

第20回種子島ロケットコンテスト CanSat 部門 設計計画書

チーム名	bamboo
所属（学校名等）	東京理科大学 R-SEC

種目番号（該当するものに☑印）

☐⑤自律制御カムバック ☐⑥遠隔制御カムバック ☒⑦オリジナルミッション

ミッション内容（該当するものすべて☑印）

カムバック：☐フライバック式 ☒ローバー式 ☒カムバックではない

画像撮影：☐動画 ☒静止画

データ取得：☒GPS 測位 ☒加速度 ☒姿勢 ☒地磁気 ☒気温 ☒気圧

無線通信：☐無 ☒有（通信規格：LoRaWAN, ZigBee）

その他：

機体諸元

収納時寸法（パラシュート含む）：直径 140mm × 長さ 270mm

展開時寸法（パラシュート含まず）：横幅 237mm × 奥行 130mm × 高さ 130mm

質量（パラシュート含む）：850 グラム

外観図

CAD

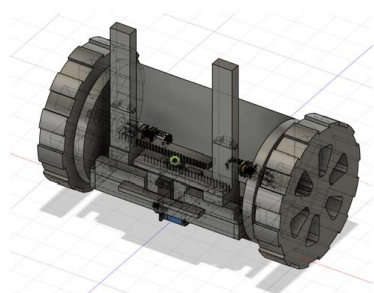


図1 俯瞰図

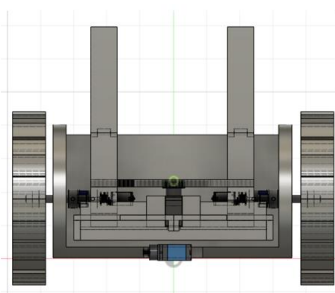


図2 前面図

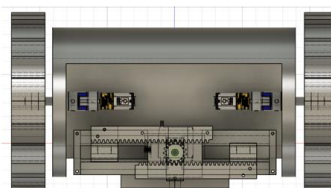


図3 上面図

ミッション定義

現在、無人探査は有人探査を行うために前段階としての情報収集としての役割があり、有人探査のために必要な環境データを複数の地点で数多く取得する必要がある。着陸地点の付近だけでなく、地質や環境が特殊な他の地点において長期間環境を調査することには大きな価値があると考えた。そこで、ある惑星の初めての探査を想定して、広範囲を移動してデータをとることと、任意の場所のデータを長期間とり続けることの2つの探査を同時並行ですすめることを目指す。そのために設置・回収できる長期調査用の外部モジュールを CanSat に搭載し、これが正常に動作することが出

来るかを一連の流れを行うことで判定する。赤コーンを長期間データを取得したい場所として、まず着陸地点に外部モジュールを設置した後、赤コーンまで移動し、画像撮影(状況の確認にあたる)した後、着陸地点に戻り、外部ユニットを回収して安全が確認された新たな調査地点である赤コーンの付近に設置し、長期間観測する態勢が整ったとみなしミッションが終了する。

サクセスクライテリア

サクセスクライテリアは表 1 の通りである。安全に着陸、CanSat 走行、ミッションの 3 つの内容に分けてそれぞれの項目において独立に評価を行う。

表 1 サクセスクライテリア

	安全に着陸し、ミッションを問題なく開始する	走行開始後、赤コーンに到着する	外部ユニットを設置、運搬、回収する
ミニマムサクセス (50%)	パラシュートを展開して着地する	減速機構から分離後、走行を開始する	着陸地点においての機器の設置
ミドルサクセス (70%)	自律走行を開始	GPS誘導を利用し、ゴール付近 5 m まで近づく	機器が回収可能な範囲へ移動
フルサクセス(100%)	パラシュート回避	赤コーンに画像誘導を利用し、0mゴール	機器の回収
エクストラサクセス (120%)			回収した機器を赤コーンから 1m 以内に設置

