Strix Vol. 31, pp. 77–86, 2015
Journal of Field Ornithology ©Wild Bird Society of Japan
—特集「風力発電と野鳥」・原著論文—

# 定点観察調査による鳥類飛翔頻度の推定精度向上に向けた検討

白木彩子・猪野雅史*・金岩稔
東京農業大学生物産業学部．〒099-2493 網走市八坂 196

**摘要**

定点観察調査の結果から推定された鳥類の飛翔頻度と調査回数との関係について，ノンパラメトリック・ブートストラップ法による検討を行った．一回 2 時間の調査を 50 回（100 時間）仮想的に実施した場合，繁殖期の現地調査でコンスタントに観察されたオオセグロカモメなどの飛翔頻度の平均値は，± 25% の精度で推定されることが示された．一方，ときどき，または稀にしか出現しなかったオジロワシなどの飛翔頻度は精度の高い推定ができず，調査回数が少ないと生息していないと判断される可能性が高いことが示唆された．また，推定飛翔頻度平均値の信頼区間の幅の相対的な比を許容精度の尺度とし，効率的な調査努力量を検討することが可能と考えられた．

## はじめに

風力発電事業における鳥類への影響評価では，多くの場合，計画地周辺で鳥類の飛翔行動に関する調査が実施されている．これらの調査では一般に，繁殖期や渡りといった重要な生活史の時期別に，ひと月に数日間程度の飛翔行動の観察がそれぞれ 1 ～数年間行われる．また，この調査の結果から算出される鳥類の飛翔頻度に基づき，風車への衝突率が推定される（たとえば Band *et al.* 2007，由井・島田 2013）．Douglas *et al.* (2012) は，定点調査で観察される鳥類の飛翔数（飛翔中の鳥類の観察数）にはばらつきが大きく、飛翔頻度（一定時間当たりの飛翔数）の定量化には十分な観察時間が必要であると述べているが，このばらつきには以下のようなことが考えられる．まず，ある場所で観察される鳥類の飛翔数は渡りや繁殖，越冬などの各生活史に対応する時期によって大きく変化することである．また，同じ時期であっても，気象条件（植田・福田 2010）や餌条件，日周行動の特性などにより飛翔行動には日変化や時間帯による変化が生じる（Busse 2013）．さらに，これらの経時的な飛翔行動の変化は種ごとに異なることも考えられる．このようなばらつきを考慮し，Scottish Natural Heritage（2005）は衝突率推定に用いる飛翔頻度を算出するためには，生活史の時期ごとに 36 時間以上観察することを推奨している．しかしながら，この推奨時間の信憑性については検証されていない（Douglas *et al.* 2012）．

定点観察調査による飛翔行動データから算出された飛翔頻度の推定精度について検証した報告は少ないが，Douglas *et al.*（2012）は，異なる定点観察時間のデータから算出した飛翔頻度を Band モデル（Band *et al.* 2007）に挿入して風車への衝突率を算出し，推定衝突率のばらつきは 62 時間の定点観察で漸近線に至るものの，依然として大きいままであることを示した．このことから著者らは，定点観察に基づいて算出された飛翔頻度は本質的に大きな変異をもつパ

