



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	小笠原諸島父島列島周辺海域におけるザトウクジラの生息地利用と人為的騒音への応答に関する研究 [全文の要約]
Author(s)	辻井, 浩希
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第15673号
Issue Date	2023-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91182
Type	doctoral thesis
File Information	Koki_Tsujii_summary.pdf



学 位 論 文 内 容 の 要 約

博士 (環境科学)

氏 名 辻 井 浩 希

学 位 論 文 題 名

小笠原諸島父島列島周辺海域におけるザトウクジラの生息地利用と
人為的騒音への応答に関する研究

(Studies on habitat use characteristics of humpback whales *Megaptera novaeangliae*
and response to anthropogenic noise in the Chichijima Islands, Ogasawara Islands, Japan)

第1章 序論

海洋の中でも、沿岸域は多くの生態系サービスが提供される場所である一方で、人間活動が盛んなことによって、沿岸域を生活の一部として利用する海洋生物種は人為的な影響を受けやすい。生物多様性の減少は海洋のもつ生態系サービスや機能を低下させることから、持続的に沿岸域を利用し、生態系サービスを享受していく上で、人間活動と生物多様性保全の両立は重要な課題と言える。

小笠原諸島周辺の沿岸域には、毎年、冬から春にかけて、ヒゲクジラ類の一種であるザトウクジラ (*Megaptera novaeangliae*) が来遊する。本種は、夏季に餌生物の豊富な高緯度海域で摂餌を行い、冬季には温暖な低緯度海域で交尾や出産、子育てといった繁殖活動を行う。また、繁殖期には、成熟オスと一部の未成熟オスが「ソング (歌)」と呼ばれる鳴音を盛んに発することが知られる。小笠原諸島父島列島周辺海域において、本種は冬期の観光産業を支える主要な資源となっているが、その生息地は船舶が往来するエリアと重複するため、人間活動による負の影響が懸念される。そのため、本種の保全と人間活動との両立のためには、本種が父島列島周辺海域をどのように利用しているのか、また、船舶航行によりどのような影響を受けているのかを評価することが重要である。

ここ数十年において、人為的な海中騒音が急速に増加していることが報告されており、海洋生物に与える影響が益々問題視されている。とりわけ鯨類は、互いのコミュニケーションや周囲の環境把握、餌の探索に音を駆使しているため、その影響が及びやすい。中でもヒゲクジラ類は、船舶航行等により発生する低周波騒音に対する感度に優れていると考えられることから、繁殖期のザトウクジラへの影響が大いに懸念される。加えて、海中騒音による影響は、対象生物のもつ性質や周囲の環境に応じて種内でも種間でも異なるため、場所ごとに種特有の影響を評価した上で、適切な保全方策が求められる。さらに、海洋生物の生息地選択や行動パターンは海洋環境や時間周期にも関係する場合が多いため、彼らが自然環境下でもつ生態学的特性を把握することも重要である。

そこで本研究では、小笠原諸島に来遊する繁殖期のザトウクジラの保全と人間活動との両立に向け、父島列島周辺海域における本種の生息地利用や行動パターンを把握し、かつ船舶航行に伴う海中騒音による影響を明らかにすることを目的とした。

第2章 父島列島周辺海域におけるザトウクジラの生息適地推定

ザトウクジラは、繁殖海域において一般的に浅海域に分布することが知られており、父島列島周辺海域においても、過去に実施された洋上調査や陸上からの目視調査の結果から、200 m以浅の沿岸域に多く分布していることが明らかになっている。しかしながら、父島では港が西側に開口していることや、陸上からの目視観測で探索できる範囲が父島列島の西側のみに限られることから、調査努力量が西側の沿岸部に集中しており、父島列島周辺海域全体における本種の生息適地については、これまで定量的に明らかにされてこなかった。そこで第2章では、生息適地モデリング手法を用いて、父島列島周辺海域におけるザトウクジラの生息適地を定量的に把握することを目的とした。船上からの目視観測により得られた5年分のデータから、沖合や東側海域を含んだ父島列島周辺海域における本種の空間分布パターンと環境要因との関係を調べ、ハビタットモデルの作成を行った。

ザトウクジラの発見位置情報として、2013年および2015年から2018年の1月下旬に各年1日ずつ、父島列島周辺海域において実施された目視調査のデータを使用した。調査海域を2 kmのグリッドに区切り、ザトウクジラの発見が1群以上あったグリッドセルを在データ、探索を行ったが発見の無かったグリッドセルを不在データとして扱った。環境データには、水深 (m)、海底傾斜 (°)、海岸線からの距離 (km)および200 m等深線からの距離 (km)を使用した。上記のデータから、一般化加法モデル (Generalized Additive Model: GAM)と最大エントロピーモデル (Maximum Entropy Model: Maxent)の2つのモデルを用いて、本種の生息適地推定を行った。

