

狭所での作業を可能とする小型水中ロボット

Development of an underwater microrobot working in narrow space

郭書祥, 山下和紘, 李茂シユン

Shuxiang Guo, Kazuhiro Yamashita, Maoxun Li,

香川大学

Kagawa University

E-mail: s10t458@stmail.eng.kagawa-u.ac.jp

Abstract

水中の生物や環境の調査, 工場やパイプラインのメンテナンス等, 様々な分野で水中ロボットが活躍している. IPMC (Ionic Polymer-metal Composite) アクチュエータを用いて動作し, 狭所で作業することを目的とした小型水中ロボットの開発, 研究を目指す.

1. はじめに

高分子アクチュエータの一種である IPMC アクチュエータを用いて水中ロボットの研究を行う. IPMC アクチュエータとは水中で駆動可能であり, 応答性が速く, 任意の大きさに変更可能なため小型の水中ロボットを作製する際には最適であると考えられる [1]. このアクチュエータを用いて, 歩行, 回転, 遊泳等の基本的な動作が可能な小型水中ロボットの提案, 試作を行う. 次に, それぞれの動作の評価実験を行う. 動作の評価として歩行速度, 回転速度, 遊泳速度を計測する. それらの結果を用いて位置の制御を行う. 作業として, ものを掴む動作を搭載する.

2. 提案する小型水中ロボット

2.1. 構造

提案する水中マイクロロボットは, 6本の IPMC アクチュエータからなる脚, 2本の IPMC アクチュエータからなるハンド, 1本の IPMC アクチュエータからなる尾びれより構成している. また作製したものを図 1, その寸法を表 1 に示す.

2.2. 動作原理

IPMC アクチュエータに電圧を印加すると高電圧

側に屈曲する [2] - [3]. 交流電圧を印加することにより往復運動が可能となる. 図 1 に示した ① ~ ⑥ の IPMC アクチュエータに電圧を印加することで歩行, 回転の動作を行う. 動作の原理を下にまとめる. 図 2 により歩行動作 1 ステップのサイクルを示す. また, 回転動作は ③, ④ の脚の回転方向を反対にすることで可能である.

