

F-1 地理的スケールにおける生物多様性の動態と保全に関する研究

(3) 地理的スケールにおける野生生物個体群の動態の解析

② 鳥類集合地の時空間的動態に関する研究

独立行政法人農業技術研究機構

中央農業総合研究センター 耕地環境部 鳥獣害研究室
筑波大学生物科学系

藤岡正博・吉田保志子
徳永幸彦

平成11～13年度合計予算額 21,084千円
(うち、平成13年度予算額 5,749千円)

[要旨] サギ類の繁殖集合地と採食地利用について茨城県中南部を中心とする6,000 km²と滋賀県の3,578 km²で調査した。航空調査によって集合地を発見し、集合数推定のための航空写真を撮影した。これとは別に各集合地でサギ類の出入り数を種別にカウントし、航空写真から数えたシラサギ類営巣数と組み合わせて種ごとの個体数を推定した。

茨城調査地では2000年に141～3,470羽(平均1,194羽)の集合地が19カ所見つかかり、すべての集合地で5～6種が繁殖していた。地域内の合計個体数は約1万9千羽と推定された。前年の航空調査等により発見されていた21カ所の集合地のうち7カ所が2000年には使われなくなったが、うち6カ所では人為的に追い払われていた。滋賀調査地では2001年に266～2,372羽(平均883羽)の複数種集合地が7カ所と47～587羽のアオサギのみの集合地が7カ所確認され、総個体数は7,804羽と推定された。水田面積当たりの集合地数や全種個体数は両調査地間でほぼ同じであったが、種構成は大きく異なり、滋賀では魚食性のサギ(コサギ、ダイサギ)の割合が茨城より高かった。これは、河川での採食個体密度が滋賀で茨城よりはるかに高かったことを反映していたと考えられた。

採食環境の時空間的变化からサギ類の集合地を予測する個体ベースモデルを開発した。学習による採食地評価と個体間の誘引関係を組み込むことによって予測精度を従来モデルより向上できたが、実用的なモデルとするにはさらにパラメーターを追加する必要があると認められた。

[キーワード] 地理情報システム、鳥類集合地、個体群動態、生物指標、個体ベースモデル

1. はじめに

我が国の丘陵地から平地に生息する生物は、里山の荒廃や耕作放棄、河川改修、農地の宅地化といったさまざまな人為的影響を受けている。こうした地域に生息する鳥類には一年を通して、あるいは季節的に大きな集合地を形成するものが多い。これらの集団性鳥類は、人間活動の影響が強い地域に定着し、数十キロメートル単位の行動範囲を有するため、地理的スケールにおける生物多様性モニタリングのための指標生物として優れた潜在性を有している。

本課題では、本州から九州地方の水辺で餌を採り、林で集団繁殖するサギ類を代表的な種群として取り上げた。6種のサギ類が集団で繁殖し、うちゴイサギは狩猟鳥に指定されているが、チュウサギはここ数十年で著しく減少しているため環境省版レッドリストで準絶滅危惧種に指定されている(表1)。

表1. 集団性サギ類6種の特徴

種名	日周性	本州滞在	主な餌	採餌行動	地位
アオサギ	昼夜行性	周年	魚	待ち伏せ	保護鳥
ゴイサギ	夜行性	周年	魚	待ち伏せ	狩猟鳥
ダイサギ	昼行性	周年	魚	緩歩	保護鳥
コサギ	昼行性	周年	魚	追跡ほか	保護鳥
チュウサギ	昼行性	繁殖期	ドジョウ・カエル	緩歩	準絶滅危惧種
アマサギ	昼行性	繁殖期	カエル・昆虫	速歩	保護鳥

集団繁殖性サギ類は、魚類や両生類、昆虫類を捕る高次捕食者であるが、猛禽類に比べて数も多く目立つために効率的に調査できる。集団繁殖地（以下コロニー）だけの調査によって一定地域内の全繁殖個体数を把握できる点や、採食生態の違う複数種が集合する点も広い環境をモニタリングする上で大きな長所である。しかし、多数のコロニーを効率的に探索する手法やコロニーでの個体数や種構成を把握する手法がなかったため、これまで長期的、系統的な調査は行われてこなかった。

一方、地理情報システム(GIS)を使った生態学研究も近年数多く発表されてきているが、その解析方法の大半は重回帰的な統計手法の延長線上のもので占められている。これら重回帰的な手法は、統計手法が要求する前提条件を往々にして満たしておらず、対象生物の環境応答の結果としての、個体間における情報のばらつきがまったく考慮されていないため、新しいモデリング手法が求められている。

2. 研究目的

代表的な集団性鳥類としてサギ類をとりあげ、航空調査によってコロニーを効率的に発見し、種ごとの繁殖数をできるだけ簡便かつ正確に把握する技術を確立する。これにより、(i) 広域的環境モニタリングへのサギ類の活用、(ii) サギ類の保全、(iii) コロニー近隣の鳥害問題への抜本的対策、に資する。

さらに、個体ベースモデルの手法を用いて局所的な地理情報を個々の生物個体が学習評価するプロセスを組み込むことによって採食地の環境情報からコロニーの規模と位置を予測するモデルを開発する。

3. 研究方法

(1) 調査地

サギ類が広域的な環境の違いを反映することを確かめるため、十分に離れた2カ所に調査地を設けた。茨城調査地は、茨城県中南部と隣接県の一部を含む約80km四方で、標準地域メッシュの2次メッシュ60個分、6,000km²（海部除き、内水面含む）である（図1参照）。滋賀調査地は、滋賀県全域をほぼカバーする2次メッシュ34個分、3,578km²（内水面含む）である（図8参照）。

