

# 種子島ロケットコンテスト参加報告

宇宙科学総合研究会 LYNCS 佐々木良輔

2020 年 4 月 18 日

## 概要

2020 年度の種子島ロケットコンテストは 1 年生のみ 6 人のチームで参加予定だった。本イベントに向けて第 15 回能代宇宙イベントに参加した機体の改良版を製作したが、COVID-19 の感染拡大を受け大会が中止となつたため、ここでは前回の機体からの改良点などを主に書きたいと思う。

## 機体

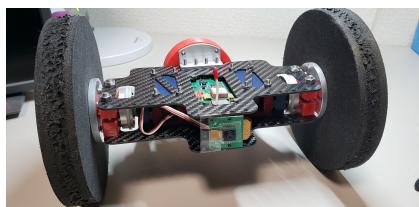


図 1 機体全体図

## 1 車輪

前回の機体では車輪全体を 3D プリンターで造形していたため、落下衝撃に弱く、車輪の製造に 10 時間以上の時間がかかり、また車輪径が小さく走破力の低いものだった。以上の問題を踏まえ

- 落下衝撃に強く
- 製造時間が短く
- 走破力が高い

という点を考慮して車輪を設計し、結果以下の 2 種類の車輪を製作した。

### 1.1 板バネ&ゴム車輪

この車輪は以下の部品で構成される。

- ホイール
- ハブ
- スpoke
- 板ばね

ホイール、ハブは 3D プリンタで製作している。スpoke は一般的な輪ゴム、板ばねは 0.8mm 厚のステンレス板から成る。radial 方向の荷重をスpoke、axial 方向の荷重を板ばねで吸収する。

3D プリンタ製の部分を大幅に減らしたこと で、製作に必要な時間は 5 時間程度となつた。

しかし大会が中止となつたことで実際の走破力を見ることはできなかつた。また、板ばねの降伏荷重が低く axial 方向の荷重に弱いため、板ばねの強化などの要改善点が見つかつた。

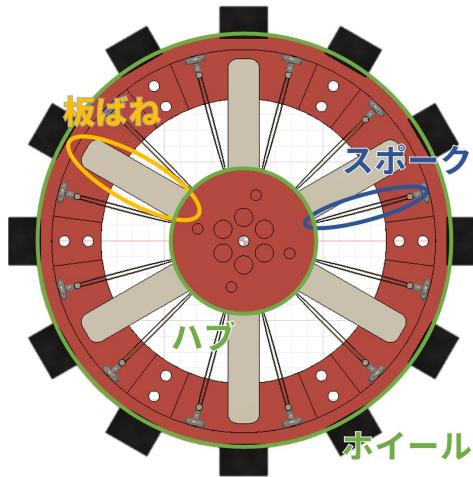


図 2 板バネ&ゴム車輪概観

### 1.2 スポンジ車輪

この車輪はホイールからハブまでの全体がEVA(Ethylene-Vinyl Acetate)スポンジから成る。30分程度で製作可能であり、radial, axial両方向の荷重に対して十分な柔軟性を持つ。

板バネ&ゴム車輪と同様に走破力の評価は行えていないが、車輪面の凹凸が無いため走破力はいくらか低いことが予想される。そのため、今後はウォータージェット加工機などを用いて凹凸がある走破力の高いスポンジ車輪の開発を行う。



