方法では、各項目の重要度はすべて同等と仮定していることから、精度的な課題があり、対象生物の生物情報がない地域で簡

易的に適地分布の傾向を把握する用途に限定するなど、
 実用面での留意も必要である。

3-4 生息適地モデルの活用方法の検討

(1) 保全優先箇所の抽出

生息適地モデルの導入は、生物調査の結果をもとに、
 生物調査のできていない地域にまで対象を拡大して、
 生息ポテンシャルを示すことができる。十分な適合度
 を持つ生息適地モデルで高いポテンシャルが推定され
 た範囲は、生息に適した環境が存在していることを示
 している。このような生息適地は、優先的に保全され
 る箇所の有力な候補であり、開発、改修に際しては慎
 重な検討が求められると考えられる。

生息ポテンシャルマップは、このような保全優先(候
 補)箇所を可視化するツールであり、事業者、専門家、
 地域住民等の関係者が情報を共有し、合意形成を図る
 うえでの有効なツールとなり得る。

(2) 重要な環境要因の改善方法

MaxEnt では、生息適地としてのポテンシャルの推定
 とともに、説明変数とした環境要因の重要度が算出さ
 れる。重要度の高さから、生息適地を構成する環境要
 因として重要なものが抽出できる。このような環境要
 因に着目し、過去から生息ポテンシャルが低下した箇

所、あるいは現状でポテンシャルの高い箇所と低い個
 所で比較することによって、改善効果の高い環境要因
 を抽出することが期待できる。

具体的な環境改善策につなげるためには、例えば、
 落穂や二番穂を餌資源とするガンカモ類に対する耕起
 の有無やトキに対する江の有無など、人の習慣や整備
 に対応する環境要因を生息適地モデルに組み込むこと
 が一つの改良案として考えられる。

(3) 全国版ポテンシャルマップの活用

全国版のポテンシャルマップは、地域における指標
 種の選定にあたって、その妥当性を検討する際に活用
 できる。特に現在、地域で生息が確認できない鳥類を
 指標種として選定する場合には、全国的な広域のポテ
 ンシャル分布から対象地域のポテンシャルがあるかど
 うかを確認することで妥当性の判断材料となり得る。

この際、渡り鳥では飛行ルートや他の近縁種との餌
 資源等の競合を考慮してポテンシャルマップを活用す
 ることに留意する必要がある。

また、本研究で試作した全国版ポテンシャルマップ
 のように、限られたモデル流域で構築したモデルを外
 挿する場合には、気候や地形、土地利用などの地域差
 によって、モデル流域と比較して不確実性が高くなる
 ことに留意する必要がある。

