

水中ドローンの製作

片山 潤一
東 潤

1. 研究概要

私たちは、電子回路の理解と材料の加工技術、コンピュータ制御技術の向上とともに防水という技術の難しさを知り、効率的に機能を実現するための創意工夫する力を身に付ける事を目標とし、「水中ドローン」の製作をした。水中ドローンとは水中をドローンのように、縦横無尽に遊泳できる遠隔操作マシンである。

2. 研究の具体的内容

図1に水中ドローンの外観を示す。

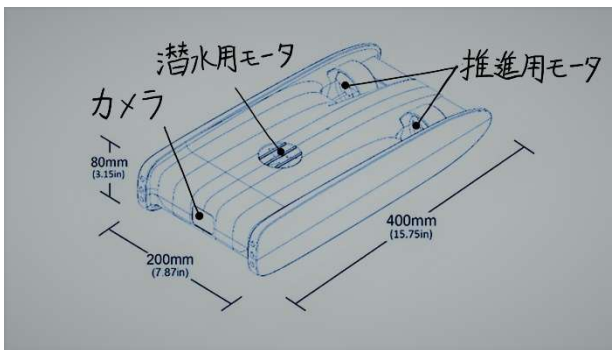


図1 水中ドローンの外観

(1) 推進方法

推進は船体後方にある推進用モーターで以下の様に行う。

- ・前進 左右同じ出力の正回転
- ・後進 左右同じ出力の逆回転
- ・前進左旋回
出力の比が左：右 = 1：2 の正回転
- ・前進右旋回
出力の比が左：右 = 2：1 の正回転
- ・後進左旋回

出力の比が左：右 = 1：2 の逆回転

- ・後進右旋回

出力の比が左：右 = 2：1 の逆回転

- ・静止左回転

左逆回転、右正回転、左右出力は同じ

- ・静止右回転

左正回転、右逆回転、左右出力は同じ

(2) 潜水方法の研究と決定

海底を潜水する方法はいくつかある。ここで潜水方法と特徴を記述する。

(a) バラストタンク方式

主に潜水艦の潜水方式である。艦内のタンクに水を注入、排出することで船体の平均密度を変化させ、潜水と浮上を行う方式である。

(ア) メリット

- ① 船体が大きくても安定して潜水できる。

(イ) デメリット

- ① 船体を浮き沈みさせるのに多くのエネルギーやガスを使用するため回数制限があり、すればするだけコストがかかる。
- ② 船体が壊れたとき浮上してこない。
- ③ 急激な潜水と浮上ができない。

(b) ダイナミカルダイブ方式

船体の後方の潜舵を駆動させることで水の抵抗により推進力の一部を上下移動に用いて潜水する方式である。玩具に多く用いられる。

(ア) メリット

- ① 製作と制御が簡単である。

- ②船体が壊れた時浮上することができる。
- ③低コストである。

(イ)デメリット

- ①推進しながらでしか潜水できない。
- ②細かな操作が非常に難しい。

(c)トライデント方式

船体の中心からやや上方向にあるモーターを駆動させ潜水する方法をとっている。潜水は垂直方向の他にも前方のみを上下させ推進することで潜水することも可能である。重心は潜水する際の水の抵抗を考えて、涙滴型の部分は計算から除き潜水用のモーターの中心からやや下に設定した。これにより潜水用モーターを速く回せば涙滴型の部分の抵抗で船体は傾き、ゆっくり回せば涙滴型の抵抗はあまりなく垂直潜水できる。また重心の細かな設定と全体の総重量の調整には鉛を使用した。総重量はドローンの体積と同じ体積の水より少し軽くした。これにより少ない力で潜水でき、また万が一故障した場合は船体内が水没していない限り浮いてくるようにするためである。

(ア)メリット

- ①モーターの数が比較的少なく、制御も簡単。
- ②前進、後進、静止したままで潜水でき、また細かな動きができる。
- ③機体をコンパクトにでき、デザインが良い。

