ARLISS 安全審査書

提出日：2019 年　　8 月　22 日

- 審査教員

審査教員氏名	
メールアドレス	
審査コメント	
その他一言	

- チーム情報

CanSat チーム名	首都大学東京　Blue Raspberry
CanSat チーム 代表者情報	井上　元 genfoot888@gmail.com，090−6398−2871
UNISEC 団体名	さはらかん
UNISEC 団体 学生代表	高橋　勇人
責任教員	佐原　宏典 sahara@tmu.ac.jp，090-6142-4169
CanSat クラス	Open Class

- メンバー

役割	名前（学年）
機体 / PM	井上　元　(B2)
機体	片山　滉　(B2)
プログラム	河本　涼　(B2)
回路，基板	塩　仁美　(B2)

目次

ミッションについて 4
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 6

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） 7
システム要求（安全確保のために満たすべき要求） 7
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

システム仕様 9
CanSat外観（図あるいは写真を用いる） 9
CanSat内観・機構（図や動画を用いて機能や仕組みを説明） 9

試験項目設定（項目別試験、結合試験、EndtoEnd試験） 11

実施試験内容 12
V1．質量試験 12
・目的 12
・試験/解析内容 12
・結果 12
V2．キャリア収納試験 13
・目的 13
・試験/解析内容 13
・結果 13
V3．通信距離試験 13
・目的 13
・試験/解析内容 13
・結果 14
今回の試験で取れた最大通信距離は550mであったこれより，550m以下の距離では通信が可能であることが示された．開始地点と終了地点は以下の図の通りである．(fig.9) 14
V4．通信機電源OFF/ON試験 15
・目的 15
・試験/解析内容 15
・結果 15
V5～8．準静的荷重試験(V5)/振動試験(V6)/衝撃試験(V7) 16
・目的 16
・試験/解析内容 16
V8．通信周波数変更試験 19

・目的 19
・試験/解析内容 19
・結果 19
V9. 着地衝撃試験 19
・目的 19
・試験/解析内容 19
・結果 19
V10. パラシュート投下試験 20
・目的 20
・試験/解析内容 20
Mg = ½ρv^2SC 21
V11. パラシュート分離試験 21
・目的 21
・試験/解析内容 21
・結果 21
V12～13. 走行試験(V12)/制御履歴レポート試験(V13) 21
・目的 21
・試験/解析内容 21
・結果 21
V14. 輸送試験 21
・目的 21
・試験/解析内容 22
・結果 22
V15. ロングラン試験 22
・目的 22
・試験/解析内容 22
・結果 22
V16. ゴール検知試験 22
・目的 22
・試験/解析内容 22
・結果 22
V17. End-to-end 試験 22
目的 22
試験/解析内容 22
結果 23
工程管理、ガントチャート（スプレッドシートを推奨） 24
各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入） 24
責任教員による自己安全審査結果のまとめ 25
安全基準審査 25
責任教員所感（チームに関するコメントの記入をお願いいたします。） 26

第1章 ミッションについて

1. ミッションの意義と目的

意義：高速走行によりゴールを目指す．

目的：現在，ARLISS で CanSat が走行を開始した場合，轍にはまり抜け出せなくなってしまうケースが多く見られる．そこで今回私たちはその轍を乗り越える手段として高速走行を採用した.高速走行をすることで勢いで轍を乗り越えることができ，さらに短時間でゴールに到達できると考えている．

2. ミッションシーケンス

ミッションシーケンスは以下のとおりである．

1)CanSat をロケットに搭載する
2)キャリアから CanSat が放出される
3)高度 TBDm に達したときにパラシュートが開傘し，CanSat が減速しながら落下する
4)CanSat が軟着陸する
5)CanSat が減速機構と分離される
6)CanSat が走行を開始する
7)CanSat がゴール付近 10m 地点まで長距離高速走行をする
8)ゴール付近 10m 地点に到達後，画像認識を利用して 0m ゴールする．

