

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

<sup>1</sup>Kuniko Otsuki, <sup>1</sup>Yoshitaka Minowa, <sup>2</sup>Nina Karnovsky,<sup>3</sup> and Maria Kai

<sup>1</sup>Marine Bird Restoration Group, 1-18 Ishida, Hokida, Fukushima-shi, Fukushima Prefecture 960-8163, Japan.

<sup>2</sup>Pomona College Dept. of Biology, 175 W. 6th St. Claremont, CA 91711, USA.,

<sup>3</sup>Kadogawa Town, 1-1 Honmachi Kadogawa-cho, Higashiusuki-gun, Miyazaki Prefecture 889-0696, Japan.

### Executive summary 要約

• An acoustic survey using a songmeter for the the Japanese Murrelet *Synthliboramphus wumizusume* (hereafter, “JAMU”) at Birojima (32° 27.9' N, 131° 43.9' E) that it the largest known breeding colony of JAMU in the world was conducted from February 22 to May 8, 2023.

世界最大のカンムリウミスズメ(以降 JAMU)の繁殖地として知られる枇榔島(北緯 32°27.9'、東経 131°43.9')で、ソングメーターを用いた JAMU の音響調査が、2023 年 2 月 22 日~5 月 8 日に実施された。

• We deployed two songmeters (wildlife acoustics, SM4) during the 2023 breeding season. Each songmeter recorded for 20 minutes (10 minutes×2times) per hour, from sunset to sunrise. Conservation Metrics (CMI) analyzed, detected, and quantified vocalizations of adults of the JAMU with the Deep Neural Network (DNN) classification model (threshold = 0.99).

2023 年の繁殖期、私たちは 2 台のソングメーター(wildlife acoustics SM4)を設置した。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 20 分間記録した(10 分を 2 回)。Conservation Metric (CMI) が、ディープニューラルネットワーク (DNN) 分類モデル (しきい値 = 0.99)を用いて成鳥の声の解析を行った。

• With Raven Pro 1.6.5, our group detected and quantified chick calls of JAMU that were difficult to analyze with DNN. We also detected the first calls of adults and chicks of JAMU of each survey night. For the analysis, we used data up to 0:00.

私たちのグループは、Raven Pro 1.6.5 を用いて、DNN では解析困難な雛の声の解析および定量に加え、調査夜毎の、成鳥と雛の初めて声の確認も行った。解析には、当地での個体数調査に使用可能な時間帯である深夜 0 時以前のデータを用いた。

• During the survey period, a total of 430.27 hours of audio recordings were collected over the course of 112 sensor-nights. 調査期間内に、合計 112 センサーナイト中に 430.27 時間の音声録音された。

• JAMU calls were detected at both sites. We see a clear seasonal peak at site 2. The seasonal peak at site 2 in 2023 was clearly different from the trend in 2019 and 2020. In 2019 and 2020, call rate peaked in March and April, but there was only 1 large clear peak in April in 2023.

JAMU の鳴声は、両サイトで検出された。サイト 2 では、明確な季節的ピークが見られた。2023 年の 3 月以降のサイト 2 の鳴声頻度の季節的ピークは、2019 年、2020 年のものとは明らかに異なる傾向を示していた。2019 年、2020 年は、鳴声頻度の大きなピークは 3 月、4 月にそれぞれ見られていたが、2023 年は 4 月に大きなピークが 1 つあるだけであった。

・ At site 1, the first chick calls occurred on 14 March and the last chick call was confirmed on 30 April. At site 2, the first chick call occurred on 13 March and the last chick call was confirmed on 27 April. The high peak of JAMU chick fledgling appeared between April 12 and 16, and small peaks appeared on between March 20 and 27.

サイト 1 では、最初の雛の鳴き声は 3 月 14 日に、最後の雛の鳴き声は 4 月 30 日に確認された。サイト 2 では、最初の雛の鳴き声は 3 月 13 日に、最後の雛の鳴き声は 4 月 27 日に確認された。巣立ちは、小さなピークが 3 月 24 日～30 日の間に確認された後、約 1 週間程度はほぼ 0 で、その後 4 月 12 日～16 日の間に大きなピークが見られた。

・ The call rates of adult and the duration of total chick calls at site 2 in 2023 showed that the changes in vocal activity in both groups were almost identical. We recreated the similar figure for site 1 studied in 2020 with statistical processing and we found that the acoustic activity of adult birds and the fledging of chicks at site 1 in 2020 were also almost identical.

2023 年のサイト 2 の成鳥の鳴声頻度と雛の鳴声長を比較すると、双方の変化はほぼ一致していることが解った。統計処理を加え、2020 年の同様の図を再現したところ、2020 年のサイト 1 における成鳥の音響活動と雛の巣立ちもほぼ一致していることが解った。

・ Confirmation of the first JAMU after sunset showed the same trend for the past three years, regardless of the location of the song meter and the survey year. Therefore, it was thought that the period when the first JAMU adult calls started at sunset was the signal for the start of fledging.

日没後一番早い JAMU の確認は、過去 3 年間、ソングメーターの設置場所が変わろうと、調査年が違おうと、同じ傾向を示していた。そのため、JAMU の声が日没と同時に始まる期間は、巣立ち開始の合図であろうと考えられた。

・ We found that the island was quiet until 270 minutes after sunset, but it became lively after 300 minutes (5 hours). Conversely, the portion of breeding individuals caught offshore (portion of individuals with brood-patches) was high until 240 minutes (4 hours) after sunset, but showed a downward trend thereafter.

JAMU についての洋上での有抱卵斑個体と島での音響活動調査の結果より、島上は、日没後 270 分までは静かな状態であるが、300 分(5 時間)を越えたあたりから賑やかになることが解った。洋上で捕獲した繁殖個体数の割合(有抱卵斑個体の割合)は、それとは逆で、日没後 240 分(4 時間)までは高かったものの、以降は減少していく傾向を示していた。

・ After considering seasonal and temporal aspects, including past data, we believe that the optimal seasonal timing to conduct the Spotlight Survey is between late March (around March 27, beginning of fledglings) and early April (before April 10).

過去のデータも含め、季節的、時間的に考察をした結果、スポットライトサーベイの最適な実施時期は、巣立ち開始期の 3 月下旬(3 月 27 日頃)～4 月上旬(4 月 10 日以前)と考えられた。

・ As for the diel time, it was inferred that it would be best to start survey two hours after sunset. However, since there is no record of surveys starting at 20:00, we would like to conduct a comparative project of spotlight surveys and at-sea capture surveys during those hours.

日周的な時間については、日没から2時間後にスタートするのが良い、と推測された。ただし、20時台開始の調査実績はないため、その時間帯でのスポットライトサーベイおよび洋上捕獲調査の比較調査を行いたい。

・ It's hard to estimate the optimal time to survey each year. If the first call of JAMU adults at sunset means the sign of fledging, it would be best to confirm acoustic data in real time from the mainland.

