

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20460

研究課題名（和文）定点音響観測手法の確立と沿岸性小型鯨類の生態解明・環境影響評価への応用

研究課題名（英文）Establishment of stationary acoustic monitoring method for ecological research and environmental impact assessment of small coastal cetaceans

研究代表者

木村 里子（Kimura, Satoko）

京都大学・東南アジア地域研究研究所・准教授

研究者番号：40723804

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、沿岸性小型鯨類の定点音響観測における解析を迅速化し、生態解明や環境影響評価を駆動させるシステムの構築を目指した。伊勢湾・三河湾のスナメリ個体群を対象とし、定点音響観測調査を実施し、解析アルゴリズムを開発するとともに、モデルケースとして示す上で必要な生態情報（来遊状況、船舶応答）を取得した。開発したプログラムを、マレーシアや日本近海の音環境の異なる他海域に適用し、生態解明に寄与した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究開発した小型鯨類の定点音響観測用の解析アルゴリズムは、汎用性が高く、小型鯨類の発するエコーロケーション音を効率的に抽出できるため、生態解明や環境影響評価の促進に大きく貢献したと考えている。音響データには、スナメリやシナウスイロイルカなどのアジア沿岸に固有の小型鯨類の鳴音が多数含まれており、生態解明に寄与することができた。具体的には、彼らの季節的な分布・来遊変化、船舶による鳴音変化などを明らかにした。他大学の研究者や水族館などと連携し、調査を実施するとともに、アウトリーチに努め、TV、Webサイト、講演会、ワークショップ、博物館や水族館における展示などにより積極的に成果を発信をした。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to construct a system to speed up the analysis of passive acoustic monitoring of small coastal cetaceans and to drive ecological research and environmental impact assessment. Stationary acoustic monitoring surveys were conducted on the population of finless porpoise in Ise and Mikawa Bay, and the important ecological information (migration, seasonal appearance and vessel response) were obtained and an analysis algorithm was developed to detect the target sounds. The developed program was applied to other waters with different acoustic environments, such as the waters around Malaysia and Japan, and contributed to the elucidation of their ecology.

研究分野：水中生物音響学

キーワード：受動的音響観察 音響観測 モニタリング スナメリ イルカ 水中生物音響 アセスメント 環境影響評価

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

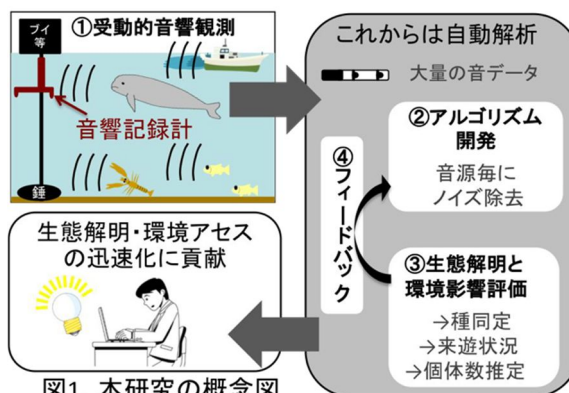
沿岸域における急速な社会経済活動の拡大やそれに伴う環境悪化が生態系の低次消費者に与える影響については数多くの研究が行われてきた。しかし、特に水圏に生息する高次捕食者については、観察が難しいため研究数が少なく、情報不足ゆえに保全施策も後手に回りがちであった。水圏の高次捕食者である鯨類もその一つである。鯨類の野外調査は従来目視観察によって行われてきたが、夜間や悪天候時に観察が行えない等の問題点があった。

これに対し、近年、生物が発する音を録音して受動的に水生生物の存在や移動を観察する受動的音響観察手法が開発され、発展してきた。申請者はこの点に着眼し、沿岸生態系ピラミッドの頂点に位置する小型鯨類（イルカ類）の生態研究に音響手法を適用し、検出の有効性を示した（Kimura et al. 2009, 2010, 2013 等）。開発した手法は、我が国の洋上風力発電建設における小型鯨類の環境影響評価手法に指定され、広まってきている。

