

セルオートマトンによる底生生物の個体数変動予測に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 松原雄平
株式会社 森本組 ○田中直秋

1. はじめに

沿岸域環境の現状分析・将来予測のための環境評価手法の確立が急務とされ、数学的モデルによる方法は、パラメータの設定・諸仮定の根拠が乏しいため再現するには至らないことが多い。こうした問題に対して生物の有する機能を工学的なアルゴリズムに置き換えた人工生命手法の一つであるセルオートマトン（CA）モデルによって生物行動の解析が注目されている。そこで本研究は島根県東部に位置する宍道湖におけるヤマトシジミの変動予測をCAモデルを用いて適応性の検討をするものである。

2. ヤマトシジミ

砂礫質の底質中に埋在し、夏季は底質の表層近くで代謝活動を活発に行い、冬季は殻長の3倍近の深さで低い代謝生活、春季は再び表層に移動する。1個体当たり約1000万個の卵を産卵し、幼生期間は1週間程度で産卵期間は7～9月である。成長期は4月～11月、12月～3月はほとんど成長が止まる。植物プランクトンを主とする有機懸濁物を鰓で濾過して摂取する。

3. セルオートマトン

CAでは、対象領域をいくつかのセルに分割し、そこを生息区画として被食者と捕食者を置く。図2はCAモデルを模式的に示したものである。ひとつのセル内の被食者と捕食者はそれぞれ与えられた増減ルールにしたがって変動する。すべてのセルの状態は、セル自身とその周辺のセルの状態に依存して同時に更新されるものとする。この増減の決定は、あらかじめ決めておいた、自己セルにおける状態決定のルール（局所ルール）に従って行われる。特定セルでの状態変数の決定を、領域内の全てのセルに対して行い次の時刻ステップに移る。この操作を繰り返して、長期にわたる生物量の変動を追跡する手法である。

対象領域は図3のように宍道湖を34×17の500mの格子のセル群に離散化した。

4. 増減ルール

クロロフィルaの変化量は、近傍セルとの相互作用なしに自己セル内で増加減少するとし、季節変化も考慮した。ヤマトシジミの変化量は、それぞれ異なる増減ルールで変化するとともに、セル内の競合または環境要因によって確率的にヤマトシジミの増減があるものとした。産卵による拡散は、産卵した幼生は、次の時間ステップに注目セルから周囲の8つのセルに移動および残るものとした。ただし、この拡散は周囲のセルにランダムに移動するものとした。

5. 結果および考察

CAモデルを宍道湖に適用し、ヤマトシジミおよびクロロフィ

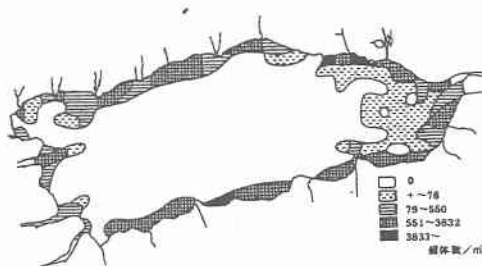
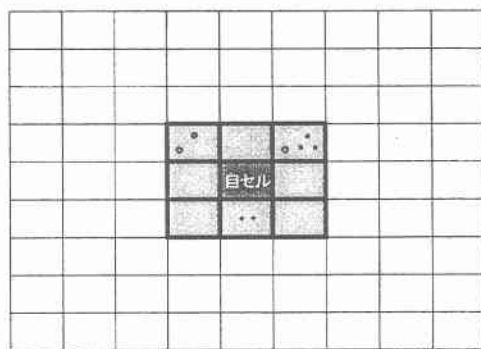


図1 ヤマトシジミの分布



□ 周辺セル ・ 被食者 ○ 捕食者

図2 CAモデルのイメージ

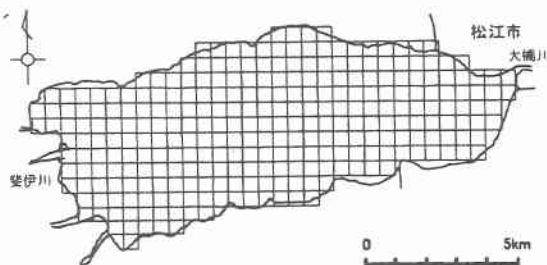


図3 対象領域

ル a の増減を予測した。図 4 に示す計算結果よりヤマトシジミおよびクロロフィル a の経月変化は、クロロフィル a の最大値が先に現れ、ヤマトシジミの最大値が遅れて出現する周期的な変動を示している。ヤマトシジミの経月変化は、夏季に最も多くなり、秋季から冬季にかけて減少していき、冬季から春季にかけての期間に最も少なくなる傾向がみられる。

