天売島におけるケイマフリ個体数の季節変動と年変化

長谷部 真^{1,*,**}・福田佳弘²・先崎理之³・綿貫 豊⁴

¹ 北海道海鳥センター 〒078-4116 北海道苫前郡羽幌町北6条1丁目

² 知床海鳥研究会 〒099-4355 北海道斜里郡斜里町ウトロ東365

³ 北海道大学農学院 〒060-8589 北海道札幌市北区北9条西9丁目

⁴ 北海道大学水産科学院 〒041-8611 北海道函館市港町3丁目1-1

(2014年9月25日受付；2015年4月16日受理)

キーワード：天売島，ケイマフリ，季節変動，年変化。

日本鳥学会誌

Japanese Journal of
Ornithology

© The Ornithological Society
of Japan 2015

Makoto HASEBE^{1,*,**}, Yoshihiro FUKUDA², Masayuki SENZAKI³, Yutaka WATANUKI⁴.
Seasonal variation and inter-annual trends in the number of Spectacled Guillemots at Teuri
Island, Hokkaido, Japan. Jpn J Ornithol 64: 251–255. (2015)

Abstract. Number of Spectacled Guillemot *Cephus carbo* around Teuri Island, Hokkaido, Japan were counted by boat and land-based surveys from 1994 to 2014. The numbers showed marked seasonal differences with the maximum occurring in the pre-laying period. Estimated annual maxima, incorporating this seasonal change, decreased $9.6\% \pm 1.7\%$ per annum from 1985 to 1995, while counted annual maxima increased $9.7\% \pm 1.6\%$ per annum from 2004 to 2014, though numbers were fewer than in the 1980s. The number of active nests was 118 in 2013 and 169 in 2014, and was 0.31–0.34 of the maximum number.

Key words: *Cephus carbo*, Population trends, Seasonal variation, Spectacled Guillemot, Teuri Island.

¹ Hokkaido Seabird Center, Kita 6-jo-1 Haboro, Hokkaido 078-4116, Japan.

² Shiretoko Seabird Association, 365 Utoro-higashi, Syari, Hokkaido 099-4355, Japan.

³ Graduate School of Agricultural Sciences, Hokkaido University, Kita 9-jo Nishi 9 Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan.

⁴ Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Minatomachi 3-1-1 Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan.

はじめに

ケイマフリ *Cephus carbo* はロシアのオホーツク海・日本海沿岸，北朝鮮の日本海側，国内では北海道・東北の沿岸や離島で繁殖し（鄭 1987; Gaston & Jones 1998; Osa & Watanuki 2002；環境省自然環境局生物多様性センター 2013），その分布はアジア極東域に限定される。天売島（44°25'N，

141°18'E，図1）は本種の国内最大の繁殖地であり（Osa & Watanuki 2002），1949年に7,000羽（Austin & Kuroda 1953），1963年に3,000羽（黒田 1963）といった報告がある。1963–1994年までの個体数減少率は年率8.5%であると報告され（Osa & Watanuki 2002），2002年以降，環境省レッドリストでは絶滅危惧Ⅱ類となっている（藤巻・長 2002）。

1963–1994年のケイマフリの減少は，調査方法が示されていない1963年の3,000羽（黒田 1963）を利用して算出されている（Osa & Watanuki 2002）。また1985–1995年の調査は年1回で調査時期が一定でない。繁殖地沿岸の海上で見られるケイマフリの個体数は季節変動が大きい（環

* 現所属：北海道海鳥保全研究会

〒098-4464 北海道天塩郡豊富町豊富庄内小22

** E-mail: hasebemakoto@hotmail.com

doi:10.3838/jjo.64.251

JOE:JST.JSTAGE/jjo/64.251

図1. 天売島と海鳥繁殖地の位置。
Fig. 1. Location of Teuri Island and Seabird Colonies.

