

令和 5 年 6 月 2 9 日現在

機関番号：88003

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K16239

研究課題名（和文）沖縄海域におけるザトウクジラの保全に向けた繁殖生態の解明

研究課題名（英文）Understanding the reproductive ecology of humpback whales for their conservation plan in Okinawa Waters

研究代表者

小林 希実（Kobayashi, Nozomi）

一般財団法人沖縄美ら島財団（総合研究センター）・総合研究センター 動物研究室・主任研究員

研究者番号：40774401

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は、沖縄に冬季繁殖のために来遊するザトウクジラの保全に向けた繁殖生態に関する基礎的情報の拡充を目的とする。30年以上に亘り収集された個体識別データより、回帰率、出産率を算出し、また雄の鳴音行動についても日周変動を明らかにした。更に、衛星発信器を用いて繁殖時期の周辺海域の利用状況を分析した。その結果、沖縄海域は同一の雌雄個体により長期継続的に利用される繁殖海域であることが明らかとなった。また、個体毎の回帰指数と他海域との交流指数を分析した結果、沖縄を含む国内4海域に来遊するザトウクジラは1つの共通の集団である可能性が高く、一方で、各海域にある程度の回帰固執性を示すことも明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沖縄を含む西部北太平洋系群のザトウクジラは、現在も絶滅危惧種とされており、同集団の保全に向けた知見の拡充や対策が急務とされている。本研究により、沖縄海域が本集団により長期継続的に利用される重要な繁殖海域の1つであることが明らかとなり、また国内複数海域に来遊するザトウクジラが1つの共有の集団である可能性についても明らかとなった。本研究は、世界的に急務とされている西部北太平洋系群の基礎的情報を拡充するとともに、北太平洋全域における本種の保全計画に大きな進歩をもたらす結果となった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to obtain basic knowledge on the breeding ecology of humpback whales which migrate to Okinawan waters for winter breeding season. Using photo identification data which was collected for over 30 years around Okinawan waters, returning rate and breeding rate were calculated, and the analysis on the singing behavior of males was analyzed as well. Furthermore, the utilization of humpback whales in the Okinawan waters during breeding season was also examined using satellite tagging technique. The results showed that Okinawan waters are continuously utilized by the same individuals for a long period of time as a breeding area. The analysis on the within region return index of each individual and the interchange index among other areas in Japan revealed that humpback whales migrating to the Japanese sighting areas including Okinawa are likely to be one group, and that humpback whales also show site fidelity to each areas at some level.

研究分野：生態学

キーワード：ザトウクジラ 繁殖生態 回帰率 出産率 ソング日周変動 衛星発信器 沖縄 西部北太平洋

1. 研究開始当初の背景

ザトウクジラは、夏に高緯度海域で摂餌を行い、冬から春にかけて低緯度海域で交尾、出産、育児等の繁殖活動を行う。かつて商業捕鯨により個体数が激減し、一時はIUCN レッドリストにて絶滅危惧 類として登録された。現在も沖縄を含む西部北太平洋系群(図1)は、Endangered Species Act (ESA) の絶滅危惧種に登録されており、同集団の保全に向けた知見の拡充や対策が急務とされている。特に、沖縄を含む国内海域に來遊するザトウクジラの繁殖生態や回遊経路等の基礎情報を把握することが、本集団の保全対策のために必須である。

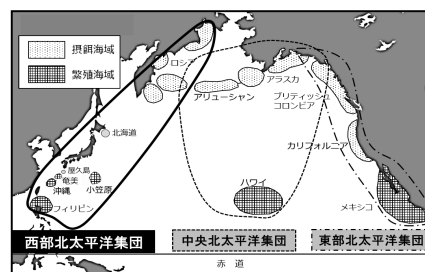


図1 北太平洋の系群構造の概略図

また沖縄周辺海域では、近年ザトウクジラを対象としたホエールウォッチング産業が活発化しており、同産業が本種の繁殖活動に与える影響や來遊数の減少等を懸念する声が高まっている。本種の保全に向けた繁殖生態の解明と同時に、本種への影響を最小限に抑えた持続的な観光産業の体制構築が、生物学的にも、社会的にも求められている。

