



# 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. 228

発行日 2025年8月31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 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](mailto:BioLoggingScience@gmail.com)



## もくじ

### 新しい発見

- |                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| アオザメの並外れた体温調節能力をバイオロギングで実証 | 徳永壮真 (総合研究大学院大学) 2 |
| 経験に基づいて探索行動を変えるアザラシ        | 渡辺佑基 (総合研究大学院大学) 4 |

### 野外調査レポート

- |               |                    |
|---------------|--------------------|
| 2度目の北極で       | 石原有乃 (総合研究大学院大学) 6 |
| 焼津深海調査        | 本木慈人 (総合研究大学院大学) 8 |
| ひと夏の小さな冒険の恩返し | 加藤修衣 (総合研究大学院大学) 9 |

### お知らせ

BiPを使ったバイオロギング解析に挑戦~その7

- ・CWT\_Acc.py:加速度データの連続ウェーブレット変換

渡辺伸一 (リトルレオナルド社/麻布大学) 10

「ボートに掴まる、タグ付けされたアザラシ」

撮影場所: スバルバル諸島 撮影者: 石原有乃

# アオザメの並外れた体温調節能力をバイオリギングで実証

徳永 壮真（総合研究大学院大学 生命共生体進化学専攻）



こんにちは、総研大 5 年一貫制博士課程 5 年の徳永です。嬉しいことに、最近 *Journal of Animal Ecology* 誌に論文が掲載されました！これまでに会報で何度かご紹介した、台湾でのアオザメ調査の成果です。今回はこの論文の内容をご紹介します。

## 【概要】

- マグロやカジキ、一部のサメ（ホホジロザメやアオザメなど）は、まわりの水温より体温を高く保つ「部分的内温性」という性質をもちます。これはおもに冷たい海域への適応だと考えられてきました。アオザメのような温かい海域を好む種において、この能力がどのような生存上のメリットをもたらすのかは謎でした。
- 動物に行動記録計を装着するバイオリギングの手法で、野生のアオザメの水温、体温、深度を計測しました。その結果、体温上昇が体温低下より 10 倍以上速く進行することを見つけました。冷たい深海では体温がまわりに奪われるのを防ぎ、温かい海面では逆に熱を吸収していました。この並外れた体温調節能力により、獲物が豊富な深海での捕食効率を高めていると考えられました。
- 本研究により、アオザメのような温かい海域を好む種が、状況に応じて柔軟に体温を調節できることが明らかになりました。これは、体温保持と冷たい海域への適応こそが部分的内温性のメリットだとする従来の理解を覆す発見です。この新たな知見は、なぜ部分的内温性をもつ魚が世界中で繁栄するに至ったのかを解明する上で重要な手がかりとなります。

## 【研究の背景】

魚類のほとんどは変温動物であり、体温はまわりの水温によって決まります。しかし、マグロやカジキ、一部のサメ（ホホジロザメやアオザメなど）は、体の中心部の温度をまわりの水温よりも高く保つことができます。この性質は「部分的内温性」と呼ばれ、冷たい海域への生息域の拡大など、大きな生存上のメリットをもたらすと考えられています。

しかし、この部分的内温性をもつ魚の中には、アオザメやメバチ、メカジキのように、温かい海域を好む種もいます。これらの種にとって、部分的内温性にはどのよ

うなメリットがあるのでしょうか。この謎を解明するため、私たちは動物に行動記録計を取り付けるバイオリギングという手法を使って、野生のアオザメの潜水行動と体温変化を計測しました（図 1）。



図 1. 記録計を装着したアオザメ. ©Zola Chen

## 【研究の成果】

台湾南東部の沖合で捕獲したアオザメに、水温・体温・深度などを計測する記録計を装着して放流しました。その結果、冷たい深海と温かい海面を行き来する際に、深海では体温がゆっくり下がり、海面ではすばやく上がっていました（図 2）。つまり、深海では体温がまわりに奪われるのを防ぎ、海面では逆に熱を吸収していました。体温上昇は体温低下より 10 倍以上速く進行しており、この数値はメバチとメカジキに匹敵し、その他の魚類を大きく上回っていました。深海には獲物が豊富に存在するため、体温低下を遅らせて深海に長く留まり、ときおり海面ですばやく体温を回復させて再び潜ることで、潜水による捕食効率を高めていると考えられました。

さらに、1 個体からは特殊な体温変化が記録されました（図 3）。海面で体温をすばやく回復させた後、海面に留まって体温をさらに上げ、海面水温を上回ったタイミングで深海に潜りました。潜水中の体温と水温の差は、最大で約 10℃に達しました。この個体は、冷たい深海へ潜ることを見越して、海面水温を上回るまで体温を上げてから潜るという「潜水前の準備」をした可能性があります。私たちの知る限り、このような体温調節は他の魚類では前例がなく、魚類の意思決定能力という観点からもとても興味深いデータです。