毎年のベストな調査タイミングを推測するのは難しい。成鳥の日没時の初鳴きが、巣立ちの開始のサインを意味するのであれば、陸上から、それをオンタイムで知ることができればベストである。

## Introduction (はじめに)

The Japanese Murrelet *Synthliboramphus wumizusume* (hereafter, “JAMU”) is classified as vulnerable by the IUCN and Ministry of the Environmental Red List of Threatened species because of their small population size and declines due to gill nets, predation by non-native and native predators (Ono 2014, Otsuki et al. 2017, BirdLife International 2018, Otsuki et al. 2018), as well as heavy historical colony harvesting by human beings (Otsuki 2013). Their population size is difficult to ascertain due to their nocturnal, burrow-nesting lifestyle. A population surveys are very important for assessing breeding populations. The purpose of this project was to explore the right time for conducting JAMU population surveys which is called the spotlight survey in order to assess the breeding population effectively. In this report, we compare data collected in 2019 and 2020 to those collected in 2023, and describe trends of vocal activities of JAMU, consider appropriate timing for spotlight surveys, and summarize the next plans for carrying out these surveys.

カンムリウミスズメ *Synthliboramphus wumizusume* (以降 JAMU)は、人間による歴史的な繁殖地での卵や成鳥の大量の捕獲にくわえ、さし網、捕食者(移入種含む)による捕食から個体数を減らし(Takeishi 1987, Ono 2014, Karnovsky et al. 2017, Otsuki et al. 2017, BirdLife International 2018, Otsuki et al. 2018)、IUCN や環境省のレッドリストでは vulnerable(脆弱)に分類されている。本種は夜行性であり、かつ巣穴の奥にこもる生活様式をとるため、彼らの個体数を確認することは容易ではない。個体数調査は、繁殖個体数の評価には重要である。本報告書では、2019年と2020年に収集したデータと2023年に収集したデータを比較する。JAMUの音声活動の傾向を解説し、スポットライト調査の適切なタイミングを検討し、今後の調査実施計画をまとめてみた。

## 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 located less than 3 km off the eastern coast of Kyushu, and about 7 km east of Kadogawa Harbor and this island is the largest known breeding colony of JAMU in the world (Figure 1). JAMU acoustic survey using a songmeter at Birojima was conducted from February 22 to May 8, 2023.

枇榔島(北緯32°27.9'、東経131°43.9')は、九州の東海岸から3km未満、門川港から東に7kmに位置する小さな島であり、世界最大のカンムリウミスズメの繁殖地として知られている(図1)。枇榔島でのソングメーターを用いたJAMUの音響調査は、2023年2月22日~5月8日に実施された。

We deployed two songmeters (wildlife acoustics, SM4) during the 2023 breeding season (Figure 2). Each songmeter recorded for 20 minutes (10 minutes × 2times) per hour, from sunset to sunrise. Conservation Metrics (CMI) analyzed, detected, and quantified vocalizations of adults of the JAMU at both sites. All events flagged by the Deep Neural Network (DNN) classification model (threshold = 0.99) were manually reviewed to remove false positives (misidentified sounds) by CMI. 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).



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

With Raven Pro 1.6.5, our group detected and quantified chick calls of JAMU that were difficult to analyze with DNN. We also detected the first calls of adults and chicks of JAMU of each survey night. We measured the total duration (seconds) of the chick calls within 10-minute periods of data for each. For the analysis, we used data up to 0:00, taking into account availability of the time for the population survey in this area based on: a) the operational status of the boats used for the spotlight survey, b) the current status of fishing around the island, and 3) the time of night when Streaked Shearwaters *Calonectris leucomelas* are active on the island. At site 2, the calls of the shearwaters become so intense after midnight that it become impossible to analyze the weak calls of the JAMU chicks.

2023年の繁殖期、私たちは2台のソングメーター(wildlife acoustics SM4)を設置した(図2)。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20分間記録した(10分を2回)。Conservation Metric (CMI) が成鳥の声の解析を行った。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, Kingsbury. 2013; Fleishman. 2019; Min, Lee, & Yoon. 2016; Schmidhuber. 2015; and Otsuki et al. 2021)。

私たちグループは、Raven Pro 1.6.5 を用いて、DNN では解析困難な雛の声の解析および定量に加え、調査夜毎の、初めての成鳥と雛の声の確認も行った。私たちは、10 分間の各データ内の雛の声の長さの合計(秒)を計測した。解析には、当地での個体数調査(スポットライトサーベイ)に使用している船の都合、b)枇榔島周辺での漁の事情、そして、c)島上のオオミズナギドリ *Calonectris leucomelas* のアクティブな時間帯。サイト2では、深夜0時以降は、オオミズナギの声が強烈になるので、雛のか弱い声は解析が不可能であった。

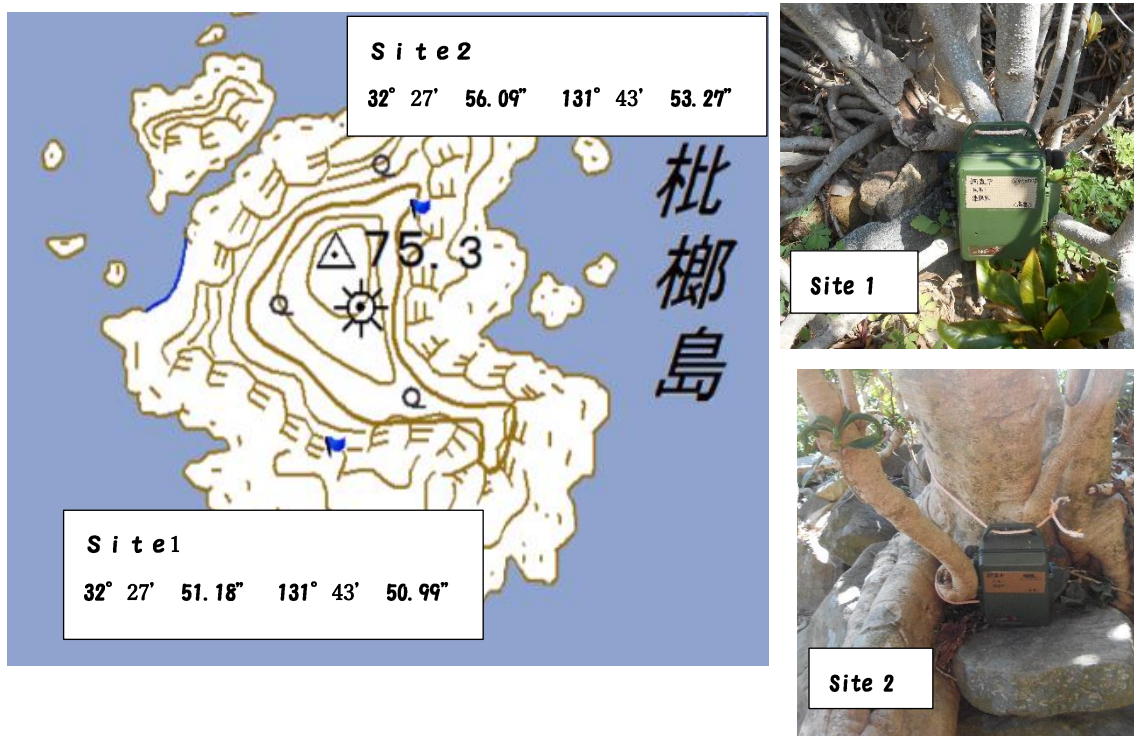


Figure 2. Acoustic survey locations during the 2023 project on Birojima.

## Results (結果)

### Survey Effort (調査努力)

Data were collected between 22 February and 8 May 2 (Table 1). A total of 430.27 hours of audio recordings were collected over the course of 112 sensor-nights. At site 1, there was a timing when the recording was interrupted.

音声データは、2023年2月22日から5月8日まで録音されていた(表1)。合計112センサーナイト中に430.27時間の音声録音された。

Table 1 : Survey effort at Japan sites in 2023.