2015 年 2 月 15 日 受理
*キーワード：推定飛翔数，推定精度の検証，ブートストラップ法，調査回数，観察時間，調査時間帯*

* 現住所　〒093-0042　網走市潮見 5-119-56 メゾンせせらぎ A-6

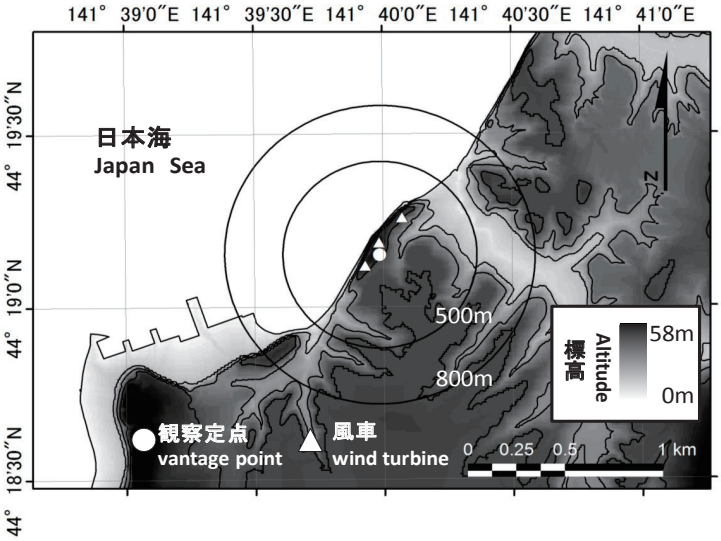


図 1．調査地
Fig. 1. Study site

*2 つの円はそれぞれ定点から半径 500 mと 800m の観察範囲を示す.
*Two circles show observation areas within a radius of 500m and 800m from the vantage point, respectively.

ラメータであり，それに基づく衝突率推定では潜在的な誤差の査定が必要であることを述べている．一方，洋上風力発電施設建設前の影響評価調査において，33 回の船舶調査の結果から推定された潜水性海鳥の平均個体数と調査回数との関係が検討された（Maclean *et al.* 2009）．この報告では，調査回数を増やすと推定精度が高くなるが，20 回を超えるとほとんど変わらなくなることが示されている．

また国内では，Kitano & Shiraki（2013）が北海道苫前町の風力発電施設内に設置した 5 ヶ所の定点から，2–3 週間おきに連続 2 時間の飛翔行動の観察を行った．この調査は 16 ヶ月間，合計 247 時間実施され，その結果から推定された鳥類の飛翔頻度と死骸探索調査の結果から推定された風車衝突率との間に相関があることが示された．その一方で，この定点観察では確認されなかった種が調査地の風車に衝突死したと考えられる事例があったことから，Kitano & Shiraki（2013）はこの調査の観察時間では稀にしか出現しない種を検知できない可能性があり，より短い間隔での長期的な調査が必要であると述べている．

これらのことをふまえ，本研究では定点観察調査に基づく鳥類の飛翔頻度をより高い精度で推定するための基礎的な知見を供することを目的とし，現地調査のデータをもとに，時間的な調査努力量と推定された平均飛翔頻度の精度との関係，および調査時間帯と鳥類の飛翔頻度との関係について調べた．

## 調査方法

### 調査地

北海道苫前郡苫前町にある風力発電所の既存風車周辺において，定点観察による鳥類の飛翔行動調査を行った（図 1）．観察定点は，見通

しの良い標高約 20m の切り立った海食崖上にあり，周辺には 1MW の風車 1 基と 0.6MW の風車 2 基が設置されている．観察定点周辺の海食崖上はハマニンニク *Elymus mollis*，チシマザサ *Sasa kurilensis*，ハマナス *Rosa rugosa* 等（植物の和名と学名は村野ほか（2013）による）が優占する海岸植生帯で，観察範囲の主な環境は，海，漁港，牧草地，広葉樹林である．なお，調査地では年間を通して恒常的に風が吹いており，この調査を実施した春から夏にかけては日本海側気候の影響で南東が最多風向となっている（気象庁ホームページ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=13&block_no=47404&year=&month=&day=&elm=normal&view=>2014 年 10 月 24 日確認）．

### 定点観察による鳥類の飛翔行動調査

鳥類の生息個体数が比較的安定していると考えられた，繁殖期にあたる 2012 年 5 月 21 日–6 月 10 日の 12 日間，朝（5 時 –8 時 10 分）・昼（10 時 30 分 –12 時 40 分）・夕（16 時 –18 時 20 分）の時間帯に各 2 時間の飛翔鳥類の調査を行った．朝の時間帯については，3 日間は視程が悪かったため 9 日分のデータを解析に使用した．それ以外の時間帯では，調査期間中の観察範囲の視野は確保された．

観察は図 1 の定点から行い，定点からの水平距離は本研究と同じ調査地で飛翔行動調査を実施した Kitano & Shiraki（2012）に準じて 800m 以内，高度は 500m 以下をそれぞれ観察範囲とし，この範囲内で観察されたすべての鳥類種の飛翔数とそれらの飛行高度を記録した．なお，本研究における解析では，対象種の生息個体数とは関係なく観察範囲内を通った飛翔数のみを扱うことから，いったん視野範囲から消失した個体が再び観察範囲内に戻ってきた可能性がある場合でもそれぞれ独立の飛翔データとして記録し，その積算数を飛翔数として用いた．また，調査中の飛行高度の測定は，風車の高さを基準として目測で行った．

