

第三部 「海」の探究活動

―事例とプログラム開発

「『海』の探究活動を子どもたちと」。そもそもこのプロジェクトはここから始まった。特別展会期中も探索的ではあるものの次のような活動を行い、次年度へと志をつないだ。

- ①「海の探究活動」のお手本となる研究活動の収集と展示（市川によるジュゴン研究）、②「海の探究活動」の先行事例となる学校での実践のサポートと収集、展示、③博物館を使った学びの収集と開発、④学校現場と博物館が協同しての学習プログラムの開発。

【大学における海の探究活動】

真理を希求する若き海洋研究者が、子どもたちの見本として活躍。

京大海洋研究の若きホープである市川によるジュゴン研究の紹介を
講演と展示パネルの再現を通じて収録。

講演『ジュゴンの上手なつかまえ方』

市川光太郎



1. 観察する

オーサムズを沈めろ

では、調査地のご紹介をします。私たちはタイ国南部のタリボン島というところに行きました。タリボン島のさらに南の方の藻場の外れに録音機を設置してきました。

私たちは初めてジュゴンの鳴き声を取りに行くぞと鼻息も荒く海に乗り出したわけです。漁船に乗って。

これが初年度の調査船の中です。初年度なんで機械も剥き出しで船上でいろいろと作業したりしました。二年目になって、こういう塩ビ管でできた録音機を作りました。こ

れを「オーサムズ」と言います。この初号機は空中で五十キロ近くあつて、大人が二人、三人がかりで、えいやと持ち上げるんです。で、水中のダイバーにこういうかたちで渡すんですが、いざ水中に入れてみると、なんと浮いてしまったんです。「おおっと」と。これはいかんぞということに急ぎよ近くのダイビングショップに行つてダイビング用の重りを借りてきて、これ一つ一つに巻きつけて水中に沈めました。これが水中に設置したオーサムズの写真です。ダイバーの重りが載つてるのがこれです。

重りだけではなく必ず両方から土のうで押さえています。土のうの上にはヒトデちゃんも寄つてくると、環境に優し

い設定になっております。これが二年目。少し小さくなりました。小さくなつて浮力も少なくなつたために浮くこともなくなつて、二人がかりでまあまあ何とか持つてゐるようにもなりました。これが三年目。何が起つたのか、めっちゃくちゃ小さくなりました、いきなり。人が片手で持ち上げられる大きさになつて、受け渡しも非常にスムーズでした。

ジゴンを求めて山に登る

これ、私たちはやっぱりジゴンの音を聞いているだけじゃ、ちよつと決め手に欠けるなと薄々勘付いてはいるんです。で、ふと陸のほうを見ると何か山があるんです。何か、あの山、登られへんかなあと、何となく思うわけです。下まで行つてみると、こう、クリフハンガーになつて、こう、反り返つてます。この高さが実に一〇〇メートル。約一〇〇メートル。

まあ、最初のうちは、こんな山、登るなんてばかげてる、自殺行為だ、アホじゃ、という話をしていたんですが、地元の方に聞くと、どうもこの山、登れるらしい。「登れるよ」と言い出したんです。じゃあ、ちよつと案内してくださいということ、まず行つてみました。どうも、この山の裏

手に登り口が、登山口があるそうなんです。そのために、まず、ふもとに向いてるジャングルを抜けて裏側に回ります。ジャングルに行くために、まずビーチに乗りつけました。あの木の下で今調査隊が着替えて準備をしています。で、わしわしと、ジャングルの中をぐいぐいぐいと進んでいくわけです。そして、登山口というのは実は洞窟でした。このナタ、実はらせん状に洞窟が山の中腹辺りまで続いていました。

で、ジゴンを見にきたはずの人たちが、もう洞窟探検をし始めるわけです。こういつたかたちでどんどん、どんどん洞窟を進みます。中にはコウモリもたくさんいます。で、山の中腹辺りで洞窟を出ると、いよいよ垂直登はんはちよつとだけあります。これが垂直登はんの部分を下から見たところです。今、一人取り付いています。上から見ると、こういう感じになつて、ちよつと高さ感があまり出ないかもしれないですけど、まあ、高いです。その登はんが終わると今度は崖を這うように、ちよつとずつ高度を稼いでいきます。

で、山頂に着くわけですね。こうして見ると、非常に海の中の様子がきれいに見えるのをお分かりになるでしょう

か。これがさつきまで私たちがいた海なんですけど、海底までよく見えます。そこで山頂で四人体制で双眼鏡を使つた観察を始めます。観察隊員が見ているのは、ここにある私たちの船です。この船の真下に受信機が置いてありまして、この受信機の周りに浮かんだジュゴンの数を目視で数えてやろうと。そうすると鳴いたやつと、鳴いたやつじゃないと受信機には録音できませんので、鳴いてないやつというの実は素通りしてる可能性があるんです。その素通りしてるやつを目視で見つけ出してやろうというのが、この山登りの目的なんです。まあ、双眼鏡使つて、あそこにある船を覗くわけです。

で、その船の上で私たちが何をしてるかという、ああやって、お昼のごちそう、カニを食べているというわけです。ちなみに画面の左上に映ってるのはダイバーが、これは録音機を回収してる場所ですね。ダイバーさんが作業してる横で豪華な昼飯を楽しむということで、ご飯の味が何倍もおいしく感じられるという日でした。

ジュゴンの鳴き交わし

こうやって、私たちは調査をするわけですが、この二〇

〇四年には十日間、連続的に水中音を取りました。そのときのデータを一つ一つ切り出していつて、この図を作るわけです。ちよつと少し後ろの方は軸が見えにくいかもしれませんが。横軸が日付と時刻です。二月二十五日から三月四日まで。縦軸が五分当りの鳴き声の数を取っています。このグレーのバーが一八時から翌朝六時までの夜間の時間を表しています。どうも夜間に鳴き声が集中するらしいということが分かってきました。このデータをこちらの数字に戻して、一日の中でも一時間ごとに鳴き声を計数し直して、一日のうちに何時に最もよく鳴くのかということ調べていたわけです。そうすると、どうも早朝の三時から六時にたくさんさんの鳴き声が記録されたということが分かりました。日中も鳴き声は聞こえるんですけども、早朝三時から六時の鳴き声の多さに比べると、やはり段違いで少ないと。早朝三時から六時が段違いで多いということが分かりました。彼らはどうも早朝にびよびよと集まって何か鳴き交わしているようなんですね。やつぱり、この早朝、じゃあ彼らは一体何を鳴いていたのだろうかということが気になってくるわけです。