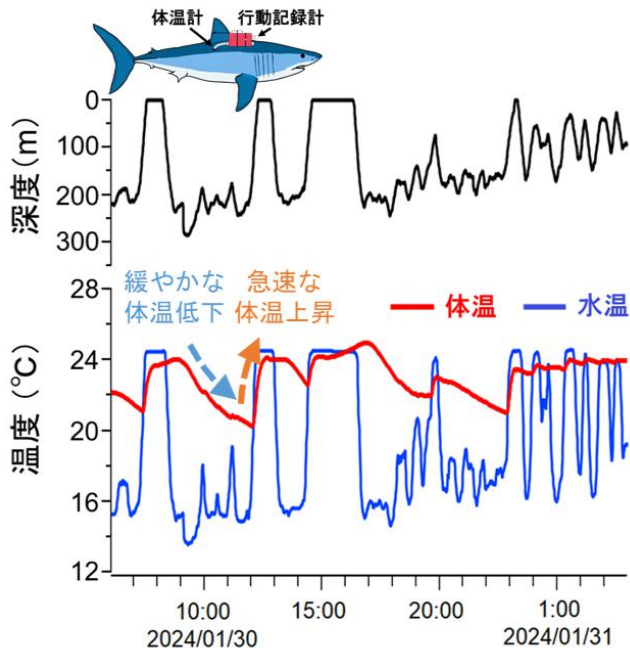


図2. アオザメから記録された深度、水温、体温のデータ。冷たい深海では体温がゆっくり下がり、温かい海面ではすばやく上がっていることがわかる。

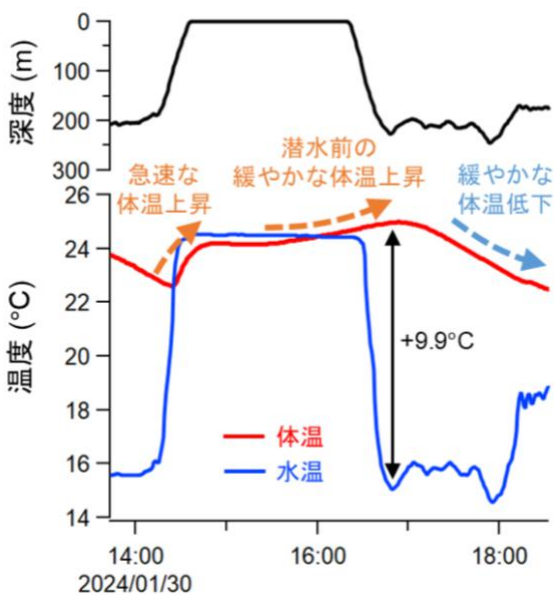


図3. アオザメから記録された特殊な体温変化。海面に浮上して体温をすばやく回復させた後、さらにもう一度体温を上げてから深海へ潜っていることがわかる。

本研究により、アオザメのような温かい海域を好む種が、状況に応じて柔軟に体温を調節できることが明らかになりました。これは、体温保持と冷たい海域への適応こそが部分的内温性のメリットだとする従来の理解を覆す発見です。この新たな知見は、なぜ部分的内温性をもつ魚が世界中の海で繁栄するに至ったかを解明する上で重要な手がかりになります。

【今後の展開】

アオザメの並外れた体温調節能力を可能にする生理的メカニズムの詳細はまだ不明です。魚類では、エラ呼吸の際にさかんに熱交換が起こり、エラで冷やされた（あるいは温められた）血液が全身をめぐるため、血流を通じて体温が大きく変化します。そのため、アオザメが心拍数を変化させ、まわりの海水との熱交換をうまく調節していた可能性があります。この仮説を検証するため、今後は野生のサメの心拍数を測る手法を開発し、アオザメに応用したいと考えています。

【発表論文】

Tokunaga S, Chiang W-C, Nakamura I, Matsumoto R, Watanabe Y. Y. (2025) Enhanced thermoregulation abilities of shortfin mako sharks as the key adaptive significance of regional endothermy in fishes. *Journal of Animal Ecology*, 00, 1-12. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.70116>

# 経験に基づいて探索行動を変えるアザラシ

渡辺 佑基 (総合研究大学院大学 統合進化科学研究センター)

捕食動物は多くの場合、獲物となる生物がどこにどのくらいいるのかを知らない。直接目で見たり、音を聞いたり、匂いを嗅いだりできない範囲の探索は、地形などの環境情報を手がかりにするしかない。だがそれに加え、過去の経験に基づいた行動指針のようなものも重要な役割を果たす可能性がある。

たとえば、群れを成すタイプの獲物を求めるのであれば、1匹見つけた後はその周囲を徹底的に探すのが理に適う。ぎゃくに「ハズレ」を引いた折は、その場所に固執せず、さっさと次に行くのが得策だろう。こうした「経験に応じた行動調節」説は、1980年代に提唱され、最適摂餌理論 (optimal foraging theory) の骨格を成してきた。しかし、野生動物で——とりわけ観察の難しい水生動物で——これを実証した例はほとんどない。

