

# CanSat安全と成功率向上のための審査書

団体名: 埼玉大学宇宙工学サークルあかとき  
チーム名: 機動探査機 CanSaaaaaat  
部門: ランバック  
担当者: 桜井 智康 (Tomoyasu Sakurai)  
連絡先: naganokenn0619s@gmail.com  
第1版 2024年6月5日 提出

他団体に本審査書の公開をしてもよいか.	<input checked="" type="checkbox"/> はい, <input type="checkbox"/> いいえ
外部の第三者に本審査書の公開をしてもよいか.	<input type="checkbox"/> はい, <input checked="" type="checkbox"/> いいえ

章番号	審査内容	自団体 メンター名前	審査者	予備審査の 有無	審査の有無	現地審査
1	ミッションステートメントとサクセスクライテリア			有	有	無
2	システム要求項目			有	有	無
3	機体の諸元			有	有	無
4	システム図(機体搭載計器仕様一覧)			有	有	無
5	ミッションシーケンス及びアルゴリズム			有	有	無
6	試験項目設定			有	有	無
7.1	(V1)質量試験			無	有	有
7.2	(V2)機体の収納放出試験			無	有	有
7.3 7.4 7.5	(V3)準静的荷重試験 (V4)振動試験 (V5)分離衝撃試験			無	有	無
7.6	(V6)パラシュート投下試験			無	有	無
7.7	(V7)落下分散に関する安全性評価			無	有	無
7.8	(V8)開傘衝撃試験			無	有	無
7.9	(V9)着地衝撃試験			無	有	無
7.10	(V10)走破性能に関する試験			無	走行する機体のみ有	無
7.11	(V11)GPSデータダウンリンク試験			無	フライバックと100mからの投下のみ有	無
7.12	(V12)EndtoEnd試験(動画提出)			無	有	無

7.13	(V13)制御履歴レポート作成試験			無	有	カムバックのみ
8	本番フロー			—	—	—
9	ガントチャート			有	無	無

## 1. ミッションステートメントとサクセスクライテリア

### 1.1. ミッションステートメント

本プロジェクトでは、前回の課題を徹底的に分析・改善し、確実に動作するCanSatの開発を目指す。設計・製作・試験の各フェーズにおいて計画的かつ段階的な進捗を徹底し、安定した機体性能とミッション達成率の向上を図る。特に、通信・電源・機構系の信頼性を高め、実環境下での再現性ある動作を実現することで、今後のモデルとなる機体の作成を目指す。

### 1.2. サクセスクライテリア

	内容	評価方法
Minimum success	着地後、機体とサブキャリアおよびパラシュートとの分離を行う	PMによる目視、およびログデータによる検証
Full success	ゴールから10 m以内に近づくことで近距離フェーズに移行し、カメラでゴール地点のコーンを認識する	GNSSから算出したゴールからの距離、フェーズ移行判定及び画像認識結果をログデータより検証
Extra success	画像認識を用いて0 mゴールをする	画像認識結果のログデータ、及び本番での計測結果にて検証

## 2. 要求項目の設定

### 2.1. ミッション要求(ミッション実現するための要求)

番号	要求項目
M1	着地時の衝撃荷重によって、ミッションを実現するための機能が損なわれていないことが試験で確認できている
M2	環境の悪い地面における走行性能を試験で確認できている
M3	着地後、サブキャリアを正常に展開し、機体を安全に解放できることを試験によって確認できている
M4	GNSSと地磁気センサにより遠距離から定めたゴール地点10mの位置まで近づくことが試験でできている
M5	ゴール地点のコーンを検知し、コーンに向かい移動することが試験でできている
M6	ゴール地点に設置されたコーンを検知し、0mゴールすることができることを試験で確認できている

### 2.2. システム要求(安全確保、レギュレーションのための要求)

番号	要求項目
----	------

S1	質量がレギュレーションを満たすことが確認できている
S2	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
S3	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
S4	パラシュートが開傘する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ていないことが試験で確認できている
S5	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
S6	S1-5の充足を確認した設計のCanSatによって、機体の投下から回収までを模擬したEnd-to-end試験を実施できしており、今後、安全性に関わる大幅な設計変更はない
S7	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
S8	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る