境省北海道地方環境事務所 2015b), 季節変動による個体数への影響が懸念される。従って、ケイマフリの個体群動態を明らかにするためには、季節変動を考慮して再評価する必要がある。そこで本研究では、まず、天売島繁殖地の周辺海域のケイマフリ個体数を様々な季節に調査することで、季節的な変動傾向を明らかにした。次に、季節変動を考慮した年最大個体数の推定式を求めた。この推定式を使って 1985–1995 年の最大個体数について季節変動を考慮して再分析し、2004 年以降の年別最大個体数と合わせて、個体数の長期的年変化を求めた。さらに、2013 年と 2014 年には、直接観察により繁殖活動をしている巣数を数えて繁殖数を求め、周辺海域にて確認した最大個体数との関係を調べた。

調査および解析方法

天売島で 2010–2014 年に 4 月から 7 月までの期間、波高の低い日を選び、主に午前 6 時から午前 9 時に崖の上 5–6 箇所から、海鳥繁殖地 (図 1) の海岸から 500 m 以内に浮いている個体と波打ち際の岩に上陸している個体を数えた。詳しくは、環境省北海道地方環境事務所 (2011, 2012, 2013, 2014, 2015b) を参照されたい。

生息個体数と繁殖つがい数の関係を調べるため、

2013–2014 年には繁殖地の崖の上・海岸沿い・岩礁の合計 12–15 箇所の調査地点で 0.5–3.75 時間の定点調査を 6–7 月にそれぞれ 1–6 回行い、ケイマフリが餌を持って入る崖や岩の隙間を数え、これらを育雛中の巣とした。詳しくは、環境省北海道地方環境事務所 (2014, 2015b) を参照されたい。

年に複数回調査が行われた 1994–2009 年の記録 (福田 1995, 未発表; 福田ら 1995; 環境省北海道地方環境事務所 2010, 未発表) を加えて、ケイマフリ個体数の季節変動様式の把握を試みた。1994–1996 年は小型船を使用し、1995–1996 年は天売島全周沿岸海域を対象とした調査であったが、海鳥繁殖地沿岸以外では個体数が全体の 5% 以下であり、実際の調査で小型船と陸上では結果に大差がなかったため、海鳥繁殖地沿岸での陸上調査結果と同等のものとして扱った。

ケイマフリ個体数の季節変動を明らかにするために、年に複数回調査が行われた 1994–2014 年の記録を用いて、誤差構造にポワソン分布を仮定した一般化線形混合モデルを構築した。応答変数を調査日ごとの個体数 ($n = 122$) とし、説明変数には観察日 (4 月 1 日を 1 とする連続変数) と、非線形な季節変化を考慮するために観察日の二乗項を用いた。ランダム効果は名義変数の年とした。説明変数の全組み合わせ (説明変数なし、観察日、観察日²、観察日 + 観察日²) に対するモデルを作り、AIC が最も低いモデルを最適モデルとして採用した。

上記の解析は、パッケージ glmmML を用いて、R 3.0.1 (The R Core Team online) を利用して行った。

結果と考察

1) 季節変動

個体数の季節変動モデルには、観察日とその二乗項を含む 2 次式が選択された (表 1)。選択されたモデルによると、個体数は 4 月に最大となり、5

表 1. 一般線形化混合モデルによるケイマフリ個体数の季節変動のモデル選択。
Table 1. GLMM model selection for seasonal variation in the number of Spectacled Guillemots.

Rank	Variable (s)	K ^a	AIC	ΔAIC ^a	w _i ^a
1	DATE + DATE ²	3	3,354.7	0.00	1
2	DATE	2	6,125.4	2,880.00	0
3	DATE ²	2	6,422.0	3,005.52	0
4	Null model	1	6,459.7	3,006.24	0

^a: Number of model parameters, ΔAIC: AIC differences, w_i: Akaike weight

図2. 天売島繁殖地周辺海域における1994–1996年と2004–2014年のケイマフリ個体数の季節変動。回帰曲線は一般化線形混合モデルにより選択された季節変動モデルの予測を示した。繁殖期を個体数の季節変動に合わせてA（産卵期前，4月～5月上旬）、B（抱卵・育雛期，5月下旬～6月）、C（巣立ち期，7月）の破線で区切られた期間に区分した。

Fig. 2. Seasonal variation in the number of Spectacled Guillemots counted along the shoreline and in the near-shore area during surveys at Teuri Island, Hokkaido, Japan (1994–1996 and 2004–2014). The regression curve was created by the selected seasonal variation GLMM. The breeding season was divided into three periods by broken lines: A (pre-laying, 1 April to 9 May), B (incubating and chick-rearing, 20 May to 30 June), C (fledging, 1 to 31 July), following the seasonal variation.

