

# ARLISS 大会報告・技術詳細報告書

提出日：2019年 10月 15日

文責：秋山実穂

## ● チーム情報

CanSat チーム名	湘南工科大学 斎藤研究室 SuperNOVA
CanSat チーム 代表者	秋山実穂
UNISEC 団体名	湘南工科大学 斎藤研究室
UNISEC 団体 学生代表	秋山実穂
責任教員	斎藤卓也
CanSat クラス	Open Class

## ● メンバー

役割	名前 (学年)
機体・回路・プログラム	秋山実穂(M2)

- CanSat の製作目的・大会参加理由  
…研究活動・学習のため

# 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	4
第2章	サクセスクライテリア	5
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）	6
1.	システム要求（安全確保のために満たすべき要求）	6
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）	7
第4章	システム仕様	8
1.	CanSat 設計図（CAD 図面や回路レイアウト図や写真など、公開可能であれば図面をここに示し、データも添付をお願いします。）	8
2.	CanSat 外観/質量/サイズ	12
3.	CanSat 内観・機構/電力	15
4.	使用部品	16
➤	電子系	16
➤	動力系	16
➤	構造系	16
5.	製作時に使用した機材・サービス	16
6.	プログラム・アルゴリズム	17
7.	会計	18
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	エラー! ブックマークが定義されていません。
➤	目的	エラー! ブックマークが定義されていません。
➤	試験/解析内容	エラー! ブックマークが定義されていません。
➤	結果	エラー! ブックマークが定義されていません。
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）	21
1.	チーム内・審査会等	21
2.	各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入）	21
第8章	大会結果	22
1.	能代宇宙イベント	22
➤	目的	22
➤	結果	22
➤	取得データ	23
➤	故障原因解析・解決手段等	24
2.	ARLISS（上記能代と同様に記載してください）	24
➤	目的	24
➤	結果	24
➤	取得データ	25

➤ 故障原因解析・解決手段等 .....	30
第9章  まとめ .....	31
1. 工夫・努力した点 .....	31
2. 良かった点・課題点 .....	31
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 .....	31

# 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

…Intel Neural Compute Stick 2 を使い、超高速に Deep Learning Image Classification を実行可能にし、スムーズなゴール誘導動作により 0m ゴールを達成する。

0m ゴール判定を画像認識で行うとき、同じ色の誤認識、日光の照明条件で色が変化、事前の色設定調整にかなり時間がかかる等の問題がある。

Deep Learning での画像認識では日光の照明条件と色設定調整の問題を解決し、ゴール認識率が 99%以上に向上した。高度な処理に付き判定速度が 1 回約 3 秒の時間がかかるので、Intel Neural Compute Stick 2 を用いて走行しながらの実用的な高速処理を行う。

## 2. ミッションシーケンス

本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 本体を気球のキャリアに収納する。
2. 気球のキャリアから CanSat 本体を放出する。
3. CanSat 本体のパラシュートを開き、落下速度を減速させる。
4. 機体が破損無しで地上に着陸する。
5. CanSat 保護ケースを本体から切り離し、パラシュートと分離する。
6. GPS 情報をもとに、モータ回転数制御でゴールに向かって走行する。
7. 轍にスタックしたと判定した時、轍脱出動作を行い、轍からの脱出を行う。
8. GPS 情報によりゴール 10m 以内になったら動作速度を落とし、ゴールを目指して走行する。
9. 4m 以内になったら、GPS での制御走行から DeepLearning 画像認識制御走行に切り替える。
10. 4m 以内になったら、カメラ画像を Deep Learning 画像認識でターゲットを解析する。
11. カメラ画像によりゴールを発見したら、ゴールに向かって走行する。
12. カメラ画像からゴールに十分近づいたらゴール判定を行い、停止する。

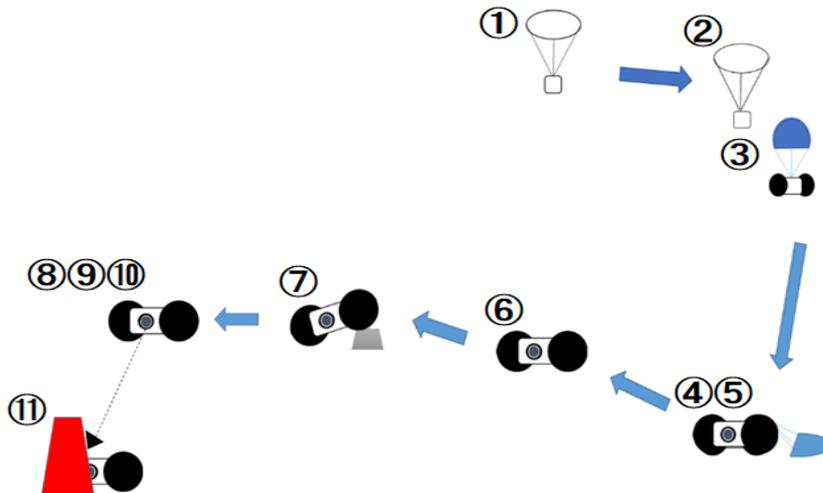


図 2 ミッションシーケンス

1-12 のミッションシーケンスの図を図 2 に示す。

## 第2章 サクセスクライテリア

	内容	評価方法
ミニマム サクセス	1 ローバがロケットから放出された後パラシュートが開き減速する。	パラシュートが十分に開き、自由落下しないことを SD カードに保存された加速度・気圧データを解析し制御履歴レポートを作成する。
	2 着地後、機体とパラシュートが完全に分離する	SD カードに保存された制御データで分離プログラムが作動したか制御データを解析し、制御履歴レポートを作成する。
	3 ローバが GPS を用いた自律走行ができ、着地点から 100m 以上走行する。 (100m とする理由は、ローバの速度が約 1m/s であり、100m 走行することで約 100 のデータを得られ、統計的にデータ解析を行う時に 100 分率を目指した場合、データ量が最低限得られるためである。)	競技中のログ無線通信にて距離を確認、また SD カードに保存された GPS 及び制御データを解析し制御履歴レポートを作成する。
ミドル サクセス	ローバがスタックせず走行でき、ゴールから 10m 以内まで GPS 制御で走行する。 (10m である理由は GPS でのゴール判定を行うためである。これまでローバが GPS ゴール判定をしたとき 10m 以下を下回った結果が出なかったため GPS ゴール判定をする 10m 以下を目標に定めた。)	SD カードに保存された GPS 及び制御データを解析し、ゴール地点から半径 10m 以内まで走行できたか確認する。
フル サクセス	ターゲットへモータ回転数制御でゴールに近づき、 Intel Neural Compute Stick 2 を使い、 Raspberry Pi でありながら、超高速に Deep Learning Image Classification を実行可能にし、スムーズなゴール誘導動作により 0m ゴールを達成する。	SD カードに保存された制御データを解析し、Deep Learning 制御モードの際に、Deep Learning 制御でターゲットへ 0m まで近づいたか確認する。
アドバンス ドサクセス	ターゲットへ回転数制御で、 Deep Learning の物体検知手法である MobileNet SSD または YOLO を用いて、ゴールの画像内の位置および大きさを求めることにより、0m ゴール誘導を達成する。	SD カードに保存された制御データを解析し確認する。

### 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）

#### 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（ARLISS 打ち上げ安全基準）
R1	<a href="#">質量と容積</a> がレギュレーションを満たすことが確認できている。
R2	<a href="#">ロスト対策</a> を実施しており、有効性が試験で確認できている。（例：地上局にダウンリンクする場合、ARLISS で十分な通信距離が実現できると推測できる根拠が明確に示されていること。）
R3	地表近くで危険な速度で落下させないための <a href="#">減速機構</a> を有し、その性能が試験で確認できている。
R4	打ち上げ時の <a href="#">準静的荷重</a> 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。
R5	打ち上げ時の <a href="#">振動荷重</a> 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。
R6	分離時の <a href="#">衝撃荷重</a> 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。
R7	打ち上げ時の <a href="#">無線機の電源 OFF</a> の規定を遵守できることが確認できている。
R8	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。
R9	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 試験を実施できている、今後、安全性に関わる大幅な設計変更はない。
R10	ミッション時に人間が介入しない <a href="#">自律制御</a> を実施することが確認できている。

## 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（ <a href="#">ARLISS</a> 打ち上げ <a href="#">安全基準</a> ）
S1	Deep Learning を用いた 0m ゴールのミッションを試験段階で成功させることを確認する。（この欄には仕様を記載しない）
S2	ミッション後、規定された <a href="#">制御履歴レポート</a> を <a href="#">運営者へ提出</a> する準備ができています。（この欄には仕様を記載しない）
S3	走破性を持ちスタックしない。（この欄には仕様を記載しない）

