



# 日本バイオロギング研究会会報

日本バイオロギング研究会会報 No. 212

発行日 2024年4月23日 発行所 日本バイオロギング研究会(会長 佐藤克文)

発行人 三田村啓理 京都大学フィールド科学教育研究センター

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

TEL&FAX 075-753-6227 E-mail: [BioLoggingScience@gmail.com](mailto:BioLoggingScience@gmail.com)

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



## もくじ

### 新しい発見

オオミズナギドリとウミネコの行動認識手法の開発

大塚亮真 (大阪大学) 2

黒幕を追え!! ノリ養殖現場 24 時 SeasonIV

高倉良太 (兵庫県水産技術センター) 4

### 調査報告

“幻の魚”アカメの謎に迫った夏 -Vol.2-

三木慎也 (近畿大学) 6

養殖サクラマスに PIT タグを挿入! 個体ごとの成長を追う!

山崎祐人 (北海道大学) 8

イルカの隊列遊泳

西村大我 (名古屋大学) 10

「アカメの手術風景」

撮影場所: 高知県 撮影者: 三木慎也

## 新しい発見

# オオミズナギドリとウミネコの行動認識手法の開発

大塚亮真 (大阪大学大学院 情報科学研究科)

大阪大学の大塚亮真です。私はもともと異分野におりましたが、2年ほど前から大阪大学でバイオロギングと情報科学の融合研究をしています。名古屋大学の依田先生と大阪大学の前川先生との研究チームは、動画撮影を自動制御するAI搭載型ロガー（通称ログボット）の開発を行ってきました (Korpela et al., 2020; Tanigaki et al., 2024)。私はログボット開発の過程で得られた豊富な加速度センサデータと動画データを用いて、オオミズナギドリとウミネコの行動認識手法の開発に取り組みました。主に深層学習モデルの効率的な学習技術を検証し、データ拡張技術等の有効性を確認しました。今後の開発課題も示しました。

## 研究背景

バイオロギングでは、加速度、深度、位置情報などの様々な時系列センサデータを収集します。時系列センサデータを用いて動物がいつどのような行動をしていたのかを推定する技術を行動認識（あるいは行動分類）と呼びます。人の行動認識分野で研究が盛んな深層学習ベースの手法には、特徴量エンジニアリング（行動認識に有用な特徴量を分析者が設計すること）が必要であるなどの利点がありますが、高い精度を達成するために多くのデータを要します。そのためか、野生動物研究では深層学習ベースの手法よりも、ルールベースか従来の機械学習手法がよく使われてきました。

野生動物の行動認識の課題として、教師データの収集が困難であること、行動クラスの不均衡性 (e.g. 飛行が多く、採餌が少ない)、行動の個体差や装着位置の違いなどによって生じる様々なノイズ、そして種特有の複雑な行動などが挙げられます。このような課題を克服するために、人の行動認識でよく使われる深層学習モデルおよび深層学習モデルの効率的な学習技術の有効性を検証しました。

## 方法

2018年から2022年にかけてログボット開発の過程で収集されたオオミズナギドリとウミネコのデータセットを用いました。ログボットの動画データを用いて加速度センサデータをラベリング（両種とも6行動ずつ定義）しました (図1)。深層学習モデルの効率的な学習手法として、データ拡張（変更なし、スケールの変更、ノイズの追加、並び替え、時間ワープ、軸の回転）(e.g. Um et al., 2017)、Manifold mixup (Verma

et al., 2019)、教師なし事前学習の有効性を検証しました。また、7つの深層学習モデルと100個以上の特徴量を入力とした従来の機械学習手法 (LightGBM と XGBoost) との比較も行いました。

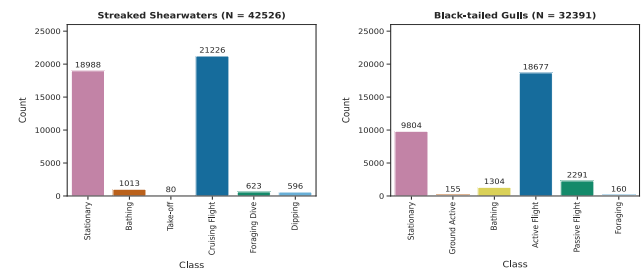


図1. オオミズナギドリ (左) とウミネコ (右) の6つの行動のデータ量 (25Hzのデータから2秒, 50%の重複率で時間窓 (ウィンドウ) を抽出。1ウィンドウは50データ点。縦軸はウィンドウ数を示す。)。データ量が行動ごとに異なること (不均衡性) が示されている。

## 主な結果と考察

- ・データ拡張の効果はデータ拡張の種類とパラメータ、行動クラスによって異なりましたが、学習時に入力データに1つのデータ拡張をランダムに適用する方法によって多くの行動の精度が向上しました (図2)。
- ・Manifold mixupによってオオミズナギドリの離水飛行などの精度が向上しましたが、全体としてはランダムなデータ拡張ほどの精度向上はなく、また両者を組合せた場合も精度は向上しませんでした。
- ・ラベルなしデータの不均衡性のせいか、教師なし事前学習は精度向上につながりませんでした。
- ・畳み込み (Convolution) 層と長・短期記憶 (LSTM) 層を組合せたモデルと、それに注意機構を追加したモデルの精度が高く、これらは100個以上の特徴量を入力とした従来の機械学習手法の精度を上回りました。