2. 研究の目的

冬季、繁殖のために沖縄周辺に來遊するザトウクジラの絶滅危惧集団について、基礎的情報の拡充を目的に、個体回帰率、出産率を算出する。更に、繁殖生態の解明を目的に、雄の繁殖に関連するとされるソングと呼ばれる鳴音行動について日周変動を明らかにする。更に、衛星発信器を用いて繁殖時期の雌雄個体の分布や利用状況の把握を目指す。またこれらの研究結果を基に、ザトウクジラの繁殖活動への影響を最小限に抑えた、持続的な地元観光産業の体制作りを行う。以上により、本種の保全対策に向けた繁殖生態の解明と地域社会への貢献を目指す。

3. 研究の方法

(1) 沖縄周辺の繁殖海域としての利用状況の把握

個体回帰率と他海域との交流頻度の算出

1989-2018年に沖縄で収集された1631個体分の來遊履歴(個体毎の來遊回数、來遊間隔)を基に、同海域における本種の回帰率を算出し、沖縄海域が同一個体により長期継続的に利用されている繁殖域であるか否かについて検証した。また、フィリピン、小笠原、奄美等、西部北太平洋系群の他の繁殖海域との個体の交流頻度について分析し、沖縄と他海域に來遊する集団との関係性について明らかにするとともに、沖縄海域への個体の固執性についても検証した。

出産率の算出

1989-2014年に沖縄海域にて新生児同伴で複数回確認された計103頭の雌個体について、沖縄周辺海域で出産し、子育てを実施したと定義し、同海域における個体毎の出産回数および出産間隔を算出した。同結果に基づき、沖縄海域が同一雌個体によって長期継続的に出産、育児に利用されているか否かについて検証した。

雄の鳴音(ソング)行動の日周変動の分析

本種の雄個体は、回遊経路や繁殖海域で特有の鳴音(ソング)を発する。ソングは、雌への求愛、雄同士の牽制等、繁殖に関わる行動とされているが、その役割は未だ明確ではない。そこで、雄の繁殖行動に関わる情報の拡充を目的に、2007年2-3月の15日間、沖縄本部半島沖水深22mの海底に水中マイクを設置し、また2014-2017年の1-3月、9-17時に洋上目視調査を実施することで、ソング行動の日周変動やソングを発する雄個体(シンガー)の群構成について分析した。

(2) 衛星発信器を用いた沖縄海域における分布、利用状況の把握

本種に衛星発信器を装着し、時空間的に制限のない新たな調査方法を用いて、本種の沖縄周辺海域における分布や利用状況の把握を目指した。2018-2019年の2-3月に沖縄島西側10-25kmの沿岸で、計5頭のオス個体へ衛星タグの装着を行った(Wildlife Computers社製、SPLASH10, SPOT240を使用)。タグを装着した5個体のうち3個体については、装着後、2-6日間の位置情報の受信が確認された。同結果を基に、既存の調査範囲以外の分布状況を把握すると共に、ザトウクジラが繁殖時期における利用状況について分析した。

4. 研究成果

(1) 沖縄周辺の繁殖海域としての利用状況の把握

個体回帰率と他海域との交流頻度の算出

1989-2020年に沖縄、小笠原、奄美、北海道、フィリピンで撮影されたザトウクジラ 3,762 頭分の尾びれ写真を、尾びれ自動照合システムを用いて照合し、海域間の個体交流頻度について明らかにした。その結果、沖縄-北海道間で 3 頭、沖縄-小笠原間で 225 頭、沖縄-奄美間で 222 頭、小笠原-奄美間で 36 頭、沖縄-フィリピン間で 100 頭の一致個体が見つかった。これらの一致個体頭数を基に、海域間の交流指数や各海域の回帰指数を算出したところ、国内 4 海域は、1 つの共通の集団によって利用されている可能性が高いことが判明した。また、海域間によって交流頻度は異なり、フィリピン海の太平洋側（小笠原からマリアナ諸島）と東シナ海側（奄美、沖縄、フィリピン）をより頻繁に利用する 2 つの小グループが存在する可能性が示唆された。また、いずれの繁殖海域においても、他海域との交流指数よりも、同一海域への回帰指数の方が高かったことから、本種は、沖縄を含め、これらの海域を長期継続的に利用し、また各海域にある程度の固執性を示すことが明らかとなった。

