

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 30 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630404

研究課題名(和文)船舶騒音が海棲哺乳類の生態に与える影響についての研究

研究課題名(英文)Effect of Ship Noise on Marine Mammals

研究代表者

梅田 直哉 (Umeda, Naoya)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20314370

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：日本列島南方において大型帆船により、石川県能登島周辺海域において小型帆船と小型動力船により、曳航した音響センサーを用いて、海棲哺乳類の船舶騒音に対する反応行動を調査した。前者では対象生物との遭遇率が不十分で有意なデータとならず計測システムの検証にとどまったが、後者ではミナミハンドウイルカの群れの反応を頻繁に計測、記録することができた。この解析の結果によると、イルカの反応には、低速かつ低プロペラ荷重度の動力船と帆走中の帆船では顕著な違いは確認されなかった。これより本調査の範囲では、船舶騒音がイルカに悪影響を与えるという事実は定量的に確認されなかった。

研究成果の概要(英文)：We investigated effects of ship noise on marine mammals by using a fully-rigged sailing ship off Japanese Isles and by using a sailing yacht and powered ship near Notojima with towed underwater acoustic sensors. In the former survey, frequency to meet marine mammals was not so high that we failed to obtain significant data. On the other hand, in the latter survey, we frequently measured responses of groups of Indo-Pacific bottlenose dolphin to two types of ship. The results demonstrates that no significant difference in their responses between the sailing ship and the motor ship at low speed.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：marine mammals underwater acoustics ship noise sailing ship powered ship dolphin marine ecology

### 1. 研究開始当初の背景

クジラ、イルカなど海棲哺乳類に対する人間の活動を原因とする海中騒音の悪影響が近年、生物多様性条約の審議などを通して国際的に懸念されるようになってきた。特に、生物多様性条約の科学技術助言補助機関会合では、問題となりうる騒音源として、地質調査、海洋建造物、軍事用の低中周波ソナー、高周波ソナー、掘削のほか商船の騒音が挙げられた。この点については、クジラの鳴音の周波数が船舶騒音の周波数と同レベルであることが根拠とされている。このような動きは、我が国の船舶の設計・運航に大きな影響を与え造船や海運業の今後を左右する可能性もある。

現在船舶側で騒音レベルを下げる技術自体は艦艇や調査船などを対象に進んでいるが、その要求レベルに応じて相応のコストが生じる。そこで、生物側の許容値を正確に指定できれば、コストエフェクティブな騒音対策(機関の防振支持など)が船舶建造時に選択できる。このようなデータなしには環境団体の圧力のため過度の対策となつて、海上輸送の無意味なコストアップとなることが懸念される。そのため生物側の許容値を実測し、過度の規制を防ぐことが必要である。

### 2. 研究の目的

上記の問題の解決のため、船舶騒音の存在する環境下で海棲哺乳類の出す音波から海棲哺乳類の反応運動解析を行う。同時に、帆船を理想的な静穏な音源と捉え、帆走と機走時の異なる船舶騒音レベル下での海棲哺乳類反応の相互比較で、海棲哺乳類にとっての船舶騒音の許容レベルを明らかにする。

### 3. 研究の方法

(第1年度)航行中の練習帆船から曳航式音響センサーアレイを繰り出し、水中音を連続計測した。その記録からイルカの発するソナー音を取り出し、音響的な三角測量で個々のイルカの位置計測により、イルカ個体の運動軌跡から船に対する行動を考察することを計画した。同時に目視観測も行い、種同定を行うと共に低周波用水中マイクロホンによる音響計測と比較してシステムの定量性検証を目指した。この調査を帆走時および機走時において反復し、イルカの挙動の違いを調べることを計画した。また、調査海域は、練習帆船の運行計画にあわせて、日本列島南岸域の航路上とした。しかしながら、練習帆船の航海訓練の安全確保のため、海棲哺乳類との遭遇予想海域(伊豆諸島海域)の通過時間が短く、海棲哺乳類との遭遇に至らず、その音響計測もできなかった。このため、方法論の研究にとどまり、実証データを取るに至らなかった。

(第2年度)第1年度の問題点を解決すべく、

より確実な海棲哺乳類との遭遇を図るため、イルカの定住している七尾湾を対象海域とし、大型帆船を小型帆船(大型ヨット)に変えたうえ、第1年度の方法論、計測システムを適用した。すなわち、イルカの群れを発見すると、その付近で、一定の船速、針路で船が音響センサーを曳航しつつ航行し、その計測記録の三角測量解析からイルカが船舶騒音により遊泳速度や進路を変えるか否かを調べた。

