



日本バイオリギング研究会会報



日本バイオリギング研究会会報 No. 235

発行日 2026年3月31日 発行所 日本バイオリギング研究会 (会長 佐藤克文)

発行人 名古屋大学大学院環境学研究科・生態学講座 依田憲

〒464-8601 名古屋市千種区不老町

E-mail: BioLoggingScience@gmail.com

もくじ

新しい発見

野外で自動的に音声介入する AI バイオリガーを開発

～蕪島のウミネコを対象とした実証実験の報告～

大塚亮真 (阪大・名大) 2

スナメリの体長を無人航空機による撮影映像から推定する試み

柴田万桜子 (京大) 4

ウミネコにおける抑制制御能力のフィールド評価

南香帆 (名大) 6

ペアは似た行動を示すのか？

飼育下マゼランペンギンにおける個体間行動の同調性の評価

山本蒼士 (麻布大) 7

海鳥の個性研究：行動シンドロームがつなぐ boldness と採餌場所

の忠実度のつがい内類似性

武田航 (名大) 9

巣立ち直後のウミネコ幼鳥の移動と活動日周期性

杉山響己 (名大) 12

研究紹介

蕪島のウミネコの産卵日と卵の孵化を左右する要因

松本龍汰 (名大) 13

圧力データと GPS 位置情報に基づくオオミズナギドリ採餌行動評価

羽室泰治 (名大) 15

オオミズナギドリにおける採餌場所重複度の時系列変化

片岡幸大 (名大) 17

ハトのナビゲーションの定量的な評価

中嶋健 (名大) 19

新刊紹介

動物の行動と心の事典

依田憲 (名大) 20

お知らせ

BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦～その1 2 渡辺伸一 (リトルレオナルド社/麻布大学) 21

野外で自動的に音声介入する AI バイオロガーを開発 ～蕪島のウミネコを対象とした実証実験の報告～

大塚 亮真 (大阪大学大学院 情報科学研究科/名古屋大学大学院 環境学研究科)

はじめに

この度、私たちの研究成果[1]が Ecology and Evolution 誌に掲載されました。本研究では、エッジ AI (デバイス上での演算) を活用し、野生動物の特定行動を検知した時に「音声介入」を自動で行う自律型バイオロギングシステムを開発・実証しました。

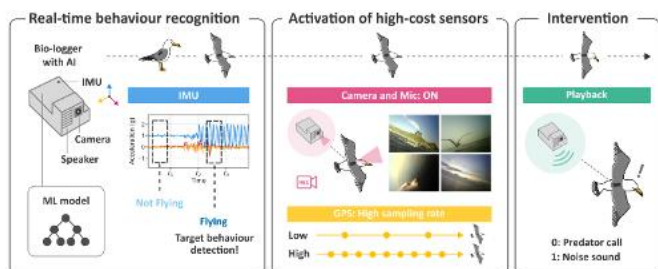


図 1. AI バイオロガーを用いた自動的な音声介入システムの概要図 (Otsuka et al., 2025 の Fig. 1 を一部改変)

背景

音声プレイバック実験は、行動の因果関係に迫ることができる強力な手法ですが、従来は実験室や巣・餌場周辺など、実施場所が限られる制約がありました。カメラトラップ[2]による遠隔化も進んでいますが、カメラの設置場所の制約や、狙ったタイミングでの柔軟なトリガー設定には課題が残ります。そのため、海鳥がコロニー外を飛行中に音声刺激を受けた際の反応など、人間の観測可能範囲外を移動中の野生動物に対する即時的な介入研究が不足しています。

一方、近年注目されている「エッジ AI」技術を用いれば、デバイス上でデータを即座に処理できます。これまでの私たちの研究[3, 4]では、機械学習を用いたリアルタイム行動分類により、狙った行動や希少な行動の効率的な撮影が可能であることが示されました。本研究では、このようなリアルタイム行動分類技術と小型スピーカーからの音声再生機能を統合することで、バイオロガー単体で完結する「自動音声プレイバックシステム」を構築しました (図 1)。青森県蕪島のウミネコ (*Larus crassirostris*) を対象とした実証実験も行いました。

方法

開発した自動音声介入ロガーは (図 2) は、加速度センサ、GPS、カメラ、マイク、スピーカー等を搭載しています。防水加工後の重量は 26-27 g (500mAh のバッテリー含む) です。

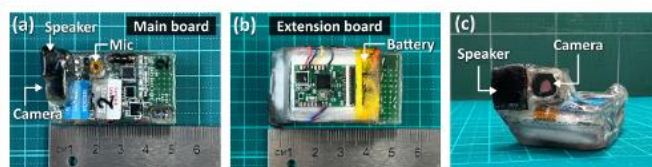


図 2. リアルタイム行動分類と自動音声介入機能を有する AI バイオロガー (Otsuka et al., 2025 の Fig. 2 を一部改変)

本デバイスには、事前に教師あり学習を行った決定木モデルが実装されており、25Hz の 3 軸加速度データから算出された特徴量に基づき、1 秒ごとに動物の行動を推定します。実証実験で用いたモデルはウミネコの飛行またはその他を分類する二値分類モデルです。このモデルがウミネコの「飛行」を検知すると、GPS のサンプリングレートを 1Hz に引き上げ、さらに直近の位置情報を参照します。コロニー外での安定飛行を確認すると、カメラを起動した後にスピーカーから音声刺激を提示します。これにより、介入前後の反応を加速度・位置情報・動画というマルチモーダルなデータで多角的に分析することが可能です。

実証実験として、2024 年の 5 月に青森県の蕪島で繁殖中のウミネコ 10 羽に音声介入ロガーを装着し、その数日後に回収しました。音声はウミネコの天敵であるハヤブサの鳴き声とホワイトノイズをランダムに鳴らすように設定しました。音声介入前後の加速度、GPS、動画データから計算した指標と、ベイズ階層モデルや時系列因果推論モデルを用いて、ウミネコの音声刺激への反応を分析しました。

結果と考察

蕪島にて 10 羽のウミネコに装着した結果、8 羽から飛行検知後の動画 66 本の取得に成功しました。そのうち 46 件で実際に音声介入が行われ、残りの

20 件では音声提示前に飛行を停止したため、システムが適切に介入をキャンセルしていました。リアルタイム分類の性能は、羽ばたき飛行において F1 スコア 0.95（マクロ F1 スコアは 0.91）と非常に高く、実環境での堅牢性が確認されました。

解析の結果、一部のイベントでは複数モダリティのデータで明確な反応が記録されました（図 3）。加速度と GPS データでは、顕著な影響が見られたものは極めて少なかったものの、動画データからは音声刺激提示後の「首振り」行動が複数個体の複数の介入イベントで確認されました。一方、全体としては、明確な反応が見られた例は少なく、その要因として個体差や慣れの影響も示唆されました。

移動中の野生動物に対し、特定の行動や位置情報をトリガーとして刺激を与える本枠組みは、行動生態学における因果関係の解明に有効なツールとなり得ます。また、将来的には人と動物の軋轢低減（追い払い等）への応用も期待されます。

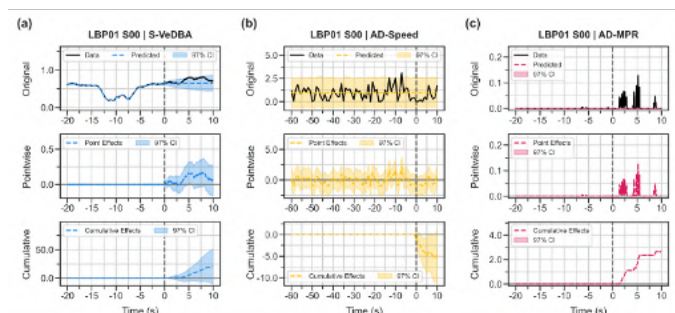


図 3. 複数モダリティで明確な反応が見られたデータ。左から加速度、位置情報、動画データから得られた指標の介入前後の時系列変化を示す。破線が介入開始タイミングを示す。（Otsuka et al., 2025 の Fig. 4 を一部改変）

おわりに

本研究の着想から論文化までには、デバイスの多機能化と小型軽量化の両立に苦労し、3年以上の月日を要しました。試行錯誤の末、ようやく安定稼働に漕ぎ着けたシステムです。共同研究者である名古屋大学の依田教授、水谷さん、杉山さんはじめ、ご支援いただいた皆様に深く感謝申し上げます。

なお、本研究に関連して、第 20 回日本バイオロギング研究会シンポジウムにて発表を行い、大変光栄なことに最優秀ポスター発表賞を賜りました。この受賞を励みに、今後も AI とバイオロギングの融合研究を深めて参りたいと思います。

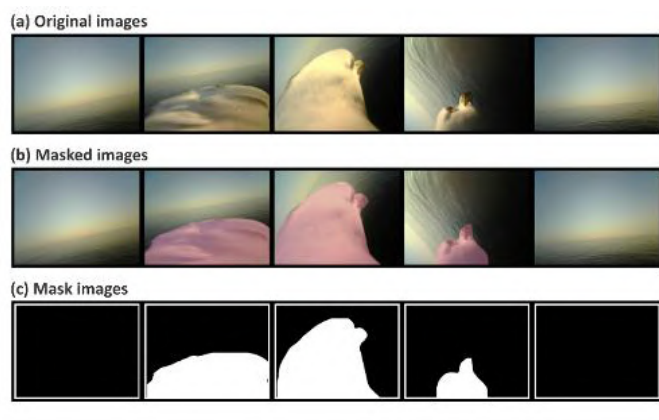


図 4. 音声介入直後のウミネコの反応を捉えたシーン。専用のセグメンテーションモデルを構築し、ウミネコの頭部の動きを定量的に分析した。（Otsuka et al., 2025 の Fig. S3 を一部改変）

[1] Otsuka R, Sugiyama H, Mizutani Y, Yoda K & Maekawa T (2025) Real-time behaviour recognition on bio-loggers enables autonomous audio playback experiments in free-ranging seabirds. *Ecology and Evolution*, 15(8), e71832.

<https://doi.org/10.1002/ece3.71832>

[2] Suraci JP, Clinchy M, Mugerwa B, Delsey M, Macdonald DW, Smith JA, Wilmers CC & Zanette LY (2017) A new Automated Behavioural Response system to integrate playback experiments into camera trap studies. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(8), 957–964.

<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12711>

[3] Korpela J, Suzuki H, Matsumoto S, Mizutani Y, Samejima M, Maekawa T, Nakai J & Yoda K (2020) Machine learning enables improved runtime and precision for bio-loggers on seabirds. *Communications Biology*, 3(1), 633.

<https://doi.org/10.1038/s42003-020-01356-8>

[4] Tanigaki K, Otsuka R, Li A, Hatano Y, Wei Y, Koyama S, Yoda K & Maekawa T (2024) Automatic recording of rare behaviors of wild animals using video bio-loggers with on-board light-weight outlier detector. *PNAS Nexus*, 3(1), pgad447.

