

2019年カムリウミスズメ調査報告書

Japanese Murrelet Surveys in 2019



Marine Bird Restoration Group

海鳥保全グループ

17 March 2020



MARINE BIRD RESTORATION GROUP SURVEY REPORT IN 2019

Contents

Acoustic surveys for Japanese Murrelet <i>Synthliboramphus wumizusume</i> at Birojima,	
Miyazaki Japan	1
INTRODUCTION	1
METHODS	2
RESULTS	3
DISCUSSION	6
ACKNOWLEDGEMENTS	7
LITERATURE CITED	7
At-Sea Congregation Monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Miyazaki-ken,	
Japan, in 2019	9
EXECUTIVE SUMMARY	9
INTRODUCTION	11
METHODS	13
RESULTS	22
DISCUSSION	29
ACKNOWLEDGEMENTS	34
LITERATURE CITED	35
APPENDIX 1	37
Estimating the breeding population size and the status of invasive rodents and crows at the newly	
discovered colonies of Japanese Murrelets, Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan	40
EXECUTIVE SUMMARY	40
INTRODUCTION	41
STUDY AREA	42
METHODS	46
RESULTS	50
DISCUSSION	67
ACKNOWLEDGEMENTS	71
LITERATURE CITED	72

目 次

宮崎県枇榔島におけるカンムリウミスズメ <i>Syndesmonphegus wunicasume</i> の音響調査 (声の調査)	1
はじめに	1
方法	2
結果	3
考察	6
謝辞	7
引用文献	7
2019年 宮崎県枇榔島におけるカンムリウミスズメの洋上でのモニタリング	9
概要	9
はじめに	11
方法	13
結果	22
考察	29
謝辞	34
引用文献	35
補足	37
新たに確認された徳島県牟岐町カンムリウミスズメ繁殖地での繁殖個体群規模の推定とネズミ類 及びカラス類の生息状	40
要約	40
はじめに	41
調査地	42
調査方法	46
結果	50
考察	67
謝辞	71
文献	72

Acoustic surveys for Japanese Murrelet *Synthliboramphus wumizusume* at Birojima, Miyazaki Japan

宮崎県枇榔島におけるカンムリウミスズメ *Synthliboramphus wumizusume*
の音響調査 (声の調査)

Kuniko Otsuki¹, Yutaka Nakamura², Nina Karnovsky³, and Kazuko Kawagoe⁴

^{1,2}Marine Bird Restoration Group, 1-18 Ishida, Hokida, Fukushima-shi, Fukushima, Prefecture 960-8163, Japan.

²The Wildlife Study Group of Miyazaki, Gakuen Kihanadai Kita, Miyazaki Prefecture 889-2152, Japan.

³Pomona College Dept. of Biology, 175 W. 6th St. Claremont, CA 91711, USA.,

⁴Kadogawa Town Board of Education, 1-1 Honmachi Kadogawa-cho, Higashiusuki-gun, Miyazaki Prefecture 889-0696, Japan.

INTRODUCTION はじめに:

The purpose of this study was to characterize the vocal behavior of Japanese Murrelets breeding on Birojima in Miyazaki Japan, the largest known breeding colony of this species (Fig. 1).

この研究の目的は、カンムリウミスズメの最大の繁殖コロニーとして知られている宮崎県の枇榔島で繁殖する本種の音声行動を特徴付けることであった (図 1)。

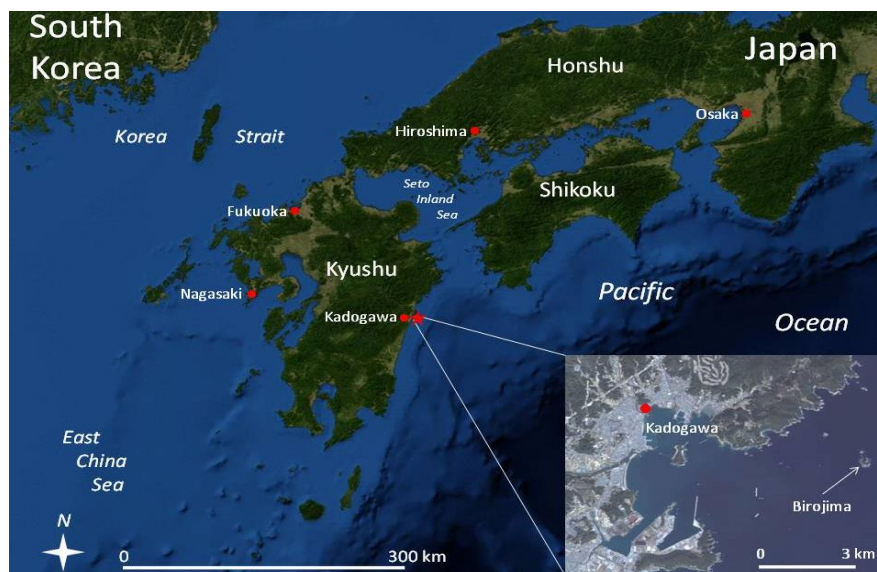


Fig. 1. Islands of western Japan indicating the location of Birojima off the east coast of Kyushu. Inset: location of Birojima.

図 1. 九州東海岸沖の枇榔島と西日本の島々。挿入図：枇榔島の位置。

Japanese murrelets are classified as vulnerable by the IUCN because of their small population size and declines due to gill nets, predation by non-native and native predators (Otsuki et al. 2017), as well as development. Their population size is difficult to ascertain due to their nocturnal, burrow-nesting lifestyle. Understanding their calling behavior may provide important information for efforts to understand their phenology and to determine the presence of predators in the colonies.

カンムリウミスズメは、さし網、非土着または土着の捕食者による捕食のため(Otsuki et al. 2017)、個体数が少ないことから IUCN のレッドリストでは vulnerable(脆弱である)に分類されている。本種の夜行性、かつ巣穴の奥にこもる生活様式から、彼らの個体数を確認することは困難である。彼らの鳴きかわし行動を理解することは、本種の生物気候学(フェノロジー)を理解し、また、コロニー内の捕食者の存在を確認するための重要な情報源となるであろう。

METHODS 方法

We deployed two songmeters (wildlife acoustics, SM4, SM2) during the 2019 breeding season (Fig. 2).

2019年の繁殖期、私たちは2台のソングメーター(wildlife acousticsのSM2、SM4)を設置した(図2)。

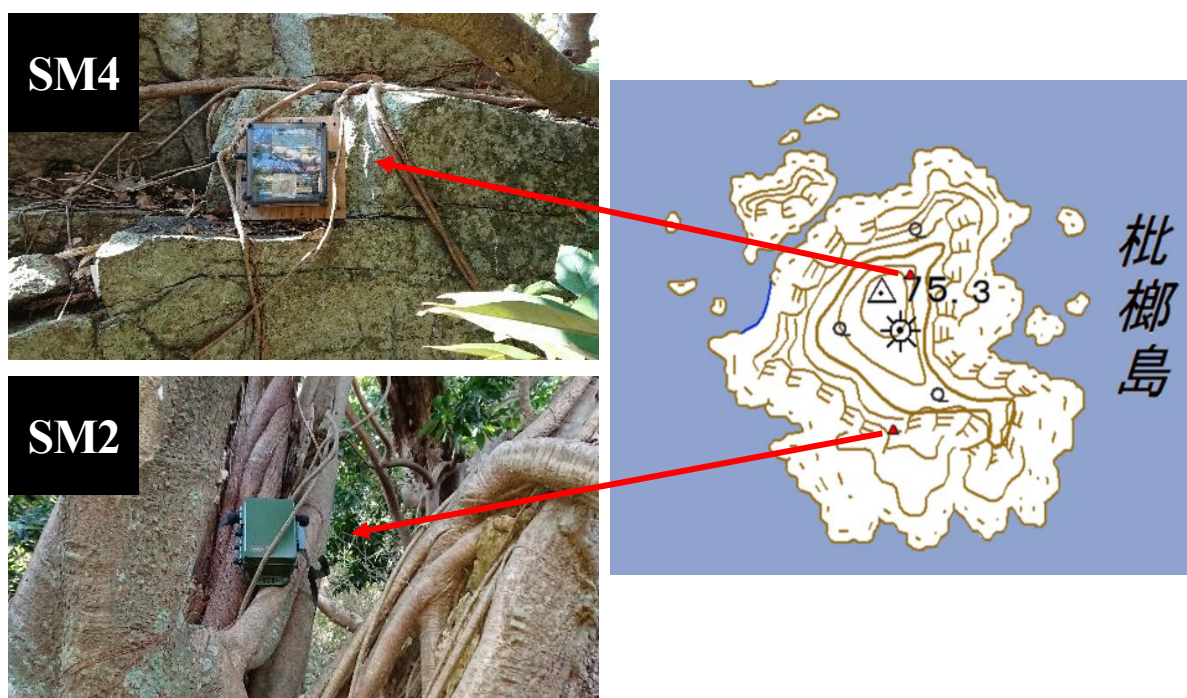


Fig. 2. Songmeter locations on Birojima (right). We placed the SM4 in a tree (top left) and the SM2 against a rock (bottom left).

図2. 枇榔島のソングメーターの位置(右)。SM4は木に設置(左上)、SM2は岩に配置した(左下)。

Each songmeter recorded for 15 minutes per hour, from sunset to sunrise. Abram Fleishman of Conservation Metric (CMI) analyzed the recordings. All events flagged by the Deep Neural Network (DNN) classification model (threshold = 0.99) were manually reviewed to remove false positives (misidentified sounds). Deep Neural Networks (DNNs) are a powerful classification tool used in many fields to perform speech recognition, image recognition, and computer vision tasks (Cichy, Khosla, Pantazis, & Torralba, 2016; Deng, Hinton, & Kingsbury, 2013; Fleishman, (2019); Min, Lee, & Yoon, 2016; Schmidhuber, 2015).

The automatic sound detection program does not have a very diverse dataset from which to build the detector, so if calls are very weak (quiet) or there is a lot of background noise (wind, waves, other birds, etc), the detector may not recognize the calls. In order to catch those missing weak calls, K. Otsuki also analyzed all datasets with Raven Probioacoustic Software version 1.5.

それぞれのソングメーターは、日没から日の出まで1時間あたり15分間記録した。Conservation Metric (CMI) の Abram Fleishman がデータの解析を行った。Deep Neural Network (DNN) 分類モデル (しきい値=0.99) によってフラグが立てられたすべてのイベントを手動で確認し、偽陽性 (誤認音) の除去を行った。ディープニューラルネットワーク (DNN) は、音声認識、画像認識、コンピュータービジョンタスクを実行するために多くの分野で使用される強力な分類ツールである (Cichy, Khosla, Pantazis and Torralba. 2016; Deng, Hinton, and Kingsbury. 2013; Fleishman. 2019; Min, Lee, & Yoon. 2016; Schmidhuber. 2015) 。

RESULTS 結果

The songmeters recorded distinctive Japanese murrelet calls (Fig. 3) for a total of 422.85 hours on 139 nights.

ソングメーターは、139 夜に合計 422.85 時間、カンムリウミスズメ特有の鳴き声を記録した (図 3) 。

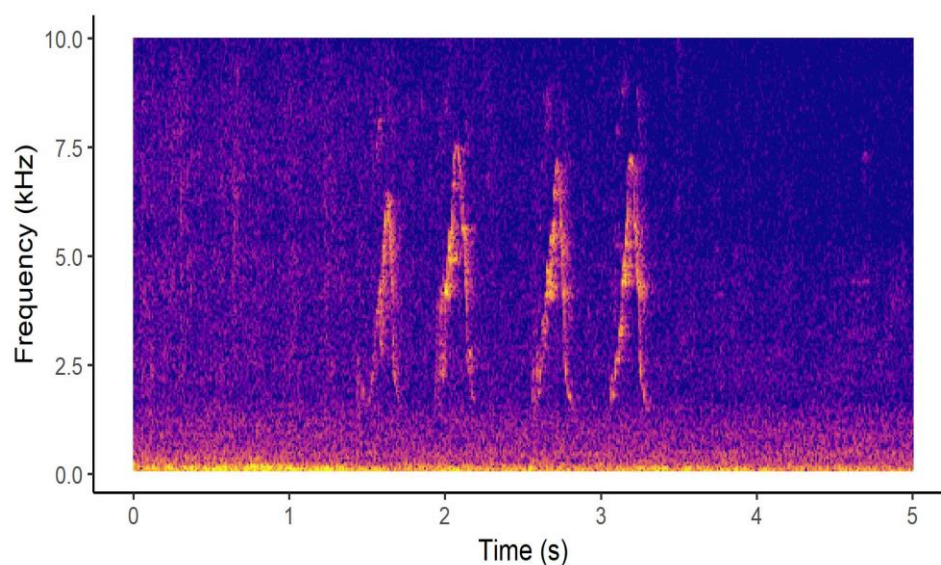


Fig. 3. Spectrogram of a Japanese murrelet call on Birojima.

図 3. 枇榔島のカンムリウミスズメの鳴き声のスペクトログラム。

Calling activity peaked 2–6 hours before sunrise (Fig. 4) and calling activity appears to decline during full moon events but appears to increase after new moon (Fig. 5). Calling activity peaked early in the morning (1.5 hours before sunrise) during the early part of the season (Fig. 4). There were two peaks in vocal activity between 9 and 2 hours before sunrise, one at the end of February/early March and another at the end of March/early April (Fig. 4 & 5).

声は日の出の2～6時間前にピークに達し（図4）、満月の夜に減少、新月の後は増加するように見える（図5。）コーリング活動は、シーズンの早い時期は、早朝（日の出の1.5時間前）にピークに達した（図4）。

この日の出の9時間前から2時間前までの時間帯に2つのピークがみられ、1つは2月末～3月初旬に、もう1つは3月末～4月上旬にみられた（図4および5）。

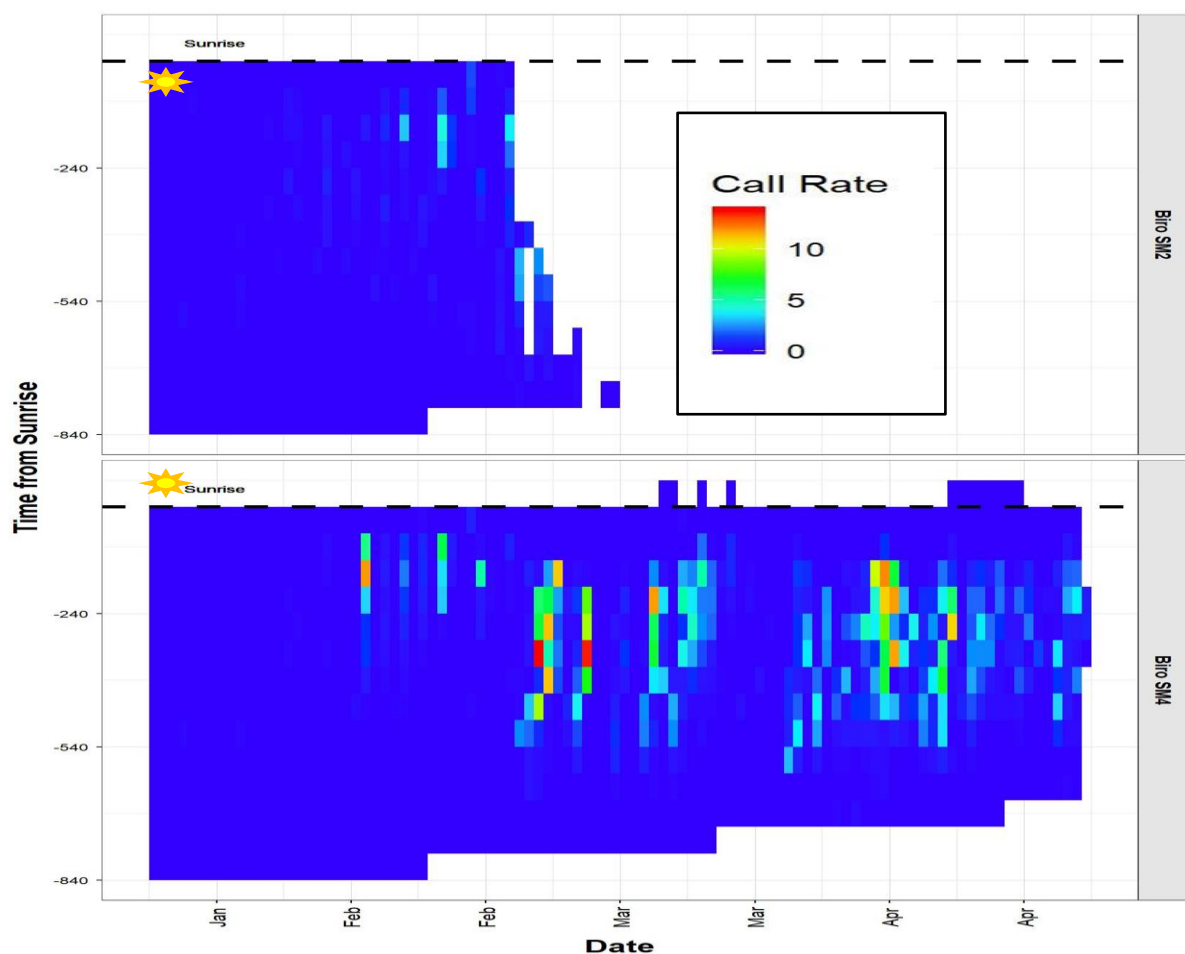


Fig. 4. Seasonal and temporal patterns in calling rate found on the two song meters.

図4. 2つのソングメーターで見られた声の割合と速度の季節的および時間的パターン。

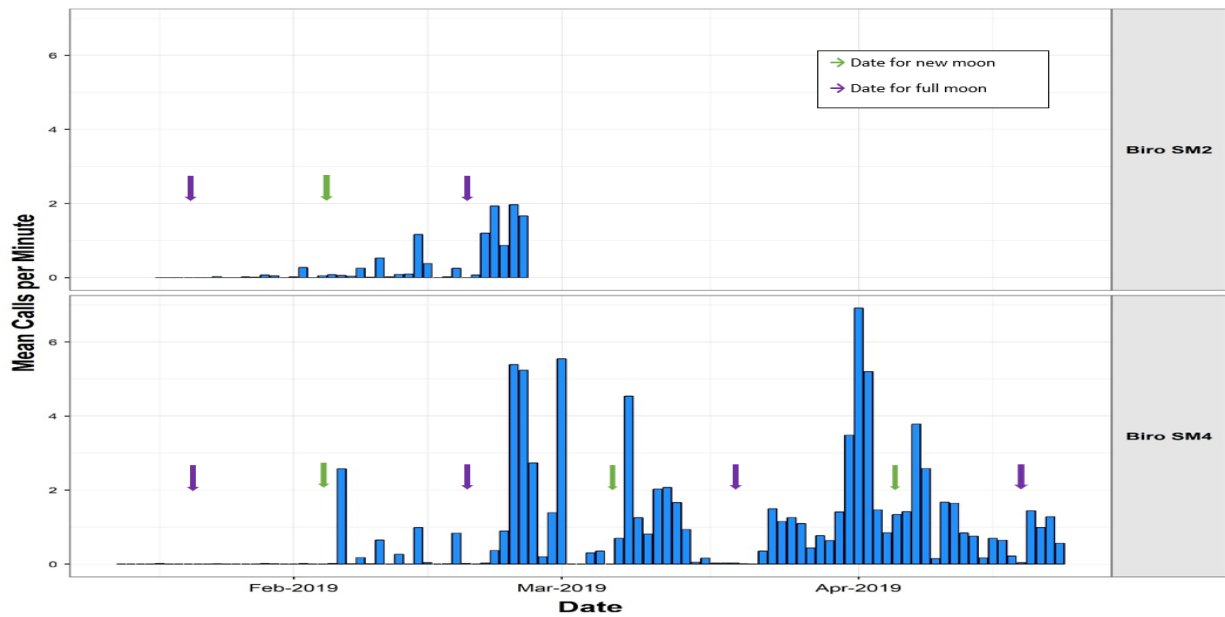


Fig. 5. Nightly patterns in calling rate found on the two song meters. Purple downward arrows represent full moon nights, green arrows are new moon nights.

図5. 2つのソングメーターに見られる、夜間の声の割合のパターン。紫の矢印は満月の夜を表し、緑の矢印は新月の夜を表す。

The first calls were detected on 19 January, 2019 at both locations (Fig. 6). It is unclear whether or not vocal activity would have persisted after 23 April when this study ended. The primary predators of murrelets on Birojima are large-billed crows (*Corvus macrorhynchos*) and carrion crows (*C. corone*) (Karnovsky et al. 2017, Otsuki et al. 2018). We heard crow calls at both songmeters (Fig. 6). Crows called after sunrise and before sunset when Japanese murrelets were quiet (Fig. 6). There were 2 instances when crows and Japanese murrelets called at the same time at dawn (Fig.6)

最初の声は、2019年1月19日に両方の場所で検出された(図6)。これは、ソングメーターを設置した日であるため、これ以前に繁殖期間のコロニーへの初飛来が起こっている可能性が高い。この研究が終了した4月23日以降、音声活動が持続したかどうかは不明である。枇榔島のカムリウミスズメの主な捕食者は、ハシブトガラス (*Corvus macrorhynchos*) とハシボソガラス (*C. corone*) である(Karnovsky et al. 2017, 大槻他 2018)。2台のソングメーターそれぞれでカラスの鳴き声が記録されている(図6)。



Fig. 6. First and last calls of Japanese murrelets of the day and calls of crows at around the dawn and dusk.
 図6. 一日の最初と最後のカムリウミスズメの鳴き声および夜明けと日没前後のカラスの鳴き声。

DISCUSSION 考察

Japanese murrelets are highly elusive and difficult to study but were successfully recorded by songmeters in this study. While one song meter had fewer calls and stopped working earlier (SM2), both meters had similar patterns in terms of when birds returned to the island and peaks of vocal activity. What we learned from this project are as follows:

- (1) There were two peaks in vocal activity: late February/early March and late March/early April.
- (2) Calling activity declines during full moon events.
- (3) Calling activity increases after new moon events.
- (4) Crows called after sunrise and before sunset when Japanese murrelets were quiet.

We infer that the behavior of Japanese murrelets is influenced by the moon phase. Two peaks of murmurs appear to be between full moon events each month (February, March, and April) just after the new moon. Murrelets are quiet in the presence of crows in order to avoid detection. Japanese murrelets also are influenced by crows which call after dawn and before sunset. In 2020, we want to examine whether this result was only for the year or for every year. Then we will discuss how this study can contribute to the conservation for the Japanese Murrelet.

This effort will help us set the protocol of Spotlight survey and variety of survey schedule, and it will also help people plan any conservation activities such as murrelet watching event for this species.

カンムリウミスズメは研究するのがとても難しい種だが、このソングメーターを用いた研究ではうまく記録をとることに成功した。1台のソングメーター(SM2)では声の回数は少なめで、動作も早期に停止してしまったものの、どちらのソングメーターも鳥の帰島の時と音声活動のピークに関しては、同様のパターンを示していた。私たちが、このプロジェクトから学んだことは以下の通りである。

- (1) 2月下旬/3月上旬および3月下旬/4月上旬の2つにピークがみられた。
- (2) 満月の最中は音声活動が減少する。
- (3) 新月の後、音声活動が増加する。
- (4) カラス類は日の出後以降に鳴き始め、日没前に鳴きやんだ。これはカンムリウミスズメが静かな時間帯であった。

私たちは、繁殖期を通してのカンムリウミスズメの行動は、月の満ち欠けに影響されると推測している。新月の直後で各月(2月、3月、4月)の満月の間に2つのピークがある。カラスとの遭遇を回避するため、カンムリウミスズメはカラスの声がしている間は静かである。カンムリウミスズメはまた、夜明け後に鳴き始め、日没前に鳴きやむカラスの影響を受けているようである。2020年は、この結果が1年だけのものか、毎年のものなのかを調べる予定である。その後、この研究のカンムリウミスズメの保護への貢献について考察する。

この取り組みは、スポットライトサーベイのプロトコルの設定はもちろん、様々な調査工程の決定にも役立つであろうし、また、カンムリウミスズメウォッチングイベントなど、この種の保護活動実施日の決定にも有効となるであろう。

ACKNOWLEDGEMENTS 謝辞

The town of Kadogawa provided project funding to the Marine Bird Restoration Group. We thank Mike Parker and Masayoshi Takeishi for setting up the songmeters. We are very grateful for the assistance of Abram Fleishman of Conservation Metric (CMI) for analyzing the all recordings.