出産率の算出

1989-2014 年の 1-3 月に沖縄海域で個体識別された 1448 頭のうち、仔鯨同伴で確認された雌 103 個体のデータを分析し、出現年数に対する仔鯨同伴で確認された年数（出産回数）の割合を「出産率」、仔鯨同伴で確認された年から次回確認された年までの間隔を「出産間隔」とした。その結果、雌 103 個体の出現回数はのべ 569 回で、出産回数はのべ 180 回（対象個体の出産回数は 1-7 回、1 回：n=62、2 回：n=22、3 回：n=10、4 回：n=4、5 回：n=3、6 回：n=1、7 回：n=1）で、そこから算出された出産率は 0.32 だった。このことから、沖縄海域におけるザトウクジラの出産間隔は 2-22 年、平均出産間隔は 5.26 年で、連続した年での出産は確認されず、2 年間隔（20.3%）3 年間隔（29.7%）が全体の 5 割をしめることが明らかとなった。以上のことから、沖縄に来遊するザトウクジラは 2-3 年に 1 度出産する個体が多く、出産率、出産間隔ともに他の繁殖海域（ハワイ、カリフォルニア、オーストラリア等）と同様の傾向を示すことが明らかとなった。また、他の繁殖海域と同様に、同一の雌個体が 20 年以上に亘り沖縄周辺を繁殖海域として長期継続的に利用していることが明らかとなった。

雄の鳴音（ソング）行動の日周変動の分析

2007 年 2-3 月の 15 日間、沖縄本部半島沖水深 22m の海底に水中マイクを設置し、24 時間録音を行った。また、2014-2017 年の 1-3 月、9-17 時に周辺海域にて洋上目視調査を実施した。その結果、録音時間計 363 時間中、計 219 時間においてソングが確認された。また、計 143 日間の目視調査において、のべ 1,711 群 3,096 頭のザトウクジラが発見され、内 79 頭がシンガーとして確認された。ソングの日周変動を分析した結果、ソングは日の出直後に最も活発化し、日の入りに向けて有意に減少するが、日の入り後は再び活発化し、夜間も一定レベルで確認されることがわかった（図 2）。また、群構成を分析した結果、シンガーの内 67 頭（85%）が 1 頭群で確認された。先行研究より、繁殖海域では雄同士による闘争や繁殖競争集団の形成は夜明けと共に活発化し、午後にピークを迎えるとされている。これらのことから、ソングは 1 頭群の雄により昼夜を問わず発せられるが、特に日中は個体同士の合流に伴い減少するという明確な日周変動があることが本研究結果から示唆された。

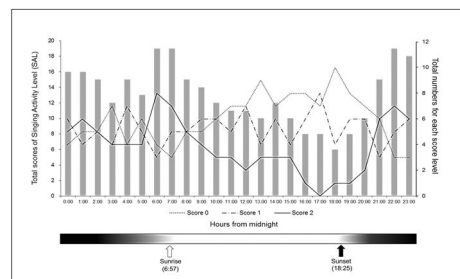


図 2 沖縄本島本部沖におけるソングの活発度：Singing activity level の日周変動

(2) 衛星発信器を用いた沖縄海域の分布、利用状況の把握

2018-2019 年の 2-3 月に沖縄島西側 10-25 km の沿岸で、計 5 頭の雄個体へ衛星発信器の装着を行った。発信器を装着した 5 個体のうち 3 個体は、装着後 2-6 日間の位置情報の受信が確認されたが、他 2 個体は装着後の受信がなかった。受信が確認された 3 頭について、1 個体目は、装着場所から北東約 20km 離れた場所で装着翌日に受信が途絶えた。2 個体目は沖縄島より約 50-100km 離れた離島（伊平屋島、与論島、沖永良部島）の沿岸に立ち寄りながら北方へ移動する様子が 5 日間に亘り確認された。3 個体目は、装着地点から北へ約 40 km 離れた伊平屋島まで北上後、東へ進路を変え、沖縄島北端の沿岸との間を往復して、再度伊平屋島沿岸へ戻る様子が 6 日間の軌跡から確認された（図 3）。これらの結果から、ザトウクジラは、発信器装着時期の 2 月後半以降になると、沖縄本島から島伝いに、北の摂餌海域への回遊を始めている可能性が高いことが明らかとなった。

