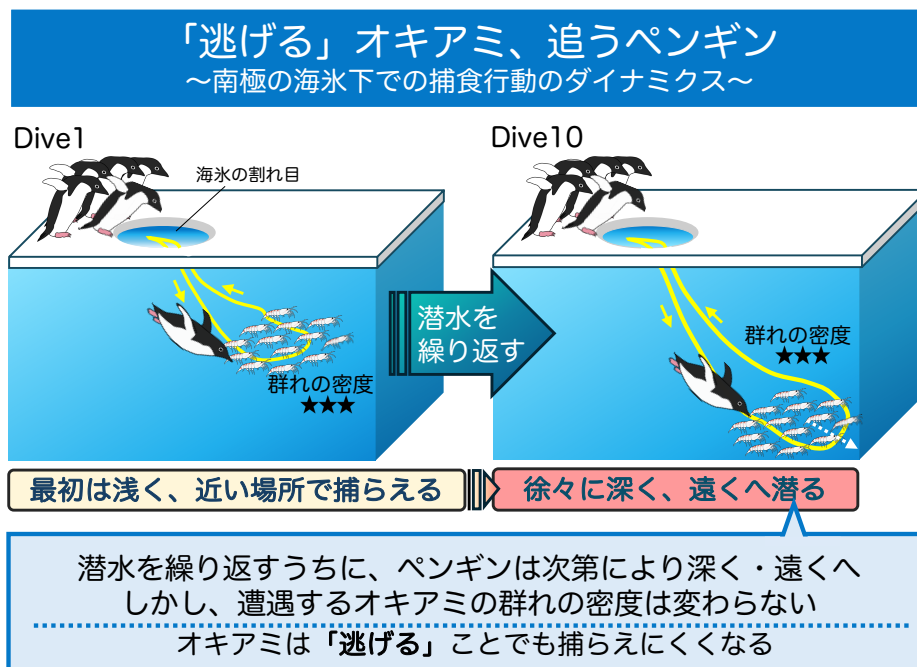


# 逃げるオキアミ、追うペンギン ～南極の海水下での捕食行動のダイナミクス～

国立極地研究所の渡邊日向特任研究員、高橋晃周教授、京都大学の高木淳一特任助教の研究チームは、バイオリギング（注 1）を用いて南極のアデリーペンギン（以下、ペンギン）が海水下で遊泳する軌跡とナンキョクオキアミ（以下、オキアミ）を捕食する行動を詳しく解析しました。その結果、潜水を繰り返すうち、ペンギンはオキアミを捕えるために海水の割れ目から次第により深く、より遠くまで潜る必要があることが明らかになりました。一方で、ペンギンが捕食したオキアミの群れの密度は大きく変わらず、オキアミがペンギンの捕食を逃れるためにより深く遠い場所へ移動した可能性が示唆されました。さらに、このようなオキアミの逃避行動が積み重なることで、多くのペンギンが繰り返し潜る繁殖地周辺では、オキアミはより深く遠い場所へと分布を変え、繁殖地周辺には存在していても、ペンギンにとって利用しにくくなる現象（functional prey depletion）が生じた可能性が示唆されました。本研究は、多くの種で知られていた海鳥の繁殖地周辺で餌が捕らえにくくなる現象について、主に「餌が食べ尽くされること」で形成されるという従来の説明と異なり、餌生物の捕食回避行動が重要な役割を果たすという新たな生態的プロセスがあることを示した成果です。



研究成果の概念図

## < 研究の背景 >

捕食者と被食者の関係は、「食べる・食べられる」だけなのでしょうか。みなさんの中には、テレビ番組などで、ライオンに追われ、命からがら逃げ切るシマウマの姿を見たことがある方も多いかもかもしれません。このように、捕食者は被食者（餌生物）を食べるだけでなく、その存在によって餌生物の行動や分布を変えることがあります。こうした捕食者が餌生物を「逃げさせる効果（非消費的効果）」は、観察が比較的容易な陸上ではよく知られています。しかし、海洋では自由に泳ぎ回る捕食者と餌生物を同時に観察することが難しく、これまでほとんど確かめられてきませんでした。

