



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. 187

発行日 2022年3月17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 光永 靖 近畿大学 農学部 水産学科 漁業生産システム研究室

〒631-8505 奈良県奈良市中町 3327-204

TEL & FAX: 0742-43-6274 E-mail: BioLoggingScience@gmail.com

会費納入先: みずほ銀行 出町支店 普通口座 2464557 日本バイオリギング研究会



もくじ

新しい発見

- | | |
|--|----------------|
| 動物園・水族館における飼育動物のモニタリング | 山本誉士 (明治大学) 2 |
| 撮りたい瞬間を狙って撮影 ～海鳥は海の上でも虫を食べる～ | 水谷友一 (名古屋大学) 4 |
| やっぱり巨大翼竜は飛べなかった?
～絶滅巨大飛行生物と現生鳥類のソアリング能力の比較～ | 後藤佑介 (名古屋大学) 6 |

研究紹介

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| 粟島のオオミズナギドリにおける採餌行動と個性の関係 | 武田航 (名古屋大学) 10 |
| 蕪島のウミネコと漁船の関わり | 杉山響己 (名古屋大学) 13 |

飛ぶ生き物と飛びたい(?) 生き物の今昔

イラスト: 木下千尋

動物園・水族館における飼育動物のモニタリング

山本誉士（明治大学 研究・知財戦略機構）



飼育動物の健康状態の記録や異常行動の把握において、行動観察は基本的な手法である。また、近年取り組みが増えつつある動物福祉の向上を目的とした環境エンリッチメントの評価においても、行動観察は最も一般的な手法であり、行動レパートリーおよびその時間配分の変化などの客観的かつ定量的な計測は必要不可欠である。

動物の行動観察では、目的に応じて観察方法（特定の個体・行動か、不特定個体の瞬間的な行動か）と記録方法（連続的か、時間を区切るか）を組み合わせる（例えば、特定の個体を追跡しながら一定間隔で全体の行動を見回す）。しかし、用いる方法によらず、行動観察では時間と労力を要し、連続的かつ長期的なモニタリングは実質的に難しい。一方、行動観察ではビデオカメラを固定した撮影も併用されており、早送りで映像を確認することで多少の効率化が可能である。特に、近年開発された DeepLabCut などの深層学習による行動解析ソフトを用いることで、骨格や関節の位置に基づいて動画像から行動を抽出することが可能である。だが、固定カメラでは動物が物陰に隠れたり、撮影視野から移動したりすることで観察が困難になる場合があり、また活動量や行動の強度を定量的に評価することも難しい。

近年、動物園・水族館や畜産分野においても、データロガーを用いた飼育動物の行動計測が取り入れられはじめており、観察者の熟練度に依存しない客観的かつ効率的な行動の記録手法として注目されている。特に、動物の加速度を記録して解析することで、時々刻々の詳細な姿勢および行動とその強度を把握することができる。日本国内においては、野生下での動物へのデータロガーの装着およびデータ解析の手法確立を目的として、水族館などでいくつかの研究が実施されている。だが、飼育動物の行動モニタリングを目的としたデータロガーの活用に関する研究は皆無である。そこで、バイ

オロギングによる効率的な行動モニタリングの有用性を検討するため、本研究では天王寺動物園のヒガシクロサイ *Diceros bicornis michaeli* とフタコブラクダ *Camelus bactrianus*、すみだ水族館のマゼランペンギン *Spheniscus magellanicus* を対象に、実際に加速度データロガーで記録した行動を統計的手法 (k-means、閾値分類、隠れマルコフモデル) を用いて分類・推定した研究例を論文としてまとめた。



クロサイの後肢に装着したデータロガーの様子

ヒガシクロサイでは、加速度データから姿勢（立位・座位）と行動（歩行・駆足・蹴上）を1秒毎に推定し、時間毎の行動割合と活動量を定量的に比較することができた。また、加速度データから推定された行動の信頼性を検証するため、映像データによる行動記録と照合したところ、一致率は99.44%であった。フタコブラクダでは、姿勢（立位・座位）と歩行回数を推定し、約1年間の日毎の総活動量と総歩行回数、立位割合を解析した。その結果、1日の約9割の時間を座って過ごしていること、さらに3月上旬から4月中旬にかけて活動量と歩行回数が増加することが明らかになった。マゼランペンギンでは、加速度データと潜水深度データから姿勢（立位・座位）と行動（水面浮遊・潜水）を推定し、行動の日周性や潜水における遊泳強度の違いを定量的に示すことができた。さらに、2個体の行動を比較することで、行動の個体差が明らかになった。

本研究で示すように、飼育個体にデータロガーを装着して加速度を記録することで、フォーカルサンプリングと連続サンプリングを組み合わせた方法と同等の情報を得ることができる。また、行動は 1 秒毎に推定されるため、時間毎や昼夜など、任意の時間スケールで比較が可能であり、また行動の持続時間も明らかにすることができる。さらに、行動観察に要する時間と労力は大幅に削減できるとともに、解析プログラムを作成することで自動的に繰り返し同様のデータ解析が可能であり、効率的かつ観察者の経験や能力に依存しない客観的な行動情報を取得できるという利点がある。行動の時間配分や季節変化、活動量を定量的に捉えることは、飼育動物の基礎的な生態の理解に加え、環境エンリッチメントの評価においても有用である。一方、飼育環境において、野生下では観察することが難しい行動や生態の特性を明らかにすることで、生息域内での種の保全や気候変動等による影響の理解にも繋がること期待される。本研究におけるフタコブラクダの長期モニタリングの例では、飼育スタッフの方々がデータロガーの装着・回収とデータのダウンロードをおこない、インターネット経由で送られてきたデータを研究者が解析して結果を送り返すといった作業ルーティーン

