

### 3.3 海ワシ類の医学的剖検結果

傷病、死骸等で発見された海ワシ類は、環境省釧路湿原野生生物保護センター（Kushiro-shitsugen Wildlife Center : <http://www.env.go.jp/nature/yasei/guide/yaseiseibutsu.html>）に搬送される。発見事例別に調査票が作成され（これを処理簿と呼ぶ）、その後、死亡した個体および死骸で持ち込まれた個体は、獣医師によって解剖検査が行われ（これを剖検と呼ぶ）、解剖所見が作成される。

今年度は猛禽類医学研究所により 4 個体の剖検が行われたので、以下にそれを掲載する。

（個人情報保護の観点から一部をマスキングしています）

標本 ID ind1000562  
 個体番号 14-留-WTE-03  
 収容年月日 2014年3月13日  
 収容場所 苫前町 [REDACTED]  
 一次収容者 [REDACTED]  
 二次収容者 環境省羽幌自然保護官事務所 [REDACTED]  
 三次収容者 環境省釧路湿原野生生物保護センター  
 収容時の状態 死体  
 収容時の状況 3/13 10:00 [REDACTED] 付近にて [REDACTED]  
 [REDACTED] が点検作業中にオジロワシの死体を発見し収容した。死体は3号機風車付近にあり、カラスが集まって食べていたとのことであった。また左側の翼はなく、周囲を探したが見当たらなかったとのことである。

保存状態 冷凍  
 被検体 オジロワシ 亜成鳥 性別不明  
 保存検体 エタノール保存：筋（DNA用）  
 冷凍：解剖後検体 剥製不可、骨格不可

剖検日 2014年12月9日  
 剖検者 渡邊 有希子 猛禽類医学研究所（獣医師）  
 角田 真穂 猛禽類医学研究所（獣医師）

#### 1) 外貌所見

被検体は羽装から亜成鳥であると推察する。食害及び死後の時間経過のため乾燥が著しく、骨格と羽が残存するのみで左翼部は消失している。残存する部位は以下の通りである。

##### < 頭部 >

眼球は左右共に乾燥し陥没する。頭部はほぼ全域の皮膚及び羽毛が残存する。蟬膜は乾燥によるためか部分的に表層剥離を認める。蟬膜及び下嘴が斑状に薄桃色や暗紫色などに変色する。喉元及び頸部はほとんどの皮膚が欠損し、残存する一部の皮膚でかろうじて体部とつながる。

##### < 体部 >

脊椎は連結して残存しているが、横突起等は食害によってほとんど欠損しており、骨断面は粗雑である。左右の鳥口骨は残存しているが、右側は胸骨鳥口骨の接合面において完全に脱臼する。右の肩甲骨・上腕・鳥口骨・鎖骨で形成される関節は露出し、乾燥する腱でつながるのみである。右上腕骨基部、鳥口骨、鎖骨、肩甲骨は乾燥した腱でつながる。左鳥口骨も胸骨の接合部にてはずれ、乾燥する腱でかろうじて繋がっている。鎖骨は左右

との接合面にて骨折離断を認める。胸骨は竜骨突起頭側から 3cm の位置において垂直に亀裂骨折を認める。胸骨は右の第 3, 4, 5 の一部の肋骨が胸骨と連結して残存する。左は第 3, 6, 7 の一部の肋骨が残存し、胸骨と連結する。右の第 7 肋骨に少量の骨体内血液流入を認めるが、それ以外の肋骨及び胸骨は血液の流入を認めない。骨盤は頭側が一部破損するが、全体的にはほぼ全域が残存する。尾椎は 5 椎分を残し、以遠は消失するが、最後位尾椎のみ尾羽基部に付着した状態で残存していた。右側の恥骨が骨折、離断する。

#### <翼部>

左の上腕骨は近位端にて斜骨折しており、以遠は離断、消失する（回収された死体の中には離断先の左翼部位は含まれていない）。右翼は上腕がほぼ全域において、皮膚、筋肉が消失し、上腕骨が露出する。橈尺骨は翼上面の皮膚および筋肉が欠損し橈尺骨が露出する。また、尺骨に付着する次列風切はいずれも残存するが、全て羽軸痕まで露出する。手根部は翼下面及び頭側の皮膚が欠損し、手根骨が露出する。また、手根部に付着する初列風切の羽軸痕も露出する。

#### <脚部>

腹部の一部と右大腿の腹側面、また左右とも下腿部の皮膚が残存する。大腿から脛骨腓骨にかけて、左右とも筋肉が消失し、骨が露出する。右の脛骨は遠位端において骨体の異常な隆起をみとめ、過去に骨折癒合した痕跡であると思われる。両脚共に露出皮膚部は血管に沿った発赤を認める。足裏は症底部において軽度の汚れを認める。左右とも全爪は著しく乾燥し、表層が剥離する。

### 2) X線所見

解剖前にレントゲン検査を行った。体腔内臓器は消失しており、残存する骨格も欠損や骨折が多く認められる。

### 3) 胆汁鉛濃度の簡易測定

鉛測定を行うサンプルを採材出来なかつたので、鉛測定は行っていない。

### 4) 考察

被検体は食害等により内臓及び筋組織のほとんどを消失しており、死因究明は困難である。しかしながら、本来強固な上腕骨が左上腕骨近位端において斜骨折しており、翼もろとも切断され消失している。こうした外傷は強力な外力によってもたらされたものであると推測される。被検体は風車近くで収容されている状況から、風車のブレードとの衝突が疑わしい。椎骨は連結して残存していること、また骨盤もほぼ原形を留めていること、右翼も連結して残存していることから、被検体は左翼基部にブレードが衝突したと考える。

左翼部の残存する組織がないため、衝突の方向等は不明である。

被検体は右脛骨遠位端に過去に骨折した痕跡があったが、肉眼的には完全に自然治癒していた。またレントゲン検査においても該当部は骨化していることから、受傷から数か月以上経過していると推察する。なお、骨折癒合により右足は正常よりも約 1cm 短くなっているが、爪に異常はなく、また両脚裏にもバンブルフット等の異常を認めないため、右脛骨の負傷後も通常の生活を送っていたと思われる。

#### 5) 診断

被検体は風車衝突により死亡した可能性が高いと思われる。

主要部位の外部計測値

体重 1000 g \* 部分的であるため参考地  
 全長 不可  
 翼開長 不可  
 自然翼長 600 mm  
 最大翼長 614 mm  
 翼幅 375 mm (次列5番)  
 尾長 280 mm  
 露出嘴峯長 63.73 mm (蠟膜含) 50.20 mm (蠟膜無)  
 全嘴峯長 70.30 mm  
 嘴高 30.69 mm (鼻孔前端)  
 嘴幅 20.81 mm (鼻孔前端)  
 Total Head 121.39 mm  
 ふ蹠長 93.49 mm  
 ふ蹠径 14.90 × 15.16 mm  
 1・3指間長 爪先 162.02 mm 爪基 117.34 mm  
 第1指爪 外側 37.99 mm 内側 28.92 mm  
 翼式 長順 一部折れているため計測不可  
 換羽

		S										P									
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
右		0	N	0	N	0	0	0	N	0	N	0	N	0	0	N	0	0	0	N	0

尾羽

左						右					
6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0	0	欠	欠	欠	欠



Fig. 1 全体像



Fig. 2 脊椎は連続して残存するが、内部臓器は全て消失



Fig. 3 残存した胸骨と、左上腕骨骨折端



Fig. 4 左上腕骨の骨折端

標本 ID	ind1000582
個体番号	14-青-WTE-01
収容年月日	2014年3月28日
収容場所	青森県東通村 [REDACTED]
一次収容者	[REDACTED]
二次収容者	環境省東北地方環境事務所 [REDACTED]
三次収容者	環境省釧路湿原野生生物保護センター
収容時の状態	死亡
収容時の状況	2014/3/28 青森県東通村にある [REDACTED] にて、 [REDACTED] がサイト内を車両で通行中、6号機付近でオジロワシの死体を発見した。死体は胴体のない状態で発見時周辺にはカラスが複数羽確認された。
保存状態	冷凍
被検体	オジロワシ 幼鳥 性別不明
保存検体	エタノール：筋（DNA用） 冷凍：解剖後検体 剥製不可、骨格不可
剖検日	2014年12月9日
剖検者	渡邊 有希子 猛禽類医学研究所（獣医師） 角田 真穂 猛禽類医学研究所（獣医師）

## 6) 外貌・剖検所見

被検体はオジロワシ幼鳥個体である。食害及び死後の時間経過のため乾燥が著しく、骨格と羽が残存するのみである。残存する部位は以下の通りである。

### < 頭部 >

上嘴及び下嘴を含む頭部は残存する。舌及び舌骨は乾燥した状態で、下嘴の外側に付着している。上嘴の先端が一部折れている。

### < 右翼 >

右烏口骨・鎖骨・肩甲骨の一部・上腕骨が腱及び乾燥した皮膚でつながる。上腕はほぼ全域において筋組織が消失し骨が露出する。橈尺骨は中央から以遠が粉碎しており、下面の皮膚が欠損する。またその周囲の筋組織は消失する。

### < 左翼 >

左烏口骨・鎖骨・肩甲骨の一部・上腕骨は連結して残存する。上腕肩部において皮膚が一部欠損するが、その他の皮膚は残存する。上腕の遠位部に一部皮膚の欠損を認める。橈

尺骨中央から以遠の翼下面の皮膚が欠損し、骨が露出する。

#### < 体軀部 >

左烏口骨と胸骨の接合部は完全に脱臼し、破損した胸骨は腱によって連結している状態である。右烏口骨と破損した胸骨の一部は接合部にて連結している。横骨折した胸骨は、尾側約半分が残存し、腱によって体部とつながって残っている。肋骨は左右とも 2 本のみが胸骨とつながり残存し、残りは欠損する。脊椎は第 6 胸椎にて離断骨折し、当位置の骨盤も破損する。破損した骨盤周囲の骨体に血液の流入を認める。左右第 6, 7 の肋骨の一部が胸椎と連絡して残存する。尾椎も連続して残存するが、尾椎の骨体内に血液の流入を認める。腸骨は一部破損があるもののほぼ全形が、また恥骨はほぼ全形が残存する。

#### < 下腿部 >

左胸部から連続して左腹部から左下腿部の皮膚及び羽毛が残存する。右脚部は下腿部の皮膚および羽毛のみ残存し、他の皮膚は消失する。両脚とも骨盤と連結した形で残存するが、筋組織はいずれも食害で消失し、左右とも大腿骨から脛骨腓骨は露出する。脚部の露出皮膚部において血管に沿った発赤を認める。両足裏とも汚れを認めない。両足爪の先端は摩耗する。

#### 7) X線所見

解剖前にレントゲン検査を行った。体腔内臓器は消失しており、残存する骨格も欠損や骨折が多く認められる。

#### 8) 胆汁鉛濃度の簡易測定

簡易鉛検査に用いるサンプルが採取できなかったため、鉛濃度測定は行っていない。

#### 9) 考察

被検体の内臓及び筋組織は食害等により損失しており、死因究明は困難である。しかしながら収容された周辺状況を鑑みると、被検体は風車のブレードと衝突した可能性は高い。

なお腰部において脊椎に見られた骨折離断及び周囲の骨盤骨体内に血液が流入していた状況から、腰部に背側から強大な外力が加わったことが推察され、風車のブレードが衝突したと推測する。また、右の橈尺骨は粉碎しており、こちらも大きな外力によって生じたものと推察される。当骨折部位の翼下面皮膚に軽度の発赤を認め、また骨折の状況からも背側より外力が加わり、骨折が生じたものと考えられ、風車のブレードが衝突したと推察する。

残存する胸部の皮膚裏面は脂肪蓄積の痕跡が見られたことから栄養状態は悪くなく、被検体は死亡直前まで通常的生活を送っていたものと思われるが、残存する組織が少ない

め定かではない。

10) 診断

被検体は風車のブレードと衝突した可能性が高い。

主要部位の外部計測値

体重	1240 g *参考値
全長	不可
翼開長	不可
自然翼長	580 mm
最大翼長	593 mm
翼幅	407 mm (次列8番)
尾長	310 mm 先擦れ
露出嘴峯長	60.98 mm (蠟膜含) 46.32 mm (蠟膜無)
全嘴峯長	62.42 mm
嘴高	不可
嘴幅	不可
Total Head	121.62 mm
ふ蹠長	98.81 mm
ふ蹠径	14.49 × 15.64 mm
1・3指間長	爪先 165.21 mm 爪基 123.08 mm
第1指爪	外側 36.68 mm 内側 27.19 mm
翼式 長順	3, 4, 5, 2, 6, 7, 1, 8, 9, 10
換羽	残存する羽毛は全て幼羽 (右次列 S1, S6 は抜けている)



Fig. 1 全体像



Fig. 2 右翼上面



Fig. 3 左翼上面



Fig. 4 右翼下面



Fig. 5 右橈尺骨に認められた粉碎骨折



Fig. 6 骨盤背側面 矢印部に出血の痕跡を認める



Fig. 7 離断した骨盤骨折部拡大



Fig. 8 骨盤離断部切断面 骨体内への血液流入が顕著である



Fig. 9 皮下に見られた脂肪の蓄積痕

標本 ID	ind1000590
個体番号	14-宗-WTE-01
収容年月日	2014年5月9日
収容場所	稚内市 [REDACTED] 基礎より北北東へ約 58m の 地点
一次収容者	[REDACTED]
二次収容者	環境省 北海道地方環境事務所 [REDACTED]
三次収容者	環境省釧路湿原野生生物保護センター
収容時の状態	死亡
収容時の状況	2015年5月9日に [REDACTED] が当該個体を発見、 [REDACTED] へ報告した。死体は当初、種が不明とされ、外部機関に同定を依頼し、 オジロワシと判明したため [REDACTED] より北海道地方環境事 務所へ連絡、釧路湿原野生生物保護センターへ発送した。
保存状態	冷凍
被検体	オジロワシ 幼鳥 性別不明
保存検体	エタノール保存：筋 (DNA 用) 冷凍：羽 (DNA 用)、解剖後検体 (剥製標本不可、骨格標本可)
剖検日	2014年7月10日
剖検者	齊藤 慶輔 猛禽類医学研究所 (獣医師) 渡邊 有希子 猛禽類医学研究所 (獣医師) 角田 真穂 猛禽類医学研究所 (獣医師)

#### 1 1) 外貌所見

被検体はオジロワシ幼鳥個体である。翼や脚部などに切断などの損傷を認めず、ほぼ原形を保っているが、死後の時間経過のため皮膚の黒色変性および乾燥が著しい。皮膚はほぼ全域が黒色変性し、部分的に多数の蛆の付着を認める。また皮膚には小さな孔が生じており、これらは融解のみならず蛆による食害の可能性もある。なお皮膚ではなく、羽毛に付着している蛆もあり、生体損傷により生じた漏出液を目当てに付着していると考えられるため、蛆の付着部位および特異的な変性を認めた部位を列挙する。