月下旬から6月にかけて最少となり，7月に再度増えるという凹型の傾向を示した（図2）。

ケイマフリは抱卵日数が27日であること（Kitaysky 1994），天売島では6月上旬に餌運びを開始することから，抱卵開始時期は5月上旬頃であると推定した。従って，海上の個体数が最大となった4–5月上旬は産卵期前または抱卵開始直後と判断した（図2）。この判断が正しければ，5月下旬–6月は抱卵・育雛期に当たるが，その時期に個体数が少なくなったのは，抱卵・抱雛・餌運びにより成鳥の発見率が下がる（Walsh et al. 1995）ためと考えられる。繁殖終了に近い7月下旬に個体数が再び増加したのは（図2），繁殖を終えた個体が再び繁殖地沿岸の海上に日中滞在していたためと推察される。この結果を受け，最も多くの個体が海上に集まる4–5月上旬を産卵期前，個体数が最少となる5月下旬–6月を抱卵・育雛期，再び個体数が増える7月を巣立ち期に季節区分した。5月中旬は移行期として除外した。

ハジロウミバト *C. grylle* では，多くの個体が繁殖地付近の海上で見られる産卵期前に個体数調査

を行うのが良いとされている（Walsh et al. 1995）。本研究の結果からケイマフリにおいても個体数調査は海上で観察できる個体数が最大となる産卵期前を中心に行うことが望ましいことが判明した。

2) 産卵期前と他の季節の個体数の関係

年最大個体数の長期的年変化を明らかにするためには，産卵期前に調査が行われていない年の年最大個体数を他の季節の個体数から推定する必要がある。そこで，年ごとの季節変動の傾向を検証するために，産卵期前の最大個体数を応答変数，個体数が安定する抱卵・育雛期の平均個体数（2004–2014）または巣立ち期の最大個体数（1996–2014）を説明変数とした回帰式を求めた。その結果，産卵期前の最大個体数は2004–2014年の抱卵・育雛期または1996–2014年の巣立ち期の個体数とそれぞれ線形関係にあった（抱卵・育雛期の平均個体数に対する回帰， $r^2=0.94$ ， $N=8$ 年， $P<0.001$ ；巣立ち期の最大個体数に対する回帰， $r^2=0.86$ ， $N=7$ 年， $P=0.003$ ，図3）。つまり，抱卵・育雛期の平均個体数または巣立ち期の最大個体数と産卵期前の最大個体数の相関関係は1996–2014年にほぼ一定であったため，繁殖地沿岸の個体数の季節ごとの関係はどの年も似ていると考えられる。従って，これらの回帰式を使って，抱卵・育雛期あるいは巣立ち期に得られた個体数から，同じ年の産卵期前の最大個体数を推定できる。

3) 年最大個体数の推定と年変化

1985–1995年にかけての様々な季節における調査結果の最大個体数は117–334の間で変動していた（綿貫 1985, 1986；寺沢・青塚 1986；綿貫ら 1988；福田 1995）。本研究では，季節変動を考慮した上でこれらの年の結果を再評価するため，図3に示した回帰式に1985–1994年は抱卵育雛期の平均個体数，1995年は巣立ち期の最大数を代入し，年最大個体数（産卵期前）を推定した。ただし，1985–87年と1993年の推定値は，代入した値が回帰式作成に用いたデータの範囲を超えた外挿となっている問題を含んでいる。

年変化様式を把握するために，回帰式から得られた1985–1995年（ $n=7$ ）の推定年最大個体数の自然対数により直線回帰を行い，年変化率を求めた。また，2004–2014年（ $n=10$ ）の現地調査による年最大個体数の年変化率も同様に求めた。その結果，1985–1995年の年最大個体数の年変化率は $-9.6 \pm 1.7\%$ （ $r^2=0.87$ ， $N=7$ 年， $P=0.002$ ）だっ

図3. 天売島における抱卵・育雛期（5月下旬～6月）の平均個体数（2004年，2006年，2009–2014年，黒丸）または巣立ち期（7月）のケイマフリ最大個体数（1996年，2004年，2009–2014年，白丸）と産卵期前（4月～5月上旬）の最大個体数との関係。

Fig. 3. Relationships between mean counts of Spectacled Guillemots during the incubation/chick-rearing period (20 May to 30 June) in 2004, 2006, 2009–2014 (closed circles) or the maximum counts during the fledging period (July) in 1996, 2004, 2009–2014 (open circles) and the maximum counts during the pre-laying period (1 April to 9 May) at Teuri Island.

