



# 2020 COSMO CRAFT REPORT

スペースプローブコンテスト2020  
CosmoCraft 降下実験プレゼン

---



# CONTENT

1

## チーム・機体紹介

チームCosmo Craft、八咫鳥Ⅲのスペック、注目ポイントについてお話をさせていただきます。

2

## 事前試験 紹介

事前に実施した試験の中からこのチームの特徴が出ている試験をピックアップしてご紹介します。

3

## 降下実験 結果報告

降下実験中の機体の挙動をSDカードに保存しました。テレメトリ評価の結果をご報告します。

4

## まとめ

各評価結果のまとめ、今年の機体の総評。



01

# チーム・機体紹介

チームCosmo Craft、八咫鳥Ⅲのスペック、注目ポイントについてお話をさせていただきます。

---



# Cosmo Craft・機体紹介

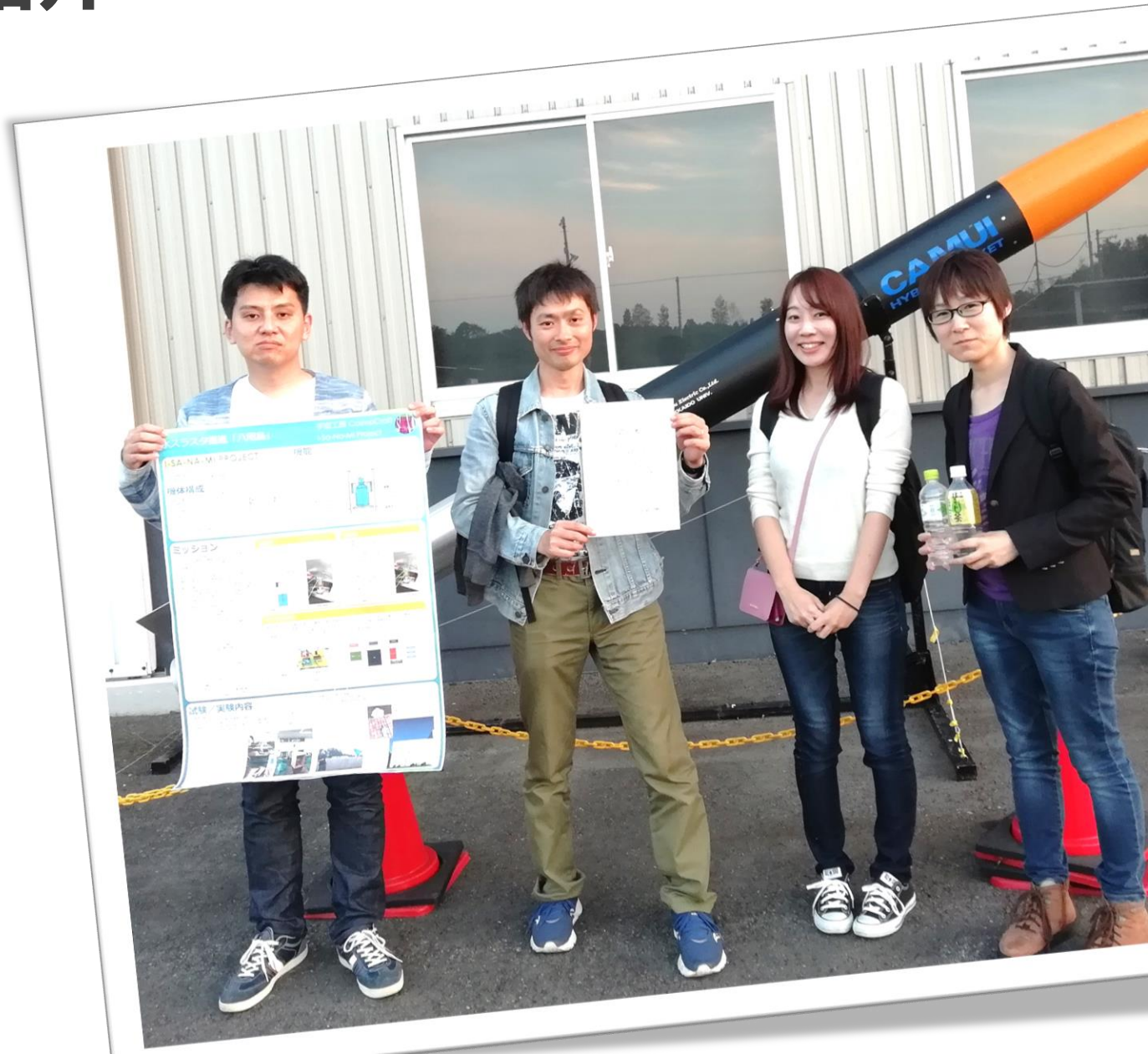
2018年結成のチームCosmo Craftについて

## 今年の機体は水を噴射して 空中移動します!

「本物の人工衛星に近い機体」を基本方針としてタンク内の水を噴射して空中移動する機体を制作しています。

2018年から毎年参加させて頂いていて今年が3回目です。

1回目はパラシュート展開失敗、2回目は無線通信トラブルにより機体のコントロール失敗と、「ゴールまで移動する」が一度も成功していない悔しい結果となっているため、今年こそミッションを完遂すべく事前検証に特に力を入れました。