両眼球ともに消失し、顔面および蟬膜は黒色に乾燥する。

口腔内は著しく乾燥し、黒色を呈する。

舌は残存するが、黒色に著しく乾燥する。

上腕基部に羽毛の脱落と皮膚の融解および黒色変性を認める。

左右内股の羽毛が欠如する。なお皮膚は黒色に変色し多数の蛆が付着する。

左翼下面 肘関節に多数の蛆の付着を認める。

腰部の皮膚は著しく黒色に変色し、乾燥する。

背側肩甲骨間の皮膚に多数の蛆が付着する。

胸部左側の一部に羽毛の脱落と皮膚の黒色変性、蛆が付着する。

下腹部の皮膚は大部分の羽毛が欠如し、広域に黒色変性する。

手根部から中手骨下面の皮膚に軽度の擦過傷を認め、蛆が付着する。

鎖骨間の頭側の皮膚に裂開を認め、多数の蛆の侵入を認める。

恥骨から尾側に直径 4 cm程度の皮膚の裂開を認め、尾椎の露出、また尾羽の基部が露出する。

左翼は初列風切第 10 から 7 番（外側から 4 枚）までは正常であるが、第 6 から 3 番までがほぼ中央で折損する。第 2 番は正常であるが、第 1 番はほぼ中央で折損する。また左翼字列風切は第 1～9 番までは正常であるが、第 10～16 番はほぼ中央で折損する。

右翼の風切羽には異常を認めなかった。

尾羽は右外側から 4 枚を除き、ほぼ中央で同じように折損している。

#### 1 2) X線所見

解剖前にレントゲン検査を行った。体腔内臓器は消失している。胸部および腹部の陰影が増大しているが、蛆や汚れの付着によるものである。骨格系に異常を認めない。

#### 1 3) 解剖所見

筋肉は全て蛆による食害を受け、消失する。

内部臓器は心膜が残存するが、内部は蛆で満たされており、心筋は消失している。

気管の残存を認めるが、内部は蛆で満たされる。

食道および胃の一部が残存するが、黒色変性および弛緩を認める。胃の内部にはシカの体毛と蛆の侵入を認める。

尾椎の一部に損壊を認めた。

#### 1 4) 胆汁鉛濃度の簡易測定

簡易鉛検査に用いるサンプルが採取できなかったため、鉛濃度測定は行っていない。

#### 1 5) 考察

被検体は筋肉および大部分の内臓が損失しており、死因究明は困難である。しかしながら収容地は丘陵地で一般道路からも離れている。風車から約 60m の位置で発見されている収容状況を鑑みると、被検体は風車のブレードと衝突した可能性は高い。

被検体は左翼の初列風切の大部分と次列風切の一部に羽の折損を認め、いずれもほぼ同じ位置で折れていた。また尾羽においても右側 4 枚以外の羽が同じ位置で折損していた。こうした左翼および尾羽の左側といった片側性かつ一様な羽の折れ方から、左翼および尾

羽に直線的な外力が加わったことが推察される。可能性としては、風車のブレードが左側の風切羽および尾羽に接触し、墜落した事が推定される。筋肉および臓器が消失しているため、墜落による損傷の程度は不明である。

#### 16) 診断

被検体は風車のブレードと衝突した可能性が高い。

主要部位の外部計測値

体重 2478 g \*参考値  
 全長 不可  
 翼開長 1790 mm  
 自然翼長 595 mm  
 最大翼長 629 mm  
 翼幅 408 mm (次列9番)  
 尾長 付加  
 露出嘴峯長 63.40mm (蠟膜含) 52.18 mm (蠟膜無)  
 全嘴峯長 71.32 mm  
 嘴高 36.49mm  
 嘴幅 22.66 mm  
 Total Head 128.63 mm  
 ふ蹠長 94.49 mm  
 ふ蹠径 14.99 × 15.61 mm  
 1・3指間長 爪先 150.26 mm 爪基 114.55 mm  
 第1指爪 外側 39.63 mm 内側 28.47 mm  
 翼式 長順 判定不可  
 換羽 \*残存する羽は全て幼羽

	S										P									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
右	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	折	0	0	0	0	0	0
左	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	折	0	折	折	折	折	0	0	0	0

尾羽

左							右					
6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	
折	折	折	折	折	折	折	折	0	0	0	0	



Fig. 1 全体像 腹側面 尾羽左側に直線的な折損を認める（黄色点線）



Fig. 2 全体像 背側面



Fig. 3 全体像 側面

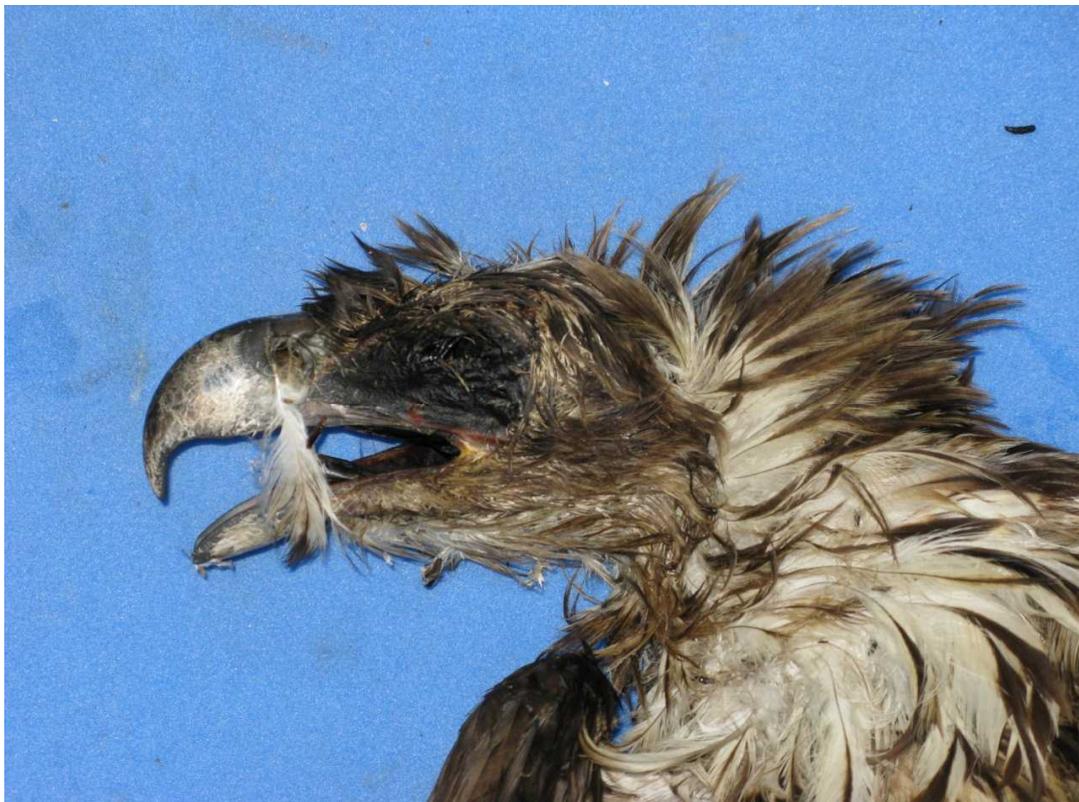


Fig. 4 頭部拡大 著しく乾燥する



標本 ID	ind1000626
個体番号	14-留-WTE-04
収容年月日	2014年10月31日
収容場所	苫前町 [REDACTED]
一次収容者	[REDACTED]
二次収容者	北海道海鳥センター [REDACTED]
三次収容者	環境省釧路湿原野生生物保護センター
収容時の状態	死体
収容時の状況	10月31日15時苫 [REDACTED] が点検を行っていたところ、 [REDACTED] の風車近くに落下していたオジロワシ の死体を発見し、北海道海鳥センターへ連絡する。カラスなどに一部捕食された以外は目立った外傷はなく、風向きと死体の腐敗状況から前日に衝突したものと推測された。北海道海鳥センター [REDACTED] が現地で死体を回収し環境省野生生物保護センター (WLC) へ発送、11月4日9時にWLCに到着した。
保存状態	冷凍
被検体	オジロワシ 亜成鳥 オス
保存検体	エタノール保存：筋 (DNA用) 冷凍：胸筋、心臓、肝臓、精巣、腎臓、脾臓、消化管、解剖後検体 (骨格標本可：右肋骨複数、胸椎1ヶ所に骨折あり、剥製可：風切羽換羽中、尾羽欠損、背側右に裂孔あり)
剖検日	2014年11月4日
剖検者	齊藤慶輔 猛禽類医学研究所 獣医師 渡邊 有希子 猛禽類医学研究所 獣医師

#### 1.7) 外貌所見

被検体は羽装から亜成鳥であると推察する。嚔嚔(そのう)が膨満する。口腔内に吐出した魚肉が充満する。眼球は左右とも陥没する。

背側の右側肩甲骨から脇腹にかけて直径約6cmの円形の皮膚裂開を認め、創傷は体腔に達している。周囲にはハエの卵が付着する。背側胸腰部の正中に出血を伴う皮膚の裂開と圧迫痕を認める。

腹部の胸骨後縁から尾側へ約3cmの位置において、横状の線状創(長さ2.5cm、幅0.5cm)を認め、周囲の皮膚が発赤する。

両中足骨の遠位部において骨折を認める。また骨折部に該当する右足の露出皮膚部前面の指基部に少量の出血を伴う皮膚の裂開および皮膚の表層剥離、また周囲の皮膚に発赤を

認める。左足の露出皮膚部前面の指基部は、皮膚の表層剥離を認め、皮膚は一部茶色を呈する。

#### 18) X線所見

解剖前にレントゲン検査を行った。左烏口骨の脱臼を認める。両側中足骨遠位端に粉碎骨折を認める。心臓および肝臓の辺縁が明瞭で、肺野が粗雑な陰影を呈することから、胸腔内の出血が疑われる。

#### 19) 解剖所見

胸腔部の皮下脂肪の発達は良好である。胸筋の発達は良好で、内出血等の打撲痕を認めない。胸骨後縁の皮膚に認めていた横状の線状創は、該当部の皮下に顕著な出血を認めず、生活反応が薄いことから死後に生じた可能性がある。

左烏口骨と胸骨との接合部において、烏口骨遠位端の外側が骨折し、また烏口骨は脱臼する。嚔嚔内に小児こぶし大量の魚類の肉および少量の骨を認めた(内容量105g)。

胸骨ほぼ全域の骨体内に血液の流入を認め、特に左側で重度である。右側第2, 3肋骨が背側中央にて骨折離断する。右側第4, 5, 6, 7肋骨が背側中央にて骨折、屈曲する。第5, 6胸椎が骨体間で骨折、離断し、骨折断端は内臓側へ変位する。背側胸腰部の正中に確認していた圧迫痕の直下に位置する右腸骨に縦方向約3cmの剥離骨折を認めた。

腹腔内に脂肪蓄積を良好に認める。

肝臓は乏血を呈する。左右の葉とも内側にて1~2cmの裂孔を複数認める、周囲には血餅が多量に付着する。また左葉においては外側にも約3cmの裂孔と周囲の血餅の貯留を認める。胆嚢は弛緩し、胆汁は認められない。

腎臓は全域に渡りびまん性に鬱血を認め、複数個所で挫滅を認める。特に左側頭腎の背側が重度に挫滅する。また左側中腎は一部が虚脱していた。副腎は肉眼的な変化を認めない。

腺胃および筋胃ともに形態的に正常であり、胃内には桃色のペースト状内容物を認め、直径約8mmの椎骨を含む魚類の骨格を複数認めた。腸管も全域にペースト状内容物の貯留を認め、腸間膜の脂肪が多量に蓄積する。

脾臓は肉眼的に正常である。膵臓はやや融解するが、出血等の異変を認めない。心臓周囲の大血管は怒張を認める。心臓の左側心底部に直径5mmほどの心外膜下出血を認める。心臓腔は、左右の心房内に中等度の血餅の貯留、左心室は空虚、右心室は少量の血餅貯留を認めた。

気管の分岐部および右肺野にハエの卵が多数付着していた。右肺は食害により頭側半分ほどが消失する。左肺および残存する右肺は重度のうっ血を認めた。

甲状腺は肉眼的に正常である。

一対の非活動期の精巣を認める

## 20) 胆汁鉛濃度の簡易測定

鉛測定を行うサンプルを採材出来なかったため、実施していない。

## 21) 考察

被検体の背側胸腰部に認められた打撲痕と直下の右腸骨に認められた骨折、また第5, 6胸椎が骨体間で骨折、離断し内側に変位していることから、背側に強力な外力が加わったと推察する。烏口骨の骨折および脱臼、肋骨各所、両中足骨に認められた骨折は、背側からの鈍性の打撃を受け、墜落したことで生じた可能性がある。肝臓や腎臓の挫滅といった所見からも、被検体にもたらされた衝撃はかなり強大なもので、出血の状況からも即死であったと考える。収容地の状況を鑑みて、風車のブレードと衝突したものとする。

なお被検体は口腔内、嚔嚔内、胃内に内容物(魚類)を確認し、死亡直前まで採餌していた。脂肪蓄積が良好であることから、健全な生活を行っていたと推察する。また体腔内に認められたハエの卵はいずれも孵化していなかったことから、死後1日以内であったと推察する。

## 22) 診断

被検体は風車衝突により死亡したと診断する。

主要部位の外部計測値

体重 3880g \* 部分的であるため参考地  
 全長 815mm  
 翼開長 1940mm  
 自然翼長 575 mm  
 最大翼長 595 mm  
 翼幅 390 mm (次列9番)  
 尾長 280 mm  
 露出嘴峯長 60.60 mm (蠟膜含) 46.80 mm (蠟膜無)  
 全嘴峯長 64.16 mm  
 嘴高 33.17 mm (鼻孔前端)  
 嘴幅 21.88 mm (鼻孔前端)  
 Total Head 122.22 mm  
 ふ蹠長 82.54 mm  
 ふ蹠径 14.49 × 15.13mm  
 1・3指間長 爪先 120.62 mm  
 第1指爪 外側 35.47 mm 内側 25.91 mm  
 翼式 長順 一部折れているため判定不可  
 換羽

	S											P										
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
左	0	0	欠	0	N	N	N	N	0	M 4	N	N	N	0	0	N	N	N	N	M 4	0	0
右	0	欠	0	欠	M4	N	N	N	0	M 4	N	N	N	0	0	N	N	N	N	M 4	0	0

尾羽

左						右					
6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6
N	欠	欠	欠	欠	M 4	N	欠	N	M 4	M 1	N



Fig. 1 全体像 腹側



Fig. 2 全体像 背側



Fig. 3 背側右側に認めた皮膚裂開



Fig. 4 背側右側に認めた皮膚裂開および腰部の打撲(矢印)



Fig. 5 腰部打撲箇所を拡大



Fig. 6 両側ふ蹠および指基部に認められた皮膚の損傷(中足骨遠位に粉碎骨折が生じている)



