

ACTS 報告書

提出日：2021 年 12 月 26 日

- チーム情報

CanSat チーム名	東京理科大学 木村研究室 ぼっちゃん
CanSat チーム 代表者	三宅 音緒 miyake@kimura-lab.net , 080-2385-0560
UNISEC 団体名	東京理科大学 木村研究室
UNISEC 団体 学生代表	大川晃平
責任教員	木村 真一 skimura@rs.tus.ac.jp , 090-5752-1970

- メンバー

役割	名前 (学年)	役割	名前 (学年)
PM	三宅 音緒(B4)	構体班 班長	細江 啓三(B4)
回路班 班長	浅野 圭吾(B4)	構体班	重久 皓 (B4)
回路班	眞野 恭多(B4)	構体班	西沢 諒亮(B4)
回路班	山本 弦輝(B4)	構体班	濱本 瑞生(B4)
C&DH 班 班長	高山 幸司(B4)	C&DH 班	浦田 奈波(B4)
C&DH 班	井上 弘貴(B4)	C&DH 班	大島 義也(B4)

- CanSat の製作目的・大会参加理由

チームで意思疎通を図り、一つのものを作り上げ、その機能・性能を確かめるため。
システム工学について学び、今後の研究や生活に活かすため。

●

目次

第1章	ミッションについて	3
1.	ミッションステートメント（ミッションの意義と目的）	3
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	6
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）	6
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）	7
第4章	システム仕様	8
1.	CanSat 外観	8
2.	CanSat 内観・機構	8
3.	システム図（CanSat 搭載計器仕様一覧）	10
4.	アルゴリズム	12
第5章	試験項目設定	16
第6章	実施試験内容	17
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）	8
	各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況を記入）	8
第8章	大会結果報告	9
1.	目的	9
2.	結果	9
3.	考察	13
第9章	まとめ	14
1.	工夫・努力した点（ハード、ソフト、マネジメント面すべて）	14
2.	課題点	15
3.	今後の展望	15

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）

パノラマ写真の合成と写真送信地点への到達

1969 年のアポロ計画から半世紀以上が経った今日、アルテミス計画により 2024 年には人類が再び地球以外の天体に降り立とうとしている。人間が地球以外の環境で活動するにあたって、拠点を築くことは最初のステップとして非常に重要であり、その拠点到適した土地の環境調査にロボットが貢献できることは多い。そこで我々は、ローバーとカメラを用いた環境調査のデモンストレーションを行い、写真の撮影と送信に取り組む。

しかし、実際の環境調査において画像データに限らず何らかのデータを送受信する場合、電力や物理的距離などのリソースの観点から自由に通信を行うことはできず、大きく制限される。そのため、調査結果を効果的なものにするためには画像一枚当たりの情報量が多いことが求められる。そこで我々は、ローバーで周囲の写真を撮影しそれらをパノラマ合成することで通信回数を抑え、かつ画像一枚当たりの情報量を増やせるのではないかと考えた。

また、通信先との位置関係によって通信場所・時間も制限され、ローバー自らが時間内に通信に最適な場所へと出向く必要があるとも考えたので、今回の ACTS 大会において指定されたゴール地点を写真の送信に最適な環境であると仮定し、15 分という短い時間で、仮定した写真送信地点へ到達することもデモンストレーションの一環に含める。

以上のことから我々はパノラマ写真の合成と写真送信地点への到達をミッションに設定した。

2. ミッションシーケンス

以下の図 1 にミッションの一連の流れを示す。

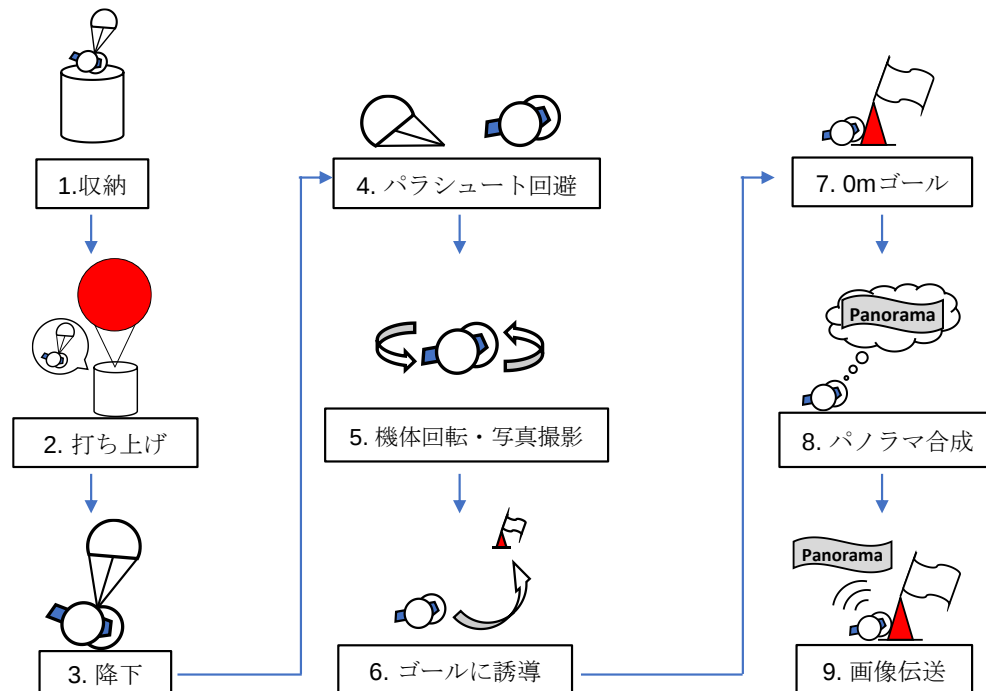


図 1：ミッションシーケンス

次にミッションの各シーケンスの詳細について以下に示す。

1. 機体を分離機構に入れテグスで縛った後、パラシュートを折りたたんでキャリアに収納する。
2. ドローンまたは気球により打ち上げ。
3. キャリアから放出されたあと、パラシュートによって減速する。またこのとき気圧センサによって放出・着地判定を行う。
4. 着地判定またはタイムアウトにより溶断回路を動作させ、分離機構を展開する。その後機体の上下を加速度センサによって判定し、必ず上向きになるようにしたうえでカメラによるパラシュート検知・回避を行う。
5. パノラマ写真用に機体を回転させながらカメラによる撮像を行う。
6. 写真撮影の後、GPS でゴールまでのおよその距離を、地磁気センサによって方向を計算しゴールへ誘導する。
7. GPS の誤差を考慮して、ゴールから 10m の地点まで誘導が完了したら、画像を用いてコーンの赤色を検知し、より近距離のゴール誘導を行う。
8. 5 で撮影した写真からパノラマ写真を合成する。
9. パノラマ写真を地上局に向けて送信する。

第2章 サクセスクライテリア

ミニмумサクセス	パノラマ合成：機体を約 40 度ずつ回転させる 写真送信地点への誘導：着地とパラシュートの分離・回避
フルサクセス	パノラマ合成：撮影した画像からパノラマ写真をオンボードで合成 写真送信地点への誘導：画像誘導によりゴールから 5m の地点に到達

また、ミニмумサクセス・フルサクセス以外に以下の項目を設定した。

ミドルサクセス	パノラマ合成：写真を撮影・保存 写真送信地点への誘導：GPS による機体の誘導を完了する
アドバンスドサクセス	パノラマ合成：合成したパノラマ写真を地上局に送信する 写真送信地点への誘導：0m ゴール

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
	<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、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 <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））
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
	<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	パラシュート展開時の衝撃に分離機構と機体が耐えることを試験で確認できている
M2	着地時の衝撃によって、ミッションを達成するための機能が損なわれていないことを試験で確認できている
M3	機体がキャリアから放出されたかどうかの判定を行えることを試験で確認できている
M4	機体が着地したかどうかの判定を行えることを試験で確認できている
M5	機体にパラシュートがかぶらないことを試験で確認できている
M6	機体がパラシュートから分離し、回避できることを試験で確認できている
M7	パノラマ写真のために機体が同じ場所で一回転できることを試験で確認できている
M8	撮影した画像を用いてパノラマ写真を合成できることを試験で確認できている
M9	機体の走行性能が十分であることを確認できている
M10	GPSを用いて機体をゴール地点まで誘導できることを試験で確認できている
M11	画像誘導によって機体をゴール地点まで誘導できていることを試験で確認できている
M12	パノラマ写真を送信できるか試験で確認できている
M13	ミッション達成に十分な電力量が確保できていることを試験で確認できている

第4章 システム仕様

1. CanSat 外観

図 2 に作成した機体の外観を示す。

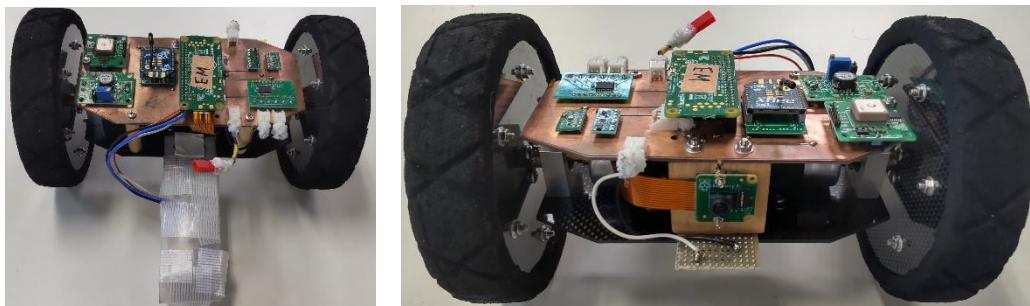


図 2 : 機体外観(左 : 後方、右 : 前方)

2. CanSat 内観・機構

2.1 回路基板

図 3 に作成した回路基板を示す。

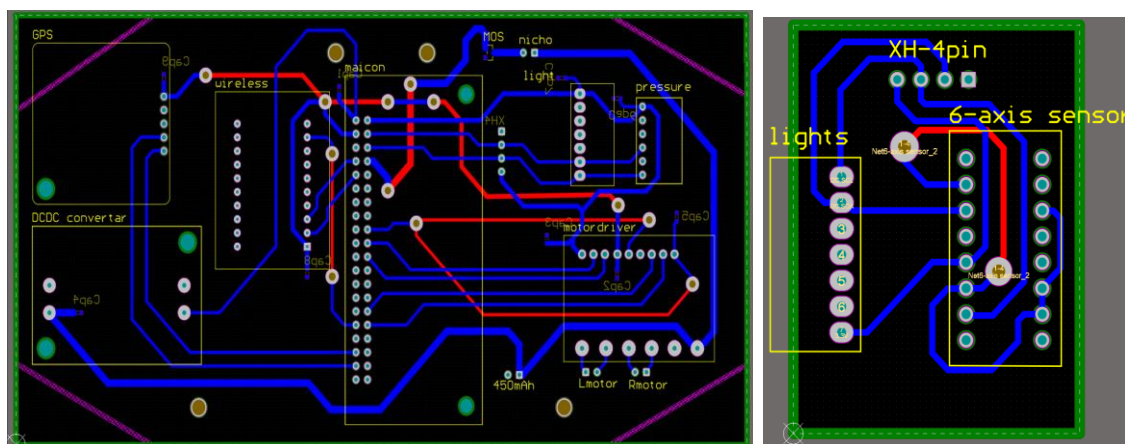


図 3 : 回路基板

上基板中央にはマイコンである Raspberry pi zero wh を配置し、マイコンを取り囲む形で GPS、XBee、DC/DC コンバーター、気圧・照度センサ、モータードライバを配置した。また、マイコンの下を通す形で 4 ピンを配置しスタビライザーのセンサ類と I2C 通信を行っている。基板上部と XBee 下には MOSFET を半田付けし、GPIO から電圧をかけることで溶断回路と無線機の電源を制御する。