門川町から、海洋保全グループにプロジェクト資金を提供頂いた。ソングメーターをセットアップしてくれた Mike Parker と武石全慈氏に感謝します。すべての記録の分析をして頂いた Conservation Metric (CMI) の Abram Fleishman の支援に心から感謝いたしております。

LITERATURE CITED 引用文献

- Cichy, R. M., Khosla, A., Pantazis, D., & Torralba, A. (2016). Deep neural networks predict hierarchical spatio-temporal cortical dynamics of human visual object recognition. *Arxiv*, (January), 1–35.
<https://doi.org/10.1038/srep27755>
- Deng, L., Hinton, G., & Kingsbury, B. (2013). New types of deep neural network learning for speech recognition and related applications: an overview. In *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing* (pp. 8599–8603). Vancouver, BC: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2013.6639344>
- Fleishman, A. (2019). Automated acoustic surveys for Japanese Murrelet (*Synlithoboramphus wumizusume*) at potential breeding sites in southern Japan. Conservation Metrics Report
- Karnovsky, N.J., Y. Minowa, K. Otsuki, H.R. Carter, and Y. Nakamura. 2017. Assessing Avian Predators of Japanese Murrelet on Birojima. Pages 100-105 In: Otsuki, K., H.R. Carter, Y. Minowa, V.M. Mendenhall, M. Takeishi, S.K. Nelson, D.L. Whitworth, H.Y. Nam, and P.N. Hébert (Eds.). Status and Monitoring of Rare and Threatened Japanese Crest Murrelet. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.
- Min, S., Lee, B., & Yoon, S. (2016). Deep learning in bioinformatics. *Briefings in Bioinformatics*, (June), 1–19.
<https://doi.org/10.1093/bib/bbw068>
- Otsuki, K., H.R. Carter, Y. Yamamoto, and C. U. Park. 2017. Summary of breeding status for the Japanese Murrelet. Pages 15-32 In: Otsuki, K., H.R. Carter, Y. Minowa, V.M. Mendenhall, M. Takeishi, S.K. Nelson, D.L. Whitworth, H.Y. Nam, and P.N. Hébert (Eds.). Status and Monitoring of Rare and Threatened Japanese Crest Murrelet. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.
- Otsuki, K., H.R. Carter, and Y. Nakamura. 2018. Preliminary studies of crows, the main predators of Japanese Murrelets, at Birojima, Miyazaki-ken. Annual Report of Pro Natura Foundation Japan vol.26: Pages 145-152
- Schmidhuber, J. (2015). Deep Learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85–117.
<https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003>

At-Sea Congregation Monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2019

2019年 宮崎県枇榔島におけるカンムリウミスズメの洋上でのモニタリング

Darrell Whitworth, Kuniko Otsuki, Michael Parker, Yutaka Nakamura,
Yoshitaka Minowa, and Takehiro Yoshimoto

Suggested Citation: Whitworth, D., K. Otsuki, M. Parker, Y. Nakamura, Y. Minowa, and T. Yoshimoto. 2020. At-sea congregation monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2019

EXECUTIVE SUMMARY 概要

- In 2019, the Suntory Group funded the 2nd year of Japanese Murrelet (*Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) research at Birojima, Miyazaki-ken, Japan.
2019年、サントリー世界愛鳥基金より、枇榔島における第2回カンムリウミスズメ調査に助成金を提供頂いた。
- JAMU research in 2019 followed the protocols established at Birojima in 2018, including: (1) round-island spotlight surveys on 3 concentric transects located 200 m, 600 m, and 1 km from shore; (2) spotlight surveys on 7 radial transects beyond 1 km from shore; (3) night-lighting captures of JAMU in the at-sea congregation; and (4) nest searches.
2019年の調査は、2018年の枇榔島の調査で確立されたプロトコルに従って行われた：(1)岸から、200m、600m、および1 kmの距離で、3つの同心円状のトランセクトを描く島周回型(以降は周回型とする)スポットライトサーベイ、(2)岸から1km以上を超える範囲には、7本の放射状トランセクトを用いたスポットライトサーベイ、(3)夜間におけるJAMUの洋上捕獲、および(4)営巣調査である。
- Combined round-island survey counts totaled 1,612 on 6–7 April and 2,487 on 7–8 April ($\bar{x} = 2,050 \pm 619$ [s.d.]). Combined survey densities were 416 JAMU km⁻² on 6–7 April and 642 JAMU km⁻² on 7–8 April ($\bar{x} = 529 \pm 160$ JAMU km⁻²).
周回型サーベイのカウント数の合計は、4月6～7日は1,612羽、4月7～8日には2,487羽($\bar{x} = 2,050 \pm 619$ [s.d.])であった。合算されたカンムリウミスズメの個体数密度は、4月6～7日は416羽/km²、7～8日は642羽($\bar{x} = 529 \pm 160$ JAMU /km²)であった。
- We counted 42 JAMU over the 7 radial surveys combined on 6–7 April which yielded a combined density of 18 JAMU km⁻². Counts on the individual radial transects ranged from 0–26 JAMU which yielded densities of 0–80 JAMU km⁻². The maximum distance JAMU were observed from Birojima was 2.2 km.

Suggested Citation: Whitworth, D., K. Otsuki, Y. Nakamura, Y. Minowa, T. Suzumegano, and M. Parker. 2020. At-sea congregation monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2019.

4月6～7日の7本の放射線状のサーベイで、私たちは、JAMUを42羽カウントした。それは、個体数密度、18羽/ km^2 という値をもたらした。この放射線状のトランセクトでのカウントの幅は、0～26羽であり、それは0～80羽/ km^2 という個体数密度を生み出した。枇榔島からJAMUが確認された最も遠い場所は、島から2.2kmであった。

- Combined round-island and radial survey counts were generally higher in 2018 than 2019, but small samples prevented statistical comparisons.

周回型と放射状の調査の合計数は、2019年よりも2018年の方が高かったが、少数のサンプルでは、統計的比較は困難であった。

- We captured and banded 35 JAMU in at-sea congregations at Birojima on 3–4 April 2019. The overall capture rate was 8.2 JAMU h^{-1} . Nine (26%) JAMU had brood patches indicative of breeding. No JAMU banded in previous years were recaptured.

4月3～4日の晩、枇榔島周辺に集合するJAMUの中から35羽を捕獲し足環をつけた。捕獲率は、8.2羽/時間であった。9羽(26%)のJAMUが、繁殖を裏付ける抱卵斑を保有していた。以前に足環が装着されたJAMUの再捕獲はみられなかった。

- Nest monitoring on Birojima discovered 57 active nests in 2019, including 47 nests with incubating adults, 5 nests with 2 eggs, 2 nests with 1 egg, and 3 nests with 1 depredated egg. No hatched eggshells were found on the island, confirming that surveys were conducted during the late egg-laying and early incubation period.

枇榔島での営巣モニタリングでは、2019年は、57巣で営巣が確認された。内訳は、抱卵が確認された47巣、2卵が確認された5巣、1卵が確認された1巣、そして、1個の捕食卵が確認された3巣であった。孵化卵の確認がなかったことは、調査は、産卵後期であり抱卵初期に実施されたことを裏付けている。

- We discovered 7 nests on Kobiro, an offshore islet near Birojima, including 4 nests with incubating adults, 2 nests with 2 eggs, and 1 nest with 1 egg. This was the first evidence of JAMU breeding on Kobiro since about 1963.

私たちは、枇榔島からほど近い小枇榔で7巣を確認した。内訳は、抱卵中の成鳥がみられた巣が4巣、2卵が確認されたのが2巣、1卵が確認されたのが1巣である。これは、1963年頃以来の小枇榔での初めてのJAMUの繁殖確認となった。

- Extrapolations of the mean round-island and radial spotlight survey densities over the entire congregation area yielded an average of 3,922 JAMU (95% CI = 2,261–11,305) in the waters around Birojima in 2018–2019.

周回型と放射状のスポットライトサーベイの個体数密度の平均値を、洋上の集合範囲全体に挿入すると、2018～2019年に枇榔島周辺海域に集まるJAMUの数の平均は3,922羽 (95% CI = 2,261–11,305)となった。

- We tentatively consider 2,079 pairs (95% CI = 1,198–5,992) to be the “best available” JAMU population estimate for Birojima at this time although a final estimate of colony size will not be available until after completion of data collection in 2021.

現時点では、2,079ペア (95% CI = 1,198～5,992) が枇榔島での「最適な」JAMU個体数推定値であると暫定的に考えているものの、繁殖地の規模の最終推定値としては2021年のデータ収集が完了するまでは有効ではないと考えている。

INTRODUCTION はじめに

In April 2019, the Suntory Group provided funding to researchers from the Marine Bird Restoration Group (MBRG) collaborated in collaboration with California Institute Environmental Studies (CIES) to conduct studies of the Japanese Murrelet (*Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) at Birojima in Miyazaki-ken off eastern Kyushu, Japan. Birojima currently hosts the largest known JAMU breeding colony (Otsuki et al. 2017) and has a longer history of research (beginning in 1990) than any other colony in the world (Ono and Nakamura 1993; Nakamura and Ono 1997; Whitworth et al. 2012, 2014a; Carter et al. 2013). Most knowledge of JAMU breeding ecology was gathered during nesting studies at Birojima in 1993-1995 (Ono and Nakamura 1993, Nakamura and Ono 1997). Additional research in the 1990s included censuses of JAMU gathering at dusk in nearshore waters around the island (Ono et al. 1994) and an ongoing mist-netting study initiated in 1990 (Nakamura 2017). In 2011–2012, the first JAMU spotlight surveys were conducted to examine spatial and temporal patterns in nocturnal congregation attendance and night-lighting captures were conducted to determine the breeding status of individuals in the waters around Birojima (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013). In 2013, nest monitoring was conducted to examine JAMU hatching success, timing of breeding, and predation on murrelet eggs and adults (Whitworth et al. 2014a).

2019 年 4 月、サントリー世界愛鳥基金は、海鳥保全グループ (MBRG) がカリフォルニア環境研究所(CIES)と共同で実施する、九州東部の宮崎県の枇榔島での、カンムリウミスズメ *Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) の研究のために、資金を提供下さった。ご承知の通り、現在、枇榔島は最大の JAMU の繁殖コロニーを保有しており (Otsuki et al. 2017)、世界の他のどのコロニーよりも長い研究の歴史がある (1990 年から) (Ono and Nakamura 1993; Nakamura and Ono 1997; Whitworth et al. 2012, 2014a; Carter et al. 2013)。JAMU の繁殖生態に関するほとんどの知識は、1993 年～1995 年の枇榔島での営巣調査時に収集されたものである (Ono and Nakamura 1993, Nakamura and Ono 1997)。1990 年代の研究には、島周辺の洋上に夕暮れ時に集まる JAMUs のセンサス (Ono et al. 1994) と 1990 年に開始され現在も進行中のカスミ網を用いたの標識調査が含まれる (Nakamura 2017) が含まれている。

2011 年～2012 年、JAMU にとって初めてのスポットライトサーベイが、夜間の洋上に集まる個体の空間的および時間的パターンを調べるために行われた。また、夜間、光を用いた捕獲が行われ、枇榔島周辺の海域で確認される個体の繁殖現状が決定された (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013)。2013 年、JAMU の孵化成功率、繁殖のタイミング、JAMU の卵と成鳥の捕食被害を調べるために、営巣モニタリングが実施された (Whitworth et al. 2014a)。

In March–April 2018, following a 4-year hiatus, MBRG with CIES resumed at-sea congregation studies at Birojima. This was the 1st year of an effort planned to extend over 3 breeding seasons (2018, 2019, and 2021) to better estimate the size of the JAMU population at Birojima and establish a reliable baseline data for monitoring future population trends. Because population estimation and trend analysis are more accurate when multiple years of data are available, we anticipated additional funding would be made available for similar surveys in April 2019 and March 2021. The survey plan for 2018 was built upon the knowledge obtained at Birojima in 2011–2013. Three primary tasks were identified in 2018: 1) establish more extensive and efficient spotlight survey transects to better estimate the total number of JAMU attending the at-sea congregation; 2) night-lighting captures to obtain a larger sample for determining the breeding status

of JAMU in the at-sea congregation; and 3) nest monitoring to determine timing of breeding. We successfully completed all three goals in 2018 and the results were presented in an annual report (Whitworth et al. 2018a). In April 2019, we conducted the 2nd year of this multi-year effort using the standardized techniques established in 2018. In this report, we present the results of spotlight surveys, at-sea captures, and nest monitoring conducted in 2019 and briefly discuss a few of the analytical methods we plan to use to determine JAMU population size and trends at Birojima. Detailed discussion of survey methodology, colony size, variability in spotlight counts, baseline population levels, and the power to detect trends in the JAMU population will occur following completion of data collection in March 2021.

4年間の調査の休息の後、2018年3月～4月にかけて、MBRGはCIESとともに、枇榔島周辺の洋上の群れについての研究を再開した。これは、枇榔島のJAMUの個体数規模をより正確に推定し、将来の個体数動向を追跡するための信頼できるベースラインデータを確立することを目的とした、3つの繁殖期（2018年、2019年、2021年）計画の最初の年であった。複数年分のデータが利用可能な場合に、個体数推定と傾向分析がより正確となるため、2019年4月と2021年3月に同様の調査に追加の資金が得られることを期待していた。2018年の調査計画は、2011年～2013年に枇榔島で得られた知識に基づいて作成された。

2018年には、3つの主なタスクが特定された。1) 洋上に集合するJAMUの総数をより正確に推定するために、より広範囲かつ効率的なスポットライトサーベイのトランセクトを確立; 2) 洋上に集まるJAMUの繁殖状態を特定するための、より大きなサンプルを取得するための夜間照明を用いての捕獲; 3) 繁殖のタイミングを決定するための巣のモニタリングの実施。2018年は3つすべての目標を達成し、その結果は年次報告書に掲載された (Whitworth et al. 2018a)。2019年4月、2018年に標準化された手法を用いて、複数年におよぶ取り組みの2年目の試みを行った。この報告書では、2019年に実施されたスポットライトサーベイ、洋上での捕獲、および営巣モニタリングの結果を提示し、JAMUの個体数規模と枇榔島での個体数同行の判断に使用が予定されている分析方法について部分的に簡単に説明する。2021年3月のデータ収集が完了した後、調査方法、コロニー規模、スポットライト数の変動、ベースラインとなる個体数の規模、JAMUの個体数動向における検定力についての詳細な議論が行われる。

METHODS 方法

Study Area and Logistics 調査地および詳細な調査実施計画

Field studies at Birojima and 3 associated islets were conducted between 2–8 April 2019. Birojima (32° 27.9' N, 131° 43.9' E) is a small island located less than 3 km off the eastern coast of Kyushu, and about 7 km east of Kadogawa Harbor (Fig. 1). Birojima is surrounded by several smaller satellite islets, most notably Kobi-ro, Nakabae, and Setsuribae islets, that appeared to have habitats suitable for breeding by JAMU. These 3 islets are located between Birojima and the mainland shore of Kyushu, about 200 m NNW (Kobi-ro), 1,400 m NW (Nakabae), and 2,500 m WNW (Setsuribae) of Birojima (Fig. 2). The fishing boat *Asaebisu-maru* (Captain T. Kuroda) served as the vessel for spotlight surveys but at-sea night-lighting captures were conducted aboard a smaller fishing boat *Yusei-maru* (Captain A. Kuroki) because the bow of the *Asaebisu-maru* was too high to permit efficient dip-netting of JAMU from the water. Transport to Birojima and outlying rocks for nest searches was aboard the vessel *Tomoyuki-maru* (Captain H. Ikeda).

枇榔島および3つの小島でのフィールド調査は、2019年4月2～8日に実施された。枇榔島（北緯32° 27.9'、東経131° 43.9'）は、九州の東海岸から3 km未滿、門川港から東に7 kmに位置する小さな島である（図1）。枇榔島は、JAMUにとって繁殖に適した生息地があると思われるいくつかの小さな離れ小島、とりわけ小枇榔、ナカバエ、セツリバエなどの小島に囲まれている。これらの3つの小島は、枇榔島と九州本土の間に位置し、それぞれ、枇榔島の約200 m北北西（小枇榔）、1,400 m北西（ナカバエ）、および2,500 m西北西（セツリバエ）にある（図2）。スポットライトサーベイは、漁船の朝戎丸（黒田船長）で、夜間洋上捕獲は、朝戎丸だと船首が高すぎて、JAMUを水からすくう際の効率的なネット操作ができないため、小型漁船である優成丸（黒木船長）で行った。島での営巣調査時の枇榔島と周辺の岩場への移動は、知幸丸（池田船長）で行った。

Spotlight Surveys スポットライトサーベイ

We conducted nocturnal spotlight surveys using a standardized protocol developed to count Scripps's Murrelets (*S. scrippsi*) attending at-sea congregations in near shore waters at islands off southern California, U.S.A. (Whitworth and Carter 2014). The only modification needed for the spotlight technique at Birojima was the use of a larger wooden fishing vessel rather than the smaller inflatable craft used in California. The boat captain used a GPS unit to navigate between transect waypoints at a speed of 7-8 km h⁻¹. The observer used a handheld spotlight (Q-Beam Maxmillion®) powered by a 12-V marine battery to count JAMU as the light beam was slowly passed along a 90° arc on each side of the vessel, starting abeam and proceeding to the bow on each scan. JAMU observations were tallied and called out to the data recorder at the end of each scan. The data recorder(s) entered all observations into a waterproof field notebook and took a GPS waypoint (Garmin GPSmap 76CS GPS receiver) for each scan when murrelets were observed. Data recorded for each scan included: 1) total number of murrelets; 2) murrelet behaviors (*i.e.*, sitting on water, flying, or flushed); and 3) the GPS waypoint. All JAMU observed were included in counts regardless of behavior. Date, time, location, and conditions (*i.e.*, wind, sea state, cloud cover, and moon) were recorded at the beginning of the survey and updated when conditions changed.



Figure 1. Islands of western Japan indicating the location of Birojima off the east coast of Kyushu. Inset: location of Birojima.

図1.九州東海岸の枇榔島を含む西日本の島々。挿入図：門川町と枇榔島。



Figure 2. Birojima and the surrounding islets where nest searches were conducted on 3 April and 4 April 2019.

図2. 2019年4月3日および4日に営巣調査が実施された枇榔島および周囲の島々

米国カリフォルニア州南部では、島々の海岸付近の洋上に集まるスクリップスウミスズメ (*S. scrippsi*) を数えるために開発された、標準化されたプロトコルを用いて夜間スポットライトサーベイを行った (Whitworth and Carter 2014)。枇榔島のスポットライトのテクニックに必要な唯一の変更点は、カリフォルニアで使用されている小型の膨張式の船ではなく、大型の木製漁船を使用することであった。船長は、船上に備え付けの GPS を使用し、トランセクト上の座標間を 7~8 km/h の速度で航行した。観察者は、12V のマリンバッテリーから電源をとり、手持ちの高強度のスポットライト (Q-Beam Maxmillion®) を使用した。スポットライトのビームが船の両サイドから始まり触先まで両側 90° の円弧にそって、ゆっくりと通過する際に、JAMU の数を数えた。カンムリウミスズメのカウント結果は集計され、各スキャンの終わりに記録者に大声で伝えられた(船のノイズがあるため)。記録者は、防水のフィールドノートにすべての観察記録を入力し、カンムリウミスズメが観察されたときの、スキャン毎の GPS 座標 (Garmin GPSmap 76CS GPS レシーバー) も記録した。スキャン毎に記録されたデータには、以下のものが含まれる: 1) カンムリウミスズメの総数、2) その行動 (海面に座っている、飛んでいる、または飛び立った)、3) GPS の座標の番号。観察された全ての JAMU は、その行動にかかわらずカウントに含められた。調査開始時に日付、時刻、場所、条件 (風、海の状態、雲の状態、月の様子) が記録され、これらの条件が変わったときには記録を更新した。

Round-island spotlight surveys were established on 3 concentric transects that circumnavigated Birojima at 200 m, 600 m, and 1 km from shore (Fig. 3). Round-island survey transect lengths and areas are presented in Table 1. To determine the rough boundary of the at-sea congregation at Birojima (*i.e.*, the maximum distance murrelets were observed from the island), we also conducted 7 radial surveys (SW, S, SE, E, NE, N, and NW; Fig. 3; Table 1). Each radial transect was surveyed just once on 6–7 April 2019. The radial transects started on the outer (1 km) concentric survey transect and extended outward at fixed bearings away from Birojima. The length of each radial transect varied as we continued traveling along the transect bearing searching for JAMU until 4–5 minutes had passed without observing a bird.

周回型のスポットライトサーベイは、3つの同心円状のトランセクト、枇榔島の海岸から 200m、600m、1km の距離にあるトランセクトの上に設置された (図3)。周回型のトランセクトの長さ、面積を表1に示す。枇榔島での洋上の集合の大まかな境界 (すなわち、カンムリウミスズメが確認された島からの最大距離) を決定するために、7つの放射状調査も行った (SW、S、SE、E、NE、N、そしてNW; 図3; 表1)。それぞれの放射状トランセクトは、2019年4月6-7日にかけて1度のみ実施された。放射状トランセクトは外側 (1km) の同心円状のトランセクトで始まり、枇榔島から固定された方角で外側に離れる形で延長していった。各放射状トランセクトの長さは、JAMU を観察せずに4~5分が経過するまでトランセクトに沿って移動し続けたので、それとともに変化した。

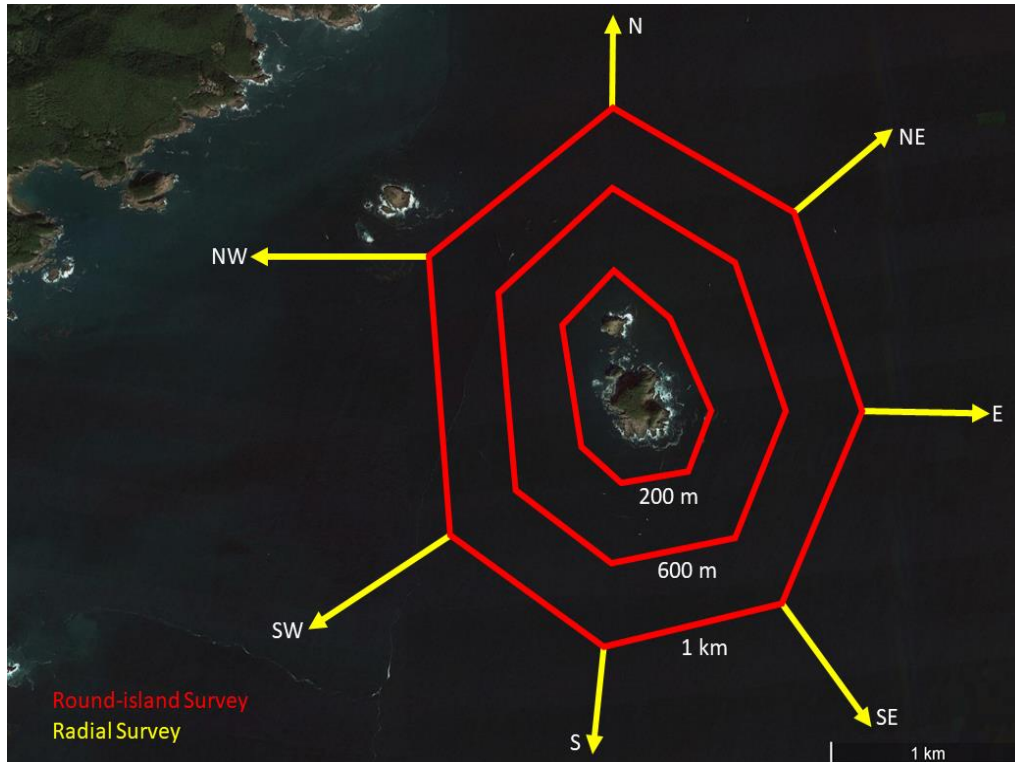


Figure 3. Concentric round-island (red) and radial (yellow) spotlight survey transects used at Birojima in 2019.
 図 3. 2019 年に枇榔島で用いられた同心円状の周回型(赤)と放射状(黄色)のスポットライトサーベイのトランセクト

Table 1. Length and area of the round-island and radial survey transects used during spotlight surveys at Birojima in 2018–2019. Radial transect lengths were based on the distance between the start of the transect and the last murrelet observed during surveys in 2018 (see Methods). Transect areas were calculated using the length multiplied by a width of 250 m (0.25 km).

