

# ARLISS2012 報告書

文責：PM 荒井 康雄

[所属] 首都大学東京 宇宙システム研究室

[チーム名] TMU Family

[メンバー] 荒井康雄, 錦沢秀太郎, 川上翔, 渡辺啓太



## Members

- |                        |    |
|------------------------|----|
| 1. Yasuo ARAI          | M1 |
| 2. Shutaro NISHIKIZAWA | M1 |
| 3. Keita WATANABE      | M1 |
| 4. Sho KAWAKAMI        | B4 |

## 1. 概要

TMUFamily は 2012 年度, 宇宙システム研究室初の試みとして固定翼型の CanSat を制作した. 打上げ結果は, 1st フライトは搭載した傾斜センサのデータから, 安定した飛行ができたと判断した. 2nd フライトは傾斜センサのデータと GPS のログから安定した飛行が行われなかったと判断した. この文章では, 機体の特徴を述べた後, 計測したデータを示す. さらに, プロジェクトの進め方や苦労した点を紹介する.

## 2. 機体紹介

毎年宇宙システム研究室では、パラフォイルを用いたフライバック型の CanSat を製作してきた。しかし、今年は翼展開を行う固定翼機型の CanSat を製作した。

以下に TMUFamily が製作した機体の紹介を行う。



Figure 1 機体写真

Table 1 機体諸元

重量[g]	309
高さ[mm]	240
直径[mm](翼格納時)	140

翼の展開は、トーションばねを翼に埋め込むことでロケットからの放出時に行われる様にした。従来はコンベックス構造を用いた展開法が良く用いられてきたが、ARLISSにおいて、展開がうまくいかない例が多いために採用しなかった。

システムダイアグラムを以下に示す.

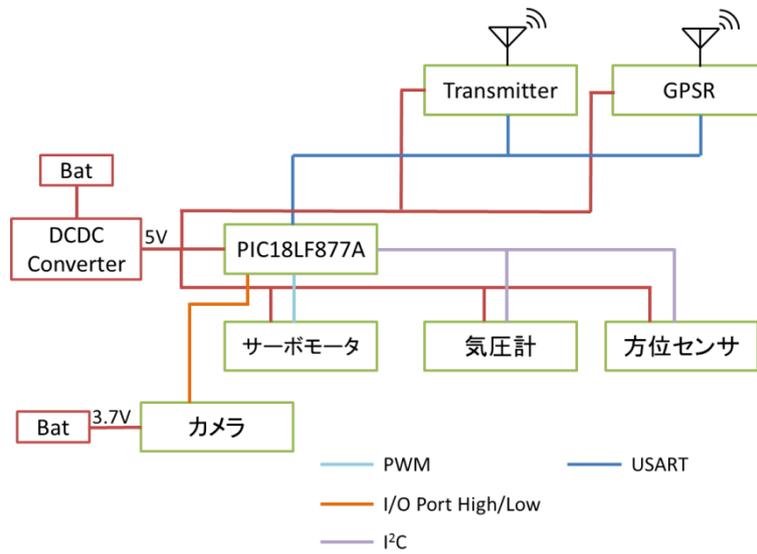
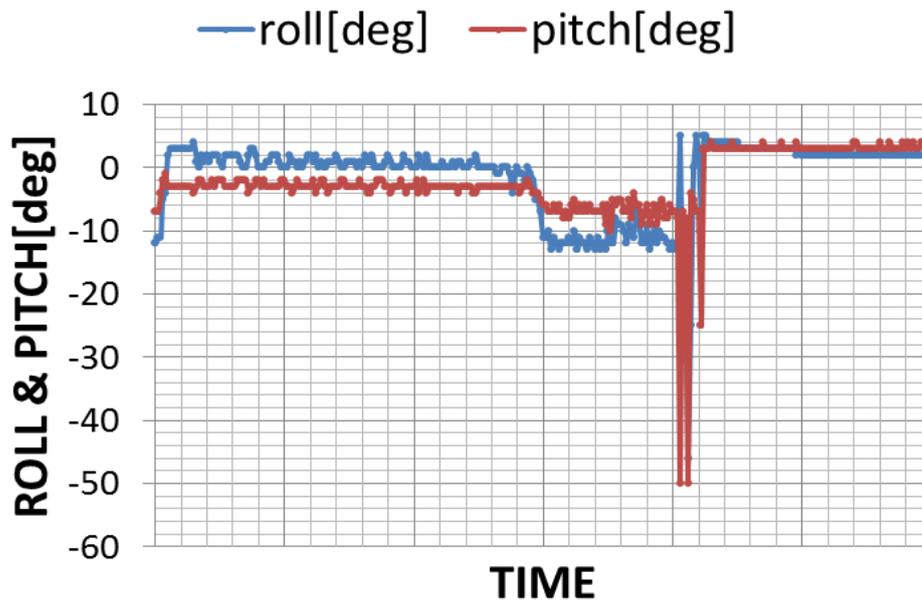


