



# 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. 233

発行日 2026年1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](mailto:BioLoggingScience@gmail.com)



## もくじ

### 野外調査レポート

口ガ－を追ってどこまでも Part2

小山 初菜（東京大学大気海洋研究所） 2

奇跡的な口ガ－回収

河合 萌（東京大学大気海洋研究所） 5

はじめてのバイオロギング調査

前田 亜悠莉（東京大学大気海洋研究所） 7

### レビュー論文紹介

大槌沿岸研究センター

佐藤 克文（東京大学大気海洋研究所） 9

### お知らせ

BiP を使ったバイオロギング解析に挑戦～その1 0

・ FPT\_analysis.py : 行動集中域の検出 (FPT 解析) 渡辺 伸一 (リトルレオナルド社/麻布大学) 10

BiP News～BiP Up 2025 採択結果発表～

渡辺 伸一 (リトルレオナルド社/麻布大学) 13

「カマイルカに遭遇するアカウミガメ」

撮影者 アカウミガメ (前田亜悠莉)

撮影場所

岩手県沖

撮影日時 2025年7月17日

## ロガーを追ってどこまでも Part2

小山 初菜 (東京大学大気海洋研究所)

一年ぶりになります、修士 2 年の小山初菜です。三陸をメインにアカウミガメの回遊の研究をしています。昨年もまた 6/9~9/23 まで岩手県大槌町で約 4 カ月の長期フィールド調査を行ってきました。今回はその調査のハイライト、アカウミガメ移送放流実験 (昨年 10 月に長崎で開催されたバイオロギングシンポジウムにて発表) の裏側についてご紹介したいと思います。

はじめは 2025 年 2 月の休日、佐藤先生からの一件の転送メールでした。

「(要約) 学生の 1 人がウミガメを三陸沖で放流する移送放流実験 (トランスロケーション実験と言います) をやりたいといっているのだが、今年の夏にできないだろうか？」

私が立案した移送放流実験ではウミガメを船で沖まで運ぶために研究船のような船舶が必要なため、協力いただける船を探しているところでした。いろいろと紆余曲折はあったものの多くの方々のご尽力により、三重大学の練習船勢水丸にご協力いただけることになりました。こうして、私のこの夏のメイン調査は決まりました。

### 2025 年 7 月 三重大学練習船“勢水丸”アカウミガメ移送放流実験@三陸沖

#### 三陸の水温上昇とアカウミガメの好み

そもそもなぜこのような大掛かりな実験をするに至ったのか？

私のテーマは“ウミガメの生息域は近年の水温上昇によって変化しているのか？”を過去 15 年分の人工衛星発信機による移動経路データから明らかにすることです。研究を進める中で、三陸のアカウミガメたちには好きな水温帯があることが見えてきました。では、その好きな水温帯よりも熱い/冷たい海域に放したらどのような行動を示すのか？経験する水温によってその行動が変わるのではないかと。そこで、この夏に気象観測のために三陸沖にやってくる勢水丸にご協力いただき、様々な水温海域へウミガメたちを移送放流することになりました。

#### たくさんのクラゲと来ないカメ

7 月初めまでにアカウミガメ 5 頭を集めるため、6 月上旬に研究室の先輩と 2 人で大槌へ早入り。定置網に混獲されるウミガメをもらうために、早朝に市場に

通う日々が始まりました。近年、来遊時期が早期化していることから、頑張れば 5 頭は集まるだろうという楽観的予想は早々に裏切られました。というのもその時の三陸の海洋は表層が暖かいのに下層は冷たい状態で、定置網には冷水性のクラゲばかり。漁業者の方たちもその対応に追われている状況が続いていました。それでも混獲されたカメを持ってきていただきたい、という依頼を快く引き受けてくださり、出発前日までになんとか 4 頭が集まりました。ウミガメ 4 頭の背中に人工衛星発信機をつけ、あとは出発の時を待つのみ。

#### 塩釜出発

7 月 3 日、勢水丸が寄港する塩釜港へ向けて出発する当日の朝、カメ捕まる。「カメは空気読まないからねー。当日の朝何食わぬ顔して捕まったりするんだよねー。」という話をしていた矢先、見事に捕まりました。というわけで当日やってきたウミガメ含め、予定通りウミガメ 5 頭を連れての出発となりました。大槌沿岸センターの船舶職員さんたちに協力いただき、大型トラック&軽トラに水槽ごとカメを積み込み、7:30 出発。昼前には勢水丸の停泊する塩釜港に到着しました (その様子は地元テレビに取材されました。以下の QR コードから視聴していただけます)。



