

課 題 情 報 シ ー ト

テ ー マ 名 :	空撮用トリコプターの製作 ～組み込み用プログラム開発～		
担当指導員名 :	大館 広之	実施年度 :	26 年度
施 設 名 :	北海道職業能力開発大学校		
課 程 名 :	専門課程	訓練科名 :	電子情報技術科
課題の区分 :	総合制作課題実習	学生数 :	4 人
		時間 :	12 単位 (216h)

課 題 制 作 ・ 開 発 の ポ イ ン ト

【開発（制作）のポイント】

最近、クアッドコプターなどの無人飛行体が普及しています。本テーマでは、3つの駆動部を持つ飛行体について、独自開発に取り組みました。無人飛行し空撮動画および搭載GPSによる現在位置をリアルタイムにPCに表示します。手動による無線操縦ができるほか、自律運転機能として、障害物や人との接触回避、静止浮揚や、バッテリー容量低下時の自動着陸などの機能を盛り込んでいます。機体構造の設計・製作、機体制御ソフトウェアの開発、リモコンの製作およびPCソフトの開発を行いました。

【学生数の内訳】機体・電子回路製作：2名、組み込みソフトウェア開発：1名、リモコン筐体及びPCソフトウェア開発：1名

【訓練（指導）のポイント】

無人で飛行するだけでなく、民家の屋根の点検などの実用性も持ったものを目指すようにしました。また、飛行体の自律飛行、水平浮揚の維持などの自動制御メカニズムを明らかにして自力で開発することを通して、総合的な組み込み開発技能・技術の習得を図りました。

この開発のために、カーボンファイバーによる機体構造、ブラシレスモータ、サーボモータ、リチウムイオン電池、32ビットマイコン、超音波・気圧・加速度・ジャイロセンサ、無線シリアル通信、無線LANカメラおよびGPS並びにPCにおける動画処理及び地図表示ソフトウェアなどの多岐にわたる要素技術について、指導・習得させました。

常に、到達目標と期限について意識し、失敗してもその解決を繰り返すなど、モチベーションを維持・高揚して取り組むことができました。

課 題 に 関 す る 問 い 合 わ せ 先

施 設 名 : 北海道職業能力開発大学校
 住 所 : 〒047-0292 北海道小樽市銭函3丁目190番地
 電話番号 : 0134-62-3553 (代表)
 施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/hokkaido/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

空撮用トリコプターの製作 ～組み込み用プログラム開発～

北海道職業能力開発大学校

電子情報技術科

1. まえがき

この研究室の共通の目標は無人回転翼機を使用して、「学校を上から眺めること」で、目的としては自分たちの技術力はどれくらいのものなのか、それをどこまで高められるのかを知るというものである。

本テーマでは、トリコプターの飛行・ホバリング・離着陸などの自律飛行の実現を目標としている。

この目標を実現するのに必要な項目を挙げると、水平維持のための角度・高さ維持のための高度の取得、実際にホバリングするための各モーターの制御、操作性を良くするための遠隔操作などがある。

トリコプターやクアッドコプターなどのマルチコプターを製作するには基本的に、フライトコントローラという制御装置を使用する。この装置については購入する若しくは、Arduino®環境の基盤を使用するのが一般的である。理由としては、各種プログラムが配布されている点や、自作自体がかなり難しく高度な知識がないと無理だという点がある。

しかし本テーマでは、上記以外の方法で製作したという記事とソースコードが在ったためそれらを参考にし、RX62T®を使用し、C 言語でプログラム開発を行なうこととなった。

2. 概要

2.1 システム構成

トリコプターのアルゴリズムを考えていく上で、必要な要素を知るためにソースコードの解析、動作実験行ない、得られた知識を記述していく。

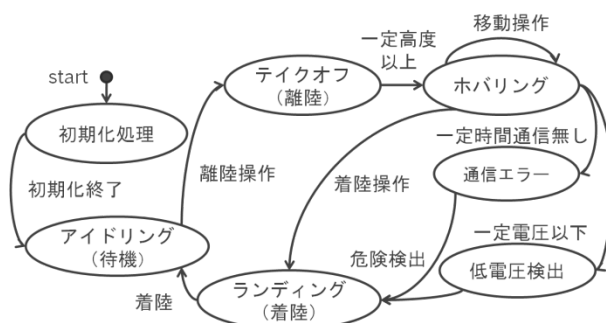


図1 状態遷移図

トリコプター本体（以降、本体と記述する）の動作を図1に示す。基本動作としては、初期化処理・アイドリング・テイクオフ・ホバリング・ランディングがあり、危険防止のために通信エラーと低電圧検出を設けた。設けた経緯としては、離陸時は地面効果によりPID制御が上手く働かない可能性があるため、着陸時にはボルテックス・リング・ステートという急降下するとローターが浮力を失ってしまう現象が起きるために処理を分けることとした。危険防止については現状で実現可能なものを設けた結果、7つの動作となった。

