

ACTS 報告書

提出日:2021年 12月 24日

- チーム情報

CanSatチーム名	東京都立大学 SSLB4
CanSatチーム 代表者情報	岡納さくら sakuchia329@gmail.com, 080-1237-6209
UNISEC団体名	東京都立大学 佐原研究室
UNISEC団体 学生代表	安平浩義
責任教員	佐原宏典 sahara@tmu.ac.jp , 042-585-8624(大学)/090-6142-4169(携帯)

- メンバー

役割	名前(学年)
PM,電装(回路)	岡納さくら(B4)
電装(プログラム)	塩仁美 (B4)
機体	伊藤将太 (B4)
機体	飯島拓人 (B4)

- CanSatの製作目的・大会参加理由
ものづくりを経験するため。

目次

第1章 ミッションについて	4
1.1 ミッションステートメント(ミッションの意義と目的)	4
1.2 ミッションシーケンス	5
第2章 サクセスクライテリア	6
第3章 要求項目の設定	7
3.1 システム要求(安全確保、レギュレーションのための要求)	7
3.2 ミッション要求(ミッションを実現するにあたり要求される性能)	8
第4章 システム仕様	9
4.1 CanSat外観	9
4.2 CanSat内観・機構	11
4.3 システム図(CanSat搭載計器仕様一覧)	12
4.4 アルゴリズム	15
第5章 試験項目設定	23
第6章 実施試験内容	24
6.1 システム要求を満たすための試験内容	24
6.2 ミッション要求を満たすための試験内容	37
第7章 工程管理、ガントチャート(スプレッドシートを推奨)	41
7.1 各担当(ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入)	41
第8章 責任教員による自己安全審査結果のまとめ	43
8.1 安全基準審査	43
8.2 責任教員所感	44

第1章 ミッションについて

1.1 ミッションステートメント(ミッションの意義と目的)

- ミッションステートメント

「サンプル採取技術の獲得」

- ミッションの意義と目的

宇宙開発の1つに惑星探査がある。未開拓の地でのサンプルリターンは宇宙の謎の解明への大きな手がかりであり、人類の研究に大きな進展をもたらす。実際にNASAのキュリオシティ・JAXAのはやぶさなどがサンプルリターンをミッションとしており、ドリル採掘・タッチダウンでミッションに挑んだ。このように直接的な制御が困難である環境において、自律的に採掘が可能なサンプル機構は有用であり、今後のミッションに向けて採取の方法を確立することは重要である。

CanSatのミッションとしてサンプル採取は多く行われてきたが、レギュレーションにより機体の体積が制限されることから採取したサンプルの量が少ないことが課題であると考えた。したがって私達はCanSatの走行機能をなくすことで、サンプル採取機構に割くりリソースを増やし、新たなサンプル採取技術の獲得を目指すことをミッションとする。走行機能をなくした分サンプル質量計測機構も搭載することで、現地でサンプル質量計測を行いその情報をダウンリンクする。これはミッション結果を自律的に判断する材料とすることができる。

今回のCanSatはミッション実現のために、サンプル採取機構のドリル、筐体面指定の展開機構を持つ。ドリルは着地後に刃先が地面を向く必要があるため、筐体がどの面で着地しても展開機構が作動することでドリルの刃先を地面に向ける構造とした。この展開機構は本ミッションだけでなく、筐体の向きを指定する必要がある様々なミッションに適用可能であり、今後のCanSat開発において有益な技術となることが期待できる。

1.2 ミッションシーケンス

ミッションシーケンスを図1に示す。

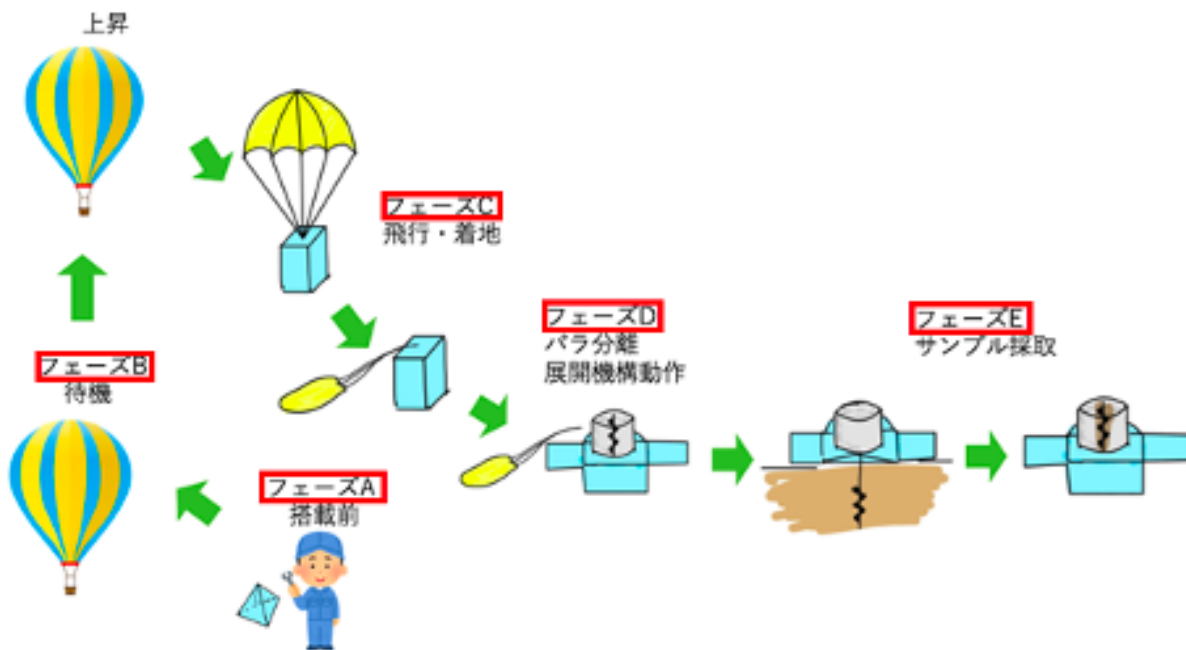


図1. ミッションシーケンス

- フェーズA(搭載前)
CanSat の組立・キャリアへの搭載を行う。
- フェーズB(待機)
キャリアに搭載されたCanSatが気球により、高度30mまで上昇する。
- フェーズC(飛行・着地)
キャリアからCanSatが放出され、パラシュートで減速し着地する。
- フェーズD(パラ分離・展開機構動作)
パラシュート分離機構，展開機構が作動する。
- フェーズE(サンプル採取)
サンプル採取機構を動作させCanSat内にサンプルを保存し，保存したサンプルの質量を計測しダウンリンクする。

第2章 サクセスクライテリア

ミニマムサクセス	展開機構が作動する.
フルサクセス	サンプルを採取して機体の中に保存する.

エクストラサクセスとして独自に以下の項目を追加する.

エクストラサクセス: サンプルの質量を計測しダウンリンクする.

検証方法は以下の通りである.

➤ **ミニマムサクセス**

加速度センサによりドリルと地面のなす角を計測し地上局にダウンリンクする. このときなす角が -90° ~ 90° であることを確認する.

➤ **フルサクセス**

回収フェーズで保存機構からサンプルを回収し, はかりでサンプルの質量を計測する.

➤ **エクストラサクセス**

ロードセルでサンプルの質量を計測し, 地上局にダウンリンクする.

第3章 要求項目の設定

3.1 システム要求(安全確保、レギュレーションのための要求)

安全面の要求項目およびレギュレーションを満たすための要求項目R1-R10に加え、ミッション実現だけでなくCanSatを安全に運用させるための独自項目をR11-R17として追加した。

要求番号	自己審査項目
	ACTS安全基準
R1	<u>質量と容積</u> がレギュレーションを満たすことが確認できている
R2	<u>ロスト対策</u> を実施しており、有効性が試験で確認できている（例:地上局にダウンリンクする場合、ACTSで十分な通信距離が実現できるだろうと推測できる根拠が明確に示されていること。）
R3	地表近くで危険な速度で落下させないための <u>減速機構</u> を有し、その性能が試験で確認できている
R4	打ち上げ時の <u>準静的荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている
R5	打ち上げ時の <u>振動荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている
R6	分離時の <u>衝撃荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている
R7	打ち上げ時の <u>無線機の電源OFF</u> の規定を遵守できることが確認できている（FCC認証かつ100mW以下の機器はOFFしなくて良い。また、スマートフォンを用いる場合はFCC認証かつソフトウェアまたはハードウェアスイッチでoffにできること(2017年追加)）
R8	無線のチャンネル調整に応じる意思があり、また実際に調整ができることを確認できている
R9	R1-R8の充足を確認した設計の機体によって、ロケットへの装填から打ち上げ後の回収までを模擬したEnd-to-end試験を実施できており、今後、安全性に関わる大幅な設計変更はない
R10	CanSatの収納・投下準備が5分以内でできている
R11	CanSatがスムーズにキャリアから放出されること
R12	減速機構の開傘衝撃にCanSatが耐えうること
R13	着地衝撃にCanSatが耐えうること
R14	上空・落下中にサンプル採取機構およびニクロム線が作動しないこと
R15	モータを制御すること
R16	全てのシーケンスが正常に完了できる電力を供給できること

R17	制御履歴を保存し、制御履歴の提出・分析ができるようにすること
-----	--------------------------------

3.2 ミッション要求(ミッションを実現するにあたり要求される性能)

要求番号	自己審査項目 (ミッション実現要求項目)				
	上位要求	中位要求	下位要求		
M1	サンプル採取機構を搭載すること	-	-		
M2	サンプル採取機構を下に向けること	-	-		
M3	サンプルを採取すること	ドリルで穴を掘ること	風で機体が動かないこと		
M4			ドリルが回ること		
M5			ドリルが降りること		
M6			機体が反動で浮かないこと		
M7			モータ1の反作用によって機体が回転しないこと		
M8			衝撃によってドリルの回転軸がぶれないこと		
M9			ドリルを引き上げること	ドリルが上昇すること	
M10			サンプルを保存すること	-	
M11			サンプルの質量を計測し地上局にダウンリンクすること	-	-

