

# ARLISS2024 大会報告書

提出日：2024 年 10 月 10 日

## チーム情報

CanSat チーム名	慶應義塾大学 Keio Team Wolve'Z
CanSat チーム 代表者情報	吉野果林 <a href="mailto:kariyoshi@keio.jp">kariyoshi@keio.jp</a> , 080-5644-6918
UNISEC 団体名	慶應義塾大学高橋研究室
UNISEC 団体 学生代表	吉野果林
責任教員	高橋正樹 <a href="mailto:takahashi@sd.keio.ac.jp">takahashi@sd.keio.ac.jp</a> , 090-3573-4005
CanSat クラス	Open Class

## メンバー

役割	氏名 (学年)
PM, ハード班員	吉野 果林 (修士 1 年)
ソフト班長	鈴木 悠真 (修士 1 年)
ハード班長	古山 愛音 (修士 1 年)
回路班長, ソフト班員	太田 晃 (修士 1 年)
ソフト班員, ツアコン	木村 冠斗 (修士 1 年)
ソフト班員	伊藤 優之介 (学部 4 年)
ソフト班員	吉川 拓志 (学部 4 年)
ハード班員	神谷 颯 (学部 4 年)
ハード班員	坂本 侑斗 (学部 4 年)

## CanSat の製作目的・大会参加理由

KeioTeamWolve'Z は、高橋研究室に所属する B4・M1 でチームを組み、研究室の課外活動として参加している。CanSat を作成し、大会参加をすることでチームでの開発を体験し、実際に自分たちで手を動かしてモノづくりをするという経験を積むことを目的としている。研究では、模擬人工衛星はもとより宇宙分野の研究でさえ行っていないメンバーが多い中で普段の研究で行う背景・課題・提案手法という流れで CanSat という 1 つの機体を全員で作りに上げている。ARLISS 大会は弊団体にとって同じメンバーで行う最後の大会となっている。ARLISS 大会は弊団体の活動の目標大会であり、ARLISS 大会で設定したミッションが成功できることを目標として活動している。

## 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	5
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	5
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	6
第 4.1 節	機体概観	6
第 4.2 節	機体機構	6
第 4.3 節	搭載機器	6
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	7
第 6 章	工程管理	7
第 7 章	責任教員による確認	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

#### 洞窟内への物資運搬のための投射機構付き自律ローバ

本ミッションでは、月面洞窟内での基地建設段階を想定する。月表面から洞窟内への物資運搬方法として、滑落などのリスクを避けるために投射を選択することを提案する。使用するローバは物資を投射する機構を備えた機体とする。月面基地建設時の建設現場への物資運搬を模擬し、異なる形状・重量の物資を1種類の機構で同じ場所に投射可能なシステムを提案する。

### 第1.2節 ミッション内容

#### ① 背景

現在、火星探査の足がかりとして世界中で月面探査が活発化している。月面探査を目的としたアメリカ航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration) 主導のアルテミス計画の第3フェーズでは2026年に月面に人が降り立つことを目指している。将来的には、月面で人が居住することが考えられるが、月面は昼夜の温度変化が大きく、放射線や隕石が降り注いでおり、人間が長期滞在するのは容易ではない[1]。このような極限環境で人間が暮らすために、月面の洞窟が月面基地にとって重要な場所であるとされている[2]。日本の月周回衛星「かぐや」によって地下洞窟の存在は既に示唆されている[3]。NASAの計画では、2026年までに月面に人が降り立つことが想定されている一方で月面基地の候補として考えられている洞窟内の探査はほとんど行われていない。宇宙航空研究開発機構ではUZUME計画によって上空からの探査が行われており、欧州宇宙機関では探査用ロボットの開発などが進められているが依然として洞窟内での実際の探査は行われていない[4][5]。衛星の情報から洞窟内はすり鉢状の不整地であり、縦穴の下に水平方向に洞窟が広がっていることが想定されている[6]。つまり、ローバで地面を走行しながら洞窟内まで辿り着くことはできず他の方法で洞窟内に入る必要があるとされている。クレーンで洞窟外からローバを垂らす方法やローバ自体を投射する方法によって、洞窟内にセンサなどを送り込み、探査することが考えられている[7]。洞窟内を探査する方法すらもまだ研究段階にあるため、基地の建設については現実的に検討されていない。以上より、近い将来行われる洞窟内での基地建設の際の技術開発が必要であると考えられる。

本ミッションでは基地建設段階を想定し、建設中の洞窟への物資運送の模擬を行う。ここでは、運送方法として探査方法の想定の一つである投射に着目する。基地建設初期段階であるため、エレベーターなど安全性が高く繰り返し使える装置がない状況を想定する。不整地であり地面を這っての移動が難しいため、届ける場所までできる限り地面を介さない運送方法を選ぶ必要がある。また、月面は1/6Gであるため地球よりも落下スピードが遅い。以上のことから前述のリスクを避けるために運送方法を投射とする。宇宙ミッションであるため、できるだけ単純な仕組みで軽量化・コスト削減を図る必要がある。単純な仕組みであっても異なる形状・質量の物体を同じ場所（洞窟内）に投射できるということがローバに求められると考える。

以上より、ローバが本活動を通じ、異なる形状・質量の物体に対しても単純な仕組みで同じ場所に投射できることについて立証し、投射により洞窟内に物資を運搬するというシステムを提案する。

[1] JAXA, "UZUME Project, " <https://www.uzume.exst.jaxa.jp/> 参照 2024年5月30日

[2] Haruyama, J., et al. "Possible lunar lava tube skylight observed by SELENE cameras, " Nature Geoscience, vol. 2, pp. 851-854, 2009.

[3] JAXA, "月面の地下探査を目指すUZUMEプロジェクトについて, " <https://www.isas.jaxa.jp/topics/001156.html> 参照 2024 年 5 月 30 日

[4] JAXA, "UZUME Project, " <https://www.uzume.exst.jaxa.jp/> 参照 2024 年 5 月 30 日

[5] European Space Agency (ESA), "ESA plans mission to explore lunar caves, " [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Preparing\\_for\\_the\\_Future/Discovery\\_and\\_Preparation/ESA\\_plans\\_mission\\_to\\_explore\\_lunar\\_caves](https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Discovery_and_Preparation/ESA_plans_mission_to_explore_lunar_caves) 参照 2024 年 5 月 30 日

[6] Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). "月・火星の縦孔, 地下空洞探査計画 (UZUME) 【オンライン特別公開 2022】." YouTube, 10 Aug. 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=9nUl6CasgF4>. 参照 2024 年 5 月 30 日

[7] JAXA, 春山純一. "月の縦孔・地下空洞直接探査 (UZUME) " 宇宙科学シンポジウム, 2021 年 1 月 7 日. 出典: JAXA/SELENE. 参照 2024 年 5 月 30 日

## ② ミッション詳細

### ②-1 機体概要

本ミッションで使用するローバは、モジュールを 2 個、それぞれのモジュール用に同一の投射機構を 2 個、カメラを 1 個装備している。

投射する 2 つのモジュールのうち最初に投射するモジュールを「受け止めモジュール」、次に投射するモジュールを「物資モジュール」とする。受け止めモジュールは、洞窟内に物資を投射する際に物資を受け取るポートのような場所を模擬する。受け止めモジュールは、投射される物資の受け取りを安全な場所で行うことを目的とし、一番初めに投射される。物資モジュールは、洞窟に供給する物資を模擬する。今回のミッションでは投射される物資モジュールは 1 つのみであるが月面では実際には運送方法として複数の物資モジュールが何度も投げ込まれることを考える。

本ローバでは完全に同一の 2 個の投射機構を備えている。1 個は受け止めモジュール投射用で直接ローバの上に、もう 1 個は物資モジュール投射用で回転機構の上に搭載されている。月面で実際に行われる場合は回転機構の上の 1 つの投射機構で受け止めモジュールを含むすべての物資を投射することを想定する。しかし、今回は重量のレギュレーションから、充填機構を搭載できないためそれぞれのモジュール用に同一の投射機構を 2 個用意した。そして、本来は受け止めモジュールも洞窟位置に対して調整を行って投射する必要がある。しかし、同じく重量の関係で受け止めモジュールは回転機構に乗せず、受け止めモジュールが投射された場所を洞窟とすることとした。洞窟位置に正確に投げ入れるということの検証は物資モジュール投射の際に行うこととした。タイヤでの投射位置調整は、地面の凹凸やタイヤとの噛み合わせにより誤差が生じることが考えられる。そのため、投射機構は回転機構上に乗っており、タイヤで大まかな調整を行った後に整った場所で最終調整を行うことで精度高く投射することを目指す。

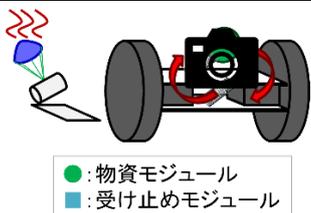
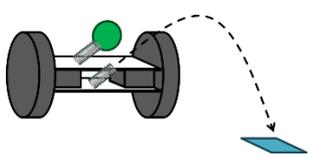
カメラは投射機構と同じ回転機構の上に設置しており、機体の方向にかかわらず常にカメラで投射方向を見ながらミッションを遂行することが可能である。

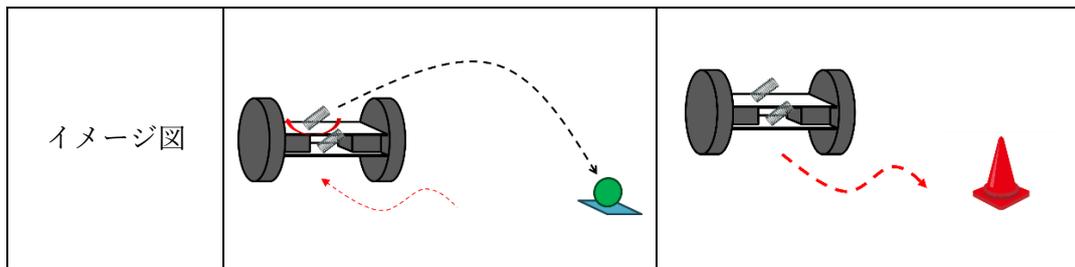
## ②-2 ミッション内容

上記を備えたローバを用い、以下のミッションを行う。着陸後、まず初めに回転機構の試運転を行う。回転機構の回転をカメラの画角の変化から検知し、これをミニマムサクセスとする。その後、決められた距離を走行し受け止めモジュールを投射する。ローバに装備されたカメラより受け止めモジュールの放出を色認識にて検知できたことをミドルサクセスとする。受け止めモジュールの詳細な落下位置を把握したのちに物資モジュール投射位置を決定する。物資モジュールは受け止めモジュールとは形状および重量が異なるため、受け止めモジュールの落下位置に物資モジュールが投射されるように投射位置を計算する。まずはタイヤを用いて計算した投射位置まで移動する。移動後、物資モジュールの乗った回転機構にて投射方向の最終調整を行う。その後、物資モジュールを投射し、受け止めモジュールに到達したことをカメラで検知できたことをフルサクセスとする。投射が終了したのちに、ゴールを目指して走り、ゴールに到達できたことをアドバンスドサクセスとする。投射する物資の受け取りやローバの充電のために投射場所から基地への移動が必要となるため、ゴールを目指すことは基地への移動を模擬することとする。

受け止めモジュール、物資モジュールはそれぞれ異なる形状・重量であるため、同じ機構で同じ場所に投射するためには投射位置や角度を調整する必要がある。本ミッションでは、カメラで受け止めモジュールの位置を正確に把握したうえで、物資モジュールの適切な投射位置を計算し、タイヤで大きく動いたのちに回転機構で最終調整を行い受け止めモジュールに届く投射を最終目標とする。

表 1.2.1 ミッションの流れ

サクセス クライテリア	Minimum	Middle
CanSat の内容	回転機構試運転	パラシュート分離場所から走行 + 受け止めモジュール投射 + 投射位置確認
イメージ図	 <p>●: 物資モジュール ■: 受け止めモジュール</p>	
サクセス クライテリア	Full	Advanced
CanSat の内容	移動+回転機構調整+ 物資モジュール投射+投射確認	ゴール追従



### 第 1.3 節 サクセスクライテリア

<p>イメージ図</p>	
<p>ミニマム サクセス</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. フライトピンが外れたことによりパラシュートが開傘したことを確認</li> <li>2. 降下したのち、加速度・気圧・時間の3条件により着地判定</li> <li>3. 回転機構を定められた角度回転</li> <li>4. 回転機構が正常に機能していることをタイヤの色認識とその位置の変化により確認</li> </ol>
<p>ミドル サクセス</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. パラシュート分離後、機体進行方向にパラシュートがないことを色認識で確認</li> <li>2. パラシュート回避経路計画を決定</li> <li>3. 定められた距離を走行</li> <li>4. 定められた地点にて、受け止めモジュール投射</li> <li>5. ArUco マーカの位置から受け止めモジュール投射位置を確認</li> </ol>
<p>フル サクセス</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計算した物資モジュール投射位置に移動</li> <li>2. 回転機構の回転により投射方向微調整</li> <li>3. 物資モジュール投射</li> <li>4. カメラにて物資モジュールが受け止めモジュールに到達したことを確認（到達とは受け止めモジュール面を中心に 15 cm以内に収まることをいう*）</li> </ol>
<p>アドバンスド サクセス</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ゴール地点に 0m 誤差で到達</li> </ol>

\*15 cmという値は「MV9 物資モジュール投射機構試験」の結果から決定した。物資モジュールを回転機構や機体の向きにより投射方向を変更せずと同じ条件で投射させたときの飛距離のばらつきの値である。今回は機構によるばらつきは考慮していない。回転機構や機体の向きによる調整でどの場所に受け止めモジュールがあっても所定の位置に投射できることが本機体の有する技術である。そのため、受け止めモジュールの投射位置に関わらず機構によるばらつきの範囲内で投射できることをサクセスの基準とした。

## 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

表 2.1.1. レギュレーション向けシステム要求

番号	レギュレーションを満たすためのシステム要求
R1	規定のサイズと質量以内であることを満たす
R2	ロケットから放出後、位置が特定できることを満たす
R3	規定の終端速度の範囲内で降下することを満たす
R4	キャリアから自重で落下可能であることを満たす
R5	キャリアからの放出を検知可能であることを満たす
R6	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
R7	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することを確認できている
R8	ロケット搭載時に無線の送波を停止する
R9	搭載する全ての無線機は要求に応じて周波数の変更ができることを確認できている
R10	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できることを確認できている
R11	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いないことを満たす
R12	制御されることなく着地できることを確認できている
R13	ロストへの対策を実施しており、有効性が試験で確認できている
R14	ミッションを遂行するために十分な電力が供給可能な電源を有することを満たす

表 2.1.2. レギュレーション向けシステム要求(カムバック)

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

表 2.2.1. ミッション向けシステム要求

番号	ミッションを達成するためのシステム要求
M1	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確認できている
M2	着陸を検知できることが確認できている
M3	分離指令により、パラシュートを分離できることが確認できている
M4	カメラを用いて画像を撮影できることが確認できている
M5	パラシュートの存在有無・角度がカメラにより検知できることが確認できている
M6	パラシュートに覆われても脱出できることが確認できている
M7	CanSat の姿勢を検知できることが確認できている
M8	悪路でのスタック・反転・横転したときに状態を検知し、復帰し、走行できることが確認できている
M9	回路基板が機体上部にくるように姿勢を変更できることが確認できている
M10	通信開始地点の GPS 情報を取得できることを確認できている
M11	現在地の GPS 情報を取得できることを確認できている
M12	ゴール地点の GPS 情報を認識できることを確認できている
M13	回転機構が正常に回転することを確認できている
M14	受け止めモジュール用の投射機構から受け止めモジュールの投射が制御によって正常に(※)作動することが確認できている
M15	物資モジュール用の投射機構から物資モジュールの投射が制御によって正常に(※)作動することが確認できている
M16	投射した受け止めモジュールの位置を機体側が確認できることが確認できている
M17	投射開始地点に自律的に機体が接近できることが確認できている
M18	受け止めモジュールに物資モジュールが投射されることを確認できている
M19	受け止めモジュールに対して物資モジュールの位置を機体側が確認できることが確認できている