姿勢維持のために角度と高さのデータを使用してフィードバック制御を行う。

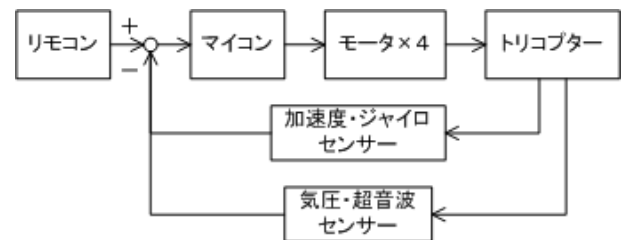


図2 ブロック図

図2は、制御に使用する各要素のブロック図である。目標値・制御量は機体の高度と姿勢角として、各要素は、基準入力要素にトリコプターの操作端末（以降、リモコンと記述する）、制御要素にRX62T®マイコン、操作要素に各モーター、フィードバック要素にそれぞれ加速度・ジャイロセンサーと気圧・超音波センサーとなっており、制御対象はトリコプターの機体となっている。

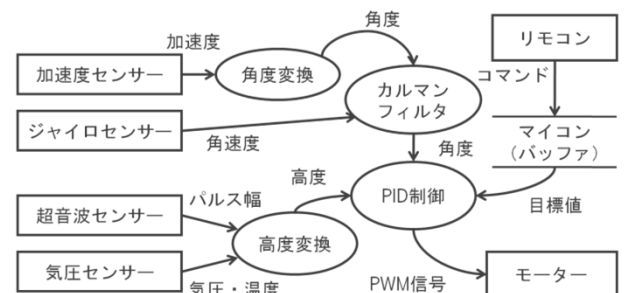


図3 データフローダイアグラム

このときのデータ処理の流れが図3のようになっている。データの inputs は4つの各センサーとユーザーの

リモコン操作がある。入力データから各種データ変換を行ない、PID 制御を使用して PWM 信号を操作量としてモーターの推力の制御を行なうこととした。

ユーザーによるトリコプターへのリモコン操作と、リモコン - 本体間の通信、LED 表示パターンの切り替えタイミングを時系列順に示した図が図 4 となっている。

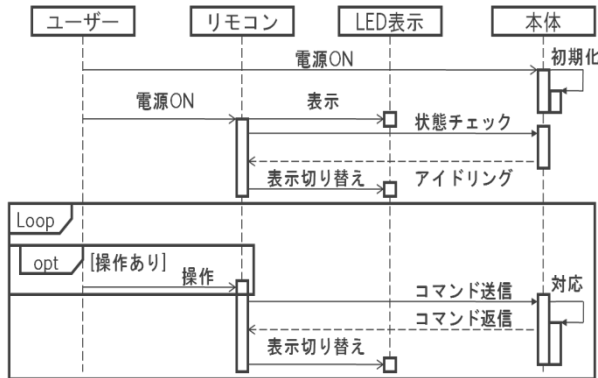


図 4 シーケンス図

LED 表示はリモコンに搭載されている赤色 LED と緑色 LED の表示を点灯・点滅・消灯させることで、本体側とリモコン側の現在の状態を示すために使用する。パターンは図 1 の状態の数と同じ数ある。

