

# 海鳥バイオリギングで推定した海上風のアンサンブルデータ同化

課題責任者

山崎 哲 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ

著者

澤田 尚樹\*1, 吉田 聡\*2,4, 福井 真\*3, 山崎 哲\*4, 依田 憲\*5, 後藤 佑介\*5

\*1 京都大学理学研究科, \*2 京都大学防災研究所, \*3 気象庁気象研究所, \*4 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ, \*5 名古屋大学環境学研究科

キーワード: バイオリギング, アンサンブルデータ同化, 観測システム実験, 領域再解析

## 1. はじめに

日本での風水害の要因の大部分を占める台風は、その正確な強度推定と予測が防災・減災のために必要である。しかしながら、海上の直接観測データが少ないためにその精度には大きな不確実性が含まれるのが現状である。そこで、バイオリギングが海上気象観測の新たな手法として注目されている。バイオリギングは、動物に小型のデータロガーを取り付けてその行動や周辺環境を計測する手法であり、近年ではこの手法を気象観測に応用する研究が始まっている。例えば、ロガーに記録された海鳥の位置情報から海上風を推定する手法が考案されている[1]。また、オオミズナギドリやアホウドリといった海鳥は、強風で陸に流されるのを避けるために台風の眼に向かっていくことを示した研究[2][3]がある。さらに、2019年台風FAXAIに巻き込まれて台風内部を飛行したオオミズナギドリのトラックデータも報告されている[4]。現状では台風内部の直接観測はコストが高い航空機観測に限られるが、今後はこのような海鳥のバイオリギングによる観測も期待される。

そこで、本研究ではオオミズナギドリが台風下（台風中心から300km以内）を飛行した事例を抽出し、図1に示した全13個の台風事例について鳥の位置情報から推定された海上風の同化実験を行って、その観測インパクトを評価する観測システム実験を行った。

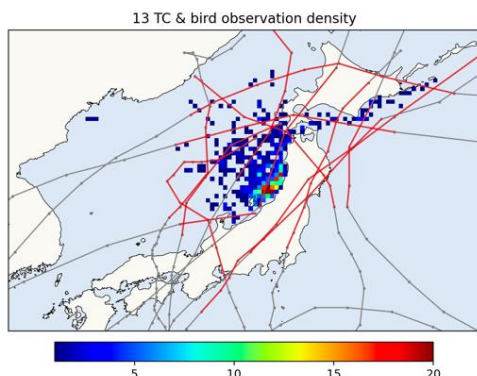


図1 同化実験を行った13個の台風経路

データは気象庁ベストトラック、赤は同化期間、陰影は鳥から推定された風観測の回数で、格子間隔0.2度で積算したもの。

## 2. 使用したデータ

本研究で使用したのは、新潟県粟島に春から秋にかけて営巣する海鳥であるオオミズナギドリの1分毎のGPS位置データである。この鳥は、日本海から北海道の沿岸にかけて移動しながら採餌飛行をすることで知られている。2008年から2022年までの8・9月における延べ483羽分のデータに対し、[1]の改良版であるGoto et al. (in prep.)の手法を適用して、毎正時の海上風を推定した。この鳥推定風に対して観測誤差を設定するため、気象庁MSM解析値・予報値の地表風を真値と仮定した誤差の検証を行った。ただし、オオミズナギドリは基本的に海面付近の高度を飛行することで知られているため、鳥の高度を一律2mと仮定し、中立大気を仮定した対数則によって高度10mのMSM地上風を2m値に変換して比較した。東西風U、南北風VのそれぞれについてMSMと鳥推定風の誤差分散を計算した結果から、鳥推定風の観測誤差はU、Vいずれも4.0m/sと設定した。また、鳥推定風の他にNCEP PREPBUFR (NCEPの現業解析で使用されている観測データセット)を同化に使用した。