両調査地は、それぞれ首都圏と近畿圏に位置する農業地帯であり、サギ類に大きく影響する稲作のスケジュールが類似している（4月末～5月上旬に田植え）。一方で、地形には明白な違いがある。茨城調査地は関東平野の一部で、河川沿いの平坦な低地と標高20m前後の台地が交互に並んでおり、河川の勾配はゆるやかで下流域の様相を呈する。滋賀調査地は、中央の琵琶湖を山々が

取り囲んでおり、湖岸沿いの干拓地を除いて平野部でも緩やかな傾斜があり、河川は琵琶湖に注ぐ河口まで中流域の様相を示す。

(2) コロニー調査

コロニー調査は、茨城調査地では1999年と2000年に、滋賀調査地では2001年に実施した。

茨城においては、アメリカでの調査事例¹⁾などを参考にコロニーを航空機で探索した。セスナ機にパイロットと調査員2～3名が乗り、調査地全域を高度約250m、時速約150kmで2～3km幅に飛行して、見つけたコロニーの位置をGPSと地図によって確認した。滋賀では地元からの情報と地上調査によりコロニーを探索した。

見つかったすべてのコロニーについて、高度150m前後から航空写真を撮影した。茨城ではセスナ機で旋回しながら、滋賀ではヘリコプターで停止飛行しながら営巣域全体を70～400mmの望遠レンズ付35mmスチールカメラで分割撮影した。

また、地上調査によって種ごとの構成比率を推定した。各コロニーから200m前後離れた2地点で各30分間ずつコロニーから出発するサギ類を種別に数えた（1999年茨城では未実施）。

(3) 採食地環境調査

茨城調査地においては、調査地内の12河川（総区間長247km）と水田を中心とする農地42カ所（総面積6,850ha）において、サギ類の環境利用を2000年4月～8月に8回調査した。滋賀調査地では同様の調査を11河川（総区間長86km）と農地23カ所（総面積2,275ha）で2001年4月～8月に4回実施した。なお、茨城の農地調査は（財）自然環境研究センター（東京）、滋賀での調査は（株）野生生物保全研究所（大阪）に委託した。

(4) 分析とモデル開発

コロニーの位置や調査地内の環境分析には地理情報システム（ArcView 3.2）を用いた。環境情報としては、国土数値情報（土地利用メッシュ、3次メッシュ流路延長等）をベースにし、茨城調査地におけるハス田等については航空写真と現地調査によって確認して土地利用メッシュ情報を修正した。

個体ベースモデルにおいては、国土数値情報の3次メッシュ情報を基本に、サギ類の採餌特性を考慮して、ハス田の分布情報を取り入れ、水面積が80%あるいは平均標高300m以上のメッシュは対象外とした。モデルの適合性を評価するために、ランダムイゼーションを行った。すなわち、実際のコロニーと同数のランダムな位置に発生したコロニーの分布を作成し、各モデルで得られた評価値の平均値が、実際のコロニー群の方がランダムに発生したコロニー群よりも有意に大きいかどうかで評価を行った。

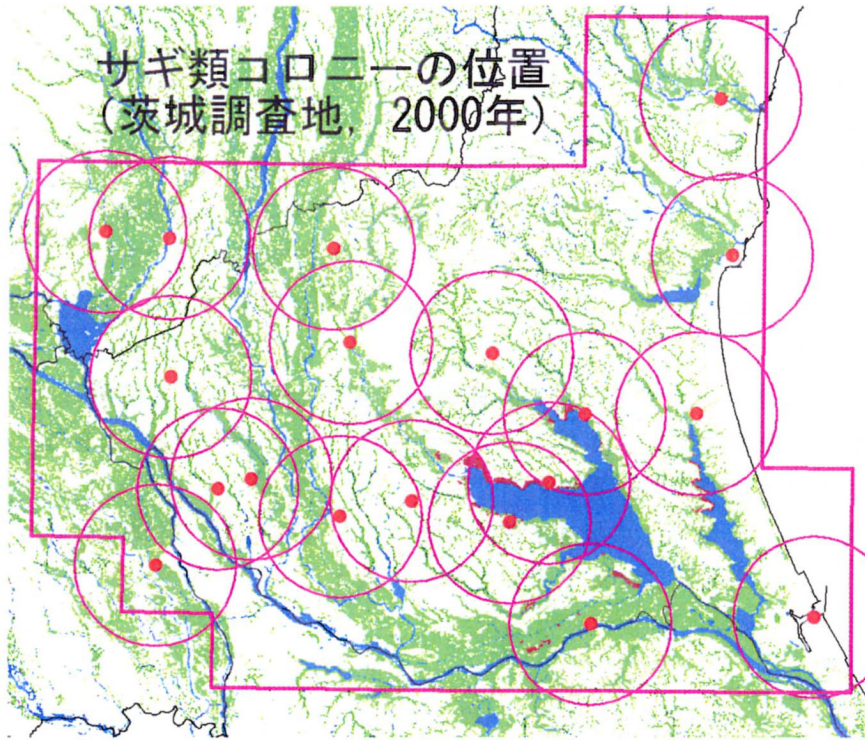


図1. 茨城調査地におけるコロニーの位置 (赤丸)

外側の直線は調査範囲、ピンクの円は各コロニーから10kmの範囲、緑は水田、茶色はハス田、青は水域を示す。

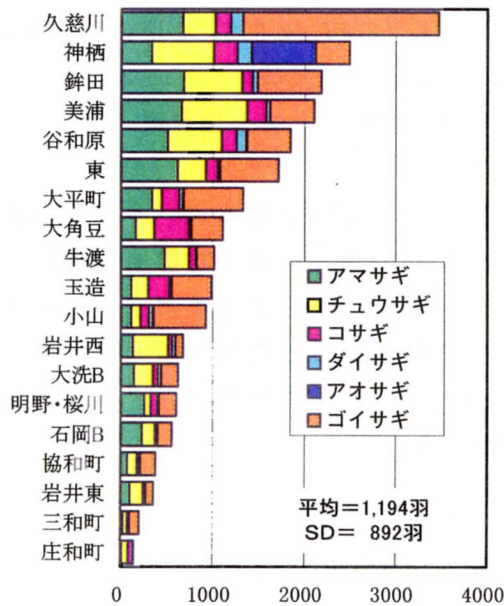


図5. 全コロニーの種別繁殖個体数 (茨城調査地2000年)