以上のことを実現するために開発した組み込みプログラムの大まかな流れが図 5 と図 6 となっている。

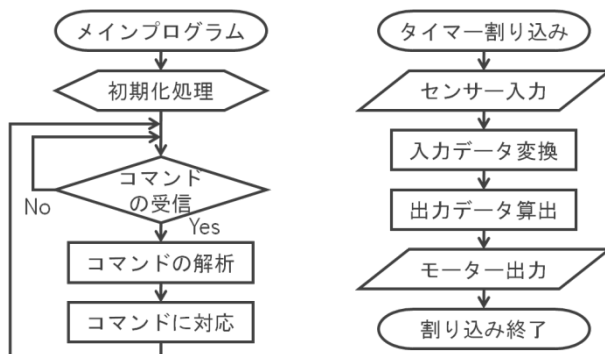


図 5 本体側フローチャート

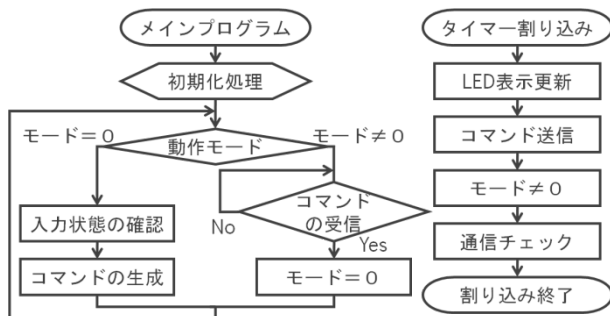


図 6 リモコン側フローチャート

開発の経緯として本体側は、ソースコード内の 1 つを簡易化させると図 5 のような構成となったため、それを基にプログラム開発を行なった。リモコン側につ

いては、開発した本体側プログラムを基に開発を行なった。

2.2 統合開発環境 HEW

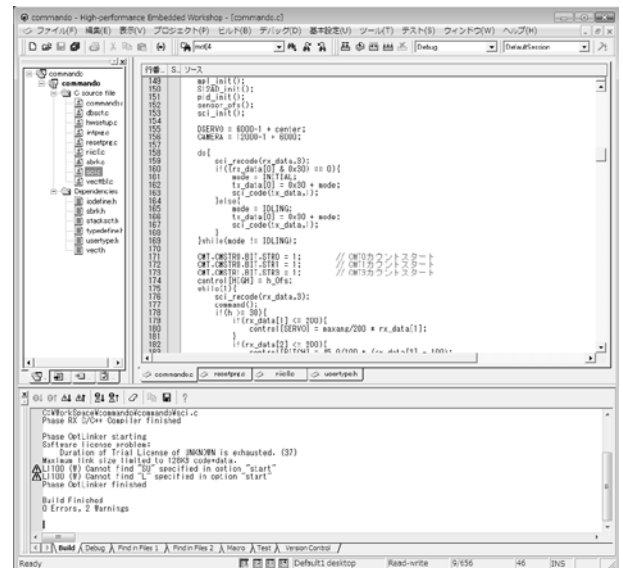


図 7 統合開発環境 HEW

図 7 は、High-performance Embedded Workshop®というルネサス製マイコン向けの統合開発環境のことで HEW とはその略語である。

対応 MCU として、RX®ファミリの RX600®・RX200®シリーズ、SuperH®ファミリ、H8®ファミリなどのルネサスマイコンをサポートしている。

本テーマではプログラム開発用に使用し、プログラムデバッグ用として E1 エミュレータ®を使用する。

2.3 サクラエディタ®

サクラエディタ®は Windows®上で動作するオープンソースの日本語テキストエディタである。特徴としてカスタマイズ性が良いことが挙げられ、対応する文字コードには Shift_JIS/Unicode/UTF-8 などがあり、また C/C++, HTML, Java®, アセンブラ, Perl といった 15 の編集モードも備えている。

本テーマではその利便性からソースコードを表示させて解析する作業に用いた。

2.4 X-CTU®

Dig 社が提供する XBee®の各種設定を GUI ベースで簡単に行なうことができるツールである。

本テーマではリモコン - 本体間通信に ZigBee®通信を用いて、通信デバイスは XBee®モジュールを使用するためにこのツールを使用する。他には、ツールの機能として XBee®同士の通信を行なうコマンド入力画面が在るので、プログラムの動作確認や動作実験等にも活用した。

3. 本体側プログラムの開発

3.1 マイコンの各種設定

タイマー割り込みの間隔設定は、姿勢角を 10ms、高度を 25ms とした。分けた経緯としてまず、モーターの PWM 周期が 10ms となっており、それより短いとモーターの制御が追いつかないこと、高度取得の際に間隔が 25ms より短いと超音波センサーが反応しない場合があるなどの理由があり、このようにした。

3.2 加速度・ジャイロセンサー

2 つのセンサーは基準電圧（静止時の状態）からの電圧の変化量で加速度・角速度を出力する。電圧の測定には、RX62T®に搭載されている 12bit A/D コンバータを使用、変換方式として 1 サイクルスキップモード（動作については図 8 を参照）を用いている。

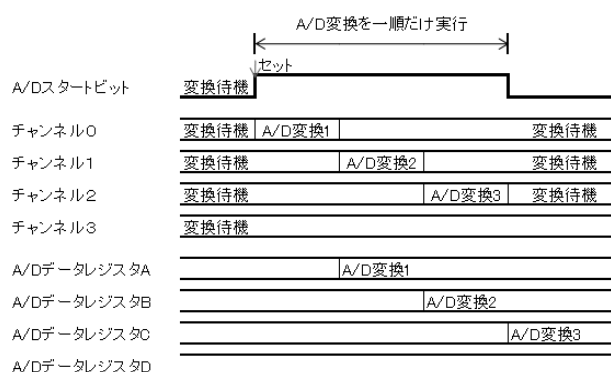


図 8 タイムチャート

角度算出時の各センサーの特徴は、表 1 のようになっている。

表 1 センサー特徴

名称	長所	短所
ジャイロセンサー	並進運動に強い	積分誤差などで、時間経過で値がずれる(ドリフト誤差)
加速度センサー	回転運動のみだと正確	並進運動で値がずれる(移動時の加速度ノイズ)

座標軸として図 9 の航空機と同じ座標系を使用した。

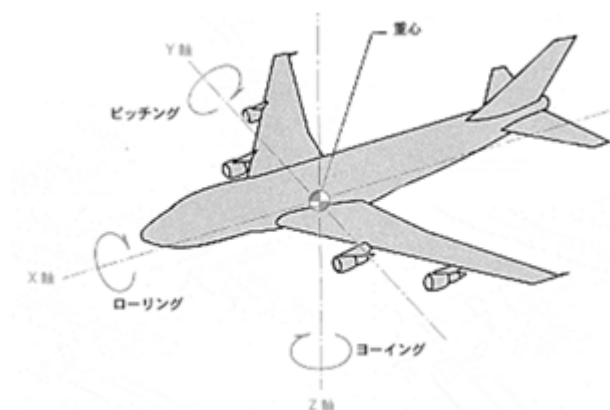


図 9 飛行機の運動の軸

加速度センサーからの算出は A_x , A_y , A_z の 3 軸の加速度を基本的な三角法(1)と(2)を使用して求め、ラジアン[rad]から度[°]へ変換することで算出する。

$$\text{roll} = \tan^{-1} \left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \right) \quad (1)$$

$$\text{pitch} = \tan^{-1} \left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}} \right) \quad (2)$$

