

平成 26 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  
報 告 書

平成 27 年 3 月

環境省 自然環境局

## 目次

1.業務の目的	1-1
2.業務の基本方針	2-1
3.検討結果	
3.1 バードストライク防止策案の検証	3-1
3.1.1 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査	3-1
3.1.1.1 視認性(色)の検証調査	3-1
3.1.1.2 可聴性(音)の検証調査	3-50
3.1.2 餌資源の検証調査	3-53
3.1.3 衝突感知センサの開発・検証調査	3-58
3.1.4 監視システムの開発・検証調査	3-79
3.2 衝突状況のモニタリング調査	3-94
3.3 衝突個体の医学的解剖による衝突状況解明と飛翔状況からの原因考察	3-107
3.4 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集	
3.4.1 海外における最新の知見等の収集・整理	3-141
3.4.2 手引きの更新(衝突リスク解析[計画時])	3-154
4.検討会	
4.1 平成 26 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会(第 2 回)	4-2
4.2 平成 26 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会(第 3 回)	4-15
5.資料編	
5.1 視程計による視程変化および風向風速	資-1
5.2 セオドライトによる追跡データ(電子データのみ)	資-2
5.3 海ワシ類の死骸発見時の状況	資-3

## [業務目的]

風力発電施設の設置については、猛禽類をはじめとした鳥類が風力発電施設のブレードに衝突し死亡する事故(バードストライク)が生じており、この課題に円滑に対応するためのデータ等が整備されていないため、風力発電施設設置の適否判断が長引く問題が生じ、野生生物保全と風力発電推進の両立を目指す上での課題となっている。

環境省においては平成19年度から平成21年度まで、風力発電施設に係る適正整備推進事業を進め、風力発電施設の立地を検討していく上で、環境影響評価等の実施のポイントとその際に配慮すべき各種事項を「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(平成23年1月)」(以下「手引き」という。)としてとりまとめた。しかし、風力発電施設の立地を検討していく上でバードストライクに関する知見等は十分とはいえず、さらなる知見の収集を行うことが必要である。特に環境省が作成しているレッドリストで絶滅危惧Ⅱ類に分類されるオジロワシの死因については、判明している限り風力発電施設へのバードストライクが最も多く、海ワシ類に関する知見を収集することは希少種保全上重要である。このことから、平成22年度から平成24年度まで、特に海ワシ類を対象として、バードストライク防止策検討事業を進め、衝突状況の解明、その原因や効果的な防止策案を検討した。

本業務は、これまでの業務を踏まえ、平成25年度～27年度の3ヶ年をかけて、オジロワシ、オオワシ等の希少な海ワシ類に係る風力発電施設におけるバードストライクの防止策案の検証を行い、手引きの更新等にも資する、さらなる知見の収集も含め、特に海ワシ類を対象とした効果的なバードストライク防止策を策定するものである。

### (1)バードストライク防止策案の検証

#### ①視認性(色)や可聴性(音)の検証調査

風車ブレードへの塗装、地表面マーカークの設置、忌避性や可聴性の高い音の発生の効果の検証を行うものである。ブレードへの塗装と地表面マーカークについては北海道の苫前町とせたな町で調査を行ない、昨年度の対策前(事前)調査に続き、本年度対策後の調査として海ワシ類の飛翔をレーザ距離計とセオドライト計測を行った。苫前におけるブレードの塗装は、吹雪の際の視認性は上がっていたが、対策前後でオジロワシ、オオワシともブレードへの塗装と風車からの距離には有意な差はなかった。視認性の向上は、視界の悪いときに効果が出るものと考えられ、短期的な調査ではその効果の検出は難しいと思われる。長期的に事故数の変化等をモニタリングする必要があるだろう。せたなでの調査では風車の北側の観測地点では、対策後の本年度はオジロワシが有意に海側に離れて飛んでいたが、反面、地表面マーカークをつけた風車のそばを横切ることも2回観察された。いずれもマーカークの効果と言うよりは、オジロワシの休息場所が沖の島や堤防になったことと、調査期間中、風車が停止した影響の可能性が高いと考えられた。

音の発生による効果は根室半島で調査を行なった。運動会で使われるスタータピストルと、ホイッスルに対するワシの反応を試験したが、ピストルの効果が高く、羽ばたいてスピードを落とし、音の方向をみるという反応が多かった。音によりワシを追い払うことはできないが、風車に気づかせる効果が期

待できると考えられた。

#### ②餌資源の検証調査

海岸線の餌資源をコントロールし、餌資源の有無に伴う海ワシ類の飛行行動を把握するものである。本年度は昨年度に続き根室半島付近において調査を実施した。その結果、オジロワシ、オオワシともに餌のある場合の方がより長い割合下を向いて飛ぶことが多くなり、他個体のワシやカラス類による干渉が多くなり、バードストライクの危険性が高まると考えられた。

#### ③衝突感知センサの開発・検証調査

2014年8月4日に苫前町の風車ブレードに衝突感知センサを装着し、試験運用を開始した。同年、10月31日に当該風車の近傍でオジロワシの死骸が発見された。しかしながら、感知センサーへ記録は残されていなかった。同年12月2日以降、ロガーのヒューズ切れやブレード側の無線ユニットバッテリー切れにより欠測状態となった。感知センサの改良が必要である。

#### ④監視システムの開発・検証調査

海ワシ類の風車への接近を検知する光学システムの開発と検証を行うものである。本年度は、東京大学先端科学技術研究センターに一部再委任し、鳥類を識別するアルゴリズムの開発を行った。

本年度は、鳥種別判定機能の充実化を図ることを目的として動画による軌跡検出機能について開発を行った。静止画の種別判定アルゴリズムを活用し、さらにパーティクルフィルターを導入した動画軌跡検出機能の開発を進めた。結果、誤差2ピクセル未満での軌跡検出が可能となる軌跡検出機能を実現し海ワシの飛翔パターンの検出、学習教師データの取得が可能となった。

#### (2)衝突状況のモニタリング調査

海ワシ類の衝突リスクが高いと思われる時期において、ビデオカメラを2台設置し3ヶ月間程度特に鳥類の衝突に関する動画を撮影し、衝突メカニズムの検証に資する映像を記録した。観測期間中に衝突事故は発生しなかった。前年度の衝突映像から他個体との相互作用が重要との指摘を受け、海ワシの出現しやすい気象条件下(2015年1月2日)を精査したところ、2個体以上が映っている事例は、全59事例中、6事例であった。

#### (3)衝突個体の医学的剖検による衝突状況解明と飛翔状況からの原因考察

株式会社猛禽類医学研究所に再委任し、釧路湿原野生生物保護センターで保管する風力発電施設に衝突したとみられるオジロワシ等の死亡個体について、医学的剖検を行い、海ワシ類の衝突状況の解明等を行い、衝突した風力発電施設の立地環境、衝突時の気象情報などの情報から衝突原因について考察するものである。本年度は4個体の剖検結果が得られた。

#### (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集

風力発電施設の計画段階から鳥類等に与える影響を軽減できるよう配慮すべき各種知見・資料、防止策等ととりまとめた手引きについて、その情報の更新に資する知見等について収集、整理を行うものである。本年度は、手引きの構成(目次)に沿って、新たな情報の収集、整理を行った。

さらに、風力エネルギーと野生生物の影響に関する国際会議(cww2015)に参加し、手引きの更新に資する情報を収集した。また、手引きの更新(衝突リスク解析[計画時]の改定(案))を作成した。

#### (5) 検討会の設置、運営

鳥類及び風力発電施設の専門家を含む検討会を設置、運営し、(1)~(4)において実施した業務内容について結果のとりまとめ内容も含め検討会の意見を求めるものである。平成26年5月13日と11月7日に開催され、これまでの調査結果の報告と今冬の調査計画を事務局等から説明し、検討委員による議論が交わされた。

#### Summary

##### Aim of the study

Since birds have collided with wind turbines in Japan, measures urgently need to be taken to reduce the risk of bird collision with wind turbines to promote wind energy use.

The Ministry of the Environment has laid down “guidelines for the proper use of land when developing wind energy farms in terms of birds and other wildlife (2011 Jan.)”.

Since our knowledge of bird collision with turbines is still limited, however, more detailed data need to be collected to examine locations for wind farms. Mortality due to a collision with wind turbines represents the greatest proportion in White-tailed Eagles listed by the Ministry of the Environment as a vulnerable status. It is important, therefore, to collect detailed information on sea-eagles to conserve rare species. In this context we have started to determine the conditions and causes of a bird collision with turbines to examine effective measures to prevent the collision from 2010 to 2012.

This project is aimed at reviewing plans to prevent sea eagles from colliding with wind turbines for three years from 2013 to 2015 and collecting further data contributing to improving the guidelines to formulate measures to prevent sea eagle collision with wind turbines.

##### (1) Examination of the bird strike preventive measures

###### (1.1) Examination of the visibility (coloration) and audibility (sound).

This work is to inspect the effect of bird strike preventive measures such as painting the blades, plotting land markers, generating well audible or repellent sounds. The study was conducted at

Tomamae Town and Setana Town, Hokkaido. We measured the flight height of sea eagles by vision and theodolite measurements following last year's examination before the start of the preventive measures. In Tomamae, we found painting blade contributed to the improvement of visibility in snowstorm. However, regarding White-tailed eagle and Steller's sea eagle, there were no significant differences in the fright distance from wind turbine between before and after painting blade. We consider that visibility is improved by painting blade during low visibility, and it is difficult to detect of the effect in the short-term survey. We consider it is necessary to monitor changes in the number of accidents in long-term survey. Regarding Setana's survey, in the north of the observation point of the wind turbine, White-tailed eagle was flying significantly away to the sea side in this survey. However flying across near the wind turbine which attached a surface marker was also observed twice. We considered that the cause of that is due to changing the White-tailed eagle's rest place to island lying off the coast and embankment or stopping the wind turbine during this survey rather than the effect of the marker.

The study of generating well audible or repellent sounds was conducted at Nemuro Town, Hokkaido. We used the starter pistol and the whistle and measured the reaction of the eagles. We found that in most cases the eagles flapped and slow down the flying speed, and saw direction of the sound when we used the starter pistol. We consider sounds cannot ward off the eagles but may be able to notice the wind turbine.

#### (1.2) Food resource investigation

This project controlled the abundance of food along the shore to comprehend the traveling behavior of sea eagles. We conducted this study in and around the Nemuro Peninsula.

Flight time between the White-tailed eagle and the Steller's sea eagle to face to the downward became long under the condition that a food was arranged. It was also observed to receive intervention by other individual's eagles and crows. We're thinking these behavior makes a possibility of the bird strike increase.

#### (1.3) Development and examination of collision sensors.

This project aims at developing and examining the sensor to detect collision against wind blades. We load a collision sensing sensor on a blade in a wind turbine and have begun test practical use in Tomamae on August 4, 2014. A collision dead body of a White-tailed eagle was found near the windmill on October 31. However, a sensing sensor wasn't recording this collision. Practical use of a sensor was suspended by fuse cloth of ROGA and flat battery of the radio unit from same year

December 2. We're thinking improvement of a sensing sensor is necessary.

(1.4) Development and examination of monitoring system.

This project is to develop and examine optical system to detect the approaching sea eagles to a wind turbine. We have an algorithm to distinguish birds developed by the Research Center for Advanced Science and Technology of University of Tokyo. We have developed the function in which a track of an animation is detected to make the function which identify species name of a bird. Also, we have developed the function which detects a track in an animation using the algorithm and the particle filter which identify species. As a result, we could detect a track below 2 pixels of error. We enabled to detect the flight pattern of the sea eagle kinds using the detection function also acquire supervised learning data.

(2) Monitoring the condition of collisions.

We have set up two video cameras to record images of birds colliding with the wind turbines in order to examine the condition leading to bird strikes. This recording was conducted for three months during a season with high bird strike risk of sea eagles. A collision didn't occur in the observation period. A bird researcher pointed out that the interaction with the other individuals was important from a collision picture in the past. Therefore the picture record on January 2, 2015 was confirmed. As a result, during 59 cases, the bird beyond 2 individuals was taken a picture of by 6 cases.

(3) Investigation into the collision condition by post-mortem of the collided individual and the probable cause of the collision suggested by the flying behavior.

We have examined by the Institute for Raptor Biomedicine Japan Co. Ltd a body of the White-tailed Eagle assumed to have collided with a wind turbine and stored at the Kushiro Marsh Wild Fauna and Flora Protection Center. This work is aimed at making post-mortem and determine the cause by such additional information as location of the wind farm, weather of the time of collision. We have obtained results on four individuals.

(4) Collecting new information as to updating the guideline.

This is a project to collect and arrange newer information useful in updating the guideline that outlined various know-how, literature and preventive measures to decrease the impact of wind farms on flying animals since planning stage. We have collected and arranged new information along the index of the guideline. We participated in Conference on Wind energy and Wildlife impacts (cww2015), March 10-12, 2015 in Berlin and collected information to renew a

guideline. Also, we made a revise of a renewal (collision risk analysis of a guideline).

(5) Setup and managing the panel meeting of experts.

We have established and managed a panel meeting including bird and wind farm experts. This meeting is aimed at reviewing and gaining opinions on the results of the above works (1) to (4). The meetings were held on Dec. 7 and Mar. 13, 2013 respectively. The panel was shown the results of last year and study plan of this wintering season and discussed about them.



## 1. 業務の目的

風力発電施設の設置については、猛禽類をはじめとした鳥類が風力発電施設のブレードに衝突し死亡する事故（バードストライク）が生じており、この課題に円滑に対応するためのデータ等が整備されていないため、風力発電施設設置の適否判断が長引く問題が生じ、野生生物保全と風力発電推進の両立を目指す上での課題となっている。

環境省においては平成 19 年度から平成 21 年度まで、風力発電施設に係る適正整備推進事業を進め、風力発電施設の立地を検討していく上で、環境影響評価等の実施のポイントとその際に配慮すべき各種事項を「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（平成 23 年 1 月）」（以下「手引き」という。）としてとりまとめた。しかし、風力発電施設の立地を検討していく上でバードストライクに関する知見等は十分とはいえず、さらなる知見の収集を行うことが必要である。特に環境省が作成しているレッドリストで絶滅危惧 II 類に分類されるオジロワシの死因については、判明している限り風力発電施設へのバードストライクが最も多く、海ワシ類に関する知見を収集することは希少種保全上重要である。このことから、平成 22 年度から平成 24 年度まで、特に海ワシ類を対象として、バードストライク防止策検討事業を進め、衝突状況の解明、その原因や効果的な防止策案を検討した。

本業務は、これまでの業務を踏まえ、平成 25 年度～27 年度の 3 ヶ年をかけて、オジロワシ、オオワシ等の希少な海ワシ類に係る風力発電施設におけるバードストライクの防止策案の検証を行い、手引きの更新等にも資する、さらなる知見の収集も含め、特に海ワシ類を対象とした効果的なバードストライク防止策を策定するものである。

### （1）バードストライク防止策案の検証

#### ①視認性（色）や可聴性（音）の検証調査

風車ブレードへの塗装、地表面マーカーの設置、忌避性や可聴性の高い音の発生の効果検証を行うものである。調査地は北海道の苫前町とせたな町とし、本年度は対策後（事後）調査として、海ワシ類の飛翔を目視とセオドライト計測により実施した。

#### ②餌資源の検証調査

海岸線の餌資源をコントロールし、餌資源の有無に伴う海ワシ類の飛行行動を把握するものである。本年度は根室半島付近において調査を実施した。

#### ③衝突感知センサの開発・検証調査

衝突を感知するセンサの開発・検証を行うものである。過年度業務において開発された成果に基づき、風車ブレードに接着するものを開発し検証を行う。本年度は、株式会社アコーに一部外注し、センサの開発及び試作品を作成した。

#### ④監視システムの開発・検証調査

海ワシ類の風車への接近を検知する光学システムの開発と検証を行うものである。本年度は、東京大学先端科学技術研究センターに一部再委任し、鳥類を識別するアルゴリズムの開発を行った。

#### (2) 衝突状況のモニタリング調査

海ワシ類の衝突リスクが高いと思われる時期において、ビデオカメラを2台設置し3ヶ月間程度特に鳥類の衝突に関する動画を撮影し、衝突メカニズムの検証に資する映像を記録した。

#### (3) 衝突個体の医学的剖検による衝突状況解明と飛翔状況からの原因考察

株式会社猛禽類医学研究所に再委任し、釧路湿原野生生物保護センターで保管する風力発電施設に衝突したとみられるオジロワシ等の死亡個体について、医学的剖検を行い、海ワシ類の衝突状況の解明等を行い、衝突した風力発電施設の立地環境、衝突時の気象情報などの情報から衝突原因について考察した。

#### (4) 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集

風力発電施設の計画段階から鳥類等に与える影響を軽減できるよう配慮すべき各種知見・資料、防止策等を取りまとめた手引きについて、その情報の更新に資する知見等について収集、整理を行った。

#### (5) 検討会の設置、運営

鳥類及び風力発電施設の専門家を含む検討会を設置、運営し、(1)～(4)において実施した業務内容について結果のとりまとめ内容も含め検討会の意見を求めるものであり、本年度は平成26年5月13日と11月7日に実施した。

## 2. 業務の基本方針

風力発電施設の設置にあたって、鳥類、特にオジロワシ、オオワシ等の希少な海ワシ類が風力発電施設のブレードに衝突し死亡する事故（バードストライク）が問題となっており、バードストライクの効果的な防止策を策定する必要がある。

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を策定するにあたり、平成 22～24 年度の課題と成果を整理した。その上で、①現状のバードストライク防止策における課題を明らかにした上で、②バードストライク防止策に関する課題解決に向けた基本方針を以下に示す。

### (1)現状のバードストライク防止策における課題

#### ① 衝突メカニズムの解明

環境省がこれまで行なってきた調査で衝突リスクの高い風力発電施設の立地条件がわかかってきており、「手引き」で注意すべき点がまとめられている。

しかし、立地条件から、バードストライクの危険性の極めて高い場所は避けられるが、それ以外の場所でも衝突の危険性がある一方で、なぜ海ワシ類が風力発電施設に衝突するのかは明らかでない。そのため、それらの場所でバードストライクが生じるのかどうかを予測することは難しい。この問題を解決するためには、なぜ海ワシ類が風力発電施設に衝突するのかというメカニズムを明らかにすることが急務である。

#### ② 衝突死骸を効率的に確認できるツールの開発

衝突メカニズムと併せてどの程度の海ワシ類が衝突しているのか、という衝突実態を明らかにする必要がある。しかし、そのため必要とする適切な事後調査が実施されているとは言い難い状況である。衝突事故は稀な事象であるとともに、それが起きた場合、死骸が遠方に飛ばされて見つめることができなかつたり、死骸がキツネ等の捕食者に持ち去られたり、雪に埋まったりするためである。このため風力発電施設供用後の衝突状況の調査に係る作業効率がきわめて低く、その実態が明らかにされにくいことが障害となっている。

#### ③ 効果的な再発防止対策

設置後に衝突が起きていることが判明した場合には、その後事故が起こらないようにする必要があり、衝突原因を十分に踏まえた手法の開発も必要である。

### (2)バードストライク防止に関する課題解決に向けた基本方針

#### ① 衝突メカニズムの解明

衝突時にどのようなことが起きているのかがわかれば、衝突の原因を明らかにすることができるので、あわせてビデオモニタリングを実施し（衝突状況のモニタリング調査）、死体の剖検を行なう（衝突個体の医学的剖検による衝突状況解明と飛翔状況からの原因

考察)。

② 衝突死骸を効率的に確認できるツールの開発

風力発電施設設置後のバードストライクのモニタリングのためには、事故発生を把握できる仕組みを作ることが有効である。そのため、本事業では衝突感知センサを開発し、検証を行う。

③ 効果的な再発防止対策

風力発電施設にワシが衝突する原因は、有力な原因として、ブレードの回転速度が速くなった場合にワシがブレードを認識できなくなるモーションスミア現象や、吹雪など視界が悪くなった場合にブレードを認識できなくなる可能性が考えられる。そうしたケースで認識力をあげる方法として、風力発電施設のブレードの塗装を行なう(視認性(色)検証調査)。また、食物の探索のために下を向いていて、風力発電施設を見ていなく衝突する可能性も考えられる。実際にそのようなことが生じているのかを餌資源の検証調査により明らかにし(餌資源の検証調査)、下を向いていても風力発電施設を把握させるために地表面に目印をつけることや音で風力発電施設の存在を知らせることの効果測定を行なう(視認性(色)や可聴性(音)の検証調査)。

