

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：32701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06103

研究課題名(和文) 海草生態系保全におけるアオウミガメの空間分布動態の解明

研究課題名(英文) Understanding of spatio-temporal dynamics of green turtle for the seaweed ecosystem conservation

研究代表者

山本 誉士 (Yamamoto, Takashi)

麻布大学・獣医学部・准教授

研究者番号：70637933

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：生態系の健全性は各生物種間の食物連鎖強度のバランスによって成り立っている。近年、八重山諸島ではアオウミガメ個体数が増加しており、過度な採食によって海草群落が衰退している。そこで、本研究では当該地域の保全に資する管理指針を提唱するため、ウミショウブとアオウミガメの分布調査およびウミガメの行動調査を実施した。野外調査は西表島西部海域で実施した。アオウミガメの分布は主に海草群落と重複しており、ウミショウブおよび中型種が群生する場所で特に多く観察された。ウミガメは湾内の浅い海草を利用しており、特定の場所に定住する傾向がみられた。一方、比較的大きな個体は外海沿岸域まで移動する行動の違いも明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、西表島西部地域に生息するアオウミガメの個体数密度およびサイズ構成が明らかになった。また、アオウミガメの空間移動特性についても知見が得られ、湾内に群生する小型種優占群落を保全するための亜成個体数管理の必要性や、柵などで防除する際の海草サイズ(主要な採食個体サイズ)に応じた対策の必要性を示唆した。また、調査時には地元の子供達に対して海洋教育活動を実施し、当該地域における環境問題についてアウトリーチ活動も実施した。

研究成果の概要(英文)：The ecosystem stability is established on a balance of food chain strengths between species. Recently, green turtles have been increasing in the Yaeyama Islands, Okinawa, and seagrass community has become declined. Here, to propose a management guideline for the conservation, we conducted the distribution survey of seaweeds and green turtles, and also examined behavior of green turtles using an animal-borne data logger. The distribution of turtles was largely overlapped with the seagrass distribution, and frequent over the medium to large species community. Overall, turtles utilized shallow waters in bay, and likely settled in a particular area. On the other hand, a larger individual moved more actively, probably to search for large seagrass species sparsely available.

研究分野：行動生態学

キーワード：海草 アオウミガメ データロガー 西表島 移動

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

生態系の健全性は各生物種間の食物連鎖強度のバランスによって成り立っており [Mougi & Kondoh. Science 337:349-351, 2012]、捕食者の個体数の増減は採食・捕食圧の変化を通じてトップダウンで生息域の植生や生物群集構造に影響を与える [Estes et al. Science 333: 301-306, 2011]。例えば、シカの過採食は森林内の下層植生に変化をもたらし、その結果として節足動物群集およびそれらを餌とする鳥類の種多様性や個体数が減少することが報告されている [Allombert et al. Conserv Biol 19:1917-1929, 2005]。そのため、生物多様性保全を効果的に推進していくには単一種の動態に着目するのみならず、当該生態系における捕食-被食の関係および環境収容力も理解する必要がある。

アオウミガメ *Chelonia mydas* はインド洋、太平洋および大西洋に広く分布しており、日本では伊豆諸島～小笠原諸島と本州南岸～南西諸島に生息している。本種は産卵場に適した砂浜の消失や漁業活動による偶発的混獲、食用や装飾品としての捕獲などによって過去に個体数が減少し、国際保護連盟 IUCN レッドリストの絶滅危惧 IB 類および環境省レッドリスト絶滅危惧 II 類に掲載されている。一方、様々な保護活動の結果、近年アオウミガメ個体数の回復が世界的に報告されており、八重山諸島において本種個体数は局所的に増加傾向にある。西表島西部には広域な海草群落が生息しており、特にウミシヨウブ *Enhalus acoroides* は主要な構成種であるが、一部地域ではアオウミガメによる過度な採食によって 2004 年頃から群落が衰退し始め、2018 年には全域がアオウミガメの被食域になった。ウミシヨウブが構成する空間や付着基質は小型魚類や付着生物の生息場になると共に、それらを餌とする中・大型魚類が集まり、極めて生物生産力の高い環境となっており、本種は沿岸水産資源の維持に重要な役割を担っている [Nakamura et al. Mar Biol 157:2397-2406, 2010]。また、西表島に生息するウミシヨウブは本種の北限個体群として絶滅危惧 II 類に掲載されていることに加え、開花した雄花の白色の花粉塊が海面を埋め尽くす本種の珍しい受粉の光景は、当該地域における重要な観光資源および環境教育題材の一つになっている。現在、奄美・沖縄地域は世界自然遺産への登録を目指した取り組みがおこなわれ、西表島全域と石垣島の一部が国立公園に指定された。そのため、ウミシヨウブを含む現存の自然環境および生物多様性の保全は喫急の課題である。

