

都市近郊水田を対象とした生態系シミュレーション

○東京理科大学 学生会員 豊島 明子
東京理科大学 正会員 内山 久雄
深谷市 非会員 鈴木 玲子

1 はじめに

近年、都市ではアメニティー（総合的な快適さ）が重視される傾向にある。また、都市では様々な制約条件があるため、ゆとりの空間を確保するのは困難であるという一面もあり、これからは既存空間の有効利用がキーワードとなると考えられる。そこで、筆者らは都市近郊に残る水田に着目した研究を行ってきた。これにより、水田には米を作るという生産価値や経済的価値の他に、生態系を豊かにするといった存在価値があることが明らかになっている。水田が都市に存在することによって、都市の貧困な生態系が回復し、アメニティーにつながると考えられるのである。そこで今後の都市計画のため、水田の整備・管理手法の違いによって生物はどのように変化するかを予測する必要がある。

本研究では、水田の生態系システムダイナミクス・モデルを構築することにより、外部作用を考慮した生態系の変化予測を試み、今後の都市計画への水田の活用の方向性を示すことを目的とする。

2 分析方法

本研究ではシステムダイナミクス・モデル（以後SDと表記する）を構築しシミュレーションを行う。

SDとは、システムには構成要素、流れ、流れをコントロールするバルブの役目であるレイトがあり、またシステムの流れは一方ではなく、フィードバックを繰り返すという考え方である。実際にはシステム構成要素を決定し、シミュレーションを通して構成要素同士の因果関係を表すパラメータを決定していく。複雑なシステムにおいて、また観察不可能な部分があるシステムにおいてこのSD法は有効であり、本研究では生態系という複雑かつ人間には観察が極めて困難な部分があるシステムを扱うためSDを採用している。

今回は、システムの構成要素の生物種を10種とし、水田・畦・水路・周辺環境の水田構造それぞれを代表する生物種を、そして水田構造すべてをカバーするように生物種を選定している。（図1参照）

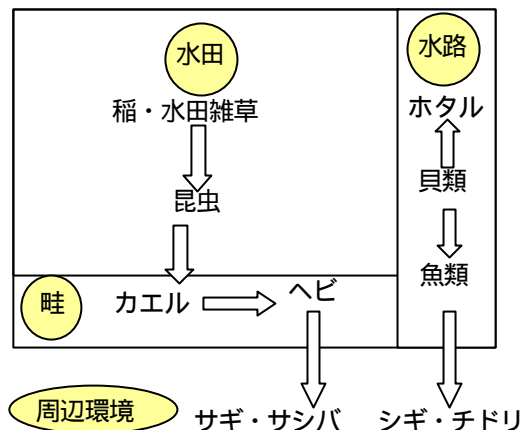


図1 生態系フロー図

3 シミュレーション方法

複雑な生態系の中で基本となるのは2種生物間の捕食者（食う）・被食者（食われる）の関係である。これに着目し、Lotka・Volterraの2種生物間方程式（基本方程式参照）を援用し生物の個体数を求める。この方程式はある時期になると個体数が収束する性質を持つ。この性質を利用し、同じ生物どうしの収束値・収束時間をほぼ同数とする（図2参照）ことで、フローがとなり、多種の生物の動態を表すことが可能となっている。これをシステムダイナミクス・モデルに適用する。

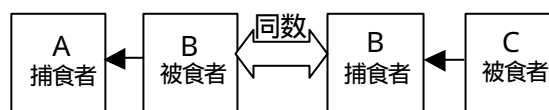


図2 詳細設定

外部作用による生物動態は自然状態とは異なると考えられ、本研究ではこれを考慮するため、基本方程式に外部影響を考慮する8つのパラメータを導入した（発展方程式参照）。パラメータを複数にすることで、外部のプラス影響とマイナス影響が同時に働く想定が可能となっている。

キーワード: アメニティー, 水田, 生態系, システムダイナミクス, 数理生態学, 緑地

連絡先: 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL: 0471-24-1501 (内線 4058) FAX: 0471-23-9766

基本方程式

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right) - \frac{axy}{(1+hx)}$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{bxy}{(1+hx)} - cy$$

x : 被食者個体数 y : 捕食者個体数
 r : 被食者増加パラメータ K : 環境収容力
 a : 被食速度パラメータ h : 収束調整パラメータ
 b : 捕食速度パラメータ c : 捕食死亡率パラメータ

発展方程式

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right) - \frac{axy}{(1+hx)} - d_1x - d_2x - d_3x - d_4x$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{bxy}{(1+hx)} - cy + e_1y + e_2y + e_3y + e_4y$$

