

# ARLISS 大会報告・技術詳細報告書

提出日：2019年 10月 14日

文責：吉田恵実子

## ● チーム情報

CanSat チーム名	東京理科大学 Wireless Labo
CanSat チーム 代表者	吉田恵実子 emi.y.katze@gmail.com, 070-1481-8663
UNISEC 団体名	東京理科大学 木村研究室
UNISEC 団体 学生代表	小澤匠
責任教員	木村真一 skimura@rs.noda.tus.ac.jp, 090-5752-1970
CanSat クラス	Open Class

## ● メンバー

役割	名前 (学年)
プロジェクトマネージャー	吉田恵実子 (B3)
サブプロジェクトマネージャー	白石宗太 (B3)
C&DH	宮崎隼輔 (B3)
	岩田哉大 (B3)
構体	岩田大祐 (B1)
	三宅青司 (B1)
	松尾祐希 (B1)
	上田昶士 (B1)
	宮廻寛人 (B1)
回路	加藤諒 (B3)
	井上憲信 (B1)
	大久保樹 (B1)

## ● CanSat の製作目的・大会参加理由

私たちは、第一に宇宙開発を将来志すものとして、カンサットをサンプルリターンや地球外天体でのローバのモデルと捉えることで、

- ・未知の環境に対応できる
- ・人間や資源等を確実に目的地まで運び届ける
- ・非修理系かつ自律系としてロボットであることを条件とした技術習得を目的とする。

# 目次

第1章	ミッションについて.....	4
1.	ミッションの意義と目的.....	4
2.	ミッションシーケンス.....	5
第2章	サクセスクライテリア.....	7
	サクセスクライテリア①(Runback).....	7
	サクセスクライテリア②(Mission).....	7
第3章	要求項目の設定（各チームごとに項目を追加してください）.....	8
1.	システム要求（安全確保のために満たすべき要求）.....	8
2.	ミッション要求（ミッションを実現するためのシステム要求）.....	9
第4章	システム仕様.....	10
1.	CanSat 設計図.....	10
3.	CanSat 外観/質量/サイズ.....	13
4.	CanSat 内観・機構/電力.....	13
5.	使用部品.....	14
6.	製作時に使用した機材・サービス.....	14
7.	プログラム・アルゴリズム.....	15
8.	会計.....	16
第5章	試験項目設定（項目別試験，結合試験，EndtoEnd 試験）.....	19
第6章	実施試験内容.....	20
1.	質量試験.....	20
2.	キャリア収納試験.....	21
3.	通信距離試験.....	24
4.	落下試験.....	27
	【落下試験(再試験)】.....	28
5.	静荷重試験.....	31
	【静荷重試験(再試験結果)】.....	33
6.	振動試験・分離衝撃試験.....	34
7.	通信電源 ON/OFF 試験.....	36

8.	通信周波数変更試験	37
9.	End to End 試験	38
10.	自律走行・ゴール検知試験(E to E 試験内で実施)	38
11.	GPS 精度試験	40
12.	制御履歴レポート作成試験	42
13.	走破性試験	44
14.	Mission 試験	47
第7章	工程管理, ガントチャート (スプレッドシートを推奨)	50
1.	チーム内・審査会等	50
2.	各担当 (ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入)	51
第8章	大会結果	52
1.	能代宇宙イベント	52
2.	ARLISS (上記能代と同様に記載してください)	53
第9章	まとめ	57
1.	工夫・努力した点 (ハード, ソフト, マネジメント面すべて)	57
2.	良かった点・課題点	57
3.	チームのマネジメント等, プロジェクト全体での良かった点, 反省点	58

# 第1章 ミッションについて

## 1. ミッションの意義と目的

なぜそのミッションを設定したのか、自チームが何をするのかをミッションステートメントを含め明記

〈ランバック〉

【概要】

ロケットの打ち上げ後、パラシュートで落下した地点からタイヤ走行によりゴールを目指す。

【目的】

サンプルリターンや地球外天体でのローバのモデルと捉えることで、

- ・未知の環境に対応できる機体の作成
- ・人間や資源等を確実に目的地まで運び届ける
- ・非修理系かつ自律系としてのロボット開発

を想定した技術習得を目的とする。

【意義・課題】

我々のチームは本 ARLISS の大会に初参加であり、Runback に関してはローバによる全コース走破のための基礎的な技術の確立を目指す。特に、以下に示すような Mission を遂行し、その中で得られたサンプルを確実に運搬し、ゴール地点まで輸送するためのキャリアとして高い信頼性を実現することを課題とする。具体的には、GPS 及び地磁気センサの値を用いて自機位置を識別し、ゴールを指向し続けることを第一の課題とする。

〈ミッション〉

【概要】

ロケット打ち上げ時の、燃焼終了～ノーズコーンからのキャリアの放出までの期間の微重力環境を利用し、粘性流体の射出過程を観察・検証する。

具体的には、光硬化性樹脂をシリンジから押し出し LED により硬化させる過程を検証する。

【目的】

宇宙空間での粘性流体の射出及び固化の過程を、微重力下で再現し実験を行うことで、宇宙空間での生産技術の確立の端緒とする。

【実験器具】

- ・シリンジ
- ・ソレノイド
- ・光硬化性樹脂(Three Bond 社 3062D)
- ・紫外線 LED
- ・小型カメラ
- ・保護用カプセル
- ・バッテリー

### 【実験方法】

具体的なミッションシーケンスは第2項に示すが、以下に簡単な実験手順とフローを示す。

1. ロケットの打ち上げ後、上昇中（放物投げ上げの過程）に加速度センサにより無重力を検知する。
2. カメラの電源を ON にし、ここから撮影・記録を開始する。  
撮影頻度は、1 [フレーム/秒] である。
3. ソレノイドを動かし、1 [ml] の紫外線硬化樹脂を射出し、シリンジの先端に球をつくる。
4. 射出直後から紫外線 LED を用いて硬化を開始させる。照射時間は1分である。  
ただし、樹脂の硬化に必要とされる最低秒数は15~20 [秒] であることが、実験によって分かっている。

### 【意義・課題】

現在、有人宇宙飛行をはじめ、宇宙空間で人間が移住する際に、現地での生産技術が重要になってくると考える。さらに製造技術の中でも射出成型に着眼して、無重力下での粘性流体の振る舞いとその固化の過程を観察する。

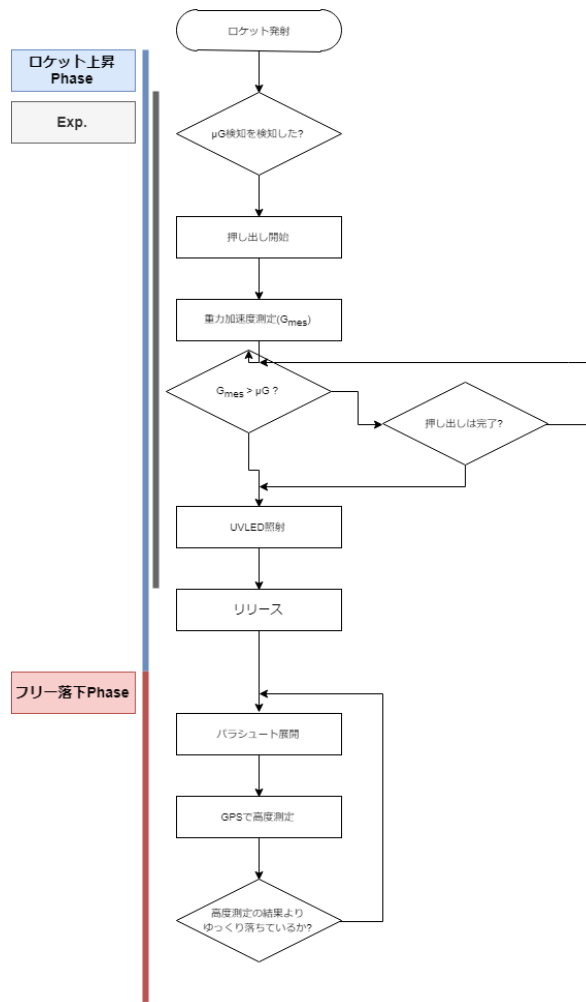
特に、無重力下での3Dプリンタが開発されていることから、その先駆けとしてノズルの先端からの樹脂の射出の過程を検証する。

実験結果の検証方法として、固化させたサンプルと撮影した映像を用いて、射出過程の樹脂の液滴の真球度を測定するが、地上での実験結果に基づいて微重力下でも射出された液体が球となりそれが固化されるまでその形を維持できるような射出量及び実験環境を整えることが重要な課題として挙げられる。

## 2. ミッションシーケンス

機体がどのようにミッションを達成するのかを機構をふくめ順序だてて、具体的に図や文書、ブロック線図等を用いて説明。また、必要に応じて各シーケンスの内容、閾値やシーケンス以降の条件を補足。

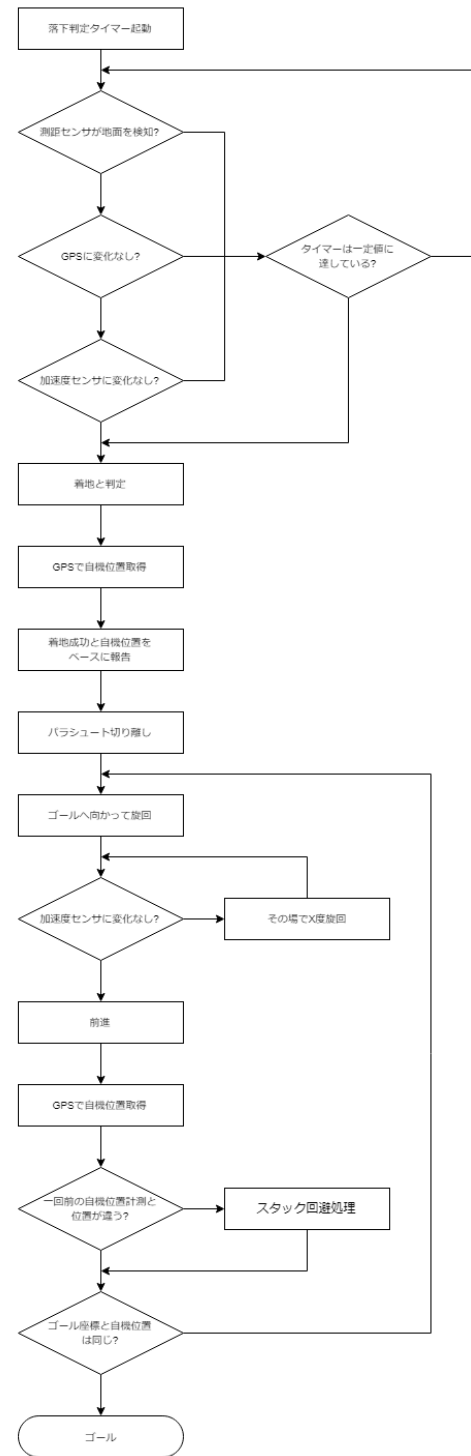
次ページの図にミッションシーケンスを示す。



**フリー落下Phase**

**パラシュート落下 Phase**

**Runback Phase**



## 第2章 サクセスクライテリア

### サクセスクライテリア①(Runback)

	内容	判定方法
ミニマム サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>パラシュートが減速機構として正常に作動し、損傷なく着地できる。</li> <li>パラシュートから正常に分離して走行を始めることができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cansat を回収に行く際に目視で確認する。</li> <li>回路に不具合がないことも、回収後にログから確認する。</li> </ul>
ミドル サクセス	GPS, 地磁気センサのデータを元に、軌道を修正しながらゴールを目指し、軌道決定することができる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御履歴のデータから自律制御が行われたことを確認する。</li> <li>GPS のログデータから軌跡をプロットし、最適経路を選択していることを確認する。</li> </ul>
フル サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確なゴール地点から 5m 以内に到達する。</li> </ul> <p>GPS の精度がおよそ 5m であることから、実際のゴール地点から 5m 以内に到達できれば、これをフルサクセスとしたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GPS から確認する。</li> <li>ゴール地点の位置情報から距離を測定し、確認する。</li> </ul>
アドバン スド サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御データをすべて持ち帰ることができる。</li> <li>サンプルリターン用のローバとして、Mission で作成した光硬化性樹脂を、状態を維持したまま持ち帰ることができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御履歴を SD カードから回収する。</li> <li>カメラによる記録から、実験終了時の状態の画像と比較する。</li> </ul>

### サクセスクライテリア②(Mission)

	内容	判定方法
ミニマ サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>微重力状態を感知して、実験を開始できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>9 軸センサのログデータ及び制御履歴から確認する。</li> </ul>
ミドル サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>シリンジから光硬化性樹脂を規定量射出することができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラの影響及び、ランバックより帰還後の試料の様子から確認する。</li> </ul>
フル サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>紫外線 LED を照射して固化することができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラの影響及び、ランバックより帰還後の試料の様子から確認する。</li> </ul>
アドバンス ドサクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラの映像から射出の過程を定量的に評価することができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラの映像及び格子状の背景を用いて真球度を評価する。</li> </ul>

### 第3章 要求項目の設定

#### 1. システム要求（安全確保のために満たすべき要求）

要求番号	自己審査項目（ <a href="#">ARLISS 打ち上げ安全基準</a> ）
M1	質量と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。
M2	ロスト対策を実施しており、有効性が試験で確認できている。
M3	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。
M4	打ち上げ時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ないことが試験で確認できている。
M5	打ち上げ時の振動荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている。
M6	分離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ないことが試験で確認できている。
M7	打ち上げ時の無線機の電源 OFF の規定を遵守できることが確認できている，または FCC 認証かつ 100mW 以下の機器を使用していること。
M8	無線のチャンネル調整に応じる意思があり，また実際に調整ができることを確認できている。
M9	R1-R8 の充足を確認した設計の機体によって，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設計変更はない。
	カムバックコンペティションルールの充足
M10	ミッション時に人間が介入しない自律制御を実施することが確認できている。
M11	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。
M12	走破性を持ちスタックしない。



## 2. ミッション要求（ミッションを実現するためのシステム要求）

要求 番号	自己審査項目（ミッション実現要求項目）
S1	微重力になった瞬間を正確に識別できる.
S2	ソレノイドが正確に作動する.
S3	光硬化性樹脂が外部に押し出される.
S4	押し出された光硬化性樹脂がシリンジ先端に，形状を保ったまま保持される.
S5	紫外線 LED が所定時間(30 秒間)照射される.
S6	光硬化性樹脂が固まる.
S7	カメラが正常に作動し，一連の実験の様子を記録できる.
S8	一連の実験に必要なとされるのに十分な電力を有している.

