

# ARLISS 大会報告・技術詳細報告書

提出日：2019年 9月 26日

文責：濱邊 咲

## ● チーム情報

CanSat チーム名	慶應義塾大学 Keio Team Wolfe'Z
CanSat チーム 代表者	濱邊 咲
UNISEC 団体名	慶應義塾大学 高橋研究室
UNISEC 団体 学生代表	濱邊 咲
責任教員	高橋 正樹
CanSat クラス	Open Class

## ● メンバー

役割	名前（学年）
PM	濱邊咲（M1）
プログラム統合	富吉雄太（M1）
回路制作・センサ開発	黄雄暉（B4）
機体開発	朴敏娥（B4）
機体開発	田中湧士（B4）

## ● CanSat の製作目的・大会参加理由

我が研究室が CanSat を作る目的は、チーム開発を通して協調性と技術力を上げることである。最終目的は ARLISS でのミッション成功であり、その実験として能代宇宙イベントに参加した。

# 目次

第1章	ミッションについて.....	6
1.	ミッションの意義と目的.....	6
2.	ミッションシーケンス.....	7
第2章	サクセスクライテリア.....	9
第3章	要求項目の設定（各チームごとに項目を追加してください）.....	10
1.	システム要求（安全確保のために満たすべき要求）.....	10
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）.....	11
第4章	システム仕様.....	12
1.	CanSat 設計図.....	12
2.	CanSat 外観/質量/サイズ.....	13
3.	CanSat 内観・機構/電力.....	15
4.	使用部品.....	18
➤	電子系.....	18
➤	動力系.....	18
➤	構造系.....	19
5.	製作時に使用した機材・サービス.....	21
6.	プログラム・アルゴリズム.....	22
7.	会計.....	24
第5章	試験項目設定（項目別試験、結合試験、EndtoEnd 試験）.....	25
第6章	実施試験内容.....	27
1.	(V1) 質量試験.....	27
➤	目的.....	27
➤	試験/解析内容.....	27
➤	結果.....	27
2.	(V2) キャリア収納試験.....	28
➤	目的.....	28
➤	試験/解析内容.....	28
➤	結果.....	28
3.	(V3) 電池試験.....	29
➤	目的.....	29
➤	試験/解析内容.....	29
➤	結果.....	29
4.	(V4) 通信距離試験.....	29
➤	目的.....	29
➤	試験/解析内容.....	29
➤	結果.....	29
5.	(V5) パラシュート視認試験.....	31
➤	目的.....	31

➤	試験/解析内容 .....	31
➤	結果 .....	31
6.	(V7) 地上局記録試験 .....	32
➤	目的 .....	32
➤	試験/解析内容 .....	32
➤	結果 .....	32
7.	(V9) GPS 精度試験 .....	34
➤	目的 .....	34
➤	試験/解析内容 .....	34
➤	結果 .....	34
8.	(V10)照度センサ試験 .....	35
➤	目的 .....	35
➤	試験/解析内容 .....	35
➤	結果 .....	35
9.	(V11)加速度センサ試験 .....	35
➤	目的 .....	35
➤	試験/解析内容 .....	35
➤	結果 .....	35
10.	(V6) SD カード記録試験 .....	36
➤	目的 .....	36
➤	試験/解析内容 .....	36
➤	結果 .....	36
11.	(V8) センサ統合試験 .....	36
➤	目的 .....	36
➤	試験/解析内容 .....	36
➤	結果 .....	36
12.	(V12) 無線 ON/OFF 試験 .....	37
➤	目的 .....	37
➤	試験/解析内容 .....	37
➤	結果 .....	37
13.	(V13) 準静的荷重試験 .....	38
➤	目的 .....	38
➤	試験/解析内容 .....	38
➤	結果 .....	38
14.	(V14) 振動試験 .....	39
➤	目的 .....	39
➤	試験/解析内容 .....	39
➤	結果 .....	39
15.	(V15) 放出衝撃試験／(V17) 開傘衝撃試験 .....	42

➤	目的 .....	42
➤	試験/解析内容 .....	42
➤	結果 .....	42
16.	(V16) 無線 CH 変更試験 .....	44
➤	目的 .....	44
➤	試験/解析内容 .....	44
➤	結果 .....	44
17.	(V18) パラシュート落下試験 .....	44
➤	目的 .....	44
➤	試験/解析内容 .....	44
➤	結果 .....	44
18.	(V19) 実機落下試験 .....	46
➤	目的 .....	46
➤	試験/解析内容 .....	46
➤	結果 .....	46
19.	(V20) 姿勢保持試験 .....	46
➤	目的 .....	46
➤	試験/解析内容 .....	46
➤	結果 .....	46
20.	(V21) 子機放出試験 .....	47
➤	目的 .....	47
➤	試験/解析内容 .....	47
➤	結果 .....	47
21.	(V22) 子機動作試験 .....	47
➤	目的 .....	47
➤	試験/解析内容 .....	47
➤	結果 .....	47
22.	(V23) 親機—子機間通信試験 .....	48
➤	目的 .....	48
➤	試験/解析内容 .....	48
➤	結果 .....	48
23.	(V24) End to End 試験 .....	49
➤	目的 .....	49
➤	試験/解析内容 .....	49
➤	結果 .....	49
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） .....	52
1.	チーム内・審査会等 .....	52
2.	各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入） .....	52
第 8 章	大会結果 .....	56

1. 能代宇宙イベント .....	56
1.1.1 1回目 .....	57
1.1.2 2回目 .....	63
2. ARLISS（上記能代と同様に記載してください） .....	69
1.1.3 1回目 .....	70
1.1.4 2回目 .....	75
第9章 まとめ .....	80
1. 工夫・努力した点（ハード、ソフト、マネジメント面すべて） .....	80
2. 良かった点・課題点 .....	82
3. チームのマネジメント等、プロジェクト全体での良かった点、反省点 .....	84

# 第1章 ミッションについて

## 1. ミッションの意義と目的

### 地震波観測のための観測所の複数設置と情報収集システム構築

近年、地震波を観測することは、天体の内部調査に役立つと言われている。特に複数地点における地震波の観測は、天体の内部構造の推定を可能にする。地震計の複数設置ミッションの代表として挙げられるのが、アポロ計画である。アポロ計画では、1度の打ち上げで1つの地震計を設置していたため、同様の方法で複数地点に地震計を設置するには、地震計の数と同じ回数だけ打ち上げを行う必要があり、コストと設置時間が大幅にかかってしまう。

そこで、我々は1度の打ち上げで地震計を複数設置し、設置と同時に得られた情報を収集する、低コストかつ短時間で広範囲な計測を可能にするシステムを提案する。提案システムでは、観測所（親機）を1個、観測所（子機）を複数個設置し、親機—子機間で通信を行う。観測所の定義について、以下にまとめる。

	観測所（親）	観測所（子）
質量・容積	大きい	小さい
運用コスト	高い	低い
設置方法	パラシュートで落下	上空で観測所（親機）から分離し、パラシュートで落下
設置場所	目標地点	観測所（親）を中心として均等な位置
通信対象	すべての観測所（子機）	観測所（親機）のみ
運用時間	半永久的	
バッテリー	太陽電池など	
搭載するセンサ	地震計・レーザ高度計・光学カメラ	
観測所（親・子）間の距離	数百 m ~ 数 km	

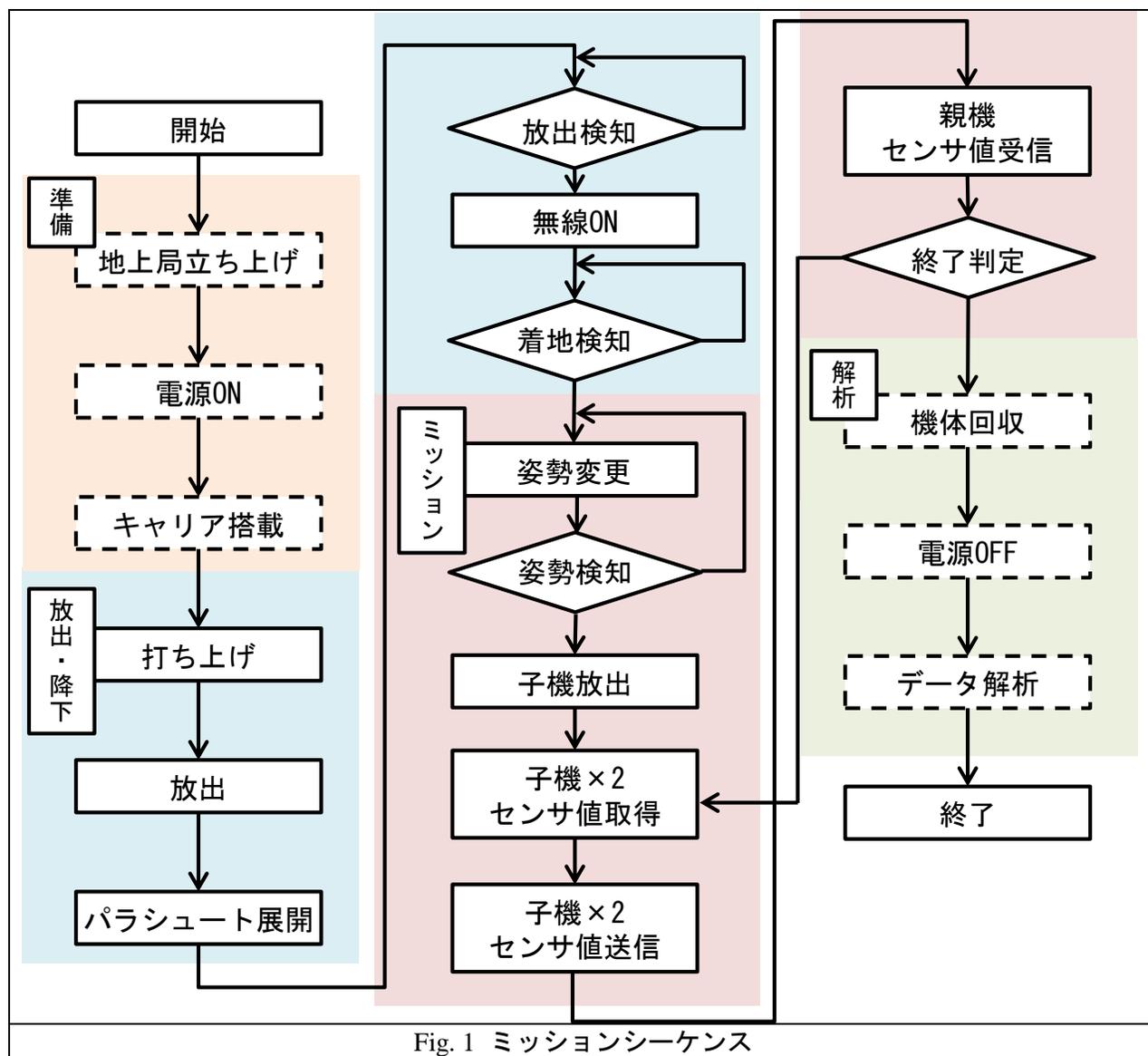
本ミッションは、このようなシステムの実現に向けた初期検討として、1度の打ち上げで複数地点に子機を設置し、子機が取得した情報を親機に送信する。以下の表に本ミッションにおける観測所の定義をまとめ、CanSatのレギュレーション上、提案システムと異なる箇所を斜体で示した。ここで機体とは、親機・子機から構成されるCanSatの機体全体を指す。

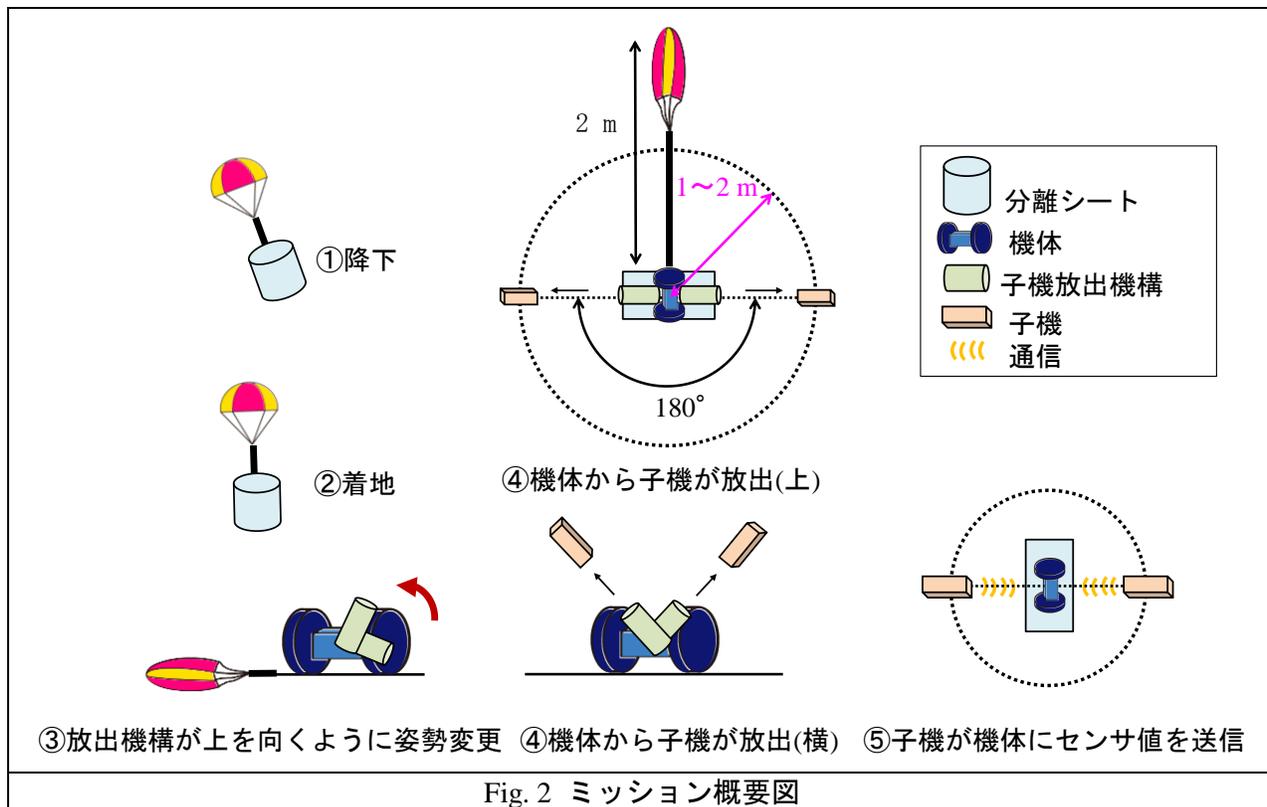
	観測所（親機）	観測所（子機）
質量・容積	φ 130 mm × 180 mm	35 mm × 45 mm × 20 mm
運用コスト	高い	低い
設置方法	パラシュートで落下	親機と共に落下し、着地後、放出される

設置場所	落下地点	親機を中心として均等な位置
通信対象	地上局・すべての子機	親機のみ
運用時間	子機放出後3時間程度	
バッテリー	リチウムイオン電池	
搭載するセンサ	照度センサのみ	
親機-子機間の距離	約1~2 m	

## 2. ミッションシーケンス

キャリア収納からミッション達成までの流れを Fig. 1 に示す。ここで、人が行う作業を点線の枠で囲んだ。ミッション概要図を Fig. 2 に示す。





## 第2章 サクセスクライテリア

ミニマムサクセス	親機から子機を放出
ミドルサクセス	放出された2つの子機が照度センサの値を取得し、親機に送信 親機が子機から情報を受信
フルサクセス	受信した情報がどの子機から送信されたものか、親機が判別

### 第3章 要求項目の設定（各チームごとに項目を追加してください）

#### 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	シーケンス	自己審査項目（ <a href="#">ARLISS 打ち上げ安全基準</a> ）
S1	ミッション全体	φ146 mm 高さ 240 mm の筒に収納可能であること
S2		重量が 1050 g 以内であること
S3		ミッション遂行に十分な電力を供給できる電源を有すること
S4		ロスト対策のため、1000 m 以上の無線通信または視認が可能であること
S5		記録媒体にデータが保存できること
S6		誤差半径 10 m 以内の位置情報が取得できること
S7	準備	電源が入れられること
S8		電源 ON を確認できること
S9		子機の電源が入れられること
S10	ロケット搭載・発射	キャリア内で通信機能が停止すること
S11		発射時の準静的荷重 10 G に耐えられること
S12		上昇時の振動 15 GRMS に耐えられること
S13	放出	放出時の衝撃 20G に耐えられること
S14		キャリアから自重で落下可能であること
S15		キャリアからの放出を検知可能であること
S16		放出検知の後、機体の無線通信を開始可能であること
S17		無線を指定された周波数に変更できること
S18	降下	開傘衝撃 12G に耐えられること
S19		パラシュートが開傘できること

S20		パラシュートで 6 m/s まで減速できること
S21		パラシュートが絡まないこと
S22	着地	着地衝撃に耐えられること

## 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	シーケンス	自己審査項目（ミッション実現要求項目）
M1	着地	着地衝撃により子機が機体から放出されないこと
M2		着地を検知できること
M3		パラシュートが機体を覆わないこと
M4	姿勢変更	機体の姿勢を検知できること
M5		モーターを回し、落下した姿勢に関わらず、子機放出機構が上を向くように姿勢を変更すること
M6	子機放出	子機放出機構のフタが開くこと
M7		子機放出機構のばねが伸びること
M8		子機が放出されること
M9		放出の衝撃で子機が壊れないこと
M10	子機動作	子機が照度センサの値を取得すること
M11		子機が取得した値を通信機能により親機に送れること
M12	親機動作	親機が子機から受信した照度センサの値を、記録媒体に保存できること
M13		送られてきた値がどの子機から送られたものか、識別できること

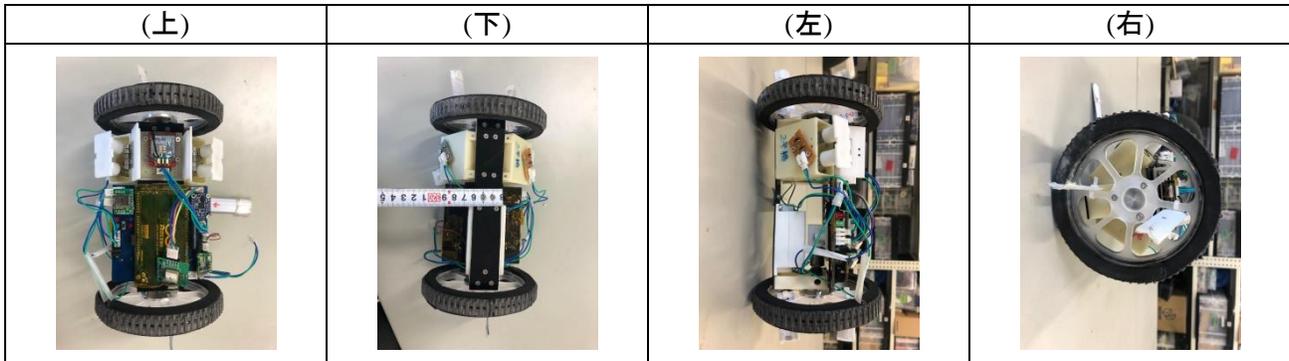
## 第4章 システム仕様

### 1. CanSat 設計図

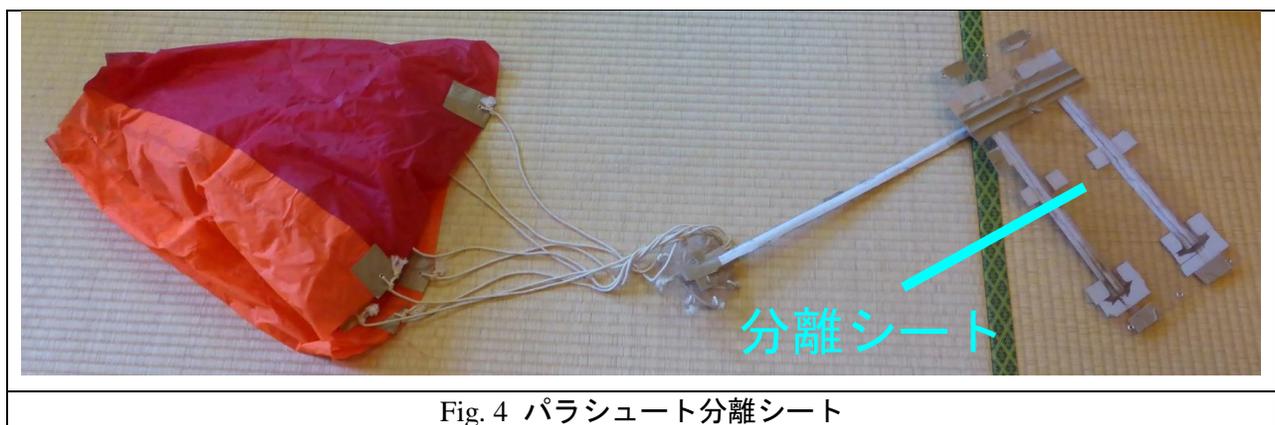
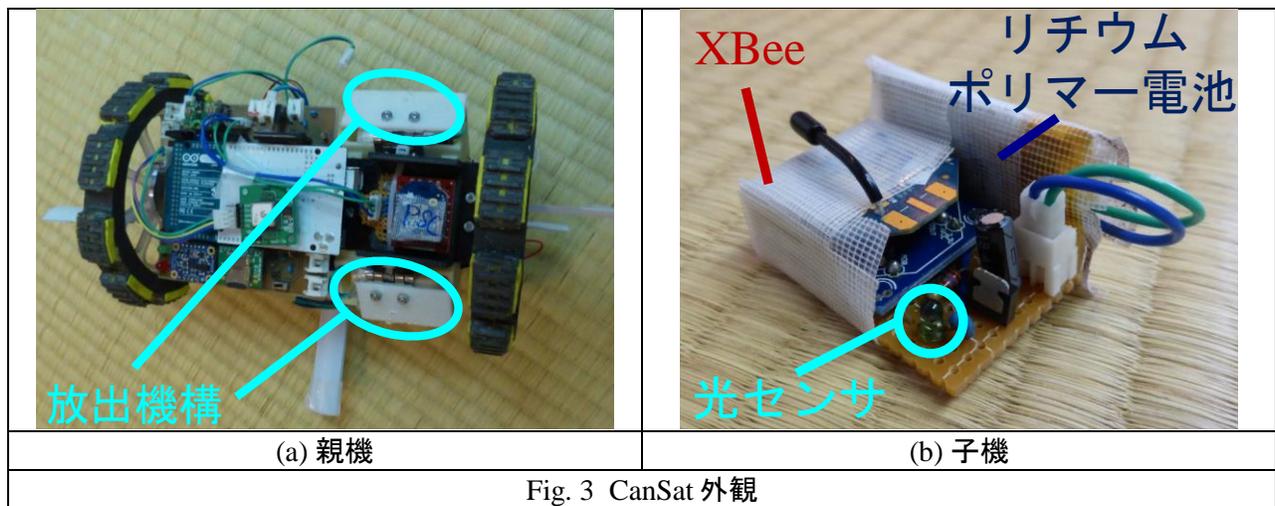
機体、回路基板の設計図をドライブ上の同フォルダ内の「設計図」フォルダ内に示す.

## 2. CanSat 外観/質量/サイズ

CanSat 機体の上下左右の写真を以下に示す.



CanSat 外観を Fig. 3 (a) に示す. パラシュート分離シートについて, Fig. 4 に示す. Fig. 3 (a) の水色で囲った部分が, 子機放出機構である. また, 子機放出機構に収納される子機を Fig. 3 (b) に示す.