### 4. 研究成果

(第1年度)北太平洋上において大型練習帆船上で、図1のように、低周波数用および高周波数用の音響センサーを曳航し、機走時および帆走時の水中音を計測した。航行海域は四国沖および紀伊半島・伊豆諸島周辺海域であった。そこでは曳航索の力学解析よりおもりの適正配置を決めることにより安定した曳航状態を実現した。また、水中計測音を船舶雑音と海棲哺乳類発生音に自動分離し、イルカの遊泳軌跡を表示する解析ソフトウェアを作成した。さらに計測された水中音と鯨類の鳴音レベルを比較することで、船上からの鯨類の探知可能距離を求め、その機走時帆走時の比較から計測プラットフォームとしての帆船の優位性を図2のように定量化した。航行中の海生哺乳類との遭遇は、豊後水道でのイルカ、伊豆諸島でのクジラであったが、音響センサーを投下して記録する時間的余裕に恵まれなかった。

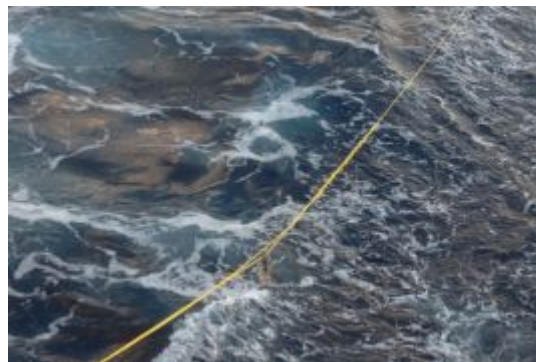


図1 音響センサーアレイの曳航状況

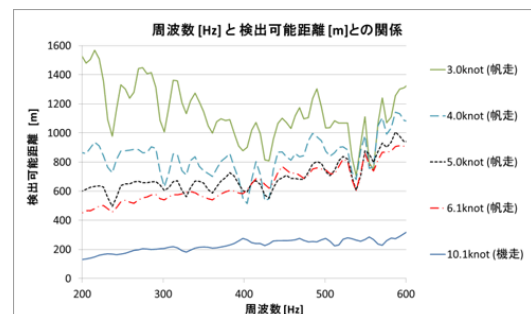


図2 鯨類鳴音の探知可能距離の推定結果とその機走帆走の違い(大型帆船での計測)

(第2年度)七尾湾の能登島周辺海域においてミナミハンドウイルカの群れ(9頭からなる定住群;図3)付近を、高周波数用の音響セ

ンサーを曳航した船舶を反復航行させた。この船舶に対するイルカの反応行動をイルカのソナー音計測記録の三角測量により求めた。用いた船舶は、静穏な帆走中の小型帆船（セーリングクルーザー）と機走中の動力船（モーターボート）の2種類とした。この計測記録(図4や図5など)の解析の結果によると、モーターボートにおいては、この計測で検討したプロペラ回転数においてであるが、船が遠ざかる際に、船に近いときイルカは船の航跡上から離れるが、船が一定以上遠ざかるとイルカは船の航跡上に近づいてきていた。ヨットの場合イルカはいずれの場合も船の航跡上に近づいているようであった。この理由として、ヨットがほとんど音を出していないこと、また微風でヨットの速度が非常に小さかったために物理的に直接イルカの行動を邪魔するということがないためと考えられる。また、イルカと船との距離とイルカの接近速度の相関を調べると、図6のように、イルカとの船の距離が離れるほどイルカは船への接近速度を増す傾向が見られた。以上を全体としてみると、イルカの反応には、帆船と低速のプロペラ回転下での動力船では顕著な違いは確認されなかった。これより、船舶騒音がイルカに顕著な悪影響を与えるという事実は本調査では定量的に確認されなかった。ただし、動力船でシーアンカーを曳航して敢えてプロペラ荷重度を上げた状態では、イルカが接近せずデータが取得できなかった。以上の結果は、観光産業としてのイルカ・ウォッチングの在り方についての科学的データのひとつとなりうるものであり、また海棲哺乳類と海運の共存を考える研究のひとつの端緒を拓くものといえよう。本研究を契機として、クジラと船舶騒音の関係を調べる大型研究プロジェクトが平成27年度よりスタートするに至った。このような研究により最終的な結論が得られることが期待される。



