

「缶サットの航路を表示する」



和歌山県立桐蔭高校 科学部 缶サット班

2年 柴田玲 瀧本英智 西岡右京 山下匠 佐山幸翼 鈴木智大 森川琳太郎

1年 藤永直樹 松野壮汰 垣内春美 坂口雄梧 西口拓実 中岡郁哉

<目次>

- | | |
|---------------------|------------------|
| 0. 今大会のミッション・目標 | 1. 機体について |
| 1. 缶サット本体のプログラムについて | 3. 無線通信について |
| 4. データの取得・分析 | 5. その他の事項 |
| 6. ロケット・パラシュートについて | 7. 全体のサクセスクライテリア |

0. 今大会のミッション・目標

- ・ミッション 「缶サットの航路を表示する」
- ・ミッションの意義

缶サットが打ち上げ時に辿った軌道(以下航路)を表示することにより、缶サットの位置情報を導き出すことが出来る。私達は、缶サットから得た情報を役立てる上で、例え役に立つ数値が取得出来ていたとしても、それがどの地点の情報であるかが分からないとそれを役立てる事が難しくなると考え、本ミッションを定めた。今回で缶サットの航路を表示することに成功すれば、危険な場所の探査など、他の様々な分野においてもセンサ等で得た情報をより有効的に活用する事が出来るようになると思った。

- ・ミッション設定の動機

前回、全国大会にて桐蔭高校は「Can Sat Player」の制作を掲げた。これは、缶サットの打ち上げ・落下時の姿勢などを缶サットに搭載した加速度センサや9軸センサなどのデータをもとに3Dで表示するものである。しかし、この姿勢表示には事故した位置がわからないなど少なからず問題点があった。そこで、新たな位置情報取得の方法を模索し前年度の技術をより発展させると同時に、本ミッションの意義である「取得した情報をより有効的に活用する」ことの実現の第一歩となるべく本ミッションを定めた。

1. 機体について

<使用機器>

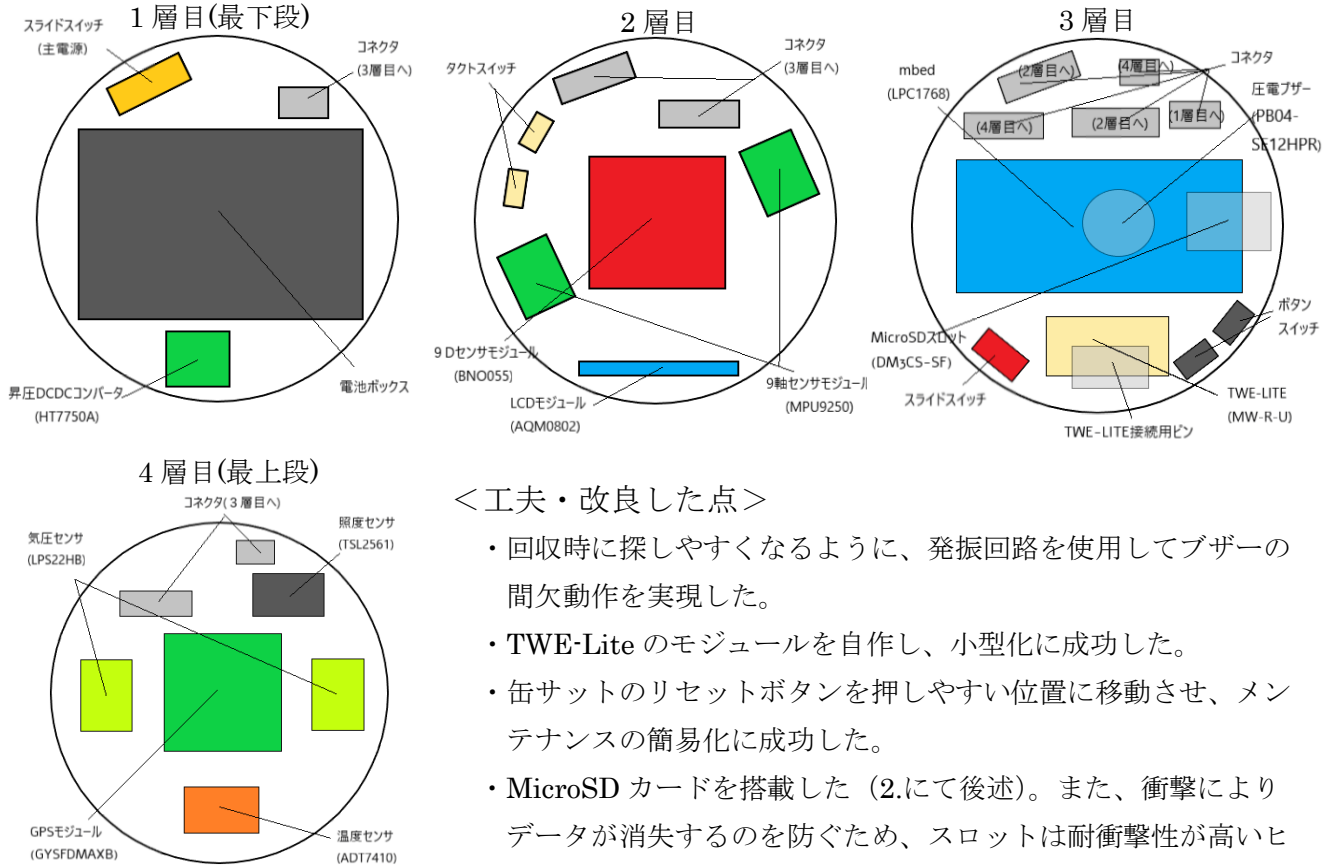
メインマイコン	LPC1768
気圧センサ	LPS22HB ×2
照度センサ	TSL2561
温度センサ	ADT7410
9D センサモジュール	BNO055
9軸センサモジュール (加速度+地磁気+ジャイロ)	MPU9250 ×2
GPS モジュール	GYSFDMAXB
MicroSD スロット	DM3CS-SF
LCD キャラクタ表示器	AQM0802A-RN-GBW



