

ARLISS2025大会報告書

提出日:2025年〇月〇日

チーム情報

CanSatチーム名	防衛大学校 ぶっ飛び組
CanSatチーム 代表者情報	木村 思温
UNISEC団体名	宇宙システム技術研究同好会
UNISEC団体 学生代表	木村 思温
責任教員	松下 将典
CanSatクラス	Open Class

チームメンバー

役割	名前 (学年)
PM	木村(B4)
構造班	福井(B3)
	大隅(B2)
	箕田(B2)
回路・電子班	橋口(B3)
	今鶴(B2)
マイコン・ミッション 班	金山(B4)
	吉森(B4)
	橋本(B4)
通信班	川畑(B3)
サポーター	門之園 (M2)
	吉田 (M1)
	兵藤 (M2)

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	4
第2章 システム要求	5
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	5
第2.2節 ミッションを達成するためのシステム要求	5
第3章 システム試験項目の設定	6
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	6
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	7
第4章 システム仕様	8
第4.1節 機体概観	8
第4.2節 機体機構	11
第4.3節 搭載機器	15
第5章 システム試験	21
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	21
第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験	36
第6章 工程管理	39
第7章 大会結果報告	39
第7.1節 目的	39
第7.2節 結果	39
第7.3節 考察	43
第8節 まとめ	43
第8.1節 工夫点・努力した点	43
第8.2節 課題点	44
第8.3節 今後の展望	44

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

独自基板による汎用型二輪ローバーで0mゴールを達成する

本校は本大会初参加であり、cansatの製作も初めてである。

そのためチームに技術や経験を持ったものがおらず、独自性のある複雑なミッションに設定すると、計画自体が頓挫する危険性があるため、ARLISSIにおいて最も単純なミッションである0mゴールを目標とした。

また、0mゴールを達成する方法はパラシュート投下後、GPSを用いてゴール近くまで誘導し、その後カメラを用いてゴールに到達する方法にした。

理由としては、他大学の報告書を見ても最も行われている方法であり、本校と他大学の技術力、課題点を比較しやすいと考えたからである。

加えて、今後も改良し使用することが考えられる基板については、初年度参加であり一から設計しているので、実際に砂漠での使用において、致命的な問題がないか確認することも目的としている。

第1.2節 ミッション内容

ミッション内容についてはミッションシーケンスを用いて説明する。

図1.2.1、表1.2.1はミッションシーケンスの概要と各フェーズごとの説明である。

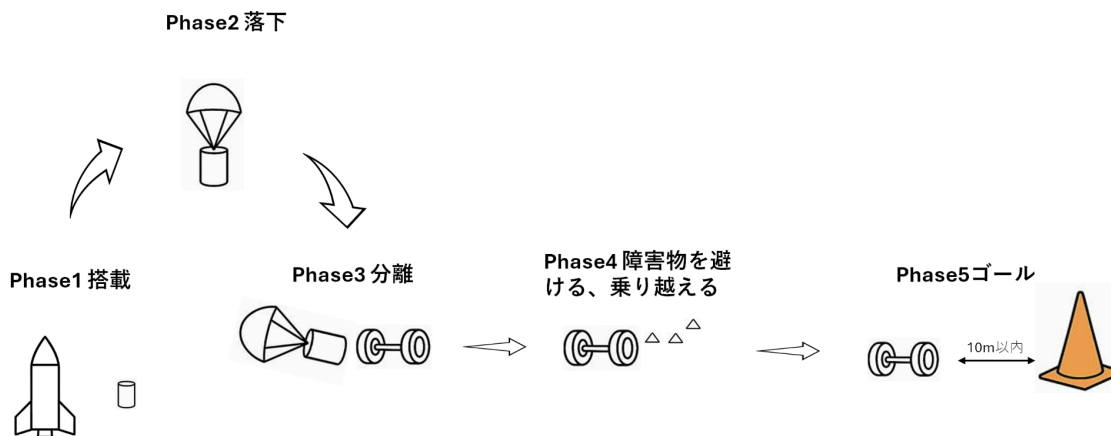


図1.2.1 ミッションシーケンス概要

ミッションシーケンスのフェーズごとの説明は、以下に示す表2.1.1で説明する。

各フェーズの番号は図1.2.1のフェーズの番号と一致している。

表1.2.1 ミッションシーケンスの説明

各段階でのフェーズ	フェーズごとの説明
フェーズ1(投下前)	機体とパラシュートをキャリアに収納し、その後ドローンを用いてキャリアを上空まで上げる。

フェーズ2 (投下)	上空で機体及びパラシュートを投下し放出された機体はパラシュートによって減速し降下速度約6m/sで着地する。
フェーズ3(着地後・走行開始)	気温気圧センサー及び経過時間によって地面にいることを確認したらニクロム線によりパラシュートとの接続を切り離し走行を開始する。
フェーズ4 (誘導走行)	GPSデータをもとにゴールに誘導走行する。
フェーズ5 (ゴール近傍)	ゴール地点までの距離が 10m 以内となると、誘導方法をカメラによる色認識に切り替え、ゴール地点のコーンへ向かって走行する。 ゴールが確認でき次第回収を行う。

第1.3節 サクセスクライテリア

ミニマムサクセス1	放出され、パラシュートが開き機体の部品に損傷なく着地できる。
ミニマムサクセス2	地上局への通信、通信履歴の記録が行える。
ミドルサクセス1	機体がパラシュートを切り離せる。
ミドルサクセス2	機体がGPSを取得して動き出す。
フルサクセス	ゴールの半径5m以内まで機体を誘導する。 ※ゴールの5m手前からカメラで誘導するため、GPS誘導の成功とカメラ誘導の成功を分けるため
エクストラサクセス1	障害物を避けスタックしても復帰できる。
エクストラサクセス2	カメラによってゴールを認識できる。
エクストラサクセス3	ゴールの半径0m以内を達成する。

[本校のサクセスクライテリアの設定理由]

- ・本校は初出場であるため、少しでも実績を残すことが大切であるとする。
 - そのためミニマムサクセス2、3のように、レギュレーションと重複するところもあるが、サクセスクライテリアを細かくすることで、少しでも成功実績をつめるようにした。
 - ・また来年度において、今年度の機体がどこで失敗したのかを分かりやすくする目的もある。
 - ・ミニマムサクセス・ミドルサクセスは複数あるが、それぞれ達成した段階で%表示で評価する。
- 例) ミニマムサクセス1をクリアした場合
→ミニマムサクセス25%クリア
- ・ゴール検知のシステムが安定していないため、ゴール検知以降のサクセスクライテリアはエクストラサクセスとした。

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なければならない。
R2	CanSatはロケットから放出後、位置が特定できなければならない。
R3	CanSatはロケットからの放出時の衝撃を受けた後もその機能を維持しなければならない。
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しなければならない。
R5	パラシュートは既定の加速度がかかっても機能を維持しなければならない。
R6	CanSatは規定の終端速度の範囲内で降下しなければならない。
R7	CanSatはロケット搭載時に無線の送波を停止しなければならない。ただし、許可された無線機は除く。
R8	CanSatに搭載する全ての無線機は要求に応じて周波数の変更を行えなければならない。
R9	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しなければならない。
R10	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てはいけない。
R11	CanSatは制御されることなく着地しなければならない。

番号	レギュレーションを満たすためのシステム要求 (Comeback Competition)
CR1	CanSatは完全に自律的に制御されなければならない。
CR2	チームはレギュレーションで指定されたコントロールレコードを提出しなければならない。

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	パラシュートが無事に開く。
M2	着地の衝撃で機体の部品が損傷しない。
M3	機体から地上局へ通信が行える。

M4	通信履歴を記録できる。
M4	分離機構が正常に作動し、パラシュートが切り離せることを確認する。
M5	GPSを取得できる。
M6	取得したGPSをもとに動き出せる。
M7	障害物を乗り越えられる。
M8	障害物を避けることができる。
M9	GPSでゴールの半径5m以内まで誘導できる。
M10	カメラでゴールを認識できる。
M11	そのデータをもとにゴールの半径0m以内まで誘導できる。

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	実施予定日
RV1	質量試験	R1	7月30日
RV2	機体の収納放出・試験	R1,R10	7月30日
RV3	準静的荷重試験	R4	6月28日
RV4	振動試験	R4	7月30日
RV5	分離衝撃試験	R3	7月30日 7月31日 8月12日
RV6	パラシュート投下試験	R6,R11	7月27日
RV7	開傘衝撃試験	R4,R5	7月30日
RV8	長距離通信試験	R2	6月14日
RV9	通信ON/OFF試験	R7	6月22日

RV10	通信チャンネル変更試験	R8	6月22日
RV11	End-to-End試験	R9,R11,CR1	8月25日
RV12	制御履歴レポート試験	CR2	8月25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	実施予定日
MV1	着地衝撃試験	M2	7月28日
MV2 (RV6)	パラシュート投下試験	M1	7月27日
MV3	走行性能試験	M7	6月26日
MV4 (RV8)	長距離通信試験	M3,M5	6月14日
MV5	GPS誘導試験	M6,M9,M8	8月20日
MV6	ゴール検知試験	M10,M11	8月20日
MV7	分離機構性能試験	M4	7月25日
MV8 (RV11)	End-to-End試験	M1~M11	8月25日
MV9 (RV12)	制御履歴レポート試験	M4	8月25日

※・サクセスクライテリアを細かく設定した関係上、レギュレーションを満たすこともミッションの内に入っているため、重複する試験はレギュレーションを満たすためのシステム試験として記述する。その際、第5章のシステム試験では重複することがわかるように説明を入れる。