また、原因がわからない場合でも行える対策として、風力発電施設にワシが近づいたことを感知する監視システムの開発を行なう(監視システムの開発・検証調査)。

表 2- 1 バードストライク防止策における現状課題と課題解決の方向性

	No	H22-24 の課題		H22-24 の成果		H25-27 の課題		その解決方向
解明	1	衝突リスクの高い立地条件	→	海岸に近いほど衝突発生数が多い		衝突メカニズムの解明に迫る	→	餌資源、ビデオモニタリング、視程計、剖検
	2	衝突リスクの高い地域	→	渡り中の個体よりは越冬中の個体や留鳥個体への対策を考えるべき				
	3	衝突リスクの高い時期	→	越冬時期に集中				
	4	衝突リスクの高い気象条件	→	気象条件の可能性も示唆されたが、すべてではない				
	5	衝突のメカニズム	→	モーションスミアをはじめいくつかの仮説を整理				
検証	6 (新課題)					運用前・後における効果的な防止対策	→	衝突防止策の検証(視認性、音、餌資源)監視システムの開発
	7 (新課題)					死骸調査に基づく衝突数の実態解明、事後調査の推進	→	衝突感知センサの開発

## 3.1 海ワシ類の諸条件による衝突リスクの検証

### 3.1.1 視認性(色)や可聴性(音)の検証調査

#### 3.1.1.1 視認性(色)の検証調査

##### 1. 風力発電施設ブレード塗装

###### [調査目的・方法]

ブレードを塗装することで、海ワシ類にとってのブレード視認性の向上を期待し、衝突リスクを低減させることを目的として実施した。

回転するブレードにモーションスマアが発生しているのではないかという見解がホドスによって示された。これは麻酔をかけた鳥類の眼球に電極を刺し、模型風車を見せて眼球の電極反応をみることで得られた結果である。その後、環境省による「風力発電施設におけるバードストライク防止策実証事業」(平成 19～21 年度)では、訓練されたトビと模型風車を使った行動分析(オペラント実験)を行い、モーションスマアの発生を確認するとともに、その模型風車ブレードに塗装を行うことで視認性が向上することも併せて確認した(たとえば真邊・島田<sup>2</sup>)。

今回の実証研究において、ブレードを塗装する際、留意した点は、「現状復帰させること」と「塗装することでブレードのバランスを崩さないこと」の二点である。前者については、業務終了時に原状復帰を行うことが求められた。三枚のブレードのうち一枚に塗装を施すことを想定していたが、現状復帰する場合、その上に再度原色を塗らねばならない。塗装を重ねることでバランスが崩れるため、残りの二枚にも同様の塗装を重ねバランスを取る必要がある。これに対してフィルムであれば、塗装に比べ軽量であり、なおかつ現状復帰もフィルムを剥がすだけで済むという利点がある。

塗装パターン(模様・色)については、三枚のブレードのうち一枚の先端部分に黒色フィルムを添付することとした。色については、調査場所となる北海道日本海側の冬季は積雪と曇天で特徴づけられることから、白色に対するコントラスト比の最も高い黒色とした。後述するノルウェーでの海ワシ防止対策プロジェクト「INTACT」でも黒色が採用されている。前述のホドスも、三枚とも同じ色を塗ってしまうと、網膜への刺激が単調化してしまうとし、彼自身も「本来であれば、三枚のブレードをそれぞれ異なる塗装パターンで塗るべきだが、それが難しい場合、一枚のブレードを塗ることも良い」としている。

なお、ブレードの先端部分のみにフィルムを添付したのは、モーションスマアは角速度に依存するから、ブレード先端部分から徐々に発生していくことを想定したものである。

塗装対象は、これまで海ワシ類の飛翔調査を実施してきた苫前夕陽ヶ丘風力発電所・風来望とし、3基のうちの1号機(南端風車)とした。これまでの調査で、海ワシ類は断崖に沿って行き来していることから、1号機もしくは3号機を塗装することで、検証が容易にな

<sup>1</sup> Hodos (2003): Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines.

<sup>2</sup> Manabe & Shimada (2009): Perception of Velocity of Rotating Windmill Blades by the Japanese Black Kite (*Milvus migrans*)

ると想定した。

### ブレード塗装の作業状況

[ブレード塗装用のフィルム適性評価]

北海道苫前町の夕陽ヶ丘風力発電所における風力発電ブレードへのフィルム貼り付け作業に伴い、事前にフィルム適性評価試験を実施した。以下に試験概要を示す。

表 3-1- 1 試験概要

試験日	2014 年 5 月 9 日
場所	北海道苫前町夕陽ヶ丘風力発電所
試験フィルム	<p>①3M™ コントロールタック™ プラスフィルム 160-32</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・厚くてコシがあり、位置決めが容易なため易施工性に優れている</li> <li>・再剥離性</li> </ul> <p>②3M™ コントロールタック™ プラスコンプライフィルム 180C-12</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・粘着面に空気抜け溝を有するため施工時に気泡ができにくい</li> <li>・位置決めが容易</li> <li>・再剥離性</li> </ul> <p>③3M™ スコッチプリント®ラップフィルムシリーズ 1080-G12</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・車の加飾向けに開発されたラッピングフィルム</li> <li>・粘着面に空気抜け溝を有するため施工時に気泡ができにくい</li> <li>・位置決めが容易</li> <li>・再剥離性</li> </ul> <p>※足場の環境から主なフィルム候補である上記3種類で試験を実施した</p>
試験基材	風力発電ブレード、ナセル (FRP+ゲルコート塗装)
試験項目	<p>1. 初期接着力試験</p> <p>ブレード、ナセルの表面をアルコールで清掃した後、25mm 幅にカットした試験フィルムをブレードには各 2 枚、ナセルには各 3 枚貼り付けた。フィルムの上から携帯用カイロを装着し、基材とフィルムを温めた。約 1 時間経過後、デジタルフォースゲージ (携帯型接着力測定機) にて、剥離角度約 180°、剥離速度約 300mm/分の条件で接着力を測定した。</p> <p>2. ブレード塗膜の密着性試験 (テープスナップ試験)</p> <p>塗膜の劣化具合を確認するため、施塗膜に切れ込みを入れた後、テープスナップ試験を実施した。</p> <p>3. 外観評価試験</p> <p>A5 サイズにカットした試験フィルムをアルコールでの清掃後のブレード、ナセル表面に貼り付け、目視にて試験基材への追従性の確認を行った。</p> <p>4. 実施工性の評価</p> <p>A4 サイズにカットした試験フィルムを施工し、高所からの作業において施工可能なフィルムサイズの検討を行った。</p>

[結果]

(1) 初期接着力の試験

1) ブレード表面の初期接着力の試験

ブレード表面の接着力の試験は、下表のとおりを実施した。試験の結果を表に、試験状況を図に示す。

表 3-1-2 試験実施時刻

試験フィルム	時刻			
	貼り時刻	温め開始時刻	温め終了時刻	測定時刻
①160-32	10:10	10:30	11:45	11:55
②180C-12	10:15			11:50
③1080-G12	10:20			11:45

表 3-1-3 ブレード表面の初期接着力

試験フィルム	接着力 [N/25mm]		
	1回目	2回目	平均値
①160-32	4.0	2.0	3.0
②180C-12	5.0	6.0	5.5
③1080-G12	5.0	5.0	5.0



図 3-1-1 試験状況写真

(左：チョーキング、中：接着力試験全景、右：温め風景)

ブレード表面は、チョーキングと呼ばれる粉を吹いた状態 (図左) になっており、アル

コールで表面の清掃を入念に行ったにもかかわらず、ブレードでの初期接着力は、どのフィルムでも低い結果となった。温めが不十分（カイロの砂鉄がフィルムの一部にしか当たっていなかった）であったことが原因と考えられるため、熱が十分に伝わるように温めた上で追加試験を実施することにした。

## 2) ブレードでの初期接着力追加試験

この追加試験で、フィルム、基材に熱が十分に伝わるよう、図4のようにカイロを重ね、砂鉄がしっかりと当たるように温めを行い、(1)の試験と比較することで、熱の伝わり方による接着力の傾向を観察した（試験フィルムは代表例として180C-12で実施）。

追加試験の結果を表に示す。

表 3-1-4 ブレード表面の初期接着力（追加試験）

試験フィルム	接着力 [N/25mm]		
	1回目	2回目	平均値
②180C-12	13.0	20.0	16.5
②180C-12 ((1)の結果)	5.0	6.0	5.5



図 3-1-2 追加試験状況写真（温め風景）



追加試験により、フィルムを十分に加熱することで、接着力が大幅に上昇し、十分な接着力が確認された。このことから、他のフィルム（①160-32 及び③1080-G12）でも同様に、十分な接着力が得られるものと考えられる。また、実際の施工時期は気温が高い8月であることから、今回の結果同等の接着力を発揮するものと考えられる。

### 3) ナセル表面の初期接着力の試験

ナセル表面の接着力の試験は、表のとおりに実施した。試験の結果を表に、試験状況を図に示す。

表 3-1-5 試験実施時刻

試験フィルム	時刻			
	貼り時刻	温め開始時刻	温め終了時刻	測定時刻
①160-32	10:40	11:00	12:10	12:10
②180C-12	10:45			12:15
③1080-G12	10:50			12:20

表 3-1-6 ナセル表面の初期接着力

試験フィルム	接着力 [N/25mm]			
	1回目	2回目	3回目	平均値
①160-32	17.0	18.0	18.0	17.7
②180C-12	25.0	25.0	20.0	23.3
③1080-G12	22.0	28.0	28.0	26.0

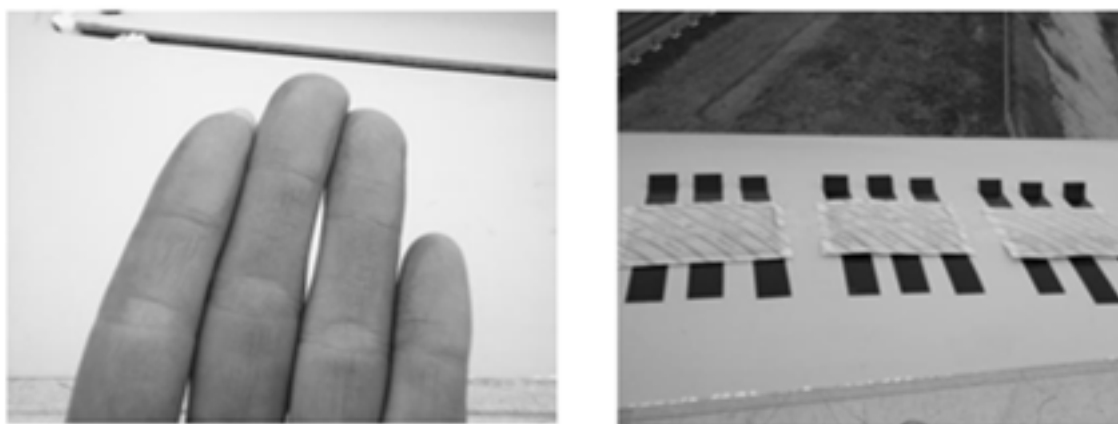


図 3-1-3 試験状況写真（左：チョーキング、右：試験全景）

ブレード表面と同様にナセルでもチョーキングの発生が確認された（図 3-1-3）。アルコールの清掃後の接着力試験では、どのフィルムも十分な接着力が確認された。ブレードとは異なり、水平に近い環境であったため、カイロの砂鉄がフィルムに当たり、熱が十分に伝わったこと、また、ナセル内側には、発電機等の機械があり、その熱によってナセル基材が冷えていなかったため、フィルム本来の接着力が発揮できたと考えられる。したがって、8月での施工であれば、どのフィルムでも今回の結果と同等の接着力が得られるものと結論した。

#### (2) ブレード塗膜の密着性試験（テープスナップ試験）

塗膜に切れ込みを入れた後、テープとフィルム（②180C-12）を貼り（図 3-1-4）、勢いよく剥がすことで、基材に対する塗膜の密着性を確認した。

図 8 で示すとおり、基材から塗膜の剥れはなく、塗膜の密着性は十分保たれていると判断した。ただし、実際に施工するブレード先端での密着性は確認できていないため、劣化具合によっては、フィルム剥離の際に塗膜ごと剥れてしまう可能性は考えられる。

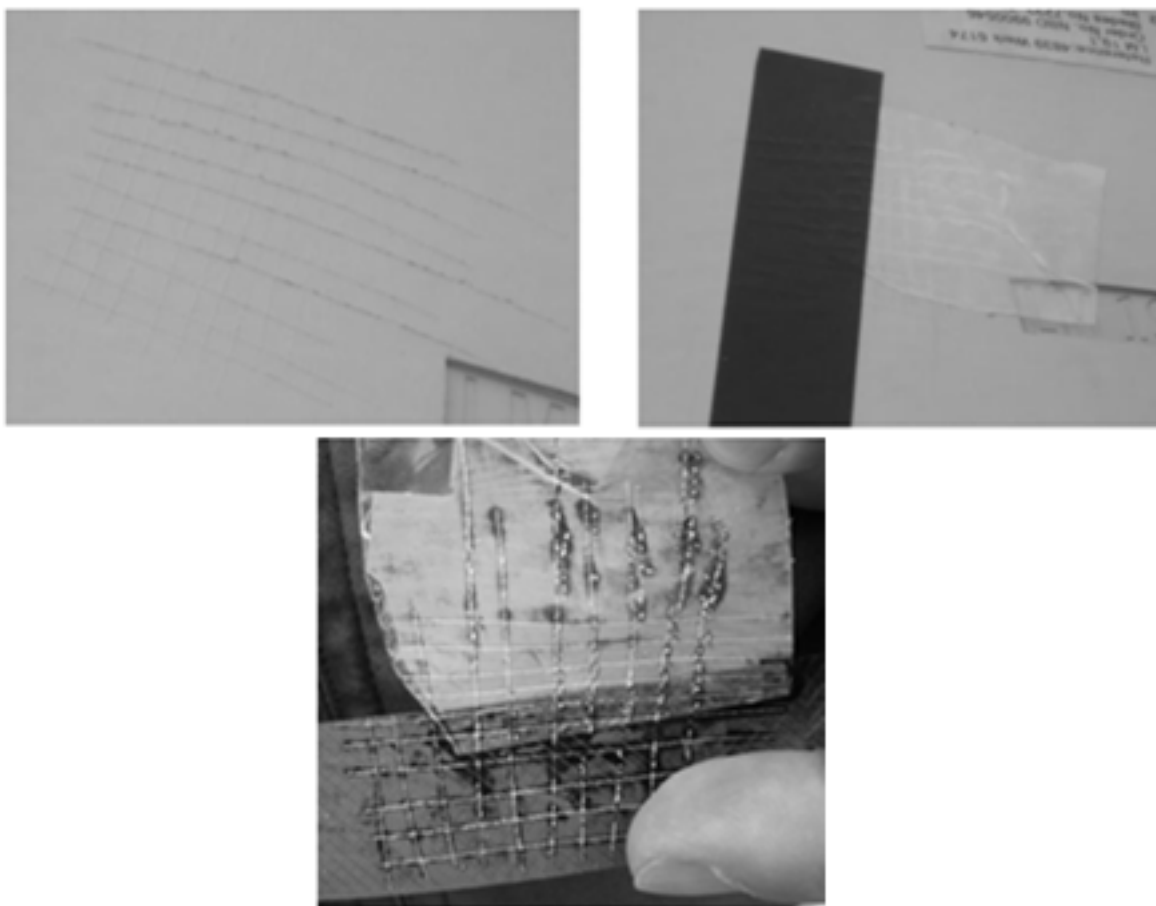


図 3-1-4 テープスナップ試験（上：剥離前、下：剥離後）

### (3) 外観評価試験および実施工性の確認

追従性の外観評価を①160-32、②180C-12 で実施した。両フィルムともブレード、ナセルと同様な表面性が見られ、追従性が良好と判断した（③1080-G12 でも厚みから同様の追従性が期待できる）。加えて、可能な貼り付けサイズの確認を行い、A4 サイズで問題なく施工できることを確認した。貼り合わせのサイズは、実施工者の判断が必要となるが、風が強いことを考慮すると、A4 サイズのシートの貼り合わせをしていくことが妥当であると考えられる。

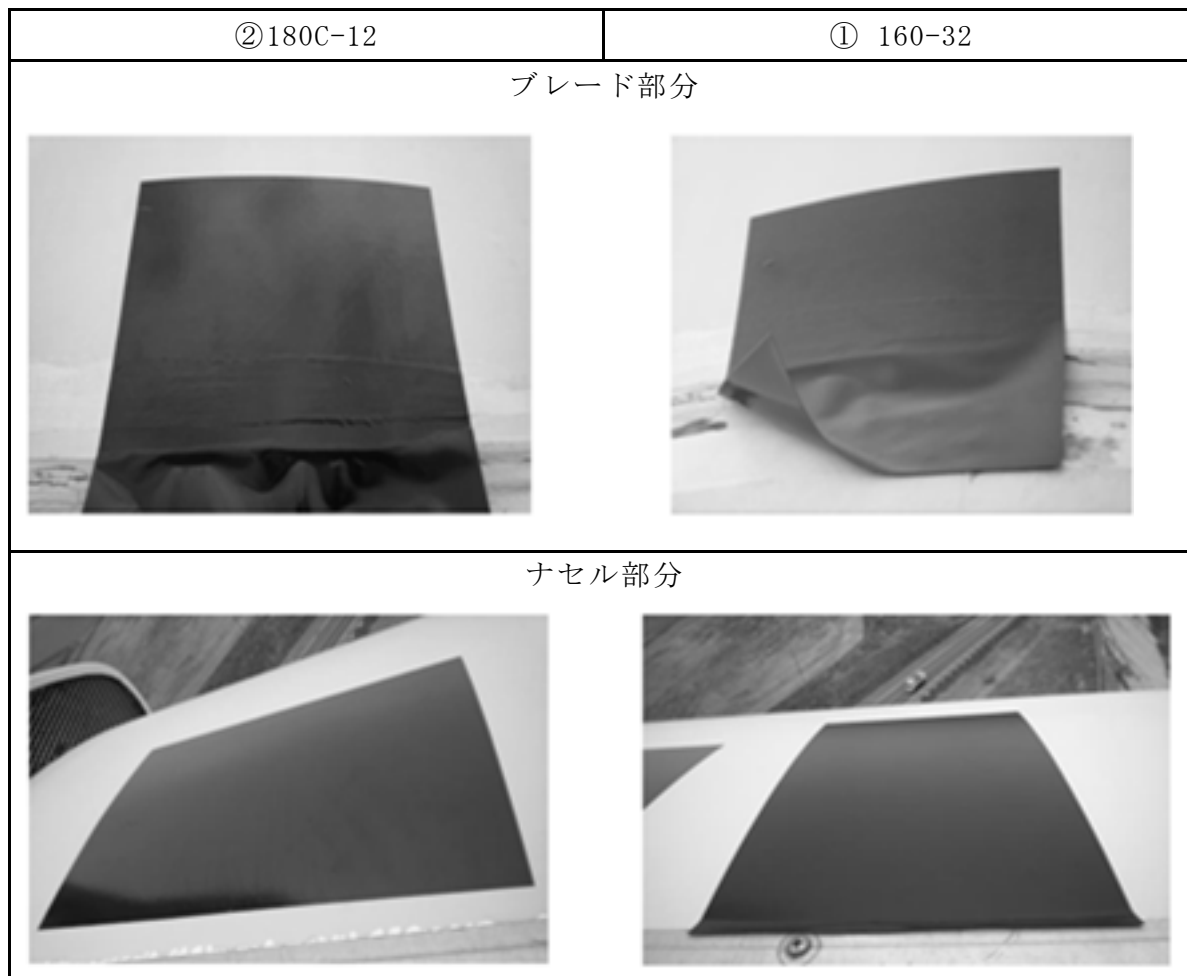


図 3-1-5 貼り付け状況写真

### (4) 評価結果まとめ

試験より、フィルムを施工する上で、初期接着力、追従性ともに問題のない結果が得られた。試験を実施したフィルムの中で、再剥離機能としては、①160-32 が高く、糊残りのリスクは低いフィルムである。長期での使用を考慮した場合、②180C-12 は、長期用途（約5年）向けフィルムで、①160-32 と比べ糊残りのリスクはあるが、1年以内で再剥離可能フィルムである。また、易施工性（空気抜け性、位置決め性）に優れたフィルムであった点から、施工するフィルムとして、②180C-12 とした。

### [ブレード塗装]

2014年8月4日に北海道苫前町の夕陽ヶ丘風力発電所における1号機のブレードへ、高所作業車を用いて、フィルム貼り付け作業を実施した。塗装場所は3本のブレードのうちの1本の、先端から1/3程度の表面及び裏面（ただし、可変部分は除く。）とした。前述したとおりモーションスメアは、ブレードの先端から発生するため、本来は先端部までフィルムを添付することが望ましい。しかしながら、今回塗装対象とした風車は初期型のもので、先端部分が可変となっており、この部分にフィルムを添付することは困難と判断した。また降雪時でも遠方からの視認性は高いことが判明したので（図3-1-7）、効果検証に問題はないと考えた。

