

# 大会報告書

所属(東京農工大学 宇宙工学研究部Lightus)

チーム名 C.L.D.L.

内容

1. チームについて
2. CanSat概要
3. 能代宇宙イベント結果
4. ARLISS結果
5. まとめ

## 1. チームについて

今回は、2年生が中心となって1年生への指導を行いながら制作を行った。

人類は未開の土地を開拓する際、人間が到達または滞在が難しい環境の調査を想定し、自立型探査機を開発してきた。特に最近では月面探査や火星探査といったものが数多く行われている。私たちはCanSatの設計・製作を通して、探査機の構造や設計思想、必要な技術を理解することを目的とした。また、探査機は基本的に壊れやすいものである。そこで今回は製作を通して、シンプルかつ壊れにくい機体の設計を追求した。能代宇宙イベントにおけるランバック競技は、投下された機体が目標地点を目指して自立走行するという探査機の基本的な機能を量る場として適切であると考えたため、参加した。

## 2. CanSat概要

### 2.1 ミッションステートメント

未開の土地を開拓する際、人間が到達または滞在が難しい環境の調査を想定し、自立型探査機の作成を目的とした。特に最近では月面探査や火星探査といったものが数多く行われている。探査機は基本的に壊れやすいものである。そこで今回は製作を通して、シンプルかつ壊れにくい機体の設計を追求した。昨年度はランバック競技でゴール地点付近まで走行させ、成績を残すことを目標としていたが、審査書提出期限直前で使用していたマイコンが故障し、参加を辞退せざるを得なかった。そのため本年度は、スケジュールに余裕を持って製作すること、及び予備の部品をあらかじめ十分に確保しておくことで不測の事態への対処をやすくしている。また、パラシュートを外すための機構を電熱線からサーボに換え、9軸センサーを使用しないことで電装を単純化し、調整をやすくしている。以上を踏まえて機体を完成させてランバック競技に出場し、記録が認定されることを目標とした。

### 2.2 サクセスクライテリア

以下に今回のサクセスクライテリアを示す。

Table 2.2 サクセスクライテリア

	内容	評価方法
ミニマムサクセス	パラシュート展開後に着地する。	パラシュートの展開を目視で確認する。
フルサクセス	パラシュートを分離して走行を開始する。	パラシュートが分離機構によって分離されるのを目視で確認する。
エクストラサクセス	1m以内でゴールする。	ゴール判定時のゴールからの距離を測定して確認する。

## 2.3 ミッションシーケンス

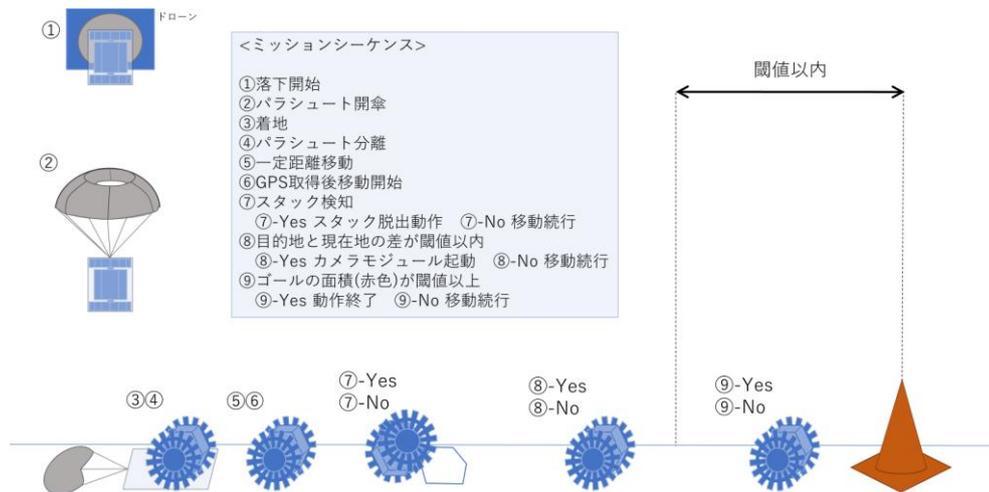


Fig. 2.3 ミッションシーケンス

図2.3のミッションシーケンスについて以下に詳細を示す。

- ① 落下開始.
- ② パラシュート開傘時にフライトピンが抜けることで落下検知を行う。  
検知後は落下時間分待機.
- ③ 着地.
- ④ サーボモータを用いてパラシュート分離を行う.
- ⑤ パラシュートから離れるために一定距離移動.
- ⑥ GPS取得後移動開始する.
- ⑦ スタック検知
  - Yes スタック脱出動作のプログラムを実行する.
  - No 移動続行
- ⑧ 目的地と現在地の差が閾値(5m)以内になった時
  - Yes カメラモジュールを起動し、画像認識に移行.
  - No 閾値以上にある場合は、移動続行.
- ⑨ ゴールの面積(赤色)が閾値以上の時
  - Yes 動作終了.
  - No 閾値未満なら移動続行.

## 2.4 システム要求・ミッション要求

### 〈ミッション要求〉

#### M1. 着地衝撃緩和

仕様)

着地時の衝撃荷重によって、ミッションを実現するための機能を損なわない。

設計方針)

衝撃を和らげる機構を搭載する。

設計結果)

モータを設置している台を本体とは別パーツにし、ばねで接続して、着地時に機体本体へ直接衝撃が伝わらないようにした。

## M2. 走行性能

仕様)

環境の悪い地面における走行性能を確保する.

設計方針)

タイヤの形状を工夫し, スタックしないようにする.

設計結果)

タイヤに複数の溝とスポンジを付け, スタックしにくくなった.

## M3. パラシュート分離

仕様)

パラシュートを着地直後に分離して, 機体が走行可能になる.

設計方針)

サーボモータ等でパラシュートが接続されたサブキャリアを開き, 機体を開放する.

