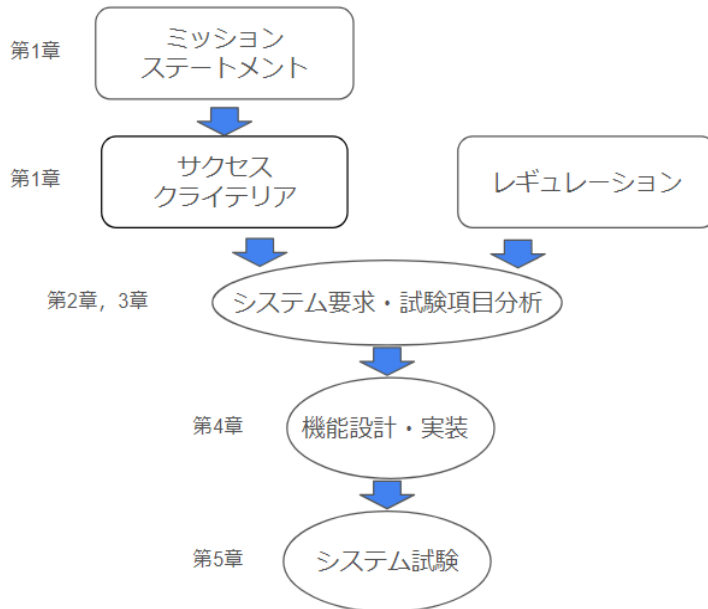


ARLISS2024大会報告書

提出日:2024年10月17日



開発審査書構成_ARLISS2024

- 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
 - 第1.2節 ミッション内容
 - 第1.3節 サクセスクライテリア
- 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
 - 第2.2節 ミッションを達成するためのシステム要求
- 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
 - 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
- 第4章 システム仕様
 - 第4.1節 機体概観
 - 第4.2節 機体機構
 - 第4.3節 搭載機器
- 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
 - 第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験
- 第6章 工程管理
- 第7章 責任教員による確認

チーム情報

CanSatチーム名	筑波大学 STEP衛星班
CanSatチーム 代表者情報	今津直人 s2211642@u.tsukuba.ac.jp, 080-1497-6482
UNISEC団体名	筑波大学宇宙技術プロジェクト
UNISEC団体 学生代表	木村護
責任教員	山本亨輔 yamamoto_k@kz.tsukuba.ac.jp, 029-853-5146
CanSatクラス	Open Class

メンバー

役割	氏名(学年)
プロジェクトマネージャー	小川瑞貴(B3)
サブPM	小高颯(B3)

ソフト班班長	有馬太郎 (B3)
ソフト	今津直人 (B3)
ソフト	池本陽飛 (B3)
構造	寺尾惺来 (B2)
構造班班長仁郎	小原虎仁郎 (B2)
ソフト	松島恵吾 (B2)
回路班班長	滝口京介 (B2)
ソフト	高瀬愛瑠 (B1)
	鈴木遼太郎 (B1)
	久保田和樹 (B1)
	岸田健吾 (B1)
	山本大輝 (B1)

CanSatの製作目的・大会参加理由

CanSatを通して機械、電気、制御、情報など幅広い工学技術について学ぶため。また、大会への参加は活動の目標とするため。

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	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

・カムバックコンペティション

本ミッションは、自律走行によってゴールまでの距離が0mの地点へ到達することを目標とする。また、試験を効率的に行い、CanSatのミッション達成の最大の壁となっている着地・カプセル展開を確実にできる信頼性の高い機体を作成する。これにより「ミッションを達成できるCanSat」の基礎を明確化し、CanSat開発への新規参入のハードルを下げることを目指す。

・新型ゴール

本ミッションも、カムバックコンペティションと同じく自律走行によってゴールまでの距離が0mの地点へ到達することを目標とする。まだ開拓されていない分野での開発を経験し、より宇宙探査に近い新型ゴールへ到達する技術を模索する。これにより新しい知見を多く得ることができ、新型ゴール競技の活性化と、旧型ゴールへの知見の応用を目指す。

第1.2節 ミッション内容

・カムバックコンペティション

投下・着地フェーズ

地磁気・GPSセンサ誘導フェーズ

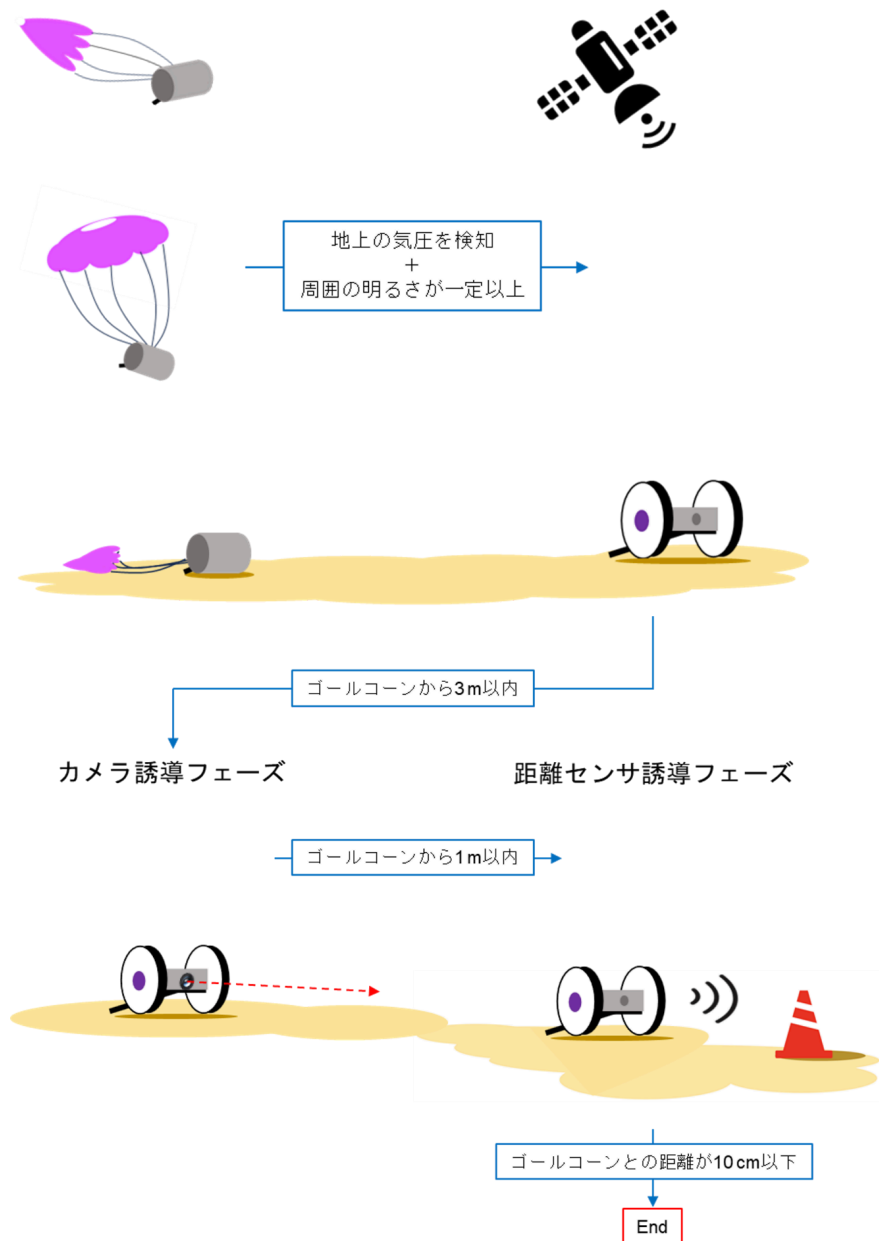


Fig1.2.1 ミッションシーケンス

1. 投下・着地フェーズ
 - 1.1. 上空でパラシュートを展開することで減速し、着地する。
 - 1.2. 気圧センサにより着地を確認できれば、カプセルを展開し、CanSatからパラシュートを分離する。
 - 1.3. 着地検知後にモータを動かしてGPS座標に変化があれば展開は成功しているとみなし、地磁気・GPSセンサ誘導フェーズへ移行する。
2. 地磁気・GPSセンサ誘導フェーズ
 - 2.1. 9軸センサとGPSセンサから得た地磁気情報と位置情報を元に、CanSatからみたゴール位置を算出し、誘導を行う。
 - 2.2. GPSセンサの位置情報により、CanSatがゴールから3m以内にあると確認できれば、カメラ誘導フェーズへ移行する。

3. カメラ誘導フェーズ
 - 3.1. ゴールコーンをカメラで撮影した画像から検出し，接近する。
 - 3.2. 距離センサで取得したゴールコーンとの距離が1m以内になれば距離センサ誘導フェーズへ移行する。
4. 距離センサ誘導フェーズ
 - 4.1. 距離センサによってCanSatと赤コーンの距離を計測し，ゴールコーンから0mの位置まで接近する。

・新型ゴール

1. 地磁気・GPSセンサ誘導フェーズ
 - 1.1. 9軸センサとGPSセンサから得た地磁気情報と位置情報を元に，CanSatからみたゴール位置を算出し，誘導を行う。
 - 1.2. GPSセンサの位置情報により，CanSatがゴールから3m以内にあると確認できれば，カメラ誘導フェーズへ移行する。
2. カメラ誘導フェーズ
 - 2.1. マーカーをカメラで撮影した画像から検出し，距離センサを用いて30cmまで接近する。
 - 2.2. 一番近くのマーカーの周囲をまわり、4つのマーカーの内側にCanSatが来るようにする。4つのマーカーの内側と思われる位置に到着したら，その場で360度回転しながら超音波センサで機体正面の物体との距離を測り，4つのマーカーを検知する。マーカーを4つ検知出来なかった場合は2.1からやり直す。
 - 2.3. 現在位置が4つのマーカーの中心になるまで移動する。
 - 2.3.1. 超音波センサを用いて4つのボールのうち、機体から遠いボール順にそれぞれのボールと機体の距離が50cmになるまで移動する。