### 3. 機体諸元

#### 3.1. 機体の外観

機体の正面図を図3.1.1に、平面図を図3.1.2に、側面図を図3.1.3に、鳥瞰図を図3.1.4に示す。

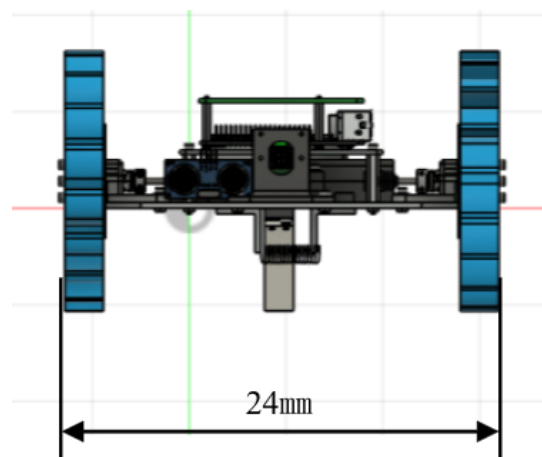


図3.1.1 正面図

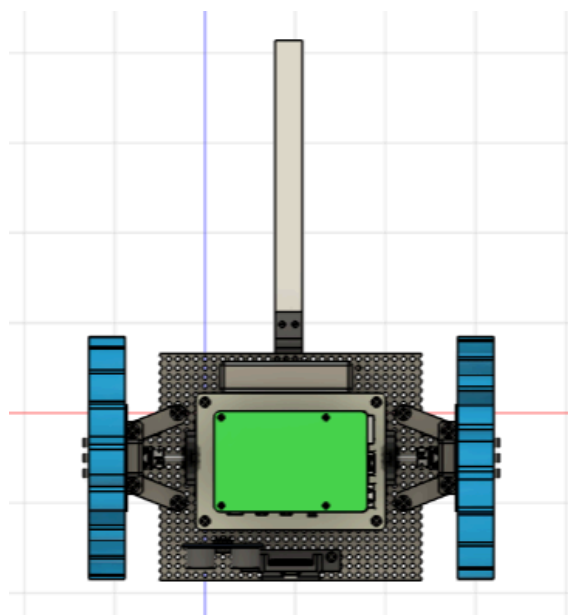


图3.1.2 平面图

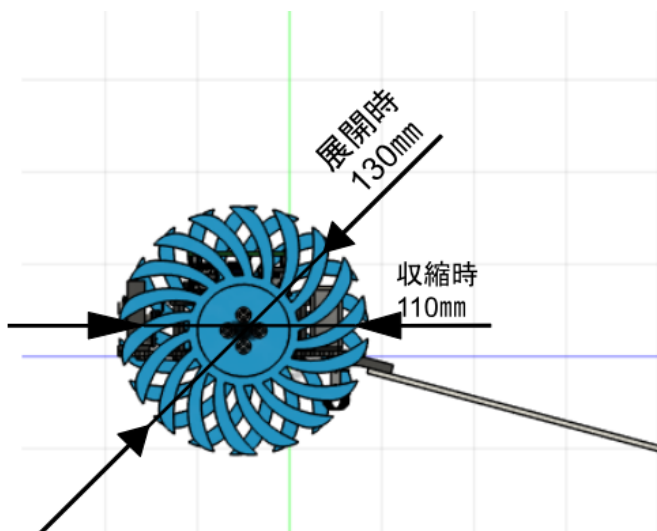


图3.1.3 側面図

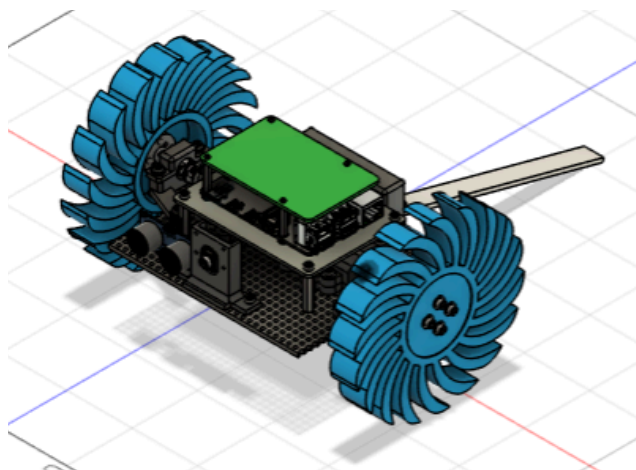


图3.1.4 鳥瞰図

機体後方から飛び出している部品はスタビライザーであり、タイヤ径内に折り畳むことが可能であるため、これを除いた機体の主要寸法を以下の表3.1.1に示す。

表3.1.1 機体の主要寸法

全長[mm]	224mm
高さ[mm]	130mm

## 3.2. 機体の内観・機構

### 3.2.1 タイヤ駆動部

図3.2.1に駆動部の図を示す。軸受を用いることで、落下衝撃による回転軸の変形を防ぐ。また、モータの駆動軸とホイールの回転軸を直線状につなげることによって、慣性モーメントを小さくする。

