

IchigoJam によるマルチコプター用 DC モーター制御の検証

著者 金丸 嘉秀

指導教員 村田 知也

1. 研究背景

近年、電子工作部品が非常に安価になっており、小型の工作用ロボットやマイコンなどが増加している。さらに子供向けの教育用工作キットとしてプログラミングを学習するものも発売されるようになっており、子供のための電子工作が盛んになっている。

そこで、本研究では、子供向けのプログラミング学習ができる IchigoJam で、マルチコプターの組立てキットを作ることができるか検証をする。

マルチコプターとは複数羽で動作するドローンの通称であり、基本的にプロペラの制御を調整して、ホバリング、前後左右移動を行う。

特に本研究では、IchigoJam の BASIC で DC モーターを 4 つ安定的に動作できるのかを検証した。

2. 研究概要

まず、本研究で使用した機器を説明する。

2.1 IchigoJam

IchigoJam とは手のひらに載せられる大きさの、プログラミング専用こどもパソコンである。言語は BASIC を基本とした IchigoJamBASIC を使用していて、マイコンとしてモーターの制御をする。

消費電力は最大 1W であり、電源は 5V である。メモリは 4KB で、作成したプログラムリストは 4 つまで保存が可能。入出力は 4 つずつ搭載しており、PWM 命令の実行が可能である。

2.2 DC モーター

ブラシレスである「RJX1286」を使用。正転逆転が可能であり、重さは約 5g。

2.3 モータードライバ

「TB6612FNG」を使用。モータードライバを使うことにより DC モーターではできない正転逆転の制御が可能であり、PWM 制御が可能である。電源電圧 VM は max15V、VCC は 6V、出力電流は 1ch あたり平均 1.2A である。表 1 はモータードライバの制御信号の表である。

表 1 モータードライバ IC の制御信号

IN1	IN2	PWM	STBY	動作
HIGH	HIGH	HIGH/LOW	HIGH	ブレーキ
LOW	HIGH	HIGH	HIGH	正転
		LOW	HIGH	ブレーキ
HIGH	LOW	HIGH	HIGH	逆転
		LOW	HIGH	ブレーキ

入力端子は 3 つで、IN1, IN2, PWM ピンがある。今回、IchigoJam の出力ピンの関係上 IN1, IN2 はそれぞれ 5V, GND を接続し、PWM ピンに制御命令を入力し制御を行った。

2.4 PWM 制御

モーターの回転数を制御するのに PWM 制御を使う。

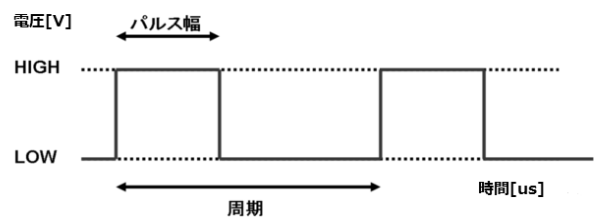


図 1 デューティー比の概要図

図 1 から分かるように、PWM 制御とは特定の周期でパルス幅の HIGH と LOW の比率（デューティー比）を変化させることで制御を行う方式のことである。

$$\text{デューティー比} = \frac{\text{パルス幅}}{\text{周期} \times 100} \quad (1)$$

デューティー比の計算は式(1)により求められる。パルス幅が増えるほどモーターの回転数は多くなる。

本研究では IchigoJamBASIC の PWM 命令を使用した。この命令はパルス周期、パルス幅を指定する必要がある。IchigoJamBASIC の PWM 命令はパルス周期、パルス幅ともに 0.01msec~20msec での制御が可能であり、研究では 0.25msec の周期、4kHz での制御を行った。

3. マルチコプター動作原理

機体はクアッドコプターを基本として作成を行う。この方式は正方形の各頂点に回転の中心軸がくるようにプロペラを配置し、フレームは正方形の対角線になるように配置する。図 2 は使用した機体とそのプロペラの回転方向を表している。

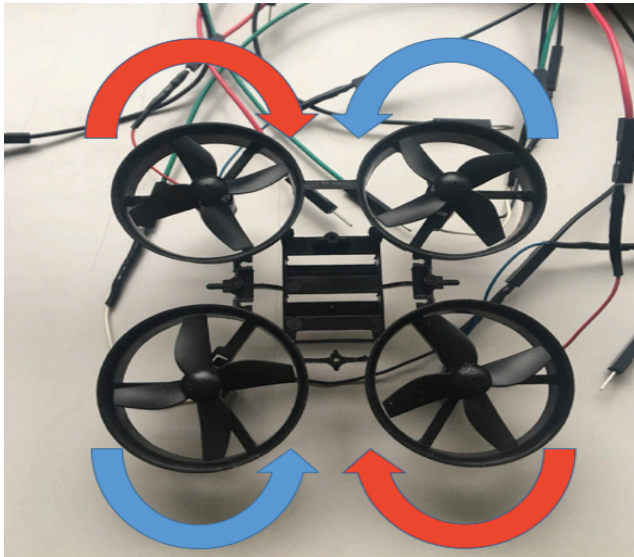


図 2 プロペラの回転方向

回転方向は決まっており、図 2 のように隣同士のローターの回転方向は逆方向に、対角上にあるローターは同じ方向になるように回転をさせる。これは、機体の運動方向を逆方向にして垂直に浮かび上げるためである。(反トルク)

