

生態系における局所的共存の格子モデリング*

中桐 齊之† 吉村 仁††

† 静岡大学サテライトベンチャービジネスラボラトリー †† 静岡大学工学部

1 はじめに

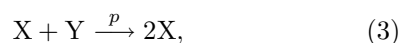
生態系におけるローカルな共存問題は、生物多様性についての重要な制限要因と考えられる。数理理論やモデリングからは、競争をする複数の種はローカルなエリアの共存は難しいと考えられてきた。ところが、自然の群集、例えば、植物群落では多数の種が長期的に共存していることが観察されている。つまり、自然の群集の多様性は現時点では理論的には説明できていない。

従来理論研究では、競争関係には、競争排除による直接的な相互作用と空間の効果の考慮が欠けていたと私たちは考える。そこで、本論文では、空間の占有競争をしている2種の格子モデルを用いて、局所共存の可能性をシミュレーションによって研究した結果を報告する。競争関係として占有競争および競争排除の相互作用を適用する。

2 モデル

簡単な生態系のモデルとして、種子分散するものとクローン増殖するもの2種の植物が存在する二次元格子系を考える。種子分散する植物(X)およびクローン増殖する植物(Y)は、二次元の格子上に存在し、それぞれの格子点が、餌(あるいは捕食者)によって占領されたサイトである場合X(もしくはY)とする。また、Oは空き地を表わす。

そして、次の相互作用を仮定する。



上記の反応は、それぞれ種子分散もしくはクローン増殖する植物の増殖(r_s, r_c)、死亡(m_s, m_c)、それぞれの種の間での相互作用(p)を表わしている。

上記の反応は、それぞれ種子分散・クローン増殖による増殖(比率: r_s, r_c)、(比率: m_s, m_c)、XとYの相互作用(比率: p)を表わしている。ここで、相互作用(1a)は、任意の2点間、(1b)と(3)は、隣接した2点間のみで起こるとし、その他は任意の1点において起こるものとする。

p が非常に小さな値をとる場合、XとYはそのままの状態に変化せず、XとYの相互作用が無くなる。それに対して、 p が大きな値をとる場合、XとYは相互作用を持ちYが2Xへと変化する。私たちは、この様に相互作用を決定する変数 p をinteraction indexと呼ぶこととし、このinteraction indexの値が系に及ぼす様子を注目してシミュレーション実験を行うことにした。そして、この p の意味は、 $p=0$ においては従来のモデルと同じであるということであり、これが増加していくによって相互作用が導入されるという事である。

格子モデルのコンピューターシミュレーションによって摂動実験を行った。ここでは格子Lotka-Volterraモデルを用いた。[3-5]

まず、 $p=0$ とシミュレーションを行い、十分時間がたって系の密度が定常状態をとったとき、 $t=0$ において p を0でない値までジャンプさせ、種XおよびYの両方の個体数密度を記録した。

3 結果

まず、 $p=0$ における r_c, r_s による共存の可能性を調べた。格子モデルにおけるコンピューターシミュレーションを行った結果を図1に示す。相互作用が存在しないときには、共存が起こらないことがわかる。次に、相互作用が存在するとき($p \neq 0$)のシミュレーション結果を図2に示す。図2は $p=0.25$ のときにおけるX,Yそれぞれの個体群密度の変化を示している。この図より、XとYが共存することがわかった。

そこで、この共存が起こりうる p の値の範囲を調べるため、各々の p における個体群の定常密度を測定した。その結果を図3に示す。これより、 p が0.2から

* Lattice modelling of the local coexistence in ecosystems

† Nariyuki NAKAGIRI (nakagiri@kei2.sys.eng.shizuoka.ac.jp)
Satellite Venture Business Laboratory, Shizuoka University,
3-5-1 Jyohoku, Hamamatsu, Shizuoka 432-8561, Japan(†)

†† Kei-ichi TAINAKA (tainaka@sys.eng.shizuoka.ac.jp)
Department of Systems Engineering, Shizuoka University, 3-5-1 Jyohoku, Hamamatsu, Shizuoka 432-8561, Japan(††)

