

ACTS安全審査書

提出日：2021年 10月 24日

- 教員による審査

審査コメント と アドバイス	概ね必要な試験は一通りできていると感じましたが、特に安全性に関する試験について（またいくつかの他の試験についても）、コメントしましたようにその結果のまとめ方や記述の仕方に修正が必要な部分がありますので、ご対応いただければと思います。1年生と2年生4人だけのチームでやりきったのは素晴らしいです。
その他一言	ミッションが成功することを願っています。

- 審査基準

安全面	● 第3章「要求項目の設定」において安全を満たすための試験が 実施されているか or 実施予定か ● 実施されている or 実施予定の場合、その試験内容は十分妥当か
ミッション面	● ミニマムサクセスを実現するための性能がCanSatに搭載されているか (ミッション内容と製作予定のCanSatの性能に大きな乖離が無い)

- チーム情報

CanSatチーム名	TDU Space Project
CanSatチーム 代表者情報	奥井英香 okui_h@racing.n.dendai.ac.jp, 070-3861-4275
UNISEC団体名	TDU Space Project
UNISEC団体 学生代表	奥井英香
責任教員	小平和仙 kodaira@mail.dendai.ac.jp , 090-1400-4530

- メンバー

役割	名前（学年）
チームリーダー 機構担当	奥井 英香（学部 2 年）
会計 機構担当	町田 琉太（学部 1 年）
電装担当	青柳 洸太郎（学部 1 年）
電装担当	林 寛盛（学部 1 年）

目次

ミッションについて	4
ミッションステートメント（ミッションの意義と目的）	4
ミッションシーケンス	4
サクセスクライテリア	5
要求項目の設定	6
システム要求（安全確保、レギュレーションのための要求）	6
ミッション要求（ミッションを実現するにあたり要求される性能）	7
システム仕様	8
CanSat外観	8
CanSat内観・機構	8
システム図（CanSat搭載計器仕様一覧）	8
アルゴリズム	8
試験項目設定	9
実施試験内容	10
システム要求を満たすための試験内容	10
ミッション要求を満たすための試験内容	10
工程管理、ガントチャート（スプレッドシートを推奨）	11
各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入）	11
責任教員による自己安全審査結果のまとめ	12
安全基準審査	12
責任教員所感	13

第1章 ミッションについて

1. ミッションステートメント（ミッションの意義と目的）

宇宙への物資の輸送が容易になった時代に、CanSatサイズのレースが開催されたと仮定し、優勝を目指す。

当チームはこのようなミッションを想定し、以前より旋回性能を上げ、高速かつ最短距離でゴールすることをミッションとする。

2. ミッションシーケンス

機体をロケットやドローンで上空まで運ばれた後、投下する。

投下されたCanSatはパラシュートを開傘し、減速しながら降下する。

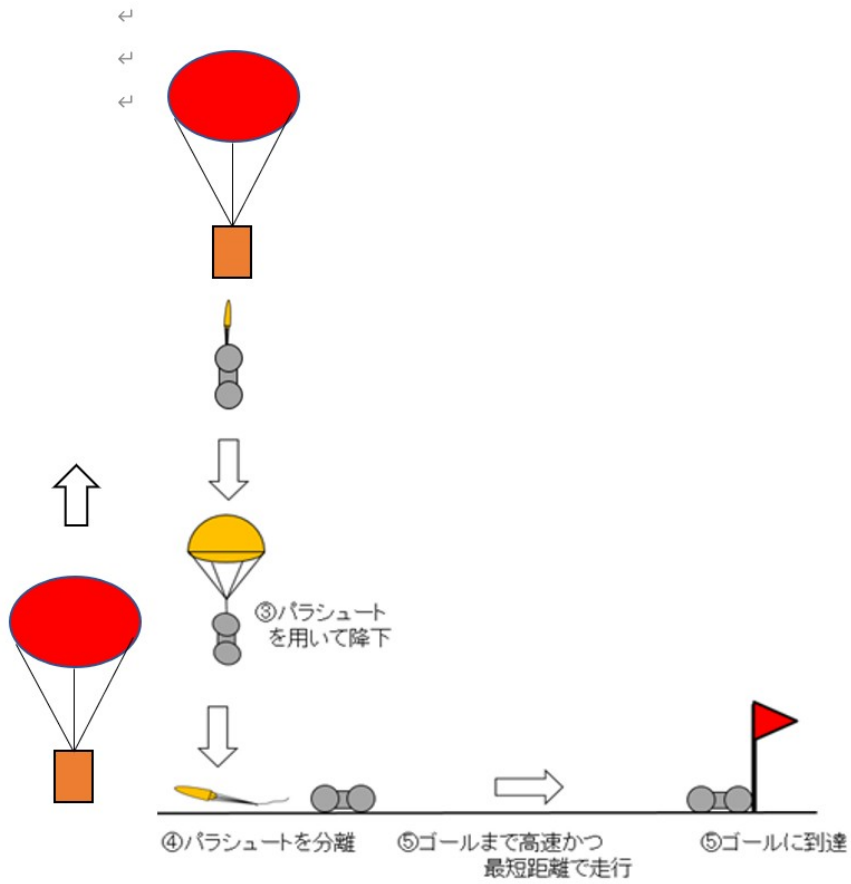
その後パラシュートを分離し、走行を開始する。

当チームの目標は最短経路を走ることだが実際にはかなり難しいミッションとなるので偏差を40%以内で走行させる。（最短経路が50[m]ならば走行経路は70[m]以内）

ゴール到達時にCanSatで「HELP!」と出力し、PCで受信を行う。

走行距離を短くし、走行距離に対しての平均速度が8[km/h]で走行することにより目標地点まで、最短時間でゴールする。

ミッション概要を図1、図2で説明する。



アクセシビリティ: 検討が必要です

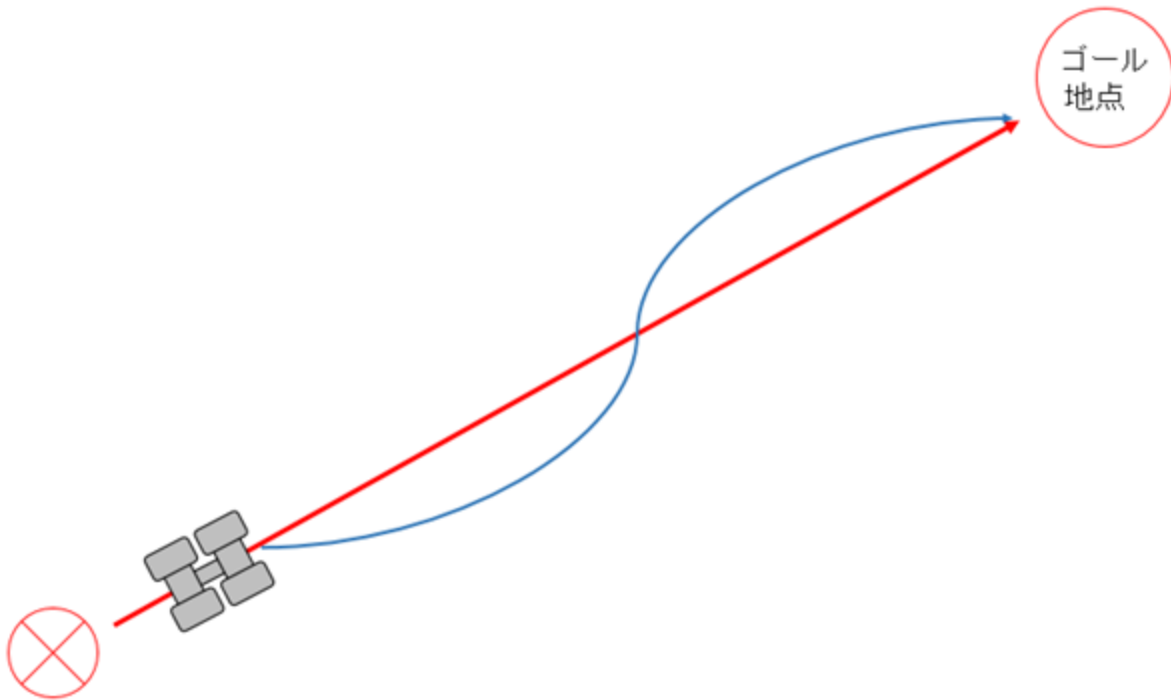


図 2 ゴールまでの走行軌跡

第2章 サクセスクライテリア

ミニマムサクセス	パラシュートを分離後、ゴールに向けて自律走行を開始する。
フルサクセス	・ 平均速度8km/h以上で走行する。 ・ 走行距離が落下地点からゴールまでの直線との偏差が40%以内で ゴールする。

第3章 要求項目の設定

1. システム要求（安全確保、レギュレーションのための要求）

要求 番号	自己審査項目
	ACTS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（例：地上局にダウンリンクする場合、ACTSで十分な通信距離が実現できるだろうと推測できる根拠が明確に示されていること。）
R3	地表近くで危険な速度で落下させないための 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ないことが試験で確認できている
R6	分離時の 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 の規定を遵守できることが確認できている（FCC認証かつ100mW以下の機器はOFFしなくて良い。また、スマートフォンを用いる場合はFCC認証かつソフトウェアまたはハードウェアスイッチでoffにできること（2017年追加））
R8	無線のチャンネル調整に応じる意思があり、また実際に調整ができることを確認できている
R9	R1-R8の充足を確認した設計の機体によって、ロケットへの装填から打ち上げ後の回収までを模擬したEnd-to-end試験を実施できており、今後、安全性に関わる大幅な設計変更はない
R10	CanSatの収納・投下準備が5分以内でできている
	カムバックコンペティションルールの充足

R11	ミッション時に人間が介入しない 自律制御 を実施することが確認できている（注：2014年のレギュレーション改定以降，地上局設備に計算機能を持たせてアップリンクしても良い）
R12	ミッション後，規定された 制御履歴レポートを運営者へ提出 する準備ができている （以下の根拠の項に制御履歴レポートの例を添付すること， ダミーデータ を使用しても良い）

2. ミッション要求（ミッションを実現するにあたり要求される性能）

要求番号	自己審査項目（ ミッション実現要求項目 ）
M1	走行距離に対する平均速度が8km/h以上である。
M2	ゴールから半径4メートル以内で停止する。
M3	機体が30～40[mm]の段差でスタックしない。

第4章 システム仕様

1. CanSat外観

今大会の機体は最短高速かつ確実にゴールするためにホイールをボディよりも大きくすることでボディの露出を減らし、凹凸の多い路面でもボディに地面が干渉しないため、スタックしない機体である。また、応力外皮構造を採用し、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）で製作したホイールからボディに衝撃を分散することで軽量かつ、高強度な機体となっている。