※「正常に作動」の定義：正常に作動するとは焼き切りの指令の後モジュールを止めているテグスが焼き切られ、モジュールが機体外に落下することを意味する。

### 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

表 3.1.1. レギュレーション向け試験項目

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	6/25
RV2	機体の収納・放出試験	R4, M2	6/27
RV3	準静的荷重試験	R6	6/25
RV4	振動試験	R7	6/26
RV5	分離（パラシュート開傘）衝撃試験	R9	6/19
RV6	パラシュート投下試験	R3, R8, R14, M1, M2	6/20
RV7	着地衝撃試験	M1	6/24
RV8	無線 ON/OFF 試験	R5, R10	6/18
RV9	無線 CH 変更試験	R11	6/22
RV10	通信距離試験	R15	6/20
RV11	GPS センサ精度試験	R15, M10, M11, M12	6/18
RV12	9 軸センサ試験	R17	6/19
RV13	電池試験	R16	6/18
RV14	着地判定試験	M6	7/2

表 3.1.2. レギュレーション向け試験項目（カムバック）

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	EtoE 試験	CR1, R12, R14	7/10
CRV2	制御履歴レポート作成試験	CR2	7/10
CRV3	地上局記録試験	CR2	6/19

CRV4	SD カード記録試験	CR2	6/18
CRV5	センサ統合試験	R15, CR2	6/22

### 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

表 3.2.1. ミッション向け試験項目

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	パラシュート分離試験	M3	6/19
MV2	カメラ撮影試験	M4	6/20
MV3	前方パラシュート検知試験	M4	6/25
MV4	姿勢変更・保持試験	M7, M8, M9	6/25
MV5	走破性試験	M8	6/26
MV6	スタック検知試験	M8	6/27
MV7	回転機構試験	M13	6/18
MV8	受け止めモジュール投射機構試験	M14	6/20
MV9	物資モジュール投射機構試験	M15, M18	6/20
MV10	投射位置移動試験	M16, M17, M19	6/26
MV11	フライトピン引抜試験	R17	6/28

上記のうち、MV7~V12 が本年度ミッション特有の試験項目である。

#### MV7 回転機構試験

回転機構がサーボモータの指令通りに正常に回転できることを確認する

#### MV8, 9 受け止め・物資モジュール投射試験

投射機構が作動し、それぞれのモジュールが投射機構より投射されることを確認する

#### MV10 投射位置移動試験

受け止めモジュールの場所を認識し、現在いる場所からどの経路で移動すれば物資モジュールを投射するための適切な場所に移動できるのか計算し、実際に移動することを確認する

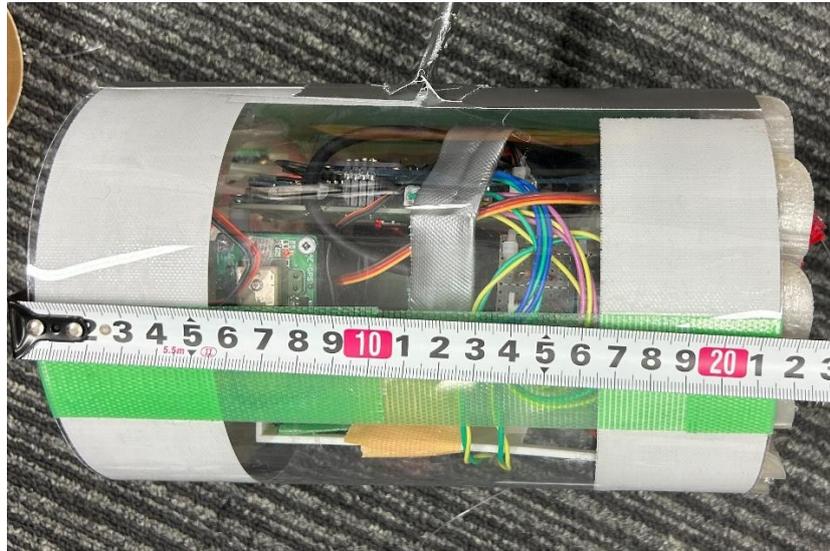
#### MV11 フライトピン引抜試験

フライトピンが抜けたことで電源が起動することを確認する

## 第4章 システム仕様

### 第4.1節 機体概観

機体収納中および展開中の外観を図4.1.1, 図4.1.2それぞれに示す.



(a) 正面

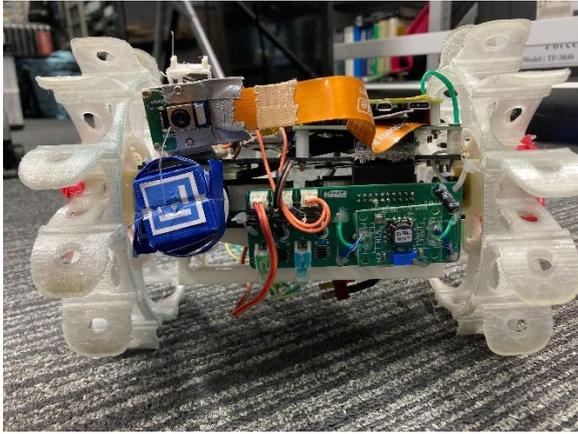


(b) 横面

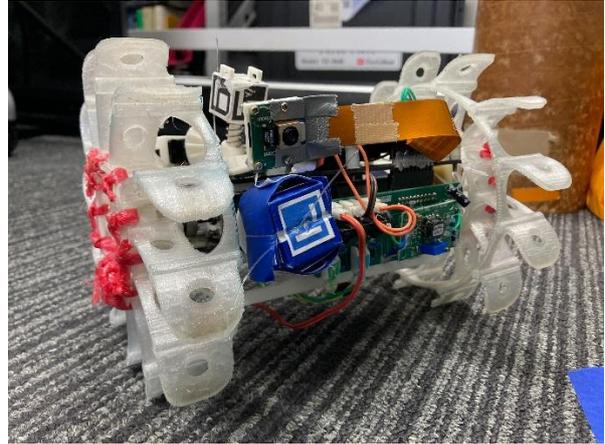


(c) 上面

図4.1.1 収納中の機体



(a) 正面



(b) 斜め



(c) 上面



(d) 横面

図 4.1.2 展開中の機体

本年度の機体は真横に 3D プリント製の走破性タイヤ，上段にセンサ系統回路・Raspberry Pi・物資モジュール・投射機・RGB カメラ，前方に受け止めモジュール・投射機・モータ系統回路，中段にモータ，下段に電池を配置している．各機構の詳細については 4.2 節に示す．

展開前・後の寸法および質量を次の表に示す．

表 4.1.1 機体の寸法

	全長 [mm]	全幅 [mm]	全高 [mm]	質量 [g]
収納中	140	220	140	1046
展開後	370	220	160	814

## 第 4.2 節 機体機構

### 4.2.1. 本体

#### ① モータ系

モータの画像を以下に示す。

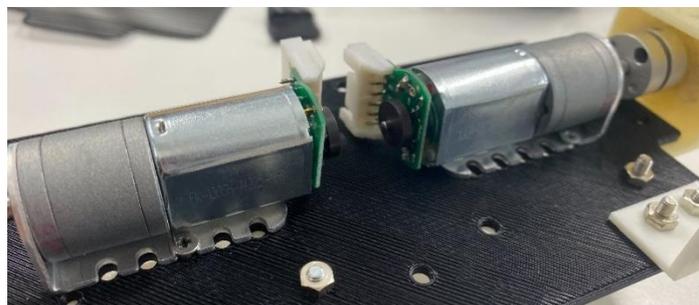


図 4.2.1 モータの拡大図

投射の精度向上を図るため、地面の環境に依らず正確に走行することを可能にする磁気エンコーダを採用した。エンコーダによる重量増加に伴い、全体の小型軽量化を実現するためにモータの軸の大きさが小さいモータを選定した。

#### ③ 電気回路系

本年度の回路系について、以下に示す。



(a) Raspberry Pi (裏・表)



(b) センサ系統

図 4.2.2 回路の拡大図

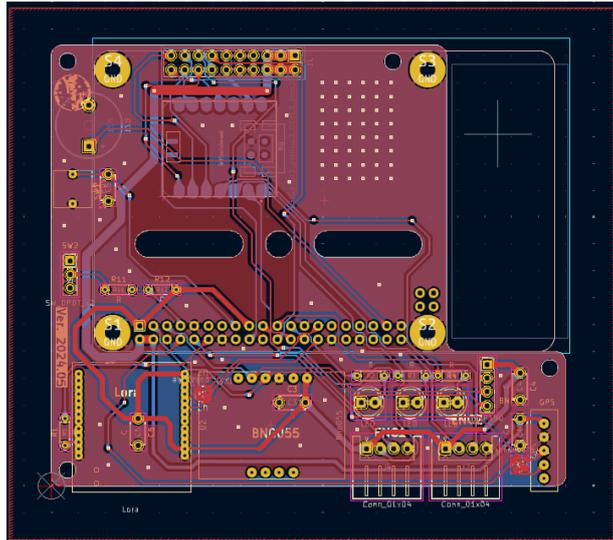


図 4.2.3 回路の配線並びに配置図 (センサ系統)

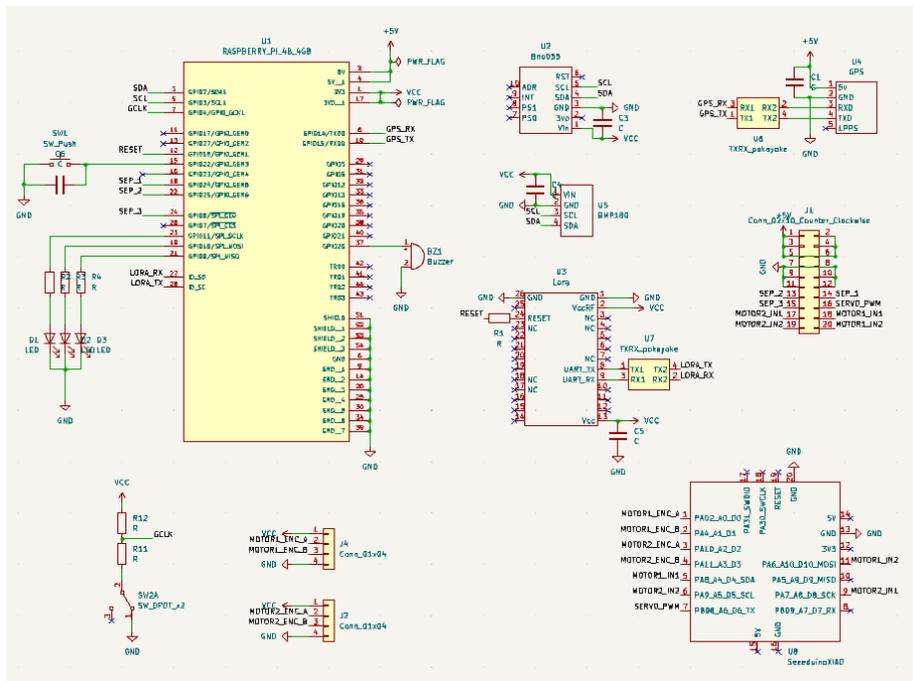


図 4.2.4 回路図 (センサ系統)

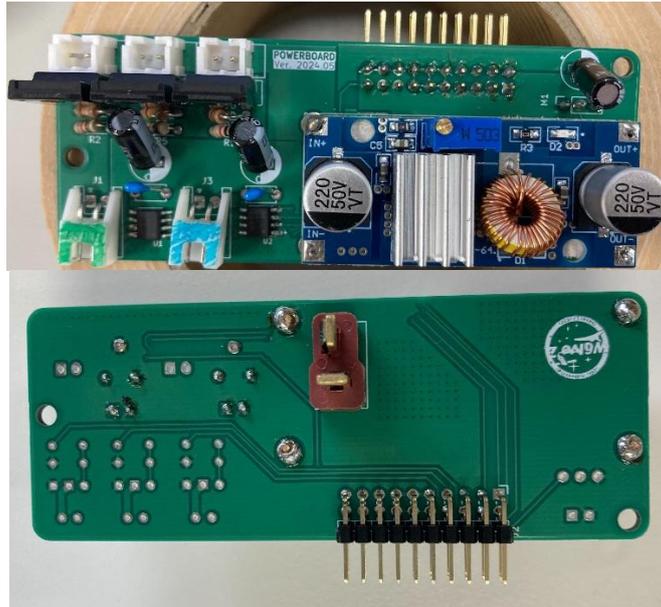


図 4.2.5 回路の拡大図 (モータ系統)

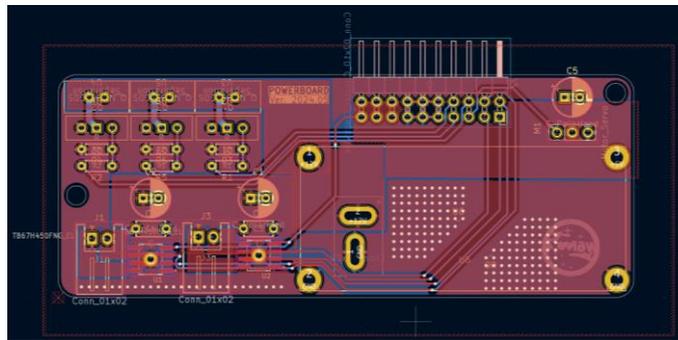


図 4.2.6 回路の配線並びに配置図 (モータ系統)

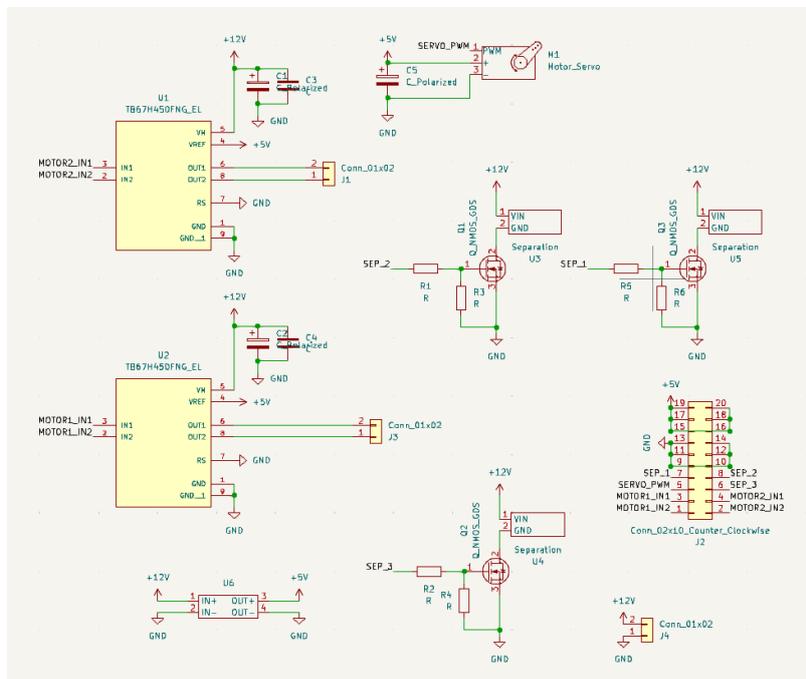


図 4.2.7 回路図 (モータ系統)

独自に設計した回路基板の上に LoRa, 9 軸センサ, GPS, モータドライバ他各種センサをとりつけ, さらに中央に Raspberry Pi 4B を搭載した. 本マイコンはミッション中で画像処理等を行うことから, 高度処理可能な端末を選定した. 回路基板は, モータ系統と Raspberry Pi とセンサ系統の 2 枚に分けて設計しグラウンドを分けノイズの漏れ込みを防ぐ設計とした. また, Raspberry Pi の基盤に対する配置方向を横向きにする事で, 電源 type-C に外から給電した状態でセンサ系統の開発が可能となり, 開発効率を向上させた. また分割して回路基板 1 枚のサイズが小さくなることにより, 去年よりも回路基板の値段が大幅に削減可能となり, 開発コスト低減に貢献できた.