表 1. 2018 年~2019 年までの、枇榔島でのスポットライト調査で使用する周回型および放射状調査トランセクトの長さ
 と面積。放射状トランセクトの長さは、2018 年の、トランセクトの開始地点と最後のカムリウミスズメとの間の
 距離に基づいている（方法を参照）。トランセクトの面積は、長さに幅 250 m (0.25 km) をかけて計算されました。

Survey	Transect	Length	Area
Round-Island	200 m	2.8 km	0.70 km ²
	600 m	5.1 km	1.28 km ²
	1 km	7.6 km	1.90 km ²
	Total	15.5 km	3.88 km ²
Radial	SW	1.0 km	0.25 km ²
	S	1.4 km	0.35 km ²
	SE	1.9 km	0.48 km ²
	E	1.8 km	0.45 km ²
	NE	1.3 km	0.33 km ²
	N	0.8 km	0.20 km ²
	NW	1.0 km	0.25 km ²
	Total	9.2 km	2.3 km ²

Spotlight surveys were conducted on the nights of 2–3 April, 6–7 April, and 7–8 April (Tables 2–3). We departed Kadogawa Harbor to attempt spotlight surveys on the night of 5–6 April but rough conditions in route to Birojima forced us to return. Spotlight surveys started as early as 20:40 h (JST) and finished as late as 03:56 h (Tables 2–3). It required about 2.25 hours to complete a survey of all 3 concentric transects (hereafter “combined” survey or count).

スポットライトサーベイは、4月2～3日、4月6～7日、そして4月7～8日の晩に行われた(表2～3)。4月5～6日の夜はスポットライトサーベイを試みるために門川港を出発したものの、枇榔島へのルートの状態が荒れていたため、帰港を余儀なくされた。スポットライトサーベイは、早いものは20時40分(JST:日本標準時)に始まり、遅いものは3時56分に終了した(表2～3)。3つの同心円状のすべてのトランセクトでの調査を完了するには、約2.25時間必要であった。

Table 2. Number (and density) of Japanese Murrelets counted during round-island spotlight surveys at Birojima in 2018 and 2019. Count means, standard deviations (*s.d.*), and Coefficients of Variation (CV) are provided for each round-island transect (200 m, 600 m, and 1 km) and the total for each set of 3 combined transects.

表 2. 2018 年および 2019 年の枇榔島での周回型スポットライトサーベイでカウントされたカムムリウミスズメの数(および密度)。カウントの平均値、標準偏差(*s.d.*)、および変動係数(CV)は、各周回型トランセクト(200 m、600 m、および 1 km) および 3 つの結合型トランセクトの調査毎の合計に提供される。

Year	Date	Time	200 m	600 m	1 km	Combined	
2018	25–26 March	22:04–23:50	218 (311 km ²)	906 (711 km ²)	1,369 (721 km ²)	2,493 (643 km ²)	
		03:19–04:12	486 (694 km ²)	803 (630 km ²)	–	–	
	26–27 March	00:46–02:46	674 (963 km ²)	1,441 (1,130 km ²)	1,717 (904 km ²)	3,832 (989 km ²)	
		03:08–05:09	154 (220 km ²)	1,226 (962 km ²)	801 (422 km ²)	2,181 (563 km ²)	
	4–5 April	00:58–03:04	195 (279 km ²)	776 (609 km ²)	1,082 (569 km ²)	2,053 (530 km ²)	
	5–6 April	21:39–23:39	501 (716 km ²)	735 (576 km ²)	922 (485 km ²)	2,158 (557 km ²)	
		Mean ± <i>s.d.</i>	371 ± 211 (530 ± 302 km ²)	981 ± 287 (770 ± 225 km ²)	1,178 ± 369 (620 ± 194 km ²)	2,543 ± 739 (656 ± 191 km ²)	
		CV	0.57	0.29	0.31	0.29	
2019	2–3 April	20:53–21:49	–	–	1,277 (672 km ²)	–	
	6–7 April	23:14–01:37	340 (486 km ²)	822 (645 km ²)	450 (237 km ²)	1,612 (416 km ²)	
	7–8 April	20:40–22:51	451 (644 km ²)	1,219 (956 km ²)	817 (430 km ²)	2,487 (642 km ²)	
			Mean ± <i>s.d.</i>	396 ± 78 (565 ± 112 km ²)	1,021 ± 281 (800 ± 220 km ²)	848 ± 414 (446 ± 218 km ²)	2,050 ± 619 (529 ± 160 km ²)
			CV	0.20	0.28	0.49	0.30
Overall		Mean ± <i>s.d.</i>	377 ± 181 (539 ± 259 km ²)	991 ± 265 (777 ± 208 km ²)	1,055 ± 394 (555 ± 208 km ²)	2,403 ± 696 (620 ± 180 km ²)	
		CV	0.48	0.27	0.37	0.29	

Table 3. Number and density of Japanese Murrelets counted during radial spotlight surveys on 7 transects at Birojima on 25–26 March 2018 and 6–7 April 2019. Maximum distance refers to the most distant murrelet observation on each transect.

表 3. 2018 年 3 月 25～26 日および 2019 年 4 月 6～7 日に枇榔島で実施された放射状スポットライト 7 本のトランセクト上のカムリウミスズメの数と密度。最大距離は、各トランセクトの最も遠い場所で確認されたカムリウミスズメの観測値を指す。

Year	Radial	Time	Count	Density	Maximum distance
2018	SW	21:47–22:04	27	108 km ⁻²	1.9 km
	S	00:31–00:44	62	177 km ⁻²	2.5 km
	SE	00:59–01:15	57	120 km ⁻²	3.0 km
	E	01:33–01:48	50	111 km ⁻²	2.9 km
	NE	02:09–02:21	12	37 km ⁻²	2.5 km
	N	02:38–02:45	2	10 km ⁻²	1.9 km
	NW	02:57–03:07	6	24 km ⁻²	2.0 km
	Combined		216	94 km ⁻²	
2019	SW	03:50–03:56	0	–	–
	S	03:31–03:38	1	3 km ⁻²	1.6 km
	SE	03:03–03:15	4	8 km ⁻²	2.2 km
	E	02:44–02:49	11	24 km ⁻²	2.0 km
	NE	02:18–02:27	26	80 km ⁻²	1.7 km
	N	02:03–02:08	0	–	–
	NW	01:48–01:51	0	–	–
	Combined		42	18 km ⁻²	
Overall	Combined mean ± s.d.		129 ± 123	56 ± 54 km ⁻²	
	CV		0.95	0.96	

Density Estimation – We used the spotlight survey counts to determine murrelet density (km⁻²) for: (1) each survey on the individual concentric and radial transects; and (2) each “combined survey” or complete set of all 3 concentric transects or all 7 radial transects. We determined density using a strip transect width of 125 m on each side of the survey vessel (250 m total width) which tests in 2018 indicated was the effective visual range for JAMU in the spotlight beam as observed from the bow of the *Asaebisu-maru* under optimal survey conditions (Whitworth et al. 2018a). Because the length of radial survey transects varied each year (depending on JAMU distribution; see above), to obtain comparable densities we used the lengths of the radial transects during surveys on 25–26 March 2018 (Table 1) to calculate density for all radial surveys in 2018–2019. Radial surveys on 25–26 March 2018 represented the maximum extent of the congregation area during our research in 2018–2019.

個体数密度の推定—カムリウミスズメの個体数密度を確定するため(/km²)、スポットライトサーベイのカウントを使用した: (1) 個々の同心円状および放射状トランセクト; (2) それぞれの「調査の合算」、または 3 つすべての同心円状トランセクトを組あわせたもの、もしくは 7 つすべての放射状トランセクトを組み合わせたもの。2018 年に、朝戎丸の船首から行った調査で明らかになった、スポットライトビームによる JAMU の有効な視覚範囲、トランセクト幅である、調査船片側 125m (総幅 250m) を用いて (Whitworth et al. 2018a) の下で個体数密度を求めた。放射状調査トランセクトの長さは毎年異なるため (JAMU 分布に依存。上記参照)、密度の比較を可能とするために、2018 年 3 月 25～26 日の調査中の放射状トランセクトの長さを使用し、すべての放射状調査の 2018～2019 年の個体数密度を計算した (表 1)。2018 年 3 月 25 日～26 日の放射状調査は、2018 年～2019 年の調査期間中における、群れの最大範囲を表している。

Extrapolating Densities to Estimate Population Size – We extrapolated mean densities (and 95% Confidence Interval [CI] limits) for each round-island and radial survey (all surveys in 2018–2019) to estimate the mean number (and 95% CI limits) of JAMU over the entire at-sea congregation area at Birojima. Mean survey densities for the 200 m, 600 m, 1 km, and radial transects were extrapolated over the inner, middle, outer, and radial congregation regions, respectively (Fig. 4; Table 4). The number of JAMU (and 95% CI limits) in each region was then summed to obtain the total number of JAMU (and 95% CI limits) in the congregation which was in turn adjusted by the proportion of JAMU with brood patches in the at-sea capture samples (53% in 2018) to obtain the total number of breeding JAMU (and 95% CI limits) over the entire congregation area. We used this final value as an estimate of the size of the breeding population assuming that: (1) incubation had begun in all JAMU nests at the time of our surveys; (2) mates of incubating birds visited the congregation nightly; and (3) negligible levels of nest failure had occurred during the egg-laying and early incubation stage of the breeding season.

個体数規模を推定するための密度の外挿 – 各周回型および放射状調査（2018～2019年の全ての調査）に、平均密度（および95%信頼区間[CI]限界）を外挿して、枇榔島周辺の群れの範囲全域に集まる JAMU の平均数（および95% CI 限度）を推定した。200m、600m、1km、および放射状トランセクトの平均調査密度は、それぞれ内側、中央、外側、および放射状の集合領域にわたって外挿された（図4、表4）。次に、各区域の JAMU（および95%CI 限度）の数を合計して、集合の中の JAMU（および95%CI の制限）の総数を求めた。集合エリア全体で繁殖している JAMU の合計数（および95%CI 制限）は、洋上で捕獲された個体のうち抱卵斑を持つ JAMU の割合（2018年は53%）によって調整された。この最終的な値を、以下の仮定のもと、繁殖個体数規模の推定値として使用した：（1）調査の時点において全ての JAMU の巣で抱卵が始まっていた；（2）抱卵する鳥のペアの一方が毎晩集合している；（3）繁殖期中の産卵および初期抱卵の段階では、ごくわずかなレベルの巣の破壊のみが確認された。

“Night-Lighting” At-Sea Captures

We used the “night-lighting” technique (Whitworth et al. 1997) to capture JAMU in near shore waters off the west side of Birojima on the night of 3–4 April (Table 4). The capture crew was positioned on the bow of the *Yusei-maru* and searched for JAMU by scanning around the vessel with a high-intensity spotlight. When a single or small group of JAMU was observed sitting on the water, we approached at moderate speeds and kept the spotlight beam focused on the target bird(s). When the target bird was within range, the netter reached out with a 2m long dip-net and attempted to catch the individual as it sat on the water or swam just below the surface. Many birds were captured on the 1st attempt, but multiple attempts were made if JAMU evaded capture but could be followed with the spotlight beam. Captured birds were transported to the *Asaebisu-maru* for banding. JAMU were banded with an aluminum leg band and examined for presence of bilateral brood patches which develop in both females and males before egg-laying (Sealy 1976).

夜間照明を用いた洋上捕獲

私たちは、4月3～日の夜、枇榔島の西側の海岸付近で、カンムリウミスズメを捕らえるために、「夜間照明」技術を使用した(Whitworth et al. 1997)。捕獲員は優成丸の舳先から、高強度のスポットライトで船の周りをスキャンしながら、洋上に群れるカンムリウミスズメを探した。カンムリウミスズメの単体または少数が洋上に浮いているのが確認されると、私たちは適度な速度で接近し、その鳥にスポットライトを集中させ続けた。目標とする鳥が捕獲可能な範囲内に入ってきた場合、ネットを操作するものは2.0mの長さの漁網で、洋上に浮いている個体や海面のすぐ下を泳ぐ個体を捕まえた。多くの個体は、最初の試みで多くの鳥が捕獲されたが、浅く潜水をしてスポットライトの光をかわしてしまった場合は何度か挑戦した。捕獲された鳥は、計測と足環装着のために朝戎丸に移動された。それぞれの鳥はアルミニウム製の足環をつけられ、抱卵斑(産卵前の雌と雄の両者の腹部の両サイドに現れる)の有無を調べられた。抱卵斑はSealy (1976)によってそのサイズが階級付けされている。

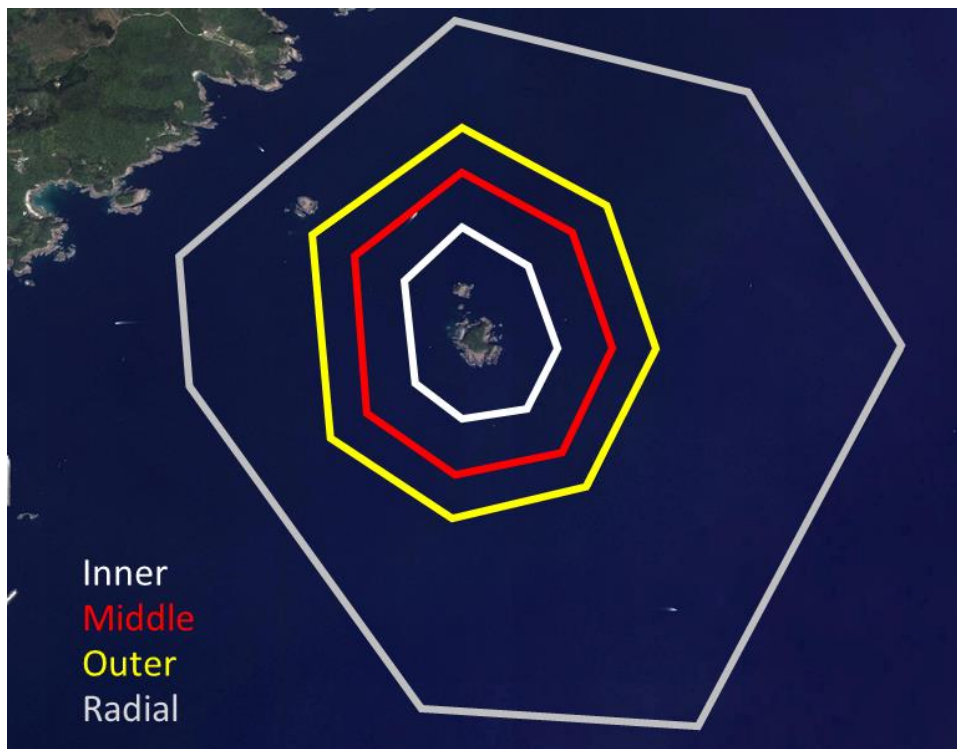


Figure 4. Boundaries of the 4 at-sea congregation regions used by Japanese Murrelets at Birojima in 2018–2019. Mean round-island and radial survey densities were extrapolated over each region to calculate the number of murrelets attending the entire congregation.

図4. 2018～2019年に枇榔島でカンムリウミスズメによって利用されていた4つの海上集合域の境界。集合域全体のカンムリウミスズメの数を計算するために、周回型および放射状の調査密度の平均値がそれぞれの領域に外挿された。

Table 4. Mean (95% Confidence Interval [CI] limits) densities for the round-island (200 m, 600 m, 1 km) and radial transects used during Japanese Murrelet spotlight surveys at Birojima in 2018–2019. The mean number of murrelets (and 95% CI) in each at-sea congregation region was determined by extrapolating the mean transect densities (and 95% CI) over the 4 congregation areas.

表 4. 枇榔島における 2018-2019 年のスポットライトサーベイによる島周回 (200m、600m、1km) および放射状トランセクトのカンムリウミスズメ密度の平均値 (95%信頼区間)。各海域に集まったカンムリウミスズメの平均値 (と 95%信頼区間) は、4つの区域の平均トランセクト密度 (と 95%信頼区間) を外挿することで決定した。

Transect	Mean Density (95% CI)	At-Sea Congregation Area	Total Murrelets (95% CI)
200 m	539 (323–755) km ⁻²	Inner = 1.02 km ²	550 (329–770)
600 m	777 (603–951) km ⁻²	Middle = 1.86 km ²	1,445 (1,122–1,769)
1 km	555 (382–728) km ⁻²	Outer = 2.12 km ²	1,177 (810–1543)
Radial	56 (0–539) km ⁻²	Radial = 13.4 km ²	750 (0–7,223)
Total		18.4 km ²	3,922 (2,261–11,305)

Nest Searches

We visited Birojima on 3 April to conduct nest searches in JAMU breeding habitats in caves on the southwest side of the island and upper island boulder fields under the forest canopy. On 4 April, we also conducted the first nest searches on Kobi-ro, Nakabae, and Setsuribae islets (Fig. 2). Nest searches were conducted using small hand-held flashlights to inspect suitable crevices, burrows, and other sheltered sites for evidence of current breeding, including: (1) incubating or brooding adults; (2) whole unattended eggs; (3) broken eggs; or (4) eggshell fragments. Incubating adults were observed briefly with a small flashlight and occasionally photographed but were not handled or prodded to reduce the possibility of clutch abandonment. Most of the nests had been marked during studies conducted at Birojima in 2013 (Whitworth et al. 2014a).

営巣調査

4月3日、私たちは枇榔島を訪れ、島の南西側の洞窟および島上部の巨石がある森林の岩場で、カンムリウミスズメの営巣調査を行った。4月4日には、小枇榔、ナカバエ、セツリバエの各島で最初の巣の探索も行った (図 2)。私たちは、カンムリウミスズメの繁殖の確証を得るため、小さなライトを使用して、巣に適切と考えられる岩の裂け目、洞穴、および他の隠れている場所を検索した。繁殖の証拠としては以下のものが含まれる: (1)抱卵かヒナを抱いている成鳥の存在、(2)抱卵はされていないが完全な状態の卵があること、(3)割れた卵があること、(4)卵殻があること。抱卵している成鳥については、ライトで短時間のみ観察し、時には写真撮影も行った。研究者の妨害による抱卵の放棄の可能性を考慮し、抱卵中の成鳥を手づかみ、もしくは巣から取り出すことは避けた。繁殖が確認された巣の大半には、2013年以降、枇榔島で続けられている営巣調査の印がつけられていた (Whitworth et al. 2014)。

RESULTS 結果

Spotlight Surveys スポットライトサーベイ

Round-Island Surveys – We completed 2 combined surveys covering the entire set of 3 concentric round-island transects at Birojima in 2019 (Table 2). The combined surveys totaled 1,612 JAMU on 6–7 April and 2,487 JAMU on 7–8 April for an annual mean of 2,050 (± 619 [s.d.]). Variation in the combined counts was relatively low (CV = 0.30). Combined round-island counts yielded densities of 416 JAMU km⁻² on 6–7 April and 642 JAMU km⁻² on 7–8 April for an annual mean of 529 (± 160) JAMU km⁻².

周回型サーベイ – 2019 年、枇榔島で実施中の 3 つの同心円状のトランセクト全体をカバーする、2 回の統合型の調査を行った (表 2)。統合型の調査では、4 月 6~7 日は、合計 1,612 羽、4 月 7~8 日は合計 2,487 羽、年間平均としてみると 2,050 (± 619 [s.d.]) 羽であった。結合カウントの変動は比較的少なかった (CV = 0.30)。周回型のカウントを合計すると、個体数密度は、4 月 6~7 日には 416 羽/km²、4 月 7~8 日には 642 羽/km² で、年間平均 529 (± 160) 羽/km² になった。

Counts and densities on the individual round-island transect are presented in Table 2. Counts increased on all 3 concentric surveys between consecutive nights on 6–7 and 7–8 April, although the count on the 1 km transect on 2–3 April (200 m and 600 m transects were not surveyed this night) was higher than the later counts on that transect. Variation in counts was lower on the 200 m (CV = 0.20) and 600 m (CV = 0.28) transects compared to the 1 km transect (CV = 0.49). Higher variation on the 1 km transect was mainly due to the high count (1,277 JAMU) on 2–3 April when poor conditions developed that prevented surveys on the 200 m and 600 m transects.

個々の周回型トランセクトのカウント数と個体数密度を表 2 に示す。4 月 2~3 日の 1 km のトランセクトのカウント (200 m と 600 m のトランセクトはこの夜は調査されなかった) が、その後のカウント数よりも多かったものの、4 月 6~7 日と 7~8 日の連続した夜間に、3 つの同心円状の調査すべてにおいて、カウント数が増加した。カウント数の変動は、1 km トランセクト (CV = 0.49) と比較して、200 m (CV = 0.20) および 600 m (CV = 0.28) トランセクトで低かった。1 km トランセクトがより大きな変動を示すのは、4 月 2~3 日の晩の高いカウント数 (1,277 羽) によるものである。この日は、200 m および 600 m トランセクトについては、天候条件の悪化で調査ができなかった。

During the complete combined round-island surveys, JAMU were distributed rather uniformly around Birojima on the 200 m and 600 m transects, but a large gap was noted on the northwest portion of the 1 km transect (Figs. 5–6). A similar gap in the distribution of JAMU was also noted on northwest portion of the 1 km round-island transect during the incomplete survey on the night 2–3 April (Fig. 7). JAMU numbers were clearly highest on the east side of Birojima on 6–7 April but numbers were higher on the west side of the island on 7–8 April.

周回型の調査の際、JAMU は 200 m および 600 m のトランセクトで島周辺にかなり均一に分布していたが、1 km のトランセクトの北西部分では大きなギャップが認められた (図 5~6) 。JAMU の分布における同様のギャップは、4 月 2 日~3 日の夜の中止になってしまった調査中の、1 km の周回型トランセクトの北西部分でも確認された (図 7) 。JAMU の数は、4 月 6~7 日に枇榔島の東側で明らかに最高であったが、4 月 7~8 日には島の西側で高くなった。

Radial Surveys – The combined count for the single set of 7 radial transects on 6–7 April was 42 JAMU, ranging from 0 JAMU on the SW, N, and NW transects to 26 JAMU on the NE transect (Table 3; Fig. 5). Using radial transect lengths based on 2018 radial surveys, the combined radial survey density was 18 JAMU km² ranging from 0 JAMU km² on the SW, N, and NW transects to 80 JAMU km² on the NE transect (Table 3). The maximum distance JAMU were observed from Birojima in 2019 was 2.2 km on the SE transect.

放射状サーベイ - 4 月 6~7 日の 7 つの放射状トランセクトのそれぞれの合計数は 42 羽で、その幅は、SW、N、および NW のトランセクトでの 0 羽から NE のトランセクトでの 26 羽の範囲であった (表 3、図 5) 。2018 年の放射状調査に基づくトランセクト長を使用すると、放射状調査時の個体数密度の合計は 18 羽/km² で、その幅は SW、N、および NW トランセクトの 0 羽/km² から NE トランセクトの 80 羽/km² までであった (表 3) 。2019 年に JAMU が観測された最大距離は、SE のトランセクト上で 2.2 km であった。

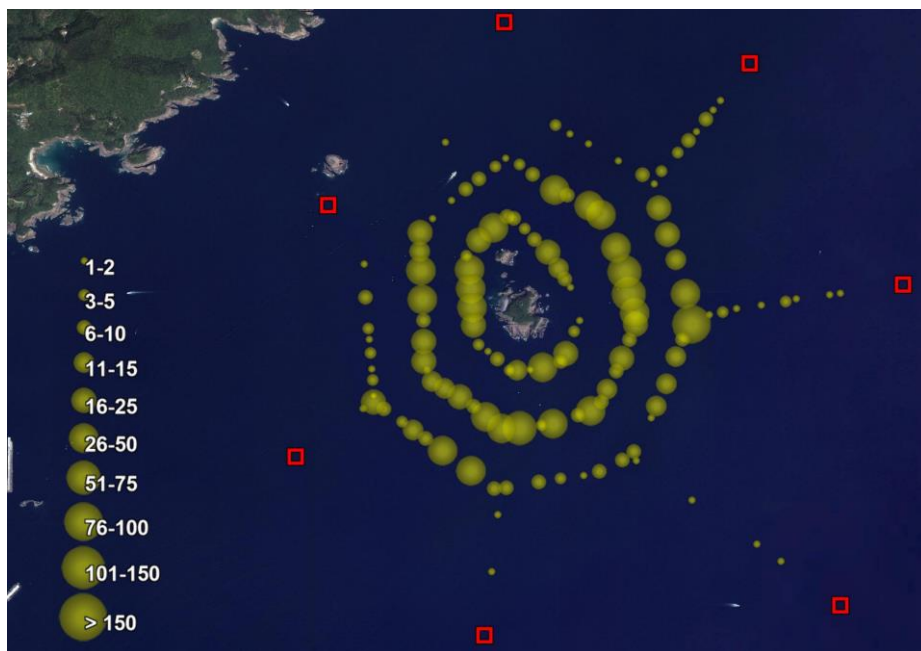


Figure 5. Distribution of Japanese Murrelets during round-island and radial spotlight surveys at Birojima on 6–7 April 2019. Yellow circles are scaled to the number of murrelets at each survey waypoint. Red boxes indicate the end point of radial surveys.