## 今後の課題

海鳥2種の行動認識において深層学習モデルを用いる場合、データ拡張が有効であることを確認できましたが、データ拡張の種類、パラメータ、行動クラスによってその効果が異なることから、目的に合わせて最適なデータ拡張の組合せとパラメータを自動的に決定する技術が求められています。また、センサデータは手に入ってもGround Truth (正解データ) が手に入れないのが困難な場合も多いと思います。そのような状況に対しては、他種のデータやラベルなしデータを有効

活用する手法 (e.g. 転移学習や自己教師あり学習) の検証と開発が重要だと考えています。

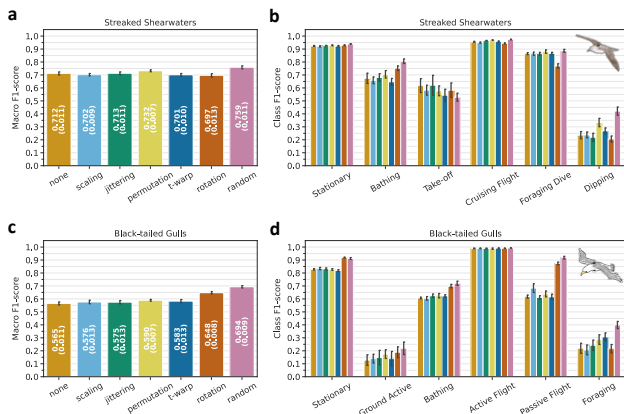


図 2. オオミズナギドリ (a, b) とウミネコ (c, d) におけるデータ拡張技術の効果。左側 (a, c) は全体的な精度 (マクロ F1)、右側 (b, d) は各行動ごとの精度 (クラス F1) を示している。ピンク色のランダムなデータ拡張によって全体的な精度が向上している。

### 本研究の論文

Otsuka, R., Yoshimura, N., Tanigaki, K., Koyama, S., Mizutani, Y., Yoda, K., & Maekawa, T. (2024).

Exploring deep learning techniques for wild animal behaviour classification using animal-borne accelerometers. *Methods in Ecology and Evolution*, 15(4), 716–731.

<https://doi.org/10.1111/2041-210x.14294>

### 参考文献

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>

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), gad447.

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

Um, T. T., Pfister, F. M. J., Pichler, D., Endo, S., Lang, M., Hirche, S., Fietzek, U., & Kulić, D. (2017). Data Augmentation of Wearable Sensor Data for Parkinson's Disease Monitoring using Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the 19th ACM International Conference on Multimodal Interaction (ICMI 2017)*, 216–220.

<https://doi.org/10.1145/3136755.3136817>

Verm, V., Lamb, A., Beckham, C., Najafi, A., Mitliagkas, I., Lopez-Paz, D., & Bengio, Y. (2019). Manifold Mixup: Better Representations by Interpolating Hidden States. *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning (Vol. 97, pp. 6438–6447)*. PMLR.

<https://proceedings.mlr.press/v97/verma19a.html>



## 新しい発見

# 黒幕を追え!! ノリ養殖現場 24 時 SeasonIV

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）

黒幕の動きがようやく見えてきた…。どうやらヤツらは昼にノリを食い荒らし、夜は周辺のアジトに帰るようだ。この近くの構造物に居付いてやがる。養殖場を広範囲に動き回って悪さをし、海が冷えてくるとヤツらの数が減っていく。ヤツらの通り道に罠を仕掛けるか、アジトで寝込みを襲うか…。

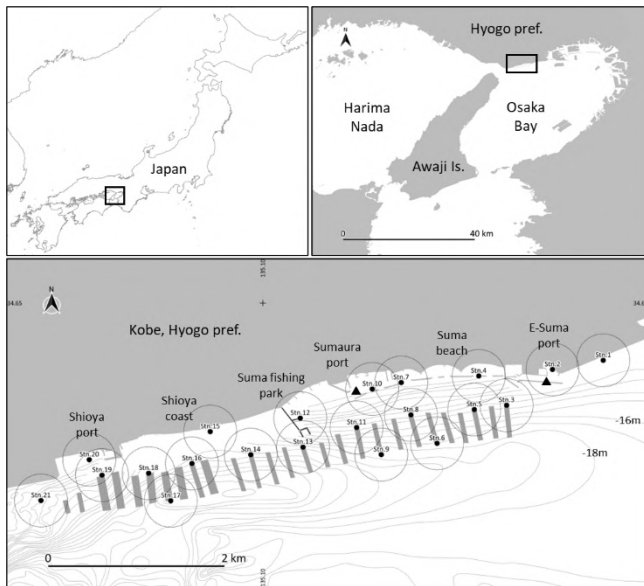


図 1. 調査海域。灰色の長方形はノリ養殖施設、黒三角は供試魚の採捕場所、黒丸は受信機設置場所 (Station)、点線の円はおおよその受信範囲 (半径 300m) を示す。