## 第4章 システム仕様

### 1. CanSat 設計

#### 1.1 CanSat 外観

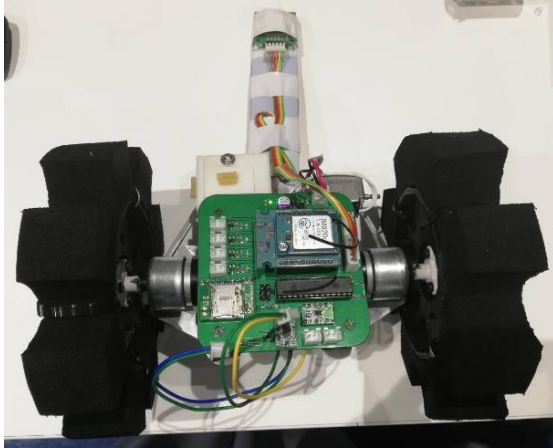


図 4.1.1 CanSat 本体概観(上面から)

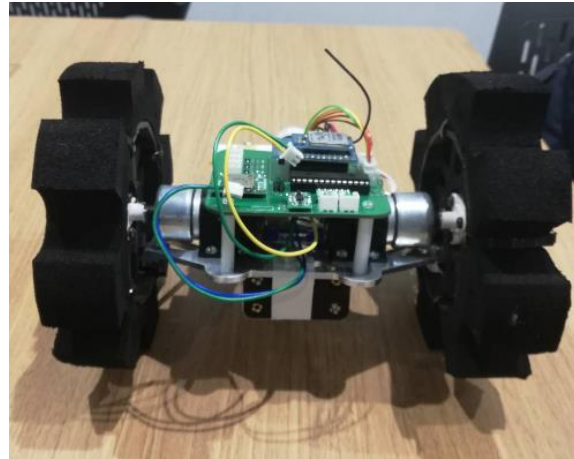


図 4.1.2 CanSat 本体概観(進行方向から)

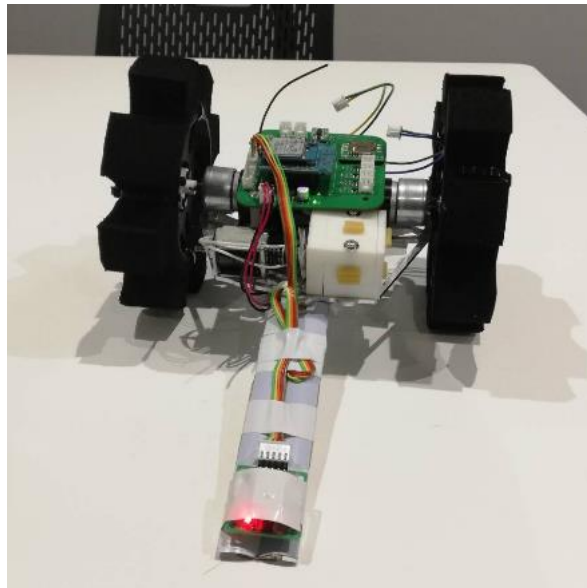


図 4.1.3 CanSat 本体概観(背面から)

2.



図 4.1.4 分離機構に包んだ様子  
(左：パラシュートとの接続部 右：ナイロンによる固定の様子)

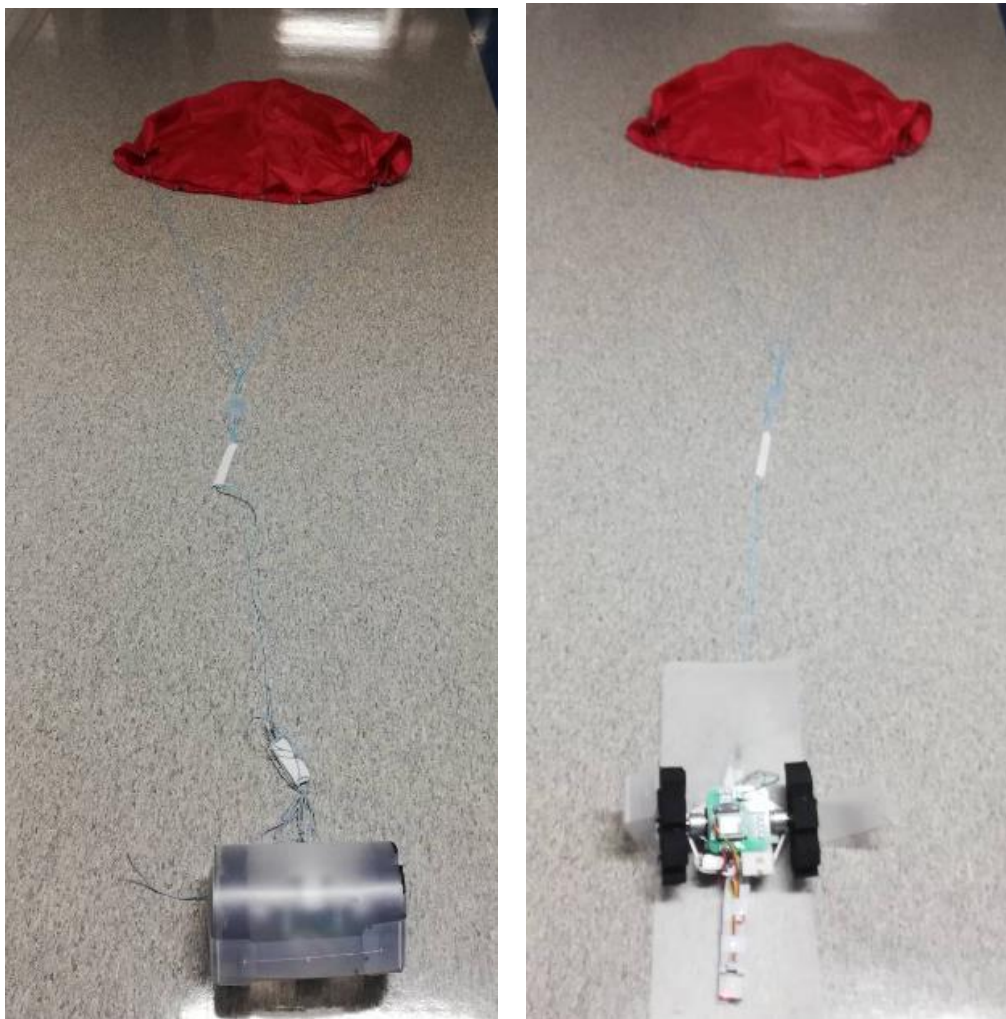


図 4.1.5 パラシュートを含めた全体の様子  
(左：分離機構を閉じたとき 右：分離機構を展開したとき)

## 1.2 Cansat システム図

カンサットの各種センサ及びモータ類の関係を示すシステム図を以下の図 4.1.6 に示す.

