

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 9 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25630398

研究課題名(和文)淡水棲イルカ類音響戦略解明のための小型音響データロガー開発

研究課題名(英文)Development of the acoustic and motion data logger for understanding the freshwater dolphin's echolocation strategy

研究代表者

杉松 治美(SUGIMSTSU, Harumi)

東京大学・生産技術研究所・研究員

研究者番号：90436577

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):ガンジスカワイルカの音響戦略と水中行動など環境変化への対応能力を解明するため、1個体の発する音響データと身体モーションを同時に連続計測できる音響+身体モーション計測小型データロガーを開発し、非接触型観測と併用した総合観測を実施して、イルカ行動の詳細を明らかにする研究を推進した。ロガーの小型化のため、ハイドロフォンと水圧計を一体化した計測システムを実現、ペンシルサイズのロガーを開発、最終年度に、ガンジス河の長期音響モニタリング実施サイトで、非接触型の音響観測システムと並行したピンガ試験を実施、データ取得に成功した。開発システムの応用として、AUV用大深度水中ノイズ計測装置を開発した。

研究成果の概要(英文):For understanding the Ganges River Dolphin's echolocation strategy and underwater behavior, we have been developing the acoustic and motion logger which can be attached to the Ganges river dolphin. To downsize the logger, a built-in hydrophone and pressure sensor (MEMS) unit was newly developed and installed to the prototype to be used for the experiments using an AUV. After confirming its performance, a pencil size data logger using the developed built-in unit and its software was finally developed. The experiments using the system along with the non contact type acoustic recording system using a 6 hydrophone array were conducted on November 2015 at the Ganges riversite. The performance of the developed system was demonstrated well. In addition, as an application, a deep sea (2000m) noise recorder for practical use was realized.

研究分野：音響工学

キーワード：バイオリギング ガンジスカワイルカ バイオソナー クリック音 身体モーション AUV 水中録音装置

### 1. 研究開始当初の背景

淡水棲イルカ類は近年の人間活動の活発化に伴い棲息環境が悪化、絶滅の危機に瀕する。イルカはクリック音と呼ばれる超音波を対象に向かって発しその反射を利用して周囲環境を認識し捕食活動を行う(エコーロケーション)。アジアの河川の大半は水が濁っており、息継ぎのため短時間浮上する以外大半を水中で暮らすイルカの音響戦略や水中行動は目視では観測できない。野生のイルカの観測にはハイドロフォンアレイを用いたパッシブな音響観測が有効である。さらに、近年、イメージングソナーを用いたアクティブな音響画像による身体情報取得手法(非接触型)およびイルカの身体にタグを付けるバイオリギング技術(接触型)が登場した。淡水棲イルカ類のパッシブな音響観測実績をベースに、アクティブな音響画像取得手法を組み込むことで、イルカの種類/大人・子供の違いや棲息環境変化によりその音響戦略と行動様式が異なることを解明してきた。しかし、クリック音には指向性があり、イルカがアレイの方向を向いている時しか音を取得できない。このため、クリック音を定常的に発振しているか検証できない。また、イメージングソナーは視野角が狭くイルカの身体の動きや速度の連続的データ取得は困難である。バイオリギング技術はこれらを補うが、野生のイルカに装着する場合、身体やメンタル面の影響が担保されず当該国保護機関の理解を得ることが難しく、ほとんど実施されていない。リリース後の回収リスクも大きい。タグによる取得情報はサイズと搭載センサに依存するが、水中温度、深度、身体の傾き、遊泳速度などが主であり、音響データを取得できる小型タグは限られ、かつサンプリング周波数帯が低いため淡水棲イルカ類の高周波クリック音を高精度で録音できるものは存在しない。

