



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. 202

発行日 2023年7月6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

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

- ヒトデの超高速移動?? 三好 晃治（北海道立総合研究機構 中央水産試験場） 2
- 海洋における二ホンウナギの回遊行動の地域差
阿部 貴晃（日本大学 生物資源科学部・日本学術振興会特別研究員 PD） 4

調査報告

- 集団産卵の同調性を調べたい 関 恭佑（北海道大学大学院 環境科学院） 6
- 海面反射波を利用した水平距離計測の精度評価に関する研究
豊田 崇伸（東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科） 8
- キジハタのバイオテレメトリー調査@仁方湾 西 遼太郎（東京海洋大学 海洋資源環境学部） 9
- 南極に向けての訓練の日々 高松 敦（東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科） 10

「集団産卵をするニシン」

撮影者：野間俊介 撮影場所：函館市国際水産・海洋総合研究センター 撮影日：2023年4月21日

新しい発見

ヒトデの超高速移動???

三好 晃治 (北海道立総合研究機構 中央水産試験場)

ヒトデを海岸や水族館で見たことはあるかもしれませんが、その動きを直接目撃したことがあるでしょうか？みなさんの多くは、ヒトデが海底をゆっくりと這う姿を思い浮かべるでしょう。今回は、超音波テレメトリー技術を活用し、ヒトデの移動を追跡した研究をご紹介します。

北海道東岸のオホーツク海から根室海峡にかけての沿岸では、放流ホタテ漁業が行われています。ここでは、ホタテ稚貝を漁場に放流し、3~4年後に大きく成長したものを漁獲します。しかし、稚貝の天敵であるヒトデの漁場への侵入・食害が深刻な問題となっています。ヒトデがいつ、どれほどの速度で漁場に侵入するのかはほとんど明らかになっておらず、ヒトデの行動を正確に把握する技術が求められていました。そこで、我々は超音波発信機を利用して、ヒトデの海底での行動を追跡する技術を開発しました。

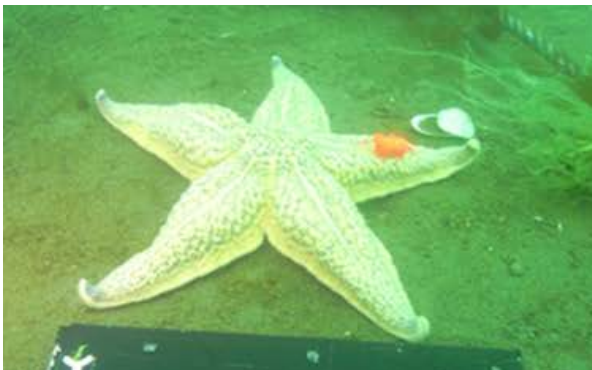


図1. 発信機を装着したマヒトデ
(赤色が発信機)

本研究ではまず、ヒトデに発信機 (V9-1H, VEMCO 社製) を装着することから始めました。しかしながら、ヒトデといった棘皮動物の皮膚は特殊な構造をしており、糸などで標識をつけようとするときに取り外されてしまいます。今回調査対象となったマヒトデは、外部標識する技術がなかったため、コブヒトデの標識技術を改良し、なんとか2カ月以上は発信機が脱落せず標識できるようになりました (図1: もし、ヒトデに対するマニアックな標識技術にご興味があれば、Chim and Tan, 2013 をご覧ください)。

ホタテ漁場周辺に超音波受信機を設置し、発信機を装着したマヒトデを放流しました。これにより、2カ月以上にわたりヒトデの移動を追跡することに成功しました。調査は夏~秋と春~夏の2回に分けて行い、位置情報の解析はVPS (VEMCO Positioning System)

を利用しました。その結果、夏~秋の調査期間のヒトデの平均移動速度は4.3m/時間でしたが、春~夏の調査では18.1m/時間と、4倍以上の速度で移動していたことが明らかになりました。また、春~夏では、ほとんどの個体が特定の方向に移動していました (図2)。これは、この地域のマヒトデの繁殖期が同時期であることなどから、適地探索など繁殖に関連してものと考えられますが、解明には至っていません。

