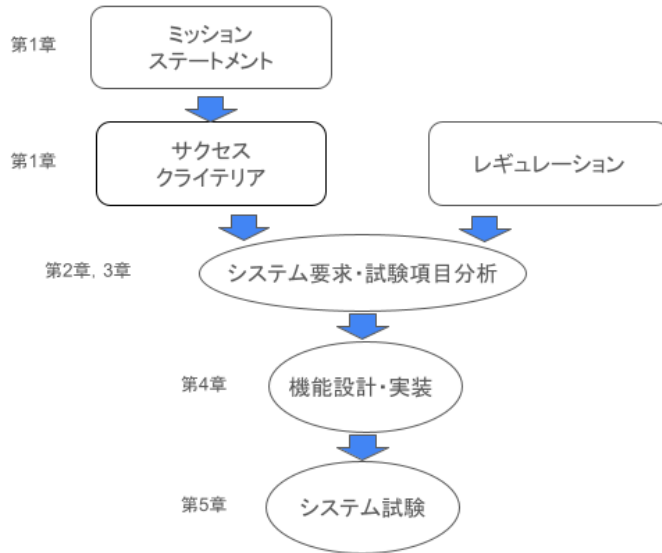


ARLISS2025大会報告書

提出日：2025年11月21日



開発審査書構成_ARLISS2025

- 第1章 ミッション定義
 - 第1.1節 ミッションステートメント
 - 第1.2節 ミッション内容
 - 第1.3節 サクセスクライテリア
- 第2章 システム要求
 - 第2.1節 レギュレーションを満たすためのシステム要求
 - 第2.2節 ミッションを達成するためのシステム要求
- 第3章 システム試験項目の設定
 - 第3.1節 レギュレーションを満たすためのシステム試験項目
 - 第3.2節 ミッションを達成するためのシステム試験項目
- 第4章 システム仕様
 - 第4.1節 機体概観
 - 第4.2節 機体機構
 - 第4.3節 搭載機器
- 第5章 システム試験
 - 第5.1節 レギュレーションを満たすためのシステム試験
 - 第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験
- 第6章 工程管理
- 第7章 責任教員による確認

チーム情報

CanSatチーム名	東京理科大学 Mark1
CanSatチーム 代表者情報	岸 知輝 kishi@kimura-lab.net, 090-2905-2003
UNISEC団体名	東京理科大学 木村研究室
UNISEC団体 学生代表	甲斐原みい
責任教員	木村 真一 skimura@rs.tus.ac.jp, 090-5752-1970
CanSatクラス	Open Class

目次

第1章 ミッション定義	3
第1.1節 ミッションステートメント	3
第1.2節 ミッション内容	3
第1.3節 サクセスクライテリア	3
第2章 システム要求	3
第2.1節 レギュレーションを満たすためのシステム要求	3
第2.2節 ミッションを達成するためのシステム要求	4
第3章 システム試験項目の設定	4
第3.1節 レギュレーションを満たすためのシステム試験項目	4
第3.2節 ミッションを達成するためのシステム試験項目	5
第4章 システム仕様	5
第4.1節 機体概観	5
第4.2節 機体機構	5
第4.3節 搭載機器	5
第5章 システム試験	6
第5.1節 レギュレーションを満たすためのシステム試験	6
第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験	6
第6章 工程管理	7
第7章 大会結果報告	7
第7.1節 目的	7
第7.2節 結果	7
第7.3節 考察	7
第8章 まとめ	7
第8.1節 工夫点・努力した点	7
第8.2節 課題点	7
第8.3節 今後の展望	7

第1章 ミッション定義

第1.1節 ミッションステートメント

照度耐性のあるフラッグ検知システムの実証および物資運搬における経路誘導への応用

[背景]

現在、航空宇宙産業の開発により人類が地球外で居住を行うことが期待され、実現可能性が益々大きくなってきている。中でも最も有力な候補として挙げられるのは宇宙空間からの放射線量が可能な限り抑えられる月面の洞窟や大きなクレータの中である。そこで、我々は洞窟の外から人が居住している月面の洞窟へ物資を運搬するためのシステム開発をミッションとして設定した。

[課題と目的]

月面における物資運搬にはローバーの経路を誘導するシステムが必要であるが、月面で使用できるGPSは今のところ存在していないため、GPSに頼らない誘導システムを採用しなければならない。そこで、フラッグを用いた経路誘導を提案する。また、フラッグを用いることで経路の変更が容易である点もこのシステムを採用する理由である。しかしながら、洞窟の外やクレーターではない月面は日光の照度が大きくカメラでフラッグを撮っても白飛びしてしまうことが課題として挙げられる。

この課題を解決するため、フラッグで使用する色は白飛びしても同色のため問題のない白色と光の吸収率が高く白飛びしない黒色のみを使用する。また、ローバーがフラッグを検知するとき次のフラッグと1つ前のフラッグを区別していないとUターンしてしまう課題もある。そこで、フラッグには様々な図形を載せ、輪郭検知技術を採用することでフラッグを見分けてこの課題を解決する。このようなフラッグの開発を行うことで誤認識が限りなく少ない誘導システムの開発を目的とする。

第1.2節 ミッション内容

[ミッションアイテム]

ローバーには輪郭検知を行うためのプログラムと物を設置するための設置機構を搭載する。また、フラッグにはローバーの輪郭検知と互換性がある模様と画像が白飛びしないための工夫を施す。以下でそれぞれについての意義を説明する。

・ローバーに搭載する機構の意義

ローバーに搭載する輪郭検知の機構は主にカメラとプログラムによって行う。輪郭検知を行う理由は、上記にもある通りフラッグを1つ1つ区別することで正しい経路を走行するためである。また、今回のミッションとして物資運搬に応用するため、ローバーには物資を運搬するための機構が必要である。設置機構は主にサーボモータとバッテリー、ねじによって構成される。設置機構の詳細は機体機構の部分に示す。このような設置機構にした理由は、物資が走行中落下しないこととゆっくり設置すること、設計上スペースに限りがあるので限り

なく単純な機構であることという要件があったからである。

・フラッグの設計の意義

フラッグには黒色と白色の2色のみを使用する。これは宇宙空間において日光の照度がかかり高く白飛びを対策しないといけなかったからである。また、フラッグには模様を描く。これは経路を誘導するかつ物資の設置場所を指定する上でフラッグ1つ1つを識別する必要があるからである。

また、ミッションのシーケンス図を図1に示す。

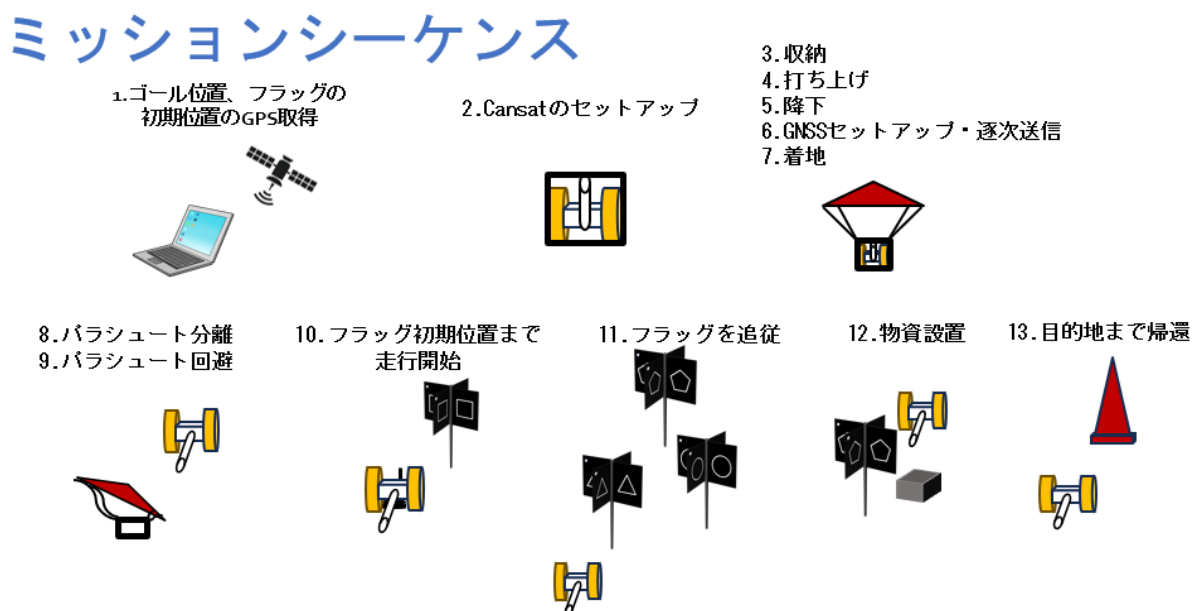


図1 ミッションシーケンス図

以下にミッションシーケンスの詳細を示す。

1. Cansatのローバーをロケットに積む前にゴールと1本目のフラッグの位置のGNSSデータを取得する。
2. 取得したデータなどをローバーにセットアップする。
3. 機体を分離機構に収納する。このとき、テグスで縛りパラシュートも折りたたんでキャリアに収納する。
4. ロケットにて上空へ打ち上げる。
5. 打ち上げ後、気圧センサの値を自律的に読み取り、値の変化が閾値を超えたとき放出判定を行う。放出したあとパラシュートが自動で開き、ゆっくりと降下する。
6. 降下中、GNSSのセットアップを自律的に行い地上のPCでデータが取得できるようにする。セットアップ完了後逐次データの送信をし、PCでデータが取得できる状態にする。
7. フィールド上に着地する。
8. パラシュートの分離を溶断回路を用いて行う。
9. 分離したパラシュートに対して色検知を行い、パラシュートを回避しながらフラッグを目指すようにする。
10. 1本目のフラッグまでGNSS誘導を用いて自律的に走行する。（ミッションにおいてGPSに頼らない経路誘導を掲げておりその点と矛盾するようだが、ミッションストーリーではローバーの出発地から目的地まで等間隔にフラッグが連なっているためフラッグの位置までGPS誘導を使用する必要がない。ただし、Cansatの都合上フィールドに多数のフラッグを設置することが不可能なため今回は1本目のフラッグまではGNSS

を用いて走行する。)

11. 1本目のフラッグ到達後、フラッグ検知を用いて経路の誘導を行う。
12. 指定のフラッグを検知した後、そのフラッグまで近づき停止する。そして、物資設置機構を動作させ物資を設置する。
13. GNSS誘導を用いてゴールに向かう。

以上のミッションアイテムおよびミッションシーケンスの定義より、ミッションの内容としてフラッグの設置場所とフィールド図を以下に示す。

[フラッグの設置場所]

フラッグは発射前にあらかじめフィールドに設置しておく。レギュレーションによって設置場所はゴール地点から500m以上離さなければならない。このことを踏まえて設置場所は、ローバーがどの場所に着地してもあまり遠回りをしない位置とする。具体的には、ロケットを発射する向きがゴールの方向を向いているので基本的にはゴールを超えて着地するという想定を基、ゴールより手前に着地した場合でもあまり遠回りをしない位置を考えた。ロケットがゴールを超えた場合、図2の右上の範囲に着地すると考えられる。また、ゴールを超えない場合は図2の左上から射点の位置周辺に着地すると考えられる。その結果、以下の図2のようにフラッグを設置する。ただし、着地点の予想としてもっとも可能性が低いと思われるが横風や向かい風などによって図の右下に着地する場合も考えられる。このことから、フラッグの位置と対角の位置に着地した場合においても対応できるようなバッテリーの容量にした。詳細は回路の使用電源で示す。

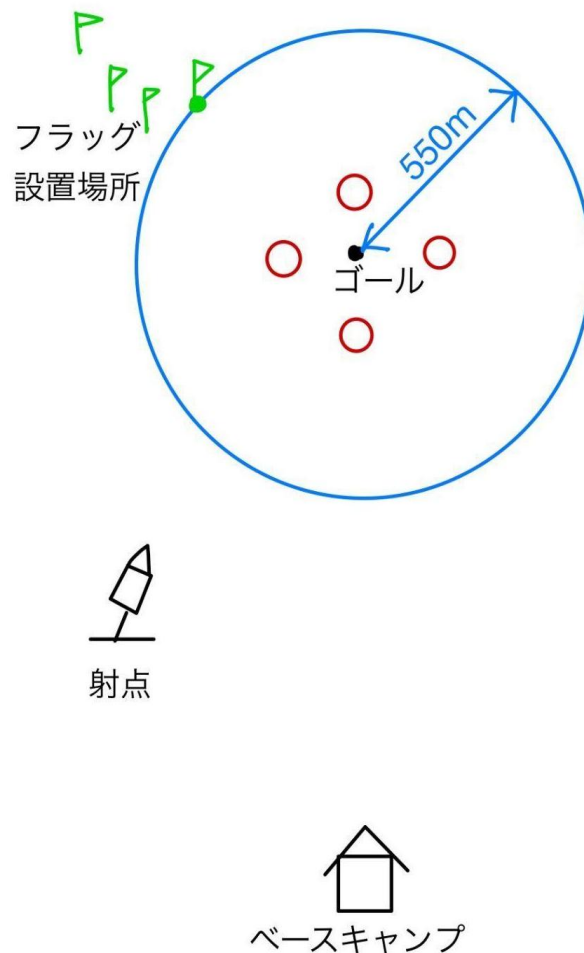


図2 フラッグの設置予定位置

[ミッションに関するフィールド図]