#### 4.2.2. タイヤ

本年度のタイヤについて, 以下に示す.



(a) 正面



(b) 横面



(c) 羽拡大図 斜め

図 4.2.8 タイヤ

本年度のタイヤは、昨年度と同様に羽の部分で地面をつかみながら進む形状となっている。これにより砂漠で地形を問わず空転を防止しながら走行可能である。穴をあけることで軽量化している。硬さと弾力性を併せ持つ熱可性ポリウレタンエラストマーを材料にすることで、軽量化・衝撃吸収を図った。

#### 4.2.3. 投射機構

##### ① 受け止めモジュール

受け止めモジュールの投射機構を以下に示す。

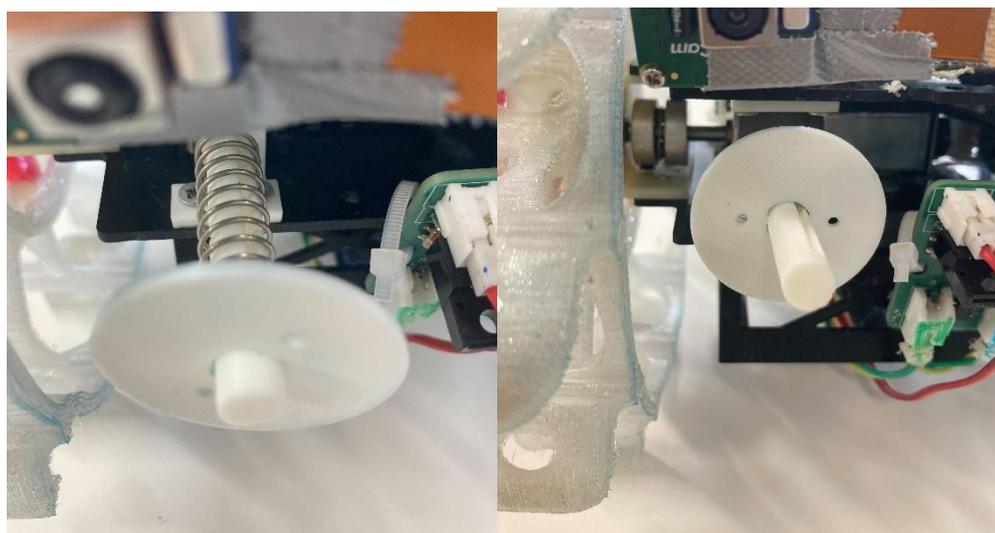


図 4.2.9 受け止めモジュール投射機構（上面，正面）

投射前はテグスを用いてバネを縮ませる。焼き切り機構を用いてテグスを切るとバネが伸び、その力で受け止めモジュールが投射される。

##### ② 物資モジュール

物資モジュールの投射機構を以下に示す。

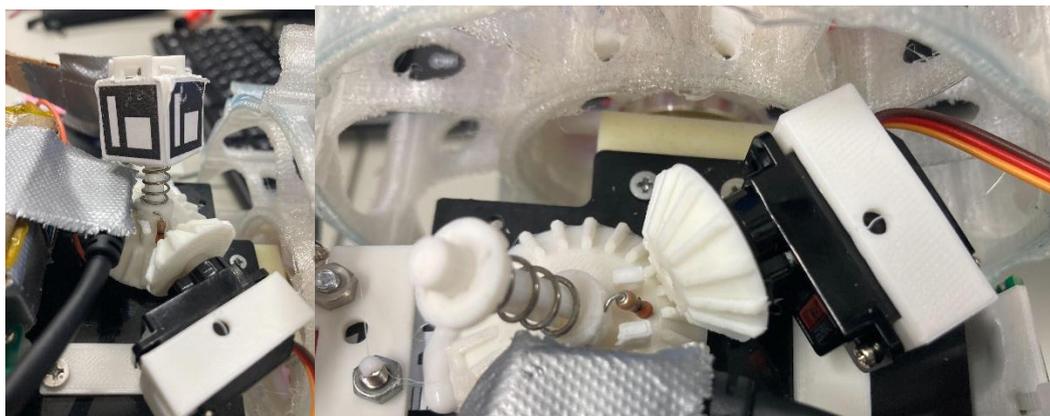


図 4.2.10 物資モジュール投射機構の拡大図（回転台・投射機構，サーボモータ）

投射方向の自由度を高められるよう、回転機構の上に投射機構を取り付けた。不整地において精密な機体の角度調整は難しいため、回転機構を用いる。なお、操作は後方のサーボモータで行う。受け止めモジュールと同様に、テグスを用いてバネを縮ませ、焼き切りでバネを伸ばし、その力で物資モジュールを投射する。

#### 4.2.4. カメラ

本年度のカメラを以下に示す。

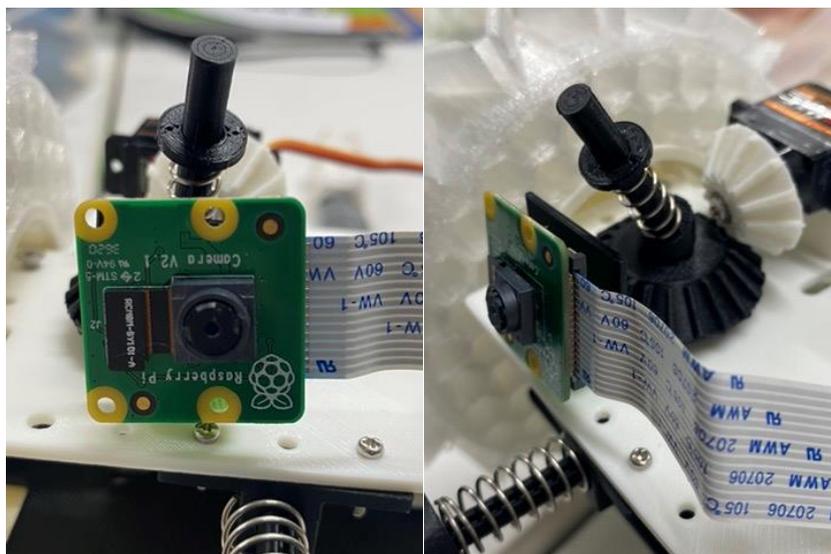


図 4.2.11 カメラの拡大図（正面，斜め）

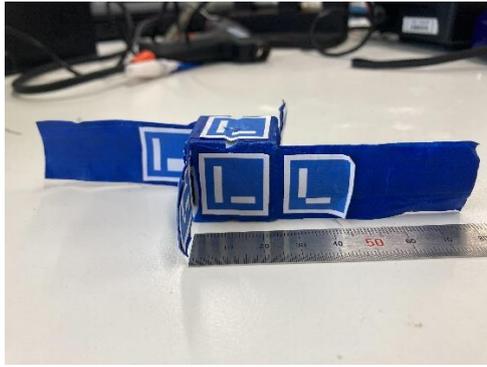
本年度のカメラはオートフォーカス機能を有するものを選定した。これは受け止めモジュールを捉え、軌道計画する過程を通じて常に物体の色または ArUco マーカを読み取れるようにするために採用した。また、投射機構の回転台に取り付けることで、常にカメラで投射先を取得できるようにした。なお、カメラの固定角度を 90 度回転させることで配線を回路に直接繋がられるようにし、配線の絡まりを抑制する。

#### 4.2.5. モジュール

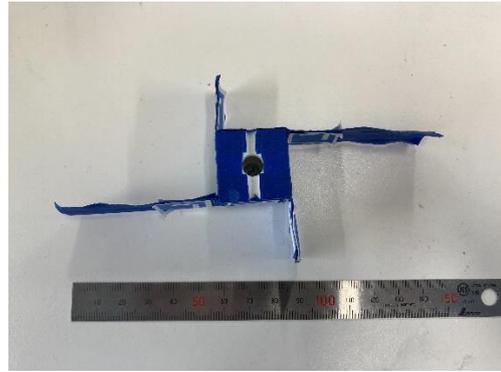
##### ① 受け止めモジュール

受け止めモジュールを以下に示す。

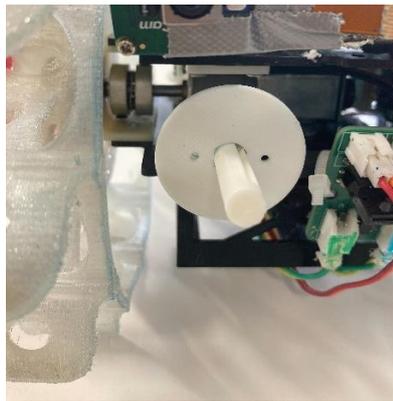
※EtoE 試験のみ色を変更し、赤色の受け止めモジュールを使用している。



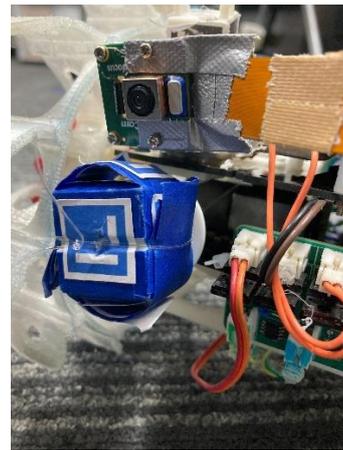
(a) 斜め上から見た  
受け止めモジュール



(b) 上方向から見た  
受け止めモジュール



(c) 受け止めモジュール装填前の  
投射機構



(d) 投射機構に装填された  
受け止めモジュール

図 4.2.12 受け止めモジュールの拡大図

受け止めモジュールは立方体に2種類の羽が2枚ずつ合計4枚ついた構造となっている。立方体の面および羽に1個ずつArUcoマークがついている。色認識ができるように、ArUcoマークを青と白で印刷しており、羽も青色にしている。このように羽をつけることで収納するときは小さくなり、放出すると面積が大きくなる。これにより、色認識をできる面積が広くなり認識精度が向上する。受け止めモジュールはテグスによって焼き切りおよび投射機構と結び付けられ機体に取り付けられる。

## ② 物資モジュール

物資モジュールを以下に示す.

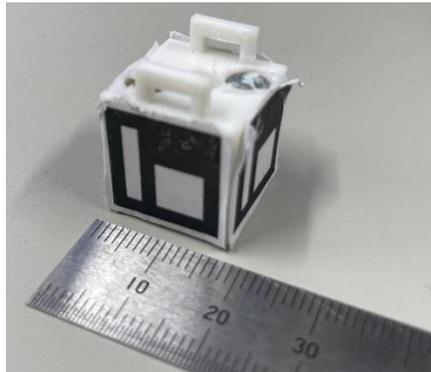


図 4.2.13 物資モジュールの

物資モジュールは月面での物資を想定しコンテナを模擬しているため、立方体となっている.

## ③ スタビライザ

スタビライザを以下に示す.

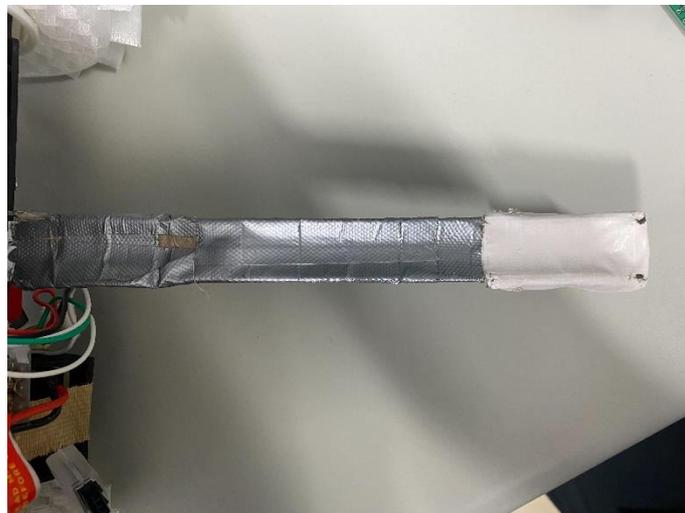


図 4.2.14 スタビライザの拡大図

スタビライザは先端におもりを括り付けたメジャーに布ガムテープを巻いて補強したものであり、地面からの反力を支えることで機体の走行を可能にしている.

#### ④ 焼き切り機構

焼き切り機構を以下に示す。

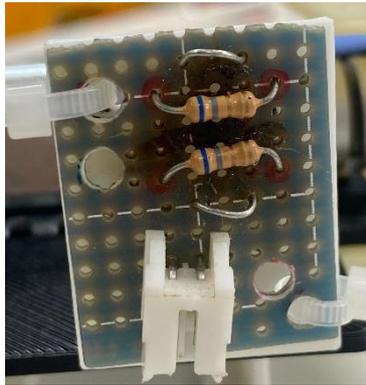


図 4.2.15 焼き切り機構（機体展開用）

焼き切り機構は機体の展開・物資モジュール、受け止めモジュールの放出のために使用する。本審査書では例として機体の展開に使用する焼き切り機構を示した。

## 第4.3節 搭載機器

### 4.3.1 システム構成

システム構成図を以下に示す。

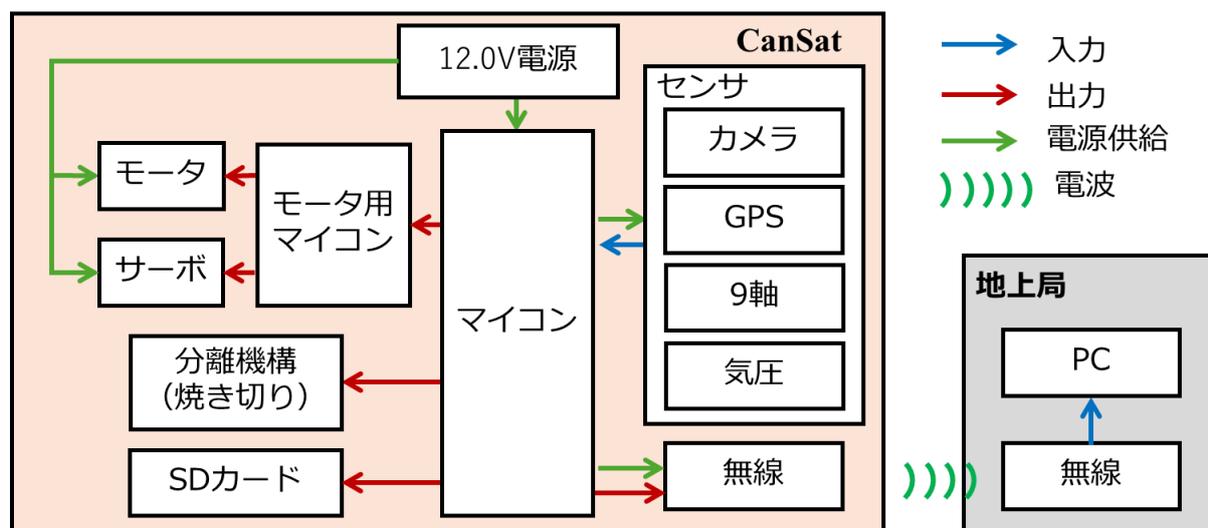


図 4.3.1 システム構成図

去年度の反省から電源供給の持続力強化の目的で 11.1V で 2200mAh の電源を採用し、起動タイミングもフライトピンが抜けるタイミングまで遅らせることで打ち上げ待ち等での不必要な電力消費防止を図っている。マイコンには 11.1V の電源が降圧されて電源供給されており、マイコンから各種センサ・無線への制御を行っている。また、機体着陸判定の冗長性強化のため気圧センサを追加した。本年度ではバッテリーが一つになったことで、電源のノイズがラズパイに伝播する可能性があった。よって回路基板をモータ系統とマイコン系統分けて制作しグラウンドを分けることで物理的にノイズが伝播することを防止している。

