

ARLISS 大会報告・技術詳細報告書

提出日：2019年 10月 15日

文責：岸信希

● チーム情報

| | |
|-------------------|---------------|
| CanSat チーム名 | 名古屋大学 Actaeon |
| CanSat チーム 代表者 | 岸信希 |
| UNISEC 団体名 | 名古屋大学 稲守研究室 |
| UNISEC 団体 学生代表 | 岸信希 |
| 責任教員 | 稲守孝哉 |
| CanSat クラス | Open Class |

● メンバー

| 役割 | 名前（学年） |
|-------------------------|-----------|
| プロジェクトマネージャー, ソフトウェア作成 | 岸 信希(M1) |
| 回路・基板設計製作, 構造系 | 田村 啓登(M1) |
| センサ系, 構造系 | 中山 理志(M1) |
| 通信系, 地上局, ミッション系 | 大月 洋貴(B4) |
| 回路・基板設計製作, 電源系, 質量・電力管理 | 野呂 拓臣(B4) |

● CanSat の製作目的・大会参加理由

- ・本研究室で開発を行っている CubeSat のミッションの一部の, 上空での実証実験.
- ・チームメンバー全員のプロジェクト経験と開発スキル・能力の養成.

目次

| | | |
|-----|--|------------------------|
| 第1章 | ミッションについて | 4 |
| 1. | ミッションの意義と目的 | 4 |
| 2. | ミッションシーケンス | 4 |
| 第2章 | サクセスクライテリア | 5 |
| 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） | 6 |
| 1. | システム要求（安全確保のために満たすべき要求） | 6 |
| 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） | 7 |
| 第4章 | システム仕様 | 8 |
| 1. | CanSat 設計図（CAD 図面や回路レイアウト図や写真など、公開可能であれば図面をここに示し、データも添付をお願いします。） | 8 |
| 2. | CanSat 外観/質量/サイズ | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| 3. | CanSat 内観・機構/電力 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| 4. | 使用部品 | 14 |
| ➤ | 電子系 | 14 |
| ➤ | 動力系 | 15 |
| ➤ | 構造系 | 15 |
| 5. | 製作時に使用した機材・サービス | 15 |
| 6. | プログラム・アルゴリズム | 15 |
| 7. | 会計 | 17 |
| 第5章 | 試験項目設定（項目別試験、結合試験、EndtoEnd 試験） | 17 |
| 第6章 | 実施試験内容 | 19 |
| 1. | 質量試験 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| ➤ | 目的 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| ➤ | 試験/解析内容 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| ➤ | 結果 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| 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） | 24 |
| 1. | チーム内・審査会等 | 24 |
| 2. | 各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入） | 25 |
| 第8章 | 大会結果 | 27 |
| 1. | 能代宇宙イベント | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| ➤ | 目的 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| ➤ | 結果 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| ➤ | 取得データ | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| ➤ | 故障原因解析・解決手段等 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| 2. | ARLISS（上記能代と同様に記載してください） | 27 |
| ➤ | 目的 | 27 |
| ➤ | 結果 | 27 |
| ➤ | 取得データ | 27 |

| | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| ➤ 故障原因解析・解決手段等 | 28 |
| 第9章 まとめ | 29 |
| 1. 工夫・努力した点 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |
| 2. 良かった点・課題点 | 29 |
| 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 | エラー! ブックマークが定義されていません。 |

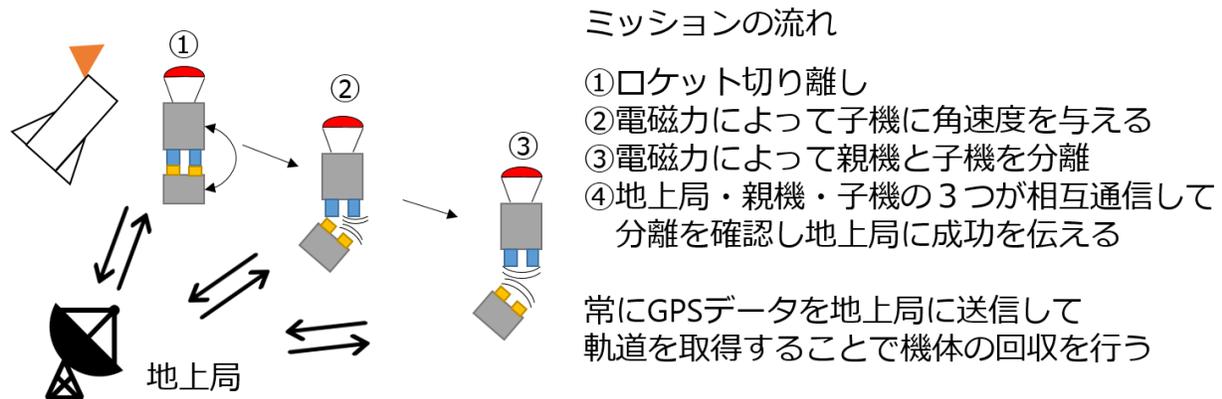
第1章 ミッションについて

1. ミッションの意義と目的

近年、超小型衛星の開発コストの低さや開発期間の短さといったメリットを生かして、複数の超小型衛星を用いたコンステレーションによる様々なミッションが提案されている。その中でも衛星の分離を用いた軌道変更によるコンステレーション形成に着目した。本ミッションではこの背景を想定して、機体に搭載した電磁石と永久磁石を用いて上空で親機と子機に分離し、二機間での相互通信の実証実験を目的とする。

2. ミッションシーケンス

衛星の磁気分離を用いた軌道変更を想定し、複数の電磁石と永久磁石を用いた分離機構およびオンボードでのリアルタイムの分離確認の実証実験を行う。



第2章 サクセスクライテリア

| | |
|------------|---|
| ミニマムサクセス | <ul style="list-style-type: none">● 地上局で得られたテレメトリデータより，親機，子機ともに機体を回収すること |
| ミドルサクセス | <ul style="list-style-type: none">● 親機搭載のジャイロセンサ，磁気センサ，加速度センサから計測値を取得し，記録媒体に保存すること.● 電磁力による分離シーケンス前に，親機と子機を結合するナイロン線をニクロム線により切断すること. |
| フルサクセス | <ul style="list-style-type: none">● 親機指定のタイミングで電磁力により子機から親機を分離すること. |
| アドバンスドサクセス | <ul style="list-style-type: none">● 親機搭載の磁気センサ計測値より親機と子機の分離を検知すること.● 親機と子機が通信機により相互に送信・受信をすること. |

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）

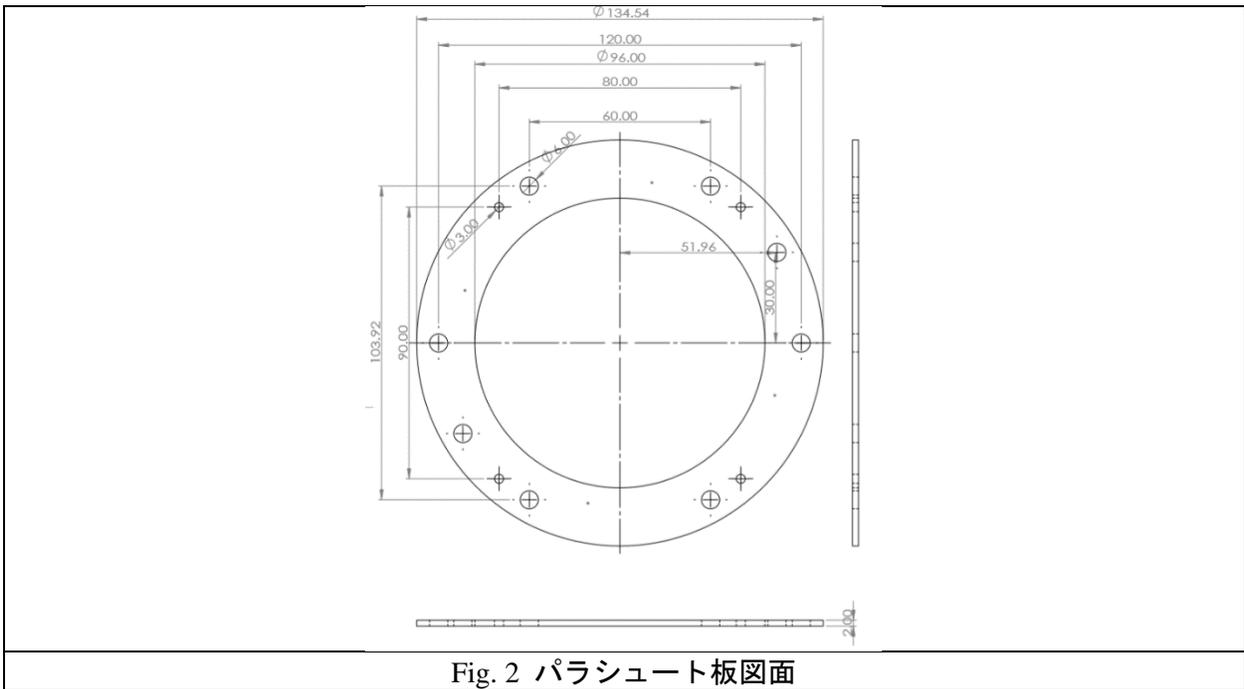
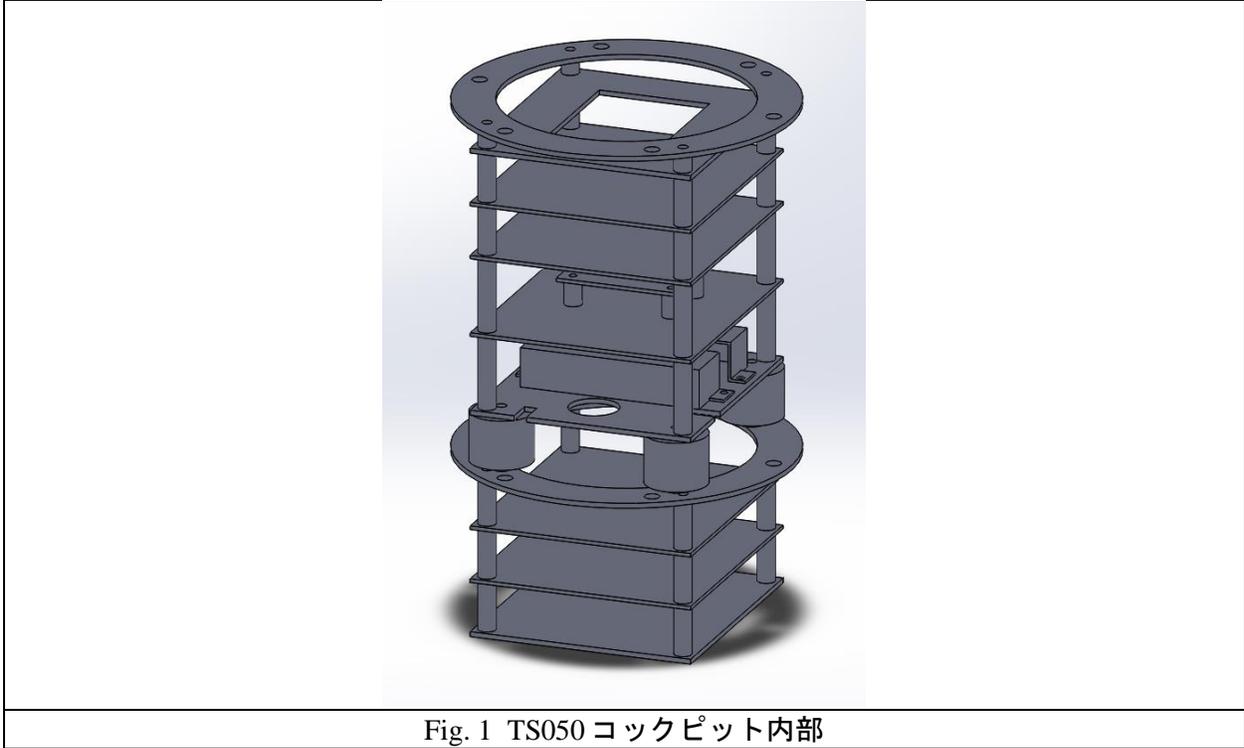
| 要求番号 | 自己審査項目（ ARLISS 打ち上げ安全基準 ） |
|------|--|
| M1 | 質量と容積がレギュレーションを満たすことが確認できている |
| M2 | <u>ロスト対策</u> をしており、有効性が試験で確認できている。 |
| M3 | 親機が地表近くで危険な速度で落下させないための <u>減速機構</u> を有し、その性能が試験で確認できている。 |
| M4 | 子機が地表近くで危険な速度で落下させないための減速機構を有し、親機との分離後正常にはたらき、その性能が試験で確認できている。 |
| M5 | 打ち上げ時の <u>準静的荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている。 |
| M6 | 打ち上げ時の <u>振動荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている。 |
| M7 | 分離時の <u>衝撃荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている。 |
| M8 | 打ち上げ時の <u>無線機の電源 OFF</u> の規定を遵守できることが確認できている（FCC 認証かつ 100mV 以下の機器は OFF しなくて良い。また、スマートフォンを用いる場合は FCC 認証かつソフトウェアまたはハードウェアスイッチで OFF にできること） |
| M9 | 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。 |
| M10 | S1-S9 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） |
|----------|---|
| S1 | 親機と子機が勝手に分離しないように固定しているナイロン線を、ニクロム線に電流を流すことで切断することができる。 |
| S2 | 親機の電磁石に電流を流し反発力を与えることで親機と子機が分離できる。 |
| S3 | 親機と子機間で相互通信ができる（互いに GPS 情報を送り，受信できる）。 |
| S4 | 磁気センサを用いて，分離したことを親機が上空で検知することができる。 |