### データ解析

設定した観察範囲において，ハシボソガラス *Corvus corone* よりも小さいサイズの鳥類種は識別できない場合があり，飛翔個体の見落としも考えられたことから，観察された鳥類のうちハシボソガラス以上の大きさの種だけを解析対象とした．また，ハシボソガラスとハシブトガラス *C. macrorhyncous* の区別ができない場合があったことから，解析では両種をまとめてカラス類 *Corvus spp*. として扱った．

今回の解析では，各時間帯に行った 2 時間の観察を 1 回の調査とみなし，調査回数と推定された鳥類の平均飛翔頻度の精度との関係を検討するために，以下の手順でノンパラメトリック・ブートストラップ法による解析を行った．

まず，現地調査で得た 33 回分の鳥類の飛翔数データから，種ごとに 1–50 回（2–100 時間）の仮想調査回数分のデータ（1–50 標本）を，繰り返しを許して朝昼夕の区別なくランダムにリサンプリングし，それぞれのブートストラップ試行毎に各標本の平均飛翔頻度を算出した．これを標本ごとに 1 万回繰り返し，調査一回（2 時間）あたりの平均飛翔頻度の推定平均値（以下，推定飛翔頻度平均値とよぶ）とその 95% 信頼区間を算出した．また，調査回数による信頼区間の幅の相対的な変化を検討するために，50 回目の仮想調査で算出した推定飛翔頻度平均値の 95% 信頼区間の幅に対する各調査回数での信頼区間の幅の比を求めた．さらに，時間帯別の飛翔頻度の差をみるために，12 日間の現地調査で観察された種ごとの飛翔数を朝，昼，夕の時間帯間で Kruskal-Wallis 法を用いて比較

表１．33 回の定点調査で観察された鳥類の飛翔数.
Table 1. The number of flight of birds observed at 33 vantage surveys.

| 種 species | 調査回数ごとの観察飛翔数 The number of flight of birds observed at each survey | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | Total |
| ウミウ Japanese Cormorant *Phalacrocorax capillatus* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| アオサギ Grey heron *Ardea cinerea* | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 |
| ウミネコ Black-tailed gull *Larus crassirostris* | 0 | 35 | 1 | 0 | 2 | 3 | 0 | 11 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 |
| シロカモメ Glaucous gull *Larus hyperboreus* | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| オオセグロカモメ Slaty-backed gull *Larus schistisagus* | 13 | 121 | 36 | 2 | 43 | 86 | 24 | 47 | 24 | 12 | 109 | 24 | 37 | 128 | 62 | 0 | 156 | 134 | 3 | 64 | 34 | 16 | 152 | 40 | 9 | 2 | 33 | 64 | 7 | 31 | 52 | 70 | 34 | 1669 |
| トビ Black kite *Milvus migrans* | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| オジロワシ White-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| カラス類 Crow spp. *Corvus* spp. | 3 | 12 | 5 | 5 | 4 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 9 | 7 | 8 | 17 | 3 | 3 | 17 | 8 | 4 | 10 | 6 | 3 | 7 | 2 | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 7 | 7 | 8 | 6 | 187 |