GAMの結果、本海域における本種の分布には、水深、海底傾斜および海岸線からの距離が関係していることが示された。また、Maxent解析において算出された各環境要因の寄与率から、特に水深の影響が大きいことが示された。本種の発見場所はほとんどが水深200 m以浅であり、水深が深くなるにつれて生息確率が減少することが予測された。海底傾斜は15°付近を超えると発見確率が減少し、また、海岸線から2-3 km以内における発見確率が高く予測された。父島列島の東西海域における生息確率を比較した結果、西側海域における生息確率は東側海域よりも高く、父島西側の海岸線から5 km以内の場所が本種にとって最も生息に適した環境であることが示唆された。この分布傾向の違いには、西側は水深200 m以浅の場所が沖合10 kmほどまで広がっているのに対し、東側では海岸線から5 kmほど離れると水深が200 mより深くなるという東西の地形の違いが関係していると考えられた。本研究で明らかとなった父島列島周辺海域におけるザトウクジラの生息適地に関する情報は、本種の持続的な観光利用に向け、その生息地を効果的に保全していく上で、非常に有益なものとなるだろう。他方で、他地域では、性別の違いや仔クジラの有無により分布特性が異なることや、日周期に伴う分布変化が確認されている。そのため、今後、群れ構成ごとでの生息適地推定や日周期に伴う分布変化の有無にも着目して調べていくことで、本種の生息地利用特性をより詳細に把握することができると思われる。

第3章 父島周辺海域におけるザトウクジラのシンガーの出現周期性の把握

動物の行動には季節的・日周期的なものがあり、浅海域に生息する多くの海洋生物の行動には、時間周期に加えて潮汐周期が関係していることが知られている。こうした生物が持つ自然環境下での行動生態の把握は、海洋生物への人間活動の影響評価や保全方策を講じる上で有益な情報となる。第2章では、父島列島周辺海域におけるザトウクジラの生息適地推定を行い、西側沿岸域が本種にと

っての生息適地であることを明らかにした。しかしながら、本種の生息地利用や行動パターンには時間的な変化が生じている可能性も考えられる。そこで第3章では、2台の水中音録音装置で構築した超長基線アレイを用いた受動的音響観測により、父島沿岸域における歌を発するザトウクジラ（以下、シンガー）の出現傾向を調べ、歌行動に時間的な変化や潮汐周期に関連した変化があるのかどうかを明らかにすることを目的とした。

2016–2018年の冬から春にかけて父島の東西沿岸域に水中音録音装置を設置し（西側2カ所、東側1カ所）、24時間連続的な音響観測を行った。父島西側と東側の海域から得られた、それぞれ計5,015時間および6,564時間の録音データから、共同研究者によりMATLAB（MathWorks社製）で作成されたプログラムを用いて、ユニット（ソングを構成する最小単位の鳴音）の自動検出を行った。西側海域においては、2カ所に設置した録音装置への同一ユニットの到達時間差を利用することで、シンガーの計数も行った。ユニットとシンガーの検出結果を用いて、1時間あたりのシンガーとユニットの平均検出数の月別変動を算出した。また、時間帯別にシンガー数とユニット数それぞれの平均値を算出した。さらに、西側のデータを用いて、潮汐タイプごとや潮汐の状態（上げ潮、下げ潮）における1時間あたりのシンガーの平均検出数を調べた。GAMを用いた解析により、潮汐変動が歌活動に与える影響の予測も行った。

解析の結果、ユニットおよびシンガーは2–3月に多く検出され、2月に最盛期を迎えることが示された。また、ユニットおよびシンガーは昼夜を通して検出されたが、日の出前と夕方以降に多く、日中は少ないという顕著な日周変動が確認された。加えて、西側海域においては、小潮時にシンガーの検出数が最多となり、大潮時に最少となることが明らかとなった。また、GAMにおいて、シンガーは上げ潮時に増加し、下げ潮時に減少することが予測され、潮汐周期と関係したシンガーの出現パターンがあることが示された。これらの結果から、本種のオスが日周期や潮汐周期に関連して行動や分布を変化させていることが示唆された。また、観測システムの差異はあるが、西側海域の方が東側海域よりもソングの検出数が多く、第2章で示された生息適地推定の結果と同様に、音響情報からも西側海域における本種の利用が多いことが明らかとなった。