第4章 システム仕様

1. CanSat 設計図



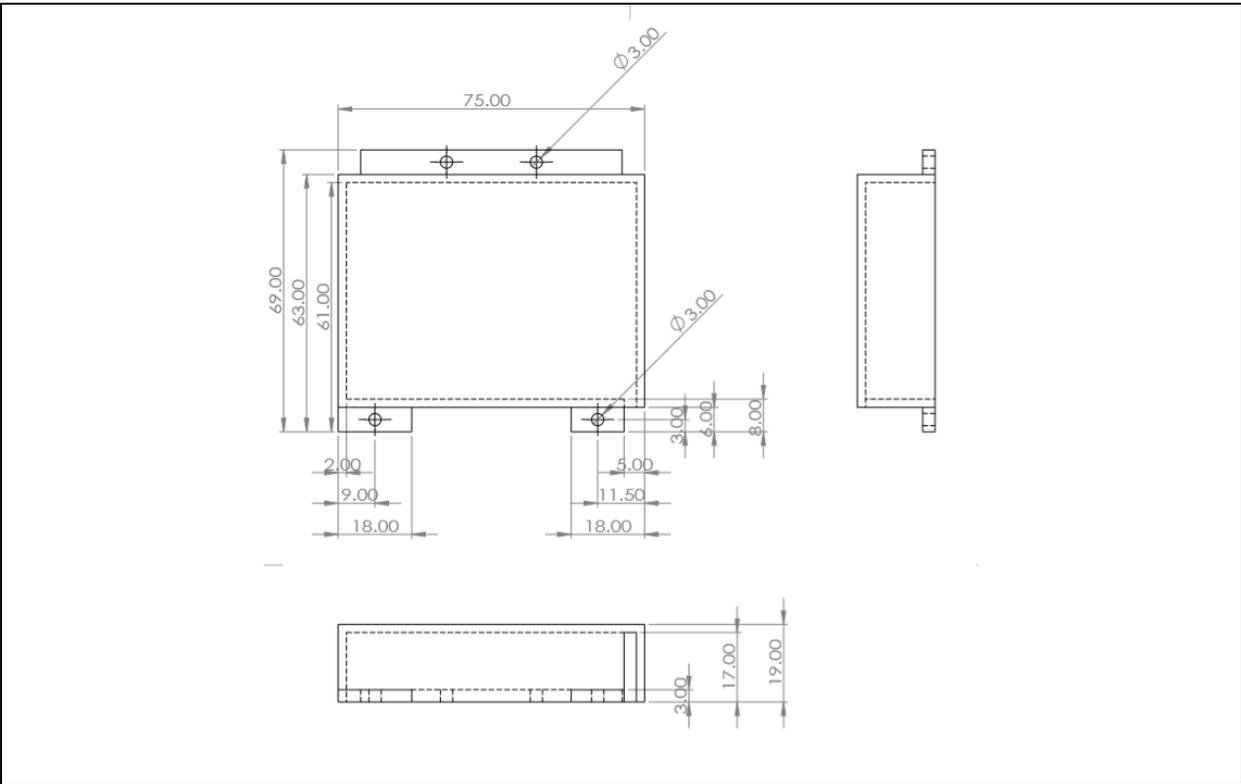


Fig. 2 親機バッテリーケース図面

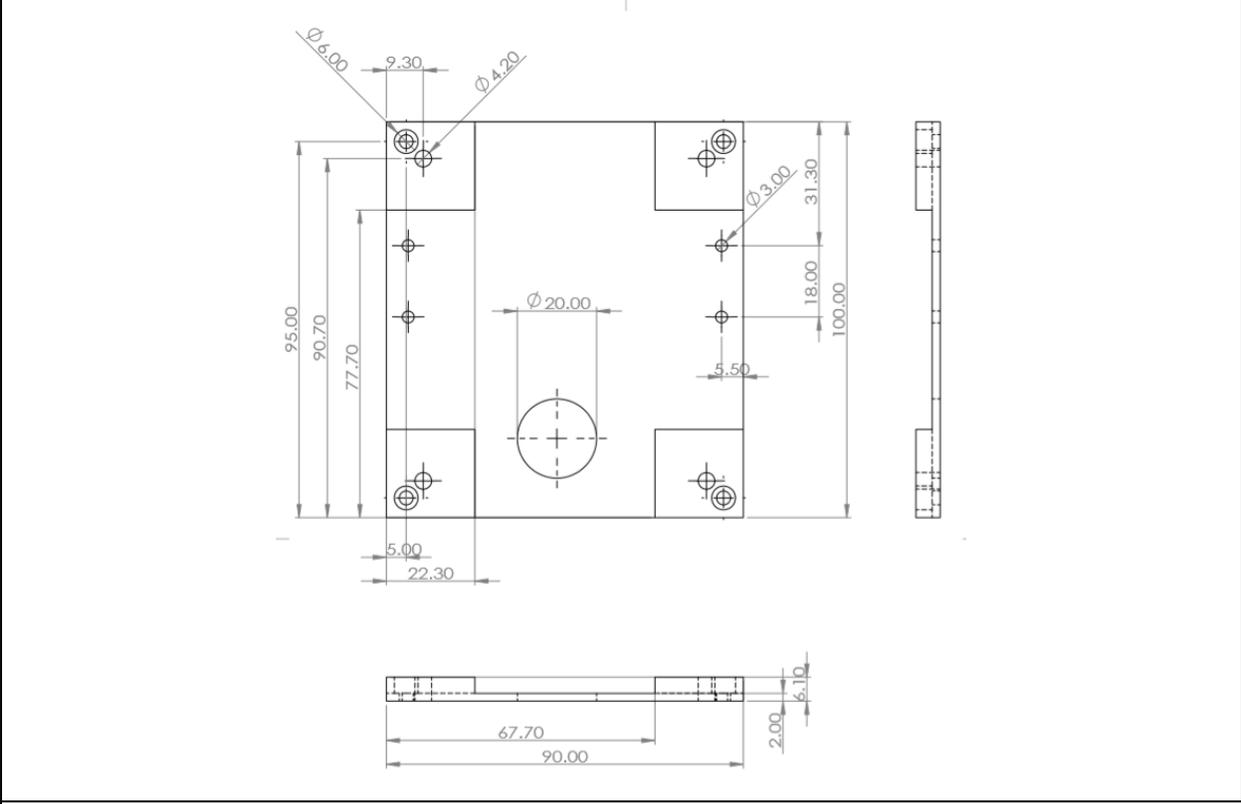


Fig. 3 親機樹脂板図面

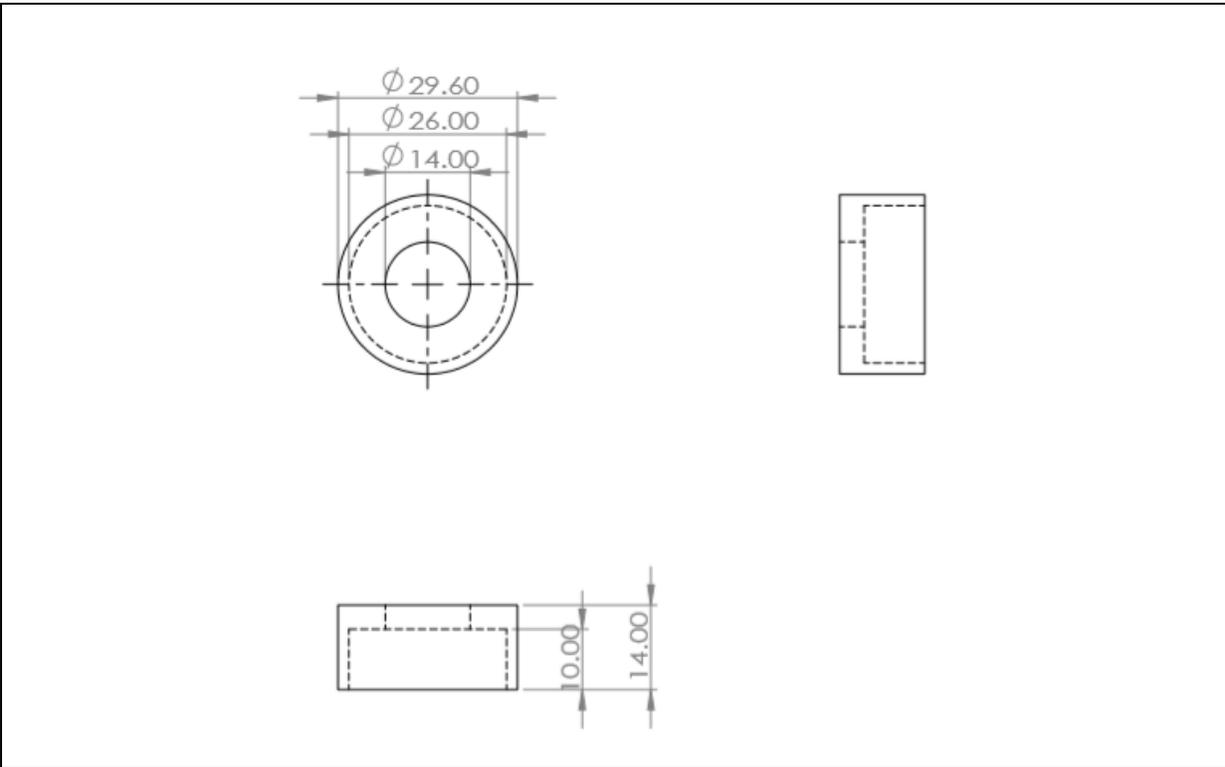


Fig. 4 電磁石カバー図面

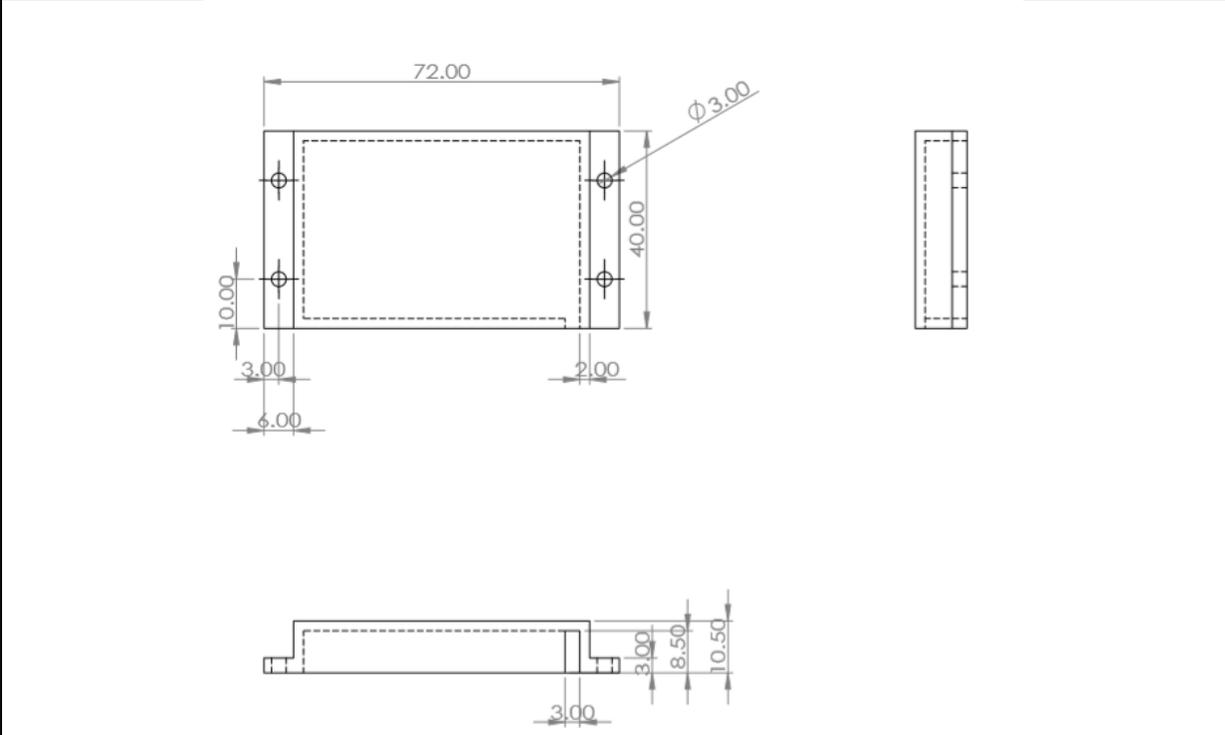
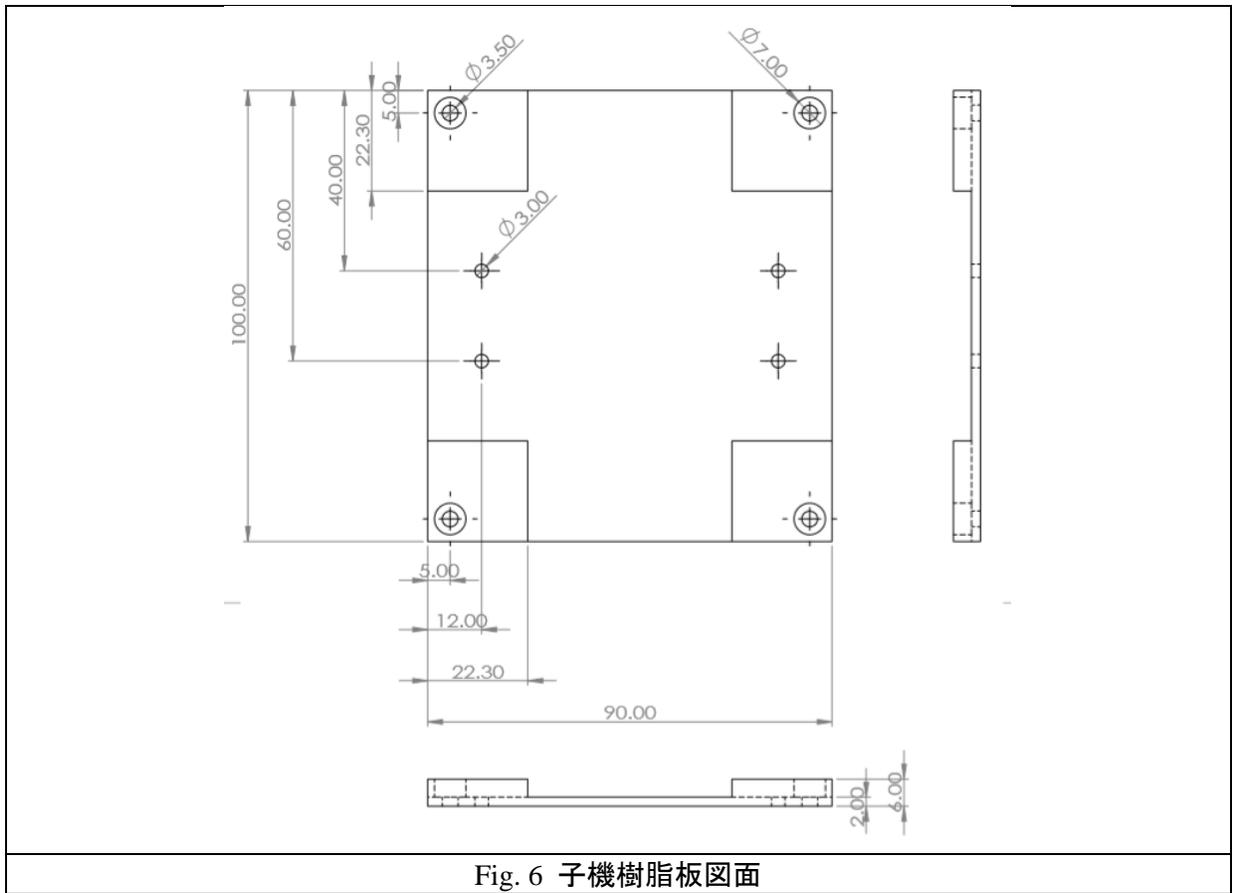