2.2 分離機構

キャリア収納時には図 4 に示す分離機構で機体を包む。分離機構には計 10 か所の穴が開いており、赤枠で囲った箇所にはパラシュートの紐を通し、青枠で囲った箇所にはテグスを通す作りになっている。着地後は青枠で囲った箇所に通したテグスが図 6 の溶断回路で焼き切られることで展開する仕組みとなっている。また、展開時に分離機構が機体の走行の妨げとならない様にテープメジャーを貼り付けることで反発力を生かした展開を実現する。

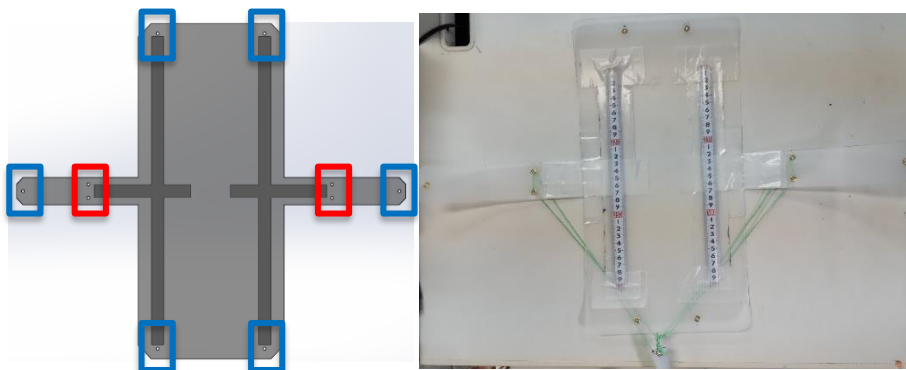


図 4：分離機構

2.3 パラシュート

図 5 に示すパラシュートには中心に空気を通すための穴であるスピルホールを採用し、落下時の直線性を高めつつ、終端速度を容易に調整することが出来るような構造を取っている。また、着地後に機体にパラシュートが覆いかぶさらないようにテープメジャーで作製したロッドを設け、さらにパラシュート生地に鮮やかな赤色を採用することでカメラを用いたパラシュート検知・回避を実施する。また、パラシュート・スピルホール・ロッドの具体的な寸法について以下に示す。



図 5：パラシュート

表 1：パラシュートの寸法	
部位	寸法
パラシュート直径	108 cm
スピルホール直径	11 cm
ロッド長	60 cm

その他に、パラシュートが展開した衝撃の対策として以下の 3 点を実施した。

- ・パラシュートが破れないように、平ゴムを介して紐を装着した。
- ・紐がちぎれない様に、ロッドにはハトメを通してある。
- ・紐の結び目をもやい結びで統一しパラシュートの衝撃荷重に対して強度を確保した。

2.4 溶断回路



図 6：溶断回路

ローバー前方、カメラ下には図 6 の赤枠で囲った溶断回路が設置されており、着地後の分離機構の展開に用いる。この溶断回路は、直径約 0.26mm、長さ 150mm のニクロム線をコイル状に 6 回巻いたもので、気圧センサによって着地判定がなされるとマイコンによって MOSFET がオン状態になりバッテリー電圧 (約 7.4~8.4V) が印加される。すると約 3 秒で 250 度前後まで熱せられ、テグスを溶断する。

3. システム図 (CanSat 搭載計器仕様一覧)

以下の図 7 にローバーのシステム図を示す。青色で示した部品はローバー本体、黄色で示した部品はローバー上部のメイン基板、緑色で示した部品はローバー後方のスタビライザーに搭載されている。

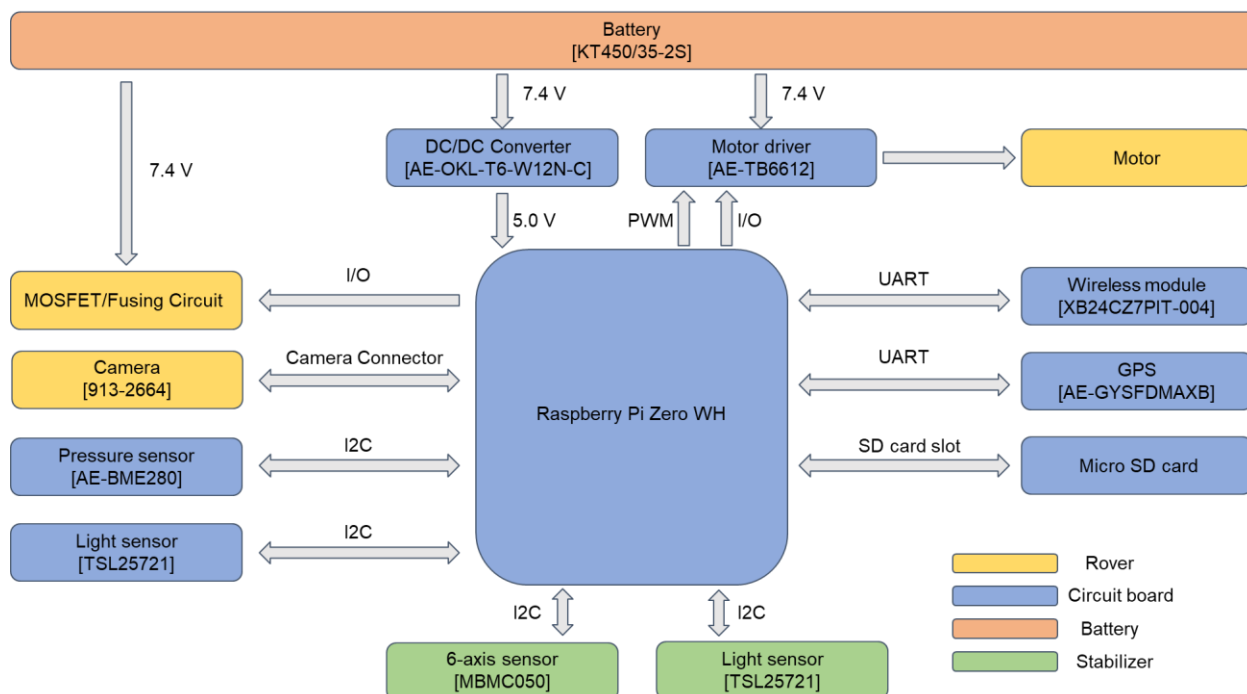


図 7：システム図

図 7 に示ように、マイコンとモーターのバッテリーは 1 本に統一し軽量化を図っており、モータードライバにはバッテリーからの電圧を直入れし、マイコンには DC/DC で 5v に降圧している。

また、図 6 の分離機構を展開するための溶断回路にも 7.4V が印加されておりマイコンの GPIO ピンで制御を行う。気圧・照度・6 軸センサは I2C でマイコンと通信を行い、無線モジュールは UART 通信、GPS モジュールはソフトウェア UART 通信を利用する。これらのセンサ類の電源にはマイコンによって降圧された 3.3V の電源を用いる。

続いて以下の表 2 に搭載機器の型番、用途及びデータシートを示す。

表 2 搭載機器一覧

搭載機器	型番	用途	データシート
バッテリー	KT450/32-S	電力供給	yahoo ショッピング
6 軸センサ	MBMC050	着地・機体スタック ・ゴールの判定	BOSCH
気圧センサ	AE-BME280	放出・着地判定	秋月電子通商
照度センサ	TSL25721	パラシュート被覆判定	秋月電子通商
MOSFET	IRLML6344TRPBFTR	テグス溶断・無線 ON/OFF	秋月電子通商
DC/DC コンバータ	AE-OKL-T6-W12N-C	バッテリー電圧の降圧	秋月電子通商
モータードライバ	AE-6612	モーターの制御	秋月電子通商
ロボサイトギア モーター	RA250060-58Y91	動力	株式会社ダイセン 電子工業
無線 (XBee)	XB24CZ7WIT-004	文字・画像送信	秋月電子通商
GPS モジュール	AE-GYSFDMAXB	ローバーの誘導・ 位置の把握・着地判定	秋月電子通商
カメラモジュール	カメラモジュール V2 913-2664	パラシュートの位置 確認・写真撮影・ ゴール判定	RS コンポーネンツ 株式会社
マイクロ コンピューター	RaspberryPi Zero WH	機体の制御・ 各モジュールの動作	SwitchScience

4. アルゴリズム

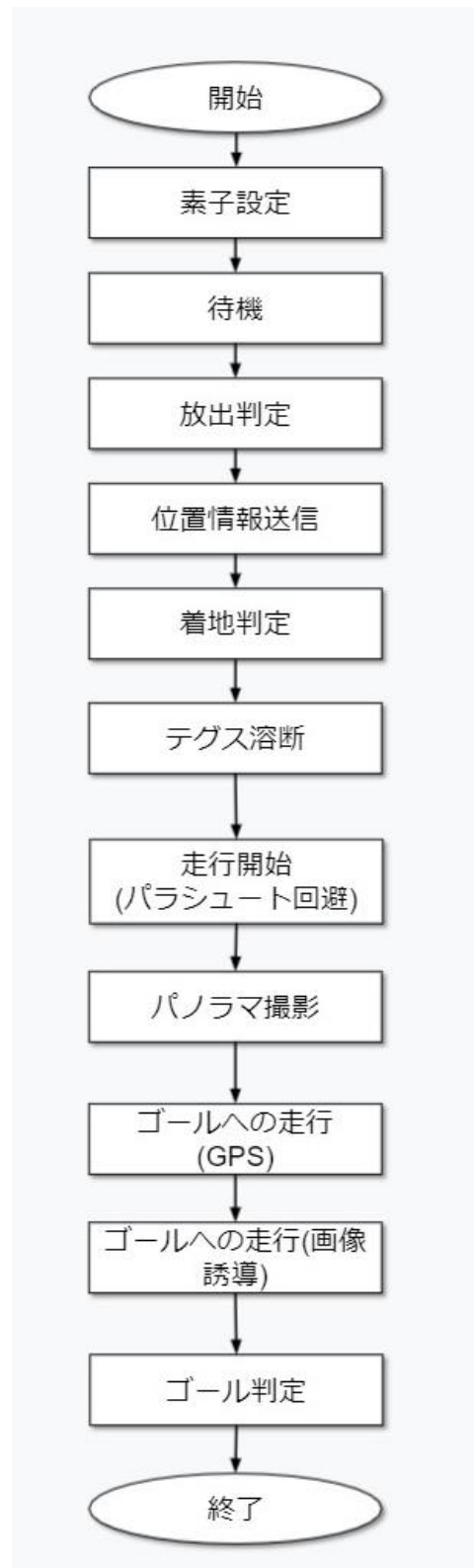


図 8：全体のフローチャート

図 8 に全体のフローチャートを示す。キャリアから落下するとともにパラシュートが展開し、減速しながら地面に落下する。

落下の際に気圧センサを用いて気圧値の変化を測定し、放出判定を行う。放出判定後、位置情報を送信する。放出判定後、気圧センサの値が設定した値の範囲内に収まっている場合、着地判定を行う。

