

自律型海中ロボットによる鯨観測の研究

—その2 座間味沖における観測実験—

Observation of Whale by Autonomous Underwater Vehicle -2nd Report: Preliminary Trials off Zamami Islands

岩上 寛*・浦 環*・藤井輝夫*・浅川賢一*
小島淳一**・浅井輝之***・東 直人****・福地鐵雄*****

Hiroshi IWAKAMI, Tamaki URA, Teruo FUJII, Kenichi ASAKAWA,
Junichi KOJIMA, Teruyuki ASAI, Naoto HIGASHI, and Tetsuo HUKUCHI

1. はじめに

その1で紹介したのは観測装置および実験の基本となる理論であったが、本報告では3月に実施した観測実験での手順と結果について述べる。なお、本観測実験は東京大学生産技術研究所海中工学研究センター、(株)KDD研究所および国営沖縄記念公園水族館の共同研究として行われたものである。

2. 目的

今回は、認識および位置推定アルゴリズムを確立するための予備実験的な立場から、実海域での環境雑音レベルの確認、実際の観測手順の確認、今後の解析に使用する4chでの鳴音のデータ収集などを主に行った。

3. 海域の選定

日本近海でザトウクジラに高確率で遭遇できる場所は東京都小笠原諸島近海と沖縄県慶良間諸島近海の2ヶ所である。どちらの海域も、ザトウクジラは繁殖のため1月から3月ごろまで回遊してくる。今回は、交通の便がよく、AE2の移動や母船の手配がしやすい慶良間諸島近海(図1参照)を選んだ。この海域では国営沖縄記念公園水族館が漁船を用いて定期的なザトウクジラの観測を行っている。

周辺海域は、沖縄本島から続く100m以浅の棚が広がっており、繁殖期のザトウクジラはそれを好んで集まってくると考えられている。特に、座間味島北西沖3マイルにある高さ50m(頂上の深度50m)の渡名喜曾根付近、およ

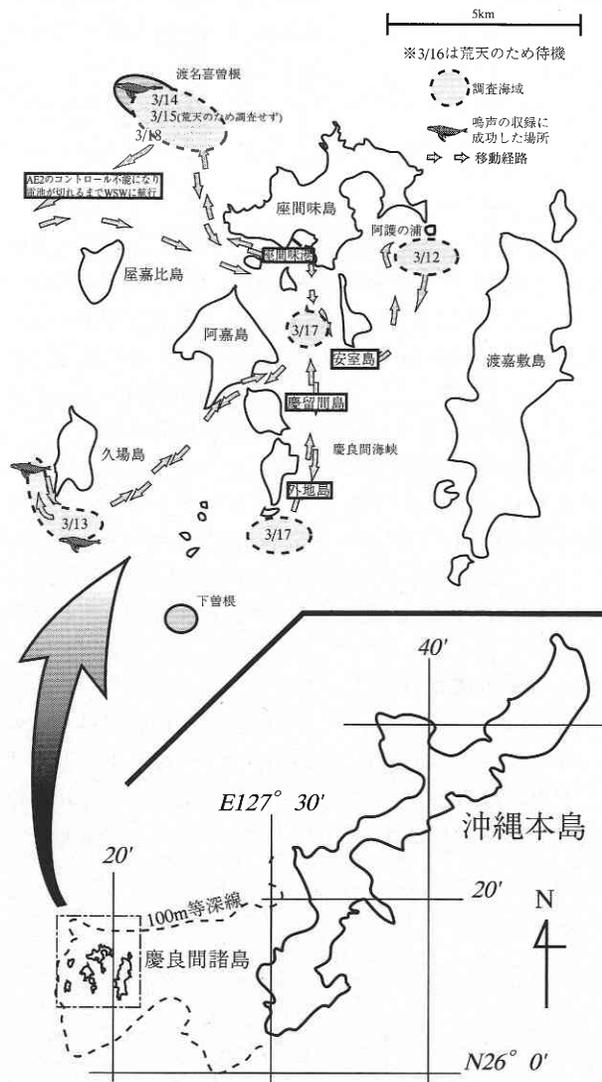


図1

*東京大学生産技術研究所 海中工学研究センター
**KDD研究所株式会社
***国際海洋エンジニアリング株式会社
****国営沖縄記念公園水族館
*****システム技研有限公司

