Strix Vol. 31, pp. 67–75, 2015 Journal of Field Ornithology ©Wild Bird Society of Japan



--特集「風力発電と野鳥」・原著論文--

オジロワシとオオワシは風車を避けて飛ぶ?

植田睦之¹・島田泰夫²・福田佳弘³・三上かつら¹・環境省自然環境局野生生物課⁴

バードリサーチ.〒191-0032 東京都府中市住吉町 1-29-9
 日本気象協会.〒170-6055 豊島区東池袋 3-1-1 サンシャイン 60-55F
 知床海鳥研究会.〒099-4353 北海道斜里郡斜里町ウトロ中島 10-6-208
 〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2

摘要

北海道ではオジロワシの風車への衝突事故が問題となっている.その対策を検討するために、オジロワシ とオオワシが風車を回避して飛行しているのかどうかを2011/12年の越冬期に北海道苫前町でセオドライ トとレーザー距離計をもちいて調査した.その結果、オジロワシとオオワシともに海側へ水平に移動するこ とによって風車を避けて飛行していることが示唆された.風車を避けているにもかかわらず、風車への衝突 事故が確認されていることから、何らかの風車を避けることのできないことが生じた時にバードストライク が起きるものと考えられる.バードストライクの少ない風車の立地を検討するためには、それが何なのか明 らかにしていく必要がある.

はじめに

風力発電施設が鳥に与える影響の1つが 鳥が風車に衝突するバードストライクの問題 である.日本では特にオジロワシ Haliaeetus albicillaのバードストライクが問題になってお り、2012年8月までに32件の衝突事故が確 認されている(白木 2013).

こうした事故を減らすためには、なぜオジロ ワシが風車にぶつかるのかを明らかにする必要 がある.これまでに、衝突事故が海岸部の崖や 斜面上の風車で多いこと(白木 2012)、こう した場所では海から吹く風が崖や斜面にぶつか ることで生じる上昇風を利用してオジロワシが よく飛ぶこと(植田・福田 2010)が明らかに されており、オジロワシの飛行頻度の高い場所 では事故が生じやすい可能性が示唆されている (Kitano & Shiraki 2013).しかし、事故の原因 はまだはっきりしていない.

事故の原因を明らかにするためには、まずは

オジロワシが風車を回避して飛行しているのか どうかを明らかにすることが重要である.そ こで,セオドライト(測風経緯儀,以下"セオ ドライト"と呼ぶ)およびレーザー距離計を用 いた調査を行ない,オジロワシおよびオオワシ *H. pelagicus*の風車の回避行動を記録したので, 報告する.

調査方法

調査は、2011 年 12 月 19 日 -23 日および 2012 年 1 月 23 日 -27 日の 9 時から 15 時に 北海道苫前町で実施した(44.32° N, 141.67° E, 図 1). この地域は海岸沿いに高さ約 30m の海 岸段丘がつづいている地形である.オジロワシ およびオオワシ(以下 ワシ類とする)が風車 を避けているかどうかの計測はセオドライトと レーザー距離計をもちいて行なった.

セオドライトによるワシ類の飛行経路の測定 は、大気中の風況を測定するために、気球を2

2014年11月28日受理

キーワード:オオワシ,オジロワシ,バードストライク,飛行行動,風力発電



図 1. 調査地. 距離計測点(○) はセオドライトによるワシの飛行経路の海岸からの距離を計測した場所(W: 風車地点,N:北計測点,S1:南計測点1,S2:南計測点2)

Fig. 1. The study area. ○: Points where the distance between the coast and the flight path of eagles was measured using a theodolite (W: Wind turbines, N: North point, S1: South point 1 and S2: South point 2 shown in Figure 3), #: Theodolite stations, X: Laser range finder stations.

点から観測する方法を応用したものである. 2 地点(原点と補助点;図1の#)に設置したセ オドライトから同時に同じ個体を捕捉すること で,空間座標(東西方向,南北方向,高度)を 求めるものである.両地点における高度角(β) と両地点を結ぶ線からの方位角(α)とを測定 できれば,個体は空間の1点上に位置すること になり,水平面位置(X,Y)と高度(H)を 求めることができる.これを連続的にくり返せ ば,点群は、三次元(X,Y,Z)の飛翔軌跡 情報として得られる.セオドライトの測定間隔 は 2 秒間隔とした.