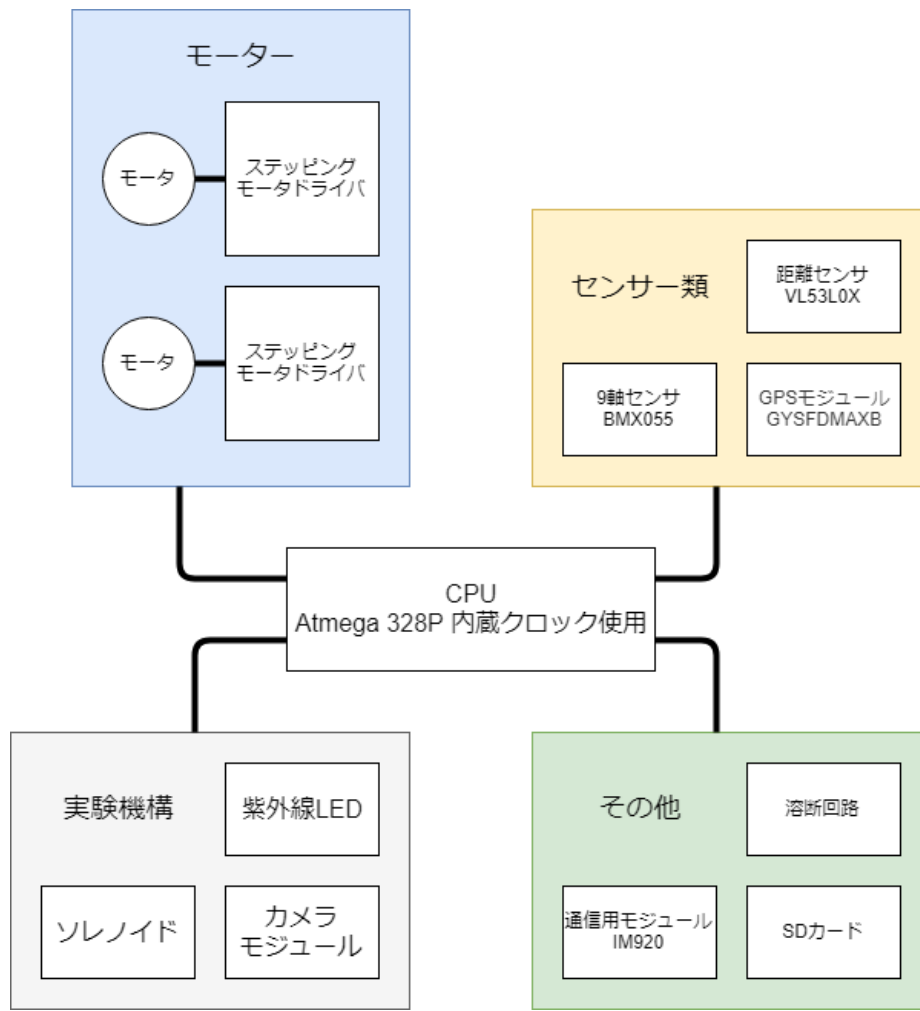


図 4.1.6 Cansat システム図

### 1.3 Cansat 回路図

カンサットの回路図を以下の図 4.1.7 に示す。

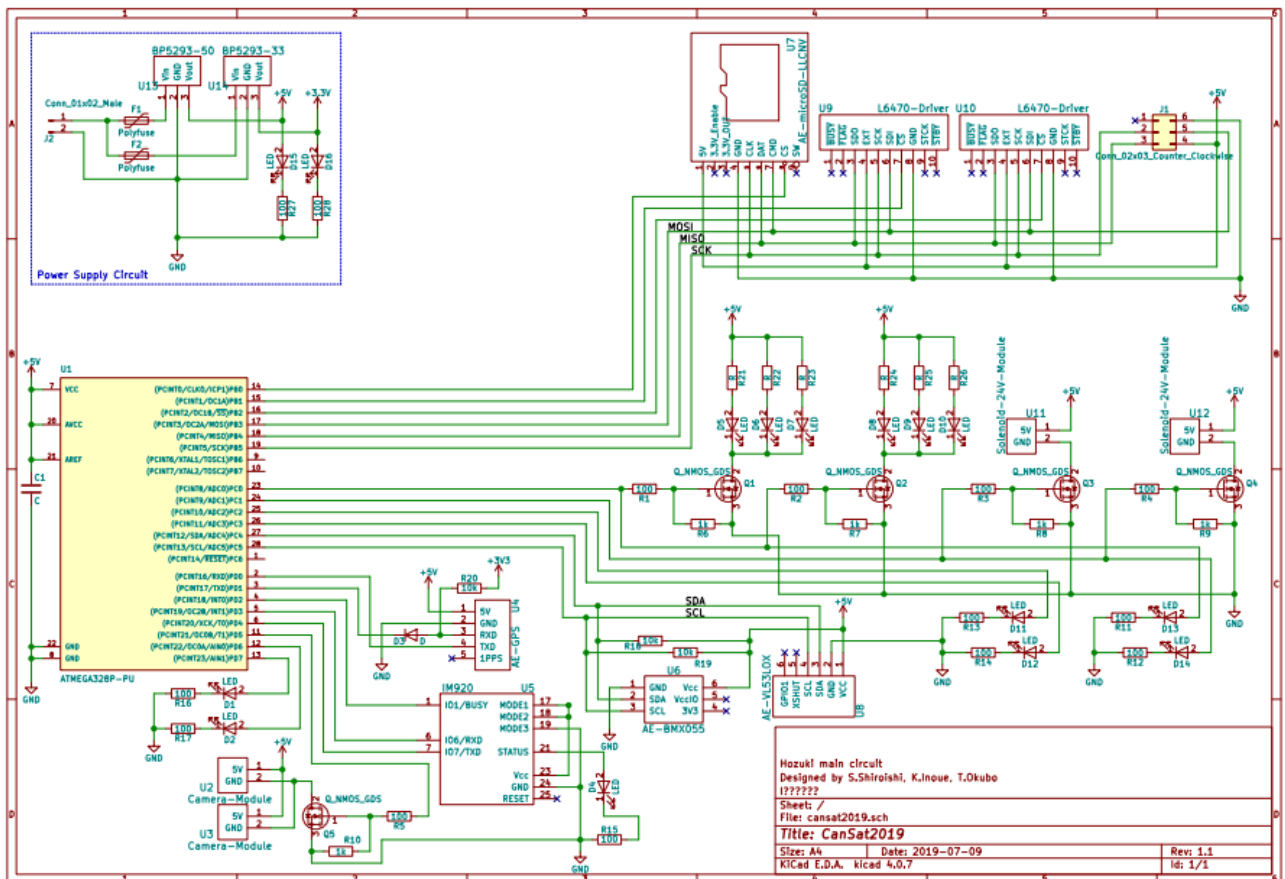


図 4.1.7 回路図

### 3. CanSat 外観/質量/サイズ

(図あるいは写真を用いる。大まかな質量と、本体のほかに、パラシュートや分離機構などを含めて、サイズ内にどのように収納しているのか、断面図などのイメージ図を掲載)

以下の第 5 章第 1 項の質量・収納試験にて詳細を示す。また、外観は上記の第 4 章第 1 項にまとめて示した。

### 4. CanSat 内観・機構/電力

(図や動画を用いて機体の基本的な機能や仕組み、パラシュートの展開・分離/翼の展開などの仕組みを説明、一回の打ち上げで使用する電力とバッテリー要領の計算結果などを記載)

上記の第 4 章第 1 項にまとめて示した。

## 5. 使用部品

### ➤ 電子系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
GPS	GYSFDMAXB	<a href="http://akizukidenshi.com/download/ds/akizuki/AE-GPS_manual_r1.06_s.pdf">http://akizukidenshi.com/download/ds/akizuki/AE-GPS_manual_r1.06_s.pdf</a>	
通信モジュール	IM920c	<a href="https://www.interplan.co.jp/support/solution/IM315/manual/IM920_HW_manual.pdf">https://www.interplan.co.jp/support/solution/IM315/manual/IM920_HW_manual.pdf</a>	
9軸センサ	BMX055	<a href="http://akizukidenshi.com/download/ds/akizuki/AE-BMX055_20180403.pdf">http://akizukidenshi.com/download/ds/akizuki/AE-BMX055_20180403.pdf</a>	

### ➤ 動力系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
モーター ドライバ	DRV8835	<a href="http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09848/">http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09848/</a>	
モーター	ギヤモーター	<a href="http://daisen-netstore.com/shopdetail/000000000098/Motor-Wheel/page1/brandname/">http://daisen-netstore.com/shopdetail/000000000098/Motor-Wheel/page1/brandname/</a>	

### ➤ 構造系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
2017系 2mm	オリジナルマインド	monotaro	本体
2017系 3mm	オリジナルマインド	monotaro	本体
ソレノイド	CBS0830	takaha	実験機構
シリンジ	TM-20	monotaro	実験機構
メッキスプレー	銀メッキシャイン	monotaro	実験機構
UV レジン	3062D	スリーボンド	実験機構
パラシュート生地	EMMAKITES	amazon	パラシュート
テグス	0.52(10号)	monotaro	パラシュート
PPクラフトシート	PS-1 L 0.75mm	monotaro	パラシュート
パラシュート系	超高分子量ポリエチレン ダイニーマライン	amazon	パラシュート
スイベル	TRUSCO	amazon	パラシュート

## 6. 製作時に使用した機材・サービス

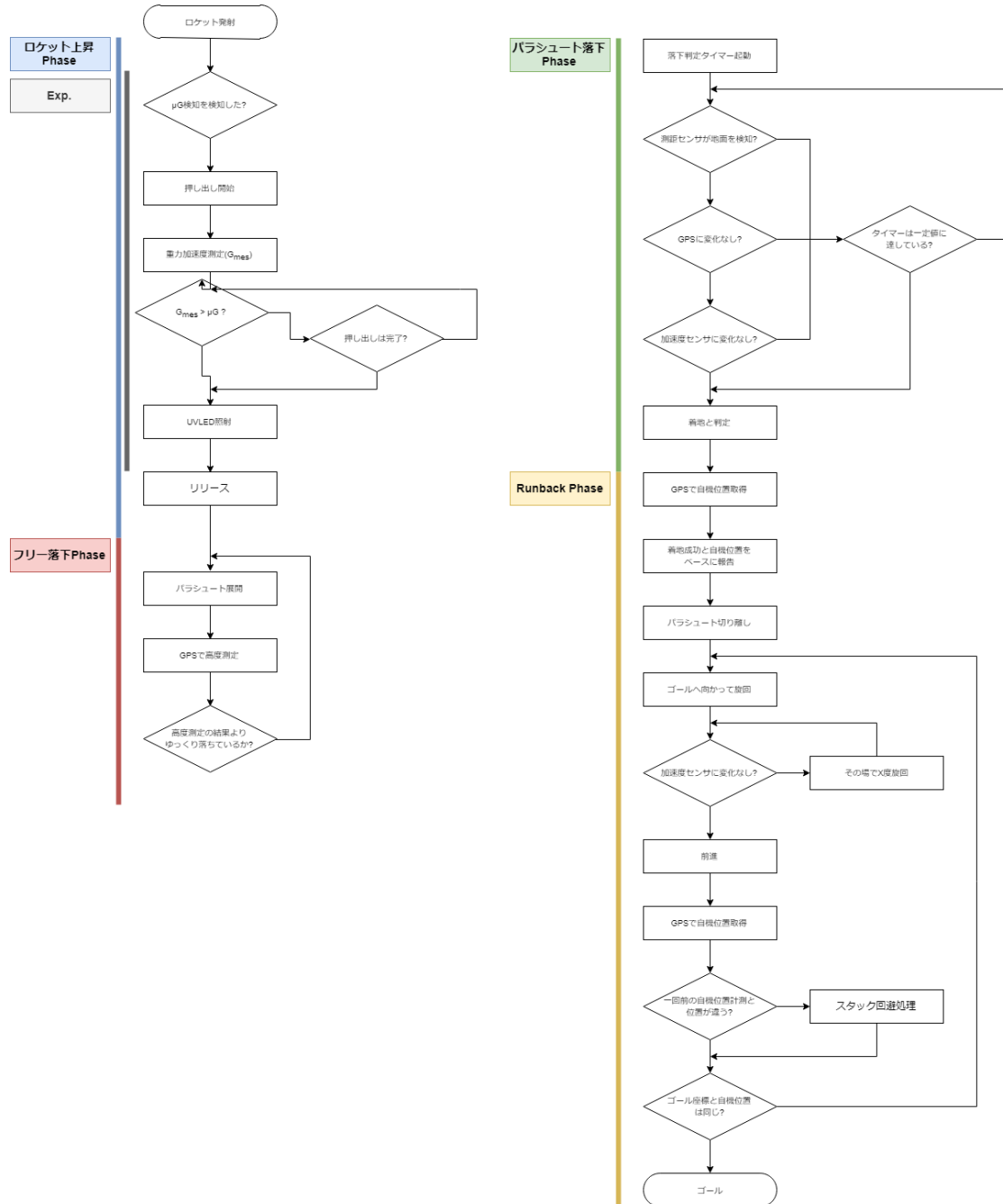
分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
3Dプリンタ	UP BOX 3D プリンタ	PP3TP	
NCフライス盤	Kit Mill	オリジナルマインド	

# 7. プログラム・アルゴリズム

使用言語:Arduino

以下のフローチャートに基づき製作を行った。

ランバックの処理に関しては, GPS のデータから割り出した残りの距離に応じて機体がゴールへ向くために旋回する際の許容角を変更した。



## 8. 会計

会計のもとに提出された領収書を、回路、構体とどちらにも属さない雑費の3部門に分けそれぞれ表にまとめた。

C&DHは、予算の使用が無かったため提示しない。

部門	内容	金額(円)	購入場所
構体	スイベル	205	上州屋
	パラシュートロープ	216	ユザワヤ
	ミニブロック白色	108	セリア
	アルミ板	2304	株式会社オリジナルマインド
		1542	ヴイストーン株式会社
		567	スエヒロ模型
		97	西川電子部品株式会社
	カッター	1100	ジョイフル本田
	アングル	180	エスエス無線
	ベアリング	540	株式会社日産商会
	アングル	140	エスエス無線
	接着剤	391	ヨドバシカメラ
	ネジ	32	西川電子部品株式会社
	ネジ	103	西川電子部品株式会社
	アングル	350	エスエス無線
	プラスチック半球	498	東急ハンズ
	シリンジ	820	ヨドバシカメラ
	タイヤ	830	秋月電子通商
	モータ	1428	ヴイストーン株式会社
		567	スエヒロ模型
合計(円)		12018	円



部門	内容	金額(円)	購入場所
回路	コネクタ, センサ	1480	秋月電子通商
	乾電池	3194	いなげや
	乾電池	3194	いなげや
	電子パーツ	685	秋月電子通商
	電子パーツ	3556	千石電商
	電子パーツ	440	千石電商
	電子パーツ	450	千石電商
	レギュレータ	200	秋月電子通商
		3090	千石電商
	電子パーツ	3090	千石電商
	電子パーツ	915	千石電商
	電子パーツ	1830	千石電商
	電子パーツ	388	千石電商
	電子パーツ	700	秋月電子通商
	電子パーツ	1690	千石電商
	電子パーツ	420	千石電商
	電子パーツ	3990	秋月電子通商
	電子パーツ	630	千石電商
	電子パーツ	800	秋月電子通商
	電子パーツ	420	千石電商
	電子パーツ	160	秋月電子通商
	電子パーツ	1530	秋月電子通商
	電子パーツ	200	秋月電子通商
	電子パーツ	3510	秋月電子通商
	電子パーツ	3380	秋月電子通商
合計(円)		39942	円

部門	内容	金額(円)	購入場所
雑費	ヘルメット	3992	シマホ
	ヘルメット	2478	ドン・キホーテ
	ヘルメット	2764	ナックル
合計(円)		9234	円

以上がセクションの初めに示した3部門のそれぞれの会計報告である。  
最後に合計金額を示す。

部門	金額(円)
構体	12018
回路	39942
雑費	9234
	61194

## 第5章 試験項目設定（項目別試験，結合試験，EndtoEnd 試験）

番号	検証項目名	対応する自己審査項目の 要求番号（複数可）	実施日
V1	質量試験	M1	2019/08/21
V2	キャリア収納試験	M1	2019/08/21
V3	通信距離試験	M2	2019/08/22
V4	落下試験	M3	2019/07/21 2019/08/27 (再試験)
V5	静荷重試験	M4	2019/08/22 2019/09/03 (再試験)
V6	振動・分離試験	M5, M6	2019/08/21
V7	通信電源 ON/OFF 試験	M7	2019/08/15
V8	通信周波数変更試験	M8	2019/08/15
V9	End to End 試験	M9	2019/08/26
V10	自律走行・ゴール検知試験	M10	2019/08/26
V11	GPS 精度試験	M10	2019/08/15
V12	制御履歴レポート作成試験	M11	2019/08/26
V13	走破性試験	M12	2019/08/26
V14	Mission 試験	S1~8	2019/08/26 2019/09/01 (追加試験)

## 第6章 実施試験内容

### 1. 質量試験

□ 目的

質量がレギュレーションを満たしていることを確認する

□ 試験/解析内容

全モジュールを計りで計測し、1050g 以下であることを確認する。

□ 結果

秤で測った結果を以下の図 1.1 に示す。

写真の通り、全モジュールの質量は 867 [g]であることが分かった。



図 6.1.1 質量計測結果

□ 結論

Cansat の全モジュールの合計重量は ARLISS 2019 のレギュレーション規定の質量 1050 [g]以下であることが確認できた。

## 2. キャリア収納試験

### □ 目的

ローバがロケットに収まることを確認する。

### □ 試験/解析内容

キャリアに収納できることを証明するため、ARLISS 規定のキャリアにローバを収納することで規定寸法であることを確認した。キャリアの奥行寸法を図 6.2.1、外径を図 6.2.2 に示す。



図 6.2.1 キャリア収納ケースの奥行寸法



図 6.2.2 キャリア収納ケースの外形寸法

図 6.2.1, 6.2.2 から, キャリアの奥行 (矢印の値) が 270 [mm], 外径 146[mm]であった.  
また, ローバは PP シートでできた分離機構に包んだ状態で計測する. このケースに覆った図  
を図 6.2.3 に示す.