<https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad447>

スナメリの体長を無人航空機による撮影映像から推定する試み

柴田 万桜子 (京都大学大学院 農学研究科)

はじめに

京都大学の柴田です。この度はドローン撮影映像から野生のスナメリ *Neophocaena asiaeorientalis* の体長を推定するという論文を出版いたしました [1]。本コラムではその内容についてご紹介します。

背景

体長は、形態情報の中でも個体の年齢や生殖段階、そして集団の年齢構成や成長率を推定するための最も基礎的な指標です。スナメリをはじめとする鯨類では、体長に関するデータは死亡した野生個体や飼育個体から得られており、これらは野生下での一般的な状態を反映していない可能性があります。また、鯨類は捕獲が禁止されている場合がほとんどであるため、野生個体の直接の測定は困難です。

したがって、無人航空機による写真測量は野生個体のデータを非侵襲的に得るためには最適な手法です。しかし、小型鯨類では姿勢が不安定であるため、作業者によって測定に用いる写真の基準にばらつきが発生する可能性があります。よって、より正確な推定を行うには客観的かつ定量的な基準を定義することが不可欠です。

よって、本研究では体長をより正確に推定するための客観的かつ定量的な手法を提案し、それを用いてスナメリの体長を初めて推定しました。

方法

スナメリを撮影した映像から最も水面に近づき、体の姿勢が真っ直ぐで体長が最大値に近くなると考えられる呼吸の瞬間を取り出しました (図 1)。

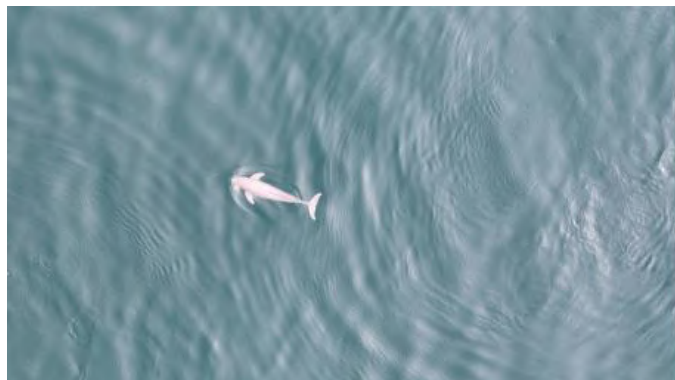


図 1. ドローンで撮影されたスナメリ。撮影動画から切り出した画像を用い、水面でほぼ水平な個体から体長を推定する。(2026 年研究会カレンダー 11 月採用写真)

本研究では噴気孔の開く 15 フレーム前と閉じた 15 フレーム後までを「呼吸イベント (Breathing Event)」と定義し、5 フレーム間隔で体長を測定しました。その後、最大値をとったフレームとその前後 2 フレームずつを追加し、これらのフレームの最大値を個体の推定体長として採用しました (図 2)。

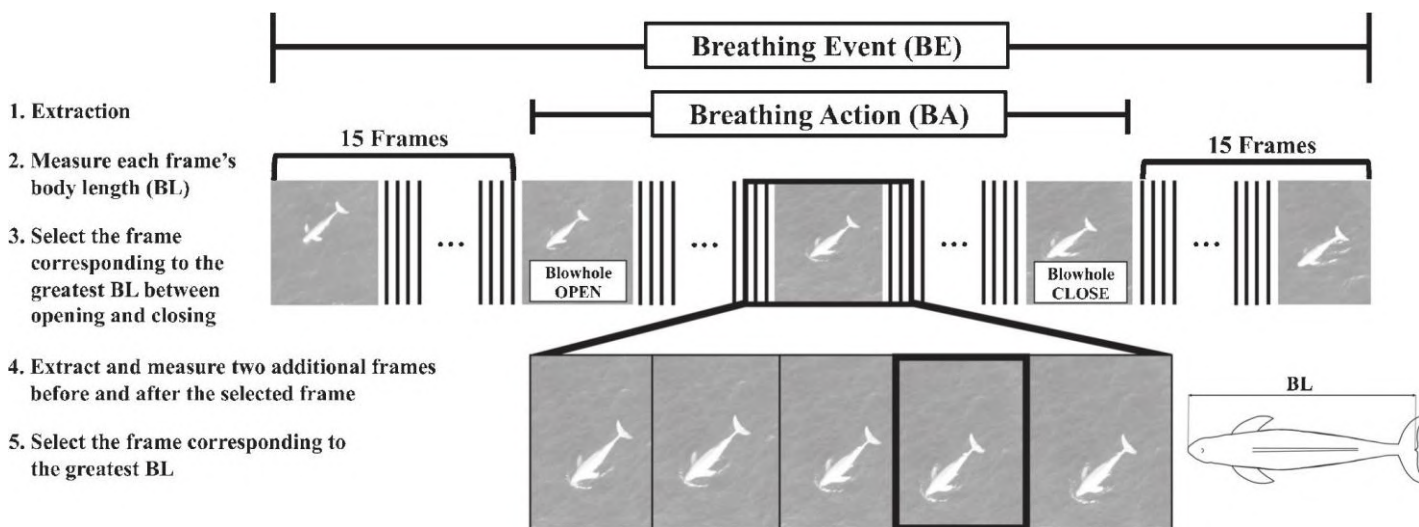


図 2. 写真の切り出し方 (Shibata et al., 2026 の Fig.2)

結果・考察

本研究で推定されたスナメリの体長は 93.8–163.0 cm で (n = 36) (図 3)、座礁・混獲した個体を用いた先行研究[2]で報告された 72–178 cm (n = 44) の範囲内に収まりました。このことから、本研究の推定値の妥当性が示唆されました。

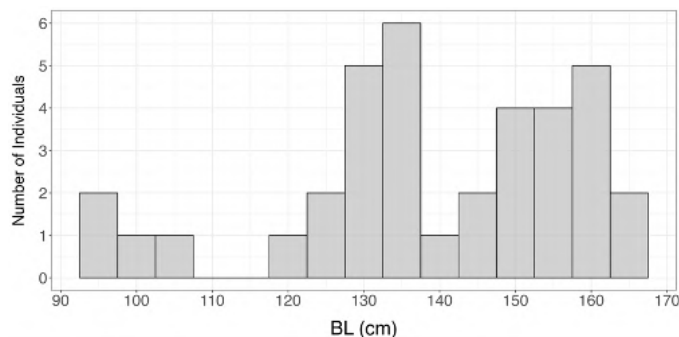


図 3. 推定体長分布図 (Shibata et al., 2026 の Fig.4)

また、複数回呼吸を撮影できた個体 (n = 6) の推定体長の、呼吸間の平均標準偏差は 0.9 cm、変動係数は 0.7% でした。他種における、同一個体内での推定値の測定誤差はハンドウイルカ *Tursiops truncatus* で 3.8% [3]、ザトウクジラ *Megaptera novaeangliae* で $2.52 \pm 1.65\%$ [4] であり、本研究での測定誤差は先行研究よりも低いことから、呼吸のタイミングを用いることにより測定による変動を最小にすることができると考えられました。

本研究では呼吸という視覚的に明確な行動状態を用いることで測定の客観性と定量性を高めることができました。また、本研究によって、野生の生きたスナメリの体長を高い精度で把握できるようになりました。これは、個体の年齢や生殖段階、そして集団の年齢構成や成長率の把握につながる重要な基盤データとなります。

※本研究の概要はウェブページでも紹介されていますのでぜひご覧ください：

<https://kyoto.cseas.kyoto-u.ac.jp/news/2026/02/20260209/>

[1] Shibata M, Ogawa MI, Kimura SS & Yoda K (2026) The First Estimates of Body Lengths in Free-Ranging Narrow-Ridged Finless Porpoises Using Unmanned Aerial Vehicle Footage. *Mammal Study*, 51(2).

<https://doi.org/10.3106/ms2025-0023>

[2] Isobe T, Oshihoi T, Hamada H, Nakayama K, Yamada T, Tajima Y, Amano M & Tanabe S (2011) Contamination status of POPs and BFRs and relationship with parasitic infection in finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) from Seto Inland Sea and Omura Bay, Japan. *Marine Pollution Bulletin* 63: 564–571.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.01.014>

[3] Cheney BJ, Dale J, Thompson PM & Quick NJ (2022) Spy in the sky: a method to identify pregnant small cetaceans. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 8: 492–505.

<https://doi.org/10.1002/rse2.258>

[4] Ratsimbazafindranahaka M, Razafimahatratra E, Mathevet R, Adam O, Huetz C, Charrier I & Saloma A (2022) Morphometric study of humpback whale mother-calf pairs in the Sainte Marie channel, Madagascar, using a simple drone-based photogrammetric method. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 20: 95–107.

<https://doi.org/10.4314/wiojms.v20i2.8>

ウミネコにおける抑制制御能力のフィールド評価

南 香帆 (名古屋大学大学院 環境学研究所)

名古屋大学大学院 M2 の南香帆です。この度、ウミネコのフィールド認知実験の論文[1]が出版されましたので、紹介させていただきます。

動物が状況に応じて適切な行動を選択するためには、目の前の刺激に対する衝動的な反応を抑える能力が重要です。この認知機能は「抑制制御 (inhibitory control)」と呼ばれ、行動の柔軟性に関わる重要な機能の一つと考えられています。これまで鳥類ではスズメ目やオウム目などの陸鳥を対象に、抑制制御に関する比較認知研究が進められてきましたが[2]、海鳥の抑制制御能力を評価した例はありませんでした。しかし、カモメ科は高い行動柔軟性を持ち、その行動生態は高い抑制制御能力を持つカラス科と類似するという側面があります。

そこで本研究では、青森県の蕪島で繁殖するウミネコを対象に、野外で抑制制御能力を測定しました (図 1)。シリンダータスクという課題により、透明な円筒越しに見える餌に対して直接つつく反応を抑え、側面の開口部へ回り込めるかを評価します。一見シンプルな課題ですが、海鳥での先行研究がなくウミネコの行動も予測できなかったため、実験を構築できるかどうか最大の課題でした。

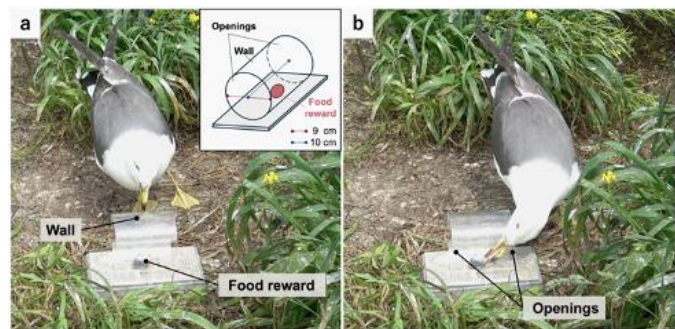


図 1. シリンダータスクの概観. (a) ウミネコがシリンダーの壁をつついた場合、その試行は失敗と判定した。(b) シリンダーの開口部から餌を取り出しているウミネコ。

餌の種類から筒のサイズ、設置角度に至るまで、さまざまな試行錯誤した末に、調査初年度に手順を確立し、12 個体のデータを取得することができました。シリンダーをつつかずに迂回できた平均成功率は 43.3%で、この成績はカラス科には及ばなかったものの、他のスズメ目やオウム目とは同程度でした。また、試行回数の増加に伴い成功確率が有意

に上昇し、迂回行動の学習が示唆されました (図 2)。これらの結果により、陸鳥中心であった比較認知研究に海鳥の知見を加えることができたと考えています。

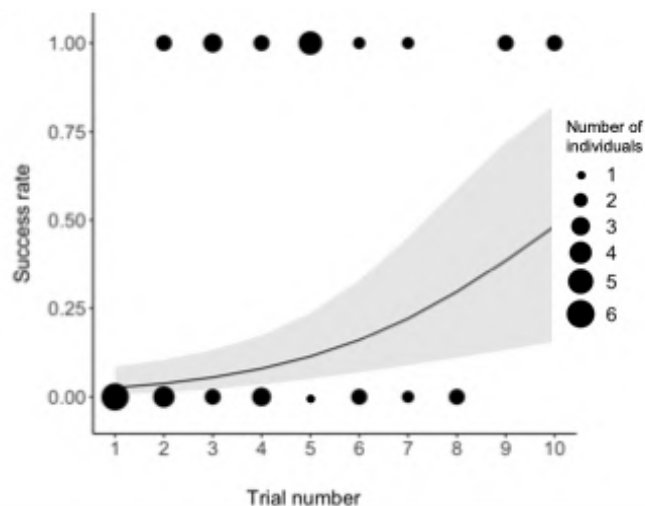


図 2. 二項 GLMM による成功率の推定。観測データ (1=成功、0=失敗) は参加個体数に応じてスケールしている。試行回数の増加に伴い、推定成功率は有意に上昇した ($p = 0.0021$)。

最後に、現在は本論文を発展させ、実験成績と GPS ロガーによる移動データを統合し、抑制制御の個体差が移動パターンにどのように反映されるかを解析しています。認知能力と野生下での行動の関係を解明するにはまだ多くの課題がありますが、野生個体での認知能力測定を成功させられたからには、引き続き挑戦していきたいです。

[1] Minami K, Mizutani Y, Inoue S, Sugiyama H, Goto Y, Shoji A & Yoda K (2025) Field-based assessment of inhibitory control in black-tailed gulls using a cylinder task. *Animal Cognition* 28(1): 77.