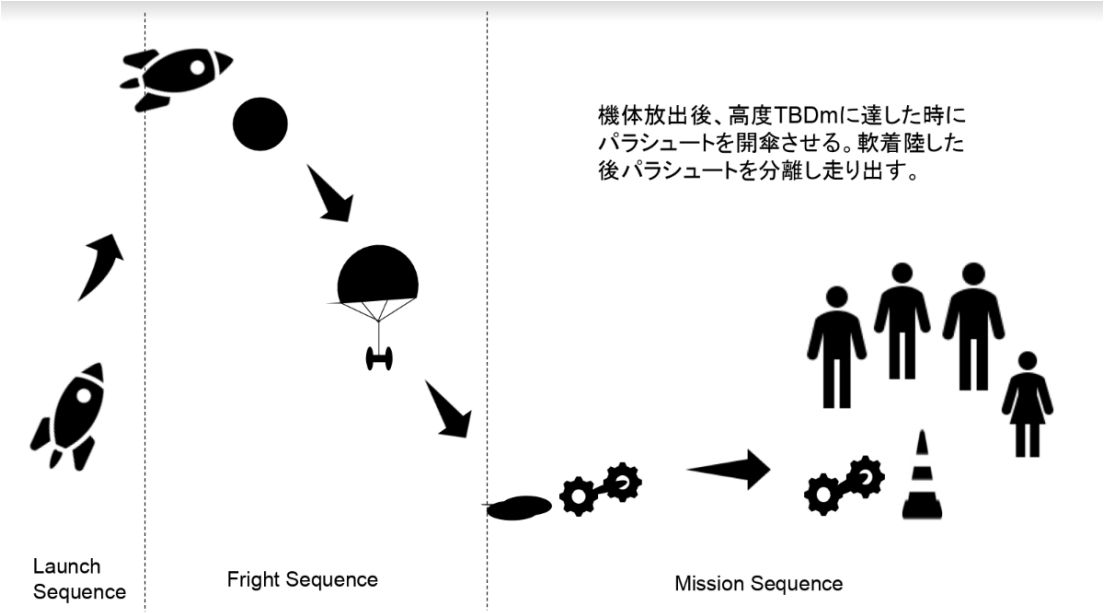


fig.1 ミッションシーケンス

第2章 サクセスクライテリア

ミニマムサクセス	減速機構が正常に作動し CanSat が軟着陸する.
ミドルサクセス	走行を開始する.
フルサクセス	ゴール付近でゴール判定を行い，停止する.
アドバンスドサクセス	0m ゴールする.

ミニマムサクセス：目視又は状況より判定する.
ミドルサクセス：目視又は制御履歴より判定する.
フルサクセス：目視及び制御履歴で確認する.
アドバンスドサクセス：目視及び制御履歴で確認する.

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	ロスト対策として無線機により TBD[km]先まで通信可能であること
M3	収納から走行終了まで電力を供給し続けられること
M4	キャリア内で通信機能が停止すること
M5	CanSat がロケット打ち上げに際して，ランダム振動，準静的荷重，分離衝撃に耐えられること
M6	放出検知後，無線通信開始可能であり，無線を指定された周波数に変更できること
M7	CanSat の自由落下を防ぐために確実に機能する減速機構を持つこと
M8	減速機構作動時にかかる荷重に減速機構が耐えられること
M9	CanSat が着地時の衝撃に耐えられること
M10	機体状態のデータを逐次保存できること
M11	長時間走行に耐えられる構造であること

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	自己審査項目（ミッション実現要求項目）
S1	各センサの値が取得できること
S2	キャリアからの放出を検知できること
S3	着地を検知し，減速機構と CanSat を分離できること
S4	ゴール方向へ向けて走行すること
S5	高速走行できること
S6	高速走行による衝撃に耐えられること
S7	轍で走行不能にならないこと

