

### 3-8-3 衝突リスク解析[供用時]

.....計画・調査・解析・保全・**事後**

死骸調査結果と飛翔調査結果から、衝突リスク指数(Risk Index)を求めることによって、衝突しやすい種を把握することができる。

#### 衝突リスク指数(Risk Index)

衝突リスク指数は、次式によって得る(日本語訳の総説として Smallwood 2008 など)。この数値は、推定衝突数に比例し、利用率(たとえば出現頻度等)に反比例する。

鳥類 A のリスク指数(Risk Index) = 鳥類 A の死亡率 / 鳥類 A の利用率

ここで、鳥類 A 死亡率 = 鳥類 A の年間の推定衝突数 / 定格出力 (MW).....式(a)

鳥類 A 利用率 = 鳥類 A の出現頻度 / 時 / 調査面積

Smallwood (2008)は、風車の年間発電量の実績から平均発電量(kWh)がわかれば、定格出力(MW)の代わりに用いることも示している。

鳥類 A 死亡率 = 鳥類 A の年間の推定衝突数 / 平均発電量(kWh).....式(b)

鳥類 A 利用率 = 鳥類 A の出現頻度 / 時 / 面積

両者の式を比較すると、式(a)には課題が残されている。同一の定格出力、同一の推定衝突数が得られた二つの風車を比較したとき、ひとつの風車は機器トラブル等で半年間停止、もうひとつの風車は年間を通じて正常に稼働していても、式(a)によれば同一の衝突リスク値を持つこととなる。衝突事故は、回転しているブレードに鳥類が衝突する事象と定義される。式(b)がより実態に即していると思われるが、**さらに安全を考慮すると設備利用率ではなく稼働率を用いる必要があるだろう。**

解析事例として、環境省(2008a、2009a、2010a)で得られた4サイトの調査結果を用い\*、リスク指数は式(a)を用いたところ、衝突リスク値の最大は、カルガモ 45.6(施設 N)であった。これに対して最小はカワラヒワ 0.07(施設 N)であり、前者は後者に比べ、およそ数百倍(表中、リスク比の項:  $45.59 \div 0.07 = 652.7$ )も衝突しやすい種であることが示唆された。しかしながら、カモ類は主に夜間に採餌活動をし、ツグミ類も主に夜間に渡るといわれている。飛翔頻度は、昼間の調査結果に基づくため、主に夜間に活動する種の衝突リスク指数は、過大評価されている可能性も考えられる。このためカルガモとツグミを除いた鳥類種別の衝突リスク指数を表 3-34 と図 3-59 に示す。

また、衝突リスク指数の多少を問わず、複数の施設で死骸が発見されている種があり、カルガモ、キジ、トビ、ノスリ、カワラヒワの4種は相対的に衝突しやすい種かも知れない。

なお、死骸が発見された場所を特徴的な地形とみなし、そのような地形条件が対象事業実施区域のどこに分布するのかを把握するためには、統計モデルを用いてポテンシャルマップを作成することが有効である。この作業手順は資料(22)に示している。

\* 参考値としてイヌワシの数値も加えた(岩手県立大学名誉教授 由井正敏氏 提供)。

## 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 5-20 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。また、式から明らかなように風車回転面積比 P は、調査区域 S に依存する。このため、調査区域 S は対象事業実施区域を十分含むように設定する必要がある。