本研究では、ロシアのバイカル湖に生息するバイカルアザラシに着目した。本種は従来、魚類のみを捕食すると考えられていたが、私たちの最近のバイオロギング調査により、浮遊性のヨコエビ (バイカル湖の固有種 *Macrohectopus branickii*) を1匹ずつ、大量に捕食することが判明した (Watanabe et al. 2020 PNAS)。濃密な群れを形成するヨコエビを効率よく捕食するために、アザラシは過去の経験に基づいて潜水中の探索行動を調節すると予想される。

これを検証するため、バイオロギングデータを再解析した。深度、速度、加速度、地磁気から、潜水中の三次元経路を推定した。また、ヨコエビを捕食したタイミングを、ビデオ映像の裏付けをとりながら、加速度のデータから推定した。そのようにして、多くのヨコエビを捕食した際は、次の潜水でも近傍を探索する傾向があるのかを調べた。

潜水の探索フェイズ中の水平移動距離は、直前の潜水のヨコエビ捕獲数と負の相関関係があった。また、2度連続する潜水における移動方位の変化は、1度目の潜水のヨコエビ捕獲数と正の相関があった (図1)。すなわち、多くの獲物がとれた時ほど、アザラシは次の潜水で水平的な移動距離を抑え、なおかつ進行方向を大きく変化させて、近傍に留まる傾向があった。ぎゃくに、獲物があまりとれなかった時は、進行方向をまっすぐに保って水平方向に大きく移動した。

さらにこうした行動パターンの結果、水平面の移動軌跡に大きな特徴が表れた。アザラシは普段、比較的まっすぐに前進しながら潜水を続けるが、多くの獲物が

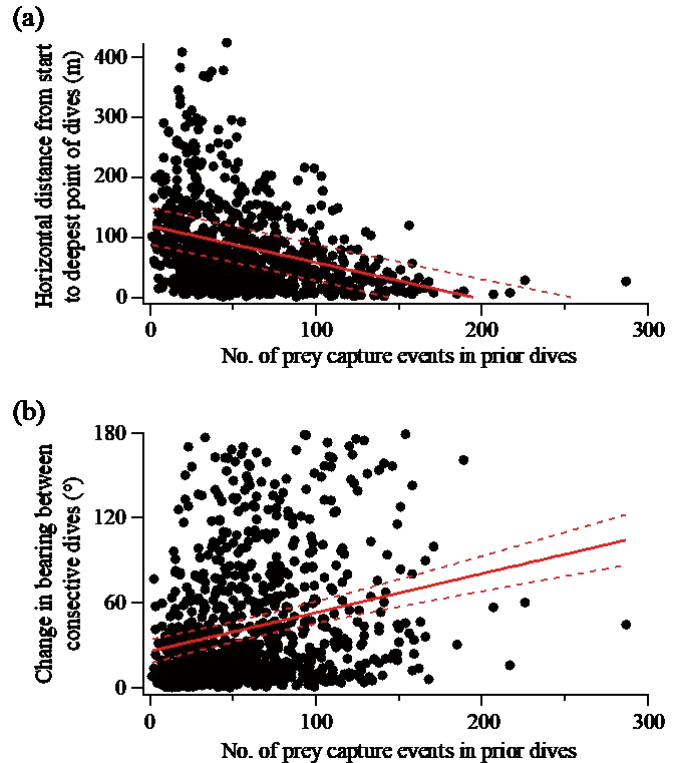


図1. 潜水の探索フェイズ中の水平移動距離 (a) および2度連続する潜水の移動方位の変化 (b) と、直前の潜水における捕食イベントの回数との関係。

とれ始めると移動速度が落ち、軌跡が紆余曲折した (図2)。これは行動生態学分野で「area-restricted search」と呼ばれる探索パターンである。

本研究により、潜水単位の比較的細かな時空間スケールにおいて、アザラシが過去の経験に基づいて探索行動を調節することがわかった。また、そうした探索行動の結果、動物の行動研究で頻りに仮定される (しかし実証例の少ない) area-restricted search が水平面に表れることがわかった。

ところで、バイカルアザラシは0.1g以下の微小なヨコエビを1匹ずつ、大量に捕食する点で他のアザラシ類と異なる。そのための適応として、特殊な形状の歯を進化させたことが知られる (Watanabe et al. 2020 PNAS, Ishihara et al. 2024 Mar. Ecol. Prog. Ser.)。それに加え、本研究が明らかにした探索行動の最適化も、チリを積み上げて山とする特異な捕食戦略を成立せしめる重要な要件であることが示唆された。

