

ARLISS 大会報告・技術詳細報告書

提出日：2019年 10月 14日

文責：奥山茂亮

● チーム情報

CanSat チーム名	東京工業大学 AMANOGAWA
CanSat チーム 代表者	奥山茂亮
UNISEC 団体名	東京工業大学 CanSat Project
UNISEC 団体 学生代表	天木祐希
責任教員	中条俊大
CanSat クラス	Open Class

● メンバー

役割	名前（学年）
PM, 構造（アンカー部）, 電装	奥山茂亮（M1）
電装, 構造（ローバー部）	加藤雅己（M1）
電装, 構造（ローバー部）	小出紗瑛（M1）
構造（ローバー部, リール部, ケース）	嶋田有登（M1）
構造（ケース）	野上健吾（M1）
構造（ケース）, パラシュート	室田晟亜（M1）
通信, 電装	武田真司（B4）
構造（ケース）	吉田耀（B4）

● CanSat の製作目的・大会参加理由

短期間で実際の宇宙開発と同様の流れに沿った開発過程を経験することで、ものづくりの技術を身につける。日本だけでなく世界中の CanSat を開発した人々と交流する。

目次

第1章	ミッションについて	5
1.1	ミッションの意義と目的	5
1.1.1	ミッション背景	5
1.1.2	ミッションステートメント	5
1.2	ミッションシーケンス	6
第2章	サクセスクライテリア	7
第3章	要求項目の設定	8
1.	システム要求（安全確保のために満たすべき要求）	8
2.	ミッション要求（ミッションを実現するためのシステム要求）	9
第4章	システム仕様	10
1.	CanSat 設計図	10
➤	アンカー部構造	10
➤	アンカー部電装	16
➤	ローバー部構造	22
➤	ローバー部電装	24
➤	パラシュート	25
2.	CanSat 外観/質量/サイズ	26
➤	CanSat 全体	26
➤	アンカー部	27
➤	ローバー部	27
3.	CanSat 内観・機構/電力	28
➤	アンカー部内観	28
▪	溶断機構	28
➤	ローバー部内観	32
➤	パラシュート	33
4.	使用部品（アンカー部）	36
➤	電子系	36
➤	動力系	36
➤	構造系	36
5.	使用部品（ローバー部）	37
➤	電子系	37
➤	動力系	37
➤	構造系	37
6.	製作時に使用した機材・サービス	38
7.	プログラム・アルゴリズム	38
➤	アンカー部	38
➤	ローバー部	42
8.	会計	43

第5章	試験項目設定（項目別試験，結合試験，EndtoEnd 試験）	44
第6章	実施試験内容	45
6.1	質量試験	45
6.2	キャリア収納試験	45
6.3	通信距離試験	45
6.4	パラシュート落下試験	45
6.5	静荷重試験	45
6.6	振動試験	45
6.7	衝撃試験	45
6.8	通信機電源 OFF/ON 試験	45
6.9	通信周波数変更試験	45
6.10	OBC 起動試験	45
6.11	制御履歴レポート作成試験	45
6.12	電力耐久試験	45
6.13	パラシュート分離試験	45
6.14	ケース側面カバー開口試験	46
6.15	ローバー部ケース分離試験	46
6.16	アンカー部固定試験	46
6.17	ケーブル引き伸ばし走行試験	46
6.18	ケーブル巻き取り走行試験	46
6.19	End to End 試験	46
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）	47
1.	チーム内・審査会等	47
➤	プロジェクト工程	47
2.	各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入）	47
第8章	大会結果	48
1.	能代宇宙イベント	48
2.	ARLISS	48
➤	目的	48
➤	フライト1回目結果	48
➤	フライト1回目取得データ	50
➤	フライト1回目故障原因解析・解決手段等	51
➤	フライト2回目結果	54
➤	フライト2回目取得データ	57
➤	フライト2回目故障原因解析・解決手段等	58
➤	地上検証実験結果	59
第9章	まとめ	62
1.	工夫・努力した点（ハード，ソフト，マネジメント面すべて）	62
2.	良かった点・課題点	62

3. チームのマネジメント等, プロジェクト全体でのよかった点, 反省点 62

第1章 ミッションについて

1.1 ミッションの意義と目的

1.1.1 ミッション背景

宇宙開発の歴史において、数多くの探査用ローバーが月や火星に送られミッションを行ってきた。それらのローバーを悩ませてきた問題に、ローバーのスタックが挙げられる。ローバーのスタックとは、駆動輪が空転してしまい動力が伝わらない状態であり、主に以下の3つの原因が考えられる。

1. 砂などにタイヤが埋まってしまう
2. タイヤ間の車体が接地してしまい亀の子状態になってしまう
3. 傾斜が急で登れなくなってしまう

ローバーがスタックしてしまうと、スタックから脱するためにミッションが一時中断してしまうことや、最悪の場合スタックから脱することができずに機体を損失してしまうことが考えられる。このような問題に対応するために、クローラー式のローバーや、四足歩行型のローバーなどの技術が提案されているが、私たちは命綱としてのケーブルを用いたシステムを新たに提案する。

本システムは既存のローバーに新たに付与することで、ローバーの機体損失を防ぐことができる。本システムは移動するローバーに、ケーブルの繰り出し、巻き取りを行うリール機構、ケーブルを地面に固定するアンカー部を付与することで用いる。本システムを用いることで、先に述べたようなスタック状態からケーブルを巻き取ることでアンカー部の位置まで戻ることができる。また、地質が不明の領域や、クレーターの永久影などの未知領域を探査した際に不測の事態が生じて、ケーブルを巻き取ることで機体を回収することができるため、今まで十分な探査が行えていなかった地域における探査への応用が期待できる。このようにローバーに本システムを追加することで、宇宙におけるローバーの機体損失のリスクを減らすことができる。

CanSat では本システムの要であるアンカーの地面への固定、ケーブルの繰り出し・巻き取りという2つの技術を、ロケット打ち上げ試験を通じて実際の宇宙探査を模擬し実証する。

1.1.2 ミッションステートメント

私たちのチームではミッションステートメントを

「命綱として用いることのできるケーブル技術実証」

と定めた。このステートメントを達成するにあたり、以下の3つのミッションを設定した。

1. アンカー部：固定機構の設置、解除を繰り返し、ケーブルの繰り出し、巻き取り時に継続して固定する機構の技術実証
2. リール部：ケーブルの繰り出し、巻き取りを絡まることなく行う機構の技術実証
3. ローバー部：ケーブルと絡まることなく走行する技術実証

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。

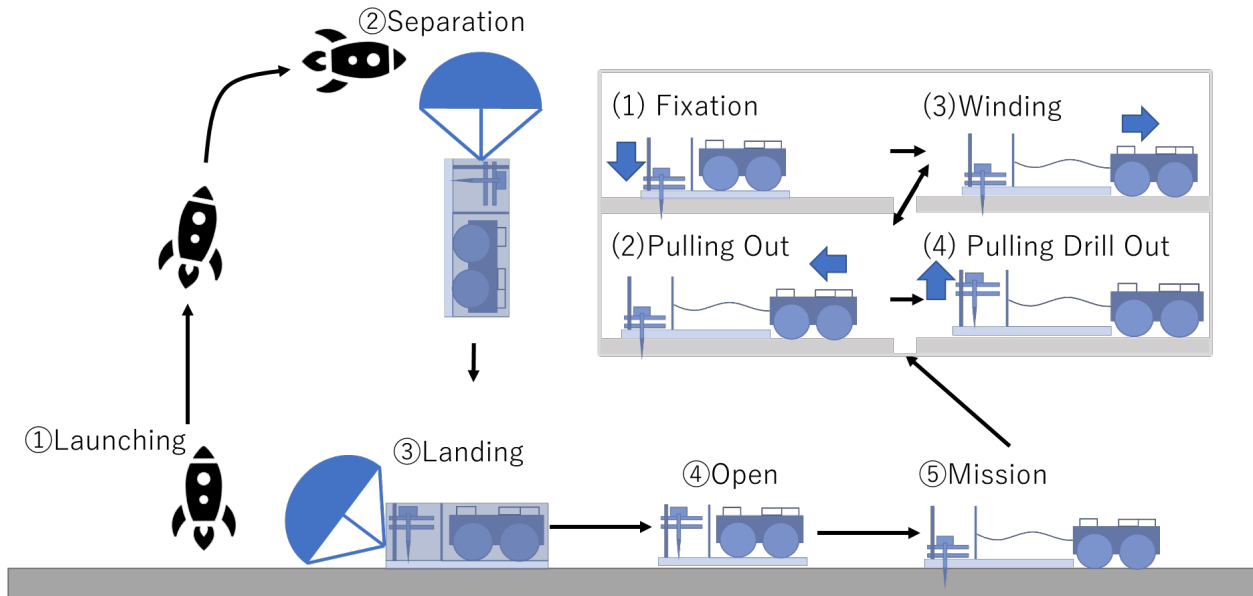


図1 ミッションシーケンス

シーケンスの詳細は以下のとおりである。なお打ち上げ時にはアンカー部の内部にローバー部が格納されている。

1. ロケット打ち上げ
2. ロケットから分離
3. 着陸・パラシュート分離
4. アンカー部がカバーを展開し正立状態へ移行
5. ミッションシーケンス
 - (a) ドリルによりアンカー部を固定
 - (b) ローバーがケーブルを繰り出しながら進行
 - (c) ローバーがケーブルを巻き取りアンカーのもとへ戻る
 - (d) (b) (c)を10回繰り返したのちドリルを引き上げる

本ミッションにおいてはローバーのタイヤが空転するというスタック状態を模擬するためにケーブル巻き取り時にはタイヤを空転させることとし、リールの巻き取り力によってのみアンカーのもとへ戻る。また、将来的にアンカー部も移動することで探査領域の拡大が可能となるため、その実証としてドリル引き抜きを実施する。

第2章 サクセスクライテリア

	アンカー・ケース	ローバー
ミニマム サクセス	<ul style="list-style-type: none">・カバーを展開し目標姿勢への移行	<ul style="list-style-type: none">・ケーブルが絡まることなくケースから出る
フル サクセス	<ul style="list-style-type: none">・ドリルで地面を掘削することによりアンカー部を固定	<ul style="list-style-type: none">・ケーブルを繰り出しながらローバーが走行，その間ケーブルが絡まらない・ケーブルを巻き取ることでローバーがアンカーの元へ戻り，その間ケーブルが絡まらない
アドバンスド サクセス	<ul style="list-style-type: none">・ドリルを地面から抜き取る	

各項目は目視，およびSDカードに保存した制御ログで確認する．

第3章 要求項目の設定

1. システム要求（安全確保のために満たすべき要求）

要求番号	自己審査項目（ARLISS 打ち上げ安全基準）
R1	質量と容積がレギュレーションを満たすことが確認できている
R2	ロスト対策を実施しており、有効性が試験で確認できている
R3	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
R4	打ち上げ時の準静的荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている
R5	打ち上げ時の振動荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれていないことが試験で確認できている
R6	パラシュート開傘時の衝撃荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれていないことが試験で確認できている
R7	打ち上げ時の無線機の電源 OFF 規定を遵守できることが確認できている
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 試験を実施できている。今後、安全性に関わる大幅な設計変更はない

2. ミッション要求（ミッションを実現するためのシステム要求）

要求番号	自己審査項目（ミッション実現要求項目）
R10	OBCの起動が正常に行われることが確認できている
R11	ログの記録が正常に行われることが確認できている
R12	ログの記録装置が正常に取り出せることが確認できている
R13	シーケンスを実行するのに十分な電力をバッテリーが供給できることが確認できている
R14	ローバーとケースがロケット内で分離しないことが確認できている
R15	パラシュートが分離できることが確認できている
R16	着陸後にケース側面カバーが開口し、ケースが正立状態になることが確認できている
R17	ケース前面蓋開口後にローバー部分がケースから外れ、ミッションに移行できることが確認できている
R18	ドリル機構を作動させた際、ドリルが正常に地面に刺さることが確認できている
R19	ドリルが刺さっている時に15 [N]の引張り張力を加えた際、アンカー部分が動かずに固定されていることが確認できている
R20	ドリルが地面に刺さっている際、機構を作動させることでドリルを引き抜けることが確認できている。
R21	ローバー部分がケーブルを引き伸ばしながら走行できることが確認できている
R22	ケーブルを巻き取ることでローバー部分がアンカー部の元へ戻ることが確認できている
R23	加速度センサを用いてローバーの転倒を検知しローバーを停止できることが確認できている
R24	ケーブルを3 [m]繰り出したことを検知し、ローバーの停止ができることが確認できている
R25	ケーブルの繰り出し走行時にリールの回転が止まったことから、ローバーがスタックしたことを検知できることが確認できている
R26	ケーブルの巻き取り時にリールの回転数から、アンカー部との接近を検知し、ケーブルの巻き取りを停止できることが確認できている

第4章 システム仕様

CanSat 全体のシステムダイアグラムを以下の図 2 に示す。

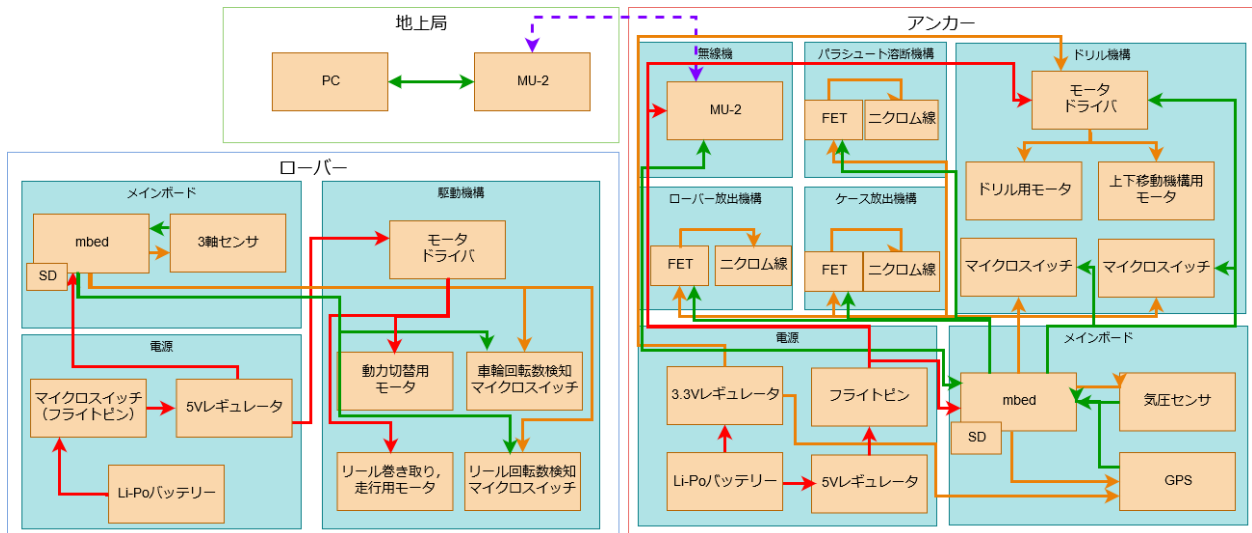


図 2 システムダイアグラム

1. CanSat 設計図

➤ アンカー部構造

アンカー部外観の CAD 図を以下のエラー! 参照元が見つかりません。に示す。

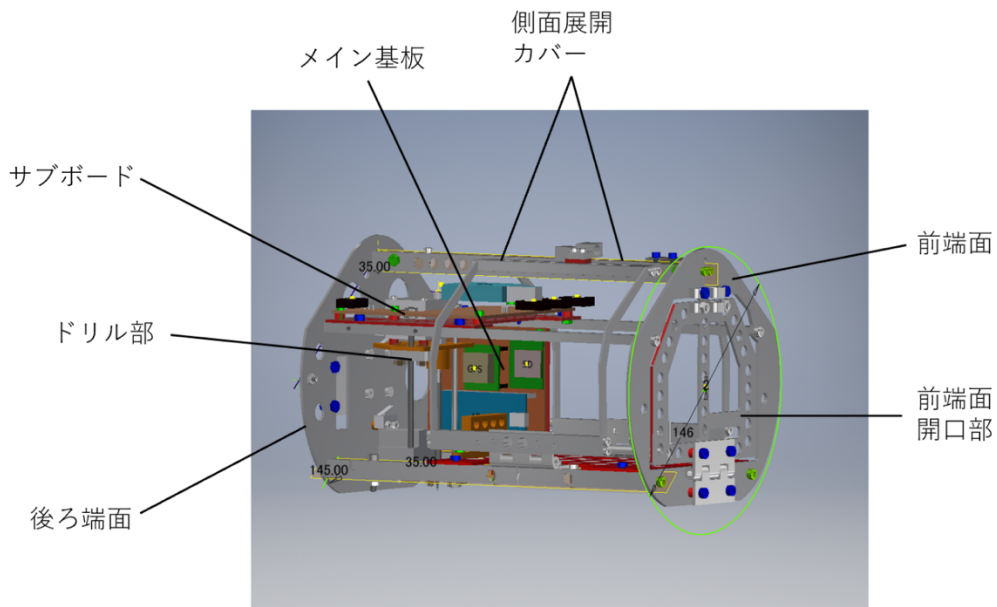


図 3 アンカー部外観 CAD 図

アンカー部はケース部とドリル部で構成されている。ケース部の側面展開カバーと前端面開口部が展開している様子を図4に示す。また、ドリル部の詳細を図5に示す。

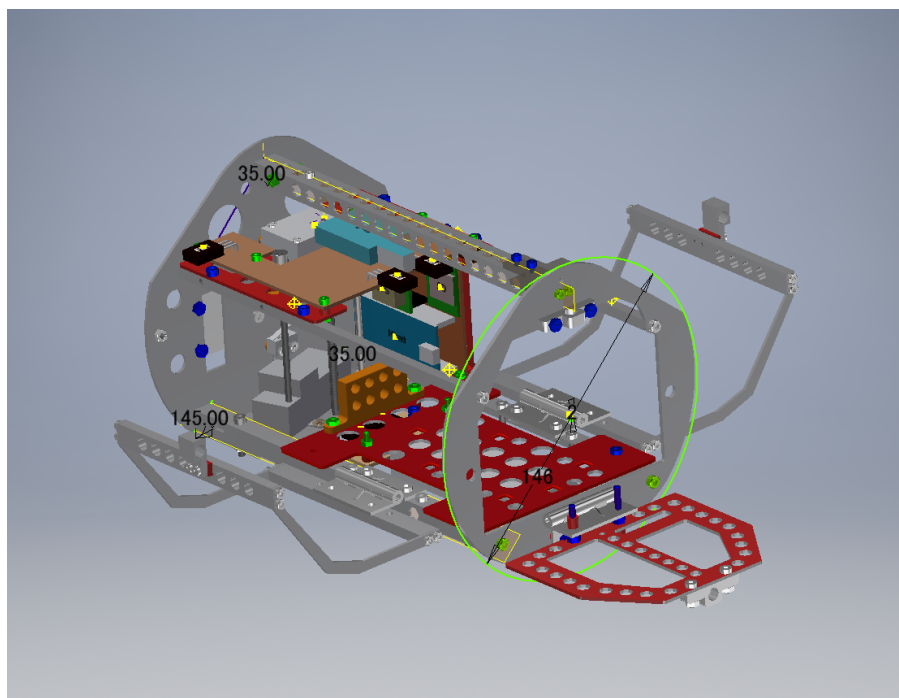


図4 側面展開カバー，全端面開口部展開時の様子

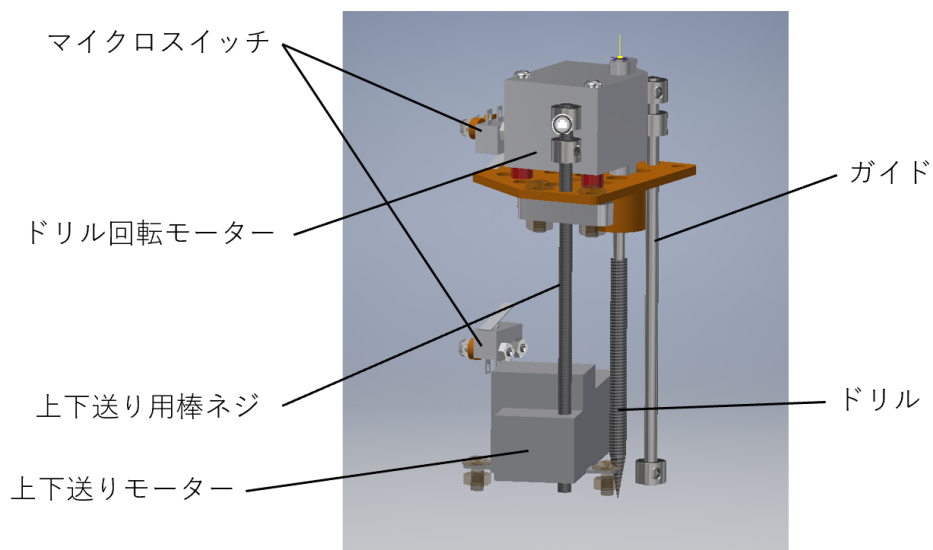


図5 ドリル部詳細

以下の図 6 から図 12 に主要部品の図面を示す.

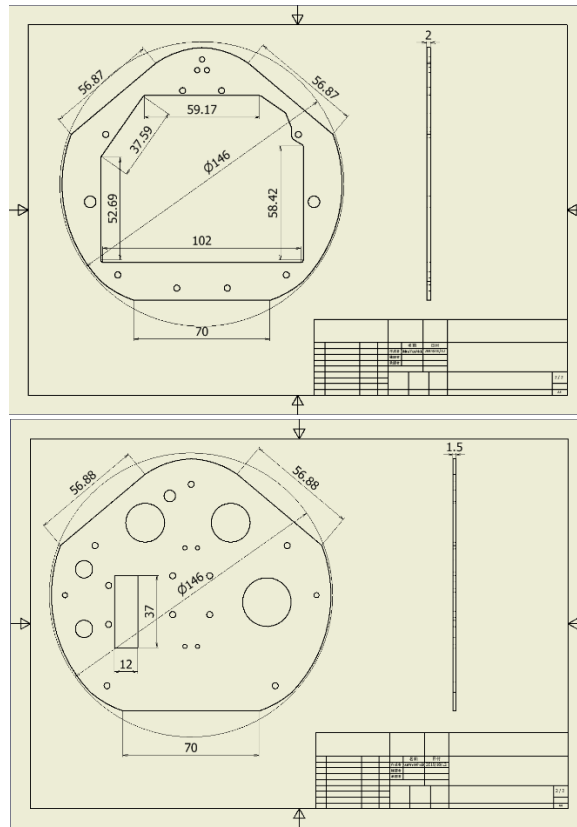


図 6 前端面(上)と後ろ端面(下)

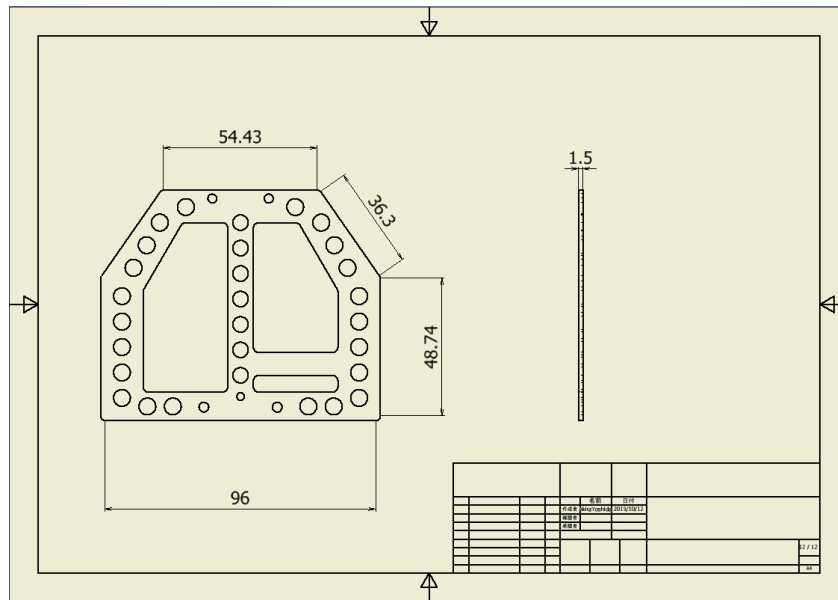


図 7 前端面開口部

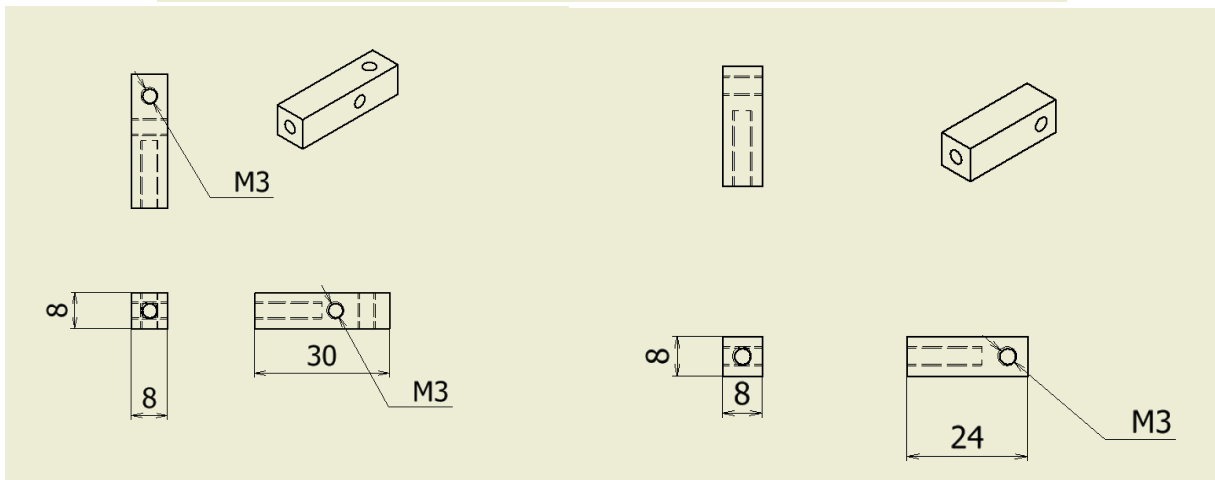
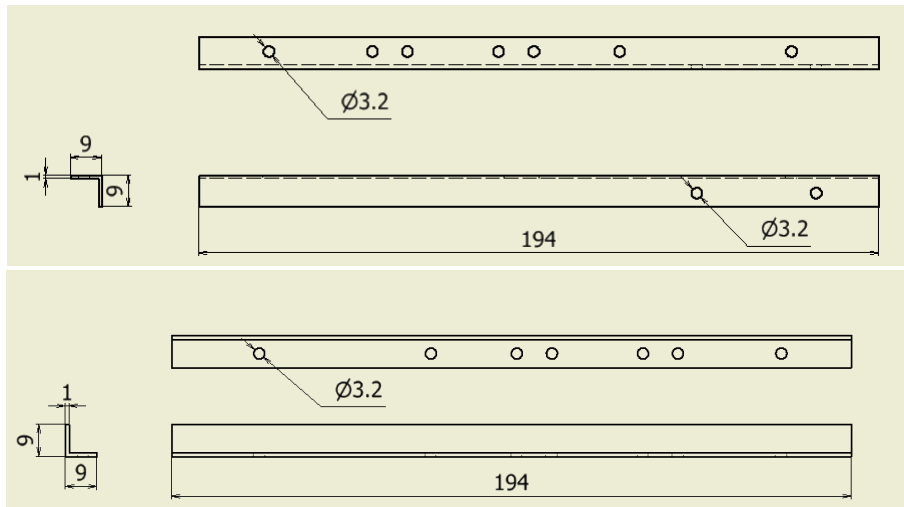


図 8 ケース下梁部品

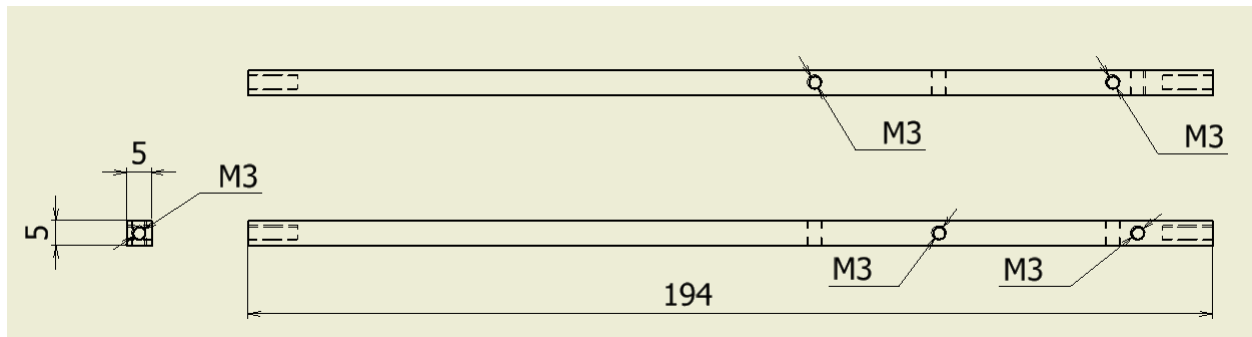


図 9 ケース中梁

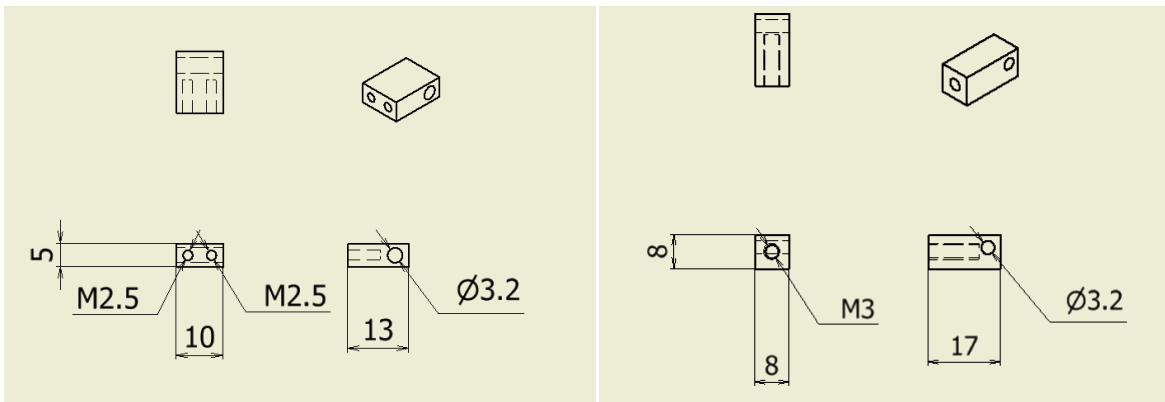
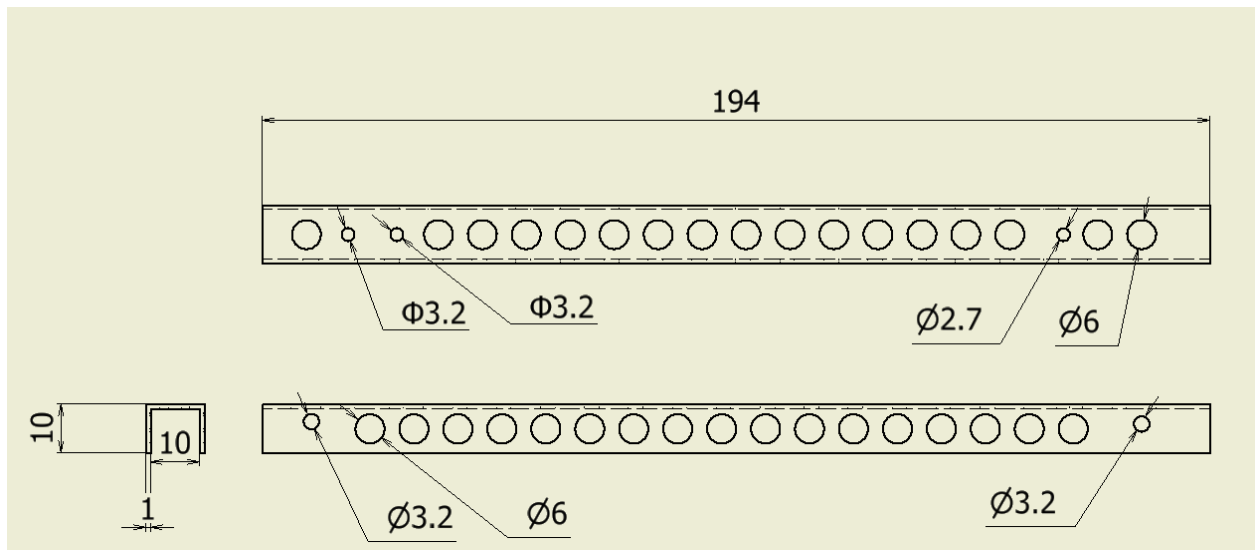


図 10 ケース上梁部品

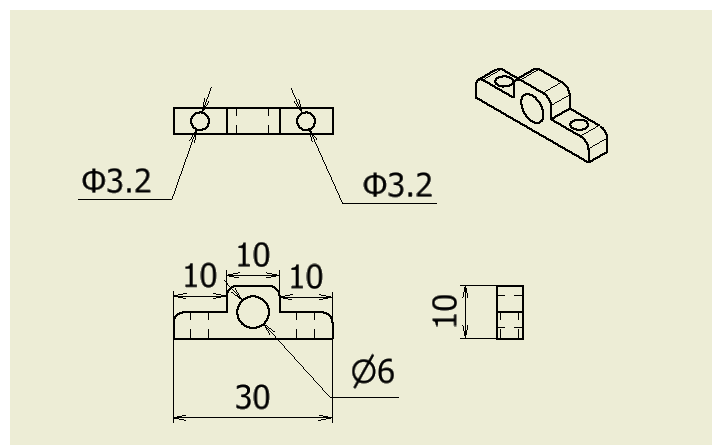


図 11 パラシュート分離, 前端面開口部展開用ピンガイド

➤ アンカー一部電装

アンカー部の電装部品の全体像を以下の図 13 に示す。CanSat のアンカー部の電装は主に電源基板、メインボード、サブボードの三つの部分に分けられる。

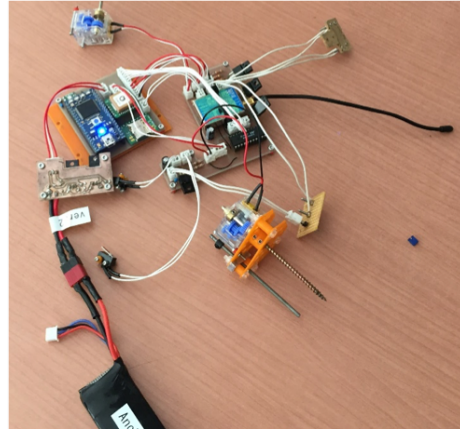


図 13 アンカー一部電装部品全体像

○電源基板

電源基板の外観を図 14 に示す。

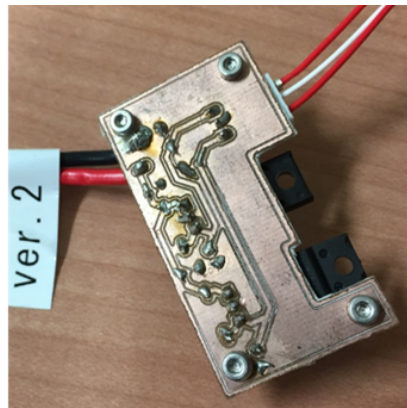


図 14 電源基板外観

電源基板は電源回路部分に当たる。リポバッテリー出力の 7.4V を 3.3V と 5V レギュレータを利用して降圧している。回路図及び基板図を以下図 15、図 16 に示す。

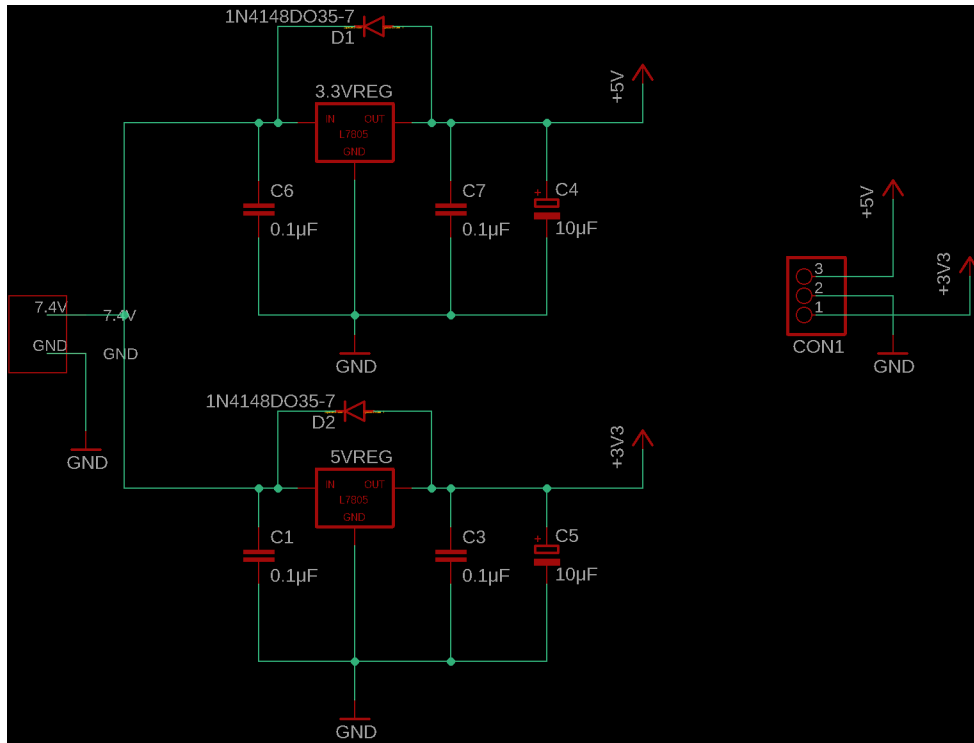


图 15 电源基板回路图

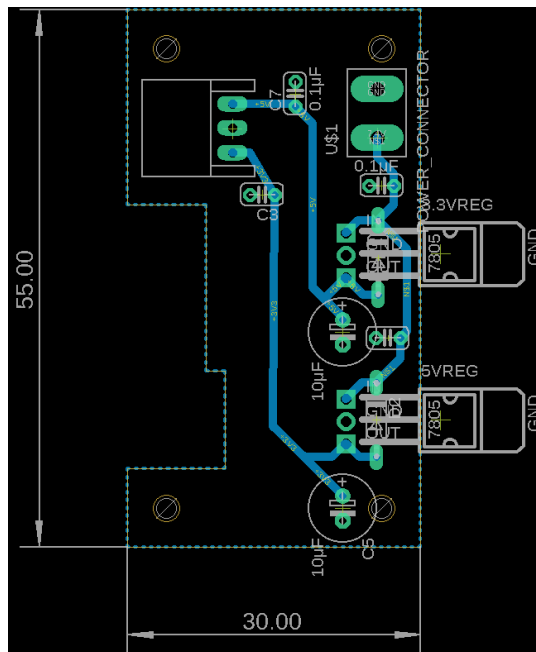


图 16 电源基板基板图

○メインボード

以下の図 17 に外観を示す。

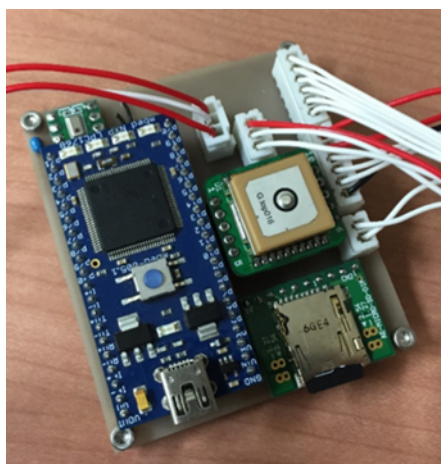


図 17 メインボード外観

メインボードは制御ボードを搭載している基板である。主にコンポーネントの制御，GPS での位置情報取得，気圧センサでの着地検知，SD へのログ保存を行っている。メインボードの回路図，基板図を図 18，図 19 に示す。

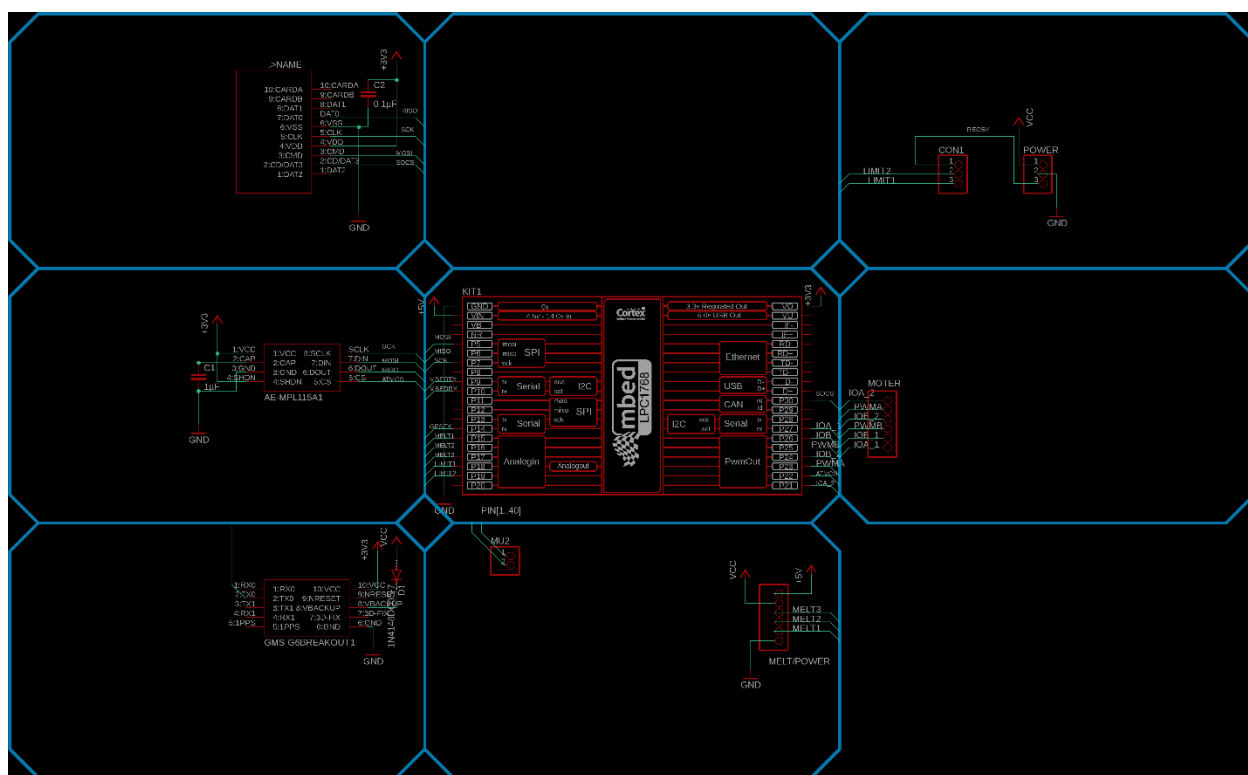


図 18 メインボード回路図

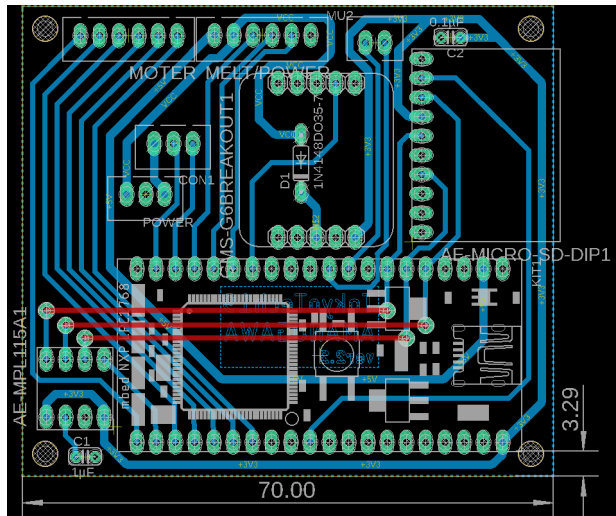


図 19 メインボード基板図

○サブボード

サブボードの外観を以下図 20 に示す。

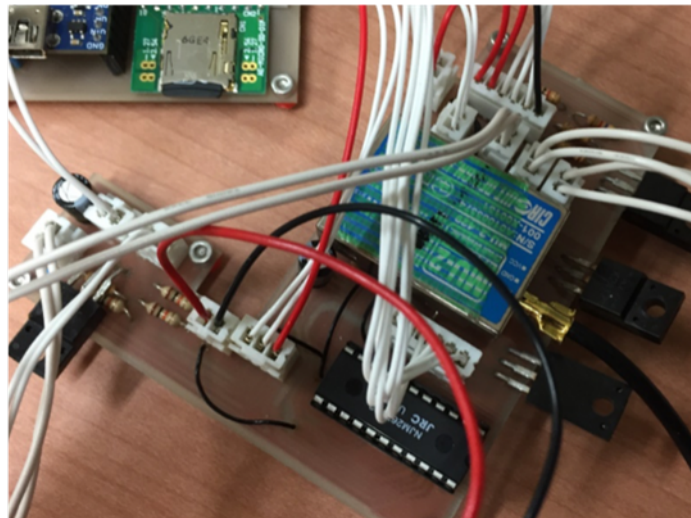


図 20 サブボード外観

サブボードはメインボードに接続されており、主にモータ駆動，地上局通信，テグス溶断などを行う。サブボードの回路図と基板図を以下の図 21，図 22 に示す。

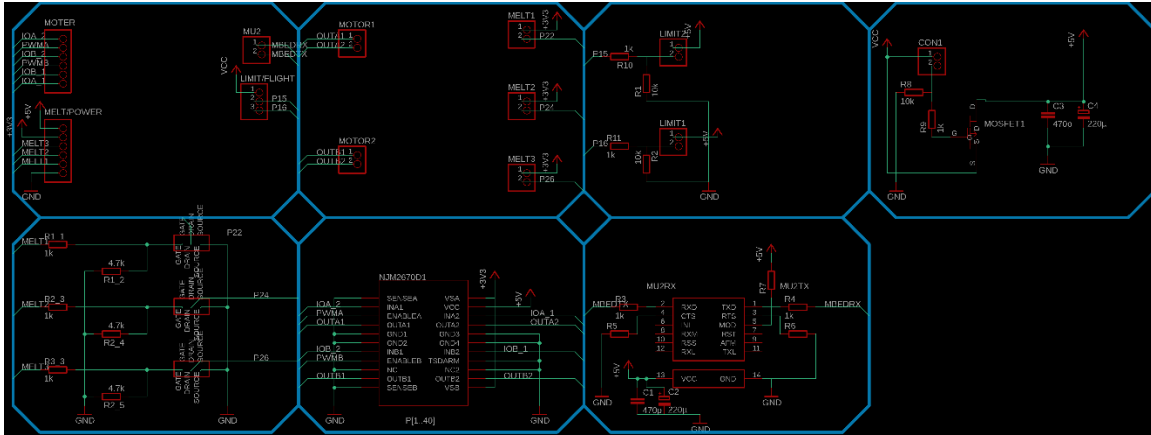


図 21 サブボード回路図

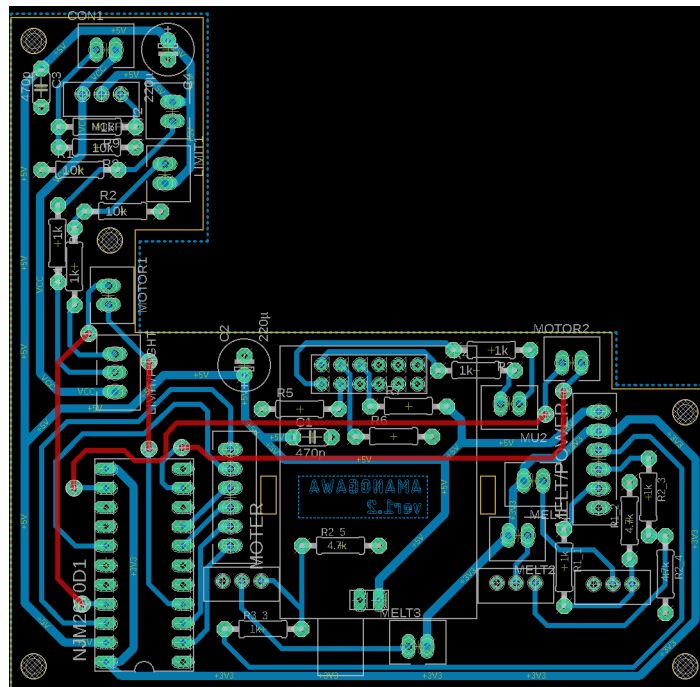


図 22 サブボード基板図

基板に搭載されたアンカー部の機能を以下の

表 1 に示す。

表 1 アンカー部機能一覧

コンポーネント名	詳細	搭載基板
フライトピン	ジャンパピンがパラシュート展開時に引っ張られることで電源を起動する	サブボードと接続, ジャンパピンはパラシュート側端面に接続
mbed(OBC)	アンカー部基板の制御ボードである。主に、モータ制御, GPS 値取得, 気圧測定, MU2 送受信, ログ保存, マイクロスイッチの検知, テグス溶解を行う。	メインボード
MU2	地上局との通信機である。主に、位置データの送信, ドリル抜き取りコマンド受信を行う。	サブボード
溶解機構	パラシュート固定部溶解, ケース側面溶解, ケース前面扉溶解の三か所がある。ニクロム線で溶解を行う。	サブボード
気圧センサ	CanSat の着地検知に利用する	メインボード
GPS	CanSat の位置情報を取得する	メインボード
SD	アンカー基板の制御ログの保存を行う	メインボード
ドリル用モータ	ドリルの掘削を行うモータ これによってドリルが回転する。	サブボード
上下移動機構用モータ	ドリル機構を上下移動させるモータ これによってドリルの掘削, 抜き取りを行う。	サブボード
マイクロスイッチ ×2	ドリル機構の上下移動の限界位置検知を行う	サブボード

