

論文内容の要旨

論文題目：

Mathematical Analysis of Sessile Metapopulation
Dynamics with Space-Limited Recruitment

(個体補充に空間的制限を有する固着性メタ個
体群動態の数理解析)

氏名：神岡勝見

本論文は固着性無脊椎動物の個体群動態を表わした数理モデルの解析の報告である。

考察の対象となるのは、海と陸の間の潮の干満がある場所（潮間帯）に生息しているフジツボのような固着性無脊椎動物である。これらの生物は、岩場などの生息地に固着して生活する成体と海中（プール）を浮遊する幼生の二つの成長段階をもつ。幼生は、成体が固着していない生息地に近づいたときに定着して成体となる。生息地に多数固着している成体の集まりがひとつの個体群を形成している。成熟した成体から放出された幼生が他の生息地へ漂って行って定着することで、潮間帯内の多数の生息地の個体群は結ばれている。潮間帯の全生息地の個体群と幼生の個体群を合わせて、ひとつのメタ個体群が形成されている。

Roughgarden-Iwasa-Baxter は、ひとつの生息地の成体の個体群動態を表わした数理モデルを提案している [1]。常に生息地の周りには一定の数の幼生が漂っていて、空き面積に比例して定着すると仮定した年齢構造入りのモデルである。その後、Roughgarden-Iwasa は、環境の異なる複数の生息地から成る潮間帯で生活するメタ個体群の動態を表わすために、幼生の個体群動態を考慮した一種メタ個体群モデルを提案し、定常解の存在とその局所安定性などを調べている [2]。更に、Iwasa-Roughgarden は、メタ個体群の種間競争を調べるために一種メタ個体群モデルを多種メタ個体群モデルに拡張し、侵入可能条件や共存定常解が存在するための必要条件などを考察している [3]。

ひとつの生息地の個体群モデルの数学的な研究は幾つか報告されているが、年齢構造入り一種メタ個体群モデルの厳密な解析や多種メタ個体群モデルの共存定常解が存在するための十分条件、定常解の大域安定性などは研究されていない。

本論文の第1章では生物的背景、モデル方程式とその解析の歴史的経緯をまとめ、第2章から第4章でこれらの未解決問題を考察する。研究の見通しをよくするために、各モデルに対して（基本）再生産数を定義する。少なくとも一種が存在しない非自明定常状態の潮間帯に侵入した幼生が生涯に再生産する期待幼生数が再生産数であり、完全に生物が居ない潮間帯で幼生が生涯に再生産する期待幼生数が基本再生産数である。

第2章では、Iwasa-Roughgarden の多種メタ個体群モデルを用いて共存定常解の存在について考察する。再生産数が1よりも大きいならば定常状態に侵入可能で、1よりも小さいならば侵入不可能であり、基本再生産数が1よりも大きいならば自明定常状態に侵入可能で、1よりも小さいならば侵入不可能である。そして、基本再生産数とすべての再生産数が1よりも大きいならば、全種の共存定常解が存在する。また、あらゆる生息地の組み合わせに対する基本再生産数がすべて1以下ならば、自明定常解だけが存在し、それは大域的に漸近安定である。

第3章では、第2章に引き続いて多種メタ個体群モデルを用いて、パーシステンスとパーマネンスを考察する。（本論文では、Thieme [4] の一様に強 ρ -パーシステントの定義と Xiao [5] のパーマネンスの定義を採用する。）パーシステンスは少なくとも一種が生存、パーマネンスは全ての種が生存し続けるという現象に対応している。各種に対する基本再生産数が全て1よりも大きいならば、多種メタ個体群モデルはパーシステントであり、一種メタ個体群モデルはパーマネントである。特に、一種一生息地メタ個体群モデルの自明定常解は、基本再生産数が1以下ならば大域的に漸近安定であり、基本再生産数が1より大きいならば非自明定常解は大域的に漸近安定である。どの生息地の成体も幼生を一個体以上放出するという仮定の下で、基本再生産数が1よりも大きいならば一種メタ個体群モデルの非自明定常解は一意的に存在する。特に、ある領域内のすべての解はその非自明定常解に漸近する。同様の仮定の下、基本再生産数が1よりも大きいならば一種二生息地メタ個体群モデルの非自明定常解は大域的に漸近安定であり、各種の基本再生産数とすべての再生産数が1よりも大きいならば、二種二生息地メタ個体群モデルはパーマネントである。

第4章では、Roughgarden-Iwasa が提案した年齢構造入り一種メタ個体群モデルに占領面積（密度）に依存した成体死亡率を付加した拡張モデルを提案する。拡張したモデル方程式は L^1 の枠組みでコーシー問題として定式化され、非稠密領域で定義された作用素の摂動理論から、初期値問題の時間発展解の一意存在が示される。自明定常解は、基本再生産数が1以下のならば大域的に漸近安定であり、基本再生産数が1よりも大きいならば不安定である。基本再生産数が1より大きいならば非自明定常解は一意的に存在する。基本再生産数が1よりも少しだけ大きいときに非自明定常解が局所漸近安定になることが証明される。

参考文献

- [1] J. Roughgarden, Y. Iwasa, C. Baxter, Demographic theory for an open marine population with space-limited recruitment, *Ecology* 66 (1985) 54-67.
- [2] J. Roughgarden, Y. Iwasa, Dynamics of a metapopulation with space-limited subpopulations, *Theor. Popu. Bio.* 29 (1986) 235-261.
- [3] Y. Iwasa, J. Roughgarden, Interspecific competition among metapopulations with space-limited subpopulations, *Theor. Popu. Bio.* 30 (1986) 194-214.
- [4] H. R. Thieme, *Mathematics in Population Biology*, Princeton University Press, Princeton and Oxford, 2003.
- [5] Y. Xiao, L.Chen, Modeling and analysis of a predator-prey model with disease in the prey, *Math. Biosci.* 171 (2001) 59-82.