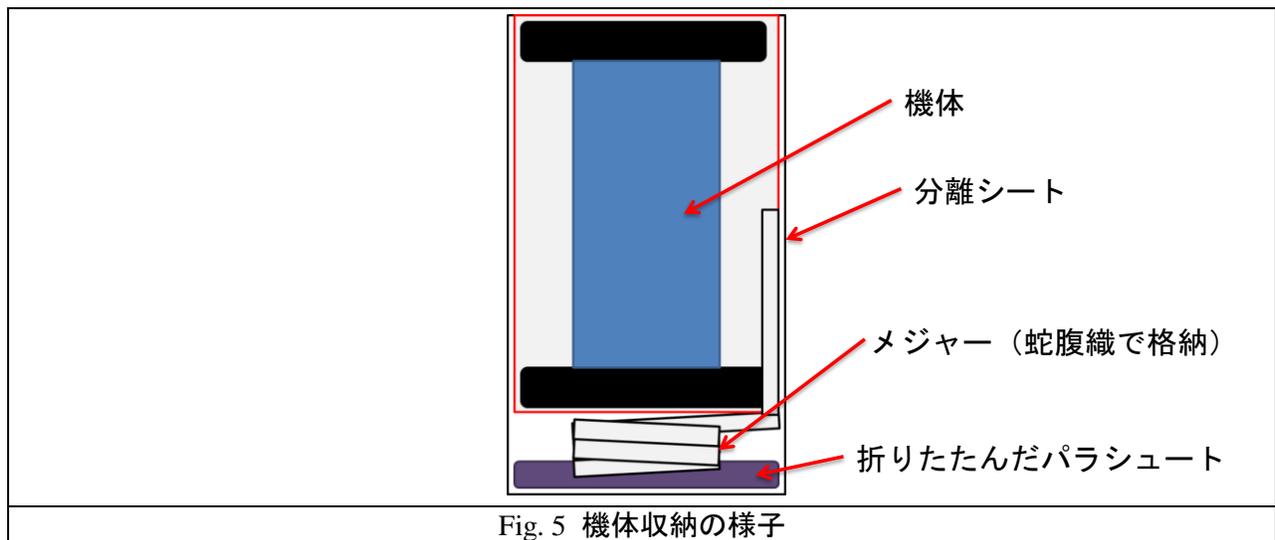
### 【質量】

重さの合計と内訳は以下に示す。

項目	重さ(g)
パラシュート,分離シート	269
機体	614
子機	46
計	929

### 【サイズ】

パラシュート, 機体, 分離シートへの収納時の写真は第6章3.2節に示す。分離シートへ収納した後, ボイド管への格納の様子を Fig. 5 に示す。まずボイド管の底に折りたたんだパラシュートを挿入し, パラシュートのメジャー部分を蛇腹状に折りたたみ, 最後にシートにくるまった機体を挿入する。



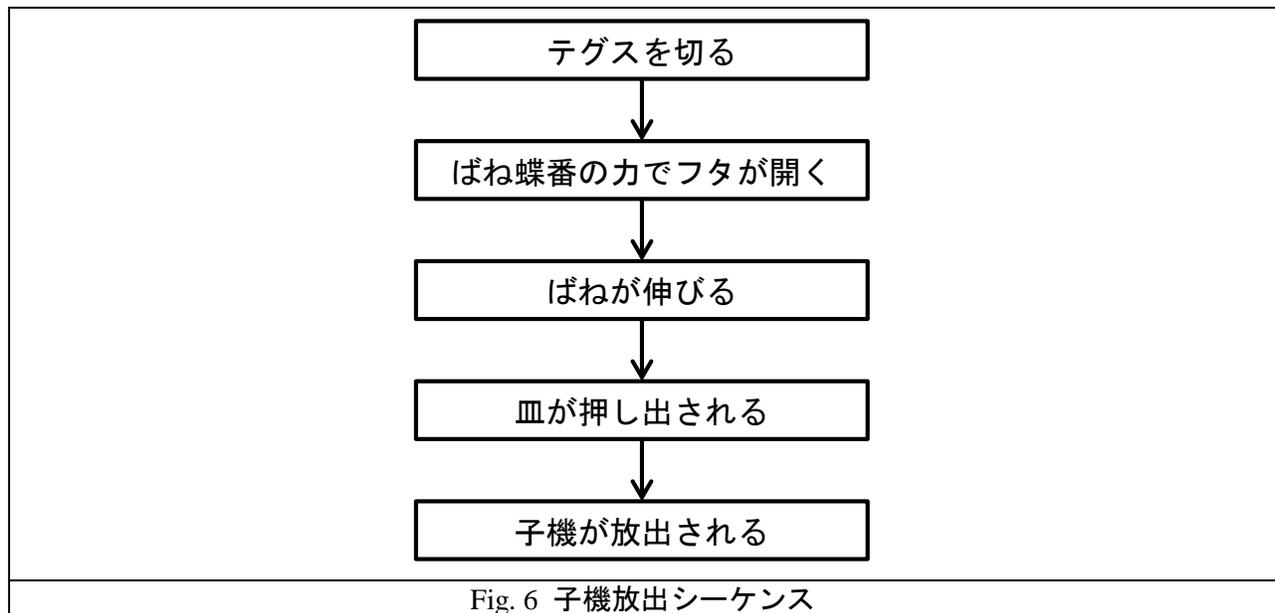
### 3. CanSat 内観・機構/電力

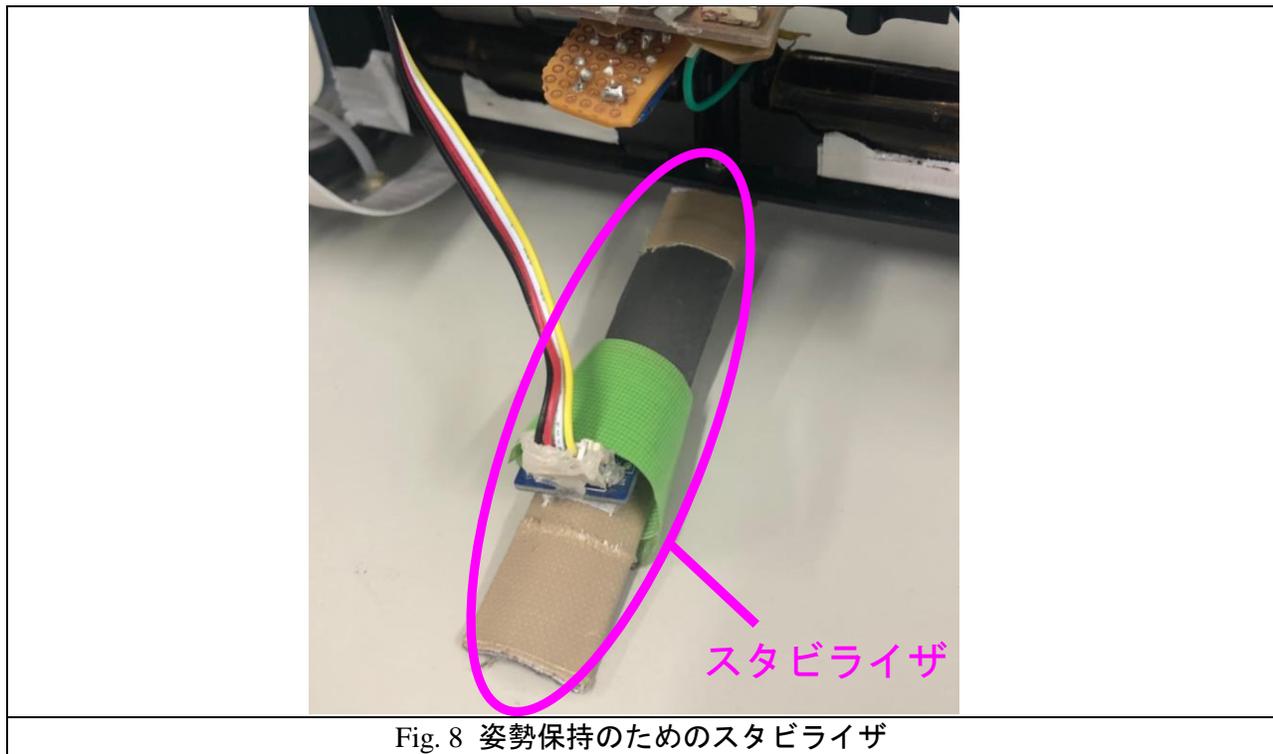
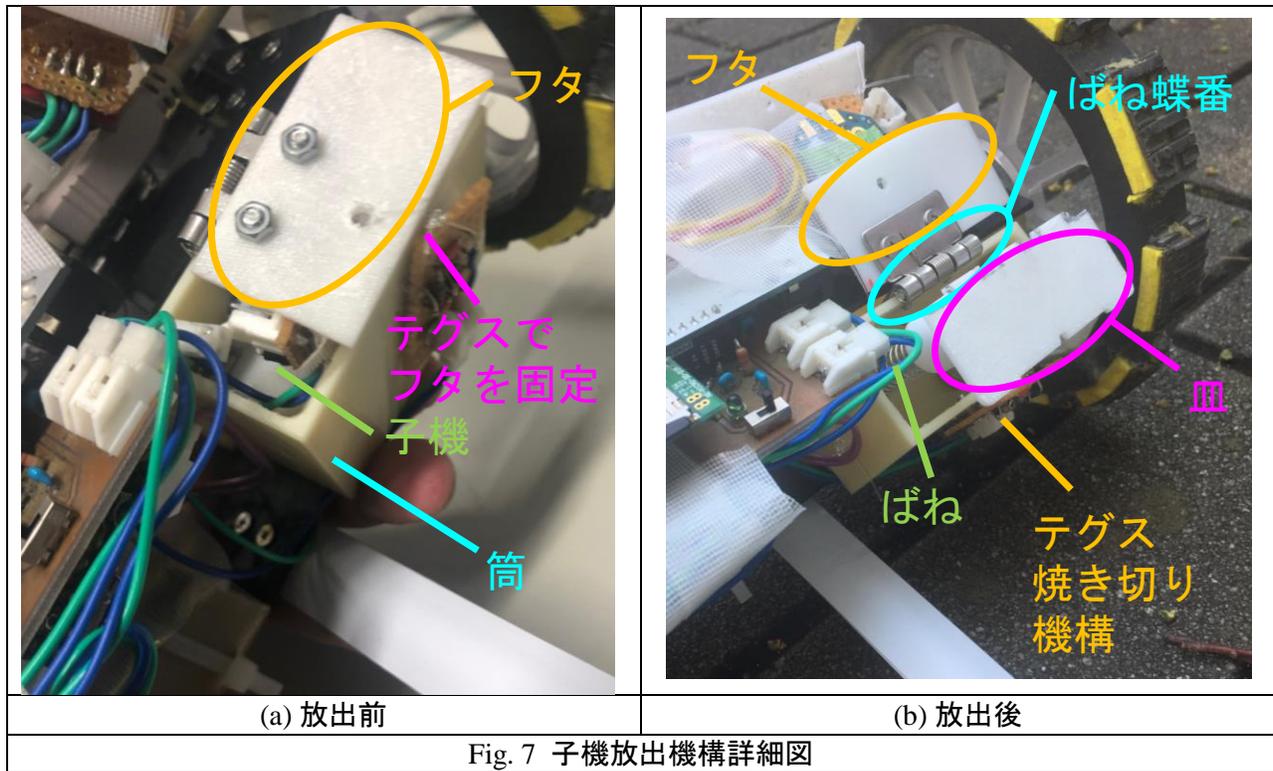
(図や動画を用いて機体の基本的な機能や仕組み、パラシュートの展開・分離/翼の展開などの仕組みを説明、一回の打ち上げで使用する電力とバッテリー要領の計算結果などを記載)

本ミッションの要となる、子機放出機構について、シーケンスを Fig. 6 に示す。また、子機放出機構の放出前・放出後の様子について、それぞれ Fig. 7 (a), (b) に示す。

詳細を以下に示す。

子機放出機構のフタは、ばね蝶番で接続されている。Fig. 7 (a) のようにフタと筒をテグスで結び、フタを押さえる。抵抗に熱を通してテグスを切ることによってフタが開かれ、Fig. 7 (b) のようにばねが伸びて皿が押し出される。また、子機放出機構が上を向いた状態で姿勢を維持できるように、スタビライザを取り付ける。これを Fig. 8 に示す。





## 【電力】

### 一回の打ち上げで使用する電力とバッテリー容量の計算結果

#### 回路用電池

使用したマイコンは Arduino MEGA2560 である。このマイコンは全ポート合計最大 200 mA の電流を流すことが可能である。また、ミッションについて、機体が 3 時間以上稼働できれば十分にミッションを達成可能であると考えた。これらのことから必要なバッテリー容量は 600 mAh 以上である。以上のことと、質量、大きさなどの制約を考慮し、回路用電池は容量が 860 mAh のものを採用した。

#### モーター・焼き切り用電源

モーターの許容電流値は 150 mA であり、焼き切りに流れる電流は最大で約 2000 mA である。モーターの稼働時間はミッションの特性から 20 秒程度、焼き切りの時間は合計で 45 秒程度である。これらのことから必要なバッテリー容量は約 12 mAh である。実際にはハードウェアの設計上、回路用電池とモーター・焼き切り用電池が同じ大きさであることが望ましかったために、モーター・焼き切り用電池は回路用電池と同様の 860 mAh のものを採用した。

#### 子機用電池

子機に搭載された XBee の送信電流は最大で 45 mA、主審電流は最大で 31mA である。また、照度センサにより消費される電流は最大で 73  $\mu$ A、照度センサにかかる電圧を抑えるために用いた分圧の抵抗に流れる電流は最大で約 7 mA である。これらを合わせて子機では最大で 84 mA 程度の電流が流れる。回路用電源と同様に、子機も 3 時間以上稼働できればミッションを十分に達成可能と考えた。これらのことから必要なバッテリー容量は 252 mAh 以上である。以上のことと、質量、大きさなどの制約を考慮し、子機用電池は容量が 400 mAh のものを採用した。

## 4. 使用部品

### ➤ 電子系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
GPS	GPS受信機キット 1 PPS出力付き 「みち びき」 3機受信対応	秋月電子 <a href="http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09991/">http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09991/</a>	
9軸加速度 センサ	Adafruit bno055	mouser <a href="https://www.mouser.jp/ProductDetail/Adafruit/2472?qs=sGAEpiMZZMsMyYRRhGMFNuFol0IaQxst8qeHhFTzrMI%3D">https://www.mouser.jp/ProductDetail/Adafruit/2472?qs=sGAEpiMZZMsMyYRRhGMFNuFol0IaQxst8qeHhFTzrMI%3D</a>	
照度センサ	NJL7502L	秋月電子 <a href="http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-02325/">http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-02325/</a>	
通信モジュ ール	XBee ZB (S2C)	SWITCH SCIENCE <a href="https://www.switch-science.com/catalog/2611/">https://www.switch-science.com/catalog/2611/</a> 秋月電子 <a href="http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-10069/">http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-10069/</a>	
SDカード 記録	マイクロSDカードスロ ットDIP化キット	秋月電子 <a href="http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-05488/">http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-05488/</a>	
モータード ライバ	TA7291P	秋月電子 (現在は秋月のサイトでペー ジが見つからない)	
昇降圧	TPS63060	ストロベリーリナックス <a href="https://strawberry-linux.com/catalog/items?code=12060">https://strawberry-linux.com/catalog/items?code=12060</a>	

### ➤ 動力系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
モータ	DCギアモータ 日本電産 コパル電子 55 rpm	RS コンポーネンツ <a href="https://jp.rs-online.com/web/p/dc-geared-motors/0169437/?relevancy-data=636F3D3126696E3D4931384E53656172636847656E65726963266C753D6A61266D6D3D6D61746368616C6C7061727469616C26706D3D5E5B5C707B4C7D5C707B4E647D2D2C2F255C2E5D2B2426706F3D31313326736E3D592673723D2673743D4B4559574F52445F53494E474C455F414">https://jp.rs-online.com/web/p/dc-geared-motors/0169437/?relevancy-data=636F3D3126696E3D4931384E53656172636847656E65726963266C753D6A61266D6D3D6D61746368616C6C7061727469616C26706D3D5E5B5C707B4C7D5C707B4E647D2D2C2F255C2E5D2B2426706F3D31313326736E3D592673723D2673743D4B4559574F52445F53494E474C455F414</a>	

		<a href="https://www.monotaro.com/p/6069/0035/">C5048415F4E554D455249432677633D4E4F4E45267573743D484731362D3234302D41412D3030267374613D484731362D3234302D41412D303026&amp;searchHistory=%7B%22enabled%22%3Atrue%7D</a>	
回路・モータ用リポ電	DTP603048(PHR) 860mAh	モノタロウ <a href="https://www.monotaro.com/p/6069/0035/">https://www.monotaro.com/p/6069/0035/</a>	
子機用リポ電	DTP502535(PHR) 400mAh	モノタロウ <a href="https://www.monotaro.com/p/6069/0026/">https://www.monotaro.com/p/6069/0026/</a>	

➤ 構造系

分類	名称・型番	入手先・参考情報等	備考
ハウジング、板、筒	ABS(N) 30mm 195mm*195mm	プラスチック部品屋 <a href="http://plasticbuhinya.shop-pro.jp/?pid=4995692">http://plasticbuhinya.shop-pro.jp/?pid=4995692</a>	
タイヤ	ポリカーボネート	モノタロウ <a href="https://www.monotaro.com/k/store/%83%7C%83%8A%83J%81%5B%83%7B%83I%81%5B%83g%94%C210mm/">https://www.monotaro.com/k/store/%83%7C%83%8A%83J%81%5B%83%7B%83I%81%5B%83g%94%C210mm/</a>	
タイヤ用スポンジ	KSNR スポンジ	ミスミ <a href="https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/221005171492/?HissuCode=KSNR-205">https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/221005171492/?HissuCode=KSNR-205</a>	
蓋、皿、モーターケース、リポ電ケース、XBee 保護柵	ABS 樹脂	マニファクチャリングセンターで購入	
ばね	ステンレス押しバネ SR-441	モノタロウ <a href="https://www.monotaro.com/p/6590/5543/">https://www.monotaro.com/p/6590/5543/</a>	
ばね蝶番	ステンバネ蝶番#1727-25	モノタロウ <a href="https://www.monotaro.com/p/0834/2372/">https://www.monotaro.com/p/0834/2372/</a>	
フランジ	アルミ棒	マニファクチャリングセンターで購入	
カップリング	カップリング MOM-12-3-6	NBK <a href="https://www.nbk1560.com/products/coupling/couplicon/oldham/MOM/MOM-12/MOM-12-3-6/">https://www.nbk1560.com/products/coupling/couplicon/oldham/MOM/MOM-12/MOM-12-3-6/</a>	
ベアリング	ベアリング	ミスミ	

	小径玉軸受 両シールド形 B676ZZ	<a href="https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/110300107560/?HissuCode=B676ZZ&amp;PNSearch=B676ZZ&amp;KWSearch=B676ZZ&amp;searchFlow=results2products">https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/110300107560/?HissuCode=B676ZZ&amp;PNSearch=B676ZZ&amp;KWSearch=B676ZZ&amp;searchFlow=results2products</a>	
シート (分離シート)	塩化ビニル板 ユニサンデー (エンビ板) 厚さ 0.5mm サイズ 600×450mm	ミスミ <a href="https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/221005191528/?KWSearch=%e5%a1%a9%e3%83%93%e6%9d%bf&amp;searchFlow=results2products&amp;relatedKeyword=1">https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/221005191528/?KWSearch=%e5%a1%a9%e3%83%93%e6%9d%bf&amp;searchFlow=results2products&amp;relatedKeyword=1</a>	
支柱部分 (分離シート)	メジャー KDS プロネクスト Lite 白	ドン・キホーテで購入	
布 (パラシユート)	EMMAKITES リップストップ 40D ナイロン生地 薄手 無地 撥水防水 UV 処理 1M カット レッド	Amazon <a href="https://www.amazon.co.jp/EMMAKITES-%E3%83%AA%E3%83%83%E3%83%97%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%83%E3%83%97-40D%E3%83%8A%E3%82%A4%E3%83%AD%E3%83%B3%E7%94%9F%E5%9C%B0-%E6%92%A5%E6%B0%B4%E9%98%B2%E6%B0%B4-UV%E5%87%A6%E7%90%86/dp/B00ZR816TE?th=1">https://www.amazon.co.jp/EMMAKITES-%E3%83%AA%E3%83%83%E3%83%97%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%83%E3%83%97-40D%E3%83%8A%E3%82%A4%E3%83%AD%E3%83%B3%E7%94%9F%E5%9C%B0-%E6%92%A5%E6%B0%B4%E9%98%B2%E6%B0%B4-UV%E5%87%A6%E7%90%86/dp/B00ZR816TE?th=1</a>	
糸 (パラシユート)	たこ糸 A-303 幅 3mm 長さ 50m ユカタメイク	ミスミ <a href="https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/223004928831/?HissuCode=A-303">https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/223004928831/?HissuCode=A-303</a>	

## 5. 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
回路作成サービス	Elecrow	<a href="https://www.elecrow.com">https://www.elecrow.com</a>	
3Dプリンタ		マニファクチャリングセンター	

※3DプリンタやCNCなどの近年発達の著しい機材や外部サービス、特殊な機材を使用した場合は記入してください。一般的な工具類は記入不要です。

## 6. プログラム・アルゴリズム

使用言語: c++

まず、ミッションシーケンスのフローチャートを Fig. 9 に示す。ここで、能代では実装されておらず、ARLISS で追加した処理について点線で示した。また、プログラムの状態について、Table 1 に示した。状態ごとの役割について、以下に詳細を示す。