Survey Site	Total Nights	Total Hours
Site 1	42	158.55
Site 2	70	270.72
Total	112	430.27

**Seasonal changes in acoustic activity (季節的な音響活動)**

**JAMU adults (JAMU の成鳥)**

We summarized call detections to identify seasonal patterns of acoustic activity (Figure 3). JAMU calls were detected at both sites. We see a clear seasonal peak at site 2, but there were not enough data to identify a seasonal peak at site 1 because it did not record from mid-March to mid-April. We did not calculate annual call rates due to the missing data at site 1. The seasonal peak at site 2 in 2023 was clearly different from the trend in 2019 and 2020 (Otsuki et al. 2020, Otsuki et al. 2021). In 2019 and 2020, call rate peaked in March and April, but there was only 1 large clear peak in April in 2023

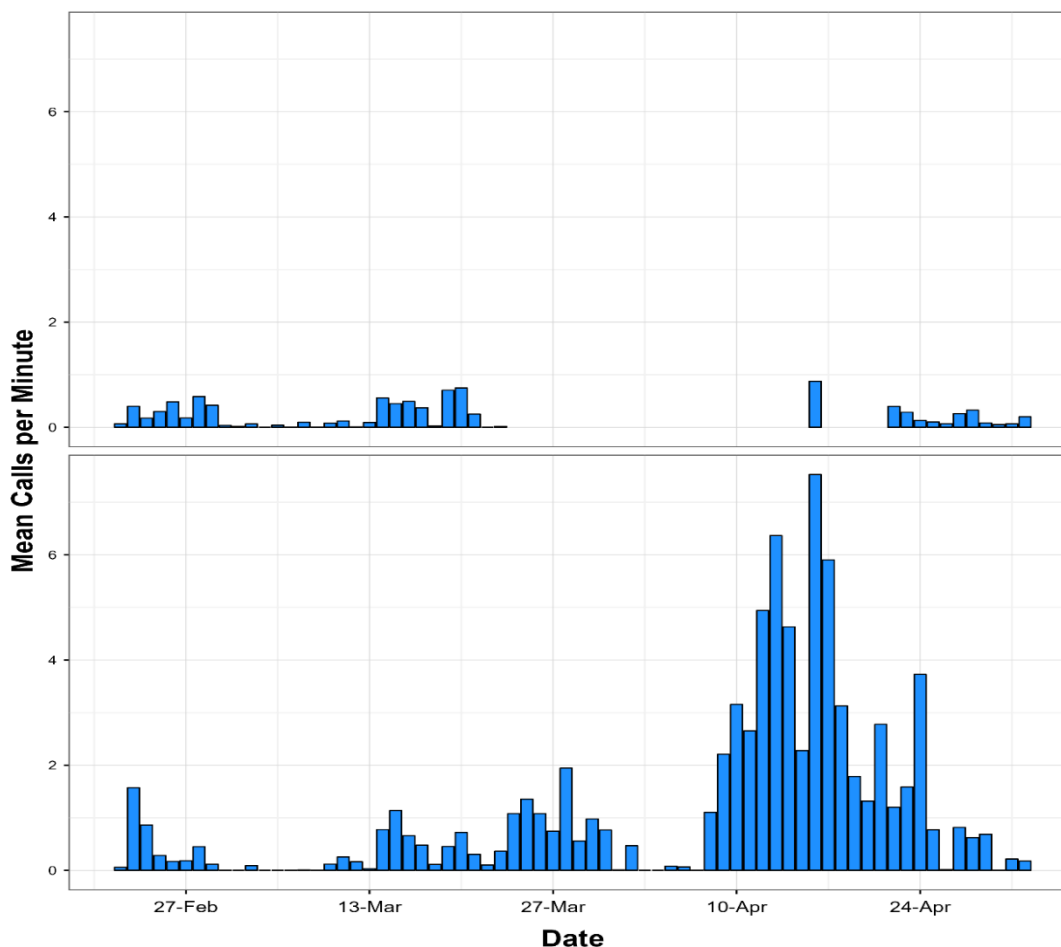


Figure 3. Japanese Murrelet daily activity by site. Black horizontal lines indicate survey effort with no detection. Top panel is site 1, bottom panel is site 2.

私たちは音響活動の季節的を特定するための要約を試みた(図 3)。JAMU の鳴声は、両サイトで検出された。サイト 2 では、明確な季節的ピークが見られた。サイト 1 では 3 月中旬～ 4 月中旬のデータがないため季節的ピークを特定できないことから、年間の鳴声頻度の計算は行わなかった。2023 年の 3 月以降のサイト 2 の鳴声頻度の季節的ピークは、2019 年、2020 年のものとは明らかに異なる傾向を示していた。2019 年、2020 年は、鳴声頻度の大きなピークは 3 月、4 月にそれぞれ見られていたが(Otsuki et al. 2020, Otsuki et al. 2021)、2023 年は 4 月に大きなピークが 1 つあるだけであった。

### JAMU chicks (JAMU の雛)

We examined the acoustic data to find the chick calls which signal the time that the chicks are leaving the nests (fledgling). At site 1, the first chick calls occurred on 14 March and the last chick call was confirmed on 30 April. At site 2, the first chick call occurred on 13 March and the last chick call was confirmed on 27 April (Table 2). Fledgling seems to have continued after the final confirmation, but considering the acoustic activity of adults, it could not be very large-scale. In this report, we do not use the data at site 1 for the further analysis because of missing data during the main fledgling period.

The high peak of JAMU chick fledgling appeared between April 12 and 16, and small peaks appeared on between March 20 and 27 (Figure 4). Compared to past records, the start of fledgling was approximately two weeks earlier, but the final fledgling was the same as in previous years (Otsuki et al. 2021).

私たちは、雛の巣立ちを意味する、雛の声の鳴声を見つけるため、音響データを解析した。サイト 1 では、最初の雛の鳴き声は 3 月 14 日に、最後の雛の鳴き声は 4 月 30 日に確認された。サイト 2 では、最初の雛の鳴き声は 3 月 13 日に、最後の雛の鳴き声は 4 月 27 日に確認された(表 2)。巣立ちは最終確認以降も続いているものと思われるが、成鳥の音響活動から考慮しても、小規模であろうと考えられる。サイト 1 のデータは、主要な巣立ち期間中のデータが欠落しているため、さらなるデータの解析には用いなかった。巣立ちは、小さなピークが 3 月 24 日～30 日の間に確認された後、約 1 週間程度はほぼ 0 で、その後 4 月 12 日～16 日の間に大きなピークが見られた(図 4)。2023 年の巣立ちの開始は、過去の記録に比較し、約 2 週間早まっているが、最終繁殖確認は、例年同様の期間であった(Otsuki et al. 2021)。

### Peak of fledgling and adult vocal activities (巣立ちと成鳥の音響活動のピーク)

A comparison of the call rates of adult and the duration of total chick calls at site 2 in 2023 showed that the changes in vocal activity in both groups were almost identical (Figure 4). We attempted to recreate the similar figure created last year for site 1 in 2020 with statistical processing (Figure 5). We thought the changes of vocal activities between adults and chick were not identical but it could be wrong. On the night of April 8, 2020, data around 23:00 recorded the same chick calling continuously, so the graph showed a high value, which caught our attention.

In general, when many individuals call, the duration of the calls becomes longer. Therefore, when we excluded this one-night data and expanded the graph, we found that the acoustic activity of adult birds and the fledging of chicks at site 1 in 2020 were also almost identical.