トラックにアカウミガメを積んで塩釜に向けて出発  
船舶職員の方から借りたトラックと軽トラックの 2 台体制でウミガメ 5 頭を運びました。

## ～勢水丸とともに乗り込んだ愉快的仲間たち（アカウミガメ）のご紹介～

カメ①：超巨大カメ。150 kg近い巨体（三陸平均は 50 kg くらい）で三陸では歴代最重量記録更新。

カメ②：大槌周辺では今シーズン初混獲ガメ。見慣れた大きさ(約 55 kg)だし、十分大きいのだが、カメ①のせいで小さく見えた。

カメ③：超巨大カメ 2。漁師さんに電話口で、でかい！と言わしめた。カメ①より迫力は劣るものの、余裕で 100 kg を超えて三陸で歴代 5 位。

カメ④：5 個体の中で最小（とはいえ 1 人では持ち上げられない約 35 kg）。

カメ⑤：出発当日に何食わぬ顔してやってきた。船上で口ガーを付けられるという唯一無二の経験をした 55 kg。

### アカウミガメ移送放流実験開始

7 月 5 日 8:00、私とウミガメ 5 頭を乗せた勢水丸は最初の放流地点に決めた金華山沖 100km を目指して出港。ここから 5 日間、初の船上生活ということでワクワク半分、自分 1 人で初めての大規模実験ということで不安半分の出港でした。



三重大学練習船勢水丸の最上デッキから

汽笛が鳴り響き、塩釜港を出港しました。天気は微妙でしたが、放流実験で普段乗る船よりもはるかに高い視線からの眺めを楽しみました。ウミガメたちは動き出したあとパタパタしており、ちょっとびっくりしていたみたいです。

17:00 第一放流地点到着：歴代最重量のカメ①と 5 個体中最小のカメ④を放流。

18:30 第二放流地点到着：出発直前ギリギリに大槌にきたカメ⑤を放流。

20:00 第三放流地点到着：残る 2 個体、カメ②と 2 番目に大きなカメ③を放流。



放流時は専用の放流装置に入れて、海に降ろします。5 頭ともすんなりと出て、あっという間に泳ぎ去っていきました（気象観測チーム提供）。

全 5 個体の放流が無事完了。順調に発信を始めた様子を PC で確認し、ほっとしました。今回の勢水丸航海のメインは気象観測で、私以外の乗船者は全員気象観測チームでした。ウミガメ放流終了後は気象観測が再開しました。私も夜通しでの気象観測の見学をさせてもらったり、水平線に浮かんだ朝日をみんなで眺めたり、船内で気象観測チームに混ざってゼミを行ったり、と普段の調査とは違う貴重な経験をすることができました。

7 月 8 日朝、三重県松阪港へ帰港。5 日間の調査航海が終了しました。私にとっても初めてだらけでしたが、勢水丸の船員さん、気象観測チームのみなさん、センターの船舶職員さん、地元漁師さん、そしてウミガメチームのみんな、と多くの人に支えられて無事に終えることができました。本当にありがとうございました。



船上からの朝日

カメの放流実験からの気象観測と夜通しの激務を終えたのち、気象観測チームのみなさんと達成感に包まれながら眺めました。

### やっぱりウミガメは空気を読んでくれない

さて、わざわざ沖で放したウミガメたちですが、5 個

体中 4 個体が再び沿岸へ帰郷。何か沿岸にいたい理由があるのでしょうか、やっぱり空気を読まないウミガメは今年も健在でした。さて、経験する水温の違い（放流地点間）で行動の違いが見られるのでは？という当初の想定はなんだかよく分からない結果になりました。一方で、普段三陸で見られないような超巨大カメ 2 個体と普通サイズの 3 個体では動きや経験する水温が違うなど、新たな発見がありました。当初予想していた結果とは全然違う面白い発見があるのは、バイオロギングの醍醐味だと思います。私自身の実験はこれでほぼ終了しましたが、ウミガメ調査はチームワークです。カメチームとしての調査はここからが本番ということで、三重県松坂港に降ろされた私は新幹線を乗り継ぎ再び大槌入り。そして、勢水丸航海から 2 ヶ月ほどたった 8 月末、ふたたび事態は動き出したのでした。

### ロガーをもとめて北海道へ

ウミガメチームに 1 枚の写真が送られてきました。それは、勢水丸航海で放したウミガメにつけた発信機の写真でした。発信機は長ければ 1 年の回遊記録をとれますが、数か月で外れてしまうこともあります。今年もこの時点で 2 台がすでにウミガメから外れていました。北海道の漁師さんが外れた発信機を拾ってくださり、様々なツテをいくつも辿って私のところまで届いた、ということがその後分かりました。この発信機は回収を想定していない仕様ですが、衛星経由で送れなかった膨大なデータを本体に蓄積しているため、回収できれば非常に価値あるデータになります。ゴミとして放置しないで届けてくださった漁師さん、どこの所有か手がかりが無いなか探してくださった関係各所の

方々には感謝しかありません。お礼を直接伝えるべく、北海道への旅が決まりました（9 月 1 日～9 月 3 日）。北海道にどれくらいウミガメが来遊しているのか、これまで科学的な知見は多くありません。その中で近年、人工衛星発信機付きウミガメが頻繁に北海道に泳いでいくことから、北海道とウミガメの関係がずっと気になっていました。せっかく北海道に行くのなら地元の漁業関係者の方たちともお話をしたい、ということでアポを取って訪問。今後の研究にも生かせる貴重なお話を伺うことができ、とても有意義な旅となりました。やはり、北海道も近年の水温上昇の例に漏れず、夏に 25℃近くまで水温が上がるようになってきたようです。三陸にやってくるウミガメたちもいつか北海道がメインフィールドになるのでしょうか？—私の研究はまだまだできることがたくさんありそうです。