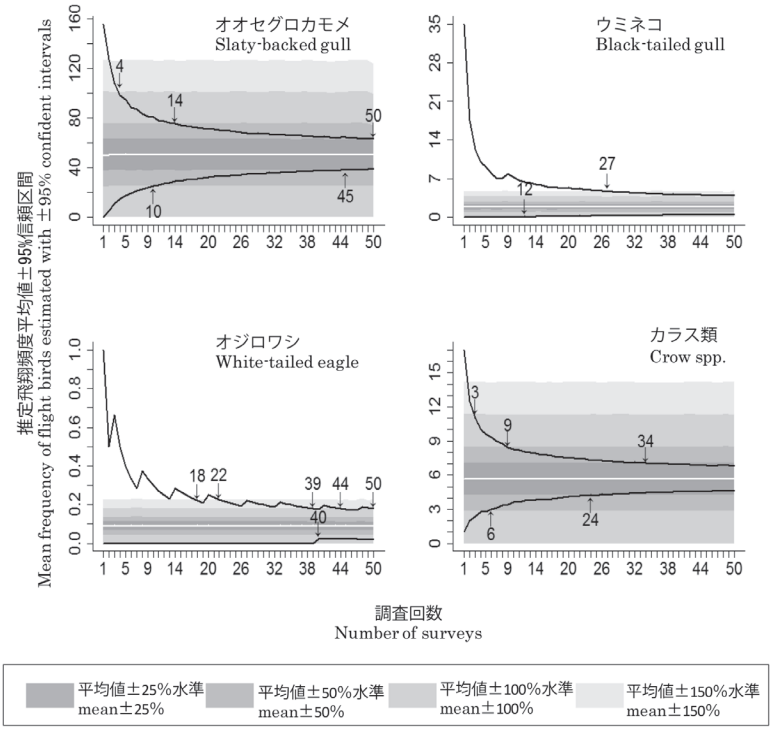


図 2．ブートストラップ法による調査回数ごとの鳥類の推定飛翔頻度平均値と 95％信頼区間．
* 白線は推定飛翔頻度平均値を，黒線は 95％信頼区間を示す．
* 図中の矢印は平均値からの誤差 (%) と信頼区間の上限・下限値との交点を，矢印先端の数値はそのときの調査回数を示す．

Fig. 2. The estimated mean flight frequencies of birds and 95% confidence intervals in relation to the number of investigations using the bootstrap method.
*White lines show the mean flight frequencies of birds and black lines show 95% confidence intervals.
*Arrows show the intersection points of the mean ± errors(%) and 95% confidence interval lines, and figures with arrows indicate the number of surveys for each intersection point.

した．

## 結果

### 調査回数と飛翔頻度平均値の推定精度との関係

33 回の定点観察調査で観察された，ハシボソガラス以上のサイズの種の飛翔数を表 1 に示した．このうち，もっとも多く観察されたのはオオセグロカモメ *Larus schistisagus* で合計 1,669 回，次いでハシボソガラスとハシブトガラスを含むカラス類で 187 回，3 番目はウミネコ *L. crassirostris* の 62 回であった．猛禽類ではトビ *Milvus migrans* が 5 回，オジロワシ *Haliaeetus albicilla* が 3 回確認された．また，各種が一回でも観察された調査回数をみると，カラス類はすべての調査で，オオセグロカモメは 32 回の調査でそれぞれ観察され，コンスタントに出現したといえる．一方，ウミネコは 9 回，トビとオジロワシは 3 回の調査でのみ観察

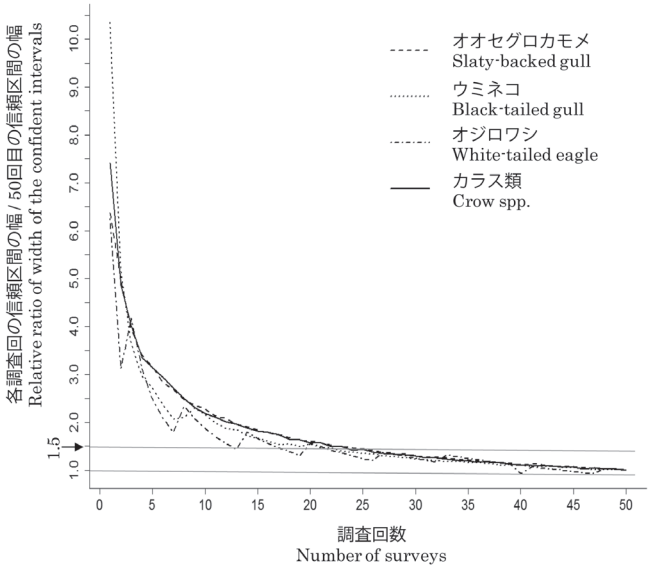


図 3. 調査回数による信頼区間の幅の相対的な比率の変化.

Fig. 3. Changes of the relative ratios of 95% confidence interval widths in relation to the number of investigations.

* 信頼区間の幅の相対的な比率は，ブートストラップ法による 50 回調査を実施したときの推定飛翔頻度平均値の 95％信頼区間の幅に対する，各調査回数の信頼区間の幅の比として示した.