兵庫県と近畿大学が共同で、養殖ノリの食害対策を目的に、超音波バイオテレメトリーを用いたクロダイの行動調査を実施しています。クロダイの行動については、わかりやすくイメージすると上記のとおりですが (SeasonIVにしてようやくタイトルどおりの表現が! 笑)、自著論文も無事に出版されましたので、もう少し詳しく紹介したいと思います。

2021 年度ノリ漁期 (2021.11~2022.3) に神戸市地先のノリ養殖場 (図 1※) で 23 個体のクロダイ成魚の行動をモニタリングした結果、約 1/3 の個体 (8 尾) に養殖ノリを摂食している行動がみられました。これらの個体は日中にノリ網のある水面直下で活発に遊泳し、夜間は少し離れた深場で定位置たり、受信率が低下したりする様子がみられました。まるで社会人が出勤して帰宅するかのように、ノリ養殖場とねぐらを行き来する日周期的行動が確認されました (図 2※)。このことから、養殖場周辺に居付いているクロダイが毎

日来遊し食害を引き起こしている可能性が示唆されました。また、海域の水温が 13℃を切る頃からノリ養殖施設へ来遊するクロダイの数が減少していったことから、食害のピークは主に 12 月中 (ノリ養殖序盤の約 1 カ月間) であることがわかりました。さらに、ノリを摂食していた個体のうち 1 個体は、沿岸距離約 4 km のノリ養殖場内を広く遊泳し、移動先でノリを摂食する行動がみられ、ノリ摂食時の行動範囲の広さがうかがえました。なお、ノリを摂食していなかった個体は、ずっと養殖場周辺 (調査範囲内) に居付く個体と、養殖場から出ていってしまう個体がそれぞれ約半分ずつ確認されました。これらの知見から、まずはノリ養殖場周辺を生息域とし、ノリを摂食するクロダイを漁獲・水揚げすることが、食害軽減に繋がるのではないかと考えられました。論文の方もぜひご参照ください。

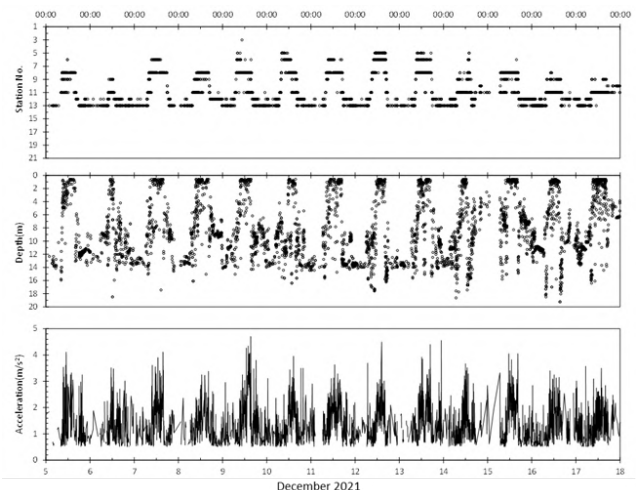


図 2. ノリを摂食する代表的な個体 (#19) の行動。上段は受信 Station、中段は遊泳水深、下段は活動度 (3 軸加速度合成値) を示す。

兵庫県においてクロダイが最も多く水揚げされる漁法は、岸から 1 km 以上離れた場所で行う「小型底びき網漁業」であり、岸から 1 km 以内の沿岸域にあるノリ養殖場周辺ではクロダイを狙って獲る漁法はありません。「タイ網 (マダイを獲る刺網の一種)」や、「小型定置網」などで一部漁獲されていますが、漁獲量としては微々たるものです。そのため、現在は上記知見をもとにノリ養殖場周辺でクロダイを漁獲する方法の開発に取り組んでいるところです。ですが、なかなか難しいというのが現状です…。沿岸域でクロダイを効率的

に獲る方法について、皆様のお知恵を拝借できれば幸甚に存じます。

#### **本研究の論文**

Takakura R, Tanida K, Inazaki A, Mitsunaga Y (2023)  
Behavioral study of black sea bream *Acanthopagrus schlegelii* by acoustic telemetry to guide countermeasures against feeding damage to cultivated nori *Neopyropia yezoensis* off Kobe, Hyogo, Japan. *Fish. Sci.* **89**, 785–799.

