

平成 30 年 6 月 17 日現在

機関番号：14201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07218

研究課題名(和文) SLOSS問題の再検討：サンゴ礁魚類群集に影響する競争と分散の種間トレードオフ

研究課題名(英文) Reexamination of a Single-Large-Or-Several-Small habitat issue: effects of interspecific trade-off between superior competitor and superior disperser on coral reef damselfish community structure

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：SLOSS問題(同一面積なら単一大リーフと中小リーフ群のどちらで生息種数が多くなるのか)について掘り下げるため、石垣島白保海岸の当初計画よりも狭い範囲の隣接4リーフにて、スズメダイ科魚類10種の個体追跡行動観察を行った。2015年9月の台風によって一部のリーフが移動し、市販の航空写真を地図としては利用不能となった。ドローンによる空撮を試み、空撮画像上に個体の行動圏を記録した。その結果、ニッチ分割は明確であるが「競争と分散の種間トレードオフ」が見られ、隣接する中小リーフ群で多種共存が成立しやすいことを見いだした。しかし、空撮に時間を要し、サンプル数が不十分となった。2018年に調査を完了したい。

研究成果の概要(英文)：I observed home range and microhabitat use of 10 damselfish species in a quadrat including 4 small patch reefs, on Shiraho Reef, Ishigaki Island, 2017, in order to know effects of interspecific trade-off between superior competitors that occupy particular microhabitats and superior dispersers that move between reefs using several microhabitats on the SLOSS issue (a Single-Large-Or-Several-Small habitats, which is better in terms of species richness, if the total area is equivalent). As a typhoon had hit on Shiraho Reef, 2015, moving several small patch reefs, I could not use commercial aerial photographs as observational maps and had to take photos using a drone by myself. Consequently, niche-partitioning and the interspecific trade-off were well observed and multiple species coexistence was attributable to "several small patch reefs". However, the sample size was insufficient because the drone took much time. In 2018, I am still going to continue the observations without this grant.

研究分野：動物生態学

キーワード：海洋生態 サンゴ礁 メタ群集 種数面積関係 多種共存 景観構造

1. 研究開始当初の背景

メタ個体群生態学は、移動力の高い生物にとってパッチ状に分布する生息地群が重要であることを明らかにした。例えば、パッチ状の生息地群では、競争優位種が好適なパッチを占有するが、移動分散優位種は種間競争を避けて新しく出現したパッチを利用するため、共存が可能となる。このような「競争と分散の種間トレードオフ」(Tilman & Kareiva 1997) が成立すれば、パッチ状の生息地群では単一の生息地よりも多種共存が可能になる (Scheffer & van Geest 2006, MacNeil et al. 2009)。この考えは同一資源を利用する植物を想定して提唱されたものであるが、移動分散力の高い海洋生物にも適用が可能であろう。しかし、生息地間の移動の把握が困難であるため、海洋生物への適用例はまだ極めて少ないのが現状である (Hattori 2002)。

「競争と分散の種間トレードオフ」の考えは、生息地群で観察される「種数面積関係」における SLOSS 問題 (同一面積なら単一大生息地と小生息地群のどちらで生息種数が多くなるか , Single-Large-Or-Several Small problem, Fahrig 2013) と密接に関連している。理論的には、移動分散力が高く、単一の生息地でも小さな生息地群でも面積が同じなら生息種数も同じであると考えてられている (Fahrig 2013)。移動分散力の高い海洋生物を対象に、メタ群集と SLOSS 問題の関係は再検討されるべきである。