フィルムは、長さ7m、幅1mの大きさの黒色フィルム（②180C-12）を2枚用意し、それぞれ表面裏面に貼り付けた。重量は2枚で3.2kg程度である。



作業風景（遠景）

作業風景（近景）



作業終了後

図 3-1-6 フィルム貼り付け作業状況

また、冬季の吹雪時の視認状況を下図に示す。



図 3-1-7 吹雪時の視認状況（左：1号機 右：3号機）

## 2. 目玉模様の塗装

### [調査目的・方法]

前述のブレード塗装と同上、海ワシ類の視認性の向上を期待するものである。しかしながら、目玉模様は風車の基礎部に添付した。これはマーチン（2011）によって「鳥類は、通常、探餌などのためにやや下方を向いて飛翔することがほとんどであるから、ブレードに塗装をするよりも、風車の基礎部の地表面等に目立つマーカ等を設置して“そこに風車がある”ことを覚えてもらう必要がある」としている。本事業とほぼ同時期に開始されたノルウェーの海ワシ類の衝突防止策プロジェクト（INTACT）でも、風車に基礎部を黒色に塗布する作業風景写真が公開されている。本検討会でこのことを紹介し、議論を重ねたなかで、「風車の基礎部に目玉模様を添付することで効果検証することが望ましい」との意見が出された。目玉模様の鳥類忌避効果については、城田安幸氏による著作「仮面性の進化論」「目玉かかしの秘密」等があり、これらを参考に目玉模様のデザインを進めることとした。添付対象風車は、前年の海ワシ調査結果から、海ワシの飛翔経路を踏まえ瀬棚臨海風力発電所の南端風車(6号機)とした。

### [目玉模様のフィルム適性評価]

北海道せたな町の瀬棚臨海風力発電所におけるタワー下部へのフィルム貼り付け作業に伴い、事前にフィルム適性評価試験を実施した。以下に試験概要を示す。

表 3-1-7 試験概要

試験日	2014年8月24日
場所	北海道せたな町 棚臨海風力発電所 6号機
試験フィルム	3M <sup>TM</sup> コントロールタック <sup>TM</sup> プラスコンプライフィルム 180C-12 ・粘着面に空気抜け溝を有するため施工時に気泡ができにくい ・位置決めが容易 ・再剥離性 ※ブレード塗装用のフィルム適性評価の結果から選定した。
試験基材	風力発電 タワー下部
試験項目	1. 初期接着力試験 ブレード、ナセルの表面をアルコールで清掃した後、25mm幅にカットした試験フィルムをタワー下部北面及び南面に各3枚貼り付けた。約1時間経過後、デジタルフォースゲージ（携帯型接着力測定機）にて、剥離角度約180°、剥離速度約300mm/分の条件で接着力を測定した。 2. 基材塗膜の密着性試験（テープスナップ試験） 塗膜の劣化具合を確認するため、施塗膜に切れ込みを入れた後、テープスナップ試験を実施した。

[結果]

(1) 初期接着力試験

ブレード表面の接着力試験は、表のとおりに実施した。試験の結果を表に、試験状況を図に示す。北側南側ともに平均して、12N/25mm以上の接着力を示し、十分な接着力が確認された。

表 3-1-8 タワー表面の初期接着力

タワー位置	接着力 [N/25mm]			
	1回目	2回目	3回目	平均値
北側	11.78	11.43	13.59	12.27
南側	12.26	11.75	12.00	12.00



接着力試験全景(北側)



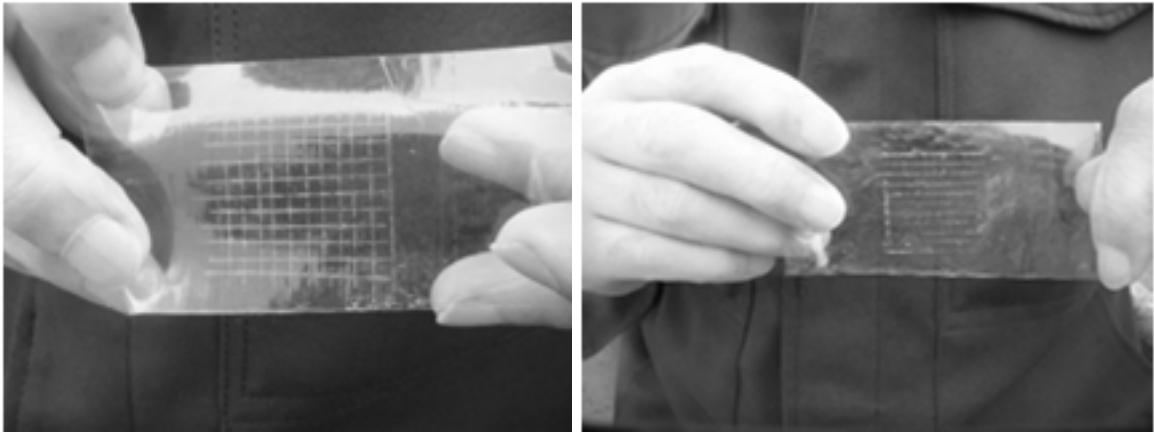
接着力試験全景(南側)

図 3-1-8 接着力試験全景

(2) ブレード塗膜の密着性試験 (テープスナップ試験)

塗膜に切れ込みを入れた後、テープとフィルムを貼り、勢いよく剥がすことで、基材に対する塗膜の密着性を確認した。

図で示すとおり、基材から塗膜の剥れはなく、塗膜の密着性は十分保たれていると判断した。



テープスナップ試験結果（南側）

テープスナップ試験結果（南側）

図 3-1- 9(1) テープスナップ試験結果

### (3) 評価結果まとめ

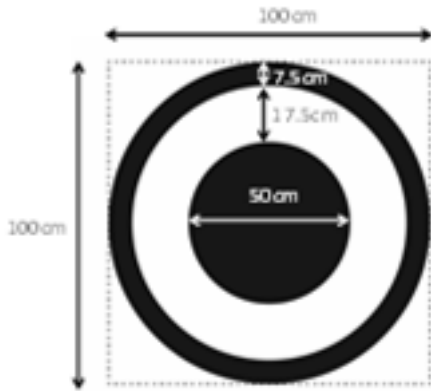
試験より、フィルムを施工する上で、初期接着力に問題のない結果が得られたため、施工するフィルムとして、ブレード塗装と同様 180C-12 とした。

#### [目玉模様デザイン]

識別可能な最小サイズを求める簡易式として、距離÷視力係数がある。たとえば視力 0.9、視力係数 0.6 の人間が、距離を 100m で識別可能なサイズは  $100 / 0.6 = 166.6\text{cm} = 1.7\text{m}$  となる。猛禽類はこれより視力が良いと考えられるので、1m とした。また有識者の意見として「どこから見ても実際の目玉に睨まれているように見え効果があると思われる」との助言も参考とした。

2014年8月31日に北海道せたな町における瀬棚臨海風力発電所における風力発電タワーへ、高所作業車を用いて、フィルム貼り付け作業を実施した。塗装場所はタワー部分の、地上から 4～5m の周囲（ただし、接合部分は除く。）とした。フィルムは、直径 1m の目玉模様の黒色フィルム（180C-12）を 24 枚用意し、12 枚ずつ 2 列に貼り付けた。





目玉模様デザイン



作業風景



作業終了後の状況（遠景）



作業終了後の状況（近景）

図 3-1- 9(2) 目玉模様および設置・作業状況

### 3. 視認性に関する対策を実施した風力発電施設における海ワシ類の行動調査 セオドライトによる調査

この方法は、大気中の風況を精度良く測定できる気球 2 点観測法を応用したものである。2 地点 (原点、補助点) に設置したセオドライトから同時に同じ対象鳥類を捕捉することで、空間座標 (東西方向、南北方向、高度) を求めるものである。図 3-1-10 に概略図を示す。

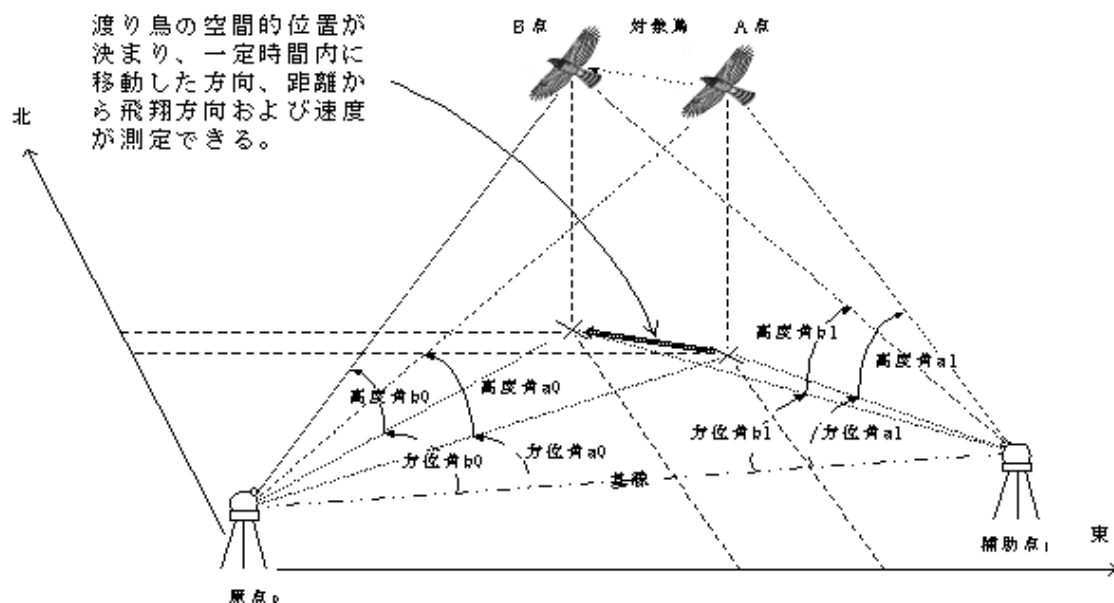


図 3-1-10 セオドライトによる鳥類の飛翔経路測定の概略図

原点と補助点の両地点からセオドライトで同一個体を観測する。このとき、両地点における高度角 ( $\beta$ ) と両地点を結ぶ線 (基線と呼ぶ) からの方位角 ( $\alpha$ ) 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。これを連続的に繰り返せば、点群は、三次元 (X、Y、Z) の飛翔軌跡情報として得られる。また、隣接する点の移動距離と測定時間間隔から飛翔方向および飛翔速度等を求めることができる。

同一個体を観測するためには個体識別が重要になる。捕捉作業に入る前に、トランシーバを用いて、羽ばたき、滑翔、旋回等を相互確認しながら、同一個体と判断された後に、捕捉作業を開始した。捕捉した場合の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測定

セオドライトは 2 地点から同時に海ワシ類を追跡しなくてはならないので、吹雪などで視界が悪い時に追跡をすることが難しくなる。そこで、セオドライトと同時にレーザー距離計 (Nikon レーザー 550AS) を使って海ワシ類の飛行位置の風力発電施設からの距離を計測した。計測は風力発電施設内あるいは風力発電施設と海岸との距離とほぼ同じ距離に位

置する場所に設置した定点より行った。この距離計の測定精度は、250m以内の距離で、±1m、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±2m以下である。

レーザ距離計の計測結果は、レーザにより計測した測定点から崖までの距離から測定点から海ワシ類までの水平距離を引いた値で示した（ただし測定点よりも内陸側を飛んだ場合は海ワシ類までの距離を加算）。その値は崖からの距離となり、海側の場合はマイナスで示され、陸側はプラスで示される。

### ブレードの塗装を実施した風力発電施設周辺における海ワシ類の行動（苫前町での調査）

調査は平成 27 年 1 月 9 日から 13 日および平成 27 年 1 月 26 日から 30 日に実施した。各日程初日は予備調査とし、海ワシ類の飛行状況を見ながら調査定点を定めた。その結果、図 3-1- 11 の A 地点と B 地点にセオドライトを設置し（B1 は 1 月前半、B2 は 1 月後半）、C 地点（c\*は 1 月後半の調査のみ）からレーザ距離計を使った調査を行った。

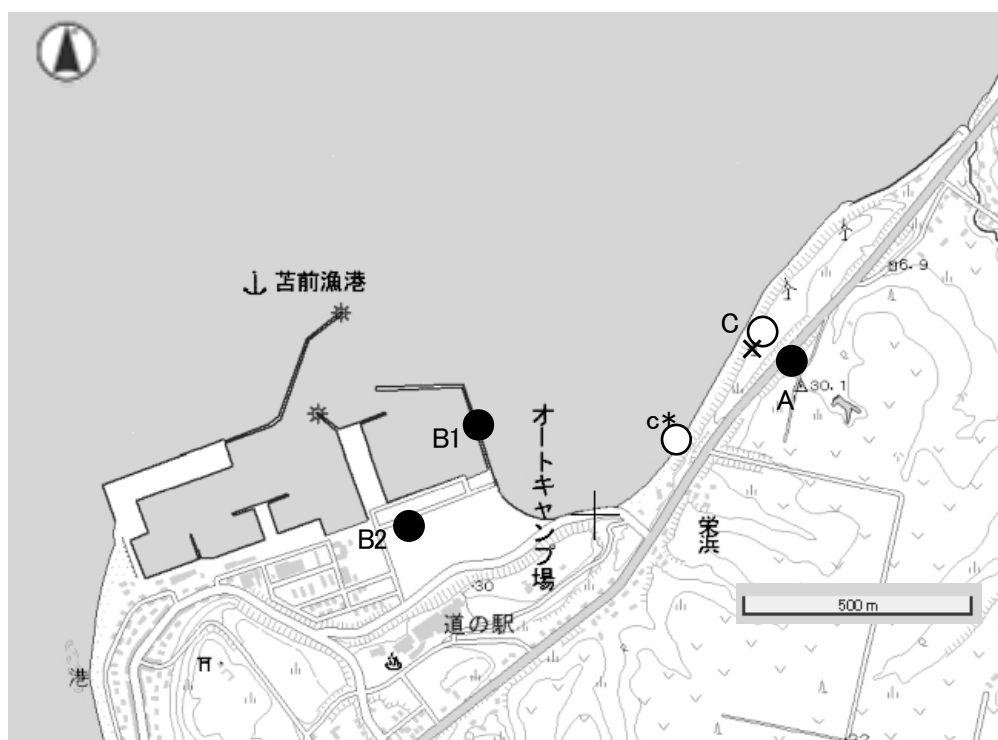


図 3-1- 11 調査地点図（苫前）

×がブレードに着色をした風車の位置



図 3-1- 12 セオドライト追跡状況

目玉模様を付けた風力発電施設周辺における海ワシ類の行動 (せたな町での調査)

調査は平成 27 年 2 月 9 日から 13 日および 3 月 2 日から 6 日に実施した。各日程初日は予備調査とし、海ワシ類の飛行状況を見ながら調査定点を定めた。図 3-1- 13 の A 地点および B 地点よりセオドライトによる調査を行い、C 地点でレーザー距離計を使った調査を行った。



図 3-1- 13 調査地点図 (せたな町)

×がブレードに着色をした風車の位置

[結果]

ブレード塗装を実施した風力発電施設周辺における海ワシ類の行動調査結果（苫前町）

1月前半の調査は1月10日を除き、風が東よりの風だったため、あまり海ワシ類は飛ばなかった。セオドライトでオジロワシ21例、オオワシ5例を記録し、レーザー距離計ではオジロワシ19例、オオワシ12例のデータを得ることができたのみだった。

1月後半の調査は、西寄りの風が吹く日が多く、セオドライトでオジロワシ14例、オオワシ14例、レーザー距離計でオジロワシ26例、オオワシ34例のデータを得ることができた。昨年と比べるとオオワシの飛行が多かったのが特徴で、昨年は数羽程度だったが今年は、10羽程度のオオワシが生息していた可能性が高い。

レーザー距離計による飛行位置を海ワシ類の崖からの距離を基準に（図3-1-14）のとおりとりまとめた。オジロワシでは、「着色前（2013年度）： $-55.1 \pm 44.7$ 、 $n=19$  着色後（2014年度）： $-67.1 \pm 33.7$ 、 $n=31$ 、 $U=346$ 、 $P=0.31$ 」、オオワシでは、「着色前（2013年度）： $-83.2 \pm 33.0$ 、 $n=7$  着色後（2014年度）： $-61.4 \pm 73.5$ 、 $n=23$ 、 $U=63.5$ 、 $P=0.42$ 」となった。

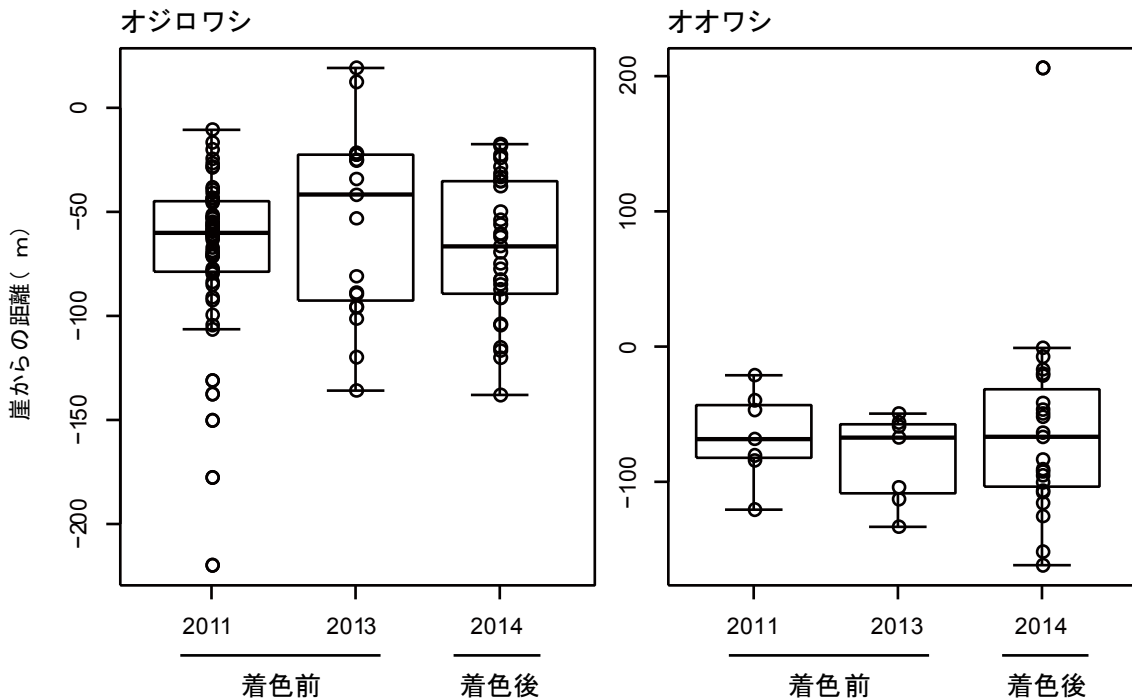


図 3-1-14 レーザ距離計による海ワシ類の飛行位置の崖からの距離の着色前後の変化  
 ボックスは計測値の75%範囲、ボックスの中央の線は中央値、点線は範囲を示す。  
 +は陸側、-は海側を飛んでいたことを示す。

なお、苫前町風力発電施設周辺におけるセオドライト追跡は、過去に平成 20 年度と平成 23 年度に実施されており、今年度（平成 26 年度）と併せると 144 例となる（表 3-1- 9）。これら飛翔図と高度別の出現頻度について図 3-1- 15～図 3-1- 21 に示す。

**表 3-1- 9 セオドライト追跡実績（苫前）**

年度	オジロワシ	オオワシ	合計	着色
平成 20 年度	14	3	17	なし
平成 23 年度	34	10	44	
平成 25 年度	26	3	29	
平成 26 年度	35	19	54	あり
小計	109	35	144	—



図 3-1-15 海ワシ類の飛翔軌跡(苫前：-平成 20 年度、●：風力発電施設)



図 3-1-16 海ワシ類の飛翔軌跡(苫前：-平成 23 年度、●：風力発電施設)





図 3-1-17 海ワシ類の飛翔軌跡(苫前：-平成 25 年度、●：風力発電施設)

