

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25820417

研究課題名(和文)藻場調査のための鰭型移動プラットフォームの開発

研究課題名(英文)Fin type moving platform for investigation of the seaweed bed

研究代表者

西田 祐也(Nishida, Yuya)

東京大学・生産技術研究所・特任研究員

研究者番号：60635209

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：海洋資源の持続的に利用するために重要な藻場で定期的かつ広域的な生物の実現を目指し、本研究では瞬発動作が可能かつ瞬発時の出力が調節可能な鰭型推進機構の開発を行った。制作前に行った解析の結果、当初提案した鰭型推進機構は2方向に瞬発動作できるが、モータの粘性抵抗の影響で十分な角速度を発揮できないことが分かった。その後、理論的にモータの粘性抵抗の影響を受けない新しい鰭型推進機構を提案し、実機を制作した。

研究成果の概要(英文)：This research developed fin type actuator which can perform rapid motion with high power and adjust its power, to periodically survey seaweed forest that is very important for conservation and sustainable use of fishery resources. Analyzing result before development shows proposed fin type actuator can perform rapid motion to two direction. However, output angular velocity of the actuator during rapid motion is not enough because the viscosity of mounted motor hinders rapid motion of the actuator. This research proposed new fin type actuator which its rapid motion isn't depended on the viscosity of mounted motor and made real machine.

研究分野：海中ロボット工学

キーワード：鰭型推進移動機構 高出力関節機構

1. 研究開始当初の背景

近年、人間の開発活動や地球規模での気候変動等による漁獲量の減少に伴い、ロボットによる定期的かつ広域な生物調査が期待されている。特に、水質浄化機能に優れ、魚介類の産卵や稚魚の育成、餌料生物の住み場になっている藻場は、海洋環境を改善し漁獲量を向上する上で最も重要な水域の一つである[1]。現在、多数の水中ロボットが海洋生物の調査に乗り出し高い成果をあげているが、ロボットによる藻場の調査はあまり進展していない。その主な要因として、水中ロボットの推進機構にスラストがよく用いられていることが挙げられる。スラストは回転翼を利用しており、海藻や水草などの海洋植物が多く生息する藻場では植物を巻き込み、ロボットが停止する恐れがある。また、推進力を発生させる際に大きな音(推進音)を周囲にまき散らすため、スラストを取り付けた水中ロボットでは海洋生物に逃げられる危険性があるため、スラストは藻場等での運用に不向きである。一方、魚は自身の尾鰭や胸鰭などといった“鰭”を巧みに使用することで海藻や水草に関係なく高い運動性を実現している[2]。したがって、水中に生息する魚の鰭のような推進機構を実現することができれば、藻場等においても定期的かつ広域に調査することが可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、海洋資源の持続的利用するために重要な藻場で定期的かつ広域的な生物調査の実現を目指し、瞬発動作が可能かつ瞬発時の出力が調節可能な鰭型推進機構を持つ移動プラットフォームの開発を行う。これまでに著者らは、バッタの後脚を模倣した高出力関節機構を提案し、搭載しているアクチュエータの数倍以上の出力を発生可能かつ出力を自由に調整できる関節機構を開発している[3][4]。また申請者らの関節機構は、特別な機構を有することなく関節駆動用のモータで振幅動作と瞬発動作を切り替え可能で、上記プラットフォームに応用することは容易である。

3. 研究の方法

(1) 搭載するモータの粘性抵抗の計測

本機構はトルクを発生している2つのモータの内の1つを瞬間的に停止させることでバネに蓄えられた力を解放し瞬発動作を実現している。しかし、瞬発動作時に停止させたモータが受動的に動作するため、停止させたモータの粘性が瞬発動作時の運動を妨げる恐れがある。研究項目(3)では搭載するモータの粘性抵抗を計測するための実験装置を製作し、実際に粘性抵抗を計測する。