## 第4章 システム仕様

### 1. CanSat 設計図

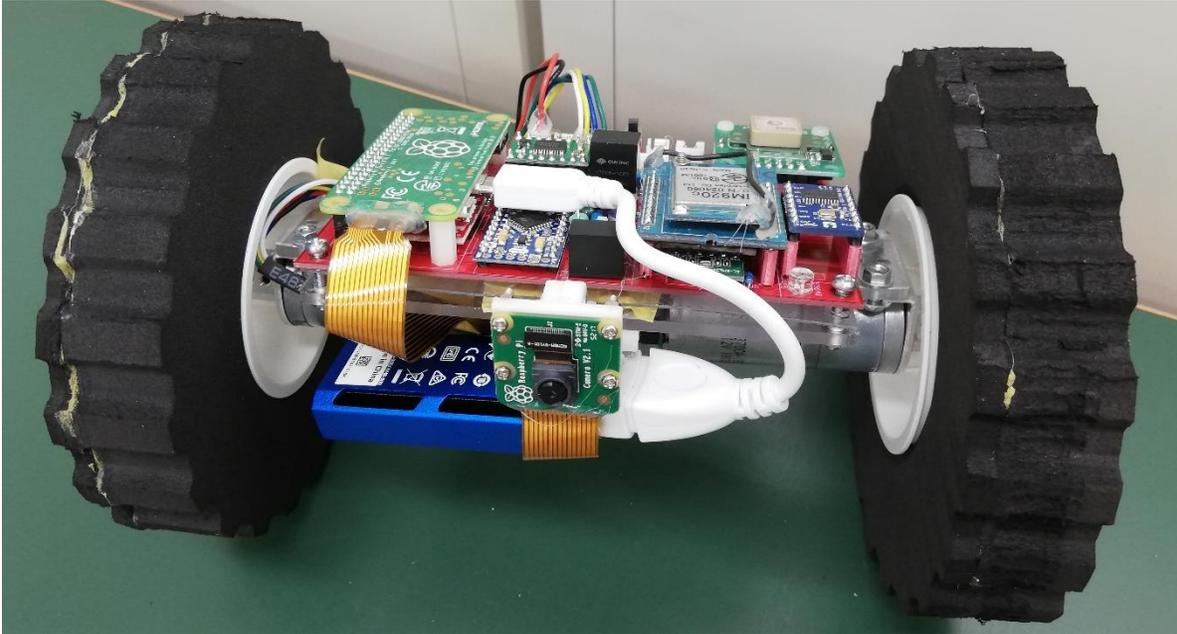


図 4-1 CanSat 外観図

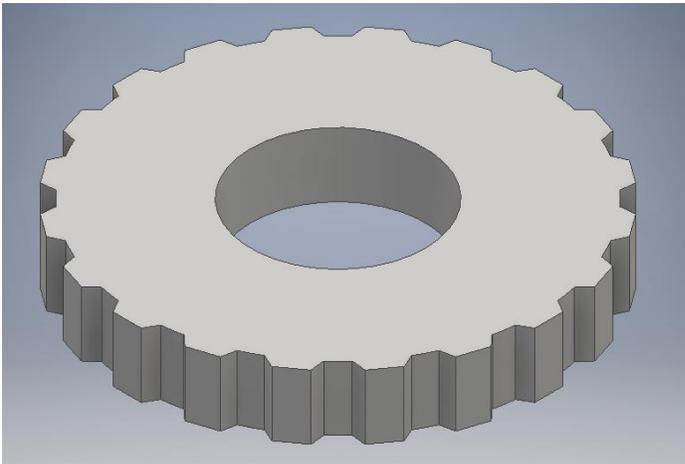


図 4-2 タイヤ CAD データ

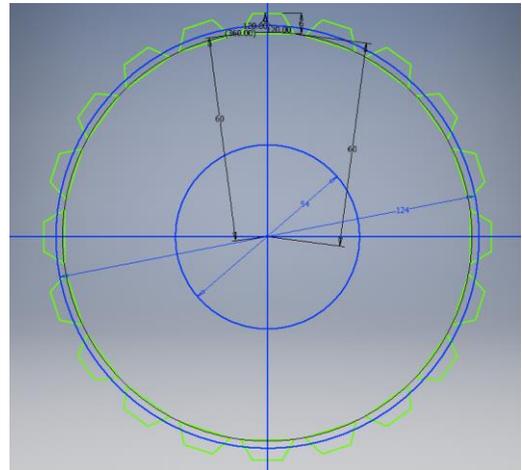


図 4-3 タイヤ CAD データ 2

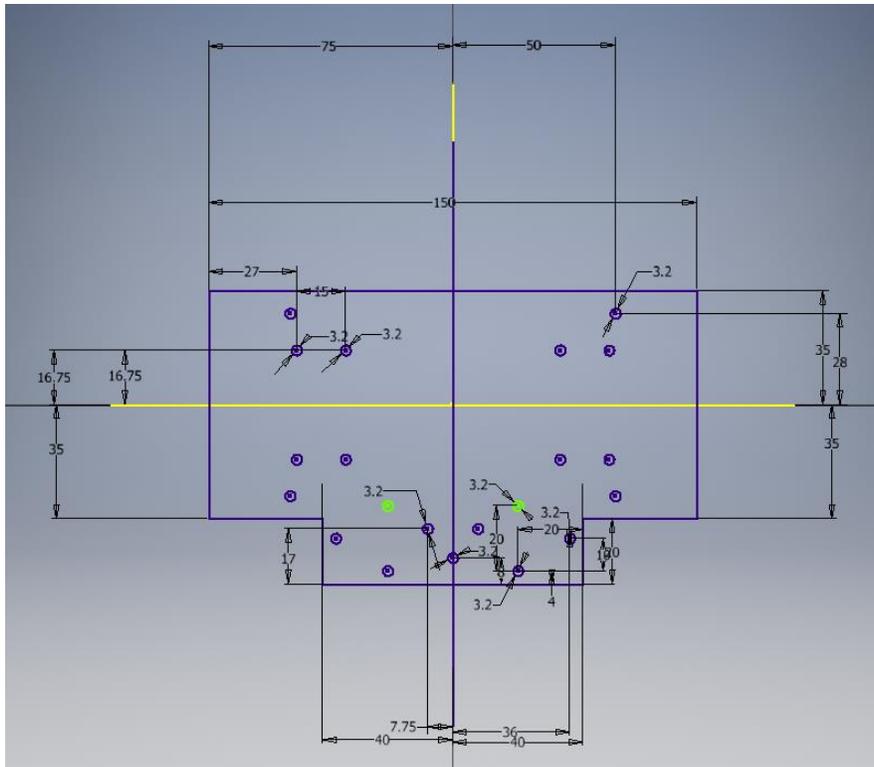


図 4-4 機体 CAD データ

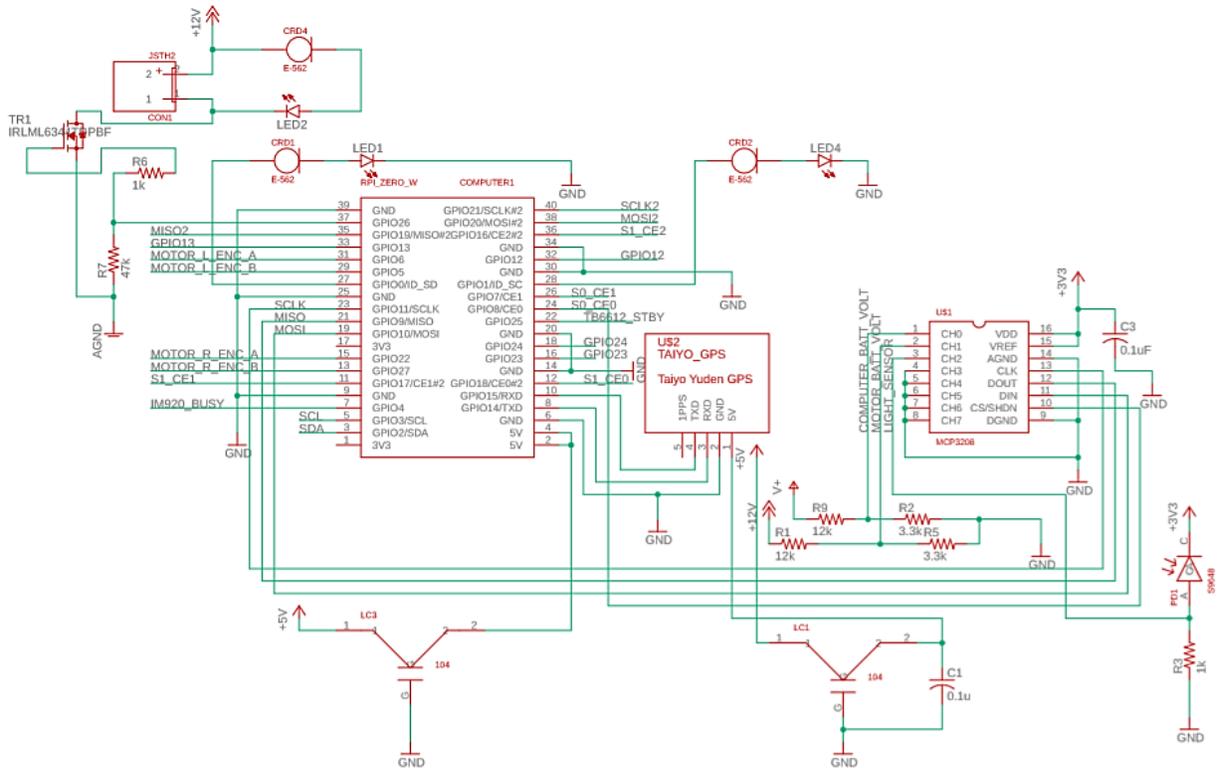