図 5. 2019 年 4 月 6 日~7 日の周回型および放射状型のスポットライトサーベイ中のカンムリウミスズメの分布。黄色の円は、各調査ウェイポイントでのカンムリウミスズメの数に合わせて大きさが変化している。赤い四角は、放射状調査の終点を示す。

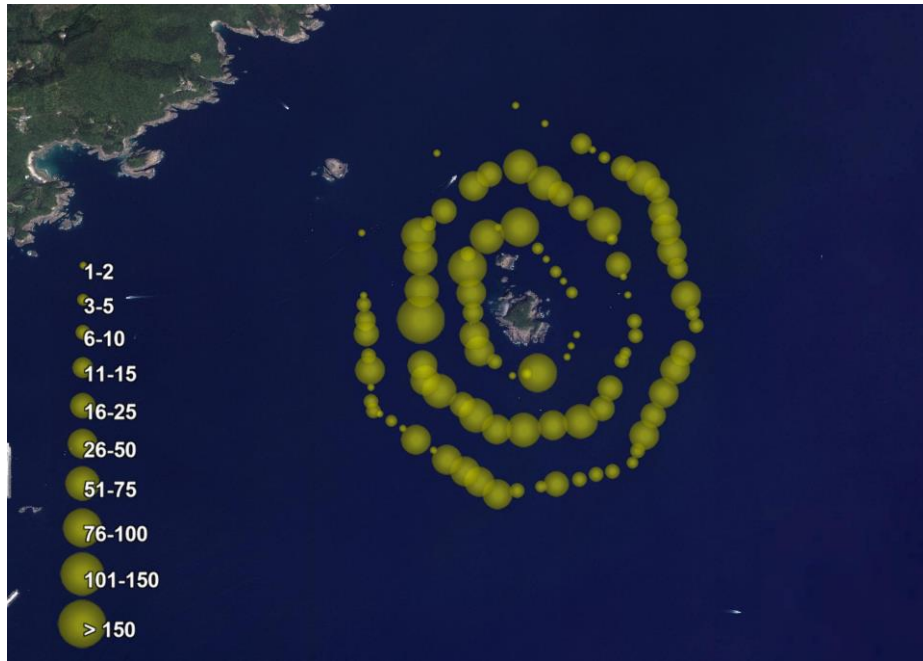


Figure 6. Distribution of Japanese Murrelets during round-island spotlight surveys at Birojima on 7–8 April 2019. Yellow circles are scaled to the number of murrelets at each survey waypoint.

図 6. 2019年4月7日～8日の周回型および放射状型のスポットライトサーベイ中のカンムリウミスズメの分布。黄色の円は、各調査ウェイポイントでのカンムリウミスズメの数に合わせて大きさが変化している

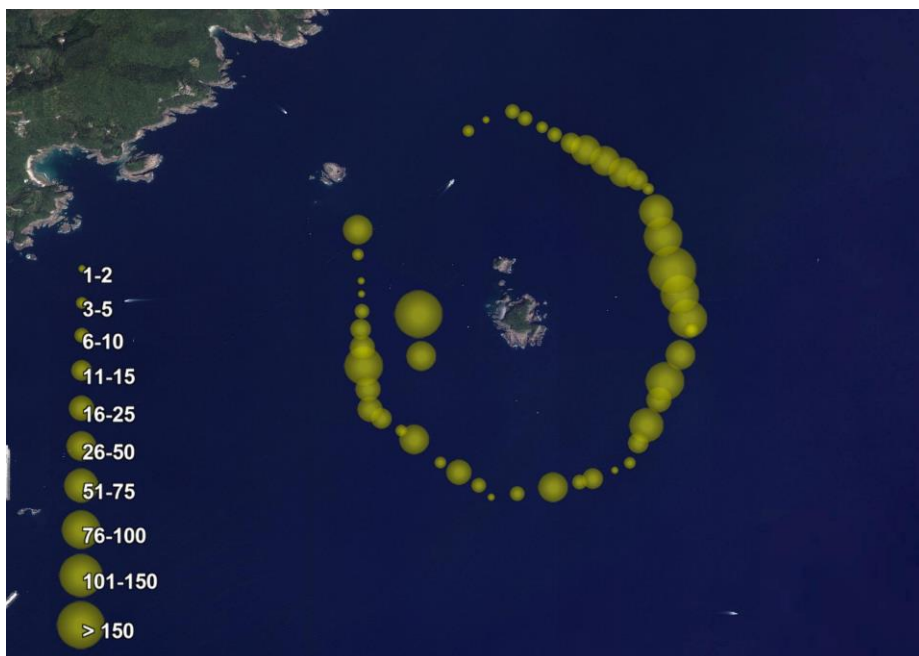


Figure 7. Distribution of Japanese Murrelets during the incomplete round-island spotlight surveys at Birojima on the night of 2–3 April 2019. Yellow circles are scaled to the number of murrelets at each survey waypoint.

図 7. 2019年4月2日～3日の周回型および放射状型のスポットライトサーベイ中のカンムリウミスズメの分布。黄色の円は、各調査ウェイポイントでのカンムリウミスズメの数に合わせて大きさが変化している

Temporal Comparisons 2018 vs. 2019 – Small sample sizes prevented statistical comparisons of spotlight survey counts between years, but the annual mean combined round-island count in 2019 ($2,050 \pm 619$) was markedly lower than in 2018 ($2,543 \pm 739$; Table 2). Similarly, the combined radial survey count in 2019 (42 JAMU) was markedly lower than in 2018 (216 JAMU) with lower counts on 6 of the 7 radial transects in 2019 compared to 2018 (Table 3). Annual variation in the combined round-island counts was similar between 2018 ($CV = 0.29$) and 2019 ($CV = 0.30$; Table 2).

2018 年と 2019 年の時間比較 – サンプル規模が小さいため、年間のスポットライトサーベイでのカウント数の統計的比較はできないものの、2019 年の周回型サーベイ時の合計数 ($2,050 \pm 619$) は、2018 年よりも著しく低かった ($2,543 \pm 739$; 表 2)。同様に、2019 年の放射状調査時の合計数 (42 羽) は 2018 年のもの (216 羽) よりも著しく少なく、2019 年の 7 つの放射状トランセクトのうち 6 つは 2018 年と比較して低かった (表 3)。周回型サーベイの合計数の年間変動は、2018 年 ($CV = 0.29$) と 2019 年 ($CV = 0.30$; 表 2) で類似していた。

Density Extrapolation and Population Size – Extrapolating the mean densities (and 95% CI limits) for the 200 m, 600 m, 1 km, and radial transects over the inner, middle, outer, and radial congregation areas, respectively, yielded an average of 3,922 JAMU (95% CI = 2,261–11,305; Table 4) over the entire congregation area at Birojima in 2018–2019. Adjustment for the proportion of breeding JAMU in the congregation (53%) yielded 2,079 breeding JAMU (95% CI = 1,198–5,992) over the entire congregation. Assuming all mates of breeding JAMU in the congregation were incubating (see assumptions in Methods), we considered 2,079 pairs (95% CI = 1,198–5,992 pairs) to be the “best available” population estimate for Birojima at this time.

密度外挿および個体数規模 – 内側、中央、外側、および放射状の集合領域上に、それぞれに 200 m、600 m、1 km、および放射状のトランセクトの平均密度 (と 95%CI 限度) を挿入すると、2018~2019 年、枇榔島周辺の集合エリア全体での JAMU の個体数の平均は、3,922 羽 (95%CI = 2,261–11,305 羽; 表 4) となった。集合内の JAMU の繁殖の割合 (53%) を考慮すると、群れ内の繁殖個体数は、2,079 羽 (95%CI = 1,198–5,992) と推定された。群れ内の繁殖している JAMU のすべてのペアの一方が抱卵していると仮定すると (方法の仮説を参照)、2,079 ペア (95%CI = 1,198–5,992 ペア) が現時点での枇榔島での「最適な」個体数推定であると考えている。

“Night-Lighting” At-Sea Captures

We captured and banded 35 JAMU over 4.25 h (20:06–00:21 h) in 2019 (Table 5). The overall capture rate was 8.2 birds h^{-1} but varied widely from 2.0 murrelets h^{-1} at 22:00 h to 15.0 murrelets h^{-1} at 23:00 h. Only 9 (26%) captured JAMU had brood patches. None of the JAMU captured at-sea in 2019 had been banded during night-lighting or mist-netting efforts in previous years.

“夜間照明”を用いた洋上捕獲

2019 年に、枇榔島の周辺海域で、4.25 時間（20:06–00:21 時間）にわたり JAMU、35 羽を捕獲し足環を装着した（表 5）。全体的な捕獲率は 8.2 羽/時間であったが、22:00 の 2.0 羽/時間から 23:00 時の 15.0 羽/時間まで大きな変化がみられた。捕獲された JAMU で抱卵班の保有個体は 9 羽（26%）のみであった。2019 年に洋上で捕獲された JAMU はどれも、過去の夜間照明調査や霞網を用いた調査時に足環を装着された個体を含んではいなかった。

Table 5. Summary of Japanese Murrelets captured in nocturnal at-sea congregation at Birojima, Japan on the night of 3–4 April 2019.

表 5. 2019 年 4 月 3 日～4 日の夜間、枇榔島の洋上の群れで捕獲されたカンムリウミスズメの概要。

Time	Hours	Total captures	Rate (h ⁻¹)	Brood patches (%)
20:06–20:59	0.90	10	11.1	5 (50%)
21:00–21:59	1.00	4	4.0	0
22:00–22:59	1.00	2	2.0	0
23:00–23:59	1.00	15	15.0	3 (20%)
00:00–00:21	0.35	4	11.4	1 (25%)
	4.25	35	8.2	9 (26%)

Nest Searches

We found 57 JAMU nests with evidence of breeding at Birojima on 3 April 2019, including 47 (82%) nests with incubating adults, 5 (9%) nests with 2 intact eggs, 2 (4%) nests with 1 intact egg, and 3 (5%) nests with 1 depredated egg (Fig. 8). Most nests (48; 84%) were found in the upper island forest boulder fields with fewer nests (9; 16%) found in or just outside 2 caves on the southeast shore (Fig. 8). No hatched eggshells were found on Birojima during 2019. However, we did find evidence of possible predation, including 6 broken eggs found in or below JAMU nests (4 eggs in the forest and 2 eggs in the caves), 5 JAMU feather piles, and 1 JAMU carcass in a nest.

営巣調査

2019 年 4 月 3 日に、枇榔島で JAMU 繁殖が確認された巣は 57 か所であった。その内訳は、抱卵中の成鳥がいる巣が 47 (82%)、無傷の 2 卵がある巣が 5 つ (9%)、無傷の 1 卵がある巣が 2 つ (4%)、巣と 1 つの劣化した卵が確認された巣が 3 つ (5%) である (図 8)。



Figure 8. Evidence of Japanese Murrelet breeding found during nest searches at Birojima on 3 April 2019. Clockwise from upper left: incubating adult in cave nest; depredated egg on cave floor; incubating adult in boulder field nest; nest searching on the upper island.

図8. 2019年4月3日に枇榔島での営巣調査中に見つかったカンムリウミスズメの繁殖の証拠。左上から時計回り：洞窟の巣で抱卵中の成鳥、洞窟の床にある捕食卵、巨石の隙間の巣で抱卵中の成鳥、上の島での営巣調査。

We found 7 JAMU nests with evidence of breeding on Kobi-ro islet on 4 April 2019, including 4 (57%) nests with incubating adults, 2 (29%) nests with 2 intact eggs, and 1 (14%) nest with 1 intact egg. This was the first report of JAMU breeding on Kobi-ro since about 1963. We did not find any evidence of JAMU egg predation on Kobi-ro, but we did find a presumed Peregrine Falcon plucking station with at least 2 sets of JAMU wings (Fig. 9) and 3 additional JAMU feather piles, one of which was near a crow nest. In contrast, no evidence of JAMU breeding or predation was found on Nakabae or Setsuribae islets.

2019年4月4日に小枇榔で繁殖が確定されたJAMUの巣が7つ確認された。その中には、抱卵中の成鳥がいる巣が4つ(57%)、2卵が確認された巣が2つ(29%)、1卵が確認された巣が1つ(14%)であった。これは、1963年頃以来の小枇榔での初めてのJAMUの繁殖の証拠である。小枇榔でJAMUの卵の捕食の証拠は確認されなかったが、少なくとも2組のJAMUの翼(図9)とむしられたJAMUの羽が山上になったものが3つあり、そのうちの1つがカラスの巣の近くで確認された。対照的に、JAMUの繁殖または捕食の証拠は、ナカバエまたはセツリバエの小島では確認されなかった。



Figure 9. Evidence of Japanese Murrelet breeding found during nest searches on Kobiro islet near Birojima on 4 April 2019. Clockwise from upper left: incubating adult in crevice; 2-eggs outside nest site; breeding habitat on the north face; depredated murrelet carcasses at plucking site on the north face.

図9. 2019年4月4日に枇榔島近くの小枇榔での営巣調査中に確認されたカンムリウミスズメの繁殖の証拠。左上から時計回り：岩の隙間で抱卵中の成鳥、巣の外にある2卵。北側の繁殖地；北の斜面で発見された羽をむしる場所で確認された捕食されたカンムリウミスズメの死体。

DISCUSSION 考察

Estimating Population Size (個体数の推定)

Estimating the size and population trends of *Synthliboramphus* murrelet colonies has long been a difficult task, mainly due to these species' concealed nest sites, rugged breeding habitats, and strictly nocturnal colony visitation which make nest censuses impractical (or impossible) at most colonies. Over the past decade, spotlight surveys have provided a practical method for assessing the status of murrelet colonies and has been used to estimate the size of Scripps's, Craveri's (*S. craveri*), and Guadalupe (*S. hypoleucus*) murrelet populations at 13 islands in California, USA and Baja California, Mexico (Whitworth et al. 2014b, 2018b, 2018c, 2020; Whitworth and Carter 2014, 2018a, 2018b; DLW, unpubl. data). Previous assessments of *Synthliboramphus* murrelet populations in North America used a spotlight survey correction factor (CF) that correlated the number of nests in a well-defined area with the number of murrelets that congregated off that area. Unfortunately, a similar CF has not been determined for JAMU (but it was developed in Korea. see Park et al. 2017). Birojima is not a feasible location for determining a CF because it is not possible to accurately census nests over all or even a defined section of the island. However, efforts to determine a CF for JAMU will be conducted using concurrent spotlight surveys and a nest census at Kojima in Kochi-ken off southwestern Shikoku in March and April 2020. If a reliable CF is determined in 2020, we will use it as one of several methods to estimate JAMU population size following completion of this round of surveys at Birojima in March 2021. We believe the CF method of determining population size is preferable to other methods because the CF yields a statistically rigorous estimate (point estimate) with a range (95% Confidence Interval [CI]) that is broad enough to account for any uncertainties regarding the data and assumptions.

本種の特徴である、見つけるのが困難な営巣個所、険しい繁殖地、または、ほとんどのコロニーで巣のセンサスを非実用的とする（または不可能とする）夜行性の性質（夜間にコロニーに飛来する）のため、コロニーの規模と個体数動向を推定することは、長い間困難な作業であった。過去 10 年間に於いて、スポットライトサーベイは、ウミスズメ類のコロニーの現状を評価するための実用的な方法を提供し、スリプス、クラヴェリ (*S. craveri*)、およびガダルーペ (*S. hypoleucus*) といったウミスズメ類の個体数を推定するために、米国カリフォルニア州、メキシコバハカリフォルニア州で使用されてきた (Whitworth et al. 2014b, 2018b, 2018c, 2020; Whitworth and Carter 2014, 2018a, 2018b; DLW, unpubl. data)。北アメリカこれまでの *Synthliboramphus* ウミスズメの個体数評価では、明確に定義されたエリアの営巣数とそのエリアに集まるウミスズメ類の数を関係づけるスポットライトサーベイの補正係数 (CF) を使用している。残念ながら、JAMU では同様の CF が決定されていない（しかしながら、韓国では開発されている。Park et al. 2017 を参照）。島のすべての区画または定義された区画でさえ、正確に営巣調査を行うことはできないため、枇榔島は、CF を決定するのに適した場所ではない。ただし、JAMU の CF 決定の取り組みは、2020 年 3 月と 4 月に、四国南西部の高知県の幸島で、スポットライトサーベイと営巣調査を並行して実施する形で実施される。2020 年に信頼できる CF が決定されれば、この一連の調査が、2021 年 3 月に枇榔島で終了を迎えた後に、JAMU の個体数規模の推定方法の 1 つとして使用される予定である。個体数規模を決定する CF 方法は、他の方法よりも好ましいと考えてい

る。それは、CF は、データと仮定に関する不確実性を説明するのに十分広い範囲（95%信頼区間[CI]）で統計的に厳密な推定（ポイント推定）を行うからである。

In 2018, without a reliable CF, we relied on a less statistically rigorous method to tentatively estimate 3,318 breeding pairs of JAMU at Birojima (DLW, unpubl. data). This estimate was based on extrapolation of maximum spotlight survey densities over the entire congregation area (Fig. 4) followed by a rather simple series of calculations and adjustments. While we subjectively felt that this population estimate was reasonable given our experiences at Birojima, we also realized that the accuracy of this estimate relied greatly on assumptions that were difficult to validate. Thus, we strongly cautioned against accepting 3,318 breeding pairs as a “reliable” population estimate at the time.

2018 年に、信頼できる CF 無しで、統計的にさほど厳密ではない方法を用いて、枇榔島の JAMU の繁殖数を、3,318 ペアと暫定的に推定した（DLW、データ）。この推定値は、スポットライトサーベイ時の最大密度を集合エリア全体にわたり外挿するという方法に基づいており（図4）、その後、かなり単純な一連の計算と調整が行われた。私たちは、この個体数推定値が、枇榔島での経験から、妥当であると主観的に感じているが、この推定値の精度は検証が困難である仮定に大きく依存していることも理解していた。従って、その時点で「信頼できる」個体数の推定値として 3,318 繁殖ペアを受け入れることに対して、強い懸念があった。

Following the 2019 field season, we explored the use of more statistically rigorous mean spotlight survey densities to estimate population size. We did not explore mean densities previously because we could not calculate mean radial survey density with only 1 set of radial surveys in 2018. The use of mean densities required the same series of calculations and assumptions as those for the maximum densities used to (tentatively) estimate population size in 2018, but with one major advantage; mean densities provided an estimate with 95% CIs which the maximum densities could not provide. The population estimate using mean densities yielded 2,079 breeding pairs (95% CI = 1,198–5,992) at Birojima in 2018–2019. The maximum density point estimate was considerably larger than the mean density estimate (3,318 vs. 2,079 pairs) but, given the relatively small survey samples and uncertain assumptions, we considered these estimates to be in reasonable agreement. More importantly, the maximum density estimate fell well within the 95% CI limits of the mean density estimate which we considered to be a much more realistic assessment of JAMU population size at Birojima using spotlight survey data.

2019 年のフィールドシーズンの後、私たちは、より統計的で厳密なスポットライトサーベイの密度の平均値を用いて、個体数規模を推定する方法を検討した。2018 年には放射状サーベイが 1 セットのみの実施であったので、放射状調査密度の平均を計算することができなかった。そのため、前回は平均密度を求めることはなかった。平均密度の使用では、2018 年に個体数規模を（仮に）推定するために用いた最大密度と同様の一連の計算と仮定が必要であったが、1 つの大きな利点がある。それは、平均密度は、最大密度では提供できなかった 95%CI の推定値を提供できたことである。平均密度を使用すると、枇榔島での 2018 年～2019 年の個体数推定は、2,079 の繁殖ペア（95%CI = 1,198–5,992）となった。最大密度の推定値は、平均密度の推定値よりもかなり大きな値を示したが（3,318 対 2,079 ペ

ア)、比較的小さな調査サンプルと不確かな仮定を考慮すると、これらの推定値は合理的な一致であると考えた。さらに重要なことは、最大密度推定値が平均密度推定値の 95%CI 限度内に収まったことである。これは、スポットライトサーベイデータを用いての、枇榔島の JAMU の個体数規模のより現実的な評価であると考えられる。

The rather wide range of the overall 95% CI was mainly due to high variation in the extremely small sample of radial surveys ($n = 2$) used to calculate the mean density. As a result, the radial region had a very wide 95% CI (0–7,233) which, at the upper end of the range, accounted for nearly two-thirds (7,223 of 11,305; 64%) of all JAMU over the entire congregation (Table 4). We expect the range of the 95% CI will narrow markedly as the sample sizes used to calculate mean densities increase following the last round of spotlight surveys in March 2021. Thus, while we have more confidence in the accuracy of this “mean density extrapolation” estimate (especially the 95% CI), we still consider this estimate to be preliminary pending completion of data collection. Ideally, in 2021 we will be able to compare JAMU population estimates for Birojima derived from 3 complementary techniques: (1) a CF determined at Kojima in 2020; (2) extrapolation of mean round-island and radial spotlight survey densities (2018, 2019, 2021 surveys); and (3) extrapolation of maximum round-island and radial spotlight survey densities (2018, 2019, 2021 surveys). Concordance among the 3 techniques would increase confidence in the accuracy of our population estimates.

95%CI 全体はかなり広い範囲は、主に平均密度の計算に使用される放射状調査のサンプル数が小さく ($n = 2$) ばらつきが大きいためである。その結果、放射状領域の 95%CI は非常に広く (0~7,233)、範囲の上限では、集合地全体の全 JAMU のほぼ 2/3 (11,305 の内の 7,223; 64%) を占めた (表 4)。2021 年 3 月の最後のスポットライトサーベイ後は、平均密度の計算に使用するサンプル数が増加するため、95%CI の範囲が著しく狭くなると期待している。したがって、この「平均密度外挿」推定値 (特に 95%CI) の精度には自信があるものの、この推定値はデータ収集が完了するまでの暫定的なものであると考えている。理想的には、2021 年に、3 つの相補的な手法から導かれた、枇榔島の JAMU の個体数推定を比較できるようになることである。(1) 2020 年に幸島で決定される CF。(2) 平均周回型および放射状スポットライトサーベイの密度の外挿 (2018、2019、2021 調査); (3) 周回型および放射状スポットライトサーベイ時の個体数密度の最大値の外挿 (2018 年、2019 年、2021 年の調査)。3 つの手法による数値の一致により、個体数推定の精度に対する信頼性が高まっていくであろう。

At-sea captures and nest monitoring both provided important data that helped us to refine our population estimate and assess the validity of the required assumptions. The primary purpose of at-sea captures was to determine the proportions of breeding and non-breeding JAMU in the at-sea congregation. This information is vital for population estimates based on extrapolation of spotlight survey densities. Thus, at-sea captures were a key component of our research and should be continued. The proportion of captured JAMU with brood patches was 26% in 2019, roughly half of that from those captured in 2018 (53%). We did not consider the JAMU sample captured in 2019 in our analyses because banding personnel were not confident in their abilities to detect brood patches; thus, the proportion of JAMU with brood patches captured in 2019 may have been biased.

洋上捕獲と営巣調査ともに、個体数推定の改善と、それに必要な仮定の妥当性を評価するための重要なデータを提供している。洋上捕獲の主な目的は、洋上に集まる繁殖、非繁殖 JAMU の割合を決定することであった。これは、スポットライトサーベイからの密度の外挿に基づく個体数推定にとって重要な情報である。したがって、洋上捕獲は私たちの研究の重要な要素であり、継続されるべきである。捕獲された JAMU のうち抱卵斑の保有個体の割合は、2019 年は 26% であり、2018 年に捕獲されたものの約半分 (53%) であった。バンディング担当者の抱卵斑を探し出す能力に不安がみられたため、2019 年の JAMU のサンプルを分析に使用することは避けた。したがって、2019 年に捕獲された抱卵斑をもつ JAMU の割合は偏りがみられた可能性がある。

Our brief inspection of JAMU nests in early April 2019 confirmed that our research was conducted early in the breeding season after most (if not all) eggs had been laid but before the hatching period when family groups depart the island and attendance in the at-sea congregation ceases. This information strongly supported our 1st assumption that incubation had begun in all JAMU nests at the time of our surveys. The relatively small numbers of depredated eggs and adults we found also supported our 3rd assumption that negligible levels of nest failure had occurred by the time of our surveys. Thus, nest monitoring also was a key component of our research and should be continued.

