



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. 180

発行日 2021年8月19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 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 (アドレスが変わりました)

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

海鳥の目線で海洋ゴミの分布とアホウドリへの影響を調査 ～採餌海域内にゴミ、誤食を懸念～

西澤文吾 (国立極地研究所) 1

全天球カメラが海洋動物の水中での生活を明らかに! 海の中で休憩するザトウクジラ

岩田高志 (神戸大学 海洋政策科学部・大学院海事科学研究科) 3

オオミズナギドリの採餌行動と酸化ストレスの関係

小山 悠歩 (名古屋大学大学院 環境学研究科) 5

野外調査報告

初心

長岡 祥平 (北海道大学大学院環境科学院) 7

賛助会員よりお知らせ

307kHz 高周波受信機&超小型コード化ピンガー 新規リリースのお知らせ

宮川 椋 (日本海洋株式会社) 8

開発製品のご紹介

渡辺友樹 (株式会社田中三次郎商店) 9

Logging Laws に向けた取り組み

小泉拓也・野田琢嗣 (Biologging Solutions Inc.) 10

移動体 (アルゴス送信機) の追跡・回収ソリューション

守本志帆 (株式会社キュービック・アイ) 13

「クロアシアホウドリ」

撮影者: 西澤文吾 撮影場所: 伊豆諸島鳥島

新しい発見

海鳥の目線で海洋ゴミの分布とアホウドリへの影響を調査 ～採餌海域内にゴミ、誤食を懸念～

西澤文吾（国立極地研究所）

海鳥の一種であるクロアシアホウドリを対象としたバイオロギング研究によって、クロアシアホウドリの行動海域における大型海洋ゴミの分布と、ゴミへの誘引過程を調べました。その結果、約 7 割の個体（13 羽中 9 羽）が、発泡スチロールやプラスチック片、漁網などの海洋ゴミに遭遇していた実態が明らかとなりました。ゴミのそばに着水したクロアシアホウドリは、平均して約 5km 手前でゴミを発見し、一旦ゴミのそばに着水すると、約 12 分間そこで過ごしていたことがわかりました。これは 1 回の採餌に費やす時間とほぼ同じで、多くのゴミに誘引されることによって、本来の餌との遭遇機会が減少する可能性が示されました。

＜研究の背景＞

プラスチックをはじめとする海洋ゴミは世界的に増加しており、海洋生物への影響が懸念されています。そのため古くから、船舶や航空機からの目視調査やプランクトンネットを用いた採集によって、海洋ゴミの分布が調べられてきました。しかし、特に陸から遠く離れた外洋域におけるゴミの分布や、ゴミの摂食頻度が高い海鳥の採餌場所との重複に関しては、よくわかっていませんでした。

海鳥の中でも、海表面に浮いている餌を幅広く食べるアホウドリ類は、特にプラスチックなどの海洋ゴミの摂食頻度が高いことが知られています。また、近年のバイオロギング技術の進歩により、GPS 記録計とビデオ記録計を同時にアホウドリ類に装着することで、いつ・どこで・何を食べているかといった詳細な採餌行動を明らかにすることが可能になってきました。本研究では、こうした技術を応用した生態調査の過程で、海鳥の目線で海洋ゴミの分布を調べ、採餌場所との重複度合いやゴミに対する行動応答を明らかにすることに成功しました。



図 1：育雛中のクロアシアホウドリ（左図）と腹部にビデオ記録計（矢印）を装着したクロアシアホウドリ（右図）。

＜研究の内容＞

東京から約 580km 南に位置する伊豆諸島鳥島において、子育て中のクロアシアホウドリ *Phoebastria nigripes* に GPS 記録計（2 分間隔で位置を記録）とビデオ記録計（日中の明るい時間帯に 3 秒間の動画を 2 分間隔で記録）を同時に装着し（図 1）、13 羽から位置情報と 8,492 本の映像データを収集、解析しました。その結果、このうち 9 羽の動画に、海面に浮かぶ発泡スチロールや漁具など計 16 個の海洋ゴミが撮影されていました（図 2）。ゴミの上空を通過することがあった一方で（図 2a）、ゴミの近くに着水することもあり、中には、赤白のプラスチックシートを実際にくちばしでつつく様子も映っていました（図 2f）。また、自然の餌（イカや魚類）を採餌している様子も記録されていました。

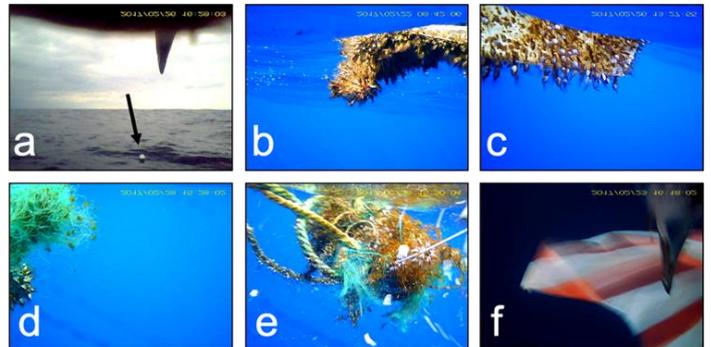


図 2：クロアシアホウドリに装着したビデオ記録計によって記録された海洋ゴミの例。発泡スチロール (a)、フジツボ類が付着したプラスチック (b)、フジツボ類が付着した発泡スチロール (c)、フジツボ類が付着した漁網 (d)、ロープと漁網が絡まったもの (e)、クロアシアホウドリがプラスチックシートをついばんでいる様子 (f)。(a)は飛翔中に、(b)-(f)は着水後にそれぞれ記録された映像の一部を画像として切り取ったもの。(a)には、記録計装着個体のくちばしと胸の一部が写る。

次に、海洋ゴミの映像が記録された位置を「クロアシアホウドリがゴミと“遭遇”した場所」と定義し、映像が記録された時刻と GPS による位置情報を照合することで、その位置を抽出しました。同様の方法で採餌場所も抽出し、両者の重複を分析しました（図 3）。その結果、クロアシアホウドリは、伊豆諸島周辺のいくつかの海域で採餌をおこなっており（図 3 の紫の枠）、また、ゴミと遭遇した回数が多かったのは、黒潮の南側の海流がゆるやかな海域でした（図 3 の赤丸）。両者の位置を

比較すると、ゴミと遭遇した場所は、採餌が行われていた海域内にあり、したがって、この海域は、ゴミの摂食や漁網への絡まりが発生する潜在リスクが高いと考えられます。

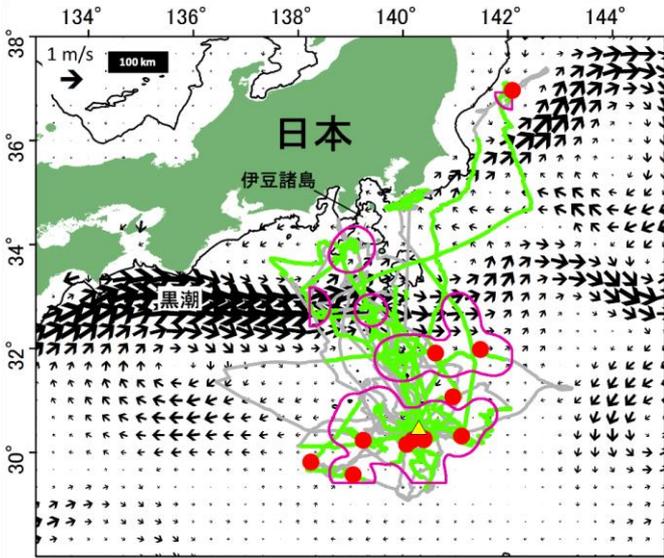


図 3：クロアシアホウドリが遭遇した海洋ゴミの分布（赤丸）と採餌海域（紫色の枠内：イカや魚類を食べた位置から推定された）との関係。13羽から得た23回の移動軌跡を灰色の実線で示し、このうちビデオ記録計による映像データが利用可能な範囲を黄緑色で示した。伊豆諸島鳥島は黄色の三角で示した。背景の矢印は、野外調査が行われた時期と同時期の表面海流（流向・流速）を表す。