これまで生物種間の捕食-被食ダイナミクスに関する研究では、関連するそれぞれの種の個体数変動の相関関係を基に議論されてきた。しかし、多くの場合、実験室などの閉鎖空間での実証や野外の限られた区画での観察に留まる。高次捕食者の多くは機動性が高く、餌資源の盛衰に応じて空間を移動・分散するため、当該地域における採食・捕食圧の変化は隣接ハビタットに波及していくことが予想される。そのため、生物多様性保全を考える上では、固定された空間内(地域)の個体数変動の把握だけでは不十分であり、より広域に時空間動態を捉える必要がある。だが、野外を自由に移動する個体を連続的に追跡することは困難であり、動物の空間分布に関する研究では、これまで観察者の視点を固定したり、ある空間内に存在する個体数や種数を計数したりして得られた限られたデータから議論されてきた。特に、水中に生息する動物については観察自体が労力的に困難である。近年、動物にデータロガーを装着して移動や採餌などの行動を記録するバイオリギング技術が急速に発展し、時間的・空間的に制限されない移動・行動に関する研究が可能となってきた [Nathan et al. PNAS 105:19052-19059, 2008]。

2. 研究の目的

海草群落の保全を効果的に推進していくためには、海草群落の分布およびアオウミガメの時空間利用動態の把握が必要不可欠である。そこで、本研究ではウミシヨウブの分布調査に加え、アオウミガメの行動調査を実施することで、海草生態系およびアオウミガメの両種の保全に資する科学的根拠に基づいた管理指針(保護地域や面積、期間など)を提唱することを目的とする。

3. 研究の方法

野外調査は西表島の西部海域(崎山湾・網取湾自然環境保全地域を含む)で実施した(図 1)。

(1) 分布調査: 海草群落およびアオウミガメの空間分布を調べるため、月に数回、ドローンおよび各海域に設定したルートをスノーケリングで遊泳しながら計数した。

(2) アオウミガメの行動計測：西表島西部の内離島と外離島の東側浅瀬に刺網を設置し、アオウミガメを捕獲した。そして、2021年9月に4個体、2022年9月～10月に4個体の背甲に、位置・深度・加速度を記録するデータロガーを装着した後に放流した。数日～1週間後に自動切り離し装置を用いてロガーを装着個体から切り離し、浮力体と一体になって海面を漂っているロガーを UHF アンテナで探索した。その結果、2021年と2022年に各2個（合計4個）を回収することができた。なお、刺網設置と捕獲は、沖縄県知事と沖縄海区漁業調整委員よりそれぞれ許可を受けて実施した。

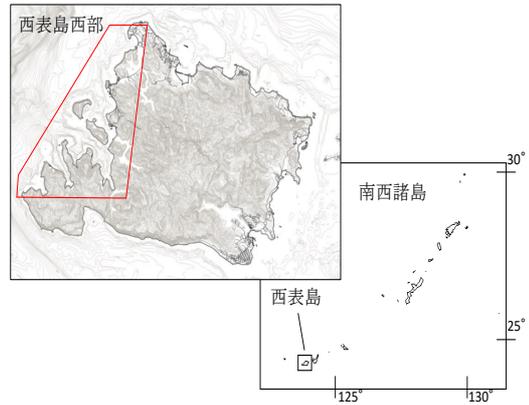


図 1. 調査実施場所(赤枠内)

4. 研究成果

新型コロナウイルス感染拡大防止による行動制限のため、2020年度には現地での調査を実施できなかった。そのため、野外調査は2年目以降に実施した。

(1) 海藻群落およびアオウミガメの分布調査

西表島西部における海藻群落およびアオウミガメの分布の観察結果を図2に示す。海藻群落の構成種として、大型種はウミシヨウブ、中型種はベニアマモ、リュウキュウアマモ、シオニラ、リュウキュウスガモ、小型種としてウミヒルモ属、ウミジグサ属の、計2科6属8種が確認された。全ての群落でアオウミガメに被食された痕跡がみられた。

アオウミガメの分布は主に海藻群落と重複しており、ウミシヨウブおよび中型種が群生する場所で特に多く観察された。重複を含む観察密度は1.4～1.6個体/haで、甲長40～80cmの亜成個体がほとんどを占めていた。