搭載機器の詳細を以下に示す。

表 4.3.1 使用機器・仕様概略

機器	型番	備考（詳細仕様等）
降圧 レギュレータ	XL4015E	ブランド：RUIZHI
		入力電圧：DC 4.5V-14.0V
		出力電圧：DC 0.591-5.5V
		出力電流：0-6A
		変換効率：93%
MOSFET	2SK2232	回路数：1
		チャンネル：N
		ドレイン・ソース間電圧：60V
		ゲート・ソース間電圧：±20V

		ドレイン・ゲート間電圧：60V
		ドレイン電流(DC)：25A
		ドレイン・ソース間オン抵抗：0.057Ω
		許容損失(25℃)：35W
		パッケージ：TO-220SIS(SC-67/2-10R1B)
カメラ	UCTRONICS-B0371	Sony IMX519 stacked, back-illuminated sensor
		16 megapixels
		1.22 μm × 1.22 μm pixel size
		7.103 mm diagonal (Type 1/2.534)
GPS センサ	GYSFDMAXB	DC5V / 40mA, シリアル通信
サーボモータ	ES08MA	動作スピード：0.12sec/60° (4.8V), 0.10sec/60° (6.0V)
		トルク：1.6 kg/cm (4.8V), 2.0 kg/cm (6.0V)
		動作電圧：4.8V ~ 6.0V
モータ	195:1 Metal Gearmotor 20Dx44L mm 12V CB with Extended Motor Shaft	12V:72RPM
		70mA でフリーラン
		140 オンスインチ(5kg-cm)
		1.6A でストール
エンコーダ	TLE4946-2K	入力電圧 2.7-18V
		出力電流 0-20mA
モータドライバ	TB67H450FNG	入力モータ電圧：DC 4.5V-44V
		出力電流：3.0A (Max) (1ch あたり)
マイコン	Raspberry Pi 4 Model B	DC5V / 1.7A (Max)※GPIO 除く
9 軸加速度センサ	Bno055	DC3.3V / 12.3mA (Max), I2C 通信
無線通信 モジュール	ES920LR	920MHz 帯無線モジュール
		3.3V / 43mA
気圧センサ	BMP180	DC3.3V / 5μA (min), I2C 通信

降圧レギュレータは電源とモータや焼き切りなどの用途先での要求電圧差の解消に用いる。MOSFET はバラシユート分離・モジュール投射で使用する焼き切り機構へ流す電流の制御に使用する。カメラは ArUco マーカの認識等に使用する。GPS センサ・9 軸加速度センサ・気圧センサは自己位置推定に使用する。サーボモータは投射機構の回転に使用する。モータは走行に使用する。モータドライバ並びにエンコーダはモータの制御に使用する。マイ

コンは機体全体の制御およびミッション遂行管理に使用する。仕様書等については以下に掲載し、提出する。

<https://drive.google.com/drive/folders/1O7Mn6zBHSL6E59cqKLCJ2cbd3oJBb2vM?usp=sharing>

#### 4.3.2 使用電源

使用した電源とその安全対策について以下に示す。

表 4.3.2 使用電源

使用用途	品名	型番
マイコン	リチウムイオンポリマー電池 11.1V 2200mAh	O-25C-2200-3S1P-T*2P
モータ		

表 4.3.3 安全対策

状況	安全対策
運送	電池を傷つけないよう、専用の電池収納ケースに収納する
保管	高温となる場所に保管しない
使用	電池の外側の被膜が傷ついていないか、確認する
	テスターで頻繁に電圧を測り、過充電や過放電の状態にならないよう注意する
	発火時には近寄らず、あらかじめ用意した大量の水で消火する

## 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 とパラシュートを合わせた質量が規定質量である 1050g 以下を満たすことを確認する。
- 試験内容
  - CanSat とパラシュートを質量計で計測をし、レギュレーションに記載されている質量 (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 1046g 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 5.1.1 に質量測定結果の様子を示す。



図 5.1.1 CanSat 本体とパラシュートの合計質量

- 結論
  - パラシュートの質量を含めた CanSat の総重量が、レギュレーションを満たしていることがわかった。

#### RV2 機体の収納・放出試験

- 目的
  - CanSat がキャリアに入ること、CanSat がキャリアから自重で落下可能であることを確認する。
- 試験内容
  - 内径 146 mm、高さ 240 mm のボイド缶に CanSat を入れ、入ることを確認する。キャリアを下向きにし、CanSat がキャリアから自重で落下することを確認する。
- 試験結果
  - 表 5.2.1 に示すように、CanSat を収納後、自重で放出すること確認できた。

表 5.2.1 キャリア放出実験の結果

回数	実験動画	放出判定
1	<a href="https://drive.google.com/file/d/1-R57bF54_TTH-eppIRrtI8F2P5B-0WWP/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1-R57bF54_TTH-eppIRrtI8F2P5B-0WWP/view?usp=drive_link</a>	自重で放出できた
2	<a href="https://drive.google.com/file/d/1Buhjakq4zmx0-J5n73cFis3MHdWycwn/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1Buhjakq4zmx0-J5n73cFis3MHdWycwn/view?usp=drive_link</a>	自重で放出できた

- 結論
  - CanSat はキャリアへの収納・放出に関するレギュレーションを満たす。

### RV3 準静的荷重試験

- 目的
  - 機体がレギュレーションにも定められているロケット発射時の準静的荷重(10G)に 10 秒以上耐えられることを確認する。
- 試験内容
  - 機体をロープにつなぎ、ハンマー投げのように人を中心とした等速円運動によりロケット内部での静的荷重を実現する。ロケットの静荷重は 10G であり、遠心力は  $\frac{mv^2}{r}$  と表せる。ここで、 $m$  は 1050 g である。旋回半径、旋回速度を調整することで機体に 10G を加える。また、値を取得する際に用いたセンサは ATR 社の AMWS020B であり、機体の下面に固定し、合成加速度を計測した。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 1 回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/10X2sr7nlFAb1-EX3UqXoXWE43ncVrvMJ/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/10X2sr7nlFAb1-EX3UqXoXWE43ncVrvMJ/view?usp=drive_link)
  - 2 回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1Oa\\_XqxUUq8lbp4Rozjnn4o0mbqtCncD/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1Oa_XqxUUq8lbp4Rozjnn4o0mbqtCncD/view?usp=drive_link)
  - 図 5.3.1, 図 5.3.2 にそれぞれの加速度履歴を以下に示す。いずれの場合においても平均的に 10G 以上の加速度を 10 秒以上印加できており、センサが正常に機能し続けたことも確認できた。
  - ◇ 16G 以上が計器の都合上計測できていないが、今回は 10G 以上付加できていることが確認できていればよいため考慮しなくてよいとする。

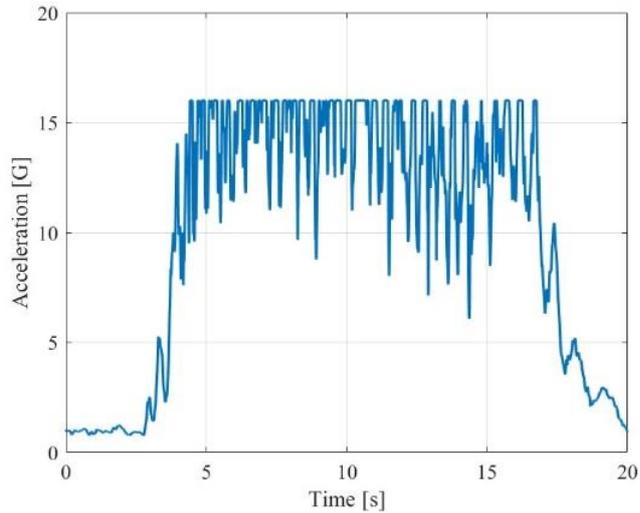


図 5.3.1 1 回目の加速度履歴

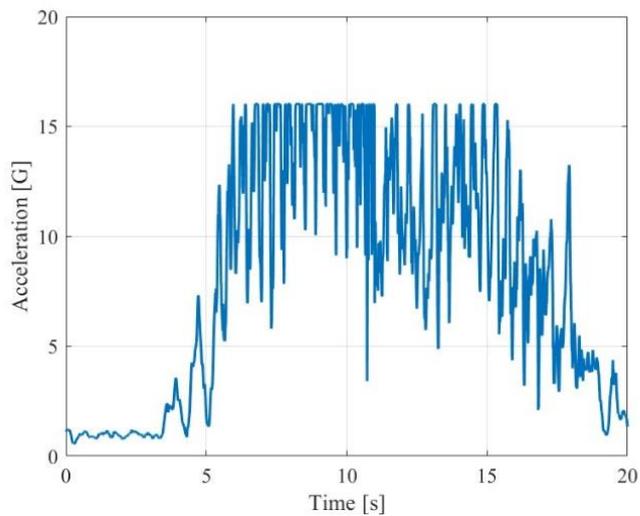


図 5.3.2 2 回目の加速度履歴

- 結論
  - 機体がロケット発射時の準静的荷重(10G)に耐えられることを確認できた。

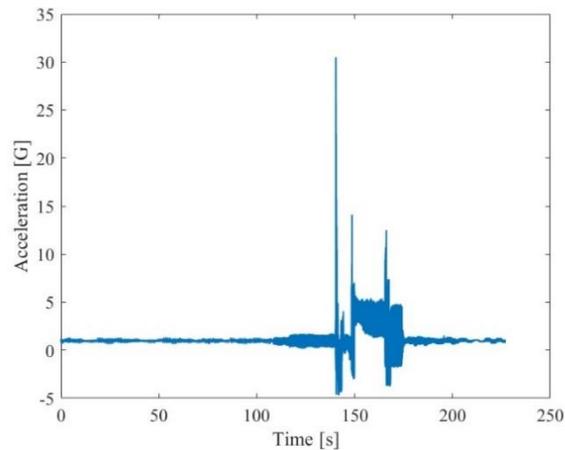
#### RV4 振動試験

- 目的
  - ロケットでの打ち上げを想定した際に打ち出しにかかる振動に機体が耐えられることを確認する。
- 試験内容
  - 加振機に機体を直接取り付け、振動実験を行った。本試験ではレギュレーション記載の条件よりも厳格に 1 Hz~2300 Hz の振動数と最大 15G の加速度を加振機で機体に与えた。加振中に機体に搭載されたセンサの受信を確認し、加振後に機体を走行させることで加振に機体が耐えられることを確認した。加速度の値を取得する際に用いたセ

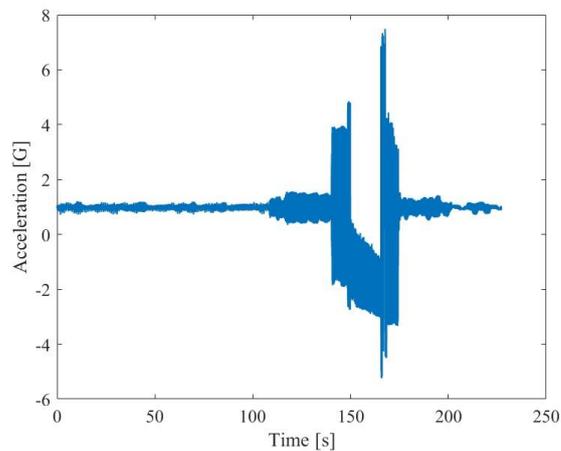
ンサは ATR 社の AMWS020B であり，機体と加振機台の二か所に取り付けた．どちらも振動の方向と加速度センサの X 軸方向が一致するようにした．

- 試験結果

- 1 回目
- [https://drive.google.com/file/d/1xFfsUz\\_V8drYY3I39-l-gVi4rF5UINoe/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1xFfsUz_V8drYY3I39-l-gVi4rF5UINoe/view?usp=sharing)
  - ◇ 0:00~ 加振 (1Hz~2300Hz)
  - ◇ 3:52~ 走行確認
- 2 回目
- <https://drive.google.com/file/d/1-7dGEayKMTVdYZ1Z7WZQcSMnpTZKwwN8/view?usp=sharing>
  - ◇ 0:00~ 加振 (1Hz~2300Hz)
  - ◇ 4:01~ 走行確認
- 1,2 回目ともに振動を加えても機体が破損することなく正常に作動した．
- このときの加速度に関する時系列を示す．

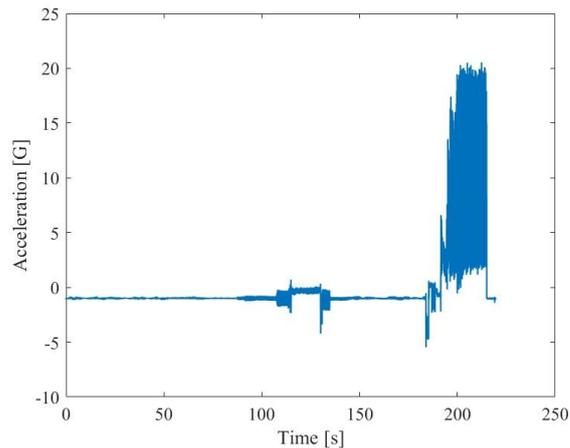


(a) 機体

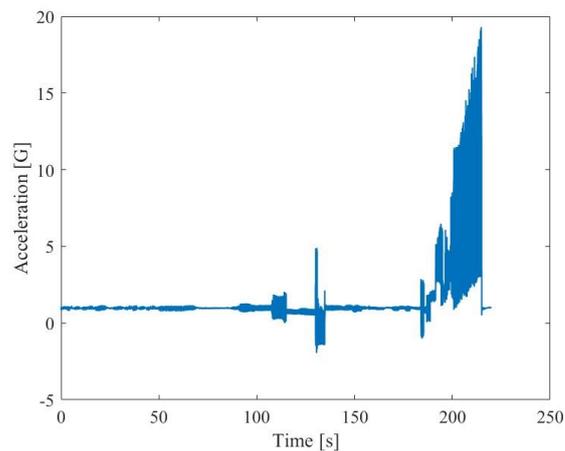


(b) 土台

図 5.4.1 1 回目実験の加速度時系列



(a) 機体



(b) 土台

図 5.4.2 2 回目実験の加速度時系列

- 結論
  - 機体は想定される振動に対する耐久性を満たす。

#### RV5 分離（パラシュート開傘）衝撃試験

- 目的
  - ロケット搭載から放出される際の衝撃，またパラシュートが開く際の衝撃（40G と想定）に分離シートと機体が耐えられることを確認する。
- 試験内容
  - ロケットに寄る打ち上げを想定した際にロケットからの分離時にかかる撃荷重に耐えることを確認する。ここでは推奨の 40G に近い値で耐えることとする。パラシュートが開く際の衝撃も同様とした。機体及びパラシュートとの接続部がこれに耐えうることを示す。
  - 機体とパラシュートの接続部を紐で接続し，高所から力を下向きにかけて落下させ，紐が張り合った時に紐方向に約 40G がかかるようにする。値を取得する際に用いたセ

