

## 2009 年度 CANSAT プロジェクト報告

### 2009 CANSAT project annual report in SSDL

横田一毅, 杉本理英, 神園仁志, 田川真, 日南川英明, 山田雅隆

九州大学 工学研究院 航空宇宙工学部門 宇宙機ダイナミクス研究室

〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地

kazuki\_y@aero.kyushu-u.ac.jp

#### 概要

九州大学宇宙機ダイナミクス研究室 (SSDL) では, 学生プロジェクトとして, 人工衛星の開発を行っている. その一環として, 衛星開発の技術習得を目的に, 新たに配属された学部生, および修士の有志による CanSat プロジェクトを行っている. CANSAT プロジェクトでは, メンバーが CANSAT のミッション, 機体コンセプト, サクセスレベル, 担当する系の割り当て, スケジュールを決定し, CANSAT の開発を通してマネジメントも含めたプロジェクトに取り組む. 本論文では, 2009 年度 CANSAT プロジェクトの活動報告を行う. 2009 年度は, 能代宇宙イベントと ARLISS (A Rocket Launch for International Students Satellites) への参加を目標に設定し, 翼型カイトプレーンとローバーを組み合わせたハイブリッド機構を新たに開発した. プロジェクトの達成度は, 設定したサクセスレベルにより評価した. 能代宇宙イベントは, 安定した飛行ができず, サクセスレベルはノーサクセスであった. ARLISS では, フライバック性能を改良し, ローバー機構を導入した結果, サクセスレベルはミドルサクセスであった. 大会結果としては, 能代宇宙イベントでは 3 位, ARLISS ではカムバックコンペ 2 位, ミッションコンペ 1 位であった. 期限が定められている中での開発および複数人が系に分かれて開発を行うことは, どのプロジェクトにも共通するところであり, 貴重な経験を積むことができた.

Key Words: CANSAT, Hybrid, Kite Plane, Rover

#### 1. 緒言

CANSAT とは, Can Satellite の略語であり, 飲料缶サイズの人工衛星を指すものである. ただし, 宇宙まで打ち上げる人工衛星ではなく, 気球や小型ロケットで上空へ打ち上げ, 制御降下を行い, 降下中に所定のミッションを実行する. 主な形状に, パラシュート・パラfoilなどがあげられ, 翼型やローバー型なども開発が行われている.

九州大学宇宙機ダイナミクス研究室 (SSDL) では, 学生プロジェクトとして, 人工衛星の開発を行っている. そこで, 衛星開発の技術習得を目的に, 新たに配属された学部生, および修士の有志による CANSAT 製作を行っている.

今年度は, 翼型カイトプレーンとローバーを組み合わせた, ハイブリッド機構を新たに開発した.

#### 2. キックオフ

近年, 地上にターゲット地点を設定し, 飛行制御あるいは走行制御により, 設定されたターゲット地点への接近 (カムバック) を競うカムバックコンペティションという競技が各地で開催されている. SSDL では秋田県で開催される能代宇宙イベントと, アメリカ合衆国ネバダ州で行われる ARLISS (A Rocket Launch for International Students Satellites) への参加を目標にした.

プロジェクトのキックオフミーティングで, 以下の 3 点を決定した. a) 開発する CANSAT の形状. b) サブミッションの定義. c) サクセスレベルの定義. Fig.1 に CANSAT 形状の基本となるカイトプレーンのイメージ図, Table 1 に決定したサクセスレベルを示す.

### a) 開発する CANSAT 形状

CANSAT 形状の決定において、重視した点は独自性のある機体を開発すること、なおかつ大会で好成績をおさめられることである。そこで、大会において、風や地形などの影響を受けても対応可能であり、いまだに実証歴がない、翼とローバーによるハイブリッド型の CANSAT 開発を目指した。また、大会に参加する上で、製作する CANSAT には寸法や重量など、条件が与えられる。そのため、要求される条件を満たす前提の下、目標とする性能を実現することが必要となる。



Fig.1 Image of kite plane<sup>1)</sup>

### b) サブミッションの定義

CANSAT におけるメインミッションは、カムバックミッションである。そこで、サブミッションは、カムバックミッションに加えて CANSAT が持つ機能のことを指し、開発者それぞれが自由に設定できるので、チームの独自性が表れる。ミッションは、面白みを重視して、カムバック実行中の動画を撮影することに決定した。

### c) サクセスレベルの定義

今回の CANSAT プロジェクトを起すにあたり、サクセスレベルを定義した。サクセスレベルを定義することにより、プロジェクトがどの程度達成されたのか、客観的に判断できる。また、サクセスレベルをプロジェクトの初期段階で設定することは、開発を進める上での明確な目標となり、計画立てに有利となる。

