

ARLISS2024大会報告書

提出日：2024年10月19日

チーム情報

CanSatチーム名	東京電機大学 TDU Space Project
CanSatチーム 代表者情報	青柳洸太郎 aoyagi_k@racing.n.dendai.ac.jp, 070-2322-8973
UNISEC団体名	TDU Space Project
UNISEC団体 学生代表	青柳洸太郎
責任教員	小平和仙 kodaira@mail.dendai.ac.jp, 049-296-5779
CanSatクラス	Open Class

メンバー

役割	氏名 (学年)
チームリーダー	青柳洸太郎 (B4)
機構製作担当	山本洋義 (B1)
機構製作担当	松永唯愛 (B1)

CanSatの製作目的・大会参加理由

最も速く走行するCanSatを開発する。
0mゴールを短時間で達成し、優勝するため。

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.....	4
第2章	システム要求.....	6
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.....	6
第2.2節	ミッションを達成するためのシステム要求.....	7
第3章	システム試験項目の設定.....	7
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.....	7
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.....	8
第4章	システム仕様.....	8
第4.1節	機体概観.....	8
第4.2節	機体機構.....	10
第4.3節	搭載機器.....	10
第5章	システム試験.....	12
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.....	12
第5.2節	ミッションを達成するためのシステム試験.....	20
第6章	工程管理.....	22
第7章	責任教員による確認.....	23

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

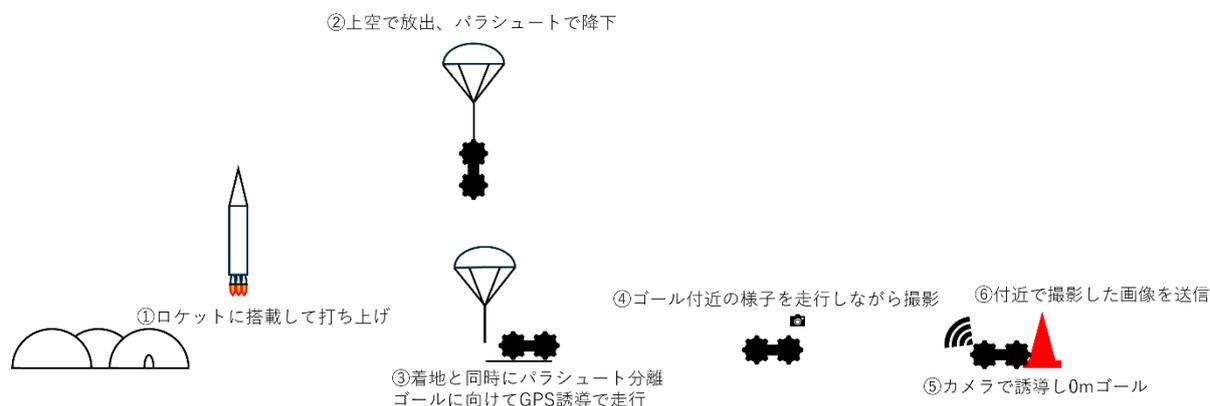
最速の移動速度を持ち、最短時間で0mゴールする、表裏の区別なく走行と通信が可能なCanSat

第1.2節 ミッション内容

ストーリー

惑星開発が進んだ時代において基地から離れた位置の探査機や補給船にトラブルが発生、通信が途絶した。付近に探査機はなく、調査には即応性が求められる。小型かつ不整地でも高速移動が可能なCanSatをロケットで打ち上げ、目標地点付近に投下、その後トラブル発生地点に最短距離で向かい、現地の情報を収集、基地に報告する。

ミッションシーケンスを以下に示す。



放出された機体はパラシュートによって減速降下し、着地と同時に分離し走行を開始する。

着地地点からゴールまで直線的に走行し、最短距離でゴールに向かう。ゴール付近ではカメラによってゴールコーンを検出、誘導を行い、0mゴールを目指す。その後ゴール地点からゴール周辺の画像を送信する。

確認できる範囲での過去の大会記録より8km/h以上を達成できれば最速であることがわかっている。

ARLISS2022およびARLISS2023の記録よりCanSatの着地地点からゴールまでの距離は以下の通りであった。

大会	打ち上げ回数	着地地点からゴールまでの距離
ARLISS2022	1回目	1.15 km
	2回目	3.42 km
ARLISS2023	1回目	1.71 km
	2回目	4.26 km

表より着地点からゴールまでの距離を最長5kmと設定し、以下のミッションを行う。

- ・打ち上げ後40分以内の0mゴール到達
- ・ゴール地点からゴールの映っている画像を送信

第1.3節 サクセスクライテリア

ミッションシーケンス及びミッション項目より以下の項目についてそれぞれサクセスクライテリアを設定する。

- ・カムバック性能について

カムバック部門の一連の流れである、打ち上げ→降下→着地→パラシュート分離→走行→ゴールに対してその達成度を評価する。

ミニマムサクセス	CanSatが着地後正常にパラシュートを分離し、ゴールの方向に向けて制御が行われる。
ミドルサクセス	CanSatがGPSによる誘導でゴールから10m以内でゴール判定を出し、停止する。
フルサクセス	CanSatが0mゴールする。
エクストラサクセス	ゴールを見逃すことなく1度目のトライで0mゴールする。

- ・通信技術について

電源投入後の機体—追跡者間における通信の安定性を評価する。機体からのデータを受信できることをミニマムサクセスとし、ミドルサクセスではロケットから機体放出後、停止までの間10秒ごとに機体位置情報を継続して受信する。ゴール後に、撮影した写真を送信し観測者が確認できることでフルサクセス達成となる。エクストラサクセスは撮影した写真を機体側で選定し、ゴールコーン周辺の環境がわかる状態の画像が送信されることとゴール地点で送信された画像を射点付近の観測者が受信できることとする。

ミニマムサクセス	放出後からゴールまでの間に1度でも機体からのデータ（制御情報や画像データなど）を受信する
ミドルサクセス	放出後から停止までの間の10秒ごとに機体の現在位置が通信によって確認できる状態で走行する
フルサクセス	ミドルサクセスに加えて、ゴール後に機体から送信されたなんらかの画像を受信できること。
エクストラサクセス1	機体が写真を選定し、ゴールコーン全体とその周囲が映った画像が送信され受信できること。
エクストラサクセス2	ゴール後に送信された画像を射点付近の観測者が受信できること。

・ 走行速度について

当チームの目標である最速でのゴールにおいて、走行速度を以下の指標によって評価する。

平均走行速度：GPSログデータからの実際の走行距離と走行時間から求める

絶対平均走行速度：着地地点からゴールまでの直線距離と走行時間から求める。

ミニマムサクセス	平均走行速度5.5km/h以上を達成する
フルサクセス	絶対平均走行速度6.7km/h以上を達成する
エクストラサクセス	絶対平均走行速度8km/h以上を達成する

