

公開セミナー「風力発電事業等における環境アセスメント」

風力発電事業で懸念される影響の 回避・低減に関する技術 —鳥類を中心に—

2019年1月30日

島田泰夫

(一般) 日本気象協会

本日の内容

1.回避・低減技術の紹介（海外）

May, R. et al. (2015) :Mitigating wind-turbine induced avian mortality : Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options', Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 42, pp. 170–181.

2.回避・低減の考え方（国内）

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構/（委託先）一般財団法人 日本気象協会/風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業/既設風力発電施設等における環境影響実態把握 I /報告書(以下、NEDO報告書)

3.衝突は本当に稀な事象なのか？

4.鳥衝突に関する疑問

5.騒音・低周波音

6.景観

7.工事中の大気環境

本日の内容

1.回避・低減技術の紹介（海外）

May, R. et al. (2015) :Mitigating wind-turbine induced avian mortality : Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options', Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 42, pp. 170–181.

2.回避・低減の考え方（国内）

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構/（委託先）一般財団法人 日本気象協会/風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業/既設風力発電施設等における環境影響実態把握 I /報告書(以下、NEDO報告書)

3.衝突は本当に稀な事象なのか？

4.鳥衝突に関する疑問

5.騒音・低周波音

6.景観

7.工事中の大気環境

May, R. et al. (2015)

Mitigating wind-turbine induced avian mortality :
Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options

要旨(abstract)

【鳥類への影響を最小限度に抑制する手法開発】

- 風力エネルギー増大に伴い、鳥類への影響を抑制する手法開発が課題。
- 合意プロセスの遅延を避けるために重要。

【風車への反応は種特異性がある】

- 建設後の緩和措置の有効性は、種特異的。
- 飛行力学的、運動生理的に依存するから、緩和策はこれを考慮する必要がある。

【風車に接近したときだけ発動する手法開発】

- 差し迫った衝突を緩和するためにだけ作動。
- タービンの動作を調整するか、または鳥類に警告/抑制が機能的である。

【その手法があれば】

- 鳥類に対する脅威レベルを下げることができる。
- 新しいサイト、懸念サイトでも、風力資源をより良く利用できる。 4

Evaluation of the efficacy of measures to mitigate turbine-induced mortality in birds.
May, R. et al. (2015)

Table 2

Evaluation of the efficacy of measures to mitigate turbine-induced mortality in birds.

Mitigation measures	Criterion I: stressor	Criterion II: exposure	Criterion III: response	Criterion IV: habituation	Criterion V: specificity	Criterion VI: implementation	Total score
Turbine-specific							
Wind-power plant design	1	2	2	1	1	1	1.33
Repowering/larger turbines	1	3	2	2	1	2	1.83
Removing selected turbines	2	2	2	2	3	1	2.00
Relocating selected turbines	2	1	2	2	2	1	1.67
Altering turbine speed	3	3	3	2	3	3	2.83
Temporary shutdown	3	3	3	2	3	2	2.67
Bird-specific							
Visual cues							
Marking/painting	∅	2	3	1	1	2	1.67
Visibility: reducing motion smear	∅	1	2	2	2	3	2.00
UV-coating	∅	2	2	2	2	3	2.17
Reflectors	∅	2	3	3	2	3	2.50
Minimal turbine lighting	☽	1	1	1	3	1	1.67
Turbine lighting regime	☽	2	2	2	3	2	2.33
Visual deterrence	☽	3	3	3	3	1	2.67
Laser	☽	3	3	2	3	2	2.67
Acoustic cues							
Acoustic harassment	3	1	2	1	2	2	1.83
Audible deterrence	2	3	3	3	3	2	2.67
Other sensory cues							
Electromagnetism	1	1	1	3	1	2	1.50
Olfaction	3	3	2	2	1	2	2.17
Habitat alterations							
On-site							
Habitat quality	2	1	2	2	1	2	1.67
Food availability	1	1	1	2	1	3	1.50
Off-site							
Habitat quality	2	3	2	2	1	2	2.00
Food availability	2	3	2	2	2	3	2.33
Breeding habitat	2	2	2	2	2	2	2.00
Roosting places	2	2	2	3	2	3	2.33
Other measures							
Funding wildlife research	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Monitoring fatalities	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

風車タービンによる死亡率を緩和する手法の評価 (評価スコア、May, R. et al. 2015より和訳)

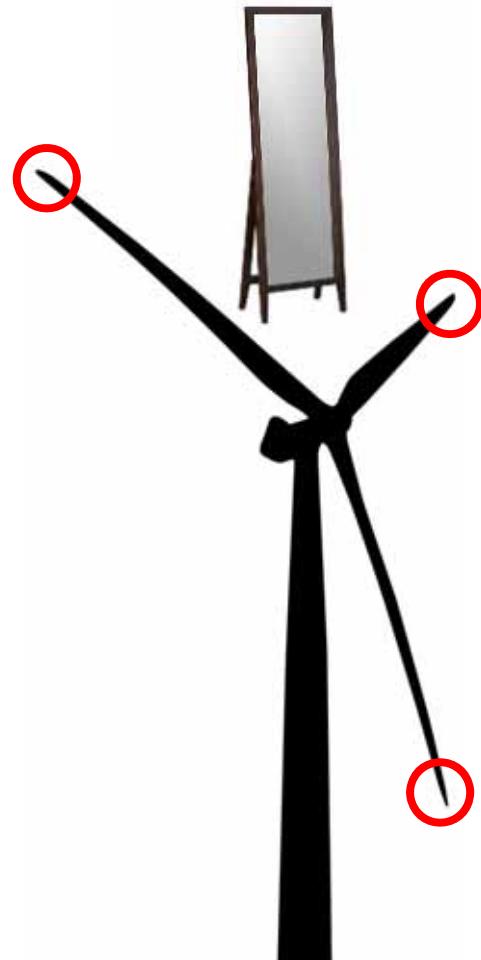
緩和措置		基準1：刺激	基準2：暴露	基準3：反応	基準4：順化	基準5：特異性	基準6：実装性	得点
風車に特異的	レイアウト計画	1	2	2	1	1	1	1.33
	リパワリング（より大型風車に変更）	1	3	2	2	1	2	1.83
	（危険な）風車の撤去	2	2	2	2	3	1	2.00
	（危険な）風車の移設	2	1	2	2	2	1	1.67
	ブレード回転速度の変更	3	3	3	2	3	3	2.83
	弾力的な停止	3	3	3	2	3	2	2.67
鳥類に特異的	【視覚手がかり】							
	目印、塗装	2	3	1	1	1	2	1.67
	可視性（モーションスマearerの低減）	1	2	2	2	2	3	2.00
	UV塗装	2	2	2	2	2	3	2.17
	リフレクタ（反射板）	2	3	3	2	2	3	2.50
	風車の（最小）ライトアップ [†]	1	1	1	3	1	3	1.67
	風車のライトアップ [†] （条件付き）	2	2	2	3	2	3	2.33
	視覚による防止（フラッシング等）	3	3	3	3	3	1	2.67
	レーザ光線	3	3	2	3	3	2	2.67
	【音響手がかり】							
	音による威嚇	3	1	2	1	2	2	1.83
	音による防止（風車存在を知らせる）	2	3	3	3	3	2	2.67
生息地の変更	【他の感覚による手がかり】							
	電磁波	1	1	1	2	1	2	1.33
	嗅覚	3	3	2	2	1	2	2.17
	【オンサイト（事業地）】							
	生息地の「質」の変更	2	1	2	3	1	2	1.83
そのほかの手法	餌資源の変更	1	1	1	2	1	3	1.50
	【オフサイト（事業地「外」）】							
	生息地の「質」の変更	2	3	2	2	1	2	2.00
	餌資源の変更	2	3	2	2	2	3	2.33
	繁殖地の「創出、向上」	2	2	2	2	2	2	2.00
	ねぐら場所の「喪失、向上」	2	2	2	3	2	3	2.33
	鳥獣研究の資金調達	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6
	死骸調査（モニタリング）	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

ブレード回転速度の変更、 弾力的な停止



- ・タービン速度の変更（カットイン速度、フェザーリング）またはタービンの一時的な停止。
- ・この措置は、ブレードとの衝突を緩和するが、タービンへの衝突は軽減できない。
- ・低風速において、コウモリ類や鳥類の活動状況が高いことを示す研究がある。
- ・低風速での衝突を最小限に抑えるために、エネルギー出力が（低風速で）小さい場合、カットイン風速を上げる方法がある。

リフレクタ（反射板）^{May, R. et al. (2015)}



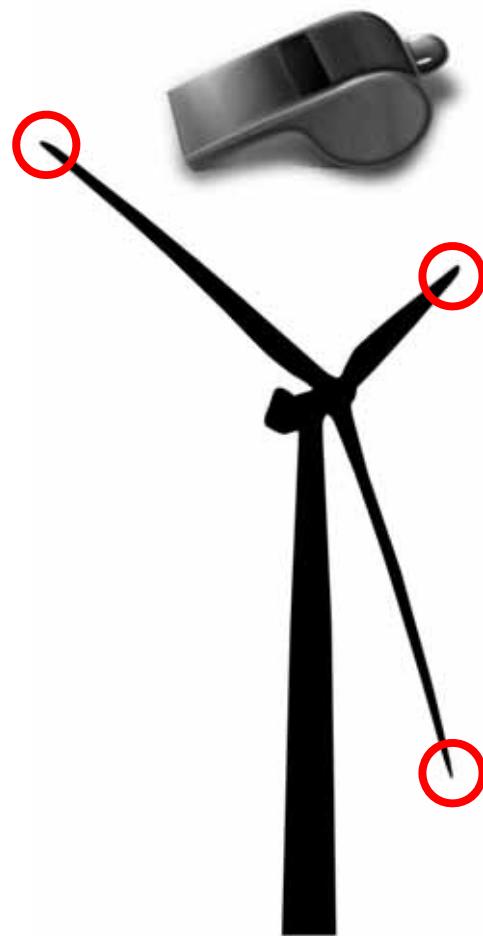
- UV被膜は、モーション・スミア低減と同様の効果。
- 鏡、アルミニウム、銀のようなリフレクター（反射鏡）も、鳥類を怖がらせる効果的な方法。
- リフレクターは、日光を反射する場合だけ有効なので、他の方法との組み合わせが推奨される。
- ブレードから（反射鏡による）発生した光は常に動く。この変化によって、ブレードの視認性が上がり、鳥類の応答性を高める。
- この手法は、注意を向けることなので「慣れる」可能性も。



視覚による防止策 (フラッシング等)

- 視覚的な抑止には、ストロボ発光、フラッシング、回転灯の使用が含まれ、これにより一時的な目くらまし (blinding) が引き起こされ、混乱が生じる。
- 低光レベルで最も効果的であるため、夜間の鳥の衝突の緩和に有効である。
- 順化は少なくとも2つのストロボの周期を無作為選択することで低減できる。
- 鳥類がタービン近傍にいる状況で視覚的な抑止力が発揮されると、効果は大幅に向上。
- 鳥類の飛翔行動を継続的に監視するためのビデオ、レーダー等の機能が必要。

音による防止 (風車存在を知らせる)



- Doolingは、鳥類の聴力と緩和手法に関するレビューで提案した。鳥類にとって最適な聴覚領域 (2~4kHz) で笛のような音を手がかりにすれば、鳥類はタービンのブレードを「聞き分け（存在を知）る」ことを助けることができ、全体の騒音レベルにほとんど加算されないだろう。
- このような人工的な音を使用する代わりに、鳥類自身が出す警告「声」や逃避「声」などの生体音響（バイオ・アコースティック）も使用できる。
- これらは生物学的意味合いがあるので順化・慣れに対しては、人工音よりも耐性（持続性）があると考えられる。

監視システム：Identiflight



HOME LEADERSHIP INNOVATION CONTACT NEWS

<https://www.identiflight.com/>

PROTECTING NATURE IN A RENEWABLE WORLD



断を回避し、保護された種の保護が達成される。Identiflightは、マシンビジョンの専門家であるBoulder Imagingの関連会社です。

発見・識別



停止

IDENTIFLIGHT航空検出システム

タービンブレードとの鳥類の衝突は、風力エネルギー産業において問題となり、成長への障害となっている。Identiflight®空中検知システムは、この問題に取り組み、鳥類野生生物と風力エネルギーの共存を促進するために開発されました。Identiflightシステムは、人工知能と高精度の光学技術を融合させ、ワシを検出し、回転する風車ブレードとの衝突からそれらを保護します。

Identiflightタワー周辺の1km圏内を飛ぶ鳥にとって、自動検出と種の決定は数秒で発生します。ワシの速度と飛行経路が衝突の危険性を示している場合は、その特定の風力タービンを停止するよう警告が生成されます。風力発電事業者に高度にターゲット設定され、情報に基づいた客観的削減決定を与えることにより、不必**11**かつ高価な中

監視システム：Identiflight



<https://www.identiflight.com/>



使い方

Identiflightの技術リーダーシップは、最先端のイメージセンサアレイ（半球状空間検出用）、高倍率立体センサ（位置、軌道、種同定用）、高性能人工知能アルゴリズムを完全に組み合わせることで可能になります自律リアルタイム画像処理。すべての風力発電所の塔は、完全にネットワーク接続された自律システムとして動作し、完全な空域をカバーします。

独自のソフトウェアが画像を処理して、3D位置、速度、軌道、および保護された対象種を検出します。検出時間はすべて5秒以内です。Identiflightシステムは、鳥を1キロも離れた場所で検出し、それをリアルタイムに鷺のように分類することで、鷺の衝突を避けるために必要な視覚的および定量的データを風力発電事業者に提供します。

フィールドテスト済みで実証済み

Identiflightシステムは、現在、鳥類の活動が増加している米国の風力発電所や欧州の風力発電所に設置されています。Identiflightの有効性と精度に焦点を当てたIdentiflightに関する第三者監査報告書は、The Peregrine FundとAmerican Wind Wildlife Instituteによって最近完成され、科学雑誌**Biological Conservation**に掲載されています。

国立再生可能エネルギー研究所（NREL）との更なる協力は、産業曝露をさらに増加させ、再生可能エネルギーと絶滅の危機に瀕している種の共生を成功させるための対話を支援した。

監視システム：dt-bird

<https://dtbird.com/>

The screenshot shows the top navigation bar of the dtbird website. It includes the logo "dtbird" with a blue checkmark icon, a language switcher "EN", and menu items: ホーム (Home), 特徴 (Features), ダウンロード (Download), ニュース (News), 接触 (Contact), and DTBot.



衝突回避モジュール

このモジュールは、潜在的な衝突の危険にさらされている鳥に警告音を自動的に出し、衝突の危険性の高い地域で飛んでいる鳥の音を抑えます。音の種類、排出レベル、設置および運用設定は、対象種、WTGの次元、地元の健全な規制に合わせて調整されます。エネルギー生産の損失はなく、すべての鳥類に適用されます。種固有のサウンドを適用することができます。

検出/衝突制御モジュール

星光HDカメラはWTGの周り360度を調査します。オプションで、夜間に2~8台の熱カメラがWTG周辺の監視区域を調査します。鳥は、ビデオとデータが保存されている間、リアルタイムで検出されます。インストールの設計と運用設定は、すべてのターゲット種別とWTGディメンションに対してカスタマイズされています。潜在的および偶発的な鳥の衝突は、オンラインアクセスを介してサウンドとともにビデオで記録およびチェックすることができます。

発見(識別)



警告/停止



停止制御モジュール

リアルタイムの鳥衝突のリスク評価に基づいた自動WTGの停止と再起動。標準的種/群に合わせて調節可能。

更新なし

- ✓ WT-Bird: A Low Cost Solution for Detecting Bird Collisions(2004)
- ✓ TADS Investigations of Avian Collision Risk at Nysted Offshore Wind Farm(2005)

コウモリ類の防除

NRG Bat Deterrent System

エコー(反響)をマスク..不適空間

<https://www.nrgsystems.com/news-media/pioneering-bat-deterrent-system-from-nrg-systems-reduces-bat-fatalities-by-54-percent-at-texas-wind-energy-facility/>



非公開

コウモリ類の防除

NRG Bat Deterrent System

<https://www.nrgsystems.com/news-media/pioneering-bat-deterrent-system-from-nrg-systems-reduces-bat-fatalities-by-54-percent-at-texas-wind-energy-facility/>

非公開

様々な観測機器の開発～比較検討

Table 4.2 Comparison of functionalities of the four systems studied, based on their current status.

	ID Stat	WT-Bird	VARS	DT Bird
1) collision detection	Yes	Yes	No	Yes
2) collision detection under poor visibility	Yes	Yes	No	No
2) species (group) identification	No	Yes (if cameras installed)	Yes	Yes
3) species (group) identification at night	No	Yes (if cameras installed)	Yes	No (nocturnal system in development)
4) tested under offshore conditions	No	Yes	Yes	Yes

Table 1. Comparison of systems; see text.

	birds	collisions	bats	birds	flux	bats
available						
Acoustic/camera						
WT-Bird	+			(A)		(A)
TADS	+		+	A(B)		A
VARS	+		+	A(B)		A
DT-Bird	+					
ATOM	+		+	A		A
Radar						
3D Flex Robin Radar				BC		B?
Merlin Bird and Bat Radar				BC		B?
BirdScan MR1				BC		B?
Birdtrack				BC		B?
DHI Scanter 5000				BC		B?
DHI LAWR 25				BC		B?
in development, tests ongoing						
ACAMS	+		+	AB		A
Orgeon State	+		+	A		A
in development						
ID-Stat	+					
Wageningen Marine	+		+	A		A

+: system can do so, see fact sheet for information on details and limitations

A: flux measurements at RSA

B: flux measurements within wind farm

C: flux measurements outside wind farm

ID Stat／WT-Bird／VARS／DT-Bird

Collier. et.al (2012):A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines Part 2: Feasibility study of systems to monitor collisions.

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Collier%20et%20al%202012.pdf>

WT-Bird／TADS／VARS／DT-Bird／ATOM／Robin／Merlin／BirdScan／Birdtrack／Scanter／LAWR／開発途中のもの／

Dirksen (2017):Review of methods and techniques for field validation of collision rates and avoidance amongst birds and bats offshore wind turbines.

<https://tethys.pnnl.gov/publications/review-methods-and-techniques-field-validation-collision-rates-and-avoidance-amongst>

本日の内容

1.回避・低減技術の紹介（海外）

May, R. et al. (2015) :Mitigating wind-turbine induced avian mortality : Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options', Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 42, pp. 170–181.

2.回避・低減の考え方（国内）

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構/（委託先）一般財団法人 日本気象協会/平成28 年度～平成29 年度成果報告書/風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業/既設風力発電施設等における環境影響実態把握 I /報告書(以下、NEDO報告書)

3.衝突は本当に稀な事象なのか？

4.鳥衝突に関する疑問

5.騒音・低周波音

6.景観

7.工事中の大気環境

風力アセス調査項目

【鳥類】

- 生息環境の減少・喪失
- 移動経路の遮断・阻害
- ブレード・タワー等への接近・接触

- 起こるかどうか?
- 無視できない程度か?
- であれば回避・低減策は?

