

2018年カムリウミスズメ調査報告書

Japanese Murrelet Surveys in 2018



Marine Bird Restoration Group

海鳥保全グループ

17 January 2019



MARINE BIRD RESTORATION GROUP SURVEY REPORT IN 2018

At-Sea Congregation Monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Kadogawa-cho, Miyazaki-ken, Japan, in 2018

2018年宮崎県門川町枇榔島の洋上に集まるカンムリウミスズメのモニタリング

Darrell Whitworth², Kuniko Otsuki^{1*}, Yutaka Nakamura¹, Yoshitaka Minowa,¹
Takashi Suzumegano^{1*}, and Michael Parker²

Darrell Whitworth², 大槻都子^{1*}, 中村豊¹, 箕輪義隆¹, 雀ヶ野孝¹, Michael Parker²

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: boomam@sa2.so-net.ne.jp



Incubating Japanese Murrelet in a nest on Birojima, Japan, 27 March 2018

EXECUTIVE SUMMARY (エグゼクティブサマリー)

- In 2018, the Lush Charity Pot (March) and Suntory Group (April) funded surveys of Japanese Murrelets (*Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) at Birojima, Miyazaki-ken, Japan. Three complementary survey techniques were used in 2018: 1) spotlight surveys on round-island and radial transects to better determine the number and density of murrelets congregating around Birojima at night; 2) at-sea captures to examine the breeding status of murrelets in the congregation; and 3) nest monitoring to determine timing of breeding.
2018年、ラッシュチャリティポットおよびサントリー世界愛鳥金の助成を受け、宮崎県の枇榔島でカンムリウミスズメ (*Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) の調査が実施された。2018年は、3つの調査技術が使用された：1) 枇榔島周辺に、夜間に集合する数とその密度をよりよく決定づけるための、トランセクトが島を一周するタイプと放射状タイプのスポットライトサーベイ。2) 洋上の群れ中のカンムリウミスズメの繁殖状況を調べるための洋上捕獲。3) 繁殖時期を決定するための営巣モニタリング調査。
- The survey protocols used in 2018 were based on the results of previous efforts at Birojima funded by the Suntory Group in 2011-2013.
2018年に使用された調査プロトコル(手順)は、2011年から2013年にサントリー世界愛鳥基金より助成をうけて枇榔島で実施した際の調査結果に基づいている。
- Round-island spotlight surveys were conducted on 3 concentric transects that circumnavigated Birojima at 200 m, 600 m, and 1 km from shore. Radial surveys were conducted on 7 transects starting at waypoints on the 1 km round-island transect and radiating outward away from Birojima.
海岸から200m、600m、1kmの距離に枇榔島を周回する3つのトランセクトを設定し、その上で周回型スポットライトサーベイを実施した。放射状のトランセクトは、半径1kmのトランセクト上の地点から始まる、枇榔島から外側方向へ向かう7つのトランセクト上で調査を実施した。
- Combined round-island survey counts ranged from 2,053 to 3,832 murrelets ($\bar{x} = 2,543 \pm 739$ [s.d.], $n = 5$) which yielded combined survey densities ranging from 530 to 989 murrelets km² ($\bar{x} = 656 \pm 191$).
2,053~3,832羽 ($\bar{x} = 2,543 \pm 739$ [s.d.], $n = 5$) の幅にある統合型島周回サーベイのカウント数から、個体数密度530~989羽/km² ($\bar{x} = 656 \pm 191$) が得られた。
- The combined count for the single set of 7 radial transects was 343 murrelets which yielded a combined survey density of 136 murrelets km². Counts on the individual radial transects ranged from 4 to 87 murrelets which corresponded to 18 to 316 murrelets km².
7つのそれぞれの放射状トランセクトを1セットにまとめたカウント数の合計は343羽であり、ここから個体数密度136羽/km²、という数値が得られた。個々の放射状トランセクトのカウント数は4~87羽の範囲にあり、これは18~316羽/km²に相当する。
- The maximum distance JAMU were observed from Birojima ranged from 1.9 to 3.0 km. Based on these distances, the at-sea congregation area measured 18.5 km².
カンムリウミスズメは、最大で枇榔島から1.9~3.0kmの範囲で観察された。これらの距離をもとに、洋上での集合している面積は18.5km²と計算された。

- Extrapolating round-island and radial survey densities over the entire at-sea congregation area yielded a total of 4,700 murrelets in the waters around Birojima in 2018.
島周回型、放射状型両方の密度を、洋上の群れ全体の範囲に外挿し計算すると、2018年の枇榔島周辺海域でのカンムリウミスズメ合計数は4,700羽となった。
- We captured and banded a total 32 JAMU in at-sea congregations at Birojima in 2018. Fifty-three percent of the captured murrelets had brood patches indicative of egg-laying.
私たちは、2018年は、枇榔島の洋上に集まる個体、合計32羽のカンムリウミスズメを捕獲し足環をつけた。そのうち、53%が産卵を意味する抱卵斑を所有していた。
- Nest searches on Birojima discovered a total of 53 active nests in 2018. Incubating adults were observed in 44 (83%) nests and eggs in 9 (17%) nests. No hatched eggshells were found on the island, confirming that surveys were conducted during the late egg-laying and early incubation period.
枇榔島での営巣調査の結果、繁殖が確認された巣が合計53巣発見された。そのうち、44巣(83%)では抱卵している成鳥が確認され、そして卵のみの巣が9巣(17%)確認された。孵化した卵は確認されず、調査は産卵期の後半もしくは抱卵初期に実施された、ということが証明された。
- Preliminary extrapolations of round-island and radial spotlight survey densities indicated that at least 4,700 JAMU were present in the Birojima at-sea congregation in 2018. This data alone clearly indicates that Birojima hosts the largest known JAMU colony in the world.
島周回型と放射状型のスポットライトサーベイの密度を予備的に外挿してみた結果、2018年は枇榔島周囲の洋上に、夜間、少なくとも4,700羽のカンムリウミスズメが集合していることが示された。このデータ1つを取り上げただけでも、枇榔島は世界で最大のカンムリウミスズメのコロニーを保有していることが明らかである。
- Detailed analyses of colony size and baseline population levels at Birojima will be conducted after completion of data collection which is expected to continue in 2019 and 2020.
枇榔島におけるコロニー規模と個体数の基礎データレベルの詳細な分析は、2019年と2020年に継続が予定されているデータ収集後に実施する予定である。

ACKNOWLEDGEMENTS (謝辞)

The Lush Charity Pot (March surveys) and Suntory Group (April surveys) 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; (2) field assistance from Yoshimoto Takahiro (Patagonia) and Tomoe Michiue (Patagonia); and (3) the town of Kadogawa, especially Osamu Yasuda (Mayor) and Kazuko Kawagoe (Board of Education).

ラッシュチャリティポット(3月調査分)とサントリー世界愛鳥基金(4月調査分)は、海鳥保全グループにプロジェクトのための資金を提供頂きました。また、同様に、調査に必要な機材を、カリフォルニア環境研究所(アメリカ合衆国カリフォルニア州デイビス)から提供いただきました。門川町心の杜温泉のフレンドリーなスタッフの皆様の援助と卓越したサービスに感謝致します。私たちは、多くの方々の援助、とりわけ以下の方々にとっても感謝しています: (1) 船長、黒田朝明氏、黒木昭仁氏、池田仁氏、(2) 吉本竹宏氏 (パタゴニア) と道上知依氏 (パタゴニア) のフィールドアシスタント、(3) 門川町、特に安田修町長と川越和子氏 (教育委員会)。



Photograph of the Japanese Murrelet model sitting on the ocean outside Kadogawa Harbor during tests to determine the visual range of murrelets observed with spotlights in 2018.

2018年のスポットライトサーベイ時に観察されたカンムリウミスズメの確認範囲を決定するための試験を行っている最中。枇榔島漁港から外にでた洋上に浮いているカンムリウミスズメのモデル。



Japanese Murrelet spotlight survey team conducting a survey from the bow of the Asaebisu-maru at Birojima on the night of 4-5 April 2018. From top to bottom: D. Whitworth (spotlight observer), K. Otsuki (data recorder), and T. Suzumegano (data recorder).
2018年4月4-5日、に朝戎丸の舳先からスポットライトサーベイを実施するカムリウミスズメスポットライトサーベイチーム。奥から手前に: D. Whitworth(スポットライトでの観察者)、大槻(記録係)、雀ヶ野(記録係)



Members of the original Japanese Murrelet Population Survey Team after at-sea captures at Birojima, Japan, in April 2011. Standing in the back row from left to right: M. Takeishi, D. Whitworth, K. Otsuki, H. Carter, and F. Gress. Leaning in the front row from left to right: S. Sato and Captain T. Kuroda. Not pictured: Y. Nakamura.
2011年4月、洋上捕獲後の元祖カムリウミスズメ個体数調査チーム。後ろに立っている人: 左から右へ T. 武石、D. Whitworth、K. 大槻、H. Carter、F. Gress. 前の列で膝を折っている人: S. 佐藤、T. 黒田船長。写真にはいないが、Y. 中村



Members of the Japanese Murrelet research team after at-sea captures at Birojima, Japan, on the night of 28-29 March 2018. Standing in the back row from left to right: M. Parker, D. Whitworth, K. Otsuki, Captain A. Kuroki, and Y. Nakamura. Leaning in the front row from left to right: T. Suzumegano and T. Michiue (Patagonia). Not pictured: Y. Minowa.
2018年3月28-29日の夜、枇榔島での洋上捕獲後のカムリウミスズメ調査チームのメンバー。左後ろ：M.Parker、D. Whitworth、K. 大槻、船長 A. 黒木、Y. 中村。前列左から右に：T. 雀ヶ野と T. 道上（パタゴニア）。写真なし：Y. 箕輪。



Y. Minowa painting the Japanese Murrelet model used to conduct range tests of murrelets observed with spotlights at Birojima in March and April 2018.

2018年3月と4月に枇榔島で実施したスポットライトサーベイ際のカムリウミスズメの確認限界距離をテストするためのカムリウミスズメのモデルを作成中の Y. 箕輪。

INTRODUCTION (はじめに)

The Japanese Murrelet (*Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) is one of the rarest members of the marine bird family Alcidae (Gaston and Jones 1998). It has been designated as a “natural monument” by the Japanese government (Hasegawa 1984) and as a “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). The small global breeding population is thought to number less than 5,000 pairs at 41 colonies on islands off southern Japan and the Republic of Korea (Otsuki et al. 2017a). However, efforts to assess the overall status and distribution of this species have been hindered by their rugged (often inaccessible) nesting habitats and nocturnal activity at the colony; thus, it is likely that some small (< 100 pairs) and medium-sized (100-200 pairs) breeding colonies have not yet been discovered. JAMU populations are believed to have declined significantly over the past century due to a variety of anthropogenic threats, especially terrestrial predators (primarily rodents and feral cats) introduced on breeding islands, egg and bird harvesting, oil pollution, gill-net fisheries, and enhanced predation by corvids attracted to breeding islands by human refuse (Kazama 1971, Takeishi 1987, DeGange and Day 1991, Ono et al. 1994a, Piatt and Gould 1994, Otsuki 2013, Choi and Nam 2017, Hamada 2017). To address the serious threats impacting JAMU populations, research efforts should focus on: 1) fully documenting their breeding and at-sea distribution to identify potentially important management and conservation issues; and 2) developing and implementing effective monitoring techniques that measure population trends and reproductive success at important colonies.