Table 1 Success level

Minimum success	翼の展開
	安定した飛行
	センサ類が機能
	制御のログ取得
	ローバーの単独走行

Full success	経路データの取得
	制御の有意性の確認
	動画データの取得
	姿勢のログ取得
	翼とローバーの分離
Advanced success	目標方向への走行
	目標地点への接近 ・能代:20m 以内 ・ARLISS:500m 以内

## 3. 開発スケジュール

Fig.2 に出場する大会およびその日程と開発期間を示す。Fig.2 に示す A, B, C の期間における開発の概要と、実行した試験について説明する。開発の効率化のため、メンバーはカイトプレーン、筐体、ローバー、電子回路、プログラムの 5 つの系に分かれて開発を行った。各系の開発スケジュールを Fig.3 に示す。

### A : 能代宇宙イベントに向けた開発

能代宇宙イベントは、湿地帯で開催される。したがって、ローバーに対して適した条件ではないと判断し、飛行制御のみを行う機体の開発を行った。気球を用いた投下試験を行い、製作した翼の飛行能力を確認した。また各種センサ類が、機体に実装した状態で、確実に動作することを確認する前に、センサ類単体での試験を行った。

### B : ローバーの開発期間

能代宇宙イベントでは導入しないが、ARLISS に対する開発目標としたローバーにおいて、両大会が近い時期に開催されるため、同時進行の時期が生じた。舗装面・非舗装面と条件を変えて地上での走行試験を行い、それぞれの条件において、制御無しの場合と有りの場合に分けた。

### C : 統合期間

能代宇宙イベントにおいて実証した機体と、同時進行で開発を行っていたローバーとの統合試験を行った。また、翼の切り離しによる分離を考案し、分離試験を繰り返し行った。

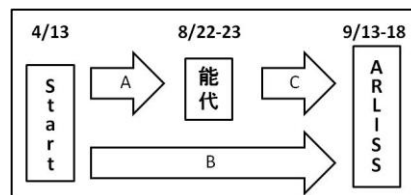


Fig.2 Development schedule

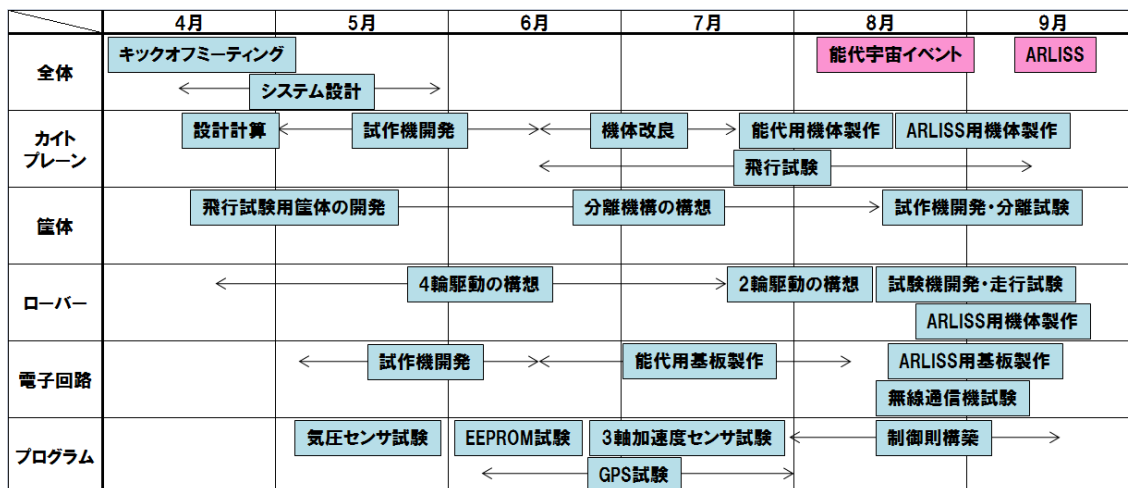


Fig.3 Development schedule by each part

## 4. CANSAT 概要

本章では、開発した CANSAT の概要説明を構造系・制御系に分けて行う。

### 4.1 構造系

Table 2 に CANSAT の概要を示す。Fig.4 に CANSAT 外観写真を、Fig.5 に搭載するローバーを示す。Fig.4 に示すように、開発した CANSAT は、カイトプレーンの本体部に、ローバーを搭載した筐体を付加している。着地の衝撃対策のため、ローバーは、筐体に収納している。筐体は開放可能で、釣り糸とピンにより固定する。着地後、ニクロム線に通電することで、熱により釣り糸を切断する。固定の外れた筐体が開放した後、ローバーを始動する。



