

ARLISS 2011 報告書

2011 年 10 月 14 日

[大学名] 東京大学
[チーム名] Team Oken
[指導教官] 中須賀真一
[リーダー] 大槻兼資(M1)
[メンバー] 三川祥典(D2), 喬坤(D1), 滝澤潤一(M2), 濱口竜平(M1),
山元惇(B3), 浅井里美(青山学院大学 B2)

1. 是清プロジェクト

1.1. ミッション概要

1.1.1. ミッション定義

災害救助などの場面を想定し、地上の端末の位置情報を CanSat で収集、地上局へダウンリンクする実験を行う。是清のシステムは CanSat 本体、地上局、3 個の端末機器から構成される。端末は小型 GPS 発信器としての役割を担い、あらかじめ砂漠上の任意の地点に配置されている。落下中の CanSat は各端末からの GPS データを収集し、集めたデータを地上局へダウンリンクすることで、各端末の位置情報を地上局に知らせる。打ち上げによって得られる高度を利用し地上では実現できない広範囲のデータ収集を実現することを目指す。

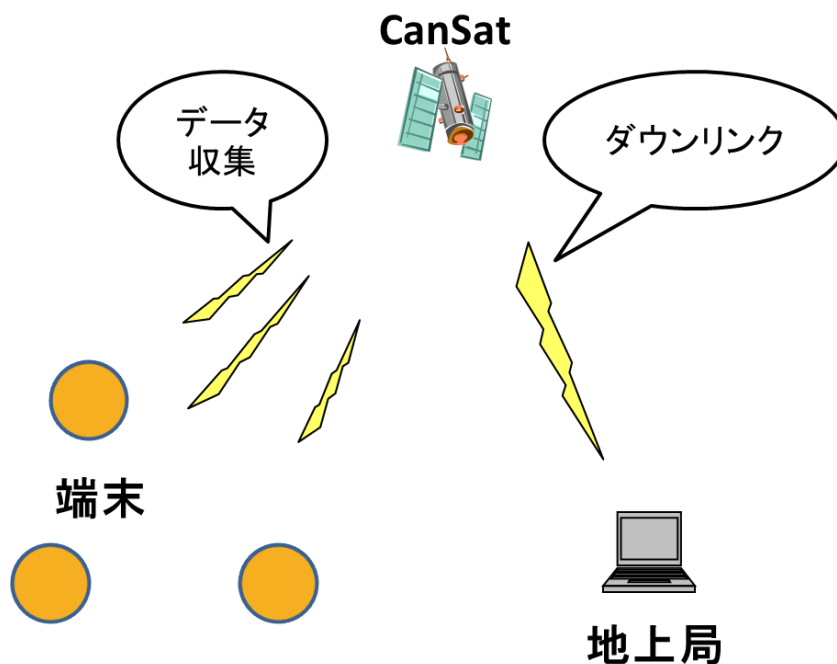


図 1 是清ミッション概要

1.1.2. サクセスクライテリア

ミッションの成否を評価するため以下のサクセスクライテリアを設定した。

Minimum Success

- 1個以上の端末について、そのGPS情報をCanSatが取得し、地上局にダウンリンクすることに成功する。

Full Success

- 互いに4km以上離れた2個以上の端末について、そのGPS情報をCanSatが取得し、地上局にダウンリンクすることに成功する。
- 1個以上の端末について、打ち上げ前日に設置して起動させてGPS時刻情報を定期的にログを残していき、打ち上げ当日はMinimum①を達成し、且つ、設置時から24時間以上経過した地点で端末に24時間以上の分のGPS時刻情報がログに残されていることを確認する。

1.1.3. ミッションシーケンス

図2に是清のミッションシーケンスを示す。本ミッションの特徴は打ち上げ前に砂漠に端末を配置し、配置完了から24時間が経過した時点で本体の打ち上げを行う点である。これにより、端末が搭載バッテリーで長期間生存可能であることを確認する。