最後に一言。本論文は、私が2年前に総研大に移り、

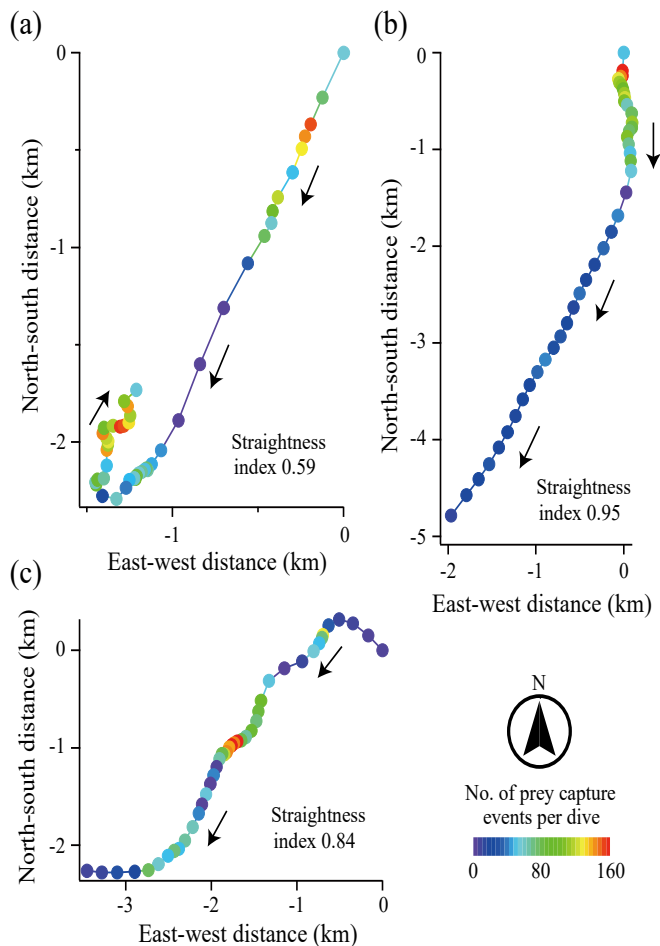


図 2. 潜水バウト中の水平移動とヨコエビ捕獲数。1 つの丸が 1 回の潜水を表し、色が捕獲数を示す。

研究室を運営する側（いわゆる PI）になってから初めて書いた第一著者論文である。PI になると論文が書けなくなるのは、単に忙しくなるからだけでなく、解析するデータそのものがなくなる（新しく得たデータはもれなく学生が解析することになる）からだと身に染みて知った。今回は過去のデータの再解析で何とか 1 篇ひねくり出したが、今後はどうなるかわからない。研究室の運営と、自分の第一著者論文の執筆をどう両立させるか。この大きな課題が今度もずっと、私の肩に重石のように申し掛かりそうである。

【発表論文】

Watanabe YY, Baranov EA, Miyazaki N. Experience-based optimal foraging on planktonic prey in Baikal seals. *Movement Ecology* (accepted)

# 2度目の北極で

石原 有乃（総合研究大学院大学 生命共生体進化学専攻）

総研大5年一貫制博士課程4年の石原です。今年の5月にノルウェー・スバルバル諸島で行った、フィールド調査について報告したいと思います。

この調査の目的は、ゼニガタアザラシの行動データを取得することでした。ビデオロガーと行動記録計、GPSロガーを取り付け、3日後に回収するという手筈です。アザラシは流し刺し網漁のように、海に漂わせた網に絡ませ捕獲します。去年は中々アザラシが網にかからず、かかったとしてもすり抜けるという事態に見舞われ、目の前にアザラシがいるのに捕まえられない、ということが多々ありました。アザラシ捕獲・調査のプロフェッショナルの方々に支えられ、去年はどうか5個体のデータを回収できましたが、アザラシ調査の難しさを身に染みて感じました。

今年はどうか沢山捕まえられますように！と願いながら、調査がスタート。しかし、最初の第1週は初夏とは思えない寒さと強風に見舞われ、ほとんど船が出せない状態に。北極でデスクワークに集中できるという、とても贅沢な時間を過ごせましたが、ここに来た目的はデスクワークではありません。調査期間の3分の1を過ぎた頃には、強い焦りを感じていました。未だに1つもサンプルが取れていなかったからです。去年のペースを考えると、1週間で1個体、良ければ2個体。このままでは去年のサンプルサイズにさえ到達できない計算になります。

そんな不安が募っていた矢先でした。なんと、一気

に3個体の捕獲に成功したのです！しかもその間僅か30分！去年と併せても、こんなにスムーズに捕獲できたことはありませんでした。これからもこのペースで捕獲できるのではないかと、一気にチームが期待に包まれました。しかし、そう上手くいかないのがフィールド調査というものなのでしょう。何故かそれ以降、アザラシが忽然と海から消えるという事件が発生しました。対象種であるゼニガタアザラシだけではなく、ワモンアザラシやタテゴトアザラシ等、あらゆるアザラシが見当たらないのです。スバルバル諸島で長年調査されてきた共同研究者の方でさえ、訝しげに海を見つめていました。

