

特色ある学校

マルチコプターの製作

—創立 50 周年に向けた工業科の取組—

茨城県立波崎高等学校電気科 教諭 鈴木 秀樹

1. はじめに

茨城県立波崎高等学校は、昭和 39 年に鹿島臨海工業地帯に有為な人財を輩出することを目的に創立され、普通科 2 クラス、機械科 2 クラスでスタートした。その後、幾度かの学科改編を経て、平成 26 年度生徒募集は普通科 2 クラス、機械科、電気科、工業化学・情報科、各 1 クラスの合計 5 クラスとなっている。平成 25 年度には創立 50 周年記念式典を挙行し、新たな歴史がスタートした。

2. 製作に至った経緯

創立 50 周年を迎えるにあたり、記念事業の一環として工業科の特徴を生かして、機械科、工業化学・情報科では EV カーを作製、電気科では先の震災を受けて災害時に役立つ物を作製したいという生徒の思いから、マルチコプターの研究・製作を行った。



図 1 製作機からの空撮写真

3. 製作過程

マルチコプターを次の手順で行った。

- (1) 機体の機能を決める。
- (2) 機体の制御について考え、簡単な動作確認用の機体を製作する。
- (3) 装備重量に合わせた機体サイズとモーター及びプロペラを決定する。
- (4) 試作機を作り動作の確認をする。
- (5) 50 周年記念事業にふさわしい機体（工業製品並のクオリティー）にする。

(1) 機体の機能を決める。

生徒達は、「津波の状況を上空から把握して的確な避難誘導が出来たら、もっと沢山の命を救えたのではないか」「原発の状況を把握するため、近くに行けないのであれば、地図上にポイントを指定する事で、その場所に飛んでいく機能を備え撮影ができれば、より早く原発の状態把握が出来たのではないか」と考えていた。そこで、次の機能を有する機体を目指して研究を進めた。

- ① 誰にでも安定した飛行・運用が出来る機体を製作する。
 - ② カメラと映像転送装置を搭載し、災害本部等に映像を転送できる。
 - ③ インターネット等の地図上にポイントを指定する事によって、その場所まで飛行していき、撮影する事ができる。
- (2) 機体の制御について考え、簡単な動作確

認用の機体を製作する。

(1)-①の条件を満たすマルチコプターを製作する為、プロペラの回転だけで機体を移動させる方法・コントロールする方法を考えた。また、その機体の姿勢制御と同時に、位置も制御し機体を静止させなければならなかった。

機体の移動は、プロペラを M1・M3 が左回転、M2・M4 は右回転するように設置し、前後左右は機体の傾きで移動させ、自転はモーターの反動トルクによって行った。

テスト飛行に使用する機体は、モーター取り付け用アームはバルサ材、本体は 100 円ショップで購入したアクリル板を使用し、安価に製作・修理が出来るようにした。

制御系については、機体のコントロール・姿勢制御を 1つのマイコンで行い、もう 1つのマイコンで位置の制御を行う方向で研究をスタートした。

機体のコントロール・姿勢制御はジャイロセンサーを接続して製作を進めた。図 2～図 7 は研究に使用したマイコンとセンサー類である。

調べていく過程において、AVR マイコンにジャイロを 3つ搭載したマイコンボードが、海外の Hobbyking というサイトで販売されてい

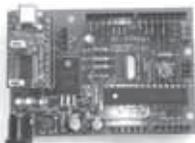


図 2 Arduino 互換マイコン

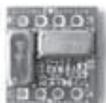


図 3 ジャイロセンサー



図 4 加速度センサー



図 5 機体搭載用マイコン



図 6 モーター制御用 AMP

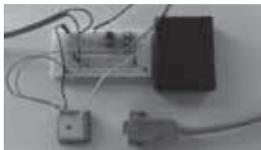


図 7 GPS アンテナ



図 8 自作マルチコプター

ることがわかり購入して研究を行った。自分たちで基板から作ろうとしていた物が安価に販売されていた為、機体のコントロールと姿勢制御にはこのマイコンボードを使用することにした。

このマイコンボードを載せた 4 ローター機 (図 8) は、ここまでの研究過程を見ていた電気科 3 年生が興味を持ち、課題研究の授業でも製作を行った。

次に上空での位置制御について研究していたところ、Arduino 互換マイコンにジャイロ・GPS 等のセンサーを 1 枚のボードに取り付けた基板を海外サイトで発見した。ArduPilot フォーラムがあり、実際に使用できる所までそのフォーラムを利用して研究を行い、自動操縦の



図 9 機体に搭載された ArduPilot



図 10 ArduPilot の操作画面とメニュー画面

知識を養った。その結果、当初計画していた事は ArduPilot で行える事がわかった。

しかし、災害時などの使用目的から、人や人家の上を飛行する事になる。そのため安全運用に疑問が残り、制御部は、空撮会社などで使用されている DJI 社のオートパイロットに変更する事にした。この DJI 社のオートパイロット(図 11)でも、(1)③の目標であったインターネット等の地図上にポイントでの撮影が可能であった。