2023 年のサイト 2 の成鳥の鳴声頻度と雛の鳴声長を比較すると、双方の変化はほぼ一致していることが解った(図 4)。昨年サイト 1 で作成した 2020 年のサイト 1 用の図に統計処理を加えてみた(図 5)。昨年、私たちは、成鳥と雛の音響活動は一致しないと考えていたが、それは間違いかもしれない。2020 年 4 月 8 日の夜、23 時台のデータでは同一の雛が連続して鳴いているのが記録されていたため、グラフが高い値を示しており、それに目がいてしまう。一般的には、多く



の個体が鳴き交わすことで、鳴声長が長くなる。そのため、この一晩のデータを除外し、グラフを拡大してみると、2020年のサイト 1 での成鳥の音響活動と雛の巣立ちもほぼ一致していたことが解った。

In 2020, once fledging began, fledging was observed almost continuously, but in 2023, two different peaks, one large and one small, separated by about a week were observed.

2020 年は、いったん巣立ちが始まるとほぼ連続的に巣立ちが確認されたが、2023 年は、1 週間ほど分断された大小2つのピークが見られたようである。

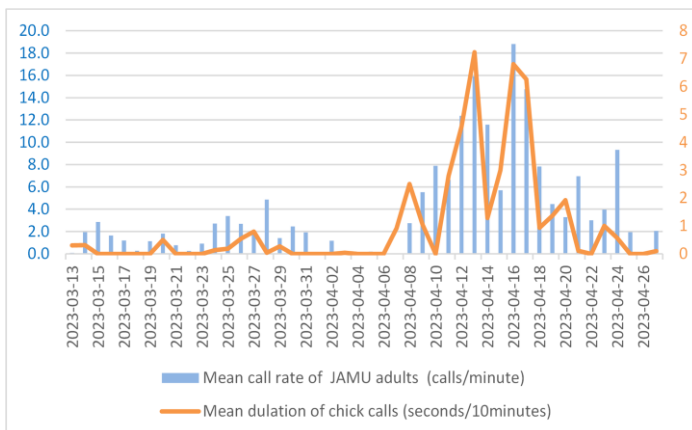


Figure 4. Mean call rate of JAMU adults and mean chick call duration at site 2 in 2023.

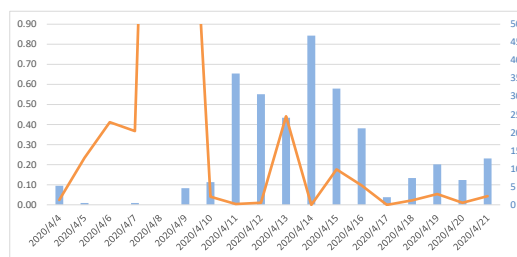
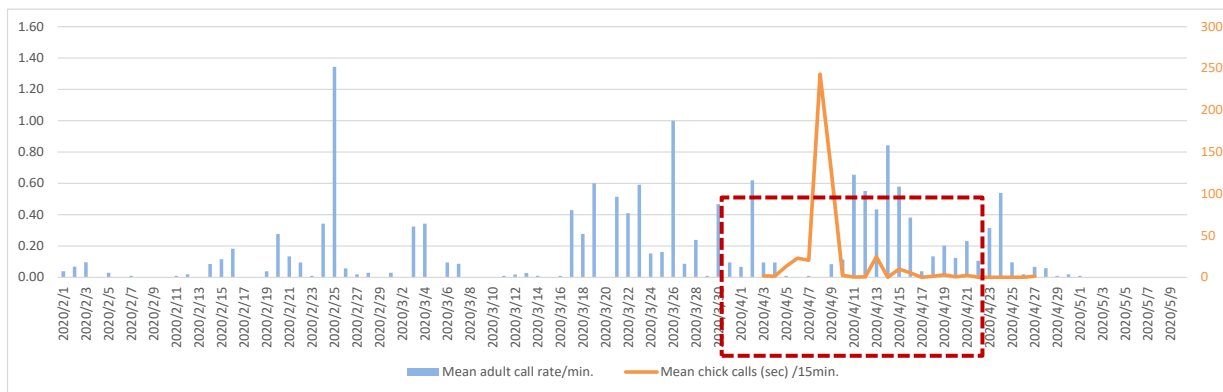


Figure 5. Mean call rate of JAMU adults and mean chick call duration at site 1 in 2020.

## Diel changes in acoustic activity (音響活動の日周変化)

### JAMU Adults (JAMU の成鳥)

JAMU adult activity was consistent throughout the night, starting about 80 minutes after sunset and ending about 690 minutes after sunset (Figure 6). Total nightly activity patterns show a peak between 390 and 480 minutes after sunset.

成鳥の音響活動は一晩中一貫しており、日没の約 80 分後に始まり、日没の約 690 分後に終了した (図 6)。2 か所の合計夜間活動パターンは、日没後 390 ~ 480 分の間にピークを示していた。

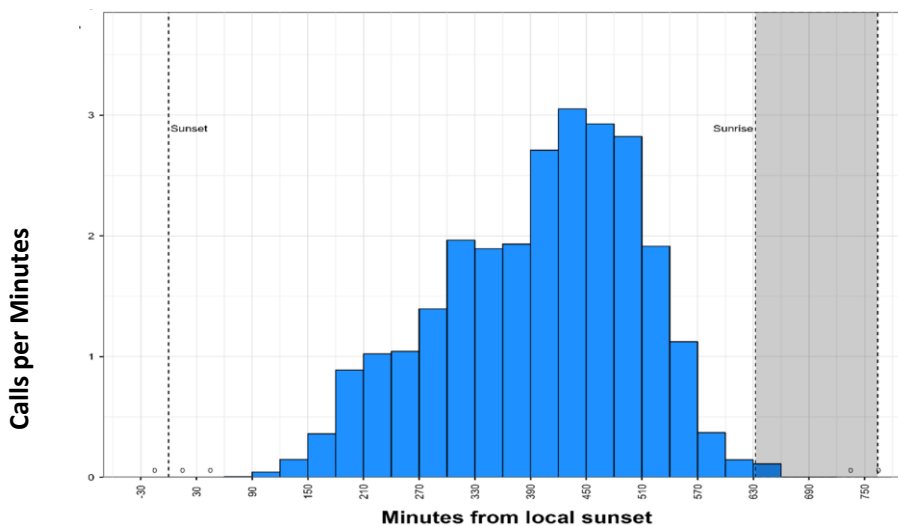


Figure 6. Japanese Murrelet activity as a function of time from sunset at both sites. The width of the gray area representing sunrise reflects the varying duration between sunrise and sunset over the course of the survey period.

At site 2, first calls of JAMU adults showed the similar trends as in 2019 and 2020 (Otsuki et al. 2020, Otsuki et al. 2021): first calls of adults were recorded more than 1.5 hours after sunset, but once fledgling (when we can hear chick calls) started, they were recorded around the dusk, and they lasted over two weeks (Figure 7).

