

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：11501
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2014～2015
課題番号：26630085
研究課題名(和文) マッコウクジラ用ローバー

研究課題名(英文) A Rover for Sperm Whale

研究代表者

妻木 勇一 (Tsumaki, Yuichi)

山形大学・理工学研究科・教授

研究者番号：50270814

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)：マッコウクジラがダイオウイカを捕食している様子を見た者は誰もいない。小型ビデオカメラを組み込んだバイオロギングシステムは、様々な動物の謎を解く大きな可能性を秘めている。しかし、マッコウクジラの場合、海中にある口元にこのシステムを取り付けることは困難である。本研究では、この問題を解決するために、バイオロギングシステムに移動機構を取り付けた。我々の環境駆動型移動機構の概念を適用することで、水流を駆動源とした移動機構を提案・開発した。試作機は二つのプロペラと片側四個の計八個の吸盤から構成される。開発した機構の妥当性を基礎的な水中実験により検証した。

研究成果の概要(英文)：To date, nobody had witnessed what happens when a sperm whale eats a giant squid. Recent technology, combining a small video camera and a so-called embedded "biologging system" has great potential to determine various mysteries of zoology. However, for the sperm whale, it is difficult to attach the biologging system to an appropriate area, closed to mouth in the sea. In this project, to tackle this problem, we introduce robot technology providing mobility for the biologging system. We have applied our environment driven concept to the whale rover, leveraging the stream of water generated by the transportation of the whale itself as propulsion. A prototype has been developed, which comprises two screws and a pair of four suction pads. The screws provide sufficient power to move on the surface of the whale, while the pair of suction pads adsorbs the surface in turn. Its feasibility has been confirmed through fundamental experiments in the water.

研究分野：ロボット工学

キーワード：知能機械 知能ロボティクス 海洋生態

1. 研究開始当初の背景

動物の生態を観察する方法として、バイオロギングサイエンスと呼ばれる手法がある。これは、センサやカメラが内蔵されたタグと呼ばれる計測装置を動物の体に取り付け、データを計測保存する方法である。回収されたタグ内に保存されたデータを解析することで、従来解明できなかった動物の生態を明らかにすることができる。

マッコウクジラに対しても動物学者らによりバイオロギングが実施されている。その目的の一つは、マッコウクジラがダイオウイカを捕食している証拠を撮影することである。図1に示すように、クジラが海面を泳いでいるところに船で近づき、長い竿の先に取り付けたタグをクジラの背中に叩きつけることで、吸盤によりタグを取り付けている。一方、マッコウクジラが潜る1000 m以上の深海は暗く、ライトで照らしても遠くを撮影することはできない。このため、クジラの捕食シーンを撮影するためには、背中ではなく口元近くにタグを取り付ける必要があるが、水面下にある口元にタグを取り付けることは極めて困難である。そこでロボット技術を用い、タグを口元に取り付ける方法を確立することが本研究の課題である。このため、背中に取り付けられたタグを口元まで移動させる手法を確立する。このようなロボット技術は現在誰も保有していない。

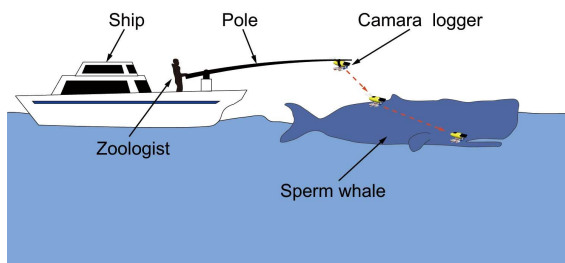


図1 クジラ用口ガー取付

2. 研究の目的

上記の目的を達成するために、本研究では、以下の2つの事項を達成する。

(1) クジラの背中に一度取付けられたタグを口元まで移動させることができる移動ロボットを開発する。このロボットをクジラ用ローバーと呼ぶ。

(2) クジラ用ローバーの移動エネルギー源として、クジラが泳ぐことで発生する水流を利用する方法を確立する。これを環境駆動型ローバーと呼ぶ。

3. 研究の方法

(1) 環境駆動

開発する移動機構はクジラの泳ぐ水流に逆らって、移動しなければならない。このため、比較的大きな出力の駆動源が必要となる。

また、マッコウクジラは1000 m以上潜るため、制御部、バッテリーやモータをこの水圧に耐えられる構造体の中に設置する必要がある。一方、クジラに対する負荷を考えると、移動体を含めたタグは小型であることが求められる。タグが大きくなるとクジラが不快に感じ、それを外そうとする例も報告されている。

