

マンタ型魚ロボットの設計・試作

Development of 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, 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 which is expected to perform smooth up-down motion. For Manta is conjectured to use only fluid force to keep floating in the water. This vehicle is 0.7 m in length and 1.05 m in width, and has two fins. Each fin has two joints that can move independently by servomotors connected to the joints, and performs pitching motion. Movement of fins is controlled by a microprocessor which is installed on a R/C controller. In a water-tank experiment, this vehicle swam near the water surface at about 0.1 m/s. Better performance and three-dimensional movement will be attained by adjusting motion control.

Key words: Submergence vehicle, Manta, Pitching motion

1. 緒 言

近年、海中作業ロボットの開発が活発に行われている。これまでの推進技術は、推進性能と抵抗性能を分離して扱い、推進性能ではスクリーブローバの性能向上、抵抗性能では外形に起因する抵抗の極小化といった技術進歩がある。

最近では、より高機能・高性能な推進技術を目指し、推進と抵抗の発生メカニズムを相互に干渉させながら自由に泳ぐ魚の泳ぎが注目されている。魚は泳動時に筋肉やヒレを振動させ、それによって発生する渦を利用して遊泳している⁽¹⁾。

これまでに著者等は、魚の泳ぎを模擬する海中作業ロボット（以下魚ロボットと称す）を設計・試作し、性能評価を行っており、推進運動および旋回運動について、様々な知見が得られてきた⁽²⁾。そして、現在では潜水・浮上といった上下運動について、多様な視点からの検討を進めている。

本研究では、できる限り滑らかな上下運動を実現させるために、胴体全体の断面形状が翼型に似て、流体力のみで泳いでいると推測されるマンタをモデルにした実験用魚ロボットを設計・試作し、遊泳試験および考察を行う。

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設計指針

本研究で設計・試作する魚ロボットのモデルは、前述の理由から、エイの仲間であるマンタ（オニイトマキエイ：図 1）とした。マンタは、ひし形に似た体型で、浮き袋を持たず、大きく横に広がる胸ヒレを波打つように動かして遊泳やホバリングをしている。

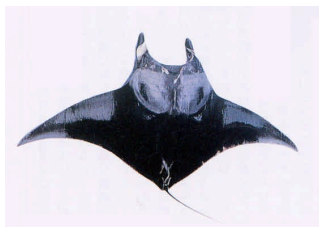


Fig. 1 Manta Birostris ⁽³⁾

機械式の関節を持つ魚ロボットでは、実際のマンタのような 3 次元的なヒレの動きを実現するのは難しい。そのため、本研究で設計・試作するマンタ型魚ロボットでは、関節を水平に配置したヒレをピッチ運動させることとした。なお、ピッチ運動は、1 つの関節で上下に振動させるのではなく、複数の関節を持たせ、最後部のヒレに位相遅れを持たせることで、滑らかなヒレの動きを実現することとした。これにより、渦の発生・放出を繰り返しながら推進する。

また現段階では、性能測定の都合上、後述する無線による操作を考慮し、本魚ロボットの最大深度を水深 2 m 程度に考え、設計を進めた。

2.2 マンタ型魚ロボットの運動メカニズム

本魚ロボットは、以下の運動をさせることを想定している。

- (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) ヒレのピッチ運動に偏りを持たせることにより上下運動をさせる。すなわち、ピッチ運動を上側に偏らせることで、本体が斜め上を向いて浮上し、ピッチ運動を下側に偏らせることで、本体が斜め下を向いて潜水する。
- (3) 左右のピッチ運動に変化を与えることで、胴体をロール運動させて（バンクをつける）旋回運動をさせる。

2.3 マンタ型魚ロボットの設計

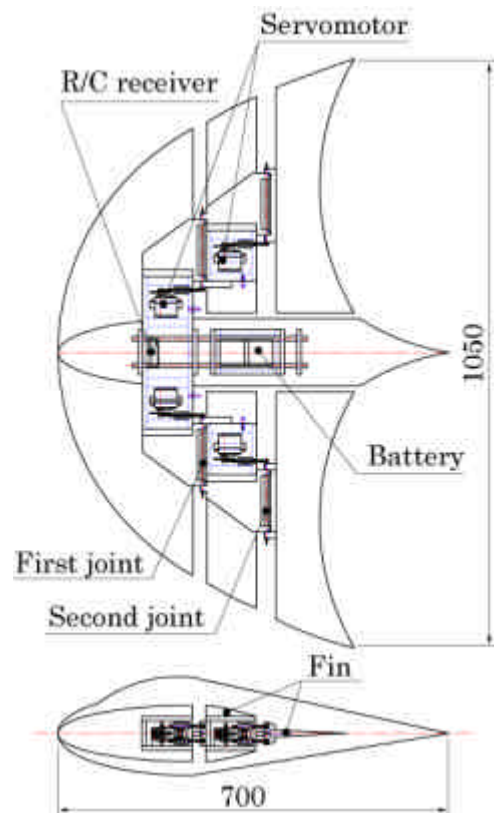


Fig. 2 Construction drawing

図 2 に本魚ロボットの構造を示す。実際のマンタの全長は

子供の時で 0.7 m であり、大人になると最大 5 m 以上にもなる。これより製作上の理由から、子供のマンタをモデルとし、本魚口ボットの全長を 0.7 m とした。また、横幅は、実際のマンタの平均的な値とみられる全長の 1.5 倍とし、1.05 m とした。ヒレは左右対称に 1 枚ずつ配置し、関節は、主要寸法等を配慮した結果、1 枚のヒレにつき 2 つとした。

