

## ニューロモフィック回路の搭載に向けた魚型ロボットの開発 Development of Fish-Type Robot Toward Mounting of Neuromorphic Circuit

○富増優樹<sup>1</sup>, 田澤陸<sup>1</sup>, 森下克幸<sup>1</sup>, 武井裕樹<sup>2</sup>, 齊藤健<sup>3</sup>

\*Yuki Tomimasu<sup>1</sup>, Riku Tazawa<sup>1</sup>, Katsuyuki Morisita<sup>1</sup>, Yuki Takei<sup>2</sup>, Ken Saito<sup>3</sup>

Abstract: Biomimetic research that mimics the superior functions of organisms and actively incorporates them as science and technology. One of the research fields is an underwater robot, and it is thought that the movement efficiency in the water can be improved by incorporating fish swimming into the robot. We are conducting research on imitating biological neurons with analog circuits and using them to generate robot movements. In this paper, we have developed a fish-type robot toward mounting of neural circuits. We report the development of a fish-type robot that changes the speed of the servo motor according to the signal from the sensor.

### 1. はじめに

生物の優れた機能を模倣し、科学技術として取り入れる研究が活発に行われている。これをバイオミメティクスと呼び、無音で羽ばたくフクロウの羽や、壁に張り付くヤモリの手などが例に上がる。この研究分野の一つに水中ロボットがあり、魚の遊泳をロボットに取り入れることで、水中での移動がより効率的になると考えられる。

電子通信大学の明らはカーボンプレートの両面に圧電素子を張り付けることで、本体から尾ひれにかけての屈伸運動により、アジ型の推進を実現することに成功した<sup>[1]</sup>。また、マサチューセッツ工科大学は海洋生物の研究を目的に作られた魚ロボット「Sofi」を開発した。姿や動きを魚に擬態させることで海洋生物に警戒されにくく、生物に近づくことを可能にした<sup>[2]</sup>。

現在までに多くの水中ロボットが製作されてきたが、多くが人の操縦を必要とするロボットである。そのため、思い通りに動作させられる半面、操縦距離に制限がある。一方、自律したロボットであれば操縦する必要がないため、距離に制限なく自由に遊泳させることが可能である。このことから、広い海を調査するためには水中ロボットの自律化が重要である。

我々は生物のニューロンをアナログ電子回路により模倣し、ロボットの動作生成に利用する研究を行っている。これまでに、複数の細胞体モデルをシナプスモデルにより結合した中枢パターン生成器を構築する研究を行った。これを4足歩行ロボットに搭載することで、4足歩行動物と同様の歩容を行う4足歩行ロボットの歩行システムを実現した<sup>[3]</sup>。この細胞体モデルを魚型ロボットの動作に用いることで、ロボットに自律制御をさせ、より魚に近いロボットの開発が可能にな

ると考えた。本論文では、センサからの入力により、魚型ロボットの動作速度を変化させることを目的とした。魚の構造を尾ひれのみを動かす1自由度の単純なモデルとして考え、ロボットの開発を行った。そこで、センサからの信号によりサーボモータの動く速度が変化する魚型ロボットについて検討を行った。

### 2. 細胞体モデル

Figure1 に生体のニューロンが持つ発火、閾値、不応期などの特性をアナログ回路により模倣した細胞体モデルを示す。この回路は4つの抵抗と2つのキャパシタ、1つのn型MOSFET、1つのp型MOSFETにより構成した。また、この回路はキャパシタ  $C_G$  と2つのMOSFETによって、等価インダクタンスを有する負性抵抗回路を構成し、発振器として動作を行う。Figure 2 に細胞体モデルの発振の一例を示す。