<https://doi.org/10.1007/s10071-025-01997-4>

[2] MacLean EL, Hare BA, Nunn CL et al. (2014) The evolution of self-control. *Proc Natl Acad Sci USA* 111:2140–2148.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1323533111>

ペアは似た行動を示すのか？ 飼育下マゼランペンギンにおける個体間行動の同調性の評価

山本 誉士（麻布大学 獣医学部 動物応用科学科）

近年、動物園や水族館では動物の健康だけでなく、感情的な状態も含めた動物福祉が重視されている。動物達の状態を評価するためには、どの場所をよく使うか、遊具でどのくらい遊ぶか、1日のうち何をして過ごしているか、同じ行動を延々と繰り返していないか、といった行動を観察することが欠かせない。さらに、最近では個体間相互作用も重要であることが指摘されている。誰とよく一緒にいるのか、どの組み合わせで落ち着いているのかといった社会的な関係は、個体の健康維持やストレス緩和、繁殖にも影響すると考えられている。しかし、群れで暮らす動物種において個体間の関係性を捉えるためには、多くの個体を長時間同時に見続ける必要があり、労力や時間の観点から困難である。そこで近年、飼育動物の行動観察において注目されているのがバイオロギングである。動物に小型データロガーを装着することで、どこでどのように行動していたのかを記録することができる。



図 1. すみだ水族館のペンギン展示場の様子（左）およびデータロガーを装着したペンギン（右）

本研究では、東京都のすみだ水族館で飼育されているマゼランペンギンを対象に、バイオロギング手法を用いて個体間の関係性を調べた。屋内展示場においてプールと陸地を自由に行き来しているペンギンに対して、約 1.5g の小型データロガー（体重の 0.1%未満）を個体識別用フリッパーバンドに装着した（図 1）。そして、つがい関係が飼育現場で把握されている 3 組（以下ペア個体）を含む、23 羽（オス 13 羽・メス 10 羽）の約 1 年間の着水行動を記録した。日常観察の範囲では、データロガー装着によって異常行動や健康面の問題は認められなかった。水族館では繁殖管理の都合により、2～4 月

は一部の個体が展示外で過ごし、換羽が起こる 7～9 月は行動が異なることが予想される。そのため、本研究では 5～6 月を「繁殖期」、10～1 月を「非繁殖期」として比較した。

データロガーは 3 秒ごとに「水中にいるかどうか」を測定し、その情報は 10 分毎にまとめて 0～200 の数値として記録される。値が大きいほど、その 10 分間にプールにいた時間が長いことを意味する。本研究では、この値が 195 以上のときは「水上（プールで過ごしている状態）」、0 のときは「陸上」と判断し、それ以外の中間的な値は解析から除外した。こうして水上・陸上という 2 つの状態を整理したうえで、全ての個体の組み合わせについて、同じ時間帯に同じ状態にいたかを調べ、その一致のしやすさをカッパ係数という指標で評価した。カッパ係数は -1 から 1 の間の値をとり、値が高いほどその 2 個体が同じ状態で過ごしていた時間が長い、つまり行動の同調性が高いことを示す。また、ペア個体間の同調性について、どの程度の目視観測回数があればデータロガーと同様の結果が得られるのかも併せて検証した。

解析の結果、群れ全体で見ると、どの時期でも陸上の方が水上よりも行動の個体間同調性が高いことが分かった。具体的には、カッパ係数の平均は繁殖期で水上 0.17・陸上 0.33、非繁殖期で水上 0.26・陸上 0.38 であった。つまり、ペンギン達は季節にかかわらず、陸上で一緒に過ごしやすい傾向にあった。ペア個体について詳しく見ると、繁殖期には陸上でも水上でも同調性はいずれも低く、群れ全体の平均とほぼ同程度であった。一方、非繁殖期には陸上では依然として群れ全体と同程度であったが、水上ではペア個体同士だけが特に高い値を示した。具体的には、非繁殖期の水上行動におけるペアのカッパ係数は 0.57～0.64 であり、群れ全体の平均（0.26±0.12）を大きく上回っていた（図 2）。

興味深いことに、ペア個体が水上で過ごす時間の割合自体は、非繁殖期で平均 20.2%（16.8～22.9%）であり、群れ全体の平均（25.5%±18.7%）とほぼ同程度で、特別に長いわけではなかった。それにもかかわらず、ペア個体同士が同じ時間帯に水上にいることが多かったことから、水上活動の同調性は単

なる行動量の違いでは説明できず、個体間の「親密さ」や関係性の強さを反映している可能性が示唆された。

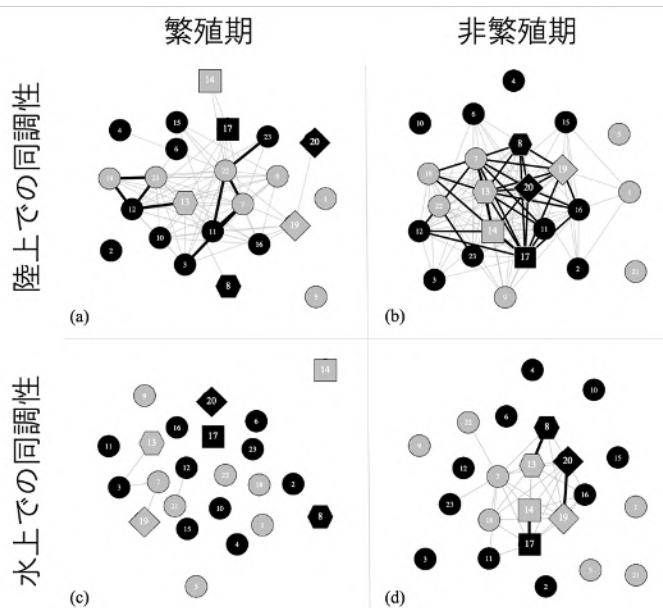


図 2. 個体間の行動同調性ネットワーク。(a)繁殖期の陸上、(b)非繁殖期の陸上、(c)繁殖期の水上、(d)非繁殖期の水上の結果。灰色の線はカッパ係数 0.41~0.56、太い黒線は 0.57 以上を示す。黒色の丸はオス、灰色の丸はメス、ペア関係にある個体同士は形で区別(ペア A 四角、ペア B 六角形、ペア C 菱形)。

さらに、3 組のペア個体のデータを用いて、さまざまな回数に区切ってランダムに抽出することを繰り返し、毎回同調性を再計算した。これにより、毎回の推定結果のばらつきがどの段階で落ち着くかを確認し、目視観察だけで同程度の精度に到達するために必要な観測回数を推定した(図 3)。その結果、観測回数が 50~60 回程度になると値の変動はある程度落ち着くものの、かなり高い同調性(カッパ係数 0.61 以上)を確実に検出するには、およそ 250 回の観察が必要であることが示唆された。言い換えれば、一定量の目視観察データを蓄積すれば、日常の飼育現場でも、水上での「一緒にいる頻度」に注目することで、個体同士の関係性を簡便に評価できる可能性があることを意味する。

本研究では、少なくとも 10 分以上続く水上行動だけを対象としたため、同調性はやや控えめに見積もられている可能性があるが、それでもペア個体間における同調性は一貫して高く保たれていた。また、長く続く行動は飼育担当者にとっても観察しやすく、本研究で用いた考え方は、実際の現場での見回りや行動記録にも取り入れやすいと考える。こうした情報は、現在ペアになっている個体の関係性を評価するだけでなく、血統管理に基づいて新しくペアを組む際に、遺伝的な組み合わせだけでなく「行動

の相性」も考慮するための判断材料として役立つことが期待される。一方で、ペアだから行動の同調性が高いのか、もともと同調性が高い個体同士がペアになるのかはまだ分かっておらず、今後の重要な研究課題である。

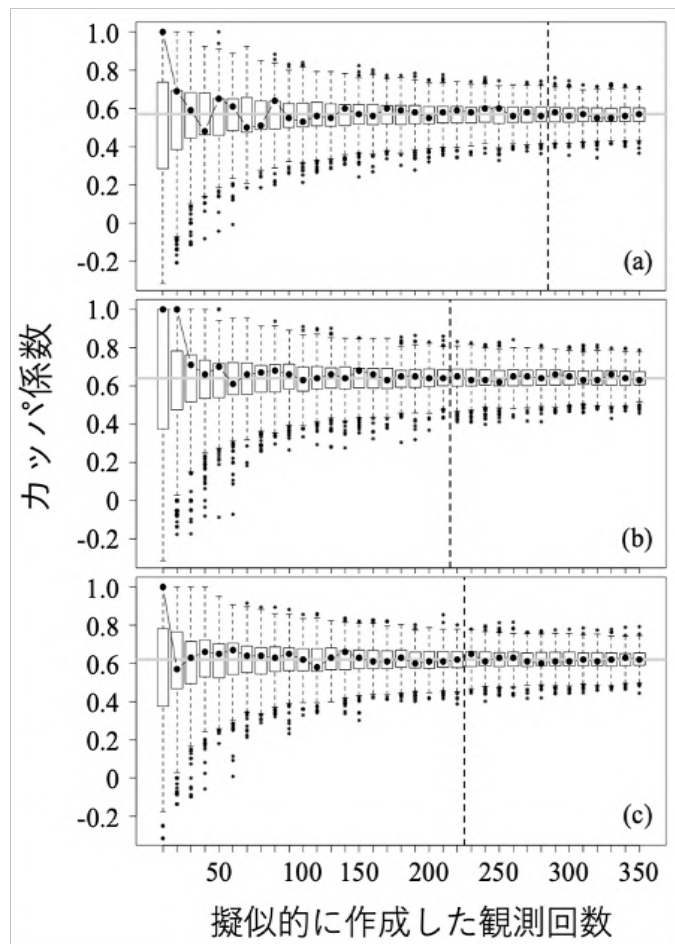


図 3. ペア個体の非繁殖期の水上データを基に観測回数(サンプリング数)を変えながらランダム抽出して計算したカッパ係数。実線と黒点は最も多く得られた値。灰色の横太線はロガーから実際に得られたカッパ係数: ペア A 0.57(a)、ペア B 0.64(b)、ペア C 0.62(c)。破線は推定されたカッパ係数がロガーデータから得られた値と同程度の観測回数の目安。

Yamamoto T, Kakizaki T, Takashima Y, Tsunesumi H & Yoda K (2025) Do pairs exhibit similar behaviours? Evaluating inter-individual synchrony in activities of Magellanic penguins. *Applied Animal Behaviour Science* 286: 106633. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2025.106633>

海鳥の個性研究：行動シンドロームがつなく boldness と採餌場所の忠実度のつがい内類似性

武田 航（名古屋大学大学院 環境学研究科）

ご無沙汰しております。名古屋大学大学院博士後期課程の武田航です。今回は、私が修士課程から博士課程を通して取り組んできた研究の紹介をさせていただきます[1]。

突然ですが皆さん、動物にも人間の「性格」に近い特徴があることをご存知でしょうか？たとえば同じ個体群でも、他個体に対して攻撃的な個体もいれば、臆病な個体もいます。こういった、個体ごとに一貫して見られる行動の違いは「動物の個性」と呼ばれ、近年はさまざまな動物を対象に研究されています。個性が違えば、他の行動にも違いが現れる、というのは直感的に理解しやすいと思います。実際にシジュウカラでは、攻撃的な個体ほど探索的に移動する傾向にあることが報告されています[2]。このような、行動間で見られる相関は行動シンドロームと呼ばれています。

海鳥の個性研究で特に注目されているのが、boldness（大胆さ）です。これは、自然界ではあまり遭遇することのない新奇物体に対する反応などから評価されます。boldness は、他個体との競争性や新しい環境に対する寛容性と関連し、その結果として採餌場所の選択傾向といった、個体の生存に関わる行動の違いとも関連しうると考えられています。実際に先行研究では、boldness が採餌場所の忠実度（同じような採餌場所を繰り返し利用する程度）と関連することが報告されています[3,4]。餌資源が安定して存在する環境下では、同じ採餌場所を繰り返し利用することが有効となるため、採餌場所の忠実度は特定の環境下での採餌効率に影響する可能性があると考えられています。さらに、海鳥は一夫一妻で雛を育てるため、繁殖における個性の重要性を理解するためには、つがい内の個性の組み合わせにも注目する必要があります。先行研究では、つがい内で boldness が類似することが報告されましたが[5]、この類似性がどうして現れるのか、どんな利点があるのかは、まだ十分に分かっていません。

ここで、これまでの知見をつなげると一つの仮説が浮かび上がります。それは、boldness が採餌場所の忠実度と関係するならば、boldness が似ているつがいほど、採餌場所の忠実度も似るのではないか、という可能性です。そしてもし、採餌行動のつがい

内類似性が協調的な育雛につながるのであれば、boldness の類似性が高いペアほど、繁殖成績が高いといった関係がみられるかもしれません。そこで私は、2020-2022年と2024年にかけて、新潟県の粟島で繁殖するオオミズナギドリという海鳥を対象に、(1)boldness と採餌行動の行動シンドローム、(2)boldness のつがい内類似性、(3)採餌場所の忠実度のつがい内類似性、そして(4)boldness のつがい内類似性と雛の成長速度の関係、という4つの相関関係に注目し、これらを調べました。以上によって、boldness と採餌行動の行動シンドロームや行動のつがい内類似性の背景にある、適応的意義の解明を目指しました。