また、本機体は上下の区別がないため、機体が起き上がるための機構や制御を必要としない。

CFRPは電波を通しにくいいため、GPSや無線など、外部と通信する箇所にGFRP材（ガラス繊維強化プラスチック）を用いた。

外観を図4.1.、図4.2.に示す。

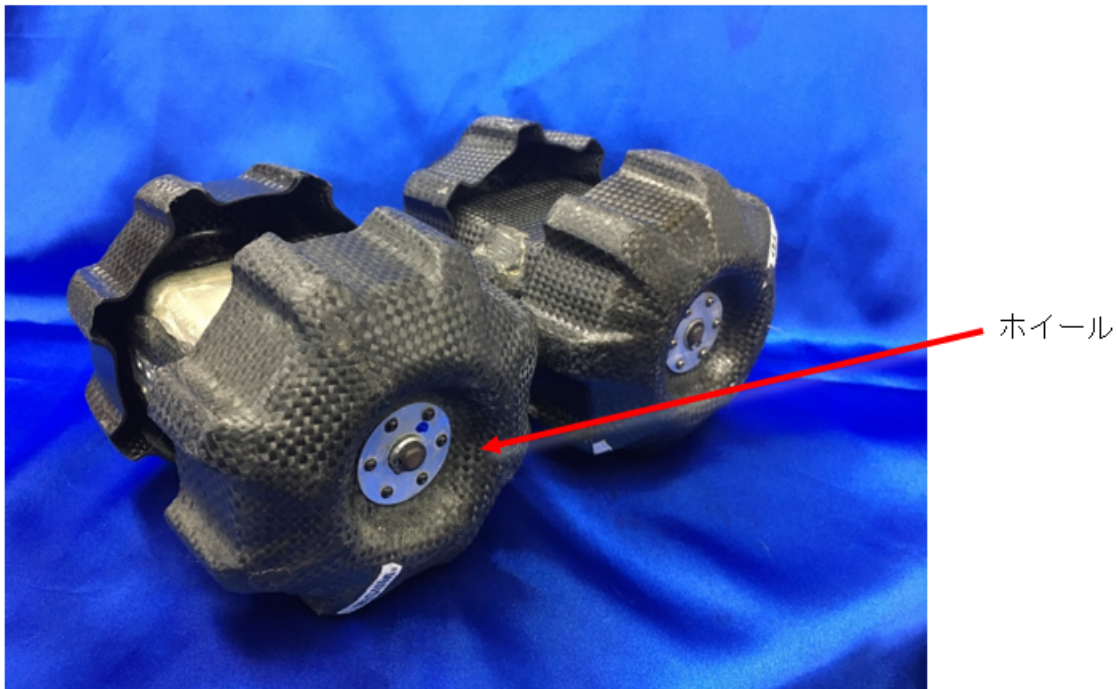


図4.1機体外観

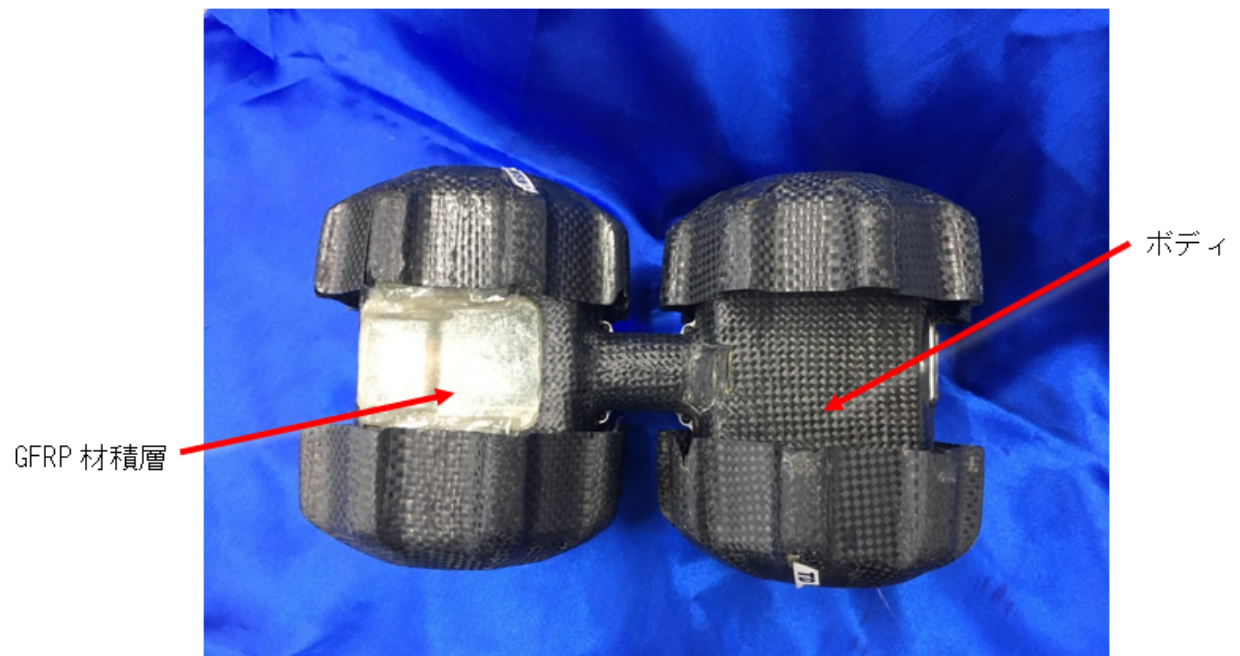


図4.2上面図

2. CanSat内観・機構

荒れた路面を走破するために、四輪駆動とした。

モータから、かさ歯車、プロペラシャフトへ動力が伝わりホイールが駆動する。

モータは二つ内蔵されており、左右別々に駆動する機構である。

左右輪の回転数の差によって機体が旋回する。

メンテナンス性のため、バッテリー、モータは機体の片側に取り付けた。

基板は機構の上に3Dプリンターで作成した基板固定ブラケットを用いて固定した。

図4.3、図4.4.に示す。

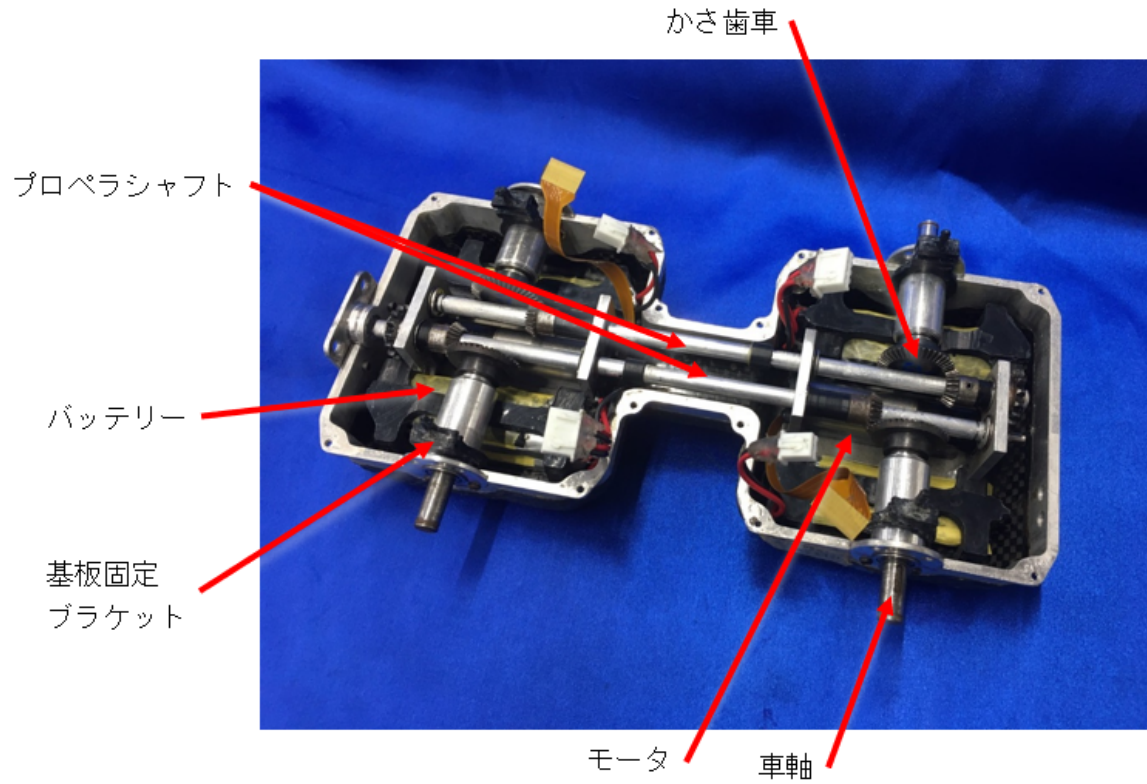


図4.3駆動系の仕組み

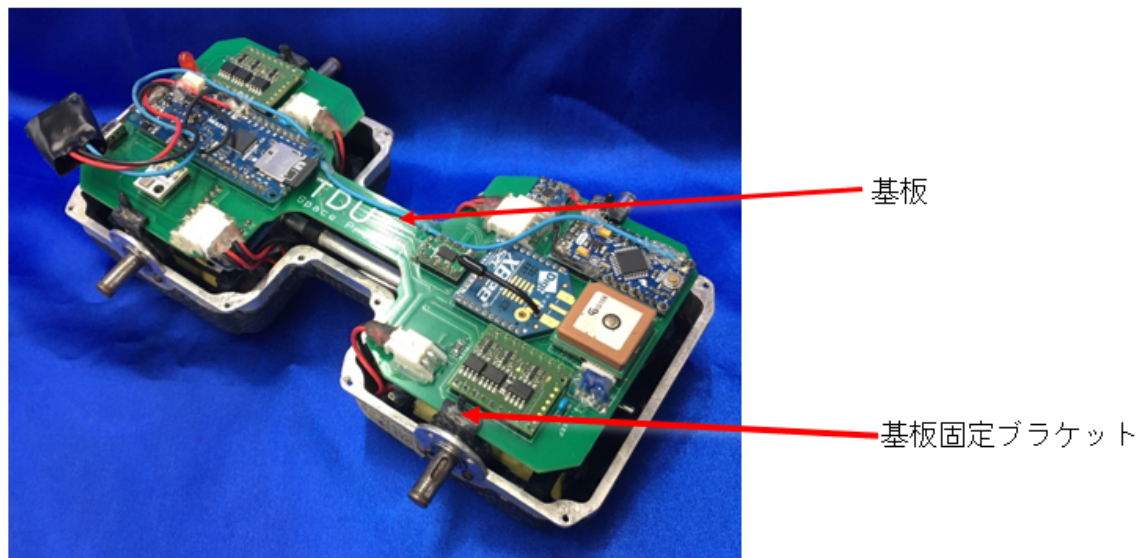
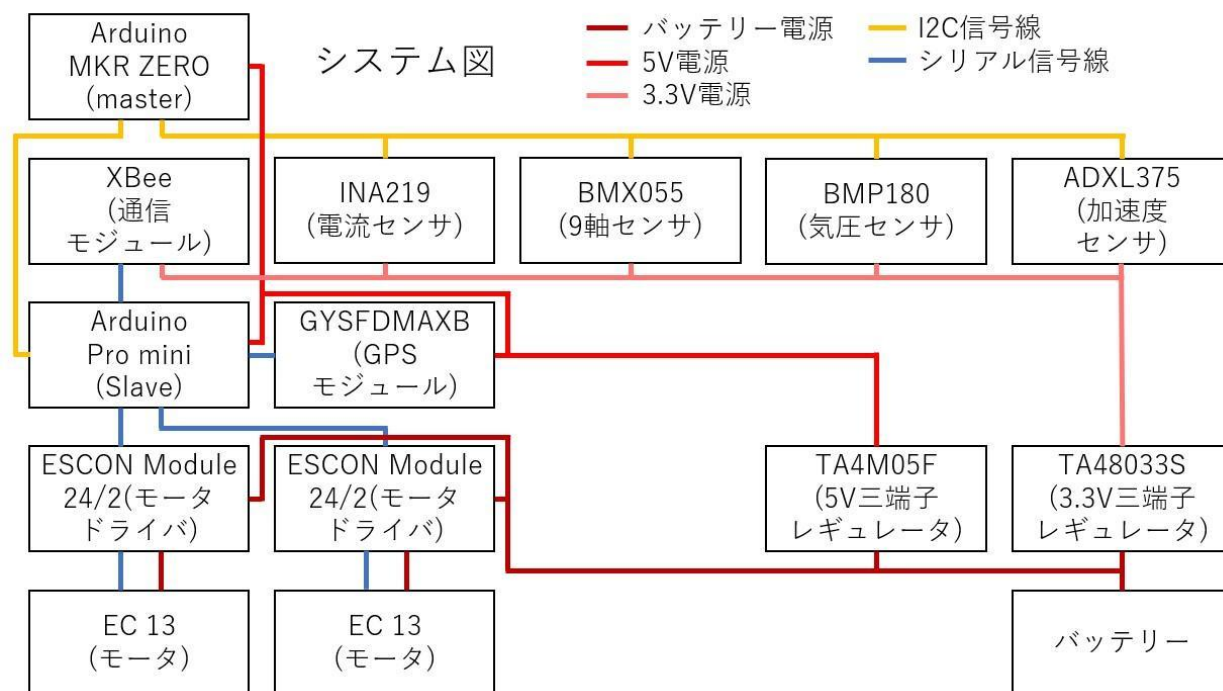


図4.4基板の配置の例

3. システム図 (CanSat搭載計器仕様一覧)

以下がシステム図と、搭載機器一覧表である。



搭載機器一覧表		
カテゴリー	型番	
マイコン	Arduino MKR ZERO	各センサ、回転制御などのログを取る。 経路計算や機体の状態の判断も行う。
マイコン	Arduino Pro mini	モータの制御信号を出力する。 GPSからの信号を読み取る。
モータドライバ	ESCON Module 24/2	モータの制御信号から実際に モータを動かす制御信号を生成する。
モータ	EC 13	DCブラシレスモータ。 機体が移動する際の駆動源。
通信モジュール	Xbee ZB S2C	PCに制御ログを送るために用いる。
センサ	INA219	電流センサ。スタック時の判定に用いる。
センサ	BMX055	9軸センサ。機体がどのような姿勢であるかを 判定するために用いる。
センサ	BMP180	気圧センサ。上昇、下降を判定するために用いる。
センサ	ADXL375	加速度センサ。着地の衝撃などを計測するために用いる。
センサ	GYSFDMAXB	GPSモジュール。現在位置を割り出すのに用いる。
レギュレータ	TA48M05F	入力電圧から5Vの電圧変換モジュール。 各搭載機器に電力を送る。
レギュレータ	TA48033S	入力電圧から3.3Vの電圧変換モジュール。 各搭載機器に電力を送る。
バッテリー	-	リチウムポリマー電池を用いる。3セル370mAh

4. アルゴリズム

以下のリンクにフローチャートのpdfファイルがある。

<https://tdu.box.com/s/vcmfgk55gxfiezps5llufm0p6tvm7c41>

第5章 試験項目設定

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
V1	質量・寸法計測	R1	8/2
V2	収納試験	R10	7/27
V3	ロスト対策試験	R2	7/27
V4	落下試験	R3	8/6
V5	準静的荷重試験	R4	7/29
V6	振動試験	R5	8/10
V7	開傘衝撃試験	R6	8/4
V8	ロケット放出衝撃試験	R6	8/4
V9	通信電源 OFF/ON 試験	R7	—
V10	通信周波数変更試験	R8	7/31
V11	End-to-end試験	R9, R11, R12	8/15