図 4-5 回路図 1

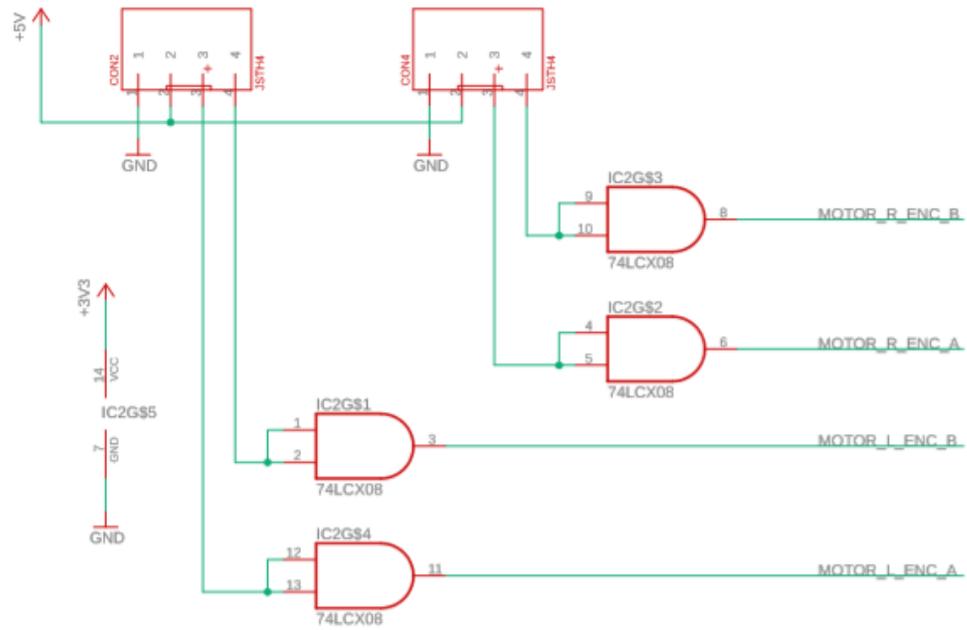


图 4-6 回路图 2

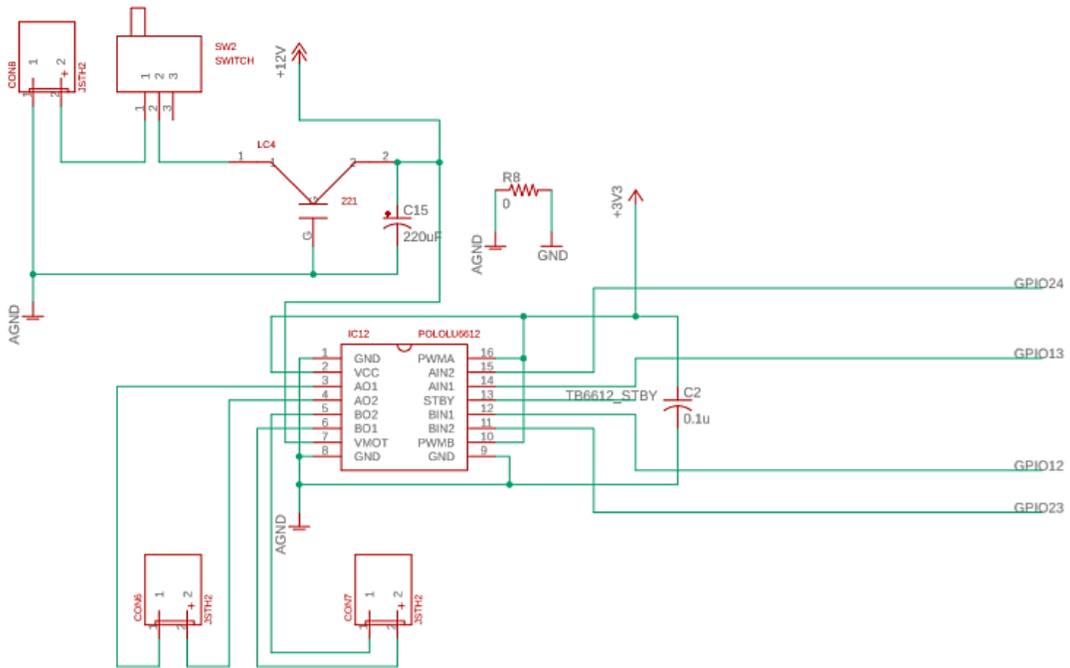


图 4-7 回路图 3

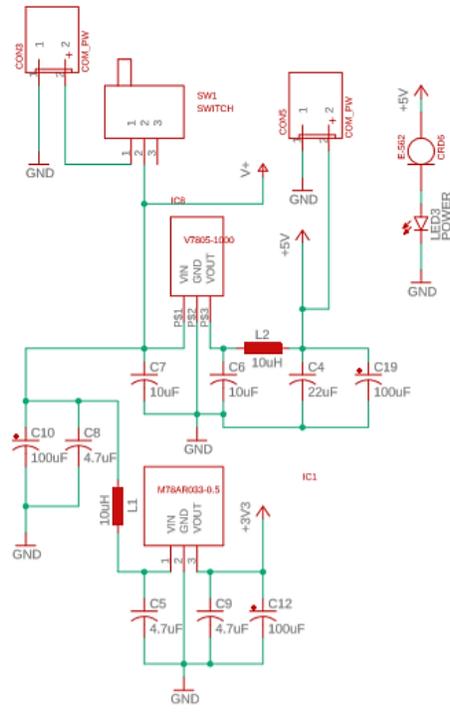


图 4-8 回路图 4

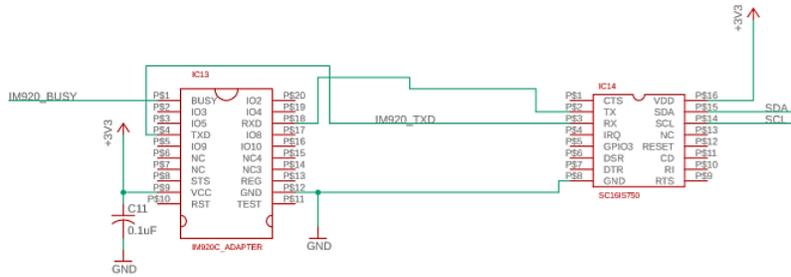


图 4-9 回路图 5

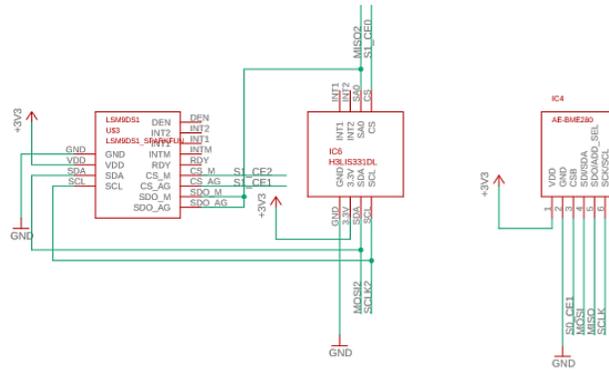
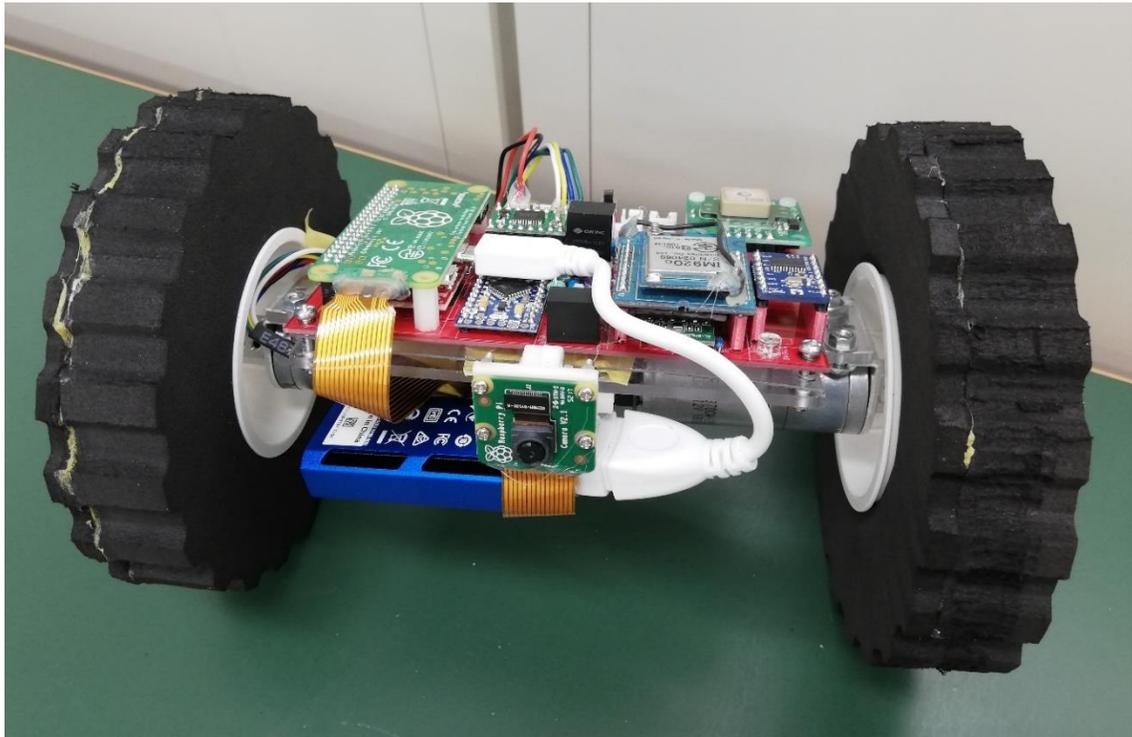