そこで本研究では、捕食者のアデリーペンギン（以下、ペンギン）と餌生物のナンキョクオキアミ（以下、オキアミ）を対象に、捕食者が餌生物を「逃げさせる効果」が南極の海氷下で生じているのかを調べました。具体的には、ペンギンに繰り返し追われたオキアミは、海より深い場所や遠い場所へ逃げることで、ペンギンにとって捕えにくくなるのではないかと考えました。本研究では、昭和基地周辺の繁殖地で繁殖するアデリーペンギンに小型行動記録計を取り付け、海氷下での三次元的な遊泳軌跡と捕食行動を詳細に記録することで、この仮説を検証しました。

## < 研究の内容 >

第 60 次南極地域観測隊において、昭和基地近くのアデリーペンギンの繁殖地で調査を行いました。この地域の海は厚い定着氷に覆われているため、ペンギンは海氷の割れ目まで歩き、氷の下を潜って餌生物のオキアミを捕えます。ペンギンに GPS や地磁気・加速度計などの小型行動記録計を取り付け、得られたデータからペンギンが氷の下をどのように移動し、いつオキアミを捕えたのかを、これまでにない詳細な時空間スケールで可視化しました（図 1）。

このデータから、私たちは 3 つの指標に注目しました。1 つ目は、ペンギンがオキアミを捕える深さ、2 つ目は、海氷の割れ目からオキアミを捕える場所までの距離です。オキアミがペンギンに反応して逃げるのであれば、これら 2 つの指標は次第に大きくなると考えられます。さらに、ペンギンが遭遇したオキアミの群れの密度を反映する指標として、オキアミの群れにたどり着いた後の単位時間あたりの捕食回数も調べました。

その結果、ペンギンが繰り返し潜水するにつれて、オキアミを捕える深さは次第に深くなり、海氷の割れ目からオキアミを捕食する位置までの距離も長くなりました（図 2a-c）。一方で、オキアミの群れの密度を反映する指標には変化がみられませんでした（図 2d）。これらの結果は、オキアミの数そのものが大きく減少したというよりも、オキアミがペンギンを避けてより深い場所や遠い場所へ移動したことで、ペンギンにとってオキアミへのアクセス性が低下した可能性を示唆しています。

さらに、繁殖地に近い海氷の割れ目ほど、ペンギンはより深く、より遠くまで潜ってオキアミを捕える必要がありました（図 3 a, b）。一方で、オキアミの群れの密度を反映する指標には繁殖地からの距離によって変化しませんでした（図 3 c）。このことは、繁殖地周辺ではオキアミの数そのものが大きく減少したというよりも、オキアミへのアクセス性が低下していた可能性を示唆しています。繁殖地周辺では多くのペンギンが繰り返し採餌を行うため、捕食を避けるためのオキアミの逃避行

動が積み重なり、オキアミは存在していても、ペンギンにとって利用しにくい現象（functional prey depletion）が生じた可能性が示されました。

#### < 今後の展望 >

本研究は、海洋においても、捕食者が餌生物を「食べる」だけでなく、「逃げさせる」ことでも餌の利用しやすさを変える可能性を示しました。これまで海洋生態系では、捕食者の影響は主に「どれだけ餌を食べたか」という視点から研究されてきました。しかし今後は、餌生物が捕食者を避けてどのように行動や分布を変えるのかという視点も加えることで、捕食者と餌生物の「食べる・食べられる」の関係をより深く理解できると考えられます。

本研究では、アデリーペンギンの行動からオキアミの変化を推定しました。今後は、海氷下にいるオキアミの分布や移動を直接観測する技術と組み合わせることで、ペンギンがオキアミを「逃げさせる」瞬間を直接捉えられるようになるかもしれません。

こうした研究が進めば、捕食者と餌生物の小さな行動変化の積み重ねが、海鳥の繁殖地周辺にみられる資源の大規模な空間分布パターンや、海洋生態系における捕食者と餌生物の相互作用をどのように生み出しているのかを理解する新たな手がかりになると期待されます。