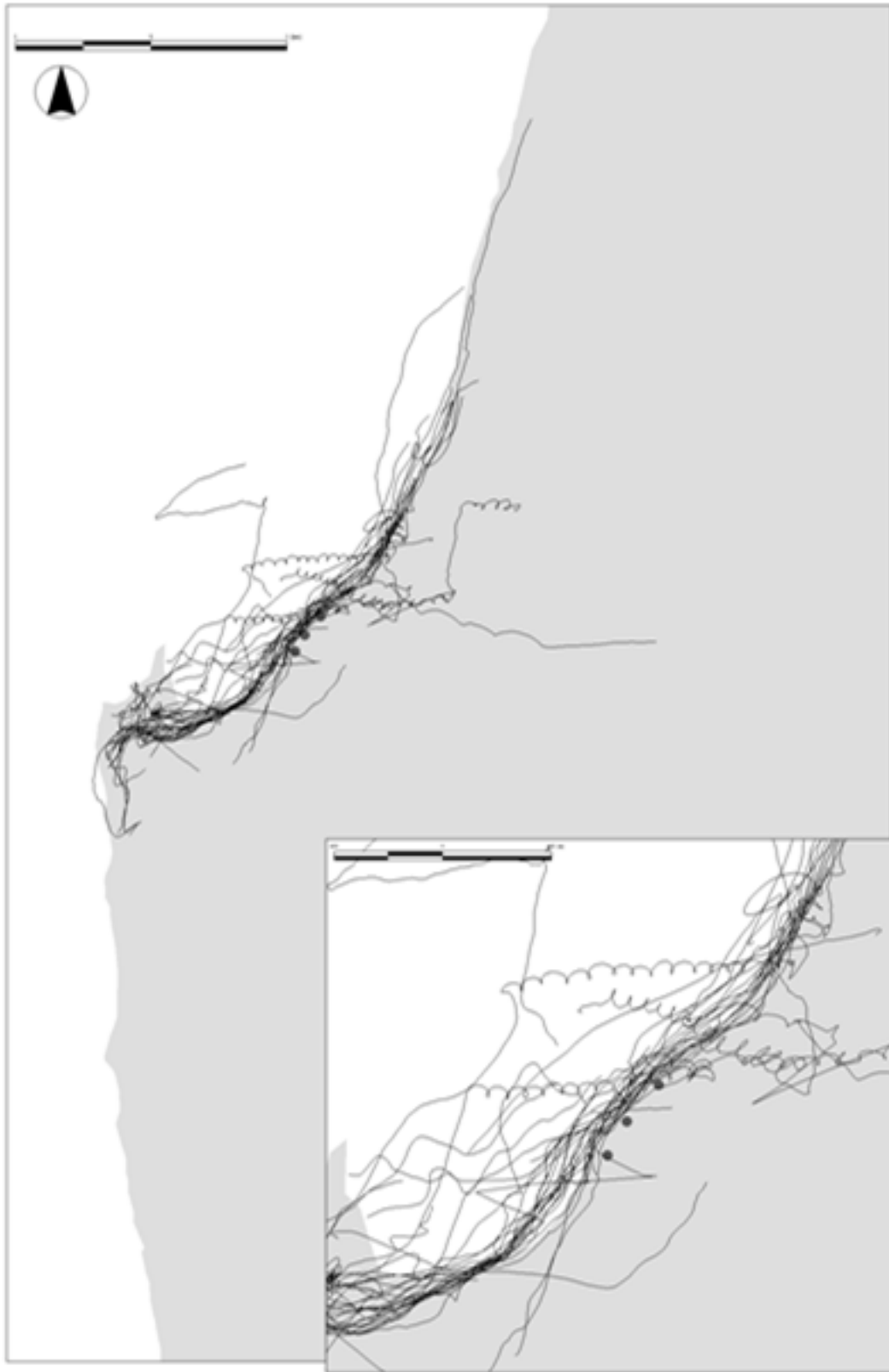


図 3-1-18 海ワシ類の飛翔軌跡(苫前：-平成 26 年度、●：風力発電施設)

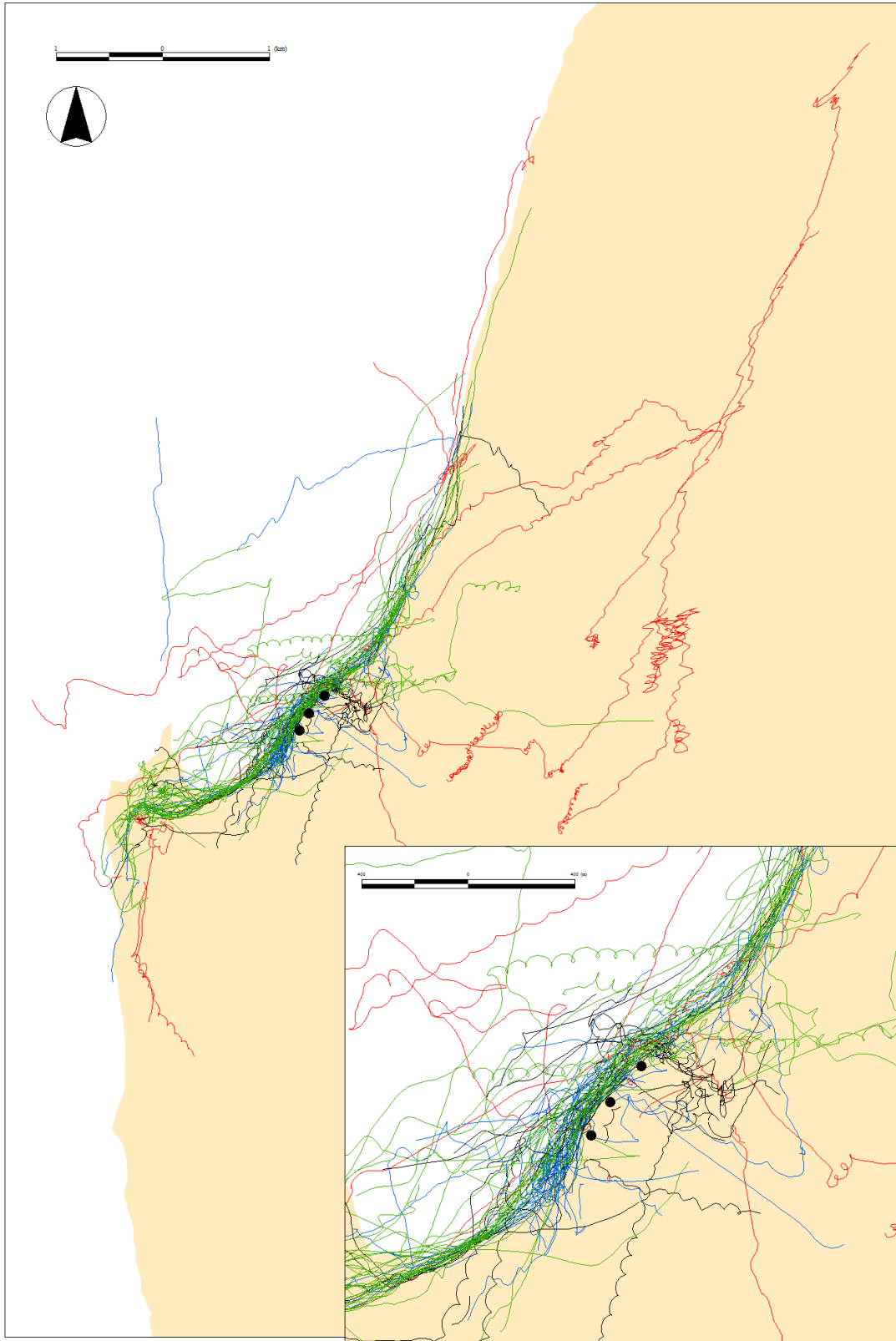


図 3-1-19 海ワシ類の飛翔軌跡

(昔前：-平成 20 年度、-23 年度、-25 年度、-26 年度、●：風力発電施設)

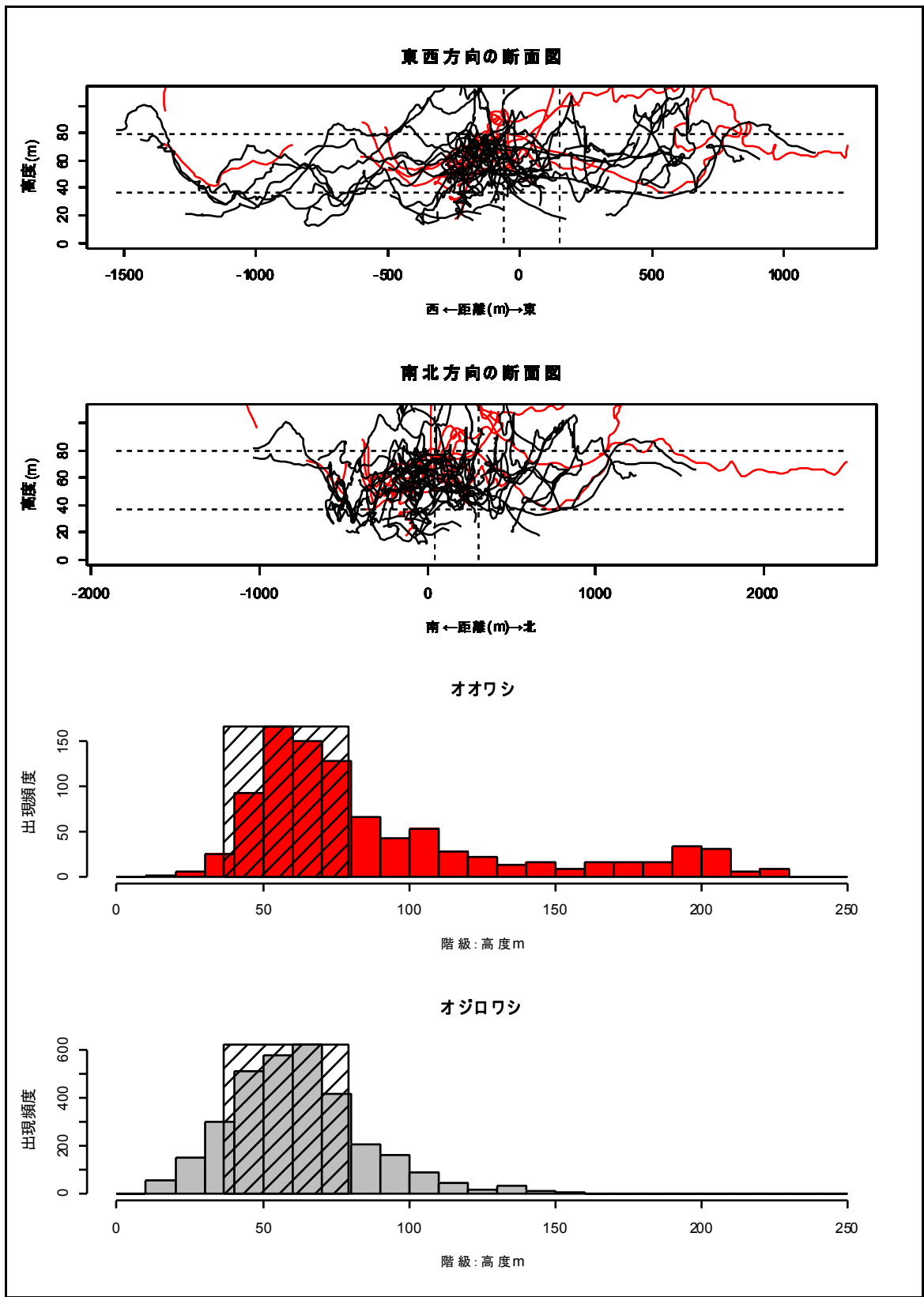


図 3-1-20 海ワシ類の飛翔軌跡 (苦前：平成 23 年度、図 3-1-16 の軌跡図をもとに東西・南北方向から全軌跡を描画。断面図中の点線(……)とヒストグラムの網掛けは、風車ブレード回転空間)

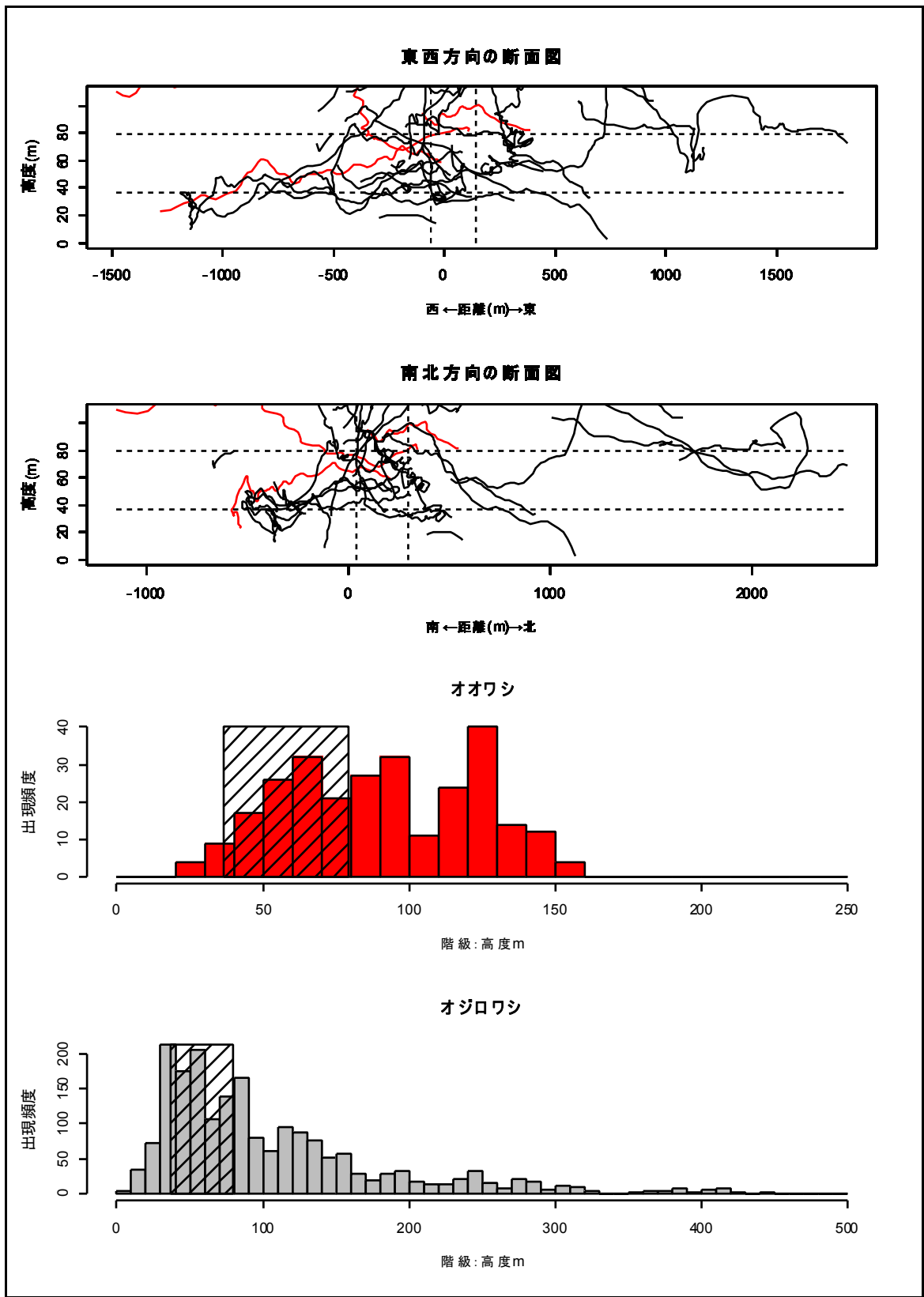


図 3-1-21 海ワシ類の飛翔軌跡(苫前：平成 25 年度、図 3-1-17 の軌跡図をもとに東西・南北方向から全軌跡を描画。断面図中の点線(⋯)とヒストグラムの網掛けは、風車ブレード回転空間)

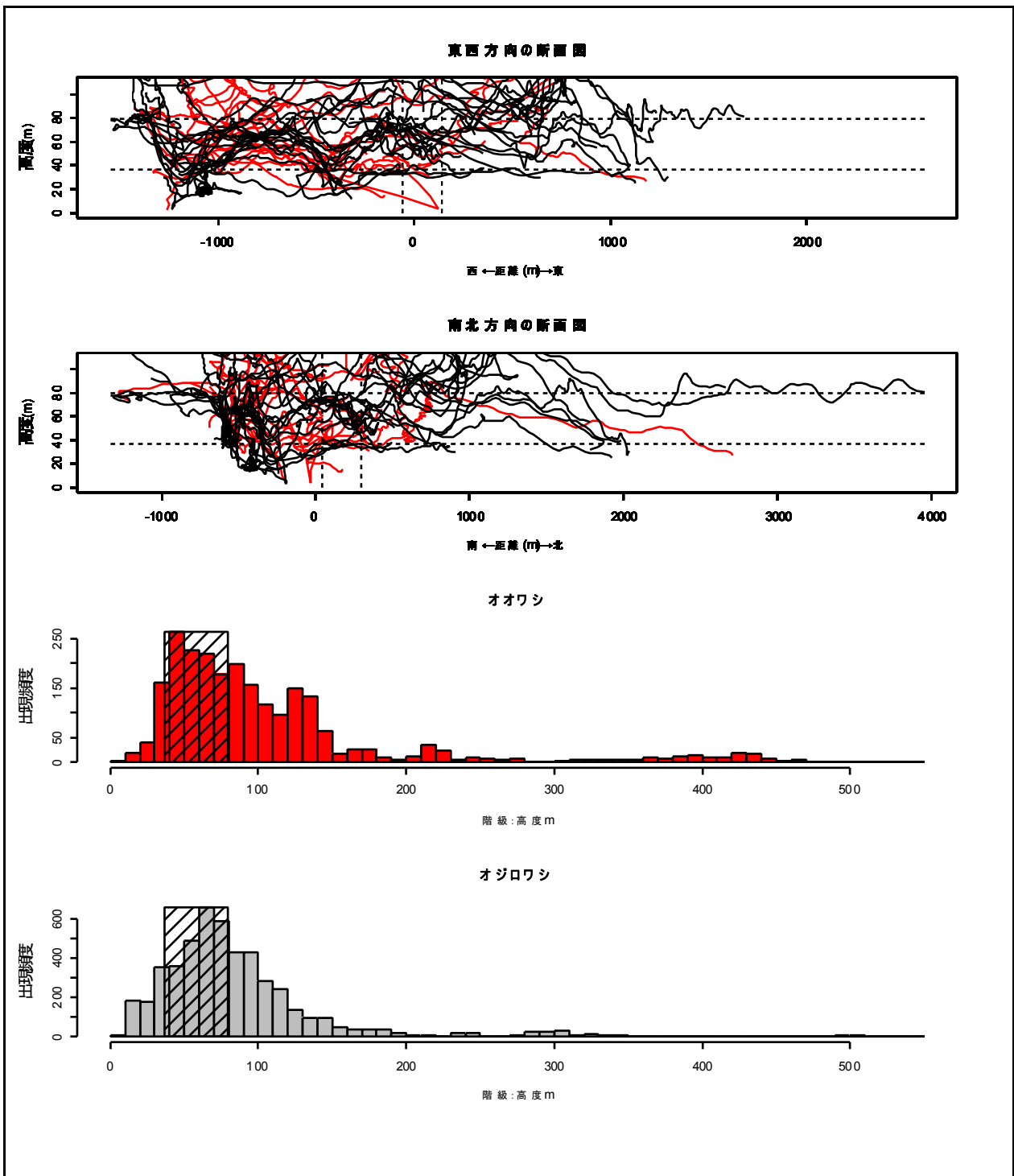


図 3-1- 22 海ワシ類の飛翔軌跡(苫前：平成 26 年度、図 3-1- 17 の軌跡図をもとに東西・南北方向から全軌跡を描画。断面図中の点線(⋯⋯)とヒストグラムの網掛けは、風車ブレード回転空間)

### 目玉模様を付けた風力発電施設周辺における海ワシ類の行動調査結果（せたな町）

調査は平成 27 年 2 月 9 日から 13 日および 3 月 2 日から 6 日に実施し、風車周辺でのワシ類の飛行を 2 月の調査ではオジロワシ 7 例、3 月の調査ではオジロワシ 10 例、オオワシ 2 例観察した。

今回の調査では、風車に近づかず、河口付近から沖に向かって北上する個体が、オジロワシで 4 例、オオワシで 2 例観察された反面、目玉模様をつけた風車とその北側の風車とのあいだを横切ることもオジロワシで 2 回観察された。今回の調査中、目玉模様をつけた風車は、全日停止していたため、オジロワシは回転していない風車を警戒せずに、横切った可能性が考えられる。また、風車付近を通らずに沖に向かった個体は、風車の北西沖にある島や堤防にとまり、長時間休息していた。これらの場所が今回の調査期間のワシの重要なとまり場所となっていたために、このような飛行経路となった可能性がある。



図 3-1-23 目視により記録した海ワシ類の飛翔軌跡  
(実線がオジロワシ、点線がオオワシの飛行軌跡)