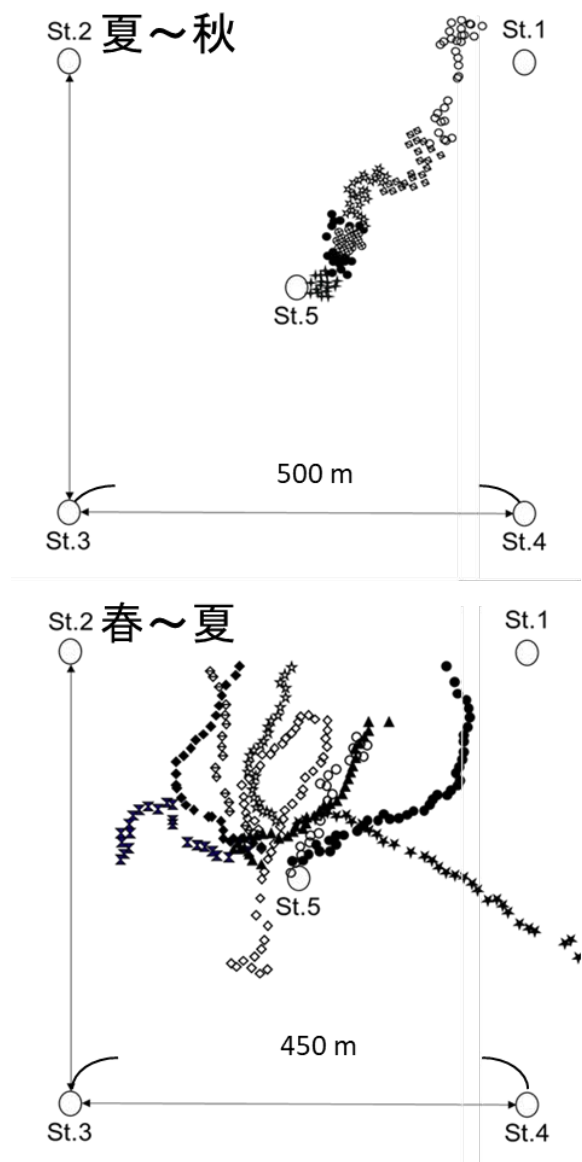


図2. マヒトデの移動軌跡
(各シンボルが各個体を示す。夏~秋に7個体、春~夏に11個体を追跡した)

さらに、春から夏の調査期間には、最大で45.1m/時という、夏から秋の期間の平均速度の約10倍にもなる

驚異的な速さで移動するヒトデも観察されました。この高速移動のメカニズムはまだ解明されていないものの、マヒトデと近縁の種においては、腕を球体状に折り曲げ、海底を回転しながら移動することが報告されています (Sheehan and Cousens 2017)。これは潮流の影響が関与している可能性が考えられます。

加えて、私たちが調査を行った地域においては、ホタテ漁場のヒトデ密度が、季節的に急激に増加する現象も確認されており、これは従来知られているゆっくりとした移動様式だけでは説明が難しいものです。今回の研究では、残念ながら回転移動を直接確認する映像は得られませんでした。もしヒトデの回転行動を確認できていたとしたら、これは非常に興奮する発見です！

近年、ナマコやウニといった他の棘皮動物にもバイオテレメトリー・バイオロギング技術が応用され始めています。今後の棘皮動物界隈では、さらに興味深い発見が期待できるでしょう。



図3. ヒトデが回転移動している様子
(Sheehan and Cousens 2017 より転載)

(参考文献)

Chim, C. K., & Tan, K. S. (2013). A method for the external attachment of acoustic tags on sea stars. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(1), 267-272.

Sheehan, E. V., & Cousens, S. L. (2017). "Starballing": a potential explanation for mass stranding. *Marine Biodiversity*, 47, 617-618.

Miyoshi, K., Kuwahara, Y., & Miyashita, K. (2018). Tracking the Northern Pacific sea star *Asterias amurensis* with acoustic transmitters in the scallop mariculture field of Hokkaido, Japan. *Fisheries science*, 84(2), 349-355.

新しい発見

海洋における二ホンウナギの回遊行動の地域差

阿部貴晃（日本大学・日本学術振興会特別研究員 PD）

二ホンウナギ *Anguilla japonica* は、東アジアの河川や湖沼、沿岸域を生育場とした降河性回遊魚であり、マリアナ諸島の西部海域を産卵場としています。二ホンウナギは、フィリピン北部から北日本まで広く分布することが知られている一方で、各生育場を出発した二ホンウナギが産卵場まで到達するかどうかについては明らかではありません。日本海側や、東北地方といった一部の地域に輸送された二ホンウナギは死滅回遊ではないかという意見もあります。近年、二ホンウナギの資源量は急減少しており、適正な資源管理が求められています。その基礎として、資源構造（各生育場を出発したウナギが産卵集団へ寄与するかどうか）や、回遊期間（一年以内でつくのか、一年以上かかるのか）を明らかにすることは重要といえます。