カンムリウミスズメ (*Synthliboramphus wumizusume*; JAMU) は、海鳥類の中でも最も希少なウミスズメ科 Alcidae (Gaston and Jones 1998) の 1 種である。日本政府は「天然記念物」に指定しており (Hasegawa 1984)、日本の環境省および国際自然保護連合(IUCN)のレッドリストでは、「絶滅危惧Ⅱ類」(すなわち、野生の危険にさらされるリスクが高い) に指定されている。世界における小規模な繁殖個体数は、日本と韓国の 41 のコロニーで 5,000 ペア以下と推定されている (Otsuki et al. 2017a)。しかしながら、この種の全体的な現状と分布を評価するための取り組みは、彼らの険しい営巣地 (しばしばアクセス不可能) およびコロニーでの夜行性の行動によって妨げ続けられてきた。従って、いくつかの小規模 (100 ペア未満) および中規模 (100-200 ペア) の繁殖コロニーはまだ発見されていない可能性が高い。カンムリウミスズメの個体数は、様々な人為的な脅威、特に繁殖地に持ち込まれた陸上捕食者 (主にげっ歯類および野ネコ)、卵および鳥の収穫、油汚染、刺し網漁業によって、また、人間のごみによって繁殖地に引き寄せられたカラス類の捕食圧の増加からも、その個体数を大きく減少させている (Kazama 1971、Takeishi 1987、DeGange and Day 1991、Ono et al. 1994a、Piatt and Gould 1994、Otsuki 2013、Choi and Nam 2017、Hamada 2017)。カンムリウミスズメの個体数に影響を及ぼす深刻な脅威に対処するために、研究の取り組みは以下の点に重点を置くべきである：1) 想定される重要な管理および保全問題の特定のために、繁殖地および洋上の分布を完全に記録し文書化する、2) 重要なコロニーにおける個体数の動向と繁殖の成功を評価するために、効果的なモニタリング技術を開発し実施する。

Like other *Synthliboramphus* murrelets, JAMU nest in concealed sites (*i.e.*, crevices, burrows, sea caves), often in breeding habitats that are difficult or impossible to search (*i.e.*, cliffs, steep slopes, and offshore rocks), and are strictly nocturnal in their above ground activities at the colony (Higuchi 1979, Nakamura 1993, Ono and Nakamura 1993). As

a result, nest censuses and other land-based survey techniques are generally not practical as population estimation and monitoring tools at many islands. Fortunately, JAMU attending nocturnal at-sea congregations are conspicuous, easy to count (out to 125 m), and do not appear to be visibly disturbed by the passing survey vessel and light. Furthermore, the number of murrelets attending at-sea congregations has been correlated with the number of nests on the adjacent shoreline (Whitworth and Carter 2018). Thus, spotlight surveys are currently the best method for estimating population size and monitoring trends at *Synthliboramphus* murrelet colonies like Birojima, where a large portion of the population likely breeds in inaccessible habitats.

他のウミスズメ属 *Synthliboramphus* のウミスズメ類同様、カンムリウミスズメは繁殖地では、隠れた場所（崖、急斜面、沖合の岩礁）に営巣するため、これらの巣はとても見つけにくい。そして、彼らのコロニーでの地上活動は完全に夜行性であるため、とても見つけにくい（Higuchi 1979、Nakamura 1993、Ono and Nakamura 1993）。その結果、営巣調査やその他の陸地での調査手法は、多くの島々においてカンムリウミスズメの個体数推定やモニタリングのツールとしては実用的ではない。幸いなことに、夜間、洋上の群れの中にあるカンムリウミスズメは目立ち、数えやすいように（125mまで確認可能）、調査船と光によって妨害をうけているようには見られない。さらに嬉しいことに、洋上に集まっているウミスズメ類の個体数は、隣接する海岸線の巣の数と相関していることがわかっている（Whitworth and Carter 2018）。このように、枇榔島のように鳥の個体数の大部分が人間の近寄れない場所で繁殖している島々では、ウミスズメ属鳥類の個体数規模の推定と動向のモニタリング手段としては、現在のところ、スポットライトサーベイは最良の方法である。

Summaries published since 2000 have indicated that the two largest JAMU population centers occur at Birojima, in Miyazaki-ken off eastern Kyushu, and the Izu Island archipelago off southeast Honshu (OSJ 2012, Carter et al. 2002, Otsuki et al. 2017a, Tajiri et al. 2017). Birojima is the only JAMU colony with a history (since 1990) of sustained research and survey efforts. In fact, most knowledge of JAMU breeding ecology was gathered during studies at Birojima in 1993-1995 (Ono 1993, Ono and Nakamura 1993, Nakamura and Ono 1997). Additional research in the 1990s included censuses of birds gathering at dusk in nearshore waters around the island (Ono et al. 1994b) and a long-term mist-netting study initiated in 1990 (Nakamura 2017). In 2011-2012, the Suntory Group sponsored an international team of seabird biologists from the U.S., Canada, and Japan to conduct the first at-sea nocturnal spotlight surveys and night-lighting captures of JAMU congregating around Birojima during the breeding season. These preliminary surveys examined spatial and temporal patterns in at-sea congregation attendance and determined the breeding status of individuals captured from the congregation (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013). In 2013, this same team of researchers conducted a single year of nest monitoring to examine JAMU hatching success, timing of breeding, and predation on murrelet eggs and adults (Whitworth et al. 2014).

2000年以降の発表の概要では、カンムリウミスズメの個体数の中心となる場所が2カ所知られており、それは九州東部の宮崎県の枇榔島と本州南東部の伊豆諸島である（OSJ 2012、Carter et al. 2002、Otsuki et al. 2017a、Tajiri et al. 2017）。枇榔島は、（1990年以来）継続的な研究と調査努力の歴史を持つ唯一のカンムリウミスズメのコロニーである。実際、カンムリウミスズメの繁殖生態に関するほとんどの知識は1993-1995年の枇榔島での研究中に収集された（Ono 1993、Ono and Nakamura 1993、Nakamura and Ono 1997）。1990年代のさらなる研究には、島周辺の洋上に夕暮れに集ま

る鳥のセンサス (Ono et al. 1994b)、1990年に開始された長期的なカスミ網を用いた標識調査 (Nakamura 2017) が含まれている。2011年から2012年にかけてサントリー世界愛鳥基金から、米国、カナダ、日本の海鳥生物学者からなる国際チームが支援を受け、繁殖期間の夜間に枇榔島周辺に集まるカンムリウミスズメについて、夜間スポットライトサーベイと夜間の洋上捕獲が実施された。これらの予備的調査では、洋上に集まる個体について、その空間的および時間的なパターンを調べ、集合内の捕獲された個体からは繁殖の状況(繁殖をしているかいないか)を決定した (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013)。2013年には、同チームの研究者が、カンムリウミスズメの孵化の成功率、繁殖の時期、および卵と成鳥の捕食を調べるために、1年間の巣のモニタリングを行った (Whitworth et al. 2014)。

Following a 4-year hiatus, the Lush Charity Pot and the Suntory Group resumed funding for at-sea congregation and nesting surveys at Birojima in 2018. We identified three primary tasks for 2018: 1) establish more extensive and efficient spotlight survey transects to better estimate the number of JAMU attending the at-sea congregation; 2) at-sea capture of JAMU to determine the breeding status of birds in the congregation; and 3) nest monitoring to determine timing of breeding. Because population estimation and trend analysis are more accurate when multiple years of data are available, we anticipate additional funding will be made available for similar surveys in 2019-2020 as we work toward our 2 primary goals: 1) accurately estimating the size of the JAMU population at Birojima; and 2) establishing reliable baseline data for monitoring future population trends. In this annual report, we present the results of spotlight survey counts, at-sea captures, and nest monitoring conducted in 2018. Detailed discussion of colony size and baseline population levels will occur following completion of data collection in 2020.

4年間のブランクの後、ラッシュチャリティポットとサントリー世界愛鳥基金から再び資金提供を受け、2018年は枇榔島周辺の洋上個体の調査と営巣調査を再開した。2018年のための3つの主要な課題を特定した: 1) 洋上に集合するカンムリウミスズメの数をより正確に見積もるために、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する、2) 洋上のカンムリウミスズメの繁殖の状況を判断するためのカンムリウミスズメの洋上捕獲。3) 繁殖時期を決定するための巣のモニタリング。複数年分のデータが揃った場合、個体数推定と動向の分析がより正確となるため、私たちは、次の主たる2つの目標を達成のために、2019-2020年も同様の調査に追加的な資金が提供されることを期待している: 1) 枇榔島におけるカンムリウミスズメの個体数規模を正確に推定する、2) 今後の個体数の動向をモニタリングするために信頼できるベースラインデータを確立する。この年次報告書では、2018年に実施されたスポットライトサーベイ時のカウント数、洋上での捕獲数および営巣モニタリングの結果を提示したい。2020年に、データ収集が完了した後に、コロニー規模とベースラインとなる個体数レベルについての詳細な議論を行う予定である。

METHODS (方法)

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

Birojima (32° 27.9' N, 131° 43.9' E) is a small island surrounded by several smaller satellite islets that are located less than 3 km off the eastern coast of Kyushu, and about 7 km east of Kadogawa Harbor (Fig. 1). Field studies at Birojima were conducted during 2 trips between 25 March and 8 April 2018. The fishing vessel *Asaebisu-maru* (Captain T.

Kuroda) served as the vessel for spotlight surveys on the nights of 25-26 March, 26-27 March, 5-6 April, and 6-7 April. At-sea captures on the nights of 27-28 March and 7-8 April were conducted aboard a smaller fishing vessel *Yusei-maru* (Captain A. Kuroki) because the bow of the *Asaebisu-maru* was too high to permit efficient dip-netting of murrelets from the water. Captured murrelets were transferred to the *Asaebisu-maru* for handling and banding. Transport to and return from Birojima for nest searches on 27-28 March and 8 April was aboard the vessel *Tomoyuki-maru* (Captain H. Ikeda).