海岸から風力発電施設までの距離とほぼ同じ距離の位置に設定した定点 C と海ワシ類の飛行位置との距離は降雪と強風のために、今回の調査では計測できたデータは少なかったが、計測できたオジロワシのデータは、 $74.28 \pm 43.3\text{m}$ （範囲 1-133m n=6）だった。なお、昨年度は  $17.9 \pm 14.8\text{m}$ （範囲 1-44m n=8）であった。オオワシは 1 例のみ 152m の位置を飛んだのが記録できた。昨年度のオオワシの記録は 2 例、飛行位置はそれぞれ 74.2m と 112m だった。

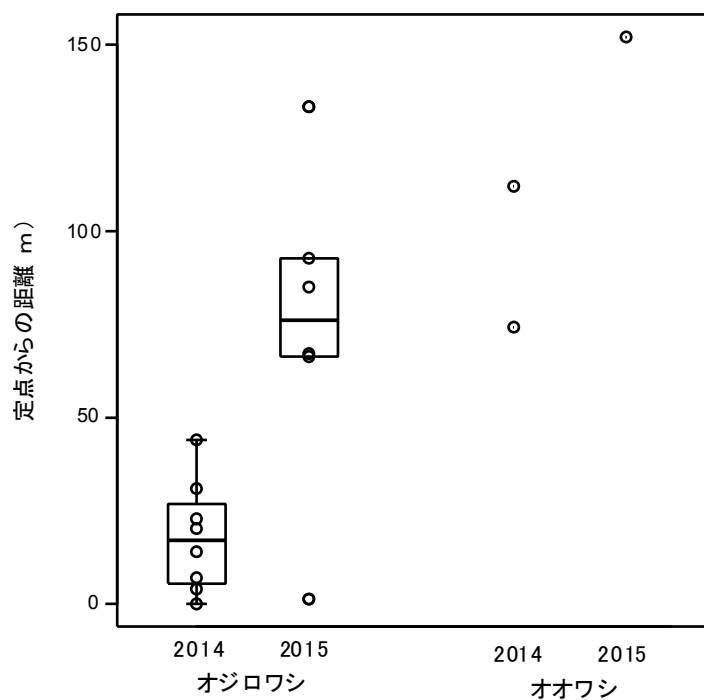


図 3-1-24 レーザー距離計による風車と海ワシ類の飛行位置との距離  
ボックスは計測値の 75% 範囲、ボックスの中央の線は中央値。



なお、瀬棚臨海風力発電所周辺におけるセオドライト追跡は、前年度（平成 25 年度）と今年度（平成 26 年度）で実施しており延べ 39 例となる（表 3-1- 10）。これら飛翔図と高度別の出現頻度について図 3-1- 25～図 3-1- 30 に示す。

表 3-1- 10 セオドライト追跡実績（せたな）

年度	オジロワシ	オオワシ	ケアシノスリ	合計	シート添付
平成 25 年度	12	1	2	15	なし
平成 26 年度	23	1	0	24	あり
小計	35	2	2	39	

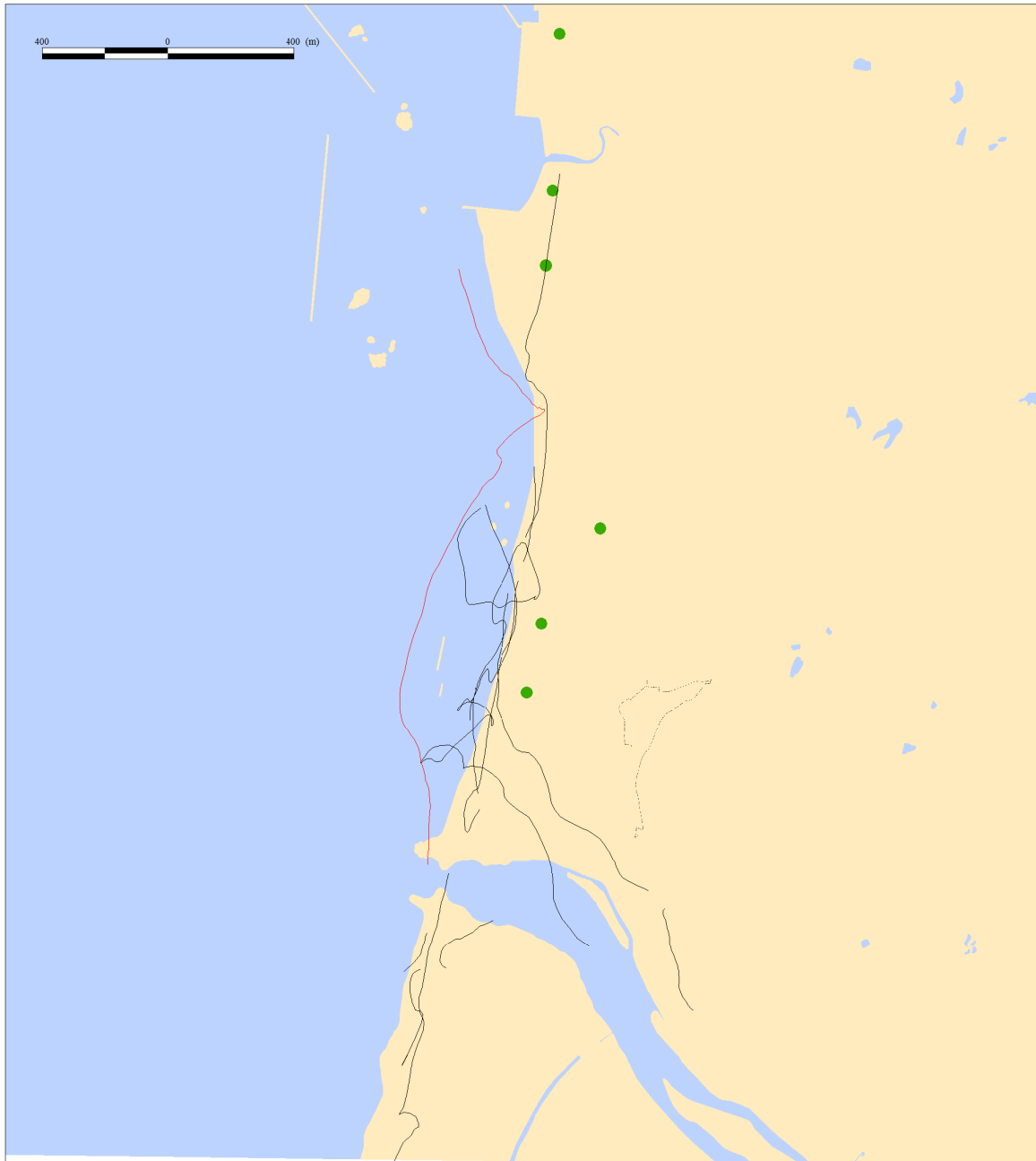


図 3-1- 25 海ワシ類の飛翔軌跡

(せたな：平成 25 年度、—：オジロワシ、- -：オオワシ、····：ケアシノスリ、●：風力発電施設)

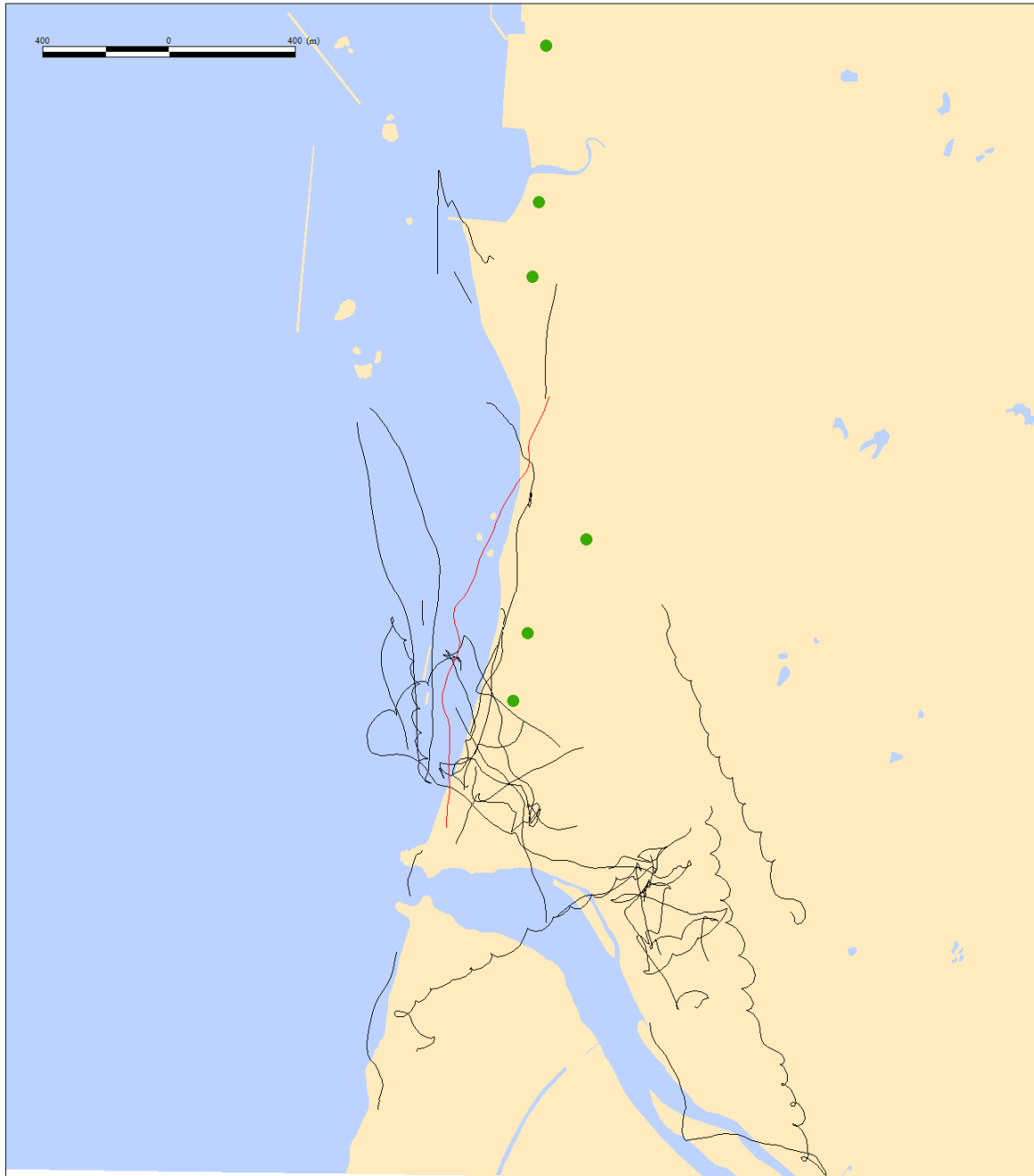


図 3-1-26 海ワシ類の飛翔軌跡

(せたな：平成26年度、-：オジロワシ、-：オオワシ、●：風力発電施設)

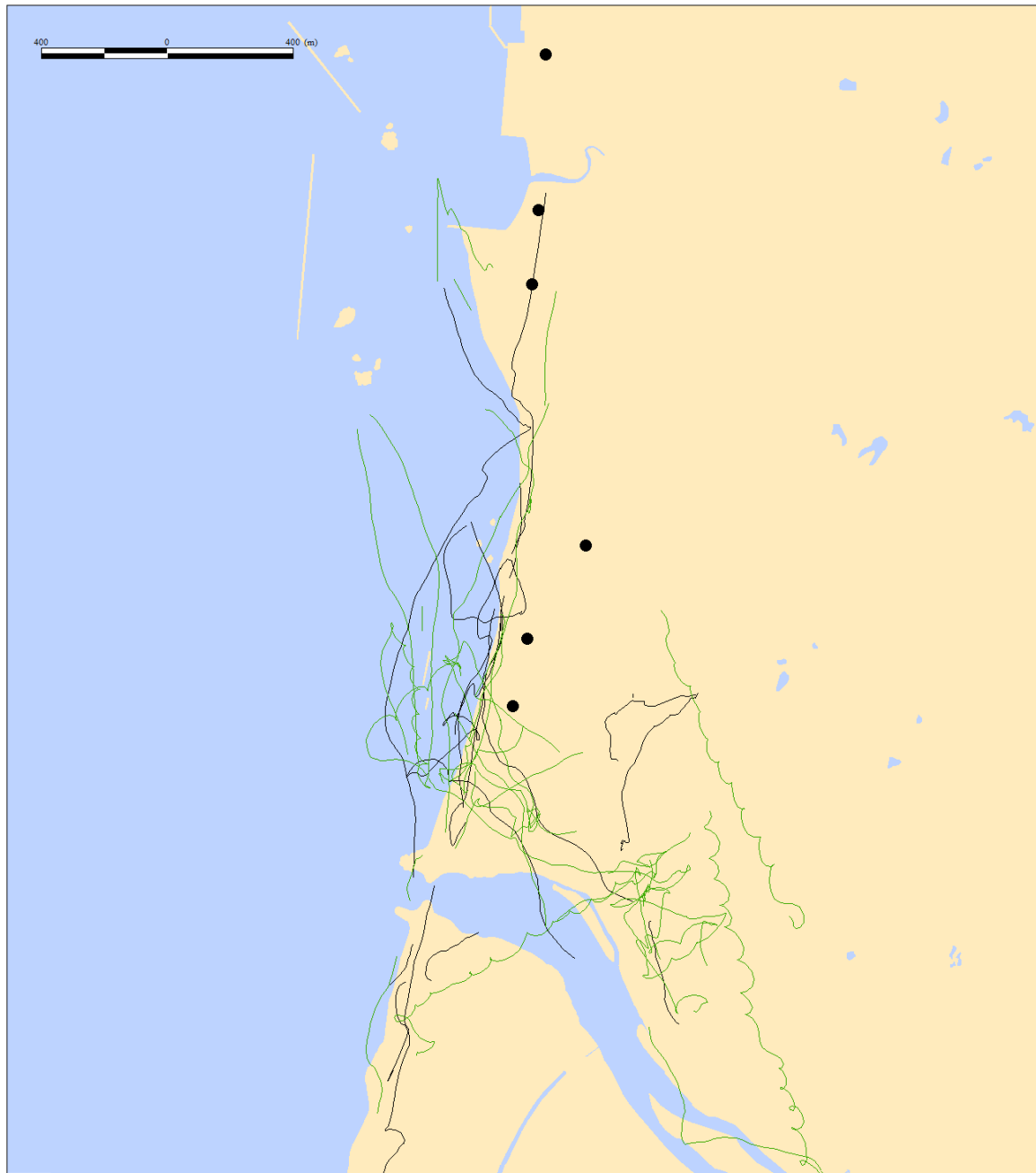
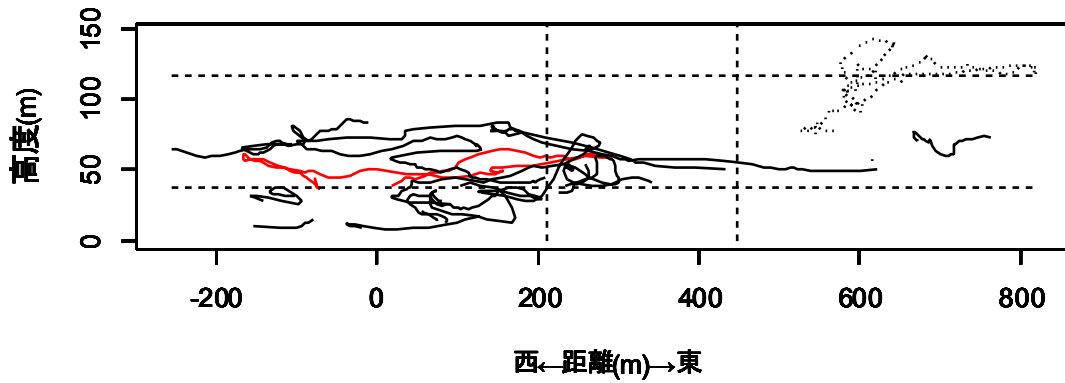


図 3-1- 27 海ワシ類の飛翔軌跡

(せたな：－平成 25 年度、－26 年度、●：風力発電施設)

東西方向の断面図



南北方向の断面図

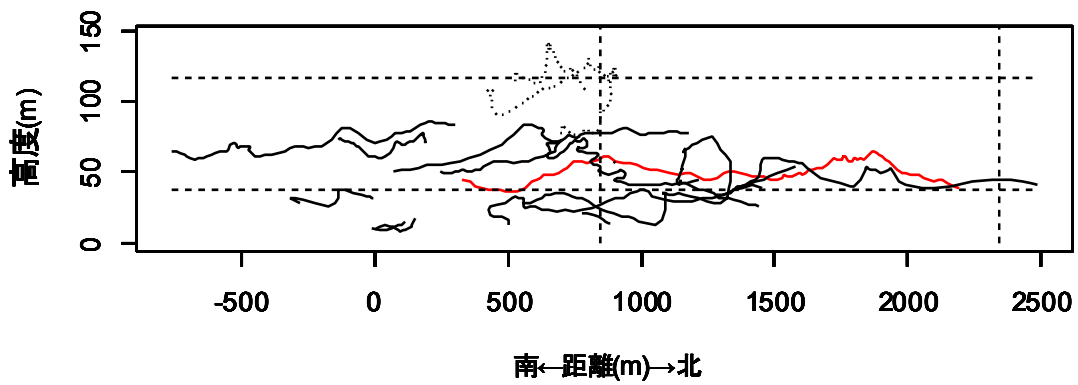


図 3-1-28 海ワシ類の飛翔軌跡 (せたな：平成 25 年度、図 3-1-25 の軌跡図をもとに東西・南北方向から全軌跡を描画。断面図中の点線(·····)は、風車ブレード回転空間)

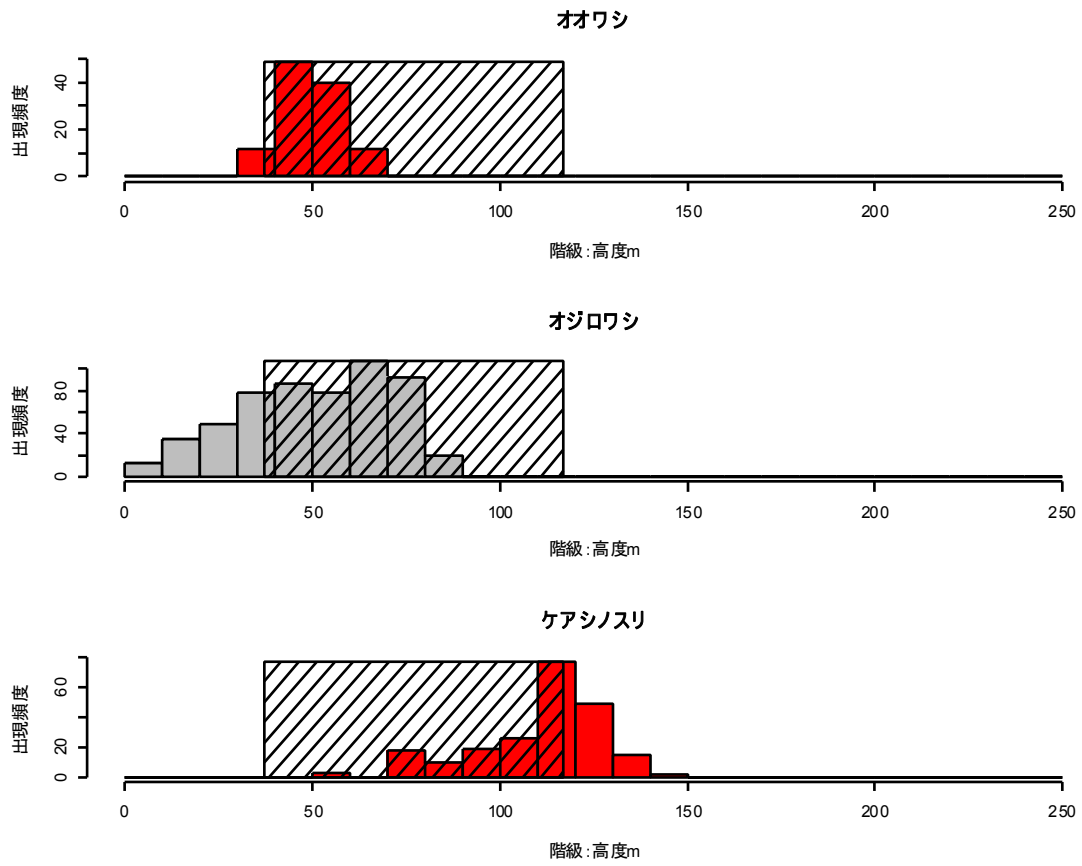


図 3-1- 29 海ワシ類の高度別出現頻度(せたな：平成 25 年度、図 3-1- 25 の軌跡図より作成  
ヒストグラムの網掛けは、風車ブレード回転空間)