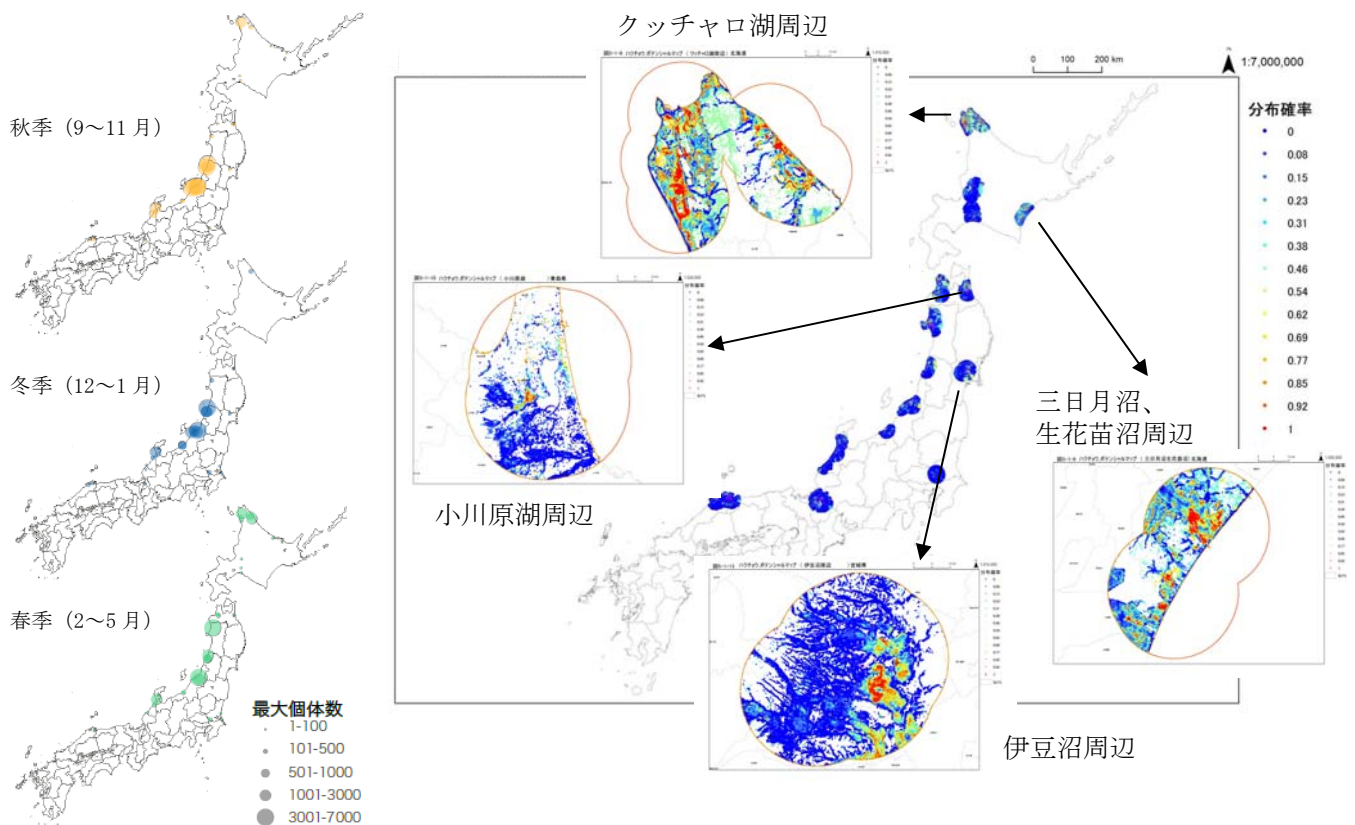


図-7 マガンの個体数分布(左)と全国版生息ポテンシャルマップ(右)