なかでも、音響手法を用いた広域調査としては、音響機材を調査船から曳航する方法がとられていた（Kimura et al. 2012 等）。ただし、曳航式音響観測調査は傭船等の費用コストが高く、スナップショット的な個体分布の情報しか得られないという問題点があった。来遊状況や個体数の変動をモニタリングするには定点での長期観測が望ましい。しかし、定点データの解析は完全に自動化されておらず、研究者が経験的に培ってきた生物音を手作業で判別する作業が必要である。また、これまでの解析手順は比較的雑音の少ない淡水域で開発されたものであり（Kimura et al. 2010）既存のままでは海域へ適用すると、テッポウエビ類等の生物音や船舶航行音等の混入により結果を得るまでに非常に長い時間を要する。今後、生態解明や環境影響評価手法として活用が増え、長期間観測したり、多くの海域に適用したりするにあたり、これが最大のボトルネックである。逆にこれらの課題を解決すれば、時間的・空間的スケールを拡大した観測が可能となる。そして、このシステムを各水域に展開して生態解明や環境影響評価に広く活用するためにはケーススタディとして具体例を示すことが効果的である。

2. 研究の目的

本研究では、定点音響観測の解析を迅速化し、生態解明や環境影響評価を駆動させるシステムを構築することを目的とした（図1）。具体的には、伊勢湾・三河湾のスナメリ個体群を対象として定点音響観測調査を実施し、解析アルゴリズムを開発するとともに、モデルケースとして示す上で必要な生態（定量的な来遊状況）を解明する。開発したシステムを他の水域に適用し、アルゴリズムを改良して音響環境の異なる水域や、スナメリ以外の他の小型鯨類にも利用可能な汎用性の高い手法の確立を目指す。



具体的に下記の4項目に取り組んだ。

1. 伊勢湾・三河湾のスナメリ個体群を対象とし、定点音響観測調査を実施する。
2. 解析アルゴリズムを開発するとともに、モデルケースとして示す上で必要な生態情報（定量的な来遊状況など）を取得する。
3. 開発したプログラムを、音環境の異なる他海域（瀬戸内海およびマレーシアのランカウイ諸島周辺海域）に適用し、アルゴリズムを改良して、汎用性の高い手法の確立を目指す。
4. 全ての海域で取得した生態情報をまとめ、来遊に影響を与える環境要因を特定し、異なる環境に生息するスナメリの生態を解明し、環境影響を評価する。

3. 研究の方法

3-1. 定点音響観測の実施

伊勢湾・三河湾のスナメリ個体群について、生息範囲の中心でありコアエリアにあたる三河湾湾口部、エッジエリアにあたる伊勢湾北部の名古屋港において音響イベント記録計（A-tag, MMT社製）、生音記録計（AUSOMS-mini, アクアサウンド社製あるいはSoundTrap 300HF, Ocean Instruments社製）、物理環境情報記録計（INFINITY, JFEアドバンテック）等を設置し、定点音響観測調査を実施した。名古屋港における調査は、東海大学、名古屋港水族館と共に実施した。

3-2. 解析アルゴリズムの開発

音響イベント記録計と生音記録計に記録されたデータを用い、スナメリが発する音の特徴を定量的に解明した。三河湾で取得したデータを使用して鳴音検出器を作成し、三河湾以外の海域で取得した複数地点のデータに適用し、精度を検証した。生音データ解析は、スペインのカタルーニャ工科大学 Michel Andre 教授らとの共同研究者と共に実施した。

3-3. 他水域へ応用

マレーシアのランカウィ諸島において調査を実施する予定であったが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で渡航ができず、調査を実施することができなかった。当該水域においては、マレーシアのNPO団体MareCetとともに過去に取得したデータを解析した。

瀬戸内海では、小型鯨類の密度が高いという報告がある西部において調査を実施し、データを取得した。

マレーシアの代替調査箇所として、大阪湾、日本海側の若狭湾などでの研究展開を検討し、大阪湾、若狭湾等において音響調査を実施した。一部を神戸大学、海遊館らと共同で実施した。

