

令和 2 年 12 月 14 日現在

機関番号：18001
研究種目：基盤研究(B) (一般)
研究期間：2016～2018
課題番号：16H04834
研究課題名(和文) Global evolution of Brachycnemina and their Symbiodinium

研究課題名(英文) Global evolution of Brachycnemina and their Symbiodinium

研究代表者
Reimer J.D (REIMER, J.D.)

琉球大学・理学部・准教授

研究者番号：20452956
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、野外調査を世界規模で行った。また、博物館所蔵標本の分子情報を得て解析に用いた。これまでの解析結果により、大西洋中央部と東部の詳細な種リストが作成され、それに伴い新たな多様性パターンが明らかになった。インド太平洋と大西洋における短膜亜目スナギンチャク類の姉妹種は関係する共生者を共有していたことが明らかになり、共進化が示唆された。この多様性パターンは他の海洋底生生物とは異なり、パナマ地峡の閉鎖によって生み出されたことが考えられた。短膜亜目スナギンチャク類のジェネラリスト的性質は、分布を拡大することを可能とし、現在の宿主および共生者の多様性パターンが生み出されたことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果から、インド太平洋と大西洋における短膜亜目スナギンチャク類の姉妹種は関係する共生者を共有していたことが明らかになり、共進化が示唆された。この多様性パターンは他の海洋底生生物とは異なり、パナマ地峡の閉鎖によって生み出されたことが考えられた。短膜亜目スナギンチャク類のジェネラリスト的性質は、分布を拡大することを可能とし、その結果として、現在の宿主および共生者の多様性パターンが生み出されたことが示唆された。本研究により、重要視されていなかった分類群を調査することは、海洋生物地理学に関する理解をより深めることに繋がることを示した。

研究成果の概要(英文)：The goal was to examine the phylogenies and relationships of coral reef zoantharians (suborder Brachycnemina; genera Zoanthus, Palythoa) and their Symbiodiniaceae zooxanthellae, with the aim of clarifying the chances of co-evolution of hosts and symbionts. We conducted field sampling in locations worldwide combined with genetic analyses of specimens from museums. Analyses demonstrated new diversity patterns and more detailed species lists for locations in the central and eastern Atlantic, as well as added the large revision of the genus Symbiodinium into the family Symbiodiniaceae. Our analyses show that Atlantic and Indo-Pacific sibling host species share related symbionts, and that this diversity pattern, different than other benthic cnidarians, appears to have been generated by the closing of the Isthmus of Panama. The generalist nature of Brachycnemina species results in their wide distribution, which has generated the current patterns of biodiversity of both hosts and symbionts.

研究分野：海洋生物多様性

キーワード：holobiont coral reef symbiont Zoantharia evolution biodiversity

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

インド太平洋中央部は生物多様性のホットスポットとして知られている。その一方で、これら評価は少数の限られた海洋生物に基づいて行われており、その他の生物に関する知見は不十分または皆無である。そこで本課題では、サンゴ礁生態系で広くみられる短膜亜目スナギンチャク類 (*Zoanthus*属および*Palythoa*属) および、共生するSymbiodiniaceae科褐虫藻類について、世界規模の系統関係および生物地理に関する研究を行った。これまでに得た結果により、本亜目スナギンチャク類の進化について明らかにすることができ、共生するSymbiodiniaceae科褐虫藻類と共進化の関係にあることが示唆された。また、重要視されていなかった分類群およびその共同体 (宿主+共生者) の視点から研究を行うことにより、進化および多様性パターンについて再検討することが可能となった。

2. 研究の目的

本研究では以下の3つを目的とした。

1. *Zoanthus*属および*Palythoa*属の種多様性の増加はパナマ地峡の閉鎖とともに起こったのかを明らかにする。
2. *Zoanthus*属および*Palythoa*属の姉妹種においてSymbiodiniaceae科褐虫藻類の共進化が起こったのかを明らかにする。
3. *Zoanthus*属および*Palythoa*属の種多様性がパナマ地峡の閉鎖後に増加した場合、このメカニズムが2属の多様性パターンにどのような影響を与えたのかを、他の分類群と比較することで明らかにする。