2019 年 4 月上旬に JAMU の巣を調査した結果、ほとんどが (全てではないにしても) 産卵後で、家族グループが島を出て洋上の群れに合流する孵化期の前である、繁殖期の早い時期に調査が行われていたことが確認された。この情報は、調査の時期が、全ての JAMU の巣で孵化が始まっていたという、私たちの第一の仮説を強く支持するものである。比較的少数の捕食卵と成鳥が確認されたが、これは、営巣の失敗が無視できるレベルで起こっていたという、第 3 の仮説も支持している。このように、営巣モニタリングも、研究の重要な要素であり続けられるべきである。

Unfortunately, we have no data to support our 2nd assumption that mates of incubating JAMU visited the congregation nightly because there is very little information on the daily or nightly movements of individual JAMU. Telemetry studies with nightly tracking of a large sample of JAMU would be needed to accurately assess the proportions of breeding birds which visit the at-sea congregation each night (and perhaps the factors that affect visitation). We would support such a study at Birojima. However, the 2nd assumption is probably less important for population estimates derived from “mean density extrapolation” compared to “maximum density extrapolation” because the 95% CI associated with the mean density estimate probably accounted for most of the variability in congregation attendance.

残念ながら、個々の JAMU の日中または夜間の動きに関する情報がほとんど存在しないため、JAMU の抱卵個体のペアの片方が夜間に群れの中にいるとする第 2 の仮説を支持するデータはない。JAMU の夜間追跡の大規模なサンプルを含むテレメトリー研究が、夜間、洋上に集まる繁殖鳥の割合(およびおそらく訪問に影響する要因)を正確に評価するために必要とされる。私たちは、枇榔島でのこのような研究をサポートする。しかしながら、第 2 の仮説は、「最大密度外挿」と比較し、「平均密度外挿」から推定された個体数推定値においては、おそらくそれほど重要ではない。それは、おそらく、平均密度の推定値に関連付けられた 95%CI が、集合している個体数の変動の大部分を占める可能性が高いからである。

We considered our efforts in 2018–2019 and our proposed studies in 2021 to be an important start toward better standardizing spotlight survey protocols for JAMU at Birojima. The standardized round-island and radial survey transects are clearly a major improvement over those used in 2011–2012 and have already demonstrated their usefulness for estimating the size of the JAMU colony. However, we still have limited information regarding the optimal timing of spotlight surveys at Birojima. The maximum combined round-island count at Birojima in 2018–2019 (3,382 JAMU) occurred on 26–27 March 2018 (between the 1st quarter moon on 24 March and full moon on 31 March), although a relatively low count occurred later that same morning (2,181 JAMU). In contrast, the lowest combined round-island count in 2018–2019 (1,612 JAMU) occurred on 6–7 April 2019 (1 night after the new moon on 5 April). In fact, much of the disparity between the round-island annual means in 2018 and 2019 (Table 2) was due to this extremely high count in March 2018 and this extremely low count in April 2019. Interestingly, all the other combined round-island counts in 2018 and 2019 ranged very narrowly between 2,053 and 2,493 JAMU (Table 2).

2018年～2019年にかけての取り組み及び2021年に予定されている研究は、枇榔島のJAMUのスポットライトサーベイのプロトコルをより標準化するための重要な出発点であると考えている。標準化された周回型および放射状のトランセクトは、2011年～2012年に使用されたこれらのトランセクトよりも明らかに大きな改善点であり、JAMUコロニーのサイズを推定するための有用性もすでに実証されている。しかし、我々はまだ、枇榔島でのスポットライトサーベイの最適なタイミングに関して、限られた情報しか持ちあわせていない。2018年～2019年の周回型サーベイでの最大合計個体数(3,382羽)は、2018年3月26日～27日(3月24日の上弦の月と3月31日の満月の間)に発生したが、引き続き行われた同じ夜間の明け方の調査では、比較的少ない数がカウントされた(2,181羽)。これとは対照的に、2018年～2019年にかけての周回型調査での合計数での最小値は(1,612羽)は、2019年4月6日～7日(4月5日の新月の1日後)に発生した。実際のところ、2018年と2019年の周回型サーベイでの年間平均値の差の大部分(表2)は、2018年3月の非常に高いカウントと、2019年4月の非常に低いカウントによるものであった。興味深いことに、2018年と2019年の他のすべての周回型サーベイの合計数は、2,053～2,493羽と近い値を示していた(表2)。

Clearly, conclusions cannot be drawn regarding optimal timing of surveys within and between nights based on these results. Preferably, spotlight surveys would be conducted during periods when congregation attendance best represents the size of the colony. Thus, surveys should clearly be conducted after most or all breeding pairs have laid eggs (usually mid-March) but before clutches begin hatching (usually in mid-April) when family groups depart nests and cease visiting the at-sea congregation (Whitworth et al., in prep.). However, the optimal survey periods within this mid-March to mid-April window depends on several potential factors (e.g., day length, moon phase, wind, cloud cover, and prey abundance, prey availability and foraging ranges, among others) such that frequent surveys (once or twice weekly) over several breeding seasons would be needed to assess which factors have the most effect on at-sea congregation attendance. We have scheduled our surveys in 2018–2021 during different periods to sample under different day lengths and moon phases: (1) late March and early April (between 1st quarter and full moon, between full

moon and 3rd quarter) in 2018; (2) early April (between the full moon and 3rd quarter) in 2018; (3) early April (around the new moon) in 2019; and (4) (proposed) mid-March (between the new moon and 1st quarter) in 2021. Scheduling spotlight surveys months (or even years) in advance, we obviously cannot control for other unpredictable environmental factors such as wind and cloud cover that may affect JAMU colony visitation patterns.

明らかに、現状の結果からは、夜間(その晩または夜をまたいで)の調査の最適なタイミングに関して結論を引き出すことはできない。可能であれば、集合している数がコロニーの規模を最もよく象徴する期間にスポットライトサーベイを実施することが望ましいであろう。したがって、調査は、明らかに、ほとんどまたは全ての繁殖ペアが産卵した後(通常3月中旬)で、家族が巣を離れ洋上の集合をやめてしまう(通常4月中旬に)孵化の開始前に実施する必要がある(Whitworth et al., in prep.)。ただし、この3月中旬~4月中旬の範囲での最適な調査期間は、いくつかの潜在的な要因(たとえば、日長、月齢、風、雲量、獲物の豊富さ、獲物の入手可能性、採餌範囲など)に依存している。そのため、どの要因が洋上の集合に最も影響を与えるかについて評価を行うためには、繁殖期に数回にわたる頻繁な調査(週に1回または2回)が必要になる。2018年~2021年までのさまざまな期間に、さまざまな日長と月齢でサンプリングできるように調査日程を決定している: (1) 2018年3月下旬~4月上旬(上弦と満月の間、満月と下弦の間)、(2) 2018年4月上旬(満月と下弦の間)、(3) 2019年4月上旬(新月頃); (4) (提案) 2021年の3月中旬(新月から上弦まで)。スポットライトサーベイを計画するのは、調査から数か月前(または数年前)なので、JAMUのコロニーへの訪問パターンに影響を与える可能性のある風や雲量など、他の予測不可能な環境要因についてまでコントロールすることはできない。

ACKNOWLEDGEMENTS 謝辞

The Suntory Group provided project funding to the Marine Bird Restoration Group. In-kind support, equipment and supplies were provided by the California Institute of Environmental Studies (Davis, California, USA). We thank the friendly staff at the Kadogawa onsen, Kokoro no Mori for their support and exceptional service. We are very grateful for the assistance of many people, especially: (1) boat captains Tomoaki Kuroda, Akihito Kuroki and Hitoshi Ikeda; and (2) the town of Kadogawa, especially Osamu Yasuda (Mayor), Kazuko Kawagoe, Shokun Yamashita, Yoichi Osawa, and other members of the Board of Education.

サントリー世界愛鳥基金は、海洋保全グループにプロジェクトのための資金を提供くださいました。機器、消耗品等、同等のサポートは、カリフォルニア環境研究所(米国カリフォルニア州デビス)から提供されました。門川温泉の心の杜のフレンドリーなスタッフのサポートと卓越したサービスに感謝します。多くの人々の支援に感謝しておりますが、とりわけ: (1) 船長の黒田朝明氏、黒木昭仁氏、池田仁氏、(2) 門川町、特に安田修氏(町長)、川越和子氏、山下将君氏、大澤陽一氏、その他教育委員会のメンバーの皆さまには心から感謝を申し上げます。

LITERATURE CITED 引用文献

- Carter, H., D. Whitworth, Y. Nakamura, M. Takeishi, S. Sato, K. Otsuki, and Y. Watanuki. 2013. Surveys of Japanese Murrelets (*Synthliboramphus wumizusume*) at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2012. Unpubl. report, Japan Seabird Group, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido. 27 p.
- Nakamura, Y. 2017. Some results obtained from banding to Japanese Murrelets in Birojima. Pages 43-49 *In*: Otsuki, K., H.R. Carter, Y. Minowa, V.M. Mendenhall, M. Takeishi, S.K. Nelson, D.L. Whitworth, H. Y. Nam, and P.N. Hébert (Eds.). Status and Monitoring of Rare and Threatened Japanese Crest Murrelet. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.
- Nakamura, Y. and K. Ono. 1997. Japanese Murrelet *Synthliboramphus wumizusume* in Birou Island, Kadogawa, Miyazaki, Japan. *Bulletin of the Miyazaki Prefectural Museum* 20: 25-40.
- Ono K & Nakamura Y (1993) The biology of the nesting Japanese Murrelets on Birojimato Island (Kadogawa-cho, Miyazaki Prefecture). The Ornithological Society of Japan 1993 annual meeting Program, Ehime University, Matsuyama-shi, Ehime-ken, Japan. P80. (Abstract; in Japanese).
- Ono, K., J.N. Fries and Y. Nakamura. 1994. Estimate of Japanese Murrelet population by counting birds in at-sea congregations. Pages 11-15. *In* K. Ono (Ed.). The Japanese Murrelet: its status and conservation. Toho University, Funabashi-shi, Chiba-ken, Japan. (translated by K. Otsuki, 16 October 2012).
- Park, C.U., S.G. Seo, H.Y. Nam, and C.Y. Choi. 2017. Current breeding status of two sympatric *Synthliboramphus* murrelet species on Gugul-do, Republic of Korea. Pages 67-72 *In*: Otsuki, K., H.R. Carter, Y. Minowa, V.M. Mendenhall, M. Takeishi, S.K. Nelson, D.L. Whitworth, H. Y. Nam, and P.N. Hébert (Eds.). Status and Monitoring of Rare and Threatened Japanese Crest Murrelet. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.
- Sealy, S.G. 1976. Biology of nesting Ancient Murrelets. *Condor* 78: 294-306.
- Whitworth, D.L., and H.R. Carter. 2014. Nocturnal spotlight surveys for monitoring Scripps's Murrelets in at-sea congregations at Anacapa Island, California. *Monographs of the Western North American Naturalist* 7: 306-320.
- Whitworth, D.L. and H.R. Carter. 2018a. Population trends for Scripps's Murrelet following eradication of black rats. *Journal of Wildlife Management* 82: 232-237. doi:10.1002/jwmg.21370
- Whitworth, D.L., and H.R. Carter. 2018b. Scripps's Murrelet at San Miguel Island, California: status of a small population at the northwest limit of the breeding range. *Western North American Naturalist* 78: 441-456.
- Whitworth, D.L., J.Y. Takekawa, H.R. Carter, and W.R. McIver. 1997. Night-lighting as an at-sea capture technique for Xantus' Murrelets in the Southern California Bight. *Colonial Waterbirds* 20: 525-531.
- Whitworth, D., H. Carter, Y. Nakamura, M. Takeishi, S. Sato, F. Gress, K. Otsuki and Y. Watanuki. 2012. Nocturnal spotlight surveys of Japanese Murrelets (*Synthliboramphus wumizusume*) at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2011. Unpubl. report, Japan Seabird Group, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido. 44 p.
- Whitworth, D., H. Carter, Y. Nakamura, K. Otsuki, and M. Takeishi. 2014a. Hatching success, timing of breeding, and predation of Japanese Murrelets (*Synthliboramphus wumizusume*) at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2013. Unpublished report, Japan Seabird Group, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido, Japan. 52 p.

- Whitworth, D.L., H.R. Carter, T.M. Dvorak, and L.S. Farley. 2014b. Status, distribution, and conservation of the Scripps's Murrelet at Santa Catalina Island, California. *Monographs of the Western North American Naturalist* 7: 321–338.
- Whitworth, D.L., H.R. Carter, E. Palacios, and F. Gress. 2018a. Breeding of Craveri's Murrelet *Synthliboramphus craveri* at four islands of west-central Baja California, Mexico. *Marine Ornithology* 46: 117-124.
- Whitworth, D.L., H.R. Carter, M.W. Parker, F. Gress, and M. Booker. 2018b. Long-term monitoring of Scripps's Murrelet and Guadalupe Murrelet at San Clemente Island, California: evaluation of baseline data in 2012–2016. *Western North American Naturalist* 78: 457–473.
- Whitworth, D., K. Otsuki, Y. Nakamura, Y. Minowa, T. Suzumegano, and M. Parker. 2018c. At-Sea Congregation Monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Kadogawa-cho, Miyazaki-ken, Japan, in 2018. Pages 1–30 *In*: Otsuki, K., and Y. Minowa (Eds.). Japanese Murrelet Surveys in 2018. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.
- Whitworth, D.L., H.R. Carter, E. Palacios, and F. Gress. 2020. At-sea congregation surveys to assess the status of Scripps's Murrelets *Synthliboramphus scrippsi* at islands off western Baja California, México in 2002–2008. *Marine Ornithology* 48: in press.

APPENDIX 1 補足

Survey to determine multiple occupancy in Japanese Murrelet nest crevices at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, 1 September 2019

2019 年 9 月 1 日、宮崎県枇榔島におけるカンムリウミスズメ複数ペアによる
巣の占有に関する調査

Kuniko Otsuki

In September 2019, I conducted a survey of Japanese Murrelet (*Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) nest crevices to determine the presence of crevices which potentially contained multiple nesting sites. This post-breeding season survey was conducted for comparison with nesting surveys to be conducted at Kojima, Kochi-ken, Shikoku where attempts will be made to determine a correction factor to estimate JAMU population size based on spotlight survey counts. Hidden nests and nests in inaccessible habitats are both impediments to determining a meaningful correction factor.

2019 年 9 月に、複数の巣を含むことのできる可能性のある隙間の有無の確認をするために、カンムリウミスズメ (*Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) の巣の調査を実施した。この繁殖期後の調査は、四国高知県幸島で予定している営巣調査との比較のために行ったものである。幸島では、スポットライトサーベイのカウント数を基に JAMU の個体数を推定する際に使用する補正係数を開発する予定である。1 つの巣内に他に巣になりうる隠れた空間がある場合と、アクセスが困難な生息地の巣は、どちらも意味のある補正係数を決定する際の障害である。

To check for hidden sites in monitored nest crevices, 3 officials from the city of Kadogawa and I conducted a survey on 1 September. This survey could not be conducted during the breeding season due to potential disturbance to incubating JAMU which may have obscured additional sites. We inspected 11 monitored nests chosen at random. Nests were located in boulder fields under the forest canopy atop Birojima. Ten (91%) of the 11 crevices we inspected had no additional sites suitable for nesting by a second JAMU pair, although 1 nest was too deep to see without special camera equipment. I concluded that there was little reason for concern that multiple pairs of JAMU were nesting in crevices at Birojima. Furthermore, I considered it unlikely that multiple pairs nested within a single crevice because antagonistic behaviors between pairs would likely result in nest abandonment by both pairs. In any case, it would be impossible to locate all the JAMU nests at Birojima because many nests are located in crevices where incubating birds and eggs are completely hidden from view and most nests are located in habitats that are inaccessible to researchers.

営巣モニタリングのためのタグのついた岩の隙間に、他に巣になりうる空間があるかどうかを調べる目的で、門川町職員の 3 人と私で、9 月 1 日に調査を行った。補足的な空間があったとしても、繁殖期間は、抱卵中の JAMU に隠れて

見えない可能性がある。繁殖期間は、これら抱卵個体を妨害する可能性が考えられるため、この調査の実施を避けた。モニタリングに使用されている巣をランダムに11選んだ。巣は、枇榔島上部の林内にある巨石の間にある。11巣中10巣(91%)では、第2ペアにとっての営巣環境に有効となりえる、補足的な空間はみられなかった。1巣については、奥行きが深すぎて、中を完全に確認することができなかった。枇榔島では1つの隙間に複数のJSMUのペアが営巣している可能性はほとんどない、と結論付けた。さらに、ペア間の拮抗的な行動により、両方のペアが巣を放棄する可能性が高いため、複数のペアが単一の隙間に営巣している可能性は低いものと考えた。いずれにしても、多くの巣の中には鳥や卵が視界から完全に隠されている隙間にあるうえ、ほとんどの巣は研究者がアクセス不可能な場所にあるため、枇榔島のすべてのJAMUの巣を見つけるのは不可能である。



Figure A1. Left: depredated Japanese Murrelet in shallow crevice where the carcass was found. Right: close-up of the carcass. (Photos: K. Otsuki)

図 A1. 左:死体が確認された狭い隙間に横たわるカムリウミスズメ; 右: クローズアップされた死体

Concern about Rats on Birojima

On 3 April 2019, we found a depredated JAMU in a crevice (probably not a nest) during nest monitoring. The head of the carcass was missing but it did have a wound on the right side of the chest (Figs. A1). M. Takeishi thought it might have been killed by an avian predator, but we were still concerned about the presence of rats or mice on Birojima. In fall of 2019, S. Sakamoto (pers. Comm.) informed us that motion-sensor cameras recorded the presence of a rat on Birojima in 2018 (Fig. A3).

枇榔島でのネズミ類に対する懸念

2019年4月3日、私たちは、枇榔島の洞(巣の可能性は低い)で1羽の捕食されたJAMUを発見した。この死体には頭部はみられず、右胸には外傷がみられた(図A1-2)。武石氏は、これは、おそらく鳥類による捕食であろうと考えており、私たちもそれに同意はするものの、枇榔島でのネズミの存在に対する懸念は残される。2019年の秋、坂本氏より、2018年に、自動撮影カメラで枇榔島においてネズミの写真を撮影していたことをご報告頂いた(坂本私信)(図A3)。



Figure A2. Rat (*Rattus spp.*) detected by a motion-sensor camera on Birojima in 2018.

(Photos: offered by M. Yoshikawa & S. Sakmamoto from Miyazaki University)

図 A2. 2018 年に、枇榔島のモーションセンサーカメラで撮影されたネズミ類 (*Rattus spp.*)

新たに確認された徳島県牟岐町カンムリウミスズメ繁殖地での繁殖個体群規模の推定とネズミ類及びカラス類の生息状況

Estimating the breeding population size and the status of invasive rodents and crows at the newly discovered colonies of Japanese Murrelets, Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan

武石全慈^{1*}、Darrell Whitworth²、Michael Parker²、大槻都子^{1**}

Masayoshi Takeishi^{1*}、Darrell Whitworth²、Michael Parker²、Kuniko Otsuki^{1**}

¹海鳥保全グループ(Marine Bird Restoration Group): 〒960-8163 福島県福島市方木田字石田1-18 (1-18 Ishida Hokida Fukushima-shi, Fukushima-ken 960-8163 Japan);

²California Institute of Environmental Studies: P.O. Box 1185, Davis, California 95617 USA.

* Email: masawumizusume@gmail.com、 ** Email: boomam@sa2.so-net.ne.jp

要約

カンムリウミスズメは IUCN レッドリストで Vulnerable に、環境省レッドリストで絶滅危惧Ⅱ類に掲載され、また国の天然記念物に指定され保全努力が要請されている。徳島県牟岐町では 2018 年の我々の調査で、サデバと權投島で抱卵個体が認められ新繁殖地であることが確認された。2019 年の調査では抱卵個体がサデバとナザノハナと權投島で、死骸が津島で確認され、前者が繁殖地、後者は繁殖推定地とみなされた。周辺海上での夜間スポットライトサーベイでは、2018 年には 965 羽、2019 年には 656 羽のカンムリウミスズメがカウントされた。夜間海上集団での集合範囲、密度分布、繁殖・非繁殖個体比率等を考慮しつつ、2019 年の繁殖個体群規模について検討した。權投島では、2018 年にネズミ類による捕食が疑われる死骸 1 羽が発見され、小型哺乳類と考えられる糞も認められた。そこで、2019 年には噛み跡トラップや自動撮影カメラを設置してネズミ類の存在確認を試みたが、確認には至らなかった。一方、地表には、抱卵期初期にもかかわらず卵殻が多数散在することから、営巣中の巣穴に向けて自動撮影カメラを設置したところ、カラス類による卵の捕食と成鳥への襲撃が確認された。カラス類のカンムリウミスズメ繁殖に及ぼす影響について考察した。

EXECUTIVE SUMMARY

The Japanese Murrelet has been designated as “vulnerable species” (i.e., at high risk of endangerment in the wild) by the Japan Ministry of the Environment and the International Union for Conservation of Nature (IUCN), and conservation efforts are required. In 2018, our investigation at Mugi-cho, Tokushima Prefecture, we observed incubating adults on two islands, confirming breeding at these locations. In 2019, our investigation documented incubating at 2 islands at Kotsu-shima (North Kotsu Islet (Nazanohane) and South Kotsu Islet (Sadeba)) and Kainage-jima. In addition, carcasses were found at Tsushima. Therefore, Kotsu-shima and Kainage-jima have been confirmed as breeding sites and Tsushima has been considered as a potential breeding site. During night-time spotlight surveys on the water around the islands near Mugi-cho, 965 murrelets were counted in 2018, and 656 murrelets were counted in 2019. The breeding population size in 2019 was examined using area size of night-time congregation, density and the ratio of breeding birds captured. At Kainage-jima, where incubating murrelets were observed, a dead murrelet suspected of predation by rodents was found in 2018. We also documented feces considered to be of small mammals at this island. We attempted to set wax tags and automatic cameras to confirm the presence of rodents but failed to confirm the presence of rodents. Additionally, there were many eggshell fragments scattered on the ground despite the early timing of the breeding season for this species. We attempted to set automatic cameras at the entrances to nest sites and we confirmed egg predation by crows. The effects of crows on this species were also examined.

