

ARLISS2012 報告書

東京大学 中須賀研究室 NASU チーム

1、機体名・メンバー



メンバー紹介

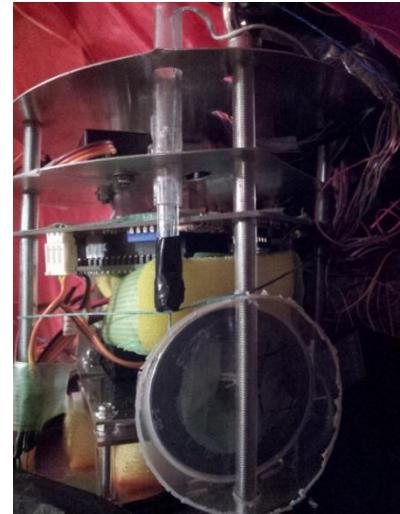
①② ③④⑤

⑥⑦⑧

[機体名]THETA

[指導教官]中須賀真一

[メンバー]篠原武史(①)、山岸雄輝(②)、中島晋太郎(③)、河原大樹(④)、酒井研斗(⑤)
杉山敦(⑥)、益子哲行(⑦)、丹羽翔麻(⑧)



機体概観（パラフォイルを折りたたみ、途中まで自由落下する事が可能）

2 ミッションステートメント、サクセスクライテリア

当チームは ARLISS 経験者がいなかった。手探りでミッションを決めることとなった。

ミッション選定にあたって考慮したことは 2 点である。

- ①カムバックに特化する。カムバックに関係のないことは出来るだけミッションに入れない。
- ②まだ誰もやった事のないミッションを追加したい。

この 2 点をもとに、誰も達成していないフライバックでゴールから 20m 以内に到達することを目標とした。フライバックの中では成功率の高いパラフォイルを用いた機体を開発する事とし、パラフォイルを自作することで最適化を図りミッションを達成しやすいようにした。またパラフォイルを途中まで開かないようにし自由落下フェーズを設けることで、上空での強風を避けられるようにしパラフォイルの展開成功率を上げようとした。

以下にミッションステートメント、サクセスクライテリアを記載する。

ミッションステートメント

- ①パラフォイルによるフライバックで出来るだけ目標地点に近づく
- ②当チームの CANSAT はパラフォイルを畳んだ状態で固定し自由落下で強風域を速やかに切り抜け、制御可能空域に入ってからパラフォイルを展開させる。

サクセスクライテリア

- **Minimum Success**

パラフォイルを閉じた状態で自由落下をさせ、ある高度 2000m 付近 (2500~0m) で無事展開させる。

衛星から電波をうけとり、展開した事を確認する。

飛行記録をメモリに残し、後で軌道を制御できたかを確認できるようにする。

- **Full Success**

パラフォイルについていたブレイクコードを使って、軌道を自動制御できるようにする。標高の低い位置で紐を制御し、標高 1000m から 0m の間で目標との距離が 300m 縮んだら成功とする。

目標地点 1km 以内に着陸させる。

自作のパラフォイルを畳んだ状態から放出する実験を行い、10 回連続で展開に成功したことを確認し、自作のフォイルで本番に挑む。

- **Advanced Success**

フライバックの新記録樹立。(目標点から 30m 台)

3.機体説明

THETA は

自由落下モード (パラフォイルを折りたたんだ状態)

↓

展開モード

↓

制御飛行モード

と 3 つのモードを順番に移行しながらミッションを達成する。

3.1 パラフォイル

パラフォイルは以下の事を考慮した。

①出来るだけ速く飛ぶものを作りたい。砂漠の上空では強風が吹き、過去にはその強風のため制御不能に陥ったケースが多い。制御不能に陥るかどうかは、風の強さに対する CANSAT の飛行速度にかかっていると推測する。だとすれば CANSAT が速く飛行するほど、より強い風に対して制御性を保っていられるはずである。

→翼面積はできるだけ小さくしたい。そのほうが飛行速度は大きいはずである。また CANSAT 本体の重心位置とパラフォイルの位置の前後関係が速度にも関わる。その特性も

試行錯誤で調べる。

②アスペクト比は機体の前後方向、左右方向の安定性に関わる。アスペクト比はパラフォイルの場合、パラフォイルそのものの長さ、パラフォイル全体の曲がり方の 2 つによって主に決定される。パラフォイルと CANSAT 本体を結ぶ紐の、それぞれの長さで AR は変わってしまう。