第6章 実施試験内容

1. システム要求を満たすための試験内容

(V1) 質量・寸法計測試験

○ 目的

質量と容積がレギュレーションを満たすことを確認する。

○ 試験/解析内容

質量計で測定を実施し、機体とパラシュートを含めた全ての質量が、レギュレーションに記載されている質量（1050g）以下であること、レギュレーションで指定されたφ146[mm]×240[mm]以下のスペースに収納可能であることを証明する。

他の試験で機体の質量を使うため、機体の質量と機体とパラシュートを合わせた質量を計測する。

キャリアの寸法をノギスとメジャーで計測するところ、機体の縦と横をノギスとメジャーで計測するところ、キャリアに収納しているところを無編集の動画で示す。

○ 試験場所

東京電機大学 埼玉鳩山キャンパス 2号館1階 夢工房室前

○ 結果

試験の様子を撮影した動画のURLを下記に示す。

<https://tdu.box.com/s/jr7epvac1vz28mmib6melfz0etq9b1hi>

また、測定の結果は以下のとおりである。

	全体の重量[g]	内径[mm]	全長[mm]
レギュレーション	1050	146	240
実測値	968.3	135	225

よって機体とパラシュートを含めたすべての部品の寸法と質量がレギュレーションを下回っていることが確認できた。

○ 結論

質量と容積がレギュレーションを満たしていることが確認できた。

(V2) 収納試験

○ 目的

CanSatをキャリア内に5分以内に収納出来る事を証明するため。

○ 試験/解析内容

CanSatのパラシュートを畳むところからキャリアに収納するまでの所要時間をストップウォッチにて計測する。
一連の動作を無編集の動画で示す。

- 試験場所
東京電機大学 埼玉鳩山キャンパス 2号館1階 夢工房室

- 結果
試験の様子を撮影した動画のURLを下記に示す。

	URL	収納までの時間
1回目	https://tdu.box.com/s/glg6fhsuyrd2g22grphyn7awa51f1gjm	2:39
2回目	https://tdu.box.com/s/5mv44b8rtkvxjuvdbkj9a2jwsv6b5yc	3:15
3回目	https://tdu.box.com/s/ougjcvhd16q4zfcu810kvf0detrf6k3i	1:52

- 結論
以上の試験よりCanSatを5分以内に収納できることが証明された。

(V3) ロスト対策試験

○ 目的

CanSatをロストしないようにするシステムが有効に機能することを証明する。

○ 試験/解析内容

CanSatをロストしないようにするシステムとして、本機体はみちびき対応のGPSモジュール (GYSFDMAXB) を搭載し、XBeeを通して位置情報をPCに送信することができる。詳しくは第4章3節のシステム図を参照。

それでも尚機体を見失ってしまった場合を考慮し、機体搜索の目印にするために、機体の座標を受信するために無線通信距離を測定する。

[1]無線通信距離の測定

機体に搭載する無線通信機器の通信距離の測定を、埼玉県鳩山町に流れる越辺川堤防付近(図3.1)です。PCに接続した受信機 (XBee) が、機体に搭載されている送信機 (XBee) から送信されるデータを受信できるかを確認する。送信機は固定し、実験者は受信機を持って50mごとに移動し、データを受信できなくなった地点を通信距離の限界地点とする。データを受信できなくなったと判断する基準は、送信機から送られてくるデータを受信機が10秒間受信できなかった場合とする。これを3回繰り返し、その平均値を通信可能距離とする。試験の様子は終始無編集の動画で示す。



図6.3.1 [1]の試験会場(越辺川堤防付近)の地図

○ 結果

	URL	通信距離
--	-----	------

一回目	https://tdu.box.com/s/q6q2nq5b4ldsrrwlar92kcuo959s6ak1	192.2[m]
二回目	https://tdu.box.com/s/hehvxiuy2fjmdrqxmfdrllyqyfxikg7h	209.7[m]
三回目	https://tdu.box.com/s/upendw2yz6w90udzx3kdkn7zomedpd5u	219.1[m]
平均		207.0[m]

○ 結論

大会において十分な通信可能距離を確保できていることが分かった。

○ 補足

また無線モジュールが故障した場合に機体を検索する方法として、次の検索方法を示す。

検索方法

以下に示す検索方法は、全てGPSレシーバーを用いて位置情報と走行軌跡を確認しながら行う。

ロスト直前の位置とロスト地点から、機体の予想ルートを算出し、図3.3の様な検索ルートで検索を行う。機体がゴール地点へと向かう事を考慮しロスト地点の手前50mから検索を開始する。それでも発見できなかった場合は予想ルートと逆方向のエリアや隣接するエリアへ検索範囲を拡大する。

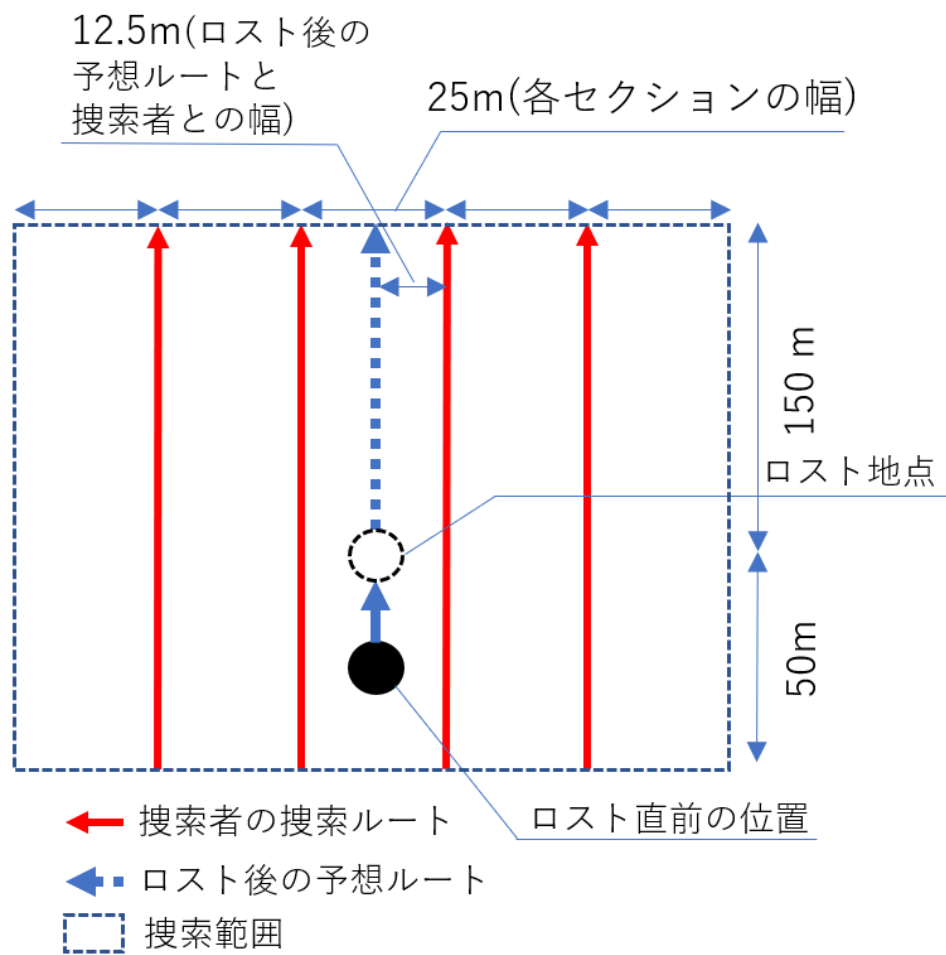


図6.3.2 機体の search方法

(V4) 落下試験

○ 目的

機体の落下速度を低下させるための減速機構（パラシュート）が落下時に機能することを確認する。

○ 試験/解析内容

投下装置にパラシュートを付けたCanSatを入れる。落下開始後、パラシュートが開傘し減速しながら着地するまでの時間をストップウォッチで計測する

パラシュートが開傘し、終端速度に飽和するまでに降下する距離は、過去に同じパラシュートで実験した記録から20[m]以内であることを確認している。このこととACTSが高度30～50mでの投下であることから、今回は厳しい条件である50[m]の高さから、遠隔でドローンに取り付けた投下装置の底蓋を開き落下させる。

日本ヘルメット工業会の基準より人間の致死域は約19kNなので¹、落下にかかった時間と高さ50mから落下させ加速度を求め、下回っていることを確認する。

試験の様子は無編集の動画で示す。

○ 試験場所

東京電機大学 埼玉鳩山キャンパス 野球場

○ 結果

試験の様子を撮影した動画のURLと落下にかかった時間を下記に示す。

	URL	着地までの時間 [s]
1回目	https://tdu.box.com/s/id06b7iy7xng8sgd52h1pkzozvo8915o	8.19
2回目	https://tdu.box.com/s/n9t496orddj54ddxov7wte68wf3y8v1h	8.14
3回目	https://tdu.box.com/s/jcdoz5150mhprxmyvm6s7m3pdx0bujwu	7.83

¹ 一般社団法人日本ヘルメット工業会「作業における頭部保護の重要性 重要性について」
<http://www.japan-helmet.com/importance/index.html>

機体の質量は1番厳しい条件であるレギュレーションの上限の1050gとし、地上50mから落下させたことと着地までの時間から加速度を求めると下記の表のとおりになる。

	高さ[m]	時間[s]	加速度[m/s ²]	力[kN]
1回目	50	8.19	0.745	0.783×10^{-3}
2回目	50	8.14	0.755	0.792×10^{-3}
3回目	50	7.83	0.816	0.856×10^{-3}

よって基準の19kNを大幅に下回っていることが分かる。

○ 結論

以上の試験の結果より、パラシュートが機能していることが確認できた。

(V5) 準静的荷重試験

○ 目的

打ち上げ時の準静的荷重によって、機体の機能が損なわれていないか確認するため。

○ 試験/解析内容

ACTSのレギュレーションより、機体にかかる準静的荷重の大きさは10[G]とする。
ハンマー投げの要領で機体を回し、遠心力を利用して機体全体にかかる準静的荷重を再現する。機体にかかっている加速度を測定するプログラムを書き込み、キャリアに入れる。キャリアには回転させるための紐を取り付け、回転が安定してから10秒以上10[G]以上の加速度がかかるようにする。

回転後、機体をキャリアから取り出し10[G]以上の加速度が10秒以上かかっているかを確認する。機体が走行するためのプログラムを書き込み、機体が走行することが出来れば機体の機能に損傷がないことが確認できる。試験の様子は終始無編集の動画で示す。

○ 試験場所

東京電機大学 埼玉鳩山キャンパス グラウンド

○ 結果

試験の様子を撮影した動画のURLを下記に示す。

	準静的荷重
1回目	https://tdu.box.com/s/alsy5gvi1v420jmagupptni46v5jx5vk
2回目	https://tdu.box.com/s/uk0llyflisxyuigkzert5wsopz0749m
3回目	https://tdu.box.com/s/jzabojdur628zf8japx2xit788q577l