#### < 発表論文 >

掲載誌：Proceedings of the Royal Society B

タイトル：Emergence of functional prey depletion halo through penguin–krill behavioural dynamics

著 者：渡邊日向（国立極地研究所 生物圏研究グループ 特任研究員）

高木淳一（京都大学 フィールド科学教育研究センター 特任助教）

高橋晃周（国立極地研究所 生物圏研究グループ 教授）

D O I：10.1098/rspb.2026.0490

論文公開日：2026年7月15日

#### < 研究サポート >

本研究はJSPS 科研費（新学術領域研究 16H06541・17H05983、特別研究員奨励費 20J22632、国際先導研究 22K21355、研究活動スタート支援 24K23932）の助成を受けて実施されました。野外調査は第60次南極地域観測隊の支援を受けて実施されました。

<注>

注 1：バイオロギング

野生動物に小型の行動記録計を装着し、移動経路や潜水行動などを記録することで、自然環境下での行動を調べる研究手法。

<図>

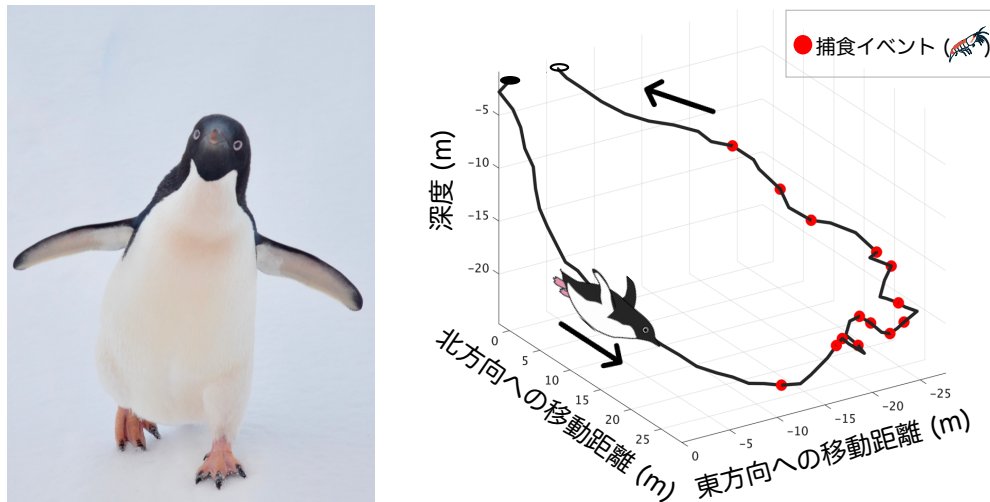
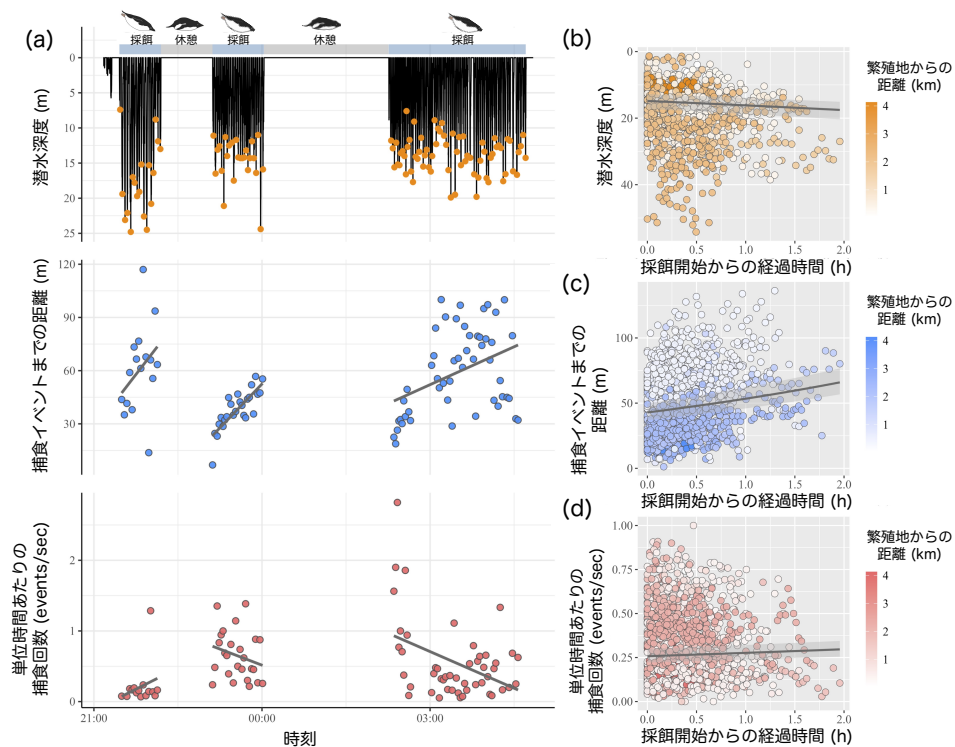