設計結果)

フックによりサブキャリアを閉じておく. パラシュート開傘時にフライトピンが外れ, 一定時間が経過したのちにフックをサーボモータにより外して開放する.

## M4. 位置情報による制御

仕様)

位置情報による機体制御を行う.

設計方針)

GPSモジュールを搭載し, 適切なプログラムを作成する.

設計結果)

GPSモジュールを搭載し, ゴールの位置と機体の位置の変化から機体の向きとゴールまでの距離を計算して制御するプログラムを作成したがうまく作動しなかった.

## M5. 画像認識による制御

仕様)

GPSによる制御を終え, 画像認識による機体制御を行う.

設計方針)

カメラを搭載し, 画像認識による制御プログラムを作成する.

設計結果)

ゴールとなるコーンの色(赤)を認識し, 機体の方向を決めゴールに近づくプログラムを作成したが, M4が満たされなかったため, 検証できなかった.

## 〈システム要求〉

### S1. レギュレーション適合(質量)

#### 仕様)

質量がレギュレーションを満たすことが確認できている.

#### 設計方針)

基板や電池などの電装部品の質量を考慮した上で他の構造的部品を作成する.

#### 設計結果)

パラシュートを含めた機体全体の質量をレギュレーション以内に納めた.

### S2. レギュレーション適合(容積)

#### 仕様)

容積がレギュレーションを満たすことが確認できている

#### 設計方針)

スペースに余裕を持った設計をし、機体組立後にレギュレーションと同じ大きさの円筒容器に入れ確認する.

#### 設計結果)

パラシュートも含めて円筒容器にすべて収納できることを確認できた.

### S3. 減速機構

#### 仕様)

地表近くで危険な速度で落下させないための減速機構を有し、その性能が試験で確認できている.

#### 設計方針)

パラシュートを搭載し、減速を試みる.

#### 設計結果)

パラシュートにより減速し、終端速度5m/s以上を満たしながら減速することができた.

### S4. 落下分散

#### 仕様)

投下実験を行う予定の高度より投下した際に、落下する範囲を想定できている

#### 設計方針)

投下中の終端速度が規定以下にならないようにパラシュートを設計する.

#### 設計結果)

機体の質量を参考に終端速度が5m/sを超えるようなパラシュートの設計をし、条件を満たすことを確認できた.

#### S5. パラシュート開傘時衝撃耐久

仕様)

パラシュートが開傘する時の衝撃荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれていないことが試験で確認できている。

設計方針)

プログラムを実行した状態で、パラシュートを開傘できる十分な高さから機体を投下し、その後も問題なく動作するかを確認する。

設計結果)

パラシュート開傘後もプログラムが実行されていることが確認できた。

#### S6. ロスト対策

本機体はランバック競技において100m未満での投下を想定していたため、ロスト対策は任意であったことから、行わなかった。

#### S7. ミッション全体での安全性

仕様)

S1-6の充足を確認した設計のCanSatによって、End-to-end試験を実施できている。今後、安全性に関わる大幅な設計変更はない。

設計方針)

投下時にパラシュートが展開して減速し、破損したり、周囲の人や物を傷つけることなく着地し、自動でゴール地点まで向かうことができる。

設計結果)

プログラムが不十分であったため、End-to-end試験を行うことができなかった。ただし、着地衝撃試験とパラシュートの開傘衝撃試験については実施し、着地時点までの安全性については確認した。

#### S8. 制御レポート作成

仕様)

ミッション後、規定された制御履歴レポートを運営者へ提出する準備ができています。

設計方針)

制御履歴を作成するプログラムをミッション開始と同時に実行できるようにする。

設計結果)

プログラムが不十分で制御レポートを作成できなかった。

## 2.5 システム図

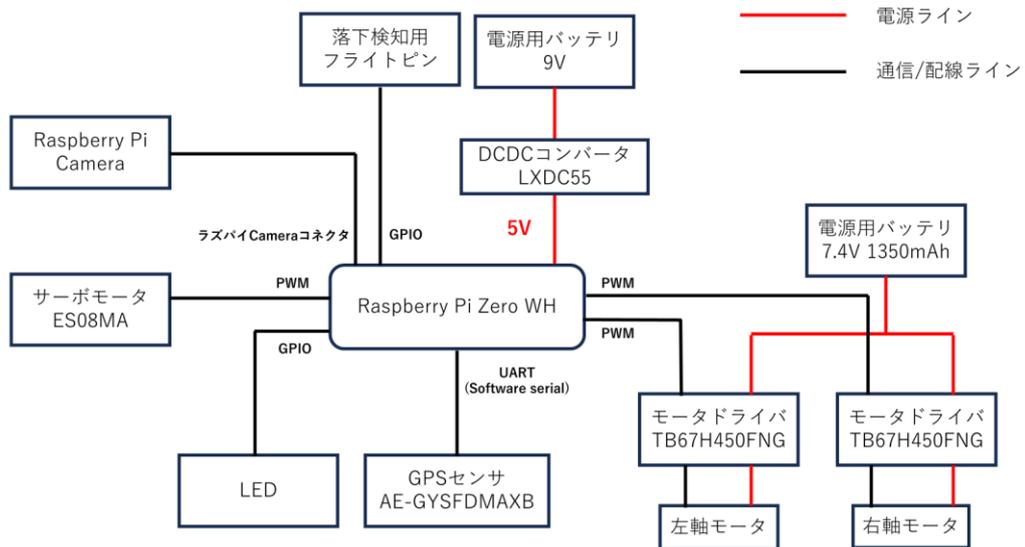


Fig. 2.6 システム図

Table 2.6 使用機器一覧

番号	分類	型番	電源電圧	データシートリンク
①	マイコン	Raspberry Pi Zero WH	5V	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g112961/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g112961/</a>
②	GPSセンサ	AE-GYSFDMAXB	5V	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109991/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109991/</a>
③	モータドライバ	TB67H450	4.5~4V	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g114753/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g114753/</a>
④	サーボモータ	FS90	5V	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g114806/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g114806/</a>
⑤	Raspberry Pi Camera V2	913-2664	別電源不要	<a href="https://docs.rs-online.com/3b9b/0900766b814db308.pdf">https://docs.rs-online.com/3b9b/0900766b814db308.pdf</a>
⑥	DCDCコンバータ	AE-LXDC55-ADj	4~14V	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109982/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109982/</a>

