

## 台風の日に向かって飛ぶオオミズナギドリ

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院環境学研究科の依田 憲 教授と大学院工学研究科の竹内 一郎 教授らの研究グループは、オオミズナギドリ<sup>注1)</sup>に小型の GPS ロガー<sup>注2)</sup>を装着することで、台風<sup>注3)</sup>に対するオオミズナギドリの海上での対応を調べました。その結果、オオミズナギドリが台風の日に向かって飛ぶことを発見し、この戦術によって陸地に飛ばされる危険性を低減していることが明らかになりました。さらに、風の強さや、台風や陸地との位置関係によっても台風への対応を変えることが分かりました。

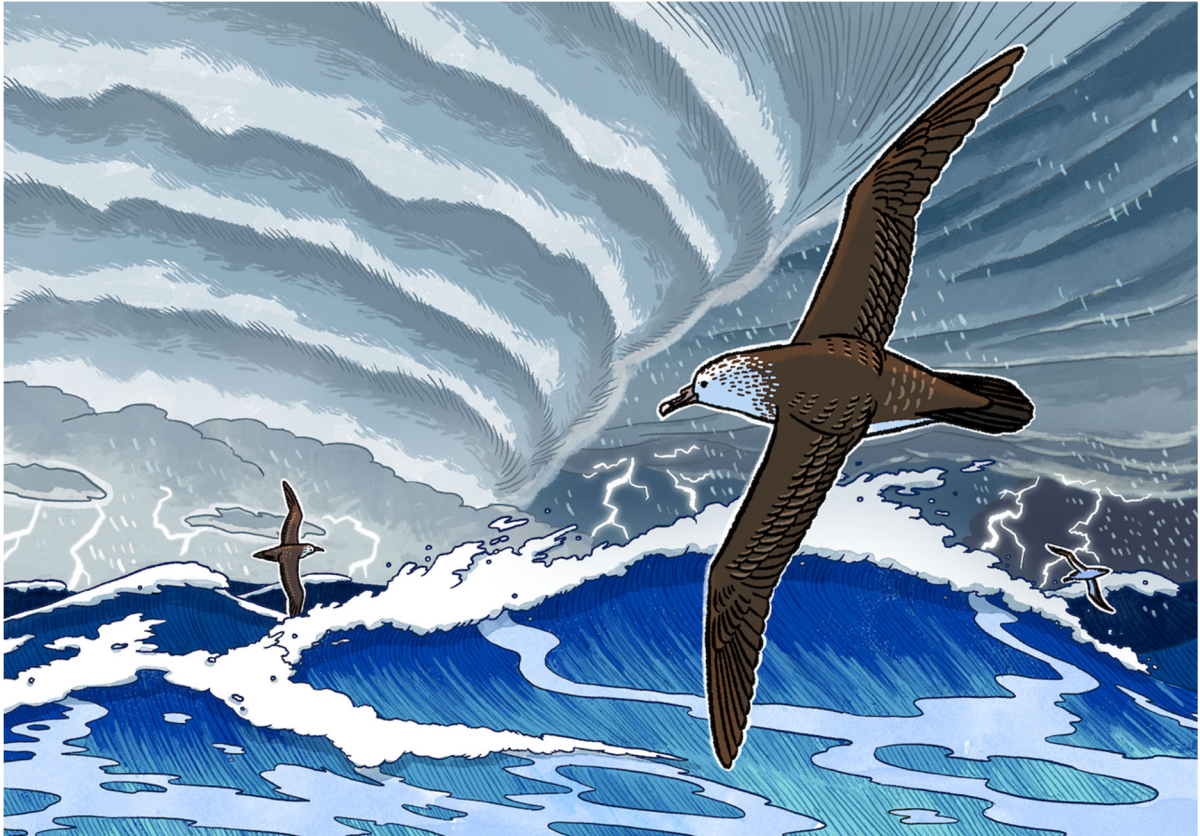
今後は、本研究によって明らかになった鳥類の能力の裏に潜む感覚・運動能力についての研究が進むことが期待されます。また、地球温暖化等の気候変動により台風の発生数や強度にも影響がある可能性が指摘されています。本研究は 10 年以上に渡る野外調査の成果ですが、さらに継続することで、気候変動に対する鳥類の行動的対応が明らかになるかもしれません。