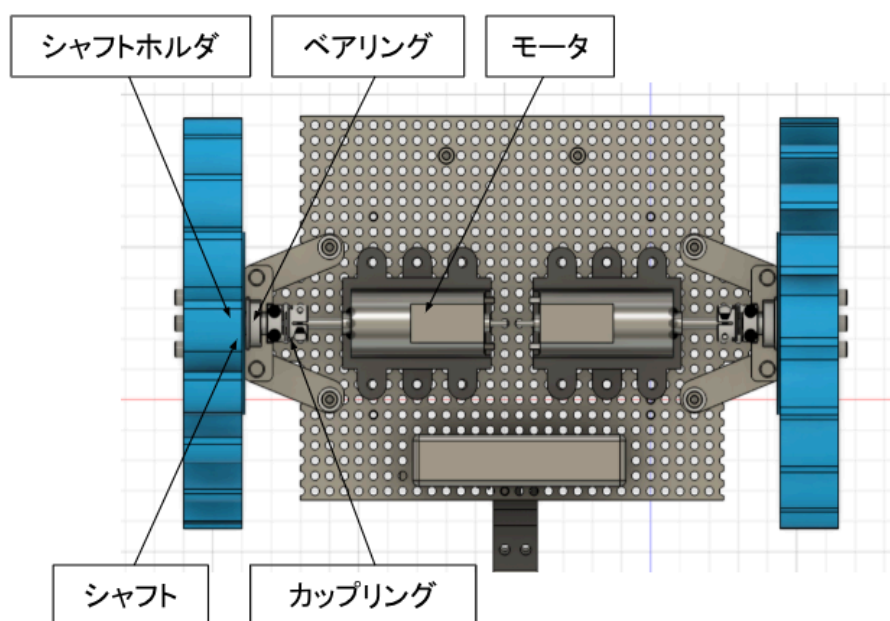


図3.2.1 駆動部

### 3.2.2 パラシュート分離

本機体は、図3.2.2のようにパラシュートのついたサブキャリアに入れ投下する。機体が着地すると、図3.2.3のようにサブキャリアが展開することにより機体とパラシュートの分離を可能とする。サブキャリアの展開図は図3.2.4に示す。サブキャリアの穴に糸を通すことでサブキャリアを固定する。サブキャリアは、ニクロム線を用いて、サブキャリアを結んでいる紐を焼き切ることで展開する。