→実験で様子見しながら決定したい。

③素材はリップストップポリエスチル使用。紐には海釣り用釣り糸「deep one」を使用。

翼面積に対する飛行特性を知るために新しいパラフォイルを作る必要がある。

一方で、パラフォイルの曲がり方や重心位置は紐の長さで調節が可能である。

さらに、AR を大きく変える場合にもパラフォイルを新調しなければならない。

紐の調節で済む部分はそれで済ませ、必要に迫られればパラフォイルを作り直し数百回飛行試験を繰り返した。(学校の高い建物や荒川の橋を実験場所に使用。)

翼面積 $0.5[m^2]$

スパン長 [cm]

アスペクト比 2.4

セル数 14[個]

横幅 110[cm]

紐数 30[本]



3.2 フレーム

パラフォイルライパック機体のフレーム設計での要所は以下の点である。

①パラフォイルの紐の左右 1 本ずつ (合計 2 本) を引っ張って制御飛行した。このひもを引く構造にはアーム式とプーリー式の 2 通りが主流である。

→NASU ではプーリー式を採用した。要求性能に合ったプーリーを探すのは難しい。市販品を加工して用意した。

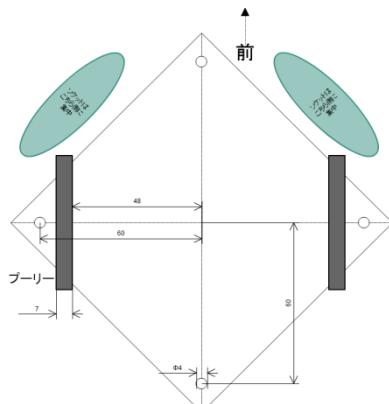
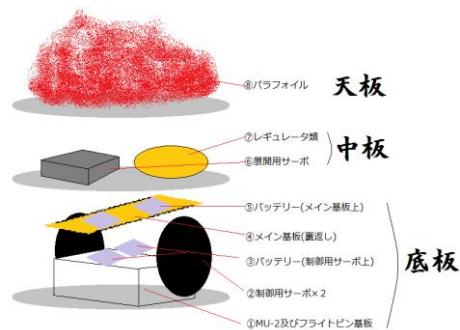
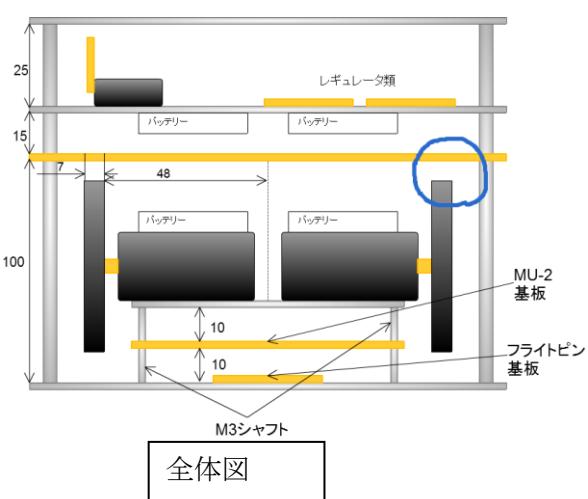


②プーリーの横から紐がずれて、紐にあそびが生じる可能性がある。こうなった場合、制御不能に陥る。

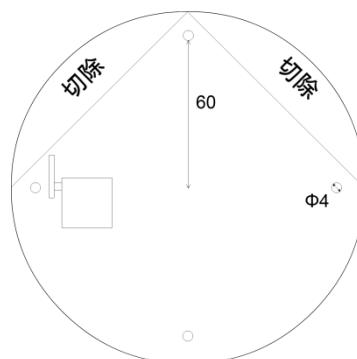
→右の図のようにプーリーにカバーを付け、プーリーにつながる制御用の紐にガイドをついた。

③パラフォイルを最初に展開したとき、CANSAT 本体の速度を急減速しなければならない分プーリーには相当な荷重がかかる。この荷重をもろにモーターが受けと壊れる可能性がある。

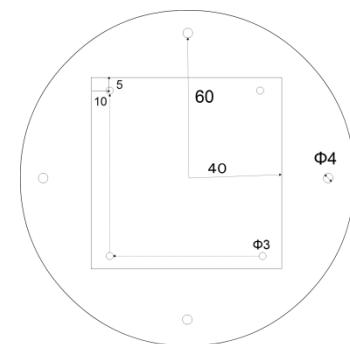
→モーターの初期角（自由落下モード時のサーボモーターの角度）をゼロにせず、引っ張られても大丈夫なようにあそび角をつけた。