によって実施した。今後は解析プログラムをアプリのような扱いやすいシステムにすることで、データの取得から解析までを現場で完結できるよう取り組みたいと考えている。

なお、本論文の取り組みの一部は、2020 年度のエンリッチメント大賞奨励賞（市民 Zoo ネットワーク）を受賞した。また、2020 年に開催された第 16 回日本バイオリギング研究会シンポジウムのサテライトワークショップ「動物園・水族館×バイオリギング×野外フィールド」には、全国の動物園・水族館関係者および一般の人々、学生を含む 160 名の参加があり、当該分野におけるバイオリギングの注目度を示しているのではないかと感じる。野外研究のための予備実験として動物園・水族館を活用するだけでなく、バイオリギングを用いた研究を現場に還元することで、双方にとって win-win な関係を築いていければと考えている。

山本誉士・井出貴彦・中山宏幸・下村幸治・上野将志・久田治信・棚田麻美・柿崎智広・高嶋悠加里・依田憲（2021）加速度データロガーを用いた飼育動物の行動モニタリングの試み。動物園水族館雑誌 63(3): 51-65

新しい発見

撮りたい瞬間を狙って撮影 ～海鳥は海の上でも虫を食べる～

水谷 友一（名古屋大学大学院 環境学研究科）

タイトル通り海鳥が海上で昆虫を食べていたという派手さはない結果なのです。が、バイオロギング技術の正統進歩の結果になります。

さて、正統進歩とビックマウスからはじまりました。今回の記事では、単に海鳥の海上昆虫採餌記録というだけでないポイントを少しアピールしたいと思います。

本研究の対象は、青森県八戸市蕪島で繁殖している海鳥ウミネコ (*Larus crassirostris*) の親鳥の採餌行動になります。こちらの繁殖地は長く私が研究をさせてもらっている場所になり、会報でも何度か登場しているコロニーになります。これまでにウミネコは海だけでなく陸地にある水田や漁港、残滓がでる食品加工場等の安定した餌供給が見込まれる場でも採餌していることが観察やビデオロガー、GPS・加速度データロガーによるバイオロギング調査によってわかっています。採餌している場所や様子を知るために、採餌の瞬間を記録しようと、我々は様々なセンサーや各種ビデオロガーを装着してきました。しかし、重量や記録容量の制限があるため、せいぜい2時間程度の撮影しかできず、しかもウミネコが何をしているかわからない最中に記録を開始することしかできませんでした。そのため、運が良ければ採餌や特別なイベントが録画できていたが、映像記録の多くは休憩中の後頭部やただひたすら飛翔している映像ばかりでした。もっと効率良く撮影させることができれば……

そんな中、数年前に開発が始まったのが、本研究で使ったロガーになります。ロガー自身に我々が求める撮りたい瞬間を判断してもらい、それ以外の時間は必要最低限の機能のみ稼働させて電力と記憶容量を省エネしてもらおう（ひいては軽量化につながる）AI 搭載型ロガーAI on Animals、その名もログボットです。我々が持っている既存の行動データの中から“採餌した（可能性がある）”部分をピックアップして、この行動のきっかけとなる行動（今回ウミネコの場合は事前のバイオロギングで得た加速度情報をもとにした採餌行動



図1. 海上飛行中に、ハチ目ヒメバチ科の一種と推定された昆虫を捕食する様子（水谷ら 2021 を一部改変）。左下の破線内の写真は標本ヒメバチ科ヒメバチ亜科の一種（標本番号:KURA JI 126945）。映像からのキャプチャー写真。写真中央に映っている昆虫にウミネコが向かっていき捕食した。

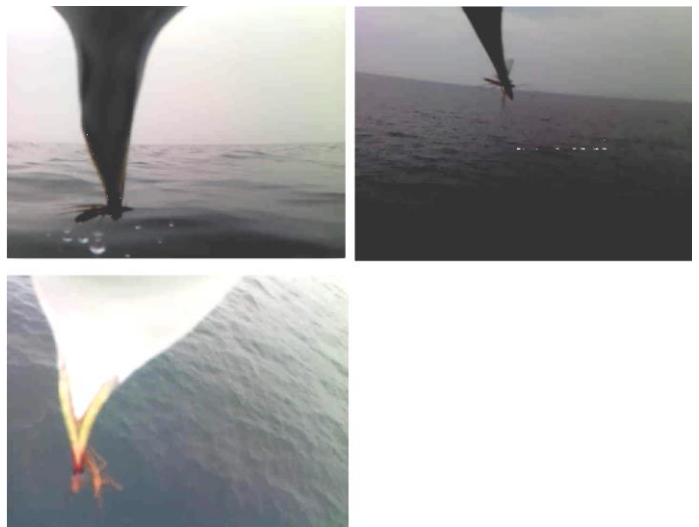


図2. ウミネコが捕食した昆虫たち。上段はハチ目アリ科オオアリ属の女王と推定された昆虫で、下段はハチ目ヒメバチ上科の一種と推定された。上左右図) 海水面に浮かんだ昆虫を捕食した様子。下図) 飛翔中に捕食した瞬間の映像。

のきっかけ行動) を事前に学習させます。その結果をログボットに載せて、現実世界で動物に装着したのち“きっかけ行動が始まった瞬間からカメラを起動”という判断・撮影をロガーにしてもらいました（ロガー内部の詳細については、Korpela et al. 2020 を参照）。

構想と試作機の作成、試運転を繰り返し、ログボット内部のプログラムを担当する情報学の先生たちには何

度も調査地まで来ていただき試作を繰り返しました。最初期は、実際にウミネコに装着して回収するもわずかな隙間から侵入した水分が結露して動作不良となったり、ウミネコの攻撃に耐えられず破損したり、PCと接続しただけで故障したり……と文字通りの一進一退、試行錯誤を繰り返し、ようやく順調にデータを記録するようになった矢先に捕らえられたのが今回の映像でした（試作機を取り付けさせてもらったウミネコにも感謝）。ですので本論文の実態としては、元々、仮説があってそれを検証するために撮影したわけではなく、完全に technology-driven な結果ではありましたが、世界で初めて海上飛翔中の昆虫を自ら捕食しに行く（捕食した）海鳥を捉えることができました。