ミッションシーケンス

ミッションシーケンスは以下のとおりである。

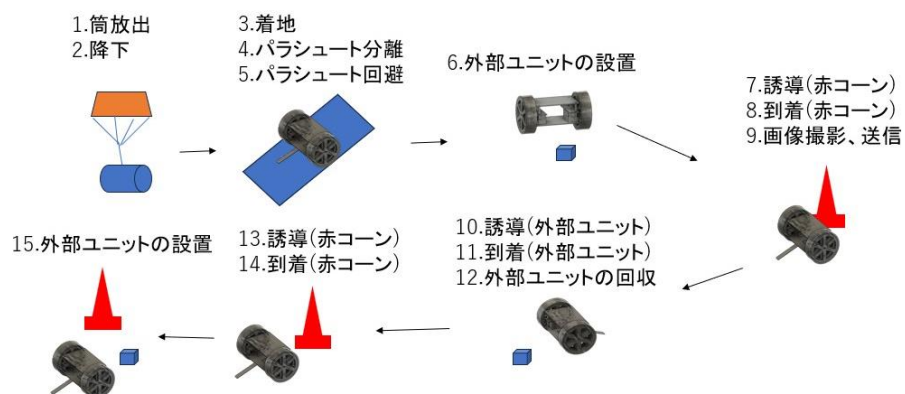


図 4 ミッションシーケンス

<構造班>

1. ハンド

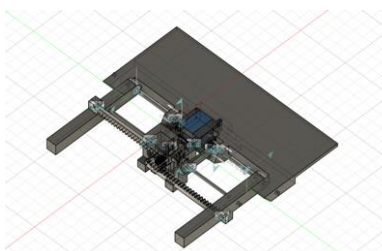


図5 ハンド1

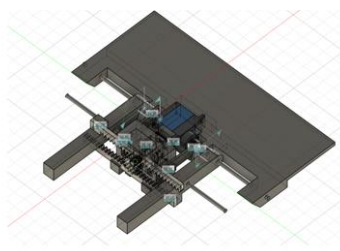


図6 ハンド2

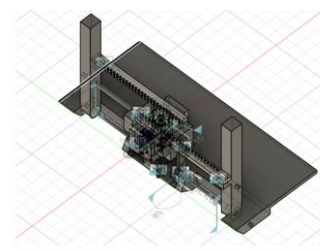


図7 ハンド3

外部モジュールの回収・設置を行うためにハンドを搭載した。二つのサーボモーターで展開・収納と開閉を行う。外部モジュールや装置自体の重さによる曲げに対応するために、また衝撃を吸収できるように TPU で製作する。ラックギアと歯車部分はアルミにて製作する。ラックギアと歯車は

省スペースでできるだけ広く開閉するために採用した。グリップ部分は外部モジュールに応じて改善する。

1. ボディ

今回のミッションではアームを用いることや外部モジュールを運搬することから機体にランバックの競技で用いるような CanSat の機体よりもボディのスペースに関する制約が厳しくなった。そのため機体は全体の寸法を決定したうえで他のパーツの CAD が完成したのちに設計を行うことで機体のバランスを調整し、ミッションを進めるうえで妨げにならないような形状にした。

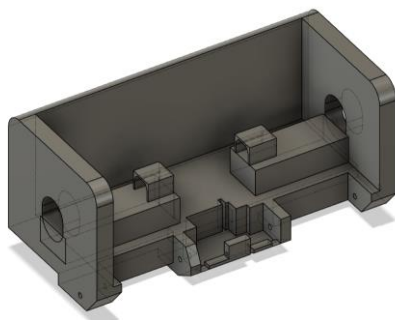


図 6 ボディ

2. 外部モジュール

CanSat から識別しやすいような色にする予定である。また、アームによって掴んだり保持しやすくするために滑り止め防止のグリップをつける。また、掴みやすい形状にする。

3. タイヤ

耐衝撃性と印刷の容易さの観点からホイール部は PLA で作成した。最終的には応力解析を用いて形を最適化し強度を保った状態でより軽量の機体を作成する。地面との滑りを軽減するためにホイールの溝部に天然ゴムを接着する。ホイールとゴムの部分を分けることでゴムの厚さを減らし、着地時にはねるのを防ぐことができると考えた。

4. 軸周り

軸周りにはカップリングとベアリングを用いて着地衝撃の対策を行った。カップリングは振動や衝撃に強く、前後両方の回転に対応可能なジョータイプのものを選定した。これにより軸の断面積を増やし、軸にかかる剪断応力を 1/4 に軽減した。また、ベアリングはアキシアル荷重に強いアンギュラ球軸受を使用した。

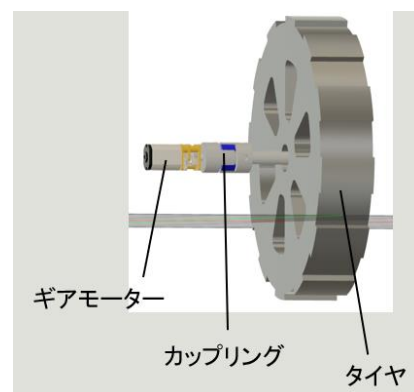


図 7 タイヤ

5. パラシュート

形状は八角形を採用し、降下の安定や開傘衝撃の耐性のためにスピルホールを設ける。落下速度を 5~6 m/s 程度と設定し、計算の結果全体直径 1.4 m、スピルホールの直径 0.2 m で設計することになった。パラシュート本体にはリップストップナイロン、パラシュートコードにはナイロンを採用した。