➤ ローバー部構造

ローバー部 CAD 図を図 23 に示す。ローバーは 3 階構造になっており、動力部をのせた 1 階、リールをのせた 2 階、基板の 3 階で構成されている。

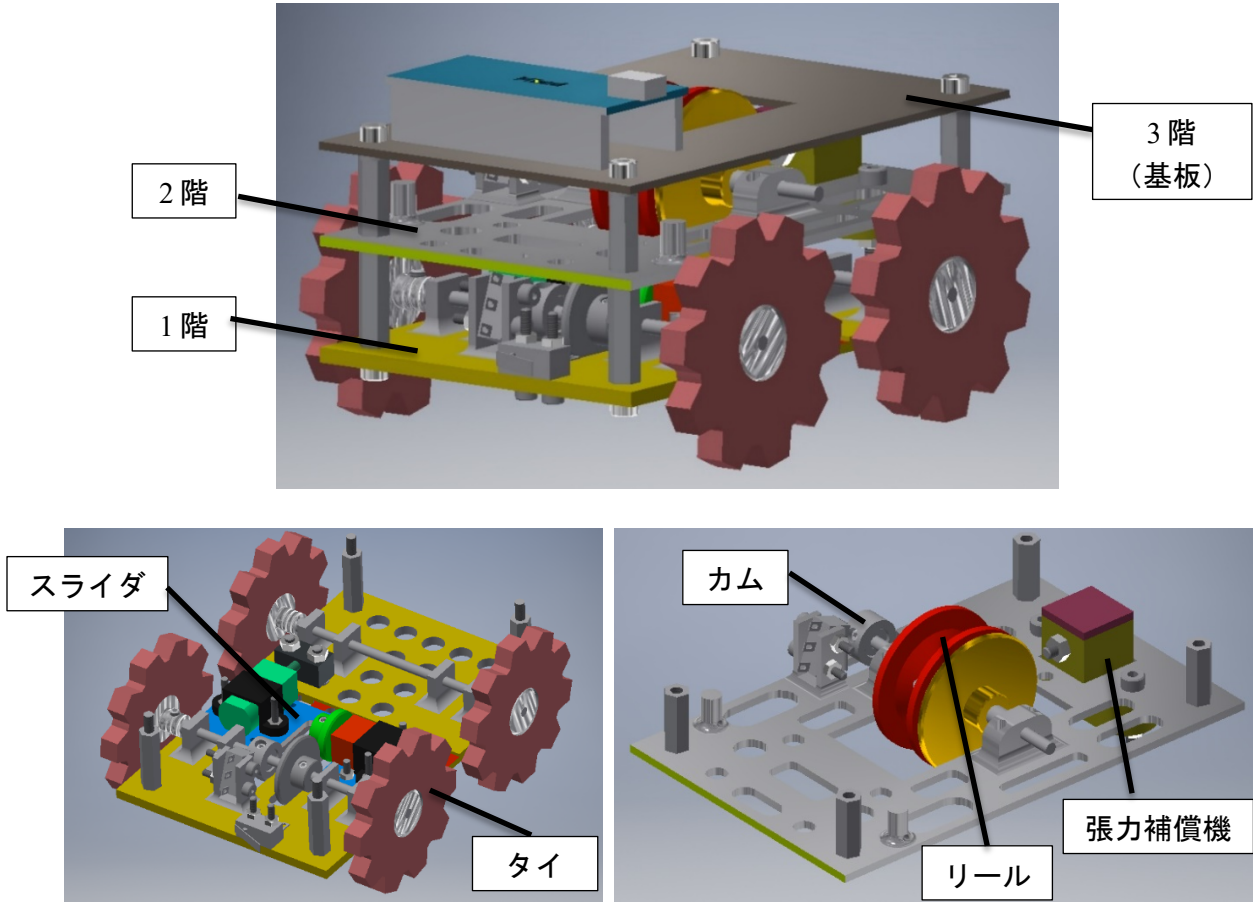


図 23 ローバーCAD 図

以下に主要な部品の主な寸法を記した図面を示す。1階部品の図面は図24, 2階部品の図面は図25に示す。図中の寸法の単位はmmである。

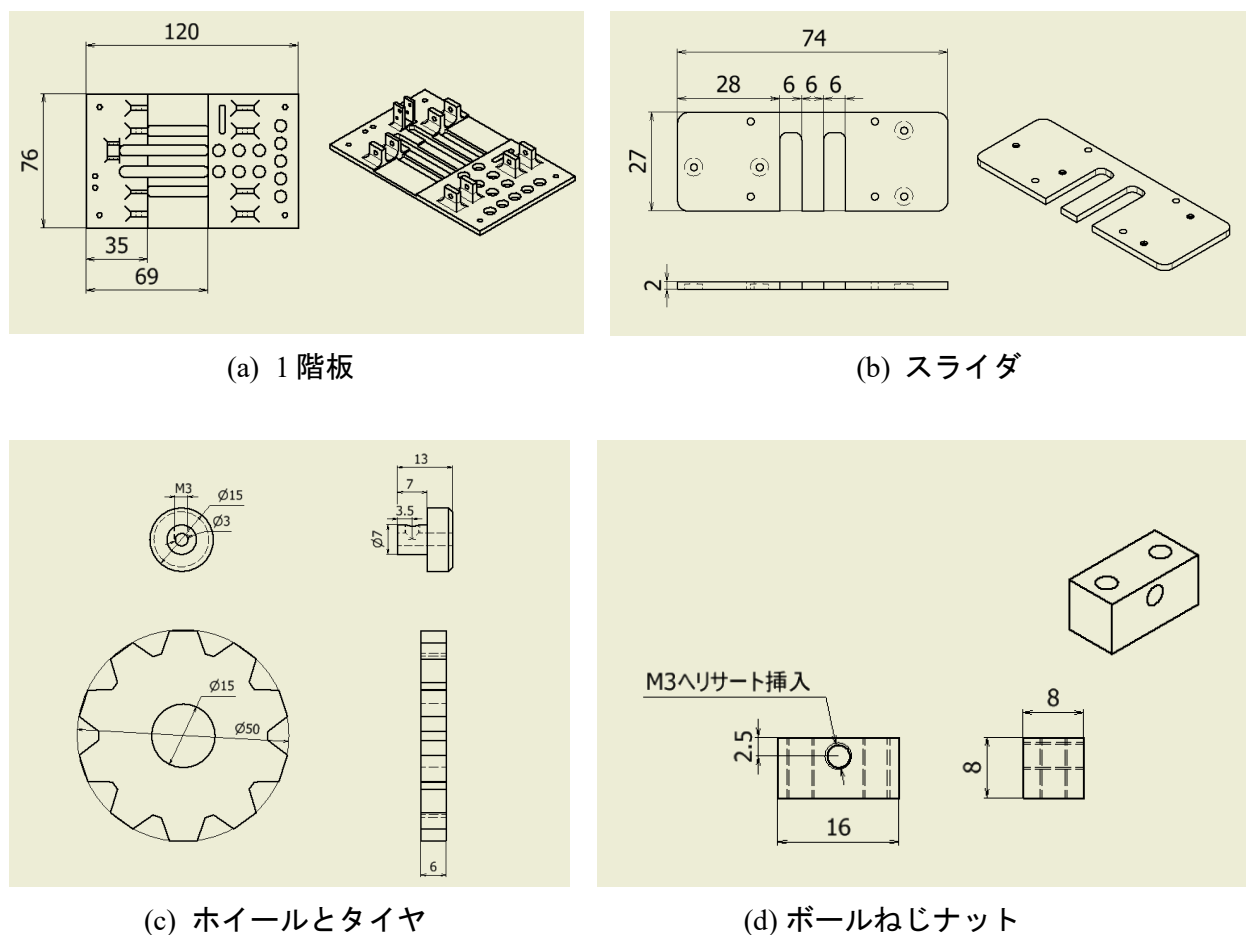


図24 1階主要部品図面

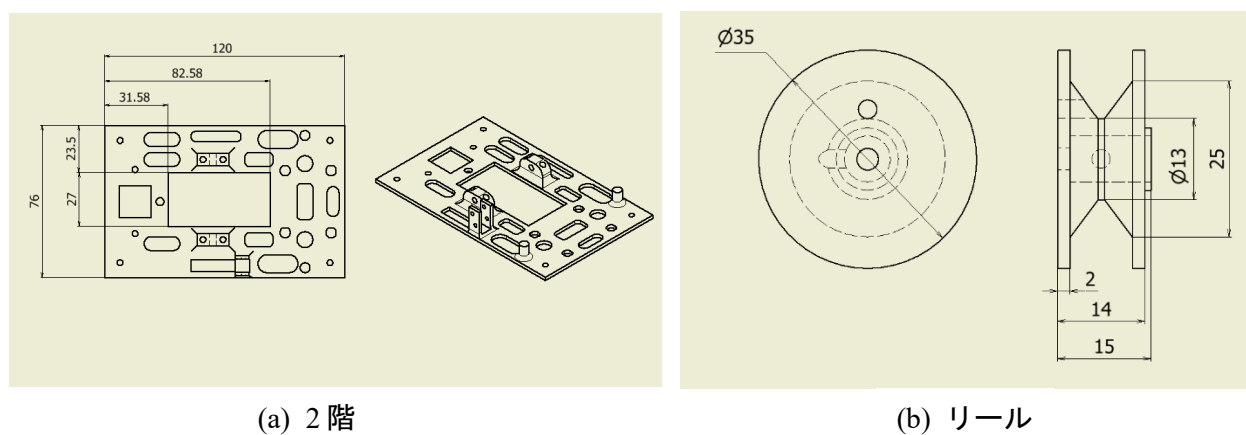


図25 2階主要部品図面

➤ ローバー部電装

ローバーの回路図および基板図を図 26, 図 27 に示す.

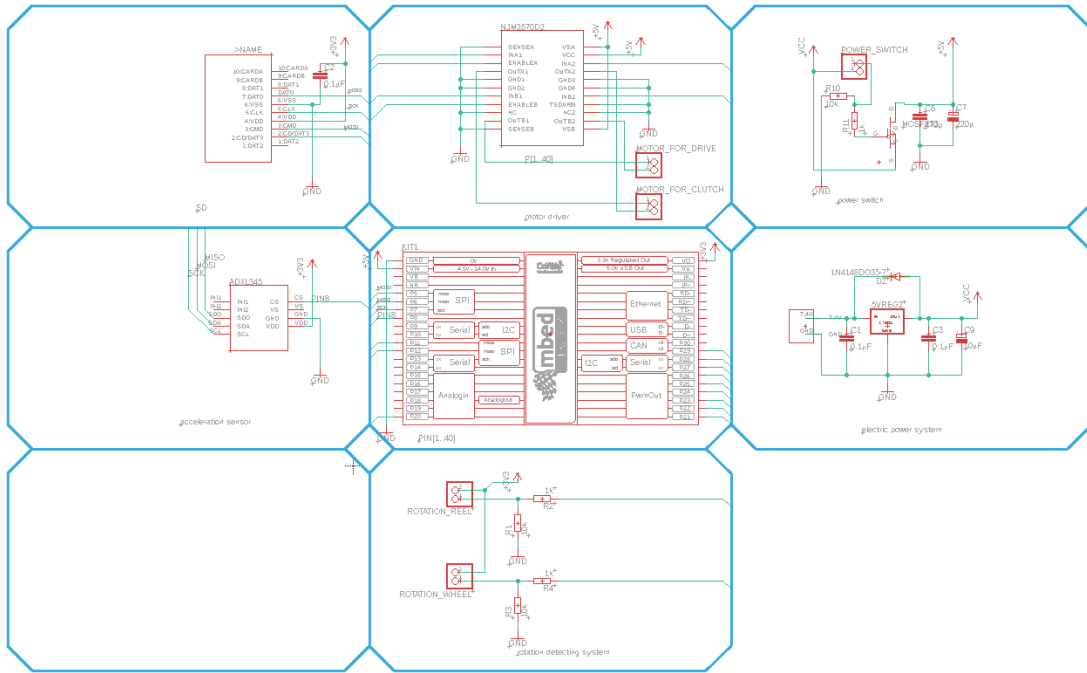


図 26 ローバー部回路図

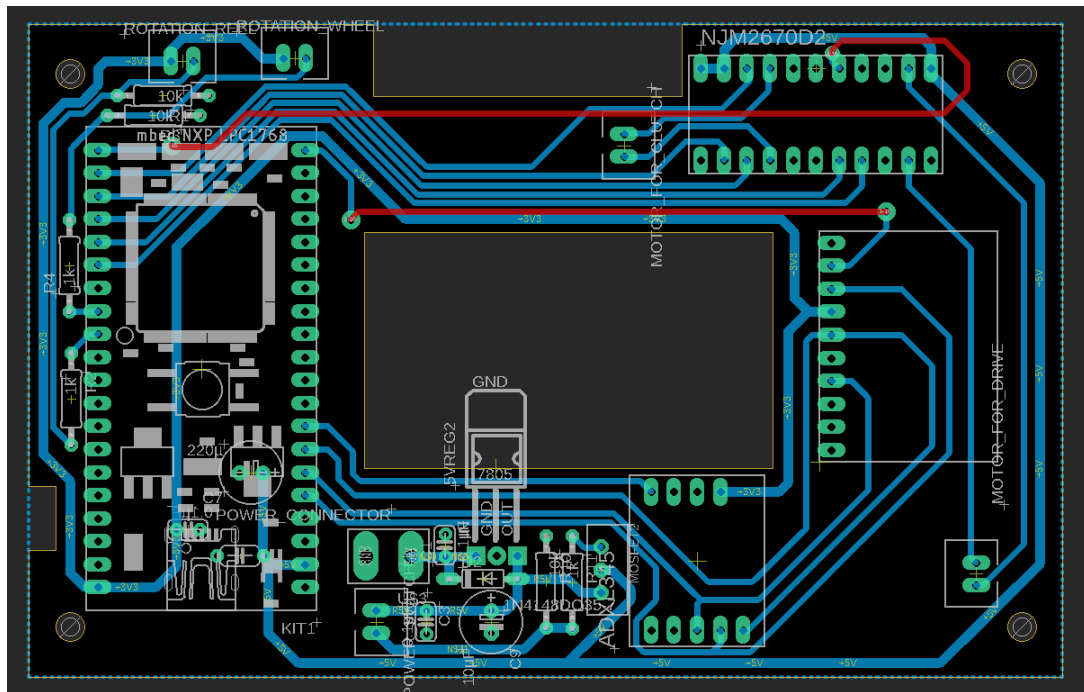


図 27 ローバー部基板図

➤ パラシュート

パラシュートの寸法について、布寸法を図 28 に、紐寸法図 29 に示す。ただし寸法数値における単位は全てmmとする。

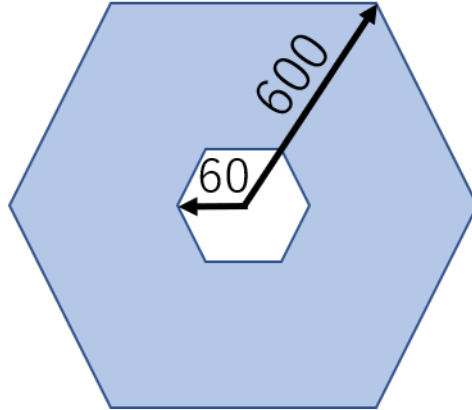


図 28 パラシュートにおける布寸法

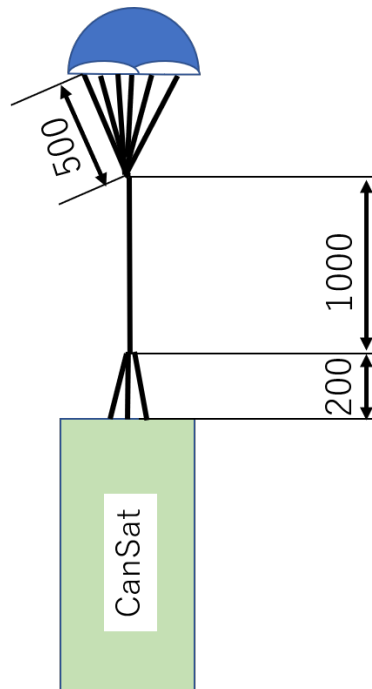


図 29 パラシュートにおける各紐の寸法

図 28 において、布部分は青で示された部分であり、形状としては一辺 600mm の正六角形の布から、一辺 60mm の正六角形をくり抜いた形状になっている。また、図 29 において、複数の紐を一か所に束ねる際には強化もやい結びを使用している。

2. CanSat 外観/質量/サイズ

➤ CanSat 全体

本 CanSat は着地後成立するための側面展開カバー，ローバー出口となる前面扉などの展開機構を備えているが，ロケット収納時は全てテグスで固定ピンを固定した上で搭載している．ロケット収納時の CanSat の状態を以下の図 30 に示す．

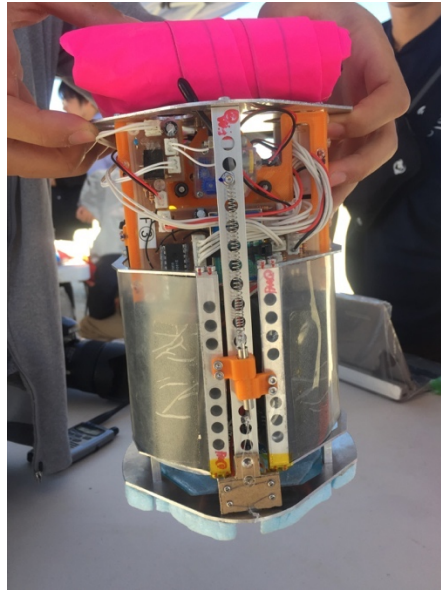


図 30 ロケット収納時の CanSat の様子

両端面の間隔は 197mm（突起物除く）であり，前端面側の着地衝撃緩和用スタイロフォーム 15mm，後ろ端面側のパラシュートを含めて，レギュレーションの 240mm に収まっている．質量は打ち上げ前のレギュレーションチェックにおいて，1042g であった．

➤ アンカー部

アンカー部の外観を以下の図 31 に示す。質量はおよそ 720g である。アンカーとして用いるドリル部の質量はおよそ 90g である。



図 31 アンカー部外観

➤ ローバー部

ローバー部の外観を以下の図 32 に示す。質量はおよそ 250g であり、全高 60mm、全長 120mm、全幅 100mm 程度である。



図 32 ローバー部外観

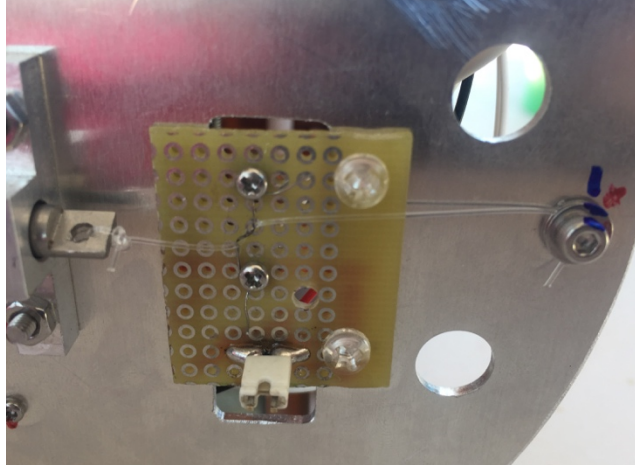
3. CanSat 内観・機構/電力

➤ アンカー部内観

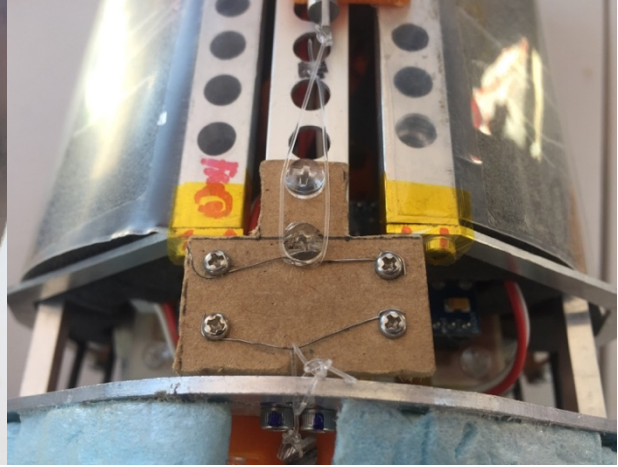
・ 溶断機構

本 CanSat はパラシュート・側面カバー展開・前面扉展開の 3 箇所でテグス溶断を行なっている。図 33 の(a)にパラシュート溶断基板, (b)に側面カバー・全面扉溶断基板の外観を示す。固定用テグスはナイロン線 $\Phi 0.5\text{mm}$, 溶断用ニクロム線は $\Phi 0.26\text{mm}$ を用いた。ニクロム線の長さはパラシュート溶断基板では 10mm, 側面カバー・全面扉溶断基板では 20mmとした。パラシュート溶断基板の下板には, ユニバーサル基板を用い, 側面カバー・全面扉溶断基板の下板には MDF を用いた。溶断基板の取り付けは軽量化, 及び CanSat 本体の金属構体部分との電気的接続を避けるためにプラスチックネジを用いた。ニクロム線はネジと下板で, 溶断回路からのハーネスは図(c)のようにナットと下板で挟むことで固定した。

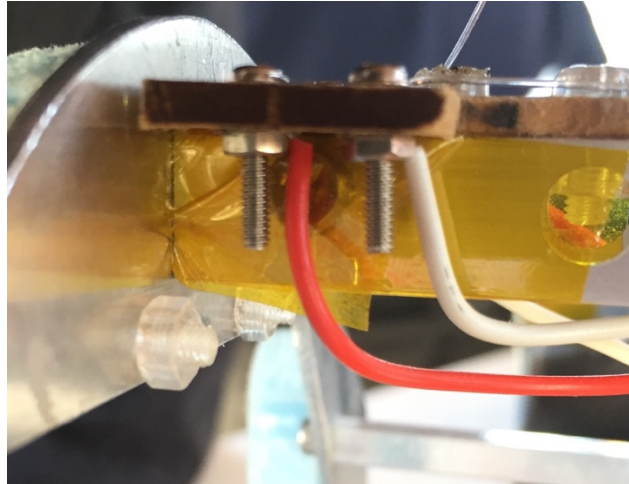
テグスは一方の端を固定ピンに結び, もう一方をパラシュート溶断基板では端面とワッシャーで挟みボルトで固定し, 側面カバー・全面扉溶断基板では構体部分に結びつけて固定した。テグスを結ぶ際には, ニクロム線にテグスが接触している必要があり, 出来るだけ強くピンと張った。ピンや構体部分へのテグスの結びつけはもやい結びと玉結びを併用して行った。テグスのニクロム線への結び方は, テグスをニクロム線の周りを 1 周するように巻き, テグスが 180 度曲がらないようにした。これは 180 度曲がるように結ぶとテグスに折り癖がつき, その折り癖によって打ち上げ時の振動や衝撃で破断してしまう恐れがあるからである。



(a) パラシュート溶断基板



(b) 側面カバー・全面扉溶断基板



(c) 溶断基板の裏側

図 33 溶断基板の外見

・断面形状

ローバーが正常に進行するため、CanSatは着地後に上下の向きを正す必要がある。そのため、
図 34 および 図 35 に示すように、着地後にカバーの展開を行うことで
CanSatが転がり、ローバーが進行できる向きに正立する。

しかし、着陸後にCanSatの上側が地面に接していた場合、カバーが展開されてもCanSatが
転がらない恐れがある。そのため、ケース端面は図 36 のように上側が急な曲線形状となってお
り、上側が地面についた状態では安定しない形状となっている。また、CanSatが転がった際に
正立状態で安定するよう、ケース端面は下側が直線となっている。

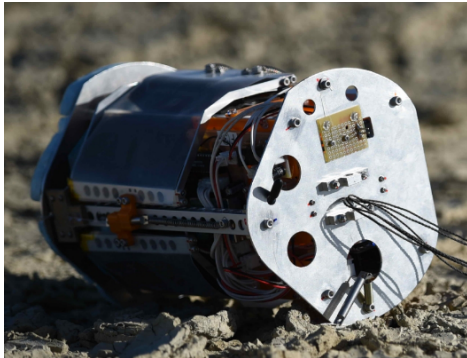


図 34 カバー展開前

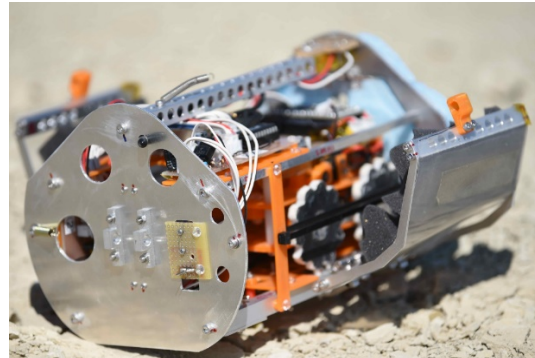


図 35 カバー展開後

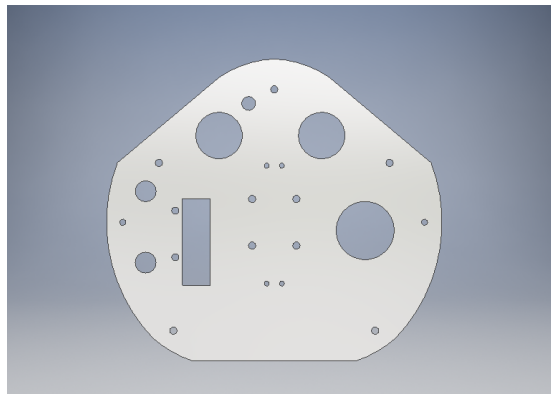


図 36 ケース端面

・ドリル

CanSat を地面に固定する機構としてアンカー部にはドリルが備わっている。ドリルとしては、以下の図 37 のように金属切削も行えるドリルビットを用いている。

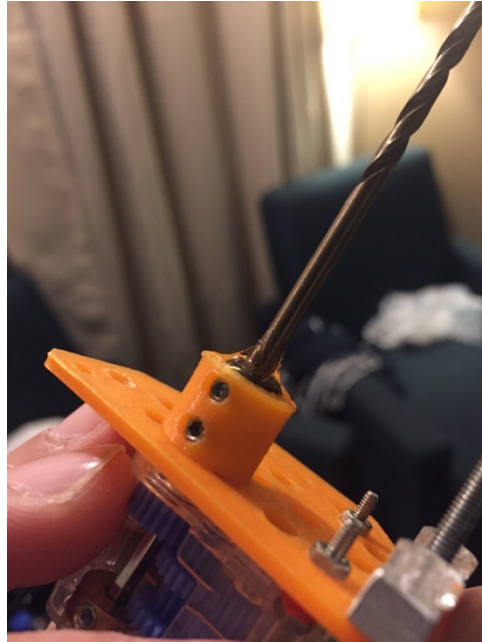


図 37 ドリル

ドリル部には、ドリル回転用モーター、上下移動用モーターの 2 つのモーターがある。ドリル回転用モーターはドリルの回転を行い、上下移動用モーターは棒ネジを回転させることで、上下にドリル部を動かし、ドリルの抜き差しを行っている。ドリルは上下移動用モーターによって最大で 30mm まで掘削を行うことができる。

・電力

アンカー部の電力計算結果を以下の表 2 に示す。なお、消費電流は安定化電源による駆動時の値から算出している。以下の計算結果をもとに、サイズ、質量等を踏まえて、1100mAh のバッテリーを選定した。

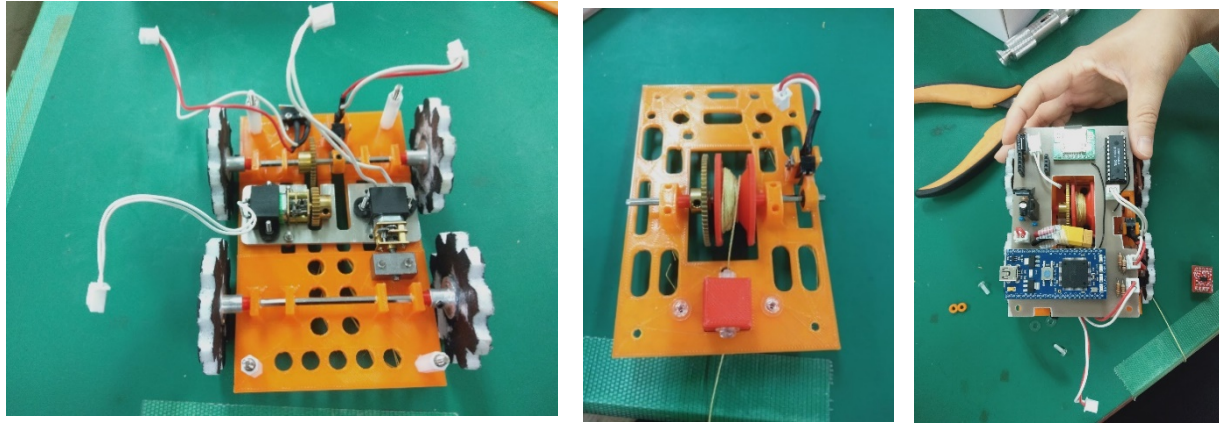
表 2 アンカー部電力計算結果

状態	消費電流 [mA]	時間 [m]	消費電力 [mAh]
ロケット内待機時	5	90	7.5
定常運用時	280	145	677
モーター回転時	900	9	135
合計		244	819

➤ ローバー部内観

・機構

ローバーは上下に三階に別れており、動力切り替え機構を有した一階目（図 38 (a)）、リール機構を有した二階目（図 38 (b)）、基板の三階目（図 38 (c)）で構成されている。



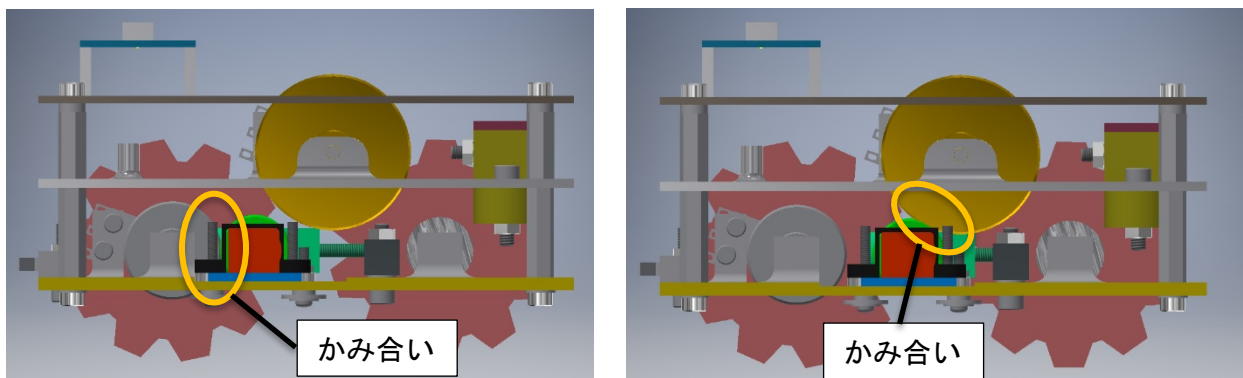
(a) 1階

(b) 2階

(c) 3階

図 38 ローバー部内観

一階目の動力切り替え機構はボールねじ機構により動力部をのせたスライダ板を前後させ、動力部の歯車が車軸、リール軸の歯車とかみ合う・切り離されることで実現される。図 39 動力伝達時の状態に車軸動力伝達時の状態(a)とリール軸動力伝達時の状態(b)を示す。二階目のリール機構は、同軸にある歯車と一階目の動力部の歯車がかみ合い、張力補償機を介して糸を巻取る。張力補償機とは糸をリールに巻きつける際に張力を補償するもので、中にある押しバネにより糸が押さえつけられることで張力を生み出している。詳しい機構は図 40 に示す。



(a) 車軸動力伝達時

(b) リール軸動力伝達時

図 39 動力伝達時の状態

また、車軸に動力を伝達している際に、車軸が回転しているがリール軸は回転していない状態となればスタック状態にあると判定することができる。そのため、車軸、リール軸の回転を軸にとりつけたカムとマイクロスイッチで検知している。その機構を図 40 に示す

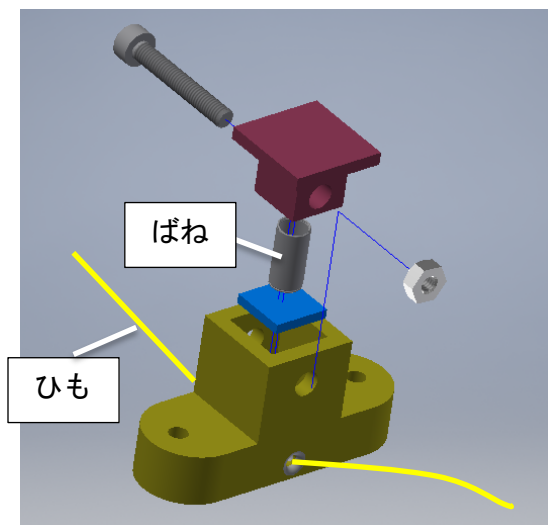


図 40 張力補償機の組立図

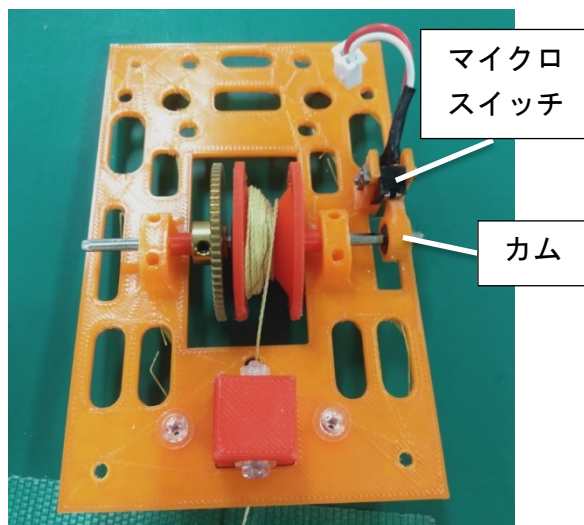


図 41 カムによる回転検知

・電力

ローバー部の電力収支の計算結果は表 3 の通りである。リポバッテリーの電圧が下がりきるまで使うと非常に危険であるため、ミッション時間に余裕を持たせ検討している。バッテリーの選定にあたりミッション時間は 1 時間で計算しているが、実際は 30 分程度で終了するため、地面状態によってモータの消費電力が増加する等の事態が生じて、ミッション中にバッテリー切れとはならない設計である。

表 3 ローバー部電力計算結果

コンポーネント名	消費電力[mA]
MBED	120
駆動用モータ	50
動力切替用モータ	50
合計	220

➤ パラシュート

パラシュートに要求される機能として、CanSat の終端速度を低下させて安全に着地させることが挙げられる。そのために、CanSat にパラシュートを装着することで、ロケットから CanSat が放出された後パラシュートが展開し、CanSat を減速させることを目的とし、設計を行った。

十分に減速し着地時の衝撃を抑えるため、パラシュートをつけた CanSat の目標終端速度を 5 (m/s) に設定した。これは、終端速度が速すぎた場合には、CanSat が安全に着陸できない可能性があり、逆に遅すぎた場合には風の影響で CanSat が打ち上げ地点より遠くに流されてしまい、捜索に支障をきたす可能性があるため、過去のデータより安全に CanSat を着陸させられると推定されるこの数値に決定した。また、パラシュート形状は正六角形とし、中心部にスピルホールを設けた。これは、上空での突風状況下においても出来るだけ安定した状態で CanSat を落下させるためである。

パラシュートによる降下の運動方程式は式 4-1 のようになる。この式の各パラメータは質量 m 、重力加速度 g 、空気密度 ρ 、空気抵抗係数 C_d 、有効断面積である。

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{\rho C_d S}} \dots\dots (式 4-1)$$

この式に $m=1.05$ (kg) , $g=9.81$ (m/s²) , $\rho=1.2$ (kg/m³) , $C_d=1.2$ (円板の場合) , $v=5.0$ (m/s) を代入すると $S=0.73$ (m²) となる。また、布自体の断面積 S_0 と降下中の有効断面積 S の関係式は式 4-2 のようになる。この式の各パラメータは、布自体の断面積 S_0 、降下中の有効断面積 S 、パラシュート半径 r 、パラシュートの紐の長さ L (パラシュートから出ている 6 本の紐の、一点に纏めた点までの長さ) である。

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{L}{r}\right)^2 \sin^2\left(\frac{r}{L}\right) \dots\dots (式 4-2)$$

また、降下実験によりスピルホール径 R とパラシュート径 r について、安定する条件式は式 4-3 のようになった。

$$\frac{R}{r} < \frac{1}{7} \dots\dots (式 4-3)$$

式 4-1, 4-2, 4-3 よりパラシュート径 r 、パラシュート紐長さ L 、パラシュートスピルホール径 R について寸法を算出した。その結果、今回の CanSat においては、パラシュート径 $r=600$ mm、パラシュート紐長さ $L=500$ mm、パラシュートスピルホール径 $R=60$ mm とした。

次に、材料の制定方法について記載する。パラシュート作成のために必要な材料は、布、布同士を縫い合わせるミシン糸、パラシュート紐取り付け穴にはめるハトメ、パラシュート紐が挙げられる。布には、引張強度に強く、軽いことが求められるため、今回は EMMAKITES 社のリップストップ 40D ナイロン生地を使用した。ミシン糸も布と同様に、スーパーアラミド繊維のケブラー糸を使用した。ハトメには、展開前にパラシュート布と擦れる可能性を考慮したうえで、布に引っかかることで破れないような形状でかつ軽量なものが求められ、真鍮製で $\phi 5$ mm の両面ハトメを使用した。パラシュート紐は開傘衝撃に耐えられるもので引張強度に強く、軽いものが要求されるため、開傘衝撃力を考慮したうえで EMMAKITES 社のスーパーアラミド繊維使用ケブラーラインを使用した。

次に、パラシュートの収納方法について記載する。順序は図 42 に示す通りである。なお、図において赤い点線は谷折り線を示しており、青い矢印は畳む方向を示している。順序としては、パラシュートを広げた状態から図の通りに 5 回とも全て谷折りをする流れとなる。次に、紐を収納する。紐を一か所に纏めたのち、パラシュート布を三つ折りしている。最後に、CanSat のパラシュート分離機構のピンに紐を通し、パラシュートの収納は完了である。

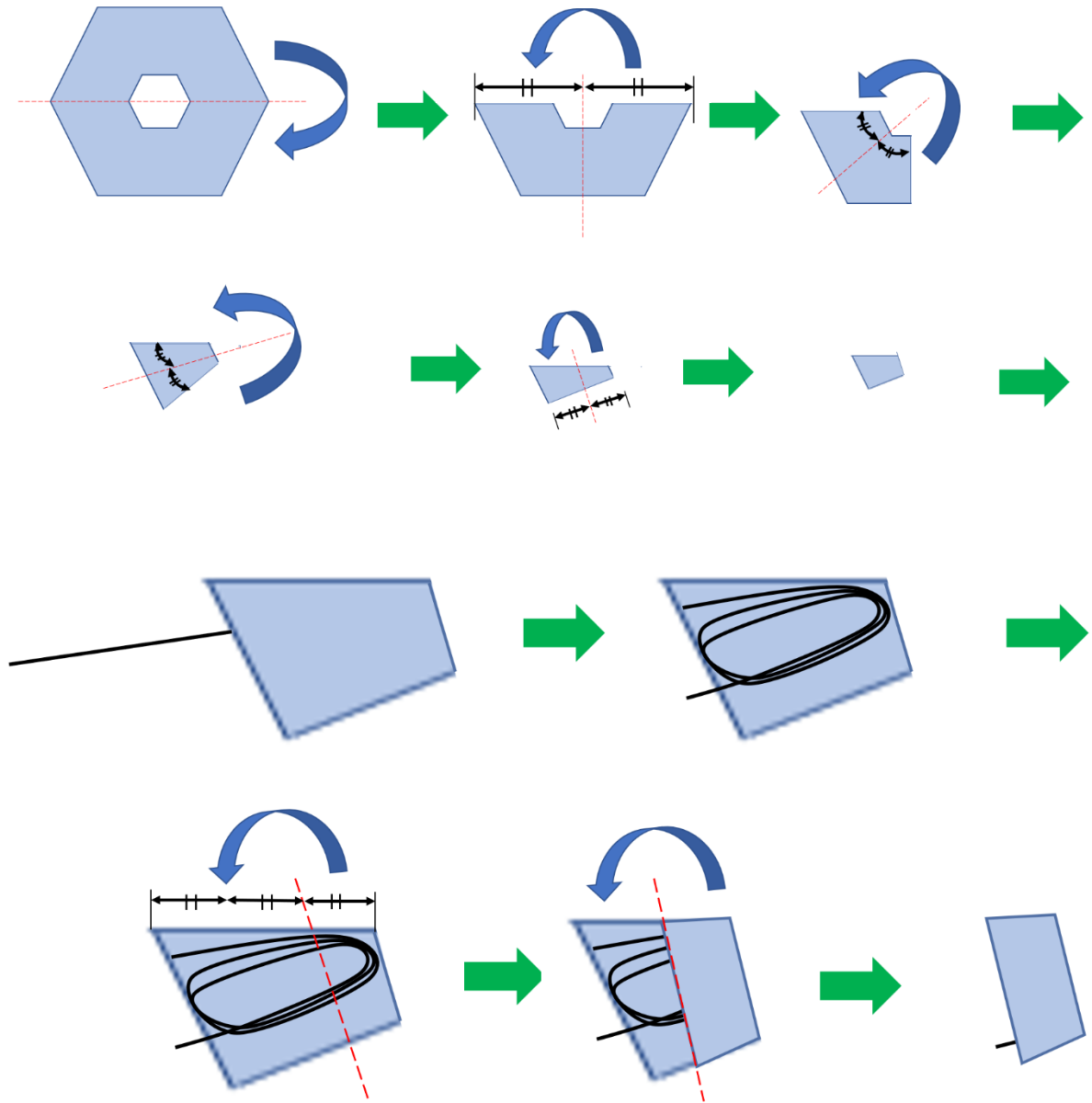


図 42 パラシュート収納方法

4. 使用部品（アンカー部）

➤ 電子系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
OBC	Mbed LPC1768	秋月電子	
GPS	GMS-G6 Breakout	Running Electronics	
気圧センサ	AE-MPL115A1	秋月電子	
SD カードスロット	AE-MICRO-SD-DIP	秋月電子	
microSD	MMSDHC8GB10	モノタロウ	
無線機	MU-2-429		
溶断用 MOSFET	2SK2412	秋月電子	
フライトピン用 MOSFET	2SJ380	秋月電子	
モータドライバ	NJM2670D1	秋月電子	
バッテリー	GB-0028M		
5V レギュレータ	NJM7805FA	秋月電子	
3.3V レギュレータ	TA48033S	秋月電子	
各種抵抗		秋月電子	
各種コンデンサ		秋月電子	
コネクタ	XH シリーズ	秋月電子	
各種ピンソケット		秋月電子	
ツェナーダイオード	GDZJ9.1C	秋月電子	

➤ 動力系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
ドリル用モーター	ミニモーター低速ギヤボックス	モノタロウ	
上下移動用モーター	ユニバーサルギヤボックス	モノタロウ	
棒ネジ	3mm ねじシャフトセット	モノタロウ	
シャフトカラー	KSC0305	モノタロウ	

➤ 構造系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
主構造	2mm 厚 A5052 アルミ板	ミスミ	
主構造	1.5mm 厚 A5052 アルミ板	ミスミ	
主構造	8×8 アルミ棒	ミスミ	
主構造	内辺 10×10 アルミチャンネル	ミスミ	
主構造	各種部材	3D プリンタ	

5. 使用部品（ローバー部）

➤ 電子系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
OBC	Mbed LPC1768	秋月電子	
加速度センサ	ADXL345	秋月電子	
SD カードスロット	AE-MICRO-SD-DIP	秋月電子	
microSD	MMSDHC8GB10	モノタロウ	
コネクタ	XH シリーズ	秋月電子	
バッテリー	Crazepony 450mAh 2S	Amazon	
5V レギュレータ	NJM7805FA	秋月電子	
ツェナーダイオード	GDZJ9.1C	秋月電子	
モータドライバ	NJM2670D1	秋月電子	
各種抵抗		秋月電子	
各種コンデンサ		秋月電子	
コネクタ	XH シリーズ	秋月電子	
各種ピンソケット		秋月電子	

➤ 動力系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
動力用モーター	uxcell DC 6V 60 RPM	Amazon	
スライダ用モーター	DC ギアモーター 6V M3 55MM 30RPM	Amazon	
動力モーター用歯車	S50B30B+0303	モノタロウ	
車軸歯車	S50B 42B+0203	モノタロウ	
リール軸歯車	S50B-68B+0203	モノタロウ	

➤ 構造系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
1階	1階板	3D プリンタ	
1階	六角ジュラコンスペーサー (M3・オス-メス) 20mm	千石電商	
1階	ポリネジ M3×6	千石電商	
スライダ	アルミ板 2mm 厚	MISUMI	
スライダ	8×8アルミ角材	MISUMI	
スライダ	プラネジ M3×15	千石電商	
スライダ	M3-D15 ヘリサート	MISUMI	
スライダ	N20 マイクロギヤードモータ用 マウントセット	Amazon	
スライダ	ねじ M2×12	MISUMI	
スライダ	ナット HNT-1-SUS-M2	MISUMI	
スライダ	イモネジ M3×3	MISUMI	
スライダ	スペーサー	3D プリンタ	

スライダ	M3 ワッシャー		
スライダ	M5 ワッシャー		
タイヤ	デコパネ 5mm	ホームセンターケンマート	
タイヤ	アルミΦ15 丸棒	島忠ホームセンター	
タイヤ	タミヤシャフトセット	モノタロウ	
タイヤ	カラー KSC0305	MISUMI	
タイヤ	カム	3D プリンタ	
タイヤ	イモネジ M3×3	MISUMI	
2 階	2 階板	3D プリンタ	
2 階	六角ジュラコンスペーサー (M3・メス-メス) 15mm	千石電商	
2 階	ポリネジ M3×6	千石電商	
リール	リール	3D プリンタ	
リール	タミヤシャフトセット	モノタロウ	
リール	カラー KSC0305	MISUMI	
リール	カム	3D プリンタ	
リール	ねじ M2×15	MISUMI	
張力補償機	外見	3D プリンタ	
張力補償機	おさえ板	3D プリンタ	
張力補償機	ストッパー	3D プリンタ	
張力補償機	ばね EA952SF-62(エスコ)	MISUMI	
張力補償機	プラネジ M3×20	千石電商	
張力補償機	プラネジ M3×15	千石電商	
張力補償機	プラナット M3	千石電商	

6. 製作時に使用した機材・サービス

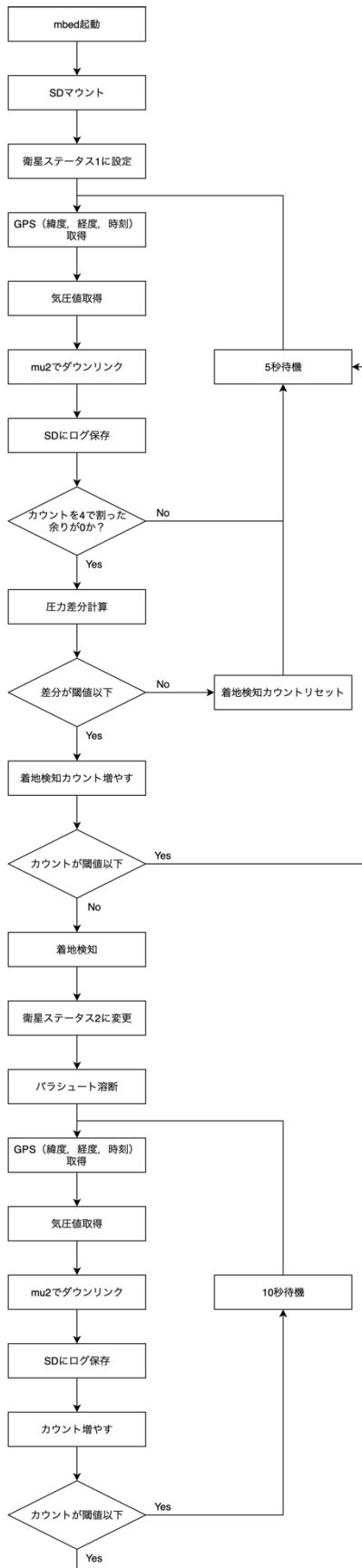
分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
3D プリンタ	Adventurer 3	Flashforge	私物
CNC フライス			大学設備品
スチロールカッター	白光スチロールカッター		