※モータ1:ドリル回転用モータ

第4章 システム仕様

4.1 CanSat外観

4.1.1 展開機構の展開前の外観

展開機構が展開する前のCanSatの外観を図2に示す。周りを覆う板は、80mm×205mmのアルミ板4枚で出来ている。板は軽量化のため、肉抜きにしてある。

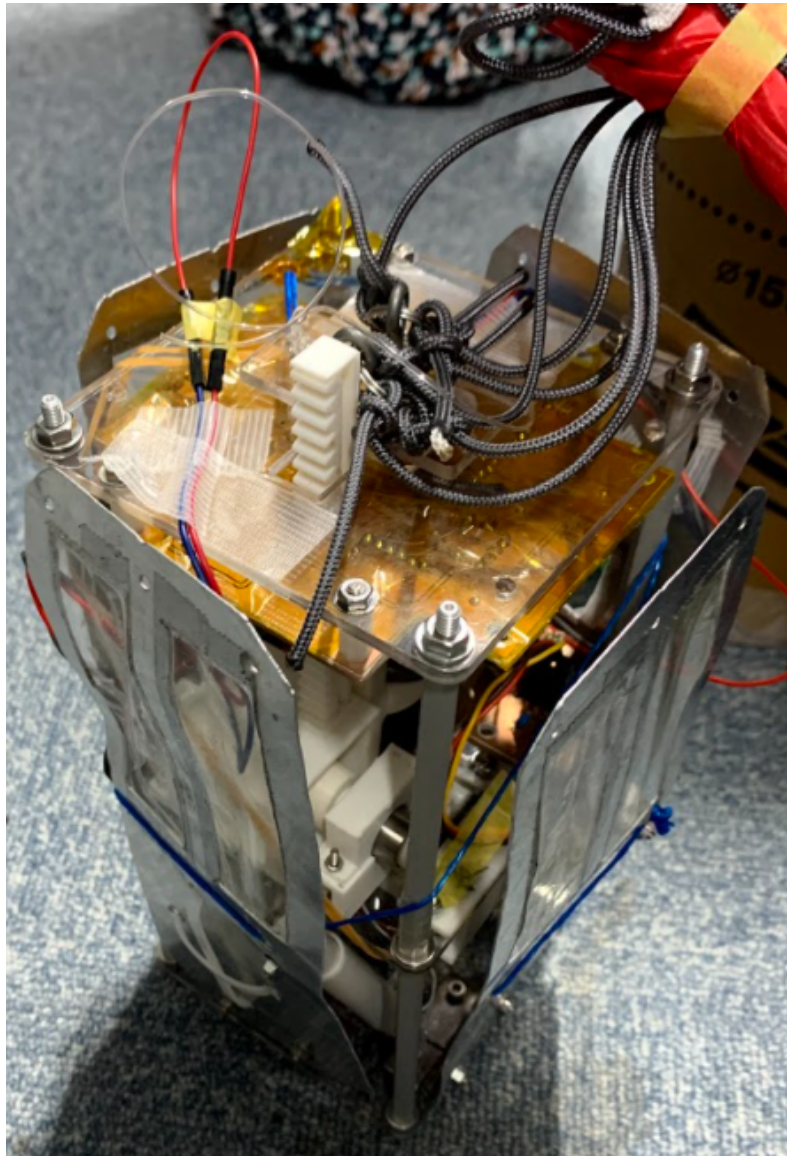


図 2. 展開機構の展開前の外観

4.1.2 展開機構の展開後の外観

展開機構が展開した後のCanSatの外観を図3に示す。変性ポリエチレンテレフタレートで出来た100mm×100mm、厚さ3mmの樹脂板3枚を、アルミ六角支柱8本で支えている。支柱は下から100mm×4本、90mm×4本となっている。一番下の板には、展開機構がついている。一番下から二段目の板には、ミッション用基板とサンプル採取機構がついている。一番上の板には、テグスを通す穴が空いており、下面にメイン基板もついている。

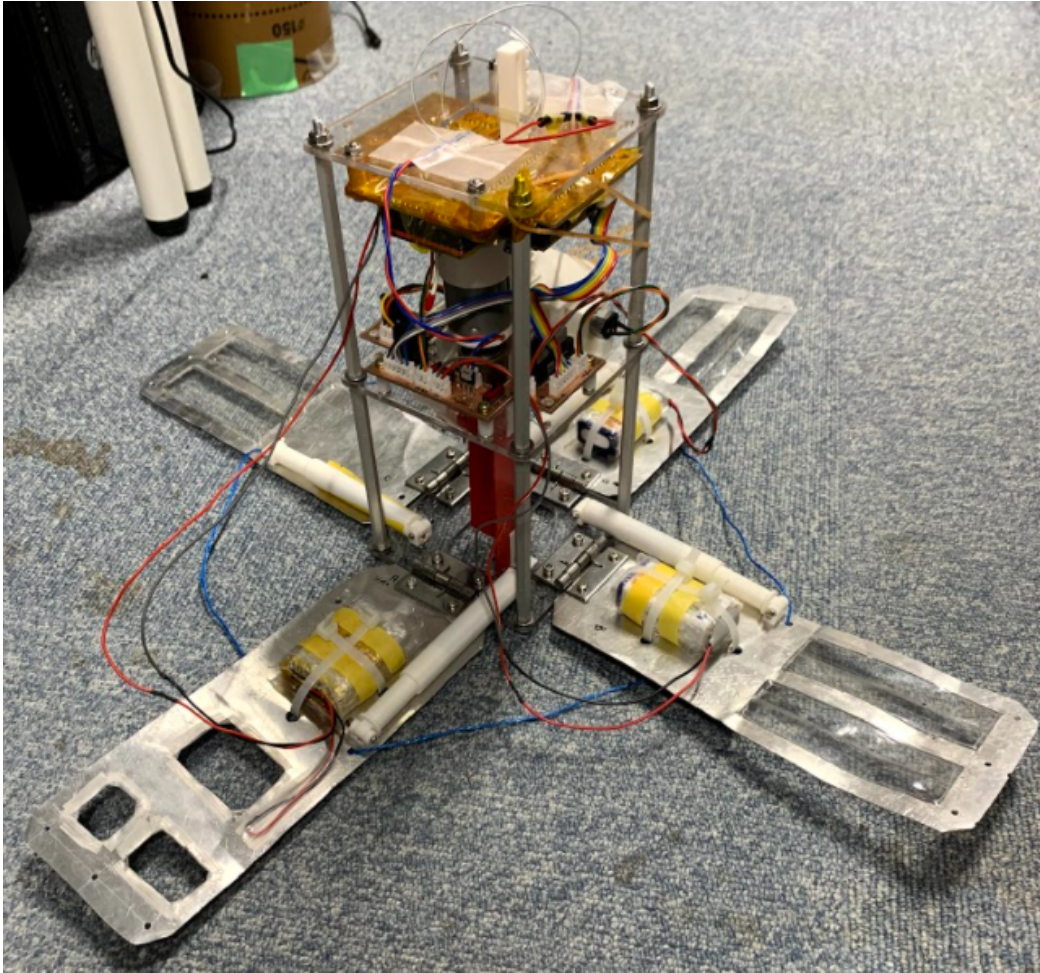


図 3. 展開機構の展開後の外観

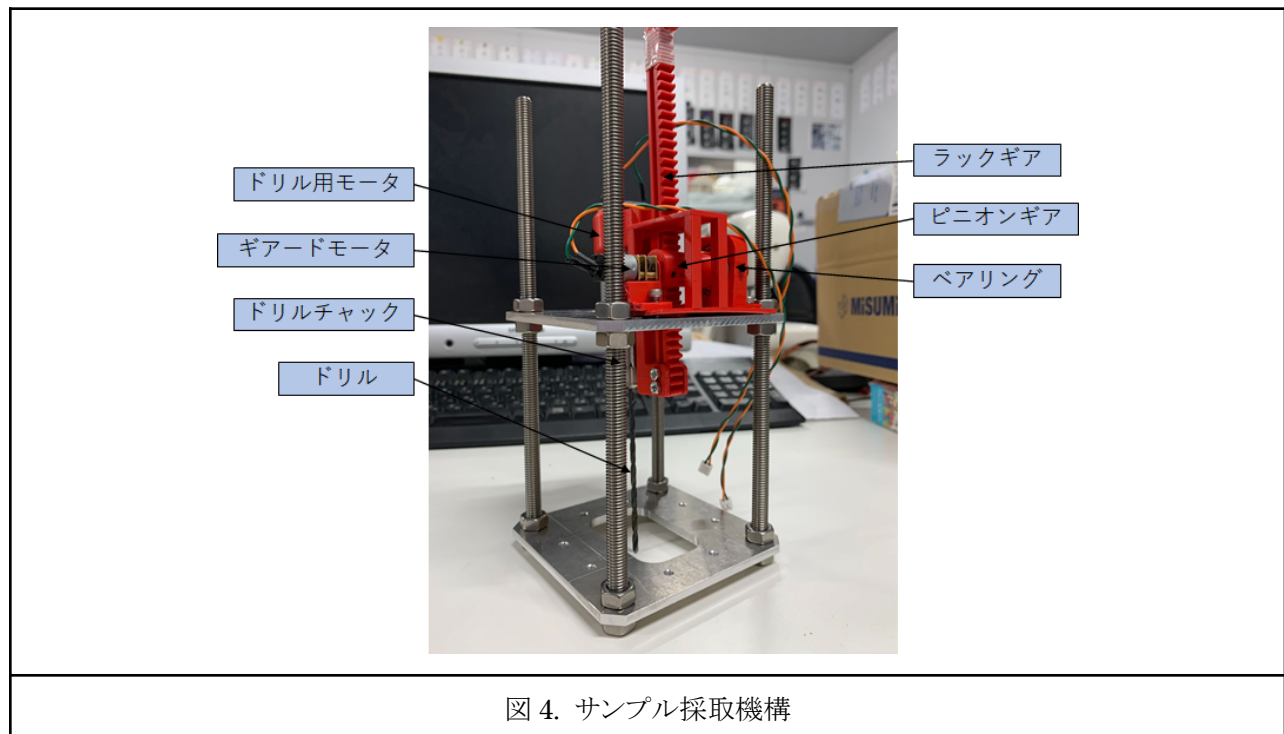
4.2 CanSat内観・機構

4.2.1 展開機構

ばね蝶番とコイルばねを用いた展開機構を搭載し、ばねの力を利用して、どの面を下に着地してもサンプル採取機構を下に向けて展開する。外のアルミ板を閉じると同時に、コイルばねを縮めるようなヒンジを3Dプリンタで作成した。なお、コイルばねの線径、外径、自由長は機体を持ち上げる強さを持つばねを、実験により選定した。テグスがニクロム線によって切れることで、外のアルミ板から括り付けてあるひもが放たれ、展開する。

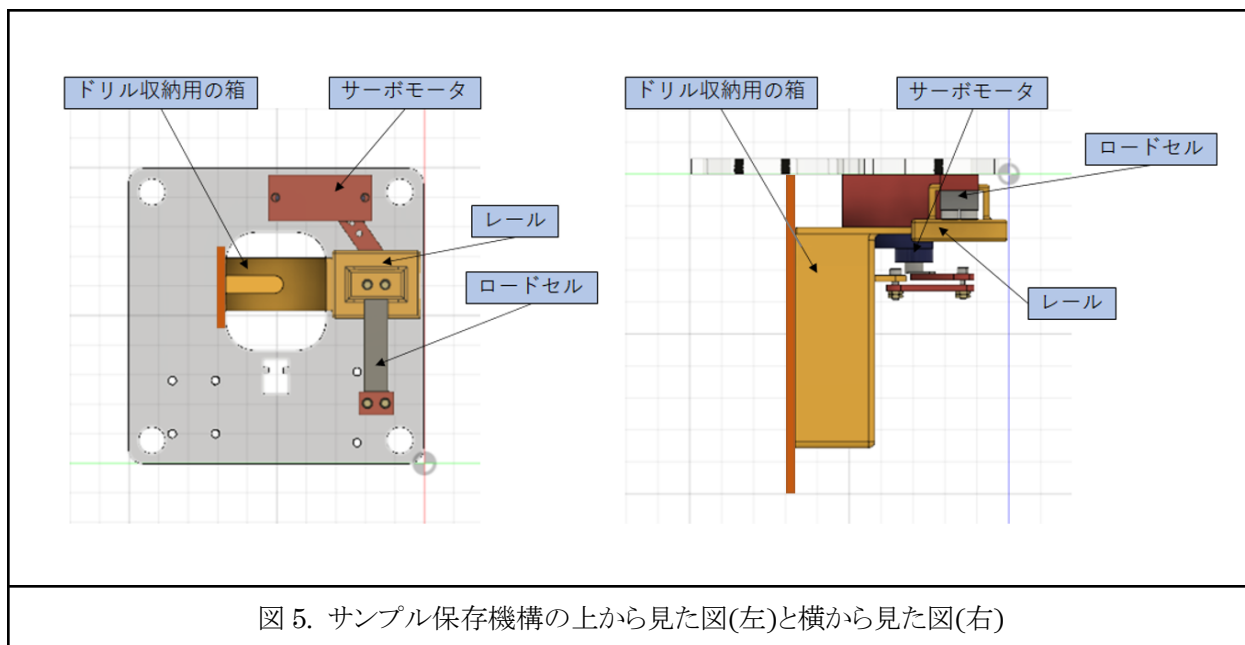
4.2.2 サンプル採取機構

サンプル採取機構を図4に示す。ドリルをドリルチャックでモータに取り付け、回転させる。ドリルを回転させた状態でラックアンドピニオンによって上昇・下降させる。ピニオンギアを回転させるモータは、低回転数で高トルクを生み出せるギアードモータを採用した。



4.2.3 サンプル保存機構

サンプル保存機構を図5に示す。レールに取り付けた箱を平行リンク機構でスライドさせて、ドリルを保存機構内に収める。サンプル採取後、ドリルを回転させてサンプルを箱内に落とし、レールと天井の固定部の間に挟んだロードセルでサンプルを測定する。リンク機構のクランクはダブルナットで止め、箱部分をサーボ側が保持しないようにする。



4.3 システム図(CanSat搭載計器仕様一覧)

システムブロック図, 搭載計器一覧と用途を図6, 表1に示す. バッテリは, 3.7V1000mAhのリチウムイオンポリマー電池2つ (Battery_1, Battery_2)と9.0Vのアルカリ乾電池2つ (Battery_3, Battery_4)を使用する. Battery_1, Battery_2はOBCとセンサへの電源を供給するもので, Battery_3はニクロム線, サーボモータ, モータ1, ADコンバータへ, Battery_4はモータ2への電源供給を行う. Battery_3の電圧9.0Vをニクロム線へそのまま供給し, レギュレータで6.0Vへ降圧してモータ1へ, 5.0Vへ降圧してサーボモータ・ADコンバータへ供給する. その他センサ等の用途は表1を参照.