動物への装着は従来のバイオロギングと同様にテーブによって背中または腹の羽毛に巻き付けるように装着させました。本論文装着時から今日までにも着々と進歩を続けて、より小型・軽量化、頑健化、撮影しやすい形状になっていますが、開発当初はロガー自体の重量や形状、バランスも検討中で、動物への影響を最小限にするように装着し撮影できたのは、プログラムだけでなく現場のチームの貢献があったからこそと、ここで小さく自負しておきます。

ログロボットには GPS 受信機や加速度、ビデオカメラ等の様々なセンサーが搭載してありましたが、消費電力の大きいビデオカメラは、先に述べたようにウミネコが採餌するきっかけ行動を加速度によって検知して録画開始となるように設定しました。このトリガーが良きタイミングで機能したことで、ウミネコの位置情

報と共に、飛んでいる昆虫を捕食した映像を収めることができました。また、飛翔していた昆虫だけでなく水面にいる昆虫を、飛翔しながら掬うように捕食した様子も記録できていました（図 2）。

AI on Animals は、この瞬間も進歩し続けています。ウミネコの場合は、加速度による行動変化をトリガーとして撮影をはじめましたが、このトリガーは動物によって適した基準にも変更可能です。GPS や圧力センサーをトリガーに世界各地で撮影実績が増えてきています。どれほどの昆虫が海上を飛翔していてどれほど捕食されていたのか、海鳥にとって昆虫食はどれほどのメリットが有るのか、技術革新による知見が、生態学的な興味広がる結果となりました。

水谷友一, 鈴木宏和, 前川卓也, Joseph Korpela, 宮竹貴久, 越山洋三, 依田憲. (2021) 海上飛翔中のウミネコによる昆虫捕食とその同定. 日本鳥学会誌, 70(1), 53-60

【関連論文】

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), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01356-8>

やっぱり巨大翼竜は飛べなかった？

～絶滅巨大飛行生物と現生鳥類のソーリング能力の比較～

後藤佑介（名古屋大学大学院 環境学研究科）



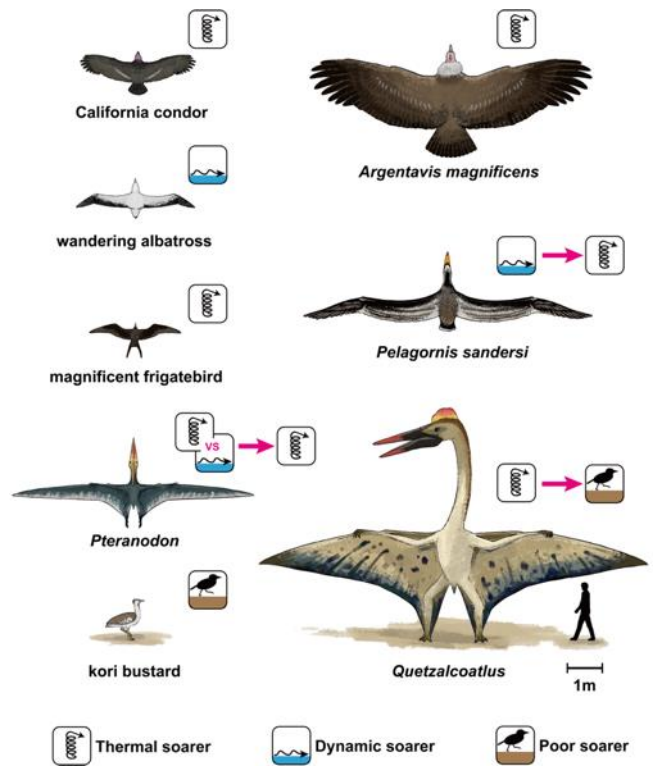
みなさんこんにちは。現在名大でポストドクをしている後藤佑介です。最近、翼竜に関する論文を書きました。論文でバイオロギングデータは一切使っていませんが、研究の原点はバイオロギング研究と深く関わっているため、ご報告させていただきます。

現生の大型鳥類の多くは、風を使った滑空飛行（ソーリング）を行います。現生種のソーリング飛行は大きく分けて2種類あり、トビやコンドル、グンカンドリのように上昇気流を使って上昇滑空を繰り返すサーマルソーリングと、アホウドリやミズナギドリのように海上の風速勾配を使ったダイナミックソーリングがあります。絶滅した鳥類や翼竜の中には広げた翼の長さが7～10m 近くに達するものが報告されており、これらの種もソーリング飛行を採用していたと考えられています。しかし、絶滅した巨大鳥類や翼竜がどちらのソーリング飛行を採用していたかは、定量的な評価がされてきませんでした。

滑空する鳥の飛行はグライダーの運動方程式でよく記述できることが知られています。そこで力学モデルを使って、2種の絶滅巨大鳥類(アルゲンタビス、ペラゴルニス・サンデルシ[翼開長 6～7m])と2種の翼竜(プテラノドン[翼開長 5～6m]、ケツアルコアトルス[翼開長 10m])、そしてソーリングをする現生種について、そのダイナミックソーリングとサーマルソーリングの能力と持続的なソーリングに必要な風速を計算、比較しました。

その結果、アルゲンタビスは従来の説通りサーマルソーリングに適していたこと、ペラゴルニスはまだダイナミックソーリングをしていたとされてきましたがサーマルソーリングに向いていたことがわかりま

した。また、プテラノドンはダイナミックソーリングに適していたとする研究(Witton & Habib 2010)とサーマルソーリングに適していたとする研究(Palmer 2011)がありましたが、我々の結果は後者を支持しました。最後に、ケツアルコアトルスは、ダイナミックソーリングとサーマルソーリングいずれの能力も現生種に比べて低く、ソーリング飛行に不向きであること



今回の結果から推定された絶滅種のソーリング方法 (イラスト:木下千尋)