困難？はまだありました。こちらは困難というより人災でしたが。私がバッテリーの殆ど無いVHFを取り付けてしまい、タグの回収をゴニオメーターと目視だけで行わなければいけないことになったのです。どんなにVHFのアンテナを振り回しても音が聞こえず、海氷だけがぶかぶか浮かぶ海を自責の念に駆られながら眺めていました。タグの搜索開始から1時間ほど経った時、共同研究者の一人が「あった！」と声を挙げました。なんと氷の下にタグがあったのです！外からはタグ本体は見え、細長いアンテナだけが見えている状態です。的確にゴニオメーターの指示を出して下さった渡辺先生と、神の目を持った共同研究者の方に、心の底から感謝しました。



雪と強風が寒さに追い打ちをかけてきます。



ロガー取り付けの様子。この時はボートの上で取り付けました。

いろいろな事態がありましたが、共同研究者の支えもあり、最終的に7個体分のデータの回収に成功しました。これで、去年も今年も、回収率は100%です！大切なデータが回収できたのはもちろんのこと、どの機材もとても高価なので、失うことなく回収できたのはとても嬉しかったです。

今年は採餌潜水中の映像がたくさん撮れていました。まだデータは解析途中ですが、よい報告ができるようにコツコツ頑張っていきたいと思います！



ノルウェー極地研究所の人たち。かがんでいるのはジャンプする為です。

## 焼津深海調査

本木 慈人（総合研究大学院大学 統合進化科学コース）

皆様、はじめまして。総合研究大学院大学、5年一貫制博士課程1年の本木慈人です。よろしくお願いいたします。

今回は2025年3月に静岡県焼津市にて行われた私にとって初めての本格的な海洋調査について報告させていただきます。

今回の調査は、アメリカの海洋保全NPO「Beneath The Waves」から来日した研究者のみなさんたちと一緒に国際共同調査でした。海外の研究者と一緒に現場に立てるのはとても貴重な経験で、出発前から胸が高鳴っていました。

調査船には、多い時で13人ものメンバーが船に乗り込み、にぎやかに、そしてそれぞれの役割を果たしながら協力して真剣に作業を進められました。船の上では常に作業があるわけではなかった為、海の話や研究の裏話を語り合ったり、冗談を言って笑い合ったりと、国際チームならではの和気あいあいとした雰囲気が広がっていました。私は以前アメリカに留学していたこともあり、その経験を活かして現場では通訳のサポートも担当しました。

今回の調査内容は“焼津深海調査”であったため、調査内容は深海に関する内容で盛りだくさんでした。高性能のビデオカメラを深海に沈め、深海で動く生き物たちを撮影したり、オオグソクムシを釣り上げて行動を観察したりしました。

そして、今回の私にとって最大の挑戦は、ヨロイザメへの記録計の装着でした。ヨロイザメは深海に生息する珍しいサメで、その生態や行動は未解明の部分が多く残されています。私の博士課程での研究テーマが「深海ザメの行動解析」であるため、この作業はまさに研究の第一歩でした。初めての装着作業だったため、正直とても緊張しましたが、他の研究者や船の方々のサポートを受けながら、一つ一つ慎重に作業を進め、無事に装着成功し、その後の機材回収も順調で、しっかりとした行動記録が得られました。ヨロイザメが深海でどんな生活をしているのか、解明への第一歩になったと思うと本当に嬉しいです。

今回、初めて調査を行わせていただいで感じたのは、研究は一人の力では成し遂げられないということです。船を操る漁師の方々や共に現場に立った国内外の研究

者の方々の多くの人の協力やサポートがあったことで、今回の深海調査を成功させることができました。また、研究者同士の交流を通じて、新しい視点や研究手法を学ぶことができたのも大きな収穫でした。これから博士課程を進めるうえで、今回の経験が確かな基盤になると感じています。

最後に、今回の焼津深海調査に協力してくださった長兼丸の皆さん、そしてBeneath The Wavesの研究者の皆さん、本当にありがとうございました。今回得られた経験を糧に、これからも頑張っていこうと思います。



研究対象種のヨロイザメ。  
この後、無事に記録計を装着できました。



船上での作業の様子  
皆で協力しながら調査を行いました。

## ひと夏の小さな冒険の恩返し

加藤 修衣（総合研究大学院大学 統合進化科学コース）

総合研究大学院大学 5 年一貫制博士課程 3 年の加藤修衣です。昨年の会報では自身の台湾と西表島での調査を報告しましたが、その台湾での調査に全面的にご協力いただいております共同研究者のタグ回収を 2025 年 1 月に鹿児島県の喜界島にて行いました。

皆さんは喜界島という島をご存じでしょうか？奄美群島に縁のある方でしたらもちろん知っているかと思いますが、今回の回収まで私は喜界島を知りませんでした。人口約 6000 人のサンゴでできた喜界島は南の島らしい鮮やかな青い海と真っ白な砂浜の美しい風景が広がっている島です。