$d_1, d_2, d_3, d_4, e_1, e_2, e_3, e_4$: 外部影響パラメータ

外部影響パラメータとなる耕地利用率・圃場整備率(開発系)、保全団体数・污水处理施設普及率(保全系)の将来推移は表1のような5パターンのシナリオにおいて決定している。

表1 外部影響の将来推移

	特徴
パターン1	現状維持
パターン2	現在のペースで開発・保全
パターン3	一時的に保全をする
パターン4	ある時点で保全に転向
パターン5	開発促進

4 シミュレーション結果と考察

結果の一例として、サギ・サシバの鳥類個体数を示す(図3)。開発促進では(開発系を年約1%で促進)約2010年に死滅すると予測される。また現在ペース(保全系を年0.5%で増やし、かつ開発を先行させる)では、約2050年には死滅する可能性がある。これはあくまで50ha程度の水田という局地的な条件下でのシミュレーションであるが、50haの水田でサギ・サシバが生存できないという状況では、生息場所として大きな面積を必要とする鳥類にとって生息場所がかなり限定され、都市近郊にはほとんど見られなくなると考えられる。

保全転向(2020年に開発速度を緩め、保全系を年0.5%で増やしていく)では一度死滅しそうになるが、辛うじて回復、その後増加する。これは、開発を進めつつも保全事業により回復を見込めることを意味する。

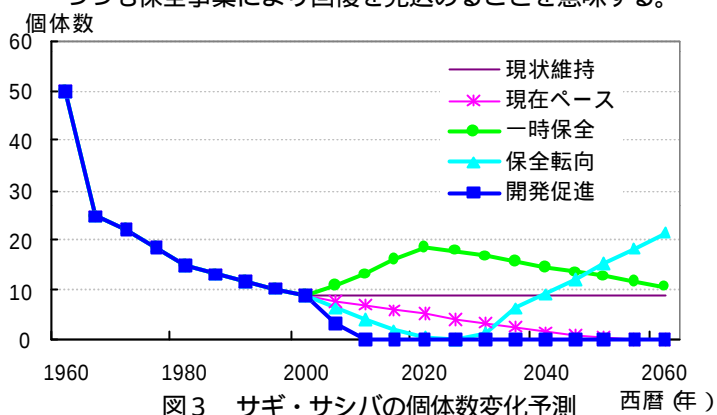


図3 サギ・サシバの個体数変化予測 西暦(年)

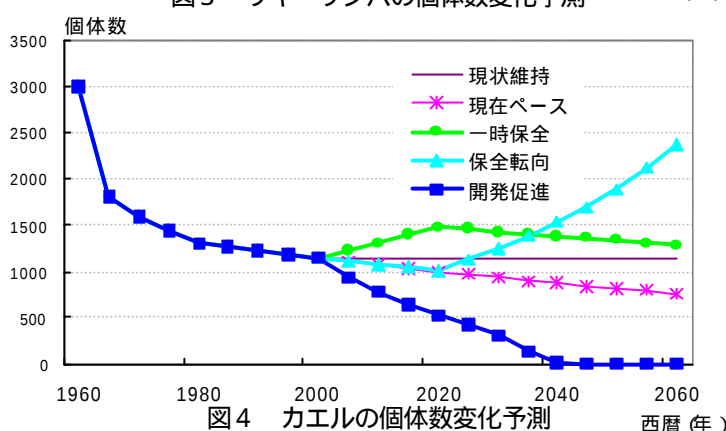


図4 カエルの個体数変化予測 西暦(年)

また、サギ・サシバ(図3)とカエル(図4)の個体数変化を比較すると開発促進の場合、サギ・サシバの方が急激な減少を見せ、死滅に至っている。個体数が少ないサギ・サシバのような鳥類は、外部影響を非常に受け易い。また他の生物より大きい個体でカウントし易いため、鳥類を水田の存在する都市の環境指標として扱うことを提案する。

6 結論

生物数と開発・保全事業という複雑な関係を時系列で示し、将来生物数を大まかではあるが予測することができた。

都市近郊水田では、面積や米の生産性のための圃場整備など、さまざまな制約条件がある中で、事業内容によっては生態系維持機能を発揮することができることを示し、また生物数をコントロールする手法の有効性の一端を示し得た。これは今後アメニティーを生物多様性の面から向上させる上で、有効な手法を示したことになる。

参考文献

巖佐 庸：数理生物学入門—生物社会のダイナミクスを探る、共立出版
 巖佐 庸：数理生態学、共立出版