# 八咫鳥Ⅲ 基本仕様

機体名・機体サイズ・機体質量・動作可能時間について



## 機体名 八咫鳥Ⅲ

八咫鳥は日本神話に登場する3本足のカラスで道案内の神様です。この機体に装備した3本のバルブで無事にゴールへ着地できるよう願って名付けました。



## 機体サイズ Φ 145mm H 340mm

タンク・バルブ・基板・リアクションホイールを縦に配置しているため高さのある機体となっておりますが、3Dプリンタでブラケットを制作したことで配置を最適化で機、規定内の高さにおさまっています。



## 機体質量 本体 785g 水 200g

タンクの中に推進剤として水を充填していること、自律軌道制御を実現するためにArduinoを採用したことにより質量が大幅増加しましたが、構体を柱構造に工夫して軽量化した結果規定値内におさまっています。



## 動作可能時間 待機1.5h ミッション30sec

単四電池4本で動作します。ロンチセットアップ完了時点から1.5時間以上、ミッション時は高負荷なモーターや電磁バルブを30秒以上駆動させることができます。





# 八咫鳥Ⅲ 構体仕様(正面)

降下実験手順書にて**スタッフの方がアクセスする箇所**を中心にご紹介します。

## 八咫鳥の脚

八咫鳥の姿に似せて3本の脚を取り付けました。タンクやバルブモジュールを支える柱として、また、機体を扱う際のハンドルとして使用します。脚を持って機体を操作することで、重要部分に触れることなく誰でも安全に作業を実施できるようにしました。



## 空気注入弁・バルブ

天板の上に取り付けたスカプラー(空気注入弁)にチューブを接続し、自転車空気入れを接続し加圧します。タンクに注入した水と空気はバルブのノズルから噴射され、その勢いで空中移動することができます。



## 電源・モード遷移スイッチ

ただのボタンですが、私たちのミッションは「水を噴射すること」なので、誤動作防止に特に気を付けた設計にしました。何かにつけるなど意図しないボタン操作により噴射してしまわない、かつ、指で押しづらいことのない位置を考え、3Dプリンターで周辺部品を作成したことで、丁度よい位置にボタンを配置する事が出来ました。

# 八咫鳥Ⅲ 構体仕様(背面)

降下実験手順書にて**スタッフの方がアクセスする箇所**を中心にご紹介します。

## リアクションホイール

今年から追加した部品です。バルブ噴射効率を向上させるため、ホイールを機体の回転に合わせて回転させ姿勢を安定させます。回転方向を目視できるようにするため、機体の外側に配置しました。**繊細な部品のためセットアップの際はお気を付けください。**



## ペットボトルキャップ<sup>o</sup>

昨年まではペットボトルの取り付けにコツがいるキャップを使用していましたが、今年から丈夫で扱いやすい「耐圧ペットボトルキャップ」を導入しました。一般的なペットボトルキャップと同様、普通に締めれば水漏れ・空気漏れの心配なく使用できます。



## フライトピン・照度センサカバー

分離検知に使用する部品です。フェアリング搭載作業時に1か所に固定できるように、機体の裏面にまとめて配置しました。手前に出ている青と黄色のストラップにひっかけてテープで固定する形でフェアリングに固定して使用します。



# 八咫鳥Ⅲ 搭載プログラム仕様

セットアップから着地までを4つの動作モード「スタンバイ」「ランチャー」「コントロール」「着地」に分割し制御します。

- ♪ブザーを使用するメリット
- ・フェアリング格納後でも状況がわかる
  - ・LEDのように明るい屋外で見えにくいということがない
  - ・メロディーにより複数のモードを表現できる



## モード2：ランチャー

機体打ち上げ後からフェアリングからの分離を検知するまでのモードです。  
フライトピン・照度センサ・加速度センサの測定結果を参考に現在の状況を推測し、フェアリングの外に出たと判断するまでこのモードに留まります。

♪「天空の城ラピュタ～ハトと少年～」1回



## モード3：コントロール

空中での機体の姿勢を安定に制御しながら、ターゲットに接近するモードです。

自分の姿勢と位置を考慮しつつ、3方向に設置されたバルブから水を噴射しターゲットへ接近するとともに、リアクションホイールでの姿勢制御も実施し、ミッションを達成させます。