* The relative ratio of a confidence interval width is indicated as the ratio of 95% confidence interval width of each number of surveys to the confidence interval width of the estimated mean flight frequency of each species based on 50 investigations using the bootstrap method.

され，これらは本研究においてはときどき，あるいは稀にしか出現しない種であった.

飛翔数の多かったオオセグロカモメとウミネコ，カラス類のほか，2014 年 4 月までに国内で 40 例の風車衝突事故が確認されているオジロワシについて（白木 未発表），ノンパラメトリック・ブートストラップ法により算出された 50 回の仮想調査による推定飛翔頻度平均値と 95% 信頼区間を図 2 に示した．図 2 には推定精度の指標として，推定飛翔頻度平均値からの誤差がそれぞれ± 25%，50%，100%，150% となる範囲と，95% 信頼区間の上・下限値との交点を示した.

解析の結果，オオセグロカモメの調査一回あたりの推定飛翔頻度平均値は 50.6（50 回調査時；以下同じ）で，平均値 +50％水準の精度を満たす調査回数は 14 回，-50% 水準は 10 回，+25% 水準は 50 回，-25% 水準は 45 回だった．また，カラス類の推定飛翔頻度平均値は 5.7 で，平均値 +50% 水準は 9 回，-50% 水準は 6 回，+25% 水準は 34 回，-25% 水準は 24 回の調査で達成されることが示された.

一方，推定飛翔頻度平均値が 0.09 のオジロワシでは，95% 信頼区間の上側では 50 回の調査時に平均値 +100% 水準で推定されることが示された．また，推定飛翔頻度平均値が 1.9 のウミネコでは，95% 信頼区間の上側では最も推定精度の高い場合でも平均値 +150％水準で，

表 2 12 日間の調査で観察された時間帯ごとの調査一回（2 時間）当たり平均飛翔数
Table 2 The mean number of flight birds per a survey (2-hours) observed in each time zone at 12-day surveys.

| 種 Species | 5:00–8:10（n=9） | 10:30–12:40（n=12） | 16:00–18:20（n=12） | |
|---|---|---|---|---|
| | 2時間あたりの飛翔数 ± SD Number of birds / 2hr ± SD | | | *p* * |
| オオセグロカモメ Slaty-backed gull | 12.67 ± 11.90 | 80.25 ± 50.68 | 49.33 ± 34.58 | 0.001 |
| ウミネコ Black-tailed gull | 0.11 ± 0.33 | 4.58 ± 10.12 | 0.50 ± 1.00 | 0.184 |
| カラス類 Crow spp. | 3.67 ± 2.00 | 8.00 ± 5.41 | 4.83 ± 1.95 | 0.101 |

*Kruskal-Wallis test (*df*=2)

そのためには 27 回の調査が必要だった．95% 信頼区間の下側については，両種とも平均値 -100% 水準が最も高い推定精度で，この精度で推定するためにはオジロワシで 40 回，ウミネコでは 12 回の調査が必要とされた．また，両種ともにこれらの調査回数までの信頼区間下限値は 0 だった．

次に，50 回調査時の推定飛翔頻度平均値の 95% 信頼区間の幅に対する各調査回数での信頼区間の幅の比をみたところ（図 3），すべての種で同様の結果が示された．どの種でも 10 回程度の調査以降，信頼区間の幅の比の減少率は緩やかになった．また，信頼区間の幅が 50 回調査時の 1.5 倍以下となる調査回数は，オオセグロカモメで 23 回，カラス類で 22 回，ウミネコで 19 回，オジロワシで 13 回だった．ただし，ウミネコとオジロワシでは調査回数の変化に伴う上側信頼区間に上下振動が生じていることから（図 2），常に 1.5 倍を下回るのはウミネコで 21 回以降，オジロワシで 17 回以降となった．また，信頼区間の幅が 50 回調査時の 1.25 倍以下となる調査回数は，ウミネコで 31 回，カラス類で 33 回，オオセグロカモメで 34 回，オジロワシで 35 回以降だった．

