

# めざせ宇宙開発 – 自律移動ロボット飛行プロジェクト

## Aim for Space Development – Autonomous Mobile Robot Flight Project

山口直人

Naoto Yamaguchi

### 1. 背景

学生の宇宙工学において重要な人工衛星についての学びを深める目的として始まったのがCanSatプロジェクトである。

CanSat[1]とは一般的な飲料水の缶サイズの模擬人工衛星を指し、実際の衛星と類似の開発プロセスで制作される。CanSatプロジェクトはこのCanSatを用いて、ミッションの創出、衛星の設計・製作・試験・打ち上げ・運用等の過程を通して、宇宙工学における学生の教育を行おうと開始された。

Cansatでは、カムベックコンペティションが行われており、大学生を主としたCansatの打ち上げ競技会であるARLISSにてBest Mission Award 2nd Placeを受賞した東京工業大学のチームのCanSat[2]は、アマチュアロケットからCanSatが放出後、パラシュートでの降下時にカメラで方向を観測し、パドルを動かすことによって進行方向を決定する機構というものであった。

このCansatの従来の課題としては、姿勢制御、滞空性、センサの誤作動、機体の耐久性、サイズ規定などが挙げられており、それらを解決した機体の開発を目指すのが本プロジェクトの目標である。

### 2. 課題の設定と到達目標

昨年度の成果から、本プロジェクトでは以下の6つを課題として設定した。

- 落下の検知
- アルゴリズムの作成
- 機体の作成
- 機体の強度
- マイクロコンピュータによる制御
- データの保存

以上の6つを解決する為、Cansat競技における機体構造の検討、作成を担当する機体班とコード班に分かれ

て課題の解決に当たった。

機体班では、主に機体の強度の向上やセンサによる落下の検知を行えずとも機体を減速させる機構の開発を行い、それらを搭載した機体の作成を行った。機体には、減速機構として方向転換を行えるパラfoilを採用し、センサによる落下の検知に依らないパラfoilの展開補助の機構としてスタビライザーの作成を行った。機体はパラfoilから制御する紐をスタビライザーを経由して機体本体へと接合し、パラfoilの後方部分を制御紐とサーボモータを使用して制御する形式とした。これらによって機体の破損なく目的地への移動を行えることを目指した。

コード班では、目標地点へ向かう機体の制御やその実装を担当している。各種センサからの値から目標地点への機体制御を行えるアルゴリズム、機体の飛行への悪影響のないモジュールの選定や基盤の設計を行う電装、各種モジュールの制御やアルゴリズムをマイコンに組み込むプログラムが相互に連携し開発を行った。

### 3. 課題解決のプロセスとその結果

課題解決のプロセスとその結果は機体班、コード班、大会の3つに分けて説明する。

機体班では、パラfoil、スタビライザー、機体本体の3点に分けて説明する。

パラfoilは、パラシュートに似たような飛行構造を持つ翼であり、横幅が広い楕円形のような形をしている。パラfoilは制御紐の長さを調整することで機体の制御を行うことが出来るが、その分パラfoilよりも制御が困難である。このパラfoilは、既存のパラfoilを参考におおよそ3/4サイズとなるように作成したものであり、布の素材にはリップストップポリエステル生地を使用している。縫い方に関しては、布部分の強度の向上と柔軟性の確保の為に端まつり縫いと並まつり縫いを行い、機体を制御する紐に関しては、超高分子量ポリエ

チレンを採用している。この紐は、実際のパラグライダーの制御紐としても使用されており、高い柔軟性と強度を誇っている。また、制御紐の長さの調整とパラfoil展開時の形を安定させる為に留具をレーザーカッターで作成した。

スタビライザーは、パラfoilの展開を補助するための機構であり、パラfoilの紐が絡むことを防ぎ、落下時にパラfoilが開きやすくする役割がある。この機構は昨年度のプロジェクにおいてセンサが反応しなかったことや紐が絡んだことを改善する為に作成された機構であり、岐阜県立恵那高等学校の平成22年度のCanSat開発を参考に設計を行った[3]。スタビライザーはMDF板を使用し、レーザーカッターで加工を行うことで作成を行った。試作品の段階では、スタビライザー本体の重量によって落下時にスタビライザーが展開しないことや幅が規定サイズよりも超過することなどから、大幅な軽量及び縮小化が求められ、作成した。

機体の本体は、機体の飛行制御を行うための電装の機器類やパラfoilの制御紐を引くサーボモーター、バッテリー等を搭載する。これらを保護し固定する役割を担うため、可能な限り頑丈で軽量の設計が求められた。機体の素材は、スタビライザーと同様にMDF板を使用した。機体は試作1～6号に渡って開発されており、試作1号では機体の概形を決定し、2号では機体を固めるための固定部分の追加、3号では固定方法の変更や強度強化のため角部分を直角から円形へと変更、4号では機体の厚みの変更や横板の追加、5号では電装の取り付け部分や緩衝材となるスポンジ及び機体を覆うカバーを追加し、この機体で大会に参加、6号では大会結果からそれぞれの部分の微調整を行った。