図1：今年度の缶サット

無線通信用マイコン	MW-R-U
昇圧 DCDC コンバータ	HT7750A
圧電ブザー	PB04-SE12HPR
電源	eneloop 単 4 型 × 3

図 2：缶サット各段の配置



＜工夫・改良した点＞

- ・回収時に探しやすくなるように、発振回路を使用してブザーの間欠動作を実現した。
- ・TWE-Lite のモジュールを自作し、小型化に成功した。
- ・缶サットのリセットボタンを押しやすい位置に移動させ、メンテナンスの簡易化に成功した。
- ・MicroSD カードを搭載した (2.にて後述)。また、衝撃によりデータが消失するのを防ぐため、スロットは耐衝撃性が高いヒンジ型(下図 3)のものを使用した。

○センサの配置

- ・遠心力などを打ち消すために、9 軸センサモジュール(MPU9250)を対角線上に二つ搭載した。
- ・GPS モジュールは通信強度を上げるため、気圧センサは上空の気圧を測るためやカバー(後述)の取り外しを容易にするため最上段に配置した。

○気圧センサについて

私達は高度情報を算出するのに気圧センサと温度センサを使用している。高度算出には後述(4. データの取得・解析)の関係式を使用しているのだが、前年度の実験により、データ取得の際に気圧センサは上空の風や衝撃の影響を受け、値に誤差が生じることが分かった。その対策として、前年度の缶サットでは、気圧センサにプラスチック製のカバーを取り付けて上空の風の影響を軽減していた。今年度の缶サットではそれをさらに発展させ、カバーの素材をメラミンスポンジに変更(図 4)、上空の風や衝撃の影響をより受けにくくした。