はじめに INTRODUCTION

カンムリウミスズメ *Synthliboramphus wumizusume* は日本と韓国の島嶼で繁殖する小型の海鳥で、国際自然保護連合 (IUCN) レッドリストでは Vulnerable に (BirdLife International 2018)、環境省レッドリストでは絶滅危惧II類 (VU) に掲載され (環境省 2020)、また、我が国の天然記念物にも指定されている (文化庁 2019)。四国南東部の徳島県海域でのカンムリウミスズメの生息情報については、2000年以前にはほとんど得られていなかったようである (和田 1973, 阿部ら 1974, 小林 1978, 谷崎 1981, 石原 1982, 日本野鳥の会徳島県支部 1985, 日本野鳥の会徳島県支部 目録部 1988, 吉田 1999, 日本野鳥の会徳島県支部 2006, 徳島県立博物館. 2010)。しかし近年になって、同県海部郡 ^{かいふ}牟岐町の海上で2月から5月にかけて多数のカンムリウミスズメが見られることが報道 (徳島新聞社 2003, 2013a, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018) やインターネットを通じて知られるようになり、地元の方々から提供された未公表の観察情報 (武石ら 2019) を通じて、同海域でのカンムリウミスズメの繁殖可能性が強く示唆された。Otsuki *et al.* (2017) は、国内・国外のカンムリウミスズメ繁殖地について検討する中で、牟岐町海域には伝聞情報をもとに新たな繁殖地が存在するとして、繁殖調査の必要性を記した。そこで、2018年の4・5月に海鳥保全グループとカリフォルニア環境研究所 (California Institute of Environmental Studies) は共同調査を実施し、サデバと ^{かいなげじま}権投島でカンムリウミスズメ抱卵個体を、ナザノハナではウミスズメ類と考えられる巣内卵を視認し、牟岐町海域でのカンムリウミスズメの繁殖を確認した (武石ら 2019)。

現在、カンムリウミスズメの世界の成鳥数は 5,200~9,400 羽とされている (BirdLife International 2018)。牟岐町海域での 2018 年の我々の調査では、夜間に繁殖地周辺海上に集まるウミスズメ類の個体数をセンサスするスポットライトサーベイによって、965 羽のカンムリウミスズメがカウントされた (武石ら 2019)。この数値は世界の生息数に

比べてかなり高い割合を示しており、牟岐町海域の繁殖地の重要性が示唆されるとともに、その繁殖個体群サイズの推定が望まれた。そこで2019年3月に再度スポットライトサーベイを実施して同地域の繁殖個体群サイズの推定を試みた。また一方、2018年4月3日には樫投島において、ネズミ類による捕食が疑われるカンムリウミスズメ成鳥斃死体1羽が、巣穴と考えられる岩隙の奥に認められるとともに、哺乳類のものと思われる小型糞も認められた（武石ら2019）。福岡県のカンムリウミスズメ繁殖地の小屋島では、1987年にドブネズミ *Rattus norvegicus* の侵入によりカンムリウミスズメ成鳥が多数捕食され壊滅的な被害を受けた事例が知られている（武石1987）。ネズミ類はカンムリウミスズメの営巣場所である岩隙内に容易に侵入可能であることから、ハヤブサ *Falco peregrinus* やカラス類等の他の天敵に比べて、繁殖個体群に対する影響が極めて大きい。牟岐町海域の繁殖地でのネズミ類の生息状況を把握することは、同地域のカンムリウミスズメ繁殖個体群の保全にとって緊急の課題と思われ、今回、ネズミ類の存在確認に努めた。また、カラス類による影響についても調査した。なお、掲載写真は自動撮影を除いてすべて武石の撮影による。

調査地 STUDY AREA

調査は徳島県海部郡牟岐町の海域で行なった。この海域には本土から2.0~4.2km沖に有人島の^{てばしま}出羽島と5つの無人島、即ち、西から東へ、ナザノハナ^{こつしま}（小津島の北の島）、サデバ（小津島の南の島）、津島、大島（牟岐大島）、樫投島が分布する（図1, 図2）。



図1. 調査地の徳島県牟岐町海域. 西から東へ、有人島の出羽島, 無人島の小津島（北のナザノハナと南のサデバ）、津島、大島、樫投島が並ぶ. 国土地理院地図を基に示す.

Figure 1. Islands off Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan.



図2. 調査地の徳島県牟岐町海域 (2018年4月2日).
Figure 2. Islands off Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan.

出羽島 (図3) は最高標高 76.5m (北緯 33 度 37 分 53 秒、東経 134 度 25 分 27 秒)、面積 0.65km²で、2013年4月1日現在の人口は 70 世帯 104 人で (牟岐町 2013)、その漁村集落は国の重要伝統的建造物群保存地区に選定されている (全国伝統的建造物群保存地区協議会 2017)。出羽島の南西側の海岸線は大型の礫によって埋め尽くされていて、その陸側には国指定天然記念物の「出羽島大池のシラタマモ自生地」がある (図3)。この大池では礫の間を通じて供給される海水と山からの淡水とが混合して汽水状態が維持され、環境省レッドリスト絶滅危惧 I 類のシラタマモ (*Lamprothamnium succinctum*: 車軸藻綱シャジクモ目シャジクモ科) が生育する (環境省 2015)。この大型の礫からなる海岸の様相はナザノハナとサデバにも見られ、後述するように礫の間の岩隙がカンムリウミスズメの営巣場所となっている (図4, 図6)。カンムリウミスズメの営巣タイプの 1 つに、「岩石の亀裂のすき間や石と石の間を利用する」タイプが知られているが (樋口 1979)、それらは崖が崩壊して堆積したところが多く、牟岐町の島で見られる大型の礫が平面的に広がる海岸という繁殖環境は独特のように思われる。この海岸地形は今後カンムリウミスズメの知られざる繁殖地を探索する際には留意されるべき地形であろう。



図3. 出羽島 (北東側から 2019年4月11日) と出羽島大池 (2018年4月2日: 合成画像).
Figure 3. Teba-shima and the brackish pond (Teba-shima O-ike).

小津島は北側のナザノハナと南側のサデバの2つの岩礁状の島からなる。ナザノハナ（図4）は最高標高17m（北緯33度38分16秒、東経134度26分13秒）、大きさは差し渡して120m×70mほどである。サデバ（図6）は最高標高10数m（北緯33度38分03秒、東経134度26分25秒）、大きさは差し渡して190m×70mほどで北と南の2つの岩体に分かれている。両島の斜面から頂上部にかけては草本と灌木に覆われている。なお、2018年8月23日と9月4日に大型台風20号と21号が徳島県東部及び南部に上陸し通過した際に、ナザノハナ北西端の北面の崖が一部崩落した。海岸沿いに岩塊の堆積環境が出現し、カンムリウミスズメにとって新たな営巣環境が形成された可能性がある（図5）。

ナザノハナとサデバは地元での名称であって、国土地理院2万5千分1地形図「牟岐」では両者を合わせて小津島としか表記されていない。「徳島の海釣り」（徳島新聞社2013b）では、それぞれ「小津島（北）」と「小津島（南）」と表記されている。この報告書では、地元での名称に従って、ナザノハナとサデバの呼称を用いる。



図4. ナザノハナ（南西側から2019年4月12日）と海岸の営巣環境（2019年2月21日、背景は出羽島）.
Figure 4. North Kotsu Islet (Nazanohana) and Japanese Murrelet breeding site on the seashore.



図5. 台風通過でナザノハナ北西端の北面の崖の一部が崩落した（画面中央下の赤褐色岩塊）。カンムリウミスズメの新たな営巣環境が形成されたかもしれない（2018年10月11日撮影）.
Figure 5. A part of the cliff fell away by the passage of the typhoon in the fall of 2018 at North Kotsu Islet. For Japanese Murrelets, new breeding environment may be created there.



図6. サデバ(北側から2019年3月16日)と海岸の営巣環境(2019年2月21日).
Figure 6. South Kotsu Islet (Sadeba) and Japanese Murrelet breeding site on the seashore.

小津島の東600mには津島がある。津島(図7)は最高標高46.0m(北緯33度38分16秒、東経134度26分55秒)、面積約6.5ha、周囲長約1.5km、大きさは差し渡して550m×300mほどで3つの小丘に分かれ、島全体が常緑樹林に覆われ、「津島暖地性植物群落」として国の天然記念物に指定されている(牟岐町2013)。

津島の東3kmには大島、東北東4.2kmには樺投島がある。大島(図8)は最高標高215.8m(北緯33度38分03秒、東経134度29分46秒)、周囲長約8km、面積約1.9km²で全域が常緑樹林で覆われている。その林分は、徳島県指定天然記念物の「牟岐大島のタチバナ自生地」と「牟岐大島のアオサギとその群生地」になっている(牟岐町2013)。



図7. 津島(南東側から2019年3月31日).
Figure 7. Tsu-shima.



図8. 大島(北西側から2019年4月11日).
Figure 8. O-shima.

大島の北には最近接距離650mで無人島の樺投島がある。樺投島(図9)は最高標高23m(北緯33度38分53秒、東経134度29分42秒)、大きさは差し渡して100m×60mほどの岩礁状の島で、斜面と頂上平坦部はマツ類を含む常緑樹の林となっている。

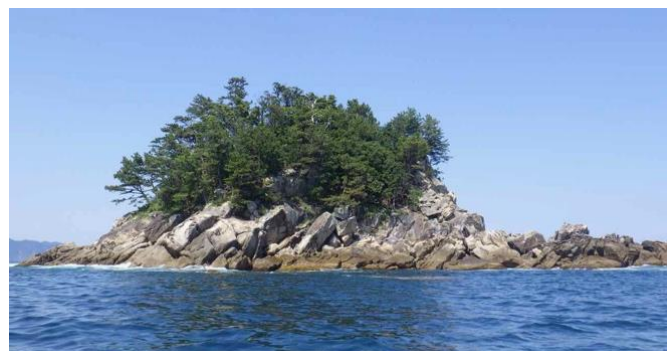


図9. 樺投島(南西側から2019年5月23日).
Figure 9. Kainage-jima.

調査方法 METHODS

(1) 海上センサス

(a) 日中の海上センサス

牟岐町海域では繁殖期の夕方にカンムリウミスズメの集団が見られる（図 10, 田中幸寿氏私信, 原田利宏氏私信, 武石ら 2019）。2019年2月22日の夕方に権投島から出羽島に向かっていった際にこの集団に遭遇したので、その広がりやの範囲と構成種について把握を試みた。また、同年3月29日の夕方には、島嶼群と本土との間の海域で、小型漁船を使用して距離 15.8km のルートでセンサスを行なった（図 11）。



図 10. 夕方の海上に集まるカンムリウミスズメ (2018年4月30日). 背景は津島.
Figure 10. Congregation of Japanese Murrelets around Tsu-shima off Mugi-cho in the evening on 30 April 2018.

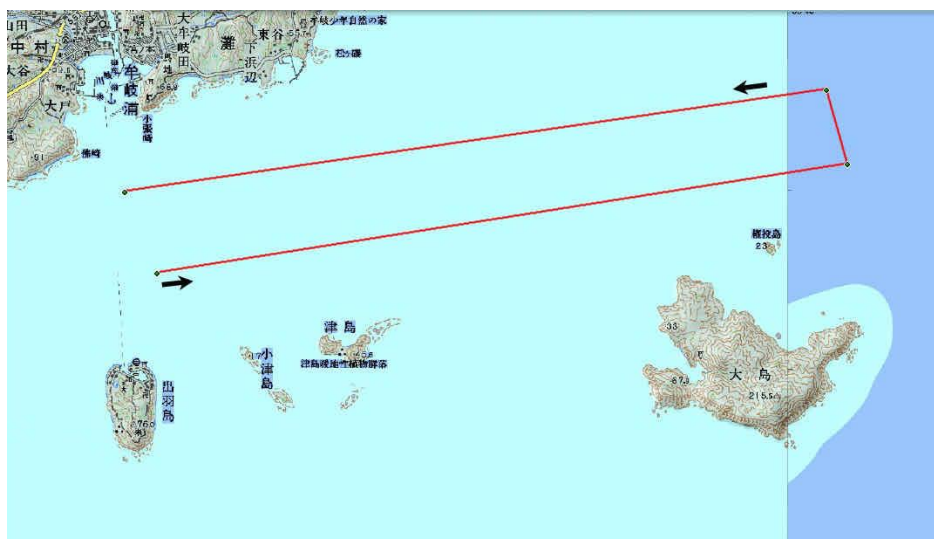


図 11. 2019年3月29日の夕方の海上センサスのルート. カシミール3D【解説本】2万5千地形図 [Bk25kMat.dim] を基に示す (以下同じ).
Figure 11. The routes of diurnal boat survey on the sea from Teba-shima to Kainage-jima on 29 March 2019.

(b) 夜間のスポットライトサーベイ

ウミスズメ属 *Synthliboramphus* のウミスズメ類は、繁殖期間中は抱卵交代のために夜間に繁殖地の島に出入りする。その際、繁殖地の周辺海上にはウミスズメ類の集団が形成される。その個体数を船上からスポットライトで照らしながら数える調査がスポットライトサーベイである。この調査法は、アメリカ・カリフォルニア州南部の島々の周囲の洋上に集まるスクリプスウミスズメ *S. hypoleucus* を数えるために開発され、標準化されたプロトコルを有する手法である (Whitworth and Carter 2014)。

2019年3月29~31日の夜間に、牟岐町海域においてスポットライトサーベイを行なった。小津島(ナザノハナとサデバ)と權投島では、岸から200m沖を周回するトランセクトを設定した。また、小津島の南側から時計回りに小津島を回った後に、津島の北側を通って權投島の北側に向かう、岸から600m沖を通るトランセクトも1本設けた(図12)。また、出羽島でもおよそ200m沖を周回するルートでスポットライトサーベイを行なった(図13)。カンムリウミスズメに対するスポットライトによる夜間の視認可能距離は125mなので、トランセクトの幅は船の左右両側を合わせた250mとなる(Whitworth *et al.* 2019)。設定したトランセクトに沿って小型漁船でゆっくり進み(時速6~9km)、舳先から手持ちのスポットライト(Qbeam Max Million III, Brinkmann Corporation)で左右に連続して照らしながら、カンムリウミスズメの数と行動(海面浮遊、飛び立ち、飛翔中)を記録するとともに、確認地点の座標をGPS(Garmin Rino 750)に記録した(Whitworth and Carter 2014)。



図12. 2019年3月末のスポットライトサーベイ用に設定されたトランセクトの位置。
Figure 12. Spotlight transects off Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan in late March 2019.

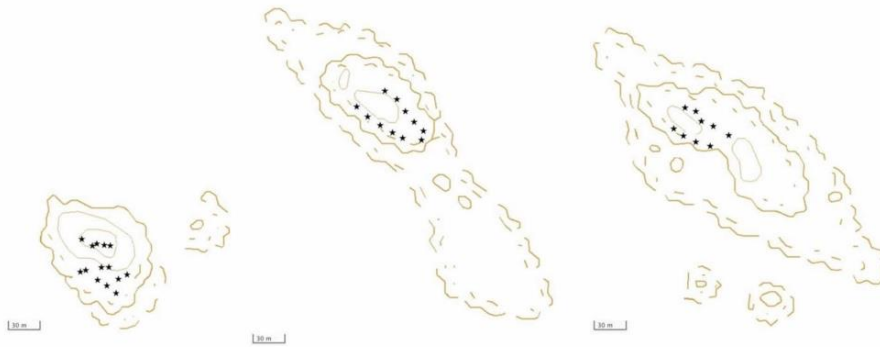


図 15. 噛み痕トラップの設置位置. 左から権投島, ナザノハナ, サデバ. 国土地理院地図 (電子国土 Web) を基に示す (以下同じ).

Figure 15. Locations of wax tags set at Kainag-jima (left), North Kotsu Islet (middle) and South Kotsu Islet, respectively.

(b) 自動撮影カメラによる生息確認

2018年8月及び10月に自動撮影カメラによるネズミ類の存在確認を計画したが、悪天候のため8月の上陸ができず、10月には前述の噛み痕トラップの設置・回収調査を主として、部分的にカメラ設置による調査を行なった。

2019年には、権投島の4ヶ所の9地点について、5台の自動撮影カメラ (図 16: Bushnell NatureView HD Essential) を適宜に設置して、2月22日から最長で7月12日までの間、撮影を行なった。その4ヶ所は、南西側海岸部にある洞穴内、南西側斜面の林内、頂上の林内の東端部、北側の崖での縦に深い洞穴内であった (図 17)。いずれもカムリウミスズメの巣穴が散在する場所で、夜間 (18:00~翌日 06:30) 又は終日にかけて、5分間隔又は1分間隔で撮影した。また常時、センサー反応があれば撮影が行なわれた。なお、ネズミ類の誘引餌は使用しなかった。

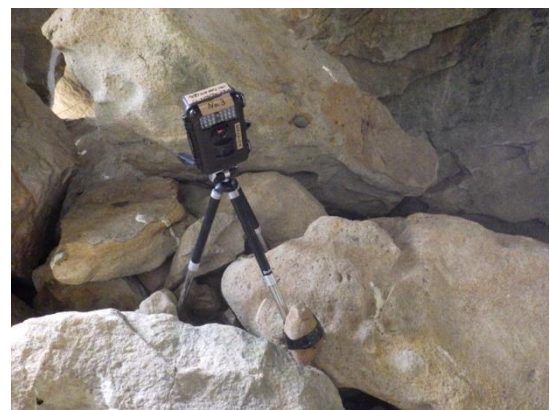


図 16. 使用した自動撮影カメラ.
Figure 16. Automatic camera.

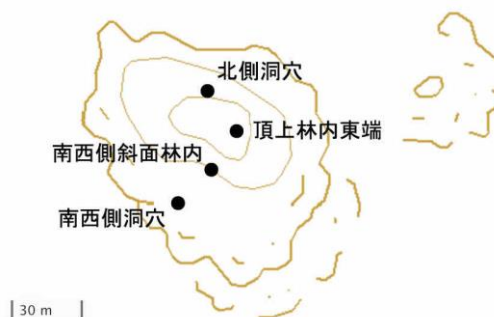


図 17. 権投島での自動撮影カメラの設置場所.
Figure 17. Locations of automatic cameras set at Kainag-jima in 2019.

結果 RESULTS

(1) 海上センサス

(a) 日中の海上センサス

2019年2月22日に、権投島から出羽島への移動の際に、海上に浮遊するカンムリウミスズメの集団に遭遇したので、15:48から16:40にかけてその分布範囲と構成種の把握を試みた。集団は津島の北北東沖から出羽島の北にかけての幅約0.8km、長さ約3.0kmの範囲わたって分布していた(図18)。全体で515羽の鳥類がカウントされ、そのうち種の識別ができたのはカンムリウミスズメ成鳥生殖羽個体463羽(海上浮遊個体438羽、飛翔個体25羽)とヒメウ *Phalacrocorax pelagicus* 1羽であった。残りの51羽は種識別には至らなかったウミスズメ類(飛翔個体)であった。このことから、夕方の海上集団はカンムリウミスズメの単独集団とみなすことができる。この直後の16:40から16:51にかけて、2018年の夜間スポットライトサーベイの際に多数のカンムリウミスズメが確認された小津島(ナザノハナとサデバ)の周囲を回ったが、ウミスズメ類は全く認められなかった。



図18. カンムリウミスズメの単独集団の分布範囲(2019年2月22日15:48~16:40).

Figure 18. Location of Japanese Murrelet congregation in the evening on 22 February 2019.

2019年3月29日の夕方(16:52~17:57)の海上センサスでは459羽のカンムリウミスズメをカウントし、それらは小津島と津島の北側海域と権投島の北側海域に分布していた(図19)。2018年4月2日にも同じトランセクトでセンサスが行なわれたが、その際のカウント数は496羽で、今回とほぼ同じ値であった(武石ら2019)。



図 19. 2019年3月29日夕方の海上センサスのカムリウミスズメの位置. 小円は1~9羽, 中円は10~99羽を示す.

Figure 19. Distribution of Japanese Murrelets during the diurnal census off Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan in the evening on 29 March 2019. Small and medium solid circles indicate 1-9 murrelets, and 10-99 murrelets, respectively.

(b) 夜間のスポットライトサーベイ

2019年3月29~31日の夜間に行なったスポットライトサーベイの結果を表1に、その際のカムリウミスズメの分布を図20~図23に示す。出現したウミスズメ類のうち大半は識別され、全てカムリウミスズメであった。日中での観察結果も考慮すると、これらはカムリウミスズメの単独集団であるとみなされた。

表 1. 夜間スポットライトサーベイの結果 (2019年、牟岐町).

Table 1. Number of Japanese Murrelets counted during spotlight surveys at Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan in late March 2019.

日付 (Date)	時刻 (Time)	トランセクト (Transects)			時間 (分) (Time in minutes)	距離 (km) (Distance)	カムリウミスズメ個体数 (Number of murrelets)
		場所 (Transects)	岸からの距離 (m) (Distance from the shore)	幅 (m) (Width)			
3月29-30日	21:41~22:03	小津島(周回) (Round-island survey at Kotsu-shima)	200	250	22	2.68	461
	22:11~23:21	小津島南~津島北~権投島北 (Kotsu-shima~Tsu-shima~Kainage-jima)	600	250	70	10.32	127
	23:31~23:45	権投島(周回) (Round-island survey at Kainage-jima)	200	250	14	1.48	68
	00:05~00:33	小津島(周回) (Round-island survey at Kotsu-shima)	200	250	28	2.64	323
3月30日	21:29~21:52	出羽島(周回) (Round-island survey at Teba-shima)	200	250	23	3.43	0
	22:11~22:35	小津島(周回) (Round-island survey at Kotsu-shima)	200	250	24	2.66	194
3月31日	21:53~22:18	小津島(周回) (Round-island survey at Kotsu-shima)	200	250	25	2.73	635
	22:25~23:07 (途中で中止)	小津島南~津島北 (途中で中止) (Kotsu-shima~Tsu-shima)	600	250	42	5.07	224

調査期間中は天候が不順であったため、1夜のうちに連続して3つのトランセクト、即ち小津島 200m 沖、小津島～津島～大島～樫投島 600m 沖、樫投島 200m 沖で、スポットライトサーベイを実施できたのは、初日の3月29日夜(21:41～23:45)に限られた(図20,表1)。その際のカンムリウミスズメのカウント数は合計656羽であった。2018年調査結果(武石ら2019)と同様に、カンムリウミスズメの夜間海上集団は、小津島の周囲と樫投島の周囲に出現し、津島から大島にかけての海上では殆ど見られなかった。

なお、この3月29日夜のスポットライトサーベイ終了直後の3月30日00:05～00:33には、小津島 200m 沖トランセクトでのサーベイを追加実施し、カンムリウミスズメ323羽がカウントされた(図21,表1)。



図20. 2019年3月29日21:41～23:45のスポットライトサーベイでのカンムリウミスズメの分布. 合計656羽. 黒色の小円は1～9羽, 中円は10～99羽, 大円は100～190羽を示す(以下同じ).

Figure 20. Distribution of Japanese Murrelets during the spotlight survey count off Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan on 29 March 2019. Small, medium and big solid circles indicate 1-9 murrelets, 10-99 murrelets and 100-190 murrelets, respectively.

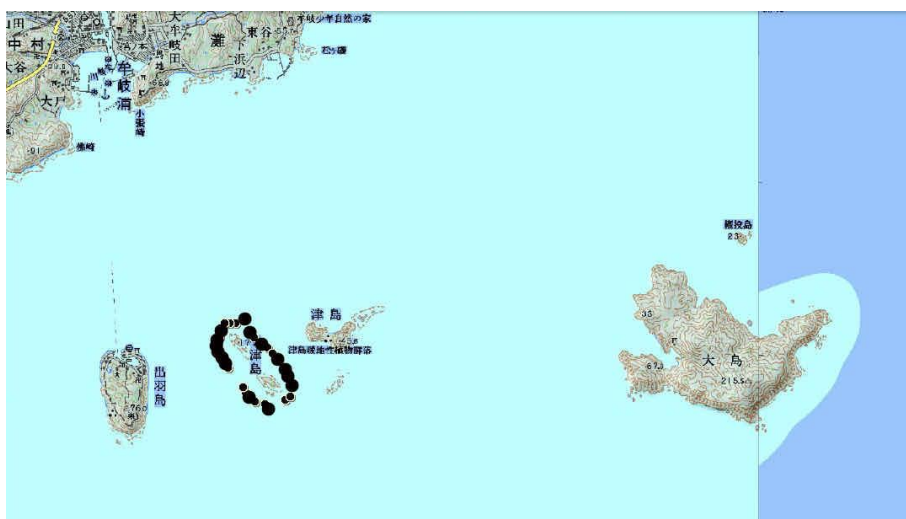


図21. 2019年3月30日00:05～00:33の小津島200m沖スポットライトサーベイでのカンムリウミスズメの分布. 323羽.

Figure 21. Distribution of Japanese Murrelets during the spotlight survey count around Kotsu-shima off Mugi-cho on 30 March 2019.

3月30日夜(22:11~22:35)のスポットライトサーベイでは、海面のうねりが高かったため小津島200m沖トランセクトでしか実施できず、その際にはカンムリウミスズメ194羽がカウントされた(図22,表1)。

3月31日夜のスポットライトサーベイでは、小津島200m沖トランセクトの実施後に、小津島から権投島までの600m沖サーベイを試みたが、海面に白波が多く現れ観察不適となり、途中の津島沖で中止した(図23)。合計で859羽がカウントされた(表1)。

調査期間中、権投島200m沖のスポットライトサーベイは1回しか行われず、カウント数は68羽であった(図20,表1)。

上述の通り、調査期間中の連続する3日間で、小津島の周囲では、4回の200m沖スポットライトサーベイを行なうことができた。その際のカウント数を日付順に記せば、461羽(3月29日21:41~22:03)、323羽(3月30日00:05~00:33)、194羽(3月30日22:11~22:35)、635羽(3月31日21:53~22:18)であった。このうち、21:40頃から22:35頃までの間に行なわれた3回のサーベイでのカウント数は、最大値が最小値の3.27倍となる変動幅を示した(表1)。

なお、人が住んでいる出羽島での3月30日21:29~21:52の200m沖スポットライトサーベイでは、カンムリウミスズメは全く確認されなかった(図13,表1)。



図22. 2019年3月30日22:11~22:35の小津島200m沖スポットライトサーベイでのカンムリウミスズメの分布. 194羽.