- ・ End-to-End試験はすべての試験の要素を含むためM1～M11とした。

第4章 システム仕様

第4.1節 機体概観

機体外観について以下の図4.11、図4.12、図4.13に示す。

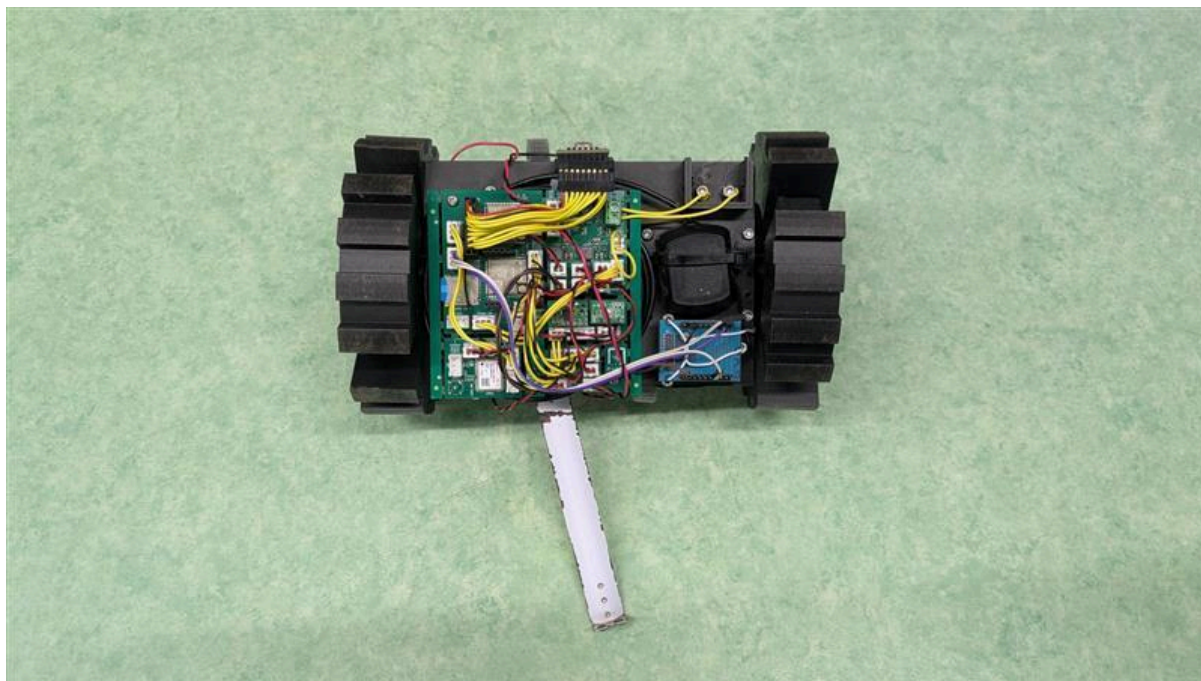


図4.1.1 機体外観（上面）

→中央に基板を乗せるフレームがあり、それを挟むように二輪のタイヤを配置した。またスタビライザーは機体が回転することを防ぐために取り付けた。

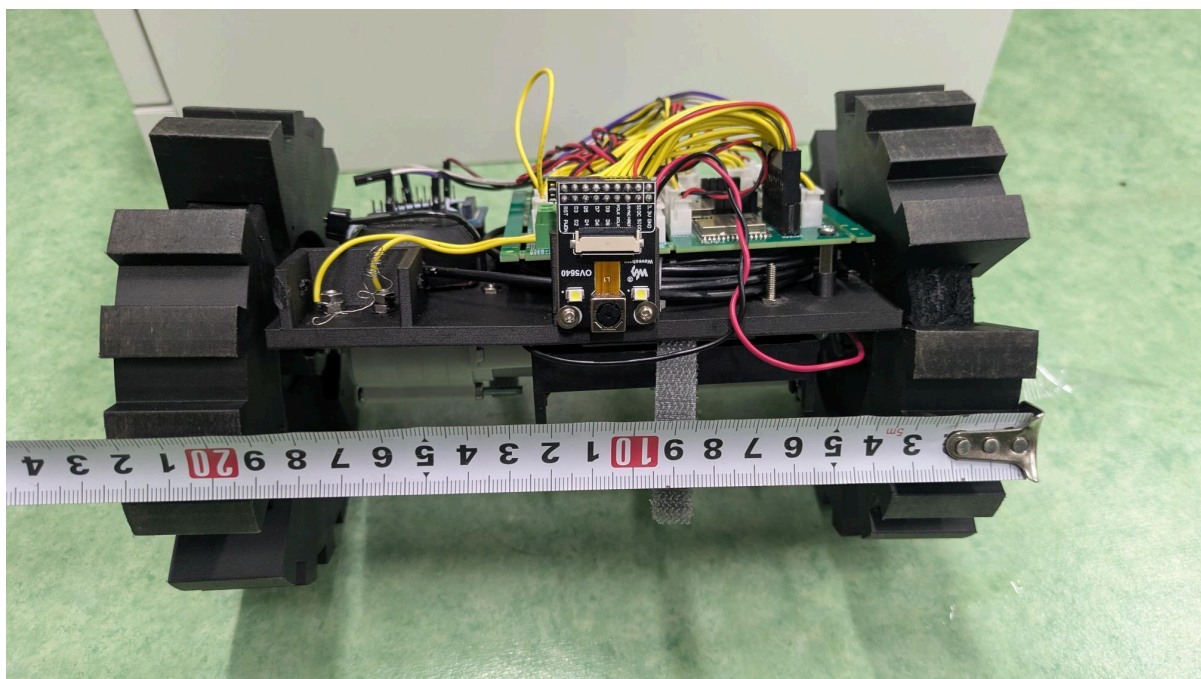


図4.1.2 機体外観（前面）

→前面にフォトレジスタ・カメラを配置した。

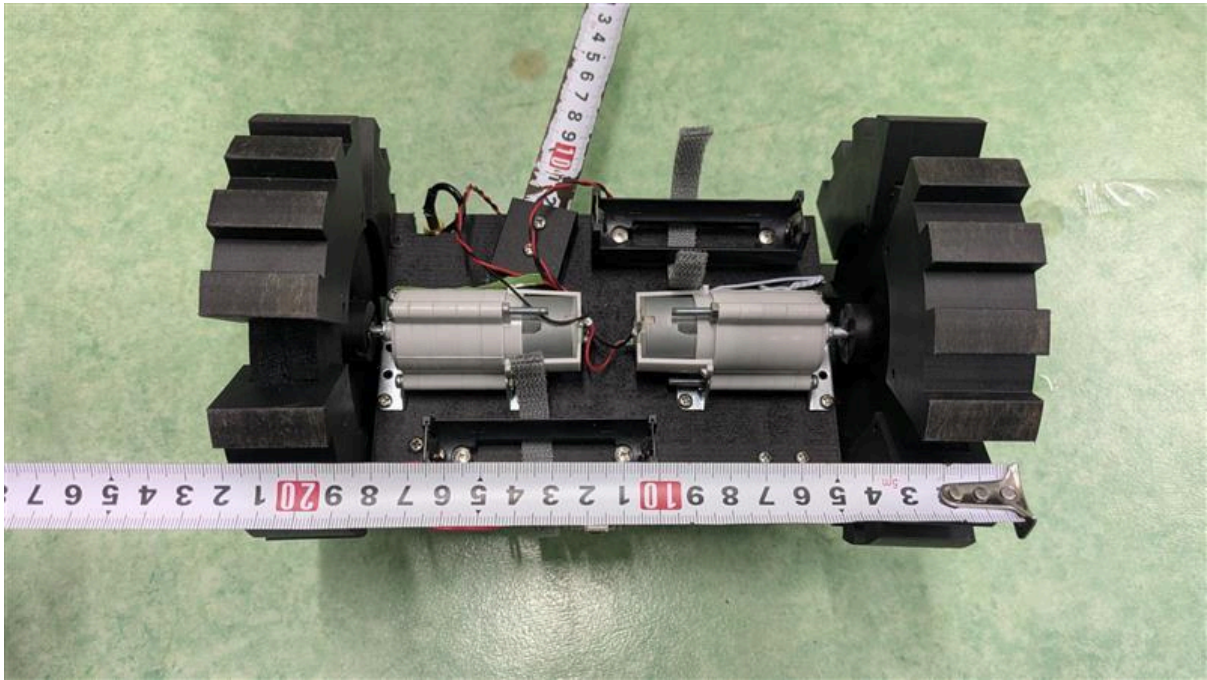


図4.1.3 機体外観（裏面）

→背面はモーター、バッテリーといった重量物を配置し、できるだけ重心が低くなるように工夫した。

図5.1.4、図5.1.5で機体の全長、高さを示す。

また表 5.1.1に機体全体の寸法（実測値）を示す。

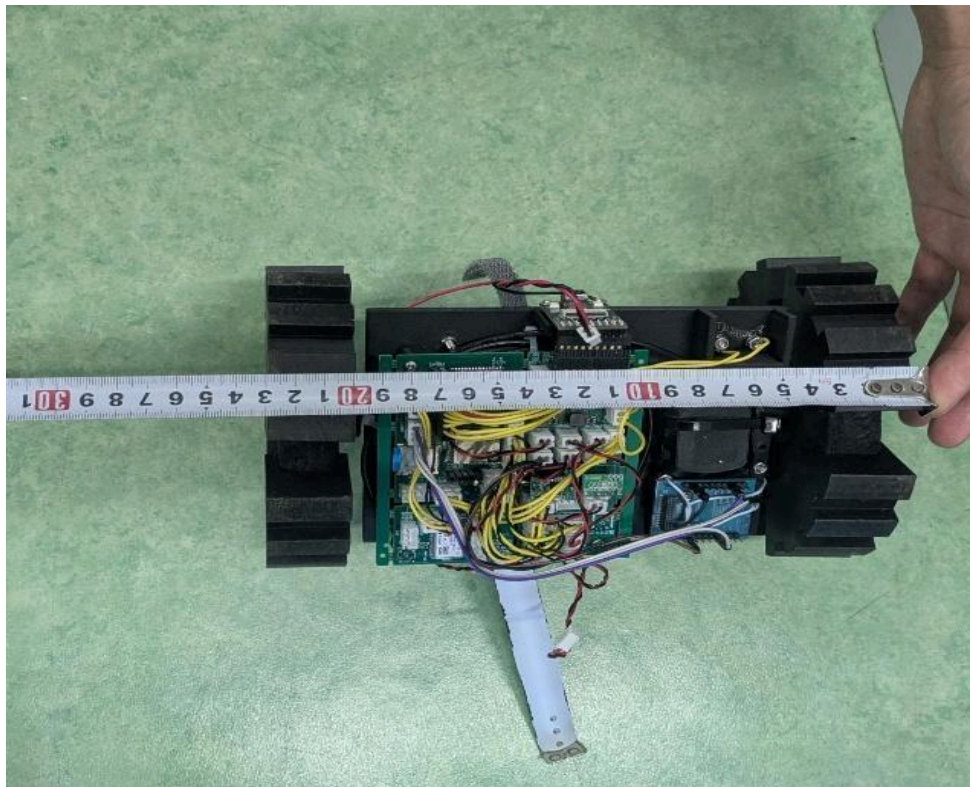


図5.1.4 機体全長

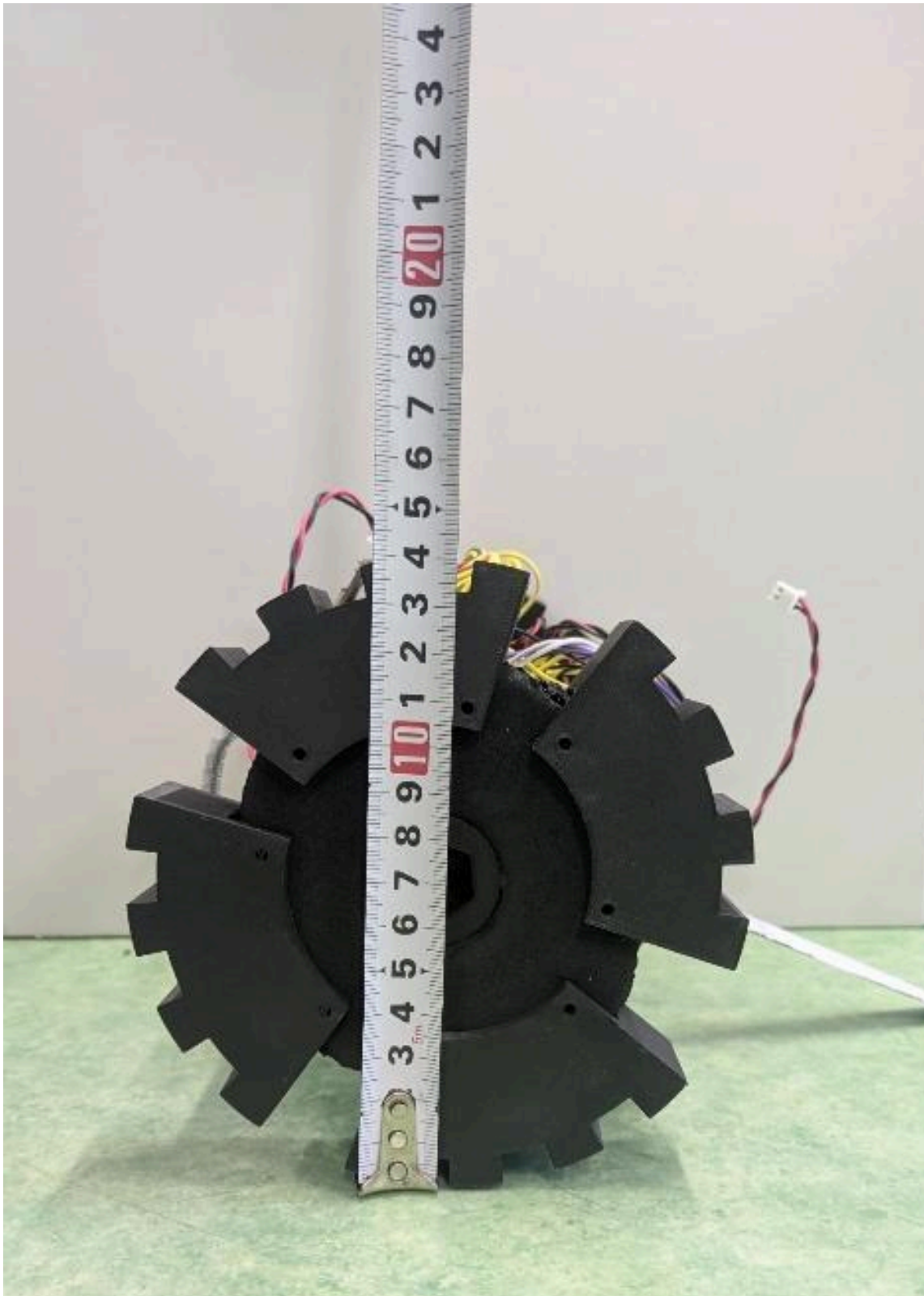


図5.1.5 機体高さ（実測値）

表5.1.1 機体全体の寸法（実測値）

直径 [mm]	229
高さ [mm]	140

第4.2節 機体機構

以下ではフレーム構造、タイヤ、基板、バッテリーケース、分離機構、パラシュートについて説明する。

- フレーム構造

CanSat本体のフレーム構造を図4.2.1に示す。

防大として初代の機体であるため、複雑な構造にせずできるだけ単純な構造（一層）とした。

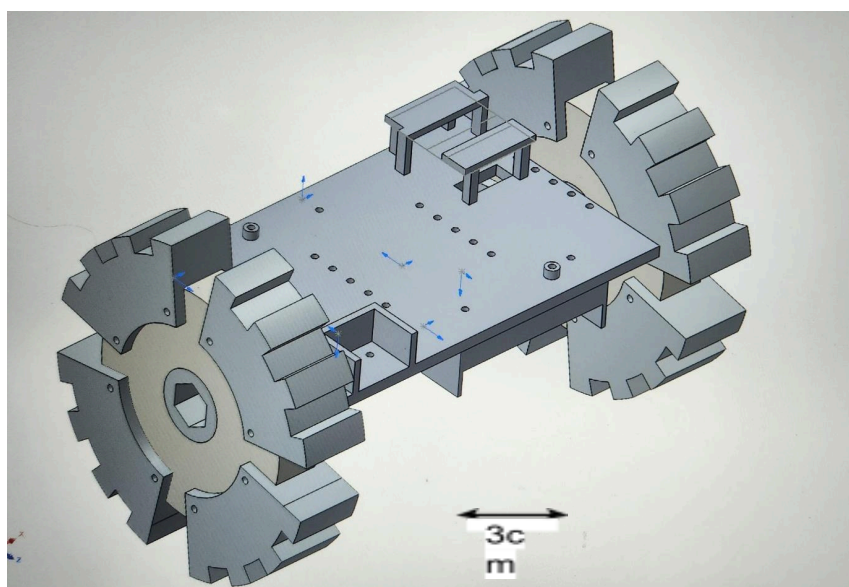


図4.2.1 フレーム構造

- タイヤ

タイヤ外観を図4.2.2に示す。

スポンジを主体にすることで落下時の衝撃分散を計り、四つの歯をもった外郭を着けることで段差などに引っ掻けて走破性を上げた。また丸々一つの円形ではなく四つに分けることで軽量化も図った。