走行開始部分では、パラシュートに絡むことがないようパラシュート回避を行う。パラシュート回避エリア外に移動できた段階で、ミッションの一部であるパノラマ撮影を行う。

その後 GPS 誘導によるゴールへの走行を行う。GPS の誤差を考慮し、ゴール付近(ゴールを中心とする半径 6m の円内と定義する)では画像内の赤コーン検知による誘導を用い、0m ゴールが達成できた段階、ミッションであるパノラマ合成、画像伝送をおこなう。

以下の図 9 に走行開始時(パラシュート回避時)のフローチャートを示す。

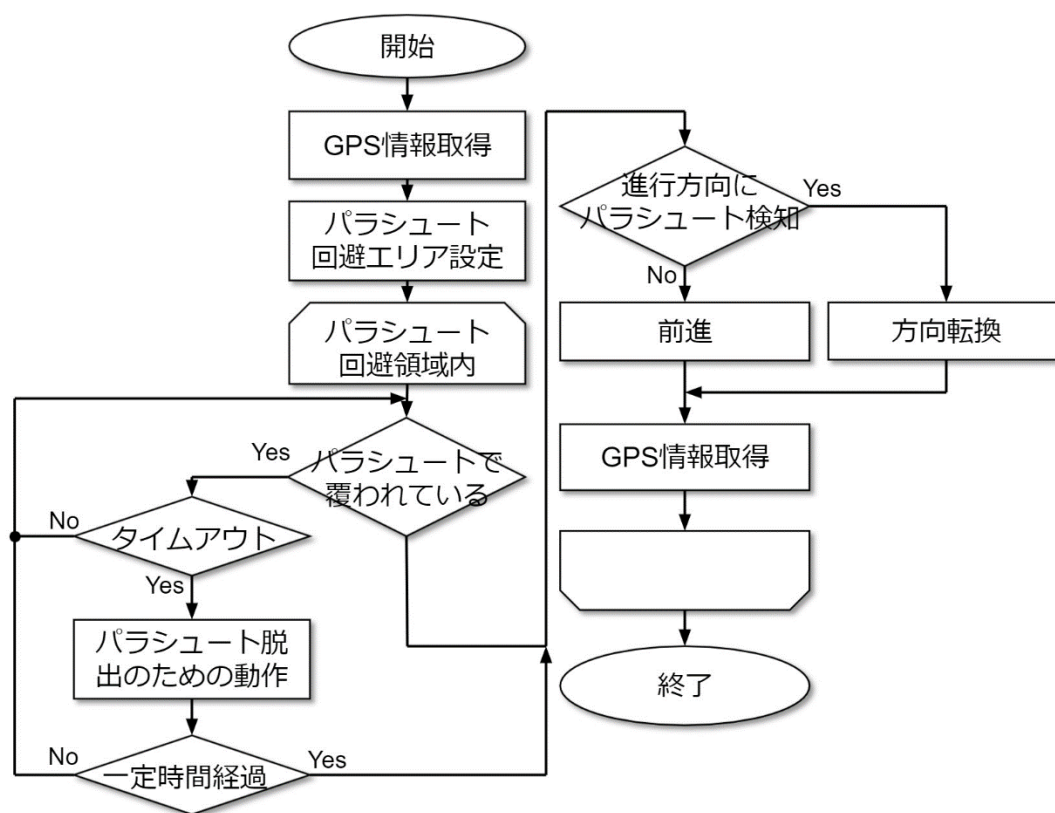


図 9：走行開始時のフローチャート

走行開始時のパラシュート回避について述べる。まずローバーが着地した地点の緯度経度を保存し、その地点から設定した距離までの領域をパラシュート回避エリアとする。パラシュート回避エリア内にローバーがあるとき、ローバーがパラシュートに覆われているかどうかの判定を照度センサで行う、パラシュートに覆われていた場合、一定時間待機した後パラシュート脱出のための動作を行う。その後一定時間待機した後、パラシュートに覆われていない場合のフェーズに合流し、進行方向にパラシュートがあるかどうかをローバーが撮影した画像から判定する。進行方向にパラシュートがあるときは方向転換し、ないときは一定時間前進する。その後 GPS 情報を取得し、パラシュート回避エリア内にローバーがいるかどうかの判定を行う。これらの動作をローバーがパラシュート回避エリアの外に移動するまで行う。

以下の図 10 にミッションの一部であるパノラマ撮影のフローチャートを示す。

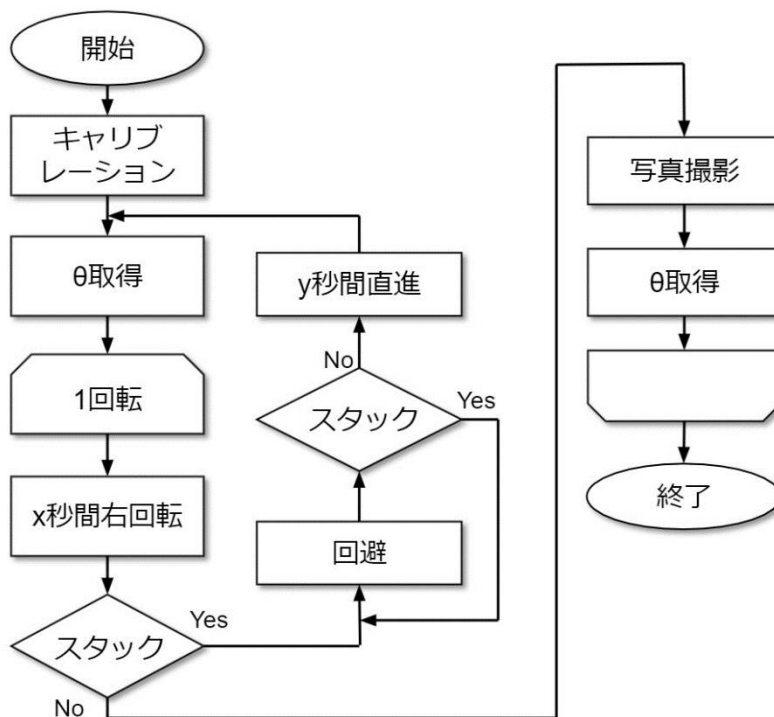


図 10：パノラマ作成時のフローチャート

ミッションは、着地後パラシュートに絡まないよう着地点から離れた地点で行う。地磁気センサを用いて、回転、停止を行いながら後にパノラマ合成できるよう写真撮影を行う。地磁気センサの誤差、および芝生の状態による撮影枚数の変化に対応できる設計とした。

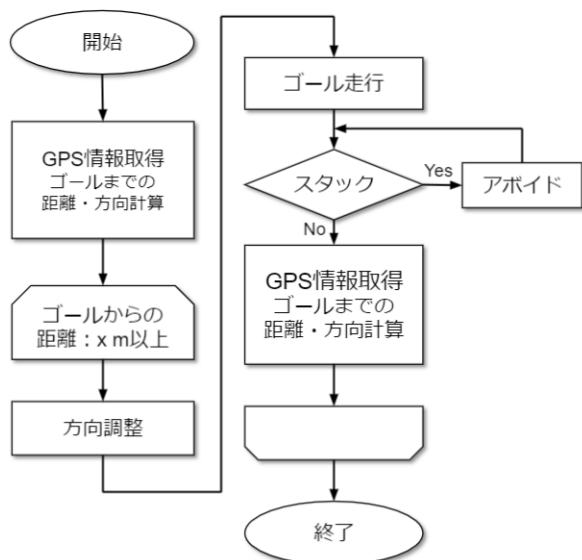


図 11：GPS 走行時のフローチャート

左の図 11 に GPS 走行のフローチャートを示す。ゴールから 6m以上離れているときは GPS 走行を行う。GPS 情報よりゴールとの方向を取得して、6 軸センサの地磁気センサによって方向調整をし、常にゴール方向を向くようにしながら前進を行う。スタック判定は GPS の位置情報の差分距離によって判定する。差分距離は (V16) GPS 走行試験の結果から、約 0.7m に設定した。

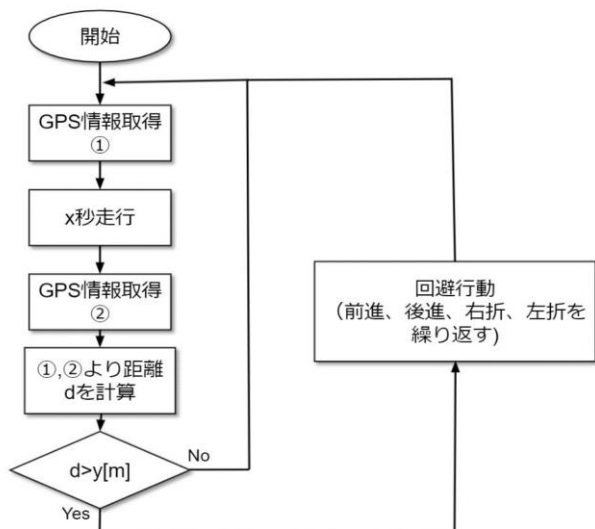


図 12 : GPS 走行時のスタック判定のフローチャート

左の図 12 に GPS 走行時のスタック判定のフローチャートを示す。

走行中に、GPS 情報の差分を取り、しきい値 (0.7m) 以下であった場合スタックしたと判定し回避行動に移る。

(V21)End to End 試験より、草地におけるスタック回避はローバーを回転させる動作が有効であったため、回転動作を重点的に行う。その他にもモーターの出力を上げ、前進・後進・右折・左折を繰り返す動作も行う。

以下の図 13 にゴール判定のフローチャートを示す。撮影をして赤色検出を用いてゴール検出を行う。ゴールが検出されないときは、タイムアウトしてないならば方向転換して再びゴール検出へ、タイムアウトしたならば、ゴールをあきらめてパノラマ作成に移行する。ゴールが検出されたときは画像からゴール中心方向を計算して、約 1.5 秒間すすむ。その後画像の中の赤色の面積が十分であるかを判断する。赤色面積が不十分なとき、タイムアウトしてないならばスタートに戻る。タイムアウトしたならば時間切れという意味でゴール判定。赤色面積が十分なときはゴール判定を行う。