・ 走行距離について

最短距離でのゴールにおいてGPSのログより走行距離を求め、着地地点から停止位置までの直線距離との比を直進度として評価値とする。

ミニマムサクセス	直進度2.0以下を達成する
ミドルサクセス	ゴールまで10m以内でゴール判定を出したうえで直進度1.7以下を達成する
フルサクセス	ミドルサクセスに加えて直進度1.5以下を達成する
エクストラサクセス	ミドルサクセスに加えて直進度1.2以下を達成する

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

番号	レギュレーションを満たすためのシステム要求
R1	CanSatは規定のサイズと質量以内でなければならない。
R2	CanSatはロケットから放出後、位置が特定できなければならない。
R3	CanSatは規定の終端速度の範囲内で降下しなければならない。
R4	CanSatは打上げ時、パラシュート開傘時の衝撃を受けた後もその機能を維持しなければならない。
R5	CanSatはロケット搭載時に無線の送波を停止しなければならない。
R6	CanSatに搭載する全ての無線機は要求に応じて周波数の変更を行えなければならない。
R7	CanSatはロケットに搭載後メンテナンスなしにミッションを維持しなければならない。
R8	CanSatはロケットに損傷を負わせる可能性のある機構や物質を搭載してはいけない。
R9	CanSatは制御されることなく着地しなければならない。
R10	CanSatは打ち上げ時の準静的荷重によって機能を損なってはならない。
R11	CanSatは着地時の衝撃によって機能を損なってはならない。

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

番号	ミッションを達成するためのシステム要求
M1	ゴール地点に設置されたコーンを検知し、0mゴールができること。
M2	40分以内に5kmの走行が可能であること。
M3	画像の送信が可能であること。
M4	轍に対して十分な走破性能を持つこと。

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

番号	試験項目名	対応するシステム要求番号	実施予定日
RV1	質量試験	R1	7/22
RV2	収納、放出試験	R1、R8	7/22
RV3	ロスト対策試験	R2	7/21
RV4	降下速度測定試験	R3、R9	7/27
RV5	開傘衝撃試験	R4	7/23
RV6	振動試験	R4	日程調整中
RV7	無線停波試験	R5	7/21
RV8	周波数変更試験	R6	7/21
RV9	準静的荷重試験	R10	7/28
RV10	着地衝撃試験	R11	7/23
RV11	End-to-End試験	R7、CR1	7/30~8/4

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	制御レポート作成試験	CR2	7/30~8/4

第3.2節 ミッションを達成するためのシステム試験項目

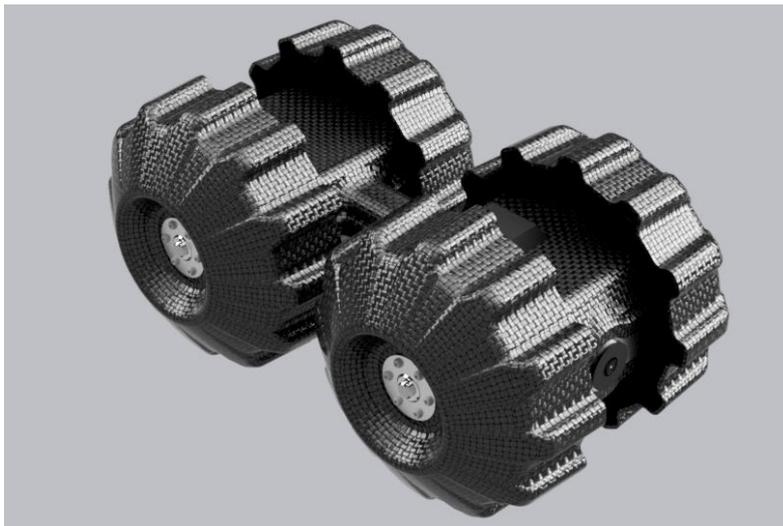
番号	試験項目名	対応するシステム要求番号	実施予定日
MV1	ゴール検出試験	M1	7/24
MV2	走行距離測定試験	M2	7/26
MV3	画像送受信試験	M3	7/25
MV4	轍走破試験	M4	7/24

第4章 システム仕様

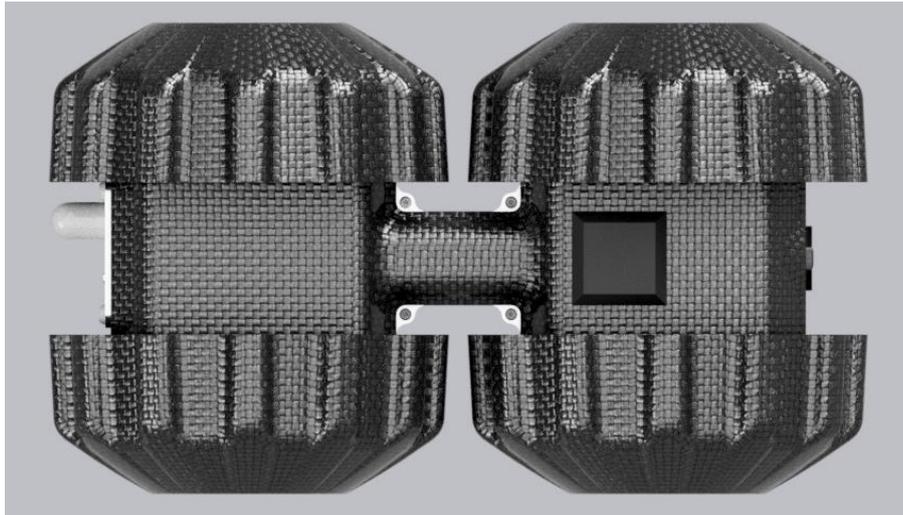
第4.1節 機体概観

直径 [mm]	144 mm
高さ [mm]	225 mm
質量 [g]	973 g

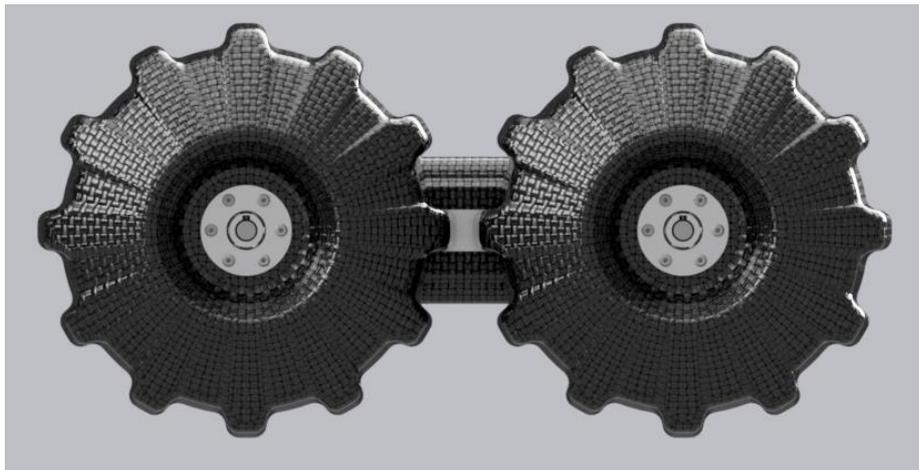
砂漠の不整地路面でスタックせず、確実なゴールを行うため、ホイールがボディを覆う四輪駆動の機体を開発する。機体外観を以下に示す。



