

実験用マンタ型魚ロボットの遊泳性能

Performance of a Manta-like Submergence Vehicle

菱沼 和久（工学院大） 正 金野 祥久（工学院大）
正 平田 宏一（海技研） 正 川田 正國（海技研）

Kazuhisa HISHINUMA and Akihisa KONNO, Kogakuin University, Nakanomachi 2665-1, Hachioji, Tokyo
Koichi HIRATA and Masakuni KAWADA, National Maritime Research Institute, Shinkawa 6-38-1, Mitaka, Tokyo

The authors developed a Manta-like submergence vehicle. This vehicle is 0.7 m at length, has a couple of levelly-placed fins and is expected to perform up-down motion by making use of fluid force. The vehicle performs forward, turn, and up-down motion by pitching one or two fins. It uses radio control for manipulation. In the result of swimming performance experiments, the vehicle swam at about 0.2 m/s which is about one fifth of body length per second. And it turned by stopping one fin, and showed up-down continual motion by pitching fins with its vibration center placed above or below the body center. Therefore, swimming performance expected by the authors is almost achieved.

Key words: Submergence Vehicle, Manta, Pitching motion, Swimming Performance

1. 緒 言

近年、船舶および海中ロボットの推進機構に関する多くの研究がなされている。著者らは、ヒレの往復運動によって渦を効果的に利用する魚の泳ぎを模擬した推進機構の研究を進めている⁽¹⁾。これまでに多種多様な魚の泳ぎを模擬する海中ロボット（以下魚ロボット称す）の設計・試作を行い、推進運動、旋回運動および上下運動に関する多くの知見が得られている⁽¹⁾。

本報では、ヒレのピッチ運動のみで推進、旋回および上下運動を可能とするマンタ型魚ロボット⁽²⁾を用いて、その遊泳速度、旋回運動、上下運動、および操作特性に関する試験結果について報告する。

2. マンタ型魚ロボットの設計 試作

2.1 マンタ型魚ロボットの運動メカニズム

マンタは、ひし形に似た、横に大きく広がる胸ヒレを、波打つように羽ばたいて、遊泳やホバリングをしている。しかし、機械式のヒレを持つ魚ロボットでは、この3次元的なヒレの動きを実現するのは難しい。そこで、本魚ロボットでは、左右に1枚ずつ配置したヒレを、それぞれピッチ運動させることにする。

本魚ロボットは、以下の運動を想定している。

- (1) ヒレの連続的なピッチ運動により、直進運動をさせる。
- (2) 左右のピッチ運動に変化をつけることで、胴体をロールさせて旋回運動を行う。あるいは、片ヒレを停止させ、もう片方のみを連続的にピッチ運動させることで、旋回運動をさせる。
- (3) ヒレのピッチ運動を上下に偏りを持たせることで上下運動をさせる。例えば、ピッチ運動を下に偏らせることで、本体を斜め下に向けて潜水させ、その逆に偏らせることで、潜水とは逆の動きをさせ、浮上させる。

2.2 マンタ型魚ロボットの構造

図1に本魚ロボットの構造を示す。本魚ロボットの全長は0.7 m、横幅は全長の1.5倍の1.05 mである。左右対称に1枚ずつ配置されたヒレは、主要寸法等を考慮し、1枚のヒレにつき2つの関節を設けている。