サーボ台の寸法



底板の寸法



中板の寸法

3.3 回路・プログラム

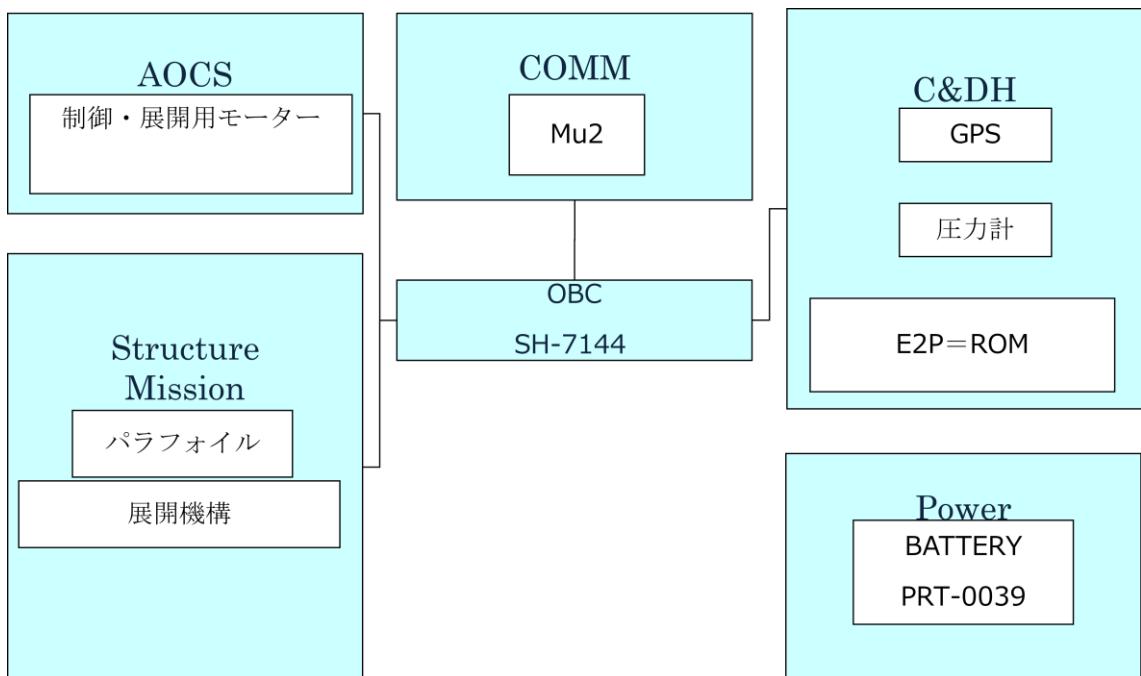
回路、プログラムの要点は以下のとおりである。

①トラブルをさけるためアルゴリズムを出来るだけ単純化した。制御は「右旋回・直進・左旋回」の3種類だけとした。GPSからの位置データをもとに、自分の速度ベクトルを計算する。速度ベクトルと目標値までのベクトルの成す角が一定値以下だったら直進し、一定値以上であれば左・右旋回をする。

②地上局と CANSAT に載せるもの両方で、通信機は MU-2 を用いた。念のため、パラフォイルを強制的に展開させるコマンドを地上局から送れるようにしたが使わなかった。衛星には位置、モード（自由落下中か、制御飛行中か）、目標地点と速度ベクトルの成す角などのデータを地上局に送らせ、同じデータを CANSAT に実装した EE-PROM に書き込ませた。

③パラフォイルを畳むのにはゴムバンドを用いて、一端をサーボモータで抑えた。展開のタイミングが来たら、モータを回しゴムバンドの抑えを外すことでパラフォイルを展開させた。

④パラフォイル展開のタイミングはロケットから射出された後20秒後とした。タイマーを用いてタイミングを制御した。THETA はこの展開のタイミングを制御するのに気圧計を搭載していたが、上空の気圧が上手く見積もれなかつたので使用を控えタイマーにより制御した。



4.結果

4.1 一回目

打ち上げ後しばらく通信に成功したが、すぐに地上局への連絡が途絶えた。

その後 CANSAT を回収し (AEROPAC の方に協力していただいた)、CANSAT に実装した EE-PROM 内のデータを地上局用のソフトで解析したところ以下のような図を得た。