サイト 2 では、日没後の一番 JAMU の確認は 過去 2 年間 (2019 年・2020 年) と同様の傾向を示していた (Otsuki et al. 2020, Otsuki et al. 2021)。ほとんどの晩、成鳥の最初の鳴き声は日没約 1.5 時間後(もしくはもっと後)に確認できたが、巣立ち (雛の鳴声が聞こえた時) が始まると、日没と同時に録音されるようになり、その現象は 2 週間以上続いた (図 7)。

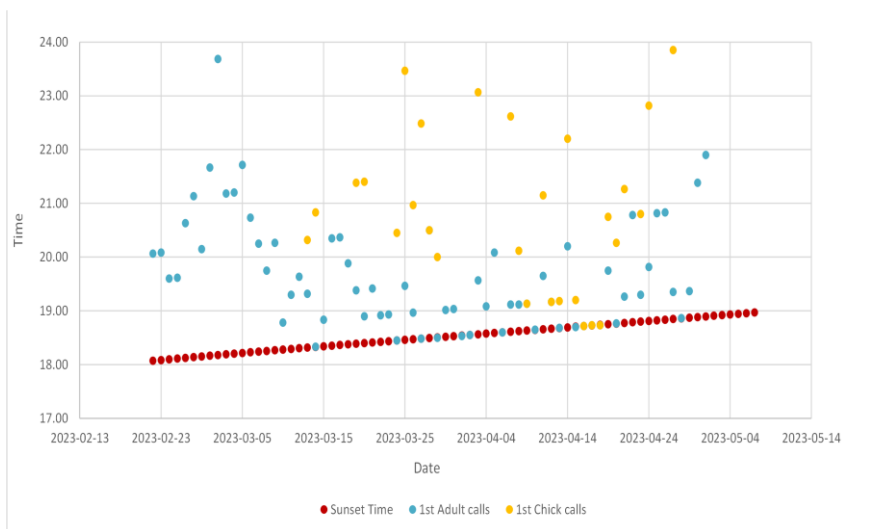


Figure 7. Calls of JAMU at site 2 around dusk in 2023

**JAMU Chick (JAMU の雛)**

The acoustic activity of chicks peaked at 120, 210, and 300 minutes after sunset (Figure 8). Changes in acoustic activity were quite different in March and April, but those in April showed the same pattern as the average values for March-April.

雛の音響活動は、日没後 120 分、210 分、300 分にピークが見られた(図 8)。音響活動の変化は、3 月と 4 月では、全く異なった様子を呈していたが、4 月のものは、3~4 月の平均値と同じ変化を示していた。

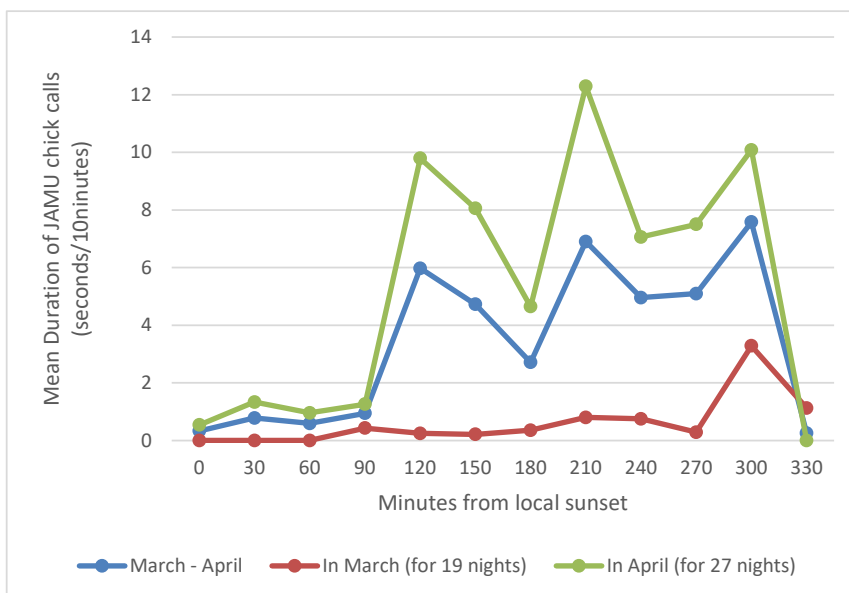


Figure 8. Duration of JAMU chick calls at site 2 on the night of spotlight surveys and at-sea capture activities.

**Breeding birds in the water and the call rate of JAMU adults on Birojima (洋上の繁殖個体と枇榔島上の JAMU の鳴声頻度)**

We compared JAMU's at-sea capture records with adult call rates on Birojima (Table 3). At-sea captures began at 21:00 (180 minutes after sunset) on 27 March. Roughly 5 birds had been caught every 30 minutes for 2.5 hours (until 11:30). However, the ratio of individuals with brood patches was high at 210 and 240 minutes after sunset (21:30 and 22:00) (Figure 9). On the other hand, the call rate of JAMU on the island was almost zero until 270 minutes after sunset (22:30), but began to increase slightly around 300 minutes after sunset (23:00), then increased rapidly after 300 minutes. We suppose that when the island was quiet, JAMU, especially breeding individuals, stayed in the water then they returned to the colony 4.5 hours after sunset, which made the colony so lively.

JAMU の洋上捕獲の記録と、枇榔島上の鳴声頻度のデータの比較を行う(表 3)。洋上での捕獲は、3 月 27 日の 21:00(日没後 180 分)に開始された。調査開始後 23:00(日没後 300 分)までは、30 分につき 4~6 羽の JAMU が捕獲されていたが、抱卵斑保有個体の割合は、日没後 210 分後と 240 分後(21:30 と 22:00)が多かった。一方、島上での JAMU の鳴声頻度は、日没後 270 分 (22:30)まではほぼ 0 で、日没後 300 分後 (23:00)ごろから増え始め、以降、急激に増えていった。島が静かな時は、JAMU、特に繁殖個体はまだ海におり、日没後約 4 時間半後あたりから島に上がり始め島が賑やかになっていったもの、と私たちは考えている。

Table 3. Number of captured JAMU, portion of captured JAMU with brood patches, and call rate of JAMU adults on Birojima on the night of as-sea capture in 2023.

Time	Time from local sunset	Numbers of captured JAMU adults	Numbers of JAMU adults had BP	Portion of JAMU adults with BP	Call Rate of JAMU adults on Birojima
20:00	120	-	-	-	0
20:30	150	-	-	-	0
21:00	180	1	0	0%	0
21:30	210	5	4	80%	0
22:00	240	6	4	67%	0
22:30	270	5	0	0%	0.05
23:00	300	4	2	50%	0.5
23:30	330	4	0	0%	0.45
0:00	360	1	0	0%	2.5
		26	10	38%	-

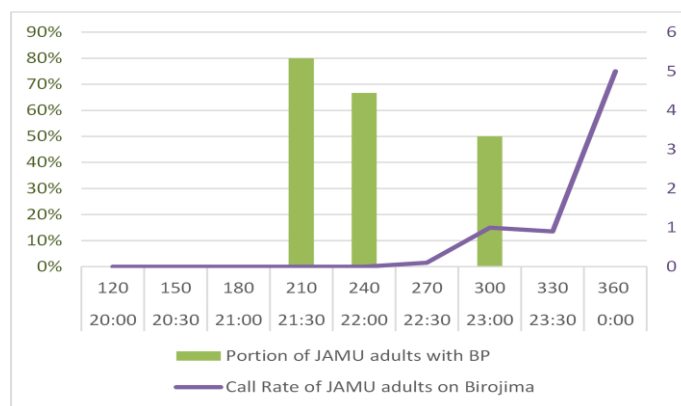


Figure 9. Portion of captured JAMU with brood patches and call rate of JAMU adults on Birojima on the

### Adults Call rate on Birojima while spotlight surveys in 2019 and 2023 (2019 年および 2023 年のスポットライトサーベイ時の、枇榔島上の JAMU の成鳥の鳴声頻度)

We compared the call rate of the JAMU during the spotlight surveys on Birojima in 2019 and 2023 (Figure 10). In 2023, the call rate was almost 0 until about 240 minutes (4 hours) after the local sunset, indicating that the island was quiet before then. On the other hand, in 2019, the island began to become lively with acoustic activity starting as early as about 120 minutes (2 hours) after sunset. It indicates that the timing of island being lively with JAMU acoustic activity is not always the same.