試験の結果から得られた加速度の変化の様子を図6.5.1、図6.5.2、図6.5.3に示す。

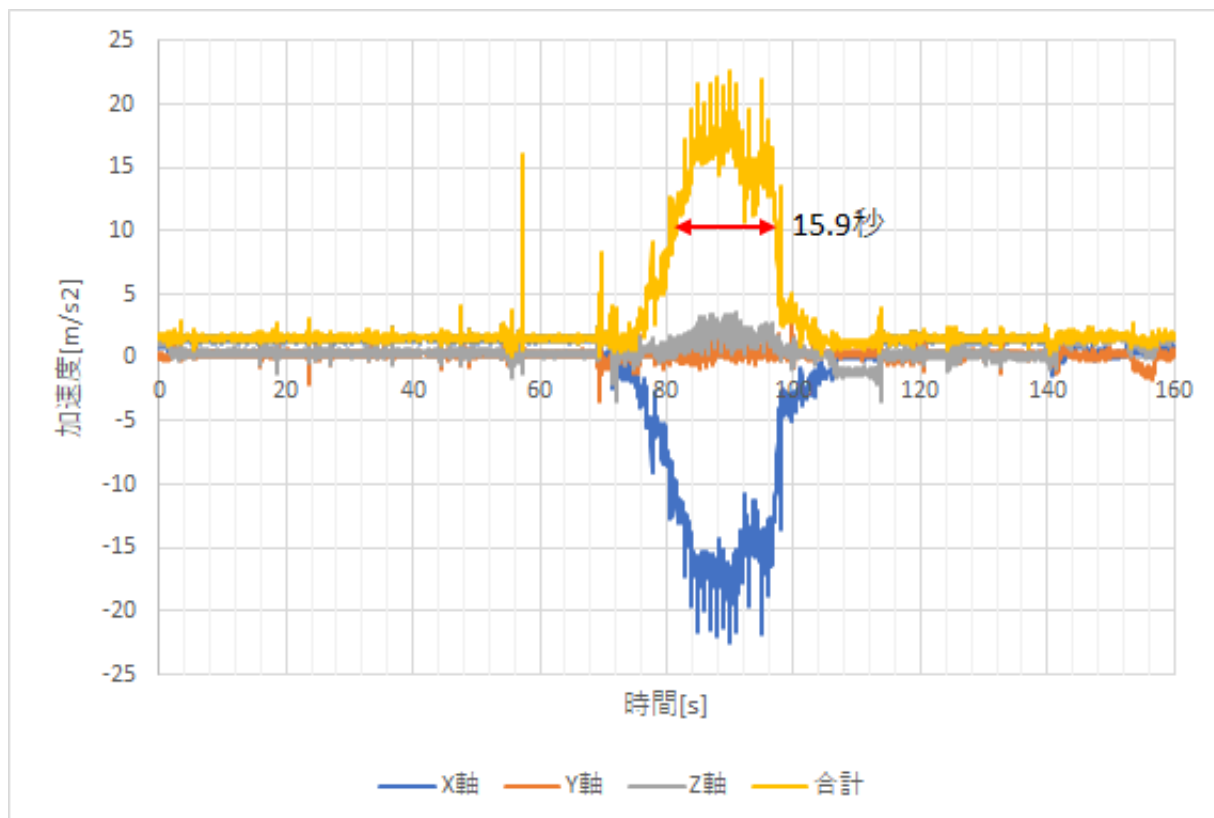


図6.5.1 1回目の試験の加速度の変化

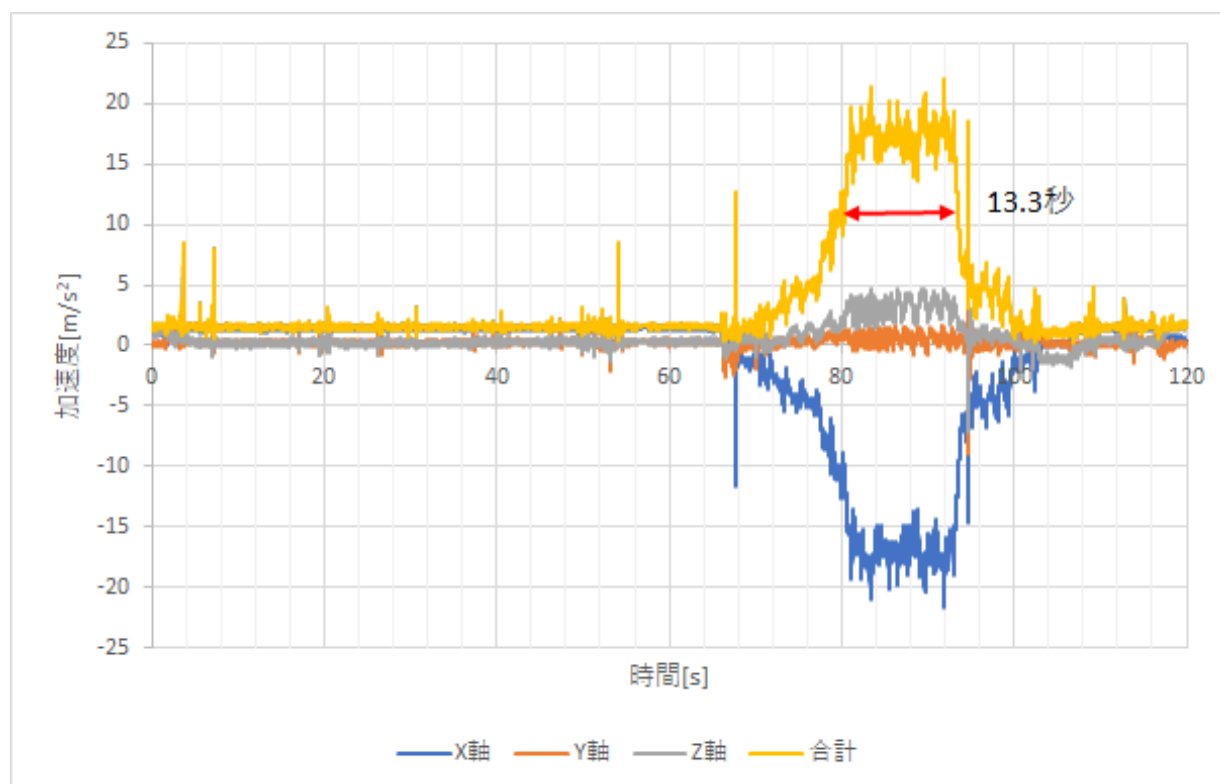


図6.5.2 2回目の試験の加速度の変化

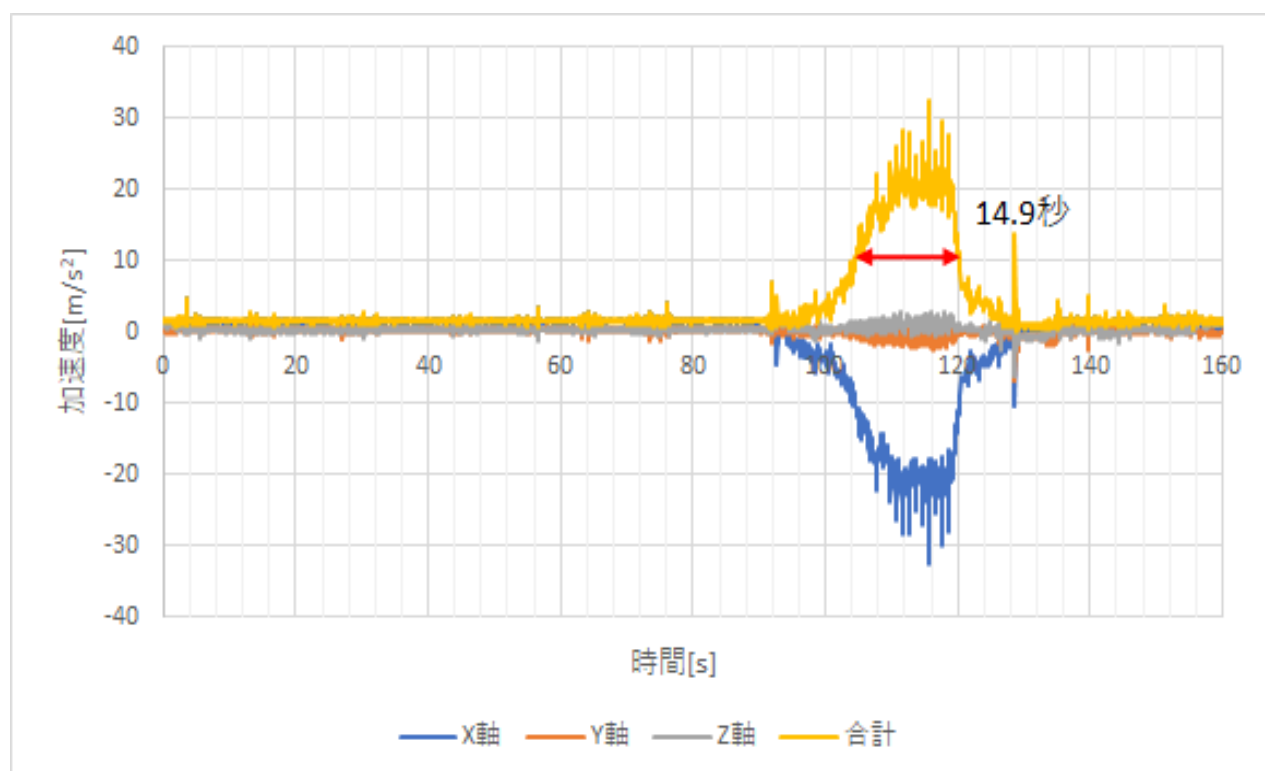


図6.5.3 3回目の試験の加速度の変化

図6.5.1、図6.5.2と図6.5.3より10[G]以上の準静的荷重が10秒以上かかっていることが分かる。

- 結論

以上の結果より、打ち上げ時の準静的荷重がかかっても機体の機能に損傷がないことが確認できた。

(V6) 振動試験

- 目的

打ち上げ時の新動荷重によって、機体が損傷することがないか確認するため

- 試験/解析内容

機体に走行するためのプログラムを書き込み、30秒間加振する。ACTSの「令和3年版 レギュレーション」を参考に正弦波振動30～2000Hzの15Gの振動とし、加振後機体を取り出して走行することが出来れば機体の機能に損傷がないと確認できる。試験の結果は終始無編集の動画で示す。

- 試験場所

IMV株式会社 日本高度信頼性評価試験センター
〒358-0014 埼玉県入間市宮寺4102 番142

- 結果

試験の動画のURLを下記に示す。

移動視点	https://tdu.box.com/s/wb2h1zle3ss3j4zqv9lqyij0ibq0funj
全景	https://tdu.box.com/s/nu5pbjt7is2rvbasadhu3wtwsxsd8un8

