

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21247006

研究課題名（和文）生活史戦略理論による社会生物学と群集生態学の統合：外来アリからクローナル植物まで

研究課題名（英文）Integration of sociobiology and community ecology by life history strategy theory: widely focusing on invasive ants, clonal plants and corals

研究代表者

辻 瑞樹 (TSUJI MIZUKI)

琉球大学・農学部・教授

研究者番号：20222135

研究成果の概要（和文）：本研究は、一旦定着したら移動性に乏しい超個体という共通の特徴を持ち、かつ生物多様性と生態系サービスの維持のための鍵となりうる生物分類群、アリ、シロアリ、サンゴ、クローナル植物が、環境攪乱にどう適応しているのかという視点を切口に、群集生態学と社会生物学を生活史戦略理論の観点から統合再構築することを目的とした。超個体の分割比と分散距離のトレードオフに関するコロニーベースモデルの一般版を平衡点安定性解析に関する定理を用いて、環境攪乱下における「近傍分巢対遠隔分散」の生活史モデルの詳細な解析を行った。平衡点の安定性条件の結果から、攪乱そのものは従来の生態学の定説どおり遠隔分散戦略を有利にするという結論が得られた。また、本研究グループによる先行研究では想定されていなかったコロニー間に干渉的な相互作用がある場合についても解析を行い、攪乱下でコロニーの分割比や拡散距離においていかなる戦略が有利になるのか検討した。これらモデルの予測を実地に検証すべく、攪乱が生活史各ステージに与える影響を、沖縄のサンゴ礁（枝状サンゴ）、沖縄のイタジイなどの樹木、沖縄にすむ外来アリ類、シロアリ類、本州の多年生の草本植物であるイタドリ等を材料に、フィールド調査、操作実験、分子マーカーによる解析を行った。関連テーマで日本生態学会大会と個体群生態学会大会において外国人研究者を招聘し2つの国際シンポジウムを開催した

研究成果の概要（英文）： Ants, termites, clonal plants and corals are key taxa for conservation of biodiversity and ecosystem services. They share the characteristic, i.e. superorganisms of spatially fixed life. We tried to integrate sociobiology and community ecology of those taxa by focusing on how those organisms are adapted to environmental disturbances. Such an approach is important both in purely scientifically and applied perspectives (such as controlling biological invasion). We noticed a trade off between offspring size and migration distance (trade off related to the resource partitioning). We theoretically predicted the adaptive life history patterns under various disturbance regimes. To generalize the idea we used a matrix model of life history evolution in addition to spatially explicit simulation models. We also focused on different types of competition (interference or exploitative). We have obtained some seemingly general predictions that are going to be tested in ants, termites, plants and corals. Two international symposia were held in Japan related to this topic.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	17,100,000	5,130,000	22,230,000
2010年度	9,100,000	2,730,000	11,830,000
2011年度	8,400,000	2,520,000	10,920,000
年度			
年度			
総計	34,600,000	10,380,000	44,980,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：生態学、群集、生活史、進化、攪乱、社会性昆虫、植物、サンゴ

1. 研究開始当初の背景

侵略的外来種を多く含むアリ類の群集生態学では、ニッチと競争という平衡群集理論にもとづいた研究だけしかほとんど行われてこなかった。平衡群集が仮定されるのはこの前提が血縁淘汰モデルと相性が良い事その理由である。しかし外来アリの全てが攪乱環境依存性を示す。これは平衡群集の仮定に反する。代表者らは先行研究で、外来アリの攪乱環境依存性は生活史戦略理論モデルで理解できる可能性を示した。そして生態学の一般論である攪乱環境下では移動分散が進化するという常識に反し、攪乱が遠距離移動せずかわりに早く成長する大きな子孫コロニーを残す戦略を進化させる可能性を提示した。このアイデアは他の固着性の生物にも適用できる可能性があり、攪乱下の生活史戦略として社会生物学と群集生態学の理論を統合する理論的根幹になり得る。

2. 研究の目的

生物多様性と生態系サービスの維持のための鍵となりうる生物分類群、アリ、シロアリ、サンゴ、クローナル植物における群集生態学と社会生物学を生活史戦略理論の観点から統合再構築することを目的とする。アリ、シロアリ、サンゴ、そして植物の7割をも占めるとされるクローナル植物（栄養生殖可能な植物）、この4者の共通性は一旦定着すれば移動が困難な超個体（コロニー、ラメット）という点である。ここでのキーコンセプトは攪乱-気象変動や開発など生物の生存を危うくする外的要因である。「動けない」制約から、動ける動物にはない、攪乱に対する共通

の適応戦略がこれらに進化しているのではとの観点から、一般性の高い理論の構築を目指した。環境攪乱が種の絶滅や外来種の侵略との密接な相関関係を持つと指摘される今日、この試みは生態学・環境学の現代的諸問題に対処するための理論的基盤を提示すると期待される。

3. 研究の方法

我々が先行研究で示した移動距離と子のサイズ間のトレードオフの概念を叩き台に、定着的な超個体生物の生活史戦略と群集動態に関する一般理論を構築する。先行研究で行ったシミュレーションにかえ、推移行列モデルを作り攪乱環境下で進化する一般的な生活史上の特徴を予測する。さらに干渉的競争の進化についても一般的な進化条件を予測する。そして理論を個別の材料（アリ、植物、サンゴ、シロアリ）を対象にしたより現実的なものに展開しテストする