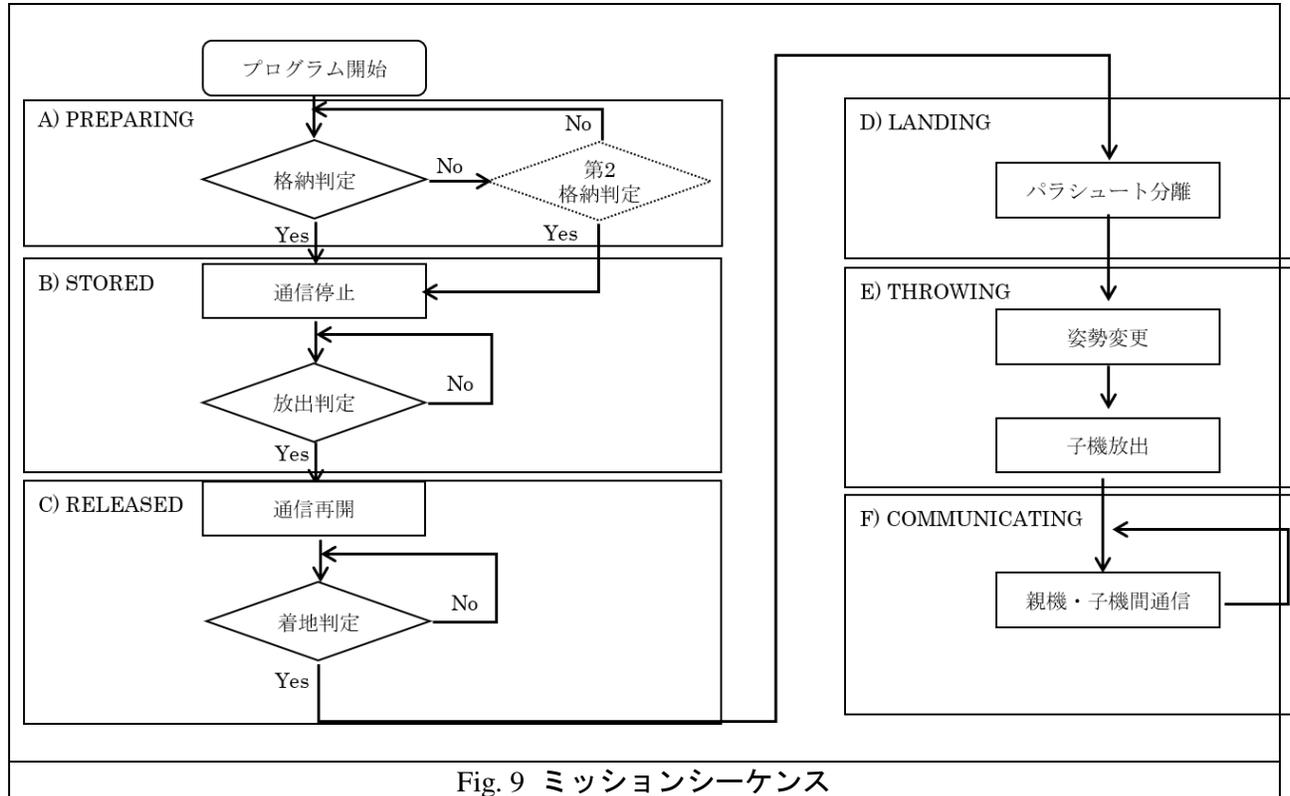


Fig. 9 ミッションシーケンス

Table 1 プログラムの状態

記号	状態名	内容
A	PREPARING	電源オン～ボイド缶格納検知
B	ST RED	ボイド缶格納検知～ボイド缶放出検知
C	RELEASED	ボイド缶放出検知～着地検知
D	LANDING	着地検知～パラシュート分離
E	THROWING	姿勢安定・子機放出
F	COMMUNICATION	親機・子機間の通信

#### A) PREPARING

CanSatの電源を入れた時、最初に入るステート、すべてのセンサ類が値の取得を開始、照度センサの値を用いて機体がボイド缶に格納されているかを判定、ボイド缶の格納を検知するとB) STOREDにステートが移行

#### B) STORED

機体がボイド缶内部にあると認識しているときのステート、地上局との通信を停止、照度センサの値を用いて機体がボイド缶から放出されたか否かを判定、機体がボイド缶からの放出を検知するとC) RELEASEDにステートが移行

#### C) RELEASED

機体がボイド缶から放出され、空中にいると認識しているときのステート、地上局との通信を再開、加速度センサの値を用いて機体が着地したか否かを判定、着地が検知されるとD) LANDINGにステートが移行

#### D) LANDING

機体が着地したと認識しているときのステート、パラシュートを分離するために抵抗(5.6Ω~10Ω)に5Vの電圧をかけ、抵抗を熱し、テグスを焼き切る。焼き切り終了後、E) THROWINGにステートが移行

#### E) THROWING

機体がパラシュートと分離されたと認識しているときのステート。本ステートでは(1)子機放出機構を上側に向いていることを確実にするためにモーターを一定時間回転、(2)子機放出のためのテグスの焼き切り。の2つを行う。ここで、焼き切りの方法はD) LANDINGと同様である。上記の2つが終了するとF) COMMUNICATIONにステートが移行

#### F) COMMUNICATION

子機が親機から放出されていると認識しているときのステート、親機はそれぞれの子機から送られてくる照度センサの値をどちらの子機から送信されているかを判定し、保存

最後にステートの移行条件をTable 2に示す。

Table 2 ステート移行条件

記号	条件
A→B	照度センサの値が20ループ連続で150を下回る または、電源を入れてから1000ループ経過する
B→C	照度センサの値が20ループ連続で一定値を上回る (能代・ARLISS1回目:150, ARLISS2回目:450)
C→D	加速度センサで得られた並進加速度(重力加速度を除く)の大きさが 50ループ連続で1m/s <sup>2</sup> を下回る
D→E	パラシュート・機体間のテグスの焼き切り(14秒間)が終了
E→F	子放出機構のテグスの焼き切りがすべて終了

## 7. 会計

今回、機体の開発費の合計は 203,748 円であった。機体の合計台数は 3 機である。その大まかな内訳を以下に示す。

機体素材等	センサ類	回路類	加工費
115,705	43,420	18,909	25,714

## 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）	実施予定日	実施
V1	質量試験	S2	7/12	✓
V2	キャリア収納試験	S1, S14	7/12	✓
V3	電池試験	S3	7/12	✓
V4	通信距離試験	S4	6/15	✓
V5	パラシュート視認試験	S4	8/17	✓
V6	SD カード記録試験	S5	7/5	✓
V7	地上局記録試験	S5	7/12	✓
V8	センサ統合試験	S5	7/5	✓
V9	GPS 精度試験	S6	7/5	✓
V10	照度センサ試験	S10	7/5	✓
V11	加速度センサ試験	M2	7/5	✓
V12	無線 ON/OFF 試験	S10, S15, S16	7/12	✓
V13	準静的荷重試験	S11	7/19	✓
V14	振動試験	S12	7/25,26	✓
V15	放出衝撃試験	S13	7/19	✓
V16	無線 CH 変更試験	S17	7/12	✓
V17	開傘衝撃試験	S18	7/19	✓
V18	パラシュート落下試験	S19, S20, S21	7/12	✓
V19	実機落下試験	S22, M1, M2, M3	7/19	✓
V20	姿勢保持試験	M4, M5	7/12	✓

V21	子機放出試験	M6, M7, M8	7/12	✓
V22	子機動作試験	M9, M10, M11	7/12	✓
V23	親機—子機間通信試験	M12, M13	7/19	✓
V24	End to End 試験	すべて	7/25,26	✓

## 第6章 実施試験内容

### 1. (V1) 質量試験

➤ 目的

質量がレギュレーションを満たしていることを確認する

➤ 試験/解析内容

全モジュールを計りで計測し、1050g 以下であることを確認する

➤ 結果

重量測定時の様子を Fig. 10 に示す。

質量がレギュレーションを満たすことが確認できた。



Fig. 10 重量試験

## 2. (V2) キャリア収納試験

### ➤ 目的

CanSat がキャリアに入ること、CanSat がキャリアから自重で落下可能であることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

内径 146 mm、高さ 240 mm のボイド缶に CanSat を入れ、入ることを確認する。  
キャリアを下向きにし、CanSat がキャリアから自重で落下することを確認する。

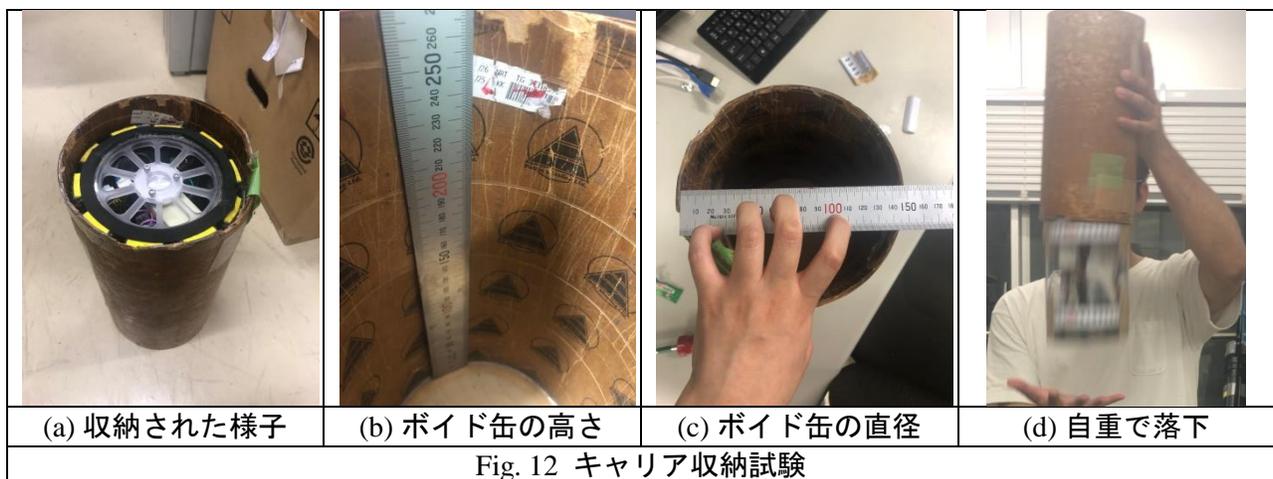
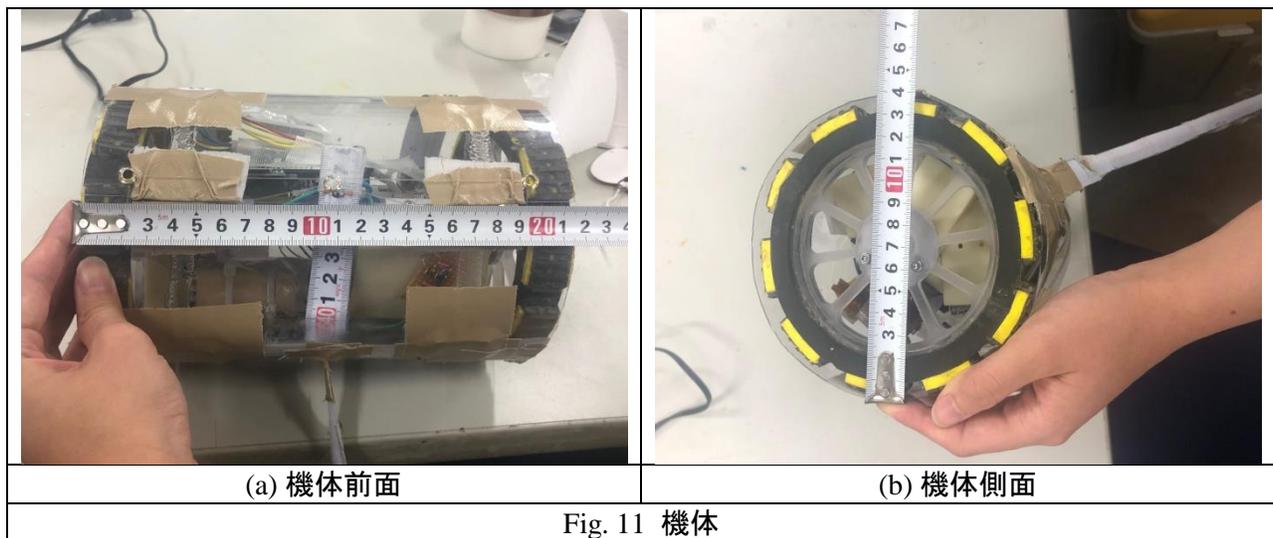
### ➤ 結果

機体の大きさについて、Fig. 11 に示す。

ボイド缶に収納する様子を Fig. 12 (a), (b), (c) に示す。

CanSat がキャリアから自重で落下する様子を Fig. 12 (d) に示す。

これより、CanSat がキャリアに入ること、CanSat がキャリアから自重で落下可能であることが確認できた。



### 3. (V3) 電池試験

➤ 目的

ミッション遂行に十分な電源を有することを確認する

➤ 試験/解析内容

テグスの焼き切り，モーターの回転，子機の動作を行い，電源が十分であるか確認する

➤ 結果

(V24) End to End 試験より，ミッション遂行に十分な電源であることを示した。

気球試験や能代宇宙イベントなど，風の強い環境でも焼き切りに成功しており，風による加熱不十分は問題ないと考える。

### 4. (V4) 通信距離試験

➤ 目的

ロスト対策のため，BBM と地上局（PC）の通信可能な距離を測定する

➤ 試験/解析内容

PC（地上局）とBBMを無線機（XBee）で接続する。その後，多摩川沿いを徒歩で移動し，PCからBBMを離していき通信ログを確認した。

➤ 結果

結果を Fig. 13 に示す。

青のポイントが基地局の位置，赤のポイントがBBMの位置であり，2点間の距離は250 mであった。これより，無線機でデータ受信可能であった距離は250 mと言える。



Fig. 13 無線通信可能距離

## 5. (V5) パラシュート視認試験

### ➤ 目的

ロスト対策のため、パラシュートが視認できる距離を確認する

### ➤ 試験/解析内容

パラシュートを視認する人から徒歩でパラシュートを少しずつ遠ざけていき、双眼鏡を用いて視認可能な距離を測定する。

### ➤ 結果

Fig. 14 に視認が可能であった地点を示す。双眼鏡を用いると、直線距離で 1.8 km 先のパラシュートを視認できた。この際、肉眼でも赤い点を確認することができており、砂漠のような、より開けた場所では双眼鏡を用いてさらに遠くのパラシュートを確認可能であると考えられる。



Fig. 14 パラシュート視認試験

## 6. (V7) 地上局記録試験

### ➤ 目的

機体が地上局に情報を伝達できることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

BBM モデルに GPS の取得した値を約 1 秒おきに地上局の PC に送信させ、地上局がセンサの値を正しく受信することを確認する。

結果の妥当性は GPS から得られる時刻とスマートフォンの時刻を比較する。

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を、以下の URL に示す。

URL: [https://www.youtube.com/watch?v=IV\\_SEyj\\_qHA&t=15s](https://www.youtube.com/watch?v=IV_SEyj_qHA&t=15s)

動画時間 0:00～1:27 で実験装置の構成を確認している。子機モジュールや親機の取得したセンサの値を基地局に伝達できていることが確認できる。

動画時間 1:27～2:50 の間で子機モジュールに当てている光の強度に応じてセンサの値が変動し、その様子が基地局に送信されていることが確認できる。

これらのことから、機体が地上局に情報を正しく伝達できていることを確認できた。

次に示す試験 7.~11.の結果の動画を，以下の URL に示す.

URL: [https://www.youtube.com/watch?v=6sijDEv1\\_3Q&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=6sijDEv1_3Q&feature=youtu.be)

試験内容と動画時間の一覧を以下に示す. また，これらの試験は，すべてのセンサを統合した BBM で行われている.

番号	試験内容	動画時間
V9	GPS 精度試験	1:03 ~ 1:36
V10	照度センサ試験	1:40 ~ 2:21
V11	加速度センサ試験（重力加速度）	2:30 ~ 2:58
V11	加速度センサ試験（傾き）	3:00 ~ 3:41
V6	SD カード記録試験	4:50 ~ 7:30
V8	センサ統合試験	1:03 ~ 7:30

## 7. (V9) GPS 精度試験

### ➤ 目的

GPS の精度を確認する

### ➤ 試験/解析内容

GPS から得られた時刻と PC の時刻を比較, GPS から得られた緯度経度とグーグルマップと位置していることを確認する.

### ➤ 結果

動画時間 1:03~1:36 で, GPS から取得している時刻と, PC の表示している時刻が一致していることが確認できる.

また, 動画中 (1:36) 時点での GPS から取得された緯度経度は以下のとおりである.

緯度 : 35.555065

経度 : 139.655620

上記の値でグーグルマップ検索をしたものを Fig. 15 に示す. 本実験は慶應義塾大学矢上キャンパスの 26 棟教育研究棟と 27 棟体育館の間で実施している. Fig. 15 より, 誤差半径は 5.96 m であることが確認できた. また, マイコンのクロック周波数は 1600 MHz であり, L1 信号の周波数 1575.42MHz の約数でないことを確認した.



Fig. 15 GPS の誤差

## 8. (V10)照度センサ試験

### ➤ 目的

照度センサの値が明るいときに大きく、暗いときに小さくなることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

光を照度センサに当てたときと当てていないときのセンサの値を比較する.

### ➤ 結果

動画時間 1:40 ~ 2:21 より、照度センサの値が明るいときに大きく、暗いときに小さくなることが確認できた。照度センサの値は、打ち上げ当日に簡単な実験から、適切な閾値を設定可能である。

## 9. (V11)加速度センサ試験

### ➤ 目的

加速度センサの値が正しく取れていることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

重力加速度の X,Y,Z 成分から重力加速度の大きさが  $9.8 \text{ m/s}^2$  に一致することを確認する。また、加速度センサを平面に置いたときと傾けたときの値を比較する。

### ➤ 結果

動画時間 2:30 ~ 2:58 での重力加速度の各成分は以下のとおりである。

X:-0.65 G, Y:-2.39 G, Z:9.48

次式にこれらの静止時の加速度を代入し計算すると、その大きさは  $9.798 \text{ m/s}^2$  であった。これは重力加速度の大きさが  $9.8 \text{ m/s}^2$  であることに一致している。

$$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2} \quad (1)$$

ただし、 $g_x$ ,  $g_y$ ,  $g_z$  はそれぞれ加速度の X,Y,Z 成分であり、 $g$  は重力加速度の大きさである。また、動画時間 3:00 ~ 3:41 で、加速度センサを、Y 軸の向きの加速度の値が大きくなるように 90 度傾けると、Y 成分の絶対値が 9 以上の値を取り、X 成分、Z 成分の絶対値が 1 以下となっていることが確認できる、以上から加速度センサより、機体の姿勢を取得できることを確認した。また、本ミッションで用いる加速度センサは、重力加速度を除いた加速度を算出可能である。

## 10. (V6) SD カード記録試験

### ➤ 目的

機体の制御履歴を提出できるように記録媒体にデータが保存できることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

BBM モデルで GPS の取得した値を約 1 秒おきに SD カードに保存する。

その後、センサの値を正しく SD カードに保存されていることを確認する。

結果の妥当性は GPS から得られる時刻とスマートフォンの時刻を比較する。

### ➤ 結果

動画時間 4:50 ~ 7:30 より、我々の指定した名のファイルに全てのセンサの値のデータが保存されていることが確認できる。GPS 試験で確認したように、本実験は 21 時 3 分より開始されていることと、SD カードに保存されている時刻は一致している、他のセンサの値についても正しく保存できていることが動画から確認できる。

このとき、毎ループで SD カードに書き込む際にファイルをオープンし、書き込みが終了し次第ファイルをクローズしている。

## 11. (V8) センサ統合試験

### ➤ 目的

GPS,加速度センサ, 照度センサを統合したときに正しく動作することを確認する

### ➤ 試験/解析内容

BBM モデルで搭載している全てのセンサの値を 1 秒おきに取得し、SD カードに保存する。

その後 SD カードを確認し、センサ値が正しく保存できていることを確認する。

### ➤ 結果

2.~5.の試験は全てのセンサを統合した BBM で行われている。全ての値を正しく取得し、SD カードに保存されていることは上記の試験で確認済みである。このことから GPS, 加速度センサ, 照度センサを統合したときに正しく動作することを確認できた。

## 12. (V12) 無線 ON/OFF 試験

### ➤ 目的

キャリアに入ると無線が自動で OFF になることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

本 CanSat は光センサの値によりキャリア内に入っていることを検知し、無線の送信を中止する。CanSat がポイド缶に入ったことを模して布をかぶせ、地上局で無線を受信し、そのログを見る。また、ポイド缶から放出されたのちに無線が on になるのを確認するために、かぶせた布を取り払ったのちの地上局のログも確認する。

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を、以下の URL に示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=W9s7XfQtsKA&feature=youtu.be>

動画より、布をかぶせて十分に暗くすれば通信が停止し、その後布をとって十分に明るくすれば通信が再開されることが確認できた。

### 13. (V13) 準静的荷重試験

➤ 目的

ロケット発射時の準静的荷重に耐えられることを確認する

➤ 試験/解析内容

機体をキャリアに収納した状態で、キャリアをロープにつなぎ、ハンマー投げのように人を中心とした等速円運動によりロケット内部での静荷重を実現する。ここで、ロケットの静荷重は 10 G であり、遠心力は  $(mv^2)/r$  と表せる。ここで、 $m$  は 1050g である。巡回半径、巡回速度を調整することで機体に 10 G を加える。

また、値を取得する際には ATR 社の TSND151 を用い、機体の上面に固定し、回転円の遠心力方向と機体上面から下面への方向と加速度センサの Z 軸方向が一致するようにした。

➤ 結果

機体に加わった加速度の時刻歴を Fig. 16 に示す。試験時の様子の動画を、以下の URL に示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vpCg65ydRvw>

試験後の機体を確認したところ、回路は正常に作動していることを確認し、機体の破損も見られないため、準静的荷重に耐えうることが確認できた。

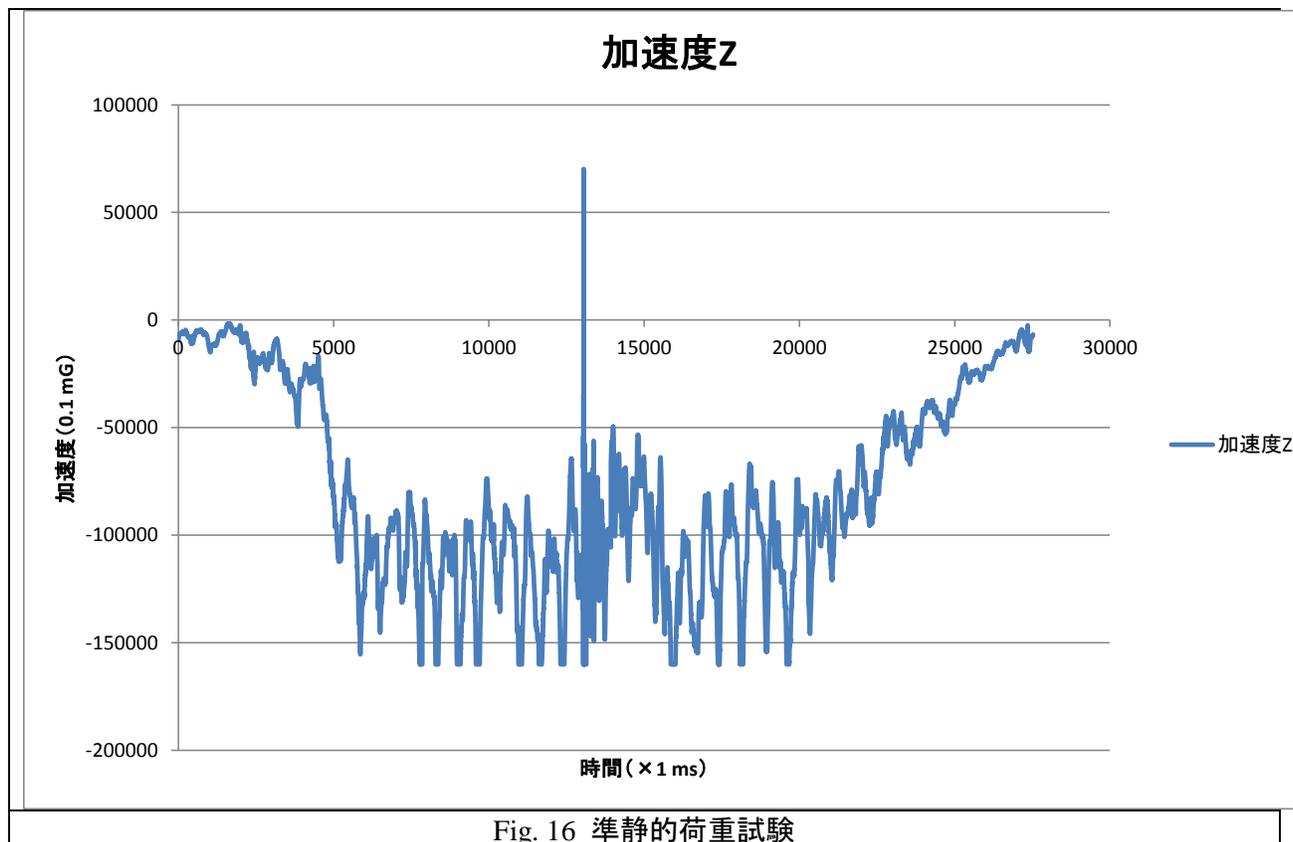


Fig. 16 準静的荷重試験

## 14. (V14) 振動試験

### ➤ 目的

ロケット搭載時の振動に耐えられることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

加振機に、Fig. 17に示すように機体を直接取り付ける。取付方法としては加振台にタイヤを三点をねじ止めをし、 $x, y, z$ 方向に完全に動かないように固定し、加振動実験を行う。研究室内にあるセンサのTSND151の最大サンプリング周波数が1000 Hzで、それ以上のサンプリング周波数をもつセンサが研究室内にないため、今回は加振機の周波数側で十分な範囲をとり、周波数の範囲がレギュレーションを大幅に超えるよう、1 Hz～10,000 Hzと最大15Gの加速度を加振機で機体に与えた。