さらに、クロアシアホウドリがゴミをいつ発見したかを調べるため、ゴミの近くに着水した9回分のデータを利用し、ゴミの位置に到達する直前30分間で移動軌跡が最も大きく変化した時を発見場所とみなして、その位置を分析しました。これまでの研究で、アホウドリ類は視覚や嗅覚（ゴミに付着したフジツボなど海洋生物が発する匂い）を使って海洋ゴミを認識していると考えられています。分析の結果、クロアシアホウドリは、平均4.9km手前でゴミを発見し、そこから積極的にゴミに向かって飛翔していた様子が明らかとなりました（図4a）。さらに、ゴミに誘引され、一旦ゴミのすぐ近くに着水すると、平均12分間その場所に滞在していたことがわかりました。これは、自然の餌（イカや魚類）

を1回採食するのに費やす時間とほぼ同じであることが確認されました（図4b）。したがって、海洋ゴミとの遭遇頻度が増加すると、摂食や絡まりへのリスクが高まるだけでなく、自然の餌の探索時間や獲得量を制限してしまう可能性があります。

＜今後の展望＞

本研究ではバイオロギング手法を用いて、海鳥の目線から海洋ゴミの分布を調べ、採餌海域との重複やゴミへの誘引過程を明らかにしました。クロアシアホウドリは、遭遇した全てのゴミの近くに着水したわけではなく、ゴミの上空を通過する場合もありました。本研究では、ゴミの種類によって誘引の度合いがどう異なるかまでは評価できず、今後の重要な課題です。アホウドリ類は、世界に22種類生息し、その多くが絶滅の危機に瀕しています。本研究で用いたビデオ記録計とGPS記録計によるバイオロギング手法が、今後より多くのアホウドリ類に適用され、海洋ゴミとの遭遇リスクが高い海域の特定や海洋生物への影響の理解が進むことが期待されます。

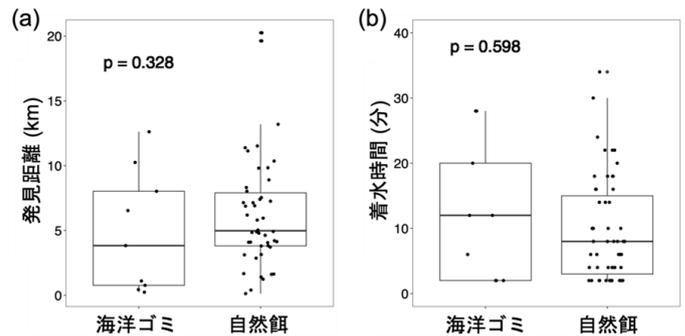


図 4：クロアシアホウドリによる海洋ゴミと自然餌（イカや魚類）の発見距離の比較 (a) および海洋ゴミが記録された時の着水時間と自然餌を食べた時の着水時間の比較 (b)。

B. Nishizawa, J.-B. Thiebot, F. Sato, N. Tomita, K. Yoda, R. Yamashita, H. Takada, Y. Watanuki (2021) Mapping marine debris encountered by albatrosses tracked over oceanic waters. *Scientific Reports* 11, 10944

新しい発見

全天球カメラが海洋動物の水中での生活を明らかに！ 海の中で休憩するザトウクジラ

岩田高志（神戸大学 海洋政策科学部・大学院海事科学研究科）

動物装着型のカメラは、装着個体の周辺環境を視覚化できるため、動物の行動を理解するための強力なツールとなっています。しかし、動物装着用に使われているこれまでのカメラには、画角が狭いという問題がありました。例えば、動物装着型のカメラを使った研究において、ザトウクジラ *Megaptera novaeangliae* が、餌場に競争相手がいる場合は、餌場を早く離れる傾向があると示されています。しかし、競争相手がビデオの画角に入らず写っていないだけで、実際には存在していた可能性も考えられます。そのため広範囲を撮影できるような広角レンズカメラが必要とされていました。

本研究の対象動物であるザトウクジラは世界中に分布するヒゲクジラ類の 1 種です。バイオロギング手法を用いることで、ザトウクジラの採餌行動に関する知見は増えている一方で、休憩行動に関する知見はほとんどありません。採餌の時は深度や遊泳速度、加速度（体の動き）の記録に餌を追いかける時の特徴的な信号が検出されます。それに対し、休憩には特徴的な信号は検出されず、ゆっくり遊泳している時との違いがわかりませんでした。休憩に関する知見は動物の生態を理解するために必要な情報です。例えば動物の行動時間の割合を考える時、休憩時間の割合が増えれば採餌などその他の行動時間の割合が減ります。休憩行動は動物の生態を理解するために重要な情報であるにも関わらず、ヒゲクジラ類の休憩に関する知見はこれまでほとんどありませんでした。そこで本研究では、動物装着型の全天球ビデオカメラ（空中画角 360 度、水中画角 270 度）と行動記録計を使い、ザトウクジラの休憩行動の解明に取り組みました。

今回、リコー社より全天球カメラ THETA を分解し改造が可能な状態で提供していただき、それをエポキシ包埋し、耐圧防水加工を施すことで、これまでに無い動物装着型の全天球カメラを開発しました。記録計一式をクジラに装着するために、全天球カメラ、行動記録計、電波発信機、浮力材、吸盤が一体となった「タグ」を作成しました。

野外調査はノルウェーのトロムソ沿岸のフィヨルドで 2016 年 1 月に実施しました。クジラにタグを取り付ける時は、小型のボート（5-6 m）でクジラに接近し、約 6 m のポールを使って吸盤で装着します（図 1）。吸盤で装着されたタグは、数時間後に自然に脱落し海面に浮かんでくるので、タグに組み込まれた発信機の電

波を頼りに回収します。



図 1. ザトウクジラにタグを装着する様子（上）とタグを装着したザトウクジラ（下）。

1 個体にタグを装着することができ、約 1 時間のビデオデータと約 11 時間の行動データを得ました。行動データを見ると記録期間の前半には活動的な動きはなく、後半に活動的に動いていたことがわかりました（図 2）。過去の研究例から、後半に見られる活動的な動きは採餌であることが考えられました。ビデオの記録は行動データの記録期間の前半の一部で、激しい動きがない期間でした。その期間のタグ装着個体の平均最大潜水深度は 11 メートル、平均遊泳速度は毎秒 0.75 メートルでした。ザトウクジラの通常の遊泳速度（巡航速度）は、秒速 1.45 メートルと報告されていることから、この期間のタグ装着個体の遊泳速度が遅かったことがわかりました。クジラは通常尾ビレを動かして遊泳するのですが、ビデオ記録期間中の行動データには、タグ装着個体が尾ビレを動かした信号はほとんど検出されませんでした。ビデオの映像には、水中で尾ビレを動かさず漂っている他の 2 個体が撮影されていました（図