### 2. 研究の目的

アジアの河川や湖等に棲息する淡水棲イルカ類は絶滅が危惧される。イルカはクリック音と呼ばれる超音波を利用して棲息域の周囲環境を認識し捕食活動する(エコーロケーション)。保護保全に不可欠な野生のイルカの水中行動や生態情報取得にはパッシブとアクティブを組み合わせた非接触型音響計測が有効だが、個体の情報取得に限界がある。本研究では、対象となる一個体の身体に装着しクリック音、身体の動き、遊泳速度、水温、深度等の生体情報を24時間超連続計測・記録できる小型データローガーおよびその安全な装着/回収方法を研究開発する。水族館試験を経て、半野生環境下に保護される一頭のガンジスカワイルカに装着、非接触型音響計測システムと併用し連続計測して、ガンジスカワイルカの詳細な音響戦略(クリック発振頻度等)

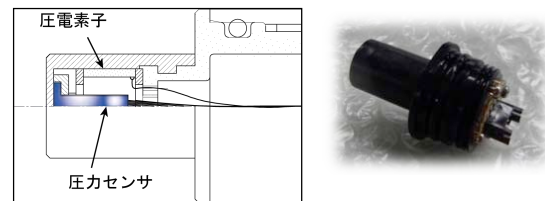
と水中行動など環境変化への対応能力を解明、イルカおよび水圏環境の保護・保全に資する。

### 3. 研究の方法

ガンジスカワイルカの詳細な音響戦略(クリック発振頻度等)と水中行動など環境変化への対応能力を解明するため、一個体の音響と身体のモーションの連続計測を可能にする音響+身体モーション計測小型データローガーの試作機を開発する。MEMS技術を利用した小型音響+身体計測データローガーの開発および装着方法とリリース手法について検討してボディを構成、水槽試験により機能を検証する。飼育環境下のイルカに装着してデータ取得方法と装着・回収方法についてフィードバックを行い、自然環境下での計測を実施し、インドで実施している非接触型音響計測システムによる計測データとの比較検討を行い、計測性能の向上を図る。

### 4. 研究成果

初年度、イルカに装着可能な小型化を図るため、小型ハイドロフォン(受信帯域(-3dB:1~200kHz)に水圧計を組み込んだ一体型ハイドロフォン/水圧計(93mmφx180mm)を開発した。開発した装置の事前評価を行うため、内機部の他のセンサ類については汎用品(CPUボード、アドオンボード、AD基盤、9軸センサ、記録メディア、電池等)を組み合わせプロトタイプデータローガー試作を行った。

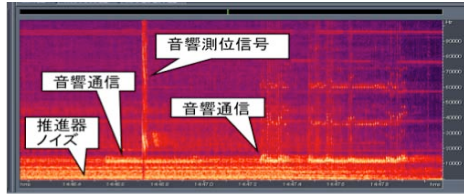


一体型ハイドロフォン/水圧計

開発した試作機の機能検証のため、イルカの代わりにAUV(Autonomous Underwater Vehicle)に試作機を搭載して、駿河湾での実海域試験において、ハイドロフォンと水圧計の評価を行った。ハイドロフォン評価には、AUVの音響通信、SSBL音響測位信号およびスラスト音を用いることが可能である。水圧計や9軸センサの評価には、AUVの深度計、DVL、姿勢センサなどのセンサ類を用いることができる。AUVが発する音響通信、SSBL音響測位信号そしてスラスト音がハイドロフォンに録音されており、試作機の姿勢と深度変化はAUVの記録と一致した。試作機がイルカのクリック音の録音だけでなく、AUVの実働時のノイズレベル評価にも有効であることが実証された。



AUV に搭載して性能評価実施



AUV の実環境でのスラストのノイズや音響機器の動作状況が把握できる

初年度に開発したハイドロフォンと水圧計一体型の試作機開発を本に、次年度（H26年度）は、イルカに装着可能な小型サイズの内機構造の設計および開発を進めるとともに、AUV に搭載して 2000m までの実環境において AUV の発する電気・機械ノイズや環境ノイズを録音することができる実用 AUV 用水中録音装置を開発した。