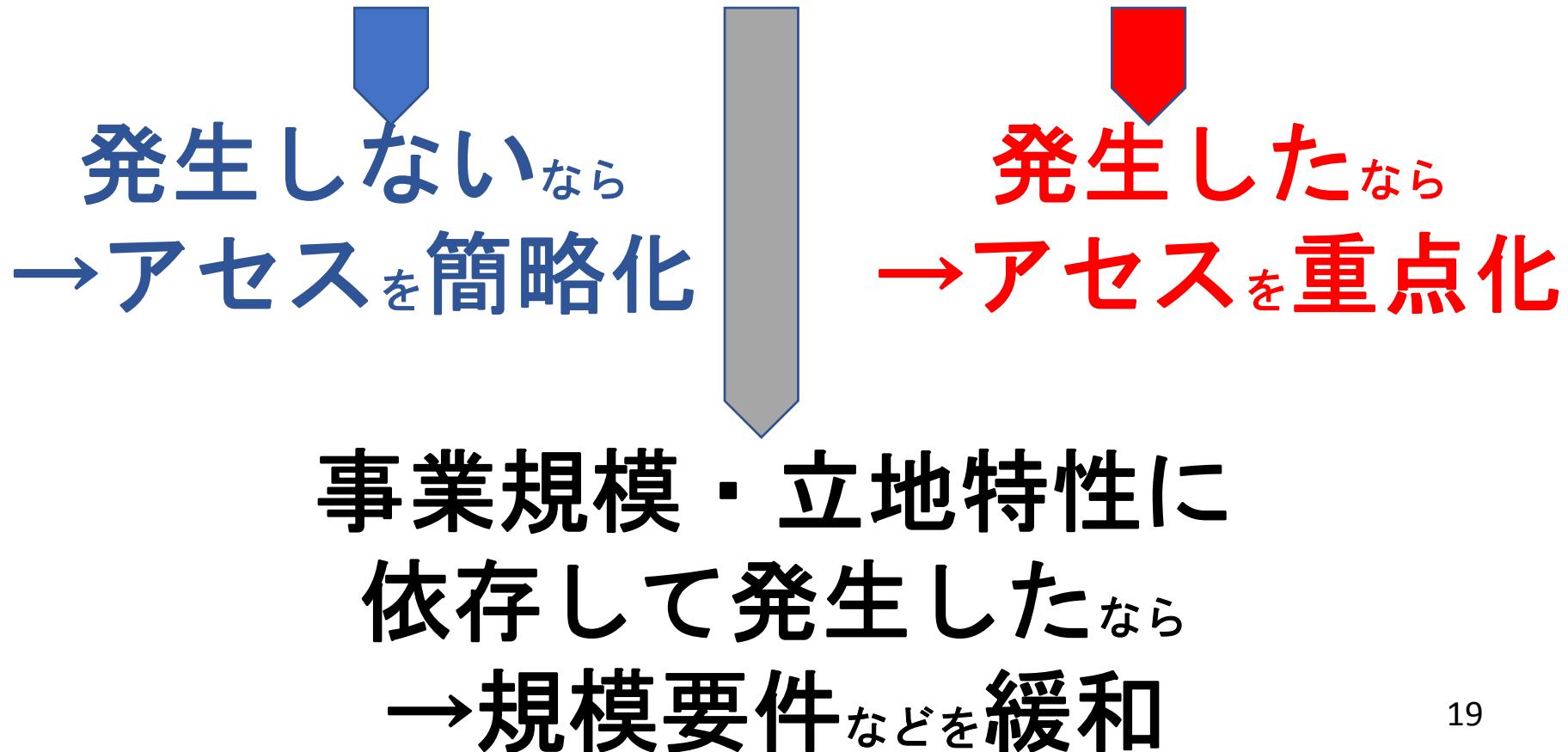
【騒音・超低周波音】

【景観】

【工事中の大気環境】

本当に起ころのか？

(無視できない程度)
不測の事態が…



風力アセス調査項目

【鳥類】

- ・ 生息環境の減少・喪失
- ・ 移動経路の遮断・阻害
- ・ ブレード・タワー等への接近・接触

【騒音・超低周波音】

【景観】

【工事中の大気環境】

風力アセス調査項目

【鳥類】

- 生息環境の減少・喪失

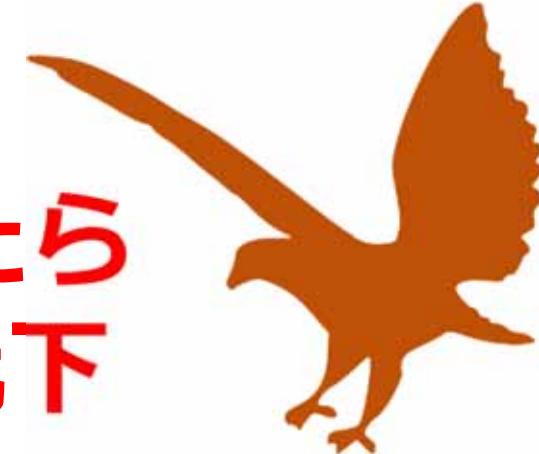
→“猛禽類の繁殖成功率”

[不測の事態]風車が稼働したら
巣を放棄/繁殖成功率が低下

- 移動経路の遮断・阻害

- ブレード・タワー等への接近・接触

【騒音・超低周波音】 【景観】 【工事
中の大気環境】



猛禽類・繁殖成功率 データ処理イメージ

規模別・立地環境別

NEDO報告書

規模別・立地環境別

WF名称	規模	立地	距離	種	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A	0.75	山地	200	オオタカ	1	0	0	0	0						
B	1	山地	400	ミサゴ			0	1	1	1	1	0			
C	2	山地	600	ノスリ			1	0	0	1	0				
D	3	山地	800	クマタカ				0	0	1	0	0	0		
E	4	山地	1000	チュウヒ		1	0	0	0	1	1				
F	5	山地	1200	ハヤブサ	0	1	1	1	0						
G	0.75	平地	1200	チュウヒ						0	1	1	1	1	1
H	1	平地	1000	ハヤブサ		0	1	0	1	1	1	0			
I	2	平地	800	ミサゴ			0	0	0	0					
J	3	平地	600	クマタカ			1	0	1	1	1	1	1	1	1
K	4	平地	400	オオタカ	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	
L	5	平地	200	ノスリ		1	1	0	0	1					

猛禽類・繁殖成功率

NEDO報告書

データ処理イメージ

距離別・立地環境別

距離別・立地環境別

WF名称	規模	立地	距離	種	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A	0.75	山地	200	オオタカ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	山地	400	ミサゴ	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
C	2	山地	600	ノスリ	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
D	3	山地	800	クマタカ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
E	4	山地	1000	チュウヒ	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
F	5	山地	1200	ハヤブサ	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
G	0.75	平地	1200	チュウヒ	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H	1	平地	1000	ハヤブサ	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
I	2	平地	800	ミサゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	3	平地	600	クマタカ	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K	4	平地	400	オオタカ	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
L	5	平地	200	ノスリ	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0

猛禽類・繁殖成功率 データ処理イメージ

種別・立地環境別

NEDO報告書

種別		WF名称	規模	立地	距離	種	19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29										
WF	種						19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A	オオタカ	A	0.75	山地	200		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	ミサゴ	B	1	山地	400					0	1	1	1	0			
C	ノスリ	C	2	山地	600					1	0	0	1	0			
D	クマタカ	D	3	山地	800						0	0	1	0	0	0	0
E	チュウヒ	E	4	山地	1000					1	0	0	0	1	1		
F	ハヤブサ	F	5	山地	1200					0	1	1	1	0			
G	チュウヒ	G	0.75	平地	1200							0	1	1	1	1	1
H	ハヤブサ	H	1	平地	1000					0	1	0	1	1	0		
I	ミサゴ	I	2	平地	800						0	0	0	0	0		
J	クマタカ	J	3	平地	600					1	0	1	1	1	1	1	1
K	オオタカ	K	4	平地	400					1	0	1	1	0	1	1	0
L	ノスリ	L	5	平地	200					1	1	0	0	1			

解析結果：生息環境の減少・喪失

2. 猛禽類の繁殖成功率

繁殖成功率の要因分析

猛禽類全体の繁殖成功率（種名を問わず）

猛禽類全体の繁殖成功率
(サイト名、種名を考慮)

クマタカのみの繁殖成功率

ロジスティック回帰分析

A. サイト規模

B. 立地条件

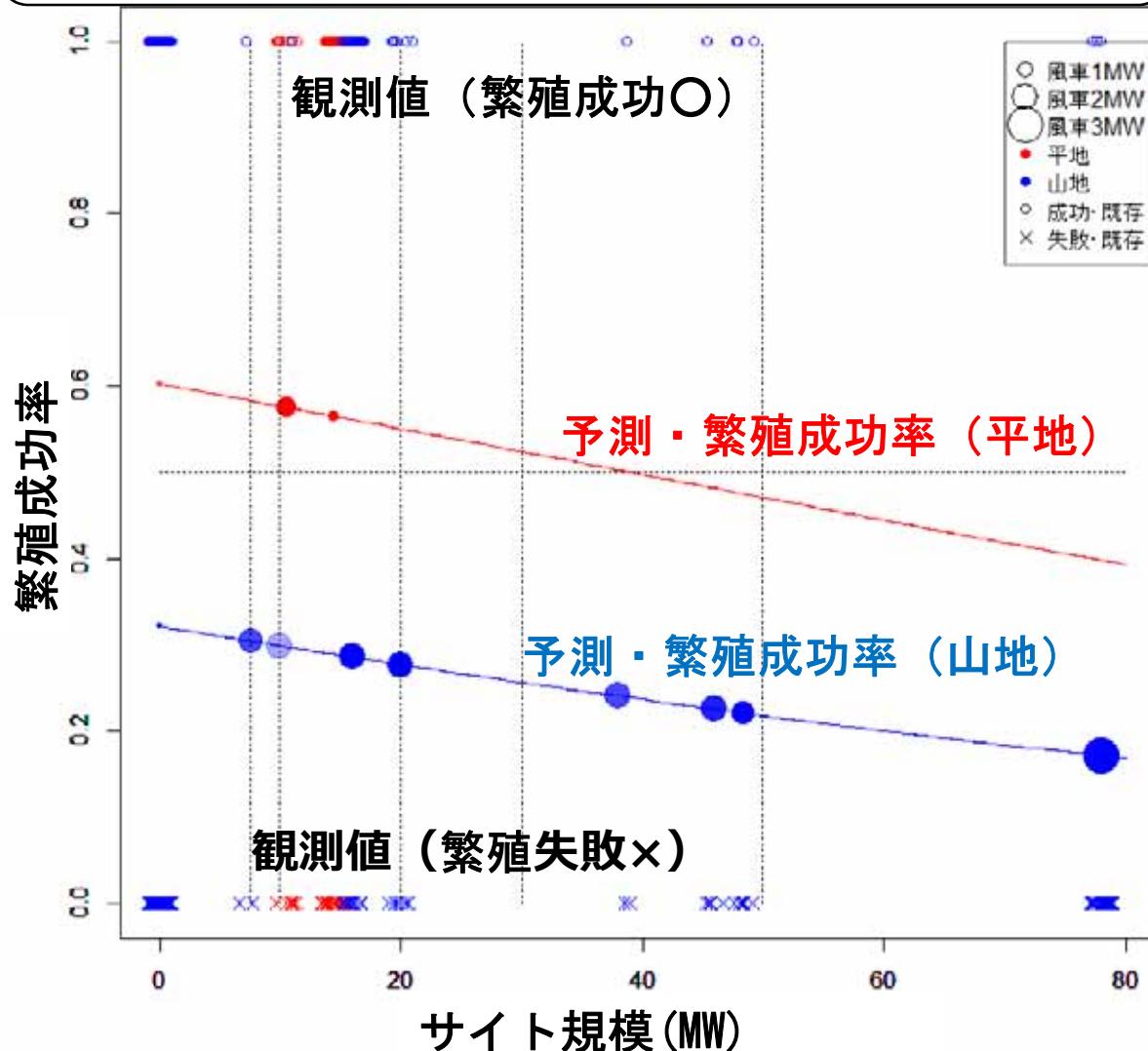
C. 直近風車までの距離



これらの要素と
繁殖成功を解析

解析結果：生息環境の減少・喪失

猛禽類全体
(サイト名称、種名を問わず)



選択された要素

サイト規模
立地条件
直近風車までの距離

$$r = 0.234$$

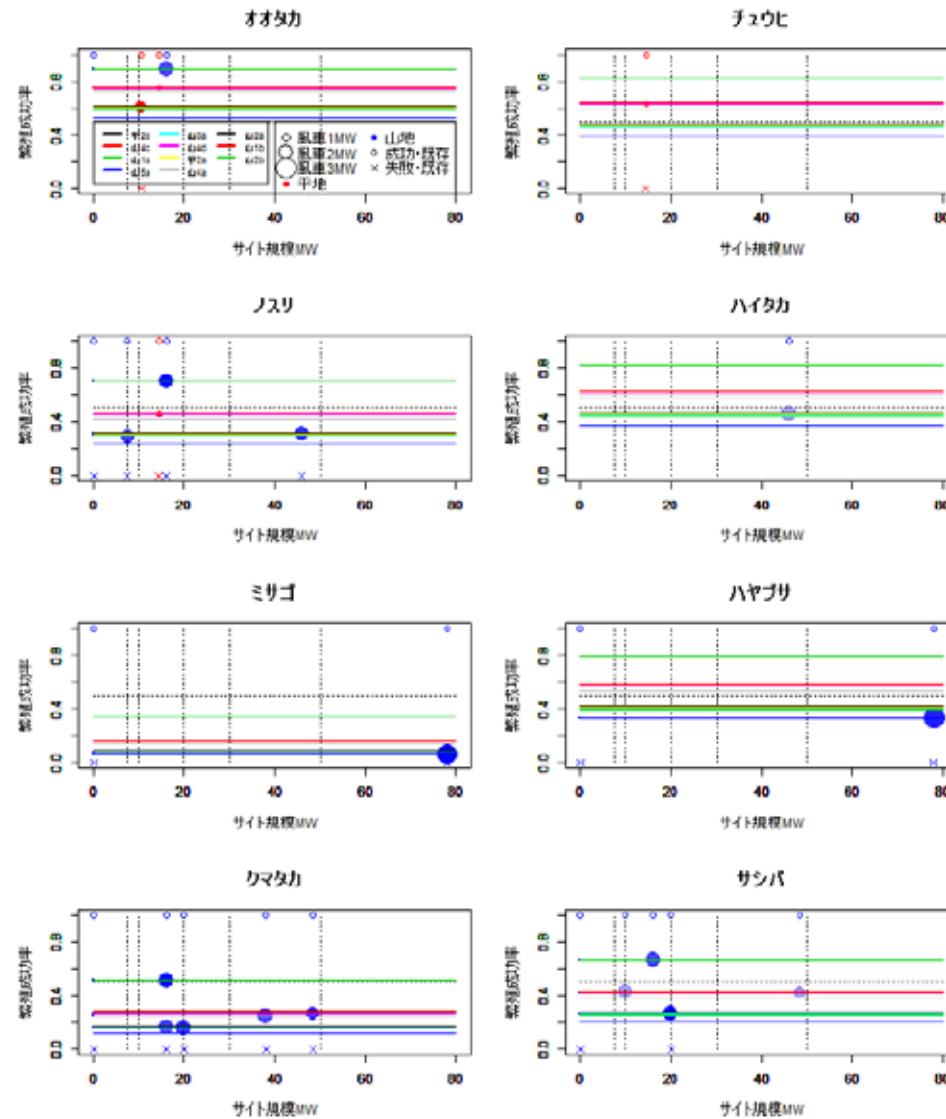
$$p < 0.01$$

$$n = 364$$

▼
事業規模の影響
平地 > 山地
相関係数が低い
決定係数 : 0.04

解析結果：生息環境の減少・喪失

猛禽類全体（サイト名、種名を考慮）



選択された要素

サイト名
猛禽類の種名
サイト規模
立地条件
直近風車までの距離

$$\begin{aligned} r &= 0.547 \\ p &< 0.01 \\ n &= 364 \end{aligned}$$

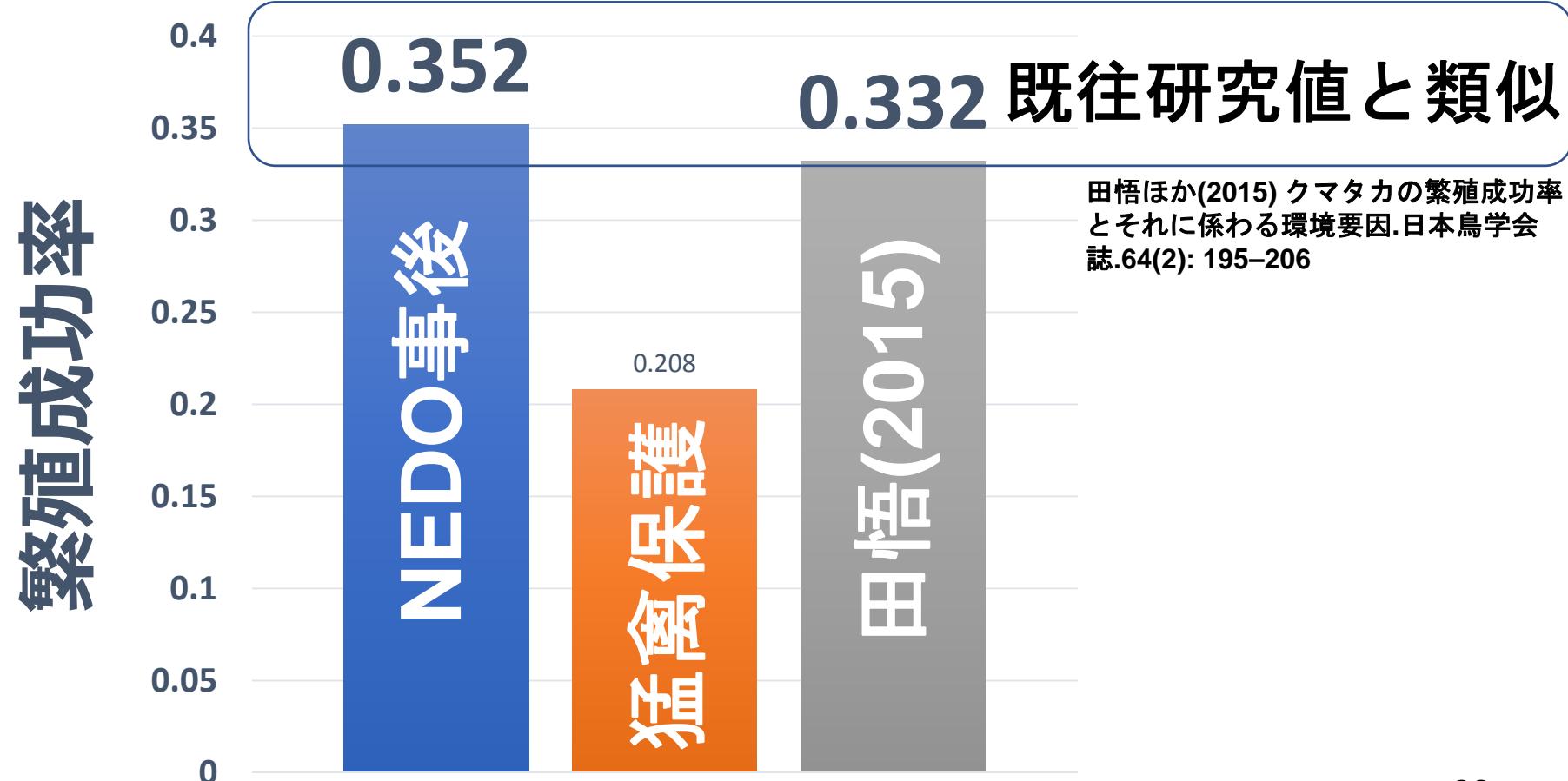
モデルは多少改善
サイトと種で説明可

解析結果：生息環境の減少・喪失

クマタカのみ

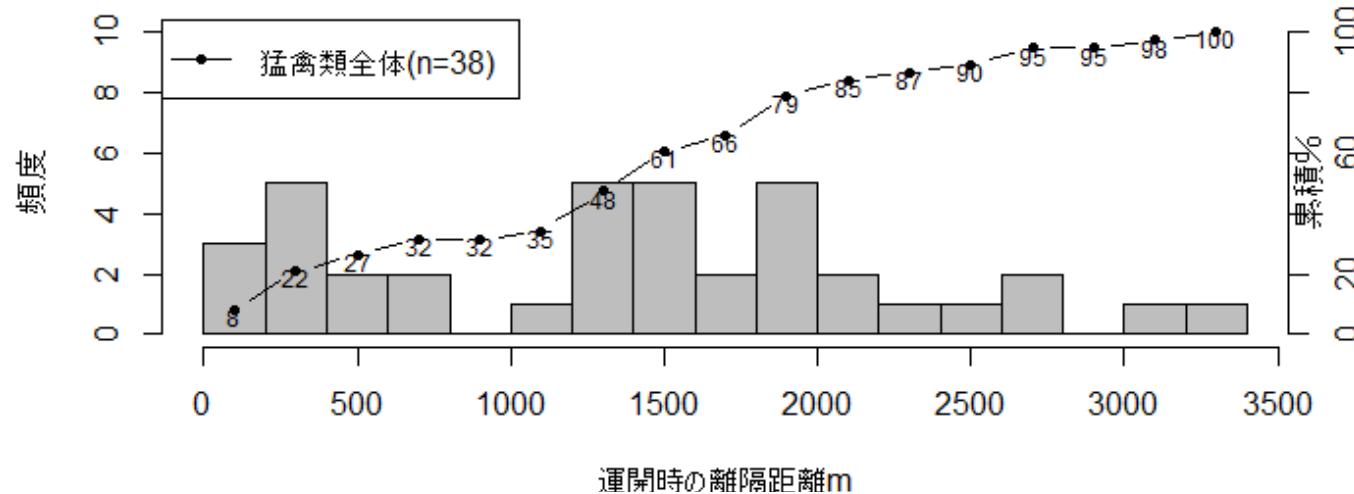
選択された要素

なし



解析結果：生息環境の減少・喪失

なぜ風車までの距離が選択されない?