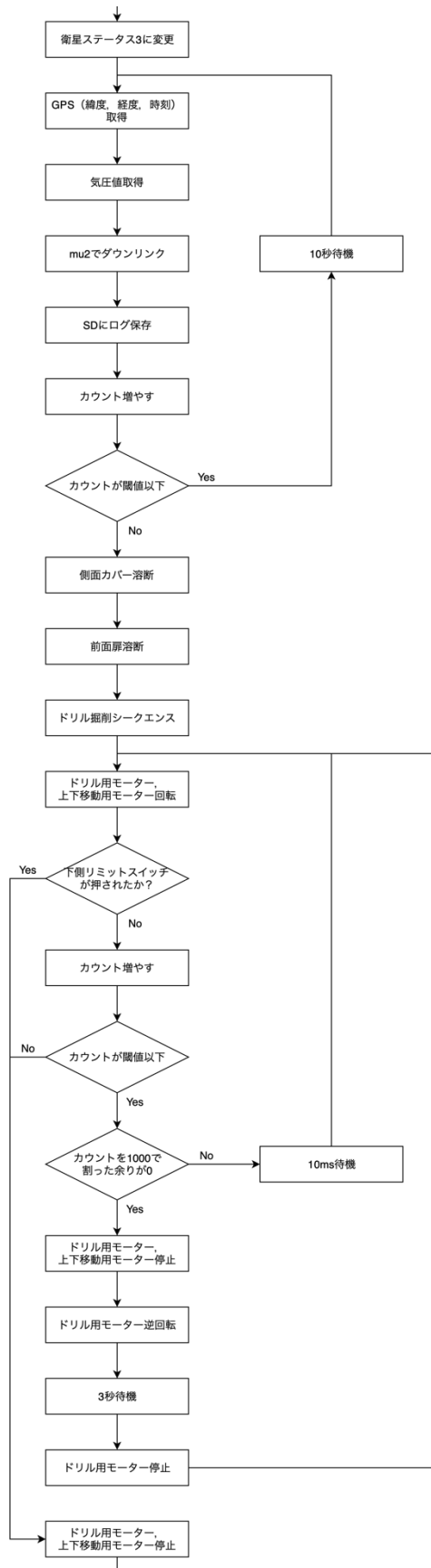
7. プログラム・アルゴリズム

使用言語: C++

➤ アンカー部

アンカー部のフローチャートを以下の図 43 に示す。





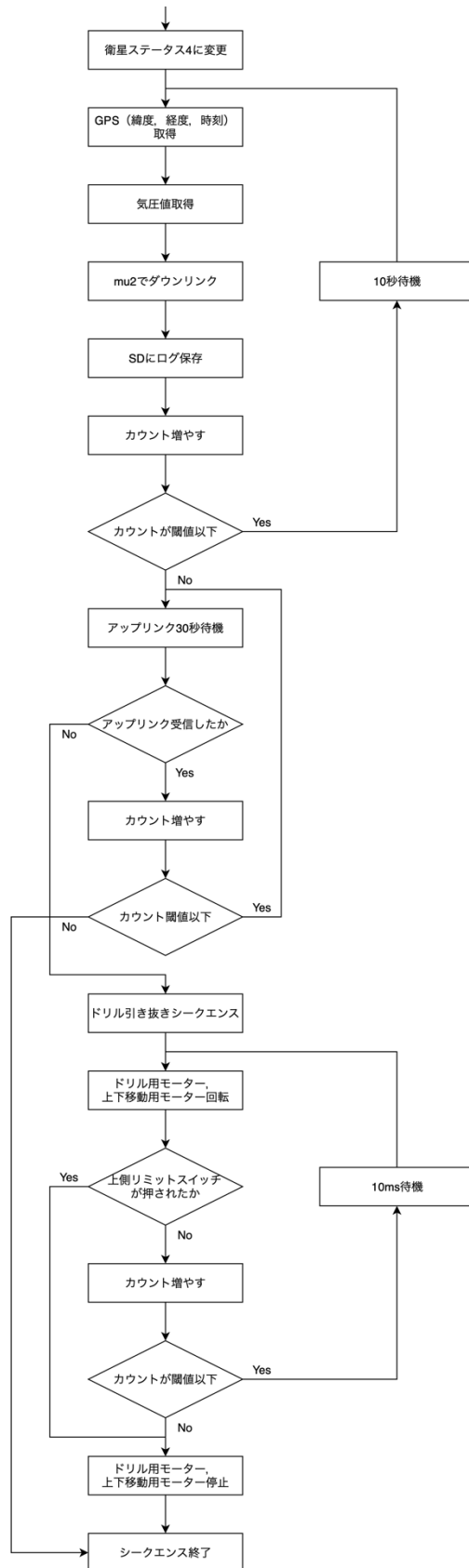


図 43 アンカー部フローチャート

GPSによる位置情報，気圧センサの値，衛星の状態を示す衛星ステータスを，HKデータとして地上局にダウンリンクしている。また，各部の溶断や，ドリルの回転なども制御しており，これらの動作を行う前には mbed に搭載されている LED ランプ 4 つを用いてカウントダウンを可視化し，シーケンスの実行状況を把握しやすくしている。

➤ ローバー部

ローバー部のフローチャートを図 44 に示す。

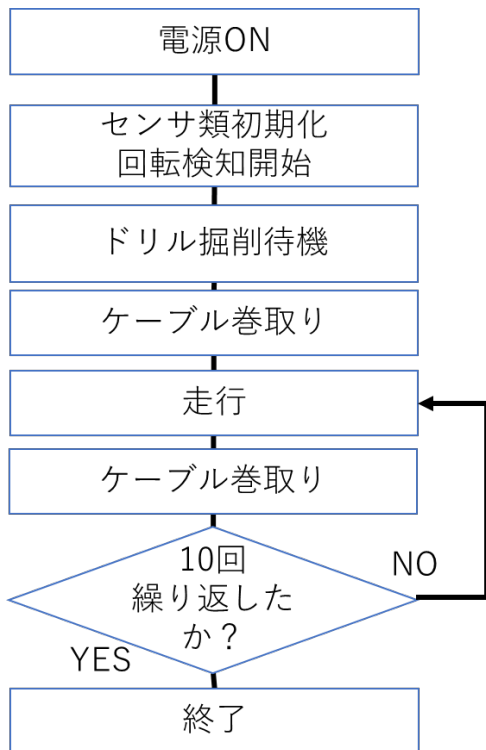


図 44 全体フローチャート

センサ類初期化の際に回転検知プログラム(図 45)を別スレッドで開始する。これによりスイッチが ON に切り替わったことを検知しリールが初期状態から何回転したかを検知する。また，走行・巻取りの際(図 46)はリールの回転数が変化しないことからスタックしたかどうかを検知している。

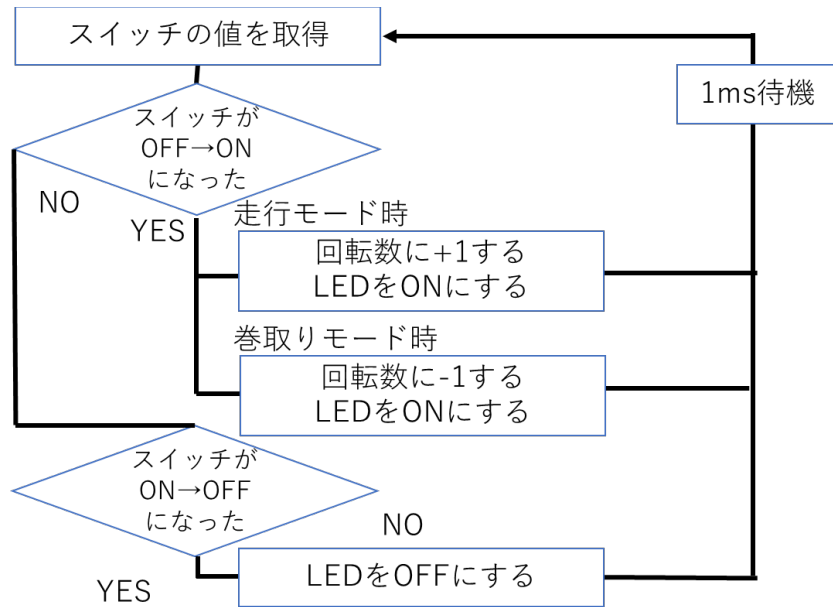


図 45 回転検知アルゴリズム

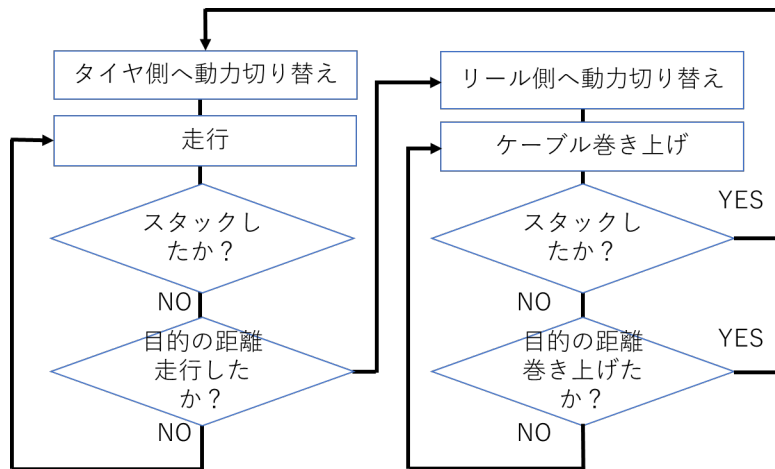


図 46 走行・巻取りアルゴリズム

8. 会計

- ・ 開発費 : ¥563,246
- ・ ロケット打ち上げ費 : ¥65,658
- ・ 宿泊費(Super8 7泊8日) : ¥272,772
- ・ レンタカー代 : ¥236,437
- ・ ガソリン代 : ¥27,092

- ・ 合計 : ¥1,165,205

(※現地での支払代金は1ドル=109.43円として計算)

第5章 試験項目設定（項目別試験，結合試験，EndtoEnd 試験）

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 再試験実施日
V1	質量試験	R1	8/21, 9/1
V2	キャリア収納試験	R1	8/21, 9/1
V3	通信距離試験	R2	8/18
V4	パラシュート落下試験	R3	8/18
V5	静荷重試験	R4, R14	8/22, 9/1
V6	振動試験	R5, R14	8/22, 9/2
V7	衝撃試験	R6, R14	8/22, 9/1
V8	通信機電源 OFF/ON 試験	R7	8/14, 8/30
V9	通信周波数変更試験	R8	8/14, 8/30
V10	OBC 起動試験	R10	8/14
V11	制御履歴レポート作成試験	R11, R12	8/18
V12	電力耐久試験	R13	8/21
V13	パラシュート分離試験	R15	8/18
V14	ケース側面カバー開口試験	R16	8/20
V15	ローバー部ケース分離試験	R17	8/20
V16	アンカー部固定試験	R18, R19, R20	8/19, 8/31
V17	ケーブル引き伸ばし走行試験	R21, R23, R24, R25	8/18
V18	ケーブル巻き取り走行試験	R22, R26	8/18
V19	End to End 試験	R1-26	8/22, 9/3

第6章 実施試験内容

6.1 質量試験

付録資料「AP-009 質量試験報告書」を参照

6.2 キャリア収納試験

付録資料「AP-017 キャリア収納試験報告書」を参照

6.3 通信距離試験

付録資料「AP-019 通信距離試験報告書」を参照

6.4 パラシュート落下試験

付録資料「AP-005 パラシュート落下試験報告書」を参照

6.5 静荷重試験

付録資料「AP-021 静荷重試験報告書」を参照

6.6 振動試験

付録資料「AP-007 振動試験報告書」を参照

6.7 衝撃試験

付録資料「AP-023 衝撃試験報告書」を参照

6.8 通信機電源 OFF/ON 試験

付録資料「AP-011 通信機電源 OFF/ON 試験報告書」を参照

6.9 通信周波数変更試験

付録資料「AP-015 通信周波数変更試験報告書」を参照

6.10 OBC 起動試験

付録資料「AP-013 OBC 起動試験報告書」を参照

6.11 制御履歴レポート作成試験

付録資料「AP-025 制御履歴レポート作成試験報告書」を参照

6.12 電力耐久試験

付録資料「AP-027 電力耐久試験報告書」を参照

6.13 パラシュート分離試験

付録資料「AP-029 パラシュート分離試験報告書」を参照

6.14 ケース側面カバー開口試験

付録資料「AP-031 ケース側面カバー開口試験報告書」を参照

6.15 ローバー部ケース分離試験

付録資料「AP-033 ローバー部ケース分離試験報告書」を参照

6.16 アンカー部固定試験

付録資料「AP-035 アンカー部固定試験報告書」を参照

6.17 ケーブル引き伸ばし走行試験

付録資料「AP-037 ケーブル引き伸ばし走行試験報告書」を参照

6.18 ケーブル巻き取り走行試験

付録資料「AP-039 ケーブル巻き取り走行試験報告書」を参照

6.19 End to End 試験

付録資料「AP-041 End to End 試験報告書」を参照

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)

1. チーム内・審査会等

▶ プロジェクト工程

構想開始	: 4/12
構想決定	: 5/24
学内 MDR	: 6/4
UNISEC 予備審査	: 7/7
EM 設計開始	: 7/9
EM 加工開始	: 7/29
日大合同気球試験	: 8/8
EM 完成	: 8/19
UNISEC 本審査	: 8/22
学内気球試験	: 8/26
FM 量産	: 8/27
ARLISS	: 9/8 ~ 9/13

2. 各担当 (ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入)

担当毎の開発進捗は以下のガントチャートを参照.

https://drive.google.com/open?id=14OyFr7AV166hrrAgQgTBY7Ex_hb-fbIy

第8章 大会結果

1. 能代宇宙イベント

参加していない。

2. ARLISS

➤ 目的

ARLISSにおけるフライトでシーケンスを実行することで、システムとしての健全性を確認するため。また、ブラックロック砂漠における地上実験で、実際の宇宙環境を想定した条件下で実験を行うため。

➤ フライト1回目結果

1回目のフライトにおける結果をサクセスクライテリアにて示す。

	アンカー・ケース		ローバー	
ミニマム サクセス	×	・カバーを展開し目標姿勢への移行	×	・ケーブルが絡まることなく ケースから出る
フル サクセス	×	・ドリルで地面を掘削することによりアンカー部を固定	×	・ケーブルを繰り出しながらローバーが走行、その間ケーブルが絡まらない ・ケーブルを巻き取ることでローバーがアンカーの元へ戻り、その間ケーブルが絡まらない
アドバンスド サクセス	×	・ドリルを地面から抜き取る		

1回目のフライトで確認できた項目は以下の通りである。

・パラシュート展開

目視により確認

・パラシュート固定部溶断

溶断によるパラシュート固定ピンの引き抜きを目視により確認（以下の図 47 を参照）

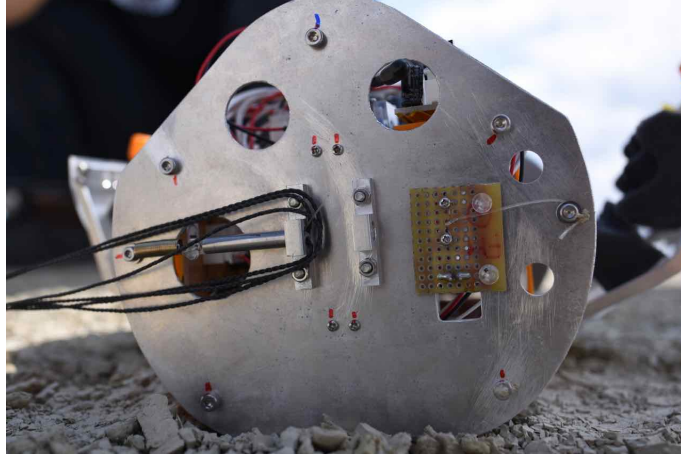


図 47 パラシュート固定部溶断

- ・ 前面扉溶断

溶断による前面扉の展開を目視により確認（以下の図 48 を参照）

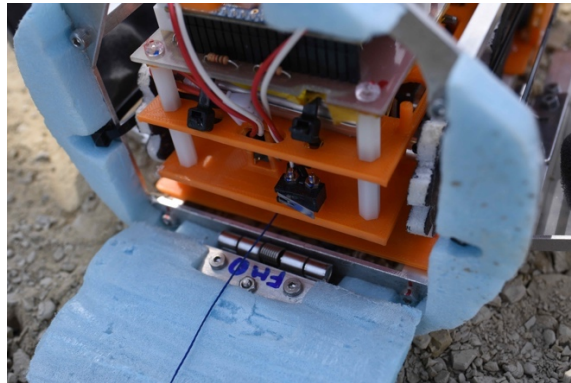


図 48 前面扉溶断

- ・ バス部のシーケンス実行

SD のログにより確認

- ・ SD へのログ保存（アンカー部のみ）

シーケンス終了後 PC にて確認

以上の項目以外は部品の欠損等により確認できなかった。不具合の詳細、および不具合対策については後述。

➤ フライト 1 回目取得データ

1 回目のフライトで取得した GPS データを以下の図 49 に示す。

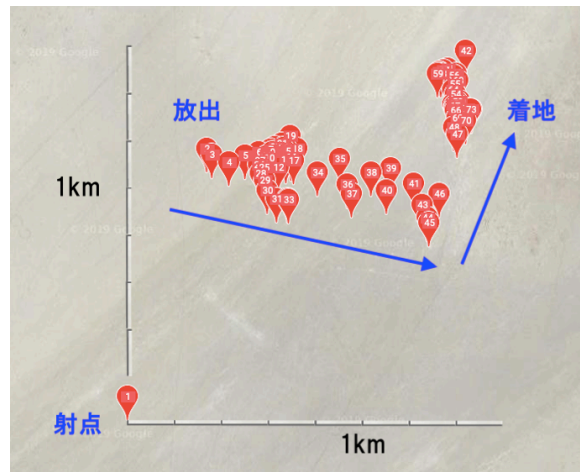


図 49 フライト 1 回目 GPS ログ

着地地点は射点から 1.9km ほど離れた地点であった。次に、気圧センサの値から計算した高度のデータを以下の図 50 に示す。

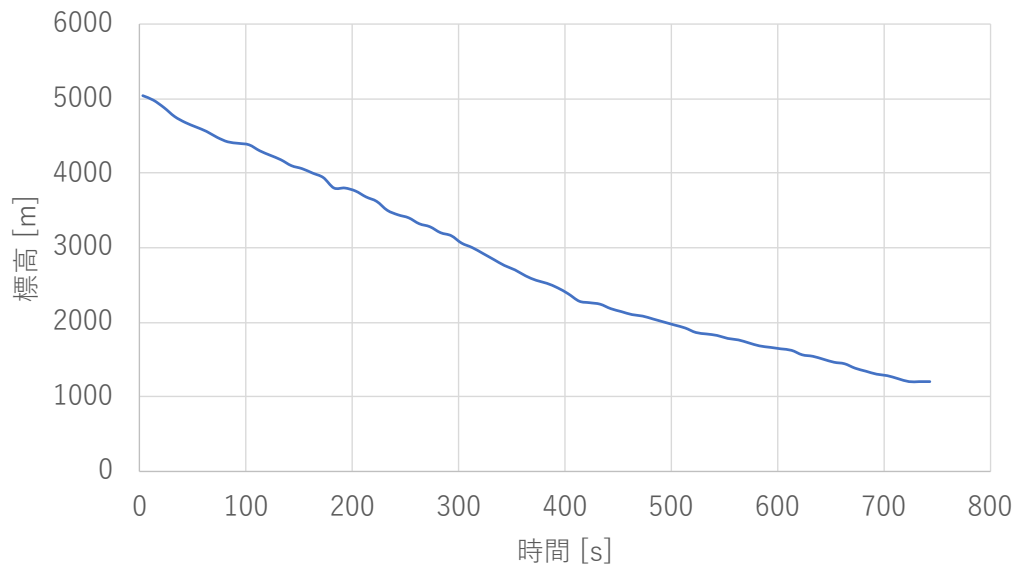


図 50 フライト 1 回目高度データ

➤ フライト 1 回目故障原因解析・解決手段等

- ・不具合①：地上局がダウンリンクを受信できなかった。

ロケットから CanSat が放出されると、フライトピンが抜け CanSat の電源が入る。通常であれば HK データのダウンリンクが始まるが、1 回目のフライトでは受信できなかった。目視で CanSat 発見後、十分に近づいてもダウンリンクを受信できなかった。

原因として、無線機として用いている mu2 のアンテナが奥まで刺さっていなかったということが挙げられる。日本での CanSat の試験風景の写真を見返すと、奥まで入っておらず、フライトまで一度もアンテナのチェックをしていなかった。

対策として、アンテナを奥まで挿した上に、以下の図 51 のように、アンテナ根元をグルーガンで固定した。

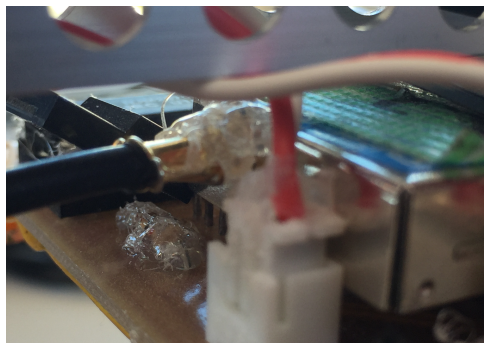


図 51 アンテナ根元の補強

- ・不具合②：着地時にローバーの電源が入っていた

ローバーはアンカー部の前面扉が開放されると、ローバー前面のリミットスイッチが解放されて電源が入る仕組みになっているが、着地時に前面扉が閉まっているにも関わらず、ローバーの電源が入ってしまっていた。

原因として、前面扉の内側にローバーへの衝撃緩和を見込んで貼り付けていたスタイロフォームが以下の図 52 のように塑性変形しており、スイッチが押されていないことが挙げられる。ローバーのシークエンス実行状況と、ログを照らし合わせた結果、ローバーの電源が入ったのは着地時だとわかった。着地時にスタイロフォームへローバーが強く押し付けられ、スタイロフォームが塑性変形してしまったと考えられる。

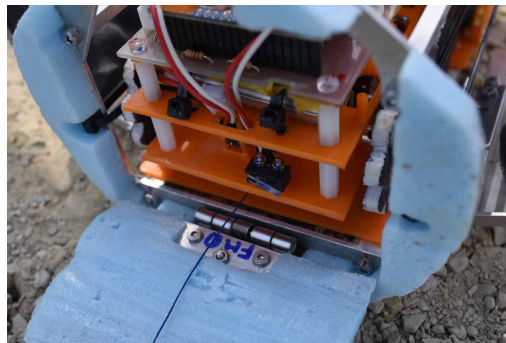


図 52 スタイロフォームの塑性変形

対策として、以下の図 53 のようにローバーのスイッチ部のスタイロフォームを弾性のあるスポンジへと変更した。

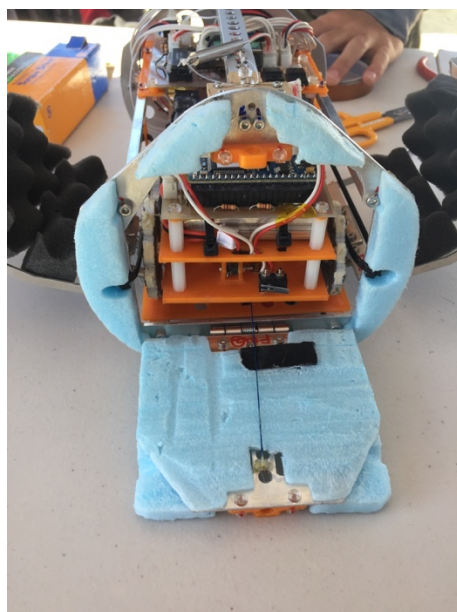


図 53 スタイロフォームを一部スポンジへ変更

- ・不具合③：ローバーのモータードライバ欠損
着地時に以下の図 54 のようにローバーのモータードライバが欠損していた。

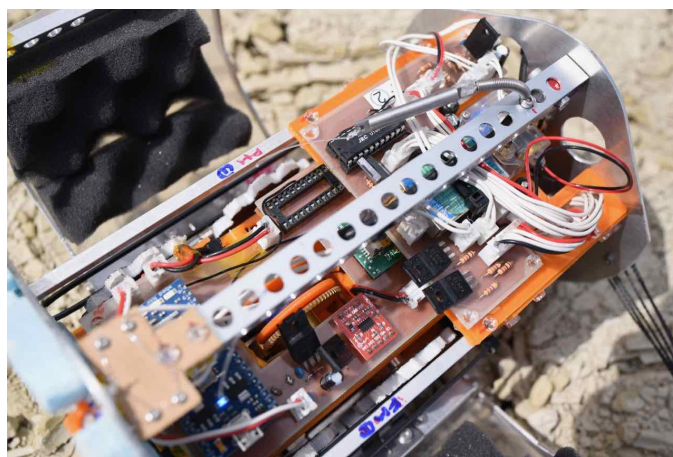


図 54 モータードライバの欠損

原因として、開傘衝撃が加わった際にローバーが傾き、アンカー部サブボード固定板と接触してしまったことが考えられる。

対策として、サブボード固定板のモータードライバ付近の切り取り、モータードライバ後方にスポンジの取り付けを行った。

・不具合④：側面カバーが着地時に空いていた

本 CanSat は正立するための展開カバーを側面に備えており、ミッションシーケンス開始後にテグス溶断により展開するが、1回目のフライト時にテグスが破断し誤展開してしまった。

原因として、テグスを溶断用ニクロム線に巻きつける際の R が急だったために、衝撃で破断しやすくなっていたことが挙げられる。

対策として、テグスをニクロム線に巻きつける方法を以下の図 55 の左から右へと変更し、テグスにかかる R を最小限にとどめた。

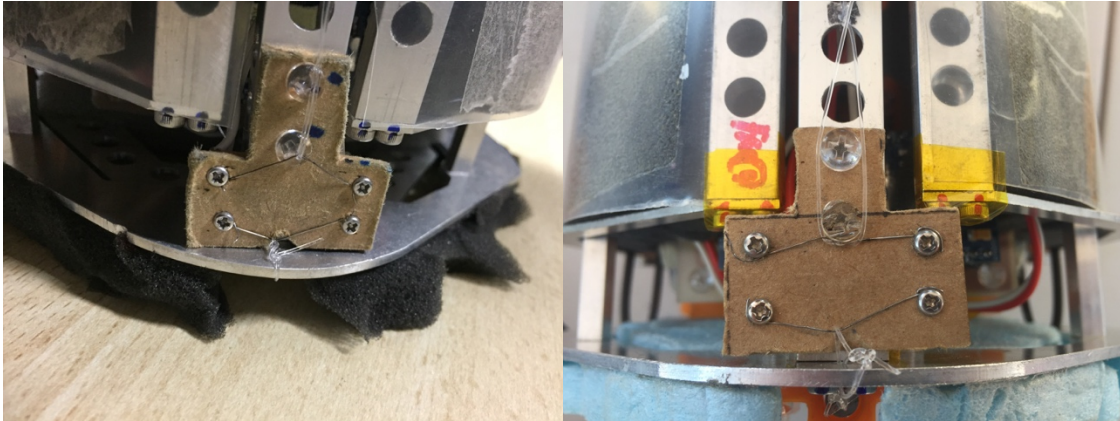


図 55 テグスの掛け方変更

・不具合⑤：ドリルが欠損していた

アンカー一部に取り付けられている、CanSat を地面に固定するためのドリルが着地時に欠損してしまっていた。

原因として、打ち上げ時の振動でイモネジが緩んでしまっていたことが挙げられる。

対策として、イモネジをより強固に固定し、加えて以下の図 56 のように接着剤で取り付け部を補強するようにした。

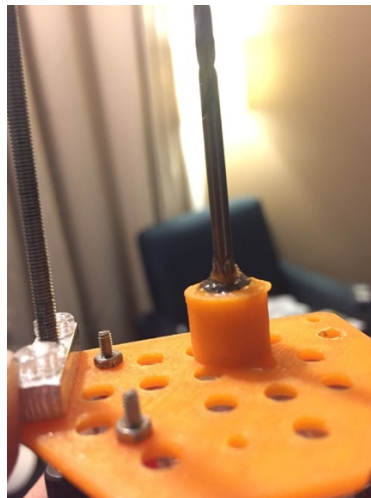


図 56 ドリル部の接着剤での補強

➤ フライト 2 回目結果

2 回目のフライトにおける結果をサクセスクライテリアにて示す.

	アンカー・ケース		ローバー	
ミニマム サクセス	○	・カバーを展開し目標姿勢への移行	○	・ケーブルが絡まることなく ケースから出る
フル サクセス	○	・ドリルで地面を掘削することによりアンカー部を固定	×	・ケーブルを繰り出しながらローバーが走行, その間ケーブルが絡まらない ・ケーブルを巻き取ることでローバーがアンカーの元へ戻り, その間ケーブルが絡まらない
アドバンスド サクセス	△	・ドリルを地面から抜き取る		

衛星のバス機能に問題はなく, ミッションシークエンスが実行された.

・側面カバー展開

今回のフライトでは着地時からすでに正立状態であった. 側面カバー展開は問題なく行われた. 展開後の様子を以下の図 57 に示す.

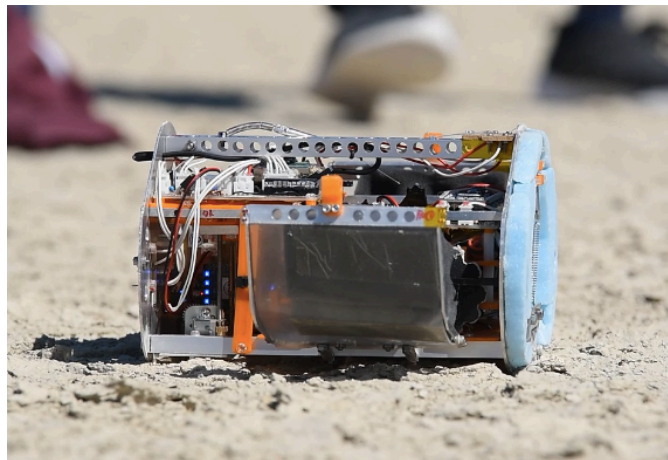


図 57 側面カバー展開後の様子

- ・ 前面扉展開

テグス溶断により前面扉の展開が行われた。前面扉展開後の様子を以下の図 58 に示す。また、前面扉展開によって、ローバーのマイクロスイッチが解放し電源が入ったことを目視によって確認した。

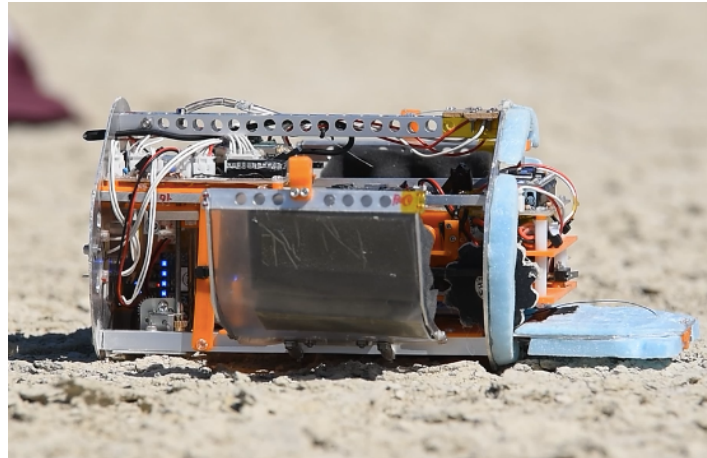


図 58 前面扉展開後の様子

- ・ ドリル掘削

次に、地面にアンカー一部を固定するためにドリルによる掘削を行った。ドリルは最大で 30mm 掘削できる構造になっており、ドリルは 30mm 繰り出されたが、機体が持ち上がったため掘削量は 16mm 程度となった。掘削後の様子を以下の図 59 に示す。

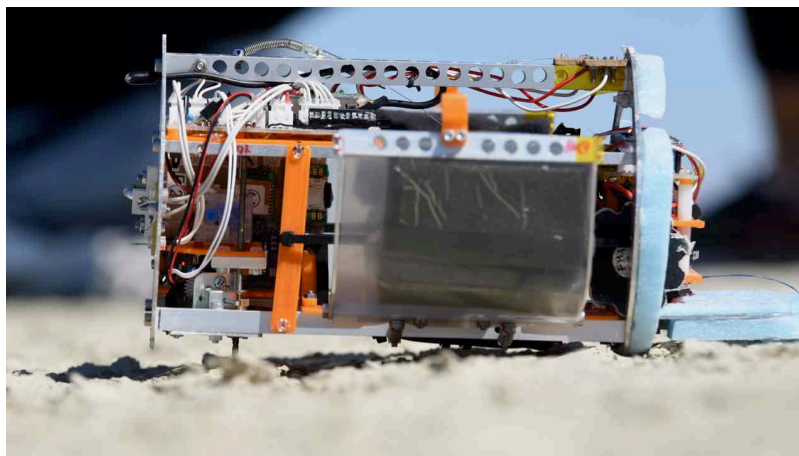


図 59 ドリル掘削後の様子

- ・ アンカー部内部からローバーが外へ進行

アンカー部をドリルによって地面に固定したのちに、ローバー部のシーケンスが始まった。まずは、ケーブル巻き取りによりアンカー部の外へローバーが進行した。アンカー部からローバーが進行した後の様子を以下の図 60 に示す。

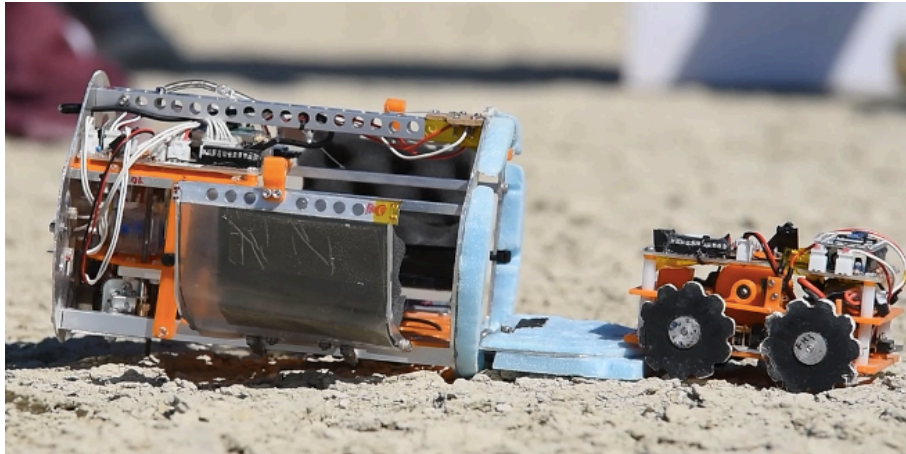


図 60 アンカー部からローバーが進行した様子

- ・ ローバー部走行

ローバーがアンカー部内部から外へ進行したのちに、ローバー走行シーケンスが行われるが、これについてはケーブルの絡まりにより実行できなかった。詳細は後述。

- ・ ドリル引き抜き

ローバーの走行シーケンス終了後にドリルの引き抜きを行なった。これについては途中まで引き抜くことはできたが、ドリル全てを引き抜くことはできなかった。詳細は後述。

➤ フライト 2 回目取得データ

2 回目のフライトで取得した GPS データを以下の図 61 に示す.



図 61 フライト 2 回目 GPS ログ

射点から着地地点までの距離は 2.1km ほどであった. 2 回目のフライトで取得した気圧の値から計算した高度のデータを以下の図 62 に示す.

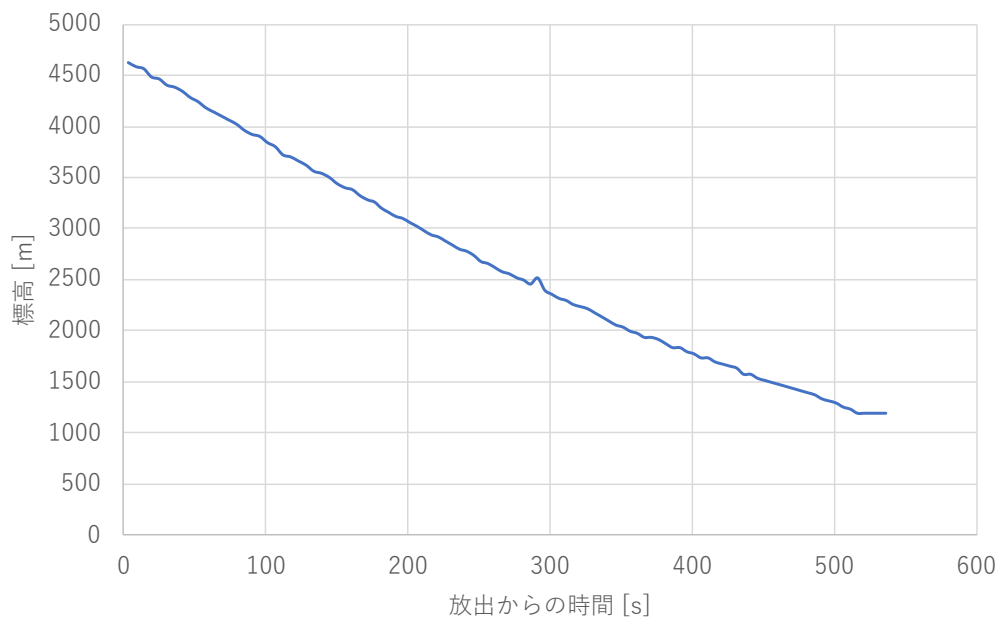


図 62 フライト 2 回目高度データ

➤ フライト 2 回目故障原因解析・解決手段等

・不具合①：ローバーのケーブルの絡まり

ローバー走行時にケーブルがリール内で絡まっており走行できなかった。リール内のケーブルの絡まりを以下の図 63 に示す。



図 63 ケーブルの絡まり

原因として、振動試験、衝撃試験、静荷重試験などの打ち上げ環境試験の後の機能確認でバス部の機能のみ確認しており、ローバーの走行を確認していなかったことが挙げられる。打ち上げ環境下でケーブルがどのような状況になるか確認しておくべきであった。一度人の手でケーブルを解き、再度巻き直したところ、ローバーは問題なく走行した。

不具合②：ドリル引き抜き最後まで行えず

ドリルの引き抜きは通常 4 分程度で終了するため、ソフトウェア上で 6 分でのタイムアウトを設けていた。2 回目のフライトで引き抜きを行なった際に、ドリル部の回転速度が地面との抵抗により遅く、タイムアウトまでに引き抜きが終わらなかった。

原因として、砂漠での引き抜き実験の不足が挙げられる。日本で想定していたよりも、ブラックロック砂漠の地面が硬く、ドリルを木ねじから金属用ドリルビットへと交換を行なった。そのため、フルサクセスであるドリル掘削での調整に時間を費やし、引き抜きはほとんど試せないまま 4 日目のフライトを迎えることとなった。また、ドリル回転方向の間違いも不具合原因に挙げられる。木ねじからドリルビットへと変更した際に、引き抜きの回転方向を変更するのを忘れていたため、ドリルを逆回転したまま上下移動モーターによる引き抜きを行なってしまった。そのため、地面との抵抗が大きくなってしまったと考えられる。

➤ 地上検証実験結果

・実験①：ドリルの固定力検証

アンカー一部を固定する際に地面にドリルを掘削しているが、掘削の前後で固定力が向上しているかどうか検証するため実験を行なった。

実験方法は以下の通りである。

1. アンカー一部を地面に置き、バネばかりで引っ張り、アンカー一部が滑り出す際の力（=固定力）を測定する。
2. ドリル部を動作させ、アンカー一部を地面に固定する。
3. バネばかりで引っ張り、固定力を測定する。

実験結果を順に示す。ドリルで掘削する前の固定力は以下の図 64 に示すように約 10N であった。



図 64 ドリル掘削前の固定力

次にドリルによる掘削を行った。実験後にドリル掘削によってできた穴を確認した。ドリルによって生じた穴を以下の図 65 に示す。



図 65 ドリル掘削によって生じた穴

ドリル掘削後に再度固定力の測定を行なった。以下の図 66 に示すようにバネばかりで約 20N の引っ張り力を与えたが、CanSat は滑ることなく固定されていた。



図 66 ドリル掘削後の固定力

以上の結果から、ドリル掘削の前後で CanSat の地面への固定力は増大したと言える。

・実験②：ローバーの縦穴からの脱出

本 CanSat の要である、命綱としてのケーブル技術の有用性を検証するために、ローバーの全高以上の深さの縦穴から、ケーブルの巻き取りによってローバーが脱出できるかどうか実験を行なった。

実験の手順は以下の通りである。

1. ローバーを穴の中に入れる
2. ローバーのケーブルを巻き取ることで穴から脱出できるか確認する。

まず、ブラックロック砂漠の 2 回目のフライトの着地点付近において、ローバーの全高 60mm の 2.5 倍である 150mm の縦穴を掘り、以下の図 67 のようにローバーを縦穴内に設置した。なお、アンカー部はドリルを用いて地面へと固定されている。



図 67 ローバーを縦穴内に設置した様子

次に、ローバーのリール部を回転させケーブルを巻き取ると、以下の図 68 のようにローバーは縦穴から脱出することができた。



図 68 ローバーが縦穴から脱出した様子

以上の結果から、本システムの命綱としてのケーブルの有用性を確認することができた。

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）

ミッションを決定するまでに多くの時間を費やし、現在までの宇宙ミッションにおける実情を踏まえた上でミッションを決定した。ケーブル技術の実証という機構がメインのミッションであったため、ソフトウェアの制御は比較的単純なものであったが、その分ソフトウェアはバグが生じないように気をつけコードを作成した。ハードウェアに関しては、理論式と実験との両面からの検討を行った。ケースの正立に関しては、理論式を立てることが難しく、実験を重ね少しずつ挙動を解明していった。また、溶断部に関しても実験を重ねて、失敗から学び結び方を決定していった。実際の設計段階では、質量のレギュレーションを満たしたまま必要な強度を得ることが難しく、設計や材料の選定で工夫が必要であった。加工にあたっては、3DプリンターやCNCフライスなどの機器も利用し効率よく行うことができた。本審査前に学内施設が設備の都合上使用できない時期があり苦労したが、優先順位を明確にした上で加工を進めることで、無事に加工を終わらせることができた。

2. 良かった点・課題点

1回目のフライトでは部品の欠損などトラブルが相次ぎ、サクセスクライテリア上でミニマムサクセスも達成できなかったが、短い期間内で不具合に対処し2回目のフライトでは当初想定していたミッションの半分程度を実施することができた。また、打ち上げの際の手順を明確にしておいたため、それに沿って行動することで、メンバーが効率よく動くことができた。その結果、UNISEC賞をいただき、ミッションの価値を評価していただけた点を嬉しく思う。課題としては、日本で想定していたよりも通信距離が伸びなかったことが挙げられる。これについては、地上局のアンテナを整備するなどの対策が必要だと考えられる。

3. チームのマネジメント等、プロジェクト全体でのよかった点、反省点

ミッションの構想段階で機構の検討に多くの時間を費やしたため、実際の機体の設計を行う時間が少なくなってしまった。そのため、7月辺りからは時間に追われ続けるスケジュールとなってしまったが、8人全員で協力し、今やらなければいけないことを把握した上で一つずつ順にこなしていき、最終的に間に合わせることができた。



1. 質量試験報告書

質量試験報告書			
文書管理番号	AP-009	改訂番号	1.2
作成年月日	2019/08/19		
作成者	加藤 雅己		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/19	1.0	初版作成
2019/08/22	1.1	試験の結果を追記
2019/09/01	1.2	再試験の結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 適用文書
 - 1.3. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の質量試験(V1)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

安全要求 R1	質量と容積がレギュレーションを満たすことが確認できている
---------	------------------------------

1.2. 適用文書

本試験は、以下の文書を適用する。

[1] CanSat Regulations at ARLISS ver5

1.3. 試験目的

レギュレーションでは CanSat の重量は 1050g 以下でないと定められている[1]。本試験では CanSat がこれを充足することを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/20 午後 11 時

再試験実施日

2019/09/01 午後 7 時

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

加藤 雅己

奥山 茂亮
吉田 耀
再試験参加者
野上 健吾

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・はかり
- ・ケース

3.2. 試験系

本試験時の外観図を図 3.2-1 に示す.



図 3.2-1 試験条件

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする。

温度 : 21～25℃(目標)
相対湿度 : 40～50%(目標)
気圧 : 大気圧

4.3. 試験フロー

試験全体の流れを図 4.3-1 に示す。

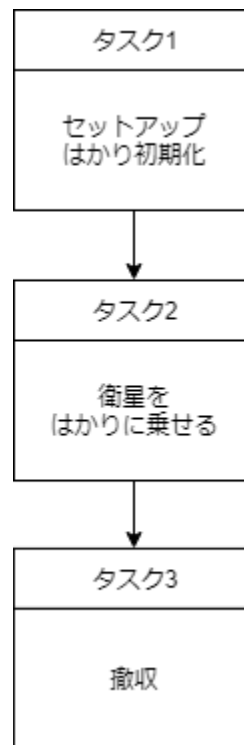


図 4.3-1 試験条件

4.5. 測定項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応するタスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
-----	------	-------------	--------------	--------------	------

1	準備状況の確認	1,2	衛星がはかりの上すべて乗っていること	目視により確認	はかりの上からはみ出していないこと
2	質量の確認	1,2	衛星質量がレギュレーション(1050g)以下の値であること	はかりにより確認	1050g 以下であること

4.6. その他留意事項

はかりの上は金属板であるため、電気機器類をショートさせないように留意する

5. 試験結果

CanSat を載せない状態ではかりにケースのみを乗せ 0 点合わせを行い、その後 CanSat の重量を測定した。

試験結果を図 5-1、図 5-2 に示す。図より、CanSat の重量は 1049.6g であり、1050g を下回ることが確認できた。



図 5-1 0 点合わせ状態



図 5-2 CanSat を載せた状態

再実験結果

再試験結果を以下の図 5-3 に示す。



図 5-3 再質量試験結果

再試験の結果 CanSat の重量は 1048.48g となり、レギュレーションで規定されている重量 1050g を下回っていることが確認できた。

2. キャリア収納試験報告書

キャリア収納試験報告書			
文書管理番号	AP-017	改訂番号	1.2
作成年月日	2019/8/22		
作成者	嶋田 有登		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/19	1.0	初版作成
2019/08/22	1.1	試験結果を追記(加藤)
2019/09/01	1.2	再試験の結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 適用文書
 - 1.3. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA のキャリア収納試験(V2)に適用する。
対応する要求は以下のとおりである。

安全要求 R1	質量と容積がレギュレーションを満たすことが確認できている
---------	------------------------------

1.2. 適用文書

本試験は、以下の文書を適用する。

[1] CanSat Regulations at ARLISS ver5

1.3. 試験目的

本試験では、CanSat AMANOGAWA の容積がレギュレーションを充足することを確認する。
ARLISS2019 においては直径が 146mm, 高さが 240mm の中に収めることが規定されている[1]。本試験では直径 146mm, 高さ 240mm の模擬キャリアに CanSat が収納できることから、このレギュレーション内のサイズであることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/22 午後 11 時

再試験実施日

2019/09/01 午後 7 時

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

奥山 茂亮

嶋田 有登
吉田 耀
再試験参加者
野上 健吾
奥山 茂亮

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・模擬キャリア(内径 146mm×高さ 240mm の円筒)

3.2. 試験系

模擬キャリアの測定結果を図 3.2-1 に, 試験時の外観を図 3.2-2 に示す.
図 3.2-1 より内径 145.6mm, 高さ 240mm であることが確認できる.

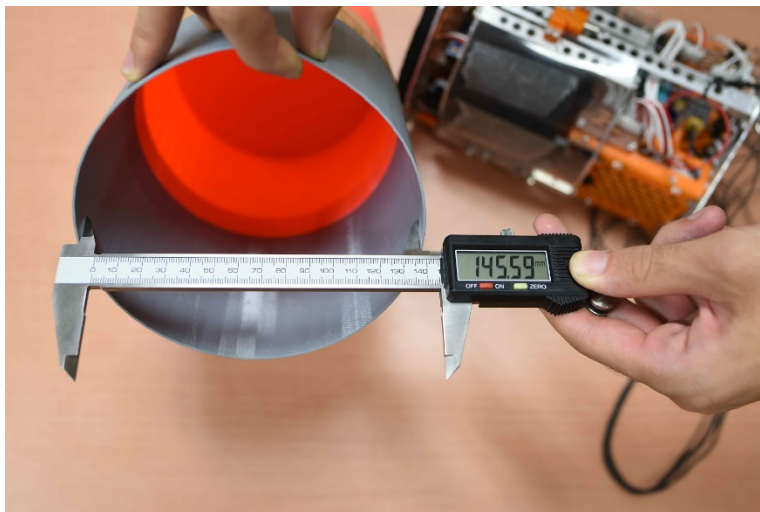


図 3.2-1 直径の測定



(a)真横からの図



(b)斜め上からの図

図 3.2-2 高さの測定



図 3.2-2 試験時外観

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする。

温度	: 21～25℃(目標)
相対湿度	: 40～50%(目標)
気圧	: 大気圧

4.3. 試験フロー

試験フローを図 4.3-1 に示す。

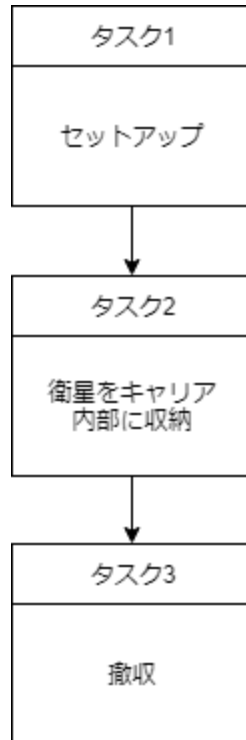


図 4.3-1 試験フロー

4.5. 測定項目

No.	確認目的	対応するタスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	容積の充足の確認	2	収納容積の確認	目視により確認	衛星が模擬キャリアの中にすべて収まっている。

4.6. その他留意事項

作業中は安全に留意し、特にアンカ一部のドリルは最大まで収納されていることを確認してから模擬キャリアに収納する

5. 試験結果

パラシュートを折りたたみ, CanSat 全体を模擬キャリアに収納した結果を図 5-1 に示す.
図 5-1 より, 直径が 146mm, 高さが 240mm の模擬キャリアに収まることが確認できた.