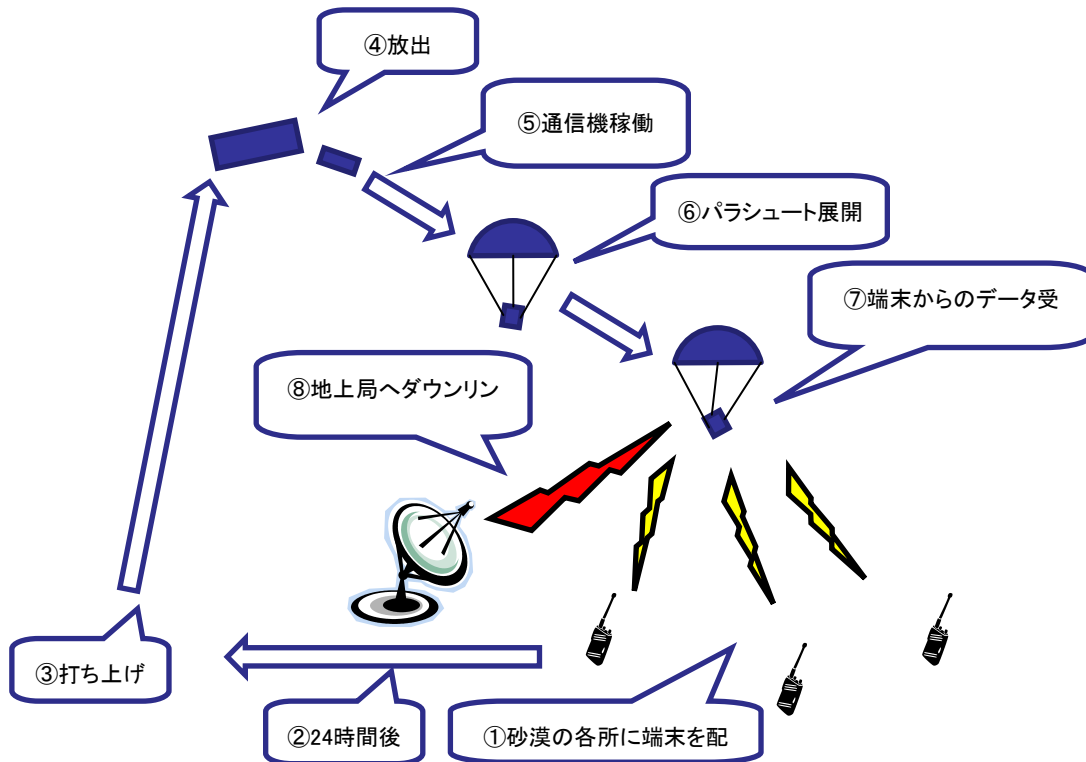


図2 是清ミッションシーケンス

1.2. 設計・試験

1.2.1. システム構成

是清のシステムブロック図を図 3 に示す。

CanSat 本体はマイコンとして SH-7144 を搭載し、自機位置取得用の GPS 受信機、端末・地上局との通信用無線機およびログ記録用の SD カードを制御する。