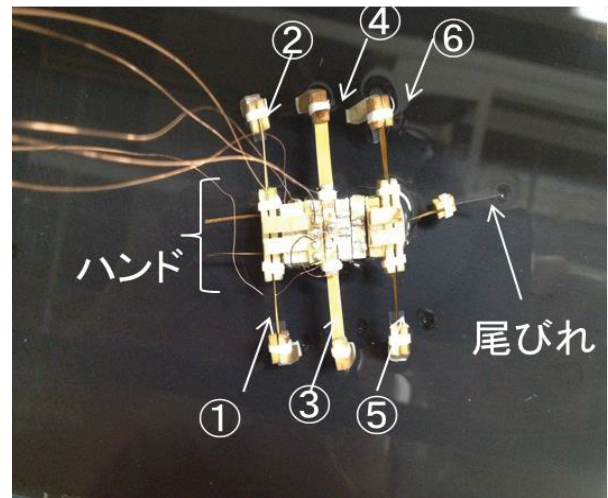


図 1 試作した水中小型ロボット

表 1 小型水中ロボットの寸法

全長	67mm
幅	56mm
高さ	16mm
重さ	5.3 g
IPMC アクチュエータ	17mm×9 本

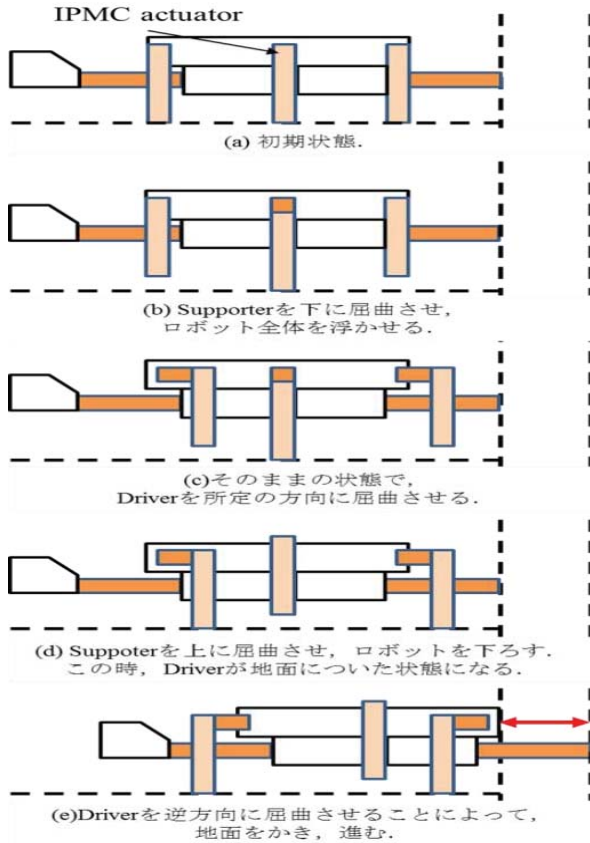


図2 歩行動作の1サイクル

2.3. 動作特性評価

2.3.1. 歩行, 回転, 遊泳速度評価実験

図3の実験システムを用いて歩行速度評価実験を行う。ロボットが30(mm)歩行するのに要した時間で速度を算出する。入力周波数を変化させることで、対応する速度を測定する。また、歩行とは水底を進むことと定義する。実験結果より最大歩行速度の周波数は1.5(Hz)であることが分かった。実験結果を図4に示す。また、実験は印加電圧を9(V)で一定、入力波形はノコギリ波一定で行った。

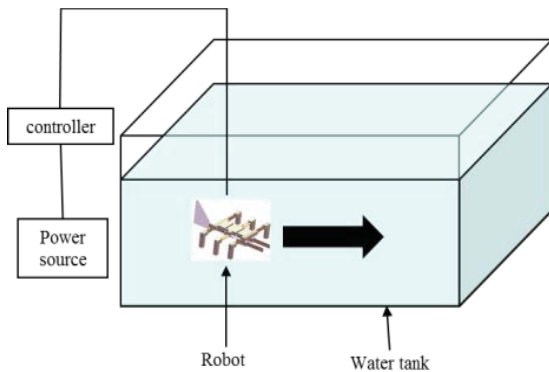


図3 歩行動作実験システム

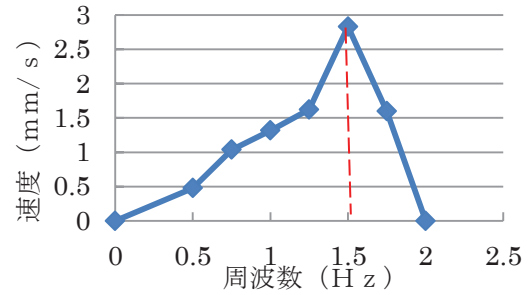


図4 歩行速度

図5の実験システムを用いて回転速度評価実験を行う。ロボットが 0.5π (rad)回転するのに要した時間で角速度を算出した。入力周波数を変化させることで、対応する角速度を測定する。また、回転とは水底を一カ所で回転することと定義する。実験結果より最大回転速度の周波数は1.25(Hz)であることが分かった。実験結果を図6に示す。

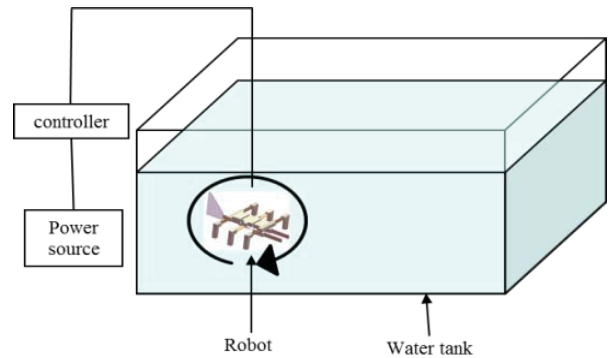


図5 回転動作実験システム

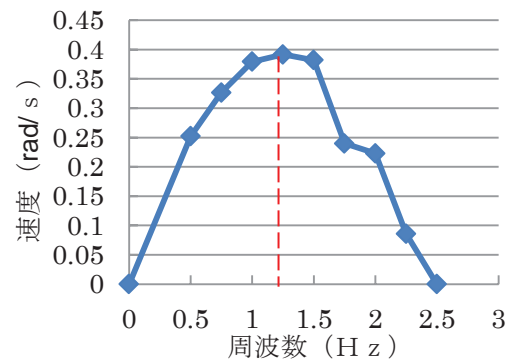


図6 回転速度

図7の実験システムを用いて泳速度評価実験を行う。30(mm)遊泳するのに要した時間で速度を算出した。入力周波数を変化させることで、対応する速度を測定する。遊泳とは水面を進むことと定義する。実験結果より最大遊泳速度の周波数は1.75(Hz)であ

ることが分かった. 実験結果を図8に示す.

