

Nara Women's University

【内容の要旨及び審査の結果の要旨】 競争系の多様性と攪乱の効果
-コンパートメント・モデルによる数理的研究-

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2010-01-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大沢,恭子, 高須,夫悟, 高橋,智, 和田,恵次, 重定,南奈子 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10935/1275

氏名(本籍)	大沢 恭子 (大阪府)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博論第122号
学位授与年月日	平成16年9月16日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当 人間文化研究科
論文題目	競争系の多様性と攪乱の効果 —コンパートメント・モデルによる数理的研究—
論文審査委員	(委員長) 助教授 高須 夫 悟 助教授 高橋 智 教授 和田 恵 次 教授 重定 南奈子

論文内容の要旨

生態系の生物多様性が維持される機構に関する数理的研究は、Levins (1969) による単純なメタ個体群モデルを初め、さまざまなモデリングの枠組みを用いて進められてきた。

本研究は Levins 以来多くの数理的研究の礎となったメタ個体群モデルを発展させ、パッチの空間配置と生息域の攪乱という2つの効果を直接記述可能なコンパートメント・モデルの枠組みを用いて、競争系における生物多様性と攪乱の効果に関する解析を行っている。

第1章では、今現在我々が直面している生物多様性喪失の現状を概観し、生物多様性維持機構をより良く理解するための新しい数理モデリングの枠組み、すなわち、複数パッチの空間配置とパッチ内での複数種の動態およびパッチにかかる攪乱の効果を陽に記述可能なコンパートメント・モデルを構築する。

第2章では、コンパートメント・モデルの基本構造と本論文で取り上げる競争系について述べている。想定する競争系はN種を含み、その振るまいを解析的に解くことができる一般干渉競争系と偏害干渉競争系に焦点を当てる。2つの競争系について、2次元格子状に空間分布するパッチを導入し、パッチ間の移動分散及びパッチにかかる攪乱をモデルに組み込むことで、空間的・時間的な攪乱がN種競争系における種多様性に与える影響を解析することが可能になる。

第3章では、一般干渉競争系モデルを解析し、系にさまざまな規模の攪乱がかかったときの系の振るまいが詳細に調べられている。主な結果として、攪乱がかかることによりパッチ空間内で複数の平衡状態が異所的に安定に保たれる状態が出現し、その結果系全体の種多様性が高まること、が示され

ている。

第4章では偏害干渉競争系モデルを解析し、その結果、内的自然増加率、パッチ間移動率、種間競争係数と種内競争係数の比率及び、攪乱の継続時間及び大きさ、に依存して、系の種多様性が大きく変化することが示された。いずれの場合にも、攪乱継続時間の増加に伴い絶滅する種に規則性が存在することが示されている。

第5章では、一般干渉競争系と偏害干渉競争系で得られた結果についての考察がまとめられている。いずれの系でも、種間競争の様式、パッチ間移動の程度、攪乱のかかり方によって、さまざまな種の分布パターンが出現可能であり、種の絶滅過程も大きな影響を受けることを明らかにしている。本研究が採用したコンパートメント・モデルでは、パッチ内での個体群動態、近接パッチへの移動、まとまった複数パッチへの攪乱という、それぞれ異なる空間スケールで起こる現象を同時に解析することが可能である。系全体の時空間的個体群動態を解析した点が本研究の最大の特徴である。以上の結果をふまえ、生物多様性研究の今後の課題について述べている。

以上のように、本研究は、従来の理論研究が取り扱ってこなかった、パッチの空間配置及び攪乱の大きさと頻度を陽に考慮したモデルを解析することで、攪乱が競争系の種多様性に及ぼす影響について新たな知見を提示している。こうした理論研究のアプローチは今後生物多様性維持機構の理論的研究において先駆的役割を果たすことが期待される。

論文審査の結果の要旨

我々は現在、地球上の至るところで人間活動による生物多様性の消失という問題に直面している。こうした問題に対処するためには、生物多様性がいかに維持されてきたのかを理解することが欠かせない。

生物多様性の維持機構については、Levins (1969) を初めとした理論研究が幾つかある。いずれも、生息可能な場所がパッチ状に分布している状況を想定し、各パッチ間の移動分散が起こる場合の局所個体群の集団、つまり、メタ個体群、の動態を解析するもので、Levins 以来さまざまなメタ個体群モデルが解析されてきた。

こうした一連の理論研究に対し、Connell (1978) は、操作実験を含む実証研究の結果、規模や頻度において中程度の攪乱が起こる生息場所で最も種多様性が高くなるという「中規模攪乱説」を提唱した。攪乱が、種間競争に有利な種を抑制する程度に強く、しかし、競争的に不利な種の絶滅を招かない程度に弱い場合に、系の種多様性が最大になることを示した Connell の研究は、種多様性の維持と系の空間的な構造が密接に関連していることを示している。