第1.3節 サクセスクライテリア

・カムバックコンペティション

ミニマムサクセス	パラシュートによって安全に着地する カプセルが展開し，スタックすることなく走行を開始する
フルサクセス	0mゴール
エクストラサクセス	機体の損傷なく，短時間(1時間)でゴール

・新型ゴール

ミニマムサクセス	パラシュートによって安全に着地する カプセルが展開し，スタックすることなく走行を開始する
フルサクセス	0mゴール
エクストラサクセス	機体の損傷なく，短時間(1時間)でゴール

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は規定の質量以内でなければならない。
R2	CanSatは規定のサイズと容積以内でなければならない。
R3	CanSatは打ち上げ時、準静的荷重を受けた後もその機能を維持しなければならない。
R4	CanSatは打ち上げ時、振動荷重を受けた後もその機能を維持しなければならない。
R5	CanSatは打ち上げ時、ロケット分離時の衝撃荷重を受けた後もその機能を維持しなければならない。
R6	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。
R7	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。
R8	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。
R9	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。
R10	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。
R11	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。
R13	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(※)。
R14	CanSatは制御されることなく着地しなければならない(※)。

(※) 第1章 第1.2節 ミッションシーケンスより、着地までモータの動作等のあらゆる制御は存在しない。また、ミッションを通して、完全に自律制御が行われ、全ての制御において人為的な要素は介在せず、メンテナンスを必要としていない。

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	CanSatは打上げ時, 着地衝撃を受けた後もその機能を維持できること.
M2	カプセルを閉じているテグスを, 加熱した抵抗により焼き切り, カプセル及び減速機構を切り離すことができること.
M3	環境の悪い地面においても走行性能を確保できること.
M4	ゴール地点に設置されたコーンを検知できること.
M5	新型ゴールにおいて, 周囲のマーカを検知できること.

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	6月20日
RV2	機体の収納・放出試験	R2	6月20日
RV3	準静的荷重試験	R3	8月1日
RV4	振動試験	R4	7月7日
RV5	分離衝撃試験	R5	7月20日
RV6	落下試験	R6	7月13日
RV7	開傘衝撃試験	R7	7月13日
RV8	通信チャンネル変更試験	R9, R10	7月31日
RV9	長距離通信試験	R8	7月26日
RV10	GPSデータダウンリンク試験	R8	8月1日
RV11	End-to-end試験	R11	7月18日

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	End-to-end試験	CR1	7月18日

CRV2	制御履歴レポート作成試験	CR2	7月18日
------	--------------	-----	-------

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	着地衝撃試験	M1	7月13日
MV2	カプセル展開試験	M2	6月20日
MV3	走行性能確認試験	M3	7月13日
MV4	ゴール検知試験	M4	7月17日
MV5	マーカ検知試験	M5	7月31日

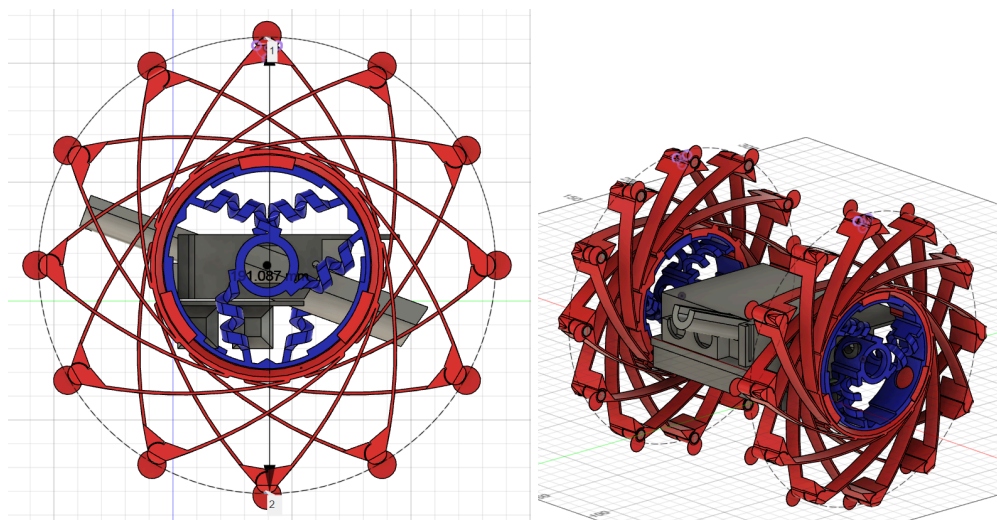
第2章で設定したシステム要求に対しての試験項目を書いてください。全てのシステム要求がいずれかのシステム試験項目で評価されなければなりません。

第4章 システム仕様

第4.1節 機体概観

- 機体の外観のCAD図や写真を用いて直径・高さの寸法を矢印などで簡単に説明してください。(写真内に物差しを置く・図に数値を書き込むなど)
- 最低、3面以上から見た図を示してください。(例: 正面図・平面図・右側面図・鳥瞰図)
- 図や写真を示す際は、可能な限り余白などが無いように示してください。
- 展開・収納などの機構変形により寸法が変化する場合は、変形前後の寸法も示してください。

