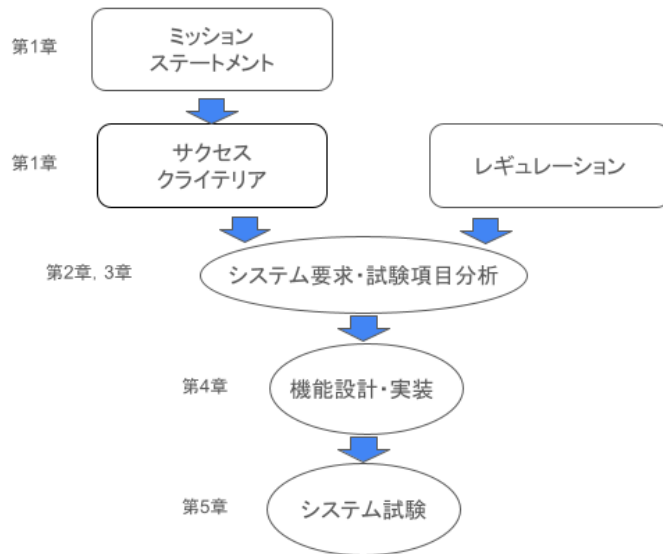


ARLISS2025大会報告書

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	愛知工科大学 STELA
CanSatチーム 代表者情報	大城 善雅 yoshitsune0830@gmail.com, 080-1555-5941
UNISEC団体名	愛知工科大学 STELA
UNISEC団体 学生代表	大城 善雅
責任教員	中谷 淳 nakaya-jun@aut.ac.jp, 0533-68-1304(内線: 6703)
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節	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

新型ゴールにおけるGPSによる0mゴールの達成

我々はこれまで、ARLISSに参加した実績として、2015年に2位、2016年に3位、そして2019年には1位という成績を収めている。しかし、後継者不足により一時活動休止となり、その後新たな体制で活動を再開し、2023年に再びARLISSに参加を果たしているが、0mゴールの達成には至っていない。

本大会では、新型ゴール方式での0m地点への正確な到達を目指す。新型ゴールに配置されている4つの赤色球体の座標をGPSで取得し、それらの中心座標を算出することにより単一測位による誤差を平均化し、誘導精度の向上を図る。

第1.2節 ミッション内容

- ミッションを達成するために必要なミッションシーケンスを以下に示す。
 1. CanSatをキャリアに収納しロケットに搭載する
 2. ロケットによる打ち上げ
 3. 気圧センサにより上昇を検知
 4. キャリアから放出され、地上局受信側PCと無線通信をし、GPS座標を送信する。
パラシュートにより減速しながら落下する
 5. 着地後、パラシュートを切り離す
 6. 走行準備及び開始
 7. 目標座標に走行
 8. スタック判定と赤色検知
 9. 目標座標へ到達後、中心座標に走行
 10. GPSにより中心座標から3cmの地点に走行しゴール以上のミッションシーケンスを図1.2.1に示す。

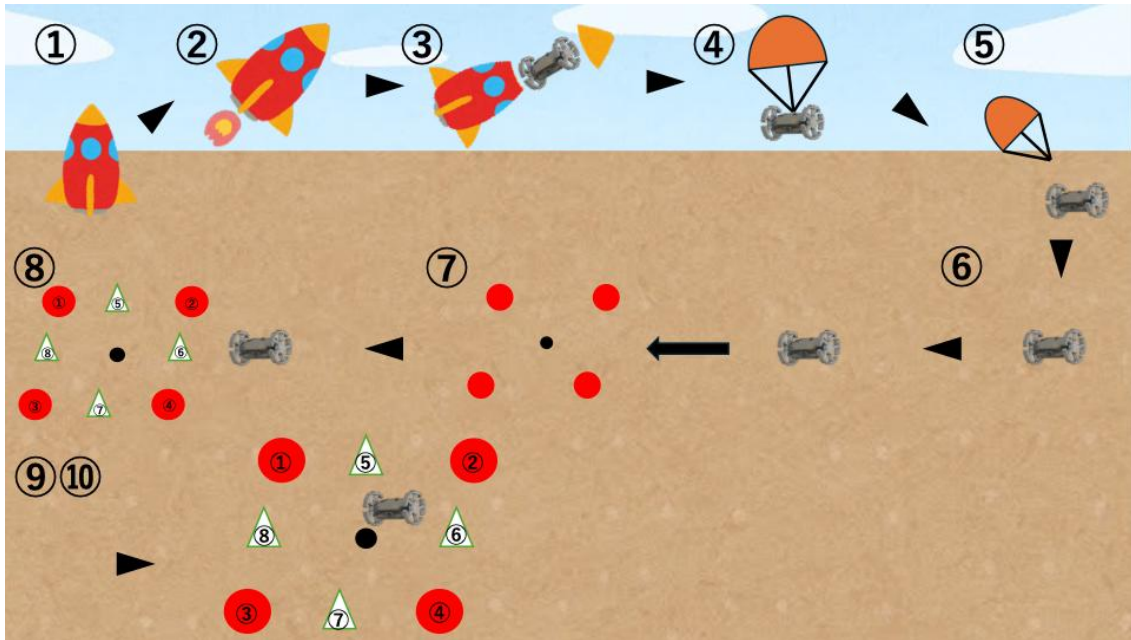


図1.2.1 ミッションシーケンス

詳しい手順を下記に示す。

一定の気圧を3回連続で上回った場合上昇したと判定する。本判定方式は、センサの一時的なノイズを考慮し、誤検知を防ぐために導入したものであり、単発的な値の変動では上昇したとみなさないようにしている。

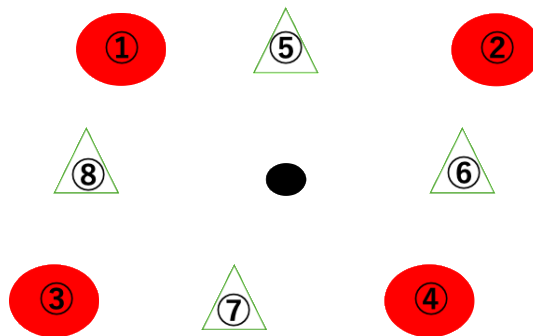


図1.2.2 本団体が設定した事前情報のイメージ図

以下のイメージを図2.1.2に示す。

事前情報を以下に示す。

候補座標：赤い4つの球のゴールの他に新たに本団体が設定する座標も含めたもの。目印は設置しない。図2.1.2の1-8のいずれかである。

目標座標：CanSatの現在位置から最も近い候補座標のこと。図2.1.2の1-8のいずれかである。

中心座標：赤い4つの球のゴールの中心座標。原点(0,0)。図2.1.2の黒丸である。

現地でGPS座標を取得する際、以下の作業を行う。

1. 赤い球(1-4)の座標をそれぞれ3回ずつ取得する
2. 各球のデータを平均化し、4点の平均から中心座標(黒丸)を算出する
3. 算出した中心座標を基準に、新たに赤い球の間の4点(5-8)を定義する
4. 合計8点(1-8)を候補座標とする

ミッションの進行

- 機体は落下地点から最も近い候補座標に向かって走行する
- ゴール周辺またはゴール手前にて赤い球にスタックしたと判断した場合は、右隣の候補座標へ進路を変更する

候補座標が5-8の場合、スタックは発生せず、そのままゴール中心座標を目指す。

候補座標が1-4の場合、スタックが発生する可能性がある。この場合機体を1m後退しカメラを起動。カメラによる画像から赤色を検知した場合、右隣の候補座標を目標座標にし、ゴール中心座標を目指す

本機体はSPRESENSEのGPSモジュールを搭載しており、GNSS通信用バーアンテナから機体最前部までの距離は3cmとなっている。このわずかな誤差も考慮する。図2.1.3に示す。

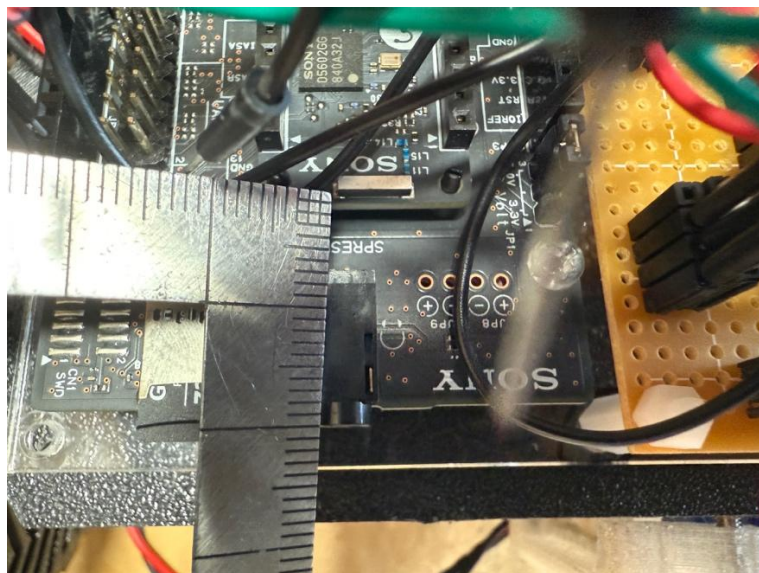


図2.1.3 SPRESENSEのGNSS通信用バーアンテナから機体先端部までの距離

ARLISSにおける新型ゴールの判定は「ゴール座標から、ゴール座標に最も近い機体の一部までの距離」に基づいて行われるため、GPSの位置が0m地点から3cm以内に到達した場合に0mゴールをしたものとみなす。

第1.3節 サクセスクライテリア

表1.3.1にサクセスクライテリアを示す。

表1.3.1サクセスクライテリア

	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
1. 放置から着地	パラシュートによる減速 達成判断: 加速度センサによる動作 ログの確認, 目視での確認	加速度センサにより上昇 を検知し,その後下降を 検知したあと, GPS座標 を送信する 達成判断: 無線通信により判定	加速度センサにより地 面を判定し切り離し 達成判断: 動作ログの確認, 目視での確認
2. 走行	表裏判別をし, 走行準 備完了し走行開始 達成判断: 動作ログの確認, 目視での確認	新型ゴール手前で停止 達成判断: 動作ログの確認, 目視での確認	ゴール座標へ走行し0m ゴール達成 達成判断: 動作ログの確認, 目視での確認

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

レギュレーションを満たすためのシステム要求項目を以下に示す。

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。 (1050g以下 直径 146mm以下, 高さ 240mm以下)
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は規定の終端速度の範囲内で降下しなければならない。 (終端速度:4~6m/s)
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。(10Gで10秒) (パラシュート方向:50G)
R5	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。
R6	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。
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しなければならない。
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てはいけない。
R9	CanSatは制御されることなく着地しなければならない。
R10	CanSatは打上げの準静的荷重によって, 安全基準を充足するための機能が損なわれていないかの試験 (40G)
R11	CanSatは打上げ時の振動によって, 安全基準を充足するための機能が損なわれていないかの試験 (30Hz~2000Hzで15Gまたは同等のタンダム振動)

Comeback Competitionに参加するために必要なシステム要求を以下に示す。

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。(軌道と制御コマンドの可視化) (全制御履歴)

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

システム要求番号がRであるレギュレーションを満たすためのシステム要求項目に対する試験項目を以下に設定する。

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7日
RV2	キャリア収納試験	R1	7月7日
RV3	長距離通信試験	R2	7月7日
RV4	落下試験	R3, R9	7月7日
RV5	準静的荷重試験	R10	7月14日
RV6	振動試験	R11	7月14日
RV7	パラシュート開傘衝撃試験	R4	7月14日
RV8	無線機ON/OFF試験	R5	7月21日
RV9	無線機周波数変更試験	R6	7月21日
RV10	End-to-end 試験	R7	7月28日
RV11	搭載機器確認試験	R8	7月21日

システム要求番号がCRであるレギュレーションを満たすためのシステム要求項目に対する試験項目を以下に設定する。

番号	試験項目名	対応するシステム要求番号	実施予定日
CRV1	End-to-end 試験	CR1, CR2	7月28日

第4章 システム仕様

第4.1節 機体概観

図4.1.1にCAD図での機体を示す.