それを調べるために、私たちが録音した鳴き声を水中ス

ピーカーで、びよびよびよと一分間流してみました。それの反応を調べるために、それとちよつと似た人工音と全然似てない人工音、それから何もなかったという、この四つの場合を比べてみたんです。そうすると、ジュゴンの鳴き声を流したときは関係ない人工音や何もなかったときに比べて、鳴き返し、返事をした数がとても多かったということが分かりました。このことから、どうもジュゴンというのは他個体のチャープ、短い鳴き声ですね。他個体のチャープを聞くと返事をするらしいということが分かります。

で、最初のほうにちよつと説明しました音響測位を使って鳴き返しした、返事をした個体の位置を調べてやりました。彼らの位置とこちらのスピーカーの距離を測って、そのときの音響特性、すなわち鳴き声の特徴を調べてみたんです。そうすると、これ、下の軸が発声個体までの距離です。鳴き返しした個体までの距離。遠くにいるやつほど大きな鳴き声で返事していると。遠くにいるやつほど、長いチャープを返しているということなんです。ここで、鳴き返しをしたジュゴンの立場になつて考えてみると、彼らは音聞いただけです。彼らは音を聞いただけで距離に応じて

大きな音で返事したり、ちよつと長い鳴き声で返事したりしたわけです。すなわち、この実験の結果から、どうも彼らはチャープの交換、鳴き交わしをすることによつて、お互いの距離を判断できるんじゃないかということが見えてくるわけです。お互いの距離を判断することにどんなメリットがあるかという、例えばですけれども、「おい、おい、おい」とこつちが言う、誰かが「おいおいおい」と返事をするわけです。それによつて、「あ、大体これくらいの距離に誰がおるな」ということが分かるわけです。それを続けていくと、あるところで突然聞こえなくなつたりするかもしれないですね。それとか、鳴き返しを続けていくことによつて、相手との距離がだんだん遠ざかつていくのか、少し近づきすぎてるのかということも見えてくるわけです。こうやって、こうすることでジュゴンというのは、どうもお互いの距離をうまく保っているんじゃないかと。近づき過ぎないようにしたり、遠ざかり過ぎないようにしている可能性があるんじゃないかということを考えています。こうやって、鳴き交わしによつて群れの規模を維持するという行動は他の動物でも見られていますので、ジュゴンも恐らく同じようなことをしてるんじゃないかと考えたわけ

です。

では、定点式の音響観察についてまとめます。この手法はモニタリング範囲内にいるジュゴンの数が時間的にどう変動するのかということを数えるのに適しています。また、複数の録音機を使うと音響測位ができます。ジュゴンは日周や潮汐によって鳴き声や数が変化するということが分かっていました。また、チャープが個体間の距離に応じて変化していて、どのチャープを使えば個体間の距離を判断できるんじゃないかということが見えてきました。

ジュゴンの母仔は鳴かない？

では、曳航式、二つ目の手法、曳航式音響観察を見ていきましょう。曳航式音響観察の特徴は広い観察範囲と、まあ、中くらいの観察期間ということでした。観察対象は不特定多数です。移動する船舶から、このように黄色のケールが一〇〇メートルくらい後ろについて、マイクを引っ張ります。それから船にやぐらを建てて、ちよつと高い所から目視観察も行います。真ん中の写真です。さらに目視による発見効率を上げるために、航空機による目視調査も実施しています。航空機を使うと、母仔ペアがいるかどうか

かというのを判断することができます。というのは、ジュゴンの母と子どもは常に一緒にいるからです。大きさがちがいますので、それが母仔ペアにいう場合に、それが母仔ペアなのか、成獣が単に、たまたま二頭一緒にいるのかというのが判別ができます。そういったかたちで母仔ペアというのを見つけていきます。

じゃあ、最初に母仔ペアはどこにいたのかというのを見ていきましょう。こちらの図のこのグレーの部分がタリボン島です。私たちが調査をしたところ。黒い点のところで母仔ペアが見つかっています。この航空調査の結果から、タリボン島の東の端に母仔ペアが集中的に分布しているということが分かりました。母仔ペア、どうも群れる傾向があるようです。それに比べて単独個体、一頭でぶらぶら泳ぎ回っている個体というのは私たちが調査をした範囲の中でランダムに動き回っていました。分布範囲も四〇・八キロ平米。結構広い範囲を持っています。一方、鳴いた個体というのはどこにいたのかというと、タリボン島の南端にしかいませんでした。ここでも少し鳴き声が聞こえたんですけど、ほぼ単発です。よく鳴き声が聞こえるのは、このタリボン島の南端だけです。ちよつと思ひ出していただきました

いんですけど、タリボン島の南の端の海を利用していたのは単独個体で、母仔ペアがほんの少し。母仔ペアが集散的に分布してる場所とは異なります。つまり、母仔ペアというのは、あまり鳴いていない。単独個体に比べてほとんど鳴かないということが分かるわけです。母仔ペアが鳴かないということ自体、ちよつと私たちの予想の逆を行っていました。親子というのは常に一緒にいるんだから、よく鳴き交わしをしてお互いの距離を保っているんじゃないかという予想を持って、この調査を始めたんですけども、実際、始めてみると、どうも母仔ペアは鳴かないんだということが分かります。曳航式音響観察で広範囲を探索して個体数や分布を得ることが出来ます。ジュゴンの場合は鳴く海域というのが特定の狭小海域に限定されている。また、その海域は単独個体利用しています。この海域、そのジュゴンが鳴く場所というのは海藻が生えていない場所だったのです、この単独個体が一体ここで何をしていたのかというのは、まだまだこれから先、解明していきたいところです。で、どうもジュゴンの母仔ペアというのは鳴き声を使ったコミュニケーションを利用しないようだということが、この調査から分かつたんですけども、ただし、私たちが保