図 1. 新奇物体提示実験の様子

まず、採餌行動を調べるために、繁殖中の親鳥 130 個体に対してバイオロギングを行いました。親鳥に GPS ロガーを装着し、海上での移動経路を記録することで、採餌場所の忠実度を定量化しました。次に、バイオロギングを行った個体を含む 239 個体に対して、新奇物体の提示実験（図 1）を行いました。実験中の行動反応回数に基づく因子分析によって、個体の boldness を定量化しました。こうして得られた採餌場所の忠実度と boldness の相関は、階層ベイズモデルによって検証されました。さらに、雌雄ともに新奇物体の提示実験が行われた 92 ペアについて boldness のつがい内類似性を評価しました。同様に、雌雄ともにバイオロギングが行われた 22 ペアについて採餌場所の忠実度のつがい内類似性を評価しました。最後に、雌雄ともに新奇物体の提示実験が行われた 29 ペアの雛を対象に、5 日に

1 回の体重計測を行いました。これによって、boldness のつがい内類似性と雛の成長の関係を調べました。

その結果、採餌場所の忠実度(IFSF)と boldness の間で行動シンドロームが確認されました。具体的には、新奇物体に噛み付くといった攻撃的な反応を示した個体ほど、採餌場所の忠実度が低い傾向にあることが明らかになりました(図 2)。さらに、IFSF と boldness の両方において、つがい内類似性がみられました。最後に、boldness の類似したつがいの雛ほど、成長速度が速い傾向にあることも明らかになりました。

つがい内における行動類似性が観察される要因としては、主に 3 つの可能性が考えられています[6]。1 つ目がつがい形成後の行動調整です。つがいと同じ生息地を利用したり、似た刺激を経験したりすることで、行動がだんだんと似ていく場合があります。2 つ目が空間的・社会的構造によるものです。似た行動をとる個体と同じ生息地を利用する傾向にあり、社会的に似た階層に位置していたりすると、結果として行動の似た相手とつがいがやすくなります。そして 3 つ目が、似た行動を示す相手を選んで交配する選択的交配です。個性は比較的安定して現れる行動形質であるため、相手を選別する際の手がかりとしての有効性が高いと考えられています[7, 8]。この考えを踏まえて、本研究を捉え直し

てみると、以下の仮説が浮かび上がります。個体が boldness の似た相手を選んで交配することで、自分と似た採餌行動をとる相手とつがうことができます。そして、採餌行動のつがい内類似性が協調的な育雛に働くのであれば、本研究で見られた boldness の類似したつがいの雛ほど成長速度が速いという結果が説明されるかもしれません(図 3)。

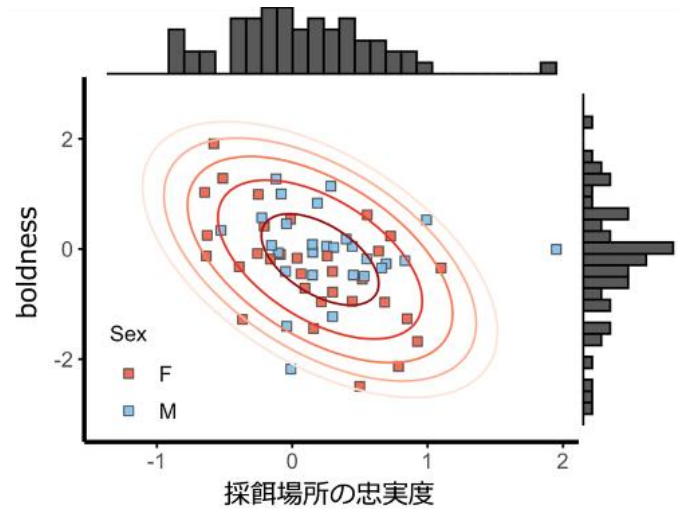


図 2. boldness と採餌場所の忠実度の関係。縦軸は個体の boldness を表し、値が大きいほど新奇物体に対して攻撃的な行動を示したことを意味する。横軸は採餌場所の忠実度であり、値が大きいほど同じような採餌場所を繰り返し利用する傾向にあることを意味する。

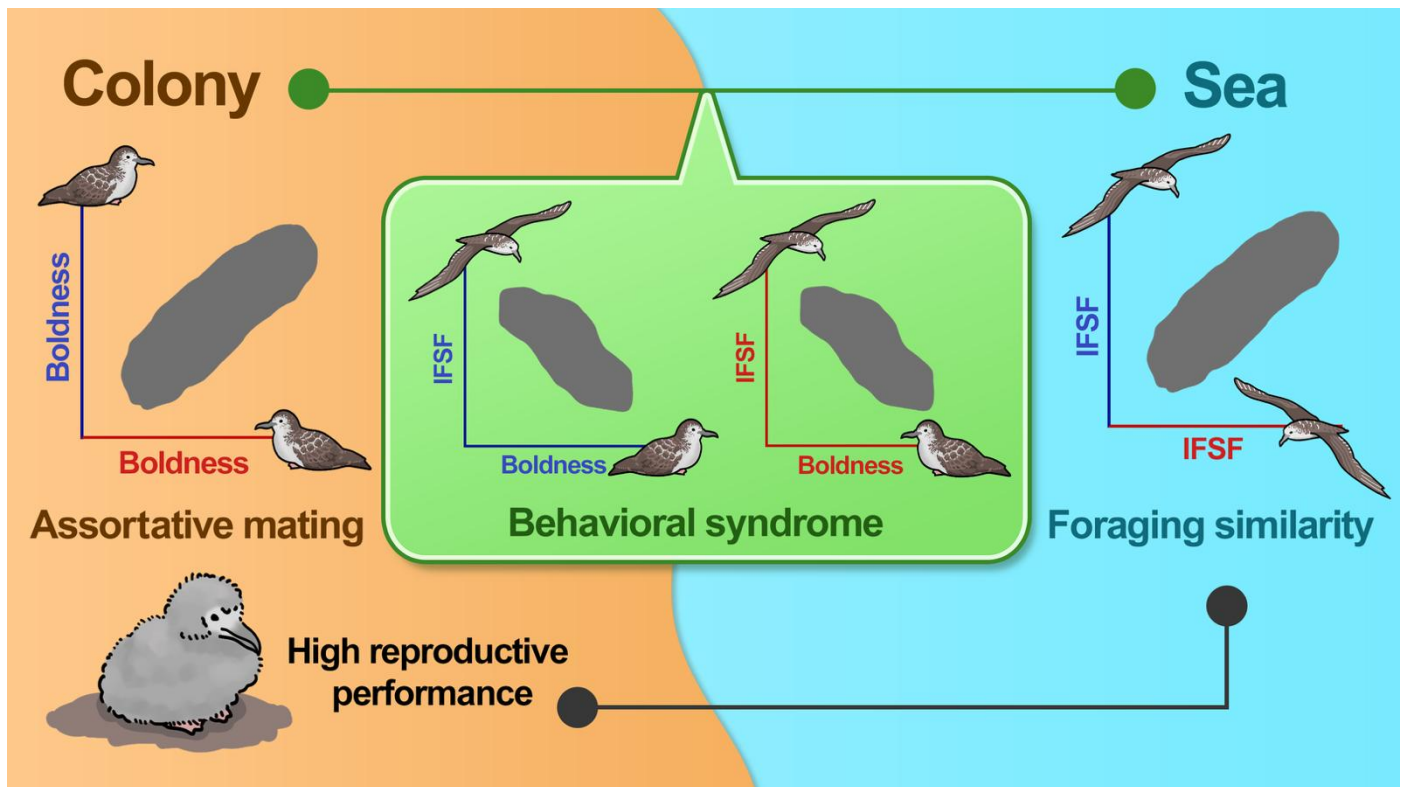


図 3. 仮説の概念図

このように、本研究は個体レベルで注目されてきた行動シンドロームをつがいレベルに拡張して捉えることで、行動シンドロームがつがいの機能に及ぼす影響について、新たな洞察を提供しました。しかしながら、この仮説を証明するには、boldnessの類似性が本当に選択的交配によって起こったのか、また採餌場所の忠実度の類似性が本当に雛の成長に寄与しているのかといった因果関係を調べる必要があります。本研究の行動観察はすべて育雛期に行われているため、今後はつがいを形成する前の時期から調査地に足を運び、個体がどのようにパートナーを選んでいるのかを直接調べる必要があるでしょう。

最後に、個人的なお話を少し。私はこの論文を2024年の3月に初めて投稿したのですが、そこからリジェクト続き……。最後の望みをかけ、2025年の3月、Behavioral Ecology and Sociobiologyに投稿したところ、その年の大晦日の朝にアクセプトの連絡が！これによって、なんとか今年度中の博士学位の取得が叶いました。これからは研究から遠ざかりますが、またご縁があることを期待しています。

[1] Takeda W, Koyama S, Goto Y & Yoda K (2026) A behavioral syndrome and within-pair similarity in boldness and foraging site fidelity of a monogamous seabird. *Behav Ecol Sociobiol* 80, 13.
<https://doi.org/10.1007/s00265-025-03687-0>

[2] Verbeek EMM, Drent PJ & Wiepkema RP (1994) Consistent individual differences in early exploratory behavior of male great tits. *Animal Behaviour* 48, 1113–1121.
<https://doi.org/10.1006/anbe.1994.1344>

[3] Krüger L, Pereira JM, Paiva VH & Ramos JA (2019) Personality influences foraging of a seabird under contrasting environmental conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 516, 123–131.
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.04.003>

[4] Harris SM, Descamps S, Sneddon LU, Bertrand P, Chastel O & Patrick SC (2020) Personality predicts foraging site fidelity and trip repeatability in a marine predator. *Journal of Animal Ecology* 89, 68–79.
<https://doi.org/10.1111/1365-2656.13106>

[5] McCully FR, Descamps S, Harris SM et al. (2023) Links between personality, reproductive success and re-pairing patterns in a long-lived seabird. *Ethology* 129, 686–700.
<https://doi.org/10.1111/eth.13405>

[6] Class B, Araya-Ajoy YG, Dingemanse NJ et al. (2025) Disentangling nonrandom assortment, indirect effects, and joint plasticity as causes of phenotypic (dis)similarity between social partners. *Journal of Evolutionary Biology* 38, 1082–1092.
<https://doi.org/10.1093/jeb/voaf057>

[7] Schuett W, Tregenza T & Dall SRX (2010) Sexual selection and animal personality. *Biological Reviews* 85, 217–246.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00101.x>

[8] Munson AA, Jones C, Schraft H & Sih A (2020) You're just my type: mate choice and behavioral types. *Trends in Ecology & Evolution* 35, 823–833.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.04.010>

巣立ち直後のウミネコ幼鳥の移動と活動日周性

杉山 響己 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

こんにちは、名古屋大学博士後期課程 2 年の杉山です。今年、私にとって初めての主著論文が出版されましたので、簡単に紹介させていただきます[1]。この論文は 2023 年 3 月の本会報で紹介した内容から追加調査を経てまとめたものになります[2]。

多くの鳥類では、巣立ち後の個体がどこへ移動し、どのように生活しているのかは、目視観察という断片的な情報にとどまっており、詳細な移動経路は不明であることがほとんどでした。特に巣立ち直後の死亡率は一般に高く、個体群動態を左右する主要な要因でもあります。

そこで私は青森県八戸市のウミネコに対し、彼らの巣立ち雛がどこへ向かうのか調査しました。ウミネコの雛は 5 月の下旬ごろに孵化し、30 日ほどでかなり大きく成長し飛翔の練習を始めます。7 月下旬ごろに島を離れていきます。そこで、2022 年と 2023 年の 6 月に、巣立ち直前のウミネコ 30 羽に対して、行動記録計(FLEX II, Druid Technology)を装着しました(図 1)。FLEX II は GPS 位置情報および加速度を元にした活動量を記録でき、記録データはインターネット経由でダウンロードすることができます。



図 1. ロガーを背負ったウミネコの巣立ち雛と幼鳥。(左)蕪島での放鳥時(34 日齢)。(右)茨城県大洗町で再確認された個体(190 日齢)。

その結果、13 羽が 7 月中に島から離れることに成功し、うち 5 羽から翌年 3 月末までのデータを得ることができました。5 羽の幼鳥は島を離れた後、繁殖地と越冬地を往復する典型的な渡り移動は示さず、各々異なる移動経路を示し、翌年 4 月時点では蕪島から 800 km 以上離れた三重県以西にとどまっていた(図 2)。春になっても繁殖地へ戻らないというこの行動は、幼鳥がまだ性成熟に至っておらず、エネルギーを費やしてまで繁殖地へ戻る必要がないためだと考えられます。