がわかりました。

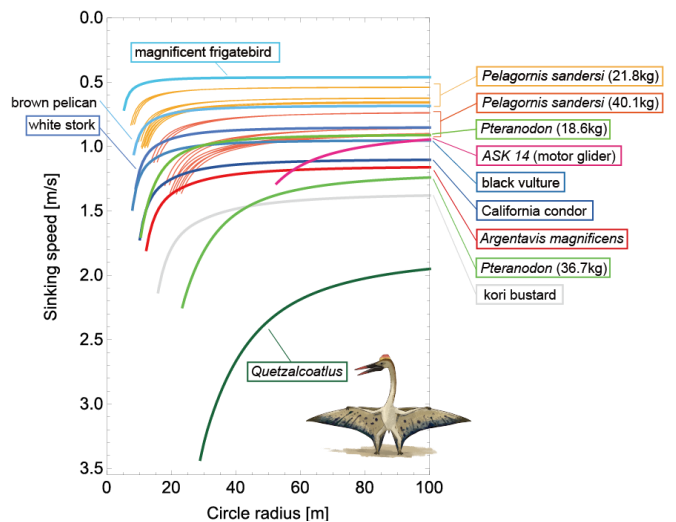
ケツアルコアトルスは、一部の書籍やネット記事では“一度も着陸せずに 16000km もの距離を飛ぶことができた”という説が紹介されてきましたが、今回の結果はその説を真っ向から否定するものです。今回わかったケツアルコアトルスの低いソーリング能力と、

先行研究で示されているように本種が短い羽ばたき飛行しかできなかったこと、陸上生活に適した形態をしていたことを合わせると、本種並びに同サイズの大型翼竜は、現代のアフリカオオノガンのようにほとんど飛ばずに生活していた可能性が高いと考えられます。

以上が研究の概略になります。ここからは研究の裏話、そもそもこの研究に至った経緯についてお話しします。ここまで読んでくださったバイオロギング会員の皆さんは、佐藤克文先生の著書「巨大翼竜は飛べたのか」を思い浮かべていることと思います。お察しの通り本研究の原点はこの本です。2011年12月某日、東京都文京区白山の書店で一際目を引く書籍を見つけたのが事の発端でした。帯には、本の著者と思われる男性がカラフルで巨大な翼竜にまたがった絵が描かれていました。かつて恐竜少年であった私はすぐさま購入し、著者と院生の奇想天外な冒険譚（マンボウを黙々と解体したり、港に駆け込んで漁師さんに船を出してもらったり、クジラを探して富士山に登る）と、無人島や亜南極で鳥達から集めたデータから隠れたパターンを炙り出し、思索を絶滅種まで飛ばすことで巨大翼竜を着地させる壮大な内容に魅了されたのでした。当時、力学系理論という全くの別分野の大学院修士二年生だった私は、この本がきっかけで力学系とバイオロギングの融合という野望を胸にバイオロギングへの入門を決意しました。今でも定期的に読み返す座右の書の一つです。

さて、この本の元ネタとなった論文(Sato et al. 2009)では、ミズナギドリとアホウドリ5種について、定常飛行での羽ばたき周波数と、離陸の際の羽ばたき周波数を計算し、前者に対して後者の方が体重に対して速く増加することから持続的な羽ばたきをできる体重には上限があり、その値が41kgであることをデータから推定しました。またこの結果をもとに、巨大翼竜は持続的な羽ばたき飛行ができなかったらう、と主張しました。

佐藤論文は一部の古生物学者から激しい反論を受けました。特にウィットンとハビブという2人の古生物



サーマルソアリング性能の種間比較. 円軌道を滑空する際の、旋回半径(横軸)に対する降下速度(縦軸)を、現生種6種と絶滅種4種について力学モデルから計算した。線が左上にあるほどサーマルソアリングの性能が高いことを意味する。ケツアルコアトルスだけ極端にサーマルソアリングの性能が低いことが見てとれる。

学者は、ある論文(Witton & Habib 2010)の中で27回も佐藤論文に言及してダメ出しをしています。彼らの反論は、翼竜は鳥とは違ってコウモリのように4本足を使って離陸していた、なので鳥の離陸を根拠に導いた佐藤の結論は翼竜には使えない、とまとめられます。Sato et al. (2009) はミズナギドリ目の鳥類のデータに基づく結果なので、その結果がどこまで適用できるのか、という点で彼らの指摘には確かに頷けるものがあります。

しかし、ウィットンとハビブが主張する4本足離陸が実際に翼竜で機能するかの定量的評価は、私はこの論文から読み取ることができませんでした。よって、佐藤論文の限界を指摘するものの、鳥と翼竜の具体的な違いは古生物学者から提示はされていない、というのが私の理解です。また、翼竜の4足離陸説に関しては、別の古生物学者により2021年にケツアルコアトルスが2本足で離陸したと言及する論文が出版され(Padian et al. 2021)、古生物学者内でも意見が分かれているようです。ただし、この論文も内容を確認すると、離陸の挙動の定量的評価を行っていないわけではありません。そもそも飛行動物、ましてや翼竜の離陸は、未知のパラメータが多く力学モデルによる評価

が難しいことが、この翼竜の離陸に関する議論を終結させる決定打となる研究が現れない原因にあるように思います。

さて、佐藤論文は結果的に、巨大翼竜は離陸できたのか否かという論争を巻き起こしましたが、翼竜は持続的に飛び続けることができたのか？という当初の疑問の答えは、その後どのような結論に着地したのでしょうか？

Sato et al.(2009)も Witton & Habib(2010)も、巨大翼竜が長時間の羽ばたき飛行をできなかったという点で意見が一致しています。ただその結果から、佐藤論文が巨大翼竜は飛べなかったと主張したのに対し、ウィットンとハビブの論文は、巨大翼竜はもっぱらサーマルソアリングに頼ることで長距離移動ができたと言主張しました。