Fig. 5 子機バッテリーケース図面



2. CanSat 外観/質量/サイズ



图 1 CanSat 外觀①

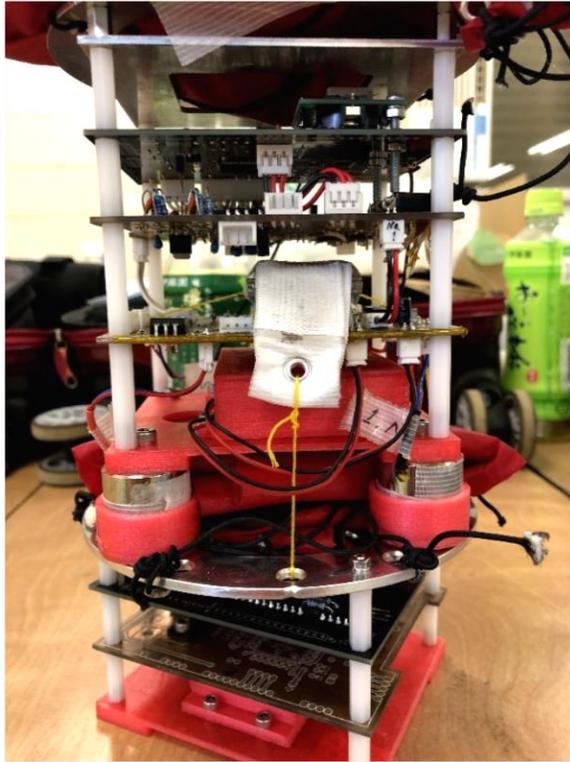


图 2 CanSat 外觀②

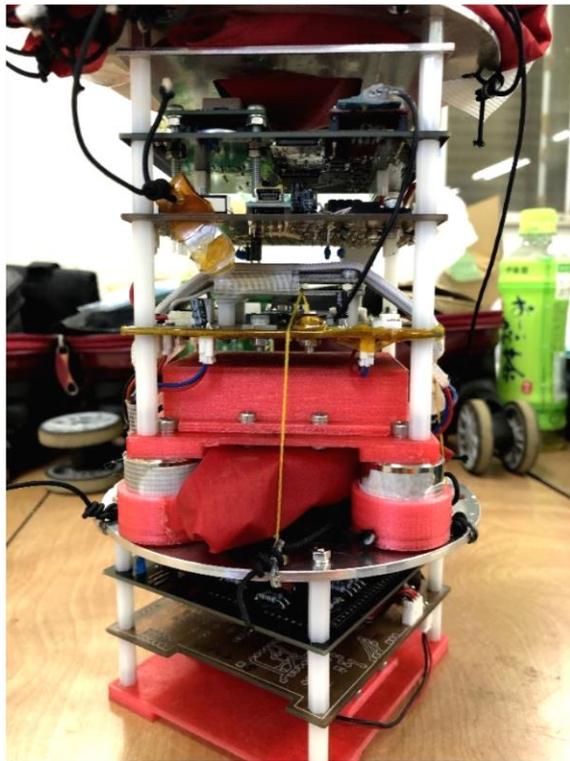


图 3 CanSat 外觀③

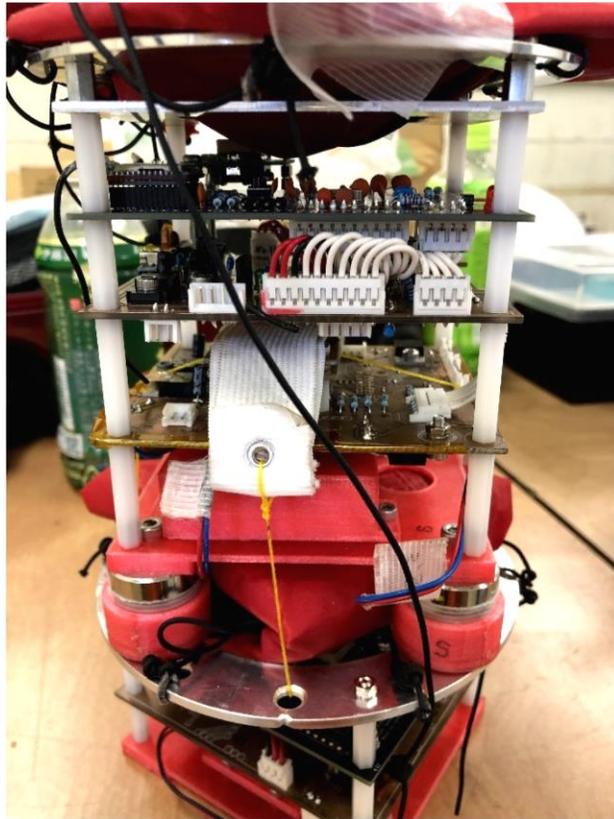


圖 4 CanSat 外觀④

質量：986.2g

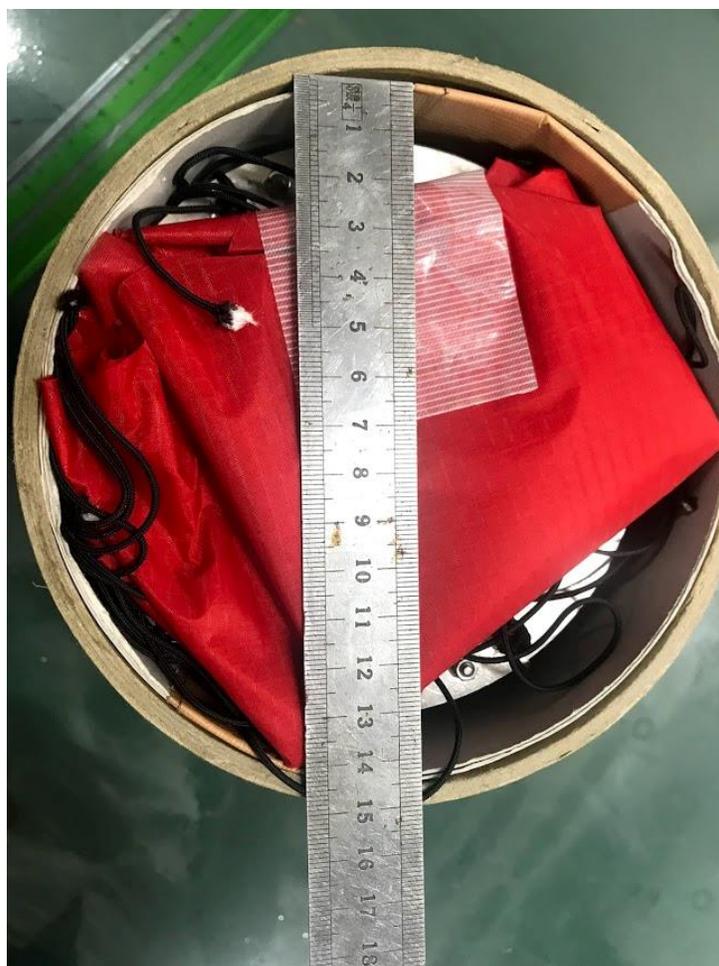


図5 キャリア収納試験様子

3. 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 1PPS出力付き 「みちびき」3機受 信対応 | 秋月電子 | |
| 9軸センサ | BMX055 | mouser | |
| レギュレータ | TA48033S | 秋月電子 | |
| レギュレータ | Tps61088 | Strawberry Linux | |

| | | | |
|---------|-------------------|---------|--|
| レギュレータ | 5V出力DCDCコンバータ | 秋月電子 | |
| MOSFET | TDSOM-8 | mouser | |
| MOSFET | PSMN3R4-30PL | RSオンライン | |
| microSD | マイクロSDカード 16GB | 秋月電子 | |
| マイコン | STM32F103CBT7 | mouser | |
| 通信機 | ES920LRA1B | EASEL | |
| カメラ | 不明 | | |

➤ 動力系

| 分類 | 名称・型番 | 入手先・参考情報等 | 備考 |
|-------|---|-----------|----|
| 電磁石 | uxcell 保持電磁石 ソ レノイド 5VDC 50N 25 x 20 mm 46g/0.1lb | アマゾン | |
| バッテリー | DTP605068 | 共立エレシヨップ | |
| バッテリー | DTP502535 | モノタロウ | |

➤ 構造系

| 分類 | 名称・型番 | 入手先・参考情報等 | 備考 |
|--------|-----------|-----------|----|
| アルミ板 | アルミ板 | モノタロウ | |
| コネクタ | EHコネクタ | マルツオンライン | |
| コネクタ | PHコネクタ | マルツオンライン | |
| スペーサ | ジュラコンスペーサ | モノタロウ | |
| スペーサ | 黄銅スペーサ | モノタロウ | |
| ハトメ | 両面ハトメ | モノタロウ | |
| パラシュート | 不明 | | |

4. 製作時に使用した機材・サービス

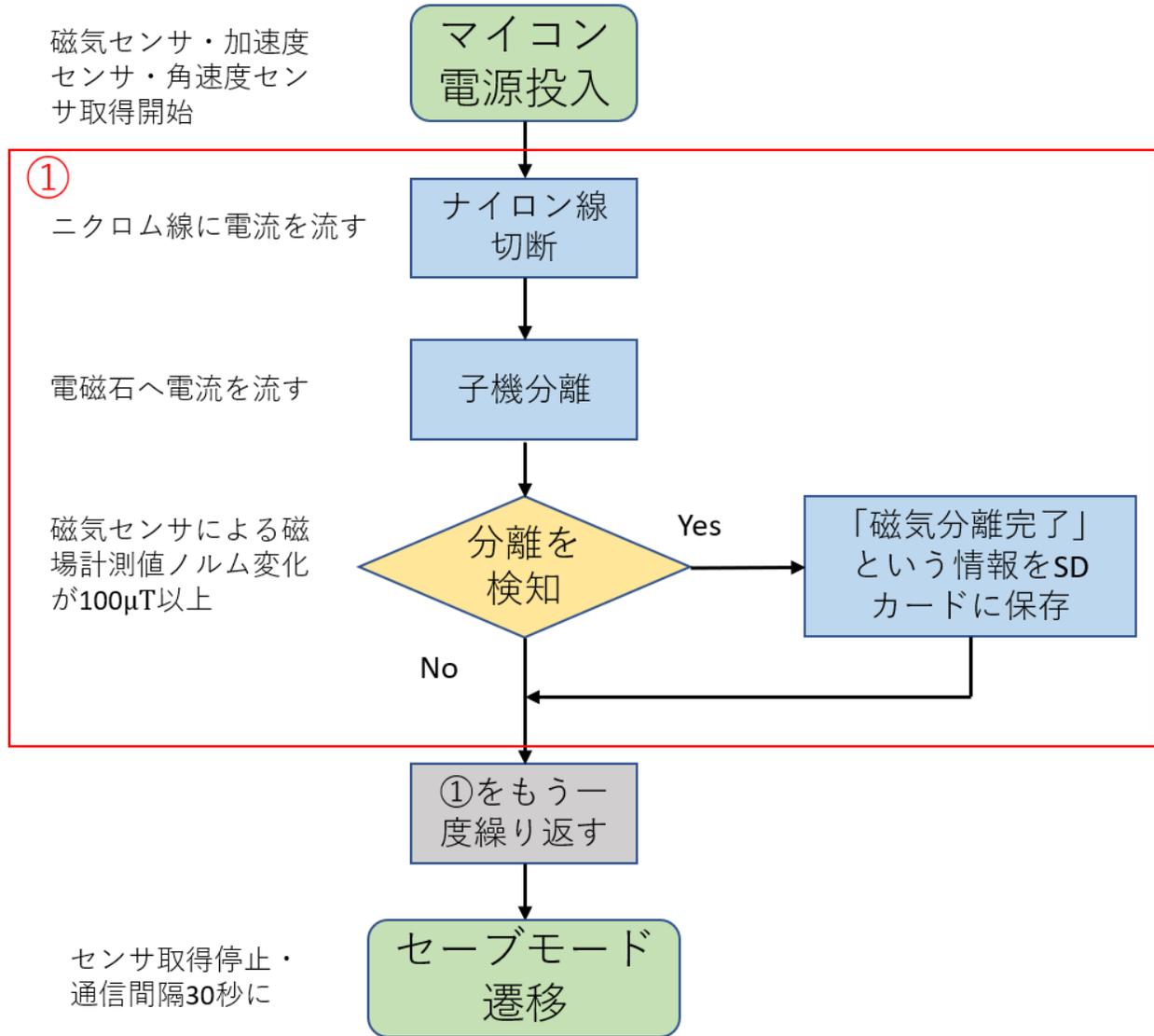
| 分類 | 名称・型番 | 入手先・参考情報等 | 備考 |
|--------|------------------|-----------|----|
| 3Dプリンタ | Anycubic i3 Mega | 研究室 | |

※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。

5. プログラム・アルゴリズム

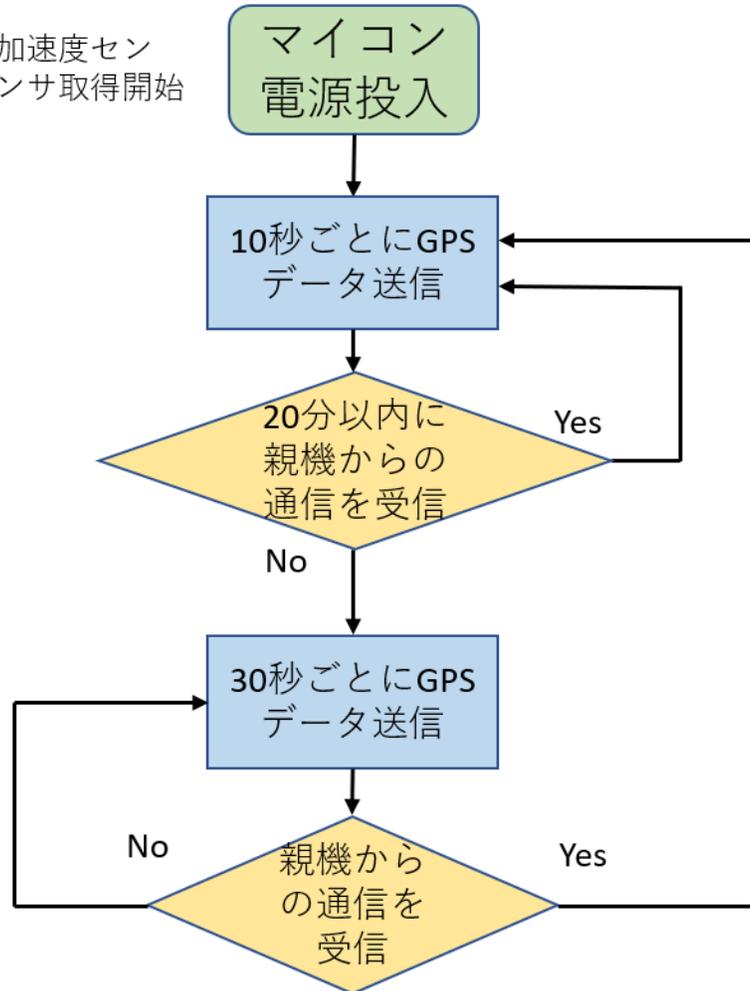
使用言語:C++

- 親機



- 子機

磁気センサ・加速度センサ・角速度センサ取得開始



6. 会計

- 総額 158,601 円
- 大まかな内訳
 - 汎用基板 100,000 円
 - 電源基板 15,172 円
 - ミッション基板 10,743 円
 - 構造 21,368 円
 - 地上局 11,072 円