### ウミガメからのメッセージ？

昨年も非常に移動が多かった私ですが（2025 年 1 月号 No. 221 「ロガーを追ってどこまでも」ご参照ください）、今年もまたあちらこちらと飛び回りました。その中で様々なご縁を結ぶことができました。こうした予想外の出会いは長期フィールド調査の醍醐味だと思っています。

今年の調査総移動距離：約 3,400 km ≡ 日本列島縦断（約 3,000 km）

ウミガメをトランスロケーションする者はまた、己もトランスロケーションされる覚悟を持って、というウミガメからのメッセージでしょうか…

## 奇跡的なロガー回収

河合 萌（東京大学大気海洋研究所）

こんにちは、東京大学大気海洋研究所の河合萌です。私は昨年 6 月、沖縄県八重山諸島の黒島で調査を行いましたので、その際の様子をご紹介します。黒島は石垣島から船で約 30 分のところにあり、人口約 200 人に対して牛が約 3000 頭暮らす、とても自然豊かなところ です。



柵を超えて道路を歩く牛

黒島に到着したその日には、例年通りウミガメの捕獲を行いました。採餌場に網を仕掛けて、網にかかった個体を泳ぎながら陸まで運びます。この日は約 1 時間で 4 頭捕獲し、その後は形態計測を行うなど、順調なスタートとなりました。翌日以降は水槽実験や、追加のウミガメ捕獲などを進め、時には普段から実験でお世話になっている黒島研究所を訪れる修学旅行生の対応も行いながら、ロガーを装着する放流実験を行いました。しかし放流後、ロガーが切り離される予定時刻よりも早く、発信機から電波を連続的に受信しました。ロガーが浮いてしまったと判断し、すぐに船を出してもらい、回収に向かいました。目立つピンク色に塗った浮力体は、比較的すぐに発見できました。しかし船で近づいてみると、何かが足りません。今回ウミガメには 2 つの浮力体を装着しており、それらをワイヤーで繋いでいました。浮力体をできるだけ小さくしたかったため、そのうち 1 つにのみ、浮力体の位置を探すための発信機を取り付けていました。船で近づいてみると、ワイヤーが外れ、発信機が付いていない方の浮力体はありませんでした。これまでワイヤーが外れるという失敗はなかったので、あまり想定していなかった事態にショ

ックを受けました。特にロストした方の浮力体にはビデオカメラが 2 つ装着されていたため、どうにかして回収したいという思いが強くありました。しかし発信機が付いていないため、目視でどうにか探すしか方法はありません。

ところで黒島のアオウミガメは、採餌場に対する固執性が強いことが、これまでの研究で明らかになっています。そのため、放流した個体は捕獲地点付近に留まり続けている可能性があります。回収できなかった浮力体を装着していた個体は、伊古棧橋という、黒島の北側にある棧橋の近くで捕獲されました。「浮力体が予定通りウミガメから切り離されて浮上した場合、棧橋から探せば見つかるかもしれない」そんな話を研究所の中でしていました。回収できる可能性は低いものの、できることは試してみようと思い、ロガー切り離し予定時刻の翌朝、後輩とともに棧橋へ向かいました。



波が穏やかな日の伊古棧橋

しかし、その日はあいにくの雨で風も強く、水面が波立っており、派手なピンク色の浮力体であっても遠くから探せるような状況ではありませんでした。棧橋には波が打ちつけ、軽トラで棧橋を走った際にはスリップしそうで少し怖いほどでした（そもそもこんな荒天の日を回収日にするのかと思われるかもしれませんが、調査日程の都合上どうしても実験を詰め込む必要があり、発信機を利用して島周辺で回収できることを見込んでこの日にしていました）。近くに浮くかどうかも分からないのに、見つかるだろうか…と正直なところ私は半分諦めていました。発信機が装着されていない浮力体を探すのは初めてでした。それでも後輩は軽トラ

の荷台の上から目線を高くして、私は栈橋の先端から、とりあえず浮力体を探しました。以下はそのときの後輩とのやり取りです。

後輩「◎！%△○×\$？」

私「え？（風と波の音でよく聞こえない）」

後輩「浮力体ってどんなでしたっけー？（大声）」

返事をしようとしたその瞬間、後輩が私の足元を指差しました。なんと、探していた浮力体が足元に流れ着いたのでした。後輩曰く、どんな浮力体が教えてくれるかのようにタイミングよく波に乗ってきたそうです。そ

もそもワイヤーで繋がっていた片方の浮力体は予定より早く外れてしまっていたため、それに引っ張られてもう1つの浮力体も既に外れている可能性がありました。そうした中、浮力体は切り離し予定時刻までウミガメに装着され続け、そしてそのウミガメが栈橋付近を泳いでいてくれ、さらに栈橋に流れ着くような波の向きと高さが偶然そろったことが、回収成功につながりました。いくつもの条件が重なった、まさに奇跡的な回収でした。