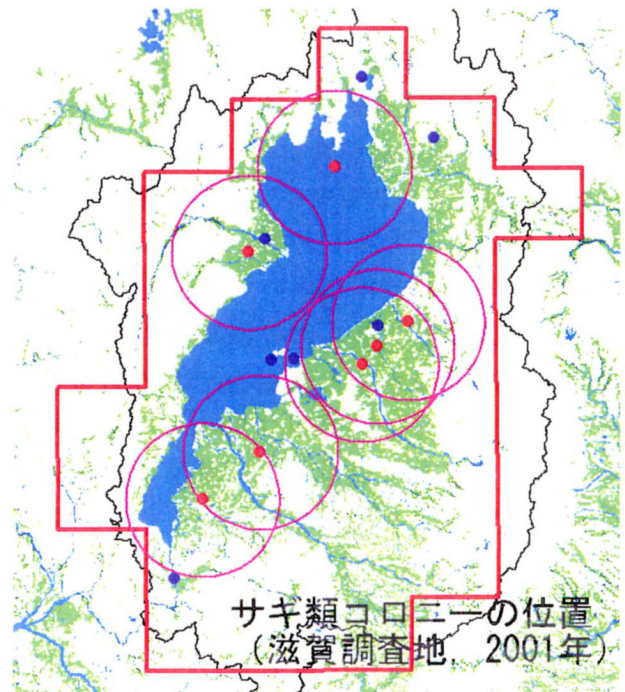


図8. 滋賀調査地におけるコロニーの位置

青丸はアオサギ単独のコロニー、赤丸はシラサギ類の混ざったコロニー。他は茨城調査地と同じ。

4. 結果・考察

(1) サギ類コロニーのモニタリング手法

① コロニーの探索

サギ類コロニーは、これまでも地方自治体や自然保護団体等によって調査された例があるが、コロニーを見つけるためには長距離を飛ぶサギを車やバイクで追い、多数の飛跡を地図に書き込む必要があり、危険かつ非効率的であった。

本課題において茨城調査地で実施した小型航空機による探索では、6,000km²の調査範囲ですべてのコロニーを発見して写真撮影するのに要した時間は、1999年には4日間18時間であった。2000年にはまず前年のコロニー位置を回って、コロニーが消失した地域のみ新たに探索し、調査所要時間は2日間7時間であった。この航空調査により、1999年には20カ所、2000年には17カ所のコロニーを確認でき、サギ類コロニーを広域で探索するのに航空調査がきわめて有効であることが実証された(図1)。

航空機による探索にも問題点はあった。航空調査では見つからず、後ほど地上調査で見つかったコロニーが1999年に1カ所、2000年には2カ所あった(うち1カ所は航空調査の後に形成されたと推測された)。また、シラサギ類を含まないコロニーも見つけにくいいため、探索対象としなかった。ただし、こうした見逃しは地上調査でも生じるので、航空調査固有の問題ではない。むしろ、4日間で百万円ほどになる航空機のチャーター料が問題になることもある。ボランティア調査員を多数動員でき、地上調査でコロニーを探索した方が安上がりでかつ啓蒙効果も期待できるような状況もあるだろう。

② コロニー規模の推定

サギ類コロニーの内部は周りから見えないことが多い。巣の数を数えるためにコロニー内に入ると、卵や雛が落ちたりカラス等に捕食されたりするので、これまでの調査では早朝または夕方に残留数と出入りを数えたり、繁殖終了後に巣を数えたりされてきた。しかし、いずれの方法でも巣ないし個体数をコロニー間の比較に使えるほどの精度で数えるのは無理である。

周りから見えにくいコロニーも、上空からはよく見える(図2)。そこで、航空写真から個体数を数える方法を確立した。セスナ機ないしはヘリコプターから撮影した写真を2Lサイズにプリントし、相互に重複している撮影範囲をプリント上に書き込んだ。次いで、シラサギ類と呼ばれるダイサギ、チュウサギ、コサギ、アマサギの4種を種は区別せずに数え、また、可能ならアオサギは区別して数えた。最後に重複部分について、各プリント上で数えた値を平均して、総シラサギ数(とアオサギ数)を算出した。

写真からシラサギ総数を数える上で、撮影時期が重要である。集団性サギ類ではアオサギが一番早く繁殖を始め(ふつう3月)、次いでゴイサギ・ダイサギ・コサギの3種、やや遅れてチュウサギ、

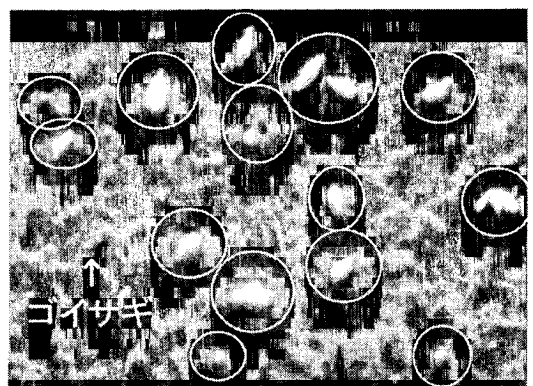


図2. サギ類コロニーの航空写真

各楕円が1羽ないしは1つがいのシラサギ類。2000/5/19茨城県東町の例。

そして最後にアマサギの順で、繁殖開始に1か月ほどの違いがある。さらにそれぞれの種で繁殖開始2~4週間後に繁殖数が最大となる。したがって、撮影時期が早すぎると個体数を過小評価してしまいやすい。一方、遅すぎると雛が大きくなって親鳥と区別しにくくなる上、つがいの両親ともコロニーにいないことが多くなって繁殖個体数を正確に数えられなくなる。