Fig. 7 腹部に認められた横状の線状創

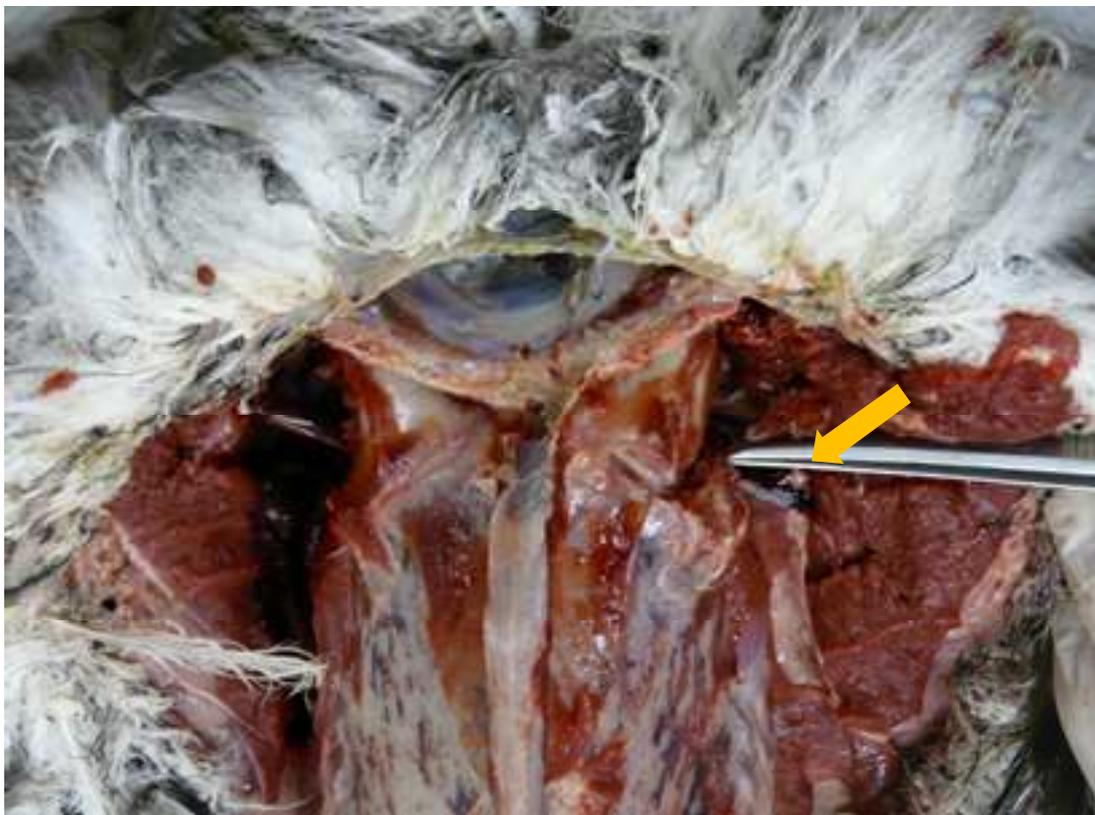


Fig. 8 左鳥口骨遠位外側の骨折(矢印)および骨体の脱臼

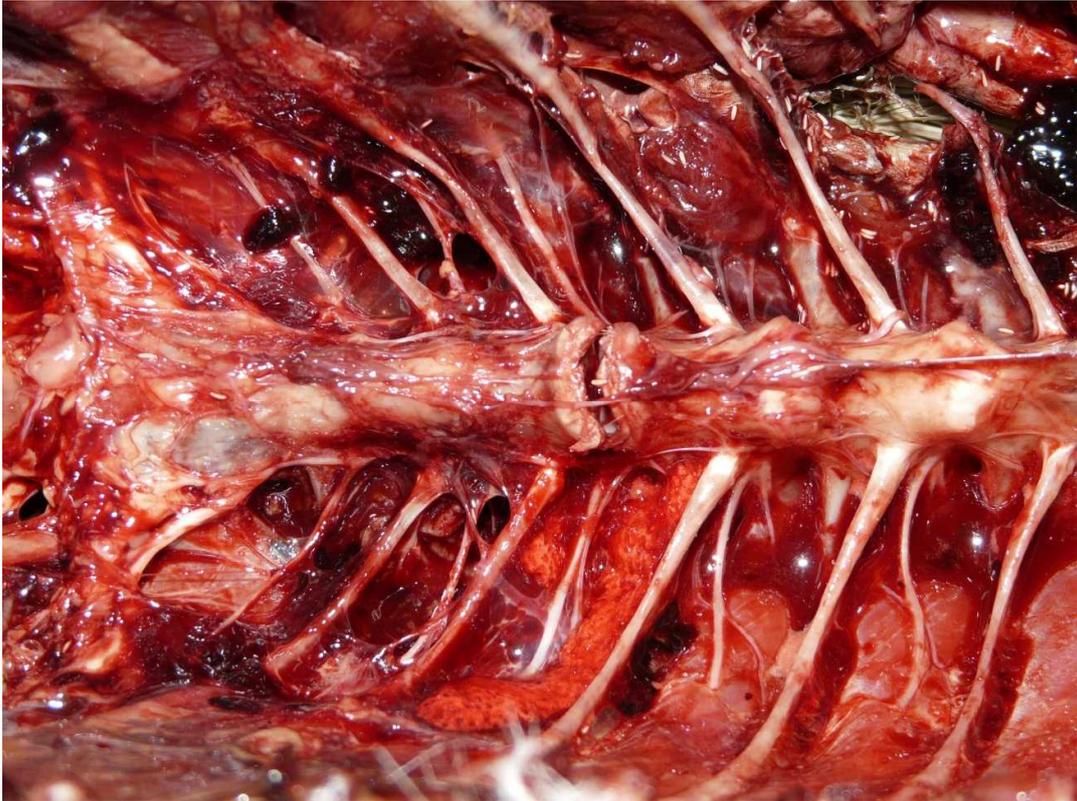


Fig. 9 第 5, 6 胸椎における骨折、離断

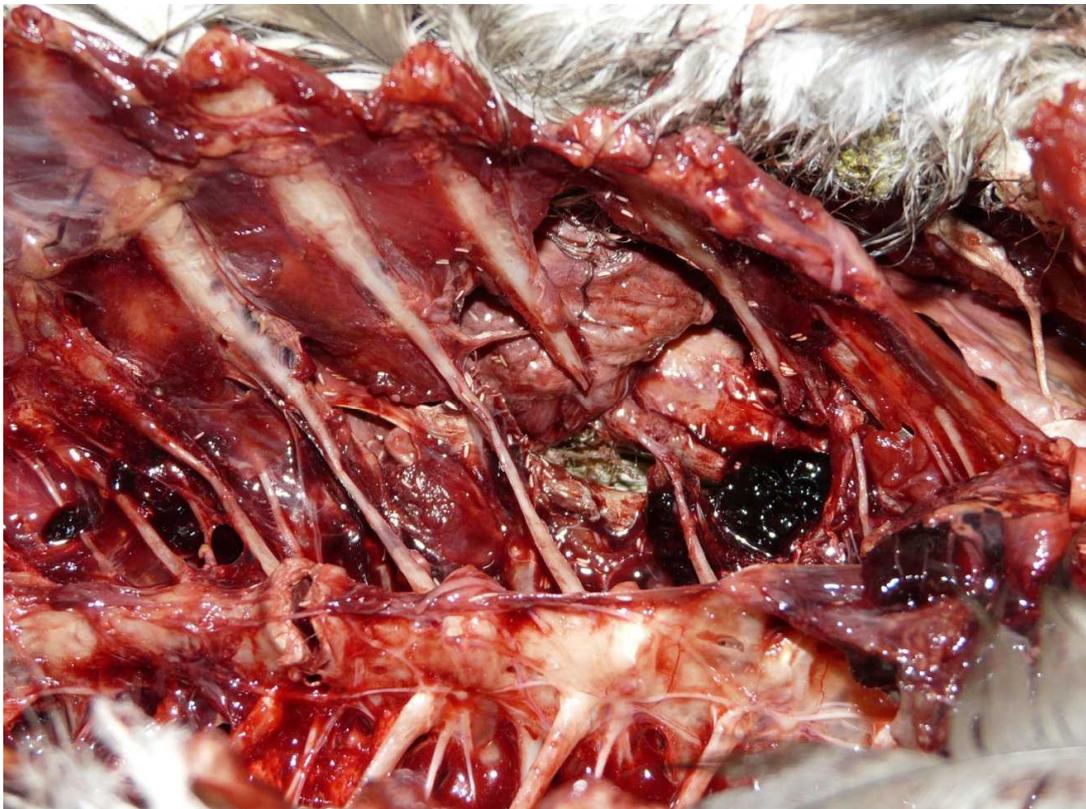


Fig. 10 右肋骨に認めた複数個所の骨折



Fig. 11 腰部打撲箇所を剥皮後 右腸骨の骨折を認める(黄色矢印)

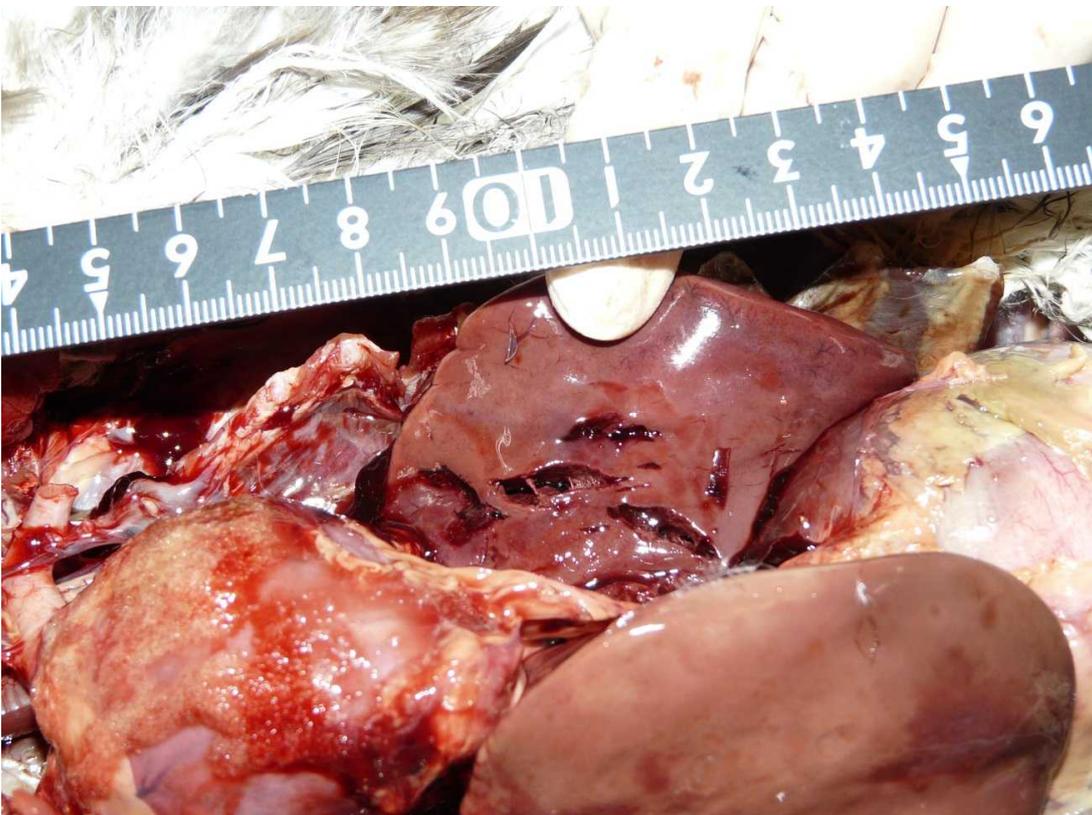


Fig. 12 肝臓に認めた裂孔(血餅除去後)



Fig. 13 腎臓の挫滅

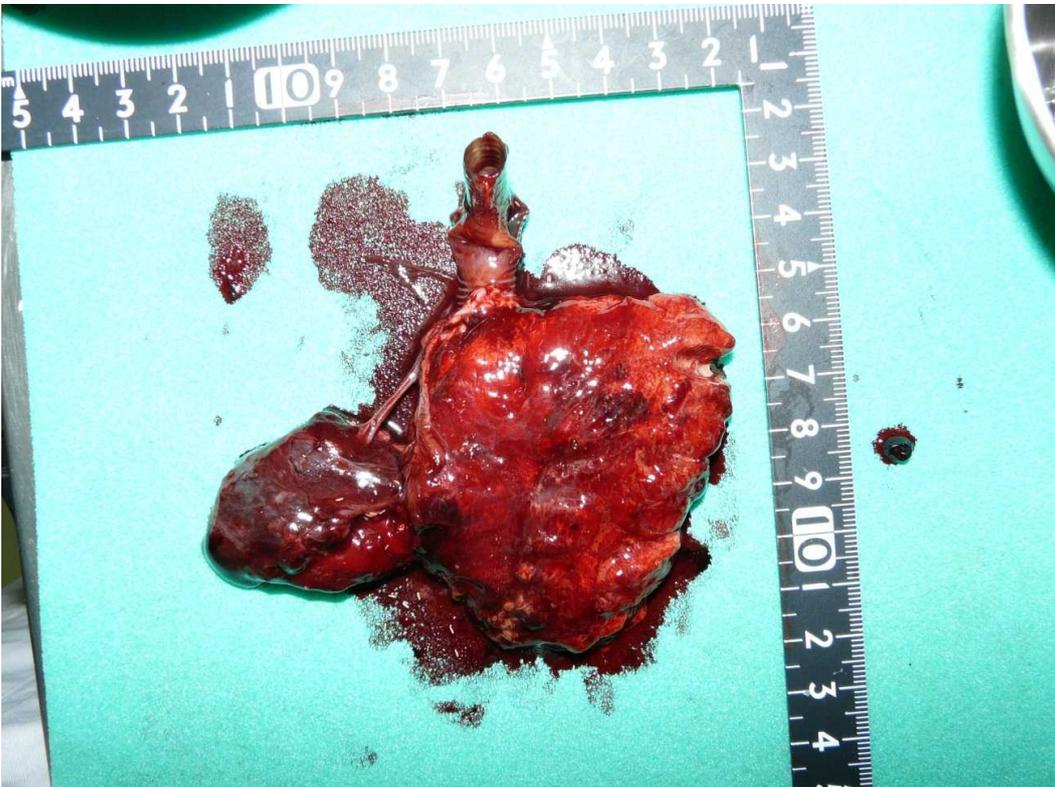


Fig. 14 肺の重度出血

### 3.4 手引きの更新等に資する最新の知見等の収集

「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」(以下、手引き)は、公表(平成23年1月)から3年以上を経過している。

平成23年4月には、環境影響評価法が改正され、風力発電事業が対象事業に追加された(政令改正による追加)。同年8月には「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立した(翌年7月に施行)。同年3月に発生した東日本大震災に伴う原子力発電所の事故もあり、再生可能エネルギーへの期待が高まることとなった。

「手引き」の「第4章 今後の課題」では、「新たに得られた知見・情報を反映させて、本書の見直しや追加が適宜必要である」(第4章4-2頁)としていることから、この章では、手引き公表以後の最新の知見等について情報を整理し、検討を行うこととした。