レーザー距離計による調査は風車付近と,そ の南側に配置した定点(図1の×)より Nikon レーザー 550ASを使ってワシ類が飛んでいる 場所までの水平距離を計測した.レーザー距離 計ではセオドライトのように連続的な飛行経路 を知ることはできないが,セオドライトのよう に2点から同時にワシを捕捉しなければならな いという制約がなく,多くのデータを得ること ができるために,この手法をもちいた.レーザ ー距離計の測定精度は,250 m以内の距離で± 1 m,高さや水平距離の測定の誤差には,これ に角度測定の誤差も加わるが,それを加えても 200 mで±2 m以下である.距離測定は,定点 から海岸の最短距離の方向をワシが通過したと きに行なった.調査では,距離とともに確認時 刻および飛行経路を地図上に記録しており,無 線でやりとりした情報なども参考に,これらの 情報から同じ個体を2定点ともに記録できたと 考えられた場合は,風車付近と,南側の定点と で個体が飛行位置をどのように変えたかについ ても記録した.

ワシ類が風車を回避する方法には、上昇ある いは下降して風車を回避する鉛直方向への回避 と、左右どちらかへ移動する水平方向への回避 が考えられる. ワシ類は海岸線に沿って飛行し ているので(植田・福田 2010)、もし、風車 を水平方向に回避していたとすると, 飛行軌跡 の海岸線からの距離が風車付近とそれ以外の場 所で変化すると考えられる. そこで、セオドラ イトの結果の解析にあたっては、風車付近の海 岸に1点(図1中のW),風車の北側の海岸に 1点(図1中のN),南の海岸に2点の計測点(図 1 中の S1 と S2) を設定し、その計測点から軌 跡までの最短距離を測定した。その距離は海岸 線をゼロとし、軌跡が海上にあるものをマイナ スで、陸上にあるものをプラスで表現した. ま た. 水平方向の計測の対象としたデータのワシ 類の飛行高度の情報をもとに、風車付近と南あ るいは北側の計測点のあいだで,飛行高度に差 があるかどうかを比較し、ワシ類が鉛直方向へ の回避を行なっているかどうかも検討した.比 較にあたっては、風車の位置とそれ以外の場所 での位置の組み合わせを Wilcoxon の符号化順 位検定で比較した.風車以外の場所で複数の位 置情報が得られた場合は、その平均値を用いた.

なお,計測の対象とした飛行軌跡は海岸沿い に飛行したものとし,それは,風車付近の計測 点の100 m以内の記録がとれ,かつ北あるい は南側の計測点のいずれかの100 m以内を通 過したものである.

レーザー距離計の計測結果も同様の方法で検 討した.レーザー距離計による測定をした定点 から海岸までの水平距離を計測し,そこから, 定点よりワシ類までの水平距離を引くことによ り,ワシ類の飛行位置の海岸からの距離を計算 し,風車付近の定点と南側の定点とのあいだで 比較した.

結果

セオドライトによる調査

39 例のワシ類の飛行をセオドライトで追跡 することができ(図 2), 22 例が風車地点およ



図 2. セオドライトで記録したオ ジロワシの飛行経路 Fig. 2. Flight paths of Whitetailed Eagles tracked using a theodolite.



図 3. セオドライトで記録したオオ ワシの飛行経路 Fig. 3. Flight paths of Steller's Sea Eagles tracked using a theodolite.

び南北どちらかの計測点のそばを飛行した. 飛 行方向は南から北へ向かって飛去したものが8 例,北から南へ向かって飛去したものが14例 だった.種の内訳はオオワシ7例とオジロワシ 15 例だった.