本研究成果は、2022 年 10 月 4 日付アメリカ学術誌「Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)」に掲載されました。

本研究は、文部科学省「学術変革領域 (A) 階層的生物ナビ学」などの科学研究費助成事業の支援のもとで行われたものです。

## 【ポイント】

- ・台風に対する野生動物の行動的な対応については、ほとんど分かっていない。特に、台風の影響を受けると思われる海洋動物についてはデータがほとんどない。
- ・10年以上に渡って毎夏、小型のGPSロガーをオオミズナギドリに装着することにより、台風シーズンの移動情報を収集した。
- ・オオミズナギドリが台風の目に向かって飛ぶことが判明した。また、この戦術により、陸上に飛ばされるリスクを低減している可能性が示された。



台風の目を目指すオオミズナギドリたち（イラスト：きのしたちひろ）

## 【研究背景と内容】

### 【研究背景】

夏から秋にかけて、日本は多くの台風に襲われます。人間社会では台風の進路を予測し、災害への備えをしたり、避難所に移動したりしますが、野生動物はどのように対応しているのでしょうか？実は、台風に対する野生動物の対応については、ほとんど研究が進んでいません。これは、台風時の行動を観察することが難しいためです。

海洋で魚類や頭足類を食べて生活している海鳥類は、台風の際、陸上動物よりもはるかに強い風にさらされることとなります。海鳥のカツオドリやゲンカンドリは、サイクロンなどの嵐を避けるようにして飛んだという報告が数例あります。しかし、台風によって勢力や進路が異なる上、台風と各個体との位置関係もさまざまでしょう。台風に対する海鳥の対応を明らかにするためには、多くの個体の移動データが必要です。

昔から海鳥類は、『海つばめの歌（マキシム・ゴーリキー）』や『かもめのジョナサン（リチャード・バック）』のような多くの物語の中で、苦難に立ち向かう象徴として嵐の中を飛んできました。さて、実際の海鳥はどうしているのでしょうか？



## 【内容】

本研究では、新潟県の粟島で繁殖するオオミズナギドリ<sup>注4)</sup> (図 1) に注目しました。オオミズナギドリの育雛期は 8-11 月で、日本の台風シーズンと一致するため、台風をうまく回避する方法など、何らかの行動戦略が進化している可能性があります。そこで、オオミズナギドリに位置 (緯度・経度) を計測できる GPS ロガーを装着し、日本海で台風 (を含む低気圧、以下簡単のため台風と呼ぶ) に遭遇した個体の移動経路を解析しました。なお、オオミズナギドリは通常は陸上を飛ぶことはありません<sup>注5)</sup>。本研究では、2008-2018 年にかけて計 401 羽から得られた緯度・経度データ (1 分に 1 回測位) から、台風にさらされた 75 羽のデータを詳細に解析しました。海上風については、気象再解析データを利用しました。

GAMM (一般化加法混合モデル) やエージェントシミュレーションを用いて解析した結果、オオミズナギドリが台風の目に向かって飛ぶことが分かりました (図 2)。中には 8 時間以上に渡って台風の目を追跡した個体もありました。ただし、どんなときでも台風の目に向かうわけではなく、秒速 10m (時速 36km) 以上の強風に吹かれる時には目の方向に飛びますが (風速が秒速 20m の風の中を飛ぶこともありました)、秒速 10m 未満の時には逆に台風から遠ざかる傾向がありました。また、台風の目に向かうことで本州に接近してしまう場合も、台風に向かいませんでした。風の強さによって海上で休む時間は左右されませんでした。また、台風を避けるように移動することもありましたが、これは左回りの台風の北西にいて、比較的簡単に迂回できるときでした。さらに、オオミズナギドリの移動戦略を模した (ただし陸地の情報を持たない) 模擬鳥をコンピュータ上で移動させたところ、多くの場合、模擬鳥は陸上に吹き飛ばされずに海上に留まりました。