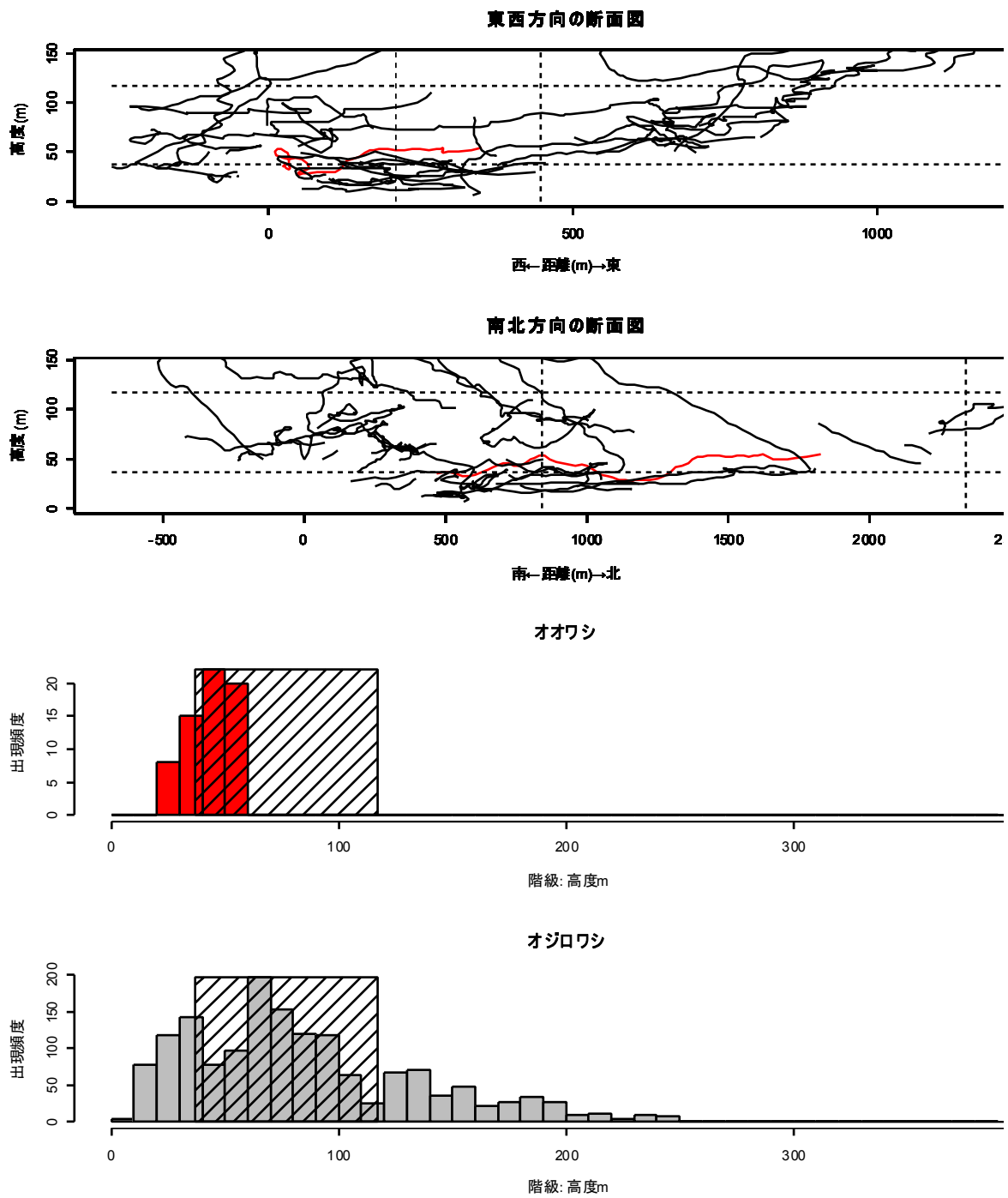


図 3-1- 30 海ワシ類の飛行軌跡(せたな：平成 26 年度、図 3-1- 17 の軌跡図をもとに東西・南北方向から全軌跡を描画。断面図中の点線(⋯⋯)とヒストグラムの網掛けは、風車ブレード回転空間)

### セオドライト調査結果からみたブレード塗装の効果解析の試み

前述したとおり、苫前においては、平成 20 年度、23 年度、25 年度および本年度（26 年度）にセオドライト調査が行われており、延べ 100 事例を越える軌跡が記録された。

解析を行うには事例数が不十分であるが、ブレード塗装による効果を検証する手法を検討するため、これら軌跡群を用いて解析を試みた。

まず、ブレード塗装を行った風車（1 号機）に着目し、全軌跡について当該風車に最も接近した距離（接近距離）を求めた。次に全軌跡が観測された時刻から近隣の羽幌アメダスの気象要素（10 分値）として、海面気圧、気温、湿度、平均風速、風向、降水量および日照時間を整理した。ただし、セオドライト追跡は遠方だけの記録で終わる事例もあるので、接近距離については、1 号機から半径 500m 以内を対象とした。

接近距離の増減は、ブレード塗装の効果だけではなく、観測時の気象条件にも左右される。つまり、接近距離は、ブレード塗装の効果と観測時の気象要素に依存すると仮定すれば、統計モデル（glm や lm）によるモデル構築のパラメタ推定によって、効果と気象要素の程度を検討できる。ただし、本検討については試行的なモデル構築にとどめ、確率分布の検討、AIC によるモデル選択までは行っていない。

解析の試行に用いた塗装前・後の接近距離の箱ひげ図（オジロワシ、オオワシ）を図 3-1-31 に、オジロワシとオオワシの飛翔軌跡を図 3-1-32 と図 3-1-33 に示す。

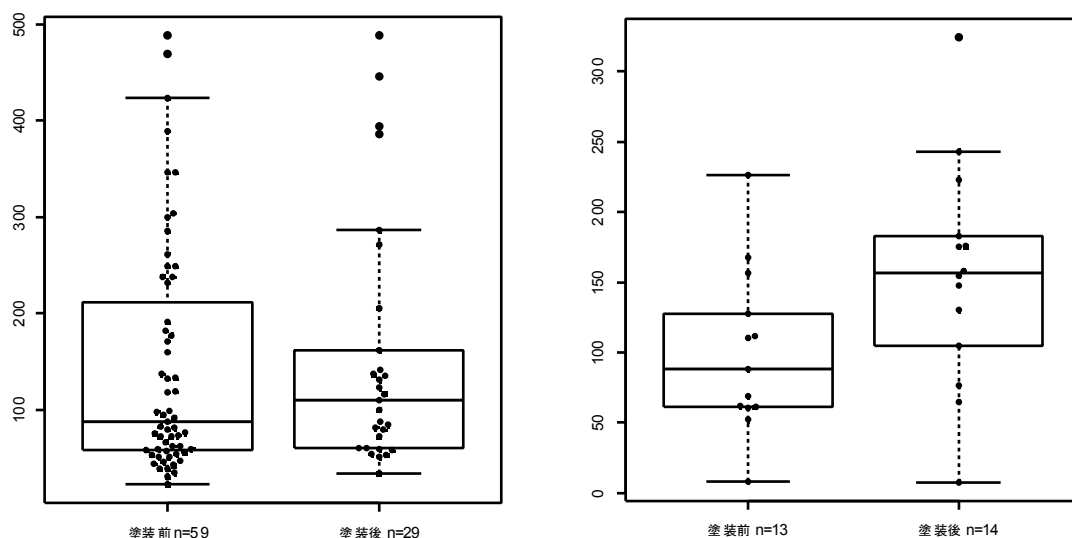


図 3-1-31 解析の試行に用いた塗装前・後における接近距離の箱ひげ図

（左：オジロワシ、右：オオワシ）

箱内部の太い中央線は中央値、箱の上側が上側四分位点（75%点）、箱の下側が下側四分位点（25%点）である。



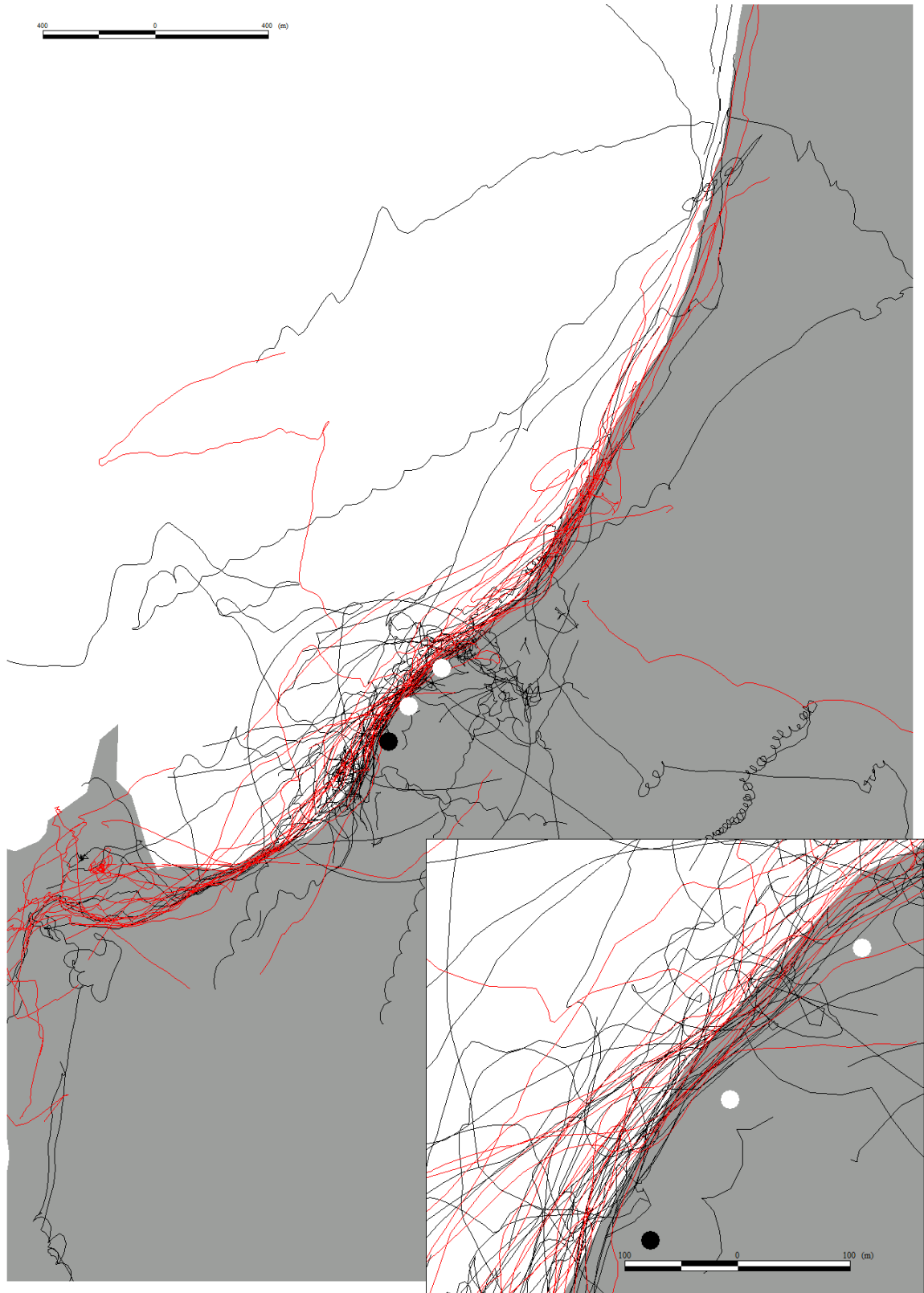


図 3-1- 32 塗装前・後におけるオジロワシの軌跡図  
 (黒● : 塗装前、赤● : 塗装後、円は半径 500m)

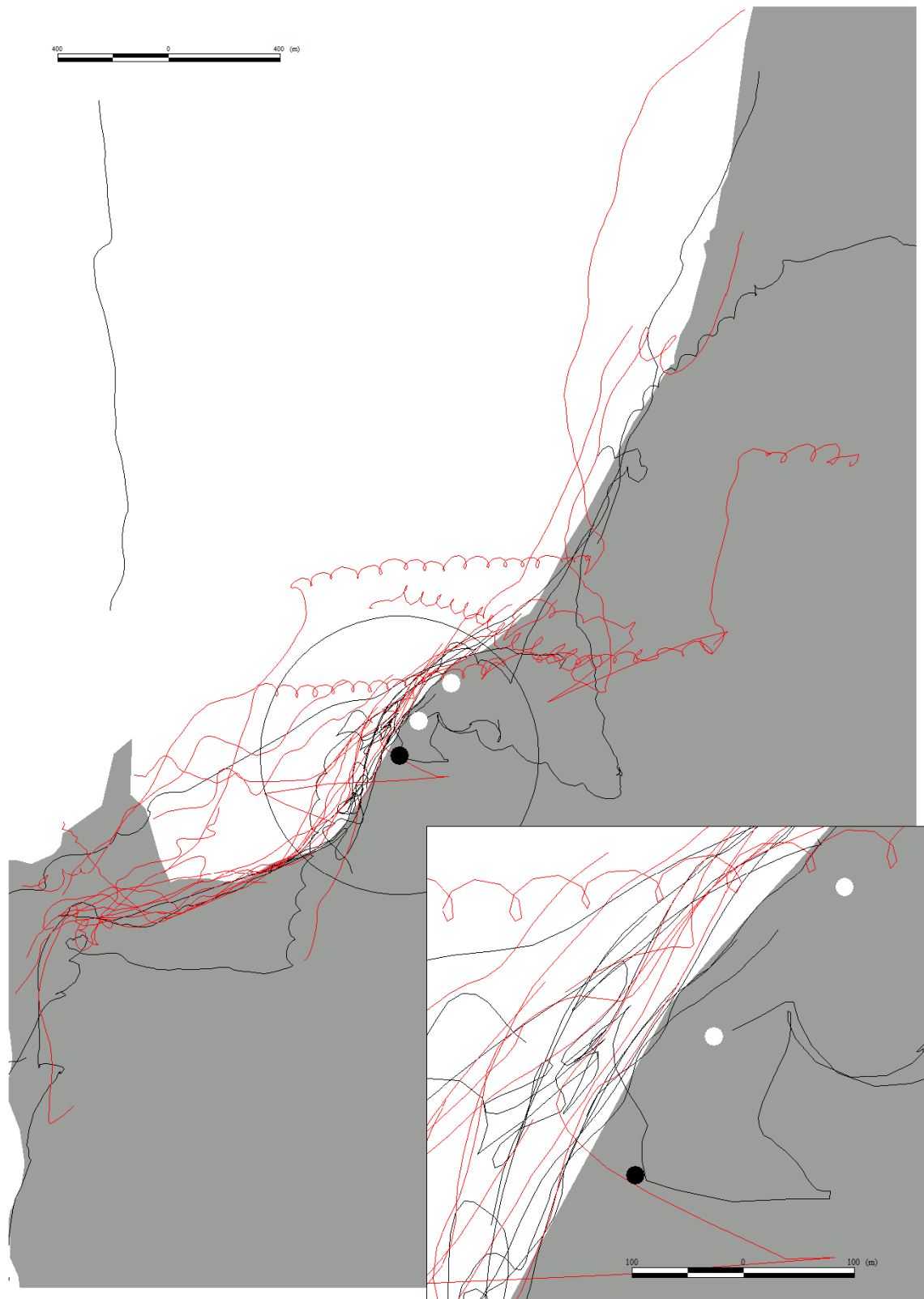


図 3-1- 33 塗装前・後におけるオオワシの軌跡図  
 (黒●：塗装前、赤●：塗装後、円は半径 500m)

オジロワシのセオドライト観測時における風向・風速およびそのときの接近距離を図3-1-34に示す。塗装前・後における風車へのオジロワシの接近距離の統計モデルのパラメータと推定値は、以下の通りである。

表 3-1- 11 統計モデル(試行)で用いた変数一覧

press\_sea:海面気圧, rain:降水量, temp:気温, sun:日照時間, prep:湿度, ave\_ws:平均風速, ave\_wd21:風向(北北東), ave\_wd22:風向(北東), ave\_wd23:風向(東北東), ave\_wd24:風向(東), ave\_wd25:風向(東南東), ave\_wd26:風向(南東), ave\_wd27:風向(南南東), ave\_wd28:風向(南), ave\_wd29:風向(南南西), ave\_wd210:風向(南西), ave\_wd211:風向(南南西), ave\_wd212:風向(西), ave\_wd213:風向(西北西), ave\_wd214:風向(北西), ave\_wd215:風向(北北西), ave\_wd216:風向(北), my\_hour29:確認時刻(9時), my\_hour210:確認時刻(10時), my\_hour211:確認時刻(11時), my\_hour212:確認時刻(12時), my\_hour213:確認時刻(13時), my\_hour214:確認時刻(14時), my\_hour215:確認時刻(15時), paint2y:塗装の有無(有), paint2n:塗装の有無(無)

表 3-1- 12 統計モデルによる係数推定の結果 (試行:オジロワシ、苫前町)

```
Call:
glm(formula = my_dist2 ~ press_sea + rain + temp + sun + prep +
     ave_ws + ave_wd2 + my_hour2 + paint2, family = poisson, data = oj2)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-15.3264  -4.6570  -0.5407   3.8123  13.8172

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -26.750340   3.522016  -7.595 3.07e-14 ***
press_sea    0.032756   0.003443   9.513 < 2e-16 ***
rain        -0.188432   0.098323  -1.916 0.055306 .
temp         0.047420   0.006964   6.809 9.81e-12 ***
sun         -0.031139   0.006481  -4.805 1.55e-06 ***
prep        -0.011229   0.001488  -7.545 4.52e-14 ***
ave_ws      0.011768   0.010314   1.141 0.253878
ave_wd22     0.388418   0.042948   9.044 < 2e-16 ***
ave_wd24    -2.167572   0.214309 -10.114 < 2e-16 ***
ave_wd25     0.221099   0.048589   4.550 5.35e-06 ***
ave_wd26     0.803175   0.048998  16.392 < 2e-16 ***
ave_wd27     0.340366   0.060292   5.645 1.65e-08 ***
ave_wd210   -2.029922   0.203555  -9.972 < 2e-16 ***
ave_wd211   -0.773517   0.084369  -9.168 < 2e-16 ***
ave_wd212   -0.614460   0.079371  -7.742 9.81e-15 ***
ave_wd213  -0.440951   0.067396  -6.543 6.04e-11 ***
ave_wd214  -0.933104   0.065546 -14.236 < 2e-16 ***
ave_wd215  -0.147374   0.091587  -1.609 0.107592
my_hour29   -0.218857   0.052589  -4.162 3.16e-05 ***
my_hour210 -0.082079   0.049976  -1.642 0.100515
my_hour211 -0.646851   0.048309 -13.390 < 2e-16 ***
my_hour212 -0.091414   0.053221  -1.718 0.085864 .
my_hour213 -0.304633   0.052198  -5.836 5.34e-09 ***
my_hour214 -0.700874   0.049625 -14.124 < 2e-16 ***
my_hour215  0.213049   0.064279   3.314 0.000918 ***
paint2y    0.518492   0.038612  13.428 < 2e-16 ***
---
```