ジャイロセンサーからの算出は、まず使用したセンサーモジュールにドリフト誤差を除去するために接続されているハイパスフィルタ（微分回路）の影響で角速度が正確に出ないため、ネット上の複数の記事を参考に実験を行ない、回路のコンデンサーを短絡させることにした。その際、ジャイロセンサーの短所であるドリフト誤差の影響が出るので、その対策としてセンサーフュージョンという技術を使用した。詳細は 3.6 に記述する。

3.3 超音波センサー

原理として図 10 にある図形のように発射した音波を障害物に反射させ受信するものである。使用方法としては、センサーの SIG (I/O) ピンに図 10 のように信号入力後、一定時間経過するとパルスを出力する。測定距離は、3cm～3m まで測定可能となっている。

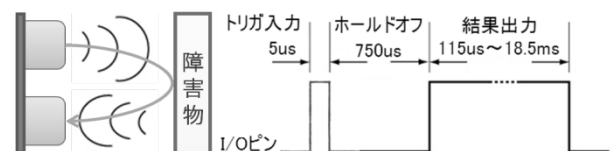


図 10 超音波センサーの原理

出力されたパルスは(3)を使用することで障害物までの距離を算出することができます。

$$h = \text{音速} \times \frac{\text{パルス幅}}{2} \quad (3)$$

本テーマではこのセンサーを地面までの距離を測定し、プログラムの手法としては SIG (I/O) ピン信号入力後、外部端子割り込みを有効にし、パルスの立ち上がり立ち下りのタイミングで割り込みをさせ、タイマーを用いることでパルス幅[秒]を測定するプログラムを開発した。

3.4 気圧センサー

使用したセンサーは MPL3115A2®という I2C®通信バス対応のセンサーなので、気圧センサーのデータ処理とは別に I2C® 通信用のプログラム開発を行なうことと

なった。

I2C® 通信とはフィリップス社が提唱したシリアル通信の方式のことで、実際に使用した回路は図 11 の回路を使用した。

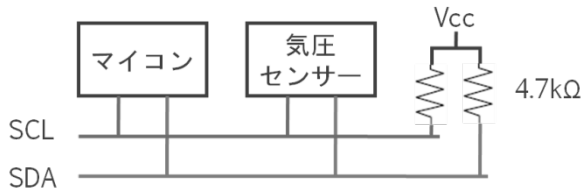


図 11 I2C 通信回路

プログラムの開発については、MPL3115A2®のデータシートとアプリケーションノートに有益な情報が在ったため、その情報と RX62®マイコンの本を基にプログラムを開発した。

高度の算出は、センサーから気圧と温度を取得可能なので、そのデータを(4)を使用して高度を算出する。
(気温 t_0 、気圧 P_0 は高度 $h=0\text{m}$ 時の値)

$$h = 153.8 \times (t_0 + 273.2) \times \left(1 - \left[\frac{P}{P_0} \right]^{0.1902} \right) \quad (4)$$

3.6 カルマンフィルタ

センサーフュージョン技術の手法の 1 つである。センサーフュージョンとは、複数のセンサーの入力データを組み合わせて計測する技術のことで、手法としてはカルマンフィルタ、相補フィルタ、パーティクルフィルタなどがある。

本テーマでは、その手法の内、カルマンフィルタを使用することとした。経緯としては、実際にカルマンフィルタと相補フィルタの比較実験を行ないその結果を基に選択した。パーティクルフィルタについてはまだ詳しく理解できていないため比較実験は行っていない。

カルマンフィルタとは、予測値と観測値の差からシステムの状態を推定・フィードバックをするフィルタである。実際の動作としては、ジャイロセンサーのドリフト誤差を予測し出力された角速度に反映、積分することで予測値の角度を算出、加速度から算出した角度を観測値とし予測値の差分を出す。プロセスノイズなどから誤差共分散の計算を進める、誤差共分散・観測誤差などからカルマンゲインを計算、カルマンゲインと予測値の差分から角度の推定値を更新、カルマンゲインを使用し誤差共分散を更新などの動作をすることで角度の算出をしている。

プログラムの開発については、Arduino®の C++ソー

スが複数あり各種資料を発見できたのでそれらを基に、開発環境に合わせたプログラム開発を行なった。

3.7 PID 制御

目標値と現在値の差（以降、偏差と記述する）から比例・積分・微分の 3 つの補償動作で制御する、フィードバック制御の一種である。各動作の特徴として、比例動作は偏差の変化に対して直ちに対応、積分動作は偏差がゼロになるまで出力、微分動作は偏差の変化率から動きを予測して出力という特徴がある。

プログラムの開発については、ソースコードの中に PID 制御の記述が在ったのとそれを裏付ける資料を発見できたのでそれらを基に、開発環境に合わせたプログラム開発を行なった

各動作のパラメータ設定についてはジググラ・ニコルス法から、姿勢角は限界感度法、高度はステップ応答法を使用する予定であるが、今まで PID 制御について触れる機会がなかったことから経験不足から、実際の調整実験ではあまり成果を出せていなかった。そのことから実験装置の見直しと改善を繰り返し、現状では左右のバランスを取るための調整実験の目途を立てることができた。