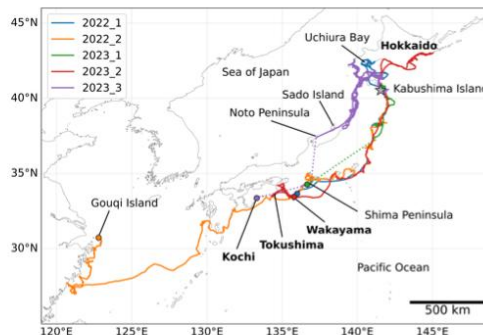


図 2. 5 羽の幼鳥の移動軌跡。翌年 4 月時点(各色の丸印)には蕪島(灰色の星印)へ戻らなかった。

また、1 日の活動パターンを調べたところ、夜間にも活動する繁殖期の成鳥とは異なり、幼鳥には日中に活動を集中する傾向がありました。この違いには、幼鳥の飛行能力や採餌技術の未熟さ、あるいは抱卵や育雛で日中は巣から離れられないという繁殖特有の制約が影響している可能性があり、幼鳥の生存戦略を紐解く重要な鍵かもしれません。

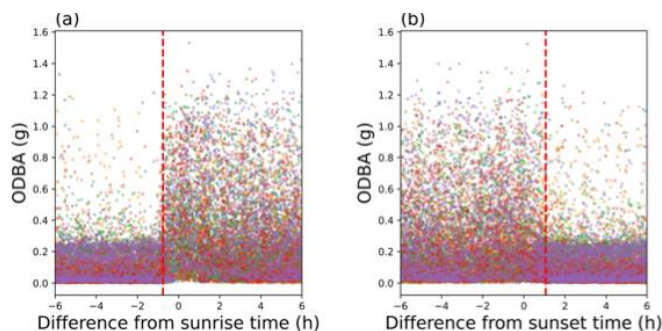


図 3. 活動量のパターンは、(a)日の出の約 46 分前に増加し、(b)日没の約 1 時間後に減少していた。

[1] Sugiyama H, Mizutani Y, Goto Y & Yoda K (2026) Movements and Daily Activity Patterns of Black-Tailed Gull Fledglings from Fledging to Wintering. *Ornithological Science* 25(1), 81–90. <https://doi.org/10.2326/osj.25.81>

[2] 杉山 (2023) ウミネコの幼鳥は蕪島を離れてどこへ行く? バイオロギング会報, No.199.

[3] Yoda K, Tomita N, Mizutani Y, Narita A & Niizuma Y (2012) Spatio-temporal responses of black-tailed gulls to natural and anthropogenic food resources. *Marine Ecology Progress Series* 466, 249–259. <https://doi.org/10.3354/meps09939>

蕪島のウミネコの産卵日と卵の孵化を左右する要因

松本 龍汰 (名古屋大学 理学部 生態学講座)

はじめまして、名古屋大学生態学講座学部4年生の松本龍汰です。2025年、私は青森県蕪島で初めてウミネコ調査に参加させていただきました。今回は、青森県蕪島でのフィールド調査と、そこで得たデータを用いた自身の卒業研究についてお話ししたいと思います。

驚きと格闘の初野外調査

5月、私は初めて青森の地に降り立ち、蕪島へと向かいました。そこで目にしたのは、一面に咲き誇るナタネと、その隙間で所狭しと営巣する数えきれないほどのウミネコ。足の踏み場もないほど圧倒的な光景に驚かされてばかりでした。現場では先輩方に教えていただきながら、巣の見回りを行い、産卵日や卵の数、雛の孵化日などを記録しました。親鳥や雛の形態計測にも取り組みましたが、必死に抵抗してくるウミネコの力強さに翻弄され、なかなか苦戦しました。今年は去年の経験を糧にして、形態計測や親鳥の捕獲に挑戦していきたいです。



図1. 一面のナタネとそこで営巣をするウミネコたち。写真中央では雛がこちらを見つめている

研究背景

こうした地道な調査を積み重ねるのには、重要な理由があります。それは、ウミネコの「繁殖の成否」が、一体どのような要因で決まっているのかを解明するためです。私もウミネコ調査を通じて、その謎に興味を持つことになりました。そしてその謎の一端を解き明かすべく、卒業研究では繁殖指標の解析

に取り組みました。

野生動物にとって「繁殖」は、子孫を残すためのもっとも重要なイベントであり、鳥類では産卵、抱卵期、孵化、育雛期という順に進みます。その中でも、いつ卵を産むかという「産卵日」は個体の繁殖戦略の一つであり、無事に雛が生まれるかという「孵化率」は繁殖成功の指標の一つになります。産卵日、孵化率という異なる2つの指標は抱卵期間の繁殖成績や行動がどのような影響を受けているのかを評価する上で重要です。そこで、私は過去複数年にわたる個体の繁殖データに基づき、産卵日、孵化率に関する統計モデルを性別ごとに作成しました。そこに、気象条件や親の年齢といった要因を加え、これらがどのような影響を与えているのかを解析しました。

調査で得られた産卵日と孵化率のデータ

解析を行うにあたり、まずはデータの全体像を整理しました。コロナ禍で調査ができなかった2020年を除く2012年から2025年までのデータのうち、各巣の「最初の卵の産卵日」と「孵化した雛の割合」を分析したところ、産卵日はどの年も10日以内の期間に集中していました。それに対して平均孵化率は年によって大きな違いが見られました。

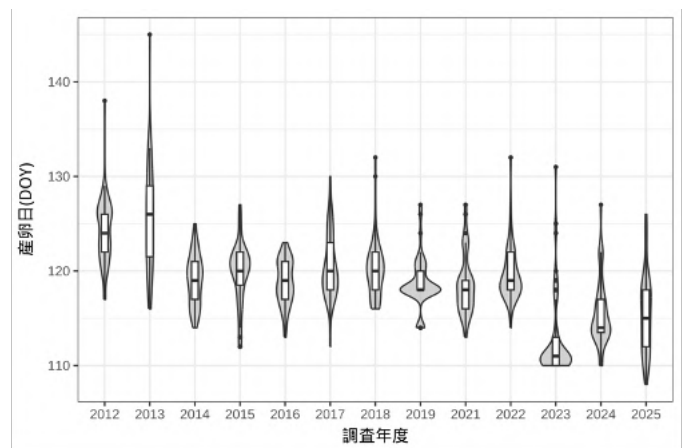


図2. 各年の産卵日のバイオリンプロット。産卵日(DOY)は1月1日を1とした時の通算日数である。

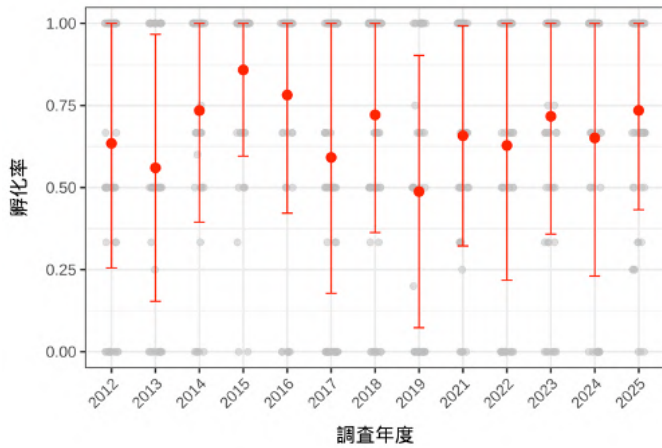


図 3. 各年の孵化率のジッターチャート。灰色の点は各巣の孵化率、赤色の点と赤い縦線は平均孵化率と標準偏差を示す。

この違いを生む要因は一体何なののでしょうか？統計モデルを用いた解析の結果、以下のことが明らかになりました。

産卵日と孵化率が影響を受ける要因

解析の結果、産卵日には主に春(特に4月)の平均気温が高い年ほど、産卵開始が早まる傾向が見られました。さらにオスでは、年齢が高いほど産卵日が早くなる傾向も確認されました。一方で、メスでは年齢の影響は有意ではありませんでした。これらの結果から、産卵するタイミングは繁殖直前の気象条件に左右されるとともに、オスでは個体の年齢も重要な要因となっている可能性が示されました。

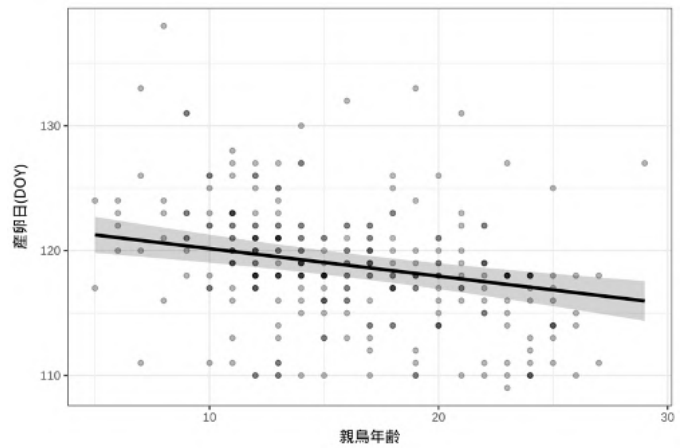


図 4. LMM のベストモデルから得られたオス親の年齢と産卵日の関係。散佈図上の実線は、他の説明変数を平均値で固定したときの推定値を示し、網掛け部分は 95%信頼区間を示す。産卵日(DOY)は 1 月 1 日を 1 とした時の通算日数である。

孵化率については、抱卵期の気象条件が大きく関係していることが示唆されました。全体として、抱卵期に温暖で降水量が多い年ほど孵化率が高くなる傾向が見られました。一方で、親鳥の年齢や産卵日の早さは、孵化率に対して有意な影響を示しませんでした。これらの結果から、孵化の成否は主に抱卵期の環境条件によって左右されている可能性が考えられます。また降水量が多いほど孵化率が高くなった理由としては、雨天時にウミネコが巣に戻りやすくなり、結果として抱卵行動が安定することが関係しているのかもしれませんが。

昨年は、環境とウミネコの年齢が産卵や孵化に影響を及ぼすのかどうかについて調査しました。今後はバイオロギングによって得たデータを用いて、環境や年齢が採餌行動にどう影響しているのかを解析し、またその行動が繁殖成績にどう影響を及ぼすのかを調査したいと考えています。

圧力データと GPS 位置情報に基づく オオミズナギドリの採餌行動評価

羽室 泰治 (名古屋大学 理学部 生態学講座)

皆様、はじめまして。名古屋大学理学部地球惑星科学科 4 年の羽室泰治と申します。4 月からは同大学の大学院環境学研究科所属になります。今回は、簡単に私の卒業研究の紹介をしたいと思います。

研究背景と目的

海鳥の採餌場所を評価する研究では、これまで主に ARS (Area-restricted search) と呼ばれる探索行動を指標として、採餌場所が推定されてきました。ARS とは、旋回が多く移動速度が低下する行動であり、餌を探している状態を示すものと考えられています。従来の研究では、「探索している場所 = 採餌している場所」とみなし、ARS が見られた地点を採餌場所としてきました。しかし、ARS が実際の採餌行動をどの程度正確に反映しているのかについては、十分に検証されていません(例: [1, 2])。一方で、圧力を記録することで潜水という採餌行動そのものを検出することは可能ですが(例: [3, 4])、圧力データ単独ではその行動がどこで行われたのかを特定することはできません。そこで本研究では、新潟県粟島で繁殖するオオミズナギドリを対象に、GPS データと圧力データを同時に取得し、「実際に採餌をした地点」を検出することを試みました。そして、「実際に採餌をした地点」を用いて、GPS データのみから計算される ARS が採餌場所を正しく検出しているのか検証しました。なお、圧力データで検出できるのは、潜水を伴う採餌のみであるため、今回の研究では潜水を伴う採餌 (以下、潜水採餌) を検出対象としました。(オオミズナギドリの採餌方法には、表面ついでみ採餌と呼ばれる別の方法もあります。)

調査活動

2025 年の 8 月から 9 月にかけて、本研究室で毎年行っている粟島での調査に参加しました。調査では、巣穴に手を直接入れて成鳥のオオミズナギドリを捕獲し、背中に口ガーをとりつけました。口ガーは 1 週間ほど経過した後に回収しました。調査では、その他に成鳥や雛の外部形態の計測を行いました。(1 ヶ月以上のフィールドワークは初めてで大変でした。野生動物相手ということもあり、とても緊張しましたが、初めてのことばかりで楽しかったで