風車付近では飛行経路は海岸線付近からやや 海寄りをとおっており、風車のない海岸線では、 より内陸側にも飛行経路が入っていた(図2. 3). 計測点付近での飛行位置と海岸線からの距 離を算出し、個体別にそれを結ぶことで、ワシ 類がどのように飛行したのかを模式的に示した (図4).3基の風車は海岸から約75m陸側に 位置していた. 風車よりも北の計測点あるいは 南の計測点で風車の位置と同じ程度の内陸の位 置にあたる海岸線から 60-90m 陸側の位置を ワシ類が飛行していた場合が3例あったが、い ずれも,風車付近に到達した時点では,風車か ら離れた海岸線側を飛行していた、また南北の 計測点で 60m より海側を飛んでいた場合でも, 風車地点でさらに海側に離れることが多く、風 車周辺での海岸線からの距離と、それ以外の計 測点での距離とを比べると、風車地点では有意 に海側の位置を飛んでいた(図 4:Wilcoxon の符号化順位検定 V=63, P=0.04, n=22).

風車付近と,風車から離れた場所での飛行高 度のあいだには有意な差は認められなかった (図 5:Wilcoxonの符号化順位検定 V=126, P=0.99, n=22).

レーザー距離計による調査

風車付近の定点では、54例のオジロワシと 7例のオオワシの海岸からの飛行位置を計測し た.これらの中にはセオドライトで記録された 個体も含まれている.また、南側の定点では、 47例のオジロワシと13例のオオワシを計測し た.風車付近では、オジロワシ、オオワシとも に、風車のある海岸から75m付近を飛行した 記録はなく、海寄りを飛んでいた(図6:海か ら陸側に向けての平均距離±標準偏差:オジロ ワシ-18.4±38.6m、オオワシ-16.0±33.1 m).それに対して、南側の定点では、風車の ある位置に相当する海岸から75mの位置も飛 行していた(図6:オジロワシ 81.4±33.7m、 オオワシ 87.4±27.0m).風車付近と南側に



- 図 4. セオドライトの計測結果にもとづくオジロワシ(実線)とオオワシ(破線)の海岸からの飛行位置の 風車周辺とそれ以外の場所での変化
- Fig. 4. Flight courses of White-tailed Eagles (full line) and Steller's Sea Eagles (broken line) around wind turbines and in the other areas based on the tracking result of a theodolite.



- 図 5. セオドライトの計測結果にもとづくオジロワシ(実線)とオオワシ(破線)の飛行高度の風車周辺とそ れ以外の場所での変化. 網掛け部分は風車のブレードのある高さ
- Fig. 5. Flight altitudes of White-tailed Eagles (full line) and Steller's Sea Eagles (broken line) around wind turbines and in the other areas based on the tracking result of a theodolite. Hatching shows the area where turbine blades sweep.



おける海岸に対するオジロワシとオオワシの飛 行位置は,両種ともに有意に異なっていた(オ ジロワシ U=65.5, P<0.001, n=54,47,オオワ シ U=0, P<0.001, n=7,13). これらの記録のうち,風車付近の定点と南

側の定点の両方で計測することのできた 14 例 について海岸からの距離の変化をみると、い ずれも、南側定点よりも風車定点では、海岸 に近い位置へと移動していた(88.8 ± 25.0 m → -11.8 ± 23.7m, n=14).

考察

セオドライトおよびレーザー距離計の結果 は、ワシ類が高度を上下させることではなく、 海側に水平方向へ移動することにより風車を避 けて飛んでいることを示唆している.ただし、 風車付近は海岸線が海側にはり出しており、ワ シが風車を避けているのではなく、地形の影響



Fig. 6. Flight paths of White-tailed Eagles (○ and full line) and Steller's Sea Eagles (● and broken line) around wind turbines and in the other areas using a laser range finder. The same birds are connected with lines.

でこのような飛行経路をとった可能性も否定で きない.しかし、ワシ類は風車がない海岸線付 近を移動する時に、こうした地形ではショート カットするように,海岸から一度内陸を通過し て再び海岸線を出ることが北海道日本海側の小 平の海岸や道東の根室などで観察されている (植田 未発表観察データ). しかし, 今回の結 果は逆に海側に離れており,風車を避けていた 可能性が高い.なぜ海側に避けるのかは不明だ が、滑空したまま避けることのできる水平方向 の回避の方が、羽ばたいて上昇しなければなら ない上下方向の回避よりも飛行に伴うエネルギ ー消費が小さいと考えられることと、ワシ類の 食物はおもに魚類や海鳥類や海岸に打ち上げら れる死体等なので(中川 1999, 白木 1999), 食物を探索しながら飛び続けるためには海側に 回避した方が合理的なのかもしれない.