## 調査報告

# “幻の魚”アカメの謎に迫った夏 -Vol.2-

三木慎也（近畿大学大学院 農学研究科）

### 日本三大怪魚 アカメ

こんにちは、会報第 200 号以来の約 1 年ぶり 2 度目の報告をさせていただきます、近畿大学大学院 農学研究科 水産学専攻 漁業生産システム研究室 博士前期課程 2 年の三木慎也です。私達はアカメのバイオテレメトリー調査を 2021 年夏季より行っており、今年で 4 年目を迎えます。アカメ (*Lates japonicus*) は西日本の一部の海域や汽水域にのみ生息する大型の肉食魚で、その名の通り赤く輝く目が特徴です (図 1)。開発や採集圧等の脅威にさらされており、IUCN レッドリスト VU に選定されている希少種です。なお、高知県では県のシンボルと位置付け、一定のルールを設けながら遊漁や観光資源として利用されています。釣り人からは「幻の魚」などと呼ばれ、釣獲の難しさと格好良い魚体から、一度は釣ってみたい夢の魚とされています。そんな魚を複数個体釣獲 (サンプリング) し、バイオテレメトリー法によって野外での暮らしを明らかにし、保全と持続的利用の両立に貢献するというのが、私の修士研究のテーマです。今回は、昨年である 2023 年夏季のサンプリング (釣獲) の様子を中心に紹介します。



図 1. アカメの頭部。

### 幻の魚を捕獲する

本研究は、TV 番組「緊急 SOS 池の水ぜんぶ抜く大作戦」とタイアップし、高知県浦ノ内湾でバイオテレメトリー法による行動生態解明に向けた釣獲調査をすることから始まりました (2021 年 9 月 12 日テレビ東京系にて放送)。アカメを釣獲し超音波発信機を取り付け放流し、別途準備した受信機 (海中に設置する設置型、人力で居場所を突き止める追跡型) で信号を受信する形でアカメに関する情報を獲得します。

毎年夏はサンプリングのため高知で過ごすのが恒例です。3 年目となる 2023 年は、湾内のまだ放流出来ていなかったエリアで最低 5 個体を放流し、行動パターンの差異を見出そうと計画しました。しかし、幻の魚相手のサンプリングは毎年苦戦を強いられます。これまで発信機挿入手術は指導教員立ち合いのもとでなければ行えませんでした。しかし今回は長期戦を覚悟し、院生・学生だけで手術するところを実際に見てもらい、今後先生抜きで手術する許可を得ることも目標でした (大学で練習を重ねてきました)。魚の活性が上がる (採餌などを活発に行う) とされる大潮の日に合わせて、8 月は 7 日間の調査を 2 回、計 14 日をサンプリングに費やしました。釣れたのは 1 匹だけと渋い結果になりましたが、ここで落ち込んでいてはメンタルが持ちません。幸い手術は私が主導の場合に限り学生だけで行う許可が得られたため、9 月の大潮周りでは一部日程で先生抜きでの延長戦を決行しました。

今シーズンは複数の釣り筏のオーナーに協力を依頼しました。なかなか釣れない状況を鑑み、もし別のお客さんがアカメを釣獲された場合、ロープに繋いでキープしてもらえるようお願いしました。9 月中旬の調査中、昼過ぎにオーナーから「アカメ上がったで！」と連絡がありました。急いで現場に向かうとそこには全長 1m をゆうに超える大きな魚体が水面でゆらゆら動いていました。「これを俺達だけで手術するのか…」と突然緊張が高まりました。現場にいたのは渡船屋さんとお客さんを除けば、私を含めて学生二人だけ。これまでの練習を思い出し、落ち着いて腹を開き発信機を挿入、縫合、麻酔を覚まして放流。手術は無事成功し、皆様に頭を下げたのでした (図 2)。



図 2. 寄贈していただいたアカメ。全長 113cm。



## 現場至上主義

10月上旬までかかりましたが、なんとか目標の5個体の放流に成功しました(図3)。最後の一匹を放流し、ほっと肩を撫で下ろした時には冷たい風が吹いており、真夏の服装で過ごす季節はとくに過ぎていることを知りました。手術は全個体成功し、続々と発信機からの信号が記録され、少しずつ浦ノ内湾に生息するアカメの全貌が明らかになりつつあります。冬季は湾外へ移動し、春になるともといた場所に回帰すること、特定のエリアへの固執性が高いこと、昼行性の集団が存在することなど、興味深い結果が続々とあがっています。バイオロギング手法のメリットとして、発信機やロガーによって生物の情報を少ない労力で測定できるというものがあります。実際本研究でも、受信機は1年以上、発信機においては最長6年半連続で動作するものを使用しています。放置していれば勝手にデータが取れますが、私は月に一度は高知に通っています。高知の方々に研究結果を紹介すると、驚きより「やっぱり」という声の方が圧倒的に多いのです。生き物のことを知るためには、普段から生き物の間近で何かを感じとることが重要なのだと思います。そこで私も見習って、定期的に高知に通うことでアカメやフィールドの空気に触れるようにしています。アカメの生息場所を巡回すると同時に水温等の環境計測も行い、直感的なひらめきを促します。いずれ、誰も知らないアカメの生態を明らかにすることが出来ればと、追跡調査で居場所を特定したアカメを前に想うのでした。



