

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：62611

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14793

研究課題名(和文) 衛星通信とバイオロギングの統合による海洋動物生態の遠隔観測システムの開発

研究課題名(英文) Development of remote observation system for studying the ecology of marine animals

研究代表者

高橋 晃周 (Takahashi, Akinori)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：40413918

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：直接観測が難しい海洋動物の生態についての研究を推進するために、衛星通信等を用いて遠隔的にデータを取得するシステムの開発が求められている。しかし衛星通信で伝送できるデータ容量は少なく、鍵となる生態情報を効率的にデータに集約する手法の確立が重要である。そこで本研究では、加速度・ビデオ記録から行動・生態的に重要なイベントのみを抽出することで、得られる生態情報を最大化しつつデータ容量を圧縮する記録計の開発を行った。開発した記録計を、北太平洋を広く回遊するキタゾウアザラシに装着し、その餌の捕食回数・深度を加速度・深度記録から、餌種をビデオ記録から、効率的に抽出することに成功した。

研究成果の概要(英文)：Marine animals are often difficult to observe directly, and a remote observation system via satellite link is needed to advance their ecological studies. However, data transmission capacity of satellites is limited and it is important to obtain maximal amount of key ecological information summarized in small amount of transmitted data. We therefore developed data loggers to summarize the information on prey captures from the event recordings of characteristic acceleration signals and the information on prey species from limited amount of video data using acceleration-trigger system to start video recordings. We successfully applied these techniques on northern elephant seals to obtain information about the frequency and depth of prey captures as well as prey species during seals' foraging migrations over North Pacific.

研究分野：動物生態学

キーワード：海洋生態 動物行動 バイオロギング

1. 研究開始当初の背景

直接観測が難しい海洋動物の生態研究を推進するために、バイオロギング手法(アーカイバル記録計を動物に装着する手法)が開発され、近年では多くの種に適用されるようになった。その一方で記録計を回収することが困難な海洋動物も多く、衛星通信技術によってバイオロギングデータを遠隔的に取得できれば、研究が大きく進むことが期待される。しかし、衛星通信で伝送できるデータ容量は少なく、バイオロギングによって得られる大量のデータから鍵となる生態情報を効率的に集約する手法の確立が重要であるとの着想に至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、海洋動物研究において鍵となる生態情報(餌の捕食回数・餌種等)を効率的に集約して少ないデータ容量で記録する手法を確立することである。また、これらの手法をカリフォルニアで繁殖するキタゾウアザラシに適用し、回遊中のキタゾウアザラシの詳細な捕食行動を捉えることを試みる。

3. 研究の方法

まず野外調査に使用するための行動集約型加速度ロガーの開発、およびイベント駆動型ビデオロガーの開発を行った。行動集約型加速度ロガーは、動物が餌を捕食する際に見られる特徴的な加速度波形の発生回数だけを記録することで捕食行動を長期間にわたってしかも少ないデータ容量で記録する記録計である。またイベント駆動型ビデオロガーは、電池の制限によって短時間しか録画できないビデオを効率的に使うために、加速度センサーと連動させて、捕食行動が見られたときのみ記録を開始する記録計である。次に、開発した記録計を米国カリフォルニア州で繁殖するキタゾウアザラシに取り付け、アザラシが約2-3ヶ月におよぶ海への回遊から戻ったところで回収した。回収した記録計の加速度・ビデオデータから、回遊中のアザラシの捕食行動を解析した。アザラシにはアルゴ衛星発信機も取り付けて、回遊中の移動経路も追跡した。

4. 研究成果

(1) 行動集約型加速度ロガーの開発とゾウアザラシの捕食行動解析

開発を行った行動集約型加速度ロガーをキタゾウアザラシに取り付けた結果、従来の生波形型加速度記録計では難しかった、約2-3ヶ月にわたる全回遊期間中のアザラシの捕食行動を記録することができた。また、これらの記録を、同時に装着した地磁気データロガーのデータと合わせて解析した。その結果、キタゾウアザラシは不均一にパッチ状に分布した餌を捕食しており、餌との遭遇に応じて三次元的な移動軌跡の直線度を変化さ

せることで、効率的な餌の探索を行っていることが明らかになった (Adachi et al. 2017)。

(2) イベント駆動型ビデオロガーの開発とゾウアザラシの中深層での捕食行動の記録

開発を行ったビデオロガーをゾウアザラシに装着し、回収した結果、ビデオの記録開始を捕食行動発生時のみに限定することで最大2週間程度にわたる捕食行動時の映像記録を得られることがわかった(図1)。またビデオの記録からキタゾウアザラシの餌の8割が魚類で占められていることがわかった。これは魚類よりも頭足類が重要な餌であるとする従来の仮説を覆す結果である(吉野ら、準備中)。



図1. イベント駆動型ビデオロガーとアルゴ衛星発信機を頭部に装着されたキタゾウアザラシ

またキタゾウアザラシは800m以深の深い深度で大型の魚と遭遇し、捕食を行っていることがわかった。行動集約型加速度ロガーとビデオロガーのデータを合わせて解析した結果、特に体サイズの大きな個体が800m以深まで頻繁に潜水し、大型の魚を捕食していることが示唆された(図2)。800m以深の深度は低酸素層となっており、低酸素濃度のために動きの鈍くなった魚がゾウアザラシにとって捕食しやすい餌となっている可能性が示唆された(Naito et al. 印刷中)。