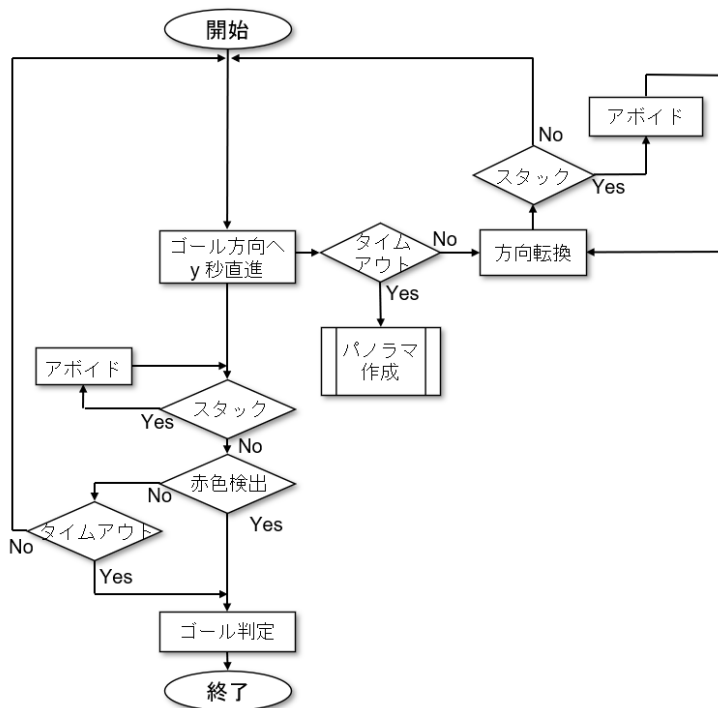


図 13 : ゴール判定のフローチャート

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	質量試験	R1	7/19
V2	キャリア収納試験	R1	7/19
V3	パラシュート展開衝撃試験	M1	8/7
V4	パラシュート落下試験	R3, M5, M6	8/7
V5	放出判定試験	M3	8/7
V6	着地判定試験	M4	8/7
V7	準静的荷重試験	R4	7/30
V8	振動試験	R5	8/18
V9	分離衝撃試験	R6	－
V10	周波数変更試験	R8	7/5
V11	無線機電源 ON/OFF 試験	R7	7/24
V12	着地衝撃試験	M2	8/7
V13	機体回試験	M7	8/1
V14	パノラマ処理試験	M8	7/19
V15	走行試験	M9	8/5
V16	GPS 誘導試験	M10	8/5
V17	ゴール検知試験	M11	8/5
V18	通信試験	M12, R2	7/1
V19	電力試験	M13	7/19
V20	キャリア収納時間計測試験	R10	8/7
V21	End to End 試験	R9	8/26
V22	制御レポート試験	R11, R12	8/12

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

質量計で測定を実施し、機体とパラシュート・分離機構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）以下であることを確認する。

○ 結果

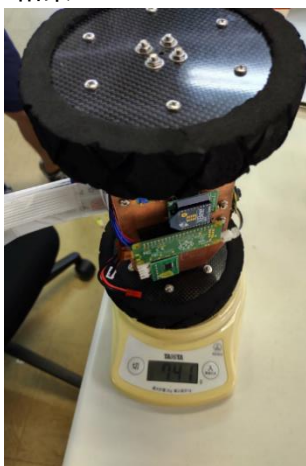


図 14：ローバー本体重量

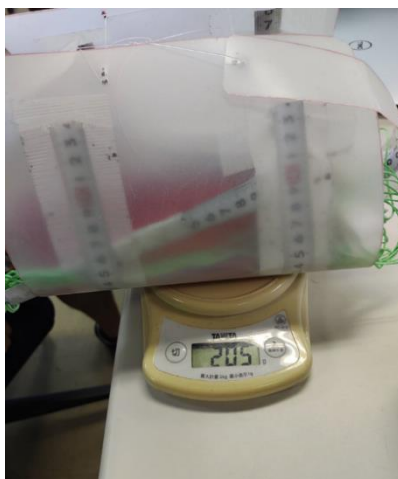


図 15：減速・分離機構重量

図 14、図 15 に計測結果を示す。

軽量の結果、

ローバー本体：741 g

分離機構：205 g

合計：946 g

であった。

○ 結論

パラシュートと機体の全てを含めた質量がレギュレーションを満たす。また、104gのマージンがあることが確認できた。

(V2) キャリア収納試験

○ 目的

作成したローバーがキャリア内に収納可能であることを確認する。また、キャリアから滑らかに放出することができることを確認する。

○ 試験/解析内容

大会のキャリアを模した円筒状の容器にローバーを収納し、放出できることを確認した。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

1 回目：<https://youtu.be/ZW3uFH8IMkc>

2 回目：<https://youtu.be/JDOTXq7AP5s>

3 回目：<https://youtu.be/Ag0tLYZt8nc>

4 回目：<https://youtu.be/SdTrZqtKgF8>

○ 結論

動画より4回の試行でキャリアに納まり、滑らかに落下していることが分かる。

(V4) パラシュート落下試験

○ 目的

パラシュートの開傘と減速が可能であること、及び終端速度が5m/s以上となることを確認する。

○ 試験/解析内容

ローバーにパラシュートをつけ25mの高さから落下させ、その性能について評価を行った。パラシュートが開傘することを目視により確認し、落下時間を測定したのち、測定した落下時間から終端速度を算出した。また、1回目でパラシュートが機体に覆いかぶさってしまったので紐の長さを変更したが、落下が不安定になってしまったので3回目で再度紐の長さを調整した。最終的な紐の長さは60cmであった。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

1回目：https://youtu.be/oRME87S6x_8

2回目：<https://youtu.be/5F14aCSjPhg>

3回目：<https://youtu.be/7xjJig3doRk>

4回目：<https://youtu.be/cp5E32HUpBk>

動画より落下時間を計測し終端速度を算出すると以下の表1のようになった。

表1：終端速度

	落下時間 (s)	終端速度 (m/s)
1回目	5.91	6.217
2回目	4.41	6.218
3回目	5.54	6.217
4回目	5.82	6.217

○ 結論

パラシュートの開傘を確認することができ、25mの高さからの落下においては終端速度が約6.2m/sに一致していることが分かる。

(V7) 準静的荷重試験

○ 目的

打ち上げ時の準静的荷重に耐えうることを確認する。

○ 試験/解析内容

以下に試験の手順を示す。

1. 機体を 2m のロープで結び、回転数 67rpm で回転させ、10G の負荷を与える。

なお、10G の計算には以下の式を用いた。

$$G = 1.119 \times r \times N^2 \times 10^{-3} \quad (G: \text{遠心加速度}, r: \text{回転半径[m]}, N: \text{回転数[rpm]}) \quad (1)$$

2. 動作確認用のプログラムを実行し、モーター・溶断回路・各センサ類が動作しているか確認する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

<https://youtu.be/TdUAWFUI3Rw>

また、荷重を加えた後にセンサ類から読みだした数値や、無線の受信状態を以下の図 16 に示す。

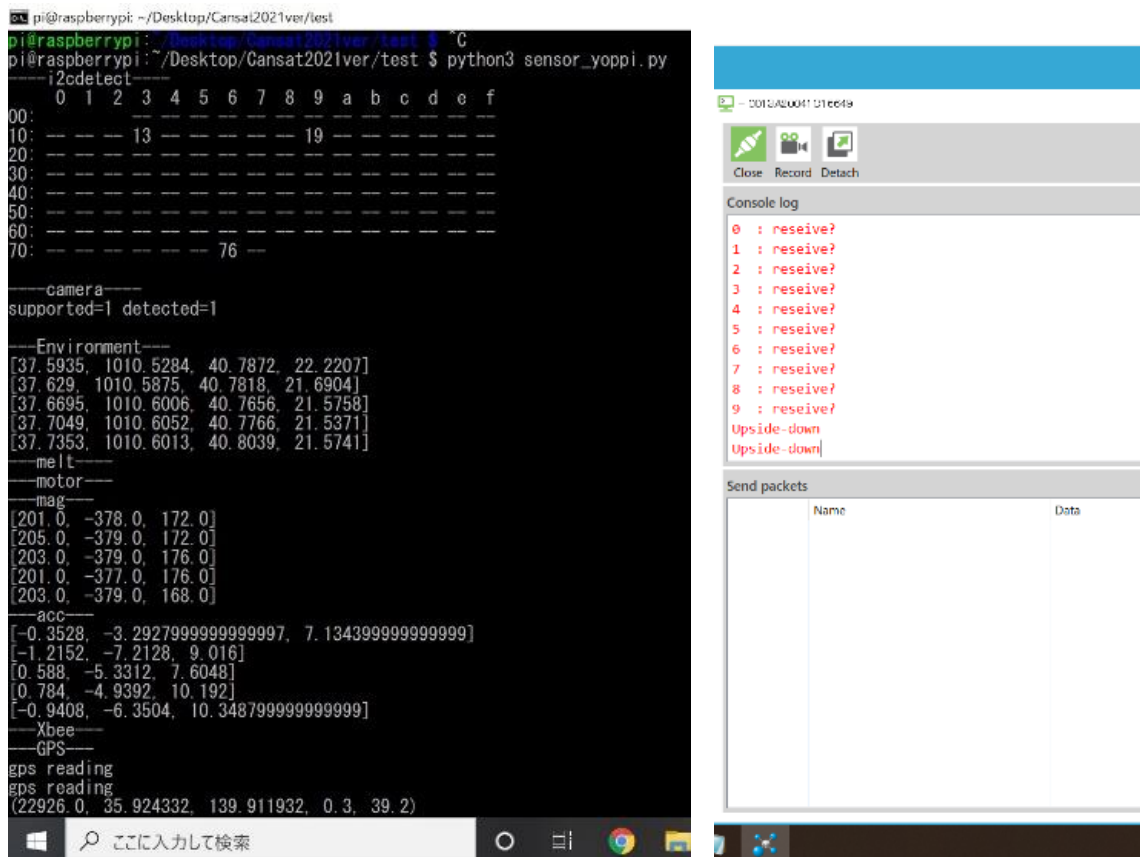


図 16 : 荷重を加えた後のセンサ類の数値、無線の受信状態

○ 結論

動画及び図 16 より、溶断回路・モーター・XBee・GPS・6 軸、気圧センサの全てが荷重を加えても問題なく動作していることが確認できた。よって、機体が準静的荷重に耐えることを確認できた。

(V8) 振動試験

○ 目的

打ち上げ時の振動荷重に耐えうることを確認する。

○ 試験/解析内容

以下に試験の手順を示す。

1. 30Hz~2000Hz、15G のランダムな振動を 60 秒間与える。
2. モーター・溶断回路・センサ類の動作を確認する。
3. 機体のネジにゆるみがないか確認する。

○ 結果

試験の動画を以下の動画にて示す。

加振時の様子(音量注意) : <https://youtu.be/y7Ue7I8Gndo>

溶断動作 : <https://youtu.be/LdnB3y85rmQ>

モーター動作 : <https://youtu.be/Nfhh53fjV-Q>

コネクタを差し直した後の溶断・モーター動作 : <https://youtu.be/b0VNNSbvpJI>

また、各センサの動作状態を以下の図 17 に示す。

```
pi@raspberrypi: /Desktop/Cansat2021ver/test $ python3 sensor_yoppi.py
-----i2cdetect-----
      0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  --  --  -- 13  --  --  --  -- 19  --  --  --  --  --  --
10:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
20:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
30:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
40:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
50:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
60:  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --  --
70:  --  --  --  --  --  -- 76  --  --  --  --  --  --  --  --

-----camera-----
supported=1 detected=1

-----Environment-----
[21.4935, 995.7937, 60.0309, 147.9606]
[21.4884, 995.7587, 60.2258, 148.2622]
[21.4833, 995.7505, 60.2083, 148.3308]
[21.4833, 995.831, 60.1624, 147.6317]
[21.4884, 995.7587, 60.1282, 148.2622]
-----melt-----
-----motor-----
-----mag-----
[54.0, -369.0, 392.0]
[50.0, -371.0, 392.0]
[48.0, -364.0, 392.0]
[53.0, -367.0, 392.0]
[48.0, -365.0, 392.0]
-----acc-----
[-4.4688, -12.8576, 0.7056]
[-3.0968, -8.624, 1.6856]
[-4.9784, -11.2112, -0.8623999999999999]
[-8.5456, -10.6624, 2.2736]
[-0.9016, -13.2496, -2.7439999999999998]
-----Xbee-----
-----GPS-----
gps reading
gps reading
```