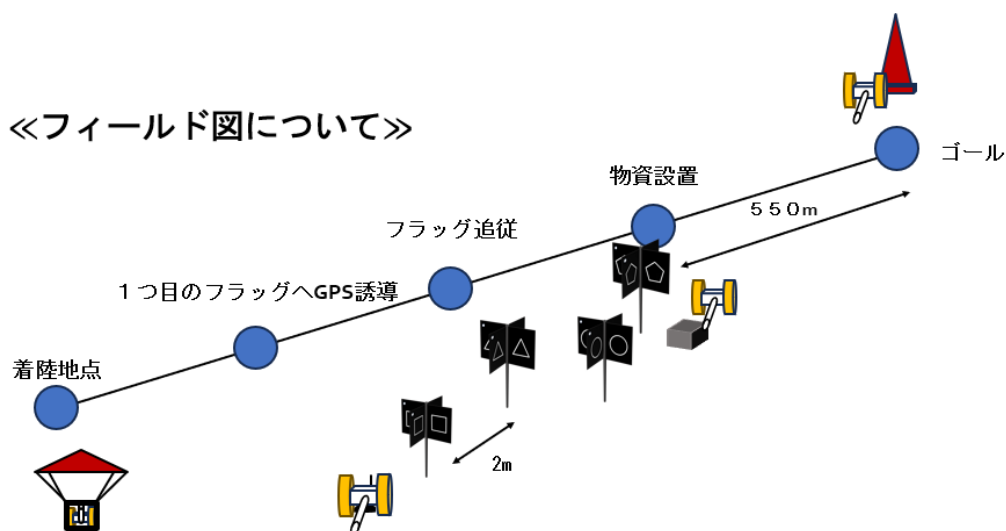


図3 フィールド図

図3のように、フラッグの間隔は2mとする。この2mの意味は月面で自動車のような移動手段が発達したとき、フラッグの間を通れるよう設定した。現在、地球で使われている小型自動車の幅は1.7m以下である。

第1.3節 サクセスクライテリア

ミニマムサクセス	ローバーが走行を開始できる。
ミドルサクセス_1	GPSを使って1個目のフラッグまで自律走行する。
ミドルサクセス_2	フラッグを検知し、フラッグに沿って2本目のフラッグまで走行する。
フルサクセス	フラッグの識別を行い、指定したフラッグの傍に物資を設置する。
エクストラサクセス	物資設置後、ゴールの位置に到達する。

第2章 システム要求

第2.1節 レギュレーションを満たすためのシステム要求

番号	レギュレーションを満たすためのシステム要求
R1	CanSatは規定のサイズと質量以内である必要がある。
R2	CanSatはロケットから放出後位置が特定できる必要がある。
R3	CanSatは規定の終端速度の範囲内で降下する必要がある。
R4	CanSatは打上げ時、パラシュート開傘時の衝撃を受けた後もその機能を維持する必要がある。
R5	CanSatはロケット搭載時に無線の電源をOFFにする必要がある。
R6	使用する全ての無線機はチャンネルを変更できるものである必要がある。
R7	CanSatはロケットに搭載後メンテナンスなしにミッションを維持する必要がある。
R8	CanSatはロケットに損傷を負わせる可能性のある機構や物質を搭載しない必要がある。
R9	CanSatは制御されることなく着地する必要がある。
R10	R1-9 の充足を確認した設計の CanSat によって、ロケットへの装填から打ち上げ後の回収までを模擬した End-to-end 試験を実施できており、今後、安全性に関わる大幅な変更点が内容にする必要がある。

第2.2節 ミッションを達成するためのシステム要求

番号	ミッションを達成するためのシステム要求
----	---------------------

M1	機体がキャリアから放出されたかどうかの判定を行えることを試験で確認できている
M2	放出時にパラシュートが展開することが試験で確認できている
M3	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が損なわれていないことが試験で確認できている
M4	機体が着陸したかどうかの判定を行えることを試験で確認できている
M5	着地後、パラシュートを回避し走行を開始することができる
M6	機体の走行性能・特性を確認できている
M7	キャリブレーションのための機体回転が可能であることを試験で確認できている
M8	機体をゴール地点まで誘導するシステムを搭載し、そのシステムが適切に動作できるか試験で確認できている
M9	環境の悪い地面における走行性能を試験で確認できている
M10	機体を1個目のフラッグまで誘導するシステムを搭載し、そのシステムが適切に動作できるか試験で確認できている
M11	1個目のフラッグを検知できている
M12	2個目からのフラッグに描かれている模様を輪郭検知しフラッグを識別できている
M13	識別したフラッグに対して順序通りに沿って走行できる
M14	フラッグを見失ったときローバーを回転させ最も近いフラッグへ戻ることができる
M15	物資設置予定の4番目のフラッグに着いたら停止することができる
M16	ローバーが停止した後物資を設置できる
M17	物資を所望の向きで設置することができる

M18	設置した物資に衝突することなくローバーがその場から離れることができる
M19	走行中ローバーのロスト対策を行うことができる
M20	ミッション達成に十分な電源量が確保出来ていることを試験で確認出来ている。
M21	ゴール地点付近に設置されたマーカを検知し、そこから0mゴールすることができることを試験で確認できている

第3章 システム試験項目の設定

第3.1節 レギュレーションを満たすためのシステム試験項目

番号	試験項目名	対応するシステム要求番号	実施日
RV1	質量試験	R1	6月23日
RV2	機体の収納・放出試験	R1, R8	6月26日
RV3	長距離通信試験	R2	6月30日
RV4	投下試験in土手	R3, R8, R9	6月27日
RV5	投下試験in講義棟	R3, R8, R9	7月19日
RV6	準静的荷重試験	R4	7月2日
RV7	分離衝撃試験	R4	7月22日
RV8	振動試験	R4	7月22日
RV9	開傘衝撃試験	R4	6月27日

RV10	無線機電源ON/OFF試験	R5	7月1日
RV11	通信周波数変更試験	R6	6月23日
RV12	初期設定試験	R7	7月14日
RV13	制御レポート試験	R10	7月11日－ 7月31日
RV14	End to End試験	R7, R10	7月11日－ 7月31日

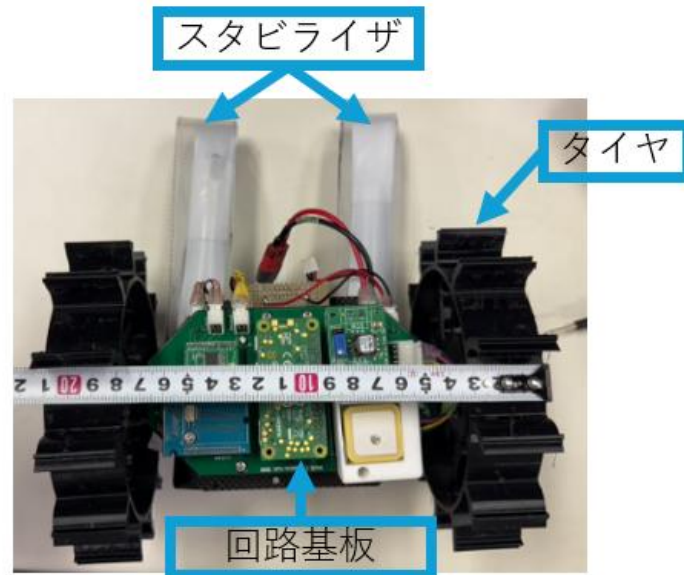
第3.2節 ミッションを達成するためのシステム試験項目

番号	試験項目名	対応する システム要求番号	実施日
MV1	放出判定試験in講義棟エスカレータ	M1	6月27日
MV2	放出判定試験in講義棟	M1	7月19日
MV3	投下試験in土手	M2, M4	6月27日
MV4	投下試験in講義棟	M2, M4	7月19日
MV5	溶断回路試験	M4	6月23日
MV6	着地衝撃試験	M3	6月26日
MV7	パラシュート回避試験	M5	7月7日－ 7月8日
MV8	走行性能試験	M6, M9	6月25日
MV9	機体回転試験	M7, M14	6月25日

MV10	GPS誘導試験	M8, M10	6月26日
MV11	フラッグ検知試験	M11, M12, M14	6月24日
MV12	フラッグ誘導試験	M13, M14, M15	6月30日－ 7月11日
MV13	物資設置試験	M16, M17, M18	7月9日－ 7月11日
MV14	長距離通信試験	M19	6月30日
MV15	電力試験	M20	7月4日
MV16	ゴール検知試験	M21	7月2日－ 7月3日

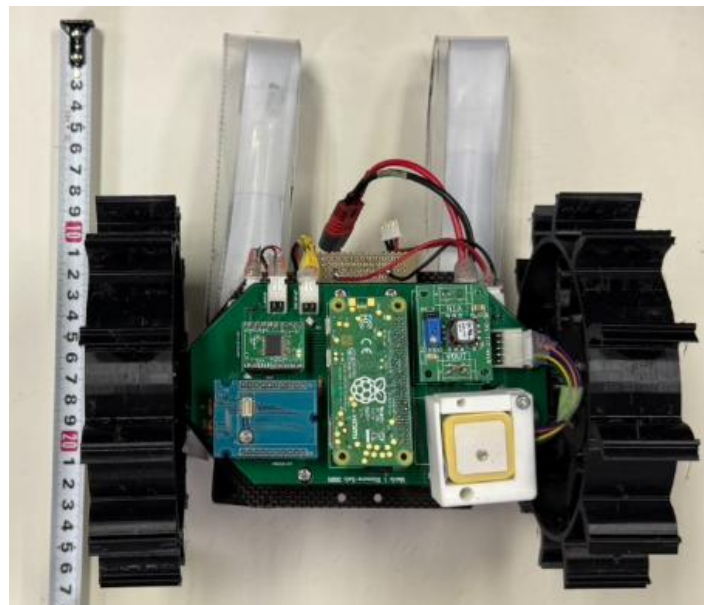
第4章 システム仕様

第4.1節 機体概観



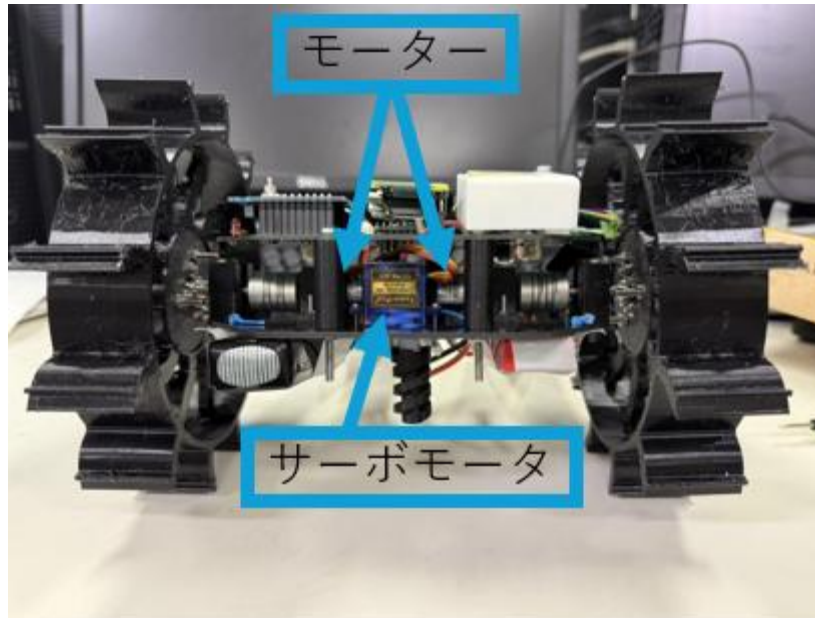
機体平面図-1

上図は、Cansatの上面から撮影した機体の全体像を示している。機体全体の幅がおおよそ210mm程度であることが分かる。



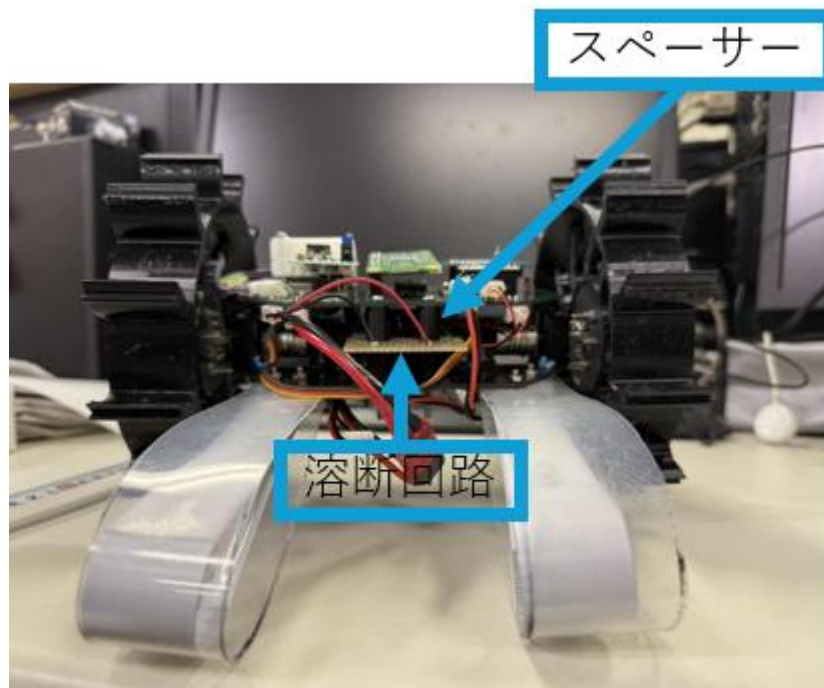
機体平面図-2

スタビライザの展開時を含む機体全体の幅がおおよそ270mm程度であることが分かる。



機体正面図

上図は、Cansatの機体を正面から撮影した全体像を示している。2枚の基板の間にはモーターを搭載しており、基板の中央部にはサーボモーターが設置されている。なお、サーボモーターは物資設置機構の一部として用いられており、その詳細については後述する。



機体背面図

上図は、Cansatの機体を背面から撮影した全体像を示している。スタビライザは、巻き尺を半分に折り曲げ、その外周をPPクラフトシートで被覆する構造となっている。



タイヤ寸法図

本Cansatではマイコンや無線、センサ類を搭載した回路基盤と、CFRP素材の構体基盤、TPU素材を用いて3Dプリンタで作成したタイヤ、ABS樹脂を用いて3Dプリンタで作成した各種のスペーサー、モーター、バッテリー、スタビライザで構成する。