枇榔島(北緯 32 度 27.9 分、東経 131 度 43.9 分)は、九州の沖合 3km、門川町(宮崎県)の門川漁港から約 7km 沖合に位置する(図 1)。枇榔島での野外調査は、3 月 25 日から 4 月 8 日の間に、2 回実施された。朝戎丸(黒田船長)から、3 月 25-26 日、3 月 26-27 日、そして 4 月 6-7 日のスポットライトサーベイの際に船を提供いただいた。3 月 27-28 日および 4 月 7-8 日に実施された洋上捕獲は、朝戎丸は舳先が高く、水面からカンムリウミスズメを捕獲する際に、ネットが水面に届きにくいいため、小型の優成丸(黒木船長)で実施した。捕獲されたカンムリウミスズメは、計測して足環をつけるために朝戎丸に運ばれた。3 月 27-28 日および 4 月 8 日に実施された枇榔島での営巣調査は、知幸丸(池田船長)の渡船により実施された。



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。

Spotlight Surveys (スポットライトサーベイ)

Nocturnal spotlight surveys were conducted using a standardized protocol developed to count Scripps's Murrelets (*S. hypoleucus*) attending at-sea congregations in near shore waters at islands off southern California, U.S.A. (Whitworth and Carter 2014). The only significant modification needed for the spotlight technique at Birojima was the use of a larger wooden fishing vessel rather than the smaller inflatable Zodiac craft used in California. We conducted surveys from the bow of the fishing vessel *Asaebisu-maru*. The boat captain used an onboard GPS to navigate between transect waypoints at a speed of 7-8 km h⁻¹. The observer used a handheld high-intensity spotlight (Q-Beam Maxmillion®) powered by a 12-V marine battery to count murrelets as the spotlight beam was slowly passed along a 90° arc on each side of the vessel, starting abeam and proceeding to the bow on each scan. Murrelet 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 number. All murrelets observed were included in counts regardless of behavior. Date, time, location, and conditions (*i.e.*, wind, Beaufort sea state, cloud cover, and moon) were recorded at the beginning of the survey and updated when conditions changed.

夜間スポットライトサーベイが実施された。スポットライトサーベイは、米国カリフォルニア州南部にある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)。枇榔島でのスポットライトのテクニックに必要な唯一の重要な変更点は、カリフォルニアで使用されている小型の膨張式のゾディアック船ではなく、より大きな木製の漁船を使用した点である。私たちは、朝戎丸の船先から、調査を実施した。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船先まで両側 90° の円弧にそって、ゆっくりと通過する際に、カンムリウミスズメの数を数えた。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。観察された全てのカンムリウミスズメは、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、ビューフォート階級による海の状態、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. 2). The length of the 3 combined round-island transects totaled 15.5 km (200 m transect = 2.8 km, 600 m transect = 5.1 km, 1 km transect = 7.6 km). We conducted round-island surveys over 4 nights with surveys commencing as early as 21:39 h (all times JST) and finishing as late as 05:09 h (Tables 1, 2). It required about

2 hours to complete a survey of all 3 concentric round-island transects (hereafter “combined survey” or “combined count”).

島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2)。3つの統合された島周回型のトランセクト長は、合計15.5kmであった(200mトランセクト=2.8km、600mトランセクト=5.1km、1kmトランセクト=7.6km)。私たちは、島周回型の調査を、はやい時は21:39(常時日本標準時)に開始し、5:09には終了するという形で、4晩にかけて行った(表1、表2)。3つの同心円状の島周回型のトランセクト全ての調査を完了するために約2時間を要した(以降、「統合型調査」または「合計カウント数」とする)。

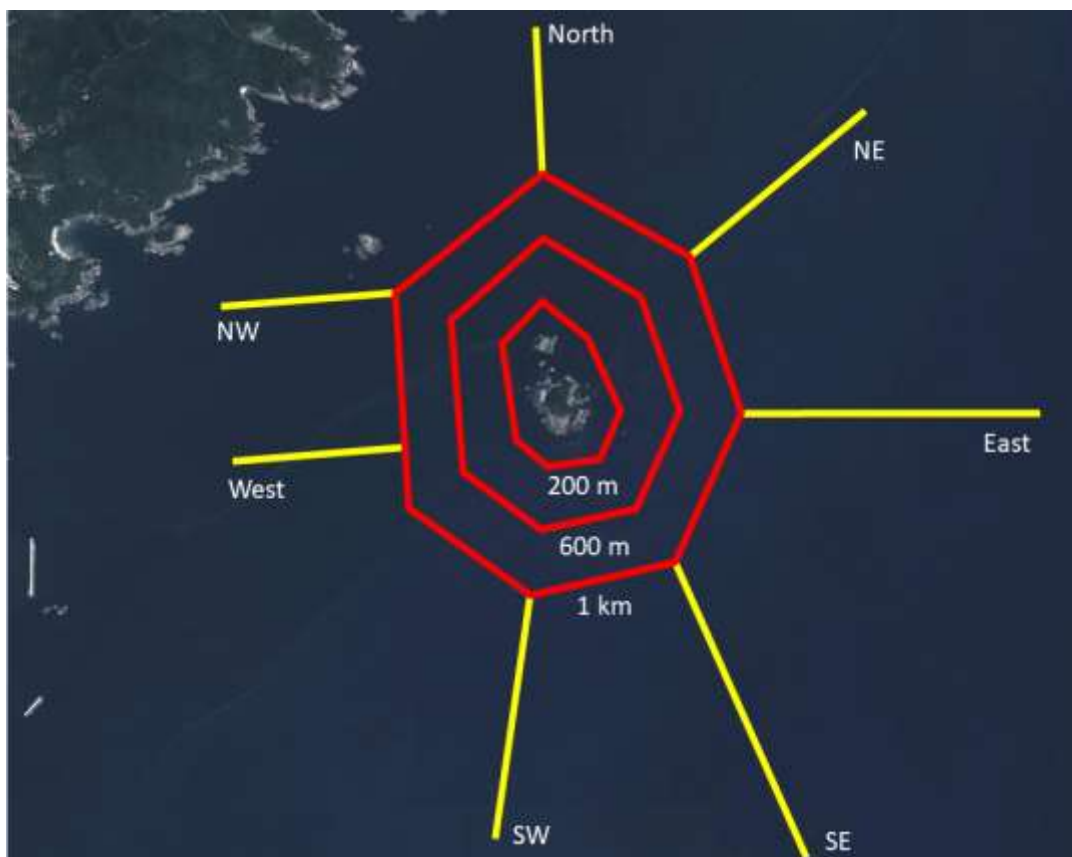


Figure 2. Round-island (red) and radial (yellow) spotlight survey transects used at Birojima, Japan in 2018.

図2. 2018年に枇榔島で使用したトランセクト、島周回型スポットライトサーベイ(赤)と放射状スポットライトサーベイ(黄)。

Table 1. Number of Japanese Murrelets counted during concentric round-island surveys at Birojima, Japan in late March and early April 2018. 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 1. 2018年3月下旬および4月上旬のカンムリウミスズメの枇榔島での島周回型サーベイの際にカウントされたカンムリウミスズメの数。平均値、標準偏差 (*s.d.*) および変動係数 (CV) は、それぞれの島周回型トランセクト (200m、600m、1km) について、合計については、3つの統合トランセクトのセットごとに示す。

Date	Time	200 m	600 m	1 km	Combined
25-26 March	22:04-23:50	218	906	1,369	2,493
	03:19-04:12	486	803	-	
26-27 March	00:46-02:46	674	1,441	1,717	3,832
	03:08-05:09	154	1,226	801	2,181
4-5 April	00:58-03:04	195	776	1,082	2,053
5-6 April	21:39-23:39	501	735	922	2,158
	Mean \pm <i>s.d.</i>	371 \pm 211	981 \pm 287	1,178 \pm 369	2,543 \pm 739
	CV	0.57	0.29	0.31	0.29

Table 2. Density of Japanese Murrelets (km^{-2}) during concentric round-island surveys at Birojima, Japan in late March and early April 2018. Mean densities, 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. 3月下旬から4月上旬にかけて、枇榔島で行われた同心円状の島周回型スポットライトサーベイにおけるカンムリウミスズメの個体数密度 (km^{-2})。各島周回型トランセクト (200 m、600 m、および1 km) について、平均密度、標準偏差 (*s.d.*)、変動係数 (CV) を示す。合計については、3つの統合トランセクトのセットごとに示す。

Date	Time	200 m	600 m	1 km	Combined
25-26 March	22:04-23:50	311	711	721	643
	03:19-04:12	694	630	-	-
26-27 March	00:46-02:46	963	1130	904	989
	03:08-05:09	220	962	422	563
4-5 April	00:58-03:04	279	609	569	530
5-6 April	21:39-23:39	716	576	485	557
	Mean \pm <i>s.d.</i>	530 \pm 302	770 \pm 225	620 \pm 194	656 \pm 191
	CV	0.57	0.29	0.31	0.29

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 (West, SW, SE, East, NE, North, and NW; Fig. 2). The radial transects started at GPS waypoints on the outer (1 km) round-island transect and extended outward at fixed bearings away from Birojima. The length of each radial transect varied as we continued searching for murrelets along the transect bearing until 4-5 minutes had passed without observing a bird, except on the North and NW transects where the endpoints were determined by proximity to land. The total length of the combined radial survey transects was 10.1 km with individual transect lengths as follows: SW = 1.5 km; SE = 2.0 km; East = 2.0 km; NE = 1.5 km; North = 0.9 km; NW = 1.1 km; West = 1.1 km. Each radial transect was surveyed just once on 25-26 March.

枇榔島における洋上の集合の大まかな境界(カンムリウミスズメが確認された位置の島からの最大距離)を確定するため、私たちは7つの放射状トランセクトでの調査を実施した(西、南西、南東、東、北東、北、および北西; 図 2)。放射状のトランセクトは、外側の(1km)島周回型トランセクト上のGPS座標に始まり、枇榔島から遠ざかる方向に延びている。終点が陸地に接近している北と北西のトランセクトを除き、カンムリウミスズメを見つけられずに4~5分が経過するまで、トランセクトの方角に沿って探し続けたので、各トランセクトの長さは様々であった。統合された放射状トランセクトの全長は10.1kmで、個々のトランセクト長さは以下の通りであった: 南西=1.5km; 南東=2.0 km; 東=2.0km; 北東=1.5 km; 北=0.9 km; 北西=1.1 km; 西=1.1km。3月25~26日に各放射状トランセクトを1回のみ調査した。

Density Estimation and Extrapolation – We used the raw spotlight survey counts to determine murrelet density (km^{-2}) for: 1) each survey on the individual round-island and radial transects; and 2) each “combined survey” or complete set of all 3 round-island 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 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. The area covered by each round-island transect was: 200 m = 0.70 km^2 ; 600 m = 1.28 km^2 ; 1 km = 1.90 km^2 . The area covered by each radial transect was: SW = 0.38 km^2 ; SE = 0.50 km^2 ; East = 0.50 km^2 ; NE = 0.38 km^2 ; North = 0.23 km^2 ; NW = 0.28 km^2 ; West = 0.28 km^2 .