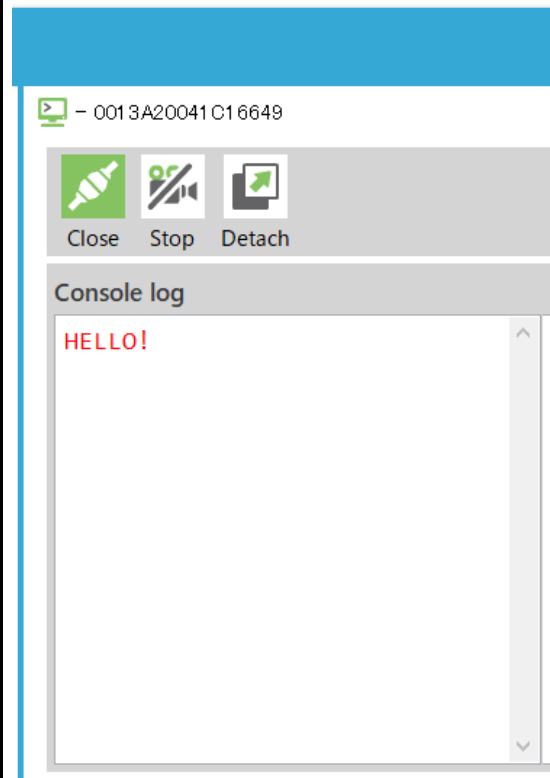


図 17 : 加振後のセンサ類の数値、無線の受信状態

○ 結論

加振後の溶断回路について、正常に動作せず、分離機構から脱出できなかった。その後、機体を取り出し、コネクタを挿し直して動作させたところ溶断できたので、振動により接触の不具合などが生じたと考えられる。そこで、溶断回路のコネクタ部について以下の様に修正を加えた。

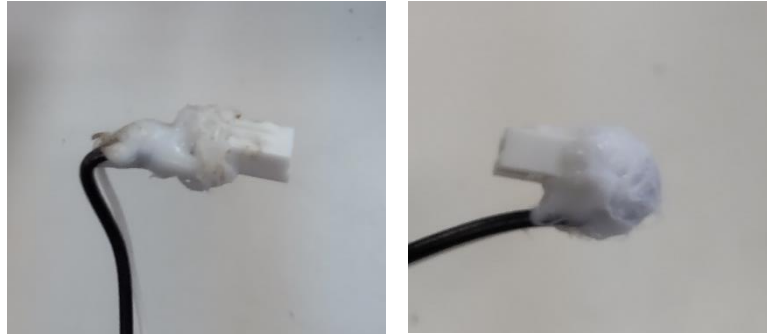


図 18：溶断回路コネクタ(左：修正前、右：修正後)

図 18 より、コネクタの配線を内側に折りたたんだ状態でボンド付けすることで機体の収納時にコネクタが分離機構と干渉し、圧迫されないように修正した。また、機体の収納の際にはネジだけでなくコネクタの接続も確認するようにする。

モーター及びセンサ類について、加振後でも動作し、値を取り出すことが可能であると確認できた。なお GPS は室内であったため位置情報の読み込みまでにとどまった。

機体の全てのネジについて、加振後でもゆるみや破損などは認められず問題なく固定できていることが確認できた。

(V9) 分離衝撃試験

○ 目的

ロケットからの分離時にかかる衝撃荷重に機体が耐えうるか確認する。

○ 試験/解析内容

実施せず

○ 結果

実施せず

○ 結論

実施せず

(V10) 周波数変更試験

○ 目的

使用する無線機のチャンネルが他チームと競合した場合にその場で周波数の変更が出来ることを確認する。

○ 試験/解析内容

以下に試験の手順を示す。

1. 地上局・ローバー両方の無線機の周波数が一致していることを確認したうえで、ローバー側から文字列“HELL0!”を送信し地上局側で受信できていることを確認する。
2. ローバー側で周波数を変更し、地上局と通信が出来ていないことを確認する。
3. 地上局側の周波数をローバーと同じチャンネルに変更する。
4. 再度ローバー側から文字列“HELL0!”を送信し地上局側で受信できていることを確認する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

<https://youtu.be/26bpJKPncEw>

○ 結論

動画より、Raspberrypi または XCTU 上において、プログラム、コマンドを実行することで周波数の変更を行えることが確認できた。また、ローバー側の無線機はプログラムの実行さえ可能であれば、分離機構やキャリアなどに収納してしまった後でも取り出すことなく周波数の変更が可能である。

(V11) 無線機電源 ON/OFF 試験

○ 目的

使用する無線機がキャリアに収納されている間、電源を OFF にできることを確認する。

○ 試験/解析内容

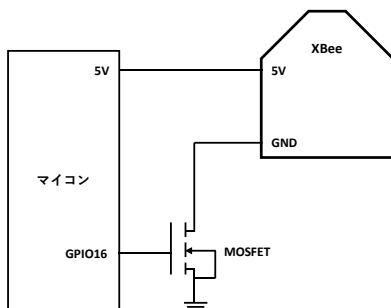


図 19：無線機の回路略図

図 19 に回路の略図を示す。無線機はマイコンにより 5V の電源が供給され、マイコンの GPIO ピンと無線機の GND ピンを MOSFET を介して接続している。これによりマイコンの GPIO ピンで MOSFET を制御することで無線機の電源を切り替えている。

また、無線機は LED 付きピッチ変換基板を介して回路基板に接続されており LED の状態により電源の供給の有無を評価する。試験では無線機の電源の ON/OFF を 3 回繰り返した。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

<https://youtu.be/3ZMaeMEOPCA>

○ 結論

動画より、3回の試行すべてで基板上のLEDが点灯状態から消灯状態になり電源が落ちていることが分かる。よって、自由に無線機の電源を切り替えられることが確認できた。

(V18) 通信試験

○ 目的

使用する無線機が ACTS において十分な通信距離を有し、ロスト対策に有効であることを確認する。

○ 試験/解析内容

以下に試験の手順を示す。

1. 東京理科大学野田キャンパスのグラウンドにおいて、ローバー側から GPS によって得られた自身の位置情報を地上局側に送信し続ける。
2. 地上局側で位置情報を受信できていることを確認し、記録したうえで、完全に通信が途絶えるまでローバーを地上局から遠ざけていく。
3. 最初と最後に受信した位置情報から通信可能な距離を計測する。

○ 結果

以下の表 2 に最初と最後に受信した位置情報を示す。

表 2：取得した位置情報

	緯度	経度
最初	35.92395	139.911362
最後	35.92444	139.914244

以上の位置情報より、直線距離を計算すると約 266m であった。

○ 結論

使用する無線機 XBee は ACTS において十分な通信距離を有しているといえる。

(V20) キャリア収納時間計測試験

○ 目的

パラシュートと分離機構を含めた全機構の収納時間が 5 分以内に収まっていることを確認する。

○ 試験/解析内容

本番で使うキャリアを模した円筒状の容器に、本番を想定した手順で機体を収め、完了するまでの時間を計測する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

<https://youtu.be/1oKugGn7Mts>

○ 結論

動画より、収納に要した時間は約 3 分 45 秒で、全機構の収納時間が 5 分以内に収まっていることを確認できた。

(V21) End to End 試験

○ 目的

本番を想定した手順でローバーを動作させ、各シーケンスを自律的に実行できることを確認する。

○ 試験/解析内容

放出判定、着地判定、テグスの溶断による分離機構からの脱出、パラシュート回避、GPS・6軸センサによる目標地点へのナビゲート、ミッション遂行、ゴール検知までの各手順を一連の流れで実行させる。動作が偶然ではないことを示すため、3回行った。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

1 回目 : https://youtu.be/1-Fe_87Mia0

2 回目 : <https://youtu.be/7APxVXbDgkY>

3 回目 : <https://youtu.be/Povh1DD1Ero>

○ 結論

動画より、各シーケンスが自律的に実行されていることを確認できた。

(V22) 制御レポート作成試験

○ 目的

ローバーが保存したデータから制御レポートを作成し運営に提出可能なことを確認する。

○ 試験/解析内容

End to End 試験で得られたデータログから提出用の制御レポートを実際に作成する。

○ 結果

以下に放出・着地・溶断・パラシュート回避・GPS 走行について記録したログを示す。

1. [放出ログ](#) 2. [着地ログ](#) 3. [溶断ログ](#) 4. [パラシュート回避ログ](#) 5. [GPS 走行ログ](#)

また、GPS 走行についてローバーの移動経路について以下の図 20 に示す。

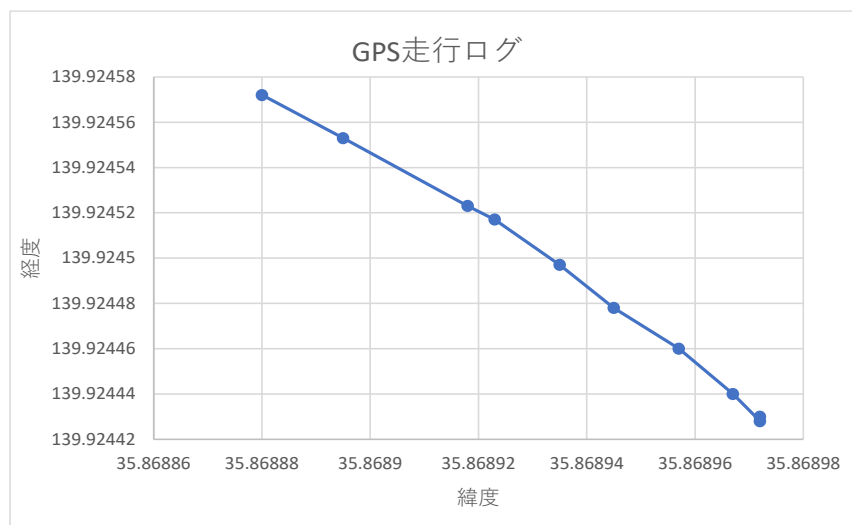


図 20 : ローバーの移動経路

○ 結論

以上より、ローバーの各動作についてログを取り、移動経路について制御レポートを作成することが出来た。

2. ミッション要求を満たすための試験内容

(V4) パラシュート展開衝撃試験

○ 目的

パラシュート展開時の衝撃に分離機構と機体が耐えうることを確認する。

○ 試験/解析内容

今試験はパラシュート落下試験と同時に実施し、25mの高さから機体を投下し、パラシュートの開傘衝撃による破損がないか確認する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

1 回目 : <https://youtu.be/roy8hvKnxVE>

2 回目 : <https://youtu.be/6ZNKZgetXT0>

3 回目 : <https://youtu.be/M3Ebhh4rTek>

4 回目 : <https://youtu.be/cp5E32HUpBk>

5 回目 : <https://youtu.be/j15jy527q-g>

6 回目 : <https://youtu.be/fBPIvxy1eoE>

○ 結論

動画より、6 回の試行すべてにおいて破損は確認できず、パラシュートが開傘の衝撃に耐えうることを確認できた。

(V4) パラシュート落下試験

○ 目的

機体が着地時にパラシュートで覆われないこと、及び着地後にパラシュートを回避し走行できることを確認する。

○ 試験/解析内容

(V3) パラシュート展開衝撃試験と同時に行い、パラシュートにつけたロッドの有効性、機体に組み込んだパラシュート回避のプログラムの有効性を評価する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