S8	轍に干渉したときの衝撃に耐えられること
S9	ゴール地点から半径 TBD[m]以内に達した後，画像認識によりゴール地点に向かって走行すること

第4章 システム仕様

1. CanSat 外観（図あるいは写真を用いる）

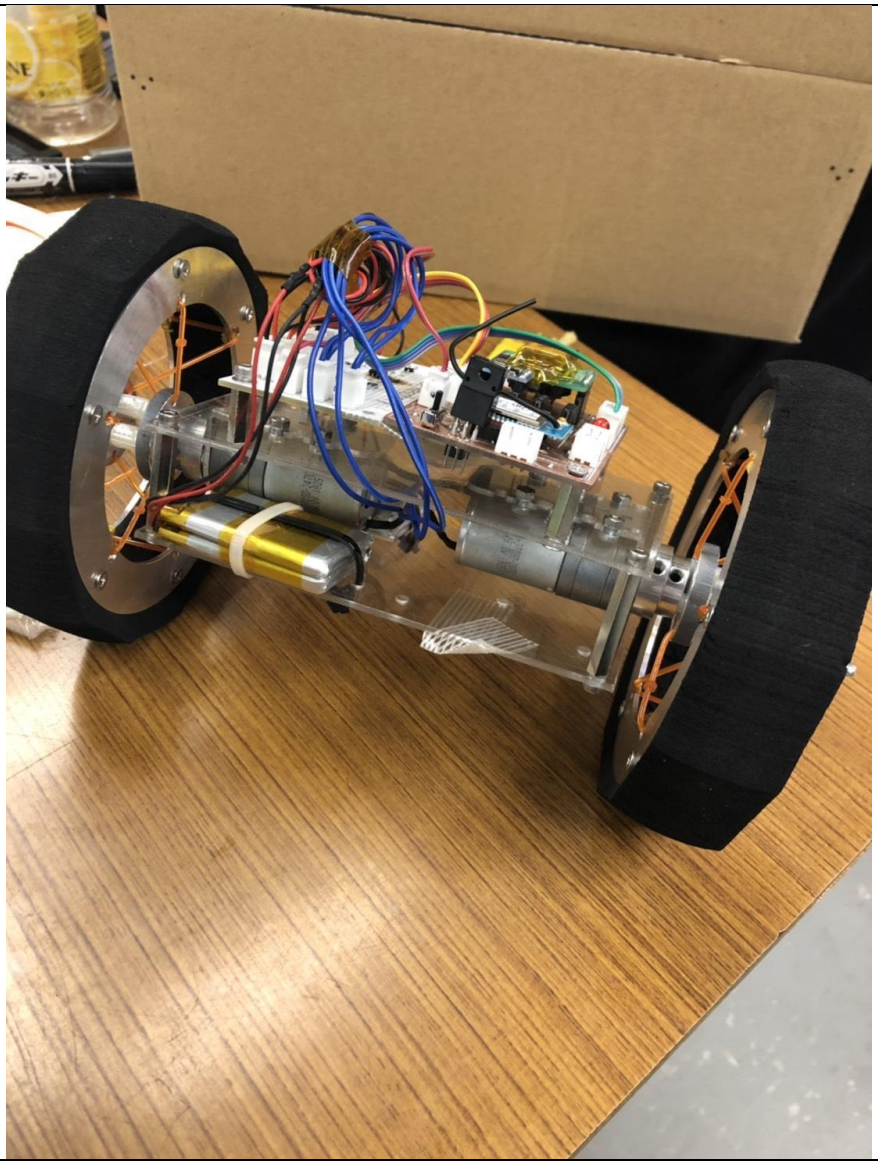
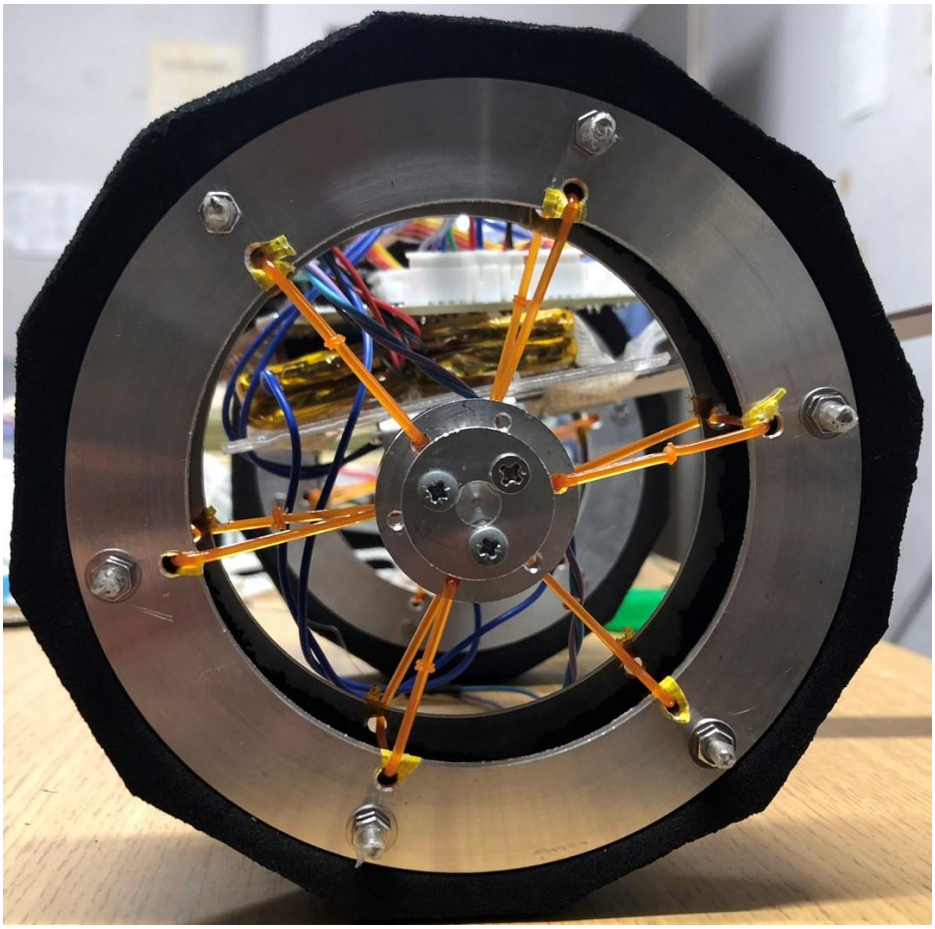


fig.2 CanSat 外観

文中で図を参照する際には必ず Fig. 1←ように相互参照で挿入すること

1. CanSat 内観・機構（図や動画を用いて機能や仕組みを説明）

高速走行をするにあたり,2015 年に ARLISS に参加した先輩方の高速走行時に CanSat のバランスが安定しないという問題があった.その問題を解消するためシャフトとタイヤを繋ぐスポークをに伸び縮みするウレタンベルト(オレンジ色)を使い,車でいうサスペンションを再現し,この問題を解決することにした.fig.3 参照)



(fig.3)