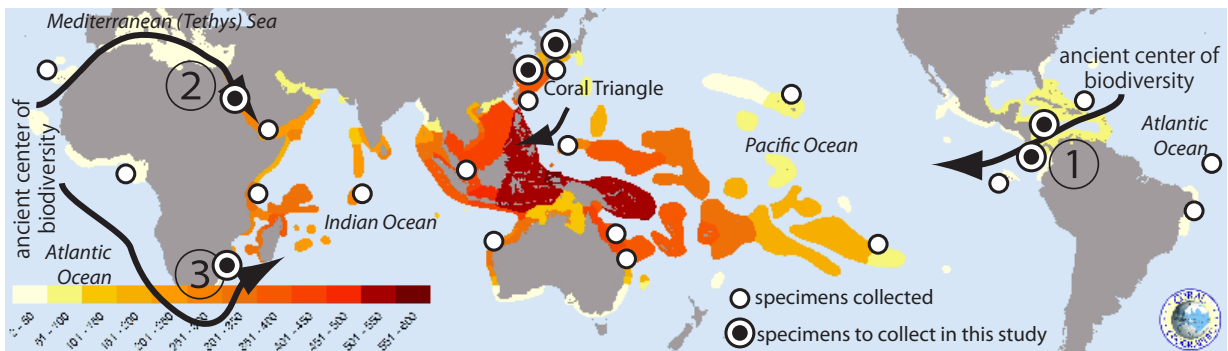


Figure 1 – sampling locations in this study (filled circles) and current specimens (open circles), and potential routes of past connectivity for current *Brachyneremina* sibling species and their symbionts. Colored areas = *Brachyneremina* distribution. Red = high diversity of coral reef organisms, light yellow = low diversity. Map from oceanarkalliance.org

3. 研究の方法

本課題を遂行するために、*Zoanthus*属および*Palythoa*属の標本を3つの地点 (コスタリカ周辺海域、紅海、南アフリカ) を採集することを目標とした。分子系統解析および形態観察法についてはすでに確立済みであるため、本課題を速やかに始めることができる。各標本から宿主と共生藻の分子系統学的データを抽出し、それらを用いてパナマ地峡の閉鎖により姉妹群が形成されたのかを検証する。短膜亜目スナギンチャク類と共生する Symbiodiniaceae 科褐虫藻類の共進化については、両者の分子系統樹を比較することで明らかにする。

4. 研究成果

本研究では、野外調査を世界規模で行った。また、博物館所蔵標本の分子情報を得て解析に用いた。これまでの解析結果により、大西洋中央部と東部の詳細な種リストが作成され、それに伴い新たな多様性パターンが明らかになった。また、これまで *Symbiodinium* 属とされてきた褐虫藻類の分類学的な再検討を行い、*Symbiodiniaceae* 科が設立された。本研究の結果から、インド太平洋と大西洋における短膜亜目スナギンチャク類の姉妹種は関係する共生者を共有していたことが明らかになり (Figure 2 ; Santos et al. in review)、共進化が示唆された。この多様性パターンは他の海洋底生生物とは異なり、パナマ地峡の閉鎖によって生み出されたことが考えられた (Santos et al. in review)。短膜亜目スナギンチャク類のジェネラリスト的性質は、分布を拡大することを可能とし、その結果として、現在の宿主および共生者の多様性パターンが生み出されたことが示唆された。