そこで、本研究ではポップアップタグを用いて二ホンウナギ親魚（銀ウナギ）の追跡調査を日本各地（東海地方、日本海側、東北地方の3地域、計6地点）で実施しました（図1）。先に申し上げておくと、マリアナ諸島近海までは追跡することはできませんでした。今回の論文は、黒潮に面した地域でしか行われてこなかった二ホンウナギの追跡調査を、日本海側や東北地方で実施し、これらの地域の二ホンウナギの回遊行動を記載した点が新しい点となります。

東海地方で放流した二ホンウナギは、先行研究と同様に黒潮に沿って、南東方向へ移動する傾向がありました（図2A）。その一方で、日本海側を出発した個体は対馬暖流とは反対方向に移動する傾向が（図2B）、東北地方で放流した個体は南に移動する傾向がみられました（図2C）。また、海洋を移動する二ホンウナギは日周鉛直移動をすることが知られており、夜間は浅めの深度帯（200~400 m）、日中は深い深度帯（400~800 m）を遊泳するとされています。日中の最大遊泳深度には水温が関わるとされており、4°C よりも低い深度は利用しないことが報告されています。実際に、東海地方で放流した個体は日周鉛直移動を行っており（図3A）、温かい水塊構造へと移動すると、日中の遊泳深度は深くなる傾向がみられました。

一方で、日本海を移動するウナギは、鉛直移動はしていたものの日周期性はみられず、表層~約200 mの深度帯を頻りに往復していることがわかりました（図3E）。海域間の遊泳行動の違いを考察するために、東海地方で放流した個体と、日本海で放流した個体が経験した深度・水温プロファイルと比較してみると、東海地方では、深くなるにつれて水温がなだらかに低下していた

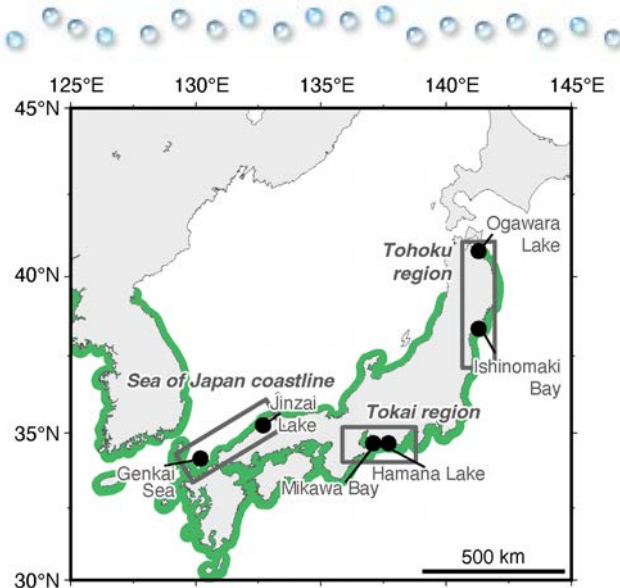


図1. 調査場所。東海地方（浜名湖、三河湾）、日本海側（神西湖、玄界灘）、東北地方（小川原湖、石巻湾）で漁獲された二ホンウナギを実験に用いた。二ホンウナギの分布域を緑で示した。

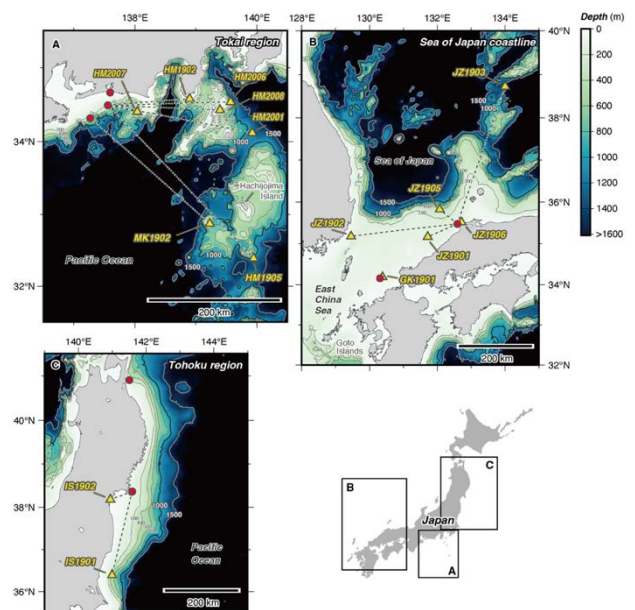


図2. 東海地方（A）、日本海側（B）、東北地方（C）で放流した二ホンウナギの放流場所（赤丸）とタグの発信位置（黄色三角）。発信位置のキャプションは個体IDを、地図上の色は深度を示している