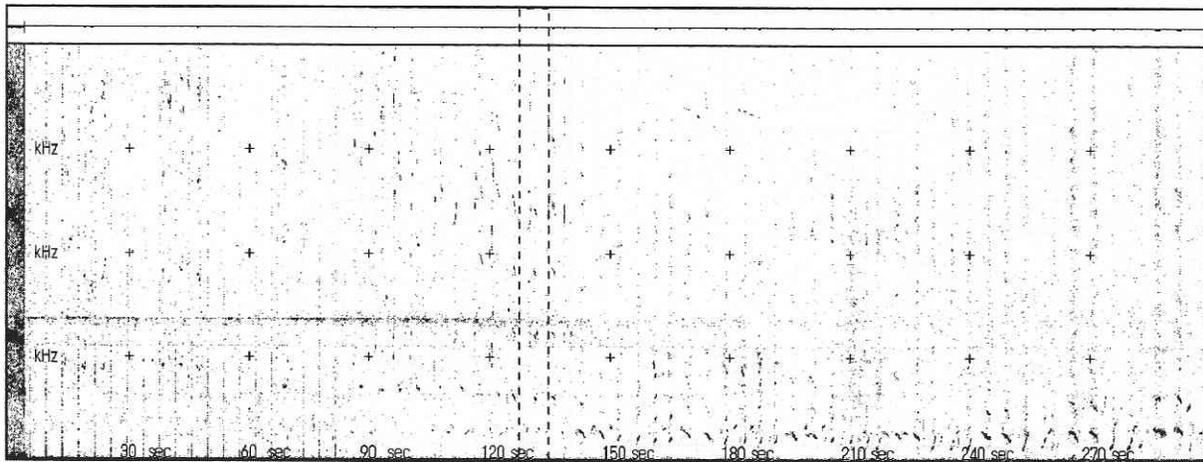


図2 ザトウクジラの鳴音

び久米島の東のシュガマーと呼ばれる根では遭遇率が高いことが知られている。そこで、座間味島座間味港をベースにして、渡名喜曾根を中心に実験を行った。

4. 期 間

実験時には港から実験海域までロボットを母船で曳航しなければならないので、2月中旬までは当該海域は荒れることを考慮し2000年3月7日～3月18日とした。

5. 実 験

5.1 実験海域 (図1参照)

3月11日および12日は新しい観測装置と自律型海中ロボットAE2 (Aqua Explorer 2) の動作チェックと実験手順の確認を行い、本格的な観測実験は13日より行った。13日には久場島沖で、14日には渡名喜曾根周辺でザトウクジラの鳴音の録音に成功した。しかし、残念ながら今年は回遊してきているクジラの個体数が例年に比べ少なかった上、天候不順で実験期間中海が凪いだ日はなく、クジラとの間近での遭遇は一度のみであった。15・16日は荒天のため、17・18日はザトウクジラに遭遇できず鳴音を録音することはできなかった。

5.2 母船および支援体制

調査では、国営沖縄記念公園水族館が調査する漁船 (数 ton)、水中ロボットを操縦する母船 (13 ton) と周辺海域を警戒する警戒船 (数 ton) の3隻を使用した。母船は調査海域への往復にはAE2を曳航するため最高5kt程度しか出せないため、調査船が調査母船と警戒船に先立って走行し、目視とハイドロフォンによりクジラ探索してその位置を調査母船に連絡する。また、観光として行われるホエ

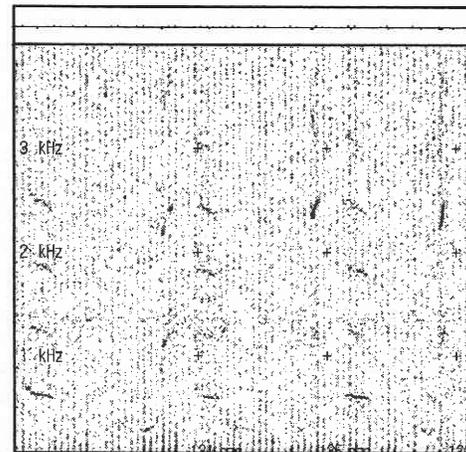


図3 鳴音の拡大図

ールウォッチングボート競合しないようにした。

5.3 手順

座間味港にて岸壁からロボットを着水させ、母船で曳航して実験海域まで移動する。その間、母船上のコンピュータとAE2はイーサネットで接続されており、プログラムや録音データの授受が可能である。

実験海域に到着したら、母船からモニター用のハイドロフォンを下ろし、鳴音の有無を確認する。反応があれば、AE2を母船から切り離し、音響リンクを通じて母船からAE2をコントロールし、鳴音の録音を行う。今回は位置推定のシステムは搭載していないため、AE2の進路は潮流と母船との位置関係により決定した。また、深度は基本的に海底から数mの一定高度を保つようにした。