3.8 各種モーター・サーボ

PWM 信号の生成には RX62T®に内蔵されている MTU3 を使用した。動作としては PWM モード（周期とパルス幅を設定、PWM 信号の生成するモード）でバッファ動作をさせている。バッファ動作をさせている理由として、通常動作の場合はパルス幅の書き換えを行なうと、書き換え中は信号を出力しないからである。

周期とパルス幅の設定は図 12 の通りとなっている。

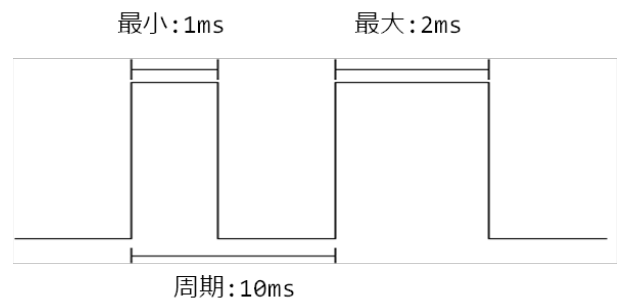


図 12 PWM 波形

カメラの角度変更用サーボについてはユニット数の関係上、RX62T®に内蔵されている GPT を使用している。操作方法についてもリモコンの入力装置数の関係上、高度に応じて角度を変更させる仕様となっている。

4. リモコン側プログラムの開発

3.1 マイコンの各種設定

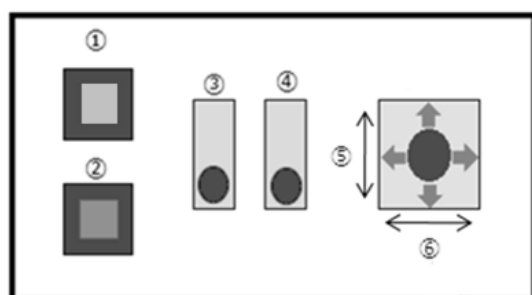
リモコン - 本体間の通信間隔は頻繁に行なうと処理が遅延してしまうため、動作テストや数々の実験から 50ms とした。

リモコン起動時の処理として、離陸スイッチが ON 状態のときにリモコンを起動させると、起動と同時に本体が離陸するのは危険ではないかと考え、起動時に離陸スイッチを OFF にするまで初期化処理を続けるように処理させることとした。

通信チェックの手法としては、タイマー割り込みの間隔 (50ms) で図 6 にあるモード変数を+1 カウントさせることで、モード変数が一定以上になるとその間受信が行なわれていないということになるので通信エラーを検出する。同様のものを本体側にも組み込んでいる。

3.2 入力処理

図 13 にリモコンの各種操作装置、図 14 に通信データのフォーマットを記載する。



- ①上昇ボタン } 押しボタンスイッチ
- ②下降ボタン } 押しボタンスイッチ
- ③離着陸スイッチ } スライドスイッチ
- ④電源スイッチ } スライドスイッチ
- ⑤前後移動 } ジョイスティック
- ⑥左右旋回 } ジョイスティック

図 13 リモコン簡略図

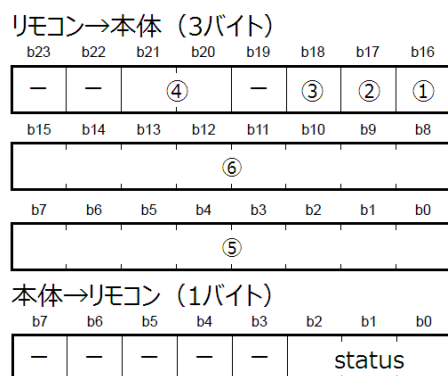


図 14 コマンドのフォーマット

スイッチの処理として、上昇ボタンと下降ボタンは排他処理としており、ボタンを離すまで上昇・下降の入力を受けないように、離着陸スイッチについては、離陸操作・着陸操作を切り替えるようにしている。

ジョイスティックの処理としては、A/D 変換をした値を 0 ~ 200 までの変化量で区切りニュートラル (デフォルト値) を 100 とした。

図 14 については、④は電源 ON のとき(11)₂の値を取るようにしている。これは PC (ASCII コードの数字) での確認作業をするためである。status の値は表 2 の通りである。

表 2 ステータス表

動作状態	status			LED 表示 パターン
	b2	b1	b0	
初期化処理	0	0	0	●○
アイドリング	0	0	1	●●
テイクオフ	0	1	0	●●
ホバリング	0	1	1	●●
ランディング	1	0	0	●●
通信エラー	1	0	1	○●
低電圧検出	1	1	0	●○

※●：点灯，●：点滅，○：消灯

3.3 シリアル通信

XBee®による通信の実現のために、RX62T®に内蔵されている SCI (シリアルコミュニケーションインタフェース) を利用する。

プログラムの開発については、サンプルプログラムがいくつか在ったため、その情報と授業で行なった ASCII コードの処理を基にプログラムを開発した。同様のものを本体側にも組み込んでいる。