Figure 22. Distribution of Japanese Murrelets during the spotlight survey count around Kotsu-shima off Mugicho on 30 March 2019.



図 23. 2019年3月31日 21:53~23:07 の小津島周辺でのスポットライトサーベイでのカンムリウミスズメの分布. 600m 沖では白波が多く現れたため津島沖で中止した. 合計 859 羽.

Figure 23. Distribution of Japanese Murrelets during the spotlight survey count around Kotsu-shima and Tsu-shima off Mugi-cho on 31 March 2019.

(2) 島への上陸調査

(a) カンムリウミスズメの繁殖確認

2019年の2月下旬から5月下旬にかけて上陸した4島で、カンムリウミスズメの抱卵個体又は新鮮な卵のみからなる巣について、その確認数を表2に示した。2月下旬の上陸時には繁殖中の巣は認められなかった。3月17日と18日の権投島及び3月18日のサデバへの上陸の際には7巣及び10巣が認められた。ナザノハナでは4月12日に5巣が認められた。2018年の調査時には、権投島とサデバでは抱卵個体が認められ、ナザノハナでは卵のみの巣だけが見られていたが、今回の調査では3島のすべてで抱卵個体が認められた(図24)。発見できた新巣数の最大値は、権投島で3月31日に33巣、ナザノハナで4月12日に5巣、サデバで4月12日に18巣であった。新巣が認められた環境は、権投島では南西側海岸部の洞穴や岩場での岩隙の中、北側崖部洞穴での岩隙の中、南西側斜面林内での樹幹基部の穴の中、頂上林内での土壌中の穴の中など様々であった。ナザノハナとサデバでは、海岸部の転石帯での岩隙の中であった。なお、津島では繁殖中の巣は発見できなかった。

表2. 牟岐町海域の4島でのカンムリウミスズメ繁殖巣の調査結果.

Table 2. The records of active nests of Japanese Murrelets found at islands off Mugi-cho during February and May in 2019.

		2月下旬	3月中旬	3月下旬	4月中旬	5月下旬
權投島	月/日	2/22	3/17, 18	3/31	4/9, 11	5/24, 31
	抱卵個体	0	2	22	19	0
	1卵	0	4	4	2	0
	2卵	0	1	7	2	0
	合計	0	7	33	23	0
ナザノハナ	月/日	2/23	3/16	—	4/12	5/25
	抱卵個体	0	0	—	3	0
	1卵	0	0	—	2	0
	2卵	0	0	—	0	0
	合計	0	0	—	5	0
サデバ	月/日	2/23	3/18	3/31	4/12	5/31
	抱卵個体	0	3	8	16	0
	1卵	0	4	2	0	0
	2卵	0	3	0	2	0
	合計	0	10	10	18	0
津島	月/日	—	—	3/31	4/9, 13	—
	抱卵個体	—	—	0	0	—
	1卵	—	—	0	0	—
	2卵	—	—	0	0	—
	合計	—	—	0	0	—



図 24. カンムリウミスズメ抱卵個体の撮影事例. 左から, 權投島 (2019年4月9日), ナザノハナ (2019年4月12日), サデバ (2019年3月18日).

Figure 24. Incubating Japanese Murrelets in nests on Kainage-jima (left), North Kotsu Islet (middle), and South Kotsu Islet (right) in 2019.

2019年4月13日の夜には、津島、ナザノハナ、サデバの岸近くの海上から、島内のカンムリウミスズメの鳴き声の有無について調べた。津島では、23:04 から 23:18 にかけて南側の岸沿いに東端付近から西端にかけて船をゆっくり進めたがカンムリウミスズメの鳴き声は全く聞かれなかった。西端では本土方面の海上からカンムリウミスズメの鳴き声がわずかに聞こえたただけであった。一方、ナザノハナの北西端の北面の岸近くで 23:21 から 23:23 にかけて、そしてサデバの北西端の北面の岸近くで 23:25 には、いずれも島内からカンムリウミスズメの「ピチュピチュ」や「ビリリリ.....」や「ビービービービー」などの多数の鳴き声が繰り返し聞かれた。鳴き声だけから判断すれば、昨年と同様に津島では繁殖しているようには思えなかった。

(b) カンムリウミスズメの被害確認

2019年の2月下旬から5月下旬にかけて上陸した4島で、カンムリウミスズメの卵殻片や死骸を探した。発見された卵殻片や死骸から、卵数と個体数に見直してその結果を表3に示した。権投島、ナザノハナ、サデバでは2月21～23日には卵殻片は見つからなかったが、2月23日のサデバではカンムリウミスズメ生殖羽成鳥の新鮮で無傷の斃死体1羽が見つかった(図25)。これは既に島への上陸が行われていることを示唆している。なお、この個体は後日に徳島県立博物館に寄贈された。3月16～18日には、3島すべてで卵殻片が認められ、産卵が開始されていることが示唆された。その後5月下旬まで卵殻片は毎回認められたが、権投島では3月下旬から4月に多かった(図26, 図27)。

表3. カンムリウミスズメの卵殻片と死骸(全身又は部分)の発見状況(2019年2月21日～5月31日: 権投島・ナザノハナ・サデバ・津島)。

Table 3. The records of carcasses and eggshells of Japanese Murrelets found at islands off Mugi-cho during February and May in 2019.

島名	時期	2月下旬	3月中旬	3月下旬	4月中旬	5月下旬	合計	
権投島	月/日	2/22	3/17,18	3/31	4/9,11	5/24,31		
	卵殻	地表	0	8	36	11	3	58
		岩隙内	0	0	2	0	2	4
	死骸	0	0	2(胸骨1, 片翼1)	1(頭部欠損個体)	0	3	
ナザノハナ	月/日	2/21,23	3/16	—	4/12	5/25	合計	
	卵殻	地表	0	1	—	9	1	11
		岩隙内	0	0	—	1	0	1
	死骸	0	0	—	0	0	0	
サデバ	月/日	2/21,23	3/16,18	3/31	4/12	5/31	合計	
	卵殻	地表	0	5	4	0	4	13
		岩隙内	0	4	1	1	6	12
	死骸	1(全身個体)	0	0	0	2(ヒナ)	3	
津島	月/日	—	—	3/31	4/9,13	—	合計	
	卵殻	地表	—	—	0	0	—	0
		岩隙内	—	—	0	0	—	0
	死骸	—	—	9(胴体1, 両翼4, 片翼4)	1(頭骨)	—	10	



図25. カンムリウミスズメ斃死体(2019年2月23日, サデバ東側海岸転石帯にて)。

Figure 25. A dead Japanese Murrelet found at South Kotsu Islet off Mugi-cho on 23 February 2019.



図 26. カンムリウミスズメの卵殻片 (2019年3月17日、権投島)

Figure 26. Japanese Murrelet eggshells on the ground of Kainage-jima on 17 March 2019.



図 27. カンムリウミスズメの卵殻片. 左：ナザノハナ (2019年4月12日), 右：サデバ (2019年3月31日).
Figure 27. Japanese Murrelet eggshells on the ground of North Kotsu Islet (left) on 12 April and at South Kotsu Islet (right) on 31 March 2019.

牟岐町の海上では、巣立ったヒナと成鳥とが連れ立つ家族群が、これまでに少なくとも 10 例知られているが、その出現時期は 4 月 17 日から 5 月 28 日までの間であり、そのうちの 8 例は 4 月 30 日以降であった (表 4)。それ故、今回の調査での 4 月 12 日以前に 3 島で見られた卵殻片は、孵化に伴うものではないであろう。それらの卵殻片のうち、地表で見られたものについてその卵数をまとめてみると、権投島では 55 個、ナザノハナでは 10 個、サデバでは 9 個であった (岩隙内で見られたものは 2 個、1 個、6 個)。これに対して 5 月に地表で見られた卵殻片は、それぞれ 3 個、1 個、4 個であった。特に権投島では孵化時期以前に、地表で多くの卵殻片が見られた。

表4. 徳島県牟岐町の海上で見られたカンムリウミスズメ家族群の記録.

Table 4. The records of family groups of Japanese Murrelets found in the water off Mugi-cho, Tokushima Prefecture, Japan.

年月日	場所	家族群構成	観察者	写真
2003年5月19日	牟岐漁港の南東2.5km	成鳥2羽, 幼綿羽ヒナ2羽	田中幸寿	有り
2004年5月20日	海上	成鳥1羽, 幼綿羽ヒナ2羽	田中幸寿	有り
2015年5月3日	サデバの南2~3km	成鳥2羽, 大型ヒナ2羽	原田利宏	無し
2015年5月26日	大島の南1km	成鳥1羽, ヒナ2羽	原田利宏	無し
2015年5月27日	大島~津島間	成鳥1羽, ヒナ2羽	原田利宏	無し
2015年5月28日	津島付近	成鳥1羽, 大型ヒナ2羽	田中幸寿・原田利宏	有り
2018年4月20日	ナザノハナの北1km	成鳥2羽, 幼綿羽ヒナ1羽	藤本(姫路市在住)・原田利宏	有り
2018年4月30日	津島の北東2km	成鳥2羽, 幼綿羽ヒナ1羽	武石全慈・原田利宏	有り
2019年4月17日	サデバの東側海上	成鳥2羽, 小型ヒナ1羽	原田利宏	無し
2019年5月25日	出羽島の西	成鳥1羽, 幼綿羽ヒナ2羽	武石全慈・原田利宏	有り

津島での上陸調査は、3月31日と4月9日及び13日に行なった。繁殖地である他の3島とは異なり、卵殻片は見られなかった。カンムリウミスズメ頭部1個と、頭部欠損のウミスズメ類1羽と8羽分の翼が見つかった(表3, 図28)。死骸が見られたことから津島での繁殖の可能性が考慮されるべきではあるが、夜間の鳴き声が聞かれなかったことから、カラス類やハヤブサなどの天敵が、隣接するナザノハナやサデバなどで成鳥を捕獲して津島に運んで来て食べている可能性も考えられる。



図28. 津島で収集された死骸. 左: カンムリウミスズメ頭部(2019年4月13日), 中: 頭部欠損のウミスズメ類(2019年3月31日), 右: ウミスズメ類の翼(2019年3月31日, 一部).

Figure 28. Japanese Murrelet carcasses found at Tsu-shima in 2019.

(3) ネズミ類の生息確認

(a) 噛み痕トラップによる生息確認

噛み痕トラップは2018年の10月10~12日に樫投島(14個)、ナザノハナ(11個)、サデバ(9個)に設置され、10月22日又は24日に回収された。トラップのワックス部分はほとんど若しくは完全になくなっていたり、大きく欠けていたり、嘴でつつかれていたりした(表5, 図29)。ワックスがなくなったトラップは、海岸に設置されたものであった。トラップの傍にトビ *Milvus migrans* やハシボソガラス *Corvus corone* の写る画像が得られた場合があり(図30)、ワックスの全部又は一部の欠損はこれらの鳥類によるものと思われた。残存したワックスにはネズミ類の噛み痕は見られなかった。

表 5. 噛み痕トラップのワックスの残存状況.

Table 5. The wax of wax tags set at islands off Mugi-cho were lost all or partly in 2018.

	全く無い, 殆ど無い	1/3~1/2 の欠損	1/5の欠損	細い嘴で つかれる	計
權投島	7	0	5	2	14
ナザノハナ	7	4	0	0	11
サデバ	8	1	0	0	9



図 29. 噛み痕トラップのワックスが全くなくなっているか(左),大きく欠損している(右).
Figure 29. The wax of the tags set at islands off Mugi-cho were gone all or partly in 2018.



図 30. 權投島で噛み痕トラップの傍にいるトビ(左:2018年10月12日)とハシボソガラス(右:2018年10月21日).
Figure 30. A Black Kite and a Carrion Crow photographed by the wax-tag at Kainage-jima off Mugi-cho in 2018.

(b) 自動撮影カメラによる生息確認

權投島の4ヶ所の9地点での自動撮影で、2019年2月22日から最長で7月12日までの間に、1地点について300時間00分から2,224時間11分の時間内に、4,992枚から37,591枚の撮影が行なわれ、総数では172,210枚の画像が得られた(表6)。海岸や崖の岩場や、斜面や頂上部の林内まで、どの地点でも夜間にはカンムリウミスズメの姿が撮影された。それらの代表的な様子を図31-1から図31-9に示す。

カメラが最初に設置された2月22日の夜間にはカンムリウミスズメの姿が撮影され、既に夜間の上陸が行われていた(表7, 図32)。また、カンムリウミスズメの最終確認は5月11日の夜であった(表7, 図32)。なお、撮影画像のうち識別が可能であったウミスズメ類はすべてカンムリウミスズメであった。

表6. 權投島での自動撮影カメラの撮影状況(2019年2月22日~7月12日)。

Table 6. Number of images taken by automatic cameras at Kainage-jima off Mugicho from 22 February to 12 July 2019.

場所	地点	図	期間	時間数	撮影間隔
1. 南西側海岸洞窟	A	図31-1	2/22~3/23, 5/24~6/5	721時間06分	夜間18:00~06:30の5分間隔、終日1分間隔又は終日5分間隔
	B	図31-2	3/31/~5/24(4/10を除く)	1259時間16分	終日1分間隔又は終日5分間隔
2. 南西側斜面林内	C	図31-3	2/22~4/11	725時間10分	夜間18:00~06:30の5分間隔又は終日5分間隔
	D	図31-4	2/22~4/11	600時間00分	夜間18:00~06:30の5分間隔
	E	図31-5	4/11~5/22	993時間35分	終日5分間隔
	F	図31-6	4/11~5/31	1199時間50分	終日5分間隔
3. 北側縦穴洞窟	G	図31-7	2/22~3/18	300時間00分	夜間18:00~06:30の5分間隔
	H	図31-8	3/18~7/12(4/7・8を除く)	1983時間20分	終日5分間隔
4. 頂上部林内東端	I	図31-9	2/22~5/31(4/7~10を除く)	2,224時間11分	終日5分間隔又はセンサー反応のみ
合計	—	—	2/22~7/12	10,006時間28分	—



図31-1. 南西側海岸洞穴：地点A(2019年3月15日)。



図31-2. 南西側海岸洞穴：地点B(2019年4月4日)。



図 31-3. 南西側斜面林内：地点 C (2019 年 3 月 13 日).



図 31-4. 南西側斜面林内：地点 D (2019 年 4 月 10 日).



図 31-5. 南西側斜面林内：地点 E (2019 年 4 月 13 日).



図 31-6. 南西側斜面林内：地点 F (2019 年 4 月 21 日).



図 31-7. 北側洞穴：地点 G (2019 年 2 月 22 日).



図 31-8. 北側洞穴：地点 H (2019 年 4 月 9 日).



図 31-9. 頂上林内東端：地点 I (2019 年 4 月 26 日).

Figures 31. Japanese Murrelets photographed by automatic cameras at all sites (A-I) at Kainage-jima off Mugi-cho in 2019.

表 7. 権投島での自動撮影カメラの撮影結果 (2019年2月22日～7月12日).

Table 7. Results of images taken by automatic cameras at Kainage-jima off Mugicho from 22 February to 12 July in 2019.

場所	地点	期間	ネズミ類画像	カンムリウミスズメ画像
南西側海岸洞穴	A	2/22～3/23, 5/24～6/5	無し	2/22-23夜に権投島でのカンムリウミスズメの最初の確認。
	B	3/31～5/24(4/10を除く)	無し	5/11-12夜に権投島でのカンムリウミスズメの最終確認。
南西側斜面林内	C	2/22～4/11	無し	
	D	2/22～4/11	無し	
	E	4/11～5/22	無し	
	F	4/11～5/31	無し	4/26午前にかラス類がカンムリウミスズメ卵を2個捕食。
北側崖部洞穴	G	2/22～3/18	無し	2/22-23夜に権投島でのカンムリウミスズメの最初の確認。
	H	3/18～7/12(4/7・8を除く)	無し	
頂上林内東端	I	2/22～5/31(4/7～10を除く)	無し	2/22-23夜に権投島でのカンムリウミスズメの最初の確認。 3/22午後にかラス類がカンムリウミスズメ卵を1個捕食。4/27 午前にかラス類がカンムリウミスズメ成鳥1羽を襲う。
計	—	2/22～7/12	無し	—



図 32. 権投島の自動撮影でのカンムリウミスズメの初認(地点 A : 2019年2月22日22時10分)と終認(地点 B : 2019年5月11日23時01分).

Figure 32. Left: The first photograph of Japanese Murrelets on 22 February 2019. Right: The last photograph on 11 May at Kainage-jima.

本来の撮影目的であったネズミ類の画像については、それらしき姿は全く得られなかった(表7)。なお、上陸調査においても、2018年に小型哺乳類のものと思われる糞が見られた場所では糞は見当たらず、他の場所でもネズミ類の糞と考えられるものや、ネズミ類の捕食被害を積極的に示唆するカンムリウミスズメの死骸も見当たらなかった。

一方、カラス類は林内で度々撮影され、箕輪義隆氏の同定によればハシボソガラスとハシブトガラス *Corvus macrorhynchos* が認められた。頂上の林内東端にある倒木の根元にできた穴の近くでは、2019年3月22日にハシボソガラス1羽が中型の卵1個をくわえている画像が撮影された(図33)。また、同じ倒木根元の穴の前で、同年4月27日にはハシボソガラス1羽がウミスズメ類と思われる個体を襲ってその頭部をくわえている画像が撮影された(図34)。なお、日付は前後するが同年4月11日の上陸調査時には、この倒木根元の穴から約5m離れた地表に、頭部が欠損したウミスズメ類の死骸1羽が見られた(図35)。その2日前の4月9日12時24分に訪れ

た時にはそこに死骸は見られなかった。死骸は肉質部分は無くて骨がむき出しになっているが、胸骨全体が強い力で引き剥がされていることから、ネズミ類による捕食とは考えられない。この倒木根元の穴については、内部にカンムリウミスズメの卵や成鳥を確認する機会にはなかったが、夜間には穴の入り口や前でカンムリウミスズメがたびたび撮影されていて、巣として利用されていた可能性が高い。それ故、この場所ではハシボソガラスによって、カンムリウミスズメの卵や成鳥が捕食されていたものと考えられる。



図 33. ハシボソガラス (箕輪義隆氏による) が中型の卵をくわえている。右図はその拡大。權投島頂上林内東端の地点 I、2019年3月22日13時33分撮影。

Figure 33. A Carrion Crow holding a murrelet egg in its bill at Kainage-jima off Mugi-cho on 22 March 2019.



図 34. ハシボソガラス (箕輪義隆氏による) がウミスズメ類と思われる個体を襲い頭部をくわえている。權投島頂上林内東端の地点 I、2019年4月27日07時44分撮影。

Figure 34. A Carrion Crow holding a murrelet in its bill at Kainage-jima off Mugi-cho on 27 April 2019.



図 35. 権投島頂上林内東端の倒木根元の穴から約 5m 離れた場所で見られたウミスズメ類の死骸. 2019 年 4 月 11 日 13 時 16 分撮影.

Figure 35. A murrelet carcass found on the top of Kainage-jima on 11 April 2019.

2019年4月26日の10時13分と11時33分の2回、南西側斜面の林内の樹木の根の間の空洞（カンムリウミスズメ巣）の前で、ハシブトガラス1羽が卵を食べている画像が撮影された（図36）。この空洞の奥では同年4月11日に抱卵姿勢のカンムリウミスズメ1羽が確認されているので、カンムリウミスズメの卵をハシブトガラスが捕食したと考えられる。



図 36. ハシブトガラス (箕輪義隆氏による) がカンムリウミスズメの巣となっている樹木基部の穴の前で卵を食べている. 権投島南西側斜面林内の地点 F, 2019 年 4 月 26 日 10 時 13 分撮影 (左) 及び同日 11 時 33 分撮影 (右).

Figure 36. A Jungle Crow eating eggs was photographed in front of a Japanese Murrelet nest on 26 April 2019 at Kainage-jima off Mugi-cho

なお、ハシボソガラスが釣りの播き餌用のオキアミ類をくわえている姿が2019年5月4日（祝日：土曜日）に撮影されている（図37）。権投島では岸の岩場や周囲の岩礁が釣り場となっていて、例えば、同年3月17日の日曜日には6ヶ所の岩場や岩礁に12人の釣り人が訪れていて、足元には播き餌のオキアミ類が散在していた（図38）。これらの状況は、隣接する大島からカンムリウミスズメ繁殖地へのカラス類の誘引を促し、カラス類による捕食被害を増幅させている可能性が考えられる。



図37. ハシボソガラスが釣りの播き餌のオキアミ類をくわえている。権投島の頂上林内東端の地点I, 2019年5月4日（祝日）14時38分撮影。

Figure 37. A Carrion Crow holding a krill block of fishing bait was photographed on 4 May 2019 at Kainage-jima off Mugi-cho.

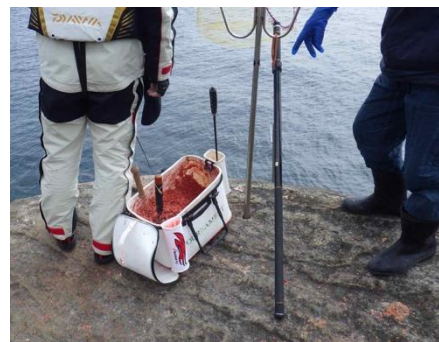
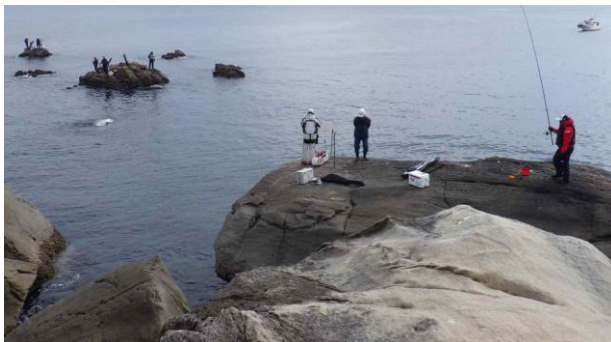


図38. 権投島での釣り人（左）、足元には播き餌のオキアミ類が散在する（右）。2019年3月17日（日）撮影。
Figure 38. Fisher men at Kainage-jima off Mugi-cho on 17 March 2019.

(4) 家族群の海上での確認

2019年5月25日16時54分に出羽島南端から南西へ1.2km（北緯33度37分30秒、東経134度24分48秒）の海上で、幼綿羽に覆われたヒナ2羽と生殖羽成鳥1羽からなるカンムリウミスズメの1家族群を原田利宏氏が発見し、その後に武石も確認・撮影した（図39）。ヒナの体サイズは成鳥とほぼ同じくらいの大きさまで成長していた。ヒナは盛んに「チーチー、チーチーチー」の鳴き声を繰り返し、成鳥から口移しに餌を与えられていた。時おり、成鳥は警戒声か「リッー」と甲高い声で鳴いた。体サイズから見て巣立ち後だいぶ日が経っているようで、牟岐町海域の繁殖地で生まれたのかどうかは不明である。



図 39. 成鳥 1 羽・幼綿羽ヒナ 2 羽からなるカムリウミスズメ家族群. 2019 年 5 月 25 日 16 時 54 分撮影, 出羽島南端から南西へ 1.2 km の海上にて.

Figure 39. A Japanese Murrelet family group (an adult and two downy chicks) found at 1.2 km southwest off Teba-shima on 25 May 2019.

(5) 他の注目される生物

(a) オヒキコウモリ *Tadarida insignis* (推定)

尾膜から尾が長く突き出ている、耳介は大きく丸みを帯びて前方（左右）に張り出していることと分布域から考えて、オヒキコウモリであろう。2019 年 5 月 25 日 21 時 55 分に権投島北側崖の縦穴内で単独で岩にへばりついているところを自動撮影された（図 40）。環境省レッドリストで絶滅危惧Ⅱ類（VU）に掲載されている。同じ洞穴内で、2019 年 5 月 7 日 21 時 49 分と同年 5 月 23 日 19 時 44 分及び 19 時 45 分にもコウモリ類（種識別は困難）が 1 頭撮影されている。

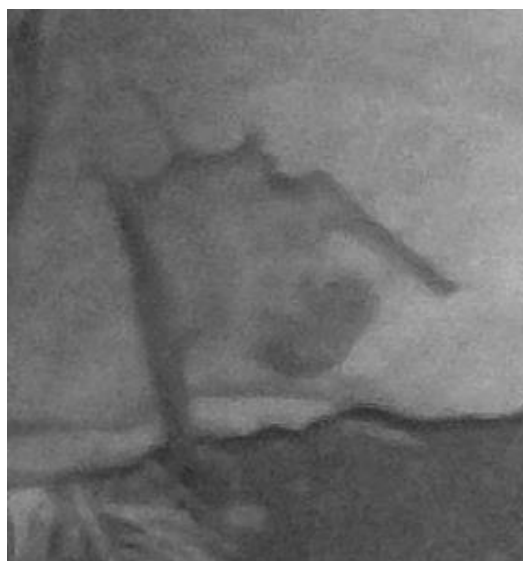


図 40. オヒキコウモリ：権投島北側洞穴内, 2019 年 5 月 25 日 21 時 55 分撮影.