图 4-10 回路图 6

## 2. 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)

### ○外観



### ○質量・サイズ

保護ケースをつけた状態でローバの寸法を測定した結果を表 4 に示した。

表 4 ローバの寸法測定結果と測定値

全長 [mm]	230
高さ [mm]	135
重量 [g]	880

○機体構造・仕組み

【機体構造】

機体構造は1枚のポリカーボネートにモータを固定し、タイヤを付けている。  
テスト機体写真を図4-1に示す。

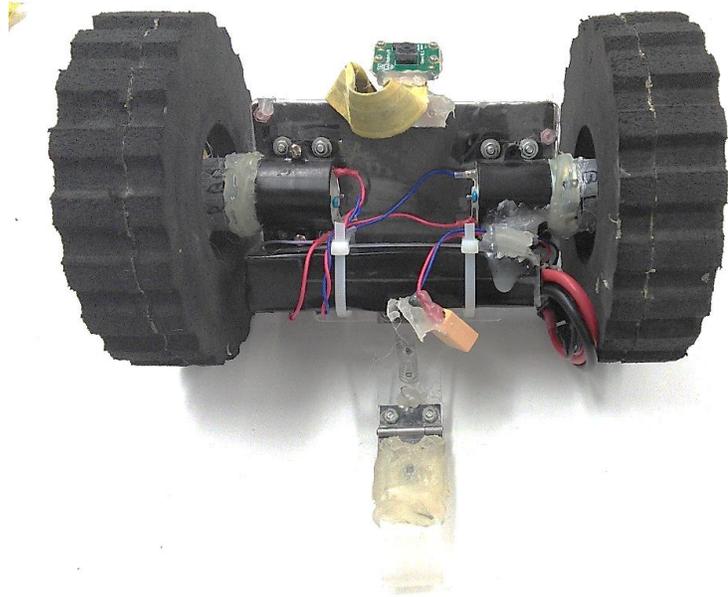


図 4-1 機体図

ポリカーボネート板の上に電気回路を乗せて完成形となる。  
テスト機体写真を図4-2に示す

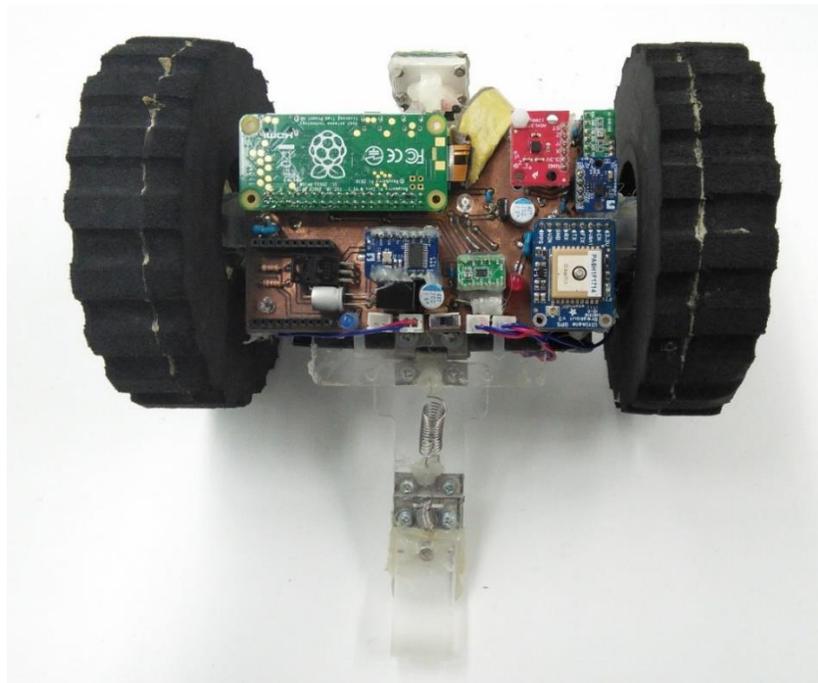


図 4-2 機体図 2

機体にパラシュートを付属した保護ケースを取り付ける。結束バンドをニクロム線で焼き切ることによって展開する。

テストパラシュートの保護ケース収納時写真を図 4-3 に示す。

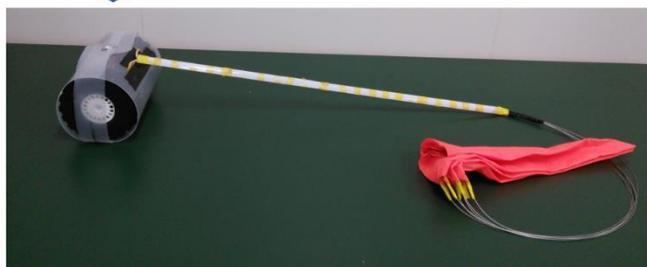
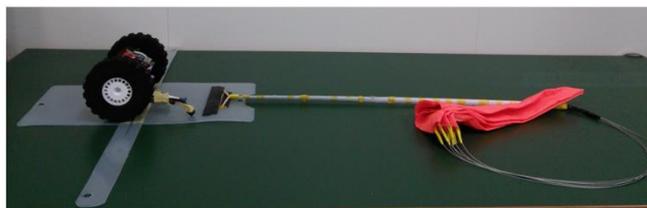


図 4-3 保護ケースに収納させたローバ

実際にパラシュートを展開した図を図 4-4 に示す。



図 4-4 展開図

### 3. CanSat 内観・機構/電力

#### 【電力】

一回の打ち上げで使用する電力とバッテリー容量の計算結果

モータ用バッテリーは、電流は約 200mA。実行時間 4 時間以上。電圧は 11.4V。

よって使用電力は  $200\text{mA} \times 4\text{h} = 800\text{mAh}$ 。よって、バッテリーは LiPo 3 セル 900mAh を使用した。

コンピュータ用バッテリーは、電流 110mA。実行時間 6 時間以上。電圧は 7.6V。

よって使用電力は  $110\text{mA} \times 6\text{h} = 660\text{mAh}$ 。よってバッテリーは LiPo 2 セル 900mAh を使用した。