そこで、これらの条件を満たすために、環境駆動型というコンセプトを活用する。すなわち、モータのような駆動源ではなく、環境のエネルギーを活用することで、駆動する機構を開発する。具体的にはクジラが泳ぐ際に発生する水流のエネルギーを利用した移動機構を開発する。すなわち、スクリュープローペラを水流によって回し、その回転力を駆動源とする機構を新たに開発する。

(2) 移動機構

クジラの表面を移動するために、吸盤と歩行型の移動機構を採用することにした。吸盤は、弁によって吸脱着を行う。歩行部分は平行4リンク機構を利用することで、内側の吸盤4個と外側の吸盤4個が交互に吸脱着を繰り返すことで、前に進めるようにした。このとき、同時に吸着している期間が必要となる。そこで、欠け歯車を利用して、そのタイミングを設計した。また、歩行のタイミングに合わせて、吸盤の吸脱着を行う必要がある。そこで、これを駆動するための溝カムを導入した。このように、電気回路を含んだ制御システムを一切用いずに、機構のみで移動を実現することで、耐圧の問題を回避した。これにより、制御システムそのものが不要となり、これを守るための耐圧構造部も不要となるため小型軽量化に大きく貢献できる。

4. 研究成果

(1) 環境駆動型移動機構の提案と開発

前章で示した考え方に基づき、環境駆動型移動機構を提案し、設計・開発を行った。開発した機構詳細を図2に、外観を図3に示す。

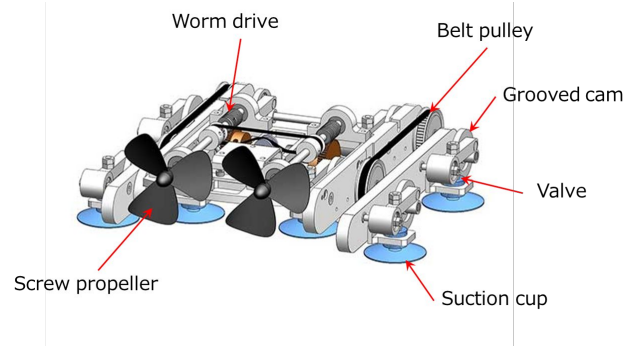


図2 試作機詳細

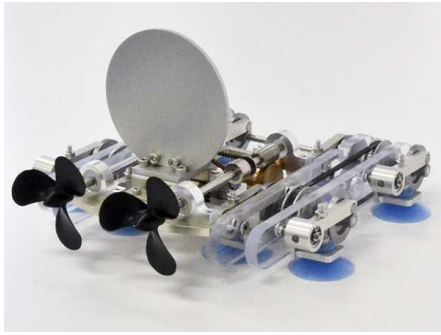


図3 試作機外観

水流を駆動源として利用するため、二つのスクリーブローパを使用している。これにより、CPU もバッテリーも用いずに、水流に逆らってくじら表面の移動を実現する。

(2) 吸着機構開発

吸盤を利用した吸着機構を図4に示す。弁の開閉を溝カムにより実現する。

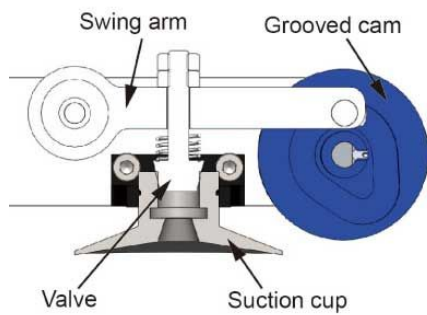


図4 吸着機構

(3) 移動機構開発

移動機構は、平行4リンク機構を用いる。ただし、リンク機構を用いると死点の影響を受けるため、最終的にベルブリーを利用した内側の脚と外側の脚が交互に吸着することで前進する。両方が同時に吸着する時間が必要であるため、欠け歯車を利用している。図5に開発した掛け歯車を示す。また、動作タイミングを図6に示す。黄色と緑の線が外側と内側のバルブの高さを示しており、高さゼロの時に吸着していることを示している。図中茶色の太線部が同時に吸着している時間を示している。