護した幼獣、ゼロ歳幼獣というのは「びよびよ」というチャープ、自分の位置を知らせるチャープを盛んに発していたんです。なので、必ずしも母仔ペアが鳴かないということではないとは思っていますが、こういったはぐれるというような非常にレアなケースにおいては、やはりたくさんチャープを鳴くんだということが分かっています。そのジュゴン母仔ペアが鳴くか鳴かないかということはまだちよつと断定するのは早いかと思います。

チャープとトリルの機能

では、受動的音響観察です。曳航式と定点式の結果をまとめていきましょう。「いつ」ということに関して、私たちは夜間から早朝や小潮期間に、よく鳴くということが分かっています。どこで鳴くかという点、餌場以外の特定狭小海域で、それは単独個体でありました。母仔ペアではありません。彼らはチャープという鳴き声を使って何をしていたのかというと、どうもお互いに位置を知らせ合ってる、お互いの距離を知らせ合ってるらしいということです。一方、トリルは内的状態というのは少し後で、もう少ししたらビデオが出てきますんで、そのときにお話しします。

この「いつ」とか「どいど」とか「誰が」とか「何を」ということについて、一つ一つの結果は割とクリアに出ていると思ってるんですが、ただ、じゃあ何で彼らは鳴くのかということについて考え進めていくと、ちょっと難しいんです。というのは受動的音響観察で聞いているだけでは発声個体が分からないので、鳴いたやつが雄だったのか、雌だったのか、それとも子どもだったのか、そういうことまでは私たちには分からないんですけど、そういう理由でジュゴンが鳴いていたシチュエーション、誰が鳴いていたのかということを整理しにくくて、まだ何で鳴くのかという疑問の答えには辿り着いていません。

トリルは内的状態をどうのこうのという話でしたが、内的状態というのは人間の言葉に置き換えると「気持ち」ということです。これ、水族館で撮った雄のジュゴンの鳴き声です。水族館なんて環境は不変です。環境は変わらないですが、環境という、その外部条件は変わらないので、鳴き出すとしたら内部の、個体の内部で起こってる条件が変わったから鳴いたということになるんですけども、それを見ていくと、ちょっと普通とは違う行動をしていたというのが、このビデオです。

今、見ていただいたとおり、最初のほうに割と長い鳴き声を連続して鳴いていましたね。ああいうふうに長い鳴き声を連続して鳴くというのは、給餌板と言って、ジュゴンの餌が結び付けられてる板なんですけど、その餌を食べ終わって何もすることがなくなったところにああやって給餌板で遊んだり、水面からジャンプしたり壁に激突したり、あとは壁に体をこすり付けたり、生殖器を押し付けたり、いろいろするんです。そういうった状態のときを興奮状態だと仮に呼ぶとすると、長い鳴き声というのはトリルです。トリルが出るとされます。長い鳴き声というのはトリルです。トリルが連続的に発声されるのがそういうときだけだったので、恐らくトリルというのは外部条件とは関係のない内的な、気持ちの部分で何か起こったときに鳴いているんだろうと考えています。

バイオロギング調査へ

では、もう三つ目ですね。バイオロギングにいきます。これは、イラストレーションですけども、ジュゴンのしっぽにベルトを付けて、ベルトからゴムロープを伸ばします。そのゴムロープ上にいろんな装置を付けます。小型の

録音機、あと水面に浮力体を付けて、浮力体の上にGPSや深度、水温を付ける記録計を付けます。この記録計自身にもVHSの電波発信機を付けて、その電波を船で受信することによっておおよその機材の位置を研究者たちは知ることになります。装着して数日後に自動切り離し装置が作動して、ジューゴンからこの装置自体は外れます。それが、外れると、これはぶかぶかと洋上に浮くわけですけれども、洋上に浮いてる間、発信される電波を私たちがアンテナで受信して位置を何とか特定して回収にむかうというわけです。機材、機器にもいろいろありますが、私が使ったのは回収しないとデータが得られないというタイプのものでした。なので、データが得られたときには大喜びをしました。

調査地です。これはまだ二〇一一年以前の地図になっていまして、スーダンというところに行っただけですけども、現在はこことくに国境線が引かれていて南スーダンが独立しています。関空からドーハに飛んで、ドーハからハルツームに行つて、ハルツームからポートスーダンまで飛行機だったんですね。こちらのドンゴナーブというところまで行きます。

ドンゴナーブ村って砂漠の中にある村です。砂漠の中に掘っ立て小屋を建てて、掘っ立て小屋の中で一カ月間以上調査員と一緒に生活するわけですが、食事の風景はこんな感じです。床にごさを敷いて、大皿の中にポテトフライとか、あと豆を煮てつぶしたもの。煮豆をつぶしたものです。それから、あれは一番左は何か玉ねぎのサラダがあります。これを座って右手を使って食べて、ここに映ってるパンと一緒に食べたりします。ご飯そのものはとてもおいしいです。食べた後はやっぱり出さないとけませんよね。これはトイレです。海側から見えますが、もう破れ掛かっていてですね。あれはたまたま閉じたところが写真に写ってますけれども、基本的に全開です。なので、たまに漁師さんが、こう、さーっと前を通ったりするんですけど、そういうときは見て見ぬふりをしてくれているようです。後ろ側にあるのが村です。ドンゴナーブ村の家々です。砂漠の村なので、夜でも暑い時期はとっても暑いです。寒い時期は寒いんですけど、暑い時期はとっても暑い。暑すぎて家の中で寝ていられないということで外にベッドを出して寝ることもあります。ただ、虫が時々飛んでくるので、ちよっと僕は軟弱なんで、ああいいう蚊帳を吊って寝たりし

ます。現地の人はもうええって言うて寝るんですけれども。

調査のときは日の出とともに出港してジュゴンを探します。ジュゴンを探して無事見つけれられると捕獲になります。あちらの写真で中央のちよつと左寄りですかね、何か三角の茶色い物体が出ていますが、あれはジュゴンの頭部です。ジュゴンが息をするためにボツと顔を出したときの写真です。これで大体二〇、三〇メートルぐらいかな。割と近い距離からなので写真を撮ることができました。基本的に一〇〇メートルくらい先のジュゴンを見つけます。見つけてさばくというわけではないんですけれども、これ、たまたま死んでしまった個体がいたので、そうなると村人はもちろん食べます。こうやって解体して肉を小分けにして切っていてって村人に平等に分配されていきます。私たちも一切れもらいました。ここですね、皿の上でチヨキチヨキ切って、あとフライパンで炒めて食べるわけです。味は、まあ、後で聞いてください。