図3. 5個体目の手術。カメラを首にかけて撮影している。

## アカメの未来を想う

アカメはとても魅力的な魚です。盛り上がった背中に厳つい背びれ、目には太陽光が入射し、見る角度によって黒、白、黄、そして真っ赤に変化する姿には神々しささえ感じます。何日も粘って釣り上げ、その巨体を抱きかかえた瞬間は、研究を忘れて叫びたくなるほど感動するものです。しかし、本種が置かれている状況は決して明るいものではありません。生活史初期に利用する河口域環境は開発等の影響で悪化の一途をたどっています。本種の遺伝的多様性は極めて低く、生息個体数は永続的な種の存続という観点では十分でない可能性も示されています(Naito et al. 2023)。地球温暖化の影響で分布域が拡大し、生息個体数も増えたという意見がありますが、現時点で明確な科学的根拠はありません。アカメに限らず、幼少期から自然や生き物が好きだった身としては、コンクリートで固められた用水路を前にして「昔この辺はハヤもカエルもよーさんおってんけどなあ」と地域の方の話を聞く度に、悲しい気持ちになります。これは私にだけでなく、あらゆる自然や生き物が好きな人の共通認識なのではないでしょうか。とはいえ開発事業は、災害対策や維持管理などやむを得ない事情も絡んでのことと思いますので、一概に否定することは出来ません。生物多様性保全と人々の豊かな暮らしを両立し、上手く共生していくためにはどうすればよいか、全国各地で様々な立場の人々による議論と試行錯誤が続いています。この大きく難しいテーマに向き合うためには、まず対象についてよく調べ、よく知ることが重要です。私たちの研究の成果によって、10年、50年先のアカメの未来を、少しでも明るいものに出来ればと願うばかりです。

**標識がついたアカメを釣られた方へのおねがい**

現在、浦ノ内湾周辺ではアカメに発信機をつけて追跡する調査を行っています。写真のようなアカメが釣れた場合には、お手数をお掛けしますが以下のご対応をお願いいたします。

**釣れた場合は、**

- ・下記連絡先へ連絡してください
- ・その際、可能であれば以下の情報をお伝えください
  - ① 浦中のタグID (例: KNDAL-022)
  - ② 全長・体重
  - ③ 釣れた場所・日時
- ・できるだけ速やかにリリースしてください

**連絡先情報**

近畿大学農学部水産学科 漁業生産システム研究室  
光永 靖 (みつなが やすし)  
メールアドレス: akamekindai@gmail.com

**アカメの生態調査を行っています**

現在、高知県浦ノ内湾とその周辺では、発信機と受信機を用いたアカメの追跡調査を行っています。

つきましては、施設所有者の許可のもと左上图のような機材を機橋等複数箇所に設置させていただいております。決して危険なものではないので、そのままにしておいていただけたらと思います。

\*お気づきの点がいざましたら、以下のアドレスまでご連絡ください。

**連絡先情報**

近畿大学農学部水産学科 漁業生産システム研究室  
光永 靖 (みつなが やすし)  
メールアドレス: akamekindai@gmail.com

図4. アカメ調査用ポスター。

## 調査報告

# 養殖サクラマスに PIT タグを挿入！ 個体ごとの成長を追う！

山崎祐人（北海道大学大学院水産科学院 修士課程 2年）

### サクラマスは美味しい

「何これ！うますぎ〜！！」北海道に引っ越してから初めて食べたサクラマスの味の衝撃は今でも忘れません。北海道で初めて釣ったサクラマスをルイベにして、口に入れた瞬間、上品な脂が舌で溶けるのを感じました。食べたサクラマスは天然魚でしたが、北海道の各地で試験的に養殖が行われていることを知り、サクラマス養殖にとっても興味を持つようになりました。そして、現在、サクラマス養殖の研究を行うに至ります。



図 1. 初めて食べた (釣った) サクラマス。

### 養殖サクラマスの成長モニタリング

私が所属する北海道大学大学院水産科学院水産工学講座米山研究室(通称、米山研)では、魚目線で考える漁具開発や養魚管理の実現を目的とした、魚類の行動・魚体モニタリング技術を中心に研究をしています。私もサクラマス養殖の生産現場に役立つ知見を得ることを目指し、成長のモニタリングに焦点を当てた様々な研究を行ってきました。

そのひとつに光学ステレオカメラを用いた海上生簀内のサクラマスの成長推定が挙げられます。養殖業において魚の成長モニタリングは、出荷時期の推定や給餌計画などの経営判断において最も重要です。従来のモニタリング手法は網で掬った魚を 1 個体ずつ魚体計測することが一般的でした。しかし、サクラマスは擦れにとても弱い魚で、網で掬うと魚体に大きなダメージがかかるという問題がありました。そこで、光学ステレオカメラを用いることで非接触な成長予測が可能か検証しました。実験は北海道松前町に設置されたサクラマスの養殖生簀で行いました。半年の養成期間の間に定期的に現地に出向き、光学ステレオカメラを生簀の中に沈め撮影を行いました。撮影データをもとに画像計測されたサクラマスの尾叉長から成長曲線を推定することで成長の予測を行います。尾叉長の成長曲線と最終的に水揚げされたサクラマスの尾叉長を比較した