1 回目 : https://youtu.be/oRME87S6x_8

2 回目 : <https://youtu.be/5F14aCSjPhg>

3 回目 : <https://youtu.be/7xjJig3doRk>

○ 結論

動画より、1 回目はロッドがうまく機能せずパラシュートが覆いかぶさり、完全にスタックしてしまった。そこでパラシュートの紐の長さを変更し、続けて試行を行ったところパラシュートの被覆は回避され、ロッドの有効性が確認できた。また、分離機構から脱出した後、赤色を検知してパラシュートを回避できることを確認できた。

(V5) 放出判定試験

○ 目的

ローバーがキャリアから分離し、落下し始めたことを気圧センサによって判定できていることを確かめる。

○ 試験/解析内容

今試験はパラシュート投下試験と同時に実施した。以下に試験の手順を示す。

1. 東京理科大学野田キャンパス講義棟 7 階、約 25m の高さからローバーをパラシュート降下させる。
2. 気圧センサを用いて、1.3 秒間隔で気圧を計測する。
3. 計測した気圧の値から落下中の気圧変化を算出し、閾値 (0.3hPa) 以上の気圧変化が 3 回計測できているか確認する。

○ 結果

以下の図 21 に落下中の気圧変化を示す。

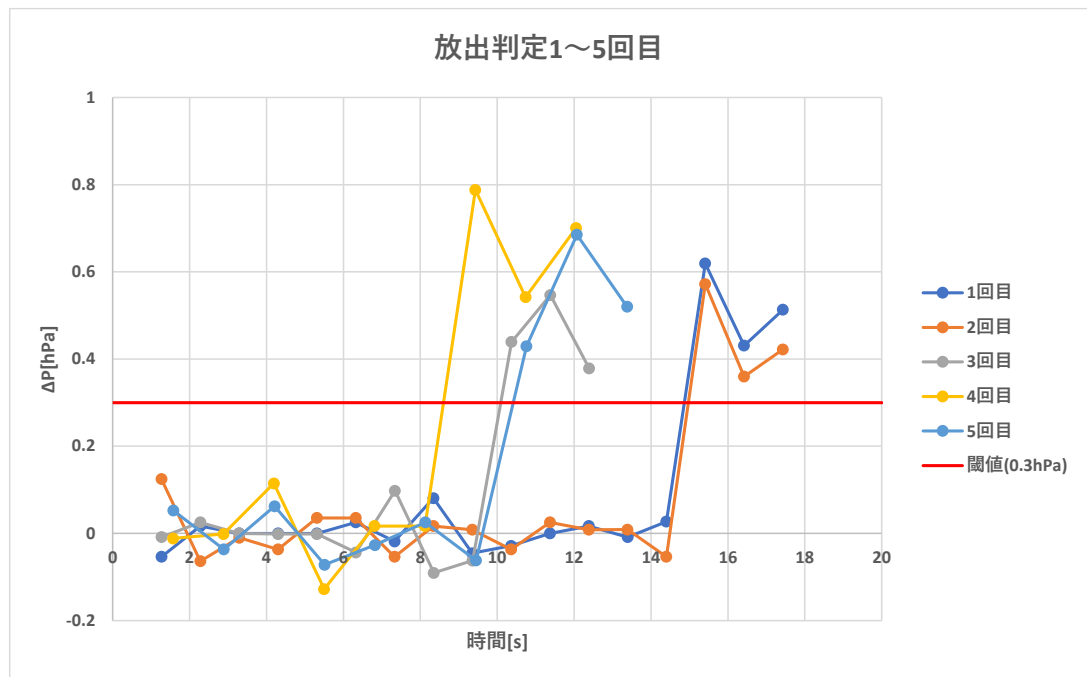


図 21 : 放出判定

○ 結論

図 21 より、0.3hPa 以上の気圧変化を 3 回計測することが出来た。よって、ローバーが落下し始めたことを気圧センサによって判定できていることを確認できた。

(V6) 着地判定試験

○ 目的

ローバーが着地したことを気圧センサを用いて判定可能かを確認する。

○ 試験/解析内容

今試験はパラシュート投下試験と同時に実施した。以下に試験の手順を示す。

1. 東京理科大学野田キャンパス講義棟 7 階、約 25m の高さからローバーをパラシュート降下させる。
2. 放出判定終了後、気圧変化が 0.3hPa 以下であることを確認する。

○ 結果

以下の図 22 に着地判定後の気圧変化を示す。

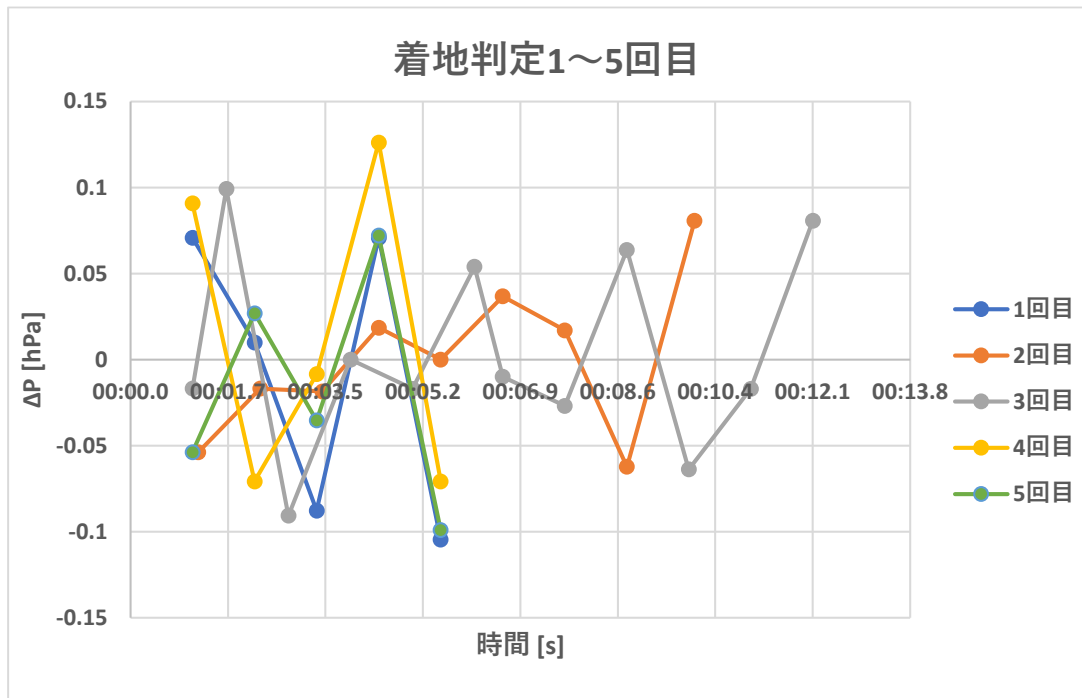


図 22 : 着地判定

○ 結論

図 22 より、着地判定後において、気圧変化は 0.3hPa 以下であった。よって、ローバーが着地したことを気圧センサによって判定できていることを確認できた。

(V12) 着地時衝撃試験

○ 目的

ローバーが着地時の衝撃に耐えることを確認する。

○ 試験/解析内容

以下に試験の手順を示す。

1. 着地時の速度が 5m/s を満たすように、1.27m の高さから自由落下させる。
2. 動作確認用のプログラムを実行させ、溶断回路、モーター、カメラ、その他センサー類の搭載機器全てが問題なく動作していることを確認する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

<https://youtu.be/C1VY0dCYWR4>

また、衝撃を加えた後にセンサー類から読みだした数値や、無線の受信状態を以下の図 23 に示す。

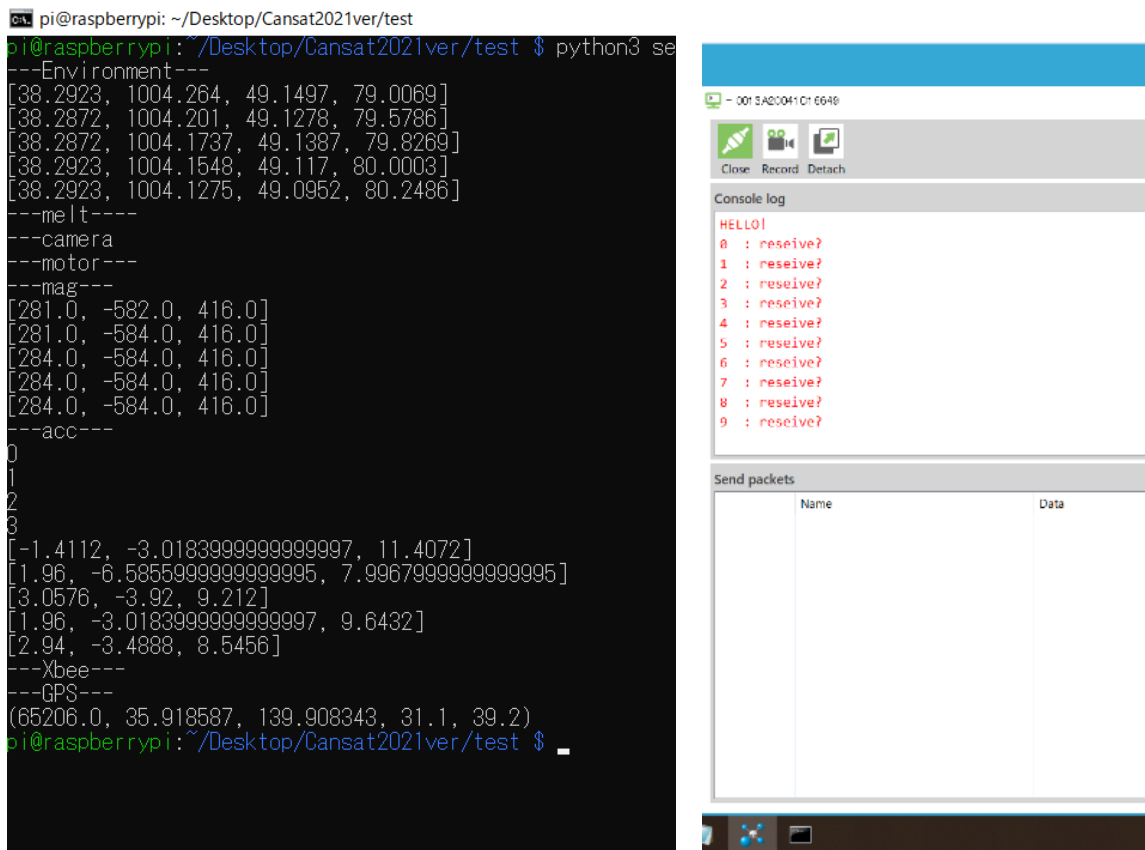


図 23 : 衝撃を加えた後のセンサー類の数値、無線の受信状態

○ 結論

動画及び図 23 より、溶断回路・モーター・Xbee・GPS・6 軸、気圧センサの全てが衝撃を加えても問題なく動作していることが確認できた。よって、機体が着地時の衝撃に耐えることを確認できた。