のに対し（図3B）、日本海側では深度が少しでも深くなると水温は急低下し、深度200 m弱で4°Cに達することがわかりました（図3F）。観察数が少ないため明確なことはわからないものの、深い深度が利用できないような環境では、二ホンウナギは日周鉛直移動を行な

わず表層と限られた深度の間を往復することが考えられました。日本海側から放流した他個体からのデータも表面水温と同程度の水温が記録されていたことから（図4）、日本海を移動するウナギは表層近くを遊泳するのは間違いではなさそうです。過去の文献を調べてみても、日本海に隣接する東シナ海では、ウナギが表層を遊泳していることが報告されており、玄界灘の漁業者からも、小遣い稼ぎに表層を泳ぐウナギを狙う漁師がいたとも聞くので、東シナ海や日本海ではよくみられる光景のようです。

今回の調査には、現行のポップアップタグの中でも最小クラスのものを使用しましたが、装着期間や追跡距離は先行研究と大きな差はなかったことから、タグの装着方法や放流方法などは、改善していく必要がありそうです。また、ヨーロッパウナギやアメリカウナギでは最長で2000 km以上を追跡できていますが、ニホンウナギとは体サイズが大きく異なるので（ニホンウナギ：0.7~1.3 kg、ヨーロッパウナギ・アメリカウナ

ギ：2~3kg、いずれもメスの場合）、タグサイズの影響も大きいと考えられます。そのため、今後はタグ自体の小型化なども重要な課題といえるでしょう。日本各地の生育場を出発し、3000 kmを超えるニホンウナギの回遊経路を描けるのは、まだまだ先の話になりそうです。

文献情報

Abe T.K., Galang, I., Daryani, A., Minamikawa, S., Mochioka, N., and Hakoyama, H. Regional differences in oceanic migratory behavior of Japanese silver eel in waters with different vertical temperature gradients. *Animal Biotelemetry* (Accepted).

(Preprint 版の URL:

<https://www.researchsquare.com/article/rs-2853316/v1>)

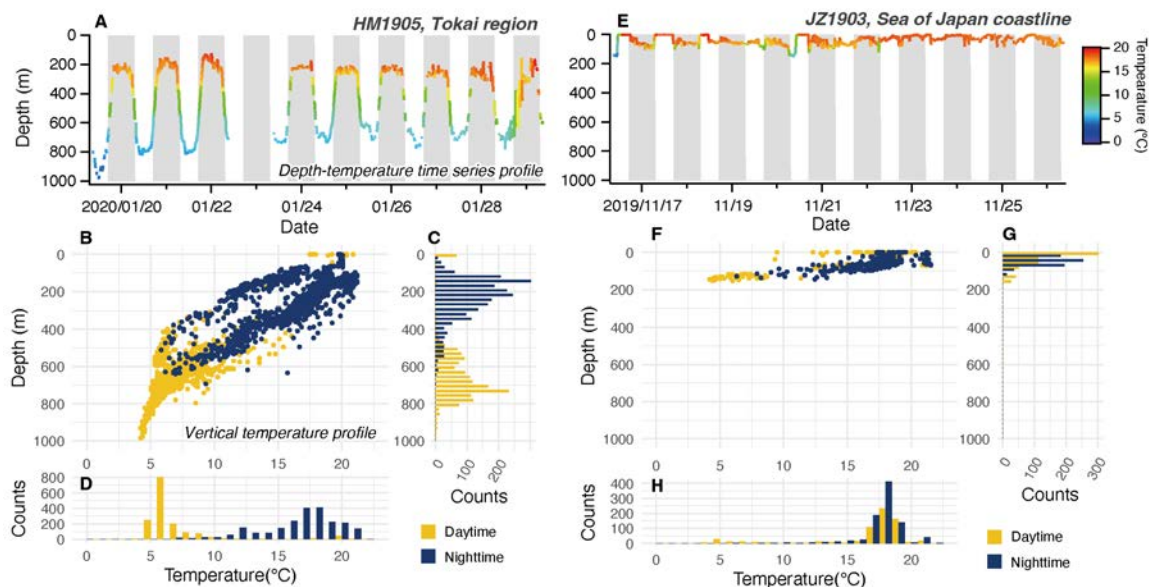


図3. 東海地方で放流した個体（HM1905）の深度・水温の時系列データ（A）、深度水温プロファイル（B-D）と日本海側で放流した個体（JZ1903）の深度・水温の時系列データ（E）、深度水温プロファイル（F-H）。