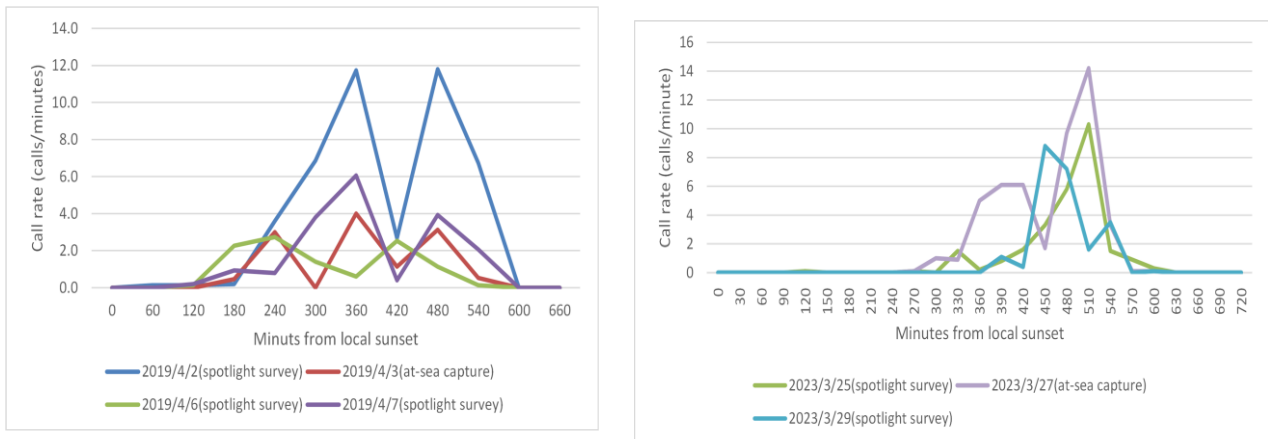


Figure 10. Call rate of JAMU adults on Birojima on the night of spotlight surveys and at-sea captures in 2019 and 2023.

2019 年と 2023 年のスポットライトサーベイを行った晩の島での成鳥の音響活動を比較してみる(図 10)。2023 年は、日没後 240 分(4 時間後)ごろまでは鳴声頻度はほぼ 0 で、島は静かであったことが解る。一方 2019 年は、日没後約 120 分(2 時間)後から早くも音響活動が活発になり、島は賑やかになり始めていた。このことは、JAMU の島での音響活動の開始は必ずしも同じではないことを示している。

## Discussion (考察)

### Seasonal changes in acoustic activity (季節的な音響活動)

The peaks of acoustic activity for both adult and chicks occurred almost simultaneously, and we suppose what these peaks meant was fledging. In 2023, 2 peaks occurred after fledglings were observed, but we are not sure whether the peak of JAMU adult call rate in 2023 can be unique to this year, but we found that acoustic activity pattern may change significantly from year to year. After the 2023 spotlight survey, potential population increase was suggested, so the small dispersion in the breeding period observed this time may be related to this fact (Whitworth et al. 2020, Otsuki et al. 2023).

3 月中旬の巣立ち以降、成鳥・雛、双方の音響活動のピークがほぼ同時に起こっており、これらピークは巣立ちを意味するものと考えられた。2023 年は、巣立ち後のピークが大小 2 つ見られたが、それが今年特有か否かについては解らないものの、音響活動のパターンが、年によって大きく変化する場合もあることは理解できた。2023 年のスポットライトサー

ベイ結果から、JAMU の個体数増加の可能性も示唆されていたため、この変化は、個体数が増えたことに起因するのかもしれない (Whitworth et al. 2020, Otsuki et al. 2023)。

With the confirmation date of the call of the first and last chicks at site 2, we estimated the first and last egg-laying dates of the Birojima JAMU population in 2023 (Figure 11). The first egg-laying date was estimated around February 7, 2023, and the last egg-laying date around March 24, 2023. Since the differences between the confirmation dates of the call of the first and the last chick at site 1 and site 2 were within 3 days, these estimates may cover the entire island.

Comparing the 2023 estimates with the previous two years, the egg-laying date of the first individual in 2023 was about two weeks earlier than in 2019 and about one week earlier than in 2020.

サイト 2 の初雛と最終雛の声の確認日から、2023 年の枇榔島の JAMU 個体群の初産卵日、最終産卵日を推定した(図 12)。初産卵日は 2023 年 2 月 7 日ごろ、最後の産卵日は 3 月 24 日頃と推定された。サイト 1 とサイト 2 の初雛と最後の雛の声の確認日の差が 3 日以内であることから、これらの推定は島全体を網羅していると考えてよいであろう。

2023 年の推定値を過去 2 年分と比較すると、2023 年の最初の個体の産卵日は、2019 年のものより約 2 週間、2020 年のものより約 1 週間早くなっていた。

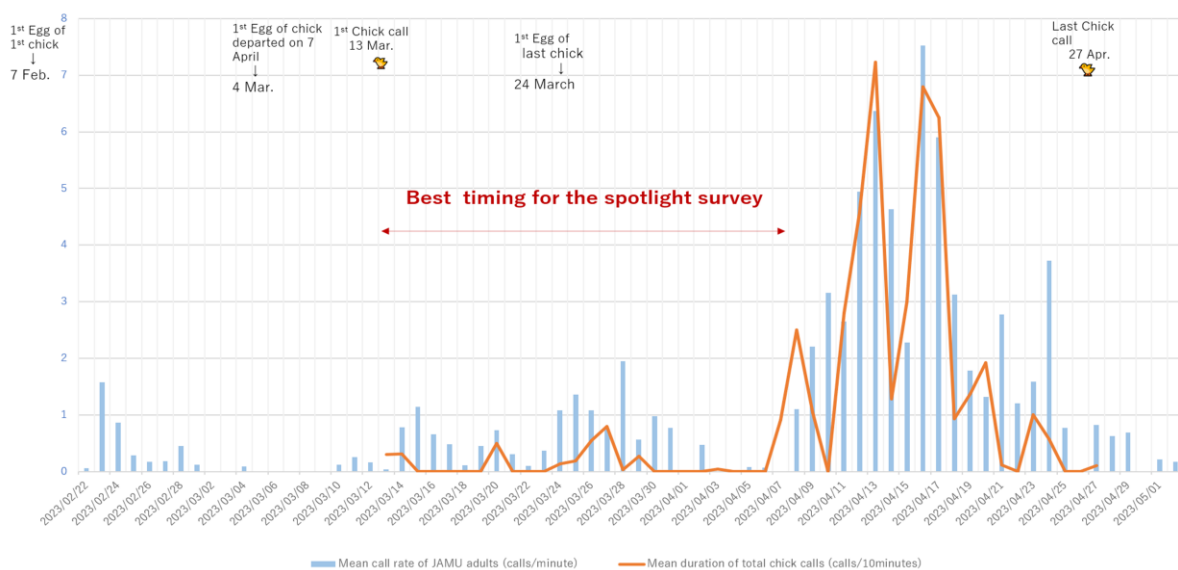


Figure 11. Estimated breeding timing from the 1<sup>st</sup> and the last chick calls in 2023.