図 6.2.3 分離機構に包んだローバ



#### □ 結果

規定の寸法のキャリアへローバを収納できることが確認できた.  
キャリアへローバを収納した様子を図 6.2.4 に示す. また, 奥行方向に関しては, パラシュート  
が膨らんでいることをふまえ, 一部を押しつぶしてキャリアの上部の余剰幅を計測した. 図  
6.2.5 より, 余剰幅の 45 [mm]と, 図 6.2.2 の奥行の計測結果 270 [mm]と合わせて, ローバは奥  
行 225 [mm]以下に収まること分かる.



図 6.2.4 キャリアへ収納したローバ



図 6.2.5 パラシュートを押さえた状態での計測

□ 結論

ローバの寸法計測結果より、本機体は ARLISS 2019 規定のロケットに収納可能であることが確認できた。

### 3. 通信距離試験

□ 目的

ARLISS にて、CanSat のロスト対策や、ベースからの CanSat の現状把握のために、通信モジュールがどの程度の距離通信できるかを検証する。

□ 試験/解析内容

試験に用いた通信モジュール等を表 6.2.1 に示す。

表 6.2.1 使用した機器

送信側通信モジュール	IM920c
受信側通信モジュール	IM920
送信側マイコン	Arduino Nano
受信側シリアルインターフェース	IM315-USB-RX

次に試験を実施した場所について述べる。送信機を、埼玉県長瀬町の陣見山山頂(標高 531m)に設置し、受信機を、埼玉県美里町立美里中学校のグラウンド横(75.6m)に設置した。図 6.2.1 に位置関係を示す。



図 3.1  
受信

送信機と  
機の位置



## 関係

GoogleMap 上で距離を測定したところ、平面上の直線距離で 5.22km であった。また、標高の差を考慮し、三平方の定理で見通し距離を計算したところ、5.23km であった。送信機、受信機の周辺の写真を図 6.3.2, 6.3.3, 6.3.4 に示す。



図 6.3.2 受信機の周囲の様子



図 6.3.3 受信機



図 6.3.4 送信機とその周辺の様子

送信に用いたプログラムを図 6.3.5 に示す。

```
IM920
1 #include <SoftwareSerial.h>
2
3 SoftwareSerial IM920Serial(10, 11); // RX, TX
4
5 void setup() {
6   IM920Serial.begin(19200);
7
8   pinMode(8, OUTPUT); // busy
9   digitalWrite(8, HIGH);
10 }
11
12 void loop() {
13   IM920Serial.print("TXDA 41\r\n");
14   delay(500);
15   IM920Serial.print("TXDA 42\r\n");
16   delay(500);
17   IM920Serial.print("TXDA 43\r\n");
18   delay(500);
19   IM920Serial.print("TXDA 44\r\n");
20   delay(500);
21   IM920Serial.print("TXDA 45\r\n");
22   delay(500);
23 }
```

図 6.3.5 送信用プログラム

□ 結果

受信側のシリアル通信の結果を図 6.2.6 に示す.

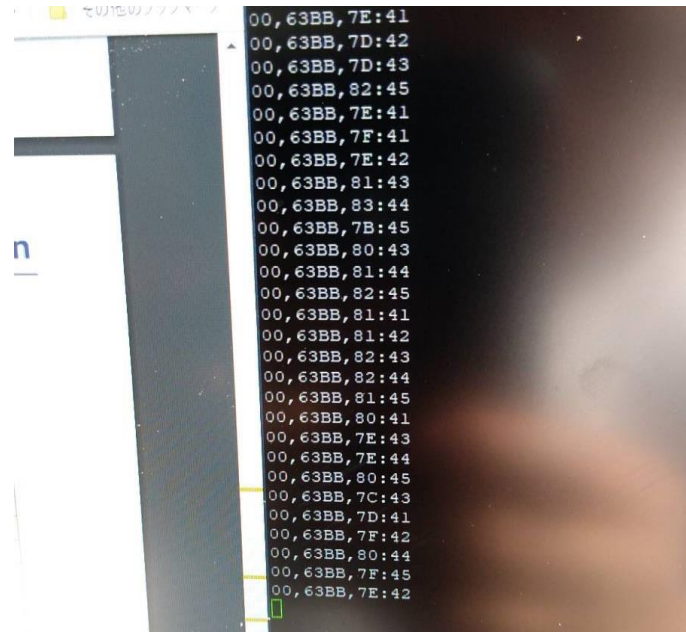


図 6.3.6 受信側のシリアル通信の様子

□ 結論

5.23 km 離れていても、通信が行えることが分かった。しかし、本来「41 42 43 44 45」の順番で送信されるデータが、受信側で「飛び」が発生していた。したがって、確実な安定した通信が行われると断言することは難しい。

そのため、本番用のプログラムでは、通信において、異なるデータを連続して送信する様な処理ではなく、同じデータを複数回に分けて送信し、確実に受信側にデータを届けられる様な工夫を施したい。

また、今回の試験では、ASCII コードを送信し、受信側のターミナルでは受信した ASCII コードに対応した文字を表示するつもりであった。これは事前に受信機側の初期設定をし忘れたためであり、本番では忘れずに行うよう心がけたい。

## 4. 落下試験

□ 目的

ロケットからの落下~着地の過程に着目し、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ていること、すなわちパラシュートが正常に開傘し十分な終端速度に達すること、

また機体に損傷がなく、かつスムーズにその後のランバックのフェーズに移行できることを確認する。

□ 試験/解析内容

およそ 15mの高さからパラシュートを落下させ、開傘してから着地するまでの時間を計測した。

地上からおよそ 5 mの地点で解散すると仮定し以下の結果を導いた。

□ 結果

以下の表 6.4.1 に試験結果を示す。

表 6.4.1 落下試験結果

投下回数	落下時間 [秒]	終端速度[m/s]
1	0.9	5.56
2	1.1	4.54
3	0.8	6.25
4	1	5.00
5	0.8	6.25
平均	0.92	5.52

上記の表から分かるように、終端速度はおよそ 5.52[m]である。  
以上の実験を行った後でも機体の部品及び機能に異常は認められなかった。

□ 動画

実験の 1 回分の様子を以下の URL に示す。

[https://www.youtube.com/watch?v=Q7Bs\\_I0FiG4](https://www.youtube.com/watch?v=Q7Bs_I0FiG4)

□ 結論

パラシュートが問題なく開傘し、減速機構として機能することが確認できた。また機体に損傷は見られず、正常に動作することを確認した。

## 9. 【落下試験(再試験)】

➤ ※終端速度の算出の仕方、及び結果の扱い方にご指摘を頂きましたので、再試験を行いました。

#### □ 目的

ロケットからの落下～着地の過程に着目し、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ていること、すなわちパラシュートが正常に開傘し十分な終端速度に達すること、また機体に損傷がなく、かつスムーズにその後のランバックのフェーズに移行できることを確認する。

#### □ 試験/解析内容

上記のことを確認するために以下の2つの試験，**開傘試験**及び**終端速度試験**を行った。いずれも以下の橋の上からパラシュートを落下させることで実験を行った。以下の図 4.1 に示す実験場所（江戸川沿い，新葛飾橋）は，比較対象の人（165cm）との比較より地上からの距離はおよそ 9m であり，放出～着地まで十分な高度を得ることが出来ない。よって，パラシュートの落下の流れを「放出～開傘」，「開傘～減速」の2つの過程に分け，それぞれにおける安全性を確かめた。

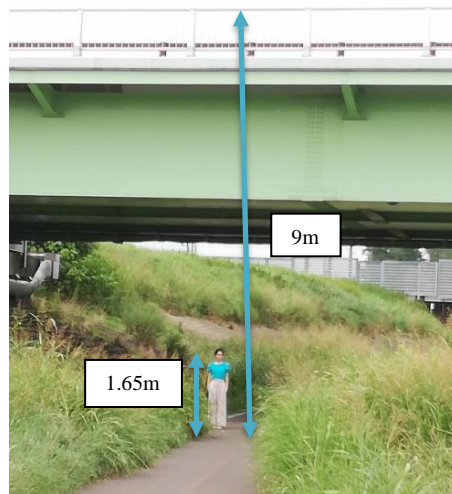


図 6.4.1 実験環境（新葛飾橋）

#### 開傘試験（「放出～開傘」）

パラシュート本体及び結合用の紐をたたみ，キャリアに収納する際の状態で橋の上からローバと同時に落とす。これを3回行い，パラシュートの開傘の可否を確かめ，性能を確認する。

#### 終端速度試験（「開傘～減速」）

開傘した状態から落下させ，ローバが着地するまでの時間を計測する。具体的には，ローバとパラシュートを結合する紐を伸ばした状態（図 4.2）から落下させ，終端速度を求める。パラシュートの先端～ローバを包む分離機構までの紐の長さは 2.35 m であったので，正味 6.65 m からの自由落下と考え，この距離を落下する際の終端速度を求める。



図 6.4.2 終端速度試験の様子

□ 結果

上記の2つの試験の結果をそれぞれ、以下の表 6.4.2, 6.4.3 に示す。

表 6.4.2 開傘試験（「放出～開傘」）

実験回数	成功 or 失敗	詳細	動画 URL
1回	成功	問題なく開傘した.	<a href="https://youtu.be/IEzIRjVtIAI">https://youtu.be/IEzIRjVtIAI</a>
2回	成功	問題なく開傘した.	<a href="https://youtu.be/x1t6rOu4Xic">https://youtu.be/x1t6rOu4Xic</a>
3回	成功	問題なく開傘した.	<a href="https://youtu.be/VJ53-OdVCzU">https://youtu.be/VJ53-OdVCzU</a>

表 6.4.2 終端速度試験（「開傘～減速」）

実験回数	落下時間 [s]	終端速度 [m/s]	動画 URL
1回	1.55	4.29	<a href="https://youtu.be/6qj4ObIj8VE">https://youtu.be/6qj4ObIj8VE</a>
2回	1.53	4.35	<a href="https://youtu.be/wqvNBgnweMU">https://youtu.be/wqvNBgnweMU</a>
3回	1.59	4.18	<a href="https://youtu.be/HdBK73ZT1f8">https://youtu.be/HdBK73ZT1f8</a>
4回	1.48	4.49	<a href="https://youtu.be/6qj4ObIj8VE">https://youtu.be/6qj4ObIj8VE</a>
5回	1.63	4.08	<a href="https://youtu.be/orZmgs1XrqA">https://youtu.be/orZmgs1XrqA</a>
平均	1.56	4.27	

以上の結果より、パラシュートはたたんだ状態から問題なく開傘し、終端速度 4.27 m をもって落下することが分かる。

□ 結論

パラシュートが問題なく開傘し、減速機構として機能することが確認できた。また機体に損傷は見られず、正常に動作することを確認した。

## 5. 静荷重試験

□ 目的

ロケットの打出時にかかる想定される大きさの静荷重をローバに与え、ローバがそれに耐えられることを実証する。

□ 試験/解析内容

図 5.1 の ARLISS 2017 のデータ解析より、ロケット打ち上げ時にかかる加速度は最大約 8G が 5 秒間ローバへかかっていることが分かった。加速度値と時間に余裕を設け、8G の加速度に相当する静荷重を 10 秒間ローバに与えたのち、機体に損傷がないことを確認する。

(参照文献：愛知工科大学 SuperNOVA, ARLISS 2018 本審査書類 p.24 より)

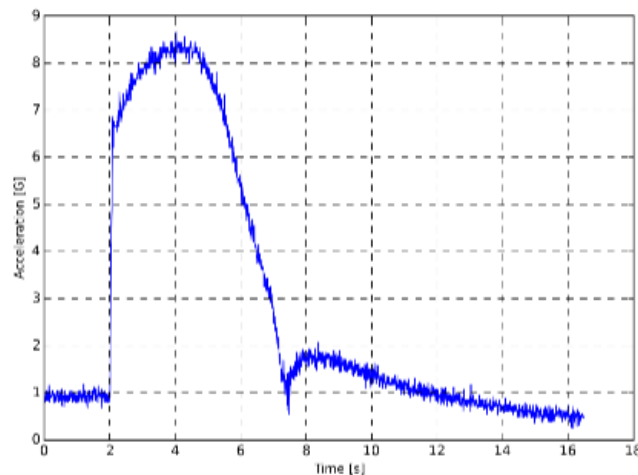


図 6.5.1 ARLISS 2017 打ち上げ時加速度データ

### 【実験方法】

ローバを収納した袋を人間が片手に持ち、腕を円運動させることによる遠心力を用いて、打ち上げ時にかかる静荷重を再現する。製作した Cansat を 10G 以上の加速度を 10 秒以上、ローバにかける動作を行った。その後、ローバが正常に動作するかを確認する。これは、肩から袋の