す。) 解析には、この調査によって取得した 25 羽のデータを使用しました。

採餌地点の検出

まず、得られた圧力データを平均海面気圧に基づいて深度に変換し、潜水採餌を抽出しました。本研究では、オオミズナギドリの体長の半分である 0.25 m を超える深度が記録された場合を潜水採餌として定義しました。そして、その時刻における GPS 位置を、潜水採餌を行った地点として検出しました。解析の結果、全 85 回の採餌トリップ中で 1141 回の潜水採餌が検出されました。それらをトリップごとに移動経路と併せてプロットすることで、潜水採餌がどこで行われていたかを可視化することができました。図 1 に例を示します。

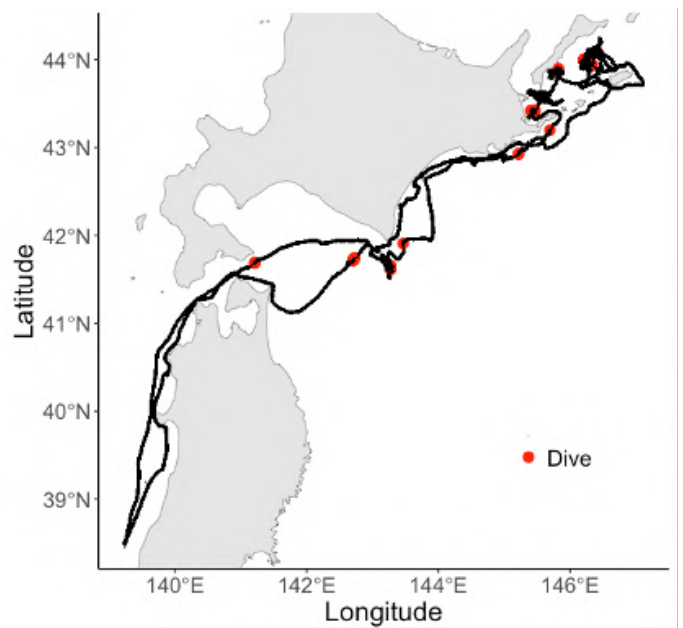


図 1. 移動経路に潜水採餌地点をかさねた例。黒線が鳥の移動経路、赤点が潜水採餌地点を示している。様々な場所で潜水採餌を行っていることがわかる。

次に、ARS の検出のために、現在広く利用されている隠れマルコフモデルを用いて、GPS ポイント間の移動距離と旋回角、行動遷移確率から、鳥の行動状態を「直線移動」「ARS」「着水」の 3 状態に分類し、潜水採餌がどの行動中に行われているのかを調べました。その結果、直線移動中に 21 回、ARS

中に 744 回、着水中に 234 回の潜水採餌が行われていました。このことから、確かに、潜水採餌の多くは ARS 中に行われていることが明らかになりました。また、行動状態ごとの時間割合という点で見ても、ARS 中には潜水採餌が多く検出されていました (図 2)。

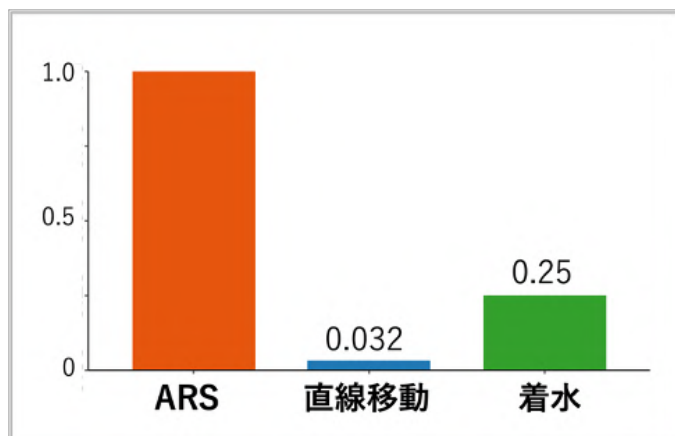


図 2. ARS・直線移動・着水の各行動状態における潜水採餌の検出時間割合 (ARS を 1 とした相対値)。

しかし、直線移動中や着水中にも一定数の潜水採餌が行われていたことから、採餌行動が必ずしも探索行動を伴うとは限らないということも示唆されました。この結果は、ARS で採餌場所を評価することの不確実性を反映していると考えられます。

おわりに

本研究では、圧力データと GPS データから潜水採餌地点を検出し、ARS がある程度潜水採餌地点を反映していることを明らかにしました。しかし具体的な場所の傾向や、採餌場所とコロニーの距離関係などについてはまだ解析・考察を行っていません。今後そのような解析を行うことで、コロニーからの距離や移動距離による潜水採餌頻度の違いなどの新たな発見が得られる可能性があります。また、圧力データによる採餌地点の検出は、ARS を採餌場所として検出する場合と時空間的スケールが異なることから、研究目的に応じてそれぞれを適切に選択することが重要であると考えています。例えば、環境条件との関係をより詳細に検討するなど、採餌地点をピンポイントで把握したい場合には、本研究で用いたような手法で採餌地点を検出することが有効な方法となる場合もあると考えます。

[1] Dean B (2013) Behavioural mapping of a pelagic seabird: combining multiple sensors and a hidden Markov model reveals the distribution of at-sea behaviour. *Journal of the Royal Society Interface* 10(78), 20120570. <https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0570>

[2] Fauchald P & Tveraa T (2003) Using First-Passage Time in the analysis of area-restricted search and habitat selection. *Ecology* 84(2), 282–288. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[0282:UFPTIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[0282:UFPTIT]2.0.CO;2)

[3] Hamer KC, Humphreys EM, Magalhães MC, Garthe S, Hennencke J, Peters G, Grémillet D, Skov H & Wanless S (2009) Fine-scale foraging behaviour of a medium-ranging marine predator. *Journal of Animal Ecology* 78(4), 880–889. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01549.x>

[4] Matsumoto K, Oka N, Ochi D, Muto F, Satoh TP & Watanuki Y (2012). Foraging behavior and diet of Streaked Shearwaters *Calonectris leucomelas* rearing chicks on Mikura Island. *Ornithological Science* 11(1), 9–19. <https://doi.org/10.2326/osj.11.9>

オオミズナギドリにおける採餌場所重複度の時系列変化

片岡 幸大 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

初めまして、名古屋大学大学院修士 2 年の片岡幸大です。今回は、私の修士論文の研究について簡単にご紹介させていただきます。

研究の背景と目的

野生動物において、効率的に採餌することは個体の生存や繁殖の成功に直結します。近年、特定の個体が同じ採餌場所を繰り返し利用するかという「個体採餌場所忠実度 (Individual Foraging Site Fidelity: IFSF)」が注目を集めています [1]。一般に、資源の分布が時空間的に安定して予測可能な環境では、個体は同じ場所を繰り返し訪れることで (IFSF が高い)、探索コストを削減することができますが、予測しにくい環境では別の場所も探索する必要があります (IFSF は低い)[2]。しかし、これまでの研究では、IFSF の経時的な減衰パターンについては十分に調べられていませんでした。そこで本研究では、日本海と太平洋という異なる環境特性を持つ二つの海域を利用するオオミズナギドリを対象に、「IFSF が時間経過 (時間差) によってどう減衰していくか」という時間的な採餌行動の変化を明らかにすることを目的としました。

調査と解析手法

本研究では、野外調査として新潟県粟島で繁殖するオオミズナギドリに GPS ロガーを装着し(図 1)、移動経路データを取得しました。解析には 2008 年から 2024 年にかけて取得されたデータを使用しました。記録された採餌トリップごとに隠れマルコフモデル (HMM) を用いて探索行動 (ARS) を抽出し、採餌場所の分布を推定しました。そして、異なるトリップ間での採餌場所の重複度として Bhattacharyya's affinity (BA) という指標を計算し、個体の忠実性を定量化しました [3]。また、利用海域による環境や行動の違いを比較するため、各トリップを「日本海トリップ」と「太平洋トリップ」に分類しました。さらに、時間経過による忠実性の変化を評価するため、分類した海域ごとに BA を応答変数とした GLMM (一般化線形混合モデル) および GAMM (一般化加法混合モデル) を構築しました。



図 1. (A) オオミズナギドリ (*Calonectris leucomelas*) の成鳥 (B) 背中の羽毛に装着されたデータロガー (Axy-Trek)

結果と考察

太平洋と日本海のトリップに分けた解析の結果、海域間で極めて対照的な戦略がとられていることが明らかになりました (図 2)。まず、太平洋へ向かうトリップでは、経過日数が長くなっても高い IFSF が維持される傾向が見られました。太平洋側 (北海道東部沖など) は、親潮と暖水塊がぶつかる海洋前線が形成され、サンマなどの餌資源が空間的に安定して存在する予測可能な環境と考えられています [4, 5]。そのため、遠方への移動コストをかけてでも、確実に餌が得られる場所へ向かう戦略が合理的であり、高い忠実度が保たれていると考えられます。一方で、日本海でのトリップでは、時間の経過とともに IFSF が急速に減衰することが分かりました。日本海北部には、対馬暖流の中規模渦が存在し、餌パッチは形成されるものの一時的で流動的であることが知られています [5, 6]。このような予測しにくい環境では、過去の古い空間記憶に固執することはかえって非効率となるため、柔軟に新たな場所を探索していると解釈できます。

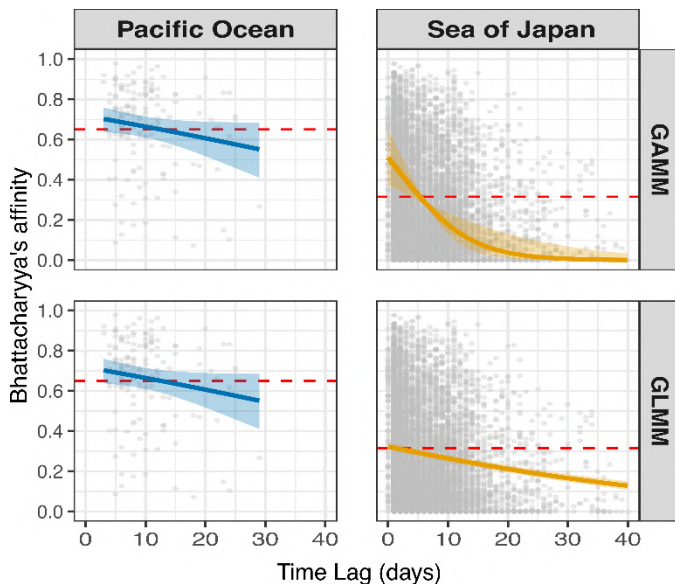


図 2. 時間経過に伴う採餌場所への忠実性の変化。太平洋 (左) では日数が経っても忠実性が高く維持されるが、日本海 (右) では急速に低下する。(赤色の破線はランダムサンプリングの期待値)

おわりに

本研究では、オオミズナギドリが利用する海域の予測可能性に応じて、採餌行動の忠実性を調整している姿を定量的に明らかにすることができました。しかし、忠実性の経時的な低下が、鳥自身の「記憶の消失」によるものなのか、それとも「急速な環境変化」に合わせた柔軟な対応なのかを厳密に区別することは今後の課題として残されています。また、同じ集団内でも、常に特定の場所に向かう個体と、柔軟に場所を変える個体が混在していることも示唆されました。今後は、より高解像度な海洋環境データとの照合や、年齢・性別といった要因を分析に組み込むことで、海鳥の複雑な意思決定メカニズムがさらに深く解き明かされることが期待されます。最後になりますが、ご指導いただいた研究室の皆様にご心より感謝申し上げます。

[1] Bolnick DI, Svanbäck R, Fordyce JA et al. (2003) The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization. *The American Naturalist* 161(1), 1–28. <https://doi.org/10.1086/343878>

[2] Riote-Lambert L & Matthiopoulos J (2020) Environmental predictability as a cause and consequence of animal movement. *Trends in Ecology & Evolution* 35(2), 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.09.009>

[3] Fieberg J & Kochanny CO (2005) Quantifying home-range overlap: the importance of the utilization distribution. *The Journal of Wildlife Management* 69(4), 1346–1359. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2005\)69\[1346:QHOTIO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)69[1346:QHOTIO]2.0.CO;2)

[4] Yasuda I, Okuda K & Hirai M (1992) Evolution of a Kuroshio warm-core ring-Variability of the hydrographic structure. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 39, S131–S161. [https://doi.org/10.1016/S0198-0149\(11\)80029-7](https://doi.org/10.1016/S0198-0149(11)80029-7)