また、値を取得する際に用いたセンサはATR社のTSND151を用い、機体と加振機台の二か所に取り付けた。これをFig. 18に示す。機体側は、機体の上面に固定し、振動の方向と加速度センサのY軸方向が一致するようにした。また、加振機台側は、加振機台の側面に固定し、振動の方向と加速度センサのY軸方向が一致するようにした。

### ➤ 結果

振動台にかかる加速度Yと機体にかかる加速度YをFig. 19, Fig. 20に示す。また、試験時の様子の動画を、以下のURLに示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7guNVPsBJIw>

試験後の機体を確認したところ、回路は正常に作動していることを確認し、機体の破損も見られないため、1 Hz～10,000 Hzと最大15Gの加速度の振動に耐えうることが確認できた。

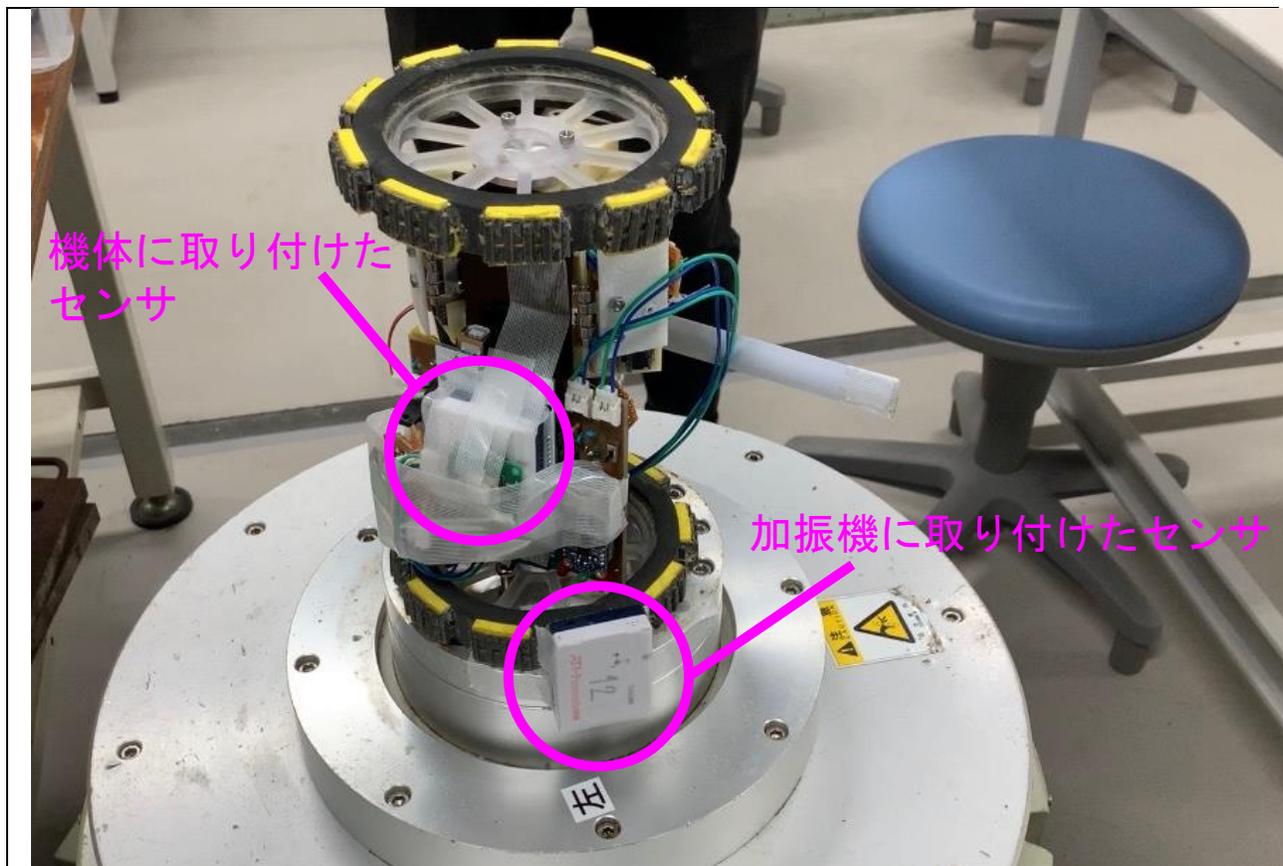
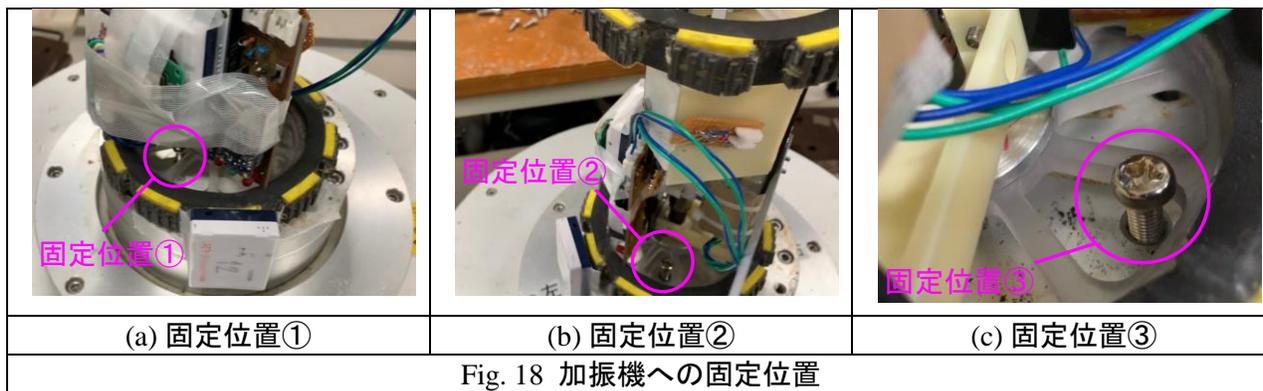
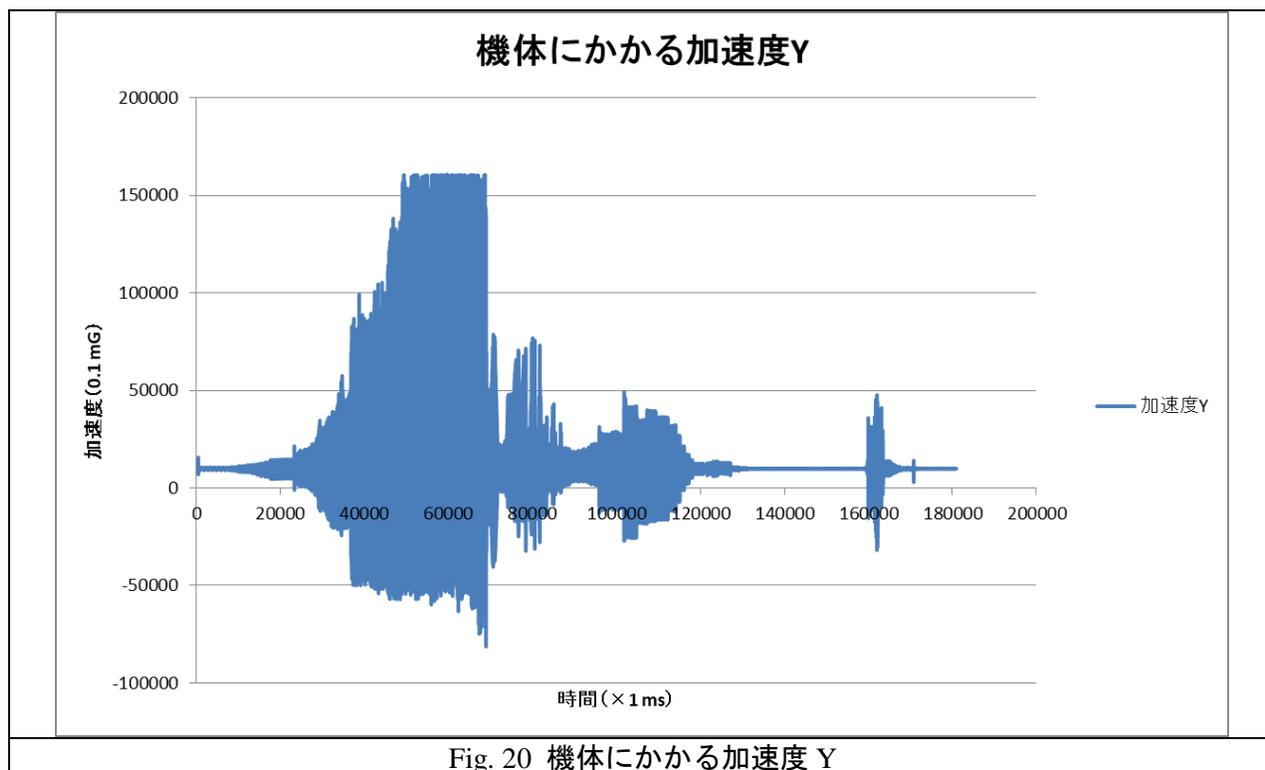
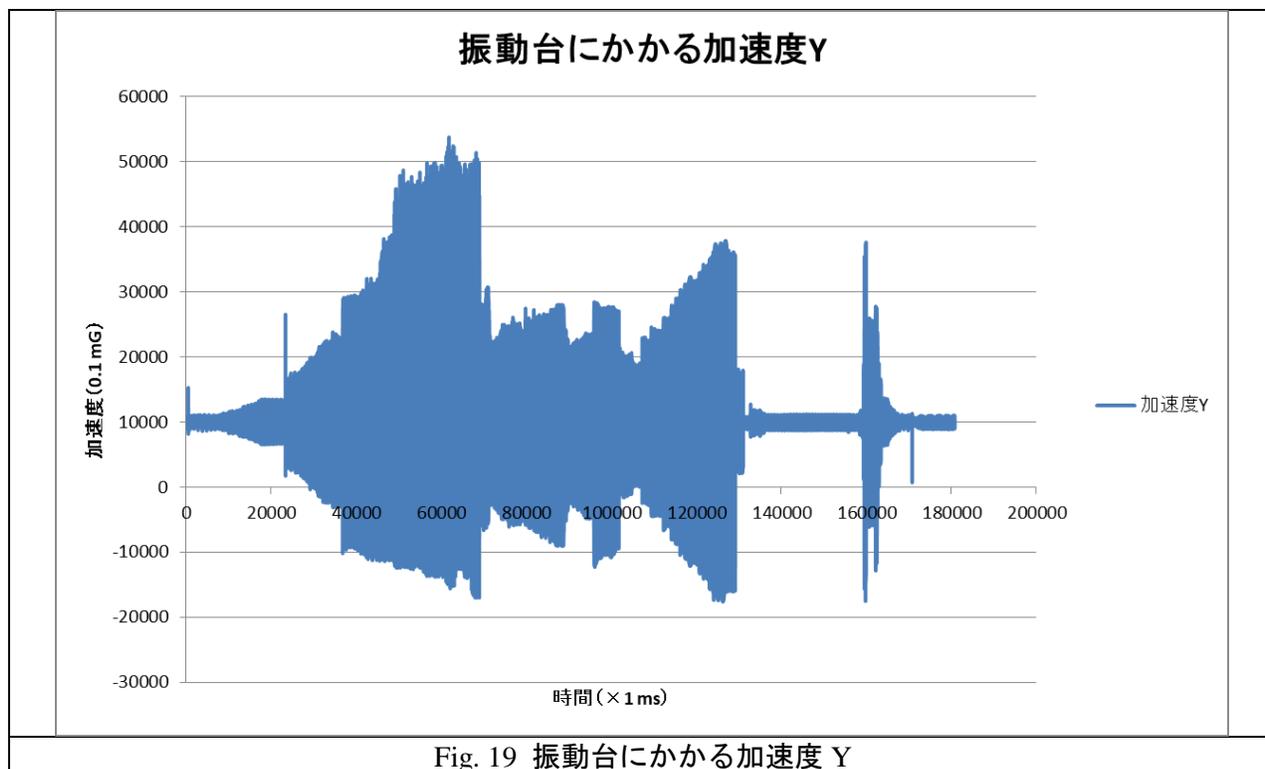


Fig. 17 加振機への固定とセンサの固定位置





## 15. (V15) 放出衝撃試験／(V17) 開傘衝撃試験

### ➤ 目的

(V15) ロケット搭載から放出される際の衝撃に耐えることを確認する

(V17) パラシュートが開く際の衝撃に分離シートと機体が耐えられることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

ロケットから放出された際の衝撃は約 20 G である。これは本チームの過去の大会結果、および他チームの大会結果を参考にした。機体及びパラシュートとの接続部がこれに耐えうることを示す。機体とパラシュートの接続部を紐で接続し、高所から自由落下させ、紐が張り合った時に紐方向に 20 G がかかるようにする。ここで、撃力は  $\sqrt{2gh} = F\Delta t$  より求まるため、これに基づいて紐の長さが決定する。 $\Delta t$  を 0.05 s として計算すると、20 G の撃力のとき、 $h$  は 4.9 m と求まる。したがって、5 m の紐を接続して機体を自由落下させ、紐が張り合う時の撃力に機体及びパラシュートが耐えることを確認する。

また、値を取得する際に用いたセンサは ATR 社の TSND151 を用い、機体の上面に固定し、落下方向と Z 軸方向が一致するようにした。

### ➤ 結果

試験時のデータを以下の Fig. 21 に示す。

800×20 ms 付近で、センサの仕様上、16 G までしか取れないため、値が頭打ちになっている。そのため、少なくとも 16 G はかかっていることが確認できる。

また、試験時の様子の動画を、以下の URL に示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=B2F3bxOAgNY&t=3s>

### 結論:

試験後の機体を確認したところ、回路は正常に作動していることを確認し、機体の破損も見られないため、少なくとも 16G までの開傘衝撃に耐えうることを確認できた。

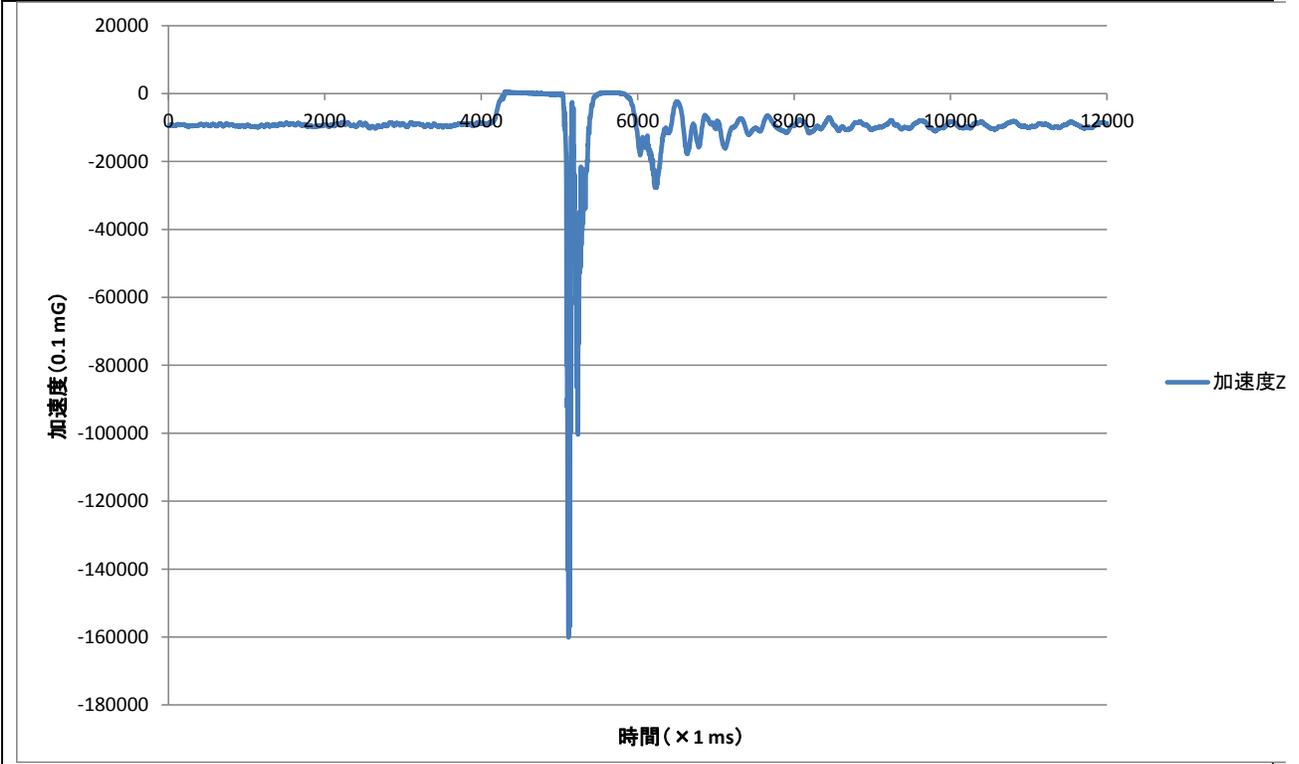


Fig. 21 放出衝撃試験／開傘衝撃試験

## 16. (V16) 無線 CH 変更試験

### ➤ 目的

通信の妨害や混線を防ぐため無線機のチャンネルが変更できることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

本 CanSat に搭載する無線モジュールは XBee であり、チャンネルを変えられる必要がある。そこで、無線モジュール XBee のチャンネルを変更できることを確認する。

XBee のチャンネルを変更して信号を送信し、パソコン上で送信周波数が変化していることを確認する。

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を、以下の URL に示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HVmFT22-dwE>

動画より、XBee はチャンネルが変更可能であり、同じチャンネル同士の XBee がつながり、違うチャンネル同士の XBee がつながらないことを確認できた。

## 17. (V18) パラシュート落下試験

### ➤ 目的

パラシュートが開くこと、減速が行えることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

19 m の高さから、模擬機体を付けたパラシュートを落下させ、落下速度を測定する。模擬機体の質量はレギュレーションからパラシュートの質量を引いた質量のものとする。試行を 5 回繰り返し、平均速度を求める。パラシュートは最終落下速度が 5 ~ 6 m/s になるように設計したため、落下速度がこの範囲内になることを確認する。

### ➤ 結果

設計したパラシュートを Fig. 22 に示す。

また、パラシュートと模擬機体を合わせた質量を Fig. 23 に示す。

試験時の様子の動画を、以下の URL に示す。

パラシュートが開いた瞬間から秒数を計測し、降下速度を計算した。降下した際の高度はワンフロア 3.8 m の建物の 5 階分の高さから降下させ、その際の落下時間から、おおよそ降下速度が 5.3 m/s であり、落下中にパラシュートが開傘したことを確認した。

URL: [https://www.youtube.com/watch?v=JBr\\_Y9wRj9g](https://www.youtube.com/watch?v=JBr_Y9wRj9g)

パラシュートが開き、減速が行えること、その速度が5 m/s 以上であることが確認できた。

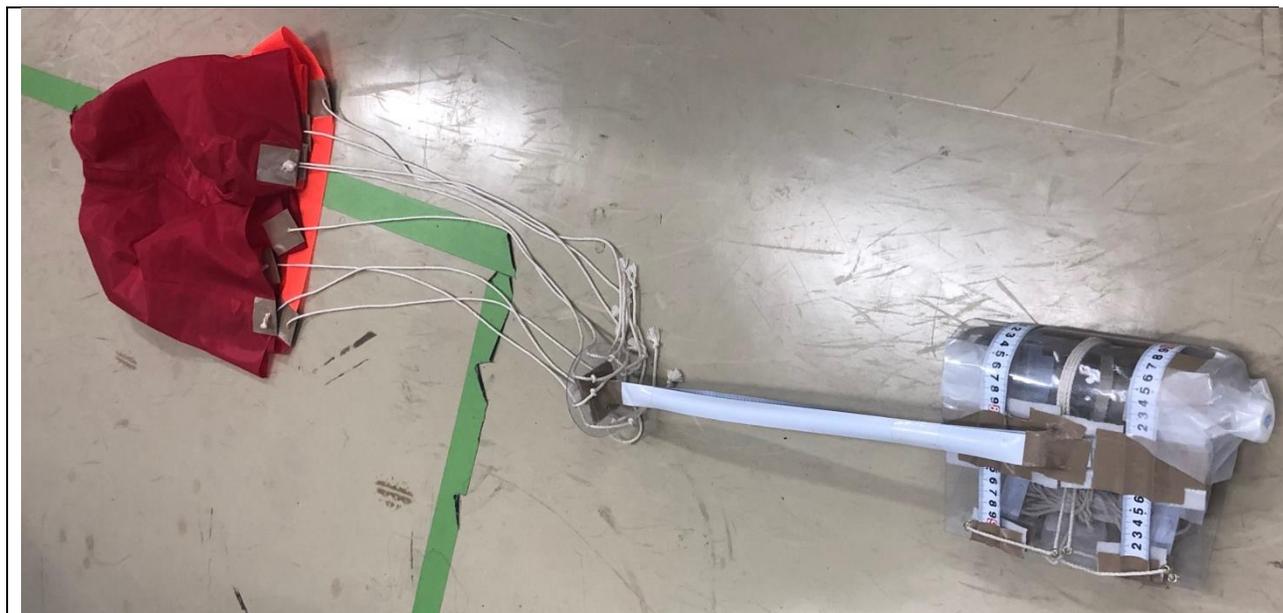


Fig. 22 パラシュート



Fig. 23 パラシュートの重量

## 18. (V19) 実機落下試験

### ➤ 目的

パラシュートの落下衝撃で機体が壊れないことを確認する

### ➤ 試験/解析内容

パラシュートの終端速度と同様の落下速度となるように、機体を自由落下させる。実験でのパラシュートの終端速度が 5.4 m/s であることから、少し余裕をもたせ、落下速度が 5.94 m/s になるように落下させた。計算から、高さは、1.8 m と求めた。

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を、以下の URL に示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=mdBq8QAB48w>

落下速度 5.94 m/s で自由落下させた後、試験後の機体を確認したところ、回路は正常に作動していることを確認し、機体の破損も見られないため、終端速度 5.4 m/s のパラシュートの落下衝撃に耐えうることが確認できた。

## 19. (V20) 姿勢保持試験

### ➤ 目的

放出機構が上を向いた姿勢を保持できることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

機体の姿勢を検知し、放出機構が上を向いていない場合は、モーターを回して機体の姿勢を変更する。放出機構が上を向くまでこれを繰り返す。

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を以下の URL に示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HuGV8gSIMI4>

落下時の姿勢に関わらず、放出機構が上を向いた姿勢を保持できることが確認できた。

## 20. (V21) 子機放出試験

### ➤ 目的

親機が子機を放出できることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

まず、子機を筒の中に入れ、フタをテグスで止める。テグスを切ったときに、自然とフタが開き、子機が約 1～2 m の距離に放出されることを確認する。

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を以下の URL に示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HuGV8gSIMI4>

親機が子機を放出できることが確認できた。

## 21. (V22) 子機動作試験

### ➤ 目的

子機が光センサの値を取得し、親機に送信し、親機が受信できることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

放出された子機が光センサの値を取得し、親機に送る。

親機はその値を SD カードに保存する。

SD カードに書き込まれている情報を読み取ることで、子機が動作しているか確認する。

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を以下の URL に示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HuGV8gSIMI4>

放出後の子機を確認したところ、回路は正常に作動していることを確認し、子機の破損も見られないため、放出衝撃に耐えうることが確認できた。

また、子機が上を向いていない場合（横・下を向いている場合）についても、照度センサの値がとれること・親機に値を送信できることを確認した。

## 22. (V23) 親機—子機間通信試験

### ➤ 目的

親機が子機から照度センサの値を受信し、どちらの子機から送られてきた情報なのか判断できることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

親機—子機間の距離が5 m以上の状態で、上記の目的を達成できるか確認する。

ここで5 mとは、親機—子機間の距離が約1~2 mであることから、十分な距離であると考えられる。

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を以下のURLに示す。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HuGV8gSIMI4>

これより、親機が子機から照度センサの値を受信し、どちらの子機から送られてきた情報なのか判断できることを確認できた。

また、子機が上を向いていない場合（横・下を向いている場合）についても、通信ができることを確認した。

## 23. (V24) End to End 試験

### ➤ 目的

シーケンスを自律で行えることを確認する

### ➤ 試験/解析内容

パラシュートを付けてキャリア収納検知, 着地検知, 姿勢変更, 子機放出, 子機動作, 親機-子機間通信のシーケンスが自律的に行えることを確認する.