2). タグ装着個体の遊泳速度が遅い点、尾ビレをほとんど動かさなかった点、ビデオの記録期間を通して他個体が漂っている様子が撮影された点から、タグ装着個体は水中で漂っていたことが示唆できます。アザラシ類やマッコウクジラ、アカウミガメなどは水中を漂いながら休息することが知られています。このことからタグ装着個体のザトウクジラは、水中で漂いながら休息していたことが考えられました。これまでの研究では、ザトウクジラを含むヒゲクジラ類は水面で休息すると報告されていますが、水中で漂いながらの休息行動は本研究から明らかとなりました。クジラはその時の海の状況や自身の浮力により、水中や水面など休息場所を変えている可能性が考えられました。また全天球カメラを使うことで、クジラは水中で単独ではなくグループで休息していたことがわかりました。

これまでも動物装着型のカメラを用いて海洋動物の生態が調べられてきました。例えば仔育て期間中の母アザラシに後ろ向きでカメラを装着したところ、母アザラシの後を付いて泳ぐ仔アザラシの姿が捉えられています。しかし、この映像が何を意味するのか（餌の捕り方を教えているなど）を言及するためには、広角レンズカメラにより周囲の環境を知る必要がありました。ハクジラ同士の触れ合い行動もカメラにより捉えられています。その触れ合い行動がどのくらいの頻度で行われているかを明らかにするために、広角レンズカメラが役立つことが考えられます。このように、海洋動物の生態を調べるためには全天球カメラを含む広角レンズカメラが必要とされてきました。広角レンズカメラにより、タグ装着個体の周辺の情報環境を記録することで、競争相手、協力個体、捕食者などの他個体の有無や、餌の分布や密度などの餌環境が明らかになると考えられます。本研究では、他個体の休息の映像から、タグを装着したクジラが休息していたことが推察され、全天球カメラの有用性を示すことができました。観察することの難しい動物の生態解明のためにも、今後全天球カメラの活躍が期待されます。

Iwata, T., Biuw, M., Aoki, K., Miller, P. J., and Sato, K. 2021. Using an omnidirectional video logger to observe the underwater life of marine animals: humpback whale resting behaviour. *Behavioural Processes*, 104369.

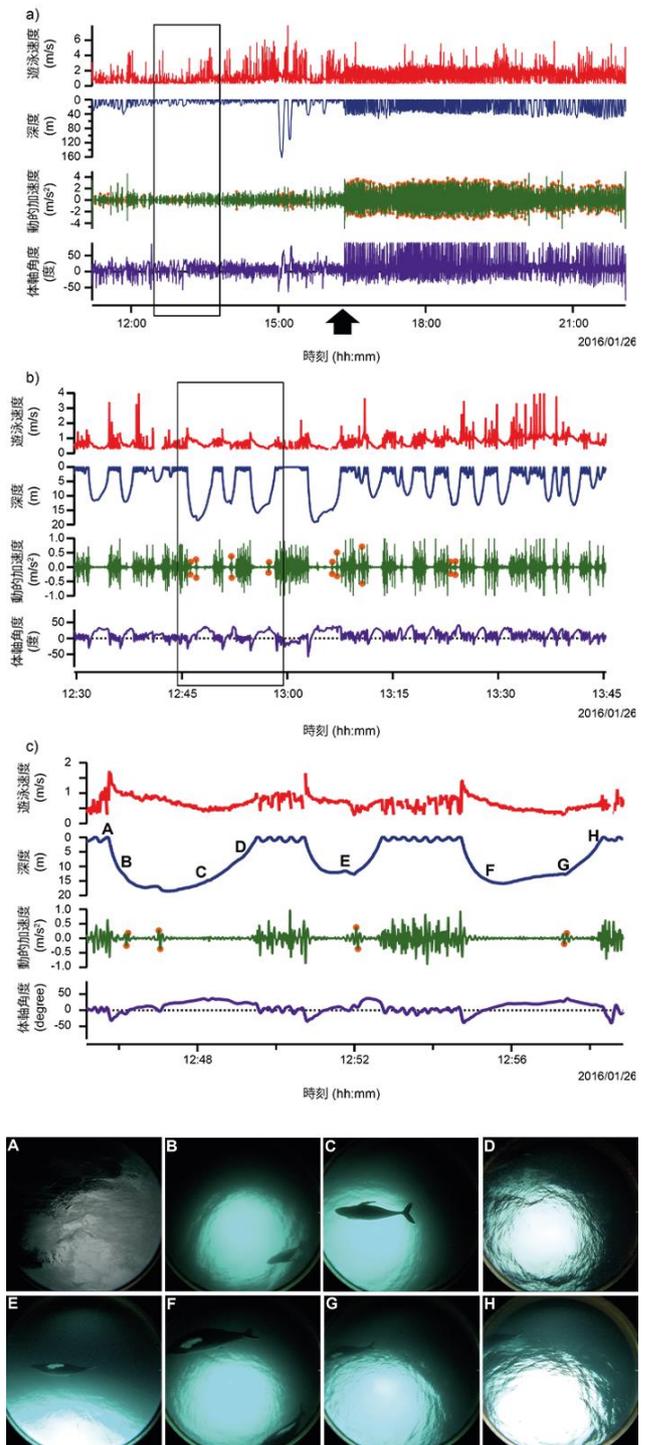


図 2. ザトウクジラの時系列行動データとビデオデータから切り出した映像。上から遊泳速度、潜水深度、加速度の動的成分、体軸角度。加速度の動的成分の上のオレンジの丸は尾ビレの動きを表す。a) タグ装着期間中の全データ (11 時間)。矢印の前が活動的ではない前半、矢印の後ろが活動的な後半。長方形はビデオの記録期間を示す。b) ビデオの記録期間を拡大。全体的に活動的でないことがわかる。c) b)の長方形部分 (3 潜水分) を拡大。深度記録上のアルファベットは、ビデオ映像のアルファベットと対応している。A は潜水開始直後の水しぶきを表す。B から H はほぼ静止状態の映像で、ゆっくりと他個体が漂う様子が写っている。他個体はタグ装着個体の上を漂っている。潜水を跨いでも同様の映像が続く。

新しい発見

オオミズナギドリの採餌行動と酸化ストレスの関係

小山 偲歩 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

育雛中のオオミズナギドリ(*Calonectris leucomelas*)の採餌行動と酸化ストレスの関係についての結果が論文になりましたので、この場をお借りして紹介させていただきます。

概要

- 育雛中の海鳥の酸化ストレス(疲労度指標)と、バイオロギングで記録した採餌行動の関係を検証した
- 2018年は、活動的な個体ほど餌(抗酸化力:疲労からの回復力の指標)を獲得していた
- 2019年は、遠くに行った個体、離水回数が多い個体ほど疲労していた
- 結果が年によって異なったのは、その年の餌利用可能性が影響しているかもしれない
- バイオロギングと酸化ストレス計測の統合により、採餌行動に伴う生理的負荷を定量化することができる

背景

育雛期の海鳥は繁殖地から餌場までの長距離を往復移動(採餌トリップ)し、自身のための餌と雛のための餌を獲得します。育雛期の海鳥の移動経路はGPSロガーの装着により明らかになりつつありますが、行動に影響を与え、また行動により変化する生理状態と行動の関係はほとんど明らかになっていません。生理状態と行動の関係を明らかにすることで、海鳥にとって生理的な負荷(疲労)となる行動は何か、生理的負荷の大きい(疲労している)個体はどのような行動をしているかなど、海鳥の行動を生理的な観点から説明できるようになると期待されます。