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 |
|-----|-----------------|--------------------------|------|
| V1 | 質量試験 | S1 | 8/22 |
| V2 | キャリア収納試験 | S 1 | 8/22 |
| V3 | 通信距離試験 | S 2 | 8/1 |
| V4 | 落下試験 | S 3, S 4 | 7/25 |
| V5 | 静荷重試験 | S 5 | 7/6 |
| V6 | 振動試験 | S 6 | 8/15 |
| V7 | 分離衝撃試験 | S 7 | 8/15 |
| V8 | 通信機電源 ON/OFF 試験 | S 8 | 8/8 |
| V9 | 通信周波数変更試験 | S 9 | 7/6 |
| V10 | End-to-end 試験 | S 10 | 8/8 |
| V11 | 電気統合試験 | S 2 | 8/21 |
| V12 | ニクロム線試験 | M1 | 8/21 |
| V13 | 機体分離試験 | M2 | 8/19 |
| V14 | 相互通信試験 | M3 | 8/1 |
| V15 | 分離検知試験 | M4 | 8/22 |

第6章 実施試験内容

(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



図1 質量試験計測時

- 質量は986.2gであった。レギュレーションの1050g以内であることを確認した。
- 試験動画リンク：https://youtu.be/I_-ICf5L9CI
「【本審査】質量試験【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

(V2) キャリア収納試験

- 目的・概要

容積がレギュレーションを満たしていることを確認する。

- 試験の方法

- Cansat の外径を定規で測定し、直径 146mm 以内、高さ 240mm 以内であることを確認する。
- 直径 146mm の円筒を用意し、その中に Cansat が収まることを確認する。

- 結果

試験動画は以下にアップロードした。

URL : <https://youtu.be/HeIVghJpjl>

「【本審査】キャリア収納試験【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

試験の様子を写真を図 2～図 3 に示す。

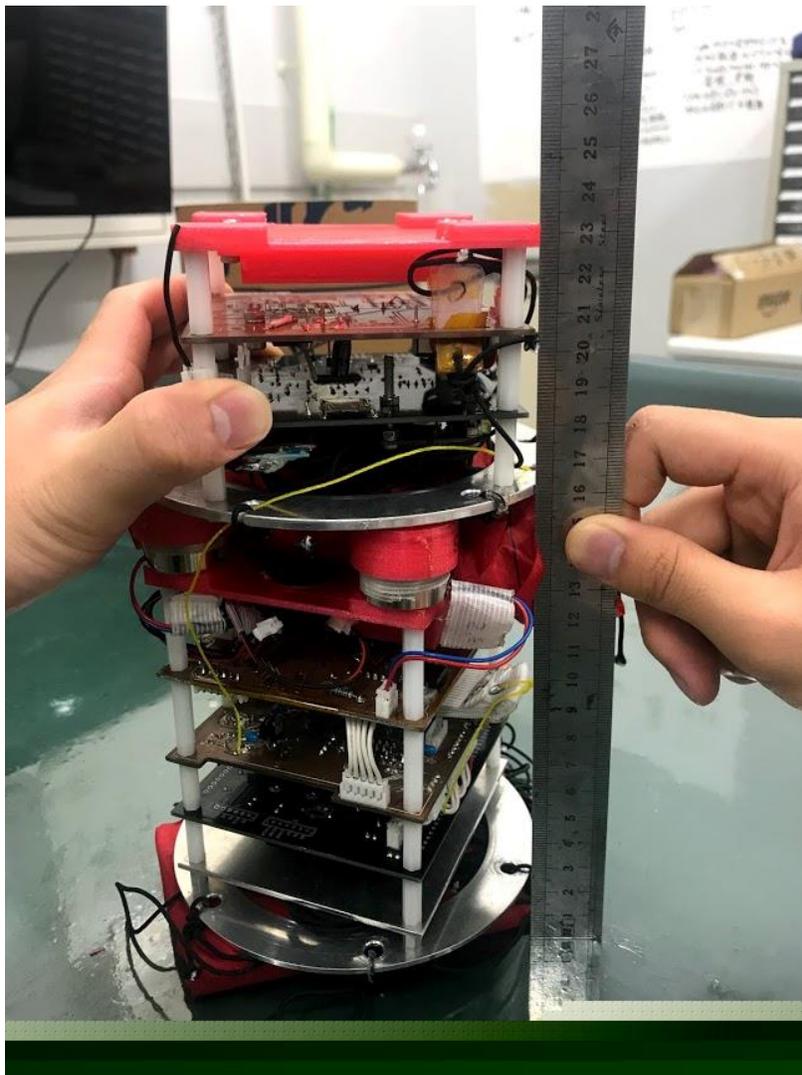


図 2 キャリア収納試験 高さ測定



図3 キャリア収納試験 円筒収納

- 高さがレギュレーションの 240mm 以内であることを確認した。
- 直径が 146mm である筒に CanSat を収納できることを確認した。

(V3) 通信距離試験

- 目的

CanSat のロスト対策が十分であることを確認するため、
CanSat と地上局 (PC) の通信最大距離を、実機を用いて測定する。
今回利用する通信機 ES920LR(920MHz 帯)

試験中は通信強度をモニターし、通信状況を確認する。

- 試験解析の内容

知多半島の海岸線で実機を用いて実験を行った。

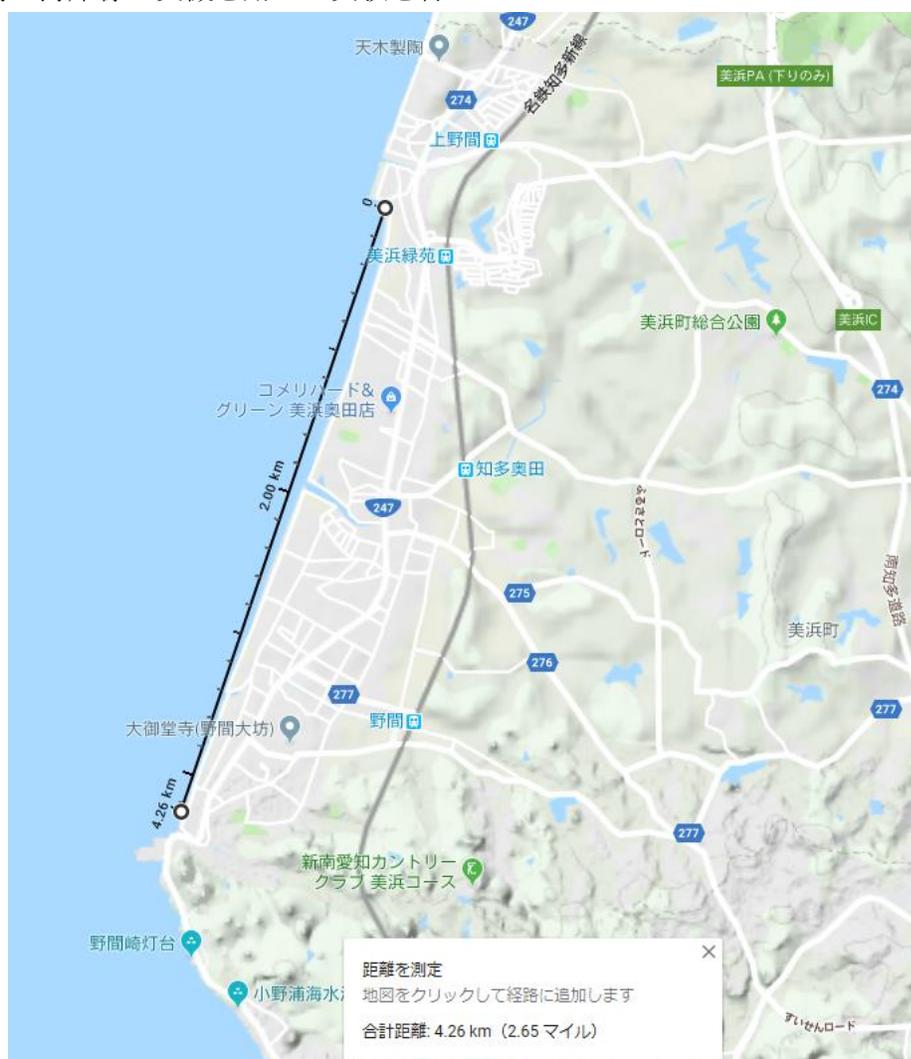


図 4 試験場所

本チームは2機の CanSat の分離及び Cansat 間の相互通信をミッションとしており、親機、子機、地上局の3つの通信機を同じ周波数で運用するため、混線対策をとる必要がある。その状況下で混線が生じにくいように設定した通信のフローチャートを以下に示す。

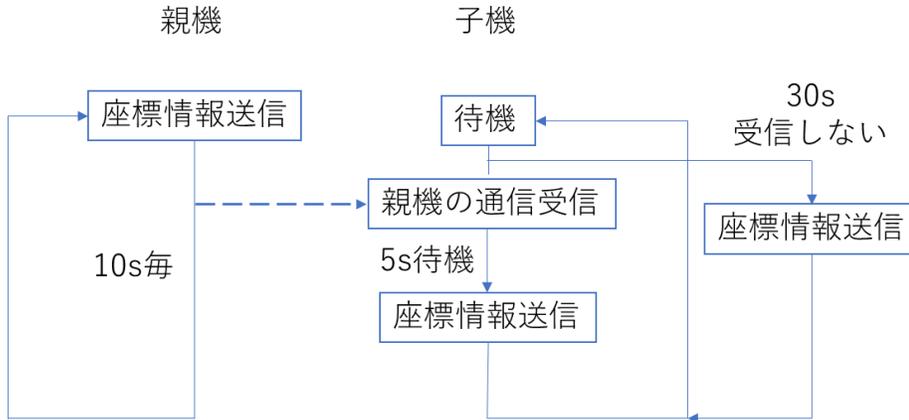


図5 通信のフローチャート

親機の通信の優先度を高くし親機の送信を子機が受信した後に、子機も送信をするという方式を採用した。このフローに従って、試験を行う。

通信内容は各 CanSat に搭載された GPS から得られる座標情報であるため、親機、子機をドッキングしたまま地上局から離していった最後に地上局で受信できた座標情報を最大通信可能地点とする。

- 結果

- 試験動画を以下にアップロードした。

地上局側：<https://youtu.be/epfAHyQCng0>

CanSat 側：https://youtu.be/EUJ0AY8_VEW

- 基地局の位置（赤色の家のマーク）と CanSat から送信された GPS 座標位置（青色のピンマーク）を GoogleMap 上に出力したものを図7エラー! 参照元が見つかりません。に示す。

また今回の通信距離試験は試験時間が1時間を超え、試験動画の撮影を継続することが困難になってしまったため、十分な距離で通信ができていたことを考慮し、途中で終了した。

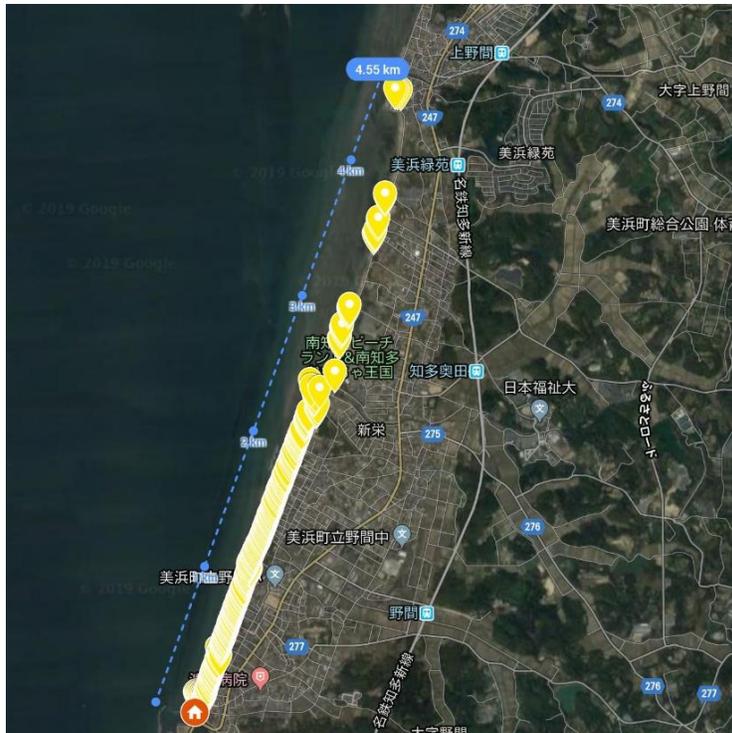


図 6 親機通信距離

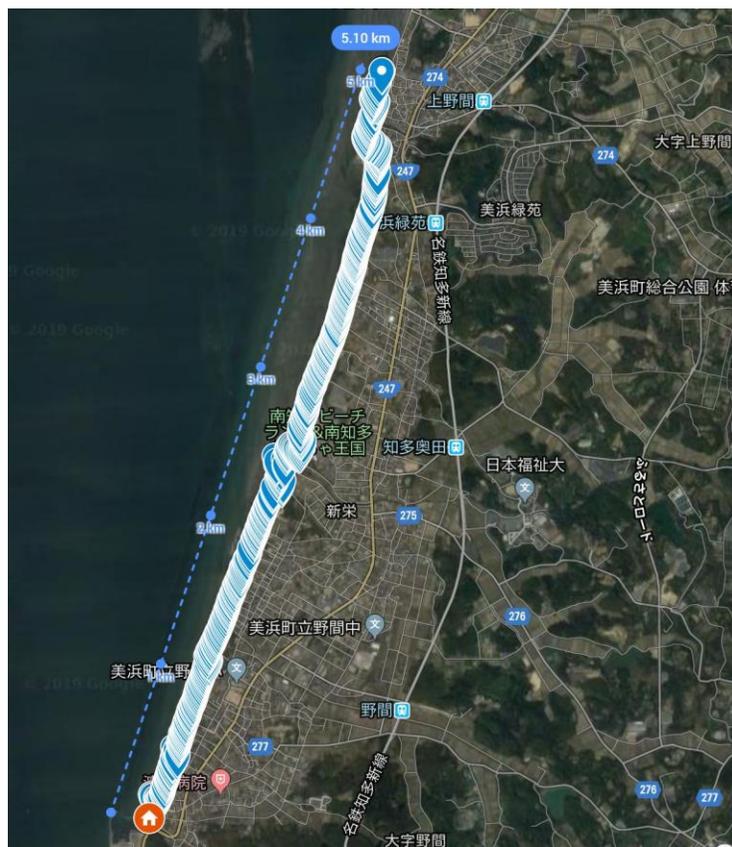


図 7 子機通信距離

以下には地上局の座標，親機子機の最後に取得できた座標を示す。

基地局の座標： N 34.76611,E 136.843065 degree

表 1 通信試験結果

| | 親機 | 子機 |
|-------------|----------------------------|----------------------------|
| 最後に通信が取れた座標 | N 34.803758°,E 136.858211° | N 34.807676°,E 136.859198° |
| 地上局からの最大距離 | 4.5 km | 5.1 km |