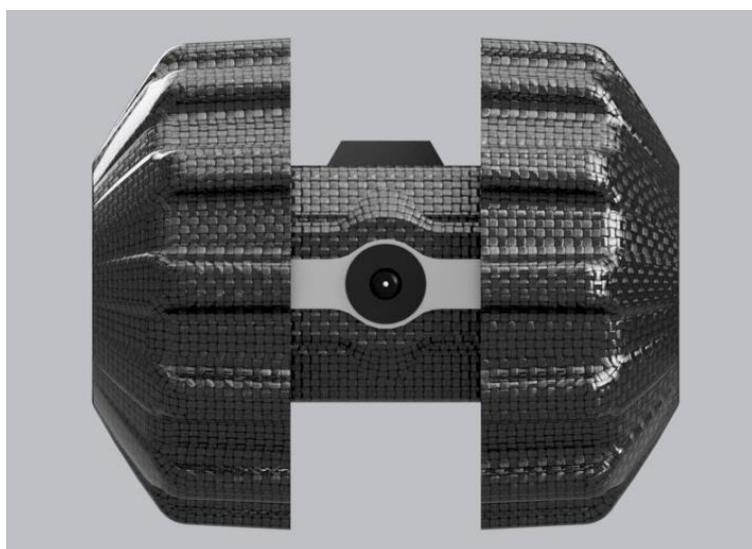
機体アイソメ図



機体上面図



機体側面図



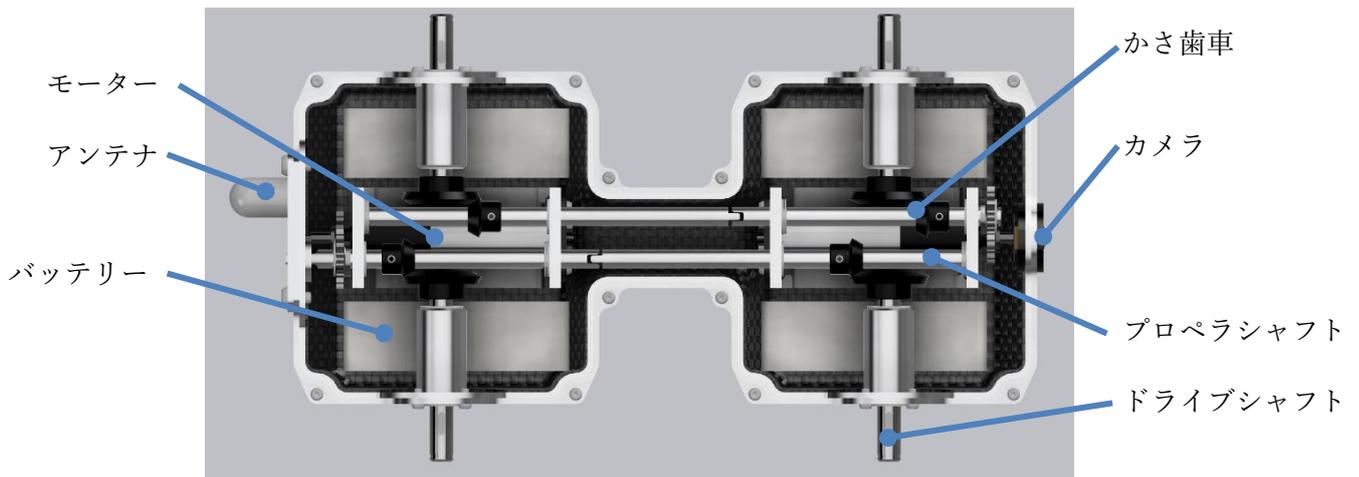
機体正面図

第4.2節 機体機構

打ち上げ時の衝撃や着地時の衝撃による破損を防ぐため、CFRPを用いた応力外皮構造をとっており、ホイールおよびボディ全体で衝撃を分散することで軽量化と高強度を両立する。

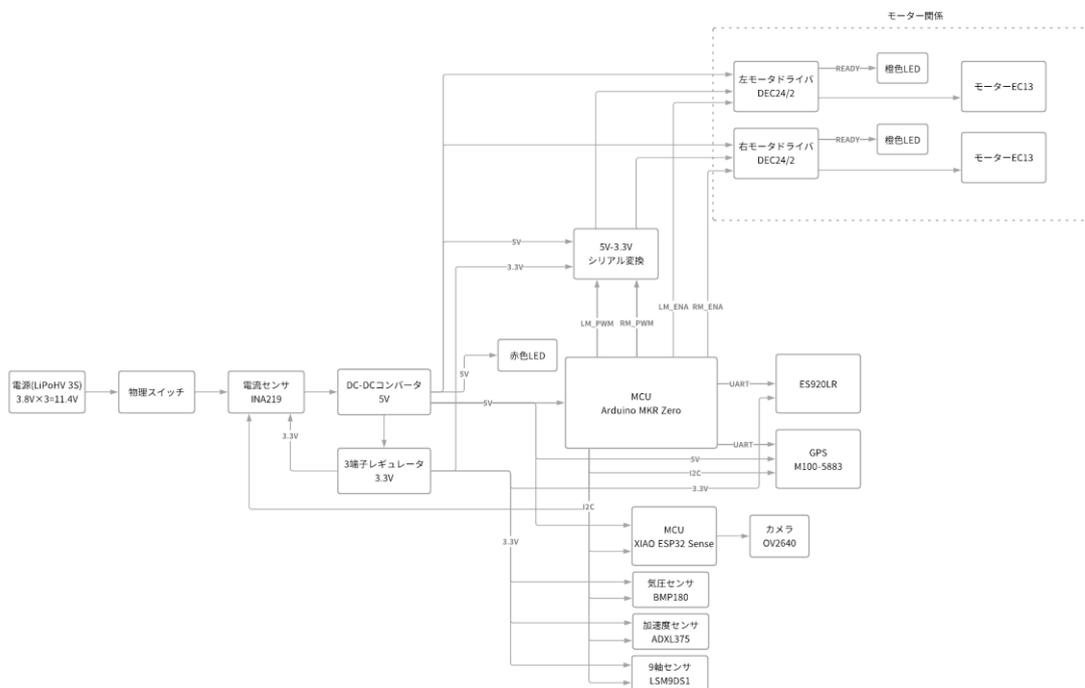
機体後部に取り付けたアンテナにより上下の区別なく通信が可能になる。フロントにカメラを搭載し、ゴール検出を行う。