試験の目標の振動と実測値の振動をデータをグラフ化したものを図6.6.1に示す。

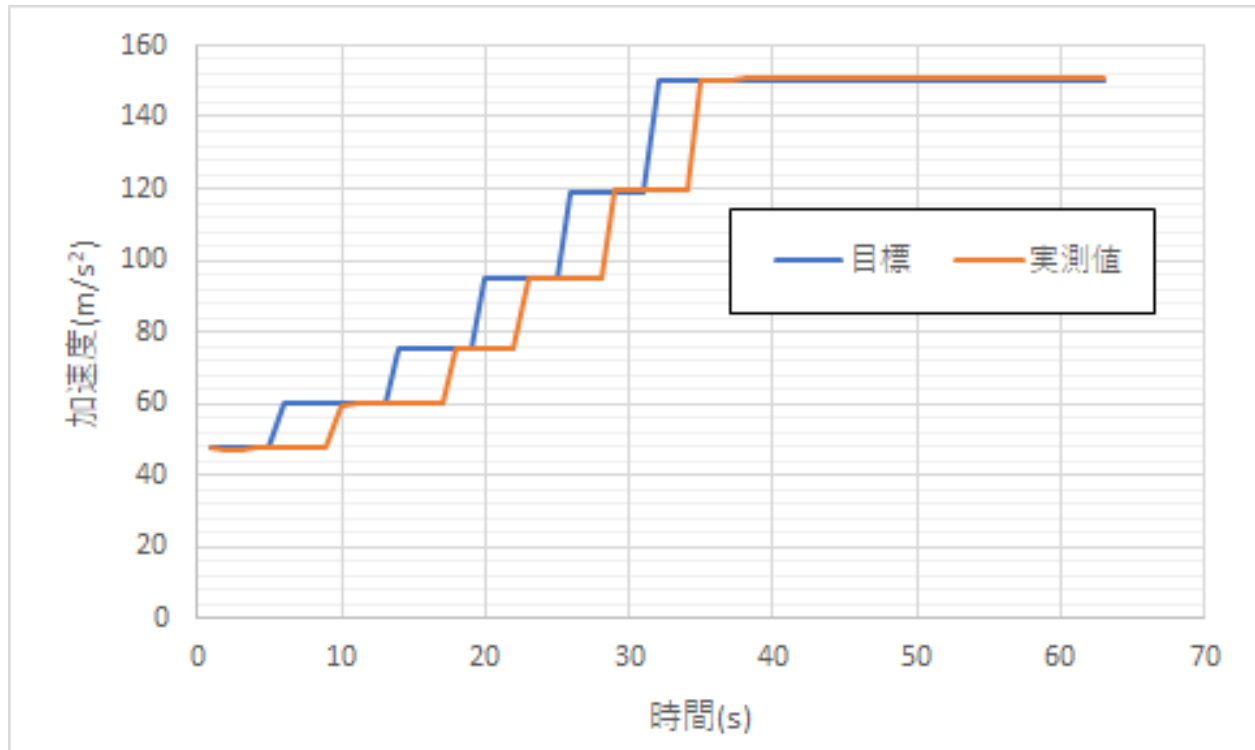


図6.6.1 目標の加速度と実際にかかった加速度の変化

15Gを加速度に変換すると下記のようなになる。

$$15[\text{G}] = 9.8[\text{m/s}^2] \times 15 = 147[\text{m/s}^2]$$

図6.6.1より147m/s²の加速度が加わっていることから、15Gの加速度が加わっていることが確認できる。

周波数の変化のグラフを図6.6.2に示す。

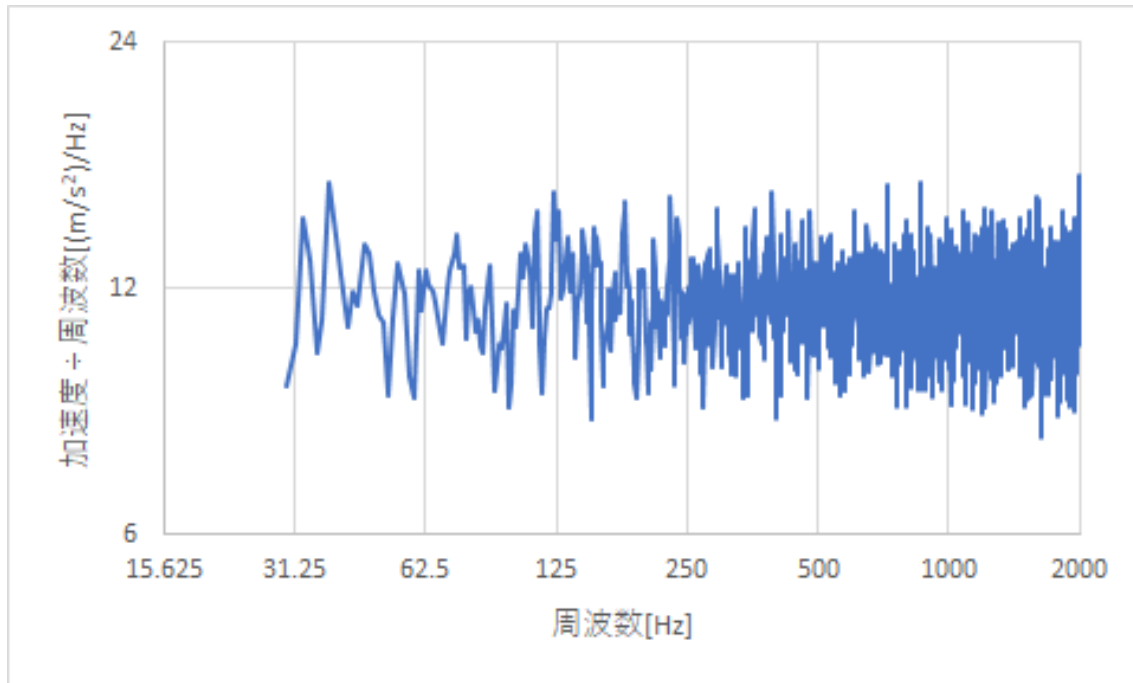


図6.6.2 試験時の波形

なお、この図は最小値が確認しづらいため画像のデータをアップロードしたURLも記す。

URL : <https://tdu.box.com/s/buzu36yswfk0d5fzrbmq1scagtucts4v>

以上より機体に正弦波振動30～2000Hzの15Gの振動が加わっていることが確認できた。

○ 結論

30～2000Hzの15Gの振動を加えても機体の機能に損傷がないことが確認された。

(v7)開傘衝撃試験

- 目的

パラシュートが開傘したときにかかる荷重によって分離機構と機体の機能が損なわれないことを証明する。

- 試験/解析内容

機体につけたパラシュートをひもで柵に固定し落下させ、パラシュートと機体の接続部分に衝撃を与える。開傘衝撃の大きさは同じ面積のパラシュートで参加したARLISS2019で得たデータより10G以下になることが図6.7.1から分かる。そのため、10G以上の加速度を与えることとする。

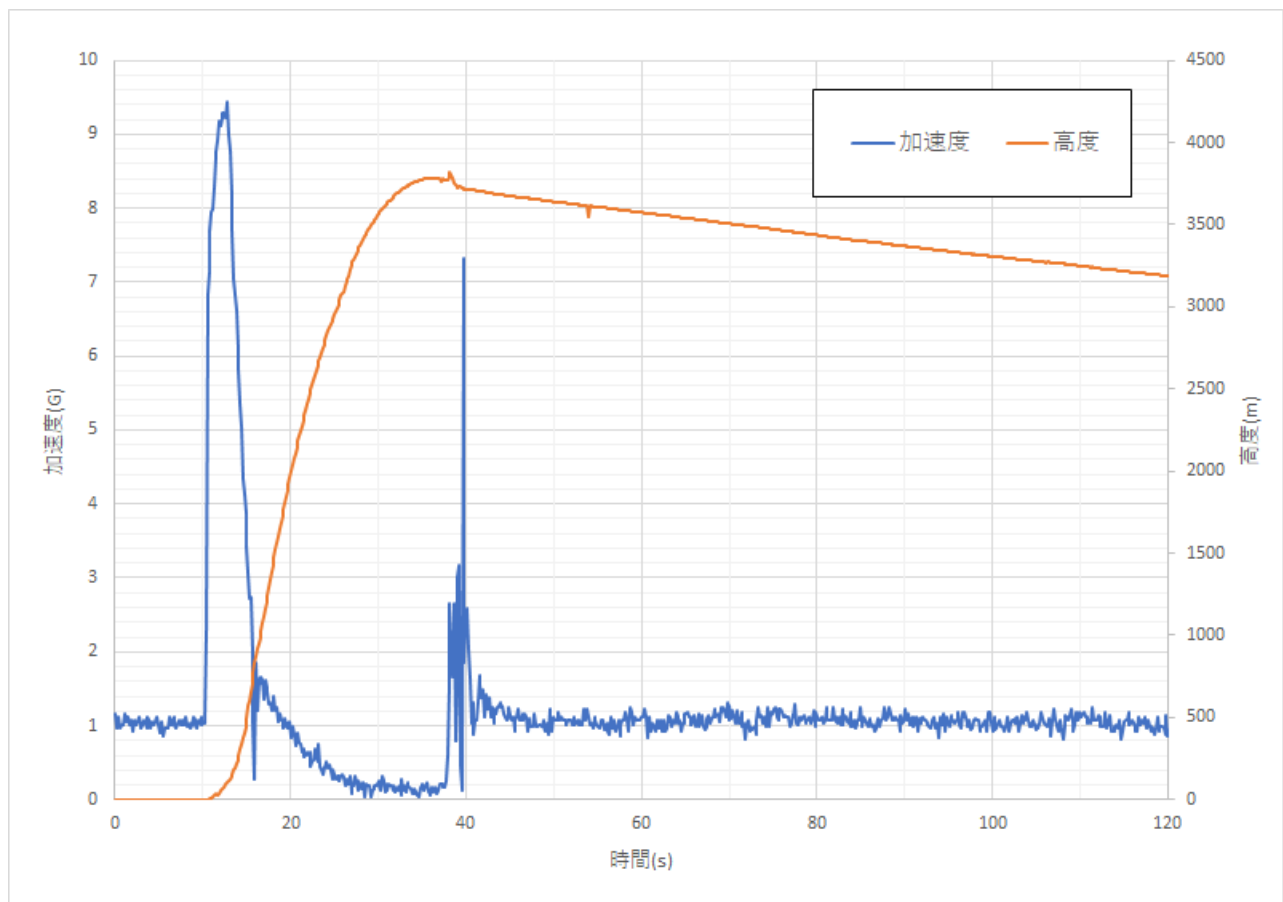


図6.7.1 ARLISS2019より加速度と高度の変化

衝撃値は、機体内部に搭載した加速度センサで計測する。試験の様子は無編集の動画で示す。

- 試験場所

東京電機大学 埼玉鳩山キャンパス 図書館前階段

○ 結果

試験の様子を撮影した動画のURLを下記に示す。

	URL(上が目線の視点、下が全景)
1回目	https://tdu.box.com/s/mqdjgif5zu3vy5u3m6rl06l4g34txrpz
	https://tdu.box.com/s/mn57zw26t46zncc5nm8vst436s58j7eo
2回目	https://tdu.box.com/s/j6tg8jk5z21vtl71t6friuevqmfao65d
	https://tdu.box.com/s/cg7l7xj4gi68o2bylq82o78au6q9m8vb
3回目	https://tdu.box.com/s/uneorlxs62k64gvi1w669v7xmhhrg8bt
	https://tdu.box.com/s/oj1tbvauh1ge5bwbka0wbzf53ipuewlg