CanSat のシステム図を図 3-1 に示す。

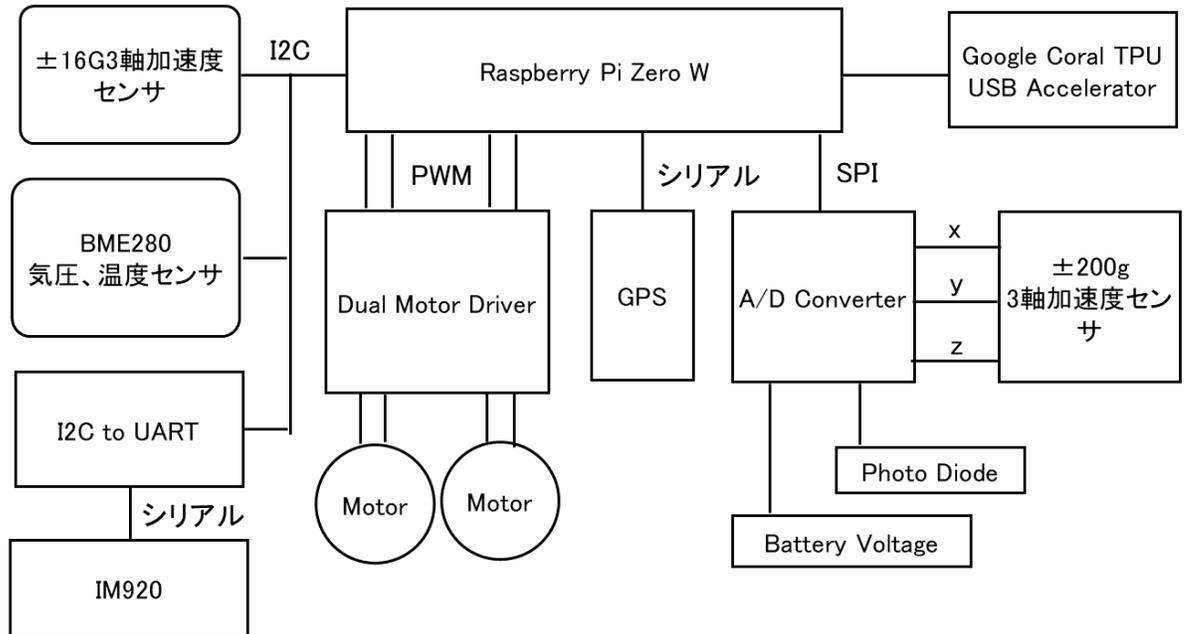


図 3-1 ローバのシステム構成

## 4. 使用部品

### ➤ 電子系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
GPS	Adafruit Ultimate GPS Breakout v3	スイッチサイエンス	
マイコン	Raspberry Pi Zero W	スイッチサイエンス	
200G 加速度センサ	ADXL377	スイッチサイエンス	
16G 加速度センサ	LSM9DS1	スイッチサイエンス	
I2C シリアル変換	SC16IS750	スイッチサイエンス	
A/D コンバータ	MCP3208	秋月電子	
モータドライバ	DRV8835	秋月電子	
5V3端子レギュレータ	V78-1000	秋月電子	
3.3V3端子レギュレータ	48033	秋月電子	
通信装置	IM920	秋月電子	
気圧センサ	AE-BME280	秋月電子	
カメラ	Raspicam V2	スイッチサイエンス	

### ➤ 動力系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
モータ	POLOLU ギアードモータ 75:1	POLOLU	

### ➤ 構造系

分類	材質・型番	入手先・参考情報等	備考
シャーシ	3mm厚ポリカーボネート板	Amazon	
基板	ユニバーサル基板	秋月電子	

## 5. 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
切削マシン	Roland MDX-40	大学に設置されているものを使用	シャーシ及びタイヤの加工に使用

## 6. プログラム・アルゴリズム

**使用言語:C++ 言語**

### 【走行制御方法】

走行制御は 3 種類存在する。

制御 1 : パラシュート回避制御 着地後、ローバは直進動作を 30 秒間行う。この間、カメラでパラシュートのオレンジ色をとらえると、オレンジ色のある方向とは逆方向にハンドルを大きく切り、パラシュートからまわりを防ぐ。

制御 2 : 通常走行制御 GPS により座標を 1 秒間に 1 回取っている。最初ローバは直進動作を行う。その後、1 秒前の GPS 座標と今の座標から、ローバの進行方向がわかる。ローバの進行方向と、ローバの位置からゴールの位置への方向を求め、ローバの進行方向とゴールへの方向との角度差を求める。この角度差を縮める方向にハンドルを切るように制御する。これを毎秒行っている。

制御 3 : カメラ画像によるゴールポストへ向かうディープラーニング制御でゴールがある判定をすると、それがあある方向にハンドルを切り、ゴールへと向かう。この時 GPS 情報は利用しない。

ゴール判定 ゴール判定は 4 段階存在する。

1. GPS 位置座標がゴール位置の 4m 以内になったとき、ディープラーニング画像認識によるゴールへの誘導制御を行う。
2. ゴールを探すため、ゴール周辺を右回りで旋回する。
3. カメラ画像によりディープラーニングによってゴールを見つけたとき、ゴールがある方向へ 旋回する。
4. ゴールコーンにぶつかり 0m になった地点の画像をディープラーニングで認識したとき、0m ゴールと判断してゴール判定を行う。

フローチャートを図6に示す。

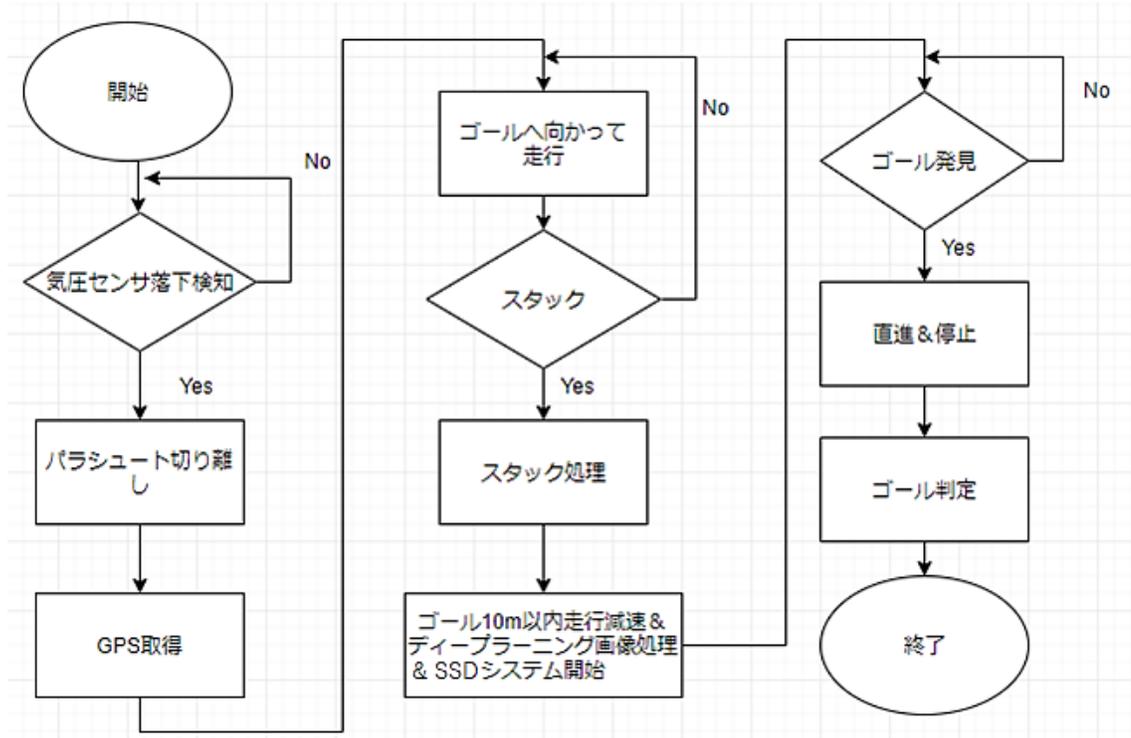


図6 フローチャート

## 7. 会計

CanSat1 台あたり約 4 万円。

2 台作ったので約 8 万円。

1 台あたり、コンピュータ 1300 円、カメラ約 5000 円、無線通信 5000 円、GPS5000 円、200G 加速度センサ 3000 円、16G 加速度センサ 2000 円、I2C シリアル 2000 円、3 端子レギュレータ 1000 円、基板 1000 円、モータ 1 つ 1700 円を 2 個、各種コネクタ等 3000 円、タイヤ 2 つで 2000 円

モータは予備含め 20 個ほど購入。タイヤは大量に製作。

## 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	R1	6/3
V2	キャリア収納試験	R1	6/3
V3	通信距離試験	R2	6/11
V4	落下試験	R3	7/2
V5	静荷重試験	R4	6/27
V6	振動試験	R5	7/1
V7	分離衝撃試験	R6	7/4
V8	通信機電源 OFF/ON 試験	R7	6/15
V9	通信周波数変更試験	R8	6/14
V10	End-to-end 試験	R9,R10	<b>7/26</b>
S1	0m ゴール試験	S1	6/30
S2	制御履歴レポート作成試験	S2	<b>7/28</b>
S3	走行試験	S3	6/29

## 第6章 実施試験内容

…実験報告書参考



## 第8章 大会結果

### 1. 能代宇宙イベント

➤ 目的

目的：研究活動・学習のため。

➤ 結果

	ミニマムサクセス	フルサクセス	アドバンスドサクセス
内容	100m 走行	回転数制御及び Deep Learning で 0m ゴール	フルサクセス及び MobileNet SSD で 0m ゴール
投下 1 回目	×	×	×
投下 2 回目	×	×	×