端末側もシステム構成としては本体とほぼ同一であるが、消費電力削減の観点からマイコンを H8-3687 とする等の違いが存在する。

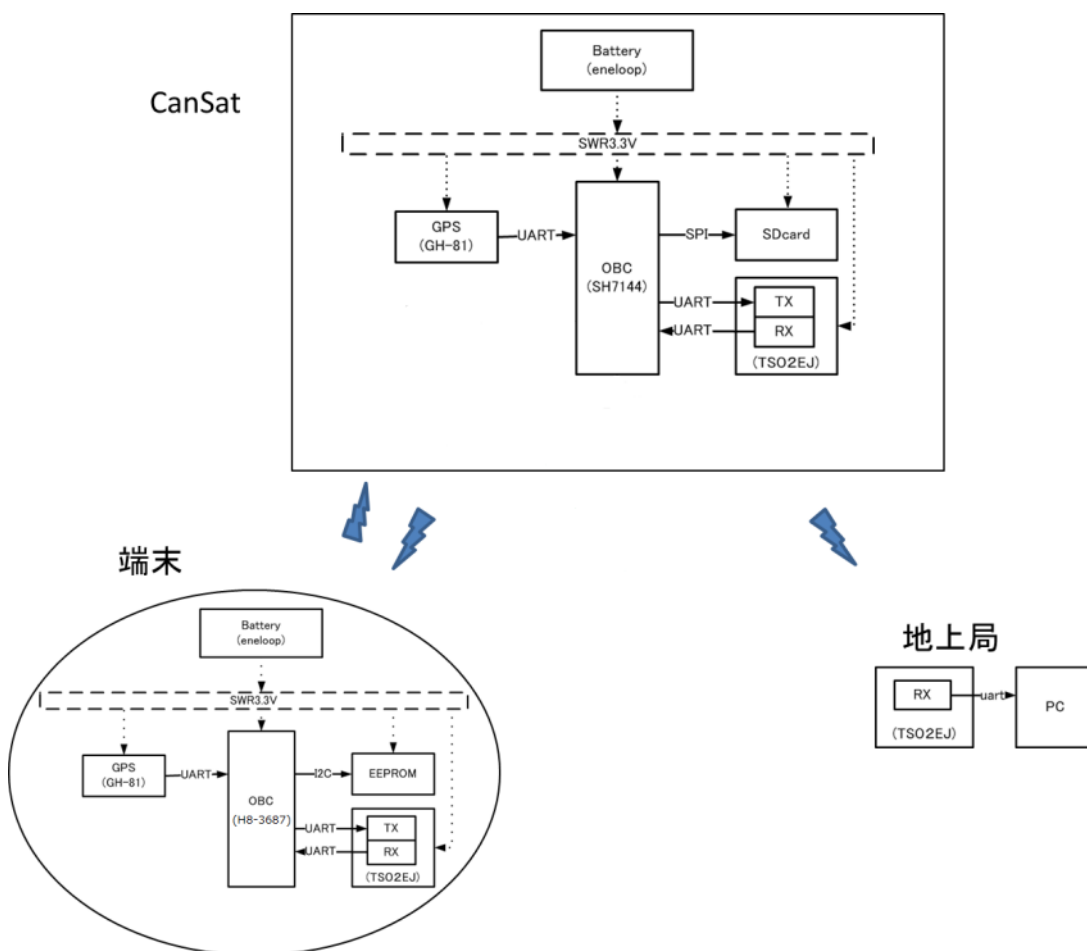


図 3 是清システムブロック図

1.2.2. 構造・機器配置図

実際のフライト時の構造・機器配置を図 4 に示す。機体全体は円筒型で、内部に仕切りを設置して機器の配置を行っている。図中にはライザー(黄色の紐)しか写っていないが上面にはパラシュートが存在する(図 8 を参照)。降下中に空を向く機体上面に GPS 受信機が搭載され、逆に地面を向く下面側に端末・地上局通信用の無線機を搭載している。

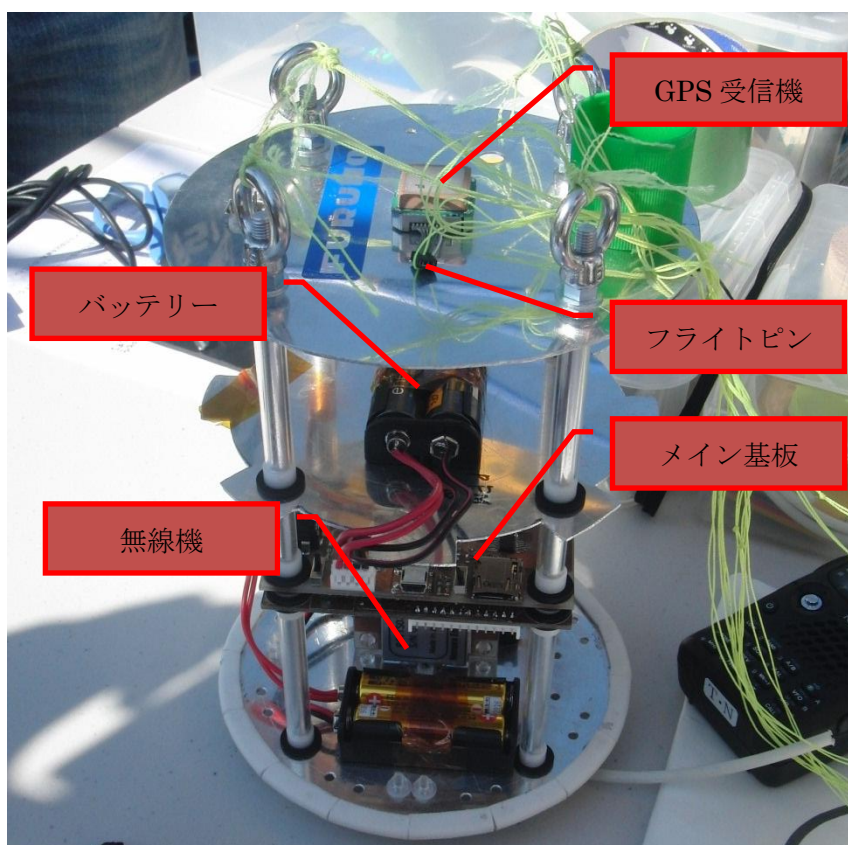


図 4 是清組み上げ状態

1.2.3. 主な設計ポイント

○端末 24 時間生存

端末を 24 時間生存させるため以下の設計を行った。

- ・ 綿密な電力設計
詳細の電力設計に加えて、消費電流評価、電池容量評価、電池温度試験の各種試験を行い、24 時間生存に必要な電力が確保できることを確認した。
- ・ ソフトウェアシーケンスの設計
夜間 (20 時以降) を省電力モードとし、一部の機器をスリープ、または間欠動作させ、朝、定刻 (7 時) になると自動で起動するようにソフトウェアを組んでいる。

2. 越前プロジェクト

2.1. ミッション概要

2.1.1. ミッション定義

- ・ ナイトロンチを利用して打ち上げ、CanSat 全体に配置した光源の発する光を地上から楽しむ
- ・ 地上から CanSat へ照射したレーザー光を検知し、CanSat の発する光によって応答を示す

