

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25871062

研究課題名(和文)冷・温水期におけるジュゴンの摂餌場利用特性の比較

研究課題名(英文)Comparison of feeding ground usage of the dugongs between cold and warm seasons

研究代表者

市川 光太郎 (Ichikawa, Kotaro)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授

研究者番号：70590511

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)：スーダンにおける治安悪化により、調査地をタイ国とマレーシアに変更した。温水期のタイ国トラン県タリボン島に生息するジュゴンの発声頻度行動は時刻、潮位、潮流に影響をうけて変化した($p<0.05$)。温水期のマレーシア・ジョホール州ティンギ島周辺海域において一日中鳴音が観察されていた。これは複数個体が当該海域に入れ替わり来遊していたことを示す。冷水期のタイ国では夜間に摂餌場に来遊し、温水期のマレーシアでは正午以降日没までに摂餌場に来遊した。2海域は同じ気候帯に属しているため、季節的な回遊に大きな差異はないとすると、温水期と冷水期でジュゴンの摂餌回遊パターンが異なる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Due to safety concerns in Sudan, we had to change our study site to Thailand and Malaysia. In a warm water season, vocalization rate of the dugongs in Thailand was affected by time of day, tide level, and tidal current ($p<0.05$). Also in a warm water season, vocalization was observed almost all day around Tinggi Island, Johor, Malaysia. This suggests that multiple dugongs visited the monitoring area. In a cold season in Thailand, dugongs visited the feeding ground during the night. But in a warm season in Malaysia, dugongs visited the feeding ground in the afternoon. These results suggest that their feeding behavior may be different between warm and cold seasons.

研究分野：水中生物音響学

キーワード：受動的音響観察 ジュゴン

1. 研究開始当初の背景

絶滅危惧種ジュゴン *Dugong dugon* は熱帯から亜熱帯の沿岸海域に生息し、干潟など浅海の高草藻場で摂餌する(業績5)。海棲哺乳類では唯一の草食動物である。海棲哺乳類の生態研究において、草食動物の生態情報が不足している現状は憂慮すべきであり、ジュゴンが絶滅の危機に瀕している今を逃せば、基礎研究の機会は永遠に失われてしまう可能性が高い。

ジュゴンが摂餌をしたあとは地面が露出するため、ジュゴンが盛んに摂餌を行う高草藻場では単一の大きな藻場がいくつかの小さな藻場に分割されることになる。この結果、ジュゴンの摂餌は藻場の生物多様性に影響すると考えられている(Nakaoka et al., 1999)。本研究では、ジュゴンの生存に直接関与し、藻場生態系に間接的に関与する摂餌行動に着目した。ジュゴンは季節的な水温低下(19以下)に伴い、大規模な移動をするため(Anderson, 1986)、今後、地球温暖化による海水温上昇や海面上昇に伴って生息域が変化する可能性は否定できない。現時点におけるジュゴンの冷・温水期における摂餌生態に関する基礎研究は、未来に起こりうる生息域の変化については藻場生態系の変化に対応した保護策に資する情報を提供する。日本の沖縄本島周辺海域はジュゴン生息域の北限(個体数3頭)であるため、わが国がジュゴンの生態解明に負う責任は大きい。

ジュゴンの摂餌行動に関する研究は、高草藻場を日中に目視で観察した研究に端を発する(Anderson & Birtles, 1978)。1990年代には、ジュゴンの位置のみを記録する小型記録計を装着する研究(バイオロギング)が始まり、海域利用特性に関する知見が収集された(Marsh & Rathbun, 1990)。2000年代になり、申請者によって、ジュゴンが水中で発する音(摂餌音・鳴音)を音響学的に解析する受動的音響観察手法が開発された。申請者らの研究により、摂餌行動や鳴音発声に周期性があることが明らかになった(業績6, 12, 15)。ジュゴンが冷水塊(19)を避けるような大規模移動を行うことは報告されているが、温水塊に対する忌避反応については経験的な知見しかない(図1)。ジュゴンの生息地選択には海水温が関係していることが予想されるため、水温に対する摂餌場利用特性変化に関する基礎研究が重要であると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、冷水期と温水期それぞれにおける「いつ、どこで」摂餌しているかを解明し、季節的な利用特性変化を明らかにすることである。

3. 研究の方法

申請者が研究フィールドとして選んだタイ国とマレーシアは熱帯にあるため、水温お

よび気温の季節変化が大きい。温水期にはジュゴンの行動様式変化が予想されている(現地住民による経験的知見)ため、本研究のモデルとして最適である。音響ロガーを高草も場に設置し、詳細な行動観察を行った。ロガーのメモリの制限により、1回の実験で約2週間分の行動データを取得した。

4. 研究成果

2014年11月10日から28日にかけて予備調査を実施した。ジュゴンのバイオロギングのための捕獲を実施し、1個体を追跡したが捕獲は成功しなかった。また、受動的音響観察によるジュゴンの行動観察のため、音響検出率を事前に評価した。観察海域に自動水中音録音装置および録音可能範囲を示すブイを設置した。観察海域に近い崖に登頂し、目視観察を同時に実施した。目視で検出されたジュゴンのうち発音した個体の割合を算出することで音響検出率を評価した。その結果、44%のジュゴンを音響的に捕捉できることがわかった。