♪「ピロピロピロピロ」1回



## モード4：着地

ブザーを鳴らし続けることで自分の位置をお知らせし、機体回収をしやすくするモードです。

バルブの噴射とリアクションホイールの駆動を停止させ、構体や基板の破損を防ぐことで、より確実にデータを回収します。

♪「天空の城ラピュタ～ハトと少年～」くりかえし

## モード1：スタンバイ

電源ON直後のモードです。機体を組み立ててフェアリングへの搭載が完了するまで待機するモードです。  
この時バルブの噴射とリアクションホイールの駆動機能はロックされており、作業中に誤作動することはありません。

♪「ピーピー」1回







02

# 事前試験 紹介

事前に実施した試験の中からこのチームの特徴が出ている試験をピックアップしてご紹介します。

---

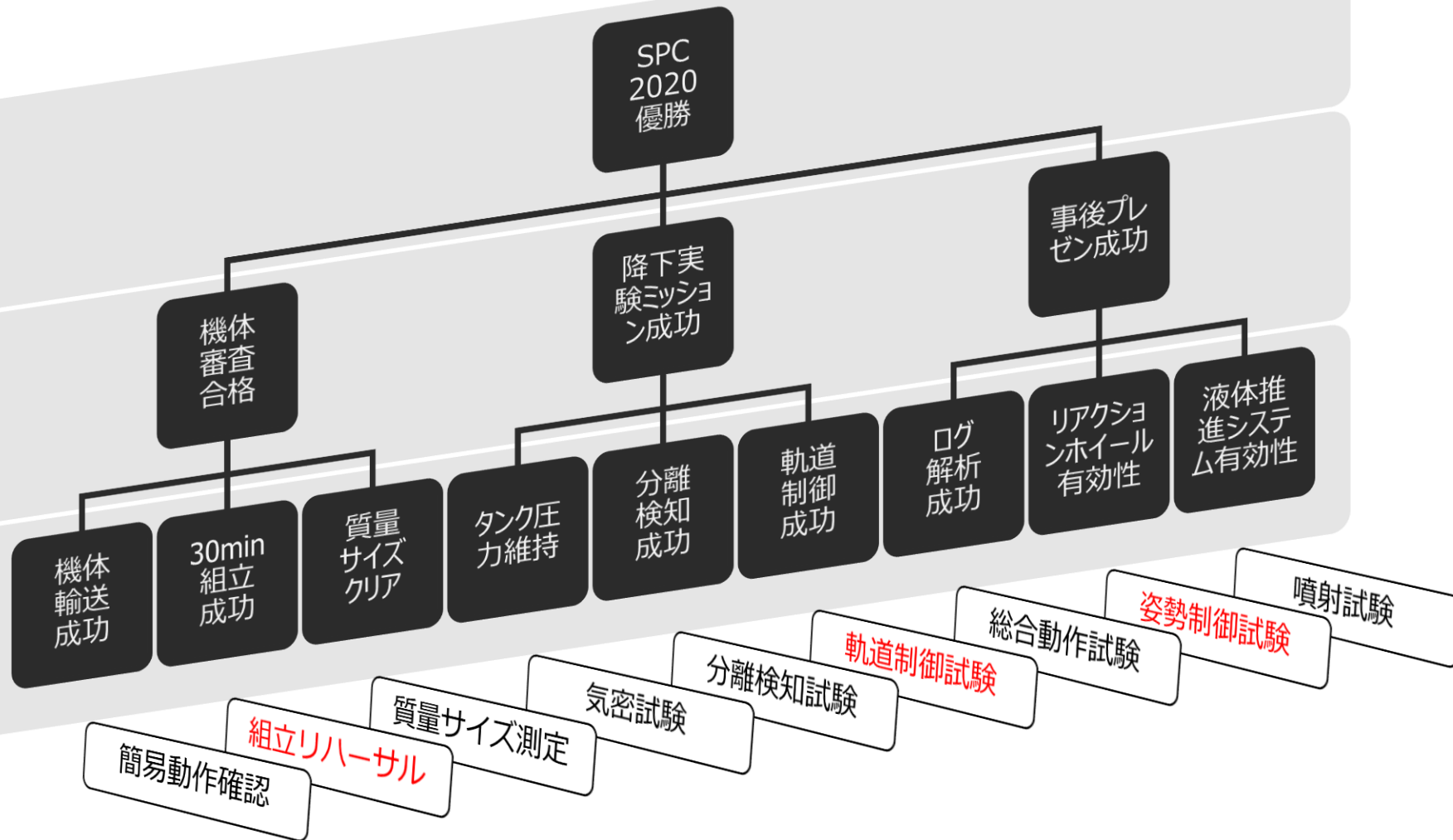
# 試験項目

SPC2020の目標を整理し試験項目を決定しました。

目標は？

達成すべきは？

具体的にはどうやって？





# 組立リハーサル

組立リハーサルの概要をご説明します。



## 目的

降下実験手順書の指示内容に漏れがなく、機体の組み立て～初期設定完了まで30min以内に実施できるか確認することを目的としました。



## 試験方法

手順書の指示通りに作業員が1人で組み立てを実施し、完了するまでの所要時間を評価します。



## 結果

25minで作業を完了し、持ち時間30min内に収まっていることを確認できました。  
また、指示内容にも漏れはなく、全ての部品を取り付けられていることも確認できました。