2.1.2. サクセスクライテリア

ミッションの成否を評価するため以下のサクセスクライテリアを設定した。

Minimum Success

- CanSat が地上に落下するまでの間に、1人以上が CanSat の発する光を視認する。

Full Success

- CanSat が地上に落下するまでの間に、レーザー光を地上から機体に照射し、CanSat はレーザー光を検知して機体の光り方を変化させる。(CanSat がレーザー光を検知したときは、そのことを示す情報をログに残し、成否の評価に用いる。)

2.1.3. ミッションシーケンス

越前のミッションシーケンスを図 5 に示す。

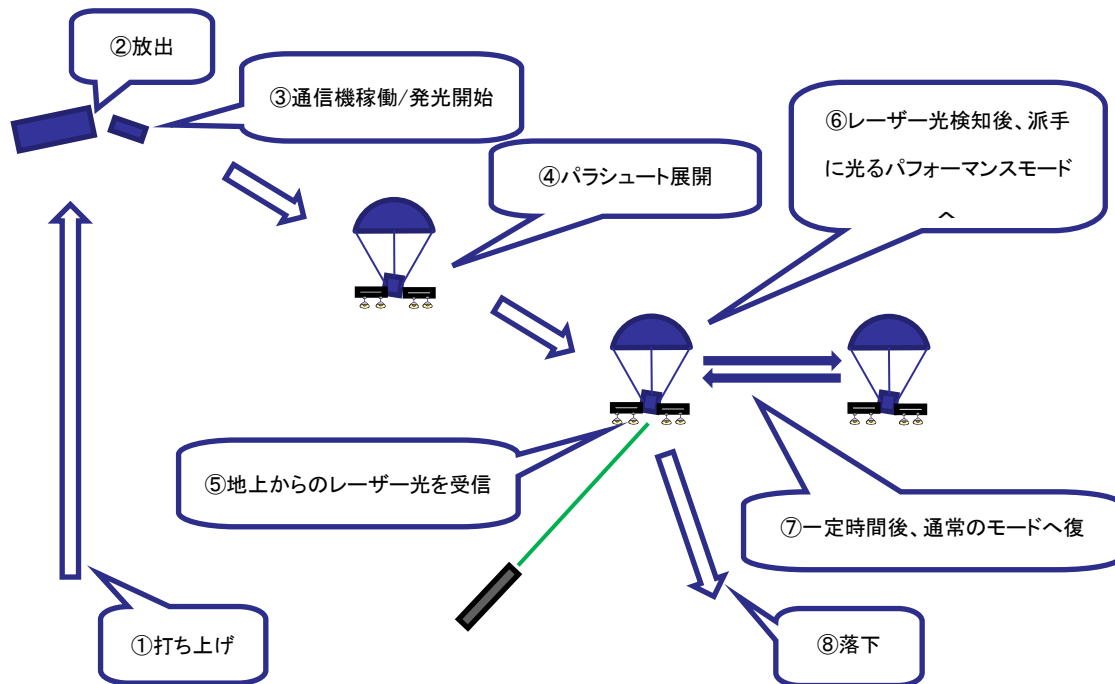


図 5 越前ミッションシーケンス

2.2. 設計・試験

2.2.1. システム構成

越前のシステムブロック図を図 6 に示す。是清と越前どちらも GPS 受信機や通信機など、基本的な部分については相互に共用可能であり、構造・回路は可能な限り同一となるよう設計を行った。

是清に追加された機能としては、LED を駆動するための電源・駆動回路と地上からのレーザー光を検知するためのフォトセンサが挙げられる。越前のミッションでは端末との通信は行わないため、本体に搭載された無線機は地上局との通信のみに使用される。