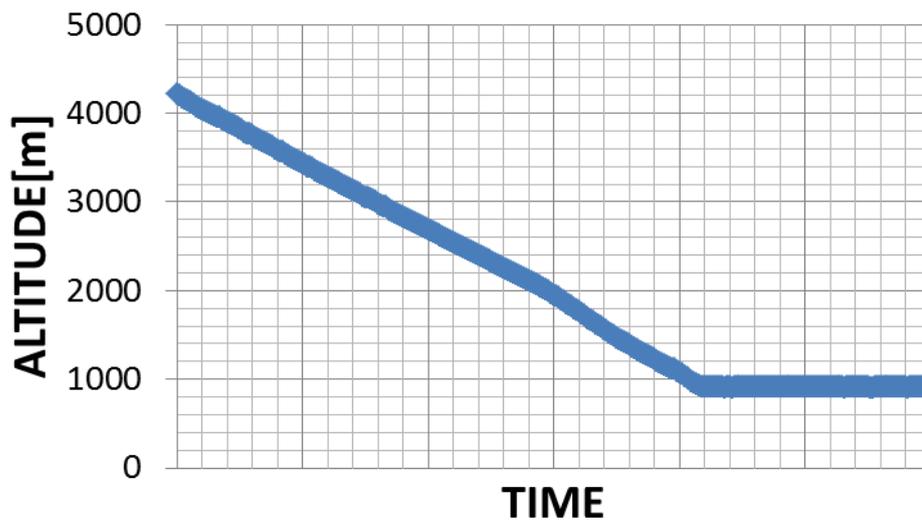
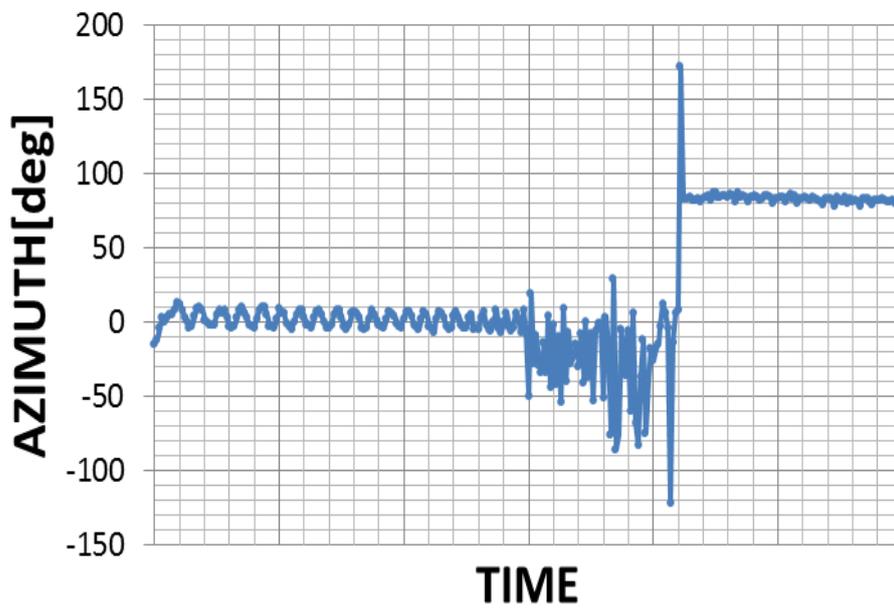
Figure 2 システムダイアグラム

マイコンは毎年 H8 シリーズを用いていたが、今年は CLTP3 が宇宙システム研究室で開催されることとなり PIC の使い方に慣れる必要があったため PIC16LF877A を使用した。