これらの結果から、オオミズナギドリは風の状態や台風との位置関係に応じて柔軟に台風に対応していることが示されました。また、台風の目に向かうことで、陸地に飛ばされるリスクを低減していることが示唆されました。ダイナミックソアリング<sup>注6)</sup> という海上風を利用した飛翔方法をとるオオミズナギドリにとって、台風による最大のリスクは、陸地に飛ばされてしまうことです。陸上では捕食者に襲われる可能性も高まる上、オオミズナギドリは平坦な土地からの離陸も苦手です。実際に、オオミズナギドリは、繁殖地の巣穴にアクセスするとき以外は、陸上を飛ぶことはありません<sup>注5)</sup>。

さて、オオミズナギドリは台風の接近をどのくらい前から感知しているのでしょうか？もしかしたら気圧の変化を利用しているのかもしれませんが。また、陸地の位置も把握している可能性があります。オオミズナギドリの移動戦略を模した (ただし陸地の情報を持たない) 疑似鳥はコンピュータ上で陸上を飛ぶことを回避できていましたが、陸地に到達してしまうことが時折ありました。この結果から、実際のオオミズナギドリは方位を感知する頭方位細胞<sup>注7)</sup> に加え、地図感覚も備えていて、陸地の位置を把握した精度の高い戦略を採用していることが予想されます。さまざまな感覚を総動員して、適切なときに台風の目に向かっているのかもしれませんが。

## 【成果の意義】

本研究により、オオミズナギドリが台風の目に向かって飛ぶという驚くべき行動を

とっていたことが分かりました。他の海鳥類でこの行動が見られるかどうかは分かりませんが、ごく最近、キバナアホウドリとワタリアホウドリで 1 羽ずつ同様の行動が見つかりました。もしかしたら海上を移動する海鳥の汎用的な戦術かもしれず、今後は台風への対応に関する種間比較研究が進むことが期待できます。また、台風通過の多い九州・沖縄地方で繁殖するオオミズナギドリも興味深い比較対象です。

毎年日本に襲来する台風と、(主に)日本で繁殖するオオミズナギドリの関係を調べた、日本ならではの研究によって、鳥類の驚異的な能力に関する知見がひとつ増えました。今後は本研究に触発されて、鳥類の移動行動の裏に潜む感覚・運動能力の研究が進むことも期待できます。

気候変動に伴い、台風の発生数や強度にも変化があるそうです。野生動物たちが今後の地球環境変化にどのように対応するのか、15 年間欠かさずに行ってきた粟島でのバイオロギング<sup>注8)</sup> 研究のさらなる継続によって解明できるかもしれません。



図 1：オオミズナギドリ（撮影：後藤佑介特任助教・名古屋大学）

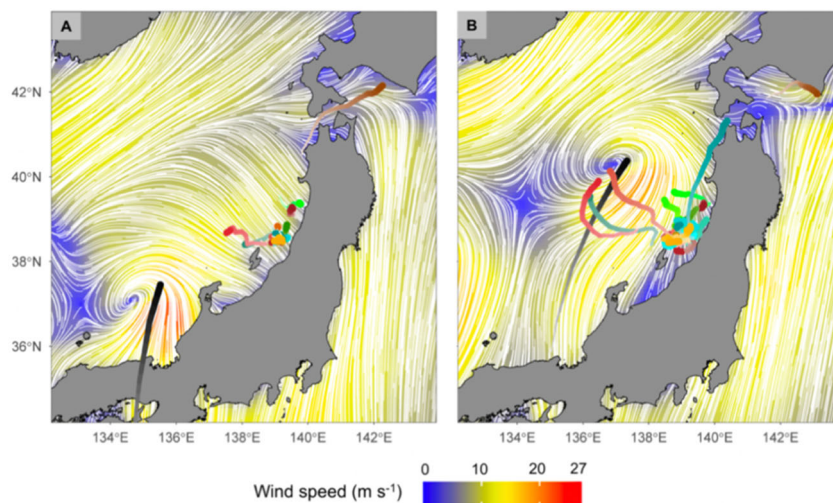


図 2：オオミズナギドリの台風に対する反応の例。(左)日本海に侵入した台風(黒太線。一番濃いところが最新の位置、薄く細くなるにつれて過去の経路)。オオミズナギドリは、新潟・山形県周辺や北海道襟裳岬の西で採餌していることが鳥に装着した小型 GPS ロガーによって分かる(カラフルな点と線)。(右)その後、3羽のオオミズナギドリが台風の目に向かって飛んでいる。また、2羽が台風に向かい始めている(明るい緑)。

