

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23255001

研究課題名(和文) 海洋表層の環境変動に対する中深層性大型捕食動物の生態応答の解明

研究課題名(英文) Ecological responses of large mesopelagic predators to environmental variability in the open ocean

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) 32,000,000円

研究成果の概要(和文)：海洋の中深層に潜水する大型動物・ゾウアザラシ類の捕食行動と海洋環境変動の関係を明らかにするために、動物装着型データロガーによる採餌行動の研究を行った。捕食行動を長期間(3-5ヶ月)記録できる加速度ロガーや、カメラロガーを新規に開発し、北東太平洋を回遊するゾウアザラシに取り付けた。その結果、アザラシが小型の中深層性魚類(ハダカイワシなど)を主な餌とし、400-600mの中深層に捕食が集中すること、亜寒帯循環・亜熱帯循環移行領域に「捕食のホットスポット」が見られること、などが明らかになった。移行領域に見られる海洋環境変動がキタゾウアザラシの捕食成功率や繁殖成績に強い影響を与えることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We examined the foraging behaviour of northern elephant seals, an important mesopelagic predator in the North Pacific Ocean, using newly developed animal-borne data loggers, to investigate how their behaviour and ecology link with the mesopelagic environment in the open ocean. We monitored the feeding events and prey type of the seals from long-term jaw acceleration records and images from head-mounted cameras, during their oceanic migration across Northeastern Pacific. We found that the seals relied heavily on small mesopelagic prey, such as myctophids, and fed mostly at the 400-600 m depth zones. Number of feeding events varied largely day-to-day throughout their migrations, and foraging 'hotspot' were identified in the subarctic-subtropical transition zones. We suggest that environmental variability in the transition zone should have important consequences on the foraging success and reproduction of northern elephant seals.

研究分野：動物生態学

キーワード：海洋生態 環境変動 動物行動 データロガー バイオロギング

### 1. 研究開始当初の背景

海洋の中深層(200-1000m)は、表層(0-200m)に比べて、調査船などによる生物観測の機会が限られており、生態系構造やその時空間変動についての知見が乏しい。その一方で、海洋大型動物の潜水行動を記録する技術が近年急速に発達し、中深層が従来考えられていたよりも生物量の多い、高次捕食動物にとって重要な領域であることが明らかとなってきた。そこで、中深層に潜水して餌をとるゾウアザラシ類の回遊中の捕食行動を長期間にわたって記録し、捕食行動の時空間変動と海洋環境との関係を明らかにすることができれば、中深層の生態系構造やその時空間変動についての重要な知見が得られると考えるに至った。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は海洋の中深層に潜水する大型動物・ゾウアザラシ類の捕食行動を新規手法によって数ヶ月にわたって記録し、捕食行動の時空間変動に関するデータを得ることである。それらのデータから、ゾウアザラシ類がいかに中深層の餌環境を効率的に利用するよう行動しているか明らかにすることを目的とした。また、捕食行動の時空間変動と海洋環境・生物一次生産との関係を解析し、高次捕食動物からみた海洋環境変動と中深層の生態系変動との関係を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

平成 23~26 年度の間、米国カリフォルニア州においてキタゾウアザラシに様々な記録計(データロガー)を取り付ける野外調査を実施した。捕食行動を記録するために、長期間(3-5ヶ月)の記録が可能な加速度ロガーを開発し、アザラシの顎に取り付けた。また同じ加速度ロガーを背中にも取り付け、アザラシのストローク(ヒレを動かす行動)を記録した。画像・映像を記録するカメラロガーを開発し、アザラシの頭や顎に取り付け、アザラシが食べている餌生物の特定を行った。アザラシにはアルゴス衛星発信機も取り付けて、回遊中の移動経路も追跡した。

平成 24 年度には、北東太平洋のゾウアザラシの主要な採餌海域に北海道大学練習船「おしよる丸」で赴き、軽量魚探、ネットを用いた中深層性生物の観測を実施した。

### 4. 研究成果

#### (1) 中深層におけるゾウアザラシの餌生物

ゾウアザラシの顎に取り付けた加速度ロガーの加速度・深度データおよび衛星発信機の位置データを解析し、アザラシがいつ、どの海域の、どの深度で、何回餌を食べていたかを解析した。アザラシは繁殖後、北東太平洋を2ヶ月間程度かけて回遊し、再び換毛のために同じ上陸場に戻った。この間1個体あたり平均約 44,000 回の餌の捕食行動が顎の