さらにハビブは、力学モデルでケツアルコアトルスのソアリング能力を評価し、**“ケツアルコアトルスは一度も着陸せずに 16000km もの距離をサーマルソアリングで飛ぶことができた”**とする研究発表を 2010 年に行い、彼らの主張を裏づけました。その内容はナショナルジオグラフィックなどのメディアで取り上げられ、またディヴィッドアッテンボローが映像作品でこの説を紹介したこともあり、世の中に広く拡散されました（最近ではリチャードドーキングズも 2021 年の著書“*Flights of Fancy*”でケツアルコアトルスが高い飛行能力を持っていたと言及しています）。

確かにそんなに高い滞空能力があると物理モデルが言うのなら反論の余地はなさそうです。ただ、翼竜の飛行の可否を風まかせにするのは気持ち悪い点が残ります。また、私はこのハビブの研究に興味を持ち、論文を探してみたものの、いくら探しても見つかることができませんでした。幾許かのモヤモヤが心の片隅に残ったまま年月が過ぎていきました。

このモヤモヤを解き明かす転機はひょんなことから訪れました。翼竜本に導かれバイオロギング分野に参入した私はミズナギドリやアホウドリ、グンカンドリなどのソアリング飛行する鳥の行動を調べてお

り、その過程の副産物として、鳥のダイナミックソアリングとサーマルソアリングを力学モデルでシミュレーションするプログラムを数年前に作りました。ある日、ケツアルコアトルスの高いソアリング能力を自分の目で確認しようと思い立ち、ケツアルコアトルスの形態データをプログラムに入力しました。

その結果、非常に低いソアリング能力が出力されたのです。先程のハビブの主張と違う予想外の結果に驚き、論文を再度探しました。今回も自力ではどうしても見つけれなかったのですが、佐藤先生に相談したところ紆余曲折の末に文献を見つけてくださいました。そして、論文と思っていたこの文献が、実はポスター発表の要旨であることがわかりました。さらに、この研究の引用情報が間違っていたために、発見が難しかったこともわかりました。佐藤先生から送られてきた要旨は 300 単語程度で、ケツアルコアトルは着陸せずに 10000 マイルを飛び続ける能力を持っていた、という記述はあるものの、肝心の具体的な計算内容は記されていません。つまり、ケツアルコアトルスが一度も着陸せずに大陸を横断する超ド級の飛行能力を持っていた、とするインパクトのある主張の文言自体は広まった一方で、根拠となる計算は公表されていなかったのです。それにもかかわらずこの研究発表が他の論文や書籍、メディアで言及され、巨大翼竜は大陸横断飛行をしていた、という虚像が形作られていったようです。

翼竜の飛行に関する論文を手当たり次第に読み漁った結果、以上のような経緯がわかってきました。そこで、Sato et al. (2009) から 10 年以上の時を経て再び古生物学分野に殴り込みをかけるべく(?)、さまざまな絶滅種、現生種のソアリング飛行のシミュレーション結果をまとめて出来上がったのが今回の論文になります。しかし、論文にまとめ出版に漕ぎ着けるまでに非常に時間がかかりました。全くわからない単語が頻出する古生物分野の論文を解読し、想定される古生物学者達にレビューが回った際にディフェンスできるよう注意を払い、それでも実際にはレビューに振り

回され、、、などなど、多くの苦勞がありました。キリがないのでここでは割愛します。

何はともあれ今回の我々の研究によって、巨大翼竜が、もし仮に離陸できたとしても、その後のソアリング飛行が下手だったことが示されました。なので、やはり巨大翼竜は飛べなかった、より正確には、ほとんど飛ばなかった、とする見方がこれから有力になっていくと考えています。今後、古生物学者、古生物ファンからどのような反応がもらえるか、またこの論争が



飛ぶ生き物と飛びたい(?)生き物の今昔
(イラスト:木下千尋)

どのような方向に向かっていくのか、(内心ビクビクしていますが)楽しみです。

また今回の研究では、力学モデルの詳細とソアリング性能の評価に必要な仮定を詳述しているため、今後、古生物学、工学、動物行動学、古気候学などさまざまな分野の研究者が、各分野の知識を持ち寄り、協力しながら、絶滅飛翔生物の飛行性能をさらに正確に解き明かしていくための助けになると期待されます。

最後に論文の共著者である依田さん、アンリさん、そして共著者であり、また、巨大翼竜という自分の人生の中で研究するとは予想もなかった生き物の研究をするきっかけを与えてくださった佐藤先生にこの場を借りて感謝申し上げます。

[発表論文] Yusuke Goto, Ken Yoda, Henri Weimerskirch, Katsufumi Sato, How did extinct giant birds and pterosaurs fly? A comprehensive modeling approach to evaluate soaring performance, *PNAS Nexus*, 2022;, pgac023, <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac023>

研究紹介

粟島のオオミズナギドリにおける採餌行動と個性の関係

武田航 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

ヒトの行動に個人差がみられることは、皆さんご存知の通りだと思います。たとえば、見知らぬ人と気さくに打ち解けることのできる人もいれば、緊張してなかなか話せない人もいます。これは、その背景にある外交的-内向的な「性格」に個人差があるためです。動物にもヒトの性格に相当する特徴が存在し、これが行動に影響を与えていることが知られています。動物における性格は「個性」と呼ばれ、時間的・環境的に一貫した行動の個人差と定義されます[1]。その一例に、大胆さ-臆病さという個性が存在します。大胆な個体は捕食者に対して大胆な行動(リスクをとる行動)をとり、臆病な個体は捕食者に対して逃避的な行動(リスクを回避する行動)をとります。

また、大胆さ-臆病さの個性は海鳥の採餌行動に影響を与えることが知られています。たとえば、大胆な個体は繁殖地近傍で採餌を行うが、臆病な個体は繁殖地から離れた場所で採餌を行うなどの相関関係のことで(図 1)。

