



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. 224

発行日 2025年4月28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所・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

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



新しい発見

養殖業にバイオリギングの知見を適用するために ～バイオリギングとステレオカメラのコラボレーション～

池上温史（北海道大学大学院水産科学院・古野電気株式会社） 2

魚体長から遊泳速度計測!? ステレオカメラの新たな使い方

佐々木勇人（北海道大学大学院水産科学院） 4

黒幕を追え!! ノリ養殖現場 24時 Season V

高倉良太（兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター） 6

バイオリギングのレビュー論文を書きました Internet of Animals (IoA)編

岩田高志（神戸大学大学院海事科学研究科） 8

調査報告

“幻の魚”アカメの謎に迫った夏 -Vol.3-

三木慎也（近畿大学大学院農学研究科） 10

幻の魚「アカメ」を研究するということ

爲國甲登（近畿大学大学院農学研究科） 12

古代湖に生息する固有種のサケを求めて

山本 啓人（東京大学大気海洋研究所） 14

お知らせ

BiPを使ったバイオリギング解析に挑戦～その4・generate_kml（ローカル版）：Google Earthで表示

渡辺伸一（リトルレオナルド社・麻布大学獣医学部） 15

「アカメを探しに出発！」撮影場所：高知県 撮影者：光永 靖

養殖業にバイオリギングの知見を適用するために ～バイオリギングとステレオカメラのコラボレーション～

池上温史（北海道大学大学院水産科学院・古野電気株式会社）

日本の養殖業で最大の生産高を誇るブリ。昨今の生産年齢人口減や気候変動の影響もあり、ブリの養殖生産は変革期。これまでのやり方が通用しにくくなっており、魚の行動把握が求められています。そこにバイオリギングの知見を適用するための取り組みを行いました。プロペラ方式の速度ロガーとステレオカメラの比較計測を行い、良い一致を確認しました。今後、バイオリギングにより基礎調査を行い、得られた知見をステレオカメラによるリアルタイムモニタリングにより商用養殖現場に適用することで、バイオリギングの活用先が広がることが期待されます。

<研究の背景>

国内の養殖環境は、年々変化を続けています。特に水温変化の影響が大きく、水温上昇により給餌効率や成長速度が悪化するだけでなく、赤潮や貧酸素塊の発生による大量斃死も頻発しています。人材の問題も深刻です。ブリの生産量は横ばいですが、経営体数はこの20年で半減。家族経営から会社経営への移行が進み、経験の蓄積を時間をかけて行うような状況では無くなってきています。

養殖魚のモニタリングはこれまで作業者の目視が基本でした。これに変わる指標として近年は Fish welfare をキーワードに、養成環境下での健康度や活性が注目されています。Fish welfare の指標値として代表的なのが遊泳速度。酸素の濃度をはじめ、環境の変化に応じて遊泳速度が変わる、といった先行研究は数多くあります。遊泳速度のモニタリングとなればバイオリギングの出番なのですが、養殖業は食品生産という性質上、残念ながらロガーのような「異物混入のリスクになるようなもの」は受け入れられません。

バイオリギングで培ったブリの遊泳速度と環境の関係を、養殖現場での養魚モニタリングに活用したい。養殖現場でも利用できる非侵襲な遊泳速度計測手法の一つとして、ステレオカメラがあります。養殖用のステレオカメラは魚の魚体重推定に不可欠なツールで、国内のブリ養殖現場でも幅広く利用されています。我々の研究グループでは、ステレオカメラを用いた遊泳速度計測の実績がありますが、これまでバイオリギングと同時計測して比較したことはあり

ませんでした。そこで今回はバイオリギングと同等の精度で計測できる非侵襲な計測手法を確立することを目的に、ステレオカメラの遊泳速度計測結果とバイオリギングの遊泳速度計測結果の比較実験を行いました。

<研究の内容>

実験は2023年3月6日に鹿児島大学水産学部附属海洋資源環境教育研究センター東町ステーションの600t水槽にて実施しました。東町ステーションは日本屈指の養殖ブリの産地、東町漁協の近傍にあります。今回の実験供試魚も、東町漁協そばの鮮魚店から養殖ブリ(約5kg, 出荷サイズ)の活魚を調達しました。リトルレオナルド社製ロガーORI400-3MPD3GTを装着し水槽に放流。実験個体にはオイゲノール(FA100)0.1%水溶液による麻酔を処した上で針で背部に2つの穴をあけ、データロガーを結束バンドを利用して魚体に固定しました。データロガー装着後に実験水槽にて3時間にわたり馴致を行い、自発的な遊泳を確認してから試験を行いました。水槽には古野電気株式会社製のステレオカメラUC-600を設置。ブリがカメラの前を通過した際に、AIによる自動計測を用いて遊泳速度を計測しました。2時間の計測でブリはステレオカメラの画角を39回通過しましたが、一部は距離やカメラとの位置関係の問題から十分なサンプルが得られず、5フレーム以上を確保できた25回の通過を用いてロガーとの対照評価を行いました。



図1：実験に用いた養殖用ステレオカメラ。本来の用途は魚体重計測ですが、その高い3次元計測の性能から遊泳速度計測が可能です。今回の検証によりその精度にお墨付きが得られました。



図 2 : データロガーを装着した養殖ブリ。クロマグロのバイオロギングにも利用しましたが、出荷サイズの成魚とは言え、やはりプロベラ式の遊泳速度計測ロガーは大きいですね。

ステレオカメラとロガーの対照結果が図 3 です。データロガーの速度計測分解能 0.05m/s であるのに対し、今回すべての計測で 2 つの計測値の偏差は 0.1m/s 未満となり、更にステレオカメラの予測区間にロガーの計測値が収まる結果となりました。このロガーの遊泳速度計測性能の高さは回流水槽などを用いて実証されています。このロガーと比較して偏差が小さかったことから、ステレオカメラの計測性能の高さが実証されました。

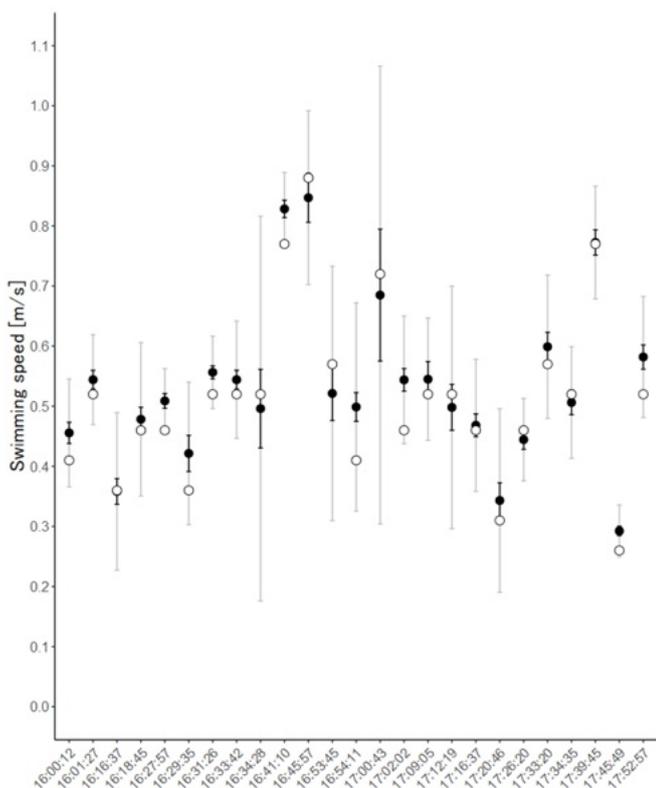


図 3 : ステレオカメラの遊泳速度計測値(● : 平均値, 黒線 : 95%信頼区間, 灰線 : 95%予測区間)とロガーの遊泳速度計測値(○)。

ロガー・ステレオカメラそれぞれのメリット・デメリットも明らかになりました。ステレオカメラの遊泳速度は 30Hz で記録されますが、ロガーは 1Hz。いくつかの通過例ではステレオカメラの予測区間が大きくなっていますが、3 次元の軌跡を確認したところ旋回行動が確認されました。高い時間分解能で、遊泳速度だけでなく軌跡まで確認できるのがステレオカメラのメリットです。一方で、2 時間の計測にも関わらず有効なデータが僅か 25 回というのはいささか寂しく、ステレオカメラが非接触であるデメリットとなっています。