Ideally, a spotlight survey should be conducted when all breeding pairs are incubating on Birojima, whether they are early breeding pairs or the latest breeding pairs (Otsuki et al. 2021). The 2021 report speculated that late March to early April, at least before April 10, would be the appropriate period for the investigation. This is because it was supposed that during this period, pairs who laid eggs earlier were still incubating and pairs that laid eggs a month later had just started incubating at this period. So, all breeding individuals were incubating eggs at this time, but the period was surprisingly short, only about a week. In 2023, it was difficult to find the right time because there were two separate peaks for fledglings (large and small). If two surveys were possible, one could've been in mid-March to March 24 and the 2<sup>nd</sup> one could've

been in early April (before April 9). If there was only one possibility, survey should've been conducted mid-March to April 8. The 2023 survey was conducted during this period (March 25 and 29), that was why quite a few JAMU were counted. However, we could have missed some portion of breeding families. Considering this, the 2023 count is likely the highest ever. In any case, we would like to know the appropriate timing before conducting the population survey, rather than verifying the timing after conducting the survey.

Based on the three-year record, it was speculated that the appropriate period for the spotlight survey would be between the end of March and before April 10. However, since the spotlight survey conducted in April in 2018 and 2019 counted less than 2,000 birds (Whitworth et al. 2019 and 2020), the end of March could be the best timing for the survey.

理想的には、スポットライトサーベイは、早期に繁殖を開始するペアも、最も遅れて繁殖を開始するペアも、全ての繁殖ペアが枇榔島で抱卵をしている時期に実施するのが望ましい(Otsuki et al. 2021)。2021年の報告書では、3月下旬~4月上旬、少なくとも4月10日以前がこの期間調査の適期と、推測した。この期間は、早期に産卵を行ったペアは抱卵中で、かつ、約1か月遅れて産卵を開始した最後のペアも抱卵を開始する時期と推測されたからである。この時期であれば、全ての繁殖個体が抱卵中ということになるが、期間は意外に短く1週間程度であった。2023年は、巣立ちのピークが大小2つに分かれていたため、適期を探すことは難しかった。調査を2度できるのであれば、巣立ち数日前~3月24日ごろと、4月上旬(4月9日以前)が適期と思われるが、もし一度しかできない場合は3月中旬~4月8日の間が、調査の実施時期に適していたものと思われる。2023年の調査は、ちょうどこの期間内(3月25日・3月29日)の実施であったため、多くのJAMUがカウントされたのであろう。ただし、3月中旬の巣立ちのピーク時の調査の実施はなかったため、幾分かのロスが生じているはずである。これを考慮すると、2023年のカウントはこれまでで最高のカウント数になっていた可能性が高い。いずれにせよ調査実施後にそのタイミングを検証するのではなく、実施前に適期を知りたいものである。

3年分の記録から、スポットライトサーベイの適期は、3月末~4月10日以前であろうと推定された。ただし、2018年、2019年の4月に入ってから行われたスポットライトサーベイのカウントは、2000羽台と少なめであった(Whitworth et al. 2020)ことから、3月末がベストかもしれないと考えている。

### Sign for the start of fledgling (巣立ちのサイン)

The period of acoustic activity of adult JAMU in 2023 was consistent throughout the night, approximately 80–690 minutes after sunset, with a peak at 390–480 minutes after sunset. Confirmation of the first JAMU after sunset showed the same trend for the past three years, regardless of the location of the song meter and the survey year. Before fledging, the first JAMU adult calls were recorded approximately 1.5 hours after sunset, but once fledging began, they began to be heard at the same time as sunset, and this continued for more than two weeks. Regarding the first JAMU, it is unclear whether it was an individual that was incubating eggs on the island or an individual that returned from the sea. From the 3-year results, it was thought that the period when the first JAMU adult calls started at sunset was the signal for the start of fledging.

2023年の成鳥の音響活動の時間帯は一晩中一貫しており、日没の約80分~690分であり、そのピークは、日没後390分~480分にみられた。日没後の一番JAMUの確認は、過去3年間、ソングメーターの設置場所が変わろうと、調査年が違おうと、同じ傾向を示していた。巣立ち開始前は、初JAMU音声(成鳥)は、日没後約1.5時間以降に録音されていたが、いったん巣立ちが始まると、日没と同時に確認されるようになり、それが2週間以上続いていた。初JAMUについては、島で抱卵していた個体なのか、海から戻ってきた個体であるのかは解らない。3年分の結果から、初JAMUの声が日没と同時に始まる期間は、巣立ち開始の合図であろうと考えられた。

### **Time period when there are many individuals with brood patches in the water (洋上に有抱卵斑個体が多い時間帯)**

We found that the island was quiet until 270 minutes after sunset, but it became lively after 300 minutes (5 hours). Conversely, the portion of breeding individuals caught offshore (portion of individuals with brood-patches) was high until 240 minutes (4 hours) after sunset, but showed a downward trend thereafter. We believe this is because breeding individuals spend several hours at sea after sunset before returning to the island. Park et al. (2017) also reported that individuals with GPS loggers returned to their nesting sites after spending 3.5 or 6 hours in the sea near their breeding sites. Based on the facts above, we thought that the portion of breeding birds sitting in the water may be decreasing 3 or 6 hours after sunset.

For each hour, the portion of the birds with brood patches among the individuals caught at sea in 2018, 2019, and 2020 was summarized in a table 4.

In order to compare data based on the timing of the survey, data were divided into 2 groups for late March and early April. Interestingly, the portion of the individuals with brood patches was almost the same in March of 2018 and 2023, when the Spotlight Survey had high counts. Although the records for early April showed similar values for both 2018 and 2019, the number of JAMU caught in April 2018 was small, so a good comparison couldn't be made.

From the things above, it was suggested that there may be many JAMU with brood patches in the offshore congregation during the time period up to about 4 hours after sunset. This prompted us to reconsider the survey time for both spotlight surveys and at-sea capture.

JAMU についての洋上での有抱卵斑個体と島での音響活動調査の結果より、島上は、日没後 270 分までは静かな状態であるが、300 分(5 時間)を越えたあたりから賑やかになることが解った。洋上で捕獲した繁殖個体数の割合(有抱卵斑個体の割合)は、それとは逆で、日没後 240 分(4 時間)までは高かったものの、以降は減少していく傾向を示していた。これは、繁殖個体は、日没後数時間を洋上で過ごした後、島に戻ったためであると考えている。Park ら (2017) も、GPS ロガーを装着した個体が、繁殖地周辺の洋上で、3.5 時間もしくは 6 時間過ごした後、営巣地に戻っていくようすを報告している。これらのことから、日没から約 3 時間後、6 時間後のような時間帯は、洋上の繁殖個体数の割合が減少している可能性を示唆しているものと考えられた。

2018 年、2019 年、2023 年の洋上捕獲個体中の有抱卵斑個体数の割合を、時間別に表 4 にまとめた。調査のタイミングの比較のため、3 月下旬、4 月上旬のグループに分けて表記した。興味深いことに、スポットライトサーベイで多くのカウント数が得られた 2018 年および 2023 年の 3 月調査時の有抱卵斑個体数の割合は、ほぼ同じ値を示していた。4 月上旬の記録は、2018 年、2019 年とも似通った値を示していたものの、2018 年の 4 月は捕獲数が少ないため、よい比較にはならない。