## 3. 実験設定

本研究では、地球シミュレータに移植された気象庁非静力学モデルNHMにデータ同化手法として局所アンサンブル変換カルマンフィルタLETKFを組み合わせた、日本領域再解析システムNHM-LETKF[5]を使用した。これを用いて、PREPBUFRに含まれる地上・船舶・高層観測のみを同化するNOBIRD実験と、それらに加えて鳥推定風（一律に海面高2mと仮定）を同化するBIRD実験を行い、その結果を比較して鳥観測のインパクトを評価した。NOBIRD実験は各年の8月1日0時を計算開始とし、2008年から2022年までの15年分の8・9月についての長期解析データを作成した。台風下の鳥観測が同化される時刻の6時間前のNOBIRD解析値を、BIRD実験の初期値とした。BIRD実験の計算終了は当該台風が5km領域（図2）の外に抜けるか、ベストトラックの最終時刻までとした。アンサンブルメンバー数は30、初期値および境界値にはJRA-55、海面水温にはMGDSSTを用いた。同化ウインドウは解析前6時間である。なお、本システムでは一般的なLETKFと異なり、摂動を与えていないコントロールランに対して解析を行っているため、以降に示す解析値や第一推定値は

全てコントロールランの結果である。

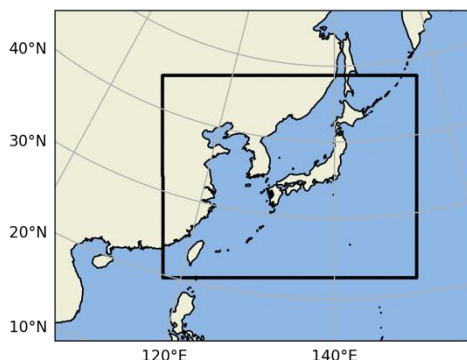


図2 NHM-LETKFの計算領域

全体が25km、黒線内側が5kmの領域である。

#### 4. 結果

13 台風事例のうち、最も鳥推定風同化のインパクトが大きかった2018年台風20号CIMARONの結果を示す。本事例のBIRD実験の計算期間は2018年8月23日18時から24日12時までであり、この期間には33個体の鳥から推定された82点の鳥観測点が存在した。NOBIRD実験とBIRD実験の結果それぞれについて、海面気圧の極小値を台風中心として台風のトラッキングと強度推定を行った。進路にはNOBIRD実験とBIRD実験で大きな変化は見られなかった(図3a)。一方で、中心気圧には変化があった(図3b)。8月24日0時と6時でNOBIRD実験は解析によって中心気圧が下がり発達傾向であるのに対し、BIRD実験はこの発達傾向を抑制してベストトラックにより近い中心気圧を再現したことがわかる。これにより、6時間予報のアンサンブル中心気圧もBIRD実験の方が有意に高くなり、ベストトラックに近づいた(図略)。8月24日0時について、鳥推定風の同化効果を見るためにBIRD実験とNOBIRD実験のインクリメント(解析値-予報値)の差分をとったのが図4である。鳥推定風の同化によって地上風の低気圧性循環は弱まり、海面気圧は上昇していたことが確認できる。また、同時刻の鉛直渦度(図5)を見ると、海上の鳥風観測による渦度弱化的効果は高度600hPa付近まで及んでいたことがわかる。

#### 5. まとめ

オオミズナギドリのバイオリギングデータから推定した海上風を用いたデータ同化実験を行った結果、台風強度の解析にインパクトを持つ事例があることがわかった。引き続きバイオリギングによる台風直接観測データの蓄積が期待されるとともに、得られたデータの精度とこれを利用した台風の強度推定や予測精度への影響について今後も検討していくことが必要である。