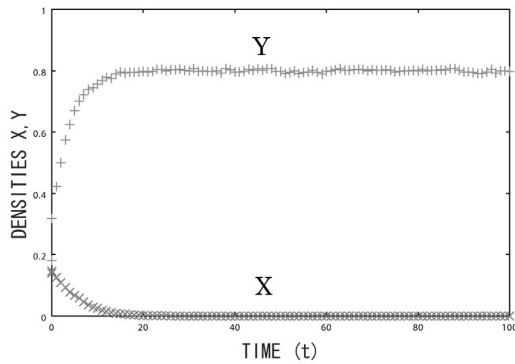


図 1: 相互作用のないとき ($p = 0$) における種子分散 (X) とクローン増殖 (Y) の個体群密度の様子。

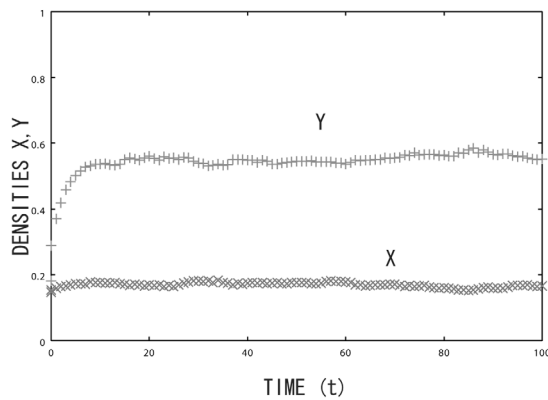


図 2: 相互作用が存在するとき ($p = 0.25$) における種子分散 (X) とクローン増殖 (Y) の個体群動態の様子。

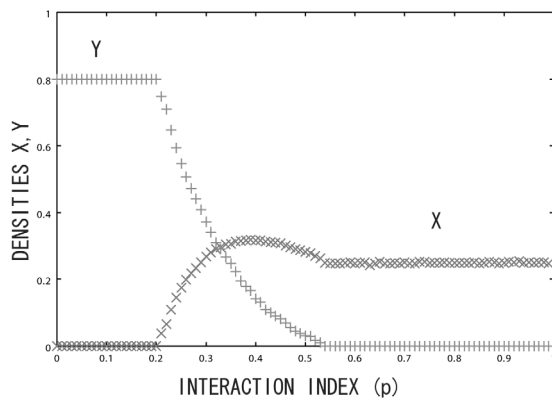


図 3: interaction index と 定常密度の関係。ある一定の相互作用が存在するとき共存が可能になっている。

0.52 の間で X と Y の 2 種が共存することが解った。

4 考察

従来の数理理論やモデリングにおいて、競争をする複数の種は、局所的なエリアにおける共存は難しいと考えられてきた。植物のように空間競争をする種においてはさらにこの状況は厳しくなる。今回のモデルにおいても、相互作用を導入しない場合は共存が不可能であった (図 1)。しかし、相互作用を導入すると、局所的な共存が可能となる事がわかった (図 2)。図 3 のように、ある一定の相互作用の範囲において共存が可能となる。そもそも自然の群集、例えば、植物群落では多数の種が長期的に共存していることは観察されていることであり、シミュレーションの結果はこれを説明する事が出来ると考える。生態系におけるローカルな共存問題は、生物多様性についての重要な制限要因と考えられている。今回の結果は、自然の群集の多様性を理論的に説明できるモデルであると考えられる。

このように、私たちは、空間的な競争関係にある 2 種が相互作用を入れることにより局所的に共存が可能となることを明らかにした。競争関係にある種が局所的に共存可能であるということは、群集の生物多様性が高いことを示している。今回の結果は、種多様性の維持に相互作用が重要であるということを示唆している。

参考文献

- [1] MacArthur, R. H. and Wilson, E. O., 1967. The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- [2] May, R. M., 1973. Stability and Complexity in Model Ecosystems. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey.
- [3] Nakagiri, N., Tainaka, K., and Tao, T., 2001. Indirect reration between species extinction and habitat destruction. *Ecol. Model.*, **137** 109-118.
- [4] Yodzis, P., 1988. The indeterminacy of ecological interactions as perceived through perturbation experiments. *Ecology*, **69**, 508-515.
- [5] Nakagiri, N., Yasuda, T., Shiyomi, M., Aoki, K. and YOSHIMURA, J., 2002. A preliminary report on the local coexistence of species in grassland communities, *Proceedings of Two Symposia on Ecology and Evolution in VIII INTECOL*, 19-25.