前後左右への移動について、進行方向に向かって後ろ 2 つのローターの回転数を上げ、前 2 つを少し下げ、回転数に差を作ることにより、機体が傾き移動を行う。

旋回について、回転させたい方向と逆の回転をしている対角上の 2 つのローターの回転数を上げることにより旋回を行う。

4. プロペラ推力の測定

マルチコプターをモーターで浮かす事が可能と言えるには自重より上へ持ち上げる力が大きくなければならない。そこでプロペラ推力の測定を行った。測定には、デジタルはかり「HL-200i」を使用した。

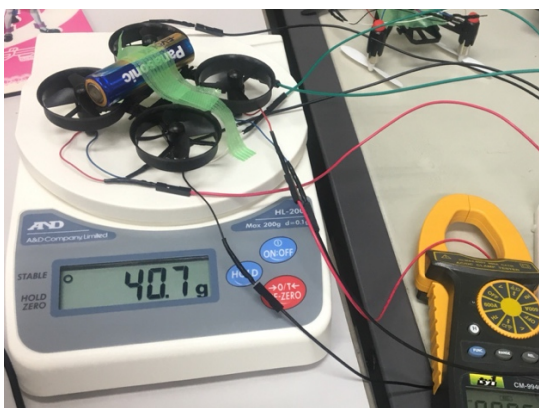


図 3 プロペラ推力測定風景

図 3 のように機体の上にマイコンと同様程度の重りに乗せ、ガムテープにより機体を土台と固定

させ測定を行った。しかし、機体を土台に接地させ固定したため、プロペラが下に押す力をはかりに当ててしまった。その結果、データを測定することができなかった。

そこで図 4 のようにはかり方を変更して測定を行った。

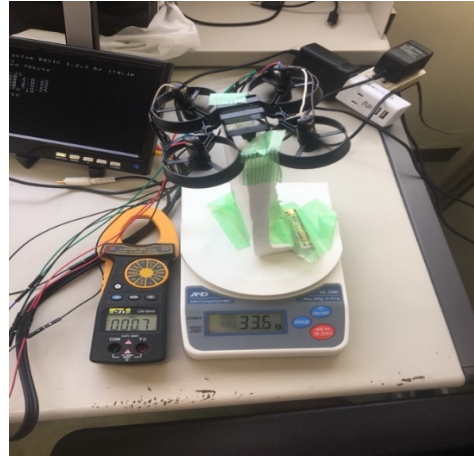


図 4 測定方法変更

図 4 では細長い発泡スチールの上にマルチコプターを下向きに設置し測定を行った。その結果が図 5 のグラフである。

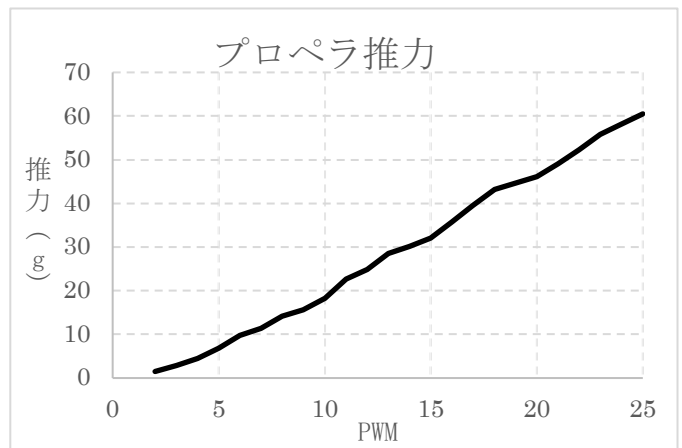


図 5 推力の測定結果

測定は 4kHz のパルス周期でパルス幅を 25 分割し、パルス幅を変更させながら測定した。図 5 は測定時の電流値と推力のグラフである。測定ではデューティー比が 50% を越えたあたりから自重約 20g の 2 倍の推力が確認でき、パルス幅最大時には約 3 倍の推力を確認できた。

5. まとめ

本研究では IchigoJam によるモーターの制御を課題としてやりつつ、マルチコプターを飛行させる事の検証を行ってきた。測定を行った結果、IchigoJam による PWM 制御を行う事、プロペラ推力 (g) が確認できた時のパルス幅と電流値を記録する事ができた。