収集した情報については、「手引き」の目次に対応させ表3-4-29に整理する。このうち本年度については、以下の2項目について作業を実施した。

- ① 『風力エネルギーと野生生物への影響に関する国際会議』(Conference on Wind energy and Wildlife impacts~CWW2015 2015年3月10~12日 ベルリンにて開催)に参加し、風力発電とバードストライク防止に関する最新情報の収集・整理
- ② 『手引き 3-6 衝突リスク解析ー計画時ー』の更新

#### 3.4.1 海外における最新の知見等の収集・整理

会議名：『風力エネルギーと野生生物への影響に関する国際会議』

(Conference on Wind energy and Wildlife impacts) CWW2015

期日：2015年3月10~12日

開催場所：ベルリン

参加者：谷口 綾 (日本気象協会)

#### 手引きの更新に資する発表内容

講演集に、手引きの更新に資する(バードストライク防止に資する)内容があり、これらについて概括する。

●Bat-friendly' operation of wind turbines the current status of knowledge and planning procedures in Germany (コウモリ類に優しい風車の稼働ードイツにおける現状と計画手続き)

(抄訳)

コウモリに優しい風車稼働のアルゴリズムは、現在、ドイツにおいて衝突を抑制する汎用的な手法となっている。衝突がハイリスクとなる時間帯に風車の回転を停止し、衝突を

回避するものだ。しかしながら、衝突のハイリスクとなる時間帯の考え方は州ごとに様々だ。風車の回転を停止する時間は、通常ひとつもしくは複数のパラメタ（たとえば風速、月、季節、夜の時刻、気温、降水など）による関数である。よく用いられる稼働アルゴリズムは、規格化されたデータ、解析、リスク評価であり、緩和策としてのカットイン風速は、コウモリ類の活動する月と夜の時間帯における風車の特性に依存する。2012年に8サイト合計16風車において、風車稼働の緩和策について検討を行った。衝突数は、年間、風車あたりで2個体以内まで減少することに成功した。今回、70基の風車のデータ群について、稼働アルゴリズムを計算させた場合の損失コストについて紹介し、さらに損失コストの年変動を比較した。16基の風車のナセルに異なるタイプの音響探知器を装着した。探知機は、風車の停止時間と騒音（風車の稼働音？）のパーセント値の差を示した。

風車は、2008年と2014年に調査された。この3ヶ年におけるデータ群で、コウモリ類の活動の変動性や衝突のリスクとそれらの年変動について調べ、稼働アルゴリズムに関する最も重要な結論を得た。すなわち、時間・空間スケールという点から衝突リスクを評価するためには、どのぐらいのデータ群が必要か？ということである。

さらにいえば、取得したデータ群、アルゴリズムの改良による規格化・単純化が懸念される。今回、開発したソフトウェア「ProBat」を紹介する。これは、コウモリの衝突リスクを計算し、風速と音響によるコウモリ活動に関するデータからコウモリ類に優しい稼働アルゴリズムに対応させる。

●Bird collisions at OWEZ offshore wind farm measured with WT-Bird (WT-Birdによって観測された OWEZ オフショアウィンドファームにおける鳥類衝突)  
(抄訳)

現在、洋上ウィンドファームでの鳥類衝突数は、衝突リスク計算に基づく推定値と陸上風車の経験値だけである。洋上の衝突モニタリングは、その困難さのために、衝突率の実際の測定はされてない。結果として、実際の洋上における衝突リスクは判明していないし、風車周辺での鳥類の回避行動というデータに大きく依存するが、そのデータすら不足がちで、かつ変動性が高い。近年、実際の衝突を測定する技術が開発されてきたが、実際に洋上で試験したのは僅かである。

洋上における衝突リスクの洞察をさらに推し進めるため、自動探知する手法を検証するため、我々はひとつの風車で2年間の観測を実施した。このために、ウィンドファーム(OWEZ)に WT-Bird という探知デバイスを導入した。この WT-Bird は、風車ブレードあたり二つの音響探知機を備え、風車ロータの回転域を三台のカメラでカバーする。打撃音(acoustic impact)が録音されると、数分前にさかのぼるから、衝突とその種に関する情報を提供することになる。通常の飛翔と回避率に関連して発生する衝突を評価することが可能になるため、鳥類の飛翔と回避行動も測定して、記録された衝突と関連づけることとした。

今回は、米国と欧州で開発中もしくは利用可能な技術に焦点を絞りつつ、WT-Birdによる改良技術の結果をまず最初に紹介する。予備的なデータだが、衝突数、衝突事象の時刻分布、そして鳥類種の状況について説明する。衝突時における鳥類の飛翔は、サイトにおける飛翔パターンと同様である。衝突数の結果は、回避率と衝突リスク計算値と比較する。

この研究を通して、洋上風車で鳥類衝突を測定するためには、音響ならびに光学による探知デバイスの利用が進むだろう。今回の結果は、類似の計測デバイスで最初であり、衝突リスク計算モデルとの相互検証にも有益である。

●Radar assisted shutdown on demand ensures zero soaring bird mortality at a wind farm located in a migratory flyway (渡り経路に位置するウィンドファームにおいてソアリングする鳥類の死亡率をゼロにさせる運転停止のレーダ支援システム)

(抄訳)

バラオ・ジョアオ・ウィンドファーム (25基風車) は、南西ポルトガルに位置しており、国際的にも渡り経路の重要である。秋には、30種を越える鳥が約5000個体通過する。ウィンドファームの許認可は、厳密な緩和措置の実施であり、具体的には、デマンド(RASOD)プロトコルによるレーダによる運転停止であり、衝突による鳥類死亡のリスクを低減させるものである。

周囲の安全性は、ウィンドファームに接近するソアリングする鳥類をレーダで発見することで支援される。貴重種がいたり、渡っている場合のように予め決められた基準に適合した場合、風車は運転を停止する。風車の停止は、モニタリングチーム(MT)によってリクエストがあったとき管理者によって実施されるか、あるいはモニタリングチーム(MT)によって直接停止される。

年間のソアリングによる平均渡りは、回数にして3400回程度であり、延べ27000個体である。渡りのうち72%、個体の43%は、衝突リスクとなる高度であった。ソアリングする経路を地図上に落としたところ、おおむね1550個体が衝突のリスクが高かった。しかしながら、RASODを用いたところ、秋季のべ4回でソアリングする鳥類の衝突死亡は皆無であった。この結果は、何種かの絶滅危惧種や、ハゲワシの渡りの大群が、これまで風車に衝突しやすい種といわれていたが、この地域を(うまく)すり抜けていった。

レーダの使用は、実施する側の効率—鳥類の早期発見、飛翔経路の追跡予測の改良を一可能にさせる。運転停止の約40%は、最初の発見がレーダによる鳥類存在によるものだった。

平均的な年間停止は、徐々に減少しており、初年度の停止は105時間で、2013年には44時間に低下した。これはモニタリングチームが、SCADAを通して運転停止を直接制御しているためだ。停止期間は、年間の風車稼働時間の0.5~1%以下である。運転停止の半分は、風速が5m/s以下であり、これは(風速が弱いことから停止しても)発電損失は僅かである。

今回の結果は、発電とソアリングする鳥類保護という対立構造がある場合、RASOD 有益なツールになりうることを示している。

●Operational mitigation reduces bat fatalities at the Sheffield wind facility, Vermont (バーモント州シェーフィールドウィンドファームにおけるコウモリ類の死亡率を低減させる運転緩和措置)

(抄訳)

北アメリカのエネルギー設備において風車はコウモリの死亡に貢献してしまう。ある場所—北東部の森林地帯—で、その死亡率は極めて高い。結果として、保護論者は、緩和措置なしで死亡が継続してしまうと、累積的な個体群レベルの影響について、懸念を持ち続けてしまうことになる。

今回の研究は、運転による緩和措置であり、それは風車のカットイン速度を上げて、コウモリ類の死亡を減らすことであり、つまり用いるのは風速だけである。コウモリ類の行動は、気温、風速そして一日の時間帯等で大きく変動する。我々の目的は、コウモリ類の死亡を効果的に減少させるため、活動の活発な条件（気温と風速）を運転緩和計画に結びつけるものである。

調査は2年間で、2012年の春から2013年の秋にかけて実施され、16基の風車のうち、8基の風車がランダムに選択され、そこではカットイン風速を6.0m/sとした（残りの半分は4.0m/s）。調査は、風速が6.0m/s以下で気温が9.5度を超えたとき、日没1時間前から日の出までの間で実施した。

推定死亡数はソフトウェア、U.S. Geological Survey's Fatality Estimator softwareを用いた。2012年の推定死亡数は、運転制御なしが風速による運転制御したものに比べ、2.7倍高かった。つまり60%の低減効果となる。2013年においては、1.5倍であった。2013年に死亡したコウモリ類はほとんどなく、サンプルサイズも小さくなったので、統計的な検出力の限界であった。解析は現在も継続しており、気象条件（気温と風速）の組み合わせによる識別によって、稼働緩和措置による死亡数の減少効果を最大化させる。我々は、このような稼働制御は、ハイリスクの期間を通じて、コウモリ類の個体群への累積的影響を緩和する措置として推奨する。

●Discriminating birds from noise in bird radar data from an offshore wind farm (洋上ウィンドファームにおけるレーダデータから鳥類とノイズの識別)

(抄訳)

陸上に比べれば、いくつかの明らかな理由によって、洋上風力発電における衝突数の把握は非常に難しい。バンド(2012)は、衝突リスクを評価するため、モデル計算式を示した。この計算結果は、風車タービンの特性、鳥類サイズと飛翔、回避率と鳥類の飛翔頻度

(flux) を用いる。

垂直回転させるレーダは、ある幅のレンジと高度に沿って、鳥類の飛翔行動を連続的なデータとして取得でき、結果として、鳥類の高度と飛翔頻度について検討することが可能になる。このようなレーダは鳥類を記録するだけでなく、降雨、波浪、船舶さらに風車タービンまで記録される。このようなエコー群は「クラッタ」を呼ばれる。ある海域における鳥類の飛翔頻度を精度良く評価するには、レーダのデータ群から、これらクラッタを効率的に除去することが必要である。

今回の目的は、(1)データマイニング等によって、効率的にクラッタを削除する解析的手法の開発、(2)あるウィンドファームにおいて高度別の鳥類飛翔頻度の判定（連続的処理）で、結果的に衝突リスクをリアルタイムで計算する。今回は、メーリン・鳥レーダ・システム（DeTect Inc）を使用し、2013年10月からデータを取得し始めた。

対象群の区別を開始するため、全てのレーダデータについての信頼性のある参照レーダデータ（リファレンス）が必要となる。新たなソフトウェア（メーリンエディタ）を用いて、手動で異なる対象（たとえば、風車、降水、サイドローブおよび鳥類）を選定し、それぞれのデータベース群として格納した。これらの参照データは、実際に鳥類と他のオブジェクトどうしを区別するための変数として認識される。これらの変数は、異なるデータマイニング技術を用いて識別され、調査者がデータベース群からクラッタを分離するフィルター条件を作成することができる。そののち、同じフィルター条件のアルゴリズムで、データベース群に保存されたデータを自動的に識別していく。

識別されたデータは、ウィンドファーム海域において鳥類の飛翔頻度と飛翔高度の精度の良い評価となる。衝突リスクは、ロータ回転高度における飛翔頻度を用いてリアルタイムで計算される。データ処理は、現在も進行中で、2014年の秋以降、様々な高度の鳥類頻度の信頼性のある判定が可能になっている。

●Determination of macro, meso and micro avoidance rates for seabirds using a novel combination of radars, cameras and rangefinders（レーダ、カメラ、双眼鏡という新たな組み合わせによる海鳥のマクロ、メソ、マイクロ回避率の算定について）

（抄訳）

洋上風車における海鳥の回避率に関する情報は、必要とされるけれどもほとんど見あたらない。ORJIPの鳥類衝突に関する回避研究プロジェクトは、カーボントラストの支援を受けて、新たな洋上ウィンドファームにおける影響を知るために、衝突と回避率の観点から調査結果を検討した。調査は、タンネット・洋上ウィンドファーム（英国）である。調査は、多様なスケールで、衝突影響と回避行動の調査を組み合わせる形で実施した。2014年夏から、プロジェクトは、高解像度のデジタルカメラ（光学/赤外）、レーダ、レーダの距離計の技術を組み合わせることで、海鳥の衝突影響とマクロ、メソ、およびマイクロの回避行動をモニタリングした。TAD'sカメラシステムは、ウィンドファーム周辺での監視・高解

像度レーダ、レーダ距離計との組み合わせ、監視レーダシステムのデジタル通信として用いた。ウィンドファームの検知システムは、鳥類種レベルで、マイクロ回避行動と衝突事象を自動的に記録した。さらにウィンドファーム周辺での回避システムは、メソおよびマクロの回避行動および飛翔高度に関するデータを収集した。観察者によるレーダと大部分のレーダ距離計による追跡データは、種レベルで収集された。空間を考慮した飛翔高度のモデルは、モニタリング結果について、異なるレイアウトを持つ他のプロジェクトのように異なる気象条件となる他の地域（あるいはサイトでも）飛翔高度の外挿という形を可能にする。ORJIP プロジェクトを通じたデータの収集は、2016 年の終わりまで継続され、海鳥の種にとって、マイクロ、メソ回避率の観点から、有益なかつ詳細な情報を提供することで、衝突リスクモデリングが改良されることが期待できる。

● X-band radar as a tool for evaluating the behaviour and movement of bats for wind-power development (風力発電におけるコウモリ類の挙動を推定するツールとしての X バンドレーダ)

(抄訳)

風車における希少なコウモリ類の行動パターンについて研究することは、土地利用の際、それらの個体群の脆弱性を評価するうえで重要である。影響を受けやすいコウモリ個体群保全の評価と望まれるメンテナンス（稼働調整？）が、欧州で期待されている。コウモリ類の行動パターンを調べる現在のツールは、解像度は良いのだが、探知距離が通常 10~20m と極めて短いため、同時に目視観察（IR カメラなど）と音声調査を併用しているものの個体識別は困難となる。VHF テレメトリであれば、広域調査が可能になるが解像度が悪くなる。この場合、個体は識別可能だが、個体群としての行動に関する情報はほとんど得られない。X バンドレーダは、数キロという空間スケール、高い解像度で、個体の群れの行動パターンを調査する能力を持つ。我々は、X バンドレーダを、縦回し/水平回しすることで、これらの可能性を検討した。車載可能な X バンドレーダで調査を実施した。

垂直スキャンでは、ユーラシアヤマコウモリの巣に接近して、飛翔高度を調査した。だいたい高度は 100m 程度であったが、なかには 800m で観察された個体もあった。さらに、夜間空間で飛翔する個体群から、採餌をおこなう行動を識別できた。現在の垂直スキャンは、小型から中型サイズのコウモリ類を識別し、樹木などのクラッタノイズに接近して飛翔するコウモリ類を識別する可能性を持つ。

X バンドレーダは、ウィンドファームでのコウモリ類の調査において非常にパワフルなツールとなることが明らかになってきた。とりわけ、土地開発に伴うコウモリ類の飛翔行動パターンを BACI の統計処理で対応できる。

