

令和 2 年 9 月 9 日現在

機関番号：62611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K16185

研究課題名(和文)長期行動計測による南極の高次捕食動物の越冬生態の解明

研究課題名(英文)Study on overwintering ecology of Antarctic top predators by long-term tracking

研究代表者

國分 互彦(Kokubun, Nobuo)

国立極地研究所・研究教育系・助教

研究者番号：90580324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、冬期から早春に、南極海の海洋表層と中層で、高次捕食動物の採餌と生存の鍵となっている生態的要因を解明することを目的として、潜水性(アデリーペンギン)と飛翔性(ユキドリ)の越冬中の行動と食性を調べた。これらの種の冬期の行動特性を調べるためにジオロケータを装着し、1年後にそれらの機器を回収した。行動軌跡は両種ともに現在解析中であるが、回収時に採取したユキドリの羽毛の安定同位体比分析を進めた結果、越冬前半と越冬後半で食物の組成が異なること、また越冬前半で特に食性の個体差が大きいことが明らかとなった。このほか、南極昭和基地周辺でこれまで本格的に調べられたことのなかった巣の分布も明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で、冬期の潜水性と飛翔性の南極の海鳥の行動情報を取得したことで、この地域の海洋生態系の鍵であり、かつ季節的・経年的に変動する海氷が、彼らの生存にどう影響しているかを今後明らかにしてゆけると考えられる。南極昭和基地を含む東南極域は、南極半島域と比べると海氷が多く、長期的には海氷の増減がない。その一方、昭和基地周辺では、数十年に一度大きく定着氷が流出することがある。潜水性のアデリーペンギンは、定着氷が流出すると、採餌状況が好転して繁殖成績が良くなることが明らかとなってきた。今後、飛翔性のユキドリに関しても、海氷の長期変動が餌状況の変化を通じて行動にどう影響するか明らかにできると期待される。

研究成果の概要(英文)：This study investigated wintering locations, as well as behavior and food habits of diving (Adelie penguin) and flying (snow petrels) Antarctic seabirds, aiming to reveal key ecological factors affecting their foraging and survival during winter. Geolocators were deployed during breeding season in summer and they were retrieved in the subsequent breeding season. The overwintering tracks of these species are still under analyses, but stable isotope analyses on feathers of snow petrels suggests that their food composition differed between the earlier and later parts of the wintering period, and that the individual variability in the food habits is larger in the earlier part of the wintering period. Furthermore, snow petrel nest distribution was investigated in the areas near the Syowa Station, Antarctica, where has not been observed extensively up to now.

研究分野：海洋生態学

キーワード：飛翔性海鳥 潜水性海鳥 極域生態系 安定同位体比 ジオロケータ

1. 研究開始当初の背景

近年、南極域の海水の変動と高次捕食動物の個体数変化の関連が大きな注目を集めている。南極の比較的温暖な地域である南極半島域では、顕著な温暖化による海洋環境の変化や餌生物の変化を通じて、高次捕食動物に負の影響が出ている。一方、比較的寒冷で海水の多い東南極域では、海水の長期変化に明瞭な傾向がないものの、潜水性の捕食者であるアデリーペンギンは長期的に増加傾向、飛翔性の捕食者であるユキドリは増減傾向がないといったように、捕食者の特性によってトレンドが異なっており、同じ地域内でこのように異なる環境応答の生じる要因の解明が大きな課題となっている。特に南極の夏の繁殖期間中の繁殖地周辺の海水状況のみでは繁殖個体数や繁殖成績の長期トレンドを説明しきれないことから、南極の冬を動物がどのように乗り切っているか調べるのが重要視されつつある。このような状況を打開するため、これらの動物にジオロケータという長期記録計を装着して越冬中の分布域を明らかにするとともに、採取した羽毛や血液の安定同位体比を分析して越冬中の採餌状況を把握し、これらの手法によって彼らの採餌特性と海水との関連を明らかにしようと考えた。