ワシ類の飛行時の風車は稼働中だった.風車

のブレードが高速でまわることにより,回転物 体を網膜が捉えられなくなるモーションスメア 現象がおきて風車を認識できなくなる可能性が 指摘されるが,トビ *Milvus migrans* の室内実 験に基づく推定では,毎分 35.5 回転の速い回 転であっても 20 m以上離れていれば,トビで はモーションスメアは生じないと推測されてい る(環境省自然環境局野生生物課 2011).今 回得られた結果も,ワシ類は稼働中の風車を少 なくとも遠方からは認識することができ,避け て飛行できるものと考えられた.

データ数の多かったレーザー距離計の結果で は、オジロワシとオオワシを分けて解析したが、 いずれも風車を回避していることが示唆され た.風車への衝突事故は、オオワシではこれま でに、1例しかおきておらず、オジロワシで多 くおきている(白木 2013).両種とも風車を 避けて飛行していると考えられたので、回避行 動ではこの事故の件数の違いは説明できず、植 田ほか(2010)が指摘したような、両種の採 食習性の違いに基づく飛行頻度や飛行高度の違 い等が起因している可能性がある.

オジロワシは風車を避けて飛行していると 考えられたにもかかわらず,2012年8月ま でに32件の衝突事故が確認されている(白木 2013).風車周辺の飛行頻度と比べて衝突事故 数が少ないことを考えても、今回示されたよう に、通常はワシ類は風車を避けて飛んでおり、 事故は生じないが、何らかの風車を避けること のできないことが生じた時にバードストライク が起きるものと考えられる.

考えられる理由の1つが,吹雪などの視界の 悪化である.視界が悪いとワシ類は風車を認識 することができず,衝突してしまうことが考え られる.しかし,これまでに衝突の瞬間が記録 されたのは1例のみだが(環境省 2014),こ の事例では衝突時の視界は良かった.風車の 衝突時刻がおおまかにわかっている事例の中 にも衝突時は天気の良かったことが明らかに なっている事例が2例あり、視界の悪化は衝 突の主要な原因ではない可能性が高い. 猛禽 類の視野は狭いことがシロエリハゲワシ Gyps fulvus やコシジロハゲワシ G. africanus (Martin et al. 2012), チュウヒワシ Circaetus gallicus (Martin & Katzir 1999) で知られており、下 を向いて飛んでいる場合には正面にある風車を 見ることができないと考えられている. そのた め食物の探索中は風車に気づかず、風車に衝突 してしまう危険性が指摘されている(Martin et al. 2012). オジロワシの場合も食物がある場 合に下を向いて飛ぶことが多くなるので(植田 2014), 食物がある場合に風車を認識できず, 風車を回避しないがために、事故が起きること が考えられる.

また,食物以外でも衝突が誘発される可能性 がある.環境省(2014)の衝突事例では,衝 突したオジロワシの後ろから別個体が追跡する ように飛んでおり,食物と同様に,他個体を気 にして正面を向かずに飛んだ場合,風車のブレ ードを見ることができず衝突する可能性があ る.

以上のように、いくつかの可能性はあるもの の、なぜ風車を避けられるであろうワシ類が風 車に衝突してしまうことがあるのかは明らかで ない.衝突に関係する要因がひとつとも限らな いだろう.バードストライクの原因がわからな い以上は、鳥の飛翔頻度の高い場所では衝突リ スクも高いと考えて、バードストライクの危険 性の高い立地と仮定せざるを得ない.しかし、 飛翔頻度が低くても「衝突が生じる原因となる 事象」が多く発生する場所では実際は衝突リス クが高くなったり、あるいは逆に、飛翔頻度は 高くても衝突リスクが低い場合も多く生じる可 能性があり、飛翔頻度では必ずしも正しいリス ク評価はできないだろう.バードストライクの 少ない風車の立地を検討するためには、今回得 られたような鳥類の飛翔や行動特性に関する情 報を様々な場所や地形で調べて蓄積し、バード ストライクが生じる原因を一つでも多く明らか にしていく必要がある.