(V13) 機体回転試験

○ 目的

ミッションであるパノラマ撮影や、キャリブレーションの際にローバーを回転させることが必要となるため行う。モーターを制御することでローバーが回転できるかどうかを確認する。

○ 試験/解析内容

機体を回転させるプログラムを実行しローバーが回転できるかどうかを確認する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

キャリブレーション : <https://youtu.be/vsPLsZD81Hg>

パノラマ撮影 : <https://youtu.be/05PRLzVRR0w>

○ 結論

動画より、ローバーがその場で回転できることを確認できた。

(V14) パノラマ処理試験

○ 目的

今回使用するマイコン、Raspberrypi zero wh でパノラマ写真の作成が可能であることを確認する。

○ 試験/解析内容

320×240 の写真 13 枚をもとに合成し、一枚のパノラマ写真を作成する。

○ 結果

以下の図 24、図 25 に合成後の画像の失敗例と成功例を示す。



図 24 : 成功例



図 25 : 失敗例

○ 結論

Raspberrypi 上でパノラマ写真の合成は可能であることが確認できたが、撮影した写真によっては合成が途中で終わってしまう例を確認した。これは機体が回転時に上下に揺れてしまうことが原因であると考えられる。成功率を高めるために、スタビライザーにより重心をずらしたり、プログラムにより撮影前にモーターを微弱な出力で回転させるなどし、地面とカメラが一定の角度を取るよう改善を行った。

(V15) 走行試験

○ 目的

走行性能およびスタック状態から脱出し、再度走行できることを確認する。

○ 試験/解析内容

ローバーを荒れた草地で走行させスタックさせたのち、自力でスタック状態から抜け出せることを確認する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

1 回目: <https://youtu.be/hCV788o3LCE>

2 回目: <https://youtu.be/Qo7-iolodLc>

3 回目: https://youtu.be/E_DDfGz17n4

○ 結論

動画より、ローバーよりも背丈の高い草でスタックしても抜け出して走行できることを確認できた。

(V16) GPS 走行試験

○ 目的

GPS を用いてゴール対象の GPS 座標へと走行、制御できることを確認する。

○ 試験/解析内容

以下に試験の手順を示す。

1. ゴールと仮定した地点の GPS データを取得し、ゴールの座標としてプログラムに設定する。
2. 約 70m 離れた位置にローバーを置き、ゴールに向かって走行し、ゴールへと接近することを目視により確認する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

1 回目: <https://youtu.be/nv2ibw9Lhys>

2 回目: <https://youtu.be/5sYPKi3h090>

○ 結論

すべての試行において、機体を GPS により誘導できることが確認できた。また、約 70m の距離を 2～3 分で誘導できていることが分かる。

(V17) ゴール検知試験

○ 目的

カメラを用いてゴールである赤色の物体を認識でき、ゴールへ走行できることを確認する。

○ 試験/解析内容

以下に試験の手順を示す。

1. 赤い三角コーンをゴールと仮定し、約 10m の距離にローバーを置く
2. 画像誘導のプログラムを実行し、カメラを用いて赤コーンをゴールとして検知することを確認する。
3. ゴールに近づき、最終的にゴール判定が出ることを確認する。

○ 結果

試験の様子を以下の動画にて示す。

- 1 回目 : <https://youtu.be/Y4IGQNONxP0>
- 2 回目 : <https://youtu.be/WIFnz65Zrjc>
- 3 回目 : https://youtu.be/gF_q8qqSB8E

○ 結論

3 回の試行すべてにおいて、機体が赤色のゴールコーンを検知し、それに向かう様に走行できることが確認できた。また、誘導に要した時間も 1 分以内に収まっていることが確認できた。

(V18) 通信試験

○ 目的

今回使用する無線機で、画像の伝送が可能であるか確認する。

○ 試験/解析内容

パノラマ処理試験で得られた 150KB のパノラマ写真(図 24)にどのくらいの伝送時間を要するかを確認する。

○ 結果

距離 : 約 30m、ボーレート : 115200 の条件下で写真を送信したところ、伝送自体にかかる時間は約 11 秒であった。

○ 結論

試験結果より通信速度・距離共に十分な性能を有していると言え、画像の伝送が可能であることが確認できた。

(V19) 電力試験

○ 目的

ローバーがミッションを行うために必要十分な電力量を確保できていることを確認する。

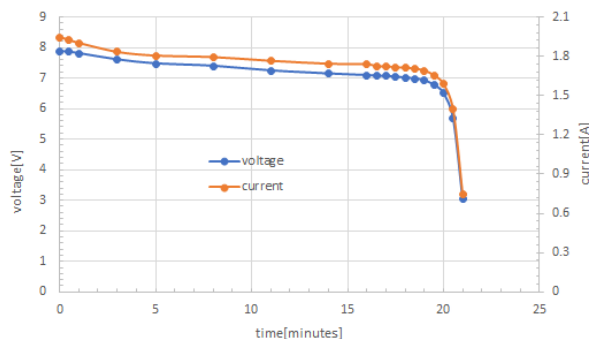
○ 試験/解析内容

使用するバッテリーを用いて電圧と電流の時間変化を測定する。また、マイコン、センサ、無線モジュール、カメラすべての消費電流またはそれ以上の電流を流し続け、駆動時間を計測する。今回は条件を満たすセメント抵抗 3.33Ω でバッテリー450mAh を消費させ測定を実施した。

～使用器具～

- 1) [リポバッテリー450 mAh](#)
- 2) セメント抵抗 3.33Ω
- 3) 直流電圧源 TEXIO PW18-2ATP

○ 結果



測定した電圧と電流の時間変化を図 26 に示す。電圧は満充電状態から約 18 分かけて 7.3V まで低下する。リポバッテリーの特性により、急激に電圧が低下するため回路基板とモーターで使用できる時間は約 18 分であるといえる。

図 26：バッテリーの電流・電圧の時間変化

○ 結論

回路基板とモータでは約 18 分間のみの動作しか保障できていないが、これは最も電力を消費する溶断回路も 15 分間使用し続けた想定で計算を行っているため、十分なマージンを確保している。なので、実際に使用できる時間は以上の結果よりも長くなると考えられる。

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）

各担当（ハード・ソフト・全体などの進行状況を記入）

1. [ガントチャート_1\(4/6～5/11\)](#)
2. [ガントチャート_2\(5/11～7/15\)](#)
3. [ガントチャート_3\(7/20～9/20\)](#)

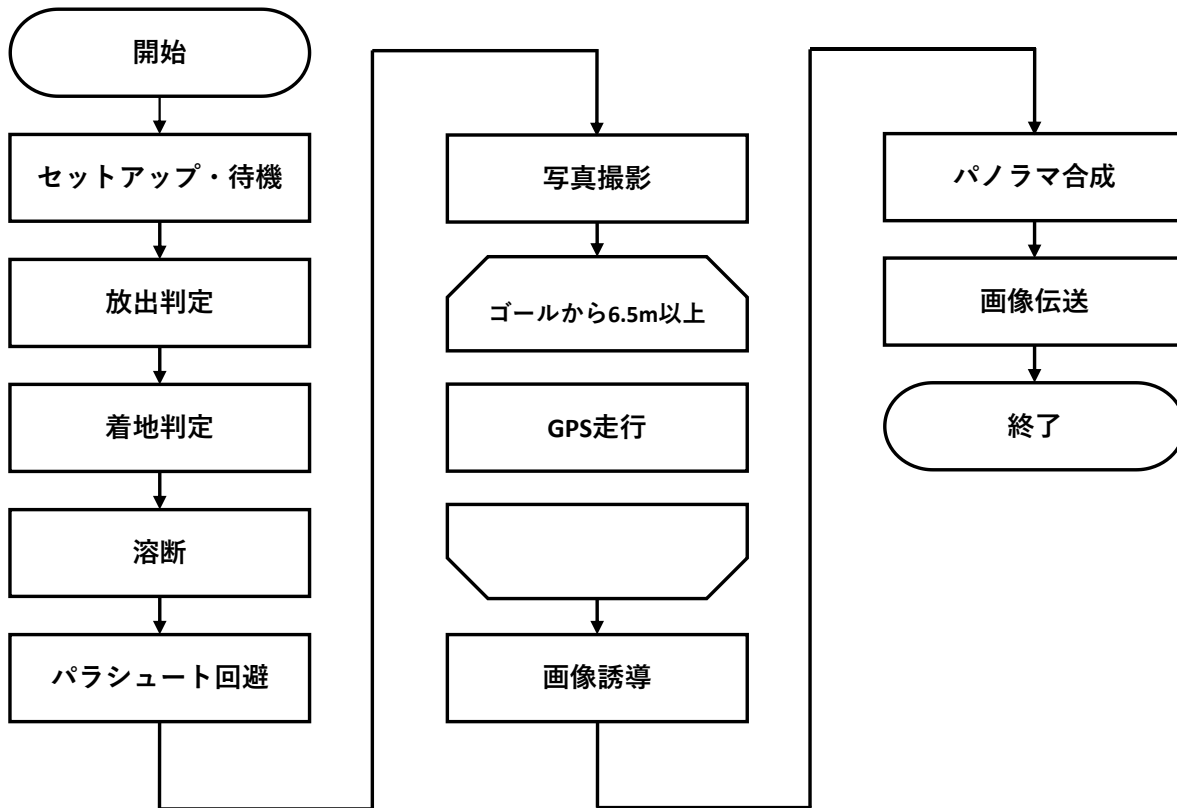
第8章 大会結果報告

1. 目的

チームで意思疎通を図り、一つのものを作り上げ、その機能・性能を確かめるため。
システム工学について学び、今後の研究や生活に活かすため。

2. 結果

まず、機体の動作のフローチャート以下に示す。



各段階の動作についての詳細を以下に示す。

- ・セットアップ・待機 : 無線機の電源切断や各センサのセットアップを行い、放出まで待機する
- ・放出判定 : 機体がキャリアから放出されたかどうか判定する
- ・着地判定 : パラシュートにより地面に着地できたかどうか判定する
- ・溶断 : 着地後、機体を包んでいるテグスを溶断しパラシュートから分離する
- ・パラシュート回避 : 分離したパラシュートに機体が絡まないよう回避する

- ・写真撮影 : パノラマ写真用の画像を撮影する
- ・走行 : ゴール地点に向けて機体を走行させる
- ・画像誘導 : GPS の精度を考慮し、画像を用いて機体をゴールコーンに誘導する
- ・パノラマ合成 : 撮影した写真を用いて、パノラマ写真を合成する
- ・画像伝送 : 合成した写真を無線モジュールで地上局に伝送する

上記の各段階が開始された際に機体が記録した経過時間を表 1 に示す。

表1：各段階の開始時間

番号	段階	開始時間[s]	
		第1投目	第2投目
1	Setup	0	0
2	Release	124.7263	155.7063
3	Landing	485.8966	-
4	Melting	492.8164	-
5	Parachute avoidance	639.6665	-
6	Panorama shooting	647.5576	-
7	GPSrun	-	-
8	Imagerun	-	-
9	Panorama composition	-	-