先までの距離が 2m であることから，肩を中心に 10 秒間に 11 回回転させることで，10G 以上の加速度を実現する。

回転ののち各種センサ(GPS，加速度，地磁気センサ)の値を検出し，異常がないことを確認する。

また，この実験中に実際に機体にかかる静荷重の大きさを，搭載している加速度センサによって検出し，実際に 10G がかかっていることを確認する。

#### □ 結果

静荷重試験の様子は動画に撮り，異常の有無の確認を確認した結果からも，機体のセンサ及び，パーツに異常は認められなかった。

以下の図 6.5.2 に加速度センサによって検知された静荷重の値を示す。

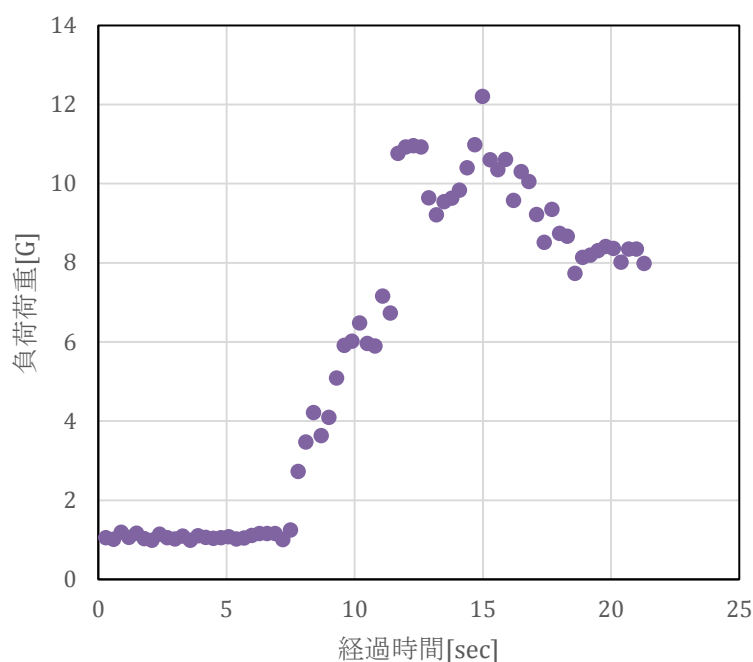


図 6.5.2 静荷重試験結果

#### □ 動画

実験の様子を以下の URL に示す。

[https://www.youtube.com/watch?v=Ck208GOM\\_M4](https://www.youtube.com/watch?v=Ck208GOM_M4)



#### □ 結論

ロケットでローバを打ち上げる際の加速度により生じる静荷重に，機体が耐えうることを確認できた。



## 10. 【静荷重試験(再試験結果)】

※10G 以上が維持される機帰還に関してのご指摘をいただきましたので、再試験を行いました。

### □ 結果

静荷重試験の様子は動画に撮り、異常の有無の確認を確認した結果からも、機体のセンサ及び、パーツに異常は認められなかった。

以下の図 6.5.3 に加速度センサによって検知された静荷重の値を示す。

グラフより、およそ 10G の静荷重がかかる状態が 10 秒以上継続することが分かる。

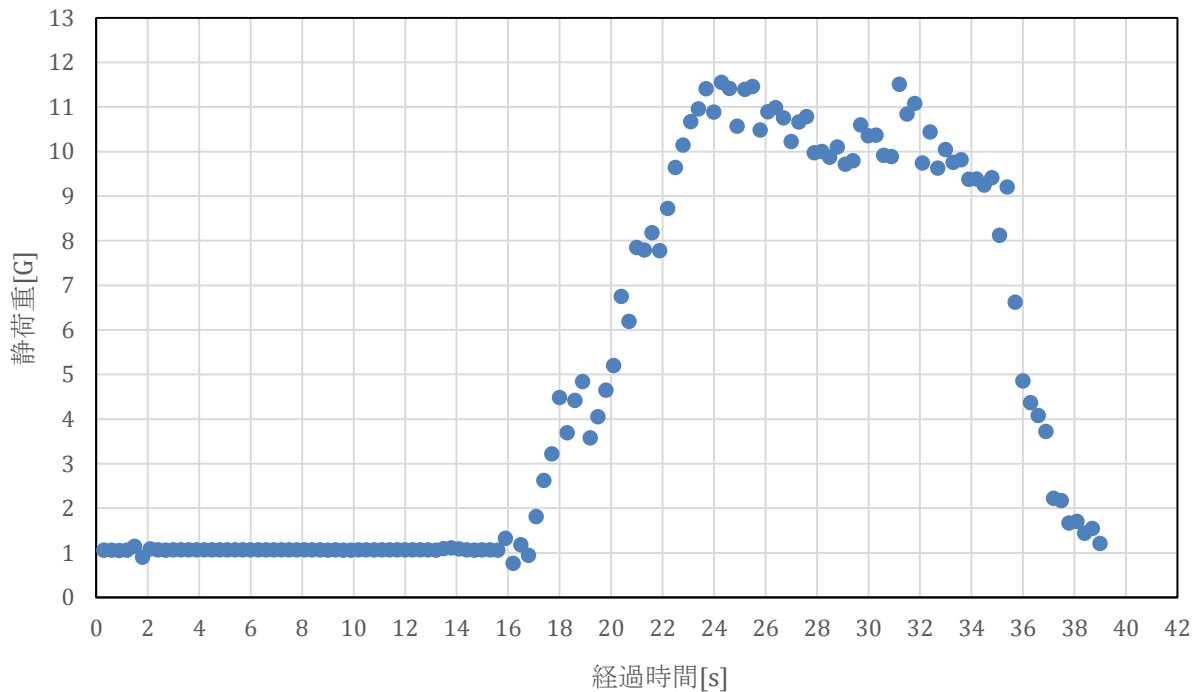


図 6.5.3 静荷重試験 再試験結果

### □ 動画

実験の様子を以下の URL に示す。

➤ <https://www.youtube.com/watch?v=wWN6TlpCNR0>

### □ 結論

ロケットでローバを打ち上げる際の加速度により生じる静荷重に、機体が耐えうることを確認できた。

## 6. 振動試験・分離衝撃試験

### □ 目的

ロケット打ち上げ時の振動，及びノーズコーンからの分離衝撃にローバが耐えられることを確認する．

### □ 試験/解析内容

本試験は，東京大学中須賀・船瀬研究室の加振試験機を用いて行った．

図 6.1 に示す加振試験機の治具の中にローバを収納し，これに対して以下の**振動試験**及び**衝撃試験**を行った．

**振動試験**：5G の負荷を約 30 秒間 30~2000 [Hz]の周波数でランダムにかける．

**衝撃試験**：40G の衝撃を与える．

この振動は，治具の左右上部に取り付けた振動センサ(図 6.1 の Ch2,3)によって常時モニタされ，振動の制御に反映されている．

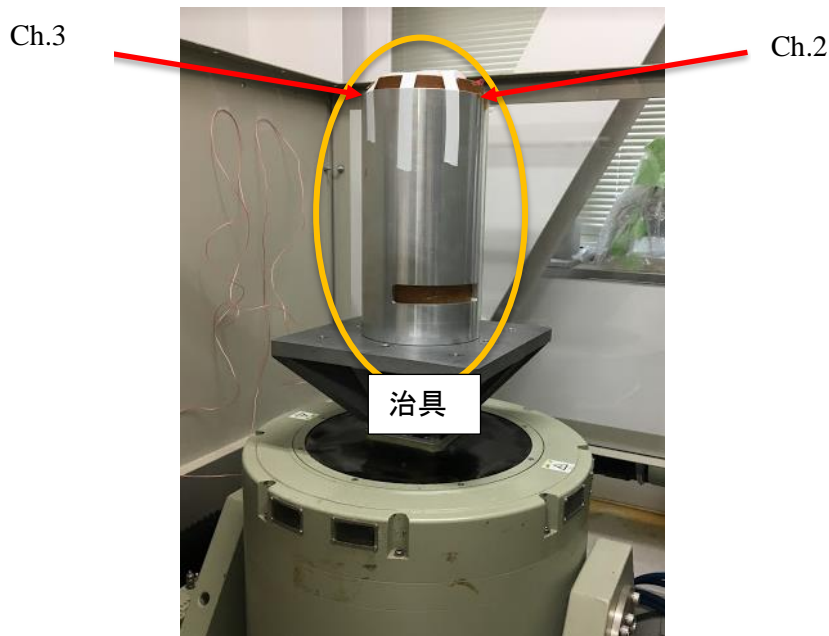


図 6.1 加振試験機

### □ 結果

#### 振動試験

図 6.6.2 の図に，治具及びローバに与えたランダム振動の周波数の時間変化を示す．振動周波数の目標値に対して，Ch2,3 のセンサからの値をふまえて出力が行われたことを示しており，およそ目標値の通りにランダム振動が加えられたことが分かる．

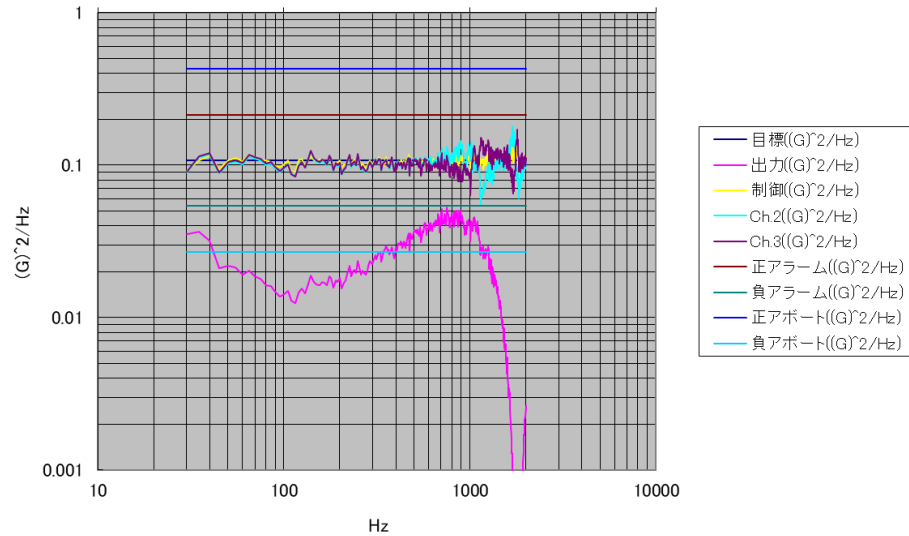


図 6.6.2 ランダム振動試験 制御履歴及びセンサのデータログ

### 衝撃試験

同様に図 6.6.3 の図に、治具及びローバに与えた衝撃荷重の周波数の時間変化を示す。振動周波数の目標値に対して、Ch2,3 のセンサからの値をふまえて出力が行われたことを示しており、およそ目標値の通りに衝撃が加えられたことが分かる。

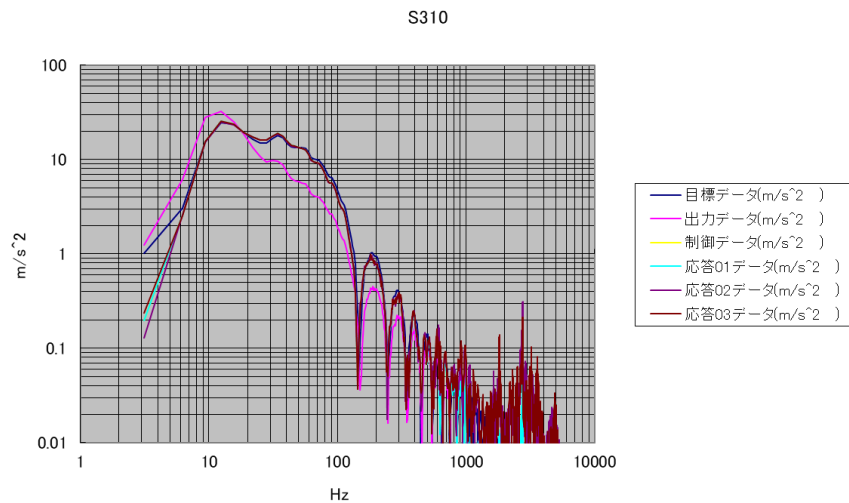


図 6.6.3 衝撃試験 制御履歴及びセンサのデータログ

#### □ 動画

実験の様子を以下の URL に示す。

加振試験：<https://www.youtube.com/watch?v=68aVZhcShS4>

衝撃試験：<https://www.youtube.com/watch?v= tm53kxADE8>

□ 結論

ロケット打ち上げ時にローバに加えられる振動及び衝撃により、ローバの各種センサが正常に動作し、また機体に損傷が見られないことが分かった。

## 7. 通信電源 ON/OFF 試験

□ 目的

本大会では、CanSat のロスト対策や、ベースからの CanSat の現状把握のために、Interplan 社製の IM920c を用いて長距離通信を行う。使用する IM920c は、既定の電波強度以下であるが、FCC 認証を受けていないため、レギュレーションに基づき、電源の ON/OFF を任意に切り替えることができる機能を搭載した。この機能によって、ロケット内で確実に電源が OFF となることを確認するため、試験を行った。