● 結論

地上局と CanSat との試験場所での最大通信距離は親機約 5.1 km 子機約 4.5 km であることを確認できた。今回 ARLISS 本番の状況と通信環境を模擬して海岸線で間に障害物が存在しない場所で試験を行ったため，ARLISS 本番でも最低 5 キロ程度は通信が行えると考えられる。

また今回の試験は撮影が困難になったため試験を終了したことと，試験終了間際にモニターしていた通信強度が子機において-120dBm 程度で本通信機は-140dBm まで受信できることの二点を踏まえると実際にはさらに長距離での通信が可能であると考えられる。

以上から，通信距離だけで言うならばロケット分離直後から通信が取れる可能性があり，また CanSat が最大で 10 km 程度流されたとしてもロケットが飛んだ方向を車で追跡すれば車から半径 5 km 程度の探索ができるため CanSat をロストする可能性は低いといえる。

(V4) 落下試験

● 目的・概要

- パラシュートが正常に展開し，減速ののち終端速度になることを確認する。
- 親機のみ終端速度が子機のみ終端速度より小さくなることを確認する。（子機分離後に親機と子機とが空中で絡まらないの確認）
- 全機（親機が子機を把持した状態），親機のみ，および子機のみ の 3 つの構成で試験する。

ここでは，子機は分離後を想定し電磁石による分離後所望の時間に子機のパラシュートが展開することの確認はミッションフィージビリティ試験として機体分離試験という名目で行う。

● 方法

- まず，CanSat に実際に使用するパラシュートを取り付け，建物(名古屋大学 赤崎記念館)の 6 階（地上 19.7m）から落として，落下挙動を確認する。
 - ◇ 減速機構が正しく機能すれば，地上付近では減速能力に応じて一定速度となっているはずである。
- 事前検討として次式をもとに CanSat の減速し終端速度が 4.0 m/s となるようにパラシュートを設計した。

$$S = \frac{2mg}{C_d\rho V^2} \quad (6-1)$$

以下に第1パラシュート（全機・親機用）と第2パラシュート（子機用）のパラメータを示す。

Table 1 第1パラシュートのパラメータ（全機）

| | | |
|--------|----------------------------|------|
| S | パラシュート面積 [m ²] | 1.28 |
| m | CanSat 質量 [kg] | 0.99 |
| g | 重力加速度 [m/s ²] | 9.81 |
| C_d | 抗力係数 [-] | 0.80 |
| ρ | 大気密度 [kg/m ³] | 1.20 |
| V | 落下速度 [m/s] | 4.0 |

計算の結果、パラシュート形状を正六角形としたとき、対角は1275mmとなった。また、空中での姿勢安定化のためパラシュート中央に対角が213mmの正六角形の穴をあけた。

このとき親機のみ落下中はパラメータが次の表のようになる。

Table 2 第1パラシュートのパラメータ（親機のみ）

| | | |
|--------|----------------------------|------|
| S | パラシュート面積 [m ²] | 1.28 |
| m | CanSat 質量 [kg] | 0.72 |
| g | 重力加速度 [m/s ²] | 9.81 |
| C_d | 抗力係数 [-] | 0.80 |
| ρ | 大気密度 [kg/m ³] | 1.20 |
| V | 落下速度 [m/s] | 3.4 |

Table 3 第2パラシュートのパラメータ（子機のみ）

| | | |
|--------|----------------------------|------|
| S | パラシュート面積 [m ²] | 0.40 |
| m | CanSat 質量 [kg] | 0.27 |
| g | 重力加速度 [m/s ²] | 9.81 |
| C_d | 抗力係数 [-] | 0.80 |
| ρ | 大気密度 [kg/m ³] | 1.20 |
| V | 落下速度 [m/s] | 4.0 |

計算の結果、パラシュート形状を正六角形としたとき、対角は806mmとなった。また、空中での姿勢安定化のためパラシュート中央に対角が269mmの正六角形の穴をあけた。

実際に作成したパラシュートの写真を以下に示す。



図8 第1パラシュート概観



図9 第2パラシュート概観

本試験では赤崎記念館から CanSat を放出し、展開の可否と落下速度の確認を行う。
試験手順を以下に示す。

- ① 周囲に人がいないことを確認する。
- ② 落下開始地点の高さを巻き尺で計測する。
- ③ 実験場所付近に人が立ち入らないよう、メンバーで周囲を囲み封鎖する。
(封鎖範囲は高さと同じ半径の円)
- ④ パラシュートを引っ張り、機体とパラシュートの接続を再確認する。
- ⑤ カメラで撮影を開始する。(動画撮影で落下速度計測も兼ねる)
- ⑥ パラシュートを落下開始地点から放り投げる。
- ⑦ 撮影を終了しパラシュートを回収、片付け。

● 結果

➤ 第1パラシュート (全機)

試験動画は以下にアップロードした。

URL : <https://youtu.be/3pN4ZKVpv-c>

「【本審査】落下試験 全機【名古屋大学 CanSat2019Actaeon】」

機体の落下開始後パラシュートが展開し、終端速度に達した状態で地上 7.9m (2階の踊り場の高さ) の位置から地上に着地するまでに 2.0s

を要した。この結果から、落下速度は 4.0m/sと見積もられ、おおむね事前検討通りの結果となった。

➤ 第1パラシュート (親機のみ)

試験動画は以下にアップロードした。

URL : https://youtu.be/xA_xnJWMiUo

「【本審査】落下試験 親機【名古屋大学 CanSat2019Actaeon】」

機体の落下開始後パラシュートが展開し、終端速度に達した状態で地上 7.9m (2階の踊り場の高さ) の位置から地上に着地するまでに 2.2s

を要した。この結果から、落下速度は 3.6m/s と見積もられ、おおむね事前検討通りの結果となった。

➤ 第2パラシュート (子機のみ)

試験動画は以下にアップロードした。

URL : https://youtu.be/xA_xnJWMiUo

「【本審査】落下試験 子機【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

機体の落下開始後パラシュートが展開し、終端速度に足した状態で地上 11.9m (3階の踊り場の高さ) の位置から地上に着地するまでに 2.8s を要した。この結果から、落下速度は 4.3m/s と見積もられ、おおむね事前検討通りの結果となる。

● 結論

- 空中で CanSat のパラシュートが正常に展開することを確認した。
- パラシュート展開により、おおむね事前検討通りの終端速度をとることを確認した。
- 親機のみ終端速度が子機のみ終端速度よりも小さくなることを確認した。

(V5) 静荷重試験

● 目的・概要

- 打ち上げ時の準静荷重により、CanSat の機能・安全機能が喪失しないことを確認する。
- レギュレーションにより、10 G の準静的荷重に耐える必要がある。以下に示す方法により 10 G の準静的な負荷を CanSat に与え、試験の前後で CanSat の構造に変化がないか、また電源を入れた際の挙動に変化がないか確認する。

● 試験方法

- CanSat 本機と加速度を検知する機体をバケツに入れ、緩衝材等を詰め養生テープで固定する。そのバケツにひもを付けて振り回し、遠心力により 10 G の負荷を達成する。
- 遠心力は $F = mr\omega^2$ であるから、回転半径(紐の長さ)を $r = 2.5\text{m}$ 、回転速度を $\omega = 1.0\text{Hz}(= 6.28\text{rad/s})$ とすることで $r\omega^2 = 2.50 \times 6.28^2 = 98.596\text{m/s}^2 = 10.06\text{G}$ となる。
- 試験は以下の手順で行う。
 - ◇ CanSat にフライトピンを差し、地上局に親機・子機から通信が来ていないことを確かめることによって、CanSat に電源が入っていないことを確認する。
 - ◇ バケツに CanSat を入れ、固定する。
 - ◇ 上で説明したようにひもをつけたバケツを振り回し、約 10 秒間負荷を与える。

- ◇ バケツから CanSat の機体を取り出し、親機・子機のフライトピンを抜く。
- ◇ 地上局に親機・子機から通信が来るか確かめることによって、正常に動作することを確認する。

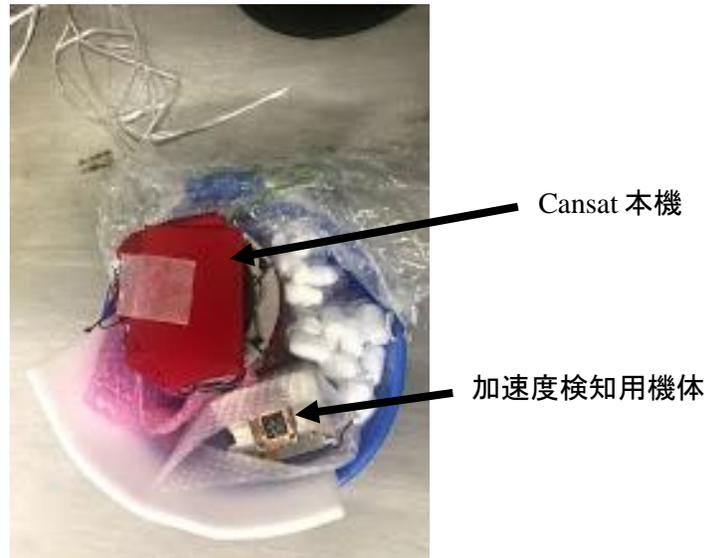


図 10 静荷重試験に用いる機材

● 結果

- 試験動画リンク：https://youtu.be/w_2TFsUx4vg（予備審査時の動画）
- 試験後に CanSat を取り出し、正常に動作することを確認した。
- 図 11 に示すように 10G の準静的な負荷を達成した。

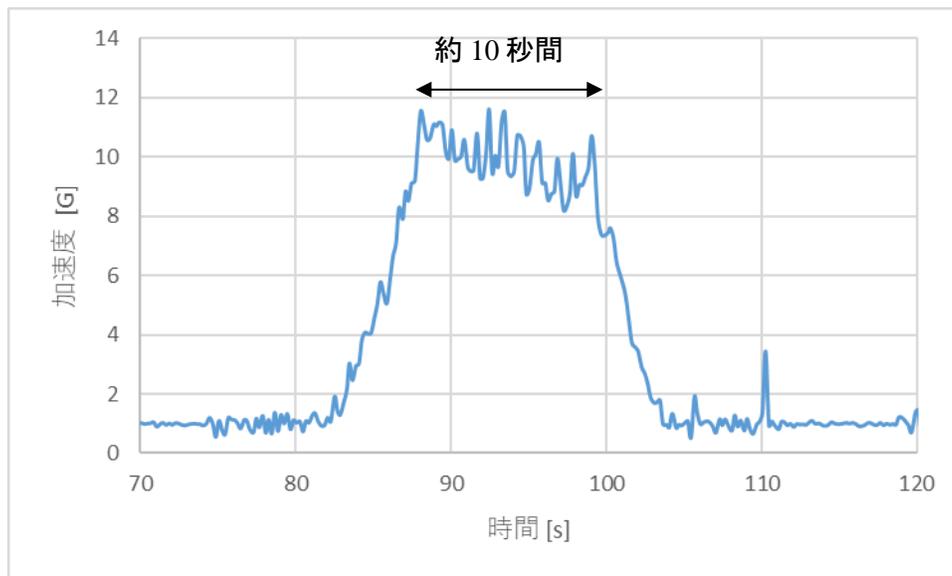


図 11 静荷重試験 加速度センサ取得値 (G)

(V6) 振動試験

- 目的
ロケット打ち上げ時の振動に対して CanSat が耐久可能であることを示す。
- 試験解析の内容
CanSat を振動試験装置に固定し、ロケット上昇時に生じる振動を与える。振動の種類は ARLISS レギュレーション (https://drive.google.com/drive/folders/1XkDkoQ4Kwift3Q53KnIpzE_zpJRZyZ7r) の 1.4 項目に従い、30Hz から 2000Hz までの範囲で 15G の正弦波振動を与えた。試験後、CanSat に電源を入れ、ハードウェアの損傷がなく、通信機が正常に動作することを確認する。また、試験前後に同周波数帯で 0.5G の微弱な振動を与え、CanSat の共振点に変化がないかも調べる。(モーダルサーベイ)
- 結果
 - 試験動画は以下にアップロードした。
URL : <https://youtu.be/m1FFcPwzmR8>
 - 15G の正弦波振動を与えたときの重力加速度の推移を図 12 に、試験前後に行ったモーダルサーベイの重力加速度の推移を図 13、図 14 に示す。横軸は周波数を表している。振動試験後に機体に損傷はなく、通信機は正常に動作した。試験前後に行ったモーダルサーベイの結果からも共振点に大きな差異は見られなかった。