図 5-1 模擬キャリア収納状態

再試験結果

再試験の結果を以下の図 5-2 に示す. キャリアは前回の試験と同じものを用いた. 図 5-2 より, CanSat が直径 146mm, 高さ 240mm の模擬キャリアに収納されていることが確認できる.



図 5-2 再キャリア収納試験結果

3. 通信距離試験報告書

通信距離試験報告書			
文書管理番号	AP-019	改訂番号	1.0
作成年月日	2019/08/20		
作成者	武田 真司		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/20	1.0	初版作成

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の通信距離試験(V3)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

安全要求 R2	ロスト対策を実施しており、有効性が試験で確認できている
---------	-----------------------------

1.2. 試験目的

CanSat に搭載した無線通信機と、地上局の通信機が通信できること、及び通信可能距離を確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/18 午前 6:00～9:00

2.2. 試験場所

多摩川河川敷

2.3. 参加者

武田 真司
室田 晟垂
奥山 茂亮

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・CanSat 搭載 MU-2(予備含め 3 つ)
- ・地上局 MU-2(1 つ)

- ・携帯電話などの遠距離通信機器

3.2. 試験系

- ・CanSat : ARLISS 中の CanSat が着地した状況を模擬するため
 - ・地上局 MU-2 : CanSat に搭載された MU-2 からの通信を受信するため
 - ・携帯電話などの遠距離通信機器 : CanSat と地上局間で、通信の様子を確認するため
- 以下の図 3.1 に通信距離試験系を示す。

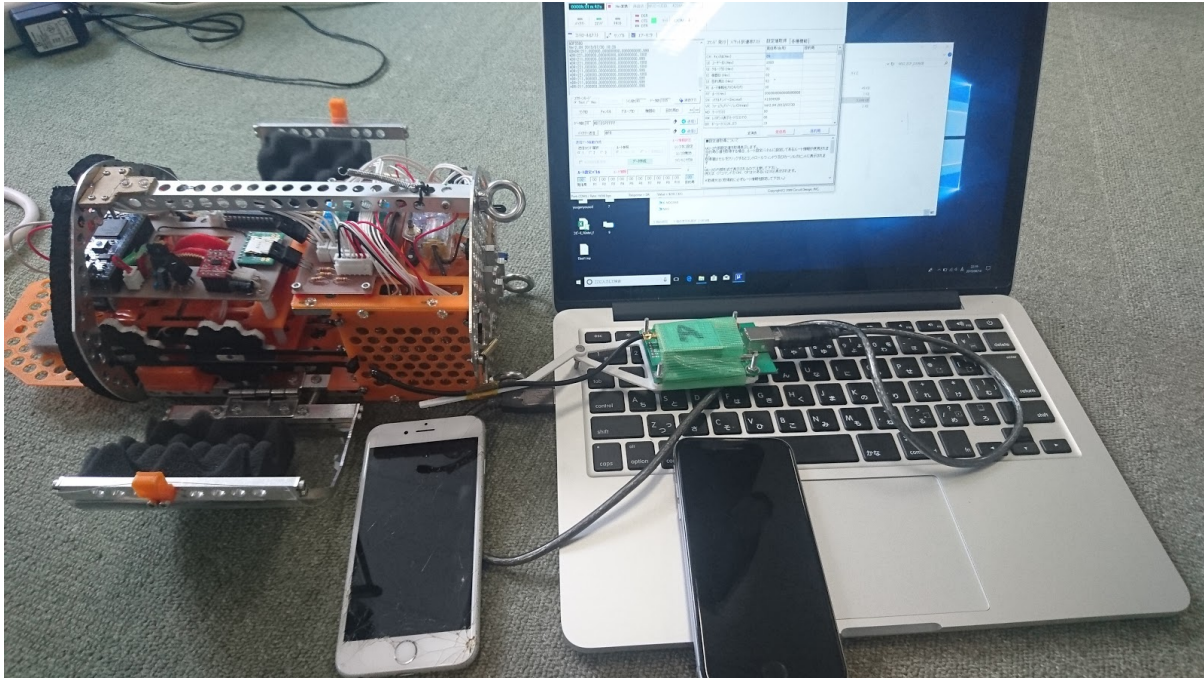


図 3.1 通信距離試験系

4. 試験方法

4.1. 試験対象

無線機(MU-2)

4.2. 試験環境条件

CanSat と地上局間にできる限り障害物がなく、ひらけた場所であること。

4.3. 試験条件

- ・CanSat が着地した状況を模擬するため、通信試験中は CanSat を着地後を想定した姿勢で地面に置く。
- ・実際に ARLISS で用いる CanSat 側 MU-2 から地上局に送信するデータの通信を行う。

4.4. 試験フロー

- (1) CanSat 側と地上局側の MU-2 無線通信リンクを適切に設定する。
- (2) 地上局を東横線目黒線高架下(神奈川側)付近の歩道橋上に設置し、1 人は地上局で待機する。また地上局地点の GPS の値を記録する。
- (3) 1 人は CanSat を持ちながら多摩川河川敷を進んでいき、地上局から離れていく。
- (4) 地上局と CanSat を持っている人は逐一携帯などの通信機器で MU-2 の通信状況を確認し合い、CanSat 側 MU-2 から地上局側への通信が途絶えた地点の GPS の値を記録する。
- (5) 地上局と通信が途絶えた地点の GPS の値から通信可能距離を計算する。

4.5. 測定項目

No.	確認目的	対応する試験フロー	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況の確認	(1)	MU-2 の無線通信リンク設定, CanSat, 及び地上局設置準備	CanSat 側と地上局側の MU-2 のグループ ID, チャンネル, 目的局 ID, 機器局 ID を適切に設定する。	行った無線通信リンク設定で通信できること
2	地上局地点の GPS 記録	(2)	地上局地点の GPS 値	GPS を取得できる機器により GPS の値を記録する。	GPS の値が記録できていること
3	MU-2 通信状況の確認	(4)	MU-2 の通信が適切に行われていること, または通信が途切れていることを確認する	携帯電話などにより逐一通信状況を確認する	地上局が CanSat 側からの通信を受信しているか途切れているかを確認すること
4	地上局と通信が途切れた	(5)	地上局と通信が途絶えた CanSat 位置の	GPS を取得できる機器により GPS の値を記	GPS の値が記録できていること

	CanSat 位置 の GPS 記録		GPS	録する.	
--	-----------------------	--	-----	------	--

4.6. その他留意事項

早朝ではあるが多少の人通りが予想されるため、通行人や自転車に十分注意する。

5. 試験結果

5.1. 通信試験結果

通信試験は以下の3つのルートで実施した。

- (1)東横線目黒線高架下(神奈川側)付近の歩道橋上(地上局)から多摩川河川敷(東京都側)を田園調布から北西方向に進んでいくルート
- (2)東横線目黒線高架下(神奈川側)付近の歩道橋上(地上局)から多摩川河川敷(神奈川側)を北西方向に進んでくルート
- (3)丸子橋の中心(地上局)から多摩川河川敷(神奈川側)を南東方向に進んでいくルート

(1),(2)のルートは地上局と CanSat の間に障害物が多く通信が困難であったため、(3)のルートでの通信試験結果を報告する。GPS 値は CanSat に搭載された GPS モジュールで取得した値を用いた。通信成功の判定基準は、CanSat を図 5.1 に示すような着地姿勢の状態で送信されたデータを地上局が受信することとした。

試験結果は図 5.2 のようにガス橋付近で通信が途絶えた。丸子橋上の地上局から通信が途絶えたガス橋地点までの距離は 2.7km であった。地上局と通信が途切れた地点の間には東海道新幹線線路やガス橋などの障害物があった。実際に砂漠で打ち上げる際には遮断物がより少ないため通信距離が伸び、昨年までの同じ無線機を用いていた東工大 CanSat チームの BlackRock 砂漠での実績から、4km 程度の通信が可能になると期待できる。以上により、CanSat のロスト対策の有効性を確認することができた。



図 5.1 通信試験中の CanSat の様子



図 5.2 通信距離試験実施場所周辺の地図

4. パラシュート落下試験報告書

パラシュート落下試験報告書			
文書管理番号	AP-005	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/19		
作成者	室田 晟亜		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/19	1.0	初版作成
2019/08/20	1.1	文言の調整

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA のパラシュート落下試験(V4)に適用する。
対応する要求は以下のとおりである。

R3	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
----	---

1.2. 試験目的

- ・パラシュートが正常に展開することを確認する。
- ・パラシュートによって落下速度が 5m/s 付近まで減速することを確認する。
- ・降下によってパラシュートに破損のないことを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/04 午前 4:00～5:00

2.2. 試験場所

多摩川丸子橋

2.3. 参加者

室田 晟亜
吉田 耀
武田 真司

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・試験手順書
- ・パラシュート関連
 - ・パラシュート
 - ・ダミーマスとして用いるペットボトル
 - ・ダミーマスとパラシュートの接続部分
 - ・ペットボトル, ペットボトルキャップ, パラシュートケーブルの予備
- ・記録装置
 - カメラ
 - 三脚
- ・工具
 - ペンチ
 - 六角レンチ
 - 記録用紙
 - ボールペン
 - 養生テープ
 - メジャー
 - ハサミ

3.2. 試験系

試験系を以下の図 3.2-1 に示す。



4. 試験方法

4.1. 試験対象

パラシュート

4.2. 試験環境条件

無風状態が望ましい。荒天の場合は中止する。

4.3. 試験条件

パラシュートと機体を模擬したダミーマスを自由落下させ終端速度に達することを確認する。

4.4. 試験フロー

試験全体の流れ

1. 試験場到着
2. 準備(ケーブル確認, パラシュート折りたたみ, パラシュートにダミーマス取り付け)
3. 高さの基準となるロープを撮影する
4. 動画撮影開始
5. 周りに人がいないことを確認したのちに投下
6. パラシュートが開いて減速する様子を撮影する

4.5. 測定項目

1. パラシュート展開後の落下速度
2. パラシュートの状態(破れ等がないか)

4.6. その他留意事項

1. 紐の結び方について
・図 4.6-1 のように赤線部分は強化もやい結び, 青線部分は八の字結びをする

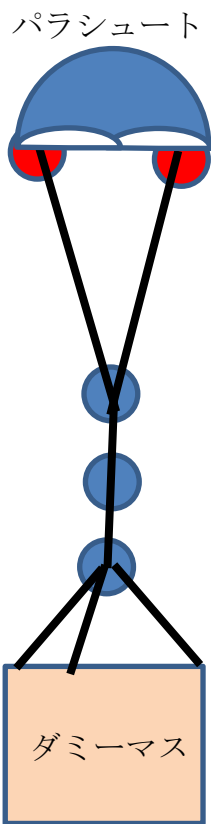


図 4.6-1 紐の結び方

5. 試験結果

実施日: 8/12(月)

試験環境: 晴れ, 風速 1.7(m/s), 気温 26.4 度, 気圧 1006(hPa)

試験第 1 回目についての実験の様子を (<https://youtu.be/zlglkGeKomE>) に示す. 試験を 3 回行った際の展開の様子と破損の有無について表 5-1 に示す. また, 各回における落下距離 2m 毎のパラシュート速度について図-1 に示す. なお, 図 5-1 のグラフにおける二重丸は, パラシュート展開位置である. これにより, パラシュートを使用することで落下速度が減少することが示された.

表 5-1 各試験における展開の様子と破損の有無

	展開の様子	破損の有無
1回目	展開成功	無し

2回目	展開成功	無し
3回目	展開成功	無し

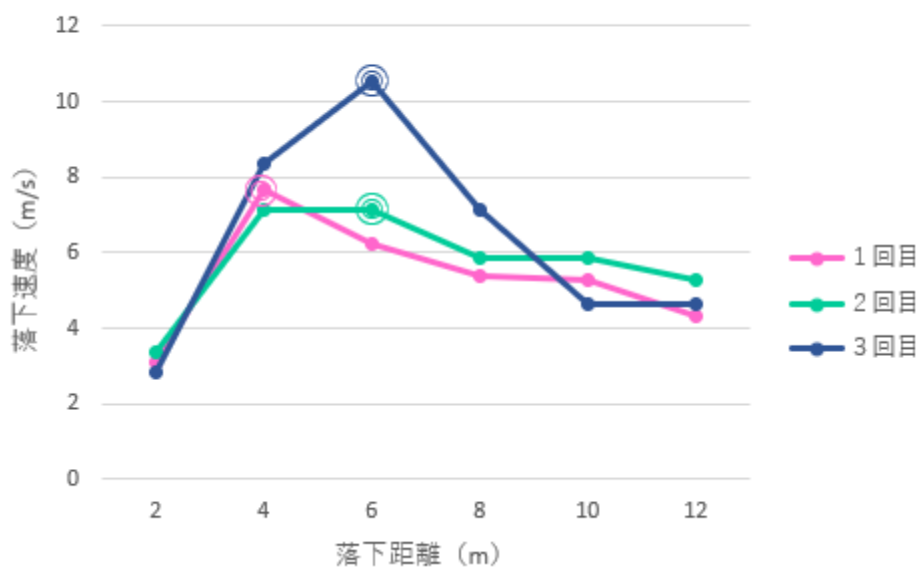


図 5-1 各回における落下距離 2m毎のパラシュート速度

表 5.1-1 と図 5.1-1 より, 全ての試験においてパラシュートは問題なく展開することを確認した. また, 使用後の破損は無く, パラシュートを展開することにより減速を確認した.

5. 静荷重試験報告書

静荷重試験報告書			
文書管理番号	AP-021	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/22		
作成者	武田 真司		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/22	1.0	初版作成
2019/09/01	1.1	再試験の結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の静荷重試験(V5)に適用する。対応する要求は以下のとおりである

安全要求 R4	打ち上げ時の準静的荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている
ミッション要求 R14	ローバーとケースがロケット内で分離しないことが確認できている

1.2. 試験目的

本試験においてはロケット打ち上げ時の静荷重に衛星が耐えられることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/22 午前 5:00-6:00

再試験実施日

2019/09/01 午前 8:00-9:00

2.2. 試験場所

東京工業大学大岡山キャンパス

2.3. 参加者

武田 真司

加藤 雅己

嶋田 有登

吉田 耀

野上 健吾

奥山 茂亮

再試験参加者

武田 真司
嶋田 有登
吉田 耀
奥山 茂亮

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・加速度計(arduino, 加速度センサ基板, 9V 電池)
- ・ロープ
- ・本試験計画書
- ・工具類
 - ペンチ
 - 六角レンチ
- ・PC
- ・ヘルメット
- ・軍手
- ・カメラ
- ・CanSat 収納用ケース(再実験にて追加)

3.2. 試験系

- ・CanSat : 試験対象
- ・加速度計 : CanSat の加速度を計測するため
- ・ロープ : CanSat を結びつけて回転させ遠心力を負荷するため
- ・工具, 治具類 : CanSat 準備のため
- ・本試験計画書 : 試験準備, 及び円滑な進行のため
- ・PC : 加速度センサで得られたデータを編集するため
- ・カメラ : 試験の様子を記録する
- ・ヘルメット : 頭部の安全を守るため
- ・軍手 : ロープを引っ張る手を守るため

図 3.2-1 に静荷重試験の試験設備を示す。

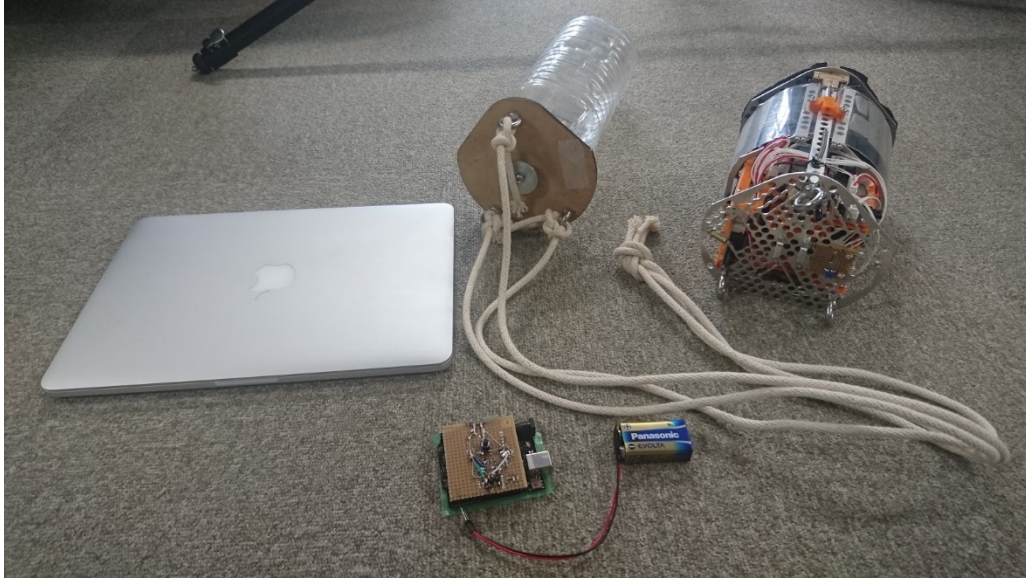


図 3.2-1 試験設備

再試験実施前に CanSat からアイボルトを取り除く設計変更を行い, CanSat 本体に静荷重試験用の太いロープを取り付けることができなくなったため, 以下の図 3.2-2 のように CanSat をロープをくくりつけたケースに収納し, ケースごと回転させ遠心力を付与した.



図 3.2-2 CanSat 収納ケース

4. 試験方法

4.1. 試験対象

CanSat(EM)

4.2. 試験環境条件

試験地点周辺の安全が十分確保されていること

4.3. 試験条件

CanSat に 10G の静的な加速度を 30 秒間負荷する
加速度センサには ADXL375 を用いる

4.4. 試験フロー

- (1) 加速度計にプログラムを書き込み, CanSat に搭載する.
- (2) CanSat についているアイボルトにロープを取り付ける.
- (3) ヘルメットを着用し, 周囲の安全を確認した後, ロープの他端を人が持ち, 半径 2.5m で回転させる. 回転させる時も周囲の安全を確認する.
- (4) 回転後, 加速度計を PC と接続し計測データを取得する.
- (6) CanSat を容器から取り出し CanSat の破損, 機能の確認を行う

4.5. 測定項目

No.	確認目的	対応する試験フロー	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況の確認	(1)	加速度計の機能確認	プログラムを書き込み機能確認	正常に機能が動作すること
2	セットアップ状況の確認	(2)	CanSat の外観観察	目視	・変形, 傷がないこと ・トルクマークのずれがないこと ・コネクタ類が奥まで差し込まれていること

			加速度計が適切に取り付けられていること	目視	加速度計が固定されぐらつかないこと
			紐の取り付け	目視, 手で確認	紐が引張により解けなこと
3	ヘルメット着用	(3)	ヘルメット着用	手で確認	ヘルメットが脱げないように着用されていること
4	周囲の安全確認	(3)	周囲の安全	目視	周囲に通行人や車がないこと
5	静荷重の確認	(4),(5)	試験条件の充足	加速度センサのデータを確認	10G 程度の加速度が 30 秒計測されていること
6	機能確認	(6)	CanSat の外観観察	目視	・変形, 傷がないこと ・トルクマークのずれがないこと ・コネクタ類が奥まで差し込まれたままであること
			CanSat の動作確認	CanSat 機能確認プログラム起動	正常に機能が動作すること

4.6. その他留意事項

- ・CanSat を回転させ始める時や終える時に CanSat を地面にぶつけることが無いようにする
- ・振り終えた後も周囲の安全に配慮しながら紐をすこしずつ短くし, 衛星を地面にぶつけないよう留意する

5. 試験結果

図 5-1 に静荷重試験結果を示す. 図 5-1 より計測開始 10 秒から 45 秒の間に CanSat が平均 10G 程度の静荷重が負荷されていることが確認できる. 静荷重を負荷した後, CanSat に破損は見られず,

GPS モジュール, 気圧計, 無線通信機の機能が失われていないことを確認した. 試験結果より, 本 CanSat が静荷重に対して耐えることが可能であり, ARLISS レギュレーションを充足することが確認された.

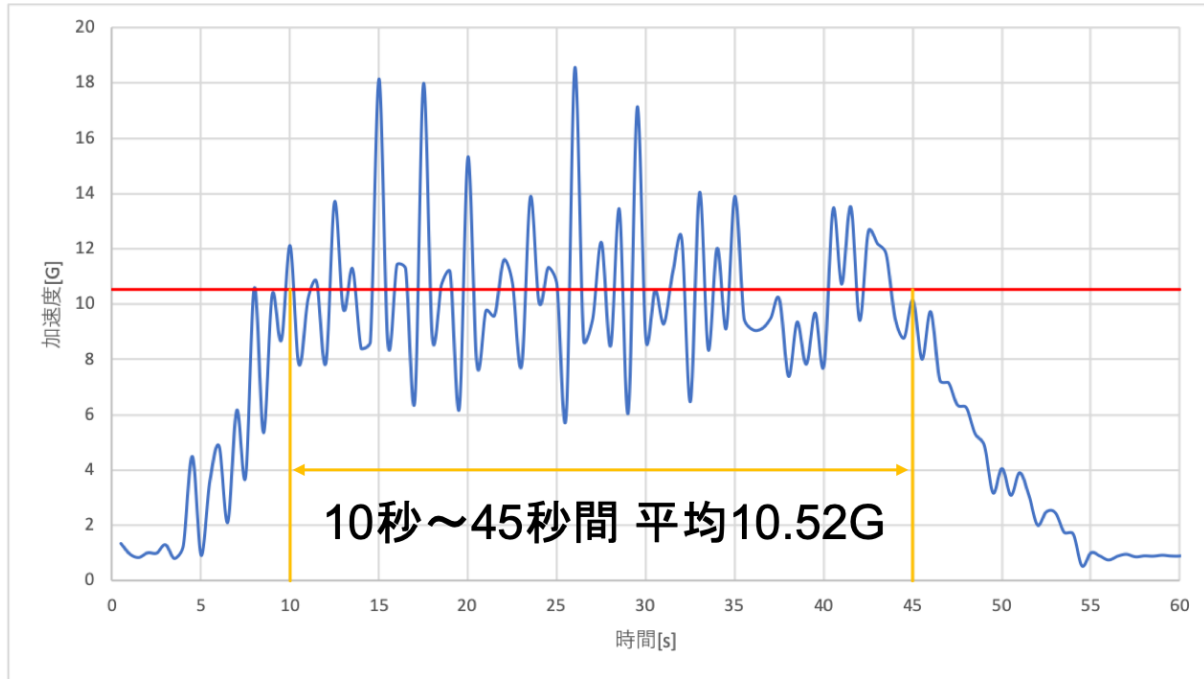


図 5-1 静荷重試験結果

再試験結果

再試験前の外観検査の様子を以下の図 5-2 に示す。

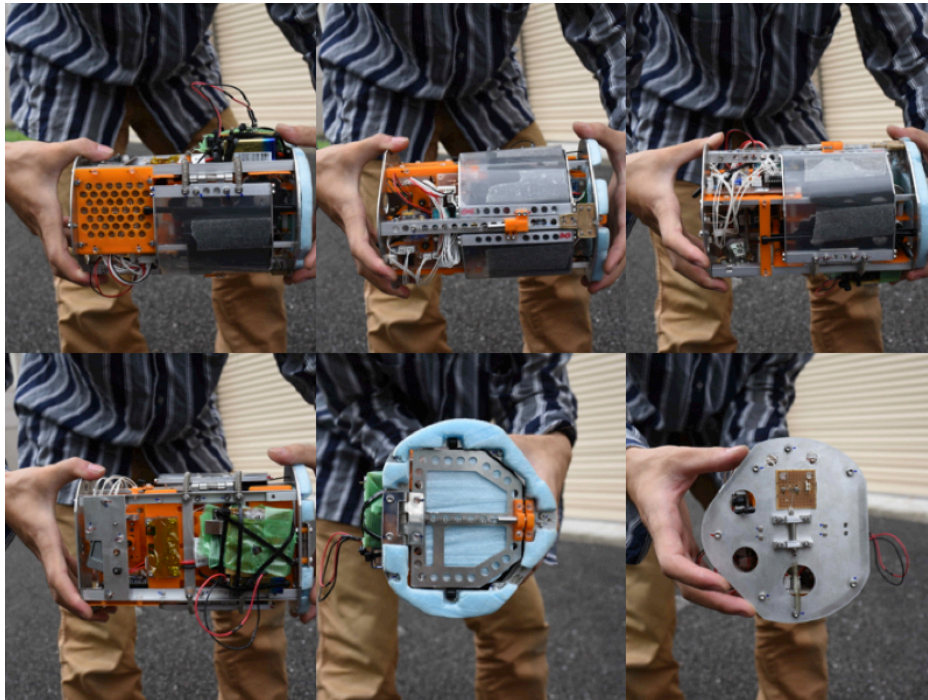


図 5-2 再試験前外観検査

再試験の結果を以下の図 5-3 に示す。

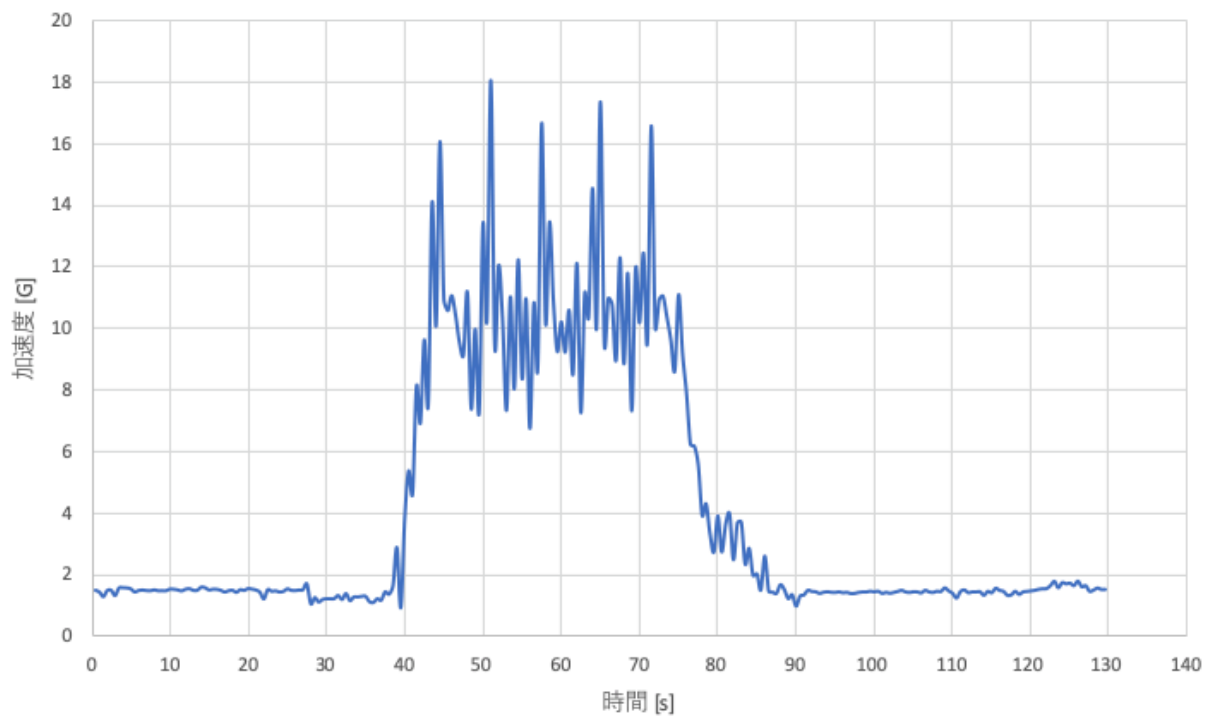


図 5-3 再試験測定結果

CanSat 回転速度が安定してから、回転を停止させるまでの 42.5 [s]から 75 [s]までのデータを図示すると以下の図 5-4 のようになる。

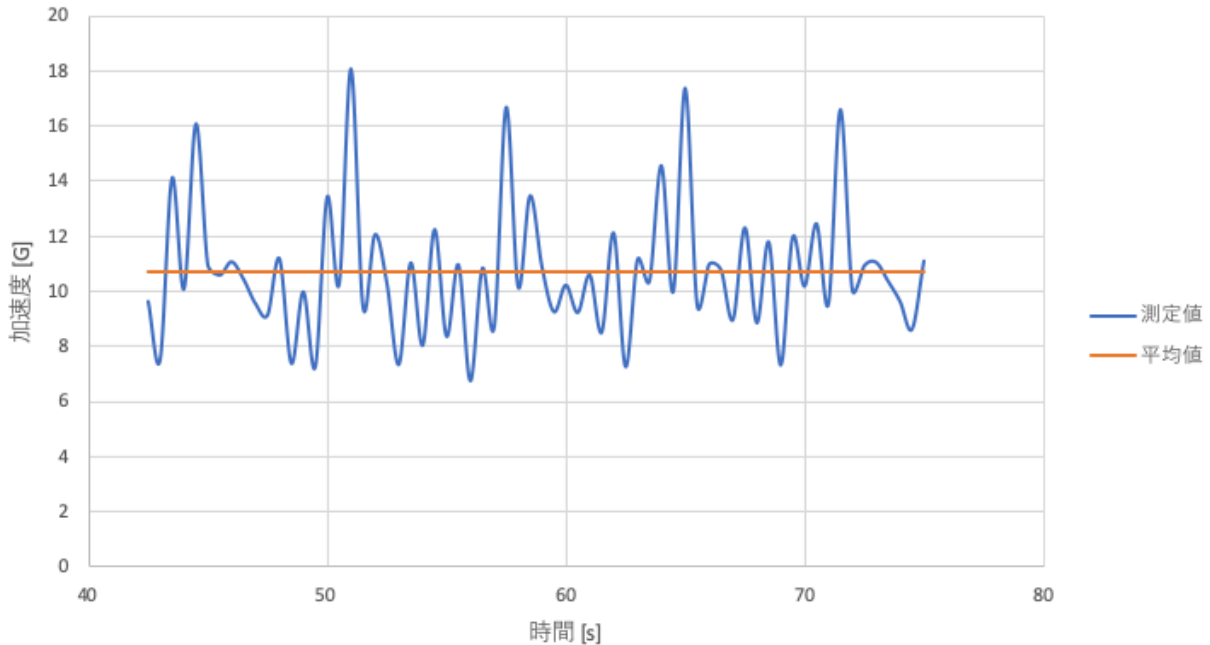


図 5-4 再試験静荷重付与中のデータ

図 5-4 に示したように、42.5 [s]から 75 [s]までの 32.5 [s]間に平均して 10.7 [G]の静荷重を付与した。

静荷重を付与した前後で、CanSat の外見に有意な変形や、ネジの緩み、テグスの緩み等は確認できなかった。また、OBC の起動、着地検知用気圧センサ値取得、GPS 値取得、通信機による地上局への通信という、バス部の機能を確認した。地上局で受信したデータを以下の図 5-5 に示す。以上のことから、静荷重試験によって CanSat の安全性に問題がないことが示された。

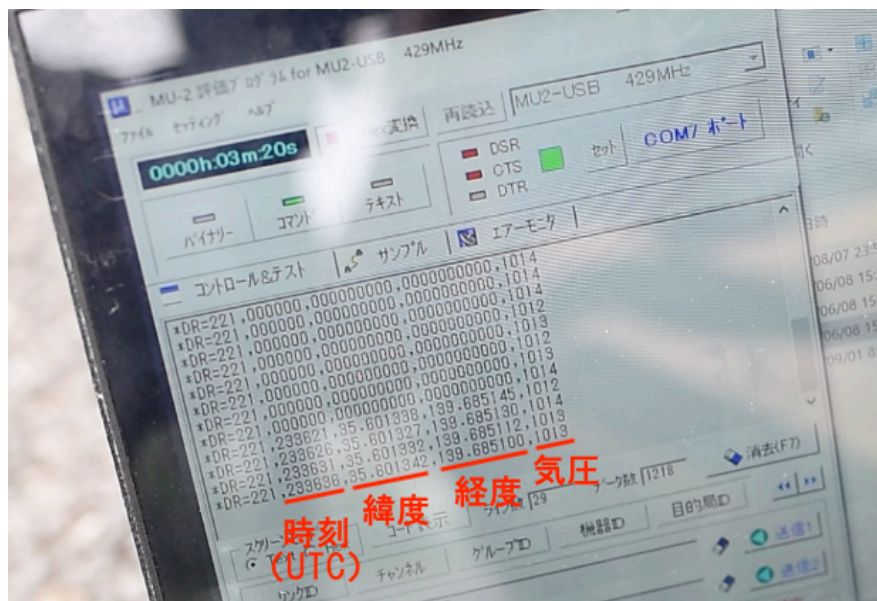


図 5-5 地上局で確認したデータ

再試験時の動画を以下の URL に示す.

<https://youtu.be/mBswAdihZI>

6. 振動試験報告書

振動試験報告書			
文書管理番号	AP-007	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/22		
作成者	加藤 雅己		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/22	1.0	初版作成
2019/08/22	1.1	再試験の結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 適用文書
 - 1.3. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 加振条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 確認項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果
 - 5.1. 加振試験結果
 - 5.2. 外観検査結果
 - 5.3. 機能試験結果
 - 5.4. 再試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の振動試験(V6)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

安全要求 R5	打ち上げ時の振動荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれていないことが試験で確認できている
ミッション要求 R14	ローバーとケースがロケット内で分離しないことが確認できている

1.2. 適用文書

本試験は、以下の文書を適用する。

[1] CanSat Regulations at ARLISS ver5

1.3. 試験目的

本試験においては CanSat が打ち上げ振動環境に耐えうることを確認する。

また、本試験では打ち上げ振動環境を固有振動数付近での 15G の正弦波加振により模擬するものとする。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/22 午前 11 時～12 時

再試験実施日

2019/09/02 午前 12 時～13 時

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

奥山 茂亮
嶋田 有登
室田 晟亜
武田 真司
吉田 耀

再試験参加者

加藤 雅己
室田 晟亜
武田 真司
小出 紗瑛

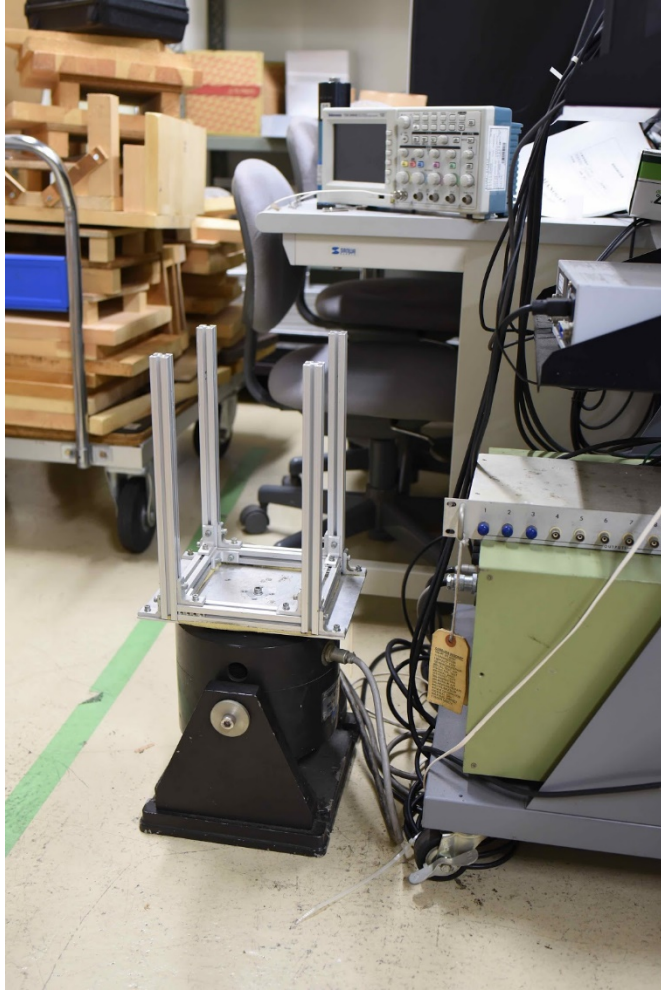
3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・工具類
 - ペンチ
 - 六角レンチ
- ・治具類
- ・書類
 - 本試験計画書
 - 試験手順書
- ・記録機器
 - カメラ
 - 三脚

3.2. 試験系

本試験で使用する試験設備を図 3.2-1 に示す。



(a)加振機



(b)加振機コントローラー
図 3.2-1 試験設備

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする。

温度 : 21~25°C(目標)
相対湿度 : 40~50%(目標)
気圧 : 大気圧

4.3. 加振条件

本試験においては、正弦波振動をスイープさせることにより固有振動数を特定(モーダルサーベイ試験)し、その周波数における 15G の加振により打ち上げ環境を模擬することとする。また試験前後での固有振動数に大きな変化がないことより衛星に破損・破壊がないことを示すためモーダルサーベイ試験を固有振動数付近での加振の後にも実施する。

表 4.3-1 加振条件

No.	加振周波数 [Hz]	加速度レベル [G]	加振時間 [s]	掃引時間 [s]
加振 1	30~500	5.0	N/A	60
加振 2	固有振動数	15.0	60	N/A
加振 3	30~500	5.0	N/A	60

4.4. 試験フロー

試験フローを図 4.4-1 に示す。

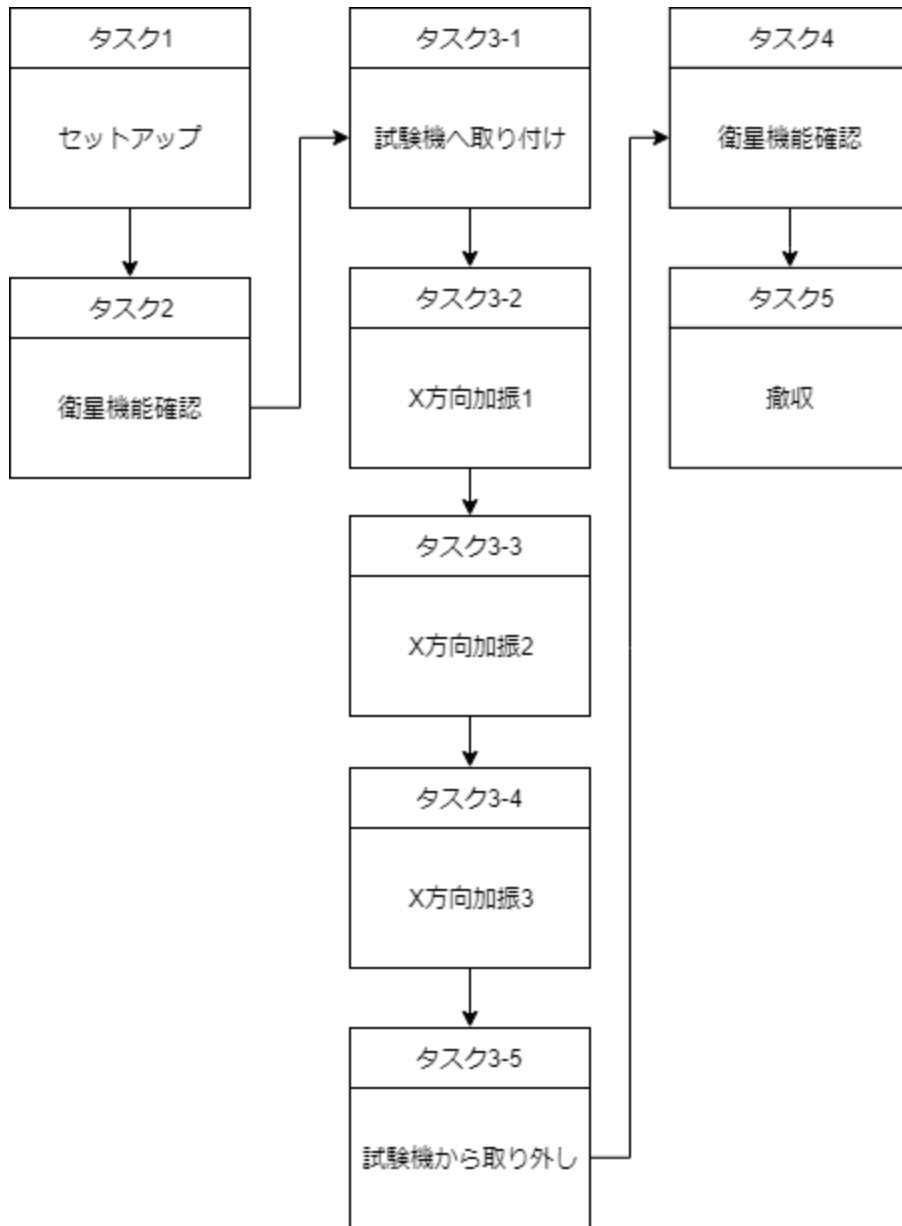


図 4.4-1 試験フロー

4.5. 確認項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応する タスク	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準

		No.			
1	準備状況の確認	1,2	衛星の各機能確認	確認用プログラムを書き込む	SD のログ・目視により確認
		1,2	外観検査	目視で確認	・変形, 傷がないこと ・トルクマークのずれがないこと ・コネクタ類が奥まで差し込まれていること
2	セットアップ状況の確認	3	衛星および治具が試験機に適切に取り付けられていること	衛星がぐらつかないことを手で押して確認	衛星が固定されぐらつかないこと
3	衛星の固有振動数の確認	3	衛星の固有振動数が確認できること	加速度センサ波形から確認	固有振動数が特定できること
4	衛星が 15G の加振に耐えられること	3	試験条件の充足	加速度センサ波形から確認	15G の加振が 60 秒出来ていること
5	衛星の機能が損なわれていないこと	4	外観検査	目視で確認	・変形, 傷がないこと ・トルクマークのずれがないこと ・コネクタ類が奥まで差し込まれたままであること
		4	固有振動数の変動	加速度センサ波形から確認	加振 1 と加振 3 の間で固有振動数に大きな変化がないこと
		4	電氣的機能確認	確認用プログラムを確認	SD のログ・目視により確認

4.6. その他留意事項

- ・加振方向には立たない
- ・安全に留意し, 危険・異常を感じたらすぐに試験機を停止させる

5. 試験結果

5.1. 加振試験結果

試験時の外観を図 5.1-1 に示す。

まずは 30Hz～500Hz にかけてのスweep加振により CanSat の固有振動数が 240Hz 付近であることを確かめた。

次に、240Hz にて 15G で 60 秒間加振を実施した。試験時の波形を図 5.1-2 に示す。図中の赤線が $\pm 15G$ であり、図より 15G の出力が出ていることが確認できる。

また、15G による加振の後もう一度スweep加振を行った結果、固有振動数は変わらず 240Hz であった。

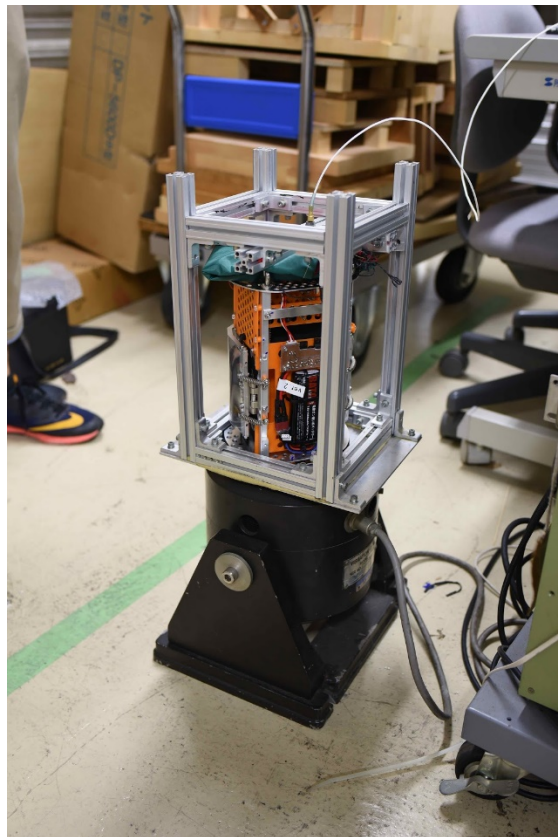


図 5.1-1 試験時の外観

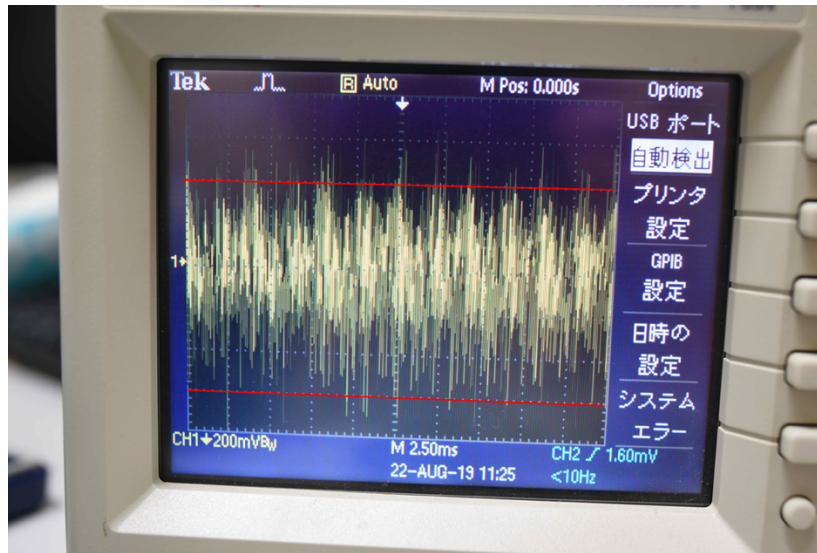
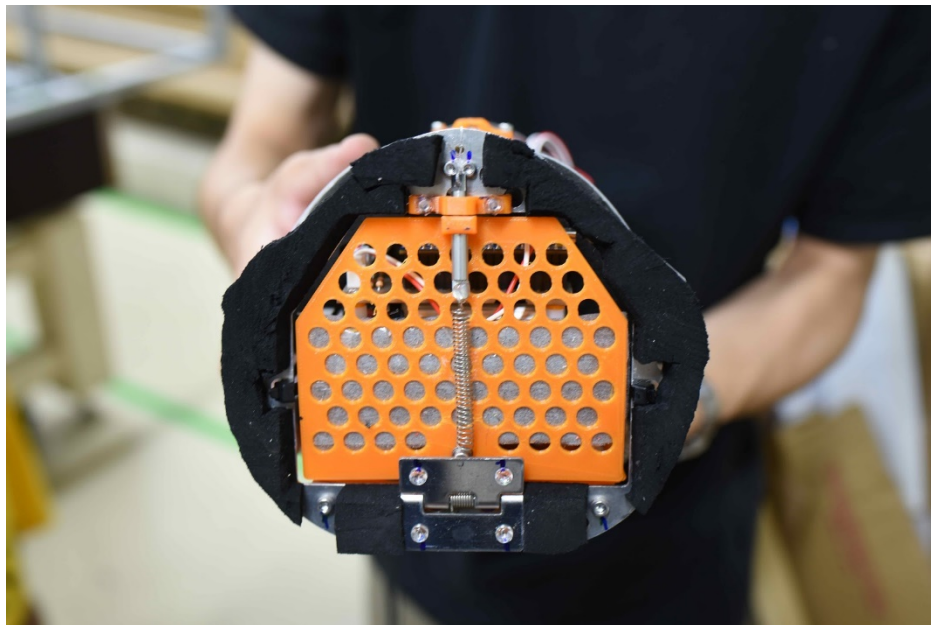


図 5.1-2 240Hz における 15G での加振時の波形

5.2. 外観検査結果

加振後の外観検査結果を図 5.2-1 に示す。

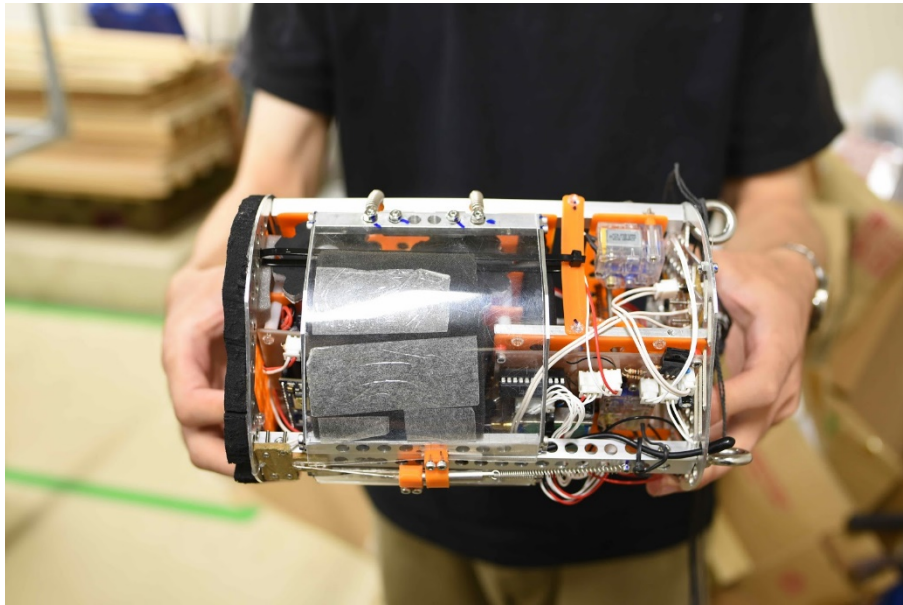
ねじにゆるみ、ずれは見られず、固有振動数にも変化が見られなかったことにより衛星に機械的な故障は起こっていないことが確認できる。