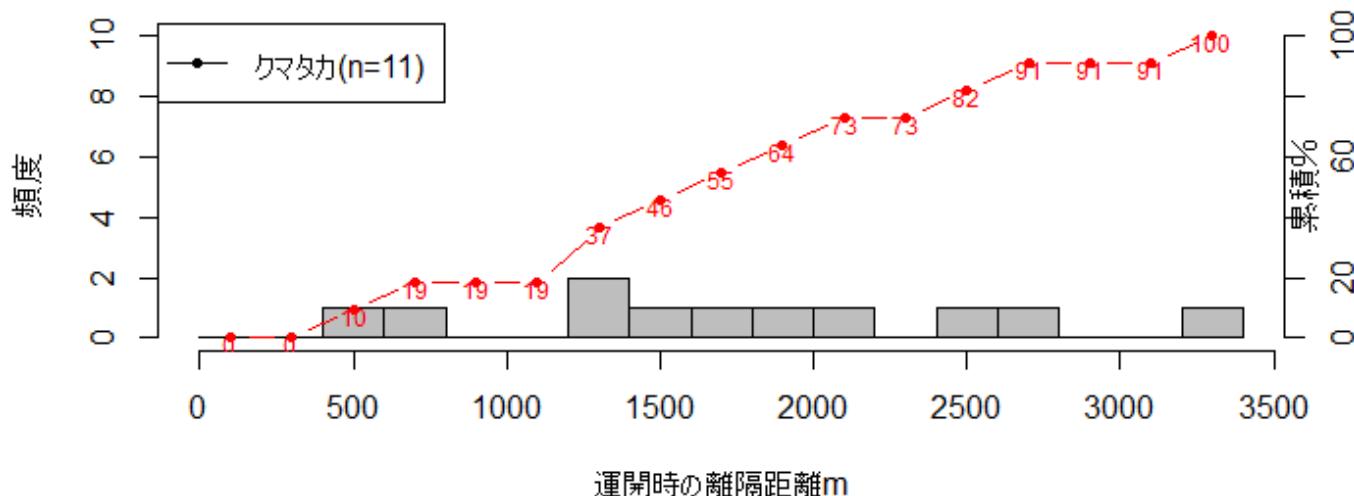
自主アセス実施

↓
宮巣確認

↓
レイアウト工夫

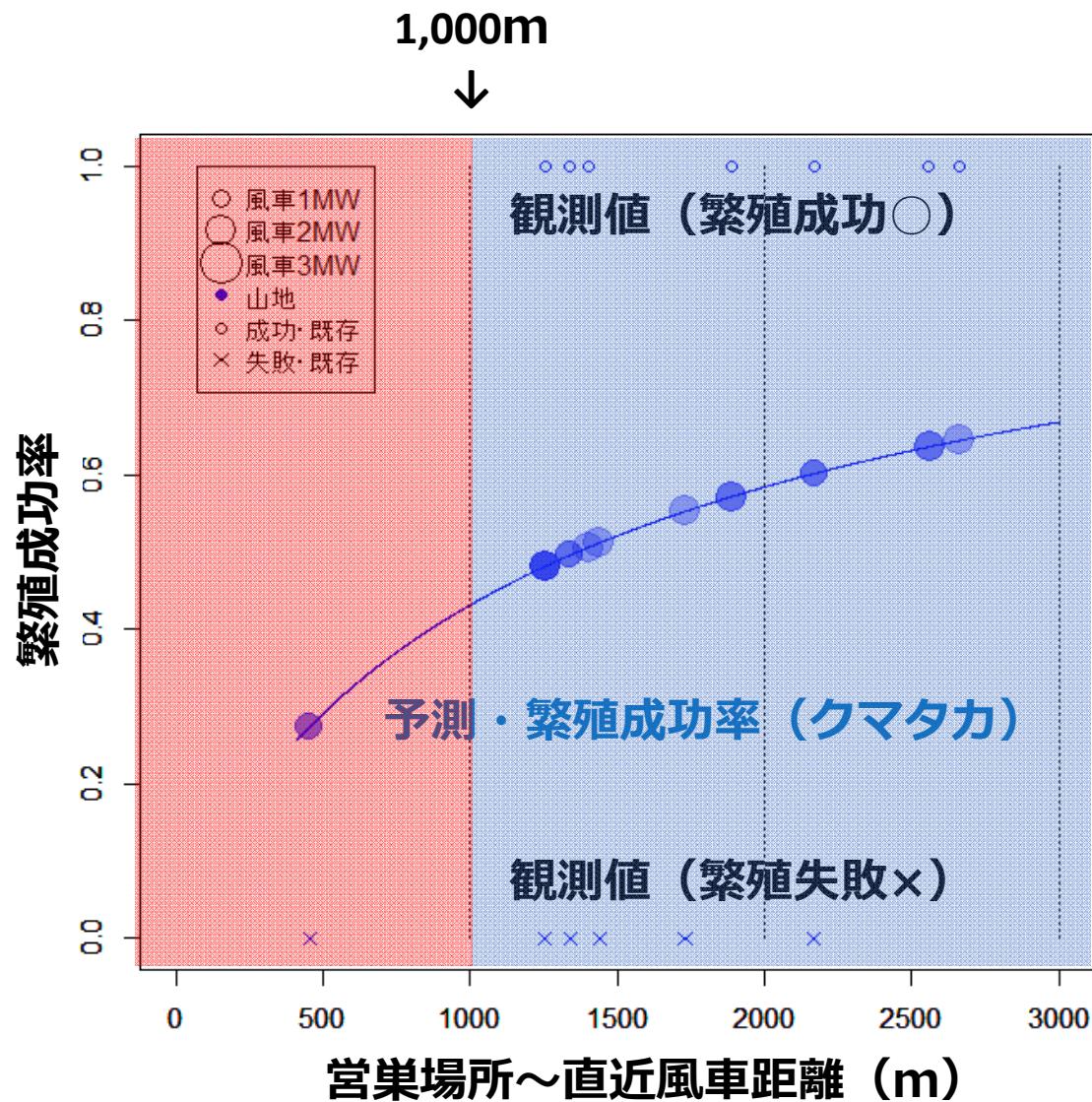
↓
今回調査・解析

↓
距離効果抑制?



解析結果：生息環境の減少・喪失

NEDO報告書



【追加解析】 クマタ力繁殖成功率 1,000m以下で低下

1,000m以上離隔
していれば影響小?

解析結果：生息環境の減少・喪失

クマタカ現地調査
簡略化の基準(案)

→ 営巣場所から**1,000m**

営巣木の確認調査
営巣中心域の推定

1,000m以上離隔

クマタカ行動圏調査の
簡略化が可能

500～1,000m離隔

行動圏調査
の実施

条件

- ・周囲の他ペアのなわばりの有無
- ・一定期間の事後調査etc.

このほかの猛禽類に
ついては現行通り

風力アセス調査項目

【鳥類】

- ・ 生息環境の減少・喪失
- ・ 移動経路の遮断・阻害
→“渡り経路”



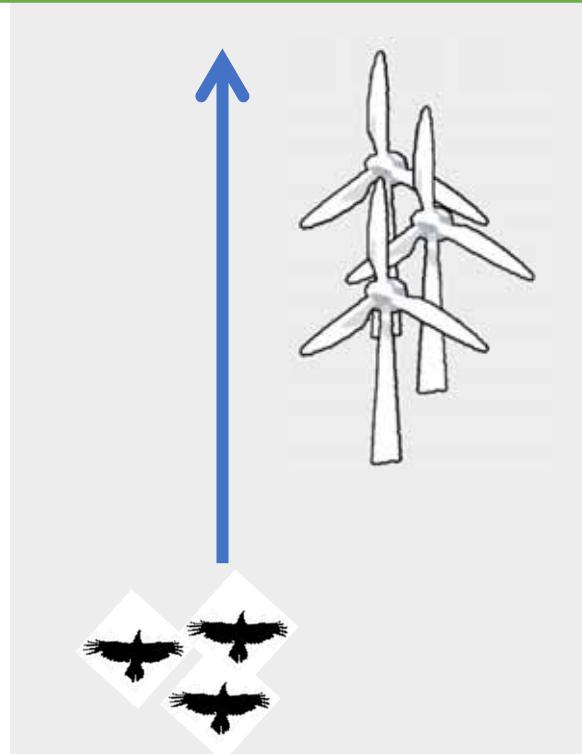
[不測の事態]風車が稼働したら
渡り経路の消失/渡り時期に大量の鳥衝
突/風車を回避するエネルギー損失

- ・ ブレード・タワー等への接近・接触
【騒音・超低周波音】 【景観】
【工事中の大気環境】

移動経路の遮断・阻害

過去、「影響なし」とした主な根拠は…

1. 主要な渡り経路ではない



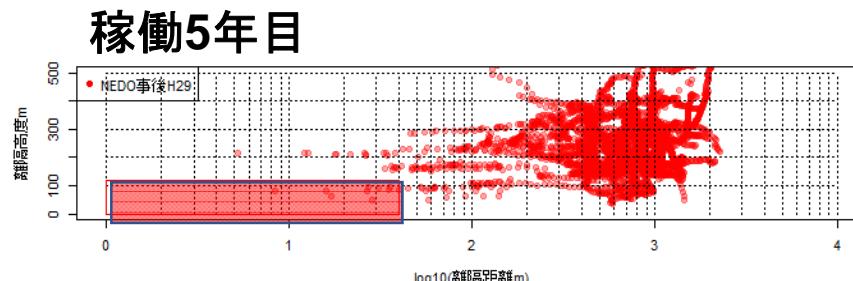
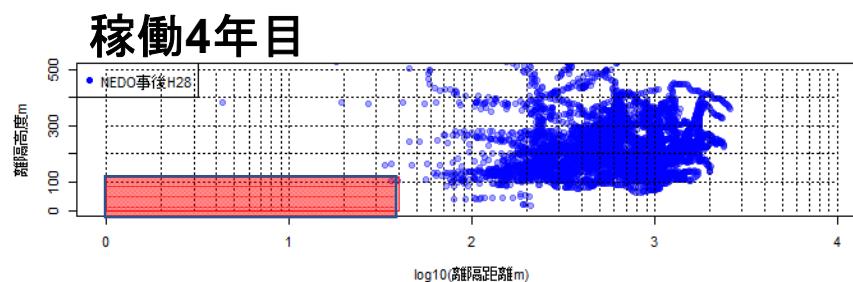
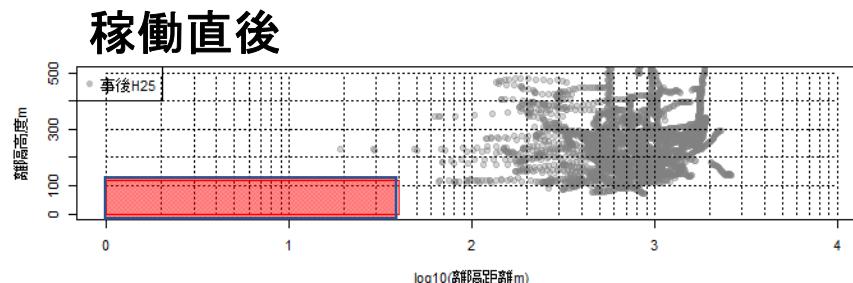
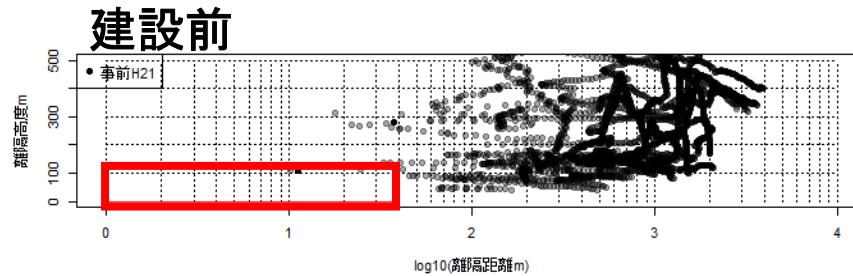
2. 高高度を通過



3. 回避する



解析結果：移動経路の遮断・阻害



1. 主要な渡り経路では「ない」

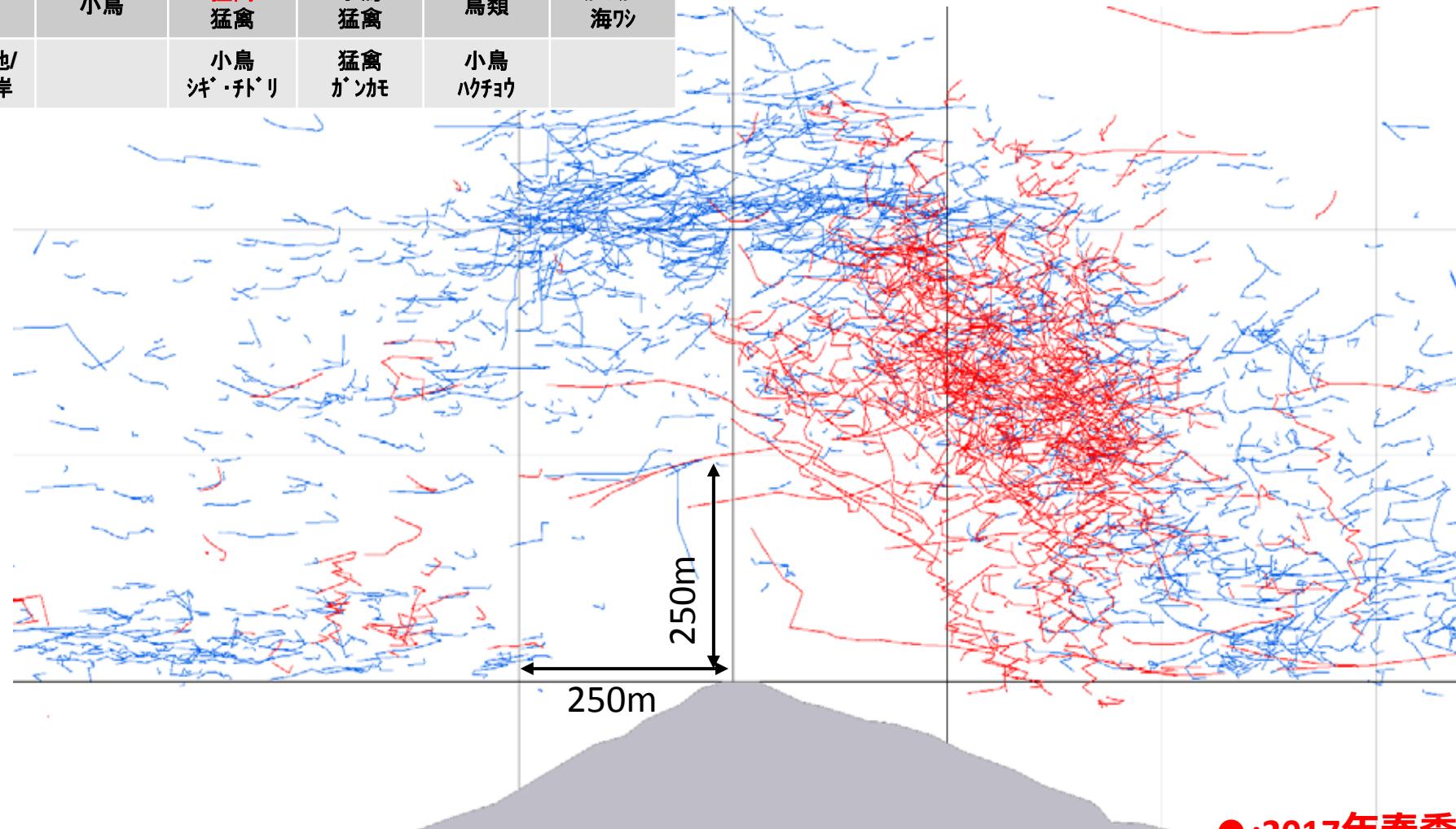
	7.5 MW-	10MW-	20MW-	30MW-	50MW-
山地	小鳥	猛禽 猛禽	小鳥 猛禽	鳥類	ガ・ン・ガモ 海・ツ
平地/ 海岸		小鳥 オ・シ・トリ	猛禽 ガ・ン・ガモ	小鳥 ハ・ク・チ・ョウ	

稼働後1年間BS調査
渡り猛禽類の
死骸0

解析結果：移動経路の遮断・阻害

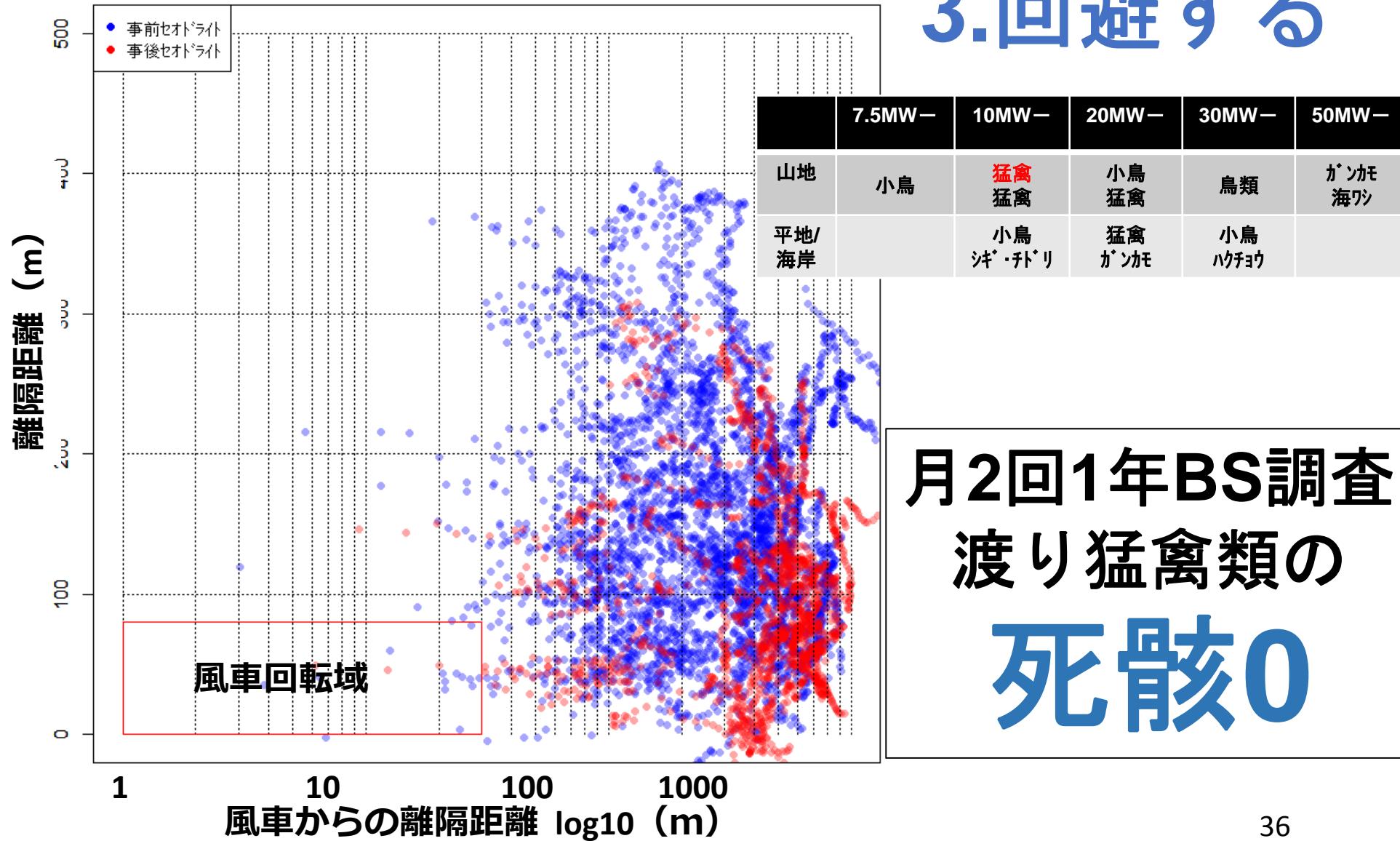
	7.5MW-	10MW-	20MW-	30MW-	50MW-
山地	小鳥 猛禽	猛禽 猛禽	小鳥 猛禽	鳥類	ガ・ンカモ 海ツシ
平地/ 海岸		小鳥 シギ・チドリ	猛禽 ガ・ンカモ	小鳥 ハクチョウ	