1 回目 2 回目共に草にスタックし走行不能になる。実際の写真を図 8-1 に示す。



図 8-1 スタックした CanSat

➤ 取得データ

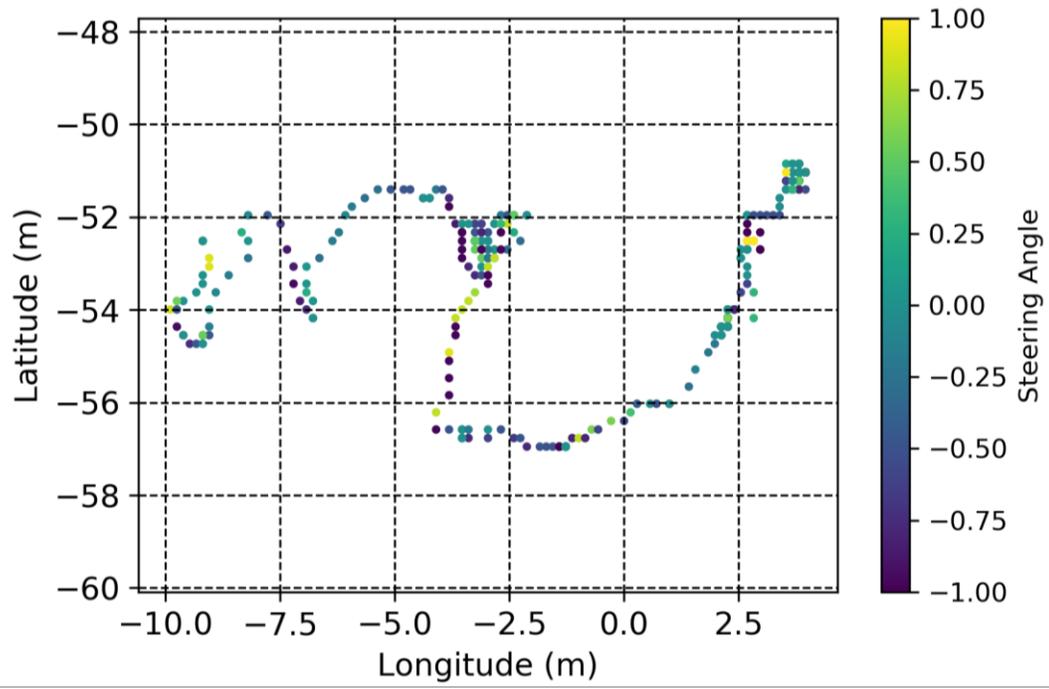


図 8-2 走行軌跡

➤ 故障原因解析・解決手段等

…スタックの対策が不十分だった。昨年時よりタイヤの径をギリギリまで広めグリップ構造も変更したが、スタックしてしまったので拡張タイヤを用いて、付属できれば草の手前に押し出すような構造などの機構を考案する。

## 2. ARLISS（上記能代と同様に記載してください）

➤ 目的

目的：研究活動・学習のため。

➤ 結果

	ミニマムサクセス	フルサクセス	アドバンスドサクセス
内容	100m 走行	回転数制御及び Deep Learning で 0m ゴール	フルサクセス及び MobileNet SSD で 0m ゴール
投下 1 回目	○	○	×
投下 2 回目	○	○	×