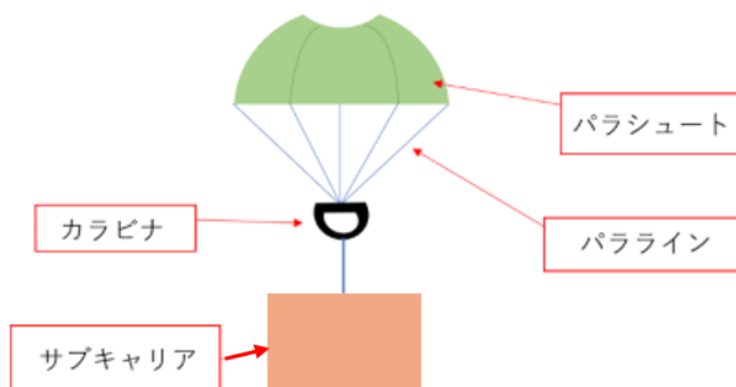


図3.2.2 パラシュートとサブキャリア

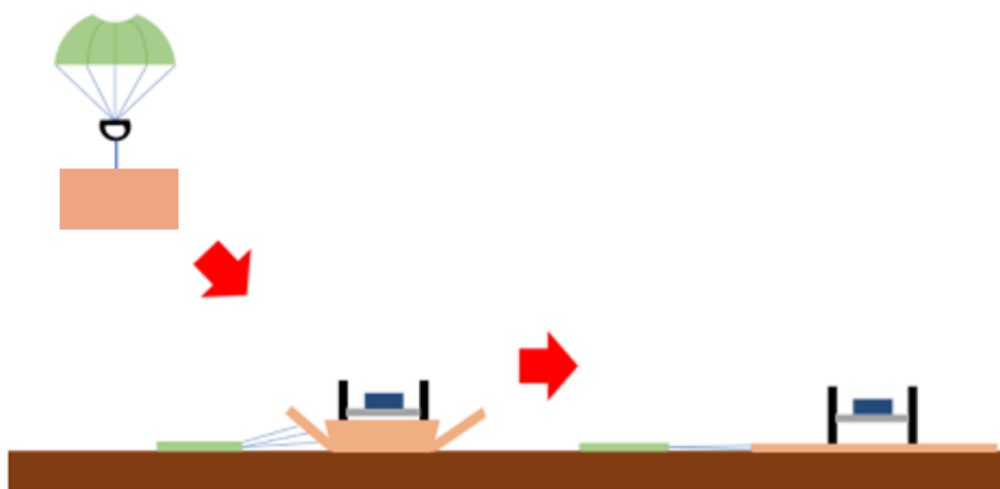


図3.2.3 投下からサブキャリアの展開までの過程

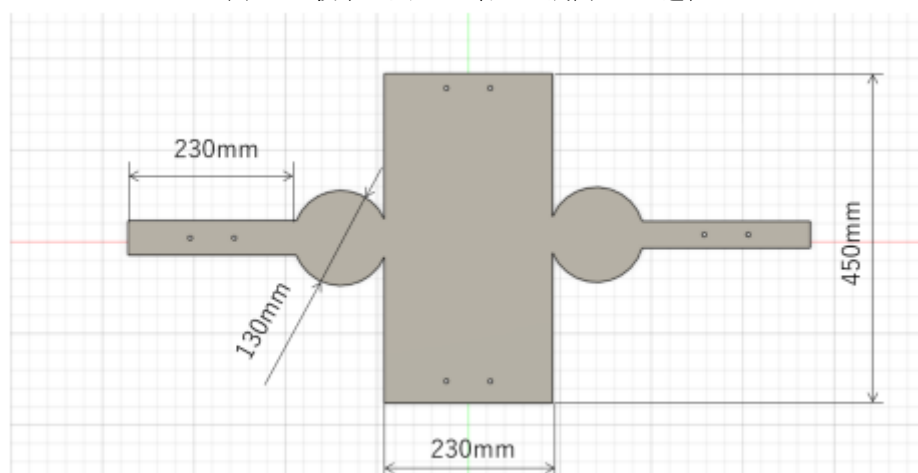


図3.2.4 サブキャリアの展開図

### 3.2.3 ホイール機構

図3.2.5に展開時のホイール側面図を、図3.2.6に収納時のホイール側面図を示す。材料はTPUを用いており、柔軟性に富んでいる。この材料の特性を生かし、収納時よりも径が大きくなる構造のホイールとした。具体的には、サブキャリアに機体が入っているときには直径100 mmなのに対し、展開時は直径130 mmになる。ホイールの径が大きいくほど車高が高くなるため、地面の凹凸の影響を受けにくくなり、スタックを防ぐことができる。また、硬い材料を用いると、モータ軸などに大きな衝撃が加わり、破損して走行不能の原因となってしまう。TPUを用いることで機体に加わる衝撃を小さくすることにも役立っている。