3-4. 生態解明と環境影響評価

アルゴリズムを用いて検出した鳴音について、統計解析により来遊や鳴音の特徴などをまとめ、それらに影響を与える要因を検討した。

4. 研究成果

主に三河湾および瀬戸内海西部で取得したデータをもとに、小型鯨類の鳴音検出アルゴリズムについて、精度の高い検出器を開発することができた。現在論文執筆中である。

三河湾では、複数年にわたる複数地点における調査より、来遊と分布の傾向を解明した。現在論文を執筆している。

伊勢湾北部の名古屋港における調査より、来遊傾向を解明した（吉田，木村，論文投稿中，Kimura et al. in prep.）

また、三河湾、瀬戸内海で取得したデータより、船舶や環境の影響によるスナメリの鳴音特性変化を解明した。Ogawa and Kimura under reviewでは、日本に生息するスナメリについて、発するエコーロケーション音の音響特性は報告されていなかったため、本研究により鳴音の音響特性を報告した。また、三河湾と瀬戸内海の鳴音について、昼夜や船舶騒音の前後でどのような変化があるかを調べ、報告した。Ogawa and Kimura in pressでは、スナメリがコミュニケーションのために発すると考えられるバーストパルスという鳴音について、野生下で初めて鳴音の音響特性を調べ、報告した。他のイルカで報告されている通り、バーストパルスでは音の反復率が高く（つまり音の発声間隔が短く）なること、音の大きさが小さいことがわかった。

大阪湾、若狭湾で取得したデータについては現在データ解析中であるが、小型鯨類の鳴音を複数収録できており、来遊の季節性や鳴音特性について報告できる予定である。

マレーシアのランカウィ諸島で得たデータについて、スナメリとアジア固有の沿岸性小型鯨類であるシナウスイロイルカについて、二種の鳴音判別手法を開発した（Kimura et al., 2022a）。先行研究で報告されていた周波数の違いだけでなく、音の発声間隔にも統計的な有意差があることがわかった。鳴音判別手法を用いてスナメリと他の小型鯨類の分布、生息地利用特性を明らかにした（Kimura et al., 2022b）。両種は主に比較的浅い海域、特に水深 15 m 未満の島の東側に分布していた。ただし、スナメリは季節を問わずランカウィ諸島の周辺に比較的広く分布すること、一方シナウスイロイルカは、日和見的に島の東側に来遊しているという違いが明らかになった。

さらに、スナメリと同所的に生息するシナウスイロイルカについて、鳴音特性を明らかにし（Bono, Kimura et al., 2021）、船舶の影響による鳴音特性変化を解明した（Bono, Kimura et al., in prep.）