今後は、この調査手法を確立し、鳥類以上に問題を抱えるコウモリ類について適用していくことになる。

● After construction changes in bird migration patterns at an offshore wind farm (洋上風力発電が建設された後の渡り経路のパターンについて)

(抄訳)

2003年以降、ドイツの洋上風車である FIN01 と FIN03 について、洋上風車による影響の評価のため数多くの研究プロジェクトが実施されてきた。

FIN01 では、日中の鳥類調査から、鳥類種の大部分は、ウィンドファームの近傍で回避するから衝突リスクは低いものの、おそらく回避行動により多くのエネルギーを消費することが示唆された。

さらに海鳥は、採餌場（ハビタット）を失う。時に、ウィンドファームをすり抜けるが、衝突は発生していない。いくつかの種は、生物地理学的に見積もって、年間、その 1% 以上の個体数が、FIN01 周辺海域を通過すると推定された。

夜間の鳥類の動きは、レーダ、カメラシステム及び音声録音で調査された。レーダ画像から、ウィンドファームの建設後に、FIN01 での夜間における鳥類の動きが増加したことが示された。同時に、建設後、これまで何夜も確認されたツグミ類の鳴き声が減少した。よって、建設後に FIN01 で発見された死骸鳥類の合計は、有意に減少した。ウィンドファームは、12 の照明灯（OWT）が設置されており、以前の単独の調査プラットフォームよりも明らかに鳥類を誘引することになった。鳥類が誘引されるのは、調査プラットフォームよりも、ウィンドファーム全体となるが、結果的に広域に分散するから、単一のプラットフォームよりも、集中は減少するのかも知れない。

いくつかの技術的理由によって一気象条件、大部分の渡り鳥類が小型サイズであること、さらにカメラとの間に相当な距離があることにより発見率が低下する一我々は、直接目視による衝突の観察は出来なかった。

従来、あらゆる気象条件において衝突を検知できるような技術は存在しなかった。だから夜間の渡りや鳴かない（あるいは滅多に鳴かない）鳥類に関する情報はほとんどなかった。鳥類の定位性能力は、ほとんど理解されていなかった。結局のところ、存在する影響は種の特異的な衝突リスクにつながるもので、それは局所的な気象条件によって時間的、空間的に変動するものだ。おそらく、衝突の大部分を防ぐためには、数夜の短期間において、ウィンドファームに緩和措置を実施すれば十分であると思われる。これは、局所的な渡りと気象条件の十分な情報を必要とするだろう。ただし、複数のウィンドファームによる累積的な影響に着目する場合はさらなる調査が必要となるだろう。

● Is the modification of safety lights a suitable mitigation measure to reduce bird collisions at offshore structures? (航路照明の改良は、洋上構造物への鳥衝突を低減させる緩和措置となるか)

(抄訳)

船舶と航空機の安全を確保するため、洋上風車は、夜間にウィンドパークで照明を点灯

させる。鳥類の衝突は、夜間が圧倒的に多い。悪天候の間、建造物の照明は鳥類を誘引させる。風車群の現在の許認可については、渡り鳥への影響を最小化するための制限条項がある。このタイトルの答えは、もしこれらの照明群が他の照明群より鳥類を誘引しなければ、洋上風力エネルギーによる環境に優しい使用として推奨することができる。

ウィンドファーム「アルファ・ベントス」にほど近いプラットフォームの FIN01 において建設前後で鳥類の死骸数を比較したところ、建設後の死骸数は有意に少なかった。これに対して、レーダ調査は、鳥類の飛翔の増加を示唆している。12 の照明 (OWT) を設置しているアルファ・ベントスは、変電所であり、FIN01 は、明らかに変電所のプラットフォームに比べ多くの鳥類を誘引した。一見すると、単一のプラットフォームよりもウィンドファーム全体のほうが鳥類の集積を低減させるように見える。我々は、渡りに良好な気象条件であれば鳥類への影響はほとんどないと考えるが、反対に悪天候、アルファ・ベントスと FIN01 の相互作用によって、より多くの鳥類を誘引し、FIN01 単独よりも高い衝突リスクが生じる。

照明による誘引が、鳥類の航法技術に及ぼす影響については、ほとんど理解が進んでいない。さらに、照明の強さと色彩の重要性については不明な部分として残されている。

これを明らかにするため、照明の組み合わせによる鳥類の誘引について調査を実施した。沿岸において、鳥類の飛翔行動を確認するため、サーマル画像による LED 照明とビデオカメラを設置した。照明の色彩、強さ、点滅間隔は、国際・国内の保安規定に従って自動的に処理した。我々は、数万個体の鳥類が照明に誘引されるのを発見した。さらに試験的に飛翔時の鳴き声とレーダも用いた。統計モデルを作成するにあたり、説明変数としてさらなるパラメタ（雲量など）を加えている。

### 手引きの更新に資する鳥類 BS 防止に資するシステム開発

大会開催時にシステム開発ブースが展示されており、その中に、手引きの更新に資する（バードストライク防止に資する）システム開発商品が展示されていたので、これらについて概括する。

DeTect 社

#### 【会社概要】

航空、環境保護、風力エネルギー、天候や風況調査などの、レーダーのリモートセンシング技術を専門とする。

#### ◆MERLIN（開発商品）

MERLIN レーダーシステムは最も広く使用され、世界で 90 以上のシステムが導入されている。

- Aircraft Birdstrike Avoidance Radars

航空交通管制官、パイロットや空港運営者に対するバードストライクリスクをリアルタイムで警告するシステム。8マイル（約 13km）以内の鳥を 3D で検出可能。完全リモートでディスプレイ及びコントロールが可能。アメリカ空軍、NASA 及び各国の空港で使用実績あり。

- Bird Control Radar Systems

発電所等における鳥保護システム。XバンドとSバンドのドップラーセンサーから構成される。霧、降雨や降雪といった気象条件やあらゆる地形で対応可能。鳥類やその他の野生生物を自動的に検知し、非致命的な手法（プロパンガス砲など）で追いはらう。

- Avian Radar Systems

鳥又はコウモリ調査や研究、死亡リスク分析、生息地や渡りの研究、モニタリング、死亡リスクの調査などに広く用いられる、レーダーシステムである。風力発電事業においては、鳥保護のため、タービンを自動的にアイドル状態にさせておくことが可能。サーマルカメラ、バット検出器、昆虫検出器、垂直プロファイラ音響モニターのような追加のセンサを統合させることが可能。

- ◆ RAPTOR（開発商品）

- Radar Wind Profilers

ドップラーレーダーによる高度別の風況調査システム。

- ◆ HARRIER（開発商品）

- Visual Warning Systems

ウィンドファーム、通信塔、送電線の周囲で、レーダーで自動的に航空機を検出し、障害物の照明を点灯させ警告するシステム。

- Security & Surveillance Radars

空域及び海域におけるレーダーシステム及びセキュリティネットワーク。航空機や無人航空機、船舶等の侵入に対し、自動的に警告する。

Dtbird 社

### 【会社概要】

Dtbird とは、再生可能エネルギーに特化した大手スペインの環境コンサルティング会社である Liquen 社の商標である。

Liquen Consultoria Ambiental, S.L. (<http://www.liquen.es/eng/indus/vigila.htm>) は、2003 年の 1 月に Agustín Riopérez Postigo 及び Javier Diaz Diaz の生物学者によって設立され、2005 年から Dtbird のシステム開発が開始された。

--- これまで ---

2005年 システム設計及び研究計画。

2006年～2008年 スペインの地方行政と環境自然保護団体と共同で検出モジュールの開発。

2008年12月 スペインの Science and Innovation 省が計画を承認。

2009年3月 ウィンドファームに検出モジュールの設置。

2009年12月 諫止モジュール、インターフェイス及びデータベースをリリース。

2010年1月 ウィンドファームに諫止モジュールを設置。

2010年10月 衝突制御モジュールをリリース。

2010年11月 ウィンドファームに衝突制御モジュールを設置。

2011年3月 停止制御モジュールをリリース、ウィンドファームに設置。

2012年3月 DTBird データ分析ウェブプラットフォームをリリース。

### 【主なサービス】

鳥類モニタリング：検出モジュール

風車等への衝突による鳥類死亡率の削減：諫止モジュール・停止制御モジュール

鳥類衝突制御：衝突制御モジュール

### ◆検出モジュール

高解像画像（4HD）分析に基づき、連続的に監視領域（360°）を監視し、リアルタイムで飛ぶ鳥を検出し、データの記録及び分析を行う。

- ・リアルタイムで鳥類を検出する。（1秒以内）
- ・風車から150メートルの半径を飛んでいるすべての鳥のうち、86～96%を検出可能。風車から300メートルの半径では76-92%を検出可能。ノルウェーの研究機関であるNINAによって報告されている。

- ・全飛翔をビデオ録画及び録音。
- ・50ルクス以上で日の出から日の入りまで稼働。
- ・数メートルから1.5kmまで広い範囲で検出可能。
- ・小さなスズメ目からの大きな猛禽類まであらゆる種類の鳥類を検出可能。
- ・記録から鳥類を同定。
- ・環境変数（気温・降雨・風速・風向・日射）を記録。
- ・2D及び3Dにおける鳥飛翔追跡のデータが利用可能。
- ・強風、雨、雪と少し濃い霧などの厳しい環境条件でも稼働可能。
- ・風車（陸上及び洋上）、気象観測塔、マスト、送電線、ビルなどに簡単に設置可能。
- ・低消費電力。40Wから連続モニタリング。
- ・メンテナンス頻度も低い。

#### ◆諫止モジュール

4つのスピーカーから、衝突の危険が高い領域を飛翔する鳥に対しては警告信号を発し、衝突の危険が非常に高い領域を飛翔する鳥に対しては諫止信号（不快な信号）を発する。

<https://www.youtube.com/watch?v=Bj3sYLpuhAk&feature=youtu.be>

- ・ 衝突リスクに応じ、リアルタイム（2秒未満）で警告信号と諫止信号を出す。
- ・ 目的とする鳥類種の感受性と法的要件により、信号の強さを調整。
- ・ 風車（陸上及び洋上）、気象観測塔、マスト、送電線、ビルなどに簡単に設置可能。
- ・ ウィンドファームでは稼働時のみに警告信号と諫止信号を出す。
- ・ ウィンドファームでは潜在的な停止回数と時間的長さを削減する。（必要な場合）
- ・ 年間平均一日当たり 60 秒以下の信号を誤発射。

対象 衝突の危険が高い領域 衝突の危険が非常に高い領域

ワシ及びコンドル

（翼長 170cm 以上） 風車から半径 200～100m 風車から半径 100m 以下

小型～中型の猛禽類

（翼長 170cm 以下） 風車から半径 75～150m 風車から半径 75m 以下

渡り鳥 大型：風車から半径 200m

中～小型：風車から半径 150m 大型：風車から半径 100m

中～小型：風車から半径 70m

#### ◆停止制御モジュール

自動的停止により、風車への鳥の衝突を削減するために開発されたシステム。

- ・ 衝突リスクの高い飛翔をリアルタイムで検出し停止させる。
- ・ 衝突リスクの高い飛翔が発生したところの風車のみを停止させる。
- ・ 停止を自動的にメールで通知。（1 通目のメールで開始時刻、2 通目のメールで時間と終了時刻。）
- ・ 衝突リスクの高いエリアにおける鳥の実際の飛翔時間の長さに応じて短期間（1 分半～2 分間）の停止が可能。
- ・ 法的な要件および目的とする種やグループ（渡り鳥の群れ、ワシ、猛禽類、中型から大型の鳥類、スズメ目）に対し調整可能。
- ・ 衝突リスクが消失した場合に風車を自動的に再起動させて、発電損失を最小限に抑えるよう調整可能。
- ・ 種の同定や鳥類の行動分析のため、停止毎にビデオやデータを記録。

#### ◆衝突制御モジュール

風車やその他の構造物への鳥類の衝突を登録するために開発されたシステム。

- ・ メールで潜在的な鳥の衝突を自動的に警告。
- ・ 衝突リスクの高いエリアにおけるすべての鳥の飛翔をビデオ記録。
- ・ ビデオ録画のレビューから衝突や鳥類の同定。
- ・ 風車では、ローターの受風面積エリア（360°）をモニタリング。
- ・ 風車（陸上及び洋上）、気象観測塔、マスト、送電線、ビルなどに簡単に設置可能。

#### ◆ データ分析プラットフォーム

オンラインのソフトウェア。

- ・ 鳥の飛翔、環境条件、DTBirdの動作などの記録にアクセス可能。
- ・ 飛翔分析ツール
- ・ プラットフォームへのアクセスは2段階（閲覧のみ、閲覧及び分析可能）の権限設定が可能。

#### 【実績】

（2015年3月現在）

DTBird：8カ国における15カ所のウィンドファームで実績あり。

フランス・ポーランド・ギリシャ・スペイン・イタリア・スイス・ノルウェー・アメリカ合衆国（モンタナ州）

DTBat：ポーランド・スイスで実績あり。

Robin社（Radar Observation of Bird INTensity）

#### 【会社概要】

ROBINは1980年代にオランダの研究所TNOで、レーダーによるオランダ空軍のバードストライク防止のプロジェクトとしてスタートし、2010年の夏に企業として独立した。設計、開発、生産を一括管理する。

#### 【主なサービス】

これまでは船舶レーダーが主流であったが、ROBINのFMCW（Frequency Modulated Continuous Wave）レーダーは、鳥を検出するために特別に設計・構築された、世界初のレーダーである。

- ・ 周囲の3Dデータ（位置、方向、速度と高さ）を取得可能
- ・ 羽ばたき頻度の記録（種の特定に利用）
- ・ リアルタイムのクラッター（地面、海、降雨からの不要な反射）フィルタリング機能

- ・モニタリングシステムにリンクさせ、個別の風車を自動的にシャットダウンさせることが可能

- ・ユーザーフレンドリーインターフェース

「Robin Visualizer」により異なるフィルタの結果を表示可能。

追跡は「Tracking Algorithm」を使用。同じ対象物に由来する異なるプロットを結び、鳥の飛行経路を赤線で示し、黄色の線で速度を示す。対象物の周囲の円の直径は、そのサイズを示す。ユーザーは背景として、マップやGoogle Earthを選択可能。

- ・リモートアクセス及びコントロールが可能

- ・設置から、テスト、アップデートやメンテナンスまで幅広く製品をサポート

#### ◆2D モバイルシステム

車に搭載された水平方向のSバンドレーダーから構成される。周囲20km以内の水平方向における鳥の位置、方向、速度及び経路が昼夜で識別可能。発電機搭載。リモートコントロールが可能。

#### ◆3D 固定式システム

垂直方向のXバンドレーダーと水平方向のSバンドレーダーで構成される。

水平方向のSバンドレーダーは10km以内の鳥の位置、方向、速度及び経路が昼夜で識別可能。垂直方向のXバンドレーダーは約5km以内の1方向における領域をカバーする。