2. 研究の目的

本研究は、海水が多く、その季節変化の大きい東南極域で、代表的な飛翔性と潜水性の高次捕食動物、ユキドリとアデリーペンギンに着目し、彼らの採餌行動と海水状況の関連性を明らかにすることを目的とした。特に、これまで彼らの生存にとって最重要であると考えられてきたにも関わらず、計測することの難しかった越冬期間中の採餌場所と行動を、最新の動物装着型記録計を長期にわたって取りつけて調べ、海水の時空間変動との関係を解析する。このことで、冬期から早春に、南極海の海洋表層と中層で、高次捕食動物の採餌と生存の鍵となっている生態的要因を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

2016年12月から2017年2月にかけて、南極昭和基地周辺の露岩域に滞在し、付近で繁殖するユキドリ15羽、アデリーペンギン20羽を一時捕獲して足にジオロケータを装着した。約1年後の2017年11月から2018年1月にかけて同じ場所を訪れ、前年にジオロケータを装着したユキドリのうち8羽、アデリーペンギンのうち19羽を再捕獲し、ジオロケータを回収した。回収時には、安定同位体比による食性分析のため、ユキドリからは羽毛と血液、アデリーペンギンからは血液を採取した。またこれらの期間中、安定同位体比による食性分析のリファレンスとするために、営巣地周辺で海鳥の餌となりうる表層性・中層性の魚類やプランクトンを採集した。

回収したジオロケータは持ち帰り、データをダウンロードした。採集した羽毛や血液、餌生物は、専門の実験室を持つ研究機関に窒素・炭素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$)の分析を依頼した。また、採集した羽毛に蓄積されるストレスホルモン(CORT)濃度の分析も依頼した。

ユキドリについては、岩と岩の細かい隙間に営巣していて発見し難く、しかも巣穴が分散しているため、これまで南極昭和基地周辺で系統的な個体数調査がなされることがなかった。そこでジオロケータ装着後の2017年・2018年の2月、繁殖エリアでの巣穴分布調査を実施した。50m x 50mの調査区を17地点設定し、その範囲内を3-4人で精査してユキドリの巣穴をカウントするとともに、その調査区の地表面の質(雪氷被覆度、岩石の大きさ、傾斜等の地形)を記録した。

アデリーペンギンについては、繁殖期間中(抱卵期・育雛期)の行動範囲や潜水特性、食性についても詳しく調べた。

4. 研究成果

ユキドリとアデリーペンギンから回収したジオロケータ観測による冬期の行動軌跡は現在解析を続行中のため、その他にこれまで得られた成果を以下にまとめる。

(1) 安定同位体比を用いたユキドリの食性分析

ユキドリの初列風切羽は10枚あり、それは越冬期間中に内側(P1)から外側(P10)に向けて数か月かけて抜け変わってゆくため、これらの羽毛の安定同位体比は、越冬期間中の異なる時期の食性を反映すると考えられている。そこで、越冬前半に抜け替わったと考えられる一番内側のP1と、越冬後半に抜け替わったと考えられる一番外側のP10の窒素・炭素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$)を、ユキドリの捕食する可能性のある表層性の餌生物の安定同位体比の値と共に調べた。

その結果、越冬前半と越冬後半で食物の組成が異なり、越冬前半の方が、より栄養段階の高い魚類やイカ類を捕食している可能性が高いこと、また越冬前半で特に食性の個体差が大きいことが明らかとなった(図1)。

これらの食性分析の結果と、同じく羽毛に蓄積されたそれぞれの羽毛の抜け替わり時期のストレスホルモン値、および個体ごとの行動軌跡を照らし合わせ、どのような海水の特徴の場所で、どういった餌をとり、それが個体の栄養ストレスレベルにどう影響していたかという点を今後明らかにする予定である。このことで、海水の季節変化・地域差が、飛翔性の海鳥の採餌にどのような影響を及ぼすか、議論できる見込みである。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