<今後の展望>

本研究ではバイオロギングとステレオカメラ、2 つの手法を用いて、養殖ブリの遊泳速度計測を行いました。対照評価の結果、両センサの遊泳速度計測精度は同等という事がわかりましたので、今後はバイオロギングを用いた計測値を元に、ステレオカメラによる養殖現場での養成魚モニタリングの研究進展が期待されます。

今後の重要な課題は大きく 2 つ。一つ目は、ロガーの計測する遊泳速度は対水速度であるのに対し、ステレオカメラの計測する遊泳速度は対地速度であること。今回は静水域のため問題になりませんでした。流れの有る環境ではこのギャップの解決が課題となります。二つ目は夜間の計測が出来ない事。夜間はカメラは役に立ちません。他の非侵襲なセンサとして超音波センサが挙げられ、今後は超音波センサによる遊泳速度の評価と実用化が期待されます。

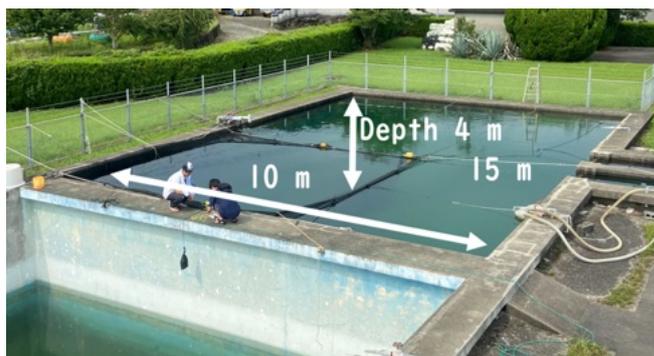


図 4 : 実験を行った鹿児島大学東町ステーションの実験水槽

池上温史, 米山和良 (2025), ステレオカメラを用いた養殖ブリの遊泳速度自動計測精度の評価, 水産工学, 62, (印刷中)

新しい発見

魚体長から遊泳速度計測!? ステレオカメラの新たな使い方

佐々木勇人 (北海道大学大学院水産科学院)



北海道大学大学院水産科学院水産工学講座米山研究室の佐々木勇人です。私たちは、光学ステレオカメラを用いて、魚類本来の行動状態の把握を目指して画像計測による魚類の行動状態把握の研究に日夜取り組んでいます。光学カメラでの行動計測は、まだ発展途上ですが、従来の侵襲的な計測結果との比較により、さらなる行動の理解に繋がると考えています。この度、光学カメラを用いた遊泳速度推定に関する自身の研究論文が無事に出版されましたので、少し研究についてご紹介させていただきます。

<研究に至るまで>

これまで、光学カメラを用いた遊泳速度計測は、画角内に入った計測対象の遊泳軌跡を時間差分することで求められてきました。しかし、養殖生簀のような潮通しの良い環境下では、潮流や波浪の影響で対象との相対的な位置が変化し、経時的に計測し遊泳速度を把握することが困難でした。私たちの研究室では、画像計測される魚体長が遊泳にともなって伸縮することを明らかにしていました。魚体長の伸縮が尾鰭の振動に由来すると仮定すれば、その振動周期から尾鰭振動数を算出可能と考えました。尾鰭振動数と遊泳速度の比例関係を用いれば、潮流や波浪の影響を受けない魚体長計測値から、遊泳速度推定が可能であると、本研究の着想を得ました。

<研究手法～結果>

本研究では、実験水槽内を遊泳するサクラマスを対象に、ステレオカメラで計測した魚体長の時系列データから卓越周波数を特定し、尾鰭振動数を把握しました(図1, 図2)。尾鰭振動数と、従来手法の3次元遊泳軌跡の時間差分で算出された遊泳速度を用いて、遊泳速度推定モデルを構築し、妥当性を検証しました(図3)。また、波浪下での運動を想定したランダムな振動をカメラに加えた場合についても検証し、固定された環境と同様の計測が可能であることを示すことができました。

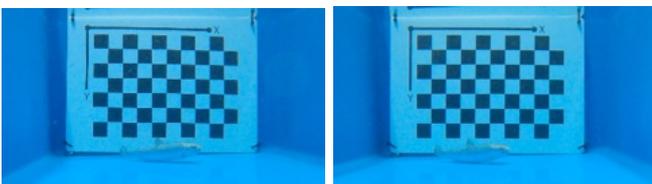


図1: 計測中のサクラマスを捉えた左右カメラ画像。休んでいないで泳いでもらわないと困ります。

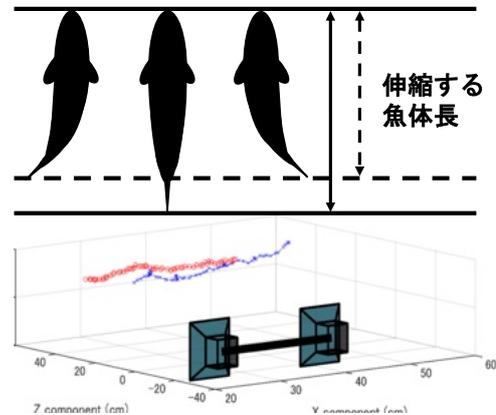


図2: 遊泳にともない魚体長計測値が伸縮する概念図(上)と、実際のステレオカメラを用いて計測した遊泳中のサクラマスの魚体長の時系列データ(下)。

<研究の今後>

研究を通して、定常的に尾鰭を振り遊泳する場合と、そうでない場合を機械学習によって分類できました(図3 赤クロスと下向き三角)。本手法を用いた尾鰭振動および遊泳速度の把握から、機械学習を用いて、異常行動の検知などの状態把握まで可能になるのではないかと考えています。まだ実験室レベルの検証ですが、今後はフィールド調査へ進みます。