6. キャリア

材料はPPシートを採用し、メジャーを張り付けることによってキャリアの収納、展開をしやすくした。キャリアをテグスで結び、溶断回路によってテグスを切断することによってキャリアが展開する仕組みである。

<電装班>

表 2. フローチャート

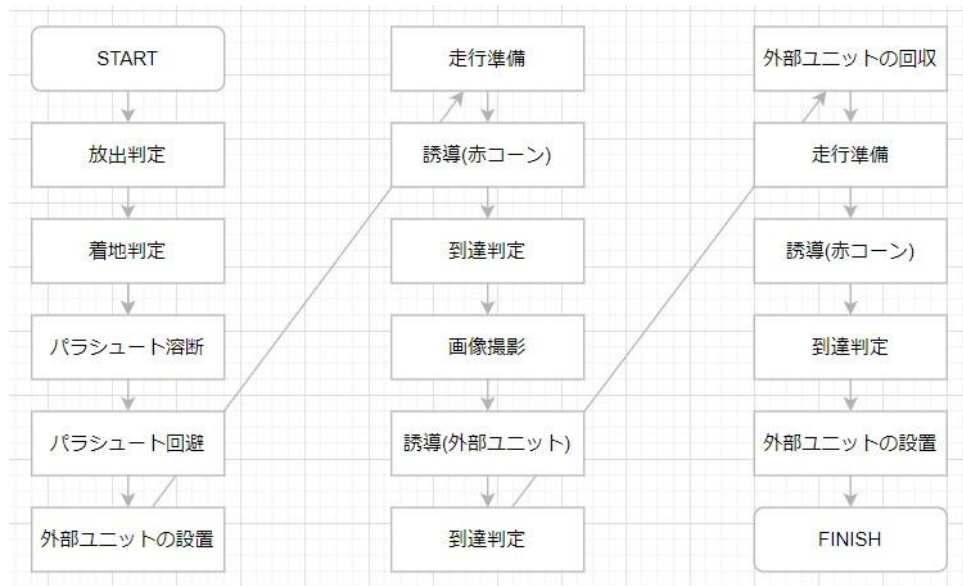
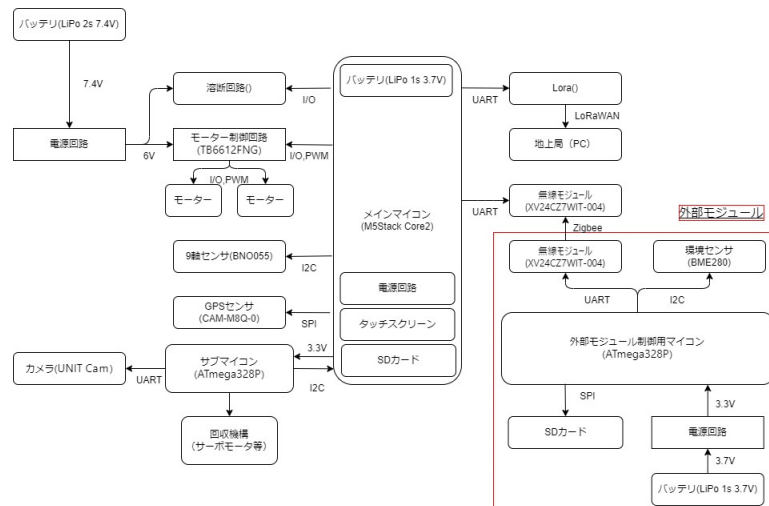


表 3. システムダイアグラム



ミッションの流れは表 2 の通り。これらは次に説明される制御シーケンスのいずれかに属している。また、誘導に関して、ミッション中に投下地点と赤いカラーコーン間を 1 往復半させることから高速であり、かつ外部モジュール回収のための位置取りに正確な制御が要求される。各シーケンスの制御方法を以下に記載する。予想される最大の時間を同時に記載する。

① 放出・投下シーケンス(所要時間計 1 分)