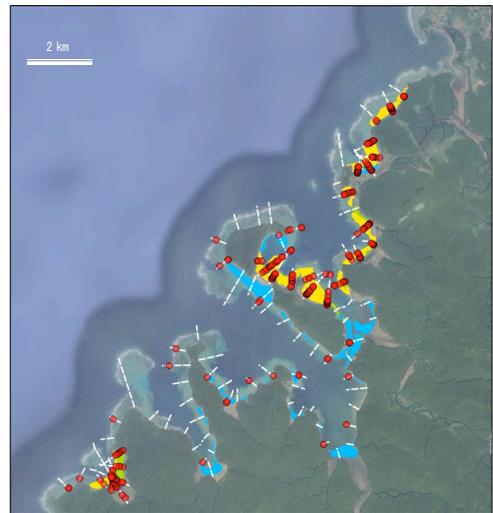


図 2. 調査域のアオウミガメ(●)と海藻群落(■ウミシヨウブ・■中型種・■小型種)の分布. 白線はウミガメ分布調査ライン.

(2) アオウミガメの行動計測

アオウミガメ4個体から得られたGPS位置情報を図3に示す。データロガーを装着した個体は全て甲長80cm未満の亜成個体であった。ほとんどの個体は湾内の比較的浅い海藻パッチ（主に中型種群落）を利用しており、特定の場所に定住する傾向がみられた。一方、装着個体の中でも比較的大きな個体（図3の赤丸）は、外海沿岸域まで移動・滞在するといった行動パターンの違いも明らかになった。採食と関連していると考えられる浅い潜水は個体により異なっており、特定の時間帯に集中する傾向はみられなかった（図4）。

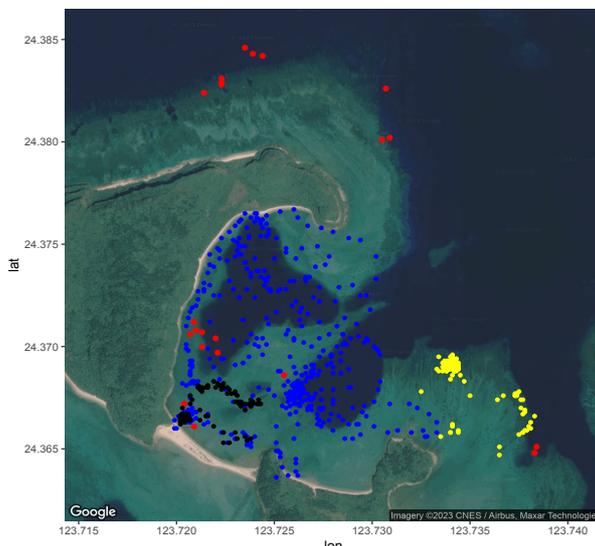


図 3. アオウミガメのGPS位置情報. 各色は異なる個体を示す.

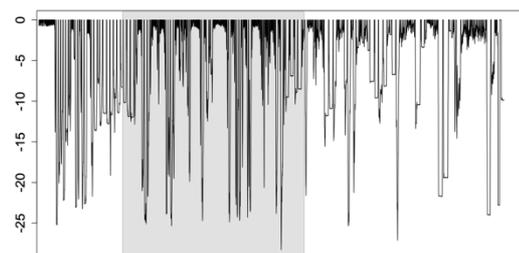


図 4. アオウミガメの潜水深度記録例. 灰色箇所は夜間(日没～日出)を示す.

目視観察およびデータロガーによる行動計測の結果から、西表島（少なくとも西部地域）に生息するアオウミガメは主に亜成個体であり、湾内の海草群落に定住的に滞在して採食している可能性が明らかになった。当該地域では1974年と比較して大型であるウミシヨウブ群落が64%減少しており、中型種優占群落も一部の地域では消失が確認されている。一方、小型種優占群落の生育状況は良好であるため、小型個体は湾内に留まって採食し、比較的大きな個体はより好適な餌パッチ（中型～大型種）を求めて動的な移動を示したのかもしれない。今後、湾内に群生する小型種優占群落を保全するためには亜成個体の数を管理する必要がある、また柵などで防除する際にも、海草サイズ（主要な採食個体サイズ）に応じた対策が求められることが示唆される。今後は現在解析を進めている時間や潮汐とウミガメ時空間動態の関係および採食頻度や加速度データを用いた詳細な採食行動を明らかにすることで、当該地域における海草群落保全に資する対策を検討していきたいと考えている。

(3) アウトリーチ活動

2021年9月の現地調査の際、白浜小学校の児童を対象に、海洋教育活動の一環として出前授業を実施した。また、アオウミガメの捕獲調査に子供達も同行し、一緒にアオウミガメのサイズ計測や腫瘍の有無、周辺藻場の食痕の観察、データロガー装着の様子を見学してもらった。さらに、GPSで得られたウミガメの位置情報をグループワークとして手書きで地図にプロットしてもらい、アオウミガメと海草の関係について議論をおこなった。本取り組みは地元の新聞等でも取り上げられた（e.g. <http://kyodoshi.com/article/10161>）。

