

2023年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関	電気通信大学 大学院情報理工学研究科 機械知能システム学専攻
職位または役職	准教授
氏名	新竹 純

1. 研究題目

直接駆動方式の生物模倣型水中ロボットの研究開発

2. 研究目的

本研究の目的は、トビウオのように離水と滑空が可能な、直接駆動方式の生物模倣型水中ロボットを開発することである。水中ロボットは海洋や湖沼における資源探査や水難救助に有用である。生物の構造や機能を工学的に取り入れた、生物模倣型水中ロボットは、魚類のような高い運動性や効率を実現できる可能性があり、研究開発が盛んに行われている。電磁モータはエネルギー密度や効率、導入のしやすさの観点から、生物模倣型水中ロボットの動力源として最も有望であると考えられる。従来の生物模倣型水中ロボットでは、トルクの確保や動力伝達のために、モータにギアやクランクが付随している。そのため、ロボットの構造は複雑になり、結果として重量の増加や衝撃に対する耐久性の低下を招く懸念がある。この問題に対して、ギアなどの伝達機構を省いた直接駆動方式は構造を大幅に単純化できる利点があり、有効な解決手段となり得る。本研究では、生物模倣型水中ロボットの構成法として直接駆動方式を提案し、実機を用いた実験を通して、それが持つ高い遊泳性能を明らかにした。その次のステップとして、本研究ではロボットに離水と滑空能力を付加することを試みる。本研究の成果によって、先進的な生物模倣ロボットが実現されるとともに、電磁モータの新しい用途と関連技術が創出され、モータの利用が大きく拡大することが期待される。

3. 研究内容及び成果

ロボットへの機器追加

本研究で構想するロボットにおいて、胸鰭は水中遊泳時には上下(ピッチ)方向を可変させて離水させる役割を持つ。しかし、ロボットとしての実用性を担保するためには、ピッチだけでなく左右(ヨー)と回転(ロール)方向の制御性が求められる。これらの各方向への高い制御性が実現できれば、水中における動作の自由度と安定性が飛躍的に向上し、遊泳から離水への動作も滑らかに行うことができるかと期待できる。そこで本年度は、ピッチとロールについては胸鰭で、ヨー方向についてはモータに取付けられたボディで行うこととして、改良を施したロボットの製作を行った。ロボットの構成を図 1 に示す。胸鰭は防水サーボを介して上下方向に動くようになっており、内部に実装されたIMU(慣性計測装置)とともに姿勢の制御を行えるようになっている。

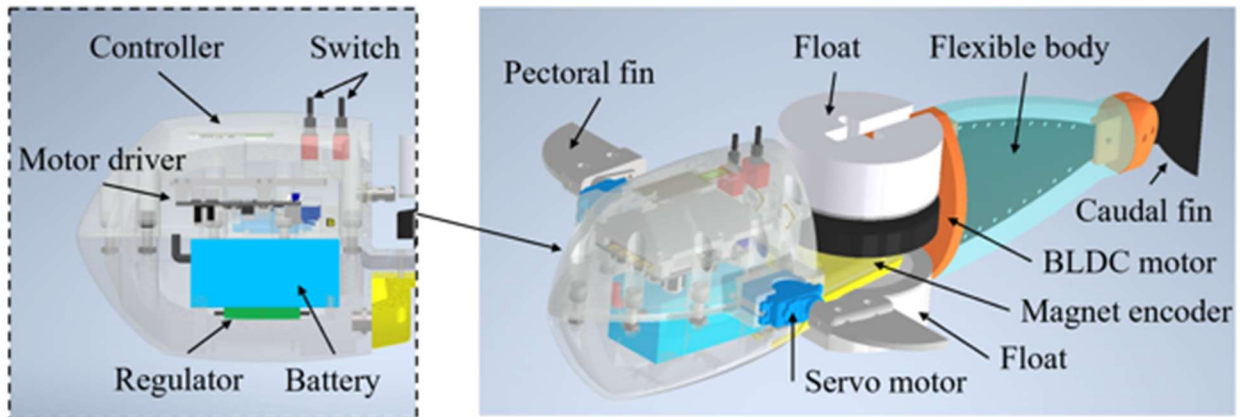


図 1. 胸鰭を実装したロボットの構成。

ロボットの特性解析

円形プールで行った実験の結果、胸鰭と IMU の制御によって、ロボットは高い直線性と真円度での遊泳を行えることが分かった。測定結果を図 2 に示す。ここでは、胸鰭や IMU を使用しない場合での測定も行っており、それらと比較して胸鰭と IMU による制御が遊泳の直線性と旋回の実円度において最も良いことが分かった。また、胸鰭の駆動様式を変更することにより、後進といった想定以上の運動も行えることが分かった。これらの結果により、直接駆動方式の生物模倣型水中ロボットの動作の自由度と安定性を飛躍的に向上することができた。

上記の活動と並行して、前年度に取り組んだ「ロボットの高速化」について、水中と空中での異なる制御入力に対する振幅の測定といった追加実験を行い、それらをまとめた論文が採択された。