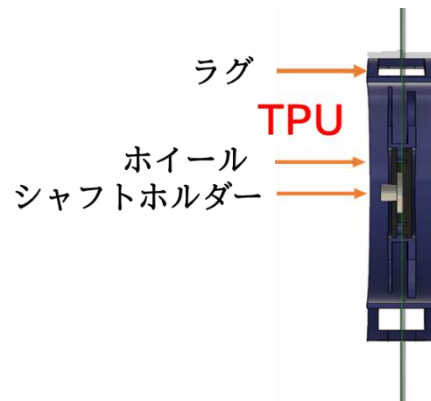
回路基板は機体の上部に配置されており、電子機器の中心として機能する。一方、構体基板は機体下部に設けられており、モーターやバッテリーといった駆動系の部品を支える土台となっている。回路基板と構体基板の間には、作製したスペーサーを挟み込むことで、両基板間の距離を確保しつつ、構造の安定性を高めている。構体基板にはモーターが取り付けられており、その駆動力がタイヤに伝わる構造となっている。バッテリーの取り付けについては、構体基板に設けた穴にポリエチレン製の糸を通し、それによって構体基板の下側にバッテリーを左右に1個ずつ吊り下げて固定している。

作成した機体の寸法を以下に示す。タイヤ直径に関しては、収納時と展開時でサイズが変化するため、展開時の寸法を括弧内に記載している。

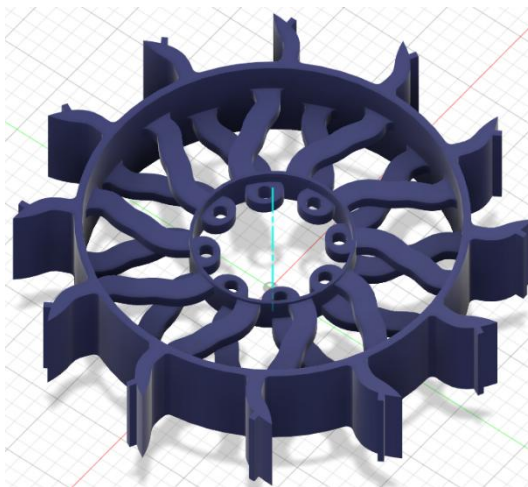
直径 [mm]	140(156)
高さ [mm]	210
質量 [g]	686

第4.2節 機体機構

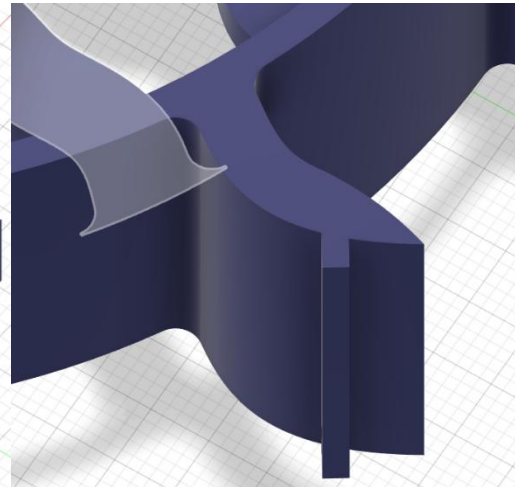
- ・タイヤ
タイヤの構造を示す。



タイヤCAD図-1



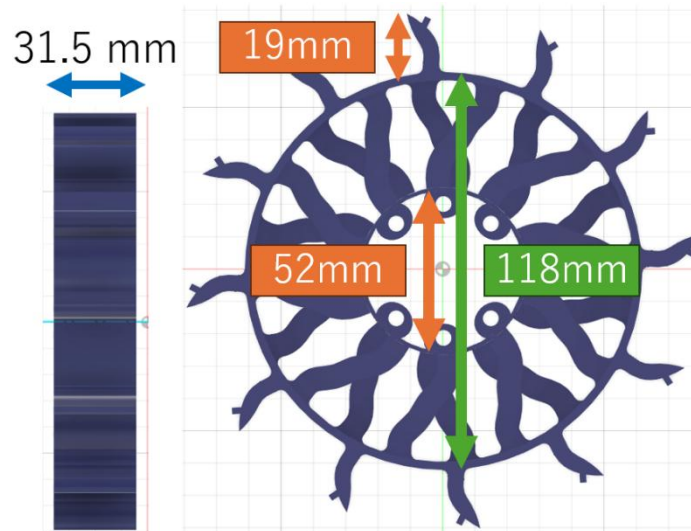
タイヤCAD図-2



ラグCAD図

シャフトホルダを左右のホイール同士で固定し、タイヤ本体部分とラグ部分は柔軟性のあるTPU素材で作成した構造となっている。素材をTPUにすることでラグ部分を圧縮できるように設計した。

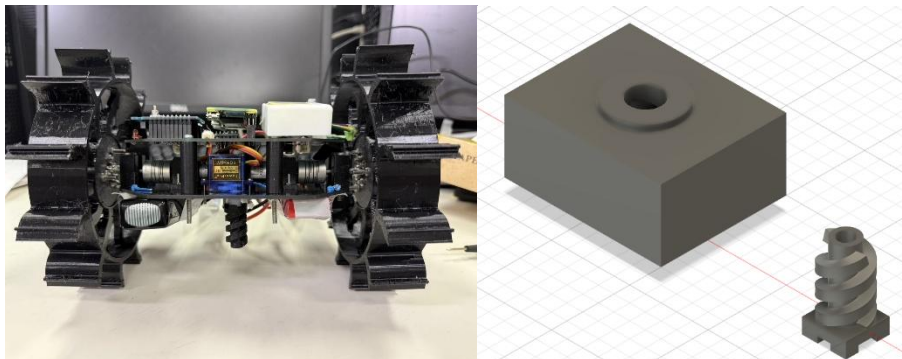
タイヤ寸法を示す。



タイヤ寸法

ラグを折りたたんだ状態のタイヤの直径は140mm（ラグを展開した外径156mm）、リム径118mm、ハブ穴径は52mm、タイヤ幅は31.5mmとなる。

・設置機構



物資設置の機構

ネジを物資に差し込み、あらかじめ固定しておく構造を用いた。小型のサーボモーターを用いてこのネジを回転させ、物資自体は回転しないように物資の両側を棒で支えてあげることで、ネジに対して相対的に物資が徐々に下方向へ移動し、最終的に落下する機構を設計した。

・パラシュート

落下時の終端速度を5m/sとして以下の計算をした。

質量 m 、重力加速度 g 、抵抗 D としたとき、空気抵抗を受けて落下する物資の式は以下のようになる。

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = mg - D$$

個々の抵抗 D は以下のようにあらわされる。

$$D = \frac{1}{2} C_D \rho v^2 S$$

C_D :空気抵抗、 ρ :密度、 v :速度、 S :落下物体の落下方向に対する断面積
よって、終端速度は

$$\frac{dv}{dt} = 0$$

であるとよいので、

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{C_D \rho S}}$$

終端速度を5m/sより、これを代入して断面積 S を求める。

表1 パラシュート寸法

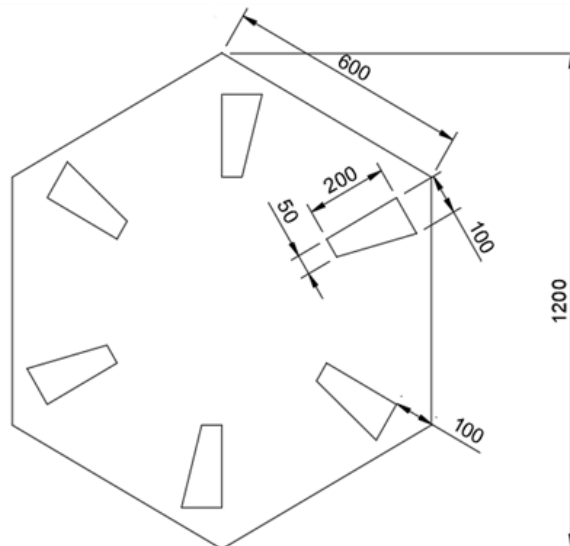
形	直径	スピルホール直径	ロープ長	ロッド長
六角錐	1200mm	300mm	1000mm	600mm

形状は①比較的大きな抵抗係数と小さな開傘衝撃係数を持ちながら、制作が比較的容易、②八角錐と比べてロープの数が少なく絡まりにくいという理由から六角錐を選定した。各形状と抵抗係数・開傘衝撃係数をまとめた表を以下に示す。

表2 形状による係数比較

形状	抵抗係数	開傘衝撃係数
円錐	0.79	1.8
半球	0.77	2.0
六角錐	0.87	1.8

以下にパラシュートの設計図を示す。



回転パラシュート寸法

パラシュートのキャノピー部には通気孔を設けており、この通気孔によって降下時にパラシュート全体が回転する構造となっている。回転運動によって生じる遠心力により、キャノピー

一が安定して広がることで、布面積に対してより高い空気抵抗係数 (Cd) を得られ、より効率的な減速と安定した降下姿勢の確保を目指した設計となっている。

・分離機構

分離機構の寸法図を以下に示す。

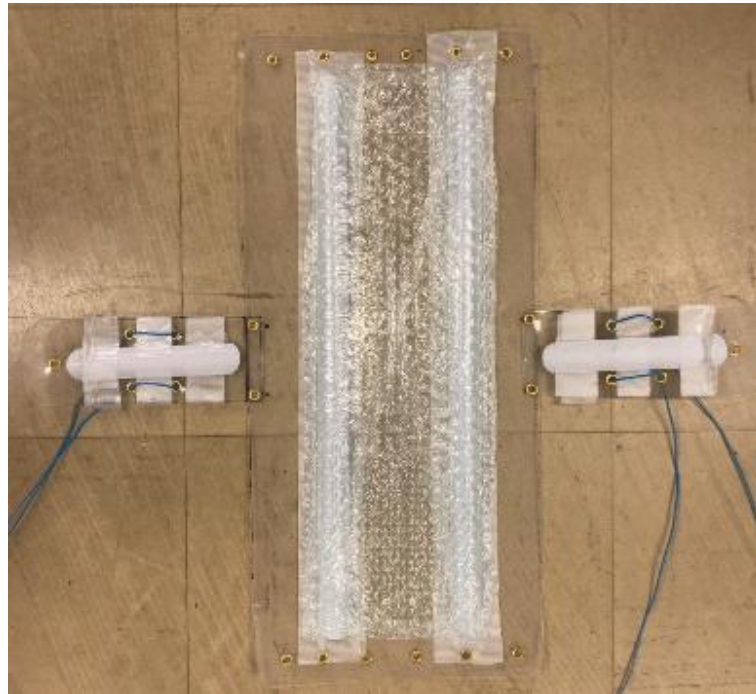
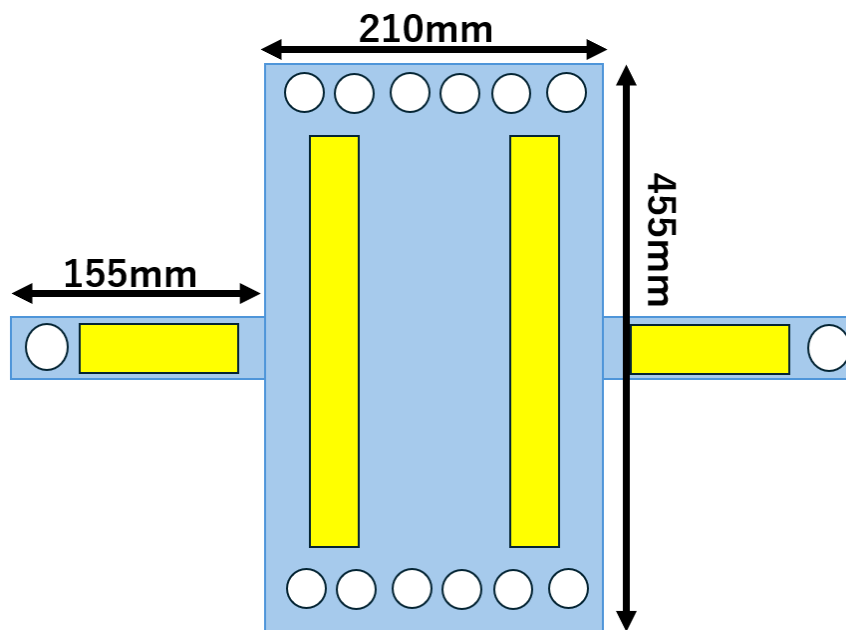


図 分離機構



分離機構寸法

青色の部分はPPクラフトシートで構成されており、黄色の部分には巻き尺（メジャー）を用いている。メジャーを取り付けている理由は、テグスが溶断された際にカバーが確実に展開されるようにするためである。カバーの展開を円滑に行うことで、物資の放出の信頼性を高めることが可能であると考えられる。

また、ローバーには物資を設置しているため、着地時に発生する衝撃を緩和する目的で、中央部には気泡緩衝材（エアキャップ）を追加している。これにより、機体や物資の損傷リスクを低減し、安全性を確保する設計としている。

第4.3節 搭載機器

4.3.1 搭載機器

搭載機器と使用用途は以下の表に示す。

表 搭載機器

搭載機器	型番	使用用途
マイクロコンピュータ	Raspberry Pi Zero 2 W	機体の制御・各モジュールの動作
GPS	L76K TUOPUONE	機体の座標の取得
無線機	IM920sL	位置情報の送信
環境センサ	AE-BME280	放出・着地判定
9軸センサ	AE-BNO055-BO	機体の進行角度の決定
カメラ	Raspberry Pi カメラモジュールV3	パラシュート回避・ゴール検知
モータードライバー	AE-TB6612-BO	モーター制御
DCDCコンバーター	AE-OKL-T/6-W12N-C	バッテリー電圧を降下
MOSFET	IRLML6344TRPBFTR	テグス溶断
バッテリー(回路)	Kypom K6 7.4V 850mAh	電力供給
バッテリー(モーター)	インパクトLi-Poバッテリー 2500mAh/7.4V 4C	電力供給
モーター(タイヤ用)	MG16B-060-AA-00	動力
サーボモーター	SG90-HV	物資の設置機構