そこで私は、スポーツ科学などでヒトに対して使用されている酸化ストレス測定に着目しました。酸化ストレスは、運動により上昇する疲労度の指標である「酸化度」と、回復力の指標である「抗酸化力」のバランスが崩れることで生じます。「抗酸化力(抗酸化物質)」は、オオミズナギドリの餌であるカタクチイワシなどの小型浮遊魚に多くまれています。そこで、採餌行動と酸化ストレスに関して、1)長距離移動や大きな動きは酸化度を増加させるという仮説、2)餌の獲得は抗酸化力を増加させるという仮説を立てました。この仮説を検証するために、GPS・加速度ロガーによる採餌行動記録と、記録前後の酸化ストレス計測を行い、行動と、行動に伴う酸化ストレスの変化の関係を明らかにしました。

内容

調査は新潟県粟島で繁殖するオオミズナギドリに対して行いました。オオミズナギドリの親鳥は昼間採餌に出かけ、夜に繁殖地に戻って雛に餌を与えます。地面に掘った巣穴に帰巢している親鳥を素手で捕獲し、ロガー装着と酸化ストレス計測のための採血を行いました(図1)。約1週間後にロガーの回収と2回目の採血を行いました。調査の結果、2018年は14個体(オス6個体、メス8個体)、2019年は20個体(オス10個体、メス10個体)から行動データ(図2)および血液サンプルを取得することができました。



図1. オオミズナギドリの背中にロガーを装着した様子(左図 ©名古屋大学 山田雄風)と装着したロガー(右図)。夜に帰巢している親鳥をヘッドライトの明かりを頼りに探すので、ロガーに反射板を付けておくと、ロガー装着個体を見つけやすい

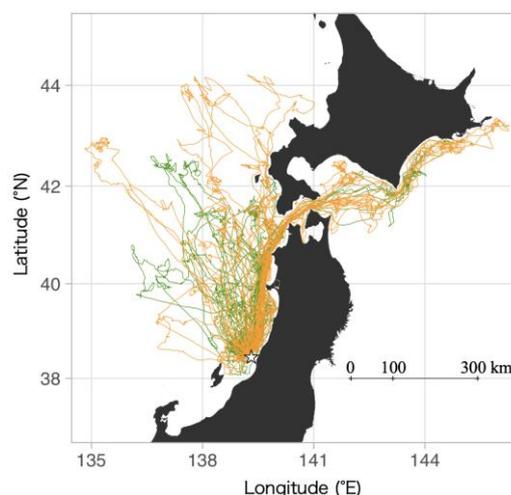


図2. 育雛期のオオミズナギドリの移動経路。緑色が2018年、黄色が2019年。オオミズナギドリは粟島(☆)から北海道太平洋沖までの長距離を約1週間で往復する。2018年は14個体から55回の採餌トリップを記録、2019年は20個体から48回の採餌トリップを記録した

酸化ストレスの変化（ログー回収時の値から装着時の値を引いたもの）と、採餌行動の関係を検証しました。その結果、2019年は最大到達距離（「繁殖地」と「繁殖地から最も遠い移動地点」間の直線距離）と疲労度の指標である酸化度の変化量（U. CARR）の間に正の関係（図3）が、離水回数と酸化度の変化量（U. CARR）の間に正の関係がありました（図4）。また、2018年は加速度から算出した動きの大きさの指標である ODBA（overall dynamic body acceleration）と、餌から得られる抗酸化力に正の関係がありました（図5）。

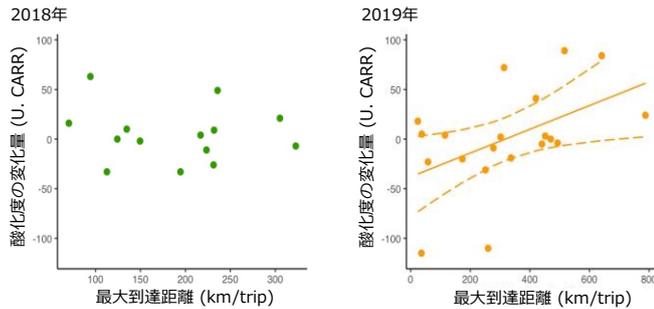


図3. 酸化度の変化量（ログー回収時の値からログー装着時の値を引いたもの）と、最大到達距離の関係。2019年は、酸化度の変化量と最大到達距離に正の関係があった（右図；黄色の実線；切片=-38.00, 傾き=0.12）。上下の破線は95%信頼区間。

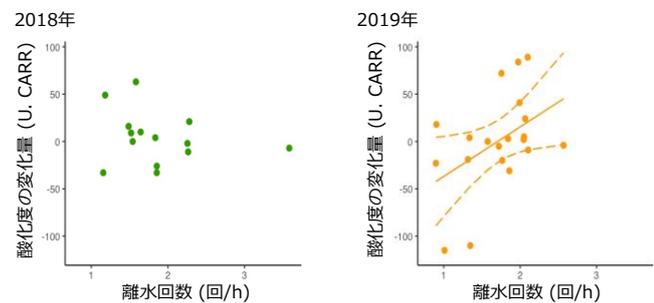


図4. 酸化度の変化量（ログー回収時の値からログー装着時の値を引いたもの）と、離水回数の関係。2019年は、酸化度の変化量と離水回数に正の関係があった（右図；黄色の実線；切片=-89.29, 傾き=52.35）。上下の破線は95%信頼区間。

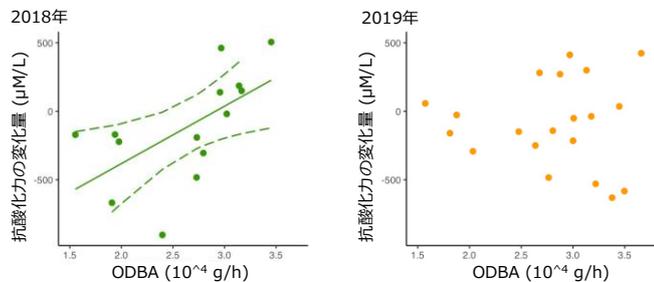


図5. 抗酸化力の変化量（ログー回収時の値からログー装着時の値を引いたもの）と、ODBAの関係。2018年は、抗酸化力の変化量とODBAに正の関係があった（左図；緑色の実線；切片=-1221, 傾き=419.4）。上下の破線は95%信頼区間。

考察と今後の展望

この研究で、酸化ストレスは採餌行動と関係があること、採餌行動に伴う生理的負荷の定量化に酸化ストレス計測が利用可能であることが示されました。

1つ目の「長距離移動や大きな動きは酸化度を増加させる」という仮説について、2019年は最大到達距離と酸化度の変化量（U. CARR）の間に正の関係が、離水回数と酸化度の変化量（U. CARR）の間に正の関係がありました。このことから、遠くまで飛ぶこと、頻繁な離水はオオミズナギドリにとって生理的負荷となると考えられます。ミズナギドリ目のいくつかの種では、親鳥は繁殖地から遠い場所で自分のための採餌を行なっていると言われていますが、オオミズナギドリの親鳥は、必ずしも自分の疲労回復のために遠くまで飛んでいるわけではないのかも知れません。また、羽ばたき飛行ではなく、主に滑空飛行で移動するオオミズナギドリにとって、大きな羽ばたきが必要な離水は疲労に繋がると考えられます。