### ➤ 結果

試験時の様子の動画を, 以下の URL に示す.

また, 制御履歴とその説明について, Excel ファイルにまとめ, 以下の URL に示す.

この試験は, (V20),(V21),(V22),(V23)の試験も兼ねている.

試験で確認する内容と対応箇所・対応する個別試験について, 以下に示す.

動画の該当箇所と試験内容について, 以下の表に示す.

シーケンス	項目	対応箇所	対応する試験
準備 (PREPARING)	電源をつけ, 通信開始	0:00 ~ 0:40	V8
ボイド缶収納 (STORED)	ボイド缶に収納し, 通信 OFF	0:40 ~ 1:30	V10
放出検知 (RELEASED)	光センサの値から, 通信再開	1:30 ~ 2:10	V10
着地検知・パラ分離 (LANDING)	加速度センサの値から, 着地判定	2:10 ~ 2:15	V11
	焼き切り	2:15 ~ 2:20	V8
子機放出 (THROWING)	放出機構が上を向くように姿勢を変更	2:20 ~ 2:35	V20
	子機を放出	2:35 ~ 3:07	V21
センサ値取得 (COMMUNICATION)	放出された子機がセンサ値取得	3:07 ~ 6:15	V22
—	SD カードに保存されていることを確認	6:15 ~ 8:06	V23

URL (動画) : <https://www.youtube.com/watch?v=HuGV8gSIMI4>

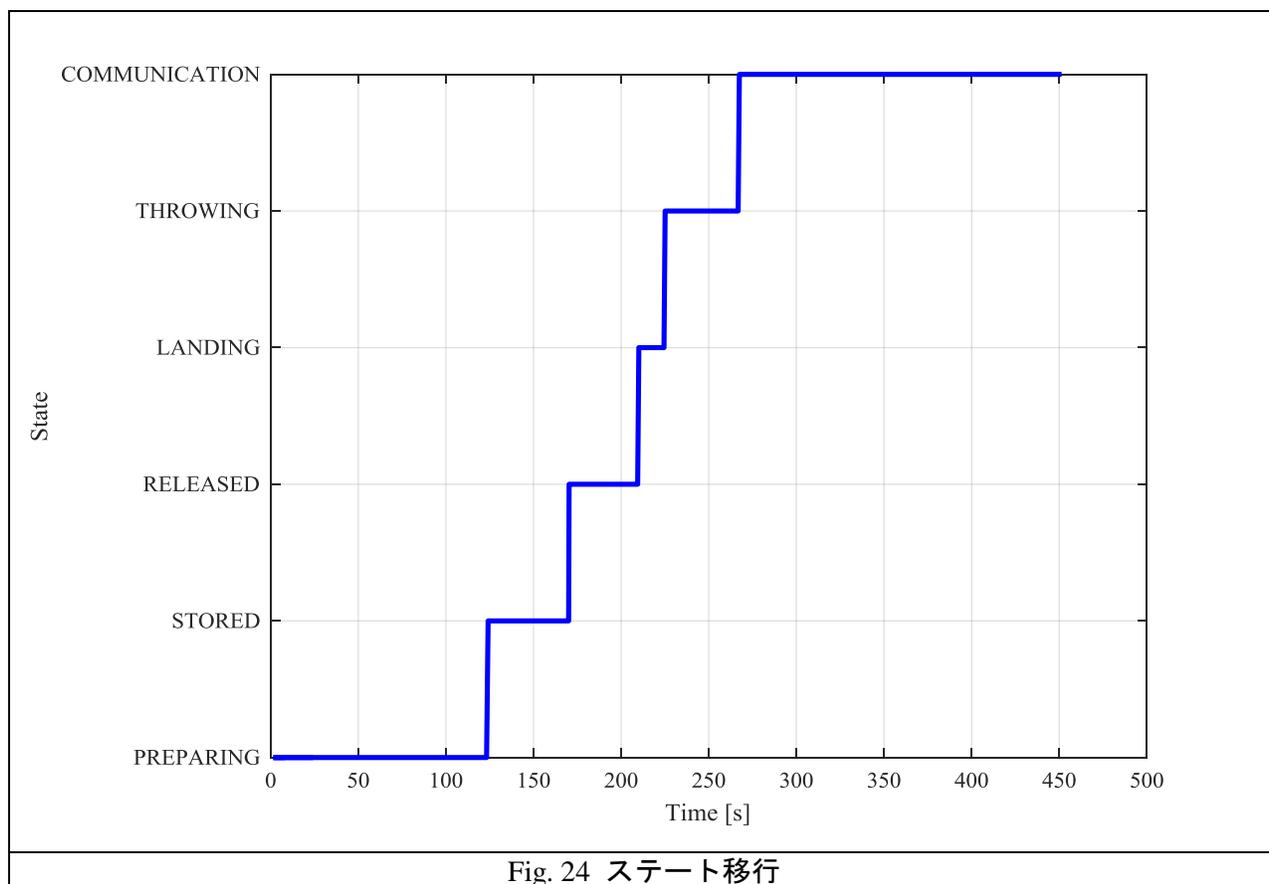
URL (Excel ファイル) :

<https://drive.google.com/open?id=1HpTkglyYaCW4BhVLMsw1d17y7xPL-iCJ>

動画より、機体に電源を入れてからミッション遂行まで、シーケンスを自律で行えることが確認できた。

ステート移行の様子と、親機が子機から受信した子機の照度センサの値について、それぞれ Fig. 24, Fig. 25 に示す。Fig. 24, Fig. 25 よりステートが COMMUNICATION へ移行したとき、親機が子機の照度センサの値を受信し始めることが分かる。また、280~350 秒の間で親機が受信した子機の照度センサの値が 0 になっている。これは、子機の照度センサを一時的に手で覆って光を遮ったためである。

また、Fig. 25 で、子機 1 の照度センサの値にスパイクノイズが乗っていることが確認できる。これについてはメジアンフィルタ等を用いて対策する予定である。



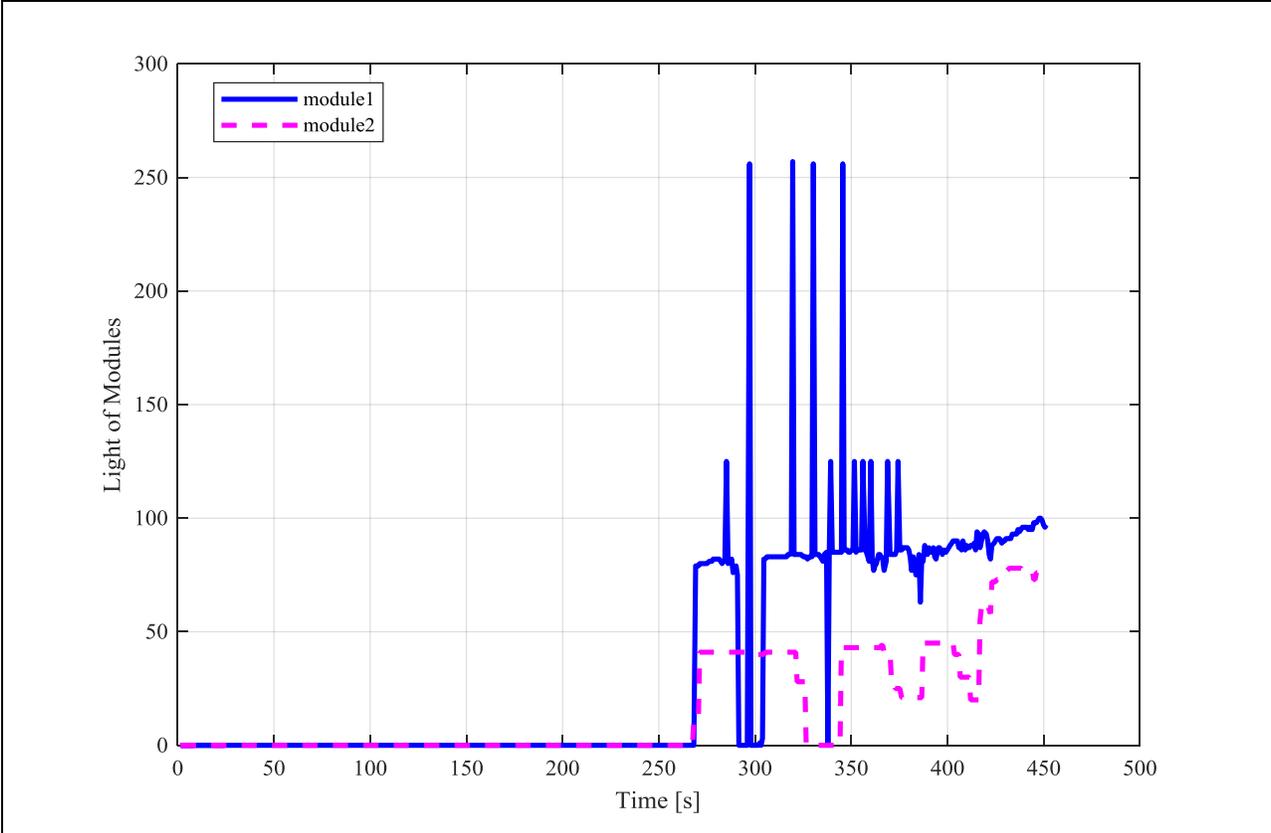


Fig. 25 親機が受信した子機の照度センサの値

## 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

チーム内ミーティングの頻度・・・週1回程度

審査会等・・・0回

#### ➤ 全体

- ◇ チーム発足・ミーティング開始：2月
- ◇ ミッションコンセプトの決定：6月上旬
- ◇ 各試験開始：6月下旬
- ◇ 能代宇宙イベント・気球試験：8月
- ◇ ARLISS：9月

### 2. 各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入）

#### ➤ ハード

##### ◇ パラシュート

6月下旬

去年のものを参考に分離シートとパラシュートの作成を開始した。去年の ARLISS にて結び目を瞬間接着剤で固定して切れた経験から今回は接着剤を使わず結び方を工夫した

→もやい結びで固定

また、同様の理由からナイロンの意図ではなく普通のタコ糸を使用した

7月

パラシュート完成後落下試験→能代大会に向けて落下速度を 5m/s 程度になるように開口面積を調整

8月

##### <気球試験>

パラシュートは問題なく開き、機体が壊れることなく着地

他チームと比べて少し落下速度が遅い印象だが特に問題はないのでそのまま能代大会で使用することに

##### <能代大会>

パラシュートは問題なし

サイズが大きくややボイド缶収納が難しいか

分離シートが草に引っかかって分離せず  
着地姿勢が少し悪いと分離が難しくなる問題を確認（モーターのトルクが弱い  
ためモーターによっての分離も難しい）  
分離シートを2つに分けるなどの案が出たが十分検証する時間がなく実装は実現  
せず

#### <能代大会後>

ARLISSに向けて風で大きく流されてしまうことを想定して落下速度が6~7m/sに  
なるようにパラシュートを作り直した  
収納をスムーズにするためサイズを大幅に小さくした  
予備としても2個作成  
どんな着地姿勢でも分離しやすいような工夫を施す  
→分離シートとパラシュートをつなぐ支柱部分を折れやすくした

#### <ARLISS>

特にパラシュートは問題なく開き、機体も壊れることはなかったが着地衝撃で  
Arduinoが外れて分離フェーズに移行せず分離シートの性能を検証することはでき  
なかった

#### ◇ 機体

6月上旬：機体の目的（上を向いて遠くに子機を放出）を決定。  
6月中旬：おおまかな機体全体の設計（板、筒、ハウジングのアセンブリ）をした。  
設計をもとにCADで図面を作成しマニファクチャリングセンターに製作計画の  
相談。  
6月下旬：マニファクチャリングセンターにて製作を開始。  
6月下旬~7月上旬：追加部品ごとにCADを作成。  
7月上旬：3Dプリンターで製作を開始。  
7月中旬：ニッパーでテグスを切ると蓋が開き、子機放出機構が機能することを確認。  
CADで落下試験を行った。1回目の機体の組み立てを行い、「回路と筒の距離が近い・  
タイヤと筒が干渉しそう・蓋がXBeeと衝突する」ことを確認→筒の大きさをより小さく  
する、XBeeを保護する柵を製作。  
7月下旬~8月下旬：製作した部品を組み立て、干渉問題があれば設計し直して製  
作を繰り返した。  
8月下旬~9月上旬：3機体分になるように部品を量産した。

#### ◇ 選定部品

6月下旬：モーター、子機用リポ電選定  
7月上旬：カップリング、ばね、ばね蝶番選定

#### ◇ タイヤ

8月上旬：マニファクチャリングセンターにウォーターカッターを依頼  
8月下旬~9月上旬：ゴムを貼り付けタイヤ製作

- ◇ 子機
  - 7月中旬：子機の回路の1つ目が完成
  
- 回路
  - ◇ 配線図の作成
    - 7月上旬：ソフト班が作成したBBMモデルをもとにセンサ類を用いた回路の配線図を作成
  - ◇ 基板の設計、作成
    - 7月中旬：配線図をもとにハード面の制約を考慮した基板の設計
    - 7月下旬：設計した基板の図面をもとに感光基板を用いたエッチングによる基板の作成
  - ◇ 基板の動作確認
    - 7月下旬：作成した基板を使って機体が実際に動くことを確認
  - ◇ 基板の外注
    - 8月下旬：elecrow を使い基板を外注
    - 8月下旬：外注した基板を使って機体が実際に動くことを確認
  - ◇
  
- ソフト
  - ◇ センサ類選定
    - 3月下旬：用いるセンサ類を選定した。この時、インターネット上で使用例が多くみられるか、  
ライブラリが充実しているかなど、開発のしやすさを特に考慮した
  
  - ◇ 無線通信
    - 4月下旬：XBeeの1対1通信(ATモード)の開発、通信を確認
    - 6月上旬：XBeeの通信距離試験(機体、基地局間の通信を想定)
    - 7月上旬：子機のXBeeを設定、1対多通信(APIモード)の開発、通信を確認
    - 7月上旬：XBeeの無線チャンネル(周波数)を変更できることを確認
    - 7月上旬：ボイド缶内部でXBeeの通信が停止することを試験で確認
    - 7月中旬：親機・子機間の通信距離試験
    - 8月下旬：子機のハード上の制約から子機のXBeeをアンテナタイプからPCBタイプに変更
    - 8月下旬：新しいXBeeでの通信距離試験
  
  - ◇ データロガー
    - 7月上旬：SDカードに任意の文字列を書き込めることを確認
    - 7月上旬：SDカードに各センサ類の取得した値を書き込めることを確認
  
  - ◇ GPS
    - 5月上旬：GPSを単体で開発、動作を確認

5月下旬：GPSをほかのセンサ類と組み合わせて使うとうまく動かないことが判明  
6月上旬：使用しているライブラリが上記の原因であることを特定，ライブラリを使わずに開発

◇ 9軸加速度センサ

4月下旬：重力加速度、直進加速度、地磁気がうまく取れることを確認

◇ 照度センサ

6月下旬：あてる光によって光センサの取る値が変わることを確認

◇ プログラム統合

7月上旬：BBM試験（センサをブレッドボード上で統合，動作を確認）

7月下旬：EM（センサを実機で統合し，動作確認）

7月下旬：End to End試験

7月下旬：試行錯誤的にステートの移行条件を決定

8月上～中旬：8月上旬に行った気球試験の結果からステート移行条件を再決定

8月下旬～9月中旬：シーケンスの最終確認，能代実験の結果からステート移行条件を再決定

## 第8章 大会結果

### 1. 能代宇宙イベント

ARLISSに向けて、開発した機体が、キャリア収納から放出、パラ開傘、着地、走行、ゴール検知およびミッション達成までのシーケンスを行えるかどうか検証を行った。

タイプエス賞第2位、UNISEC賞を受賞した。

結果を簡潔に示す。

能代	パラシュート開傘	壊れずに着地	パラシュート分離	放出機構が上を向くように姿勢を変更	子機放出	親機子機間通信
1回目	○	○	×	×	○	○
2回目	○	○	○	○	○	○

詳細な結果を以下に示す。

### 1.1.1 1回目

パラシュート分離に失敗した。その様子を Fig. 26 に示す。

失敗の原因は、分離位置が下になっており、草に阻まれてシートが展開されていなかったためだと考えられる。

対策として、メジャーを用いてパラシュートの展開する力を強化し、第2回の投下に臨んだ。



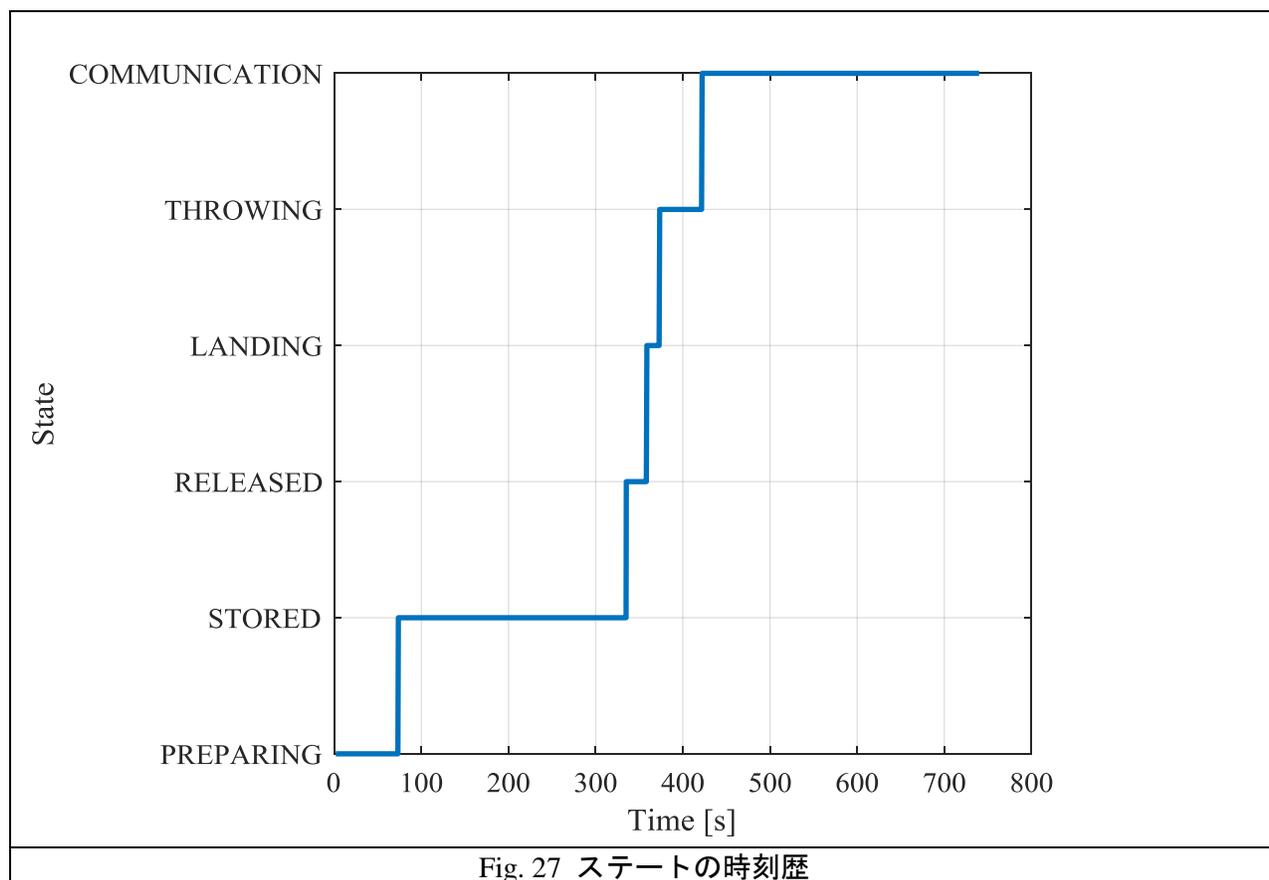
Fig. 26 機体の様子

取得データとそこから読み取れる内容について、以下に示す。

Fig. 27～Fig. 31 にステート、親機の照度センサの値、親機にかかる重力加速度、親機にかかる重力加速度を除いた加速度の大きさ、親機に届いた子機のセンサ値の時刻歴をそれぞれ示す。ただし、Fig. 28, Fig. 31 の照度センサの値は 0~1023 の間で推移し、大きいほど明るいことを示す。

Fig. 27, Fig. 28 の 80 秒前後に注目すると、照度センサの値が閾値である 150 を下回ったことによりステートが PREPARING から STORED に移行していることが確認できる。また、330 秒前後に注目すると、照度センサの値が閾値である 150 を上回ったことでステートが STORED から RELEASED に移行したことが確認できる。また、Fig. 27, Fig. 30 の 360 秒前後に注目すると、加速度の大きさが閾値である  $1 \text{ m/s}^2$  を下回ることによってステートが移行していることが確認できる。また、Fig. 29 の 380 秒前後に注目すると機体が回転していることが確認できるが、これはタイヤが回転することにより機体が姿勢変更を行ったためであると考えられる。また、Fig. 31 に注