市街地近くの海岸でも美しい青と白のコントラストが見れる喜界島

メガマウスザメに 8 ヶ月装着したタグが奄美大島の近くに浮上した、と連絡があったのは私が喜界島に向かう 2 日前でした。奄美大島から船を出すか、はたまたその東側にある喜界島から船を出すか検討し、よりタグが近い喜界島から船を出すことに。西表島での回収経験もあり今回もちょっとした冒険気分であわわしながらも大慌てで準備をし、航空券をとり...ありがたいことに船を出してくださる釣り船屋さんがホテルを手配してくださったおかげで少しだけ手間が省けました、感謝。気づけばばたばたと飛行機に乗り、奄美大島を経由して喜界島へ。(奄美大島-喜界島間は現在国内で一番短い航空路線だそうで、飛び立ってものの 10 分程度で到着しました！)

到着した翌日早朝から出航し回収へ。一昨日までは喜界島近くにあったタグはいつの間にかトカラ列島の方へ行ってしまうとともに、海の状態が微妙。それでも回収させてあげたいという強い思いから船長さんが船を出してくださり回収に向かいました...が、や

はり海が荒れ始め危険とのことで回収を断念しました。昼過ぎに港に戻ったころには、回収できなかったむなしさと船の揺れから私も船長さんもちよっとぐったり。しょんぼりしながらそのまま翌日を迎えたところ、今日の方が海がいいから船を出そうと、頼もしい船長さんに連れられ再度出航。今度こそはという船長さんと私の気持ちとは裏腹にタグはさらにトカラ列島の方に向かっていました。出航して 5 時間後、ようやくタグのある海域へ。しかし、波が高いことと海面が黒いことでなかなか見つからず...アンテナを使いながらも船長さんの勘が流木が滞留しているあたりにある気がする目視で探してくださっていました。それでも見つからず、もうそろそろ諦めようかという雰囲気が出たところ、私と船長さんが同時に見つけ無事に回収することができました。探し始めて 2 時間、船長さんの勘通り滞留している流木の中にありました！すごい！帰港したのは出航して 12 時間後、長時間操船するだけでなく一緒に探して下さった船長さんには感謝してもしきれません。

回収で取れたメガマウスザメのデータは大変貴重なデータであり、昨年度のひと夏の小さな冒険に行くきっかけを作ってくくださった台湾の共同研究者の皆様ほんの少しでも恩返しができるのではないかと考えています。喜界島での生活は全て釣り船の方がお世話してくださり、知らない土地でも島特有の優しい皆様に囲まれて本当に楽しく 4 日間調査を行うことができました。船を出してくださった「遊漁船 天神菊」様をはじめとして今回の回収を支えてくださった皆様、本当に感謝いたします。ありがとうございました。



回収した口グーは後ろの海とほとんど同じ色で発見するまで時間を要した

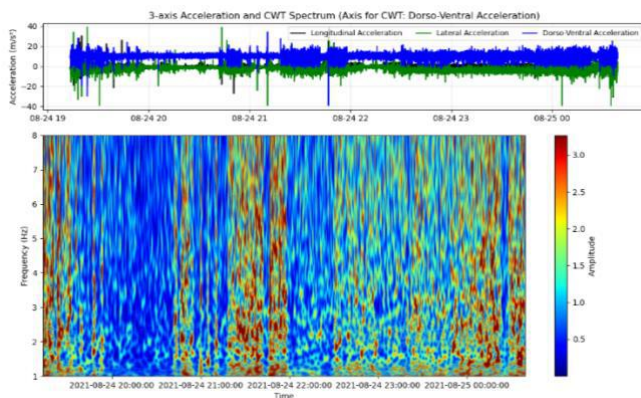
## BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦~その7

### ・ CWT\_Acc.py : 加速度データの連続ウェーブレット変換

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7回です。今回は、加速度データから**連続ウェーブレット変換 (Continuous Wavelet Transform, CWT)** による周波数スペクトルを表示するコード ([CWT\\_Acc.py](#)) を紹介します。

連載第3回([BLS223](#))ではバイオリギングにおける加速度データの重要性を説明し、第5回([BLS225](#))では3軸加速度の可視化と、3軸加速度から算出する活動量指標 ODBA および VeDBA の表示方法を紹介しました。今回は、動物の行動周期をより詳しく検証する手法として、加速度データに連続ウェーブレット変換を適用し、その時間変化を周波数スペクトルとして可視化する方法に挑戦します。



#### バイオリギング研究における連続ウェーブレット変換 (CWT) の利用

バイオリギング研究における加速度データの解析では、古くから周波数特性に注目した研究が行われてきました。初期の研究では、**高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform, FFT)** のように、一定の時間区間内の周波数成分を解析する手法がよく用いられました。例えば、魚の遊泳中における尾びれの打ち振り周期や海鳥の羽ばたき周期を加速度データから抽出することが可能であることが示されています。このアプローチは、魚類や鳥類だけでなく、海棲哺乳類や陸棲哺乳類など多様な動物種の行動解析に応用されてきました。

しかし、FFT は解析対象の信号が解析区間中にほぼ一定の周期を保つことを前提としています。実際の動物行動は環境や状況によって大きく変化し、周期も一定ではありません。例えば、魚類では、回遊中のように