### 3. 結果

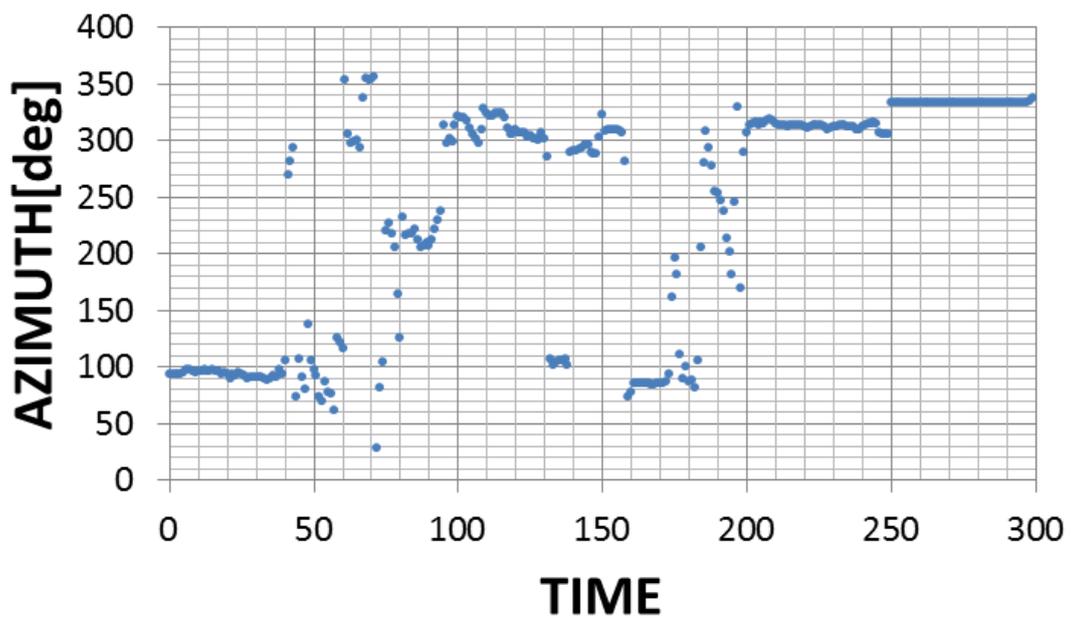
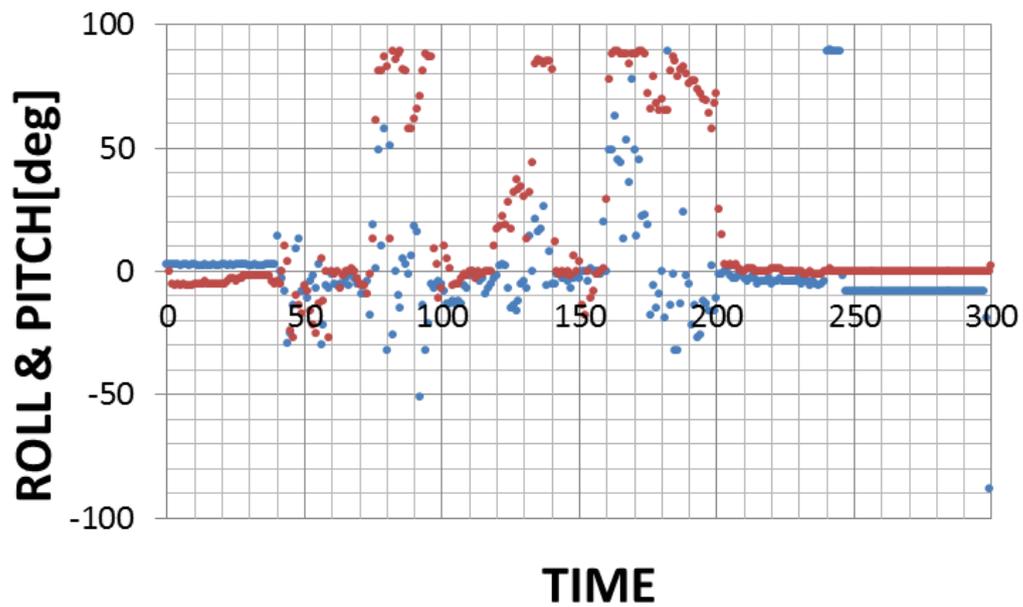
#### 3.1 1<sup>ST</sup> フライト





### 3.2 2<sup>ND</sup> フライト

2<sup>nd</sup> フライトでは私達の CanSat はターゲットから 438m 離れた地点に着陸した。しかし、メモリに蓄えられていたデータを吸い出したところ GPS のデータが打上げ後から更新されていないことが分かった。よって制御はされていないと判断した。



## 4. フライトまとめ

製作にあたり掲げた Mission Criteria を示す.

