

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 28 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20310016

研究課題名（和文） 南極海におけるペンギン類の長期生態変動メカニズムの解明

研究課題名（英文） Long-term ecological variability and its mechanisms in Antarctic penguins

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

研究成果の概要（和文）：

南極海におけるペンギン類の個体数変動の種間・地域間の違いをもたらすメカニズムを明らかにするために、最新の動物装着型記録計による採餌行動の研究を行った。ペンギンの採餌行動とその環境要因（特に海水分布）との関係は、同所的に生息する種間および同種の地域間で異なることが明らかになった。採餌行動の種間・地域間の違いにより、海洋環境変化がペンギンの繁殖に与える影響は異なり、それによって個体数変動の違いが生じていることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

We examined the foraging behavior of Antarctic penguins using recently developed animal-borne data loggers, to investigate the ecological mechanisms behind the inter-specific and regional differences in population variability. We found marked differences in the foraging behaviors and their environmental relationships (especially with sea-ice distributions) among sympatric penguin species as well as among regional populations of the same species. Such inter-specific / regional differences in the foraging behaviors would lead to variable environmental effects on reproduction and population variability in different species / populations of Antarctic penguins.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2009年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2010年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	13,100,000	3,930,000	17,030,000

研究分野：動物生態学、海洋生態学、環境学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：海洋生態、環境変動、動物行動、極域科学、バイオリギング

1. 研究開始当初の背景

南極の近年の環境変化が生態系に及ぼす影響の評価を行うためには、環境の変化が生態系構成種の生態に変化をもたらすメカニズムを知ることが重要である。近年急速に温

暖化が進行している西南極地域には複数種のペンギンが生息している。これらの種の近年の個体数の変化傾向には種間の違いがあり、アデリーペンギン、ヒゲペンギンでは減少傾向、ジェンツーペンギンでは増加傾向に

ある。一方、東南極地域においては、西南極地域と対照的に、アデリーペンギンの個体数は増加傾向にある。こうした個体数の変化傾向の種間・地域間の違いが、どのようなペンギンの採餌・繁殖生態の違いに起因し、また海洋環境の変化とどのように関わっているのか、その生態的メカニズムに関する知見は限定的であった。

2. 研究の目的

本研究は、南極海海洋生態系の主要構成種であるペンギン類について、海洋環境の変動により長期的な個体数・生態の種間・地域間の変動が生じるメカニズムを明らかにすることを目的とした。具体的には、(1)複数種のペンギンが同所的に生息する西南極地域で野外調査を行い採餌行動の種間比較を行うこと、(2)東南極地域でも野外調査を行って採餌行動の地域間比較を行うことにより、海洋環境の変化とペンギンの個体数・生態変動との関係を明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

平成 20～21 年度の間、西南極地域において 3 種類のペンギン（アデリー、ヒゲ、ジェンツー）の行動・生態に関する野外調査を実施した。また、平成 22 年度に東南極地域においてアデリーペンギンの行動・生態に関する野外調査を実施した。GPS-深度データロガー、画像・動画データロガー、加速度データロガーをペンギンに装着し、一定期間後に回収することで、移動軌跡（採餌場所）や水中での捕食行動についての新規データを取得した。これらの新規データに加えて、過去にこれらの地域で得られている採餌行動、繁殖成績のデータを合わせて解析した。

4. 研究成果

(1) ペンギンの採餌行動の種間比較

GPS-深度データロガーによって記録された西南極地域キングジョージ島のヒゲペンギン・ジェンツーペンギンの採餌場所、潜水深度を種間で比較したところ、ジェンツーペンギンは沿岸海域の底層を、ヒゲペンギンは外洋海域の表層を利用するという採餌生態の違いが明らかになった。西南極地域において、ヒゲペンギンの個体数は減少傾向にあるのに対し、同じ場所で繁殖するジェンツーペンギンの個体数は増加・安定傾向にあり、こうした個体数傾向の違いが採餌海域の違いと関連することが示唆された。