2つ目の「餌の獲得は抗酸化力を増加させる」という仮説について、2018年はODBAと抗酸化力の変化量（μM/L）の間に正の関係がありました。オオミズナギドリが海面の魚を採るためには、潜水などの大きな動きを伴います。このため、2018年は餌利用可能性が高く、餌取り行動を積極的に行う（ODBAが大きい）ほど、魚を得て疲労を回復していたと考えられます。2019年でこの傾向が見られなかったのは、餌である魚がおらず、餌取り行動（潜水など）をしていなかったためと考えられます。今後、餌利用可能性についてより深く議論するためには、環境パラメータとの関係検証や、複数年におよぶ調査が必要であると考えています。

Koyama S, Mizutani Y, Yoda K (2021) Exhausted with foraging: Foraging behavior is related to oxidative stress in chick-rearing seabirds *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 258 (2021) 110984 <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2021.110984>



図. オオミズナギドリの雛。孵化後すぐ（左：孵化後10日ほど）は手のひらサイズで体重200g弱。孵化後60日ほど（右図）になると、親の体重約500gを超えて、体重900gにまで大きくなる個体もいる。その後約1ヶ月かけて雛は体重を減らしながら成長し、親と同じ体重になるころに巣立つ。

初心

長岡祥平（北海道大学大学院環境科学院 生物圏科学専攻 水圏生物学コース 生態系変動解析分野）

昨年の夏は初めての経験ばかりでとても短く感じたことをよく覚えています。学部4年生になったものの新型コロナウイルスの影響で研究室に行けない日々が続き、あっという間に6月になっていました。やっと行けるようになった研究室では“卒論”の2文字が飛び交い、何も分からないままひたすら「自分のやりたいことは何なのだろう」と頭を悩ます毎日。悩めば悩むほど深みにはまり、文献を調べれば調べるほど“無知”という壁にぶち当たる。まさにお先真っ暗な筆者でありました。そんな中で、突如舞い込んだダム湖での音響テレメトリーを用いたウグイの追跡という研究テーマ。まさに、暗闇から上へ上へと昇る光り輝く1本の蜘蛛の糸のように感じました。もともと興味があった魚類の生息域選択に関する話題、加えてこれまで興味を持って調べてきた超音波テレメトリー手法、まさに“どタイプ”な研究テーマでした。早速話を聞き、文献を漁り、自分なりに考え計画を立て研究室内で研究計画を発表したのですが、予想以上の渋い反応で驚きました。自分なりに考え抜き自信をもって送り出した計画のはずでしたが、隙だらけ穴だらけでボロボロ。再び自分の“無知”にぶつかり、伝えることの難しさを学びました。すぐに計画を立て直し「調査は準備が8割」という言葉を胸に準備に取り掛かりました。現地に滞在できる時間に限りがあるので、ロープの長さの調節などできることはやりました。さていよいよ調査です。

小学校の修学旅行以来となる新幹線で夏の北海道から灼熱の本州へ“夏の虫”の気持ちをしみじみと感じながら移動。初めての野外調査にワクワクしながらも緊張でテンションが上がり新幹線の中でもソワソワ。現地についてははごちゃごちゃ考えている暇もなく早速準備に取り掛かり、受信機等のチェックをこなし超特急の1日目が終了しました。2日目からは受信機の設置や湖内全域でのCTD観測などやることがいっぱい。しかも久々の本州の日差しと湿度が容赦なく襲い掛かり、新型コロナウイルス対策でつけていたマスクに籠る熱気とも奮闘しなければならず大変でした。調査前に色々と考え計画し調査に臨んだつもりでしたが、やはり実際にフィールドに出てみないと分からないことがたくさんありました。先輩からは湖面が真緑で臭いがキツイと聞いていたのですが、昨年は一昨年に比べアオコの発生が穏やかであったようで、調査2日目の朝は湖面の緑色もあまり確認できない状況でした。しかし、昼

近くになると一気に湖面が色付き、真緑に。短時間でこれほどまで環境が変わるのかと驚きました。また、調査をしていると、子供のころ山や川で遊んだ時の気持ちがよみがえり、なんだか懐かしく感じました。以前大学の授業でとある先生が、自己のフィールド研究に対する「小学生の自由研究のようだ」という批判を受け嬉しそうに「最高の誉め言葉ですね。」とおっしゃっていました。汚れても気にせず、時間も忘れて自然と向き合う子供達は「真の研究者」なのかもしれません。自分もフィールドに出て自然と触れ合うことで子供に戻れるような気がします。文献を読み知識を蓄えることはとても大切です。しかし、それと同じくらい自然と触れ合う・観察することも大切であると改めて感じさせられました。

協力して頂いた先生方や先輩方以外にボートの運転等、現地の方々にも大変お世話になりました。運よく頂いたテーマであり、何とか蜘蛛の糸を手繰り上へ上へと昇ろうとしていた筆者でしたが、後ろ振り返るとたくさんの人がいることに気付かされた野外調査でした。お世話になった方々のためにも良い研究となるようにこれからも精進したいと思います。



図1. 調査地のダム湖。アオコが発生し湖面が緑色に。



図2. 超音波受信機の準備をする筆者(左)と多岐にわたってサポートして頂いた同研究室の黒田さん(右)

賛助会員よりお知らせ

307kHz 高周波受信機&超小型コード化ピンガー 新規リリースのお知らせ

宮川 椋 (日本海洋株式会社) E-mail : rmiyakawa@n-kaiyo.com

昨年5月より日本海洋株式会社に入社いたしました宮川椋と申します。前職では4年間、北海道の調査会社にて、超音波テレメトリ機器を用いたフィールド調査を主として担当し、ダム湖や河川内においてサケ科魚類・モズガニといった主に水産有用種を対象としたバイオロギング調査を多く経験いたしました。現場を離れた今、改めて本会の記事を拝読しますと、当時の調査前のワクワク感や、まったくデータが取れなかった時の絶望感等、様々な気持ちが蘇ってきます。

さて、すでにご存じの方もいらっしゃると思いますが、弊社では水生生物の資源量を定量化するのに用いる「計量魚群探知機」や、曳網中の底曳網漁具における袖網の「拡き」や網深度を計測する「漁網監視装置」等、海外製の水中音響機器を幅広く販売しております。中でも、当研究会の皆様にもお馴染みの超音波テレメトリ機器ブランド「VEMCO」のメーカーである INNOVASEA 社の製品については、日頃よりバイオロギング研究者の方々を始め、多くの調査機関にてご使用いただいております。

この度は、INNOVASEA 社から表題の 307kHz 高周波受信機 (HR3 ; 図 1 左側) および超小型コード化ピンガー (V3 ; 図 1 中央) が新たに発売されたので、ご紹介させていただきます。

V3 は、長さ 15mm、幅 4mm、空中重量 0.3g 未満と世界最小級のサイズを実現した超小型ピンガーで、これまで装着が困難であった小型魚や栽培漁業対象種の追跡にもご使用いただけます。

また、V3 は 2 種類の異なる発信方式を有しています。1 つは High Residence (HR) という発信方式で、これにより発信間隔は最短で 1 秒程度に設定できるだけでなく、音響信号のエラー無しに多くの発信器 ID を検出することが可能になりました。もう 1 つは HTI という発信方式で、これにより従来と比較してノイズが多い環境や障害物が多い水中環境でも使用できるようになりました。これら 2 つの発信方式により、V3 はダム湖や小規模河川での追跡にも適したピンガーとして期待されます。一方、V3 はサイズが小さいことから、電池寿命は最大でも 1 か月程度と既存のピンガーよりは短くなりますので、短期間かつ限定された範囲における追跡調査に用いるのが最