図4.2.2 タイヤ

- 基板

コスト削減のため1枚でモノリシックな基板となるようにし、一枚の基板であると実際に乗せたときに設計の変更があったとき再度基板を作りなおす必要があるが分割(マウスバイトで分割できる)してモジュールごとに配置できるようにすることで再設計する必要がなくなるようにした。

※マウスバイト補足: 基板の画像において、基板全体で緑色の四角形となっているが、四角形内部に切れ目が縦横無尽に入っており、僅かな部分で連結すること(マウスバイト)で全体がつながっている。このマウスバイトで分かれた小基板同士はPCB内部パターンで電気接続せずモジュール化し、配線経由で接続している。

また図4.2.3は基板内のパーツの配置を示している。

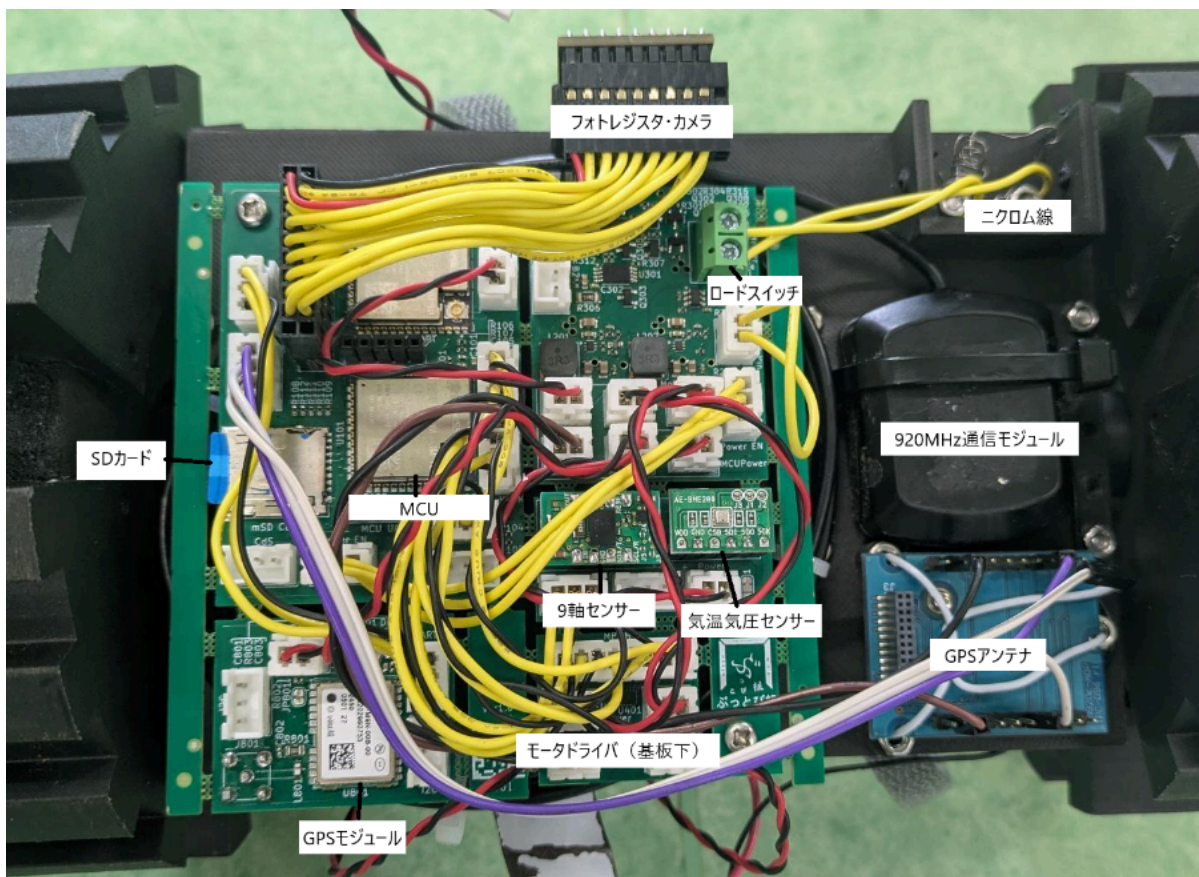


図4.2.3 基板

- バッテリーケース

バッテリーケースの端子にハンダで高さを出し、バッテリーが衝撃や振動でバッテリーケースから外れないようにした。また実験の際は振動で電池が動かないように上からテープで固定する。

図4.2.4は実際にはんだつけた端子を示している。

図4.2.5は実際にテープで固定したバッテリーを示している。

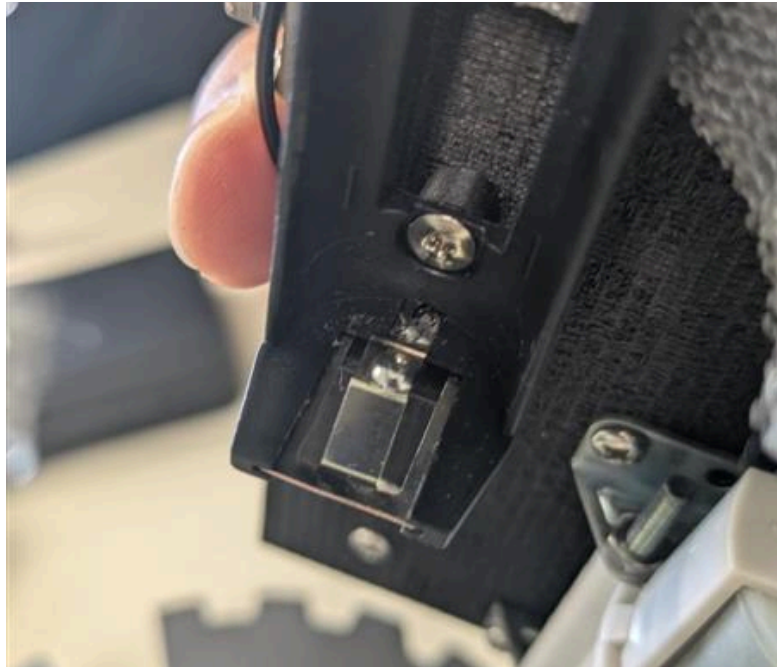


図4.2.4 バッテリーケース端子

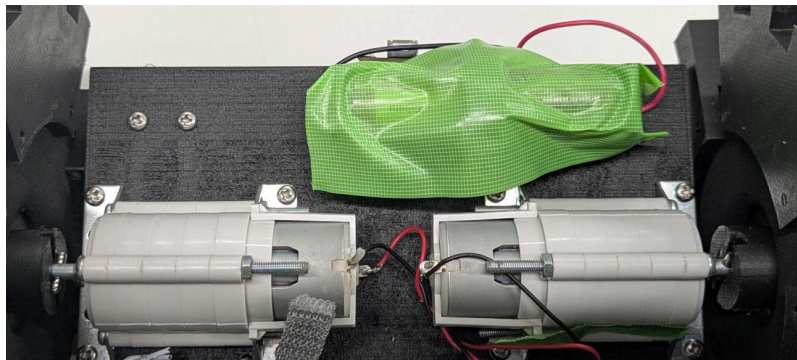


図4.2.5 テープで固定したバッテリー

- 分離機構

閉鎖時はナイロン糸をニクロム線に通し開かないようにし、着陸判定後ニクロム線でナイロン糸を焼き切ることで、アクリル板の弾性を利用して展開する。

図4.2.6は分離機構が展開した時のアクリル板を示す。

図4.2.7は分離機構が閉鎖して機体を覆っている時を示す。

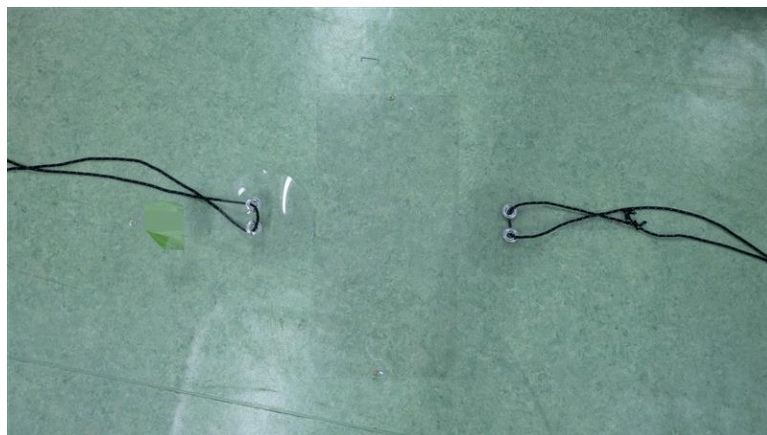


図4.2.6 展開時

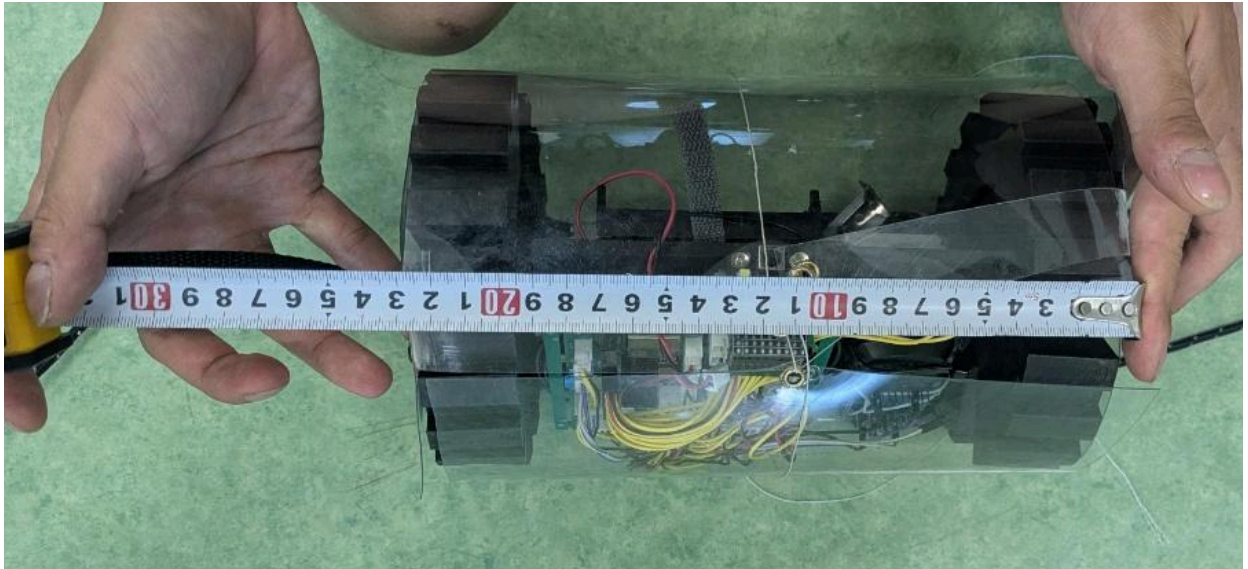


図4.2.7 閉鎖時

- パラシュート

パラシュートの諸元は半径46cm,スピルホール半径3.5cmである。

安定性を高めるためにスピルホールを真ん中に開けた。

※本番は視認性を上げるため、同様の素材でオレンジ色のものを使用する。

図4.2.8、図4.2.9でパラシュートの横、上面の外観を示す。



図4.2.8 パラシュート外観(横)