#### ◆3D フレックスシステム

Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) レーダーと水平方向のSバンドレーダーから構成される。水平方向のSバンドレーダーは10km以内の鳥の位置、方向、速度及び経路が昼夜で識別可能。

- ・Staring モード：1方向における3.5km以内の対象物を識別。

- ・Tracking モード：対象物をロックオンし、追いかける。

- ・Flux モード：FMCW レーダーを垂直方向にかつ自身の軸を中心に回転させる。FMCW レーダー及びSバンドレーダーから全方向の3D情報が取得可能。

#### ◆軍用XL 調査システム

空軍の低空演習中のバードストライク等を防止するため、150km以内の鳥を検出するシステム。

### 3.4.2 手引きの更新（衝突リスク解析 [計画時]）

#### 手引きの計算法に残された課題

平成 25 年に由井・島田（2013）による論文「球体モデルによる風車への鳥類衝突数の推定法」が公開された。論文では、「手引き」の衝突確率モデルによる衝突数の計算法が過小評価されることを指摘した上で、新たな計算法を紹介している。

これを受けて「手引き」の計算法を再検討することとした。手引きでは「今回は軌跡頻度（数）を用いたが、軌跡長を用いることも考えられる。今回の場合、・・・（略）・・・頻度比とほぼ同一であったため、前者を採用した。」（手引き 5-31 頁）としており、後者（軌跡長）は検討していなかった。以下に検討結果を示す。

ある飛翔軌跡を想定する。その軌跡数を  $n$ 、軌跡群の合計長を  $L$  とおく。このとき平均軌跡長は  $L_{ave}=L/n$  である。調査対象区域の面積を  $S$  とし、ブレード半径  $r$  の 1 基の風車を建設すると仮定する。このときのブレード回転面積は  $\pi r^2$  となる。なお、 $S > \pi r^2$  という条件である。風車通過時に接触する確率（回避率を含む） $P$  とする。

まず、「手引き」の考え方に沿って衝突数  $C_n$  を計算すると以下の通りである。手引きは、軌跡の「数」（ここでは  $n$ ）を用いて衝突数を計算するので

$$C_n = (\pi r^2 / S) * n * P \quad \dots \text{式(1)}$$

次に、「軌跡の長さ」（軌跡長）に注目して衝突数  $C_l$  を計算する。ここでブレードの通過数を、軌跡長÷ブレード回転直径 ( $2r$ ) と定義する。衝突数は

$$C_l = (\pi r^2 / S) * L (1/2r) * P \quad \dots \text{式(2)}$$

両者の衝突数を比較するため、式(2)÷式(1)とおくと

$$C_l / C_n = \{(\pi r^2 / S) * L * (1/2r) * P\} / \{(\pi r^2 / S) * n * P\} = (L/n) * (1/2r)$$

この比率が等しい ( $=1$ ) とおくと  $(L/n) * (1/2r) = 1$  から  $(L/n) = 2r$  となり  $L_{ave} = 2r$  が得られる。これは平均軌跡長 > ブレード直径の場合、すなわち  $L_{ave} > 2r$  のとき、衝突数は  $C_l > C_n$  であり、逆の場合、 $L_{ave} < 2r$  の場合のそれは、 $C_l < C_n$  であることを意味する。経験的に、猛禽類調査等の飛翔トレース長は、風車の直径よりも長くなることが多いので、軌跡「数」よりも軌跡「長」を用いることが妥当と考えられる。

しかしながら、本計算法を含む国内や海外で公表されている衝突数の計算法は、そのほとんどが野外調査による検証手続きを踏んでいない。そこで更新にあたっては、「軌跡数」と「軌跡長」を併記することとした。また、これまでの計算法では、調査対象地域の風車レイアウトを変更しても予測結果が変わらないことから、調査対象区域をメッシュ格子に分割し、それぞれのメッシュ毎に衝突数を計算することとした。メッシュサイズについては、各メッシュに 2M クラス風車が 1 基入る 250m を設定した。

以上を踏まえ、次頁以降に手引きの更新（案）を示した。

## 【原文】

### 3-5-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析

.....計画・調査・**解析**・保全・事後

衝突確率モデルを用いることで予測衝突数が得られることから、保全措置の検討や利害関係者間におけるリスクコミュニケーションが必要とされる場合、有効である。その際、解析にあたって採用した確率モデルやそのパラメタについての説明が必要である。数理モデルの取り扱いに不慣れな場合は、専門家の指導を受けることが望まれる。モデルの精度を野外で検証した例は少ない。予測結果を検証し、精度を上げるためにも、事後調査を実施する必要がある。

風車への衝突数を予測するため、衝突確率モデルがいくつか考案されている。それらのモデルの中では、対象とする種が風車の回転ブレードを通過しようとする時に、ブレードに接触(衝突)する確率を求めるものが使われる。Tucker (1996)の確率モデルが最も早く、それ以降、Desholm et al (2006)、Desholm & Kahlert (2005)、Smales & Muir (2005a)、Smales & Muir (2005b)、Smales (2006)、Band et al. (2007)、Whitfield (2009)、Whitfield & Madders (2006)等があり、日本でも、杉本・松田 (2008)がガンカモ類を対象にした衝突確率モデルを提案している(参考資料(11))。現段階(平成21年)で、汎用性の高いモデルは提唱されていないため、本マニュアルでは参考資料(11)に具体的な計算事例を紹介している。リスクコミュニケーションにおいては、解析にあたって採用した確率モデルや回避率等のパラメタについて十分な説明が必要である。モデルの精度を野外で検証した例は少ない。予測結果を検証し、精度を上げるためにも、事後調査を実施する必要がある。

## 【変更案】

### 3-5-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析

.....計画・調査・**解析**・保全・事後

衝突確率モデルを用いることで予測衝突数が得られることから、保全措置の検討や利害関係者間におけるリスクコミュニケーションが必要とされる場合、有効である。その際、解析にあたって採用した確率モデルやそのパラメタについての説明が必要である。数理モデルの取り扱いに不慣れな場合は、専門家の指導を受けることが望まれる。モデルの精度を野外で検証した例は**みあたらない**。予測結果を検証し、精度を上げるためにも、事後調査を実施する必要がある。

風車への衝突数を予測するため、衝突確率モデルがいくつか考案されている。それらのモデルの特徴は、対象とする種が風車の回転ブレードを通過しようとする時に、ブレードに接触(衝突)する確率等から、衝突数を求めるものである。**現時点で、計算手順が詳細に示されているのは、海外では Scottish Natural Heritage にある Bird collision risks guidance、国内では由井・島田 (2013)、Sugimoto & Matsuda (2011)がガンカモ類を対象にした衝突確率モデルを提案している(注<sup>1</sup>)。現段階(平成26年)で、モデルの精度を野外で検証した例はほとんどないため(注<sup>2</sup>)、本マニュアルでは参考資料(11)に具体的な計算事例を紹介している。リスクコミュニケーションにおいては、解析にあたって採用した確率モデルや回避率等のパラメタについて十分な説明が必要である。予測結果を検証し、精度を上げるためにも、事後調査を実施する必要がある。**

<sup>1</sup> 計算方法が詳細に説明されているもののみを紹介することとした。

<sup>2</sup> 少ない→ほとんどない に変更した

## 資料(12) 飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み

■■■■計画・調査・**解析**・保全・事後

作業概念図を 図 3-4- 83 に示す。解析にあたっては、GIS を用いて飛翔軌跡と風車位置に地理座標を与える。飛翔軌跡データには飛翔高度(L、M、H等)も調べられていることが条件である。ここでは高度 M のみを示す。

図中、灰色部分は調査区域であり、それを覆うように250m メッシュで分割した。メッシュ分割の理由は、第一に、改訂前の計算では「風車回転面積比  $P$  は、調査区域  $S$  に依存する。」(5-30 頁)ことから依存度を小さくすること、第二に、一般に飛翔軌跡調査で得られる軌跡密度は偏る傾向があるので、これを解決すること、第三に、飛翔軌跡調査のトレース誤差を解決するためである(注<sup>3</sup>)。

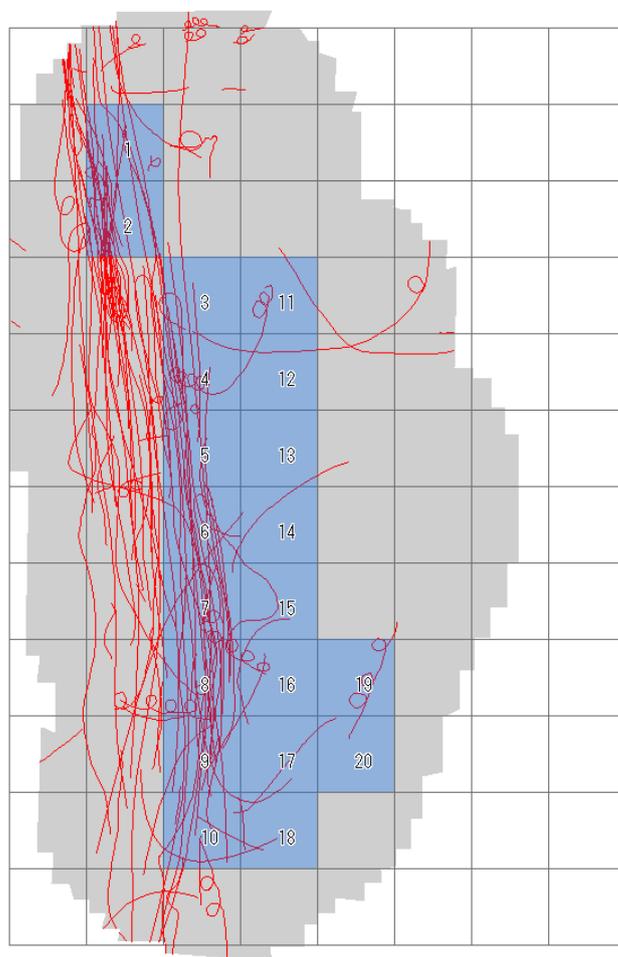


図 3-4- 83 GIS 解析から求める場合の作業概念図

(高度 M の飛翔軌跡を赤ライン、灰色は調査区域  
風車の建設予定メッシュに 1~20 の番号を付し、青網で囲んだ。メッシュ解像度は 250m)

<sup>3</sup> 前述したとおり、メッシュ解析を利用するため記載を追加した。

## データの準備

あるサイトにおいて、希少猛禽類（越冬個体）の現地調査を実施したものと仮定し、調査結果から年間衝突数の予測を試みる。予測を行うための諸元（調査日数、風車仕様、基数等）を表 3-4- に示す。稼働率とは、システムの発電可能な稼働時間率を表すもので、風車が運転している時間の合計を年間時間で割った値で、カットイン風速からカットアウト風速までの風速出現率の累積より求められる（NEDO『風力発電導入ガイドブック』2008 年）。同書に年平均風速から稼働率を推定する図が掲載されており（p67）、そこから年平均風速 6m/s、稼働率 80%と仮定した。

表 3-4- 24 予測のための諸元

パラメタ	概要
調査日数	延べ 16 日間（冬季、早春季各 4 日間×2 カ年）
風車基数	10
回転面の半径	25m
ブレード回転速度(rpm)	24rpm
設備利用率	80%

## 各メッシュにおける飛翔軌跡の整理(頻度、距離)

メッシュと飛翔軌跡（ラインデータ）を重複（インターセクション）させ、各メッシュにおける飛翔軌跡の頻度と距離（注<sup>4</sup>）を整理する。

<sup>4</sup> 飛翔距離からも衝突数を求めるため追記した。

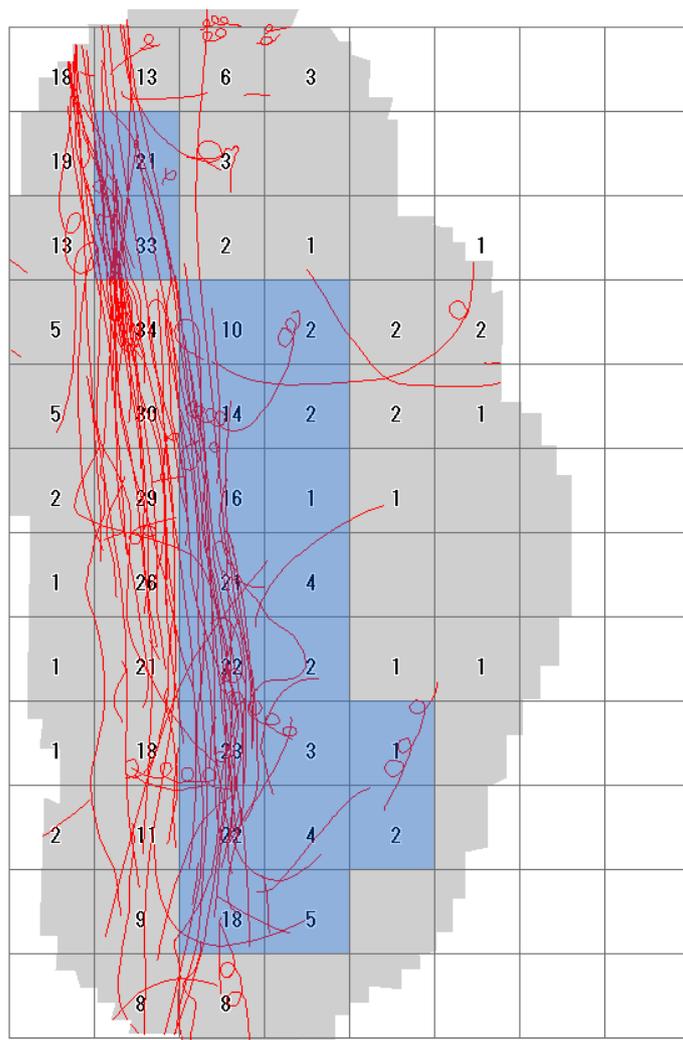


図 3-4- 84 各メッシュにおける飛翔軌跡の頻度

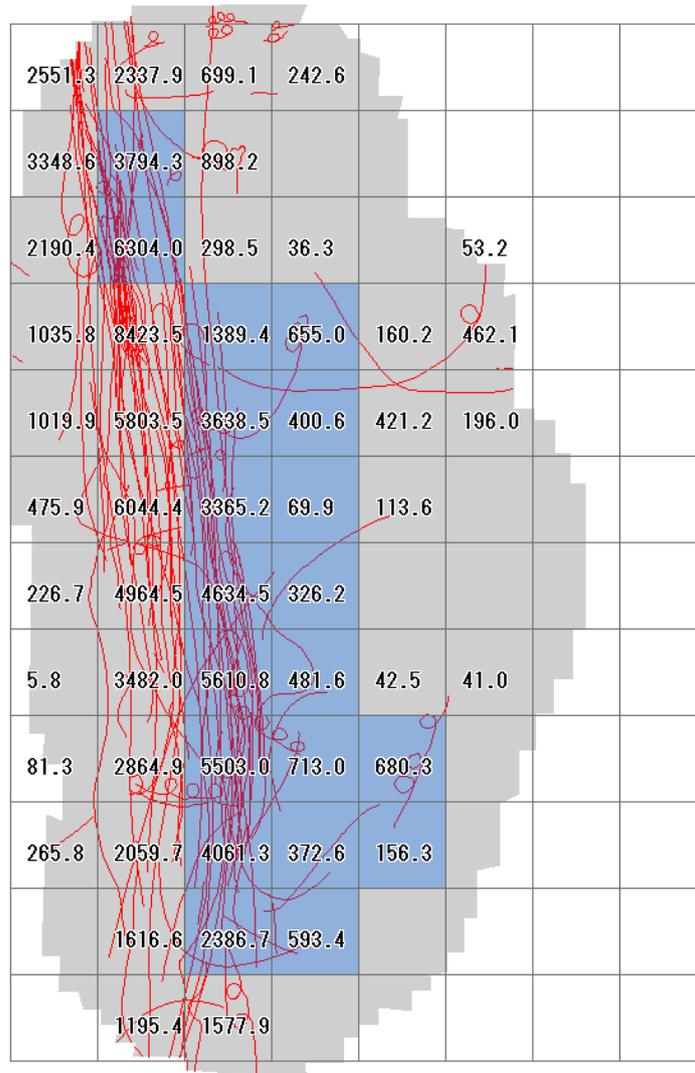


図 3-4- 85 各メッシュにおける飛行軌跡の距離

各メッシュにおける風車回転面積比( $P$ )の算定

各メッシュにおける風車の回転面積比 ( $P$ ) を得る。250m メッシュ面積  $S=62,500\text{m}^2$ 、風車の回転面積  $S_1=1,962.5\text{m}^2$ 、回転面積比 ( $S_1/S$ )  $=0.0314$  (約 3.4%) である。なお、由井・島田(2013)ではこれを体積比として扱っており、体積比 (球体/高度  $M$  メッシュ体積)  $=2\%$  である (注<sup>5</sup>)。