高さ [mm]	191(収納時121)
質量 [g]	875



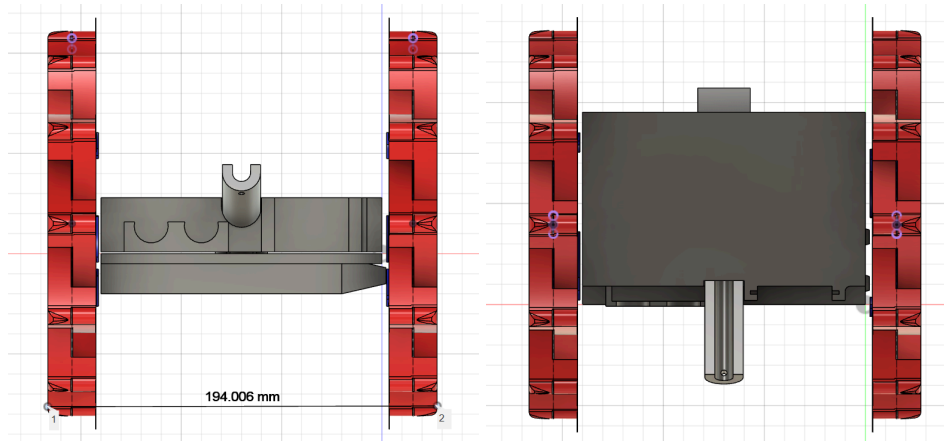


Fig4.1.1 機体全体図と三面図

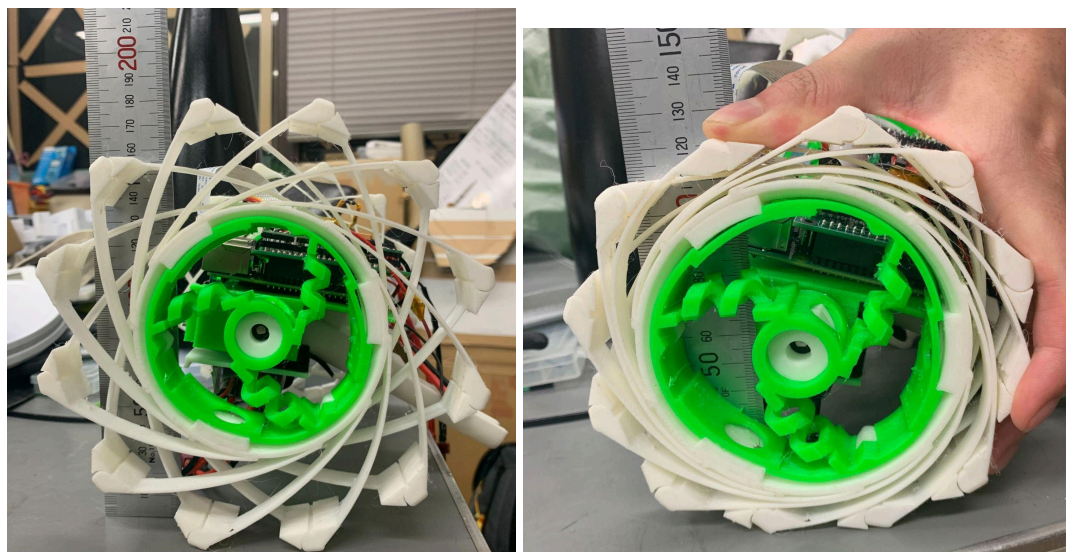


Fig4.1.2 タイヤ展開時と収納時の実測値

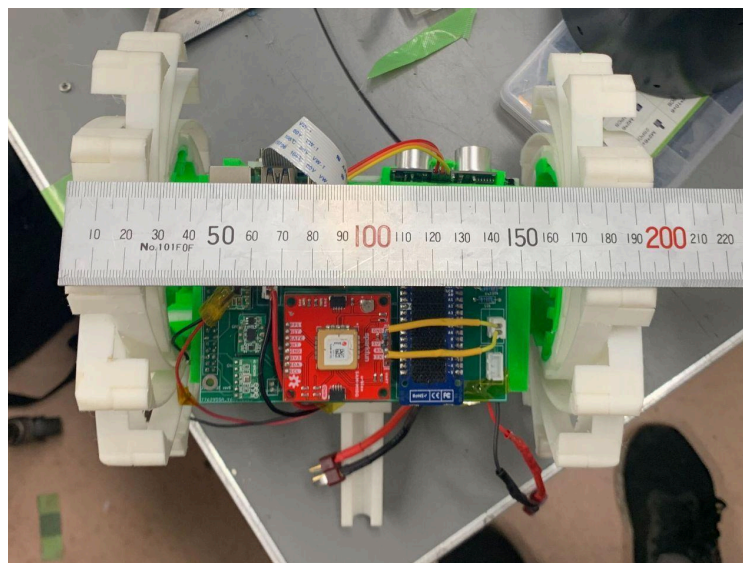


Fig4.1.3 機体全長

高さ [mm]	191(収納時121)
質量 [g]	875

第4.2節 機体機構

本体

- 2枚の板を重ね、面ファスナで固定する。モーター、スタビライザー、各種センサ等のケースを本体と一体化し極力、部品数を減らした。

スタビライザー

- パネを用いて、伸縮するよう設計した。カプセルに収納する際は縮み、展開後は伸びた状態でスタビライザーとして機能する。

タイヤ

- タイヤは展開機構を備えている。(以下に動画を添付)
- カプセルの分離後、PLAで出来た板ばね部分の弾性力によって展開し、直径が7cm以上増加する。走破性能を向上させることを目的としている。
- 内側のTPU部分は3つのコイル状のパーツでタイヤの外側部分と軸受け部分を接続していて、着地時の軸受けへの衝撃を和らげることを目的としている。

展開機構の説明

- ◇ PLA部分は色分けして示すように、2つのパーツからなっていて、中央の輪っか上の部分で互いに回転してスライドできるようになっている。
- ◇ 展開時には24枚の板状の部分の弾性力によって、互いにスライドし展開する。
- ◇ 展開機構の動画:<https://www.youtube.com/watch?v=yY5uzljbrc4>

第4.3節 搭載機器

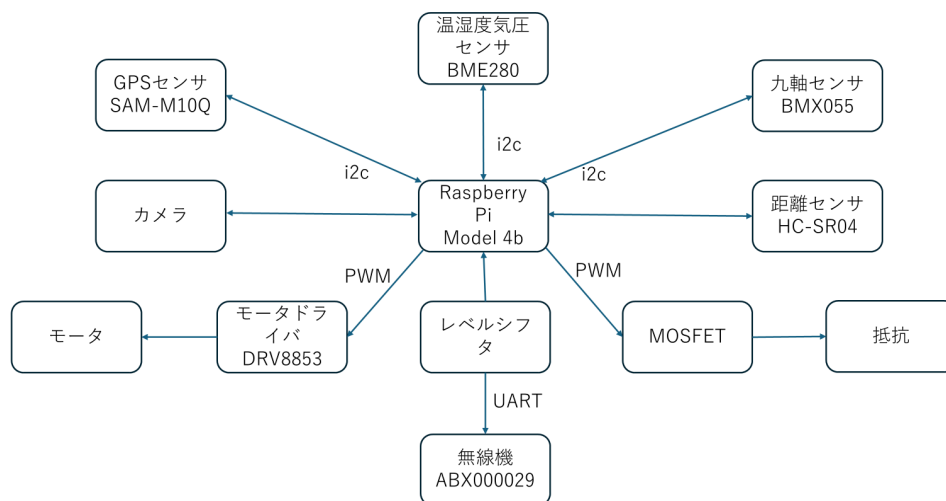


Fig4.3.1 信号システム図

- ・距離センサ、温湿度・気圧センサとRaspberryPi間の通信はi2c通信(クロックに同期させてデータの通信を行う同期式シリアル通信のひとつ)を用いる。
- ・RaspberryPiと無線機間の通信はUART通信(調歩同期式シリアル通信のひとつで、開始と終了の合図を取り決めておいて、その合図にしたがってデータを通信する)を用いる。

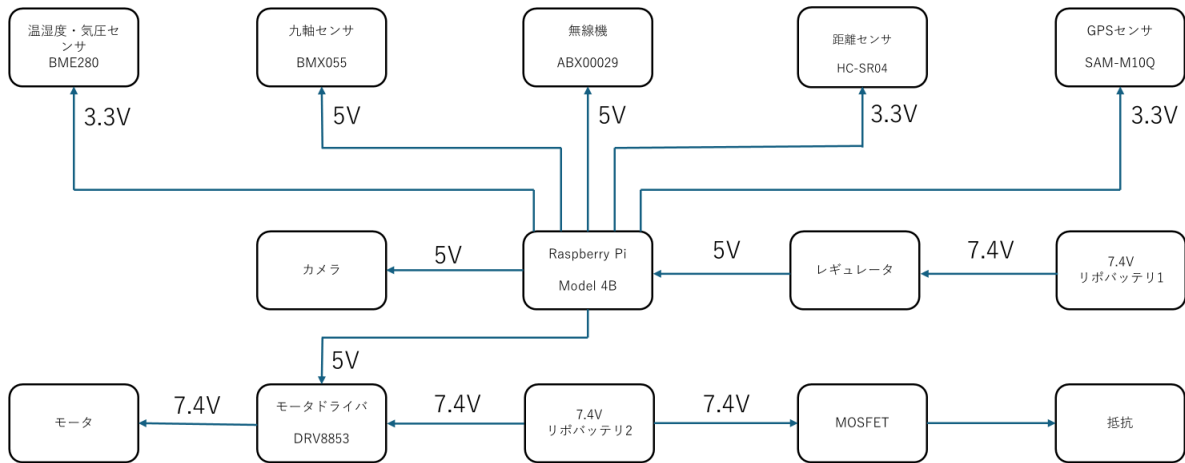


Fig4.3.2 電源システム図

- ・バッテリーはRaspberryPi用とモータ用の2本を搭載してる.
- ・RaspberryPiへの給電は、レギュレータにより7.4Vから5Vに降圧して行っている.

搭載機器リストを以下に示す.

機器名	型番	URL
リポバッテリー	O-AS-50C-1500mAh-2S	https://amzn.asia/d/j6cV6zw
ラズパイ	Raspberry Pi 4B	https://amzn.asia/d/0hwFftk
気圧センサ	BME280	https://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09421/
9軸センサ	BMX055	https://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-13010/
GPSセンサ	SAM-M10Q	Owiic - SAM-M10Q搭載 GPSモジュール(チップアンテナ) — スイッチサイエンス (switch-science.com)
距離センサ	HC-SR04	https://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-11009/

カメラ	913-2664	https://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-10518/
モータドライバ	DRV8835	https://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09848/
レギュレータ	LM2596	https://amzn.asia/d/3BtDiNu
無線機	ABX00029	https://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-16557/

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がキャリア格納時にレギュレーションを満たすことを確認する.
- 試験内容
 - CanSat本体とパラシュートの合計質量を計測する.
- 試験結果
 - 以下のFig5.1.1にCanSat本体とパラシュートの合計質量は875[g]であった.

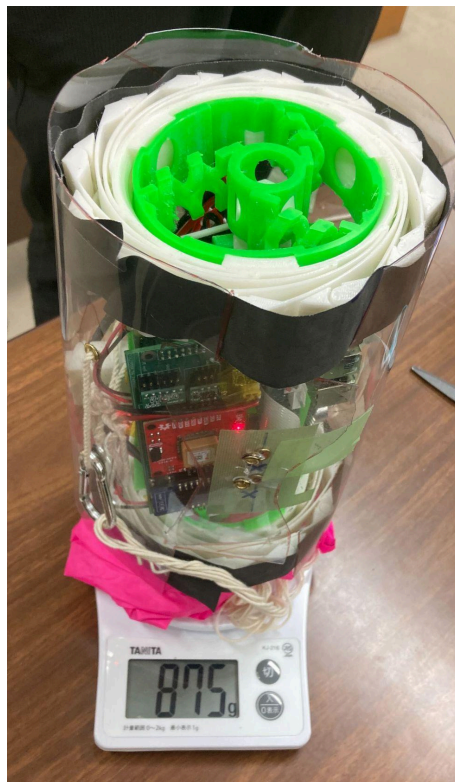


図5.1.1.1 CanSat本体とパラシュートの合計質量

- 結論

- CanSatはキャリア格納時にレギュレーションを満たす.

RV2 CanSatの収納・放出試験

- 目的
 - CanSat・パラシュート・カプセルがすべて、レギュレーション(内径, 高さ)で定められたキャリアに収納できることを示す. また、キャリアから放出されることを示す.
- 試験内容
 - 本チームの所有しているキャリアの内径, 高さを測定する.
 - キャリアにCanSat・パラシュート・カプセルを入れて、レギュレーション(内径, 高さ)を満たしていることを確認する.
 - キャリアから放出可能であることを確認する.
- 試験結果
 - 使用したキャリアの写真を以下のFig 5.1.2.1, Fig 5.1.2.2に示す.



Fig 5.1.2.1 キャリア高さ



Fig 5.1.2.2 キャリア内径

- 放出時の動画を以下のリンクに示す.
 - ◇ <https://youtu.be/2q5J2lJuc1c?feature=shared>
 - ◇ <https://youtu.be/HTaDT0PXmeU> (アンテナを付けて再試験 2024/08/29)
- 結論
 - 機体は間違いなくキャリアに収納され、放出できる.