図4.2.9 パラシュート外観(上面)

第4.3節 搭載機器

- システム構成図
- ミッションシーケンスにおいて機体は搭載している気温気圧センサ、IMU、GPSモジュール、フライトピン、カメラから得られる値を用いてモータ、パラシュート分離機構、920MHz通信モジュール、SDカードを制御する。
- システム構成図を図4.3.1に示す。また、各モジュールの役割を表4.3.1に示す。

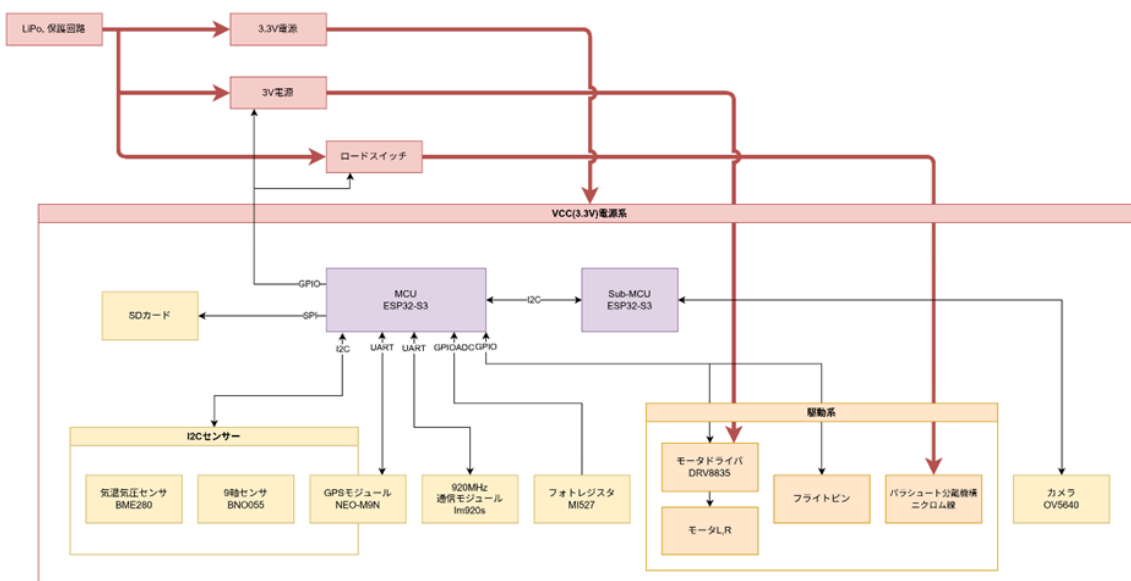


図4.3.1 システム構成図

表4.3.1 各モジュールの役割

モジュール	役割
ロードスイッチ	MCUから信号を受けてニクロム線に電流を流す
SDカード	機体のログを保管する
気温気圧センサー	気温・気圧を測り高度を計算する
9軸センサー	機体の加速度を測ることで機体の運動を検知する
GPSモジュール	GPSデータを取得し、その情報から機体とゴールまでの方角・距離を計算する。
920MHz通信モジュール	機体が収集したデータを機体のロスト防止のためにPCに送信する
フォトレジスタ	周囲の光の強度から機体がロケットから放出されたことを検知する
ニクロム線	着地後に機体とパラシュートをつなぐ糸を焼き切る。
カメラ	ゴール（コーン）を色認識し、機体を誘導する

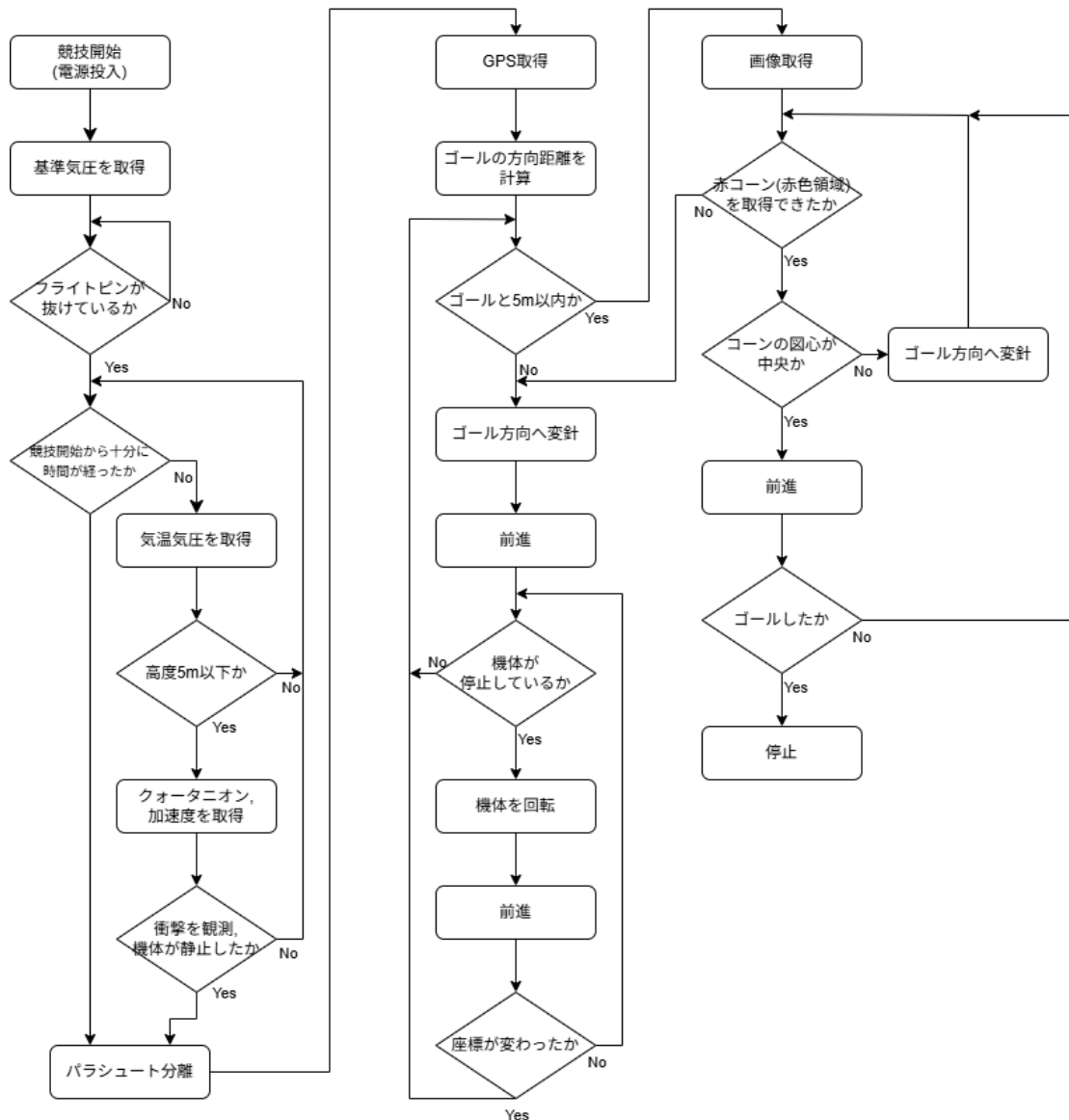
また、主要な搭載物品を表4.3.2に示す。

表4.3.2 搭載物品リスト

物品名	型番	用途	URL
-----	----	----	-----

バッテリー	Efest IMR 18650 3000mAh 35A flat top battery	電源	https://store.shopping.yahoo.co.jp/flavor-kitchen/1850101-set.html
保護回路	S-8209ABB-T8T1U	バッテリー保護	https://www.digikey.jp/ja/products/detail/ablic-inc/S-8209ABB-T8T1U/6120964
レギュレーター	TPS564252DRLR	電源降圧用	https://jlcpcb.com/partdetail/TexasInstruments-TPS564252DRLR/C19191267
ロードスイッチ	TPS22810DBVT	電源降圧用	https://jlcpcb.com/partdetail/TexasInstruments-TPS22810DBVT/C2680364
MCU	ESP32-S3-WROOM -1U-N4R8	制御用マイコン	https://www.espressif.com/ja-jp/products/socs/esp32-s3 https://www.mouser.jp/ProductDetail/356-ESP32S3WRM1UN4R8
SDカード	KLMEA032G	ログ保管	https://www.kioxia.com/ja-jp/personal/micro-sd/exceria.html https://amzn.asia/d/eo6Z5nd
気温気圧センサー	AE-BME280	データ計測用	https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109421/ https://akizukidenshi.com/catalog/g/g109421/
9軸センサー	AE-BNO055-BO	データ計測用	https://akizukidenshi.com/catalog/g/g116996/ https://akizukidenshi.com/catalog/g/g116996/
GPSモジュール	NEO-M9N-00B	データ計測用	https://www.digikey.jp/ja/products/detail/u-blox/NEO-M9N-00B/12149174
920MHz通信モジュール	IM920sL	データ通信用	https://akizukidenshi.com/catalog/g/g116379/
フォトレジスタ	MI527	データ計測用	https://akizukidenshi.com/catalog/g/g100110/
モータドライバ	DRV8835DSSR	モータドライバ	https://jlcpcb.com/partdetail/TexasInstruments-DRV8835DSSR/C129328
モータ	72001(遊星ギヤー ボックスセット)	モータ	https://www.yodobashi.com/product/100000001001083254/
カメラ	OV5640 Camera Board (C)	カメラ	https://www.sengoku.co.jp/mod/sgk_cart/detail.php?code=EEHD-5NX6

・アルゴリズム
各シーケンスで行われる制御のアルゴリズムを図4.3.2に示す。



※ 別でGPSデータを地上局に送信している
 図4.3.2 シーケンスフローチャート

また、アルゴリズムを基にしたフェーズごとの説明は次のとおりである。

1. 準備フェーズ

- ・地上での準備段階である。ゴール地点の座標を設定し、機体をキャリアに格納する。

2. 空中フェーズ

- ・キャリアからの放出と着地を検知する段階である。フライトピン、気圧センサー、IMUからの情報を用いて判断する。
- ・機体がキャリアから放出されるとフライトピンが抜け、これを検知する。この検知をトリガーに、無線通信を開始し、着地検知シーケンスへ移行する。
- ・気圧センサではその取得される値によって最大値と最低値を決め、それと現在の値を比較することでそれ以上の降下が無くなったことを確認する。
- ・IMUではその取得される値によって着地の衝撃による急激な加速度と、その後クォータニオン

により機体が静止した状態を捉えることで、物理的な着地を判断する。

3.着地フェーズ

- ・着地を検知後、機体に搭載されたニクロム線を加熱する。これにより、機体を覆う保護ケースを固定している糸を焼き切り、走行可能な状態に展開する。

4.GPSによる走行フェーズ

- ・GPSで現在地を測位し、ゴール地点の方向へ走行する。
- ・GPSで取得した現在地の座標とゴール地点の座標から、進むべき方位角と距離を計算する。

IMUで機体の向きを把握し、PID制御を用いてゴール方向に走行する。

- ・各種センサーの値から機体の停止やスタックを検知した場合は、進行方向を変え、障害物を回避する。
- ・このプロセスはゴールとの距離が約5mになるまで継続する。

5.カメラによる走行フェーズ

- ・ゴールに接近後、カメラでカラーコーンなどを捉え、誘導を行う。
- ・カメラ画像から色相を判断し、コーンの輪郭を抽出する。
- ・抽出した輪郭の重心を目標として、その方向へ進行する。
- ・画像内でのゴールの面積が閾値を超えた時点で、ゴールに到達したと判定し、走行を停止する。

・使用電源

バッテリーは"Efest IMR 18650 3000mAh 35A flat top battery"を2本直列で使用する。使用するバッテリーの外観と諸元一覧を以下に示す(図4.3.3, 表4.3.3)。



図4.3.3 Efest IMR 18650の外観

表4.3.3 Efest IMR 18650の諸元

標準電圧	3.7V
容量	3000mAh
放電終止電圧	2.5V
最大充電電流	4A
標準充電電流	2A
最大連続放電電流	20A(6.7C)
最大ピーク放電電流	35A(12C)
セルサイズ	18.50(±0.2)mm x 65.20(±0.2)mm

- ・安全対策
- ・この機体は電源にリチウムイオン電池を使用する。

- ・このバッテリーの運搬時の発火による事故を防ぐため、バッテリーケースに入れたうえで(図4.3.4)一本ずつセーフティバッグに入れ(図4.3.5)、さらにまとめて大きいセーフティバッグに入れる。このとき小さいセーフティバッグは口の方から入れ、外側に煙や火が吹き出しにくいようにする。(図4.3.6)また、運搬時の電圧を3.7V程度にすることで劣化を防ぐ。
 - ・保護回路は搭載する基板に実装され、セルバランス機能も搭載している。
 - ・過充電 (>4.2V)・過放電(<2.5V)が発生した場合は塩水により完全に放電させた後、適切に処分する。
- (バッテリーケース)