### <選定理由・使用方法>

- ①比較的安価で手に入りやすいので選んだ。
- ②着地からゴール付近へある程度近づくために使用する。今回地磁気センサを搭載していないため、機体の方角を機体位置の変化から計算し、ゴール方向に進む。
- ③マイコンのピン機能を拡張するために使用する。モータと接続しモータの制御に使う。

- ④パラシュート分離機構に使用する．昨年までニクロム線でテグスを焼き切ることでパラシュート分離を行っていたが，電力消費が少ない方法を考え，選んだ．
- ⑤ゴール付近で画像認識による誘導制御を行うために使用する．①との互換性が良いため選んだ．

## 2.6 機体外観

### ○外観

機体の外観と計測結果を図2.7.1，図 2.7.2，図2.7.3，表2.7に示す．



Fig. 2.7.1 機体の全長



Fig. 2.7.2 機体外観図（スタビライザー展開時）

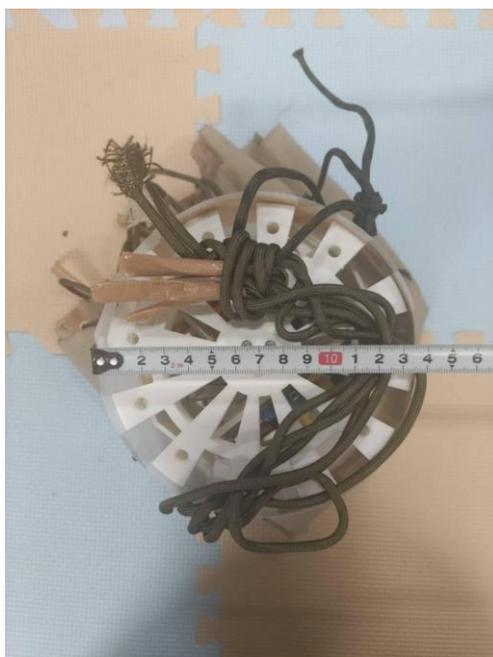


Fig. 2.7.3 機体全高

Table 2.7 機体の諸元

全長[mm]	200
高さ[mm]	140

以上より、本機体のサイズが、レギュレーションを満たしていることが分かった。

#### ○機体構造・仕組み

本機体では、着陸時及び走行時の機体への衝撃を吸収するため、サスペンション機構を搭載する。図2.7.4に示す。

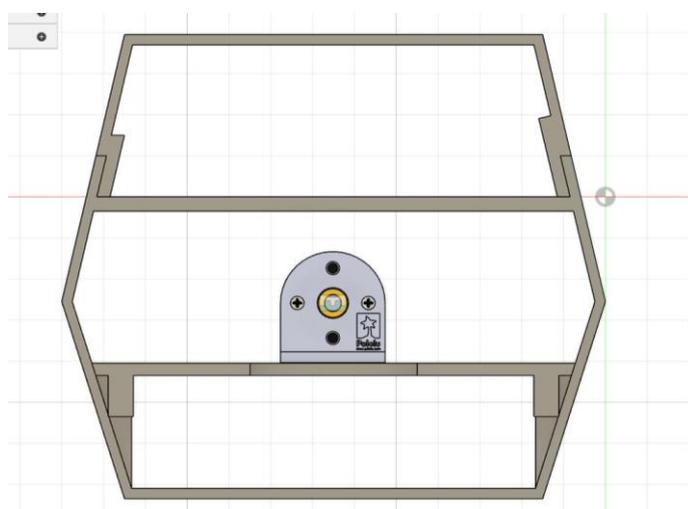


Fig. 2.7.4 機体側面図

モーターが設置された台は上下に動くことができ、上の台との間に支柱とばねをはさむことで、台が上下に動き、衝撃を吸収する。

各部品については、材質はPLAで、3Dプリンターを用いて製作する。

また、本機体のパラシュートは、ゴール地点のコーンの赤と混同しないようにベージュ色で、リップストップナイロンを用いて制作する。

図2.7.5に、落下試験で用いたパラシュートの全体を示す。



Fig. 2.7.5 パラシュートの構造

開いた時の真上から見た半径が400mm、真横から見た高さが400mm、穴の半径が150mmになるキノコ型のパラシュートを作るため、型紙を使って同じ形の布を12枚切り出し、それらを縫い合わせた。その後、パラシュートの中心から半径150mmの円形になるように切り抜いた。円周から中心方向に25mm内側に6か所左右対称にパラコードを結び付け、カラビナに結びつけることで1か所にまとめている。パラシュートの中心に円形の穴をあけることで落下安定性を向上させている。またパラシュートは黄色の布を用いて製作した。画像認識にてゴールを目指すため、ゴールコーンが赤色であることからパラシュートには赤色と遠い色であるベージュを用いた。

本実験で使用する基板の写真を次の図2.7.6に示す。なお、基板は上段に配置する。



Fig 2.7.6 基板

## ○諸元

### 【電力】

電気容量を求める式を以下に示す。また今回のバッテリーの容量は電池を使い始めてから機体を動かすことができなくなるまでの時間から算出する。また乾電池についてイベント当日には1日約2個消費していたので、電池1個につき約4時間使用していたと考えることができる。電流については100mAから63mAに変化していた。一般に、アルカリ乾電池は電池切れになるまで少しずつ電流が減るが、その変化は時間と比例関係に近い。よって以下に計算結果を示す。

$$A = \left(100 - \frac{100-63}{4}\right) = \frac{Q}{t}$$

ここでt=4として計算するとバッテリーの容量はQ=252mAhと導かれる。

1回の投下で使用する電力については、短時間であり電圧電流の変化はないと考えると $9V \times 100mA = 0.9W$ であった。

### 【質量】

質量の大きな内訳(数値は概数)

