

機関番号：14201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20570020

研究課題名（和文） 開放系魚類群集の種数面積関係に及ぼす種間なわばりと定着戦略の影響

研究課題名（英文） Effects of interspecific territoriality and random settlement strategies on species-area relationships of damselfish assemblages in a meta-community

研究代表者

服部 昭尚 (HATTORI AKIHISA)

滋賀大学・教育学部・教授

研究者番号：90273391

研究成果の概要（和文）：石垣島の複雑なサンゴ礁景観に散在する84パッチリーフと魚類群集（スズメダイ科魚類に限定）を対象に種数面積関係を調べ、そのデータを用いたランダム置換コンピュータシミュレーションを実施した。また、縄張り制藻類食魚の生息種数への影響を知るために統計解析を行った。その結果、3m²以下のパッチリーフではランダム定着によるランダム群集と見なすことができたのに対し、面積が大きいリーフでは藻類食魚スズメダイモドキ (*Hemiglyphidodon plagiometopon*) の種間なわばりによる負の影響が明らかになった。しかしながら、縄張り性藻類食魚でよく知られているクロソラスズメダイ (*Stegastes nigricans*) は負の影響を示さないことも分かった。立体的リーフにおいては、クロソラスズメダイはリーフの垂直面を利用するために面積との関連においては生息種に対して負の影響を示さないこと、また、浅いサンゴ礁では大きなリーフでも高さは2～3mで頭打ちとなるため、大きなリーフはその面積から期待されるランダム群集よりも生息種が大きく減少した。

研究成果の概要（英文）：We examined species-area relationships (SARs) of damselfish assemblages over 84 patch reefs in a complex fringing coral reef seascape of Ishigaki Island and subsequently conducted computer simulations to know the effects of random placement on SARs using the field data and a random placement model. We also analyzed statistically the effects of territorial herbivores on SARs. Results indicated that random settlement played an important role over the small patch reefs less than 3m², while inter-specific territories of *Hemiglyphidodon plagiometopon* had negative effects on species richness in the large patch reefs. However, the well-known territorial herbivore, *Stegastes nigricans*, did not show any negative effects in the large reefs, where they mainly used the vertical walls. The height of the large reefs reached the limit because of the shallow waters (2-3m deep) that characterize the fringing reef. Accordingly, species richness in the large habitats was considerably smaller than that expected from the random simulations in the meta-community.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究代表者の専門分野：動物生態学

科研費の分科・細目：基礎生物学、生態・環境

キーワード：海洋生態、サンゴ礁、ランダム群集、種数面積関係、景観

1. 研究開始当初の背景

サンゴ礁の地形は複雑であり、生息種は必ずしも岸から沖へ帯状に分布していない。また、海洋生物の多くはランダムに幼生が分散するため、局所的には生息種の分布を予測することは非常に困難である。

しかしながら、サンゴ礁は遠浅であるため、複雑であってもその景観は航空写真画像に鮮明に反映されていることが多い。研究代表者の服部は、研究開始当初までに、画像解析ソフトを利用してサンゴ礁の航空写真画像を単純化し、野外調査用に景観カテゴリーマップを作成する手法を開発した。これにより、特定の種の分布と景観カテゴリーを関連づけることが可能になった。具体的には、対象種にとって重要な景観要素を抽出し、特定のエリア内での対象種の生息個体数がある程度まで予測できるようにした。

さらに、本研究実施の数年前より、生息地パッチの集合体を扱うメタ群集生態学が注目を集め、特に理論的研究が進展し、大規模な野外研究も世界各地で実施されるようになっていた。しかしながら、小スケールでの調査は、現在でも、コドラート法やラインセンサス法など、景観カテゴリーごとの生息地パッチの分布状態を考慮することができない無作為抽出による手法が主流である。

さらに、古典的な種数面積関係を扱う研究が、主に陸上の生態系を対象として大きく進展し、コドラートなどの調査区域を拡大していく際に現れる種数面積関係には様々な問題点が存在することが明らかになってきた。調査区域ごとに生息種数の調査ではなく、生息地パッチ単位での種数面積関係の調査が有効であることが明らかになったのである。開放系の生物群集では、生息地パッチの面積に比例した確率によるランダム群集として捉えられることが注目され、ランダム置換モデルによるコンピュータシミュレーションの手法も確立されてきている。

2. 研究の目的

本研究では、発達したサンゴ礁に存在する小パッチリーフ群を対象に、各パッチリーフに生息するスズメダイ科魚類全種の個体分布調査を実施し、その結果から、パッチリーフ（局所群集）の種数面積関係を明らかにする。さらに、その関係に影響するランダムな要因と、リーフに固有な環境要因（サンゴの被度など）、さらには各リーフ内での種間相互作用（種間縄張りの影響）の程度を明らかにする。本研究の目的は、デジタル航空写