## ← 1. 準備

降下実験手順書を確認しているところ

## 2. 加圧→

水を入れたタンクを自転車空気入れを使用して加圧しているところ



## ← 3. 組み立て完了

機体とパラシュートを自作のフェアリングに入れて閉じる

# 軌道制御試験

軌道制御試験の概要をご説明します。

## 目的

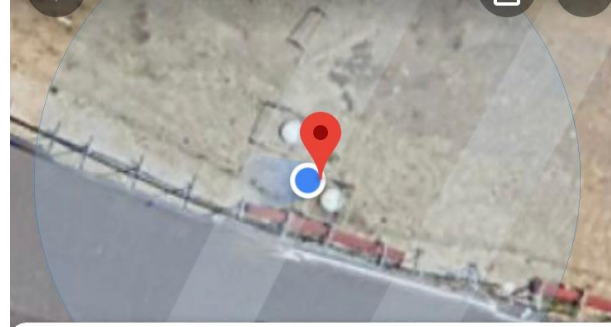
落下中に位置・姿勢が絶えず変化することを想定し、バルブの選択が正しく行われていることを確認することを目的とします。

## 試験方法

フィールド中心にゴールを設定し、機体を持って姿勢を変えながら移動します。その後ログ評価にて移動中に選択されていたバルブがどれか確認します。

## 結果

試験中、ゴールに向けて進むために必要なバルブを正しく選択できていることを確認しました。バルブの取り付け向き、プログラム内でのバルブ選択ともに問題ないことも確認できました。

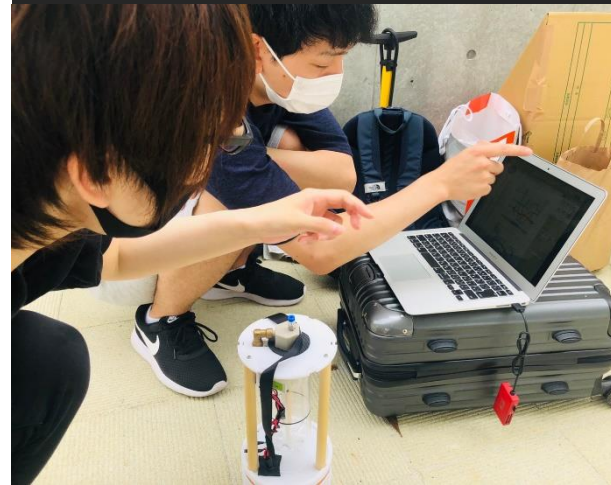


## 指定した地点

〒211-0052 神奈川県川崎市中原区等々力4丁目1付近  
徒歩 1分

## 2. データ取得 →

機体の姿勢を固定しながら移動  
するところ



## ← 1. 準備

ゴール緯度経度を設定し、プログラムに書き込む

## ← 3. 評価中

その場でmicroSDカードを取り出し評価しているところ



# 姿勢制御試験

姿勢制御試験の概要をご説明します。



## 目的

今年追加したリアクションホイールに回転を抑制する効果があるかどうか確認することを目的とします。



## 試験方法

機体をハンガーラックなどに吊り、吊り紐ごと機体を360°回転させ、手を放します。  
その後、機体が安定するまでデータを取得しログを評価します。



## 結果

リアクションホイールが機体と同じ方向に回転することで安定した姿勢を維持できました。  
今年追加したリアクションホイールが回転を抑制する効果があることがわかりました。

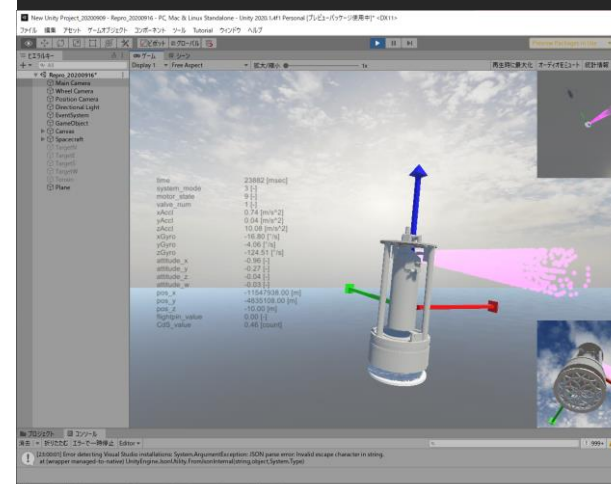
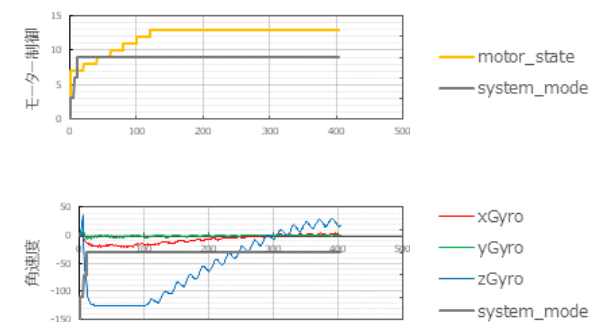


