

生物の行動から 気象情報を予測

バイオロギングで得られたデータから、動物の行動や生態のみではなく海洋の状態（海況）を知ることができないか。そんな驚きの発想で、海洋生物の行動に関するデータから生息環境の情報を推定し、その情報を気象のシミュレーションに活用しようという意欲的な試みが、東京大学大気海洋研究所の佐藤克文教授を中心に進められている。



さとう かつふみ
佐藤 克文

東京大学
大気海洋研究所 教授

1995年 京都大学大学院農学研究科博士課程修了。博士(農学)。京都大学研修員、日本学術振興会特別研究員、国立極地研究所助手、東京大学大気海洋研究所准教授を経て、2014年より現職。16年よりCREST研究代表者。右手に持っているのがオオミズナギドリに取り付けるロガー(下図)。



海鳥の飛び方を調査 外洋の風情報が不足

バイオロギングの調査対象はロガーを取り付けやすく、回収しやすい大型生物に限られていたが、小型軽量化といったロガーの進化により、近年は小型生物にまで調査が広がっている。しかし、バイオロギングの歩みはそれだけに留まらない。今や応用を見越した実用的な研究も始まっている。

東京大学大気海洋研究所の佐藤克文教授らの研究チームも、バイオロギングを発展させた研究を進めている。

佐藤さんはバイオロギングのパイオニアの1人で、研究分野として確立される以前から研究に取り組んできた。1989年に大学の卒業研究で行ったウミガメの調査を皮切りに、ペンギ

ンやアザラシなどさまざまな野生生物の調査にバイオロギングを取り入れてきた。その研究は一貫して野生生物の生態解明を目指していたが、近年は海洋環境を捉える技術としてバイオロギングを応用しようとしている。こうした研究に取り組むことになった背景には、オオミズナギドリという海鳥の調査があった(図1)。ほとんど羽ばたくことなく、羽を広げて海面上の横風を利用する「滑翔」という飛び方が特徴だ。

「風の影響を強く受けるオオミズナギドリの飛び方を理解するには、外洋でどのような風が吹いているかを知る必要がありました。ところが、いざ調べてみると外洋の風についての詳細なデータがなく、がくぜんとしたのです」と当時を振り返る。

大学院生の一言で発想を転換 生態の理解から海況の推定へ

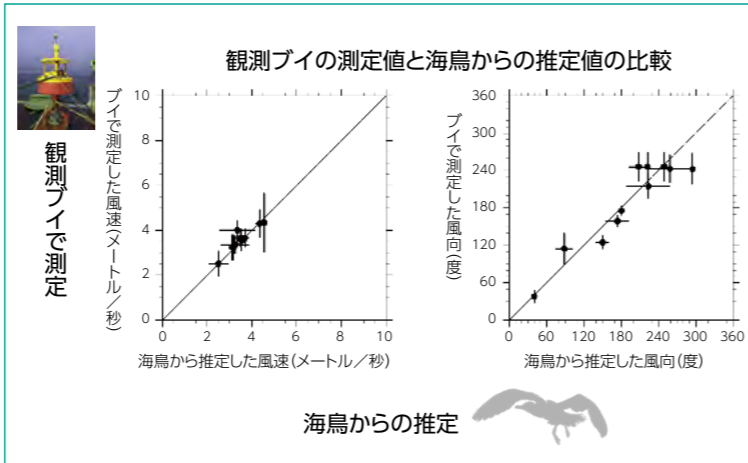
外洋に吹く風は人工衛星から観測されているが、はるか上空からの観測ゆえに、正確な風向、風速を測定するのは難しい。陸地から遠く離れた外洋上では、観測装置を設置することも



■図1
GPSを取り付けたオオミズナギドリ
(撮影:後藤 佑介氏)



■図2 調査船・新青丸でオオミズナギドリを沖合まで運び放鳥。えい航する観測ブイで計測しながら、追いかけていく。



■図3 調査船がえい航した観測ブイによる実測値と飛行データからの推定値の比較。風速、風向き共に良く一致している。

ままならず、これまで大まかな海況データしか得られていなかった。

衛星利用測位システム(GPS)を取り付ければ1秒単位で飛行データを得られるにもかかわらず、風の情報が曖昧ではオオミズナギドリの飛び方の理解は進まない。しかし、ある大学院生の一言で、佐藤さんの研究は新たな展開を迎えることになった。

「研究方針を話し合っていた時に『トリの飛行データには風の情報が含まれていますよ』と言われ、風のデータを使って飛び方を解き明かすのではなく、飛び方から風速や風向きを推定できないかと思ひ付きました」。