- ・機体本体：150g
- ・タイヤ(左右)：145g
- ・基板カバー：35g
- ・クリアファイル：20g
- ・パラシュート：180g
- ・基板：100g
- ・モーター：235g
- ・基板用乾電池：40g
- ・リポバッテリー：80g
- ・ねじ：20g

### 【サイズ】

- ・全長200mm
- ・全高140mm

収納・放出試験の動画を示す。以下の動画に示す通り、機体をサブキャリアに包んだ状態でキャリアに入れ、その上にパラシュートを重ねている。

収納試験：[https://drive.google.com/file/d/1upZ-dJRp9pIo7HcE8q3eF4pmY6bCbisS/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1upZ-dJRp9pIo7HcE8q3eF4pmY6bCbisS/view?usp=drive_link)

放出試験：[https://drive.google.com/file/d/1Ci5rwwJHyJ6Ifwkt3ov-XaKg6b4mC-xp/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1Ci5rwwJHyJ6Ifwkt3ov-XaKg6b4mC-xp/view?usp=drive_link)

パラシュートは、布のつなぎ目を折り目にして蛇腹状に折り、細長く畳まれたらさらにそれを3つ折りになるよう蛇腹状に折る。

## 2.7 プログラム・アルゴリズム

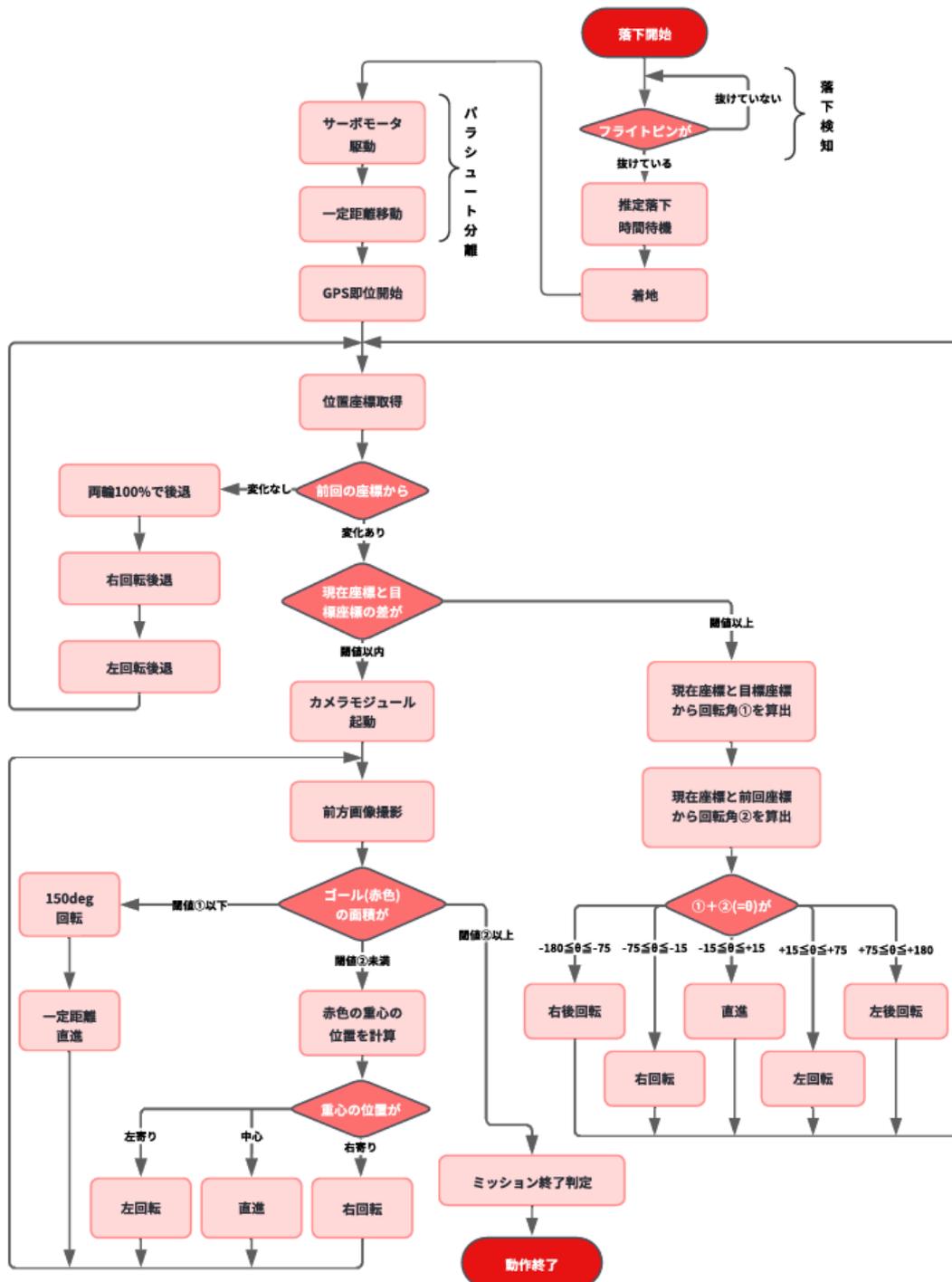


Fig. 2.8 フローチャート

以下にアルゴリズムについて詳細に示す。

### ①落下開始～パラシュート分離

落下検知をフライトピンが抜けることにより判定する。判定後は落下時間分待機した後、着地したとしてパラシュート分離動作を開始する。分離にはサーボモーターを使用する。

## ②走行開始～GPSによる制御終了

パラシュート分離後、機体がパラシュートから離れるために一定距離移動する。その後GPSで位置情報の取得を開始する。取得開始後、位置情報の変化が出る程度移動し、元の位置と現在地から進んだ方向を計算し、これを機体の方角として使用する。また現在地とゴールの位置情報から進むべき方向を計算し、これらの和を進行方向として、移動する。ゴールまでの距離が閾値を超えた際にはGPSによる制御を終了する。