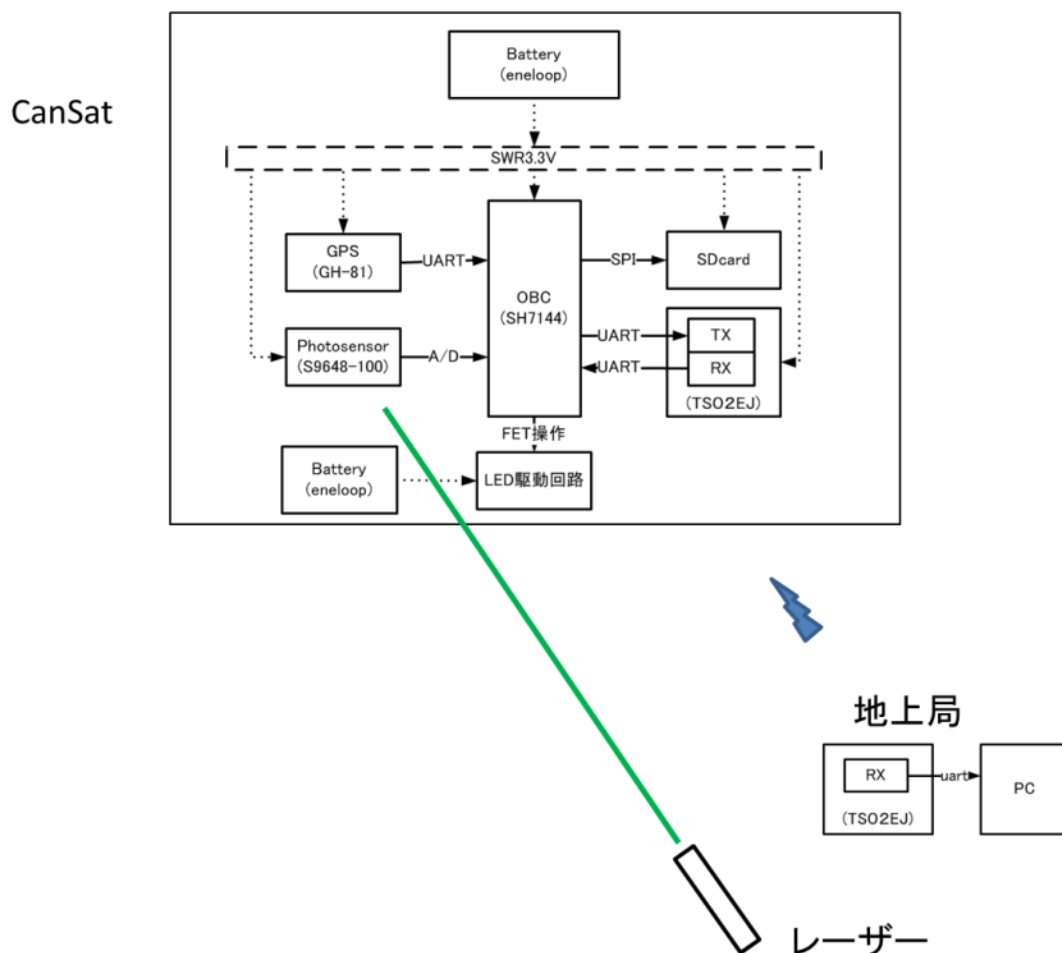


図 6 越前システムブロック図

2.2.2. 構造・機器配置図

図 7 に越前の組み上げ状態を示す。先に述べたとおり、機体の主構造は是清と互換であり、その周囲に LED 搭載用の展開機構が 8 本取り付けられた形となっている。展開機構展開時の直径はおよそ 800mm である。各展開機構にはそれぞれ照明用の大出力 LED3 個(緑, 青, 赤)と高輝度 LED3 個(橙)が取り付けられている。飛行中に LED を検知するセンサーは機体底面に合計 3 個取り付けられている。

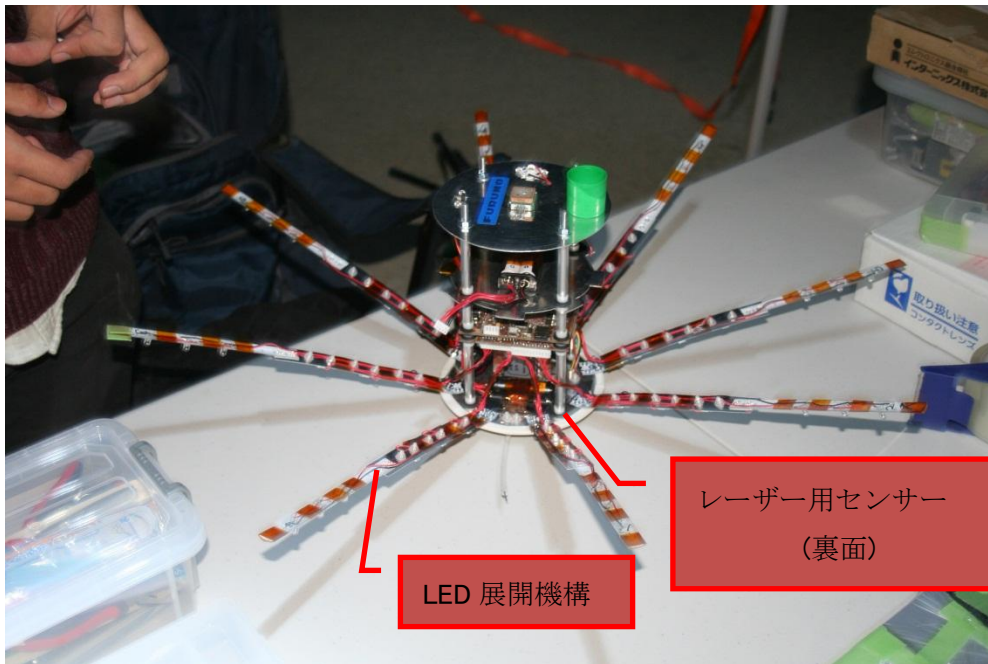


図 7 越前組み上げ状態(展開時)