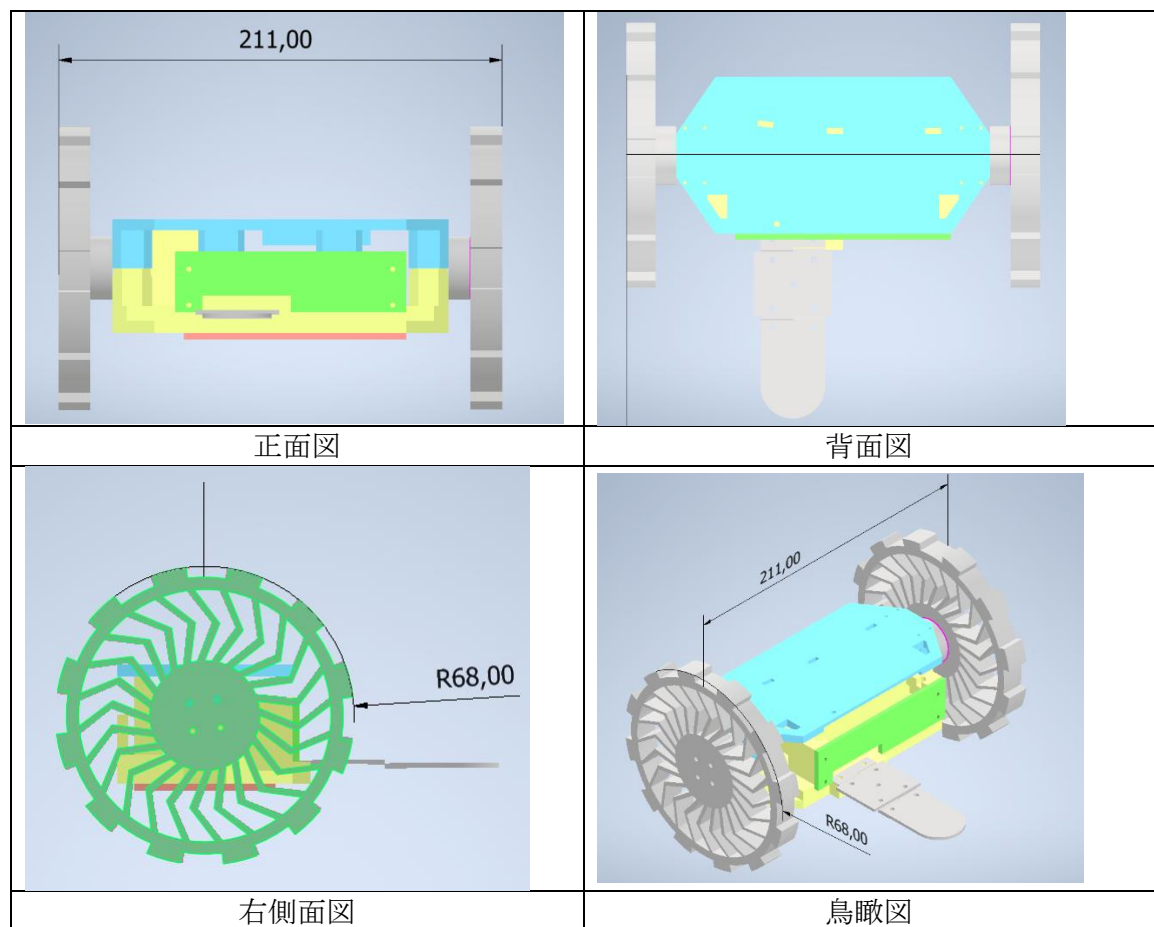


図4.1.1 機体外観のCAD図

図4.1.2に機体の外観を示す.

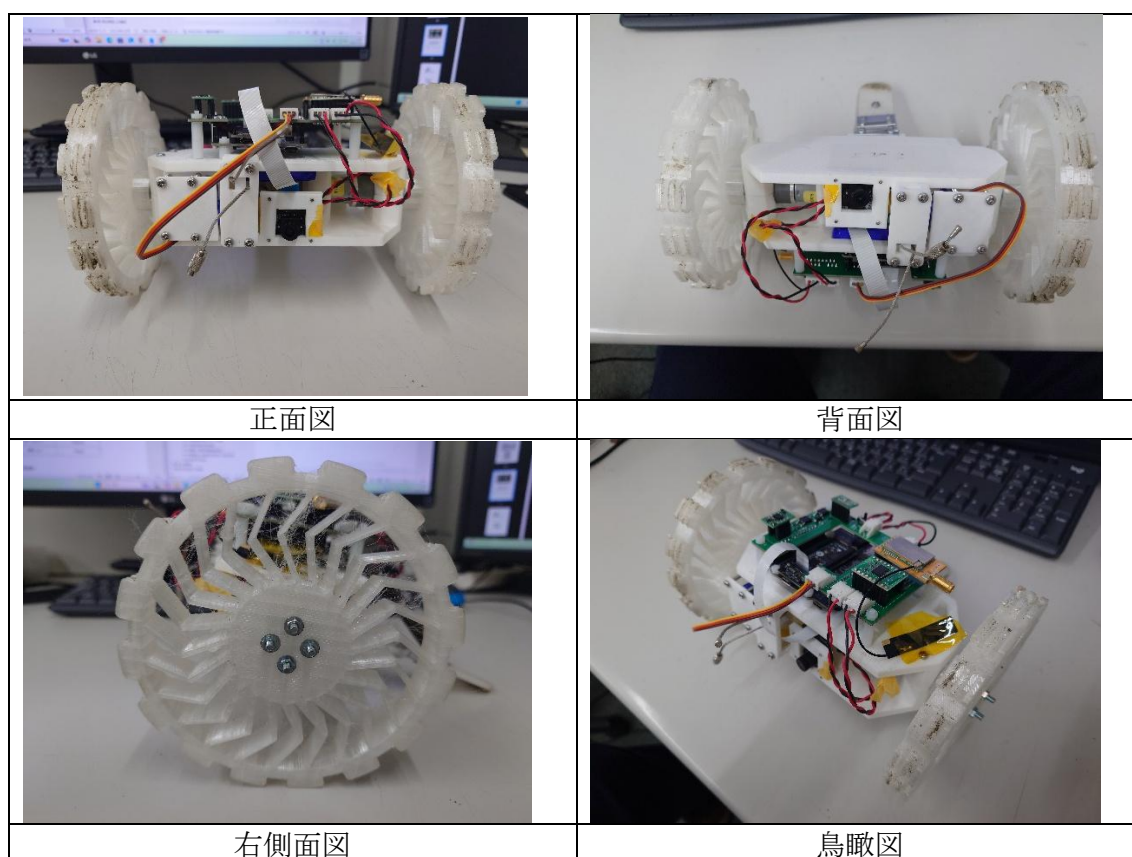


図4.1.2 機体外観の写真

表4.1.1に機体の寸法及び質量を示す.

表4.1.1 機体寸法

直径 [mm]	132 [mm]
高さ [mm]	228 [mm]
質量 [g]	1007 [g]

第4.2節 機体機構

- 切り離し機構

図4.2.1にラック&ピニオンを示す.

パラシュートと機体の切り離し機構にラック&ピニオンを採用した. ラック&ピニオンとは, 回転運動から直線運動, 直線運動から回転運動へ行う機構である. 切り離し機構を機体後方に設置する上で, スタビライザー等が設置されており, 場所の確保が困難であることから, 小スペースで駆動する機構が必要だった.

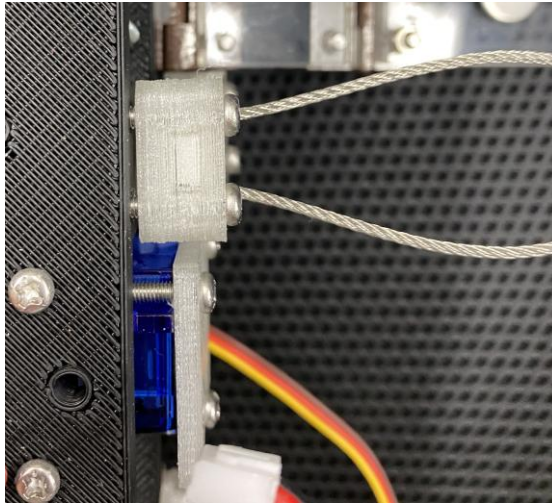


図4.2.1 ラック&ピニオン

第4.3節 搭載機器

搭載機器と機器の説明を表4.3.1に示す.

表4.3.1 搭載機器

種類	搭載機器
コンピュータ	SONY SPRESENSE
	SONY SPRESENSE 拡張ボード
気圧センサ	AE-BME280
9軸センサ	AE-BNO055
通信機器	SPRESENSE用 LoRa Add-onボード E220-900T22S (JP)
モータドライバ	AE-TB6612
カメラ	SPRESENSE HDR カメラボード
リポバッテリー	EA3000 1c
	EA2600 1c
モータ	NS-22SG
サーボモータ	SG90

- GPSセンサ
 1. ナビゲーション処理
 - 取得した座標とゴールの座標から進行方向を割り出す
 2. ゴール判定
 - 取得した座標からゴールまでの距離を求め3cm以内の場合, ゴール判定
 3. スタック判定
 - 30秒間に1m以上距離が縮まっていない場合, スタック判定
- 気圧センサ
 1. 上昇判定
 - 気圧が5回連続で下がった場合, 上昇判定

2. 下降判定
 - 上昇を検知後，気圧が5回連続で上がった場合，下降判定
 3. 着地判定
 - 下降検知後，気圧の値の変化が連続で10回0.2以下だった場合，着地判定
- 9軸センサ
 1. 表裏判定
 - X軸の値から表裏判定
 - 通信
 - ロスト対策.
 - 都市部では3km，障害物のない環境での通信距離では10km
 - カメラ
 - ゴールでのスタック判定
- 図4.3.1に搭載機器を，図4.3.2に回路図を示す.