## ③カメラ認識による制御～動作終了

カメラモジュールを起動し、前方の写真を撮る。写真中の赤色(ゴールの色)の面積を計算することによりゴールとの距離を測る。また赤色の重心の位置からゴールの方向を判断し、機体を回転させてから移動する。

## ☆スタック検知～脱却(+パラシュート再分離)

現在地の変化がない場合にスタックとみなし、後退した後迂回する。またパラシュートの分離がうまくできていないことで移動できていない可能性もあるので、サーボモータをもう一度動かす。

## ☆GPSデータ取得検知

GPSのデータが指定時間内取得されない場合、カメラ認識による制御を開始する。

## ☆カメラ認識検知

閾値を超えてカメラ認識に切り替わる際に、カメラが指定時間内に動作しない場合、GPSの位置情報をもとにできるだけゴールに近づくプログラムに切り替える。

## 2.8 設計図

CADデータは以下のファイルに保存

[https://drive.google.com/drive/folders/14LT\\_IBk7994xdtKV8ply5d0DYUd6CmB?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/14LT_IBk7994xdtKV8ply5d0DYUd6CmB?usp=sharing)

- ・タイヤ：2024wheel v16
- ・基板カバー：Kibancover v10
- ・モータ：motor v3
- ・本体：noshiro2024body\_main v13
- ・モータ台：noshiro2024body\_motor\_stage v7
- ・アセンブリ：assenbli v12

## 2.9 使用部品

### <<電子系>>

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
マイコン	Raspberry Pi Zero WH	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g112961/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g112961/</a>	使用言語がpythonであること，専用カメラがあることから使用継続。
GPS	AE-GYSFDMA XB	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109991/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109991/</a>	精度が高く重宝していたが，生産終了しているため他の型番を探す。
モータドライバ	TB67H450	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g114753/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g114753/</a>	使用継続。
サーボモータ	FS90	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g114806/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g114806/</a>	駆動部分の部品を損失してしまったので，固定を強化する。
カメラ	Raspberry Pi Camera V2	<a href="https://docs.rs-online.com/3b9b/0900766b814db308.pdf">https://docs.rs-online.com/3b9b/0900766b814db308.pdf</a>	使用継続。
DCDCコンバータ	AE-LXDC55-Adj	<a href="https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109982/">https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109982/</a>	入力電圧の最低値が高く，電池の消費が多かったため，今後は低損失レギュレータを使用予定。

### <<動力系>>

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
6VDCモーター	RF-370CA-22170	Amazon.com: WUDOLI Vehicle Power RF-370CA-22170 Micro 24mm DC 3V 5V 6V 6000RPM Metal Brush 370 Electric Motor Pumps Robot : Industrial & Scientific	着地衝撃により破損が確認されたため，新たなモーターを探す。

<<構造系>>

分類	材質・型番	入手先・参考情報等	備考
本体・タイヤ	PLA	サンステラ	協賛企業様より
パラシュート	リップストップナイロン	<a href="https://item.rakuten.co.jp/maru--jyu/mr-03-cutcloth-nylonripstop/">https://item.rakuten.co.jp/maru--jyu/mr-03-cutcloth-nylonripstop/</a>	より軽量なものを探す.
パラコード	ポリエステル	<a href="https://www.amazon.co.jp/HERCULES-キャンプロープ-テントロープ-耐荷重250kg-アーミーグリーン/dp/B0BBPVDQKP/ref=sr_l_7?adgrpid=143172723828&amp;hvadid=665938079482&amp;hvdev=c&amp;hvqmt=e&amp;hvtargid=kwd-300806792377&amp;hydacr=27301_14701850&amp;jp-ad-ap=0&amp;keywords=パラコード&amp;qid=1701847443&amp;sr=8-7&amp;th=1">https://www.amazon.co.jp/HERCULES-キャンプロープ-テントロープ-耐荷重250kg-アーミーグリーン/dp/B0BBPVDQKP/ref=sr_l_7?adgrpid=143172723828&amp;hvadid=665938079482&amp;hvdev=c&amp;hvqmt=e&amp;hvtargid=kwd-300806792377&amp;hydacr=27301_14701850&amp;jp-ad-ap=0&amp;keywords=パラコード&amp;qid=1701847443&amp;sr=8-7&amp;th=1</a>	重量がかさんだため、より軽量で、強度が十分なものを探す.
サブキャリア	クリアファイル(ポリプロピレン)	文房具店等で購入できる一般的なもの	サブキャリアは次回機体では使用しない

2.10 製作時に使用した機材・サービス

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
3Dプリンター	Sermoon D1	サンステラ	協賛企業様より

2.11 その他、設計制作で利用したツール、アプリケーション

## 2.12 試験/解析の結果・内容

### 2.12.1 検証項目一覧

番号	検証項目名	対応する要求番号 (複数可)	実施日
V1	質量試験	S1	2024/7/18
V2	機体の収納・放出試験	S2	2024/7/18
V3	パラシュート投下試験	S3	2024/7/18
V4	開傘衝撃試験	S5	2024/8/1
V5	着地衝撃試験	M1	2024/8/1
V6	走行性能確認試験	M2	2024/8/1
V7	End-to-end試験	S7	—
V8	制御履歴レポート作成試験	S8	—