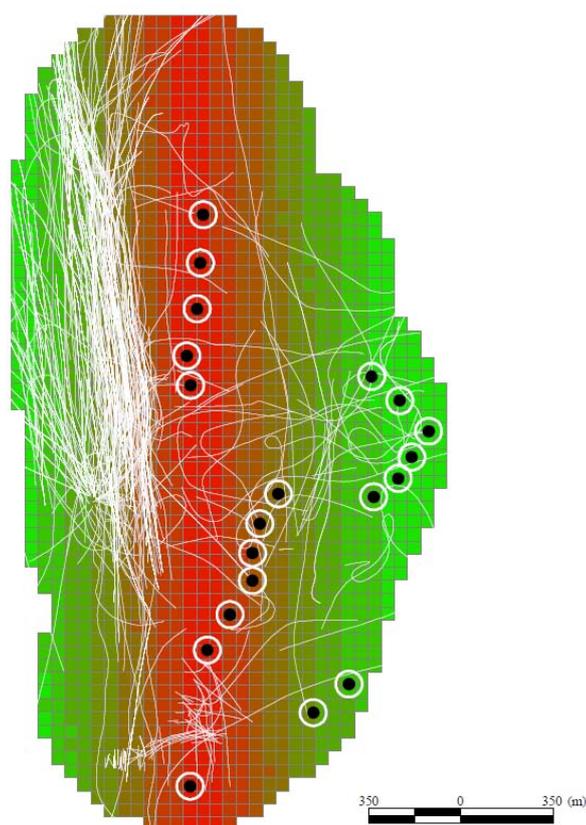


図 5-20 GIS 解析から求める場合の作業概念図

(飛翔軌跡を白色ライン、メッシュ領域で囲まれた部分が調査区域、●印は風車位置でその周囲にブレード回転域を白色とした)

### 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 5-17 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 5-17 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 力年)
風車基数	20
回転面の半径	25m
ブレード回転速度 (rpm)	24rpm
稼働率	80%

#### 調査区域における飛翔軌跡の抽出

調査区域と飛翔軌跡(ラインデータ)を重複させ、区域に含まれる飛翔軌跡頻度を抽出する。図 5-21 では、全軌跡頻度は 287 軌跡、このうち高度 M に相当するものは 111 軌跡であった(赤線)。高度 M 飛翔率(Q)を求めると、 $111/287 \approx 0.4$  である。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、軌跡長比  $M:100,912\text{m}/\text{全体}:245,961\text{m}=0.41$  であり、頻度比とほぼ同一であったため、前者を採用した。



図 5-21 調査区域内における飛翔軌跡(赤線: 高度 M)

#### 風車回転面積比(P)の算定

調査区域に対する風車の回転面積比(P)を得る。GIS から調査区域面積  $S=3,955,835\text{m}^2$ 、風車の回転面積  $S_1=1,962.5 \text{ m}^2 \times 20 \text{ 基}=39250\text{m}^2$ 、回転面積比( $S_1/S$ ) $=0.0099$ (約 0.99%) であるため、 $P=0.01$  と見積もった。なお、Pは調査区域の面積に逆比例する点に注意が必要である。

#### 接触率(T)の算定

図 5-22 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。これは対象鳥類の飛翔速度がわかれば得られる。希少種の全長を 80.5cm (0.805m) とし、飛翔速度については、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 5- 17 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) $= (25 \times 2) \times 3.14 \times 24(\text{回転/分})/60$  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。

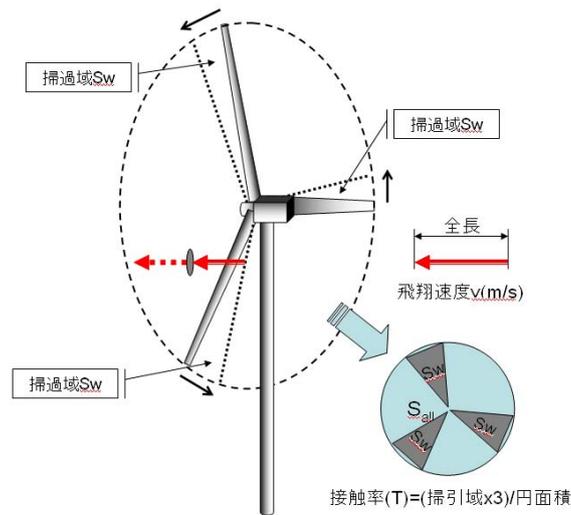


図 5- 22 接触率の概念図

#### 年間飛行頻度の推定

調査域内の飛行軌跡頻度 287 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、越冬季間における調査区域の飛行軌跡頻度 $=287 \times (180/16) = 3,229$  軌跡頻度/越冬季である。