## ← 1. データ取得

機体を浴室に吊って回転させているところ

## 2. ログ評価 →

起動直後からリアクションホイールが最大回転し、機体Z軸周りの回転を抑えていることがわかる



## ← 3. ログ再生

ログから復元した挙動が、データ取得時に撮影した動画とあっているか確認

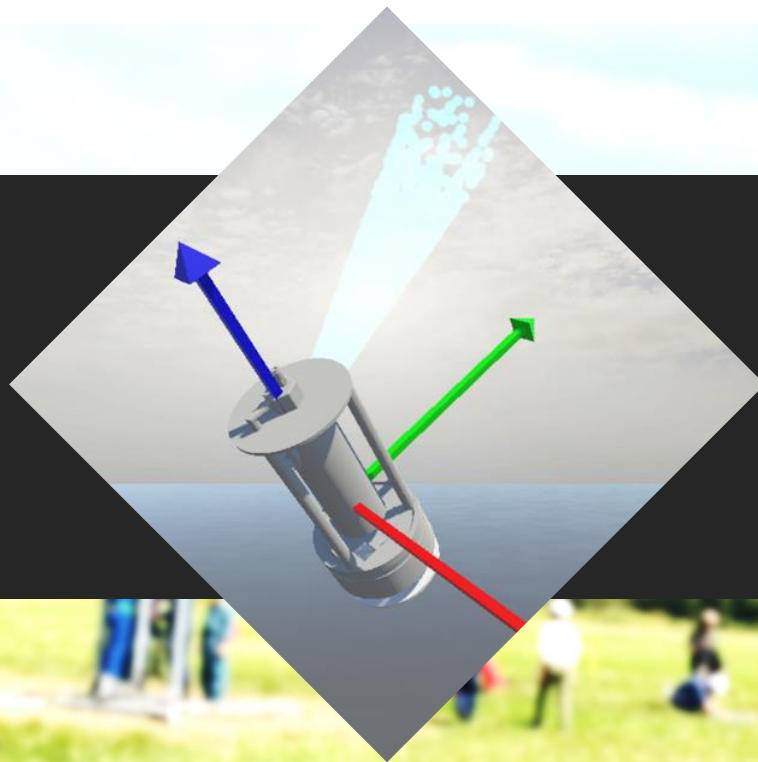
# 八咫鳥Ⅲ 注目ポイント

この後実施される降下実験にて注目していただきたいポイントを3点ご紹介します。



## オンボード軌道制御システム

外部からの制御コマンドを必要とせず、機体に搭載した Arduino UNO1台のみで位置と姿勢を計算し、軌道制御するプログラムにしました。プログラムの動作状況はブザーにて確認できるようになっておりますので、メロディーをお楽しみください。



## 液体推進法による空中移動

推進剤に水、エネルギー源に圧縮空気を使用します。機体内部のタンクに充填し、機体側面に取り付けたバルブから一気に噴出する勢いを利用して移動する機体となっております。空中を移動してゴールを目指す様子をお楽しみください。



## 機能美を追求した機体

昨年頂いた賞金で3Dプリンタを購入しました。作業性が考慮した機体となるよう、テストパーツを何度も出力し改良を重ねました。今年の八咫鳥Ⅲは誰でも安全に簡単にセットアップすることが可能です。