(3) 装備重量に合わせた機体サイズとモーター及びプロペラを決定する。

搭載物の総重量を算出した結果、総重量が約 2 kg 前後になることがわかった。当初の機体では、浮上するのがやっとで飛行できる状況ではなかった。

再度、モーターとプロペラを変更するか考えた末に、プロペラを増やし 6 ローターにする案が出てきた。これで計算すると、搭載するバッテリーによるが機体総重量は約 2.8 kg となった。機体の重量に対して推力も 4.2 kg と余裕が生まれた。機体を移動させる方法については、4 ローターと同様とし、プロペラの回転方向を図 12 のようにした。

(4) 試作機を作り動作の確認をする。

図 13 は 4 ローターの機体で得た知識と運用を考えて設計した機体である。

研究段階で飛行中にプロペラの破損などの問題に遭遇し、解決にかなりの時間を費やした。原因はプロペラの共振であった。そこでモーター取り付けアームとモーター間にクッション材を設けた。また、グラスファイバー混入のプロ

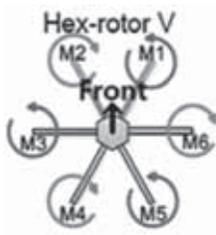
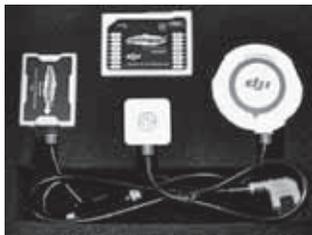


図 11 DJI 社のオートパイロット 図 12 ローターの回転方向



図 13 目的の機能を搭載したマルチコプター



図 14 カメラを固定したジンバル

ペラに変更するなど改良を加え、現在は解決しプロペラ破損による墜落はなくなった。さらに、この期間の研究で、DJI 社のオートパイロットとの相性で起こるトリムずれに対しても対応し、この機体ではトリムずれは起きないようにになっている。

完成後、総重量が 2.8 kg になるようにおもりを載せて飛行させてみたが、重くなった事で風などの外力にも強くなり、安定した飛行ができる機体となった。

(5) 50 周年記念事業にふさわしい機体（工業製品並のクオリティー）にする。

試作機でも機能的には十分であるが、なにぶん創立 50 周年記念としての製作品である。50 周年記念式典会場に展示しても見栄えのする機体に仕上げるため、機体のパーツも厳選して製作した。

① 機体の各部組み立ての様子（図 15 ～ 18）



図 15 モーター取り付けアーム部とプロペラアダプター

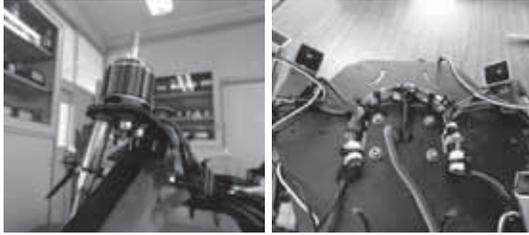


図 16 モーター取り付け部と胴体内の電源

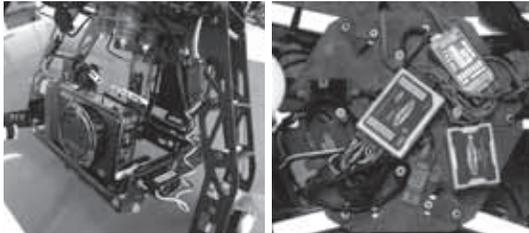


図 17 振動対策を施したジンバルと各装置の配線



図 18 完成したマルチコプター

② 移動用 BOX の製作

災害時には移動して撮影する必要もあるので、マルチコプターと撮影に必要な機材と機能を有した BOX を作成した。(図 19, 20)

その為、映像転送装置やディスプレイやバッテリー等、全てを入れて移動できるように考慮して BOX のサイズを決定した。



図 19 移動用 BOX の内部



図 20 完成した移動用 BOX



図 21 式典会場での展示状況

4. 創立 50 周年記念式典会場での展示

研究・製作の成果をプロモーションビデオにして上演した。インターネットの地図上にポイントを打つとマルチコプターが移動し始め、驚きの歓声が沸いた。また、マルチコプターから撮影された上空からの映像はとても綺麗で、来賓の方々からお褒めの言葉を頂いた。

5. まとめ

この研究・製作を通して生徒達からは、「問題にぶつかった時の解決方法について学んだ。何が原因か、解消するには何が有効か考え、慎重に1つずつ試すことが大切だとわかった」、「飛行物体を扱う際の心構え」とおして、「危険物を扱う心構え」や「危険回避のための行動」について学んだ、「共同者との知識の共有が大切」、「工業系の基礎知識と経験を得た。各種工作機械の使い方や精度の出し方、機械の整備方法など勉強になった」等の意見があり、得た物も多かったようである。

製作のプロセスを通して技術的なことを学んだわけだが、それにとどまらず「事故を未然に防ぐことの大切さ」や、「常に危機管理について考えることが必要である」ということを学んだようであった。製作自体よりも、そちらの方が生徒にとって大きな勉強になったようである。

今後は、この 50 周年記念で製作した機体で、市役所や地元中学校等の上空写真を撮影し、本校工業科の技術力をアピールしながら学校の PR に役立てていきたいと考えている。