(2) モータの粘性抵抗が及ぼす影響を解析

モータの粘性抵抗が機構を介して出力にどの程度影響を及ぼすか解析を行った。

(3) 試験用高出力関節機構の開発

解析によって得られた関節機構の出力理論値が妥当であるかを検証するため、試験用の高出力関節機構を開発し、瞬発動作時の出力角速度を計測した。

(4) 鰭型推進機構の出力特性の解析

鰭型推進機構を設計するため、各リンク長やモータのトルク、粘性抵抗やプリー直径が出力に及ぼす影響を解析した。

(5) 改良型鰭型推進機構の開発

研究項目(3)や(4)の結果、モータの粘性抵抗が及ぼす影響が予想以上に大きく、現状のままの機構では十分な出力が得られないという事が分かった。そこで、従動節とカムによるリリース機構を有した新しい鰭型推進機構を考案し、製作した。

4. 研究成果

(1) モータの粘性抵抗計測実験の結果

2つのモータを連結し、1つのモータに一定の電流を与え、もう片方のモータを受動的に動作させた時の各速度を計測した。Fig.1に各電流値に対するモータの角速度を示す。角速度が飽和した時は粘性抵抗と入力トルクが釣り合った状態であり、この時の各速度からモータの粘性抵抗を算出することができる。算出した結果からモータの粘性係数を 4.0×10^{-7} [Nms/rad]に決定した。

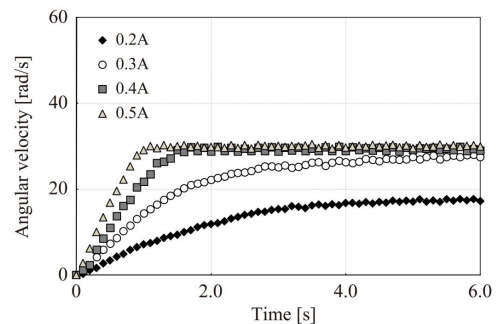


Fig.1 各電流値に対するモータの角速度

(2) 粘性抵抗が及ぼす影響の解析結果

一般的に市販されているモータは高速回転時に最高効率を得るため、関節機構に適用するには歯車やリンク等で減速する必要がある。本研究では、n段歯車減速機が取り付けられたモータの粘性抵抗によって消費されるエネルギーの釣り合い式からモータ単体の粘性抵抗と全体の粘性抵抗の関係式を導出した。その結果、機構全体の粘性抵抗は減速比の2乗に比例するという事が分かった。この結果は、瞬発動作時の出力を向上させるため機構全体の減速比を大きくし過ぎると瞬発動作時の出力が低下することを示唆している。

(3) 試験用高出力関節機構の開発

Fig.2 に試験用高出力関節機構の瞬発動作時における出力角速度と解析によって得られた理論値との比較を示す．実験の結果，試験用機構は関節角度が約 40[deg]の時に最大角速度 9.23[rad/s]が得られるということが分かった．また，試験用機構の角速度は理論値の3分の2程度の角速度であった．試験用機構と理論値とで角速度に大きな差があった原因は研究項目(2)で想定していた以上にモータの粘性抵抗が出力に影響を及ぼしていたと考えられる．

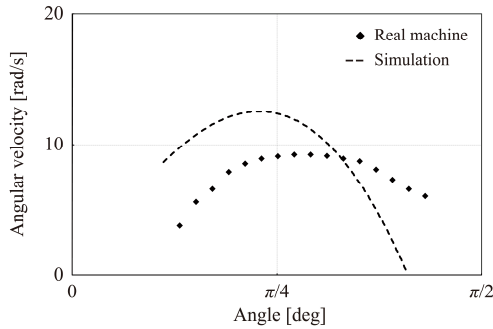


Fig.2 解析結果と試作機との角速度の比較

(4) 鱭型推進機構の出力特性の解析結果

これまで得られた知見をもとに鱭型推進機構の出力特性を解析した．Fig.3 に解析によって得られた鱭型推進機構の瞬発動作時のトルクと角速度を示す．高出力関節機構と異なり，鱭型推進機構は2方向に瞬発動作可能である．しかし，鱭型推進機構の瞬発動作時に得られる角速度は高出力関節機構より大幅に低く，想定していた角速度を満たしていなかった．これは，機構を構成するリンクの長さ等を変化させても機構全体の減速比を小さくできず，モータの粘性抵抗の影響を小さくできないことが原因である．