ところ、有意な差はなく、海上生簀において擦れに弱いサクラマスの成長を可視化することができました！

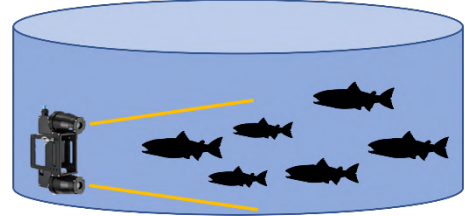


図 2. 使用した光学ステレオカメラは UC-300 (古野電気)。二つのカメラがあることで三角測量の原理で三次元計測することができる。

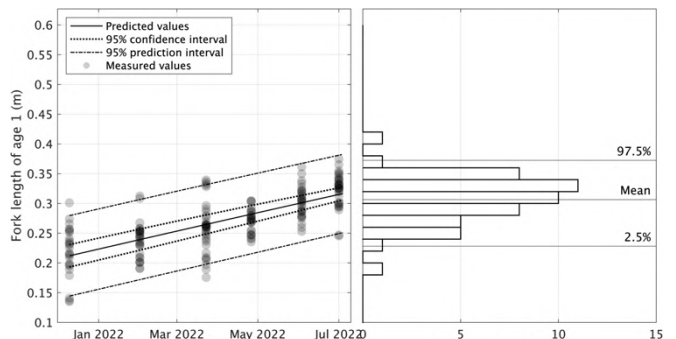


図 3. 左: カメラ計測値をもとに作成した成長曲線、右: 水揚げ時の全数捕獲計測の尾叉長分布。山崎祐人、池上温史、渡辺孝行、能登正樹、高橋英佑、山羽悦郎、高橋勇樹、米山和良、海上生簀でのステレオカメラを使用した養殖サクラマスの成長推定、水産工学 (印刷中) より。

サクラマス養殖では、サクラマスが擦れに弱いこと以外にもう一つ大きな課題があります。出荷サイズや餌サイズ選定の観点から養殖の効率化には体サイズの均一化がとても重要ですが、サクラマスは体サイズのばらつきが大きくなるという特徴があります。たとえば、先に紹介した光学ステレオカメラを用いた海上生簀の実験でも、同じ年齢にも関わらず水揚げ時の尾叉長が 19.4-41.2 cm と格差が見られました。一般的に体サイズのばらつきが大きい場合、体サイズ別に分養することが望ましいのですが、養殖サクラマスを個体



ごとに成長モニタリングした知見は乏しく、適切な分養のタイミングを計ることが困難でした。そこで、個体ごとの成長のモニタリングを行い、成長速度の個体差を明らかにすることで、適切な分養のタイミングに繋がる知見を得て、効率的な養成に貢献したいと考えました。例えば、海上生簀において成長速度に個体差が無い場合には、活け込み時が適切な分養のタイミングの一つと考えられます。しかし、光学ステレオカメラでは個体群の成長を追えることはできるけれども、個体を識別しての成長モニタリングはできない…。そうです！PIT タグの出番です！

### PIT タグを使う実験への不安

PIT タグは筐体内に電磁コイル、マイクロチップが内蔵されている標識タグです。個々に識別番号が割り当てられており、専用の読取機で識別が可能となっています。サクラマスを生簀に活け込む前に、PIT タグ (BIO8・Biomark 社製) を魚体に挿入し魚体長計測を行い、水揚げ時に PIT タグの番号の読み取りと魚体長計測を行うことで、個体ごとの成長モニタリングを行います。

しかし、実験を行うにあたって不安なことがありました。それは不器用な私が PIT タグの挿入を上手くできるかということです。もちろん魚体に PIT タグを入れた経験はありませんでした。初めてのバイオテレメトリーです。そして、PIT タグを挿入する相手は決して強い魚とは言えないサクラマス。下手をすれば、実験魚を全個体殺しかねないと思った私はこのままではいけないと強く感じ、対策を講じました。まずは、動画共有サイトで PIT タグの挿入動画を見ることで、挿入のイメージを掴もうと努力しました。PIT タグの挿入にはコツがあるようで、腹腔内に挿入する場合、内臓をいかに傷つけないようにすることが肝なようでした。具体的にはインジェクターの針先を入れてすぐに皮に沿うように向きを変えるのです。何度も動画を見て、脳内でシミュレーションを繰り返しました。



図4. PIT タグを挿入した跡。傷口は自然に治癒する。

実際の魚でも練習しなくてはならないと感じ、実験前に何個体かサクラマスを用意し、PIT タグの挿入の練習をすることにしました。初めは要領を掴めずにもたついてしまいましたが、数をこなすとスムーズに挿入することができるようになりました。PIT タグを挿入したサクラマスが無事元気に泳ぎ出した時はとても感動しました。不器用な自分でもバイオテレメトリーはできるんだ！