## 【用語説明】

注 1) オオミズナギドリ (*Calonectris leucomelas*) :

日本や韓国などの島々で春から秋にかけて繁殖する、体重 600g ほどの海鳥（海鳥とは、主な採餌場所が海洋である鳥類のグループ。約 9000 種の鳥類のうち 350 種ほどが海鳥）。翼開長（翼を広げたときの翼端間の長さ）120cm。数 m 潜水してカタクチイワシなどを食べる。繁殖期は、土に掘った巣穴で雛 1 羽を両親で育てる。粟島の親鳥の場合、1 回につき 1-17 日間の採餌旅行を行い、胃に魚を入れて雛に持ち帰る。粟島から津軽海峡を抜け、北海道最東端の沿岸で採餌することもある。親も雛も 11 月に繁殖地を離れ、非繁殖期はニューギニアやフィリピンの沿岸で過ごす。野生化したネコによって個体数を減らしている島もあり、繁殖・生態・行動・保全の研究が急務である。

注 2) GPS ロガー :

GPS とは、上空の衛星からの信号を受け取って位置を知る、全地球測位システムのこと。カーナビやスマホに搭載されている。野生動物に対しては、GPS モジュールや電池、メモリなどを組み合わせ、小型化・耐水化して用いる。こうした手法は、バイオロギングと呼ばれている。

注 3) 台風 :

北西太平洋と南シナ海で最大風速がおおよそ秒速 17m 以上の熱帯低気圧。北西太平洋は地球上で一番多く熱帯低気圧が発生する地域である。別の地域では、ハリケーンやサイクロンと呼ばれる。台風と呼ばれるようになったのは明治時代からで、野分と呼ばれていた頃からオオミズナギドリは台風の目に向かっていたかもしれない。

注 4) 新潟県粟島で繁殖するオオミズナギドリ :

新潟県の粟島では、推定 8 万羽以上のオオミズナギドリが繁殖する。名古屋大学の研究グループは、15 年に渡って新潟県粟島でオオミズナギドリの調査研究を続けており、バイオロギング研究の世界的な拠点の一つである。最近では、世界で初めて AI を搭載したロガーを開発して注目された (Korpela, Yoda et al. *Communications Biology* 2020)。野生化したネコが鳥を襲う捕食被食関係を調べたり (塩崎、依田ら *日本鳥学会誌* 2014)、鳥の繁殖成績を毎年記録したりと、生態系保全に繋がる研究も行っている。

注 5) 陸上を飛ばない親鳥、陸上を飛ぶ巣立ち幼鳥 :

成鳥は、繁殖期に雛に餌を運搬するとき以外は、陸上を飛ばない（極端な荒天の後、長野県や群馬県で目撃されることがあるが、本種の個体数を考えるとごく少数。これらの個体がなぜ内陸に吹き飛ばされたのかは興味深い）。通常は成鳥は陸上を飛ばないことが数百羽以上の GPS 情報から確認されている。繁殖期が終わって赤道方面に渡る際も、津軽海峡か対馬海峡を抜けて太平洋を南下し、道中で陸上を飛ばない。ただし、日本海の繁殖地で巣立ちした幼鳥は、11 月に本州上空（ときには日本アルプス上空）を飛んで太平洋へ移動する (Yoda et al. *Current Biology* 2017; Yoda et al. *Ecology* 2021)。このため、11 月に日本各地で保護されるオオミズナギドリのほとんどは幼鳥である。