ヒレの運動に用いる動力源には、上下運動時に必要な回転角の偏りを制御するのに適して、ヒレを動かすのに十分なトルクが期待できるラジコン用 (R/C) サーボモータとした。これは、マイコンチップより発生するデジタル信号によって容易に回転角や振動数の制御ができる。

通信・制御法は、通信に容易な R/C 通信とした。水中では、電波が減衰して通信が困難であるが、本魚口ボットが水深 2 m 程度での遊泳を想定しており、これまでに試作された魚口ボットでもこの水深までは電波が届くことが確認されている。なお、ヒレのピッチ運動を制御するためのマイコンチップ搭載の制御回路は、R/C 送信機側に取り付けられ、マイコンチップに書き込まれたプログラムにより振動数、回転角および偏りを操作できる。

2.4 マンタ型魚口ボットの試作

図 3 に設計・試作した本魚口ボットの外観を示す。本魚口ボットに搭載される R/C サーボモータ、R/C 受信機、蓄電池およびそれらの配線部分は、水に直接触れることができないので、アクリル製のケースやチューブに収納し、防水をしている。また外装は、木製の枠を組み、その間に浮力材としてウレタンを挟み、表面に GFRP 加工を行っている。



Fig. 3 Manta-like submergence vehicle

3. 遊泳試験および考察

3.1 試験方法

本魚口ボットを試作した後、水中でバランスを取るためのおもりを調整し、試験水槽 (海上技術安全研究所・屋外試験水槽 10.0 m × 3.0 m × 2.0 m) で単独遊泳試験を行った。本試験では、水面付近を遊泳させ、直進遊泳での遊泳速度を測定した。なお、現段階では制御プログラムの調整が完全ではなく、魚口ボットを直進させるのが困難であったため、再現性のある測定結果ではない。

3.2 試験結果および考察

図 4 は、振動数に対する平均遊泳速度および第 1 関節の片側振れ角の試験結果を示している。これより、振動数が約 0.8 Hz のとき、約 0.1 m/s の最高速度が得られていることがわかる。また、振れ角は、振動数の増加に伴い、減少している。これは、振動数が高くなったことでヒレを動かすための荷重が増大し、サーボモータの運動が追従できなくなったためである。現在までに開発された魚口ボットの

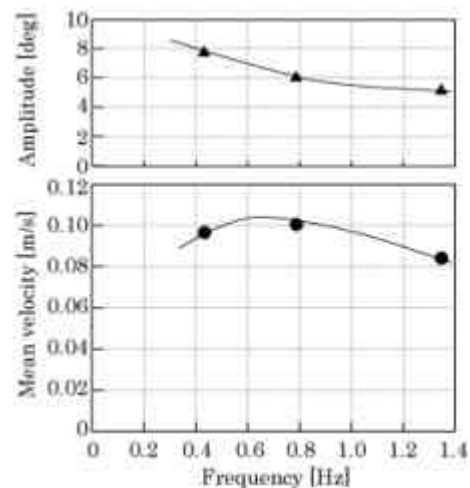


Fig. 4 Frequency – Mean velocity and Amplitude

遊泳速度は、振動数を高めるに従って上昇することが確認されている⁽²⁾。しかし、本研究で設計・試作した魚口ボットではそのような傾向は見られなかった。これは、振れ角の減少により遊泳速度が低下したためである。

一方、実際のマンタの遊泳速度が毎秒 1/5 身長程度であることを考えると、本魚口ボットの遊泳速度は遅い。この原因として、制御プログラムが不完全なために生じたヒレの動きの不具合や、水中でのバランス調整が適切ではないこと等があげられる。これらは今後の調整で改善でき、さらなる性能向上が見込まれると考えられる。

4. 結 言

本研究では、魚口ボットのできるだけ滑らかな上下運動を目指し、翼に似て、流体力のみで遊泳していると推測されるマンタをモデルにした実験用魚口ボットの設計・試作を行った。そして、遊泳試験を行った結果、本魚口ボットは水面付近を約 0.1 m/s の速度で遊泳できることが確認できた。現時点では、上下・旋回運動の実現には至っていないが、制御プログラムや水中でのバランス等の調整を行った後、それらの高度な運動が可能となるものと考えている。

さらに、水中での動画・静止画撮影やセンサの搭載、またヒレの動きを実際のマンタの動きにできる限り近づける等、本魚口ボットの発展性についても検討していきたいと考えている。

参考文献

- (1) M. S. Triantafyllou, G. S. Triantafyllou, and D. K. P. Yue
HYDRODYNAMICS OF FISHLIKE SWIMMING
Ann. Rev. Fluid Mech. p. 33 - 53 (2000)
- (2) 平田宏一, 他 6 名 魚口ボットに関する基礎的研究
海上技術安全研究所報告, 第 2 巻, 第 3 号, p.1-27 (2003)
- (3) 上野 坂本 魚の分類の図鑑 世界の魚の種類を考える
東海大学出版会 (1999)