RV3 準静的加重試験

- 目的
 - ロケットの打ち上げ時にかかる準静的荷重にCanSat本体が耐えられることを確認する.
- 試験内容
 - キャリア内にカプセルで覆ったCanSat本体を収納し、紐をつけたキャリアを人の手で回転させることにより、ロケットによる静荷重を再現する. CanSatに搭載されている加速度センサを用いて、ロケット打ち出しの際にかかると予想される10 Gに数秒間耐えうることを示す.
- 試験結果
 - <https://youtu.be/PDOeFRqZ4LY>

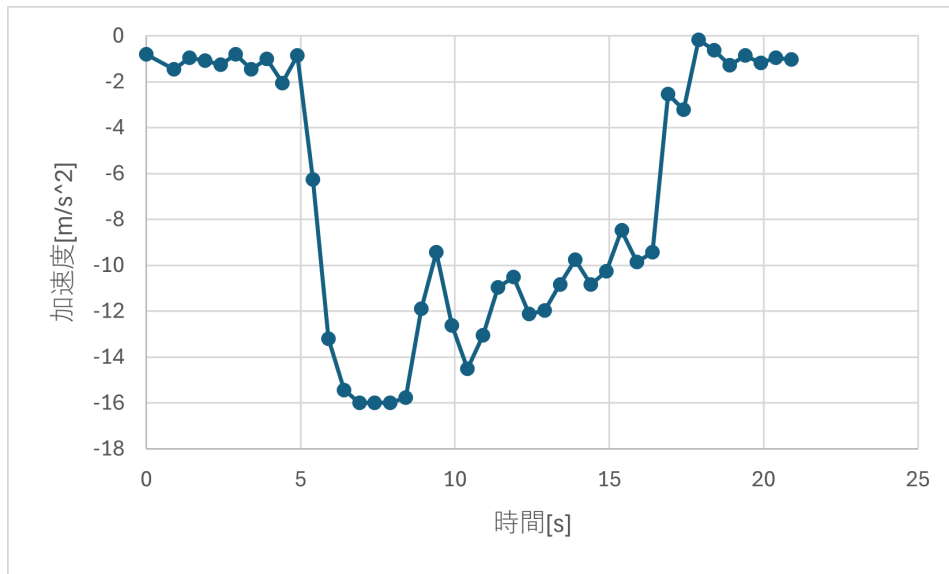


Fig 5.1.3.1

- 結論
 - 動画とFig 5.1.3.1より,CanSatがロケット打ち上げ時に想定される準静的荷重10 Gに約10秒間耐えられることが確認できた

RV4 振動試験

- 目的
 - CanSatがロケット搭載時の振動によって故障しないことを確認する.
- 試験内容
 - 治具を用いて加振機にCanSatを取り付け, 振動試験を行う. 試験条件を以下のTable6.1.7.1に示す.
 -

Table6.1.4.1 振動試験条件

制御チャンネル数	2
供試体質量[kg]	0.85
加振方向[X/Y/Z]	Z
加振波形	SINE SWEEP
加振振動数範囲 [Hz-Hz]	30-2000
加振開始周波数[Hz]	30
掃引方向(片道 or 往復)	片道
掃引開始方向(順方向 or 逆方向)	順方向
掃引モード(直線 or 対数)	直線
掃引回数	1
掃引速度 [Hz/sec]	11

- 試験結果
 - 試験結果を以下の動画とFig6.1.4.1に示す.
 - https://youtu.be/sX3_8eFLpkU

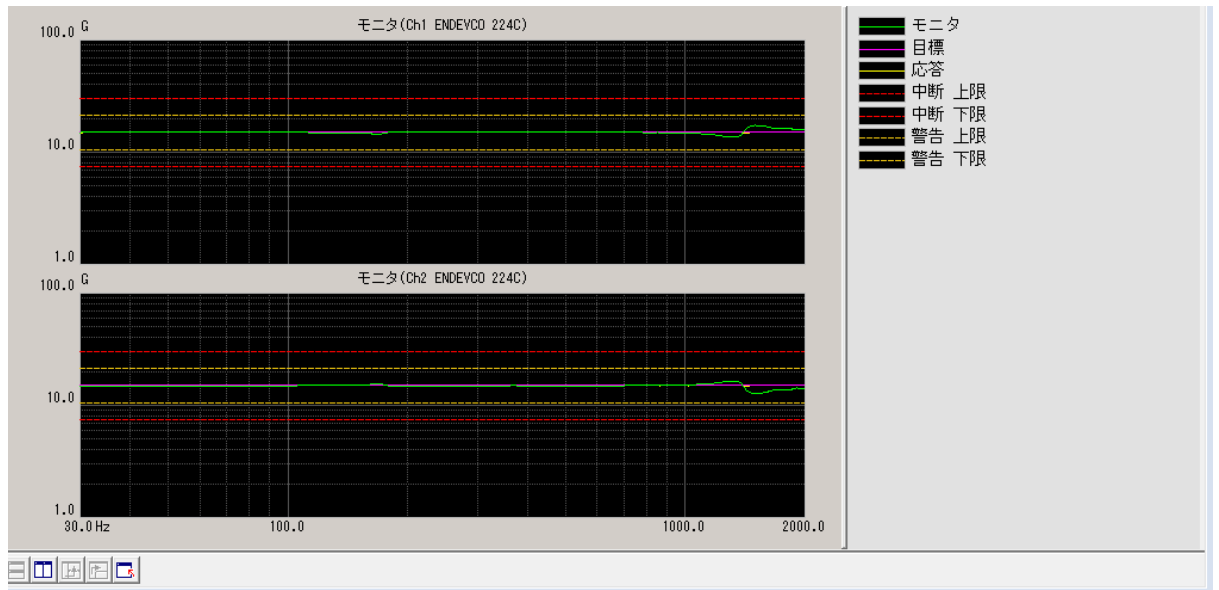


Fig6.1.4.1 振動試験の加速度データ

- 結論
 - 動画とFig6.1.4.1から、15Gの加速度で周波数30~2000 Hzの振動を行った後もCanSatが正常に動作することが確認できた。
- RV5 分離衝撃試験
 - 目的
 - CanSatがロケットから放出される時、またはパラシュートが開傘したときの衝撃によって、CanSat、パラシュートの接合部に故障が起きないことを示す。
 - 試験内容
 - CanSatを接続したパラシュートをロープに固定し、そのロープをCanSatが地面に届かない高さで固定する。
 - CanSatを落下させ、CanSatに搭載した加速度センサーで、40G以上の衝撃が加えられていることを確認する。
 - CanSatの動作に問題がないことを確認する。また、パラシュートの接合部に破損がないことを確認する。
 - 試験結果
 - 試験結果を以下の動画に示す。
 - ◇ <https://youtu.be/wJJ2zlZdrMg>
 - ◇ <https://youtu.be/rmAbO2MGwO4> (2024/09/03, 動画0:20に170 (G)の測定画像)
 - ◇ <https://youtu.be/oBXADlnuUUI> (2024/09/03 パラシュートに接続している紐に衝撃を与えた)
 - ◇ https://youtu.be/x_051NZQd8M (2024/09/03 パラシュートと糸の接続部に衝撃を与えた)
 - 試験で得られた加速度データをFig5.1.5.1, 5.1.5.2に示す。なお、グラフの横軸は時間(秒)である。

