多用途化を目指したユニット式魚ロボットの開発

環境・エネルギー研究領域次世代動力研究グループ　＊平田宏一
日立製作所　河合秀祐

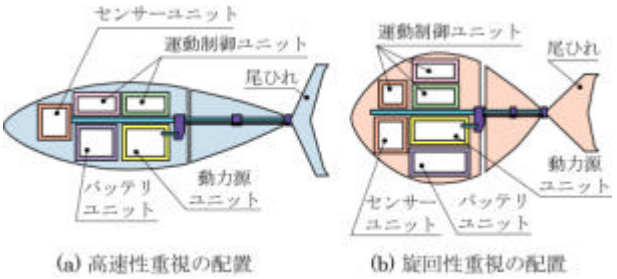
1．まえがき

近年、海洋開発や海洋環境保全の観点から、海中ロボット開発が重要な課題となっている。そのような背景に基づき、著者らは高い遊泳性能を有する海中作業ロボットの開発を目指して、魚の泳法を模擬したロボットの研究を進めている[(1)-(3)]。本報では、高性能化・多用途化を目指して開発した、全長約１ｍのユニット式魚ロボットについて概説する。

2．海中ロボットの用途と特徴

現在、海中ロボットは、海底探査や環境モニタリング、生態観測などの様々な用途に使われている。それらの用途によって、海中ロボットに要求される遊泳速度や旋回性能、あるいは搭載する計測装置等が大きく異なる。例えば、海中ロボットを海底に沈んだ船の探索に用いる場合、ある特定の水域を幅広く動き回る必要がある。さらに探索後、船内の様子を調べるためには、比較的小型で機敏かつ器用な泳ぎができるロボットが必要になる。また、マグロやクジラなどの回遊生物の生態観測に用いる場合、高速航行や長時間航行が求められる。水上に浮いている船舶の船底を保守・点検等の作業をするためには、優れた位置制御機能が要求される。また、海中に限らず、一般の産業現場でも液体配管内の点検・保守を行う場合、小型の水中ロボットが利用できる。

一方、海には多くの種類の魚が生活している。魚の形状や運動は様々であり、それぞれ異なる遊泳性能を持つ。全ての魚が上述したような海中・水中作業を人間の指示に従って実施できれば、極めて能率的である。そのような観点から、魚ロボットの多用途化を考えた場合、各構成要素をユニット化することが有効であると考えられる。図－１に示すように、各ユニットの配置を変更し、魚ロボットの体形を変えることによって、異なる遊泳速度や旋回性能を得ることができる。また、搭載する動力源や計測機器の変更によって、それぞれの用途に見合った連続航行時間あるいは機能を得ることができるものと考えられる。

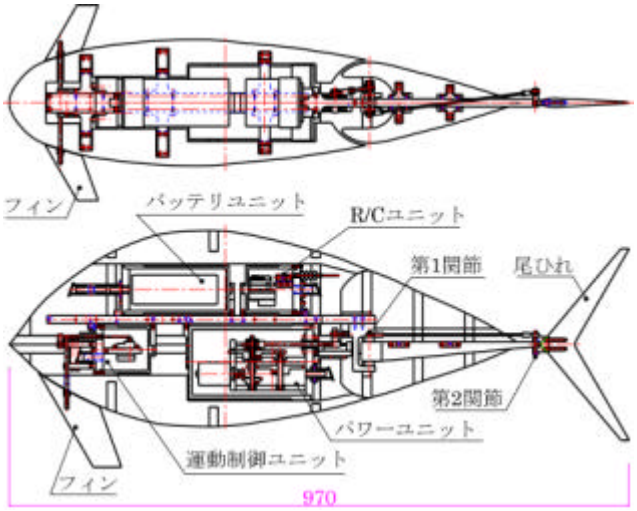


図－１　魚ロボットのユニット化

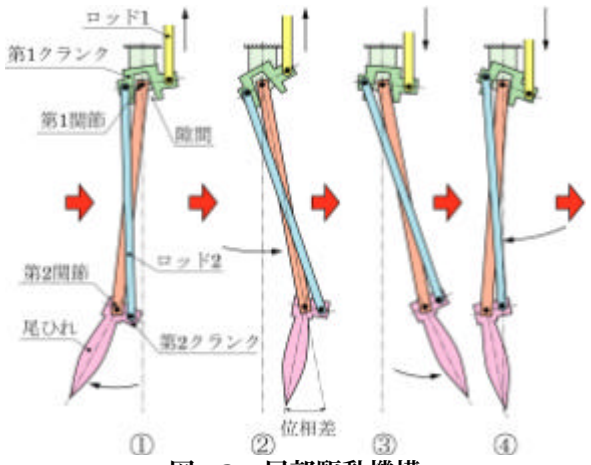
3．ユニット式魚ロボットの開発

以上の検討に基づき、図－２ に示すユニット式魚ロボットを設計・試作した。本魚ロボットは、推進動力源として直流モータを使用している。そして、直流モータや減速機構等が内蔵されたパワーユニット、 ２つの関節を動かす特殊な尾部駆動機構、旋回運動及び上下運動を行うための機構が内蔵された運動制御ユニット、無線操縦のための受信機等を内蔵したR/Cユニット及びバッテリユニットで構成されている。