### いざ！たくさんのサクラマスに PIT タグ挿入！

準備も整い実験開始です。今回は海上生簀に活け込む直前の 200 匹以上のサクラマスに PIT タグを挿入するところから始まります。繰り返し行った練習を思い出しながら、必死に PIT タグを魚体に打ち続けます！無事、全個体に PIT タグを打ち終わった時には達成感を感じました。そして、肝心の PIT タグを挿入したサクラマスたちは…。元気に泳いでいました！実験は続行できそうです。その後も海上生簀への輸送や海水馴致も大きな問題はなく実施することができました。最終的な水揚げの際も PIT タグの脱着率は僅かで、とても貴重な個体別の成長結果を得ることに成功しました！現在は結果をまとめている状況ですので、この結果はまた別の機会に紹介させていただきます。

最後になりますが、私の研究は多くの方にご協力いただきました。この場をお借りして改めて感謝申し上げます。



図5. 必死に PIT タグをサクラマスに挿入する筆者。



図6. 自分に PIT タグが入っているなんて露知らずのんびり泳ぐサクラマス達。

## 調査報告

# イルカの隊列遊泳

西村大我（元 近畿大学農学研究科・現 名古屋大学環境学研究科）

「イルカが好き！」その一心だけで飛び込んだ研究の世界。大好きなイルカの研究を通して僕は4年間でいろんなものを得ました。反面、様々な困難にぶちあたった4年間でもありました。それらはどれも、私一人では決して乗り越えられず、研究というものがいかに多くの人々に支えられて行われているかを実感しました。

幼いころからイルカが好きで、イルカの勉強ができる近畿大学に進学した私。海棲哺乳類学研究室に配属が決定したときには空へも昇る気分でした。ですが、研究開始のタイミングで出鼻をくじかれます。私が研究室配属された2020年は世界がCOVID-19によって最も混乱したときでした。ゼミでの先生や先輩方との熱い研究談義を想定していたにもかかわらず、学校に行けない。そもそも研究がどんなものかもわからない。そんな時、指導教員の酒井先生からいただいたテーマが「飼育イルカ成獣における隊列遊泳」でした。



図1. 飼育ハンドウイルカのオトナ同士の隊列遊泳

## 卒業研究

隊列遊泳とは仔が母親のすぐ後ろを泳ぐときに2頭の間を流れる水の流れを使って仔が少ないエネルギーで母親についていくことができる泳ぎ方のことです。この子育てのためと思われる行動がどうやらオトナ同士、しかも血縁関係のない個体同士で行うらしい！これは世界でも初の報告になるよ！という先生の甘い言葉につられてやる気満々。コロナ禍で水族館側も受け入れにくいであろうにもかかわらず、先生と名古屋港水族館の皆様のおかげで研究を実施できることになりました。名古屋港水族館への挨拶当日、先生との集合時間の2時間前に着いたことがもはや懐かしいです。それくらい研究に触れられる喜びに満ちていました。

しかし、行ってびっくり。全く隊列遊泳してないじゃないか！「いつもはしてるんだけどね。」とスタッフさん

がおっしゃるにもかかわらずイルカたちは近づきすぎません。結局初日は終電まで粘るも隊列遊泳を見ることはできませんでした。本当はしないのだろうか？見間違いなのだろうか？不安になりながら2回目の観察に向かいました。するとどうでしょう。「あれ？めっちゃ隊列遊泳してる!!!!」全く近づきもしなかったイルカたちがどうやら時間帯によって隊列遊泳をする時間と単独で泳ぐ時間があるようです。

データ収集は水族館内の宿直室に泊めさせていただき、朝5時に起きてイルカプールの前まで行き閉館時間までトイレと食事以外はずっとイルカを撮影する、最高の生活です。観察から帰ると、取れた映像から解析を行います。何回？何秒？誰と？隊列遊泳をするのか、前のイルカと後ろのイルカはそれぞれ何回尾ビレを振って、単独での遊泳時と比べてどれだけ増減するのか？10回以上も映像を見返しました。最後の方は寝不足も相まって画面酔いとも戦っていました。

解析の結果、名古屋港水族館のオトナのイルカ達は血縁関係のない個体同士、時にはハンドウイルカとカマイルカという異種間同士でも隊列遊泳をすることがわかりました。また、後ろのイルカが単独での遊泳時よりも尾ビレを振る回数減少していたことからオトナ同士の隊列遊泳でも後ろの個体が楽をしていることが示唆されました。さらに前の個体に着目すると、単独での遊泳時よりも大幅に尾ビレを振る回数が増えていたのです。つまり、前の個体は隊列遊泳時に損をしている可能性があるのです。先行研究のように母仔間であれば仔のために母親がコストを多く支払うことは自然なことです。しかし、今回の研究観察した隊列はすべて血縁関係のない個体同士です。このような自身が損をしてでも他者に利益を与える利他行動が見られました。さらに不思議なことに、イルカ以外のウマや鳥、魚などの他の隊列を組む生物では後ろの個体が消費エネルギーの軽減ができることは共通ですが、前の個体は単独での移動時と同じだけしかエネルギーを消費しないことがわかっています。これを知ったとき私はただ「イルカが好き」だけで行ってきた研究が「この自身が損をする非効率的な行動がなぜイルカたちの間で進化したのか？」という大きな課題へと昇華しました。