試験から得られた加速度のデータをグラフにしたものをそれぞれ図6.7.2、図6.7.3、図6.7.4に示す。

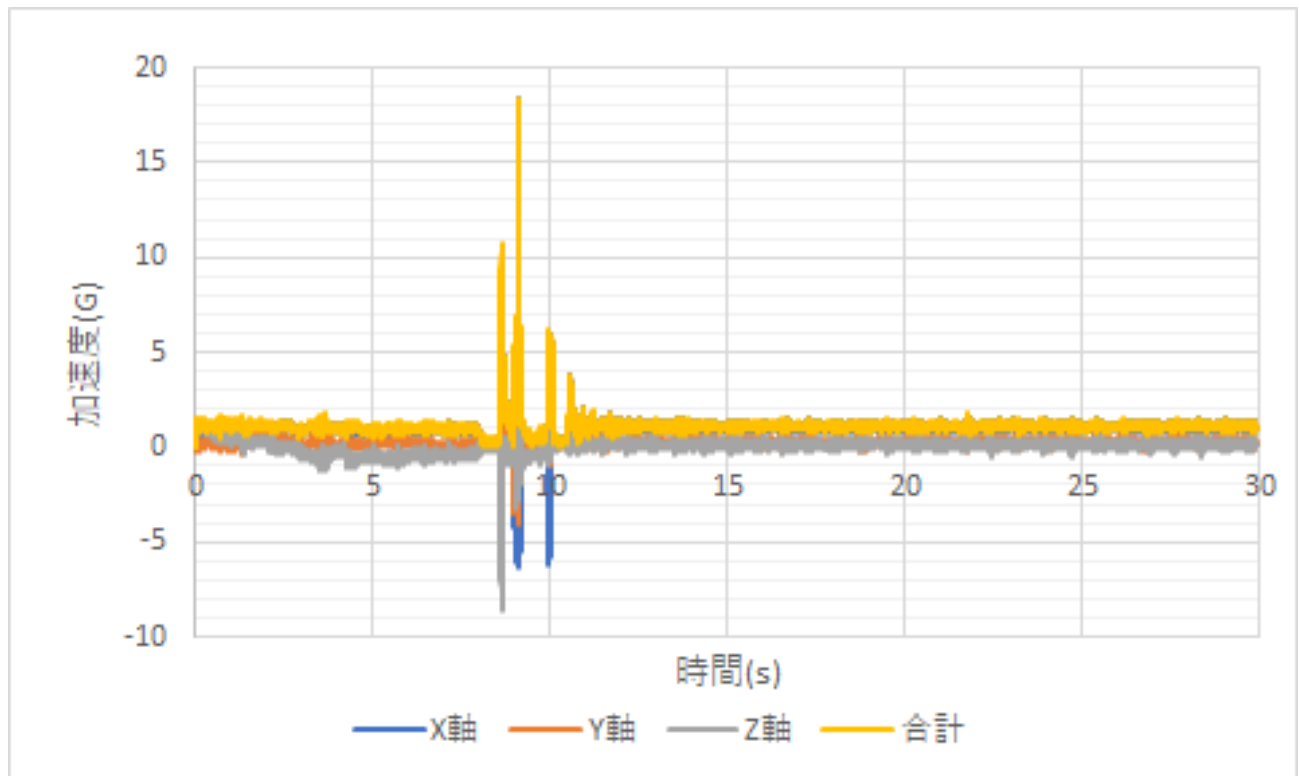


図6.7.2 試験1回目の加速度の変化

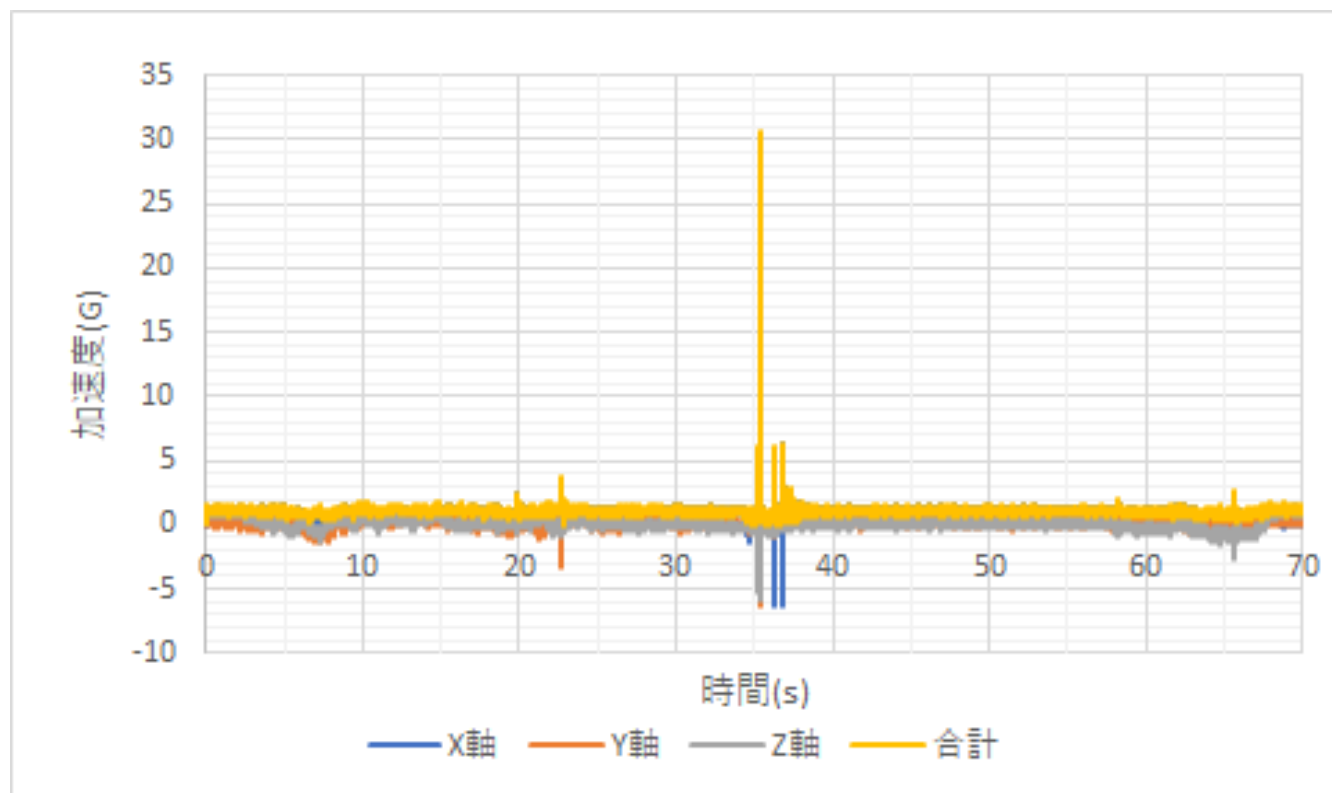


図6.7.3 試験2回目の加速度の変化

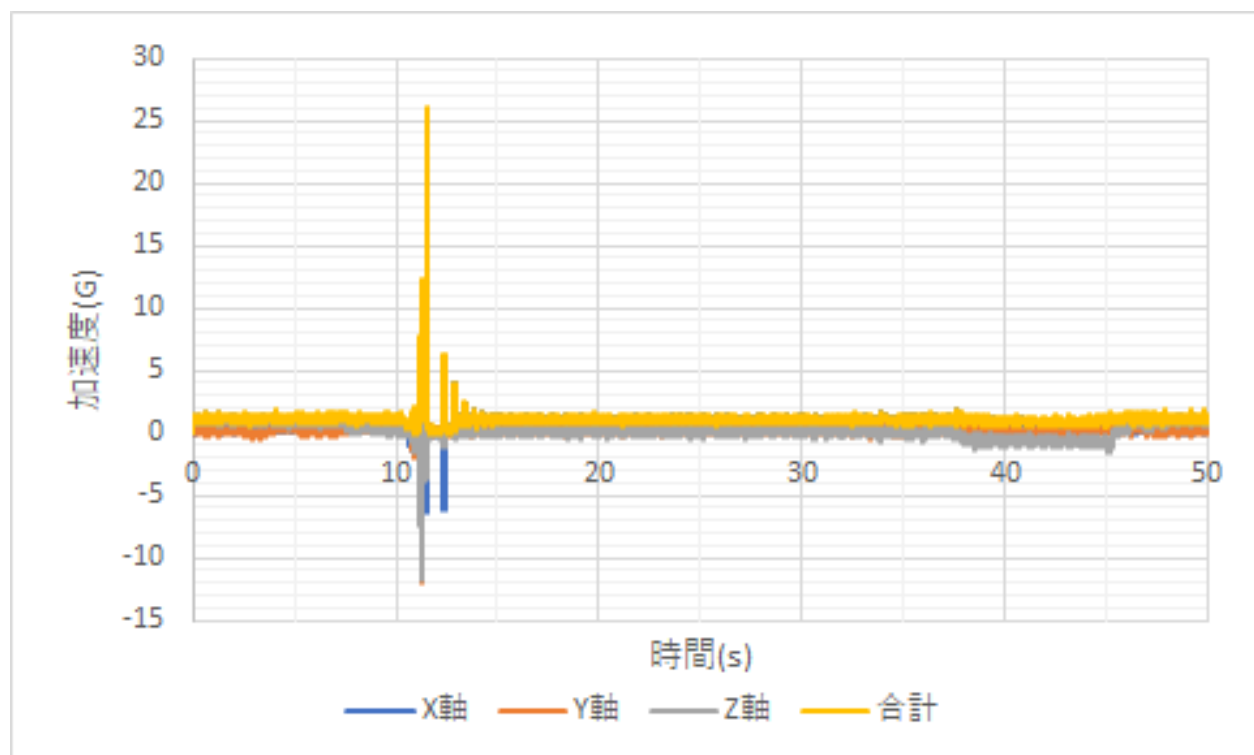


図6.7.4 試験3回目の加速度の変化

図6.7.2、図6.7.3、図6.7.4から10G以上の衝撃が接続部分にかかっていることが確認できる。

- 結論

以上よりパラシュートと機体の接続部分に10G以上の衝撃が加わっても機体の機能が損なわれないことが確認できた。

(v8) ロケット放出衝撃試験

- 目的

機体をロケットから放出する際にかかる衝撃によって、機体の機能が損なわれない事を証明する。

- 試験/解析内容

ARLISSのレギュレーションを参考にし、機体に40[G]以上の放出衝撃を機体に加える。キャリアの中に機体を入れ、紐をキャリアにつなげる。キャリアを下に投げおろす事で紐が伸びきり、機体がキャリアに衝突する。衝撃は機体に内蔵されている加速度センサで読み取り、40[G]以上の衝撃が加わっているか確認する。その後走行するプログラムを書き込み走行できれば損傷がないと分かる

また、以上と同じ基準で試験が行えるのであれば、加振機などを用いて試験を行うこととする。

試験の様子は終始無編集の動画で示す。

- 試験場所

東京電機大学 埼玉鳩山キャンパス 図書館前階段

- 結果

試験の様子を撮影した動画を下記に示す。

	URL(上が目線の視点、下が全景)
1回目	https://tdu.box.com/s/izmt657eouh2sce1uztcgz2o0do30qkv
	https://tdu.box.com/s/zejwokppmefo1ue1utksprwek40vz26k
2回目	https://tdu.box.com/s/7r8hkpnd82xwscieernfw6m8cyk7wt6
	https://tdu.box.com/s/pin40fps3qelhwgo8pj5ic9ujq0u510g
3回目	https://tdu.box.com/s/rfuovv6earf03lgnjd711iopiz2f4lg2
	https://tdu.box.com/s/h8vmf8sjbttav073mmxg4oirxb7ymztp