ンサは ATR 社の AMWS020B を用い、機体の上面に固定した。

- 試験結果

- 実験の様子を以下に示す。

<https://drive.google.com/file/d/1tAU2VhTJIzSdNzOi292Q94TrXcBquYcb/view?usp=sharing>

- 加えた加速度履歴を以下に示す。

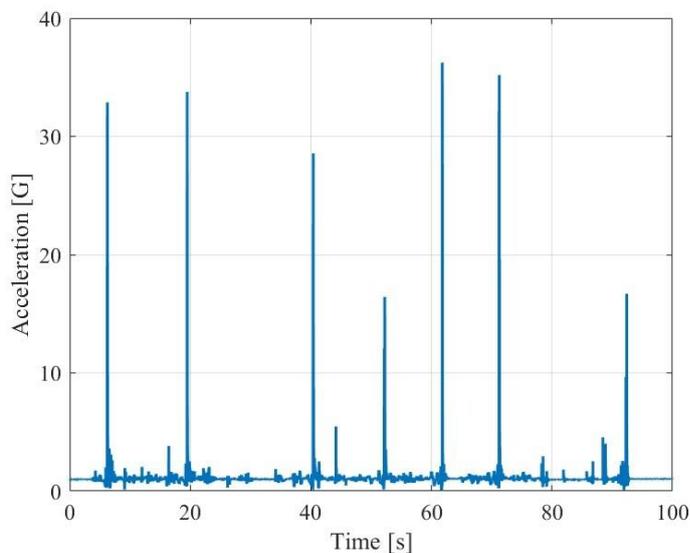


図 5.5.1 加速度履歴

- 結論

- 40G 近く加速度を加えた後も正常に動作することから、ロケット搭載から放出される際の衝撃、またパラシュートが開く際の衝撃に分離シートと機体が耐えられることを確認した。

## RV6 パラシュート投下試験

- 目的

- パラシュートが開傘して減速することを確認する。

- 試験内容

- パラシュートを付けた機体をキャリアに収納し、約 19m の高さからキャリアを下向きにして落下させる。パラシュートが開傘して速度が一定となる高さ 4m の時点から着地するまでの時間 $t$ を記録動画から読み取って計測し、落下速度 $v$ を算出する。パラシュートは最終落下速度が 6m/s 以下になるように設計している。そこで試行を 5 回繰り返して、平均終端速度を算出し、これが 5m/s 以上 6m/s 以下であることを確認する。

- 試験結果

- 試験の様子を以下に示す。

- 1 回目:

[https://drive.google.com/file/d/1SF117aAL8t726dXljebkwyWIKG4bZTv5/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1SF117aAL8t726dXljebkwyWIKG4bZTv5/view?usp=share_link)

- 2 回目:  
[https://drive.google.com/file/d/1oDFzHG3GUkfVjuTPZzpJYyGbenZz47BF/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1oDFzHG3GUkfVjuTPZzpJYyGbenZz47BF/view?usp=share_link)
- 3 回目:  
[https://drive.google.com/file/d/1BBNjGgHHjXAtsfSiXO1885s6fCZIDHar/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1BBNjGgHHjXAtsfSiXO1885s6fCZIDHar/view?usp=share_link)
- 4 回目:  
[https://drive.google.com/file/d/1BhDyAxHR9REa\\_cNrXsiqjtBntw8pjqvq/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1BhDyAxHR9REa_cNrXsiqjtBntw8pjqvq/view?usp=share_link)
- 5 回目:  
[https://drive.google.com/file/d/1BXCHEP3Ocvsgx6X8sRMKqvWHkURv5kdm/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1BXCHEP3Ocvsgx6X8sRMKqvWHkURv5kdm/view?usp=share_link)
- 以上の試験時の動画から、終端速度になっている地面から高さ 4m の地点（動画内においては、壁にある横線の地面から数えて 2 つ目）を通過したときを時刻  $t_0$  とし、地面に落ちた時刻を  $t_1$  として計測する。その後、 $v_f = \frac{4}{t_1 - t_0}$  [m/s] という式から終端速度を計算する。
- 下の表では、5 回の試験から算出した終端速度の平均値を求め、その値が 5m/s 以上 6m/s 以下であることを確認した結果を示す。

表 5.6.1 終端速度

実験番号	速度計測開始の高さ[m]	左記高度からの落下所要時間 [s]	終端速度[m/s]
1	4	0.68	5.88
2	4	0.8	5
3	4	0.67	5.97
4	4	0.78	5.13
5	4	0.74	5.41
平均		0.73	5.48

- 結論
  - パラシュートが開傘して減速できることが確認できた。終端速度の平均値は 5.48m/s であり、正しく減速できていることが確認できた。

## RV7 着地衝撃試験

- 目的
  - 落下衝撃で機体が故障しないことを確認する。
- 試験内容

- パラシュートの終端速度と同等の落下速度となるように機体を自由落下させた後、機体が正常に動作するかを確認する。終端速度を 5.0m/s と仮定し、この終端速度となるには  $v = \sqrt{2gh}$  より 1.3m から自由落下させればよいことがわかる。これにより、着地時の衝撃力が再現できる。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 1 回目
    - [https://drive.google.com/file/d/1psMVqia0gvbUY25WLuExC9vtY-TjsF7s/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1psMVqia0gvbUY25WLuExC9vtY-TjsF7s/view?usp=share_link)
    - ◇ 00:00~ 説明
    - ◇ 00:48~ 衝撃付与
    - ◇ 00:52~ 衝撃付与後の動作確認
  - 2 回目（角度を変更した場合）
    - [https://drive.google.com/file/d/1uF\\_C-wpkTqrELuWE8J63jM5jx6TQlsIw/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1uF_C-wpkTqrELuWE8J63jM5jx6TQlsIw/view?usp=share_link)
    - ◇ 00:00~ 説明
    - ◇ 00:52~ 衝撃付与
    - ◇ 00:58~ 衝撃付与後の動作確認
  - 上記より、様々な角度で落下させても衝撃で機体が故障しないことが確認された。
- 結論
  - 落下衝撃で機体が故障しないことが確認できた。

## RV8 無線 ON/OFF 試験

- 目的
  - 一定時間経過後、無線通信モジュールが ON から OFF となること、およびフライトピンを抜くことで OFF から ON となることを確認する。
- 試験内容
  - 本ミッションでは、打ち上げ時の無線機の電源 OFF の規定に基づき、プログラムを実行すると無線通信が開始し、一定時間経過すると無線通信を停止する。これは、打ち上げ中にロケットの無線通信との緩衝を防ぐためである。打ち上げ後、機体がキャリアから放出されて機体の回路基板に取り付けられていたフライトピンが抜けたことを検知すると、無線通信を再開する。本試験では、プログラムを実行した後無線通信を行い、その通信データが受信できていることを地上局で確認する。そして、機体がキャリアから放出されたと仮定してフライトピンを抜いた後、無線通信が再開し、通信データが再度受信できることを地上局で確認する。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。

- 1 回目:  
[https://drive.google.com/file/d/1t6B6HCw7mnwx7FlGp37gdclTT0HTYFCM/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1t6B6HCw7mnwx7FlGp37gdclTT0HTYFCM/view?usp=drive_link)
- 2 回目:  
[https://drive.google.com/file/d/1kYyYcuUv3FMVKVZbZiTGtfmdXe3n1XqG/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1kYyYcuUv3FMVKVZbZiTGtfmdXe3n1XqG/view?usp=drive_link)
- 結論
  - 機体は無線の ON/OFF を切り替えることができ、所望のタイミングで送信を停止できることが確認された。

## RV9 無線 CH 変更試験

- 目的
  - 通信の妨害や混線を防ぐため、無線通信モジュールのチャンネルが変更できることを確認する。
- 試験内容
  - 本ミッションで機体に搭載する無線通信モジュールとして LoRa を使用している。そこで、LoRa のチャンネルが変更可能であることを確認する。本試験では、TeraTerm 上で LoRa のチャンネルを変更し、同じチャンネル同士の LoRa はつながり、異なるチャンネル同士の LoRa はつながらないことを確認する。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す
  - 1 回目:  
[https://drive.google.com/file/d/1t6B6HCw7mnwx7FlGp37gdclTT0HTYFCM/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1t6B6HCw7mnwx7FlGp37gdclTT0HTYFCM/view?usp=drive_link)
  - 2 回目:  
[https://drive.google.com/file/d/1kYyYcuUv3FMVKVZbZiTGtfmdXe3n1XqG/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1kYyYcuUv3FMVKVZbZiTGtfmdXe3n1XqG/view?usp=drive_link)
- 結論
  - チャンネル変更可能であることを確認し、他のチャンネルに影響をもたらさないことが確認できた。

## RV10 通信距離試験

- 目的
  - CanSat がロケットから放出後ロストせず、無線機から長距離において通信により現在位置を特定できることを確認する。
- 試験内容
  - 機体と地上局(PC)それぞれに無線通信モジュール(LoRa)を接続し、通信を行う。その後、機体とともに多摩川沿いを徒歩で移動し、地上局から機体を離していく。これによ

り、機体と地上局の長距離における通信が可能であることを確認する。

- 試験結果
- 今回の試験における機体と地上局の最大距離を以下に示す。
  - 本大会で十分な距離での通信に必要な計測に概ね成功したものと考えられる。
  - 計測地点は以下の通り。
  - CanSat 側計測地点：35° 36'11.7"N 139° 37'52.3"E  
(35.60323902551566, 139.63120065920054)
  - 地上局側計測地点：35° 35'06.6"N 139° 40'05.5"E  
(35.58516245296135,139.66819399985803)
  - 距離計算結果は以下の通り。  
距離：3.906757 km
  - 図 7.11.1 に計算画面を示す。

<https://keisan.casio.jp/exec/system/1257670779> を使用

2地点間の距離と方位角

ホーム / 物理公式集 / 地理

地球上の2地点の緯度・経度を指定して最短距離とその方位角を計算し、地点AからBの方位角を表示します。

西経・南緯は、負の値で指定してください。  
B地点の経緯度のデフォルト値はメッカを現わしています。

Aの経度 139.6312006592 緯度 35.60323902551 [GoogleMap](#)

Bの経度 139.6681939998 緯度 35.58516245296 [GoogleMap](#)

[地球半径 r] 6378.137 km

計算 クリア 保存・呼出 印刷

	計算結果	単位
ABの距離d	3.906757	km
方位角φ	120.991735°	120°59'30.25"

図 5.10.1 計算画面

- 結論
  - 本大会で十分な距離での通信に必要な計測に概ね成功したものと考えられる。

## RV11 GPS センサ精度試験

- 目的
  - GPS センサから取得される値の精度を確認する。
- 試験内容
  - GPS センサとスマートフォン上で位置を指定し緯度経度を調べた際の値をそれぞれ比較し、一致していることを確認する。
- 試験結果
  - 1 回目  
[https://drive.google.com/file/d/1z1a8FspIkqxClN2TgIs4r9MQGsNNzEe6/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1z1a8FspIkqxClN2TgIs4r9MQGsNNzEe6/view?usp=drive_link)
    - ◇ 実験条件の説明：0:00 ~ 0:45, 値の確認：1:40 ~ 2:00

- 2 回目  
[https://drive.google.com/file/d/1\\_P084khpL5PKa6qi32Tsbq00bJhVTAE8/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1_P084khpL5PKa6qi32Tsbq00bJhVTAE8/view?usp=drive_link)

◇ 実験条件の説明：0:00～0:48，値の確認：1:30～1:45

- 結論
  - GPS センサで取得した値がスマートフォンの位置情報と小数第 3 位までつまり 100m の誤差で合致し，GPS センサの精度を確認した。

## RV12 9 軸センサ試験

- 目的
  - 加速度センサを揺らした際に取得された値が変動していることを確認し，加速度センサが機体の着地判定に利用できることを確認する。また，コンパスセンサが正しい方向を示すか確認し，ゴール方向を検知できるか確認する。
- 試験内容
  - 本試験では加速度センサが設置された機体を揺らし，加速度センサから取れた値が変動していることを確認する。
- 試験結果
  - 2 回の試験を実施した。それぞれの様子を以下に示す。
  - 1 回目：  
[https://drive.google.com/file/d/1c4LLNgFw48bamPHT\\_j9cwVm9L1WEOo4d/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1c4LLNgFw48bamPHT_j9cwVm9L1WEOo4d/view?usp=drive_link)
  - 2 回目：  
[https://drive.google.com/file/d/1cdghJ6CrKNOZE87xGK5FD7B5MHxDT7n8/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1cdghJ6CrKNOZE87xGK5FD7B5MHxDT7n8/view?usp=drive_link)
- 結論
  - 機体姿勢角と加速度の変更に対し加速度の変化が検出できていることが確認できた。

## RV13 電池試験

- 目的
  - ミッション遂行に十分な電源を有しているか確認する。
- 試験内容
  - 機体の動作時間を確認する。最初の 60 分を投下までの準備状態としてキャリアに収納された状態を模擬し，その後実際のミッションと同様にモータ出力と無線通信を行い，合計の動作可能時間を調べる。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。  
<https://drive.google.com/file/d/10Fi9iPgNRHiPrZ0A->

OzR6NpOv0OM08SP/view?usp=drive\_link

- 起動して3時間経過しても機体が動き続けることを確認した。
- 結論
  - 機体はミッションを遂行するにあたり必要十分な電池容量を有していることを確認した。

#### RV14 着地判定試験

- 目的
  - 機体が地上に着地することを検知する際に、三つの条件によって着地を判定することで誤認識に対する冗長性があることを確認する。
- 試験内容
  - 機体が地上に着地することを検知するために、時間、加速度センサ、気圧センサの三つの条件によって着地を判定する。校舎3階で試験をはじめ、校舎の1階に降りて機体に着地を判定するかを確認する。
  - 本試験でのそれぞれの閾値は、時間は60[s]、加速度センサは振動の合成ベクトルの基準として $2.5 \times 10^{-5} [\text{m/s}^2]$ 、気圧センサは実験日(2024/07/07)に試験場所の2階でセンサ取得できた値を使用している。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 1回目：  
[https://drive.google.com/file/d/18W1iLE8yiYZaUcc\\_sr42irmNm55D2Vnl/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/18W1iLE8yiYZaUcc_sr42irmNm55D2Vnl/view?usp=drive_link)
  - 2回目：  
[https://drive.google.com/file/d/1oZqArQ0MSkERU2e-EcESN00hB6jTOKeV/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1oZqArQ0MSkERU2e-EcESN00hB6jTOKeV/view?usp=drive_link)
- 結論
  - 3階から1階に移動し、機体を地面に置くことで、それぞれの条件を満たし、着地を判定することができた。ここで気圧センサの閾値は試験当日の天候によって決定する必要がある。

#### CRV1 EtoE 試験

- 目的
  - CanSatが全てのミッションシーケンスを自律的に遂行できることを確認する。
- 試験内容
  - 投下を模擬した落下（ポイド缶からの放出）からランバックまでを自律的に遂行できることを確認する。
  - 環境の都合上 CanSat の投下、パラシュート展開は省いて実施した。これらは、別の試験（RV6 パラシュート投下試験）で確認している。それにより、フライトピンはパ

ラシュートで降下した際に機能するもののため、今回は放出後に手動で操作した。

- 狭い屋外（大学内道路上）で実施せざるを得なかったため、適宜機体を移動して試験を継続した。

- 試験結果

- 試験の様子を以下に示す。

- ◇ 1回目

動画：

[https://drive.google.com/file/d/1zjZwZ3n0YVOJuqAlhzArm3FeJaI-q\\_vL/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1zjZwZ3n0YVOJuqAlhzArm3FeJaI-q_vL/view?usp=sharing)