図4.3.4 バッテリーケースの外観



(バッテリーケース小)

図4.3.5 リチウムイオン電池を直接収納するセーフティバッグ



(バッテリーケース大)

図4.3.6 セーフティバッグをまとめて格納するセーフティバッグ

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

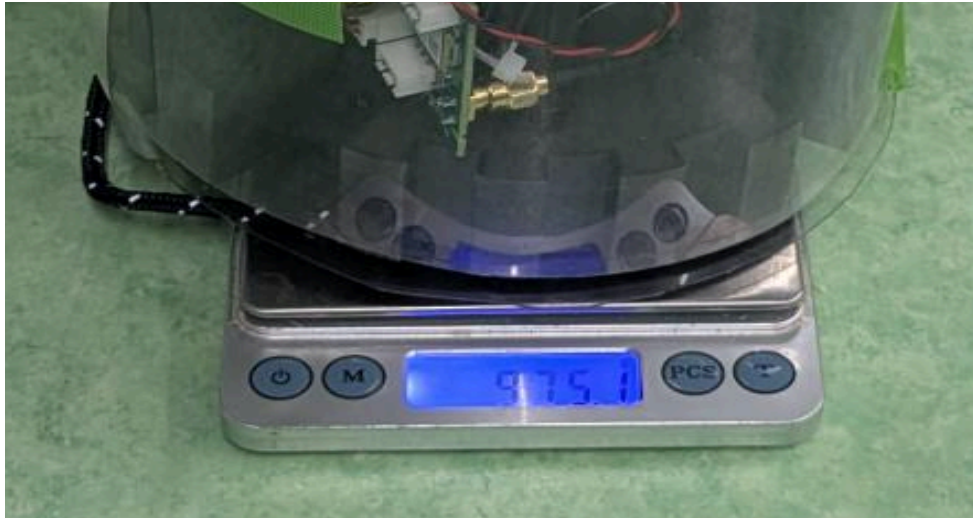
※ミッション要求とレギュレーションを満たすためのシステム要求のどちらも含む試験については、試験番号の横の()内に、第3.2節の試験の番号を記載した。

RV1 質量試験

- 目的
機体が1050g以下であることを確認する。
- 試験容様
機体(打ち上げ時の状態)をはかりにのせ1050g以下であることを確認する。
- 試験結果
CanSatとパラシュートの総重量は975.1g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V1.1、図V1.2に質量試験の全体写真、はかりの画面表示を拡大したものを示す。



図V1.1 CanSat本体とパラシュートの合計質量



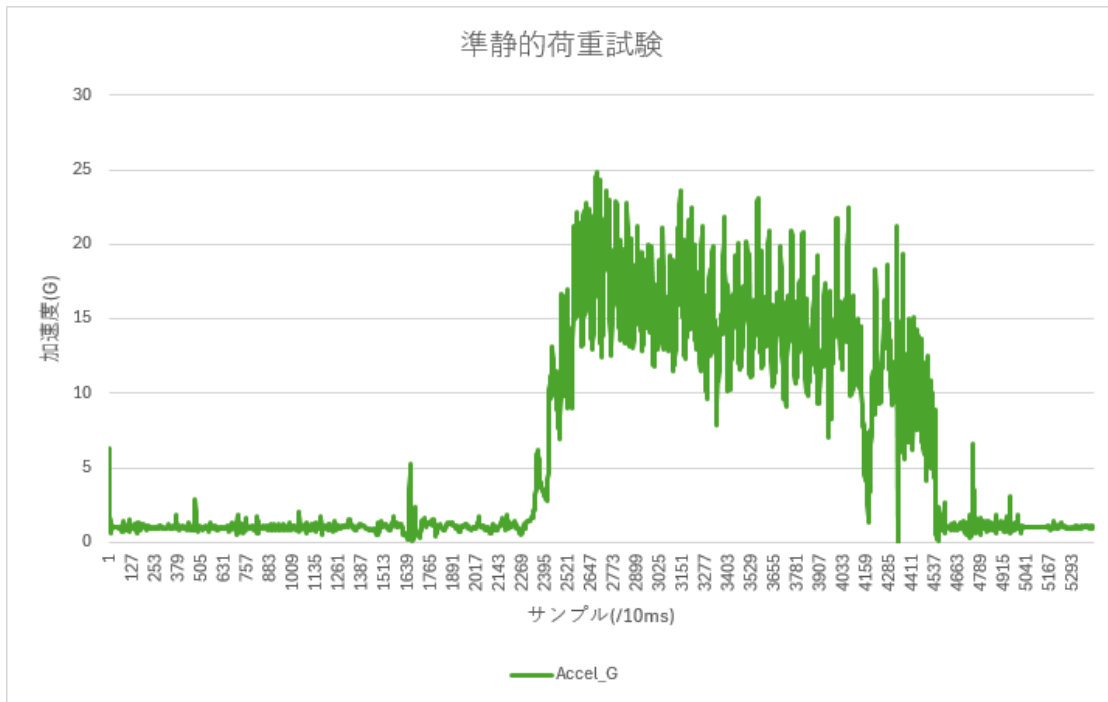
図V1.2 はかりの画面表示の拡大図

RV2 機体の収納放出試験

- 目的
キャリアに収納でき自重のみで放出できることを確認する。
- 試験内容
キャリアに収納し、キャリアの底を外し機体が自重で落ちてくることを確認する。
- 結果
試験の様子
<https://youtu.be/B7AwuShzeUU>
- 考察
機体が自重で放出されることが分かった。

RV3 準静的荷重試験

- 目的
10G以上で10s以上耐えられることを確認する。
- 試験内容
本体を袋に入れ15s回し続け、遠心力によって10G以上の負荷をかける。
加速度は機体のセンサで計測し、その計測周期は10ミリ秒(1/100秒)とした。
- 結果
試験の様子は動画で、機体が測定した加速度を図V3.1に示す。



図V3.1 加速度グラフ

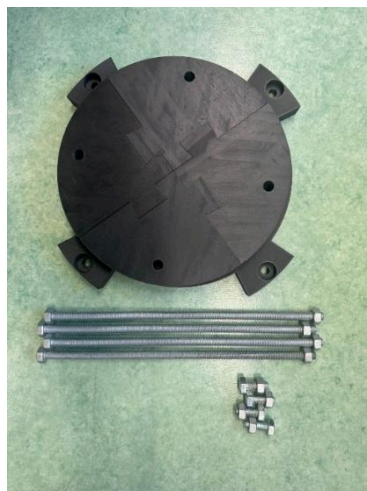
試験の様子

https://youtu.be/WkMS-OI_IP0

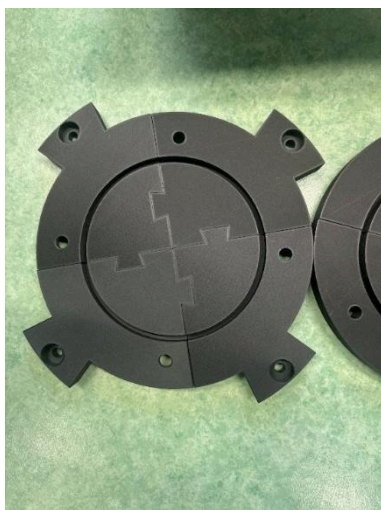
- 考察
10G以上で10s以上耐えられることを確認した。

RV4 振動試験

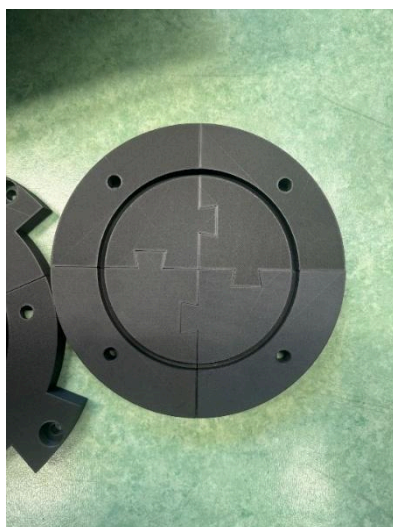
- 目的
15Gで30～2000Hzのランダムな振動に機体が耐えられることを確認する。
- 試験内容
研究室の振動機に機体を固定し15Gで30～2000Hzの正弦波振動を約1分間加え機体が正常に動くか調べる。
図V4.1、図V4.2、図V4.3で使用治具の外観を示し、図V4.4で振動機固定時の様子を示す。



図V4.1 ジグ下板及び固定ボルト、ナット



図V4.2 ジグ下板



図V4.3 ジグ上板



図V4.4 振動器具固定時

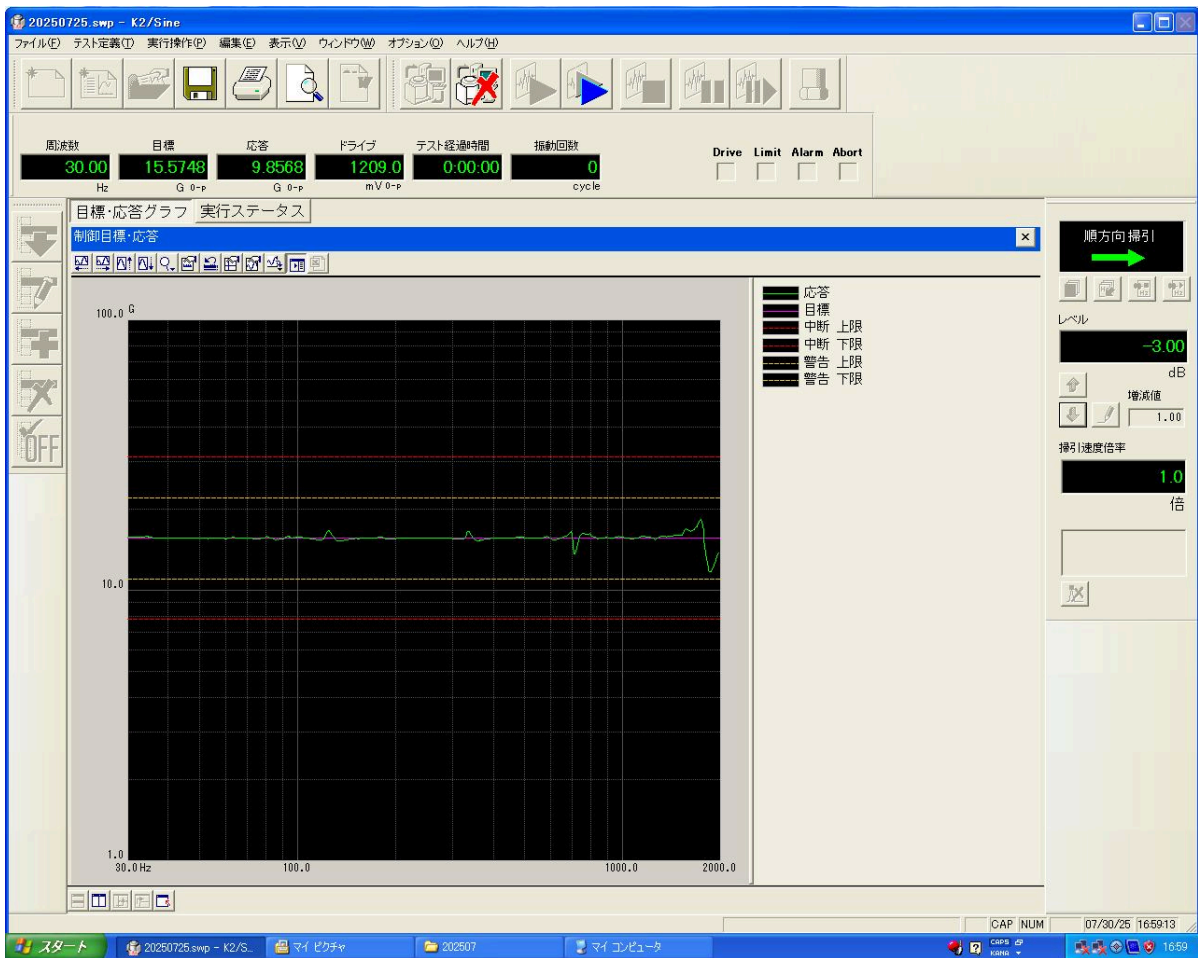
- 結果

試験の様子を動画で示し、図V4.5では実験で加えた振動を順方向掃引した結果(振動機側の画面)を示す。

試験の様子

モータ動作確認 <https://youtu.be/yvDoR1ooc1M>

通信動作確認 <https://youtu.be/BqeRplVYerg>



図V4.5 振動データ

→ 図は縦軸が加速度、横軸が振動数であり、図のピンクの線が振動機に入力した加速度の値(図の目標15.5748G)であり緑のグラフが実際の応答である。

- 考察
振動試験後、駆動系・通信系の動作を確認できた。よって、レギュレーションを満たすことを確認した。

RV5 分離衝撃試験

- 目的
ロケットから放出されるとき衝撃40Gに本体が耐えられるか調べる。
- 試験内容

紐付きの円筒に機体を入れ、実験者が紐を保持した状態で円筒を落下させることで分離衝撃を模擬した。衝撃測定には外付けの加速度センサを用い、円筒に貼り付けた。加速度センサーの取り付け位置は図V5.1に示している。