4.3.2 システム図

以下の図はCansatのシステム図を示す。

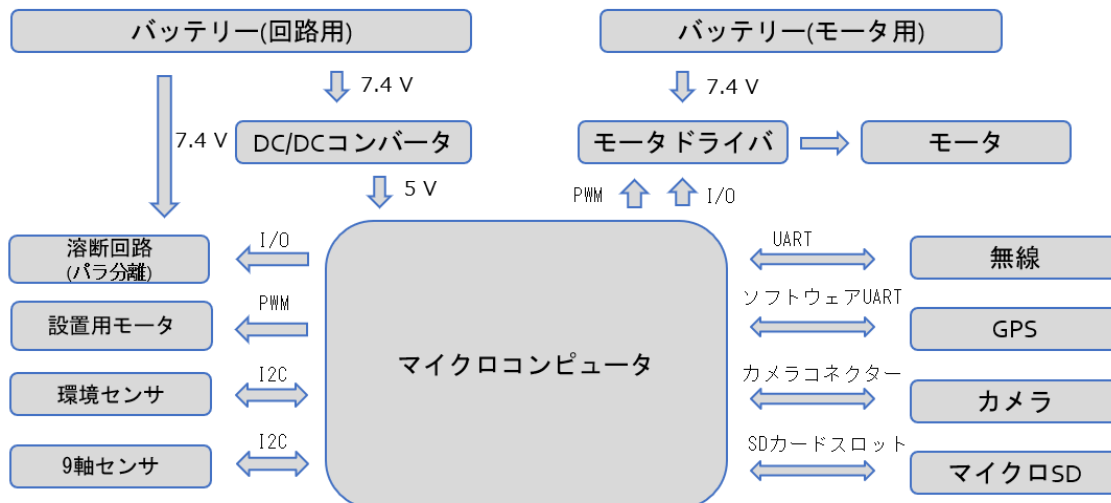


図 システム図

図に示すように回路用バッテリーとモーター用バッテリーを用いる。これは電力不足を防ぎ、マイコンへの入力電力が不安定になることを防ぐためである。バッテリーの出力電圧はどちらも7.4Vである。

バッテリーからDC/DCコンバータを通して7.4Vから5Vで降圧させ、マイコンに5Vの電圧を供給する。また、分離機構を展開するための溶断回路にもバッテリーから7.4Vが印加されており、マイコンのGPIOピンで制御を行う。環境・9軸・VOCセンサはI2Cでマイコンと通信を行い、無線モジュールはUART通信、GNSSモジュールはソフトウェアUART通信、カメラはラズパイカメラコネクタ、マイクロSDはマイクロコンピューターへ直接接続して利用する。これらのセンサの電源には、マイコンの3.3V出力電源を用いる。

モーターへはモータードライバを経由してバッテリーから直接7.4Vを印加する。モータードライバはマイコンを用いて制御し、モーターを駆動する仕組みとなっている。

・使用電源

今回使用する電源は、出力電圧 7.4V、容量 850mAh のリポバッテリーと、出力電圧 7.4V、容量 2500mAh のリポバッテリーを1台ずつ、計2台用いる。前者を回路用、後者をモーター用にすることで安定した電圧出力を実現することを目的としている。

マージンを 1.3 倍としたとき、回路に対する3時間の駆動に最低限必要な容量は 742mAh であることが算出できたため、今回使用するバッテリーの容量はこれを十分に満たしている。またモーターに対する3時間の駆動に最低限必要な容量は2342mAhであることが判明したため、今回使用するバッテリーの容量はこれを十分に満たしていると考えている。



図 Kypom K6 7.4V 850mAh 35C70C リポバッテリー



図 インパクトLi-Poバッテリー 2500mAh/7.4V 4C

・回路基板図

回路基板のスキマティック図、配線図、実際の組み立ての様子を以下の図で示す。

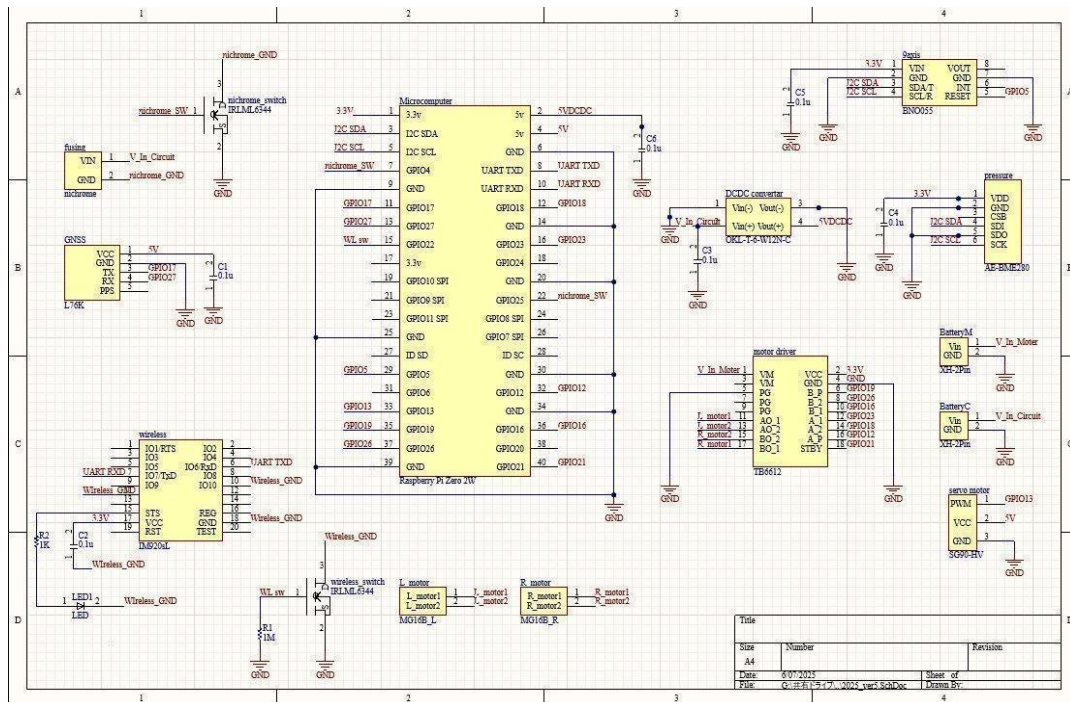


図 スキマティック図

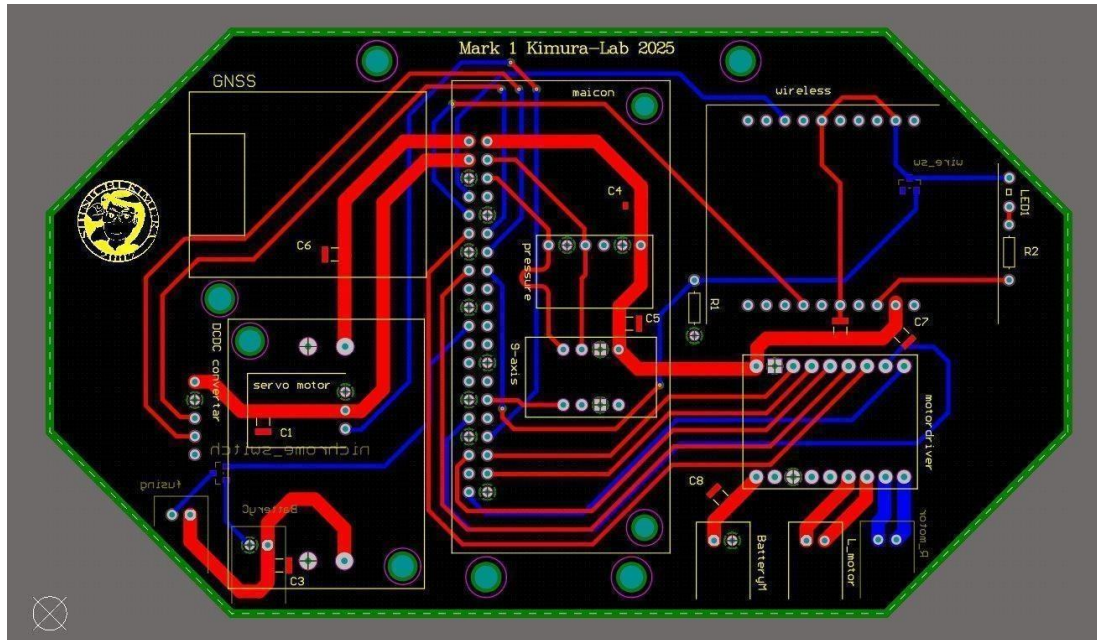


図 配線図

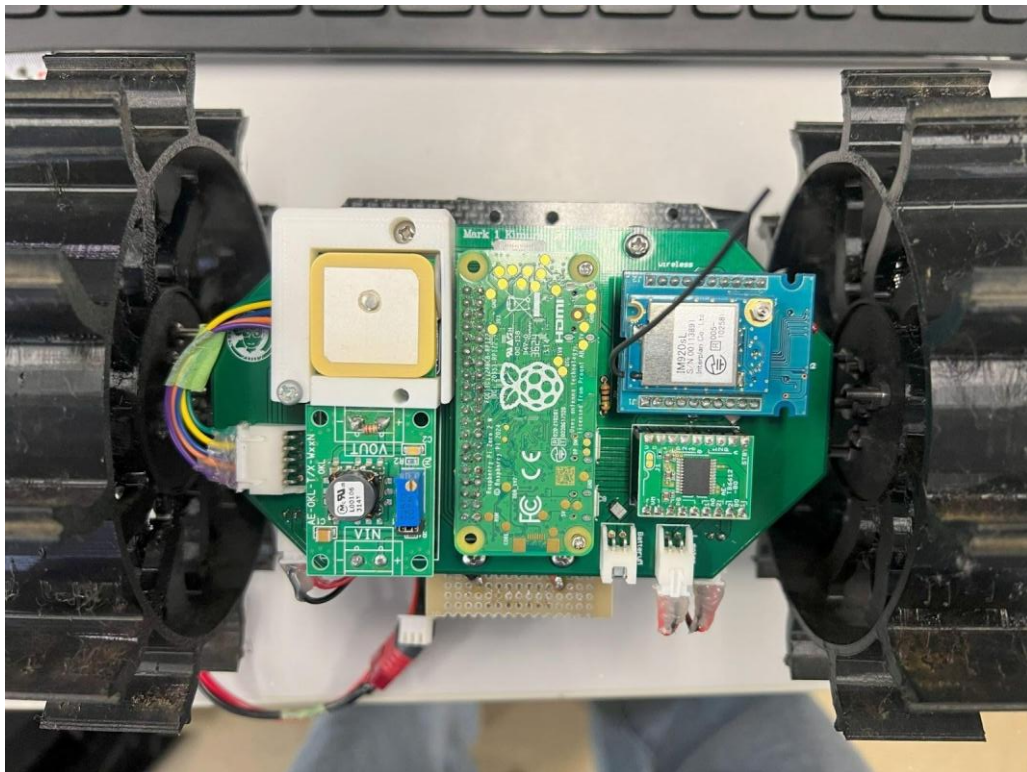


図 実際の配線の様子

第5章 システム試験

第5.1節 レギュレーションを満たすためのシステム試験

RV1 質量試験

目的

CanSatがキャリア格納時にレギュレーションを満たすことを確認する。

試験内容

CanSat とパラシュート・分離機構すべてを含めた質量をキャリアに収納した状態で質量計で計測をし、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。

試験結果

CanSat本体とパラシュートの合計質量は885[g]であった。CanSatを収納する前後の写真を図35、36に示す。



図35 CanSat収納前

図36 CanSat本体とパラシュートの合計質量

結論

CanSat はキャリア格納時にレギュレーションを満たす。また、165[g]はマージンである。

RV2 機体の収納・放出試験

目的

キャリア内に収納可能であるかどうか。また、キャリアから滑らかに放出できるかどうかを確認する。

試験内容

機体を分離機構に入れ、パラシュートをつける。それらをキャリアの中に入れ、キャリアに収まっているかどうかを確認する。

また、キャリアに収まった機体をキャリアごと約1.8mの高さに持ち上げ、キャリアの蓋を開ける。蓋を開けたとき、機体が自重でキャリアから放出できるかどうかを確認する。



図37 キャリア高さ



図38 キャリア横幅

試験結果

図37にキャリアの高さ、図38にCanSatを収納した状態での横幅を示す。
また、放出試験の結果を以下のURLにて示す。

<https://youtube.com/shorts/KkitcOPsWUU?si=n5JrovplsGUlfc6M>

収納放出試験

さらに、投下試験においても計3回自重でキャリアから放出できることが確認できた。

結論

機体全体をキャリア内に完全に収納できた。また、キャリアから滑らかに放出できることも確認できた。

RV3・MV14 長距離通信試験

目的

ロスト対策のため、CanSatとの無線通信距離が十分担保されているかどうかを確認する。

試験内容

実際に機体に搭載する通信モジュールIM920sLを用いて、遮蔽物の少ない江戸川沿いで通信距離を確認する。ローバーのGPS座標を2秒間隔で送信し、PCで受信したGPS座標ログにより通信距離を算出した。

試験結果

受信側の位置を固定させたうえで通信可能距離を示した画像を図40に示す。(図の右下の赤色の点が受信局で、通信が行えた地点に青ピンを打った)



図39 長距離通信試験

今回の試験で、最長通信距離は2.00kmであった。

結論

ブラックロック砂漠において、今回の試験を行った環境よりも無線通信への干渉は少なくなると考えられる。したがって、最長通信距離は伸びると考えられるため、ARLISSにおいて、ロスト対策に有効であることが示された。

RV4・MV3 投下試験in土手

目的

パラシュートの終端速度とキャリアを傷つけない機構であること、落下中に制御されていないことを確認する。

試験内容

高さ 8mの橋から、機体と同程度の重さのペットボトルを、作成したパラシュートを搭載し、落下させ、終端速度を求める。ペットボトル、パラシュートの合計の重さは 1000g とした。その後 CanSat を分離機構に収納し、落下させ、キャリアを傷つけない機構であること、落下中に制御されていないことを確認する。

試験結果

高さが低く、開傘してからすぐに着地してしまい終端速度を測定することが出来なかったため、試験を行わない。終端速度の測定は次のRV5・MV4 投下試験in講義棟で行う

結論

試験を実施しない

RV5・MV4 投下試験in講義棟

目的

キャリアへの収納から放出判定、着地判定、パラシュート回避までのシーケンスの確認と、パラシュートの性能評価や開傘衝撃によって機体が故障しないか確認する。

試験内容

試験は、機体と同様の質量のおもりと実機を用いてそれぞれ試験を行う。機体と同様の質量のおもりを用いた試験では以下の2点を決定するために行う。

- パラシュートの選定

様々な参考文献を熟読し、立体パラシュートと回転パラシュートの2種類立体パラシュートと平面回転パラシュート、立体回転パラシュートの3種類を作成した。この2種類3種類のパラシュートが実際どのような特性を持ち合わせているのか記録を取り、Cansatの競技を行う上でどちらが有効かを判断する。