#### 予測衝突数(回避行動を考慮しない場合)

衝突率 ( $C$ ) $= T(\text{接触率}) \times P(\text{風車回転面積比}) \times Q(\text{高度 M 飛行率}) \times R(\text{稼働率}) = 0.096 \times 0.01 \times 0.4 \times 0.80 = 0.000307$

年間衝突数(回避しない) $= Y(\text{年間飛行頻度}) \times C(\text{衝突率}) = 3,229 \times 0.000307 = 0.99$  個体/年が得られる。

#### 予測衝突数(回避行動を考慮する場合)

回避率  $A_v$ は、後述する既存文献から 0.9 程度とみなすと、年間衝突数(回避する) $= Y(\text{年間飛行頻度}) \times C(\text{衝突率}) \times \text{回避率}(1 - A_v) = 3,229 \times 0.000307 \times (1 - 0.9) = 0.099$  個体/年が得られる。すなわち、年間衝突数(回避しない場合)に $(1 - A_v)$ を乗じたものである。

#### 悪天時の視認性を考慮した予測衝突数

濃霧、降雨、降雪(吹雪)等で、風車と背景のコントラスト比が悪くなった場合、風車視認性が低下すると考えられる。越冬季間における天候悪化率(=視認性悪化率)を  $x$ とし、視界良好な確率  $y=(1-x)$ とおき、それぞれの回避率を  $A_{v,x}$ 、 $A_{v,y}$ とおく。ただし、飛行頻度は越冬季間を通じて等しく、悪天候時でも変化しないと仮定すると、年間衝突数は次の式で得られる。

年間衝突数＝視程悪化時の衝突数＋視程良好時の衝突数

$$= Y(\text{年間飛翔頻度}) \times x \times (1 - A_{v,x}) \times C + Y(\text{年間飛翔頻度}) \times y \times (1 - A_{v,y}) \times C$$

ただし、越冬季間における天候悪化率や視程悪化時の回避率については、現時点で根拠となりうる資料がなく、今後の課題である。

### 供用期間に衝突する確率

得られた衝突数(0.99, 0.099)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 0.99 個体/年(回避なし)、0.099 個体/年(回避あり)は、それぞれ平均的な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、平均的にならせば、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(λ)をそれぞれ 0.99 と 0.099 とおく。表記法を表 5-18 に示す。また、0～10 個体までの衝突発生確率一覧とグラフを図 5-23 に示す。同様の方法を R で記述すると、for (i in 1:10){print(dpois(i,0.99))} 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),0.99),type="b") 等とすればよい。

表 5-18 ポアソン確率の求め方(λ=0.99, 0.099 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(0,0.99,FALSE)	dpois(0, 0.99)
n 個体衝突する確率	=POISSON(n, 0.99,FALSE)	dpois(n, 0.99)