真画像に写り込むパッチリーフの情報（面積や形状）とコドラートやラインセンサス法を用いないパッチリーフ単位の野外調査をいくつか実施することにより、詳細な生息地カテゴリーと生息種との関連づけや、生息地カテゴリーの面積や形状と生息種数との関連を明らかにすることである。また、この過程において、コンピュータシミュレーションの手法を取り入れ、ランダム置換モデルによるデータの再配置により、ランダム群集との比較を試みた。これらの方法により、エリア全体に生息する特定分類群の種数を予測する手法を確立することが究極の目的である。

3. 研究の方法

3-1 航空写真画像を利用した野外調査

本研究では、国土地理院発行のサンゴ礁デジタル航空写真画像を画像解析ソフトを用い、スズメダイ科魚類の生息地である大小様々なパッチリーフを抽出した。パッチリーフ単位の種別個体分布の観察マップを作成し、パッチリーフ単位で全種の個体数分布調査を合計6回実施し、各リーフのサンゴ群落被度や高さも計測した。

3-2 種数面積関係の解析

平均種数や平均個体数のデータから種数面積関係を明らかにするために、両対数グラフや片対数グラフを用いて解析し、その他の様々な既存の関数を当てはめ、最も説明力の高い関数（片対数）を明らかにした。また、サンゴ群落の被度やリーフ高、なども変数として加えることにより、リーフ面積を主軸としながらもより説明力の高い関数を探索した。

3-3 コンピュータシミュレーション

ランダム置換モデルを用いたコンピュータシミュレーションを行い、得られたデータがどの程度までランダム群集として理解可能なかを分析した。

コンピュータプログラムはRを用いて行った。

3-4 野外データの解析

各パッチリーフでの各種の個体数と生息種数の関係をステップワイズ回帰分析により解析し、種数面積関係に影響を与える特定の種を選び出すように試みた。

種間相互作用が高いと考えられる藻類食種の種間縄張りを対象として、行動圏の観察から縄張り構造を明らかにし、種間相互作用

の頻度や攻撃対象などの行動データを集めた。

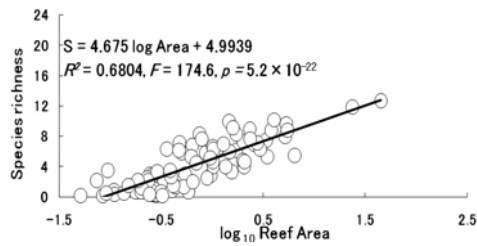


図1 種数面積関係

4. 研究成果

4-1 種数面積関係

パッチリーフ単位の種数面積関係では、片対数の関数が最も説明力が高く（図1）、さらに、サンゴ群落の被度とサンゴ群落の被度と面積の相互作用、また、リーフ高のデータ

$$S = 4.99 + 4.68 \times \log_{10} [\text{Area}]$$

$R^2 = 0.680, F = 159.2, p = 2.2 \times 10^{-16}, AIC=343$

$$S = -1.92 + 3.60 \times \log_{10} [\text{Volume}]$$

$R^2 = 0.717, F = 207.9, p = 3.3 \times 10^{-24}, AIC=332$

$$S = -2.81 + 3.66 \times \log_{10} [\text{Volume}] + 3.97 \times \text{Coral Cover} + 2.45 \times \text{Coral Cover} \times \log_{10} [\text{Volume}]$$

$R^2 = 0.753, F = 123.17, p = 2.7 \times 10^{-25}, AIC=323$

とリーフ高と面積と相互作用を加えると決定係数は上昇し、8割近くを説明することができた。

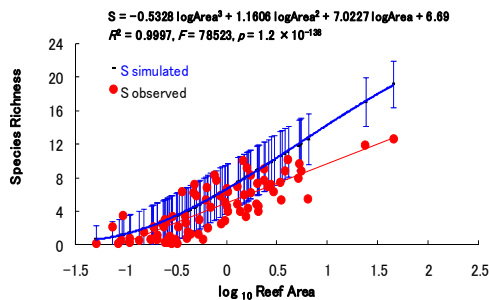


図2 ランダム置換モデルによるコンピュータシミュレーションの結果および実際の種数面積関係の比較

4-2 コンピュータシミュレーション

得られたデータをランダム置換モデルによって面積に比例した確率で再配置させるコンピュータシミュレーションの結果と比較すると、小・中パッチリーフではほとんどがランダム群集と見なせること、大パッチリーフでは面積から期待されるランダム群集よりも大幅に種数が少なくなることが明らかになった（図2）。