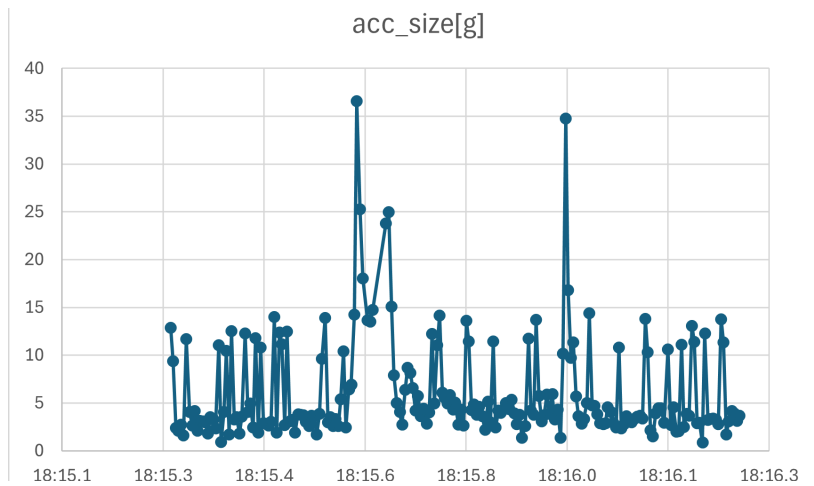


Fig5.1.5.1 加速度データ

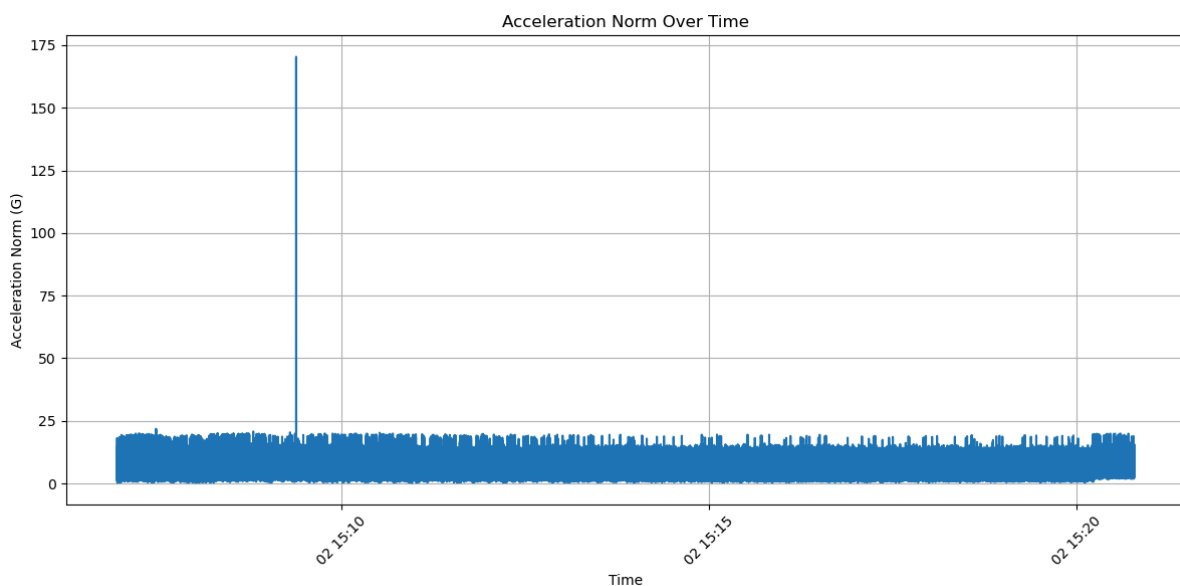
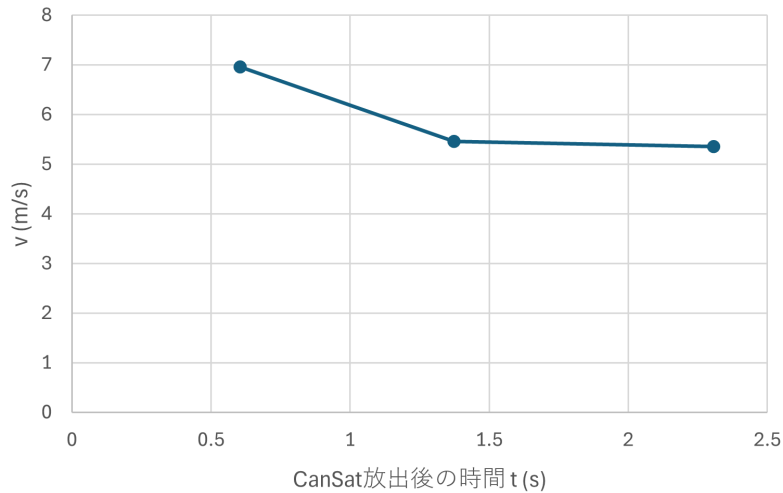


Fig 5.1.5.2 加速度データ2

- 結論
 - 約170Gの衝撃によって、CanSatに故障が起きないことを確認できた。
- RV6 落下試験
 - 目的
 - CanSatが落下による着地衝撃によって故障しないことを確認する。
 - 試験内容
 - CanSatが落下による着地衝撃によって故障しないことを確認する。また、終端速度がレギュレーションで定められている4~6m/s以内に収まることを確認する。
 - 試験結果
 - 試験動画:<https://www.youtube.com/watch?v=fvBUMpma2c0>
 - 結論
 - 動画より、終端速度に達したときの高度は9.00m、そこから着地するまでの時間は1.65秒であることが確認できた。これらの値から終端速度は、5.45m/sと計算でき、レギュレーションで定められている4~6m/s以内に収まることが確認できた。
 - 動画をコマ割りして各階の大きいブロックを通過するのにかかった時間を確認した。各ブロックを通過するのにかかった時間と各ブロックの大きさと各ブロックを通過する時の平均速度はTable 5.1.6.1のようになった。また、これを元にCanSatをキャリアから放出した経過時間を横軸に、速度を縦軸に取ったグラフをFig 5.1.6.1に示す。

□ Table 5.1.6.1 各ブロック通過時の平均速度

ブロック	ブロックの大きさ (m)	通過時間 (s)	平均速度 (m/s)
2	4.2	0.604	6.95
3	4.2	0.769	5.46
4	5	0.934	5.35



□

Fig 5.1.6.1 終端速度

- グラフよりCanSat放出後約1.4秒後から速度の変化が収束しており、終端速度に達していると考えられる。

RV7 開傘衝撃試験

- 目的
 - パラシュートが開傘したときの衝撃によって、CanSat、パラシュートの接合部に故障が起きないことを示す。
- 試験内容
 - パラシュートを付けてCanSatを落下させ、パラシュートの接合部に破損がないことを確認する。
- 試験結果
 - 試験結果を次の動画に示す。
 - <https://youtu.be/fvBUMpma2c0>
 - <https://youtu.be/oBXADlnuUUI> (2024/09/03 パラシュートに接続している紐に衝撃を与えた)
 - https://youtu.be/x_051NZQd8M (2024/09/03 パラシュートと糸の接続部に衝撃を与えた)
 - パラシュートに接続している綿糸について、この動画は8倍スローの映像で撮影しており、動画を30fpsでコマ送りにして解析したところ1:48.5964から1:48.6297の間の0.0333秒の間にCanSatの速度が $v = \sqrt{2gh} \doteq 8.63$ (m/s)から0 (m/s)に変化した($h = 3.8$ m)。この間の実際の時間は $0.0333 \times (1 / 8) = 0.0041625$ 秒である。よって綿糸にかかった衝撃は $F = mv/\Delta t = 0.875 \times 8.63 / 0.0041625 \doteq 1814$ (kg・m/s²)であり、これを加速度Gで表すと $1814 / (0.875 \times 9.8) \doteq 211.5$ Gとなり50 Gに耐えている事が分かる。



□

Fig 5.1.7.1 糸が張る直前8.67 (m/s)の速度が出ているコマ



□

Fig 5.1.7.2 糸が張り速度が0 (m/s)となったコマ

- パラシュートと糸の接続部に衝撃をかけた動画より, 上記と同様に動画を解析したところ25.8265秒から25.9264秒の間の0.0999秒の間にCanSatの速度が $v = \sqrt{2gh} \doteq 8.63$ (m/s)から0 (m/s)に変化した. よってパラシュートと糸の接続部に70.5 Gの衝撃が加わっている事が分かる.



□

Fig 5.1.7.3 糸が張る直前8.67 (m/s)の速度が出ているコマ 2



□

Fig 5.1.7.4 糸が張り速度が0 (m/s)となったコマ 2



□

Fig 5.1.7.5 Fig 5.1.7.3,4を重ねた画像

- 結論
 - 動画から、CanSatが開傘衝撃が加わった後もパラシュートの接合部に故障が起こらず、着地後もCanSatが正常に動作することが確認できた。
- RV8 通信チャンネル変更試験
 - 目的
 - 他チームとの混線を防ぐため、無線機の周波数を変更できることを確認する。(通信距離については本試験では問わず、RV9にて行う。)
 - 試験内容
 - 無線機(ABX00029)がARIBのSTD-T108規格における、チャンネル24~38(920.6 MHz~923.4 MHz)の計15チャンネルで位置情報(ダミーデータ)を送受信できることを確認する。(実際の位置情報の送信については本試験では問わず、RV9にて行う。)
 -)
 - 以下のTable5.1.8.1に試験結果、及びその時の動画を示す。

Table5.1.8.1 通信チャンネル変更試験結果

チャンネル	周波数 [MHz]	試験結果	動画
24	920.6	○	https://youtu.be/L9_3wJ_j1J4?feature=shared
25	920.8	○	https://youtu.be/S-9YnelG2pk?feature=shared
26	921.0	○	https://youtu.be/WgHaRmHDL-4?feature=shared
27	921.2	○	https://youtu.be/cVj

			Am-J1nMg?feature=shared
28	921.4	○	https://youtu.be/rY1M27E86KI?feature=shared
29	921.6	○	https://youtu.be/C6UHxUJfcPA?feature=shared
30	921.8	○	https://youtu.be/opgZvJkNHCM?feature=shared
31	922.0	○	https://youtu.be/AiqMNYwIglI?feature=shared
32	922.2	○	https://youtu.be/LU67IN1sRJU?feature=shared
33	922.4	○	https://youtu.be/im0X3s_PVsw?feature=shared
34	922.6	○	https://youtu.be/YxrpFdHsoY?feature=shared
35	922.8	○	https://youtu.be/FMJvD-9W_18?feature=shared
36	923.0	○	https://youtu.be/tpsJfo500fA?feature=shared
37	923.2	○	https://youtu.be/9GA-eylo4Tw?feature=shared
38	923.4	○	https://youtu.be/uOP1SF8aueQ?feature=shared

- 結論
 - 使用する無線機 (ABX00029) がチャンネル24~38の計15チャンネルで通信が可能であることが確認できた。
 - 15チームまでであれば、混線せずに同時にミッションを行えることが分かる。

RV9 長距離通信試験

- 目的
 - 想定されるCanSat落下地点と本部の間で、無線機が位置情報を送受信できることを確認する。
- 試験内容
 - 試験は障害物が少なく、長い通信距離を確保できる霞ヶ浦で行う。受信機、送信機は湖を挟んで対岸に配置し、位置情報(緯度、経度)を送信しながら、CanSatを地上局から遠ざけていくことで、最長

- 通信距離を調べる.
- 試験結果
 - Fig5.1.9.1に地上局からの信号を受信できた地点のうち、最長距離である5.1kmの地点の様子を、Fig5.1.9.2に送信機を搭載したCanSatがいた地点の様子を示す。

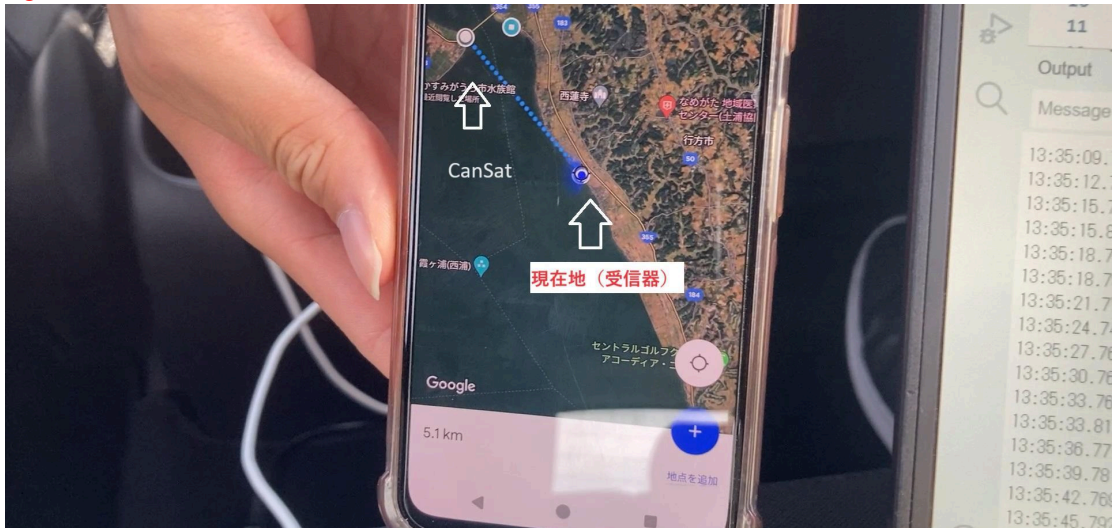


Fig5.1.9.1 地上局から5.1km地点の様子



Fig 5.1.9.2 送信機を搭載したCanSatがいた地点の様子

□ 以下のリンクに地上局との距離が5.1kmの地点で信号を受信している様子を示す.