[5] Park KA, Woo HJ & Ryu JH (2012) Spatial scales of mesoscale eddies from GOCI Chlorophyll-a concentration images in the East/Japan Sea. *Ocean Sci J* 47, 347–358. <https://doi.org/10.1007/s12601-012-0033-3>

[6] Isoda Y & Saitoh Si (1988) Variability of the sea surface temperature obtained by the statistical analysis of AVHRR imagery. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* 44, 52–59. <https://doi.org/10.1007/BF02303120>

ハトのナビゲーションの定量的な評価

中島 健 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

初めまして。名古屋大学修士 1 年の中島健です。今回、私が紹介するのはハト（カワラバト）の研究になります。動物が未知の環境から元の場所へ戻る「帰巢本能」は古くから行動生態学の大きなテーマの一つとなっています。私がハトに興味を持ったのは物心がついた頃、父が私の生まれる前からレース鳩を飼育していたという原体験がきっかけでした。中学生の頃に個人的な興味から探究を始め、高校時代には総務省の研究支援を受けながら研究を進めてきました。現在は大学院の環境のもと、これまで行なっていたアプローチから一步踏み込み、ハトのナビゲーションのメカニズムについて定量的に評価することに取り組んでいます。



図 1. 放鳩の瞬間。この後に上空を旋回し、帰巢する。

ハト自身の面白さ、醍醐味はなんと言ってもその「帰巢本能」を目の当たりにする瞬間にあります。調査では、ハトを車に乗せて数十キロ、数百キロ以上離れた地点まで運び、そこで一斉に空へ放ちます。放たれた直後、ハトは周囲の上空を旋回して方向を定めてから巣に帰っていきます。その後、私たちが鳩舎に戻ると、そこには先ほど放したハトがすでに巣に戻っています。ハトを飼育して訓練をしていれば当たり前の出来事ではありますが、そうでない人にとってはこの体験はとても面白いものであると思います。この驚異的な能力のデータを記録できるのはバイオロギングの面白さです。もちろん、全てがスムーズにいくわけではありません。天敵である猛禽類に襲われてしまったり、想定外の方に飛んでいってしまったりと、ハトの行動は常に私たちの想像を超えてきます。こうしたフィールドでの行動

の一つ一つが彼らの知能や能力、生存戦略を理解するための貴重なヒントであると考えます。



図 2. GPS ロガーを着用したハト。負担になりにくい足環型のもが販売されている。

ハトは、太陽コンパスや地磁気、嗅覚、視覚的な景観など様々な環境情報を統合して帰巢していると考えられています。しかし、飛行中に状況が変化していく中で、彼らが実際に何を見て、何を選んで飛んでいるのかという動的なプロセスには、まだ多くの謎が残されています。私の研究では、取得した高解像度な GPS データから、ハトの飛行軌跡の背後にある、意思決定のルールを導き出すこと、どのような条件でグループ全体の意思決定がされているのか、ナビゲーションには何の要素が大きいか、ということ調べています。目的地に向かって飛んでいく中で、ハトは環境のノイズ（風や地形など）をどう処理しているのか、そして、どのような瞬間に最終的な進路を確定しているのか、ということ明らかにするため、現在は GPS のデータを整理し、解析を行なっているところです。

動物が持つナビゲーションの謎は奥深く、身近な存在であるハトにはまだ私たちが気づいていない驚くべき能力が隠されているはずで、今後もバイオロギングを通じて、ハトが空中で経験している世界の一端を少しずつ解き明かしていきたいと思えます。

動物の行動と心の事典

依田 憲 (名古屋大学)

『動物の行動と心の事典』(朝倉書店) が刊行された(編集:日本動物行動学会、編集協力:日本動物心理学会)。両学会が蓄積してきた知見とネットワークを背景に、日本の動物行動学・動物心理学の現在地を一望できる一冊に仕上がっている。

350 ページにおよぶ本書は、単なる事典にとどまらない構成をとっている。前半では、「ティンバーゲンの4つの問い」「行動と自然選択」「利他行動と血縁選択」といった、動物行動学の基礎概念が簡潔に整理されている。体系的教科書のエッセンスを凝縮しており、学部生や大学院生にとって良い導入書である。

後半は趣を変え、動物行動学および動物心理学の最前線トピックが2ページずつ配置されている。各項目はその分野の第一線の研究者が執筆しており、専門性とコンパクトさが両立している。協力行動、感情研究、比較認知、群れのダイナミクス、ヒトと動物の関係など、多様なテーマが並び、読者は辞典的に引くことも、通読して潮流を俯瞰することもできる。執筆者リストを見ると、日本の動物行動学・動物心理学を牽引している研究者が名を連ねており、世代的広がりも感じられる。

事項索引をめくると、「バイオロギング 109, 122, 128, 130, 140, 267」とバイオロギングが複数箇所に登場していることが目を引いた。20年前には、まだ一部の研究者による先端的手法に過ぎなかった技術が、いまや動物行動研究の主要な方法論の一つとして定着していることを象徴している。

佐藤克文会長は「ペンギンとウミガメはそれぞれ理にかなった速さで泳いでいた」、第20回シンポジウム@長崎を開催された中村乙水さんは「マンボウが深く潜る理由と海面を漂う理由」、第19回シンポジウム@神戸を開催された岩田高志さんは「動物装着型ロガーで明らかになる、オットセイの採餌戦略とクジラの休息」を執筆している。私は「渡り鳥が持つコンパスと地図」「ナビゲーションの階層性」を担当した。表紙および裏表紙には、岩田さんによるオットセイとクジラ(ロガー付き)の写真が配されている。

本書は、これから日本動物行動学会や日本動物心理学会に参加しようとする学生や若手研究者にとって、格好の予習書になるだろう。基礎理論を押さえつつ、現在進行形の研究トピックを俯瞰できるため、学会発表やシンポジウムの議論が格段に理解しやすくなり、楽しむことができるはずである。同時に、経験を積んだ専門家にとっても、専門外領域を短時間でアップデートできる便利なリファレンスになるだろう。

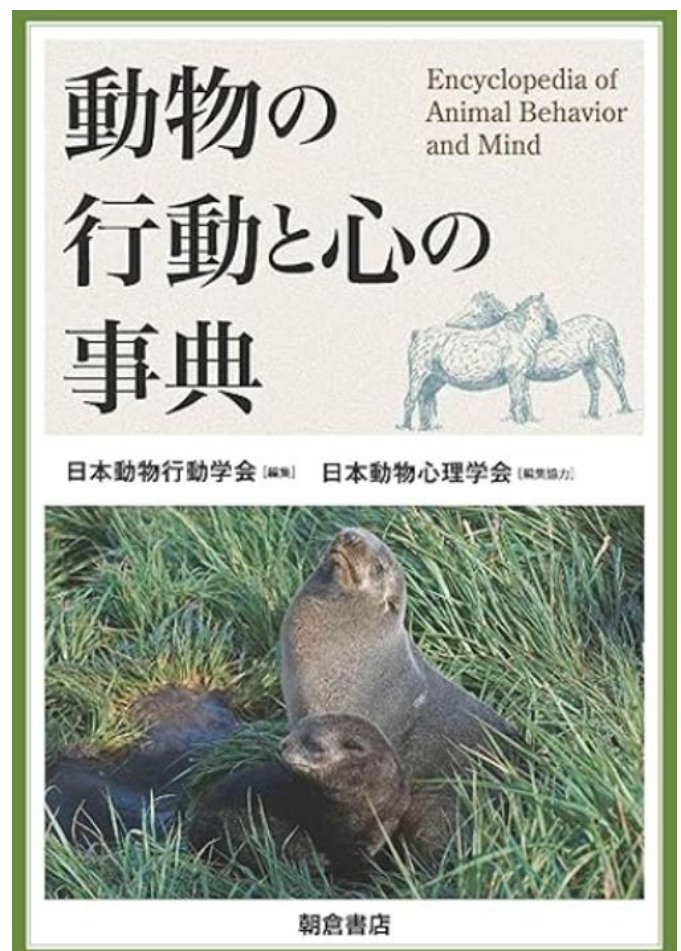


図1. 「動物の行動と心の事典」書影

https://www.asakura.co.jp/detail.php?book_code=17205

BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦~その12 (最終回) 混獲リスクの可視化とデータ共有のためのフォーマット変換

- ・ `bycatch_risk_mapper.py`
- ・ `convert_movebank_format.py`

渡辺伸一 (リトルレオナルド社/麻布大学獣医学部)

本記事は、連載「BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦」の区切りとなる最終回です。これまでの連載では、GPS データを用いた移動様式 (4,10 回)、加速度による行動推定 (5,7 回)、潜水解析による水中利用 (6,8,9 回)、そして気圧データを用いた飛行高度推定 (11 回) など、バイオリギングデータから動物行動を多角的に理解するための解析手法を紹介してきました。これらの解析により、動物が「いつ・どこで・どの高さ/深さで」行動しているのかを多次元的に把握する基盤が整いました。

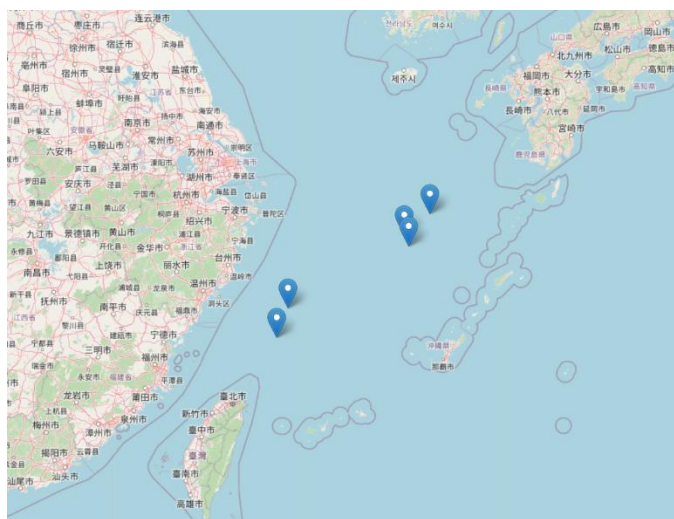


図 1. 追跡途絶点の表示例 (HTML ファイル)

最終回となる本稿の前半では、こうした行動解析を保全・管理分野へ応用するための前段階として、死亡イベントや追跡途絶の発生地点を時空間的に仮説化する解析として、追跡が途絶えた地点 (追跡途絶点、図 1) を地図上に可視化するプログラム `bycatch_risk_mapper.py` を紹介します。

本稿後半では、BiP で標準化したバイオリギングデータを国際的なバイオリギングデータ共有基盤である `Movebank` 形式へ変換するプログラム `convert_movebank_format.py` についても紹介します。BiP データをこの形式で公開することで、解析の再現性向上や国際共同研究の促進が期待さ

れます。本連載で紹介してきた解析手法をより広い研究コミュニティで活用するためにも、データ共有の仕組みを理解することは重要です。

混獲リスクの可視化 : `bycatch_risk_mapper.py`

本ツールは、動物が死亡した可能性や機器が回収不能となった可能性がある地点を推定するためのものです。この情報のみから漁業活動との関係や混獲リスクの空間分布を直接評価することはできませんが、追跡途絶点の空間分布を把握することは、死亡要因の仮説を立てるうえで重要な手がかりとなります。

実行手順

1. データとプログラムの準備

プログラム (`bycatch_risk_mapper.py`) とサンプルデータ (`dataset_seaturtle.zip`) をダウンロードし、任意の作業ディレクトリに保存します。サンプルデータは解凍して使用します。

本稿では、BiP に公開されている Takuya Fukuoka (東京大学大気海洋研究所) 提供のアカウミガメ 5 個体の衛星追跡データを例として用います。

2. Anaconda 環境の準備

前回までと同様、NumPy や pandas のバージョン不整合によるエラーを避けるため、BiP 解析用の専用環境 (`bip-analysis`) を使用します。

- ・ 環境を有効化

```
conda activate bip-analysis
```

3. 必要なライブラリのインストール

本コードでは、CSV の集約処理に加え、地図表示用の HTML と KML を出力するため、`folium`、`geopy`、`simplekml` を使用します。これらは前回までの解析では使用していなかった

め、追加でインストールします。

```
pip install folium geopy simplekml
```

4. プログラムの実行

Python のプロンプト上で、プログラムとデータを保存したディレクトリに移動し、以下のコマンドを実行し、CSV ファイルが保存されているフォルダ名 (dataset_seaturtle) を入力します。

```
python bycatch_risk_mapper.py
Enter the path to the folder containing
CSV files: dataset_seaturtle
```