現在、解析を進めているところですが、ウミガメと波が届けてくれた貴重なデータから興味深い発見につながられるよう、頑張っていきたいと思います。

# はじめてのバイオリギング調査

前田 亜悠莉（東京大学大気海洋研究所）

高校2年生の夏、わたしの人生に転機が訪れました。ウミガメの保護ボランティアに参加するため、1ヶ月以上メキシコに滞在することになったのです。シャワーは冷水しか出ず、見たこともないカラフルな虫がそこら中にあるなかで、初めて見たウミガメの産卵が忘れられませんでした。そこから、わたしのウミガメ漬けの日々がスタートします。大学ではウミガメ研究サークルに入り、長期休みが訪れるたびに沖縄県の黒島へ。黒島研究所に住み込みで働きながら、ウミガメの調査を手伝っていました。そんなある日、わたしはとある2人の大学院生に出会います。彼女たちの研究は「ウミガメに小さな記録計を付けて、海でどのように過ごしているかを記録する」といったものでした。砂浜での調査しか経験のなかったわたしにとって、泳ぐウミガメの視点を直接見るという発想は衝撃的でした。この研究がしたい、そう強く思い必死に院試の勉強をして、晴れて東京大学大学院に進むことになったのです。そして今年度の夏、ついに念願のバイオリギングデビューを果たしました。最初の放流はアカウミガメ。放流準備は想像以上に大変で、放流前日の夜中まで準備に追われていました。放流当日も、本当にこれで大丈夫なのだろうかと不安になりながらもなんとか放流。



放流直後のアカウミガメ  
水中ドローンで撮影してもらいました。

佐藤先生には、「前田は意外とビビりだなあ」と言われてしまう始末。失敗したらどうしようという気持ちが強すぎて、弱腰になってしまうことも度々あり、ロガーが浮上するまでの3日間は不安でいっぱいでした。いよいよロガー浮上予定日の早朝、無事浮き上が

ってくるかとときどきしながらパソコンの前で待機していました。すると、パソコンの画面上のマップに点が1つ。無事にロガーの浮上を確認できました。ほっとしたのも束の間、次はロガー回収に協力してくれる船を探さなくてはなりません。付近の漁船や釣り船に片っ端から連絡しましたが、急なお願いということもあり、なかなか見つかりませんでした。探し続けること1時間、わたしの携帯に1通の着信が。不在着信だった方がわざわざ折り返してくださり、今ちょうど海に出ているから協力できるとのこと。やっと船が見つかり、ロガーの回収ができるで一安心しました。どこの船の人だった？と先輩から聞かれ船の名前を言うと、「その船は以前もお願いしたことがある船だし、大きさも十分だよ」と教えてもらいました。早速支度をし、埠頭まで行くと、そこに停泊していたのは想定していたのとは違う船。なんと船の名前を聞き間違えていたのです。しかも船長ははじめてお願いする方で、まずこれから何をするのかを説明するところから始めなければなりません。無事回収できるのだろうか、再び不安を抱えたまま船は出港。船の上でもずっと不安な気持ちは続きました。ロガーの浮上地点付近に到着するといよいよ本番です。船長に船の速度を落としてもらいつつ、衛星受信機を握りしめます。誰よりも先に見つけてやるぞと気合いを入れて海に目をやった瞬間、「あった！」と先輩が一言。先輩が瞬殺で見つけてしまいました。まだまだ先輩には敵わないなと思いつつも、とりあえず無事回収できたことにほっとしました。そして帰港しましたが、まだ安心はできません。なぜなら、ロガーの中にちゃんとデータが入っていなかったら、この頑張りはずべて無駄になってしまうから。さっそくデータを確認すると、しっかり記録が入っていました。ビデオの映像には、ウミガメが優雅に泳ぐ姿がしっかりと写っていました。画面に映るウミガメは、クラゲを見つけると噛みついて、おいしそうにむしゃむしゃと食べています。わたしが見たかった景色はまさにこれ！と感動したことは言うまでもありません。こうしてわたしは、無事にバイオリギングデビューを果たしました。



ビデオロガーに記録されたアカウミガメ  
カマイルカにも出会っていました。

夏の調査を終え、大気海洋研究所に戻った今はひたすらパソコンと向き合う日々。ロガーのデータを見ながら、ウミガメの気持ちを考えます。ウミガメは何を考えたが泳いでいるのだろうか。ウミガメはどれくらい意思を持って泳いでいるのだろうか。わたしの研究成果もいつかこの会報に載せられるよう、これからも頑張りたいと思います。

## 大槌沿岸研究センター

佐藤 克文（東京大学大気海洋研究所）

2025年の5月、Journal of Experimental Biologyの編集者より、「現在JEBでは、生物学分野で重要な役割を果たしてきたフィールドステーション特集を組むことを予定しており、その歴史や、そこで行われた研究が比較生理学およびバイオメカニクス分野に与えた影響を考察する論文集をPerspectivesというコーナーにまとめようと考えています。ところが、残念なことにアジア地域からの推薦がありません。もし、この特集に相応しいフィールドステーションをご存じならば推薦してもらえないでしょうか」というメールが届きました。