◇ <https://youtu.be/P169ZxWETIs>

● 結論

□ 安定して信号を受信できるのは5.1km地点までであり, それより離れると信号を受信できなくなったり, 文字化けが激しくなることが確認された. 通信可能最長距離が5.1kmであるため, ミッション中においても通信は可能であることがわかった.

RV10 GPSデータダウンリンク試験

● 目的

□ CanSatが位置情報を地上局(PC)に送信できることを確認する.(通信距離については本試験では問わず. RV9にて行う.)

● 試験内容

□ ラズパイから送られた位置情報(緯度, 経度)を, 無線機によって地上局(PC)まで送信する. 地上局で受信したCanSatの位置情報(緯度, 経度)を表示できることを確認する.

● 試験結果

□ 以下に試験の動画を示す

◇ <https://youtu.be/CdEflnkVRhI?feature=shared>

□ ラズパイから, GPSセンサを用いて取得した現在の位置情報を送信しており, 地上局で受信した位置情報を表示できることを確認できた.

● 結論

□ CanSatから送信された位置情報を, 地上局で受信, 表示できることが確認できた.

第5.2節 ミッションを達成するためのシステム試験

MV1 着地衝撃試験

● 目的

□ CanSatが落下による着地衝撃によって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じ速度で落下させ, その着地後にCanSatが正常に動作することを確認する. 終端速度を6 m/sとし, $v = \sqrt{2gh}$ より, 落とす高さを算出し, 落下させた.

□ ターゲットとする着地衝撃の値は122.4 (G)とする. この値は次のように算出した.

□ 衝撃力 F は $F=mv/\Delta t$ で求められる. この Δt を求めるために機体の変形量と終端速度を利用する.

CanSatの着地時に機体が $l=1.5(\text{cm})$ 変形するものとし, 着地時の速度を既定の終端速度の $v=6.0(\text{m/s})$ とする. Δt を $\Delta t=2 \times l/v$ (s) で求めると $\Delta t=2 \times 0.015/6=0.005$ (s). $2 \times l$ は変形して元の形に戻るまでの往復分を2倍にしている. 機体の重さ m は $m=0.875(\text{kg})$ なので

衝撃力 $F=0.875 \times 6.0/0.005 = 1050(\text{kg} \cdot \text{m/s}^2)$ となり, Gに変換すると $F/(m \times 9.8)=122.4$ (G)

● 試験結果

□ 試験結果を次の動画に示す.

□ <https://youtu.be/fvBUMpma2c0>

□ <https://youtu.be/rmAbo2MGwO4> (2024/09/03, 動画0:20に170 (G)の測定画像)

□ Fig 5.2.1.1に加速度センサーによって測定した着地衝撃のグラフを示す.

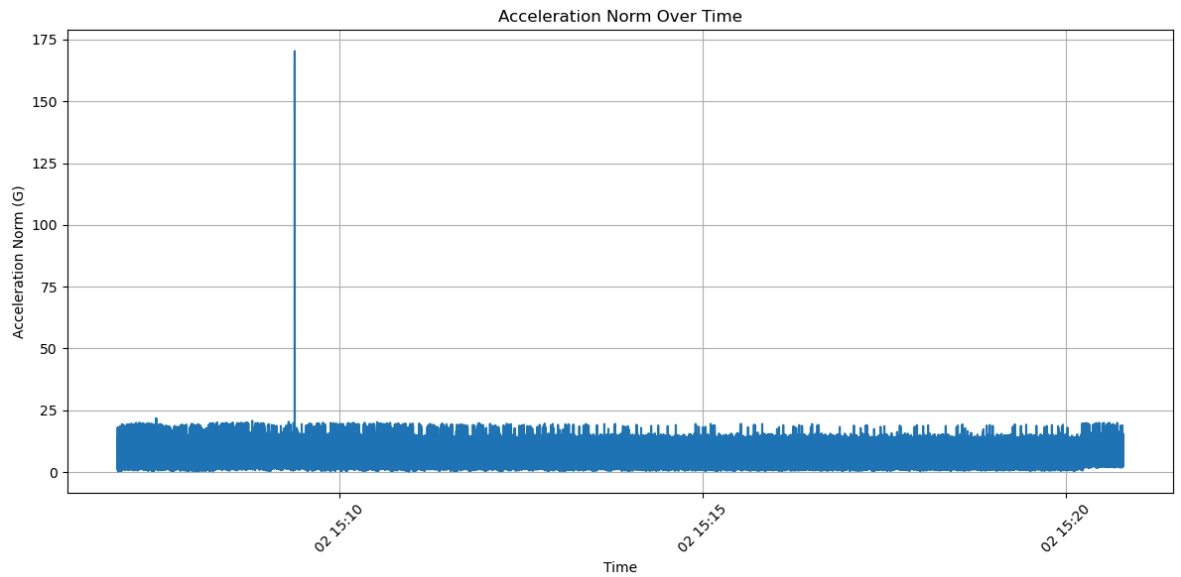


Fig 5.2.1.1 着地衝撃の測定結果

- 結論
 - 試験動画より、着地時の衝撃加重に耐えられ、十分にミッションを実現できる確認できた。

MV2 カプセル展開試験

- 目的
 - 着地後テグスの焼き切りによってカプセルが展開することを確認する。
- 試験内容
 - 抵抗加熱によってテグスを焼き切り、カプセルが正常に開くことを確認する。
 - 一連の様子を撮影する。
- 試験結果
 - <https://youtu.be/X3UelytkeHs?feature=shared>
- 結論
 - カプセルは間違いなく展開することがわかった。

MV3 走行性能確認試験

- 目的
 - CanSatが様々な環境下で走行可能なことを確認する。
- 試験内容
 - 砂地で走行させ、スリップしないことを確認する。
 - 草地上で走行させスリップしないこと、草に引っかからないことを確認する。
 - 複数の高さの段差で走らせ、どの高さまで走行可能か確認する。
- 試験結果
 - 試験結果を次の動画に示す。
 - <https://www.youtube.com/watch?v=rCKgH2lktCs> (草地)
 - https://www.youtube.com/watch?v=EEWpX4i3_PI (砂地, 段差)
 - <https://youtu.be/qb0OGts8H0c> (段差再試験, 2024/08/27)
 - 段差再試験で用いた段差の高さを示した4つの図をFig 5.2.3.1~4に示す。



Fig 5.2.3.1 厚さ2.1[cm]のゴムの重り

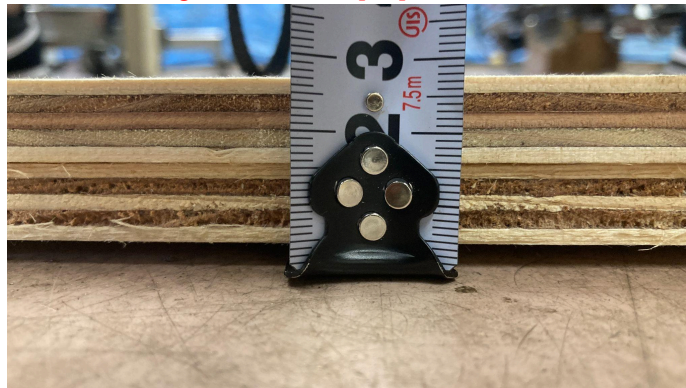


Fig 5.2.3.2 厚さ2.7[cm]の木材



Fig 5.2.3.3 厚さ3.2[cm]の木材



Fig 5.2.3.4 厚さ4.0[cm]の木材

- 結論

- 草地では機体がスリップせず、かつ草に引っかからずに走行可能であることを確認できた。また、砂地でも同様に機体がスリップせずに走行可能であることを確認できた。厚さ3.2[cm]までの段差を乗り越

えられる事を確認できた.

MV4 ゴール検知試験

- 目的
 - CanSatがカメラによる誘導を行うゴールから半径3m以内の地点でゴールコーンを検知できることを確認する.
- 試験内容
 - ゴールから半径3m以内の地点でそれぞれカメラでゴールコーンを検知できているかどうかを確認する.
- 試験結果
 - 赤コーンを認識している画像を以下のFig5.1.13.1~5.1.13.3に示す.