目すると、子機から送られてくる照度センサの値が不安定であるが、これは分離シートの中で子機を放出してしまったことに起因すると考えられる。



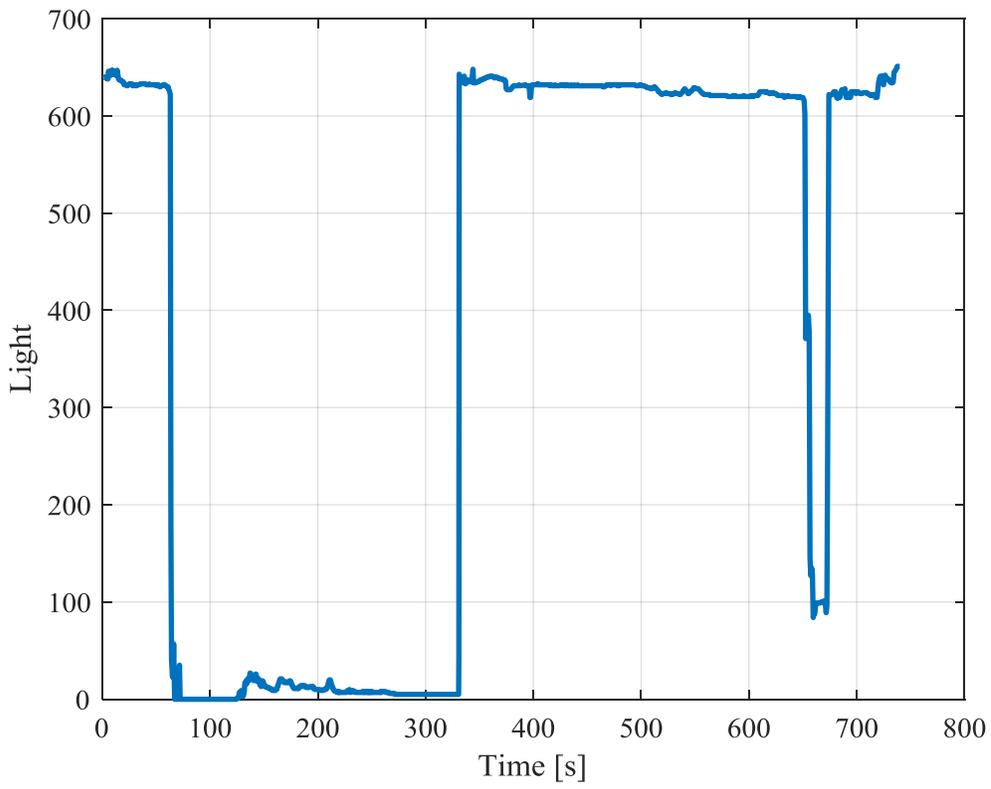


Fig. 28 親機の照度センサの時刻歴

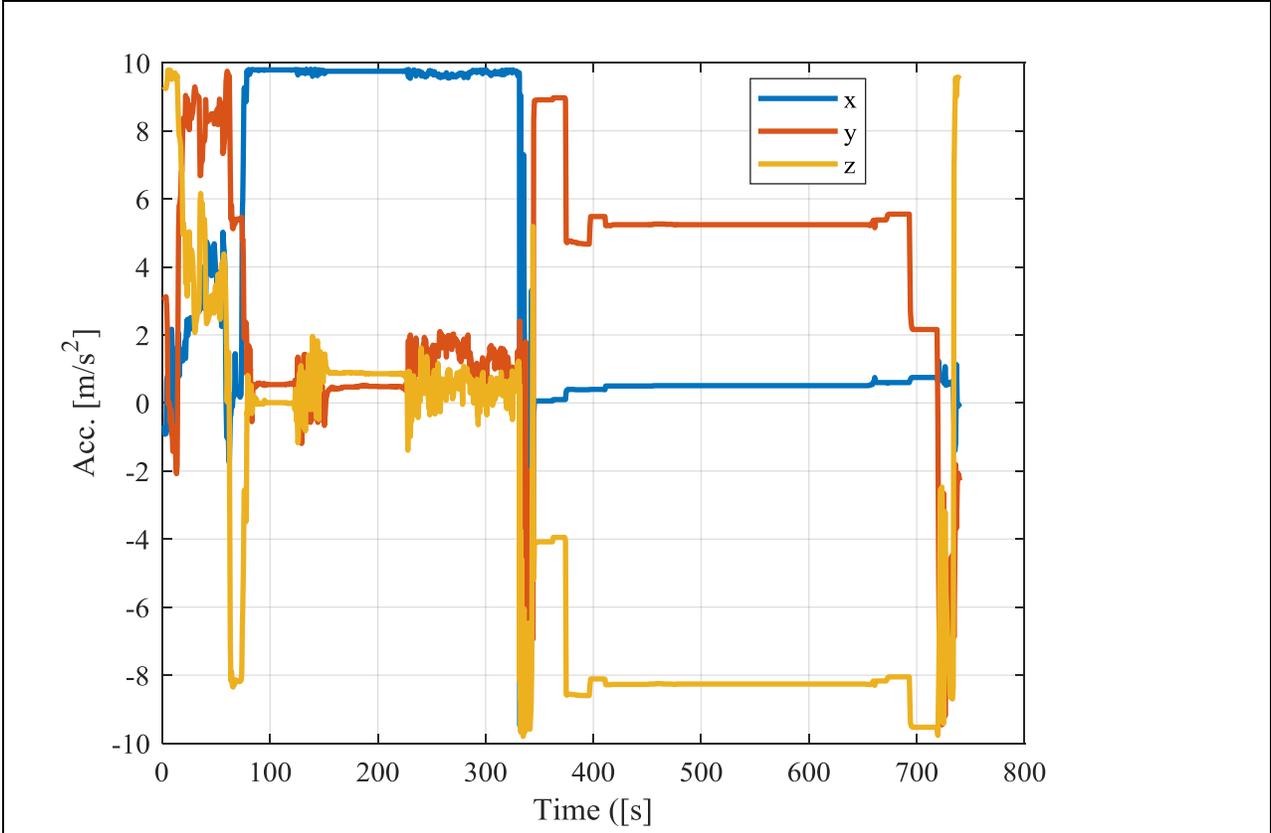


Fig. 29 親機にかかる重力加速度

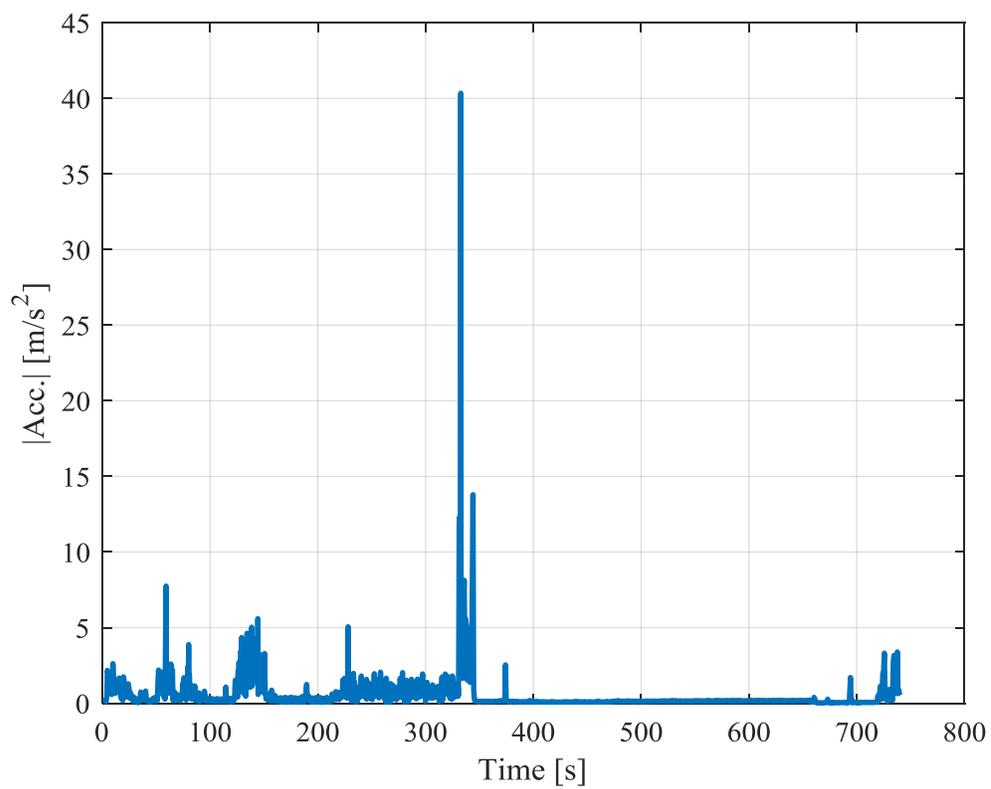


Fig. 30 親機にかかる重力加速度を除いた加速度の大きさ

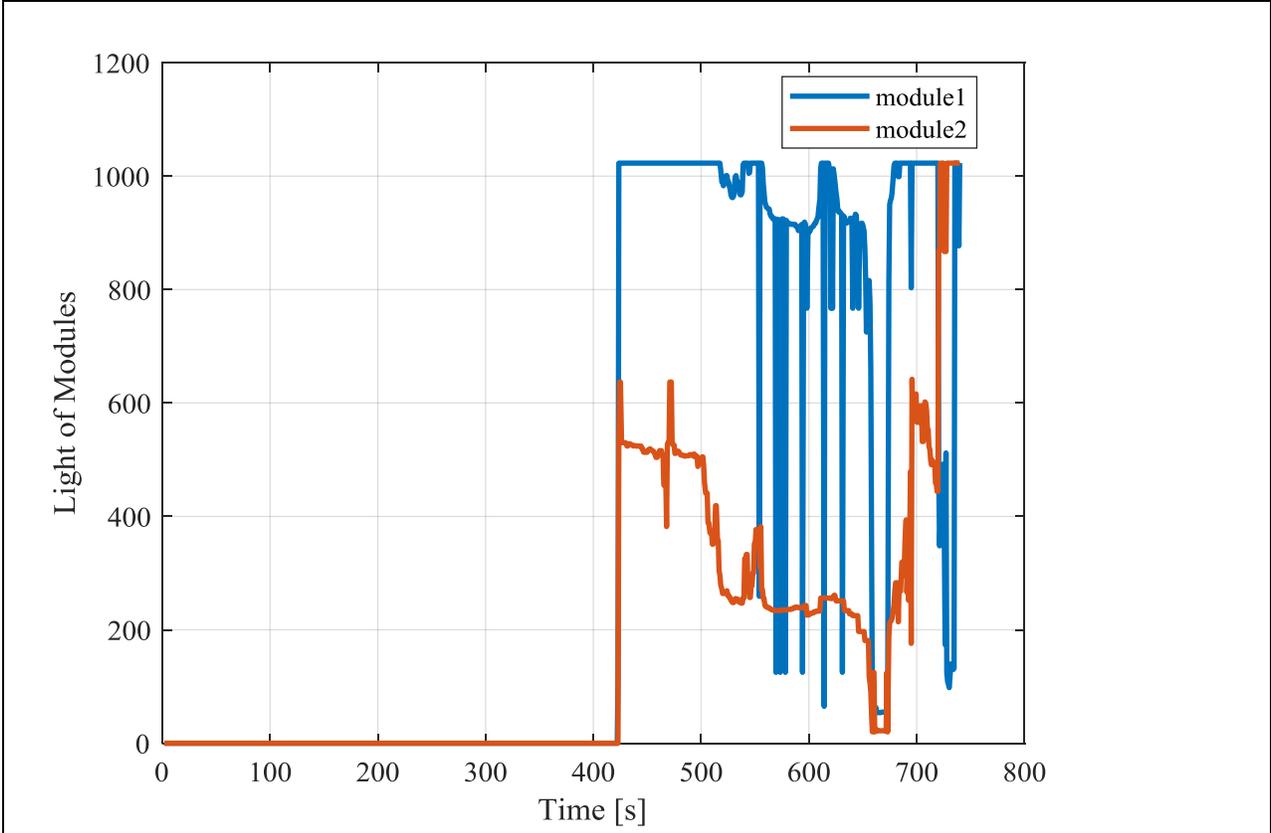


Fig. 31 親機に届いた子機のセンサ値

## 1.1.2 2回目

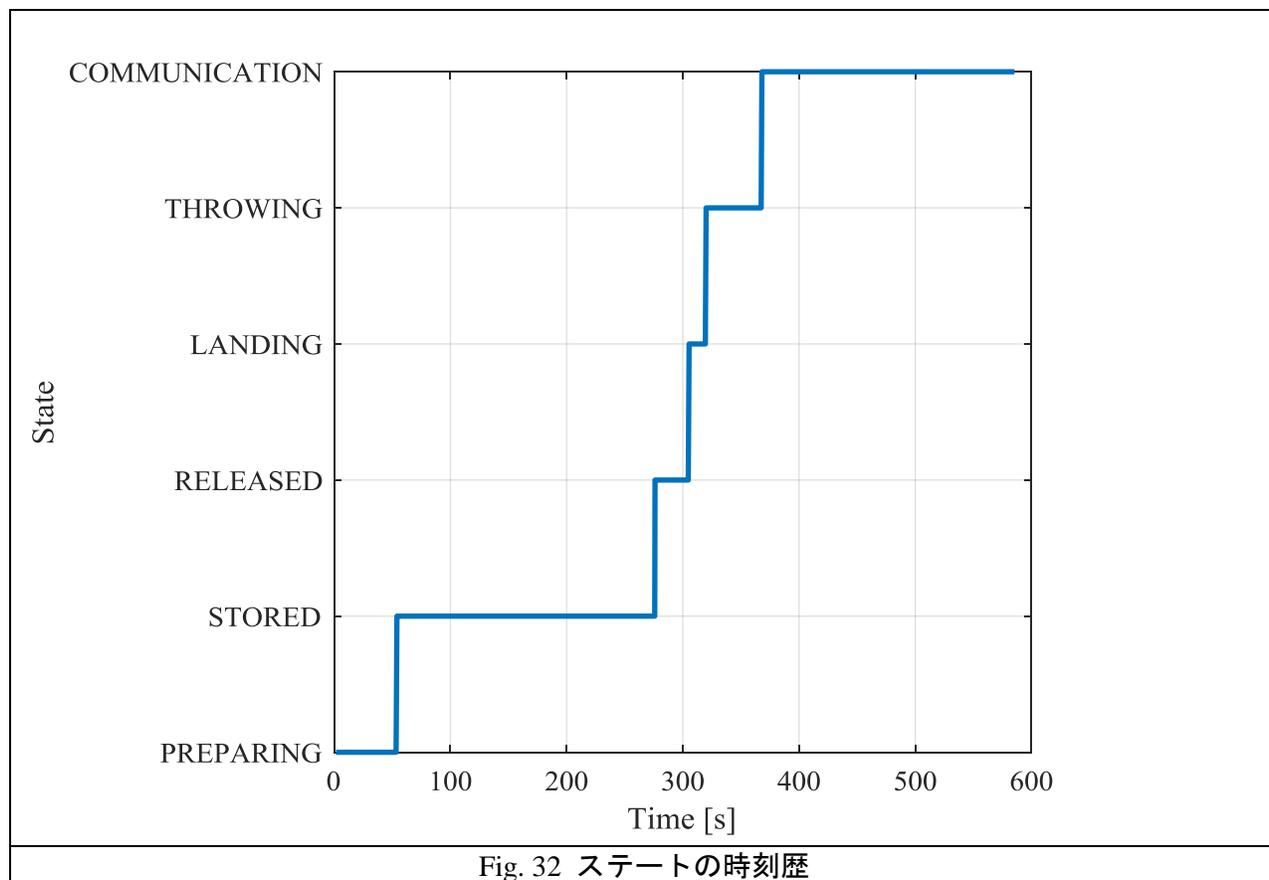
第2回投下では、ミッションを達成した。取得データとそこから読み取れる内容について、以下に示す。

Fig. 32~Fig. 36にステート、親機の照度センサの値、親機にかかる重力加速度、親機にかかる重力加速度を除いた加速度の大きさ、親機に届いた子機のセンサ値の時刻歴をそれぞれ示す。ただし、Fig. 33, Fig. 36の照度センサの値は0~1023の間で推移し、大きいほど明るいことを示す。

Fig. 32, Fig. 33の50秒前後に注目すると、照度センサの値が閾値である150を下回ったことによりステートがPREPARINGからSTOREDに移行していることが確認できる。また、280秒前後に注目すると、照度センサの値が閾値である150を上回ったことでステートがSTOREDからRELEASEDに移行したことが確認できる。また、Fig. 32, Fig. 35の300秒前後に注目すると、加速度の大きさが閾値である $1\text{ m/s}^2$ を下回ることでステートが移行していることが確認できる。また、Fig. 34の310秒前後の波形を見ると、機体が回転していることがわかるが、これは子機放出機構の放出口を上に向けるために親機のタイヤが回転し、機体が姿勢の変更を行ったためである。

Fig. 32, Fig. 36より親機子機間通信が始まると、子機から照度センサの値が送られてきていることが確認できる。510秒前後では子機1を、530秒前後では子機2を手で覆い隠し、子機の照度センサの値が小さくなることが確認できた。