※動画内では「物資モジュール投射に失敗」とナレーションしているが、物資モジュールが機体から離れているため投射成功といえる。

※雨天のため室内で実施。

制御履歴：

[https://drive.google.com/drive/folders/1\\_GsTNtiO6QFqjTK1cGdTDPBWNDLVvtWK?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1_GsTNtiO6QFqjTK1cGdTDPBWNDLVvtWK?usp=drive_link)

- ◇ 2回目

動画：

<https://drive.google.com/drive/folders/18BA3cX698ZEbmptBfYhb8sawQ8glpe3a>

制御履歴：

[https://drive.google.com/drive/folders/1UQkWFdsnyJe0lOUJiyOnm48\\_nlO2pHAf?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1UQkWFdsnyJe0lOUJiyOnm48_nlO2pHAf?usp=drive_link)

(制御履歴のフォルダ内の「imgs」は試験内で機体が撮影している画像である。)

表 5.15.1 EtoE 試験結果

サクセス クライテリア	ステ ート	内容	1 回目	2 回目
準備	1	センサ起動	0:00~	0:00~
		キャリア搭載		
ミニマム	2	放出判定	1:30~ パラシュート分離 後回転機構試運転実施	1:57~ パラシュート分 離後回転機構試運転実施 機体が反転していたもの の、正常な方向に立て直 した
	3	着地判定		
	4	パラシュート分 離 回転機構試運転		

ミドル	5	受け止めモジュール投射 色認識/ArUco マーカ判定による投射成功確認	1:53~ 受け止めモジュール投射	2:15~ 受け止めモジュール投射
フル	6	物資モジュール 投射経路計画 投射位置移動 回転機構にて微調整	2:22~ 今回は回転機構で調整しなくても正確な方向で投射ができたためすぐに次のステートに移っている	4:57~ ArUco マーカにて受け止めモジュールの正確な位置を確認し、物資モジュール投射位置を決定、その場所に移動
	7	物資モジュール 投射	2:26~ 物資モジュール投射	7:09~ 物資モジュール投射 (物資モジュールが画角から外れてしまっているが、7:23 に動画右上に写っているのが物資モジュールである。)
	8	投射成功確認	2:54~ 投射成功確認のための写真撮影を行っている。受け止めモジュールを中心に近づきながら撮影している。 2:58~ 下がりながら撮影	7:39~ 同左 8:03~ 同左
アドバンスド	9	ゴールに向かって走行	3:10~ 室内のため GPS が取得できていないが、設定した方向に向かって走る。	8:13~ GPS で設定したゴールの方向に向かって走る。

- 図 5.15.1 は、ミニマムサクセスである、回転機構試運転の結果の 1 例である。このように、機体に取り付けられたカメラによって取得できる画像が変化していることから回転機構が回っていることが確認できる。今回では画像左側の建物に着目すると変化していることが明確である。全 EtoE において制御履歴内の「imgs」のファイル内の「left\_i」「right\_i」の写真（回転機構が左右に首を振っているときの画像）を確認することで、同様の結果を確認できる。また、この回転の回転角は回転できる最大の回転角ではない。



(a)回転機構が右に回った時



(b)回転機構が左に回った時

図 5.15.1 回転機構試運転の際の撮影の様子 (2 回目)

- 図 5.15.2 は機体に搭載されたカメラで撮影した画像の 1 つである。同じく制御履歴内の「imgs」のファイル内に入っている。色認識によって、赤い部分を検知し、検知した部分を赤く囲むことができていることが確認できる。



図 5.15.2 カメラにて色認識をしていることが確認できる画像 (2 回目)

- 各回の特筆事項を以下に述べる。
- 1 回目：
  - ◇ フルサクセスの投射まで完全に成功したが、サクセスの基準である 15 cm 以内には投射できなかった。アドバンスドサクセスであるゴール走行も成功した。
  - ◇ 物資モジュールは受け止めモジュールから 50cm の地点に投射された。
  - ◇ 今回はタイヤや回転機構による調整をほとんど行わずに投射することができた。
- 2 回目：
  - ◇ フルサクセスの投射まで完全に成功したが、サクセスの基準である 15 cm 以内には投射できなかった。アドバンスドサクセスであるゴール走行も成功した。

- ◇ 物資モジュールは受け止めモジュールから 45cm の地点に投射された。
- ◇ 機体が反転し、分離シートが開いたときは分離シートが機体の上に覆いかぶさっていたが、脱出できている。
- ◇ 今回は放出位置よりも近かったため一度距離をとり、もう一度色認識および ArUco マーカにて受け止めモジュールの位置を確認し、そこから近づいて投射を行っている。
- ◇ GPS で設定したゴールの方向に向かって走っている。場所の都合で今回は途中で機体を持ち上げている。機体を逆向きに置いてもゴール方向に向かっていることが確認できる。

➤ 2 回の反省点としては以下があげられる。

- ◇ 物資モジュールの投射が安定していない。これにより、フルサクセスが成功しない。
  - ばねの長さ、種類、投射機構の手で作っている部分の個体差に合わせた投射位置のパラメータ調整が行えていないことが原因である。試行ごとに破損などで一部交換などをして行っているが、パラメータ調整が逐次行えていないため逐次的なアルゴリズムの変更も必要であると考えられる。
  - 抵抗とテグスの位置関係を押し付けられる形に変更するという構造的な改善も考えられる。
  - 機体の角度の考慮も必要であると考えられるため、機体姿勢を考慮したアルゴリズムも作っていく必要があると考える。
- ◇ 探索時間が長いことがある。
  - モジュールが機体近傍に落下した場合、カメラの画角内にモジュールが写らない。コード上では、画角内に見当たらない場合にその場回転を実施している。しかし、近傍にある場合はその場回転しても見当たらないため、ある一定回数その場回転して探索したら前進/後退するという対応策が考えられる。

● 結論

- レギュレーション充足・ミニマムサクセス～フルサクセスの物資モジュール投射までの実現性を 2 回の試行を通じて確認した。
- 投射精度に関しては課題が残った。複数回実施しても同じ方向・距離で投射可能であるように機構を検討するとともに、個体差を考慮したアルゴリズムを組んでいく必要がある。
- 路面形状や風などより環境要因を変化させたうえでのミッション遂行性能を確認する必要がある。走破性試験等を通じ様々な環境要素での検証を行っているが、引き続き

調整と改善を続ける。

## CRV2 制御履歴レポート作成試験

- 目的
  - CanSat の制御履歴が入手可能であることを確認する。
- 試験内容
  - CanSat 本体に保存される制御履歴を確認し、動作の判定根拠および実行結果が記録されていることを確認する。
- 試験結果
  - 検証する制御履歴を以下リンクに掲載する。

- 制御履歴：

(元データ)

[https://drive.google.com/file/d/1PEKW\\_D2tcZ8kut40-BID3cjzmBua0J-Z/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1PEKW_D2tcZ8kut40-BID3cjzmBua0J-Z/view?usp=drive_link)

(説明付き制御履歴)

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1EJAjhUv5KhnfxlWNNK2dtXq4QjnS7FvR9aRA7\\_p8PAU/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1EJAjhUv5KhnfxlWNNK2dtXq4QjnS7FvR9aRA7_p8PAU/edit?usp=sharing)

◇ 制御履歴の一例

state	time	GPS	加速度	コンパス	気圧	カメラ画像 取得枚数	機体の詳細な動き	モーターの出力
state:3 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:45:48	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: 0.383 ay:-0.279 az: 0.092 q: 263.876 pressure:100891	cameraCount: 22	control_log1: --- control_log2: ---	rv: 999 lv: 999		
state:3 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:45:49	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: -0.177 ay:-0.053 az: 0.072 q: 265.5 pressure:100896	cameraCount: 23	control_log1: --- control_log2: ---	rv: 999 lv: 999		
state:4 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:45:52	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: -0.244 ay: 0.05 az: -0.038 q: 41.188 pressure:100899	cameraCount: 24	control_log1: --- control_log2: ---	rv: 999 lv: 999		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:04	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: 0.001 ay: 0.0 az: 0.0 q: 39.25 pressure:100881	cameraCount: 24	control_log1: --- control_log2: ---	rv: 999 lv: 999		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:05	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: -0.164 ay:-0.027 az: -0.02 q: 30.0 pressure:100886	cameraCount: 25	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:06	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: 0.028 ay:-0.191 az: 0.018 q: 9.125 pressure:100892	cameraCount: 26	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:08	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: 0.008 ay:-0.002 az: 0.068 q: 350.825 pressure:100890	cameraCount: 27	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:09	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: -0.053 ay:-0.05 az: -0.021 q: 330.884 pressure:100893	cameraCount: 28	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:10	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: 0.017 ay: -0.13 az: 0.029 q: 310.0 pressure:100887	cameraCount: 29	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:12	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: 0.36 ay:-0.041 az: -0.011 q: 288.688 pressure:100892	cameraCount: 30	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:13	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: -0.299 ay: 0.043 az: 0.084 q: 287.374 pressure:100900	cameraCount: 31	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:14	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: -0.124 ay: 0.097 az: 0.242 q: 246.317 pressure:100903	cameraCount: 32	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:16	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: -0.149 ay: 0.096 az: 0.061 q: 229.825 pressure:100899	cameraCount: 33	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:17	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: 0.123 ay:-0.071 az: -0.008 q: 236.25 pressure:100898	cameraCount: 34	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		
state:5 releasing_state:1 closing_state:1	Time:06:46:18	Lat:0.000000000 Lon:-0.000000000	ax: 0.068 ay:-0.059 az: 0.038 q: 184.125 pressure:100895	cameraCount: 35	control_log1: explore_control log2: turn	eft_rv: 70 lv: -70		

図 5.16.1 制御履歴の一例

※「モータの出力」はモータの速度が 0 の場合に 999 と出力される。

1 6 16111ffaa

- ステート部分は以下の状態を表している。
  - ◇ state0：センサ類のセットアップ
  - ◇ state1：ボイド管から機体が放出されたことの確認
  - ◇ state2：Time, 加速度, 気圧の値を用いた機体の着陸判定
  - ◇ state3：パラシュートの分離とカメラ画像を用いたパラシュートの回避
  - ◇ state4：受け止めモジュールの放出
  - ◇ state5：カメラ画像を用いた物資モジュール投射位置までの移動
  - ◇ releasing\_state1：物資モジュール投射位置までの接近
  - ◇ releasing\_state2：機体の位置や投射機構の角度の微調整
  - ◇ releasing\_state3：物資モジュールの投射
  - ◇ state6：物資モジュール正確投射の成功判定
  - ◇ closing\_state1：物資モジュール投射位置までの接近
  - ◇ closing\_state2：機体の位置や投射機構の角度の微調整

◇ state7 : GPS 走行

➤ 取得した画像 :

[https://drive.google.com/drive/folders/1mnJararoXPDot3mG226FNUeisN7dFuiM?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1mnJararoXPDot3mG226FNUeisN7dFuiM?usp=drive_link)

◇ right\_1~right\_5 および left\_6~left\_11 は, ミニマムサクセスである回転機構試運転の際に撮影している画像である.

◇ それ以外の「mission\_」という画像は, ミッション中に色認識や ArUco マーカ認識のために撮影している画像である.

◇ 各時刻でセンサの値やカメラの画像を取得して正しくステートが移行できていること, ステートに応じた制御によってモータの出力が変化していることが確認できる.

- 結論

➤ 必要事項が記載され, 制御の意思決定過程およびその判断基準データが記録できていることが確認された.

### CRV3 地上局記録試験

- 目的

➤ 地上局へ情報を正確に伝達可能であることを確認する. GPS センサによって, 時刻・緯度・経度を取得でき, これらの情報を地上局に送ることができる仕組みとなっている. この仕組みが正常に作動するのか確認するための試験である. 東経西経識別できる変数になっている.

- 試験内容

➤ GPS センサの値を地上局へ正確に送信可能であるのか確認する.

- 試験結果

➤ 試験の様子を以下に示す.

➤ 画面左側が地上局の受信コンソールであり, 定期的に情報を受信できていることが分かる.

➤ 1回目 :

[https://drive.google.com/file/d/1z1a8FspIkqxC1N2TgIs4r9MQGsNNzEe6/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1z1a8FspIkqxC1N2TgIs4r9MQGsNNzEe6/view?usp=drive_link)

◇ 実験条件の説明 : 0:00 ~ 1:26

➤ 2回目 :

[https://drive.google.com/file/d/1\\_P084khpL5PKa6qi32Tsbq00bJhVTAE8/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1_P084khpL5PKa6qi32Tsbq00bJhVTAE8/view?usp=drive_link)

◇ 実験条件の説明 : 0:00 ~ 1:33

- 結論

➤ 地上局へ情報を適切に送信できたことが確認できた.

## CRV4 SD カード記録試験

- 目的
  - SD カードに機体のセンサ履歴が残されていることを確認する。なお、制御履歴については V32 にて検証する。
- 試験内容
  - 機体を走行させた際に必ず txt 形式でセンサ値を記録できていることを確認する。
- 試験結果
  - 記録しているデータの一例を示す。

```
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦  
0,state:0,Time:08:18:30,Lat:35.55753167,Lng:-139.65303167,ax: 0.304,ay: -0.29,az: 0.647,q: 0.0,pressure:100973,cameraCount: 0  
0,state:0,Time:08:18:30,Lat:35.55753167,Lng:-139.65303167,ax: 0.091,ay:-0.083,az: 0.25,q:335.688,pressure:100975,cameraCount: 0  
0,state:0,Time:08:18:31,Lat:35.55753500,Lng:-139.65302833,ax: 0.019,ay: 0.0,az:-0.209,q:333.875,pressure:100973,cameraCount: 0  
0,state:0,Time:08:18:31,Lat:35.55753500,Lng:-139.65302833,ax: -0.12,ay: 0.111,az:-0.087,q:335.812,pressure:100980,cameraCount: 0  
0,state:0,Time:08:18:32,Lat:35.55753667,Lng:-139.65302833,ax:-0.173,ay:-0.106,az:-0.213,q:340.75,pressure:100981,cameraCount: 0  
0,state:0,Time:08:18:32,Lat:35.55753667,Lng:-139.65302833,ax:36.141,ay:-0.106,az:-0.168,q:348.188,pressure:100977,cameraCount: 0
```

図 5.17.1 記録データの一部

- ① 開始時刻からの経過時間[ms]
  - ② ステート番号
  - ③ 現在時刻
  - ④ 緯度・経度
  - ⑤ 加速度センサ (x, y, z, q)
  - ⑥ 気圧
  - ⑦ カメラ累計撮影枚数
- 上記データを以下のリンクに掲載する。
    - ◇ [https://drive.google.com/file/d/1q8wLZ8t962EgEak--DIpLav1eOxuHvsi/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1q8wLZ8t962EgEak--DIpLav1eOxuHvsi/view?usp=drive_link)
- 結論
    - SD カードに機体のセンサ履歴が残されていることを確認できた。

## CRV5 センサ統合試験

- 目的
  - GPS センサ, 加速度センサ, 気圧センサ, 無線通信モジュール, モータを統合したときに正しく動作することを確認する。

- 試験内容
  - 機体に搭載している全てのセンサの値を定期的を取得し、画面出力にて確認する。これを2回繰り返す。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 1回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1z1a8FspIkqxClN2TgIs4r9MQGsNNzEe6/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1z1a8FspIkqxClN2TgIs4r9MQGsNNzEe6/view?usp=drive_link)
  - 2回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1\\_P084khpL5PKa6qi32Tsbq00bJhVTAE8/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1_P084khpL5PKa6qi32Tsbq00bJhVTAE8/view?usp=drive_link)
    - ◇ 動画内で9軸センサ試験も行っているが、コンパスセンサの確認が十分にできていなかったため9軸センサ試験のみ別途で実施した。
- 結論
  - 全てのセンサが正常に動作したことを確認できた。