### 調査時間帯による飛翔頻度の変化

観察飛翔数の多かったオオセグロカモメとウミネコ，カラス類について，12 日間の飛翔頻度 (2 時間当たりの平均飛翔数 ) を朝，昼，夕の時間帯別に比較したところ（表 2），オオセグロカモメのみで有意差がみられ（Kruskal-Wallis test; $df = 2, p = 0.001$），昼の飛翔頻度が高かった．ウミネコとカラス類では有意差はないものの（$p>0.05$），昼の飛翔頻度が高い傾向がみられた．このことから鳥類の飛翔頻度は調査時間帯によって異なり，今回解析した 3 種では日中の頻度が高い可能性が示された．

## 考察

今回の解析により，現地調査でコンスタントに出現したオオセグロカモメとカラス類の平均飛翔頻度は，平均値± 25% 水準の精度で推定されることが示された（図 2）．信頼区間の上側と下側で同じ精度のデータを得るために必要な調査回数が異なるため，回数の多い方に合わせると，平均値± 25% の精度で推定するためにはオオセグロカモメで 50 回（100 時間），カラス類では 34 回（68 時間）以上の定点観

察が必要といえる．また，許容可能な推定誤差を平均値± 50% 水準に下げると，オオセグロカモメで 14 回（28 時間），カラス類では 9 回（18 時間）以上の調査で達成可能なことが示された．このように出現頻度の高い種では 50 回（100 時間）以内の調査で比較的精度の高い飛翔頻度推定が可能であり，追調査を実施してその結果をあわせて検証することで，ある精度での推定に必要な調査回数を一般化できる可能性もある．

一方，今回の現地調査を行った時期のウミネコやオジロワシのように，ときどき，または稀にしか出現しない対象種については，50 回（100 時間）以内の定点観察調査では高い精度での飛翔頻度推定は難しい可能性が示された．また，両種の 95% 信頼区間の下限値はオジロワシでは 39 回（78 時間）の調査まで，ウミネコでは 11 回（22 時間）の調査まで 0 だったことから，もともと生息数が少ない，あるいは飛翔頻度の少ない鳥類種は，調査回数が少ないと生息していないと判断される可能性が高いことが示唆された．

このような出現回数の少ない種を対象とする場合には，推定された飛翔頻度の精度を本研究の解析手法などを用いて評価し，不十分と考えられる場合には追調査を実施することなどにより精度の向上を目指す必要があるだろう．

また，50 回調査を行ったときの推定飛翔頻度平均値の 95% 信頼区間の幅に対する各調査回数での信頼区間の幅の比は，どの種でもほぼ同様の傾向を示した（図 3）．したがって，この解析の結果は 50 回（100 時間）以内で費用対効果の高い調査回数を検討するための，ひとつの尺度として利用可能と考えられる．たとえば，50 回調査時の 1.25 倍以下の信頼区間の幅を許容誤差として平均飛翔頻度を推定するとしたら，どの種でも 35 回以上の調査を実施すれば達成できる可能性が高いといえる．

一方，本研究で 33 回実施した現地調査のうち 3 回の調査でしか出現しなかったオジロワシについては（表 1），ブートストラップ法によるデータの抽出において飛翔数のばらつきが適切に評価されていない可能性があるため，他の手法による検証が必要と考えられる．また，今回解析に用いた鳥類について調査回数ごとの時間的自己相関性について調べた．時間的自己相関性とは，ある時系列データにおいて個々の変数値が一定間隔を置いて相互に関連をもつことで，今回の解析では各調査回数で観察された飛翔数が，一定間隔（lag）を置いた他の調査回数のときに観察された飛翔数と相関関係をもつことを意味する．上記の一定間隔 lag を 1–3 回として解析したところ，カラス類で lag3 における有意な相関が示された（$r > 0.06$，$p < 0.05$）．そのため，カラス類では 3 回間隔の調査回数での飛翔頻度間に相関関係のある可能性が否定できず，今回の解析結果は過小評価となっているかもしれない．したがって，たとえば本研究の解析結果を用いて許容可能な精度を満たすカラス類の調査回数を設定したとしたら，その調査で得られた観察飛翔数間の自己相関性を確認する必要がある．

本研究では，鳥類の生息個体数や行動圏が安定し，飛翔頻度の変動が比較的小さいと考えられる時期の調査結果に基づいて解析を行ったが，Busse（2013）は飛翔頻度の推定ではどのようなサンプリング法を用いても，とくに渡り時期にはより大きなバイアスが生ずることを指摘している．したがって，渡りや地域間移動などにより鳥類の飛翔頻度の経時変化が大きい時期では，同種であっても本研究とは解析結果が大きく異なる可能性がある．