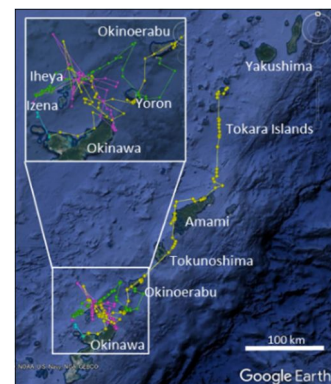


図 3 衛星発信器により得られたザトウクジラの移動軌跡

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kobayashi Nozomi, Kondo Satomi, Tsujii Koki, Oki Katsuki, Hida Masami, Okabe Haruna, Yoshikawa Takashi, Ogawa Ryuta, Lee Chonho, Higashi Naoto, Okamoto Ryosuke, Ozawa Sachie, Uchida Senzo, Mitani Yoko	4. 巻 17
2. 論文標題 Interchanges and movements of humpback whales in Japanese waters: Okinawa, Ogasawara, Amami, and Hokkaido, using an automated matching system	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0277761
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0277761	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 -

1. 著者名 Yoshikawa T, Hida M, Lee C, Okabe H, Kobayashi N, Ozawa S, Saito H, Kan M, Date S, Shimojo S.	4. 巻 4: ISSN2184-4321
2. 論文標題 Identification of over one thousand individual wild humpback whales using fluke photos.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 In Proceedings of the 17th International Joint conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications.	6. 最初と最後の頁 957-967
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 Kobayashi Nozomi, Okabe Haruna, Higashi Naoto, Miyahara Hirokazu, Uchida Senzo	4. 巻 July
2. 論文標題 Diel patterns in singing activity of humpback whales in a winter breeding area in Okinawan (Ryukyuan) waters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Mammal Science	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/mms.12790	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 Acebes Jo Marie, Okabe Haruna, Kobayashi Nozomi, Nakagun Shotaro, Higashi Naoto, Uchida Senzo	4. 巻 22
2. 論文標題 Interchange and movements of humpback whales (Megaptera novaeangliae) between western North Pacific winter breeding grounds in northern Luzon, Philippines and Okinawa, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Cetacean Res. Manage.	6. 最初と最後の頁 39 ~ 53
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.47536/jcrm.v22i1.201	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

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Nozomi Kobayashi, Satomi Kondo, Koki Tsujii, Katuski Oki, Masami Hida, Takashi Yoshikawa, Haruna Okabe, Ryuta Ogawa, Chonho Lee, Naoto Higashi, Ryoussuke Okamoto, Senzo Uchida, Yoko Mitani
2. 発表標題 Interchange of humpback whales (Megaptera novaeangliae) among Japanese areas using automated matching system.
3. 学会等名 24th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Haruna Okabe, Sachie Ozawa, Nozomi Kobayashi
2. 発表標題 Satellite tracking surveys on humpback whales around Okinawa (Ryukyu) Island, Japan.
3. 学会等名 24th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Haruna Okabe, Nozomi Kobayashi, Naoto Higashi
2. 発表標題 Estimating the trend in encounter rate of humpback whales in the recent years in the western waters of Okinawa (Ryuku) Island, Japan.
3. 学会等名 World Marine Mammal Science Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

BALYENA AT LUMBA SA PILIPINAS
<http://balyena.org.ph/main.php>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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1件

国際研究集会	開催年
Steering committee meeting for "Structure of Populations, Levels of Abundance and Status of Humpback whales version 2 (SPLASH-2:)"	2021年～2021年

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
---------	---------