Fig.4 CANSAT

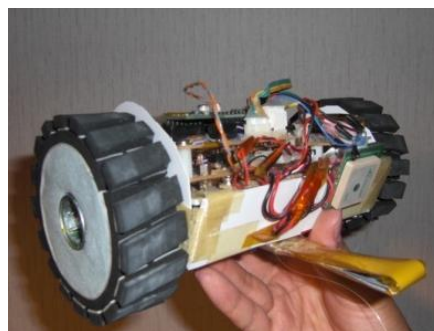


Fig.5 Rover

Table 2 CANSAT dimensional data

wing system	スパン [mm]	750
	全長 [mm]	470
	先端角度 [deg]	90
	前縁長さ [mm]	500
	水平尾翼 [mm]	60×60
	垂直尾翼 [mm]	60×60
body	直径 [mm]	100
	全長 [mm]	230
rover	車輪径 [mm]	85
	車高 [mm]	14
	全長 [mm]	200

### 4.2 制御系

制御系では、メインミッションである、カムバックミッションを実現するために考案した制御則を紹介する。システムは入力系、処理系、出力系、電源系の4つの系に大別される。システムダイアグラムを Fig. 6 に示す。

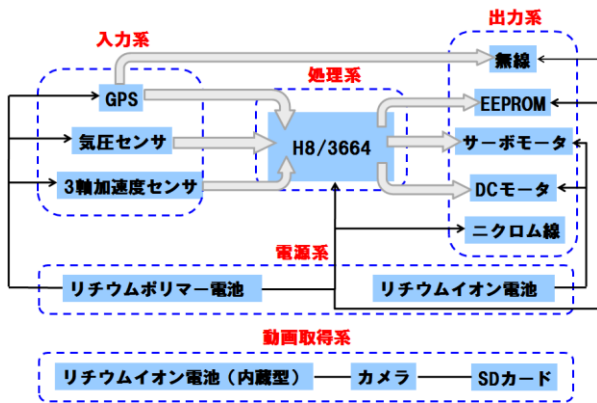


Fig.6 System diagram

入力系は GPS センサ, 気圧センサ, 3 軸加速度センサにより, それぞれ, 緯度, 経度, 高度および姿勢を取得する. 処理系はマイコン H8/3664 を採用し, 制御量の処理を行う. 出力系はニクロム線, 無線通信機, EEPROM, サーボモータ, DC モータで構成される. それぞれカイトプレーンとローバーの分離機構, GPS データのダウンリンク, 制御情報の保存, ラダーの制御機構, ローバーの制御機構として搭載する. 最後に電源系はリチウムポリマー電池とリチウムイオン電池を搭載する.

Fig.7 に制御に用いる値を示す. 進行方向ベクトル  $\vec{v}$ , 目的地方向ベクトル  $\vec{r}_{igt}$  を定義し, 目的地方向ベクトルから進行方向ベクトルまでの角度を反時計周りに  $\Delta\theta$  とする.

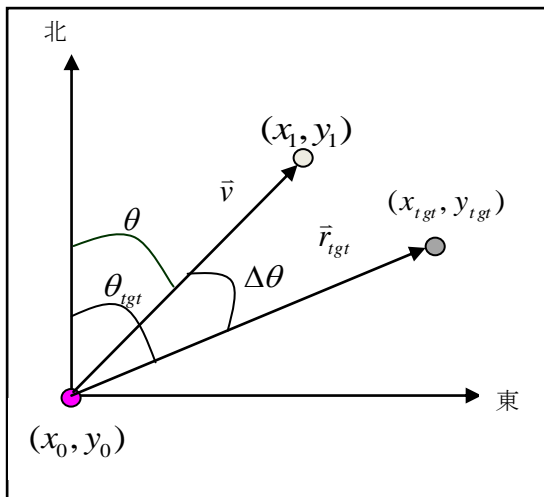


Fig.7 Definition of parameters

北を方位角 0 度とし, 進行方向ベクトルまでの角度を時計周り方向に  $\theta$  とする.  $\theta$  は GPS のデータより得られる. 北から目的地方向までの角度を時計回りに  $\theta_{igt}$  とすると,

$$\theta_{igt} = \arctan\left(\frac{y_{igt} - y_0}{x_{igt} - x_0}\right) \quad (1)$$

Eq. (1) のように求められた  $\Delta\theta$  より, ラダーによる制御においてはサーボモータの角度を変化させ, ローバーの制御においては左右の DC モータの回転数を変化させる(Fig.8 参照).

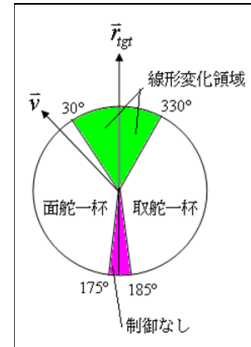


Fig.8 Overview of traveling direction control

## 5. 工夫点

### 5.1 カイトプレーン

カイトプレーンの工夫点としては, 3 点が挙げられる. まず 1 点目は, 尾翼にアルミニウム板を張りつけることで尾翼の重量を増やし, 重心位置を後部にずらしたことである. 重心位置を後部にずらすことで, より安定した飛行が可能となる. 次に 2 点目は, 前縁に 3 本のメジャーを使用することで, 機体重量に耐えられる翼を実現したことである. 最後に 3 点目は, メジャーとスポンジを使用することで, 翼と筐体の接合部に取り付け角をつけ, 重心位置を下部に下げたことである. 重心位置を下部に下げることにより, より安定した飛行が可能となる.