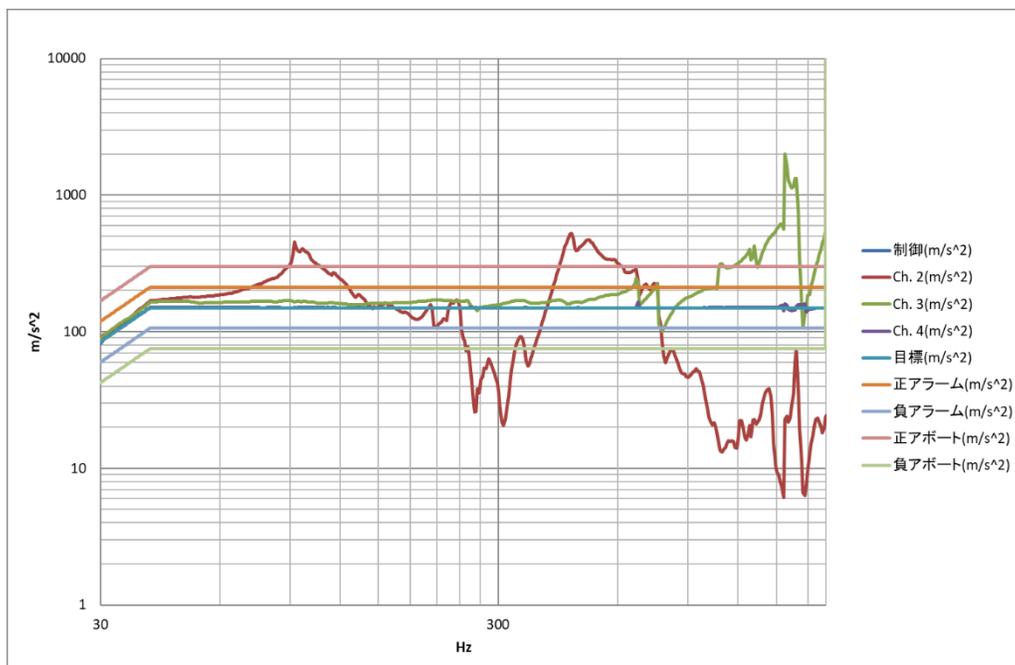


図 12 正弦波掃引振動を与えたときの重力加速度

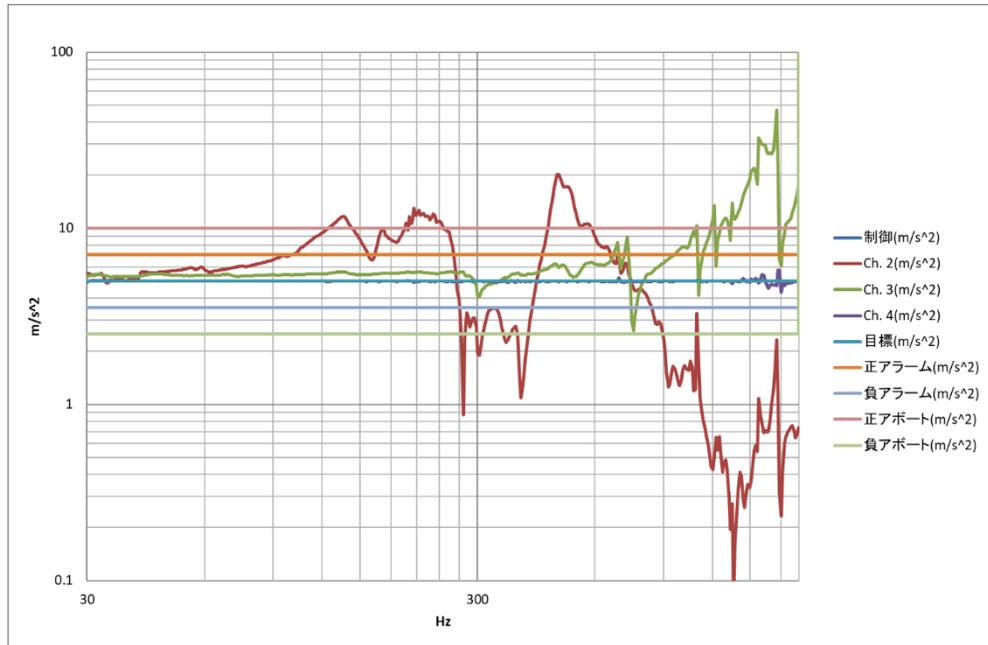


図 13 試験前モデルサーベイの重力加速度

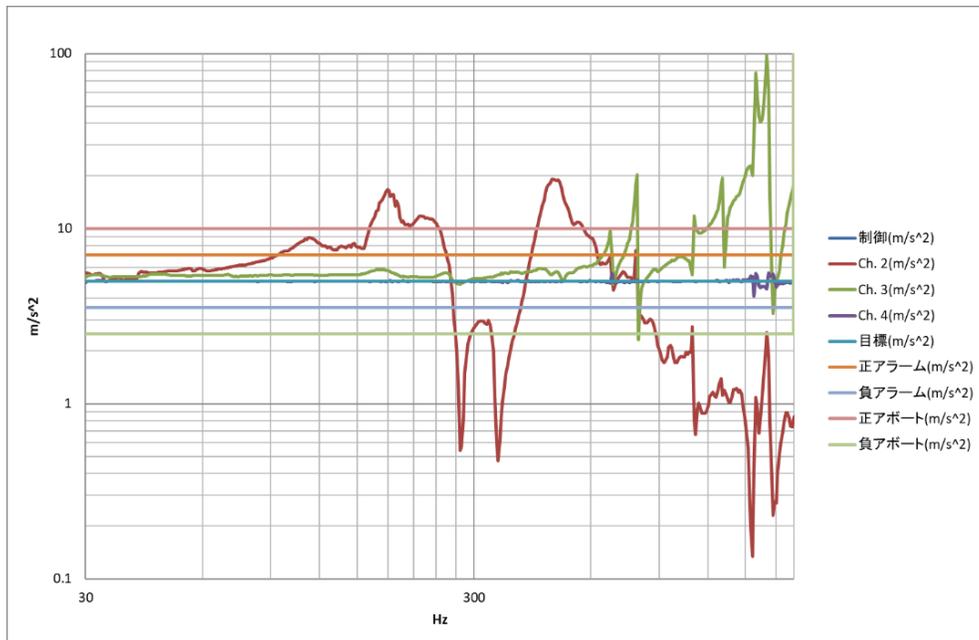


図 14 試験後モデルサーベイの重力加速度

● 結論

上記の結果から、ロケット上昇時の振動を加えた CanSat の通信機が正常に動作した。また、ハードウェアの破損がないことを確認した。以上から、ARLISS のレギュレーションに記載されたロケット打ち上げ時の振動に CanSat が耐えうるといえる。

(V7) 分離衝撃試験

- 目的

CanSat がロケット分離時と同等の衝撃を与えた後に、CanSat が正常に動作することを確認し、CanSat が分離衝撃に耐えうることを示す。

- 試験解析の内容

- CanSat のパラシュートひもを棒に括り付け、機体本体を落下させることで 40G の衝撃を与える。試験後、磁気分離までのシーケンスを行い、CanSat が正常に動作することを確認する。

- ※予備審査に対するコメント

「ロケット分離時に親機、子機が同時にパラシュート展開するケースも想定して、親機パラシュート、子機パラシュートの両方に対し、分離衝撃試験を実施してください。」

→

ロケットによる打ち上げ時の振動によって親機と子機を固定しているナイロン線が切れ、親機と子機が同時にパラシュート展開してしまう場合を想定して、子機のみでも同様の分離衝撃試験を行いました。

衝撃の種類は ARLISS レギュレーション

(https://drive.google.com/drive/folders/1XkDkoQ4KwIft3Q53KnIpzE_zpJRZyZ7r) の 1.4 項目に従い 40G を与えた。試験後、親機子機それぞれの通信取得判定、ニクロム線切断、磁気分離までのシーケンスを行い、CanSat が正常に動作することを確認する。

- 結果

- 試験動画を以下にアップロードした。

URL (全機) : <https://youtu.be/tSO4BO5QVaw>

URL (子機) : <https://youtu.be/ndFYKqsroIM>

- 分離衝撃試験の結果を図 15 に、子機のみで行った同様の試験結果を図 16 に示す。グラフの縦軸は加速度を表している、試験後に通信機は正常に動き、ニクロム線切断、磁気分離も正常に動作した。

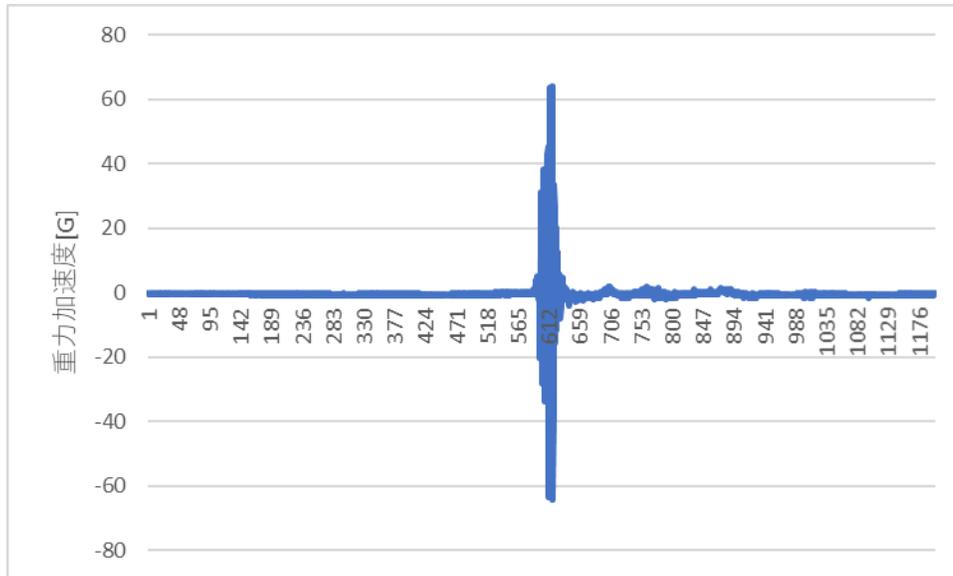


図 15 分離衝撃時の重力加速度の推移

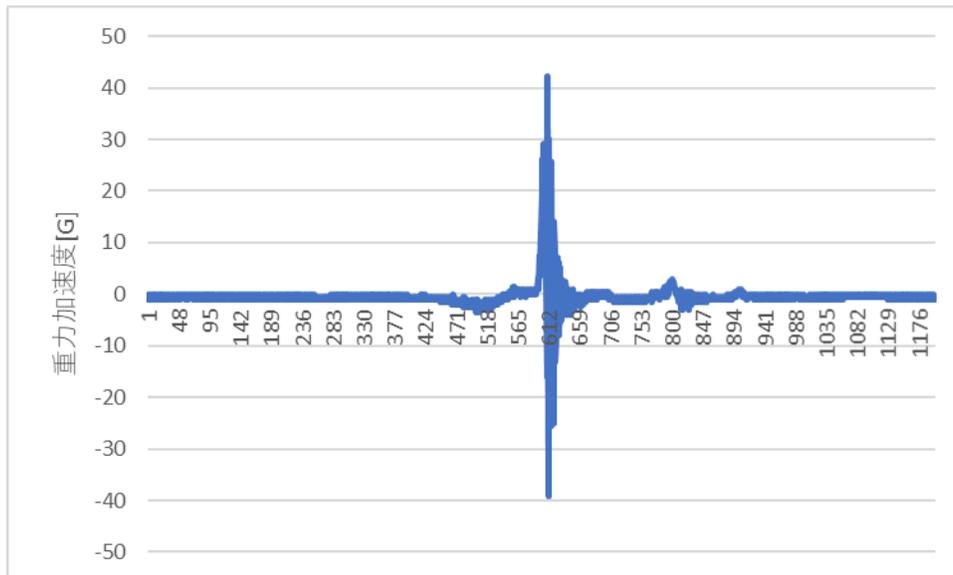


図 16 子機のみでの分離衝撃時の重力加速度の推移

- 結論

分離衝撃試験後、フライトピンが抜けることにより電源が入る CanSat は通信機によりデータを取得し、またニクロム線切り離しから磁気分離までのシーケンスを問題なく動作することを確認した。以上から、CanSat は ARLISS レギュレーションで求められているロケット分離時の衝撃に耐えるものであると言える。

7. (V8) 通信機電源 ON/OFF 試験

- 目的・概要

- 打ち上げ時に通信機の電源を OFF にしておき、打ち上げ後に ON にできることを確認する。
 - ✧ レギュレーションにより、FCC 認証でない通信機は打ち上げ時に電源を OFF にする必要がある。本 CanSat で用いる ES920LR は FCC 認証でない。また、ソフトウェアで電源を OFF にすることができないため、打ち上げ時はハードウェアで電源 OFF にできることを確認する。
 - ✧ CanSat 全体をコールドスタートさせる予定であるため、通信機電源はマイコンなどの電源と共通である。

● 試験の方法

- (V10)End-to-End 試験（日大合同気球試験）と同時に試験を行った。
- 電源を絶縁するピン（フライトピン）をパラシュートに取り付け、パラシュートの展開時に親機・子機ともに電源が入ることを確認する。
- 電源が入ったことは親機・子機ともに通信機を用いてデータを送れたかどうかを確認する。送られたデータは PC に接続した地上局で確認を行う。

● 結果

- 試験動画は以下の URL にアップロードした。動画は End-to-End 試験のものと同じものである。

URL : <https://youtu.be/eBHbGDez618>

「【本審査】E2E 試験（日大気球）【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

| 動画時間 | 内容 | 結果 |
|------|------|---|
| 0:13 | 機体投下 | パラシュートが正常に展開したことから、フライトピンが機体から抜けたことが分かる |
| 1:31 | 通信確認 | 親機・子機ともに通信を確認できた（アンテナを機体に向けてから） |

● 結論

- パラシュート展開時に親機・子機ともに通信機に電源が入り、地上局との通信ができることを確認した。

(V9) 通信周波数変更試験

● 目的・概要

他チームとの通信周波数の混線を防ぐため、通信機の周波数を実機の CanSat を用いて変更できることを確認する。

データシートでは、使用する通信機 ES920LR は 920.6~923.4 MHz まで、0.2 MHz 刻み（15 チャンネル）で周波数帯を変更できると記載されている。

● 試験の方法

試験手順を以下に記載する。

- ①まず、923.4MHzにおいて地上局で親機、子機の通信が受信可能であるか確認する。
- ②地上局側のみのチャンネル（通信周波数）を920.6MHzに変更し、通信が不可となることを確認する。
- ③CanSat側のチャンネルも同じものに変更し、再び通信ができるようになることを確認する。

● 結果

試験動画を以下にアップロードした。

URL：<https://youtu.be/6bwPP9yDZyI>（予備審査時のものと同じ）

923.4MHzにおいて、チャンネル変更前に通信ができることを確認し、地上局側のみチャンネルを920.6MHzに変更すると通信ができなくなることを確認した。その後CanSat側もチャンネル変更すると再び通信ができるようになることを確認した。

● 結論

実機を用いて、周波数変更の要請に応じられることを確認した。

（V10）End-to-End 試験

● 目的・概要

- 実際の打ち上げ～回収までを模擬し、安全に、正しく運用できることを確認する。
- すべての試験を通して行うことは難しいため、打ち上げフェーズ（質量試験・キャリア収納試験・振動試験・静荷重試験）と、落下・回収フェーズ（分離衝撃試験・落下試験・通信ON/OFF試験・ミッション（ニクロム線試験・機体分離試験））に分け、落下・回収フェーズを連続して行うことをEnd-to-End試験とする。