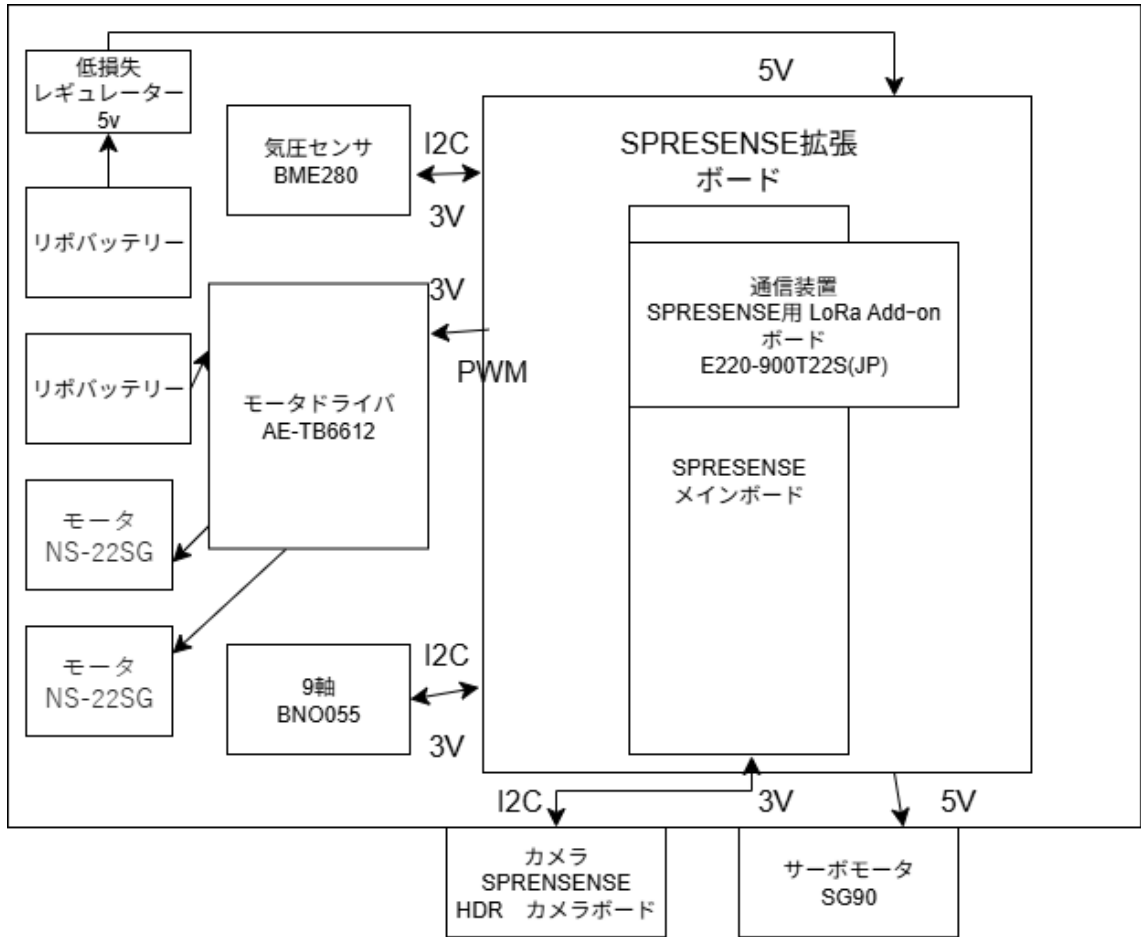


図4.3.1 搭載機器

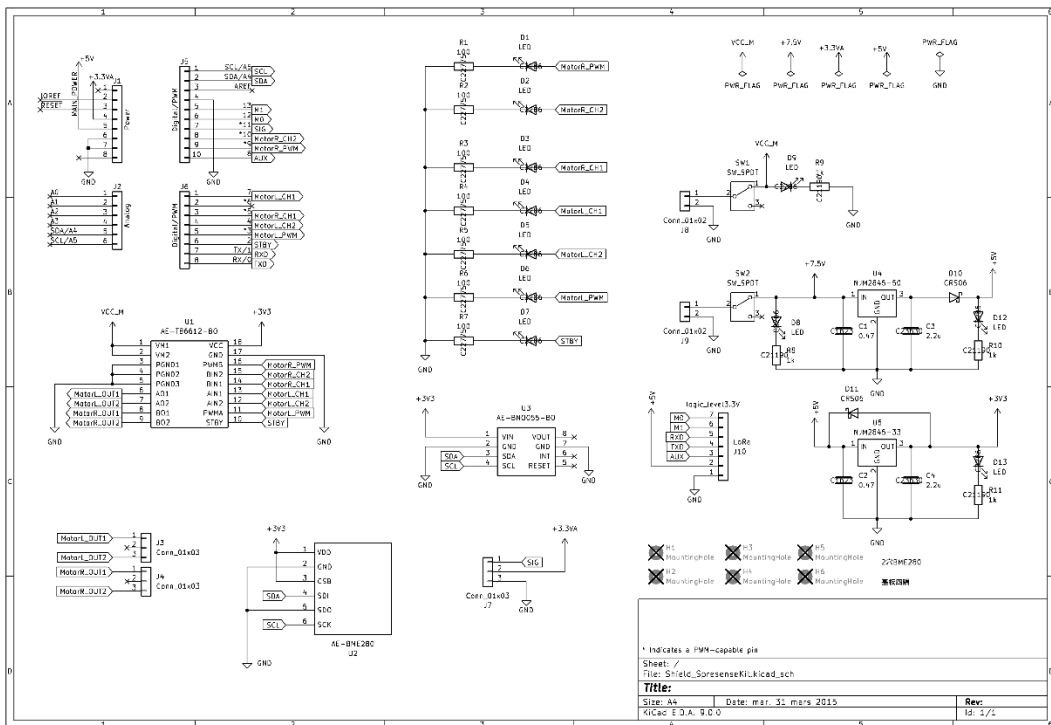


図4.3.2 回路図

第4.4節 アルゴリズム

図4.4.1にシーケンス図を示す.

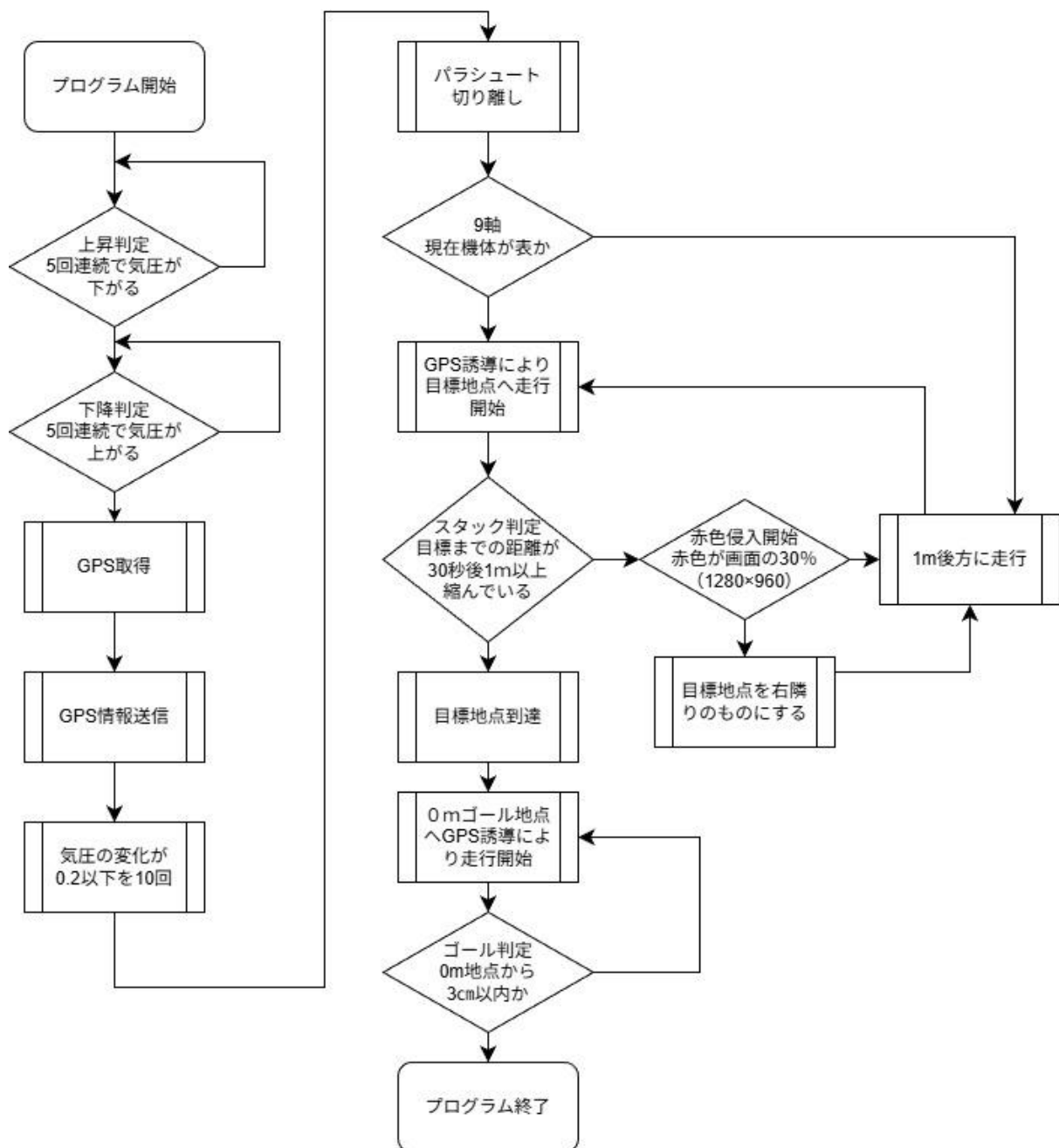


図4.4.1 シーケンス図

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本体およびパラシュートの合計質量が、ARLISS2025の規定する上限質量（1050 [g]）以内であることを確認する。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.1 Configuration
- 試験内容
 - CanSat本体およびパラシュートを組み合わせた状態で質量を測定し、規定値との適合性を評価する。
- 試験結果
 - 図5.1.1に示すとおり、合計質量は1007 [g]であり、規定値を下回っていた。