茨城調査地の3カ所のコロニーで2000年5月19日~6月26日に3回写真撮影を繰り返してシラサギ数を数えたところ、総数には大きな差はなかった(図3)。しかし、特に3回目の写真では大きくなった雛が親鳥と区別しにくく、カウントに手間取った。したがって、近畿地方から関東地方ではアマサギの繁殖開始から1か月ほど経過した5月中旬~下旬が撮影適期である。

セスナ機では巡回しながらコロニーを分割撮影するため、写真ごとに撮影方向が異なり、写真間の重複範囲を判定するのに手間がかかった。そこで、2001年の滋賀調査地においてはコロニー上空で空中停止したヘリコプターから撮影し、重複範囲の判定は容易になった。ただし、ヘリコプターは航続時間が短く、経費も高いためコロニーの探索も兼ねて使用するには不向きである。

③種構成の推定

シラサギ類の種別およびゴイサギを写真上で区別して数えるのは難しいので、種別の構成比率は別途地上調査により調べた。朝夕にはサギ類がいっせいに出入りするため種の判定は難しいが、日中に散発的に出入りする個体なら種の識別も難しくなく、平均的なコロニーで1時間に200~400個体分のサンプルが確保できた。ただし、この方法では日中の活動頻度が低いゴイサギが過小評価されることになる。なお、コロニーに戻ってくる個体については種の識別が難しいことがあるので、分析にはコロニーから飛び立った個体のサンプルだけを用いた。

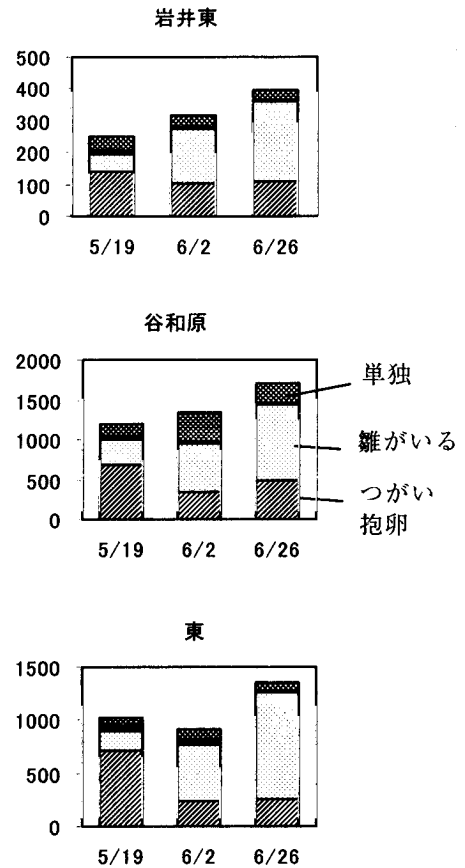


図3. 撮影時期による推定数の違い

2000年茨城県の3カ所のコロニーにて航空写真を間を空けて3回撮影し、シラサギ総個体数を数えた。

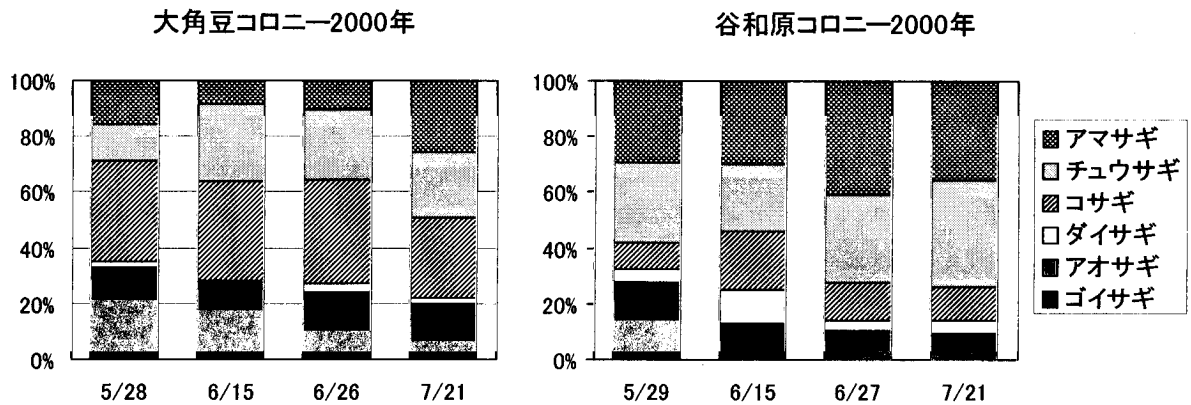


図4. 地上調査の時期による種構成比の変化

茨城調査地の2カ所での調査結果。5月下旬～7月下旬には大きな変化はなかった。

航空写真の撮影と同様に、種構成比も調査時期の影響を受ける可能性がある。茨城調査地の2カ所で2000年5月下旬から7月下旬に4回繰り返し調査したが、種構成比率は安定していた（図4）。このことから、地上調査については、航空調査ほど時期を限定する必要はないと考えられた。