生物多様性が非常に高いサンゴ礁では、サンゴが長い年月をかけて形成した大小様々な大きさのリーフ (岩礁) が点在しており、サンゴ礁魚類などにとっての生息地となっている。申請者のこれまでの研究から総面積が同じなら単一大リーフよりも中小リーフ群で生息種数が増えることが示唆されており、「競争と分散の種間トレードオフ」と「リーフの立体構造」に注目してそのメカニズムを明らかにする。生物多様性が高いサンゴ礁の礁池では、水深が 2m 程度と浅いため、リーフ底面積に対する垂直面の割合が大リーフよりも中リーフの方で大きくなり、底面積が同じでも垂直面の生息地面積は単一大リーフよりも中小リーフ群で大きくなる可能性があったため、「リーフの立体構造」にも注目する。中小リーフ群での多種共存メカニズムが明らかになれば、中小リーフが点在し、保全の対象からはずれていたエリアも保全の対象となるように保全生態学的な裏付けが与えられる。特に海洋生物の移動分散力が高いため、埋め立て等により中小リーフ群そのものが消滅しなければ、たとえ水質悪化によって一時衰退したリーフ上の生物群集でも、水質が改善されれば復活しうる。中小リーフ群の重要性に光りをあてたい。

2. 研究の目的

SLOSS 問題 (同一面積なら単一大生息地と小生息地群のどちらで生息種数が増えるのか) について再検討を行う。移動分散力が高く、分断化された生息地を利用する海洋生物にとっては、複数の小生息地群の方で生息種数が増えるはずである。申請者がサンゴ礁魚類を対象に考案した高解像度航空写真画像を用いた観察方法を用いて、中小リーフ群を機能的に利用する「移動分散優位種」と大リーフに種間縄張りを形成する「競争優位種」の行動に注目し、「競争と分散の種間トレードオフ」の存在を確かめる。中小リーフ群を多数保全することはサンゴ礁魚類群集の保全に有効であることを「競争と分散の種間トレードオフ」による多種共存機構から説明できるようにすることが目的である。

3. 研究の方法

研究方法はフィールドワークを基本としている。これまでに観察してきた石垣島白保海岸のスズメダイ科魚類を対象にする。まず、以前に種数面積関係を調査した場所において、サンゴの被度が大きく減少した同じリーフ群において「種数面積関係」を再度調査し、サンゴの被度によらず、同一面積であれば、単一大リーフよりも中小リーフ群において生息種数が増えるかどうかを確認し、立体構造との関係も明らかにする。その後、個体数が特に多い 10 種に注目し、競争と分散の種間トレードオフが中小リーフ群において成立し、多くの種が共存できているのかがどうか行動観察によって確かめる。種間縄張りの観察から、スズメダイモドキ、ハナナガスズメダイ、クロソラスズメダイ、ハマクマノミ、ネットイスズメダイ、アツクチスズメダイが競争優位種であることを確かめる。また、行動圏の観察から、ミナミイソスズメダイ、クロスズメダイ、ミスジリュウキュウスズメダイ、デバスズメダイ、ルリスズメダイ、クラカオスズメダイを特定の資源に固執せず、複数の資源を移動しながら利用するような移動分散優位種であることを確かめる。

次に、申請者の研究結果は白保海岸でのみ当てはまるのではとの批判があったため、他海域においても「競争と分散の種間トレードオフ」が存在することを確かめる。予備調査を行った瀬底島の琉球大学熱帯生物圏研究センター周辺の海岸において、競争優位種としてハマクマノミとハナビラクマノミを、移動分散優位種としてクマノミ、ミツボシクロスズメダイ、ヒレナガスズメダイ、オヤビッチャ、ロクセンスズメダイを対象に観察を行う。

上記二箇所において、市販の高解像度航空写真画像を詳細な行動圏観察用の地図として用い、個体識別個体 (各種 10 個体程度) を対象に散在するリーフ群を含む 3ha 程度の範囲で行動圏を観察し、その間の種間相互作用の記録を行い、種間縄張りの有無や成魚・

幼魚のリーフ間移動の程度、新規着個体への排除行動の有無を明らかにする。競争の優位性と移動分散の優位性のトレードオフを記載しながら、これまでの種数面積関係の結果と関連づける。