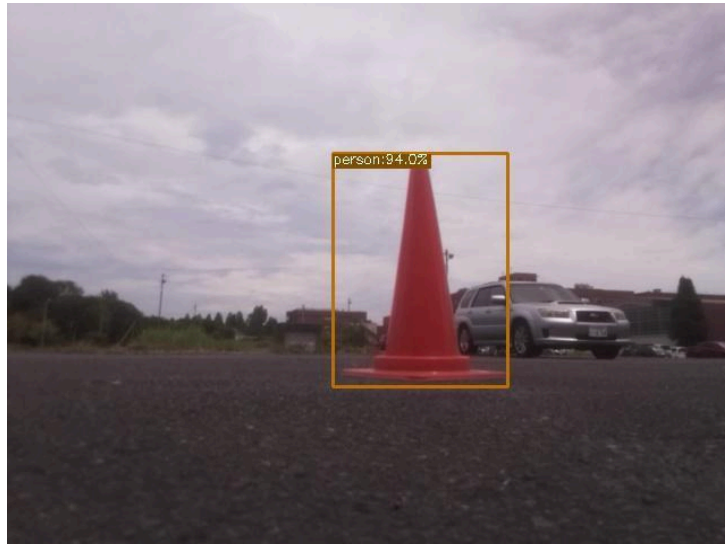




Fig5.1.13.1, 5.1.13.2, 5.1.13.3 赤コーン検知の画像

- 結論
 - CanSatが赤コーンから半径3m以内の地点で赤コーンを検知できることが確認できた.
- MV5 マーカ検知試験
- 目的
 - CanSatがカメラによって新型ゴールから1m~3mの地点でマーカを検知できることを確認する
- 試験内容
 - マーカーから1 m, 2 m, 3 m,の地点でそれぞれカメラでマーカを検知できているかどうかを確認する
- 試験結果
 - 1m地点の図



- 2m地点の図



□

□ 3m地点の図



□

□

- 結論

- CanSatがカメラによって新型ゴールから1m~3mの地点でマーカを検知できることを確認した。

CRV2 制御履歴レポート作製試験

- 目的

- 大会当日にCanSatの制御の記録として制御履歴レポートが作成できることを確認する。

- 試験内容

- End-to-End試験にて、誘導に用いたデータを記録し、制御履歴レポートとする。記録するデータは、位置情報、地磁気情報、カメラで撮影した画像の三種類で、それぞれ適当な時間間隔で記録し続ける。また、作成した制御履歴レポートが適切なものか考察し、大会当日に正確なレポートが作成できることを確認する

- 試験結果

- EndtoEnd試験における制御履歴データを以下のファイルに示す。

- ◇ [record_2024-07-28_12-56-56_890884.xlsx](#)

- 記録した項目と意味は以下のとおりである。

- ◇ comment

- CanSatの状態・行った動作

- ◇ time

- CanSatを起動してから経過した秒数
- ◇ phase
 - その時のフェーズ
- ◇ baro[hPa]
 - 気圧センサから得られた気圧
- ◇ latitude/longitude[°]
 - GPSセンサから得られた緯度/経度
- ◇ duty_R\duty_L
 - 右/左モータのduty比の値
- ◇ theta[°]
 - 地磁気センサから得られた、機体の向いている角度
- ◇ cornangle[°]
 - ゴールコーンを検知した方向
- ◇ distance[mm]
 - ゴールコーンまでの距離
- 全項目を通して、値が定義されていないか、センサなどから値が得られていない場合は「-1」を示している。
- 以下に得られた制御履歴のうち緯度と経度の推移を衛星写真上にプロットしたものを示す。
 - ◇ 黄: 投下・着地フェーズ
 - ◇ 青: 地磁気・GPSセンサ誘導フェーズ
 - ◇ 緑: カメラ誘導フェーズ
 - ◇ 赤: 距離センサ誘導フェーズ



- ◇ 考察
 - EndtoEnd試験において必要な項目が不足なく記録された制御記録レポートを作成できることが分かった。また、そのデータは実際の挙動に妥当なものであった。
- 結論
 - EndtoEnd試験において必要な項目が不足なく記録された制御記録レポートを作成できることが分かった。また、そのデータは実際の挙動に妥当なものであった。

RV11, CRV1 End-to-End試験

- 目的
 - CanSatの投下から、ゴール判定までの一連のシーケンスが実施できることを確認する。
- 試験内容
 - 着地衝撃を与えてから、カプセルを展開し、地磁気・GPSセンサ誘導フェーズ、カメラ誘導フェーズ、距離センサ誘導フェーズを経てCamSaが0 mゴールできることを確認する。

- 試験結果

- <https://youtu.be/puDSeHqHnxQ>

- 結論

- 着地衝撃を与えてから、カプセルを展開して、パラシュートを切り離し、地磁気・GPSセンサ誘導フェーズ、カメラ誘導フェーズ、距離センサ誘導フェーズを経てCanSatが0 mゴールできることを確認できた。

第6章 工程管理

ガントチャートを以下のFig6.1に示す。

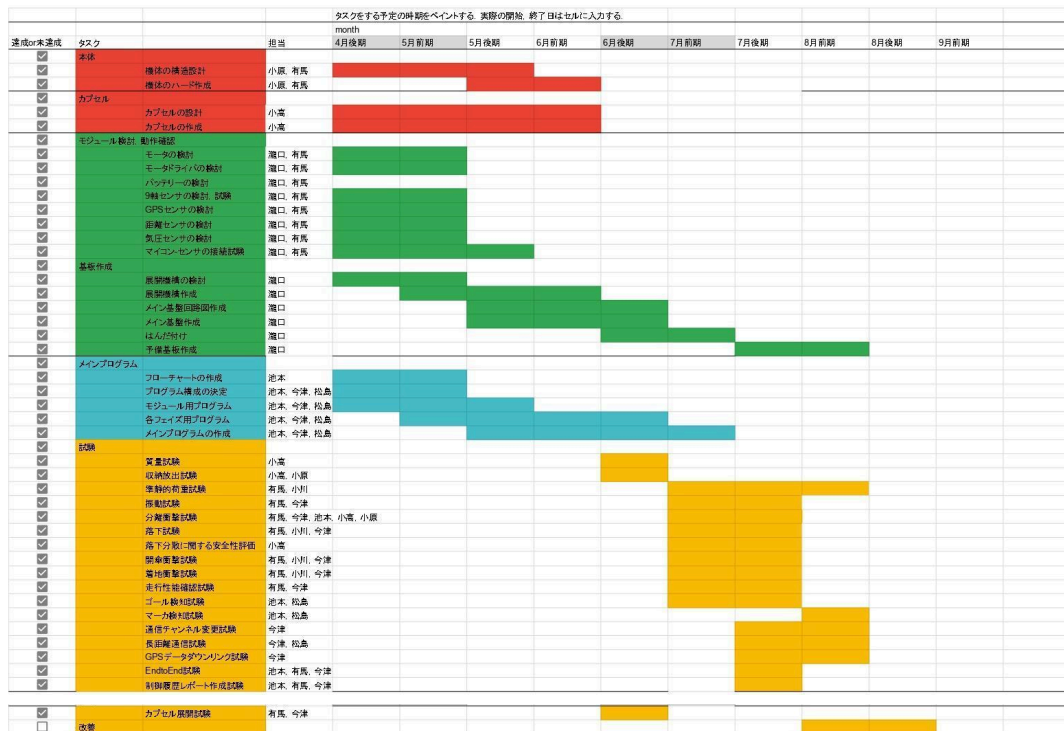


Fig6.1 ガントチャート

第7章 大会結果報告

● 第7.1節 目的

チームでのCanSat作成を通して、システムエンジニアリング、プロジェクトマネジメントと学ぶことを目的とした。

● 第7.2節 結果

○ 投下一回目

ロケットからの分離衝撃が想定よりも強く、CanSatはカプセルから分離され、自由落下した。CanSatは着地後動くことが出来ずリタイアした。

制御履歴より測定した気圧をFig 7.1.1に示す。

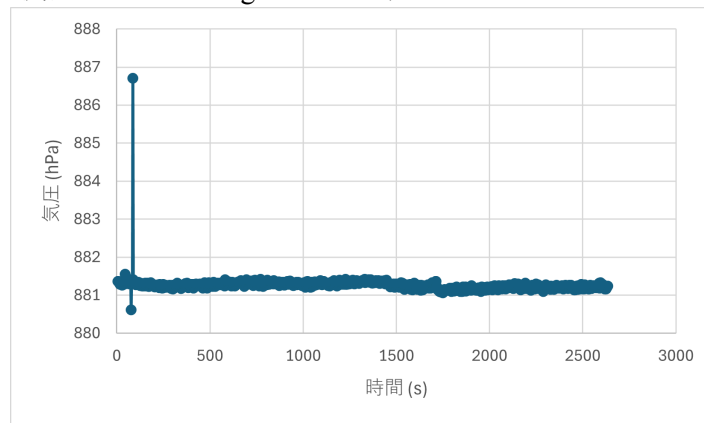


Fig 7.1.1 1回目の打ち上げで測定した気圧

○ 投下二回目

パラシュートが開き、着地したがカプセルの展開を行えずリタイアした。着地時には焼き切り抵抗のコネクタが基板から外れておりカプセルの展開を行えなかった。

制御履歴より測定した気圧をFig7.1.2に示す

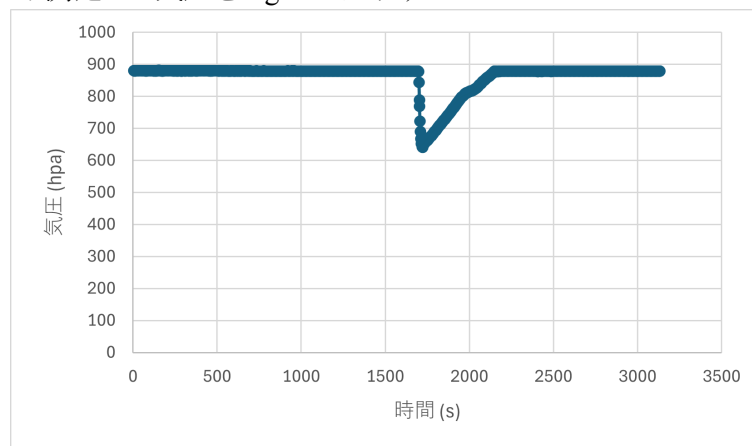


Fig7.1.2 2回目の打ち上げで測定した気圧

着地1分前からの動画を以下のリンクに示す

<https://youtu.be/aq71CVghAZ0>

● 第7.3節 考察

サクセスクライテリアの達成度については、2回目の打ち上げでパラシュートによつての着地まで行えたため、ミニマムサクセスを一部達成できた。

今回の問題点としてはCanSatの強度に対するマージンの不足から生じたと考えられる。特に焼き切りのコネクタ部分は負荷に弱い設計となっていた。今後は負荷がかかる重要な部品を交換の必要のない堅牢な機構で再設計する必要がある。