密度の推定と外挿 – 私たちは、生のスポットライトのカウント数を用いて、以下の場合のカンムリウミスズメの個体数密度(羽/ km^2)を決定した: 1) 各島周回型と放射状トランセクト、2) 各「統合型調査」または3つの島周回型トランセクト全てを含む完璧な周回型トランセクトのセット、もしくは放射状のトランセクト7つ全て。私たちは、密度を決定する際、調査船から片側125mのトランセクト幅(全幅250m)を使用した。125mというのは、最適な調査条件下で、朝戎丸の舳先からスポットライトの光でカンムリウミスズメが目視された有効視界のことである。各島周回型トランセクトがカバーしている面積は、200m=0.70 km^2 、600m=1.28 km^2 、1km=1.90 km^2 であった。各放射線状トランセクトによってカバーされる面積は、南西=0.38 km^2 、南東=0.50 km^2 、東=0.50 km^2 、北東=0.38 km^2 、北=0.23 km^2 、北西=0.28 km^2 、西=0.28 km^2 であった。

We used the mean combined round-island survey density ($n = 5$ complete surveys) and the combined radial survey density ($n = 1$ complete survey) to estimate the total number of JAMU attending the at-sea congregation at Birojima in

2018. The at-sea congregation area was determined using the most distant murrelet observations on each radial transect to construct a congregation polygon. We extrapolated the mean combined round-island density over the area from Birojima extending out to 1 km from the island (4.2 km²), then the combined radial survey density was extrapolated over the remainder of the congregation polygon (see Results). We provide this extrapolation analysis as an example illustrating how this method can be used to estimate the total number of JAMU in the congregation. More detailed analyses using a variety of different densities (e.g., mean density vs. maximum density) for extrapolation will be conducted after 3 years of data have been collected.

2018年の枇榔島の洋上に集合しているカンムリウミスズメの総数を推定するために、統合型周回型のサーベイの個体数密度の平均値 ($n=5$ の完全な調査) と統合型放射状調査からの個体数密度の組み合わせ ($n=1$ の完全調査) を使用した。洋上の集合範囲の面積は、その範囲が多角形で構成されるために、各放射状トランセクトの最も遠方のカンムリウミスズメの確認地点を用いて決定された。枇榔島から1km (4.2km²) の面積に統合型周回サーベイでの平均個体数密度を外挿した。その後、統合型放射状調査の個体数密度が、残りの多角形に外挿された(結果参照)。この方法がどのように、集合するカンムリウミスズメの総個体数の推定に使用できるかを示す例として、この外挿分析を提供する。外挿のための様々な異なる密度(例えば、平均密度対最大密度)を用いたより詳細な分析は、3年間分のデータが収集された後に実施される予定である。

“Night-Lighting” At-Sea Captures (夜間照明を用いた洋上捕獲)

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 nights of 28-29 March and 7-8 April. The capture crew was positioned on the bow of the *Yusei-maru* and searched for JAMU attending at-sea congregations 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 2.4 m long fishing net and attempted to catch the individual as it sat on the water surface or swam just below the surface. Many birds were captured on the first attempt, but multiple attempts were used if they made shallow escape dives which could be followed with the spotlight beam. Captured birds were transported to the *Asaebisu-maru* for banding and handling. Each bird was banded with an aluminum leg band and examined for presence of bilateral brood patches which develop in both females and males before egg-laying. Brood patches were scored after Sealy (1976).

私たちは、3月28-29日と4月7-8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2.4メートルの長さの漁網で、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。

Nest Searches (営巣調査)

On 27-28 March and 8 April, we visited Birojima to conduct nest searches in JAMU nesting areas in caves on the southwest side of the island and upper island boulder fields under the forest canopy (Fig. 3). We used small hand-held flashlights to search suitable crevices, burrows, and other sheltered sites for evidence of current breeding by murrelets. Evidence of breeding included: (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. Incubating murrelets were not handled or prodded to reduce the possibility of clutch abandonment due to researcher disturbance. Most of the active nest sites had been marked during nesting studies conducted at Birojima since 2013 (Whitworth et al. 2014).

3月27~28日と4月8日、私たちは枇榔島の南西側の洞窟および島上部の森林の岩場で、カンムリウミスズメの営巣調査を行った(図3)。私たちは、カンムリウミスズメの繁殖の確証を得るため、小さな懐中電灯を使用して、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。繁殖の証拠に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、(2)抱卵はされていないが完全な状態の卵がある、(3)割れた卵がある、卵殻がある。抱卵している成鳥は、懐中電灯で短時間のみ観察され、時には写真撮影もされた。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。繁殖している巣の大半が、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)。

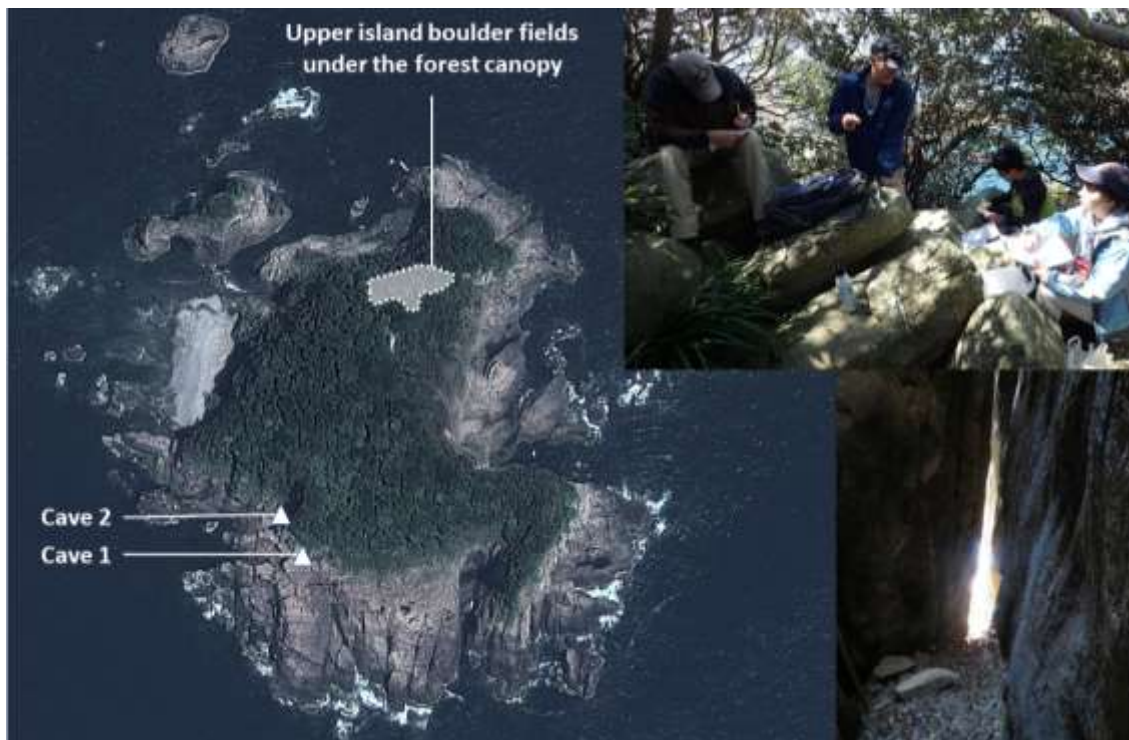


Figure 3. Japanese Murrelet nest search and monitoring areas at Birojima, Japan in 2018. Top right inset: the research team in boulder fields under the forest canopy. Bottom right inset: murrelet breeding habitat in Cave 1.

図3. 2018年に枇榔島でのカンムリウミスズメの営巣調査とモニタリングエリア。左上: 林の中の大きな岩場での調査チーム。右下: 洞穴の中で繁殖するカンムリウミスズメ。

RESULTS (結果)

Spotlight Surveys (スポットライトサーベイ)

Round-Island Surveys – We completed 5 combined surveys covering the set of 3 concentric round-island transects at Birojima in 2018, with 3 combined surveys completed in late March and 2 combined surveys completed in early April (Table 1, Figure 4). The mean combined count was 2,543 (± 739 [s.d.]) murrelets and ranged from 2,053 to 3,832 murrelets. Variation for the combined counts was relatively low (Coefficient of Variation [CV]=0.29). The 3 combined counts in late March were all higher than the 2 combined counts in early April.

島周回型サーベイ – 私たちは、2018年に枇榔島において3つの同心円状の島周回型のトランセクトを1セットとしたものを、3月下旬に3回、4月上旬に2回、計5回の統合型調査を完了した(表1、図4)。合計されたカウント数の平均は2,543 (± 739 [s.d.])羽で、その幅は2,053-3,832羽であった。合計カウント数の変動は比較的に少なかった(変動係数[CV]=0.29)。3月下旬の3回の統合型カウント数は、4月上旬の2回のものよりも全て高い値を示していた。

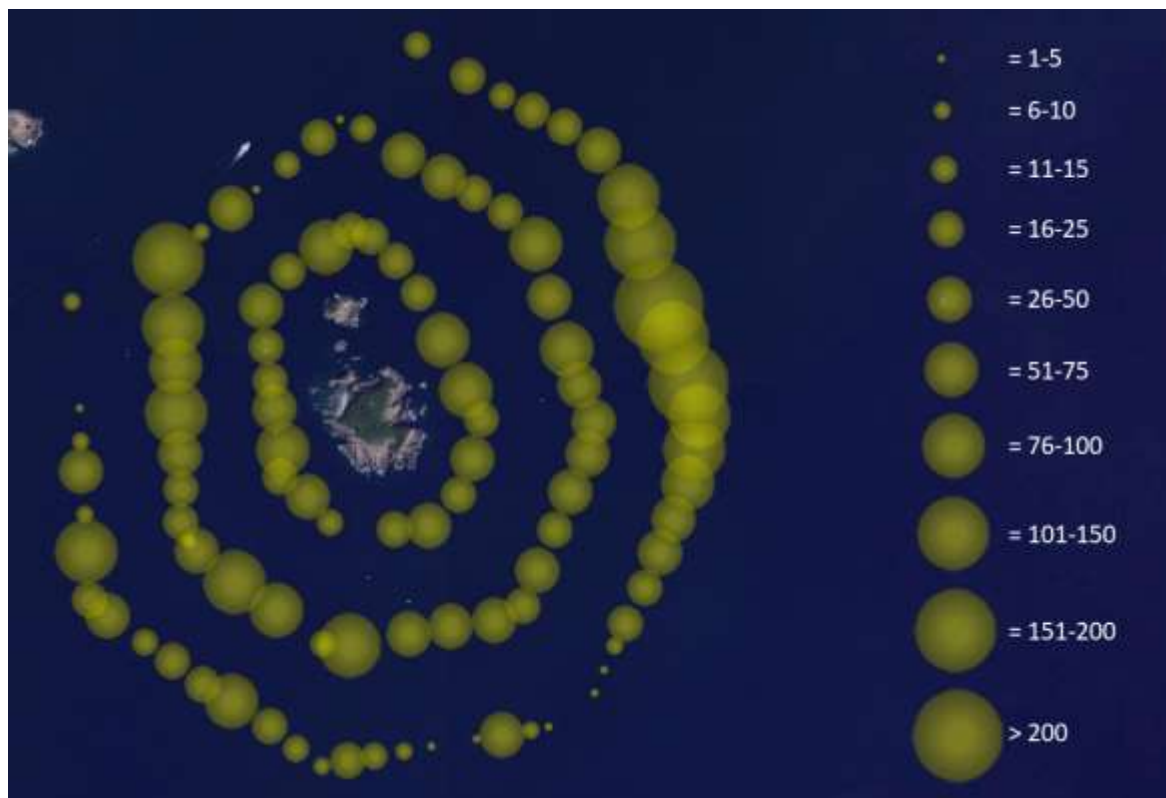


Figure 4. Distribution of Japanese Murrelets during the maximum spotlight survey count at Birojima, Japan on the night of 26-27 March 2018. Yellow circles are scaled to the number of murrelets observed.