03

# 降下実験 結果

降下実験中の機体の挙動をSDカードに保存しました。テレメトリ評価の結果をご報告します。

---

# 評価フロー

降下実験後の評価フローをご説明します。

01

## microSDカードが無事か

ログが無事であればデータの欠落有無だけチェックして次へ。  
破損していたらログ解析は保留とし、破損個所の確認や原因調査に進む。

02

## 降下実験時の動きを考察

すべてのテレメトリを動作モード毎に切り分けてグラフ化、運用段階別に評価する。ログ再生ツールに読み込ませ打ち上げから着地までの挙動を考察する。

03

## 期待した性能を発揮したか

結果が想定通りであったか、想定外であれば原因は何か考察しプレゼン資料を作成する。

チーム岩井家 岩井様よりご提供頂きました写真を掲載させて頂きました。



# モード1：スタンバイ

モード1：スタンバイの評価結果をご報告します。

## 評価項目



電源ON時のブザー音からシステムの正常動作を確認する。

## 規格



セットアップ完了時の機体の正しい動作として

- ・GPSの補足完了・測位開始
- ・姿勢計算を実施しプログラム内でバルブを選択しているが実際には噴射しない

## 結果

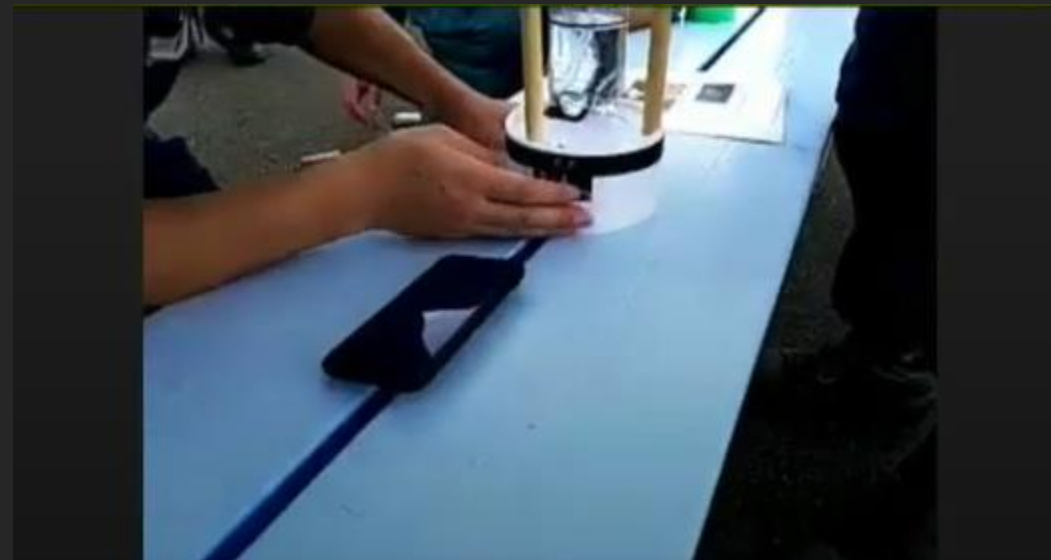


- ・電池脱落により電源が入らなかったが、植松電機様往直していただくことでONすることができた
- ・その後は正常に動作し、GPS信号の受信、microSDカードの認識を実施できた

## 結論



電池の脱落により植松電機様にご迷惑をおかけしてしまったため、外れやすい部品の固定方法については今後の課題とする。  
電池の際取り付けのために機体の分解作業が発生してしまったが、側面パネルの取り外しと電池へのアクセスをスムーズに行えたため、構体設計について良かった部分もあった。





# モード2：ランチャー

モード2：ランチャーの評価結果をご報告します。

## 評価項目



フェアリングセット時のブザー音からシステムの正常動作を確認する。

## 規格



機体がフェアリング内にある時の正しい動作として

- ・ブザー音「天空の城ラピータ〜ハトと少年〜」が鳴ること
- ・バルブ・モーターが駆動していない事

## 結果



- ・ブザー音「天空の城ラピータ〜ハトと少年〜」によりランチャーモードへの遷移を確認できた
- ・バルブ・モーターが駆動しておらず、機体のフェアリング搭載を正常に完了した

## 結論



ブザー音によりランチャーモードへの遷移を確認できた。またその後の動作についても着地まで正常であり、降下実験手順書の記載内容に漏れがなく、セットアップを問題なく完了できる指示内容であったことが確認できた。



# 分離検知タイミング

モード2→3遷移タイミングの評価結果をご報告します。

## 評価項目

機体がフェアリング内にある時間帯の system\_mode, xAcc, yAcc, zAcc, flightpin\_value, CdS\_value読み取り、意図した動作になっているか評価する。