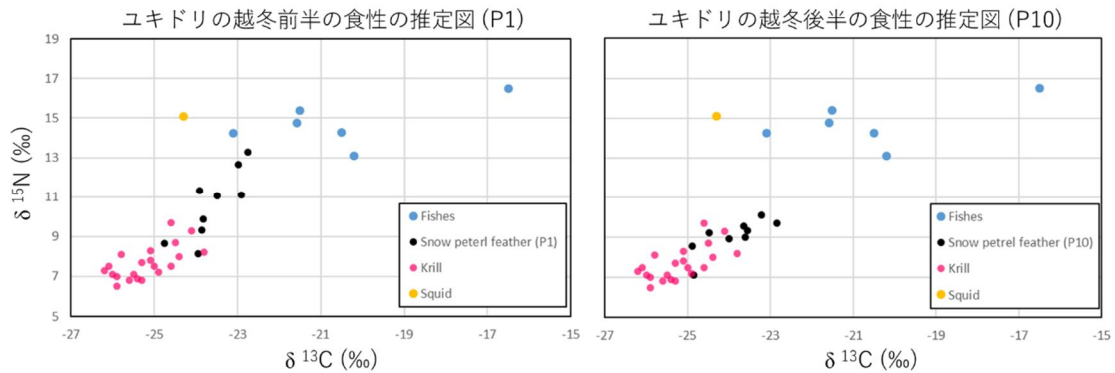


図 1. ユキドリ異なる羽毛を用いた安定同位体比分析による、越冬前半と後半の食性の推定図。図中の黒丸が個々のユキドリの羽毛の値を示しており、その周囲に散在する餌生物の値（他の色の点）を反映していると考えられる。

(2) 南極昭和基地周辺におけるユキドリの巣穴分布

17 地点の 50m x 50m の調査区で、計 28 巣が発見された。その分布中心は雪鳥沢と呼ばれる沢状地形の周囲であり、その他の区域にも巣が散見された（図 2）。今後、地形や地表面状況を説明変数、1 区画あたりの巣数を目的変数としたモデルをつくり、それを区域全体に適用することで、この露岩域全体の巣数の推定値を得ることができると期待される。図 2 の黒で囲った区域は南極特別保護地区 (Antarctic Specially Protected Area: ASPA) に指定されている区域であり、このような手法による推定巣数は、今後この ASPA 区域内での生態系の重要構成種として、ユキドリの個体数動向をモニターする際の指標になると期待される。

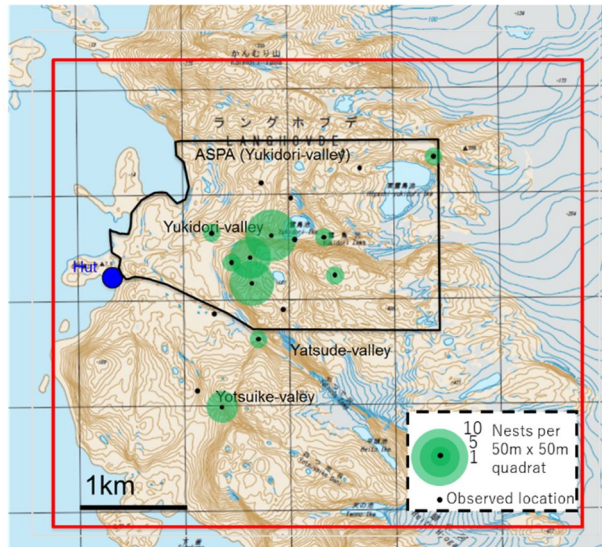


図 2. 南極昭和基地周辺の露岩域におけるユキドリの巣の分布調査結果。黒い点が 50m x 50m の調査地点区の場合、緑の丸の大きさで、それぞれの区域内の発見巣数を示している。黒く囲った範囲は南極特別保護地区（雪鳥沢）に指定されている範囲である。

(3) 抱卵期・育雛期のアデリーペンギンの行動特性

抱卵期は、繁殖期の中でも最も遠くまで親鳥が餌を採りに出かける期間である。これまで南極昭和基地周辺では調べられたことのなかった、抱卵期のアデリーペンギンの行動範囲を、GPS 記録計により調べた。その結果、最大 200km 以上遠くの深い海域までペンギンが採餌しに行っていることが確かめられた（図 3）。

また、育雛期間中の行動調査や食性調査から、以下のようなことが明らかになった。ペンギンが見知らぬ場所から、行動コストを最小にするようなルートを正確にたどって巣まで帰ってくること、隣接するコロニー間で餌を探す場所が分離しており、より小さなコロニーの個体はより大きなコロニーの採餌域を避けていること、夏の間の海水が少なくなる年には、海水による物理的制約が減ってペンギンが自由に泳ぎ回り、餌を採りに行くためにかける時間を少なくできて、それが高い繁殖成績に結びついていること。これらの知見は、いずれも海水の多い海域でのアデリーペンギンの行動や生存に深く関わる事項であり、海水の変動に対する潜水性の高次捕食動物の応答メカニズムを解く上で重要な役割を果たしそうである。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