4-3 野外データの解析

種類別個体数とパッチリーフの面積のデータから、生息種数に影響を与える種を特定するために実施させてステップワイズ回帰分析からは、下に示す関数が得られ、スズメダイモドキ（藻類食種間縄張り形成種）のみが大きな負の影響を与えることが明らかになった。意外なことに、種間縄張りで有名なクロソラスズメダイやハナナガスズメダイは、負の影響を与えないことが明らかになった。クロソラスズメダイはむしろ正の影響を与え、ハナナガスズメダイはステップワイズ回帰分析によって除外されたため、影響がないと判断された。

(F<2.0の場合、種を省いていく)

$$S = 1.53 + 0.09 \times \text{ミスジリュウキュウスズメダイ} + 0.26 \times \text{クロソラスズメダイ} + 0.38 \times \text{ホツタイスズメダイ} + 0.42 \times \text{モイモイスズメダイ} + 1.00 \times \text{ハマクマナシ} - 0.03 \times \text{ルリスズメダイ} - 0.44 \times \text{ロクセンズメダイ} - 1.92 \times \text{スズメダイモドキ}$$

$R^2 = 0.810, F = 46.26, p < 7.0 \times 10^{-26}, F = 0.680$

この結果は、行動圏・縄張り行動の予備調査からも支持され、クロソラスズメダイはリーフの側面を利用することが多く、他のスズメダイにはそれほど干渉しないことや、ハナナガスズメダイの縄張りの境界域には他のスズメダイも比較的多く生息することが明らかになった。

行動圏の観察からは、縄張り制スズメダイ類は、非縄張り制スズメダイ類に対して特に明確な攻撃行動を加えないことが明らかになった。ナガニザなどの他の特定の藻類食魚に対して攻撃行動を行うことが多かった。

4-4. 考察

大パッチリーフにおいては、大面積から期待されるランダム群集よりも生息種数が減少したが、これは大パッチリーフでは底面積ほどに高さが増すことがなく、側面を利用する種類の数が伸び悩むことが原因の一つと考えられた。サンゴ礁は遠浅であるため、発達したパッチリーフでは面積が大きくても高さは2~3mで頭打ちになってしまう。このため、中規模のリーフが多数集まれば、同等の面積の大規模リーフよりも生息種数が大きくなるのであろうと推察された。

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3件）

① Hattori, Shibuno, “The effect of patch reef size on fish species richness in a shallow coral reef shore zone where territorial herbivores are abundant”,

Ecological Research, 査読有, 25 巻, 2010, 457-468

② Hattori, Kobayashi, “Incorporating fine-scale seascape composition in an assessment of habitat quality for the giant sea anemone *Stichodactyla gigantea* in a coral reef shore zone”, Ecological Research, 査読有, 24 巻, 2009, 415-422

③ ARVEDLUND, 服部昭尚, 岩尾研二, 竹村明洋, 「ハマクマノミをクリーニングするホンソメワケベラ幼魚の初記録」, 査読無し, みどりいし, 19, 6-8

[学会発表] (計 5 件)

① 服部・渋谷, 「サンゴ礁魚類の局所群集とメタ群集の構造：拡大航空写真を用いた生息種数の予測」, 第 58 回日本生態学会, 2011 年 3 月 9 日, 札幌コンベンションセンター

② 服部, 「クマノミ類はなぜ一夫一妻で雄性先熟なのか? シェルター空間の制約と体長差の原理」, 第 57 回日本生態学会, 2010 年 3 月 17 日, 東京大学

③ 服部, 「高解像度航空写真を用いた野外調査：イソギンチャクの回復期の分布様式」, 第 12 回日本サンゴ礁学会, 2009 年 11 月 29 日, 沖縄県本部町中央公民館

④ 服部・渋谷, 「サンゴ礁魚類の種数面積関係に及ぼすパッチリーフの構造とランダム定着の影響」, 第 41 回日本魚類学会, 2008 年 9 月 21 日, 愛媛大学城北キャンパス

⑤ Hattori & Shibuno, “Species-area relationship in damselfish assemblages on small patch reefs in a shallow shore zone of Ishigaki Island, Okinawa, Japan”, 11th ICRS (International Coral Reef Symposium), 2008 年 7 月 10 日, Fort Lauderdale, Florida, USA.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.edu.shiga-u.ac.jp/~hattori/gakkai.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

服部 昭尚 (HATTORI AKIHISA)

滋賀大学・教育学部・教授

研究者番号：90273391

(2) 研究分担者

澁野 拓郎 (SHIBUNO TAKURO)

独立行政法人水産総合研究センター・

養殖 研究所・業務推進課長

研究者番号：10372004

(2008・2009 年度)

右田 正夫 (MIGITA MASAO)

滋賀大学・教育学部・准教授

研究者番号：70335157

(2008・2009 年度)

(3) 連携研究者

()

研究者番号：