一定周期で長時間遊泳する場合もあれば、外敵からの回避や捕食時には急激な加速・減速が発生します。このような突発的なイベントは行動生態学的に非常に重要ですが、FFT 解析では一つの時間窓内で平均化されてしまい、変化のタイミングや短期的なパターンを十分に捉えられないことがあります。

そこで、**時間と周波数の両方の変化を同時に解析する「時間一周波数解析」** が有効になります。**連続ウェーブレット変換 (CWT)** は、その代表的な手法のひとつです。CWT では信号をさまざまなスケール (周期) で展開し、時間軸に沿ってどの周期成分が強く現れているかを可視化できます。これにより、

- 尾びれや翼の運動周期が徐々に変化する様子
- 捕食や回避行動など突発的な運動周期の変化

を時系列的に検出することが可能です。つまり CWT は、FFT では見落としやすい「行動の変化のタイミング」を直感的に理解できる強力な解析ツールです。

なお、FFT や CWT を用いた具体的な研究事例については、日本バイオリギング研究会編集の『[バイオリギング1, 2](#)』(京都通信社) をご参照のください。特に、バイオリギングデータ解析ツールとして、初めて CWT の具体的な実装例を示したのは [Sakamoto et al. \(2009\)](#) だと考えられます。著者の K.Q. Sakamoto 氏は、Igor Pro (Wave Metrics Inc.) のマクロプログラムとして **Ethographer** を公開しており、その詳細は [こちらのサイト](#) で確認できます。

#### 実行手順

[本コード](#) はメモリ使用量が比較的多いため、JupyterLite のような軽量実行環境では動作しません。ローカル環境 (PC 上の Anaconda 環境) またはクラウド上で動作する Jupyter Notebook 等で実行してください。Anaconda 環境の構築や基本的な使い方については、第4回([BLS224](#))の記事をご参照ください。

#### 1. 必要なライブラリのインストール

以下のコマンドで、必要な Python ライブラリ (matplotlib, numpy, pywavelets) をインストールします。(初回のみ実行。2回目以降は不要です)

```
pip install matplotlib numpy pywavelets
```

## 2. データとプログラムの準備

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) 提供の加速度データを含むオオミズナギドリ (title: 9B41870\_TS-AxyTrek\_Movebank\_YNo.6\_release20210824) の一部を使用します。

サンプルデータ ([data.csv](#)) とプログラム ([CWT\\_Acc.py](#)) をダウンロードして、両方と同じディレクトリに保存します。

## 3. 実行

ターミナル (または Anaconda Prompt) 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、分析するデータ名を入力します。

```
python CWT_Acc.py
変換する CSV ファイル名 (拡張子 .csv は省略可) : data
```

### よくあるエラーとその対処法

CWT\_Acc.py 実行時に、以下のようなエラーが出ることがあります。

```
A module that was compiled using NumPy
1.x cannot be run in NumPy 2.x ...
```

これは、NumPy のバージョン (2.x) と、pandas や pyarrow などの内部で使われる C 拡張モジュールがコンパイルされたバージョン (1.x 系) が一致していないために起こる**環境の互換性エラー**です。

### 対処法 1 : 専用の Anaconda 環境を作成 (推奨)

既存の「base」環境を直接変更すると他のプロジェクトに影響する場合があります。できれば、以下のように専用環境を作る方法をおすすめします。環境を分けることで、依存関係の衝突を避けられます。

・新しい Anaconda 環境を作成

```
conda create -n bip-environment
python=3.11 numpy=1.26.4 pandas
matplotlib pywavelets -y
```

・環境を有効化

```
conda activate bip-analysis
```

・プログラムを再実行

```
python CWT_Acc.py
```

### 対処法 2 : 環境 YAML ファイルを使う方法

もし依存関係の設定がうまくいかない場合は、あらかじめ用意した [bip-environment.yml](#) を使うのが便利です。

・環境ファイルをダウンロード

[bip-environment.yml](#) をダウンロードし、データとプログラムと同じフォルダに保存します。

・新しい環境を作成します。

```
conda env create -f bip-environment.yml
```

・環境を有効化

```
conda activate bip-analysis
```

・プログラムを実行

```
python CWT_Acc.py
```

## 4. CWT 解析に必要な主なパラメーター

プログラムを実行する過程で以下のパラメーターの入力が求められます。

### ① CWT を行う**加速度軸**を選択

longitudinal (前後) / lateral (左右) / dorso\_ventral (上下)

### ② **f\_min / f\_max** (下限・上限周波数)

解析で表示する周波数範囲を指定します (Hz)。低周波側を下げれば長周期の動き、高周波側を上げれば短周期の動きを含められます。サンプリング周波数 (fs) の半分が理論的上限です。[data.csv](#) では加速度が 25Hz で記録されています。そのため理論的な上限値は 12.5Hz になります。ここでは、オオミズナギドリの羽ばたき行動などを分析するために 1-8Hz の範囲を設定しています。