図4. 2018年3月26-27日 最大カウント数が得られた日の枇榔島でのカムリウミスズメの分布。黄色の円は、確認されたカムリウミスズメの数に比例する。

Counts on the individual round-island transects ranged from 154 to 674 murrelets at 200 m ($\bar{x} = 371 \pm 211, n = 6$), 735 to 1,441 murrelets at 600 m ($\bar{x} = 981 \pm 287, n = 6$), and 801 to 1,717 murrelets at 1 km ($\bar{x} = 1,178 \pm 369, n = 5$). We noted much more variation for survey counts at 200 m ($CV = 0.57$) compared to 600 m ($CV = 0.29$) and 1 km ($CV = 0.31$). We did not examine differences in survey counts among the 3 transects because the great disparity in the lengths of each transect made such comparisons invalid. Comparisons of survey density among the 3 round-island transects are described below.

個々の島周回型トランセクトのカウント数は以下のようなものであった。200mのトランセクトでは154~674羽 ($\bar{x} = 371 \pm 211, n = 6$)、600mでは735~1,441羽 ($\bar{x} = 981 \pm 287, n = 6$)、1kmでは801~1,717羽 ($\bar{x} = 1,178 \pm 369, n = 5$)。私たちは、600m ($CV = 0.29$) および 1km ($CV = 0.31$) のトランセクトに比べ、200m ($CV = 0.57$) のカウント数の変化がより大きいことに気が付いた。3つのトランセクト間のカウント数の比較については、各トランセクトの長さ自体に大きな違いがあることから、比較する根拠に乏しく、検討は行わなかった。3つの島周回型トランセクト間の個体数密度の比較を以下に示す。

Small samples permitted only general comparisons of survey counts within nights and between survey periods. Within nights, the 1st (earlier) count was higher than the 2nd (later) count for all 3 transects on the night of 26-27 March and at 600 m on 25-26 March, but the 2nd count was higher at 200 m on 25-26 March (Table 1). Between survey periods, all 4 counts at 600 m in late March were higher than the 2 counts in early April, but results were mixed at 200 and 1 km. The annual maximum counts for all 3 transects were recorded during the 1st survey on 26-27 March. The annual minimum count at 200 m and 1 km were recorded during the 2nd survey on 26-27 March, but the minimum count at 600 m was recorded on 5-6 April (Table 1).

少ないデータサンプルは、調査期間内の夜間毎そして期間毎の一般的なカウント数の比較のみを可能とする。夜間毎にみると、3月26-27日は3つ全てのトランセクトで、そして3月25-26日は600mのトランセクトにおいて、1回目のカウント数の方が2回目よりも高い値を示していたが、3月25-26日については、200mのトランセクトで2回目のカウント数の方が高い値を示していた(表1)。調査期間の3月下旬の600mでの4回のカウント数は全て、4月上旬の2回のカウント数よりも高い値を示していたが、200と1kmの結果は混在していた。3つのトランセクト全てにおける、年間最大のカウント数は、3月26-27日の1回目の調査で記録された。200mと1kmでの最小値については、3月26-27日の2回目の調査で記録されたが、600mについては、4月5-6日に記録された(表1)。

During the maximum combined round-island count on 26-27 March, 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 and murrelets were relatively sparse on the southeast portion of the same transect (Fig. 4). Numbers were clearly highest on the eastern portion of the 1 km transect.

最大カウント数が発生した3月26日~27日の島周回型調査の間、カンムリウミスズメは、200mと600mのトランセクト周辺では、かなり均一に分布していたものの、1kmトランセクトの北西部では大きな隙間(無カンムリウミスズメ地帯)が見られた。同じトランセクトの南東部でもカンムリウミスズメの分布は比較的まばらであった(図4)。カウント数は、1kmトランセクトの東部で明らかに最高であった。

Round-Island Survey Density – The mean combined density for the 5 complete surveys was 656 (± 191) murrelets km^{-2} and ranged from 530 to 989 murrelets km^{-2} (Table 2). Density on each of the 3 round-island transects ranged from 220 to 963 murrelets km^{-2} at 200 m ($\bar{x} = 530 \pm 302, n = 6$), 576 to 1,130 murrelets km^{-2} at 600 m ($\bar{x} = 770 \pm 225, n = 6$), and 422 to 904 murrelets km^{-2} at 1 km ($\bar{x} = 620 \pm 194, n = 5$). Because calculating densities from raw counts required a simple data transformation, variation (CV) and temporal trends in murrelet density for the individual and combined surveys were identical to those described above for the survey counts.

島周回型サーベイ時の個体数密度 – 5回分が全て揃った完全な統合型調査時の個体数密度の平均は、656 (± 191) 羽/ km^2 であり、その幅は530~989羽/ km^2 の範囲であった(表2)。3つの周回型のトランセクトのそれぞれの個体数密度の幅は、200m ($\bar{x} = 530 \pm 302, n = 6$) で220~963羽/ km^2 、600m ($\bar{x} = 770 \pm 225, n = 6$) で576~1,130羽/ km^2 、1km ($\bar{x} = 620 \pm 194, n = 5$) で422~904羽/ km^2 であった(表2)。単独もしくは統合型調査でのカンムリウミスズメの個体数密度の変動(CV)と時間的な傾向は、すでに前述されたカウント数と比べると、全く同じものとなった。これは、生のカウント数から個体数密度を計算する際には単純なデータ変換のみしか必要とされないからである。

Sample sizes were small ($n = 5$), but we detected no differences in murrelet density among the 3 round-island transects (Repeated Measures ANOVA $F_{2,14} = 3.07, P > 0.10$), even though general comparisons noted higher densities at 600 m during 3 of the 5 surveys (Table 2). A paired comparison of densities between the slightly larger sample of surveys at 200 m and 600 m ($n = 6$) also did not detect any differences (Paired $t_5 = -1.8, P > 0.13$).

たとえ一般的な比較では5回の調査のうち3回において、600mのトランセクトでより高い個体数密度が示されたにも関わらず(表2)、データ数は少なかったものの($n = 5$)、3つの島周回型トランセクト間では、カンムリウミスズメの個体数密度についての差は検出されなかった(反復測定 ANOVA $F_{2,14} = 3.07, P > 0.10$)。わずかにサンプルサイズの大きい200mと600m($n = 6$)の個体数密度の対比較法でも差は検出されなかった(対 $t_5 = -1.8, P > 0.13$)。

Radial Surveys – The combined count for the single set of 7 radial transects was 343 murrelets, ranging from 4 murrelets on the North transect to 87 murrelets on the West transect (Table 3, Figure 5). The number of murrelets counted on radial transects quickly declined beyond ~ 1.5 km from Birojima to the point that only small sparsely distributed groups (1-5 murrelets) were encountered (Fig. 5). Using the transect lengths specified in the Methods, the combined radial survey density was 136 murrelets km^{-2} , ranging from 18 murrelets km^{-2} on the North transect to 316 murrelets km^{-2} on the West transect (Table 3).

放射状のスポットライトサーベイ – 放射状トランセクト7つを1セットにまとめたものの合計カウント数は343羽で、それには北側のトランセクトの4羽から西側トランセクトの87羽という幅がみられた(表3、図5)。放射状トランセクトでカウントされたカンムリウミスズメのカウント数は、枇榔島から約1.5kmを超えたあたりから急速に減少し、まばらに散った小さなグループ(1~5羽のカンムリウミスズメ)に遭遇するだけであった(図5)。「Method方法」の項目で説明をしたトランセクトの長さを使用すると、放射状トランセクトでの個体数密度の合計は136羽/ km^2 であり、その幅は北側の18羽/ km^2 から西側の316/ km^2 に及んでいた(表3)。

Table 3. Number and density (km^{-2}) of Japanese Murrelets counted during 7 radial spotlight surveys at Birojima, Japan on 25-26 March 2018. Max. dist. refers to the most distant murrelet observation on each transect.

表3 2018年3月25-26日に枇榔島で行われた7回の放射状スポットライトサーベイでカウントされたカムリウミスズメの数と個体数密度 (km^2)。最大距離は、各トランセクトの最も遠いカムリウミスズメ観察地点のものを示す。

Radial transect	Length (km)	Time	Count	Density (km^{-2})	Max. dist. (km)
West	1.1	21:47-22:04	87	316	1.9
SW	1.5	00:31-00:44	76	203	2.5
SE	2	00:59-01:15	78	156	3.0
East	2	01:33-01:48	69	138	2.9
NE	1.5	02:09-02:21	23	61	2.5
North	0.9	02:38-02:45	4	18	1.9
NW	1.1	02:57-03:07	6	22	2.0
Combined	10.1		343	136	

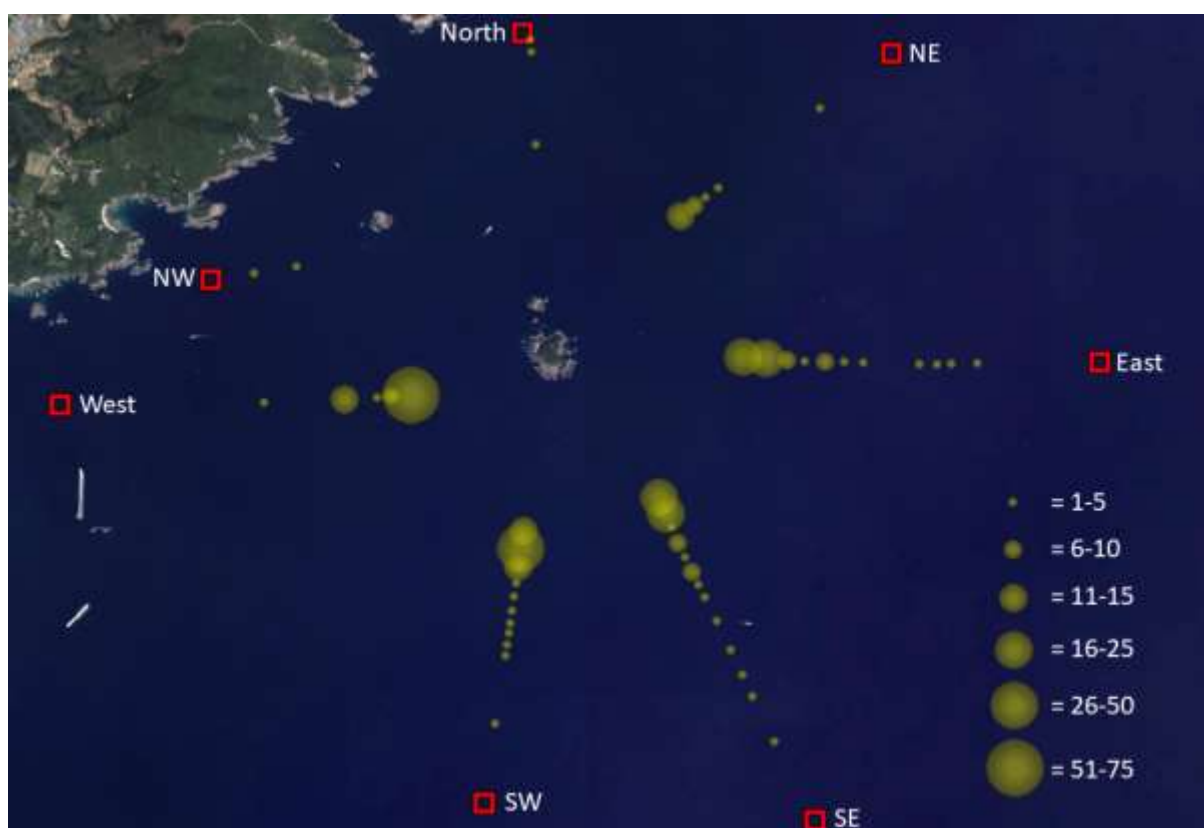


Figure 5. Distribution of Japanese Murrelets during radial spotlight surveys at Birojima, Japan on the night of 25-26 March 2018. Yellow circles are scaled to the number of murrelets observed and red boxes indicate the radial transect endpoints.