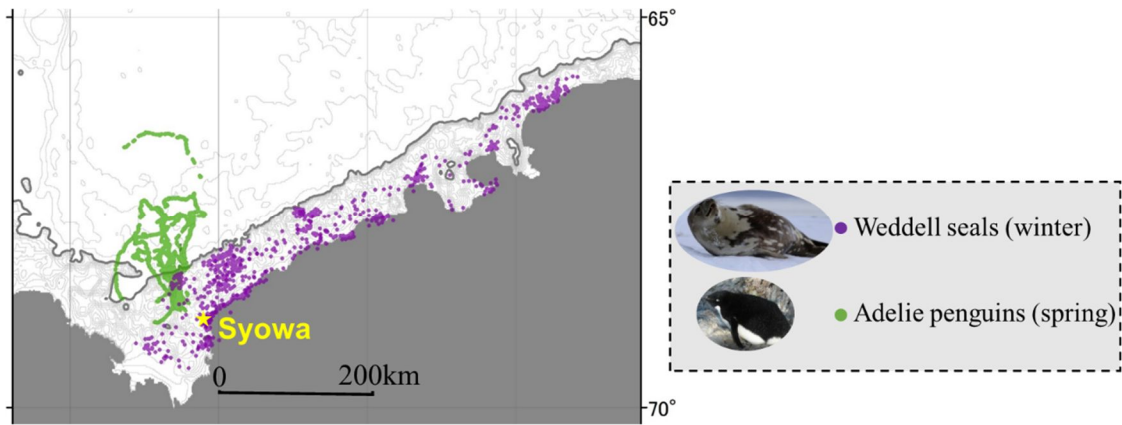


図3. 南極昭和基地周辺で得られた抱卵期間中のアデリーペンギンの行動軌跡（緑色の点）。紫の点は、比較のためにプロットした、同時期に取得されたウェッデルアザラシの冬期間の行動軌跡。図中の太い灰色の実線は陸棚斜面（1000mの等深線）の位置を示している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Shiomi K, Kokubun N, Shimabukuro U, Takahashi A.	4. 巻 107
2. 論文標題 Homing ability of Adelie Penguins investigated with displacement experiments and bio-logging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ardea	6. 最初と最後の頁 333-339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5253/arde.v107i3.a12	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 Ito, K, Watanabe Y, Kokubun N, Takahashi A.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Inter-colony foraging area segregation quantified in small colonies of Adelie Penguins	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ibis	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ibi.12837	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 Watanabe YY, Ito K, Kokubun N, Takahashi A.	4. 巻 6
2. 論文標題 Foraging behaviour links sea-ice to breeding success in Antarctic penguins	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaba4828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aba4828	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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Kokubun N, Tanabe Y, Tamura T, Mensah V, Hirano D, Aoki S, Takahashi A
2. 発表標題 Wintering habitat of Weddell seals along the continental shelf off Enderby Land, East Antarctica
3. 学会等名 9th Symposium on Polar Science. National Institute of Polar Research (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuo Kokubun, Won Young Lee, Jeong Hoon Kim and Akinori Takahashi
2. 発表標題 Important foraging areas of chinstrap and gentoo penguins breeding on King George Island, Antarctica
3. 学会等名 SCAR 2016 open science conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kokubun N, Watanabe Y, Shiomi K, Takahashi A.
2. 発表標題 Long-term and wide-range research on sea ice ecosystem changes in East Antarctica: Observations by top predators
3. 学会等名 10th Symposium on Polar Science. National Institute of Polar Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 森貴久、國分互彦 他共編著	4. 発行年 2020年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 224
3. 書名 遺伝いきものライブラリ ペンギンの生物学～ペンギンの今と未来を深読み～	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究協力者	高橋 晃周 (Takahashi Akinori) (40413918)	国立極地研究所・研究教育系・准教授 (62611)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	田邊 優貴子 (Tanabe Yukiko) (40550752)	国立極地研究所・研究教育系・助教 (62611)	
研究協力者	エマーソン ルイーズ (Emmerson Louise)	オーストラリア南極局	