- パラシュートの畳み方

2種類の畳み方を用意したため、どちらの畳み方がより開傘しやすいかを判断する。

用意した畳み方を以下に示す。

1. 山折りと谷折りを繰り返してじゃばらにする。



図40 パラシュート畳み方_1

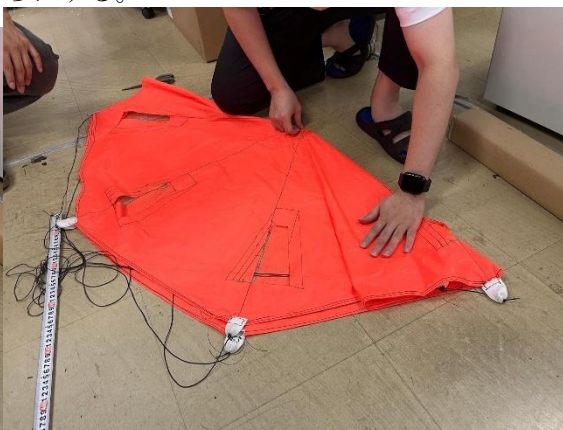


図41 パラシュート畳み方_2



図42 パラシュート畳み方_3



図43 パラシュート畳み方_4



図44 パラシュート畳み方_5

2. すべて谷折りにして1. と同様に折る。(じゃばら折りにしない)

また、試験条件は以下の表のように行う。

表4 投下試験の条件(パラシュート選定)

		落下中の様子	終端速度
立体回転	折り方1		
	折り方1		
	折り方2		
	折り方2		
平面回転	折り方1		
	折り方1		
	折り方2		
	折り方2		
立体	折り方1		
	折り方1		
	折り方2		
	折り方2		

実機を用いた試験の手順は以下の通りである。

キャリアに分離機構とパラシュート、機体を入れ蓋をし、7階の高さまで引き上げる。その後、遠隔操作でキャリアの蓋を開け、機体を投下する。

1. 機体とPCを接続する。
2. 無線通信、モータ、カメラ、I2Cの確認を行う。

3. テグスを溶断回路に結ぶ。
4. 3人が機体を分離機構に収納させ、さらにもう1人が同時にパラシュートを畳む。
5. キャリアに収納する。
6. 機体を落とすために張った落下機構にキャリアをつなげる。
7. 合図と同時に、キャリアの蓋を開け、投下する。
8. プログラムの終了時、またはPMの判断により実験を終了する。

試験結果

パラシュート選定における結果を表5に示す。

表5 投下試験の結果(パラシュート選定)

		落下中の様子	終端速度[m/s]
立体回転	折り方1	放出後すぐに開傘し、横揺れも少なかった	5.1
	折り方1	放出後すぐに開傘し、横揺れも少なかった	5.7
	折り方2	少し遅れて開傘し、横揺れは少なかった	5.5
	折り方2	少し遅れて開傘し、横揺れは少なかった	5.8
平面回転	折り方1	放出後すぐに開傘し、横揺れも少なかった	6.1
	折り方1	放出後すぐに開傘し、横揺れも少なかった	6.3
	折り方2	少し遅れて開傘し、横揺れは少なかった	6.7
	折り方2	少し遅れて開傘し、横揺れは少なかった	6.7
立体	折り方1	放出後すぐに開傘したが、横揺れは大きかった	5.5
	折り方1	放出後すぐに開傘したが、横揺れは大きかった	5.7
	折り方2	少し遅れて開傘し、横揺れも大きかった	6.1
	折り方2	少し遅れて開傘し、横揺れも大きかった	6.2

パラシュート選定の結果より、立体回転パラシュートを採用した。実機を用いて機体を初速度0 m/sで3回、落下させたときの結果を以下の動画で示す。

<https://youtu.be/4acs9Juwaq4>

また、終端速度の算出のために2階手すり(7.28m)から着地までの時間を測定した。これより算出した終端速度を以下の表に示す。

表6 基準高度からの落下時間より算出した終端速度

	7.28mからの着地時間[s]	終端速度[m/s]
1回目	1.42	5.13
2回目	1.36	5.35
3回目	1.39	5.23

上記の表より、終端速度の平均は5.24 m/sである。

結論

以上より、パラシュートは落下開始後直ちに開傘することができ、機体はキャリアを傷つけない機構でかつ落下中に制御されていないことが確認できた。

RV6 準静的荷重試験

目的

ロケット打ち上げ時の10Gの準静的荷重に耐えることができるかを証明する。

試験内容

レギュレーションに則したキャリアに機体を収納し、それを回転運動させることにより10G以上の負荷を加える。20秒以上の回転を加えることで10Gの準静的荷重に耐えられることを証明する。

また、回転の条件を以下のように計算し設定する。

機体を2.5mの長さのロープで結び、回転数60rpmで回転させることで、10Gの負荷を与える。なお、10Gに負荷の計算には次の式を用いた。

$$G = 1.119 \times r \times N^2 \times 10^{-3}$$

ただし、G:遠心加速度、r:回転半径[m]、N:回転数[rpm]とした。

使用する3つのセンサ(GPSセンサ、気圧センサ、9軸センサ)についてそれぞれデータが取得できているか確認する。

試験結果

取得したデータを以下に示す。

https://drive.google.com/drive/folders/1jAu-117-oUSmxR27rEgZHIYaqEv-X6oR?usp=drive_link

試験動画を以下に示す。

<https://youtu.be/J4lXulluncg>

結論

上記のデータ画像から、本試験において、環境センサ、9軸センサ、およびGPSの各素子のデータが正常に得られていることがわかる。したがって、機体が打ち上げ時の準静的荷重に耐えられることを確認できた。

RV7 分離衝撃試験

目的

ロケットから機体が放出される際の衝撃荷重40Gに耐えうる機体か否かを証明する。

試験内容

東京大学の中須賀・船瀬・五十里研究室に備わっている振動試験設備を用いて、キャリアに全機構を収納し、40Gの衝撃を与えたのち、機体及び各センサが正常に動作するか検証する。また、今回のCanSat機体はホットスタートなので、回路の電源をONにして試験を行う。

分離衝撃試験の流れを以下に示す。

1. マイクロコンピュータのタイマーをセットし、3分後に全機能が動作するように設定を行う。
2. 回路電源をONにしてキャリアに収納し、振動装置により振動させる。
3. 試験終了後キャリアから機体を取り出し、全機能が動作するまで待つ。
4. 無線の動作・分離機構の分離・タイヤの駆動を確認する。
5. SDカードを読み取り、センサがすべて動作していたのかを確認する。

試験結果

振動装置を用いて40Gの衝撃を加えた結果を以下の動画で示す。

<https://youtu.be/WxAqrPk-y8>

また、振動試験の装置にインプットした制御データを以下に示す。

分離衝撃試験

このフォルダのうち、時系列.xlsのファイルのGraph1タブのグラフより、目標データおよび応答01データが $40G(9.8m/s^2 \times 40 = 392m/s^2)$ を示していることから、機体に40Gの衝撃を加えたことが確認出来る。

また、分離衝撃試験前にねじおよびナットに印をあらかじめつけ、試験後に印からねじが緩んでいないかを確認した。その結果を図45～図47で示す。



図45 右タイヤの印

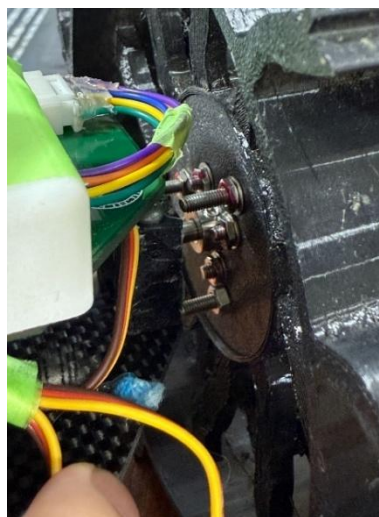


図46 左タイヤの印

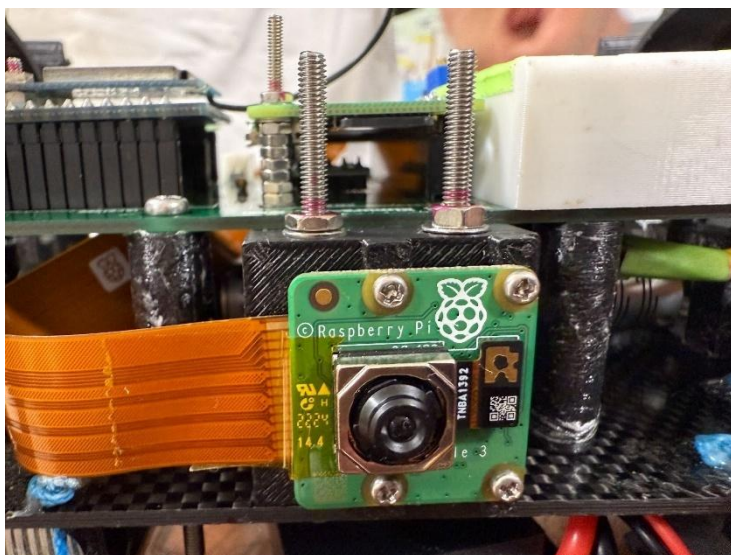


図47 カメラモジュールの印

結論

上記の結果動画および振動装置の制御データから、40Gの衝撃に機体が耐えられることが確認できた。

また、試験後にナットが印から移動していないことから、衝撃によるねじ・ナットの緩みは発生していないことが確認できた。

RV8 振動試験

目的

ロケットを打ち上げる際にかかる想定される30Hzから2000Hzの15Gランダム振動に耐えうる機体か否かを確認する。

試験内容

東京大学の中須賀・船瀬・五十里研究室に備わっている振動試験設備を用いて、キャリアに全機構を収納し、ロケットを打ち上げる際にかかる想定される30Hzから2000Hzの15Gランダム振動を30秒間(ロケット打ち上げから機体が放出されるまでの所要時間を概算)加える。その後、機体に搭載されている各パーツ・素子が正常に動作するか確認する。また、今回のCanSat機体はホットスタートなので、回路の電源をONにして試験を行う。

振動試験の流れを以下に示す。

1. マイクロコンピュータのタイマーをセットし、3分後に全機能が動作するように設定を行う。
2. 回路電源をONにしてキャリアに収納し、振動装置により振動させる。
3. 試験終了後キャリアから機体を取り出し、全機能が動作するまで待つ。
4. 無線の動作・分離機構の分離・タイヤの駆動を確認する。
5. SDカードを読み取り、センサがすべて動作していたのかを確認する。

試験結果

振動装置を用いてランダム振動を加えた結果を以下の動画で示す。

<https://youtu.be/WxAqrPk-y8>

また、振動試験の装置にインプットした制御データを以下に示す。

振動試験

このフォルダのうち、伝達関数.xlsのファイルのTestDateタブより、周波数が30Hzから2000Hzの振動を機体に加えたことが確認できる。

また、振動試験前にねじおよびナットに印をあらかじめつけ、試験後に印からねじが緩んでいないかを確認した。その結果を図48～図50で示す。

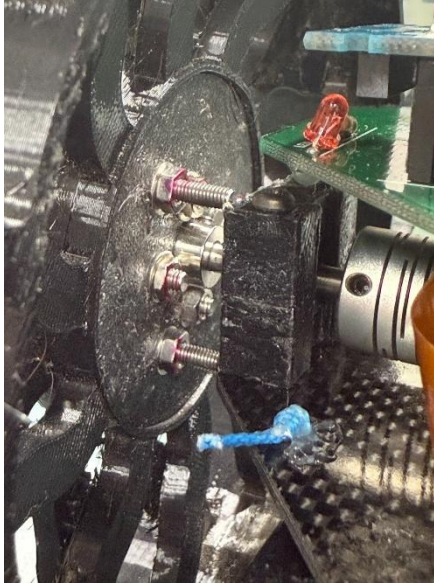


図48 右タイヤの印

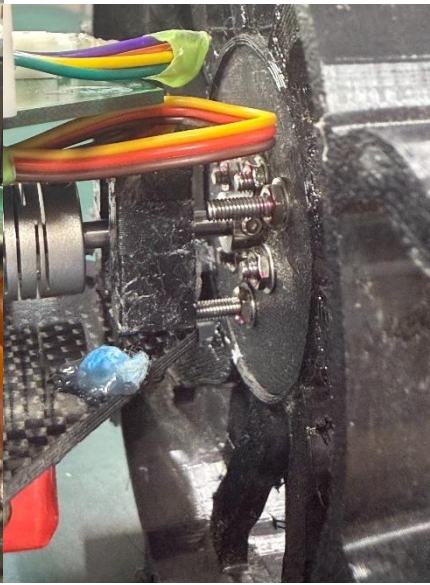


図49 左タイヤの印



図50 カメラモジュールの印

結論

上記の結果動画および振動装置の制御データから、30Hzから2000Hzのランダム振動に機体が耐えられることが確認できた。

また、試験後にナットが印から移動していないことから、振動によるねじ・ナットの緩みは発生していないことが確認できた。

RV9 開傘衝撃試験

目的

パラシュートの開傘の衝撃にパラシュート機構が耐えられるかを確認する。

試験内容

高さ8mの橋から機体を作成した分離機構とパラシュートに搭載し、落下させる。機体、分離機構、パラシュートの合計の重さは885gとした。

また、機体及びパラシュートは初速0m/sの自由落下と鉛直投げ下げの2通りで橋から落下させる。鉛直投げ下げを行うことで、ある程度の初速が付いた状態から開傘を行うこととなる。