図5. 2018年3月25-26日の枇榔島における夜間の放射状のスポットライトサーベイの際の、カムリウミスズメの分布。黄色の円は、確認されたカムリウミスズメの数に比例し、赤い四角は放射状トランセクトの最終地点を示す。

The mean combined round-island survey density (656 murrelet km⁻²) was almost 5 times greater than the combined radial survey density (136 murrelets km⁻²). Dividing each radial transect into inner and outer halves, we found that density on the inner portions (244 murrelets km⁻²) of the combined radial surveys was almost 9 times greater than density on outer portions (28 murrelets km⁻²). Much higher densities on the inner portions were especially evident on the West, SW, SE, East, and NE radial transects, but relatively low densities were noted on both the inner and outer portions of the North and NW radial transects (Table 4).

統合型島周回型サーベイの平均個体数密度 (656羽/km²) は、結合型放射状サーベイのもの (136羽/km²) の約5倍であった。統合放射状トランセクトを内側半分と外側半分に分割すると、内側の個体数密度 (244羽/km²) は、外側部のもの (28羽/km²) の約9倍であることに気が付いた。内側で個体密度が非常に高いのは、西、南東、南東、東、北東側の放射状トランセクトで特に顕著であり、北と北西の放射状トランセクトでは、内側と外側の双方で比較的低い密度が認められた (表 4)。

Table 4. Density (km⁻²) of Japanese Murrelets on the inner and outer halves of the 7 radial transects during spotlight surveys at Birojima, Japan on 25-26 March 2018.

表 4 2018年3月25-26日 枇榔島でのスポットライトサーベイ中の7つの放射状トランセクトの内側および外側半カンムリウミスズメの個体数密度 (km⁻²)。

Radial transect	Density Inner (km ⁻²)	Density Outer (km ⁻²)
West	625	7
SW	379	27
SE	268	44
East	240	36
NE	117	5
North	18	18
NW	0	44
Combined	244	28

Using the distal murrelet observation waypoint for each of the 7 radial transects (Fig. 2), we estimated that the at-sea congregation around Birojima encompassed about 18.5 km² on the night of 25-26 March. The maximum distance murrelets were observed from Birojima was 2.9-3.0 km for the East and SE transects (Table 3). The most distant observations on the SW and NE transects were 2.5 km, and just 1.9-2.0 km on the North, NW, and West transects.

放射状トランセクト7つ (図 2) それぞれについて、遠位のカンムリウミスズメの観測座標を用いて、3月25-26日の夜の枇榔島周辺の洋上の集合は約 18.5/km² に及ぶものと推定した。カンムリウミスズメが観察された枇榔島からの最大距離は、東および南東のトランセクトで 2.9-3.0km であった (表 3)。南西と北東のトランセクトに関する最も遠い観測値は 2.5km であり、北、北西、そして西のトランセクトではわずか 1.9-2.0km であった。

Density Extrapolation – Extrapolating the mean combined round-island density (656 murrelets km⁻²) over the 4.2 km² area encompassed by the 1 km transect yielded 2,755 murrelets. Extrapolating the combined radial survey density (136 murrelets km⁻²) over the remainder of the at-sea congregation area (18.5 km² – 4.2 km² = 14.3 km²) yielded 1,945 murrelets. Combining the 2 areas resulted in a total of 4,700 murrelets in the at-sea congregation at Birojima.

密度の外挿 – 1kmのトランセクトに囲まれたエリア 4.2 km²に、統合型島周回調査の個体数密度の平均値 (656 羽/km²)を外挿すると、2,755 羽という数値が得られた。洋上の集合の残りのエリア (18.5km²–4.2km²=14.3km²)に、統合型放射状サーベイの個体数密度 (136 羽/km²)を外挿すると、1,945 羽という数値が得られた。2つのエリアの数値を合わせると、枇榔島周辺の洋上の群れ内には、合計 4,700 羽のカンムリウミスズメが確認されたことになる。

“Night-Lighting” At-Sea Captures (“夜間照明”を用いた洋上捕獲)

We captured and banded 32 Japanese Murrelets at sea off Birojima in 2018, including 23 murrelets over 2.3 h (10 h⁻¹) on 28-29 March and 9 murrelets over 1.2 h (7.5 h⁻¹) on 7-8 April (Table 5). The overall proportion of murrelets with brood patches was 53% and was similar between nights on 28-29 March (52%) and 7-8 April (56%)(Table 5). None of the murrelets captured at-sea in 2018 had been previously captured and banded during night-lighting or mist-netting efforts in previous years.

2018年は、枇榔島周辺海域で32羽のカンムリウミスズメを捕獲した。その内訳は、3月28~29日の2.3時間で23羽(10羽/時間)と4月7~8日の1.2時間の9羽(7.5羽/時間)を含む(表5)。抱卵斑を保有しているカンムリウミスズメの全体の割合は53%で、3月28~29日(52%)と4月7~8日(56%)のものと似通っていた(表5)。2018年に洋上で捕獲されたカンムリウミスズメの中には、これまで夜間洋上捕獲やカスミ網を用いた調査中に捕獲され、標識された個体の再捕獲はみられなかった。

Table 5. Summary of Japanese Murrelets captured nightly in nocturnal at-sea congregation at Birojima, Japan in late March and early April 2018.

表5. 2018年3月下旬および4月上旬に枇榔島付近の洋上の群れで夜間に捕獲されたカンムリウミスズメの概要。

Date	Time	Effort (h)	Total captures	Brood patches (%)
28-29 March	21:45-00:03	2.3 h	23	12 (52%)
7-8 April	22:50-00:04	1.2 h	9	5 (56%)
Total		3.5 h	32	17 (53%)

Nest Searches (営巣調査)

We found 53 active nests during searches at Birojima in 2018, including 40 nests in the upper island forest boulder fields and 13 nests in 2 caves on the southeast shore. Incubating adults were observed in 44 nests (83%) but only eggs were observed in the other 9 nests (17%). A summary of nest contents for determining timing of breeding is as follows: 22 nests (42%) contained incubating adults during the 1st visit on 27-28 March; 4 nests (8%) contained 1-2 eggs during the 1st visit and incubating adults during the 2nd visit on 8 April; 5 nests (9%) were empty on the 1st visit but contained 1-2 eggs or incubating adults on the 2nd visit; and 16 nests (30%) contained incubating adults on the 2nd visit in early April, but were not checked during the 1st visit. Monitoring data were inconclusive for 6 nests (11%) where eggs were found but it was not clear if they were laid in 2018. No hatched eggshells were found during either visit. Eggs found in 3 nests during the 1st visit, but not found during the 2nd visit, were probably depredated.

2018年の枇榔島での営巣調査では、繁殖が確認された巣が53巣発見された。その内訳は、島の上部の森林内の巨石のある岩場で40巣、南東の海岸の2つの洞窟の13巣を含んでいる。抱卵している成鳥は44巣(83%)で観察されたが、他の9巣(17%)では卵のみが観察された。繁殖時期の特定についての巣の概要は以下の通りである：3月27日～28日の第1回訪問時には、22巣(42%)で抱卵する成鳥を確認された。第1回調査で1~2卵のみが確認された4巣(8%)では、第2回では成鳥も確認された。第1回目では何もなかった5巣(もしくは箇所)に、第2回目では1~2卵、もしくは抱卵する成鳥が確認された。第1回目では何も確認されなかった16カ所では、第2回目では抱卵する成鳥が確認されている。モニタリングデータ内の卵が確認された6巣(11%)については、2018年に産卵されたものなのかどうかは、確定できなかった。いずれの調査期間でも孵化した卵殻は見られなかった。第1回目の調査で確認された3巣の卵は、第2回調査では観察されなかったため、おそらく捕食されたものと考えられた。

DISCUSSION (考察)

Spotlight Surveys (スポットライトサーベイ)

Protocols for our spotlight surveys at Birojima in 2018 were based on the results of previous surveys conducted in 2011-2013 that provided important information on spatial and temporal features of the at-sea congregation (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013). One of our main tasks in 2018 was establishing more extensive spotlight survey transects that better determined the overall number and density of JAMU attending the at-sea congregation. The spotlight survey transects used at Birojima in 2011-2012 were based on the results of many Scripps's Murrelet spotlight surveys in California that demonstrated birds were more numerous close to the island, mostly within about 300 m of shore (Whitworth and Carter 2014). However, following some preliminary radial transects at Birojima in 2012, we discovered that JAMU typically congregated much farther from shore than Scripps's Murrelets (Carter et al. 2013). This discovery raised concerns that spotlight survey data in 2011-2012 did not accurately reflect JAMU congregation attendance patterns at Birojima. Therefore, in 2018, we greatly expanded the spotlight survey coverage by establishing 3 concentric round-island transects at 200 m, 600 m, and 1 km from shore. Because the JAMU at-sea congregation extended well beyond 1 km from Birojima (as far as 1.9-3 km from shore depending on the direction; Table 3), we considered adding another round-island transect at 1.4 km from shore. However, we determined that the time needed to

complete a set of 4 round-island surveys within a night (roughly 3.5 h) and the physical demands of such a long survey were excessive, especially considering that densities beyond 1 km from shore were much lower than densities within 1 km (Tables 3-4). In addition, longer surveys increased the risks of double-counting birds if significant numbers moved around the congregation within nights. Instead of an additional round-island transect, we decided that less frequent surveys of 7 radial transects were a more practical and efficient method of determining JAMU density in outer congregation waters. Radial surveys also were useful for determining the boundaries of the at-sea congregation area by measuring the distances at which murrelets were no longer detected around the island. Measuring the size of the congregation area will be vital for accurately determining the total number of JAMU visiting the congregation and the size of the breeding population. As such, we recommend including occasional radial spotlight surveys in the JAMU monitoring protocol at Birojima.