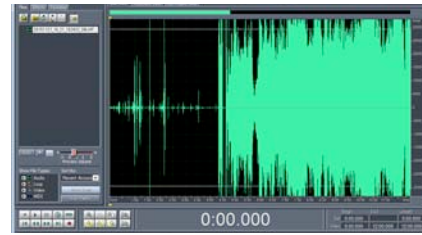


AUV 用に開発した水中音響雑音測定装置

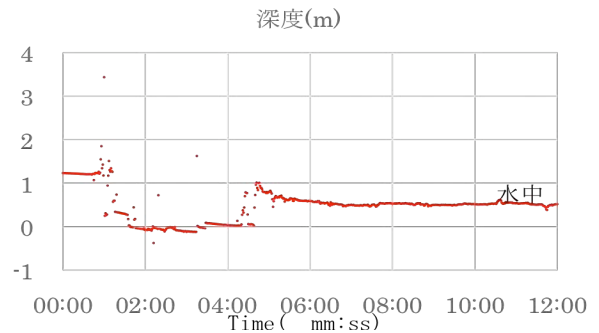
最終年度（H27 年度）には、開発したハイドロフォンと水圧計一体型の録音システムを組み込んだイルカ装着用のペンシルサイズの小型データローガーのハードウェアおよび専用ソフトウェアを開発した。水槽でのソフトウェア調整の上、2016 年 11 月 21 日、インドのガンジス河における定点でのガンジスカワイルカの長期音響観測中、同時計測を行い、性能評価を行った。計測には、ガンジスカワイルカの疑似クリック音を発するピンガー（60kHz）を用い、非接触型の長期音響観測システム（6 素子ハイドロフォンアレイ：10～200kHz）による録音と並行して、ローガーによる計測を実施した。



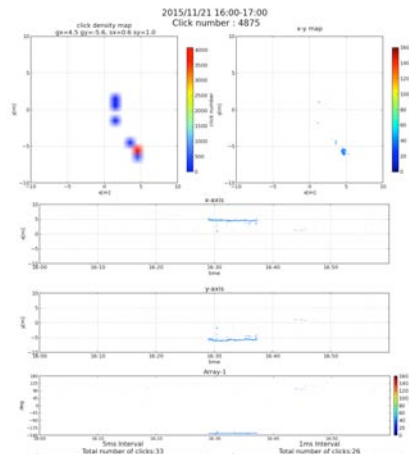
開発したペンシルサイズのデータローガー



2016 年 11 月 21 日、ピンガーテスト記録波形（16：24：32～16：36：38 までの 12 分間）と拡大図



12 分間のローガーの深度情報



同上時間帯の 6 素子ハイドロフォンアレイでもピンガー音が録音されている

インドの試験では、イルカに機器を装着する許可を取得することができず、スイマーに装着して水中を遊泳する試験を実施したが、ソフトウェアのバグにより録音を確認することができなかった。その後、ソフトウェアを改良、今後の実用化に向けた水槽試験による機能向上を進めている。

## 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)

Junichi Kojima, Harumi Sugimatsu, Tamaki Ura, Rajendar Bahl, Sandeep Behera and Kenji Nagahashi, "Development of a prototype acoustic and motion recorder for the Ganges River Dolphin", In Proc. OCEANS 14 St. Johns, St. Johns, Canada, 2014.

[学会発表] (計 1 件)

○ Junichi Kojima, Harumi Sugimatsu, Tamaki Ura, Rajendar Bahl, Sandeep Behera and Kenji Nagahashi, "Development of a prototype acoustic and motion recorder for the Ganges River Dolphin", Proc. OCEANS 14 St. Johns, St. Johns, Canada, 2014. 9. 17 (口頭発表)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

杉松 治美 (SUGIMATSU Harumi)

東京大学・生産技術研究所・特任研究員

研究者番号：90436577

### (2) 連携研究者

小島 淳一 (KOJIMA Junichi)

(株)KDDI 研究所・環境計測プロジェクト・プロジェクトリーダー

研究者番号：50416575

### (3) 連携研究者

浦 環 (URA Tamaki)

九州工業大学・社会ロボット具現化センター・特別教授

研究者番号：60111564

### (4) 連携研究者

浅田 昭 (ASADA Akira)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：60323648

### (5) 研究協力者

Rajendar Bahl

インド工科大学デリー校

研究者番号：なし

### (6) 研究協力者

Sandeep Behera

National Mission for Clean Ganga

研究者番号：なし

### (7) 研究協力者

Ajit Pattnaik

チリカ湖管理局

研究者番号：なし