適です。なお、発信器の起動・停止は専用アクティベーター (VTA ; 図 1 右側) を用いて行います。

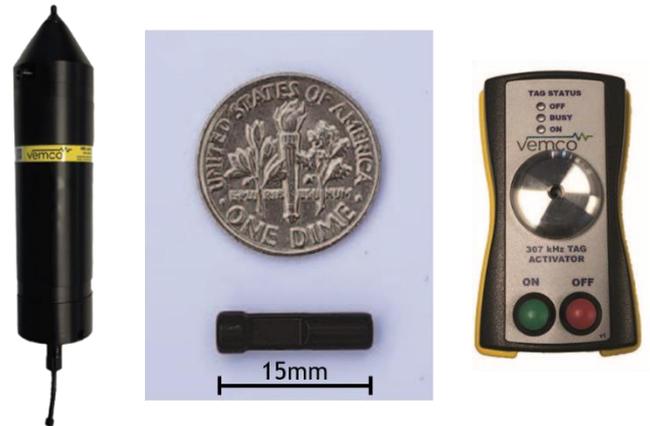


図 1. 新製品 (左から HR3-307kHz 超音波受信機、V3-307kHz コード化ピンガー、V3 用発信機起動装置)

V3 は専用の高周波受信機 HR3 と組み合わせてご使用いただけます。HR3 は上述の異なる 2 種類の発信方式 (HR および HTI) に対応しています。3 台以上の受信機を用いたピンガー位置座標の測位解析 (VPS ; Vemco Positioning System) においては、従来の受信機を用いて実施する場合よりも高精度で測位誤差は 1m 未満となるよう設計されていることから、より詳細な生物行動追跡が可能です。

本製品以外にも多種多様なバイオロギング (超音波テレメトリ) 製品がございます。製品に関するお問い合わせは、些細なことでも大歓迎ですので、メールやお電話にて、以下の連絡先もしくは担当の営業までお気軽にお寄せくださいませ!

日本海洋株式会社 問合せ先
TEL : 03-5613-8902 (営業部)
E-mail : info-sales@n-kaiyo.com
ホームページ
<http://www.nipponkaiyo.co.jp/>



賛助会員よりお知らせ

開発製品のご紹介

渡辺友樹（株式会社田中三次郎商店）

会員の皆様、こんにちは。株式会社田中三次郎商店の渡辺友樹です

弊社はダートタグなどのシンプルな外部標識から、アーカイバルタグや衛星発信器などのちょっと変わったものまで、色々なタグを販売させていただいています。通常のタグについての話では皆様既知の内容も多いと思いますので、今回は弊社の取り組む開発商品の中から3つ、ご紹介したいと思います。

①ドローンテレメトリーシステム

既に水産学会などでも発表しているので、ご存知の方もいらっしゃるかと思いますが市販のドローン（Phantom4 や Inspire2）にアンテナを装着して電波タグを探索する、という試みを行っています。事前に飛行予定場所の地形を測量して 3D マップを作成し、ルートに沿ってドローンを飛ばすことで電波タグを探します。一見、簡単そうに見えると思いますが、機器の選定・改造、機体バランスや風の影響、周辺環境（地形や樹々のトラップ）などなど…色々なハードルがありました。飛ばしては落とし、試行錯誤を繰り返す中で数年前に何とか形にすることができました。現場でのノウハウを積み重ねることで、今ではいろいろな生き物の調査に活用いただいています。ドローンは今まで人の手では調査が困難だった険しい山中や冬季の調査など、厳しい制約のある調査環境で真価を発揮します。今年の BL 研究会でも発表予定ですので、興味がある方は是非お声掛けください。



図 1. 受信機を搭載して飛行するドローン

②電波タグ用置き型アンテナ

①で紹介したドローンテレメの一環として生まれた商品で、河川など電波タグを感知したい場所に設置した指向性アンテナの受信状況を 24 時間記録することができます。ドローンテレメでは調査範囲が広がるとそれだけ探索に時間と手間がかかります。そこで、調査地域の数か所にアンテナを配置し、おおよその生き物の位置に見当をつけられるように開発しました。1 日 1 回、データをインターネット経由でアップロードできるため、離れた場所からも現場の状況を把握できます。アンテナ単体で使用する場合も、河川内での生物の行き来（上り下り）を検知したり、えさ場の利用を調査したり…いろいろな応用ができる商品になっております。

③超長期記録水中カメラ&画像解析

ありそうでなかった、超長期間の録画を行うカメラです。防水仕様により河川など水中設置にも対応しており、赤外線ライトを使う事で夜間の撮影も可能です。HDD や SSD といった記録媒体につなぐことで、数か月単位の長期録画が可能になりました。長期的なモニタリングや行動観察などにご活用ください。また、そのデータを画像解析できる仕組みを開発中です。長期間撮影のネックはその後のデータ処理です。通常、人力で動画をチェックすることが多いと思いますが、長期になればなるほどかなりの労力がかかります。それを画像処理とディープラーニングを使って高速できるように開発を行っております。まだまだ開発段階ですが、実現すれば皆様のご負担がぐんと下がると確信しています。

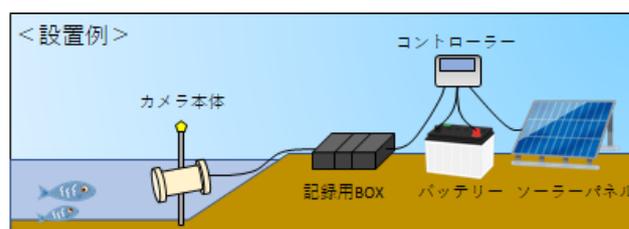


図 2. 長期間記録水中カメラの設置例

弊社では、こんな商品/システムがあればいいのに、と皆様が思うような痒いところに手が届く、そんな商品開発を目指しております。これからもどんどん新しいことにチャレンジしていきますので、アイデアや要望など皆様からのご意見をお待ちしております。

Logging Laws に向けた取り組み

小泉拓也・野田琢嗣 (Biologging Solutions Inc.)

当社は、2014年の設立以来、世界をリードするバイオロギング会社を目指して、データロガーの開発・製造・販売を行ってきました。当初は、創業者2名のみの小さな会社でしたが、設立7年目を迎えた現在では、皆様のサポートにより、ハードウェア設計者3名、ソフトウェア設計者3名、機構設計者1名の開発体制を築くことができました。また、開発拠点は、東京本社に加えて、2018年より京都R&Dセンター、2019年より福岡R&Dセンターを開設し、開発体制を強化しております。今回は、既存製品と今後の製品展開について、紹介致します。

Biologger シリーズ (既存製品)

Biologger シリーズは、深度・内部温度センサーを基本モデルとして、ユーザーの用途の合わせたセンサーの追加や、電池容量の変更が可能です。追加可能なセンサーとして、3軸加速度、照度、外部温度センサー(ストックオプション)を用意しております。メモリは、512MBと大容量であるため、長期間の連続計測が可能です。例えば、3軸加速度センサー4Hz、深度・温度センサー1Hzで計測した場合、約6ヶ月間の連続計測を実現しています。現在、更に小型化・省電力化を目指して改良中です。



図1. Biologger-DT-600



図2. カレイへの装着例

LoggLaw シリーズ(新規製品)