ロデオ法でバイオロギング

さあ、じゃあバイオロギングのほうに行きましょう。バイオロギングで捕まえる方法を、ロデオ法と言います。こ

の手法はオーストラリアのジャネット・ラニオンという先生が考えて、ずつとやってきてる手法ですが、二十年ぐらい変わらずやってきています。この手法はジュゴンを見つけたら、こういう船でバースと追いかけます。追いかけて、呼吸のために浮上した瞬間にピョンと飛ぶんですね。こう二人がほぼ同時に飛んでいきます。四人がかりなんですけれども、まず二人。本当に屈強な体つきをしたブロレスラーくらいの二人が尾びれにつかまります。尾びれが一番力強くて、本当に体格がいい人でないとけがをする。人間がけがをするぐらい力がある。なので、二人がかりでまず尾びれを押さえて、前の手のところを人が一人ずつ、合計四人で、水中でジュゴンを、こんなかたちでつかまえます。よく網使ったほうがええんちゃうかということ言われたりもしますが、網を使うというのはジュゴンにとっては、とってもストレスがあるらしくて、実際に網を使っても、どうも、そのことが原因か直接的には言えないんですが、その後、死んでしまったジュゴンがいたそうです。オーストラリアに。やっぱり網を使うと人間側も絡まって死んでしまいう危険があるということで、今のところ、ジュゴンに与えるストレスがもつとも少なく、かつ人間にとっても安

全な手法。安全とはちよつと言ひ難いですが、まあ、一番いい手法として、このロデオ法が提唱されています。

ジャネット・ラニヨン博士は、たくさんジュゴンを獲っています。年間一〇〇頭弱、捕獲実績があります。私も彼女の研究室に六カ月間行っただけですが、そのときで七十頭ぐらい獲りました。これは捕獲とは別に、こうやって追いかけて浮上した瞬間に、さつと、こう、金属の金具で皮膚をサンブルする道具なんですけど、身を乗り出してサツと取るんです。そのサンブル採取にいたっては年間三〇〇頭ほど取るんです。オーストラリアの人たちのこの捕獲に関する技術というのは私たちとは桁違いだと考えてください。もう経験値が違います。ここで私はこのロデオ法というのを何とか学んできまして、何とか自分でもやりたいと思ってスーダンに持っていったわけです。紅海大学というカウンターパートと一緒に捕獲チームを編成して、捕獲の練習から始めました。この時点でジュゴンを見たことあるのは私だけだったので、この二人、ジュゴンを捕まえるといつても最初何のことやら分からないということで、ゴムボートを海に浮かべて、これをジュゴンに見立てて、全速で疾走する船から飛び降りるという練習をしました。で、

練習が終わってジュゴンを発見して、次、飛び込んで、五人がかりで、まあ、うまくいきました。で、このときの一連の捕獲劇を荒井「修亮」先生が撮ってくださいました。

ジュゴンをつかまえる

まずは練習の様子を見てもらいましょう。最初の苦労話をちよつと皆さんに分かってもらいたい。こう、浮かべたジュゴンに、ゴムボートに乗ったところへ、全速で行くわけです。最初のうちは第一ジャンパーが飛び込むんですけど、ゴムボートのずつと後ろに飛び込んだりするんですね。「こんなん、どうやって捕まえるんや」って、「いや、泳いで追いかける」とか、何かよく分からんこと言われて。この写真、既にもう失敗が二例。一つ目が後ろ過ぎるというのと、二つ目がこの第二ジャンパーが飛び込んでいない。二人同時に出来ない、一人じゃ、もう、とても持たない。で、三つ目の写真、これですね。もう既に三人入って、彼が飛ぶのを待つてる状態です。この写真、すごくダイナミックでいいに見えるんですけど、実際の彼はちよつと怖くて飛び込めなくて、この三人より後で飛び込んだという写真なんです。ま、こういった、まあ、当然やつ

ぱり飛び込むっていうのはそんな簡単なことじゃないんで、これは最初の捕獲、練習の最初のうちの失敗例です。最後にはきれいに全体もそろって行けるようになるわけですが、この練習の最中、ここゴムボートです。ここ、人。私たち、これ。何か茶色いの見えてるの分かりますか？ 練習中にゴムボートと私たちの間にジュゴンがぶかっつと浮かんできただんです。まだ、この人なんかはこの状態です。でも、何かすごくみんなも興奮して「お、来た来た」「やろうやろう」と言うんですけど、もう、この状態で行ったら確実に誰かがするということで、これは見送りましょうということで、そのときはもうやめました。で、まあまあ、うまいこと私たちもできるようになって、いざ行こうぜということで行ったわけです。

まあ、お察しのとおり、私たちはだいぶ興奮していました。これが初めて、この調査隊で初めて捕まえたジュゴンでして、私以外の人たちはやっぱり、こんな体格の人がジュゴン、行ける行けると、こんなでかいやつを目の前にして「行ける行ける」と言うんですけど怖い中、信じてやってきてくれたんですね。まあ、それでうまいこといったということ、やっぱり疑念が確信に変わったということも

手伝って、だいぶ興奮していました。こうやってジュゴンの尻尾にベルトを巻いて、ゴムロープで二つの機材を引っ張ってジュゴンをリリースするわけです。リリース後は発信される電波を頼りに、そのジュゴン、毎日ジュゴン、どの辺に行ってるのかなということを探しに行くわけです。で、外れた機材を回収しにいけます。この写真、ちよつと解像度も荒いのがあるんですけど、真ん中辺に浮いてるのが見えますでしょう。これはたまたま奇跡的に回収日がベタ風で鏡のような水面になっていたため、比較的すぐ発見できたんですけど、ちよつとでも波立っていると、こういう小さいものを見つけないのは非常に大変です。いろんな障壁を乗り越えて、まず捕獲すること自体も難しいですし、その後、ロストせずにこうやって回収できるということの幸運が必要です。