2.2.3. 主な設計ポイント

地上局レーザーの構成

レーザーには出力 50mW のグリーンレーザーポインターを使用。夜間はレーザーの軌跡が目で見えるため、CanSat に狙いをつける際にどこを狙っているかがわかりやすい。また、CanSat を指し示すレーザーの軌跡は見た目にもインパクトがあり、エンターテイメント性も備えている。

レーザーを支える架台には三脚を使用。三脚で地上に固定することで手で持つ場合に比べて狙いの安定性が向上する。レーザーの指向方向の操作は、操作点をレーザーの可動点からできるだけ遠くにとることでレーザーの向きを精密に調整できるように工夫している。

3. 総括

3.1. 成果

3.1.1. 打ち上げ一回目

日時：9月12日

機体：是清

結果：打ち上げと放出は成功したが、放出を検知するフライトピンが抜けず、CanSat がアクティブにならなかった。搭載ソフトウェアは放出検知と同時にログ記録を開始する構成となっていたためログなし。端末配置から 24 時間後に端末を回収、端末の生存を確認した。

解析：CanSat 側のフライトピンとキャリアをつないでいたナイロン製の紐がキャリア放出用の火薬によって発生した高温のガスで焼き切れたことがフライトピンが抜けなかった原因であった。このガスによってパラシュート本体も損傷を受けた(図 8 の赤丸部分)。



図 8 高温ガスで損傷したパラシュート

3.1.2. 打ち上げ二回目

日時：9月13日

機体：越前

改善点：前回打ち上げでの失敗を受けてフライトピンとキャリアを紐で締結するのではなく、フライトピンとパラシュートを紐で締結する方法に変更することで、ロケットとのインターフェースをなくした。

結果：パラシュートのライザの一部が機体と絡まりパラシュートが完全に展開しなかったためフライトピンが抜けず、CanSatがアクティブにならなかった。フライトログなし。本体のロスト対策として搭載LEDの1つを常時点灯としており、地上からこの光は確認できた。

解析：フライトピンの紐がCanSat上面のIボルト、または展開版に絡まったことが原因。フライト前の展開試験では紐の締結位置が移動する可能性を見落としていたため、紐が絡まる事態が予想できなかった。