### 2.12.2 検証詳細

#### (V1) 質量試験

##### 内容)

CanSatとパラシュートを質量計で計測をし、レギュレーションに記載されている質量(1050g)以下であることを確認する。

##### 結果)

CanSatとパラシュートの総重量は1043gであり、レギュレーションの1050g以下であることを確認した。図2.13.2.1に質量測定の結果を示す。

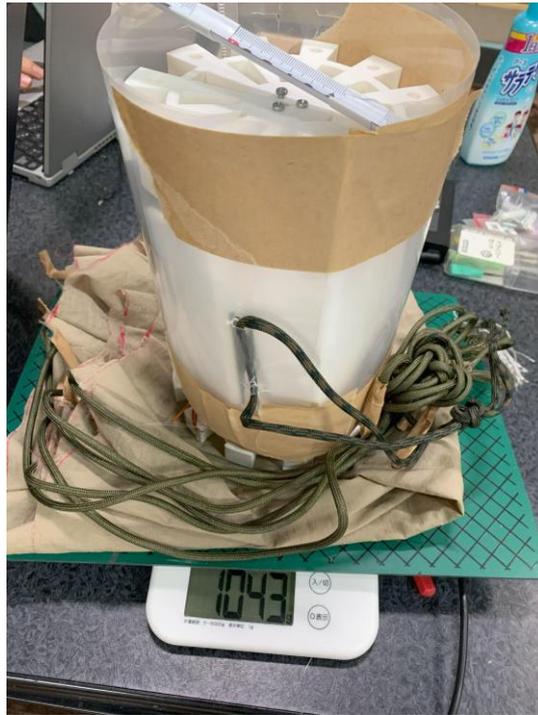


Fig. 2.13.2.1 パラシュートとCanSatの質量

結論)

パラシュートの質量を含めたCanSatの総重量が、レギュレーションを満たしていることがわかった。

## (V2) 機体の収納・放出試験

### 内容)

キャリアと同様のサイズで作成した円筒に機体とパラシュートを収納し、ゆっくりと円筒を傾げることで放出した。この時に機体とパラシュートが円筒に引っかかることなくスムーズに放出されることを確認した。

### 結果)

表6.2.1に示すように、CanSatを収納後、自重で放出することが3回中3回全てで確認できた。

Table 2.13.2.1 キャリア放出実験の結果

回数	実験動画	放出判定
1	<a href="https://drive.google.com/file/d/1Ci5rwwJHyJ6Ifwkt3ov-XaKg6b4mC-xp/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1Ci5rwwJHyJ6Ifwkt3ov-XaKg6b4mC-xp/view?usp=drive_link</a>	自重で放出できた
2	<a href="https://drive.google.com/file/d/14XfNRm6VECn6J2HK1rfW1Bai28Dz3Wk/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/14XfNRm6VECn6J2HK1rfW1Bai28Dz3Wk/view?usp=drive_link</a>	自重で放出できた
3	<a href="https://drive.google.com/file/d/18MNlc-u2eQP93IBRD95JEtAPFbGqarjZ/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/18MNlc-u2eQP93IBRD95JEtAPFbGqarjZ/view?usp=drive_link</a>	自重で放出できた

また、キャリア内に収納可能であることを確認した。以下の動画に示す。

[https://drive.google.com/file/d/1upZ-dJRp9pIo7HcE8q3eF4pmY6bCbisS/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1upZ-dJRp9pIo7HcE8q3eF4pmY6bCbisS/view?usp=drive_link)

### 結論)

機体がキャリアに収納可能であり、また自重で確実に放出されることが確認できた。

## (V3) パラシュート投下試験

### 内容)

機体と同じ重さ(1043g)の、水を入れたペットボトルを、東京農工大学5号館の4階非常階段の踊り場(約14.4m)から落下させてその時の終端速度を測定した。測定の仕方としてはスマートフォンで動画を撮影してペットボトルが地上付近に近づいてきたときの画像を約0.1秒ごとにスクリーンショットを行い、画像での2階非常階段の高さ(7.2m)とペットボトルの地上からの高さを定規で測定し、その比からペットボトルの実際の地上からの高さを各時刻に置いて算出しその変化量より終端速度を算出した。

### 結果)

ペットボトルを投下したところ動画6.3.1のようになった。

動画6.3.1:[https://drive.google.com/file/d/1xNtxNT9zz9-2qPqDwzBSDgbb812kCsDq/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1xNtxNT9zz9-2qPqDwzBSDgbb812kCsDq/view?usp=drive_link)

動画6.3.1の4秒付近から機体を落下させ、終端速度を測定した。投下し始めは6秒からである。動画6.3.1より閉じた状態のパラシュートが適切に開傘したこと、パラシュートによって減速しながらペットボトルが落下していることが確認された。

次に上述の動画より終端速度を測定した。動画6.3.1の画像を左から並べると図2.13.2.2のようになる。



Fig. 2.13.2.2 終端速度測定に使用した写真

これより各区間の速度を算出するとすべて約7.5m/sであった。これより、終端速度が5m/sを超えることが確認できた。パラシュートの開傘、機体の速度の減少、レギュレーションを満たすような終端速度であることが確認できた。

結論)

パラシュートによる減速で終端速度が規定を満たしていることを確認し、落下範囲を制限することができると考えられる。

#### (V4) 開傘衝撃試験

内容)

東京農工大学5号館の4階踊り場(約14.4m)より機体を落下させて、その際の開傘衝撃でパラシュートのロープが切れないことを確認した。

結果)

機体を落下させたときの動画は以下の動画6.5.1のようになった。

6.5.1:[https://drive.google.com/file/d/1w8EYWA4nm\\_yowiEx0slnFR1liKhEiJxg/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1w8EYWA4nm_yowiEx0slnFR1liKhEiJxg/view?usp=drive_link)

これよりパラシュートのひもが破断しないことが確認できた。

結論)