走破性能向上ため四輪駆動をとっており、モーターからかさ歯車、プロペラシャフトを經由してホイールに動力が伝わる。2つのモーターで左右それぞれのホイールが制御されており、旋回は左右のホイールの回転数の差で行う。単純な構造であるため、信頼性向上と強度の向上につながっている。



第4.3節 搭載機器

機体のシステム構成図を以下に示す。



機体搭載のシステム構成図

バッテリー電源はリチウムポリマーバッテリー3セル直列である。DC-DCコンバータによって5Vと3.3Vに降圧し、センサデータの取得やモーターの制御はArduino MKR Zeroで行う。ゴールコーン検出に用いるカメラの制御はESP32 S3 Senseを利用して行い、検出結果をArduino MKR Zeroに送信する。

機体の誘導はゴールまで離れているときはGPS、近づいたときはGPSとカメラを併用して誘導する。ESP32 S3 Senseではカメラで撮影した画像をコーン(誘導目標)、ゴール(停止指示)、何も映っていない状態にそれぞれ検出し、ゴールへの誘導を行う。またコーンとゴールの差が小さいことからコーンに衝突したことを加速度センサによって検出することでより近づいた状態でゴールする。ゴール直前の画像ではなく、離れた地点で撮影し、かつコーンが映っている写真を選定することでゴールとその周辺が映った写真を選定することを行う。

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

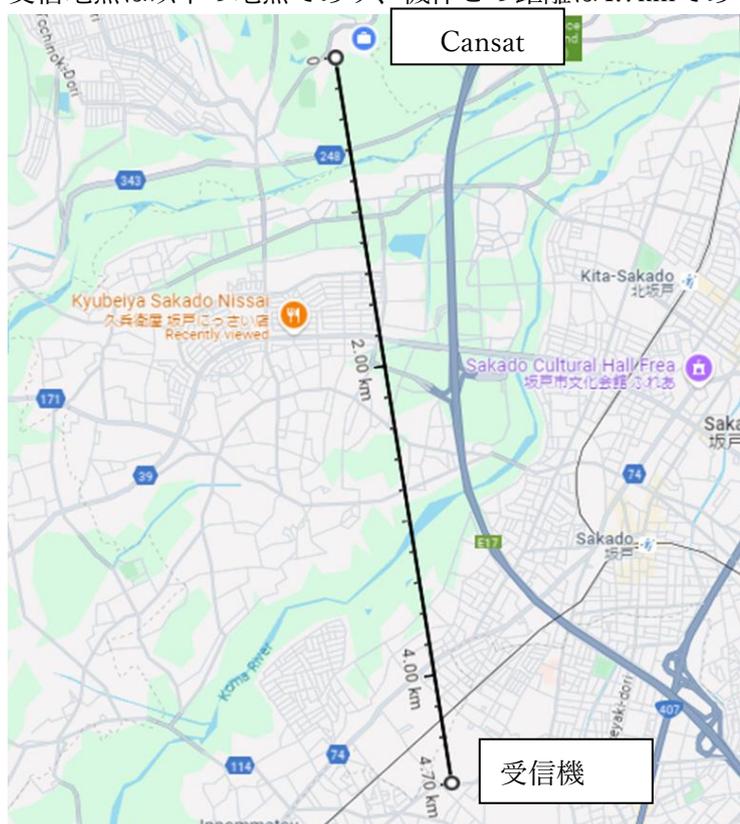
- 目的
 - CanSatがキャリア収納時にレギュレーションで定められた1050g以下を満たすことを確認する。
- 試験内容
 - キャリアを電子天秤に乗せ、数値を0にセットする
 - キャリアの中にCanSatとパラシュートを入れ、計測する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
https://youtu.be/R0ck4vatT_8
 - CanSatの質量は0.98kgであった。
- 結論
 - CanSatが1050g以下であることが確認できた。

RV2 収納・放出試験

- 目的
 - 機体がレギュレーションで定められた直径146mm、高さ240mm以内のキャリアに収納でき、逆さにするのみで放出できることを確認する。
- 試験内容
 - キャリアの内径を測定および深さを測定し直径146mm、深さ240mm以下であることを確認する。
 - キャリアに機体とパラシュートを入れ、収納できることを確認する。
 - キャリアを逆さにし、機体が放出されることを確認する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/bqlod5DIgkw>
- 結論
 - 機体がレギュレーションで定められた寸法に収まることを確認できた。

RV3 ロスト対策試験

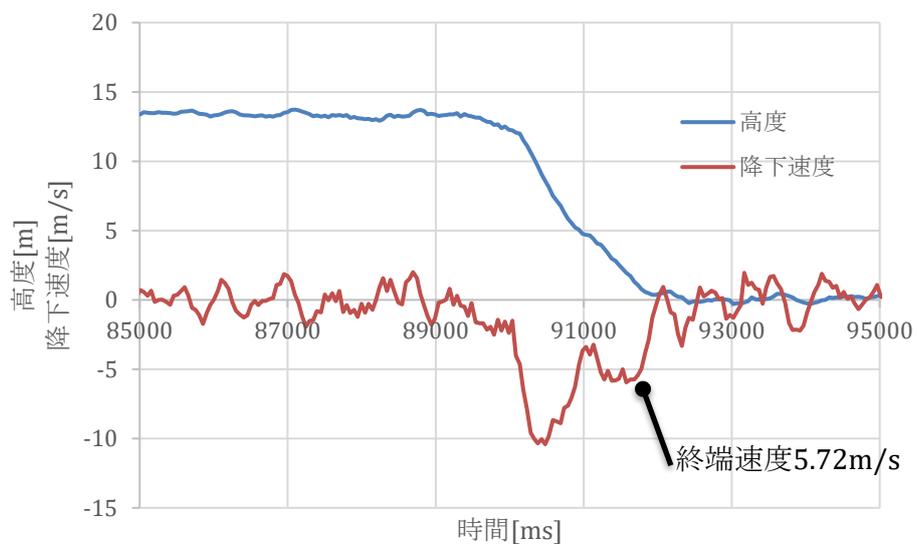
- 目的
 - 機体打ち上げ後CanSatを捜索時に通信できることを確認する。
- 試験内容
 - 着地後の機体を想定しCanSatに搭載する無線機の通信距離を測定する。電機大学鳩山キャンパスに機体を置き、ARLISSで想定される通信最大距離であるおよそ5kmの地点で通信ができることを確認する。
 - パラシュートの視認距離を越辺川堤防で測定する。地面に置いたパラシュートのキャノピーが見えなくなった地点を限界距離とし、3人の平均距離をパラシュート視認限界距離とする。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/IiKtAwylH5E>
 - 受信地点は以下の地点であり、機体との距離は4.7kmであった。