以上の3点のそれぞれの完成品は以下のようなものになっている。



図3.1 パラfoil

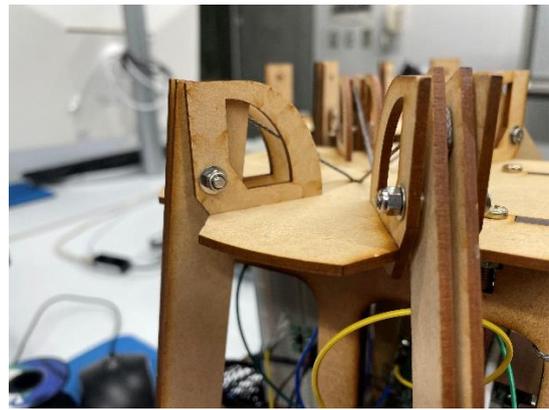


図3.2 スタビライザー



図3.3 本体

コード班では、アルゴリズム、電装、プログラムの3点に分けて説明する。

#### ・アルゴリズム

昨年度出場したスペースプロブコンテストにおいて空中制御を行っていたため、そのノウハウを生かせることから我々も空中制御を行って目標への到達を目指した。そのため我々はGPSと9軸センサーを用いたアルゴリズムを考案した。また、昨年度考案されていたセンサー9軸センサーを用いた接近方法は内容が複雑になりコーディング段階でのミスが予想されたため今年度は9軸センサーを落下検知にのみ使い、空中制御はGPSのみで行うこととした。

次に実際のアルゴリズムの内容について説明する。まず、機体がドローンから落下し始めると9軸センサーの内部の加速度センサーが機体の落下を検知し、GPSが現在位置のデータ取得を開始する。この現在位置というのは経度と緯度の値で帰ってくる。そこからGPSのデータと目標地点との修正角を計算する。そして、GPSのデータより機体と目標地点との距離および機体の進行方向と修正角から、機体の旋回方向を割り出す。この流れを繰り返して、目標地点へ接近し最終的に着地する。

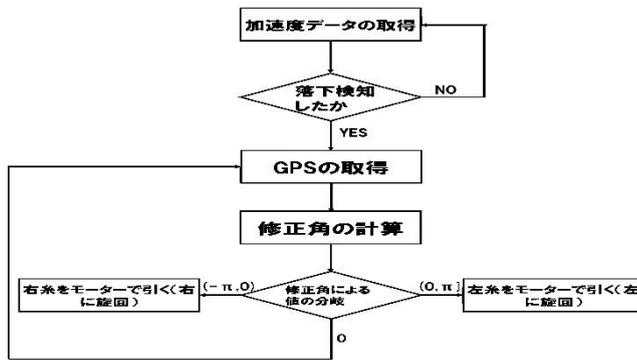


図3.4 アルゴリズム

上記のアルゴリズムを用いて大会に出場した結果、プログラムを自動実行した際に外部からでは実行されているのかどうかという点がわからず、結果としてコードが正しく実行されているのわからなかった。そのため大会が終了した後はそれを改善するため上記のアルゴリズムに新たな処理を追加した。上記の大会で使用したアルゴリズムにおいてはまず加速度センサが機体の落下を検知するとあるが、その前にGPSデータを取得できたのであれば、モーターを動かすようにした。この処理を加えたことによって自動実行が成功しているのであればモーターの動きからそれがわかり、自動実行についての問題は解決された。

#### ・電装

始めに、機体の制御に使用する主なセンサなどを決めた。メインの制御用マイコンとして Raspberry pi 3 Model B を採用し、電源としては 5v のモバイルバッテリーを用意した。Raspberry pi 3 Model B が各センサ、モーターなどの制御を行う。機体の飛行誘導を行うためにサーボモーターでパラフォイルの制御紐を引っ張り、進行方向を制御することにした。電源電圧がメインシステムとは異なるため、別途サーボ用の 9v 電池を搭載し、3端子レギュレータを用いて電圧を調整することにした。次に、進行方向の決定のため、GPS を用いて機体位置の特定をすることにした。このGPS によって機体位置の特定をし、目標地点との差分を求め制御の指針を決定する。また、位置特定の補助や機体の状態の確認のため、機体の加速度や姿勢の検知が可能な 9 軸センサを使用することにした。9 軸センサとは、加速度、ジャイロ、磁気を測定することができるセンサである。今回は加速度センサとして、機体の加速度を検知して制御データとして使用した。加速度センサで取得した値は落下速度の計算と風による機体への影響を計算することに使用する。そして、これらのモジュールを搭載した機体の開発を円滑に進めるため、機体の行動履歴を調べることができるよう SD カードを組み込み、各種データを記録できるようにした。今回の機体では、GPSと9軸センサは直接 RaspberryPiに接続し、サーボモーターは9v電池、3端子レギュレータやコンデンサなどの電子部品とともに別の基盤に接続することとした。機体の落下中に電子部品が外れ回路が切断されることを防止する