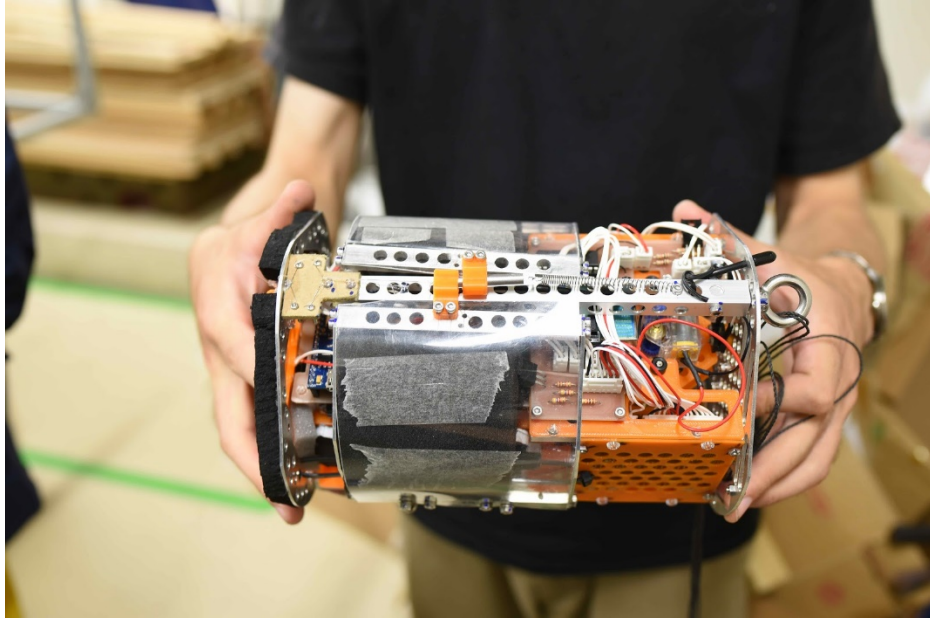
(a) 前面



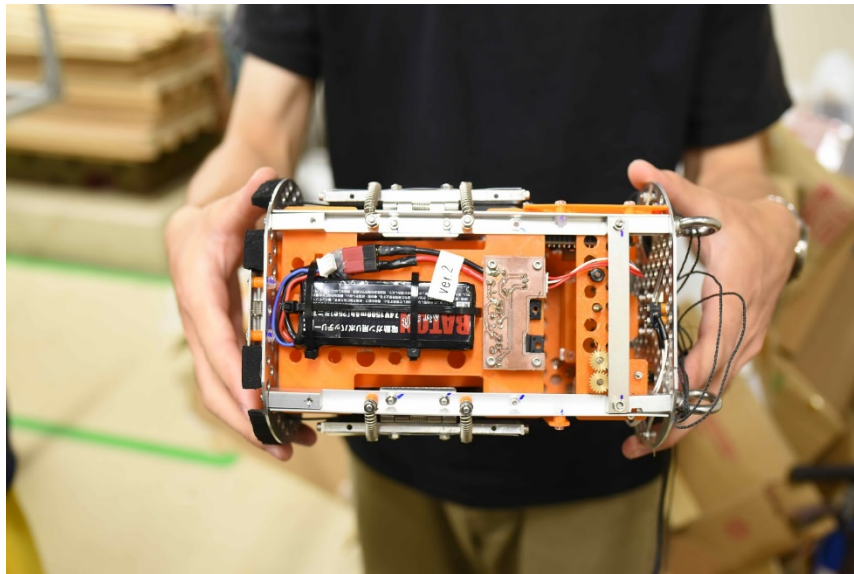
(b)左側面



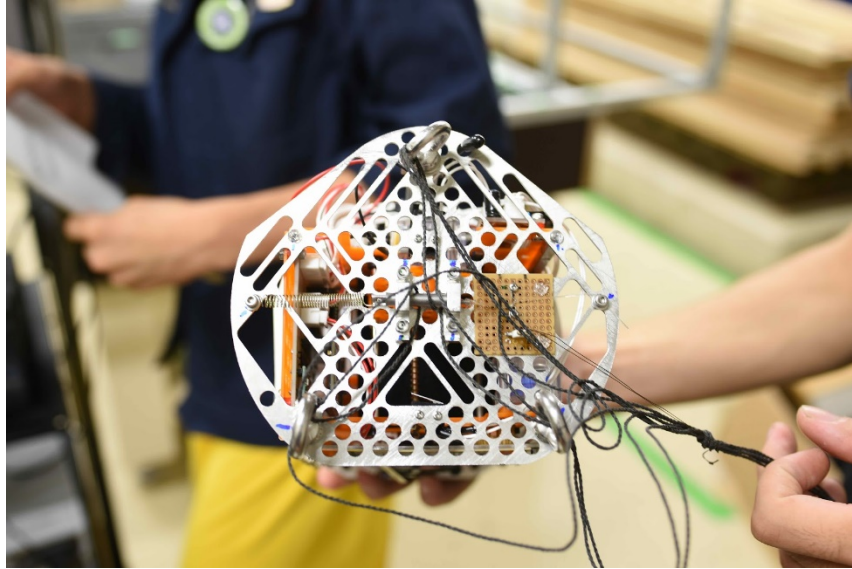
(c)右側面



(d)カバー展開部



(e)下面



(f)背面

図 5.2-1 外観検査結果

5.3. 機能試験結果

次に、振動試験後の機能確認結果について記述する。

衛星のフライトピンを抜くと OBC に電源が入ることが確認できた。また、その後 SD を引き抜き PC に差し込むことで SD にも書き込めることが確認できた。これにより電氣的故障がないことと判断した。図 5.3-1 に SD のログの一部を示す。

5.4. 再試験結果

加振前後のモーダルサーベイ試験結果を表 5.4-1 に示す。試験前後で固有振動数の変化はなかった。

表 5.4-1 モーダルサーベイ試験結果

	固有振動数[Hz]
15G による加振前	210
15G による加振後	210

15G による加振試験中の加振波形の様子を図 5.4-1 に示す。赤い線が±15G であり、15G の加速度で加振されていることが分かる。

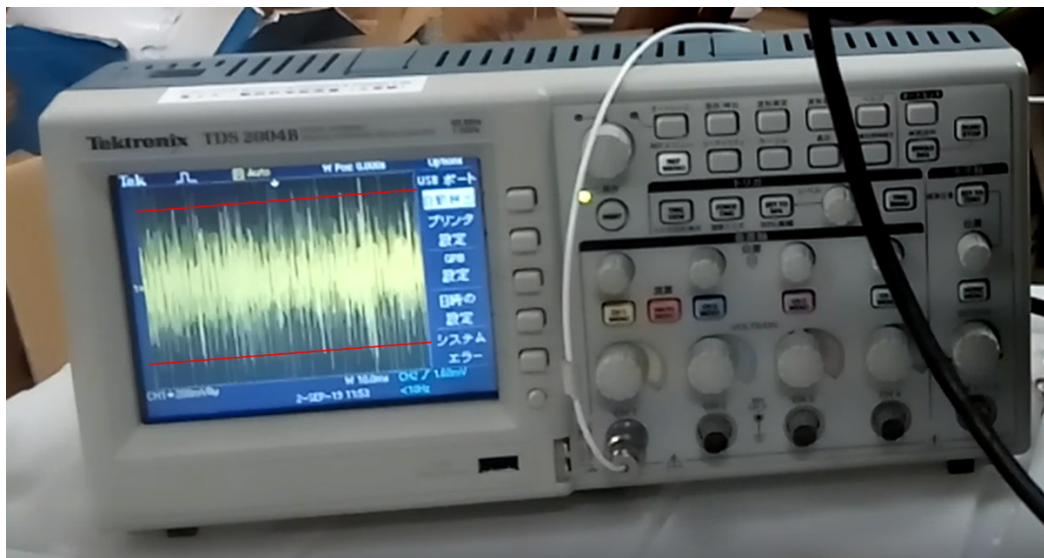
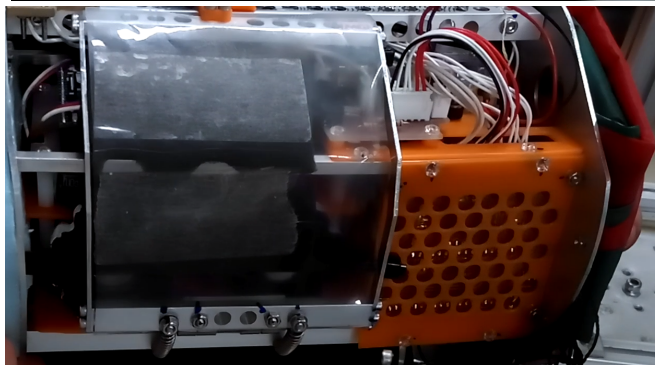
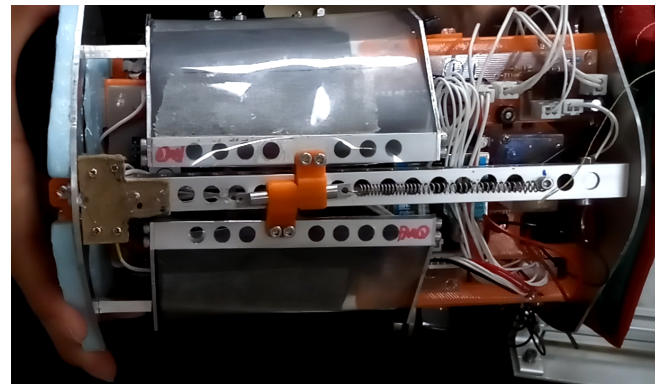
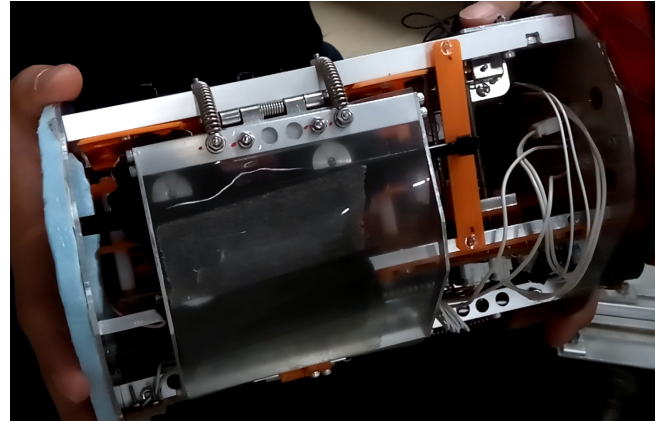
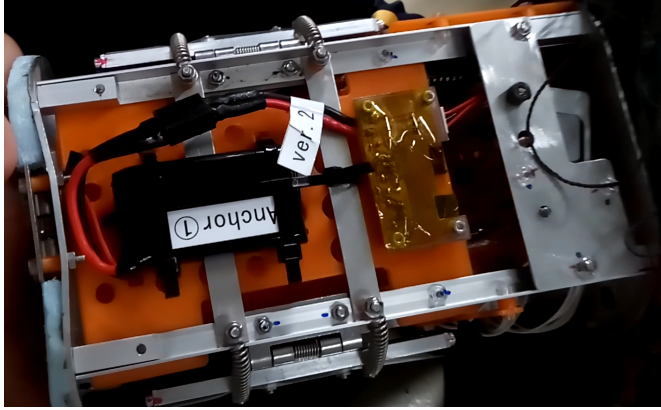


図 5.4-1 加振波形

また、再試験後の外観を図 5.4-2 に示す。外観に有意な傷、変形は見られなかった。



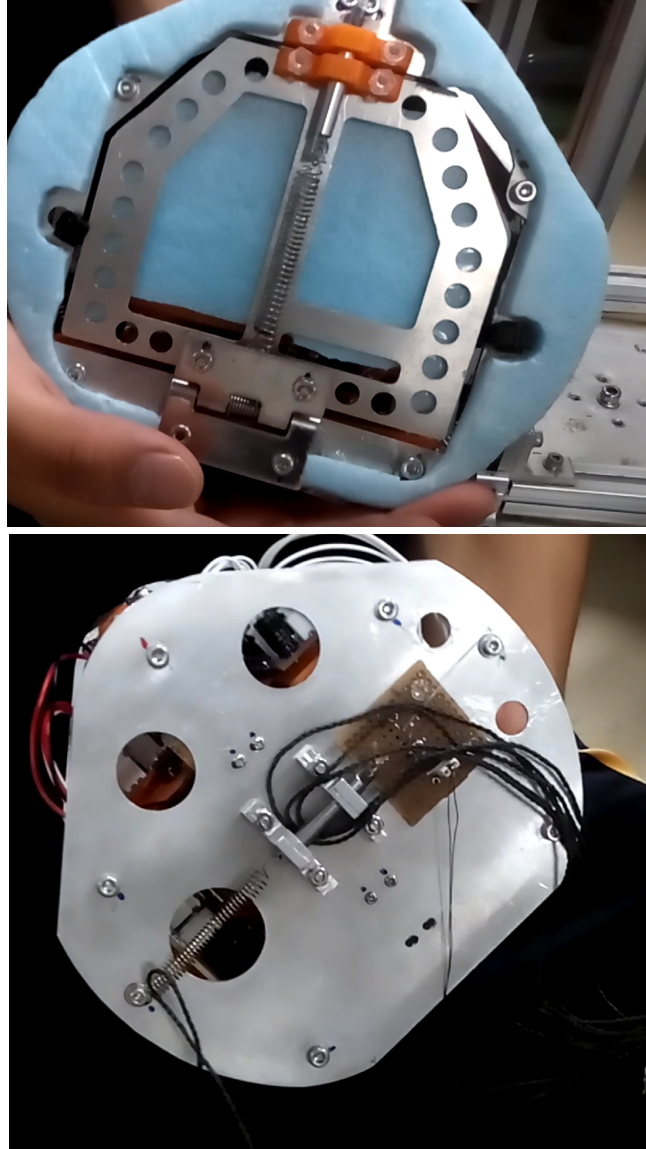


図 5.4-2 外観検査結果

OBC の起動，着地検知用気圧センサ値取得，GPS 値取得，通信機による地上局への通信という，バス部の機能を確認した．地上局で受信したデータを以下の図 5-4-3 に示す．以上のことから，振動試験試験によって CanSat の安全性に問題がないことが示された．

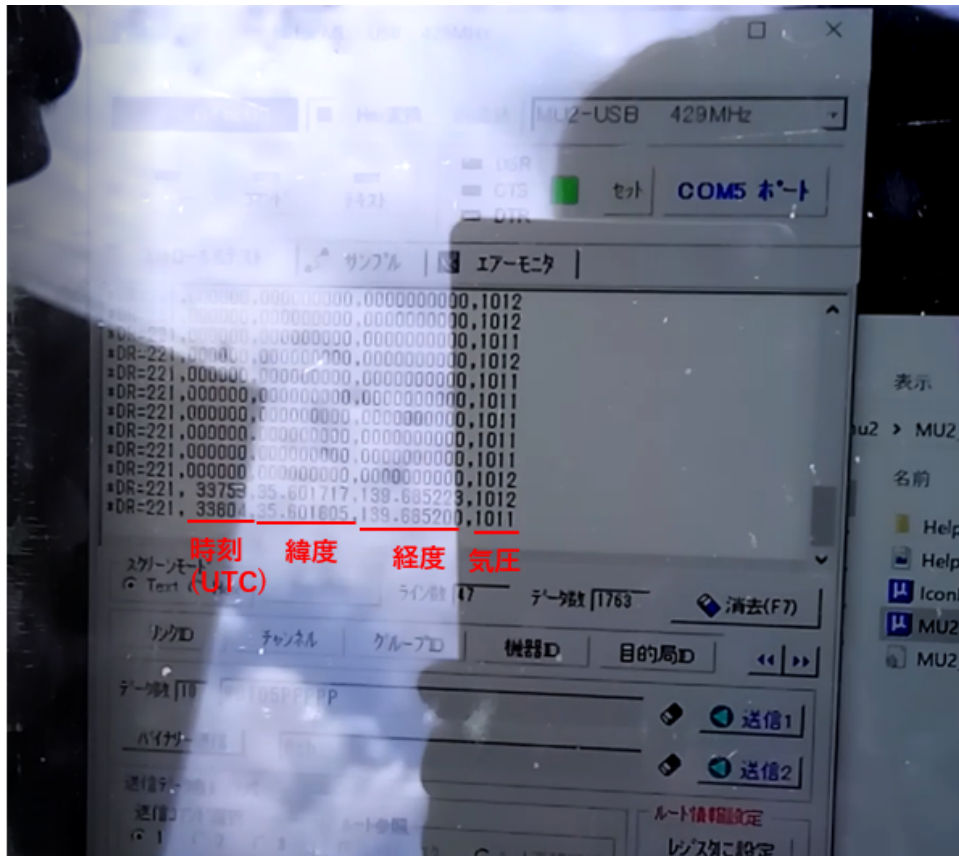


図 5.4-3 地上局で確認したデータ

また再試験時の動画を以下の URL に示す.

<https://youtu.be/cz4CunB7d7I>

7. 衝撃試験報告書

衝撃試験報告書			
文書管理番号	AP-023	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/22		
作成者	武田 真司		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/22	1.0	初版作成
2019/09/01	1.1	再試験の結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の衝撃試験(V7)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

安全要求 R7	パラシュート開傘時の衝撃荷重によって安全基準を充足するための機能が損なわれていないことが試験で確認できている。
ミッション要求 R14	ローバーとケースがロケット内で分離しないことが確認できている

1.3. 試験目的

本試験においては、パラシュート開傘時に想定される衝撃荷重に CanSat 及びパラシュートが耐えられることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/22 午前 4:00-5:00

再試験実施日

2019/09/01 午前 7:00-8:00

2.2. 試験場所

東京工業大学大岡山キャンパス

2.3. 参加者

武田 真司

加藤 雅己

嶋田 有登

吉田 耀

野上 健吾
奥山 茂亮

再試験参加者

武田 真司
嶋田 有登
吉田 耀
奥山 茂亮

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

実験に必要な測定機器, 工具, 治具など

- ・パラシュートの紐
- ・CanSat(EM)
- ・パラユート
- ・1kg のおもり
- ・加速度計(Arduino, 加速度センサ基板, 9V 電池)
- ・本試験計画書
- ・工具類
 - ペンチ
 - 六角レンチ
- ・PC
- ・カメラ
- ・ヘルメット
- ・軍手
- ・結束バンド, テープ

3.2. 試験系

- ・パラシュートの紐, CanSat(EM) : 機体本体衝撃試験の試験対象
- ・パラシュート : パラシュート衝撃試験の試験対象
- ・1kg のおもり : パラシュート衝撃試験用のダミーマス
- ・加速度計 : CanSat の加速度を計測するため
- ・本試験計画書 : 試験準備, 及び円滑な進行のため
- ・工具 : CanSat 準備のため
- ・PC : 加速度センサで得られたデータを編集するため

- ・カメラ：試験の様子を記録するため
- ・ヘルメット：頭部を守るため
- ・軍手：紐を引っ張る手を守るため
- ・結束バンド, テープ：加速度計を CanSat に固定するため

図 3.1 に機体本体衝撃試験の試験設備, 図 3.2 にパラシュート衝撃試験の試験設備を示す.



図 3.1 機体本体衝撃試験の試験設備



図 3.2 パラシュート衝撃試験の試験設備

4. 試験方法

4.1. 試験対象

パラシュート, CanSat(EM)

4.2. 試験環境条件

安全が確保されている高所, 及び地面周辺

4.3. 試験条件

CanSat に 40G 程度の衝撃加速度を負荷すること
加速度センサには ADXL375 を用いた.

4.4. 試験フロー

・機体本体の衝撃試験

- (1) 加速度計にプログラムを書き込み, CanSat に搭載する.
- (2) ヘルメットを着用し, CanSat とパラシュートの紐, 加速度計が適切に取り付けられていることを確認する.
- (3) パラシュートの紐(長さ 3m)を手すりなどに固定し, 加速度計のプログラムを起動後, CanSat を投下する. 投下する時は周囲の安全を確認する.
- (4) 投下した CanSat を引き上げ, 加速度計を PC と接続し計測データを取得する.
- (5) パラシュートの紐の破損, 及び CanSat の破損, 機能の確認を行う.

・パラシュートの衝撃試験

- (1) 加速度計にプログラムを書き込み, CanSat に搭載する.
- (2) ヘルメットを着用し, 1kg のおもりとパラシュート, 加速度計が適切に取り付けられていることを確認する.
- (3) 加速度計のプログラムを起動後, パラシュートを取り付けた CanSat を投下する. 投下する時は周囲の安全を確認する.
- (4) パラシュート着地後, 加速度計を PC と接続し計測データを取得する.
- (5) パラシュートの破損, 機能の確認を行う.

4.5. 測定項目

・機体本体における衝撃試験

No.	確認目的	対応する試験フロー	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況の確認	(1)	加速度計の機能確認	プログラムを書き込み機能確認	正常に機能が動作すること

2	ヘルメット着用	(2)	ヘルメット着用	手で触れる	ヘルメットが脱げないように被っていること
3	セットアップ状況の確認	(2)	CanSat の外観観察	目視	・変形, 傷がないこと ・トルクマークのずれがないこと ・コネクタ類が奥まで差し込まれていること
			CanSat と加速度計が適切に取り付けられていること	目視, 手で押して確認	CanSat に加速度計が固定されぐらつかないこと
			紐の CanSat, 及び構造物への取り付け	目視, 引張	紐が解けないこと
4	周囲の安全確認	(3)	周囲の安全	目視	周囲に通行人や車がないこと
5	衝撃荷重の確認	(4)	試験条件の充足	加速度センサのデータを確認	40G 程度の加速度が計測されていること
6	機能確認	(5)	パラシュートの紐の破損確認	目視	パラシュートの紐が切れていないこと, 痛んでいないこと
			CanSat の外観観察	目視	・変形, 傷がないこと ・トルクマークのずれがないこと ・コネクタ類が奥まで差し込まれたままであること
			CanSat の動作確認	CanSat 機能確認用プログラムの起動	正常に機能が動作すること

・パラシュートにおける衝撃試験

No.	確認目的	対応する試験フロー	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
		—			

1	準備状況の確認	(1)	加速度計の機能確認	プログラムを書き込む	機能確認を行う
2	ヘルメット着用	(2)	ヘルメット着用	手で触れる	ヘルメットが脱げないように被っていること
3	セットアップ状況の確認	(2)	おもりに加速度計が適切に取り付けられていること	目視, 手で押して確認	CanSat に加速度計が固定されぐらつかないこと
4	周囲の安全確認	(3)	周囲の安全	目視	周囲に通行人や車がないこと
5	衝撃荷重の確認	(4)	試験条件の充足	加速度センサのデータを確認	40G 程度の加速度が計測されていること
6	機能確認	(5)	パラシュートの破損確認	目視	パラシュートが破損していないこと

4.6. その他留意事項

- ・周辺の安全には十分気をつけること

5. 試験結果

図 5.1 に機体本体の衝撃試験結果を、図 5.2 にパラシュートの衝撃試験結果を示す。機体本体、及びパラシュート共に 40G 程度の加速度が負荷されていることが確認できる。衝撃荷重を負荷した後、機体本体、及びパラシュートに破損は見られず、GPS モジュール、気圧計、無線通信機の機能が失われていないことを確認した。試験結果より、本機体、及びパラシュートが衝撃荷重に対して十分に耐えることが可能であり、ARLISS レギュレーションを充足することが確認された。

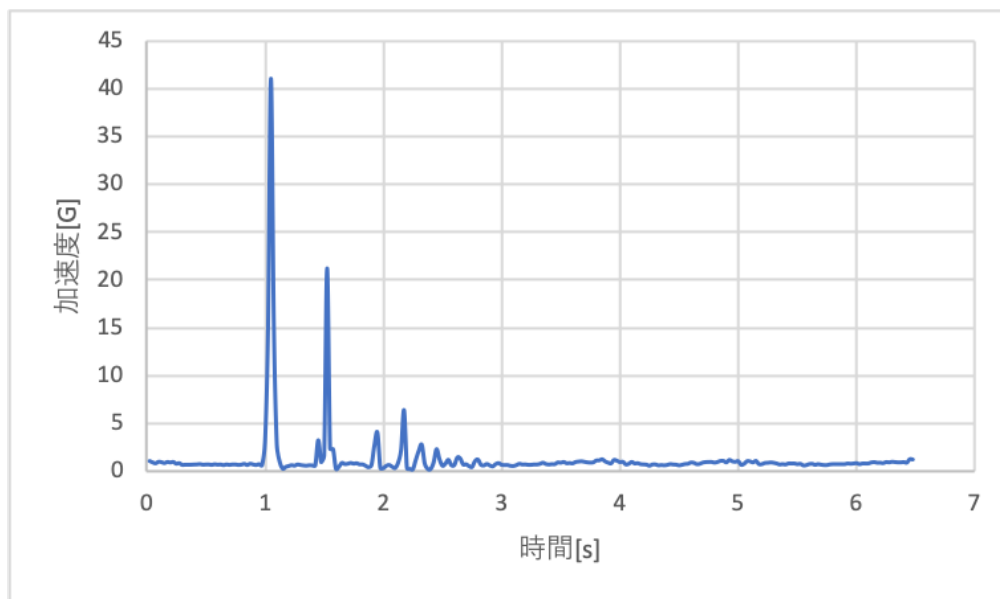


図 5.1 機体本体の衝撃試験結果

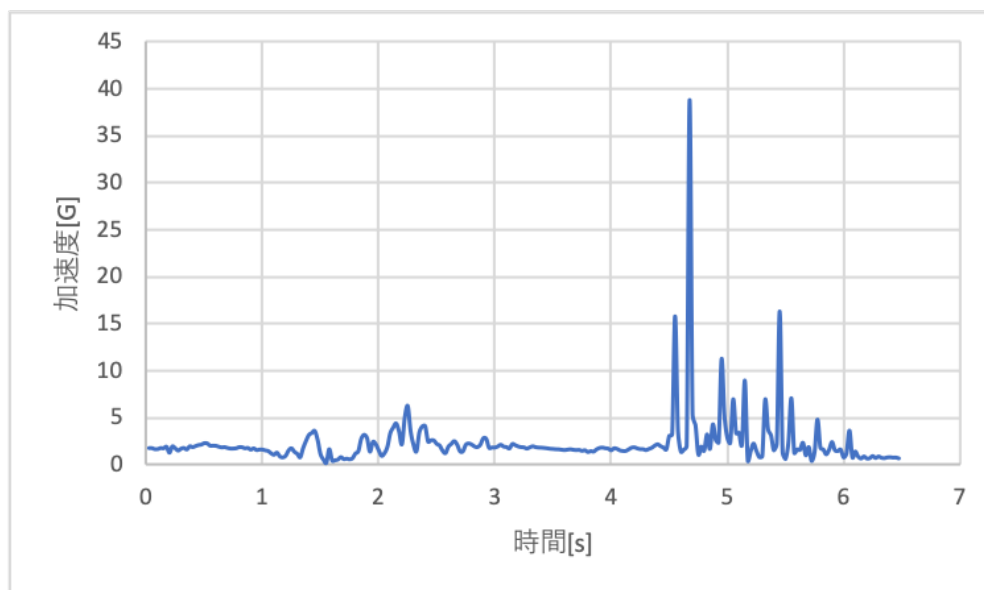


図 5.2 パラシュートの衝撃試験結果

パラシュート衝撃試験の様子を以下の動画に示す。動画から確認できるように、パラシュートとダミーマスを初速度をかけて落下させ、およそ 40G の加速度を付与しても、パラシュート本体の布の破れ、紐の破断等はなく開傘し、機能に問題がないことが示せた。

<https://youtu.be/UZt5gZfYpK0>

再試験結果

パラシュートは設計変更を行なっていないため、CanSat 本体への衝撃試験のみ再度実施した。再試験前外観検査の様子を以下の図 5-3 に示す。

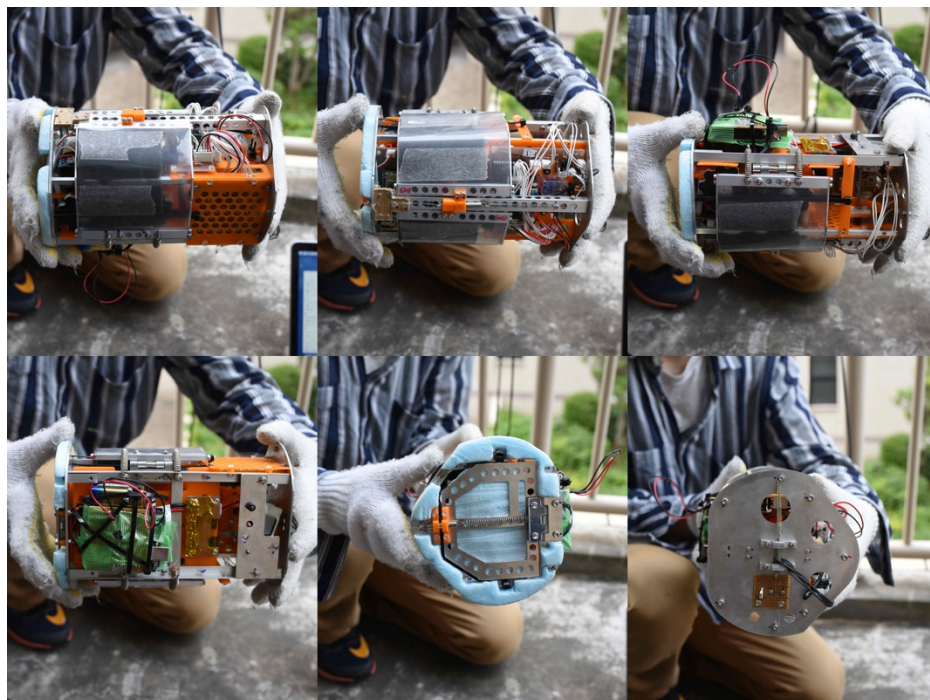


図 5-3 再衝撃試験前外観検査

CanSat に紐をくくりつけ自由落下させた際に付与された衝撃荷重を以下の図 5-4 に示す。

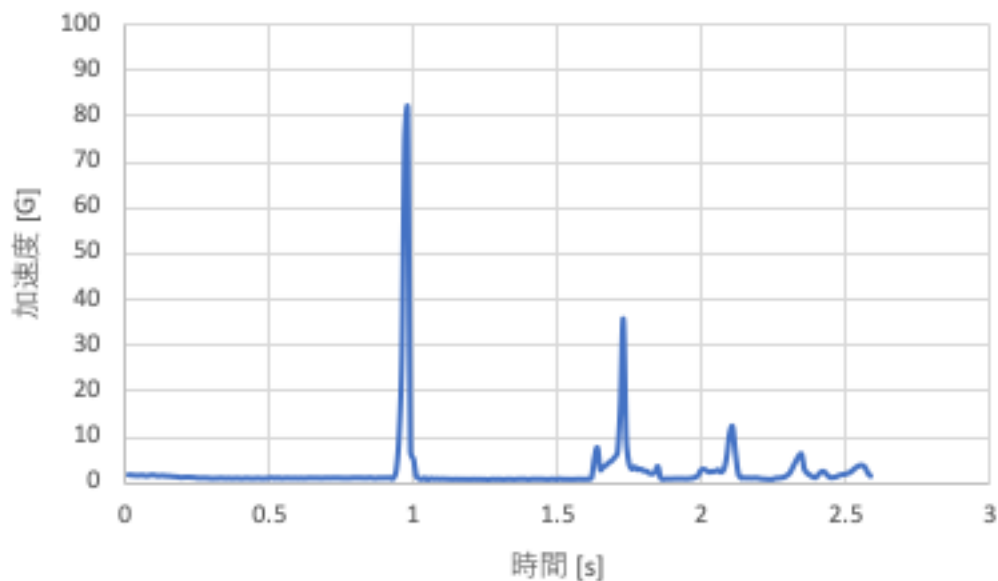


図 5-4 再衝撃試験結果

以上の図 5-4 に示したように、レギュレーションで規定されている 40G を超える加速度を CanSat に付与した。

試験の前後で、CanSatの外見に有意な変形や、ネジの緩み、テグスの緩み等は確認できなかった。また、OBCの起動、着地検知用気圧センサ値取得、GPS値取得、通信機による地上局への通信という、バス部の機能を確認した。GPSのデータの取得に20分程度要しているが、これはGPS内部にGPS衛星情報が保存されていなかったためであり、ARLISS本番では事前に衛星情報を保存した状態でフライトすることで、衝撃試験の後に続けて実施した静荷重試験のように起動後2分程度でGPSの値が取得できると考えられる。地上局で受信したデータを以下の図5-5に示す。以上のことから、衝撃試験によってCanSatの安全性に問題がないことが示された。

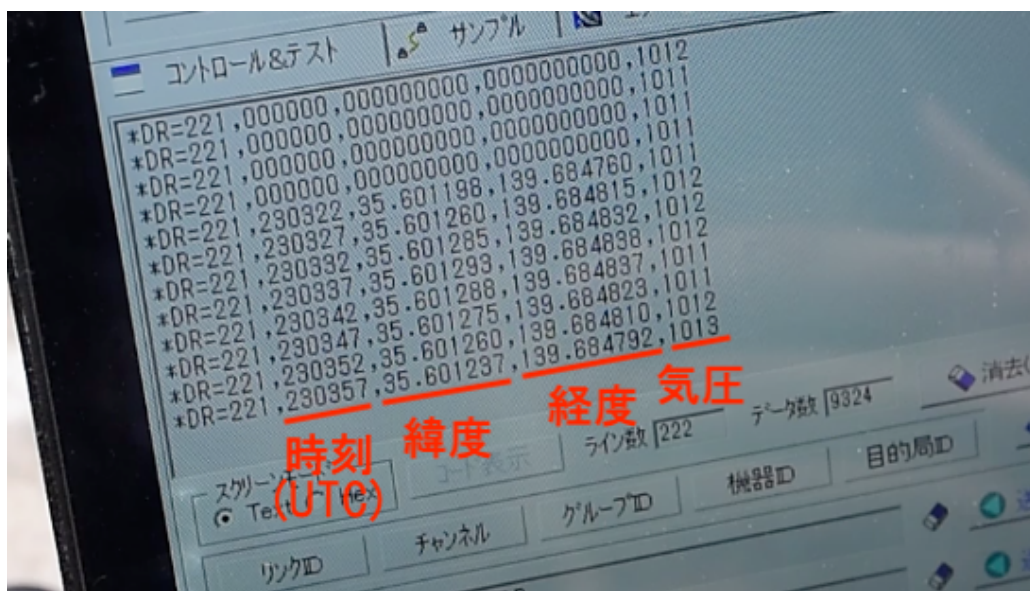


図 5-5 地上局で確認したデータ

再衝撃試験の様子を以下の動画に示す。撮影したカメラの連続撮影時間の都合により、録画が途中で分かれているが、連続して撮影している。

<https://youtu.be/sZYCEgzE3Ac>

<https://youtu.be/V-Eus9CvLmg>

8. 通信機電源 OFF/ON 試験報告書

通信機電源 OFFON 試験報告書			
文書管理番号	AP-011	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/21		
作成者	武田 真司		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/21	1.0	初版作成
2019/08/30	1.1	再試験の結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

R7	打ち上げ時の無線機の電源 OFF 規定を遵守できることが確認できている
----	-------------------------------------

1.2. 試験目的

通信機がロケット内部に収納時は継続して電源が OFF であり, ロケット放出後正常に通信機の電源が ON になることを確認する.

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/14

再試験実施日

2019/08/30

2.2. 試験場所

東京工業大学大岡山キャンパス

2.3. 参加者

武田 真司

小出 紗瑛

再試験参加者

武田 真司

加藤 雅己

奥山 茂亮

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・アンカー部 OBC
- ・安定化電源
- ・テスター

3.2. 試験系

- ・アンカー部の OBC : 試験対象
- ・安定化電源 : OBC に電源を供給するため
- ・テスター : MU-2 に電源供給されているかどうかを確認するため

図 3.2-1 に通信機電源 OFFON 試験の試験系を示す.



図 3.2-1 試験系の様子

4. 試験方法

4.1. 試験対象

無線機(MU-2)

4.2. 試験環境条件

特になし

4.3. 試験条件

特になし

4.4. 試験フロー

(1) フライトピンが接続されている状態でテスターを用いて CanSat 側 MU-2 の電源電圧を測定し、電源が OFF であることを確認する。

(2) フライトピンを抜き OBC を起動させ、CanSat 側 MU-2 の電源電圧を測定し、電源が ON であることを確認する

4.5. 測定項目

No.	確認目的	対応する試験フロー	測定項目 確認項目	測定 方法 確認 方法	判定基準
1	フライトピンの確認	(1)	フライトピンが挿入されていること	目視	フライトピンが挿入されていること
2	MU-2 の電源電圧の確認	(1)	MU-2 の電源電圧	テスター	電圧が 0V であること
3	フライトピンの取り出しの確認	(2)	フライトピンが取り出されていること	目視	フライトピンが挿入されていないこと
4	MU-2 の電源電圧の確認	(2)	MU-2 の電源電圧	テスター	電圧が MU-2 の動作電圧であること

4.6. その他留意事項

特になし

5. 試験結果

フライトピンが挿入されている状態(図 5-1)とフライトピンが挿入されていない状態(図 5-2)での、MU-2 の VCC と GND ピンの電圧差(電源電圧)はそれぞれ 0V, 4.97V であった。MU-2 の動作電圧は 3.0-5.0V であるため、フライトピンが挿入されている状態では MU-2 の電源が OFF であり、フライトピンが挿入されていない状態では電源が ON になることが確認できた。

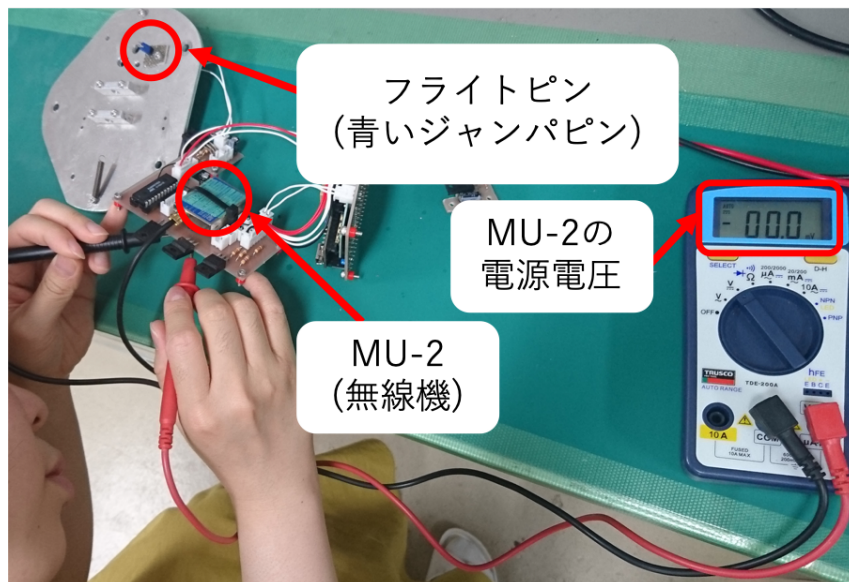


図 5-1 フライトピン挿入時の様子

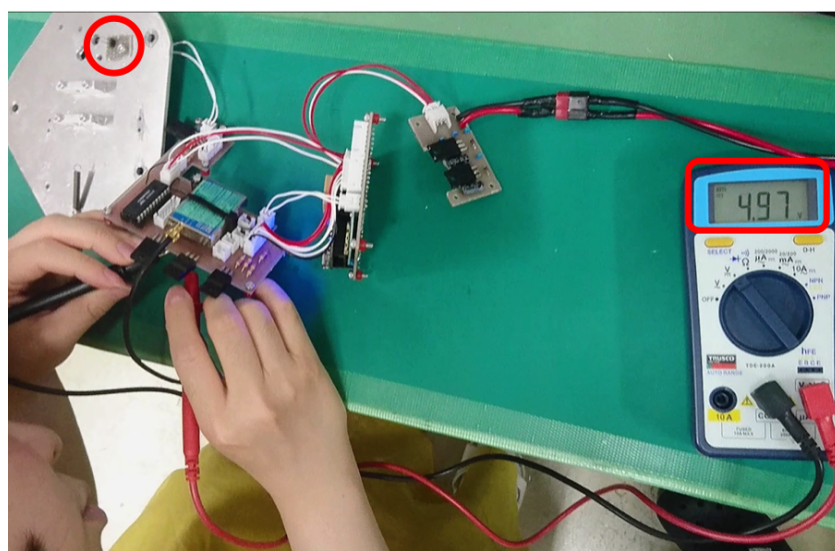


図 5-2 フライトピンが挿入されていない時の様子

再試験結果

上記試験を再度実施した際の動画を追記する.

<https://youtu.be/6VdG0Qi0wh8>

9. 通信周波数変更試験報告書

通信周波数変更試験報告書			
文書管理番号	AP-015	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/14		
作成者	小出紗瑛		

AMANOGAWA
ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/14	1.0	初版作成
2019/08/30	1.1	再試験の結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 適用文書
 - 1.3. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験フロー
 - 4.4. 測定項目
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の通信周波数変更試験(V9)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

安全要求 R10	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
----------	--

1.2. 適用文書

本試験は, 以下の文書を適用する。

[1] CanSat Regulations at ARLISS ver5

1.3. 試験目的

本試験では CanSat 搭載の通信機 MU-2 がチャンネル調整機能を有し, また実際にチャンネルの調整ができることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/14 午後 7 時

再試験実施日

2019/08/30

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

加藤 雅己

小出 紗瑛

武田 真司

再試験参加者

武田 真司
加藤 雅己
奥山 茂亮

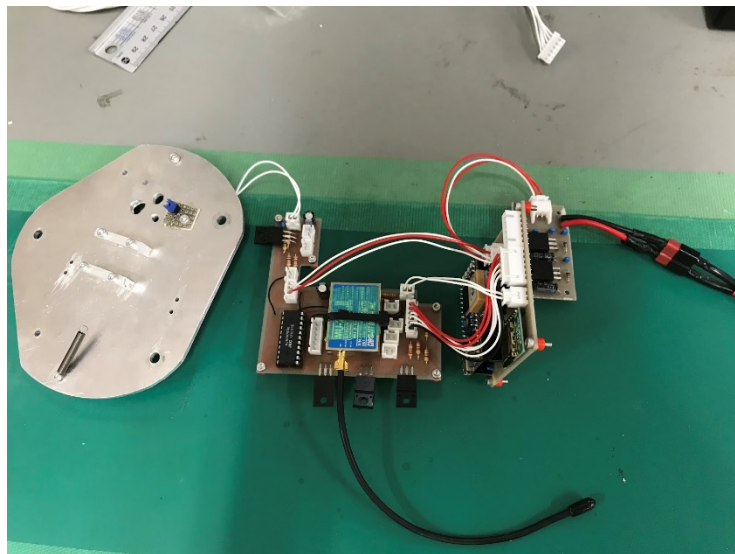
3. 準備事項

3.1. 必要な器具

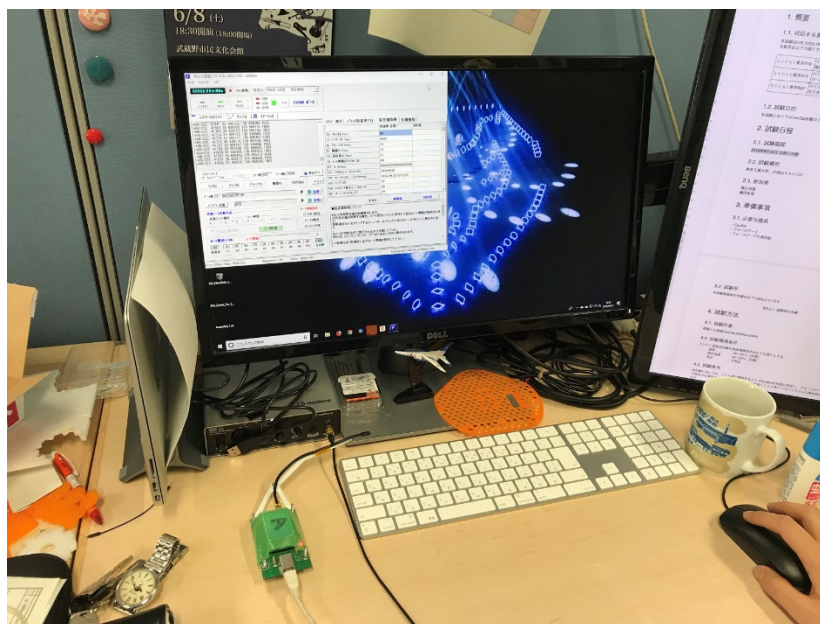
- ・CanSat ケース部
- ・EM 基板
- ・地上局側 MU-2
- ・地上局用 PC

3.2. 試験系

本試験で使用する試験設備を図 3.2-1 に示す.



(a) CanSat 側 MU-2 搭載 EM 基板



(b) 地上局側 MU-2 及び地上局ソフト
図 3.2-1 試験設備

4. 試験方法

4.1. 試験対象

・CanSat EM 基板

4.2. 試験環境条件

特になし

4.3. 試験フロー

試験フローを図 4.3-1 に示す

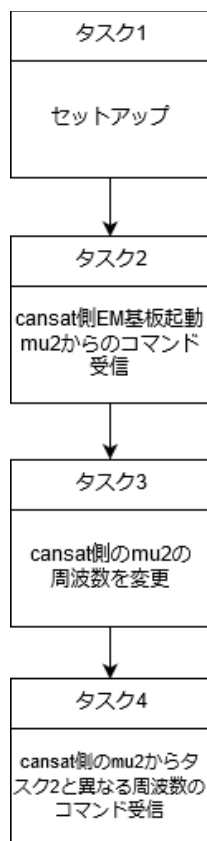


図 4.3-1 試験フロー

4.4. 測定項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応するタスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況の確認	1	CanSat 側 MU-2 の周波数の確認	mbed に書き込むプログラムを確認する	指定した周波数となるプログラムであること
		1	EM 基板の接続コネクタの位置及び不足を確認	目視で確認	<ul style="list-style-type: none"> ・基板設計図をみて確認 ・mbed と MU-2, 電源ラインの接続を確認

		1	フライトピンがついているかを確認	目視で確認	フライトピンがついている
		1	地上局側の周波数の設定を確認	目視で確認	指定した周波数に設定されている
2	CanSat 側 MU-2 からのコマンド受信	2	指定した周波数で CanSat 側からの通信を受信できることの確認	地上局ソフトで確認	指定した周波数で受信が可能
3	CanSat 側 MU-2 の周波数の変更	3	CanSat 側 MU-2 の周波数設定を変更したプログラムを書き込んでいるか	書き込みプログラムを確認	指定した周波数となるプログラムである
4	CanSat 側 MU-2 からタスク 2 と異なる周波数のコマンド受信	4	先程とは異なる周波数帯で CanSat からのコマンドを受信できるか	地上局ソフトで確認	変更した周波数においてコマンドが受信できること

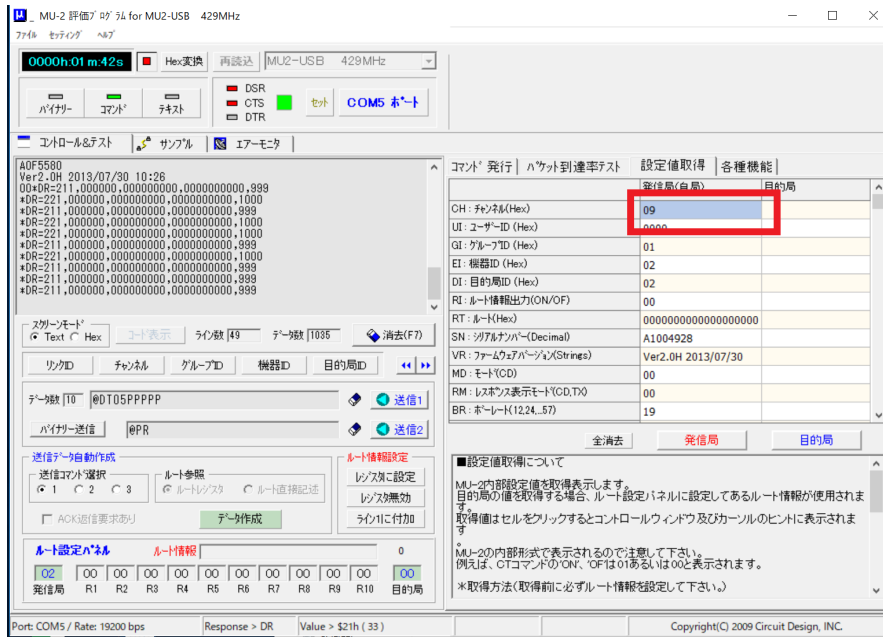
5. 試験結果

図 5. 1 に地上局ソフトウェアによる受信結果を示す。図右上赤枠内の発信局のチャンネルの違いが周波数の違いとなる。CanSat 搭載の MU-2 と、地上局側 MU-2 のチャンネルを揃えた際に通信が行われる。MU-2 は 429.2500MHz～429.7375MHz まで 12kHz の間隔をあけて 40ch の利用が可能である。

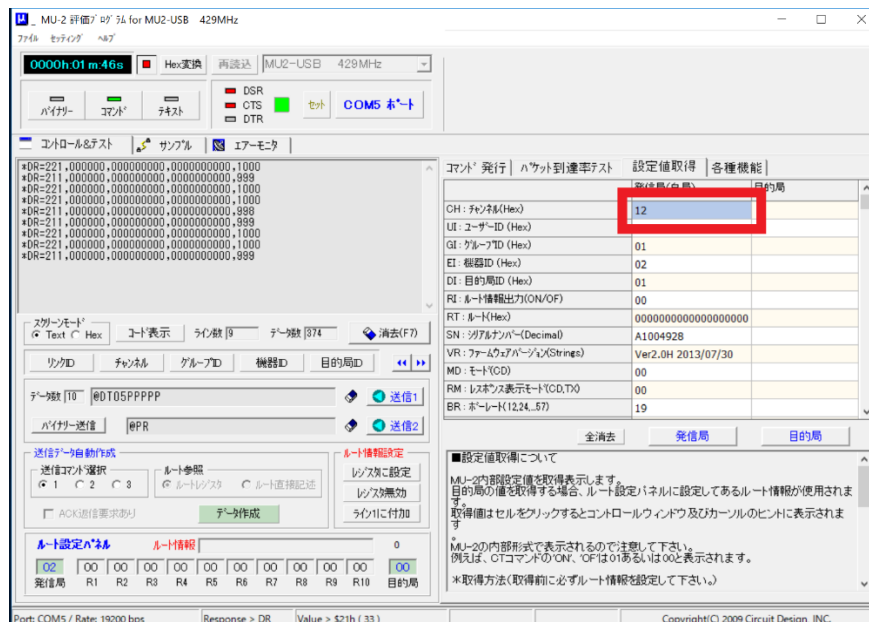
まず発信局のチャンネルを 09 (通信周波数 429.2750MHz) に設定した状態で受信を行ない受信ができることを確認した (図 5-1, a)。

次に発信局の設定を 12 (通信周波数 429.3875MHz) に変更したプログラムを OBC に書き込み同様に受信試験を行った。この場合でも受信側の発信局設定を合わせることで衛星からの通信を受信できていることがわかる (図 5-1, b)。

したがって、本 CanSat 搭載の通信機 MU-2 は周波数変更機能を有しており、実際に変更できることが確認できた。



(a) 発信局が 09 の場合



(b) 発信局が 12 の場合

図 5.1-1 地上局ソフトウェアによる地上局 MU-2 で受信した履歴

再試験結果

上記試験を再度実施した際の動画を追記する.