図4. 天売島のケイマフリの年最大個体数（産卵前期の最大個体数，1996–2014年，黒丸），抱卵・育雛期の平均個体数（1985–2014年，四角），巣立ち期の最大個体数（1994–2014年，三角），と回帰式（図3）を使った推定年最大個体数（抱卵期前の推定最大個体数，1985–1995年，白丸）。

Fig. 4. Annual maxima (maximum counts in the pre-laying period, 1996–2014, closed circle), mean counts in the incubation/chick-rearing period (1985–2014, square) and maximum counts in the fledging period (1994–2014, triangle) during Spectacled Guillemot surveys at Teuri Island, Hokkaido, Japan. Annual maxima during the pre-laying period in 1985–1995 (open circle) were estimated using regression equations (see Fig. 3).

た（図4）。2004–2014年の最大個体数の年変化率は $9.7 \pm 1.6\%$ ($r^2 = 0.82$, $N = 10$ 年, $P < 0.001$) であり，増加傾向を示したが（図4），個体数自体は1980年代の水準に回復していないことが判明した。ケイマフリが3,000羽生息していたという報

告がある1963年（黒田1963）に近い時期の繁殖地の画像（清棲1959；村田英二 私信）によると，少なくとも繁殖地の一部で本種が近年よりも高密度に生息し，現在利用していない部分も利用していたと推察される。

4) 繁殖数と年最大個体数

2013年と2014年の育雛中の巣数はそれぞれ118と169確認され，その年最大個体数に対する比率は，それぞれ31%と34%だった。育雛中の巣には抱卵中に繁殖失敗した巣は含まれていないが，最大個体数のうち少なくとも3割程度の個体はその後の繁殖には参加していなかったことが推定された。この割合は同じウミスズメ科のカムリウミスズメ *Synthliboramphus wumizusume* の41% (Carter et al. 2012)，ウミスズメ *S. antiquus* の42%（長谷部 真 未発表）より少ないが，ウミガラスの *Uria aalge* 14–30%（北海道地方環境事務所2015a）より多く，かなりの割合が非繁殖個体であると思われるので，ケイマフリの個体群動態を把握するためには，今後も飛来する個体数と実際に繁殖する個体数との関係を明らかにして行く必要があるだろう。

調査データを提供していただいた新村 靖氏，彦坂清子氏，写真を提供していただいた村田英二氏，調査を手伝っていただいた天売海鳥研究室の方々，原稿に目を通して頂いた植田睦之氏，英文を確認していただいたDarrell Whitworth氏にお礼を申し上げる。

摘 要

1994–2014 年の天売島の繁殖地沿岸域で海上または陸上からケイマフリを数えた。その個体数には季節変動があり産卵期前に最大値を示した。この季節変化を考慮して推定した年最大個体数は1985–1995 年に年 $9.6 \pm 1.7\%$ 減少した。調査が行われた2004–2014 年は年 $9.7 \pm 1.6\%$ 増加したが、個体数は1980 年代より少なかった。2013 年と2014 年の利用中の巣数は118, 169 であり、ケイマフリの最大数に対しそれぞれ0.31 と0.34 の割合だった。