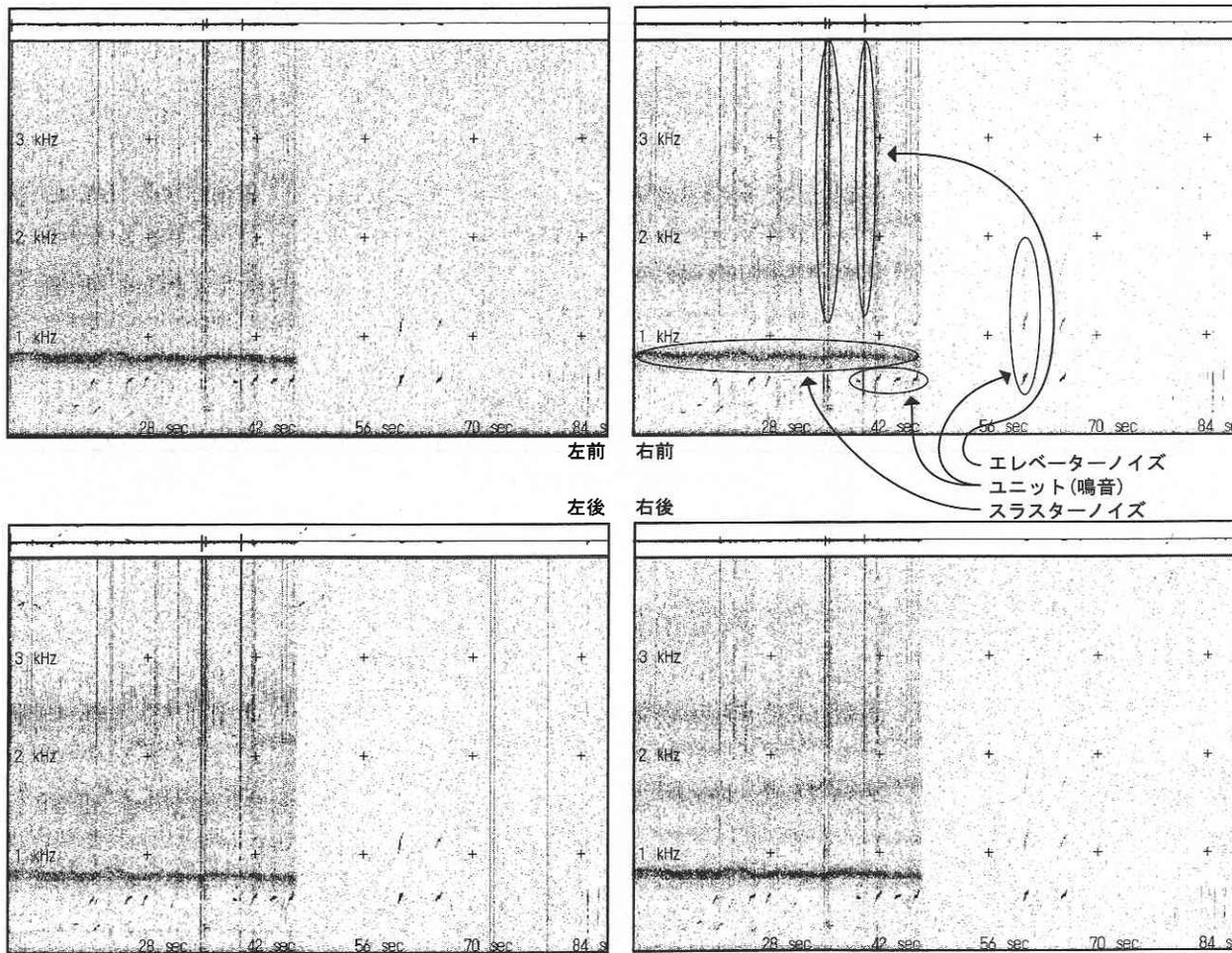


図4 前後左右のハイドロフォンにより録音されたザトウクジラの鳴音

実験中は、母船および警戒船のエンジンは切り、音響リンクの途切れないぎりぎりのところまでAE2を遠ざけ、録音データに影響を与えないようにした。十分データが得られたら、AE2を浮上させ、母船とイーサネット接続しデータの吸い上げを行う。

6. 観測実験結果

13～18日で録音したデータは全部で86分、うちスペクトログラム上でクジラの鳴音が確認できたのは10分程度であった。さらにそのうちノイズの少ないものは6分程度であった。