3.4 LVD (低電圧検出)

RX62T®の機能に電源電圧を監視する回路が在ったためそれを利用することとした。経緯としては、実験中に突然トリコプターが動作を停止することが在った。それらの原因を追及するとマイコンが電圧低下を検知しリセットをかけていることがわかった。RX62T®の機能の LVD を使用することとした。

LVD の機能の詳細は、RX62T®には電圧検出回路という回路が組み込まれており、一定電圧以下になると、イベントを発生する機能である。

動作としては、使用した LVD の検出電圧が 4.15V のものを選択、発生させるイベントは内部割り込みを使用し、低電圧検出をする。同様のものを本体側にも組み込んでいる。

5. 動作確認実験

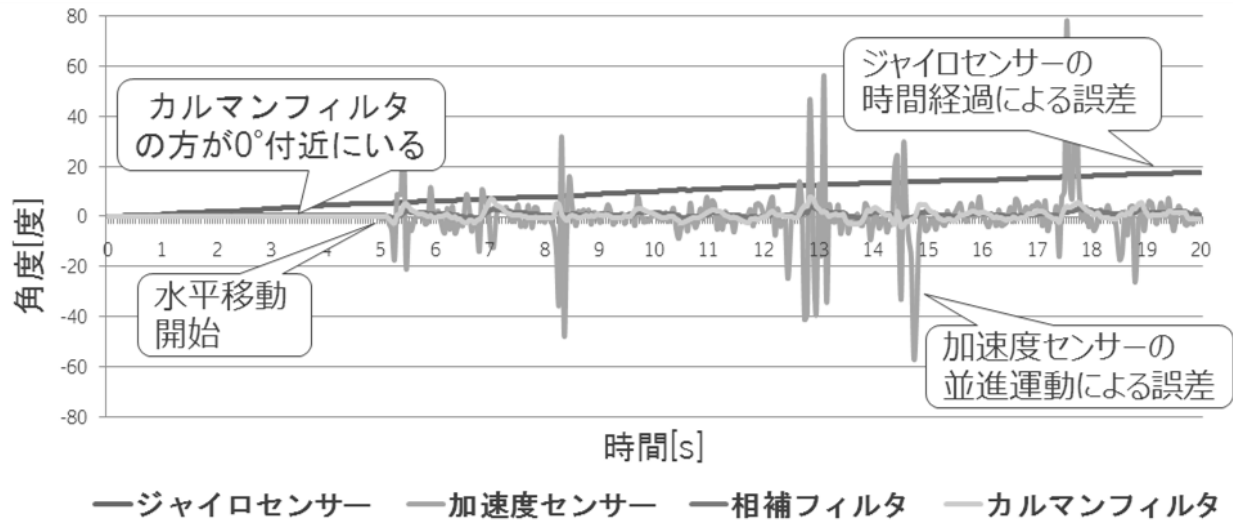


図 15 0° の時の角度比較

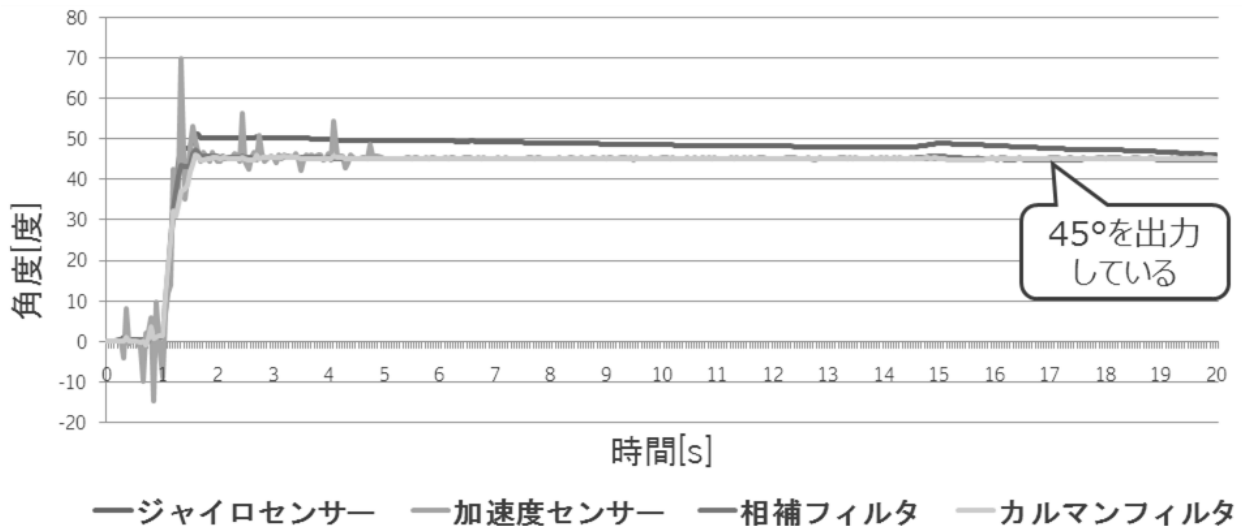


図 16 0° から 45° に変化させた時の角度比較

5.1 角度

ジャイロセンサーのドリフト誤差、加速度センサーの並進運動による誤差が実際に起こるかの確認と、相補フィルタとカルマンフィルタの比較実験を行なった記録を図 15 と図 16 に記載する。