1回目の試験から得られたデータを図6.8.1、2回目を図6.8.2、3回目を図6.8.3に示す。

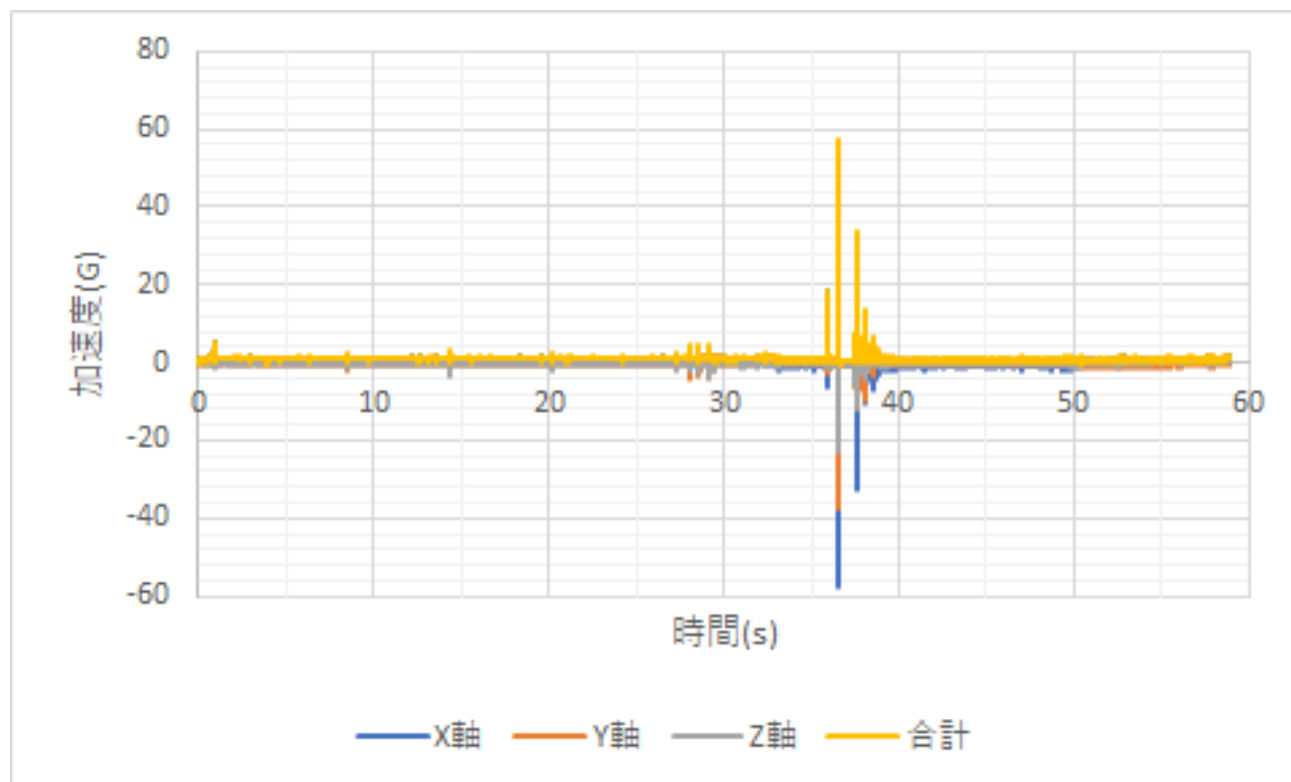


図6.8.1 試験1回目の加速度の変化

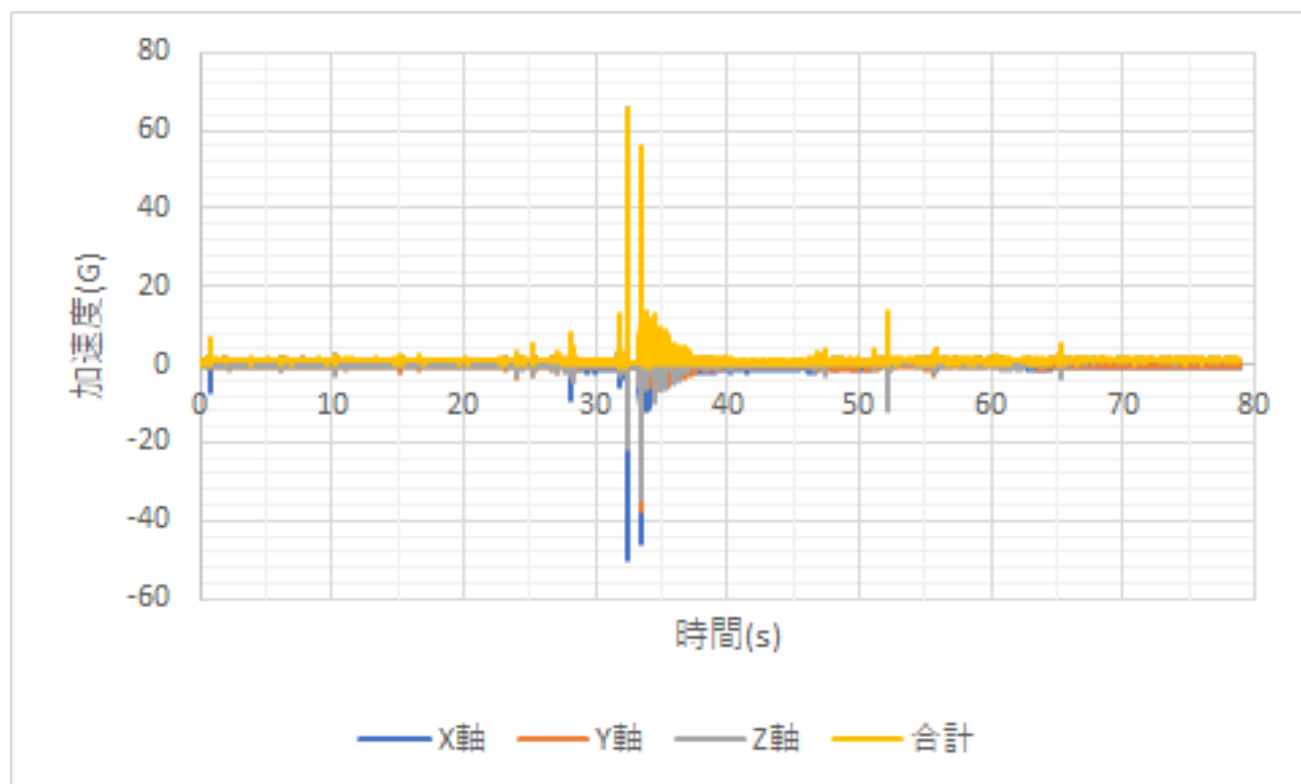


図6.8.2 試験2回目の加速度の変化

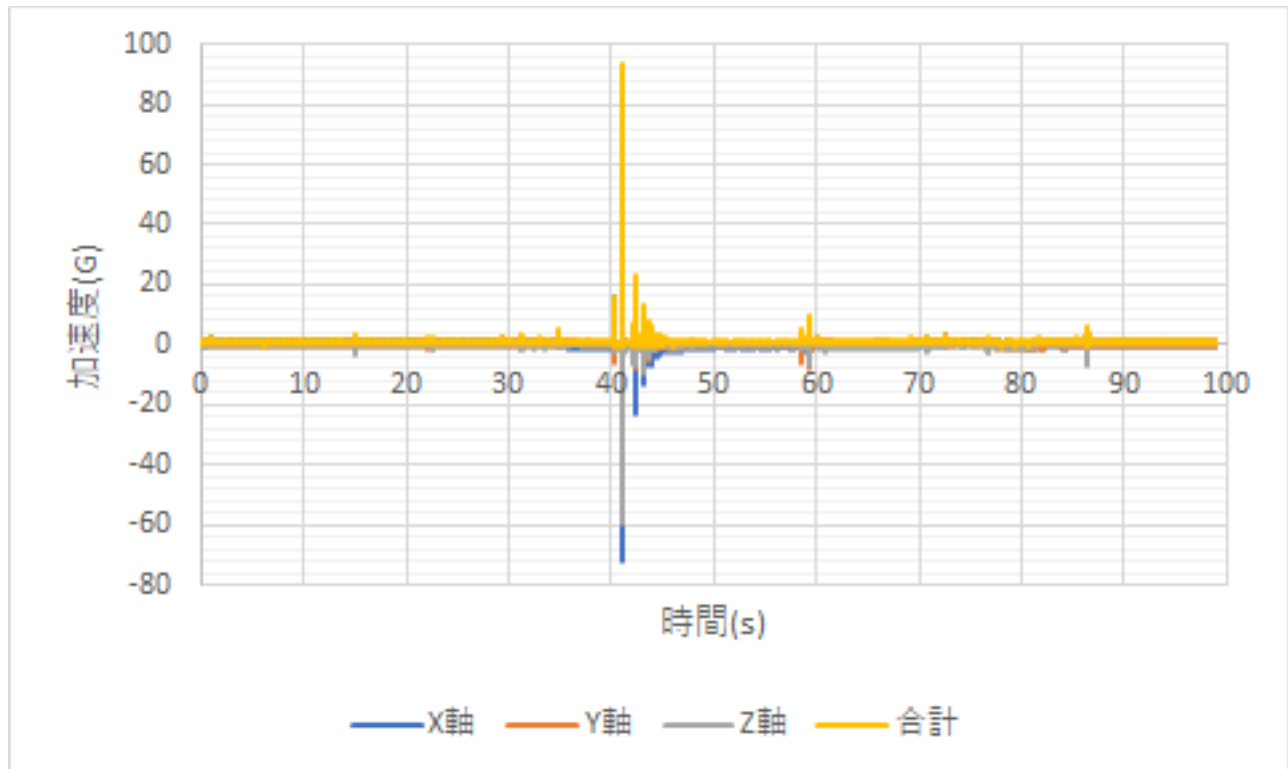


図6.8.3 試験3回目の加速度の変化

図6.8.1、図6.8.2、図6.8.3より40G以上の衝撃が気体に加わっていることが確認できる。

○ 結論

ACC001、ACC002、ACC003のデータから機体に40[G]以上の衝撃が加わっていることが確認できる。また、試験の動画よりその衝撃が加わっても機体が問題なく走行できていることが確認できた。

以上より、機体にロケット放出時の衝撃が加わっても機体の機能が損なわれないと確認できた。

(V9)通信電源 OFF/ON 試験

- 目的

レギュレーションで電源をOFFにしなくてよいと既定されているFCC認証かつ100mW以下であることを確認する。

- 試験/解析内容

機体にはXBee ZB S2Cが搭載されている。FCC認証品かつ通常時3mW、ブースト時6.3mWであることから電源をOFFにする必要のないレギュレーションに当てはまる。FCC認証された製品にはFCC IDが付与されているためこれを確認する。また販売元の仕様書から出力を確認する。

- 結果

- ・ 機体に付与されているFCC IDを以下に示す。



FCC ID : MCQ-S2CTH

- ・ 機体に搭載されているXBee ZB S2Cの仕様書のURLを下記に示す。

https://www.digi.com/resources/library/data-sheets/ds_xbee-s2c-802-15-4

(2ページ表のTRANSMIT POWER参照)

- 結論

FCC認証品喝100mW以下であるためONの状態を搭載することが可能である。

(V10) 通信周波数変更試験

- 目的

機体に搭載する無線機器のチャンネル設定変更機能が正常に動作することを確認する。
(他チームとの混線を防ぐため)

- 試験/解析内容

機体に搭載されているXBee ZB S2CとPCを接続し、X-CTUを用いてチャンネルの変更を行う。以下に詳細な手順を記す。

- 1) 機体とPCが正常に接続できていることを確認する
- 2) PC側の受信機のチャンネルを変更し通信ができないことを確認する
- 3) 機体側のXBeeを取り出し、チャンネルを変更して再び取り付ける
- 4) 通信が再開されたことを確認する

- 結果

試験の様子を撮影した動画のURLを下記に示す。

<https://tdu.box.com/s/q44xv19r5t0gucwlp9jna8i95djm3kav>

送信機から1秒ごとに「0,1,2,...」とカウントアップする信号が送信され、受信元で同じ文字が表示されることで通信できているかどうかを確認できた。

2つあるXBeeの内、片方を変更した際には、通信が不可能になることを確認できた。両方のXBeeを同じチャンネルに変更したとき、通信が可能になっていることを確認できた。

- 結論

チャンネルを変更することが可能である。

(V11) End-to-end試験

- 目的

投下装置へ機体を入れてから投下後の回収までを模擬したEnd-to-end試験を実施することで、安全性に問題なく機体が自律制御でき、その制御レポートを運営者に提出できる準備が済んでいることを示すため。

- 試験/解析内容

ACTSのレギュレーションに基づきゴールから50[m]離れた位置で、機体を頭上まで持ち上げ、投下する。パラシュートの分離後自律走行でゴールに近づき、ゴール判定を下して停止することを確認し、そのログデータから自律走行の確認と制御履歴レポートの作成を行う。

機体が停止した後に、制御走行のログデータからexcelのマクロ機能などを使い、

走行軌跡や制御状況を説明する資料を作成して、制御履歴レポートとする。
図11.1に走行軌跡の例を、図11.2に機体の制御状況を説明する資料の例を示す。
試験の様子は終始無編集の動画で示す。

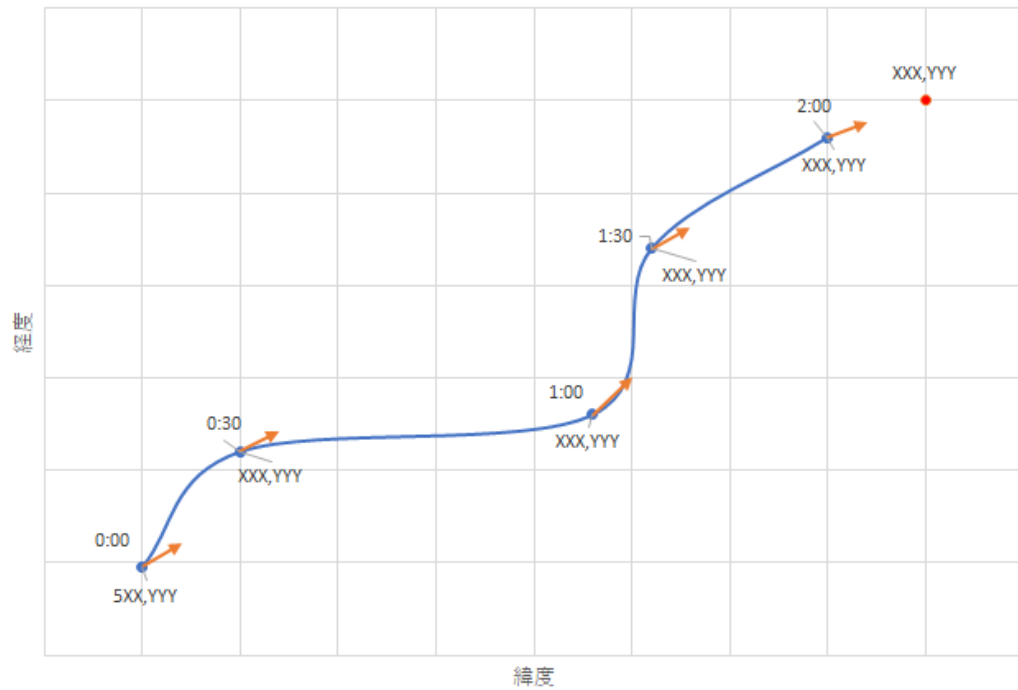


図6.11.1 走行軌跡の例

```

編集前のログデータ
#プログラムとログに関する補足情報

#機体の電源が入る
#センサーから値が取れることを確認
#取れたものはConnectやClearで表される
XBee Connect
SD Connect
Motor Driver Clear
Hall Sensor Clear
Correct Sensor Clear
Pressure Sensor Clear
9DoF Sensor Clear

#地磁気センサーと気圧センサー、温度センサーの初期誤差を取得
Get Instrumental Value

#GPSの取得
GPS Connect

#現在値と目標値から角度を算出し、実際に制御し終わったときの値(結果値)を表示することで
自律制御であることを示す
#現在値を(CV)、目標値を(TV)、結果値を(RV)としそれを文頭に表示
#機体とゴールの角度差をもとめて左右モーターの出力比を変更
#左から順に時刻(時:分:秒)、緯度[°]、経度[°]、ゴールとの距離[m]、機体の角度[°]、ゴールとの
角度[°]、PWM(左)、PWM(右)

(CV)HH:MM:SS,35.982410278,139.375241667,50.00,10.00,10.00,70,60
(TV)HH:MM:SS,35.982410278,139.375241667,49.50,7.50,5.00,70,65
(RV)HH:MM:SS,35.982410278,139.375241667,49.00,5.00,1.00,70,70
(CV)HH:MM:SS,35.982410278,139.375241667,48.50,2.50,-5.00,65,70
(TV)HH:MM:SS,35.982410278,139.375241667,48.00,0.00,-10.00,60,60
(RV)HH:MM:SS,35.982410278,139.375241667,47.50,-2.50,-5.00,65,70
#以下ゴールまでループ

```

図6.11.2 機体の制御状況を説明する資料

- 試験場所
東京電機大学 埼玉鳩山キャンパス グラウンド

- 結果
試験動画を以下のURLを下記に示す。
<https://tdu.box.com/s/yvwmse9ngp3irc8se7zic2vtdjzdfil>

機体から送信された生データをエンコードし、wordの置換機能を用いて説明を加える。

説明を加えたログデータのURLを下記に示す。

<https://tdu.box.com/s/lkmgvambujnqloamnlldlarss636cwtpn>

なお、生データから提出用の制御レポートができるまでの時間は8分ほどである。

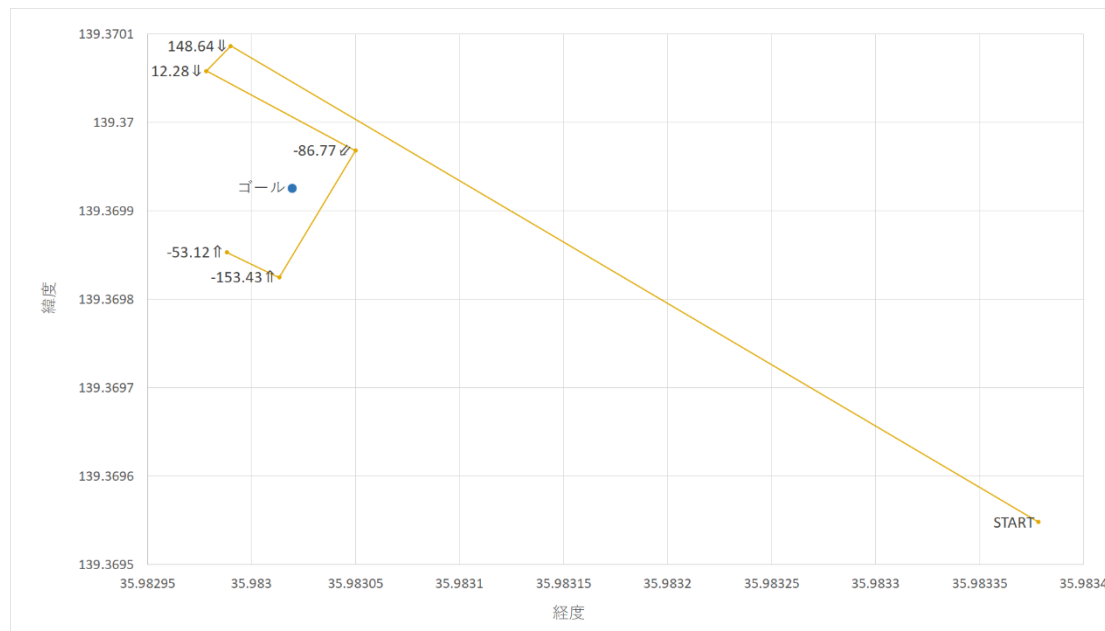


図6. 11. 3 機体の走行軌跡

○ 結論

以上の結果から、安全性に問題なく機体が自律制御されていることが分かった。

2. ミッション要求を満たすための試験内容

(M1) 走行速度試験

○ 目的

機体が走行距離に対して平均速度8km/h以上で走行できることを証明する。

○ 試験/解析内容

機体を芝の上で実際の大会で走る距離である約50[m]走らせる。人の手で押すタイプの距離計測ローラーを使用して、機体の後ろを走り、距離を読み取る。走った時間で割ることで平均速度を求める。