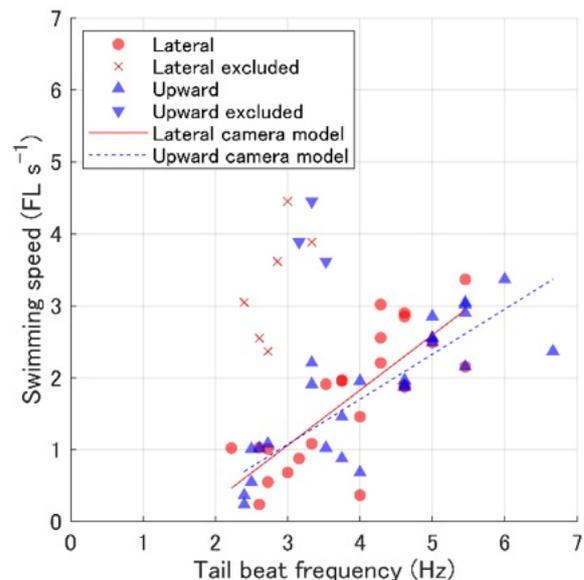


図3: 尾鰭振動数と遊泳速度の関係と遊泳速度推定モデル(ステレオカメラ: 赤,実線, 検証用カメラ: 青,破線)。機械学習によりステレオカメラで6データ, 検証用カメラで3データが除外された(赤クロスと下向き三角)。共分散分析(p<0.05)により, モデルの妥当性を示した。

<あとがき>

画像計測は、デジタルなイメージを持たれがちですが、実情はかなりアナログです。画面上のサクラマスの吻と、尾鰭の位置をクリックする単純作業ですが、1シーン(60fps, 1秒間)に吻を60回、尾鰭を60回、120回。左右カメラで2倍、検証用に上部から取るため3倍…と、数万回クリックし続ける気の遠くなる作業です。私はもう実験に協力してくれた

サクラマスたちの顔を覚えました。昨今、計測も自動化されていますが、画像計測は1ピクセル単位の職人技です。腱鞘炎に震えながら今後も頑張ります。

Y. Sasaki, R. Nishikawa, K. Komeyama (2024) Non-invasive swimming speed estimation method based on tail-beat frequency determined from fish length measurement using stereo-cameras. Fisheries Science 90, 1001-1010

黒幕を追え!! ノリ養殖現場 24 時 Season V

高倉良太（兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター）

奴らは何のためにノリを食うのか。ノリを食う個体と食わない個体の違いは何なのか。ノリ養殖という人間活動が奴らの行動を変えてしまったのか。。

約 5 年間、養殖ノリの食害対策を目的にクロダイの行動研究に携わってきましたが、知りたい事は増える一方…。研究者の端くれですが、こんな仕事ができる幸せだなと感じる今日この頃です。



図 1：タイムラプスカメラで撮影されたクロダイによる養殖ノリの摂食行動

上記の疑問は、研究によりクロダイの行動生態がある程度見えてきた事に起因します。2024 年度にこの研究に関する論文を 2 報まとめることができましたので、その内容について少し紹介させていただきます。

まず 1 つ目は、タイムラプスカメラを用いた定点観察による食害実態の把握です。この報告は、一連の食害研究の元となった調査をまとめたものです。食害が疑われるノリ網の下にタイムラプスカメラ TLC200Pro を設置し、食害種の特異性や出現パターンの解析をしました。出現頻度や映像から、主な原因種はクロダイと特定され（図 1）、ノリ養殖施設の沖側よりも地側、午前よりも午後に多く出現する傾向がみられました。ノリ生産者が居ない時間帯を狙って、自らが帰る場所（休息場所）からアクセスしやすいエリアのノリを食べていると考えられました。

使用した TLC200Pro に防水機能はなかったため、当時、当センターの大先輩である谷田圭亮研究員がハウジングを自作し（図 2）、これにより鮮明な水中映像を撮影することができました。「調査に必要な機材は自分で作る」というのは、研究者、技術者にとってとても重要なスキルであることを学びました。



図 2：タイムラプスカメラと谷田研究員自作防水ハウジング

2 つ目は、超音波バイオテレメトリーと双曲線測位を用いたノリ養殖場におけるクロダイの行動研究です。この研究は、BLS 会報 No.212 でご紹介した研究の続きです。先行研究は単年の調査で、かつ、供試魚の詳細な位置情報を得ることができませんでしたが、翌年に実施した本研究では、2 シーズンに渡ってモニタリングできた個体が存在し、双曲線測位（Vemco positioning system）により位置情報も得られました。2 シーズン通してモニタリングできた個体の行動から、ノリを摂食する個体は、毎年ノリを摂食する可能性が示唆されました。反対に、1 シーズン目にノリ網直下に来遊しなかった個体は、2 シーズン目も来遊しないという事も明らかになりました。この結果から、冒頭の疑問が湧いてきます。私たちによる別の研究では、当海域で漁獲されたクロダイの消化管からノリが出てきた個体は 3~18 歳であったことから、生涯に食べるノリの量は相当なものになると予想されます。そのため、食害対策としては、養殖場に居付き、毎年ノリを食べる個体の漁獲が先決だと考えています。双曲線測位では、ノリ養殖施設周辺でのクロダイの 3 次元分布が把握でき（図 3）、ノリを食べた後は漁港方面（休息場所）に一直線に帰っていく様子も観察されました（論文動画参照）。ノリ養殖施設を安全なシェルターとして利用している様子にも感じました。来シーズンは、奴らの休息場所となる構造物周辺での行動観察と、漁獲を試みる予定です。つづく…

高倉良太・谷田圭亮・梶原慧太郎・五利江重昭
(2024) 兵庫県のノリ養殖における食害実態.
水産増殖, 72 (2), 139-149.

Takakura, R., Yoshikawa, T., Mitsunaga, Y.
(2025) 3D spatial distribution of black sea
bream *Acanthopagrus schlegelii* in a nori
farm. *Aquaculture* 599, 742133.

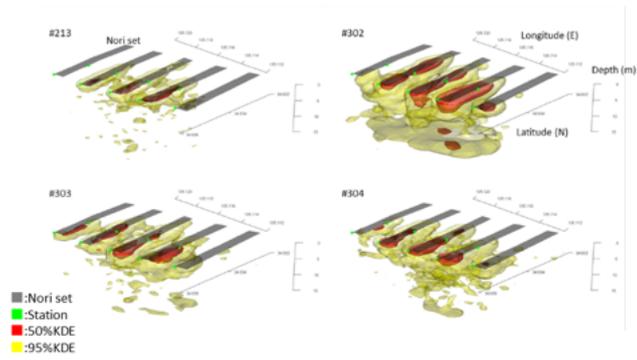


図 3 : 3D カーネル密度推定(KDE)結果。#は個体 ID。灰色はノリ網。赤、黄色はそれぞれ 3D KDE50%と 90%を示す

バイオリギングのレビュー論文を書きました Internet of Animals (IoA)編

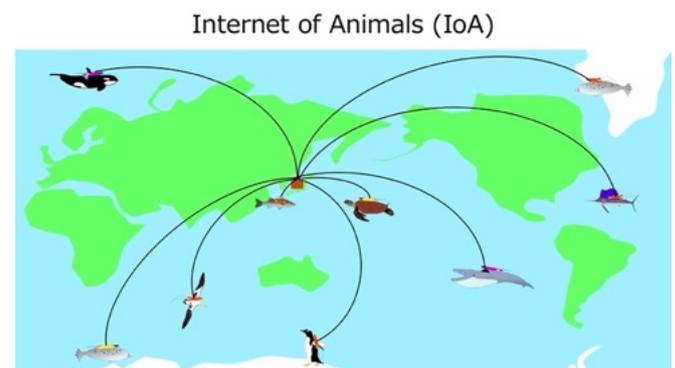
岩田高志 (神戸大学大学院海事科学研究科)