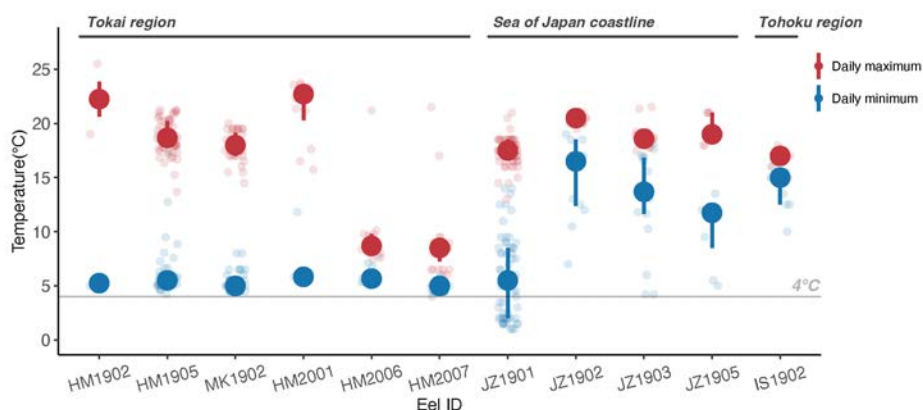


図4.東海地方（Tokai region）、日本海側（Sea of Japan coastline）、東北地方（Tohoku region）で放流したウナギのタグに記録された最大水温（赤）と最小水温（青）。線は四分位範囲を示す。

調査報告

集団産卵の同調性を調べたい

関 恭佑（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）

ニシンの産卵は「群来（くき）」とも呼ばれており、北海道では冬の風物詩となっています。ニシンは産卵期の冬～春になると、沿岸部に集団で来遊し藻場に一齐に放精・放卵をする、集団産卵を行います。その際、広範囲にわたってオスの精子で海が真っ白に染まるため、道民の関心を集めており、新聞やネットニュースでも取り上げられることが多いです。

集団産卵では、複数の雌雄が一斉に放精・放卵すると言われていますが、実際に内部でどの程度交配が生じているのか、明らかではありません。こうした産卵メカニズムの細部を知るためには、個体単位で行動追跡する必要があります。しかし、集団産卵では複数の個体が入り乱れることと、精子で水中が真っ白になるため、個体の行動を観察することが困難でした。そこで、大型実験水槽にて大規模なニシンの集団産卵を誘発させ、そのうち数尾に加速度データロガーを装着することで、個々の産卵行動、ひいては集団産卵の同調性を明らかにしようと思いました。

2023年4月、ここ数年間ニシンの漁獲量が安定している、北海道標津町にてサンプリングをしました。私は学部3年の時から、毎年標津に通っており、今年で5度目。毎回協力して下さっている標津サーモン科学館の館長さんや標津の漁師さんには頭が上がりません…。サンプリングのために、ニシン漁に同行したのですが、定置網には凄い量のニシンが入ってました（図1）。メスはお腹に数の子をパンパンに蓄えおり、とても美味しそうでした…！



図1. 漁獲されたニシン

標津で確保したニシンは、活魚輸送業者さんに頼んで、10時間かけて函館まで運搬していただき、私たちの研究室の大型実験水槽に投入しました。標津で調査をした私と後輩2人は、搬入には参加できませんでしたが、皆が研究室総出で搬入作業してくれました！



図2. 大型実験水槽に投入したニシン

水槽内には912尾のニシンが入りました。搬入の様子は、逐一研究室のメンバーから連絡されていたのですが、どうやら搬入中に数匹、すでに精子を出している模様…。データロガーを付けなければ、実験として成立しないので、後輩たちに頼んで急遽数匹にタギングをしてもらいました（本来は後日にタギング予定でした）。海が荒れているときは群来が起こらない、と言われていたので、水流を発生させる装置を作動させて、申し訳ないのですがニシンたちの産卵はオアズケしてしまいました。

標津調査組は翌日に研究室に帰り、残り個体へのタギングをし、計58個体のロガー装着個体を水槽に投入しました。作業が終わって水槽を見てみると、ニシンたちはすっかり良いムード(?)。多くの魚で、新月・満月の日（大潮の日）には産卵が起きやすいと言われており、その日はちょうど新月の翌日でした。そこで、水流をOFFにして群来の発生を祈りました。