<引用文献>

- Allombert S, Stockton S, Martin J-L (2005) A natural experiment on the impact of overabundant deer on forest invertebrates. *Conserv Biol* 19:1917-1929.
- Estes JA et al. (2011) Trophic downgrading of planet earth. *Science* 333:301-306.
- 水谷晃・井上太之・井上嵩裕・山本誉士・鈴木大・亀崎直樹・河野裕美 (2020) 西表島崎山湾・網取湾におけるスノーケリングセンサスにより評価したアオウミガメ *Chelonia mydas* の個体群構造. *沖縄生物学会誌* 58:9-23.
- Mougi A & Kondoh M (2012) Diversity of interaction types and ecological community stability. *Science* 337:349-351.
- Nakamura Y (2010) Patterns in fish response to seagrass bed loss at the southern Ryukyu Islands, Japan. *Mar Biol* 157:2397-2406.
- Nathan et al. (2008) A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *PNAS* 105:19052-19059.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Gunner RM et al. (31名中11番目)	4. 巻 9
2. 論文標題 How often should dead-reckoned animal movement paths be corrected for drift?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Animal Biotelemetry	6. 最初と最後の頁 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40317-021-00265-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Bonnet-Lebrun A-S et al. (34名中33番目)	4. 巻 8
2. 論文標題 Seabird Migration Strategies: Flight Budgets, Diel Activity Patterns, and Lunar Influence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 683071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2021.683071	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Yamashita R et al. (24名中21番目)	4. 巻 1
2. 論文標題 Plastic additives and legacy persistent organic pollutants (POPs) in preen gland oil from seabirds sampled across the globe	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Monitoring and Contaminants Research	6. 最初と最後の頁 97-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5985/emcr.20210009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Gunner RM et al. (26名中13番目)	4. 巻 9
2. 論文標題 Dead-reckoning animal movements in R: a reappraisal using Gundog.Tracks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Animal Biotelemetry	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40317-021-00245-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 山本誉士, 井出貴彦, 中山宏幸, 下村幸治, 上野将志, 久田治信, 棚田麻美, 柿崎智広, 高嶋悠加里, 依田憲	4. 巻 63
2. 論文標題 加速度データロガーを用いた飼育動物の行動モニタリングの試み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 動物園水族館雑誌	6. 最初と最後の頁 51-65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 水谷 晃, 井上太之, 井上嵩裕, 山本誉士, 鈴木 大, 亀崎直樹, 河野裕美	4. 巻 58
2. 論文標題 西表島崎山湾・網取湾におけるスノーケリングセンサスにより評価したアオウミガメ <i>Chelonia mydas</i> の個体群構造	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 沖縄生物学会誌	6. 最初と最後の頁 9-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 山本誉士
2. 発表標題 統計数理で明らかにする動物の行動
3. 学会等名 数学・数理科学5研究拠点合同市民講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Yamamoto
2. 発表標題 Behavioral measurement of animals by biologging
3. 学会等名 Active Matter Workshop 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北川勇夫, 平瀬早人, 松本松男, 松本浩二, 草野敬輔, 徳島崇弘, 山本誉士
2. 発表標題 アプリカゾウの床材導入の効果及びデータロガーを用いた行動把握について
3. 学会等名 令和3年度九州・沖縄ブロック飼育技術者研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上太之, 水谷晃, 山本誉士, 竹中康進, 河野裕美
2. 発表標題 2019年と2020年の西表島における海草群落とアオウミガメの分布
3. 学会等名 沖縄生物学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本誉士
2. 発表標題 動物の時空間情報解析から見えること
3. 学会等名 統計数理研究所リスク解析戦略研究センターシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本誉士
2. 発表標題 動物装着型データロガーを用いた個体の行動計測
3. 学会等名 関東畜産学会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本 誉士
2. 発表標題 動物達の生き方を知りたい
3. 学会等名 日本バイオロギング研究会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本 誉士
2. 発表標題 先端手法で動物達の行動を調べる
3. 学会等名 天王寺動物園オンラインセミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	河野 裕美 (Kohno Hiroyoshi) (30439682)	東海大学・沖縄地域研究センター・教授 (32644)	
研究分担者	村上 智一 (Murakami Tomokazu) (80420371)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・主任研究員 (82102)	
研究分担者	水谷 晃 (Mizutani Akira) (80773134)	東海大学・沖縄地域研究センター・技術職員 (32644)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------