図 1：（左）海氷の上を歩くアデリーペンギン。（右）地磁気・加速度ロガーから再構築した海水下の三次元潜水経路。赤丸は加速度ロガーから抽出したオキアミ捕食イベント、黒丸は潜水開始点、白丸は潜水終了点を示す。潜



水経路データからは、ペンギンが海氷の割れ目から潜水を開始したのち、数十メートル進んだ地点で折り返して再び割れ目へと戻るような軌跡をとる傾向が多く見られる。

図 2：ペンギンが繰り返し採餌のための潜水をするにつれて変化するオキアミへのアクセス性。(a) あるペンギンが同じ海氷の割れ目から繰り返し潜水を行った際の行動変化。時間の経過とともに、ペンギンはより深く、より遠い場所でオキアミを捕えるようになった。(b) 採餌開始からの経過時間と潜水深度の関係。時間の経過とともに潜水深度は深くなる傾向がみられた。(c) 採餌開始からの経過時間と、海氷の割れ目からオキアミを捕えた場所までの距離の関係。時間の経過とともに、海氷の下をより長い距離を移動してオキアミを捕えるようになった。(d) オキアミの群れの密度を反映する指標と経過時間の関係。この指標は大きく変化しなかった。これらの結果は、オキアミの数が減少するだけでなく、より深い場所や遠い場所へ移動することで、ペンギンにとって捕えにくくなった可能性を示している。

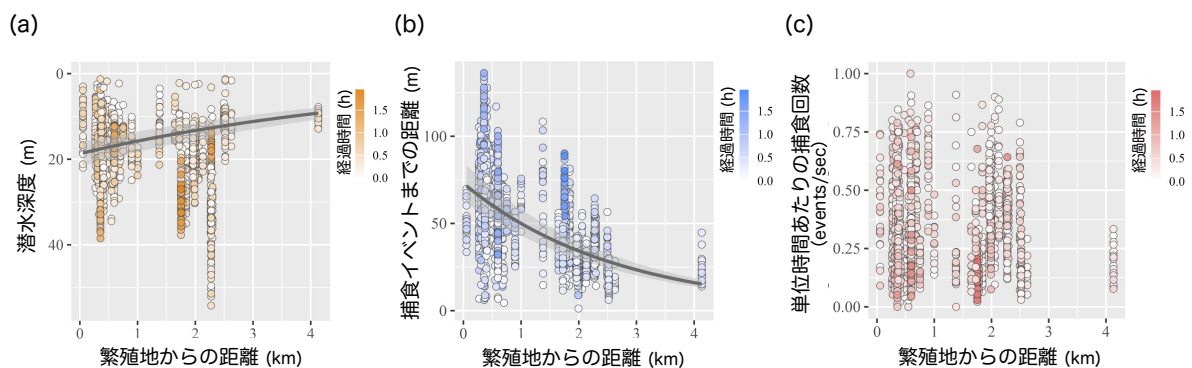


図 3：繁殖地近くで低下するオキアミへのアクセス性。繁殖地に近い海域ほど、ペンギンはオキアミを捕えるためにより深く潜り、より長い距離を潜って移動していた。一方、オキアミの群れの密度を反映する指標には大きな変化はみられなかった。点の色は同じ海氷の割れ目で採餌を始めてからの経過時間を示す。