図 5 はヤマトシジミの個体数の計算開始から 9 年目夏および 10 年目春の時点のヤマトシジミの分布を示している。宍道湖の湖岸に沿って高い密度を示す局所的な分布形態をとっている。実測結果では宍道湖西部よりも東部の方がヤマトシジミの分布域が広がっており、この計算結果でも宍道湖東部に比較的高い個体数の分布がみられ、実測結果を比較的良好に再現している。また湖心を中心とした無生物の分布域の広がりも再現されている。夏季の分布は、春季よりも湖心に向けてやや分布域が広がっており、個体密度ゼロの分布域が少なく全体的に高い密度の分布を示している。

宍道湖は昭和 50 年代からヤマトシジミの漁獲量の制限が行われている。ある時点でのヤマトシジミの乱獲がどのような影響を与えるか個体数変動予測を行った。ヤマトシジミの乱獲は計算開始後 8 年目に生じるものとして計算した。計算結果の経年変化図を図 6 に示す。乱獲によりヤマトシジミが少ないため、クロロフィル a はほとんど減少していない。その後はクロロフィル a が豊富に存在するため、これに伴いヤマトシジミの個体数も増加し、その後は定常に戻っている。しかし乱獲の量を増やすと数年後にヤマトシジミが死滅する場合があった。ヤマトシジミが死滅する確率は偶然性に作用されるが、長期間の計算を行えばヤマトシジミの死滅が発生することも予測される。現実の水域では生息環境の相互の影響で複雑な生態系を形成しており、環境条件の変化が組み合わされると、その影響が小さくてもヤマトシジミが死滅してしまうことも十分に考えられる。

6. まとめ

人工生命手法の一つである CA を利用し底生生物の増減ルールを与えることによりヤマトシジミなどの底生生物の変動現象をある程度予測することが可能である。またモデルにより多くの環境要因・底生生物の成長のシステムを組み込むことによって、予測精度の高いシステムを構築でき、環境創造の予測手段として利用できることが可能である。

7. 参考文献 中村幹雄 (1985) : 宍道湖の底生動物と底質の季節変化, 島根県水産試験場事業報告, 昭和 58 年度

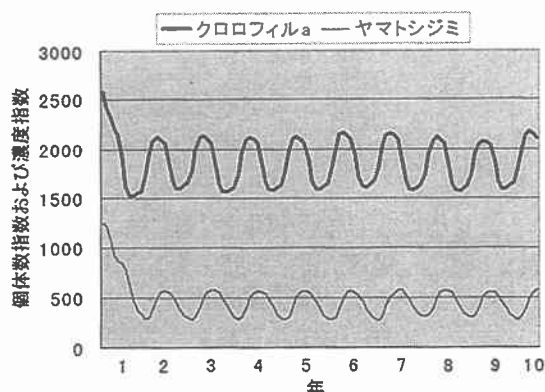
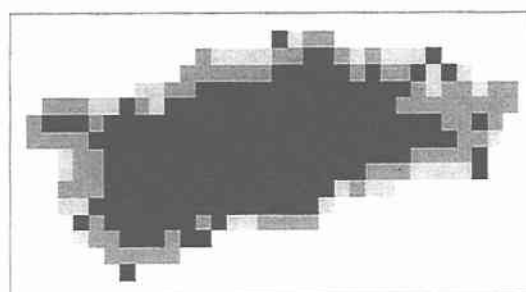
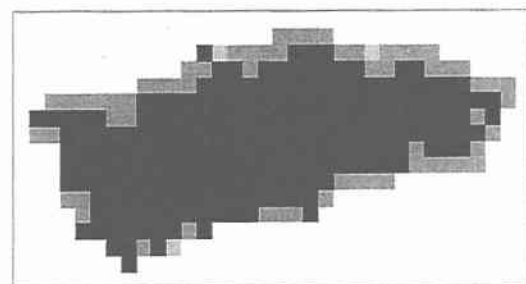


図 4 経月変化



Summer



Spring

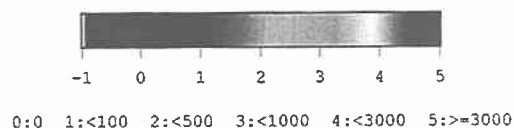


図 5 ヤマトシジミの分布 (夏・春)

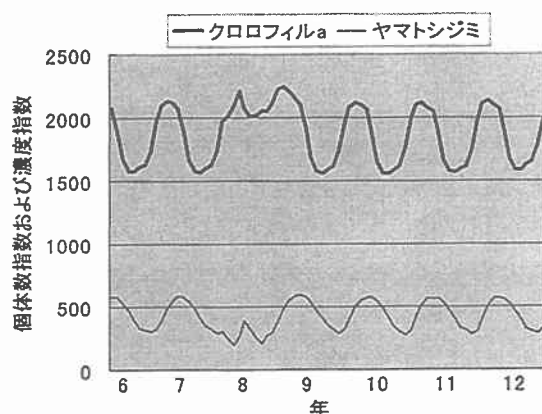


図 6 ヤマトシジミの乱獲