接触率 ( $T$ ) の算定

図 3-4- 86 に概念図を示す。ブレードを垂直の回転面と見なしたとき、希少種がその面を通過する時間 (通過時間) は、鳥類の先端部から末端部が通過するのに費やす時間である。これは対

<sup>5</sup> メッシュ解析のため、1メッシュに1風車が含まれると想定して計算を行うことを追記。

象鳥類の飛行速度がわかれば得られる。希少種の全長を 80.5cm (0.805m) とし、飛行速度については、文献やセオドライト調査等から平均 10.6m/s と仮定すれば、0.805m進むのに費やす時間は、 $0.805/10.6=0.076$  秒 $\approx$ 0.08 秒である。

表 3-4-24 に示した諸元から、希少種がブレードを通過するのに費やす時間内に、ブレードが回転する面積（掃過域：Sweep Area）を求め、全面積に対する比率を、接触率（ $T$ ）と定義する。諸元から、風車の回転面積 $=25 \times 25 \times 3.14=1962.5\text{m}^2$  である。0.08 秒間に回転する面積（掃引域：Sweep Area）を求めるには、その時間内におけるブレード先端部分の移動距離がわかれば、それを底辺とし高さを半径とする三角形の面積で近似できる。ブレード先端部分の移動速度(m/s) $= (25 \times 2) \times 3.14 \times 24$  (回転/分) /60 秒 $=62.8\text{m/s}$ 、0.08 秒間に回転する面積 $= (0.08 \times 62.8 \times 25 \times 0.5) \times 3$  枚 $=188.4\text{m}^2$  である。したがって、0.08 秒間に占有される面積 $=188.4/1962.5=0.096$  で、これが希少種の接触率（ $T$ ）である。

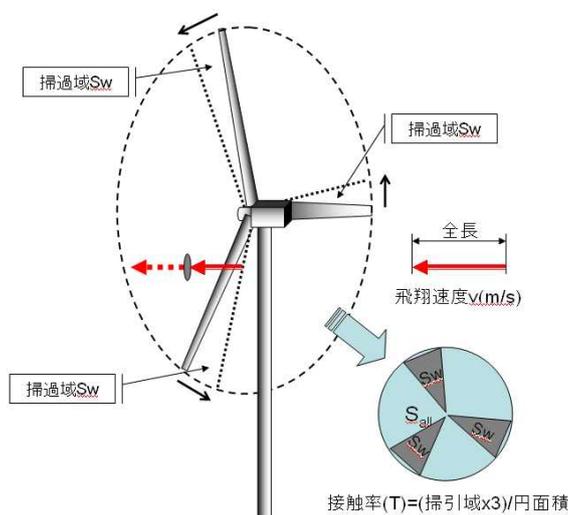


図 3-4-86 接触率の概念図

#### 各メッシュにおける年間飛行頻度・距離の推定

飛行軌跡頻度・距離は越冬時期の 16 日間の調査結果である。希少種の越冬季間を 10 月～翌年 3 月の 6 ヶ月 (180 日) とみなせば、越冬季間における各メッシュの飛行軌跡頻度・距離は (180/16) 倍することで得られる。なお、これは調査で得られた飛行軌跡「数」や「距離」を調査日数で除し、1 日あたりの飛行軌跡数・距離を得て、滞在日数を乗じる形となっている。目視範囲に見落としがなく、全メッシュの観測回数は同一であることを仮定している。これらが異なる場合、補完作業等の工夫が必要になる（注<sup>6</sup>）。

<sup>6</sup> 目視調査に見落としがあつたり、特定調査域で調査回数が増えた場合は、統計モデル等による補完が必要となるため、追記した。

#### 各メッシュにおけるブレード通過回数(頻度の場合:F)

年間飛翔頻度を風車回転面積比(P)で除すことで得られる。

#### 各メッシュにおけるブレード通過回数(距離の場合:L)

年間飛翔距離を風車回転面積比(P)で除し、さらにブレード直径で除すことで得られる(注<sup>7</sup>)。

#### 各メッシュにおける予測衝突数(回避行動を考慮しない)

##### ・頻度の場合

年間衝突率(C) = T(接触率) × F(頻度から求めたブレード通過回数) × R(設備利用)

##### ・距離の場合(注<sup>8</sup>)

年間衝突率(C) = T(接触率) × L(距離から求めたブレード通過回数) × R(設備利用)

#### 各メッシュにおける予測衝突数(回避行動を考慮する)

回避率 $A_v$ は、後述する既存文献から0.95とみなすと、年間衝突数(回避しない場合)に(1- $A_v$ )を乗じて得られる。

##### ・頻度の場合

年間衝突率(C) = T(接触率) × F(頻度から求めたブレード通過回数) × R(設備利用) × (1- $A_v$ )

##### ・距離の場合(注<sup>9</sup>)

年間衝突率(C) = T(接触率) × L(距離から求めたブレード通過回数) × R(設備利用) × (1- $A_v$ )

たとえばエクセルの場合、各メッシュの衝突数は、以下の式で計算できる。

=稼働率\*接触率\*(回避率)\*通過回数\*(滞在日数/観測日数)\*((風車基数\* $\pi$ \*半径<sup>2</sup>)/250m格子面積)

##### ・頻度の場合

=0.8\*0.096\*(1-0.95)\*軌跡頻度セル\*(180/16)\*((1\*PI()\*25<sup>2</sup>)/250<sup>2</sup>)

##### ・距離の場合

=0.8\*0.096\*(1-0.95)\*(軌跡距離セル/50)\*(180/16)\*(1\*(PI()\*25<sup>2</sup>)/250<sup>2</sup>)

<sup>7</sup> ブレード直径で除す理由は、最も分かりやすいと考えたためである。由井・島田(2013)は、球体の平均通過距離を用いており、その意味では円内の平均通過距離(円面積÷直径)でも良い。

<sup>8</sup> 距離計算と併せて、エクセル等の計算例を追記した。

<sup>9</sup> 距離計算と併せて、エクセル等の計算例を追記した。

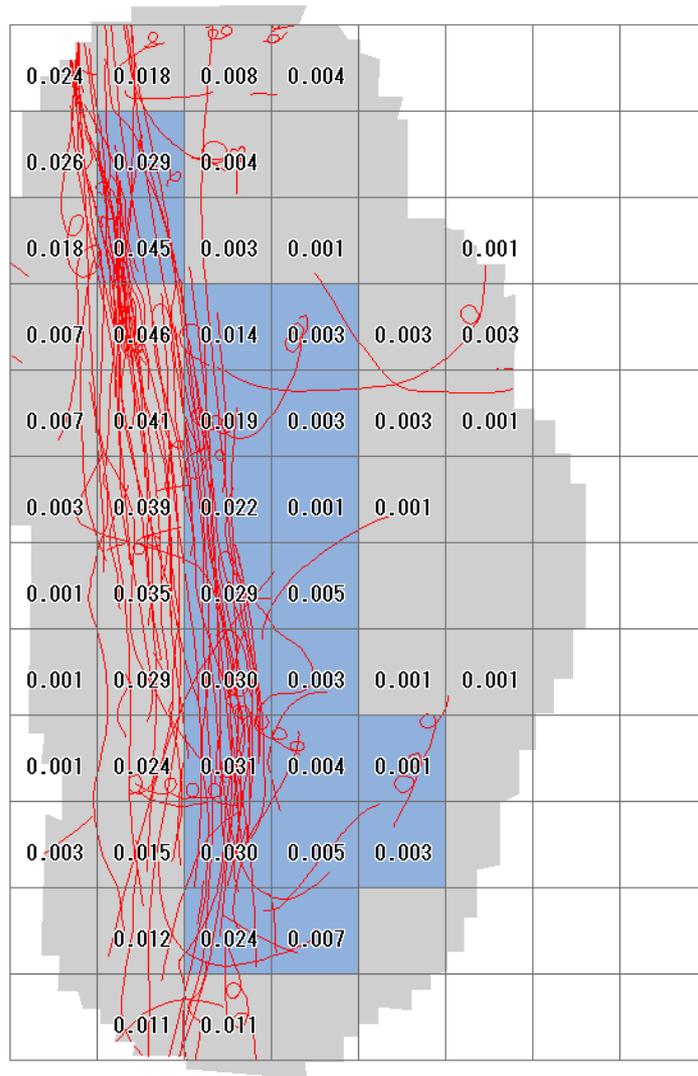


図 3-4- 87 各メッシュにおける予測衝突数(頻度による)

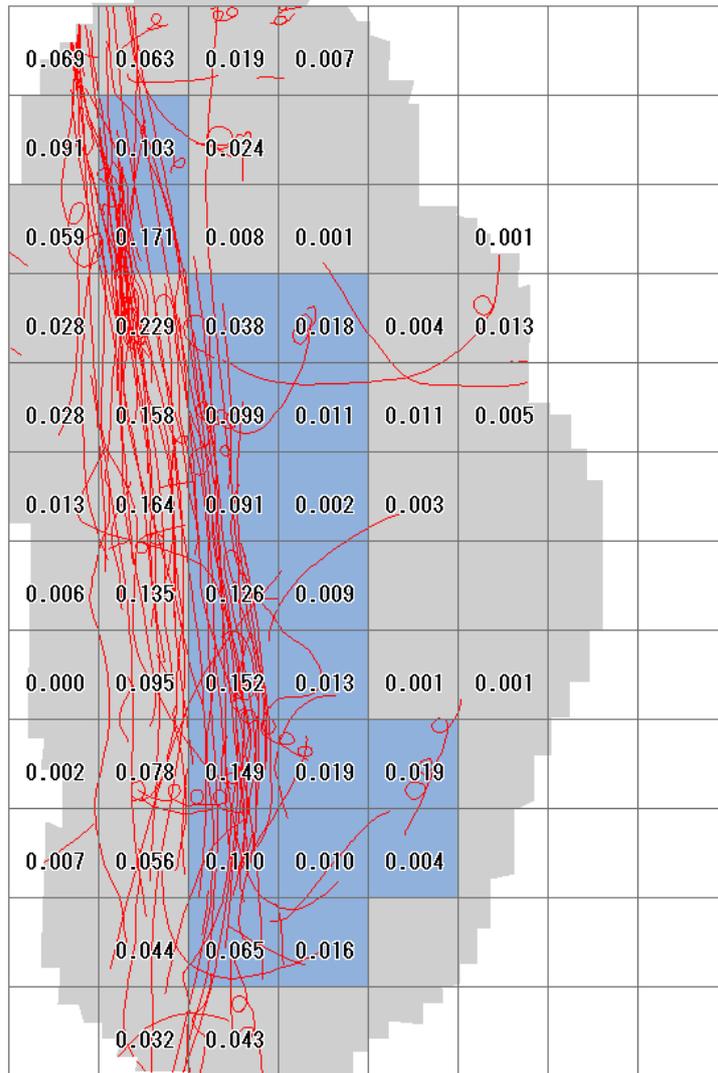


図 3-4- 88 各メッシュにおける予測衝突数（距離による）

### 事業計画における予測衝突数(注<sup>10</sup>)

計画風車位置を含むメッシュの予測衝突数を合計することで得られる(注<sup>11</sup>)。

表 3-4- 25 風車位置メッシュの予測衝突数と合計

風車 no	衝突数 (頻度による)	衝突数 (距離による)
1	0.0285	0.1030
2	0.0448	0.1711
3	0.0136	0.0377
4	0.0190	0.0988
5	0.0217	0.0913
6	0.0285	0.1258
7	0.0299	0.1523
8	0.0312	0.1494
9	0.0299	0.1102
10	0.0244	0.0648
11	0.0027	0.0178
12	0.0027	0.0109
13	0.0014	0.0019
14	0.0054	0.0089
15	0.0027	0.0131
16	0.0041	0.0194
17	0.0054	0.0101
18	0.0068	0.0161
19	0.0014	0.0185
20	0.0027	0.0042
小計	0.3067 個体/年	1.2252 個体/年

### 軌跡の観測誤差を想定する場合(注<sup>12</sup>)

各メッシュの飛翔軌跡の観測誤差を考慮する場合、各メッシュで得られた頻度・距離の値をそのまま用いるのではなく、当該メッシュと周辺 8 メッシュの合計 9 メッシュの平均を求めるよう工夫しても良い。この場合、平均化されるので、大きな値のメッシュは小さくなるのに対して、小さな値のメッシュは大きくなる傾向がある。値が小さくなること等に留意する。一例として図 5-6 は網掛け部分を補正した。

<sup>10</sup> メッシュ毎の衝突数について追記した。

<sup>11</sup> 予測衝突数の有効数字については、地図中は 3 桁、表中では 4 桁としたが、議論の余地が残されている。また予測衝突数を解釈する場合についても、0 回衝突する確率、1 回衝突する確率...と議論すべきだが、この点についても議論の余地がある。