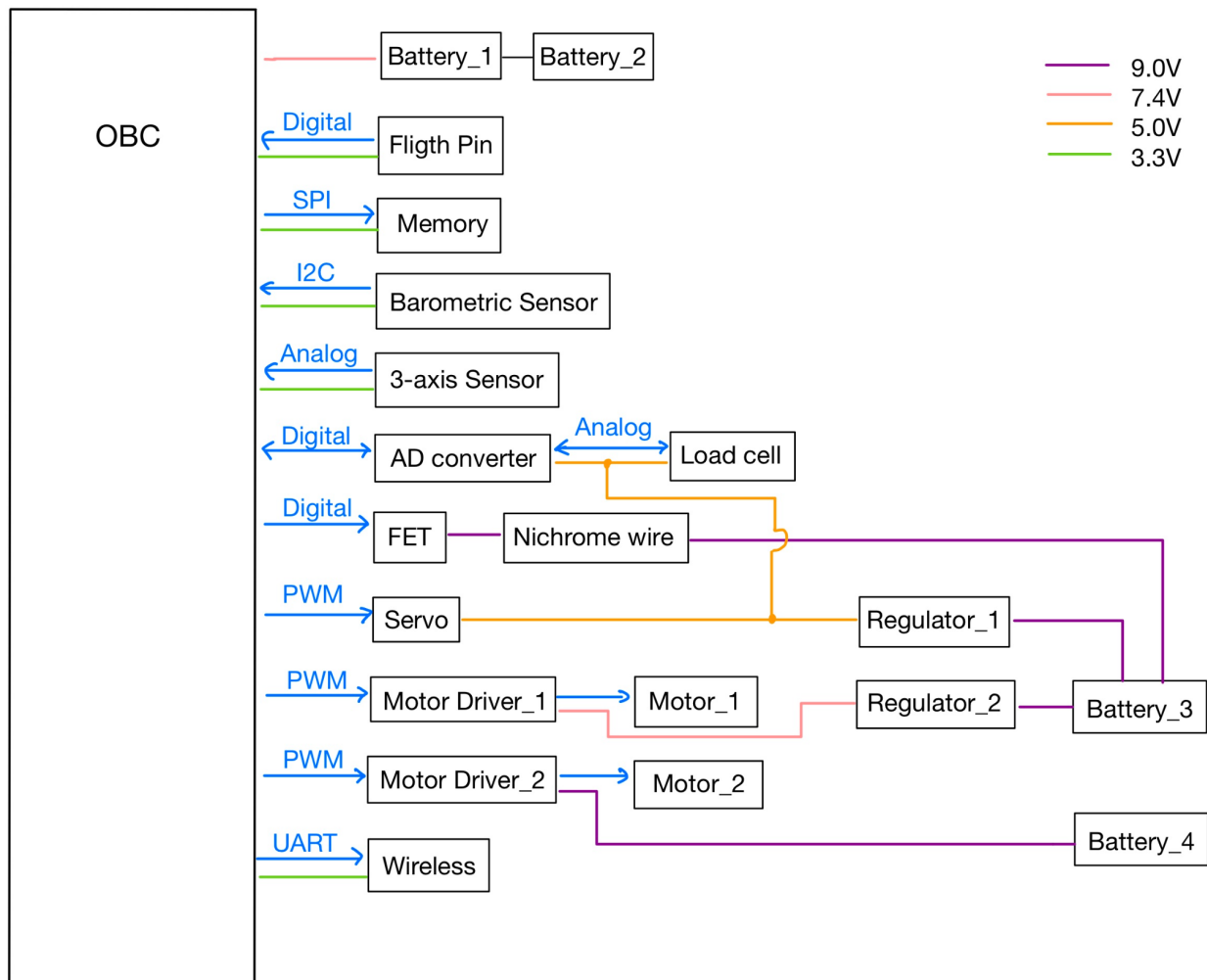


図6. システムブロック図

表1. 搭載計器一覧

No	図中表記	パーツ名	型番	用途
1	OBC	マイコン	LPC1768	センサ・アクチュエータの制御
2	Memory	SDカード	なし	センサからの取得データの保存
3	Barometric Sensor	気圧センサ	BMP180	気圧データの取得
4	3-axis Sensor	3軸センサ	KXTC9-2050	加速度データの取得
5	AD converter	ADコンバータ	HX711	ロードセルデータをデジタル値に変換

6	Load cell	ロードセル	なし	サンプル質量値の取得
7	FET	FET	2SK2796	ニクロム線のスイッチング
8	Nichrome wire	ニクロム線	なし	パラシュート分離・展開機構動作のためのテグスカット
9	Servo	サーボモータ	SG92R	保存機構動作
10	Motor Driver_1	モータドライバ	TA7291P	ドリルの上昇・下降用モータ制御
11	Motor_1	モータ	MG1012	ドリルの上昇・下降
12	Motor Driver_2	モータドライバ	TB6643KQ	ドリルの回転用モータ制御
13	Motor_2	モータ	なし	ドリルの回転
14	Wireless	無線機	TWE-Lite-RED	センサからの取得データのダウンリンク
15	Regulator_1	レギュレータ	TA4805S	サーボの対応電圧への降圧
16	Regulator_2	レギュレータ	L7806CV	モータの対応電圧への降圧
17	Battery_1・2	バッテリー	なし	OBC・センサへの電源供給
18	Battery_3	バッテリー	6LR61EJ/1B	ニクロム線・サーボ・モータ1・ADコンバータへの電源供給
19	Battery_4	バッテリー	6LR61EJ/1B	モータ2への電源供給

4.4 アルゴリズム

4.4.1 全体

ミッション開始から終了までの全体フローチャートを図7に示す。モードは全部で6つあり、その概要について以下に示す。各モードの詳細については4.2.~4.7.に示す。また、それぞれのモードの移行時にインジケータとしてマイコン上のLEDが点灯または点滅するようにする。

- **チェックモード**: 全てのセンサが動くことを確認する。
- **待機モード**: CanSatが気球により上昇中、放出判定、着地判定のために必要なセンサの値をSDカードに保存する。
- **フライトモード**: 放出判定後、着地判定のための気圧データを取得する。
- **パラシュート分離・展開モード**: ニクロム線によりパラシュートを分離、展開機構を動作させ、加速度センサを用いて地面に対するドリルの角度を取得する。
- **ミッションモード**: モータ、サーボモータによりサンプル採取機構・保存機構を動作させ、ロードセルを用いてサンプル質量値を取得する。
- **回収モード**: 全シーケンスが終了し、CanSatが回収を待つ状態になったことを確認する。

最初に、キャリアに収納する前に地上で電源をONにする。次にチェックモードに入り全センサが正常に動作することを確認して、待機モードに入ったところでCanSatをキャリアに収納する。上空でCanSatが放出された後、フライトピンと気圧データを用いた放出判定をクリアするまで繰り返す。その後フライトモードに入り、着地したところで気圧データとタイマーを用いた着地判定をクリアするまで繰り返す。着地が確認されるとパラシュート分離・展開モードに入り、ニクロム線を用いてパラシュートを機体から分離し、また展開機構を作動させる。その後ミッションモードに入りサンプル採取を行う。ミッションモードの動作が全て終了した後、回収モードへと入り機体の回収を行う。

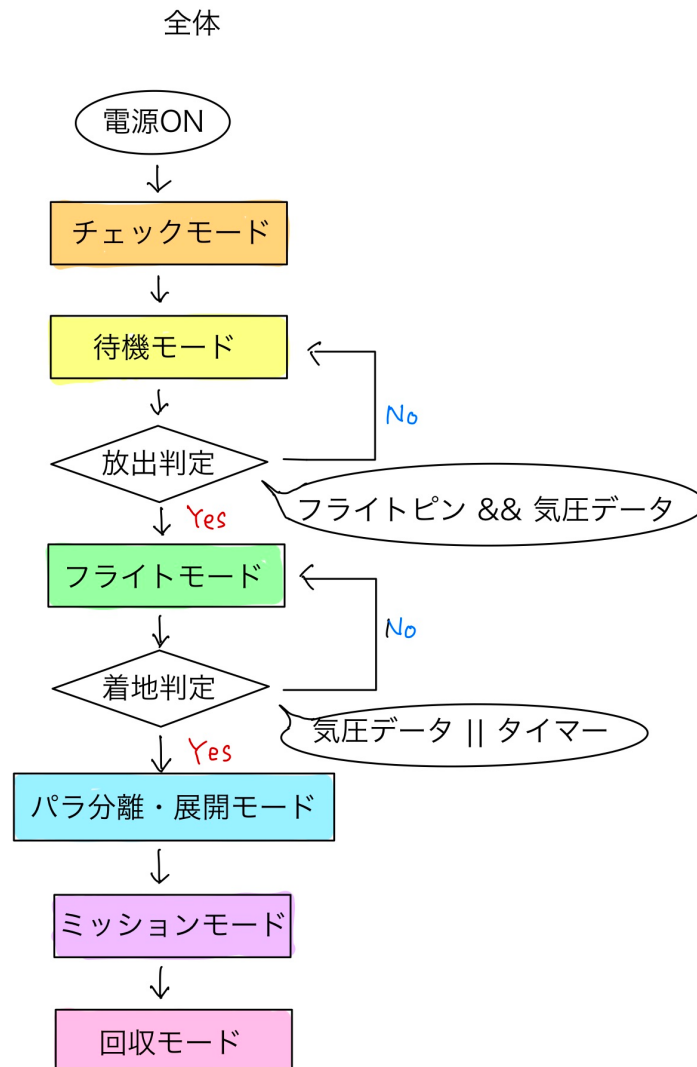


図7. 全体フローチャート

4.4.2 チェックモード

➤ 概要

全てのセンサが動くことを確認する。

➤ アルゴリズム

図8にチェックモードのフローチャートを示す。まず最初に、全シーケンスを通して使用する Timer_all を開始させる。その後、全てのセンサを動作させ、無線で地上局に取得データ等をダウンリンクする、というフローを30回ループする。レートは1Hzに設定する。

