

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：15201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25840164

研究課題名(和文)生物群集における種間相互作用多様性の役割の理論的解明

研究課題名(英文)Revealing roles of interaction type diversity in community dynamics

研究代表者

舞木 昭彦 (Mougi, Akihiko)

島根大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：00626343

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：生態系は多数の生物種と種間相互作用によって構成される複雑ネットワークである。従来の研究は、複雑な生態系を支える重要な要因を突き止めようと模索してきたが、複雑性がどのような仕組みで生態系の維持に貢献しているのかについてはほとんど理解が得られていない。本研究では、代表者が最近提案した「種間相互作用の多様性(捕食、共生、競争関係など)」という新しい要素を考えることでこの問題をクリアした。「異なる相互作用タイプ」は個体群動態に与える効果が異なることから、生態系内での役割が明確であり、その異なる相互作用の群集内の配置と群集の安定性や間接効果との関係を理論的に明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Ecosystems are comprised of diverse types of species interactions such as predator-prey, mutualism and competition and so on. However, earlier studies have not considered such interaction type diversity into the community ecology research. In this study, I revealed the roles of interaction type diversity in the stability and indirect interactions in the community dynamics.

研究分野：理論生態学

キーワード：相互作用多様性

1. 研究開始当初の背景

生物多様性の維持メカニズムの解明は生態学の一つの中心課題であり、多様性喪失の危機に直面している現在、学問的にも社会的にもますますその重要性は増している。この問題を解くために、生態学はここ数十年のあいだ「食物網のネットワーク構造と系の安定性」の関係を明らかにしてきた(Neutel et al. 2002; Rooney et al. 2006)。最近では、他の種間相互作用(例えば相利共生)に拡張され、同様な研究が展開されてきている(Bascompte et al. 2006; Allesina and Tang 2012)。しかし、現実の群集では、捕食-被食、共生、競争などの異なる種類の種間相互作用がすべて混ざっており、従来の研究アプローチが現実の生態系を捉えられているのかは不明である。

研究代表者は、これまで生物群集における「種間相互作用の多様性」の役割について研究を進めてきた。そこでは、種間相互作用の多様性が生物群集を支えるうえで鍵となっている可能性を理論的に突き止めた(Mougi and Kondoh 2012)。複数の相互作用タイプが群集内で偏りなく混ざっていることが複雑な群集(種数が多く、相互作用リンクが多い)を維持しやすくすることがわかり、このことは同時に、従来の1つの相互作用に限定したネットワーク解析のアプローチの限界を示唆している。「種間相互作用の多様性」という新たな複雑性要素は、複雑なほど群集系が維持されやすいという現実の多種共存パターンを説明できる可能性がある。しかし、複雑であることが「どうして」群集を維持しやすくしているのかについて、つまり安定性のメカニズムについては理解が得られていないままである。

2. 研究の目的

申請者が最近提案した「種間相互作用の多様性」を考えることで相互作用ネットワークの複雑性がどのようなしくみで群集の維持に貢献しているのかを理解するこれまでにない全く新しい理論的研究を行う。異なる種類の種間相互作用は個体群動態に異なる効果を持つことから、はっきりとした群集動態への役割の違いがみられるため、群集の維持の仕組みを理解するうえで有効であると考えられる。相互作用タイプの群集内での配置と群集の安定性や間接効果との関係を明らかにすることで、群集の維持の明確な仕組みを理論的に解明するのが本研究の目的である。本研究を進めるに当たり、以下の異なる方向からの研究を行う。

Ⅰ異なる種間相互作用の群集内での配置と生態系の安定性の関係

(1)異なる種間相互作用の群集内での最適配置

各生物種の個体群動態は、異なる種間相互作用は異なる影響を持つ。例えば、捕食-被食関係は、相手の増加により自分が十分増え

ると増加が抑制される負のフィードバック機構をもち、共生関係は相手が増えたとますます自分は増えやすくなるという正のフィードバック機構を内在しているというように。このように種間相互作用は異なるメカニズムで群集のダイナミクスに影響していると考えられる。このことは、ネットワーク上のどのような位置にどの相互作用タイプがあるかにより生態系の安定性は影響されることを示唆する。本研究では、ネットワーク上での異なる相互作用タイプの配置が、群集の安定性とどのように関係しているのかを明らかにすることで、群集の維持メカニズムの解明を目指す。

(2)複雑性の進化の理論的解明

自然生態系は、多様な生物種と多様な種間相互作用で構成されているが、どのようにしてそれらの複雑性が進化してきたのかを理論的に明らかにする。特に複数の種間相互作用タイプがどのように進化し、種多様性の進化とどのような関係をもつのかという問題とともに、進化の帰結としての群集ネットワークがどんな構造をもつのかを明らかにし、研究Ⅰ(1)との関係を議論する。

Ⅲ複雑性と間接効果の関係の理論的解明

生物群集内のある種の個体群動態は、直接関係を持つ直接相互作用だけでなく、まわりまわって影響する間接相互作用によっても影響される(Ohgushi 2005)。つまりある生物種への攪乱の影響は、直接効果と間接効果の総和である。間接効果を考えると、直接相互作用している相手への影響は、直接効果とは異なることがありうる(例:捕食者の増加が被食者を増やす)ということが先行研究により指摘されている(Yodzis 1988)。代表者は、群集の複雑性とこれらの間接効果の関係を調べることで、複雑性が群集の安定性にどのような仕組みで影響しているのかを明らかにする。複雑性は種数や相互作用リンク数によって定義されるが、もう一つの複雑性として異なる種間相互作用タイプを考慮しそれらのネットワーク上の配置と間接効果の大きさの関係を明らかにすることで、群集の安定性の背後のメカニズムを理解する。