確かに、スクリップスやウッズホールなど、名だたるフィールドステーションが世界には数多く存在します。これはチャンスと思った私は間髪入れず「それならば、私が拠点を置いている岩手県大槌町にある大槌沿岸研究センターについて、私自身が論文として執筆したいのですが、如何でしょうか」と返答しました。

そんなやり取りを経た後、ウミガメ調査とオオミズナギドリ調査を行う学生たちの現場監督をするという名目で、暑い東京を離れて大槌で避暑をしている最中に一気に論文を書き上げました。2004年に赴任してから20年を超える長期にわたり野外調査を続けてきたことを再確認することができて、楽しい執筆作業でした。以下にその要約を記します。興味がある方は、是非論文を取り寄せてご一読ください。

「大槌沿岸研究センター：遠隔地ながら北西太平洋における重要な海洋科学拠点」

大槌沿岸研究センター（OCRC）は、東京大学大気海洋研究所に属する臨海研究施設であり、1973年に日本本州の三陸海岸に位置する大槌町に設立された。暖流と寒流が交わる海域に近接して立地していることから、複雑な海岸線や河川が流入する湾に特徴づけられた独特の海洋環境のもと、生物学、化学、物理学、地球科学分野の研究が行われている。OCRCには常駐の研究者および技術職員が配置され、調査船や宿泊施設を備え、毎年およそ2000人日分の外部研究者の利用を受け入れ、野外観測、水槽を用いた実験、各種機器分析を支援している。

2004年以降、私たちは国内外の大学院生や共同研究者とともに、OCRCを拠点としてバイオロギング研究を推進してきた。これらの研究は、アカウミガメおよびアオウミガメ、オオミズナギドリ、シロザケ、マンボウを対象とし、生理、行動、生態、環境科学に関する知見を生み出してきた。

2011年には、地震と津波により、旧研究棟および宿泊施設が甚大な被害を受け、野外ノートや資材、そして一部のデータが失われた。幸いにも人的被害はなく、2018年には高台に新たな研究棟と宿泊施設が再建された。データ保存体制を強化するため、Biologging intelligent Platform (BiP) (<https://www.bip-earth.com>)が構築され、バイオロギングデータセットとそれに付随するメタデータの保存が進められている。

環境変化に対する海洋生物の応答を理解するためには、長期的な野外研究の継続と、過去データとの比較が不可欠である。多様な生態系へのアクセス、堅牢な技術インフラ、そして協働的な研究文化を備えたOCRCは、その要請に応えるうえで極めて有利な立場にある。

Katsufumi Sato, Takuya Fukuoka and Kentaro Q. Sakamoto. 2026. Otsuchi Coastal Research Center: a remote but vital marine science hub for the Northwest Pacific Ocean. Journal of Experimental Biology 229, jeb251427. Doi:10.1242/jeb.2514



# BiP を使ったバイオロギング解析に挑戦~その 10

## ・ FPT\_analysis.py : 行動集中域の検出 (FPT 解析)

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 を使ったバイオロギング解析に挑戦」シリーズの第 10 回です。前号では、深度・温度データを用いて海洋環境の成層構造を可視化し、サーモクライン (温度躍層) を目視で評価する方法 ([depth\\_temp\\_analysis.py](#)) を紹介しました。このような海洋環境の把握は、動物がどのような環境条件のもとで行動しているかを理解するうえで重要な基盤情報となります。本号では視点を換え、動物の水平移動データ (GPS) そのものから行動の変化を定量的に捉える手法として、First Passage Time (FPT) 解析を紹介します。これにより、「どこで環境が特徴的か」だけでなく、「どこで行動が変化しているか」を移動データから直接評価することが可能になります (図 1)。

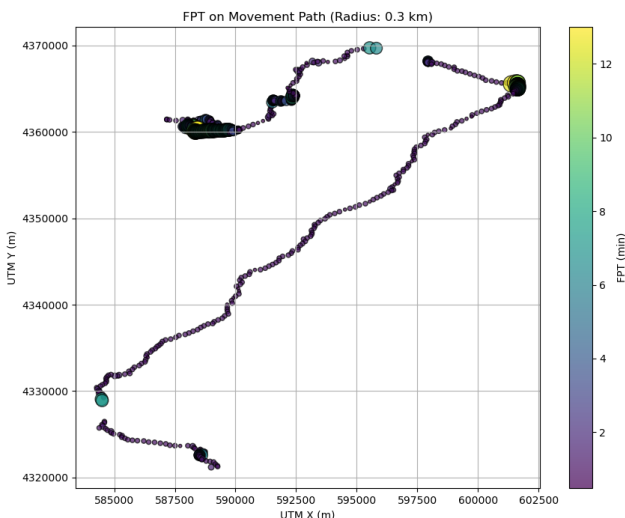


図 1. オオミズナギドリ の移動経路上に重ねた FPT 分布 (半径 0.3 km)