- カメラにより照度の判定を行い、キャリアからの放出を検知する。

- 加速度センサにより機体の着地を検知する。
- ② 減速機構切り離しシーケンス(所要時間計 1 分)
- ニクロム線に電圧をかけて、その熱によってテグスを溶断し、パラシュート分離を行う。分離後一定時間走行を行い、パラシュートから速やかに距離を置く。これによりパラシュート絡まりによる
- ③ 外部モジュールの設置シーケンスその 1 (所要時間計 1 分)
- 投下後パラシュートに絡まることのない安全な地点へ移動したのち、サーボモータを用いた設置のためのアームを作動させ、設置を行う。
 - この時、設置場所の位置を GPS センサにより記録する。
- ④ 磁気センサのキャリブレーションシーケンス(所要時間計 1 分)
- 磁気センサの値は走行環境や周りの素子の電気的特徴により変化する。適当な値を取得するために、機体をその場で旋回させ、磁気値の修正を行う。
- ⑤ 走行シーケンス(所要時間計 10 分)
- PID 制御により高速で正確な制御を行う。
 - 調整を GPS センサ・地磁気センサとカメラを用いて行う。また、外部モジュールへの誘導の際にはこれに加えて無線モジュールの受信強度によって距離を測定する。GPS センサによって導かれる目的地と現在地の間の距離によってどのデータからの値に重みをつけて制御を行うかを変化させる。
 - この際、取得した GPS データを無線モジュールを用いて送信する。
- ⑥ 目的地到達シーケンス(所要時間計 3 分)
- 赤いカラーコーン及び外部モジュールへの到達判定はカメラからの情報を用いる。各色が閾値を超え、その位置が適切であった時、目的地への到達を検知する。赤いカラーコーンへの到達時には画像の撮影を行う。外部モジュール到達時には回収機構を作動させ、回収を行う。
- ⑦ 外部モジュール回収シーケンス(所要時間計 1 分)
- カメラから取得した画像により、外部モジュールが十分回収可能な位置にあることを確認後、サーボモータを利用した回収機構を作動させ、回収を行う。
 - カメラの画角内に外部モジュールを映り込ませ、回収が完了したことを検知する。
- ⑧ 外部モジュールの設置シーケンスその 2(所要時間計 1 分)
- 外部モジュールの回収後、再度、キャリブレーションシーケンス・走行シーケンスを行い、赤いカラーコーンまで到達する。到達を検知したのち、外部モジュールを設置し、ミッションの完了とする。

[シーケンス内の特別な処理]

- 走行シーケンス中に、パラシュート回避のための機能を搭載する。カメラにパラシュートの色が映り込んだ場合に迂回してゴールを目指す。
- 機体がひっくり返ってしまった際にそれを修正する機能を搭載する。加速度センサの値から反転を検知し、急加速・停止の衝動により復帰を行う。

開発計画

開発計画は表である。試験期間は開発を休止するなど、十分余裕のあるスケジュールを組んだ。

表 4. ガントチャート

No	タスク名	開始日	終了日	担当者
1	キックオフ	10月1日	10月1日	両方
2	コンセプト決定	10月2日	10月8日	両方
3	ガントチャート作成	10月2日	10月8日	両方
4	要求分析	10月2日	10月15日	両方
5	仕様決定・概念設計	10月16日	10月22日	両方
6	CAD 統合	11月8日	11月9日	構造
7	修正	11月9日	11月9日	両方
8	CAD修正	11月10日	11月18日	構造
9	審査書提出	11月12日	11月17日	構造
10	BBM試験	11月18日	11月18日	電装
11	CAD 統合	11月18日	11月18日	両方
12	通信試験	12月10日	12月10日	電装
13	EM完成	12月17日	12月17日	両方
14	収納放出試験	12月17日	12月17日	構造
15	回収機構動作試験	12月17日	12月17日	両方
16	走破性能試験(Min 20分走らせる)	12月23日	12月23日	両方
17	外部モジュール設置試験	12月23日	12月23日	両方
18	外部モジュール保持試験	12月23日	12月23日	両方
19	外部モジュール回収試験	12月23日	12月23日	両方
20	外部モジュール認識試験	12月23日	12月23日	電装
21	赤コーン画像誘導試験	12月30日	12月30日	電装
22	着地衝撃試験	12月30日	12月30日	両方
23	投下試験	12月30日	12月30日	両方
24	バッテリー耐久	12月30日	12月30日	両方
25	FM完成	1月27日	2月10日	両方
26	EtoE試験1回目	2月10日	2月10日	両方
27	EtoE試験2回目	2月24日	2月24日	両方
28	最終調整	2月18日	3月5日	両方