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	M1	8/22
V2	キャリア収納試験	M1	8/22
V3	通信距離試験	M2	8/16
V4	通信機電源 OFF/ON 試験	M4,S3	8/22
V5	準静的荷重試験	M5	8/20
V6	ランダム加振試験	M5	8/20
V7	衝撃試験	M5	8/20
V8	通信周波数変更試験	M6	8/22
V9	着地衝撃試験	M9	8/8
V10	パラシュート投下試験	M7	8/8
V11	パラシュート分離試験	S3	8/22
V12	走行試験	S4,S5,S6	8/22
V13	制御履歴レポート作成試験	M10,S1	8/22
V14	轍試験	S7,S8	8/22
V15	ロングラン試験	M3,M11	8/22
V16	ゴール検知試験	S9	8/22
V17	End-to-end 試験	すべて	8/22

第6章 実施試験内容

(未実施の場合でも目的、内容まではできる限り記入してください)

2. 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

CanSat とパラシュートの合計質量は 849g であった. これより, 1050g 以下でありレギュレーションを満たしていることを確認した. 以下に画像を添付する. (fig.4)

fig.4

3.　V2. キャリア収納試験

・目的

寸法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

寸法を測定し，高さ 240 ㎜，直径 146 ㎜の円筒に収納できることを確認する.

・結果

CanSat とパラシュートを合わせたときの寸法は，横 237 ㎜，高さ 132 ㎜であった．さはらかんが所有する ARLISS 用の円筒キャリアに入れた結果，収納することができ，そのうえで測定も行いレギュレーションを満たすことを確認した．以下に画像を添付する．(fig.5,6,7)

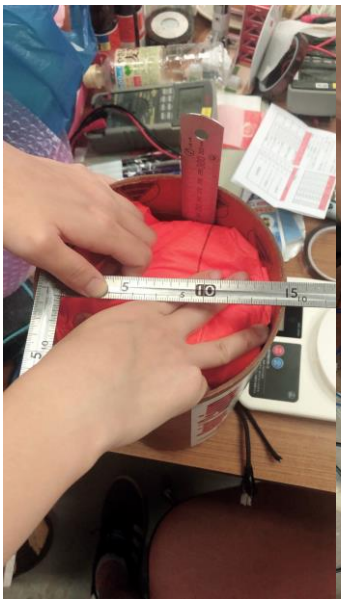


fig.5

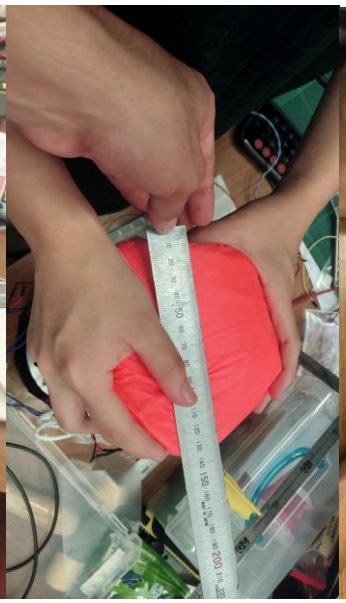


fig.6

fig.7

4.　V3. 通信距離試験

・目的

通信機が十分な通信距離を取れることを確認する.

・試験/解析内容

機体に搭載した無線機と地上局を用いて見晴らしが良い場所で行う．今回使用する無線機のスペックは 10km まで通信可能であるが，10km の直線距離が確保できかつ遮蔽物がない場所がなかったため，相模湖で試験を行い十分な距離で通信が可能であることを確認する．無線機の仕様は以下のとおりである．(fig.8)

② アンテナ

アプリケーションの使用環境により最適なアンテナの選択が可能です。

外付けアンテナタイプ　：U.FLコネクタ＋同軸ケーブル＋920MHz用アンテナ
（ダイポールアンテナ）

カスタムアンテナタイプ　：ワイヤーアンテナ

本来の通信距離を確保するためには、外付けアンテナが必要ですが、通信距離が短くても良い用途では、ワイヤーアンテナタイプの使用も可能です。

アンテナタイプ	通信距離の目安
外付けアンテナ ― 外付けアンテナ	見通し30km
外付けアンテナ ― ワイヤーアンテナ	見通し10km
ワイヤーアンテナ ― ワイヤーアンテナ	見通し5km

※ワイヤーアンテナは、ユーザー側筐体の形状により折り曲げて搭載することができます。
但し、メイン基板のグランド状態、ワイヤーの折り曲げ状態、アンテナ位置、その他金属物の影響により、アンテナの放射特性に影響を受けるため、製品搭載後の通信評価が必要です。

外付けアンテナ　　ワイヤーアンテナ

fig.8 無線機の仕様

測定方法としては，スマートフォンの GPS を用いて通信距離を測定する．

・結果

今回の試験で取れた最大通信距離は 550m であったこれより，550m 以下の距離では通信が可能であることが示された．開始地点と終了地点は以下の図の通りである．(fig.9)

fig.9　無線試験の結果

本試験では通信距離が 500m と試験距離が不足しているが，本番では遮蔽物が大幅に減るため通信は十分な距離で可能であると考えられる．また，同じ無線機器を使用した首都大学東京の宇宙システム研究室の先輩方が通信距離試験で 7.4km という結果を残しているため，この無線機で十分な距離での通信が可能であるといえる．