本試験は紆余曲折を経て合計4回試行した。第1回試験では外付けの加速度センサーが届いていなかったため、センサーなしで試験を行い動作確認まで実施した。その後、第2回試験では第1回試験と同条件で行い、第1回試験で40Gが実際に加わったかを評価したが、第1, 2回試験で十分な加速度が得られていないと判明した。そこで、条件を変更し、第3, 4回試験を行うことで、最終的に40G以上の分離衝撃耐性を確認できた。



図V5.1 加速度センサー取付位置

- 結果
試験の様子、動作確認を動画で、図V5.2で外付けの加速度センサーのデータを示す。

第1回試験の様子

モータ動作確認 https://youtu.be/6p1_RXs_B1I

通信動作確認 <https://youtu.be/EZrLGoyfaYs>

起動：○

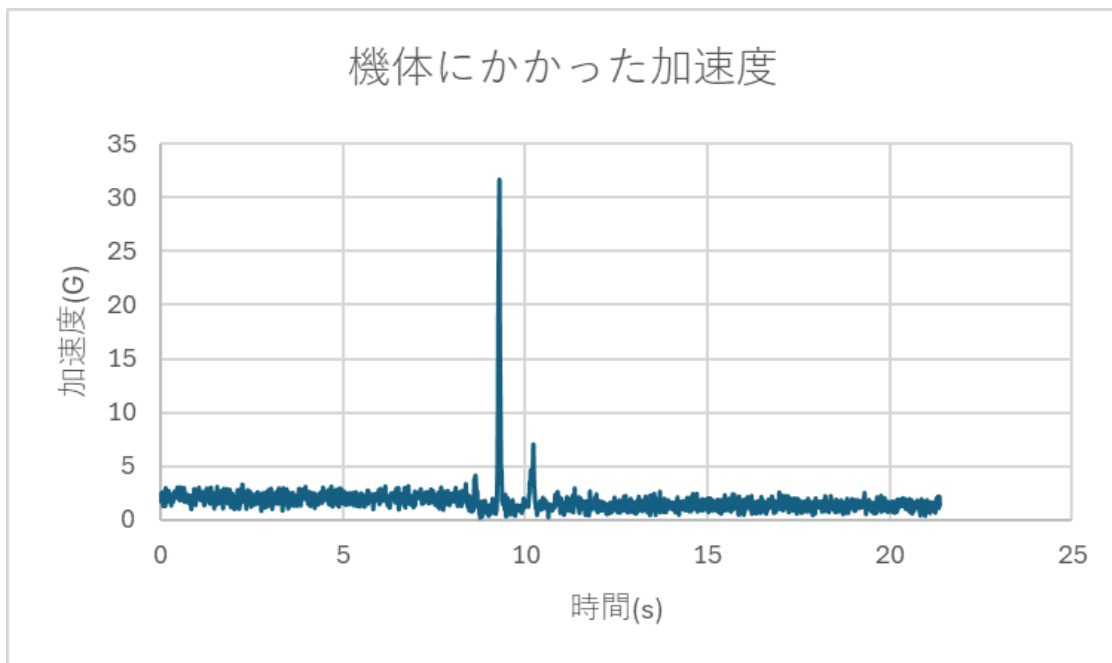
自走：○

通信：○

→起動、自走、通信はそれぞれ作動することを確認した。

第2回試験の様子（加速度センサーあり）

<https://youtu.be/zHUMZvCQOGU>

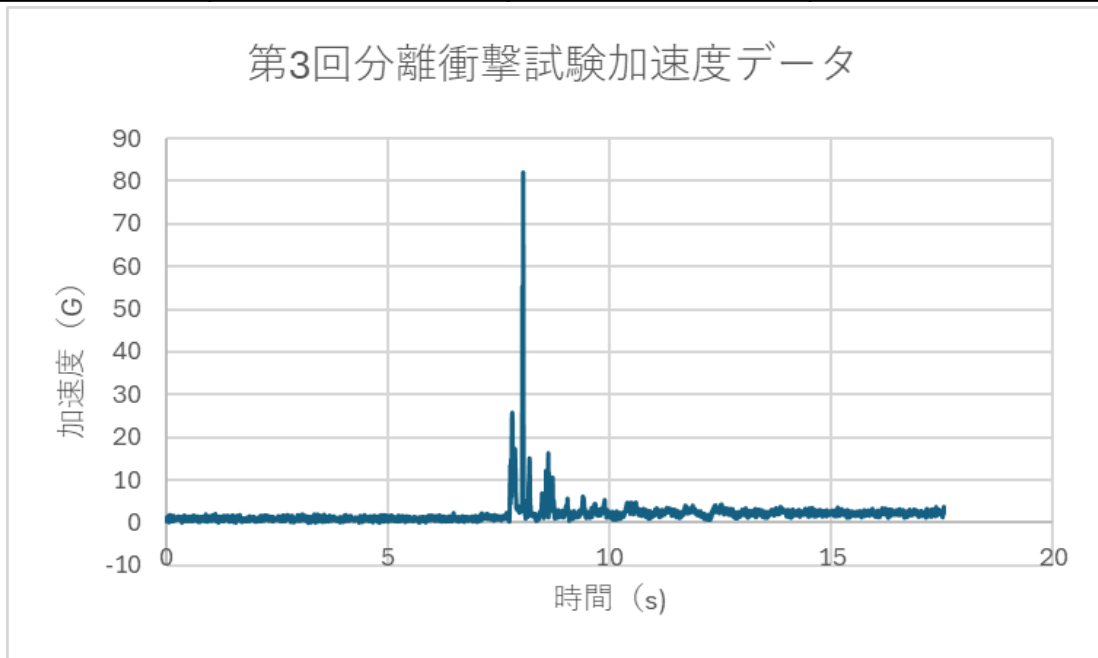


図V5.2 機体にかかった加速度のグラフ

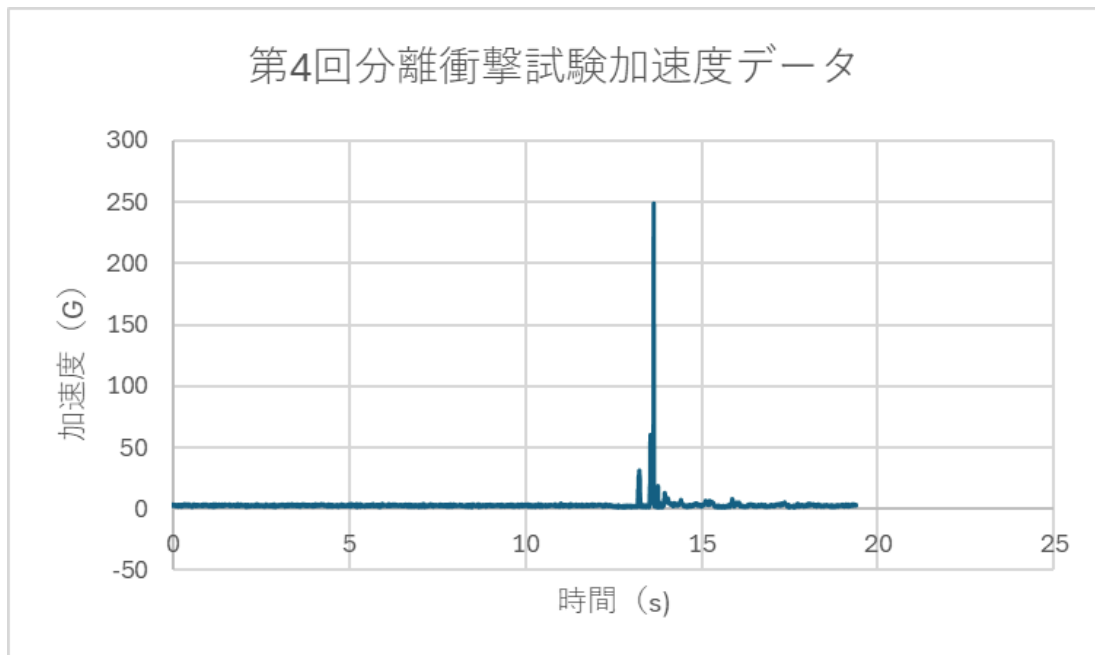
第3回、第4回試験の結果を表V5.1に示し、加速度のデータを図V5.3、図V5.4に示す。

表V5.1

試験	試験の様子	駆動系	通信系
第3回	https://youtu.be/XPYWOMOTjCg	○	○
第4回	https://youtu.be/Cgxlko96Ewc	○	○



図V5.3 第3回分離衝撃試験加速度データ



図V5.4 第4回分離衝撃試験加速度データ

- 考察

第3,4回試験の結果から機体は40G以上の分離衝撃に複数回耐えると示され、レギュレーションを満たすことを確認した。

RV6(MV2) パラシュート投下試験

- 目的
パラシュートの性能がレギュレーションを満たすか確認する。
- 試験内容
機体と同じ重りを取り付け終端速度が4~6m/sになることを確認する。
模擬円筒からパラシュートを投下し開傘を確認する。
- 結果
以下の通り、終端速度が4~6m/sになることが確認できた。

1回目 : $5.16\text{m} \div (5.25 - 4.26)\text{s} = 5.19\text{m/s}$

2回目 : $5.16\text{m} \div (11.76 - 10.76)\text{s} = 5.16\text{m/s}$

3回目 : $5.16\text{m} \div (4.93 - 3.82)\text{s} = 4.82\text{m/s}$

※計算方法の補足

開傘後に5.16m地点(図の赤線から地上まで)を通過してから着地するまでの時間から終端速度を求めたところ上記の結果が得られた。概ね事前想定通りの速度であり、規定を満たし、機体にとって安全に着地できる降下速度となることが確認できた。



図V6.1 5.16mの場所

試験映像

1回目 <https://youtu.be/5W44ODoKWSE>

2回目 <https://youtu.be/QbeID2Jh7fo>

3回目 <https://youtu.be/eHmKWjvUrvq>

- 考察

このパラシュートでレギュレーションを満たすことができる。

RV7 開傘衝撃試験

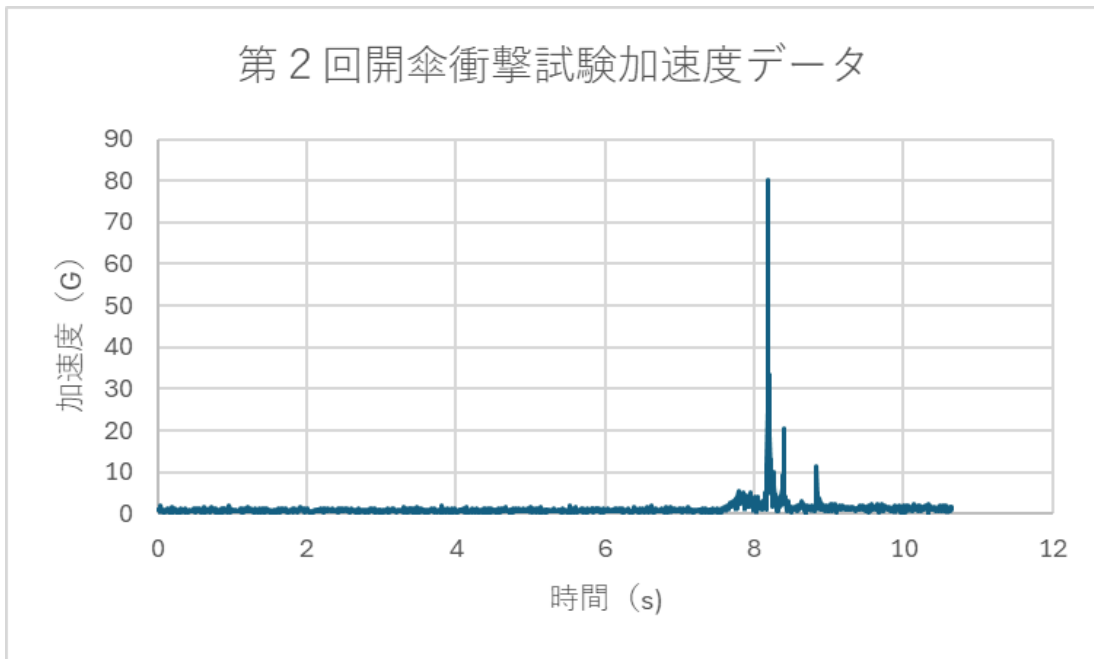
- 目的
パラシュートが開く際の衝撃50Gに本体が耐えられるか調べる。
- 試験内容
パラシュートを持ち、機体または重りを投げ下ろすことで衝撃を加える。加速度の測定は外付けの加速度センサーで行った。
 - ・またこれ以降、7/30に行った試験を第1回試験、8/12に行った2回の試験を第2回試験、第3回試験と呼称する。
 - ・第1回試験では加速度を測ることができなかつたため、第2回、第3回試験を実施した。
 - ・第2回試験は機体と同じ重さの重りで行い、パラシュートが50G以上に耐えることができるか確かめた。
 - ・第3回試験においては機体を重りとして、第2回試験と同様に行い、パラシュートの耐久性を試験したのち、機体の動作確認も行った。