このたび赤松友成さん(早稲田大学)と一緒に、バイオリギングに関するレビュー論文を発表しましたので、ご報告いたします。タイトルの「バイオリギングのレビュー論文を書きました」は、2023年9月号の本会報に掲載された渡辺佑基さんの記事から拝借したもので、ぼくの方で勝手に「編」を加えさせていただきました。渡辺さんの記事にもある通り、これまでバイオリギングに関するレビュー論文は数多く発表されています。たとえば、バイオリギングの歴史や主要な研究分野についての論考(Watanabe & Papastamatiou, 2023)、動物生態学への貢献(Wilmers et al., 2015)、海洋動物の保全・管理における役割(Hays et al., 2019)など、多岐にわたります。そんな中、今回の論文では、「バイオリギングの利活用」に焦点を当て、バイオリギングがさまざまな海洋の課題解決に貢献できる可能性について紹介しました。

海洋温暖化、海洋ごみ、化学汚染、人工騒音、漁業との競合など、我々は現在さまざまな海洋課題に直面しています。これらの課題解決のため、観測船、漂流ブイ、リモートセンシングなどを用いた海洋観測が行われていますが、技術的・経済的な制約により観測の空白地帯が存在しているのが現状あり、解決には新しい技術が求められています。本研究会のみなさまにはすでにおなじみかと思いますが、バイオリギングは海洋動物の行動生態研究にとどまらず、海洋観測の新たなプラットフォームとして、海洋の課題解決に役立つ可能性が示されています。バイオリギングを用いた海洋観測の長所として、i) 水平方向および鉛直方向に広がりを持つ3次元データ、ii) 時空間的に個体に着目した連続したデータ、iii) 海氷下や荒天時など人(船舶)が立ち入れない環境のデータを取得できる点が挙げられます。一方で、i) 観測範囲が動物の行動に依存し選択できない、ii) 長期的な継続調査が少ない、iii) 装着できる動物個体数が限られるため取得データが限定的である、といった短所も存在します(論文内表1)。本論文では、これらの長所と短所を整理したうえで、バイオリギングを活用した海洋観測が、海洋温暖化のモニタリング、気象予測、海洋ごみや化学汚染の把握、人工騒音の影響評価、漁業による混獲問題、海洋保護区の管理、人為的攪乱の評価など、さまざまな海

洋課題の解決に貢献し得ることを、具体例とともに紹介しています(論文内図1)。もちろん、バイオリギング単独では海洋課題の解決に不十分ではありますが、調査船や漂流ブイ、リモートセンシングなどと補完的に組み合わせることで、既存の知識の空白を埋めることができると考えています。

バイオリギングを使って学際的な研究を進めるには、データのアーカイブ化と統合的な分析が必要です。近年では、「Internet of Things (IoT)」に倣って「Internet of Animals (IoA)」という概念も登場しています(Kays and Wikelski, 2023)。IoAでは、バイオリギングデバイスを通じて、リアルタイムデータやオンラインデータベースに蓄積された情報を、ネットワーク経由で取得・共有します。IoAの発展には、オープンデータの利用が不可欠ですが、これまでは記録フォーマット、測定項目、サンプリング間隔、単位などが統一されておらず、データの標準化が課題でした。また、動物の行動データを定性的ままでなく、定量的な物理環境データとして活用するには、変換や解析の工夫が必要でした。こうした課題を解決するために、さまざまなパラメータの登録とデータ解析機能を備えた「Biologging Intelligent Platform (BiP)」が開発され、データの標準化や動物の行動データを物理的な環境データへの変換が可能となりました(Sato et al., 2025)。本論文の出版とほぼ同時にSato et al. (2025)が発表されたことも、とても嬉しいニュースでした。今後、こうしたデータ共有システムの仕組みが強化されることにより、学際的な研究がさらに進展し、IoAの価値向上や応用範囲の拡大が期待されます。



Internet of Animals (IoA)のイメージ

おわりに

本論文はレビュー論文であるため、できるだけ多くの方に読んでいただきたいと思います(願わくば引用していただければ幸いです!)。特に、日本の研究者や学生のみなさん広く読んでもらえるよう、雑誌(Water Biology and Security 誌)からの許可をもらい、全文の和訳版も公開しています。[こちらのウェブサイト](#)で公開しており、また[このURLから和訳PDF版](#)も入手できます。引用文献もすべて記載しておりますので、活用いただけると幸いです。

Iwata, T. & Akamatsu, T. (2025). Biologging as a potential platform for resolving ocean environmental issues and threats: Towards the development of the Internet of Animals. *Water Biology and Security*, 100383.

<https://doi.org/10.1016/j.watbs.2025.100383>

3

“幻の魚”アカメの謎に迫った夏 -Vol.3-

三木慎也 (近畿大学大学院農学研究科)

アカメに狂った3年半

お久しぶりです、会報第200号、212号に続く3度目の寄稿となります、近畿大学大学院の三木慎也です。研究対象種であるアカメ (*Lates japonicus*) は、最大全長130cmに成長する日本固有の魚類です。高知県と宮崎県を中心とする西日本の太平洋沿岸、内湾、汽水域に生息しています。元々分布域が狭い上に生活史初期の成育場の減少や採集圧等により個体数減少が懸念され、IUCNレッドリストVUに選定されている希少種です。主要な生息地の一つである高知県では、県の豊かな自然の象徴と位置づけ、観光振興のPR資源や遊漁対象として利用されています。その希少性の高さと釣獲の難しさなどから、たびたび「幻の魚(未知で神聖な魚)」として扱われます。土佐湾の中央部に位置し、マダイ等の海面養殖や筏釣りが盛んな浦ノ内湾にもアカメが生息しています。浦ノ内湾では近年、養殖場や釣り筏にアカメが出没し、弱った養殖魚や釣獲された天然魚を捕食する様子が確認されています。私達は本種の保全と持続的利用の両立に向け、浦ノ内湾を舞台とした研究プロジェクトを2021年に発足しました。当時私は学部3年生で、運よく卒業研究のテーマに採用させていただき、その後大学院修士課程まで研究を継続することになりました。私の研究生活を締めくくる修士論文の最終稿を提出したのは、本稿の執筆を開始した2日前でした。同期達は2日程余裕をもって提出する中、私は「納得がいかない」と修正を続け、提出したのは締切の2時間前でした。研究活動を終了させるのが名残惜しく、最期まであがいていたのだと思います。

研究プロジェクト発足後初のサンプリングは極めて順調に進み、浦ノ内湾で採捕した5個体に音波発信機を装着し、放流しました。その後も順調に行動データがとれ続け、3か月に1度ほどの頻度で設置型受信機から受信記録をダウンロードしました。とある調査中、当時M2だった先輩から「本来は俺の修士研究となるはずだったけど、研究開始がコロナで1年遅れた」「修論でテレメトリーのデータは使えないから後は煮るなり焼くなりしてくれ」と言われました。そうです、本研究プロジェクトは本来その先輩の修士研究としてまとめられるはずでした。しかしコロナウイルス(COVID-19)の感染拡大の影響で、先輩の修士研究は頓挫し、別の研究テーマへの変更を余儀なくされていました。先輩の無念さ