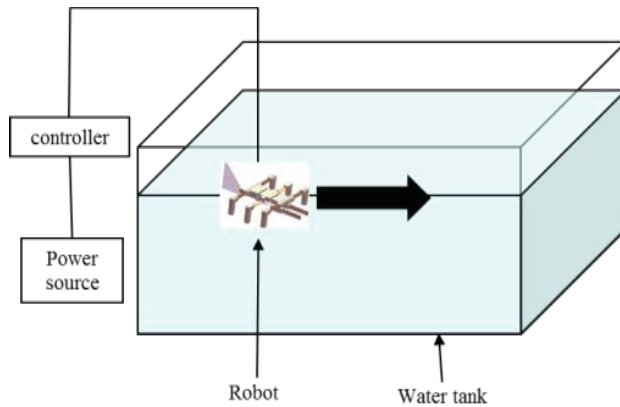


図7 遊泳動作実験システム

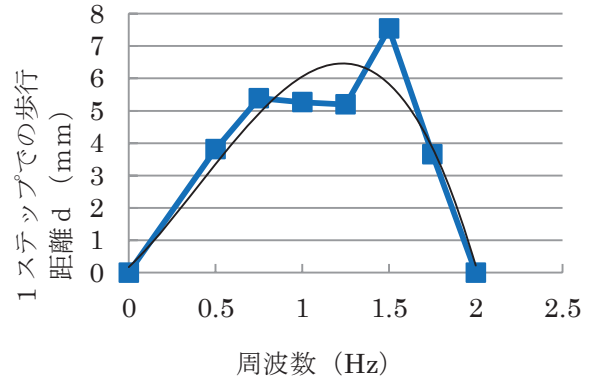


図9 1ステップでの歩行距離

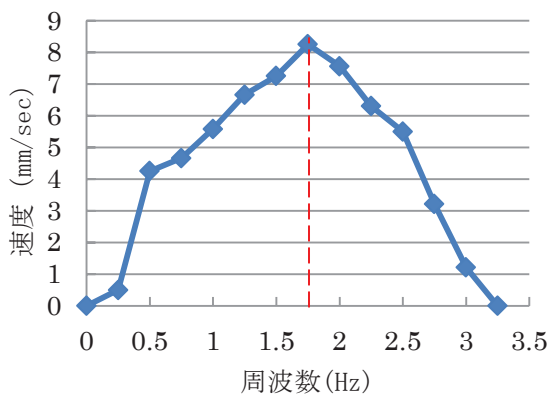


図8 遊泳速度

また, 実験は印加電圧を9(V)で一定, 入力波形はノコギリ波一定で行った.

2.3.2. 実験考察

今回の実験で試作した小型水中ロボットの最適周波数は1.25(Hz)~1.75(Hz)であることが分かった. 周波数を大きくするとI PMCアクチュエータの動作範囲が狭くなり速度が遅くなった.

図9 図10は歩行速度, 回転速度の評価実験の結果より周波数に対しての1ステップでの移動距離を算出した結果である. 歩行動作では, 1.5(Hz)の時に1ステップでの最大歩行距離となり, 回転動作では0.5(Hz)の時に最大の回転角度となった. I PMCアクチュエータは印加する電圧の周波数が小さいときほど大きな変形が得られるので, 歩行動作は精度が低く, 回転動作は精度が高いといえる. 歩行動作では前進するときに滑りが大きかったと考えられる.