漁師の観察眼

無事、ジュゴンのデータを取りました。今日、お見せるのは四五時間分のGPSと深度と音響のデータです。左側の地図の赤紫の点で、ジュゴンがいた点でジュゴンが呼吸をしに上がってきました。ジュゴンは捕獲された後です

が、あまり湾内を離れることなく、繰り返して同じ経路をぐるぐると泳ぎ回っています。そのときの深度のプロファイルはこちらになります。縦軸が深度、横軸は日付と時刻です。最初のうち、少し深い潜水を繰り返していますが、その後ずっと浅い潜水に移ります。時々、深い潜水をしたりします。この中でGPSのデータというのはジュゴンが呼吸浮上したときのみ得られます。なので、間隔というのは結構四分半開いていたり、もっと十分ぐらい開いていたりするんです。その間はジュゴンのいた深度というのを十秒間隔で連続的に記録しています。ので、その水中をどう移動していたのか。それから水面の点をつないで、GPSと深度をつないで3Dの移動軌跡というのを描いてみました。こちらの青いところが書いた3Dの移動軌跡です。

これを見ていきますと、まず深度で分けて見ていきますと、時刻別の滞在深度をグラフにしてみました。日中は深いところにいるようです。夜間は浅い場所にいます。日中は深いと言いましたけれども、滞在深度というのを度数分布で見えますと、九十%以上の時間を二メートルより浅い海域で過ごしていたんですね。浅い水深で過ごしていました。で、この日中深くて、夜間に浅い場所に来るついで

うのは、このデータから分かったことなんですけれども、実際、長年ここに住んでいる地元漁師さんの観察とよく一致するんです。やはり地元漁師さんの観察眼というのはなかなか頼りになるなあと思いました。

不思議な音

本当は私がねらっていたのは鳴き声と餌を食べる摂餌音だったんです。ところが、残念ながら、この四十五時間の中にあまり明瞭な鳴き声は入っていないくて、ちよつとがっかりしていたんです。よくよく聞いてみると、何かちよつと不思議な音がするなということに機が付きしました。それは「ぶんぶんぶん、ぶんぶんぶん」聞こえてきます。これは何なんだろうかと考えていくと、どうやら、これはジュゴンが尾びれを振る音らしいということが分かりました。ここから尾びれを振った音の強さと、その音の間隔を知ることが出来ます。この音ついでというのは尾びれ一回の振りに対応していますので、尾びれを振った間隔と、それから尾びれを振った強さというのが情報として取り出せるということに気が付いたんです。

これはあまり詳しくしゃべってもしょうがないデータな

んですけども、一番上が全てのデータですね。深度、深さと尾びれ音というのをプロットしてしまっていて、この部分を拡大すると、ジュゴンが海底にいて、それからちよつと上がつて息をして、また潜って海底に行つて、上がつて息をして潜つて。これを繰り返してるようなのですが、そのときの音の、尾びれの音の状態がこういうふうに出てきています。やっぱり海底で、じつとしている間はあまり音としては大きくなくて、海底とか、海面に上がったたり下がったりするときに尾びれを振るらしい。この部分をさらに拡大してみると、海底から上がつていくときに、どうも尾びれを強く振っているらしいということが見えてくるわけです。この尾びれ音の特徴というのを分類していつてみました。尾びれを振る間隔と強さですね。この二つでグラフにしてみると、ちやうど三つに分かれるんですね。尾びれを振る間隔が三パターンに分かれるということが分かります。一番左の山が早くて、あ、これはすみません。尾びれを振る強さで色分けしてみました。一番左の山は間隔が早くて弱い振り方。真ん中の山が、まあ、三つの中で中間。一番右の山が間隔としてはゆっくりなんだけれども、とても強い振り方だということが分かります。この三つのそれぞれ

の三次元の移動距離というのをグラフにしてみると、それぞれがきれいにわかれるということが分かってきました。実際に、この早く弱いという振り方の子のときの移動距離を見てみると、ほとんど移動していません。つまり、これは実際尾びれを振ってるんじゃないくて、海中に入ってる「パチパチパチ」というテツボウエビの音を私が尾びれ音だと間違えて検出してたんです。なので、これはこれから先、レスティング、休息してるんだらうと考えて扱っていきます。中間というのと、ゆっくり強くというのは、それぞれ動きの量が違うんですが、少なくとも動いてるか動いてないのかというのは、この尾びれの音で判断できるということになります。

その尾びれ音のパターンを時間別に見ていきますと、このグラフ、横軸が、英語のままになっていてすみませんが、一日の時刻です。〇時から二十三時まで。で、縦軸がそれぞれ尾びれを振る強さと尾びれを振る間隔になっていますが、どうも日の出と日没のころに運動量が上がってます。こちらの青いグラフですね。日の出と日没頃に運動量が上がって、その後、夜間一九時から翌朝三時までには運動量が小さい。どうも、これは休息してさうだということが分

かりました。この時間帯の、休息しているらしい時間帯、ジユゴン、どこにいたのかというのを調べてみると、ここですね。浅瀬に寄っていました。で、なおかつ、ここっていうのは、私たちがこのジユゴンを捕まえた場所です。ジユゴンは散々船で追いかけて回されて、飛びかかれて、いろんなものを付けられた場所に帰ってきて、ゆっくり休むというんですね。これはいろんな考え方あるんでしょうけども、一つは私たちの捕獲そのものがそんなに彼らに影響を与えていないという見方もありますし、そんなにひどいこと、経験を受けてまで、帰ってきたい重要な場所だったという見方もあります。それは、これから分かってくるでしょう。

捕獲場所というのは、実は海草が生えていて、摂餌痕、ジユゴンが餌を食べた痕がある場所だったんですね。彼ら、捕獲したジユゴンにとつては、とっても重要な休息、もしくは摂餌する場所だったんだろうと思っています。

突然、ちよつと混獲というのが出てきてしまつて申し訳ないんですけども、このドンゴナーブ湾では、ドンゴナーブ村に住んでる漁師さんが、漁、漁業をしています。漁業をしていく中で、最初のほうに、ちよつとさばいてる写