試験結果

機体を初速度0m/sで落下させたときの結果を以下の動画で示す。
<https://youtu.be/3CbUwRf1tso>

また、投下試験後の分離機構、紐およびパラシュートの様子を図51から図54に示す。



図51 全体図

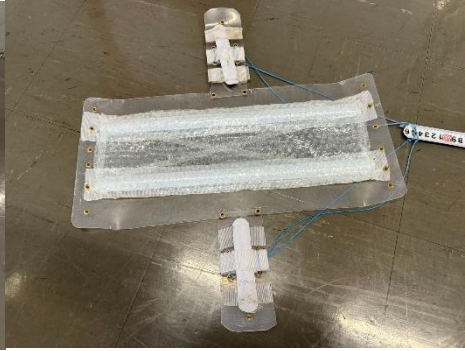


図52 分離機構の様子



図53 紐の様子



図54 パラシュートの様子

さらに、初速度を下向きに加えたときの結果を以下に示す。
<https://youtu.be/4jLriXtsVYQ>

結論

以上より、パラシュートの開傘の衝撃にパラシュート機構が耐えられることが分かった。

RV10 無線機電源ON/OFF試験

目的

CanSatがロケットにある間は無線機をOFFにしないとならない。そのため、CanSatがロケットから放出されたとき、無線機がONにすることができるのかを確認する。

試験内容

マイクロコンピュータによって無線機と接続されたGPIOピンをLowからHighに変更させ、通電させることで無線機がOFFからONになっていることを確認する。

試験結果

結果を以下に示す。

<https://youtu.be/f2y9sCvqLhk>

結論

結果より、無線機をOFFからONにできることが分かった。

RV11 無線周波数変更試験

目的

使用する無線機のチャンネルが他チームと競合した場合に、その場で周波数の変更ができるかどうかを確認する。

試験内容

無線周波数変更試験の流れを以下に示す。

1. CanSat側から「1111」という文字列を送信し、地上局・CanSatで無線機の周波数が一致していることを確認する。
2. CanSatの周波数と地上局のチャンネルを変更する。
3. CanSat側から「1212」という文字列を送信し、地上局で受信できているのかを確認する。

まず、親機から子機に周波数帯18で送信する。受信が確認出来たら親機と子機の周波数帯を01に変更する。その後、もう一度親機から情報を送信し、子機側で受信できたかを確認する。

試験結果

以下に試験動画を示す。

<https://youtu.be/lyhP7WqNjG8>

結論

周波数変更を行えることが分かった。

RV12 初期設定試験

目的

フラッグの位置及びゴール位置のGPS情報を取得できることを確認する。

試験内容

初期設定試験の手順を以下に示す。

1. 東京理科大学内にあるグラウンドにフラッグと赤色ボールをそれぞれ4つずつ配置する。
2. 1本目のフラッグの位置と赤色ボールで囲われた中心点の位置の緯度経度をスマートフォンのGPS機能を用いて取得する。
3. PCを使用し、取得した緯度経度をそれぞれマイクロコンピュータのSDカードに保存する。

試験結果

結果を以下に示す。

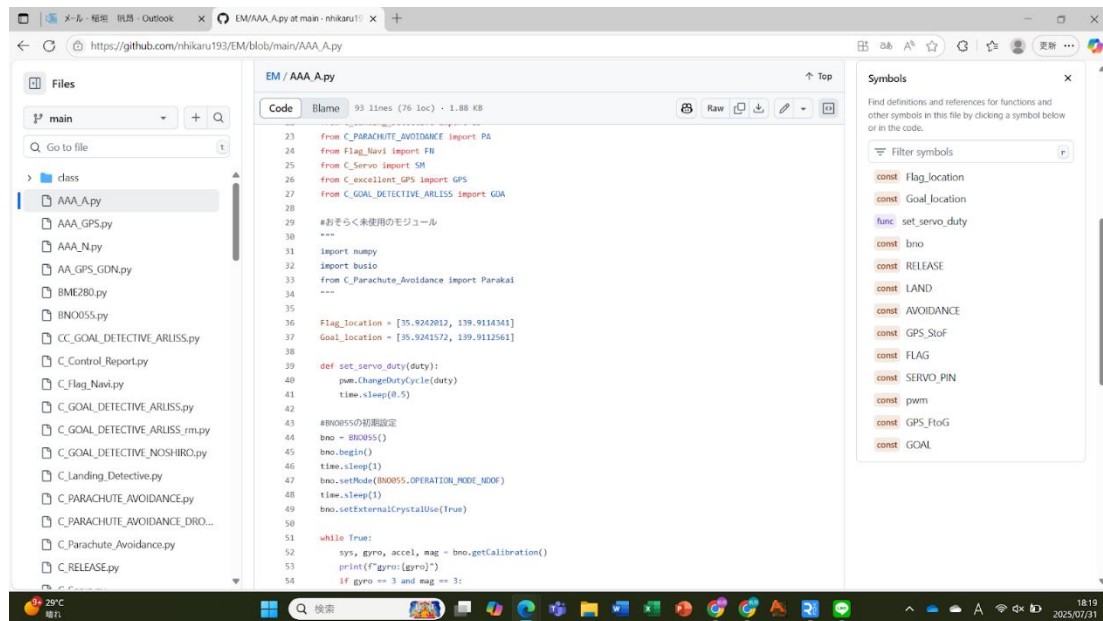


図55 GPS座標のプログラム

結論

結果より、フラッグの位置及びゴール位置のGPS情報を取得できることを確認することが出来た。

RV13 制御レポート試験

目的

CanSatが保存したデータから、2種類のコントロールレコードを提出することが可能であることを確認する。

試験内容

RV14 End to End試験と並行して行う。得られたデータログから制御レポートを作成する。

試験結果

End-to-End試験の結果の制御レポートを以下に示す。

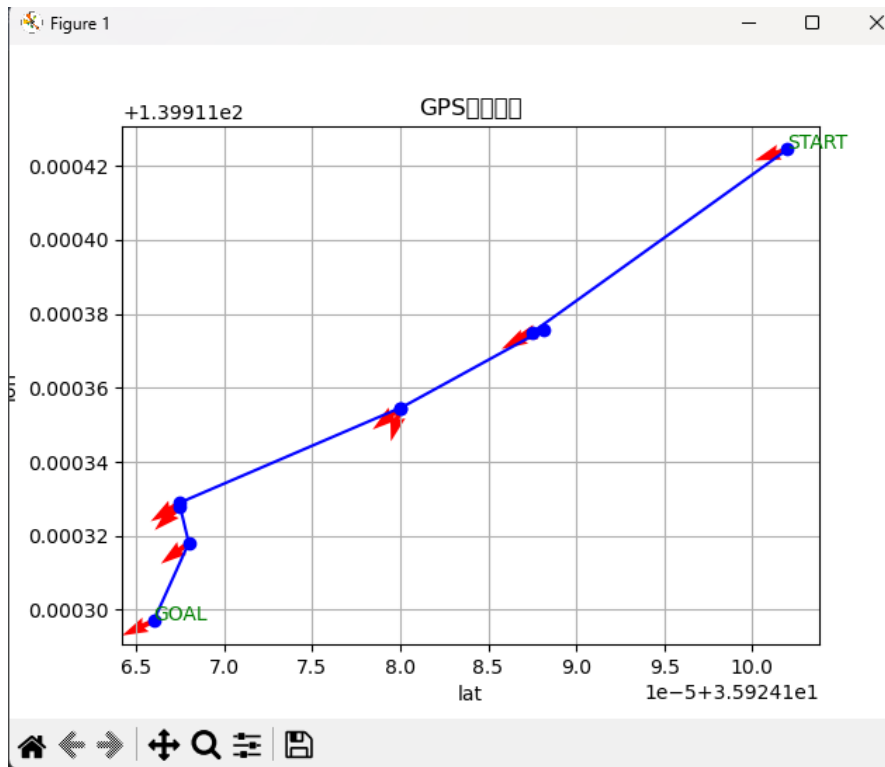


図56 GPSログ

制御レポート試験

結論

結果より、2種類のコントロールレコードを提出することが可能であることが分かった。

RV14 End to End試験

目的

本番を想定した手順でCanSatを動作させ、各シーケンスを自律的に行えることを確認する。

試験内容

ロケット分離、放出判定、着地、着地判定、分離、パラシュート回避、走行、ミッション、ゴール誘導までを実行し、本番の動作に問題がないことを確認する。

なお、放出判定のタイムアウトは試験の都合上30秒とした。

試験結果

結果を以下に示す。

https://youtu.be/vKSybcfc_aA

結論

結果より、放出からゴール判定まで適切に動作し、自律的に行えることが確認できた。ゴールまでの精度は今後の試験で上げていく予定である。

第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験

MV1 放出判定試験in講義棟エスカレータ

目的

環境センサ、9軸センサによって放出が判定できることを確認する。

試験内容

以下の手順で試験を行う。

1. 東京理科大学野田キャンパス内にある7階建ての講義棟のエスカレーターで降下する。
2. 気圧センサを用いて、0.2秒間隔で気圧を測定する。
3. 気圧の変化が0.3hpa以上かつ加速度が 4m/s^2 以上の時に放出判定を行う。

試験結果

- 環境センサ、9軸センサの試験結果を以下に示す。

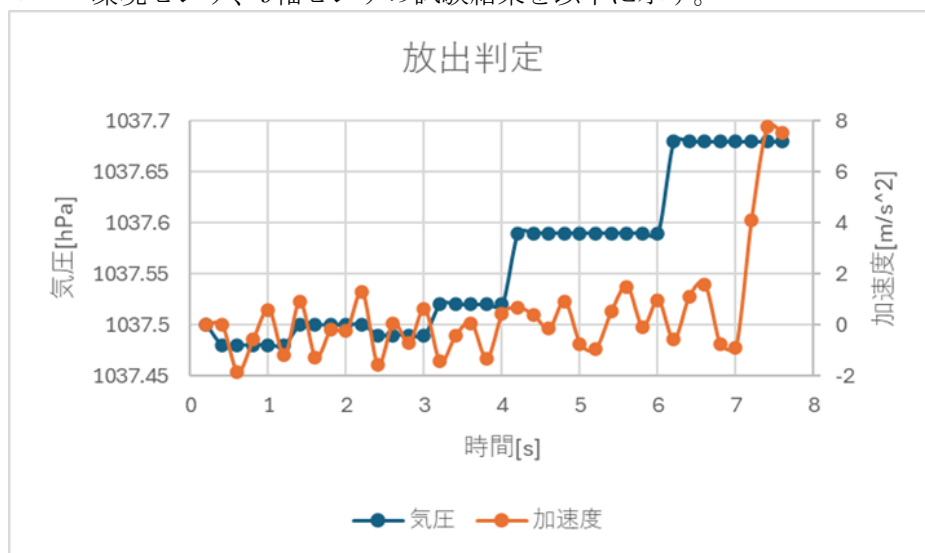


図57 気圧・加速度センサのログ

結論

環境センサと9軸センサが正常に作動し、アルゴリズムが正しいことが確認できた。

MV2 放出判定試験in講義棟

目的

CanSatが実際にキャリアから放出されたとき放出を判定できることを確認する。

試験内容

RV5・MV4 投下試験in講義棟と同時に行う。試験手順は投下試験in講義棟の実機を用いた試験の手順と同様である。

試験結果

機体を初速度 0m/s で3回、落下させたときの結果を以下の動画で示す。(投下試験in講義棟の試験と並行して行ったため、動画のサムネイルは「投下試験」となっている)

<https://youtu.be/4acs9Juwaq4>

結論

結果より、投下後放出判定を行い、分離機構の溶断へシーケンスが移行していることが分かった。

MV3 投下試験in土手

この試験はRV4投下試験in土手と同じである。レギュレーションを満たすためのシステム要求とミッションを達成するためのシステム要求それぞれに対してこの試験は必要であったためRVとMVの試験番号をそれぞれ設けた。

そのため、「目的」、「試験内容」、「試験結果」、「結論」はそれぞれRV4投下試験in土手と同様である。

MV4 投下試験in講義棟

この試験はRV5投下試験in講義棟と同じである。レギュレーションを満たすためのシステム要求とミッションを達成するためのシステム要求それぞれに対してこの試験は必要であったためRVとMVの試験番号をそれぞれ設けた。

そのため、「目的」、「試験内容」、「試験結果」、「結論」はそれぞれRV5投下試験in講義棟と同様である。

MV5 溶断回路試験

目的

溶断回路が正常に動作し、テグスを切断できることを確認する。また、このとき溶断回路の熱が他の素子や配線に影響を及ぼさないことも確認する。

試験内容

試験の手順を以下に示す。

1. 機体を分離機構に入れ、テグスを溶断回路と接続したうえで分離機構をテグスで閉じる。
2. 溶断回路の動作を開始させ、テグスを溶断させる。この際、溶断できたかどうかは分離機構が開くかどうかで判断する。
3. 機体を前進、回転させモーターに異常がないことを確認する。この際、その他センサのデータ取得も行い、溶断回路が他の素子・配線に影響を及ぼさないことを確認する。

試験結果

結果を以下に示す。

https://youtu.be/sY_QByTwoAc

結論

結果より、溶断回路が正常に動作しローバーと分離機構を分離することができた。

MV6 着地衝撃試験

目的

CanSatが着地したとき、正常に動作することができることを確認する。

試験内容

レギュレーションにより、終端速度を5m/s以上になければならない。このことを考慮し、マージンとして5.5m/sの速度で着地すると考える。このとき、以下の式より約1.5mの高さから自由落下をさせたとき、落下速度が約5.5m/sとなる。よって、約1.5mの高さから自由落下をさせ、CanSatのセンサが動作するかを確認する。

$$v^2 = -2gy$$

$v=5.5$ 、 $g=9.8$ として計算した。

試験結果

以下に試験動画を示す。

着地衝撃試験

結論

結果より、約1.5メートルの高さから自由落下させて終端速度と同様の速度で地面に着地させても、機体は正常に動作することが分かった。

MV7 パラシュート回避試験

目的

着地後パラシュートに絡まることなく、GPS誘導による走行に移行できることを確認する。

試験内容

ローバーの周囲にパラシュートを配置し、パラシュートの方向に進まないことを確認する。パラシュートの位置は以下の3つの条件に対して行った。

1. ローバーの前方にパラシュートがあり、そのまま前進するとパラシュートに絡まってしまう場合。
2. ローバーの斜め前のカメラに写らない位置にパラシュートがあり、そのまま前進してしまうとパラシュートに絡まってしまう場合。
3. ローバーの前方にパラシュートがなく、そのまま前進してもパラシュートに絡まらない場合。