西南極地域シグニー島・キングジョージ島のアデリーペンギン・ヒゲペンギン・ジェンツーペンギンの水中での捕食行動について画像データロガーの記録を解析した。ペンギンが餌のナンキョクオキアミを捕食する深度が、海表面での海氷（バックアイス）の分布

状態によって変化することが明らかになった。西南極地域においては、海水の分布の減少がナンキョクオキアミの深度分布の変化を通じてペンギンの採餌行動に影響することが示唆された。また他種に比べ、アデリーペンギンでは海氷がより多く分布する海域で採餌していることが明らかとなり、海氷への親和性が 3 種のなかで最も強いことが示唆された。

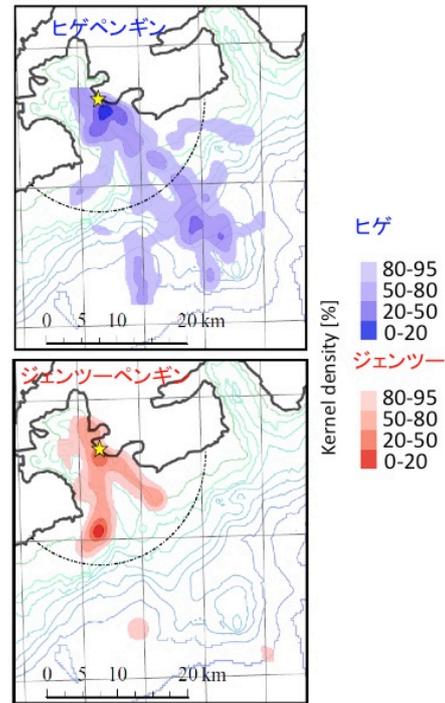


図 1. 南極キングジョージ島で繁殖するペンギン 2 種の採餌場所の違い。色の濃い場所がペンギンの集中潜水箇所を示す。

(2) ペンギンの採餌行動の地域間比較

東南極地域リュツォ・ホルム湾にある日本の昭和基地において GPS-深度データロガーを用いてアデリーペンギンの採餌場所を調査したところ、海面が定着氷に覆われたこの地域では、ペンギンの採餌場所が海岸沿いに広がる氷のクラックに限定されていることが明らかになった。開水面が広がる西南極地域と異なり、定着氷の張り出しがペンギンの採餌場所を強く制限していることが示された。

一方、ペンギンの背中に取り付けられたビデオの記録から、アデリーペンギンは中層においてオキアミを捕食するだけでなく、定着氷の直下の浅い深度 (2-5m) に分布する魚類であるボウズハゲギスも頻繁に捕食していることが明らかになった。

定着氷の張り出し強度が高かった調査年の結果を、昭和基地での過去の調査結果と比較したところ、採餌トリップ長は長く、繁殖成功率は低かった。定着氷が発達した年には、

ボウズハゲギスなどの海氷に強く依存した餌生物の利用が可能になる一方、ペンギンにとっては採餌場所を制限されるというコストが大きいと考えられた。

西南極地域と比べ、海氷の張り出し強度が元々厳しい東南極地域では、定着氷がペンギンの採餌場所を制限することで繁殖成功を左右し、ペンギンの個体数の変動に影響すると考えられた。リュツォ・ホルム湾では1990年代後半から2000年代後半にかけて定着氷の張り出し強度が弱まったことが報告されており、これに伴うペンギンの採餌場所制限の緩和が昭和基地周辺でのペンギンの個体数増加傾向をもたらす生態的メカニズムとなることが示唆された。



図2. アデリーペンギンに取り付けたビデオから得られた画像。水中での詳細な採餌行動の解析に有効なデータとなった。

以上(1)、(2)の内容を取りまとめて、国際学術雑誌、国内外の関連学会・シンポジウム等で成果発表を行った。

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10件)

