

概要

水中の推進システムにはスクリュプロペラを用いた推進方法や魚を模したロボットによる尾びれ推進などがあげられる。スクリュプロペラは水上、水中における推進性能が高く、船舶などに広く用いられている。しかし、生態系調査の面で考えると、スクリュプロペラは周辺環境に影響を与え、調査に適しているとは言えない。その一方で尾びれ推進は周辺環境に影響を与えることがなく、尚且つ加速性・旋回性に優れているため障害物を避けながら目的の地点まで速やかな移動を可能にする。以上のことから水害などの災害支援、水中生物の生態系調査の面で魚型ロボットの開発は注目されている。そこで我々の研究室ではこれまで様々な魚型ロボットを開発してきた。特に昨年度は魚らしくしなやかな動きを可能にするワイヤ駆動式の魚ロボットと、完全防水可能かつ魚らしい流線形のボディを有する柔軟外皮装着型の魚ロボットの開発に成功した。しかし、昨年度の先行研究には次のような課題があった。ワイヤ駆動式の魚ロボットには骨格リンク間にできる隙間に水が入り込み、体全体を使って水をかけないといった課題が、柔軟外皮装着型のロボットには骨格リンクの動きに外皮が追従せず、十分な遊泳性能を得られなかったという課題があった。そこで本研究ではワイヤ駆動式の魚ロボットに柔軟外皮を装着することによって、魚らしいしなやかな動きを可能にし、かつ骨格リンクの動きに外皮が追従できるようにすることで十分な遊泳性能を発揮できる魚ロボットを開発した。また、外皮あり・なしそれぞれで直進遊泳実験を行い、外皮による遊泳性能に与える影響について検証を行った。遊泳実験の結果、外皮を装着することによって遊泳速度が向上することがわかった。速度が向上した要因としては、ロボットのボディが外皮を装着することによって流線形になったことが考えられる。したがって流線形のボディを備えることは、遊泳速度を向上させるのに非常に有効であると考えられる。

Abstract

In underwater propulsion systems, methods such as using screw propellers and fish-like robots with tail fin propulsion are commonly mentioned. Screw propellers have high propulsion performance both on the water surface and underwater, and are widely used in ships and other vessels. However, from the perspective of ecosystem surveys, screw propellers are not ideal, as they can impact the surrounding environment and are not suitable for surveys. On the other hand, tail fin propulsion does not affect the surrounding environment, and its excellent acceleration and maneuverability enable swift movement to a target location while avoiding obstacles. For these reasons, the development of fish-like robots has attracted attention for applications in disaster response, such as in the case of flooding, and for aquatic ecosystem surveys. In our laboratory, we have developed various types of fish-like robots. In particular, last year we succeeded in developing a wire-driven fish robot that enables flexible movements similar to a real fish, as well as a soft-skin fish robot with a streamlined body and complete waterproofing. However, there were some challenges in last year's research. The wire-driven fish robot faced the issue of water entering the gaps between the skeletal links, which prevented efficient water management across the entire body. The soft-skin robot encountered the problem that the skin did not follow the movements of the skeletal links, leading to insufficient swimming performance. Therefore, in this study, we developed a fish robot by attaching a soft skin to the wire-driven robot, enabling flexible, fish-like movements while allowing the skin to follow the movement of the skeletal links. This development ensures sufficient swimming performance. Additionally, we conducted swimming experiments with and without the soft skin to investigate the impact of the soft skin on swimming performance. The results of these experiments showed that the swimming speed increased when the soft skin was attached. The increase in speed is believed to be due to the streamlined body shape achieved by the soft skin. Hence, it can be concluded that having a streamlined body is highly effective in improving swimming speed.

目 次

1	緒言	1
2	先行研究	2
2.1	柔軟外皮装着型魚ロボット	2
2.1.1	頭部	2
2.1.2	胴体部	3
3	結言	4
4	謝辞	5

1 緒言

水中の推進システムにはスクリュプロペラを用いた推進方法や魚を模したロボットによる尾びれ推進などがあげられる [1]. スクリュープロペラは水上、水中における推進性能が高く、船舶などに広く用いられている. しかし、生態系調査の面で考えると、スクリュプロペラは周辺の植物や水中動物などを巻き込んで水中の環境に影響を与え、騒音によって周辺生物を驚かせるなど、調査に適しているとは言えない. その一方で尾びれ推進は周辺生物を巻き込むなど環境に影響を与えることがなく、尚且つ加速性・旋回性に優れているため障害物を避けながら目的の地点まで高機動な遊泳を可能にする. 以上のことから水害などの災害支援、水中生物の生態系調査の面で魚型ロボットの開発は注目されている [2] [3].

そこで我々の研究室ではこれまで様々な魚型ロボットを開発してきた. 駆動機構として弾性体を用いた飛び移り座屈機構を採用した魚ロボットや、それに加えて屈曲可能な胴体構造を有する魚ロボットの開発に成功してきた. さらに昨年度は駆動機構としてワイヤ駆動方式を用いたより魚らしい形状を持つ魚ロボットの開発に成功し、魚のように胴体を屈曲させてしなやかに遊泳を行うことができた. しかし、これらの魚ロボットには弾性体に追従する骨格リンクの隙間に水が入り込み、結果的に弾性体のみで水をかいてしまい、体全体でかくことができていないという課題があった.