<sup>12</sup> 観測誤差を考慮する場合の一案として追記した。

補正前

0	1	1	0
0	0	9	0
0	4	0	2
1	0	1	5

補正後

0	1	1	0
0	1.7	1.9	0
0	1.7	2.3	0
1	0	1	5

図 3-4- 89 メッシュ値の補正イメージ

実線赤枠の0を補正した場合、周辺8メッシュの値を含めた平均となるので、 $(0+1+1+0+0+9+0+4+0) \div 9=1.67$

表 3-4- 26 風車位置メッシュの衝突数と合計（補正メッシュ値使用）

風車 no	衝突数 (頻度による)	衝突数 (距離による)
1	0.0193	0.0676
2	0.0211	0.0835
3	0.0193	0.0813
4	0.0208	0.0898
5	0.0216	0.0882
6	0.0214	0.0874
7	0.0211	0.0862
8	0.0190	0.0758
9	0.0170	0.0608
10	0.0128	0.0418
11	0.0053	0.0211
12	0.0075	0.0308
13	0.0092	0.0391
14	0.0103	0.0442
15	0.0116	0.0543
16	0.0121	0.0531
17	0.0118	0.0436
18	0.0089	0.0276
19	0.0021	0.0075
20	0.0023	0.0076
小計	0.2744 個体/年	1.0914 個体/年

### 留意事項(注<sup>13</sup>)

本計算事例は、いくつかの仮定を置いている。

1. 風速の強弱に伴うブレード回転速度の変動は考慮していない。常に定格で回転すると仮定している。
2. 様々な角度からの突入（斜め衝突）を考慮せず、ブレード面に対して垂直に突入すると仮定している。
3. 飛翔軌跡はメッシュで切断した時点で、メッシュ毎に独立していると仮定している。

ここで紹介した論文のうち、1と2を考慮しているのは、由井・島田(2013)のみであり、Sugimoto & Matsuda (2011)、Bird collision risks guidance (Scottish Natural Heritage) は考慮していない。なお、これについて Holmstrom et al. (2011)は、Band et al. (2007)を補足して斜め衝突を扱っている。

衝突メカニズムの解明も十分でなく、野外調査によるモデルの精度検証もなされていないため、各モデルについて精度評価を行うことは難しい。単独のモデルに頼らず、複数のモデルを使い、結果を比較検討することが重要となる（注<sup>14</sup>）。

### 供用期間に衝突する確率

得られた衝突数 (0.413、0.00413) から、マイクロソフト社 Excel、オープンソースの統計解析システム (R) を用いて簡単なシミュレーションを行う。

(参考 URL)

<http://www.r-project.org/>

<http://www.okada.jp.org/RWiki/>

### 起こりうる年間衝突数

計算で得られた年間衝突数 0.3067 個体/年（頻度計算）、1.2252 個体/年（距離計算）は、それぞれ平均的な年間衝突数と考えられる。長期的にみれば当たらない年もあれば、複数回衝突する年もあり、長期平均をとれば計算値になると解釈できる。このバラツキの程度をみるにはシミュレーションを行えばよい。衝突事象は稀な事象であるからポアソン分布を用いる。ここで期待値 ( $\lambda$ ) をそれぞれ 0.3067 と 1.2252 とおく。

表記法を表 3-4-27 に示す。また、0~10 個体までの衝突発生確率一覧を表 3-4-28 に示す。同様の方法を R で記述すると、`for ( i in 1:10) {print(dpois(i, 0.3067))}` 等と記述すれば得られる。グラフを作成する場合は `plot(dpois(c(0:10), 0.3067), type="b")` 等とすればよい。

---

<sup>13</sup> 留意事項を追記した。

<sup>14</sup> 必要→重要に変更した。

表 3-4- 27 ポアソン確率の求め方 ( $\lambda=0.3067$  の場合)

事象/スクリプト	Excel 書式	R 書式
0 個体 (衝突しない) 確率	=POISSON(0,,0.3067,FALSE)	dpois(0, 0.3067)
n 個体衝突する確率	=POISSON(n, 0.3067,FALSE)	dpois(n, 0.3067)

表 3-4- 28 ポアソン分布による衝突数の発生確率

衝突数	$\lambda 1=0.3067$	$\lambda 2=1.2252$	発生確率( $\lambda 1$ )	発生確率( $\lambda 2$ )
0	0.3067	1.2252	0.73587	0.29370
1	0.3067	1.2252	0.22569	0.35984
2	0.3067	1.2252	0.03461	0.22044
3	0.3067	1.2252	0.00354	0.09003
4	0.3067	1.2252	0.00027	0.02758
5	0.3067	1.2252	0.00002	0.00676
6	0.3067	1.2252	0.00000	0.00138
7	0.3067	1.2252	0.00000	0.00024
8	0.3067	1.2252	0.00000	0.00004
9	0.3067	1.2252	0.00000	0.00001
10	0.3067	1.2252	0.00000	0.00000

当該表から危険率を 1% (確率 0.01 までは発生することがありうると判断) とすると、衝突数 0.3067 個体/年の場合は年間 0~2 回、衝突数 1.2252 の場合は、年間 0~4 個体の衝突が発生する可能性があるとして解釈できる。

#### 参考論文

Scottish Natural Heritage : Bird collision risks guidance.

(Band (2007) の論文、計算シートが掲載されている。)

Band W, Madders M & Whitfield DP (2007) Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In de Lucas M, Janss GFE, & Ferrer M (ed) Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation. pp 259-275. Quercus, Madrid, Spain.

由井正敏・島田泰夫 (2013) : 球体モデルによる風車への鳥類衝突数の推定法. 岩手県立大学総合政策 第 15 巻第 1 号 pp. 1-17

(第 5 章参考資料に論文を掲載した。とうほく環境研([http://www.tokanken.jp/?page\\_id=2345](http://www.tokanken.jp/?page_id=2345))からも入手可能。計算シートも掲載されている。使用条件があるので注意されたい)

Hiroshi Sugimoto and Hiroyuki Matsuda (2011) : Collision risk of White-fronted Geese with wind turbines. Ornithological Science 10: 61-71

R による計算方法は、「資料(11) ガンカモ類の衝突確率モデル」に掲載されている。

表 3-4- 29 「手引き」公表後の新たな関連情報(1/6)

手引きの目次	新たな情報
第 1 章 風力発電事業における環境影響評価、対策の基本的な方向	
1-1 風力発電事業における環境影響評価	環境影響評価法の改正（風力発電事業も対象、配慮書作成等）
1-1-1 環境影響評価法	（環境省・経産省）発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議
1-1-2 環境影響評価条例等	（環境省）H25 風力発電所の環境影響評価のポイントと参考事例
1-1-3 風力発電のための環境影響評価マニュアルについて	（環境省・国交省）H24 港湾における風力発電についてー港湾の管理運営との共生のためのマニュアル （環境省）H25 風力発電事業の円滑な環境アセスメントの実施に向けて （環境省）H27 風力発電所のリプレースにおける環境影響評価手法の合理化に関する検討報告書
1-2 対策の基本的な方向	
1-2-1 風力発電所の設置に伴う環境影響要因	
1-2-2 調査内容	
1-2-3 予測の基本的な手法	
1-2-4 事後調査と順応的管理および鳥類に関わる有識者の役割	環境影響評価法の改正により、事後調査を行う場合は公表が義務づけ
1-2-5 国立・国定公園内における風力発電施設設置のあり方について	（環境省）H25「国立・国定公園内における風力発電施設の審査に関する技術的ガイドライン」（景観のみ）
第 2 章 鳥類等に係る風力発電施設の環境影響評価の実施のポイント	環境影響評価法の改正（風力発電事業も対象、配慮書作成等）
2-1 風力発電事業の実施プロセス	（環境省・経産省）発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議
2-2 ポイントの解説	（環境省・国交省）H24 港湾における風力発電についてー港湾の管理運営との共生のためのマニュアル （環境省）H25 風力発電事業の円滑な環境アセスメントの実施に向けて

表 3-4-29 「手引き」公表後の新たな関連情報(2/6)

手引きの目次	新たな情報
第 3 章 参考とすべき事項	
3-1 既存文献等による生息概況把握	
3-1-1 国、自治体の関係法令	
3-1-2 鳥類の保護上重要な区域（既存の鳥類関係情報）	
3-1-3 その他の既存資料	(環境省 H24)「猛禽類保護の進め方」(改訂版)の公表
3-2 配慮すべき重要な地域	
3-2-1 渡り経路	
3-2-2 ガン類・ハクチョウ類の主要な集結地	(環境省)H25 風力発電施設に係る渡り鳥・海ワシ類の情報整備委託業務
3-2-3 ガン類の集結地における飛翔高度	植田・嶋田 (2009)長距離移動するマガンの飛び立ち地点からの距離と飛行高度との関係. <i>Bird Research Vol.5</i>
3-2-4 人間活動に伴う鳥類の誘引	(環境省)H25 風力発電施設に係る渡り鳥・海ワシ類の情報整備委託業務
3-3 衝突リスク	
3-4 衝突リスクの高い地形条件	
3-4-1 水際線・断崖線	
3-4-2 山稜線	
3-5 衝突リスク評価のための鳥類調査手法	
3-5-1 対象事業実施区域の特性に基づく調査手法の選定	
3-5-2 鳥類調査の対象、手法および結果の整理	
3-6 衝突リスク解析[計画時]	
3-6-1 衝突リスク解析	Kitano M, Shiraki A (2013) Estimation of bird fatalities at wind farms with complex topography and vegetation in Hokkaido, Japan. <i>Wildlife Society Bulletin</i> 37(1): 41-48
3-6-2 衝突確率モデルを用いた衝突数の解析	由井・島田 (2013) 球体モデルによる風車への鳥類衝突数の推定法. 総合政策, 第 15 巻, 第 1 号 pp. 1-17 Sugimoto H, Matsuda H (2011) <i>Collision risk of White-fronted geese with wind turbines. Ornithological Science</i> 10:61-71
3-6-3 飛翔頻度の高い地域、衝突リスクの高い地形条件の把握	

表 3-4-29 「手引き」公表後の新たな関連情報(3/6)

手引きの目次	新たな情報
3-7 保全措置	
3-7-1 風車の配列	
3-7-2 風車ブレードの彩色	(環境省) H25~27 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 苫前 GHWP で彩色事例あり ノルウェイのプロジェクト (INTACT) で海ワシ衝突防止策としてブレードと基礎部の塗装を実施中
3-7-3 ライトアップ	ノルウェイのプロジェクト (INTACT) で海ワシ衝突防止策として採用 (UV 照明)
3-7-4 弾力的な運用管理	福井県あわら市における風力発電事業・水鳥の保全に係る検討委員会事務局 (2010)「あわら風力発電事業に係る水鳥保全監視マニュアル」
3-7-5 案山子・反射テープ	
3-7-6 植生および環境管理	
3-8 事後調査手法	
3-8-1 回避行動調査	(環境省) H25~27 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
3-8-2 死骸調査	
3-8-3 衝突リスク解析[供用時]	
3-9 その他の配慮が望ましい事項	
3-9-1 翼手 (コウモリ) 類	コウモリの会要望書 (H24) …福島県の布引風力発電施設でコウモリ類 33 頭の衝突死

表 3-4-29 「手引き」公表後の新たな関連情報(4/6)

手引きの目次	新たな情報（斜体：既に情報掲載されているもの）
第 4 章 今後の課題	
4-1 今後の課題	
① 継続的な調査研究の必要性	
② 残された課題	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ [衝突のメカニズムの解明]</li> </ul>	(環境省)H25～27 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
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ [希少種の風車回避特性の把握]</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ [希少種の更なるデータ蓄積]</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ [夜間に渡る小鳥類についての情報収集]</li> </ul>	
③ 手引きの見直しや追加	(環境省)H25～27 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
④ 既存データの一元化	(環境省) H24-28 風力発電等環境アセスメント基礎情報整備モデル事業
⑤ 事業者の経済的負担を軽減させる取り組み（制度）	(環境省)H25 風力発電施設に係る渡り鳥・海ワシ類の情報整備委託業務
⑥ 希少種に及ぼす影響の回避・低減のための取組が国レベルだけでなく地域レベルにおいても推進	

表 3-4- 29 「手引き」公表後の新たな関連情報(5/6)

手引きの目次	新たな情報
第 5 章 参考資料	
資料(1) 鳥類保護対策の現状	(環境省)レッドリスト更新(哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、昆虫類、貝類、その他無脊椎動物、植物 I、植物 II の 9 分類群(汽水・淡水魚類を除く))、H26 にレッドデータブック公表予定
資料(2) 助成制度	FIT 導入により助成制度が変更
資料(3) 鳥類は人工物にどの程度衝突しているのか?	
資料(4) 国内における希少猛禽類の傷病要因	海ワシ類については、毎年更新され、衝突実績が報告書に掲載されている
資料(5) タカ類の最大出現数の補正	
資料(6) 小鳥の渡りの地域による違い	植田ら (2009) 気象レーダー「ウィンドプロファイラ」により明らかになった全国的な渡り鳥の移動状況. <i>Bird Research Vol. 5</i>
資料(7) 断崖における飛翔特性	植田・福田(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. <i>Bird Research Vol. 6</i>
資料(8) 渡り個体と繁殖/越冬個体の飛翔特性	植田ら (2010) オジロワシおよびオオワシの飛行行動の違い. <i>Bird Research Vol. 6</i>
資料(9) 船舶レーダの特性について	
資料(10) 気流シミュレーション	
資料(11) ガンカモ類の衝突確率モデル	<i>Sugimoto H, Matsuda H (2011) Collision risk of White-fronted geese with wind turbines. Ornithological Science 10:61-71</i>
資料(12) 飛翔軌跡調査を用いた衝突率推定の試み	由井・島田(2013) 球体モデルによる風車への鳥類衝突数の推定法. 総合政策, 第 15 巻, 第 1 号 pp. 1-17
資料(13) 鳥類の風車回避率について	
資料(14) 統計モデルによる飛翔マップの作成	北村ほか(2013) 北海道根室市の海ワシ類を対象とした飛翔ポテンシャルマップの作成
資料(15) 荒天条件で発生したライトアップ風車の衝突事象	
資料(16) アルタモントにおける風車群の停止	
資料(17) アルタモントにおける衝突リスク低減案	
資料(18) 国内における猛禽類(イヌワシ) 飛来頻度低減(案)	
資料(19) 野外実験による死骸の発見率・残存率の推定	
資料(20) 仮想の風力発電事業地における衝突数の推定	
資料(21) 衝突を感知するシステム開発	(環境省) H25~27 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
資料(22) 供用時における衝突リスクポテンシャルマップ	北村ほか(2013) 北海道根室市の海ワシ類を対象とした飛翔ポテンシャルマップの作成

表 3-4-29 「手引き」公表後の新たな関連情報(6/6)

手引きの目次	新たな情報
付表編	
付表 A 2 次メッシュレベルにおけるイヌワシ、クマタカおよび風車の分布	新設された風力発電施設の位置情報が入手できず、更新できない
付表 B 2 次メッシュレベルにおける猛禽類の渡り情報	
付表 C 2 次メッシュレベルにおけるガンカモ類の集結状況	
付表 D ウィンドプロファイラによる鳥エコー出現状況	
その他「洋上風力発電」について	<p>洋上風力発電事業に関して、海鳥への影響調査、予測・評価法が NEDO（銚子、響灘）、環境省（五島沖）で検討されている。</p> <p>福島沖の浮体式洋上風力については、「浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）設置実証研究事業 環境影響評価書」、「浮体式洋上超大型風力発電機設置実証事業 準備書」が公表中</p>