□ 試験/解析内容

IM920c の確実な電源の ON / OFF を実現するために、図 6.7.1 の様な回路を構成した。

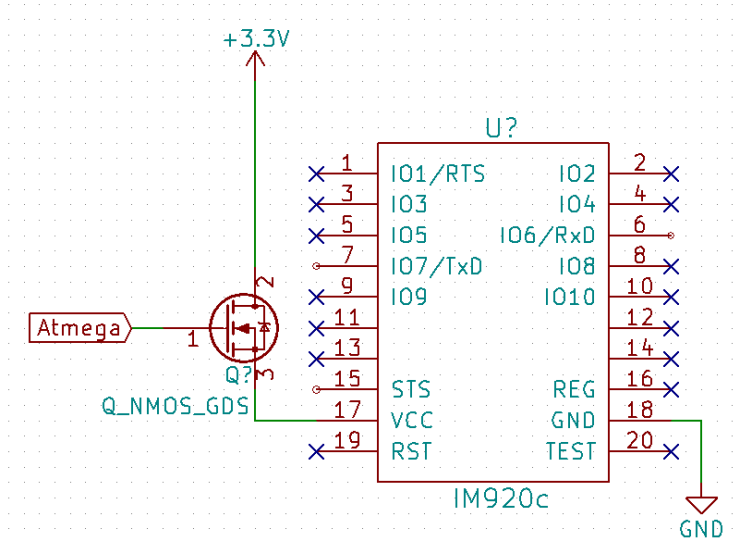


図 6.7.1 回路の構成

IM920c の電源を直接 MOSFET によってスイッチングさせることで、ON / OFF の切り替えを行った。

ARLISS 本番では、ランバックのフェーズに移行してから十分時間たったのちに通信が確立されることを目指すため、以下の条件が満たされたときに通信機が OFF から ON に切り替わるように設定する。①または②の条件がそろふことにより、通信が ON になる。

- ①ロケットの発射時(加速度センサにより発射を検知する)からの経過時間が 20 分以上
- ②GPS による高度のデータが地表を示していること(①の冗長系としての条件)

今回の試験では、①に基づき時間経過を条件に通信が ON となるよう設定した。  
設定時間は 10 秒とした。

□ 結果

以下の動画に示す通り Cansat の電源を ON にしてから 10 秒ののち、通信電源が OFF から ON の状態に移行したことが確認できた。

□ 動画

実験の様子を以下の URL に示す。

<https://www.youtube.com/watch?v=1vohUuizHIA>

□ 結論

➤ 試験により打ち上げ時の無線機は OFF の規定を順守できることを確認した。

## 8. 通信周波数変更試験

□ 目的

➤ 他のチームが無線で使用する周波数と干渉しないよう、使用する無線機(IM920C)の周波数を変更できるかどうかを確認する。

□ 試験/解析内容

プログラム上でチャンネル変更を行い、データを受信する Tera Term うえで【stch (チャンネル数)】を入力後データが受信される使用となっている。

これらの機能を用いて、無線チャンネル変更ができることを確認する。

1. プログラム上で【STCH 05】とコンパイルすると、チャンネルが 5 になる。以下の図 6.9.1 が実際のプログラムである。

```
void loop() {  
  delay(3000);  
  IM920Serial.print("STCH 05\r\n");  
  delay(100);  
  while(1){  
    send_im920("Hozuki IM920 ch:05");  
    delay(800);  
  }  
}
```

図 6.9.1 チャンネル 5 プログラム

2. プログラムで【STCH 01】とコンパイルすると、チャンネルが1になる、また、Tera Termうえで【stch 01】と打ち込むと、Tera Termの受信チャンネルが1になる。以下の図 6.9.2 が実際のプログラムである。

```
void loop() {  
    delay(3000);  
    IM920Serial.print("STCH 01\r\n");  
    delay(100);  
    while(1){  
        send_im920("Hozuki IM920 ch:01");  
        delay(800);  
    }  
}
```

図 6.9.1 チャンネル1プログラム

□ 結果

無線機のチャンネル変更について、プログラム変更によりチャンネルを変更できることが分かった。また、以下の動画に示す通り、上記の一連の操作を1分以内に行うことができた。

□ 動画

実験の様子を以下の URL に示す。

<https://www.youtube.com/watch?v=ZpqvQY3fGuY>

□ 結論

以上の結果より、運営からの要請に応じて無線機の周波数を任意に、かつ速やかに変更できることが分かる。

## 9. End to End 試験

### 10. 自律走行・ゴール検知試験(E to E 試験内で実施)

□ 目的

準備を含めて、最終的な全ての工程が大会本番の流れの中で支障なく行われることを、リハーサルとして確認する。また、これ以降大きな設計変更がないことを確認する。

□ 試験/解析内容

東京理科大学葛飾キャンパス横のいじゅくみらい公園（以下の図 6.10.1）にて、およそ 100m の距離にて走行試験を行う。  
以下の手順で本実験を行う。

1. キャリブレーション（その場で 1 回転）により磁気センサの誤差を補正する。
2. GPS 及び地磁気センサにより自律走行を行う。
3. ゴールを検知(ゴール地点から 3m 以内)したのちゴール判定を行い、静止する。



図 6.10.1 EtoE 試験場所

#### □ 結果

以下に示す動画のように、走行開始～ゴール検知までのすべての過程をすべて自律で行い、ゴール地点まで 3m 以内の距離に到達することが出来た。  
以下の試験結果を示す。

#### □ 動画

以下の URL に試験の動画を示す。

<https://www.youtube.com/watch?v=rBmir0bff8E>

#### □ 結論

全ての安全に関する基準を満たした機体が、ゴールまでの過程をスムーズに実行することができ、以降、設計に変更を加える必要がないことを確認できた。

## 11. GPS 精度試験

### □ 目的

ランバックにおいて、ゴールを指向して走行するために必要となる、自機体の位置情報を正確に取得できることを確認する。

### □ 試験/解析内容

➤ GPS モジュールの精度調査のために、二つの GPS 試験を行った。一つ目は、Cansat がランバックで数 km 走行することを仮定した、GPS による**経路追跡試験**、二つ目は、GPS の値と実際の位置のズレを測定する、**精度試験**である。両試験ともに、埼玉県美里町内で行った。周囲は山で囲まれているが、背の高い建造物等は無く、都心に比べて状況的には砂漠に近いと思われる。

### 経路追跡試験

GPS モジュールを自動車に搭載し、3km 程度走行させ(時速 40km 程度)、実際の走行ルートと、GPS モジュールが記録したデータが一致するかを確かめた。

### 精度試験

GPS モジュールを持ったまま、数メートル直線に歩行し、GPS のデータと実際に歩行した経路のズレを測定する。

実験に用いた GPS モジュール等を以下に示す。

表 6.11.1 実験に用いた機器

GPS モジュール	AE-GYSFDMAXB
UART - USB モジュール	Pololu USB AVR Programmer v2
受信用ソフトウェア	Mini GPS

また、両試験ともに、シリアル通信の速度は 9600bps、GPGGA センテンスから緯度と経度を読み取り、そのデータを Google Map 上に一括プロットしてくれる WEB サービス、「[tree-maps](#)」を用いて地図上にプロットした。

### □ 結果

経路追跡試験の結果を図 6.11.1 に示す。





図 6.11.1 経路追跡試験の結果

赤い点が示すルートは、実際に走行したルートと一致している。  
精度試験の結果を図 6.11.2 に示す。

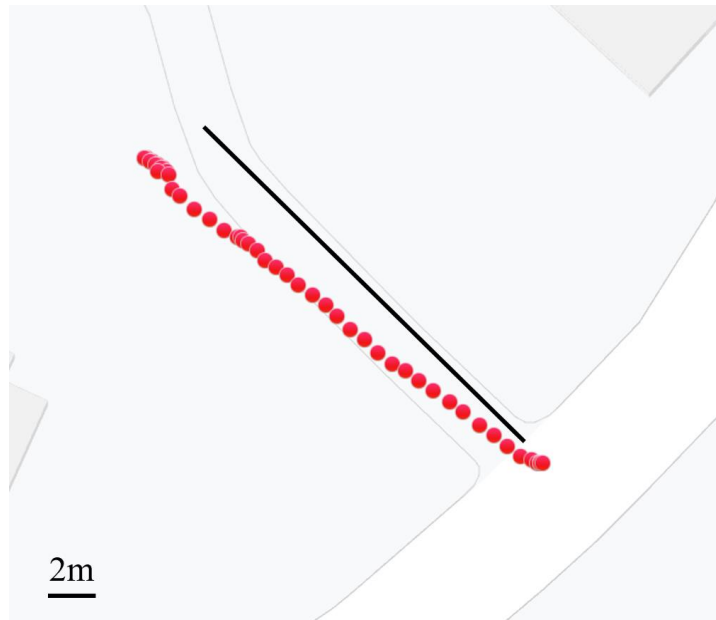


図 6.11.2 精度試験の結果

黒線が実際に歩いた経路で、赤い点が **GPS** のデータである。最大 3~4m 程度の誤差は見られるものの、精度としては十分であることが確認できた。

□ 結論

使用した **GPS** モジュールは十分精度が高いことが認められ、大会での使用に耐えうる物であると考えられる。

## 12. 制御履歴レポート作成試験

### □ 目的

ARLISS 2019 の規定に従い、制御履歴レポートを作成し、運営者に提出できることを確認する。内容としては、ロケットの打ち上げからゴールへの帰還までのすべての過程を自律で行っていることを証明する。

### □ 試験/解析内容

End to End 試験において制御履歴を作成する。

### □ 結果

以下のリンクに E to E 試験の際の制御履歴を示す。

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1aWdgUXdz9p6IXQBK14MFoHeB302nBt8a8\\_yJYQaMmS4/edit](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1aWdgUXdz9p6IXQBK14MFoHeB302nBt8a8_yJYQaMmS4/edit)

### 【追加事項】

この結果を可視化したグラフを以下に示す。

また、この制御は以下の図 6.12.2 に示すように、補正と走行を繰り返すものである。

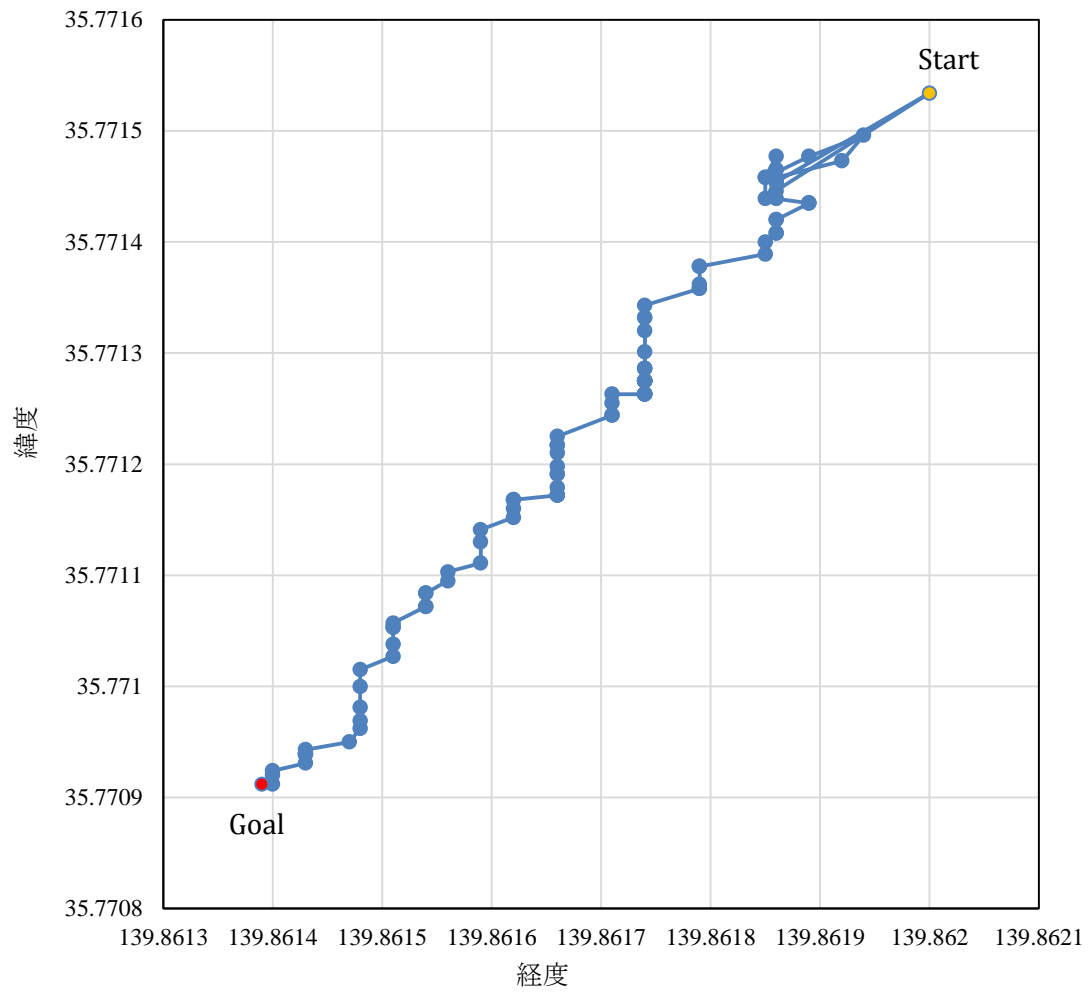


図 6.12.1 制御履歴の可視化

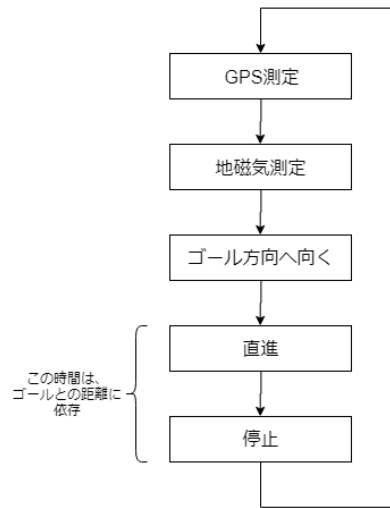


図 6.12.2 制御アルゴリズム

□ 結論

ミッションのすべての過程を終了した際に，経過のログを残しその制御履歴を提出することで，自律でミッションを遂行していることを証明することが出来る．

### 13. 走破性試験

□ 目的

- 機体が Runback において走破性を持ちスタックしないことを確認する．

□ 試験/解析内容

ARLISS の現地で想定しうるスタックの原因としてあげられるのは，以下の図 6.13.1 に示すような，車の轍である．

(出典：愛知工科大学 2016 年度 大会記録より

<https://www.aut.ac.jp/activity/arliss2016.html>)