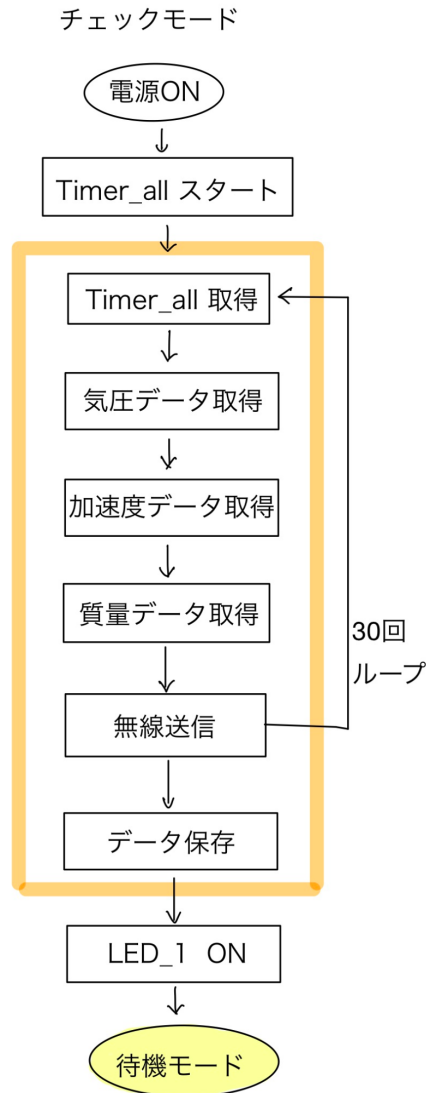


図8. チェックモード

4.4.3 待機モード

➤ 概要

CanSatが気球により上昇中、放出判定、着地判定のために必要なセンサの値をSDカードに保存する。

➤ アルゴリズム

図9に待機モードのフローチャートを示す。放出判定は、以下2つとする。どちらも満たさなければ次のモードへと移行しない。

1) フライトピンが抜ける。

基板にフライトピンを搭載する。マイコンの適当なピンを入力ピンに設定しておく。フライトピンが基板に刺さっている間はマイコンに”1”が入力される。パラシュートが開傘された際、パラシュートに引っ張られることによりフライトピンが基板から抜け、マイコンに”0”が入力される。

2) 取得高度 < 地上高度+10m である.

高度は気圧データから算出し, 3回の平均値を用いる.

1)のみで放出判定を行うと, 上空でフライトピンが抜けた際, 上空でニクロム線とモータが動作するという大変危険な状態になるため冗長性を確保し2)も含めることとした. 地上高度は現地で計測する. レートは1Hzとする. 放出判定をクリアした後, 着地判定のためのTimer_flightを開始する.

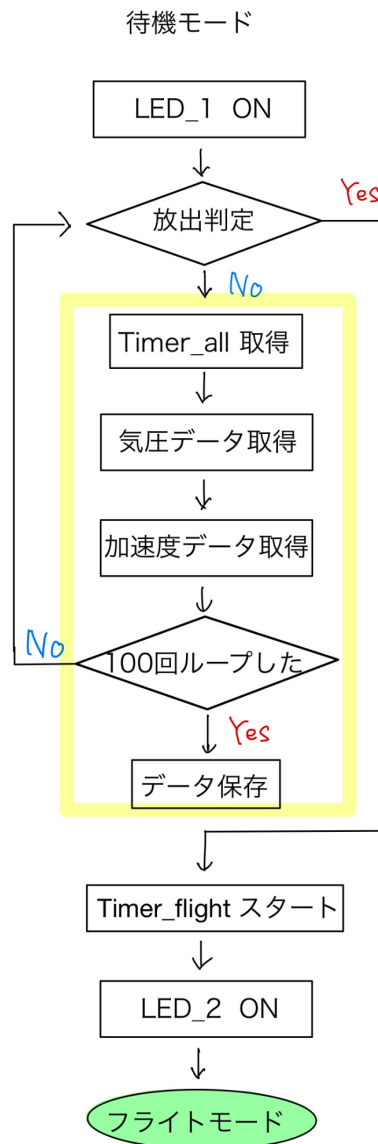


図9. 待機モード

4.4.4 フライトモード

> 概要

放出判定後, 着地判定のための気圧データを取得する.

> アルゴリズム

図10にフライトモードのフローチャートを示す。着地判定は、以下2つとする。どちらかを満たせば次のモードへ移行する。

- 1) 3回(3秒)連続, |現在高度 - 1個前の高度| < 0.8m

取得レートは1Hzとし, 高度は気圧データから算出し, 3回の平均値を用いる。現在高度と1つ前の高度の差の絶対値が0.8m未満となった時, 着地判定クリアとする。閾値は, 気圧センサの分解能を確認するために着地判定試験を数回実施して設定した。

- 2) `Timer_flight` > 60s

放出判定後から開始された`Timer_flight`の値を用いる。着地しても1)の条件を満たさない場合のための条件なので, `CanSat`が放出から着地までにかかると予想される十分な時間を閾値として設定する。

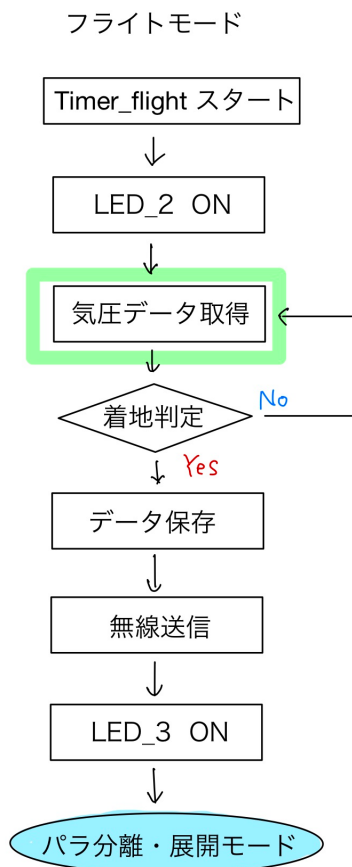


図10. フライトモード

4.4.5 パラシュート分離・展開モード

➤ 概要

ニクロム線によりパラシュートを分離, 展開機構を動作させ, 加速度センサを用いて地面に対するドリルの角度を取得する。

➤ アルゴリズム

図11にパラシュート分離・展開モードのフローチャートを示す。ニクロム線に流す電流をFETによるスイッチングで制御し、テグスを焼き切ることによってパラシュートを分離、展開機構を動作させる。次に、Z軸方向の加速度(重力加速度)を取得してドリルと地面の角度を算出し、ドリルが下を向いているかどうかを確認する。下を向いていない場合でも周辺に人がいなければ危険ではないとみなし、次のモードへ移行する。レートは1Hzに設定する。

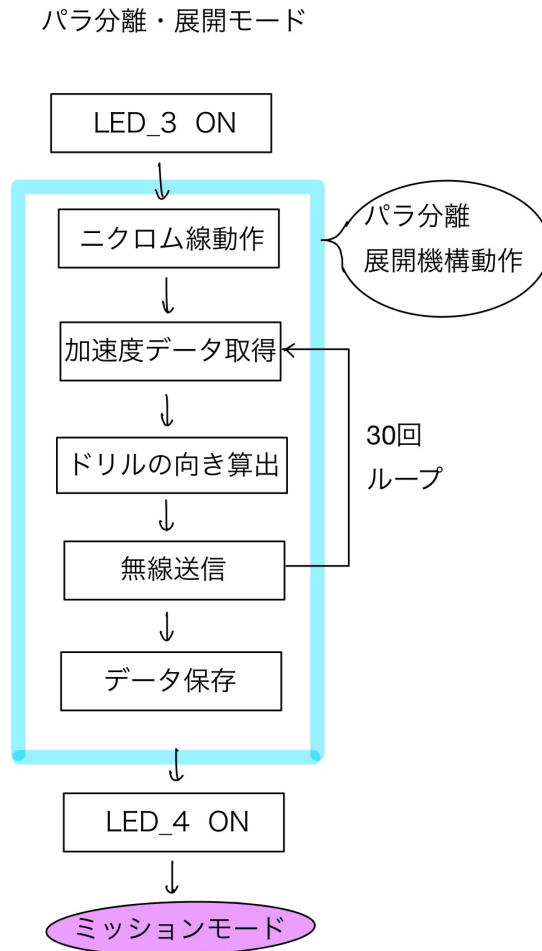


図11. パラシュート分離・展開モード

4.4.6 ミッションモード

➤ 概要

モータ、サーボモータによりサンプル採取機構・保存機構を動作させ、ロードセルを用いてサンプル質量値を取得する。

➤ アルゴリズム

図12にミッションモードのフローチャートを示す。最初にロードセルデータを1Hzで10回取得し、それらの値を平均してキャリブレーションを行う。その後、2つのモータを動作させ、ドリルを下降・回転、上昇させる。次に、サーボモータを動作させることで保存機構を動作させる。最後に、ロードセルを用いてサンプル質量値を1Hzで10回取得する。

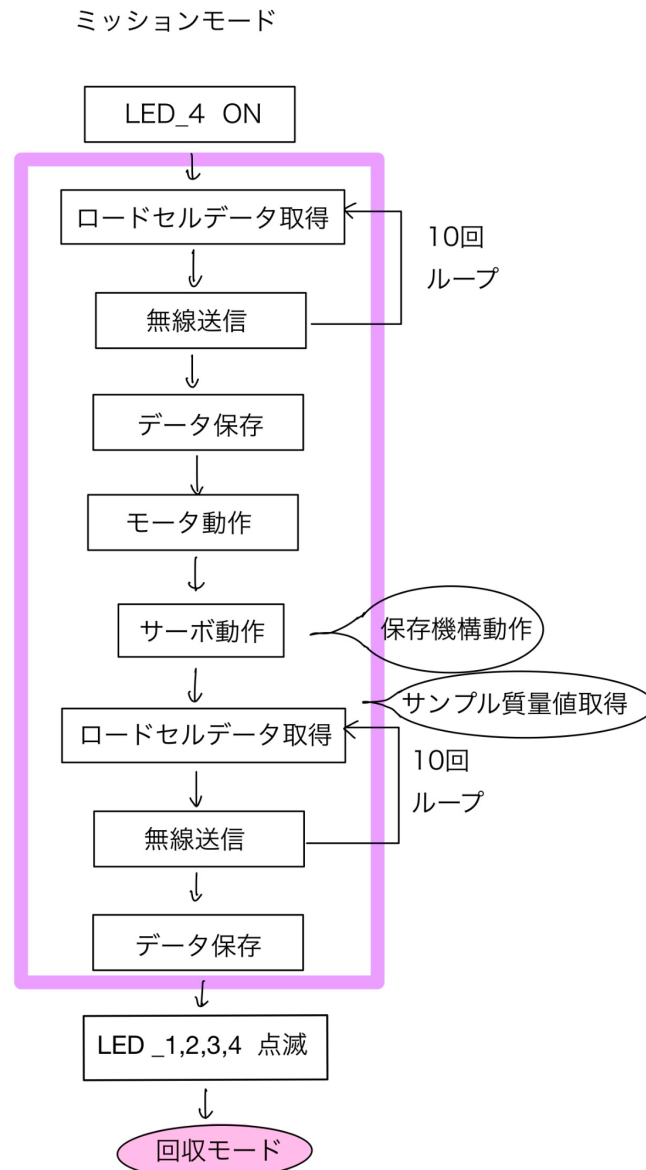


図12. ミッションモード

4.4.7 回収モード

➤ 概要

全シーケンスが終了し、CanSatが回収を待つ状態になったことを確認する。

➤ アルゴリズム

図13に回収モードのフローチャートを示す。回収モードに入ったことを確認するだけなのでレートは1Hzとする。回収モードに入ると全LEDが点滅する。

回収モード

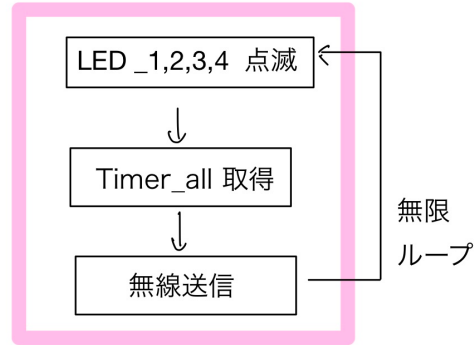


図13. 回収モード

第5章 試験項目設定

試験項目を以下に設定する。

番号	検証項目名	対応する自己審査項目の 要求番号(複数可)	実施日
V1	質量試験	R1	10/21
V2	機体の収納試験	R10	8/27
V3	機体の放出試験	R11	8/25
V4	ロングラン試験	R16	8/20
V5	無線機周波数変更試験	R8	7/21
V6	放出判定試験	R14	8/27
V7	パラシュート投下試験	R3	8/2
V8	開傘衝撃試験	R12	8/6
V9	着地衝撃試験	R13	8/27
V10	通信距離試験	R2	8/20
V11	ダウンリンク試験	R2	8/20
V12	データ保存試験	R17	8/20
V13	着地判定試験	R14	8/27
V14	パラシュート分離・展開試験	M2	8/27
V15	ドリルトルク試験	M4	8/28
V16	ドリル回収試験	M10	8/27
V17	サンプル採取試験	M3-M10	8/28
V18	サンプル質量計測試験	M11	未実施
V19	End-to-End試験	R1-17,M1-11	10/21

第6章 実施試験内容

6.1 システム要求を満たすための試験内容

(VI) 質量試験

- 目的
 - 質量がレギュレーションを満たしていることを確認する.
- 試験/解析内容
 - 質量計で測定を実施し、機体とパラシュートを含めた全ての質量が、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.
- 結果
 - 図14に示すように質量は1043gであった.