● 試験の方法

- 8月8日に行われる日大合同気球試験で確認を行った。
- 落下・回収フェーズで確認する事項は以下の6つである。
 - ① キャリア放出からパラシュートが展開すること。
 - ② パラシュート展開によってフライトピンが抜け、マイコンに電源が入ること。
 - ③ GPSの情報を地上局で受信できること。
 - ④ パラシュート展開後、ニクロム線に電流を流すことでナイロン線を切断し、親機と子機がいつでも分離できる状態にできること。
 - ⑤ 電磁石に電流を流し、子機が親機から分離されること。
 - ⑥ 子機の分離後、子機のパラシュートが正常に展開すること。
 - ⑦ 分離後親機と子機のパラシュートが絡まらないこと。
 - ⑧ 着地の衝撃が加わった後も、GPS情報を取得できること。

- 確認項目⑥～⑧は、気球で機体を持ち上げる高度が十分ではなくパラシュート展開後～着地までに十分な落下時間が確保できないため、別途のミッションフィージビリティ試験（V）で確認を行う。

● 結果

- 試験動画は以下の URL にアップロードした。

URL : <https://youtu.be/eBHbGDez618>

「【本審査】E2E 試験（日大気球）【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

| 動画時間 | 内容 | 結果 |
|------|---------|-------------------------------------|
| 0:13 | 機体投下 | パラシュートは正常に展開した 展開時の衝撃に耐えた |
| 0:22 | 着地 | 安全な速度で落下した |
| 1:31 | 通信確認 | 親機・子機ともに通信を確認できた (アンテナを機体に向けてから) |
| 4:18 | ナイロン線切断 | 正常に切断できた |
| 4:38 | 子機分離 | 正常に分離できた |

● 結論

- キャリア放出後正常に親機のパラシュートが展開し、その分離衝撃に耐えた後安全な速度で落下して着地することを確認できた。
- その後、ミッションシーケンスに入って、ナイロン線を切断し、子機を分離できることを確認できた。

(V11) 電気統合試験

● 目的・概要

- キャリア放出～落下～回収まで、CanSat がミッションを行い、通信を持続する電力が十分あることを確認する。
- 実際にキャリア放出～回収までにかかる時間を約 60 分と想定する。内訳は落下にかかる時間が 20 分、回収にかかる時間が 40 分である。回収にかかる時間に余裕を見て、CanSat が 120 分連続で駆動できることを確認する。

● 試験の方法

- バッテリーを最大まで充電した状態で CanSat の電源を ON にしてプログラムを実行させ、120 分連続駆動できることを確認する。
- プログラムは本番で使用する機能を模擬し、以下のシーケンスを採用する。
 - ①：電源投入直後、地上局・親機・子機の通信開始
 - ②：①の 5 分後、5 秒間のナイロン線の切断
 - ③：②の 30 秒後、1 秒おきに 2 度の機体分離
 - ⑤：電源投入から 120 分後、省エネモード開始

※省エネモード：マイコン、通信機、GPS 以外の動作を停止し、通信時間間隔を広くする。

- 電力供給が継続されていることは、GPS の LED ランプが光っていることで確認する。

● 結果

- 試験中の動画を「【本審査】電気統合試験 1/2【名古屋大学 CanSat2019Actaeon】，【本審査】電気統合試験 2/2【名古屋大学 CanSat2019Actaeon】」にアップロードした。

URL (1/2) : <https://youtu.be/BC0uz8T2h4A>

「【本審査】電気統合試験 1/2【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

URL (2/2) : <https://youtu.be/ezsDBfyKrCs>

「【本審査】電気統合試験 2/2【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

- 120 分間常に地上局と親機子機とが通信していることを確認した。
- 120 分後に省エネモードに遷移していることを確認した。

なお、動画はおよそ 2 時間で打ち切りにしているが、5 時間まで連続動作していることを確認した。

(V12) ニクロム線試験

● 目的・概要

■ 本試験の目的は以下の二つである。

- 親機と子機を固定しているナイロン線を，ニクロム線に電流を流すことで切断できることを確認する。
- ナイロン線切断後に両機体が分離可能であることを確認する。

■ 概要

- 親機と子機がパラシュート展開時の分離衝撃で切り離れてしまわないように両機をナイロン線で固定している。

※予備審査に対するコメント

「分離衝撃によって、ナイロン線が破断しないことを説明してください。」

→

「丈夫な素材のもの（ポリエチレン）を用いていることと、ゴムバンドの弾性によってナイロン線に加わる衝撃がゴムバンドに吸収されることで、分離衝撃によってナイロン線が破断してしまうおそれはないと考えています。また、実際、40G の分離衝撃でナイロン線が切れてしまわないことは (V7) 分離衝撃試験で確認しています。」

- ニクロム線に電流を流すことで、板に掘った溝に沿ってニクロム線に接着しているナイロン線に熱を与え、切断する。切断されやすいようにナイロン線にはゴムバンドを用いて張力を与えておく。
- 切断された後のナイロン線，ゴムバンドが砂漠に捨てられないようにニクロム線板に固定することで機体に固定する（図 17 のゴムバンド中央部のテープにより貼り付けて

いる)。切断されたナイロン線は両端がゴムバンドに結び付けられているため砂漠に捨てられることはない。

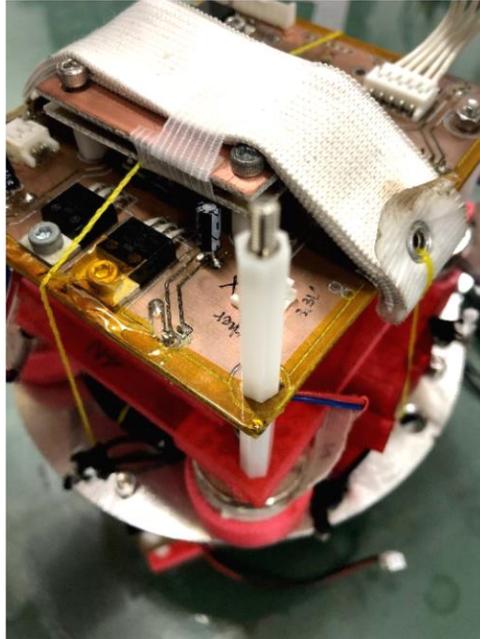


図 17 ナイロン線とゴムバンド
(テープでゴムバンドと機体を固定している)

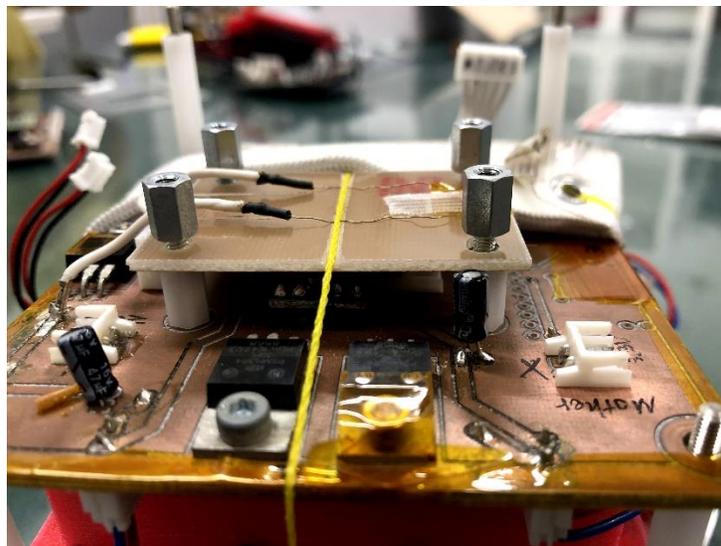


図 18 ニクロム線板内部
(ナイロン線(黄色)が掘った溝に沿ってニクロム線(銀)を板に押し付けている)

- 試験の方法
 - 親機と子機を 1 本のナイロン線を用いて固定する。このときゴムバンドを用いて張力を生み出し、強く固定する。

- 親機のフライトピンを抜いて電源を投入する。この時、パラシュート展開後を想定しているので子機には電源を既に入れている。
- 両機体をナイロン線で固定した状態で、親機のパラシュートの紐をつるし左右に揺らすことで、パラシュート展開後の機体が落下する状態を模擬する。
- 電源投入後 20 秒後、ニクロム線に電流を流して数秒でナイロン線が切断されることを確認する。
- さらに 10 秒後、子機が分離されることを確認する。

● 結果

- 試験動画は以下にアップロードした。

URL : <https://youtu.be/Ae4jVLC5hYQ>

「【本審査】ニクロム線試験【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

| 動画時間 | 内容 | 結果 |
|------|---------|---|
| 0:59 | 電源投入 | - |
| 1:23 | ナイロン線切断 | 正常に切断された |
| 1:43 | 分離開始 | パラシュートひもをつるし揺られている状態でも落ちることはなかった 電磁石を用いて正常に分離された |

● 結論

- ニクロム線に電流を流すことでナイロン線を切断することを確認した。
- パラシュート展開後、揺れている状態でも両機は固定されたままで、電磁石に電流を流すことで子機を分離できることを確認した。

(V13) 機体分離試験

● 目的・概要

- 親機と子機を固定するナイロン線をニクロム線で切断した後を想定して、電磁石とネオジム磁石による反発力を用いて親機と子機が分離できることを確認する。
- 親機に搭載している 4 つの電磁石に電流を一瞬流すことで、子機の上部に付いているネオジム磁石に対して反発力を生む。
- 電流を流すタイミングを電磁石ごとに少し変えることで、子機に回転を与えながら分離させる。これによって子機は親機の真下には分離されず、子機のパラシュート展開後に親機と子機が絡まることを防ぐ。
- 図 19～図 21 に予備審査時の試験の様子の写真を示す。

※予備審査に対するコメント

「電磁石を用いた分離する際の電磁石力が環境外乱に耐えて接続を保持していただけるかの検討とその試験方法、電磁石を用いてどうやって回転を与えるかの検討（この回

転に関しては、M1～M4のシステム要求の中に入っていない方がいいのか」とその試験方法を早く検討し、開発し試験を進めていただきたい。」

→

電磁力が環境外乱に耐えて接続を保持していただけるかの検討について

(V10) End-to-End 試験, (V12) ニクロム線試験において、ニクロム線によってナイロン線を切断した後、子機を分離する際のシーケンスで上空の風を想定してパラシュートのひもから揺らしながら試験を行いました。この時、揺れには全く動じず電磁力によって親機と子機は固定の保持を続け、正常に分離することができることを確認しています。また、図8のように、パラシュートの中央部分に穴が開いていることで上空での姿勢を安定することができるので、できる限り揺れが小さくなるように設計されていることと、万が一意図しないタイミングで子機が分離されてしまったとしても子機のパラシュートは開くように設計されているので、安全上は問題ないと考えています。

電磁石を用いてどうやって回転を与えるかの検討について

上に書いたように、電磁石に電流を流すタイミングを電磁石ごとに少し変えることで（具体的には0.5秒）回転をしながらの分離をさせることで実現しています。しかし子機に与える回転の角速度まで制御してそれを推定するのは困難だと考え、現在はミッション要求からは外しました。

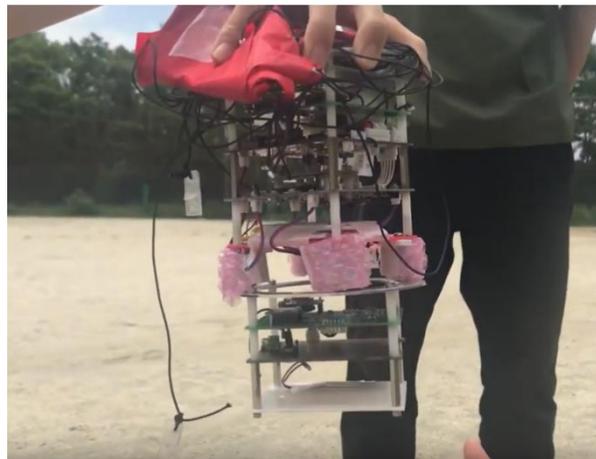


図19 分離前（予備審査での試験の様子）



図 20 分離中 1 (予備審査での試験の様子)

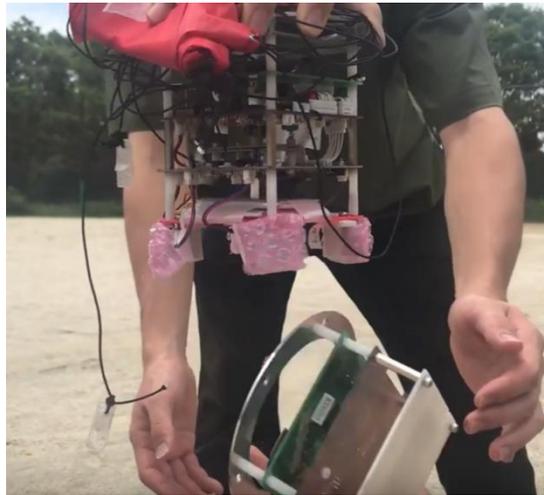


図 21 分離中 2 (予備審査での試験の様子)

- 試験の方法
 - 親機と子機を磁力のみで固定している状態から試験を開始する.
 - まず2つの電磁石に電流を流し, その0.5秒後に残りの2つの電磁石にも電流を流すプログラムを実行させる.
 - 子機が親機から完全に分離することを確認する.
 - 分離後, 子機のパラシュートが正常に開いて安全に落下することを確認する.
- 結果
 - 試験動画は以下にアップロードした.
 - URL (上から撮影) : <https://youtu.be/wI-lx9fCbAE>
「【本審査】機体分離試験 分離撮影 【名古屋大学 CanSat2019Actaeon】」

| 動画時間 | 内容 | 結果 |
|------|--------|----------------------------|
| 1:10 | 親機電源投入 | - |
| 1:34 | 分離 | 正常に分離され、子機のパラシュートは正常に展開された |

- URL（下から撮影）：<https://youtu.be/idM9ON9gaLU>
「【本審査】機体分離試験 パラシュート展開撮影 【名古屋大学 CanSat2019Actaeon】」

- 結論

- 電磁石に電流を流すことで、親機と子機が正常に分離されることを確認した。
- 分離後、子機のパラシュートは正常に展開することを確認した。

(V14) 相互通信試験

- 目的・概要

- 親機と子機が互いに通信機を介して送信・受信をし合えることを確認する。
- 子機から地上局への通信は、親機から子機への通信が行われた時のみにしか行われな
いことを利用する。つまり子機は、親機から通信が来てから地上局に送信する。
- 親機・子機の通信可能距離を確認する。

- 試験の方法

- 地上局のすぐ近くに子機だけを手で持っておく。電波が通りやすいようにできるだけ
高い位置に持っておく。
- 親機と地上局、子機と地上局の通信ができることを試験前に確認する。
- 親機だけ遠くへ離れて行って、地上局が子機からの通信を確認できなくなった時に親
機の移動をやめる。
- この時の親機から地上局へ送られてくる GPS 情報を読むことで「親機と地上局の距
離」≒「親機と子機の距離」を後で計算する。