2. 高高度を通過



解析結果：移動経路の遮断・阻害

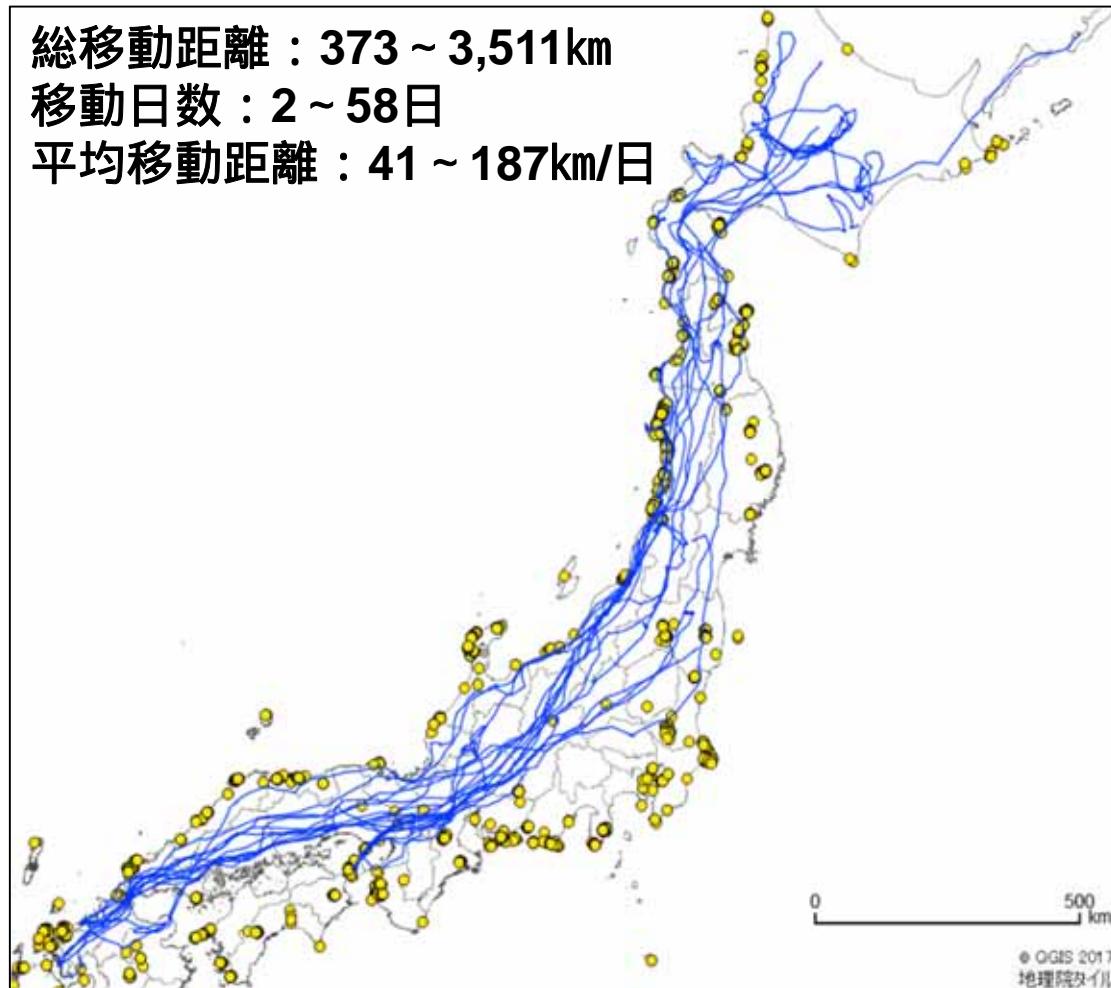
3. 回避する



解析結果：移動経路の遮断・阻害 エネルギー損失

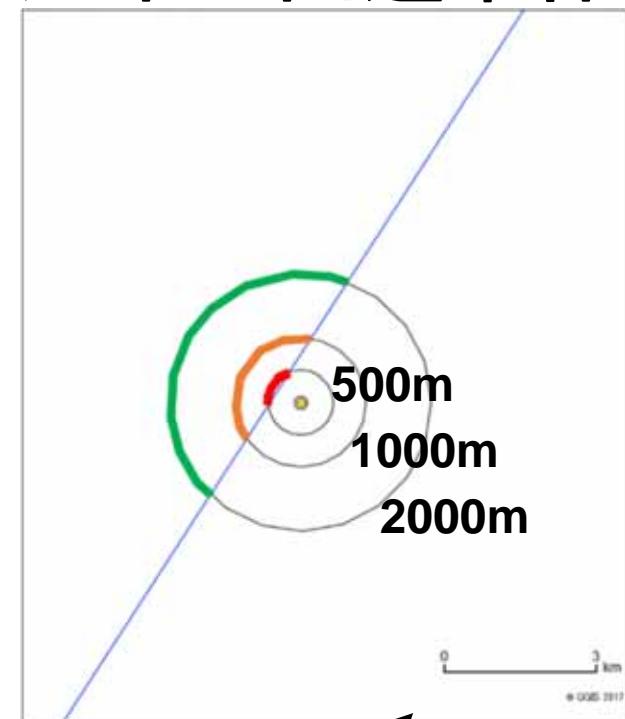
NEDO報告書

総移動距離：373 ~ 3,511km
移動日数：2 ~ 58日
平均移動距離：41 ~ 187km/日



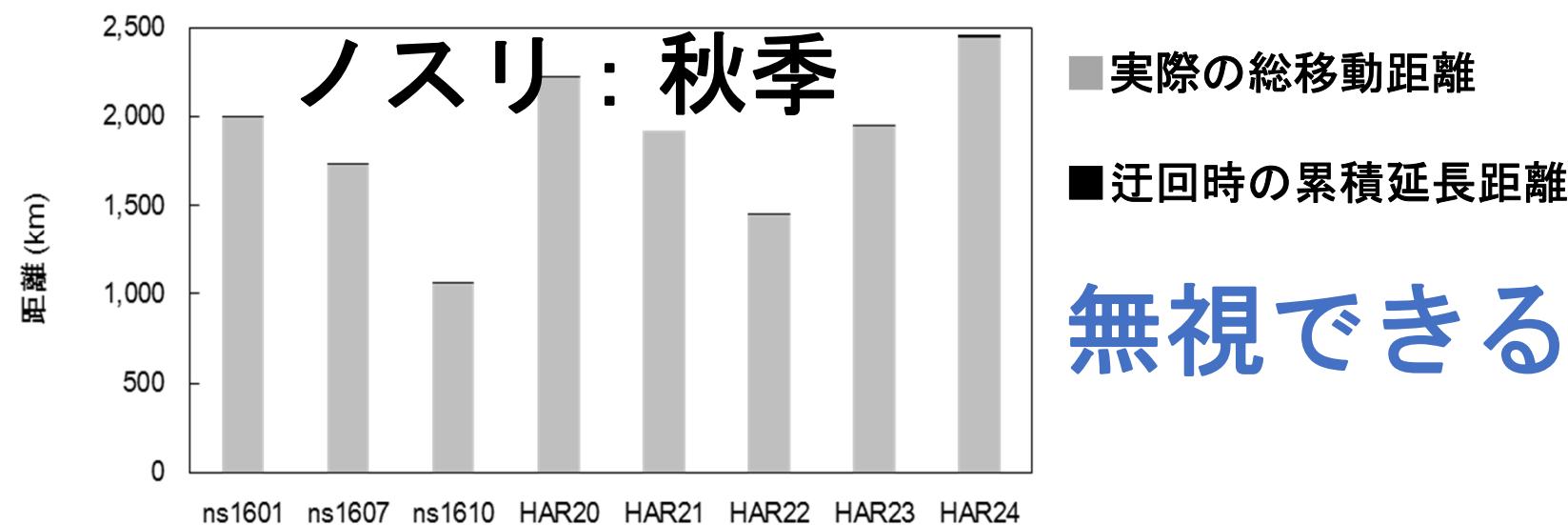
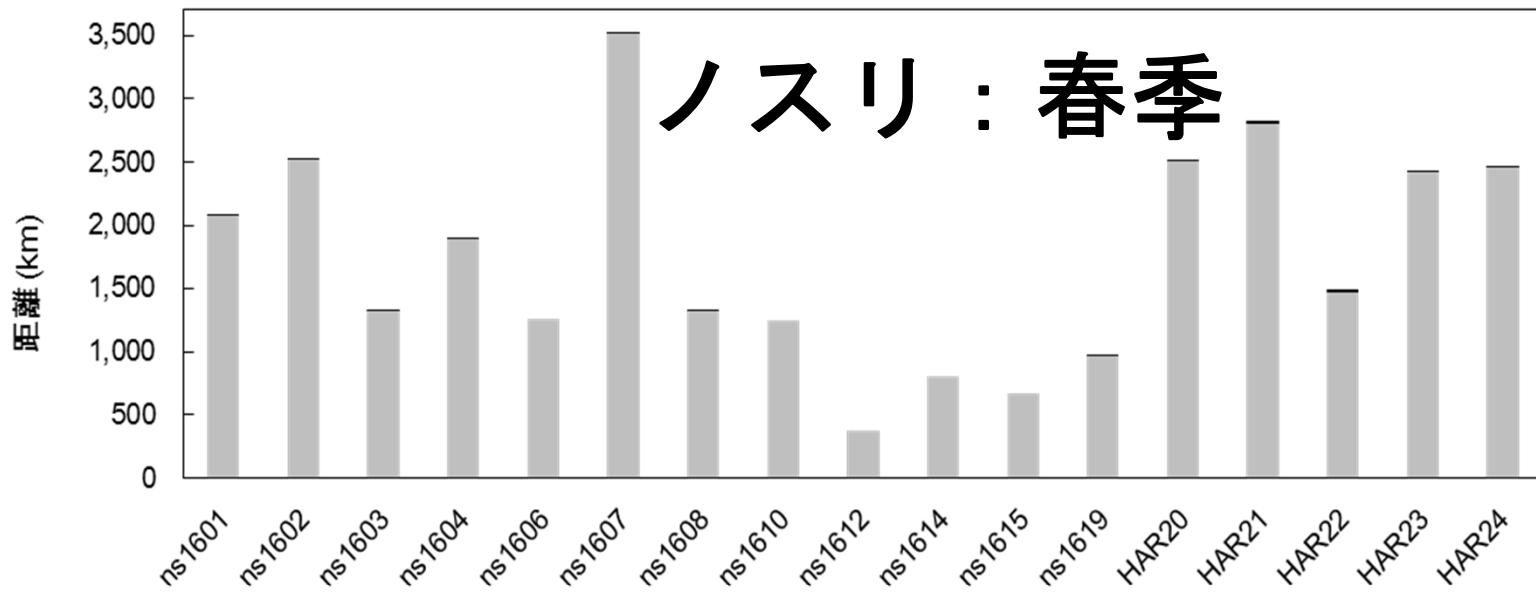
ノスリ（17個体）春季経路
と風力発電

風車の回避条件



迂回による
エネルギー損失を
計算

解析結果：移動経路の遮断・阻害 エネルギー損失



解析結果：移動経路の遮断・阻害

- 渡り経路の消失：維持
→簡略化（経路から隔離していれば）
- 大量の鳥衝突～：なし
- 回避エネルギー：無視
→累積的影響として取り扱わない

風力アセス調査項目

【鳥類】

- ・生息環境の減少・喪失
- ・移動経路の遮断・阻害
- ・ブレード・タワー等への接近・接触
→「鳥類の衝突～大量死」



[不測の事態]風車が稼働したら
貴重種の衝突～絶滅リスク上昇

【騒音・超低周波音】 【景観】

【工事中の大気環境】

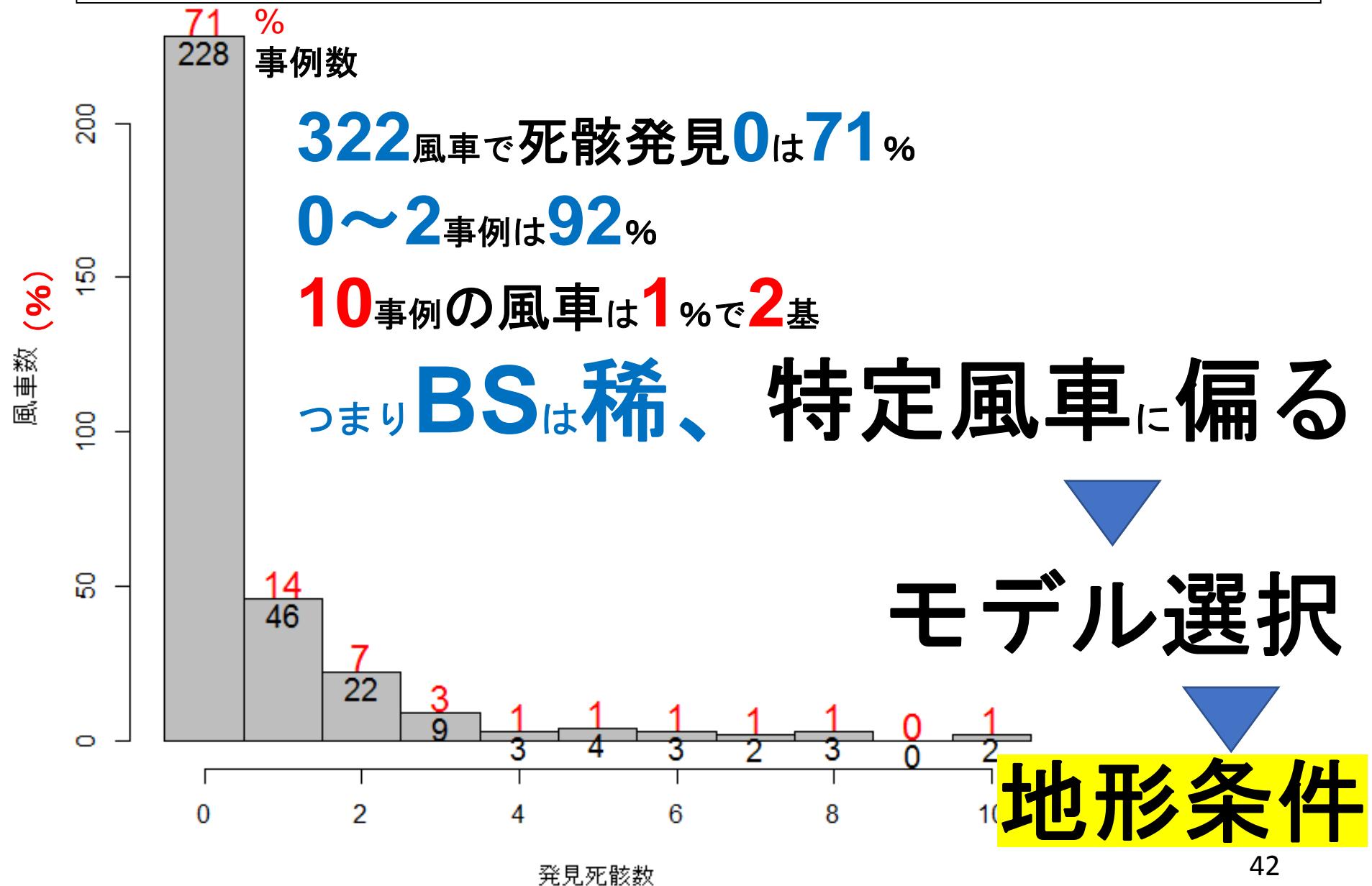
調査結果：ブレード・タワー等への接近・接触

発見死骸 **225**事例/年（2回/月、**21**サイト、風車**322**基中）

※一般的な飛翔高度からブレードに接触しにくいと考えられる種、既往研究にて海岸漂着が確認されている鳥類種等、自然漂着である可能性を含んだ数。

貴重性のレベル	選定結果	全死骸数に占める率	該当サイト数
国レベルに相当	5事例…オジロワシ3個体 (うち参考サイトで2個 体)、ハヤブサ1個体、ハ イタカ1個体	約2%	4 サイト (21サイト中)
都道府県 レベルに相当	23 事例…オオセグロカモ メ(1個体)、ウミネコ(2 個体)、 ヒナコウモリ(10 個体) 、コシアカツバメ (1個体)、ヤマドリ(3個 体)、アオバト(1個体)	約10%	9 サイト (同上)

調査結果: ブレード・タワー等への接近・接触



解析結果：ブレード・タワー等への接近・接触

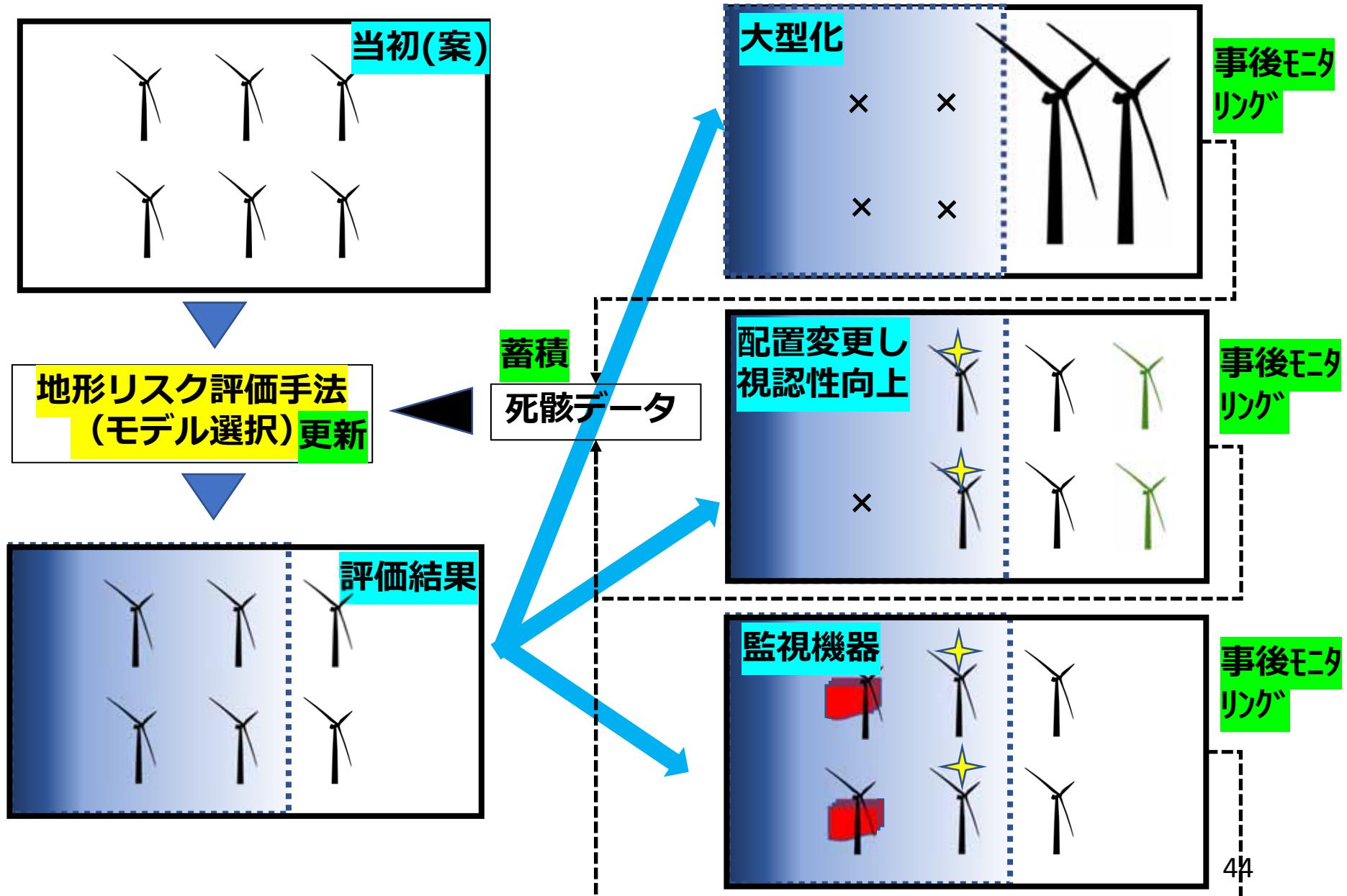
貴重種の死骸多数？

- 衝突は稀な事象
- 地形条件を反映した特定風車

絶滅リスクが上昇？

- 上昇：イヌワシ
- 留意：オジロワシ、チュウヒ
- 課題：コウモリ類

[今後の方針性(私見)]



本日の内容

1.回避・低減技術の紹介（海外）

May, R. et al. (2015) :Mitigating wind-turbine induced avian mortality :
Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options',
Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 42, pp. 170–181.