④種別個体数の推定

各コロニーの種別繁殖個体数は、航空写真から数えたシラサギ類総数（ないしはアオサギ数）と、地上調査による種構成比率から推計した。あるコロニーにおける写真上での総シラサギ数を x 、地上調査で数えられたある種の記録数を m 、地上調査での総シラサギ記録数を t とすると、その種の推定個体数 n は次の簡単な式で求められる。

$$n = x(m/t)$$

この推定値は、一部地域のサンプルからの推定ではなく、母集団全体の調査からの推定であるが、写真上でのカウントや地上調査による種構成比率にはさまざまな原因により誤差が伴う。茨城調査地でコロニー調査とは独立に採食地での利用密度を調査しているため、その値と調査範囲全域の利用可能な環境面積（土地利用別面積）から種別個体数を推定したところ、採食地では発見しにくいゴイサギを除けばコロニー調査からの推定値の1/2～2倍の範囲であった（表2）。独立して行われた調査からの推定結果が比較的良好一致しているため、今回のコロニー調査からの推定値は、県単位という広い範囲での野生動物個体数推定としては十分信頼性が高いと考えられる。

表2. 独立したデータからの種別個体数推定

	コロニー	採食地	コロニー / 採食地
ゴイサギ	5822	870	6.69
アオサギ	742	458	1.62
タイサギ	628	788	0.80
コサギ	2122	2106	1.01
チュウサギ	4935	6482	0.76
アマサギ	4969	8623	0.58
合計	19219	19325	1.01

コロニー調査は全数調査。採食地調査は54カ所の調査区のデータに土地利用別面積・河川長を掛けて算出。

(2) コロニー間比較

茨城調査地の2000年コロニーにおける全種総個体数も、種別個体数の構成比率もコロニーによってさまざまであった（カラーページの図5）。

コロニー周辺に採食できる環境が多ければコロニーでの総個体数も大きいと予想される。サギ類の採食範囲は最大でコロニーから20km以上に及ぶが、多くの個体は10km以内で採食するので、各コロニーから半径10km以内の3次メッシュ内に含まれるハス田面積、イネ田面積、河川長を環境要因として抽出し、コロニーでの総繁殖個体数との関係を分析した（重回帰分析）。その結果、予想に反して、サギ類の主要な採食環境である水田面積（ハス田とイネ田）とコロニー総個体数には有意な相関はなかった（図6）。河川長についても同様であり、さらにこれらの環境要因と種ごとの個体数、種ごとの構成比率についても有意な相関はまったく見いだされなかった。

一方、コロニーの持続期間は総個体数に大きく影響していた。総個体数は、4年以上前から続いていることが分かっているコロニーで2111羽±763（平均±標準偏差）と、形成されて3年以内のコロニー（532羽±134）や経歴不明のコロニー（786羽±495）よりも有意に多かった（ANOVA-test, $F=15.8$, $P=0.0002$, 図7）。

これらの結果から、個々のコロニーの個体数は周辺環境よりも持続期間に大きく左右されていると言える。茨城調査地では1999年に確認された21カ所中7カ所が翌2000年には使われず、うち4カ所では林が切られており、2カ所では住民による追い払いが確認された。このようなコロニーの人為的な撤去がコロニーサイズに大きく影響しているものと思われる。

種別の構成比率と周辺環境に関係が見られなかった原因としては、利用した環境情報（国土数値情報）がサギにとっての環境評価としては大雑把すぎることや、実際の採食範囲が環境評価範囲（半径10km）とずれていること、採食範囲が重複する隣接コロニーの影響を受けること、などが考えられる。

(3) 地域間比較

サギ類のように行動範囲のきわめて広い鳥の場合、環境の状態は個々のコロニー単位ではなく複数のコロニーを含む地域個体群全体に反映している可能性がある。このことを検証するため、また、上

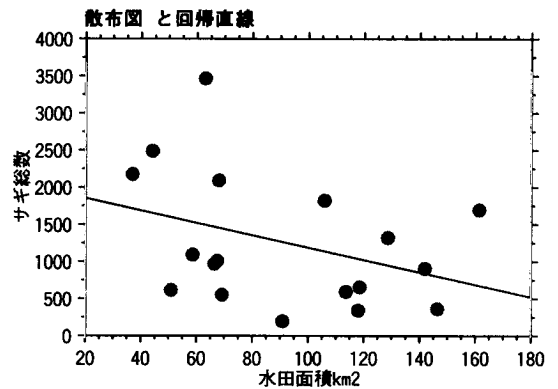


図6. 各コロニー周辺10km以内の水田面積とコロニー繁殖総個体数

$r^2=0.132$, $p=0.14$ で有意な関係なし

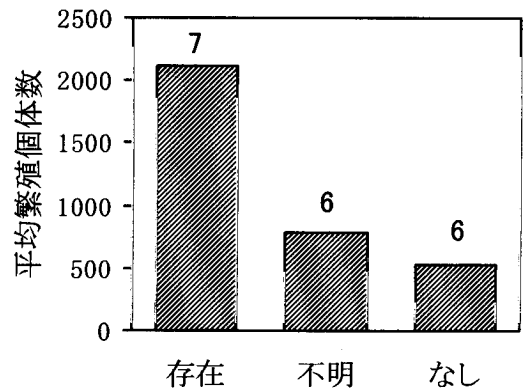


図7. 各コロニーの4年前の状況と個体数

茨城調査地2000年。バーの上の数字はサンプル数（コロニー数）

記のモニタリング手法が他の地域でも使えることを検証するために、滋賀県で比較調査を行った。

滋賀調査地では計14個のコロニーが確認された（カラーページの図8）。うち、7カ所はアオサギのみが繁殖するコロニーであった。水田面積当たりの全コロニー数は、茨城で1.08カ所（100km²当たり）、滋賀で1.95カ所とやや滋賀が多かったが、複数種が繁殖する混成コロニーに限れば、それぞれ1.08カ所と0.97カ所で、ほぼ同じであった。混成コロニーの平均総個体数は茨城で141～3,470羽（平均1,194羽）、滋賀で266～2,372羽（平均883羽）で、有意差はなかった。水田面積当たりの全種総個体数は、茨城・滋賀とも10.9羽（1km²当たり）と一致した。