Levins の古典的メタ個体群モデルに攪乱の効果を取り入れて発展させた研究として、Levin and Paine (1974)、Nee and May (1992)、Tilman (1994) などがある。これらの理論研究はいずれも生息地の破壊が競争関係にある複数種の共存に与える影響に着目したものであり、生息地の破壊をもたらす攪乱と複数種の競争関係が種多様性に及ぼす影響について検討した先駆的な理論研究である。

しかし、これら従来の理論研究で用いられた数理モデルは、パッチ状に分布する局所個体群を概念的に想定するだけで、具体的なパッチの空間配置は考慮されていない。またパッチの状態として、パッチ内に特定種が存在するかしないかの2つしか想定しないなど、パッチ内の個体群動態が極端に簡略化されたものとなっている。また、攪乱の効果も、一定の割合のパッチに永続的に攪乱がかかるという永久攪乱が想定されているため、Connell が示した攪乱頻度の効果を考慮していない点で現実的ではないといえる。

本研究は、従来の理論モデル研究が考慮してこなかったパッチの空間配置及び攪乱の規模と頻度を陽に記述可能なコンパートメント・モデルの枠組みを用いて、競争系における種多様性の維持と攪乱の効果について新たな知見を提示した点に大きな特徴がある。

第1章では、生物多様性危機の現状について述べるとともに、これまでの生物多様性研究について振り返り、その問題点を指摘することで本研究の目的を明示している。

第2章では、本研究で新しく構築したコンパートメント・モデルの基本構造について述べている。

すなわち、本モデルで想定する競争系はN種を含み、その振るまいを解析的に解くことができる一般干渉競争系と偏害干渉競争系に焦点を当てる。2つの競争系について、2次元格子状に空間分布するパッチを導入し、パッチ間の移動分散及びパッチにかかる攪乱をモデルに組み込むことで、空間的・時間的な攪乱がN種競争系の種多様性に与える影響を解析することを可能にする新しい数理モデリングの枠組みを提出している。

第3章では、一般干渉競争系モデルを解析し、系にさまざまな規模の攪乱がかかったときの系の振るまいを詳細に調べている。すなわち、一般干渉競争系モデルでは、攪乱のかからない状況において、生き残る種を数学的に特定することができる。ここに周期的な攪乱がかかると、攪乱の程度（面積、形態、時間）に応じて、それまで生存できなかったランクが低い種（内的自然増加率の大きい順にランク付けられている）がランクの高い種と共存できるようになり、種の多様性が高まることを明らかにした。多様性が出るメカニズムとして（1）系に攪乱がかかることで、パッチ空間内で種組成が違う複数の平衡状態が、異所的に安定なバランスを保って存在する。そのため、系全体として種多様性が高まる。（2）競争に弱いランクの低い種は、高い拡散能力を持つため、攪乱跡地に素早く侵入するため、ランクの高い種と一時的にすみ分けが起こり種多様性が高まる。このように、分散と攪乱が種間競争に及ぼす影響をメカニスティックに説明した研究は先行論文にはなく先進的な成果であるといえる。

第4章では偏害干渉競争系モデルを解析し、その結果、内的自然増加率、パッチ間移動率、種間競争係数と種内競争係数の比率及び、攪乱の継続時間及び大きさ、に依存して、系の種多様性が大きく変化することが示された。いずれの場合にも、攪乱継続時間の増加に伴い絶滅する種に規則性が存在することが示されている。一般干渉競争系モデルと同様、偏害干渉競争系モデルでも攪乱がかからない場合の漸近解が解析的に求められているため、攪乱の効果が明確に抽出されている点で評価される。

第5章では、一般干渉競争系と偏害干渉競争系で得られた結果についての考察がまとめられている。さらに、偏害的競争を組み入れたメタポピュレーションモデルとして著名な Tilman et al. (1997) のモデルと本研究結果を比較し、Tilman モデルは本コンパートメントモデルの特殊な状況として位置づけられること、従って、Tilman モデルの結果は必ずしも一般的に成立しないことなどに言及したことは注目される。

以上のように、本研究は、従来の理論研究が取り扱ってこなかった、パッチの空間配置及び攪乱の大きさと頻度を陽に考慮したモデルを解析することで、攪乱が競争系の種多様性に及ぼす影響について多くの新たな知見を提示している。すなわち、本研究で構築されたコンパートメント・モデルでは、種の増殖、競争、拡散、攪乱などの生物的、非生物的メカニズムの要素をそれぞれ個別に分離して、その効果を定量的に論じることができるため、種の多様性や絶滅のメカニズムについてより深く検討できる枠組みを提供したといえる。こうした理論研究のアプローチは今後生物多様性維持機構の理論

的研究において先駆的役割を果たすことが期待される。

本研究の成果は、英文3偏の論文として、すでに公表されている。

以上の諸点から、本学位論文は奈良女子大学博士（理学）の学位を授与するに十分な内容を備えていると判断される。