- 3人のパラシュート視認限界距離は300mであった。
- 結論
 - 約5kmの通信が可能であることを確認できた。

RV4 降下速度測定試験

- 目的
 - CanSatのパラシュートによる終端速度がレギュレーションを満たすことを確認する。
- 試験内容
 - メジャーを用いて建物の高さを測定する。
 - CanSatを取り付けたパラシュートを放出し、気圧を測定しながら降下する。
 - 気圧のログデータから終端速度を計算し、レギュレーションを満たしていることを確認する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/MSGXyJk3K8g>
 - ログデータから求めた終端速度を以下に示す。



- 機体の終端速度は5.72m/sであった。
- 結論
 - CanSatの終端速度がレギュレーションを満たすことを確認できた。

RV5 開傘衝撃試験

- 目的
 - CanSatがパラシュート開傘時の衝撃で破損しないことを確認する。
- 試験内容
 - パラシュートを機体に接続し、パラシュート傘部をひもで結ぶ。
 - CanSatが地面に届かない高さに紐を固定し、機体を落下させる。
 - 機体に搭載した加速度センサを用いて加速度を測定し、40G以上の加速度が加わっていることを確認する。
 - 試験後機体が動作することを確認する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/UZ-CFgFB11U>
 - 測定された加速度は96.7Gであった。
- 結論
 - CanSatがパラシュート開傘時の衝撃で破損しないことを確認できた。

RV6 振動試験

- 目的
 - 打ち上げ時の振動荷重によってCanSatの機能が損なわれないことを確認する。
- 試験内容
 - キャリアにCanSatおよびパラシュートを収納し、試験機に乗せる。
 - 試験機によって30Hzから2000Hzの15Gランダム振動を加える。
 - キャリアからCanSatを取り出し、正常に動作することを確認する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/R8FwuHIwcGU>
- 結論
 - CanSatが打ち上げ時の振動で機能が損なわれないことを確認できた。

RV7 無線停波試験

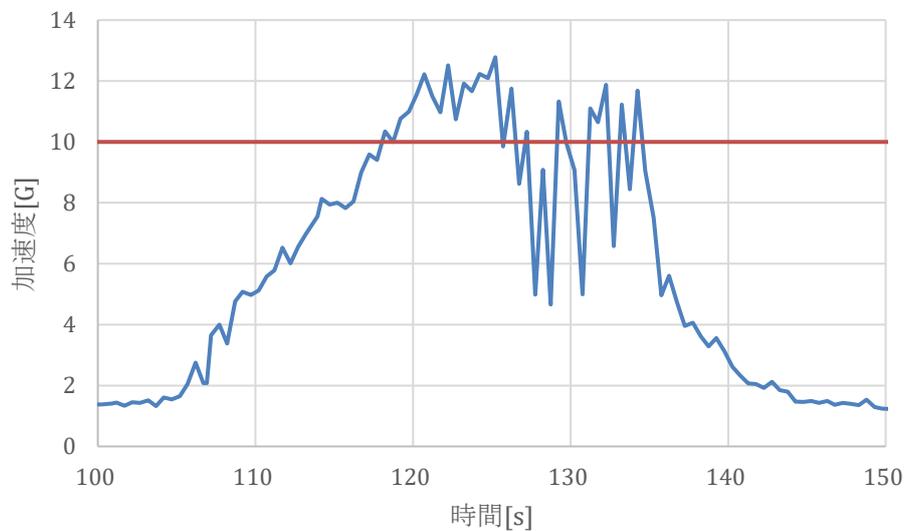
- 目的
 - CanSatがロケット収納時に電波を放出しないようにできる構造であることを確認する。
- 試験内容
 - 機体の電源を入れ、機体と通信が行われていることを確認する。
 - 打ち上げ待機状態になったことを確認し、エレベーターを用いて上昇時の動作を確認する。
 - 最上階到達後エレベーターで1回に戻り、降下開始後機体の通信が再度再開されることを確認する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/yhhccapkDY>
- 結論
 - CanSatがロケット収納時に電波を放出しないことを確認できた。

RV8 周波数変更試験

- 目的
 - CanSatで用いる無線機の周波数を変更できることを確認する。
- 試験内容
 - 受信側の無線機をPCと接続する。
 - 送信側の無線機を起動し、PCに通信が表示されることを確認する。
 - PC側の受信チャンネルを変更し、通信できないことを確認する。
 - 送信側のチャンネルを変更し、最初と異なるチャンネルで通信が再開されたことを確認する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/KuaPq528LLc>
- 結論
 - CanSatに搭載する無線機が周波数変更可能であることを確認できた。

RV9 準静的荷重試験

- 目的
 - ロケット打ち上げ時の準静的荷重によりCanSatの機能が損なわれないことを確認する。
- 試験内容
 - ロープのついたキャリアにパラシュートとCanSatをいれ、蓋を閉じる。
 - ハンマー投げの要領でキャリアを回転させ、遠心力を利用して10G以上の準静的荷重を加える。
 - 平均10G状態を10秒以上キープしたのち機体が動作することを確認する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の様子を収めた動画を以下に示す。
<https://youtu.be/Ee3P73utvzk>
<https://youtu.be/CdMf6WoGY1s> (テレメトリ映像)
 - 試験時の測定加速度を以下に示す。