(イ)デメリット

- ①船体の設計と製作がとても難しい。

以上の研究の結果からトライデント方式が最も潜水に適切であると判断し、水中ドローンの潜水方法に採用した。図2にトライデント方式の潜水イメージを示す。

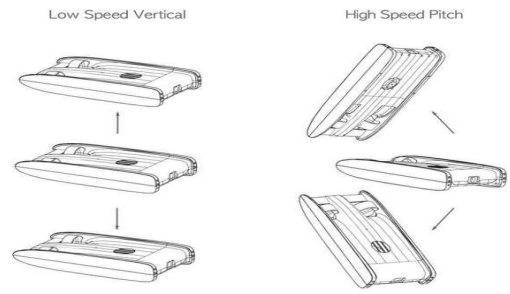


図2 潜水イメージ

(3)モーター

船体のモーターには推進、潜水共にブラシレスモーターを使用している。ブラシレスモーターとは半導体素子で構成された駆動回路を使い、電気的に電流の切り替えを行うことで回転させるモーターである。使用した理由はブラシレスモーターの特徴がドローンにとって適切であったためだ。以下にブラシレスモーターの特徴と駆動方法をまとめ、ブラシレスモーターの構造を図3に示す。

(ア)ブラシレスモーターのメリット

- ①省エネルギー、長寿命、小型かつ軽量。
- ②回転速度を自由に変える事ができる。
- ③ブラシが無いためブラシ付きモーターが水中で使えない原因であるショートが起きない。