### FPT (First Passage Time) 解析の理論的背景

First Passage Time (FPT) 解析は、移動経路上で動物が「長く滞在している場所」や「行動が集中している場所」を検出するための代表的な手法であり、採餌海域の推定などに広く用いられています。本手法は [Fauchald and Tveraa \(2003\)](#) によって提案され、移動軌跡に沿って設定した円 (半径  $r$ ) を動物が通過するのに要する時間を指標とします。

ある地点を中心とする半径  $r$  の円内に長時間とど

まる場合、その地点周辺では移動速度が低下し、探索や採餌などの行動が行われている可能性が高いと解釈されます。具体的には、移動経路上の各位置について、以下を計算します。

- ・半径  $r$  の円を設定
- ・動物がその円に「入ってから出るまで」に要した時間 (FPT)

これを移動経路全体に対して繰り返すことで、空間スケール  $r$  ごとの行動集中度を評価できます。

FPT 解析の重要な特徴は、空間スケールに依存した行動の変化を捉えられる点にあります。小さな半径では細かな探索行動、大きな半径では広域的な滞在行動が強調されます。そのため、FPT 値の分散 (通常は  $\log(\text{FPT})$  分散) を半径ごとに計算し、分散が最大となる半径を「行動が最も強く切り替わる代表スケール」として採用するのが一般的です。

この考え方は、[Sakamoto et al. \(2019\)](#) が公開している Igor Pro 用の解析ツール [Ethographer](#) にも実装されており、バイオロギング分野では広く利用されています。本稿で紹介する Python コードは、この考え方を踏まえて実装したものです。

### 実行手順

#### 1. データとプログラムの準備

サンプルデータ ([data\\_gps.csv](#)) とプログラム ([FPT\\_analysis.py](#)) をダウンロードし、同じディレクトリに保存します。本稿では BiP に公開されている海鳥の GPS データを例として使用します。

#### 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。

- ・新しい Anaconda 環境を作成 (前回作成していれば不要)

```
conda create -n bip-analysis python=3.11
numpy=1.26.4 pandas=2.1.4 scipy=1.11.4
matplotlib=3.8.4 -y
```

- ・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

本コードでは緯度・経度を平面直角座標 (UTM) へ変換するために pyproj を使用します。このライブラリは前回までの解析では使用していなかったため、追加でインストールします。

```
conda install pyproj -y
```

#### 4. プログラムの実行

プロンプトに従って入力データと UTM ゾーンを指定すると緯度・経度から UTM 座標に変換され、以下のパラメータを指定すると、FPT の計算および結果の可視化 (図 1-4) が自動的に行われます。

```
python FPT_analysis.py
Enter the file name (without .csv): data_gps
Enter the UTM zone (e.g., 54 for Zone 54N): 54
Enter minimum radius (km): 0.05
Enter maximum radius (km): 1
Enter step radius (km): 0.05
Enter the selected radius for DisplayFPT (km): 0.3
```

#### パラメータ設定の考え方

FPT 解析では、以下のパラメータが結果に大きく影響します。

- ・半径  $r$  の範囲 (minimum to maximum radius) と刻み (step radius)

小さすぎるとノイズが多く、大きすぎると行動差が平滑化されます。対象種の移動スケール (例: 数 km ~ 数十 km) を意識して設定します。この設定は、半径ごとの  $\log(\text{FPT})$  分散を示した図 2 の横軸に対応します。

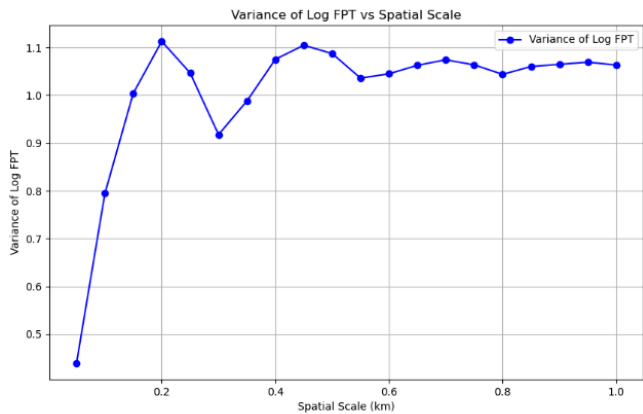


図 2. 空間スケール (半径  $r$ ) に対する  $\log(\text{FPT})$  分散の変化

- ・FPT の対数変換 ( $\log \text{FPT}$ )

FPT 値は分布が歪みやすく、半径によって値のばらつきが大きく変化するため、対数変換 ( $\log \text{FPT}$ ) した値の分散を用いて評価するのが一般的です。本コードでは、複数の半径  $r$  に対して  $\log(\text{FPT})$  分散を計算し、その変化を比較しています。

分散が大きいということは、同じ半径  $r$  の円内で、

短時間で通過する区間と長時間とどまる区間が混在していることを意味し、移動行動と滞在行動が最も明確に切り替わる空間スケールであると解釈できます。そのため、 $\log(\text{FPT})$  分散のピークは、行動集中が顕在化する代表的な空間スケールを示す指標として用いられてきました。