6.1 録音したクジラの鳴音について

図2は、3月13日に久場島西で録音した鳴音のスペクトログラムである。ノイズは少ないが、鳴音のレベルも低くSN比はあまりよくない。300-700 Hzの音が多いが、図3の拡大図に示すように3 kHz位まで広がっている。

6.2 4chの比較

図4には前後左右4chの録音データのスペクトログラムを示した。4chのデータ間にAE2のボディによる音の干渉や減衰といった音圧/周波数特性の差異は見られない。

6.3 ノイズ

6.3.1 母船エンジン音

図5に示すのは母船のエンジン音である。矢印のところでエンジンを始動している。500 Hzから3 kHzまで周波数は広く分布しており、800 Hz付近のレベルがやや高い。

6.3.2 AE2由来のノイズ

図4には、AE2のスラスターノイズと前翼エレベータのギヤが発するノイズが記録されている。AE2が航行中は双方とも抑えることが難しいので、良質な鳴音を録音するためにはAE2を停止させる必要がある。

図6には、母船からAE2の位置測定をするためのロケータ(SSBL: Super Short Baseline Acoustic Positioning

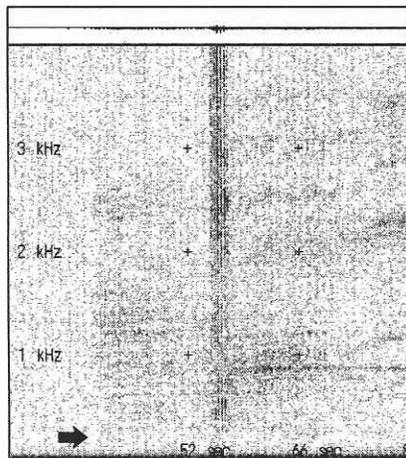


図5 母船のエンジン音

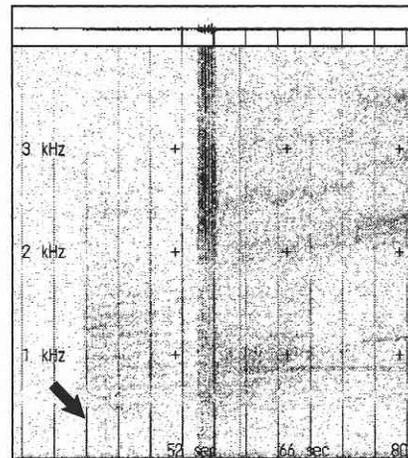


図6 ロケットノイズ

System) のパルス音が記録されている。ハイドロフォンの位置により多少の差はあり、またパルスの持続時間は短いもののレベルは高いので、鳴音の録音時には止める必要がある。

7. 結 論

今回の実験は、位置探知アルゴリズムの確認に利用するための鳴音の4chデータを得ることができ、また研究室では考えつかない様々なアイデアや課題点を得たという意味で大変有意義なものであった。これらの結果をふまえて、次のザトウクジラを位置探知し追跡するステップへと移ることができる。

8. 課 題

- クジラを発見してからAE2を母船から切り離し航行させるまでに時間がかかることなどから、鯨に十分接近できず、音圧レベルが十分ではなかった。AE2の切り離しに工夫が必要である。
- 観測母船のクレーンフレームが改良できれば、AE2を上げてより広範囲の移動が可能である。
- 発見後すぐにAE2を潜水させるのも重要だが、その後母船はなるべく動き回らずにロボットだけを動かす

ようにすると鯨を驚かさずに済むと思われる。

- データに製作した電気系からのノイズが入るときがある。
- AE2のエレベーターノイズが大きい。
- 水上船とAE2以外に由来する環境雑音はほとんどなく、アンプのゲインは適当な値と考えられる。
- 観測母船の発電機の騒音が大きいので、蓄電池か静かな発電機を利用する。
- 鯨発見後のロボットの動かし方を再検討する必要がある。
- ある程度天候不順など観測実験ができない状況を見越して約10日間の日程で実験を行ったが、もう少し日程的な余裕が必要。

9. 謝 辞

本実験を行うにあたり、内田詮三館長をはじめとする国営沖縄記念公園水族館の方々、仲村三雄座間味村長、大城晃会長をはじめとする座間味村ホエールウォッチング協会の方々、座間味村漁業協同組合、長崎大学水産学部竹村場教授および前田英雅氏、その他多くの関係者の方々にお世話になりました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

(2000年5月22日受理)