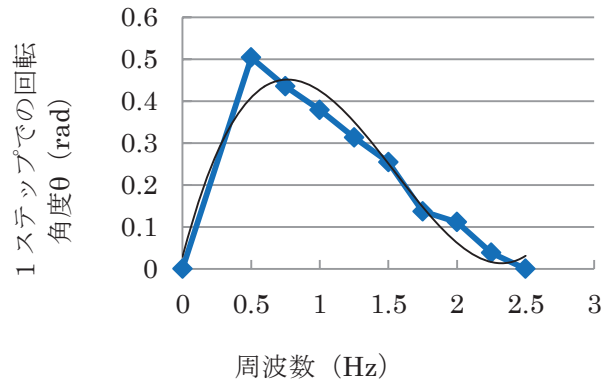


図10 1ステップでの回転角度

3. 位置制御

図10 図11の周波数に対しての1ステップでの歩行距離と回転角度の関係より近似曲線を算出した.

$$d = -3.2674f^3 + 3.9369f^2 + 5.2198f + 0.1676 \quad (1)$$

$$\theta = 0.2322f^3 - 1.0759f^2 + 1.2397f + 0.029 \quad (2)$$

任意の位置までの1つのルートを決め, 式(1)(2)の関数を用いてステップ数を計算し位置の制御を行う. 任意の距離を L , 任意の回転角度を ϕ とする.

(3)式により歩行のステップ数, (4)式により回転のステップ数を示す.

$$\text{歩行ステップ数} = \frac{L}{d} \quad (3)$$

$$\text{回転ステップ数} = \frac{\phi}{\theta} \quad (4)$$

4. 近接センサを用いたハンドリング方法

小型水中ロボットに作業させるために、近接センサを用いて物体を掴む動作を提案した。ハンド部の I PMCアクチュエータに交流電圧を印加することで物体を掴む[4]。図 11 のようにロボットの前下方側に近接センサを搭載する。

手順は、次の通りとする。

- 手順①. 近接センサにより物体の感知
- 手順②. ハンドと物体が一定距離になるまで前進
- 手順③. 前進を行いながらハンドを開く
- 手順④. ロボットと物体が一定距離になるとハンドを閉じる
- 手順⑤. 物体を掴んだまま移動する。

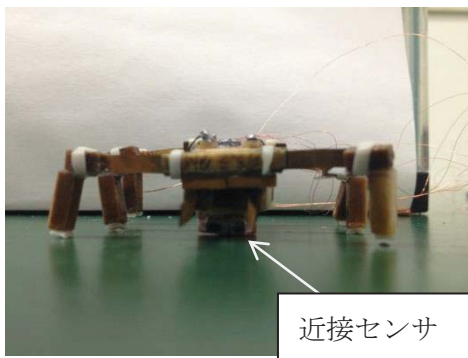


図 11 近接センサを搭載した小型水中ロボット

5. 結論

I PMCアクチュエータを用いた小型水中ロボットの試作と実験を行った。歩行、回転、遊泳の動作の確認と各々の動作の最適周波数を出すことができた。入力周波数を大きくすると、I PMCアクチュエータの動作する範囲が狭くなり、動作速度が小さくなることが分かった。ロボットの周波数に対する歩行速度と回転速度より 1 ステップでの移動距離と回転角度を求めることで、動作の精度を確認できた。次に、ロボットの位置制御では周波数に対する 1 ステップでの歩行距離、回転角度より任意の位置までの移動を可能とした。最後にハンドリング動作では近接センサを用いて物体を感知し前方の物体を掴むことが確認できた。

今後は狭所でさらなる細かな作業と動作速度を大きくできるように小型水中ロボットの改良、試作を行っていく。

参考文献

- [1] L.Shi, S.Guo, M.Li, S.Mao, N.Xiao, B.Gao, Z.Song and K.Asaka, 'A Novel Soft Biomimetic Microrobot with Two Motion Attitudes Sensors', Vol.12, No.12, pp. 16732-16758, 2012.
- [2] L.Shi, S.Guo and K.Asaka, 'Modeling and Experiments of IPMC Actuators for the Position Precision of Underwater Legged Microrobots' Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Automation and Logistics, pp.420-425, Zhengzhou, China, August 15-17, 2012
- [3] L.Shi, S.Guo, S.Mao, M.Li, and K.Asaka, 'Development of a Lobster-inspired Underwater Microrobot' International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol.10, DOI: 10.5772/54868, 44:2013, pp. 1-15, 2013.
- [4] S.Guo, L.Shi, N.Xiao, and K.Asaka, 'A Biomimetic Underwater Microrobot with Multifunctional Locomotion', Robotics and Autonomous Systems, Vol. 60, No. 12, pp. 1472-1483, 2012.