Biologger シリーズを刷新し、新たな製品ラインナップとして LoggLaw シリーズの開発を進めています。LoggLaw とは、Logging Laws の略で、あらゆる法則を記録するための装置という思いを込めています。

1. ハイドロフォン搭載ビデオロガー (2022年4月以降発売予定)

ビデオロガーは、生物が見ている世界を視覚的に記録可能な強力なツールとして使われています。現在、当社では、これまでのビデオ録画機能に加えて、ハイドロフォンを搭載することで、水中音(100Hz~20kHz)を同時に録音可能なビデオロガーを開発中です。ハイドロフォン搭載ビデオロガーにより、視覚だけでなく、音響的にも水中世界を観測することができます。暗所でも撮影が可能のように、生物への影響が小さい赤外線LEDを光源として採用しています。また、画質は、Full-HD、HD、VGAから用途に合わせて選択でき、SDカードは、1TBまで対応しています。2021年7月に試験的にウミガメに装着し、Full-HD 30fpsで約48時間の連続録画データを各個体から回収することができました。VGAで撮影した場合、水中音と同時に連続100時間以上の録画も可能です。今後は、加速度や深度、温度センサーを搭載することで、センサー情報のロギング機能や、ビデオロガーの起動のイベントトリガー機能を追加する予定です。



図 3. ハイドロフォン搭載ビデオロガー試作機



図 4. ウミガメに装着したビデオロガーの映像

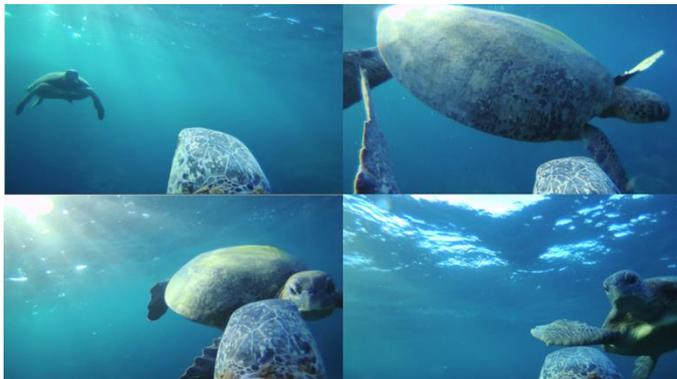


図 5. ウミガメに装着したビデオロガーの映像

2. LPWA 通信機能搭載ロガー (2022 年 4 月以降発売予定)

LPWA とは Low Power Wide Area の略であり、電力を抑えて遠距離通信ができる通信規格で、近年 IoT 分野で利用されています。当社では LPWA の中でも携帯電話網で通信可能な LTE-M 通信機能を搭載した各種ロガーの開発および現場検証を進めています。本システムでは、携帯電話網を介し、クラウド上のサーバーにデータが蓄積されますので、インターネットを介し、データの閲覧・ダウンロードが可能です。バイオリギングの課題の一つとして、データ回収が挙げられます。バイオリギングで携帯電話網が利用可能な状況は、対象生物やその生息場所により限られますが、本システムは活用できる状況であれば比較的大容量のデータを回収できる効果的な方法と考えています。

LTE-M 通信機能を搭載したロガーとして、以下のロガー(図 6)を開発しました(前月号の会報誌、田嶋さんの野外調査報告と一部重複します)。



図 6 : LTE-M 通信機能・環境計測ロガー

本ロガーでは、溶存酸素(光学式)・塩分(電磁誘導式)・温度・深度を計測し内部メモリに保存します。塩分センサによりロガーが海中から空気中に出たことを検知すると、NTT docomo の携帯電話ネットワークを介し内部メモリに蓄積したデータをクラウドに送信します。クラウド上にデータ蓄積されるため、ロガーを回収しなくてもデータの回収が可能です。またデータが送信されると、Slack に送信があったことが通知されるように設定しています(図 7)。



図 7. Slack 通知の様子(ID は一部隠しています)

2021 年 7 月に本ロガーを石垣島に産卵上陸するウミガメに装着し試験を行いました。産卵期のウミガメは 1 シーズンに複数回、産卵のために上陸するため、上陸した際にロガーを装着すれば、再び上陸の際に(今年は 10 日前後の産卵間期)、ロガーを直接回収することが可能です。ですが、ロガーを回収するためにはウミガメが再び上陸する際に砂浜を歩き、装着個体と再遭遇する必要があります。夜間に砂浜を歩き、ロガーを装着した個体を探すこととなりますが、人員・労力や天候の観点で、必ずしもロガー装着個体に再遭遇できない状況も発生します。本ロガーを用いることで、実際にロガーを回収しなくてもウミガメから産卵間期のデータを回収することに成功しました。また、産卵上陸の際に、データが送信されると Slack 通知されるため、ある個体では、他の作業で浜回りでできていないタイミングで別の砂浜で産卵上陸したことがわかり、作業を切り上げて、直接回収に向かうこともできました。IoT 技術を用いることで、データ回収だけではなく、現場の作業効率も改善することができた例と考えています。

また、鳥用の GPS ロガーも開発しています。本ロガー(図 7)は太陽電池を搭載し、携帯電話網に計測した GPS データを送信します。太陽電池を搭載していますので、電力がなくなっても太陽光で充電されれば再び計測・送信を開始することができます。現在小型化、低省電力化を進めています。



図 7 : LTE-M 通信機能・GPS ロガー

終わりに

ハイドロフォン搭載ビデオロガー及び LPWA 通信機能搭載ロガーについては、The 7th international Bio-logging Science Symposium (2021 年 10 月 18 日~22 日)にて発表予定です。また、展示会にも出展致しますので、ぜひお立ち寄りください！2021 年 11 月 2-3 日に開催される第 17 回日本バイオロギング研究会シンポジウムにおいても、製品紹介のワークショップを開催したいと考えています。また詳細決まり次第、Web 上にてお知らせいたします。

昨今、展示会や学会等でユーザーの皆様と直接お会いする機会が減っており、大変残念な状況が続いておりますが、ロガーに関するご要望や共同研究等がございましたら、ご連絡いただければ幸いです。海外のロガー会社に負けない製品を開発して参りますので、今後とも何卒宜しくお願い致します。

賛助会員よりお知らせ

移動体（アルゴス送信機）の追跡・回収ソリューション

守本志帆（株式会社キュービック・アイ）

皆様、こんにちは。昨年度より（株）キュービック・アイに入社し、アルゴスサービスのサポート等を担当しております。守本と申します。なかなか皆様とお会いする機会がない中、この度、本紙面をお借りしてアルゴス送信機等の移動体の追跡・回収ソリューションを2つご紹介させていただきます。

バイオロギングでよくご利用いただいているアルゴス送信機のデータの流れは、図1に示すように、
(1)アルゴス送信機からアルゴス衛星へデータ送信
(2)アルゴス衛星から地上受信局へデータ転送
(3)受信データをデータセンターで処理後インターネットを通じてユーザーに提供（アルゴスウェブに表示）
となります。