## 第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験

### MV1 パラシュート分離試験

- 目的
  - 焼き切りにより機体からパラシュートおよびシートを分離できることを確認する。
- 試験内容
  - 焼き切りを行うことにより、機体が正転（正常に上を向いている）、横転（タイヤ面を下に立っている）および反転（下板が上に向いている）の3つのすべての状態においてパラシュートおよびシートを分離できることを確認する。
- 試験結果
  - 結果の様子を以下に示す。
  - 正転1回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1Xsfeen7jmI6nRTitLsBtt6EJi9\\_6rFqp/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1Xsfeen7jmI6nRTitLsBtt6EJi9_6rFqp/view?usp=drive_link)
  - 正転2回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1Jl4oemvVFfa5PocPTeLiVq9GqZS-QecrM/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1Jl4oemvVFfa5PocPTeLiVq9GqZS-QecrM/view?usp=drive_link)
  - 横転1回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1vK70V7zCWmmwb65MeDewTnskiUGNbwY5/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1vK70V7zCWmmwb65MeDewTnskiUGNbwY5/view?usp=drive_link)
  - 横転2回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1JyarWsovEC5TNRGF\\_HAPXO\\_ZhjmOIIt5J/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1JyarWsovEC5TNRGF_HAPXO_ZhjmOIIt5J/view?usp=drive_link)

=drive\_link

- 反転 1 回目:

[https://drive.google.com/file/d/19sPXNJ8L11924LHTiOxEQ9MUim-JyQOO/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/19sPXNJ8L11924LHTiOxEQ9MUim-JyQOO/view?usp=drive_link)

- 反転 2 回目

[https://drive.google.com/file/d/1qdmGCUHkmXC8TDeOVSCYLPxALr1yTfg2/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1qdmGCUHkmXC8TDeOVSCYLPxALr1yTfg2/view?usp=drive_link)

- 結論

- 上記いずれの場合にも正常な走行に復帰できていることから、パラシュート分離に関して十分な実行可能性を有していると考えられる。

## MV2 カメラ撮影試験

- 目的

- ミッションで使用するカメラが回転機構を回転させても正常に撮影を行い、保存を実行可能であることを確認する。

- 試験内容

- AR マーカの位置に応じてサーボモータを制御し、カメラで撮影しながら画角の中心になるようにカメラの方向を調整できることを確認する。

- 試験結果

- 試験の様子を以下に示す。

- 1 回目:

[https://drive.google.com/file/d/1ODhB5vPc\\_SocKBfkNE-R6B0QAQBDreh6/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1ODhB5vPc_SocKBfkNE-R6B0QAQBDreh6/view?usp=drive_link)

- 2 回目:

[https://drive.google.com/file/d/11zbe5JzsD4dXjeQXi3YOym9Y2Uonop1r/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/11zbe5JzsD4dXjeQXi3YOym9Y2Uonop1r/view?usp=drive_link)

- 結論

- サーボモータを動かしながら、カメラ撮影を行うことができた。

## MV3 前方パラシュート検知試験

- 目的

- 機体が走行する際に、パラシュートが進路方向にあるか否かを確認し、あると判明した場合にはパラシュートを回避して走行を続けることを目的とする。

- 試験内容

- 走行中にパラシュートを機体前方に落とす。その際に機体がパラシュートを色認識によって識別し、回避する動作が選択されていることを確認する。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 1回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/143MgkYZUCv\\_XNi2tsf5WfzO-xHinwS8x/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/143MgkYZUCv_XNi2tsf5WfzO-xHinwS8x/view?usp=drive_link)
  - 2回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1Rz-4q2xZdwGcdJk3qakJHQQwzhBEXxto/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1Rz-4q2xZdwGcdJk3qakJHQQwzhBEXxto/view?usp=drive_link)
- 結論
  - 進路方向のパラシュートを検出し、これを回避した方向に進行可能であることを確認できた。

#### MV4 姿勢変更・保持試験

- 目的
  - 着地したときの機体の姿勢に関係なく、正常な姿勢（回路基板が上空を向く姿勢）になるよう、機体がタイヤを回転させて姿勢を変更できることを確認する。
- 試験内容
  - 初期状態が横転、反転の場合を用意する。この状態からタイヤを回転させて正常な姿勢に戻ることを確認する。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 横転1回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1n\\_\\_PeWMBP4tFwFeiRdlVkysYNzXpt9Z0/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1n__PeWMBP4tFwFeiRdlVkysYNzXpt9Z0/view?usp=drive_link)
  - 横転2回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1i7lVYEQn9JALoWD65YNZwljeSJcxUyzt/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1i7lVYEQn9JALoWD65YNZwljeSJcxUyzt/view?usp=drive_link)
  - 反転1回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1lX8FvDfhPOyyP8MXpma7ma6431panX5E/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1lX8FvDfhPOyyP8MXpma7ma6431panX5E/view?usp=drive_link)
  - 反転2回目：
    - [https://drive.google.com/file/d/1qbgz3\\_Nmc3qyCLtGUCryM35pAtEN-t5t/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1qbgz3_Nmc3qyCLtGUCryM35pAtEN-t5t/view?usp=drive_link)
- 結論

- 機体の姿勢が走行に不適切であった場合にも、タイヤの回転させることで正常な走行姿勢に変更できることを確認できた

## MV5 走破性試験

- 目的
  - 機体が走行のために必要な走破性能を有することを確認する。
- 試験内容
  - 機体が段差に対して、乗り越えることができるのか確認する。また、草地で走らせること試験の様子を以下に示す。草丈および轍を想定した障壁の高さについては昨年度の現地確認結果より設定した。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 草地 1 回目(草丈 10~20cm):  
[https://drive.google.com/file/d/1SSdjEmmVTgc\\_49goV2e0y6W8GYuzEhZY/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1SSdjEmmVTgc_49goV2e0y6W8GYuzEhZY/view?usp=sharing)
  - 草地 2 回目(草丈 10~20cm):  
[https://drive.google.com/file/d/1QUszpf9Va\\_C--YzTH7M3Z\\_4fh9cYRUqn/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1QUszpf9Va_C--YzTH7M3Z_4fh9cYRUqn/view?usp=sharing)
  - 障壁 1 回目(8cm):  
[https://drive.google.com/file/d/1vNS95b071V5tRq0\\_cegHdFjlXLBjJ85t/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1vNS95b071V5tRq0_cegHdFjlXLBjJ85t/view?usp=sharing)
  - 障壁 2 回目(8cm):  
<https://drive.google.com/file/d/1DETCZny3FXgLZHNzzK65dNjqlL6ziVAn/view?usp=sharing>
- 結論
  - 想定される轍及び草地環境において十分な走破性を有することを確認する。

## MV6 スタック検知試験

- 目的
  - 機体が障害物などによって進行が不可能なスタック状態になった際に、これを検知し、その状態から脱出することを確認する。
- 試験内容
  - 機体の進行方向に壁を置くことでスタック状態を生み出す。機体に取り付けられた加速度センサ情報によりスタック状態を検知できるか確認する。
- 試験結果

- 試験の様子を以下に示す.
- 1回目：
  - <https://drive.google.com/file/d/1r3sXbTiqpDTExnLTJuYfiKJ8BuQZClGc/view?usp=sharing>
- 2回目：
  - [https://drive.google.com/file/d/1gqi3l1RN6vt39gCOMwXcz9JteeRWfKfN/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1gqi3l1RN6vt39gCOMwXcz9JteeRWfKfN/view?usp=drive_link)
- 結論
  - 機体がスタックを検知し，脱出可能であることを確認した.

## MV7 回転機構試験

- 目的
  - 回転機構がプログラムにおける指示通りの角度で回転することを確認する.
- 試験内容
  - 90度，30度，0度それぞれの回転の指示を出す．方位磁針を用い，指示した角度で正確に回転しているのか確認する.
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す.
  - 1回目
    - [https://drive.google.com/file/d/1MlL7aFa1hNHVUyqqN0yDC29vPUTrczT4/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1MlL7aFa1hNHVUyqqN0yDC29vPUTrczT4/view?usp=drive_link)
  - 2回目
    - [https://drive.google.com/file/d/1x1GY0jTxflW4zw1seh29-w6sKT9R41tb/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1x1GY0jTxflW4zw1seh29-w6sKT9R41tb/view?usp=drive_link)
  - 以下の角度で回転した.

表 5.7.1 指令地と実際の回転角度

指令値	90度	30度	0度
1回目	90度	30度	0度
2回目	90度	30度	0度

- 結論
  - 回転機構がプログラムにおける指示通りの角度で回転することを確認した.

## MV8 受け止めモジュール投射機構試験

- 目的

- 焼ききり後，投射機構が作動し，受け止めモジュールが飛ぶことおよび飛距離を確認する。
- 試験内容
  - 焼ききりの指示を送り，焼ききり実施後，投射機構から受け止めモジュールが投射される。その後，飛距離を測定する。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 1回目：飛距離 70 cm  
[https://drive.google.com/file/d/1afbaUfEx5LftWGyaIqM5sII0FbSQsjeO/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1afbaUfEx5LftWGyaIqM5sII0FbSQsjeO/view?usp=drive_link)
  - 2回目：飛距離 70 cm  
[https://drive.google.com/file/d/1ebTNlj3lwywveDl1TytflmFBB17pzlWO/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1ebTNlj3lwywveDl1TytflmFBB17pzlWO/view?usp=drive_link)
- 結論
  - 受け止めモジュール投射機構が，機体の指示によって正常に作動することを確認した。

## MV9 物資モジュール投射機構試験

- 目的
  - 焼ききり後，投射機構が作動し，物資モジュールが飛ぶことおよび飛距離を確認する。
- 試験内容
  - 焼ききりの指示を送り，焼ききり実施後，投射機構から物資モジュールが投射される。その後，飛距離を測定する。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 投射後に跳ねるため，最初に地面に落ちた場所を着地位置，跳ねてから最終的に止まった場所を最終地として距離を測定した。

表 5.9.1 物資モジュール投射機構試験結果

試行回数	最終地との距離	着地位置との距離	試験動画リンク
1	50	50	<a href="https://drive.google.com/file/d/1cooG5lMJju2PXc5DiGWUiijjDt2SaDXzj/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1cooG5lMJju2PXc5DiGWUiijjDt2SaDXzj/view?usp=drive_link</a>
2	94	50	<a href="https://drive.google.com/file/d/1eFqjnPXmjUxeuobSU_L04tOrIOtm-snG/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1eFqjnPXmjUxeuobSU_L04tOrIOtm-snG/view?usp=drive_link</a>
3	30	30	<a href="https://drive.google.com/file/d/1bybPxVg4tb0PBZiCuE0gLdTIKXxhAv_O/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1bybPxVg4tb0PBZiCuE0gLdTIKXxhAv_O/view?usp=drive_link</a>

4	34	20	<a href="https://drive.google.com/file/d/1t6LH2JDfMqQ9AdsPguw-kxRszirJG-MZ/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1t6LH2JDfMqQ9AdsPguw-kxRszirJG-MZ/view?usp=drive_link</a>
5	52	44	<a href="https://drive.google.com/file/d/1vS7Uqw2qRVptBzIFwuXudSxTedCc02fr/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1vS7Uqw2qRVptBzIFwuXudSxTedCc02fr/view?usp=drive_link</a>
6	40	30	<a href="https://drive.google.com/file/d/1idjdEOHPFZK3P7g-UvEOqZK3LN5yaMS-/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1idjdEOHPFZK3P7g-UvEOqZK3LN5yaMS-/view?usp=drive_link</a>
7	50	25	<a href="https://drive.google.com/file/d/1yV9IY3xhoDNiHAyExeJ9W4x3Tk-l4mmt/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1yV9IY3xhoDNiHAyExeJ9W4x3Tk-l4mmt/view?usp=drive_link</a>
8	63	35	<a href="https://drive.google.com/file/d/1iD0GdCWf5ptfFkZWCEYb09-G5VfYkXL3/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1iD0GdCWf5ptfFkZWCEYb09-G5VfYkXL3/view?usp=drive_link</a>
9	30	20	<a href="https://drive.google.com/file/d/17OtwVj69j-8eherDbfo3DTVexgg0FI-j/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/17OtwVj69j-8eherDbfo3DTVexgg0FI-j/view?usp=drive_link</a>
10	45	22	<a href="https://drive.google.com/file/d/19sxQfXXvDP4x4_VicHZjUO1qiIHS5QF1/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/19sxQfXXvDP4x4_VicHZjUO1qiIHS5QF1/view?usp=drive_link</a>
11	81	50	<a href="https://drive.google.com/file/d/1QIF9Wv5IChVAmny2EwfUnNzUjr4qG-Hm/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1QIF9Wv5IChVAmny2EwfUnNzUjr4qG-Hm/view?usp=drive_link</a>

- 結論
  - 物資モジュール投射機構が、機体の指示によって正常に作動することを確認した。

## MV10 投射位置移動試験

- 目的
  - 物資モジュール目標投射位置よりも機体が近い位置、遠い位置どちらにいても所望の位置まで位置合わせが可能なことを確認する。
- 試験内容
  - 既定の目標投射位置から近い位置、遠い位置を初期姿勢として設置する。その後機体が受け止めモジュール（動画中で青のモジュール）を色認識と ArUco マーカを用いて探索し、既定の距離（試験では 40cm と家庭）まで接近させる。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 近傍：
[https://drive.google.com/file/d/1r78m\\_rsUelsRml87yeEeLJyIm1R55skd/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1r78m_rsUelsRml87yeEeLJyIm1R55skd/view?usp=drive_link)
  - 遠方：
[https://drive.google.com/file/d/1chHkWhhXAVOXfdUszOS\\_5zUNye1bfCkF/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1chHkWhhXAVOXfdUszOS_5zUNye1bfCkF/view?usp=drive_link)
- 結論

- 初期状態がどのようなであっても、物資モジュール目標投射位置に色認識と ArUco マーカーを利用して移動可能であることを確認した。

## MV11 フライトピン引抜試験

- 目的
  - パラシュートが展開したことを検知するためのフライトピンの引き抜きを機体が認識できることを確認する。
- 試験内容
  - パラシュートと繋がったフライトピンを機体に刺した状態から始める。次にフライトピンを引き抜き、電圧の変動を機体が認識することを確認する。
- 試験結果
  - 試験の様子を以下に示す。
  - 1回目：  
[https://drive.google.com/file/d/1tZlvz1HgHZb8C2Thus4V\\_xMdqdJuUK0Q/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1tZlvz1HgHZb8C2Thus4V_xMdqdJuUK0Q/view?usp=drive_link)
  - 2回目：  
[https://drive.google.com/file/d/1tA4OR0JRxpX5VXlZz8x577c4EUgvn9Ts/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1tA4OR0JRxpX5VXlZz8x577c4EUgvn9Ts/view?usp=drive_link)
- 結論
  - 機体はフライトピンの引き抜きを正しく認識できた。よって、機体は空中でパラシュートが展開したことを認識することが可能である。

## 第6章 工程管理

図 6.1 に全体のスケジュール像および図 6.2 に試験のスケジュールを示す。試験実施日は締め切り日より最低3日早く終わらせることを目標とすることで予備日を設けている。各試験に担当を決め、プロジェクトマネージャーが決めた期間内で各自が日程を決めて実施することとなっている。