4. 研究成果

SLOS 問題について、石垣島白保海岸においてスズメダイ科魚類を対象に調べた結果、総面積が同じなら中小リーフ群の方で生息種数が増えることを確かめた。この結果は、観察した場所がサンゴ礁の礁池（水深 2m 程度）に位置していたため、小リーフから中リーフへと底面積が増加すると体積は増加するが、大リーフになると底面積の割には体積が大きくなることを示した。すなわち、リーフとは長い年月をかけてサンゴ群落が成長し、作り上げた石灰岩の岩礁であるため、底面積と体積の関係は高さ 2m 程度までは指数関数的になっていたが、2m を超えると直線状になると説明できた。スズメダイ科魚類は、一般に、リーフを隠れ場所や採餌場所として利用しており、リーフの体積に比例した採餌エリアの大きさが生息種数と関連していると考えられた。石垣島白保海岸の礁池では、水深が 2m 程度と浅いため、リーフの総面積（底面積の合計）が同じであれば、中小リーフ群で総体積が大きくなり、生息種数も多くなることを明らかにした。生息地を単純に平面と捉えた SLOSS 問題に対して、立体的な視点を導入することにより、リーフの立体的なサイズ分布が総生息種数を左右することを示すことができた。浅い海域は埋め立てられやすいため、保全対策時に役立てられる情報を提供できるので意義深い（Hattori & Shibuno 2015）。

SLOSS 問題（同一面積なら単一大生息地と小生息地群のどちらで生息種数が増えるのか）と「競争と分散の種間トレードオフによる共存機構」の関係について、石垣島白保海岸以外のサンゴ礁でも成立するのかわかるために、沖縄県の瀬底島にある琉球大学熱帯生物圏研究センター前の海域において、石垣島白保海岸での調査と同じ方法を用いてスズメダイ科魚類を対象に調べた。その結果、クロソラスズメダイ、ハマクマノミ、ハナピラクマノミは競争優位種と見なすことができ、クロスズメダイ、クマノミ、ミツボシクロスズメダイは移動分散優位種であると見なすことができた。しかし、白保海岸では確認できた「総面積が同程度であれば、大リーフよりも中リーフ群で生息種数や個体数が増える傾向」は瀬底島での調査では観察されなかった。また、同じ資源を利用する種間での競争戦略と移動分散戦略による共存機構の存在も確認できなかった。瀬底島の観察エリアでは、白保海岸と比較してサンゴ礁の発達程度が低く、礁池の地形が無く、礁池内には明確な立体構造を持つパッチリーフが存在しなかった。瀬底島でのパッチリーフは礁縁外側の水深 3m 前後の砂地にあり、

白保の礁池よりも 1m 程度水深が大きく、大パッチリーフでも水面までは達していなかった。「総面積が同程度であれば、大リーフよりも中リーフ群で生息種数が増える傾向」が見られなかった理由は、大パッチリーフが水面まで達していなかったことであると考えられた。背の高い立体リーフでは、競争種が水平面と垂直面ですみ分けることによって共存できることが以前の研究から明らかになっていたので（Hattori & Shibuno 2013）、この影響が瀬底島のサンゴ礁でも確認できた。水深 1m 程度の違いが反映されるとは予想していなかったが、白保海岸での結果と矛盾はなかった。

白保海岸において、当初の計画では、スズメダイ科魚類の個体数が特に多い 10 種の生息個体数を 3ha の範囲で調べる予定であったが、クロスズメダイなどの遊泳速度が予想外に速く、また行動圏が予想外に広がったため、フィールドでは途中で追跡不能となってしまった。そこで、スズメダイ科魚類の生息種数の多い場所で個体数が多いことが知られるハマクマノミのみに注目し、3ha の範囲でリーフ体積とリーフ底面積の関係、および個体数との関係を調べた。この結果、体積の大きな立体リーフが多い場所よりも、リーフの総底面積が多い場所において生息個体数が増えることを明らかにした。これは、立体大リーフの上面は水面に達して生息地としては不適であり、中小リーフ群で生息種数が増えることを示した。浅い礁池では、リーフ底面積が大きくても高くはなれないため、リーフ体積はリーフ底面積から線形回帰による近似ができることも示した。結果として、航空写真画像に反映される総底面積データだけで、生息個体数の多い場所を予想できることがわかった（Hattori 2017）。