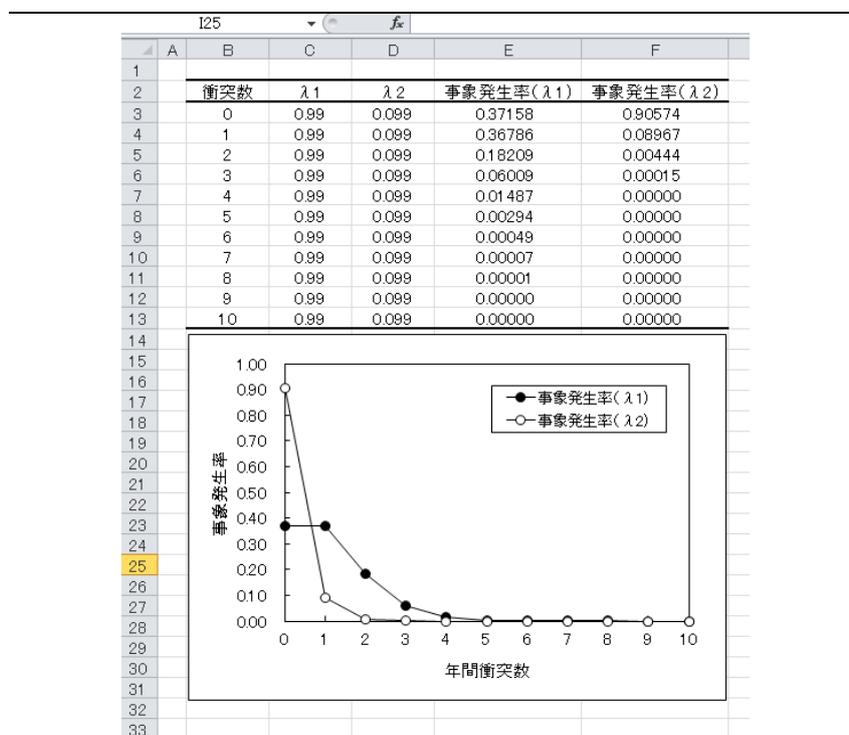


図 5-23 Excel による衝突発生確率とそのグラフ

当該図から危険率を 5% (確率 0.05 までは発生することがありうると判断) とすると、衝突数 0.99 個体/年の場合は、年間 0~3 回衝突が発生する可能性があり、衝突数 0.099 の場合でも、年間 0~1 個体発生すると解釈できる。

### 供用時における衝突数

計算で得られた年間衝突数が 1 未満であっても、供用期間が長く、衝突しない期間が経過すれば、衝突の発生率は高まる。予測衝突数 0.099 個体/年を用いると、1年目に衝突しない確率は  $(1-0.099)$  で与えられる。これを 1 から引いた値が、衝突する確率である。2 年目に衝突する確率は、 $1-(1-0.099)^2$ 、5 年目で衝突する確率は、同様に  $1-(1-0.099)^5$ ... よって、n 年目に衝突する確率は  $1-(1-0.099)^n$  で表すことができる。これらを Excel で計算したものを図 5-24 に示す。

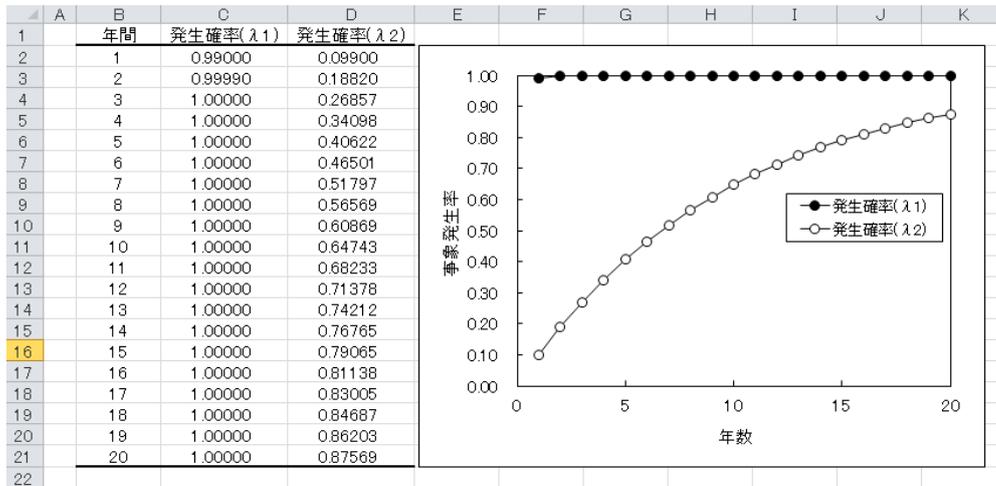


図 5-24 Excel による発生確率とそのグラフ

0.99 個体/年であれば、1 年目の発生確率からほぼ 100% に達する。0.099 個体/年であっても、1 年目の発生確率は約 10% であり、7 年目に 50% を超える。