図5.1.1 CanSat本体とパラシュートの合計質量

- 結論
 - CanSatはパラシュートを含めた状態でも、ARLISS2025のキャリア収納時における質量レギュレーションを満たしていることが確認できた。

RV2 キャリア収納試験

- 目的
 - ARLISS2025で規定されたロケットのキャリアにCanSatが問題なく収納できることを確認する。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.1 Configuration
- 試験内容
 - 本番で使用されるロケットと同様のキャリアを用い、パラシュートを接続した状態のCanSatを収納し、適合性を確認した。使用したキャリアは、当団体が2015年にAe

roPacから購入した正規品であり，ARLISS2025の仕様に準拠している．
 キャリアの主な寸法を以下に表5. 2. 1示す．また，キャリアの寸法を図5. 2. 1，図5. 2. 2に示す．



図5. 2. 1 キャリアの奥行

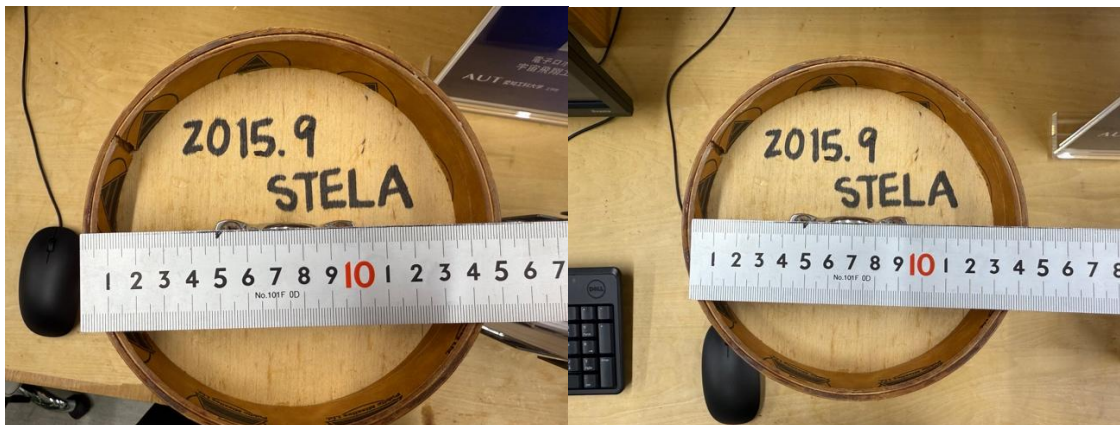


図5. 2. 2 左：キャリアの外径 右：キャリアの外径

表5. 2. 1 キャリアの寸法

	測定値 [mm]
外径	142
内径	152
奥行	270

➤ 試験結果

- CanSatを収納した状態で，自重によりスムーズに放出されることを確認した．機体の寸法測定結果を図5. 2. 3に示す．また，表5. 2. 2に示したCanSatの測定値を図6. 2. 4に示す．また，キャリアに収納した際のパラシュートを含めた高さを図6. 2. 5に示す．



図5.2.3 キャリアに収納した状態

表5.2.2にレギュレーションの寸法と本団体の機体の測定値を示す。

表5.2.2 機体の寸法

	測定値 [mm]	規定値 [mm]	OK or NO
高さ	210	240	OK
直径	140	146	OK
パラシュートを含めた高さ	230	270	OK

➤ 動画5.2.1 キャリア収納試験の動画：https://youtu.be/FkgvZT9R_Zk

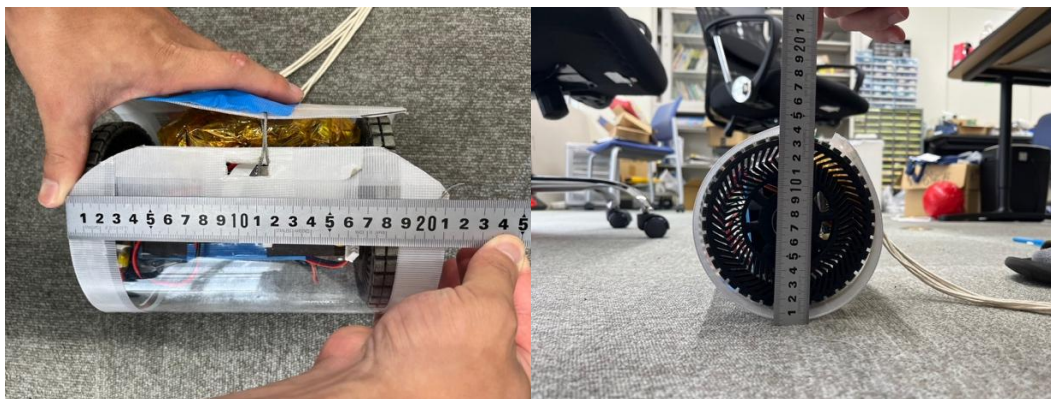


図6.2.4 機体の測定値 左：高さ 右：直径



図6.2.5 パラシュートを含めた高さ

- 結論
 - CanSat本体およびパラシュートを接続した状態の寸法が、ARLISS2025のキャリア収納に関する規定値内であることが確認され、実機キャリアでの収納・放出試験においても問題がないことが確認できた。
 - CanSatはパラシュートを含めた状態でも、ARLISS2025のキャリア収納時における質量レギュレーションを満たしていることが確認できた。

RV3 長距離通信試験

- 目的
 - 長距離においても安定した無線通信が可能であり、CanSatのロスト対策として有効であることを確認する。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.2 C Countermeasures against lost
- 試験内容
 - LoRa通信モジュールDTH-SSLR (920MHz帯) を用い、愛知県蒲郡市・竹島埠頭緑地の「ニッポンチャレンジJPN-6」前のベンチ（緯度：34.8193808，経度：137.2247053）にCanSatを設置した。受信側PCを約3km離れた蒲郡市・若宮公園に配置し、GPS座標の受信可否を確認した。図5.3.1にCanSat設置場所を示す。



図5. 3. 1 CanSat設置場所（竹島埠頭 ニッポンチャレンジJPN-6前）

➤ 試験結果

- 約3kmの距離においても、受信側PCでGPS座標を安定して受信することができた。通信の途切れやデータ欠損も見られず、送信は安定していた。図5. 3. 2に受信側PCの設置場所を示す。

```

19:26:19.575 -> recv data:
19:26:19.575 -> 34.819376,137.224672,7.60049
19:26:20.598 -> recv data:
19:26:20.598 -> 34.819376,137.224672,7.60039
19:26:25.606 -> recv data:
19:26:25.606 -> 34.819376,137.224672,7.60574
19:26:26.627 -> recv data:
19:26:26.627 -> 34.819376,137.224672,7.60647
19:26:27.648 -> recv data:
19:26:27.648 -> 34.819376,137.224672,7.60745
19:27:58.609 -> recv data:
19:27:58.609 -> 34.819374,137.224673,7.66675
19:28:21.623 -> recv data:
19:28:21.623 -> 34.819374,137.224673,7.68999

```



図5. 3. 2 受信機PC設置場所（蒲都市 若宮公園）

図5. 3. 3にGoogleマップでの送信場所と受信場所の直線距離を示す。



図5. 3. 3 CanSatと受信機PC設置場所（3km地点）

- 動画5. 3. 1 本試験の様子（通信成功の確認）：<https://youtu.be/Syk18vmnzfg>
- 結論
 - CanSatが約3km離れた市街地に到達した状態でも、GPS座標を受信側PCで問題なく取得できたことから、ロスト対策に関するARLISS2025のレギュレーションを満たしていることが確認できた。

RV4 落下試験

- 目的
 - パラシュートを用いた落下試験を行い，確実な開傘とともに，CanSatがARLISSレギュレーションで定められた終端速度（4～6 m/s）で着地することを確認する。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.3 Deceleration mechanism
- 試験内容
 - 本学の校舎9階35mから，パラシュートを搭載したCanSatを落下させる．落下中の挙動と着地時の衝撃状況を観察し，パラシュート展開および機体状態の確認を行う．図5. 4. 1に試験の様子を示す。