➤ 取得データ

【1回目】

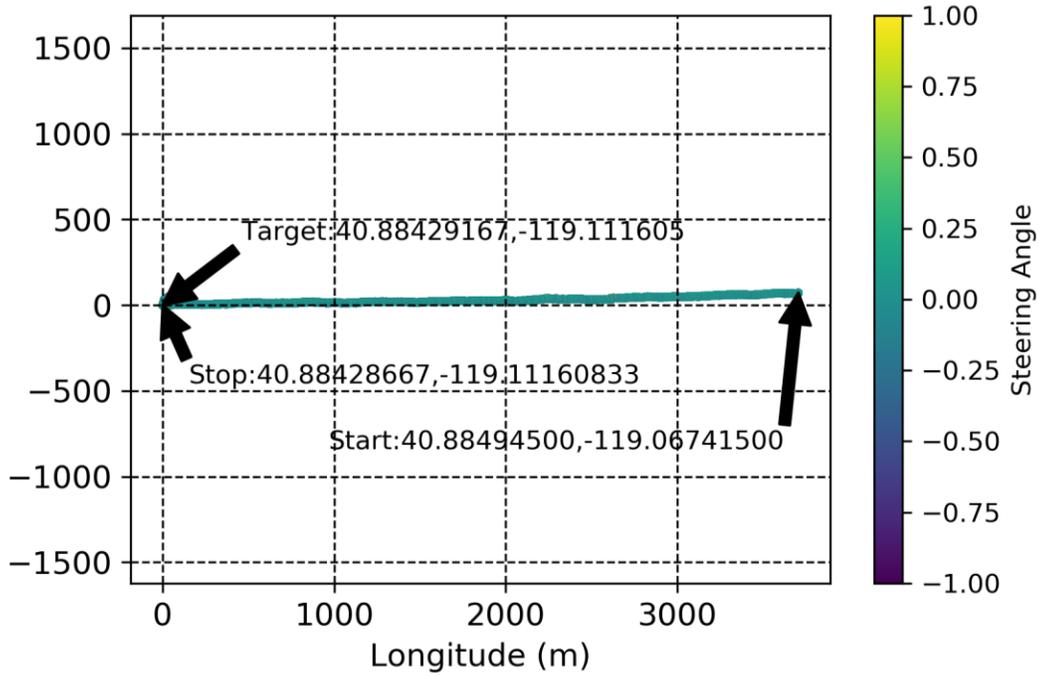


図 8-3 走行軌跡

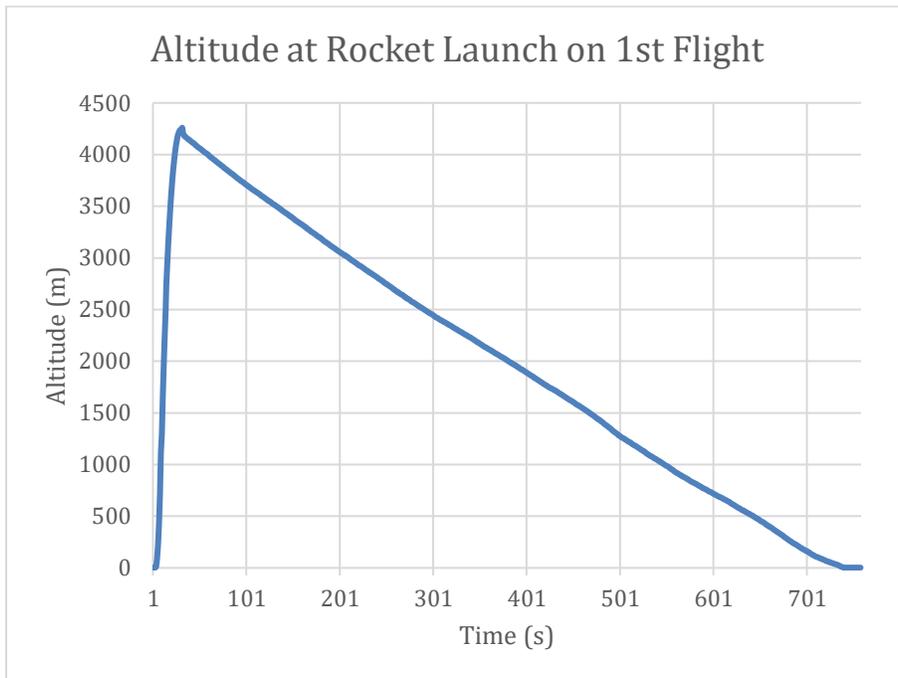


図 8-4 高度グラフ

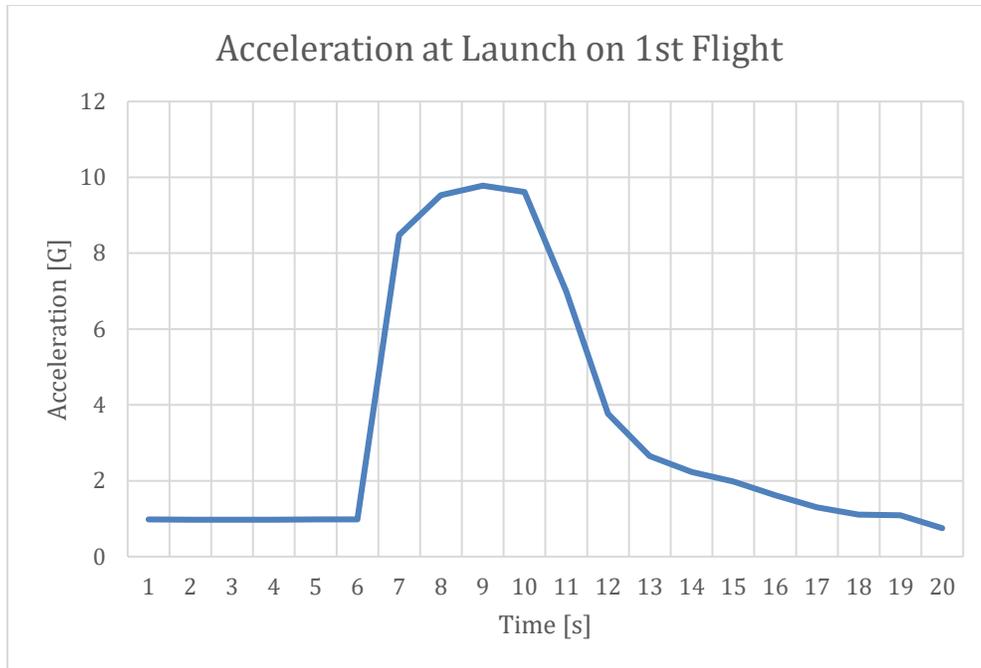


図 8-5 打ち上げ時加速度

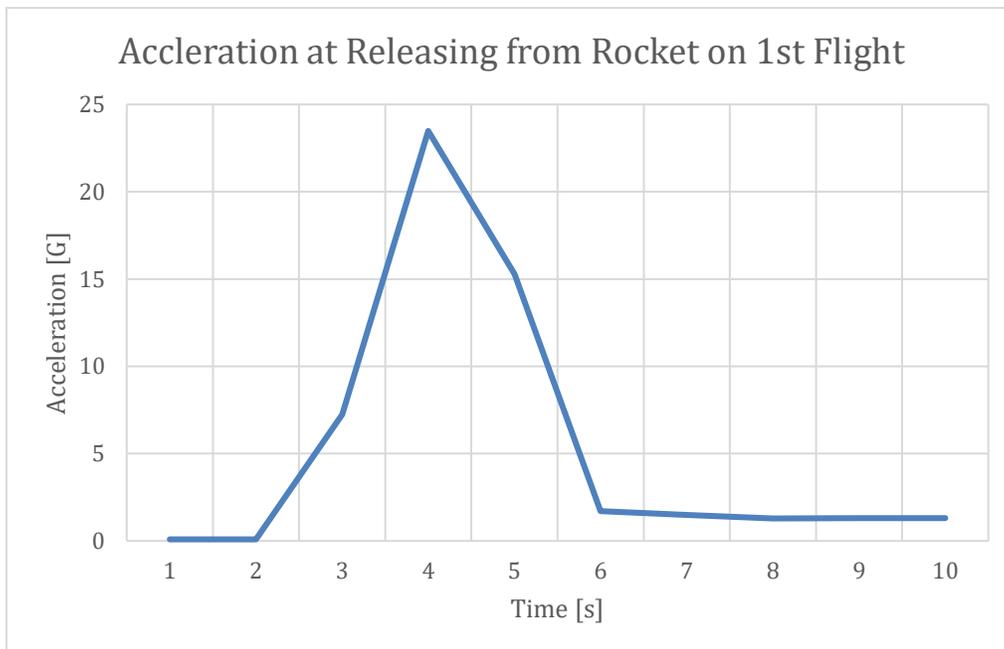


図 8-6 放出時加速度

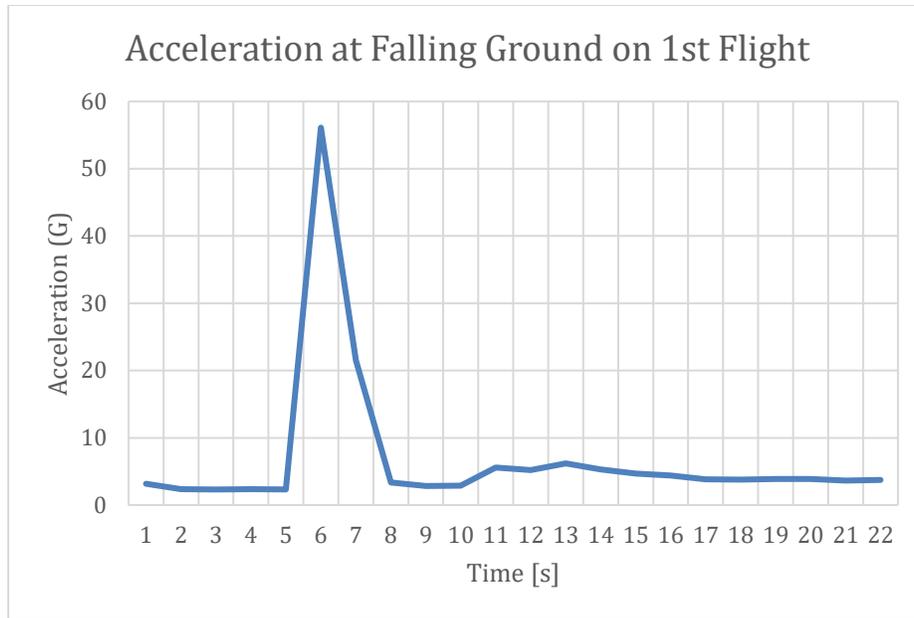


图 8-7 落下時加速度

【2回目】

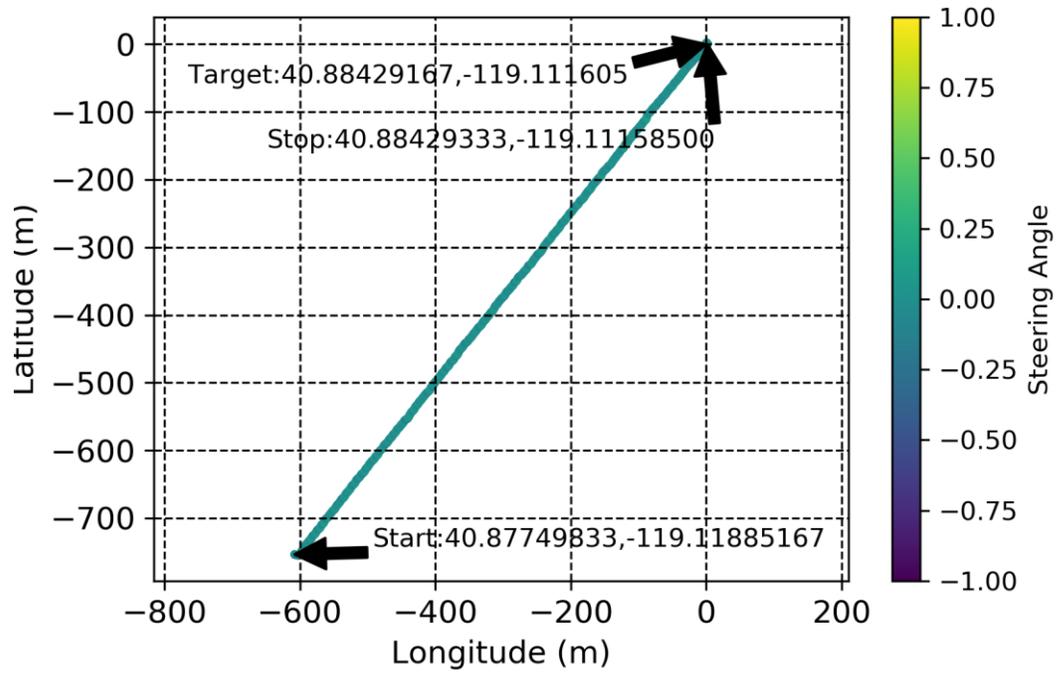


図 8-9 走行軌跡

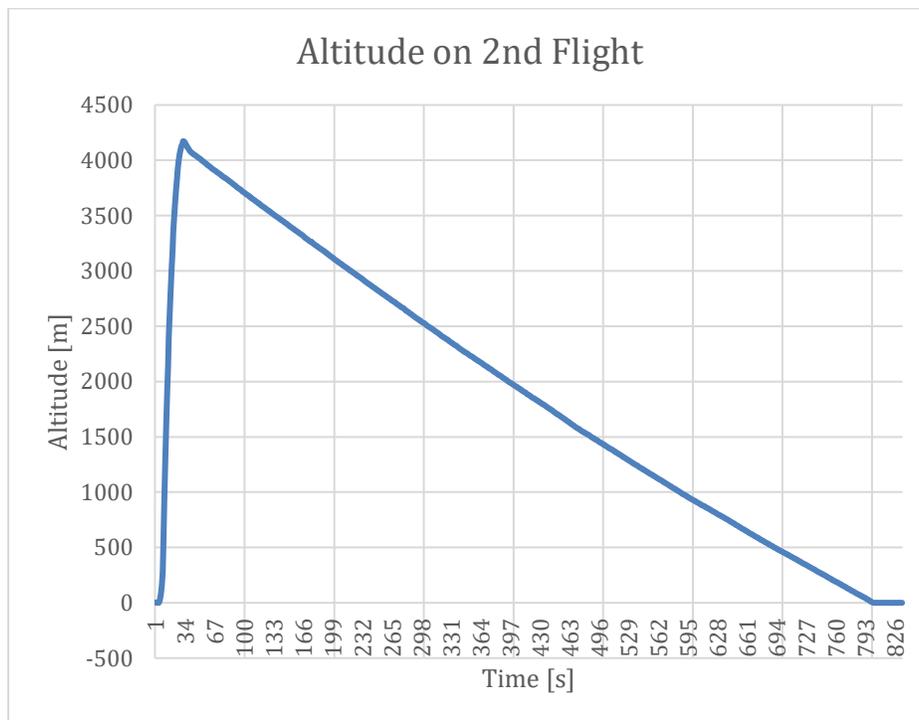


図 8-10 高度グラフ

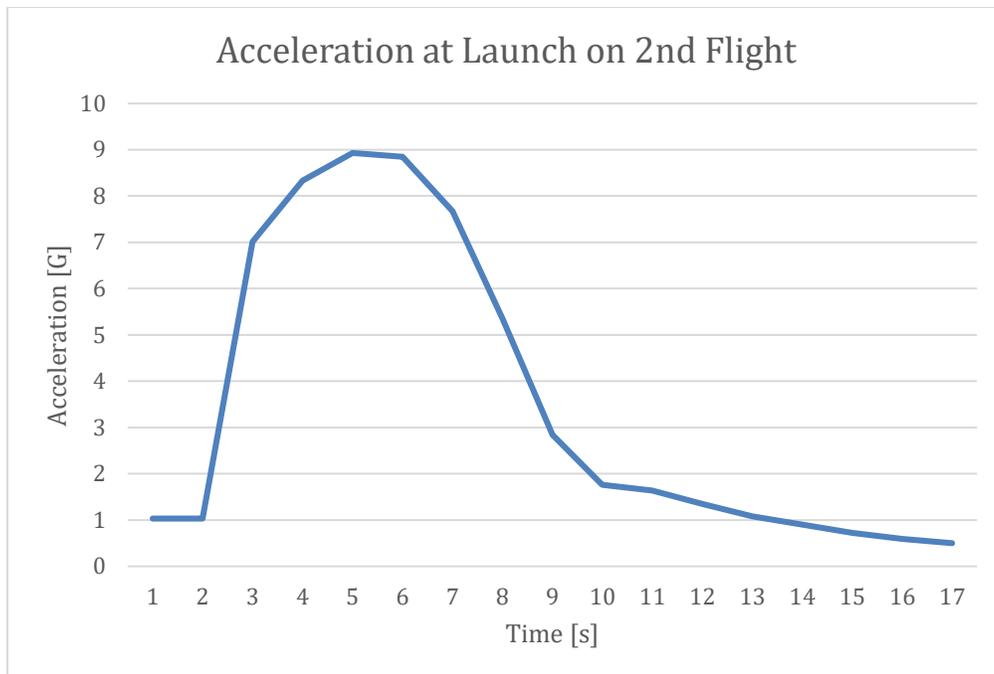


図 8-11 打ち上げ加速度

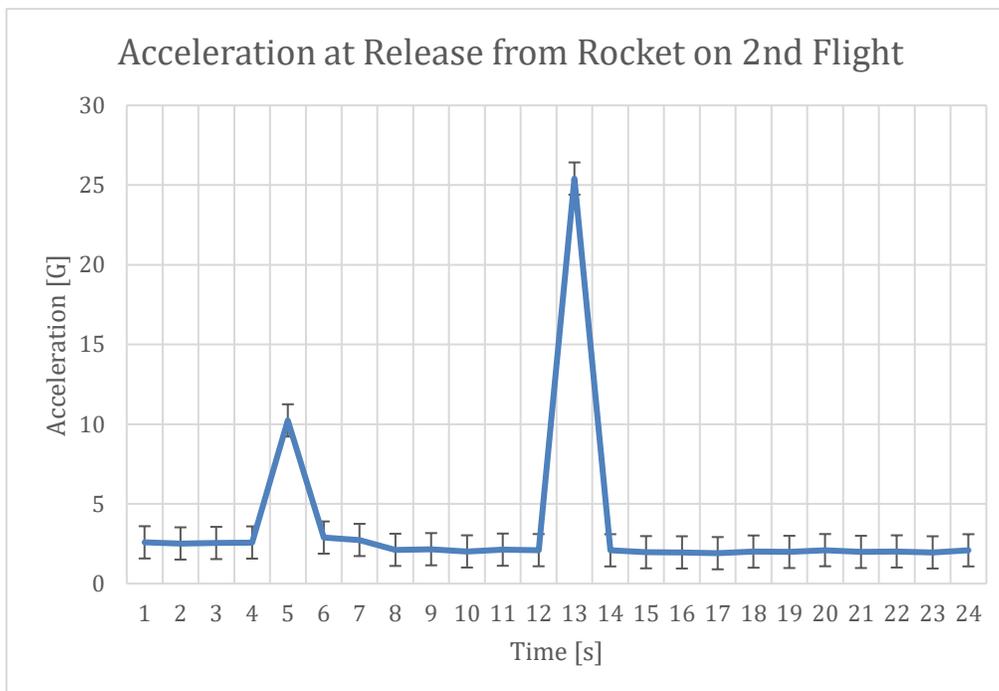


図 8-12 放出時加速度

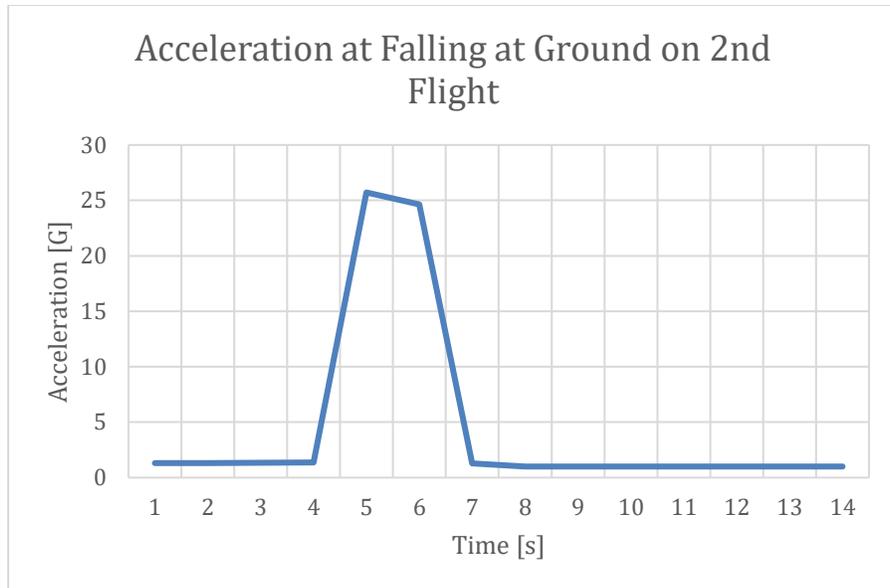


図 8-13 落下時加速度

【3回目】