※マガンの個体数分布(左)は、「平成29年度 モニタリングサイト1000 ガンカモ類調査2016/17年 調査報告書(環境省)」より引用

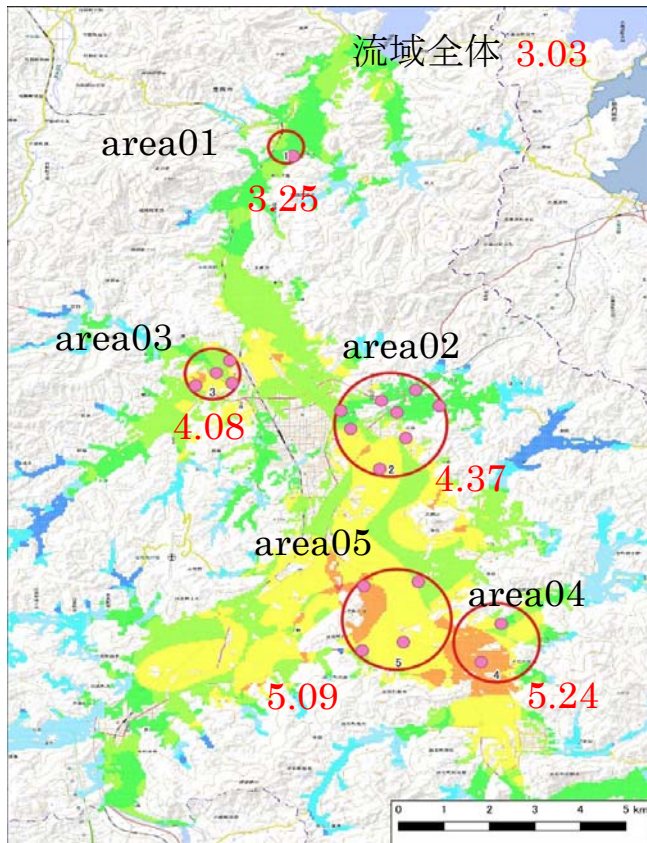


図-8 コウノトリの生息ポテンシャルマップ

※赤字：総合評価値（メッシュ平均）、流域もしくは赤い円内で算出
 ※赤丸：高頻度でコウノトリが目撃された範囲

4. おわりに

本研究では、河川を基軸とした生態系ネットワークの効果的・効率的な形成に向けて、目標設定、改善策の検討に資する生息ポテンシャルおよび環境要因の定量評価をモデル型、非モデル型で試みた。

マガン、コハクチョウを対象とした採餌環境を評価する生息適地モデル（MaxEnt）を使った解析では、モデル流域、全国の主な生息箇所、生息ポテンシャルの推定、重要度の高い重要な環境要因を定量化し、生息ポテンシャルマップで可視化するまでの流れを示した。精度向上や活用にあたっての留意点はあるものの、実際の生物分布との整合性はおおむね確認できたことから、技術的有効性は示すことができたと考えられる。

構築したモデルのAUCは、マガンで十分に役立つとされる値（0.889）が得られたのに対して、コハクチョウは、0.683であり、実用に向けて環境要因の見直し、在データの追加などによる精度向上が必要であった。

また、生息ポテンシャルマップの活用方法として、関係者間での合意形成に向けた、高いポテンシャルを持つ保全優先（候補）箇所の抽出、生態系ネットワークの指標種設定の妥当性を判断する根拠資料としての

活用を提案した。

さらに生息適地モデルで定量化される各環境要因の重要度から、生息適地を構成する環境要因として重要なものを抽出し、効果的な改善につなげるための考え方を示した。

コウノトリを対象に検討した非モデル型での生息ポテンシャル評価では、おおむね、円山川での目撃情報と整合する傾向が得られたが、実用にあたって、精度向上や活用場面を工夫するなどの課題があることを示した。

本研究を進めるにあたり、関島恒夫教授（新潟大学）、および三橋弘宗講師（兵庫県立大学）には、生息適地モデルの構築などで丁寧なご指導をいただいた。また、中国地方整備局河川部、豊岡市には、データの収集等でご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

<参考文献>

- 1) 岩井聖：河川を基軸とした生態系ネットワークの形成に向けた取組，「河川」No. 869，2018
- 2) 中村圭吾：河川における生態系ネットワーク保全・再生のための環境の捉え方とその技術的現状，「河川」No. 869，2018
- 3) 上野裕介，栗原正夫：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，「土木技術資料」第56巻，第11号，2014
- 4) 前田義志，上野裕介，中村圭吾，服部 敦：生物生息適地モデルと相補性解析による河川における環境保全優先箇所の選定，「土木技術資料」第58巻，第4号，2016
- 5) Phillips, S. J., Anderson, R. P. and Schapire, R.E.: Maximum entropy modeling of species geographic distributions, Ecological Modelling, Vol. 190, 2006
- 6) 向井喜果：新潟市内におけるオオヒシクイの好適採餌適地の抽出，平成26年度新潟市里潟学術研究事業研究成果報告書，2014
- 7) Beven, K. J. and Kirkby, M. J.: A physically-based variable contributing area model of basin hydrology, Hydrol. Sci. Bull, 24, 1979
- 8) Swets JA: Measuring the accuracy of diagnostic systems, Science, 240, 1988
- 9) NPO コウノトリ湿地ネット：豊岡市内でのコウノトリの目撃情報 2009年度版，2011