2015年2月5日から28日にかけて、タイ国トラン県タリボン島において連続20日間の受動的音響観察を実施し、摂餌場とその沖側の地点について、ジュゴンの発声頻度行動と潮位・潮流との関連を調べた。一時間あたりの発声頻度に対する流向、流速、水深、時間帯の影響について、負の二項分布を仮定した一般化線形モデルにより推定した。検出された全鳴音数は、浅瀬が2052回、沖が6607回であった。二地点の発声頻度は沖の方が有意に高かった(Wilcoxon signed rank test, $p < 0.001$)。両地点においてそれぞれを昼夜間で発声頻度を比較したところ、ともに夜間のほうが有意に高かった(Mann-Whitney U test、浅瀬: $p < 0.001$ 、沖: $p < 0.001$)。浅瀬と沖それぞれにおいて発声頻度のパワースペクトル密度を算出したところ浅瀬では12.00時間周期および23.53時間周期や7.20時間周期など、沖では24.47時間周期の周期成分で強いピークが見られた。モデル解析の結果、0.75-1.5 mと1.5-2.25 mの潮位帯は発声頻度に正の影響を与えた。

2015年8月22日から9月6日にかけて、マレーシア・ジョホール州ティンギ島周辺の4地点において受動的音響観察を実施した。それぞれの地点において1時間当たりの鳴音数を応答変数とし、時刻を説明変数とする一般化線形混合モデル(GLMM)による解析をおこなった。応答変数の誤差分布はポアソン分布に従うと仮定し、リンク関数はlogを用いた。調査地点をランダム効果と設定した。合計で357、356、372、380の鳴音がそれぞれの調査地点から得られた。GLMMによる解析によって午後もしくは夜間に鳴音が増加することが分かった。鳴音数の変動のピークは12時から19時の間にあった。

マレーシア・ジョホール州・ティンギ島およびシブ島において、雨季にあたる2016年

11月8日から18日にかけて受動的音響観察を実施し、摂餌場とその沖側の地点について、ジュゴンの発声パターンを調べた。本海域にジュゴン用自動水中音録音機 AUSOMS-D を11月12日に設置し、11月16日に回収した。合計録音時間は99時間であった。狭帯域音強調による鳴音の自動検出によって一時間あたりの鳴音記録頻度を調べた。沖側の地点について、鳴音は合計で113回検出された。1時間あたりの発声回数の最大は11月15日の1200 - 1300時に41回あった。このとき、多くがトリルであった。ほぼすべての鳴音が1200 - 1700時の間に記録された。発声の周期を示す自己相関関数は22.8時間で最大となった。ティンギ島沖側に生息するジュゴンの発声は午後には活発になることが示唆された。

概して、温水期のタイ国トラン県タリボン島に生息するジュゴンの発声頻度行動は時刻、潮位、潮流に影響をうけて変化した ($p < 0.05$)。温水期のマレーシア・ジョホール州ティンギ島周辺海域において一日中鳴音が観察されていた。これは複数個体が当該海域に入れ替わり来遊していたことを示す。冷水期のタイ国では夜間に摂餌場に来遊し、温水期のマレーシアでは正午以降日没までに摂餌場に来遊した。2海域は同じ気候帯に属しているため、季節的な回遊に大きな差異はないとすると、温水期と冷水期でジュゴンの摂餌回遊パターンが異なる可能性がある。

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)

1. Kotaro Tanaka, Kotaro Ichikawa, Hideaki Nishizawa, Kongkiat Kittiwattanawong, Nobuaki Arai & Hiromichi Mitamura, Effects of environmental factors on vocalization pattern of dugongs revealed by generalized linear model, Proceedings of Techno-Ocean2016, 2016.
2. Ando-Mizobata, N., Ichikawa, K., Arai, N., & Kato, H. Does boat noise affect dugong (*Dugong dugon*) vocalization? Mammal Study, 36(2), 121-127. 2014

[学会発表](計 15件)

3. 阿部朱音、市川光太郎、荒井修亮 オーストラリア・トレス海峡諸島木曜島住民の生活とジュゴン 平成29年度日本水産学会春季大会 東京海洋大学品川キャンパス 3月26-30日 2017 ポスター
4. 久貝悠真、市川光太郎、荒井修亮、Kongkiat Kittiwattanabong、田中広太郎、三田村啓理 ジュゴンの生態学と人文学 3タイ国タリボン島のジュゴン生息海域におけるサウンドスケープの変動 平成29年度日本水産学会春季大会 東京海洋大学品川キャンパス 3月26-30日 2017 ポスター

5. 田中広太郎、市川光太郎、上原慧也、荒井修亮、Kongkiat Kittiwattanabong、三田村啓理 ジュゴンの生態学と人文学 2機械学習によるジュゴン鳴音と狭帯域ノイズの識別手法の確立 平成29年度日本水産学会春季大会 東京海洋大学品川キャンパス 3月26-30日 2017 ポスター