この処理により、各ファイルについて以下の情報を要約した tracking_summary.csv が出力されます。この要約ファイルは、各個体の追跡状況を一覽的に把握し、機器寿命や追跡途絶の偏りを評価するための基礎資料として利用できます。

file_name : ファイル名

start_time : 追跡開始日時 (UTC)

end_time : 追跡終了日時 (UTC)

duration_days : 追跡期間 (日)

start_latitude / start_longitude : 追跡開始位置

end_latitude / end_longitude : 追跡終了位置

distance_km : 開始点から終了点までの二点間距離 (km)

続いて、機器寿命の目安 (日数) を入力します。これは、想定される稼働期間よりも前に記録が途絶えた個体を抽出するための重要なパラメータです。ここでは例として 360 日を入力します。

```
Enter the minimum tracking duration (in
days): 360
```

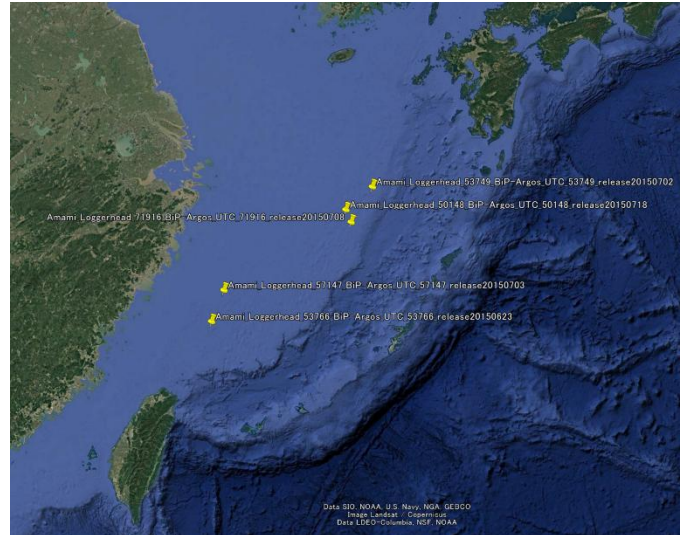
この値は任意に設定できますが、使用した機器の電池容量、送信間隔、ソーラーパネルの有無、過去の運用実績などをもとに現実的な値を設定することが重要です。適切な閾値を設定することで、本来はまだ稼働しているはずの機器が途中で停止した個体を抽出でき、追跡途絶の空間的な偏りを確認しやすくなります。

この値を基準として、追跡途絶点を地図上に可

視化した HTML ファイル

(lost_signals_map.html、図 1) と Google Earth などで閲覧できる KML ファイル

(lost_signals.kml、図 2) が出力されます。HTML マップは研究者間での共有や議論にも利用しやすく、解析結果を視覚的に伝える手段として有用です。また、KML 形式で出力された結果は Google Earth 上で衛星画像や既存地理情報と重ねて確認でき、現地状況の理解や仮説形成に利用が



期待できます。

図 2. 追跡途絶点の表示例 (KML ファイル)

結果の確認と解釈

本ツールの出力結果は、「追跡が途絶えた地点の可視化」に特化したものであり、それ自体が死亡や混獲を直接示すものではありません。したがって、結果の解釈には慎重さが求められます。

設定した閾値よりも大幅に短い期間で追跡が途絶えた個体は、機器の故障や脱落の可能性に加えて、死亡や捕獲などのイベントが生じた可能性も考えられます。特に、同じ海域や特定の時期に追跡途絶点が集中している場合には、環境要因や人為的要因との関係を検討するための重要な手がかりとなります。

一方で、閾値に近い期間まで追跡が継続していた個体については、電池消耗や通信状態の悪化などにより機器が寿命に達した可能性が高く、個体自体は生存している可能性が高いと考えられます。この場合、最後の記録地点は単に「機器が停止した位置」を示しているに過ぎず、必ずしもその地点で異常事象が発生したことを意味するものではありません。また、衛星通信機器では、通信環境や送信成功率の変動により一時的にデータが

受信されなくなる場合もあります。そのため、追跡途絶点の分布を評価する際には、機器仕様、通信方式、行動特性、環境条件などを総合的に考慮することが重要です。

本解析は、死亡リスクや混獲リスクの評価を直接行うものではなく、そのような評価を行うための仮説形成の段階を支援する基礎的な可視化手法として位置づけられます。今後は、漁業活動データや環境データ、行動集中域解析（FPT 解析など）と組み合わせることで、より具体的な保全対策の検討へと発展させることが期待されます。

Movebank 形式への変換： convert_movebank_format.py

本稿の後半では、BiP で標準化したデータを Movebank で読み込みやすい形式へ変換するプログラム ([convert_movebank_format.py](#)) を紹介します。[Movebank](#) は現在、世界最大級のバイオロギングデータ共有基盤であり、BiP に登録したデータを Movebank にも登録することで、データ共有や比較研究の幅をさらに広げることができます。逆に、Movebank 由来のデータを BiP 側で活用することも可能であり、両者の往来は今後の国際共同研究において重要な意味を持ちます。

BiP と Movebank では、使用するカラム名や日時書式、属性名が異なります。そのため、BiP で標準化された CSV をそのまま Movebank に読み込ませることはできません。本プログラムは、BiP 形式のデータについて、日時フォーマットの変換とカラム名の Movebank 属性への対応付けを行い、Movebank に取り込みやすい CSV を出力するものです。例えば、BiP ではタイムゾーン情報を含む 2021-08-24 19:13:27.040000+00:00 の形式が用いられますが、Movebank ではタイムゾーン情報を含まない UTC 表記 2021-08-24 19:13:27.040 の形式が用いられます。本コードでは、このような書式差を吸収し、必要に応じて Animal Id と Tag Id も付与します。

BiP から Movebank へ変換可能な項目としては、緯度・経度、高度、速度、衛星数、三軸加速度、三軸磁場、角速度、気圧、深度、水温、光量、ODBA など計 29 項目が想定されています。一方で、現時点では air-speed、water-speed、salinity などは Movebank 側に直接対応する項目

がなく、そのままでは登録できません。

実行手順

1. データとプログラムの準備

プログラム

([convert_movebank_format.py](#)) とサンプルデータ ([data.csv](#)) を同じディレクトリに保存します。サンプルデータには、BiP の Open データとして公開されている Katsufumi Sato (東京大学大気海洋研究所) 提供のオオミズナギドリのデータの一部が用いられており、GPS に加えて三軸加速度情報を含みます。

2. プログラムの実行

前回までと同様、BiP 解析用の専用環境 (bip-analysis) でプログラムを実行します。

```
conda activate bip-analysis
python convert_movebank_format.py
```

実行中に、以下の情報を入力します。

- 変換元のファイル名
- 変換先のファイルに Animal Id と Tag Id を CSV に含めるか
- " " を含める場合は、それぞれの値

例えば以下のようになります。

```
Animal Id, Tag Id を CSV ファイルに含めますか? (y/n): y
Animal Id を入力してください: 9B41870
Tag Id を入力してください: YNo.6
```

処理が完了すると、Movebank 用の CSV ファイル (例: [data_movebank.csv](#)) が出力され、変換後のデータの先頭 2 行がプロンプト上に表示されます。これにより、時刻、位置情報、センサ種別、個体 ID、タグ ID などが正しく変換されているかを確認できます。

```
変換完了! Movebank 用の CSV ファイルを
data_movebank.csv に保存しました。
=== 変換後のデータ (先頭 2 行) ===
timestamp location lat location long
```

acceleration y acceleration x
 acceleration z barometric pressure
 external temperature height above mean ...

Movebank への読み込み

1. ユーザーアカウント作成

データをアップロードする前に Movebank でユーザーアカウントを作成し、データを Upload する先の Study を作成します。Movebank へのデータ登録については [Add data to Movebank](#) をご覧ください。

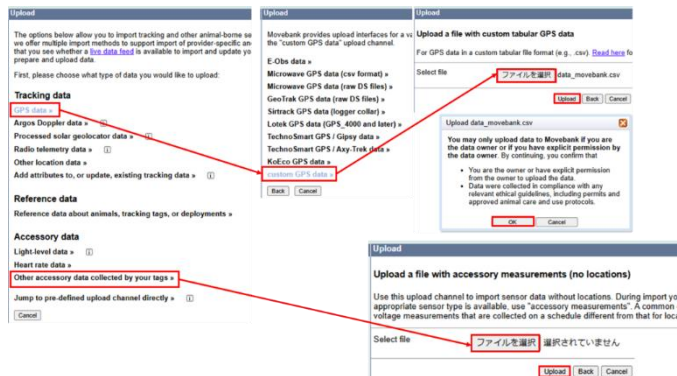


図 3. Movebank の Data Upload 画面

2. データアップロード

変換された CSV を Movebank の Upload → Import Data から読み込みます (図 3)。位置情報を含むデータであれば GPS data → custom GPS data を、位置情報を含まない補助データであれば Other accessory data collected by your tags を選択します。表示された各カラムをクリックして、読み込むデータを選択します。問題なく変換されていれば、下段に適切なカラム名で表示されます。Sensor Type には GPS と加速度などのそれ以外のデータタイプに分かれています。

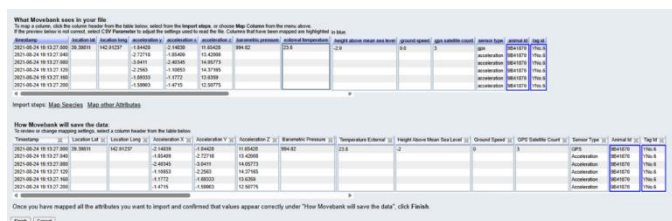


図 4. Movebank の個体・機器情報の入力画面

3. 個体情報・タグ情報の登録と標準化

Edit Animal で個体情報 (AnimalID)、Edit Tag で機器情報 (Tag ID) をそれぞれ入力し、Edit Deployment で Upload したファイルとそれ

らを統合します (図 4)。この作業は BiP の Standardize に相当しますが、BiP と Movebank で用語 (Attributes) が異なるのに注意してください。入力の際には、Movebank と BiP で使用されている用語を比較した表 ([Movebank_BiP_attributes.csv](#)) をご参照ください。

BiP—Movebank のデータ共有の意義

本ツールは、単にファイル形式を変換することではなく、BiP で整理・標準化したデータを、国際的なデータ共有基盤へ接続することにあります。BiP 上で解析したデータを Movebank でも利用可能にすることで、研究成果の再利用性や透明性が向上し、他地域・他種との比較研究や国際共同研究へ発展しやすくなります。

本連載で扱ってきた各種解析は、データが共有されることでさらに価値を持ちます。その意味で、[convert_movebank_format.py](#) は研究成果を共有し発展させるための基盤を整えるコードと位置づけることができます。

本連載のまとめ

本連載では、この一年間にわたり、BiP を用いたバイオロギングデータ解析の基礎から応用までを段階的に紹介してきました。加速度による行動推定、潜水平解析、FPT 解析、気圧による高度推定、そして本稿で扱った追跡途絶点の可視化やデータ共有のためのフォーマット変換など、多様なセンサーデータから動物の空間利用を読み解く方法を取り上げてきました。

実際には、これらの解析手法は単独で完結するものではなく、組み合わせることで初めて動物の行動や環境利用の全体像が見えてきます。本連載を通じて、バイオロギングデータ解析の面白さや可能性を少しでも感じていただければ幸いです。

本シリーズはひとまず今回で一区切りとしますが、解析手法やデータ共有の仕組みは現在も発展を続けています。読者の皆様からのご意見やご要望があれば、新たなテーマでの再開もぜひ検討したいと考えています。今後も BiP を通じて、バイオロギングデータの活用が広がっていくことを期待しています。

事務局からのお知らせ

■3/23の総会にご参加いただいた方、また、委任状をご提出いただいた方、有難うございました。おかげさまで、本年度の総会を滞り無く終了することができました。来年度もどうぞよろしくお願いいたします。

(事務局・名古屋大学生態学講座)

編集後記

■卒業式を迎えた大学はとても賑やかでした。本研究室からも多くの方が旅立っていき、少しさみしい気持ちもありますが、博士学位を取得して羽ばたいていたり、数人が常勤の大学教員になったりと、めでたいニュースばかりでした。2026年度も良い年になりますように。【KY】

■私がこの世で一番好きな言葉、脱稿。長い間苦しみ続けた原稿の沼からついに脱するという、なんて含蓄のある素敵な言葉なんでしょう！先日、脱稿しました。発売は4月です。【YW】