結論として、ジャイロ・加速度センサーについては表 1 の特徴通りの反応をすることがわかった。

比較実験の結果としては、カルマンフィルタはドリフト誤差の影響を受けずに 0 度を出力していたが、相補フィルタはカルマンフィルタと比較すると影響を受けているように読み取れた。

5.2 PID 制御

実験としてはまず、カーボン製トリコプターが製作できるまでに飛行実験用として木製 T 型トリコプター

を使用して実験を行なった。

実験結果としては PID 制御を使用して飛行させたところ、右モーターが急回転・停止後に左モーターが急回転するという制御不能状態となった。

そこから得られたものとして、角度検出に遅延が出ていることがわかった。遅延理由としてわかったことは、3.2 で説明したジャイロセンサーに接続されているハイパスフィルタ（別名、微分回路）の影響で角速度ではなく、角加速度を出力していたからであった。

次に、カーボン製トリコプターが完成したので、PID 制御のパラメータ設定のための実験を行なうこととした。実験の方法として、前後の中心軸を固定、左右のモーターを PID 制御の比例動作を使用しバランスを保たせる実験を行なった。

実験結果としてはモーターの出力上昇が早く、機体自体が回転し制御不能となった。

そこから得られたものとして、動かすたびに中心軸がずれていたこと、初期の比例動作のパラメータが大きかったことがわかった。

そこから、実験装置の改善、パラメータの縮小、モーターの出力に制限を設けるなどの修正した結果、左右のバランスを保つ程度はできるようになった。

現状では、まだ改善の余地が残っているが目途を立てることができたので、実験を続けていきたい。

6. むすび

本テーマの目標である、トリコプターの飛行・ホバリング・離着陸などの自律飛行の実現のための、必要項目について、水平維持のための角度・高さ維持のための高度の取得、操作性を良くするための遠隔操作については達成できたが、実際にホバリングするための各モーターの制御についてはまだ、途上である。

しかし、目的である「自分たちの技術力はどれくらいのものなのか、それをどこまで高められるのかを知る」については今回行なった作業のほとんどが授業で教えられていないもので、授業外で身につけた知識も多く、かつ授業で身につけた知識も大いに活用できたことから目的を達成できたと考えられる。

この研究では、特に人員不足に悩まされたが、それでもここまで達成することができたのは、指導教員の先生の尽力と電子情報技術科の先生方、そして他の研究室なのに研究の手助けをしてくれた同級生たちのおかげなので、深く感謝申し上げます。