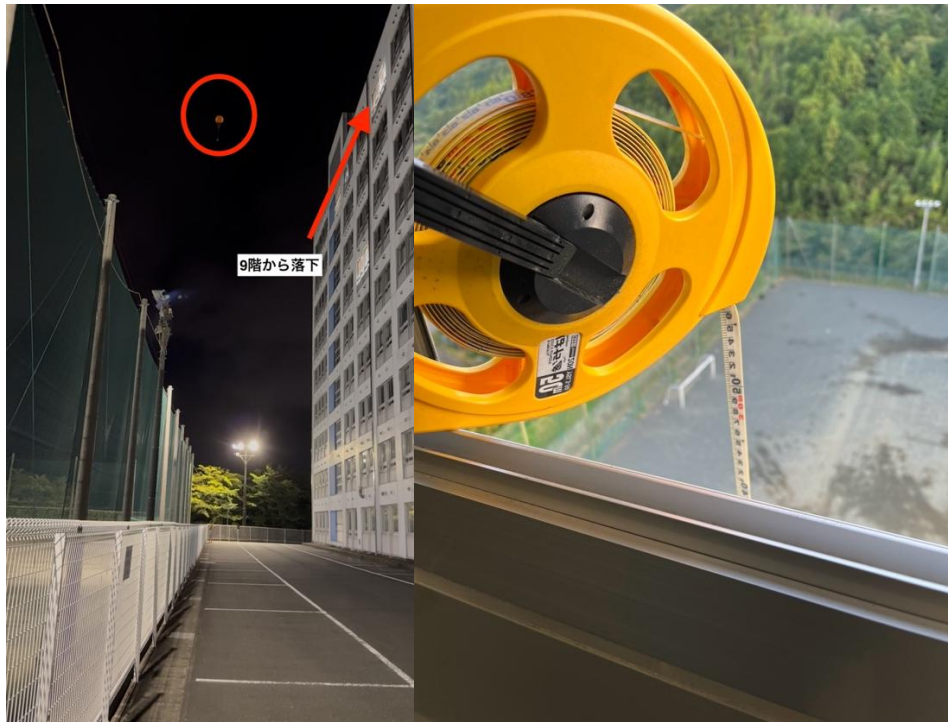


図5. 4. 1 落下試験の様子及び高さ

➤ 試験結果

- 高度履歴より，ほぼ一定の速度で降下している区間（例：降下後半100～200ms間）を抽出し，以下のようにして算出した。

$$\text{終端速度}v_t[m/s] = \frac{\Delta h[m]}{\Delta t[s]}$$

図5. 4. 2-図5. 4. 4に気圧センサで取得した高度の履歴を示す。

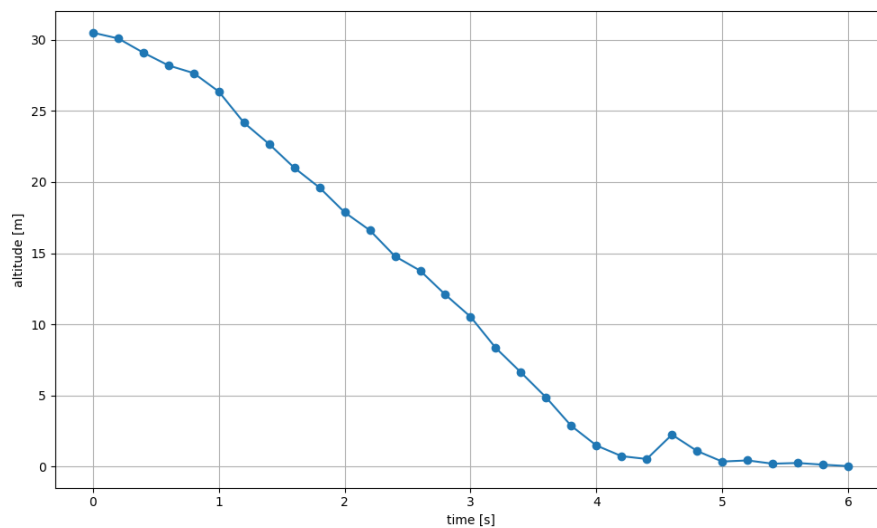


図5. 4. 2 落下試験1回目（終端速度 5.75m/s）

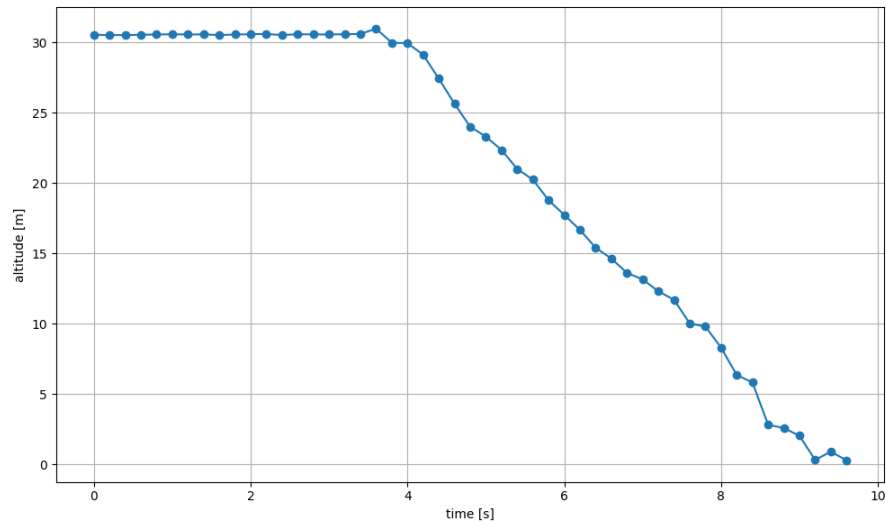


図5.4.3 落下試験2回目(終端速度 4.25m/s)

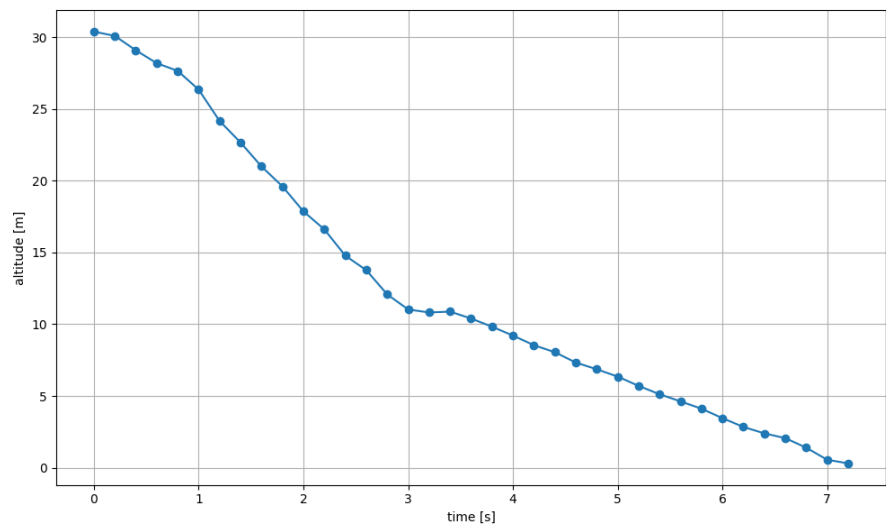


図5.4.4 落下試験3回目(終端速度 4.20m/s)

- 3回の落下試験の結果，終端速度は4.20[m/s]-5.75[m/s]であり，レギュレーション内である。
- 動画5.4.1 落下試験の動画 1回目：https://youtu.be/puc-ZmBo1_E
- 動画5.4.2 落下試験の動画 2回目：<https://youtu.be/dsE5gMnkoZY>
- 動画5.4.3 落下試験の動画 3回目：https://youtu.be/Eek7_XDdiHA
- 結論
 - パラシュートは3回の試験すべてで**確実に開傘**され，CanSatは**安全かつ規定範囲内の速度（4～6 m/s）**で**着地**することが確認された。ARLISSレギュレーションで定められた終端速度制限 (Terminal Velocity: 4-6 m/s) をすべての試験で満たしており，規定に準拠した設計・動作であると判断できた。

RV5 準静的荷重試験

- 目的
 - ロケット打上げ時にCanSatへ加わる最大規模の静荷重（10G）に機体が耐えられるかを確認し、構造的健全性および回路系の損傷防止を検証する。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.4 Strength against launch load and parachute opening shock
- 試験内容
 - 過去のARLISSの結果より，CanSatへの側圧が最大10Gの加速度に相当する大きさの静荷重をローバに与えた後，機体や回路に損傷がないことを確認した．そこで，ロープを取り付けたバックにCanSatを収納し，水平方向に回転させることで遠心力を発生させ，機体に荷重を加える試験を3回実施した．図5.5.1に試験の様子を示す。



図5.5.1 試験の様子

- 試験結果
 - 図5.5.2-図5.5.4に加速度センサで取得したデータを示す。
 - ロープ付きバッグにCanSatを収納し，水平方向に回転させることで遠心力を発生させ，想定される10G以上の準静的荷重を機体に加える試験を3回実施した．機体に搭載された加速度センサで取得した加速度データを以下に示す。
 - 加速度が10Gを超えた状態は，いずれの試験も30秒以上維持されており，想定条件を十分に満たしていた。

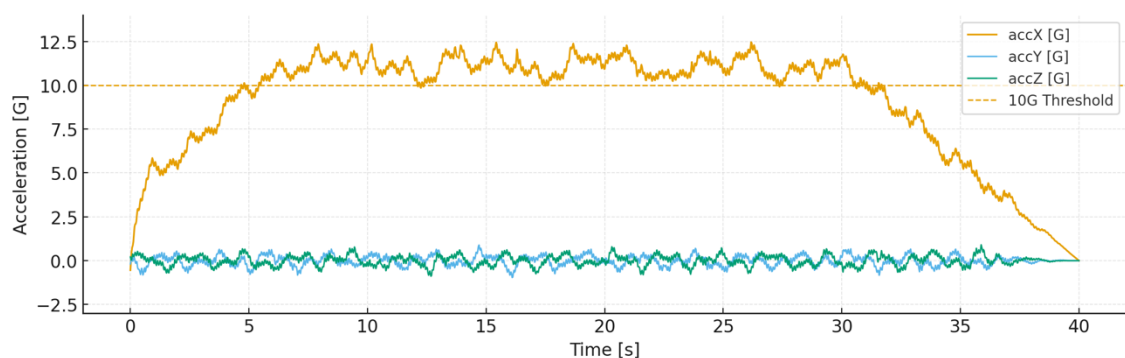


図5.5.2 準静的荷重試験1回目

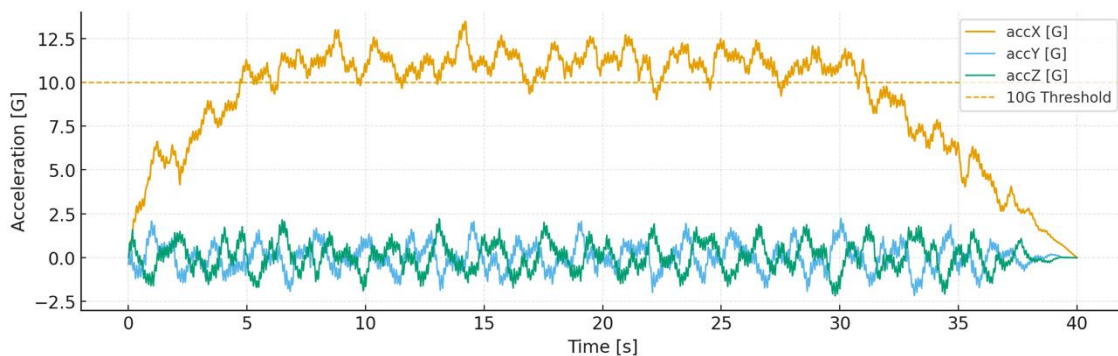


図5.5.3 準静的荷重試験2回目

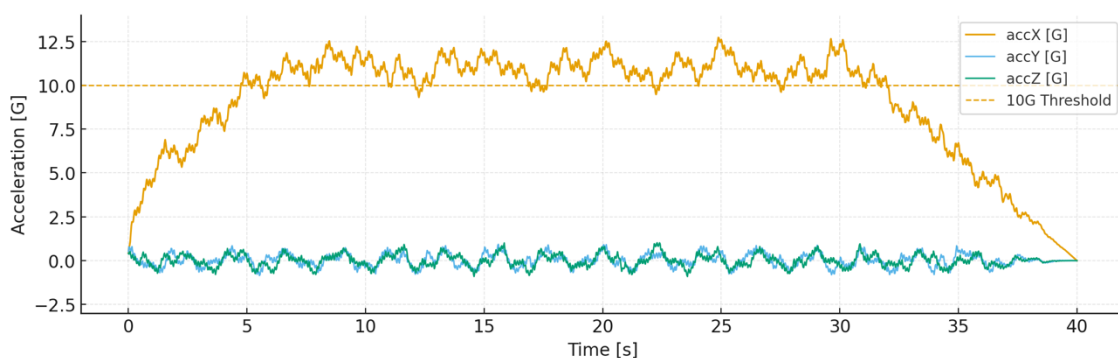


図5.5.4 準静的荷重試験3回目

➤ 動画5.5.1 準静的荷重試験の動画：https://youtu.be/Qudk-00m_P8

➤ 結論

➤ 本試験を通じて、CanSat は 10 G 以上の準静的荷重が継続して加わる環境下でも、機体構造に破損なく正常に動作することを確認した。本結果は、ARLISS を想定した打上げ時の過酷な加速度環境に対する準静的荷重要件を満足しており、規定に準拠した設計・動作であることが確認できた。