第 1 投目

表 1 より、着地判定に入るまでに約 485 秒、溶断からパラシュート回避に入るまでに 147 秒かかってしまっていることが分かる。前者は 11/20 の第 1 投において、機体のセットアップ後に放出のタイミングを計るために設けていた 120 秒のタイムスリープ状態のままで放出を行ってしまったためにセンサによる判定が出来ず、タイムアウト(360 秒)が終了するまで次の着地判定に進むことが出来なかったためである。後者はテグスの溶断には成功したものの、分離機構が機体の自重により展開できず、機体が上下反転した状態から上を向くまでに時間を要したためである。また機体にパラシュート紐が絡まってしまう GPS 走行以降の段階に移ることが出来なかった。そこで、ログを取ることが出来たパノラマ写真用の撮影までの経過時間を示した。

以下、放出・着地、パラシュート回避までの解析結果を示す。

- ・放出及び着地判定

この段階では気圧センサによって気圧変化を測定し、閾値以上の変化が3回以上見られれば放出とみなし、また放出判定後に閾値以上の変化が連続して3回以上見られなかったら着地とみなしている。しかし、上述したとおりセンサがスリープ状態で投下を行ったために着地判定時の機体の位置情報のみしか記録できなかったため、以下にそのみを示す。

機体の最終位置：138.593192 35.412697

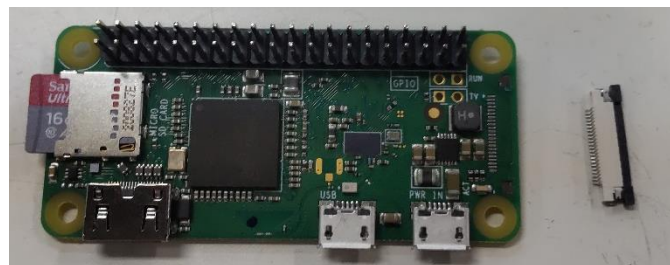
- ・パラシュート回避

機体がパラシュートから分離した後、その上を走行するなどしてパラシュートが走行の妨げにならない様に回避行動を行った。その際のログを表2に示す。

表2：パラシュート回避のログ

経過時間 [s]	パラシュートの有無	使用画像
640.786324	Null	カメラコネクタの破損により保存失敗
643.3263873	Null	カメラコネクタの破損により保存失敗
645.866278	Null	カメラコネクタの破損により保存失敗

表2より、パラシュートの有無について Null が保存されていることが分かる。これは画像の保存し失敗し、パラシュートの有無の判定が出来ていなかったことを意味する。画像の保存に失敗した理由は機体が分離機構を脱しようとした際に地面や絡まったパラシュート紐により強い衝撃がかかりカメラコネクタが破損してしまったからであると考えられる。



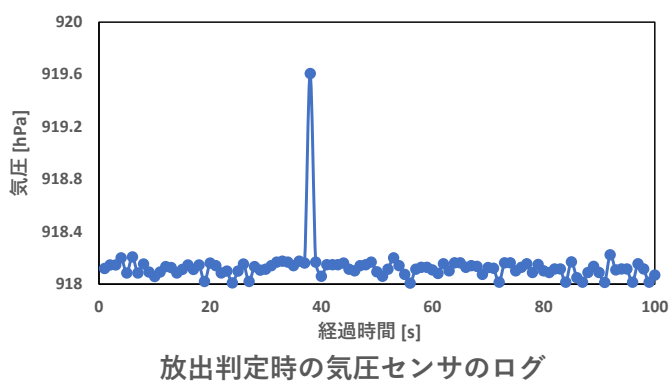
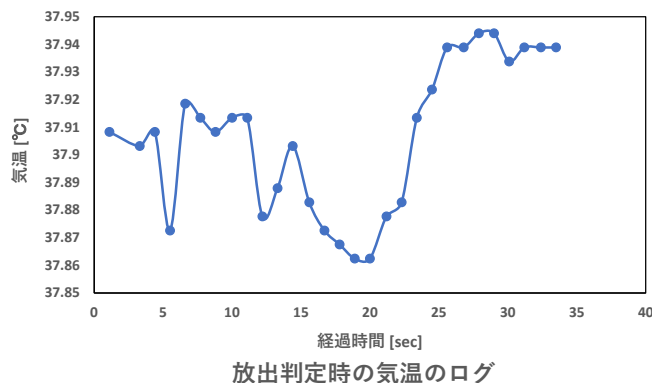
これは、分離機構とパラシュートを結ぶ紐の長さを調整することで解消できた。事前の試験等では着地時の衝撃による破損は想定していたが、紐による破損は考慮できていなかった。このような事象の予測や発生を阻止できなかったのは、分離機構を利用することのメリット(タイヤ径を稼げる)・デメリット(走行前に脱出の必要があること)の考察が十分でなかったためであると考ええる。特に今回作成した機体のタイヤ素材、タイヤ径的には分離機構のメリットを生かし切れていなかったため、パラシュートとの接続方法を見直す必要があった。

第2投目

表 1 より、放出判定の開始時刻の記録を最後にログが途絶えていることがわかる。さらに、以下の画像のような意味不明な書き込み(^@^@^@^@...)が SD カードに残されていた。

```
Setup phase      2021-11-21 11:54:15.073053      0.046378374099731445
Release Phase Started  2021-11-21 11:56:50.732918      155.70624995231628
```

放出判定に失敗したとしても、タイムアウトにより次の着地判定に移るはずであるため、この時点でプログラムが正常に進行していなかったと思われる。また、競技終了後に機構を開いて中の様子を確認してみたところ、マイコンの電源が落ちてしまっていた。以下に、マイコンが落ちる前までに記録することができた、放出判定時の環境センサから読みだした値を示す。



以上の図より、明らかに不自然なデータが取れていることがわかる。気圧について、球による打ち上げに伴い気圧は低下し、キャリアからの放出・落下により上昇するはずである。ところが、以上の図は 38 秒付近で、気圧が約 1.6hPa 増加しているのみであり、また、これは約 15m の高度の減少を意味している。したがって第 2 投目の放出判定は想定通りの動作ができていなかったと考えられる。

続いて温度について、当日の気温とは明らかにかけ離れた数値が記録されており、これが第2回目の投下においてマイコンを故障に至らしめたと考える。また、第2回目の投下後しばらくして再起動・SDカードの交換を行ったところ、ローバーが動作することを確認した。このような故障は起こり得るものとして考慮していたが、その前兆を察するのが難しいことや実例が少ないことが原因で回避できなかったと考える。

3. 考察

以下にサクセスクライテリアの達成度を示す。

0m ゴール			
	内容	投下 1 投目	投下 2 投目
Minimum success	着地とパラシュート回避	△(着地のみ達成)	△(着地のみ達成)
Middle Success	GPS による機体の誘導を完了する	×	×
Full success	画像誘導によりゴールから 5m 以内に到達	×	×
Advanced success	0m ゴール達成	×	×

パノラマ			
	内容	投下 1 投目	投下 2 投目
Minimum success	ローバーを回転	×	×
Middle Success	写真を撮影	×	×
Full success	パノラマ合成	×	×
Advanced success	パノラマ写真の伝送	×	×

我々のチームで作成した機体はその設定したサクセスクライテリアのほとんどを達成できなかった。その大きな原因は、パラシュートと機体の接続に分離機構を用いたことであると考えられる。まず、分離機構にはタイヤ半径を大きくとることができるという利点がある反面、脱出という動作が加わるため展開の失敗や紐によるスタックがある。作成した機体はタイヤ素材に固めのスポンジを用いたためにメリットを生かし切れておらず、デメリットのみを負う形となってしまったしたがって、分離機構を用いないパラシュートとの接続豊富尾について提案・検討を行う必要があった。

また、分離機構の動作について、本番と近い状況で試験を行うほか、上下が反転した場合や開口部に自重がかかる場合、展開後パラシュート紐が分離機構の内側に来てしまう場合など、考え得るより多くの望ましくない状況を再現したうえで考慮を行うべきだった。

第9章 まとめ

1. 工夫・努力した点（ハード、ソフト、マネジメント面すべて）

- ・走行の安定性・耐久性の向上のためにタイヤに固めの NR スポンジを用いたため、キャリアに収納する際に分離機構で強く締め付けないと落下しない場合があり収納に約 3 分半を要してしまった。
- ・モーターの選定をトルク重視のものにしたことで、草地での走行に強い機体を作ることができた。
- ・スタビライザー下にスプーンを取り付け、地面との接地面積を小さくした
- ・CFRP を、タイヤと下基板に用いることで衝撃に強い機体を作れた。パラシュート関係の試験において、校舎の 3 階から自由落下したことがあったがシャフトが曲がる程度の故障にとどまった。
- ・機体の方向制御に用いる 6 軸センサをモーターの磁気の影響を避けるためにスタビライザー上に配置したためバスが長くなってしまったことや、電源周りのノイズを考慮できていなかったために、データの読出しに失敗したり、そもそも認識されないという現象が発生してしまった。そこで、6 軸センサとマイコンの間に MOSFET を挿入し、認識されなかったり、センサ値が更新されなかった場合に電氣的に接続をし直すことで解決した。
- ・GitHub や OneDrive などの開発プラットフォームやオンラインストレージ、zoom などのアプリを利用することで、大学内にいなくても作業やソースコードを共有できたため、コロナウイルスの感染拡大の影響により、大学への入校が一時制限されていたが、その影響は全く見られなかった。

2. 課題点

活動開始直後は大会やレギュレーション、スケジュール管理、電子工作、回路設計、回路作成、部品の選定方法、その他すべてにおいて全くの素人であり、手探り状態で開発を行ったため無駄な時間を作ってしまったように感じた。特に基板の製作において学内の加工機を利用しているが、毎回調整を行う必要があったほか、不調により指示通りの動作を全くしないというトラブルに遭遇してしまったため予定を大幅に遅らせざるを得なかった。したがって、加工機の操作について早い段階から熟知しておく必要があった。あるいは、予算との兼ね合いもあるため安易に手を出すことはできないが、外注も視野に入れる必要がある。

また、制限時間 15 分の中で、落下からパラシュートの切り離しまでの間がミッションシーケンスの大半を占めているので、起きてほしくない状況を再現しどのような挙動をするかという点を試験において徹底的に確認する必要があった。自団体ではパラシュートの落下試験については約 25m の高度から投下させて行っているが、試験場所が屋内であるため End-to-End 試験を同時に行うことができず、パラシュート展開以降の動作については着地がうまくいったという想定で確認しており、投下を含めた本番に近い状況で実施していなかった。したがって End-to-End 試験について、高度は出せずともパラシュートによる投下を実際に行うことができるような試験環境・方法を検討する必要がある。

ミッションについて、挑戦的なことを行おうとすると、実現可能なのか？という点で保守的になってしまいなかなか決めることができなかった。これはスケジュールを圧迫するだけでなく、試験結果の考察、失敗原因の分析が重要である CanSat に参加する意味合いを半減させてしまうため、検討に慎重になりすぎないようにする必要がある。

3. 今後の展望

我々のチームは CanSat において、実機を作成するところに注目しがちだったが、最も重要なのはミッションを熟慮し、それに必要不可欠な部品が何かを明らかにすることであると感じたため、のちの世代に引き継ぎ、団体として有意義な開発を行っていきたい。

また、コロナウイルスの影響で、この 2 年間の間にロステクしてしまった部分が多々折るように思われるので、徐々に取り戻せるように活動を行っていきたい。