しかし、種構成は両調査地で大きく違った。まず、シラサギ類4種では、アマサギが4割近くを占めてもっとも多いのは両調査地で共通していたが、茨城ではチュウサギがアマサギとほぼ同数（39.0%）と推定されたのに対して、滋賀ではチュウサギはアマサギの半分以下であり（12.2%）、一方、魚食性のサギであるコサギとダイサギは茨城より滋賀で多かった（図9）。

魚食性のサギは、水田だけでなく河川でよく餌を採る。採食地調査で得られた河川でのサギ類密度（以下採食密度）は、滋賀で茨城よりはるかに高かった（図10）。このことから、河川での魚の現存量ないしは魚の採りやすさの違いが、地域個体群の総数の違いに反映していると考えられる。

一方、水田におけるシラサギ類の採食密度は、両調査地間で大きな違いはなかった（図11）。それにもかかわらず、チュウサギが滋賀より茨城で多かったのは、茨城調査地にのみ約1,150ha存在するハス田でイネ田よりも採食密度が高かった（図12）ことや、チュウサギ密度が高いことが報告²⁾されている圃場整備されていない水田が茨城の方に多いことが考えられる。

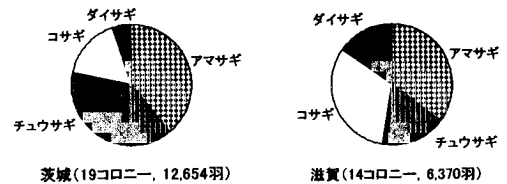


図9. シラサギ類4種の構成比率

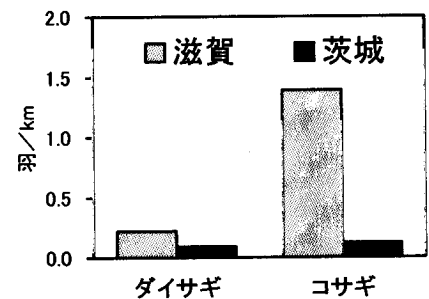


図10. 河川でのシラサギ類密度

4～8月の平均値。茨城では2000年に12河川、滋賀では2001年に11河川で調査。

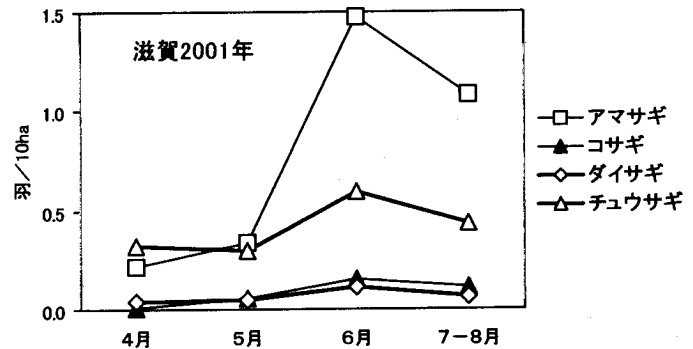
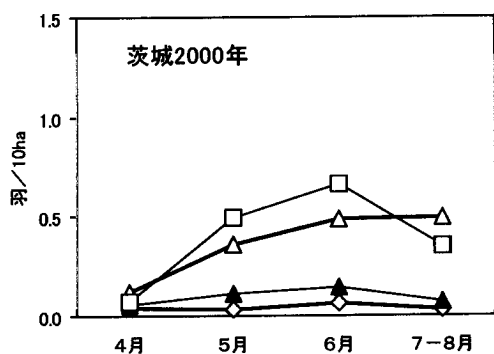


図11. 水田でのシラサギ類密度

茨城では2000年に42カ所、滋賀では2001年に23カ所で調査。休耕田や転作田を含む。

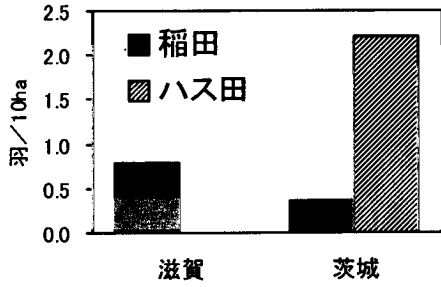


図12. 地域と水田タイプによるチュウサギ密度の違い

4~8月の平均値。ハス田では周年湛水される。滋賀調査地にはハス田はない。

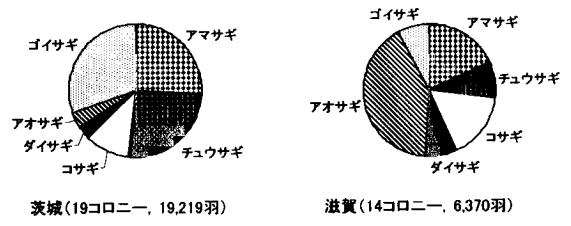


図13. サギ類全種の構成比率

シラサギ類以外では、滋賀でアオサギが多く、茨城でゴイサギが多かった（図13）。先にも述べたように、滋賀にはアオサギだけのコロニーが7カ所あり、残りの混成コロニー7カ所のいずれでもアオサギが確認されたが、茨城ではアオサギ単独のコロニーはなく、アオサギが確認されたコロニーも19カ所中6カ所で、うち5カ所は推定繁殖個体数が20羽以下であった。また、茨城では水田で採食するアオサギはほとんど見られない（4月~8月の平均採食密度0.2羽/km²）のに対し、滋賀ではアマサギやチュウサギと同程度見られた（4月~8月の平均採食密度3.1羽/km²）。なお、ゴイサギはもっぱら夜行性なので、昼間の調査から採食密度を論じることはできない。