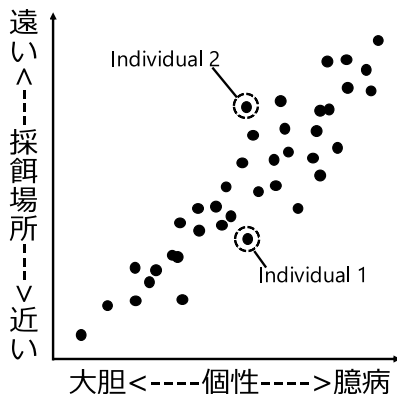


図 1. 個性と採餌行動の関係の概念図。

採餌場所の忠実度は利用する採餌場所の一貫性のことを表し、この度合いが高い個体ほど同じ採餌場所を繰り返し訪れることを意味します。スヴァールバル諸島に生息するミツユビカモメ *Rissa Trydactyla* は、大胆な個体ほど採餌場所の忠実度が高いという傾向を示しました[2]。個体内の一貫した特徴を表す個性が採餌場所の忠実度に影響を与えていることは、採餌場

所の忠実度が個体ごとに一貫しており、時間的・環境的な変化に左右されないことを意味します。この一貫性により、個体は自身の置かれた環境に適さない行動をとることがあります。このようなデメリットがあるにもかかわらず、個体群内に採餌場所の忠実度の個人差が維持されていることは、個体群内に採餌場所の忠実度の異なる個体が混在することで、個体に何らかの適応的な利点があるためなのではないかと考えました。

本研究では、粟島に繁殖する育雛期のオオミズナギドリ *Calonectris leucomelas* を対象に、1)大胆さ-臆病さの個人差と 2)採餌場所の忠実度の個人差について野外実験とバイオロギングによって調査し、さらに 3) それらの関係について調べました。また、育雛期のオオミズナギドリは両親で一羽のヒナを育てます。そこで、特につがい関係にある個体に注目し、4) つがい内で個性を比較しました。これによって、個体群内に採餌場所の忠実度の個人差が維持される適応的な要因を研究しました。

まず、個体の大胆さ-臆病さの個性を特定するために、novel object test という実験を行いました。これは、個体が自然条件下では遭遇しないオブジェクト(空き缶などの人工物)を提示した時の個体の反応を記録することで、行動の個人差を特定する手法です[3](図 2)。オブジェクトを提示した際に個体が行った行動を 4 つに分類し(Lunge: オブジェクトに対する突っつき、Snap: 方向性のない突っつき、Twitch: ビクツと後ろにのけぞる、Move Head: 頭を左右に動かす)、1 分間で各行動が何回見られたかを記録しました。主成分分析によって 4 つの行動データを 1 次元に縮約することで、個体の個性を定量化しました。2021 年は 38 個体に 1 回ずつ、2022 年は 49 個体のうち 10 個体に 1 回、39 個体に 2 回ずつ実験を行いました。



図 2. novel object test の様子。本研究では保定した個体に空のペットボトルを提示した。オブジェクトを突っつく個体や興味を示さない個体など、行動に個体差が見られた。

2 つ目は採餌場所の忠実度についての調査です。1 つ目の実験を行った個体に対して GPS ロガーを装着し、採餌行動中の移動経路データを取得しました。採餌場所は各採餌トリップにおける最遠点(繁殖地から最も離れた点)と定義し、採餌場所の忠実度を特定するために類似度指数を算出しました[4]。これは、採餌場所間の距離を個体内-個体間で比較することで、各個体における採餌場所の一貫性を評価する手法です。

3 つ目に、個体の個性と採餌場所の忠実度の関係を調べました。その結果、大胆さ-臆病さは採餌場所の忠実度と関係しており、さらにその傾向が雌雄で異なることが明らかになりました(図 3; $p < 0.01$, multiple regression analysis)。具体的には、オスの場合は大胆な個体ほど採餌場所の忠実度が高かったのに対し、メスの場合は大胆な個体ほど採餌場所の忠実度が低いという結果が得られました。

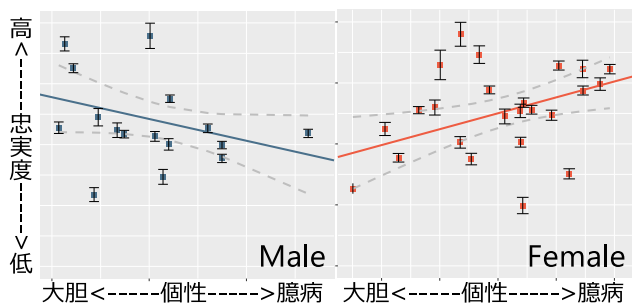


図 3. 採餌場所の忠実度と個性の関係。縦軸が採餌場所の忠実度を表し、横軸が個体の個性を表す。また、左の図がオス、右の図がメスを表す。

4 つ目に、つがい関係にある個体の個性をつがい間で比較したところ、繁殖に成功したつがいにおいて、自身と似た個性の個体とつがい関係を結ぶ傾向にあることが明らかになりました(図 4; $p = 0.07$, simple regression analysis)。このように、自身と形態的生

理的に似た個体と配偶関係を結ぶ傾向にある現象のことを同類交配(正の同類交配)と呼びます[5]。

3 つ目の結果と 4 つ目の結果から、粟島のオオミズナギドリは個性による同類交配を通して、間接的に自身と採餌場所の忠実度合いの異なる個体とつがい関係を結んでいると考えられます。ここで、最適な採餌場所の忠実度合いは環境条件によって異なることが知られています[6]。そのため、自身と採餌場所の忠実度合いが異なる個体とつがい関係を結ぶことは環境の変化に対するリスクヘッジとなるため、ヒナへの給餌の安定性が増すと考えられます。本研究では、これが個体群内に採餌場所の忠実度の個体差が維持される適応的な要因の 1 つではないかと結論づけました。