真をお見せしましたけども、あれは、ジユゴンが漁師さんの網に絡まつて死んでしまったんですね。そういった事故を混獲と言いますが、この混獲というのなるべく減らしていくべきでないかということを考えています。過去にどんな場所で混獲が起こったのかというのを見ていきますと、この赤丸の場所です。ここはあまり大したことないんですけど、こういう細くなっている部分に混獲が集中しているんです。こういった細くなっている場所というのは特に、ここなんかでしたら、こことかここっていうのは、あと、ここなんかは、このジユゴンがよく利用する場所です。ジユゴンが捕獲されたにも関わらず戻ってくるほど重要な場所にあるわけですけども、ここに行くためには、この島と島の間の細いところを通らないといけないんですけど、この島と島の間の細いところに漁師さんの網が仕掛けられてしまった場合に、どうも混獲が発生しているらしいということが分かります。

まとめ

では、バイオロギングについてまとめていきましょう。今回、スーダン領紅海に住んでるジユゴンの「いつ、どこ

で、何を、どれくらい」というのが分かりそうです。日中は深い海域で夜間は浅い海域にいます。それから日の出、日没のころには活動時期になって、夜間は休息しているだろうと。この、私がやってきた音響バイオロギングによって尾びれを振る運動のパターンをどうやら分類できそうだという事です。また、そのストロークのパターンから、休息海域を特定できそうだという事です。で、混獲というのはどうもジュゴンの運動量が上がる薄暮期や薄明期に休息海域から出ていくときに、狭い海峡部を通るときに発生するんじゃないかと考えています。

最後になりますが、受動的音響的観察というのは不特定多数の個体から情報を得る手法でした。行動パターンというのを大まかに人間が把握するときに便利な手法です。バイオロギングというのは個体数は非常に少なくなってしまうですが、特定個体から情報を得ることができる強力なツールです。これによって詳細な行動パターンを理解することができるようになります。今後、どちらかだけというのは、やはりこれからあまり得られる情報が少なくなってくるので、お互いの欠点を補うようなかたちで併用していくのがジュゴンの生態理解を深めるために重要じゃないか

と思っています。以上です。これは今年のタイの調査隊の写真です。どうもありがとうございます。

(京都大学フィールド科学教育研究センター特定研究員)

プロフィール：

2007 年、情報学博士取得。ジュゴンの鳴き声を用いた行動生態研究が専門。主に、タイ国・タリボン島、オーストラリア・モートン湾で調査。ジュゴンが「いつ、どこで、何を」しているのかを解明して、現地住民の負担の少ないジュゴン保護を目指す。今年『ジュゴンの上手なつかまえ方—海の歌姫を追いかけて』を岩波科学ライブラリーより、『アラブのなりわい生態系 7—ジュゴン』(編著)を出版。

研究者、探究する——ジュゴン研究を例に

（展示パネルをもとに）

市川光太郎

課題発見——ジュゴンを守れ！

（１）下調べ ジュゴンってどんな生き物？

ある日、テレビでジュゴンという生き物が絶滅の危機に瀕していることを知り、守りたいと思いました。そのためにはどんな生き物かを調べる必要があります。

ネット通販で買ったジュゴンの本を読むと彼らの姿がみえてきました。

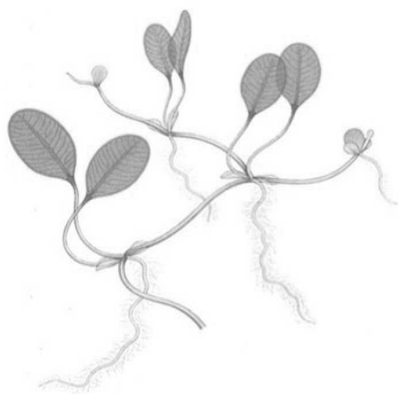
● 熱帯から亜熱帯の温かい海の沿岸にいる。

● 世界全体でおよそ十万頭いて、そのうち七万頭がオーストラリアにいる。他に一〇〇頭以上の生息が確認されているのは紅海、アラビア湾、ニューカレドニアだけ。近年の日本ではたった三頭しか確認されていない。



図. ジュゴンの分布域

(太線、Marsh et al., 2002 より作図)



ウミヒルモ(*Halophila ovalis*)

図. 海草のウミヒルモ

- 海の中に生える草(その名も「海草」!)を食べる。
- 寿命は数十年。なかには七十年生きた個体もいた。
- 妊娠してから子育てが終わるまでに約三年かかるため個体数が増えにくい。

本にはジユゴンが減ってしまった理由も書いていました。

● サメやシャチなどの天敵に襲われる。

● 台風や沿岸開発でエサの海草がなくなる。

● 漁網にからまったり船と衝突したりしてしまう。

天敵などの自然死はさておき、人間の活動が原因で死んでしまうのは減らしたいですね。 どうしたらいいでしょう。

課題発見——ジュゴンの「いつ、どこで、何を」

ジュゴンをまもるためには、彼らが「いつ、どこで、何を」しているのか調べなくてはなりません。特に、水中や夜間など人間が直接みることができないジュゴンの行動が気になります。本や論文を読んでもわかりませんでした。それは、水中のジュゴンを観察する方法そのものがなかったからです。海に棲む哺乳類（海棲哺乳類）は鳴き声を使って周囲の状況を調べたり、仲間とコミュニケーションをとったりします。世界の研究者たちは、その鳴き声を分析して水中の海棲哺乳類の行動を調べてきました。この観察方法を「受動的音響観察」といいます。ジュゴンも鳴き声をだしていれば受動的音響観察が使えるかもしれません。ジュゴンの鳴き声について論文を探してみると興味深い情報が得られました。