文 献

- [1] 新海栄治, "RX マイコンのすべて, 基礎編", 電波新聞社, 2010-11-20.
- [2] 新海栄治, 仲間ぐみ, 石黒裕紀, 藤澤幸徳, 伊藤彩子, "RX マイコンのすべて, 応用編", 電波新聞社, 2012-10-15, pp.57-101.
- [3] 株式会社アルファプロジェクト, "AP-RX62T-0A", 株式会社アルファプロジェクト, <http://www.apnet.co.jp/product/rx/ap-rx62t-0a.html>, (accessed 2014-09-25).
- [4] Renesas 社, "RX62T ホバリングヘリ設計情報ダウンロードページ", Renesas, <http://japan.renesas.com/products/promotion/elekijack/index.jsp>, (参照 2014-7-2).
- [5] 滝田好宏, "ワンチップでなめらか!最新モータ制御", interface, 2014-04-01, pp.20-31.
- [6] CaranchoEngineering@gmail.com, "AeroQuad Flight Software v3.2", aeroquad, http://code.google.com/p/aeroquad/downloads/detail?name=AeroQuad_v3.0.1.zip&can=2&q=, (accessed 2014-11-23).
- [7] Renesas 社, "RX62T", Renesas, <http://japan.renesas.com/products/mpumcu/rx600/rx62t/index.jsp>, (参照 2014-07-02).
- [8] info@bituse.info, "C 言語関数一覧", プログラミング入門サイト, http://bituse.info/c_func/, (参照 2014-09-30).
- [9] 山田太郎, "周波数の有効利用," 移动通信, 木村次郎 (編), pp.21-41, (社) 電子情報通信学会, 東京, 1989.
- [10] Christopher J. Fisher, "加速度センサーによる傾きの検出", アナログ・デバイセス株式会社, p7.
- [11] 日本航空広報部, "飛行機の安定性", 航空実用事典, <http://www.jal.com/ja/jiten/dict/p062.html#02-06>, (参照 2014-12-18).
- [12] 竹内浩一, "mbed 入門～mbed でジャイロとサーボを動かそう 課題 1～", おいでなんしょ!, http://www.oidenansho.com/elekijack/mbed/2bk0919_gyro_servo/gyro_servo.htm, (参照 2015-01-23).
- [13] 井土拓海, "6 軸センサを用いた姿勢角の推定", slideshare, <http://www.slideshare.net/rogy01/6-32797657>, (参照 2015-02-06).
- [14] ルネサスマイコンカーラーリ事務局, "ジャイロ+加速度センサー基板製作キット", 日立ドキュメントソリューションズ, https://www2.himdx.net/mcr/product/2gyro_3acc_module.html#specification, (参照 2014-11-06).
- [15] 有限会社浅草ギ研, "使い方とサンプルプログラム", 浅草ギ研, <http://www.robotsfx.com/main/samplepg.htm>, (参照 2014-10-21).
- [16] 斉藤力弥, "116 パルスの幅を計測する", TekuRob 工作室, 2004-03-07, <http://homepage1.nifty.com/rikiya/software/116inputcap1.htm>, (参照 2014-10-16).
- [17] くらんべりー, "加速度+ジャイロの GY-521 (MPU-6050) を使ってみた -2- カルマンフィルター", 特に縛りなく, 2014-06-19, <http://homepage1.nifty.com/rikiya/software/116inputcap1.htm>, (参照 2014-11-05).
- [18] Katsumi ISHIDA, "秋月 小型圧電振動ジャイロモジュール AE-GYRO-SMD/ENC-03R の使い方", isis re-direct 2 hard, 2013-06-29, <http://isisredirect2hard.blogspot.jp/2013/06/enc-03r.html>, (参照 2014-10-06).
- [19] Lauszus, "A practical approach to Kalmanfilter and how to implement it", TKJ Electronics, 2012-09-10, <http://blog.tkjelectronics.dk/2012/09/a-practical-approach-to-kalman-filter-and-how-to-implement-it/comment-page-4/#comments>, (accessed 2014-11-05).
- [20] tamtam45, "カルマンフィルタ解説", SPACE MASTER, <http://www1.accsnet.ne.jp/~aml00731/kalman.pdf>, (参照 2015-02-07).
- [21] 水島晃ほか, 地磁気方位センサとジャイロスコープの航法センサ複合化による自動直進アルゴリズム(第 1 報): ーカルマンフィルタによるセンサフュージョンー, 農業機械学会誌, 2001, 63(4), p.96-102.
- [22] 後閑哲也, "I2C モジュールの使い方", 電子工作の実験室, <http://www.picfun.com/i2cframe2.html>, (参照 2014-12-04).
- [23] freescale, "MPL3115A2", Freescale, http://www.freescale.com/ja/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=MPL3115A2, (accessed 2014-12-03).
- [24] bepper, "dsPIC 入門: X-CTU で XBee の初期設定", 古典回路屋 <http://www.maroon.dti.ne.jp/koten-kairo/works/dsPIC/xbec5.html>, (参照 2015-02-06).
- [25] 殿村修, "プロセスの動特性", Osamu TONOMURA Official WebSite, <http://www-pse.cheme.kyoto-u.ac.jp/members/tonomura/LevelControl.pdf>, (参照 2015-02-15).
- [26] 沖俊任, "PID 制御系の設計法", 自動制御, 2008-07-07, http://www.ube-k.ac.jp/~oki/class/AC/sec14_note.pdf, (参照 2015-02-15).
- [27] 加納学, "プロセス制御工学", Human Systems Laboratory, <http://manabukano.brilliant-future.net/lecture/processcontrol.html>, (参照 2014-11-22).
- [28] ヒロボー株式会社, "飛行原理", S.R.B, <http://model.hirobo.co.jp/products/0302-genri.htm>, (参照 2015-02-26).

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 4月23日

科名：電子情報技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		空撮用トリコプターの製作	
担当教員		担当学生	
電子情報技術科 大館 広之			
3個のモーターでプロペラを回転し、飛行するトリコプターの製作を通して、設計、製作及び組立・調整技術等の総合的な実践力を身に付けるとともに、機体制御部の設計を通して、実践的な電子回路設計技術、制御システム設計技術も身に付ける。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
最近、クアッドコプター（4つの駆動部で飛行する）などの無人飛行体は、世界的にも普及している。このような製品の原理を明らかにし、自作することは、電子回路、制御ソフトウェアなど様々な技術要素を学ぶ題材として適切である。本テーマでは、3つの駆動部を持つ飛行体については、あまり開発例が多くなく、研究の余地がある。この実習をとおして「ものづくり」の面白さや発展性を理解するとともに、期限までに成果物を完成させることでスケジュール管理の重要性を認識する。			
実習テーマの特徴・概要			
無人で飛行するだけでなく、上空からの映像を動画でリアルタイムに提供できるようにし、たとえば民家の屋根の点検などの実用性も持ったものを目指している。無線操縦を行え、障害物や人との接触を回避する。無線操縦の指令がない場合は、その場で静止して浮揚するような自律制御機能も与える。設計段階では、機体の重量と浮揚力とのバランスなどを十分に考慮する。また、最初はモーター単独で回転実験し、安全を確認した上で最終的に統合組立・調整・動作試験を行う。また、完成後は各種性能評価試験を行い、報告書を作成する。			
No	取組目標		
①	地上1.5mまで上昇し、上空からの動画をPCに表示する。		
②	自律運転し、微風があっても、機体の水平を保つ。		
③	機体を設計通りに駆動させ、各種性能の確認を行う。		
④	想定した動作が行われなかった場合には、問題を分析し、その問題の解決に取り組む。		
⑤	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行う。		
⑥	材料、工具、機器及び部品等については、チェックリストを用いて厳密に管理する。		
⑦	報告書の作成、製作品の展示及び発表会を行う。		
⑧	実習の進捗状況や、発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告する。		
⑨			
⑩			