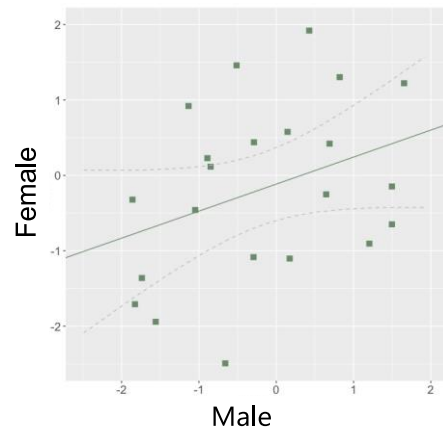


図 4. つがい関係にある個体の個性比較。縦軸がメス個体の個性、横軸がオス個体の個性の第一主成分軸のスコアを表す。つまり、各点がつがい関係にある個体それぞれの個性を表している。

来年度、私は博士後期課程へ進学します。今後は、修士研究で得た個性による同類交配とそれによる育雛の安定化・効率化というアイデアをもとに、個性が個体群内に維持される適応的な要因について研究していきます。また、繁殖地間における個性比の比較などを行うことで、個体群内における個性の役割の解明に取り組んでいきたいと考えています。

参考文献

- [1] Réale, D., Reader, S. M., Sol D., McDougall, P. T., & Dingemanse, N. J. (2012). Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews*, 82, 291–318.
- [2] Harris, S. M., Descamps, S., Sneddon, L. U., Bertarnd, P., Chastel, O., & Patrick, S. C.

- (2020). Personality predicts foraging site fidelity and trip repeatability in a marine predator. *Journal of Animal Ecology*, 89(1), 68–79.
- [3]Patrick, S. C., & Weimerskirch, H. (2014). Personality, foraging and fitness consequences in a long lived seabird. *PLoS ONE*, 9(2), e87269.
- [4]Patrick, S. C., & Weimerskirch, H. (2017). Reproductive success is driven by local site fidelity despite stronger specialisation by individuals for large-scale habitat preference. *Journal of Animal Ecology*, 86(3), 674–682.
- [5]Jiang, Y., Bolnick, I. D., & Kirkpatrick, M. (2013). Assortative mating in Animals. *The American Naturalist*, 181(6), 125–138.
- [6]Carroll, G., Harcourt, R., Pitcher, B. J., Slip, D., & Jonsen, I. (2018). Recent prey capture experience and dynamic habitat quality mediate short-term foraging site fidelity in a seabird. *Proceeding of the Royal Society B: Biological Science*, 285(1883), 20180788.

研究紹介

燕島のウミネコと漁船の関わり

杉山響己 (名古屋大学 理学部)

はじめまして、名古屋大学依田研究室、学部4年生の杉山響己です。私は生態学をはじめとした生物学に興味を持って理学部に入学しました。しかし、喜ばしく入学してからの日々も、私には少しの不安がありました。実は私の入学した地球惑星科学科は主に地学を学ぶ学科だったのです。地学の授業も面白かったのですが、もっと生物の講義を受けたいと思っていました。私は岩石や地震などの知識が生物学に生きてくる日が来るのかな？なんて思いながら、一縷の希望を胸に生物学から少し遠ざかった大学生活を2年間送りました。その希望とは、学科内で野生動物を研究している唯一の講座である生態学講座を専攻することでした。そして4年生の春、ようやく私は念願の生き物の研究室に入ることができたのでした。今回はそんな私が行った卒業研究について少し紹介したいと思います。

普段の生活ではあまり見ることがないかもしれませんが、海を見ているとカモメの仲間などが船に群がっていることがあります(図1)。このような行動は漁業のおこぼれをもらっているものと考えられており、混獲などの危険性もあることから多くの研究がなされています。しかし青森県の燕島は漁業が盛んな地域に位置しているのにも関わらず、この行動をするウミネコに対して、どの時間帯に出港する船にも追尾しているのか、雄と雌で差は見られるのか、どのようなルートで船までたどり着くのかといったことについて詳しい研究はされていませんでした。そこで私はウミネコと漁船のGPSデータからその関係について調べました。

ウミネコの軌跡データはバイオロギングによって獲得し、八戸漁港周辺で活動していた漁船の軌跡はAIS (Automatic Identification System)のデータを購入しました。ウミネコは合計42羽

(雄: 24, 雌: 18)から、漁船は67隻の移動軌跡データを取得できました。



図1. 漁船を追いかけるウミネコ (撮影: 杉山響己).

この写真の撮影地は、本研究を行った青森県ではなく、調査のヘルプをしていた新潟県粟島にて撮影した写真だったりします。

これらのデータをもとに、まずウミネコのGPSデータと漁船のAISの位置データを比較して、両者の位置が接近しているかを調べました。方法はGranadeiro et al. (2014)に倣い、500mまで近づいたものを接近イベントとして抽出しました。結果として両者の接近イベントは87回確認されましたが、その時の魚船(とウミネコ)は全て八戸漁港に停泊しており、海洋での接近は確認されませんでした。母数に対する実験個体のデータ数が不足していたことが原因と考えられました。直接的な関わりを見つけることが出来なかったため、カーネル密度推定を用いてウミネコと漁船の利用海域を比較したところ、雌の方が雄よりも漁船に似た分布をしており、漁港をよく利用していました(図2)。

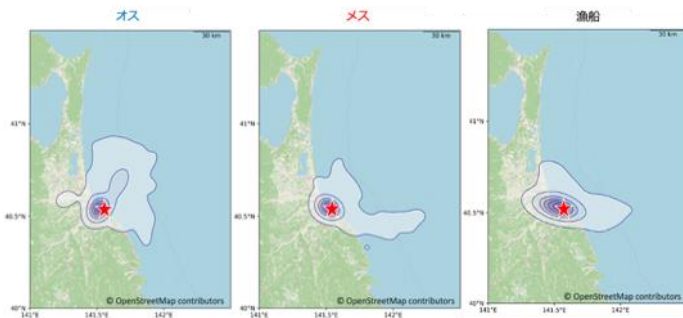


図 2. ウミネコと漁船の利用場所の分布。
雌の分布は、繁殖地蕪島（赤色星印）から東側の海域の利用が多く、雄の北北東に広がる利用分布に比べて漁船と似ていることがわかる。