を改めて実感し、気を引き締めたのが学部3年の2月の調査でした。ここから、本研究プロジェクトにおける事実上の(柄でもない)調査リーダーを2022-24年の3年間にわたり受け持つことになりました(2024年は現場監督的なポジション)。調査リーダーを受け持った際の様子については会報第200号、212号でご紹介していますので、よければご覧ください。

修士研究とラスト調査

高知県浦ノ内湾では養殖場や釣り筏周辺で弱った養殖魚や釣獲された天然魚を捕食するアカメの様子が確認されています。しかし、これまでの研究プロジェクトの供試個体が養殖場や釣り筏周辺に出没することはほとんどありませんでした。アカメは定住性が強いというこれまでの結果から、養殖場等に出没するアカメは養殖場等に常に居着いていると考えました。養殖生簀や釣り筏周辺に出現するアカメの行動を捉えることを修士研究の目標と定め、生簀付近でのサンプリングを試みました。試行錯誤した末に5個体を採捕し、超音波発信機を装着し放流することができました(図1)。詳細は割愛しますが、養殖業や筏釣りといった人間活動を巧みに利用する生存戦略を保持するアカメの行動を初めて定量化することができました。幻の魚とされてきたアカメのなかには、人々の暮らしのすぐ近くを選択し、したたかに暮らすグループが存在することが明らかとなりました。

私は修士論文を執筆後、光永先生をはじめ、本研究プロジェクトに携わる学部生・院生たちと共に調査地を訪れました。お世話になった方々にこれらの成果の報告と、お礼の挨拶をするためです。3年半にわたり取り組んできた研究活動を終了するのは寂しいですが、こればかりは仕方ありません。初期より多方面でお世話になってきたフィッシング宇佐(釣具店)のオーナーに挨拶すると、「どうせまた来るやろ?笑」と。もちろんです!OBとして、これからも協力させてください!

また、今回の調査では本研究プロジェクトの新しい世代への引き継ぎも兼ねていました。新しく高知で卒業研究を始める学部生・院生らを浦ノ内湾へ案内しました。新メンバーを調査協力していただいている方々に紹介しつつ、受信機のメンテナンス等も行いながら浦ノ内湾内を巡りました。単純作業なの

でサンプリングよりは楽と思いきや、朝が早かったり、寒かったり、重い荷物を運んだり、意外と大変です(図2)。1日のスケジュールが終了し、夕方、宿舎に戻った後も、ふとしたタイミングで研究についての議論が始まります。議論にはお酒の他に、土佐名物のかつおのたたきと、高知県内のみで展開するお弁当屋のくいしんぼ如月名物、チキン南蛮弁当が欠かせません。議論は簡単に白熱しますが、朝は早いですから、寝不足にならないよう注意しなければなりません。新メンバーが、意見を真っ直ぐ主張する様子や率先して作業をこなす様子は頼もしく、新時代の幕開けを感じます。

研究はアカメを救うのか？

自然環境や生きものを守り、次世代に繋ぐためには、まずそれらのことについて研究し、正しく理解する必要があります。しかしそれだけでなく、研究活動、特にバイオテレメトリー法には、地域コミュニティの形成に伴う保全活動の活性化を促す力もあると、私は期待しています。私たちの研究活動はポスターを掲示するなどして啓発しており、調査中は地域の方々からよく声をかけていただきます。

「発信機を装着して行動を追跡する」という手法はシンプルで、学術研究に馴染みのない方でもイメージしやすいのだと思います。また、ロマンを掻き立てるものであるため、興味を持っていただきやすいのかもしれませんが。実際、ポスターをきっかけに繋がりが増え、研究の規模を拡大することができた、ということもありました。研究とは、単に成果発表を目的とするのではなく、きちんと実社会で活かされるべきで、それを念頭に置くべきだと私は考えています。本研究プロジェクトもまた、実社会に還元され、多くの場面で活かされることを願っています。研究成果だけでなく、研究活動そのものが付加的な価値を持ち、保全への意識向上や取り組み等の活発化に繋がれば嬉しいです。

長らくアカメは「幻の魚(=未知で神聖な魚)」として扱われてきました。しかし今後アカメへの理解が進むにつれて、アカメは地域や遊漁者らによって「見守られる魚」になるのではないかと思います。実際に浦ノ内湾では、人々の暮らしの直ぐそばで、人間活動を巧みに利用しながら懸命に暮らしていることが分かりました。他の地域でも、例えば市街地を流れる河川では、夜間に常夜灯に照らされながらうろろするアカメを観察できます。例えアカメが幻の魚でなくなったとしても、アカメやアカメが生息する高知県の魅力が低下することはありません。研究をする過程で、私達の自然環境や生き物に対する理解はまだまだ足りないという事実を、アカ

メに教えられた気がしました。

本研究プロジェクトに興味を持ち、引き継いでくれた後輩の皆さんに、心から感謝します。皆さんの情熱を見ていると、なにか凄いことを成し遂げてくれそうで、わくわくしています。光永先生には多大なご苦労とご心配をおかけしたにも関わらず、いつも寛容な心で受け入れてくださり、感謝の念を禁じえません。

改めまして、ご協力いただいた全ての皆さま、本当にありがとうございました。今後とも、本研究プロジェクトをどうぞ宜しくお願い申し上げます。

私たちの研究活動によって、アカメの未来が少しでも明るいものになることを、切に願っています。



図1：放流の直前



図2：早朝から調査スタート



卒業式でいただいた、アカメメンバーからの寄せ書き。このサプライズは本当に嬉しかった笑

幻の魚「アカメ」を研究するということ

爲國甲登（近畿大学大学院農学研究科）

修士課程への進学を決定づけた日

初めまして、近畿大学大学院の爲國甲登（ためくに かぶと）です。研究対象種であるアカメ（*Lates japonicus*）はスズキ目アカメ科に分類される魚類で、高知県や宮崎県を中心とする西日本の太平洋沿岸や汽水域に生息する日本固有種です。全長 130 cm, 30 kg を超える大型魚類で、ゲームフィッシングの対象種として高い人気を誇っています。高知県では注目種とされ、販売目的での稚魚の採集の禁止やキャッチ&リリースが呼びかけられています。

学部生時代は「アカメの河川侵入行動に与える環境要因の推定」というテーマで研究していました。一般的に海水魚とされるアカメですが、頻繁に河川に侵入することがわかっています。どんな環境条件の時に河川に入ってくるのかがわかれば、釣獲と保護を効果的に両立できるのではないかと考えたため、このようなテーマにしました。結果的に、ほとんどの時間を河川とその周辺にいたことがわかり、河川での行動は夜間に活動的になっていました。また、統計解析から河川の底層水温が高く、表層水温が低い時に最も河川侵入行動をすることが明らかになりました。

当時の研究の供試魚サンプリングは学部 3 年生の夏に行っており、その時に人生で初めてアカメを釣りました。なんてカッコいい魚なんだ…。研究するには 1 年は短すぎる!!この魚には発信機は取り付けませんでした。すっかりアカメの魅力に取りつかれ、この日に大学院進学を決意しました。