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)
Null deviance: 7484.5 on 87 degrees of freedom
Residual deviance: 3739.2 on 62 degrees of freedom
AIC: 4366.4
Number of Fisher Scoring iterations: 5

```

試行の結果では、図 3-1-34 に示しているように、オジロワシの出現頻度は北西系の風向時に多くなり、塗装の効果は、変数 (paint2y) にある 0.51 であり、塗装の効果は  $\exp(0.51)=1.66$  であった。

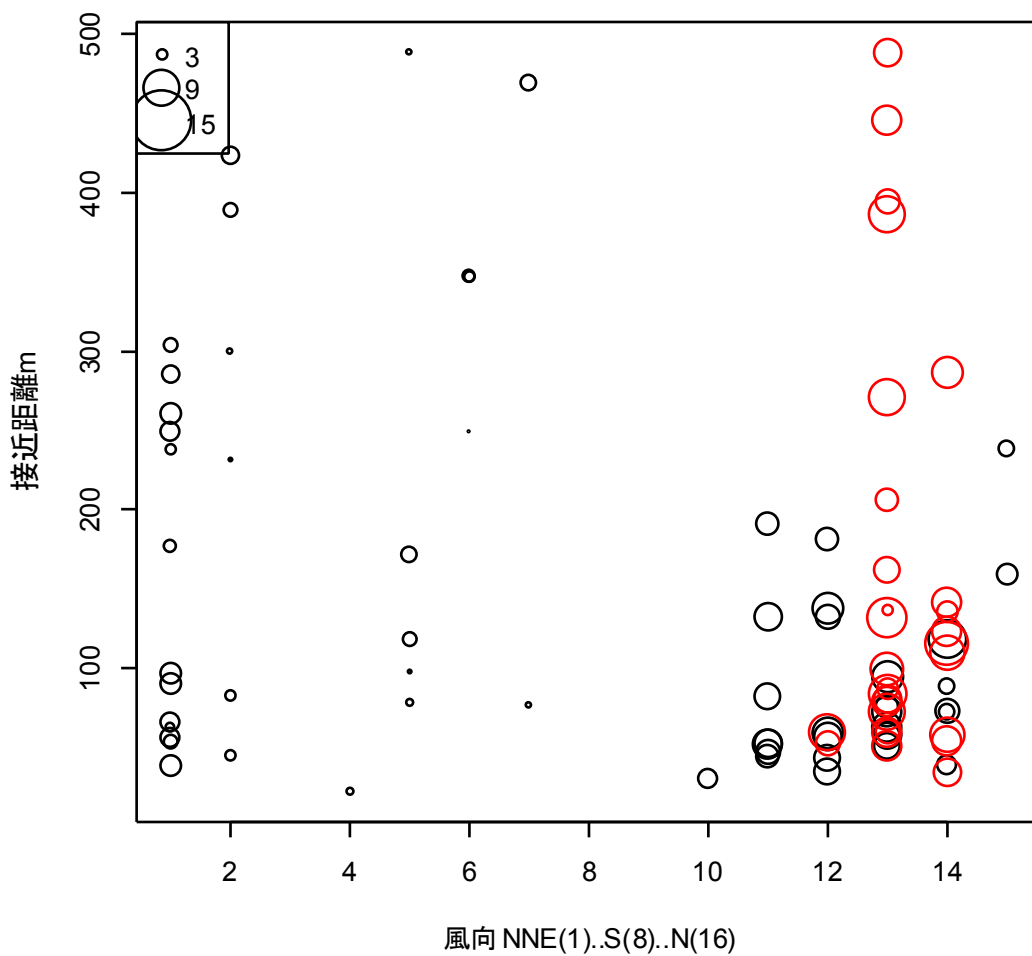


図 3-1-34 試行の解析に用いたオジロワシのセオドライト観測時における風向・風速および接近距離  
(○塗装前、○塗装後、円の大きさは風速 m/s をあらわす)

次に、オオワシのセオドライト観測時における風向・風速およびそのときの接近距離を図 3-1- 35 に示す。

塗装前・後における風車へのオオワシの接近距離の統計モデルのパラメタ推定値は、以下の通りである。

表 3-1- 13 統計モデルによる係数推定の結果（試行：オオワシ、苫前町）

```

Call:
glm(formula = my_dist2 ~ press_sea + rain + temp + sun + prep +
     ave_ws + ave_wd2 + my_hour2 + paint2, family = poisson, data = oj2)

Deviance Residuals:
    14     23     24     39     49     52     53     54
 55     59     67     79     88
 0.0000 -0.2511  3.2868  0.0000  0.0000 -0.3501 -2.8812  2.3754
-3.0299  0.0000  0.0000  0.0000  0.0000
    100    102    111    113    117    118    119    122
 129    130    131    138    142
-0.8684 -2.5344  2.6607  0.0000  0.0000  0.0000  0.0000  0.2622
-0.2936 -2.4121  2.5542 -1.3930  0.9438
    144
 0.0000

Coefficients: (1 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -1.306e+03  1.254e+02 -10.421 < 2e-16 ***
press_sea    1.324e+00  1.271e-01  10.419 < 2e-16 ***
rain         4.420e+01  5.074e+00  8.712 < 2e-16 ***
temp         1.382e+00  1.502e-01  9.207 < 2e-16 ***
sun          -1.462e+00  1.729e-01  -8.456 < 2e-16 ***
prep         -1.560e-01  2.280e-02  -6.843 7.77e-12 ***
ave_ws      -1.263e+00  1.855e-01  -6.806 1.00e-11 ***
ave_wd26     -2.222e+01  2.278e+00  -9.754 < 2e-16 ***
ave_wd28     -1.916e+01  2.478e+00  -7.734 1.04e-14 ***
ave_wd210    -1.833e+01  2.556e+00  -7.175 7.26e-13 ***
ave_wd211     5.674e+00  9.525e-01  5.957 2.57e-09 ***
ave_wd212    -1.457e+01  1.893e+00  -7.698 1.38e-14 ***
ave_wd213  -4.977e+00  7.067e-01  -7.043 1.89e-12 ***
ave_wd214  2.668e-02  5.618e-01  0.047  0.962
ave_wd216     1.646e-01  2.818e-01  0.584  0.559
my_hour29     7.678e+00  8.121e-01  9.453 < 2e-16 ***
my_hour210    5.271e+00  6.762e-01  7.795 6.43e-15 ***
my_hour211   -5.436e+00  9.992e-01  -5.440 5.31e-08 ***
my_hour212    1.660e+01  2.514e+00  6.603 4.04e-11 ***
my_hour213    6.507e-01  4.197e-01  1.550  0.121
my_hour214    6.202e+00  6.884e-01  9.009 < 2e-16 ***
my_hour215    2.605e+00  4.911e-01  5.305 1.13e-07 ***
my_hour216           NA           NA           NA           NA
paint2y    -3.064e+00  3.506e-01  -8.738 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

```

Null deviance: 1185.335 on 26 degrees of freedom  
 Residual deviance: 63.698 on 4 degrees of freedom  
 AIC: 284.03  
 Number of Fisher Scoring iterations: 5

塗装の効果は、変数 (paint2y) にある  $\exp(-3.06)=0.04$  であった。

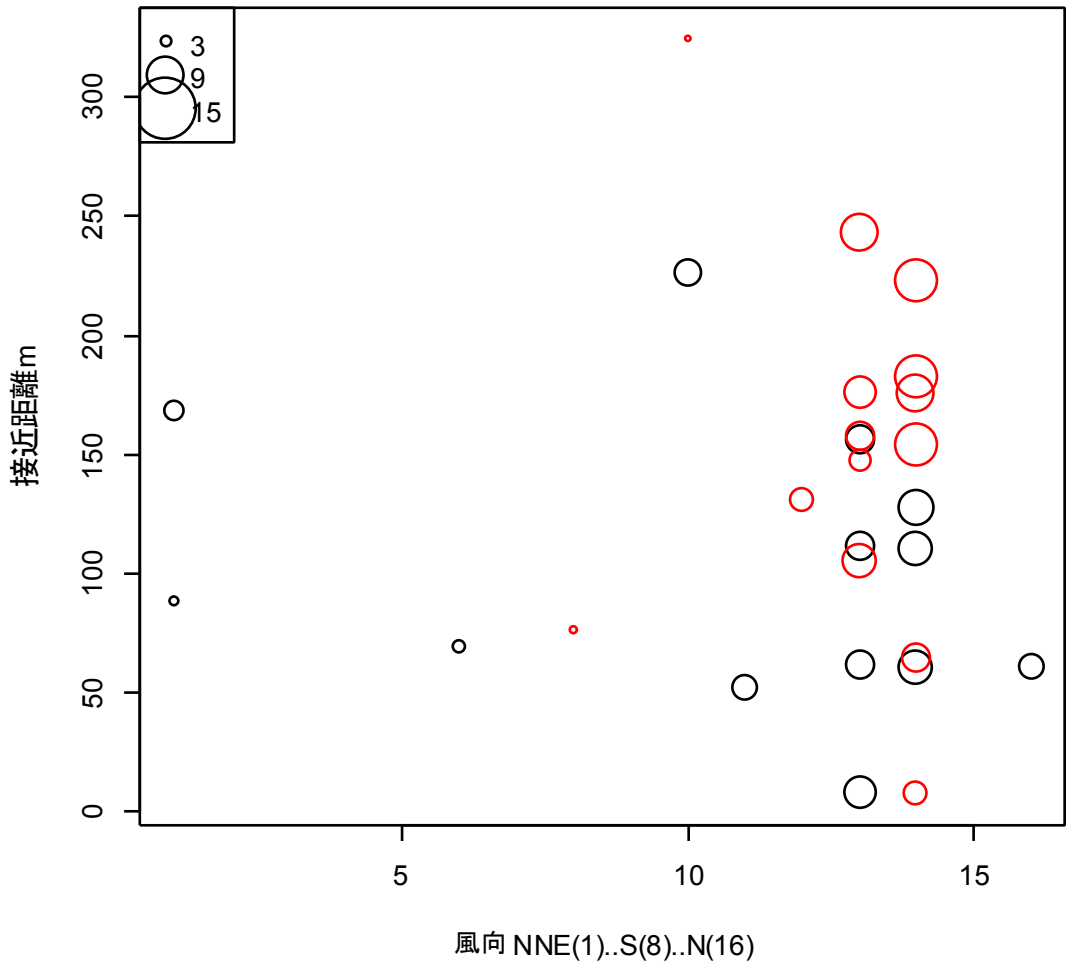


図 3-1- 35 解析の試行に用いたオオワシのセオドライト観測時における  
 風向・風速および接近距離

(○塗装前、○塗装後、円の大きさは風速 m/sをあらわす)

### セオドライト調査結果からみた目玉模様の効果解析の試み

次に、せたなにおいては、平成 25 年度と本年度（26 年度）にセオドライト調査が行われており、延べ 39 事例の軌跡が記録された。このうちオジロワシは 35 事例である。

解析を行うには事例数が不十分であるが、目玉模様による効果を検証する手法を検討するため、オジロワシの軌跡群を用いて解析を試みた。

まず、シートを添付した風車（6 号機）に着目し、オジロワシ全軌跡について当該風車に最も接近した距離（接近距離）を求めた。次に全軌跡が観測された時刻から近隣の羽幌アメダスの気象要素（10 分値）として、気温、平均風速、風向、降水量および日照時間を整理した。ただし、セオドライト追跡は遠方だけの記録で終わる事例もあるので、接近距離については、1 号機から半径 500m 以内を対象とした。

接近距離の増減は、ブレード塗装の効果だけではなく、観測時の気象条件にも左右される。つまり、接近距離は、ブレード塗装の効果と観測時の気象要素に依存すると仮定すれば、統計モデル（glm や lm）によるモデル構築のパラメタ推定によって、効果と気象要素の程度を検討できる。ただし本検討では試行的なモデル構築にとどめ、確率分布の検討、AIC によるモデル選択までは行っていない。

解析の試行に用いた添付前・後の接近距離の箱ひげ図（オジロワシ）を図 3-1- 36 に、オジロワシの飛翔軌跡を図 3-1- 37 に示す。

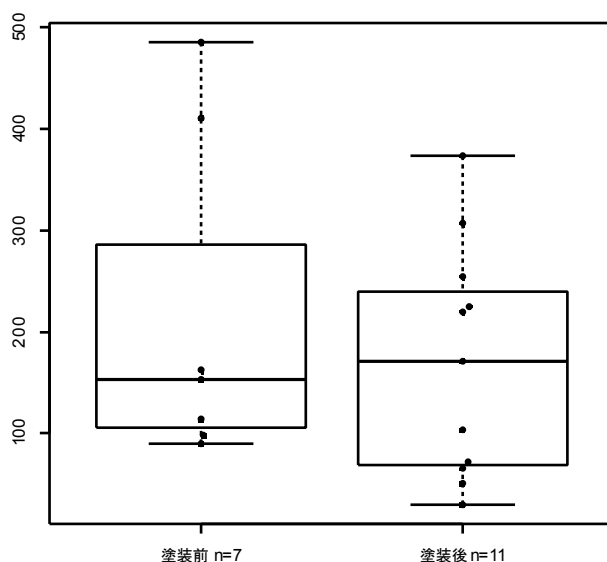


図 3-1- 36 解析の試行に用いた塗装前・後における接近距離の箱ひげ図（オジロワシ）

箱内部の太い中央線は中央値、箱の上側が上側四分位点（75%点）、箱の下側が下側四分位点（25%点）である。

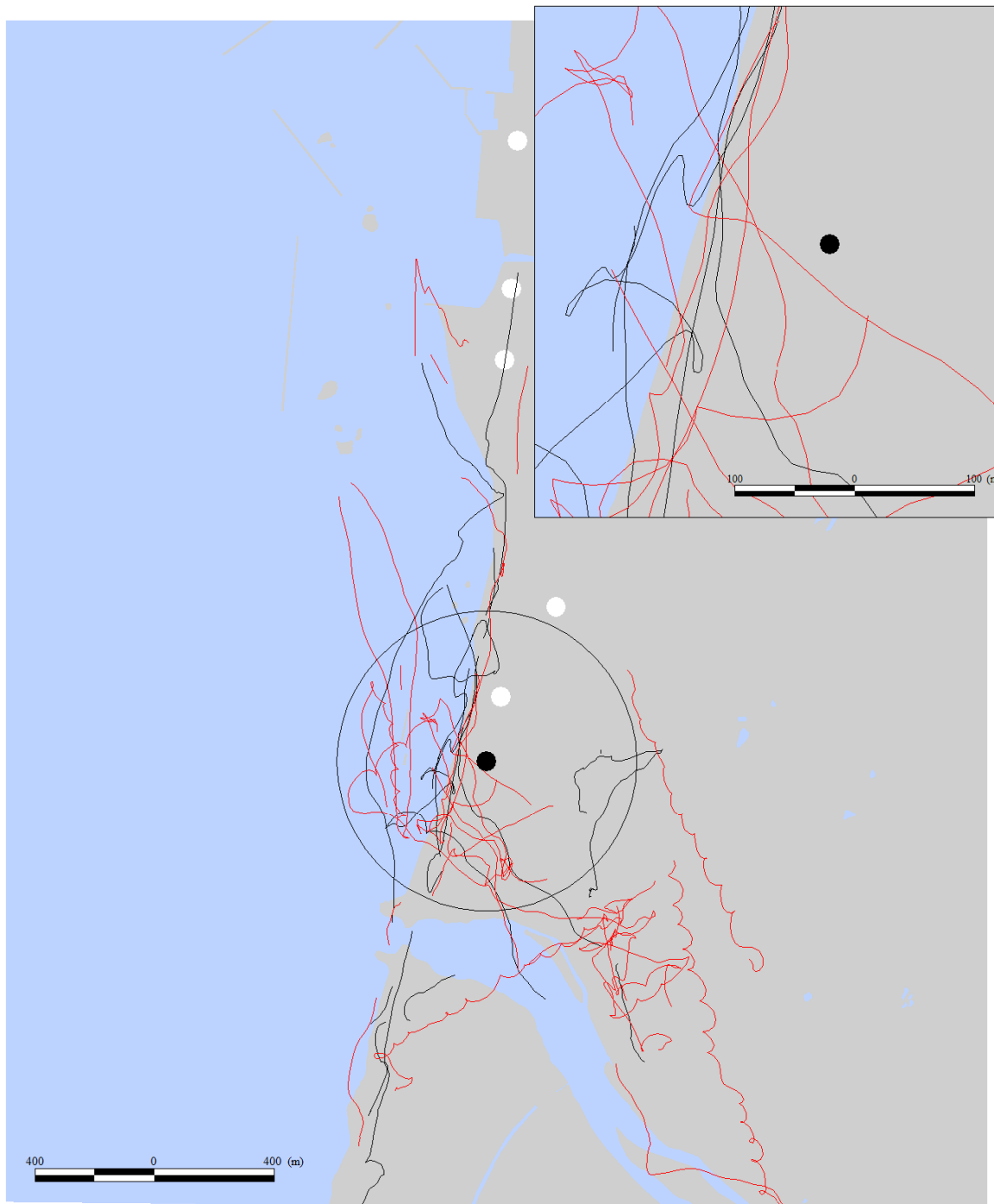


図 3-1- 37 塗装前・後におけるオジロワシの軌跡図  
 (黒●：塗装前、赤●：塗装後、円は半径 500m)



オジロワシのセオドライト観測時における風向・風速およびそのときの接近距離を図 3-1- 38 に示す。

目玉模様の設置前・後における風車へのオジロワシの接近距離の統計モデルのパラメタ推定値は、以下の通りである。

表 3-1- 14 統計モデルによる係数推定の結果（試行：オジロワシ、せたな町）

```
Call:
glm(formula = my_dist2 ~ rain + temp + sun + ave_ws + ave_wd2 +
     my_hour2 + paint2, family = poisson, data = oj2)

Deviance Residuals:
     3     4     6     7     8     9    11
19    0.0000  -1.1189   3.9611  2.3226 -15.2999   7.6827   0.0000
-6.2775  -5.0010   7.7195   0.0000
    23    25    30    32    33    37    38
    0.0000   0.0000   0.0000   0.0000   0.9392   7.8080 -10.4379

Coefficients: (2 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  36.5013    2.7203  13.418 < 2e-16 ***
rain          NA          NA      NA      NA
temp         -6.5314    0.5953 -10.972 < 2e-16 ***
sun           0.1252    0.0563   2.224  0.0261 *
ave_ws        1.6332    0.1605  10.179 < 2e-16 ***
ave_wd29     15.2887    1.6344   9.354 < 2e-16 ***
ave_wd211   -16.0003    1.2833 -12.468 < 2e-16 ***
ave_wd212   -5.9628    0.5284 -11.285 < 2e-16 ***
ave_wd213  -50.8762    4.5575 -11.163 < 2e-16 ***
ave_wd215   -5.2276    0.5122 -10.205 < 2e-16 ***
my_hour210   25.6491    2.4281  10.563 < 2e-16 ***
my_hour211   22.4914    2.1066  10.677 < 2e-16 ***
my_hour213    NA          NA      NA      NA
my_hour214   -2.0180    0.4774  -4.227 2.37e-05 ***
my_hour215   -4.1110    0.6527  -6.298 3.01e-10 ***
paint2y     -11.8755    1.2589  -9.433 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 1514.56 on 17 degrees of freedom
Residual deviance: 610.25 on 4 degrees of freedom
AIC: 761.13

Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

塗装の効果は、変数 (paint2y) にある  $\exp(-11.8) = 0.0000075$  であった。

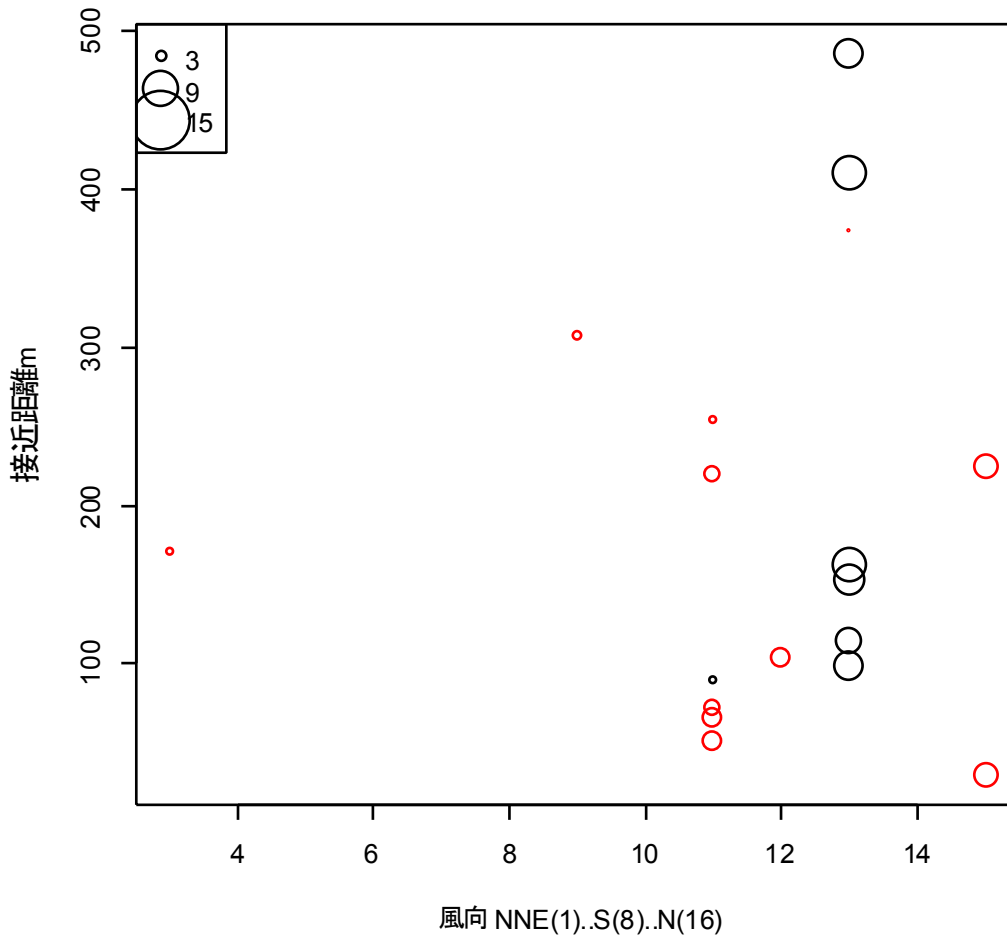


図 3-1- 38 解析の試行に用いたオジロワシのセオドライト観測時における  
風向・風速および接近距離

(○塗装前、○塗装後、円の大きさは風速 m/s をあらわす)