※イベント直前であり機体にはフライトモデルを使用した、そのため機体に負荷をできるだけ与えないように、機体を用いた試験は一回のみ行っている。機体に対する衝撃は分離衝撃試験でも確認している（50G以上かかっている）ため問題ないと考える。

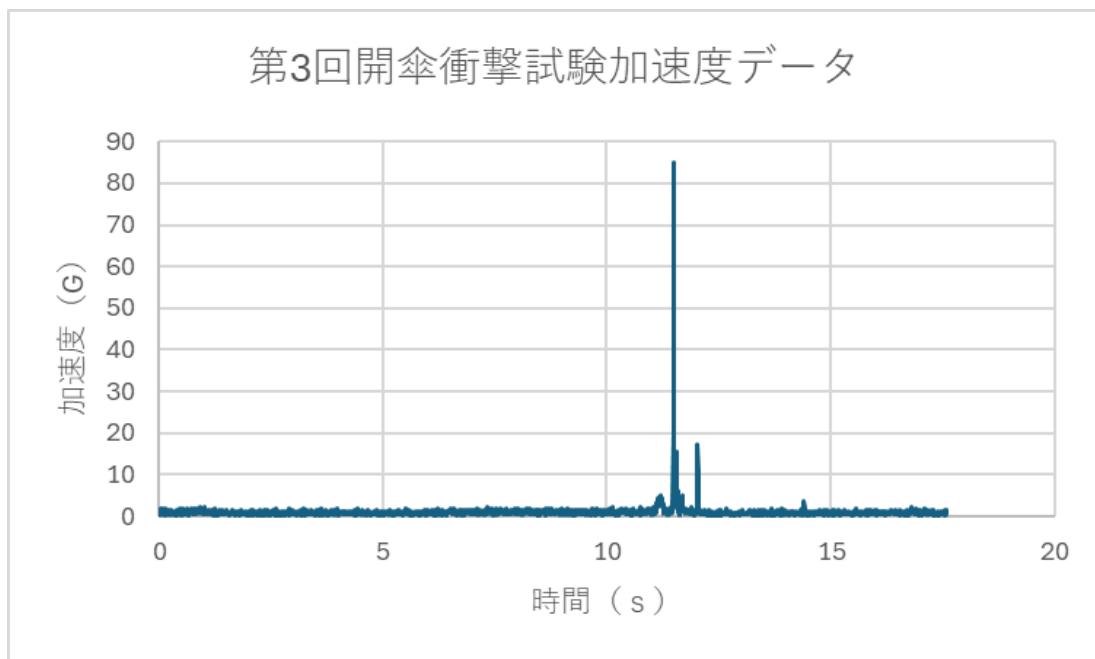
- 結果
各試験結果を表V7.1に示し、それぞれの試験の加速度データを図V7.1、V7.2に示す。

表V7.1

試験	試験の様子	駆動系	通信系
第1回	https://youtu.be/8jlxtdlrh5s	○	○
第2回	https://youtu.be/vOWuRJwfQR8	○	○
第3回	https://www.youtube.com/watch?v=0Cvej34wUgM	○	○



図V7.1 第2回開傘衝撃試験加速度データ



図V7.2 第3回開傘衝撃試験加速度データ

- 考察
 - ・パラシュートおよび分離機構は、第2,3回試験から50G以上の開傘衝撃に複数回耐えると評価でき、レギュレーションを満たす。
 - ・残りのCanSat本体は、第3回試験および分離衝撃試験(第3,4回試験)から50G以上の開傘衝撃に複数回耐えると評価でき、レギュレーションを満たす。

RV8(MV4) 長距離通信試験

- 目的
 - 長距離でも通信できることを確認する。
- 試験内容
 - 3km以上離れた距離から通信を行う。

- 結果

図V13.1で実際に試験を行った場所をgoogleマップで示す。
また、図V13.2,図V13.3でパソコンの設定画面、パソコンが機体から受信したデータを示す。機体
が送信したデータログのリンクも貼付する。



図V13.1 通信した距離の図

距離 3.612キロ

座標 パソコン:7MHJ+J6F 横須賀市、神奈川県

機体:7P78+F68P 横須賀市、神奈川県

→無事通信することができた。

■初期設定

チャンネル31

長距離通信モード

パソコン側のノード番号0001、機体側のノード番号0002

であり、パソコンにはプラスコードが送信される。

(TXDU 0001はパソコンにデータを送るためのコマンド)

- ・送信が成功した場合、【】内のログが機体側に保存される。
- ・送信に成功したデータとパソコン側で受信したデータに整合性があるため、予想されるパソコン・機体間の最長距離に対して、十分に余裕を持った距離で機体本体が通信モジュールを介して地上局のパソコンと通信可能できることが実証できた。

- 考察
十分な距離で通信できると考えられる。

RV9 通信ON/OFF試験

- 目的
任意のタイミングで通信のon/offができることを確認する。
- 試験内容
通信on/offの指示を出し、機体が反応していることを確認する。
- 結果
試験の様子を動画で示す。

試験の様子

https://youtu.be/hKnN_Z08Mv0

スリープモードのON/OFFに成功

- ・機体の電源を入れた状態でスリープモードON
→NGが出て送受信ができないことを確認した。
- ・フライトピンが抜けたらスリープモードOFF
→OKが出て送受信が可能になった。
- 考察
任意のタイミングで通信を開始でき、通信の干渉が発生してはいけない状況で機体が通信し始めることがないことが確かめられた。

RV10 通信チャンネル変更試験

- 目的
任意にチャンネルを変更できることを確認する。
- 試験内容
チャンネルを変更しても送受信ができることを確認する。
- 結果
試験の様子を動画で示す。

試験の様子

<https://youtu.be/QT388K5n5zM>

チャンネルを31から39にランダムに変更した。

- 送受信が可能であることを確認。
- 考察
複数のチャンネルに切り替えても通信ができることが確認できたため通信の干渉が起きても通信を切り替えることで干渉を回避できる。

RV11(MV8) EndtoEnd試験

- 目的
試験の一連の流れを模擬し、機体の動作に異常がないことを確かめる。
- 試験内容
・試験場とゴール地点を図MV11.1に示す。



図MV11.1 試験場とゴール地点
※○で囲ってある赤コーンがゴール。

- ・試験の様子を動画で示す。
- 収納・放出・分離: <https://youtu.be/ZwddVX7E5nc>
- GPS誘導: <https://youtu.be/utNWZFbYxNU>
- ・また試験の制御履歴についてはRV12で示す。

- 結果

収納・放出・分離・走行については個別の試験と同様の結果であった。その後 のGPS誘導については、個別の試験の時よりもやや誘導が正確ではなかったが コーンの半径5m以内は通過したためチームとしては成功と判断する。

- 考察

現状フルサクセスまではクリアできることは確認したため、大会までにエクストラサクセスであるゴール検知からゴールまでの誘導(現状よりもさらに一層高精度な誘導)ができるように開発を続ける。

RV12(MV9) 制御履歴レポート作成試験

- 目的

- ・制御履歴が記録として残ることを確認する。
- ・2種類のコントロールレコードを表示できることを確認する。

- 試験内容

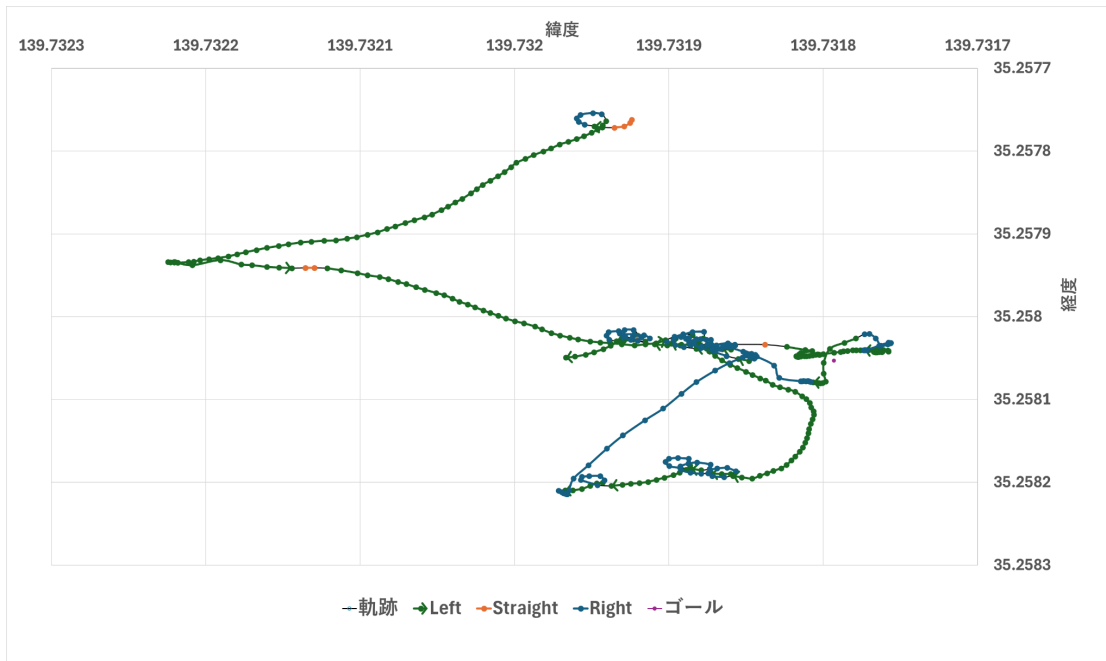
End to End 試験の制御履歴が記録されていることを確認する。

- 結果

- ・時間とその時の機体の緯度、経度を表したもの

https://docs.google.com/document/d/1p6k8uyFC7VL_Y076B5f7CUmLkx8BUYwG/edit?usp=drive_link&oid=106788286308102194419&rtpof=true&sd=true

- ・緯度・経度と機体の軌跡を表したグラフを図RV12.1に示す。



図RV12.1

※左に舵を切ろうとしているところは緑、まっすぐ進もうとしているのはオレンジ、右に舵を切ろうとしているところは青、ゴールは紫の点で表示。

- 考察
End to End試験での制御履歴が記録されていることを確認した。

第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験

※レギュレーションを満たすための試験とミッション要求を満たすための試験が重複している試験については前節で記述しているのでこの節では省略する。

具体的には

- ・MV2(RV6)パラシュート試験
- ・MV4(RV8)長距離通信試験
- ・MV8(RV11)End-to-End試験
- ・MV9(RV12)制御履歴レポート試験

である。

したがって本節ではMV1、MV3、MV5、MV6、MV7について記述する。

MV1 着地衝撃試験

- 目的
機体が落下した際の衝撃に耐えられるか確認する。
- 試験内容
機体がレギュレーションの上限速度6m/sで着地すると仮定する。高さ184cmから初速0m/sで自由落下させることで、6m/sの着地速度を再現する。CanSat本体を実際に落とし、駆動系が無事であるか確認する。
- 結果
試験の様子と動作確認を動画で示す。
<https://youtu.be/4czmle-YNPg>
起動:○
自走:○
- 考察
レギュレーション上の落下速度の最大値で落下し、機体に異常がないことを確認した。

MV3 走破性能に関する試験

- 目的
障害物を機体が乗り越えられるか確認する。
- 試験内容
3cm,5cmの段差および砂利道の段差を超えられるか確認する。
- 結果
各段差での試験の様子を動画で示す。
試験の様子
3cm : <https://youtu.be/c9wL9-A0w-A>
5cm : <https://youtu.be/-DQx-Od5njI>
砂利道 : <https://youtu.be/ttOaUgo1AE0>
砂地 : <https://youtu.be/SwZhufgzMaQ>
- 考察
段差や砂利道を乗り越えることができた。