4. 研究成果

単純化のためコロニーの成長を4段階にわけた推移移行行列を用いた。これは、コロニーがロジスチック成長することとコロニーの死亡率が指数関数で表現できるとした、我々の先行研究の仮定をより単純化・一般化したものである。各成長ステージの保持する資源量（体サイズ）は1～4とした。ステージ4を繁殖齢とし個体は繁殖時に資源を（自分自身と子に）1：3に分ける戦略か2：2に分ける戦略を採用できると仮定した。新たに開発された推移行列の平衡点安定性解析に関する定理を用いて、様々な攪乱の存在下

で両者の競争の結末を分析した。その結果、ステージ1の生存率が戦略の勝敗を大きく左右し、これが高いと2:2分割戦略が進化することが判明した。しかし、攪乱そのものは1:3遠隔分散戦略を有利にするという結果が得られた。また分散した子コロニーに干渉的競争がある場合にも、1:3遠隔分散戦略を有利にするという結果が得られた。これらは一見我々の先行研究と逆の結果のように見えるがそうではない。新しい結果は、攪乱そのものは遠距離分散に有利に働くという生態学の一般論を支持する一方で、生活史上のトレードオフの存在下では、攪乱下でも長距離分散しないものが有利になる条件を示したからである。この基本モデルの個別生物への展開についてはまだ研究途上である。議論の結果、アリ、サンゴ、植物には、共通する面があるが、攪乱に対する反応には多様性が存在することが判ってきた。基本モデルはアリの生活史を仮定して立てられたが、他の生物では基本的仮定が満たされない可能性が指摘された。たとえば台風による攪乱存在下では樹木の死亡率は他の大概の生物と異なり大きなサイズで高くなることが示唆された。また、攪乱に対処するための地下栄養貯蔵という仮定にない条件が草本植物に進化していること、攪乱下では大きな子を残すことが不利になるサンゴが存在する事などが示唆された。これら多様性を考慮した個別モデルの構築とテストが今後の課題である。

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 68 件)

① Tsuji, K., Kikuta, N., Kikuchi, T. Determination of the cost of worker reproduction via diminished lifespan in the ant *Diacamma* sp. *Evolution* 66, 1322–1331, 2012, 査読有

② Abbot, P. et al. Inclusive fitness theory and eusociality. *Nature* 421, E1–E4, 2011, 査読有

③ Tanaka, H., Ohnishi H., Tatsuta H., Tsuji K. An analysis of mutualistic interactions

between exotic ants and honeydew producers in the Yanbaru district of Okinawa Island, Japan. *Ecological Research* 26, 931–941, 2011, 査読有

④ Matsuura K., Himuro, C., Yokoi T., Yamamoto Y., Vargo E. L. and Keller, L. Identification of a pheromone regulating caste differentiation in termites. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 107, 12963–12968, 2010, 査読有

⑤ Nakajima Y, Nishikawa A, Iguchi A, Sakai, K. Gene flow and genetic diversity of a broadcast-spawning coral in northern peripheral populations. *PLoS ONE* 5, e13144, doi:10.1371/journal.pone.0011149 2010, 査読有

⑥ Sekiguchi, T., & Nakamaru, M. Effect of the presence of empty sites on the evolution of cooperation by costly punishment in spatial games. *Journal of Theoretical Biology* 256, 297–304, 2009, 査読有

⑦ Takada, T., Miyamoto, A., Hasegawa, F. S., Derivation of a yearly transition probability matrix for land-use dynamics and its applications. *Landscape Ecology* 25, 561–572, 2009, 査読有

⑧ Ohtsuki, H., Tsuji, K., Adaptive reproduction schedule as a cause of worker policing in social Hymenoptera: a dynamic game analysis. *The American Naturalist* 173, 747–758, 2009, 査読有

[学会発表] (計 105 件)

① 酒井一彦, サンゴ幼生の分散範囲は想像されていたより狭い? 日本生態学会第 59 回大会 (招待講演), 2012 年 3 月 19 日, 龍谷大学 (大津市)

② Tsuji, K. Concluding remarks: Biological invasion and lifehistory evolution. 第 59 回日本生態学会大会 (公募シンポ), 2012 年 3 月 18 日, 龍谷大学 (大

津市)

④三浦佳南、中丸麻由子、辻和希。集団規模とその移動距離に着目した、集団間競争について。日本人間行動進化学会第4回大会，2011年11月19-20日，北海道大学

③ Tsuji, K. The microevolutionary dynamics of "social cancers" in the ant, *Pristomyrmex punctatus*. 第27回個体群生態学会大会 (大会公開シンポ) 2011年10月16日、岡山大学50周年記念会館

[図書] (計14件)

①中丸麻由子 進化するシステム、ミネルヴァ書房、2011、342p.

② 東正剛，辻和希 (監修) 社会性昆虫の進化生態学、海游舎 2010, 477p.

[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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻 瑞樹 (TSUJI MIZUKI)
琉球大学・農学部・教授
研究者番号：20222135

(2) 研究分担者

立田 晴記 (TATSUTA HARUKI)
琉球大学・農学部・准教授
研究者番号：50370268

中丸 麻由子 (NAKAMARU MAYUKO)
東京工業大学・社会理工学研究科・准教授
研究者番号：70324332

久保田 康裕 (KUBOTA YASUHIRO)
琉球大学・理学部・准教授
研究者番号：50295234

酒井 一彦 (SAKAI KAZUHIKO)
琉球大学・熱帯生物圏研究センター・教授
研究者番号：50153838

鈴木 準一郎 (SUZUKI JUN-ICHIRO)
首都大学東京・理工学研究科・准教授
研究者番号：00291237

松浦 健二 (MATSUURA KENJI)
岡山大学・環境学研究科・准教授
研究者番号：40379821

高田 壮則 (TAKADA TAKENORI)
北海道大学・地球環境科学研究院・教授
研究者番号：80206755

(3) 連携研究者

()

研究者番号：