それに対して昨年度先行研究ではリンク間にできる隙間に水が入り込まないように柔軟外皮を装着した魚ロボットの開発を行った. シリコン製の柔軟外皮はリンク間に水を入り込ませること無く、水中において絶大な防水機能を発揮し、長年の問題であった防水をＯリングを用いていた時よりも比較的容易に行うことができるようになった. しかし、遊泳に関しては骨格リンクの動きに柔軟外皮が追従せず、リンクの動作を外皮にうまく伝えきれなかった. その影響で従来の魚ロボットよりも遊泳速度が低下してしまい、外皮が遊泳速度に対してどのように影響を与えるのか検証することができなかった.

そこで本研究では、魚らしい形状を持ち、しなやかな遊泳を可能にするワイヤ駆動方式の魚型ロボットに、骨格リンクの動作に追従できる柔軟外皮を装着した魚型ロボットを開発する. 本機体はアジのスキャンデータを基に作成し、先行研究によって提唱されたアジ型遊泳の定義のもとに、胴体後ろ半分を屈曲させることで遊泳を行う. そして開発した機体を用いて外皮あり・なしで直進遊泳実験を行い、外皮が遊泳性能に与える影響について検証・考察を行う. そして今後はアクチュエータをサーボモータからさらに細かな制御が可能なブラシレスモータに変更し、魚が持つウロコを柔軟外皮装着させることで魚らしい見た目と高機動性を有する魚型ロボットの開発を目指す.

2 先行研究

本章では、本研究で開発したロボットのベースとなった機体を先行研究を用いて述べ、それぞれの実験結果とそこから得られた知見をまとめる。

2.1 柔軟外皮装着型魚ロボット

先行研究で開発された機体を図1に、構造を図2に示す。図は魚型ロボットに柔軟外皮を取り付けたものであり、水中に沈めること及び水中での姿勢維持を目的として、外皮を固定する防水リングにおもりが取り付けられている。おもりの重さは頭部と尾びれ部分でそれぞれ 296 g, 150 g である。本機体は全長 477 mm, 重さ 1080 g, おもりを含めた重さが 1526 g となっている。本機体は頭部と胴体部の大きく二つに分けることができる。

2.1.1 頭部

本機体の頭部には、DC モーター（タミヤ社, AO-8033）、サーボモーター（Tower Pro 社, MG92B）二つ、マイコン（M5Stack Technology 社, M5STACK-K051）、モーター用 Lipo バッテリー（Hyperion 社, G5 50Cmax 7.4 V-240 mAh）、マイコン用 Lipo バッテリー（DATA POWERTECHNOLOGY 社, DTP502535）、スイッチが入っている。モーターは頭部に収まるものの中でなるべくトルクの強いものを選んだ。また、上に挙げたスイッチ以外の部品はすべて頭部の外殻ではなく内側のふたに取り付けられている。



(a) 外皮未装着時



(b) 外皮装着時

図 1: 柔軟外皮装着型の魚ロボット

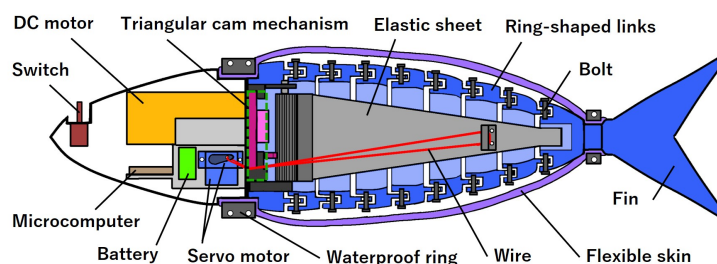


図 2: ロボットの構造

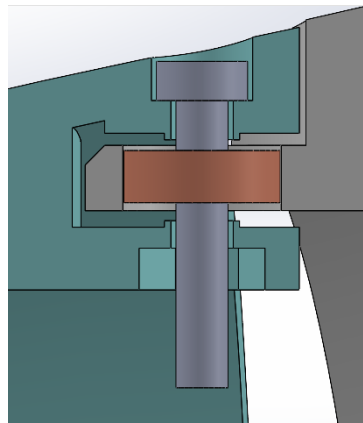


図 3: 関節の構造

2.1.2 胴体部

胴体部は屈曲可能な8関節9リンク構造になっており、リンクの接続部は図3のようにベアリング（内径3 mm）とボルト（M2）で接続されている。また、すべてのリンクで合計90°曲げるため一関節あたり11.25°曲がるよう設計されている。90°という値は、実際のハマチの動く様子から決定している。なお、各リンクには機体を水中に沈めるために板おもり（22 g）を合計10枚張り付けてある。次に、飛び移り座屈に用いる弾性体について記す。ここでの弾性体とは外力により曲がる薄い板のことを指す。先行研究では0.2 mm厚のステンレス（岩田製作所，SUS02）に加え、弾性を強めるために1 mm厚のポリプロピレン（セイワ・プロ社，23-589）を貼り合わせたものを使用している。

3 結言

4 謝辞

参考文献

- [1] 平田宏一, 春海一佳, 瀧本忠教, 田村兼吉, 牧野雅彦, 児玉良明, 富田宏. 魚ロボットに関する基礎的研究. 海上技術安全研究所報告, Vol. 2, No. 3, pp. 281-307, 2003.
- [2] 高田洋吾, 中西志允, 荒木良介, 脇坂知行. Piv 測定と 3 次元数値解析による小型魚ロボット周りの水の流動状態と推進能力の検討 (機械力学, 計測, 自動制御). 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 76, No. 763, pp. 665-672, 2010.
- [3] 高田洋吾, 中村毅志, 小山圭介, 田尻智紀. 色情報に基づく小型魚ロボット focus の目標物追従制御. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 78, No. 792, pp. 2924-2934, 2012.