2.回避・低減の考え方（国内）

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構/（委託先）一般財団法人日本気象協会/風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業/既設風力発電施設等における環境影響実態把握 I /報告書(以下、NEDO報告書)

3.衝突は本当に稀な事象なのか？

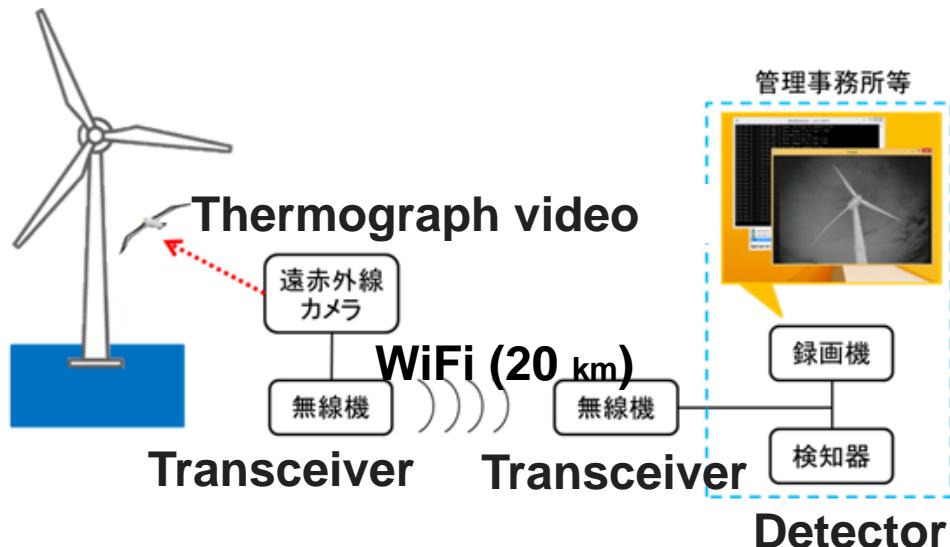
4.鳥衝突に関する疑問

5.騒音・低周波音

6.景観

7.工事中の大気環境

バードストライク検知システム（独自開発） Bird collision Detection system (original)



Like a driving recorder,
this system records
automatically only
detects moving target

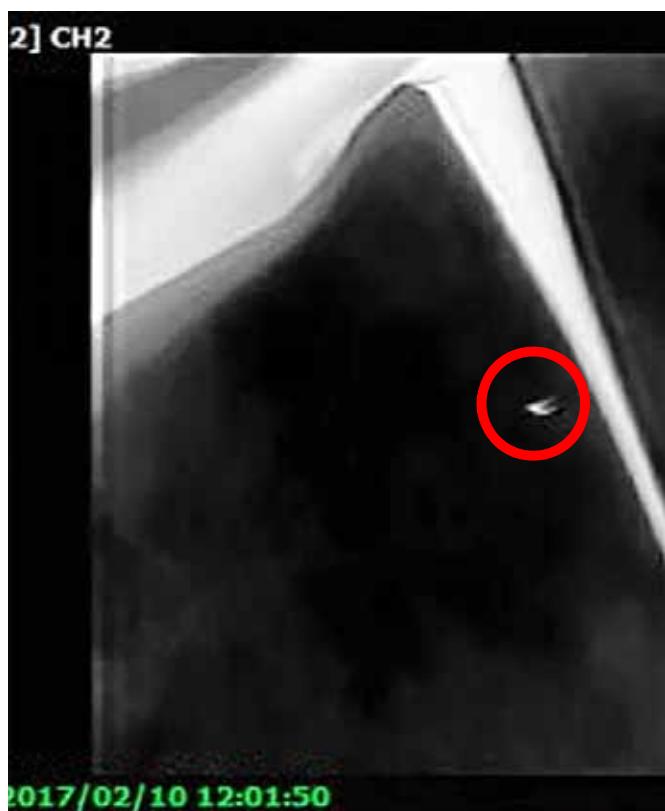
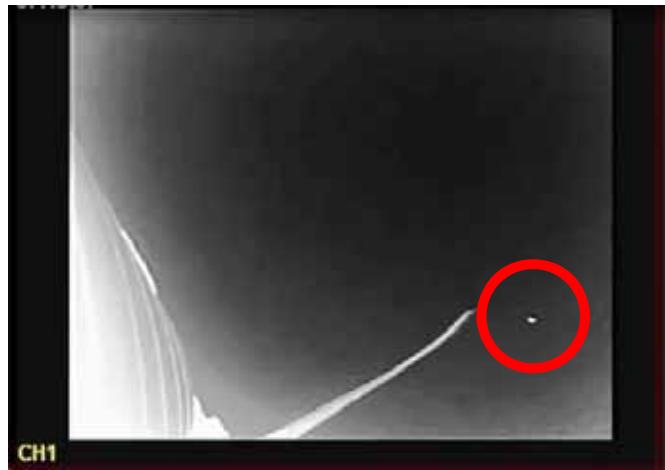


24 hour 時間 **365** 日 days a year
20 km transmission with WiFi, and
More distance with LAN (伝送)
95% detection ratio (検知率)

バードストライク検知システム Bird collision Detection system

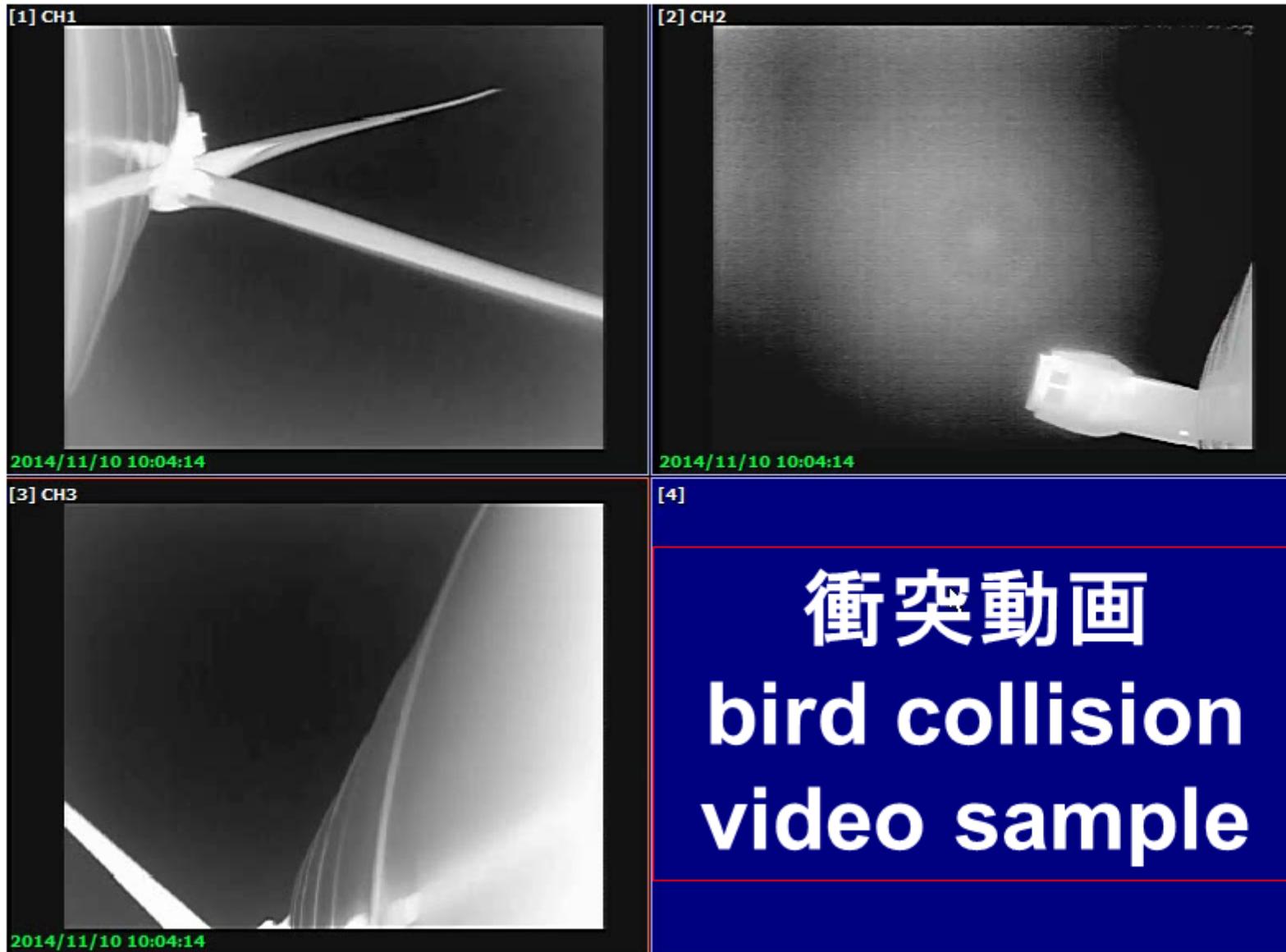
Japan Weather Association, all right reserved





**Photographs of bird
passing near the wind
turbine**
風車通過する鳥類

バードストライク検知システム（独自開発）
Bird collision Detection system (original)



バードストライク検知システム（独自開発）
Bird collision Detection system (original)



BS検知システム (2)

Bird-collision detection system

非公開

本日の内容

1.回避・低減技術の紹介（海外）

May, R. et al. (2015) :Mitigating wind-turbine induced avian mortality :
Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options',
Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 42, pp. 170–181.

2.回避・低減の考え方（国内）

國立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構/（委託先）一般財團法人日本気象協会/風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業/既設風力発電施設等における環境影響実態把握 I /報告書(以下、NEDO事後)

3.衝突は本当に稀な事象なのか？

4.鳥衝突に関する疑問

5.騒音・低周波音

6.景観

7.工事中の大気環境

[鳥衝突の疑問]

なぜ衝突する?
風車は,みえている?

[鳥衝突の疑問]

なぜ衝突する?
風車は、みえている？

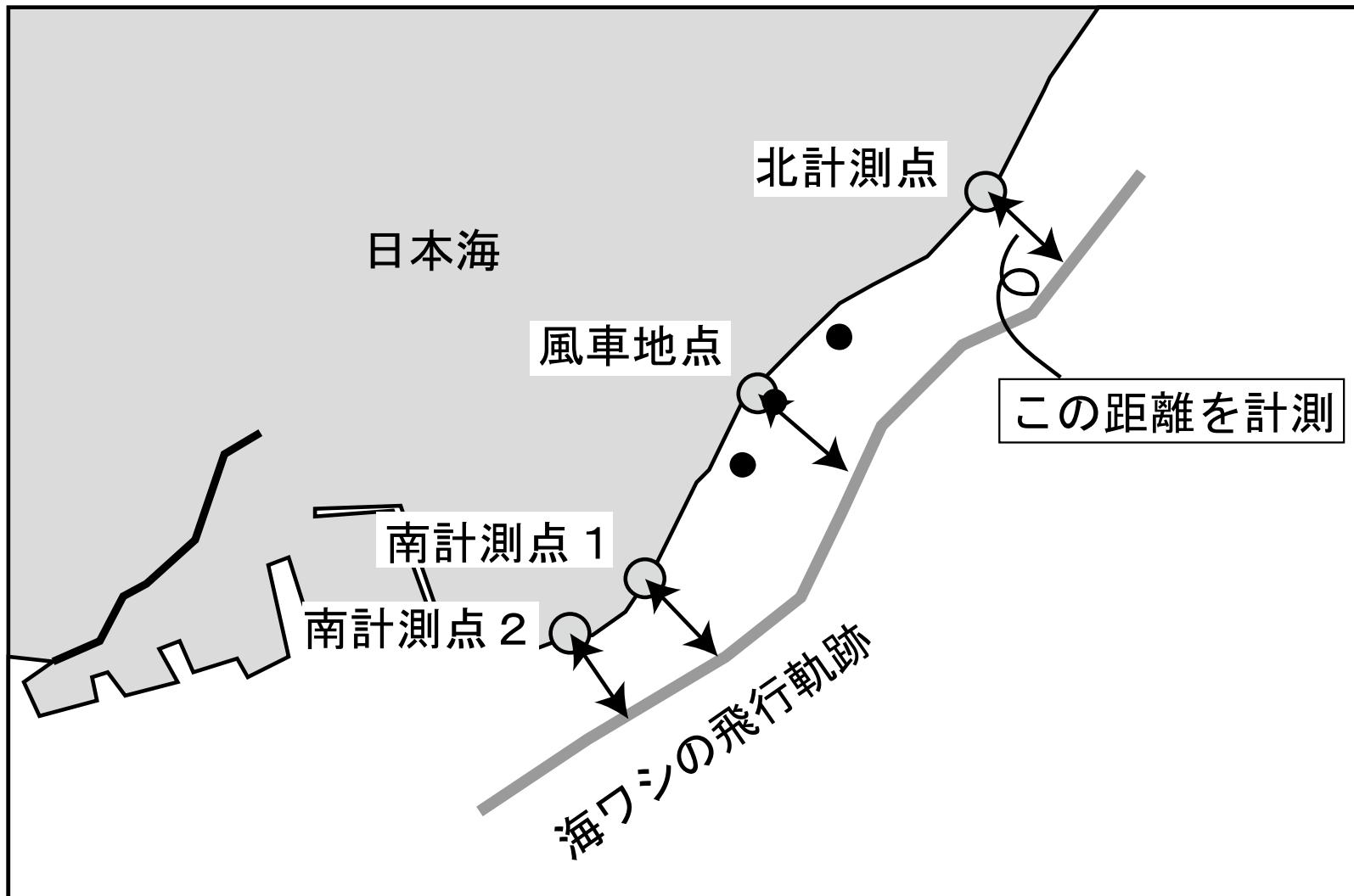


Taniuchi et al (2015) Can video images of bird strike contribute to the elucidation of collision mechanisms? CWW2015

[鳥衝突の疑問]

なぜ衝突する?
風車は、みえている？

「風車は、みえている」事例



植田ほか(2015) : オジロワシとオオワシは風車を避けて飛ぶ? Strix, Vol. 31, pp. 67–75.
57

「風車は、みえている」事例

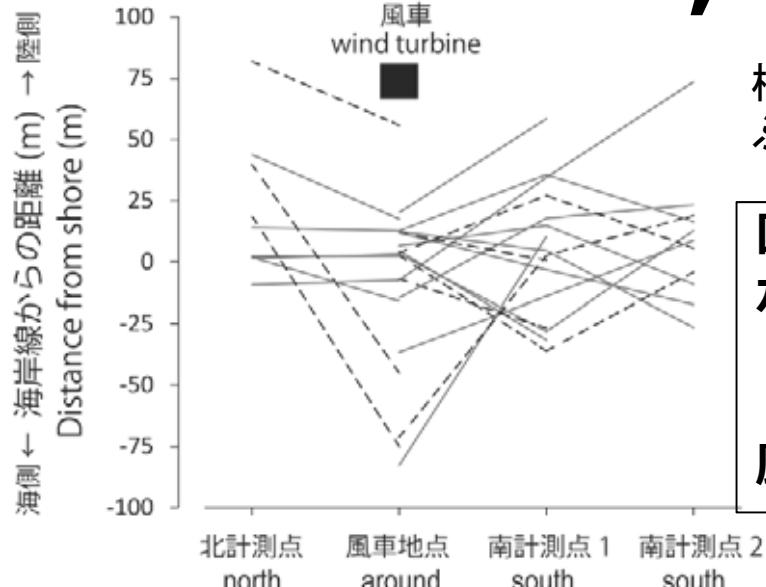
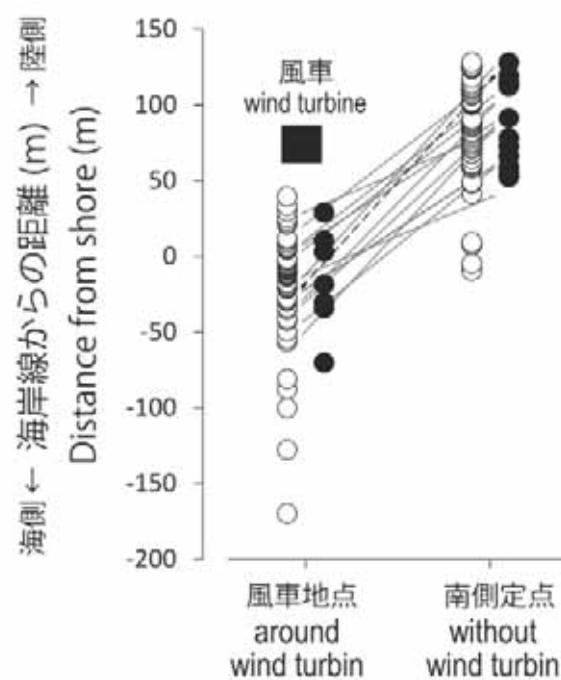