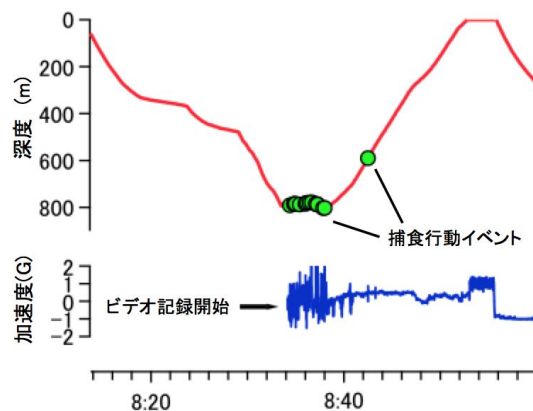


図2. キタゾウアザラシの潜水・捕食行動記録の一例と、捕食行動イベント時にビデオに記録された大型の魚(Ragfish)の捕食シーン

以上の結果から、加速度・ビデオロガーを用いて海洋動物の餌の捕食回数や餌種を効率的に集約して少ないデータ容量で記録する手法を開発できたと考えられる。これらは今後バイオリギングデータを衛星通信を通じて遠隔的に取得する上で重要なステップになると考えられる。またデータ容量を少なくすることで記録計の小型化にも貢献できると考えられ、様々な海洋動物の行動生態研究への応用が期待される。

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3件)

Naito Y, Costa DP, Adachi T, Robinson PW, Peterson SH, Mitani Y, Takahashi A, Oxygen minimum zone: an important oceanographic habitat for deep-diving northern elephant seals, *Mirounga angustirostris*, Ecology and Evolution, 査読有, 掲載決定

Adachi T, Costa D, Robinson P, Peterson S, Yamamichi M, Naito Y, Takahashi A, Searching for prey in a three-dimensional environment: hierarchical movements enhance foraging success in northern elephant seals, Functional Ecology, 査読有, 31, 361-369, 2017. (本論文は当該学術誌の Spotlight article に選ばれ、その成果の意義を紹介する論文[Gleiss 2017 Functional Ecology 31: 284-285]が同時に掲載された。) Doi: 10.1111/1365-2435.12686

Maresh J, Adachi T, Takahashi A, Naito Y, Crocker D, Horning M, Williams T, Costa D, Summing the strokes: energy economy in northern elephant seals during large-scale foraging migrations, Movement Ecology, 査読有, 3, 22. 2015. Doi: 10.1186/s40462-015-0049-2

[学会発表](計6件)

Adachi T, Naito Y, Robinson PW, Costa DP, Takahashi A, A deep-diving seal expands whiskers for active prey-sensing in the dark ocean, 7th Symposium on Polar Science, 2016年11月29日, 国立極地研究所(東京都・立川市)

Yoshino K, Adachi T, Naito Y, Robinson PW, Costa DP, Takahashi A, Prey species

of female northern elephant seals during their post-breeding migrations as observed by video data loggers, 7th Symposium on Polar Science, 2016年11月29日, 国立極地研究所(東京都・立川市)

吉野薫, 安達大輝, 内藤靖彦, Robinson P, Costa DP, 高橋晃周, ビデオロガーを用いた回遊中のキタゾウアザラシの採餌行動に関する研究, 日本動物行動学会第35回大会. 2016年11月11日~13日, 新潟大学, 新潟市.

Takahashi A, Bio-Logging: studying wildlife in the ocean from an 'animal's eye' view, The 5th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, 2016年3月4日. 犬山国際観光センター(愛知県・犬山市)(招待講演).

Adachi T, Robinson PW, Peterson SH, Costa DP, Naito Y, Takahashi A, How fast do seals dive? Diurnal cycles in the swim speed of northern elephant seals driven by changes in foraging depth, 21th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, 2015年12月13日~18日, San Francisco (USA)

吉野薫, 安達大輝, 内藤靖彦, Robinson P, Costa DP, 高橋晃周, ビデオロガーを用いた回遊中のキタゾウアザラシの採餌行動に関する研究, 日本動物行動学会第34回大会. 2015年11月20日~22日, 東京海洋大学(東京都港区)

[その他]

一般向けアウトリーチ依頼講演(計3件)
高橋晃周. 「バイオリギング: ペンギン目線の動物行動学」. 2017年3月21日. 事業構想スピーチ, 事業構想大学院大学(東京都港区)

高橋晃周. 「バイオリギングで探る海洋動物の行動生態」. 2016年11月9日. 立川市協働企画公開講座, 立川市女性総合センター(東京都立川市)

高橋晃周. 「バイオリギングで探る海の動物の暮らし」. 2015年11月29日. 大学共同利用機関シンポジウム 2015, アキバ・スクエア(東京都千代田区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 晃周 (TAKAHASHI Akinori)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号: 40413918

(2)連携研究者

内藤 靖彦 (NAITO Yasuhiko)
国立極地研究所・名誉教授
研究者番号：80017087

(3)研究協力者

安達 大輝 (ADACHI Taiki)
東京大学・理学系研究科・日本学術振興会
特別研究員 PD
研究者番号：20756176

COSTA Daniel

カリフォルニア大学・サンタクルーズ校・
教授

ROBINSON Patrick

カリフォルニア大学・サンタクルーズ校・
講師