目標点は進行方向の真逆であり、結果は 6308m であった。

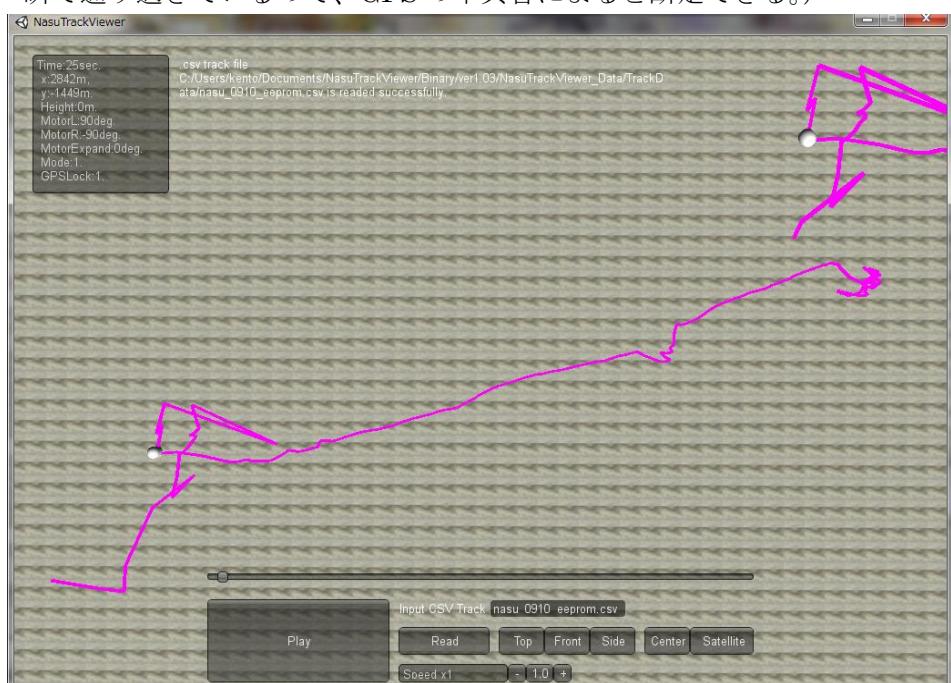
数の左の短点が放出地点、右端が着地点である。

以下のようなことが考察される。

①自由落下→制御飛行 というフェーズ移行は上手く行ったと推測される。数の白丸の位置が放出から 20 秒の地点になる。図からは、20 秒より前の時刻では機体がランダムに動き、20 秒より後では比較的まっすぐに飛行しているのが分かる。

自由落下しているとすればその間はランダムに運動しているはずであり、展開して制御飛行しているとすればその間は直線的な運動をしているはずである。このことは 20 秒の時点でパラフォイルを展開したことと整合性が見られる。

②目標点と逆向きに飛んだ理由は、強い風に流されたからだと推測する。下図で分かるように、自由落下中も機体は図の右側に進んでいる。(左側に変位している個所は時間変化を追うと一瞬で通り過ぎているので、GPS の不具合によると断定できる。)



4.2 2回目

2回目も放出後しばらくたって通信が途絶えた。

EE-PROM のデータによれば、パラフォイルを展開できずスパイラルを起こしたものと推定される。

パラフォイルの展開に失敗しスパイラルになって落ちてしまうのは、パラフォイルによるフライバックの往年の課題である。

5.まとめ

Flight number	経度	緯度	ゴールまでの距離 (m)
1	W119°5'35.52"	N40°51'29.16"	6308
2	W119°8'30.66"	N40°49'52.02"	3682

6.今後の課題

課題点として、

- ①運用作戦の検討
- ②1回目の失敗のようなことが起こらないよう向かい風に強い機体を作る
- ③2回目の失敗のようなことが今後起こらないよう展開率を上げる

の3点を挙げる。

①について

フライバック用機体の場合上空での風の強度が成否をにぎる。

どんなに良い機体を作ったところで、風速20mの風が上空で吹いていたらなすすべもない。競技を行った時間帯の上空でのコンディションが分かるような手段があれば、良い成績を残せる可能性は上がる。

地表で風が穏やかでも、上空では風が穏やかであるとは限らない。このことが事情を複雑にする。

雲の移動の早さ等で上空の風の速さを見積もれるようになれば、フライバックチームは優位に競技を勧められるだろう。具体的な方法は思いつかなかつた。

②について

より向かい風に強くなるには、例えば推進系を本体に取り付けるなどの案がある。しかし、その出力が有意なものとなってくれるかは実験してみないと分からない。

③について

空力安定を用いてパラフォイルが上を向いてくれるような形状をした本体を設計すれば、少なからず展開成功率は上がるだろう。このこともプロジェクトを通して長らく検討されたが、具体案は出なかった。

7.感想

非常に悔しいが、今やれること・今の時点での自分達に出来ることは大概やったというのが本音である。フライバックだと実験がしにくい、結局風が弱くないとダメなので運任せ、など不利な点も多いが、誰もゴールまで到達していない分ロマンを持って開発できた。

いつか「あっ」と驚くようなアイディアでフライバックでゴールに到達するチームが出てくることを願う。

この悔しさをばねに、次のステップにつなげていけたらと思う。

8.謝辞

今回このような素晴らしい企画に参加する機会を与えてくださった ARLISS 学生運用代表の杉本さん、エアロパックの皆さん、参加大学の皆さん、指導してくださった中須賀先生に、NASU チーム一同は心からの感謝いたします。

本当にありがとうございました。