残念ながら、滋賀県にはアオサギが多くて茨城県にはゴイサギが多い理由は今回のデータからは不明である。

茨城と滋賀の比較結果を表3にまとめた。サギ類の総個体数は両地域で違わないが、種構成は両調査地の主に地形の違いという広域的な環境の違いを反映していることが示唆された。

表3. 茨城調査地と滋賀調査地でのサギ類個体数の比較

	茨城	滋賀	茨城/滋賀
混成コロニー当たりの総個体数（平均）	1,194羽	883羽	135.2%
混成コロニー数/水田100km ²	1.08カ所	0.97カ所	111.3%
地域総個体数/水田1km ²	10.88羽	10.87羽	100.1%
シラサギ類個体数/水田1km ²	7.17羽	5.56羽	129.0%
チュウサギ個体数/水田1km ²	2.79羽	0.96羽	290.6%
魚食性シラサギ2種個体数/水田1km ²	1.56羽	2.63羽	59.3%
アオサギ個体数/水田1km ²	0.42羽	4.46羽	9.4%

(4) コロニー位置予測モデル

① 移動平均法モデル

まず、従来のGISの解析方法として移動平均法³⁾を用いた。これは、固定された活動中心から一定距離にある餌場を採餌する場合に、空間上のどこに活動中心を置くべきかを予測するために、移動平均の概念を応用した単純なモデルである。

ハス田、水田、川という3つの土地利用タイプに対する相対評価値を、佐藤⁴⁾とTojo⁵⁾の採餌観察結果を参考に算出した。佐藤のデータについては6月分、7月分、8月分、6月~8月までの算術平均、および幾何平均の、全部で5つの相対評価に基づく解析を行った。Tojoのデータについては、3月~5月分、6月~8月分、その算術平均と幾何平均の4つをコロニーの解

析に用いた。

3つの土地利用タイプの相対評価値を、メッシュ毎の被度で重みづけしながら、1つのコロニーまたは畦(ねぐら)の周囲10kmをその採餌範囲として、移動平均の計算を行った。この計算によって、メッシュ毎にそのメッシュにコロニーまたは畦を作った時の利得が割り当てられた地図が得られる。この利得地図を使って、実際に存在したコロニーまたは畦の利得の平均値を求め、ランダムに配置された同数のコロニーの利得の平均値と比較することによって、実在したコロニーが採餌に最適な場所に形成されていたかどうかを評価した。

各月毎、あるいは算術平均で利得を考えた場合、ランダムに形成されていたものよりも統計的に有意に利得が高いわけではないことが判明した(ランダムに配置されたコロニーの方が、実在するコロニーよりも利得が高くなる確率： $P=0.15\sim 0.20$)。中でも2001年のコロニー分布は、最も低い利得を示した($P=0.3$)。季節変動を考慮して利得の幾何平均を用いると、実在したコロニーは、より利得の低いメッシュに形成されていたことになった(2001年のコロニーは $P=0.50$ 、それ以外のコロニーは $P=0.30$)。

②移動平均逆演算モデル

2番目の予測モデルは、現在のコロニーが採餌において最適な位置にあるという仮定のもとに、最尤法によって移動平均が最大になる餌場の評価値を逆演算するモデルである。

現存するコロニーが採餌戦略的に最適な場所にあると仮定して、3種類の餌場タイプの相対的な評価を最尤法によって求めた。その結果、相対的にハス田にかなり大きな比重を与えない限り、実在するコロニーがランダムに形成させたものよりも、統計的に有意に利得の高いメッシュに形成されたことにならないことが判明した。

③学習評価モデル

これまでの2つのモデルは、対象となる空間のどこにおいても、ある特定の餌場の価値は同一なものであると仮定している。一方、3番目のモデルでは採餌場所や同種密度によって餌場の評価値が異なることも考慮できるモデルである。すなわち、各個体は一定の学習規則にしたがって自分の採餌経験から各餌場の評価値を決めて次の行動を決める。

各個体は、河川、水田、ハス田のそれぞれのある/なしの、全部で8通りの餌場を評価する。採餌方法としては、学習のみを使用する場合と、同種個体の存在に誘引される効果を導入する2つの場合を想定した。1日の採餌時間が終了すると、各個体はコロニーを作る。このコロニーが形成された場所とその規模(個体数)を毎回記録し、それを移動平均法で平滑化した値の分布を、コロニー形成確率として評価を行った。その結果、誘引効果を加味したモデルにおいて、3年分のコロニー位置をうまく予測できた($P=0.2\sim 0.3$, 図14)。

④コロニー予測モデルのまとめ

シラサギ類の採餌利用データを使って、移動平均によって計算された利得マップによれば、1999年～2001年にかけて現存したコロニーや畦の分布は、統計的に有意に利得の高いメッシュに形成されているとは言えなかった。また、移動平均逆演算モデルの結果が物語っているのは、ハス田だけが重要な採食地なのではなく、水田や河川も相対的に高い評価値が与えられるとしたら、コロニーを作るにはもっといい場所が沢山あるはずだということである。

学習モデルでは、過去3年間のコロニー分布を約80%程度説明できた。一般的に、地理情報による生物の生存予測のロジスティック回帰モデルでは説明度が6割程度であることも少なくないことを考えると、これは比較的大きな値である。問題点としては、学習モデルにおいてはコロニーの位置は日々変化しうることである。実際のコロニーは春から秋まで動かない。また、コロニーの規模や分布は、集合する時にどれくらいの距離周辺を評価対象とするか、あるいはコロニー場所の破壊や歴史といった未知のパラメーターによるところが多い。今後の研究によってこれらのパラメーターも加えたより予測性の高いモデルを構築していきたい。