巣に戻る場合など、オオミズナギドリは目的地に向かって真っすぐに飛んでいくはずだが、GPSで捉えた飛行ルートは細かく見ると蛇行している。研究チームはそこに風の影響を見て取ることができると考え、外洋に吹く風の推定に着手した。

生物の生態を理解するために利用されてきたバイオロギングを、生物の行動を介して環境を理解するために用いる。大きな方針転換だったが、このアプローチが異分野の研究者から注目されることになる。陸上では多くの観測機器が設置されているが、外洋の観測機器は不足していて、研究や気象予測に使える環境データが限られていたからだ。

「オオミズナギドリの飛行データから風速や風向きを推定できると紹介すると、気象学や海洋物理学の研究者が

らの反響が大きく、ぜひ利用したいとお話をいただきました」と語る。

飛行データを実測値で検証 潮流や波高の推定も可能に

研究や気象シミュレーションに利用するには、飛行データが海況を正確に反映していることを確かめる必要がある。佐藤さんらは、オオミズナギドリの飛行データから推定される風データの精度を検証している。

三陸沿岸の繁殖地に飛来したオオミズナギドリを捕獲して、GPS装置を取り付ける。100キロメートル沖合まで運んで放鳥し、繁殖地まで戻るとの飛行データを取得する。その際、調査船で鳥を追いかけてながら、観測ブイで風速や風向きを計測するのだ(図2)。飛行データからの推定値と実測値を比較すると、実用レベルの高

い精度で風向、風速を推定できることが確かめられた(図3)。

「オオミズナギドリは飛翔の合間に海に浮かんで休憩することもあります。ロガーに蓄積されたデータを解析すれば、風だけでなく、潮の流れや波の高さも推定できると考えています」と佐藤さんは期待を寄せる。

ウミガメの潜水を利用 海の深部の水温を測る

海況データを気象予測に用いる上では、温度情報も重要だ。海面の水温だけでなく深度ごとの水温データが加われば、より高精度な気象予測が可能になる。しかし、海面の水温については、人工衛星によってある程度正確に測定できているが、水面下の水温は人工衛星からは測れない。

そこで利用したのが、三陸沿岸に

回遊してくるアカウミガメだ。クラゲなどを食べるウミガメで、深度100メートルまでなら頻りに潜り、時には300メートルまで達することもある。

佐藤さんらは定置網に紛れ込んで捕獲されたアカウミガメに人工衛星へ電波を送れるロガーを装着し、潜水した際の深度データと水温データを取得(図4)。このデータを既存の観測網で得られたデータに加えて水温の数値計算を試みたところ、カメのデータを加えない場合に比べて、初期値の精度が向上した(図5)。

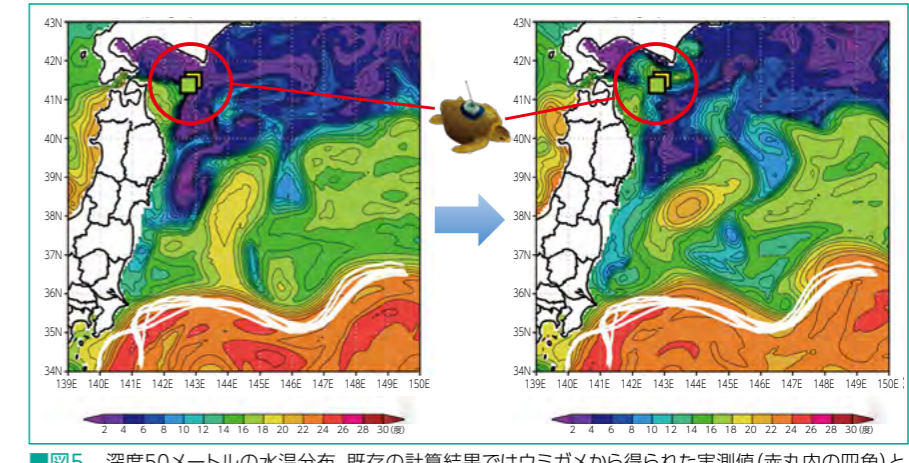
佐藤さんは「海を漂う観測ブイと違い、ウミガメは餌となる水産資源が豊富な場所へ移動し、データを集めます。このデータを使えば、漁師さんたちにとって重要な漁場の気象予測の精度が向上するのです」と利点を説明する。