## 規格

分離検知の条件として下記に示す3つから2つ以上を満たすこと

- ・一定以上の加速度を検出すること
- ・フライトピンが外れること
- ・照度センサカバーが外れてセンサに光があたること

## 結果

- ・849678msにセンサによる分離検知が完了した
- ・1443msブザーが作動した
- ・851121msにモード3コントロールに移行した

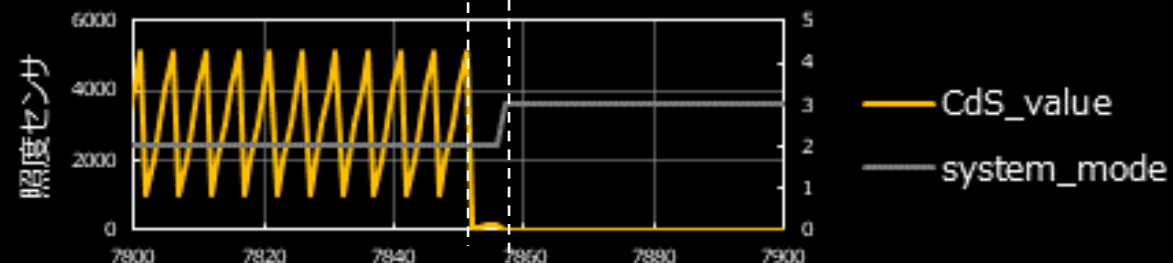
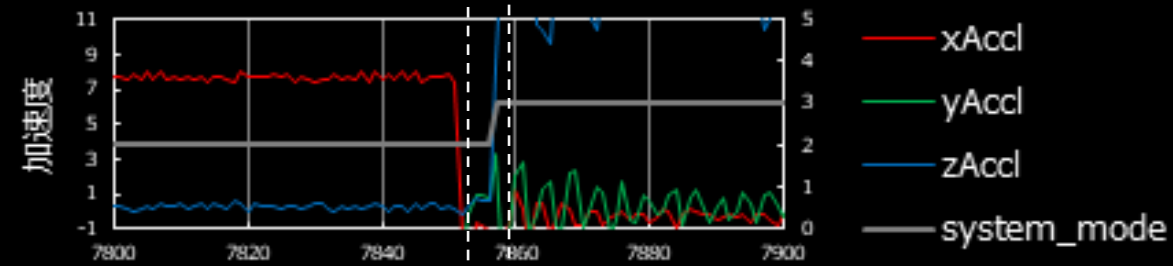
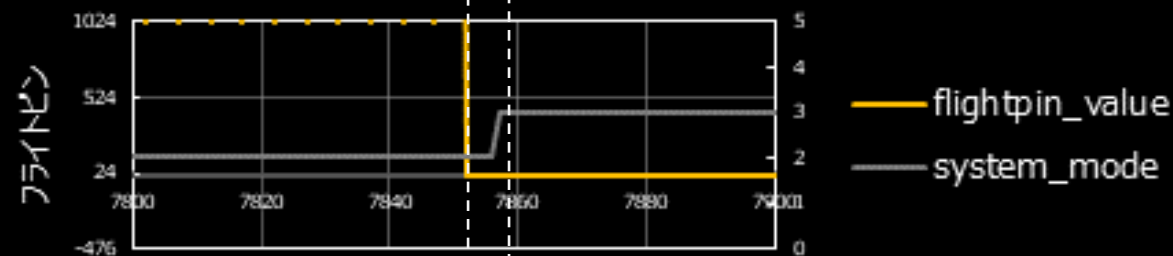
## 結論

フライトピン・加速度・照度センサすべてで分離を検知しており、分離検知の仕組みは妥当であったと判断します。

ブザー作動  
期間

分離検知  
タイミング

モード遷移  
タイミング



# モード3：コントロール

モード3：コントロールの評価結果をご報告します。



## 評価項目

落下中のbulb\_numを読み取り、正しいバルブを選択できているか評価する。xAcc,yAcc,zAcc,motor\_stateを読み取り、機体の揺れをリアクションホイールが抑制できるか評価する。



## 規格

落下中の機体の正しい動作として

- ・ゴールに進むための正しいバルブを選択できること
- ・噴射できること
- ・機体の揺れをリアクションホイールが抑制できること



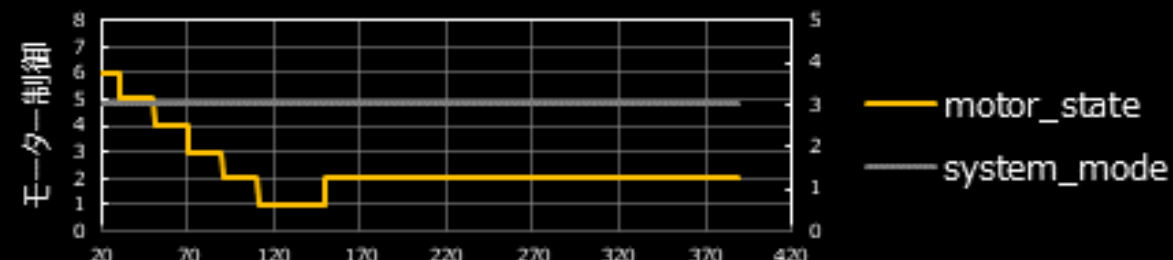
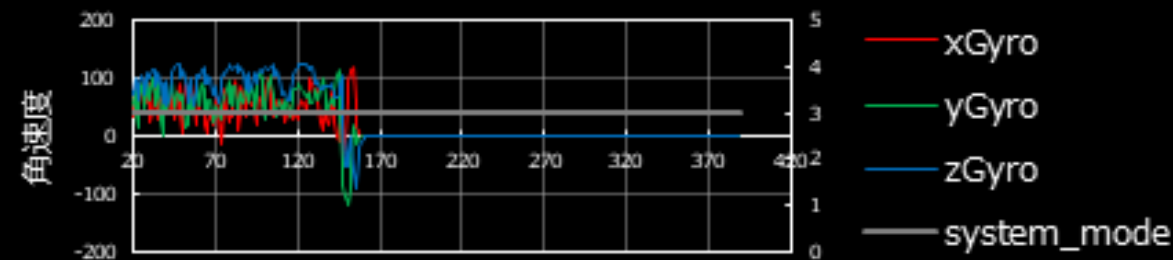
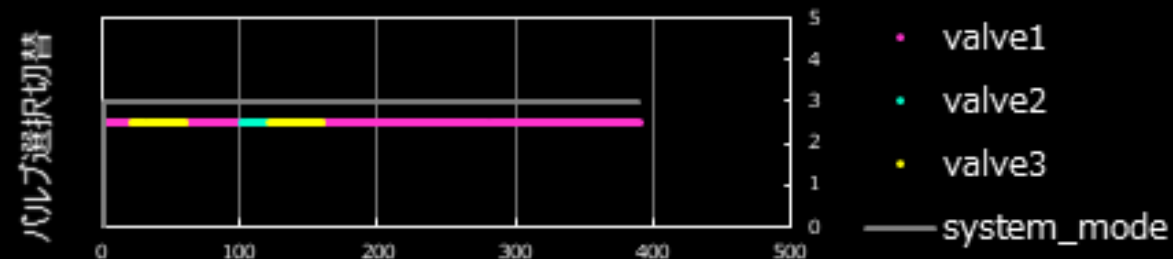
## 結果