<https://youtu.be/23jAVQU4zsQ>

10. OBC 起動試験報告書

OBC 起動試験報告書			
文書管理番号	AP-013	改訂番号	1.0
作成年月日	2019/08/21		
作成者	小出紗瑛		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/21	1.0	初版作成

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果
 - 5.1. ケース部試験結果
 - 5.2. ローバー部試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の制御履歴レポート作成(V10)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

ミッション要求 R12	OBC の起動が正常に行なわれることを確認できている
-------------	----------------------------

1.2. 試験目的

ケース部及びローバー部の OBC(mbed)が正常に起動できることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/14 午後 (ケース部)
2019/08/17 午後 (ローバー部)

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

加藤 雅己
小出 紗瑛
武田 真司

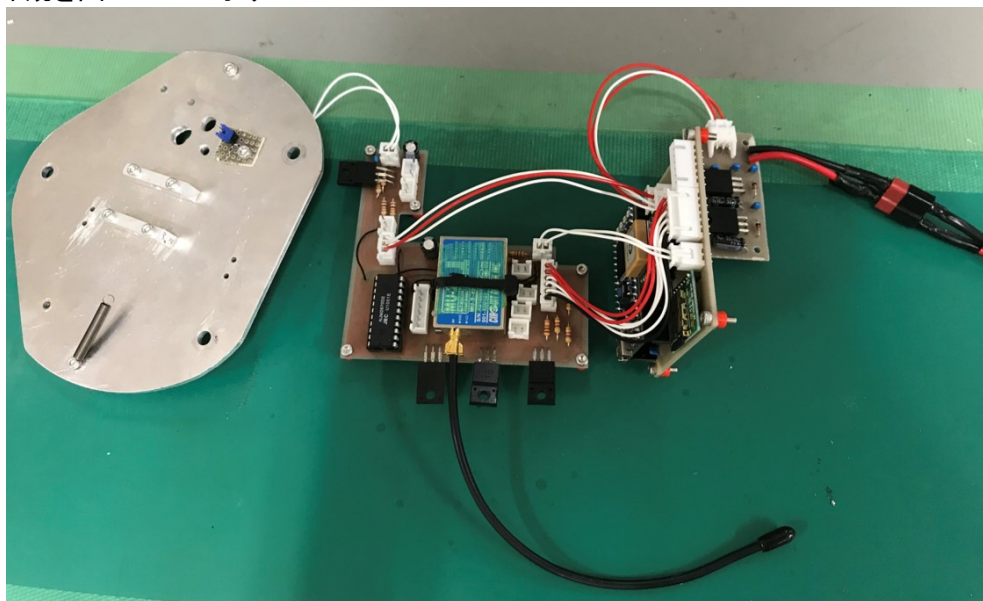
3. 準備事項

3.1. 必要な器具

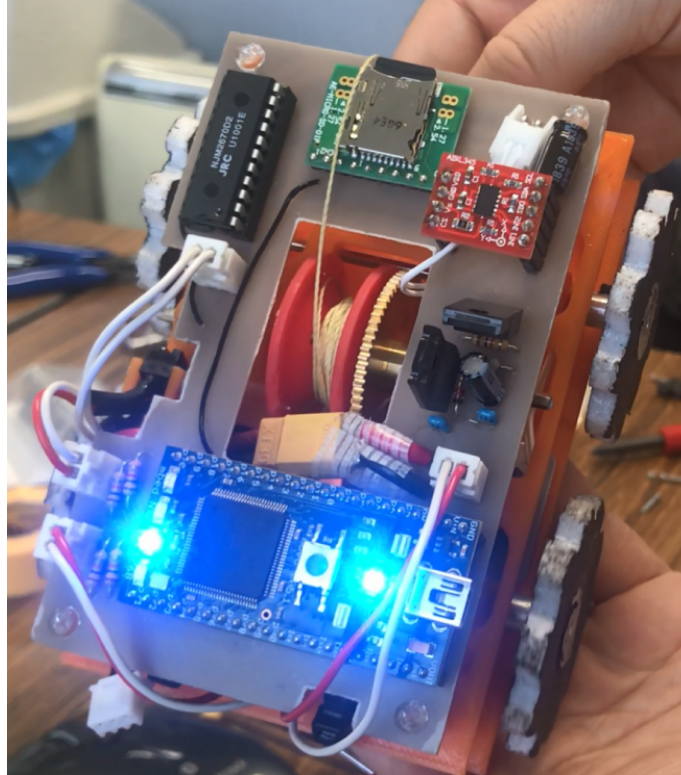
- ・EM 基板
- ・バッテリー
- ・コネクタ
- ・撮影用カメラ
- ・テスター

3.2. 試験系

試験時の外観を図 3.2-1 に示す。



(a) アンカー部



(b) ローバー部
図 3.2-1 試験時外観

4. 試験方法

4.1. 試験対象

・EM 基板

4.2. 試験環境条件

特になし

4.3. 試験フロー

試験フローを図 4.3-1 に示す

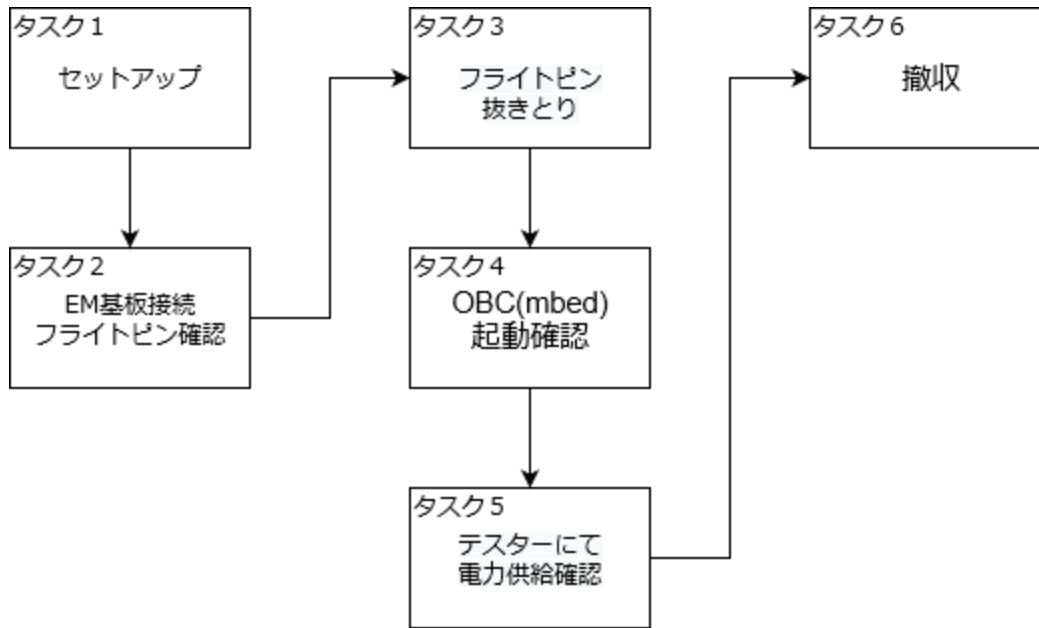


図 4.3-1 試験フロー

4.4. 測定項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応するタスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況の確認	2	コネクタ類の接続	目視により確認	コネクタ類がすべて接続されていること
2	結果の確認	4	OBC の起動確認	目視, テスターで 5V 電源部分を測定	OBC が起動している

4.5. その他留意事項

5. 試験結果

5.1. ケース部試験結果

フライトピンを抜いた後, mbed が起動したことを mbed の LED 点灯により目視で確認した. また, テスターで OBC に 5V 電源が供給できていることを確認した. 試験結果を図 5.1-1 に示す.

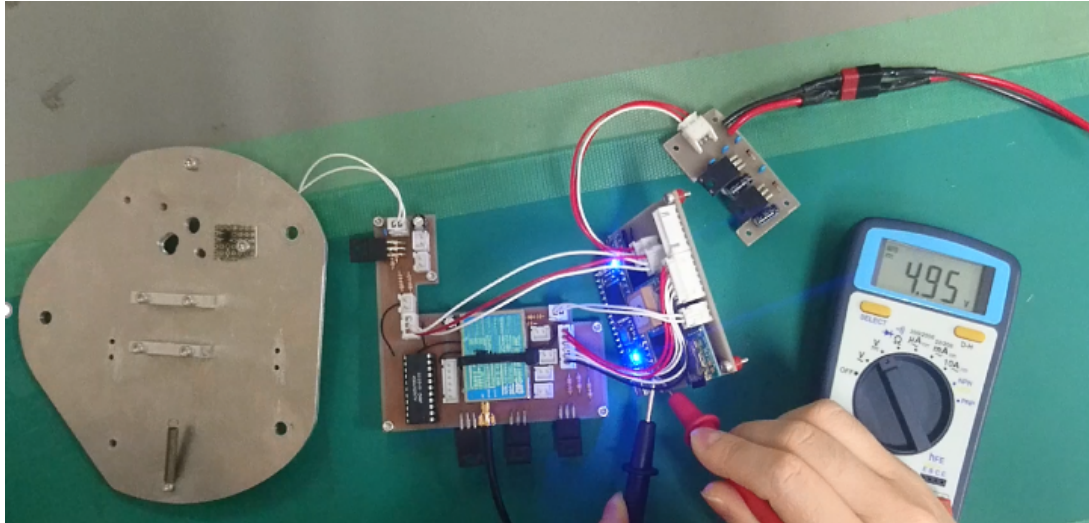


図 5.1-1 mbed が起動し, 5V 電源が供給されている様子

5.1. ローバー部試験結果

マイクロスイッチを離れた後, mbed が起動したことを mbed の LED 点灯により目視で確認した. また, テスターで OBC に 5V 電源が供給できていることを確認した. 試験結果を図 5.2-1 に示す

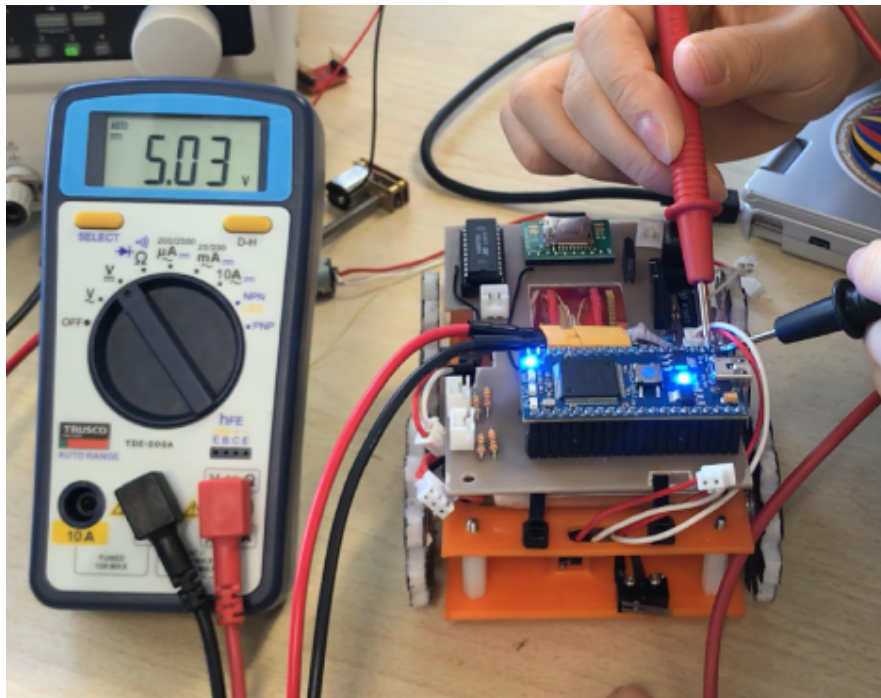


図 5.2-1 mbed が起動し, 5V 電源が供給されている様子

11. 制御履歴レポート作成試験報告書

制御履歴レポート作成試験計画書			
文書管理番号	AP-025	改訂番号	1.0
作成年月日	2019/08/19		
作成者	加藤 雅己		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/18	1.0	初版作成

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験フロー
 - 4.4. 測定項目
 - 4.5. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の制御履歴レポート作成(V11)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

ミッション要求 R13	ログの記録が正常に行われることが確認できている
ミッション要求 R14	ログの記録装置が正常に取り出せることが確認できている

1.2. 試験目的

本試験では CanSat がセンサの値, 制御状態に応じたログを外付けメモリ(SD)へと保存できることを確認する。またその SD が取り外し可能であることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/18 午後 5 時～6 時

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

加藤 雅己
小出 紗瑛
武田 真司

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・基板類
- ・SD
- ・プログラム書き込み用 PC

3.2. 試験系

試験時の外観を図 3.2-1 に示す。

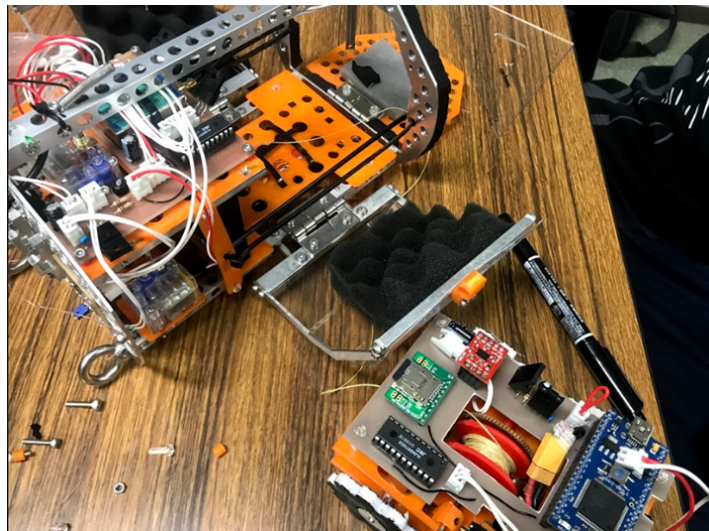


図 3.2-1 試験条件

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA EM

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする。

温度	: 21～25℃(目標)
相対湿度	: 40～50%(目標)
気圧	: 大気圧

4.3. 試験フロー

試験フローを図 4.3-1 に示す。

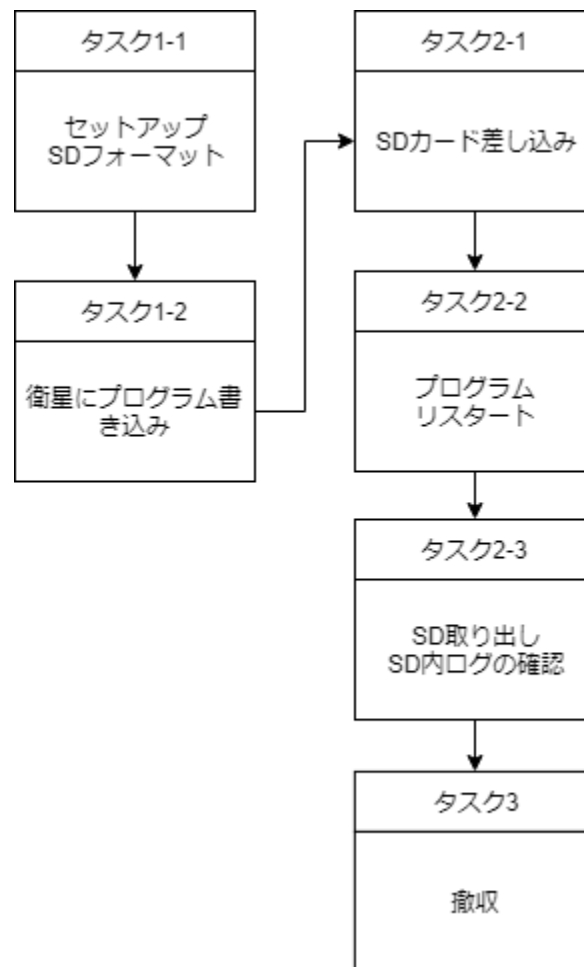


図 4.3-1 試験フロー

4.4. 測定項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応するタスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況の確認	1	SD・コネクタ類の接続	目視により確認	SD・コネクタ類がすべて接続されていること
2	結果の確認	2	SD へのデータ	SD を PC へ接	SD にログが保存されている

	認		保存	続し確認	
--	---	--	----	------	--

4.5. その他留意事項

書き込み中に SD を抜かないこと

5. 試験結果

5.1. SD 書き込み

ローバー部, アンカー部ともに正常に SD に書き込めることを確認した.

ローバー部の制御ログを図 5.1-1, アンカー部の制御ログの一部を図 5.1-2 に示す.

```

rover_log.txt - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
change to rover running mode
measure reel rotation
real count :6
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :7
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :8
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :9
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :10
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :11
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :12
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :12
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :12
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :12
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :12
accelerometer :655356553565535
measure reel rotation
real count :12
--game over-- rover stack
change to reel winding mode
measure reel rotation
real count :11
finish reel winding sequence

```

図 5.1-1 ローバー部制御ログ

```

anchor_log.txt - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)

-----START-----

-----ステータス1: 放出～着地検知-----

1,000000,000000000,0000000000,1003
1,000000,000000000,0000000000,1002
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1003
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1003
(中略)
着地検知

-----ステータス2: バラシュート溶断～待機-----

バラシュート溶断開始
バラシュート溶断終了
CanSat発見待ちのために待機
2,121810,35,601083,139,686480,1003
2,121821,35,601122,139,686372,1004
2,121832,35,601103,139,686397,1004
2,121843,35,601138,139,686410,1005
2,121854,35,601163,139,686403,1003
2,121905,35,601158,139,686332,1004
2,121916,35,601165,139,686305,1003
2,121927,35,601240,139,686217,1004
2,121938,35,601205,139,686285,1004
2,121949,35,601142,139,686407,1004
2,122000,35,601093,139,686490,1003
(中略)

-----ステータス3: 側面カバー展開～ドリル掘削-----

3,135733,35,601380,139,684678,1004
3,135744,35,601380,139,684660,1005
3,135755,35,601393,139,684672,1003
3,135806,35,601382,139,684670,1004
3,135817,35,601457,139,684832,1004
3,135828,35,601515,139,684848,1003
側面カバー溶断開始
側面カバー溶断終了
ドリル掘削開始
下側リミットスイッチを検知。固定終了
ドリル掘削終了

-----ステータス4: 前面扉展開～アップリンク待機-----

4,000000,000000000,0000000000,1003
4,000000,000000000,0000000000,1004
4,140422,35,601218,139,683540,1004
4,140433,35,601228,139,683613,1004
4,140444,35,601268,139,683703,1003
4,140455,35,601407,139,684232,1003
前面扉溶断開始
前面扉溶断終了
アップリンク待機開始
4,140541,35,601667,139,684457,1004
4,140612,35,601673,139,684618,1003
4,140643,35,601500,139,684347,1003
4,140714,35,601558,139,684730,1003
(中略)
4,143437,35,601620,139,684985,1004
4,143508,35,601607,139,684708,1003
4,143539,35,601628,139,684623,1004
4,143610,35,601717,139,684540,1004

-----ステータス5: ドリル引き抜き-----

5,143611,35,601715,139,684548,1004
5,143622,35,601688,139,684630,1004
5,143633,35,601638,139,684782,1003
5,143644,35,601583,139,684960,1004
5,143655,35,601588,139,685078,1003
5,143706,35,601605,139,685102,1004
ドリル引き抜き開始
上側リミットスイッチを検知。引き抜き終了
ドリル引き抜き終了

-----ミッションシーケンス終了-----

-----ステータス6: シークエンス終了後位置情報送信-----

6,144222,35,601678,139,684840,1003
6,144233,35,601673,139,684850,1004
(中略)
6,000000,000000000,0000000000,1004

Windows (CRLF) 32行, 1列 100%

```

図 5.1-2 アンカー部制御ログ

5.2. SD 取り出し

また、ローバー部、アンカー部それぞれが組み立てられた状態でも SD が取り出せることを確認した。試験時の写真を図 5.2-1、図 5.2-2 に示す。

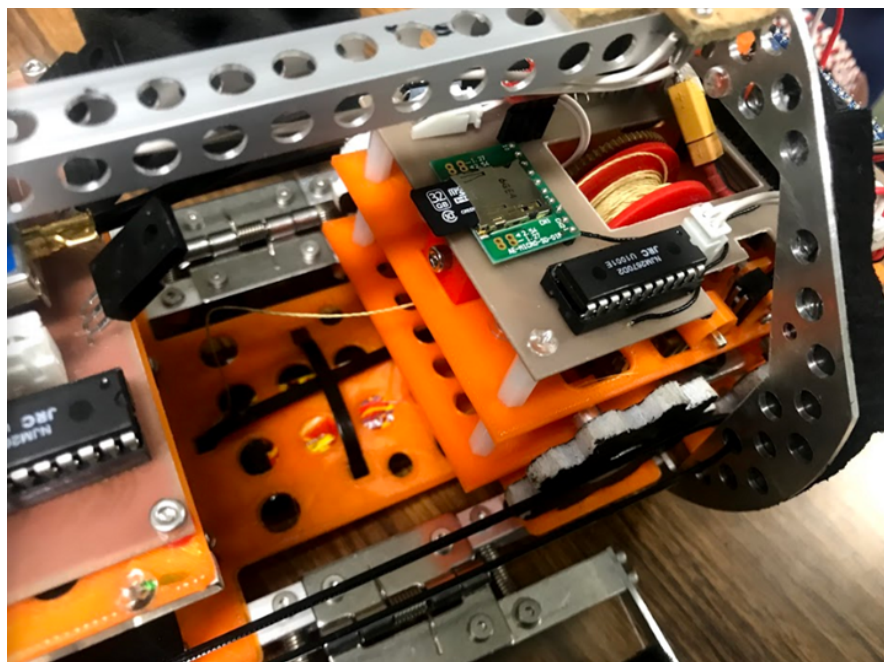


図 5.2-1 ローバー部 SD 取り出し

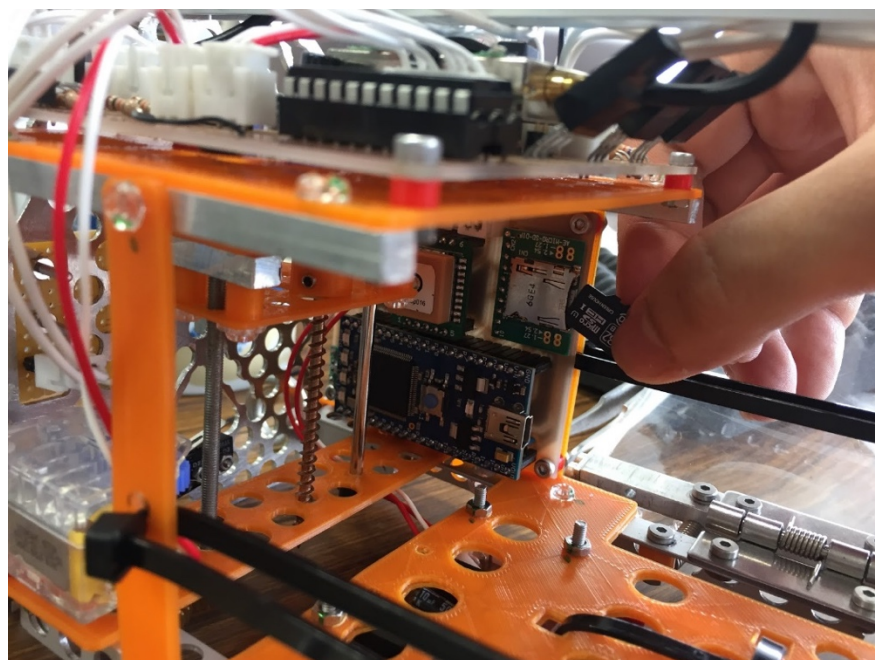


図 5.2-2 アンカー部 SD 取り出し

12. 電力耐久試験報告書

電力耐久試験報告書			
文書管理番号	AP-027	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/21		
作成者	小出紗瑛		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/21	1.0	初版作成
2019/08/22	1.1	試験結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 適用文書
 - 1.3 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.2. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の電力耐久試験(V12)に適應する。対応する要求は以下のとおりである。

ミッション要求 R15	シーケンスを実行するのに十分な電力をバッテリーが供給できることが確認できている
-------------	---

1.2. 試験目的

本試験では、CanSat がミッションシーケンスを実行するのに十分な電力量を CanSat 搭載のバッテリーにより供給できることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/21 午前 11:00~

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

奥山 茂亮
武田 真司

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat EM 基板
- ・バッテリー
- ・バッテリー充電器 (IMAX B6 mini)

3.2. 試験系

本試験で使用する試験系を図 3.2-1 に示す。

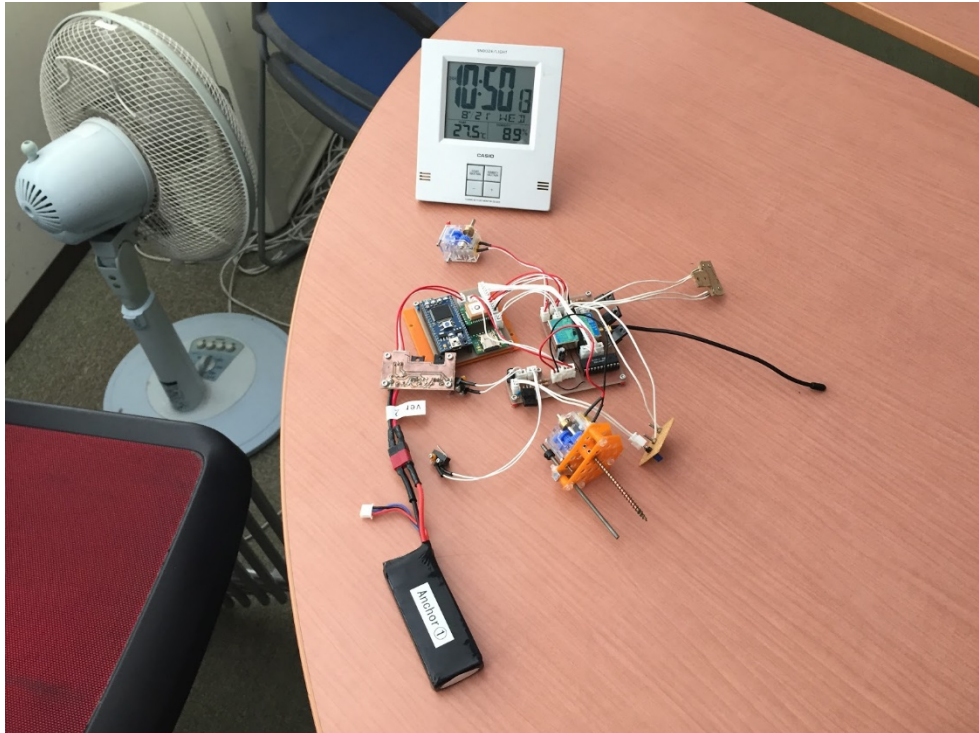


図 3.2-1 試験系

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする。

温度 : 21~25°C (目標)

相対湿度 :40～50%(目標)
気圧 :大気圧

4.3. 試験条件

衛星をロケットに搭載後ミッション終了までのシーケンス及びそれにかかる時間の目安を表 4.2-1 に示す。本試験においてはこの時間を模擬したシーケンスを実施した。

表 4.2-1 シーケンス及びその時間

状態	時間	累計時間
ロケット搭載～打ち上げ	60 分	60 分
放出～落下	20 分	80 分
パラシュート溶断・待機	90 分	2 時間 50 分
待機終了～ドリル固定完了	6 分	2 時間 56 分
ローバー部ミッション待機	31 分	3 時間 27 分
ドリル抜き上げ	6 分	3 時間 33 分
ミッションシーケンス終了後 位置情報送信	60 分	4 時間 33 分

4.4. 試験フロー

試験全体の流れを図 4.3-1 に示す。

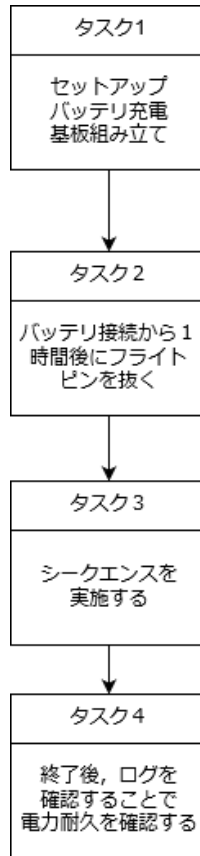


図 4.3-1 試験フロー

4.5. 測定項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応する タスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況の確認	1	バッテリーと基板とコンポー ネントが接続されていること	目視により 確認	接続してい ないコネクタ の有無
2	フライトピンを抜く	2	フライト待機時間を模擬する ため、1時間後にフライトピン を抜く	目視により 確認	フライトピン がぬけている こと

3	実際のミッション時間を模擬したシーケンスの実施確認	3,4	シーケンスを実施し、バッテリーが最後まで切れないことを確認する	目視, 及びログにより確認	バッテリーが切れないこと
---	---------------------------	-----	---------------------------------	---------------	--------------

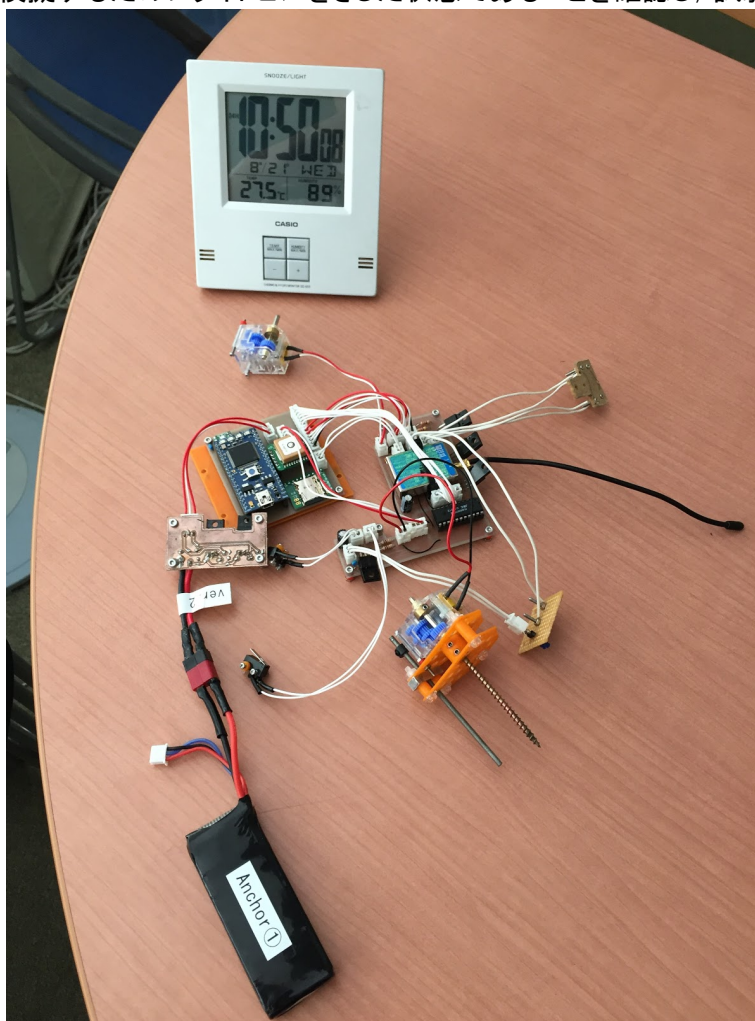
4.6. その他留意事項

リポバッテリーの取り扱いに気を付けること

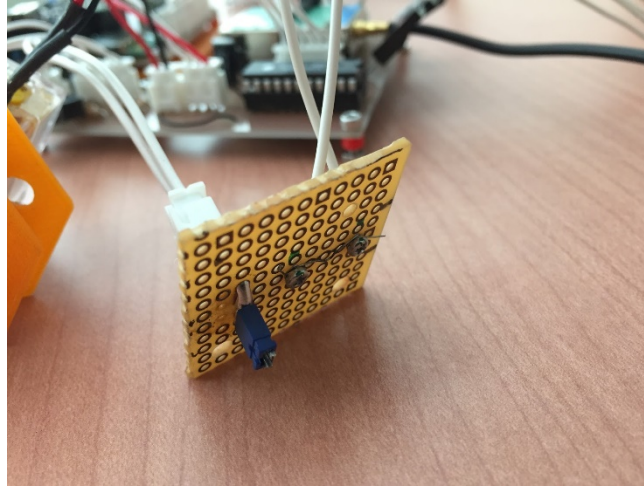
5. 試験結果

試験開始時の様子を図 5-1 に示す。

ロケット搭載状態を模擬するためフライトピンをさした状態であることを確認し、試験を開始した。



(a)試験開始時の試験系



(b)フライトピンの様子

図 5-1 試験開始時の基板の様子

次に試験開始から1時間後にフライトピンを引き抜いた。その後の制御ログを図 5-2 に示す。屋内で測定を行ったため、GPS の値が計測できていない。このため時刻は時計にて測定している。

```
-----START-----  
-----ステータス1: 放出～着地検知-----  
1.000000,000000000,000000000,1004  
電力耐久試験用プログラム  
-----START-----  
-----ステータス1: 放出～着地検知-----  
1.000000,000000000,000000000,1005  
電力耐久試験用プログラム  
-----START-----  
-----ステータス1: 放出～着地検知-----  
1.000000,000000000,000000000,1005  
電力耐久試験用プログラム  
-----START-----  
-----ステータス1: 放出～着地検知-----  
1.000000,000000000,000000000,1003  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1003  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1003  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30178, 35, 601833, 139, 686213, 1003  
圧力差分閾値以下  
1. 30149, 35, 601990, 139, 686978, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30210, 35, 601998, 139, 687345, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30231, 35, 602037, 139, 687687, 1005  
圧力差分閾値以下  
1. 30252, 35, 602033, 139, 688002, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30313, 35, 602048, 139, 688132, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30334, 35, 602013, 139, 688142, 1003  
圧力差分閾値以下  
1. 30355, 35, 601972, 139, 687967, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30416, 35, 601933, 139, 687722, 1003  
圧力差分閾値以下  
1. 30437, 35, 601920, 139, 687567, 1003  
圧力差分閾値以下  
1. 30458, 35, 601912, 139, 687402, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30519, 35, 601948, 139, 687335, 1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1005  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1003  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30706, 35, 601843, 139, 685510, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30727, 35, 601842, 139, 685468, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30748, 35, 601857, 139, 685262, 1005  
圧力差分閾値以下  
1. 30809, 35, 601810, 139, 685367, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30830, 35, 601852, 139, 685567, 1005  
圧力差分閾値以下  
1. 30851, 35, 601728, 139, 685732, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30912, 35, 601783, 139, 685777, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30933, 35, 601873, 139, 686128, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 30954, 35, 601930, 139, 686245, 1003  
圧力差分閾値以下  
1. 31015, 35, 601903, 139, 686330, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 31036, 35, 601927, 139, 686348, 1003  
圧力差分閾値以下  
1. 31057, 35, 601960, 139, 686448, 1004  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1004  
圧力差分閾値以下  
1. 31140, 35, 601738, 139, 685710, 1003  
圧力差分閾値以下  
1.000000,000000000,000000000,1003  
圧力差分閾値以下  
1. 31223, 35, 601512, 139, 685220, 1004  
圧力差分閾値以下  
1. 31244, 35, 601512, 139, 685195, 1003  
圧力差分閾値以下  
1. 31305, 35, 601483, 139, 685177, 1005  
圧力差分閾値以下
```

(a)起動時

シーケンス終了状態を図 5-3 に示す。
プログラムの内部の wait 関数で時間を管理しているため、通信時等の処理による遅延の影響が入り最終的な試験時間は 5 時間 8 分となった。ミッションシーケンス及びロスト対策用にその後 1 時間の位置情報ダウンリンクを実施したのちにも OBC が起動状態にあることから、バッテリー容量が十分であることが確認できた。

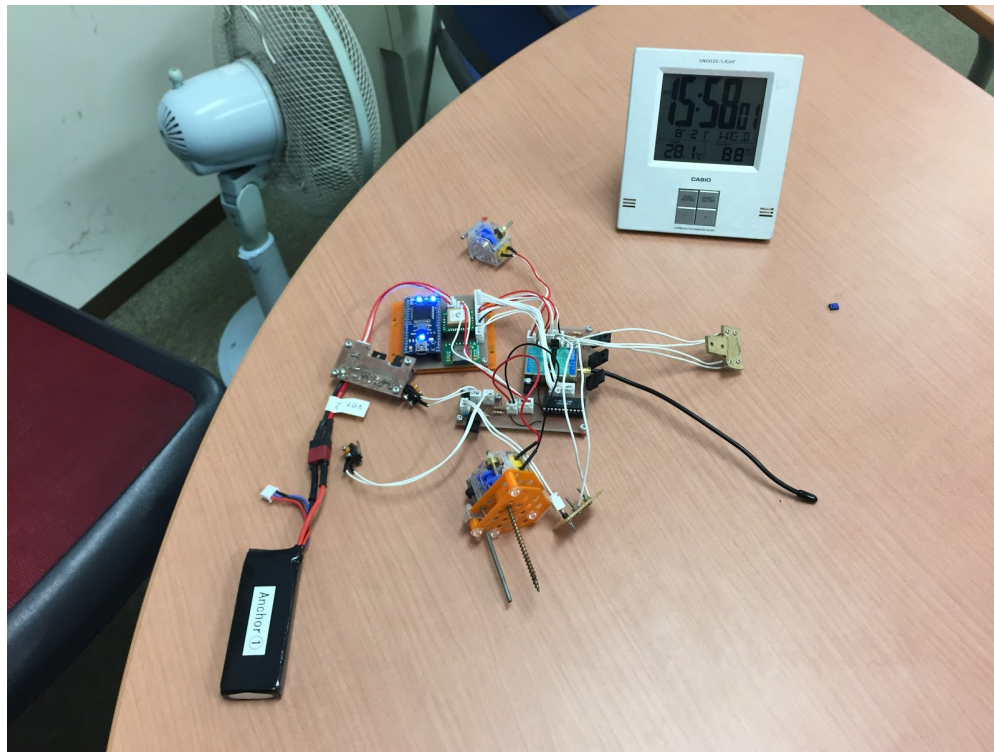


図 5-3 シーケンス終了時

13. パラシュート分離試験報告書

パラシュート分離試験報告書			
文書管理番号	AP-029	改訂番号	1.2
作成年月日	2019/08/20		
作成者	室田 晟亜		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/20	1.0	初版作成
2019/08/20	1.1	文言の調整, 図表番号の挿入
2019/09/03	1.2	EndtoEnd 試験における結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA のパラシュート分離試験(V13)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

ミッション要求 R17	パラシュートが分離できることが確認できている
-------------	------------------------

1.2. 試験目的

CanSat が着地後に風によって流されるのを防ぐためパラシュートを分離する。本試験ではパラシュートと CanSat が、CanSat に設けられたテグス溶断機構によって分離することを確認する。また、本機構を使用することで、ミッション中の溶断機構加熱時間である 5 秒以内にテグス溶断が完了することを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019.08.18(日)

14:00～15:00

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

吉田 耀

室田 晟亜

奥山 茂亮

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・安定化電源
- ・試験手順書
- ・パラシュート
- ・実験器具
 - 養生テープ
 - メジャー
 - はさみ
- ・記録装置
 - カメラ

3.2. 試験系

試験時の外観を以下の図 3.2-1 に示す。

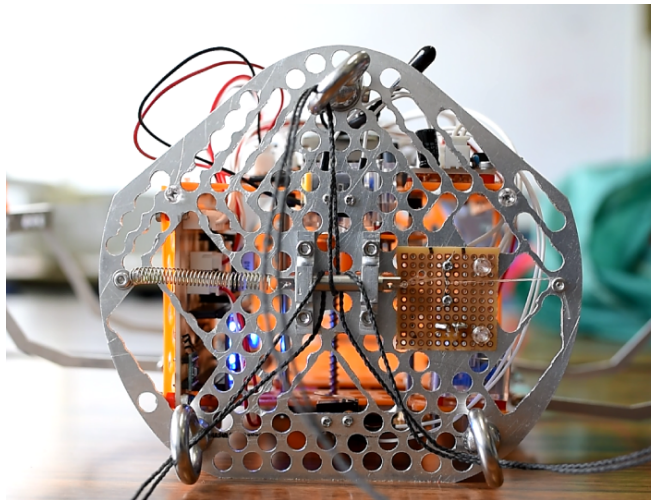


図 3.2-1 試験系

4. 試験方法

4.1. 試験対象

パラシュート分離機構

4.2. 試験環境条件

特になし

4.3. 試験条件

電源供給は安定化電源で行い, OBC(mbed)によりスイッチングし溶断機構を動作させる.

4.4. 試験フロー

試験フローを図 4.4-1 に示す.