図 6.13.1 ARLISS 轍の様子

轍にはまった際の走破性や、砂漠中の凹凸を乗り越えられる性能を定量的に確認するために、以下の2つの試験、**登板試験**及び**段差試験**を行った。

以下の環境設定の根拠は、上記の写真や他チームの大会記録の様子を合わせた上で、本機体の性能限界までを設定範囲とした。

### 登板試験

連測的な傾斜を乗り越える出力性能を確認するために、15、30度の傾斜で実験を行った。以下の図 13.2 に示すように、板を連続して並べ、進行方向の奥側の板を上記の角度の分傾斜させることによって、この試験環境を実現した。

手前側の板の上から走行を始め、傾斜を登板する能力を試験した。



図 6.13.2 登板試験の試験環境

### 段差試験

砂漠中に存在する凹凸や轍の段差を想定し、段差の高さは 18, 36, 54, 72 mm に設定した。以下の図 13.3 に示すような板を 1~4 枚重ねることによって上記の試験環境を実現した。板の 1 枚の厚さは 18 mm である。

段差のおよそ 50 cm 手前から、機体の車輪が回転下状態で走行させ、段差を乗り越えて走行を続けられることを確認する。



図 6.13.3 段差試験の試験環境

□ 結果

以下の表 6.13.1, 6.13.2 に試験結果を以下に示す.

表 6.13.1 登板試験結果

実験 角度	成功 or 失敗	詳細	動画 URL
15 度	成功	問題なく滑らかに走行できた.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=hvYnCdgzM_M">https://www.youtube.com/watch?v=hvYnCdgzM_M</a>
30 度	成功	表面が滑らかな板だとスリップしてしまったので、布を敷いて行った。 登板に成功したが、モータが過度に熱くなっているため、30 度が限界であると判断する。	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=HceU2Nf45B8">https://www.youtube.com/watch?v=HceU2Nf45B8</a>

表 6.13.1 段差試験結果

段差の 高さ [mm]	成功 or 失敗	詳細	動画 URL
18	成功	問題なく乗り越えられた.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=HceU2Nf45B8">https://www.youtube.com/watch?v=HceU2Nf45B8</a>
36	成功	問題なく乗り越えられた.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=1b7dpgvCGk0">https://www.youtube.com/watch?v=1b7dpgvCGk0</a>
54	成功	問題なく乗り越えられた.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=YXyRFaeV1Yk">https://www.youtube.com/watch?v=YXyRFaeV1Yk</a>
72	失敗	乗り越えられなかったが、動画中のタイヤの様子より片足が乗り越えられる出力があることが確認できた.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Bcbe-CF-LfM">https://www.youtube.com/watch?v=Bcbe-CF-LfM</a>

□ 結論

▶ 轍などの障害物も、スタックすることなく十分な出力をもって脱出し、ゴールまで走破する性能があることが確認できた。

▶ 今後の課題としては、地面の表面状態をより本番に近いものにするために、砂地で行うことを検討している。また、登板試験で問題となったモータの高温化に関しては、メーカーへの問い合わせを行い、モータの単体としての性能を加味することで、再度本機体の登板能力の限界を再考する所存である。

## 14. Mission 試験

□ 目的

Mission である、光硬化性樹脂の射出~固化までの過程が確実に実行されることを確認する。

□ 試験/解析内容

以下の手順で本実験を行う。

- 1.ソレノイドが作動し、シリンジから粘性流体(水のり)が押し出される。
- 2.紫外線 LED により樹脂を照射する
- 3.その一部始終を小型カメラで撮影する

光硬化性樹脂を発注している Three Bond 社より 8/24 に連絡があり、輸出規制に抵触するとの連絡があり、別の種類の樹脂に変更することが決まった。

よって今回は、固化はさせられないが、粘性係数の等しい水のりで代替し、実験を行った、

□ 結果

以下の動画に示すように、一連の動作確認を行った。

無事に粘性流体(水のり)を押し出し、規定時間紫外線 LED を照射することができた。

□ 動画

以下に実験の様子を示す。

[https://www.youtube.com/watch?v=r\\_z8FdRio3Y](https://www.youtube.com/watch?v=r_z8FdRio3Y)

□ 結論

本番でも実験をスムーズに行うことが確認できた。

今後、新しいレジンが届いてから実験を再度行い、またカメラの動作についても確認する所存である。

## ※変更(更新)事項

上記の樹脂の交換について、新たに用いる材料が決定した。

Three Bond 社の TB3056F という紫外線硬化樹脂を用いることに決定した。

これは以下のような特性を持つ。

- ・粘度： $\nu = 6.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- ・紫外線照射による硬化時間：3 s (実測による)  
(Three Bond 社の調査による硬化時間：10 s)
- ・色：緑

これは航空会社への問い合わせの結果、受託手荷物であれば問題なく米国への持ち込みを許可されることが分かった。

## 11. 【Mission 試験（追加試験）】

### □ 目的

Mission である、光硬化性樹脂の射出~固化までの過程が確実に実行されることを確認する。

### □ 試験/解析内容

実際にロケット内部で行う実験を再現するために、実験機構のみを取り出し実際に使用する小型カメラよりも大きなカメラを取り付け、以下の図 6.14.1~6.14.3 に示すような装置を用いて実験を行った。裏面には Arduino を搭載した基盤を取り付けることで制御を行っている。

以下の手順で本実験を行う。

1. およそ 5 m の高さよりこの実験機構を自由落下させる。
2. 無重力を感知したのち、ソレノイドが作動しシリンジから光硬化性樹脂が押し出される。
3. 同時に紫外線 LED により樹脂を照射する。
4. その一部始終を小型カメラで撮影する。

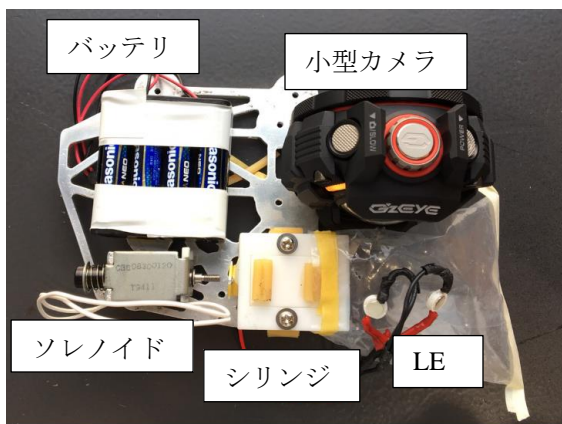


図 6.14.1 実験機構（上から）



図 6.14.2 実験機構（手前から）





図 6.14.2 実験機構（右側から）

□ 結果

以下の動画に示すように、一連の動作確認を行った。

無事に無重力を検知すると、ソレノイドが光硬化性樹脂を押出し、紫外線照射ののち硬化した生成物を確認することが出来た。



図 6.14.4 実験直後のシリンジ先端の様子の外観

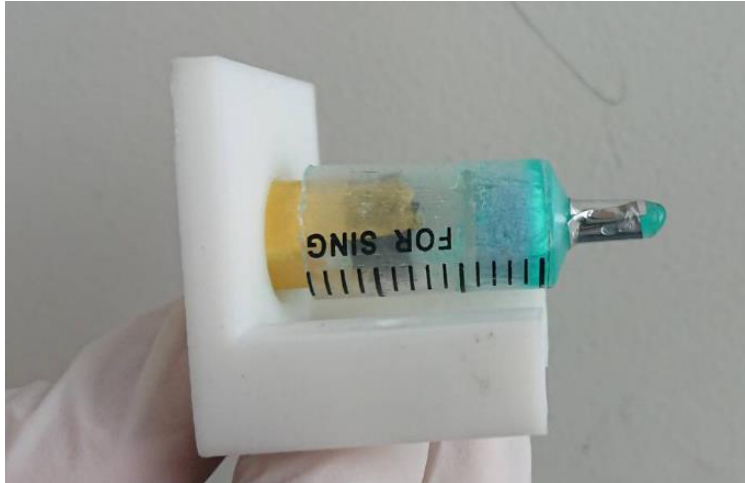


図 6.14.4 シリンジ先端で固化した樹脂

□ 動画

以下に実験の様子を示す.

➤ <https://www.youtube.com/watch?v=BDuhpEIR-wc>

□ 結論

本番でも実験をスムーズに行うことが確認できた.

注入する光硬化性樹脂の量の調整を引き続き行うことによって, 地上との対象実験を行うのに適切な実験条件を整えることに注力していきたい.

## 第7章 工程管理, ガントチャート (スプレッドシートを推奨)

### 1. チーム内・審査会等

(チーム全体, 班, 各部署ごとの会議の頻度, 開発メンバー以外の人を含めた審査会の有無や時期, 回数を記載してください)

構想開始・・・2019年4月

設計開始・・・2019年4月

(第一回研究室内部審査会)・・・2019年5月16日

BBM(機能モデル)製作開始・・・2019年6月15日～

(第二回研究室内部審査会)・・・2019年6月6日

BBM(機能モデル)検証完了・・・2019年7月16日

EM(実物大モデル, 負荷検証)完了・・・2019年7月20日

FM(実物大モデル, 負荷検証)完了・・・2019年8月15日

最終試験の時期 8月26日

チーム全体としては主に1週間に1度のミーティングを行った。  
今回のカンサットの開発は、東京理科大学内の部活動「I部無線研究部」内で行っていた。  
しかし、機体の製作及び対参加に際しては、製作費や手続き上、東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科 木村研究室のご協力をいただいた。

そのため、こちらの研究室での審査会を行った。  
レビュー会及び予算審査会を上記の通り5月と6月に1回ずつ行った。  
正式な審査会はこの2回ほどだったが、週に1度ほどこちらのキャンパスに伺い、都度木村先生にご相談及び審査書のチェックをしていただいた。

## 2. 各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入）

以下にガントチャートを示す。

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ul2bj0NZwtbrwk9VHpaTzD4LHQT-iWNq78Sy59T4Cr4/edit>

8/22~8/26の期間中のガントチャート

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/11Br-irK3oakwzYp2odIQNSpvtqxOm8Fpf-9paqUHiTE/edit#gid=0>

今後の予定

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sheAaPLt9WK5C3Dcdg6J0zRAtxwXcLVwrIHNC0HMDh4/edit#gid=0>

## 第8章 大会結果

### 1. 能代宇宙イベント

不参加です。

#### ➤—目的

能代宇宙イベントの実験で検証したいことを簡潔に述べてください

#### ➤—結果

能代宇宙イベントで目的やサクセスクライテリアをどの程度達成できたかを表などを使って簡潔に示してください。受賞した賞がある場合は記入してください。

ランバック/フライバック部門の場合は自団体のサクセスクライテリアの他、下表も○と×または△で記入してください。

能代	パラシュート開傘	壊れずに着地	パラシュート分離	走行開始	10m以上制御走行	50m以上制御走行	ゴール
1回目	○	○	○	○	×	×	×
2回目	○	○	○	○	×	×	×

さらに能代宇宙イベントで CanSat 機体に発生した現象(成功した部分もうまくいかなかった部分も含む)について写真などを使いながら示してください。

#### ➤—取得データ

能代宇宙イベントの実験で取得したデータについて図示し、可能であれば元データも同じフォルダにアップロードしてください。取得データは、いわゆる制御履歴だけではなく、落下中の高度など断片的なものでも、取得できていれば提示をお願いします。

#### ➤—故障原因解析・解決手段等

現地での準備・大会期間を含め、故障等が発生し準備に時間を要した場合や、本番で目標を達成できなかった場合は、原因分析やFTA(fault tree analysis)などを使用し、根本原因の究明を行ってください。またその過程、やるべきであった試験内容やアルゴリズム等も図示してください。