最終年度には、当初計画の 3ha の調査範囲を改め、20 m² 内の狭い範囲に分布する 4 リーフ（面積当たりの生息種数が多かった中小リーフ群）を対象に、個体追跡による詳細な行動観察を実施した。しかし、観察開始時に一部のリーフが 2015 年 9 月の台風によって移動・消失していたことが判明したため、市販の航空写真画像では地図として利用できず、調査不能に陥った。このため、急遽、ドローン（Zerotech 社 Dobby）を導入して空撮を試みた。空撮画像を地図として利用し、個体数が多いスズメダイ科魚類のクロソラスズメダイなど 10 種を対象に空撮画像上に個体の行動圏を観察・記録した。藻食性で種間縄張りを持つことで知られる 3 種（クロソラスズメダイ、ハナナガスズメダイ、ダンダラスズメダイ）は競争優位種であること、ハナナガスズメダイのみリーフ内部での滞在時間が長く、生息地の複雑な形状を好むこと、ダンダラスズメダイは砂地が主な生息地であることを確かめた。雑食性のミナミイソスズメダイは、複数のリーフを利用する移動分

散優位種であり，ダンダラスズメダイとは避け合うが，種内縄張りを示した。藻食かつ動物プランクトン食のネッタイスズメダイは枝サンゴ群落の窪みを利用し，ハナナガスズメダイとは避け合うが種内縄張りを示し，リーフ内部での滞在時間は短かった。サンゴポリプ食のアックチスズメダイは，リーフ内部での滞在時間が長く，種内縄張りを示す競争優位種であった。動物プランクトン食かつ藻食性のミスジリュウキュウスズメダイは枝サンゴを利用したがリーフ内部での滞在時間は短く，他種との行動圏が重複する移動分散優位種と考えられた。動物プランクトン食かつ藻食性のクラカオスズメダイと植物プランクトン食のデバスズメダイ，藻食性かつ動物プランクトン食のルリスズメダイは，リーフ内部での滞在時間は極端に短く，リーフ上やリーフ間に群れや群がりを形成する移動分散優位種であった。これらの結果から，ニッチ分割が明確ではあるが，「競争と分散の種間トレードオフ」が見られ，隣接する中小リーフ群では多種共存が成立しやすいことがわかった。空撮にかなりの時間を要してしまったため，デバスズメダイとルリスズメダイについては行動観察のサンプル数が極端に少なくなってしまった。2018年3月に観察結果を日本生態学会年会にて報告したが，サンプル数の不足が指摘されたため，2018年度にも継続して調査し，データを追加し，論文として投稿できるようにしたい。

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 2 件)

Hattori A, Shibuno T (2015) “Total volume of 3D small patch reefs reflected in aerial photographs can predict total species richness of coral reef damselfish assemblages on a shallow back reef”, *Ecological Research* vol.30: 675-682

Hattori A (2017) “Aerial images can detect 3D small patch reefs that are potential habitats for anemonefish *Amphiprion frenatus*”, *Ecological Research* vol. 32: 943-949

〔学会発表〕(計 3 件)

服部昭尚 (2016) 「高解像度航空写真画像を用いた野外調査：サンゴ礁におけるハマクマノミとタマイタダキイソギンチャクの生息地の検出」第 63 回日本生態学会大会，仙台国際センター

Hattori A (2016) “Are not small patch reefs worth much more than a single large continuous reef in terms of reef fish habitat?”, 13th International Coral Reef Symposium, Hawaii Convention Center

服部昭尚 (2018) 「空撮画像を用いた野外調査：サンゴ礁魚類群集の空間利用パターン」第 65 回日本生態学会大会，札幌コンベンションセンター

〔図書〕(計 1 件)

Hattori A, Casadevall M (2016) “Chapter 4: Sex change strategies and group structure of damselfishes” In: *Biology of damselfishes* (eds by Parmentier E, Frédérick B), CRC Press, Taylor & Francis Group

〔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

<http://www.edu.shiga-u.ac.jp/~hattori/042-hattori/research.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

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()