巣立ち幼鳥と成鳥の比較から、幼鳥は数年間かけて地形を学習し、海上のみを飛んで南下するルートに移行すると考えられる。

注6) ダイナミックソアリング：

海上付近の風は海面から高度が上がるほど風速が大きくなる。この風速勾配を利用することで、羽ばたかずに飛ぶ方法がダイナミックソアリングである。ミズナギドリ類やアホウドリ類がこの省エネ飛翔を利用する。これらの現生鳥類と翼竜のソアリング性能を比較した論文が最近出版された (Goto, Yoda et al. PNAS Nexus 2022 : <https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2022/05/post-254.html>)。

注7) 方位を感知する頭方位細胞：

採餌を終えて繁殖地に戻る際、目的地方向に向いて飛ぶと、風に流されて繁殖地からズレた地点に到着してしまう。そのためオオミズナギドリは、風の影響を加味して、繁殖地から少しズレた方向に向いて飛ぶことで、最短ルートで帰巢する (Goto, Yoda et al. Science Advances 2017)。つまり、繁殖地の方角が分かっている。実際、オオミズナギドリは頭方位細胞という方位に反応する神経細胞をもつことが分かっている (Takahashi, Yoda et al. Science Advances 2022)。

注8) バイオロギング：

バイオロギングとは、生物 (bio) と記録する (logging) を組み合わせた造語で、動物に小型のデータロガーをとりつけ、行動や位置、内的状態、経験する環境などを時系列データとして記録する手法である。野生動物に対しては、行動に影響を与えないよう小型化して装着する。また、ロガーを装着していない個体と行動や繁殖を比較することで、装着の影響が無いもしくは軽微であることを確認する。さらに、心電図等を計測することにより、捕獲による影響を客観的に評価し (例えばオオミズナギドリの場合、捕獲後に心拍数が平常に戻るまで 90 分かかる; Müller, Yoda et al. Journal of Experimental Biology 2018)、低減する工夫をこらす。ロガーは内部のメモリに情報が記録 (ログ) されるので、再度個体を捕獲して回収する。蓄積した情報を衛星や基地局に発信してデータを回収する機器もあり、再捕獲の難しい種に使われる。

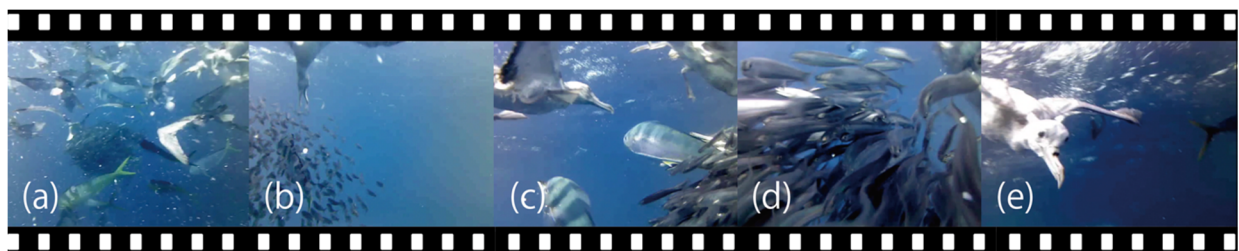


図3：バイオロギングによって得られるデータの例。オオミズナギドリにビデオロガーを装着して鳥の前方を撮影した一回の採餌行動 (a→e の順で時間が進む)。背中に装着しているため、撮影者の姿は映っていない。(a)水深数メートル。奥に見える魚群を目指して羽ばたいて泳ぐ。大型魚のシイラや他のオオミズナギドリが多数映っている。(b)魚群に近づく。上から他のオオミズナギドリが魚群に迫っている。(c)(d)魚群に最接近。(e)海面に浮上する。潜り始めた他個体とすれ違う。

### 【論文情報】

雑誌名 : Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)

論文タイトル : “Pelagic seabirds reduce risk by flying into the eye of the storm”

著者 : Emmanouil Lempidakis (スワンジ大) , Emily L. C. Shepard (スワンジ大) , Andrew N. Ross (リーズ大) , Sakiko Matsumoto (名大) , Shiho Koyama (名大) , Ichiro Takeuchi (名大) , K. Yoda (名大) ※本学関係教員は下線

DOI: 10. 1073/pnas. 2212925119

URL: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2212925119>