一方、実際のバイオロギングデータでは、分散ピークが幅広く現れたり、複数のピークが生じたりすることも少なくありません。このような場合、最大値そのものはノイズやデータ密度の影響を受けやすく、必ずしも安定した解析半径とはならないことがあります。そこで本稿では、分散ピークの直後に値が急激に低下する点、すなわち行動集中が維持される最大スケールを半径として採用しました。このようにピークの境界に着目する考え方は、[Sakamoto et al. \(2019\)](#) による [Ethographer](#) における FPT 実装とも共通しています。

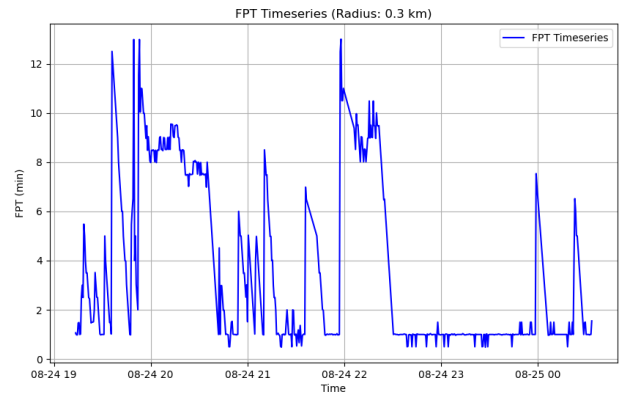


図 3. FPT の時系列変化 (半径 0.3 km)

#### 結果の確認と解釈

出力される図では、まず半径  $r$  と  $\log(\text{FPT})$  分散の関係が示されます (図 2)。この曲線は、行動の切り替わりが顕在化する空間スケールの変化を表しています。

次に、選択された半径を用いて計算した FPT 値を、地図上にプロットした図が表示されます (図 1)。FPT 値が高い地点は、動物がその周辺で長く滞在した場所を示し、採餌や探索行動が集中した可能性のある海域と解釈できます。

さらに、選択した半径に基づく FPT の時系列変化を示した図 3 では、移動の途中で FPT 値が大きく増加する区間を確認できます。これらの区間は、動物が同じ空間スケール内に比較的長くとどまっていたことを示しており、移動速度の低下や探索的行動が生じていた可能性を示唆します。一方、FPT 値が低い区間は、直線的で速い移動が続いていたと解釈できます。

また、FPT 値の頻度分布を示した図 4 では、解析半径における滞在時間のばらつきが可視化されます。分布が右に裾を引く形を示す場合、短時間で通過する移

動区間が多い一方で、一部に長時間滞在する区間が存在することを意味します。このような分布形状は、移動行動と行動集中区間が混在していることを反映しており、FPT 解析が行動の切り替わりを捉えていることを確認する補助的な情報となります。

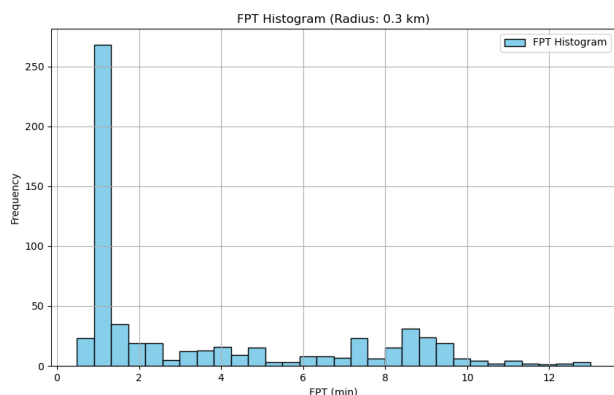


図 4. FPT 値の頻度分布（半径 0.3 km）

重要なのは、FPT 解析は「採餌そのもの」を直接示す指標ではなく、移動行動の変化や行動集中の可能性を捉えるための手法である点です。そのため、[前号](#)で紹介した海洋環境情報（サーモクラインや前線構造）や、潜水データ、加速度データなどと組み合わせて海洋環境や行動とともに総合的に解釈することで、より生態学的に意味のある結論を導くことができます。

## まとめ

本稿では、GPS 移動データから行動集中域を抽出する手法として First Passage Time (FPT) 解析を紹介しました。FPT 解析は、移動経路に沿った滞在時間の変化を定量化することで、採餌海域や探索行動が集中した場所を客観的に評価できる有力な手法です。

一方で、結果はパラメータ設定や空間スケールに依存するため、対象種の行動特性や環境条件を踏まえた慎重な解釈が必要です。FPT 解析の結果を、深度・温度プロファイルや加速度データによる行動推定の結果と組み合わせることで、「どこで」「どのような環境条件のもとで」「どのような行動が行われているか」を統合的に理解することが可能になります。

次号では、GPS に加えて高度情報などを組み合わせ、海鳥の移動経路を三次元的に解析する手法を解説します。

## 引用文献

- Fauchald, P., and T. Tveraa. 2003. Using first-passage time in the analysis of area-restricted search and habitat selection. *Ecology* 84.2: 282–288.
- Sakamoto, K. Q., et al. 2009. Can ethograms be automatically generated using body acceleration data from free-ranging birds? *PLoS ONE* 4.6: e5379.

