令和四年度　修士学位論文

Pixhawkを用いたMATLAB/Simulinkによる

Roverの自動運転

長瀬研究室 修士論文（海洋）

千葉工業大学院

工学研究科　機械電子創成工学科専攻

21P2033 山田　竜輝

指導教員　秋田　剛　准教授

提出日　令和4年1月20日

目次

第1章 序論（最後まで残しておくもの）

　1.1 研究背景

　1.2 研究目的

第2章 PixhawkとGPS moduleについて　=> ここは進められる点

　2.1 Pixhawkについて（IMUセンサの紹介）

　2.2 GPS moduleについて

　2.3 MATLAB/SimulinkとPixhawkのセットアップ

　　2.3.1 MATLAB/SimulinkとPixhawkのSet up(アドオン編)

　　2.3.2 MATLAB/SimulinkとPixhawkのSet up(ハードウェア設定編)

　　2.3.3 PX4ソースコードのダウンロード手順

　　2.3.4 MATLAB/SimulinkとPixhawkのSet upの続き（ハードウェア設定）

　2.4 GPS moduleとPixhawkの接続・情報取得

第3章roverの組み立て

　3.1

第4章 MATLAB/Simulinkによるrover/droneの自動制御モデル作成（Pixhawk対応）

　4.1 自動制御モデル構成

　　4.1.1 推進システムモデル

　　4.1.2 制御システムモデル

　　4.1.3 計測システムモデル

　　4.1.4 通信システムモデル

第5章 カルマンフィルタによる平面移動距離推定

5.1 カルマンフィルタとは

5.2 平面移動距離推定の状態空間モデル

　5.2.1 緯度、経度をxy座標に変換するモデル

　5.2.2 平面移動距離推定の状態空間モデル構成とパラメータ設定

5.3 カルマンフィルタ処理手順

第6章 直線移動での平面移動距離推定実験（rover/drone）

　6.1 実験概要

　6.2 実験手順

　6.3 実験結果

　6.4 考察

7章 1周移動での平面移動距離推定実験（rover/drone）

　7.1 実験概要

　7.2 実験手順

　7.3 実検結果

　7.4 考察

8章 まとめ

9章 参考文献

10章 補足資料

　　10.1 今までの購入品

第1章

第2章 PixhawkとGPS moduleについて

2.1 Pixhawkについて（IMUセンサ）

　本研究では、フライトコントローラ（Pixhawk）搭載のIMUセンサを用いる。図2.1.1にフライトコントローラ（Pixhawk）を載せた。

フライトコントローラとは、ドローンの脳みそ役であり、センサの情報処理や機体の各機器などを制御してくれるものである。

今回数あるフライトコントローラの中で、Pixhawkを選んだ理由は、MATLAB/Simulinkソフトでサポートされているからである。

Pixhawkはアメリカの3D Robotics社が販売するフライトコントローラであり、海外でのドローン業界ではかなり使用されている。

Pixhawkに搭載されているIMUセンサに関して、表2.1.1に記載した。IMUセンサとは慣性計測ユニットセンサと呼ばれ、加速度センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサ、気圧センサを一つのパッケージにまとめた装置である。

Pixhawk搭載のIMUセンサの計測では、3軸の加速度、角速度、地磁気を計測することができる。本研究では、加速度センサと地磁気センサを使用し、機体の位置、方向を把握するのに使用する。

  
図2.1.1 Pixhawk 2.4.8

|  |  |
| --- | --- |
| No. | IMUセンサ |
| 1 | MPU6000 加速度センサ |
| 2 | ST Micro 16-bitジャイロスコープ |
| 3 | ST Micro 14-bit 地磁気センサ |
| 4 | MEMS 気圧センサ |

表2.1.1 Pixhawに搭載されているIMUセンサ

2.2 GPS moduleについて

　本研究で使用するGPSは、Ublox社のGPS moduleを使用する。（図2.2.1）GPS moduleの中には、コンパスセンサも内蔵されている。

　Ublox社のGPS moduleを使用する理由は、Pixhawkがサポートしているからである。サポート外のGPS moduleを使用する場合、GPSの位置情報を取得するのに工夫と多少の作業問題（可変コネクタ）が発生するため、今回Ublox社のGPS moduleを使用した。

　Ublox社のGPSのプロトコルに関して、NMEAとUblox社が提供しているUBXプロトコルのどちらかを使用している。



図2.2.1 GPS module

2.3 MATLAB/SimulinkとPixhawkのセットアップ

2.3.1 MATLAB/SimulinkとPixhawkのSet up(アドオン編)

第3章

第4章 カルマンフィルタによる平面移動距離推定

4.1 カルマンフィルタとは

　カルマンフィルタ（Kalman Filter,FK）とは、状態空間モデルと呼ばれる数理モデルにおいて、内部に見えない「状態」を効率的に推定するための計算手法である。状態空間モデルでは、例えば、センサなどから得られる情報を「観測値」として、そこから「状態」を推定し、これに基づいて制御を行う。具体的に述べると、状態変数の時間遷移モデルを表す状態方程式と状態変数と観測データを用いて遂次的に補正し、状態推定量を算出する。状態方程式や観測方程式を適切的に設定することで、観測データに対するノイズフィルタや非観測量の推定値算出を単純なアルゴリズムで容易に実現できる。