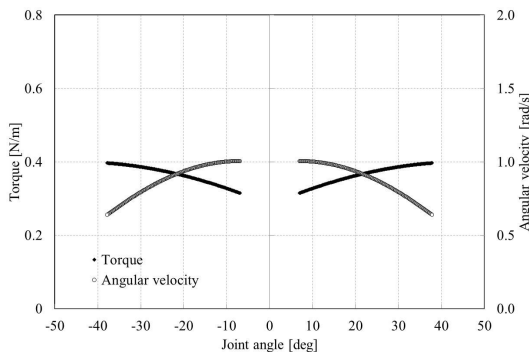


Fig.3 瞬発動作時のトルクと角速度

(5) 改良型鱭型推進機構の開発

揺動カムと従動節を組み込んだ新しい鱭型関節機構を考案した．従来のカムとワイヤの連結箇所に従動節を組み込み，カムを不連続な揺動カムに変更した．カムを一回転させることでモータと出力リンクの機械的な連結を一時的に開放することで新機構はモータの粘性抵抗が及ぼす影響を理論的に無くし，高い出力の瞬発動作を実現することが可

能である．また，従来機構と同様に新機構はモータをトルク制御することでパネに蓄える力を調節し，瞬発動作時の出力を制御可能である．構造上，従来機構はワイヤをカムで巻き取る必要があったが，新機構はワイヤを巻き取る必要がないため，ワイヤをリンクに変更した．それにより，ワイヤの巻き込み不良で機構自体を故障させる危険性がなくなった．

<引用文献>

- [1] 水産省，藻場資源調査等推進事業の成果について，平成 21 年 3 月
- [2] 山本郁夫，魚口ポットの開発，日本ロボット学会，Vol.22，No.6，pp.706-708，2004
- [3] Yuya Nishida, et. al., Design Principle of High Power Joint Mechanism Possible to Walking and Jumping Imitating Locust Leg Structure, Journal of Robotics and Mechatronics, pp.225-230, Vol.23, No.2, 2011
- [4] Yuya Nishida, Takashi Sonoda, Kazuo Ishii, Jacobian Matrix Derived From Cross Product and Its Application into High Power Joint Mechanism Analysis, Journal of Bionic Engineering, Vol.7 Suppl., pp.218-223, 2010

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 2 件)

- [1] Yuya Nishida, etc., Autonomous Underwater Vehicle “Tuna-Sand” for Image Observation of the Seafloor at a Low Altitude, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.24, No.6, pp.519-521, 2014
- [2] Yuya Nishida, etc., Resource Investigation for Kichiji Rockfish by Autonomous Underwater Vehicle in Kitami-Yamato Bank off Northern Japan, ROBOMECH Journal, Vol.1, pp.1-6, 2014

〔学会発表〕(計 4 件)

- [1] Yuya Nishida, etc., Development of an Autonomous Buoy System for AUV, MTS/IEEE OCEANS, Genova, Italy, May 2015
- [2] Yuya Nishida, etc., Fish detection using vector quantization histogram for investigation of fishery resources, MTS/IEEE OCEANS, St.John's, Canda, September 2014
- [3] 西田祐也，その他，高出力関節機構を有する鱭型移動プラットフォームの開発，ロボティクスメカトロニクス講演会予稿集，富山，5 月，2014

[4] Yuya Nishida, etc., Investigation method for the biomass of kichiji rockfish by hovering type AUV, MTS/IEEE OCEANS, Taipei, Taiwan, April 2014

6 . 研究組織

(1)研究代表者

西田祐也 (Nishida Yuya)

東京大学生産技術研究所・特任研究員

研究者番号：60635209