5.　V4. 通信機電源 OFF/ON 試験

・目的

打ち上げ時の無線機の電源 OFF の規定を守れることを確認する．

・試験/解析内容

搭載する無線機(ES920LR)はスリープモードにすると一切電波を発さない.電源は落下判定後に OFF から ON になる．本試験では，人が機体をもって手を高く掲げた状態から地面へと下げることで気圧センサを用いた落下判定を行う．落下判定前(機体を持った手を掲げた状態)では無線機が受信していないこと，落下判定後(機体を持った手を下げた状態)では無線機が受信していることを確認する．

・結果

落下判定前には無線機が受信していないこと，落下判定後には無線機が受信していることを確認した.よって打ち上げ時の無線機の電源 OFF の規定を守れることを確認できた.以下に試験動画の URL を記載する．

https://youtu.be/eYW9R3UuQh0

6. V5～8. 準静的荷重試験(V5)/振動試験(V6)/衝撃試験(V7)

・目的

<ランダム加振試験>,<準静的荷重試験>,<分離衝撃試験>
打ち上げ時の準静的荷重,振動荷重,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を試験で確認する.

・試験/解析内容

東京大学の中須賀研究室の振動試験機を用いてロケット打ち上げ時の機械的環境を模擬した試験を行った.試験時には,本番と同様の方法で機体,減速機構,分離機構をキャリアに収納した.

また,ロケットに収納されている間は本体の無線機 OFF になっている必要がある.

<ランダム加振試験>機体と減速機構,分離機構をキャリアに収納した状態でレギュレーションに従い,15G のランダム振動を加える.

<準静的荷重試験>機体と減速機構,分離機構をキャリアに収納した状態で,レギュレーションに従い,正弦波加振 20[hz],10G,加振時間を 20s として振動を加える.

<衝撃試験>レギュレーションに従い,正弦波ショック荷重最大 40G,時間 10 とする.試験で与える衝撃の大きさを段階に分けて連続して加振した.

・結果

振動試験を行った後,目視による機体の破損は見られなっかた. 以下に準静的荷重試験の動画の URL を示す.

https://youtu.be/Y1OHzPUXsaQ

以下に各振動モードにおける周波数毎の負荷 G を示す.(fig.10,11)