### CWT を行う**加速度軸**を選択 :

軸名: dorso\_ventral

サンプリング周波数 fs [Hz] を入力 (例: 25) : 25

[Info] fs=25.000000 Hz, dt=0.040000 s

下限周波数 f\_min [Hz] (未入力= 0.2 ) : 1

上限周波数 f\_max [Hz] (未入力= 8.0 ) : 8

[Info] f\_min=1.000, f\_max=8.000, wavelet=cmor1.5-4.0, n\_freq=256

### ③ **wavelet** (ウェーブレット関数の種類と形状)

コード内で使用するウェーブレットやスケールの範囲は、解析対象やサンプリング周波数に応じて調整可能です。サンプルでは以下のように設定されています。

# 使用するウェーブレットとスケールの設定

```
wavelet = 'cmor1.5-4.0' # 複素モルレウェーブレット (帯域幅 1.5、中心周波数 4.0)
```

```
scales = np.arange(1, 256) # スケール範囲 (周波数 0~8Hz に対応)
```

必要に応じて、wavelet のパラメーター (コード中の cmor の後の数値) を変更します。cmor1.5-4.0 の

前半の数値（1.5）：帯域幅パラメータ（B）は、大きいほど周波数分解能が上がり、時間分解能は下がります。後半の数値（4.0）：中心周波数パラメータ（C）は、大きいほど周波数がシャープに、時間にはじみやすくなります。

時間分解能を重視するか、周波数分解能を重視するかは以下の表を参考にしてください。

用途・目的	wavelet	特徴
時間重視	1.0-3.0	瞬間的な加速や不規則な運動のタイミングを捉える
バランス型	1.5-4.0	周波数・時間の両方をほどよく解析
周波数重視	1.5-6.0	運動周期を高精度に分離

実行後、三軸加速度の波形と連続ウェーブレット変換による周波数スペクトルが描画され、PNG形式の画像として保存されます。生成されたスペクトル図では、時間軸に沿った周期の変化や突発的なイベントを視覚的に確認できます。①の元となる加速度の軸を変えたり、②③のパラメータを変更して、周波数スペクトルの結果を比較してみてください！

## 事務局からお知らせ

■昨年度の総会およびメーリングリスト（ML）でご案内していた通り、2025年7月8日より、会員情報の確認・変更や会費の振込がオンラインでできる電子システム「SMOOSY」を導入しました。すでに多くの皆さまにアクセスいただき、連絡先などの情報更新や、2025年度分（必要な方は2024年度分も含む）の会費納入をしていただいています。早速のご対応、ありがとうございます！

■まだSMOOSYにアクセスされていない方は、必ず一度ログインして会員情報の更新と会費納入をお願いします。とくに住所は、カレンダー送付に必要ですので、正しくご入力ください。SMOOSYへのログインは、下記の新ウェブサイトの「会員の方はこちら」から。

■これに伴い、これまで運用していた研究会MLは廃止しました。今後は、SMOOSYを用いてセキュリティの高いメールとMLで皆さまにご連絡します。研究会全体へのメール配信をご希望の方は、配信内容を明記のうえ、事務局（BioLoggingScience@gmail.com）までご連絡ください。

■さらに、研究会のウェブサイトも移転し、内容を一新しました（<https://biologging.smoosy.atlas.jp>）。過去の会報も第1号（2006年）からすべて読めるようにしましたので、ぜひご覧ください。

■新規入会希望の方は、上記の新ウェブサイトから入会申請してください。

■以上、大きなシステム刷新を行いましたので、ご不明な点がありましたら、どうぞお気軽に事務局までご連絡ください（BioLoggingScience@gmail.com）。

（事務局・名古屋大学生態学講座）

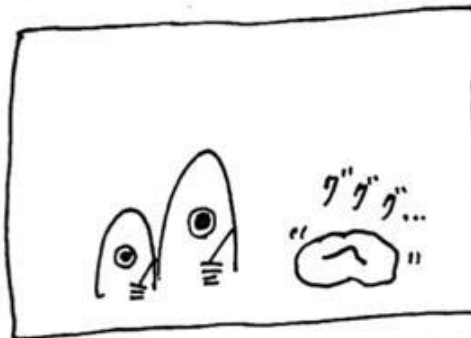
## バイオロギング本のご案内

■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（バイオロギング1は廃版となりました）。

<https://www.kyoto-info.com/kyoto/books/science.html> - [BIO2](https://www.kyoto-info.com/kyoto/books/science.html)



## ひみつ探偵 目撃・キリオ 202



## 編集後記

■総研大の（ほぼ）特集号、いかがでしたか。そのうち総研大をバイオロギングのメッカとし、正面玄関前に巨大なサメの銅像（もちろん背中に機器が付いている）を押し立ててやろうと目論んでいます。同僚にはまだ内緒です【Y.W.】

■夏は暑すぎる名古屋を離れて、岩手と八重山へ。海水とウミガメの香りにまみれながら、ギョサン焼けするのが、毎年恒例の夏休みです【T.N.】