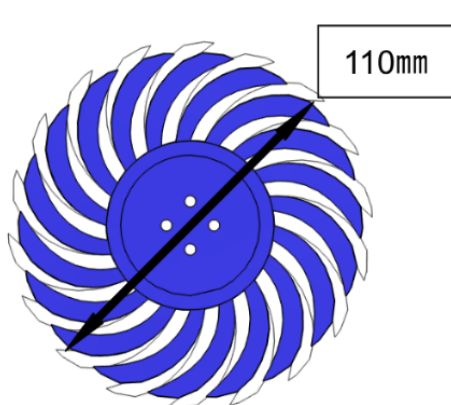


図3.2.5 収納時のホイール

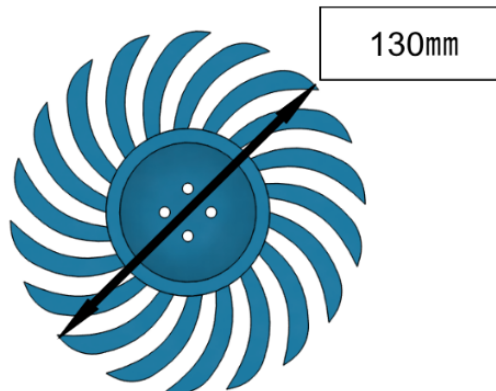


図3.2.6 展開時のホイール

## 4. 搭載計器

### 4.1. システム図(機体搭載計器仕様一覧)

システム図を図4.1.1に、搭載機器一覧を下の表4.1.1に示す。

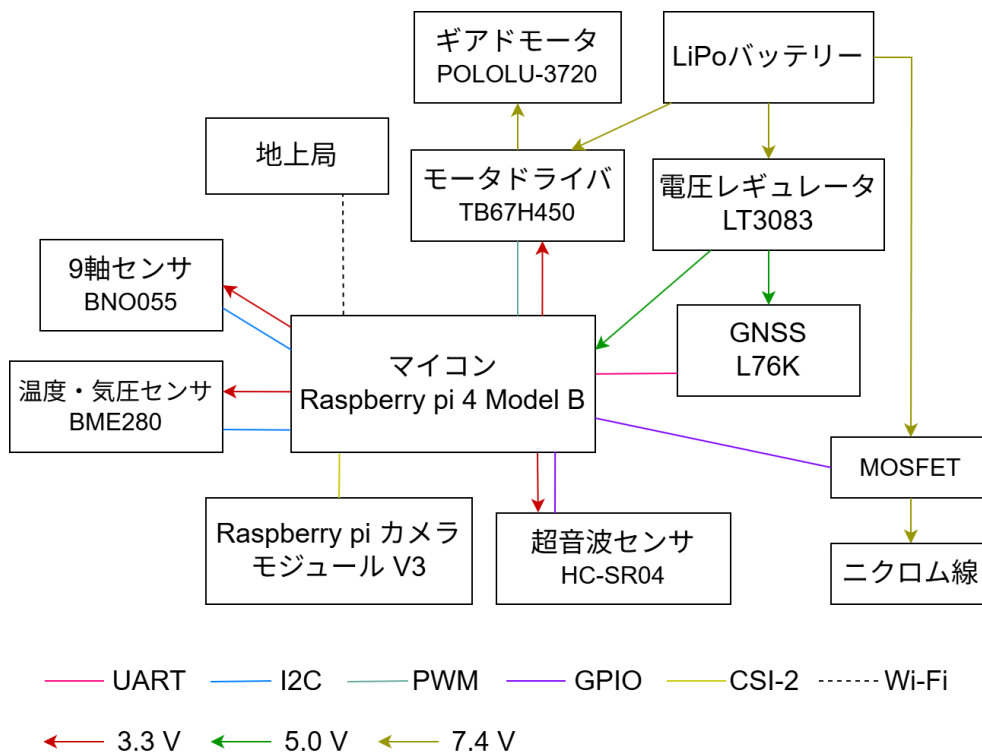


図4.1.1 システム図

表4.1.1 搭載機器一覧

計器, 部品名称	型番	通信方式等	動作電圧	データシート
マイコン	Raspberry Pi 4 Model B 4GB		5 V	<a href="https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf">https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf</a>