ここまで苫前町（オジロワシとオオワシ）、せたな（オジロワシ）の解析を接近距離 500m 以内の軌跡を抽出、検討してきた。

これ以外の接近距離、具体的には無限大、1000m、500m、250m および 100m についても試行的に同様の解析を行い、パラメタ係数について表 3-1- 15～表 3-1- 17 に整理した。

表 3-1- 15 接近距離別にみた統計モデルのパラメタ係数 (試行：苫前町、オジロワシ)

抽出距離	制限なし	1000m	500m	250m	100m
サンプル数	109	99	88	72	48
切片	-4.973	2.005	-26.750	14.237	-23.641
海面気圧	0.011	0.002	0.033	-0.009	0.027
降水量	-1.090	-1.359	-0.188	-0.486	-0.043
気温	0.222	-0.039	0.047	0.039	0.065
日照時間	-0.068	-0.009	-0.031	-0.032	-0.082
湿度	-0.026	0.006	-0.011	0.006	-0.001
平均風速	0.167	0.105	0.012	0.020	0.069
北東	1.546	0.271	0.388	0.102	0.017
東	-1.215	-1.778	-2.168	-1.687	-1.712
東南東	0.510	0.151	0.221	-0.277	-0.297
南東	1.379	0.841	0.803	0.726	Na
南南東	0.902	0.853	0.340	-0.466	-0.418
南西	-2.094	0.385	-2.030	-1.872	-1.480
西南西	0.099	-0.393	-0.774	-0.860	-0.620
西	-1.160	-0.973	-0.614	-0.751	-0.749
西北西	-0.207	-1.454	-0.441	-0.593	-0.424
北西	-0.415	-1.422	-0.933	-0.603	-0.605
北北西	-1.992	-0.408	-0.147	-0.258	Na
9 時	0.641	0.200	-0.219	-0.228	0.753
10 時	1.191	0.487	-0.082	-0.544	0.543
11 時	0.931	-0.160	-0.647	-0.494	0.664
12 時	1.461	0.217	-0.091	-0.278	0.758
13 時	1.730	-0.051	-0.305	-0.207	0.657
14 時	0.833	-0.391	-0.701	-0.306	0.709
15 時	2.061	0.782	0.213	0.133	0.644
塗装あり	0.214	1.024	0.518	0.042	-0.197
塗装効果	1.239	2.783	1.679	1.043	0.821

試行結果によれば、接近距離別にみた塗装の効果は、0.82～2.78 程度であると考えられた。

表 3-1- 16 接近距離別にみた統計モデルのパラメタ係数 (試行: 苫前町、オオワシ)

抽出距離	制限なし	1000m	500m	250m	100m
サンプル数	35	32	27	26	10
切片	-98.607	-132.000	-1306.000	-1306.000	解析不可
海面気圧	0.102	0.137	1.324	1.324	
降水量	6.408	7.058	44.200	44.200	
気温	0.291	0.297	1.382	1.382	
日照時間	0.077	-0.114	-1.462	-1.462	
湿度	-0.009	-0.001	-0.156	-0.156	
平均風速	0.198	0.123	-1.263	-1.263	
東南東	1.593	NA	NA	NA	
南東	-0.604	-3.078	-22.220	-22.220	
南東	-3.008	-4.952	-19.160	-19.160	
南西	-1.480	-3.484	-18.330	-1.737	
西南西	-1.350	-0.798	5.674	5.674	
西	-3.471	-5.108	-14.570	-14.570	
西北西	-0.958	-2.161	-4.977	-4.977	
北西	-0.529	-1.679	0.027	0.027	
北	-1.330	-1.202	0.165	0.165	
9時	0.807	0.577	7.678	7.678	
10時	1.745	1.495	5.271	5.271	
11時	1.396	-0.785	-5.436	-5.436	
12時	1.302	2.019	16.600	NA	
13時	-0.025	-0.071	0.651	0.651	
14時	1.727	1.432	6.202	6.202	
15時	0.262	0.022	2.605	2.605	
16時	0.656	0.477	NA	NA	
塗装あり	0.663	0.269	-3.064	-3.064	
塗装効果	1.941	1.309	0.047	0.047	

試行結果によれば、接近距離別にみた塗装の効果は、0.047～1.9程度であると考えられた。

表 3-1- 17 接近距離別にみた統計モデルのパラメタ係数（試行：せたな町、オジロワシ）

抽出距離	制限なし	1000m	500m	250m	100m
サンプル数	35	33	18	13	6
切片	4.712	6.827	36.501	解析不可	解析不可
降水量	NA	NA	NA		
気温	-0.071	0.144	-6.531		
日照時間	0.003	0.003	0.125		
平均風速	0.055	0.065	1.633		
東南東	1.065	NA	NA		
南南西	1.160	1.201	15.289		
南西	3.071	1.622	NA		
西南西	-0.031	0.419	16.000		
西	0.271	0.207	-5.963		
西北西	0.699	0.802	50.876		
北西	1.585	0.372	NA		
北北西	0.006	0.055	-5.228		
10時	-0.850	0.446	25.649		
11時	0.756	1.333	22.491		
12時	-0.117	1.532	NA		
13時	0.421	0.708	NA		
14時	-0.114	0.112	-2.018		
15時	0.369	0.513	-4.111		
塗装あり	0.548	1.044	-11.876		
塗装効果	1.730	2.841	0.0000075		

試行結果によれば、接近距離別にみた塗装の効果は、0.0000075～2.8程度であると考えられた。

### 3.1.1.2 可聴性(音)の検証調査

#### [調査方法]

本調査は風車に海ワシ類が近づいた時の対策として、音による追い払いや注意の喚起ができるかどうかを検証することを目的として実施した。調査は平成 27 年 2 月 23 日と 24 日根室の落石岬で行った (図 3-1- 39)。オオワシおよびオジロワシが 50m 程度の距離に接近したときに、運動会のスタートの合図に用いられるスターターピストルおよび、クマ対策に用いられるホイッスルを鳴らし (図 3-1- 40)、その反応 (引き返すか、羽ばたく反応をするか、何もしないか) を記録した。また、鳴らした瞬間のビデオ撮影ができたものについては、なった時にワシが、こちらを見たかどうかについても記録した。



図 3-1- 39 調査地点図 (落石岬)



図 3-1- 40 音を鳴らすのに使ったスターターピストルとホイッスル

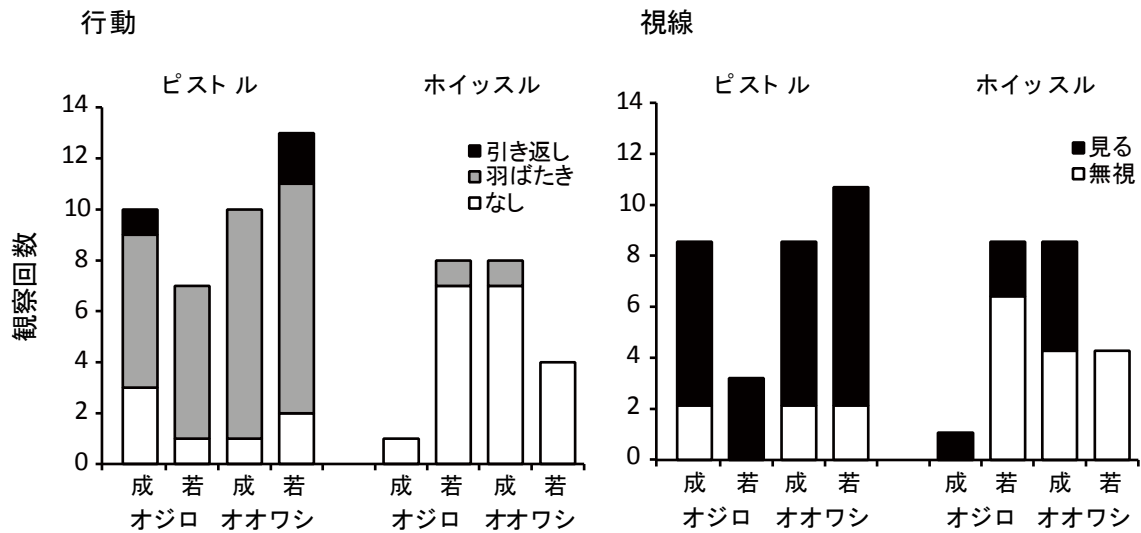


図 3-1-41 音に対するオジロワシとオオワシの反応

[結果および考察]

スターターピストルの音に対する行動の記録をオジロワシ 17 羽、オオワシ 23 羽についてとることができ、ホイッスルに対する行動の記録をオジロワシ 9 羽、オオワシ 12 羽についてとることができた。また、スターターピストルの音に対する視線の記録をオジロワシ 11 羽、オオワシ 15 羽について、ホイッスルに対してオジロワシ 9 羽、オオワシ 12 羽について得ることができた。

最初にピストルの音とホイッスルの音について比較すると、ワシの反応はピストルの方が強かった。ピストルでは、40 回中、反応のなかったのは 7 回のみだったが、ホイッスルの場合は、21 回中、反応したのが 2 回のみだった。音が鳴ったことで、ワシが引き返すような、追い払いにつながる強い反応はピストルに対しての 3 回のみであり、それ以外の反応は羽ばたいてスピードを落としたり、やや上昇するような反応だった。

音に対して視線を向けた割合については、反応と比べると差は小さいが同様に、ピストルでは、26 回中 20 回、音の方向を見たが、ホイッスルでは、21 回中 8 回だった。

ピストルに反応のなかった 7 回中 6 回はワシの後方からピストルを鳴らしたもので、視線を向けなかった 6 回中 4 回もワシの後方からホイッスルを鳴らしたものだ。また後方からの音で反応した例もそれぞれ 1 例しかなかった。

オジロワシとオオワシのあいだでは、ピストル、ホイッスルいずれにおいても行動や視線に差は認められなかった。

以上の結果から、海ワシ類には、反応しやすい音と、しにくい音があることが示唆された。人が聞いた感じでは、音の大きさに顕著な差はなく、ホイッスルの方が音が長いぶんだけ耳についたが、そのような聞こえやすさよりも、音の質が反応に影響しているのかも

しれない。

また、反応の大きかったピストルの音にしても、ワシが引き返すような反応は少なく、多くはスピードを緩めたり、上昇して、音の方向を見たりというものだった。したがって、少なくとも、今回実験に使用した程度の大きさの音については、ワシを風車から追い払うような効果は期待できないが、反面、音によってパニックを起こし事故を誘発する危険もないといえる。

これまでの調査でワシは風車を認識して、風車を避けて飛ぶことがわかっている。今回の調査結果から、海ワシ類は音によりスピードを落としたり、音の方向を見たりした。したがって、視界が悪かったり、ほかの方向を向いていたりして、風車に気づいていない個体に対して、音を使うことで風車に気づかせることは期待できるので、それによって衝突を減らすことができると思われる。

後方から音を鳴らした場合は、ワシが反応しないことが多かった。ワシの耳の構造上、後方の音が聞きにくいのか、それとも後方は気にしないのかはわからないが、風に乗って斜め後方に飛んでくることもあるので、風車の位置を音で知らせる際は、1か所から音を出すのではなく、2方向から音を出すなど工夫が必要かもしれない。



### 3.1.2 餌資源の検証調査

平成 22 年度の調査で、海ワシ類の衝突が、海岸線の崖の風力発電施設で多いことが明らかにされている。その原因として、海岸線の崖は吹きつける風によって上昇風が生じ、それを利用して海ワシ類が飛行するため、飛行頻度が高いことがあげられる。しかし、平成 23 年度の調査により、海ワシ類が風力発電施設を回避していることが明らかになっており、飛行頻度が高くても必ずしも衝突が生じるわけではない。考えられる衝突の理由の 1 つとして海岸線に打ち上げられる海ワシ類の餌となる魚類や海獣類などが、海ワシ類を誘引するとともに、海ワシ類が餌に気をとられてしまうことにより、風力発電施設の危険を認識することができず、衝突が生じる可能性が考えられる。昨年度の調査から、海岸に餌がある場合とない場合では餌がある場合にワシが下を向いて飛ぶ頻度が上がることが示唆された。今年度も同様の調査を実施し、その検証を行なった。

#### [調査方法]

調査は根室の落石岬で行った（図 3-1-42）。平成 27 年 1 月 12 日から 17 日および 2 月 17 日から 22 日に実施した。この 2 回の調査のうち 3 日間を餌がない状態での海ワシ類の行動を記録し、3 日間を餌のある状況での海ワシ類の行動を記録した。餌は小さなものでは海ワシ類が気づく前にハシブトガラス等に食べられてしまうため、サケ（新巻鮭を水で戻したもの）を設置した（図 3-1-43）。



図 3-1-42 調査地点図（落石岬）



図 3-1- 43 餌として設置したサケと集まったカラス



図 3-1- 44 撮影したビデオ映像のサンプル  
(左：正面を向いて飛ぶオジロワシ、右：下を向いて飛ぶオジロワシ)

餌の有無にともなう海ワシ類の行動の違いは、ビデオ撮影をすることにより記録した。撮影したビデオを後日再生し、海ワシ類の頭が向いている方向(前方あるいは下:図 3-1- 44)別の時間をストップウォッチで記録した。そして、20 秒以上の記録がとれたものを対象に、下を向いて飛んでいる時間の割合を計算した。そして、オジロワシとオオワシの種別に餌の有無による違いがあるかどうかを検討した。また、成鳥と幼鳥(含む亜成長)の年齢による違いも比較した。

#### [結果および考察]

餌のない状態とある状態でそれぞれ 6 日ずつの調査を実施した。ワシの飛翔頻度には、風の状況が大きく影響し、風が崖に吹きつける日には、多くのワシが飛行し、風の弱い日や逆方向から吹いている日にはあまり記録できなかった。この傾向は過年度の調査における苫前や、せたなでの傾向と同じだった。20 秒以上海ワシ類が見ている方向を把握できたのは餌のない状態のオジロワシ 52 例、オオワシ 49 例、餌のある状態でオジロワシ 53 例、オオワシ 43 例だった。

これらの記録について下を見て飛んでいる時間の割合を餌のない場合とある場合で比較すると、2014 年と同様に 2015 年も餌のある場合の方が、より長く下を見て飛んでいる個体が多かった(図 3-1- 45)。多くの場合は下を見たり、正面を見たりというくりかえしで飛んでいたが、下を向いたまま長距離飛ぶこともあり、餌の存在により海ワシ類が風車に気づかず、バードストライクを誘発する危険性が考えられる。

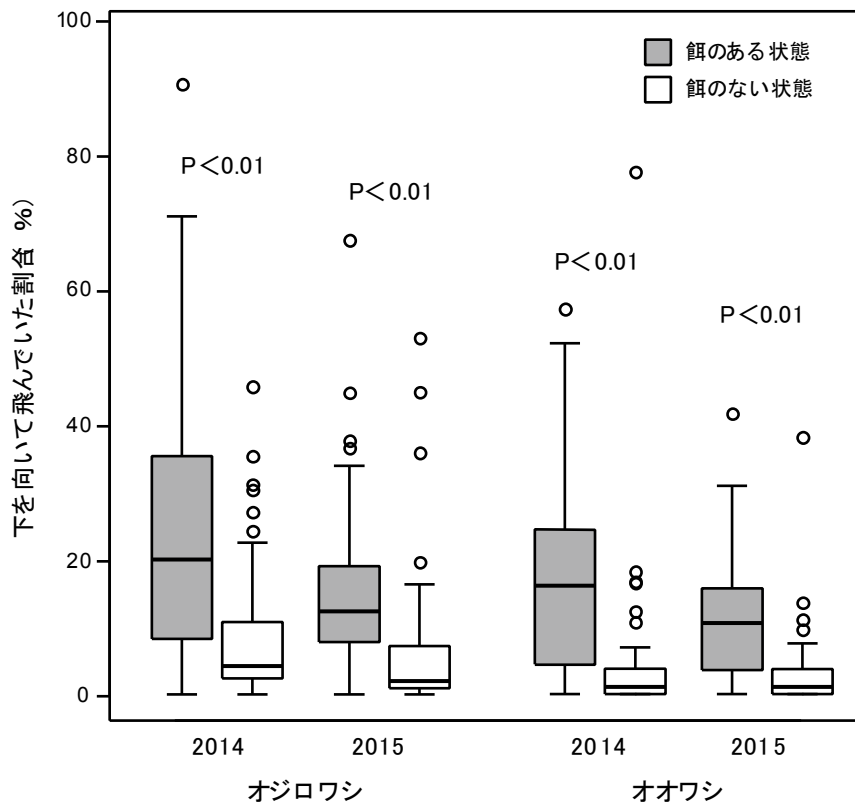


図 3-1- 45 餌がある場合とない場合でのオジロワシとオオワシが下を向いて飛んでいる時間の割合の違い

平成 25 年度の本事業で撮影することのできたバードストライクの瞬間の映像から、海ワシ類が風車に衝突する原因として、飛行中の他個体との干渉が考えられた。そこで、餌のある場合とない場合で、他個体からの干渉の度合に違いがあるかどうかを検討したところ、2015 年のオオワシを除き、餌がない場合とくらべ、餌のある場合に、カラス類あるいは海ワシ類からの飛行中の干渉が有意に多く観察された (図 3-1- 46)。したがって、餌の存在は、飛行時の視線方向だけでなく、他個体との干渉をもととして、海ワシ類の風力発電施設への衝突の危険性を高めると考えられる。

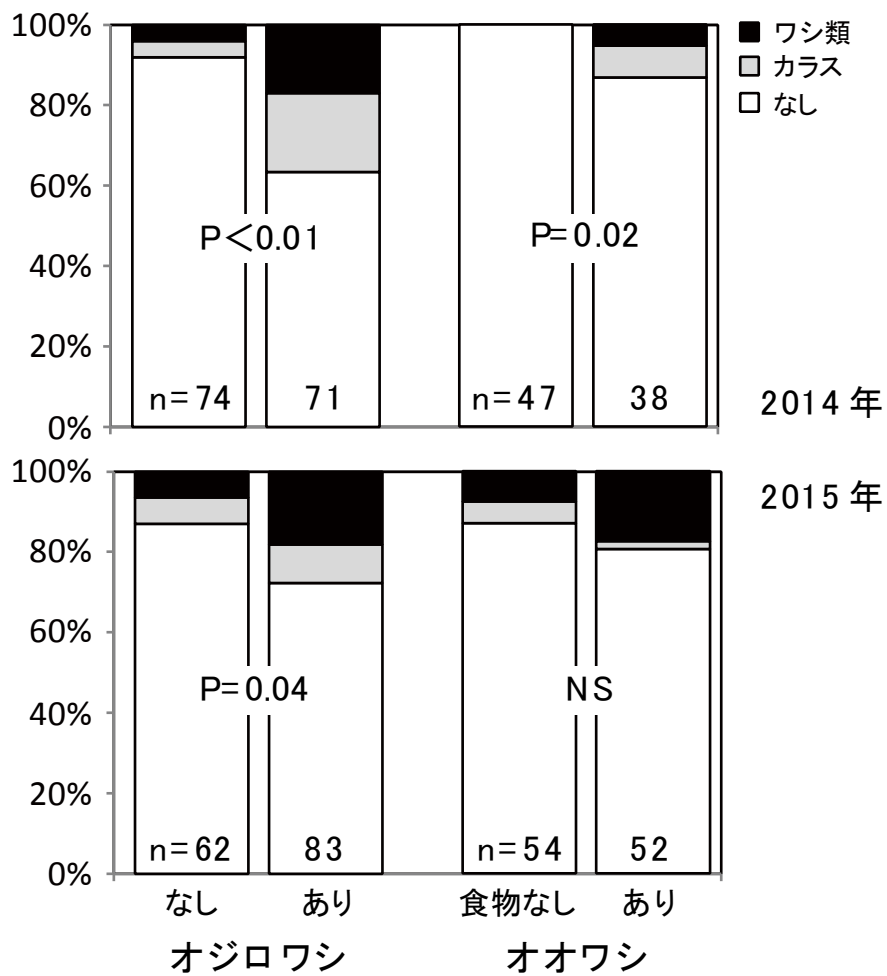


図 3-1- 46 餌がある場合とない場合でのオジロワシとオオワシの他個体との干渉が生じる割合の比較