<ランダム加振試験>

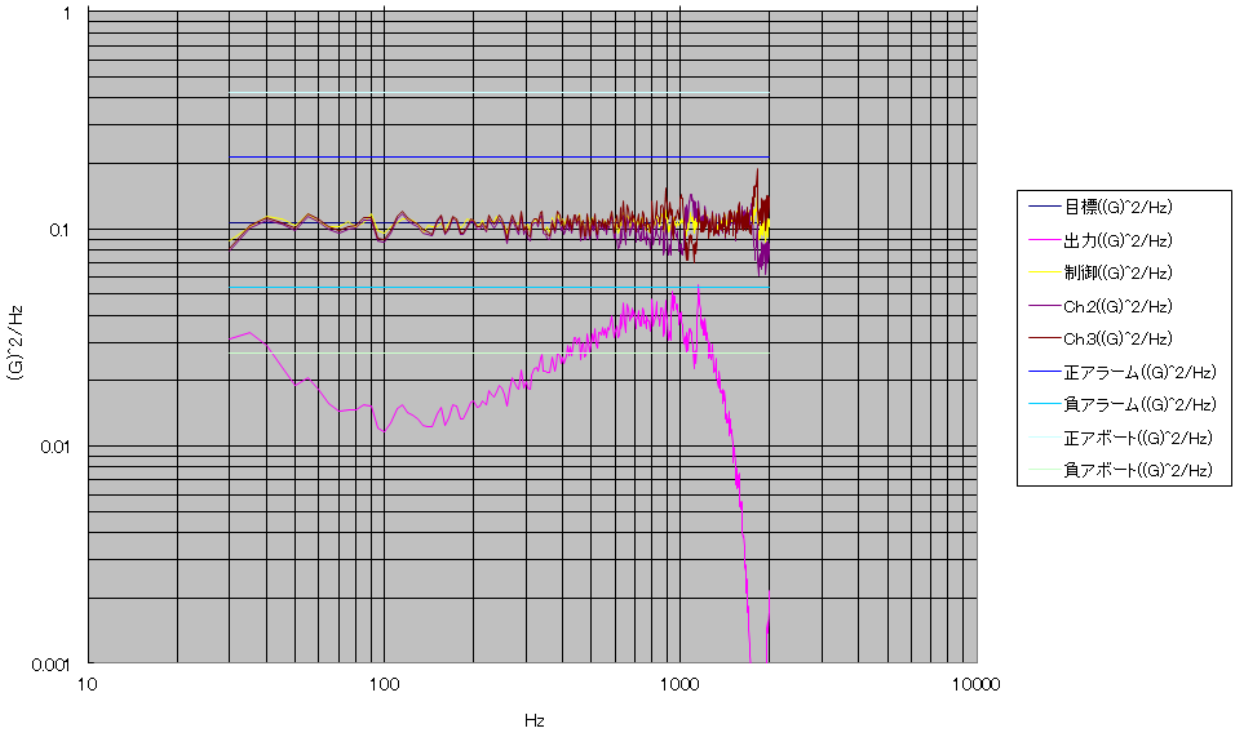


Fig.10　振動試験結果

以下の URL に試験の様子を撮影した動画を示す.
https://youtu.be/FO_gzBAuSQI

<衝撃試験>

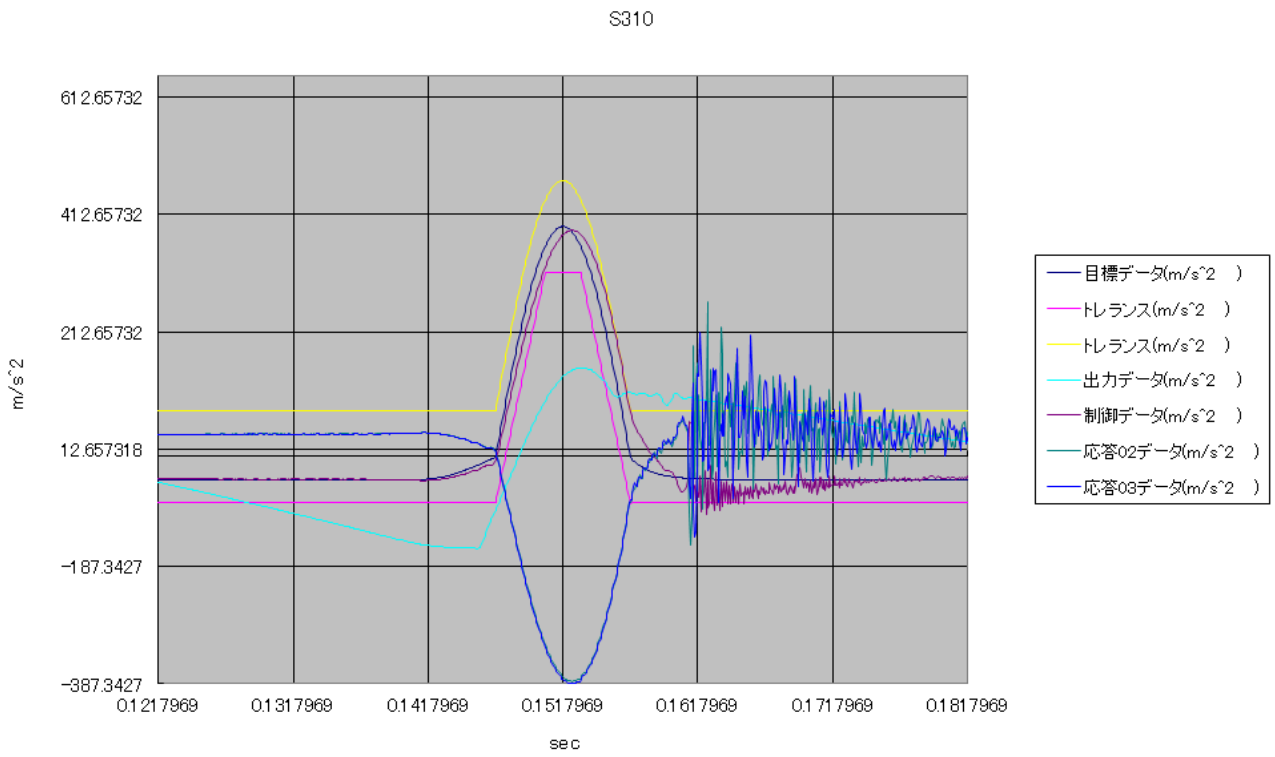


Fig.11　衝撃試験結果

以下の URL に試験の様子を撮影した動画を示す.

動画の関係で映像が途切れてしまい，上から順に 3 つの動画が連なる形となっていると　　なっている.

https://youtu.be/2MhKImPqKx0
https://youtu.be/tT5x_VZHTi4
https://youtu.be/QggRA-aQRu0

なお,1 回目は−6dB は問題なかったが−3dB でキャリアから飛び出してタイヤがひっかかったので,2 回目−6dB を 1 回経験した後，3 回目−6dB を 1 回の後ただちに 0dB を 1 回実施した．カンサットが同様に飛び出した状態でキャリアにのっかったのだがこれは実際にはキャリアにふたがされるということで OK と判断した.

その後,機体の動作確認を行うも,ファイルの管理者権限などの問題があり電装部品の動作が確認出来なかったが,機体を持ち帰り全ての電装部品の有線での動作確認を行い成功したため,本試験による機体の破損はなかったと判断した.

7.

8. V8. 通信周波数変更試験

・目的

無線のチャンネル調整ができることの確認を行う.

・試験/解析内容

搭載する無線機(ES920LR)を,TeraTerm を用いたコマンド操作によってチャンネル番号を設定する.