RV6 振動試験

- 目的
 - ロケット打上げ時の振動にCanSatが耐えられることを確認する。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.4 Strength against launch load and parachute opening shock
- 試験内容
 - ロケット打上げ時にCanSatへかかる振動環境を模擬するため、**最大加速度15G・振動数60Hzまでの正弦波振動**を条件とし、CanSatを振動発生機に固定して試験を実施した。
試験時間は、打上げから放出までの時間を想定して1分間とした。
振動試験後には、機体外装、回路基板、タイヤなどに破損・変形がないかを目視で確認し、構造的な異常の有無を評価した。図5.6.1に振動試験の様子を示す。

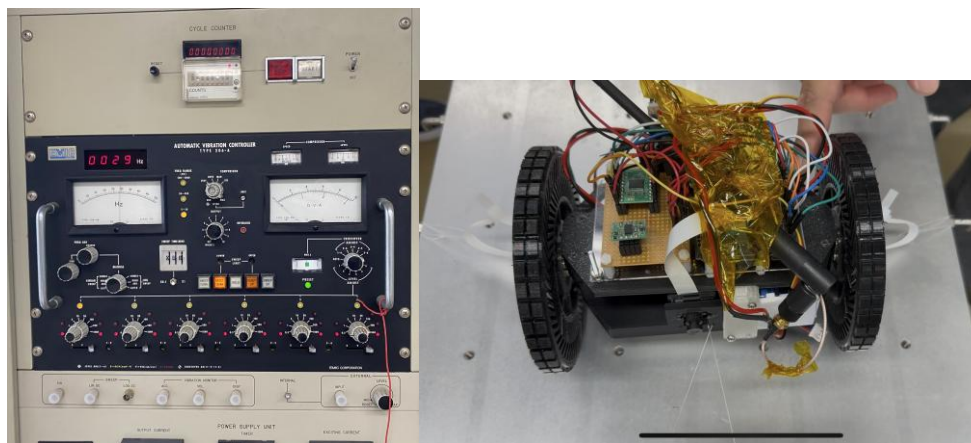


図5.6.1 振動試験の様子

- 試験結果
 - キャリアと振動試験装置の台座をネジで以下のように固定した。図5.6.2に示す。

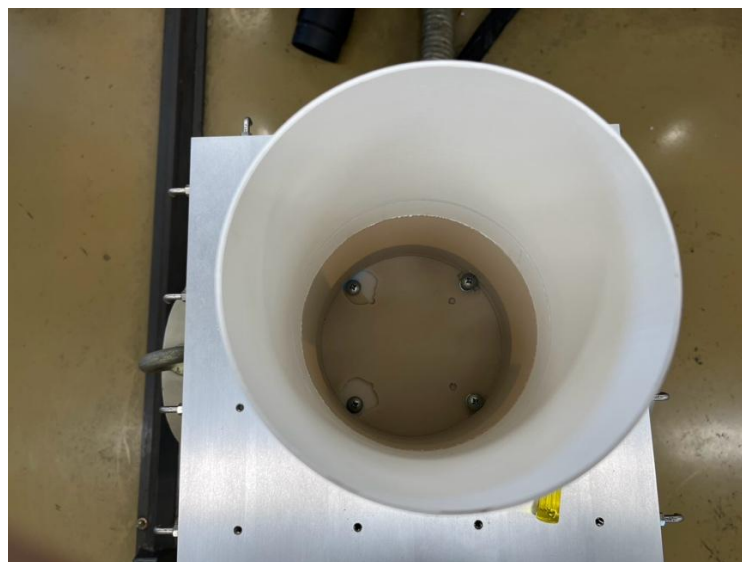


図5.6.2 台座との固定方法

- 図5.6.3, 図5.6.4に加速度センサで取得したデータを示す。

- 加速度センサ (accX, accY, accZ) による時系列データであり，試験中の3軸方向の振動応答を記録している．いずれの試験でも，振動中に各軸に対して±2～4G程度の変動が見られた．

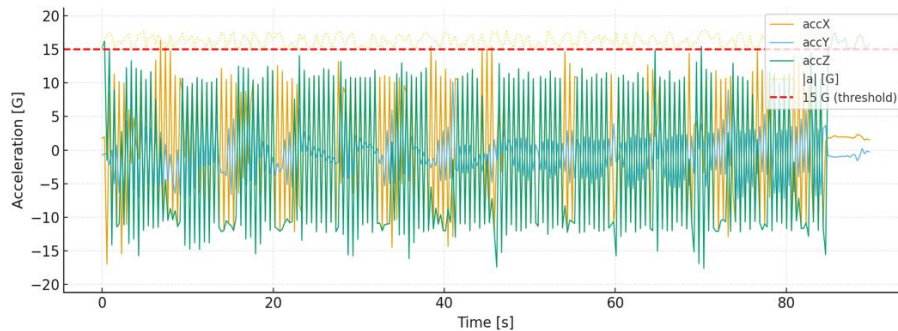


図5.6.3 キャリアありの加速度センサのデータ1回目

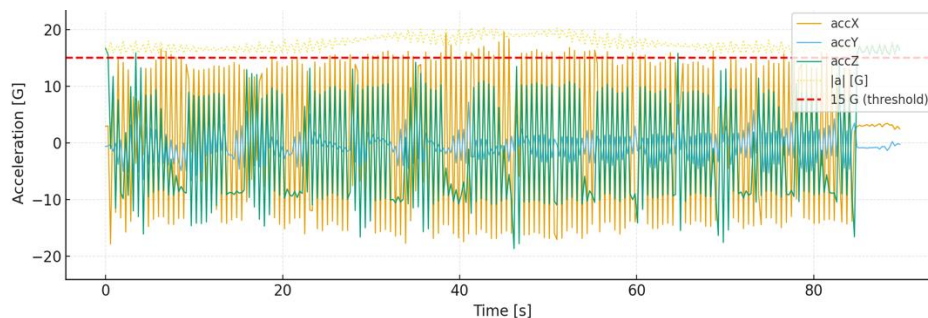


図5.6.4 キャリアありの加速度センサのデータ2回目

本データは試験中の3軸振動応答を記録したものであり，各軸に対して±2～4 G程度の変動が観測された．とくにZ軸（鉛直軸）の応答が相対的に大きい傾向が見られ，入力が主として鉛直方向に伝達されていた．試験後の点検において，機体外装，内部回路，駆動部（タイヤ）に破損や緩みは認められず，通電・ログ取得等の基本機能も維持されていた．

設備・計測上の留意点：本試験は設備制約により，レギュレーションで推奨されるサインスイープ（30-2000 Hz，15 G）または同等ランダム振動を完全には再現していない．一方で，60 Hzにおいては制御系および台座の余裕内で15 Gを安定維持できることを事前に確認した．しかし高周波側（例：60 Hz超）では試験装置の台座（図6.6.4の治具ではなく，銀色の台座を指す）が振動（共振・二次振動）を始め，入力の純度が損なわれるため，本報告では60 Hz・15 Gの固定周波数試験に限定して1分間の評価を実施した．本学の試験装置および台座には基準加速度の同時計測に用いる加速度計が常設されておらず，本試験では台座／キャリア側の基準加速度の同時計測を実施していない．設定した入力が機体へ所定どおり伝達されたかを測定的に裏付けるトレーサビリティが限定的である．

- 動画5.6.1 振動試験 キャリアあり 1回目：<https://youtu.be/3cHhrI1qgx0>
- 動画5.6.2 振動試験 キャリアあり 2回目：<https://youtu.be/OKVwCosRdTk>

- 結論
 - 本試験により，CanSatは15G・60Hzというロケット打上げ時を模擬した高負荷な振動条件に1分間耐えることが実証された。
本簡易試験の範囲では，機体は連続加振中に機能を維持し，構造上の顕著な異常は認められなかった。

RV7 パラシュート開傘衝撃試験及び分離衝撃試験

[パラシュート開傘衝撃試験]

- 目的
 - CanSat がロケットから分離される際に作用する衝撃環境に耐えうることを示し，機体の構造および機能が維持されることを確認することである。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.4 Shock load 40G
- 試験内容
 - 本学の振動試験装置は，鉛直方向の加振は行えないため，レギュレーションで推奨されている40G相当の衝撃を再現する目的で，本学の過去の参加年度や他大学で行われていた自由落下方式を採用した。CanSat をパラシュートとともに手で保持し，所定の高さから自由落下させた。落下時の衝撃加速度は機体に搭載した加速度センサにより計測した。
- 試験結果
 - 図5.7.1に加速度センサで取得したデータを示す。

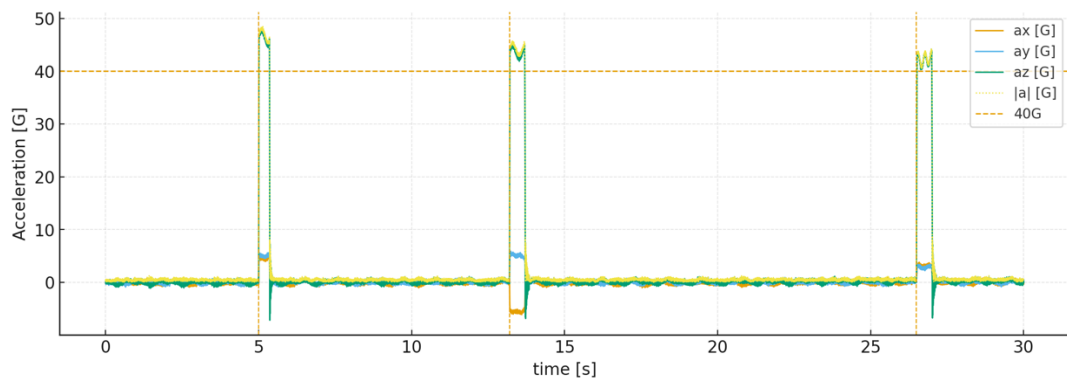


図5.7.1 分離衝撃の加速度センサのデータ

- 試験では複数回の自由落下を行い，その結果，ピーク加速度が 40G を超える値であることが確認された。試験後の外観確認において，機体やパラシュートの結合部に破損は認められなかった。
- 動画5.7.1 分離衝撃試験：<https://youtu.be/RzobNpPziL0>
- 結論
 - 分離衝撃試験の結果，CanSat は 40G を超える衝撃を受けても構造的損傷や機能低

下は認められなかった。したがって、本機体は分離衝撃時に要求される耐久性を有しており、ARLISS レギュレーションで想定される分離衝撃環境に対して十分に適合していると判断できた。