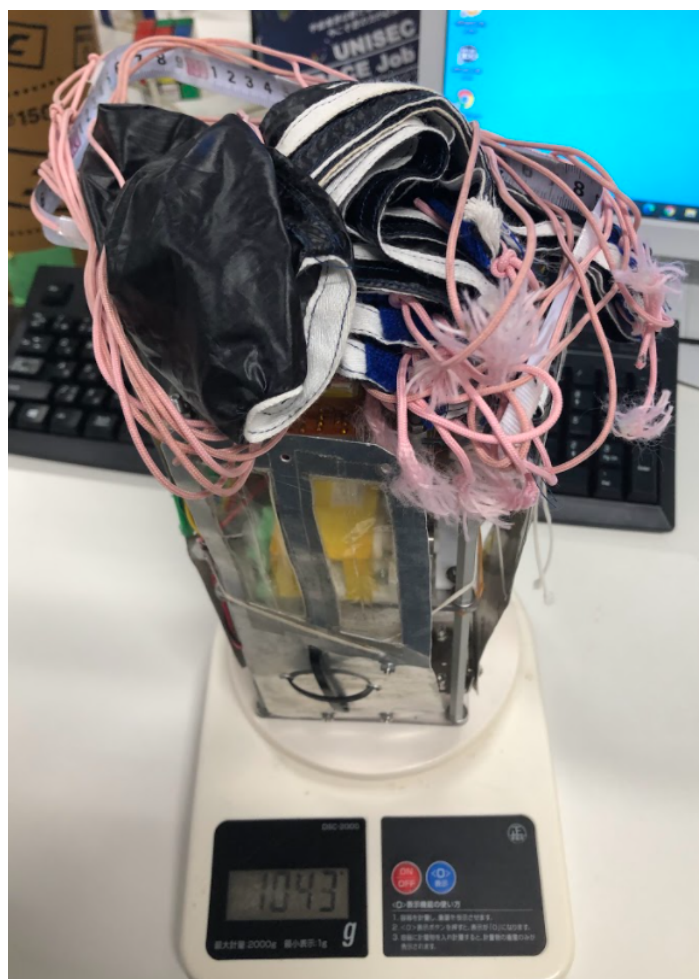


図14. 質量測定

- 結論
 - 質量がレギュレーションを満たしている.

(V2) 機体の収納試験

- 目的
 - CanSatの寸法がレギュレーションを満たすことを確認する。
 - CanSatをキャリアに素早く収納できるようにする。
- 試験/解析内容
 - 完成した機体を用いて、本番用のキャリアを模擬した容器に収納する。その他投下直前に必要な作業を含め、時間を計測する。
 - CanSatを収納~投下するまでの手順・所要時間を書き出し、それ通りに行えることを確認する。
 - 手順書のpdfを以下に示す。
[手順書 東京都立大学SSLB4](#)
- 結果
 - CanSatの寸法を図15,16に示す。全長は239mm、内径は146mm以内であった。

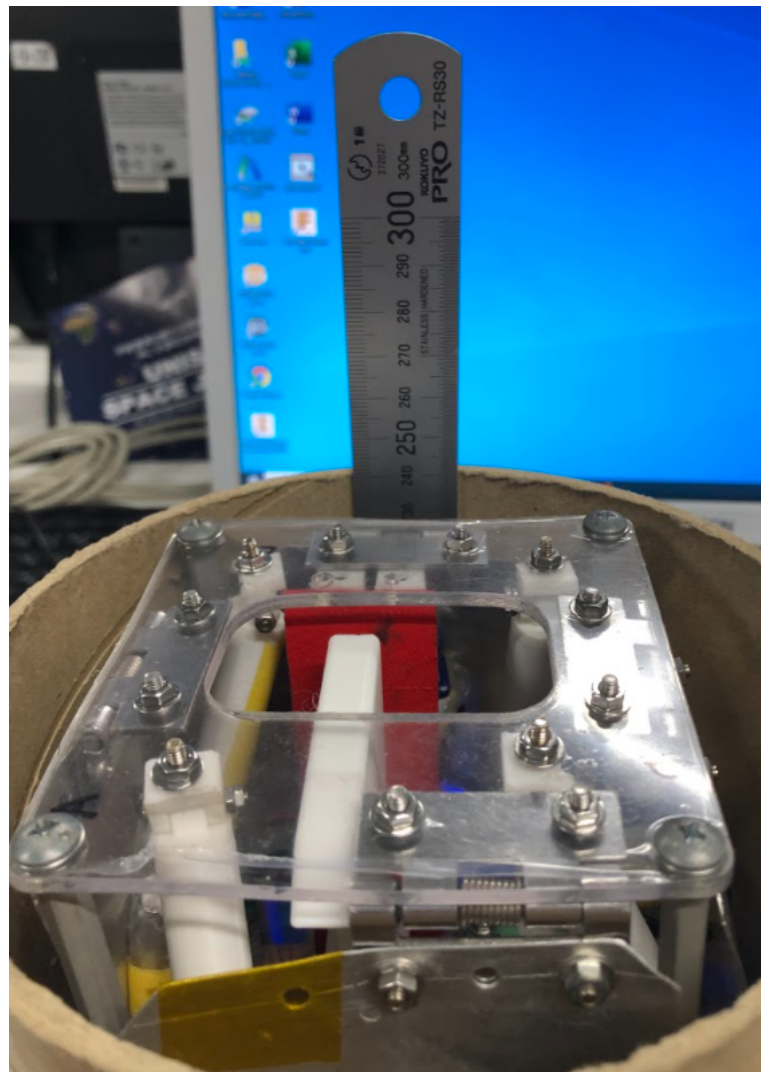


図15. 機体全長



図16. 機体内径

- 機体の収納試験を以下に示す。
[Youtube動画 機体の収納試験](#)
- 動画より, CanSatの収納にかかった時間は1分12秒であった。
- **結論**
 - CanSatの寸法がレギュレーションを満たす。
 - CanSatの収納を5分以内に行うことができる。

(V3) 機体の放出試験

- **目的**
 - キャリアからCanSatが自重で落下し, 機体とパラシュートが傷つかないことを確認する。
- **試験/解析内容**
 - 本番用のキャリアを模擬した容器に収納したCanSatを地面から高さ1[m]程度のところから放出する。
- **結果**
 - 機体の放出試験を以下に示す。
[Youtube動画 機体の放出試験](#)
 - 放出の際に用いたキャリアを図17,18に示す。
 - CanSatが自重で落下することが確認できた。



図17. キャリア内径

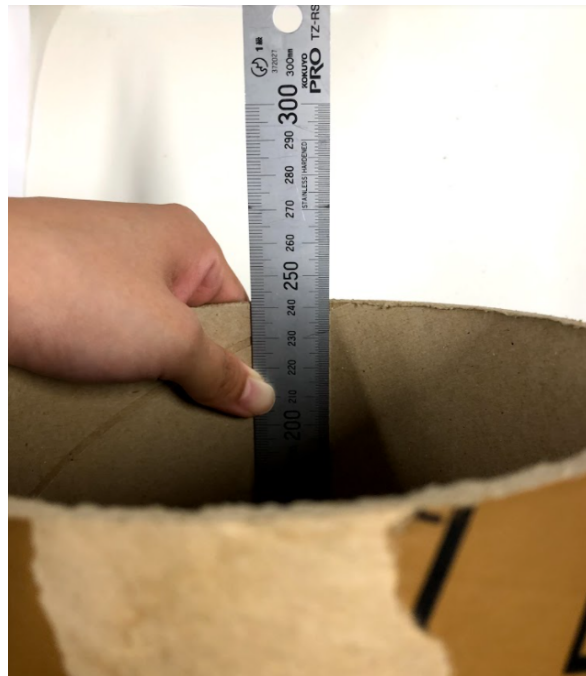


図18. キャリア高さ

○ 結論

- CanSatは機体とパラシュートを傷つけず、キャリアから自重で落下する.

(V4) ロングラン試験

- 目的
 - シーケンス全体を通して、バッテリーが90分もつことを確認する。
- 試験/解析内容
 - 待機時間を45分間定め、その後フローチャート通りに作動させる。また、ミッション終了後もCanSatを稼働させ続けて、回収モードを30分間定め、全てのシーケンスを通してバッテリーがもつことを確認する。
- 結果
 - チェックモード、待機モード45分間の後に、フライトモード、パラシュート分離・展開モード、ミッションモード、回収モード30分間で想定する動作が行なわれることを確認した。メインバッテリー(図6.中のBattery_1・2)の試験開始時の電圧は8.2V、試験終了時の電圧は7.6Vであった。
 - ロングラン試験中の様子を図19に示す。

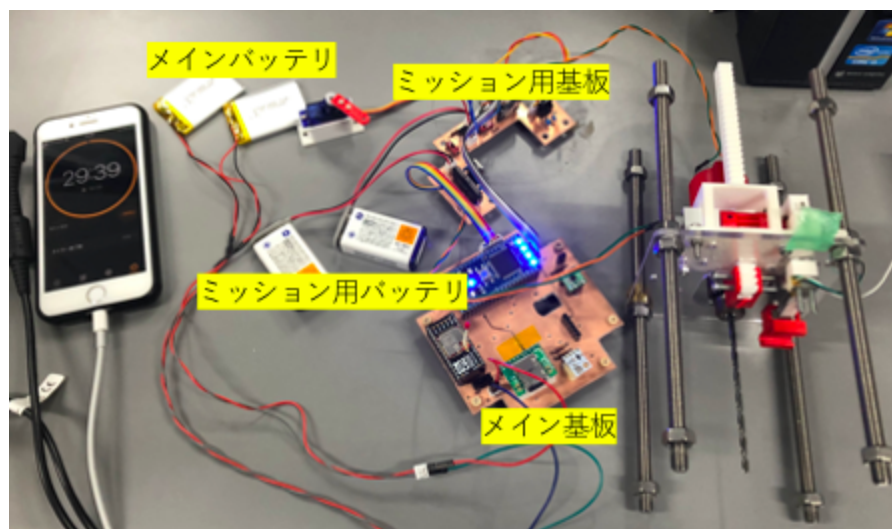


図19. ロングラン試験中

- 結論
 - 待機時間を含めたシーケンス全体分の容量をバッテリーが持っている。

(V5) 無線機周波数変更試験

- 目的
 - 無線機の周波数の変更が迅速に行えることを確認する。
- 試験/解析内容
 - 基板上にある無線機にアクセスして、無線機の周波数を変更できることをTeraTermを用いて確認する。システムを図20に示す。