3. 研究の方法

複数の種間相互作用タイプ(捕食-被食、共生、競争)が混ざった巨大な生物群集ネットワークを構成する各生物種の個体群動態を考慮した力学モデルを作成するに当たり、先行研究の群集モデルを拡張する。まず、ランダム、カスケード、バイパラタイトなどのいくつかの群集ネットワークモデルを作成し、そのうえでネットワークの位置に関する指標(媒介中心性や次数中心性)によって、どの位置に異なる種間相互作用タイプを入れるかをコントロールできるようにする。また、群集ネットワークモデルを間接効果を調べることができるモデルに拡張する。間接効果

の大きさは、時間に依存するので、攪乱から短い時間の間での効果と長い時間がたった後での効果とを見ることが可能であり(個体群動態が平衡に達するまで)、いずれの場合も計算できるようにモデルを作成する。そのうえで、まず群集内に含まれる種数とコネクタンス(相互作用リンクの数)を変えることで、群集系の複雑性を操作し、複雑性と間接効果の大きさの関係を解析する。さらに、群集ネットワークモデルは、各生物種の個体群動態を記述するが、それに加え、各生物の進化ダイナミクスを考慮できるようなモデリング手法を模索する。

4. 研究成果

相互作用の多様性は、群集動態の安定化に大きく貢献することを多面的に示すことができた。例えば、種間競争により共存が不可能な植物どうしても、適応的な共生者と消費者が同時に存在することで、それら生物全ての共存を促進すること、競争・共生・敵対関係が混在する巨大な群集では、その複雑性が安定化を促進するが、それはネットワーク構造に依存すること、さらに、間接効果は食物網の複雑性によってその影響が大きく変わるが、その効果は相互作用の種類によって異なること、相互作用の多様性と生態系の安定性の関係は相互作用強度と相互作用の多さの関係性によらず、普遍的に生じることなどを理論的に明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8 件)

M. Kondoh, A. Mougi, A. Ushimaru, K. Nakata (2016) Adaptive movement and food-chain dynamics: towards food-web theory without birth-death processes. *Theoretical Ecology* 9:15-25.

N. Takashina, A. Mougi (2015) Maximum sustainable yields from a spatially explicit harvest model. *Journal of Theoretical Biology* 383:87-92.

M. Kondoh, A. Mougi (2015) Interaction-type diversity hypothesis and interaction strength: the condition for the positive complexity-stability effect to arise. *Population Ecology* 57:21-27.

A. Mougi, M. Kondoh (2014) Stabilizing effect of competition-antagonism-mutualism hybrid community and the role of community network structure. *Journal of Theoretical Biology* 360:54-58.

A. Mougi, M. Kondoh (2014) Instability of a hybrid module of antagonistic and mutualistic interactions. *Population Ecology* 56:257-263.

A. Mougi, M. Kondoh (2014) Adaptation in a hybrid world with multiple interaction types: a new mechanism for species coexistence. *Ecological Research* 29:113-119.

N. Takashina, A. Mougi (2014) Effects of marine protected areas on overfished fishing stocks with multiple stable states. *Journal of Theoretical Biology* 341:64-70.

A. Mougi (2013) Allelopathic adaptation can cause competitive coexistence. *Theoretical Ecology* 6:165-171.

[学会発表](計 7 件)

第 83 回日本生態学会 (2016 in 仙台) 仙台国際センター 「Stability of adaptive hybrid community」 in 企画集会 「Dynamic traits and ecological dynamics in populations and communities」 企画者: 吉田丈人 舞木昭彦 2016 年 3 月 21 日

第 82 回日本生態学会 (2015 in 鹿児島) 鹿児島大学 企画集会 「Ecosystem parasitology: 寄生から探る新たな群集生態学の展開」 企画者: 佐藤拓哉・片平浩考・鏡麻衣子 as コメンテーター 舞木昭彦 2015 年 3 月 20 日

第 26 回 JSMB & SMB (2014 in 大阪) 大阪国際会議場 「Spatial complexity and community stability」 in ミニシンポジウム 「Ecological network: progresses and perspectives」 企画者: 仲澤剛史・Hsuan-Wien Chen 舞木昭彦 2014 年 7 月 31 日

第 81 回日本生態学会 (2014 in 広島) 広島国際会議場 「空間の複雑性と生物群集の安定性」 in 企画集会 「群集生態学の理論と実証をつなぎ直す: 「空間」への視点で群集理解を革新する」 企画者: 東樹宏和 舞木昭彦 2014 年 3 月 15 日

第 23 回日本数理生物学会 (2013 in 浜松) 静岡大学浜松キャンパス 「生態系の複雑性と安定性」 舞木昭彦 2013 年 9 月 12 日

第 23 回日本数理生物学会 (2013 in 浜松) 静岡大学浜松キャンパス 舞木昭彦, 近藤倫生 「3 種の種間相互作用が共存する生物

群集の安定性」近藤倫生 2013年9月12日

日本応用経済学会 (2013 in 滋賀) 立命館
大学 高科直, 舞木昭彦, 巖佐庸 「海洋保護区
のインパクト: 海洋保護区はいつでも有効
か?」高科直 2013年6月15日

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<https://sites.google.com/site/akihikomougi/home>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

舞木 昭彦 (MOUGI, Akihiko)
島根大学・生物資源科学部・准教授
研究者番号：00626343

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：