図 3 スポンジ車輪概観

## 2 パラシュート分離機構

従来の電熱線式のパラシュート分離機構は

- 火災の危険性
- 電熱線巻きの不良による動作不良
- 再使用時に巻き直しが必要
- 消費電力が大きい

などの問題があった。これを改善するために、前回の機体ではサーボによる分離機構を考案したが

- 待機電力の多さ
- ヨー方向荷重によるサーボの破損

などの問題が明らかになった。

以上の問題を踏まえ今回の機体では

- 動作の信頼性が高い
- 再使用が容易
- 待機電力が低い
- 全方向からの荷重に対する耐性

をコンセプトに新たなパラシュート分離機構を開発した。

パラシュート分離機構はデカプラーとデカプラー・レセプタクルの2つのコンポーネントから成る。

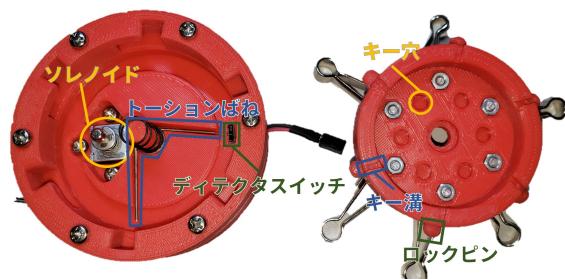


図 4 パラシュート分離機構 (左:デカプラー・レセプタクル; 右:デカプラー)

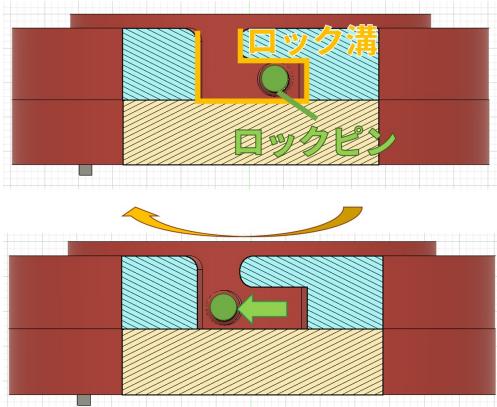


図5 パラシュート分離機構の開放動作（断面）

図5のようにデカプラーのロックピンがレセプタクルのロック溝に掛かることで荷重を受け、回転動作によりロック・開放を切り替える。図6にロック時のパラシュート分離機構の断面図を示す。図4に示すようにデカプラーレセプタクルにはトーションばねとソレノイドが内蔵されている。トーションばねがデカプラーのキー溝に引っかかることでデカプラーは常にロック解除方向の回転力を受ける。デカプラーを一度ロック位置まで回転させると、キー穴にソレノイドのピストンが掛かり、デカプラーは完全にロックされる。ソレノイドはブル型ソレノイドであり、通電されるまでネガティブに機構をロックし続ける。また、ディテクタスイッチを搭載することでパラシュート分離の成否を検出できる。

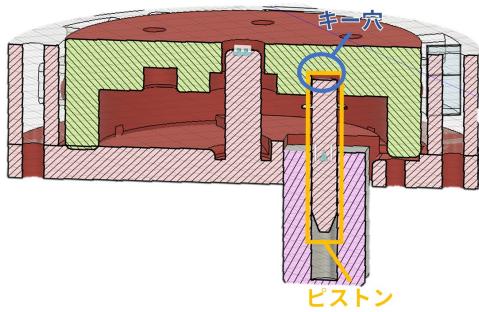


図6 パラシュート分離機構（ロック時；断面）

この機構はロック動作がネガティブであり、更にアクチュエーターをサーボからソレノイドに変更することで動作の信頼性を向上し、待機電力は0、動作時電力も3W未満を実現した。また、デカプラーを手で押し込むだけでロック状態になるため再使用も非常に容易である。また、各方向の荷重を機械的に受けているため、前回の機体のようなアクチュエーター破損の可能性は大幅に削減できた。しかし、3Dプリンター製の部品の強度算出方法が不明であり、今後その評価方法を検討したい。

さらに意図せず発生したこの機構の特徴として、応答速度の早さが挙げられる。スローモーション動画<sup>\*1</sup> (960fps) を用いて通電時のスパークから、デカプラー開放状態になるまでの時間を測定したところ 0.031sec 以下という結果が得られた。

<sup>\*1</sup> [https://drive.google.com/file/d/1Y7MW0B4V\\_zlWzZBSjIcJfnIA4Vlu7jlU/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1Y7MW0B4V_zlWzZBSjIcJfnIA4Vlu7jlU/view?usp=sharing)