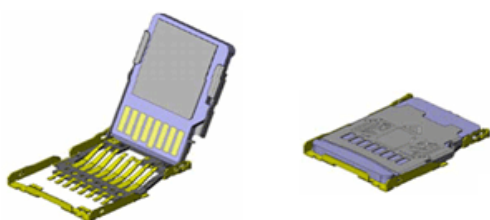


図 3：ヒンジ型スロット

バネを使用するものと違い完全に固定できるので、耐衝撃性が高い。

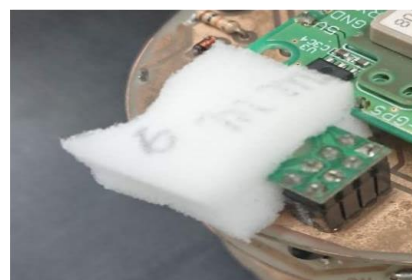


図 4：メラミンスポンジ

図のように気圧センサの周りにメラミンスポンジをはめることにより、風の影響を低減することができる。

2. 缶サット本体のプログラムについて

<使用したソフト> mbed OS 2.0

<工夫・改良した点>

- ・モードの選択(スタンバイ・データ取得)
 - ・液晶ディスプレイ(LCD 表示器)に、缶サットのモードの選択とデータ取得時のカウントを表示した(右図5)。
- ・メンテナンスモードの搭載



図5：LCD モジュール

メンテナンスモード使用時、缶サットをパソコンにケーブルで接続することにより、各センサの値をリアルタイムで確認できるようにした(teraterm というソフトを使用)。これにより、センサが正常に動作しているか、無線が正常に送られているかを簡単に確認でき、異常の早期発見につながることを期待される。

- ・MicroSD カードの搭載による処理の高速化

以前の缶サットでは、mbed 内部の保存領域に取得したデータを保存していたのだが、容量が少なくオーバーフローしてしまう可能性があった上、保存に時間がかかってしまっていた。そこで、MicroSD カードを使用しそこに保存することにより、容量を増やし保存周期を速めることに成功した。

mbed 内部に保存したときは、1 周期あたり約 0.1 秒かかっていたが、MicroSD カードに保存することにより約 0.03 秒まで高速化することが出来た。

さらに、万が一 MicroSD カードが読み込めない場合に備えて mbed 内部に直接データを保存できるようにした。

- ・GPS モジュールの搭載

今回、缶サットの位置情報を取得するために、AE-GPS(以下 GPS モジュール)を搭載した。この GPS モジュールは、日本が打ち上げた衛星「みちびき」及びそれを利用した「準天頂衛星システム」(QZSS)に対応しており、仕様上の誤差が±2mと今までのものと比べてかなり少なくなっている。この GPS モジュールを利用して、上方向から見た缶サットの2次元航路表示(Google Map を使用)を目指した。また、GPS モジュールのデータ取得周期も以前のものと比べて上がり(データ更新レート 1 秒毎→0.1 秒毎)、データが増え航路をより詳細に表示できるようになった。

3. 無線通信について

<目的>

- ・データの種別を絞り(※)、TWE-Lite を用いた無線通信によりバックアップデータを取得する。

<工夫・改良した点>

- ・前年度の TWE-Lite Blue よりも通信強度が強い TWE-Lite Red を使用することで、より大幅な出力向上を得た。理想的な環境下(障害物や電波ノイズがない)では、従来の Blue と比べ Red は通信限界距離がおおよそ 3 倍、通信強度も大幅に向上している。Red を使用することにより、更なる遠距離通信・取得率の高い通信が期待できる。
- ・受信側のプログラムは Processing というソフトを用いて作成した。これにより、缶サット内部のデータが何らかの理由でロストした場合においても、最低限のデータを担保できる。

(※)データ数を絞る理由は、全データを送るとデータ切れが増える可能性があると判断したためであるとともに、今回は SD カードの使用により周期数が増えたことで、データ量を削減する必要に迫られたからである。

4. データの取得・分析

<高度算出>

- ・高度を算出するにあたり、以下の数式(図6)を使用した。

$$h = \frac{\left(\left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{1}{5.257}} - 1 \right) \times (T + 273.15)}{0.0065}$$

図6：高度の計算式(出典：標高の科学)

P: 現在地の気圧 (hPa) P₀: 海面気圧 (hPa)

T: 現在地の気温 (°C) h: 現在地の標高 (m)

この式の P と T をセンサで取得することにより、高度 h を導くことができる。

<放出点の確認>

- ・ロケットエンジンの火薬が逆噴射し、缶サットが放出されたタイミングを把握するために、照度センサ・9軸センサ・9Dセンサを搭載している。

5. その他の事項

<UI(ユーザーインターフェース)の改善>

LCD表示器と mbed の内蔵 LED を使用しモード選択を分かりやすくすると共に、対応表(下図7)を製作、配布し班員全員に配布することで、操作ミス(ヒューマンエラー)を減らし、より円滑にミッションの実行ができる。