図. オジロワシ（実線）とオオワシ（破線）の海岸からの飛行位置（セオドライト）



風車付近で有意に海側を飛翔

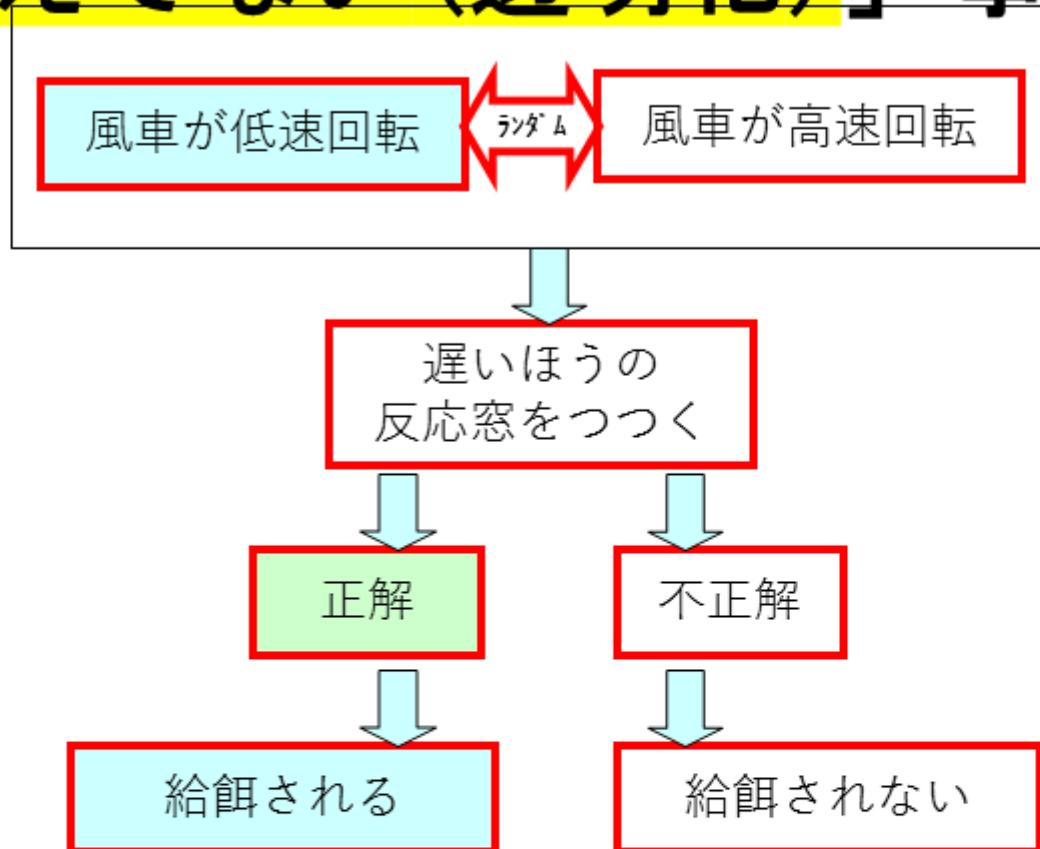
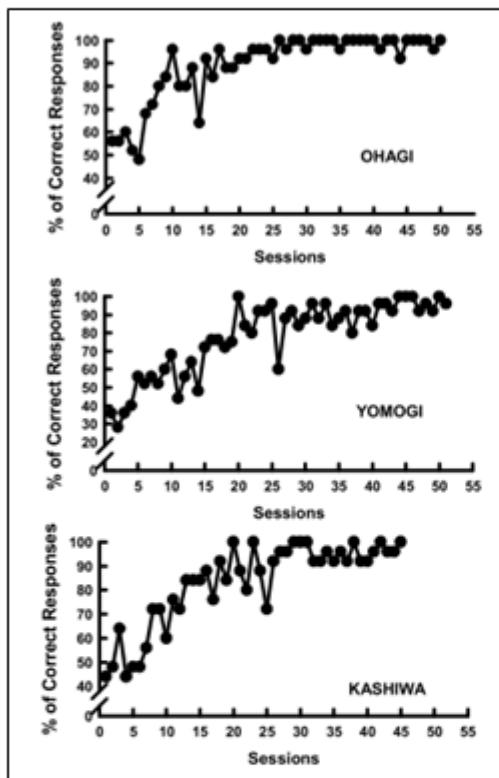


風車付近では、海寄りを飛んでいた

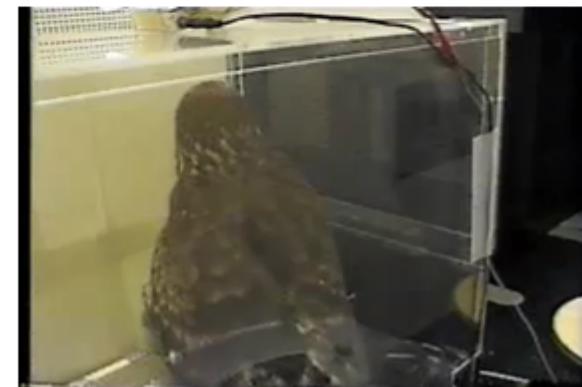
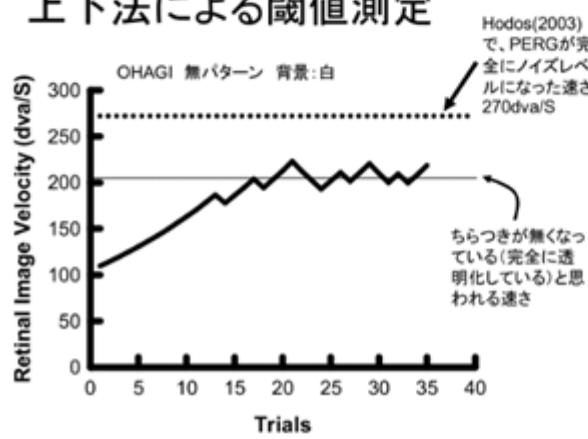
【結論】

ワシ類は風車を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。

「風車は、みえてない(透明化)」事例

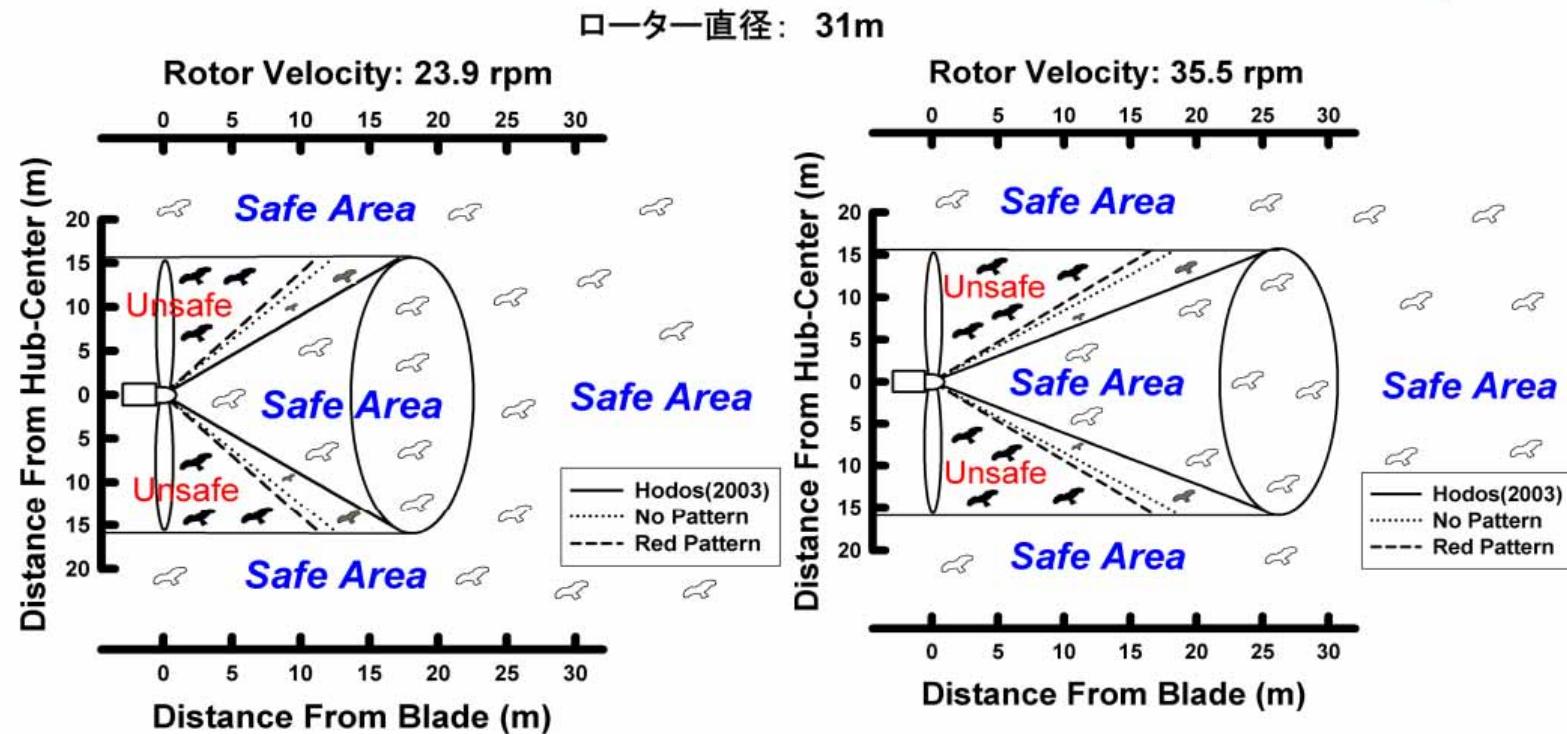


上下法による閾値測定



「風車は、みえてない(透明化)」事例

モーション・スマア



- ・通常,ワシ類は風車を避けて飛ぶ
 - ・風車を避けられないことが生じた時
に衝突は起きる
-
- ・吹雪などの視界の悪化 (×却下)
 - ・食物探索中,風車に気づかず (?)
 - ・他個体を気にして (→○映像)

本日の内容

1.回避・低減技術の紹介（海外）

May, R. et al. (2015) :Mitigating wind-turbine induced avian mortality :
Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options',
Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 42, pp. 170–181.

2.回避・低減の考え方（国内）

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構/（委託先）一般財団法人日本気象協会/風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業/既設風力発電施設等における環境影響実態把握 I /報告書(以下、NEDO報告書)

3.衝突は本当に稀な事象なのか？

4.鳥衝突に関する疑問

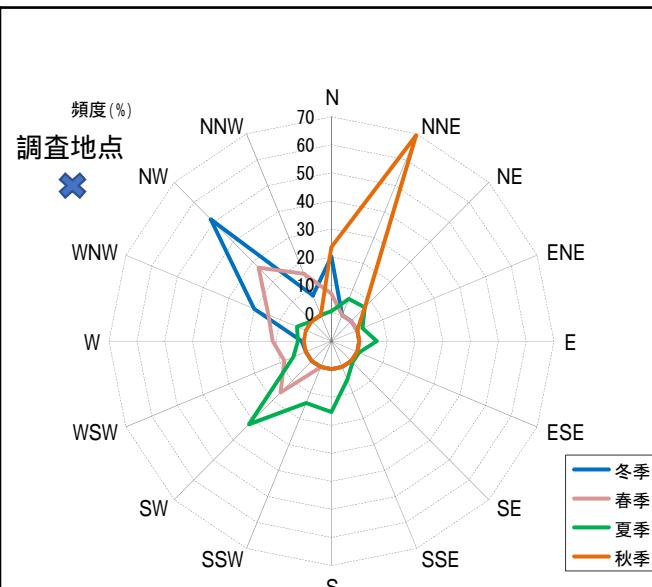
5.騒音・低周波音

6.景観

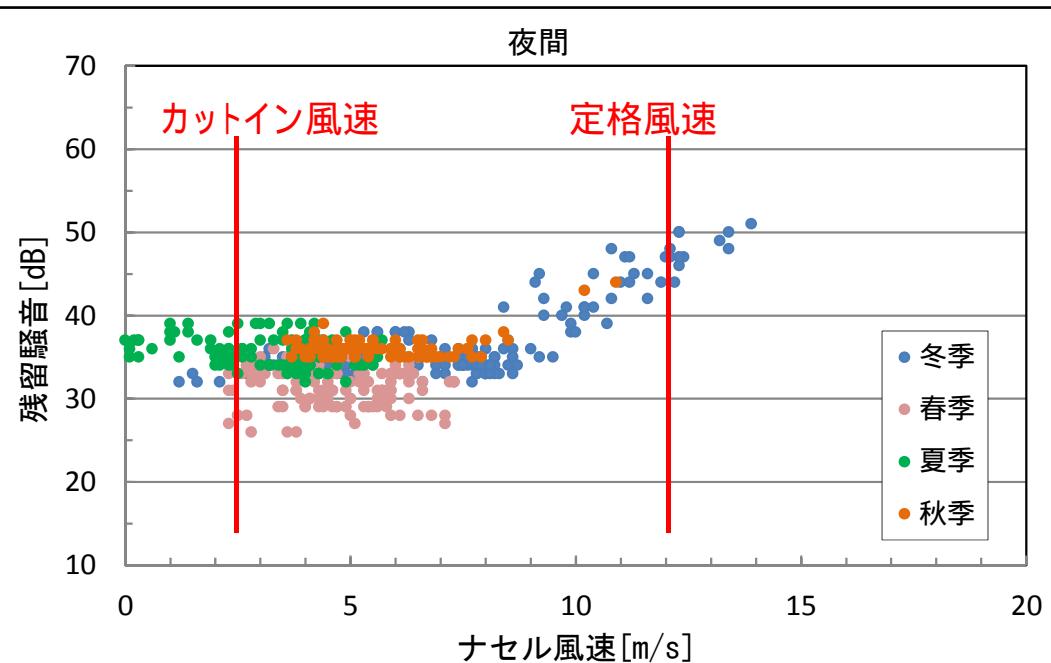
7.工事中の大気環境

騷音・超低周波音

①騒音：適切な調査時期—平地



ナセル高さの風配図及び 調査地点の位置関係



騒音・平地（1a）サイト 最寄りの風車から約 1,900m地点

- ・ナセル風速と残留騒音の騒音レベルが対応しており、ナセル風速の増加に伴って残島
留騒音の騒音レベルも増加するが、ナセル風速がある程度大きくなれば残留騒音の
騒音レベルも急激に増加する傾向がある。
 - ・風車は視認できず、また、可聴性調査の結果、風車音は聞こえない地点である。
 - ・近傍に樹林があり、強風時には周囲の林の葉擦れ音が大きくなる。
 - ・夏季にセミ、秋季に虫の鳴き声の影響が大きい地点である。