ヒレの運動に用いる動力源には、ラジコン用(R/C)サーボモータ、操作および通信方法はR/C通信としている。

本魚ロボットに搭載する電子部品および配線は、防水のため、アクリル製のケースやチューブに収納している。また外装は、木の枠を組み、浮力材としてウレタンを取り付け、表

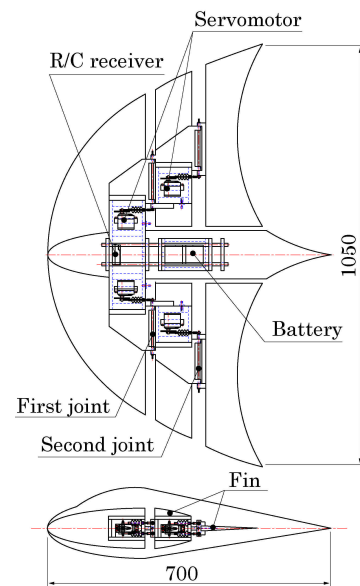


Fig. 1 Construction drawing

面にGFRP加工をし、塗装を施している。

2.3 操作方法

本魚ロボットの操作は、レバーの操作によって生じる電圧をマイコンチップが読み取り、それに合わせたヒレの動きをパルス信号に変換して、R/C送信機から胴体に搭載している受信機を介して、R/Cサーボモータへ伝えている。R/C送信機は市販のものを流用し、内部の配線を外部へ引き出し、マイコンチップを搭載した回路基板を取り付けている。レバーは、左レバーは左ヒレ、右レバーは右ヒレの振れ角と偏りに対応させ、左右に異なる振れ角のピッチ運動をさせることや、一方を停止させ、もう一方のみを稼働させることを可能としている。また、マイコン回路に取り付けたスイッチにより、ヒレの周波数を4段階に変化させることができる。

3. 遊泳性能試験

3.1 試験方法

本魚ロボットの遊泳試験は、海上技術安全研究所内の試験水槽（魚ロボット実験水槽 10.0 m × 3.0 m × 2.0 m）において行った。遊泳試験は、(1)平均遊泳速度の測定、(2)R/C送信機の操作に対する遊泳動作の測定、(3)上下運動性能（深度）の測定および(4)旋回性能の測定を行った。深度および旋回性能の測定は、最高速度の得られた片側振れ角およ

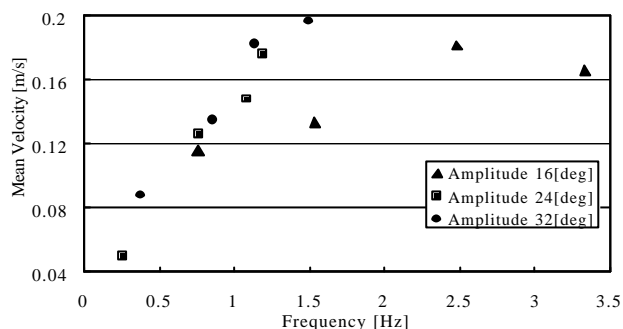


Fig. 2 Variation of mean velocity by changing pitching frequency of fins

び周波数で試験を行った。

3.2 試験結果および考察

(1) 平均遊泳速度の測定

図2には、ヒレの片側振れ角をパラメータとした、周波数に対する平均遊泳速度の測定結果を示す。これより、片側振れ角約32°、周波数約1.5 Hzの時、最高速度約0.2 m/sが得られていることがわかる。実際のマンタの遊泳速度は、およそ毎秒1/5身長程度と言われている。レイノルズ数を推算し、比較すると、本魚ロボットが 1.4×10^5 程度に対して、全長が本魚ロボットと同程度のマンタは 1.0×10^5 程度とほぼ一致することから、流体力学的に流れが相似であると考えられる。

(2) R/C送信機の操作に対する遊泳動作の測定

図3には、経過時間に対するR/C送信機の操作および胴体姿勢の変化を示す。同図において、R/C送信機レバーの中立点を0%、最も傾けたときを100%として、浮上させるための操作の割合を正とする。また胴体姿勢は、胴体が水平状態にあるときを0 degとし、水平状態から浮上動作、すなわち上向きの角度を正とする。

5 secから8 secの間では浮上をさせる操作を行い、8 secの時点で一時的にレバーを中立近くに戻す操作を行っている。魚ロボットは、この操作に過剰に反応し、8 sec以降、胴体姿勢を下向きに変化させている。これは、胴体自体がピッチ運動をすることで、胴体姿勢が不安定になることが要因の一つとして推察される。重心と浮心の深度方向の高さが近いと、ピッチング方向のわずかなモーメントが働いた場合でも、胴体は大きくピッチングする。本魚ロボットは、この影響を受けているものと思われる。

15 sec以降、浮上操作に対して比較的安定した上向き姿勢をとり、20 sec時点で潜水操作を行った際、胴体姿勢は徐々に下向きへと変化している。これより、本魚ロボットはピッチング方向に安定させた状態では、ゆっくりとした操作に対して十分に追従できるものと考えられる。