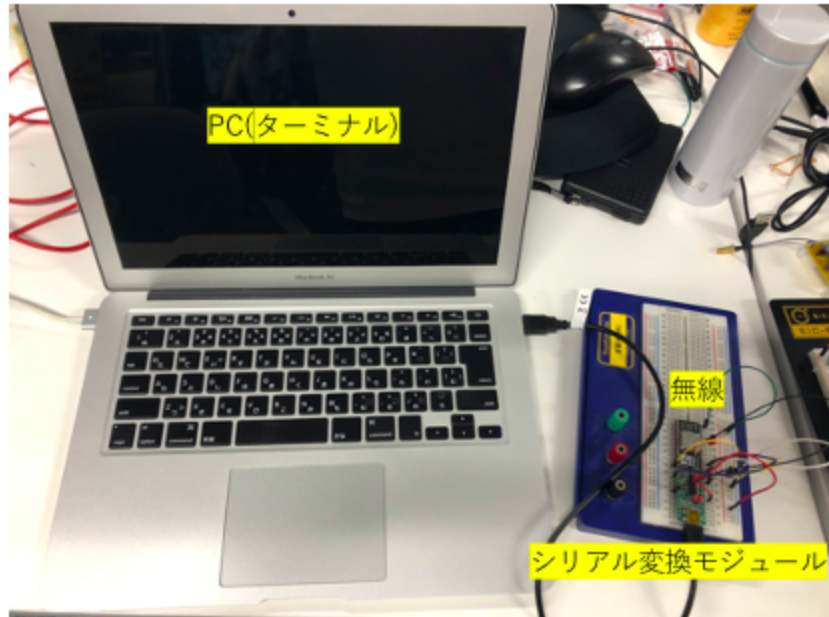


図20. 無線機周波数変更システム

○ 結果

- 無線機周波数変更試験を以下に示す。
[Youtube動画 無線機周波数変更試験](#)
- 設定変更前
 - 無線機の設定情報を図21に示す。無線機にはTWE-Liteを使用しており、TeraTerm(今回はターミナル)と接続することで以下のように設定にアクセス出来る。周波数を変更する項目は「c: set Channels(18)」という項目であり、現在はチャンネル18に設定されている。

```
--- CONFIG/TWE UART APP V1-04-1/SID=0x82015cf8/LID=0x78 -E ---
a: set Application ID (0x67720103)
i: set Device ID (120=0x78)
c: set Channels (18)
x: set RF Conf (3)
r: set Role (0x0)
l: set Layer (0x1)
b: set UART baud (115200)
B: set UART option (8N1)
m: set UART mode (D)
k: set Tx Trigger (sep=0x0d, min_bytes=0 dly=100[ms])
h: set handle name []
C: set crypt mode (0)
o: set option bits (0x00000000)
---
S: save Configuration
R: reset to Defaults
```

図21. チャンネル変更前

■ 設定変更後

- 周波数変更後の設定情報を図22に示す。「c: set Channels(11)」となっており、今回はチャンネル18から11に変更したことが確認出来る。

```
--- CONFIG/TWE UART APP V1-04-17/SID=0x82015c78/LID=0x78 -E ---
a: set Application ID (0x67720103)
i: set Device ID (120=0x78)
c: set Channels (11)*
x: set RF Conf (3)
r: set Role (0x0)
l: set Layer (0x1)
b: set UART baud (115200)
B: set UART option (8N1)
m: set UART mode (D)
k: set Tx Trigger (sep=0x0d, min_bytes=0 dly=100[ms])
h: set handle name []
C: set crypt mode (0)
o: set option bits (0x00000000)
---
S: save Configuration
R: reset to Defaults
```

図22. チャンネル変更後

○ 結論

- 無線機の周波数の変更が迅速に行える。

(V6) 放出判定試験

○ 目的

- 放出されていないのに放出判定クリアしてしまわないこと、放出された時に放出判定をクリアすることを確認する。

○ 試験/解析内容

- 放出判定については、待機モードを参照。CanSatをキャリアに収納し、キャリアから放出された時にフライトピンがパラシュートに引っ張られて抜けるようにする。また、放出判定に安全のために高度条件も加えているため、地上10m以上の場所からCanSatを放出する。

○ 結果

- 放出判定試験を以下に示す。
[Youtube動画 落下試験](#)
- 地上局に送られたデータの一部を図23に示す。

```
Standby mode.
Flight mode.
flightTime:0 s, Alt:72.581642 m, cnt:0
flightTime:1 s, Alt:67.678917 m, cnt:0
flightTime:2 s, Alt:63.507824 m, cnt:0
flightTime:3 s, Alt:63.775131 m, cnt:1
flightTime:4 s, Alt:64.241798 m, cnt:2
flightTime:5 s, Alt:65.422035 m, cnt:0
flightTime:6 s, Alt:64.730042 m, cnt:1
flightTime:7 s, Alt:64.305232 m, cnt:2
Rand judge success!!
Expansion mode.
```

図23. 落下試験のデータ

- キャリア内でフライトピンが外れる事なく、開傘と共にフライトピンが外れ放出判定をクリア出来た.
- **結論**
 - 放出判定をクリアする事を確認出来た.

(V7) パラシュート投下試験

- **目的**
 - パラシュートが展開し、減速することを確認する.
- **試験/解析内容**
 - パラシュートに約1kgのおもりをつけて地上16mほどから放出させる.
- **結果**
 - パラシュート投下試験を以下に示す.
[Youtube動画 パラシュート投下試験](#)
 - 図24に示す、パラシュートが開傘した位置が地上から14mほど.
 - パラシュートが14mほどの高さから地上に着地するまで約2.7秒なので、終端速度が約5m/sであることが確認できる.

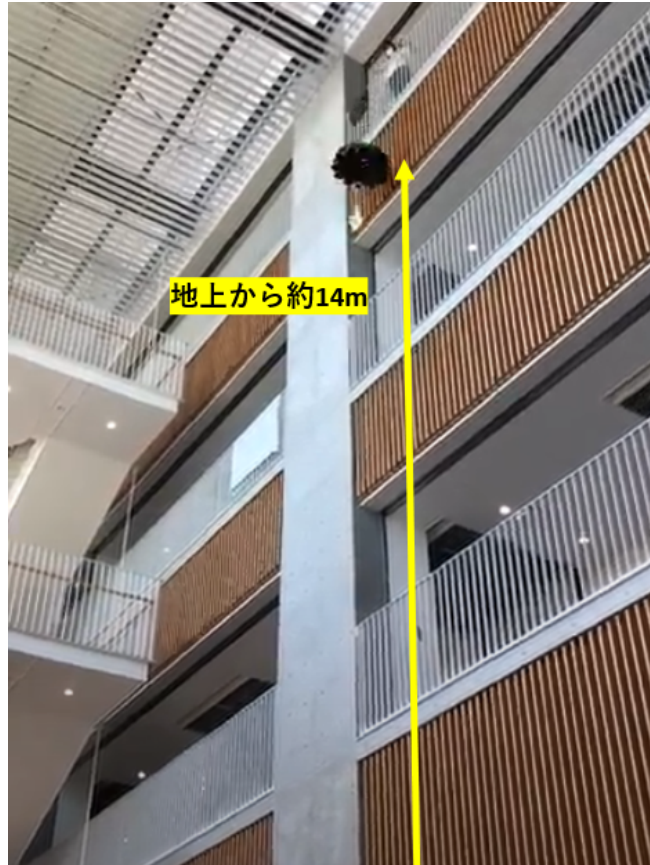


図24. パラシュート開傘地点

- **結論**
 - パラシュートは開傘衝撃に耐え、設計した終端速度まで減速可能である。

(V8) 開傘衝撃試験

- **目的**
 - 機体が開傘衝撃に耐えうることを確認する。
- **試験/解析内容**
 - パラシュートを搭載した機体を12mの高さからキャリアより落下させ、機体に損傷箇所がないか調べる。開傘衝撃・着地衝撃を共に受けた機体の状態を確認する。
- **結果**
 - 開傘試験を以下に示す。
[Youtube動画 落下試験](#)
 - 機体に破損がないことが確認できた。
- **結論**
 - 機体は開傘衝撃に耐えることができる。

(V9) 着地衝撃試験

- 目的
 - 機体が着地衝撃に耐えうることを確認する。
- 試験/解析内容
 - 着地直前に終端速度となる高さ(約12m)からCansatを落下させ、機体に損傷箇所がないか調べる。開傘衝撃・着地衝撃を共に受けた機体の状態を確認する。
- 結果
 - 着地衝撃試験を以下に示す。
[Youtube動画 落下試験](#)
 - 機体に破損がないことが確認できた。
- 結論
 - 機体は着地衝撃に耐えることができる。

(V10) 通信距離試験

- 目的
 - 搭載する無線機の最大通信距離を確認する。
- 試験/解析内容
 - FMに搭載した無線機と地上局の無線機を離していき、データを地上局にダウンリンクする。通信が途切れた地点を最大通信可能距離として、その点の緯度経度をGoogleMapにて取得し地図上での距離を得る。
 - 通信機は図25のように機体に覆われた状態で試験を行う。

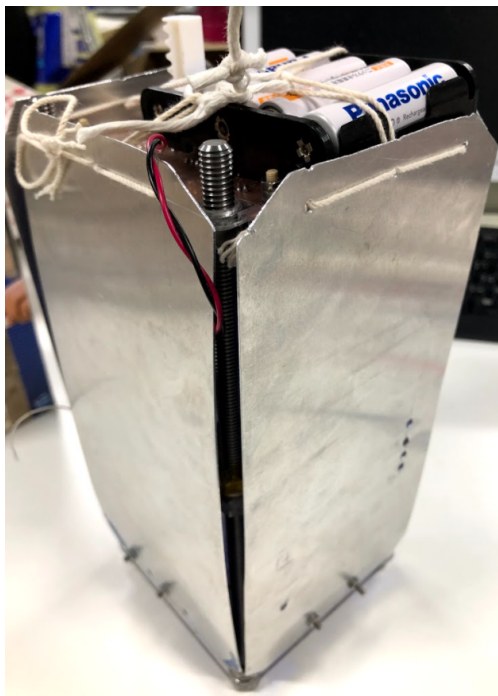


図25. FM外観

○ 結果

- 最大通信可能距離は、FMの緯度経度が(35.6599144,139.3703954),地上局の緯度経度が(35.6602323, 139.3657340)の地点であった。
- GoogleMapで2点間の直線距離を計測したところ、421.5mであった。2点を計測したものを図26に示す。



図26. 最大通信可能距離

- 本番のフィールドは70m*70m, 気球の高さは30~50mであることから、必要とされる通信距離の最大値は100mほどである。よって、今回使用する無線機の最大通信可能距離は今回のフィールドの最大距離を上回っていることが確認できた。