図7：mbed 内蔵 LEDのパターン対応表

6. ロケット・パラシュートについて

<目的>

- ・ロケットの飛行中の揺れを削減することで情報の誤差を小さくする。

<機体の変更・工夫点>

- ・ノーズコーン
オジーブ型ノーズコーン (2017年全国大会と同様の型を使用)
- ・ボディ、フィン
(昨年)画用紙 → (今回)ケント紙
- ・フィン(右図9)

2017年全国大会用の機体よりも面積を小さくした
⇒風に流されにくくなる

○機体の安定

- ・安定比を 0.988 に設定
⇒安定するといわれる 1~1.5 より少し小さく設定 (安定比の変動を考慮)

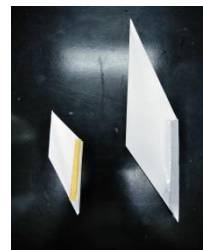


図8：今回のロケット

図9：フィンの比較

左：2018 地方大会 (40.95 cm²)

右：2017 全国大会 (119 cm²)

$$\text{安定比} = \frac{\text{G.P.と C.P.の間の距離}}{\text{機体の直径}}$$

重心=G.P. 圧力中心=C.P.

○機体の設計

- ・モデルロケット製作ソフト「OpenRocket」を用いて設計（下図 10）

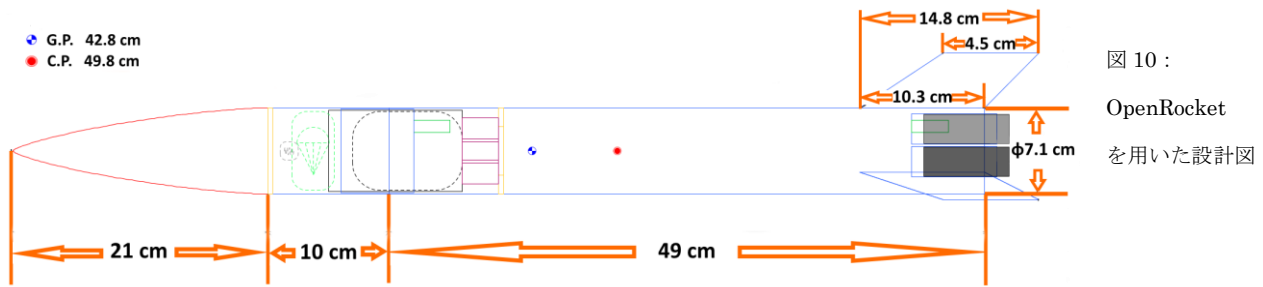


図 10 :
OpenRocket
を用いた設計図

<パラシュート>

○目標

風に流されにくいパラシュートの製作

○パーツ各部

- ・キャノピー（布の部分）

（形） 直径…60 cm、正六角形

（穴） 直径…6 cm、数…7つ

⇒風の逃げ道を作ること落下時の軌道の乱れを減らす

- ・缶サットの降下中の位置を地上から見やすくするために蛍光色の生地を使った。

- ・シュラウドライン

（素材） 1.4 mmのたこ紐

（長さ） 90 cm

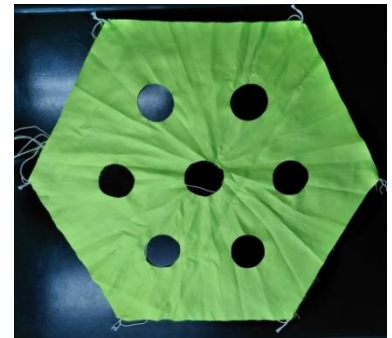


図 11 : 今回製作したパラシュート

7. 全体のサクセスクライテリア

<サクセスクライテリア>

ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
<ul style="list-style-type: none"> ・缶サットの動作確認 ・ロケット打ち上げの成功 ・パラシュートの展開 ・無線通信の成功 	<ul style="list-style-type: none"> ・データの取得・保存・回収 ・無線バックアップ取得率 50% 以上 ・GPS 二次元航路表示の成功 ・ロケットの到達高度 70m 以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・GPS データの欠損なし取得 ・レーザー測距データ(実測値) と GPS データの発射点—着地点間距離の差分率が 10%以内