本研究により、重要視されていなかった分類群を調査することは、海洋生物地理学に関する理解をより深めることに繋がることを示した。

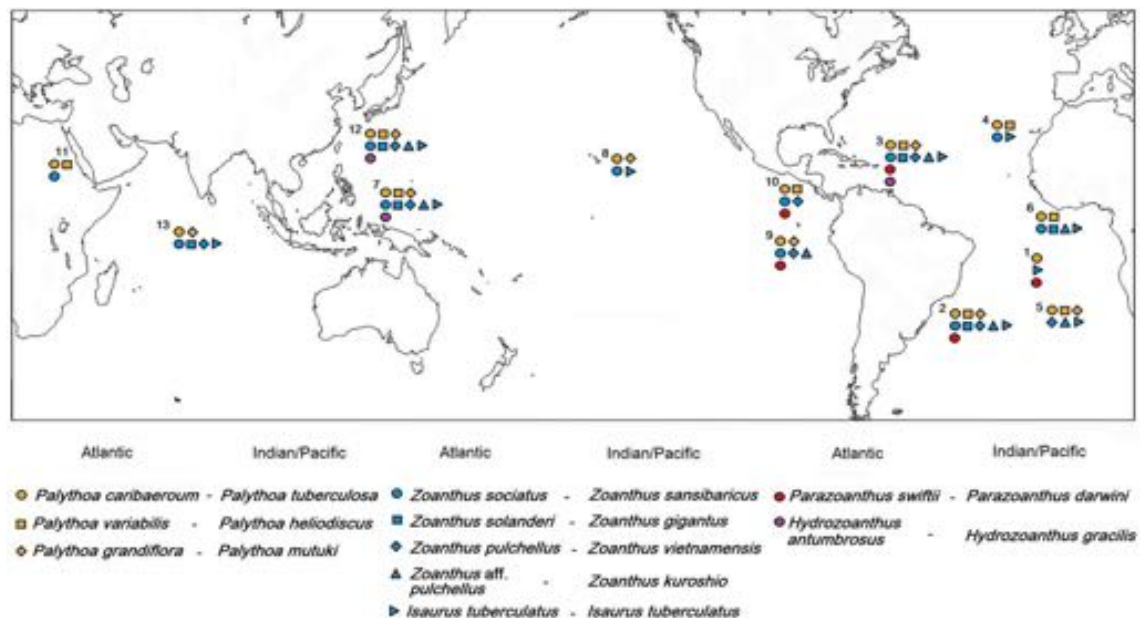


Figure 2 – Global distribution of *Zoantharia* sibling species. Numbers correspond to biogeographical provinces. From Santos et al. (in review).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計15件、全部査読あり)

1. Quattrini AM, Rodríguez E, Faircloth BC, Cowman PF, Brugler MR, Farfan GA, Hellberg ME, Kitahara MV, Morrison CL, Paz-García DA, Reimer JD, McFadden C. 2020. Palaeoclimate ocean conditions shaped the evolution of corals and their skeletons through deep time. *Nature Ecology & Evolution* 4:1531-1538.
2. Mizuyama M, Iguchi A, Iijima M, Gibu K, Reimer JD. 2020. Comparison of Symbiodiniaceae diversities in different members of a *Palythoa* species complex (Cnidaria: Anthozoa: Zoantharia)—implications for ecological adaptations to different microhabitats. *PeerJ* 8:e8449.

3. Montenegro J, Hoeksema BW, Santos ME, Kise H, [Reimer JD](#). 2020. Zoantharia (Cnidaria: Hexacorallia) of the Dutch Caribbean and one new species of *Parazoanthus*. *Diversity* 12:190.
4. Wee HB, Berumen ML, Ravasi T, [Reimer JD](#). 2020. Symbiodiniaceae diversity of *Palythoa tuberculosa* in the central and southern Red Sea influenced by environmental factors. *Coral Reefs* 39:1619-1633.
5. Santos ME, Wirtz P, Montenegro J, Kise H, López C, Brown J, [Reimer JD](#). 2019. Diversity of Saint Helena Island and zoogeography of zoantharians in the Atlantic Ocean: Jigsaw falling into place. *Systematics and Biodiversity* 17:165-178.
6. Wee HB, Kurihara H, [Reimer JD](#). 2019. Reduced Symbiodiniaceae diversity in *Palythoa tuberculosa* at a heavily acidified coral reef. *Coral Reefs* 38(2):311-319.
7. López C, [Reimer JD](#), Brito A, Simón D, Clemente S, Hernández M. 2019. Diversity of zoantharian species and their symbionts from the Macaronesian and Cape Verde ecoregions demonstrates their widespread distribution in the Atlantic Ocean. *Coral Reefs* 38(2):269-283.
8. López C, Freitas R, Magileviciute E, Ratão SS, Brehmer P, [Reimer JD](#). 2019. Report of a *Zoanthus* zone from the Cabo Verde Islands (Central Eastern Atlantic). *Thalassas* 34(2):409-413.
9. Mizuyama M, Masucci GD, [Reimer JD](#). 2018. Speciation among sympatric lineages in the genus *Palythoa* (Cnidaria: Anthozoa: Zoantharia) revealed by morphological comparison, phylogenetic analyses and investigation of spawning period. *PeerJ* 6:e5132. Open access.
10. [Reimer JD](#), Kim S, Arai S, Keshavmurthy S, Choi KS. 2018. First records of zooxanthellate *Zoanthus* (Anthozoa: Hexacorallia: Zoantharia) from Korea and Japan (East) Sea. *Marine Biodiversity* 48(2):1269-1273.
11. [Reimer JD](#), Herrera M, Gatins R, Roberts MB, Parkinson JE, Berumen ML. 2017. Latitudinal variation in the symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium* of the common reef zoantharian *Palythoa tuberculosa* on the Saudi Arabian coast of the Red Sea. *Journal of Biogeography* 44(3):661-673.
12. Noda H, Parkinson JE, Yang SY, [Reimer JD](#). 2017. A preliminary survey of zoantharian endosymbionts shows high genetic variation over small geographic scales on Okinawa-jima Island, Japan. *PeerJ* 5:e3740. Open access.
13. [Reimer JD](#), Santos ME, Kise H, Neo ML, Chen CA, Soong K. 2017. Diversity of Zoantharia (Anthozoa: Hexacorallia) at Dongsha Atoll in the South China Sea. *Regional Studies in Marine Science* 12:49-57.
14. [Reimer JD](#), Fujii T. 2017. Zoantharia (Cnidaria: Anthozoa: Hexacorallia) diversity research in Japan: current state and future trends. In: *Species Diversity of Animals in Japan* (pp. 383-399). Springer, Tokyo.