その日の晩、水槽ではニシンが盛んに、海藻にお腹をこすりつけ、放精、放卵していました。確かに目視での観察は難しく、見た目では雌雄も分からず、どの個体がどの位産んでいるのかも全くわかりません。翌朝、水槽を見てみると、見事に白く濁っていました（図3）。しかし、ニシンのお腹にはまだ卵や精子が沢山残っているようにも思えます。野外では一回の群来で全ての配偶子を出しているのか、それともチビチビ配偶子を出しているのか…そこに雌雄で差があったりしたら面白いなと思っています。

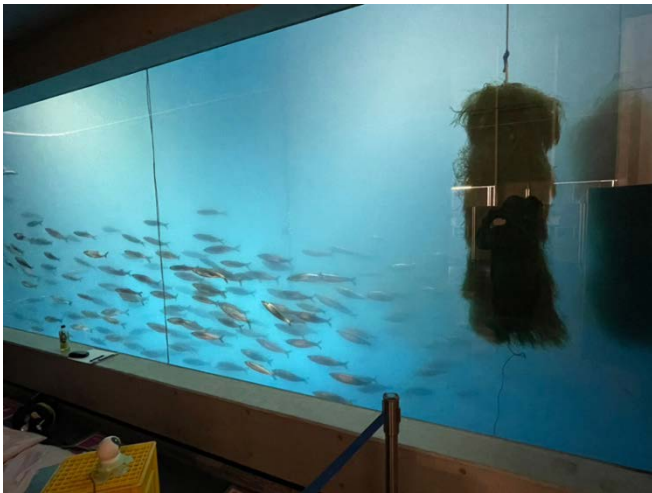


図 3. 群来が起きた翌朝の水槽

まだ加速度データの解析は進んでいませんが、どの個体がどの位産んでいて、どの位同調性があるのか明らかにしたいと思います。毎年お世話になっている漁師さんや、実験に使ったニシンのためにも、良い結果を提示したいです。機会があればバイオロギング学会でも発表したいので、皆様応援&ご助言よろしく願います！



図 4. 糠ニシン

ちなみに、実験で使わなかったニシンは糠漬けにしました（図 4）。これは糠ニシンと呼ばれ、北海道でニシンの保存食として重宝されているようです。ニシンは骨が多いのですが、糠漬けすることによって骨が柔らかくなるので食べやすく、絶品です。漁師さん直伝のレシピを教えてもらったので、毎年作りたと思います。

海面反射波を利用した水平距離計測の精度評価に関する研究

豊田 崇伸 (東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科 海洋資源環境学専攻)

東京海洋大学大学院修士2年の豊田崇伸と申します。私は応用情報システム工学研究室に所属しており、「超音波バイオテレメトリーシステムによる海面反射波を利用した水平距離計測の精度評価に関する研究」というテーマで研究をしています。本研究は海面反射波を利用するため、実験が行えるかどうかは海面のコンディションに大きく左右されます。そのため、天候の影響を受けて、これまでに何度も実験が中止になっていましたが、2022年8月に千葉県館山市でようやく実験を行うことができました。実験に行くことのできる日が限られているため、実験できる条件が揃った際、いつでも実験に行けるように徹底的に準備を行いました。指導教員の先生方と綿密に話し合い、参考文献を探しては研究室の仲間と議論したことで実験方法や解析方法を確立させることができました。私自身も初めてのフィールドワークだったので不安でしたが、天候にも恵まれ、スムーズに実験を行うことができました。

験では、ピンガーをつるしたブイに取り付けたGPSと受信機を搭載した小型船のGPSから求めた2点間の距離を実測値として、推定値との比較を行っています。また、比較結果から精度や誤差要因を明らかにし、水温や塩分、音速等の環境情報を踏まえた補正方法も検討します。