- ① Kokubun N, Kim JH, Shin HC, Naito Y, Takahashi A. 2012. Penguin head movements detected using small accelerometers as a proxy of their prey encounter rates. *Journal of Experimental Biology*. 査読有. 214: 3760-3767. doi:10.1242/jeb.058263
- ② Pichegru L, Ropert-Coudert Y, Kato A, Takahashi A, Dyer BM, Ryan PG. 2011. Diving patterns of female macaroni penguins breeding on Marion Island, South Africa. *Polar Biology*. 査読有. 34: 945-954. doi:10.1007/s00300-010-0950-5
- ③ Watanabe Y, Sato K, Watanuki Y, Takahashi A (以下共著7名). 2011. Scaling of swim speed in breath-hold divers. *Journal of Animal Ecology*. 査読有. 80: 57-68. doi:10.1111/j.1365-2656.2010.01760.x
- ④ Kokubun N, Takahashi A, Mori Y, Watanabe S, Shin HC. 2010. Comparison of diving behaviour and foraging habitat use between chinstrap and gentoo penguins breeding in the South Shetland Islands, Antarctica. *Marine Biology*. 査読有. 157: 811-825. doi:10.1007/s00227-009-1364-1
- ⑤ Sato K, Shiomi K, Watanabe Y, Watanuki Y, Takahashi A, Ponganis P. 2010. Scaling of swim speed and stroke frequency in geometrically similar penguins - they swim optimally to minimize cost of transport. *Proceedings of the Royal Society B*. 査読有. 277: 707-714. doi:10.1098/rspb.2009.1515.
- ⑥ Watanuki Y, Takahashi A, Sato K. 2010. Individual variation of foraging behavior and food provisioning in Adelie penguins in a fast sea-ice area. *Auk*. 査読有. 127: 523-531. doi:10.1525/auk.2009.09088
- ⑦ Mori Y, Takahashi A, Trathan P, Watanuki Y. 2010. Optimal stroke frequency pattern during diving in seabirds. *Aquatic Biology*. 査読有. 8: 247-257. doi:10.3354/ab.00219
- ⑧ 高橋晃周、依田憲. 2010. バイオロギングによる鳥類研究. *日本鳥学会誌*. 査読有. 59: 3-19. doi:10.3838/jjo.59.3
- ⑨ Takahashi A. 2010. Antarctic Biology from the penguins' eye view. *Proceedings of the 13th Kyoto University International Symposium*. 査読無. 1: 9-12. http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news4/2009/091213_2.htm
- ⑩ Takahashi A, Kokubun N, Mori Y, Shin HC. 2008. Krill-feeding behaviour of gentoo penguins as shown by animal-borne camera loggers. *Polar Biology*. 査読有. 31: 1291-1294. doi:10.1007/s00300-008-0502-4

[学会発表] (計12件)

- ① Takahashi A, Watanabe Y. Foraging and breeding ecology of Adelie penguins at Hukuro Cove, Lutzow-Holm Bay, in the austral summer of 2010-2011. The 2nd Symposium on Polar Science. 17 Nov. 2011. National Institute of Polar Research, Tokyo.
- ② Watanabe Y, Takahashi A. Foraging behaviour of Adelie penguins monitored by video and acceleration loggers. The