RV8 無線機ON/OFF試験

- 目的
 - 通信機電源が、打上げ時にOFF、ロケットから放出後にCanSatがロスト対策用としてONになることを確認する。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.5 Wireless communication device setting at the time of launch
 - 試験内容
 - 使用する通信機 (LoRaモジュール) はFCC認証済みであるため、電波発信の安全性に配慮しつつ、本学9階をロケットの放出高度、1階を地表と想定して試験を行った。大会当日は、現地で打ち上げ場の高度を再取得し、放出高度、地表の書き換えを行う。
 - CanSatをあらかじめ通信機OFFの状態ですべて1階 (地上) に設置した際には通信ができない (=通信機はキャリア内と認識) 。その後、9階まで上昇した時点で自動的に通信機がONになり、地上局側受信PCと通信が開始されたことを確認した。さらに、その状態で再度1階に戻しても通信は継続され、着地後も通信機はONのままであることを確認した。これにより、打上げ時に通信OFF → 放出時に通信ON → 着地後もONという一連の制御が正しく機能していることを評価した。
- 図5.8. 1に試験の様子を示す

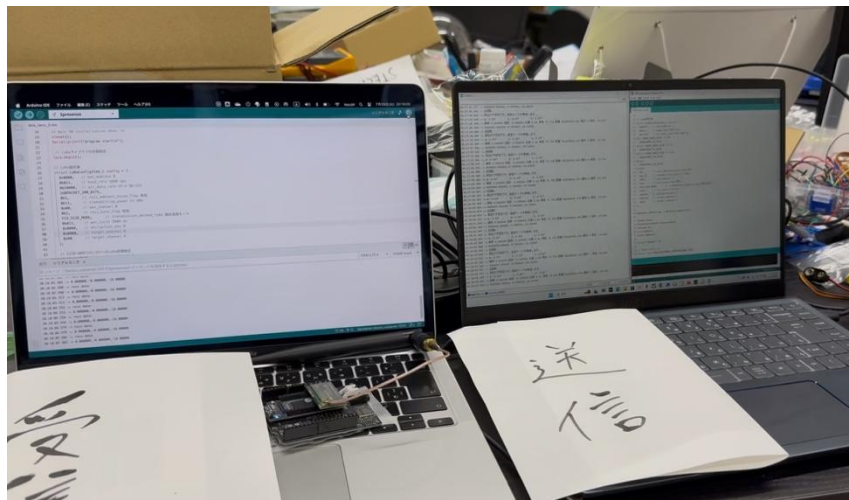


図5.8. 1 試験の様子

- 試験結果
 - **1階での通信確認**

通信機をOFF状態で1階に設置したところ、地上局側の受信PCとの通信は一切行われず、通信機がキャリア内にあると正しく判定されていた。
 - **8階での通信確認**

CanSatを8階まで移動した時点で地上局の受信PCとの通信は一切行われず、通信機がキャリア内にあると正しく判定された。
 - **再び1階へ戻した後の通信継続**

CanSatを1階へ戻す時、高度判定により通信機が自動でONになり、地上局側PCで受信を確認した。

動画5.8.1 無線機ON/OFF試験：https://youtu.be/04FBc5g_1G8

➤ 結論

本試験により、通信機は設定されたチャンネルに従って動作し、通信可否が明確に分かれることが確認された。

これは、現地運用で通信干渉の回避を目的にチャンネル変更指示が出された際にも、確実に対応可能であることを示しており、ARLISSのレギュレーションに定められた「打ち上げ時には、ソフトウェア制御またはハードウェアスイッチで無線通信デバイスの電波発信を停止する務」に適合したものである。

したがって、本機体は規定に準拠した設計・動作であると判断できた。

RV9 無線機周波数変更試験

- 目的
 - 電波干渉を避けるために、無線機の周波数設定を柔軟に変更できることを確認し、ARLISSの運用時に現地の通信指示に応じた対応が可能であることを証明する。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.6 Radio channel adjustment
- 試験内容
 - 状況に応じて使用する通信機を切り替える措置を行い、周波数を変更されているかの試験を行う。使用する通信機 (LoRaモジュール) に対し、送信機および受信機のチャンネル (周波数) 設定を組み合わせることで、通信可能な条件と不可能な条件を確認した。以下の3通りの条件で試験を実施：
 1. 送信 : 0チャンネル / 受信 : 0チャンネル → 同一周波数
 2. 送信 : 3チャンネル / 受信 : 0チャンネル → 異なる周波数
 3. 送信 : 3チャンネル / 受信 : 3チャンネル → 同一周波数通信可否をそれぞれのパターンで確認し、チャンネル設定が適切に反映されているかを受信状況から検証した。
- 試験結果
 - 0チャンネルから3チャンネルの変更により、チャンネル変更後も通信できることが確認できたチャンネル変更試験を行った設定画面を図5.9.1に左 : 送信側CanSat側のch変更画面、右に受信側PCのch変更画面を示す。

```
SUBPACKET_200_BITS,
#endif
0b1, // rssi_ambient_noise_flag 有効
0b11, // transmitting_power 13 dBm
0x00, // own_channel 0
0b1, // rssi_byte_flag 有効
FIX_SIZE_MODE, // transmission_method_typ
0b011, // wor_cycle 2000 ms
0x0000, // encryption_key 0
0x0000, // target_address 0
0x03 // target_channel 0

// LoRa設定値
struct LoRaConfigItem_t config = {
0x0000, // own_address 0
0b011, // baud_rate 9600 bps
0b10000, // air_data_rate SF:9 BW:125
SUBPACKET_200_BITS,
0b1, // rssi_ambient_noise_flag 有効
0b11, // transmitting_power 13 dBm
0x03, // own_channel 0
0b1, // rssi_byte_flag 有効
FIX_SIZE_MODE, // transmission_method_typ
0b011, // wor_cycle 2000 ms
0x0000, // encryption_key 0
0x0000, // target_address 0
0x03 // target_channel 0
};
```

図5.9.1 左 : 送信側CanSat側のch変更画面 右 : 受信側PCのch変更画面

- (送信0 / 受信0) : 通信成功. 想定どおり通信が確立され、データ受信を確認。
 - (送信3 / 受信0) : 通信失敗. チャンネル不一致により、受信機側でデータを受信できず。
 - (送信3 / 受信3) : 通信成功. チャンネル一致により、正常に通信が再確立された。
 - 動画5.9.1 無線機周波数変更試験 : <https://youtu.be/X8vILvHWU1U>
- 結論
 - 本試験により、通信機は設定されたチャンネルに従って動作し、通信可否が明確に分かれることが確認された。
これは、現地運用で通信干渉の回避を目的にチャンネル変更指示が出された際に、確実に対応可能であることを示しており、ARLISSのレギュレーションに定められた「すべての無線通信デバイスは周波数チャンネルを変更できる必要」に適合していると判断できた。

RV10, CRV1 End-to-End試験

- 目的
 - CanSatミッションにおける全工程（RV1～RV9）を網羅的に実行することで、収納から打ち上げ、着地、ミッション達成までを一貫して模擬し、設計全体の整合性および信頼性を評価する。特に、安全性・自律性・通信機能を含むすべてのシステムが統合された状態で正常に機能するかを確認することを目的とする。
 - CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.9 FAA rules, 2 Additional regulations for Comeback Competition at ARLISS, 2.1 Autonomous control, 2.2 Control record submission, 2.3 Information for Comeback Competition
- 実施上の制約と工夫
 - 当初、9階からの落下とそのまま地上ミッションに移行する一連の流れでの実施を想定していたが、**落下地点とゴールを設置したグラウンドの間に駐車場があり、安全面から連続的な試験の実施は困難**と判断した。そのため、本試験では**各フェーズを段階的に分割し、それぞれの機能が実運用同様に動作することを個別に確認する形でEnd-to-End相当の検証を行った。**
- 試験内容
 - ミッションシーケンスの内容である、以下の内容を確認する。
 1. 本学1階にCanSatを設置
 2. 1階から9階に行き、気圧センサで上昇判定後、GPS座標を取得開始し、受信側PCにGPS座標とゴールまでの距離を送信
 3. 9階から1階に行き、グラウンドへ向かう
 4. グラウンドにCanSatを設置
 5. 気圧センサにて着地判定を検出後、パラシュートの切り離しを行う
 6. 9軸により機体の表裏判別を行う
 7. GPS誘導によりゴール地点へ走行開始
 8. カメラによるゴール判定を行う
 9. CanSat停止

図5.10.1にEnd-to-End試験の様子を示す。



図5.10.1 試験の様子

➤ 試験結果

図 5.10.2 に軌道履歴のデータを示す.

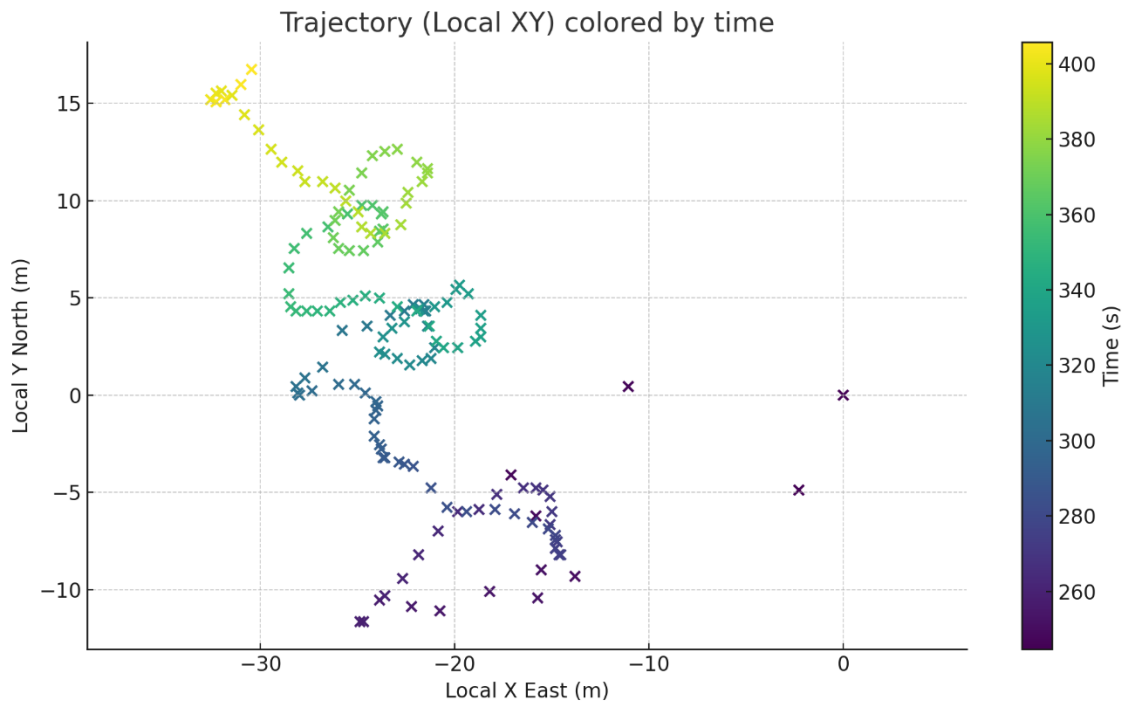


図 5.10.2 軌道履歴

- フローチャートに基づくすべての分岐と判定条件が、現地環境で正しく機能した
- 動画5.10.1 End-to-End試験の動画 : <https://youtu.be/-Spz3tZ7yb4>
- コントロールレコードのURL : https://drive.google.com/drive/folders/1FR_Czr0CQv1vH26k5n0FvpqhvJxpWkiF?usp=share_link

➤ 結論

- フローチャートに基づくEnd-to-Endプログラムの全工程が、機能することを確認した. 分割実施ながらも実環境における挙動に基づいて各機能を独立に検証し、統合的な動作保証が得られた.