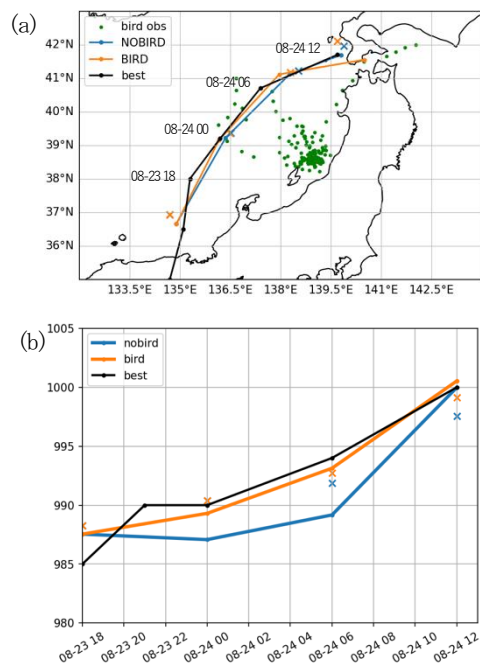


図3 台風 CIMARON の(a)中心経路 (b)中心気圧 青はNOBIRD実験、橙はBIRD実験の結果で、実線は解析値、クロスは予報値を示す。黒はベストトラックで、(a)の緑点は鳥観測点である。

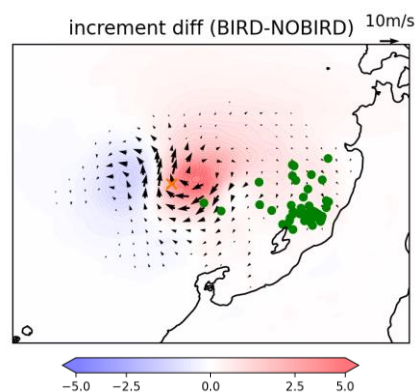


図4 インクリメント差分(2018年8月24日0時) 矢印は地上風、陰影は海面気圧を表し、緑は同化ウインドウ内の鳥観測点である。

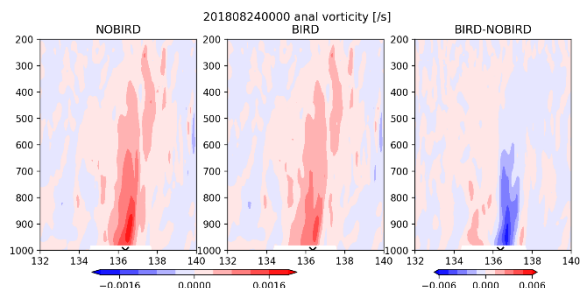


図5 鉛直渦度解析値(2018年8月24日0時) 台風中心で切断した東西鉛直断面で、左から順にNOBIRD, BIRD, BIRD-NOBIRD(差分)を表す。

## 謝辞

本研究は、科研費基盤研究 (A) 22H00569 の支援を受けたものである。MSM 解析値は京都大学生存圏データベースより、NCEP PREPBUFR は NCAR (<https://rda.ucar.edu/datasets/ds337-0/>) より取得した。

## 参考文献

- [1] Goto, Y., Yoda, K., & Sato, K. (2017). “Asymmetry hidden in birds’ tracks reveals wind, heading, and orientation ability over the ocean”, *Science advances*, 3(9), e1700097.
- [2] Lempidakis, E., Shepard, E. L., Ross, A. N., Matsumoto, S., Koyama, S., Takeuchi, I., & Yoda, K. (2022). “Pelagic seabirds reduce risk by flying into the eye of the storm”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(41), e2212925119.
- [3] Nourani, E., Safi, K., de Grissac, S., Anderson, D. J., Cole, N. C., Fell, A., & Shepard, E. L. (2023). “Seabird morphology determines operational wind speeds, tolerable maxima, and responses to extremes”, *Current Biology*, 33(6), 1179-1184.
- [4] Shiomi, K. (2023). “Swirling flight of a seabird caught in a huge typhoon high over mainland Japan”, *Ecology*, 104(12), e4161.
- [5] Fukui, S., Iwasaki, T., Saito, K., Seko, H., & Kunii, M. (2018). “A feasibility study on the high-resolution regional reanalysis over Japan assimilating only conventional observations as an alternative to the dynamical downscaling”, *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 96(6), 565-585.