この課題の解明には具体的にイルカたちがどの程度の遊泳のための消費エネルギーが必要かを測定しなければなりません。ですが、算出に必要な正確な個体間の距離や遊泳速度はただ観察するだけではわかりません。そこ

で私は別のアプローチでデータを集めることにしました。

### 修士研究

どうすれば正確な個体間の距離や遊泳速度を測れるか考えていたところ、隣の研究室の鳥澤先生からステレオ画像計測について教えていただきました。ステレオ画像計測とはマンタやペンギンの遊泳解析にすでに用いられており、人が二つの目で物を立体的にとらえる方法の応用です。2台のカメラを用いて対象を撮影し、それぞれの画像上の計測点の2次元座標から計測点の3次元位置座標を算出する方法です。

この方法であればイルカを撮影するだけで正確な個体間の距離や遊泳速度を算出することができます。しかし、撮影も難航しました。イルカ達がカメラを怖がって隊列をしてくれなくなってしまったのです。ステレオカメラによる撮影は大掛かりな準備が伴うため水族館側にも大変なご迷惑をおかけします。そのためそう何度もできません。たまたましなかつただけ？撮影した画角が悪かった？時間が悪かった？様々な原因を考え改善を試みましたが、全くうまく行きません。良い方法を考えるために、他大学のステレオカメラの研究者の元に相談にも行きました。突破のきっかけは名古屋港水族館スタッフの神田さんの提案でした。『難しいことやってるけど、もっとシンプルでもいいんじゃない？』当時の私はより正確に遊泳速度や個体間の距離を測るために必死になっていました。ですが、体の大きなイルカにおいて1cm以下の誤差など大きな影響を及ぼしません。となると、少し精度は落ちますがイルカが驚かないようにイルカから遠い位置から何度も撮るほうがたくさんのデータを得られることに気づきました。そこからはトントン拍子に撮影、解析を終えることができました。隊列遊泳の際の遊泳速度、個体間の距離だけでなく加速度も求めることができました。後ろの個体が尾ビレを振ることなく加速度を上昇させることができることを初計測いたしました。今後はバイロギングなども駆使し、研究のさらなる発展も考えています。

これまでの4年間で、私にとって研究は憧れから始まり、楽しみを通じて徐々に一種のコミュニケーションへと変化していきました。研究をすることによって多くの方々に出会い、手助けをしていただきました。私自身も後輩や仲間たちに大きな影響を与えられたと思います。私はこれからも研究という名の社会行動を続けていきます。これから、この文章を読んだ皆様とも様々な形で良い関係を築けていけることを楽しみにしております。

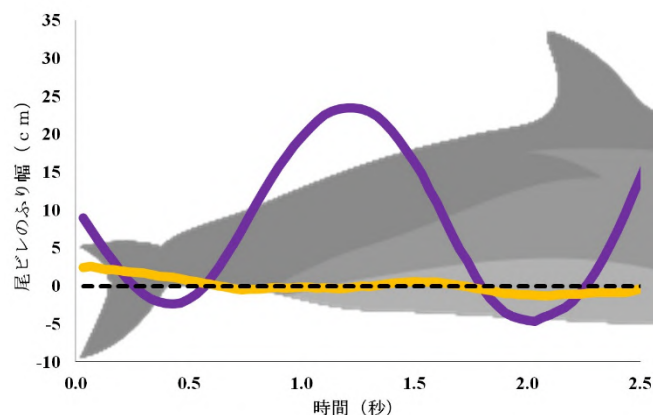


図2. 隊列遊泳時の時間経過に伴うイルカの尾ビレの位置。紫が前の個体、黄色が後ろの個体。前の個体が2回尾ビレを振っているが後ろの個体は一度も振っていない。しかし、ずっと同じ速度で泳いでいる。



## 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まで  
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町  
京都大学フィールド科学教育研究センター  
TEL&FAX 075-753-6227

[BioLoggingScience@gmail.com](mailto:BioLoggingScience@gmail.com)

## バイオロギング本のご案内

■多くの方に愛されているバイオロギング本。初めてバイオロギング本が産声をあげたのは、2009年でした。出版からすでに14年以上が経過しており、皆さんにたくさんお求めいただいたことから、絶版（在庫なし）となっています。そしてバイオロギング本の弟（バイオロギング2）が生まれてから7年が経ち、こちらも残りわずかとなりました。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

- 久しぶりの編集に手こずってしまいました。事務局さんにはお手数をおかけしました。【Y.M】
- 新年度が始まりました。皆さん、今年度も安全・健康第一でお過ごしください！【H.M】
- 子供が小学校に入学したのでみまもり用GPSを購入しました。我が子をバイオロギングできる時代！【SSK】



【S.K】