2018年の枇榔島でのスポットライトサーベイのプロトコルは、2011年から2013年に実施された調査結果に基づいており、それは、洋上に集合する個体の空間的および時間的特徴に関する重要な情報を提供していた（Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013）。2018年の私たちの主な課題の1つは、洋上に集合するカムリウミスズメの全体の数とその密度をよりよく決定するための、より広範なスポットライトサーベイのトランセクトの確立であった。2011~2012年の枇榔島で使用されたスポットライトサーベイのトランセクトは、カリフォルニア州のスクリプスウミスズメに使用しているスポットライトサーベイの結果に基づいている。それは、鳥の大部分が島の海岸から約300mの距離に分布していることが実証済みのものであった（Whitworth and Carter 2014）。しかしながら、2012年に枇榔島で予備的な放射状のトランセクトを実施した後、私たちは、カムリウミスズメはスクリプスウミスズメよりも海岸からはるか遠くに集まっていることを発見した（Carter et al. 2013）。この発見は、2011年から2012年のスポットライトサーベイのデータは、枇榔島のカムリウミスズメ集合のパターンを正確に反映していないのではないかという懸念をもたらした。そこで、2018年には、海岸から200m、600m、1kmの3つの同心円の島周回型のトランセクトを確立することで、スポットライトサーベイの範囲を大幅に拡大した。カムリウミスズメの洋上での集合は、枇榔島から1km以上に広がっていたため（方向に応じて海岸から1.9~3kmまで;表3）、私たちは海岸から1.4kmのところにもう1つの島周回型のトランセクトを追加することを検討した。しかしながら、私たちは、一夜に4つの島周回型のスポットライトサーベイを1セットとして完了させるための所要時間と（約3.5時間）、このような長い調査の身体的な要求は過酷すぎると判断した。特に、海岸から1kmを超えるあたりでは、1km内より、はるかに個体数密度が低いことを考慮した（表3-4）。さらに、調査が長くなると、多くの鳥が夜間に集団内を移動することが考えられ、鳥を二重にカウントするリスクも高くなる。島周回型のトランセクトを追加する代わりに、外部水域でのカムリウミスズメの密度を決定するためには、7つの放射状トランセクトを設置することがより実用的であると決定した。放射状の調査はまた、島の周辺でカムリウミスズメが見られなくなる距離を測ることで、洋上の集合範囲の境界域を決定するためには有用であった。集合するカムリウミスズメの総数と繁殖個体数の規模を正確に決定するためには、集合している面積を求めることが不可欠である。そのため、枇榔島のカムリウミスズメのモニタリングのためのプロトコルには、放射状スポットライトサーベイを時折含めることを推奨する。

Attempts to estimate population size at Birojima in 2011 and 2012 suffered from faulty assumptions and limited data (mainly insufficient spatial coverage) that resulted in significant underestimates of population size. In 2011, we

incorrectly assumed that all *Synthliboramphus* murrelets shared similar congregation attendance patterns, so we used a Scripps's Murrelet spotlight survey correction factor that correlated the number of nests in a well-defined area with the number of murrelets that congregated off that area (0.40-0.52 nests per bird counted in the congregation; D. Whitworth, unpubl. data). Applying the Scripps's Murrelet correction factor to JAMU data from Birojima yielded a tentative estimate of 200-300 breeding pairs in 2011 (see Whitworth et al. 2012 for details). We still feel that the spotlight survey correction factor is a valuable tool that facilitates estimating the size of murrelet breeding populations (e.g., Whitworth et al. 2018a,b), but a specific correction factor is needed for JAMU (e.g., Park et al 2017). Unfortunately, Birojima is not a feasible location for determining a JAMU correction factor because it is not possible to accurately count the number of murrelet nests in a defined section of the island.

2011年と2012年に枇榔島での個体数規模を推定しようとする試みは、誤った仮定と限られたデータ（主に不十分な空間的な利用範囲）に苦しめられており、その結果個体数規模を過小評価していた。2011年には、すべてのウミスズメ属のウミスズメ類が類似の集合パターンをとると誤った想定をしていたため、スクリプスウミスズメのスポットライトサーベイ用の補正係数を使用していた。それは、十分に定義づけられたエリアにおいて、巣の数と集合するウミスズメ類の数を関連付けるものである（洋上の集合でカウントされた鳥1羽につき0.40~0.52巣; D. Whitworth、未発表データ）。枇榔島のカンムリウミスズメのデータにスクリプスウミスズメの補正係数を適用すると、2011年は200~300繁殖ペアという仮推定値が得られた（詳細は Whitworth et al. 2012 を参照）。スポットライトサーベイの補正係数は、ウミスズメ類の繁殖規模の推定に役立つ貴重なツールだと感じているが（Whitworth et al. 2018a,b など）、カンムリウミスズメには特定の補正係数が必要である（Park et al. 2017）。残念なことに、枇榔島は、カンムリウミスズメの補正係数を決定するための調査地としては不向きである。なぜならば、島の決められた場所でカンムリウミスズメの巣の数を正確に数えることは不可能なためである。

After determining that spatial patterns in congregation attendance were quite different for JAMU and Scripps's Murrelets, we based our 2012 population estimate (1,200-1,800 breeding pairs) on spotlight survey densities extrapolated over the congregation area to calculate the total number of JAMU attending congregation waters (2,507 murrelets; see Carter et al. 2013 for details). At the time, we recognized potential problems with our 2011-2012 spotlight survey results and cautioned that these estimates should be considered tentative until more data were available (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013). In retrospect, barring an unlikely increase in the size of the JAMU population since 2012, our concerns were borne out; the much larger number of JAMU estimated in the at-sea congregation in 2018 (4,700 murrelets) will surely yield a much larger breeding population estimate than those provided in 2011-2012. However, we consider it premature to provide another population estimate for Birojima when we anticipate funding will be available for more spotlight surveys in 2019-2020. Thus, we prefer to refrain from a more thorough analyses until all data have been collected.

2012年、カンムリウミスズメとスクリプスウミスズメの集合では、集合している空間パターンが大きく異なると判断した後、私たちは、個体数推定（1,200~1,800羽の繁殖ペア）をスポットライトサーベイ時の個体数密度の使用を基本とした。この密度を集合している面積に外挿し、洋上の全集合個体数（2,507羽; 詳細は Carter et al. 2013 を参照）を求めることから繁殖個体数を推定した。当時、私たちは2011~2012年度のスポットライトサーベイの結果、問題を認識して

いたので、これらの見積もりは、より多くのデータが利用可能になるまで暫定的だと考慮すべきである、と警告していた (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013)。振り返ってみると、2012年以降のカンムリウミスズメの個体数が増加しているということでない限り、私たちの懸念は払拭されたようである。2018年には洋上の集合内のカンムリウミスズメの推定数をはるかに多いため (4,700羽)、確実に、2011年から2012年にかけての推定よりもはるかに大きな繁殖個体数が推定されるであろう。しかし、私たちは、2019-2020年も継続的に助成を得、さらに多くのスポットライトサーベイができることを期待しているため、現時点において、枇榔島のための個体数を推定することは、時期尚早であると考えている。

Variation in spotlight counts has been a consistent result at all islands where adequate samples of *Synthliboramphus murrelet* surveys have been conducted (e.g., Anacapa Island and San Clemente Island, California [Whitworth and Carter 2014, Whitworth et al. 2018b]). Minimizing variation in survey counts is a key factor in detecting small and moderate changes in population size over time. Many possible factors could affect when, where and if murrelets join the at-sea congregation on a given night (e.g., moon phase, cloud cover, wind, ocean conditions, prey distribution and availability), but data are still lacking to analyze which factors have the greatest effects on variation in spotlight survey counts. We determined that increasing the spatial coverage of spotlight surveys to account for possible shifts in JAMU distribution around Birojima was an effective means of reducing variation in survey counts; the combined round-island survey CV was considerably lower in 2018 (0.29) compared to the annual survey samples in 2011 (CV = 0.37) and 2012 (CV = 0.62) when only the 200 m round-island transect was surveyed (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013). Apparently, variability in murrelet counts closer to shore is consistently high as CV was 0.57 on the 200 m round-island transect in 2018. For this reason, we discourage using 2011-2012 spotlight survey data as a baseline for assessing future population trends at Birojima and strongly recommend future surveys continue using the complete set of 3 concentric round-island transects established in 2018 to minimize variation caused by shifts in distribution within the congregation.

スポットライト時のカウント数の変動は、他のウミスズメ属鳥類で既に十分な調査がなされてきた島でも一貫していた (例、Anacapa Island and San Clemente Island, California [Whitworth and Carter 2014, Whitworth et al. 2018b])。カウント数の変動を最小限に抑えることは、個体数規模の小程度および中程度の変化を経時的に検出するための重要な要素である。可能な多くの要素が、いつ、どこで、そしてカンムリウミスズメがたまたま定められた(調査の)夜に洋上に集合するか否かなどが影響を与える可能性がある (例えば、月の位相、雲の覆い、風、海の状態、獲物の分布と利用可能性)。しかしながら、スポットライトサーベイのカウント数の変動に最も大きな影響を与える要因を分析するデータはまだない。私たちは、枇榔島周辺のカンムリウミスズメの分布のシフトに影響する要因を明らかにするためには、スポットライトサーベイの空間利用を増加させることが、カウント数のばらつきを減らす効果的な方法であると、決定づけた; 統合型島周回型サーベイの CV は、200mの島周回型トランセクトのみが調査された2011年 (CV=0.37) および2012年 (CV=0.62) の年間調査サンプルと比較すると、2018年 (0.29) のものがかなり低い値を示していた (Whitworth et al. 2012, Carter et al. 2013)。2018年の200mの島周回型のトランセクトで CV が 0.57 になったように、海岸に近いほどウミスズメの数の変動は常に高いことが明らかである。このため、2011-2012年度のスポットライトサーベイのデータは、枇榔島の今後の個体数の動向評価のためのベースラインデータとしては推奨しない。群れ内の鳥の

分布の変化により生じるカウント数の変動を最小限に抑えるために、2018年に確立された3つの同心円状の島周回型トランセクトの完全なタイプのセットを、今後の調査に継続して使用することを強く推奨する。

At-sea Captures (洋上捕獲)

The primary purpose of at-sea captures was to determine the proportions of breeding and non-breeding murrelets in the at-sea congregation, information that is vital for JAMU population estimates based on extrapolation of spotlight survey densities. Thus, at-sea captures are a key component of our research and should be continued. Applying the proportion of breeding murrelets in the capture sample (53%) to the total number of murrelets estimated in the at-sea congregation (4,700) yielded 2,491 breeding birds in the congregation in 2018. However, several other assumptions (*e.g.*, the proportion of murrelets in the congregation with incubating mates in nests on the island and the proportion of breeding birds that did not visit the congregation each night) are needed before this can be converted into a proper breeding population estimate for the entire Birojima colony. As stated above, we will refrain from these analyses until all data have been collected and considered.