試験結果

以下に試験動画を示す。

<https://youtu.be/cUzF2sWbzoE>

結論

機体とパラシュートの位置関係を3通り試したが、いずれにおいてもパラシュートに当たることなく、回避して走行することができると分かった。

MV8 走行性能試験

目的

スタックした場合にPWMのデューティ比を変化させることで、スタック回避を行い、走行に復帰できることを確認する。また、ローバーが大きな凹凸に対して走破性が高いことを確認する。

試験内容

ローバーの走行を妨げる轍や草木を検出し事前に回避することはプログラム上困難である。そのため、轍や草木にスタックしないようなローバーである必要がある。

具体的には、轍通過を想定して通像走行時の40%のPWMのデューティ比で、ローバーを轍に見立てた段差に走らせ、通過できるかを確認する。

段差の高さは、日本の保安基準で規定されている自動車の最低地上高の9cmを参考に、12.3cmとした。また、どの高さの段差まで乗り越えられるかも検証する。



図58 段差の高さ

試験結果

試験を3回繰り返した動画のURLを以下に示す。

<https://youtu.be/cWcBtqWk2wA>

結論

大きな凹凸のある地面に対しても走破性が高いことが確認できた。

MV9 機体回転試験

目的

キャリブレーションの際にCanSatが回転できるかどうかを確認する。

試験内容

CanSatを回転させて、挙動を確認する。

試験結果

結果を以下に示す。

<https://youtu.be/73NmAQuiyWk>

結論

CanSatがその場で、回転できることが確認できた。

MV10 GPS誘導試験

目的

GPSを用いて、ゴール対象の座標まで誘導できることを確認する。

試験内容

以下に試験の手順を示す。

1. ゴールに仮定したGPS情報を設定する。
2. 50m離れた位置にCanSatを置き、ゴールに向かって走行を行う。
3. ゴールに到達した時に、GPS誘導が終了することを確認する。

また、1本目のフラッグに対しても同様の手順で確認を行う。

試験結果

結果を以下に示す。

<https://youtu.be/3WqEtpFZvhc>

結論

結果より、GPS誘導を使用することで赤色コーンに接近することができることが分かった。

MV11 フラッグ検知試験

目的

CanSatに備え付けているカメラを用いてフラッグを検知し、フラッグに記されている図形を輪郭検知を用いて判別することができるかを確認する。

試験内容

フラッグから2m離れた位置にローバーを置き、撮影を行う。その後、PCでフラッグを検知しているかどうかを確認する。PC上で図形の輪郭を検知できていたら試験修了とする。

試験結果

以下に試験動画のURLを示す。

<https://youtu.be/onORuH1R3Zs>

また、輪郭を検知した際の判定画像を以下に示す。

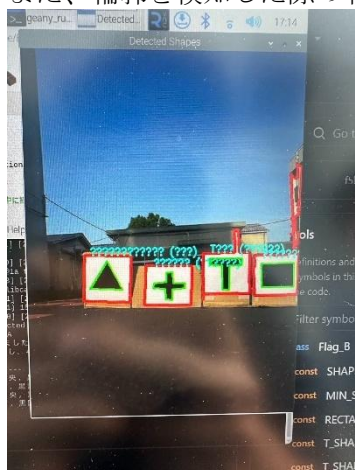


図59 輪郭検知の様子

結論

結果より、フラッグから2m離れた位置から図形の輪郭検知は行え、ローバーを誘導するシーケンスへ移行することが出来た。

MV12 フラッグ誘導試験

目的

フラッグの検知結果から、次のフラッグへ走行することができるかを確認する。また、フラッグを見失った際に機体を右往左往移動させフラッグ位置まで復帰できるかどうかを確認する。

試験内容

4つのフラッグを2m間隔で設置し、ローバーを1本目のフラッグの2m手前に設置する。その後、フラッグ検知およびフラッグ誘導を開始し、4本目2本目のフラッグまで適切な順番で移動することを確認する。

また、フラッグに沿って移動できず、フラッグが検知できなくなった場合、機体を回転させ移動し、右往左往するかどうかを確認する。

試験結果

以下に試験動画のURLを示す。
<https://youtu.be/on0RuH1R3Zs>

結論

1つ目のフラッグに接近後、2つ目のフラッグを検知して2つ目のフラッグへ向かうことができた。

ただし、4本目のフラッグへ向かうことは出来ていないため、今後も試験を続ける。

MV13 物資設置試験

目的

サーボモータを回し物資が適切に設置できるかどうかを確認する。また、物資の設置方向や物資設置後にローバーが移動しても物資に干渉しないことも確認する。

試験内容

サーボモータを回転させ、スムーズに物資が落ちるかどうかを確認する。物資を設置できた場合、物資の向きを確認する。

また、物資を設置できた場合、ローバーを前進させスタビライザーやタイヤと物資が接触しないことを確認する。

試験結果

結果を以下に示す。

<https://youtu.be/ryJGtjki2uo>

結論

サーボモータを回転させることで物資を設置することができることが分かった。

MV15 長距離通信試験

この試験はRV3長距離通信試験と同じである。レギュレーションを満たすためのシステム要求とミッションを達成するためのシステム要求それぞれに対してこの試験は必要であったためRVとMVの試験番号をそれぞれ設けた。

そのため、「目的」、「試験内容」、「試験結果」、「結論」はそれぞれRV3長距離通信試験と同様である。

MV16 電力試験

目的

ローバーが0mゴールを達成するために必要な電力量を十分持ち合わせていることを確認する。

試験内容

フル充電のバッテリーを用いて、モーターを通常走行時のPWMのデューティ比で動作させる。以下のシーケンスによって実際の走行状態に近い試験を行う。ただし、通常走行時のPWMのデューティ比は、ゴールから最大5kmの距離にローバーが着地した場合にすべてのシーケンスを2時間で完遂できる速度で走らせるために必要なPWMのデューティ比である。

1. 通常走行時のPWMのデューティ比でモーターを動作
2. 10秒間モーターを停止
3. 通常走行時に行うキャリブレーションと同じ条件でモーターを動作
4. 3秒間モーターを停止

回路用バッテリー、モータ用バッテリーそれぞれを満充電にし、実際の走行状態に近い以下のシーケンスを繰り返し行い、バッテリーの電圧低下を試験する。

走行のシチュエーションとして、走行中の多くの時間を費やすであろうGPS誘導を想定し、以下のような走行パターンとする。

- ①デューティ比90になるまで加速をする。
 - ②デューティ比90の状態を30秒間維持する。
 - ③デューティ比0になるまで減速する。
 - ④5秒間停止する。(GPS取得を想定)
 - ⑤右回頭を5秒間、左回頭を5秒間行う。
 - ⑤3秒間の停止を行う。
- 上記①から⑤を繰り返す。

ローバーの通常走行時の速度は3.3km/hである。このとき、5kmの距離を走行するのにかかる時間は約1時間31分である。

試験結果

以下に試験動画のURLを示す。

<https://youtu.be/UbcpNKxS8zA>

動画上では、5分22秒～10分12秒は15倍速で再生している。

試験前電圧

回路用:8.38 V, モータ用:8.36 V

試験後電圧

回路用:7.66 V モータ用:7.93 V

結論

以上の試験を通じて、走行に必要なバッテリー容量が十分に確保されていることを確認した。

MV16 ゴール検知試験

目的

カメラを用いて、赤色のボールを検知し、画像誘導出来ることを確認する。

試験内容

ゴールボールをレギュレーション通り以下の図41のように設置させ、一番近いボールから1m離れた位置にローバーを配置する。そこからGPS誘導を行いボールをカメラで検知することで、画像誘導に切り替え0mゴールができるかどうかを確認する。

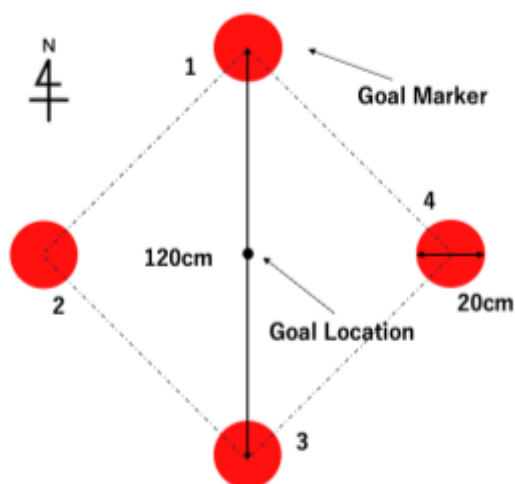


図60 新ゴールの配置図

試験結果

結果を以下に示す。

https://youtu.be/2r_4t3tv4p0

結論

結果より、ゴールの検知を行いゴール判定できることが分かった。

第6章 工程管理

以下にガントチャートを示す。大会当日までの日程を2つに分け、ガントチャート1~2を作成した。

どちらのガントチャートも全体、PM、構体、回路、C&DHと5つのグループに分け、ミッションに対してやるべきことをまとめた。また、ガントチャート-2では5つのグループに加え、BBM試験とEM試験の項目も加えた。さらに、提出物に関する項目も加えチームメンバー全員が全体のスケジュールを随時確認できるよう工夫をした。

各項目ごとに責任者を決め、進捗度合いをパーセンテージで表示させている。

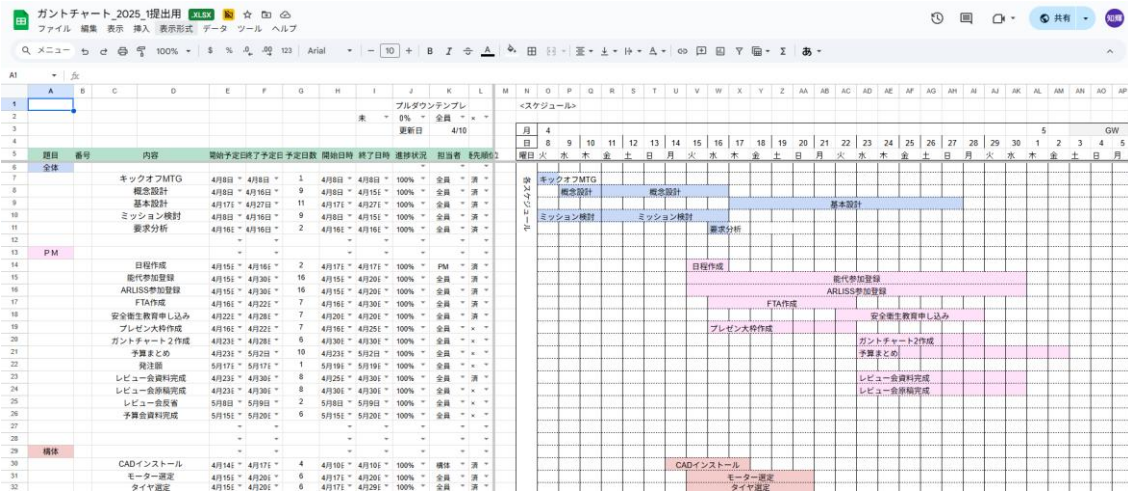
- ・ガントチャート-1(4/8~5/20)

ガントチャート-1をスプレッドシートにて作成した。以下に共有リンクとガントチャート-1の概要図を示す。

[共有リンク]

https://docs.google.com/spreadsheets/d/173GGzSkXoV_7i8TWS0x6SN1R7Y0_loMm/edit?usp=sharing&ouid=114263497391733455527&rtmpof=true&sd=true

[概要図]



- ・ガントチャート-2(5/21~9/12)

ガントチャート-2をスプレッドシートにて作成した。以下に共有リンクとガントチャート-2の概要図を示す。

EM試験の項目において試験の進捗が影響するもの同士でグループ化し、カレンダーの部分にグループ毎で色分けをした。それぞれの色について以下に示す。

- 赤色：溶断回路に関する試験。
- 黄緑色：フラッグに関する試験。
- 青色：走行に関する試験。
- 水色：1つの試験で完結している試験。
- ピンク色：すべての試験グループの試験が完了している必要がある試験。

グループ化したことで例えば溶断回路試験に遅れが生じた場合、同じ赤色グループの開傘

衝撃試験に影響がおよび、スケジュールを修正する必要があるということが認識しやすくなった。

[共有リンク]

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1GbtEyo6ivyznAtP9T3PaIVVAs_bzl-jn1cj5QmbYHeQ/edit?usp=sharing

[概要図]

		June 2025																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	
WBS	Task description	Start date	Finish date	Working days	Start date	Finish date	manager	Progress										Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su	
1	提出物_量代	2025/5/22	2025/7/31	70				4%																															
5	1.1 能代参加表明	2025/5/22	2025/5/22	0	2025/05/22	2025/05/22	岸	100%																															
6	1.2 アナリス宿泊アンケート	2025/5/22	2025/5/22	0	2025/05/22	2025/05/22	岸	100%																															
7	1.3 予備調査書	2025/5/22	2025/5/5	14	2025/06/03	2025/06/05	岸	100%																															
8	1.4 本審査書	2025/7/1	2025/7/17	16	2025/07/01		岸	0%																															
9	1.5 本審査書再提出	2025/7/18	2025/7/31	13			岸	0%																															
11	2 提出物_ARLISS	2025/5/22	2025/6/1	71				25%																															
12	2.1 ARLISS参加登録	2025/5/22	2025/5/22	0	2025/05/22	2025/05/22	岸	100%																															
13	2.2 ARLISSレビュー会	2025/6/7	2025/6/7	0	2025/05/22	2025/05/22	岸	100%																															
14	2.3 予備審査書	2025/7/4	2025/7/4	0	2025/06/23		岸	7000%																															
15	2.4 本審査書	2025/6/1	2025/6/1	0			岸	0%																															
17	3 BBM試験	2025/5/21	2025/6/10	20				100%																															
18	3.1 マイコン	2025/5/21	2025/5/24	3	2025/05/22	2025/05/23	C&DH	100%																															
19	3.2 カメラモジュール	2025/5/21	2025/5/24	3	2025/05/24	2025/05/30	C&DH	100%																															
20	3.3 気圧センサ	2025/5/21	2025/5/24	3	2025/05/24	2025/05/30	C&DH	100%																															
21	3.4 距離センサ	2025/5/23	2025/5/29	6	2025/05/24	2025/05/30	C&DH	100%																															
22	3.5 DDCコンバータ	2025/5/23	2025/5/29	6	2025/06/03	2025/06/03	C&DH	100%																															
23	3.6 モータドライバ、モータ	2025/5/26	2025/5/29	3	2025/06/04	2025/06/04	C&DH	100%																															
24	3.7 IMU20dL	2025/5/21	2025/6/10	20	2025/06/04	2025/06/04	C&DH	100%																															
25	3.8 GPSモジュール	2025/5/21	2025/6/10	20	2025/06/06	2025/06/13	C&DH	100%																															
26	3.9 バッテリー	2025/5/23	2025/5/29	6	2025/06/06	2025/06/13	回路	100%																															
27	3.11 射出装置	2025/5/28	2025/5/5	8	2025/06/16	2025/06/20	C&DH	100%																															
28	3.11 現地判定	2025/5/28	2025/5/5	8	2025/06/16	2025/06/20	C&DH	100%																															
29	3.12 浪新回路	2025/5/28	2025/5/5	8	2025/06/05	2025/06/05	回路	100%																															
30	3.13 パラシュート同梱	2025/5/28	2025/5/5	8	2025/06/09	2025/06/10	C&DH	100%																															