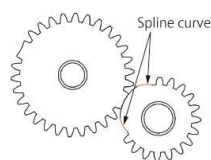


図5 欠け歯車

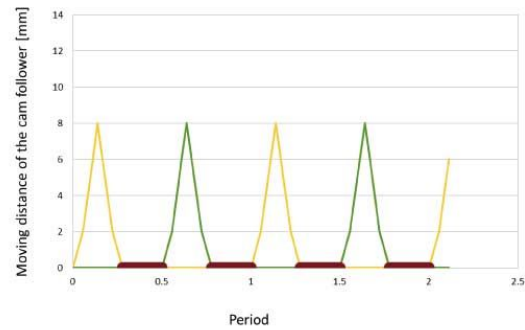


図6 動作タイミング

(4) 水中検証実験

試作した機構を用いて、水中で検証実験を実施した。移動機構を水槽壁面に吸着させ、スクリーブローパを手動で回したところ、吸着歩行を行った。水平方向にも垂直方向にもどちらも歩行を実現することができた。図7は、水平歩行の実験の様子を示している。図8は、水流がある中での駆動実験の様子を示している。これらの実験により、開発した機構の基本的な性能に関する妥当性が検証できた。

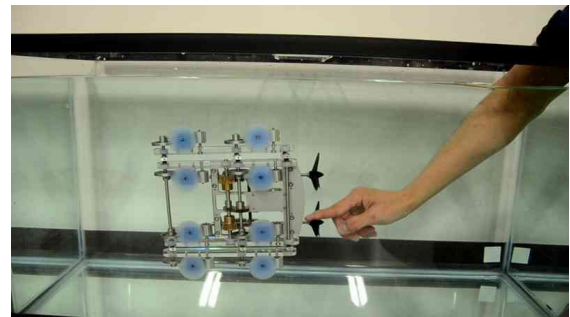


図7 水中実験概観

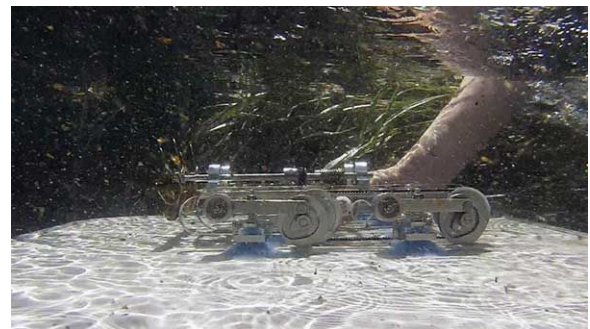


図8 水流内実験

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 0件)

[学会発表](計 2件)

鈴木朗史，妻木勇一，クジラ用ローバーの移動機構，第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集，pp. 265-266，名古屋国際会議場（愛知県・名古屋市），2015年12月14日。

Yuichi Tsumaki and Akihito Suzuki, A Rover for Whale, Proceedings of the 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, ThAP.38, Hamburg (Germany), Oct/1/2015.

〔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〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

妻木 勇一 (TSUMAKI, Yuichi)

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：50270814

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

森 恭一 (MORI, Kyoichi)

帝京科学大学・生命環境学部・教授

研究者番号：20570708

佐藤 克文 (SATO, Katsufumi)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：50300695

天野 政男 (AMANO, Masao)

長崎大学・大学院水産・環境科学総合研究

科・教授

研究者番号：50270905

李鹿 輝 (RINOSKA, Akira)

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：00253906