参考) 情報マネジメント用語辞典:

FTA (えふてい=えい)

<http://www.itmedia.co.jp/im/articles/0906/17/news098.html>

金星探査機「あかつき」は推進系の異常か—原因が徐々に明らかに

<http://news.mynavi.jp/articles/2010/12/18/planet-c-fta/>

## 2. ARLISS（上記能代と同様に記載してください）

### ➤ 目的

第1章のミッションの意義と目的にも上述したが、宇宙開発で必要とされる

- ・未知の環境に対応できる機体の作成
- ・人間や資源等を確実に目的地まで運び届ける
- ・非修理系かつ自律系としてのロボット開発を想定した技術習得を目的とする。

### ➤ 結果

サクセスクライテリアの達成

#### ①ランバック

	内容	判定方法	結果
ミニマム サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パラシュートが減速機構として正常に作動し、損傷なく着地できる。</li> <li>・パラシュートから正常に分離して走行を始めることができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Cansat を回収に行く際に目視で確認する。</li> <li>・回路に不具合がないことも、回収後にログから確認する。</li> </ul>	達成
ミドル サクセス	GPS, 地磁気センサのデータを元に、軌道を修正しながらゴールを目指し、軌道決定することができる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・制御履歴のデータから自律制御が行われたことを確認する。</li> <li>・GPS のログデータから軌跡をプロットし、最適経路を選択していることを確認する。</li> </ul>	達成
フル サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・正確なゴール地点から5m以内に到達する。</li> </ul> <p>GPS の精度がおよそ5mであることから、実際のゴール地点から5m以内に到達できれば、これをフルサクセスとしたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS から確認する。</li> <li>・ゴール地点の位置情報から距離を測定し、確認する。</li> </ul>	失敗
アドバン スド サクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・制御データをすべて持ち帰ることができる、</li> <li>・サンプルリターンのローバとして、Mission で作成した光硬化性樹脂を、状態を維持したまま持ち帰ることができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・制御履歴をSDカードから回収する。</li> <li>・カメラによる記録から、実験終了時の状態の画像と比較する。</li> </ul>	達成

ARLISS	パラシュ	壊れずに	パラシュ	走行開始	10m 以上	50m 以上	ゴール
--------	------	------	------	------	--------	--------	-----

	一ト開傘	着地	一ト分離		制御走行	制御走行	
1回目	○	×	×	×	×	×	×
2回目	○	○	○	○	○	○	×

## ②Mission

	内容	判定方法	結果
ミニマ サクセス	・微重力状態を感知して、実験を開始できる。	・9軸センサのログデータ及び制御履歴から確認する。	達成
ミドル サクセス	・シリンジから光硬化性樹脂を規定量射出することができる。	・カメラの影響及び、ランバックより帰還後の試料の様子から確認する。	達成
フル サクセス	・紫外線 LED を照射して固化することができる。	・カメラの影響及び、ランバックより帰還後の試料の様子から確認する。	達成
アドバンス ドサクセス	・カメラの映像から射出の過程を定量的に評価することができる。	・カメラの映像及び格子状の背景を用いて真球度を評価する。	達成

### ➤ 取得データ

2回目の打ち上げの際に取得した小型カメラによる撮像写真を以下の図 8.1~8.5 に示す。

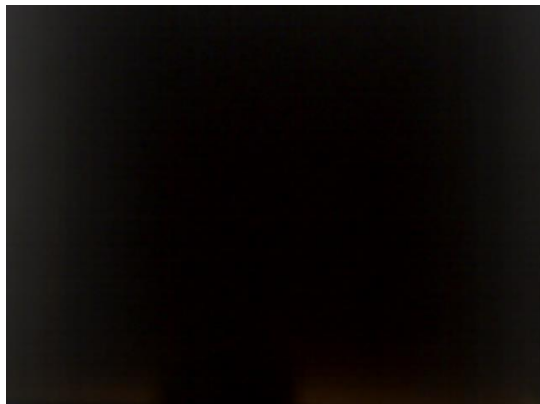


図 8.1. 小型カメラによる撮像(1 枚目)

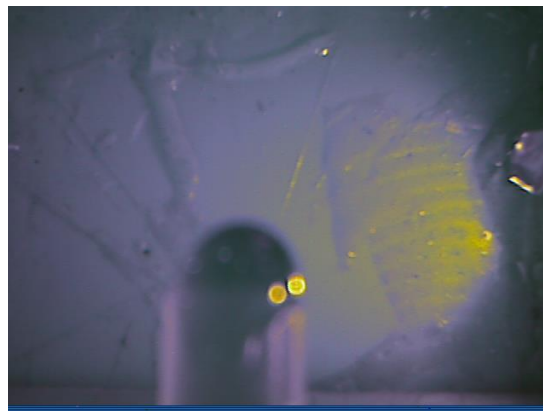


図 8.2. 小型カメラによる撮像(2 枚目)

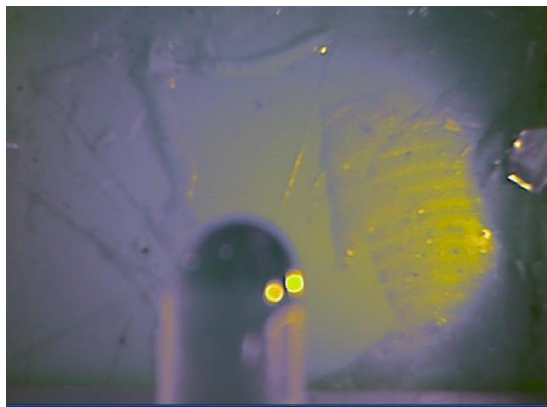


図 8.3. 小型カメラによる撮像(3 枚目)

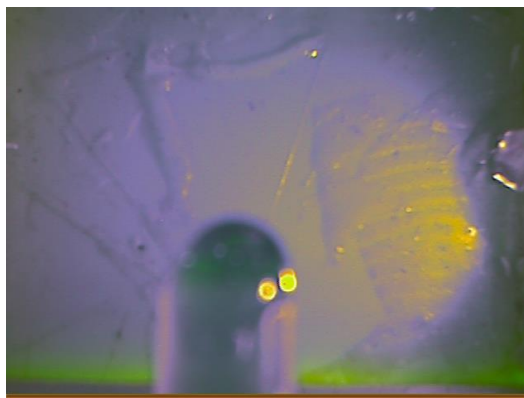


図 8.4. 小型カメラによる撮像(4 枚目)

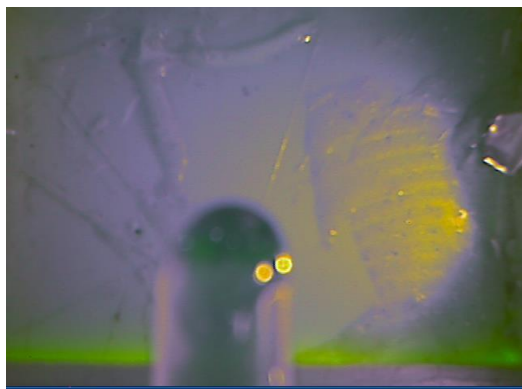


図 8.5. 小型カメラによる撮像(5 枚目)

また、 $\mu\text{G}$  下で行った実験で得られた射出成型の成果物を以下の図 8.6~8.7 に示す。



図 8.6.  $\mu\text{G}$  実験結果(打上げ 1 回目)



図 8.7.  $\mu\text{G}$  実験結果(打上げ 1 回目)

➤ 故障原因解析・解決手段等

1 回目の打ち上げ

【故障内容】

- ・パラシュートの着地の際に強風で地面に打ち付けられ、タイヤが車軸にめり込み、3Dプリンタで自作したタイヤホイールが大破してしまった。
- ・同時に、モータギアの軸及びボディ用フレームが剪断方向に曲がってしまった
- ・また、強風によって水平方向に流され転がりの速度がついたことでパラシュートの紐がケーシングに絡まり、溶断回路が作動した後もカンサット本体がケーシングから脱出することが出来なかった。

【現地での対応】

- ・ホイール、モータ、ボディ用フレームともに十分に予備を持って行っていたため、2回目の打ち上げに向けてこれと交換した。
- ・また、再度の強風への対応として、急遽現地で購入した風呂用のスポンジ(半径8cm, 厚さ4cm)をケーシング内の機体の両側に入れることで緩衝材として機能させた。
- ・パラシュートが絡まったことに関しては、特に取れる対策がなかったので、風向きに関しては運任せであった。

【今後の改善点】

- ・パラシュートとの締結用の紐にメジャーや自撮り棒のようなロッドをつけるなどの工夫を行い、紐に張力が働いた時にある程度の剛性を持ち、ケーシングに紐が巻き付かないようにする。

2 回目の打ち上げ

【故障内容】

- ・スタビライザの先端の付属部品がケーシングからの脱出の時点で取れてしまっていた。
- ・(故障ではないが)競技終了後に確認したところ、3Dプリンタで作成したタイヤのホイールが、積層部分が疲労によってはがれてしまっており、これ以上の走行は不可能な状態になってしまっていた。

【現地での対応】

- ・スタビライザに関しては、すでに自律走行を開始した直後だったので静観した。

【今後の改善点】

- ・タイヤホイールは予備の部品を使用していたため、3Dプリンタの出力密度を大きく下げたものを使用していた。
- ・今後は準備段階で、時間的余裕を見積もり、予備品にも十分な強度を持たせたものを用意するべきであった。



## 第9章 まとめ

### 1. 工夫・努力した点（ハード，ソフト，マネジメント面すべて）

- 機体
  - スタビライザの先端に付属部品をつけることによって，機体の水平性を保つようにした
  - これは，高さを出しつつ，ケーシングに収まるようにするため，ばねを付けた展開式にした。
  - 使用するモータを，EMの段階でステッピングモータからDCモータに変えたため，タイヤとの接続部の変更が必要になった。
  - この際，モータに直付けできるジョイントパーツをまず探し，そのパーツと接合できるように，3Dプリンタで再度設計&出力を行った。
  - タイヤのゴムの部分の成形はバンドソーを使い，手動による調整で行ったが，予備部品も含めて多数の部品点数をこなすことで，十分な精度のあるパーツとして仕上げる事が出来た。
  - ホイール部分は3Dプリンタで作成したが，2時間以上の走行に耐えうるだけの強度を有する出力設定の値の判断が難しかった。
  - 結局，最大密度での出力でも十分な強度であったとは言えないことが分かったので，今後は形状自体に工夫を加えることや，その他の材料選定を含めて検討したい。
  -
- 実験機構
  - 取り付けを簡単にしたかった為，ネジ2本でシリンジと本体を繋げられるようにした
  - シリンジを押すのに必要な力が大きすぎたので，押す棒のゴム部分を自作した
  - アメリカ渡航数日前に基盤と実験機構が干渉することが判明したため，3Dプリンタで作成した一部をアルミに変更し入るように加工した
  - アメリカの砂漠紫外線が想定よりも強く，東京での事前試験で再現できなかったため，現地では実験機構をアルミホイールで巻いて紫外線対策をした
- 回路
  - ソレノイドの駆動や高出力UVLEDの照射などを行ったため，マイコンやセンサの駆動に比べて大きな電流を必要とした。そのため回路設計の際，必要電流値や動作電圧，使用する電池などの要請を全て満たす設計を行うことが非常に難しかった。しかし，構体班とうまく連携することで，問題解決に至った。

### 2. 良かった点・課題点

- 良かった点
  - 大会としては，ランバック及びMissionにおいて，いずれもミドルサクセス以上を達成することが出来た

- 課題点
  - 他チームを見て学んだことだが、機体収納前の最終確認の段階で使用する、作業項目チェックシートを作成することで、ケアレスミスの削減に努める。
  
- 3. チームのマネジメント等、プロジェクト全体でのよかった点、反省点
  - 良かった点
    - 所属団体の部活動では初めての大会出場かつメンバーの過半数が1年生であったが、最終的にはゴールを目指せる機体を完成させることが出来た。
    - NC フライス盤やバンドソー、ボール盤や旋盤などの設備が部室にあったことで、それらを自由に使用しての機体製作ができた。
    - トップダウン型の指示系統を取りながらも、うまくチーム全体の意見をまとめ、それを製作に反映できていた点。
  
  - 課題点
    - メンバーのうち回路班の2人が初期の段階で抜けてしまったため、回路及びプログラミングの担当が1人でその作業を担当することとなってしまった。  
→このため、ソフト面での課題発見及び解決のための作業のほとんどをこの一人が行うこととなってしまった。  
解決としては、来年以降この作業の引継ぎを行うとともに、回路やC&DHについての技術や知識の教育を積極的に行っていきたい。
    - アメリカ渡航数日前に基盤と実験機構が干渉することが発覚した  
→原因：なぜか途中で使用するスペーサーが変更されていた  
→対処法：組み立てる人を固定すべきだった / 使う部品のマニュアルを作るべきだった
  
    - チーム全体としての技術力が不足していた。
    - ガントチャート通りに作業を行うことができず、またそれを軽視していた点があった。