6. Kotaro Tanaka, Kotaro Ichikawa, Hideaki Nishizawa, Kongkiat Kittiwattanawong, Nobuaki Arai & Hiromichi Mitamura Effects of environmental factors on vocalization pattern of dugongs revealed by generalized linear model Techno-Ocean2016 Kobe, Japan October 6-8 2016 ポスター

7. Kotaro Ichikawa, Nobuaki Arai, Kongkiat Kittiwattanawong Vocal response of dugongs (*Dugong dugon*) to playbacks of conspecific calls suggest ranging function of chirps 5th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and the Acoustical Society of Japan Honolulu, Hawaii Nov 27 - Dec 2 (2) 2016 口頭 Invited

8. Kotaro Tanaka, Kotaro Ichikawa, Hideaki Nishizawa, Kongkiat Kittiwattanawong, Nobuaki Arai, Hiromichi Mitamura Vocalization patterns of dugongs in relation to diel and tidal factors around Talibong Island, Thailand The 4th Design Symposium on Conservation of Ecosystem (SEASTAR2000) Kyoto March 16-17, 2016 口頭

9. Kotaro Ichikawa Orientation on capture operations and research goals Health Assessment for Marine Endangered Species Trang, Thailand June 23-30, 2016 (29) 2016 口頭 Invited

10. Keiya Uehara, Kotaro Ichikawa & Nobuaki Arai Seasonal and individual differences of movement patterns of dugongs in Okinawa, Japan The 5th Design Symposium on Conservation of Ecosystem (SEASTAR2000) Kyoto, Japan December 21 -22 2016 口頭

11. Kotaro Tanaka, Kotaro Ichikawa, Nobuaki Arai, Kongkiat Kittiwattanawong & Hiromichi Mitamura Development of automatic discrimination method for dugong calls and tonal noise by machine learning The 5th Design Symposium on Conservation of Ecosystem (SEASTAR2000) Kyoto, Japan December 21 -22 2016 ポスター

12. Kotaro Ichikawa Studies on Habitat use of Dugongs by Using Acoustic Biologging National Symposium of

Dugong and Seagrass in Indonesia 2016
Bogor, Indonesia April 20-21, 2016 口頭
Invited

13. 田中広太郎・市川光太郎・西澤秀
明・Kongkiat Kittiwattanawong・荒井修
亮・三田村啓理 タイ国タリボン島沿岸域に
おけるジュゴンの発声行動に影響を与える
要因 平成 28 年度日本水産学会春季大会
東京海洋大学 3/27-3/30 2016 ポスター

14. Kotaro Ichikawa, Badr Eldinn
Khalf alla Adm, Nobuaki Arai,
Abdelmoneim Karamalla Gaiballa, &
Hiroshi Nawata Stroke patterns of a
dugong revealed by using acoustic
biologging The 5th International Seminar
on Biodiversity and Evolution: New
Methodology for Wildlife Science Kyoto
University 7-Jun-16 2016 口頭 Invited

15. 市川光太郎・元山 渚・赤松友成・
Louisa Ponnampalam・Kee Alfian・荒井
修亮 マレーシア・ジョホール州沿岸におけ
るジュゴンの海域利用特性 平成 27 年度日
本水産学会春季大会 東京海洋大学
3/27-3/31 2015 ポスター

16. Kotaro Ichikawa and Nobuaki
Arai Studies on habitat use and vocal
activities of dugongs by using acoustical
analysis International Seminar Basic
Science for Sustainable Marine
Development Pattimura University,
Ambon, Indonesia 6 月 3 日 2015 口頭
Invited

17. 松尾侑紀、市川光太郎、荒井修亮、
守屋和幸、若井嘉人、半田由佳理、古田正
美 飼育環境がジュゴンの発声行動に与え
る影響 -鳥羽水族館の事例- 海洋理工学会
平成 26 年度秋季大会 東海大学 14-Nov
2014 口頭

〔図書〕(計 4 件)

18. 市川光太郎 ジュゴンの生態調査に
貢献する音響技術、『海の姿を測る』、海洋
理工学会編 京都通信社 2015

19. 市川光太郎 ジュゴンの上手なつか
まえ方 岩波書店 2014

20. 市川光太郎・縄田浩志 ジュゴン(ア
ラブのなりわい生態系第 7 巻) 臨川書店
2014

21. 市川光太郎、バドゥルッディーン・
ハラファッター・アーダム、アーディル・
ムハンマド・サーリフ、荒井修亮 紅海西
岸ドンゴナーブ湾の漁民とジュゴン 国立
科学博物館叢書『砂漠誌—人間・動物・植
物が水を分かち合う知恵』, p240-248 2014.

〔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

6. 研究組織

(1)研究代表者
市川 光太郎 (ICHIKAWA, Kotaro)
京都大学フィールド科学教育研究センタ
ー・准教授
研究者番号：70590511

(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
()