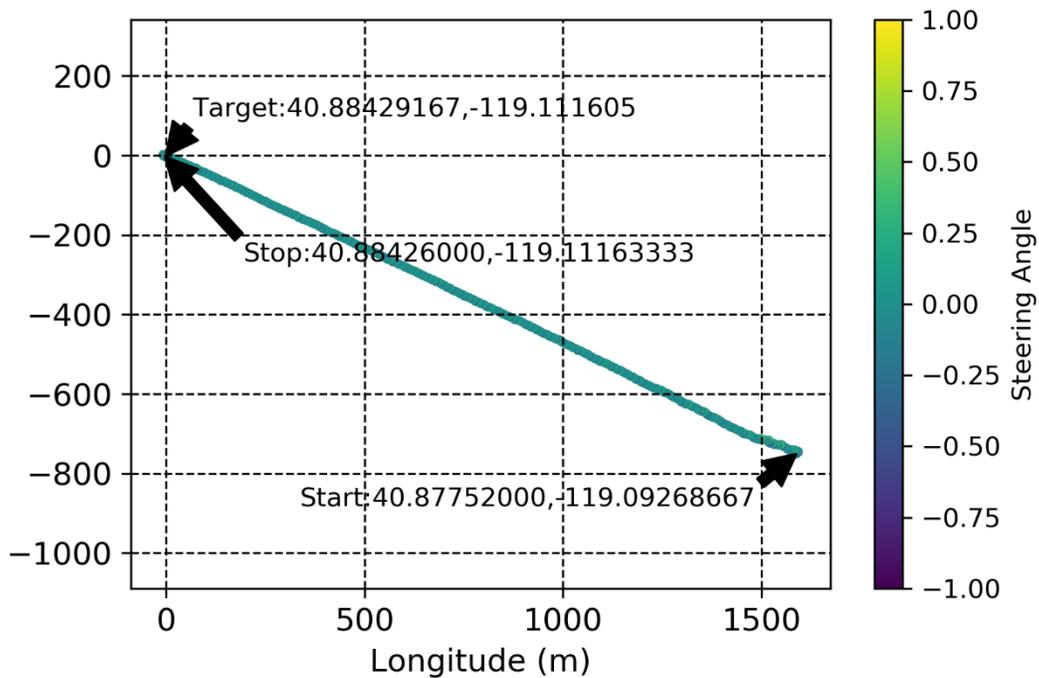


図 8-13 走行軌跡

- 故障原因解析・解決手段等  
故障無し

## 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）

…能代ではスタックに対し、スタック動作の見直しの実験を行い、より効率的なスタック動作の確立を工夫した。ミッションの回転数制御では1秒間に10回のフィードバック制御を行う際の取りこぼし等のバグ処理、ディープラーニングでは当初なにも開発方法が確立させていないところから実用的な形にするまで情報を集めることに苦労した。

また、今年度は研究室移動の時期と ARLISS が重なりながらも、計画倒れすることなく予備審査の状態でも本審査レベルまで開発を進める努力をした。

### 2. 良かった点・課題点

…ARLISS ではミッションを達成し優勝することができた。また能代ではスタック対策が必要であることがわかったので今後全く新しい機体構造を考案する必要がある。

### 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

…スケジュールが早めの仕様だったので予備審査の段階で本審査を終わらせることができたが、ARLISS 直前では本番用の試験を出発前に念入りに調整する時間が取れなかったので、より余裕の持ったスケジュール管理を今後行う。