470秒前後などでスパイクノイズが確認できるが、これらはメジアンフィルタなどの処理を加えることで低減できる。



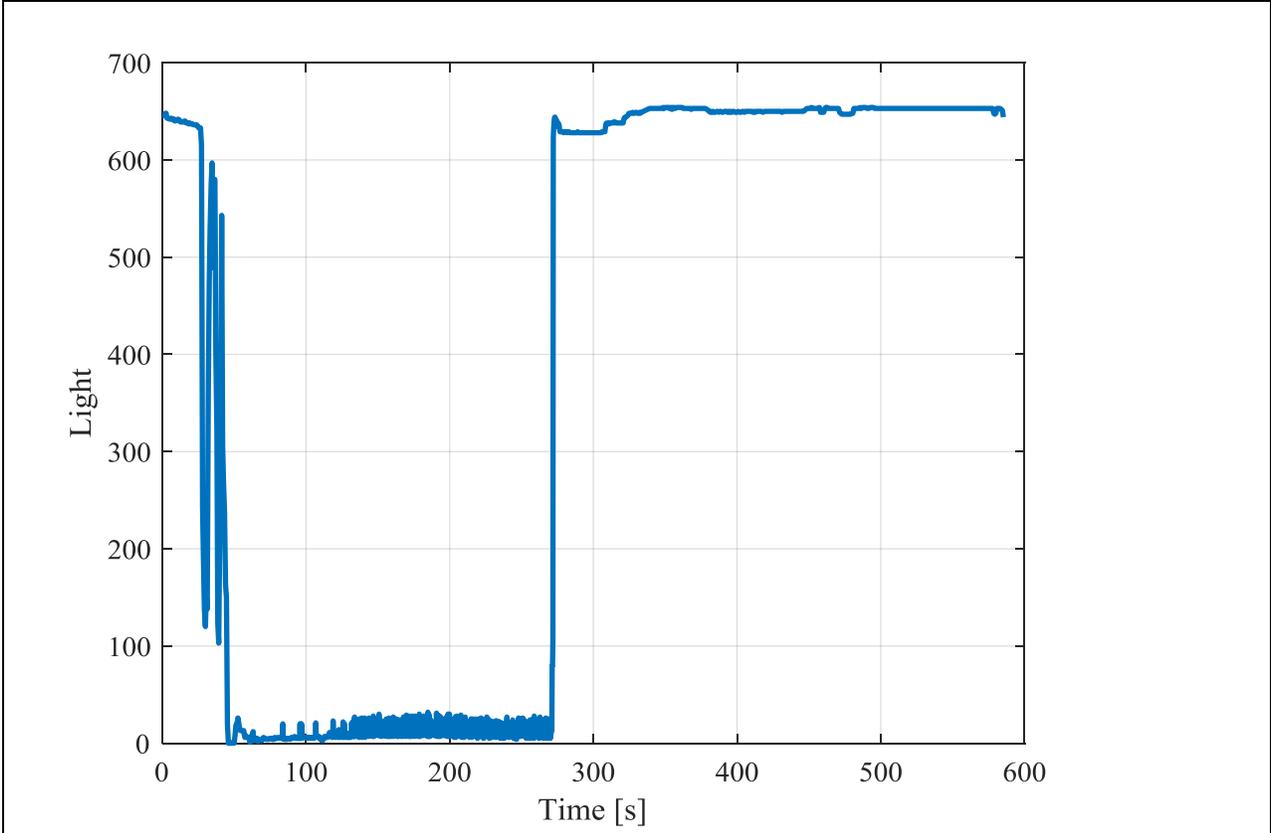


Fig. 33 親機の照度センサの時刻歴

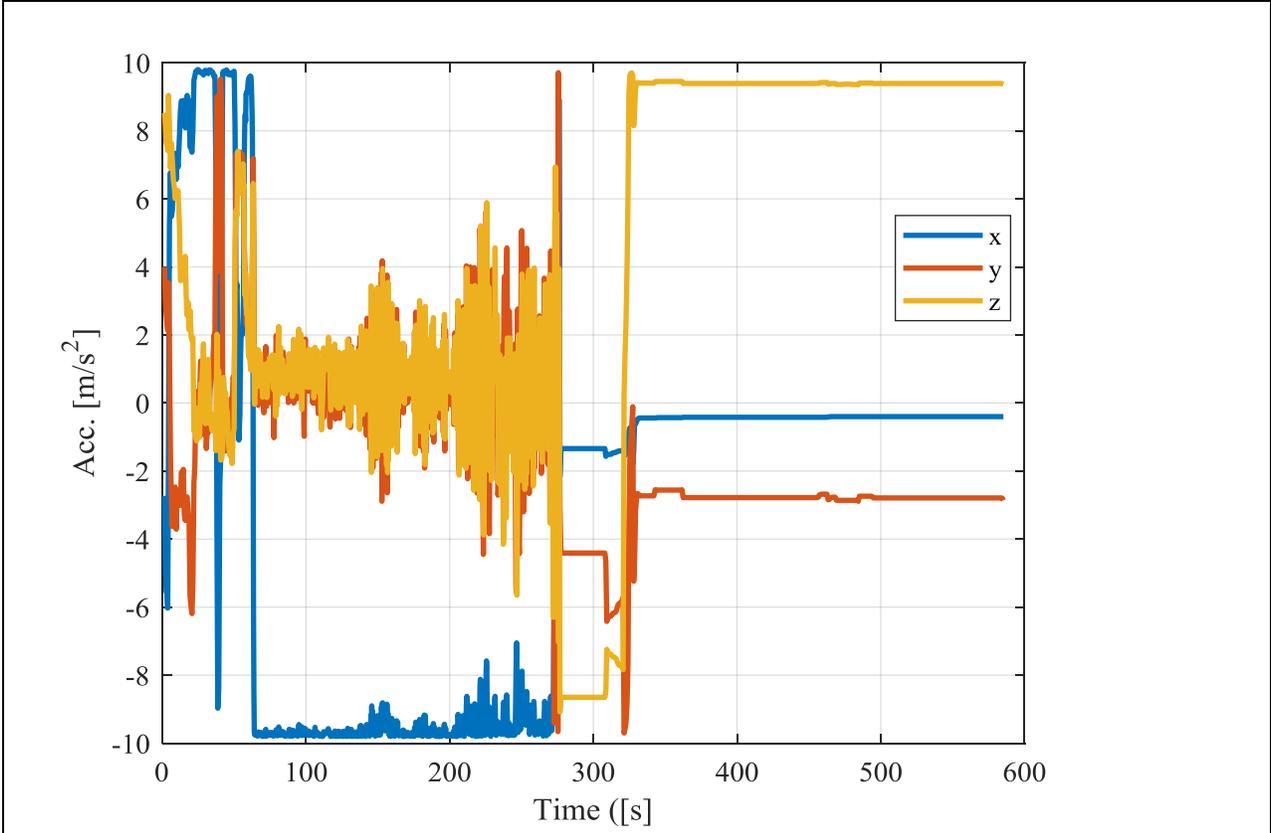


Fig. 34 親機にかかる重力加速度

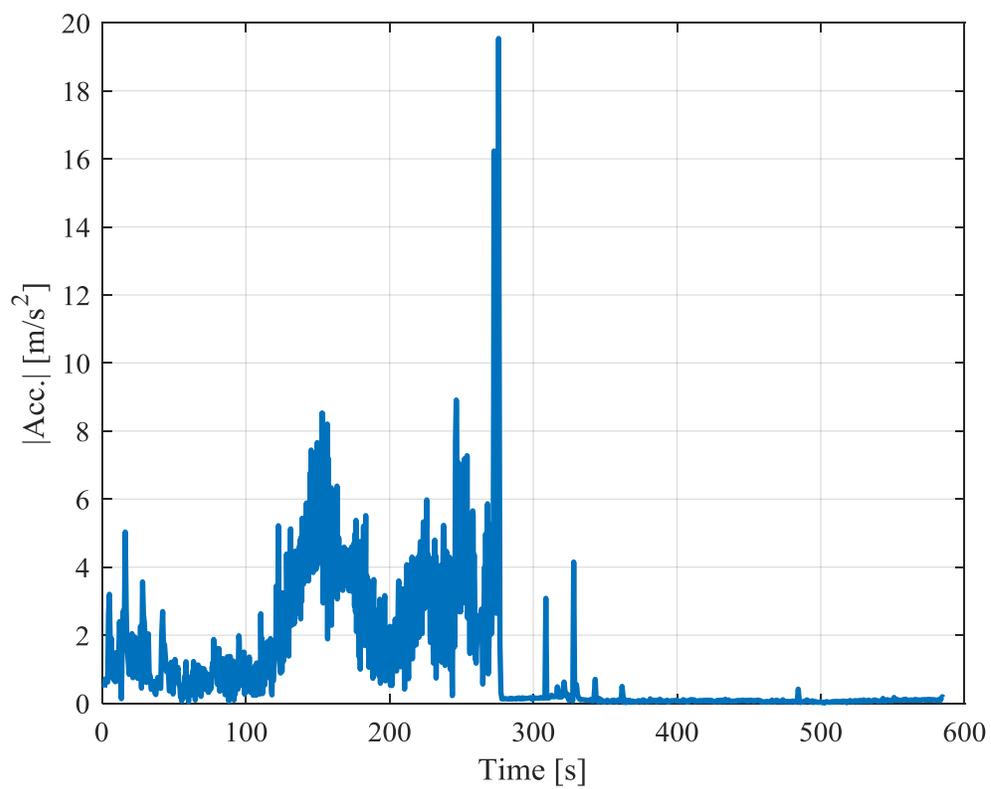


Fig. 35 親機にかかる重力加速度を除いた加速度の大きさ

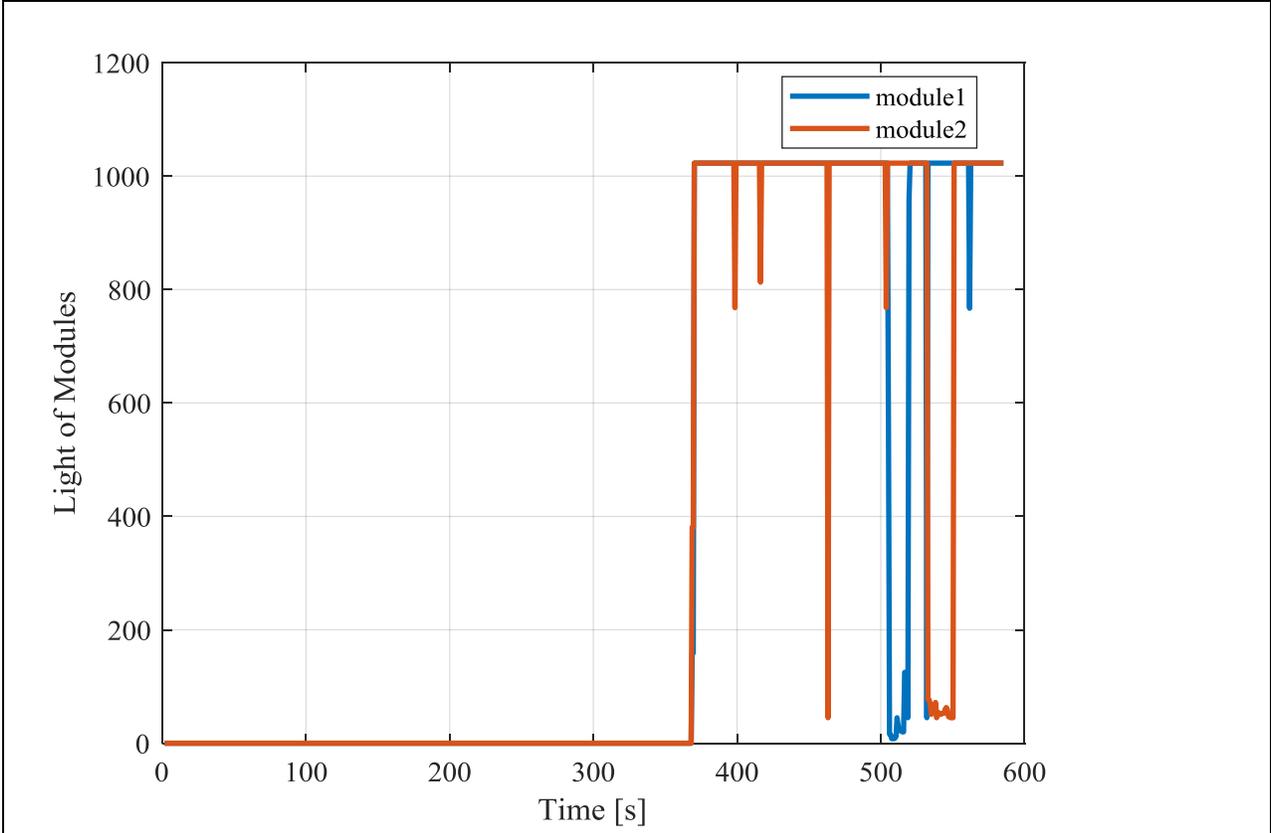


Fig. 36 親機に届いた子機のセンサ値

## 2. ARLISS

作成した CanSat による有効性を検証し、ロケット打ち上げからゴールに到達するまでの要求を満たせたものであるか検証を行った。

結果を以下に示す。

ARLISS	<u>パラシュート開傘</u>	<u>壊れずに着地</u>	<u>パラシュート分離</u>	<u>放出機構が上を向くように姿勢を変更</u>	<u>子機放出</u>	<u>親機子機間通信</u>
1回目	<u>×</u>	<u>×</u>	<u>○</u>	<u>×</u>	<u>○</u>	<u>○</u>
2回目	<u>○</u>	<u>×</u>	<u>×</u>	<u>×</u>	<u>×</u>	<u>×</u>

詳細な結果を以下に示す。

### 1.1.3 1回目

ロケットによって材質が異なることが原因で、ロケット内が想定より明るかったため、ロケット内で機体がボイド缶からの放出検知・ステートが移行してしまった。そのため、ロケット内で機体とパラシュートが分離し、機体は自由落下した。その様子を Fig. 37 に示す。対策として、放出検知の閾値を引き上げ、第2回の投下に臨んだ。



Fig. 37 機体の様子

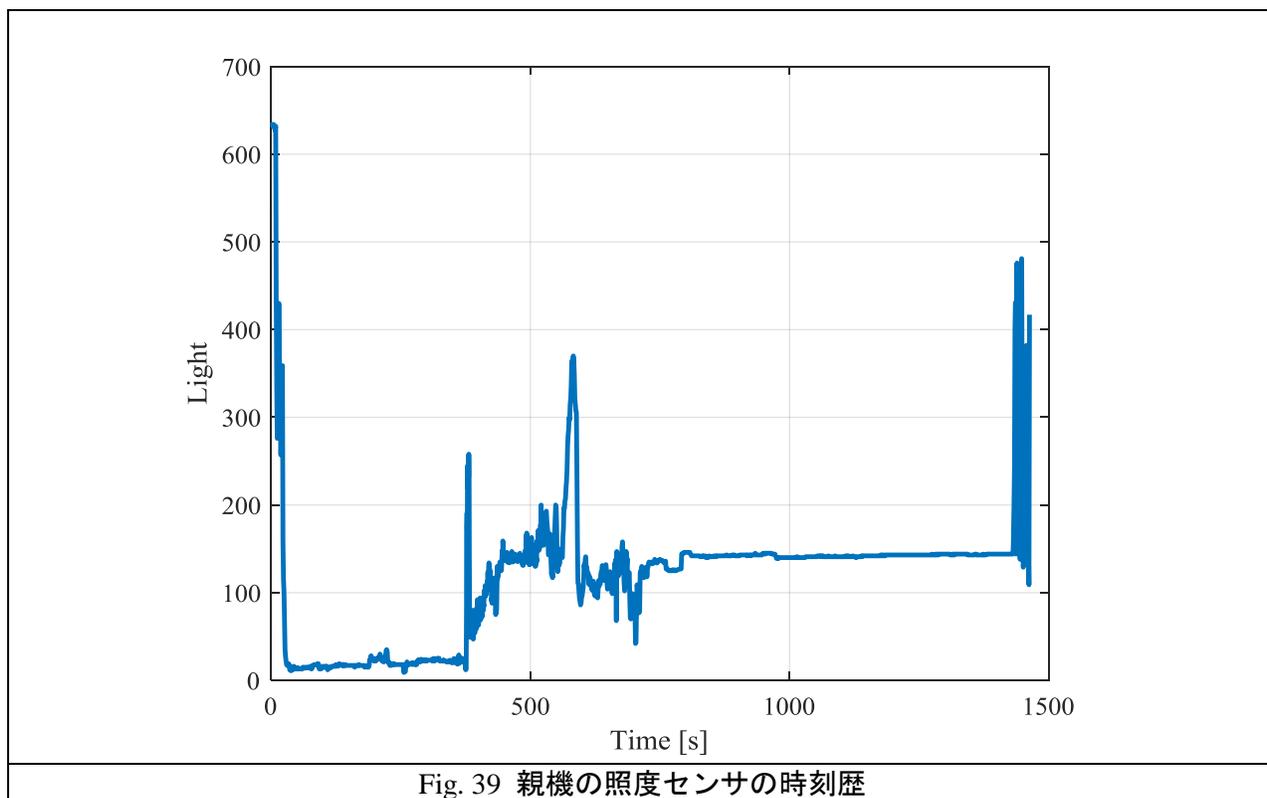
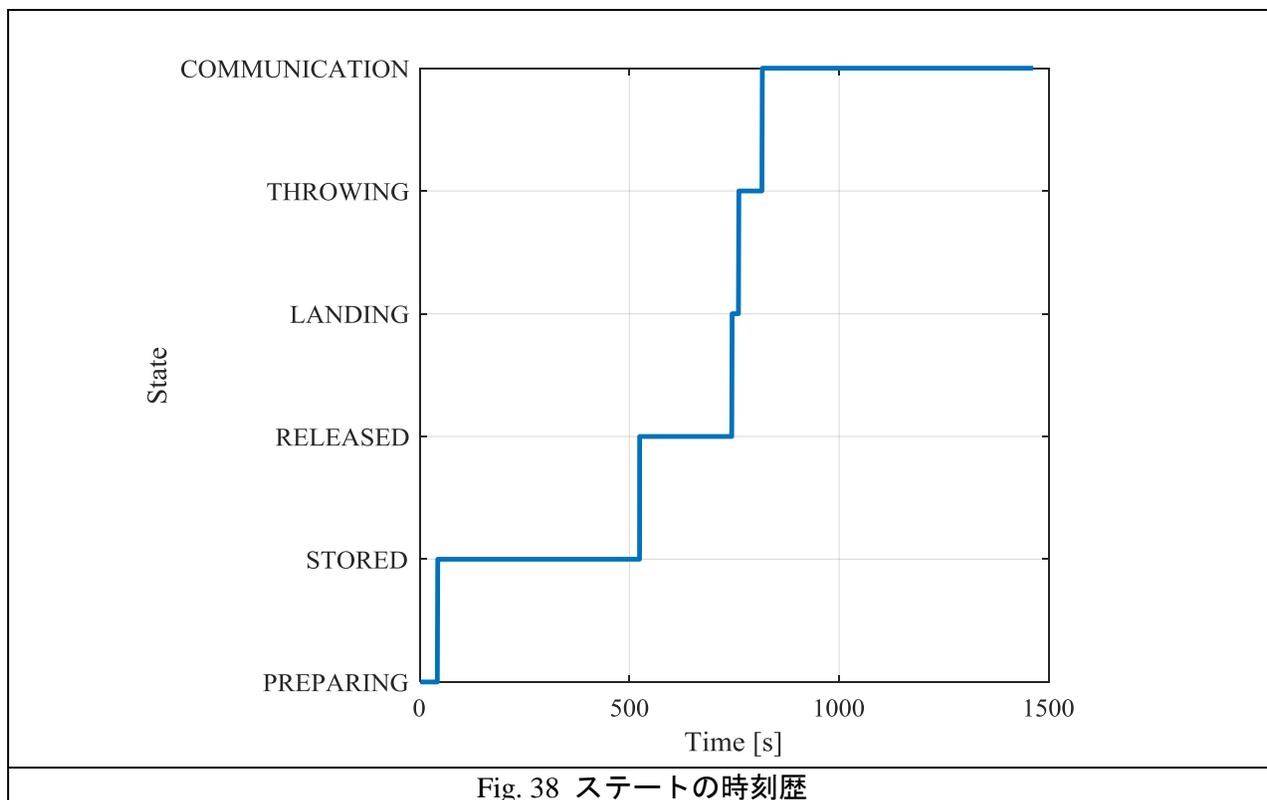
取得データとそこから読み取れる内容について、以下に示す。

Fig. 38~Fig. 42 にステート、親機の照度センサの値、親機にかかる重力加速度、親機にかかる重力加速度を除いた加速度の大きさ、親機に届いた子機のセンサ値の時刻歴をそれぞれ示す。ただし、Fig. 39, Fig. 42 の照度センサの値は 0~1023 の間で推移し、大きいほど明るいことを示す。

Fig. 39, Fig. 40 の 50 秒前後に注目すると、照度センサの値が閾値である 150 を下回ったことによりステートが PREPARING から STORED に移行していることが確認できる。また、510 秒前後に注目すると、照度センサの値が閾値である 150 を上回ったことでステートが STORED から RELEASED に移行したことが確認できる。このステート移行はボイド缶から機体が放出されたことを検知して行われるはずであったが、実際にはロケット内が想定より明るかったために、このステート移行がロケットの内部で行われてしまった。その後、機体はロケット内部で着地検知、パラシュート分離、子機放出を経て、親機子機間通信を開始し、機体は自由落下した。Fig. 42 の子機の照度センサの値が不安定なのは子機がロケット内部で子機が放出されたことに起因すると考えられる。機体は Fig. 41 の 1400 秒前後の加速度波形からわかる通り、ロケットの打ち上げ直後にログが取れない状態になった。

ロケット内部に日光が入り、明るく成りうる可能性があることを知らずに閾値の設定を行ったことが原因で、機体がロケット内部で放出を検知し、ステートが移行してしまった。

2 回目の投下に向けて AEROPAC の方々の協力もあり、2 回目の投下では光を通さないボイド缶を用意して下さった。また、念のために放出検知の閾値を 150 から 450 に引き上げた。