- Full success
  - Calculated distance between the target and the landing point of our CanSat using the GPS position data is less than 500m.
- Minimum success
  - (1) To be able to play the video stored in a memory correctly after recovery of our CanSat. This video should contain the scenes of the landing.
  - (2) The roll and pitch angles should be within $\pm 10$  [deg] and  $\pm 15$  [deg] respectively.

また、これとは別にトーションばねによる展開機構をもった CanSat の製作と、単に滑空するだけでなく制御が行われていることも基準に含まれる（技術レポート参照）

これに照らしあわせて 1st フライト, 2nd フライトの達成度合いを評価する.

### 4.1 1<sup>ST</sup> フライト

Wing deployment	Record of control	Steady flight	Taking a movie
Success	Success	Success	failed

飛行中の動画の撮影だけが行うことが出来なかった.

- 保存されていた動画を確認してみると、機体に回路を搭載し蓋を閉めるところで動画が終わっていた.
- 使用したカメラは市販の小型カメラの撮影開始ボタンにリード線をはんだづけし、マイコンから I/O ピンの上げ下げによって録画をすることになっていた.
- 蓋のすぐ裏側に、カメラのスイッチが位置していた.

以上3つのことから録画が途中で終わった理由は、蓋を閉める際に蓋がカメラの撮影開始ボタンを押してしまい、既に開始されていた録画を止めてしまったと考えられる。

テントでの組立から打上げまでの手順は事前に何回も確認・練習したにもかかわらず、本番においてこのような失敗を犯してしまった。まさに「マーフィーの法則」起こる可能性のあることは、いつか実際に起こる。”を体現・体験した結果となった。

## 4.2 2<sup>ND</sup> フライト

Wing deployment	Record of control	Steady flight	Taking a movie
Success	failed	failed	Success

GPS レシーバから出力される位置情報が更新されず、制御と安定した飛行どちらも行うことが出来なかった。しかし、1<sup>st</sup>フライトの失敗を踏まえ、機体を改修したけっか動画の撮影には成功することができた。GPS レシーバから出力される位置情報が更新されなかった理由は、放出後すぐにきりもみ飛行に陥ったからではないかと考えるが、依然としてわからないままである。

## 5. TMU FAMILY でのプロジェクトの進め方

TMUFamily として CanSat を製作するにあたり、今年度はシステム工学・プロジェクトマネジメントの方法を取り入れた製作方法を取り入れた。ここでは ARLISS2012 報告会の発表資料を簡単にまとめたものを示す。

### 5.1 ミッション定義・要求仕様の明確化

5月にチームが立ち上がり、まずミッション要求の明確化を行った。以下にミッション要求の一部を挙げる。全体では約30項目あった。

- (R1) .....CanSat がロケット打ち上げ時にかかる荷重，最大加速度 10G，ランダム振動 25G-rms に耐えられる構造であること。また，総重量は 1050g 以下であること。
- (R2) .....収納時では電力を抑える工夫がなされていること。
- (R3) .....キャリア放出後まで電波を一切発射しないこと。
- (R4) .....制御履歴を記録し，回収後に運営委員の審査員に制御履歴を提出しなければならないこと。
- (R5) .....地上へ位置情報をダウンリンクすること。
- (R6) .....地上局無線機は CanSat の飛行中から着陸までデータを受信できること。
- ...
- ...

Figure 4 ミッション要求の例

Figure 4 ミッション要求の例 の様に列挙したミッション要求から，一対一に対応したシステム仕様を決定する。

- (S1) .....電装系はできる限り軽くし，飛行機型 CanSat として飛翔可能な重量以内に収める。最大重量は 1050g である。
- (S2) .....分離を検知するまではサーボモータを動作させない。
- (S3) .....分離を検知するまではバッテリーから送信機へ電力の供給を行わない。
- (S4) .....分離から回収までの時刻，位置情報，制御入力，を EEPROM に書き込む。  
EEPROM には安易に上書きがされないような機構を持たせること。
- (S5) .....送信機を用いて，現在の位置情報をダウンリンクする
- (S6) .....送信機の伝送可能距離が十分に長いこと(定量化が必要)。
- ...
- ...