洋上捕獲の主な目的は、洋上に集合するカムリウミスズメの繁殖鳥、非繁殖鳥の割合を決定することであり、それは、スポットライトサーベイから求めた個体数密度の外挿を基本とするカムリウミスズメの個体数推定には、不可欠な情報であった。したがって、洋上捕獲は研究の重要な構成要素であり、継続されるべきである。捕獲された個体の繁殖鳥の割合（53%）を、洋上集合内の推定総個体数（4,700）に外挿すると、2018年は洋上の集合中の繁殖鳥は2,491羽である、と計算された。しかしながら、これをもとに枇榔島コロニー全エリアの適切な繁殖数の推定がされる前に、他のいくつかの仮定が必要である（例として、島の巣の中で抱卵している鳥と洋上に集合している鳥の割合、と洋上の群れに毎晩は訪れなかった繁殖鳥の割合）。上述のように、全てのデータが収集され検討されるまでは、これらの分析を控えたい。

The proportion of murrelets with brood patches in late March/early April 2018 (53%) was very similar to early April 2012 (59%) but much higher than late April 2011 (13%). Much like 2018, night-lighting captures in 2012 were conducted during the main incubation period. In contrast, captures in 2011 were conducted during the chick departure period. We suspect differences in the timing of surveys and captures between 2011 and 2012/2018 accounted for the different proportions of breeding birds in the capture samples.

2018年3月下旬および4月初旬の抱卵斑保有個体の割合（53%）は、2012年4月上旬（59%）のものにとってもよく似ているが、2011年4月下旬（13%）のものよりは、はるかに高い。2018年と同様、2012年の夜間照明による捕獲は、抱卵期間期間の最中に実施されたようである。対照的に、2011年の捕獲は、ヒナの巣立ちの期間中に行われた。私たちは、2011年と2012および2018年における調査と捕獲のタイミングの違いが、捕獲個体中の繁殖鳥の異なる割合を説明していると考えている。

Nest Searches and Monitoring (営巣調査と巣のモニタリング)

Nest monitoring data indicated that our visits occurred during the late egg-laying and early incubation period. Most of the nests contained incubating murrelets when breeding was first detected at these sites in late March (42%) or early April (30%). We could specify a narrow range (< 10 days) of egg-laying dates for the 5 nests which were empty in late March but contained eggs or incubating adults in early April (egg-laying between 28 March and 7 April), and the 4 nests which contained 1-2 eggs in late March and incubating adults in early April (egg-laying between 20-30 March). However, we could not specify a range of egg-laying dates for most other sites, other than: 1) egg-laying occurred sometime before mid-March at 22 sites where incubating adults were observed on 27-28 March; and 2) egg-laying occurred sometime before 30 March at 16 sites where incubating adults were observed on 8 April but were not checked on 27-28 March. The lack of hatched eggshells in nests or anywhere else on the island was important for determining that our surveys were conducted during a period when most, if not all, breeding birds should be consistently visiting Birojima. This information has important implications for interpretation of the spotlight and at-sea capture data. Thus, nest searches also play a vital role in the overall survey effort at Birojima.

営巣モニタリングのデータは、調査が、産卵後期で早期抱卵にあたる期間中に実施されたことを示している。殆どの巣では、3月下旬または4月上旬に繁殖が最初に確認された時に、抱卵中のカンムリウミスズメが確認されている(3月下旬(42%)、4月上旬(30%))。私たちは、狭い期間(10日未満)での産卵日を特定できた巣がある。5巣においては、3月下旬には空であったが、4月上旬には卵もしくは抱卵中の成鳥が確認できた(3月28日から4月7日の間に産卵)。3月下旬に1~2卵が確認された4巣では、4月初めには抱卵中の成鳥を確認した(3月20~30日に産卵)。しかしながら、他の殆どの他の場所では、下記に示す2つのこと以上のことは解らず、卵産卵日の期間を特定することができなかった: 1) 3月中旬以前に産卵されている22か所で、3月27日~28日に抱卵中の成鳥が確認された、2) 3月30日以前に産卵されているであろう16カ所では、4月8日に抱卵中の成鳥を確認したが、3月27~28日には確認されなかった。巣内もしくは島上の他の場所で、孵化した卵殻が見られなかったことは、全てではないにしても殆どの繁殖鳥が確実に枇榔島を訪れる時期に調査が行われたことを決定づける上で重要であった。この情報は、スポットライトおよび洋上捕獲のデータの解釈に重要な意味を持っている。したがって、営巣調査もまた、枇榔島での全ての調査努力において重要な役割を果たしている。

Conclusion (まとめ)

Survey results from 2018 indicated that Birojima hosts the largest JAMU colony in the world. Compared to the other large JAMU population center in the Izu archipelago, Birojima is a much more practical location for research because it is closer to populated areas and easier to access from safe harbors. Continuing surveys at Birojima will aid in accomplishing many of the goals identified at the Spotlight Survey Technical Committee meeting held in Kadogawa in March 2017 (Otsuki et al. 2017b). However, the value of this program extends far beyond conserving the murrelet population at Birojima because this information is critical for comparison to other colonies throughout the breeding range in southern Japan and the Republic of Korea.

2018年の調査結果から、枇榔島は世界で最大のカンムリウミスズメのコロニーを保有していることが示された。他の大規模なカンムリウミスズメの繁殖地である伊豆諸島と比較して、枇榔島は人間の生息圏に近く、安全な港からのア

クセスも容易であるため、研究にとっては、はるかに現実的な場所である。枇榔島での継続的な調査は、2017年3月に門川町で開催された「スポットライトサーベイ専門委員会」で特定された目標の達成に貢献するものと思われる（Otsuki et al. 2017b）。しかしながら、この情報は、日本南部から韓国にかけての全ての繁殖地間のデータの比較を可能にする重要なものであり、このプログラムの価値は、枇榔島のカンムリウミスズメの個体数の保護という目的を遥かに超えるものとなるであろう。



View from the Japanese Murrelet breeding colony under the forest canopy atop Birojima looking north toward the satellite offshore rocks and the Kyushu coast.

カンムリウミスズメのコロニーからの眺め。枇榔島山頂の林内から沖合の岩場と九州の海岸線をみる。

LITERATURE CITED (引用文献)

- Carter, H.R., K. Ono, J.N. Fries, H. Hasegawa, M. Ueta, H. Higuchi, J.T. Moyer, L.K. Ochikubo-Chan, L.N. de Forest, M. Hasegawa and G.B. van Vliet. 2002. Status and conservation of the Japanese Murrelet (*Synthliboramphus wumizusume*) in the Izu Islands, Japan. *Journal of the Yamashina Institute for Ornithology* 33: 61-87.
- 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.
- Choi, C.Y. and H.Y. Nam. 2017. Threats to murrelets in the Republic of Korea. Pages 114-119 *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.
- DeGange, A.R. and R.H. Day. 1991. Mortality of seabirds in the Japanese land-based gillnet fishery for salmon. *Condor* 93: 251-258.
- Gaston, A.J. and I.L. Jones. 1998. The Auks. Bird families of the world, Vol. 4. Oxford University Press Inc., New York.
- Hamada, S. 2017. Stories of Kadogawa residents living with Japanese Murrelets. Pages 126-128 *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.
- Hasegawa, H. 1984. Status and conservation of seabirds in Japan, with special attention to the Short-tailed Albatross. Pages 487-500 *In*: Croxall, J.P., P.G.H. Evans and R.W. Schreiber (Eds.). Status and conservation of the world's seabirds. International Council for Bird Preservation Technical Publication 2.
- Higuchi, Y. 1979. Breeding biology and distribution of the Japanese Crested Auklet. *Kaiyo to Seibutsu (Aquatic Biology)* 1: 20-24.
- Kazama, T. 1971. Mass destruction of *Synthliboramphus antiquus* by oil pollution of Japan Sea. Misc. Reports of the Yamashina Institute of Ornithology 6: 389-398.
- Nakamura, Y. 1993. Results of the national survey on the distribution of the Japanese Murrelet. *In*: Ono, K. (Ed.). The Japanese Murrelet: its status and conservation. Proceedings of the 1993 meeting of the Japan Ornithological Society. Toho University, Japan.
- 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. 1993. The Japanese Murrelet: its status and conservation. Proceedings of the 1993 meeting of the Japan Ornithological Society. Toho University, Japan.
- Ono, K. and Y. Nakamura. 1993. The biology of the nesting Japanese Murrelets on Biro Island (Kadogawa-cho, Miyazaki Prefecture). *In*: K. Ono (Ed.). The Japanese Murrelet: its status and conservation. Proceedings of the 1993 meeting of the Japan Ornithological Society. Toho University, Japan.
- Ono, K., J.N. Fries and Y. Nakamura. 1994a. Crow predation of Japanese Murrelets. *Urban Birds* 11: 63-68.
- Ono, K., J.N. Fries and Y. Nakamura. 1994b. 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. Proceedings of the 1994 meeting of the Japan Ornithological Society, Toho University, Chiba, Japan (translated by K. Otsuki, 16 October 2012).
- Otsuki, K. 2013. Historical colony harvesting, at-sea hunting, and local fishing bycatch of the Japanese Murrelet at Birojima, Miyazaki-ken, Japan. *Pacific Seabirds* 40: 59-69.
- Otsuki, K., Carter, H.R., Yamamoto, Y., and Park. C.U. 2017a. Summary of the breeding status for the Japanese Crested 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, Y. Minowa, V.M. Mendenhall, M. Takeishi, S.K. Nelson, D.L. Whitworth, H.Y. Nam, and P.N. Hébert. 2017b. Status and Monitoring of Rare and Threatened Japanese Crest Murrelet. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.
- 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.
- Piatt, J.F. and P.J. Gould. 1994. Postbreeding dispersal and drift-net mortality of endangered Japanese Murrelets. *Auk* 111: 953-961.
- Sealy, S.G. 1976. Biology of nesting Ancient Murrelets. *Condor* 78: 294-306.
- Tajiri, H., Y. Teshima, and Y. Yamamoto. 2017. Counting Japanese Murrelets in at-sea congregations in the Izu Islands using spotlight surveys 1-2 hours before sunrise. Pages 73-81 *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.
- Takeishi, M. 1987. The mass mortality of Japanese Murrelet *Synthliboramphus wumizusume* on the Koyashima Islet in Fukuoka. *Bulletin of the Kitakyushu Museum of Natural History* 7: 121-131. (In Japanese)

- The Ornithological Society of Japan (OSJ). 2012. Check-list of Japanese birds. 7th revised edition. The Ornithological Society of Japan, Sanda, Japan.
- 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. 2018. 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., J.Y. Takekawa, H.R. Carter, and W.R. McIver. 1997. A Night-Lighting Technique for At-Sea Capture of Xantus' Murrelets. *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. 2014. 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, 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.

2018年カンムリウミスズメ調査報告書

Japanese Murrelet Surveys in 2018

編集委員：大槻都子, 箕輪義隆

英文校閲：Darrell L. Whitworth (English editing)

写真：世界最大のカンムリウミスズメの繁殖地枇榔島の岩肌

Rock features at the largest Japanese Murrelet colony in the world, Birojima, Miyazaki Prefecture, Japan. Photo by Y. Minowa

門川町枇榔島報告書の表紙写真 (Page1) Photo by Darrell Whitworth

牟岐町海域報告書の表紙写真 (Page 33) Photo by Michel Parker

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：2019年1月17日