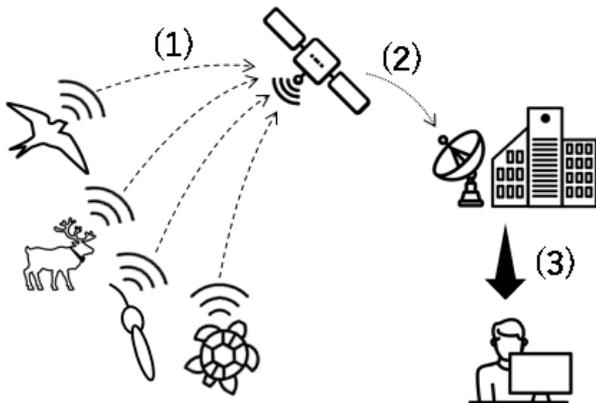


図1. アルゴス送信機からのデータの流れ

衛星でデータを回収するだけの送信機なら、上記の流れでデータ取得できればめでたしめでたしです。ところが、残念ながら衛星に送信できるデータ量は限られているため、カメラの動画データや高サンプリング頻度の加速度データなどは、装着したロガーを回収しないと入手できません。ロガーの回収にはVHF送信機が広く利用されていますが、海洋動物にロガーを装着する場合など、動物の移動距離が大きいと、ロガーが切り離されたときにはVHFの受信範囲外まで移動してしまっている場合もあります。そのようなときのために、アルゴス送信機をロガーにくっつけておけば、その大体の位置をウェブで調べてからフィールドに回収に向かうことができます。

こういった場面で活躍するのが今回ご紹介する A. イリジウム衛星通信タブレット THORIUM-X（トリウム-エックス）、そして B. アルゴス方向探知機です。

A. イリジウム衛星通信タブレット THORIUM-X
海上にリリースされたアルゴス送信機（とロガー式）は潮に流されて事前にウェブで調べた位置から動いてしまっている場合があります。そのようなときに、携帯電話のつながらない沖合からでも、送信機の大体の位置を調べなおすための手段がこのタブレットです。

THORIUM-X は、防水・防塵（IP65）の Android タブレットに、イリジウム衛星通信機能を搭載したものです（図2）。



図2. THORIUM-X タブレット 販売価格 320,000 円(税別)

図3に示すように、(1)アルゴス衛星で収集し、(2)地上受信局におろしたデータから得られた位置情報を今度は(3)イリジウムという別の衛星システムを使用してタブレットに送信します。

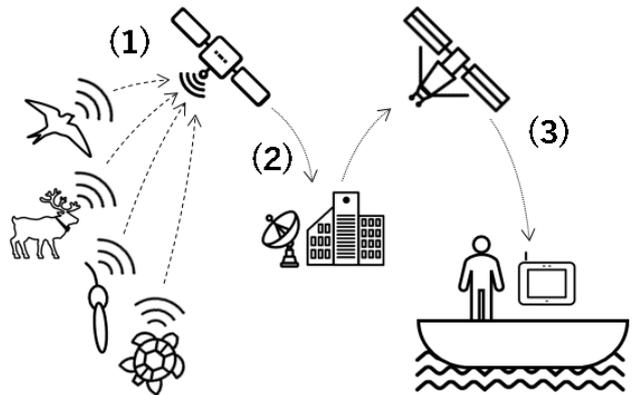


図3. アルゴス送信機から THORIUM-X へのデータの流れ

これにより、携帯電話のつながらない海上やへき地でも、アルゴス送信機の位置をタブレットの地図上で確認することができます

船上で THORIUM-X の地図表示を見ながら大体の位置にたどり着き、そこからは目視や次に紹介する方向探知機を使用する、というイメージです。

加えて、THORIUM-X ではイリジウム衛星通信で Eメールを送受信したり、小さなテキストファイルを

送受信したりすることができます。このタブレットはアルゴス送信機のみならず、イリジウムビーコンのGPS位置の追跡に使用できるため、イリジウムビーコンによる海洋（海底）観測装置の回収の用途で先行して利用が広がっています。

B.アルゴス方向探知機

さて、事前に、あるいは THORIUM-X で調べたアルゴス送信機の位置情報から、ロガーが漂流していると思われるだいたいの位置にたどり着きました。ここからは VHF を頼りにロガー捜索を行うことができます。が、せっかくアルゴス送信機をつけたのだから、フィールドに到着してからもアルゴス送信機の電波を利用してロガーを回収しよう、というのがアルゴス方向探知機（図 4）です。あるいは、ポップアップタグなど、VHF を持たずアルゴスの電波しかださない装置を回収するには、アルゴス方向探知機に頼るしかありません。



図 4. アルゴス方向探知機セット（販売価格：1,260,000 円（税別）、レンタル価格：120,000 円/月～）

アルゴス方向探知機は、アルゴス送信機が 45～60 秒おきに発信する電波を、衛星を介さずに直接受信し（図 5 (1)）、画面上に現在地からの方位・距離を表示します。

図 6 はアルゴス方向探知機の画面表示例です。事前に登録しておいた ID のアルゴス送信機が現在地から見て南南西に 25.2 km の地点で 45 s おきに発信しているということがわかります。

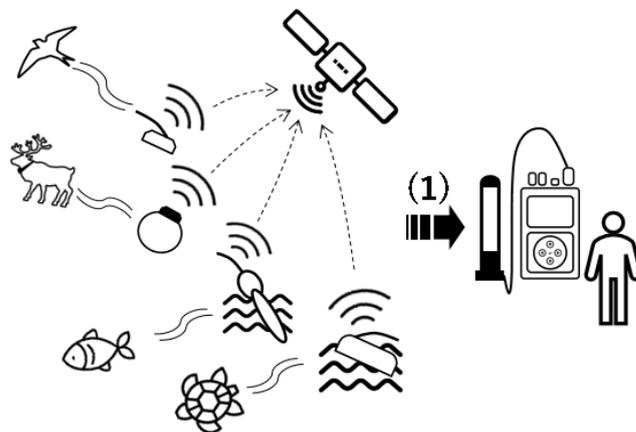


図 5. アルゴス方向探知機でアルゴス送信機の電波を受信



図 6. アルゴス方向探知機の画面表示例

衛星が飛んでいなくても、インターネットがないところでも、アルゴス送信機の電波を直接受信・分析できるのがアルゴス方向探知機のよいところです。海外では海上での送信機回収成功例や脱落した鳥用送信機の回収例がいくつも報告されています。国内でも、浜辺に漂着したポップアップタグ（幸いまだ発信中でした）の回収に役立ったという嬉しい事例をご報告いただきました。



THORIUM-X もアルゴス方向探知機も、バイオリギングの様々なフィールドでお役に立てると思います（図 7）。まずは、直接お会いする機会があった際に、ぜひデモ機に触ってみてください。

図 7. フィールドで活躍する THORIUM-X と方向探知機

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。

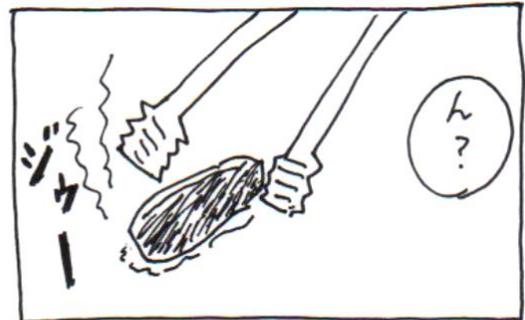
■住所・所属の変更はお早めに事務局
(BioLoggingScience@gmail.com) まで
メールアドレスが変わりました

編集後記

手前味噌ですが、私は子供のオムツ替えが得意です。
足をバタつかせる子の隙について迅速にオムツをセ
ットし、適度な具合でテープを締める。全て口ガー
装着から学んだことです【NS】

高知でアカメ調査はじめました。トリプル台風が心
配でしたが、何とか無事に終わることが出来ました。
相変わらず雨が多いですね。野外調査は安全第一で
進めましょう。【YM】

ひみつ探偵
ヨシキリオ (154)



【S.K】