- 結論
 - 機体がロケット打ち上げ時の準静的荷重によって機能が損なわれないことを確認できた。

RV10 着地衝撃試験

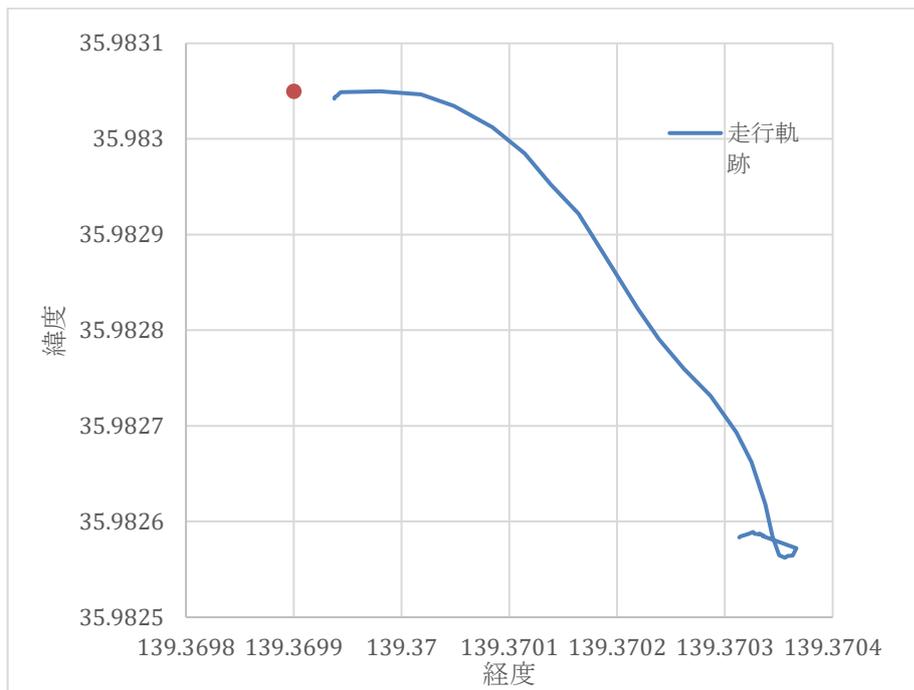
- 目的
 - CanSatが着地時の衝撃で機能を損なわないことを確認する。
- 試験内容
 - CanSatを高さ1.3mの高さから落下させ、機体に加わる加速度を測定する。
 - 着地衝撃が40G以上加わったことを確認する。
 - 機体が動作することを確認する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/P8YwuKfiYy8>
 - 着地衝撃は153.2 Gであった。
- 結論
 - CanSatが着地時の衝撃で機能を損なわないことを確認できた。

RV11 End-to-End試験

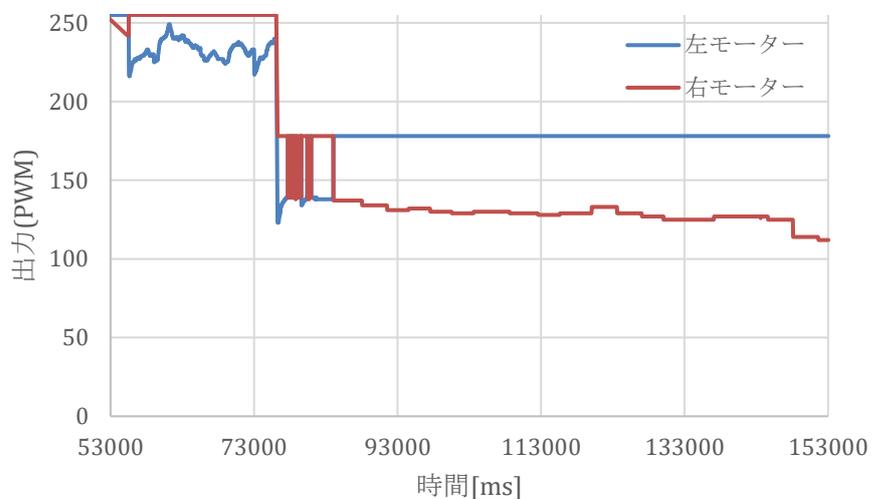
- 目的
 - CanSatがロケット搭載からパラシュート分離、ゴール到達、機体回収まで一連の動作が可能なことを確認する。
- 試験内容
 - CanSatを手でつるした状態で持ち、落下させる。
 - 着地後CanSatを分離し、ゴールまでの制御を行う。
 - CanSatのゴール及び停止を確認後回収する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/BfPgZLQXqZk>
<https://youtu.be/7Cb1ocZlrcg> 定点映像
- 結論
 - CanSatが競技における一連の動作を実施可能であることを確認できた。

CRV1 制御レポート作成試験

- 目的
 - 走行ログから制御レポートを作成できることを確認する。
- 試験内容
 - PCを用いてログデータを解析し、制御レポートを作成する。
 - 機体の直進度が1.5以下であることをログデータから確認する。
 - 作成したレポートを添付する。
- 試験結果
 - 作成したレポートを以下に示す。



走行軌跡



モーター出力値制御ログ

- ゴールまでの直線距離と走行距離の関係は以下の通りであった。

ゴールまでの直線距離	63.8m
走行距離	81.0m
直進度	1.27

- 結論
 - 制御レポートを作成できることを確認できた。

第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験

MV1 ゴール検出試験

- 目的
 - 機体がゴールを検出および誘導することができることを確認する。
- 試験内容
 - 検出距離外から機体を走行させ、機体をゴールに向けて誘導し、走行する。
 - 機体が走行しゴールを検出、誘導する様子を撮影する。
 - 走行ログからゴールの検出および制御が行われていることを確認する。
- 試験結果
 - 試験結果を以下の動画に示す。
<https://youtu.be/zRt6E1mYvoc>
- 結論
 - CanSatはゴールの検出が可能である。

MV2 走行距離測定試験

- 目的
 - CanSatの走行可能距離が40分以内に5km以上であることを確認する。また、CanSatの限界走行距離を確認する。
- 試験内容
 - CanSatを満充電にし、100%の出力でモーターを回転させる。
 - 走行中のCanSatからGPSによって測定した走行速度と消費電流値を測定し無線で送る。
 - 消費電流から走行可能時間を計算によって求める。
 - 走行速度と走行可能時間から走行可能距離を求める。
 - 試験の様子を動画で撮影する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
https://youtu.be/f09TOC0_fGY
 - 消費電流は1045mA、走行速度は9km/hであった。
 - CanSatの搭載バッテリーは1300mAhであることから走行可能時間は1時間14分である。
 - 走行可能時間より走行可能距離は11.1kmであり40分以内に5km以上の走行が可能である。
- 結論
 - CanSatは40分以内に5kmの走行が可能である。また、限界走行距離はkmである。

MV3 画像送受信試験

- 目的
 - CanSatが画像を送信できることを確認する。
- 試験内容
 - CanSatの電源をいれ、カメラで撮影した写真を送信する。
 - 受信側で受信したデータを整理し、撮影画像を復元する。
 - 受信した画像を添付する。
- 試験結果
 - 試験の動画を以下に示す。
<https://youtu.be/oeCZr6SP5YE>
 - 受信した画像を以下に示す。



-
- 結論
 - CanSatが画像を送信できることを確認できた。

MV4 轍走破試験

- 目的
 - 砂漠における地表のひび割れや凹凸、轍によって機体がスタックしないことを確認する。
- 試験内容

過去のARLISS測定記録より轍の最大高さはおよそ60mmであることがわかっている。

 - 60mmの轍を砂で再現し、轍の前に機体を置いて助走を行わずに乗り越えられることを確認する。
 - 3回の試験を行い、すべての走破で成功とする。
 - 走破可能な最大高さを測定するため20mmずつ轍を高くし、乗り越えられる最大高さを測定する。
 - 試験の様子は動画で撮影する。
- 試験結果
 - 60mmの動画を以下に示す。
<https://youtu.be/WfSfW42lxG8>
 - 80mmの動画を以下に示す。
<https://youtu.be/AGcZ6BrdIT8>
 - 90mmの動画を以下に示す。
<https://youtu.be/wPo0UJRoAbg>
 - 100mmの動画を以下に示す。
<https://youtu.be/ZGQzrbHbVP8>
- 結論
 - 乗り越えられる轍の最大高さは80mmであった。