フィールド整備に四苦八苦

学部生時代と同じフィールドでより発展的な研究をすることもできました（おそらく先生も先輩もそれを望んでいた）が、自分の研究フィールドを持つということに憧れがあり、学部 4 年生の夏からは新規開拓のために高知県を東奔西走。アカメには浦戸湾と四万十川の二大生息地があります。いずれも絶滅危惧種とされながらも遊漁対象種となっている不思議な環境。人とアカメが持続可能な関係を築くためにはこの 2 つのフィールドについて調べなければならぬという気持ちが強くありました。

浦戸湾は高知県中央部にある内湾で、湾に流れ込む河川の数が多いことから、アカメを含むたくさんの汽水魚が生息しています。高知市内の町中にこんな大きな魚がいるなんて…。最初は信じられませ

でした。

四万十川は高知県西部を流れる大河川で、日本最後の清流とも呼ばれます。源流から河口までダムや堰堤がなく、岸辺が護岸されていない自然が残る環境です。

最初に研究計画を立てたのは四万十川でした。当時は「純」自然下で生きるアカメの行動生態を知ること、アカメ本来の暮らしぶりにせまりたいと考えていました。実際に四万十川に 2 度足を運び、受信機を取り付ける地点の候補もおおよそ決め、あとは管轄する事務所に許可を得るだけ…というところまで話は進んだのですが、釣り人からの反対の声が散見されました。アカメが好きだからこそ傷つけたくないというのが彼らの意見で、彼らからの理解を得ることはできませんでした。アカメは高知県の方々にとって特別な魚です。反対意見を押し切ってまで研究するのは良くないと判断し、四万十川からは身を引くことにしました。修士課程の出鼻を挫かれる経験であり、研究計画の全てが白紙になってしまったことが怖くて仕方ありませんでした。アカメのことは好きなのに、アカメのせいで自分が追い詰められるのがしんどかった…。

一度フィールドに立てば何がやりたいのか思い付くかもしれない！と再び高知県を訪れ、一人で釣りをしました。人生で初めてアカメ釣りをした場所に立ったとき、一匹のアカメが泳いでいるのが見えました。どうしてこんなところにアカメが居るのだろうか？コンクリートで護岸され、工場排水が流れ、船が頻繁に往来する環境…。人間目線では魚が生活するには向いていないように感じます。調べると浦戸湾の中で最も埋め立てが進んでいる地域でした。なぜ数ある生息地の中からこの環境を選ぶのか、行動学的なアプローチでせまりたいなと思いました。

ただ、アカメは一生に一度釣ればラッキーと言う釣り人もいるほど捕獲が難しい魚。これまでも何度もサンプリングに失敗していました。しかし、このエリアには 4 年通って、釣れるタイミングは見えていました。自ら一夏で 5 匹というノルマを課し、本気でサンプリングに挑みました。サンプリングは 2024 年 7 月と 8 月に 3 回にわたって行うことが決まりました。

供試魚の確保と同等に設置型受信機の配備も大切です。土地を管理している土木事務所に向けて書類を作ったり、土地の所有者に電話したり、時に関係

者が現れるまでひたすら待ったり…。困難の連続ではありましたが、たくさんの方に協力して頂き、設置型受信機の取り付けを完了することができました。調査地の港湾に4つ、湾中部に1つ、湾口部に2つ設置しました。

いよいよサンプリング開始

第1回サンプリングの1日目。猛暑のため日中は釣りをするつもりはありませんでしたが、時計を見ると日中唯一のチャンスタイムが近かったので2時間だけと決めて釣り場へ向かいました。生餌にするボラを捕まえ、アカメがいるであろう場所に投入するとなんと開始3秒でヒット笑。すぐに先輩と先生が駆けつけてくれてキャッチできました。強烈なパワーと興奮で荒くなった呼吸を落ち着かせて手術に取り掛かります。発信器取り付けの外科手術も自ら行います。初めての手術で手が震えましたが、無事に装着し放流できました。110センチ18キロの大型個体で迫力は満点!!

2日目の夜は疑似餌でヒットさせるもアカメのパワーに体が耐えきれず逃げられてしまいました。呆然と立ち尽くし、膝から崩れ落ちました。「この下手くそが!!遊びじゃないんだわ」と自分に腹を立てていました笑

3日目は前日の悔しさをバネに2匹目、3匹目を立て続けに釣獲しました。この日は3人で5回もヒットした当たりの日でした。無事に手術が終わり、朝日に照らされながら帰っていったアカメの姿は今でも鮮明に覚えています。

第2回サンプリングでは107cmと66cmのアカメを釣獲し、発信機を装着・放流しました。連日の完徹フィッシングに疲れ気味の自分に「5匹釣れないと修士研究は頓挫する。気張れ!」と言い聞かせながらノルマを達成しました。修士1年の夏にしてようやく私の研究がスタートしました。サンプリングに協力して下さった先生、先輩、後輩にはとても感謝しています。やっと待ち望んだデータが得られると思うと鼓動が高まります。(第3回サンプリングでは123cmと63cmを釣獲し、タグ&リリース)

しかしこれでも安心できないのがバイオテレメトリーの怖いところです。受信機の受信範囲外に出してしまうと行動が捉えられなくなるので、長期的に行動をモニタリングするのであれば調査地に居てもらわなければならない。アカメの行動圏は狭く、依存度が高いという先輩の先行研究と自分の卒業研究の結果を信じ、ある程度データが蓄積したタイミングで回収しました。

データを手にした瞬間

2025年3月の調査で2024年8月～の約7か月

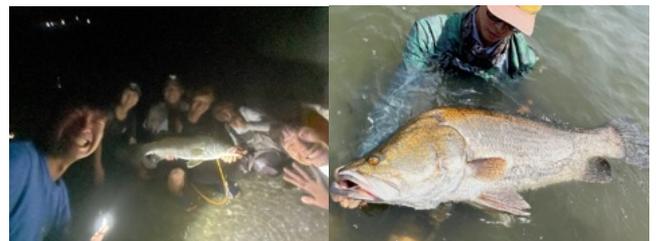
分のデータを回収しました。全5個体の信号を受信し、約60万個のデータを記録しました。しっかり受信可能範囲に滞在してくれていたことはもちろん、全個体が手術のダメージに耐えて生存していることが何よりも嬉しいです。

基本的にずっと港内に滞在していることから、アカメは港内の環境に適応しているといえます。ただ、ここから新たに開発や埋め立てを行う際には本種の存在を十分考慮する必要があると言えます。供試魚の行動は個体差が大きい印象を受けますが、今後の解析や調査でアカメという魚について傾向が見えればいいなと思っています。(本当に行動がバラバラ。修論どうまとめよう…笑)

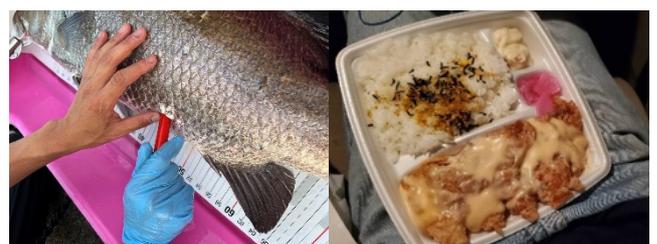
最後に

本稿では受信機の設置からサンプリングまで、修士論文には書けない「アカメ研究の裏側」について紹介しました。フィールド整備は想像以上に大変でしたが、今では得たデータ一つ一つが宝物に見えます。これは学部生のときには湧かなかった感情です。自分が人生で初めてアカメ釣りをした場所で研究ができるというのは幸せだなと感じます。たくさんの方々に協力して頂いて修士研究が成立しています。本当にありがとうございます。