図1. 千葉県館山湾（鏡ヶ浦）の様子。

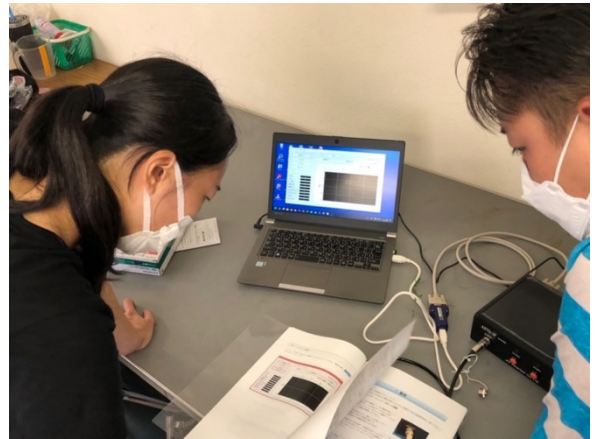


図2. CTDを設定している様子。

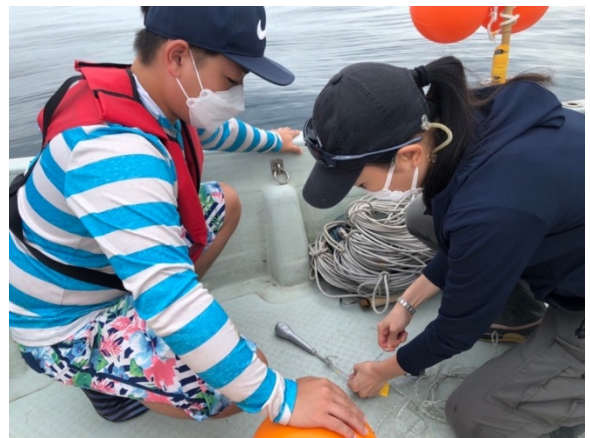


図3.ピンガーをロープに取り付けている様子。

超音波バイオテレメトリーシステムは、対象物に装着した超音波発信器から発せられる超音波信号を3台以上の受信機で受信すれば、水中生物の位置を求めることができます。本研究は、本研究室が行っていた浮漁礁周辺における回遊魚のモニタリングに関する研究がベースとなっています。浮漁礁周辺は受信機の設置が難しく、受信機を1台しか使えないため、測位することが困難です。一方で、浮漁礁に設置した受信機で受信できる超音波信号には、直接波と海面を反射して間接的に届く反射波があることが確認できていました。そこで本研究では、本来除去する反射波を用いて、受信機1台で、受信機と発信器間の距離を算出することができないかという着想に至りました。測距精度の評価実

卒業研究では新型コロナウイルスの影響でフィールドワークに行けず残念な思いをしましたが、その分、修士研究では、実際に実験場所に赴き、広大な海で実験できていることに非常に喜びを感じています。大学時代の集大成となるよう全力で研究したいと考えていますが、天候に恵まれず続きの実験が行えないのが気がかりです。検証したい項目がまだあるので、修了までに1回でも多くフィールドに行って実験を行いたいと願う日々です。

本研究にご協力してくださった方々へこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

調査報告

キジハタのバイオテレメトリー調査@仁方湾

西 遼太郎 (東京海洋大学 海洋資源環境学部 海洋資源エネルギー学科)

東京海洋大学応用情報システム工学研究室学部 4 年の西遼太郎です。この度、6月26日から28日にかけて広島県仁方湾で行われるキジハタのバイオテレメトリー調査に参加させていただきました。今回の作業としては受信機の設置と供試魚の放流がメインでした。

今年度の調査では設置する受信機数を 10 機に増やし (昨年は 5 機)、摂餌検出機能付き発信機 (イベントピンガー) とマイクロピンガーの 2 種類を合計 10 個体に装着し、放流しました。受信機数の増加と発信機のレンジテストの結果次第では、供試個体の測位が可能になるかもしれません。また、受信機の設置に伴い、同地点に流向流速計、水温/照度計を設置しました。これらとイベントピンガーによって得られるデータを利用して、キジハタの摂餌物、摂餌時間帯と潮汐、海流、日照時間との関連が観察できると思われます。

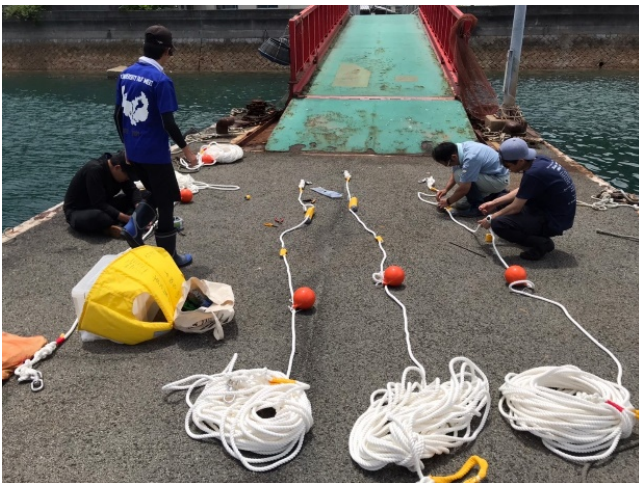


図 1. 係留系の作成と受信機の装着.