第6章 工程管理

ガントチャートを以下のファイルに示す。

[SR08A日程0614.xlsx](#)

第7章 大会結果報告

第7.1節 目的

大会最速でのゴールとチーム初となる0mゴールを達成するため、大会中2回の打ち上げを行った。

第7.2節 結果

投下1回目

降下中にパラシュート切り離し動作が行われ、CanSatはフリーフォールした。発見時の機体の様子を以下に示す。



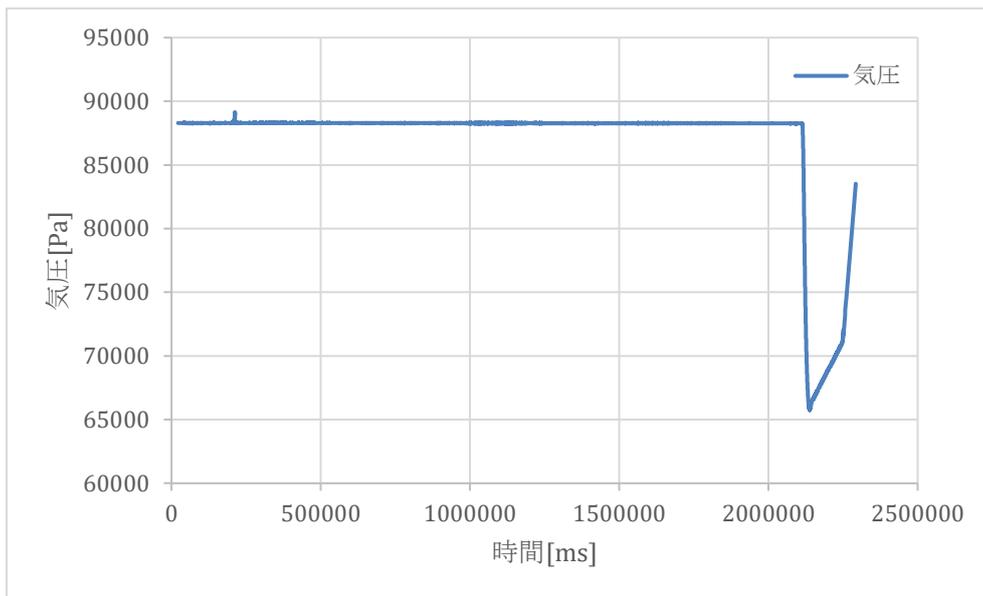
主な破損箇所は以下の項目であった。

- ・機体上面のGPSモジュール（両面テープと接着剤による接着が剥がれた）
- ・カーボンホイールの割れ（着地時に最初に地面に接触したと思われる左後ろのタイヤが特に損傷が大きかった） 画像1
- ・カメラデータ保存用SDカードが衝撃により破損

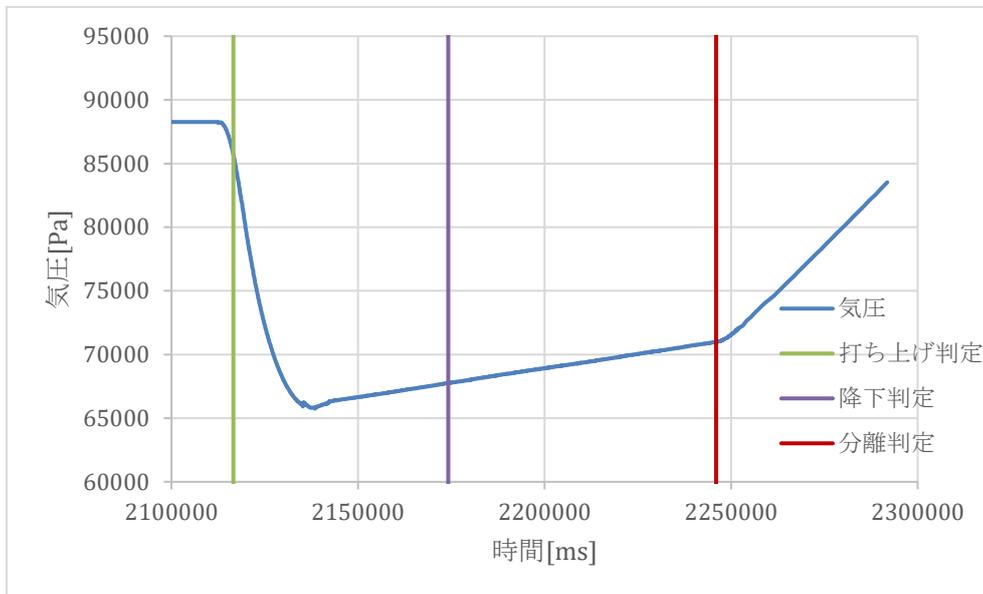


画像1 破損したホイール

降下中の気圧変化を以下に示す。



打ち上げ後から着地までの気圧変化を以下に示す。



投下2回目

降下判断後30秒後にパラシュート切り離し動作が行われ、上空からフリーフォールした。
発見時の機体の様子を以下に示す。



主な破損箇所は以下の項目であった。

- ・ドライブシャフト（S45C製のドライブシャフトがフレーム根元で変形した）画像1
- ・内部アルミ製モーターマウントが破断 画像2
- ・ホイールの割れ 画像3