MV5 GPS誘導試験

- 目的
GPSを用いて誘導し、ゴールから5m付近でゴール判定ができるか確認する。
- 試験内容
ゴールとなるGPS座標を設定し、5m付近でゴール判定が出るか確認する。
- 結果
・試験場とゴール地点を図MV5.1に示す。



図MV5.1 試験場とゴール地点

※○で囲っているところがゴール地点

・試験の様子を動画で示す。

https://youtu.be/Cu_WSD3c3YA

- 考察
GPSを用いて誘導し、ゴールから5m付近でゴール判定ができるか確認した。

MV6 ゴール検知試験

- 目的
カメラでカラーコーンを認識できるか確認する。
- 試験内容

- 考察

よって、着地後ニクロム線が過熱すれば分離できることが確認された

第6章 工程管理

- 構造班

[構造班 ガントチャート\(2\).xlsx](#)

- 回路・電子班

[回路 ガントチャート\(2\).xlsx](#)

- マイコン・ミッション班

[マイコン ガントチャート\(2\).xlsx](#)

- 通信班

[Cansatスケジュール\(通信\)\(1\).xlsx](#)

第7章 大会結果報告

第7.1節 目的

自衛隊で宇宙分野が重要になってきており、宇宙に関する知識を身に着けることが必要であった。そのため、同好会を設立し最終目標は超小型人工衛星の開発でありその基礎的技術養ための一環としてCansatを作成した。またより衛星打ち上げに近い環境であると考えたため、参加しました。

ミッションについては第1.2節の通り。

第7.2節 結果

以下に3回の打ち上げ結果を示す。図7.2.1、図7.2.2、図7.2.3、図7.2.4はそれぞれの打ち上げの結果を表している。また表7.2.1はサクセスクライテリアの達成度を表している。

- 1回目: パラシュートは開傘するも、フライトピンが機体部品と絡まり、走行開始に至らずリタイア。その後ゴール到達を確認。



図7.2.1 打ち上げ1回目の着地の様子



図7.2.2 0mゴールを達成した様子

- 2回目: パラシュートにうまく風が入らず、開傘せず自由落下し機体が破損しリタイア。

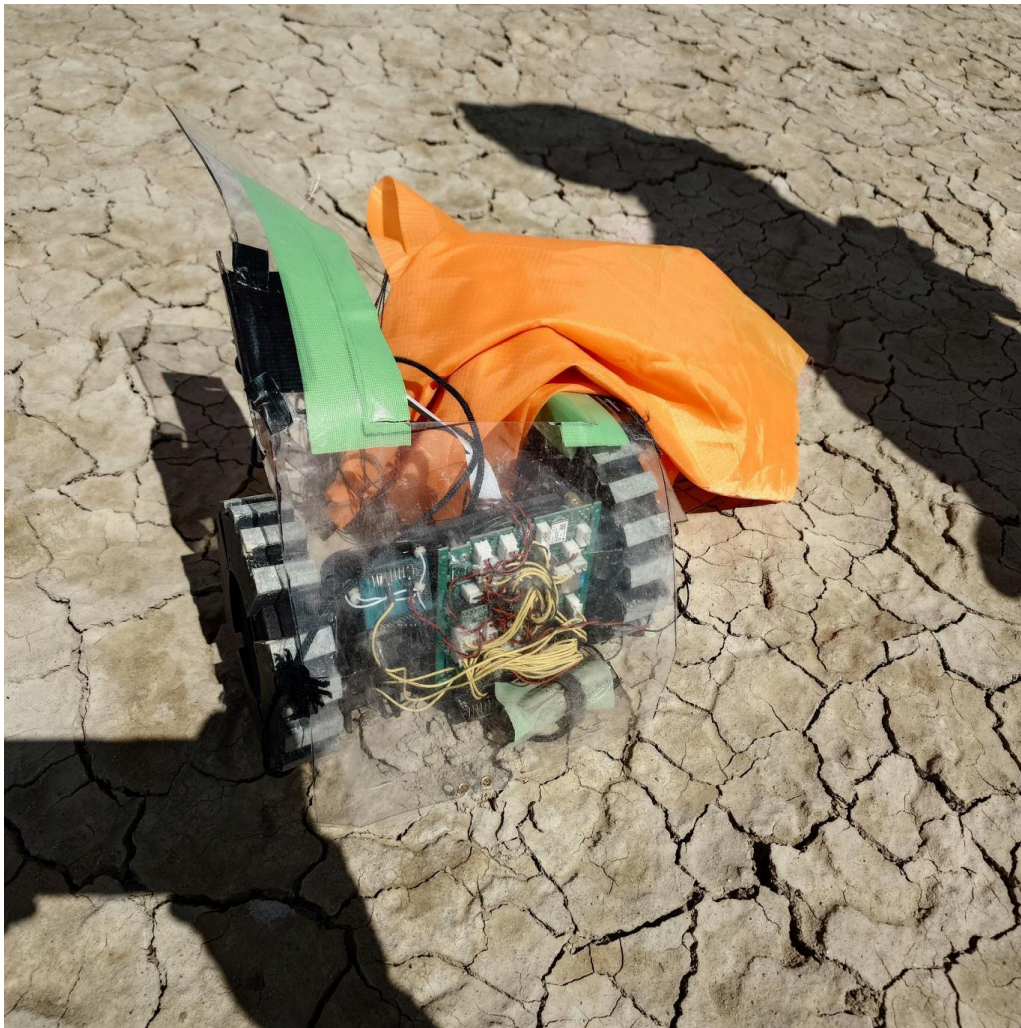


図7.2.2 打ち上げ2回目の着地の様子

- 3回目: 空中でナイロン糸が切断され、機体が分離機構から分離し自由落下し機体が破損したためリタイア。

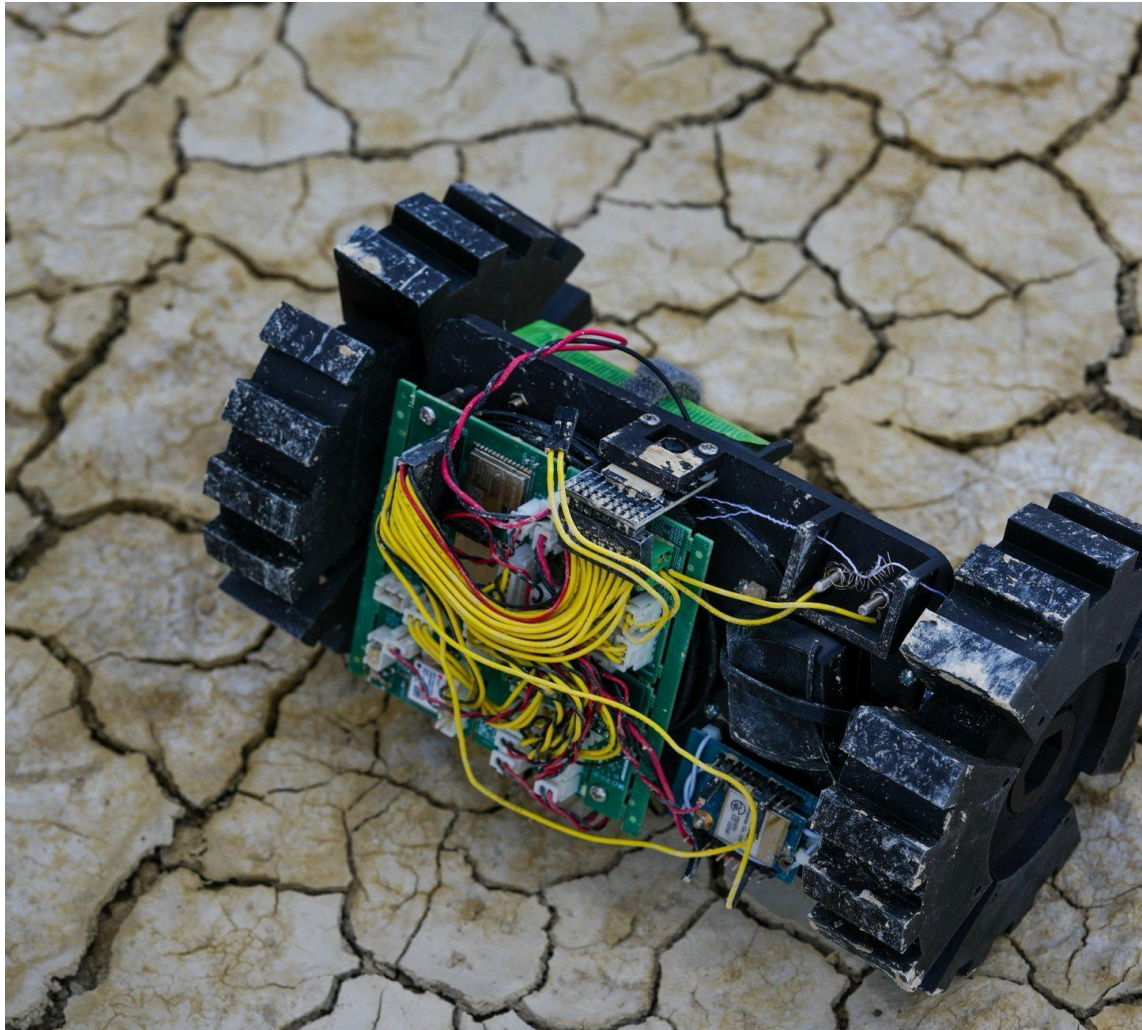


図7.2.3 打ち上げ3回目の着地の様子。
以下にサクセスクライテリアの達成度を示した表7.2.1を示す。

表7.2.1 サクセスクライテリアの達成度

		1st	2nd	3rd
ミニマムサクセス1	放出され、パラシュートが開き機体の部品に損傷なく着地できる。	○	×	×
ミニマムサクセス2	地上局への通信、通信履歴の記録が行える。	×	×	○
ミドルサクセス1	機体がパラシュートを切り離せる。	×	×	×
ミドルサクセス2	機体がGPSを取得して動き出す。	△(リタイア後確認)	×	×

フルサクセス	ゴールの半径5m以内まで機体を誘導する。	△(リタイア後確認)	×	×
エクストラサクセス1	障害物を避けスタックしても復帰できる。	△(リタイア後確認)	×	×
エクストラサクセス2	カメラによってゴールを認識できる。	×	×	×
エクストラサクセス3	ゴールの半径0m以内を達成する。	△(リタイア後確認)	×	×

まとめ

- 機体に損傷なく着陸し(1回目)、通信も行えた(3回目)ためミニマムサクセスは達成、またリタイア後ではあるがミドルサクセス2(GPS誘導)とフルサクセス、エクストラサクセス2を達成できることを確認した。
特にリタイア後ではあるが、ゴールの半径約**30cm**まで到達した。

第7.3節 考察

・打ち上げ一回目:パラシュートは開傘するも、フライトピンが機体部品と絡まり、走行開始できなかった。

原因:フライトピンの入れかたが悪かったため機体とからまった。

・打ち上げ二回目:パラシュートが開傘せず、自由落下した。

原因:パラシュートの入れ方が悪く、開傘しなかった。

・打ち上げ三回目:パラシュート開傘後、空中でナイロン糸が切断され、機体が分離し自由落下

原因:ナイロン糸が空中で切れる可能性があることが分かったが詳しい原因は不明。

第8節 まとめ

第8.1節 工夫点・努力した点

- 多くの部員が、このような開発経験がなかったため技術が明確に不足しており苦労した。
- 特別な環境下なのもあり、時間不足に苦労した。
- 開発の流れがわからず、手探り状態であったため苦労した。
- 長距離通信試験における見通しの良い長距離直線の搜索に苦労した。
- 初めての開発のため、可能な限り部員のみで開発をして技術習得を行った。
- 基礎を中心としつつ、独自基板などの特色を持たせることができた。
- 初めてでありながら一定の誘導に成功するなどCanSatの基本的な動作まで成功した。
- 車輪の衝撃吸収など構造において目的をもって設計したところは、その役割を果たせた。

第8.2節 課題点

- ・審査書の試験をクリアすることに追われ、機体に起こりうるトラブルの想定が甘く、試験でそれらを発見することができませんでした。
- ・ミッションシーケンスでは最終的にカメラ誘導でゴール目指すことになっていましたが、GPS誘導でも0mが達成可能であったため今年度においては削除してもよかったと考えます。また、能代で成功したとしてもARLISSでは成功しなかったこともあり、再現性を担保するむずかしさを実感しました。

第8.3 今後の展望

今回のCanSatは開発期間も短く、0mゴールという最も単純な目標としましたが、来年度は十分な開発期間をとり、より高度なミッションに挑戦していきたいと思えます。