初日は係留系の作成と受信機・発信機の設定を行いました。水深に応じてロープの長さを決め、土嚢、中層ブイ、表層ブイ、発光ブイなどの取り付けを行いました。受信機と発信機の設定に不備があり、遅い時間まで打ち合わせが行われていましたが、当日中に作業を終えることができました。

二日目は受信機を設置する地点の水深を測り、前日に作成した係留系を海中に沈め、受信機の設置を行いました。事前に決められた地点の GPS を見ながら操船してもらいましたが、船長の操船スキルがとても高く、スムーズな地点間移動が行われました。また、同時並行して放流するキジハタに発信機取り付けの手術を浮桟橋にて行いました。



図 2. イベントピンガーの装着.

実際にキジハタに麻酔をかけて腹腔内にピンガーを装着する手術を見ることができました。魚体にメスを入れてから装着、縫合までにかかる時間は 1 分以内で、その手際の良さに驚きました。これだけ迅速な手術を行うことで魚体にダメージを与えず、より自然な状態での放流が可能であることを知りました。



図 3. キジハタの放流.

最後にキジハタの放流を行いました。魚体のサイズは大きいものばかりで、どれも元気な個体だったので、7月末の受信機、データ回収を楽しみに待つこととします。

今回が自身初めての实地調査であり、新鮮で貴重な体験をさせていただきました。

調査報告

南極に向けての訓練の日々

高松 敦（東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科 応用環境システム学専攻）

東京海洋大学大学院、博士1年の高松敦です。先日、第65次南極地域観測隊に同行者として参加することが決定いたしました。

私のチームの課題は、「海氷下における魚類の行動・生態の解明」です。この課題は64次から66次までの3カ年計画で、魚類調査と環境調査を掛け合わせることで海氷下の魚類の行動と海洋環境の関係性を解明することを目的としています。私の参加する65次では、特にバイオテレメトリーを用いた行動調査や、環境DNAの採取、活魚を日本まで輸送し飼育技術を確立することを目標としており、12月のしらせのフリーマントル出航に向けて準備を進めています。

南極地域観測隊として南極に行くにあたり、実験の準備だけでなく、過酷な環境で安全に調査を行うために、様々な訓練を行っています。3月に行われた冬季総合訓練では、南極観測の概要や活動内容についての講義だけでなく、雪山登山や雪原でのテント泊、スノーシューやアイゼンを用いての歩行、クレバスに転落した際に脱出するためのロープ登行の練習を行いました。さらに、南極でのフィールドの移動手段となるスノーモービルの操作も学びました。日本とは異なる南極の危険で過酷な環境下での調査は、事前準備やチームの結束力が非常に重要になるということを身に染みて実感しました。



図1. ロープ登行訓練の様子。

6月に行った夏季総合訓練では、救命救急講習や環境保護に対する講義、各観測チームの研究計画についての説明を受けました。また、同じチームの64次で南極に行った先生方から引き継ぎを受け、ピンガー挿入時の手術方法を学びました。さらに広島大学、京都大学らとともに広島県の仁方湾で行ったバイオテレメトリ

ー調査に同行し、実際にキジハタを手術し、ピンガーを挿入して放流する様子も見学させていただきました。講義や訓練後の懇親会を通して、南極地域観測隊に参加しなければ関わることのできなかつた、他大学や他分野の多くの先生方の熱い話を聞くことができ、南極に行く前から貴重な経験をさせていただいています。南極観測隊という1つのチームとしての仲間も深まって来ていると感じます。



図2 雪原でのテント泊の様子。

研究の準備や打ち合わせ、訓練だけでなく、物資の調達やリストの作成、発送といった作業に追われ非常に忙しい日々ですが、徐々に自分が南極に行くという実感が湧いて来ました。4ヶ月という長期間の出張となり、未だ不安も多々ありますが、無事帰って来られるよう安全に気を付けつつ、南極での生活や準備の非日常感を楽しみたいと思います。



図3 ピンガー挿入後の縫合練習の様子。

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

編集後記



■蒸し暑い日が続いております。水分や栄養はしっかりと
と摂って、元気に充実した日々をお過ごしください。
【H.M】
■来年3月に東京で開催される国際バイオロギングシン
ポジウム (<https://bls8tokyo.net/>) の発表申込みが始
まっています。海外から続々とアブストラクトが届いて
いるそうです。発表申し込み締切は8月末です。みなさん奮
ってお申込みください！ ■北大西洋の潜水艇沈没事
故後、マッコウクジラやアカボウクジラが深海へ向かう
画像を検索し、改めてすごいなあと眺める日々です。捜
索にあたってものすごく広範囲でソナーが使われたよう
ですが、水中の生物たちはものすごくうるさかったの
ではないかと想像しています。 ■梅雨が明け夏本番にな
ると、調査へ出かけられる方も多いと思いますが、安全に
はくれぐれもお気を付けください！ 【S.S.K】



【S.K】