余裕をもったスケジュールにすることで、開発が遅れてもリカバリーできるようにしている。7/15 の週より大学の試験が始まるため、それまでに開発が終了するようにスケジュールを組んでいる。試験後から大会までは微調整のみで済むようになっている。また、ハードウェア/ソフトウェア両方の開発が同じ進捗で進み、全員が両方を理解して開発できるように週に1度全員で進捗報告のMTGを開催している。また、ミッションを細かく刻み、小目標用試験をオリジナルで設けることで、その試験の実施日を目標にハードウェア/ソフトウェアの開発を行い、チーム全体の進捗を管理している。



図 6.1 スケジュール全体像

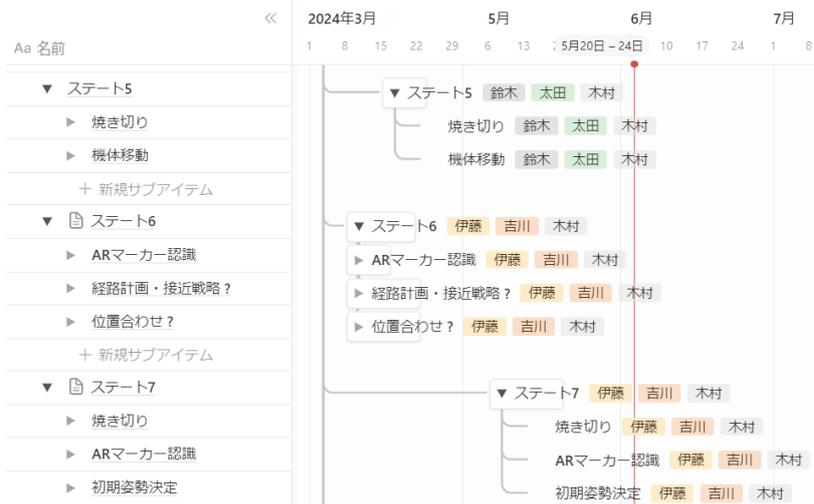
分類	昨年度有	タスク	担当(責)	担当	担当	試験目標	締め切り
試験	有	[02-01-01] 質量試験	吉野	神谷		6/24	7/1
試験	有	[02-01-02] 機体の収納・放出試験	吉野	神谷		6/24	7/1
試験	有	[02-01-03] 準静的荷重試験	木村	坂本		6/24	7/1
試験	有	[02-01-04] 振動試験	吉野	伊藤	神谷	6/24	7/1
試験	有	[02-01-05] 分離(パラシュート開傘) 衝撃試験	古山	坂本		6/18	6/24
試験	有	[02-01-06] パラシュート投下試験	古山	坂本		6/18	6/24
試験	無	[02-01-07] 落下分散に関する安全性評価	木村	吉野		6/24	7/1
試験	有	[02-01-08] 着地衝撃試験	古山	坂本		6/24	7/1
試験	有	[02-01-09] 無線ON/OFF試験	太田			6/18	6/24
試験	有	[02-01-10] 無線CH変更試験	太田			6/18	6/24
試験	有	[02-01-11] 通信距離試験	太田			6/18	6/24
試験	有	[02-01-12] 地上局記録試験	太田			6/18	6/24
試験	有	[02-01-13] SDカード記録試験	太田			6/18	6/24
試験	有	[02-01-14] GPSセンサ精度試験	木村	吉川	太田	6/18	6/24
試験	有	[02-01-15] 9軸センサ試験	木村	吉川		6/18	6/24
試験	有	[02-01-16] センサ統合試験	太田	吉川		6/18	6/24
試験	有	[02-01-17] 電池試験	太田	伊藤		6/18	6/24
試験	有	[02-01-18] パラシュート分離試験	鈴木	木村		6/24	7/1
試験	無	[02-01-19] カメラ撮影試験	太田	伊藤		6/24	7/1
試験	有	[02-01-20] 前方パラシュート検知試験	鈴木	伊藤		6/24	7/1
試験	有	[02-01-21] 姿勢変更・保持試験	鈴木	木村		6/24	7/1
試験	有	[02-01-22] 走破性試験	古山	吉野	伊藤	6/24	7/1
試験	有	[02-01-23] スタック検知試験	鈴木	木村		6/24	7/1
試験	無	[02-01-24] 回転機構試験	古山	神谷	木村	6/18	6/24
試験	無	[02-01-25] 受け止めモジュール投射試験	古山	坂本	吉川	6/18	6/24
試験	無	[02-01-26] 物資モジュール投射試験	古山	神谷		6/18	6/24
試験	無	[02-01-27] 投射位置移動試験	鈴木	伊藤	坂本	6/24	7/1
試験	無	[02-01-28] 正確投射試験	木村	伊藤	神谷	6/24	7/1
試験	無	[02-01-29] フライトピン/フライトピン引抜試験	鈴木	神谷		6/24	7/1
試験	有	[02-01-30] EtoE試験	吉野	古山	鈴木	7/2	7/10
試験	有	[02-01-31] 制御履歴レポート作成試験	鈴木			7/2	7/10

図 6.2 試験スケジュール

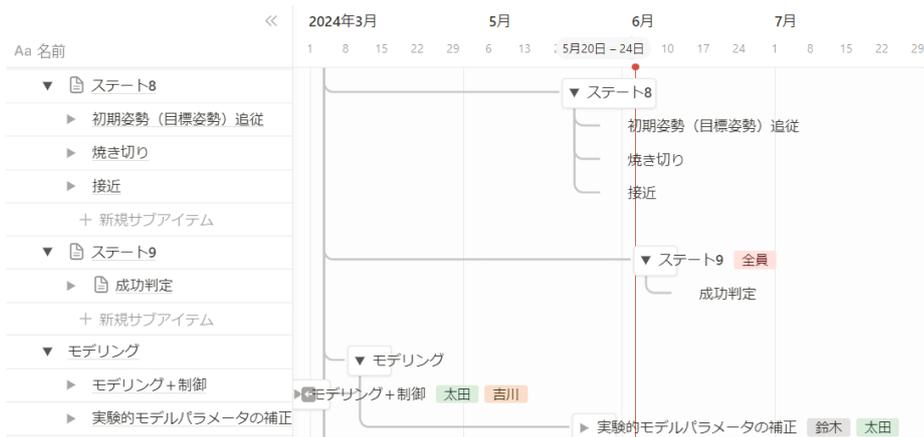
図 6.3 にソフトウェア面での開発スケジュールを示す。



(a) ステート 1~4



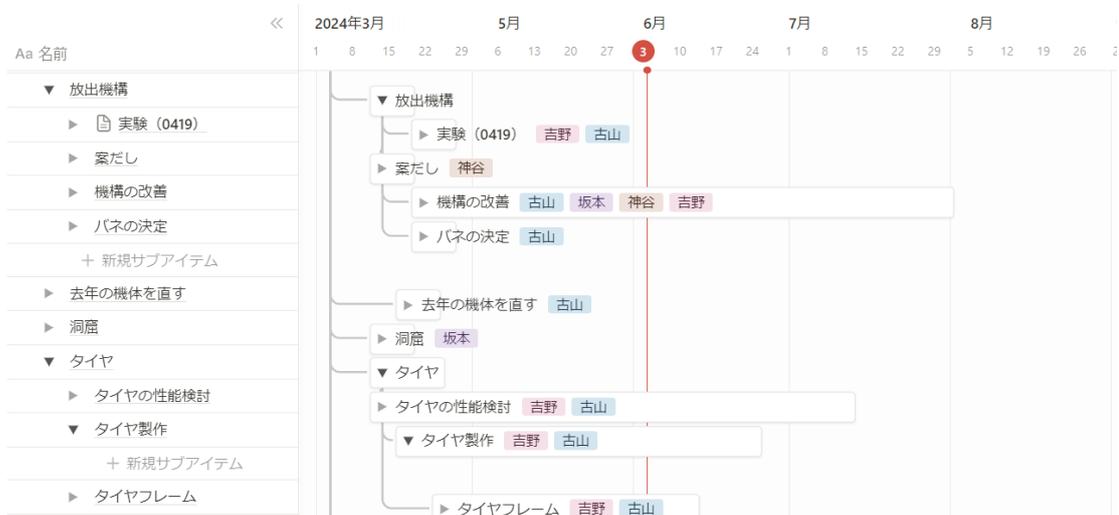
(b) ステート 5~7



(c) ステート 8~9, モデリング

図 6.3 ソフトウェア開発スケジュール

図 6.4 にハードウェアの開発スケジュールを示す.



(a) 放出機構, タイヤ



(b) モーター, フランジ, 上板下板

図 6.4 ハードウェア開発スケジュール

## 第7章 大会結果報告

### 第7.1節 目的

CanSatの開発を通じて、チーム開発および自分たちで手を動かすものづくりを体験し、学ぶ。  
ARLISS大会はCanSat活動の集大成として、開発の成果を確認する場である。

### 第7.2節 結果

#### 1回目

分離シートは開き、パラシュートと分離した状態でタイヤが片方破損しており、走行不可能な状態となっていた。分離シートが開いていたため、受け止めモジュールを投射することができた。また、分離後に回転機構の試運転も行っていたことが制御履歴から確認できた。

機体取得データ、制御履歴：

<https://drive.google.com/drive/folders/1rVAnVQmjxdn74cbj0rGqwnfHk5VLdS2?usp=sharing>  
発見時の写真：



#### 2回目

分離シートを焼き切ることができなかった。しかし、リタイア後に分離シートを開くとすべてのミッションを遂行することができた。また、分離シート内であるが回転機構の試運転も行っていたことが制御履歴から確認できた。

機体取得データ、制御履歴：

<https://drive.google.com/drive/folders/1kik3mNC1zhCGHujYXEq7lQ87VaIXmxHF?usp=sharing>  
発見時の写真：



## 第7.3節 考察

### 1回目

タイヤが片方破損するという事象は試験および昨年度大会を含めても初めてであった。タイヤ側から落下したと考えられる。タイヤが一番初めにあたり衝撃を一番受けることのないように、タイヤの端に吸収材をつけて2回目に臨んだ。落ちる角度が複数存在することを想定した試験を実施すべきであった。

### 2回目

分離シートを焼き切ることができなかったため、ミッションを行うことができなかったが、分離シート内でミニマムサクセスである回転機構試運転は行うことができていた。分離シートが分離できなかった原因は、焼き切りに使用する抵抗が誤っていたことである。前日に焼き切りの成功を確認していた。しかし、その際に誤った抵抗値であったため、当日は故障した状態となっていた。それにより、本番で焼き切りを行うことができなかった。これは、物品管理が不適切であったことが原因であり、今年度の活動開始時に物品整理を行うべきであった。

## 第8章 まとめ

### 第8.1章 工夫点・努力した点

#### ● 全体

- ミッションを考える際に、論文サーベイに時間をかけた。宇宙の文献を中心にサーベイを行い、UZUME計画など、実際のミッションを参考に整合性のある新たなミッションを考えた。
- 審査書提出後も EtoE 試験を数十回行い失敗点潰していった。
- 日々論文を書いているため、そこでの知見から論理的に書くことを意識した。

#### ● ハード班

- ミッション部門で、ミッションに必要な部品が多い中で厳しい重量・大きさの制限を満たすように工夫した。
  - ◇ バッテリー容量を確保するために、バッテリーの大きさと容量の塩梅を図った。
  - ◇ タイヤフレームの微調整を行った。
    - タイヤとそのほかの部品が当たらないようになった。
    - レギュレーションにより、機体の幅の制約がある中でも、上板のスペースを最大限確保するためなるべくタイヤを外側にずらした。
- 1機体目を試作機として、先に完成させることで、それを元に構造を直すことができた。
  - ◇ 上板の設計やサーボモータの位置は2機体目以降では改善している。
- 歯車など様々なミッションに必要な部品を自分たちで一からCADで作成した。

- ソフト班
  - 受け止めモジュールの探索方法を工夫した。
  - エラーが発生しないように、機能を付け足す際にはコードのファイルを分けて開発した。
  - ミッションの進行に合わせて、LEDを点滅させることでパソコンを確認しなくてもだれもが機体の状況を把握できるようにした。
  - カメラ座標への変換を工夫した。
  - 投射成功確率の算出を行うことで、成功するか否かの2択ではなく確率も踏まえたうえでの投射を行うことができた。
- 回路班
  - 昨年度まで問題となっていた、バッテリー切れ・ラズパイ再起動問題を起こさないようにした。

## 第8.2章 課題点

- 全体
  - ミッションを考えるうえで、研究室でやるからこそその新規性やハード・ソフト両面において新規性を出すということが課題となった。
  - スケジュール管理において、試験の実施が締め切り近くとなってしまい無理のあるスケジュールとなってしまった。
- ハード班
  - 受け止めモジュールの形を最大限の大きさにしていたが、もう少し大きくできるとミッションの成功確率が上がった。同じく、飛距離が課題となり、さらに飛距離が伸びればミッションの成功確率がさらにあがったと考えられる。
  - 回転機構の可動域が小さかったため、さらに広げることができればカメラの視認領域が上がったと考える。
  - 物資モジュール投射機構の開発において、実際にモジュールが飛ぶようになるまで時間がかかった。しかし、投射機構にはんだで接合するなど回路要素も組み込んだことが開発の糸口になった。
- ソフト班
  - ARマーカ認識および色認識に対するロバスト性が低くなってしまった。
  - 失敗の一因ともなった焼き切りの冗長性など、ステート移行に関わるハードウェア・回路的な問題に対してもソフト側で冗長性を組む必要があると考えられる。
- 回路班
  - 機体の開発において、回路班のメンバーがいない際に回路の問題が起こり、試験を行えない事例が発生していた。予定が合わない際にも多少の対応が回路班以外にもでき

るように、問題発生時のマニュアル作成や同じ部品の量産によるフォールトトレランス強化を図ることで対策できると考えられる。

- ▶ 機体製作において、部品の在庫がないことが発覚しスケジュールが押してしまったことがあった。また、新しい部品選定で質の悪いものや結果的に使用できないものを購入したりしてしまい、時間的にも金銭的にもコストがかかってしまった。今年の知見を活かし、現在の在庫管理や購入の注意事項などのガイドライン作成によって対策を講じる必要があると考えられる。

### 第 8.3 章 今後の展望

学業という、大学生の本業がある中で CanSat 活動を進めていくには両立という壁が存在すると思います。しかし、弊団体では、やることの見える化や一部の活動へシフト制を導入することにより研究と CanSat 活動の両立およびチームメンバー間の関係性を保つということを大切にしてきました。ぜひ、今後 CanSat 活動をしていく方には、学業と両立をしながらも、CanSat 活動でしか得られない学びを体得し、楽しい思い出にもしてもらえるといいと思っています。

一方で、課題も沢山あったので、今後はこれらの課題を踏まえて活動をしていくと更に上を目指せると思います。今回のチーム全体の課題としては、管理が一番にあったと感じています。管理については、物品とタスクについての 2 点があります。物品管理は予算のためにも作業効率のためにも必要なことであると考えます。昨年度からの引継ぎや審査書締め切り前などは特に物品管理がおろそかになる傾向でした。当たり前のことではありますが、今何がどこにいくつあるのかがすぐに全員がわかるようにしておくといいと思います。タスクについては、自分たちが思っている以上に早めに余裕をもって動くことの大切さを痛感しました。また、誰が何をやっているのかを活動に参加しない人もわかるようにしておくべきであったと思っています。そうすることで、無駄なく連携ができ、さらに来年度以降の参考にもなると考えます。今後、CanSat 活動をしていく方々にはぜひ私たちの経験を踏み台にしてほしいです。