超音波センサ	HC-SR04	GPIO	3.0 V~5.5 V	<a href="https://akizukidenshi.com/goods/affix/hc-sr04_v20.pdf">https://akizukidenshi.com/goods/affix/hc-sr04_v20.pdf</a>
9軸センサ	BNO055	I2C	3.3 V~5.0 V	<a href="https://bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bno055-ds000.pdf">bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bno055-ds000.pdf</a>
温湿度・気圧センサ	BME280	I2C	1.71 V~3.6 V	<a href="https://akizukidenshi.com/goods/affix/BST-BME280_DS001-10.pdf">https://akizukidenshi.com/goods/affix/BST-BME280_DS001-10.pdf</a>
モータドライバ	TB67H450	PWM	4.5 V~44 V	<a href="https://akizukidenshi.com/goods/affix/TB67H450FNG_datasheet_ja_20190401.pdf">https://akizukidenshi.com/goods/affix/TB67H450FNG_datasheet_ja_20190401.pdf</a>
カメラモジュール	raspberry pi camera v3	CSI-2	3.3 V	<a href="https://datasheets.raspberrypi.com/camera/camera-module-3-product-brief.pdf">https://datasheets.raspberrypi.com/camera/camera-module-3-product-brief.pdf</a>
GNSS	L76K	UART	2.7 V~5.0 V	<a href="https://files.waveshare.com/upload/d/db/Quctel_L76K_Hardware_Design_V1.0.pdf">https://files.waveshare.com/upload/d/db/Quctel_L76K_Hardware_Design_V1.0.pdf</a>
ギアドモータ	POLOLU-3720		6 V	<a href="https://www.pololu.com/product/info-merged/3720">https://www.pololu.com/product/info-merged/3720</a>
リポバッテリー	SIGP 2S 20C 7.4V リポバッテリー1350mAh		7.4 V	<a href="https://amzn.asia/d/gVCx0Tm">https://amzn.asia/d/gVCx0Tm</a>
三端子降圧レギュレータ	LT3083		-0.3 V~18 V	<a href="https://akizukidenshi.com/goods/affix/j3083f.pdf">https://akizukidenshi.com/goods/affix/j3083f.pdf</a>

各種計器の使用理由

- Raspberry Pi 4 Model B 4GB: 画像認識および各センサ、駆動系の制御をするため。
- 9軸センサ(BNO055): CanSatの加速度、地磁気を取得し、CanSatの状態を把握するため。
- GNSS(L76K): CanSatの現在位置を把握し、ゴールまでの距離、経路を算出するため。
- 温湿度・気圧センサ(BME280): 気圧と気温のデータから高度を算出し、CanSatが落下を開始したか、着地したかを判断するため。
- 超音波距離センサ(HC-SR04): ゴールとの距離を把握し、正確に0 mゴールを達成するため。
- モータドライバ(TB67H450): モーターの出力を調整するため。
- カメラモジュール(Raspberry Pi カメラモジュールV3): 機体前方を撮影するため。

## 4.2. 使用電源

SIGP 7.4 Vリチウムポリマー電池を1個使用する。

リチウムポリマー電池の安全対策

- 使用前に、バッテリーの充電器が正しい電圧で充電されていることを確認する。
- 過放電を回避するため、電圧が下がりすぎないうちに使用を中止して充電する。
- 保管時にはショートを防ぐため、バッテリーの端子が露出しないよう、コネクタに接続する。
- 保管・運搬時には、個別の難燃性LiPoセーフバッグに入れ、金属製品などとの接触を避ける。
- リチウムポリマー電池から発火が確認された際には、周囲に安全喚起を呼びかけ、不用意に近づかず様子を見て、持参した水や消火器を用いて消火を行う。周囲に枯れ草などの引火しやすいものがある場合には、水をまき延焼を防ぐ。すでに延焼が進んでいる際には、運営と消防に通報する。消火済みのリチウムポリマー電池は、軍手を着用した状態で飽和食塩水につけ処理を行う。処理後は自治体の指示に従い適切に廃棄する。