地面に鉛直上向きの方に50Gがかかり約60Gのひっぱりが生じたと仮定する。この時にもっとも破断しやすいと考えられるのはロープ機体とキーホルダーをつないでいるロープ2本であると考えられる。これらのロープ1本にかかる荷重の最大値は

$$60 \text{ G} \times 1.05 \text{ kg} / 2 = 32 \text{ kgf}$$

と求められる。

今回使用しているロープはナイロン製のHERCULESパラコードアウトドア用耐荷重250kg 7芯 アーミーグリーン15mである。この引張強度は330kgfなので、安全率は、

$$330 \text{ kgf} / 32 \text{ kgf} \approx 10$$

と求められるので、十分に安全であると考えられる。

## (V5) 着地衝撃試験

### 内容)

東京農工大学5号館の4階踊り場から機体を落として着地衝撃で機体が損傷しないことを確認した。パラシュートの終端速度と同じになるような高さから機体を落とし、走行できることを確認した。

### 結果)

機体を落下させたところ、パラシュートが開いて、終端速度に近い速度で着陸した。この時機体のどの部分にも損傷が見られなかったことが確認できた。

着地衝撃試験の結果は動画6.6.1, 6.6.2のようになった。

動画6.6.1 [開傘衝撃試験・着地衝撃試験.mp4](#)

動画6.6.2 [https://drive.google.com/file/d/1-TMiujfmeif6tFLAZ9j8I12EHQKL6\\_2T/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1-TMiujfmeif6tFLAZ9j8I12EHQKL6_2T/view?usp=drive_link)  
<https://youtube.com/shorts/0-hpBbXC4cQ?feature=share>

動画6.6.1では着地による機体の破損は見られなかった。

機体を落下させたところ、機体に損傷もなく走行することが可能であることが確認された。

### 結論)

記載のパラシュートで実験するとCansatのどの部分にも損傷が見られなかったことから、ミッションを遂行する機能は損なわれていないと考えられる。

また終端速度が7.5 m/s、機体の質量が1043 gであることを用いて着地時に機体の受ける力積を計算すると。

$$1.043 \times 7.5 = 7.8225$$

着地前に作動するセンサがなく、電装も未完成であるため、次回審査書で電装部品の破損がないことをEndtoEnd試験にて確認する。

## (V6) 走行性能確認試験

### 内容)

#### (1) 基本動作試験

図6.7.1に示す東京農工大学構内におけるCanSat競技フィールドと類似した草地で走行を行う。機体が行う動作は前進、右回転、右後回転、左回転、左後回転、停止の計7動作を連続して実行する。これにより機体が行う基本動作が問題なく行えるかを確認する。



Fig. 6.7.1 基本動作試験実施場所

## (2) スタック時動作試験

東京農工大学構内におけるスタック状態が起きやすい草地で走行を行う。競技フィールドで想定される茎や轍による段差により発生するスタックしやすい状態を作り出し、機体がスタックせずに走破することができるかを確認する。試験では木の根による段差と高さのある草地帯を連続して走行させ、走行の様子を動画で撮影する。

### 結果)

動画のリンクを次の6.7.2に示す。

動画6.7.2:[https://youtu.be/k\\_QELADX3UU](https://youtu.be/k_QELADX3UU)

- (1) 動画の最初から順に、前進、後退、右前進、右後退、左前進、左後退を行っている。また、各動作の間で、停止していることが分かった。
- (2) 試験を行った場所は草地であるが、スタックせずに走行することができていた。また、動画の35秒から38秒あたりでは比較的長い芝の場所を走行していたが、問題なく走行できていた。

結論) 本機体が十分な走破性能を持つことが確認できた。

## (V7)End-to-End試験

### 内容)

#### (1) CanSat投下パート

投下の高さが約2.5mでありパラシュート展開が困難であるためパラシュートは外し投下を行う。また、パラシュートを外したことにより本来機体に加わる水平方向の力が加わらず、機体の反転が生じやすくなると考えたため、約30m~50m地点からのパラシュートによる落下を疑似的に再現することとする。

#### (2) 着陸後の走行動作パート

投下地点は赤丸、ゴール地点は赤×に示し、距離は約15mである。(実施場所未確定なので次回審査までに決定する。)着陸後の走行動作パートでは定めた目標地点にCanSatが向かい、ゴール検知または制限時間が終了するまでの様子を撮影する。制限時間は、走行距離を短くしたため7分とする。本機体のゴール検知は、走行距離を15mと短い距離に設定しているため、ゴール判定の距離はその約1/7の2mとする。ただし、EndtoEnd試験を行う試験場所は大学構内の限られた場所で行うため、投下地点から目標地点間には背の高い草地や大木、通路が複数存在するフィールドとなっている。これより走行時には、本番の競技フィールドと同等の環境を疑似的に再現するため以下のルールを設ける。

- ・大木に衝突、通路への飛び出し、極めて草地が生い茂った地点への移動が起こった場合、手動で機体をこれらの状況から回避させる。
- ・投下地点からゴールまでの経路間に2か所大きな段差が存在する。そのため、この段差地点に到達した場合は手動で乗り越えさせる。

制限時間内にゴール検知が行われ機体が停止した場合は成功とする。一方で制限時間内にゴール検知が行われなかった場合、試験は失敗とし終了とする。試験後は撮影したデータと制御履歴データを回収する。



Fig. 7.8.1 EndtoEnd試験投下、目標地点

結果)

審査前に実施ができなかった。

結論)

試験や機体調整等を含めたスケジュール管理を心がけることが重要である。

#### (V8)制御レポート作成試験

内容)

本機体では主に経過時間、GPSの緯度経度のデータ、目標地点との距離と方位、機体の方向、これらをもとにした判定結果、モータの動作履歴を記録する。よってEndtoEnd試験を実施した後、microSDに保存されたデータを整理する。

結果)

審査前に実施ができなかった。

結論)

試験や機体調整等を含めたスケジュール管理を心がけることが重要である。

## 2.13 特に工夫した点・上手くいった点・苦労した点

以下に本機体で工夫した点を列挙する。

### (1) サスペンションの搭載による着地衝撃の緩和 動機・目的)

着地衝撃を和らげるため、またフィールド走行時に機体が傾くことを防ぐために図2.7.4のようなサスペンションを搭載した。

結果)