　上記のカルマンフィルタの内容をわかりやすく説明すると、カルマンフィルタは、状態方程式と観測方程式を使用し、未知の状態を予測することである。

　初めに状態方程式の「状態」の意味は,自分が推定もしくは予測したい要素である。例えば、人の移動距離や人の姿勢、人の心の中身などがある。

次に状態方程式とは、自分が推定したい要素を方程式として表現できるものを状態方程式という。

例えば人の移動距離を推定したい場合、移動距離を推定できる方程式は、等加速度運動方程式や等速度運動方程式などがあり、これが状態方程式にあたる。(4.1.1)

等加速度運動方程式 =

等速度運動方程式

加速度と速度の情報から、等加速度運動方程式、等速度運動方程式に代入し、人の移動距離を表現することができる。

　次に観測方程式に関して、センサの情報を利用した方程式である。センサの情報に関しては、自分が求めたい状態に合わせたセンサの情報を選択する必要がある。同様の例でいうと、人の移動距離を取得できるセンサは、GPSである。GPSの情報を使用し、観測方程式を設定する。

　よって、カルマンフィルタによる未知の状態を推定するには、初めに自分が推定、予測したい状態を考え、状態を表現することができる状態方程式と観測方程式を設定することで、未知の状態をカルマンフィルタによって推定、予測することが可能となる。

　本研究では、MATLAB/Simulinkのカルマンフィルタ機能を利用し、カルマンフィルタを用いたrover/droneの位置推定の補正検証を行う。

　Rover/droneの位置計測に関して、Ublox社のGPSを用いて、位置計測をすることができるが、GPSは、橋の下やビル間の道などでは、GPSの電波が入りづらく、位置情報精度が悪化する。よって適切なフィルタ設定が重要となる。本研究で用いるカルマンフィルタでは、次式のような補正式を使用して高度推定を遂次的に行う。

位置推定　＝　位置予測値 + カルマンゲイン × (センサ測定値 – 位置予測値 )

ここに、位置予測値はMATLAB/Simulinkのカルマンフィルタブロックの運動方程式から予測したものであり、カルマンフィルタでは、実際のセンサ値と位置予測値との差（予測残差）を使用し、予測値を推定する。以降の節で具体的なカルマンフィルタの適用方法について説明する。

4.2 位置推定の状態空間モデル

　本研究では、位置推定のための状態方程式として、以下の次式を用いる。

（4.2.1）に関して、nはタイムステップ、Δ*t*は時間刻み幅、*z, dz, ddz*,はそれぞれrover/droneの水平方向（x,y）の位置、速度、加速度である。状態変数(*z, dz*)は水平方向（x,y）のrover/droneの位置と速度であり、位置、速度ともに等加速度運動を想定している。また、rover/droneの水平方向（x,y）の速度*dz*は、平均0,分散σ*w*2である正規乱数をシステムノイズとして付加している。MATLAB/Simulinkでのカルマンフィルタ機能では、速度*dz*はMATLAB/Simulinkのソフトセンサで、計測することもでき,GPSの位置情報から速度を予測することが可能である。水平方向（x,y）の加速度*ddz*は、PixhawkのIMUセンサ（加速度センサ）を使用している。

　次に観測方程式を示す。

　　　　　　 (4.2.2)

(4.2.2)のyはUblox社のGPS moduleの測定値、vは平均0、分散σ*v*2の正規乱数を想定した観測ノイズである。次節より、カルマンフィルタを使用した位置推定の手順について説明する。

4.3 カルマンフィルタを使用したrover/droneの位置推定手順

第5章

第6章

第7章

第8章

第9章

10.1 今までの購入品について

　今までの購入品について下記表にまとめた。

表の項目名に関して、購入品の画像・名前、と購入した理由が記載されている。基本的にはAmazonで購入したものとなっている。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | 購入品の画像・名前 | 購入した理由 |
| 1 | 電池ボックス単3×4本 | サーボモーターの動きとバッテリーなしでサーボモーターを駆動させたかったから。 |
| 2 | バッテリースナップ | 電池ボックスとその他の機器を接続するのに必要だから。 |
| 3 | 超音波センサ(Pixhawk) | Roverの自動制御時での衝突回避システムを実現するために、必要であったから。超音波センサを使用し、障害物の検出を行う。 |
| 4 | テクニックユニバーサルジョイント3L(LEGO) | LEGOでRoverのデフギヤ部分を作成するために必要なパーツであるから。 |
| 5 | XT30コネクター  （オスメス） | リポバッテリーとESCを接続するのに必要だから。  ESCをバッテリーに接続するにあたり、ESC側でバッテリーコネクタが付属されていなかったため購入をした。 |
| 6 | MXケーブル  （Pixhawk1用） | Pixhawkと各機器（GPSや無線モジュール）を接続するにあたり必要だから。また配線のカスタマイズをしたいから。  詳細商品名  Pixhawk APM2.6事前圧着ケーブルMXピッチコネクタ |
| 7 | GPS module(Ublox社) | Roverの位置を計測するため。  Ublox社のGPSを使用した理由に関して、2点あり、1点目は、Pixhawk購入時に付属されていたから、2点目は、PixhawkでサポートされているGPSだからである。 |