Figure 3 システム仕様の例



### 5.3 検証計画/検証項目の明確化

単体試験・結合試験・統合試験に向けて事前に検証計画と検証項目の明確化を行った。以下に統合試験の日程と、検証項目の一部(エクセルで数十項目まとめてあるうちの一部)を示す。

検証項目番号	検証項目		検証実施日
INT-1	ADCS	方位センサ + サーボ	2012/06/13
INT-2		サーボ+GPS	2012/06/14
INT-3		方位センサ + GPS	2012/06/14
INT-4		サーボ + 気圧計	2012/06/14
INT-5		方位センサ + 気圧計	2012/06/14
INT-6		GPS+気圧計	2012/06/14
INT-7		サーボ + 方位センサ + GPS	2012/06/14
INT-8		サーボ + 方位センサ + 気圧計	2012/06/14
INT-9		サーボ + GPS+気圧計	2012/06/14
INT-10		方位センサ + GPS+気圧計	2012/06/18
INT-11	ADCS 系全体	サーボ + 方位センサ + GPS + 気圧計	2012/06/18
INT-12	CDH	XBee+EEPROM	2012/06/18
INT-13	系間	ADCS+CDH (分離検知, 送信機電源ON機能含まず. これらは全体の動作に関わるためそちらで検証)	2012/06/21
INT-14	系間	ADCS+カメラ	2012/06/21
INT-15	系間	カメラ+CDH	2012/06/21
INT-16	全体	全体	2012/06/21

Figure 7 統合試験の日程

番号	課題	試験への要求	試験時チェック項目	試験後チェック項目	考えられるトラブル	トラブルへの対処
1	OBCによりGPS測位を実施	測位可能な場所での実施のこと	GPSの規定フォーマットでの取得	測位結果をマッピングして実際の経路と比較する。	1. 測位できない。 2. 測位精度が悪い。	1. 配線, プログラムの確認 2. 測位精度が向上すると思われる場所へ実施場所を変更。
2	GPS測位結果の送信と地上局での受信	・測位可能な場所での実施のこと ・地上局設備との距離をある程度離すこと	・GPSの規定フォーマットでの取得 ・通信の確立	測位結果をマッピングして実際の経路と比較する。	1. 測位できない。 2. 測位精度が悪い。 3. 通信が不正	1. 配線, プログラムの確認 2. 測位精度が向上すると思われる場所へ実施場所を変更。 3. 通信の確立をまず実施する。
3	光センサによる取巻検知・分離検知	明るい場所での実施する	・周囲が暗くなった時に, 水平尾翼が0位置に移動すること ・周囲が明るくなった時に, 通信を開始すること	EEPROMに書き込まれたデータから光センサのセンシングが正しく行われているかを確認する	・明暗の変化を検知できない ・ADCを行なうことができない	・プログラム内で指定してあるしきい値を変化させる ・コネクタの接触具合を確認する

Figure 6 検証項目の一部

各系内や系間の統合試験は当初の予定よりは遅れたものの、遅らせた予定内で行うことができた。しかし、各コンポーネントや系がうまく動くことを優先したために制御則の実装が後回しになってしまった。制御則の実装先送りしたことに対して「いつまでに、どの程度の完成度であるべきか」を明確にすべきであった。

## 6. 苦労した点など

- 構体の製作全般

例年はパラフォームに構体をぶら下げただけで”構体の完成”とすることができたが、飛行機型の CanSat の構体の製作についてノウハウがないため、材料の選定から成形方法・実際の成形まで、構体の製作には非常に苦労した。

- 構体と電子機器のインテグレーション

これまでは構体の構造が簡易だったため構体の製作は完全に後回しだったところを、今年は電子系と並行して製作し、ある時にインテグレーションを行った。インテグレーションで見えてきた問題点(組立のし辛さ、配線の取り回し辛さ、など)を修正して次のインテグレーションに臨むというイタレーションの過程が非常に勉強になったのと同時に、次なにかモノ(CanSat にかぎらず)を製作するときに着眼すべき点として身についた。これは経験しなければ身につかないものだと思う。

- PIC のプログラムメモリの不足

CLTP3 を実施するにあたり、PIC の扱いに慣れておく必要があったため今年の CanSat プロジェクトでは PIC16LF877A を使用することがプロジェクト発足前から決まっていた。各センサを動作させるプログラムを統合試験用に統合しコンパイルすると、PIC のプログラムメモリに収まらなくなってしまったこと。計算の方法を変更したり、変数の精度を必要最低限に抑えることで何とか PIC のプログラムメモリに収めることができた(使用率 98%)。