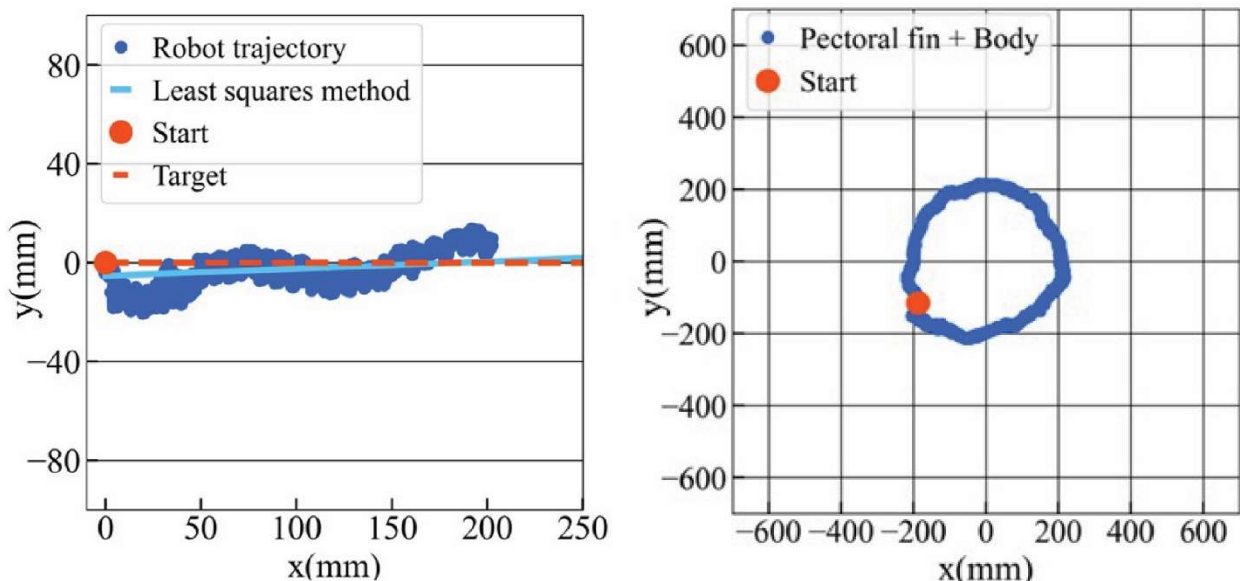


図 2. 胸鰭と IMU による直線遊泳(左)と旋回遊泳(右)の測定結果。

4. 今後の研究の見通し

これまでの研究を通して、提案手法である直接駆動方式の生物模倣型水中ロボットが高い運動性能を有し(図 3)、かつそれを胸鰭によって安定化し高度化できることが分かった。今後は、これまでの成果に立脚し、さらなる性能向上を行うことで、ロボットの離水と滑空の実現を目指したい。並行して、カメといった他の様式のロボットの模索も行い、幅広い展開を試みる。

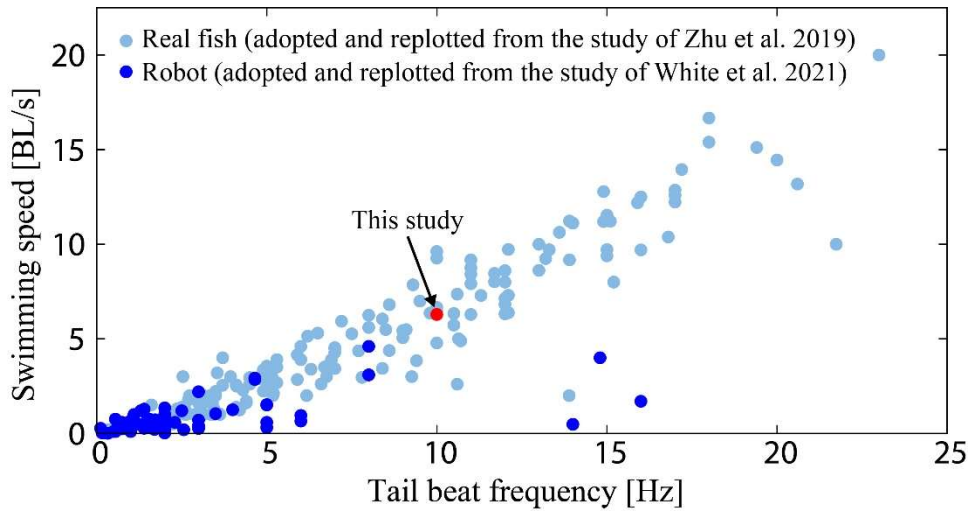


図 3. 遊泳速度の観点における、本研究のロボットと魚類および他研究のロボットとの比較。

5. 助成研究による主な発表論文、著書名

学術論文（査読付）

K. Iguchi, T. Shimooka, S. Uchikai, Y. Konno, H. Tanaka, Y. Ikemoto, J. Shintake, Agile robotic fish based on direct drive of continuum body, npj Robotics, vol. 2, no. 7, 2024.