RV11 搭載機器確認試験

➤ 目的

- ロケット搭載時の安全性を確保するため、CanSatに搭載された全機器・構造物について、**発火・爆発・鋭利構造・高圧・腐食性などの危険要素を有していないこと**を確認する. これにより、ロケット本体や他のCanSatに対して損傷を与えるリスクがないことを保証する.
- CanSat Regulations at ARLISS : 1 Regulations for all CanSat at ARLISS, 1.7 Maintenance after loading, 1.8 Loaded item

➤ 試験内容

- 以下の観点で機体および搭載機器のチェックを行った :

1. 危険物質の不使用（例：リチウム電池の適切な管理，発火性化学物質の不使用）
2. 可動部の固定：打上げ時の振動や加速度で動作しないよう，スイッチ類・アームなどの固定状態を確認
3. シャープエッジの有無：突起部や端面処理について安全設計がなされているかを確認
4. 構造物の強度と一体性：部品の脱落や破損の可能性がないかを目視および物理的チェックで評価
5. バッテリーの絶縁・封入処理が適切に行われているかを確認

➤ 試験結果

- 搭載機器の表を表5. 1. 1に示す.

表5. 1. 1 搭載機器一覧

	機器名	型番	メーカー
1	マイコン	SPRESENSE	SONY
2	カメラ	HDRカメラボード	SONY
3	カメラリボン	15166-0213	molex
4	モータドライバ	AE-TB-6612	秋月電子通商
5	気圧センサ	AE-BME280	秋月電子通商
6	9軸センサ	BN0055	秋月電子通商
7	スイッチ	スライドスイッチ，1回路 2接点	XIAMEN JINBEILI ELECTRONICS CO., LTD
8	抵抗	カーボン抵抗	SHIH HAO Electronics CO., LTD
9	3端子レギュレータ	NJM7805FA	日清紡マイクロデバイス株式会社
10	無線	E220-900T22S	クレアリンクテクノロジー
11	切り離し	SG90	Tower Pro Pte Ltd
12	コンデンサ	積層セラミックコンデンサ	村田製作所
13	コネクタ	XH, PH	JST
14	バッテリー	EA2600/7.4V	Eagle
15	テープ	ポリイミドテープ	waves

- 危険物質の搭載なし
- バッテリー，通信機器，センサ類はすべて設計図・搭載リストと一致
- すべての可動部に対して固定措置済み
- エッジ部は全て面取りまたは緩衝材処理済み
- 脱落の恐れがある部品は一切なし

➤ 結論

- 搭載された全機器において，ロケットや他の搭載物に損傷を与えるおそれのある要素は認められなかった。本機体は打ち上げ安全基準を満たしており，ロケットへの搭載が可能であると判断された。

第6章 工程管理

今後の開発及び試験スケジュール

【7月】各種試験を終了させる。

【8月】End-to-End 試験の回数を重ね、予備機体の製作を行う。

【9月】予備部品の確認、最終調整を行う。

表6. 1. 1に開発および試験のスケジュールを示す。

表6. 1. 1 開発及び試験スケジュール

日程/項目	7/7-7/13	7/14-7/20	7/21-7/27	7/28-7/31
試作機 走行試験	→			
質量試験	→			
キャリア収納試験	→			
長距離通信試験	→			
落下試験	→			
準静的荷重試験		→		
衝撃試験		→		
パラシュート開傘衝撃試験		→		
無線機ON/OFF試験			→	
無線機周波数変更試験		→	→	
End-to-End試験(親機)	→	→	→	→
搭載機器確認試験			→	

工程管理表URL : https://docs.google.com/spreadsheets/d/1093FNqqz8cpTVgoVq00JWRb9IbHBSdcM/edit?usp=drive_link&oid=102437690709398842205&rtpof=true&sd=true

第7章 大会結果報告

第7.1節 目的

我々は ARLISS において数々の実績を挙げてきた。しかし、メンバー不足により一度チームが解散し、その過程で培われた技術は十分に継承されなかった。2023年に再結成し大会に出場したものの、満足のいく結果を得るまでには至っていない。そこで今回の出場では、0 m ゴールの達成を目標とし、その過程で技術の再構築と蓄積を図ることで、今後より高度で質の高いミッションを実現するための基盤を整えることを目的とする。

第7.2節 結果

投下 1回目

パラシュートの展開自体は成功したものの、左側タイヤが脱輪していた。加えて、切り離し機構が動作していなかったためリタイアした。

図 7.2.1 に、1回目の投下後の状況を示す。



図7.2.1 1回目の投下後の様子

投下 2回目

パラシュートが正常に展開せず、基板に損傷が生じていた。その影響でロガーが行われず、制御も作動しなかった。さらに、バッテリー切れによりミッション続行が不可能となったためリタイアとなった。

図 7.2.2 に、2回目の投下後の状況を示す。



図7.2.2 2回目の投下後の様子

第7.3節 考察

今回の投下で達成したサクセスクライテリアの達成度を図7.3.1に示す。

表7.3.1 達成したサクセスクライテリア (達成したサクセスを黄色, 未達成が黒で表示)

	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
1. 放置から着地	パラシュートによる減速 達成判断: 加速度センサによる動作 ログの確認, 目視での確認	加速度センサにより上昇 を検知し, その後下降を 検知したあと, GPS座標 を送信する 達成判断: 無線通信により判定	加速度センサにより地 面を判定し切り離し 達成判断: 動作ログの確認, 目視での確認
2. 走行	表裏判別をし, 走行準 備完了し走行開始 達成判断: 動作ログの確認, 目視での確認	新型ゴール手前で停止 達成判断: 動作ログの確認, 目視での確認	ゴール座標へ走行し0m ゴール達成 達成判断: 動作ログの確認, 目視での確認

1回目投下の考察

1回目の投下では左側タイヤが脱輪してしまった。落下地点の周辺にもタイヤはなく、ロケットからの分離の際に外れたと思われる。後日見つけられた地点もロケットの発射地点付近だった。そのため、上昇・分離の際に生じる加速度に対して、タイヤ固定部の強度や締結力が不十分であったと考察される。

また、切り離し機構はラック&ピニオン機構なのだが、サーボモータに取り付けられているギアが外れており、ピンが抜けなかった。ギアは機体の中に入り込んでいたため、落下の衝撃によって抜けたものと考察される。

機体としては、モータは回っていたため、上昇・下降の判定は正常に行われていた。

ロケットを発射台に設置した際に上昇を検知してしまっていることがログにより、確認された。

2回目投下の考察

現地での機体審査を合格し、ロケット搭載までの待機時間の間、モータドライバの制御が行われていないのを確認した。大会終了後一度電源を切り再接続したが、制御がされていなかった。また、SDカードも認識していなかったため、ログも残されていない。

帰国後、大会で使用した基板を再度接続し走行試験を実施したところ、上昇・下降の検知、GPS取得、および走行開始までは正常に動作することが確認できた。しかし、走行中に基板が故障し、通常であれば回路が接続されている際に点灯するLEDが点灯しなかったことから、基板自体が破損したものと判断された。

今回用いた基板は1回目の投下でも使用していたものであり、その際の衝撃や振動により内部回路に損傷が生じていた可能性が高い。その潜在的な不具合が、2回目の投下における制御不良およびログ取得不能の主な原因であると考えられる。

第8節 まとめ

第8.1節 工夫点・努力した点

【機体班】

2023年の参加時には、タイヤによる衝撃吸収が十分に機能しなかった。原因として、タイヤのくの字形状となっているスポークの間隔が狭く、必要な柔軟性が失われていたことが挙げられる。そこで、スポーク数を減らし形状を見直すことで、タイヤ全体のしなりを確保し、柔軟性を向上させることに成功した。

また、種子島ロケットコンテストでは、落下時にタイヤが大きく変形した際、カメラが地面と接触して破損する事象が発生した。この問題に対処するため、カメラの搭載位置を機体内側へ移動させるとともに、切り離し機構を前方へ配置することで、落下時にカメラが地面と衝突しない構造とした。

【電装班】

マイクロコンピュータとGPSが一体化したSPRESENSEを使用しているため、基板設計時にはGPSアンテナ上部を開放しておく必要があった。アンテナ上を遮蔽すると正確な位置情報が取得できないため、基板の一部を開口し、受信性能を妨げない構造とした。

また、モータドライバ、3.3V系統、5V系統のそれぞれの電源ラインにLEDを配置することで、どの回路が制御されているか、および通電状態を一目で確認できるようにした。この可視化により、現地でのトラブルシューティングや動作確認が容易になった。

第8.2節 課題点

【機体班】

- 1回目の投下において左タイヤが脱落した。このため、より外れにくい構造を採用し、耐振動性および固定強度を向上させる。
- 切り離し機構では、引張力に対してピンが動作しない事例が多く見られた。確実にピンが作動するよう、機構全体の強度および駆動力を見直す。
- いずれかの部品に不具合が生じた場合、機体をほぼ全分解しなければ交換が行えない構造となっていた。これを改善し、部品交換を容易に行えるモジュール化された設計へ変更する。
- 後退動作（バック）時に機体が反転する事例が確認された。この問題を解消するため、重心配置や外形形状を見直し、反転しにくい機体構造とする。

【電装班】

- SDカードが認識されなかった場合、プログラムが先に進まない仕様となっていた。認識失敗時には本体ストレージヘータを書き込むなど、フェイルセーフ動作が可能な設計に改修する。
- 2回目の投下では基板の故障が確認された。再発防止のため、故障原因の解析（回路設計、はんだ不良、衝撃耐性不足、電源ラインの問題など）を行う。

第8.3節 今後の展望

今回の参加では、期待していた結果を得ることはできなかった。しかし、本大会で経験した失敗や課題は、次回の開発に確実に活かされる貴重な知見となった。また、チームでの開発における難しさや協働の重要性についても多くを学ぶことができた。次回の参加においては、今回得た経験と改善点を踏まえ、より完成度の高い機体を開発し、成功を目指したい。