現在までに製作した数種の魚ロボットを用いた実験結果より、尾部に複数の関節を持つ魚ロボットは、



図－２　ユニット式魚ロボットの構造



図－3　尾部駆動機構

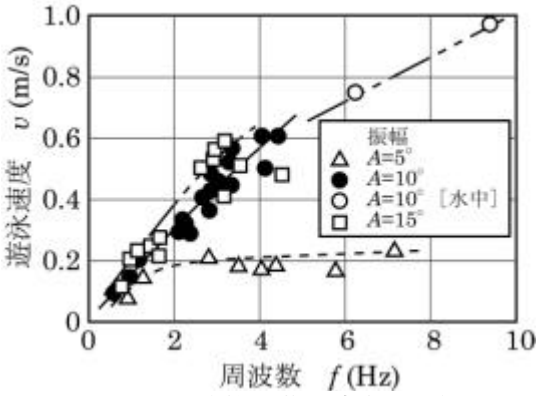
実際の魚のように滑らかな遊泳ができることが確認されている。図－3 に示す尾部駆動機構は、比較的簡単な構造でありながら、高い周波数で、しかも適切な位相差で運動する。

魚ロボットの旋回運動については、尾部を偏らせて魚ロボット胴体の流体力を利用することで高い旋回性能を実現できることが確認されている[2]。しかし、本魚ロボットでは、駆動機構の構造上、尾部を偏らせて運動させることが難しかった。そのため、頭部下方に旋回用フィンを取り付けた。また、上下運動については様々な形式を検討した結果、取り付けが最も容易であるフィンを利用する形式を採用した。

4．ユニット式魚ロボットの遊泳性能

魚ロボットを試作した後、長さ 25 m、幅 10 m、深さ 2～5 m 程度の屋外水槽で遊泳速度を測定した。測定においては、魚ロボットの胴体が水面上に 20 mm 程度露出する位置で水平遊泳させた。

図－4 は、尾部の片側振幅を 5、10 及び 15 ° とした場合、周波数に対する遊泳速度の測定結果を示している。振幅を 5 ° とした場合、遊泳速度は、周波数が約 2 Hz 以上でほぼ一定となっている。これは、尾部駆動機構の隙間に起因する構造上の問題であると考えられる。振幅を 10 ° とした場合、速度はほぼ直線的に上昇している。なお、速度が約 0.6 m/s を超えると、魚ロボットは安定した水平遊泳ができなくなり、フィンの動作に関わらず水中に潜る現象が見られた。そのため、水中での測定結果は再現性のない結果である。



図－4　周波数と遊泳速度の関係

一方、旋回運動については、フィンによって働く力が魚ロボットを旋回させる方向に働かず、魚ロボット自体をロール運動させる結果となった。高い旋回性能を得るためには、胴体の流体力を有効に利用することが必要であると考えられる。上下運動については、比較的速度が低い範囲においては、フィンにより 1 m 程度の深度で任意に操縦することができた。しかし、速度が高くなると安定した上下運動が得られなかった。これは胴体形状による流体力の他、浮力と重力の関係等が影響していると考えられる。

5．あとがき

本報では、魚ロボットの用途と特徴について概説し、高性能化・多用途化を目指したユニット式魚ロボットを試作した。その結果、魚ロボットのユニット化が、大型魚ロボットの開発やシール構造の簡単化等に有効であることが確認できた。また、特殊な尾部駆動機構が水中で適切に機能することが確認でき、フィンによる旋回運動及び上下運動についても様々な知見が得られた。

これらの結果を踏まえて、新たな高性能魚ロボットの開発並びに魚ロボットを自律化させるのための制御・計測技術についての研究に着手したいと考えている。

参考文献

(1)　平田宏一他、魚ロボットに関する研究（その 2　実験用魚ロボットの開発と今後の課題）、平成 12 年度（第 74 回）船舶技術研究所研究発表会講演集、p.213-216 (2000)．.

(2)　平田宏一他、旋回性能実験用魚ロボットの基本性能、平成 12 年度（第 74 回）船舶技術研究所研究発表会講演集，p.233-234（2000）.

(3)　魚ロボットホームページ、hrttp://www.nmri.go.jp/eng/khirata/fish/