# 電装

## 3 筐体

前回の機体では筐体の CFRP プレートに鋭利な内側角があり、パラシュートの開傘衝撃で図 7 の赤線のように亀裂が入った。そのため今回の機体では図 8 のように角を取り、またパラシュート分離機構をアルミ製 L 字アングルで取り付けることでこれを解消した。

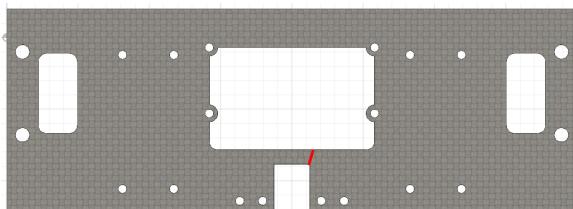


図 7 前機体の CFRP プレート



図 8 新機体の CFRP プレート

## 4 設計

図 9 に電装のブロック図を示す。新しい電装の特徴は以下の通りである。

- TWE-LITE を用いたアップ、ダウンリンク
- 高精度気圧センサー DPS310 の採用
- 電源監視 IC の搭載
- 大電流駆動用の MOSFET

TWE-LITE を搭載したことによって地上へのテlemetry 送信や、遠隔操作が可能になった。また、前回の課題であった気圧センサーの精度を解決するため、新しく DPS310 センサーを搭載した。このセンサーでは標準偏差 5cm での高度測定が可能である。電源監視 IC を搭載したことによって、電池残量や消費電力をリアルタイム監視が可能になり、バッテリーの交換タイミングを把握できる。また、バッテリーからの電流を直接ドライブする MOSFET を搭載し、これはパラシュート分離機構に用いられている。

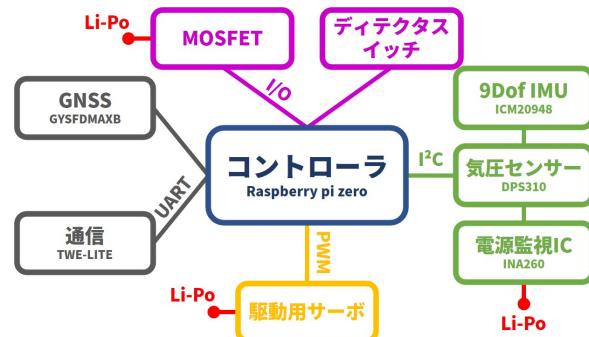


図 9 ブロック図

## 5 実装

図 10 は実際に製作した回路である。すべての部品は SMD で実装されており、高密度な電装を実現した。



図 10 実際の電装

## 6 問題点

実際に製作すると GNSS を受信しないという問題が発生した。他の部品と切り分けて受信実験などをした結果、原因として raspberry pi zero のクロック (1GHz) と GNSS 受信波 (1.1-1.5GHz) が干渉している可能性が疑われた。対策として図 11、図 12 のような銅テープによる高周波シールド、スペーサーによる raspberry pi zero と基板の遠隔化の両方を行ったところ正常に受信した。



図 11 高周波シールド

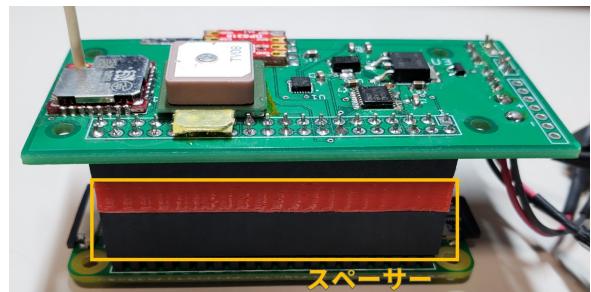


図 12 スペーサー

しかし、スペーサーを入れると基板の全高が高くなるため、スペーサーなしで正常に受信ができるように改良する必要がある。また、受信不良の原因が本当にクロックとの干渉のみであるのかを検証することが現状では困難であり、様々な実験を行う必要がある。