引用文献

- Austin OL & Kuroda N (1953) *The Birds of Japan*. Bull Mus Comp Zool, Harvard 109: 448–452.
- Carter H, Whitworth D, Nakamura Y, Takeishi M, Sato S, Otsuki K & Watanuki Y (2013) *Surveys of Japanese Murrelets (Synthliboramphus wumizusume) at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2012*. Japan Seabird Group, Hakodate.
- 藤巻裕蔵・長 雄一 (2002) ケイマフリ. 環境省 (編) 改訂・日本の絶滅の恐れのある野生生物—レッドデータブック—2 鳥類: 186–187. 自然環境研究センター, 東京.
- 福田佳弘 (1995) 天売島におけるケイマフリの繁殖分布. 小野宏治 (編) 希少ウミスズメ類の現状と保護 I—航路調査報告およびウミスズメ類繁殖地仮目録—: 177–179. 日本ウミスズメ類研究会, 船橋.
- 福田佳弘・綿貫 豊・加藤明子・林 英子・寺沢孝毅 (1995) 海鳥 (ウミガラス, ウトウを除く) の個体数及び営巣場所の変化. 北海道環境科学研究センター (編) ウミガラス等海鳥群集生息実態調査報告書 1992–1994: 16–22. 北海道, 札幌.
- Gaston AJ & Jones IL (1998) *Bird families of the World, The Auks*. Oxford University Press, Oxford.
- 環境省北海道地方環境事務所 (2010) 平成 21 年度ウミガラス保護増殖事業報告書. 北海道地方環境事務所, 札幌.
- 環境省北海道地方環境事務所 (2011) 平成 22 年度国指定天売島鳥獣保護区におけるケイマフリ調査報告書. 北海道地方環境事務所, 札幌.
- 環境省北海道地方環境事務所 (2012) 平成 23 年度国指定天売島鳥獣保護区におけるケイマフリ調査報告書. 北海道地方環境事務所, 札幌.
- 環境省北海道地方環境事務所 (2013) 平成 24 年度国指定天売島鳥獣保護区におけるケイマフリ等海鳥調査報告書. 北海道地方環境事務所, 札幌.
- 環境省北海道地方環境事務所 (2014) 平成 25 年度国指定天売島鳥獣保護区におけるケイマフリ等海鳥調査報告書. 北海道地方環境事務所, 札幌.
- 環境省北海道地方環境事務所 (2015a) 平成 26 年度ウミガラス保護増殖事業報告書. 北海道地方環境事務所, 札幌.
- 環境省北海道地方環境事務所 (2015b) 平成 26 年度国指定天売島鳥獣保護区におけるケイマフリ等海鳥調査報告書. 北海道地方環境事務所, 札幌.
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2013) 平成 24 年度モニタリングサイト 1000 海鳥調査報告書. 生物多様性センター, 富士吉田.
- Kitaysky AS (1994) Breeding Biology, feeding ecology and growth energetics of the Spectacled Guillemot (*Cepphus carbo*). Pacific Seabirds 21: 43.
- 清棲幸保 (1959) 原色日本野鳥生態図鑑 Vol 2 水辺の鳥. 保育社, 大阪.
- 黒田長久 (1963) 天売島海鳥調査 (附陸鳥). 山階鳥類研究所研究報告 3: 16–81.
- Osa Y & Watanuki Y (2002) Status of Seabirds breeding in Hokkaido. J Yamashina Inst Ornithol 33: 107–41.
- 鄭 鐘烈 (1987) 朝鮮半島の希少鳥類. 朝鮮大学校自然博物館, 小平.
- 寺沢孝毅・青塚松寿 (1986) 天売島における海鳥の繁殖状況. 留萌支庁委託調査報告書. 留萌支庁, 留萌.
- The R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing (Version 3.0.1). (online) http://web.mit.edu/r/r_v3.0.1/fullrefman.pdf, accessed 2014-11-8.
- Walsh PM, Halley DJ, Harris MP, del Nevo A, SIm IMW & Tasker ML (1995) *Seabird monitoring handbook for Britain and Ireland*. JNCCIRSPBIITE/Seabird Group, Peterborough.
- 綿貫 豊・青塚松寿・寺沢孝毅 (1986) 天売島における海鳥の繁殖状況. 鳥 34: 146–150.
- 綿貫 豊・寺沢孝毅・青塚松寿・阿部 永 (1988) 天売島のウミガラス生息実態調査. 北海道生活環境部自然保護課 (編) 天売島ウミガラス生息実態調査報告書: 29–52. 北海道, 札幌.