研究活動及び研究成果については、Web およびメディア等を通じて一般向けに情報を発信し、シンポジウムや講演会での講演など、積極的にアウトリーチ活動に取り組んだ。特に、動物園、水族館、博物館におけるワークショップやサイエンスカフェなどに多数登壇した。一部の成果は、英語にて国際的に発信した。また、県立山口博物館及び、共同研究先である名古屋港水族館においてパネル展示を行った。名古屋港水族館においては今後展示を拡大する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Satoko S. Kimura, Tomoka Sagara, Ken Yoda, Louisa S. Ponnampalam	4. 巻 -
2. 論文標題 Acoustic identification of the sympatric species Indo-Pacific finless porpoise and Indo-Pacific humpback dolphin: an example from Langkawi, Malaysia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BIOACOUSTICS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ANIMAL SOUND AND ITS RECORDING	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/09524622.2021.1998796	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kimura S. Satoko, Sagara Tomoka, Yoda Ken, Ponnampalam S. Louisa	4. 巻 48
2. 論文標題 Habitat preference of two sympatric coastal cetacean species in Langkawi, Malaysia, as determined by passive acoustic monitoring	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Endangered Species Research	6. 最初と最後の頁 199-209
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3354/esr01194	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Bono Saliza, Kimura S. Satoko, Teoh Y. Zhi, Ng E. Jol, Ichikawa Kotaro, Ponnampalam S. Louisa	4. 巻 50
2. 論文標題 Whistle variation of Indo-Pacific humpback dolphin (<i>Sousa chinensis</i>) in relation to behavioural and environmental parameters in northwestern Peninsular Malaysia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acoustic Australia	6. 最初と最後の頁 315-320
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s40857-022-00273-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Bono Saliza, Kimura S. Satoko, Kuit H. Sui, Ng E. Jol, Tanaka Kotaro, Ichikawa Kotaro, Ponnampalam S. Louisa	4. 巻 150(3)
2. 論文標題 Description of the first acoustic recording of spinner dolphin (<i>Stenella longirostris</i>) from the Northern Straits of Malacca, Malaysia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Acoustic Society of America	6. 最初と最後の頁 2189-2192
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1121/10.0006377	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Ogawa Mayu, Kimura S. Satoko	4. 巻 1
2. 論文標題 Measurements of wild finless porpoise (<i>Neophocaena asiaeorientalis sunameri</i>) on-axis burst-pulse sound	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Inter-noise : proceedings	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 小川真由・木村里子
2. 発表標題 海洋騒音問題解決に向けたプラットフォームの構築
3. 学会等名 第16回ICTイノベーション
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川真由・木村里子
2. 発表標題 海洋騒音問題解決に向けたプラットフォームの構築について
3. 学会等名 大学院教育改革フォーラム2021「"壁"を超える」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川真由・木村里子
2. 発表標題 異なる海域に生息するスナメリの鳴音特性の比較
3. 学会等名 第17回日本パイオロギング研究会シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川真由・木村里子
2. 発表標題 周囲環境に応じたスナメリの鳴音特性変化
3. 学会等名 令和三年度日本水産学会近畿支部例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Saliza Bono, Satoko S. Kimura, Kotaro Ichikawa, Louisa S. Ponnampalam
2. 発表標題 Hearing them out: Acoustic behaviour of Indo-Pacific humpback dolphins in northwestern Peninsular Malaysia in relation to visually observed behaviour and anthropogenic activities
3. 学会等名 24th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Kandaら
2. 発表標題 Finless porpoise project in Nagoya Port.
3. 学会等名 The 14th International conference on environmental enrichment (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松波若奈・木村里子ら
2. 発表標題 名古屋港スナメリプロジェクト:2019
3. 学会等名 第3回犬山鯨類鰭脚類行動シンポジウム (Inuyama CetaPin 3)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神田幸司ら
2. 発表標題 名古屋港スナメリプロジェクトの紹介
3. 学会等名 第21回種保存会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大島由貴ら
2. 発表標題 名古屋港スナメリプロジェクト紹介
3. 学会等名 あいち・なごや生物多様性EXPO
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松波若奈・木村里子ら
2. 発表標題 バイオロギングによる水圏生物の行動情報の取得 受動的音響観測による名古屋港へのスナメリの来遊状況と船舶の影響評価
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相良朋香・木村里子ら
2. 発表標題 音響学的手法を用いたマレーシア・ランカウィ諸島周辺海域における小型鯨類2種の生態解明
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石合望・木村里子
2. 発表標題 スナメリ鳴音イベント検出プログラムの改良及び三河湾湾口部におけるスナメリ来遊傾向の解明
3. 学会等名 2019年度勇魚会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川真由・木村里子
2. 発表標題 日本沿岸に生息するスナメリの昼夜における鳴音特性比較
3. 学会等名 日本セトロロジー研究会第32回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bono S., Kimura S.S., Ichikawa K., Ponnampalam L.S.
2. 発表標題 Hearing them out: Acoustic behaviour of Indo-Pacific humpback dolphins in north-western Peninsular Malaysia in relation to visually observed behaviour and anthropogenic activities.
3. 学会等名 Society for Marine Mammalogy's 24th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村里子, 吉田弥生
2. 発表標題 音響調査で明らかにするスナメリの分布変化
3. 学会等名 2022年度勇魚会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 生物音響学会編	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 464
3. 書名 生き物と音の事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	小川 真由 (Ogawa Mayu)	京都大学・農学研究科・博士後期課程 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
マレーシア	MareCet			
スペイン	カタルーニャ工科大学			