無線チャンネル番号の各チャンネルに対応する周波数を以下に示す.(fig.12)

1ch : 920.6	2ch : 920.8	3ch : 921.0	4ch : 921.2	5ch : 921.4
6ch : 921.6	7ch : 921.8	8ch : 922.0	9ch : 922.2	10ch : 922.4
11ch : 922.6	12ch : 922.8	13ch : 923.0	14ch : 923.2	15ch : 923.4

fig.12 チャンネル－周波数対応表 (単位は MHz)

今回は 2 ch を無作為に選出しチャンネル変更を行う.

・結果

任意のチャンネルに変更することができた. これより, 本番当日のチャンネル指定に対応可能であるといえる. 以下に試験動画の URL を記載する.

https://youtu.be/M6VmGTSVTho

9. V9. 着地衝撃試験

・目的

CanSat が, パラシュートによる減速後の着地時の衝撃に耐えられることを確認する.

・試験/解析内容

日本大学二和校地にて, 気球を用いて約 30m の高さでキャリアから CanSat を放出し, パラシュートが開傘し目標の終端速度である 5m/s まで減速して着地した後, CanSat に損傷がないか確認する. この試験はパラシュート投下試験と並行して行う.

・結果

1 つ後に記載するパラシュート試験の動画にあるように軟着陸した後, CanSat に損傷がないことを確認した. 以下に軟着陸した後の CanSat の写真をあげる. (fig.13)

fig.13

10. V10. パラシュート投下試験

・目的

キャリアから放出された後，パラシュートが開傘し CanSat の落下が減速することを確認する．

・試験/解析内容

日本大学二和校地にて，気球を用いて約 30m の高さでキャリアから CanSat を放出し，パラシュートが開傘し目標の終端速度である 5m/s まで減速することを確認する．
パラシュートの設計に関しては以下のように行った．

今回設計したパラシュートの投影面積は 0.3416[㎡]である.機体重量を 0.8[kg],抗力係数を 1.499,くき浮き密度を 1.225[kg/㎥]として計算すると,終端速度は 5[m/s]と算出された.この計算は以下の式に基づく.この終端速度であれば目視で機体の落下を確認した際,十分回避可能な速度となるため安全な落下速度であると判断した.

$$Mg = \frac{1}{2}\rho v^2 SC$$

M:機体密度(kg), ρ:空気密度(kg/㎥), v:終端速度(m/s), S:投影面積(㎡), C:抵抗係数

<パラシュート計算式>

•結果

パラシュートは開傘し十分に落下速度が減速した後，CanSat は軟着陸することを確認した．以下に試験動画の URL を記載する．

https://youtu.be/SktqM0OmAjU

11. V11. パラシュート分離試験

・目的

パラシュートと機体を分離できることを確認する．

・試験/解析内容

基板上のニクロム線でパラシュートに取り付けられたナイロン糸を焼き切ることでパラシュートと CanSat を分離できることを確認する．

・結果

ドライバ部分と同じ回路に組み込んでおり V12~13 と同上

12. V12～13. 走行試験(V12)/制御履歴レポート試験(V13)

・目的

自立制御によって高速走行できることを確認し,その際規定された制御履歴レポートを運営へ提出できる状態であるかを確認する．

・試験/解析内容

スタート地点とゴール地点を用意し自立的に高速走行できることを確認し,その際制御履歴レポートを作成し,運営への提出が可能であるかを確認する．

・結果

モータ制御の際,誤った電流をモータドライバ部分に流してしまいモータドライバ部分を故障させてしまったため,モータ制御とそれに準ずる試験を実施することが出来なかった.制御履歴作成，誘導のプログラムは完成しているので，電流量に留意しドライバ部分の回路を見直しを行い 8/23 以降順次試験を実施していく。

13. V14. 轍試験

・目的

轍を乗り越えられることを確認する．

・試験/解析内容

旭丘中央公園の砂場で轍を作り,そこで高速走行をすることでそれを乗り越えることができること,また機体がその際の衝撃に耐えられることを確認する.

・結果

V12~13 と同上

14. V15. ロングラン試験

・目的

十分に走破可能な電力があり，機体が長時間走行に耐えられることを確認する.

・試験/解析内容

段ボール箱の中で走行させることで実際の走行と同様に機体に負荷をかけながら走行不能になるまで機体を走行させることで実験的に電力量を計り，その後バッテリを変え，機体が正常に動作するか確認する.

・結果

V12~13 と同上

15. V16. ゴール検知試験

・目的

画像認識により自立制御できることを確認する.

・試験/解析内容

コーンから 10m 離れた地点に機体を置き，画像認識によりコーンに到達できることを確認する.

・結果

画像認証による誘導プログラムは完成しているので V12~13 ののち実施する.

16. V17. End-to-end 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

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 試験を実施し，機体の安全性を確認する.