以上のことから、日没後の約4時間までの時間帯が、洋上の群れの中に多くの有抱卵斑個体を含む時間帯である可能性が示唆された。これは、捕獲にとどまらず、スポットライトサーベイの調査時間の再検討を促すものとなった。

Table 4. The portion of the birds with brood patches among the individuals caught at sea in 2018, 2019, and 2023

Date	Effort (h)	Total captures (bird)	%		
			21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-0:00
2018.3.28	2.3	23	67	36	63
2023.3.27	3.03	26	67	36	25
Mean	-	-	67	36	44
s.d.	-	-	0	0	26.9
2018.4.7	1.2	9	-	50	50
2019.4.3	4.25	35	0	42	20
Mean	-	-	40.2	33.3	38.1
s.d.	-	-	-	5.7	21.2

### Timing for the spotlight survey and the next plans for carrying out (スポットライトサーベイの実施時期と今後の計画)

After considering seasonal and temporal aspects, including past data, we believe that the optimal seasonal timing to conduct the Spotlight Survey is between late March (around March 27, beginning of fledglings) and early April (before April 10). As for the diel time, it was inferred that it would be best to start survey two hours after sunset. However, since there is no record of surveys starting at 20:00, we would like to conduct a comparative project of spotlight surveys and at-sea capture surveys during those hours.

As we can see from the 2023 survey, the peak of JAMU acoustic activity and the spotlight survey counts can vary greatly from year to year. Therefore, it's hard to estimate the optimal time to survey each year. If the first call of JAMU adults at sunset means the sign of fledging, it would be best to confirm acoustic data in real time from the mainland. If it were technically possible, we would like to install a song meter in the colony and analyze the results every day on a computer on the mainland. It may not only be possible to understand the acoustic activity on the JAMU colony throughout the breeding period, but may enable population surveys to be carried out at the best time. In our view, we feel that this is not a difficult task with today's technology. If anyone has information, we would love to hear from you.

Either way, as a next issue, it is urgently desired to conduct a survey starting at 20:00 as a comparison with the past.

過去のデータも含め、季節的、時間的に考察をした結果、スポットライトサーベイの最適な実施時期は、巣立ち開始期の3月下旬(3月27日頃)~4月上旬(4月10日以前)と考えられた。日周的な時間については、日没後の2時間以前からのスタートが良い、と推測された。ただし、20時台開始の調査実績はないため、その時間帯でのスポットライトサーベイおよび洋上捕獲調査の比較調査を行いたい。

2023年の調査からも解るように、JAMUの音響活動のピークやスポットライトサーベイによるカウント結果は、年によって大きな変化がみられる場合もある。そのため、毎年のベストな調査タイミングを推測するのは難しい。成鳥の日没時の初鳴きが、巣立ちの開始のサインを意味するのであれば、陸上から、それをオンタイムで知ることができればベストである。もし、技術的に、可能であれば、ソングメーターをコロニーに設置し、その結果を毎日、本土側のコンピューターで解析したいものである。繁殖期間を通してのJAMUのコロニー上での音響活動が解るだけでなく、ベストなタイミングでの個体数調査を可能にするかもしれない。今の技術では、これも難しいことではないように感じられるが、どなたか情報をご人事の方がいらっしゃれば、ぜひ、ご教授いただきたい。

いずれにしても、次の課題としては、これまでの比較として、20:00台開始の調査の実施が早急に望まれる。

### Acknowledgements (謝辞)

The town of Kadogawa provided project funding to the Marine Bird Restoration Group. We are very grateful for the assistance of Olivia Vasquez, Jeff Schlueter, and especially Kate Miller of Conservation Metric (CMI) for analyzing the 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きました。これまで3年分のJAMUの音響データを分析していただいた、Conservation Metric (CMI)のOlivia Vasquez氏とJeff Schlueter Abram Fleishma氏、とりわけKate Miller氏の支援に心から感謝いたしております。

### Literature Cited (引用文献)

- BirdLife International. 2018. *Synlithorampus wumizusume*. *The IUCN red list of threatened species* 2018: e.T22694899A132580332. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22694899A132580332.en>. Downloaded on 09 January 2021.
- Cichy, R. M., Khosla, A., Pantazis, D., & Torralba, A. 2016. Comparison of deep neural networks to spatio-temporal cortical dynamics of human visual object recognition reveals hierarchical correspondence. *Sci. Rep.* 6: 27755. (online) <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. (online) <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2013.6639344>
- Fleishman, A. 2019. Automated acoustic surveys for Japanese Murrelet (*Synlithorampus(sic) 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, Fukushima-ken, Japan.

Min, S., Lee, B., & Yoon, S. 2016. Deep learning in bioinformatics. *Briefings in Bioinformatics* 18(5): 851-869.  
<https://doi.org/10.1093/bib/bbw068>

Ono K. 2014. Japanese Murrelet. In Ministry of the Environment (ed) *Red data book 2014. Threatened wildlife of Japan. Volume 2, Aves: 200-201*. Gyosei Corporation, Tokyo.

Otsuki, K. 2013. Historical colony harvesting, at-sea hunting, and local fishing bycatch of the Japanese Murrelet at Birojima Miyazaki-ken, Japan. *Pacific Serbirds* vol.40 num. 2: Pages 59-69

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, 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

Otsuki, K., Y. Nakamura, N. Karnovsky, and K. Kawagoe. 2020. Acoustic survey for Japanese Murrelet *Synlithboramphus*(sic) *wumizusume* at Birojima, Miyazaki Japan. Pages 1-8 *In: Otsuki, K. and Y. Minowa (Eds.). Japanese Murrelet Survey in 2019. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima, Fukushima-ken, Japan.*

Otsuki, K., Y. Minowa, N. Karnovsky, Y. Nakamura, S. Yamashita, M. Kai, and K. Kawagoe. 2021. Acoustic survey for Japanese Murrelet *Synlithboramphus*(sic) *wumizusume* at Birojima, Miyazaki Japan. Pages 1-20 *In: Otsuki, K. and Y. Minowa (Eds.). Japanese Murrelet Survey in 2020. Publication of the Marine Bird Restoration Group, Fukushima, Fukushima-ken, Japan.*

Otsuki K., D. Whitworth, M. Parker, Y. Minowa, T. Koguchi, T. Suzumegano, T. Yoshimoto, H M. Seo, J B. Go, K. Suzumegano, and A. Whitworth, At-sea congregation monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2023. Unpubl. report, 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 *Synlithboramphus* 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, Fukushima-ken, Japan.*

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>

Takeishi, M. The mass mortality of Japanese Murrelet *Synthliboramphus wumizusume* on Koyashima Islet in Fukuoka. *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist.* 7: 121-131.

Whitworth, D.L., H.R. Carter, Y. Nakamura, M. Takeishi, & K. Otsuki. 2020. Hatching success and predation of Japanese Murrelets (*Synthliboramphus wumizusume*) at Birojima, Miyazaki, Japan. *Journal of the Yamashina Institute for Ornithology* 52: 63-82.

Whitworth, D., K. Otsuki, Y. Nakamura, Y. Minowa, T. Suzumegano, and M. Parker. 2019. At-sea congregation monitoring of Japanese Murrelets at Birojima, Miyazaki-ken, Japan, in 2018. Unpubl. report, Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.

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. Unpubl. report, Marine Bird Restoration Group, Fukushima-shi, Fukushima-ken, Japan.