ため電子部品は基盤にはんだ付けした。また、GPSや9軸センサを完成させるため本体とピンをはんだモーターし、それぞれのセンサを RaspberryPiに直接GPIOピンに繋ぎ制御することとした。大会後は、回路の問題点の発見とその解決を重点的に行った。回路の電圧が高すぎるのが原因でサーボモーターの動作に問題が生じていることがわかったため、電圧の調整のため9v電池や制御部品を取り外し、代用として以前よりも電圧の高いモバイルバッテリーをRaspberryPiとサーボモーターの共用の電源として使用することでサーボモーターの動作を改善した。

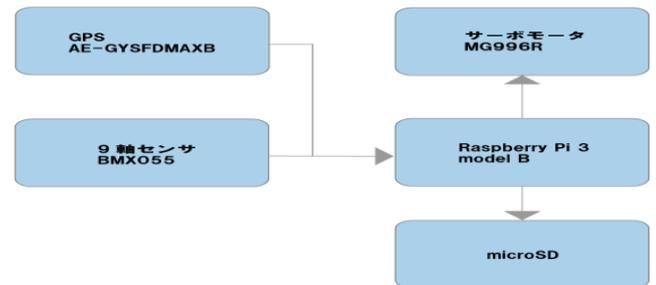


図3.5 電装

#### ・プログラム

プログラムを作成するに当たって、採用するコンピュータの選定をした。候補にはArduinoとRaspberry Piが挙げられた。それぞれの利点を比較し、並行処理の性能と拡張性の高さという点からRaspberry Piを採用した。開発に使用する言語は、Raspberry Piに標準でインストールされていて運用が容易という点からPythonを採用した。

プログラムのコーディングを開始する際、昨年度のソースコードを参考にして作成する方針と白紙の状態から開始する方針の2つが挙げられた。メンバーのPythonの学習状況や昨年度からの引き継ぎを考慮した結果、昨年度のソースコードの解読と同時にPythonの学習を進めるという方針に決定した。

また、GPSを操作するmicropyGPSライブラリの導入や各センサからのデータ取得を行う関数の作成を行った。

#### 大会結果

大会には、植松電機主催のスペースプローブコンテストに参加した [4]。この大会では、上空100m落下地点から東西南北に10mの4つの地点への着地を目的に、着地の正確性、オリジナリティ、プレゼンテーション、製作技術、事前準備、大会当日の運用で評価される。本機体は大会では全8チーム中4番目に近い地点に落下し、損傷もほぼないことが確認できたが、パラフォイルが十全に展開されていなかったこと、データが上手く取得できていなかったことが分かった。よって、大会後に機体の改良及びアルゴリズムとプログラムの改良を行い、これらの問題の解決を行った。その改良したものによって実験を行った所、機体に関しては十分な飛行が行えるようになり、アルゴリズムに関してはデータの取得とモジュールの制御で課題を残すことになった。

衛星への挑戦ー,

#### 4. 今後の課題

本グループにおける今後の課題と展望について述べる。

機体班の課題について述べる。課題として以下の項目が挙げられる。

1. 減速機構の安定した展開
2. スタビライザーの長さによる影響の研究
3. 本体の改良と素材の選定

今後の展望としては、課題の解決と風や投下状況に左右されない機体の検討、製作である。

次に、コード班の課題について述べる。課題として以下の項目が挙げられる。

1. 飛行制御の精度
2. 安定した自動実行
3. 通信モジュール
4. 落下検知の精度

最後に大会の課題を述べる。

ーパラフォイルの展開機構に紐が引っかかりを防ぐための改良

- ーパラフォイルの展開をより安定させるための改良
- ーデータ取得・保存を確実にを行うためのコードの改良
- ー大会で確認できなかったサーボモータの動作の改良

等が挙げられる。そして、パラフォイルを確実に展開させる事が出来るという点が一回きりである本番では最も難しく必要不可欠であるということが分かった。今後はこれらの課題をクリアし、来年の同大会に出場するかチームメンバーと検討中である。

#### 参考文献

[1]CanSat 計画 ー日米大学による手作り小型

[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/kjsass/48/562/48\\_589/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/kjsass/48/562/48_589/_pdf/-char/ja)]([https://www.jstage.jst.go.jp/article/kjsass/48/562/48\\_589/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/kjsass/48/562/48_589/_pdf/-char/ja)), (参照 2022-07-14)

[2]東京工業大学-東工大ニュース-

[<https://www.titech.ac.jp/news/2019/043242>](<https://www.titech.ac.jp/news/2019/043242>)(参照 2022-07-14)

[3] 岐阜県立恵那高等学校.“CanSat(模擬人工衛星)開発におけるパラシュート研究と本体開発” [<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H22ssh/sc3/31003.pdf>](<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H22ssh/sc3/31003.pdf>), (参照 2022-07-14)

[4] 植松電機株式会社.“スペースプロブコンテスト 2022” [<https://spc.uematsudenki.com/wp/>](<https://spc.uematsudenki.com/wp/>), (参照 2022-07-14)