また，本研究で行ったブートストラップ法に基づく解析は，朝，昼，夕の調査時間帯から偏

りなく調査が実施されることを前提としているが，カモメ類やカラス類では一日のうち昼の時間帯の飛翔頻度が高かった．したがって，これらの種を対象とした調査をたとえば朝と夕方のみに実施した場合，推定飛翔頻度は過小評価となる可能性がある．Busse（2013）は猛禽類は早朝よりも遅い時間に活動的であることを述べ，飛翔数が多い時間帯の観察で得たデータに鳥類の日周行動パタンから導いた補正を施すことで，一日の飛翔頻度の推定精度を高める方法を紹介している．飛翔頻度推定のための定点観察調査においては，対象種や時期ごとに適切な調査時間帯を設定するとともに，サンプリングによるバイアスが考えられる場合にはその補正についても検討される必要がある．

## 謝辞

本研究の実施にあたり苫前町役場の高田和彦氏には現地調査へのご協力を，北野雅人氏には調査手法に対するご教示をそれぞれ頂いた．お礼申し上げる．また，本研究は平成 25 年度笹川科学研究助成（研究番号 25-635）を受けた．

## 引用文献

Band, W., Madders, M. & Whitfield, D. P. 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. In De Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M. (eds). Birds and Wind Power, pp.259–275. Lynx Edicions. Barcelona.

Busse, P. 2013. Methodological procedure for pre-investment wind farm ornithological monitoring based on collision risk estimation. Ring 35: 3–30.

Douglas, D. J. T., Follestad, A., Langston, R. H. W., Pearce-Higgins, J. W. 2012. Modelled sensitivity of avian collision rate at wind turbines varies with number of hours of flight activity input data. Ibis 154: 858–861.

Kitano, M. & Shiraki, S. 2013. Estimation of Bird Fatalities at wind farms with complex topography and vegetation in Hokkaido, Japan. Wildl. Soc. Bull. 37: 41–48.

Maclean, I. M. D., Wright, L. J., Showler, D. A. and Rehfisch, M. 2009. A Review of Assessment Methodologies for Offshore Windfarms. BTO report commissioned by COWRIE Ltd., Thetford, UK. COWRIE METH-08-08.

村野紀雄・宮木雅美・三木 昇・国兼治徳・村野道子. 2013. 北海道苫前町の維管束植物目録. 酪農学園大学紀要. 自然科学編 37(2): 121–138.

Scottish Natural Heritage. 2005, revised 2010. Survey methods for use in assessing the impacts of onshore windfarms on bird communities. SNH Guidance. SNH, Battleby.

植田睦之・福田佳弘. 2010. オジロワシおよびオオワシの海岸飛行頻度と気象状況との関係. Bird Research 6: S21–S26.

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. 総合政策 15(1): 1–17.

# Examination of improvements to the estimation accuracy of bird flight frequencies based on vantage point observations

Saiko Shiraki, Masafumi Ino* & Minoru Kanaiwa

Faculty of Bioindustry, Tokyo university of agriculture. 186 Yasaka, Abashiri, Hokkaido 099-2493, Japan

The relationships between the number of surveys and the estimation accuracy of bird flight frequency based on vantage point observation were examined using the nonparametric bootstrap method. In the case of 50 2-hour surveys, the mean flight frequencies of Slaty-backed Gulls and crows which were consistently detected in the study site were estimated to a precision of ± 25%. In White-tailed Eagles and Black-tailed Gulls which were infrequently observed, on the other hand, their flight frequencies were estimated with a reduced precision. In addition, there was a possibility that a small number of surveys would not show their occurrence in these infrequent species. On the other hand, the changes of relative ratios of 95% confidence interval widths of mean flight frequencies with survey number of times showed approximately similar results for all birds in this study. Therefore, the result of this analysis would contribute to the examination of the number of surveys required for the reliable estimation of bird flight frequency.

*Key words: estimation of flight bird frequency, assessing estimate accuracy, bootstrap method, the numbers of investigation times, observation hour, time zones of survey*

*Present address: Maison seseragi A-6, 5-119-56, Shiomi, Abashiri, Hokkaido 093-0042, Japan