またウミネコのトリップごとに出発時の移動方向を調べました。出発する方向ウミネコの雄は近傍の漁港方面へ行ってもそのまま蕪島に戻っていることが多いのに対し、雌は漁港方面を訪れた後、海洋へ向かうことが多いことがわかりました。さらに昼夜で分けて比較したところ、雌雄ともに夜間は昼に比べて海岸の利用が多く、ほとんどが海洋の方角へと出発していることがわかりました。

以上の結果から蕪島のウミネコの採餌行動には性差があり、雌の方が海洋にいる漁船に関わっている可能性が示唆されました。また昼と夜の行動にも違いが見られ、夜間の採餌において海洋の方向へ向かっていたことや海岸をよく利用していたことは、漁船の集魚灯や海岸の人工灯を目印にしていた可能性を示唆しています。

ウミネコと漁船の洋上での接近が見られなかった要因には、AIS の特性による漁船のデータ欠落が可能性として考えられました。さらに日本では AIS 搭載義務のない小型船舶への AIS 普及が進んでおらず、ウミネコがよく群がる漁船のデータが不足している可能性も考えられます。

今回の研究では「海洋上で漁船の軌跡をトレースするようなウミネコの移動軌跡を確認！」…といった期待していたような結果は得られませんでした。卒業研究を通してフィールドでの調査の面白さを再確認でき、解析の面白さを新たに知ることが出来ました。来年度は博士前期課程に進学します。博士前期課程ではウミネコの年齢にも着目して、ウミネコの老若男女でどのように行動が変わっているのかいらないのか研究していきたいと考えています。

引用文献

Granadeiro, J. P., Brickle, P., Catry, P., 2014, Do individual seabirds specialize in fisheries' waste? The case of black-browed albatrosses foraging over the Patagonian Shelf. *Animal Conservation*, 17(1), 19-26.

事務局からお知らせ

会費納入のお願い



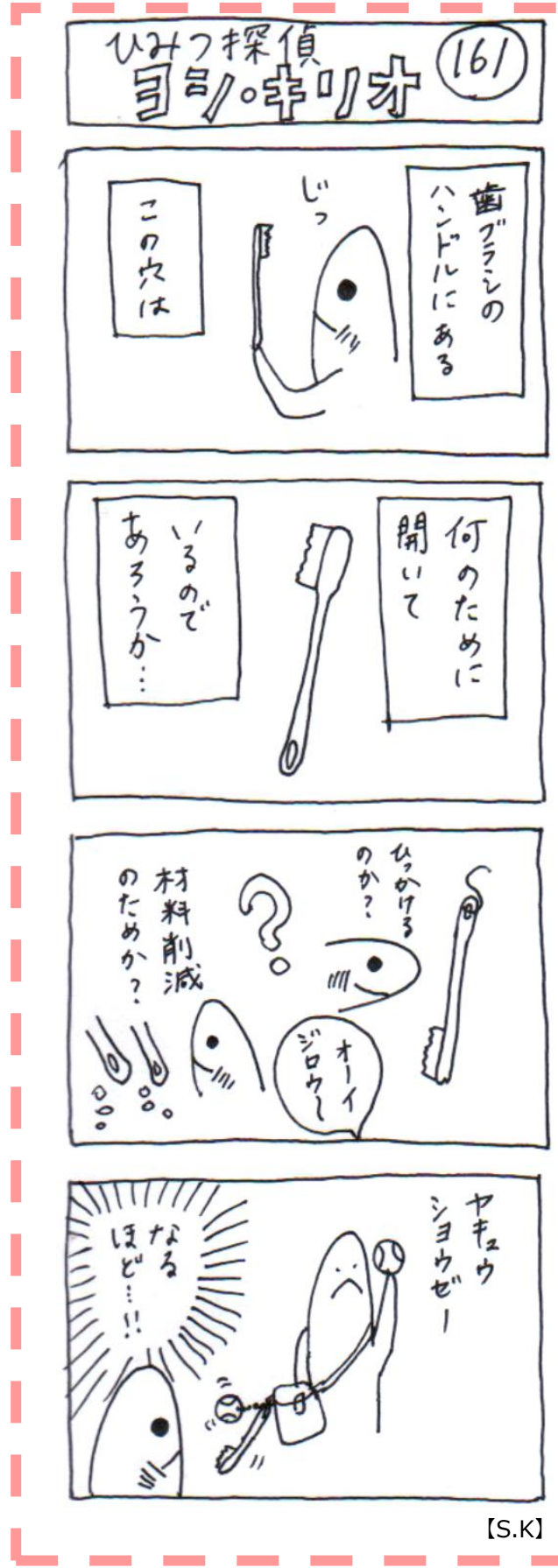
■会費の納入にご協力をお願いいたします。
正会員 5000円、
学生会員（ポストドクも含みます）1000円です。
2年間会費未納ですと自動的に退会になりますのでご
注意ください。

■住所・所属の変更はお早めに事務局
(BioLoggingScience@gmail.com) まで
メールアドレスが変わりました

編集後記



■図鑑『あした出会える野鳥 100 (柴田佳秀、piro piro piccolo、菅原貴徳) 山と溪谷社、2022)』を頂きました (感謝)。文章、イラスト、写真の3種の抽象がバランス良く、思わず外に出てリアルな鳥を確認したくなります。菅原さんは当研究室出身のカメラマンです。■マナム火山の噴火のタイミングに合わせるかのように、たまたま近くにいた、衛星発信機を装着したオオミズナギドリがデータが送信されなくなりました。いったい何が起こったのでしょうか。現場で見たかった(無理)。■最近のお気に入り、日本立体地図(地形の起伏が凹凸で表現されている)とケツアルコアトルスの模型。リアルに近づくための補助装置? バイオロギングもそれかもしれません。【KY】
総会にご参加くださった皆さん、委任状を送ってくださった皆さん、ありがとうございました。おかげさまで無事、成立しました。【YM】



[S.K]