加速度変化として記録された。捕食行動は400-600mの中深層域に集中していた。画像の記録から、ゾウアザラシの餌は主に10-20g程度の小型のハダカイワシ類が中心だと推定された。ハダカイワシ類は、一匹あたりのサイズは小さいものの、群れとなった餌を連続的に捕食することができる。ゾウアザラシは餌サイズの小ささを捕食回数の増加で補って、繁殖や換毛等に必要なエネルギーを蓄積していると考えられた。

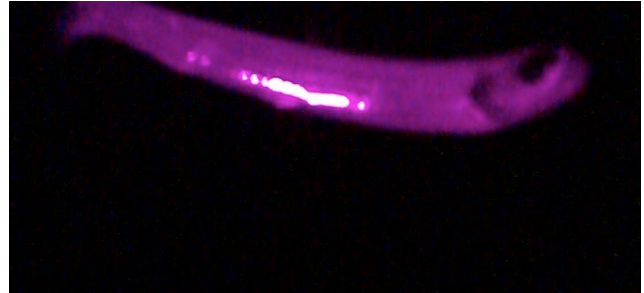


図 1. ゾウアザラシの頭に取り付けたカメラロガーで得られたハダカイワシ魚類の画像

#### (2) ゾウアザラシの浮力変化と捕食行動

ゾウアザラシの背中に取り付けられた加速度ロガーから、アザラシが中深層への潜水中に移動のために何回ストロークをしていたかを解析した。アザラシは繁殖終了後に回遊を始めた時には、体内の脂肪量が少なく負の浮力を持っており、浮上中のストローク回数が多かった。回遊が進むにつれ、脂肪が蓄積され浮力が中性に近づくと、浮上中のストローク回数が小さくなった。ストローク回数が多いとヒレを動かすために消費するエネルギーが増えるため、アザラシはある程度脂肪を蓄えた方が効率的に中深層へ潜水できることが明らかになった。

#### (3) 捕食行動の時空間変動

ゾウアザラシの餌の捕食回数を、1日ごとに集計したところ、1日あたりの捕食回数は回遊中に大きく変化することがわかった。特に、繁殖地周辺の海域では捕食回数が少なく、北東太平洋の亜寒帯循環・亜熱帯循環移行領域において捕食回数が多かった(捕食のホットスポット海域)。

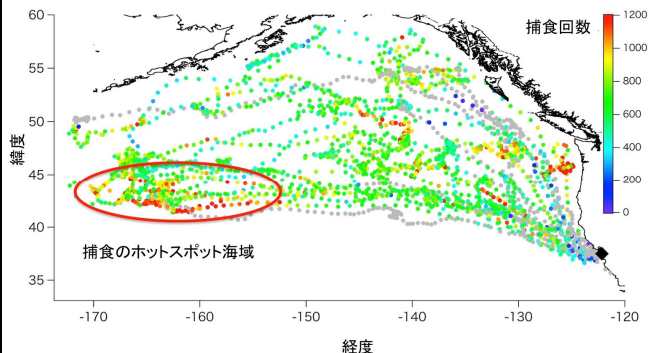


図 2. キタゾウアザラシにおける回遊経路に沿った1日あたりの捕食回数の空間分布

またゾウアザラシの中深層での捕食回数と衛星から得られた海域ごとのクロロフィル濃度との相関を調べたところ、捕食回数と海洋表層の生物一次生産との関係は弱いことが明らかになった。中深層での生物生産は表層での一次生産と直接リンクするわけではなく、水中の温度・塩分躍層の強度や海流といった表層-中深層の物質循環に関わる海洋構造によって強く影響されることが示唆された。

#### (4) 調査船による移行領域の餌生物観測

ゾウアザラシの主要な捕食海域である北東太平洋の亜寒帯循環・亜熱帯循環移行領域へ調査船で赴き、中深層の餌生物の観測を行った。計量魚探から推定された深度400-600mの餌生物量は亜寒帯域よりも移行領域において高いこと、48種の魚類が確認された中で最も生物量が高いのがハダカイワシ類であることがわかった。この結果から、移行領域の中深層にハダカイワシ類が豊富に分布しており、これがキタゾウアザラシにとっての捕食のホットスポットを形成していることが示唆された。

### 5. 主な発表論文等

#### [雑誌論文](計7件)

Adachi T, Maresh J, Robinson P, Peterson S, Costa D, Naito Y, Watanabe Y, Takahashi A, The foraging benefits of being fat in a highly migratory marine mammal, *Proceedings of the Royal Society B*, 査読有, 281, 20142120, 2014.  
Doi:10.1098/rspb.2014.2120