- ・ゴールに進むための正しいバルブを選択できていた
- ・噴射することができた
- ・リアクションホイールによる機体の回転抑制する動きをしていたが出力が足りなかったか



## 結論

ゴールに進むための正しいバルブを選択できており実際に噴射も成功したが、きりもみ落下中にリアクションホイールの効果があったかは分からなかった。また推進力が小さくゴールに近づく動きをすることができなかったため、来年は出力を大幅にアップしたい





# 落下速度

落下速度の評価結果をご報告します。

## 評価項目



time, system\_mode, xAcc, yAcc, zAcc, pos.zから落下時間と落下距離を求め、以下の式で落下速度を算出しました。

落下速度[m/s] = 落下距離100[m] ÷ 落下距離[s]

## 規格



- ・6.0[m/s]以上であること
- ・機体が敷地外に飛んでいかないこと

## 結果

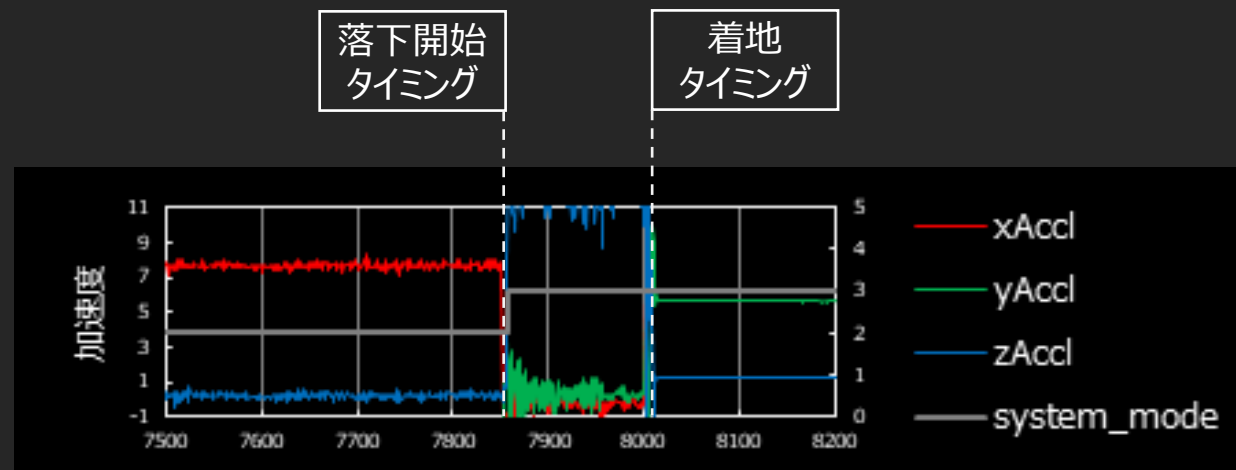


- ・動画  
14.4[m/s](降下 1:40:24 着地 1:40:40)
- ・ログデータ  
6.89[m/s](降下 851121 着地 865909)

## 結論



パラシュートの展開に成功した。落下速度は6.89[m/s]であり、減速機構として適切に機能していることがわかった。





04

---

# まとめ

dream what you want to dream; go where you want to go; be what you want to be, because you have only one life and one chance to.

---





# 2020 COSMO CRAFT REPORT

スペースプローブコンテスト2020  
CosmoCraft 降下実験プレゼン

---