供試魚に装着した発信機は2030年まで信号を発し続けますが、直接携われる時間は1年を切ってしまう。研究期間としては不完全燃焼感がありますが、アカメ釣りの聖地である浦戸湾に調査フィールドを築き上げたことに大きな意味を感じています。アカメの未来が明るいものであるように、自分の残された時間でできる限りのことをします。浦戸湾のアカメが、この先も悠然と泳ぎ続けるために…。



(左) 人生初アカメ (右) 浦戸湾で最初に発信機を取り付けた個体
大学院進学を決定づけた一匹と研究への覚悟を決めた一匹



(左) 発信機挿入の瞬間 (右) サンプリングの必勝飯
食いしん坊如月(高知のご当地の弁当屋さん)のチキンナンバン
これを食べずしてアカメが釣れたことがない

古代湖に生息する固有種のサケを求めて

山本啓人（東京大学大気海洋研究所）

初めまして、東京大学大気海洋研究所 D1（2025年3月時点）の山本啓人です。修士まで近畿大学で研究しており、博士課程から東京大学に移ってきました。近大ではカツオの繁殖行動を、東大ではビワマスを研究しています。

ところで、ビワマスって知ってますか？

近大の研究発表で「カツオって知ってますか？」と言うとそこそこウケたのだが、「ビワマスって知ってますか？」と言うと大半の人が首を横に振るのではないだろうか。ビワマスは琵琶湖の固有種で、最大70 cmを超えるサケの仲間である。琵琶湖にそんな魚がいるなんて普通は知る由もない。私も数年前までそのうちの1人だった。初めてビワマスと出会ったのは学部4年の夏である。当時の指導教員である光永先生が琵琶湖に停泊している船を点検するために学生を募っていた。その時はじめて研究室が琵琶湖に船を所有していること、その船を使ってかつてビワマスを研究していたことを知った。しばらく動かしていなかった船の点検も兼ねて、当時の同期・先輩とビワマスのサンプリングを行うことになった（船長は光永先生）。

ビワマスは、仕掛けを船で引っ張る、トローリングという漁法で釣る（最近ではジギングも人気だ）。仕掛けを引く深さを決めたら後はひたすら待つ。うだるような暑さにポーっとしていると、さっきまで水の抵抗で一定のリズムを刻んでいた竿が急にしなる。この「静」から「動」への転換がトローリングの魅力の一つだ。



図1：ビワマス

慎重に仕掛けを回収すると、銀色の魚体が水面に現れた（図1）。この銀色はスモルト化といって、サケ科魚類が海に降る時に示す変化によるものだ。しかしビワマスの場合、海水適応能力は失われているらしい。人も魚も見た目で判断してはいけない。

関東に出てビワマスを研究する

ビワマスとの出会いから時は流れて M2 になった頃、博士課程の進学先を探していた私は、カツオを研

究していたこともあり、マグロやサケといった回遊魚の行動生態を研究しておられる北川先生のもとを訪ねた。先生と話す中でひとときわ注意を引いた言葉がある、「ビワマス」である。マグロの研究者というイメージが強かったので、思いがけない「ビワマス」という単語に思考が追いつけなかった。人も魚も見た目で判断してはいけない。

聞くところによると、北川先生は滋賀県の出身だそうで、かねてよりビワマスを研究したいと周囲に話していたらしい。研究室にビワマスを研究している人がいるとか、琵琶湖でのフィールド基盤が整っているわけではなかったが、一から地盤を築いていくのも面白いと思い、ビワマスを研究する運びとなった。

タギング調査

温暖化に伴った海産魚類の分布北上化が問題視されているが、ビワマスのような閉鎖水域に生息する魚類はどのような環境を経験し、どう応答しているのか？そんな素朴な疑問を調べるため、行動記録計や超音波発信機を装着する調査を11月に行った（図2）。1年に渡るビワマスの行動を知りたかったので、繁殖期にあたるこの時期に実施した。この時期に湖で釣れて、婚姻色が出ていない個体は少なくとも来年の秋までは湖内にいるだろうという見立てだ。調査は光永先生、そしてかつて所属していた研究室の後輩に手伝って頂いた。半年経たずの再会で懐かしさはあまりないが、卒業してからもこうして力を貸してもらえるのはありがたい。

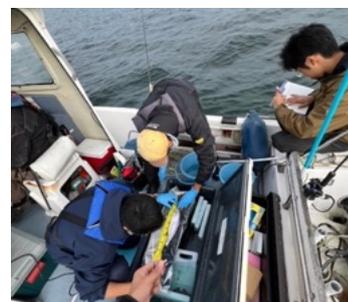


図2：調査の様子

11月だというのに夏日を記録したこの日の表層水温は20℃を超えていた。異常気象が冷水性のビワマスに差し迫っているのをヒシヒシと感じた一日であった。

BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦~その4

・ generate_kml (ローカル版) : Google Earth で表示

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、「BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦」シリーズの第4回です。これまでの連載では、Python 初心者の方でも手軽にデータ解析を始められるよう、JupyterLite を使って CSV ファイルから必要な情報を抽出 ([filter_csv](#)) や動物の移動経路 ([generate_kml](#)) と深度・水温データの時系列グラフ ([plot_DT](#))、加速度データを分析して表示するためのプログラム ([plot_Acc](#)) を紹介してきました。

JupyterLite はインストール不要で、ウェブブラウザ上からすぐに Python を実行できる便利な環境ですが、一方で以下のような制限もあります。

- 大容量のデータファイルを扱うことが難しい
- 一部の Python ライブラリしか使用できない
- グラフの拡大表示や高度なインタラクティブ操作が制限される

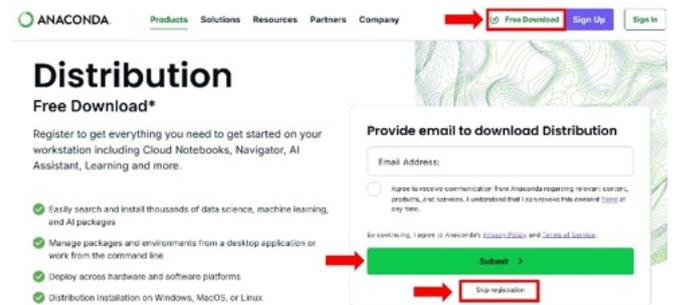
そこで、今回からはより自由度の高いローカル環境での解析方法を紹介します。具体的には、**Anaconda** という Python 実行環境を PC に構築し、ローカルの Python 環境でデータ解析を行う手順を解説します。

Anaconda 環境の構築手順

Anaconda は、Python やその周辺ツール・ライブラリをまとめてインストールできる便利なパッケージです。データ解析や機械学習、バイオリギング解析にも適しており、Windows/Mac/Linux いずれの環境でも利用可能です。以下に Anaconda をインストールする手順を説明します。

1. Anaconda の[公式サイト](https://www.anaconda.com) (<https://www.anaconda.com>) にアクセスします。
2. 画面上の「[Free Download](#)」をクリックします。ユーザー登録する場合は、メールアドレスを入力し、確認事項を確認してチェックを押し、**Submit** ボタンをクリックします。ユーザー登録しない場合は、「[Skip registration](#)」をクリックします。
3. お使いの OS に合ったインストーラーを選択し、ダウンロードします。