- 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。

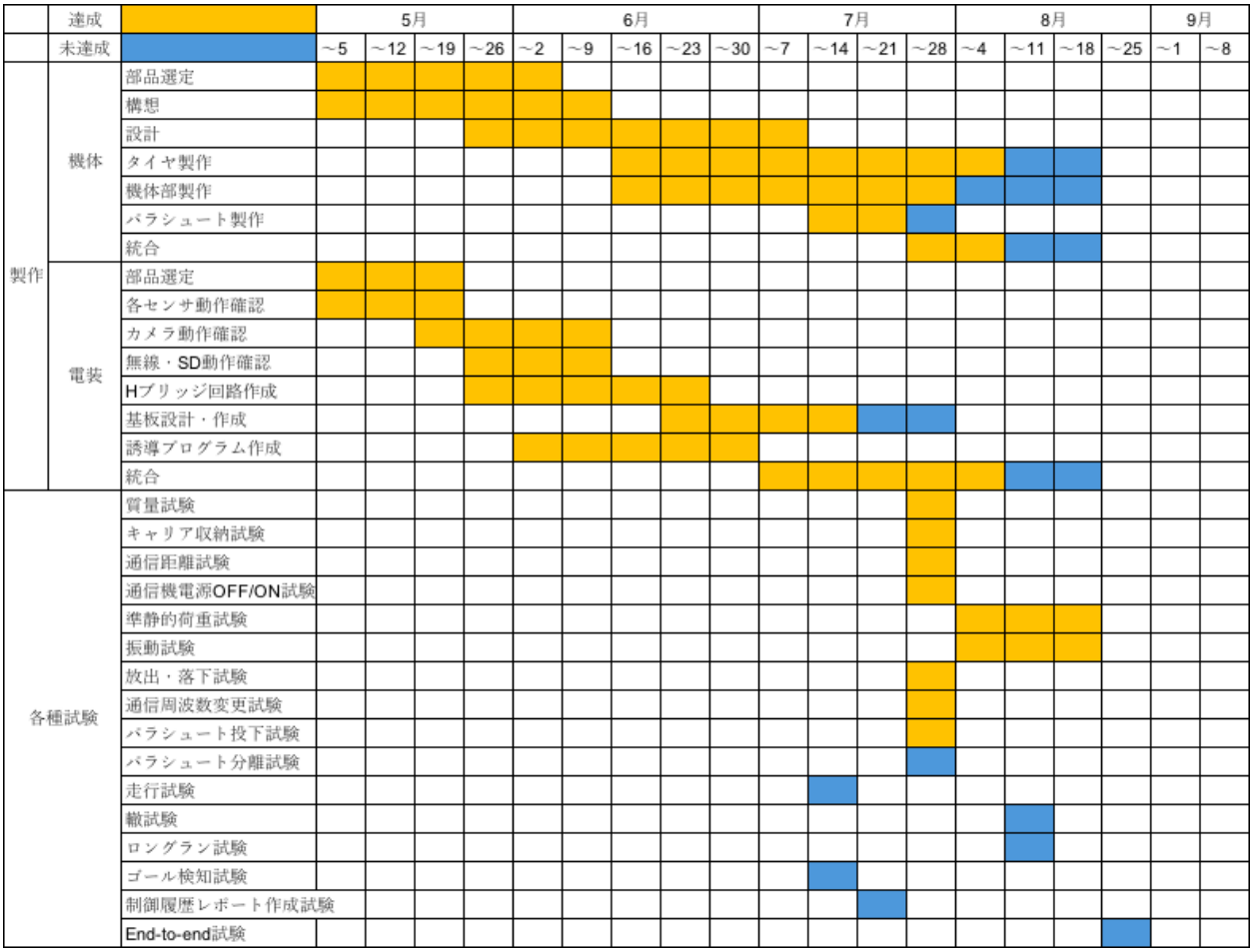
パラシュートが正常に作動した際に得られる着地衝撃と同程度の衝撃を模擬し，着地からパラシュートの分離，自律制御走行を行う.

- 結果

□　V12~13と同上

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. 各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況・予定を記入）



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)

1. 安全基準審査

要求番号	自己審査項目	自己審査結果	責任教員コメント（特筆すべき事項があれば）
	ARLISS 打ち上げ安全基準		
R1	質量と容積がレギュレーションを満たすことが確認できている	☑	
R2	ロスト対策を実施しており，有効性が試験で確認できている　（例：地上局にダウンリンクする場合，ARLISS 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ウィッチで 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	☐	

	カムバックコンペティションルールの充足		
R10	ミッション時に人間が介在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）	□	
R11	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）	□	
R12	走破性を持ちスタックしない．	□	

2. 責任教員所感（チームに関するコメントの記入をお願いいたします．）

８月２２日

本チームは首都大学東京日野キャンパス認定の技術サークル「さはらかん」に所属している．本チームは昨年度の種子島ロケットコンテストにて初めてカンサット競技に参加し，今回の ARLISS を目指している．本チームは轍等でのスタックを回避するために，２０１５年の本学チームが試みた高速走行を引き継ぐものである．２０１５年度には高速過ぎて路面の凹凸によって走行が極めて不安定となったことから，タイヤの取り付けを工夫してこれを緩和する機構を採用している．各試験項目については教員もできるだけ立ち会い，学生と共に確認を行っている．さらなる成功率向上と各試験間のオーバーラップを確保するための Δ 検証を引き続き実施するので，ぜひ ARLISS 参加をお認め頂きたい．