15. Wee HB, Reimer JD, Safuan M, Saidin J, Tan CH, Bachok Z. 2017. Zoantharian abundance in coral reef benthic communities at Terengganu Islands, Malaysia. *Regional Studies in Marine Science* 12:58-63.

[学会発表] (計16件)

1. Santos MEA, Kitahara MV, Baker DM, Conti-Jerpe I, Reimer JD. 2019. Global biogeography and ecology of the order Zoantharia (Cnidaria: Anthozoa). *Society for Coastal Ecosystem Studies - Asia Pacific (国際学会)*, Amakusa, Japan.
2. Wee HB, Kobayashi Y, Kurihara H, Reimer JD. 2018. Microenvironmental variation and importance for Symbiodiniaceae. *Japan Coral Reef Symposium (招待講演)*, Nishihara, Japan.
3. Wee HB, Kurihara H, Reimer JD. 2018. Variation in *Symbiodinium* hosted by the zooxanthellate zoantharian *Palythoa tuberculosa* at river mouths and acidified reefs. *4th Asia-Pacific Coral Reef Symposium (国際学会)*, Cebu, Philippines.
4. Wee HB, Kurihara H, Reimer JD. 2018. Differences in diversity of *Symbiodinium* within the zooxanthellate zoantharian *Palythoa tuberculosa* at a river mouth and acidified reef in southern Japan. *Zoological Society of Japan*, Sapporo, Japan.
5. Reimer JD, Santos MEA, Kise H, Soong K. 2018. Diversity and ecology of Zoantharia in Dongsha Atoll and the South China Sea. *South China Sea Symposium (招待講演) (国際学会)*, Taipei, Taiwan.
6. 藤井琢磨、Reimer JD. 2017. 琉球列島内湾浅海域から得られたヤギ類を覆うスナギンチャクについて. *日本動物分類学会第53回大会*、横浜.
7. Reimer JD, Santos M, Kise H, Soong K. 2017. Diversity and ecology of Zoantharia in Dongsha Atoll and the South China Sea. *日本刺胞動物談話会*、奄美.
8. Santos M, Conti-Jerpe IE, Baker DM, Reimer JD. 2017. Symbiotic interactions in Dongsha Atoll, South China Sea. *Society for Coastal Ecosystems Studies - Asia Pacific (国際学会)*, Cebu, Philippines.
9. Reimer JD, Santos MEA, Kise H, Montenegro J, Fujii T. 2017. Overview of diversity and recent studies of Zoantharia (Anthozoa: Hexacorallia): potential sources for novel marine natural products. *Fisheries Science for Future Generations Symposium (招待講演) (国際学会)*, Tokyo, Japan.
10. Reimer JD, Santos M, Kise H, Soong K. 2017. Diversity and ecology of Zoantharia in Dongsha Atoll and the South China Sea. *International Science Forum on South China Sea (招待講演) (国際学会)*, Taipei, Taiwan.
11. Reimer JD, Santos M, Kise H, Montenegro J, Garcia-Hernandez J, Hoeksema B. 2017. カリブ海産スナギンチャク類について. *我が国の刺胞動物研究の発展*、千葉 (招待講演) .

12. Santos MEA, Kitahara MV, Reimer JD. 2017. Phylogeny and traits of early metazoans. 16th International Meeting of the European Society of Evolutionary Biology (国際学会) , Groningen, Netherlands.
13. Reimer JD, Fujiwara Y, Parkinson JE. 2016. Diversity of *Symbiodinium* spp. in the zoantharian *Zoanthus sansibaricus* across vertical gradients in the western Pacific. 23rd Pacific Science Congress (国際学会) , Taipei, Taiwan.
14. LaJeunesse TC, Parkinson JE, Reimer JD, Voolstra C. 2016. A systematic revision of *Symbiodinium*: “clades” are genera. 13th International Coral Reef Symposium (国際学会) , Honolulu, USA.
15. Reimer JD, Fujiwara Y, Parkinson JE. 2016. Diversity of *Symbiodinium* spp. in the zoantharian *Zoanthus sansibaricus* across vertical gradients in the western Pacific. 13th International Coral Reef Symposium (国際学会) , Honolulu, USA.
16. Santos MEA, Kitahara MV, Reimer JD. 2016. Zoantharia (Cnidaria: Anthozoa) sister species across the Atlantic and Indian-Pacific oceans. 20th Evolutionary Biology Meeting (国際学会) Marseilles, France.

[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

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。