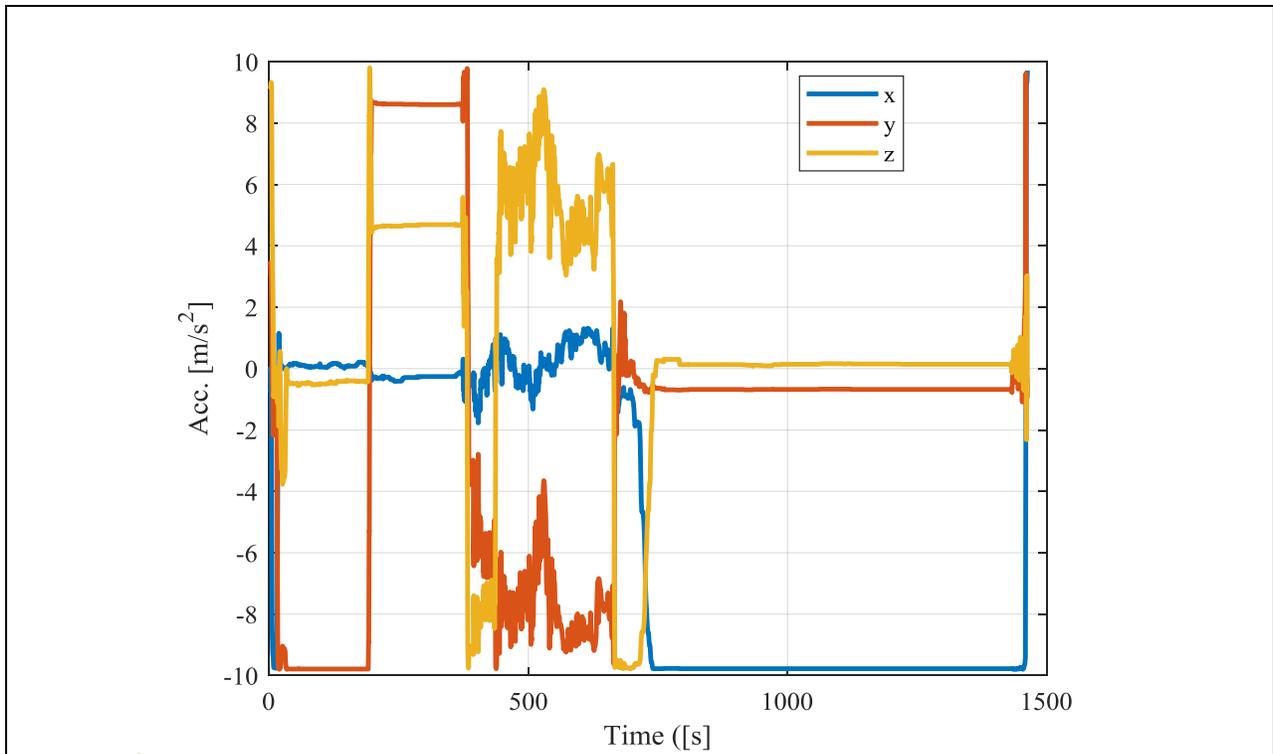


Fig. 40 親機にかかる重力加速度

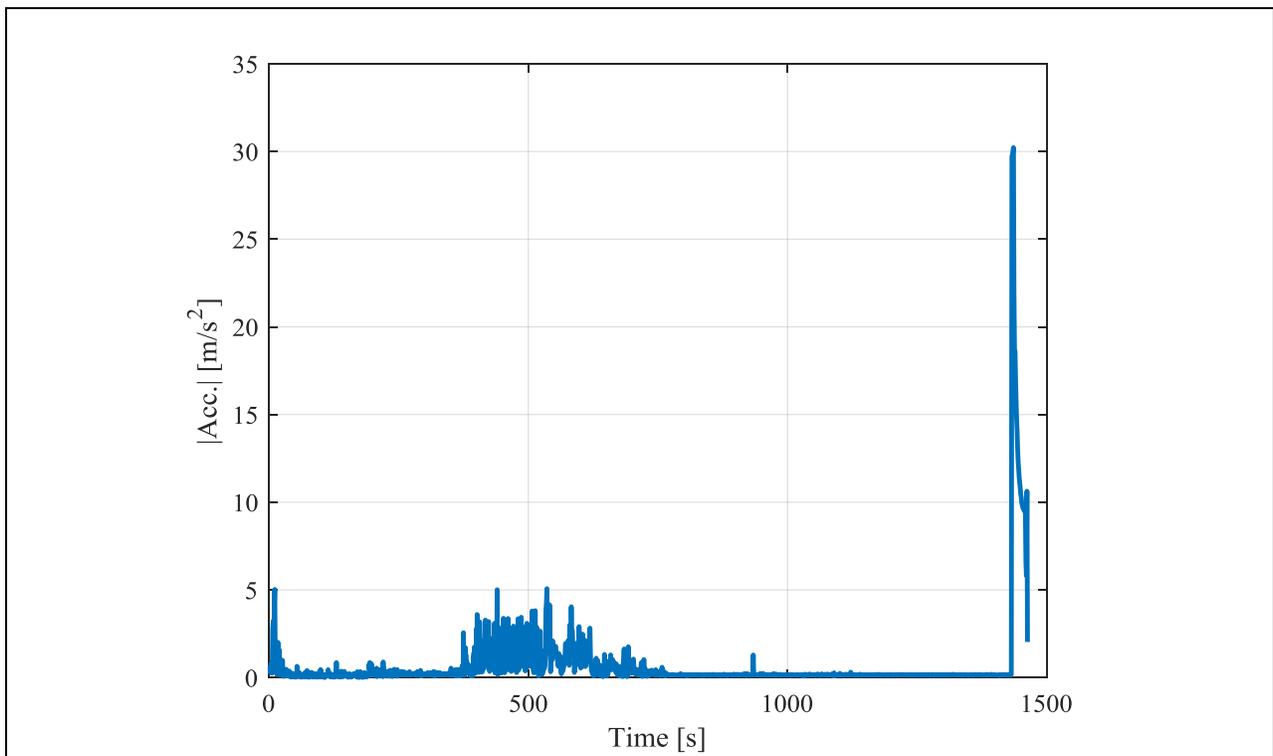


Fig. 41 親機にかかる重力加速度を除いた加速度の大きさ

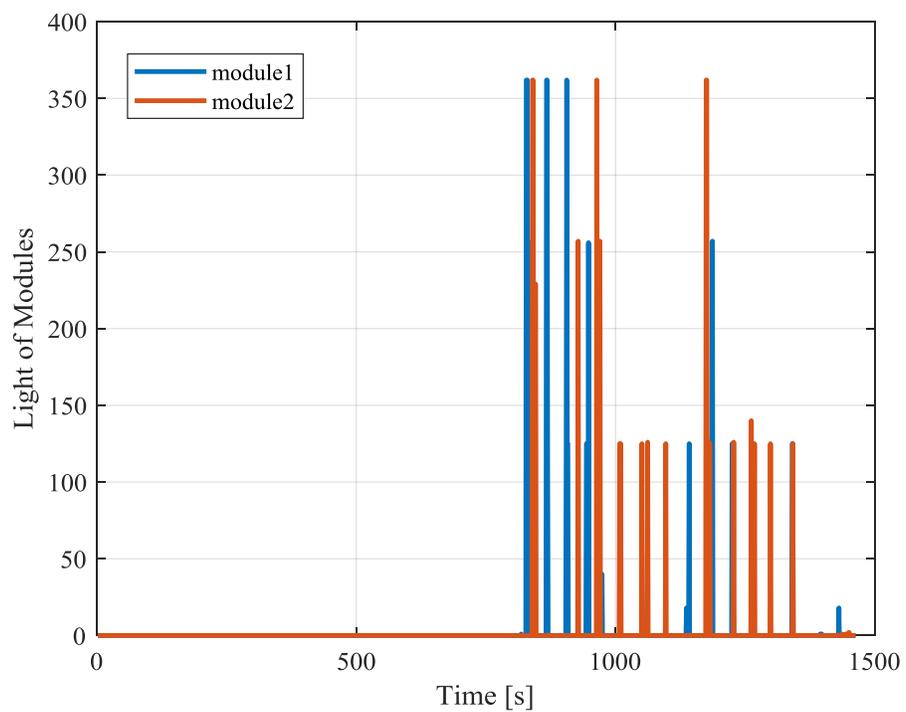


Fig. 42 親機に届いた子機のセンサ値

## 1.1.4 2回目

着地の際の落下衝撃でアルディーノが外れ、ミッションを続行できなかった。その様子を Fig. 43 に示す。



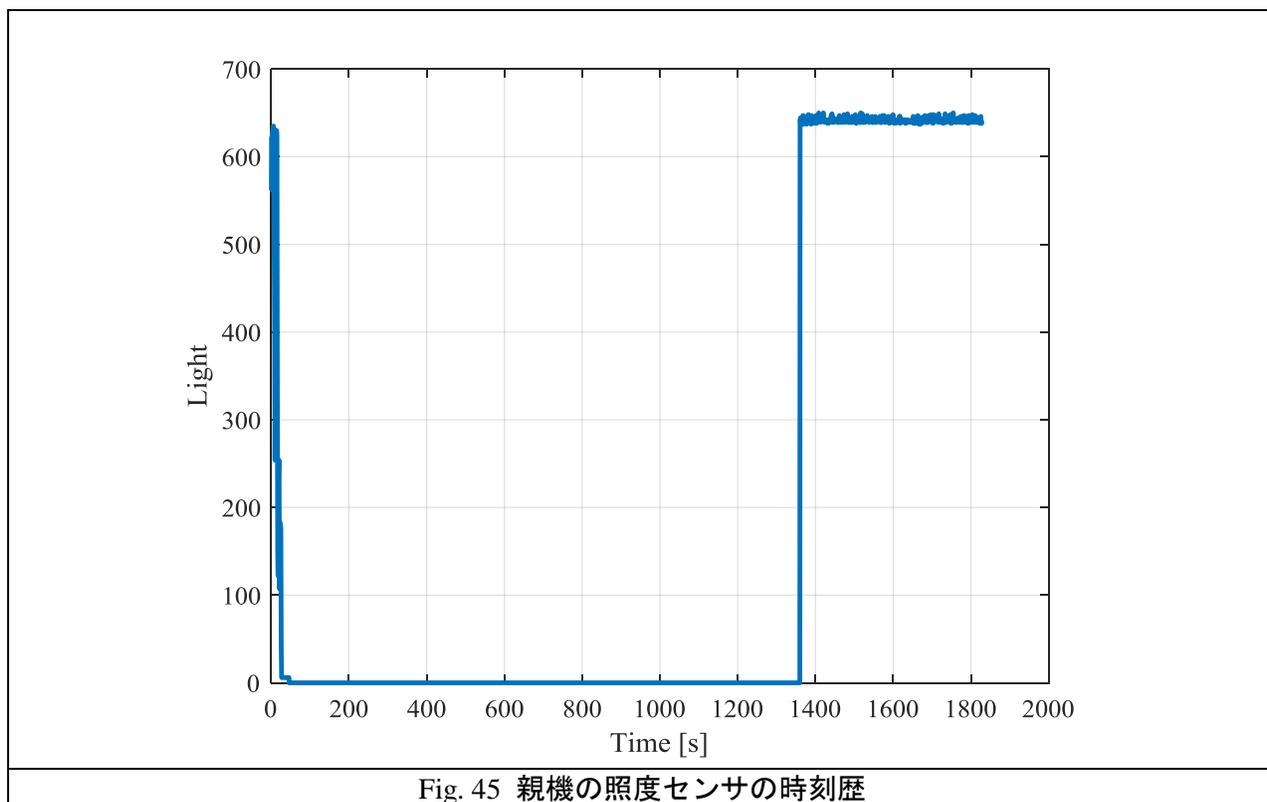
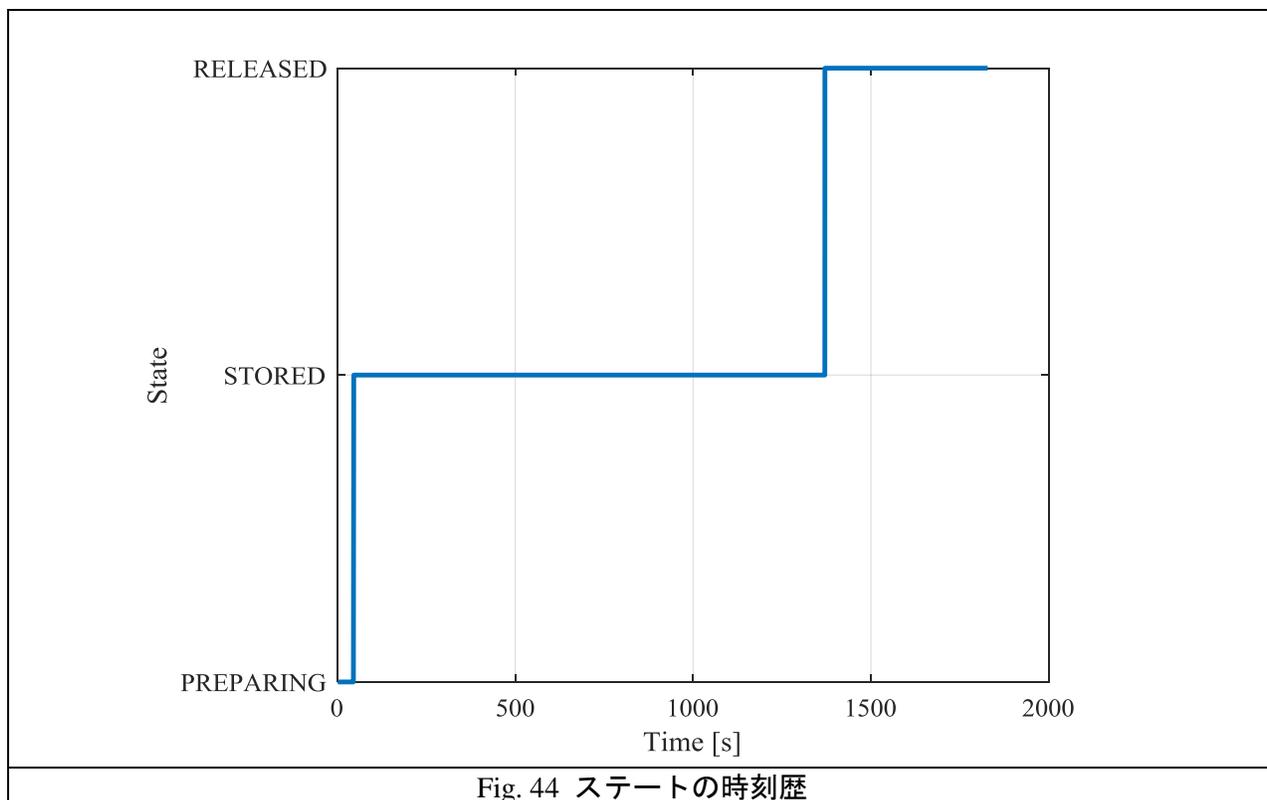
Fig. 43 機体の様子

取得データとそこから読み取れる内容について、以下に示す。

以下の Fig. 44~Fig. 48 にステート、親機の照度センサの値、親機にかかる重力加速度、親機にかかる重力加速度を除いた加速度の大きさ、親機に届いた子機のセンサ値の時刻歴をそれぞれ示す。ただし、Fig. 45, Fig. 48 の照度センサの値は 0~1023 の間で推移し、大きいほど明るいことを示す。

Fig. 44, Fig. 45 の 50 秒前後に注目すると、照度センサの値が閾値である 150 を下回ったことによりステートが PREPARING から STORED に移行していることが確認できる。また、1370 秒後に注目すると、照度センサの値が閾値である 450 を上回ったことでステートが STORED から RELEASED に移行したことが確認できる。しかしその後、着地衝撃により機体からマイコンが脱離し、ミッション継続ができなくなってしまった。

2 回目について、着地衝撃でマイコンが脱離した原因として、マイコンの固定が甘かったことが考えられる。ボンドやテープなどでマイコンを固定すべきだった。そのために、回路の設計の時点でテープやボンドをするためのスペースを考慮しておくべきだった。



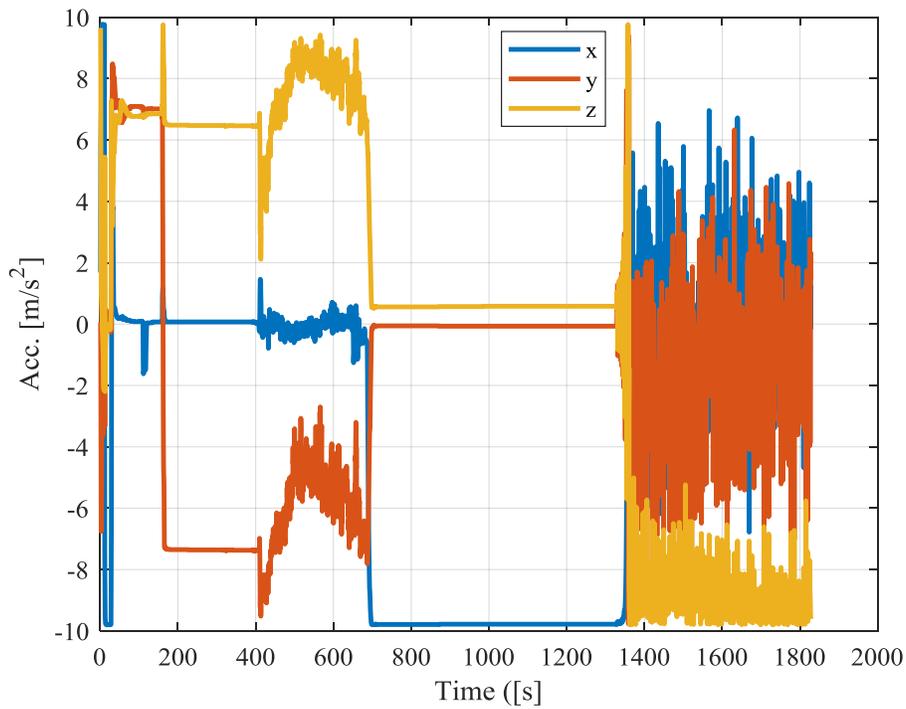


Fig. 46 親機にかかる重力加速度

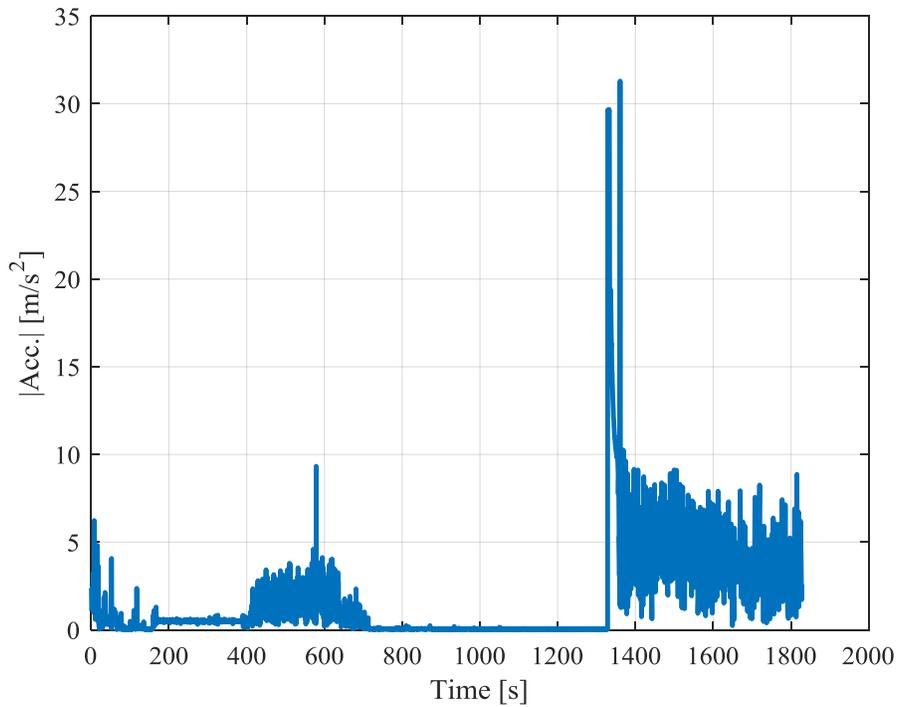


Fig. 47 親機にかかる重力加速度を除いた加速度の大きさ

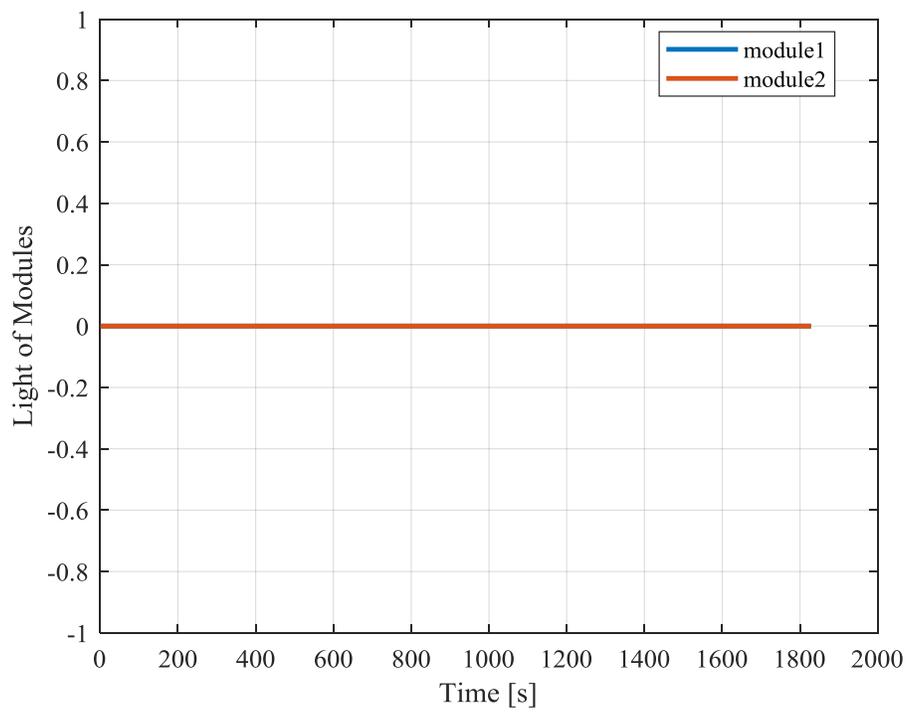


Fig. 48 親機に届いた子機のセンサ値

## 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）

#### ➤ 工夫した点

##### ◇ 全体

- 少ない人数の中で機体を打ち上げるために必要なことを全体で共有し、それぞれのことに責任者を決めることでぬけのない開発を行った。
- 引継ぎの資料を作り、特定の誰かがいなければ機体が動かせないという状況ができる限りで回避した
- スケジュールを何度も見直すことで人数が少ない割には例年と比べてもスムーズな開発ができた

##### ◇ ハード

- 子機放出機構の放出口が上を向くようにするために 2 輪のローバー型機体を採用
- 子機の小型化のために子機を電池・照度センサ・XBeeのみで構成
- 子機の照度センサの値が晴天の砂漠で振り切れないように、抵抗をつないで分圧した
- バッテリーを保護するケースを製作した
- 部品 1 つ 1 つがなるべく取り外しができるように機体全体を設計した
- 子機が飛びすぎること、ばねの紛失を防止するためにばねは筒に固定した
- 焼き切り機構で抵抗の中心をテグスが通るようにガードの位置を設計した
- ローバーがタイヤを下にして着地することを避けるためタイヤにメジャーで出っ張りをつけた
- モーターのトルクが小さく分離シートを展開する力が弱いのでパラシュートにつながる支柱部分を折れやすくするなど分離シート側で工夫を施した
- リポ電用のケースを作成し着地衝撃による破損をふせいだ

##### ◇ 回路

- 機体の状態をわかりやすくするために機体のステートを LED で表示
- ノイズを低減するためにバイパスコンデンサを多く配置した
- 外注したことによってはんだ付けの負担を減らした
- Arduino を外部から扱いやすいような配置にした
- 基板からセンサがはみ出ないようにした

##### ◇ ソフト

- XBee の 1 対多通信を実現するために XBee の API モードを使用
- 親機がどの子機から情報が送られているか判別できるようにした。この時、XBee に固有の 16 bit アドレスを用いた。
- 毎秒で GPS の情報を更新するためにライブラリを使わずにコードを書いた
- ステート移行の閾値を投下実験のセンサ値解析をもとに更新し続けた

➤ 苦勞した点

◇ 全体

- 人数が少なく、特定の誰かがいなければ機体を動かさず、試験ができないという状況があった
- 設計時のダブルチェックが少なく、コネクタの向きや機体の穴の位置などを修正する必要がある場面が多く、必要以上に時間がかかるケースがあった。
- 回路担当者を決めるのが非常に遅く、回路担当者には大きな負担を強いてしまった。
- 子機の寸法の決定が遅く、ハード班の作業を遅らせてしまった。

◇ ハード

- 子機の分圧に用いる抵抗値の大きさを実験で試行錯誤的に決定した点
- 焼き切りの抵抗値の選別が甘く、焼き切りが 1 回の使用で壊れる事態が発生した
- 部品が多く、互いの干渉や組み立てやすさを考慮しながら設計するのが大変だった
- 要求する重さ、大きさ、動力をもつモーターの選定とそれに合うカップリングの選定
- マニファクチャリングセンターの 3D プリンタが不調なときがあり、製作計画が崩れることがあった
- 切削する部品が多くスケジュール管理が難しかった

◇ 回路

- 能代まではエッチングで回路を焼いていたので、はんだ付けが大変だった
- センサの配置をふまえてコネクタの位置を考えるのが大変だった
- 回路の挙動が正常でない場合のトラブルシューティングが大変だった

◇ ソフト

- ステート移行の閾値決定
- マイコンを用いずに子機の XBee を動作させる方法を突き止めるのが大変だった
- 本ミッションの実現にあたって必要な XBee の設定を調べるのが大変だった
- GPS について、当初使用を予定していたライブラリが今回は使えなかった

## 2. 良かった点・課題点

### ➤ 今回の CanSat 機体の良かった点

#### ◇ 全体

- レギュレーション的に余裕をもって軽量であった

#### ◇ ハード

- なるべく取り外しがしやすいように機体全体を設計した
- バッテリーの保護ケースを製作した
- 3つあった焼き切り機構も本番以外では安定して作動するようになった
- 全体として重量が軽い設計だったので重量レギュレーションを細かく気にする必要はなかった

#### ◇ パラシュート・分離シート

- 型紙を作成してからパラシュートを作成したことで効率化が図られた
- 支柱に工夫を施しどんな着地姿勢でも分離しやすい分離シートを作成できた

#### ◇ 回路

- ARLISS では外部に発注した回路の動作が非常に安定していた
- LED を用いて機体のステータスを表示させていたために試験がしやすかった。
- ARISS では外注した基板を用いたため、回路の挙動が安定した

#### ◇ ソフト

- 9 軸加速度センサ (Adafruit bno055) が加速度の実測値だけでなく、重力加速度、重力加速度を除いた並進加速度などの値も得ることができたので非常に有用だった。
- プログラムの工夫により GPS がほぼ毎秒で値を更新できた。
- XBee の api モードの設定方法がある程度確立した。

### ➤ 今回の CanSat 機体のうまくいかなかった点

#### ◇ 全体

- 収納ができるか否かがいつもギリギリだった

#### ◇ ハード

- 焼き切り機構を 1 度使うと使用していた抵抗の抵抗値が著しく低下し、使用不可になってしまうことがあった。
- 今回のカップリングは例年とは違ってフレキシブルではなかったため、外れやすかった
- センサの位置的にホットボンドで arduino の固定ができなかった
- ベアリングの固定 (最終的にはホットボンドをしたが、それをしなくても穴の大きさ調節で固定されるようにしたかった)
- 部品が多く機体の組み立てに時間がかかってしまう
- ある部品に不具合があった際に、構造上一回全てを分解しなければ交換できない場合などが出てきてしまった

- ◇ パラシュート・分離シート
  - サイズの関係で収納が難しくなってしまった
  - 都合の悪い着地姿勢であっても分離シートが問題なく分離できるようにするように設計することにとても時間がかかった
  
- ◇ 回路
  - 能代までの回路はすぐにハンダがはがれ、電氣的な不具合が多く、修正作業が大変だった
  - 能代ではエッチングにより作成した基板を用いたため、回路の挙動が安定しなかった。また基板の作成に必要以上に時間をかけてしまった。
  
- ◇ ソフト
  - 使用する子機を変えるたびにコードの一部を書き換える必要があり煩わしかった。
  - ステート移行を基地局からの指示で行えなかったので試験が煩わしかった。
  
- 今後の課題
  - ◇ 全体
    - 回路やソフトについてほとんどわからなかったので、少人数の場合は特に自分の担当以外でも互いに意見交換できるくらいの知識はもっておく
  
  - ◇ ハード
    - 焼き切り機構に用いる抵抗値を流れる電流の大きさや温度を考えながら選定する必要
    - arduino の固定は必ずする。回路的にセンサの位置をずらすか、上からガムテープなどで固定するか
    - 一人で設計から製作を行うには負担が重い場合はうまく役割分担する
  
  - ◇ パラシュート・分離シート
    - 時間がなく例年の知見に頼り切りであったので革新的な改善は見られなかった
    - タコ糸は絡まりやすいという問題点があったので絡まりにくいナイロン糸の検証をできればよかった
    - モーターの出力などを考えて分離シートにさらなる工夫を加えていく
  
  - ◇ 回路
    - 外注した場合における基板が実際に有用であることを確認する方法の確立と、基板の設計のスケジュール管理
  
  - ◇ ソフト
    - 使用する子機が変わってもプログラムを書き換える必要がないようにコードを工夫
    - 基地局からの指示でステートを変更できるような関数を追加

### 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

#### ➤ プロジェクト全体を通して良かった点

##### ◇ 全体

- 引継ぎ資料を作成することで特定の誰かがいないと試験ができないという状況を回避した.
- 駆動系の試験のために PS3 のコントローラで機体を動かせるようにしたことで試験が容易になった.
- 特に大会期間は回路やソフト担当がハードを手伝ってくれてだいぶ楽だった
- やるべきことやスケジュールの共有はうまく図られていたので人数が少ないながらもうまく開発ができた

##### ◇ ハード

- 短期間で予備部品まで含めた機体を製作できた

##### ◇ パラシュート・分離シート

- 機体に損傷を与えることなく着地を行うことができた
- 予備を2つ持つていくことで緊急時にも対応できた

##### ◇ 回路

- 外注することを新しく取り入れることが出来たこと、また外注した基板を用いることによって回路の挙動が非常に安定したこと

##### ◇ ソフト

- センサ類の選定の段階でネット上でのサンプルコードや使用例の多さを考慮していたために、センサ開発が比較的スムーズだった.

#### ➤ プロジェクト全体を通してうまくいかなかった点

##### ◇ 全体

- 少人数だったため一人あたりの負担が重すぎた

##### ◇ ハード

- CAD を使い始めたのが 6 月下旬と遅かったので、使うかもしれないものは早い段階で触れておくべきだった
- 機体案決定が遅かったため、常に急いだ計画となっていた
- 急いだ計画を立てていたため、部品の製作を依頼していたマニファクチャリングセンターの方には迷惑をかけた
- なぜか本番になって焼き切りが一回使うと抵抗値が大幅に下がりもう使えなくなってしまう事態が発生した。原因も不明なまま

##### ◇ パラシュート・分離シート

- 例年のものを参考にしたので特に大きな問題は見られなかった
- 分離シートをミッション中に分離することができなかった (Arduino が外れてそもそもミッションを開始できなかった) ので改善した点の有用性を確認す

ることはできなかった

◇ 回路

- 回路責任者の決定が遅く、回路責任者には大きな負担をかけてしまった。
- 基板の設計のスケジュール管理、回路に用いるセンサ類の在庫確認

◇ ソフト

- チーム発足の段階では git hub によってプログラムを管理する予定であったが、プログラムを触るのが一人しかいなかったこともあり、git hub をあまり有効に使いなかった。