第8章 まとめ

● 第8.1節 工夫点・努力した点

○ 拡張式のタイヤ

- 走破性能の向上を目的として、拡張式のタイヤを設計、製作した。
- 走破性能の試験では10cm~12cm程度の土の段差を乗り越えることができ、拡張機能が機能した
- 展開機構はタイヤの直径を増やし、段差や溝などを含んだ悪路に対する走破性能を向上させることを目的としている。
- タイヤは3Dプリンターで製作されていて、CAD図で示した赤い部分はポリ乳酸樹脂 (PLA), 青い部分は熱可塑性ポリウレタン樹脂 (TPU) で作成した。
- PLAは比較的硬い一方、TPUは柔軟でゴムのような性質を持っている
- 外側のPLA部分は展開機構を備えている。カプセルの分離後、PLAで出来た板ばね部分の弾性力によって展開し、直径が6cm以上増加する。走破性能を向上させることを目的としている。
- 内側のTPU部分は3つのコイル状のパーツでタイヤの外側部分と軸受け部分を接続していて、着地時の軸受けへの衝撃を和らげることを目的としている。
- TPU部分の軸受け部分との接続はネジなどを使わないはめ込み式なので着脱が容易で、タイヤを含めた機体の部品の交換などの修理をしやすくなっている。
- 以下のFig 8.1.1, Fig 8.1.2にCAD上でのタイヤの展開時, 収納時の図を, Fig 8.1.3, Fig 8.1.4に実際のタイヤの展開時, 収納時の図を示す。

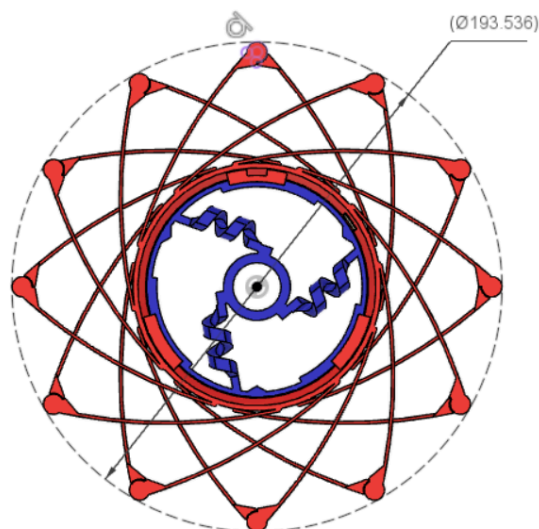


Fig 8.1.1 タイヤ展開時(CAD)

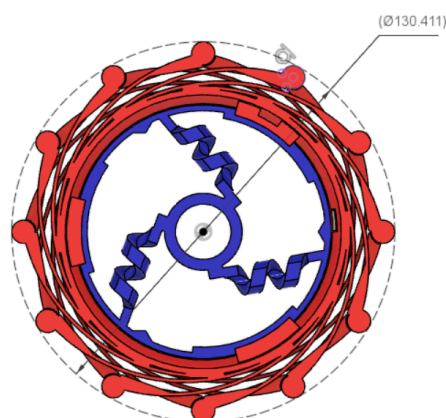


Fig 8.1.2 タイヤ収納時(CAD)

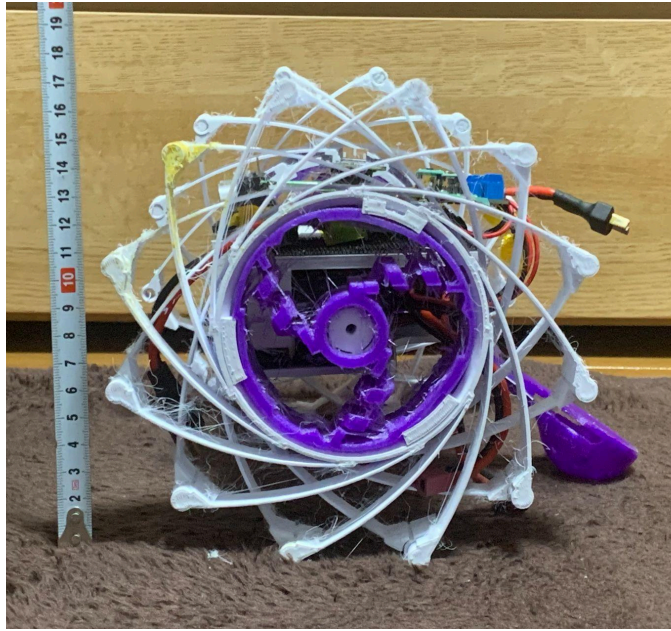


Fig8.1.3 タイヤ展開時



Fig8.1.4 タイヤ収納時

- 展開機構の説明
 - ◇ PLA部分は更にFig 8.1.5, Fig 8.1.6で色分けして示すように、2つのパーツからなっており、中央の輪っか上の部分で互いに回転してスライドできるようになっている。
 - ◇ 展開時には24枚の板状の部分の弾性力によって、互いにスライドし展開する

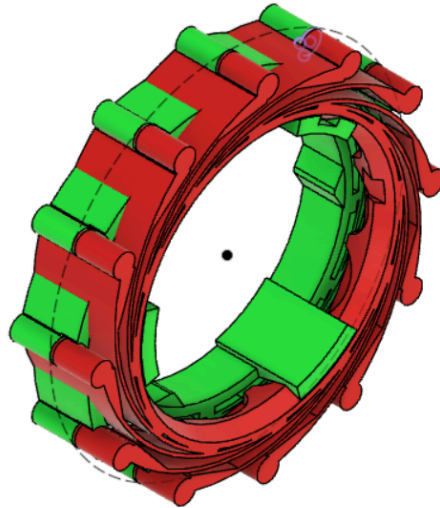


Fig 8.1.5 収納時のタイヤのPLA部分

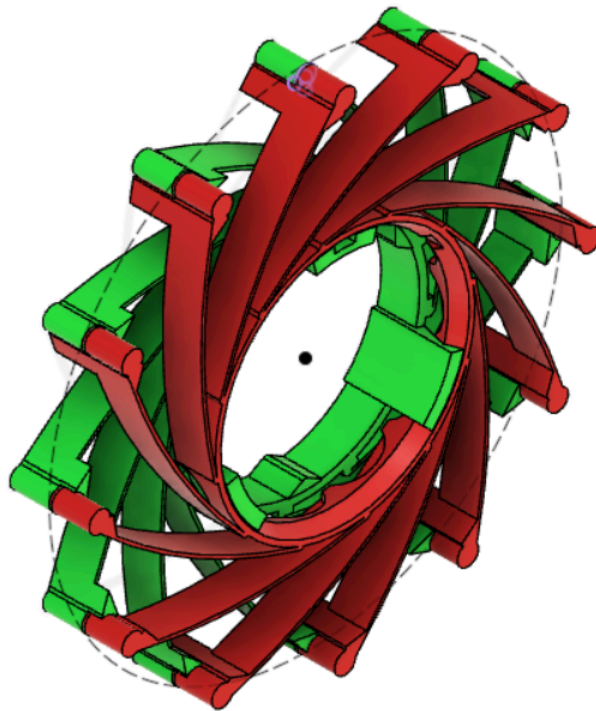


Fig 8.1.6 展開時のタイヤのPLA部分

- 着地検知アルゴリズム
 - 昨年度, 着地検知を気圧センサのみで行うまく着地検知が出来なかった反省を生かし, 今年度は着地検知にタイマーも併用した.
 - 今年度の2回目の打ち上げの際も気圧による着地検知はうまくいかなかったが, タイマーが期待通りに動作し着地検知を行うことが出来た.
- 第8.2節 課題点

焼き切り抵抗を用いたカプセルの展開は負荷に弱かったり, 焼き切る対象のテグスも負荷に弱かったりと信頼性が低い問題がある. そのため, 焼き切りを用いずにパラシュートの分離を行う機構を作成する必要があると考えられる.
- 第8.3節 今後の展望
 - ミッションについて

今回の大きなミッションとして,「試験を効率的に行い, CanSatのミッション達成の最大の壁となっている着地・カプセル展開を確実にできる信頼性の高い機体を作成

する」というものがあつた。信頼性の高い機体を作成することは難しく一朝一夕で達成できるものではないので今後もこのミッションに向かって活動を行っていきたい。

○ 資金調達について

本年度も、資金面の負担から、一部のメンバーだけの参加になってしまった。来年度以降は、なるべく多くのメンバーで参加するためにも、資金調達の方法について検討していきたい。