謝辞

本研究は環境省の委託事業「平成23年度 海ワ シ類における風力発電施設に係るバードストライク 防止策検討委託業務」のなかで実施したものである. また,現地調査は,日本気象協会の石田寛人,藤井 年夫両氏の協力なしには実施できなかった.これら 関係者に感謝する.

引用文献

- 環境省. 2014. バードストライクの映像. 環境省動画 チャンネル(2014/04/16公開)<https://www. youtube.com/watch?v=CxGyVF9abSk&feature =youtu.be>
- 環境省自然環境局野生生物課.2011. 鳥類等に
 関する風力発電施設立地適正化のための
 手引き.環境省自然環境局野生生物課,東
 京.<http://www.env.go.jp/press/file_view.
 php?serial=16734&hou_id=13331>(参照
 2014年11月28日)
- Kitano, M. & Shiraki, S. 2013. Estimation of Bird Fatalities at wind farms with complex topography and vegetation in Hokkaido, Japan. Wildl.

Manage. 37: 41-48.

- Martin, G. R. & Katzir, G. 1999. Visual field in Shorttoed eagles *Circaetus gallicus* and the function of binocularity in birds. Brain Behav. Evol. 53: 55–66.
- Martin, G. R., Portugal, S. J. & Murn, C. P. 2012. Visual fields: foraging and collision vulnerability in Gyps vultures. Ibis 154: 626–6.
- 中川元. 1999. オオワシ. 斜里町立知床博物館(編). 知床の鳥類. pp.178-219. 北海道新聞社, 札幌 市.
- 白木彩子. 1999. オジロワシ. 斜里町立知床博物館(編). 知床の鳥類. pp.126–177. 北海道新聞社, 札幌市.
- 白木彩子.2012.北海道におけるオジロワシ
 Haliaeetus albicilla の風力発電用風車への衝突
 事故の現状.保全生態学研究 17:85-96.
- 白木彩子. 2013. 風力発電用風車への衝突事故と その回避. 樋口広芳(編). 日本のタカ学. pp. 300-323. 東京大学出版会, 目黒.
- 植田睦之. 2014. オジロワシはなぜ風車にぶつか る? 海岸の食物がワシの行動にあたえる影響. バードリサーチニュース 11(5): 3.
- 植田睦之・福田佳弘. 2010. オジロワシおよびオオ ワシの海岸飛行頻度と気象状況との関係. Bird Research 6: S21–S26.
- 植田睦之・福田佳弘・高田令子. 2010. オジロワ シおよびオオワシの飛行行動の違い. Bird Research 6: A43-A52.

Do White-tailed and Steller's Sea Eagles detour around wind turbines?

Mutsuyuki Ueta¹, Yasuo Shimada², Yoshihiro Fukuda³, Katsura Mikami¹ & Ministry of the Environment⁴

 Japan Bird Research Association. 1-29-9 Sumiyoshi, Fuchu, Tokyo 183-0034, Japan
 Japan Weather Association. Sunshine 60 Bldg. 55, 3-1-1 Higashi-Ikebukuro, Toshima-ku, Tokyo 170-6055, Japan

Shiretoko Sea Birds Research Club. 1407-219 Tawarabashi, Nakashibetsu, Hokkaido 086-1137, Japan
 Kasumigaseki 1-2-2, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8975, Japan

In Japan, collisions with wind turbines are a major cause of death of White-tailed Eagles *Haliaeetus albicilla*. In order to develop measures to avoid or reduce collisions of sea eagles with wind turbines, the tracking of White-tailed and Steller's Sea Eagles *H. pelagicus* was conducted using a theodolite and a laser range finder in Tomamae, northern Japan from December 2011 to January 2012. The tracking result showed that White-tailed and Steller's Sea Eagles flew along the coast to detour around wind turbines. Although eagles normally detour around wind turbines, however, they sometimes collide with wind turbines, which suggests that they collide with wind turbines when some conditions make it difficult for them to avoid turbines. Therefore, these conditions need to be determined to avoid or reduce wind turbine collisions of the species.

Key words: collisions with wind turbines, flight behavior, Haliaeetus albicilla, Haliaeetus pelagicus, wind farm