島田1

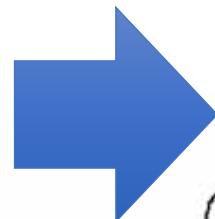
ナセル風速の増加に伴って残留騒音レベルも増加する…は、そう読み取れない

島田 泰夫, 2018/12/05

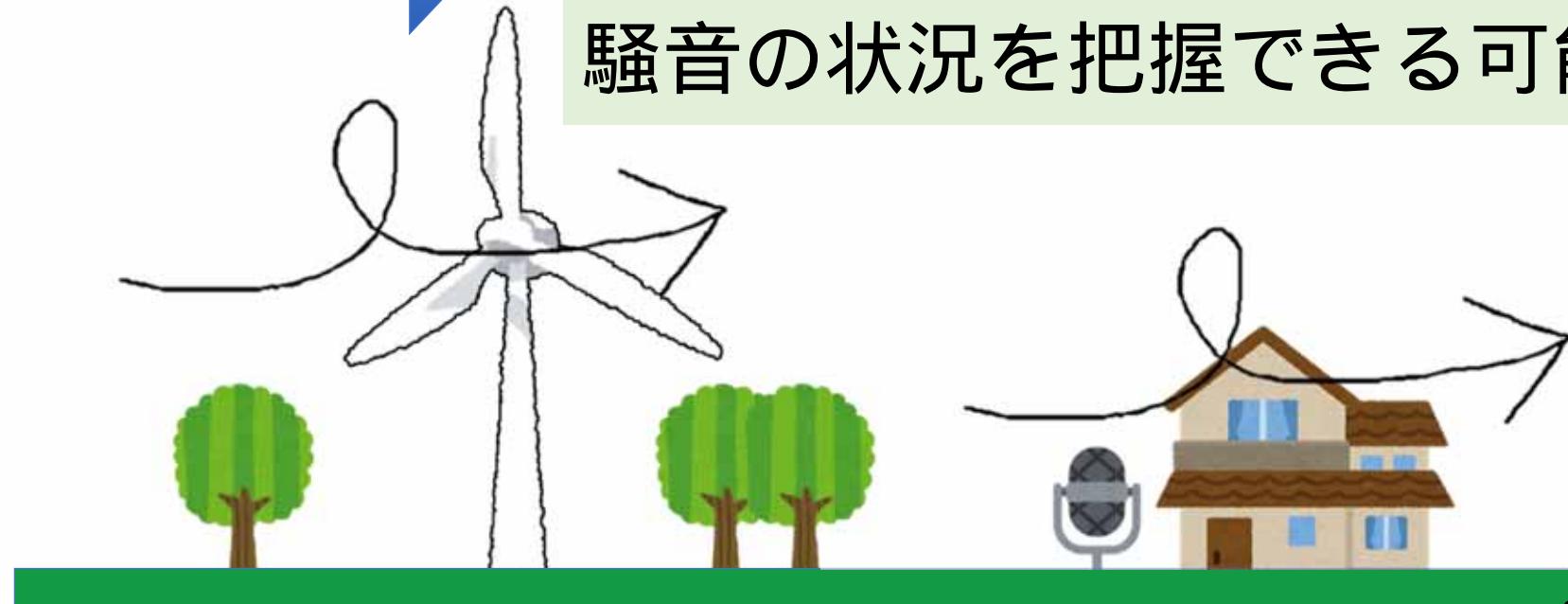
騒音・超低周波音 ①騒音：適切な調査時期—平地

1. 平地

ナセル高さの風速と
調査地点の騒音レベルが対応

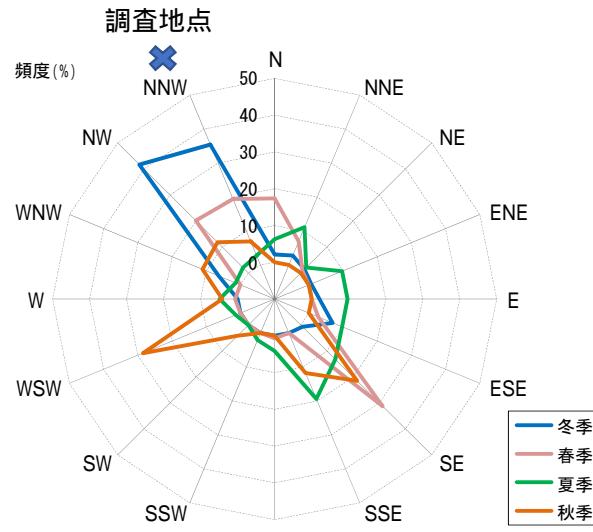


卓越風向を観測できる時期と
それ以外の時期の計2季で
騒音の状況を把握できる可能性

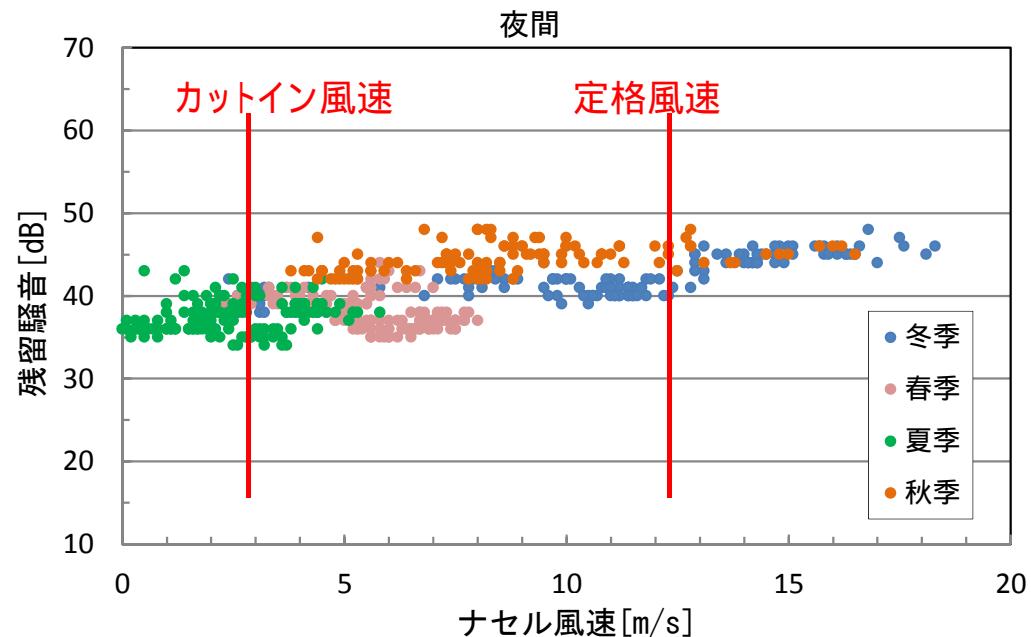


騒音・超低周波音

①騒音：適切な調査時期一山地



ナセル高さの風配図及び
調査地点の位置関係



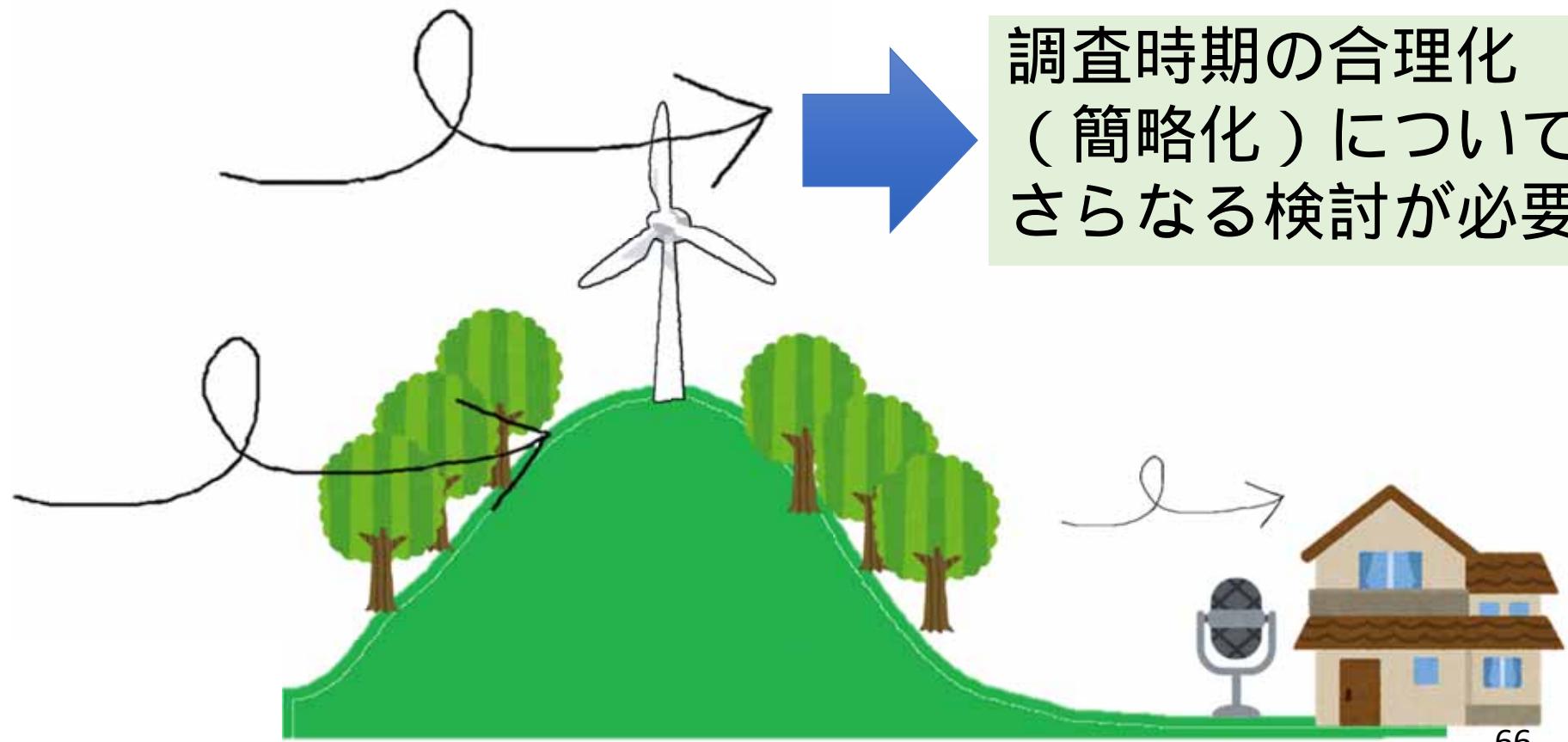
騒音・山地（1a）サイト 最寄りの風車から約
1,300m地点

- ナセル風速の増加に伴って、調査地点の残留騒音の騒音レベルも増加しているが、平地の事例ほどは増加していない事例である。
- 地形の影響等により、ナセル高さの風速の増加に対応する調査地点の地上風速の増加分が平地よりも小さいことが原因だと考えられる。
- 秋季に残留騒音の騒音レベルが高いのは、木々の葉擦れ音の影響である。
- 風車は林の背後で視認できず、また、可聴性調査の結果、風車音は聞こえない地点である。

騒音・超低周波音 ①騒音：適切な調査時期—山地

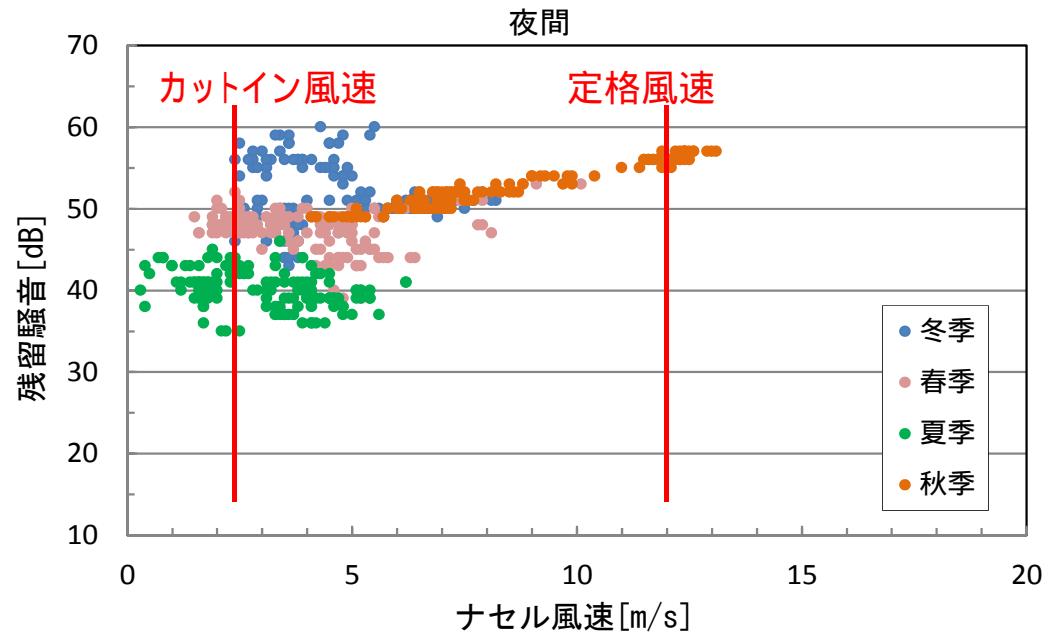
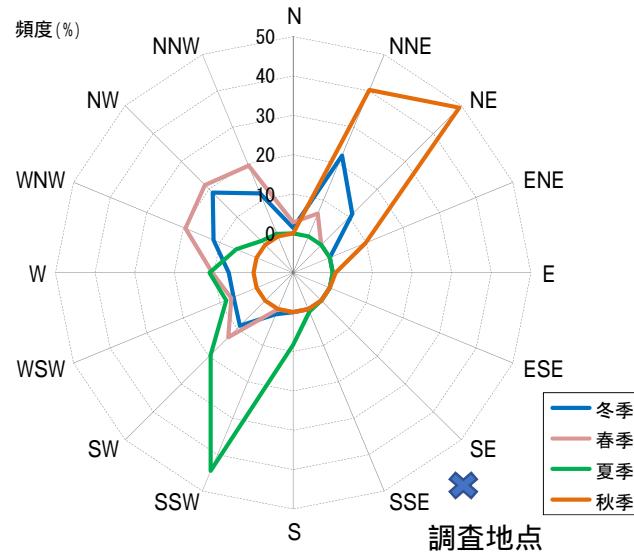
2. 山地

ナセル高さの風速と
調査地点の騒音レベルが対応しない



騒音・超低周波音

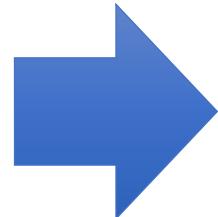
①騒音：適切な調査時期－海岸



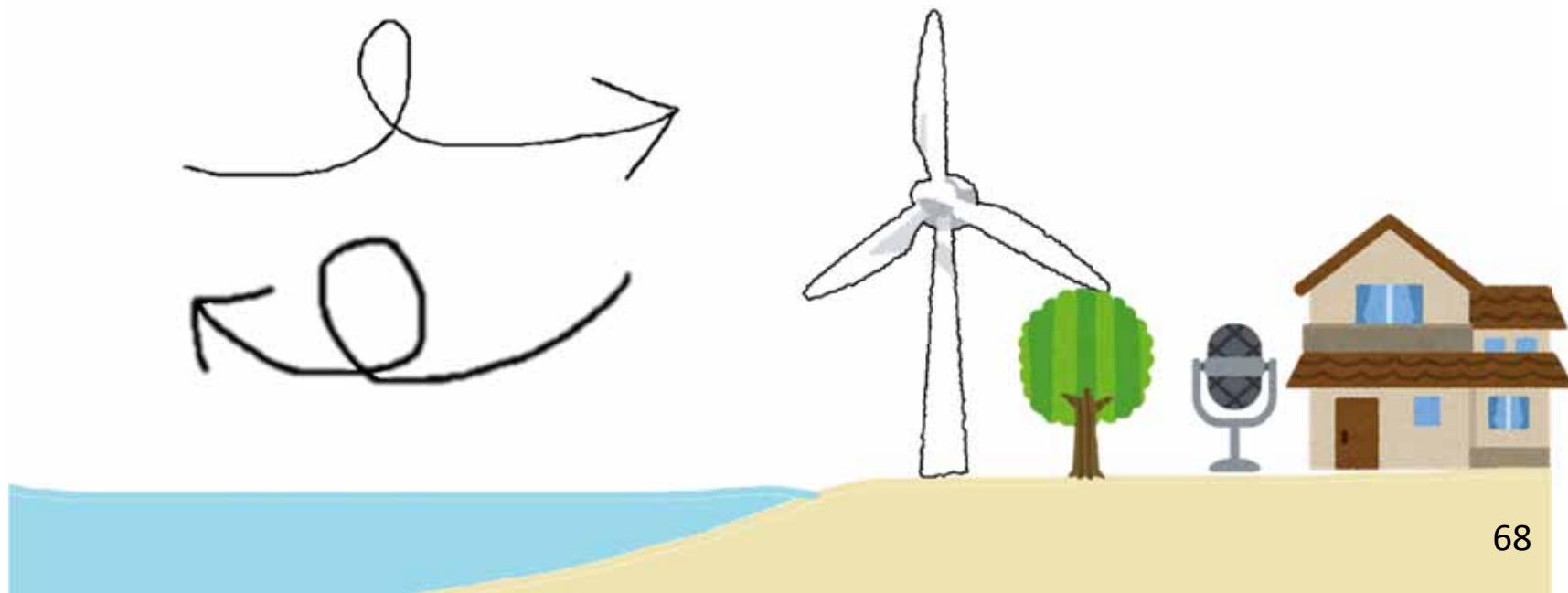
- 海岸線に立地している風車であり、風向により波音の影響を受けている事例である。
- 北東よりの風の時に波音の影響を受けるため、秋季は風速の上昇に従い残留騒音の騒音レベルも増加する。
- 夏季は南西よりの陸からの風であるため波音の影響を受けにくい。このため、冬季、春季の同様の風速帯と比較すると残留騒音の騒音レベルが小さい傾向がある。
- 可聴性調査の結果、風車音は聞こえない地点である。

騒音・超低周波音 ①騒音：適切な調査時期－海岸

3. 海岸

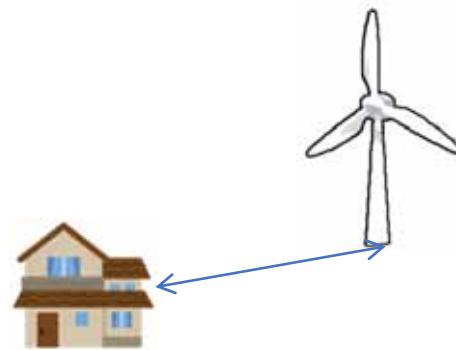


波音の影響を受ける時期と
陸よりの風が卓越している時期の計2季
で騒音の状況を把握できる可能性

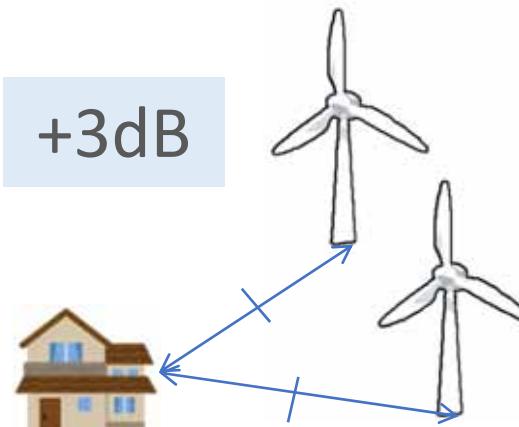


騒音・超低周波音 ②騒音：累積的影響の及ぶ範囲

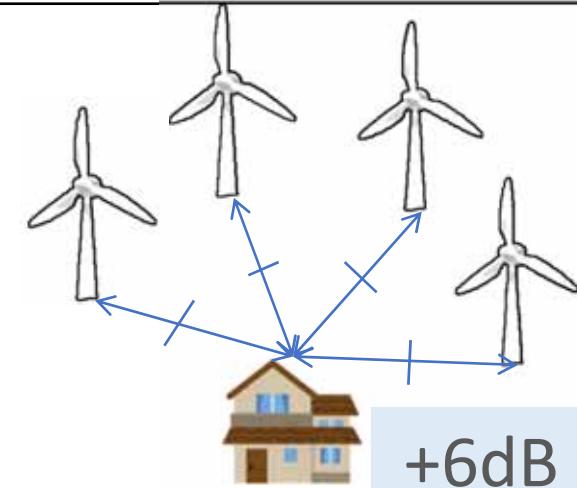
基本の考え方



+3dB



+6dB



今回の調査結果においては

最寄風車までの距離

1.6km



増分 : 0dB

風車音は残留騒音よりも
十分小さくなっている。



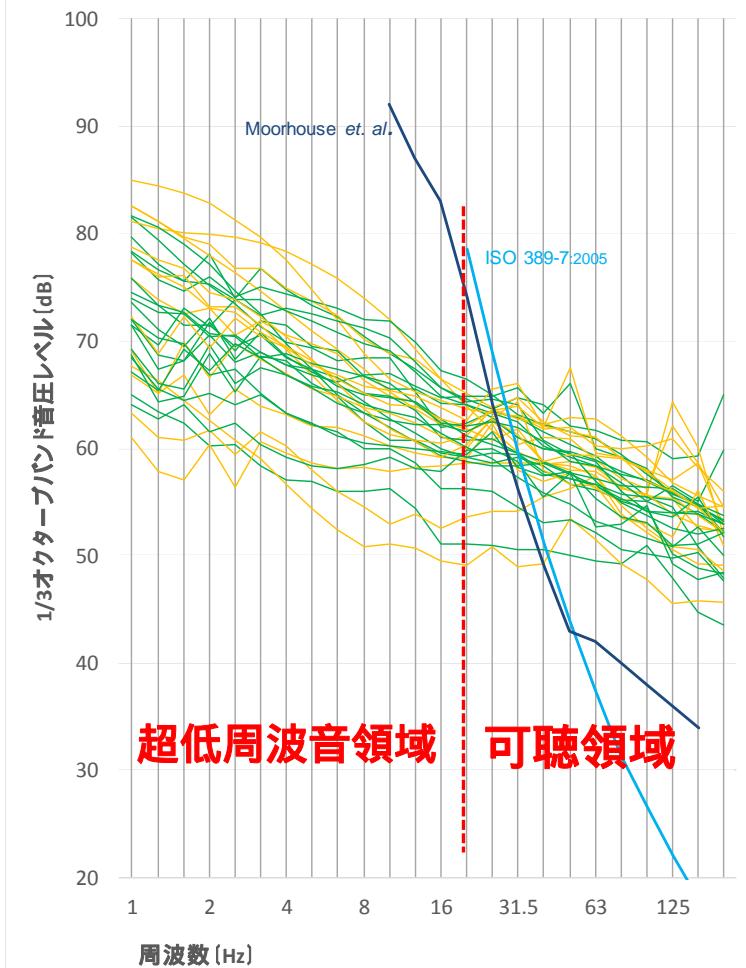
ある地点から等距離で風車が増えればパワーレベルの合成値も増加し、風車までの距離が1.6kmを超えた場合でも騒音が影響することになる
→実際の風車の配置と調査地点の関係に留意する必要がある。

- ・調査地点から見て複数の尾根に風車が配置される場合
- ・調査地点から見て円弧状に風車が配置されるような場合

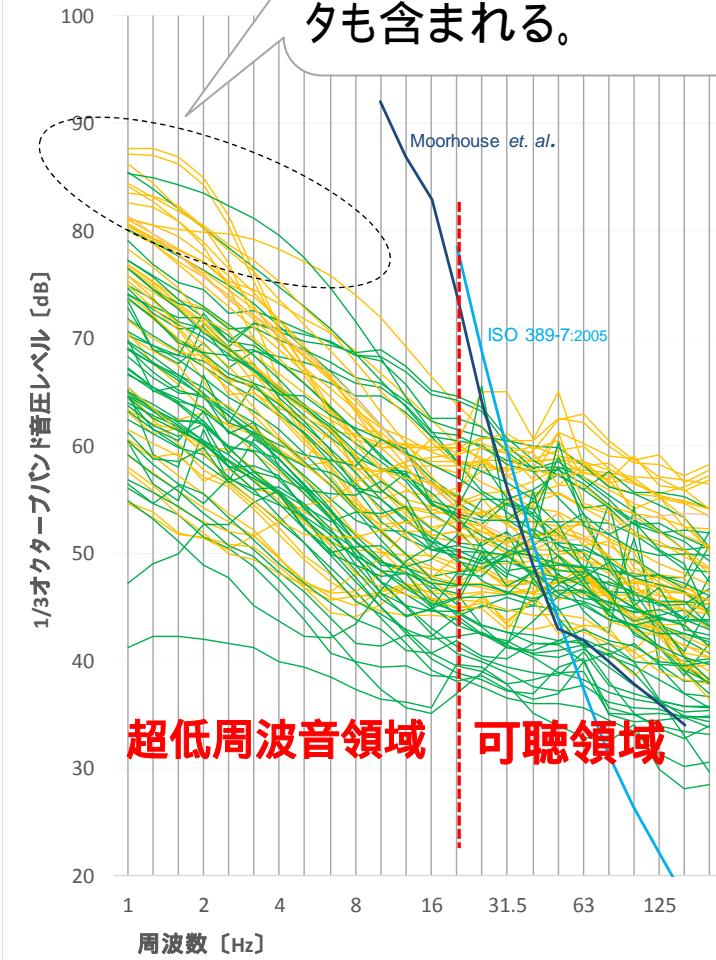
騒音・超低周波音

③超低周波音

風雑音によりレベル
が高くなっているデータも含まれる。



風車近傍（風車から約100m）



住居付近

凡例 緑線：山地 黄線：平地

本日の内容

1.回避・低減技術の紹介（海外）

May, R. et al. (2015) :Mitigating wind-turbine induced avian mortality :
Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options',
Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 42, pp. 170–181.