○ 結論

- 搭載する無線機の最大通信距離を確認することができた。

(V11) ダウンリンク試験

○ 目的

- 時刻, センサデータが無線機によって想定するレートでダウンリンク出来ていることを確認する。

○ 試験/解析内容

- ロングラン試験と共に実施する。シーケンス全体を通して、地上局のPCのTeraTerm上にデータがダウンリンクされていることを確認する。

○ 結果

- 図27に、TeraTermに出力されたログを示す。時刻データ, センサデータを想定するレート(1Hz)で取得出来た。データ欠損はない。同じような値が続く箇所は省略した。今回、flight_time == 60で着地判定クリアとしており、正常にフライトモードからパラ分離・展開モードへと移行されている事が確認出来る。

```

Check mode.
Time: 0 Alt: 23.632126 Angle: 0.000000 Gram: 0.000000
Time: 1 Alt: 23.194460 Angle: 0.000000 Gram: 0.000000
Time: 2 Alt: 23.456327 Angle: 0.000000 Gram: 0.000000
Time: 3 Alt: 24.300528 Angle: 0.000000 Gram: 0.000000
Time: 4 Alt: 23.662195 Angle: 0.000000 Gram: 0.000000
//省略

Standby mode.
Flight mode.
flightTime:0 s, Alt:23.616755 m, cnt:0
flightTime:1 s, Alt:23.694971 m, cnt:0
flightTime:2 s, Alt:24.075111 m, cnt:0
flightTime:3 s, Alt:23.814041 m, cnt:0
flightTime:4 s, Alt:23.811266 m, cnt:0
//省略

flight_time: 60 , Alt_new: 24.585314, rand_cnt: 0
Rand judge success!!
Expansion mode.
Time: 111 Angle: 0.000000
Time: 112 Angle: 0.000000
Time: 113 Angle: 0.000000
Time: 114 Angle: 0.000000
Time: 115 Angle: 0.000000
//省略

Mission mode.
Time: 175 Gram: 0.000000
Time: 176 Gram: 0.000000
Time: 177 Gram: 0.000000
Time: 178 Gram: 0.000000
Time: 179 Gram: 0.000000
Withdraw mode.
Time: 187
Time: 189
Time: 190
Time: 191
//省略

```

図27. ダウンリンクデータ内容

- 結論
 - 時刻, センサデータが無線機によって想定するレートでダウンリンク出来ることを確認出来た.

(V12) データ保存試験

- 目的
 - 時刻, センサデータをSDカードに保存出来ることを確認する.
- 試験/解析内容
 - ロングラン試験と共に実施する. ロングラン試験終了後にSDカードに保存した内容を確認する.
- 結果
 - 図28に, SDカードに保存されたログを示す. データ欠損はない. 同じような値が続く箇所は省略した.

```

Check mode.
Time: 30
Alt: 22.847946
Angle: 0.000000
Gram: 0.000000
Standby mode.
Time: 47 Alt: 21.757187 Angle: 0.000000
Time: 53 Alt: 21.671263 Angle: 0.000000
Time: 58 Alt: 21.146574 Angle: 0.000000
Time: 64 Alt: 21.583509 Angle: 0.000000
//省略

Flight mode.
flight_time: 0 , Alt_new: 23.616755, rand_cnt: 0
flight_time: 1 , Alt_new: 23.694971, rand_cnt: 0
flight_time: 2 , Alt_new: 24.075111, rand_cnt: 0
flight_time: 3 , Alt_new: 23.814041, rand_cnt: 0
flight_time: 4 , Alt_new: 23.811266, rand_cnt: 0
//省略

flight_time: 60 , Alt_new: 24.585314, rand_cnt: 0
Expansion mode.
Angle: 0.000000
Angle: 0.000000
Angle: 0.000000
Angle: 0.000000
//省略

Mission mode.
Gram: 0.000000
Gram: 0.000000
Gram: 0.000000
//省略

Withdraw mode.

```

図28. データ保存内容

- 結論
 - 時刻, センサデータをSDカードに保存出来ることを確認出来た.

(V13) 着地判定試験

- 目的
 - 上空または落下中に着地判定クリアしないこと, 着地後に着地判定クリアすることを確認する.
- 試験/解析内容
 - 着地判定についてはフライトモードを参照. 着地判定試験は放出判定から行う. 放出判定後, 筐体が落下・着地した後に着地判定を行う.
- 結果
 - 着地判定試験を以下に示す.
 - [Youtube動画 落下試験](#)
 - 地上局に送られたデータの一部を図29に示す.

```
Standby mode.
Flight mode.
flightTime:0 s, Alt:72.581642 m, cnt:0
flightTime:1 s, Alt:67.678917 m, cnt:0
flightTime:2 s, Alt:63.507824 m, cnt:0
flightTime:3 s, Alt:63.775131 m, cnt:1
flightTime:4 s, Alt:64.241798 m, cnt:2
flightTime:5 s, Alt:65.422035 m, cnt:0
flightTime:6 s, Alt:64.730042 m, cnt:1
flightTime:7 s, Alt:64.305232 m, cnt:2
Rand judge success!!
Expansion mode.
```

図29. 落下試験のデータ

- 上空または落下中に着地判定がクリアされることなく、地上に着地してから数秒後に着地判定をクリアすることが出来た。
- **結論**
 - 着地判定をクリアすることを確認できた。

6.2 ミッション要求を満たすための試験内容

(V14) パラシュート分離・展開試験

- **目的**
 - パラシュートを分離させ、筐体が展開し、ドリルが地面を向くことを確認する。
- **試験/解析内容**
 - 地面に置き、ニクロム線を用いてテグスを焼き切ることによりパラシュートを分離、展開機構を作動させる。側面4つと底面を下にして、同様の試験をそれぞれ行う。
 - フライトピンが抜けた5秒後にニクロム線が作動するという、今回の試験限定のプログラムを用いた。
- **結果**
 - パラシュート分離・展開試験を以下に示す
[Youtube動画 展開試験A面](#)
[Youtube動画 展開試験B面](#)
[Youtube動画 展開試験C面](#)
[Youtube動画 展開試験D面](#)
[Youtube動画 展開試験直立](#)
 - 側面4つと底面どの場合においても、パラシュート分離・展開が行えることが確認できた。
- **結論**
 - 機体がどの面で着地しても、パラシュートが分離し筐体が展開、ドリルが地面を向く。

(V15) ドリルトルク試験

- **目的**

- ドリルがモータによって回転することを確認する.
 - ドリルが下降し地面に到達することを確認する.
 - モータが十分な出力を持ち、ドリルの回転によって穴が掘れることを確認する.
 - **試験/解析内容**
 - サンプル採取機構をドリルを地面に向けて置き、ドリルの下降およびドリルの回転動作を行う.
 - **結果**
 - ドリルトルク試験を以下に示す.
[Youtube動画 ドリルトルク試験 芝生](#)
[Youtube動画 ドリルトルク試験 土](#)
[Youtube動画 ドリルトルク試験 斜面](#)
 - 芝生、土の両方でドリルによって穴が掘れることが確認できた.
 - 傾斜のある地面でもドリルによって穴が掘れることが確認できた.
 - **結論**
 - モータが十分な出力を持ち、複数の条件下で穴が掘ることができる.
-

(V16) ドリル回収試験

- **目的**
 - ドリルが筐体内に格納され、ドリル出口の蓋が閉まることを確認する.
 - **試験/解析内容**
 - サンプル採取のドリルの動作の後に、ドリルに蓋が閉まる動作をさせる.
 - **結果**
 - ドリル回収試験を以下に示す.
[Youtube動画 ドリル回収試験](#)
 - ドリルを筐体内に格納することができた.
 - **結論**
 - ドリルが筐体内に格納され、ドリル出口の蓋が閉まる.
-

(V17) サンプル採取試験

- **目的**
 - サンプル採取機構によってサンプルが採取・保存できることを確認する.
- **試験/解析内容**
 - 展開した状態で地面に置き、フェーズEを実行する.
- **結果**
 - サンプル採取試験を以下に示す.
[Youtube動画 サンプル採取試験](#)
 - 目視によってサンプルが筐体内に保存されていることを確認した. サンプルを図30に示す.



図30. 採取したサンプル(サンプル採取試験)

- 保存機構に保存されたサンプルをはかりで測定した結果、質量は0.0gであった。測定したサンプルを図31に示す。



図31. 採取したサンプル(質量計測)

- 今回採取できたサンプルの質量は、0.1g分解能のはかりでは測定できない値であった。質量の増加を目指して、本審査書提出後に改良を行う。
- 結論
 - サンプル採取機構によってサンプル採取・保存ができる。

(V18) サンプル質量計測試験

- 目的

- ロードセル を用いてサンプル質量を計測，ダウンロード出来ることを確認する。
 - **試験/解析内容**
 - サンプル質量計測試験は，サンプル採取後に行う。保存機構に保存されたサンプル質量をロードセルを用いて計測し，ダウンロードする。また，その後サンプル質量を電子ばかりで計測し，ダウンロードした値が正しいか確認する。
 - **結果**
 - 本審査提出後実施予定(11月1日予定)
 - **結論**
-

(V19) End-to-End試験

- **目的**
 - CanSatがシステム要求，ミッション要求を満たすことを確認する。
- **試験/解析内容**
 - キャリア収納，投下，回収までの全てのシーケンスを行う。
- **結果**
 - End-to-End試験を以下に示す。
[Youtube動画 End-to-end試験](#)
 - CanSatが全てのシーケンスを実施できることが確認できた。
 - 目視によって，サンプルが筐体内に保存されていることを確認した。サンプルを図32に示す。

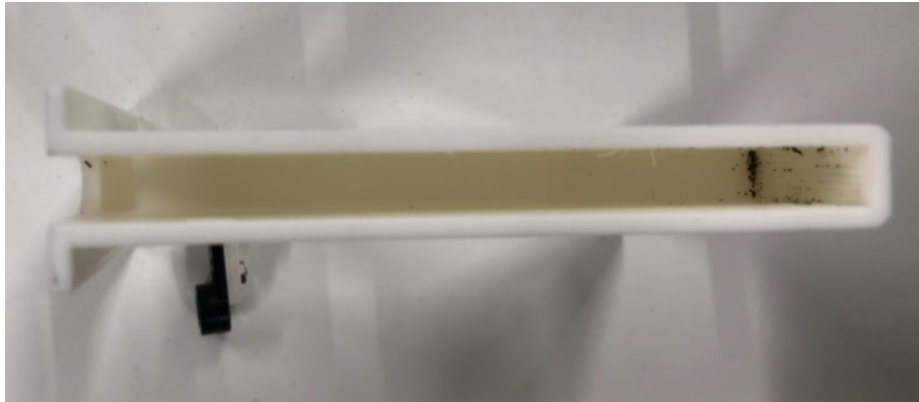


図32. 採取したサンプル(End-to-end試験)

- **結論**
 - CanSatがシステム要求，ミッション要求を満たす。

第7章 工程管理、ガントチャート(スプレッドシートを推奨)

7.1 各担当(ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入)

BBM, EM, FMの位置づけを以下に示す.

	位置付け	電装	機体
BBM	ミッション関連機器の仕様確認	BB上でセンサ, アクチュエータの動作確認・統合	ミッション関連機構の製作
EM	電装と機体の統合 各種試験用機器の製作	各種試験用のソフト・ハードウェアの製作	ミッション関連機構を含めた機体全体の製作
FM	EMおよび各種試験をフィードバック		

図33にガントチャート, またスプレッドシートのURLを記載する.