図3 音響計測中に船舶付近を遊泳中のイルカの様子

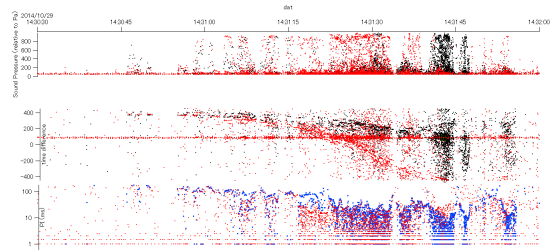


図4 帆走船に対するイルカの鳴音変化の記録(上段より、音圧、音の到来方向、パルス間隔の時間変化)

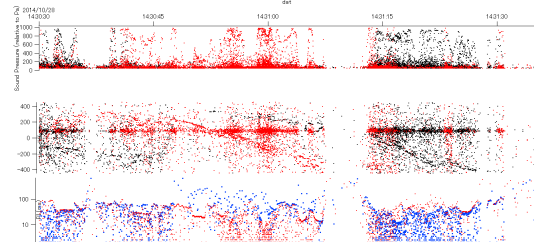


図5 機走船に対するイルカの鳴音変化の記録(上段より、音圧、音の到来方向、パルス間隔の時間変化)

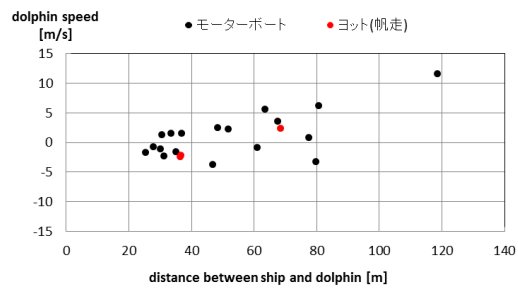


図6 イルカの接近速度と船舶からの距離の相関

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

Akiko Sakurada, Tomonari Akamatsu, Naoya Umeda: ALGORITHM FOR AUTOMATIC ACOUSTIC DETECTION OF SHIP AND MARINE MAMMALS, Proceedings of the 9<sup>th</sup> IFAC Conference on Control Applications in Marine Systems, refereed, Vol.1, 2013, USB.

〔学会発表〕(計2件)

櫻田顕子、赤松友成、国枝佳明、梅田直哉: 大型帆船による海棲哺乳類の音響調査、第24回海洋工学シンポジウム、2014年3月13日、日本大学理工学部(東京都)

櫻田顕子、増山豊、赤松友成、梅田直哉: イルカに与える船舶騒音の影響について(動力船と帆船の比較)、第48回セーリングヨット研究会、2015年5月16日、大阪府立大学(大阪府)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/ssri/ecosystem/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

梅田 直哉 (UMEDA NAOYA)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：20314370

### (2) 研究分担者

赤松 友成 (AKAMATSU TOMONARI)

独立行政法人水産総合研究センター・水産  
工学研究所・グループ長

研究者番号：00344333

増山 豊 (MASUYAMA YUTAKA)

金沢工業大学・実海域船舶海洋研究所・名  
誉教授

研究者番号：10101362

(平成26年7月8日以降)

櫻田 顕子 (SAKURADA AKIKO)

独立行政法人海上技術安全研究所・流体設  
計系・研究員

研究者番号：00734237

(平成26年7月8日以降、それ以前は研  
究協力者)

### (3) 研究協力者

国枝佳明 (KUNIEDA YOSHI AKI)

独立行政法人航海訓練所・教授(研究当時)

鷺山久 (UYAMA HISASHI)

独立行政法人航海訓練所・日本丸船長

森恭一 (MORI KYOUICHI)

帝京科学大学・生物環境学部・准教授

谷口和義 (TANIGUCHI KAZUYOSHI)

能登島イルカ保護委員会・会長

池上忠茂 (IKEGAMI TADASHIGE)

向田漁業生産組合・組合長

菅原茂 (SUGAWARA SHIGERU)

能登島イルカ・海洋研究所・代表

三井宏 (MITSUI HIROSHI)

金沢工業大学・実海域船舶海洋研究所