2.回避・低減の考え方（国内）

國立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構/（委託先）一般財團法人日本気象協会/風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業/既設風力発電施設等における環境影響実態把握 I /報告書(以下、NEDO報告書)

3.衝突は本当に稀な事象なのか？

4.鳥衝突に関する疑問

5.騒音・低周波音

6.景観

7.工事中の大気環境

景観

そもそも何が「景観影響」なのか

感じ方の違い

景観への思い入れの有無

風車が好きか嫌いか

利害関係



評価指標がない

「送電鉄塔の見え方」
を参考にしている



表4 垂直視角と鉄塔の見え方（鉄塔高さが約70mの場合）

視角	距離	鉄塔の場合
0.5°	8000m	輪郭がやっとわかる。季節と時間（夏の午後）の条件は悪く、ガスのせいもある。
1°	4000m	十分見えるけれど、景観的にはほとんど気にならない。ガスがかかって見えにくく。
1.5°～2°	2000m	シルエットになっている場合には良く見え、場合によっては景観的に気になり出す。 シルエットにならず、さらに環境融和塗色がされている場合には、ほとんど気にならない。光線の加減によっては見えないこともある。
3°	1300m	比較的細部まで良く見えるようになり、気になる。圧迫感は受けない。
5°～6°	800m	やや大きく見え、景観的にも大きな影響がある（構図を乱す）。架線もよく見えるようになる。圧迫感はあまり受けない（上限か）。
10°～12°	400m	眼いっぱいに大きくなり、圧迫感を受けるようになる。平坦なところでは垂直方向の景観要素としては際立った存在になり周囲の景観とは調和しない。
20°	200m	見上げるような仰角にあり、圧迫感も強くなる。

出典：「景観対策ガイドライン(案)」(1981 UHV送電特別委員会環境部会立地分科会)

景観

本事業で扱った範囲

	物理的要因	定性的要因
主要な 眺望景観	<ul style="list-style-type: none"> 現況写真から物理的指標を把握する 評価実験により第三者の反応を把握する <p>第三者 (不特定多数の利用者を想定)</p> 	対象としない
身近な 眺望景観	<ul style="list-style-type: none"> 事業者、行政関係者、地域の地区長へのヒアリングにより、建設前後の地域の反応の有無を把握する 	

景観

ヒアリング結果

	属性	
A	発電事業者	<ul style="list-style-type: none">苦情は<u>特になかった</u>建設前には懸念の声があったが建設中や建設後にはなくなった風車は見慣れた風車が地域に溶け込んだ
B	行政関係者 B1：エネルギー担当部局 B2：環境政策担当部局 B3：景観審査部局 B4：観光担当部局	
C	関係地区の区長	

景観

ヒアリング

ポイント：配置に気を配る

- ・ 風車が里から離れているから気にならない
- ・ 観光スポットからは見えないので観光地の印象が変わらない
- ・ 規則的に並んでいるので「鬱陶しい」という感想にはならなかった

ポイント：地元とのコミュニケーション

- ・ 地元理解が得られた段階で事業化が進んだため、苦情が生じなかった
- ・ 事前にシミュレーションを見せてもらったので、景観が変わるという印象は抱かなかった



→ ポイントを押さえて影響低減することが可能

景観

評価実験結果の解析

コンジョイント分析より、全5因子について評価値に対する各因子の相対的な寄与率を整理



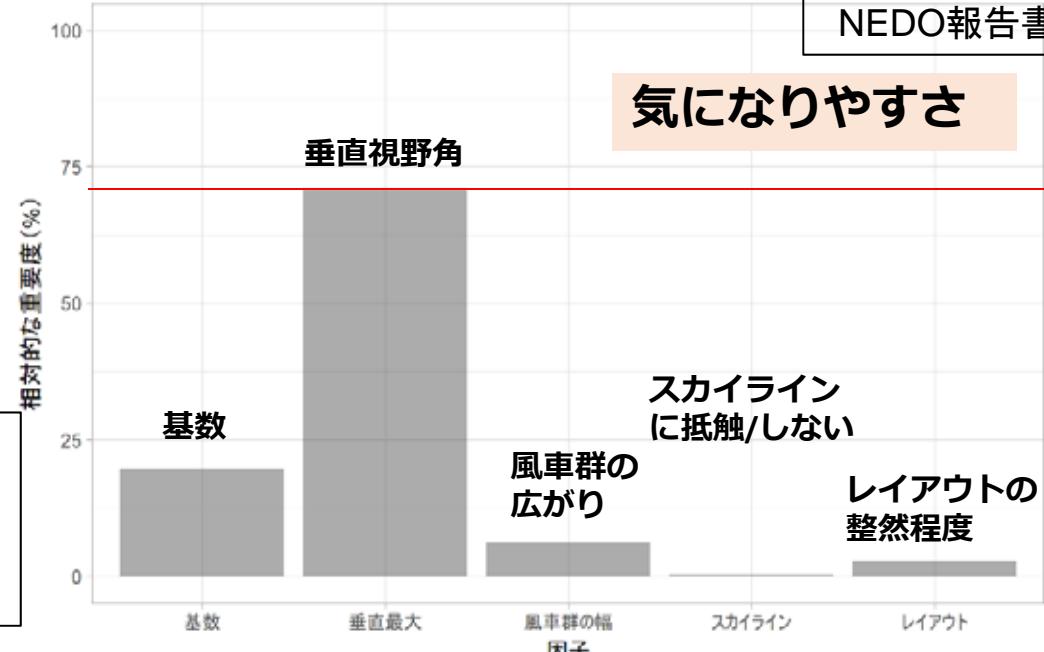
垂直視野角
の寄与率

気になりやすさ

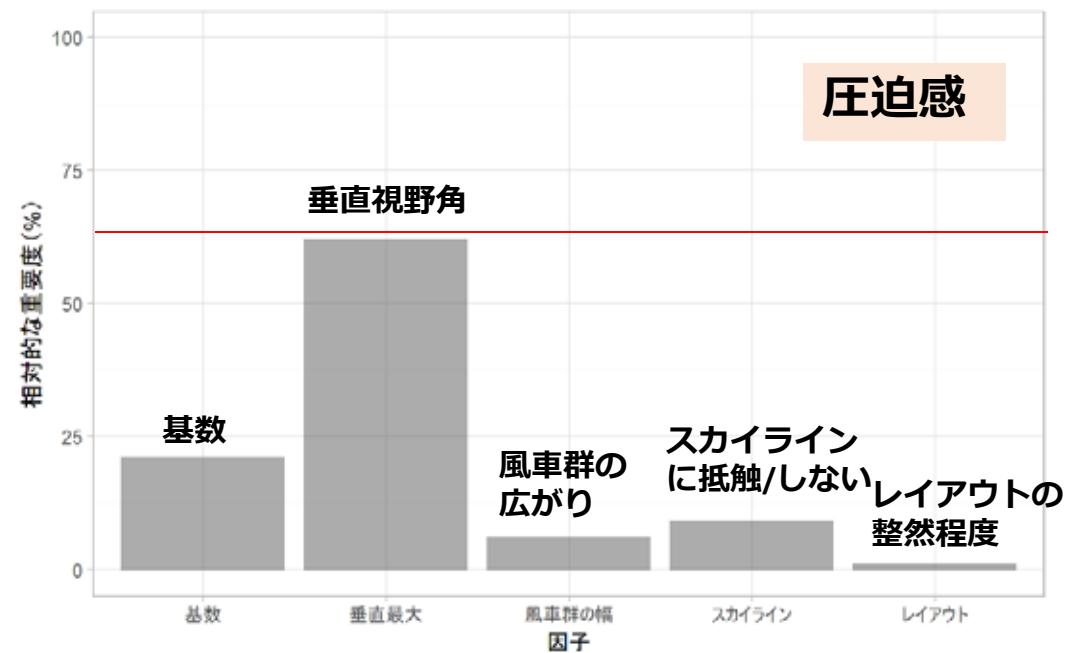
約7割

圧迫感

約6割

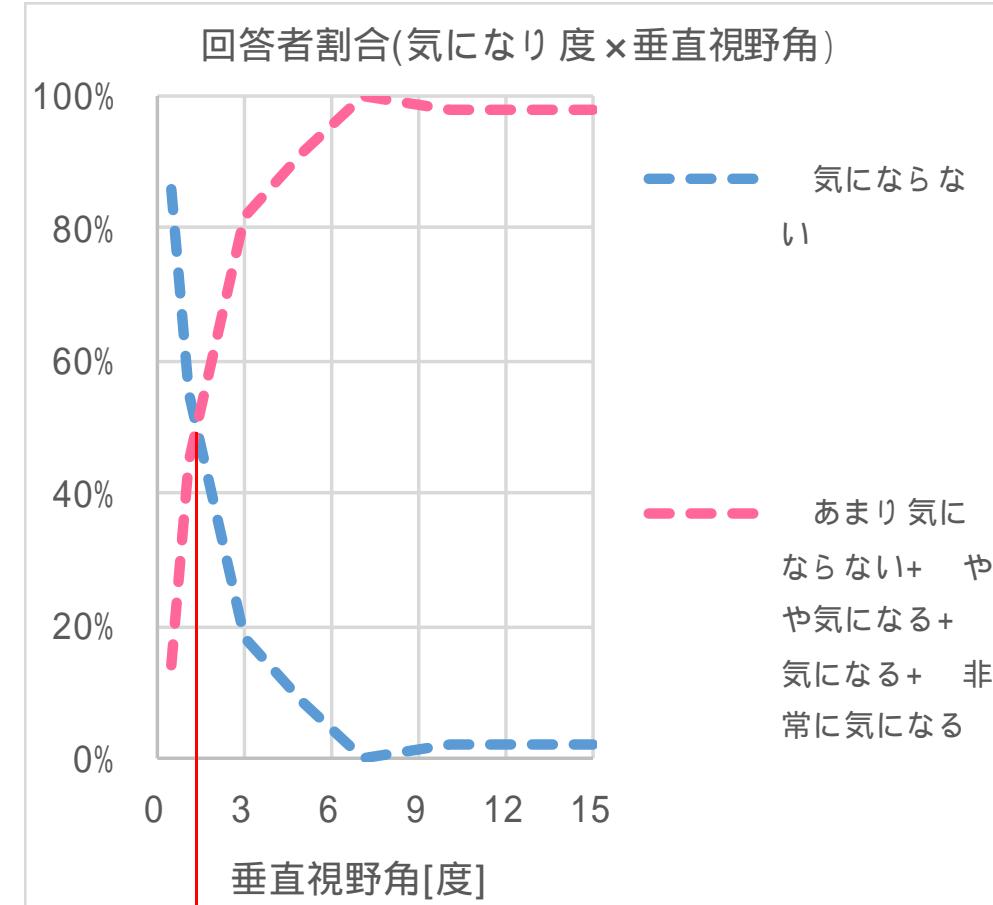
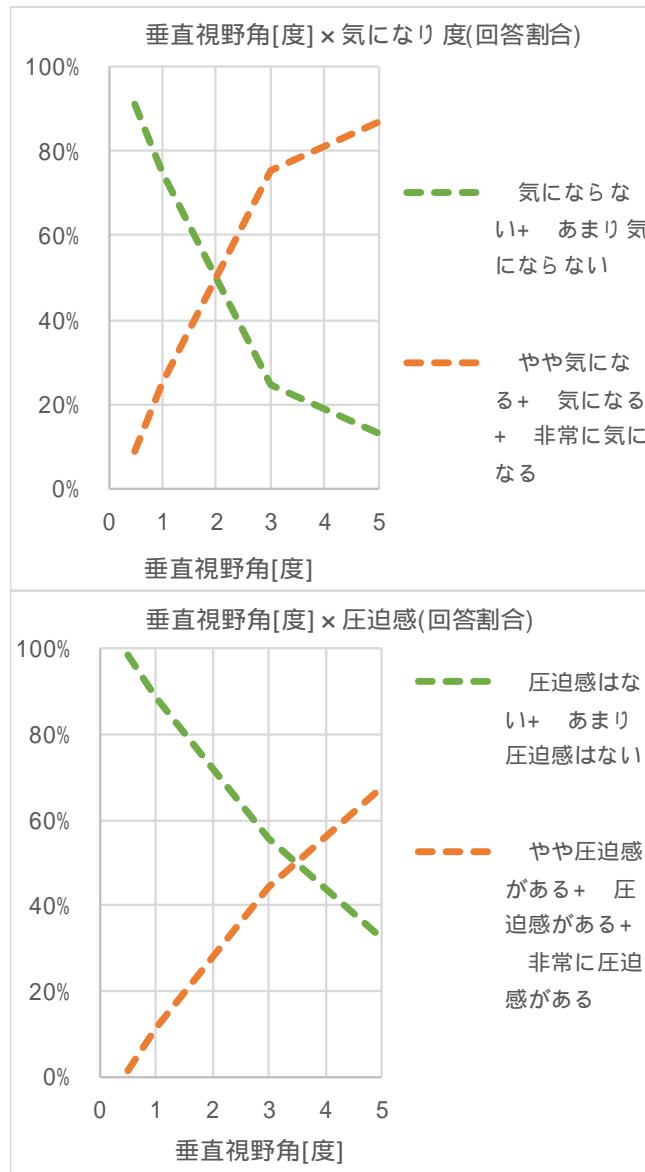


気になりやすさ



景観

評価実験結果から得られた閾値



垂直視野角1.5度以上が
「気になりはじめ」のライン

景観

調査結果と鉄塔の見え方並びに本解析結果との比較

垂直視野角 (単機の最大値) (度)	計測結果 (調査地点数)	鉄塔の見え方	風車景観に対する反応
0 ~ 0.5	6	(0.5 度) 見えにくい	
0.5 ~ 1.0	33	(1 度) 見えるが、景観的には気にならない	
1.0 ~ 1.5	33		
1.5 ~ 2.0	17		
2.0 ~ 3.0	34		
3.0 ~ 4.0	17		
4.0 ~ 5.0	15		
5.0 ~ 6.0	5		
6.0 ~ 8.0	8		
8.0 ~ 10.0	4		
10.0 ~ 12.0	4		
12.0 ~ 20.0	12		
20.0 ~	3		
計	191		

これまで鉄塔の見え方による参考値で景観の定量的評価を行っていたが
「風車」での評価実験に基づく指標を得られた。

景観

提案-眺めの重要度-

眺望点と眺望景観(眺望対象)の各特徴よりも、両者の要素を併せて把握する必要性

眺望点の重要度

眺望対象の重要度

配点	ランク	具体例	配点	ランク	具体例
5	主要な眺望点としての重要度は極めて高い	<ul style="list-style-type: none"> ・国立・国定公園 ・県立自然公園の利用計画に位置付けられた展望施設 ・景観計画に明示された眺望点 	5	眺望対象としての重要度は極めて高い	<ul style="list-style-type: none"> ・世界文化遺産、世界自然遺産 ・国立・国定公園特別地域 ・国指定名勝 ・重要文化的景観 ・伝統的建造物群保存地区 ・国宝・重要文化財(建造物)
4	主要な眺望点としての重要度は高い	<ul style="list-style-type: none"> ・展望台、展望デッキ ・案内板などが整備された利用地点、 ・登山道や遊歩道上の見晴らしのよい地点 	4	眺望対象としての重要度は高い	<ul style="list-style-type: none"> ・県立自然公園特別地域 ・県指定名勝 ・県指定重要文化財(建造物) ・市町村指定名勝 ・市町村指定重要文化財(建造物) ・自治体の景観計画における「景観資源」、「ランドマーク」、「景観重要建造物」、「景観重要樹木」
3	主要な眺望点として重要	<ul style="list-style-type: none"> ・眺めのよい立地にある観光道路 ・観光施設(ドライブイン、公園、各種レクリエーション施設) 	3	眺望対象として重要	<ul style="list-style-type: none"> ・ジオパーク ・日本全国の百選・百景・八景・三景、地域の百選・百景・八景・三景等の名所
2	主要な眺望点としてやや重要	ランク「3」のうち、立ち寄る利用者が少ない(注2)地点にあっては、ランクを下げる。	2	眺望対象としてやや重要	市町村の観光パンフレット等に掲載されている対象
1	身近な眺望点	<ul style="list-style-type: none"> ・眺めのよい立地にある市役所 ・駅 ・小学校 ・集会所 	1	身近な眺望対象	ヒアリング等で明らかとなるような地元のシンボル的な対象
0	眺望点ではない	-	0	眺望対象はない	-

景観

提案-眺めの重要度-（点数化）

眺望点と眺望景観（眺望対象）の各特徴よりも、両者の要素を併せて把握する必要性

眺望点 眺望対象	5	4	3	2	1	0
5	6	5	5	5	5	1
4	5	5	4	4	4	1
3	5	4	4	3	3	1
2	5	4	3	3	2	1
1	5	4	3	2	2	1
0	1	1	1	1	1	0

※この「眺めの重要度」は配点の根拠が担保されたものではないが、これまで重要な眺めとは何かを定性的に論じていたなかで、定量的に論じるための一石として提案

本日の内容

1.回避・低減技術の紹介（海外）

May, R. et al. (2015) :Mitigating wind-turbine induced avian mortality : Sensory , aerodynamic and cognitive constraints and options' , Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 42, pp. 170–181.

2.回避・低減の考え方（国内）

國立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構/（委託先）一般財團法人 日本気象協会/風力発電等導入支援事業/環境アセスメント調査早期実施実証事業/環境アセスメント迅速化研究開発事業/既設風力発電施設等における環境影響実態把握 I /報告書(以下、NEDO報告書)

3.衝突は本当に稀な事象なのか？

4.鳥衝突に関する疑問

5.騒音・低周波音

6.景観

7.工事中の大気環境

工事中の大気環境

実態把握の全体総括（結果）

事業規模 (kW)		0.75～1万	1～2万	2～3万		3～5万		5万～
サイト名		工事(1)	工事(2)	工事(3a)	工事(3b)	工事(4a)	工事(4b)	工事(5)
工事用資材等の搬出入	二酸化窒素	○	○	○	○	○	○	○
	降下ばいじん	○	○	○	○	○	○	○
	騒音 環境基準	×	×	- (注2)	×	×	○	×
	騒音規制法	○	○	- (注2)	○	○	○	○
建設機械の稼働	振動	○	○	○	○	○	○	○
	二酸化窒素	○	○	○	○	○	○	○
	降下ばいじん	○	○	○	○	○	○	○
	騒音	○	○	○	○	○	- (注3)	○
	振動	○	○	○	○	○	- (注3)	○

注) 1. ○ : 環境基準等以下である。 × : 環境基準等を上回っている。

2. 工事(3a) サイトの2日目は、風の影響(平均風速6.9m/s)のため、欠測扱いとした。

3. 工事(4b) サイトの調査地点は作業ヤード直近のため、対象外とした。

工事中の大気環境

検討結果

調査等の簡略化は可能か？

	工事用資材等の搬出入	建設機械の稼働
窒素酸化物	○	○
降下ばいじん	○（項目の非選定）	○
騒音	×	○
振動	○	○

(工事用資材等の搬出入における騒音以外は)
現地調査結果が環境基準等を大きく下回っていることから調査等の簡略化が考えられる

課題

本事業実施時に工事を行っているサイトが少なく、工事中の大気環境の実態把握の事例は十分ではない



更なる事例の蓄積が必要