## BiP News～BiP Up 2025 採択結果発表～

渡辺 伸一（リトルレオナルド社／麻布大学獣医学部）・佐藤 克文（東京大学大気海洋研究所）

2025年に募集した **BiP Up 2025** の結果を発表します。**BiP Up** は、採択された研究計画に対してデータロガーを無償提供する研究支援プロジェクトです。2024年にプロジェクトを開始し、初年度には6件の研究計画が採択されました。

2025年は、継続課題1件を含む計7件の研究計画が採択されました。以下に採択結果：応募者氏名（五十音順）・研究タイトル、および提供機器を示します。

### Joy Savanagouder（琉球大学）

Fine-Scale Movement and Behavior of Juvenile Bull Sharks in Okinawa Using Multi-Sensor Biologging LoggLaw C7XI・C7XIR、Biologging Solutions Inc.

### 新屋 惣（奄美野生動物医学センター）

奄美大島の傷病鳥獣を用いた行動解析と治療効果の評価

Debut NANO・FLEXII、Druid tech

### 瀬川 晃生（北海道大学大学院）

バイオロギングを活用した養殖魚の尾鰭振動周波数に基づく成長推定手法の開発

LoggLaw C7XIR、Biologging Solutions Inc.

### 谷口 真理（株式会社自然回復）

日本列島固有の二ホンイシガメの保全対策としての移植の試み：場所に馴染むを定義する

LoggLaw C7XIR、Biologging Solutions Inc.

### 仁部 駿介（東洋大学大学院）

フロート式 GPS ロガー曳航装置を用いたチャネルキャットフィッシュの塩水環境応答

Debut FLEXII、Druid tech

### 本藤 聡仁（京都府立西舞鶴高等学校）

高校生による冠島のオオミズナギドリの行動追跡を通じたSTEAM教育モデルの確立

Debut NANO、Druid tech

### 松川 夕華（琉球大学）

国指定天然記念物塩川を遡上するアオウミガメの行動解明

ORI400-3MPD3GT ・ DVLW400M130、Little Leonardo

**BiP Up** は、当初、大学院生やポスドクなど、研究費の制約を受けやすい若手研究者を主な支援対象としてスタートしましたが、募集を行う中で、予想を超えて幅広い分野・所属の方々から応募が寄せられました。

たとえば、京都府立西舞鶴高等学校の研究は、高校教員による応募であり、研究自体は高校生とともに実施される教育・研究一体型の取り組みです。また、奄美野生動物医学センターによるプロジェクトでは、野生鳥類の傷病個体を対象とした行動解析を通じて、リハビリテーションおよび野生復帰の高度化を目指しています。さらに、株式会社自然回復による民間企業の研究では、身近な自然環境における保全対策を目的とした実践的な調査研究が採択されました。

**BiP Up** では、高校生や学部生であっても、調査を実現するための十分な基盤と明確な目的意識、そして実行への意欲があれば、積極的に支援したいと考えています。今後はその方針をより明確に発信し、次年度以降、さらに多様な分野や立場の方々からの応募につながることを期待しています。

採択された皆様には、2025年度中にデータロガー本体に加え、機器のセットアップに必要なケーブルやソフトウェアなどのインターフェース類を提供する予定です。これらの機器を用いた具体的な研究計画については、**2026年3月21日**に東京大学大気海洋研究所にて、現地およびオンラインを併用したハイブリッド形式で発表していただく予定です。当日は、2024年採択者の皆様にも研究成果をご発表いただく予定であり、次号の会報にて詳細なプログラムをご案内します。

### 協力企業

本プロジェクトの実施にあたり、下記の賛助会員企業よりバイオロギング機器の提供および技術的なご協力をいただきました。



BIOLOGGING SOLUTIONS INC.



## 事務局からお知らせ

■ 研究会ホームページで、サイト内検索が可能になりました。ホームページ右上の検索窓にキーワードを入力してご利用ください。(一部、検索対象外となるページがあります)

■ 同じくホームページにて、過去の会報を全て公開しています。「会報」>「過去の会報」から、「過去の会報はこちらの URL」を辿ってご覧ください。なお、会報 PDF 内の全文検索も可能です。例えば、「依田 (←検索ワードの例) type:pdf title:BLS」などで検索できます。(一部、検索にかからない箇所があります)

<https://biologging.smoozy.atlas.jp>

(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



## 編集後記

■ 年始におみくじを引いたら凶が出て、そこには「ギャンブル：身を滅ぼすのでやめなさい」の文面が。昨年ハマった公営ギャンブルのことを見透かされているかのように背筋を正される思いでした。本年もよろしくお願いいたします【T.F.】

■ 辛ラーメンにどハマり中。何をどれだけ入れても構わぬこの自由度の高さよ！お気に入りの具の一つは納豆です【Y.W.】