○：サスペンションが無いときより衝撃を和らげていることを着地衝撃試験で確認することができた。

×：ばね固定用の爪を3Dプリンターで印刷したが、精度があまりよくなかったため、ばねが外れやすかった。また取り付けにも時間がかかってしまい、作業効率が悪かった。

### (2) サーボモータを使用したパラシュート分離 動機・目的)

去年の機体ではテグスの焼き切りによるパラシュートの分離を試みていたが、焼き切りによる消費電力が多かったためサーボモータを使用した分離機構を搭載した。

結果)

○：電力量だけでなく安全面でも優れていた。

×：サーボモータを固定するために後付けでテープ類を多く使用したことで動きが少し悪くなってしまった。

### (3) 基板用電池とモータ駆動用リポバッテリー 動機・目的)

去年の機体では1個のリポバッテリーを基板、モータともに使用していたが、基板用に降圧するのが難しかった。また、モータ駆動のためにエネルギーが消費され、基板に十分な電流が流れなかった。そのため今年は基板用の電池を新しく追加し、リポバッテリーはモータ駆動のみに用いた。

結果)

○：降圧が簡単になった。

×：電池の分、重さとスペースが必要になった。

## 2.14 実装を断念したアイデア

特になし。

## 3. 能代宇宙イベント結果

### 3.1 目的

能代宇宙イベントにおけるランバック競技は、投下された機体が目標地点を目指して自立走行するという探査機の基本的な機能を量る場として適切であると考えたため、参加した。CanSatの設計・製作を通して、探査機の構造や設計思想、必要な技術を理解することを目的とした。

### 3.2 結果

結果を以下に示す.

Table 3.2 能代宇宙イベント結果

	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
内容	パラシュート展開後に着地	パラシュートを分離して走行を開始	1m以内でゴール
投下1回目	×	×	×
投下2回目	○	×	×

### 3.3 取得データ

制御履歴を取得できなかった.

### 3.4 故障箇所・原因解析

故障箇所と原因解析について以下の項目に分けて考察する.

- ①故障箇所
- ②故障原因
- ③事前に想定できたことか
- ④想定できていれば、なぜ試験・解析と本番で結果が異なったか
- ⑤対策及び改善策

- 1)
  - ①ピンソケットが割れた.
  - ②分割ピンソケットを使用していた.
  - ③できていなかった.
  - ⑤自分で切断して使う分割タイプのものではなく、あらかじめ必要なピン数に成形されたタイプのものを使う.
- 2)
  - ①GPSが外れた.
  - ②スペーサーの固定が甘かった.
  - ③できていなかった.
  - ⑤完全にねじ締めができているかを確認する
- 3)
  - ①空中分解した.
  - ②分離機構の構造的な接続が甘かった.
  - ③できていた.
  - ④作業が遅れていたため、機能することを確認したのが大会直前になってしまい、再現性を問うことができおらず、不安定なシステムであることを認識していなかった. また、サーボモータの回転の動きと、固定具を外すために必要な動き連動していなかった.
  - ⑤サブキャリアにパラシュートが接続されていたが、サブキャリアを開放する固定具の形状とサーボモータの相性が良くなかったので、サブキャリアを使わず直接機体と接続して、サーボで外しやすい構造を考える.

- 4) ①タイヤが傾いた。  
②着地時にPLA製の台がモータの重さに耐えられずたわんだ結果モータが傾き、正面から見るとタイヤがハの字になった。  
③できていた。  
④1回目の投下で空中分解して試験時より大きな衝撃が機体にかかってしまい台がたわんでしまったが、台のたわみは事前に想定していたので2回目の投下では準備していた予備の台を使用した。  
⑤モータを固定する部分の強度を高める。3Dプリンターで印刷する際の密度を上げる。

### 3.4 チームマネジメントの反省

- ①反省点
- ②原因
- ③対策

- ①製作が遅れたため、それに伴って試験の実施も遅れてしまった。
- ②部品を実際に作成し組み立てる段階で、組み立てやすさや可動域など実際に動かしてみなければわからない改良点が見つかり、設計をやり直す必要が生じた。
- ③スケジュールを大幅に前倒しして、予備審査書の時点で機体を一度組み立てる段階まで進めるようにする。(1年スパンでの計画を立てる)また、新入生教育を早めかつ一定期間に集中的に行い、製作に参加できるようにする。

### 3.5 結果を受けて

- 参加目的の達成：能代のフィールドを走行するうえでは、タイヤや機体本体の車高といった構造面で工夫が多く必要であり、探査する場所に合わせた設計や技術開発の重要性を多く知り、実際に採用した点で、目的を達成できたと言える。
- ミッション選定・サクセスクライテリアの設定は妥当だったか：結果的にミニマムサクセスまでのみの達成となったが、設計やスケジュールの改善を進めることで、十分に達成できる設定であると考えられるため、妥当である。
- ミッションシーケンスは正常に作動したか。追加・削除・変更すべき処理はあったか。それはどうしてか。：追加・削除・変更すべき処理はなかったが、正常に作動しなかった。必要最低限の処理を設定しているため、設計の不十分さ、及び試行錯誤等による改良の不十分さ、再現性の確認の不十分さが原因と考えられる。
- 設計は過剰でなかったか、軽量化や拡張など改善の余地はあったか：サクセスクライテリアをすべて達成することができなかったため、不十分である。特に草地を走行できる機体の車高を確かめることと、パラシュートの切り離し機構に大きな改善の余地がある。

#### 4. まとめ

- ・設計、製作の期間は極めて十分にとる。

理由：設計に時間を十分にかけて、生じる可能性のあるリスクを設計段階で対処するとともに、試行錯誤にかける時間を増やすため。

- ・部品の予備を十分に用意する。

理由：審査書提出直前に予備がなかった部品が壊れ、急遽代替品を購入しに行かなければならなかったため。

- ・現地での調整が簡単な設計にする。

理由：現地での調整はスペースや備品に限りがあり、時間がかかってしまっ  
て投下が後ろにずれこんでしまったため。