[ガントチャート](#)

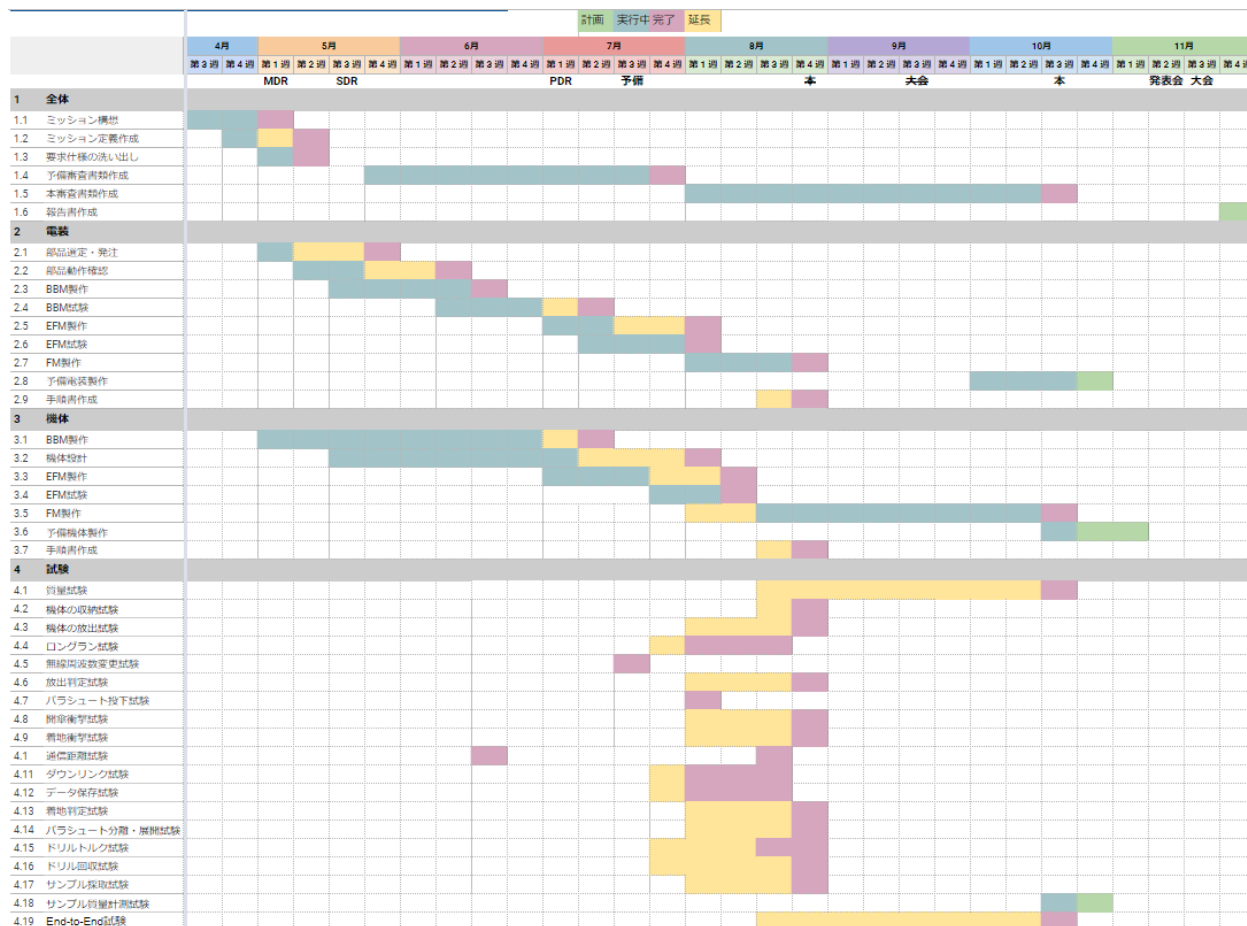


図33. ガントチャート

第8章 責任教員による自己安全審査結果のまとめ

(この章は必ず責任教員が記入してください)

8.1 安全基準審査

要求番号	自己審査項目	自己審査結果	責任教員コメント(特筆すべき事項があれば)
	<u>ACTS安全基準</u>		
R1	<u>質量と容積</u> がレギュレーションを満たすことが確認できている	<input checked="" type="checkbox"/>	
R2	<u>ロスト対策</u> を実施しており、有効性が試験で確認できている (例:地上局にダウンリンクする場合、日夫投下試験(仮)で十分な通信距離が実現できるだろうと推測できる根拠が明確に示されていること。)	<input checked="" type="checkbox"/>	
R3	地表近くで危険な速度で落下させないための <u>減速機構</u> を有し、その性能が試験で確認できている	<input checked="" type="checkbox"/>	
R4	打ち上げ時の <u>準静的荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている	<input type="checkbox"/>	
R5	打ち上げ時の <u>振動荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている	<input type="checkbox"/>	
R6	分離時の <u>衝撃荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている	<input type="checkbox"/>	
R7	打ち上げ時の <u>無線機の電源OFF</u> の規定を遵守できることが確認できている (FCC認証かつ100mW以下の機器はOFFしなくて良い。また、スマートフォンを用いる場合はFCC認証かつソフトウェアまたはハードウェアスイッチでoffにできること(2017年追加)) ※ CanSat投下のために使用するドローンの通信周波数と被らず、混線が起らない場合はこのルールは適用されない。なお、ドローンの通信周波数は2.4GHz帯である。	<input type="checkbox"/>	
R8	無線のチャンネル調整に応じる意思があり、また実際に調整ができることを確認できている	<input checked="" type="checkbox"/>	
R9	R1-R8の充足を確認した設計の機体によって、ロケットへの装填から打ち上げ後の回収までを模擬したEnd-to-end試験を実施できている、今後、安全性に関わる大幅な設計変更はない	<input checked="" type="checkbox"/>	

R10	CanSatの収納・投下準備が5分以内でできている	<input checked="" type="checkbox"/>	
	<u>カムバックコンペティションルールの充足</u>		
R11	ミッション時に人間が介在しない <u>自律制御</u> を実施することが確認できている(注:2014年のレギュレーション改定以降,地上局設備に計算機能を持たせてアップリンクしても良い)	<input type="checkbox"/>	
R12	ミッション後,規定された <u>制御履歴レポート</u> を運営者へ提出する準備ができている(以下の根拠の項に制御履歴レポートの例を添付すること. ダミーデータを使用しても良い)	<input type="checkbox"/>	

8.2 責任教員所感

本チームは、コロナ禍による大学利用に大きな制限のある中で、当初掲げた土壌サンプリングを行うカンサットを実現できました。駆動系については相当数の試作を行い、確実なサンプリングをおこなうことができることを確認し、これまでのカンサットを通して新しい技術が確立されたと考えています。チームは2名のARLISS経験者を含むことから、要素開発からシステム構築、各種試験に加えて文書作成者もまた、想定外の事象もありながらも、期日までに必要レベルに到達できました。ぜひ本大会で実証、お披露目致したく、本審査を宜しくお願い致します。

第9章 大会結果報告

1. 目的

- 本チームが投下試験で検証したかったことは以下の2つである.
- ドリルによる新たなサンプル採取技術の実現性を確認すること.
 - 展開機構を動作させ, CanSat競技において有用なシステムを確立すること.

2. 結果

投下1回目

CanSatはキャリアから放出後, パラシュートの開傘により減速しながら着地をした. CanSatは減速中に風により横向き速度を大きくもち, 着地後に回転を繰り返してパラシュートと機体の接続部を下にして停止した. ニクロム線によりテグスが切れるも機体は展開せず、ミッション終了となった. SDに保存された内容を以下に示す.

[投下1回目 SDログ](#)



投下2回目

CanSatはキャリアから放出後, パラシュートが開傘し減速しながら着地をした. 着地後に回転を繰り返し, パラシュートの上に筐体に乗る形で停止した. ニクロム線によりテグスが切れ機体が展開し, パラシュートを押さえつけるようにドリルが降下した. ミッションフェーズは正常に作動したが, 機体の下にパラシュートがあったことによりドリルが土に届かずサンプル採取とはならなかった. SDに保存された内容を以下に示す.

[投下2回目 SDログ](#)

また, ミッション終了後のサンプル保存機構を図に示す.



3. 考察

投下1回目

投下1回目のサクセスクライテリアの達成度の評価を表に示す.

	クライテリア	達成度
ミニマムサクセス	展開機構が作動する.	×
フルサクセス	サンプルを採取して機体の中に保存する.	×
エクストラサクセス	サンプルの質量を計測しダウンリンクする	×

投下1回目では、どのサクセスクライテリアを達成することは出来なかった。本機体では側面と底面の計5面のうち、どこの面で着地をしても筐体の面を指定できる展開機構を持っていた。しかしパラシュートと機体の接続部を下にして着地することは想定していなかったため、投下1回目は失敗となった。失敗の原因は以下であると考える。

- あさぎりフードパークの土壌の硬さが予想と違ったこと。

今回の失敗の主な原因は、投下試験会場の地面の状態を把握しきれていなかったことである。あさぎりフードパークの土壌は想定より軟らかく、本チームが投下試験やEnd-to-end試験で使用していた場

所とはかなり違う環境であった。初日の反省を踏まえ2日目には機体の上面に突起を設け、パラシュートと機体の接続部を下にして停止する可能性を下げる工夫をした。

投下2回目

投下2回目のサクセスクライテリアの達成度の評価を表に示す。

	クライテリア	達成度
ミニマムサクセス	展開機構が作動する.	○
フルサクセス	サンプルを採取して機体の中に保存する.	×
エクストラサクセス	サンプルの質量を計測しダウンリンクする	×

投下2回目ではミニマムサクセスのみの達成となった。機構は全て想定通りの動きをしたが、ドリルと土の間にパラシュートが入り、サンプル採取とはならなかった。失敗の原因は以下であると考え。

- ・パラシュートが受ける横風を考慮しきれていなかったこと。

パラシュートのひもにはコンベックスをつけており、機体とパラシュートは距離をもって着地をする設計としていた。しかし着地までに風によって得た横向き力はコンベックスを上回るものであり、着地後は機体は回転を繰り返した後パラシュートの上に停止をした。

以上の1回目と2回目の原因を踏まえ、解決するために必要なことは以下である。

- ・投下試験(End-to-end試験)を複数の場所で行うこと

本チームが事前の試験で使用していた場所は、地上の5m×5mほどの面積をめがけた地上3階である。投下位置(約12~14m)が低く建物に囲まれている分横風の影響も受けにくく、地面も硬い場所であった。そこでEnd-to-end試験は達成出来たが、それだけではACTS会場への想定が不十分であった。本チームは今回ミッション部門であったとしても、着地後のパラシュートの処理については今まで多くのチームが悩んできた部分であると思われるので、以前の大会の資料調査などで補えた部分もあると考える。

今年はコロナのため開催されなかったがARLISS公式の投下試験(2年前では日大で行ったもの)など、試験場所に困っている大学こそ積極的に参加をしていくべきだと感じた。

第9章 まとめ

1. 工夫・努力した点(ハード、ソフト、マネジメント面すべて)

<機体>

機体の構造ができるだけ複雑にならないようにした。3Dプリンタで作成した簡易的なモデルを用いて何度も試験を繰り返し、信頼性を向上させた。

<電装>

早い時期に一気に作業を進めて、モチベーションが下がらないようにした。また、今回のプロジェクトは機体班にタスクが集中していたため、電装班で作業遅れが起こらないように開発計画を立て、機体班の作業を出来る範囲で手伝った。電装がメインミッションではなかったため、シンプルかつ信頼性の高い回路、プログラム作りを心がけた。

<マネジメント>

メンバーが4人と少なかつたためどうしても個人の力に頼る工程が出てきたが、作業をマニュアル化することで試験を進めるにつれて個人への依存を弱めていった。

部品の管理や予備機体作成をしっかりと行ったことで、会場での作業に余裕があった。

2. 課題点

<機体>

ばねの疲労などによって展開機構の動作が不安定になってしまう。

<電装>

試験の繰り返しによる、コードなど部品の疲労に配慮が回っていなかった。

<マネジメント>

機体構造を1から考えたことでガントチャート通りに進まず試験が後ろの方に流れたため、余裕をもった開発ではなかった。

3. 今後の展望

サンプル増量を目指して改良をしていきましょう。サンプル計量についても工夫の余地あり！

<岡納>

試験回数に目途をたて、部品への信頼度に注意する。

<塩>

マージンを取る。

<伊藤>

起こりうる最悪の事態に対応できるようにする。

<飯島>

ミッションの目的やクライテリアをはっきりさせる。