Naito Y, Costa DP, Adachi T, Robinson PW, Fowler M, Takahashi A, Unravelling the mysteries of a mesopelagic diet: a large apex predator specializes on small prey, *Functional Ecology*, 査読有, 27, 710-717, 2013.  
Doi: 10.1111/1365-2435.12083

Watanabe Y, Takahashi A, Linking animal-borne video to accelerometers reveal prey capture variability, *Proceedings of National Academy of Science USA*, 査読有, 110, 2199-2204, 2013.  
Doi:10.1073/pnas.1216244110

#### [学会発表](計20件)

Takahashi A, Antarctic marine ecosystem as seen through the eyes of top predators, *Gordon Research Conference, Polar Marine Science 2015*, 2015年3月15-20日. Barga, Italy (招待講演).

Takahashi A, Watanabe Y, Adachi A, Yoshino K, Naito Y. Using animal-borne videos and accelerometers to examine the prey capture of marine predators, 5<sup>th</sup> International Biologging Science Symposium, 2014年9月22-27日. Strasbourg, France.

西條大輔, 宮下和士, 三谷曜子, 摂餌回遊期におけるキタゾウアザラシメスの分布と海洋環境に関する研究. 平成26年度日本水産学会春季大会. 2014年03月27-31日. 北海道大学函館キャンパス. 函館市.

安達大輝, Robinson P, 高橋晃周, Goetsch C, Peterson S, Costa D, 内藤靖彦, キタゾウアザラシの採餌行動: 繁殖後回遊と換毛後回遊の比較. 日本生態学会第60回大会. 2013年03月05日. 静岡県コンベンションアーツセンター. 静岡市.

Naito Y, Costa DP, Adachi T, Robinson PW, Fowler M, Takahashi A, Foraging Adaptation in Deep Water by Adult Female Northern Elephant Seals, 19<sup>th</sup> Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, 2011年11月28日, Tampa, Florida, USA

#### [図書](計1件)

内藤靖彦, 佐藤克文, 高橋晃周, 渡辺佑基. 「バイオロギング-「ペンギン目線」の動物行動学」成山堂書店. 2012年. 182ページ.

#### [その他]

一般向けアウトリーチ依頼講演(計5件)  
高橋晃周. 「バイオロギングでさぐる海の動物のくらし」. 2014年11月16日. 東京都葛西臨海水族園.

高橋晃周. 「海洋動物の生態研究におけるデータロギング」. 情報・システム研究機構シンポジウム 2013. 2013年12月17日. 国立極地研究所.

高橋晃周. 「海の動物の目線で南極をみる」. 2013年12月15日. 練馬区生涯学習センター.

高橋晃周. 「ペンギン・アザラシの行動学」. 横須賀高校研究所見学講演. 2013年5月9日. 国立極地研究所.

高橋晃周. 「バイオロギング-「ペンギン目線」の動物行動学」国立極地研究所サイエンスカフェ. 2012年5月26日. 国立極地研究所. 南極・北極科学館.

一般向けアウトリーチ記事依頼執筆(計1件)  
高橋晃周.動物カメラがとらえる世界.  
自然と科学の情報誌 Milsil (発行:国立  
科学博物館). Vol.5. No.1. p.8-10. 2012  
年.

プレスリリース(計1件)

英国王立協会紀要に発表した研究成果  
(雑誌論文)について、国立極地研究  
所および総合研究大学院大学から2014年  
11月5日にプレスリリースを行った。  
Science 誌のウェブサイトで取り上げら  
れた他、毎日新聞、Le Monde 等の国内外  
のメディアで報道された。

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)研究分担者

飯田 高大 (IIDA Takahiro)  
国立極地研究所・研究教育系・助教  
研究者番号: 90455189

坂本 健太郎 (SAKAMOTO Kentaro)  
北海道大学・獣医学研究科・講師  
研究者番号: 80374627

森 貴久 (MORI Yoshihisa)  
帝京科学大学・生命環境学部・教授  
研究者番号: 90367516

三谷 曜子 (MITANI Yoko)  
北海道大学・北方生物圏フィールド科学セ  
ンター・准教授  
研究者番号: 40538279  
(H23年度: 連携研究者)

(3)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

佐藤 克文 (SATO Katsufumi)  
東京大学・大気海洋研究所・教授  
研究者番号: 50300695  
(H23年度: 研究分担者)