- 結果

- 試験動画は以下の URL にアップロードした。
URL（地上局・子機側）：<https://youtu.be/0IDJt-v9NdA>
URL（親機側）：<https://youtu.be/zc0tBcuRAJE>
- 以下に地上局・子機の位置と親機の位置のログを地図にプロットした図を示す。

- 目的・概要

- 機体が上空で分離できたかどうかを親機自身が、親機に搭載する磁気センサのセンサデータを用いて検知できることを確認する。
- 機体の分離は、子機にネオジム磁石を用いているため、磁束密度の変化が大きく、磁気センサで読み取ることによって検知が可能である。そこで本試験では、両機が固定されている状態から磁束がどれだけ変化したかによって分離したことを親機が検知できることを確認する。
- 親機に電源が入ってから一定時間（本試験では 20 秒間）、親機に搭載した磁気センサで磁束密度を一秒ごとに計測し、その間の平均値を計算する。その一定期間後は計算した平均値よりも特定の値だけ磁束密度が小さくなると、親機の LED が光るようになっている。分離後は子機が親機から離れていくため、子機のネオジム磁石が遠のいていき親機が計測できる磁束密度は小さくなる。

- 試験の方法

- 親機のフライトピンを抜いて電源を投入する。
- 電源投入してから 1 分後、子機を分離するシーケンスに入る。
- 分離直後、親機の LED が光ることを確認する。

- 結果

- 試験動画は以下の URL にアップロードした。

URL : <https://youtu.be/q5gQTdHEUf4>

「【本審査】分離検知試験【名古屋大学 CanSat2019 Actaeon】」

- 結論

- 子機を分離した直後に親機の LED が光ることを確認することによって、親機が子機との分離を検知できることを確認した。

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

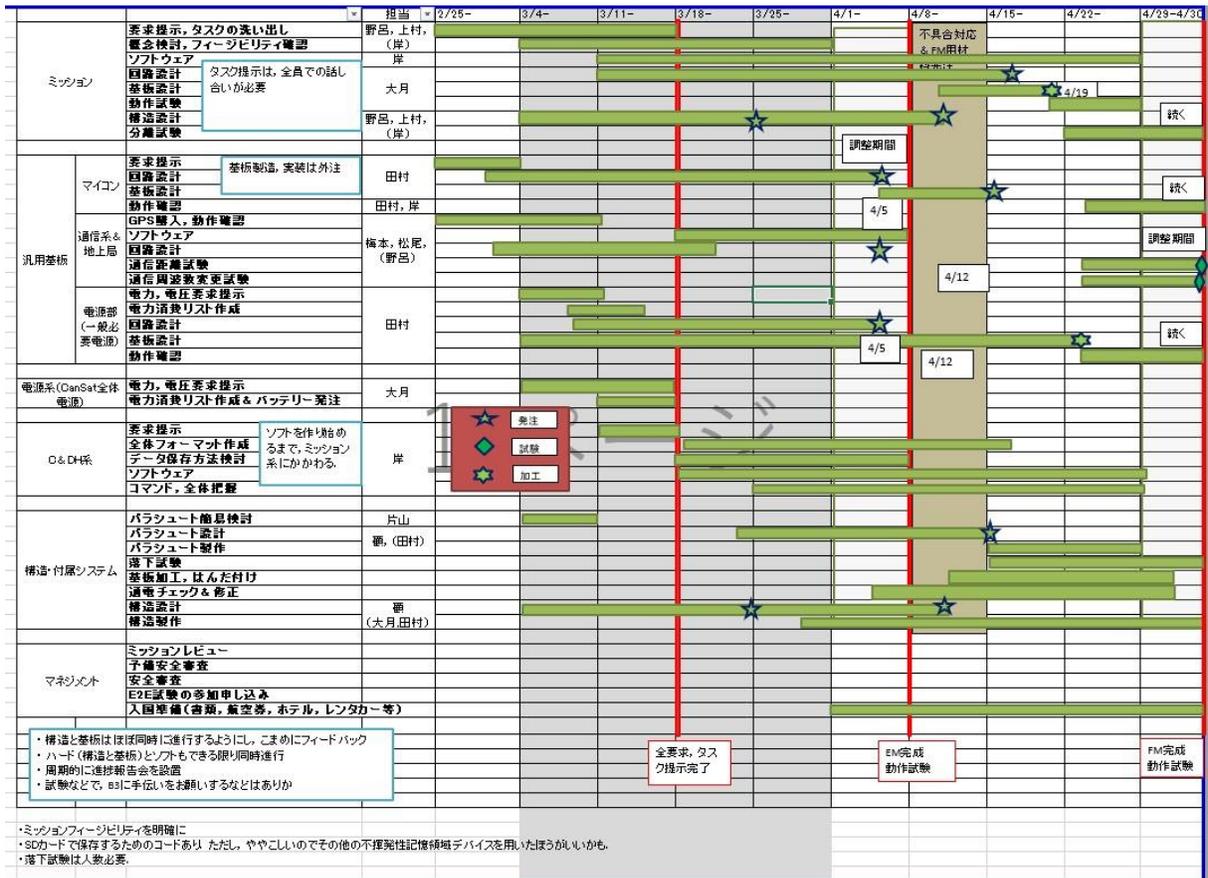
構想開始・・・2019年2月

設計開始・・・2019年3月

BBM 検証終了・・・2019年7月6日

FM(実物大モデル、負荷検証)完了・・・2019年9月2日

(画像は最終調整前)



| | | CanSatプロジェクト | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------------------|-------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | 担当 | 6/10- | 6/17- | 6/24- | 7/1- | 7/8- | 7/15- | 7/22- | 7/29- | 8/5- | 8/12- | 8/19- | 8/26- |
| C&DH | ソフトウェア コマンド、全体調整 | 岸 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| 基板動作試験 | ミッション基板 | 大月 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 汎用基板(マイコン基板) 汎用基板(電源基板) | 田村, 岸 田村 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| 地上局 | ソフトウェア調整 | 野呂 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| 構造・付属システム | 通電チェック&修正 | 各基板担当 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | パラシュート製作 構造製作 | 龍(田村) 中山, 田村, 龍 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| 試験 | 落下試験 | 田村 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | ニクロム線試験 | 中山, 田村(岸) | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 機体分離試験 | 上村 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 分離検知試験 | 岸, 中山 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 相互通信試験 | 野呂 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | E2E試験 | 岸 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 静荷重試験 | 大月 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 分離衝撃試験 | 龍 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 通信機ON/OFF試験 | 中山 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 振動試験 | 龍 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | キャリア収納 | 大月 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 質量試験 | 田村 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| 電気統合試験 | 田村 | [Green bar] | | | | | | | | | | | | |
| メンテナンス | 予備安全審査 | | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 安全審査 | | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 振動試験の手続き | 中山 | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 予備部品発注 当日持ち物まとめ(生活用品, 予備部品, 工具類) 当日のしおり 入国準備(書類, 航空券, ホテル, レンタカー等) | | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| 進行中 | | [Green bar] | | | | | | | | | | | | |
| 完了 | | [Green bar] | | | | | | | | | | | | |

各種試験については、試験手順書の作成、先生チェック、必要機材の準備等の期間を含む。

| | | チェック欄 | 担当 | 8月26日 | 8月27日 | 8月28日 | 8月29日 | 8月30日 | 8月31日 | 9月1日 | 9月2日 | 9月3日 | 9月4日 | 9月5日 | 9月6日 | 9月7日 |
|---------------|--------------|-------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| 試験項目 | ニクロム統合 | | | | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | ロングラン (限界まで) | | | | | | [Green bar] | | | | | | | | | |
| | 省エネモード | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 上下関係の通信距離 | | | | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| タスク項目 | 電磁石に紙を挟む | | | [Green bar] | | | | | | | | | | | | |
| | 予備機パラシュート板 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 磁石固定 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 地上局作成 | | | | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | 親機パラシュート紐付け | | | | | [Green bar] | | | | | | | | | | |
| | 直し (あるか確認) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 予備フライトピン | | | | | | [Green bar] | | | | | | | | | |
| | バッテリーケース予備 | | | | [Green bar] | | | | | | | | | | | |
| | ニクロム線板予備 | | | | | [Green bar] | | | | | | | | | | |
| | シード3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ソフトウェア統合 | | | | | | | | | [Green bar] | | | | | | |
| | 独立カメラ用スポンジ | | | | | | | | | | [Green bar] | | | | | |
| | データ解析項目・方法 | | | | | | | | | | | | | | | |
| CanSat遠征・搬乗作戦 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 組み立て手順書 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 物品表 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 予備機試験 | 落下 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ニクロム線 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 機体分離 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 分離検知 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 相互通信 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | E2E | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 静荷重 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 分離衝撃 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 通信機ON/OFF | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 振動 | | | | | | | | | | | | | | | |
| キャリア収納 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 電気統合 | | | | | | | | | | | | | | | | |

2. 各担当 (ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入)

● 全体の流れ

要求、タスク提示完了・・・2019年3月中旬

汎用基板 ver.1 発注・・・2019年4月中旬

各種動作確認 . . . 2019 年 5 月初旬～2019 年 6 月末
予備試験 . . . 2019 年 7 月初旬
FM 動作確認 . . . 2019 年 7 月初旬～2019 年 8 月末
汎用基板 ver.2 発注 . . . 2019 年 7 月初旬
本試験 . . . 2019 年 8 月上旬

第8章 大会結果

3. ARLISS（上記能代と同様に記載してください）

➤ 目的

機体に搭載した電磁石と永久磁石を用いて上空で親機と子機に分離し、二機間での相互通信の実証実験を目的とする。

➤ 結果

| ARLISS | 親機子機の回収 | 親機のデータ保存 | ニクロム線切断 | 電磁力による分離 | 分離検知 | 親機、子機の相互通信 |
|--------|---------|----------|---------|----------|------|------------|
| 1回目 | ○ | × | × | × | × | × |
| 2回目 | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ |



図 親機カメラにより撮影した子機の映像

上図から分離の成功、カメラ時間から電磁力による分離が成功したことが分かった。



図 機体回収時

➤ 取得データ

- カメラ映像
- GPS



- 9軸センサ（一部）

➤ 故障原因解析・解決手段等

1 回目の故障について

親機の電源が入っておらずミッションシーケンスを完了できなかった。

機体を回収し問題を検証したところ、リポバッテリーの保護回路が働いており、電源ラインに設計以上の大電流が流れたと推定され、解除し動作を行ったところ正常に動作したため、マイコン基板ではなく、ミッション基板でのみショートが生じたと考えられる。

この原因として、ミッション基板には高電圧と GND がむき出しで隣接する部分が数か所存在しており、その部分で雲の水分や、異物などを介してショートしたのではないかと考えた。

対策として大きい電圧差がある部分に対して、導通しないようにコーティングを施した。

2 回目の故障について

親機と SD カード、子機と SD カードの SPI 通信が上手くいかなかった。内製の基板において SPI 通信が上手く動作しないという現象が過去に生じており、その原因が高周波で動作する信号線においてコンデンサを適切に取り付けないとノイズ等に弱くなってしまおうといったものであった。ミッションシーケンス時にはパラシュートによる振動などが常に生じており、ノイズが大きかったと推測される。この問題を解決するには内製の基板を作成する際にノイズ耐性を評価、または確認しておくべきだった。また基板設計する際にノイズを低減させるような設計を行うべきだった。

第9章 まとめ

4. 工夫・努力した点（ハード、ソフト、マネジメント面すべて）

- 汎用基板：

前年までは市販マイコンボードを使用していたが、今年度から自作のマイコンボードを製作することでスペースのリソース確保に努めた。とくにこの”汎用基板”と呼ばれる基板には、マイコン以外にGPS、通信機、9軸センサを1枚の基板に搭載しており、ミッション用 CanSat に基本的に必要とされる機能を一通り実現し様々な CanSat に使用できる汎用性を持たせた。

- 構造系：

部品 CAD モデルの設計

パラシュートの設計

部品の加工

- ハード

通信

昨年度の本大学の Cansat の反省点を踏まえ、可能な限り長距離でも通信ができるシステムを構築した。通信機の選定としても公称で数キロの 920MHz の通信機を使用し、地上局側では八木アンテナを利用することで、実際に打ち上げ直後から地面に着地するまで常に CanSat の座標を補足し続けることができた。また通信機にかかる電源ノイズのスペクトルから適切なフィルタを設置し、ノイズのスペクトルを 10 分の 1 程度に低減できた。

5. 良かった点・課題点

汎用基板:

- 良かった点

LEDをつけたことで、マイコンの状態を視認できるようになりそれによってソフトウェアの開発を加速するようになった。

外部からのアクセス性を高めるため、デバッグピンを多数用意した。

- 課題点

スルーホール素子を使用していたことで、実装面積が大きくなってしまった。レギュレータ等の電源素子、また書き込み装置なども実装しさらに多機能で実用的な設計にできる見込みがある。

構造系：

- 良かった点

初期段階から質量、体積を考慮に入れながら選定、作成を行った。落下した際の衝撃緩衝材として 3D プリンターで作成した樹脂板の使用や、CAD モデルの作成を行うことで、最終的に余裕を持ってレギュレーションを満たすことができた。

機体部品を入れるケースを用意し保管場所をチームで共有していたため、部品の整頓や組み立ての短時間化が可能となった。

- 課題点

基板間をつなぐハーネスの接触不良による動作不良が度々起こった。

電磁石ケースの分の横幅を考慮せず、本来であればスペーサと同軸に電磁石を固定する予定であったが、ケース分だけ既定半径を超過してしまったために電磁石を少し内側にずらして固定することとなった。

6. 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

- 良かった点

- ・機体の部品、開発に必要な工具類の収納場所をすべて定義して、メンバー全員で共有できていたため、ものを失くしたり探すのに苦労することが少なかった。

- ・週1回の進捗報告 MTG で各系の開発状況を全員で把握し、遅れがある系には人員を割いたりスケジュール調整などで対応することで円滑に進めることができた。（しかし尚スケジュールは遅れ気味であった）

- ・試験を一度うまくいくだけで成功とするのではなく、複数回できて初めて成功とするような試験を課して行った。

- ・仲が良かった。

- 反省点

- ・必要素子の共有不足や急な設計変更のために発注が間に合わず、スケジュールが遅れることがあった。

- ・プロジェクトマネージャーがソフトウェア担当を兼任していて、ソフトウェア開発に手いっぱいになってしまいスケジュール管理が手薄になってしまうことがあった。

- ・サクセスクリテリアで、特定の事項が達成できなければほかの事項も同時に達成できなくなってしまうような設定の仕方をしてしまった。