(イ)ブラシレスモーターのデメリット

- ①電気を流すだけでは回転せず、正確なパルス信号を必要とする。

(ウ)制御方式

駆動と制御にはPWM制御の短形波駆動方式を用いる。PWM制御とはモーターのオンオフ制御をパルスによって行う方法である。

(エ)駆動回路

駆動回路は大きくパワー回路、電流制御回路、ロジック回路、設定比較回路、電源回路

の5つに分けられる。任意の長さのパルス信号をロジック回路に入力することにより他の回路が動作し、駆動する。図4に駆動回路のブロック図を示す。

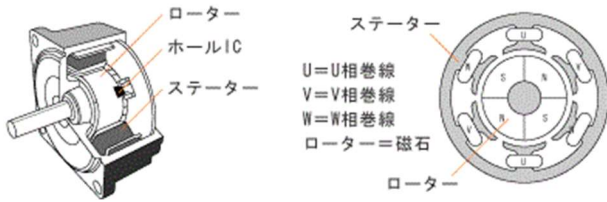


図3 ブラシレスモーターの構造

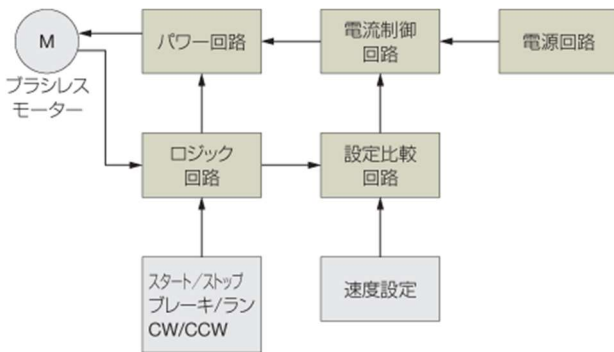


図4 駆動回路のブロック図

(4)機体の素材

(ア)メリット

- ①強度、電気絶縁性、難燃性、耐候性、耐薬品性などに優れる。
- ②比較的安価である。
- ③着色しやすい。

(イ)デメリット

- ①有機溶剤で溶ける。
- ②-20℃で脆弱化し 65~80℃で軟化する。
- ③海水につけすぎると腐る。

(5)機体の形状の研究と決定

水中において固体は形状によって受ける水の抵抗が異なる。水の抵抗に対する形状の特徴を記述する。

(a)涙滴型

(ア)メリット

- ①推進する際、最も水の抵抗が少ない。
- ②上下の抵抗に対し、前方と後方で抵抗の大

きさが違うため工夫すれば水の抵抗を利用した潜水が可能である。

(イ)デメリット

- ①涙滴型に加工するのが難しい。

(b)弾丸型

(ア)メリット

- ①加工が簡単である。
- ②後部に平らな面がある。

(イ)デメリット

- ①水の抵抗が激しい。

(c)楕円

(ア)メリット

- ①多方向の抵抗に対して抵抗が小さい。

(イ)デメリット

- ①加工が難しい。
- ②ドローンのモーターを取り付けにくい。
- ③水平面に置いたときバランスが取りにくく製作中に落下しやすいため作業効率が悪い。

以上より側面から見て前方が弾丸型、後方が涙滴型である形がドローンに最適だと判断し、採用した。

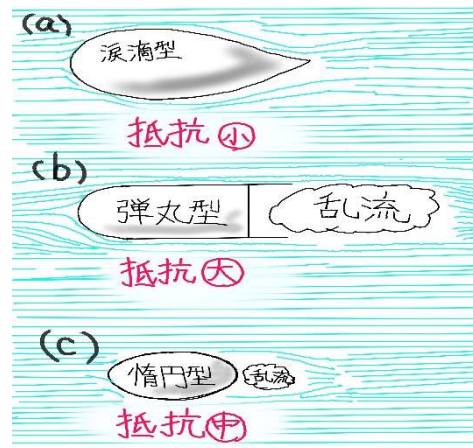


図4 形状による水の抵抗の変化

(6)防水

モーターはブラシレスモーターを使っており、端子以外は防水不要であるため、端子のみ船体に収納し接着剤で固定し防水した。船

体を製作する際にプログラム修正などをするため回路の出し入れをするためのハッチのようなものを取り付けようとしたが技術的に難しいためすべてパーツごとのつなぎ目をすべて接着した。

(7) 制御

制御にはマイクロコンピュータの Raspberry Pi と C 言語、制御用ライブラリの Wiring Pi を使用した。図 5 に船体内の構図を示す。

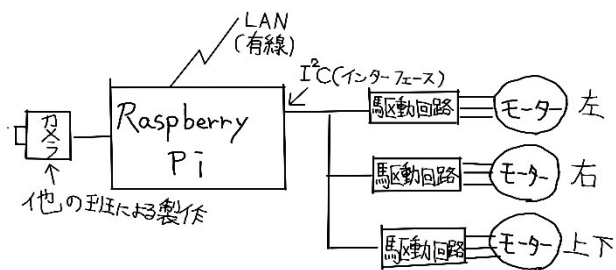


図 5 船体内の機器の接続

3. 研究のまとめ

私たちはこの研究に取り組むことで大きく3つのことを学ぶことができた。まず1つ目は、制御、材料加工、設計技術だ。制御に関して、基本的な原理を理解しなければ良い制御ができず、何をすればよいのかがわからず途方に暮れたことがあった。材料加工もとても難しかった。形通り正確に材料を切り出すことも難しく、材料を少なからず無駄にした。また塩化ビニルは熱で変形するものの70℃は熱く、曲線を加工するとき手袋の上からやけどした。また船体を設計するとき、どうすれば自分たちの実現したい機能を効率的に実現できるか考えるために中学の理科や流体力学を勉強した。考えるだけで多くの知識を必要とし、設計の難しさを知った。同時に自分たちの未熟さと先人たちの偉大さを痛感した。

2つ目はスケジュール管理である。初期は資格試験で学んだアローダイアグラムを使いスケジュール管理をしていたが、自分たちの創造力、知識、技術の稚拙さゆえに作業があまり進まず、後々苦勞した。進学試験や将来に対しての悩みや学校行事、突然のトラブル。多くの障害が現れた。特に自分たちはその影響を大きく受け、憂鬱にもなった。今になってもその時どうすればよかったのかわからない。ただ計画を立てトラブルにも負けず実行していくことの難しさをとても痛感した。そして

3つ目はチームワークだ。自分たちは2人で課題研究に取り組んでいたため、一方が進路や学校行事、委員会で忙しいとき、もう一方がどうサポートするか。また情報伝達、情報共有をしっかりと行いコミュニケーションをとり続けられるか。これだけで作業効率が全然違った。社会では課題研究より遥かにコミュニケーション能力が必要だと大いに実感した。これらが課題研究で学んだ事だ。将来向き合うことであろう課題に取り組み解決する力を培えたとは言えないが、経験として僅かばかりの力は得たと思う。ものづくりの奥ゆかしさを体験したという点でも有意義だった。

参考文献

- 「オリエンタルモーター株式会社」
- 「OpenROV」