- 2nd Symposium on Polar Science. 17 Nov. 2011. National Institute of Polar Research, Tokyo.
- ③ 高橋晃周. ペンギンの採餌における認知生態学. 日本バイオリギング研究会第7回シンポジウム. 2011年11月12日. 名古屋大学. 名古屋市 (招待講演).
- ④ Kokubun N, Kim JH, Shin HC, Naito Y, Takahashi A. Foraging behaviour of Antarctic penguins detected by accelerometers attached on their head. 4th International Symposium on Bio-logging Science. 14 Mar. 2011. Wrest Point Hotel and Conference Center, Hobart, Australia.
- ⑤ 國分互彦, 金政勲, 申炯澈, 内藤靖彦, 高橋晃周. ペンギンの頭の動きからわかる採餌行動. 日本鳥学会 2010 年度大会. 2010年9月18日. 東邦大学. 船橋市.
- ⑥ Takahashi A (以下共著4名). Spatial movement linked to diving behaviour in chinstrap penguins. 1st World Seabird Conference. 8 Sep. 2010. Victoria Conference Center, Victoria, Canada.
- ⑦ Takahashi A. Antarctic Biology from penguins' eye view. 13th Kyoto University International Symposium: New Horizons of Academic Visual-Media Practices. 11 Dec. 2009. Kyoto University, Kyoto (Invited).
- ⑧ 高橋晃周. ペンギンの採餌生態学. 日本鳥学会 2009 年度大会・大会シンポジウム. 2009年9月22日. 函館国際ホテル. 函館市.
- ⑨ Takahashi A, Kokubun N, Mori Y, Shin HC. How do penguins plan their dives? Recent experience guides foraging decisions. XXI International Ethological Conference. 20 Aug. 2009. University of Rennes, France.
- ⑩ Takahashi A. (以下共著5名). Fine-scale linkages between foraging penguins and marine habitat features in South Orkney Islands, Antarctica. Xth SCAR International Biology Symposium. 28 Jul. 2009. Hokkaido University, Sapporo.
- ⑪ Takahashi A. (以下共著5名). Animal-borne biologging systems reveal fine-scale linkages between foraging penguins and marine habitat features in South Orkney Islands, Antarctica. 5th World Fisheries Congress. 23 Oct. 2008. Pacifico Yokohama, Yokohama.
- ⑫ Mori Y, Takahashi A, Watanuki Y. Optimal diving incorporating variable metabolic rate depending on diving

depth and buoyancy: A model and observed data. 3rd International Biologging Science Symposium. 4 Sep. 2008. Monterey, USA.

[図書] (計2件)

- ① 内藤靖彦, 佐藤克文, 高橋晃周, 渡辺佑基. 「バイオリギング-「ペンギン目線」の動物行動学」 成山堂書店. 2012年. 182ページ.
- ② 高橋晃周 (共著: 日本バイオリギング研究会編), 「動物たちの不思議に迫るバイオリギング」. 京都通信社. 2009年 156-159, 174-175 ページ.

[その他]

- 一般向けアウトリーチ依頼講演 (計6件)
- ① 高橋晃周. 「バイオリギング-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.
- ② 高橋晃周. 「ペンギンの目線で見る南極の温暖化と生態系」. 「温暖化を考える」シリーズ講演. 2012年1月28日. 札幌市環境プラザ.
- ③ 高橋晃周. 「ペンギンが撮ったペンギン-動物カメラでとらえる南極での生態-」 企画展「バイオリギング-動物目線の行動学」記念講演. 2012年1月14日. 国立科学博物館.
- ④ 高橋晃周. 「ペンギンの目線で南極を見る」 国立極地研究所一般公開講演. 2010年7月24日. 国立極地研究所.
- ⑤ Takahashi A. 'Marine ecology and conservation from a seabird's eye view'. 1st Asian Marine IBA Workshop. 2010年4月14日. JICA 地球ひろば.
- ⑥ 高橋晃周. 「極域の大型動物の行動と生態」 サイエンスパートナーシッププログラム講演・浦和西高等学校. 2009年8月17日. 国立極地研究所.

一般向けアウトリーチ記事依頼執筆(計3件)

- ① 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.
- ② 高橋晃周. 南極昭和基地でのアデリーペンギンの生態調査. どうぶつと動物園 (発行: 東京動物園協会). 第63巻第3号. p. 16-20. 2011年
- ③ 高橋晃周. ペンギンから見る南極の環境変化. 自然と科学の情報誌 Milsil (発行: 国立科学博物館). Vol. 3. No. 4. p. 15-17. 2010年.

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

(3) 連携研究者

佐藤 克文 (SATO KATSUFUMI)
東京大学・大気海洋研究所・准教授
研究者番号：50300695

(2008年度：研究分担者)

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

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