## 5. ミッションシーケンス及びアルゴリズム

### 5.1. ミッションシーケンス

1. CanSat本体の電源を入れ、キャリアに収納する。



2. キャリアからCanSat本体を放出する。
3. 待機フェーズ:落下を検知するまで待機をする。
4. 落下フェーズ:CanSat本体のパラシュートを開き, 落下速度を減速させる。
5. 機体が破損なく地上に着地する。
6. CanSatのサブキャリアおよびパラシュートを分離する。
7. 遠距離フェーズ:GPSから取得したデータをもとに, ゴールへ向かい走行する。
8. 近距離フェーズ:GPSの情報により, ゴールから10m以内になったらカメラを起動し, Deep Learning 画像認識を用いてターゲットを分析する。
9. 近距離フェーズ:カメラ画像によりゴールを発見したらゴールへ向かって走行する。
10. 近距離フェーズ:カメラの画像からゴールに十分近づいたかどうかの判定を行う。
11. 近距離フェーズ:超音波センサーによりゴールの距離が20cm以内になる。
12. ゴール判定フェーズ:停止し, LEDを点灯させる。

以上のミッションシーケンスを図5.1.1および図5.1.2に示す。

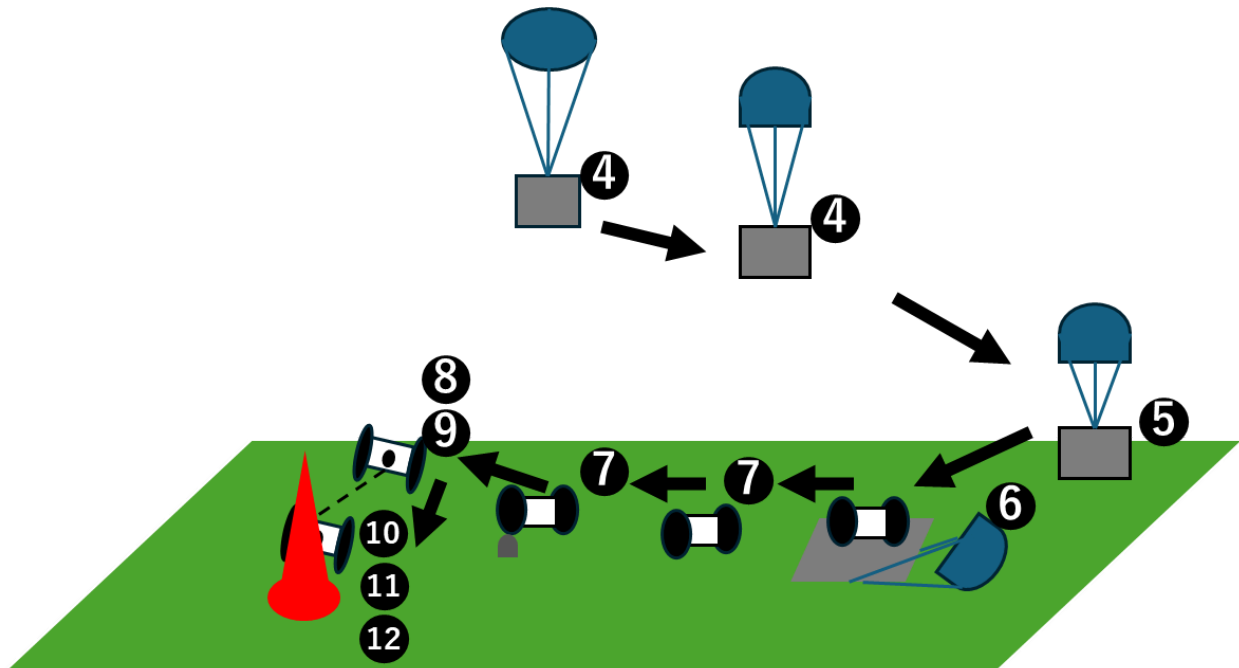


図5.1.1 ミッションシーケンス ビジュアル版

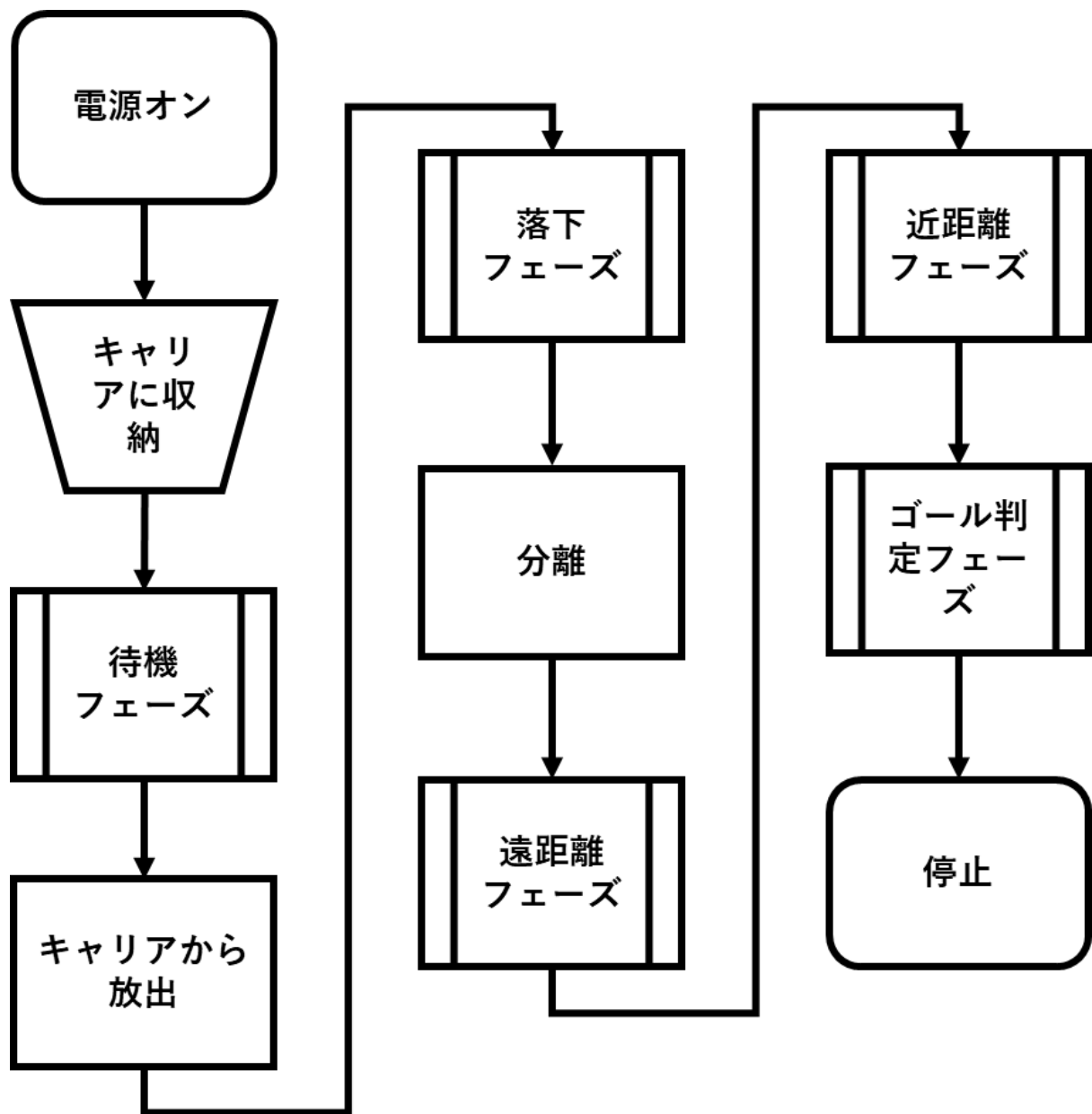


図5.1.2 ミッションシーケンス フローチャート版

## 5.2. アルゴリズム

フローチャートを図5.2に示す.