Figure 40. An East Asian free-tailed bat photographed on 25 May 2019 at Kainag-jima off Mugi-cho.

(b) ウチヤマセンニューウ *Locustella pleskei*

権投島では2019年5月24日に2羽、5月31日に2羽、ナザノハナでは5月25日に1羽、サデバでは5月25日に1羽、5月31日に2羽のさえずりが聞かれた。なお、2018年にも権投島（4月30日1羽と5月1日2羽）とサデバ（5月1日1羽）で、さえずりが聞かれている。本種はIUCNレッドリストでVulnerable、環境省レッドリストで絶滅危惧IB類（EN）に掲載されている。これらの島での繁殖の可能性があり、今後の調査が必要である。

(c) ヤモリ類

爬虫類については2018年と2019年を通じてヤモリ類のみが自動撮影により確認されているが、種の同定はなされていない。今後の調査が必要である。

考察 DISCUSSION

(1) 繁殖個体群規模の推定

牟岐町海域での我々の調査で、これまでにカウントされたカンムリウミスズメの個体数は、日中の海上センサスでは、496羽（2018年4月2日）、514羽（2019年2月22日）、459羽（2019年3月29日）であった。また、夜間スポットライトサーベイでは、965羽（2018年4月2-3日）、656羽（2019年3月29日）であった。特に夜間には営巣地への上陸に関して、営巣地周辺海上に高密度の集団が形成される。この夜間海上集団の個体数は、その繁殖個体群サイズと強い相関があることが予想される。また、繁殖期のステージ、気象・海況条件、月齢、時間帯などによっても変動することであろう（田尻ら2016, Whitworth et al. 2019）。このうち繁殖ステージに関しては、行動的により安定した時期を選ぶことで、夜間集団個体数の観察値の変動幅を小さくすることができると思われ、抱卵期がそれに該当するかもしれない。2019年の調査では、3月16日に地表に卵殻片が認められ（表3）、3月17日には抱卵個体が確認されている（表2）。また、牟岐町海域でのヒナを連れたカンムリウミスズメ家族群の記録（表4）では、時期的に最も早い記録は4月17日で、抱卵期間が約30日であることから（小野1996, 1998, 2014）、早い個体では3月中旬には抱卵が始まっていたであろう。従って、2019年の夜間スポットライトサーベイ実施日の3月29日～31日は抱卵期の最中にあつたと考えられる。

夜間海上集団の個体数推定のためには、サーベイを行なう範囲がその集団を十分にカバーしていることがかかせない。牟岐町海域の繁殖個体群は小津島（ナザノハナとサデバ）と権投島に集中していることは、2018年（武石ら2019）と2019年のスポットライトサーベイの結果から明らかである。小津島の東側約600mには津島が、西側900～1200mには出羽島があつて、小津島は両島に挟まれた位置にある。2018年のスポットライトサーベイでは、津島の200m沖の周回トランセクトの小津島側ではカンムリウミスズメは見られなかった。また、2019年の出羽島の約200m沖の周回トランセクトの小津島側でもカンムリウミスズメは見られなかった。それ故、小津島周辺ではかなり限定された範囲に集団が形成されているようである。権投島の海上集団については、南側は大島が近接しているので大島側については範囲が限定されていることになる。そこで、小津島と権投島のそれぞれの周囲の夜間海上集団の範囲については、それらの島の600m沖トランセクト位置までと、隣接する島との中間ライン位置までとに限定されると仮定する。なお、活用する600m沖トランセクトの範囲については、良好な海況条件で実施できた2019年3月29日のサーベイでカンムリウミスズメがほぼ連続して確認できた範囲とした。両者の位置が重複する小津島と出羽島の間に

については、600m沖トランセクト位置を採用する。これらの条件によって得られた仮定上の海上集団範囲を図41に赤線枠で示した。赤線枠の範囲の外側にも集団が広がっている可能性は大いにあるので、今回の個体数推定値は控えめな値であることに留意する必要がある。夜間海上集団の個体数推定の手順は Whitworth *et al.* (2019) に従った。

Whitworth *et al.* (2019) は、宮崎県枇榔島のカムリウミスズメ繁殖地での夜間海上集団の個体数推定を行なうにあたって、島から1kmの距離までに3本の島周回型トランセクト(200m沖、600m沖、1km沖)と、その外側に放射上に伸びる7本のトランセクトを設定し、センサスデータから海上集団の分布範囲を特定した。そして、トランセクト内の平均密度(周回型トランセクトと放射状トランセクトに分ける)を海上集団の範囲に外挿して集団サイズを求めた。

今回の推定に使用するトランセクトのデータは、島の200m沖と600m沖のサーベイが1夜に連続して実施されたものに限った。即ち、小津島については、3月29日と3月31日のデータであり、樺投島については、3月29日のデータである。

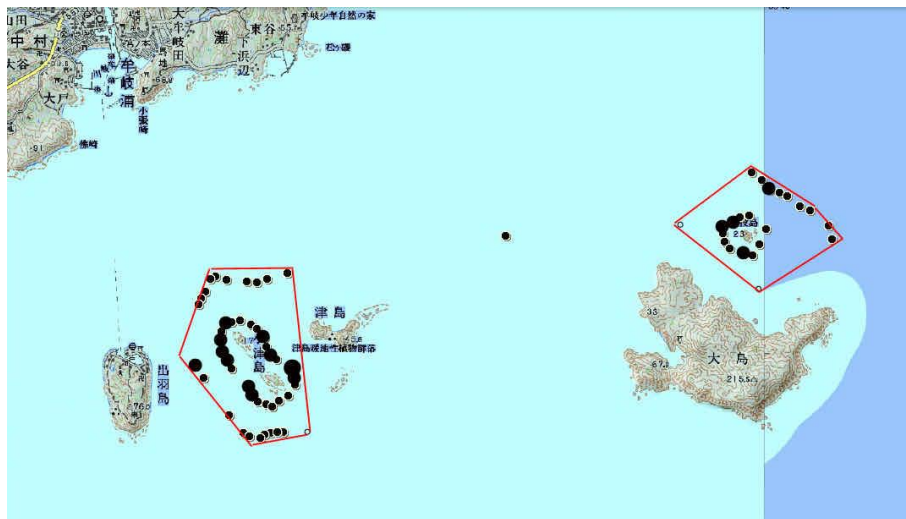


図41. 小津島(左側)と樺投島(右側)の夜間海上集団の仮定された分布範囲(赤線枠). 黒色円は2019年3月29日のカムリウミスズメの分布(図20)を示す。

Figure 41. For the estimation of the number of Japanese Murrelets it was supposed that the at-sea congregations in the night were included in the red polygons.

表8にトランセクト内で観察された個体数、表9にトランセクト内での密度、表10には海上集団の推定個体数を示した。仮定された海上集団が分布する範囲の海上面積は、小津島周辺では2.154 km²、樺投島周辺では1.340 km²となった。200m沖ラインと600m沖ラインのトランセクトを結合して求めたトランセクト内密度は、小津島周辺では354羽/km²(3月29日)又は566羽/km²(3月31日)、樺投島周辺では139羽/km²(3月29日)となった。

次に、結合トランセクト内密度を、仮定された海上集団の範囲の面積に外挿して海上集団の個体数を求めると、小津島周辺では763羽(3月29日)又は1,219羽(3月31日)、樺投島周辺では186羽(3月29日)となった。小津島と樺投島の繁殖集団間には今回調査の3日間では移動がないものと仮定すると、牟岐町海域のカムリウミスズメ繁殖個体群の夜間海上集団の個体数は1,405羽(=1,219+186)と推定された。前述の通り、夜間海上集団の個体数は種々の条件によって変動するだろうが、今回の推定値は抱卵期(3月29~31日)の21:40頃から23:45頃までの時間帯での推定値である。

表8. トランセクト内でカウントされたカンムリウミスズメの個体数.

Table 8. Number of Japanese Murrelets counted during spotlight surveys at Kotsu-shima and Kainage-jima in late March 2019.

	調査時期 (Date)		トランセクト (Transects)		
			250m幅 (Width)		
			200m沖	600m沖	結合 (Combined)
小津島 (Kotsu-shima)	月/日 (Date)	時刻 (Time)	2. 68km長 (Length)	3. 38km長 (Length)	6. 06km長 (Length)
	3/29	21:41-22:39	461	76	537
	3/30	00:05-00:33	323	-	-
	3/30	22:11-22:35	194	-	-
	3/31	21:53-22:58	635	223	858
	平均±標準偏差 (Mean±s. d.)		403±189	150±104	698±227
CV		0.47	0.69	0.33	
權投島 (Kainage-jima)	月/日 (Date)	時刻 (Time)	1. 48km長 (Length)	1. 92km長 (Length)	3. 40km長 (Length)
	3/29	23:10-23:45	68	50	118

表9. トランセクト内のカンムリウミスズメの密度 (羽/km²).

Table 9. Density of Japanese Murrelets counted during spotlight surveys at Kotsu-shima and Kainage-jima in late March 2019.

	調査時期 (Date)		トランセクト (Transects)		
			250m幅 (Width)		
			200m沖	600m沖	結合 (Combined)
小津島 (Kotsu-shima)	月/日 (Date)	時刻 (Time)	2. 68km長 (Length)	3. 38km長 (Length)	6. 06km長 (Length)
	3/29	21:41-22:39	688	90	354
	3/30	00:05-00:33	482	-	-
	3/30	22:11-22:35	290	-	-
	3/31	21:53-22:58	948	264	566
	平均±標準偏差 (Mean±s. d.)		602±282	177±123	460±150
CV		0.47	0.69	0.33	
權投島 (Kainage-jima)	月/日 (Date)	時刻 (Time)	1. 48km長 (Length)	1. 92km長 (Length)	3. 40km長 (Length)
	3/29	23:10-23:45	184	104	139

表10. カンムリウミスズメの夜間海上集団の推定個体数.

Table 10. Estimated number of Japanese Murrelets attending the at-sea congregation at Kotsu-shima and Kainage-jima in late March 2019.

	月/日 (Date)	時刻 (Time)	海面面積 (km ²) (Sea area)	結合トランセクト内密 度 (羽/km ²) (Density in combined transects)	海上集団サイズ (羽) (Estimated number)
小津島 (Kotsu-shima)	3/29	21:41-22:39	2.154	354	763
	3/31	21:53-22:58	2.154	566	1219
權投島 (Kainage-jima)	3/29	23:10-23:45	1.340	139	186

カンムリウミスズメの夜間海上集団には、生殖羽の羽衣を示す個体でも、繁殖に参加している個体と参加していない個体が含まれる。抱卵期には繁殖に参加している個体には雌雄とも抱卵斑が見られる。宮崎県枇榔島の夜間海上集団で抱卵斑を持つ個体は、2018年3月28-29日には52% (n=23)、同年4月7-8日には56% (n=9) で、平均53% (n=32) であった (Whitworth *et al.* 2019)。この平均値を適用すると、牟岐町海域の夜間海上集団では1,405羽の53%の745羽が繁殖参加個体、残りの660羽が繁殖不参加個体と推定される。また、抱卵期にあってはつがいの一方が巢内で抱卵中である可能性が高いが、必ずしも海上の繁殖参加個体と同数とも言い切れず、その割合の特定が必要とされる。また、抱卵交代が毎日必ず行われるわけでもないので、繁殖参加個体が毎晩、海上集団に訪れているとも言い切れず、訪れなかった繁殖鳥の割合の特定も必要とされる。これらの割合を総合的に評価して得られた割合、即ち補正係数の特定が必要とされる。補正係数は、スポットライトサーベイによってカウントされたウミスズメ類1羽当たりの繁殖巣数を示す数値である。この数値は北アメリカのスクリプスウミスズメでは得られているが、カンムリウミスズメでは得られていない (Whitworth and Carter 2018, Whitworth *et al.* 2019)。

牟岐町海域のカンムリウミスズメ個体群については、今回、夜間海上集団での個体数は、繁殖参加個体 (抱卵斑あり) が745羽、不参加個体 (抱卵斑なし) が660羽と推定された。補正係数は適用できないので正確性に劣るが、島内では同数の繁殖参加個体 (745羽) が巢内で抱卵していると仮定すると、繁殖つがい数は745つがいと推定される。島内にも繁殖に参加していない個体が更にいる可能性はあるが、推定できるのは海上の個体数の660羽だけである。そこで、以上の種々の仮定を踏まえた上で、一応の目安の値としては、牟岐町海域の島では745つがいが繁殖していて、それ故、繁殖個体群サイズは1,490羽 (=745×2) であり、繁殖不参加個体数660羽を含めたカンムリウミスズメ個体群の総個体数は2,150羽 (=1,490+660) と推定される。

(2) ネズミ類の生息の可能性について

2018年4月の我々の調査によって、権投島での岩隙の奥にネズミ類に捕食された可能性のあるカンムリウミスズメ死骸1羽が発見された (図42)。繁殖個体群への今後の被害の増大が懸念されたので、まずはネズミ類の生息の確認を得るために、囓み痕トラップや自動撮影カメラの設置を行ないネズミ類の生息確認に努めた。



図42. ネズミ類による捕食が疑われるカンムリウミスズメの死骸. 権投島にて2018年4月3日撮影.
 Figures 42. A Japanese Murrelet carcass suspected of predation by rodents was found in rock crevice at Kainage-jima on 3 April 2018.

嘯み痕トラップは権投島・ナザノハナ・サデバに2018年10月に設置したが、ハシボソガラスやトビによる攪乱を受けて機能しなかった。自動撮影カメラについては、権投島において4ヶ所の9地点に設置して、2019年2月22日から最長で7月12日までの間に、総数172,210枚の画像を得た。しかしながら、ネズミ類の画像は全く得られなかった。そのため、現時点では、権投島においてはネズミ類は生息していないか、生息していたとしても極めて少数に限られるようである。今後もネズミ類については監視が継続される必要がある。

(3) カラス類によるカンムリウミスズメの卵及び成鳥の捕食被害について

2019年の権投島における自動撮影カメラの設置によって、カラス類が計3個のカンムリウミスズメ卵を捕食する画像と、カンムリウミスズメ成鳥1羽を襲っている画像が得られた。また、3月16日以降には、権投島・ナザノハナ・サデバにおいて、カンムリウミスズメの卵殻片が頻繁に見られた。特に権投島においては、地表での卵殻片の散在が顕著に見られ、2019年3月17日から5月31日までの間に58個分の卵に相当した。このうち孵化期より以前と考えられる4月12日以前に権投島の地表で見られた卵殻片は卵55個分であった。これらは、前記の撮影画像から、主にカラス類による捕食と考えられた。一般に、カラス類が巣穴内の卵を捕食した際に、我々がその卵殻片の全てを巣外で確認できるとは思われない。場合によっては、被害卵の発見率が50%程度の場合もあるかもしれない(武石未発表)。

前述の繁殖個体群サイズの推定値を適用すれば、権投島の繁殖数は99つがい(=186×0.53)と推定される(表10)。カンムリウミスズメの1腹卵数は通常2卵であるので、捕食された可能性の高い55卵は、権投島で産卵された全卵数の28%(=55÷(99×2))に当たることになる。これらの卵、ひいてはヒナの損失は、権投島の繁殖個体群にとってかなり大きな被害であると言えよう。また、2019年には成鳥の死骸が、権投島・ナザノハナ・サデバに加えて津島でも見られている(表3)。原田利宏氏は2015年にサデバでウミスズメ類の死骸を15羽ほど見たとのことである(武石ら2019)。釣り人の播き餌がカンムリウミスズメ繁殖地へのカラス類の誘引を促し、捕食被害を増幅させている可能性も考えられる(図37, 図38)。

カンムリウミスズメの繁殖期間中、即ち、産卵期と抱卵期に当たる3月上旬から5月上旬までの2ヶ月余りの期間に、カラス類による捕食が生じないようにするために、島への監視員の配置ができないものであろうか。繁殖地の3島はいずれもかなり小さいので、日中の監視員の見回りによって、カラス類にカンムリウミスズメの巣の探索を断念させることが可能であるように思われる。このような対策が行われれば、牟岐町海域のカンムリウミスズメの繁殖個体群サイズの増加を促すことができるかもしれない。今後の保全策の検討が望まれる。

謝辞 ACKNOWLEDGEMENTS

田中幸寿氏と原田利宏氏には過去のカンムリウミスズメ情報のご提供、操船によるご案内と調査へのご参加をいただきました。満石高明氏、佐藤重穂氏、山口典之氏には調査にご参加いただきました。橋本琢磨氏には嘯み痕トラップのご提供をいただきました。前原健太氏には調査に便宜を図っていただきました。さらに、田中幸寿氏には毎回の調査時には快適な宿泊環境をご提供いただきました。箕輪義隆氏には撮影画像鳥類の同定にご協力いただきました。これらの方々に対しまして御礼申し上げます。本研究の実施のための資金を、公益財団法人自然保護助成基金第29期(2018年度)プロ・ナトウラ・ファンドより助成いただきました。自然保護助成基金の関係者の皆さまに感謝いたします。

文献 LITERATURE CITED

- 阿部近一ら. 1974. 徳島の野生鳥獣. 71pp. 徳島県生活環境部. (筆者未見, 石原 1982 による)
- BirdLife International 2018. *Synthliboramphus wumizusume*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*: e.T22694899A132580332. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22694899A132580332.en>. 2020年2月23日閲覧.
- 文化庁. 2019. 国指定文化財等データベース. <https://kunishitei.bunka.go.jp/heritage/detail/401/3189>. 2020年2月23日閲覧.
- 樋口行雄. 1979. カンムリウミスズメの繁殖生態と分布. 海洋と生物 1(3): 20-24.
- 石原 保. 1982. 四国の野鳥誌. 190pp. 築地書館.
- 環境省編. 2015. レッドデータブック 2014-日本の絶滅のおそれのある野生生物-9 植物II (蘚苔類,藻類,地衣類,菌類). 580pp. ぎょうせい, 東京.
- 環境省. 2020. 環境省レッドリスト 2019. <https://www.env.go.jp/press/files/jp/110615.pdf>. 2020年2月23日閲覧.
- 小林 実. 1978. 阿波の野鳥. 246pp. 南海ブックス.
- コウモリの会 (編). 2011. コウモリ識別ハンドブック改訂版. 88 pp. 文一総合出版、東京.
- 牟岐町. 2013. 牟岐町勢要覧資料編 (平成 25 年 8 月). 26pp. 徳島県海部郡牟岐町. https://www.town.tokushima-mugi.lg.jp/docs/2012021400323/file_contents/cyouseiyouranH25.pdf. 2018年9月22日閲覧.
- 日本野鳥の会徳島県支部. 1985. 徳島県野鳥図鑑. 徳島新聞社, 徳島.
- 日本野鳥の会徳島県支部. 2006. 野鳥徳島 No.331 (2006年4月号). 日本野鳥の会徳島県支部, 徳島.
- 日本野鳥の会徳島県支部記録部. 1988. 創立 10 周年記念 徳島県鳥類目録. 日本野鳥の会徳島県支部, 徳島.
- 小野宏治. 1996. カンムリウミスズメ. 水産庁編, 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (III). p.514-519. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 小野宏治. 1998. カンムリウミスズメ. 水産庁編, 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック. p.422-423. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 小野宏治. 2014. カンムリウミスズメ. 環境省編, レッドデータブック 2014-日本の絶滅のおそれのある野生生物-2 鳥類. p.200-201. ぎょうせい, 東京.
- Otsuki, K., H. R. Carter, Y. Yamamoto and C. U. Park. 2017. Summary of breeding status for the Japanese Crested Murrelet. In Otsuki K. et al. (ed.) Status and Monitoring of Rare and Threatened Japanese Crested Murrelet. p.15-32. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.
- 田尻浩伸・手嶋洋子・佐藤智寿・山本裕. 2016. カンムリウミスズメの巣への出入り時刻と個体数調査方法の検討. *Strix* 32: 75-87.
- 武石全慈. 1987. 福岡県小屋島におけるカンムリウミスズメの大量斃死について. *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist.*, 7: 121-131.
- 武石全慈, Darrell L. Whitworth, Michael Parker, 大槻都子. 2019. 徳島県牟岐町海域におけるカンムリウミスズメ調査 (2018年4・5月: 第1・2回調査). 大槻都子・箕輪義隆 (編), 2018年カンムリウミスズメ調査報告書. 海鳥保全グループ, 福島.
- 谷崎正雄. 1981. 徳島野鳥の記録. 教育出版センター.

- 徳島県立博物館. 2010. 資料の収集・保存と活用. 徳島県立博物館年報, (19): 40. 徳島県立博物館, 徳島.
- 徳島新聞社. 2003. 国の天然記念物カンムリウミスズメ 牟岐沖で親子確認 繁殖地の特定に期待. 2003年5月24日付記事.
- 徳島新聞社. 2013a. カンムリウミスズメ飛来 絶滅危惧種 牟岐沖で羽休め. 2013年2月27日付記事.
- 徳島新聞社. 2013b. 空撮ガイド 238 徳島の海釣り. 243pp. 徳島新聞社, 徳島.
- 徳島新聞社. 2014. 「黒潮のペンギン」飛来 牟岐にカンムリウミスズメ. 2014年3月8日付記事.
- 徳島新聞社. 2015. カンムリウミスズメ飛来 絶滅危惧Ⅱ類 産卵で出羽島周辺に. 2015年4月4日付記事.
- 徳島新聞社. 2016. 国天然記念物の海鳥 カンムリウミスズメ 牟岐町沖に飛来. 2016年3月18日付記事.
- 徳島新聞社. 2017. 牟岐沖に「黒潮のペンギン」絶滅危惧種 カンムリウミスズメ飛来. 2017年4月5日付記事.
- 徳島新聞社. 2018. 国天然記念物カンムリウミスズメ牟岐沖に 1000羽 日米合同研究で確認 無人島で繁殖. 2018年4月26日付記事.
- Whitworth, D. L. & H. R. Carter. 2014. Nocturnal spotlight surveys for monitoring Scripps's Murrelets in at-sea congregations at Anacapa Island, California. *Monographs of the Western North American Naturalist* 7:306–320.
- Whitworth, D.L. and Carter, H.R. 2018. Scripps's murrelet at San Miguel Island, California: status of a small population at the northwest limit of the breeding range. *Western North American Naturalist* 78(3): 441–456.
- Whitworth, D., K. Otsuki, Y. Nakamura, Y. Minowa, T. Suzumegano, and M. Parker. 2019. At-sea Congregation Monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Kadogawa-cho, Miyazaki-ken, Japan, in 2018. in Otsuki K. and Y. Minowa. 2019. Japanese Murrelet Surveys in 2018. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.
- 吉田和人. 1999. 阿波の野鳥. 341pp. 教育出版センター.
- 全国伝統的建造物群保存地区協議会. 2017. 歴史の町並 平成 29 年度(2017)版. 萩市文化財保護課, 萩.

2019 年カンムリウミスズメ調査報告書

Japanese Murrelet Surveys in 2019

編集委員：大槻都子, 箕輪義隆

写真：小枇榔からの枇榔島の景観 2019 年 4 月 4 日

Birojima viewed from the shoreline of Kobi-ro Islet, 4 April 2019

(Darrell Whitworth 撮影)

発行所：海鳥保全グループ (Marine Bird Restoration Group)

福島県福島市方木田字石田 1-18

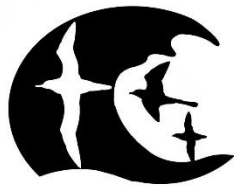
<https://marinebird-restorationgroup.jimdo.com/>

印刷所：株式会社イタミアート

岡山県岡山市南区新保 660-15

発行年月日：2020 年 3 月 17 日 1 刷発行

2023 年 10 月 7 日 2 刷発行



Marine Bird Restoration