イルカの鳴き声

○超音波 クリックスと呼ばれます。超音波を出して周囲の状況を調べます。

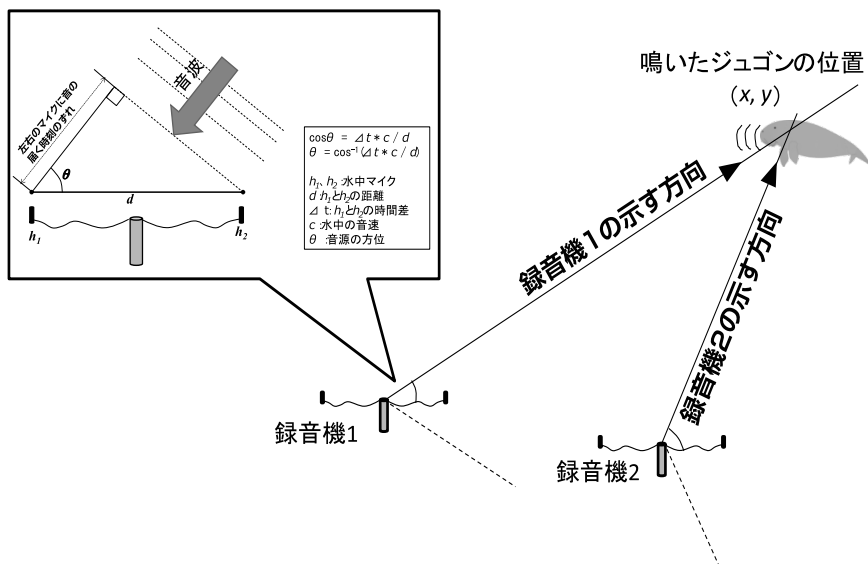
○口笛 ホイッスルという口笛のような音をだして仲間とコミュニケーションを取ります。

実験——海中のジュゴンの位置を知る

ジュゴンの鳴き声について論文を探すと、小鳥のようなかわいらしい鳴き声をだすことがわかりました。牛のような鳴き声を予想していたのでびっくりしてしまいました。ジュゴンの鳴き声を分析すれば彼らの行動がいろいろとわかりそうです。

私たちは水中の音を十日間連続で録音できる機械を開発し、東南アジアのタイのタリボン島周辺に棲むジュゴンの鳴き声を録音しました。この録音機は水中音をステレオで録音します。ステレオで録音すると音が聞こえた方向を計算することができなのです。これを音源方位といいます。いくつかの場所で鳴き声の音源方位を計算して交点をもとめると、この交点こそ、鳴いたジュゴンがいた場所を決定出来ます。

また、ジュゴンの鳴き声の一つ一つ分析すれば、鳴き声がどのようにに使われているか分かるでしょう。誰も知らないジュゴンの生活の謎が明らかになると思うとわくわくしました。



ジュゴンと水中録音機の左右のマイクの距離は同じではないので、鳴き声が届く時刻には違いが生じます。この差をもとに計算すると、ジュゴンのいる方向が分かります。さらに、二カ所においた水中録音機が指し示すジュゴンの方向の交点を求めると、そこにジュゴンがいることになります。

実験・考察——ジュゴンの鳴き声からわかったこと

私たちは録音されたデータを最初から最後まで聞き、ジュゴンの鳴き声の一つずつ記録していきました。記録された鳴き声は全部で三〇〇〇以上！ 数十分間ひっきりなしに鳴いているときもあります。記録を調べてゆくことでいくつかのことが分かりました。

【ジュゴンはいつ鳴くか？】

○一日のうちでは、夜明け前の三時間（三時から六時）に最も多くの鳴き声が記録されていました。

○潮位変化の大きい大潮の期間よりも潮位変化の少ない小潮の期間の方が鳴いたジュゴンの数が多いことがわかりました。

【ジュゴンはなぜ鳴くか？】

○お互いの位置をある程度確かめるため

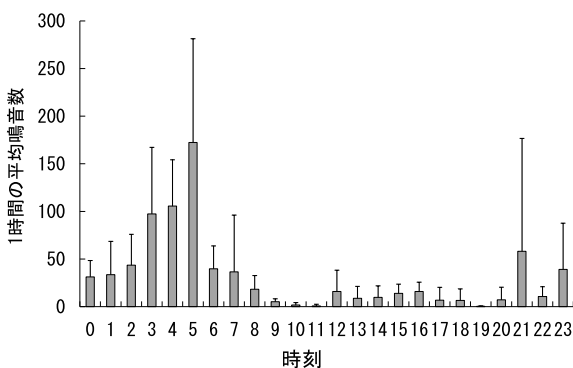
……短い鳴き声（チャープと呼ばれます）を録音したものを水中で再生してみると、録音した鳴き声にジュゴンが反応しました。さらに、遠くにいる個体ほど大きくて長いチャープで返事することも

わかりました。ジュゴンは他個体のチャープを聞くだけでお互いの位置をある程度確かめていることが示されました。

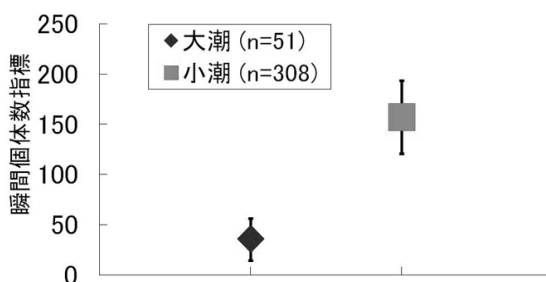
【互いの距離がわかるメリットは？】

○えさの取り合いをさけるため？

……ジュゴンは、三〇〇m以上離れた他個体を識別できるようです。お互いに見える距離にいと、エサの取りあいになってしまうので、数百メートル離れているのがジュゴンにとって都合が良いのかも知れません。



ジュゴンの鳴き声は夜間に多い。特に夜明け前に鳴き声の頻度が上がった。



一度にいろんな方向から鳴き声が聞こえてくれば、その場所に何匹ものジュゴンがいて考えられる。そのような考え方で計算したのが瞬間個体数の指標です。数値が大きいほどより多くの個体が鳴っていたことを示します。

実験のために——水中録音機も開発

私たちが開発した録音機の名前はAUSOMS (Automatic Underwater Sound Monitoring Systems の略)といえます。誰もチャレンジしたことがない開発を進めるのは苦勞の連続でした。

AUSOMSの初号機ができたのは二〇〇四年でした。初号機は空中で五十kgもあったのに、いざ水中に沈めようとすると浮いてしまったのです。ダイビング用の重りを巻きつけてなんとか海底に設置しました。

その翌年、二〇〇五年にはバージョンアップしたAUSOMSが披露されました。少し小さくなり、色も白くてカッコイイ。このバージョンは空中で二十kgほどでしたが、問題なく沈みました。