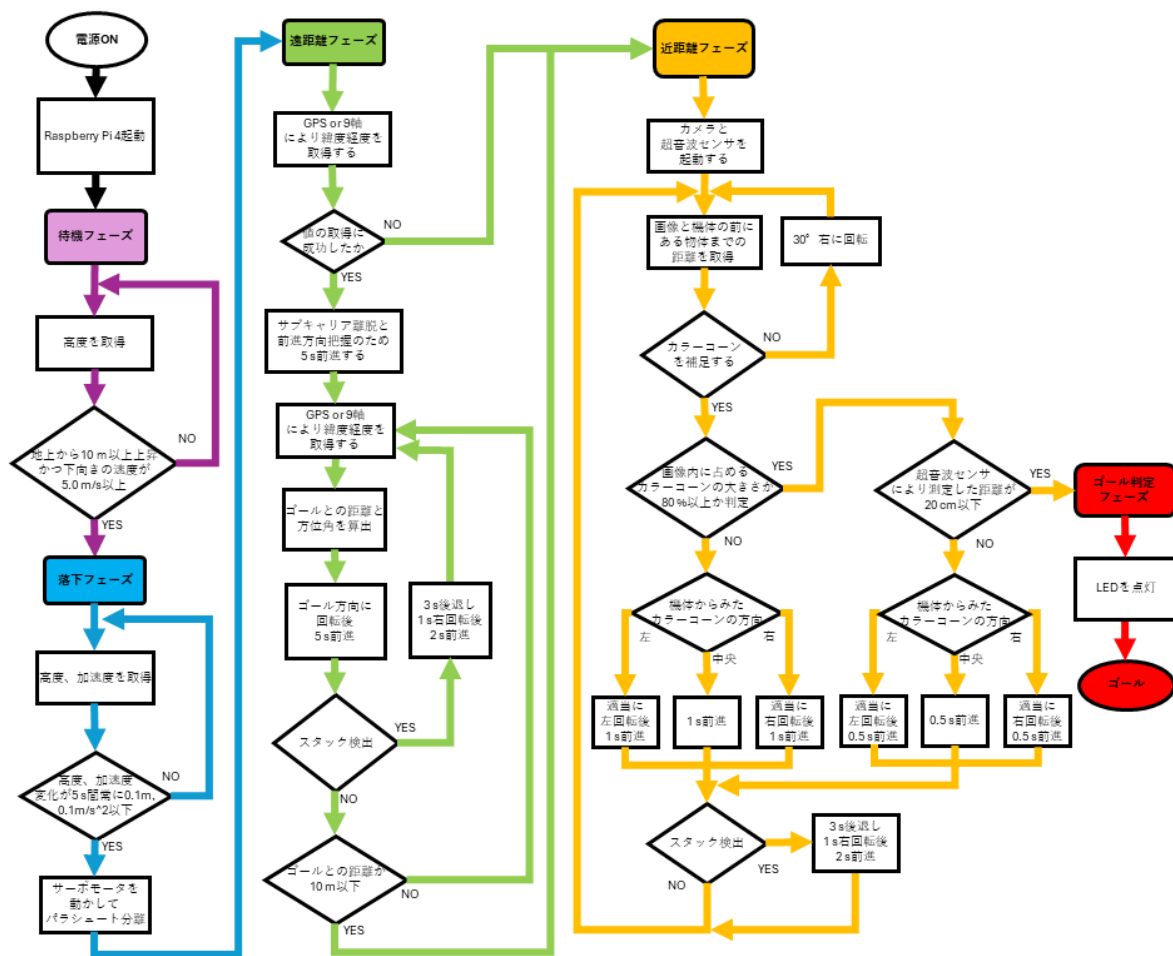


図5.2 フローチャート

## 6. 試験項目設定

以下の表6.1に試験項目を示す

表6.1 試験項目

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 (予定日)
V1	質量試験	S1	6/30
V2	機体の収納・放出試験	S2	6/30
V3	落下試験	S3	7/5
V4	落下分散に関する安全性評価	S4	7/5
V5	開傘衝撃試験	S4	7/5
V6	着地衝撃試験	M1	7/5
V7	走行性能確認試験	M2	6/26
V8	エラー処理確認試験	M3	6/16
V9	異常測定値棄却試験	M3, M4	6/16

V10	ゴール検知試験	M5	7/1
V11	End-to-end試験	S6, S7, M6	7/13
V12	制御履歴レポート作成試験	S8	7/1

## 7. 実施試験内容

### (V1) 質量試験

未実施のため、本審査書にて記載

- 目的
- 試験内容
- 結果
- 考察

### (V2) 機体の収納放出試験

未実施のため、本審査書にて記載

- 目的
- 試験内容
- 結果

収納放出試験の試験結果を以下の表7.2.1に示す.

表7.2.1 キャリア放出実験の結果

回数	実験動画	放出判定
1		
2		
3		

- 考察

### (V3) パラシュート投下試験

未実施のため、本審査書にて記載

- 目的
- 試験内容
- 結果
- 考察

### (V4) 落下分散に関する安全性評価

未実施のため、本審査書にて記載

- 目的
- 試験内容
- 結果
- 考察

### (V5) 開傘衝撃試験

未実施のため、本審査書にて記載

- 目的

- 試験内容
- 結果
- 考察

## (V6) 着地衝撃試験

未実施のため、本審査書にて記載

- 目的
- 試験内容
- 結果
- 考察

## (V7) 走破性能に関する試験

未実施のため、本審査書にて記載

- 試験内容
- 結果
- 考察

## (V8) エラー処理確認試験

未実施のため、結果および考察は本審査書にて記載

- 目的  
CanSatが実行エラーによって意図しないタイミングで異常終了しないことを確認する。また、エラーを適切に記録、処理できることを確認する。
- 試験内容
  - プログラムの全文を精査し、どの場所でエラーが発生してもエラー処理できることを確認する。特にゼロ除算やメモリリークなどのエラー処理機能が作動しない可能性のあるエラーに注意する。
  - プログラムをブレッドボード上で動作させながらセンサ等を引き抜き、接触不良が起きた場合にプログラムが異常終了しないことを確認する。その際にエラーを適切に記録、処理できることを確認する。
- 結果
- 考察

## (V9) 異常測定値棄却試験

未実施のため、結果および考察は本審査書にて記載

- 目的  
落下やゴールまでの距離を判断するために使われるセンサの測定値について、異常値や外れ値によってしきい値を超え意図しない動作を起こすことを防ぐため、異常値を除去する処理を適切に行えているかを確認する。
- 試験内容  
全てのセンサで複数回の測定を行い、異常値を除去する処理を行う。処理後の値が別の計測器の値や一般的な値と比べて妥当な値であるかを確認する。また、処理後の値の連続性から外れ値が含まれているかどうかを判断する。
- 結果
- 考察

## (V10) ゴール検知試験

未実施のため、本審査書にて記載

- 目的
- 試験内容
- 結果
- 考察

## (V11) EndtoEnd試験(動画提出)

未実施のため, 本審査書にて記載

- 目的
- 試験内容
- 結果
- 考察

## (V12) 制御履歴レポート作成試験

未実施のため, 本審査書にて記載

- 目的
- 試験内容
- 結果
- 考察

## 8. 本番手順フロー

### 8.1. 収納時間

本審査書にて記載

### 8.2. トラブルシューティング

本審査書にて記載

### 8.3. 現地への持ち物

本審査書にて記載

## 9. ガントチャート

ガントチャートは以下のリンクに示す.

 [提出用ガントチャート.xlsx](#)