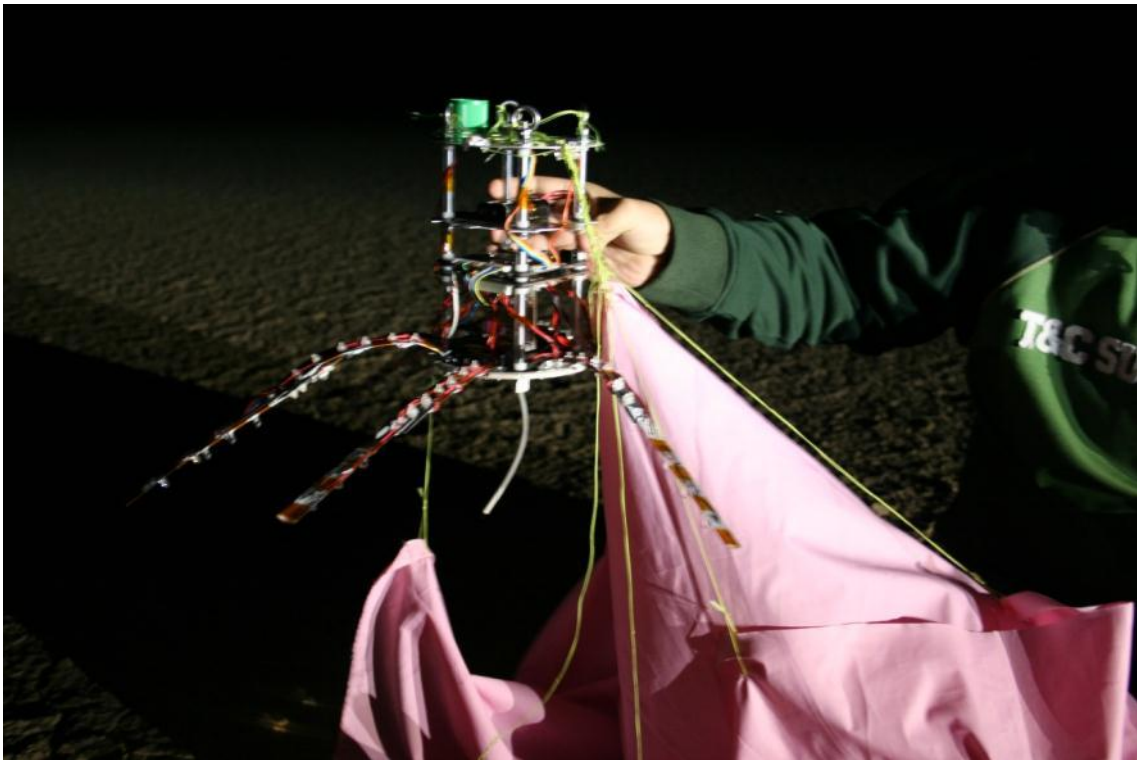


図 9 越前回収時の状態

3.1.3. 打ち上げ三回目

日時：9月15日

機体：是清

改善点：フライトピンとパラシュートの締結位置がずれないように変更した。

ソフトウェアでフライトピンと同等の機能を実装し、フライトピンの冗長とした。実装した機能は以下

- ・ GPS 高度情報が 20 秒を超えて 2000m 以上となった場合を放出と判断する
- ・ 地上局アップリンクによって衛星を放出状態へ遷移させる
- ・ CanSat がキャリアから放出され、フォトセンサの出力が閾値を超えることによって放出を検知する

結果：ハードウェアフライトピンによって放出を検知。3 個の地上端末すべてからの GPS 位置情報の取得、地上局へのダウンリンクに成功した。

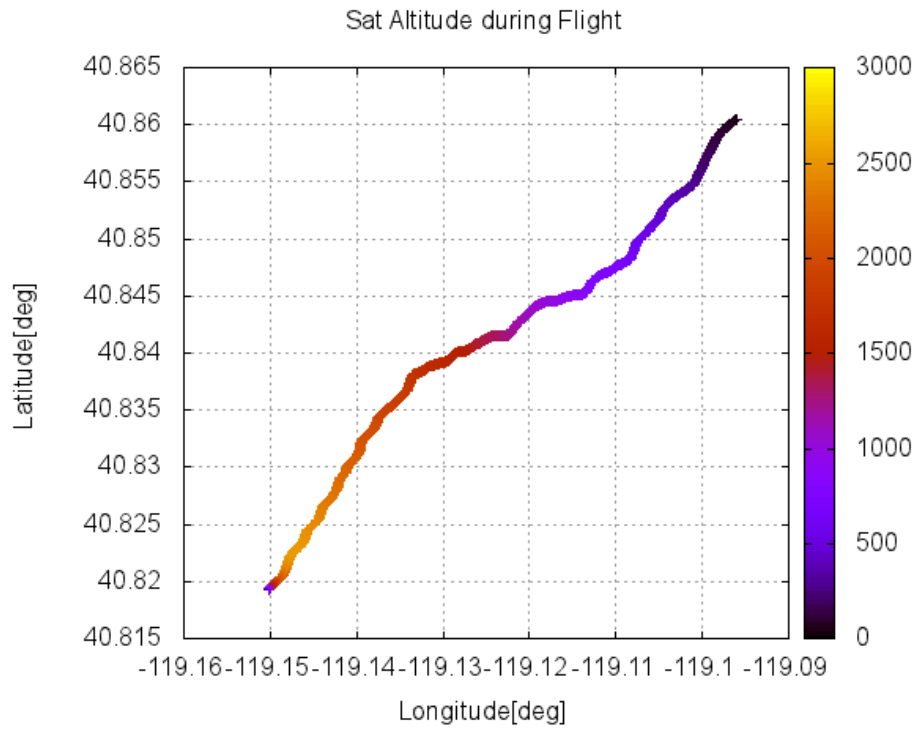


図 10 GPS による飛行記録(経度, 緯度, 対地高度)