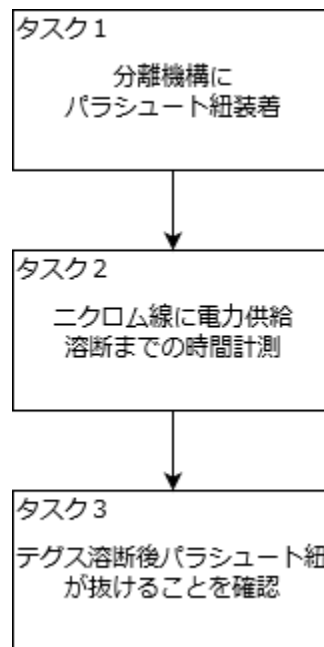


図 4.4-1 試験フロー

4.5. 測定項目

試験時の測定項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 測定項目

No.	確認目的	対応する タスク No.	測定項目 確認項目	測定方 法 確認方 法	判定基準

1	準備状況の確認		各配線が正しく接続されていること	目視により確認	各配線が正しく接続されている
2	パラシュート分離の確認	1	テグス溶断の確認	目視により確認	テグスが溶断される
3		2	パラシュート分離の確認	目視により確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ステンレスピンがガイドから抜けることでパラシュート紐の輪が CanSat から抜けること ・手で紐を引くことでパラシュートが分離できる

4.6. その他留意事項

- ・安全に留意して活動を行う。
- ・ニクロム線に電力供給を開始してからテグス溶断が完了するまでの時間も記録する。

5. 試験結果

試験の様子を目視で確認し、テグス溶断機構によって溶断が成功したことを確認した。また、本機構を使用することで5秒以内にテグス溶断が完了することを確認した。テグス溶断前の写真を図 5.1-1 に、テグス溶断後の写真を図 5.1-2 に示す。図 5.1-1 補足に示すように、パラシュートはパラシュート固定ピンで固定されており、ニクロム線によってテグスを溶断することでバネ力によりピンが引き抜かれる。図 5.1-2 より、パラシュート紐を固定していたピンが抜け、パラシュート分離が可能な状態であることが確認できる。

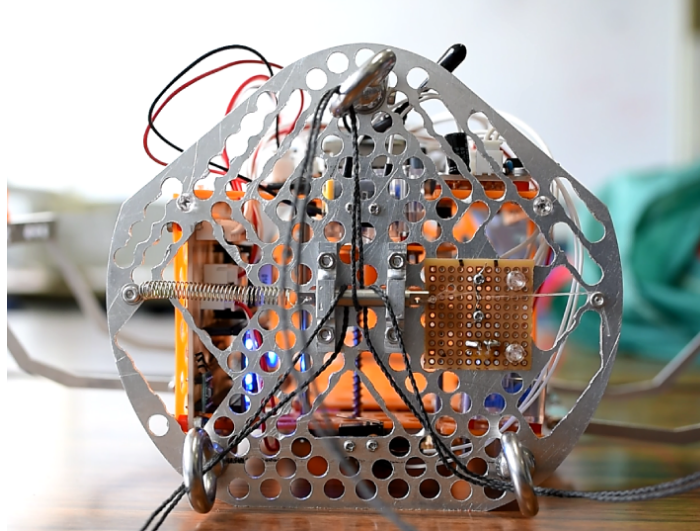


図 5.1-1 テグス熔断前テグス熔断機構

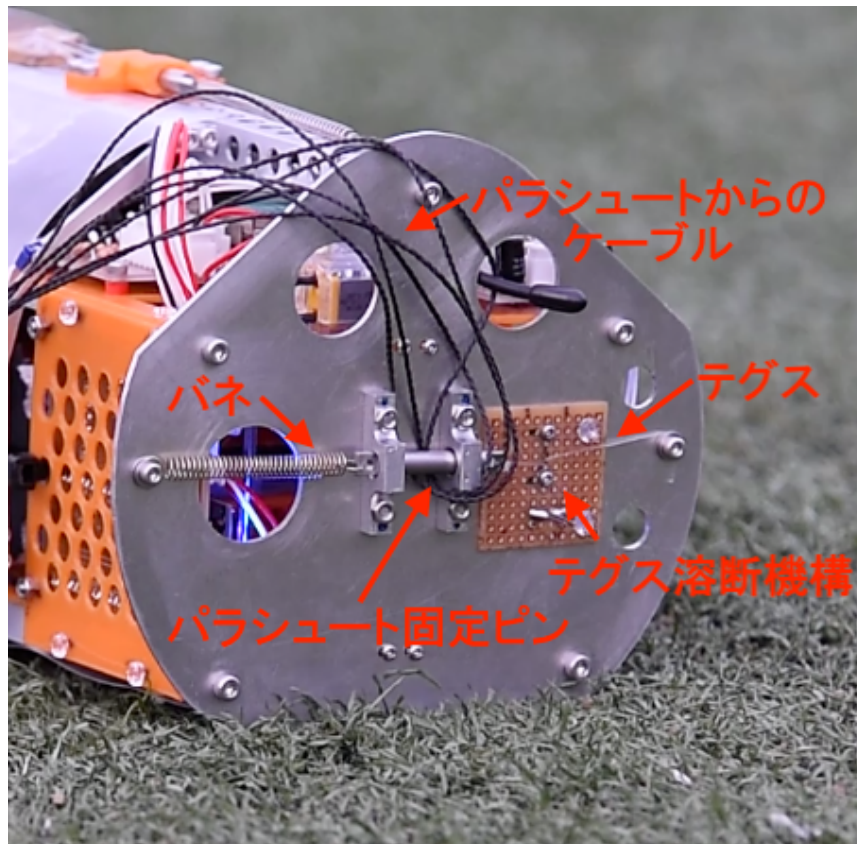


図 5.1-1 補足 テグス熔断機構概要

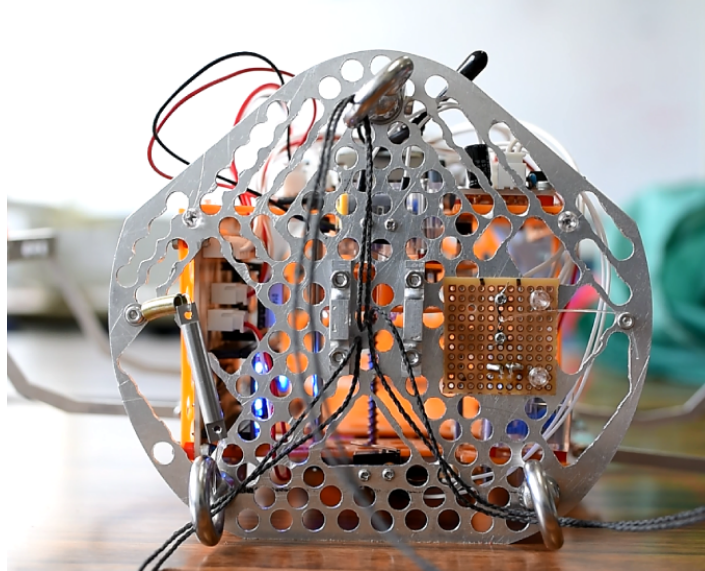


図 5.1-2 テグス溶断後テグス溶断機構

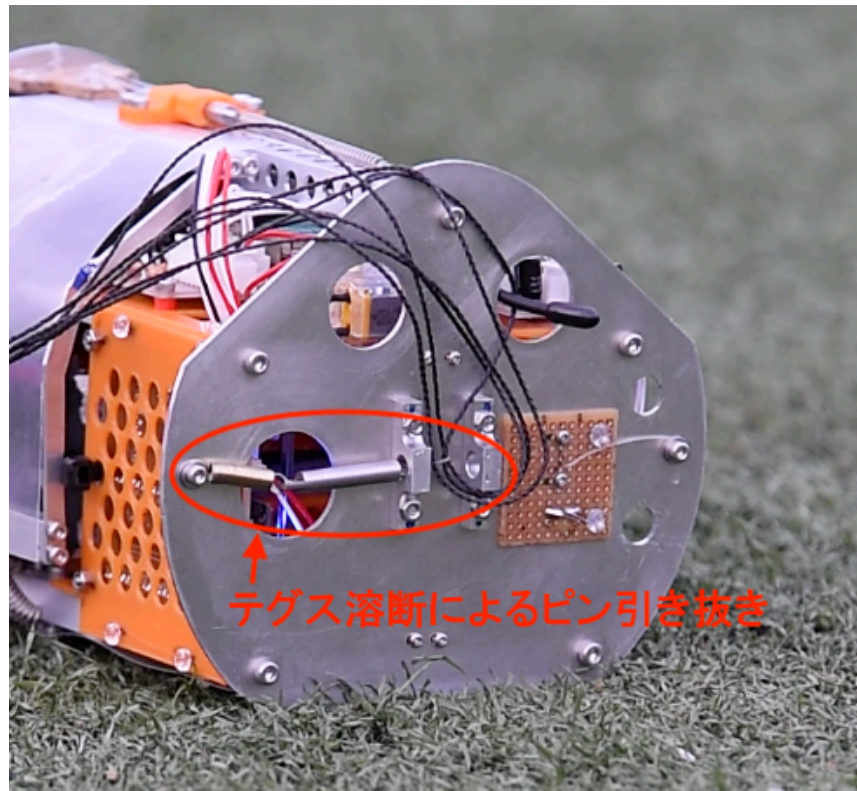


図 5.1-2 補足 テグス溶断後

また、テグス溶断後に手でパラシュート紐を引っ張ることにより CanSat とパラシュートが問題なく分離できた。分離途中の様子を図 5.1-3 に示し、分離完了の様子を図 5.1-4 に示す。ARLISS においては着地後、風が吹きパラシュートが風に流された際もパラシュートのみが流され CanSat が動かないことが期待できる。

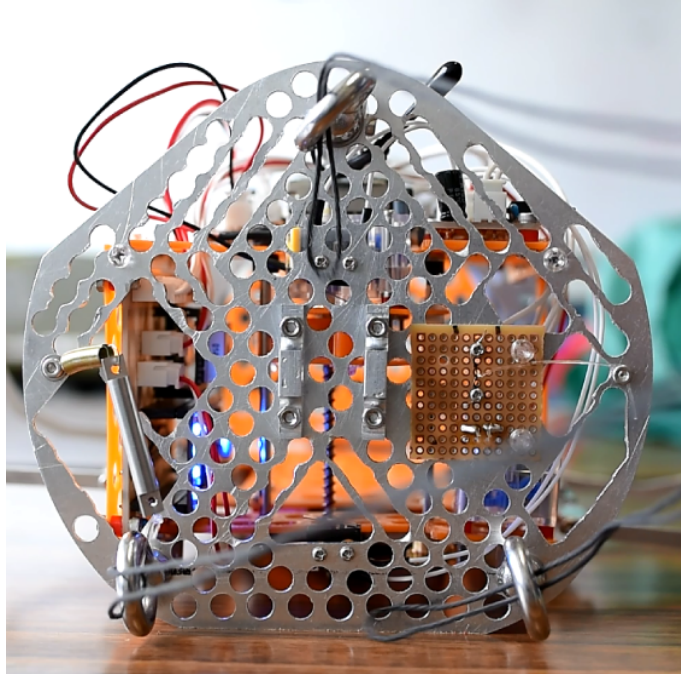


図 5.1-3 パラシュート紐と CanSat の分離途中の様子

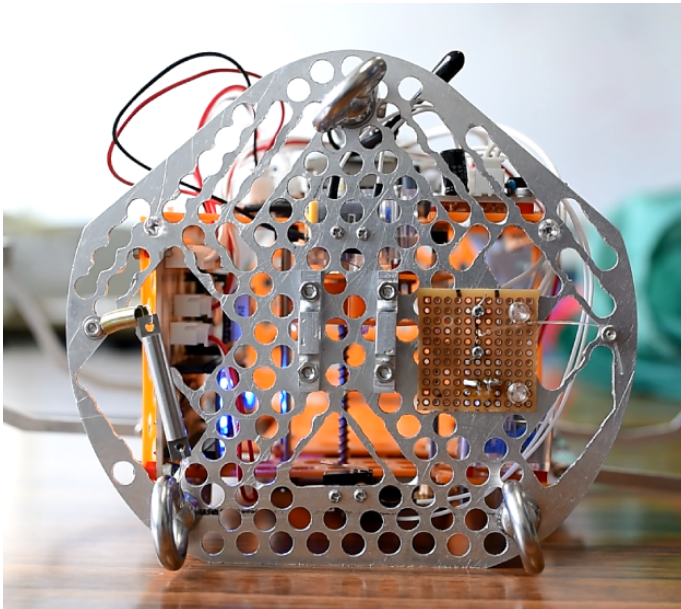


図 5.1-4 パラシュート紐と CanSat の分離完了の様子

パラシュート分離の様子は，EndtoEnd 試験動画の 2:00～2:25 を参照。
<https://youtu.be/RIDM0uNZnv0?t=120>

14. ケース側面カバー開口試験報告書

ケース側面カバー開口試験報告書			
文書管理番号	AP-031	改訂番号	1.2
作成年月日	2019/08/21		
作成者	野上 健吾		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/21	1.0	初版作成
2019/08/22	1.1	加藤が文言を調整
2019/09/03	1.2	EndtoEnd 試験における結果を追記 初回試験時の動画を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA のケース側面カバー開口試験(V14)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

ミッション要求 R16	着陸後にケース側面カバーが開口し、ケースが正立状態になることが確認できている
----------------	--

1.2. 試験目的

本試験では、CanSat に設けられたテグスを溶断することによりカバー機構が展開され、CanSat が正立することを確認する。また、テグス溶断機構により、5 秒以内にテグス溶断が完了すること、およびテグス溶断によってピンが抜けることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/20 午後 12:00～14:00

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

吉田 耀
奥山 茂亮
武田 真司

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・テグス予備
- ・本試験手順書
- ・記録装置
カメラ

3.2. 試験系

図 3.2-1 に示すように, CanSat を横向きに寝かせた状態で試験を開始する. この状態からフライトピンを引き抜き, CanSat 正立を確認及びカバー展開の様子を観察する.

カバーの展開には図 3.2-2 に示すようなテグス溶断機構を用いる. テグスを溶断することで, バネに接続されたピンがカバー上部のピンガイドより引き抜かれ, カバーの拘束が解除される.



図 3.2-2 試験時外観

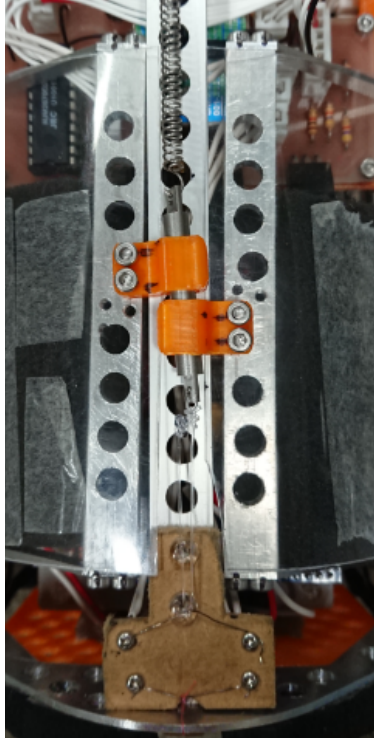


図 3.2-2 テグス溶断機構

4. 試験方法

4.1. 試験対象

テグス溶断機構
展開カバー

4.2. 試験環境条件

カバーの展開時に機体が転がることが予想されるため、広い実験場所かつ周囲に障害物の無い環境にて実施する。

4.3. 試験条件

- ・バッテリー7.4V をレギュレータを通し 5V に降圧しニクロム線へ供給する
- ・テグスは直径 0.5mm のナイロン線を用いる
- ・ニクロム線直径を 0.2mm のものを用いる

・図 4.3-1 に示すように, CanSat の初期状態での姿勢は(a)~(e)の5通りとし, 全ての条件で CanSat が正立することを確認する

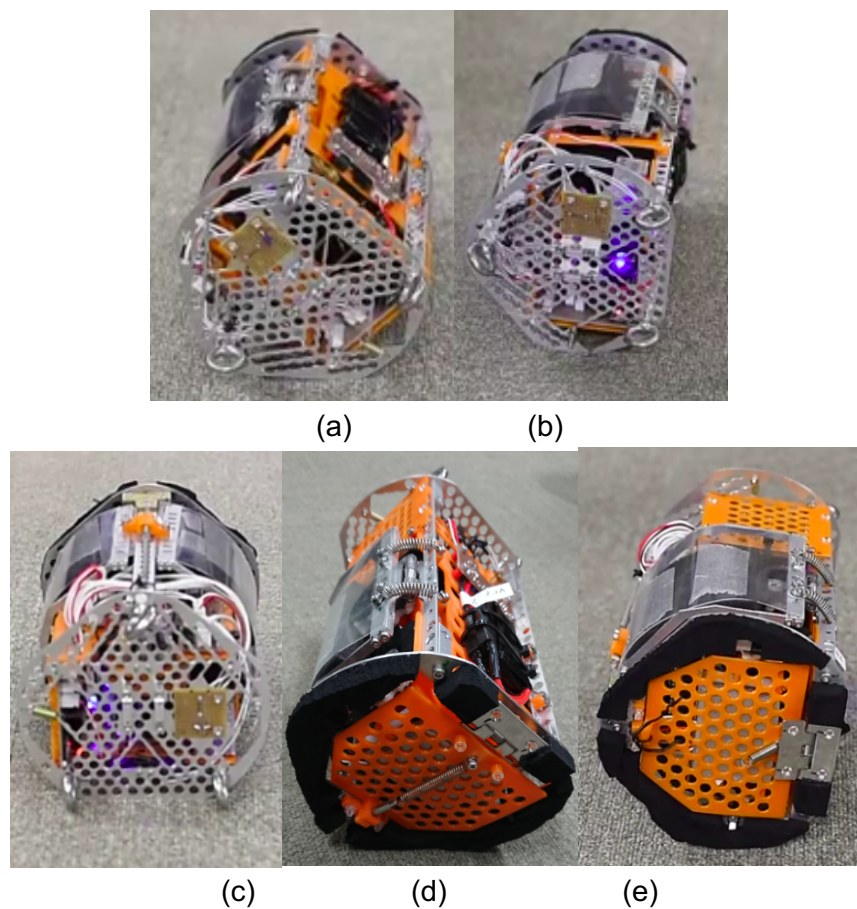


図 4.3-1 試験条件

4.4. 試験フロー

試験フローを図 4.4-1 に示す. この試験フローを試験条件(a)~(e)に対し 1 回ずつ, 合計 5 回実施する.

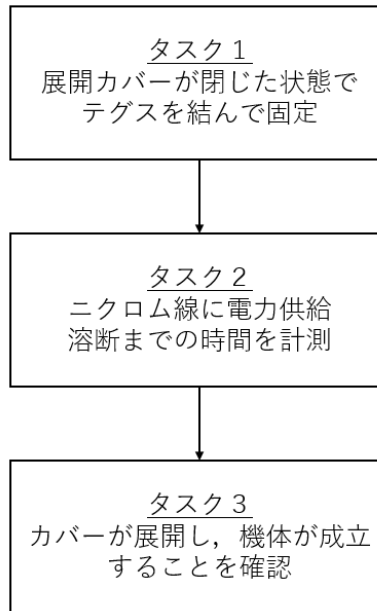


図 4.4-1 試験フロー

4.5. 測定項目

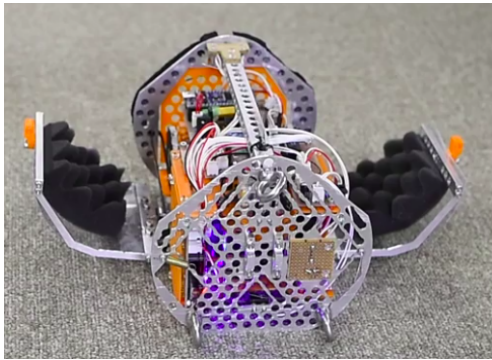
確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

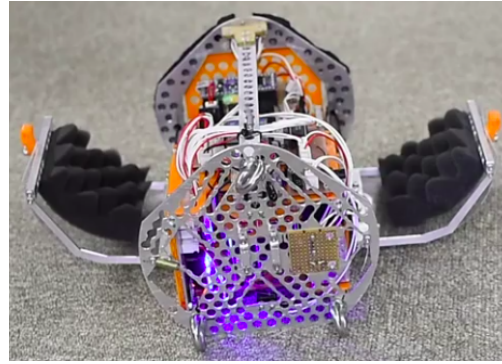
No.	確認目的	対応する タスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況 の確認	1	各配線が正しく接続されていること	目視により確認	各配線が正しく接続されている
2	カバー展開の確認	2	テグス溶断の確認	目視により確認	テグスが溶断される
3		3	カバー展開の確認	目視により確認	テグス溶断によりピンが抜けてカバーの拘束が解除される
4	正立の確認	3	機体の成立の確認	目視により確認	カバーが展開することにより機体が成立する

5. 試験結果

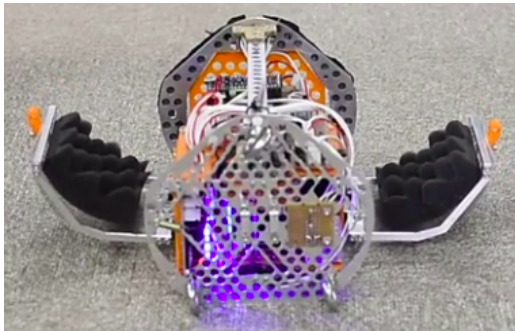
図 4.3-1(a)~(e)の状態からカバー展開した後の様子を, 図 5-1(a)~(e)にそれぞれ示す. 各試験結果より, 全ての姿勢からカバーの展開によってケースが正立することが確認できた.



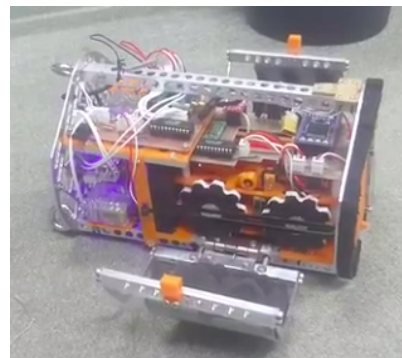
(a)



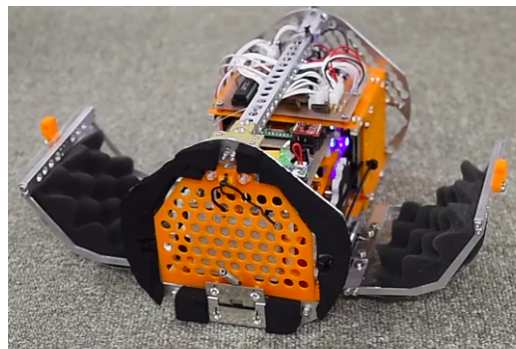
(b)



(c)



(d)



(e)

図 5-1 試験結果

各姿勢からの展開，正立の様子を以下の動画に示す．

姿勢(a) : <https://youtu.be/lUkTeidyg9A>

姿勢(b) : https://youtu.be/_s2o1b19sJc

姿勢(c) : <https://youtu.be/76EUcPSxADw>

姿勢(d) : https://youtu.be/y_2_XhXoFYo

姿勢(e) : https://youtu.be/9_UZxSwJel4

シーケンス内でのカバー展開の様子は，EndtoEnd 試験動画の 4:35～4:50 を参照．

<https://youtu.be/RIDM0uNZnv0?t=275>

15. ローバー部ケース分離試験報告書

ローバー部ケース分離試験報告書			
文書管理番号	AP-033	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/21		
作成者	小出紗瑛		

AMANOGAWA
ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/21	1.0	初版作成
2019/09/03	1.1	EndtoEnd 試験における結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA のローバー部ケース分離試験(V15)に適用する。対応する要求は以下のとおりである。

ミッション要求 R17	ケース前面蓋開口後にローバー部がケースから外れ、ミッションに移行できることが確認できている
-------------	---

1.2. 試験目的

本試験では、ケース前面蓋開口後にローバー部がケースから外れ、ミッションに移行できることを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/19 13:00~

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

加藤 雅己
奥山 茂亮
嶋田 有登
室田 晟垂
小出 紗瑛
野上 健吾
武田 真司
吉田 耀

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・テグス
- ・撮影用カメラ

3.2. 試験系

試験時の外観を図 3.2-1 に示す。

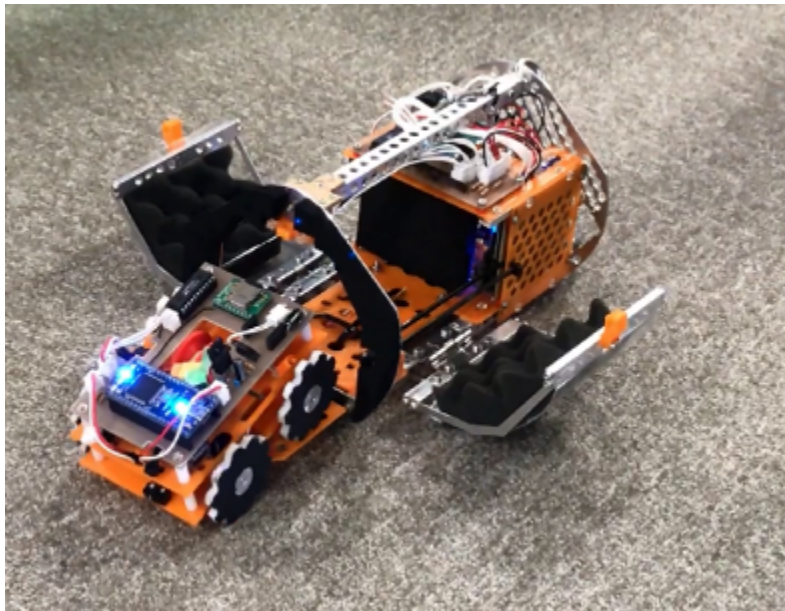


図 3.2-1 試験条件

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする。

温度 : 21~25°C(目標)
 相対湿度 : 40~50%(目標)
 気圧 : 大気圧

4.3. 試験フロー

試験フローを図 4.3-1 に示す

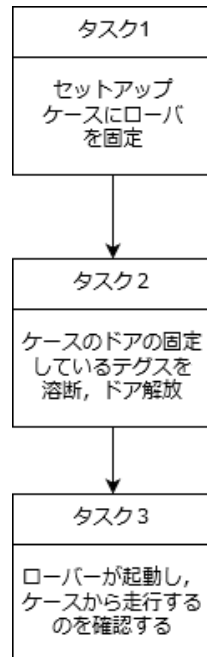


図 4.3-1 試験フロー

4.5. 測定項目

No.	確認目的	対応するタスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	準備状況の確認	1	ローバーをケースに固定する	手でローバーをドア部の方に押し付けて、動かないことを確認	ローバーが動かないことを確認する
2	ドアの固定部分の確認	1	ケース前面蓋がテグス溶断により開放できる	目視により確認	ケース前面蓋がテグス溶断により開放で

			状態であることを確認する		きる状態である
3	ケース前面蓋の開放の確認	2	テグス溶断を行いケース前面蓋を開放する	目視により確認	テグス溶断によりケース前面蓋が開放される
4	ローバーが起動し、走行できることを確認	3	ドアの開放により、ローバOBCが起動、走行できることを確認する	目視により確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ローバーOBC ga 起動できること (mbed の LED 点灯によって確認) ・走行できること

5. 試験結果

テグス溶断機構により、ケース前面蓋を開口できることを確認した。開口前の様子を図 5.1-1 に示し、開口後の様子を図 5.1-2 に示す。



図 5.1-1 ケース前面蓋の開口前の様子

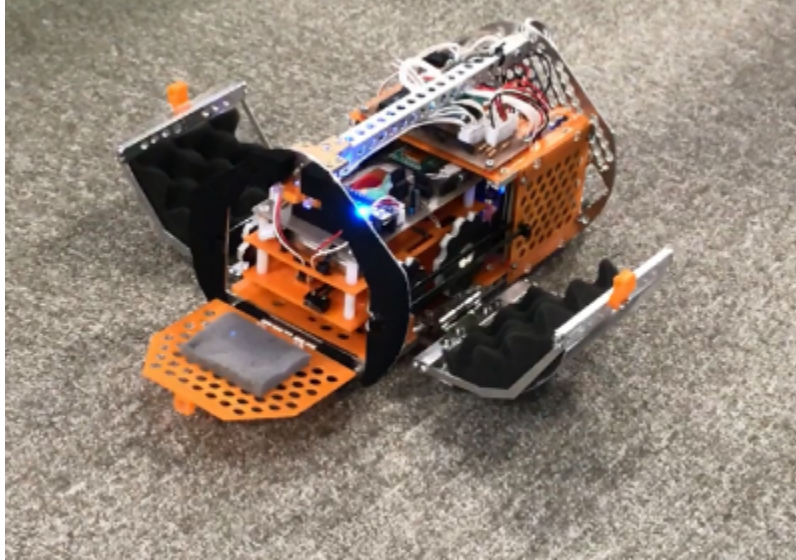


図 5.1-2 ケース前面蓋の開口後の様子

また、ローバーが起動し、走行できることを確認した. ケース部とローバー部分が分離した様子を図 5.1-3 に示す.



図 5.1-3 ケース部とローバー部分が分離した様子

シーケンス内でのローバー部ケース分離の様子は, EndtoEnd 試験動画の 6:50~7:50 を参照 <https://youtu.be/RIDM0uNZnv0?t=410>

16. アンカー一部固定試験報告書

アンカー一部固定試験報告書			
文書管理番号	AP-035	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/21		
作成者	奥山茂亮		

AMANOGAWA
ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/21	1.0	初版作成
2019/09/03	1.1	再試験における結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 確認項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果
 - 5.1. ケース単体での固定力の確認
 - 5.2. ドリル掘削
 - 5.3. ドリルによる固定力の確認
 - 5.4. ドリル引き抜きの確認

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA のアンカー一部固定試験(V16)に適用する。対応する要求は以下の通りである。

ミッション要求 R18	ドリル機構を作動させた際、ドリルが正常に地面に刺さることが確認できている
ミッション要求 R19	ドリルが刺さっている時に 15N の引張り張力を加えた際、アンカー一部が動かずに固定されていることが確認できている
ミッション要求 R20	ドリルが地面に刺さっている際、機構を作動させることでドリルを引き抜けることが確認できている。

1.2. 試験目的

本試験では、CanSat 搭載のドリルにより地面を掘削しドリルが固定されることにより固定力を発揮することを確認する。また、ドリルを引き抜くことで本アンカーシステムの再利用性を示す。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/19 午後 5 時 30 分～6 時 30 分

再試験実施日

2019/08/30 午前 9 時～9 時 30 分

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

奥山 茂亮

嶋田 有登

再試験参加者

奥山 茂亮

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・フォースゲージ(AD4932A-50N)
- ・フォースゲージ用引っ張りひも

3.2. 試験系

本試験実施時の外観を以下の図 3.2-1 に示す。



図 3.2-1: 試験時の外観

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA

4.2. 試験環境条件

アンカー一部固定試験の周囲環境条件は以下の通りとする。

温度 : 25～30℃(目標)
 相対湿度 : 40～50%(目標)
 気圧 : 大気圧

4.3. 試験条件

本試験では、ドリル部で掘削することで CanSat を地面に固定し、フォースゲージで固定力を測定する。また、ドリル部を引き抜くことで本アンカーシステムの再利用性を示す。

4.4. 試験フロー

試験フローを以下の図 4.4-1 に示す。

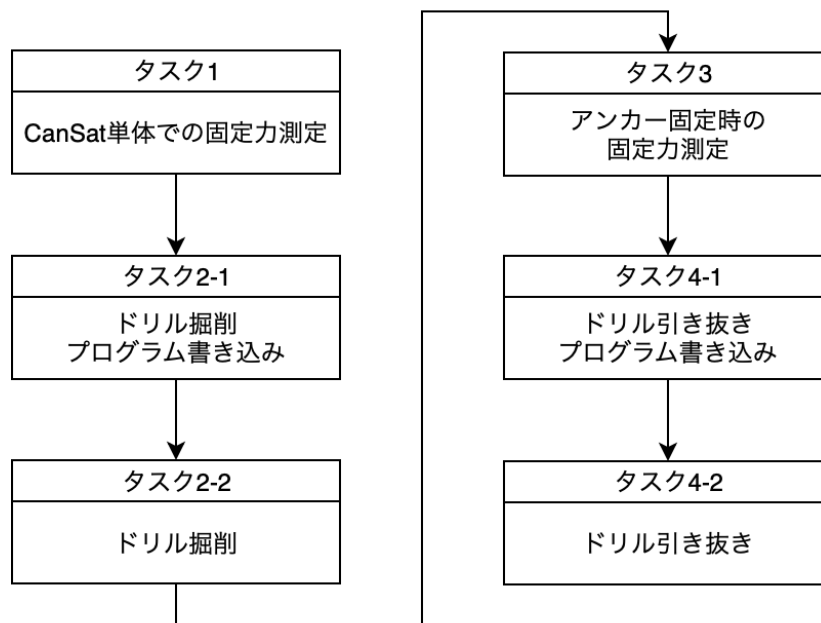


図 4.4-1: 試験フロー

4.5. 確認項目

確認項目を以下の表 4.5-1 に示す。

表 4.5-1: 試験における確認項目

No.	確認目的	対応するタスク	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準

		No.			
1	ドリル掘削の確認	2-2	ドリルが奥まで掘削できているか	目視で確認	目視で確認 機体が浮き上がらずにドリルが掘り進められていること
2	固定力の確認	3	CanSatの固定力	フォースゲージでCanSatに固定された紐を引張り、固定力を測定	固定力が15Nを超えているか確認
3	ドリル引き抜きの確認	4-2	ドリルが地面から引き抜けているか	目視で確認	目視で確認

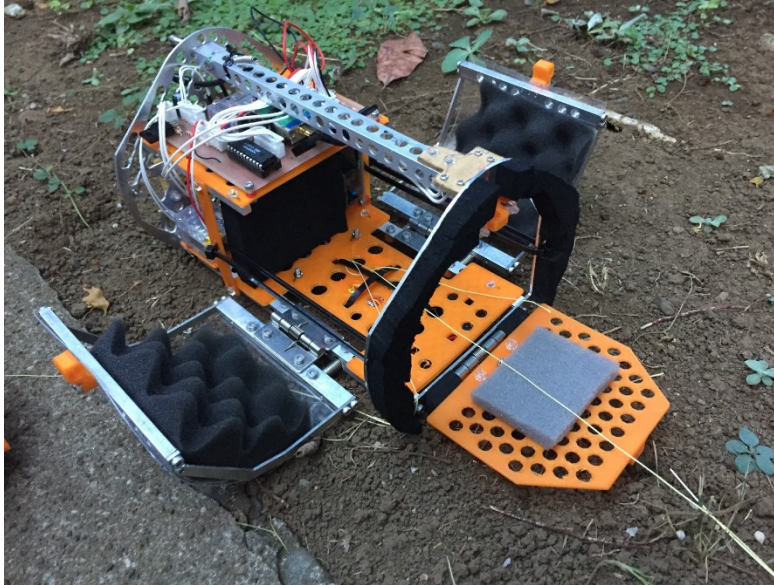
4.6. その他留意事項

ドリルの取り扱いに留意する

5. 試験結果

5.1. ケース単体での固定力の確認

ドリル機構動作前にケースを地面におき、ケース単体での固定力を確認する。ケースにはローバー走行時にケーブルの張力が加わるため、ローバー走行時を模擬し以下の図 5.2.1 のように、側面展開カバー展開済み、前面扉開口済み、ローバーがケース外に出ているという状態で実験を行なった。



5.1.1: ケース単体での固定力確認時のケースの状態

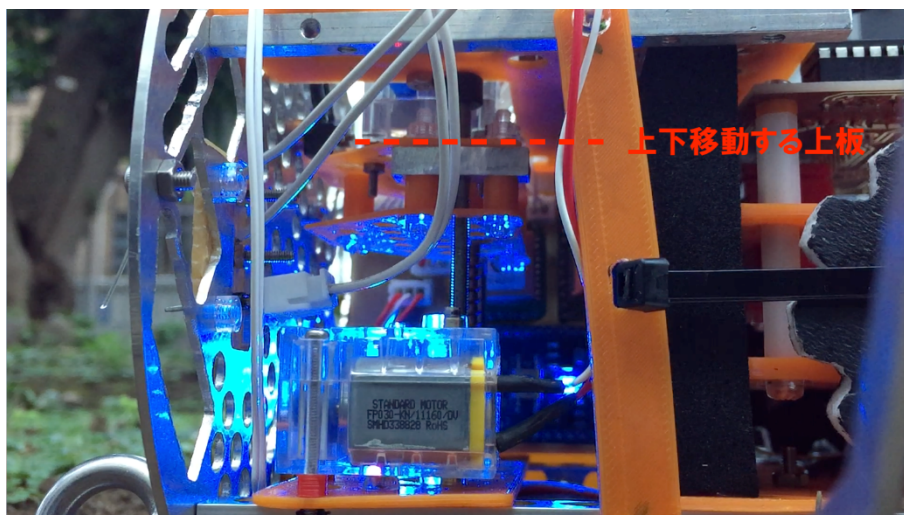
以上の条件下で、ローバーに繋がれたケーブルの端と同じ場所にフォースゲージ引っ張り用ケーブルを取り付け、地面と平行に引っ張り力を与えたところ引っ張り力が 10.7 [N]を超えた際にケースが滑った。このことよりケース単体ではミッション要求 R19 を満たしていないことが分かる。

5.2. ドリル掘削

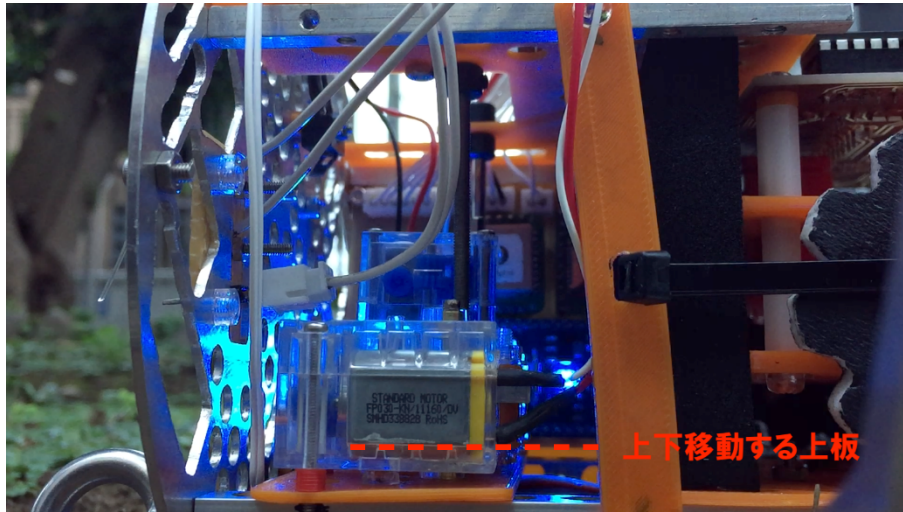
ドリル掘削を行なった。ドリル掘削時のドリルと地面の接点は目視で確認することができないため、ドリル掘削は、

- ・上下移動するドリル機構上板の位置が規定の位置まで下がっている
- ・機体が持ち上がっていない
- ・掘削シーケンス間でドリル用モーターが停止していない

という3点から確認を行った。ドリル掘削前の様子を以下の図 5.2.1, 掘削後の様子を以下の図 5.2.2 に示す。



5.2.1: 掘削前の様子



5.2.2: 掘削後の様子

以上の図から、上下移動するドリル機構上板の位置が規定の位置まで下がっていること、機体が持ち上がっていないことが確認できる。また、目視によってドリルの回転が止まっていないことを確認した。そのため、ドリル機構によって掘削を行えたと言える。

ドリル引き抜き試験を行った後に地面に残ったドリル機構によって開けられた穴を以下の図 5.2.3 に示す。このことからドリル掘削の成立性が確認できる。



5.2.3: ドリルによって開けられた穴

再試験結果

再試験時のドリル掘削の様子を以下の動画で示す。

<https://youtu.be/4apKkG0WNJA>

5.3. ドリルによる固定力の確認

ドリル掘削を行った状態での固定力の測定を行なった。図 5.1.1 と同様の条件で実験を行なった結果、34.2N の引っ張り力を加えてもケースの移動が確認できなかった。これはミッション要求 R19 を満たしている。

再試験結果

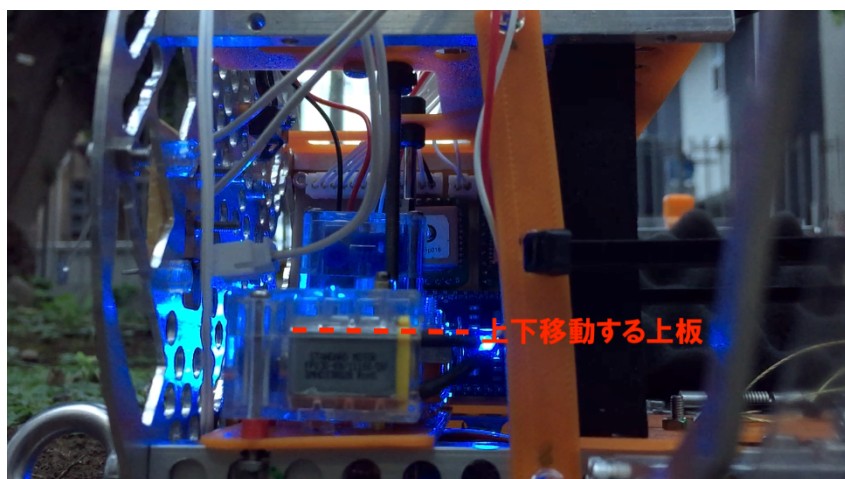
設計変更後に行なった再試験では、ドリル掘削深さが設計変更前から変化していないため、固定力の測定は省略した。

5.4. ドリル引き抜きの確認

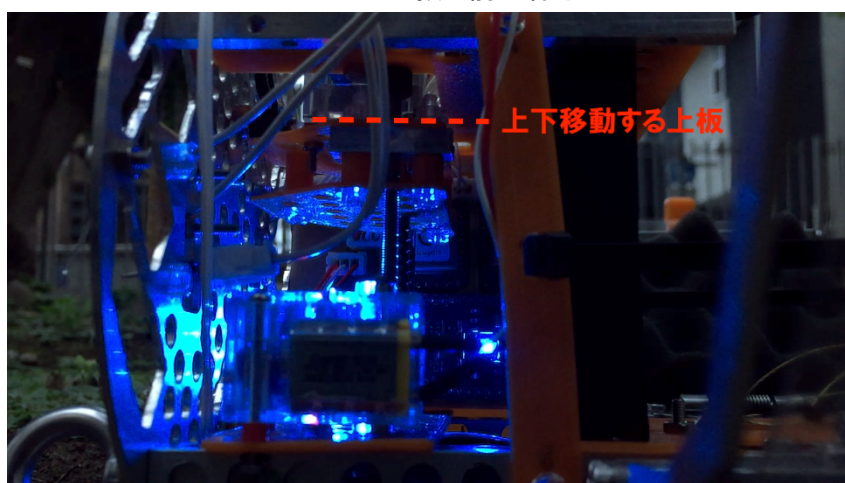
ドリル引き抜きを行なった。ドリル引き抜きは、

- ・上下移動するドリル機構上板の位置が規定の位置まで上がっている
- ・引き抜きシーケンス間でドリル用モーターが停止していない

という2点から確認を行った。ドリル引き抜き前の様子を図 5.4.1、引き抜き後の様子を図 5.4.2 に示す。



5.4.1: 引き抜き前の様子



5.4.2: 引き抜き後の様子

以上の図から、上下移動するドリル機構上板の位置が規定の位置まで上がっていることが確認できる。また、目視によってドリルの回転が止まっていないことを確認した。そのため、ドリル機構の引き抜きが行えたと言える。

再試験結果

再試験時のドリル引き抜きの様子を以下の動画で示す。

<https://youtu.be/DnVBdXblAzw>

17. ケーブル引き伸ばし走行試験報告書

ケーブル引き伸ばし走行試験報告書			
文書管理番号	AP-037	改訂番号	1.2
作成年月日	2019/08/21		
作成者	加藤 雅己		

AMANOGAWA
ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/21	1.0	初版作成
2019/08/22	1.1	試験結果について追記
2019/09/03	1.2	EndtoEnd 試験における結果を追記 結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験フロー
 - 4.4. 測定項目
 - 4.5. その他留意事項
5. 試験結果
 - 5.1. 紐の 3m 繰り出しの確認
 - 5.2. 転倒検知による停止の確認
 - 5.3. リール回転検知によるスタックの確認

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA のケーブル引き伸ばし走行試験(V17)に適用する。
対応する要求は以下のとおりである。

ミッション要求 R21	ローバー部がケーブルを引き伸ばしながら走行できることが確認できている
ミッション要求 R23	加速度センサを用いてローバーの転倒を検知しローバーを停止できることが確認できている
ミッション要求 R24	ケーブルを 3[m]繰り出したことを検知し、ローバーの停止ができることが確認できている
ミッション要求 R25	ケーブルの繰り出し走行時にリールの回転が止まったことから、ローバーがスタックしたことを検知できることが確認できている

1.2. 試験目的

本試験においてはローバーがケーブルを引き延ばしながら走行すること、また転倒を事前に検知しタイヤの回転を停止できること、スタックを検知して巻取り状態への移行を開始することを確認する。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/8/18 午後 6 時～7 時

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

加藤 雅己

嶋田 有登

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat ローバー部
- ・記録用カメラ
- ・プログラム書き込み/ログ確認用 PC

3.2. 試験系

試験時の外観を図 3.2-1 に示す.



図 3.2-1 試験時の外観

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA ローバー部

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする.

温度 : 21~25°C(目標)
 相対湿度 : 40~50%(目標)
 気圧 : 大気圧

4.3. 試験フロー

試験フローを図 4.3-1 に示す。

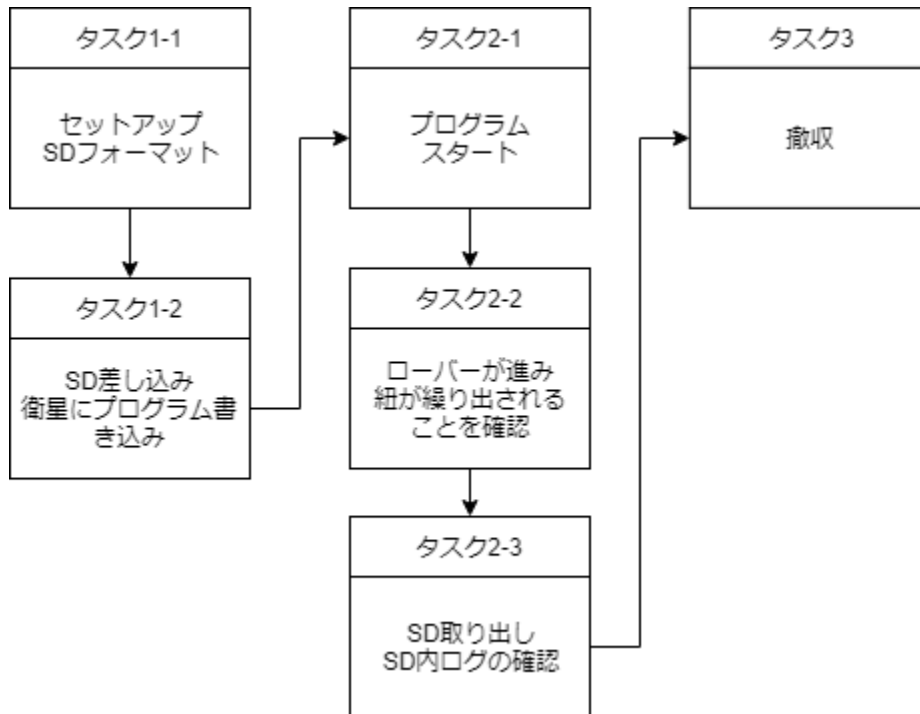


図 4.3-1 試験フロー

4.4. 測定項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応するタスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	セットアップ状況の確認	1	SD フォーマットの確認	SD を PC につなぎ確認	SD がフォーマットされている
2		1	SD・コネクタの確認	目視により確認	SD が挿入され各コネク

			認		タが接続されている
3	走行開始の確認	2	走行状態への移行	目視・SD のログにより確認	走行状態へ移行できる
4	紐を繰り出せることの確認	2	紐を繰り出しながら走行できる	目視により確認	リールを繰り出しながら3m 走行できる
5	転倒検知機能の確認	2	転倒を検知すること	目視・SD のログにより確認	転倒を検知し停止できる

4.5. その他留意事項

5. 試験結果

5.1. 紐の 3m 繰り出しの確認

まずは紐を繰り出しながら 3m 走行できることを確認した。試験前後の状況を図 5.1-1, 図 5.1-2 に示す。ローバーが走行状態に移行, 紐を繰り出しながら 3m 走行できることを確認した。



図 5.1-1 繰り出し試験前



図 5.1-2 繰り出し試験後

シーケンス内でのローバー部紐繰り出し走行の様子は、EndtoEnd 試験動画の 7:50~8:20 を参照.

<https://youtu.be/RIDM0uNZnv0?t=470>

5.2. 転倒検知による停止の確認

次に加速度センサより転倒を検知し走行を停止できる機能が備わっていることを確認した。試験状況を図 5.2-1 に示す。

走行状態にあるローバーを手で持ち、傾けたところ転倒を検知しローバーが停止した。このことからローバーが転倒を検知できていると判断できる。

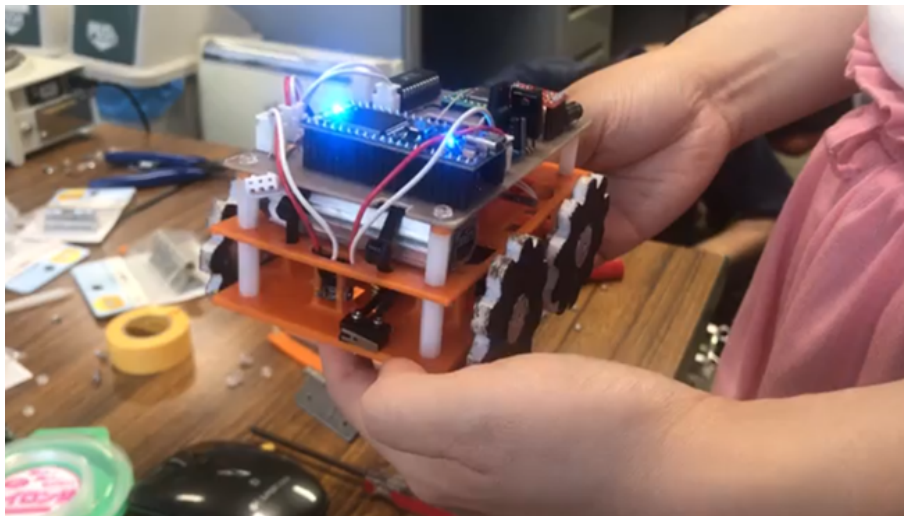


図 5.2-1 転倒検知による停止

当初は、ローバーが急な斜面や高い段差を登る際にローバーが転倒してしまうことを検知する予定だったが、実験を重ねると、ローバーが転倒するような土地ではそもそも本ローバーの

走行用モーターのトルクでは走行ができず、転倒するモードになることはなかった。そのため、加速度センサによる転倒検知は行わないこととした。

5.3. リール回転検知によるスタックの確認

また、条件の悪い地面にてローバーを走行させスタックさせた。このときリールが回転を停止し、リールの回転が検知できなくなることからスタックを検知出来ることを確認した。

試験状況を図 5.3-1 に示す。タイヤを空転させた状態からスタックを検知し巻取り状態へと移行を開始することが確認できた。



図 5.3-1 スタック状態

スタック状態の検知と復帰の様子を以下の動画に示す。動画中 0:35 からローバーがスタック状態となり、ケーブルを繰り出すリールの回転が止まったことからスタックを検知し、ローバーの走行が停止。リールを巻き上げて戻るシークエンスへと移行する。

<https://youtu.be/XmDkObcWT8Q>

18. ケーブル巻き取り走行試験報告書

ケーブル巻き取り走行試験報告書			
文書管理番号	AP-039	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/22		
作成者	加藤 雅己		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/22	1.0	初版作成
2019/09/03	1.1	EndtoEnd 試験における結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
 - 2.3. 参加者
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験フロー
 - 4.4. 測定項目
 - 4.5. その他留意事項
5. 試験結果

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA のケーブル巻き取り走行試験(V18)に適用する。
対応する要求は以下のとおりである。

ミッション要求 R22	ケーブルを巻き取ることでローバー部分がアンカー部の元へ戻ることが確認できている
ミッション要求 R26	ケーブルの巻き取り時にリールの回転数から、アンカー部との接近を検知し、ケーブルの巻き取りを停止できることが確認できている

1.2. 試験目的

本試験においてはローバーが紐の巻き取りによりアンカーのもとへ戻ることが可能であることを確認する。また紐の繰り出し距離を検知することによりアンカーとの接触が発生する前に巻取りを停止することができることを示す。

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/8/18 午後 6 時～7 時

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

2.3. 参加者

加藤 雅己
嶋田 有登
小出 紗瑛

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat ローバー部
- ・記録用カメラ
- ・プログラム書き込み/ログ確認用 PC

3.2. 試験系

試験時の外観を図 3.2-1 に示す.



図 3.2-1 試験時外観

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA ローバー部

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする.