(3) 上下運動性能の測定

図4に経過時間に対する深度の測定結果を示す。潜水操作をすることで、約450 mmまで潜水していることが確認できる。また、潜水から浮上の連続的な運動が可能であることが確認でき、概ね意図したとおりの上下運動性能を確認できた。

6 sec～8 secの間では、水中で胴体を水平にしての遊泳を試みたが、実現しなかった。これは、前後方向の重量バランスの調整が不十分であったためと推察される。さらに、重心・浮心の位置関係による胴体姿勢の不安定さが影響していることも考えられる。重量バランスや重心・浮心の位置関係を調整することによって、さらなる操作性向上が見

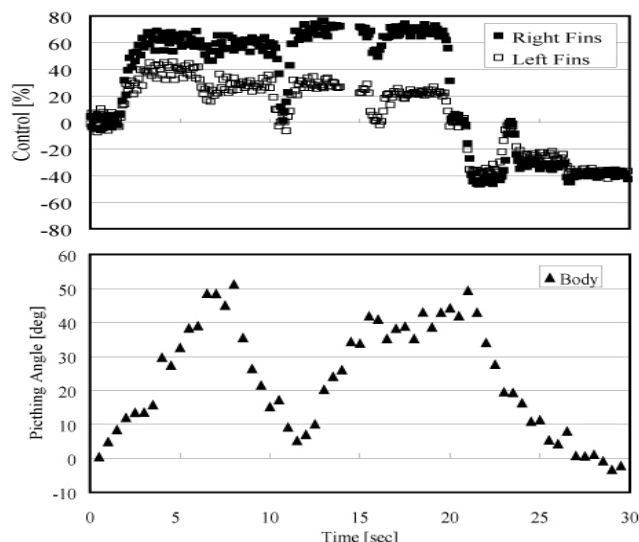


Fig. 3 Time history of control amplitude and pitching angle of body

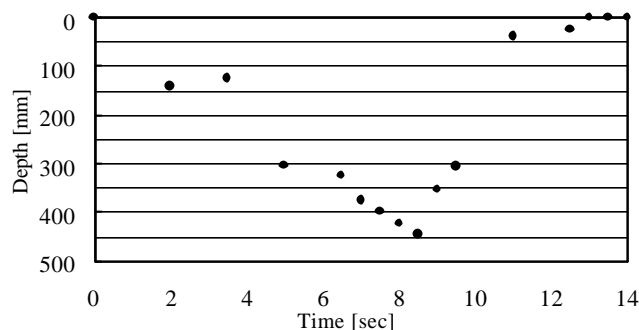


Fig. 4 Time history of depth

込めると考えている。

(4) 旋回性能の測定

旋回運動の測定は、ロール運動を利用する方法と片側のヒレを停止させる方法について行った。ロール運動を利用する旋回は、意図したとおりのロール運動は確認できたが、ロールから旋回への操作が難しく、旋回には至らなかった。

片方のヒレを停止させる旋回は、左右どちらの方向への回転も、全長以下の旋回半径で旋回できることが確認できた。これより、本魚ロボットの3次元運動が可能であり、組み合わせての高度な遊泳も可能であると考えられる。

4. 結 言

本研究では、流体力を利用して泳ぐマンタをモデルにした魚ロボットの遊泳性能試験を行った。その結果、最高遊泳速度約0.2 m/sで遊泳し、潜水から浮上の連続的な運動、および旋回運動が可能であることが確認できた。これより、概ね意図したとおりの3次元運動が可能であると考えている。さらに、羽ばたくような3次元的な動きに変えることで、胴体のピッチングを最小限に抑えられると推察され、より操作性の高い3次元運動に発展するものと考えられる。また、水中センサやカメラを搭載することで、低速遊泳での海中活動が見込まれる。

参考文献

- (1) 平田宏一, 他6名 魚ロボットに関する基礎研究 海上技術安全研究所報告, 第2巻, 第3号, pp. 1-27 (2003)
- (2) 菱沼和久, 他4名 マンタ型魚ロボットの設計・試作 日本機械学会関東支部第10期総会講演会論文集, pp. 109-110 (2004)