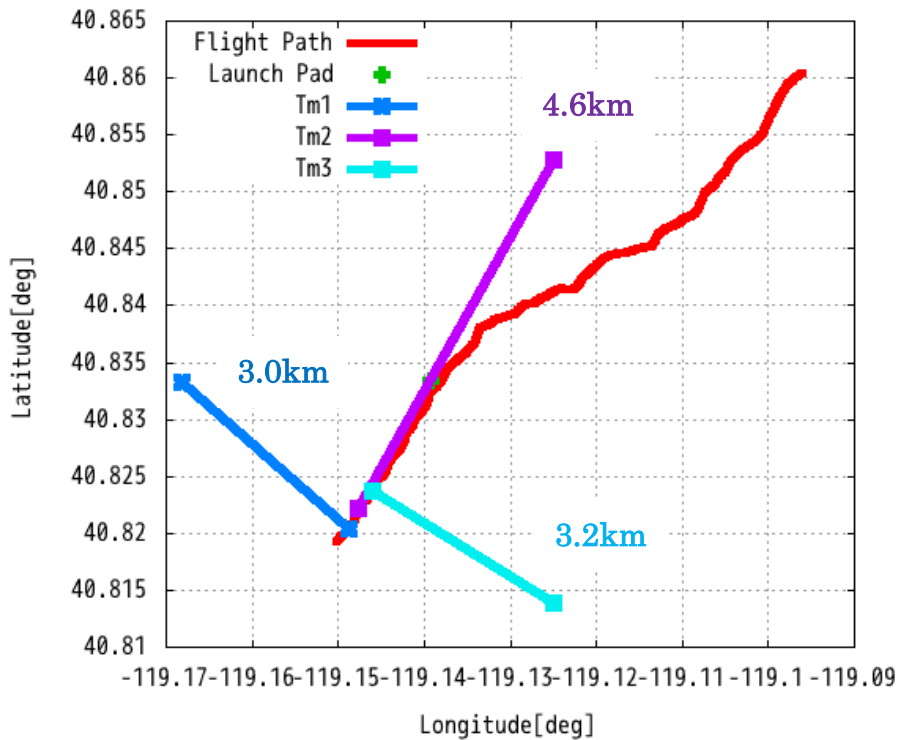


図 11 端末との通信実施位置

3.2. ミッション評価

3.2.1. サクセスクライテリアの評価（是清プロジェクト）

Minimum Success

- 1 個以上の端末について、その GPS 情報を CanSat が取得し、地上局にダウンリンクすることに成功する。 > 達成

Full Success

- 互いに 4km 以上離れた 2 個以上の端末について、その GPS 情報を CanSat が取得し、地上局にダウンリンクすることに成功する。
1 個以上の端末について、打ち上げ前日に設置して起動させて GPS 時刻情報を定期的にログを残していき、打ち上げ当日は Minimum①を達成し、且つ、設置時から 24 時間以上経過した地点で端末に 24 時間以上の分の GPS 時刻情報がログに残されていることを確認する。 > 達成

3.2.2. サクセスクライテリアの評価（越前プロジェクト）

Minimum Success

- CanSat が地上に落下するまでの間に、1 人以上が CanSat の発する光を視認する。 > 達成

Full Success

- CanSat が地上に落下するまでの間に、レーザー光を地上から機体に照射し、CanSat はレーザー光を検知して機体の光り方を変化させる。(CanSat がレーザー光を検知したときは、そのことを示す情報をログに残し、成否の評価に用いる。) > 未達成

3.3. 反省と改善策

3.3.1. マネージメント

失敗：打ち上げ準備に手間取り、当初の打ち上げ予定時刻を大幅に過ぎてしまった。

改善策：開発作業だけでなく、現地での打ち上げ準備、回収、解析までの作業検討を行い、現地作業のリハーサル等も含めて予めスケジュールに組み込んでおく。

失敗：物品管理ができていなかった。必要としているものがどこにいくつあるのかが把握できず、探すのに時間のかかることが多く見られた。また、必要物品がそろるのが全体的に遅く、必要なタイミングに入手ができなくなるリスクが大きかった。

改善策：物品の置き場所をあらかじめ決めておき、物品の情報はファイル管理して共有しておく。購入した物品の個数・場所・値段、これから必要となる物品の個数・値段を 1 つ

のファイルにまとめておくと、素子や部材の調達、管理が楽になる。

3.3.2. 構造

失敗：実施した試験の中には目的の不明確なものがあった。特にフライトピンに関しては試験項目について不明確なまま、気球試験時の放出で動作確認をしたつもりでいたため、本番の実環境に対する想定が十分できておらず、結果として2度のフライトピン動作不良につながったと考えられる。

改善策：試験を行うときはどの機能をどのような動作条件で確認するのか、どのような結果が得られれば良いかを明確に定義する。明確な定義があることで、試験で確認すべき機能、すでに確認された機能が明らかになり、機能や動作条件に漏れがないことのチェックや無駄な試験の省略に役立つ。

失敗：手順書が形骸化していた。打ち上げ前の準備を手順書にまとめていたが、実作業ではこれを参照せずに作業をしていた。

改善策：自明と思われることでも手順書に従って作業をする必要がある。一つ一つ声に出して確認を行う。また、手順書自体も、現地での作業性を考慮して作成する。あまり詳細に書きすぎていると、作業効率の低下、必要項目の見落としに繋がるため、必要な手順を過不足なく整理するよう気をつける。

3.3.3. 回路・ソフトウェア

失敗：開発途中で主開発者の一時交代が生じたが、引き継ぎ等が不十分でありこの間の作業進捗が大幅に遅れた。

改善策：開発要員の交代が不可避であることは数か月前から明らかであったが、引き継ぎ期間を明確に定めておらず直前の伝達のみとなった点が問題であった。引き継ぎが想定される場合には予め引き継がれる側と共同で作業をする等して情報の事前共有に十分な時間を割く必要がある。

4. 謝辞

今回 ARLISS に参加するにあたり、研究室から開発予算、開発環境等多くの支援を頂きました。また中須賀先生をはじめとする研究室の多くの方々から多岐にわたるアドバイスを頂きました。感謝いたします。

今回の ARLISS では昨年度に引き続き古野電気株式会社様より GPS 受信機(GH-81)を5台無償にて提供いただきました。また、今回新規に搭載した無線機(TS02EJ)については製造元である野村エンジニアリング有限会社様より様々なご支援を頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。