そして、最終バージョンのAUSOMSが二〇〇七年に登場します。大きさは一リットルのペットボトルくらいで、重さも5kgほど。銀色に光り輝くボディは近未来SFを予感させますね。

さらに、いまでは小型化に特化したAUSOMSmimiという録音機もあります。機材開発はどんどん進んでいます。今後、ジュゴンの鳴き声の次々と明らかにするでしょう。



浮いてしまったAUSOMS初号機。



AUSOMS最新版を笑顔でもつ女子学生たち。



AUSOMS ver.2。



AUSOMS-mini。ペットボトルから小型ペンライトくらいの大きさまで、用途に応じて様々な種類が開発されている。

身体で実験——守るためにジュゴンを捕まえる バイオロギングとロデオ

【バイオロギング】

絶滅が危惧されるジュゴンを守るために始めた研究。しかし、そのためには、一匹一匹のジュゴンが何をしているかを知る必要があります。残念ながら水中録音機では分かりません。それを解決する手法が一つだけあります。個体に直接に記録計を装着して記録する、「バイオロギング」という手法です。記録計を装着するには、体長およそ三m、体重およそ三〇〇kgもあるジュゴンを捕まえる必要があります。オーストラリアの研究チームがその捕まえかたを二十年前に編み出しました。

【ロデオ法】

四人で飛びこんで捕まえる、その名も「ロデオ法」。私はオーストラリアに留学して、ロデオ法の修業を積みました。初めて飛び込んだときは少し怖かったのですが、無事ジュゴンの捕獲に成功しました。オーストラリア留学を通じて七十頭近いジュゴンの捕獲に携わりました。



飛び込む第一ジャンパー。この後、第2・4ジャンパーが次々と飛び込む。

(写真提供:Janet Lanyon博士)

ロデオ法のコツ6つ

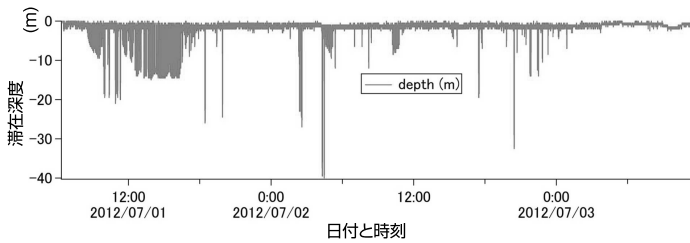
- ① ジュゴンの三回目以降の呼吸時に飛び込む。それより早いとジュゴンが暴れて危険。
- ② 捕獲係二名が尾びれにつかまり、保持係二名がそれぞれ前肢につかまる。
- ③ 捕獲係が飛び込んだすぐに保持係も飛び込む。遅くても早くてもダメ。
- ④ 水中ではジュゴンに逆らわない。寄り添うだけ。
- ⑤ ジュゴンが暴れて捕獲係が離れたら、保持係が尾びれをつかむ。
- ⑥ その他、臨機応変に対応する。

ロデオ法を確立したJanet Lanyon博士による

実験・考察——バイオリギングでジュゴンをももる

いよいよ、ジュゴンをまもるための本格的な研究をアフリカのスーダンという国にあるドンゴナール湾で行う機会を得ました。漁師さんたちが誤ってジュゴンを捕まえてしまわないようにするにはどうしたらよいかがテーマです。スーダンの研究者にも、ゴムボートをジュゴンに見立てて、全速力で走る船から飛び乗るロデオ法の練習をしてもらいました。その結果、合計五頭のジュゴンを捕獲し、アフリカ大陸で初めてジュゴンのバイオリギングに成功しました。

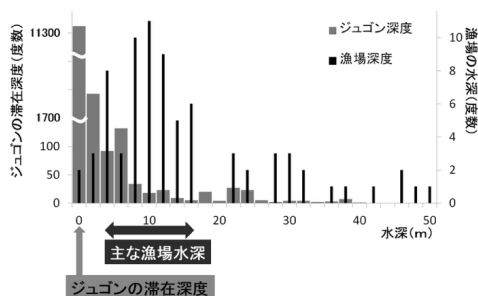
バイオリギングの結果、ジュゴンはほとんどの時間を浅い海で過ごすことがわかりました。ジュゴンの滞在深度と漁網を設置する水深を比べてみるとほとんど重なりません。そこで、過去にドンゴナール湾内でジュゴンが死んでしまった原因を調べると、ジュゴンが通過する狭い海峡部に設置された漁網に絡まってしまう「混獲」が多いことがわかりました。そこで、狭い海峡での漁網による漁業とジュゴンの保護を両立する方法を探ることが重要だということまでが分かりました。



ジュゴンの滞在深度(m)。ほとんどの時間を深度2m以浅で過ごしていた。



ゴムボートに向かって跳躍する第4ジャンパー。



ジュゴンの滞在深度(m)と漁場の深度(m)。ドンゴナーブ湾では、漁場がジュゴンの滞在深度と重複する確率はとても低い。

成果のまとめと情報化・発信——ジュゴンを伝える

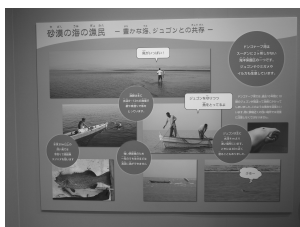
これまでの研究で分かったことをわかりやすく伝えるため、研究成果を国立科学博物館などで展示しました。スーダンで調査中に見つかったジュゴンの死体も剥製になってジュゴンを守ることの大事さを伝えてくれました。展示を見た方から、ジュゴンのことを知るいい機会になったと言われたときが一番うれしかったです。



科博展示紅海ブース1。手前のディスプレイはジュゴンの鳴き声を再生できるタッチパネル。床には実物大のジュゴンのポスターを貼り、捕獲のためのコツを記載した。写真中央は紅海沿岸の漁民とジュゴンの暮らしをジオラマで再現。



紅海沿岸の漁民とジュゴンの再現ジオラマ



紅海ブースの説明パネル。



ジュゴン鳴音を再生できるタッチパネル。



観覧客で賑わう紅海ブース。床のジュゴンポスターの上で寝転ぶ子供たちが楽しそうです。