生物による観測網を提案 多様な情報の取得を目指す

今後は、対象生物やセンサーの種類を広げ、より多様なデータの取得を検討している。風や水温、波、潮の流れなど得られる海況データが多様になれば、気象予測などの精度向上にも役立てられるはずだ。そう考え提案したのが、海洋生物による観測網「サイバーオーシャン」だ(図6)。生物が収集する環境データによって、気象の将来予測の精度向上を目指す計画だ。現在は、その実現に向けた研究を進めている。

「今は立ち上げ期での試みですが、広範囲をカバーするには、もっと大規模に取り組みたい。CRESTでの研究が、そのきっかけになればと考えています」。

これまでに得られている海鳥やウミガメの研究結果から、気象分野でのバイオロギングデータの有用性が示されている。いまだ研究段階にあるため、ロガーを装着された個体数は少ないが、今後より多くの海洋生物に多様なロガーを装着していけば、「サイバーオーシャン」が確立するに違いない。



■図5 深度50メートルの水温分布。既存の計算結果ではウミガメから得られた実測値(赤丸内の四角)と一致しない。ウミガメデータを加えて再計算すると矛盾が解消し、他の海域も修正される。左はカメのデータを加える前。右はカメのデータを加えた後。

動物を調べる研究から 動物に教えてもらう研究へ

佐藤さんはバイオロギング研究を、動物を調べるというより「動物に教えてもらう手法」だと話す。研究者がテーマを想定して挑んでも、動物が研究者の希望通りのデータを集めてくるかはわからない。収集したデータによってはテーマ自体を再考することもある。予想外のデータを見た時に、「こちらの方が面白いからテーマを変えよう」と思える柔軟性が重要だ。

「研究テーマは動物に決めてもらうという側面がありますから、思い通りにならないことも多い。当初は研究者人口がなかなか増えませんでした。今は若い研究者も参入してきました。測定機器の発展も研究を後押し

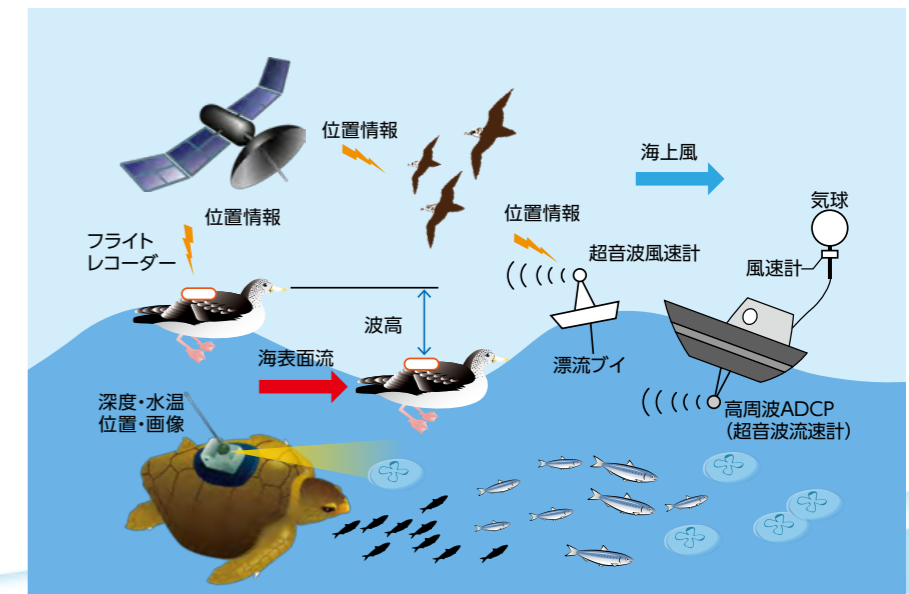
してくれています」と分野の状況を説明する。

1989年に研究を始めてから「何の役に立つのか」と言われるなど悔しい思いもしたが、30年経った今では当たり前的手法になりつつあり、気象学など異分野との連携も始まった。

「使用者が増えれば、使い道が広がるだけでなく、得られるデータも膨大になります。モノのインターネット(IoT)ならぬ、動物のインターネット(IoA)です。動物の力を借りることで、生物学はもちろん、異分野研究でも役立つ知見が得られるはずですよ」と熱を込める。今後は動物の負担を減らす工夫や、データ公開ルールの整備やデータフォーマットの統一などにも取り組み、誰もが使える手法としてさらなる普及を目指していく。



■図4 人工衛星対応型電波発信器を装着したウミガメ(撮影：木下 千尋氏)



■図6 ロガーを海鳥やウミガメに装着し、データを収集することで、海洋のさまざまな情報を入手できる。