第7章 大会結果報告

第7.1節 目的

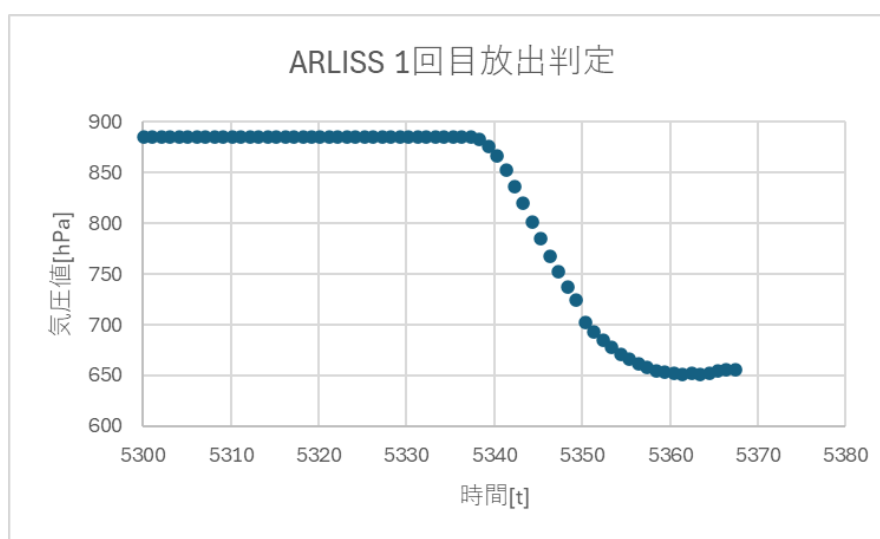
高い高度からのロケット投下環境という不確実性の高い実験に挑むことで、メンバー一人ひとりが自ら考え、協力し、最後までやり抜く力を身につけることである。設計・製作・運用を通して、失敗や予期せぬトラブルに向き合いながら課題解決力や判断力、チームマネジメント力を養い、将来様々なプロジェクトに携わる人間として成長することを目指す。

第7.2節 結果

〈投下1回目〉

・放出判定

1秒間隔で気圧を測定し、気圧の変化量が+0.15hPa以上を上回ることが5回連続で確認できた場合に放出できたと判定した。以下に、気圧を用いた放出判定結果を示す。



ロケットが発射したと同時に急激に気圧値が下がっていることが読み取れる。その後、わずかに気圧が上昇している箇所でも、気圧の変化量+0.15hPa以上を満たし、放出判定が正常に動作している。

打ち上げ後、車でローバーの搜索し、ベースキャンプから約3km離れた地点で発見することができた。その際の、機体及びパラシュートの状態を以下に示す。

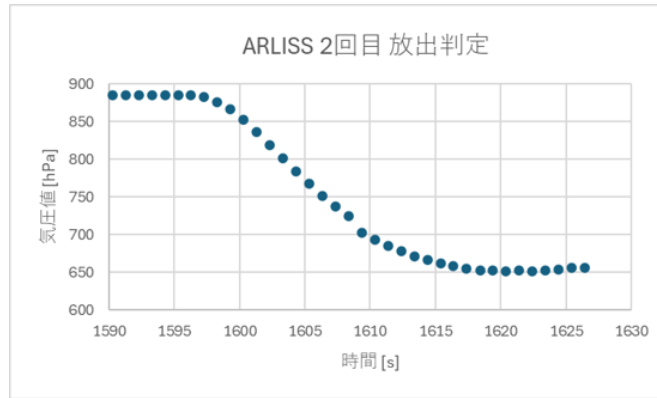


状態を見ると、パラシュートの紐がローバーの基板部分とタイヤに絡まっていることがわかる。このようになった原因として、着地判定後のテグス溶断のときに強風によってパラシュートの紐が暴れてしまい絡まってしまったと推測した。紐が絡まって、走行不能となったためリタイアした。

〈投下2回目〉

・放出判定

投下1回目と同様に、1秒間隔で気圧を測定し、気圧の変化量が+0.15hPa以上を上回ることが5回連続で確認できた場合に放出できたと判定した。以下に、気圧を用いた放出判定結果を示す。



投下2回目の放出判定でも、ロケットの上昇による気圧値の急降下と、その後の気圧値の変化量の条件によって正常に放出判定が行われた。打ち上げ後、車でローバーを捜索し、ベースキャンプから約5km離れた地点で発見した。

・着地判定

気圧、方位の変化量が閾値を下回ることが5回連続で確認出来たら着地したと判定した。以下に着地判定の制御ログを示す。

```

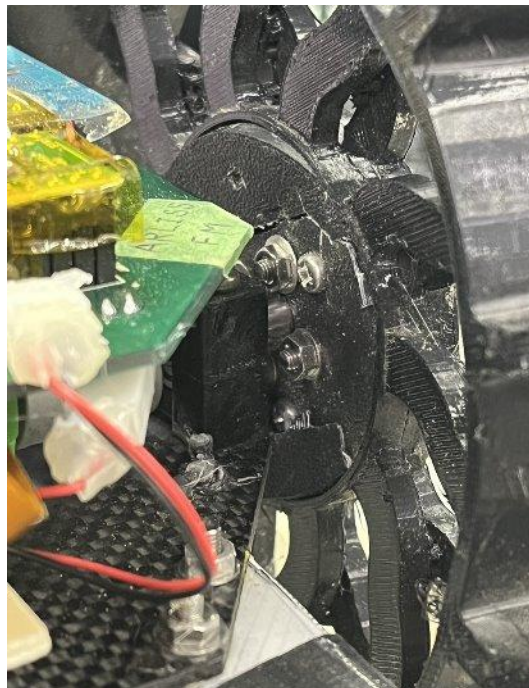
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: 気圧による着地判定成功！残り4回
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: t:1621.42 | p:651.94 | ax:11.37 | ay:1.35 | az:-4.64 |
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: t:1622.43 | p:651.53 | ax:14.25 | ay:0.96 | az:1.03 |
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: 気圧による着地判定成功！残り4回
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: t:1623.43 | p:652.34 | ax:0.75 | ay:-1.16 | az:-0.29 |
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: 気圧による着地判定成功！残り3回
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: t:1624.43 | p:654.07 | ax:0.88 | ay:-4.66 | az:8.86 |
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: 気圧による着地判定成功！残り2回
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: t:1625.44 | p:655.54 | ax:-0.18 | ay:-7.39 | az:4.17 |
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: 気圧による着地判定成功！残り1回
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: t:1626.44 | p:655.92 | ax:-0.34 | ay:-12.20 | az:0.74 |
Sep 13 01:32:45 cricket python3[1548]: 気圧による着地判定成功！残り0回

```

気圧と、方位の変化量が読み取れており着地判定が成功していることが読み取れる。

・着地判定後

放出判定から、着地判定までは成功したが放出してからパラシュートの紐が外れてしまい自由落下をしてしまった。以下に、機体の状態を示す。



写真より、モーターカバー及びモーター、ホイール内側のABS部分が破損していることが読み取れた。ロケットから発射後に空中でテグス溶断以外の要因によってテグスが切れ自由落下した。原因として、開傘衝撃に耐えられなかったと推測できる。右タイヤ部分の破損によって、正常に走行することができず、スタック判定が続いた。以下に着地判定後の制御ログを示した。

```

Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: 目標方位:267.8° | 現在方位: 61.4°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [WARN] GPS位置情報を取得できません。リトライします...
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: 目標方位:267.7° | 現在方位: 13.8°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: 目標方位:267.6° | 現在方位: 39.7°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [WARN] GPS位置情報を取得できません。リトライします...
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック判定を行います
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: 目標方位:267.6° | 現在方位:251.2°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 右に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック判定を行います
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: 目標方位:267.6° | 現在方位:336.1°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック判定を行います
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: 目標方位:267.4° | 現在方位:136.1°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 右に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [WARN] GPS位置情報を取得できません。リトライします...
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック判定を行います
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: 目標方位:267.3° | 現在方位: 27.4°

```

上の画像は、自由落下した初期のものである。スタック判定を行った後に、回転をしており現在方位が変化していることからローバーがその場で回転していることが読み取れる。しかし、時間が経つと以下のような制御ログになっていた。

```

Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック判定を行います
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック判定です
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック離脱を行います
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック離脱を終了します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [INFO] 距離:1576.4m | 目標方位:267.8° | 現在方位: 66.7°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [INFO] 距離:1576.5m | 目標方位:267.8° | 現在方位: 66.8°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [INFO] 距離:1576.5m | 目標方位:267.8° | 現在方位: 66.8°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [INFO] 距離:1576.5m | 目標方位:267.8° | 現在方位: 66.8°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [INFO] 距離:1576.5m | 目標方位:267.8° | 現在方位: 66.8°
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: [TURN] 左に回頭します
Sep 13 01:40:14 cricket python3[1548]: スタック判定を行います

```

上の画像は、回転するしている判定になっているが現在方位が全く変わっていないことからモーターが動作できなくなったことが読み取れた。よって、走行不能となったためリタイアした。

第7.3節 考察

ミニマムサクセス	ローバーが走行を開始できる。
ミドルサクセス_1	GPSを使って1個目のフラッグまで自律走行する。
ミドルサクセス_2	フラッグを検知し、フラッグに沿って2本目のフラッグまで走行する。
フルサクセス	フラッグの識別を行い、指定したフラッグの傍に物資を設置する。
エクストラサクセス	物資設置後、ゴールの位置に到達する。

<1回目>

1回目の打ち上げで達成したサクセスクライテリアはなかった。

要因として、パラシュートが着地後も強風により風下側になびいてしまい、ローバー付近で暴れたため、パラシュート紐とローバーが複雑に絡まってしまったと考える。

<2回目>

2回目の打ち上げで達成したサクセスクライテリアもなかった。

要因として、上空で外部からの力もしくは分離機構のハトメ部分によってテグスが切れてしまい、ロケット内部もしくは放出後空中にて分離機構からローバーが出て自由落下したと考える。地上にてローバーを発見したとき、ローバーの近くに大きな溝ができていたことから、ローバーが自由落下したことは間違いないと思われる。

第8節 まとめ

第8.1節 工夫点・努力した点

<PM>

余裕をもって提出期限や試験日程を設定し、開発状況に対して臨機応変に対応することですべての工程を期限内に終わることができた点。

<構体>

タイヤやスペーサー部分には、例年とは異なる新しい素材を採用することで重量やコストを抑え、着地時の衝撃吸収やスタック回避における走行性能を向上させた点。また、ミッションを遂行するために必要な機構や配置について検討し、それらを踏まえて設計・製作を行った点。

<回路>

回路素子をソケット化することで素子の取り換えや問題発生時の原因検証を容易にしたこと。またソケット化した素子の下に素子を基盤に直接はんだ付けすることで少ない面積に多くの素子を取り付けることを可能にした点。

<CDH>

投下試験の様々なフェーズにおけるCansatの振る舞いをコードで記述する際に、クラスというシステムを用いた。これにより、複数人での同時作業やCansatの動作確認から改善までを個人単位であれば円滑に行うことができた。また、それぞれのフェーズにおいて、担当分野を持つことにより、当日のおきた問題に対しても、担当がすぐに解決を試みることができた。また、CDHのメンバー間において、Cansatへの思いが多少まばらではあっても、担当分野が違うことにより、互いに対するある種のリスペクトができたため、衝突はほぼ起きなかったように感じる。

第8.2節 課題点

<PM>

プロジェクトの全体像を把握することができずにメンバーとのミスコミュニケーションに繋がってしまった点。

<構体>

ロケット打ち上げ時の衝撃が想定よりも大きく、空中で分離機構と機体が分離してしまったため、テグスによる固定方法を改善する必要がある。また、分離機構の展開時にパラシュートの紐が構体と絡まってしまった点。

<回路>

マイコンをパソコンに接続してプログラムのダウンロードや動作確認を行う際に、ほかの素子と接触するためマイコンを基板から取り外さなければならない点。

〈CDH〉

クラスを導入したことにより、全員がすべてのコードの改善に参画することは不可能であったため、不都合が生じた場合に、生じた場所が明確にわかるが、改善をすることが担当のものしかできなかったため、コード記入の規格を設けるべきであった。

PMが作成してくれたガントチャートに間に合わせるため、苦し紛れでコードを完成させていたせいかBBM→EMとスケールアップする中で本来はコードを流用できるようにするべきであったが、できないものが多かったため、多少のリスクを恐れず、有用なコードを作成するべきであった。

第8.3節 今後の展望

今回のCanSatプロジェクトを通じて得られた技術的知見やプロジェクトマネジメントの経験を、各メンバーが今後取り組む研究・開発活動へと発展的に活かし、より高度な成果や新たな成功体験へつなげていくことを目指す。

さらに、次年度のARLISSに挑戦する後輩メンバーに向けて、設計思想・判断基準・失敗と改善のプロセスを体系的に整理した引継ぎ資料を整備し、チーム全体の学習効率と完成度を高める環境を構築する。これにより、研究室として継続的に高品質なプロジェクトを生み出す基盤づくりを実現する。