温度	: 21~25°C(目標)
相対湿度	: 40~50%(目標)
気圧	: 大気圧

4.3. 試験フロー

試験フローを図 4.3-1 に示す。

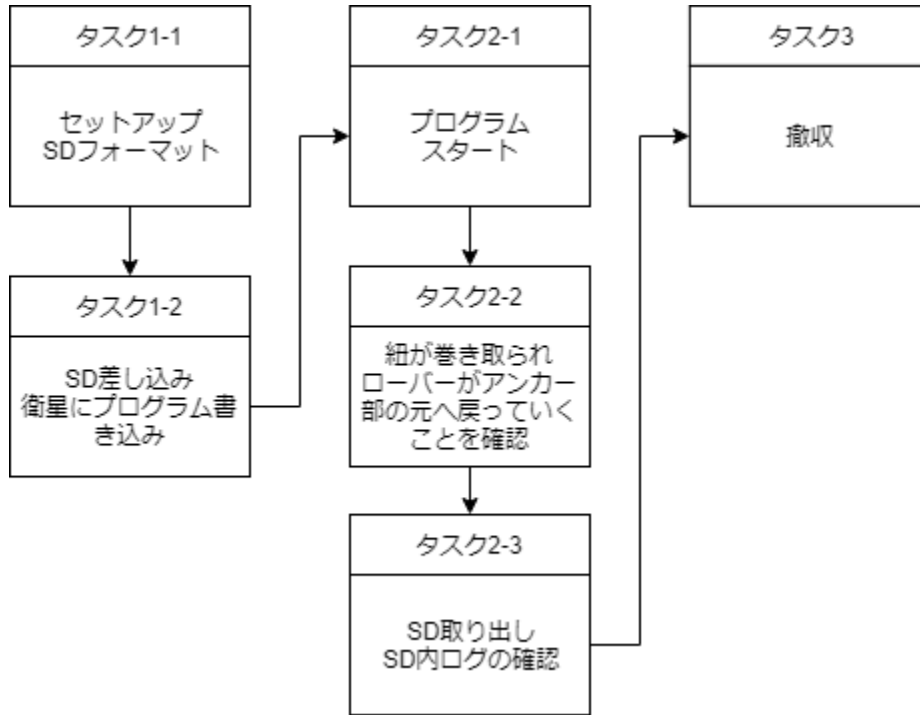


図 4.3-1 試験フロー

4.5. 測定項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応する タスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	セットアップ状況の確認	1	SD フォーマットの確認	SD を PC に つなぎ確認	SD がフォーマットされている
2		1	SD・コネクタの確認	目視により確認	SD が挿入され各コネクタが接続されている
3	巻取り開始の確認	2	巻取状態への移行	目視・SD の ログにより確認	リール巻取り状態へ移行できる
4	紐巻取り機能の確認	2	巻取りによりアンカーのもとへ帰還可能である	目視により確認	リールを巻取りアンカー部の元へ戻ることができる

5	アンカー接近検知機能の確認	2	アンカーに接近したことを検知できる	目視・SDのログにより確認	アンカーに十分近づいたことを検知し巻取り停止できる
---	---------------	---	-------------------	---------------	---------------------------

5. 試験結果

初期位置から紐を延ばしながら走行し、その後巻取り状態へ移行し紐を巻取ることによってアンカーのもとへ戻ることが確認できた。

また回転を検知することから初期位置からの距離を計測し、アンカー部分との接近を検知し巻取りを停止することを確認した。試験開始時の状態を図 5-1、巻取り開始時の状態を図 5-2、巻取り終了の状態を図 5-3 に示す。



図 5-1 試験開始状態



図 5-2 巻取り開始状態

シーケンス内でのローバー部ケーブル巻き取り走行の様子は、EndtoEnd 試験動画の 8:10～9:25 を参照。

<https://youtu.be/RIDM0uNZnv0?t=490>

19. End to End 試験報告書

End to End 試験報告書			
文書管理番号	AP-041	改訂番号	1.1
作成年月日	2019/08/22		
作成者	奥山茂亮		

AMANOGAWA

ARLISS 2019

作成年月日	改訂番号	改訂内容
2019/08/22	1.0	初版作成
2019/09/03	1.1	再試験の結果を追記

1. 概要
 - 1.1. 対応する要求
 - 1.2. 適用文書
 - 1.3. 試験目的
2. 試験日程
 - 2.1. 試験期間
 - 2.2. 試験場所
3. 準備事項
 - 3.1. 必要な器具
 - 3.2. 試験系
4. 試験方法
 - 4.1. 試験対象
 - 4.2. 試験環境条件
 - 4.3. 試験条件
 - 4.4. 試験フロー
 - 4.5. 測定項目
 - 4.6. その他留意事項
5. 試験結果
 - 5.1. セットアップ状況の確認
 - 5.2 シークエンスの確認

付録

1. 概要

1.1. 対応する要求

本試験は ARLISS2019 AMANOGAWA の End to End 試験(V19)に適用する。
対応する要求は以下のとおりである。

安全要求 R1	質量と容積がレギュレーションを満たすことが確認できている
安全要求 R2	ロスト対策を実施しており、有効性が試験で確認できている
安全要求 R3	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
安全要求 R4	打ち上げ時の準静的荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている
安全要求 R5	打ち上げ時の振動荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれていないことが試験で確認できている
安全要求 R6	パラシュート開傘時の衝撃荷重によって、安全基準を充足するための機能が損なわれていないことが試験で確認できている
安全要求 R7	打ち上げ時の無線機の電源 OFF 規定を遵守できることが確認できている
安全要求 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
安全要求 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
ミッション要求 R10	OBC の起動が正常に行われることが確認できている
ミッション要求 R11	ログの記録が正常に行われることが確認できている
ミッション要求 R12	ログの記録装置が正常に取り出せることが確認できている
ミッション要求 R13	シーケンスを実行するのに十分な電力をバッテリーが供給できることが確認できている
ミッション要求 R14	ローバーとケースがロケット内で分離しないことが確認できている
ミッション要求 R15	パラシュートが分離できることが確認できている
ミッション要求 R16	着陸後にケース側面カバーが開口し、ケースが正立状態になることが確認できている

ミッション要求 R17	ケース前面蓋開口後にローバー部分がケースから外れ、ミッションに移行できることが確認できている
ミッション要求 R18	ドリル機構を作動させた際、ドリルが正常に地面に刺さることが確認できている
ミッション要求 R19	ドリルが刺さっている時に TBD [N]の引張り張力を加えた際、アンカー部分が動かずに固定されていることが確認できている
ミッション要求 R20	ドリルが地面に刺さっている際、機構を作動させることでドリルを引き抜けることが確認できている。
ミッション要求 R21	ローバー部分がケーブルを引き伸ばしながら走行できることが確認できている
ミッション要求 R22	ケーブルを巻き取ることでローバー部分がアンカー部の元へ戻ることが確認できている
ミッション要求 R23	加速度センサを用いてローバーの転倒を検知しローバーを停止できることが確認できている
ミッション要求 R24	ケーブルを 3 [m]繰り出したことを検知し、ローバーの停止ができることが確認できている
ミッション要求 R25	ケーブルの繰り出し時にリールの回転が止まったことから、ローバーがスタックしたことを検知できることが確認できている
ミッション要求 R26	ケーブルの巻き取り時にリールの回転数から、アンカー部との接近を検知し、ケーブルの巻き取りを停止できることが確認できている

1.2. 適用文書

本試験は、以下の文書を適用する。

[1] CanSat Regulations at ARLISS ver5

1.3. 試験目的

安全試験書類提出後の安全性に関わる大幅な設計変更を防止するため、安全審査に使用した機体を用いることでロケットによる打ち上げからミッション終了までを人の手を加えずに遂行できることを確認する必要がある。

打ち上げからミッション終了までは以下の 3 つのフェーズに分け、フェーズをわけ実験することで打ち上げからミッション終了まで遂行できることを確認する。

- ① 打ち上げからロケット分離
- ② ロケット分離から着陸
- ③ 着陸からミッション終了

① 打ち上げからロケット分離までは(V1)質量試験, (V2)キャリア収納試験, (V5)静荷重試験, (V6)振動試験の結果からロケット内部での CanSat の健全性を確認する.

② ロケット分離から着陸までは(V7)衝撃試験, (V4)パラシュート落下試験, (V10)OBC 起動試験, (V8)通信機電源 OFF/ON 試験の結果から, キャリア放出時から着陸までの CanSat の健全性を確認する.

本試験では【③ 着陸からミッション終了まで】を遂行するだけの機能が衛星に備わっていることを確認する. CanSat を地面に置いた状態からシークエンスをスタートし, ミッション終了まで行うことで, ミッションの成立性を確認する.

2. 試験日程

2.1. 試験期間

2019/08/22 午後 7:00~7:30

再試験実施日

2019/09/03

2.2. 試験場所

東京工業大学 大岡山キャンパス

3. 準備事項

3.1. 必要な器具

- ・CanSat
- ・替えのバッテリー
- ・替えのテグス
- ・工具類
 - ペンチ
 - 六角ドライバー
 - プラスドライバー
 - テスター
- ・記録機器
 - カメラ

三脚

- ・プログラム書き込み/SD ログ確認用 PC
- ・地上局用 MU-2, 地上局用 PC

3.2. 試験系

試験時の外観を図 3.2-1 に示す.

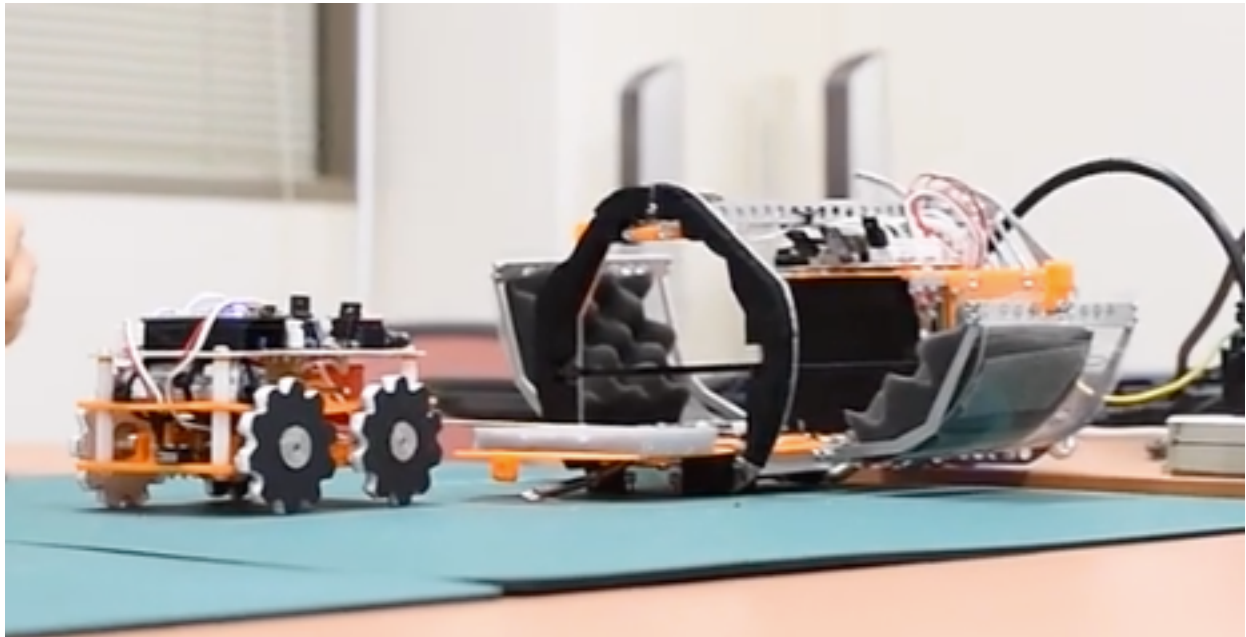


図 3.2-1 試験設備

再試験試験系

再試験時の外観を以下の図 3.2-2 に示す.

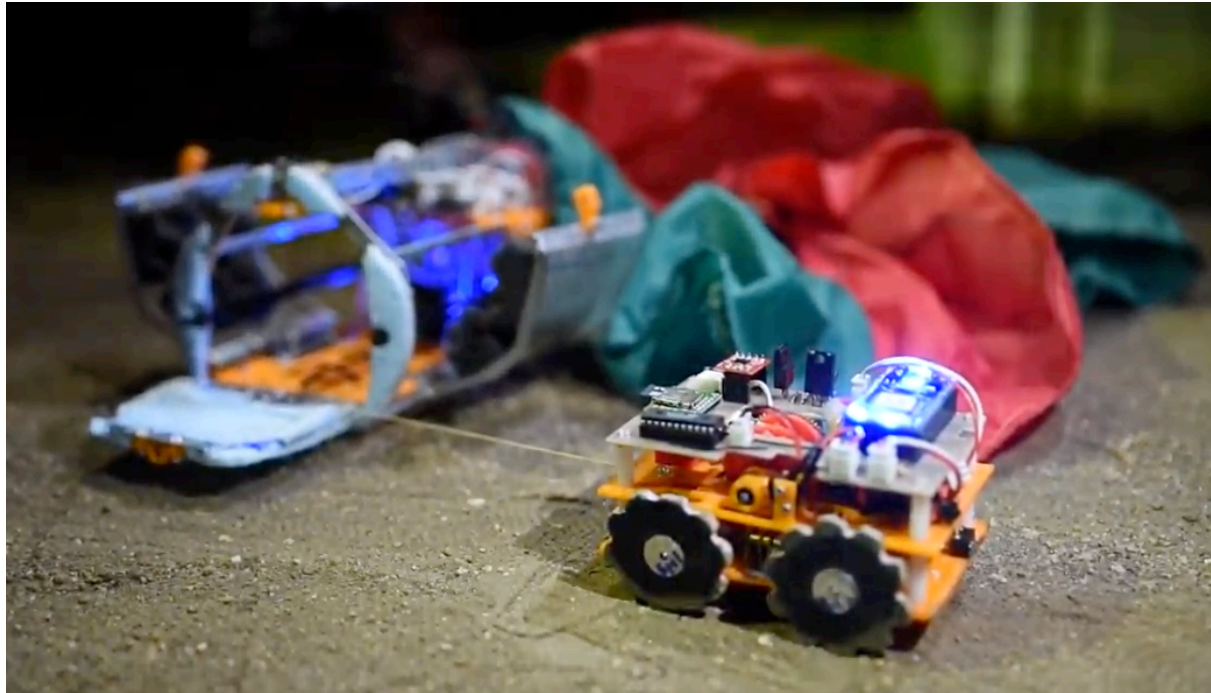


図 3.2-2 再試験時外観

4. 試験方法

4.1. 試験対象

模擬人工衛星 CanSat AMANOGAWA

4.2. 試験環境条件

試験時の周囲環境条件は以下のとおりとする。

温度	: 21～25℃(目標)
相対湿度	: 40～50%(目標)
気圧	: 大気圧

ローバーが走行する地面の摩擦を模擬するため、机の上にマットを敷いている。

4.3. 試験条件

打ち上げ環境試験時と同様な組み立て状況であるとする。

打ち上げ環境試験で用いた機体をそのまま用いる, もしくは分解する場合は組み立て手順書で指定された手順で組み立て, ネジには既定の締め付けトルクがかかった状態であるとする。

4.4. 試験フロー

試験フローを図 4.4-1 に示す.

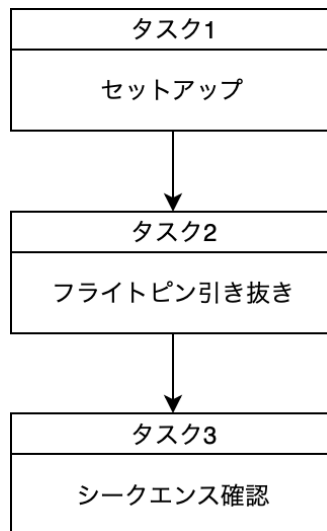


図 4.4-1 試験フロー

4.5. 測定項目

確認項目を表 4.5-1 に示す

表 4.5-1 試験における確認項目

No.	確認目的	対応するタスク No.	測定項目 確認項目	測定方法 確認方法	判定基準
1	セットアップ 状況の 確認	1	ねじ締結の確認	目視により確認	ねじが全て閉められている
		1	SD フォーマットの確認	SD を PC につなぎ 確認	SD がフォーマットされている
		1	電氣的接続の確認	目視により確認	SD が挿入され各コネクタが接続されている
		1	テグスの確認	目視で確認	テグスがニクロム線にかかっている。 緩みなく結ばれている。
2	シーケンス	3	OBC 起動の確認	mbedLED 点灯を 目視で確認	OBC が起動している

の確認	衛星からのダウンリンクの確認	地上局用 PC で確認	衛星からの HK データダウンリンクを地上局で受信できている
	気圧センサの確認	ダウンリンクしたデータで確認	HK データの気圧センサの値が正常である
	GPS の確認	ダウンリンクしたデータで確認	HK データの GPS の値が正常である
	パラシュート分離機構溶断の確認	目視で確認	パラシュート分離機構テグスが溶断され、パラシュート固定ピンが引き抜かれている
	ケース側面カバー溶断の確認	目視で確認	ケース側面カバー固定テグスが溶断されている
	ケース側面カバー展開による正立の確認	目視で確認	ケース側面カバーが展開することで、衛星が正立できている
	ドリル掘削の確認	目視で確認 シークエンス終了後にドリルで掘った穴を確認	ドリルで穴が掘られている
	前面扉溶断の確認	目視で確認	前面扉固定テグスが溶断されている
	前面扉開放の確認	目視で確認	前面扉が開放されている
	ローバーのケースからの分離を確認	目視で確認	ローバーがケースから転倒せずに分離できている
	ローバーのケーブル繰り出しながらの走行を確認	目視で確認	ローバーがケーブルを繰り出しながら走行できている
	ローバー走行シークエンスから巻き取りシークエンスへの移行を確認	目視で確認	ローバーの動力切替機構が動作し、走行状態からケーブル巻き取り状態へ移行できている
	ローバーのケーブル	目視で確認	ローバーがケーブルを巻き取り

			巻き取りながらの走行を確認		ながら走行できている
			衛星へのアップリンクを確認	mbedLED ランプを目視することで確認	衛星ヘドリル引き抜きコマンドをアップリンクし、衛星の LED ランプからアップリンクを受信したことが確認できている
			ドリル引き抜きを確認	目視で確認	ドリルが引き抜かれている
			SD カードへのログ保存	PC で確認	SD カードにログが保存されており、シーケンスの実行状況がログから確認できている

4.6. その他留意事項

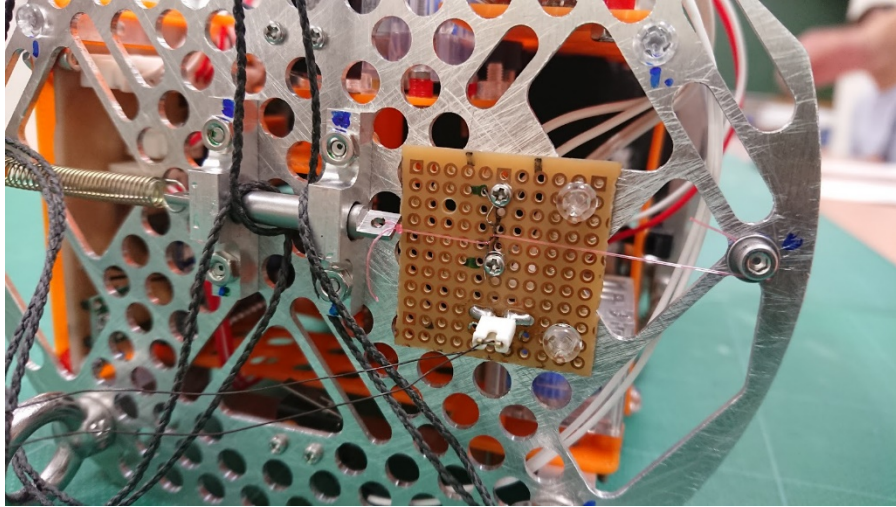
・フライトピン引き抜き、ドリル掘削のためのスペース確保のための移動の 2 箇所を除いて、シーケンス中に人の手を加えない。

5. 試験結果

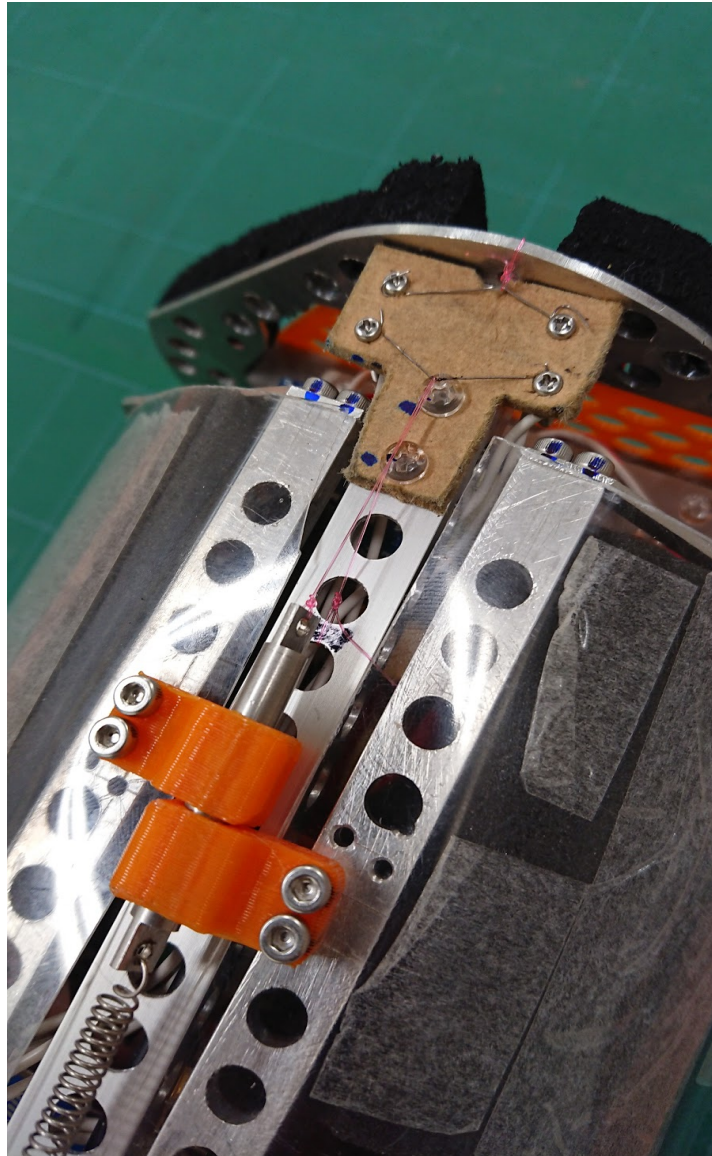
4.5 章で示した確認項目に沿って結果を示す。

5.1. セットアップ状況の確認

ネジが全て締結されていること、コネクタが全て正常に接続されていることを目視で確認した。SD カードは PC で過去のログを削除したのちにアンカー、ローバーそれぞれに装着した。テグスに緩みがないことを目視で確認した。確認した際の様子を以下の図 5.1-1 に示す。



(a) パラシュート分離機構溶断テグス



(b) 側面カバー展開機構溶断テグス, 前面扉開放機構溶断テグス

図 5.1-1 テグスの確認の様子

5.2 シークエンスの確認

フライトピン引き抜き後, mbed の LED 点灯から OBC 起動を確認した. また, 地上局で衛星搭載 MU-2 からの HK データダウンリンクを受信し, 気圧センサの値取得を確認した. ただし, GPS データについては屋内で試験を実施したため, 受信することができていないが, (V03)通信距離試験など屋外で実施した試験では問題なく受信できており, 健全性は確認されている.

気圧センサの値から着地を検知した後に, パラシュート分離機構の溶断を確認した. 溶断後のパラシュート分離機構を以下の図 5.2-1 に示す.



図 5.2-1 パラシュート分離機構溶断

次に, 側面カバー展開による衛星の正立を確認した. 正立後の衛星の様子を以下の図 5.2-2 に示す.

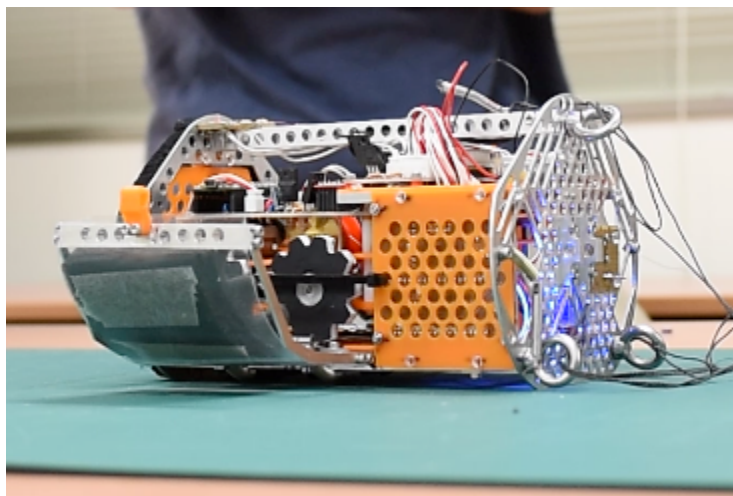


図 5.2-2 側面カバー展開により正立

ここで、側面カバー展開後のドリル掘削シーケンスのために、衛星を機の淵へ移動したが、シーケンスに影響を与えるような行為は行っていない。ドリル掘削中の様子を以下の図 5.2-3 に、掘削完了後の様子を以下の図 5.2-4 に示す。

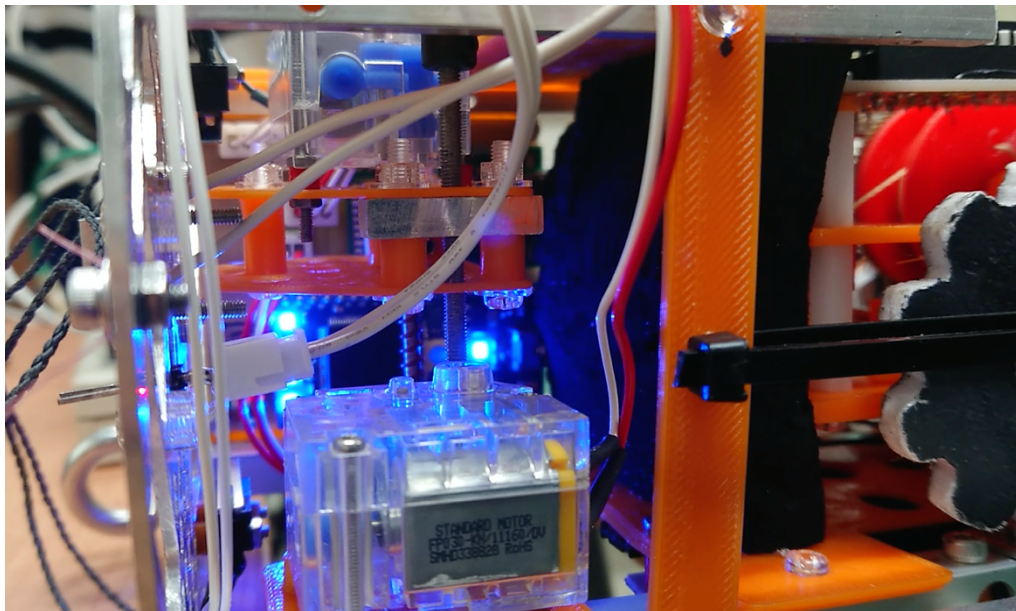


図 5.2-3 ドリル掘削中の様子

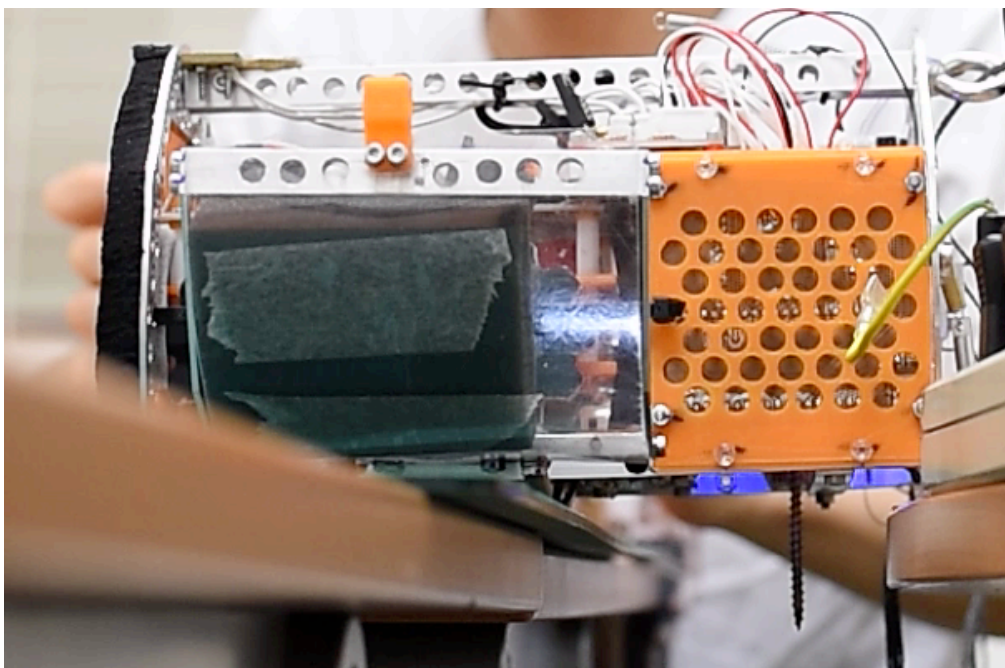


図 5.2-4 ドリル掘削完了時の様子

次に、前面扉開放を確認した。前面扉が開いた様子を以下の図 5.2-5 に示す。

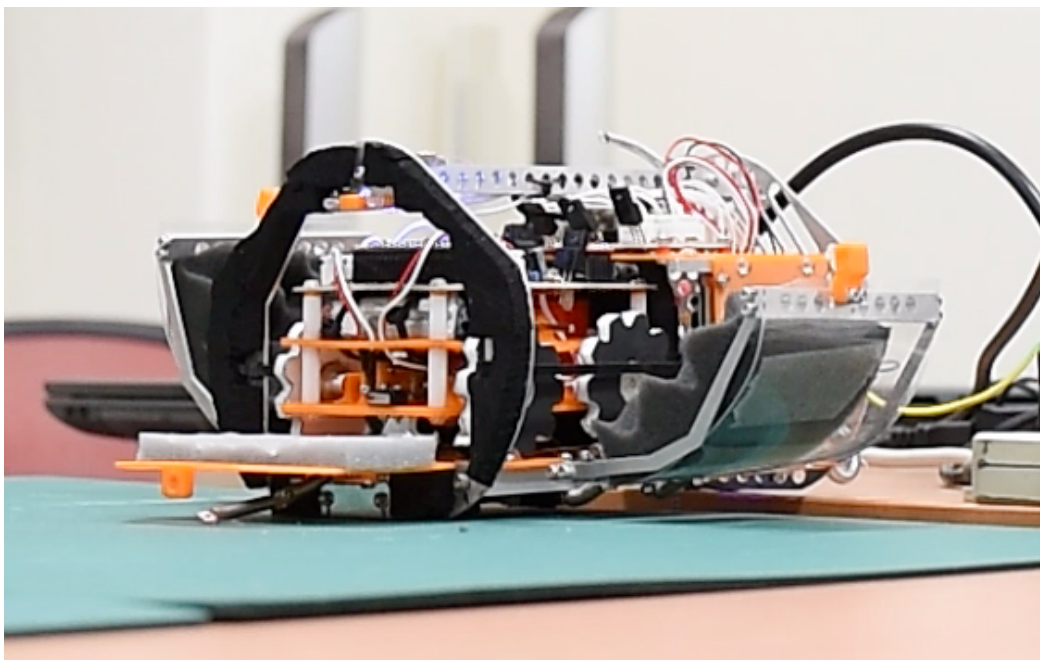


図 5.2-5 前面扉開口時の様子

ここからアンカーは地上局からのドリル引き抜きコマンドアップリンク待機状態となる。

ローバーのシーケンス確認結果について述べる。ケースの前面扉開口後にローバーがケースから分離したことを確認した。ケース分離時の様子を以下の図 5.2-6 に示す。

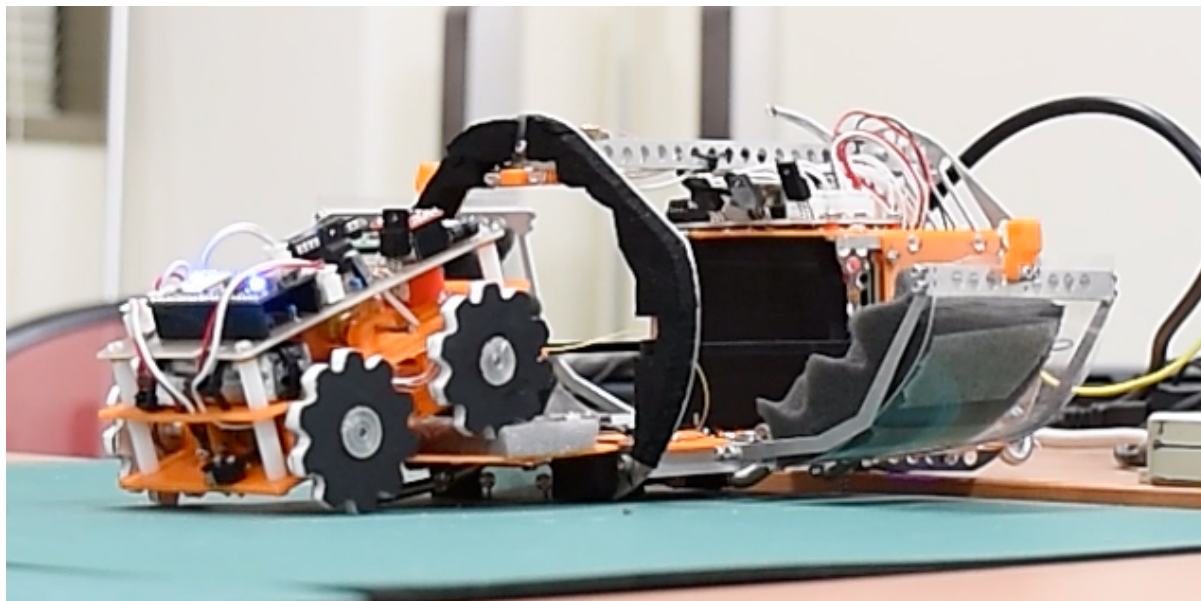


図 5.2-6 ローバーがケースから分離する様子

ローバーがケーブルを繰り出しながら走行している様子を以下の図 5.2-7 に示す。

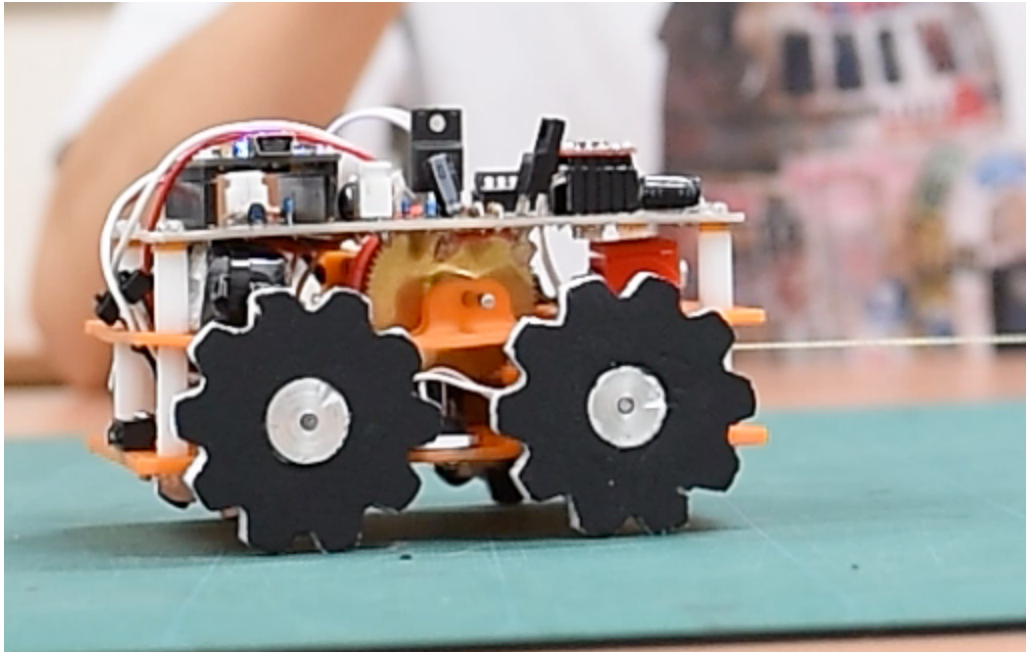


図 5.2-7 ローバーがケーブルを繰り出ししながら走行する様子

この時ローバーの動力は車輪にのみ付与されており、ケーブルが巻かれたリールは自由回転となっている。アンカーの元へ戻るため、動力を付与する先をリールに切り替えた。切り替え後のローバーの様子を以下の図 5.2-8 に示す。

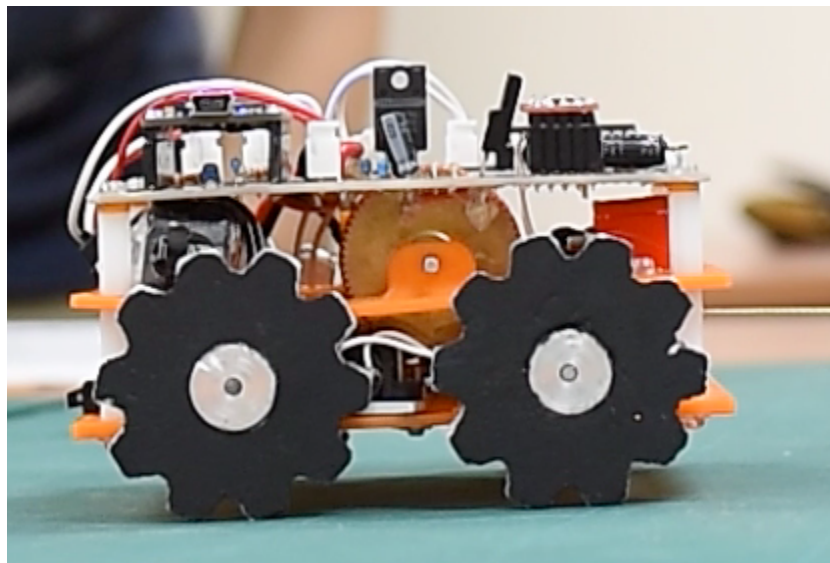


図 5.2-8 ローバー動力切り替え後の様子

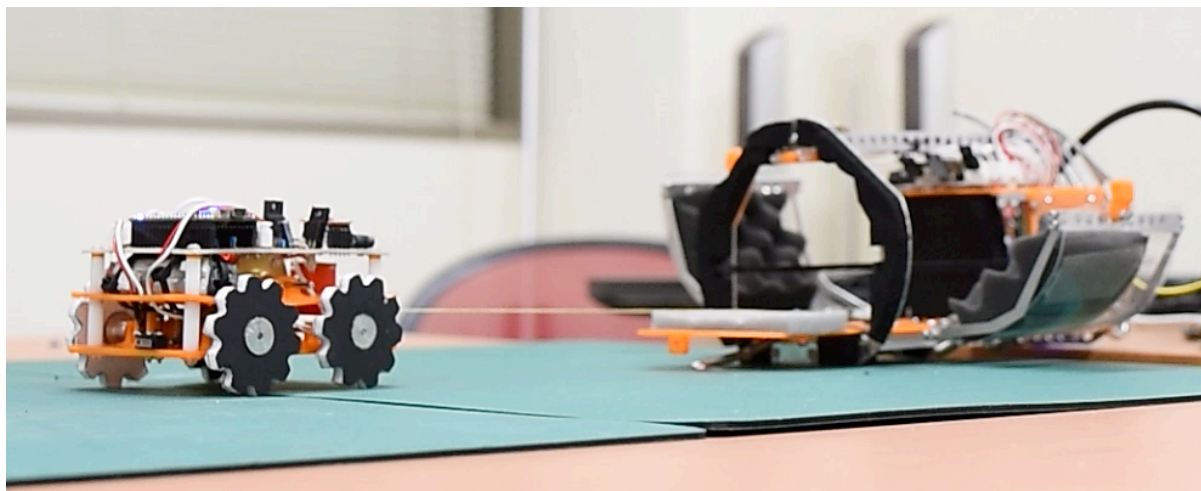


図 5.2-9 ローバーがアンカーの元へ戻っていく様子

ローバーが一往復したのちに、アンカー部へドリル引き抜きコマンドのアップリンクを行なった。アップリンクはダウンリンクした HK データに記載の衛星ステータスの変化と、mbed の LED ランプの点灯により確認した。ドリルが引き抜き前の様子を以下の図 5.2-10、引き抜き後の様子を以下の図 5.2-11 に示す。

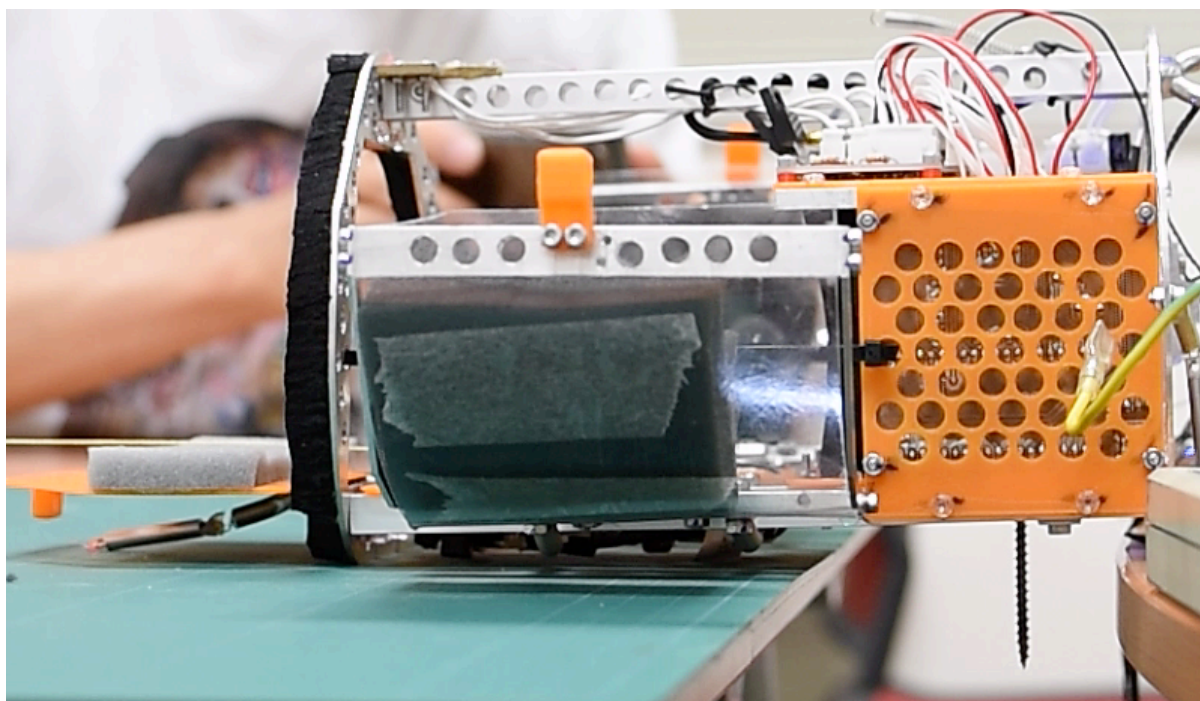


図 5.2-10 ドリル引き抜き前の様子

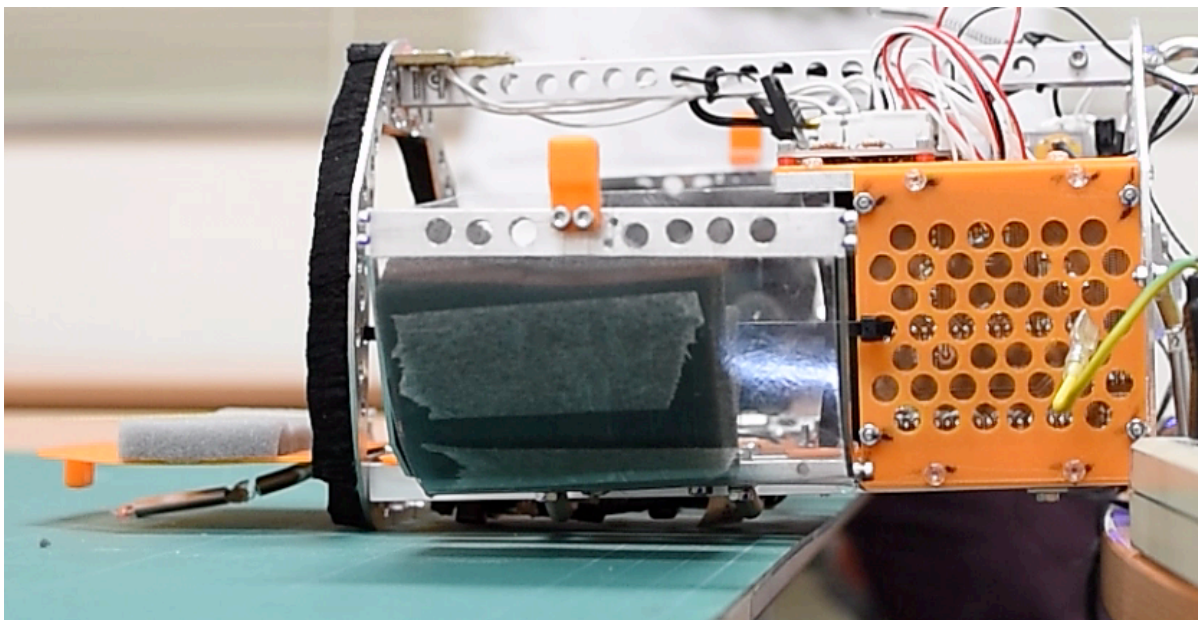


図 5.2-11 ドリル引き抜き後の様子

アンカー部ドリル引き抜き, ローバー走行終了によってミッションシーケンスは終了となり, その後ミッションシーケンス終了後の HK データダウンリンクを確認した.

最後に SD カードに保存したログを以下に示す.

アンカー部ログ

```

-----START-----

----ステータス 1: 放出～着地検知----

1,000000,000000000,0000000000,1004
1,000000,000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1005
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1003
圧力差分閾値以下
1,000000,000000000,0000000000,1004

```

圧力差分閾値以下
1,000000,0000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
1,000000,0000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
1,000000,0000000000,0000000000,1004
圧力差分閾値以下
着地検知

----ステータス 2: パラシュート溶断～待機----

パラシュート溶断開始
パラシュート溶断終了
CanSat 発見待ちのために待機
2,000000,0000000000,0000000000,1004
2,000000,0000000000,0000000000,1004
2,000000,0000000000,0000000000,1003
2,000000,0000000000,0000000000,1003
2,000000,0000000000,0000000000,1004
2,000000,0000000000,0000000000,1004

----ステータス 3: 側面カバー展開～ドリル掘削----

3,000000,0000000000,0000000000,1004
3,000000,0000000000,0000000000,1004
3,000000,0000000000,0000000000,1003
3,000000,0000000000,0000000000,1004
3,000000,0000000000,0000000000,1003
3,000000,0000000000,0000000000,1003
側面カバー溶断開始
側面カバー溶断終了
ドリル掘削開始
下側リミットスイッチを検知. 固定終了
ドリル掘削終了

----ステータス 4: 前面扉展開～アップリンク待機----

4,000000,0000000000,0000000000,1005
4,000000,0000000000,0000000000,1004
4,000000,0000000000,0000000000,1003
4,000000,0000000000,0000000000,1003
4,000000,0000000000,0000000000,1005
4,000000,0000000000,0000000000,1004
前面扉溶断開始
前面扉溶断終了
アップリンク待機開始
4,000000,0000000000,0000000000,1004
4,000000,0000000000,0000000000,1004
4,000000,0000000000,0000000000,1004
アップリンク受信

----ステータス 5: ドリル引き抜き----

```
5,000000,0000000000,0000000000,1004
5,000000,0000000000,0000000000,1004
5,000000,0000000000,0000000000,1005
5,000000,0000000000,0000000000,1004
5,000000,0000000000,0000000000,1004
5,000000,0000000000,0000000000,1004
ドリル引き抜き開始
上側リミットスイッチを検知. 引き抜き終了
ドリル引き抜き終了
```

-----ミッションシーケンス終了-----

----ステータス 6: シーケンス終了後位置情報送信----

```
6,000000,0000000000,0000000000,1004
6,000000,0000000000,0000000000,1003
6,000000,0000000000,0000000000,1003
6,000000,0000000000,0000000000,1004
6,000000,0000000000,0000000000,1004
6,000000,0000000000,0000000000,1004
6,000000,0000000000,0000000000,1004
6,000000,0000000000,0000000000,1004
6,000000,0000000000,0000000000,1004
6,000000,0000000000,0000000000,1004
6,000000,0000000000,0000000000,1004
```

-----END-----

ローバー部ログ

```
change to rover running mode
change to reel winding mode
change to rover running mode
change to reel winding mode
change to rover running mode
change to reel winding mode
change to rover running mode
change to reel winding mode
change to rover running mode
change to reel winding mode
```

以上により、本衛星のミッションシーケンスが問題なく最後まで実行されることが示された。打ち上げ環境試験の結果と合わせ、本衛星の打ち上げからミッション終了までの健全性を確認することができた。

本試験中を記録した動画を以下の URL に示す。

<https://youtu.be/V70mNkEyl8w>

5.3 再試験結果

再試験結果を以下の動画に示す。

<https://youtu.be/RIDM0uNZnv0>

屋外での試験実施にあたり、大学周辺にローバーが走行できるスペースがあり、かつドリルでの掘削が行える地面がなく、EndtoEnd 試験ではドリル掘削、引き抜きシーケンスはモーターの回転のみを確認し、実際の掘削、引き抜きは、V16. アンカー一部固定試験によって確認する。

以下にシーケンスの詳細と動画内の時間を記す。

- 0:20～0:45：パラシュート落下を模擬した自由落下、フライトピン引き抜き
- 0:45～2:00：気圧測定値から着地したかどうかの判定
- 2:00～2:25：パラシュート分離
- 2:25～3:25：CanSat 発見までの待機時間（1 時間に短縮）
- 3:25～4:50：側面展開カバー溶断
- 4:50～5:30：ドリル回転（実際の掘削の様子は以下を参照，<https://youtu.be/4apKkG0WNJA>）
- 5:30～6:30：衛星ステータス変更をダウンリンク
- 6:30～7:50：ローバーのケースからの分離
- 7:50～8:10：ローバーケーブル繰り出し走行（本ミッションではローバーの進行方向は問わない。）
- 8:10～9:40：ローバーケーブル巻き取り走行
- 9:40～11：20：地上局からのコマンドアップリンク，衛星ステータス変更をダウンリンク
- 11:20～11:46：ドリル引き抜き（実際の引き抜きの様子は以下を参照，<https://youtu.be/DnVBdXblAzw>）

試験環境が整わず、ドリル関連の試験のみ別での実施となったが、以下の表 5.3-1 に示すように EndtoEnd 試験でサクセスクライテリアの全項目の達成を確認した。

表 5.3-1 サクセスクライテリア達成度

	アンカー・ケース	ローバー
ミニマム サクセス	<ul style="list-style-type: none"> ・カバーを展開し目標姿勢への移行 →確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーブルが絡まることなくケースから出る →確認
フル サクセス	<ul style="list-style-type: none"> ・ドリルで地面を掘削することによりアンカー一部を固定 →別動画で確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーブルを繰り出しながらローバーが走行，その間ケーブルが絡まらない →確認 ・ケーブルを巻き取ることでローバーがアンカーの元へ戻り，その間ケーブルが絡まらない →確認

アドバンスド サクセス	・ドリルを地面から抜き取る →別動画で確認	
----------------	--------------------------	--