### 5.2 ローバー

ローバーの工夫点としては, 3 点が挙げられる. まず 1 点目は, タイヤと搭載機器の間に壁を取り付けることで, 砂から駆動部を保護したことである. 次に 2 点目は, 機器搭載部を 2 層構造とすることで, 限られた空間内で効率的な機器配置を実現したことである. 最後に 3 点目は, 車輪幅を大きくすることで, 直線走行の安定性を向上させたことである.

### 5.3 分離機構

分離機構の工夫点としては, スタビライザーの反発力を利用して, ローバーの始動力を得たことである.

## 6. 結果

開発の結果として、ARLISSにおける競技結果を示す。

ARLISSでは小型ロケットを用いて、高度4 km上空まで打ち上げるため、目視での確認が非常に難しく、確認できたものは、着地後の状態のみであった。そこで、着地後の状態および搭載センサのログを用いて、結果を示す。

Fig.9に着地後のCANSATの写真を示す。Fig.9から、明らかに分離に成功している。また、翼の展開にも成功していることがわかる。

Fig.10にGPSセンサのログを示す。記録開始点は高度1000 m以上からとしている。しかし、ロケットの打ち上げ速度が速いため、記録開始は1000 mからではなく、キャリアからの放出後となっている。Fig.10により、左旋回の制御は、相対位置・旋回方向ともに比較的良好な結果を得た。

以上の結果をもとに、確認された結果は以下の通りである。

- 翼の展開
- センサ類が機能
- 制御のログ取得
- 経路データの取得
- 制御の有意性の確認
- 翼とローバーの分離

その他、証明はできないが、搭載機器の生存状況を考え、安定した飛行も達成したと考える。したがって、ミニマムサクセスは達成した。

動画データの取得は、ロケット打ち上げ直前で途絶えており、飛行中は取得できなかった。また、本稿には載せていないが、姿勢のログも確認されており、フルサクセスにおいては、目標方向への走行のみが達成できなかった。

カムバックの成績は、能代宇宙イベントで44.5 m、ARLISSで844 mであるので、アドバンストサクセスは達成できなかった。



Fig.9 After landing

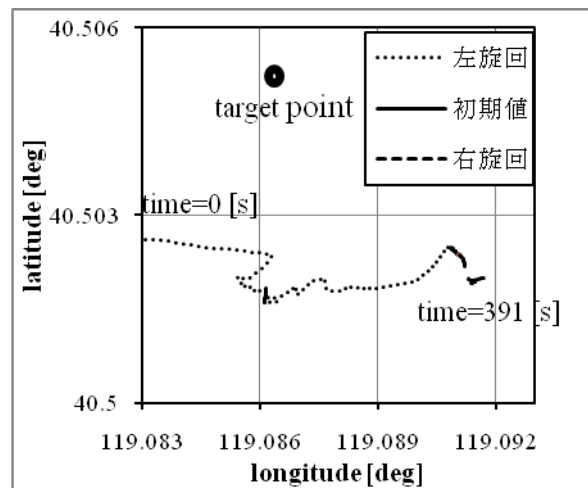


Fig.10 GPS data

## 7. まとめ

SSDLにおいて、衛星開発の技術習得を目的に、新たに配属された学部生、および修士の有志によるCANSAT製作を行った。今年度は独自性を打ち出すため、翼型であるカイトプレーンとローバーを合わせたハイブリッド機構を新たに開発した。

開発メンバー全員が、CANSATプロジェクト以外にも、研究や授業などのように、別の活動を持っており、日程が限られている中での開発計画を立てることに苦労した。また、校舎の停電や、メンバーの体調不良など不測の要因もあり、試験日程の直前に慌てるが多かった。

開発メンバーのほとんどは、複数人での開発を行った経験がなく、並行したプロジェクトの進行に戸惑ったが、担当する系をそれぞれに割り振ることで、責任意識を持って、開発に携わることができた。

期限が決まった中での開発や、複数人が系に分かれて開発を行うことは、どのプロジェクトにおいても共通するところであり、今回のCANSATプロジェクトでは、貴重な経験を積むことができた。

## 参考文献

- [1] Makoto Kumon, Ikuro Mizumoto, and Zenta Iwai, Wind Estimation by Unmanned Air Vehicle\_with Delta Wing, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation Barcelona, Spain, April 2005