また、GPSのデータを10[Hz]で取得する。時速8[km/h]なら0.22[m]毎で取得できるので、こちらとも比較し、正確な値を出す。

○ 結果

	URL
一回目	https://tdu.box.com/s/9h61c707axtgeu0d3y4hvsgikqzl74ny
二回目	https://tdu.box.com/s/9h61c707axtgeu0d3y4hvsgikqzl74ny
三回目	https://tdu.box.com/s/n4lp7t0rscvy48z0ng8ka11mi0u4dzk5

	距離	タイム	平均速度
一回目	52.1[m]	17.43[s]	10.74[km/h]
二回目	53.1[m]	17.86[s]	10.70[km/h]
三回目	51.8[m]	17.75[s]	10.51[km/h]
平均	52.3[m]	17.68[s]	10.65[km/h]

GPSの値は取得することが出来なかった。

○ 結論

機体が平均速度8[km/h]以上で走行することが可能であることが確認できた。
GPSの値は大会で必要となるので、取得できるようにする。

(M2) ゴール試験

○ 目的

機体がゴールから半径4メートル以内に侵入したときに停止し、ミッションである救難信号を出力出来る事を証明する。

○ 試験/解析内容

機体をゴール判定地点の近くに置き走行させる。

機体がゴールから半径4メートルに侵入したときに自動で停止する事を確認する。

○ 試験場所

東京電機大学 埼玉鳩山キャンパス グラウンド

○ 結果

	記録	URL
一回目	3m20cm	https://tdu.box.com/s/x9lsbnz7pa9lnwlz3e6hehzm1roh1csx
二回目	15cm	https://tdu.box.com/s/ncmnx2hq40pe4w3x8jvccnerogqabbzd
三回目	2m75cm	https://tdu.box.com/s/5q12810rw4pn611arha07unp6ztl26ny

○ 結論

PCのログから、goalが確認できた後、機体がゴールから半径4m以内で停止できる事が確認できた。

(M3) 走破性能試験

○ 目的

機体がスタックせず、ゴールまで走行出来る事を確認する

○ 試験/解析内容

今大会と似たような環境条件の中で最悪のケースだと思われるのは、土が露出しており小さな段差が多く存在している環境だと考えた。

谷から山までの高さが30～40[mm]の凹凸を土で作し、その上をスタックせずに走行できることを確認する。

○ 結果

	URL
--	-----

第8章 責任教員による自己安全審査結果のまとめ

(この章は必ず責任教員が記入してください)

安全基準審査

要求 番号	自己審査項目	自己審査 結果	責任教員コメント（特筆 すべき事項があれば）
	<u>ACTS安全基準</u>		
R1	<u>質量と容積</u> がレギュレーションを満たすことが確認できている	☒	
R2	<u>ロスト対策</u> を実施しており、有効性が試験で確認できている（例：地上局にダウンリンクする場合、日大投下試験(仮)で十分な通信距離が実現できるだろうと推測できる根拠が明確に示されていること。）	☒	
R3	地表近くで危険な速度で落下させないための <u>減速機構</u> を有し、その性能が試験で確認できている	☒	
R4	打ち上げ時の <u>準静的荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている	☒	
R5	打ち上げ時の <u>振動荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている	☒	
R6	分離時の <u>衝撃荷重</u> によって、安全基準を充足するための機能が損なわれないことが試験で確認できている	☒	
R7	打ち上げ時の <u>無線機の電源OFF</u> の規定を遵守できることが確認できている（FCC認証かつ100mW以下の機器はOFFしなくて良い。また、スマートフォンを用いる場合はFCC認証かつソフトウェアまたはハードウェアスイッチでoffにできること（2017年追加）） ※ CanSat投下のために使用するドローンの通信周波数と被らず、混線が起こらない場合はこ	☒	

	のルールは適用されない。なお、ドローンの通信周波数は2.4GHz帯である。		
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	☒	
R10	CanSatの収納・投下準備が5分以内でできている	☒	
	<u>カムバックコンペティションルールの充足</u>		
R11	ミッション時に人間が介在しない <u>自律制御</u> を実施することが確認できている（注：2014年のレギュレーション改定以降、地上局設備に計算機能を持たせてアップリンクしても良い）	☒	
R12	ミッション後、規定された <u>制御履歴レポートを運営者へ提出</u> する準備ができている（以下の根拠の項に制御履歴レポートの例を添付すること。ダミーデータを使用しても良い）	☒	

責任教員所感

今回の開発では、コロナ禍によって登校が制限されたため、既存の機体をベースに制御面に関するリファインが中心になりました。
活動メンバー全員が低学年に入れ替わったため、開発自体はもちろん、試験の実施内容や審査書類の作成に不慣れながらも、ある程度形にはなったかと思います。

第8章 大会結果報告

1. 目的

ARLISSで最速最短でゴールし優勝するために、経験を積み、周りを沸かせる。

2. 結果

投下1回目

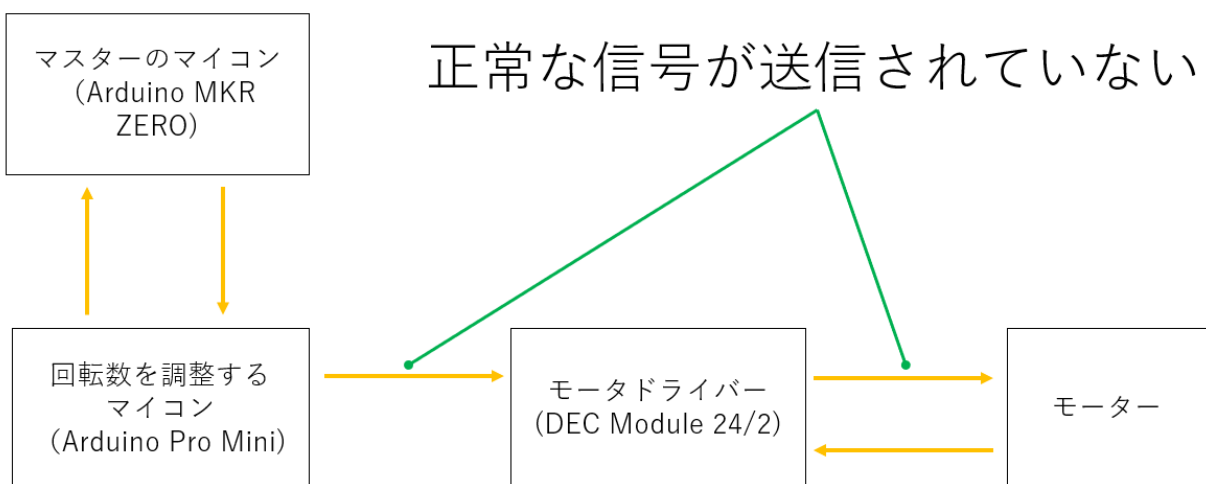
投下1回目では、機体は無事パラシュートを分離し着地、走行することが出来たが、その後急停止した。

以下に1回目の投下の様子を撮影した動画のURLを示す。

<https://tdu.box.com/s/3aj5ku4tov8qhq28222g530d249gzh6o>

投下1回目で機体が動かなくなった原因は導電性のあるカーボン複合材のボディーと基板の部品が接触することで基板の部品がショートしていたことと推定した。

機体が停止した当初に分かったことは以下の図の通りである。



また、投下実験後に機体を分解した所、基板の固定具の破損も確認した。

よって、上図の様な事象が起きた原因は、基板の固定具が破損したことにより、基板の固定が着実ではない状態であった。その状態で基板の部品が導電性のあるカーボン複合材のボディーと接触したことにより、機体が停止したと結論付けた。

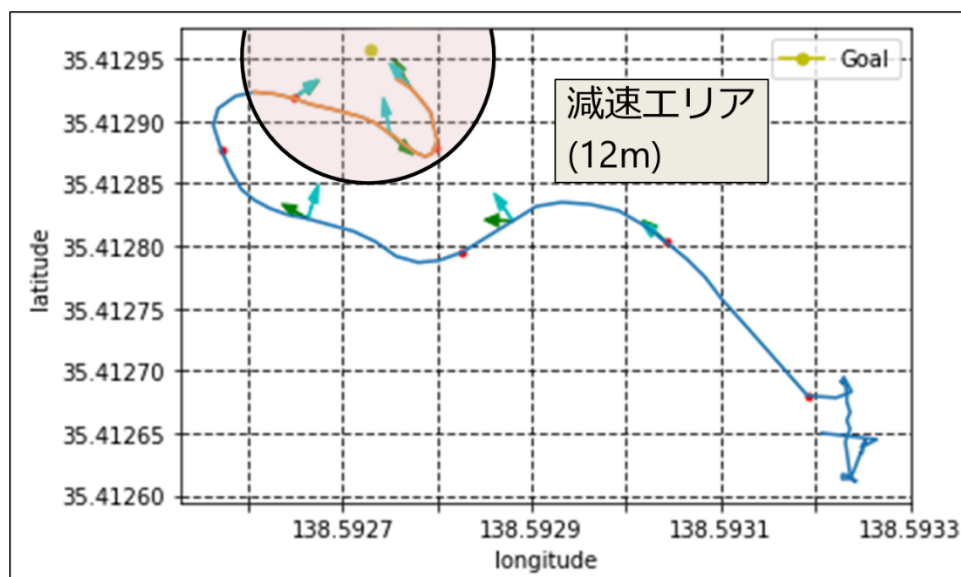
その後異常起因による機体停止を防ぐために、基板上にある部品、特にモータードライバーとモータードライバーを制御するためのマイコン(Arduino Pro Mini)をボディーと接触しうる部分に絶縁処理を施した。その他ボディーと接触しうる部分も同様の処理を行った。

投下2回目

投下2回目では、2.3mの距離でゴールをすることが出来た。

以下に2回目の投下の様子を撮影した動画のURLを示す。

<https://tdu.box.com/s/g0xdb92dn7julslkxus38upvxjk0xc1u>



	通常走行	低速走行	全データ
動作時間	32.1s	12.9s	53.0s
走行距離	76.2m	25.8m	101.9m
平均速度	8.54km/h	4.67km/h	6.92km/h

3. 考察

サクセスライテリアの達成度を以下に示す。

サクセスライテリア	目標	実測値	達成度
ミニマムサクセス	パラシュートを分離後 ゴールに向けて自律走行を 開始する	開始できた	100%
フルサクセス	平均速度8km/h以上で走行する	6.92km/h	86.50%
	走行距離とのゴールまでの 直線距離の偏差が40% 以内で ゴールする	108.80%	36.70%

ミニマムサクセスは1日目から達成することが出来たが、フルサクセスに関しては達成することが出来なかった。

達成することが出来なかった理由としては、通常走行時の速度が時速8.54kmかつゴール判定のために減速するゾーンを設けていることから、減速時を除いた速度の設定にするか最高速度をもっと上げる必要があったと考える。

第9章

1. 工夫・努力した点(ハード、ソフト、マネジメント面すべて)

- ・大会当日、いつでも投下できるように動いていた
- ・他大学の方に機体についてお話を聞くことが出来た
- ・前日から会場に行くことで、大会会場の地形や状態を把握し、それに合わせて機体を調整することが出来た

2. 課題点

- ・予備部品がない、もしくは少なかった。
- ・トラブルが起きた際の対応を前もって決められていなかった。
- ・荷造りの際にいつ使うまで考えて荷物を詰められていなかった。

3. 今後の展望

この資料をみる後輩たちに向けたCanSat開発における注意点やアドバイスをお願いします。

種子島ロケットコンテストと、ARILSSで最速0mゴールをコンセプトとし、カムバック部門においての優勝を目指す。

今後の活動方針として

- ・日程立てや計画をすぐに行う。
→試験や機体の調整に多大な時間がかかるため事前審査書提出時にはゴールに到達できるのを基準としても早くない。
- ・無駄に悩む期間が多かったのをそれを無くす。
→いくら悩んでいてもやってみないとわからないこともあるため。悩むことも必要ではあるが後ろの時間を削っているという意識を持つ必要がある。
- ・あらゆる面において大丈夫だろうと思っていることがトラブルの原因となっているので不明瞭な部分をそのままにしておかないこと。
→大丈夫だろうと思ったことは本番の一番起こってほしくない場所で起こる。具体的にはネジやナットといった部品の残数、プログラムのバグ取り、落下からゴールまでの一連動作など
- ・問題が起こった際の手順書を用意する
→想定外のことにに対して焦って機会を逃すことがない様原因を特定できるような手順をあらかじめ決めておく。

とする。