第4章 人為的騒音がザトウクジラの歌行動に及ぼす影響評価

近年、人間活動に起因する海中騒音が急速に増加しており、低周波騒音の主な発生源は、商業船舶によるものと考えられている。ヒゲクジラ類は、コミュニケーションに低周波帯の鳴音を使用することから、船舶騒音のような低周波音に敏感であると考えられており、彼らが船舶騒音に対してどのように反応するのか、その評価が求められる。ザトウクジラのオスの歌行動は、繁殖期における重要な役割を担っていると考えられ、船舶騒音の影響を評価するための指標の一つとなり得る。しかしながら、商業船舶に対する反応行動に関する情報は不足している。そこで第4章では、父島沿岸域において、受動的音響観測手法を用いて、定期航路貨客船の航行時に生じる海中騒音がザトウクジラの歌行動にどのような影響を与えているのかを調べた。

本研究では、父島と母島間を定期運航する貨客船（453 t）を対象の騒音源とした。ザトウクジラの歌行動の解析には、2017年の2–5月にかけて父島西側沿岸域に設置した2台のステレオ式水中音録音装置により得られたデータを使用した。共同研究者によりMATLABで作成されたユニットの自動検出プログラムを用いて、各ユニットの音響特性（パワースペクトルレベル、最小周波数、最大周波数

および持続時間)を計算した。また、南北に3.0 km離して設置した2台のステレオ式水中録音装置のデータを用いることで、各シンガーの位置推定を行い、対象船舶の航跡との最近距離を計算した。騒音影響の評価にあたっては、対象船舶の運航の有無によるシンガーの分布の差異を調べ、また、船舶通過前後における各クジラの歌行動の違いを調べた。

解析の結果、対象船舶の運航時刻にのべ53個体(運航日26個体、運休日27個体)のシンガーが検出された。シンガーの分布を比較すると、運航日においては、航路から500 m以内における検出数が明らかに少ない傾向にあった。航路から500 m以上の距離に限定して解析した場合は、航路からの距離に応じた分布に明確な差は確認されなかった。さらに、対象船舶の航行により、ユニットの検出数が一時的に減少することが明らかとなった。一方で、ユニットの最大・最小周波数や持続時間、受信音圧レベル等のパラメータに関しては、船舶の通過による変化は観察されなかった。したがって、歌行動の観点から見た貨客船の発生音に対するザトウクジラの反応は、船が接近した際や通過した後に歌うのをやめるということであった。また、反応を示したのは、航路から1,200 m以内にいた個体と推定された。それゆえ、貨客船由来の海中騒音に対するザトウクジラのシンガーの行動変化が認められたものの、それは短期的かつ限定的な範囲の影響であることが示唆された。

第5章 総合考察

第2章より、小笠原諸島父島列島周辺海域におけるザトウクジラの生息適地が初めて定量的に明らかにされ、父島の西側沿岸域が本種にとって最も重要な場所であることが示された。加えて、第3章では、受動的音響観測手法を用いた歌行動の長期間の連続観測から、本種のオスが日周期や潮汐周期に関連して行動や分布を変化させている可能性が示された。これらの知見は、本海域における本種の生息地利用や行動パターンの理解に大きく寄与し、本種とその生息環境の保全のための重要な情報となると考えられる。

また、第2章で示された生息適地推定の結果と同様に、第3章では音響情報からも西側海域における本種の利用が多いことが明らかとなった。父島では西側の方が船舶の往来が多いため、父島西側沿岸域は本種と船舶との遭遇確率が極めて高く、人間活動による影響が及びやすい状況であると言える。本種の生息域をより適切に保全する上で、生息確率が高い場所においては、人間活動におけるクジラへの干渉を最小限にするような方策の検討が望まれる。さらに、本種のオスは時間周期や潮汐周期に応じて生息地利用を変化させている可能性が示唆されたことから、その保全策を講じる際には、空間的な考慮だけではなく、時間的な情報も加味する必要性を提案する。

第4章では、定期航路貨客船の航行がオスのザトウクジラの歌行動に影響を与えていることが示されたが、それは限定的かつ短期的な範囲のものであり、現時点で深刻な影響を及ぼしてはいないものと考えられた。しかし、父島沿岸域では、ホエールウォッチング船や漁船等の小型船舶の往来も盛んである。ソングはオスの繁殖戦略に重要な役割を果たしていると考えられるため、本種の個体群や繁殖海域を保全する上で、人為的要因によって歌行動が阻害されない環境構築が必要である。今後は、本研究で得られた知見に加え、定期航路貨客船以外の船舶騒音による影響評価もしていくことで、より効果的な保全方策の検討を可能にすることが期待される。また本研究の成果は、科学的データの不足している、貨客船騒音に対する大型海洋生物の反応行動を調べた貴重な事例であり、海中騒音が海洋生物に与える影響を議論するための基礎的知見となることが期待される。