画像1 ドライブシャフト

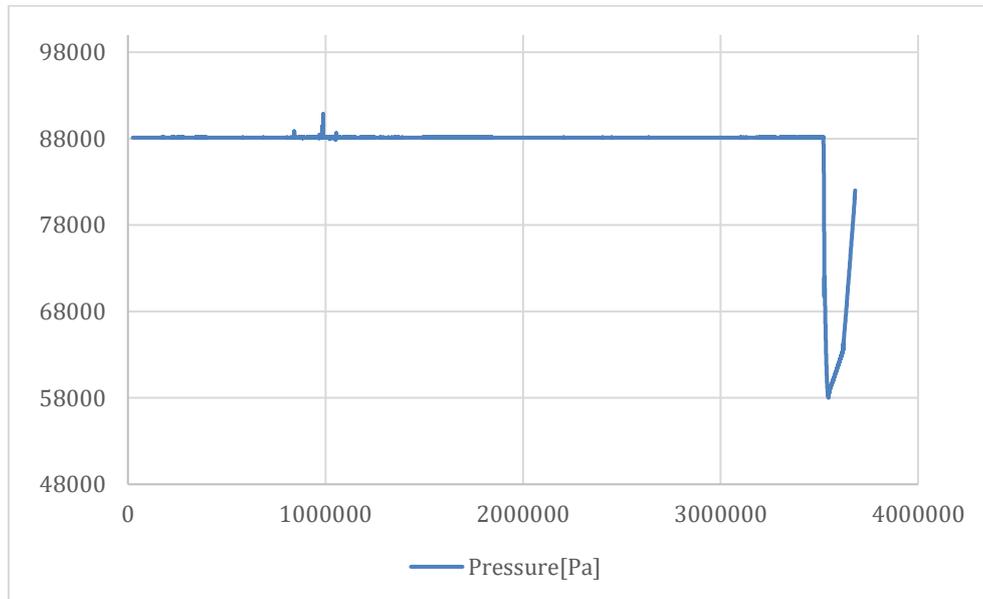


画像2 モーターマウント

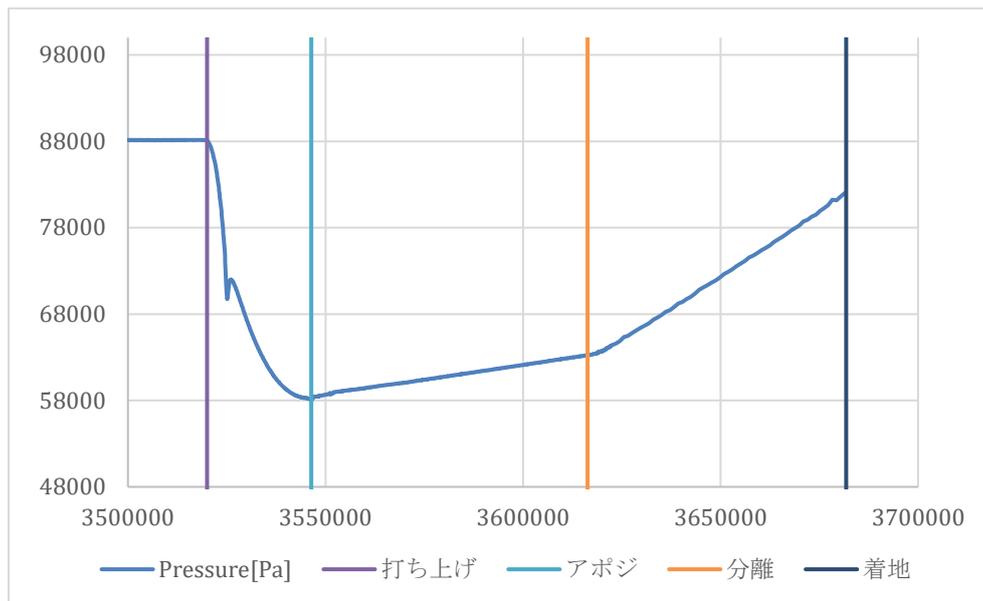


画像3 破損したホイール

気圧の変化を以下に示す。



打ち上げ後から着地までの気圧変化を以下に示す。



降下中のフロントカメラでの撮影映像を以下に示す。



第7.3節 考察

投下1回目2回目における分離失敗の考察

本機体では機体に搭載されたBMP180気圧センサを用いてロケットの上昇、最高点到達を判断し、その後気圧の変化速度から地上到達時間を推定し分離を行う。また、バックアップとして最高点到達後5分経過で自動分離（過去の記録より5分以内に確実に着地することがわかっているため）が行われるように設定されていた。

1回目の分離失敗原因はArduinoにおける型の変換が誤ったものであったことが原因である。

気圧センサで取得する気圧はint32_t型を用いた整数で保存されていたが、分離に用いる気圧変化の速度（単位Pa/s）はdouble型で保存していた。この際に型変換が正しく行われず、想定していた値（およそ60Pa/s）を大きく上回る速度（およそ12600000000Pa/s）が求められていた。これにより上空で目標時間後（0.3秒後）地上に到達すると判断しモーターを回転、分離が行われた。試験で確認できなかった原因として、降下距離が短かったことが挙げられる。最高点到達の判定は最低気圧から一定以上降下した場所で判定することやセンサの測定値によっては降下速度の計算結果が0になり、分離判断を満たさなかったこと、分離を実際に行うためには分離判断を複数回行う必要があったことから試験では地上で分離が行われたように振舞っていた。

2回目の分離失敗原因はプログラムでの分離時間の設定ミスである。本来最高点到達後5分で分離が行われるところ、30秒で分離が行われる設定となっていた。30秒の設定は試験で設定したものであり、本番用の設定になっていなかった。

サクセスクライテリアについての考察

結果より通信サクセスクライテリアはミニマムサクセスクライテリアを達成した。一方で他のサクセスクライテリアは未達成となった。

第8章 まとめ

第8.1節 工夫点・努力した点

0mゴールを行うため、カメラとobject detectionによるゴールコーンの検出を行った。消費電力を抑えるため、Raspberry pi zeroなどと比較し低消費電力であるESP32を用いたうえで、カメラを利用するタイミングをメインマイコン（Arduino MKR Zero）で制御し、利用時（打ち上げから走行開始まで、ゴール付近）以外は低電力モードで動作することで走行距離への影響を抑えた。

よりゴールまで一直線に、走行距離のロスを少なくするためGPSとジャイロセンサを併用した制御を行った。国内試験では従来の走行距離に比べて30%以上の短縮効果が見られた。

第8.2節 課題点

チーム内での目標、ビジョンの明確化、日程や期限の管理が課題であった。こういった期待にするのか、何をするのか、どのように目標を達成するのかなどチーム内でより密にコミュニケーションをとり、お互いが何をしているのか、進捗はどうなっているのか、問題点、課題点などがないかなどを報告、連絡、相談して進めていく必要があった。

試験内容の見直しや審査書の内容が何も知らない審査員やチームメンバー外の人が見てわかる内容になっているかという視点や何のためにこの試験を行っており、目的となる課題を明ら

かにするためにどのような試験をすればいいのか、何を移せばいいのかといった視点が欠けていた。

期待したデータや動作以外の想定が十分ではなかった。2回の打ち上げは両方とも分離に失敗しているが、1回目はセンサデータの異常値、2回目は人為的ミスによるものだった。センサデータの異常値は利用データの範囲などを制限することで防げていたが、センサデータからの計算値では行われていなかった。また、人為的ミスについてもチェック項目の可視化などが行われておらず、ミスを防ぐための十分な対策が行われていなかった。

第8.3節 今後の展望

今大会では競技で走行ができず、行いたいことを十分に達成できなかったと言えない結果だった。一方で自由落下したことで機体の強度の高さや内部基板に衝撃が伝わらないようにする構造などの効果を確認することができた。0mゴールおよび来年のARLISSに向け次の機体の開発を行っていく。