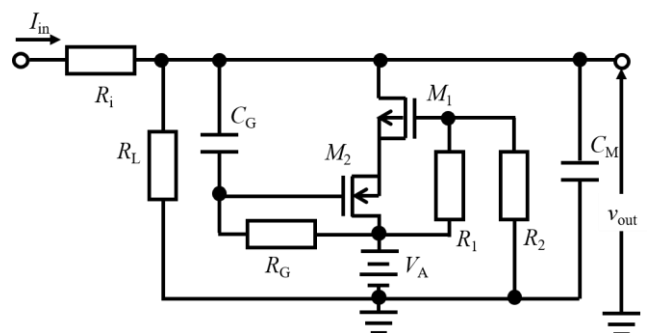


Figure 1. Circuit diagram of cell model

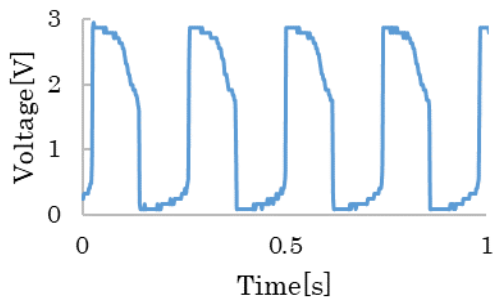


Figure 2. Example of output waveform of cell model

### 3. 開発した魚型ロボット

Figure1 に開発した魚型ロボットを示す. ロボットの筐体は全長 40cm, 高さ 9cm, 尾ひれ 16cm として設計した. 魚の尾ひれを模倣するために, ヨー軸に回転するように PWM 方式のサーボモータを 1 つ配置した. 尾ひれは推進力を生みだしやすくするために, 厚さ 0.3mm の弾性変形しやすいプラスチックの板を使用した.

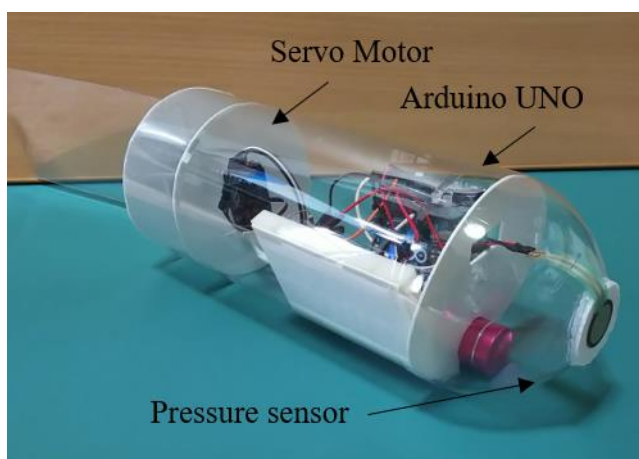


Figure 3. Developed fish-type robot

### 4. 魚型ロボットの制御システム

Figure 4 に制御システムの概略図を示す. ロボットは前方に取り付けた圧力センサからの入力をマイクロコントローラで受け取る. 受け取ったセンサの値からサーボモータの駆動速度を変化させる. マイクロコントローラには, 圧力センサの抵抗値が大きいときにはサーボモータをゆっくり動かし, 圧力センサの抵抗値が小さいときにはサーボモータを早く動かすようにプログラミングを行った. これによって外部環境の変化によりサーボモータの動作速度の変更が可能になる.

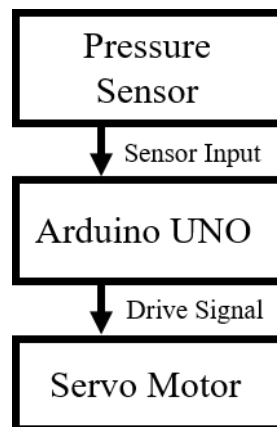


Figure 4. Schematic diagram of the control system

### 5. まとめ

センサからの信号によりサーボモータの動く速度が変化する魚型ロボットの開発を行った. 今後は魚型ロボットにニューラル回路を実装することで, 外部環境に合わせた動作速度に変化することを確認する.

### 6. 参考文献

- [1] 西村冬威, 明愛国, 下条誠:「圧電繊維複合材料を用いた生物模倣型ソフト水中ロボットの研究開発」, 日本ロボット学会, Vol.33, No.7, pp.524~530, 2015
- [2] Robert K. Katzschmann,\* Joseph DelPreto, Robert MacCurdy, Daniela Rus:” Exploration of underwater life with an acoustically controlled soft robotic fish”, SCIENCE ROBOTICS, 3, eaar3449 (2018)
- [3] K. Saito, M. Ohara, M. Abe, M. Kaneko and F. Uchikoba, “Gait Generation of Multilegged Robots by Using Hardware Artificial Neural Networks,” Advanced Applications for Artificial Neural Networks, INTEC, pp. 29-50, 2018.