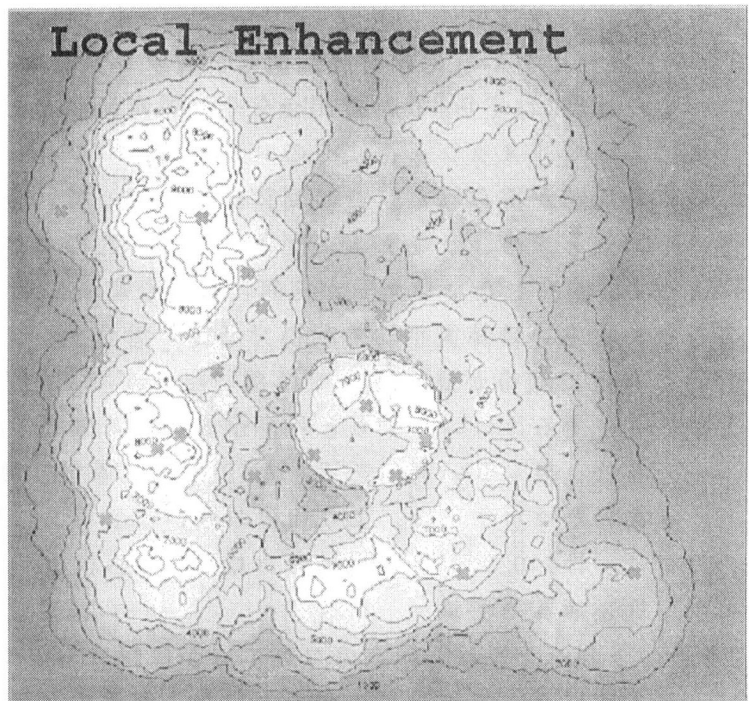


図14. 個体間誘引がある場合の学習評価モデルによるコロニー位置の予測

色が薄いほどコロニーを形成する確率が高い。×印は実際にコロニーのあった場所(1999年)を示す。

5. 本研究により得られた成果

これまで困難であった多数のサギ類コロニーの発見及び種別個体数の推定を効率的に行う手法が確立した。特にシラサギ類については地域による環境の違いが種構成の違いを生じることが明らかとなり、地域スケールでの環境モニターとして活用できるようになった。

これらの成果は、準絶滅危惧種のチュウサギをはじめとするサギ類の保全やサギ類コロニーと住民との摩擦の解消策にも利用できるものである。

6. 引用文献

- 1) Frederick, P.C., T. Towles, R.J. Sawicka, and G.T. Bancroft (1996) Comparison of aerial and ground techniques for discovery and census of wading bird colonies. *Condor* 98, 837-841.
- 2) Lane, S.J. and M. Fujioka (1998) The impact of changes in irrigation practices on the distribution of foraging egrets and herons (Ardeidae) in the rice fields of central Japan. *Biol. Conserv.* 83, 221-230.
- 3) Nakamura, H. and Y. Toquenaga (2002) Estimating colony locations of bumble bees with moving average model. *Ecol. Res.* 17, 39-48.
- 4) 佐藤伸彦(1993) 茨城県南部における繁殖期のチュウサギ *Egretta intermedia* の採食地利用. 東京農工大学農学部環境・資源学科・生物圏環境科学・環境科学専修・野性動物管理学講座 卒業

論文

5) Tojo, H. (1996) Habitat selection, foraging behaviour and prey of five heron species in Japan. Jpn. J. Ornith. 45, 141-158.

[国際共同研究等の状況]

なし

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表 (学術雑誌・書籍)

- ① M. Fujioka, J.W. Armacost, Jr., H. Yoshida and T. Maeda : Ecol. Res., 16, 555-567 (2001)
"Value of fallow farmlands as summer habitats for waterbirds in a Japanese rural area"
- ② M. Fujioka and H. Yoshida : Global Environmental Research, 5, 151-161 (2001)
"The potential and problems of agricultural ecosystems for birds in Japan"
- ③ H. Nakamura and Y. Toquenaga : Ecol. Res., 17, 39-48 (2002)
"Estimating colony locations of bumble bees with moving average model"
- ④ 藤岡 正博、吉田保志子、山岸哲、樋口広芳 (編) 『これからの鳥類学』, 裳華房, 東京(2002年5月刊行予定)
「農業生態系における鳥類多様性保全」

(2) 口頭発表

- ① 藤岡正博、吉田保志子、徳永幸彦：日本生態学会第48回大会 (2001)
「広域的環境指標としてのサギ類集団繁殖地モニタリング手法」
- ② Y. Toquenaga : 日本生態学会第48回大会 (2001)
"Random Urn Model"
- ③ Y. Toquenaga : SMB-JAMB, Hilo, Hawaii, U.S.A. (2001)
"Random Urn Model"
- ④ 藤岡正博、吉田保志子、徳永幸彦：2001年鳥学会大会 (2001)
「サギ類コロニーの分布と種構成－茨城県と滋賀県の比較」
- ⑤ 藤岡正博：日本生態学会第49回大会 (2002)
「集団サイズを決める資源動態モデルとサギ類での実証」
- ⑥ M. Fujioka, H. Yoshida, S.J. Lane, T. Maeda, and J.W. Armacost, Jr.: XXIII International Ornithological Congress (2002)
"Comparison of waterbird abundance in different types of rice fields and set-aside farmlands"

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

- ① 滋賀自然環境研究会（編）『滋賀の田園の生き物』（2001年9月，分担執筆，滋賀県農政水産部）
 - ② 『野鳥』（2002年6月号、日本野鳥の会、「サギ類の特徴とサギ山の研究」について6ページ）
- (6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について
- ① 成果の一部は平成13年度共通基盤研究主要成果「農業環境モニタリングのためのサギ類個体数推定法」として中央農業総合研究センターにて公表（2002年3月）