4. ダウンロードしたインストーラーを起動し、画面の指示に従ってインストールを完了させます。



インストール後、Anaconda Navigator もしくは Anaconda Prompt を起動します。

Anaconda Prompt の起動

Anaconda Navigator はグラフィカルな操作が可能な起動ランチャーですが、本連載ではより柔軟な操作が可能な **Anaconda Prompt (コマンドライン画面)** を Windows 上で使用して作業を進めます。

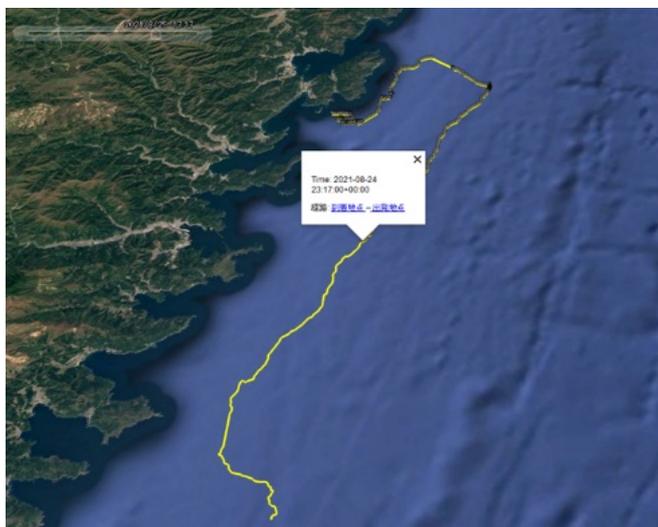
1. 画面左下の「スタートメニュー (Windows のアイコン)」をクリックします。
2. 検索ボックスに「**Anaconda Prompt**」と入力します。
3. 表示された「Anaconda Prompt (Anaconda3)」をクリックして起動します。起動すると、黒い背景のコマンドプロンプトが立ち上がります。ここに Python の実行やファイル操作のコマンドを入力して、以降の解析作業を進めていきます。

generate_kml.py をローカル環境で実行

これまでの記事では、JupyterLite 上に Python コードを直接入力し、インタラクティブに実行して結果を確認する方法を紹介してきました。しかし、ローカル環境では、Python のコードを .py ファイルとして保存し、そのファイルをコマンドライン (Anaconda Prompt) から実行するのが一般的です。今回は、KML ファイルを生成するスクリプト ([generate_kml.py](#)) を作成し、実行する手順を紹介いたします。

このスクリプトは、GPS データを元に Google Earth で表示できる **KML ファイルを作成**するプログラムです。以前紹介した [コード](#) では移動経路を Track として表示する基本的な機能を提供していますが、KML ファイルの生成に特化した Python ライブラリである **simplekml** を使用することで、以下のような拡張機能を実現できます。

- **最短の記録間隔を指定して、データを間引く**
- **Track データと Point データの統合表示:** 各ポイントにタイムスタンプを追加して、Google Earth の時間スライダー機能と連携
- **カスタマイズ可能なアイコンとスタイル:** アイコンのサイズや種類、線の色や太さを調整
- **動的な高度データの可視化:** 高度情報を含む場合には地形と連動した立体的なラインを表示



実行手順 (Anaconda Prompt 使用)

1. 初めて使用する場合は、以下のコマンドを実行して **simplekml** をインストールしてください (2 回目以降は不要です)。


```
pip install simplekml
```
2. 以下の 2 つのファイルを任意のフォルダ (例: C:\¥BiP-Analysis) に保存してください。ファイルは同じフォルダに入れておくと、スクリプト内の読み込みパス指定が簡単になります。
 - [data_gps.csv](#) : GPS データ (BiP からダウンロードした CSV ファイル)
 - [generate_kml.py](#) : KML ファイルを生成する Python スクリプト
3. 保存したフォルダに移動する
 - C ドライブ内の「BiP-Analysis」フォルダにある場合

cd "ファイルが保存されたフォルダのアドレス"

```
(base) C:\BiP-Analysis>cd C:\BiP-Analysis
(base) C:\BiP-Analysis>
```

- 別のドライブ (E ドライブなど) のフォルダにファイルを保存した場合


```
E:(フォルダのあるドライブ)
cd "ファイルが保存されたフォルダのアドレス"
```

```
(base) C:\Users>E:
(base) E:\>cd BiP-Analysis
(base) E:\BiP-Analysis>
```

4. フォルダ移動後、次のように入力して .py ファイルを実行します。

python generate_kml.py

コードを実行中、以下の情報を順に入力します。未入力の場合は () 内の規定値によって元ファイルと同名の KML ファイルが同じフォルダに作成されます。

- ファイル名 (例: **data_gps**)
- 最短の記録間隔 (規定値: **60** 秒)
- Track の太さ (**3**)
- Track の色 (**yellow**)
- Point の大きさ (**0.4**)
- Point の色 (**red**)

```
(base) C:\BiP-Analysis>python generate_kml.py
KMLファイルへ変換するGPSデータの名前を入力 (.csvの拡張子は省略可): data_gps
最短の記録間隔を秒単位で入力してください (デフォルト: 60秒):
Trackの太さを入力してください (デフォルト: 3):
Trackの色を入力してください (デフォルト: yellow):
Pointの大きさを入力してください (デフォルト: 0.4):
Pointの色を入力してください (デフォルト: red):
KMLファイルの作成が完了しました。出力ファイルは 'data_gps.kml' に保存されています。
```

記録間隔や Track・Point のサイズや色を変更することで、GPS データに応じて自由に KML ファイルを作成することができます。別の GPS データをダウンロードして、KML ファイルを作成してみてください。

このようにローカルの Python 環境を活用することで、より大きなデータや複雑な処理にも対応できるようになります。Python に少しずつ慣れてきた方も、これを機にローカル環境でのスクリプト作成や実行に挑戦してみてください。

次回は、バイオロギングデータのさらなる活用として、加速度データの「周波数解析」など、より本格的なデータ解析法について紹介していく予定です。

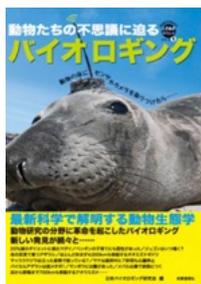
事務局からお知らせ

■本年度より事務局を務めます、名古屋大学・生態学講座です。昨年度の総会および今月はじめのメールでご案内した通り、夏（7月頃を予定）から、会員情報の変更・確認や会費の振込・確認をオンラインで行える電子システムを導入いたします。現在、準備を進めておりますので、会費納入および住所変更はシステム導入が完了するまで、今しばらくお待ちください。ご不便をおかけしますが、どうぞよろしくお願いいたします。

バイオロギング本のご案内

■絶版となる前に是非お求めください！ 出版社「京都通信社」のWebページから購入できます。

<https://www.kyoto-info.com/kyoto/>



編集後記

■調査から戻り、めずらしく体調を崩しました。寒暖差にやられたと思われれます。年齢のせいではなく気候変動のせいだと思いたいです【Y.M.】

■今年度より会報担当その1を務めさせていただくことになりました。ワードの機嫌をうかがいながら、久々の編集作業にいそしみました。今後ともよろしく申し上げます【T.N.】

