



Catch the wind with ECOSAT2

～エコサットで挑む風のプロファイリング～

兵庫県立洲本高等学校 科学技術部

毛笠友瑛, 工藤拓巳, 柳 諒典 (3年) 中野祐輝 (2年)

赤穂幸哉, 雨松周哉, 太田楽人, 菅沼優一, 高鍋祥汰, 登 開生,

平野永都, 藤江利宇, 前川純輝, 前田健翔, 山中啓生 (1年)

ミッションの概要

- 1) 昨年に引き続き、太陽電池のみで観測機器を作動させるエコサットに挑戦した。
- 2) 缶サット本体はもちろん、パラシュートも含め観測機器とし、風向、風速を計測する風のプロファイリングを行う。
- 3) 上空からの景色を Live 中継する。

1. ミッションの動機

私たちは昨年、缶サット甲子園にチャレンジを始め、太陽電池で観測機器が作動するエコサットに取り組んだ。しかし、4月から始めたということもあって、満足のいく缶サットに仕上げる事ができなかった。2年目の挑戦となる今大会では観測機器を全て太陽光で動作するエコサットを第一の目標として努力した。私たちは缶サットの他にも高高度モデルロケットの作成にも取り組んでいる。昨年秋から本格的に打ち上げ実験を始めたが、その際にもロケットの回収に失敗し、ロストしてしまうという憂き目に2度会った。そんな経験から衛星の所在を追跡するシステムの必要性も痛感した。そこで、GPS モジュールで得た緯度経度情報を地上に送ることに加え、上空からの景色を LIVE 中継し、さらに衛星の所在がつかみやすいように工夫した。

このように衛星の位置情報を得ることを研究している時に、気象庁のウインドプロファイラというものがあり上空 1 km、2 km、3 km の風のプロファイリングを行なっていることを知った。気象庁のデータは上空 1 km 以上からしかないので、地上から百数十 m の高度の風のプロファイリングを自分たちの手で行えれば面白いと思って、今回の缶サットのミッションに取り入れた。

2. 缶サットについて

2-1 パーツ

太陽電池で発電したエネルギーを溜め込むコンデンサの容量については次のように計算して求めた。動作させたい機器の総電流は 250mA が上限である。今回の缶サットはフレキシブル太陽電池 3 枚を直列に接続し、晴天で実質 10V 程度の電圧を得る事が出来ている。この電源で GPS 受信機、Arduino mini Pro を作動させている。また、太陽電池の発電量は一定ではないのと、機器の耐電圧が 5V なので、三端子レギュレータを入れ電圧を 5V に制御している。準備時間を入れ 10 分間、太陽光が無くても機器が作動し続けることを想定し、必要なコンデンサの容量 C を求めた。コンデンサに貯められるエネルギーと、電力の間には次式の関係がある。

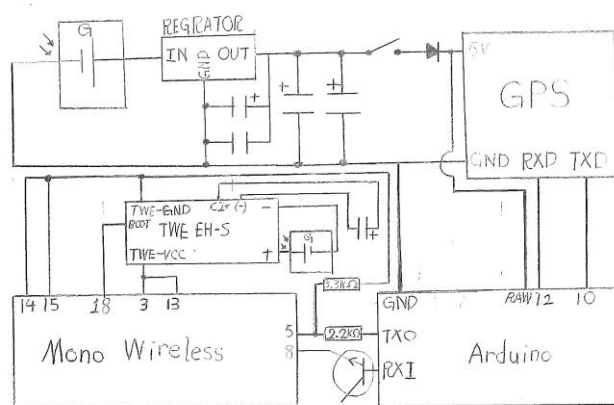


図 1 衛星回路図

$$\frac{1}{2}CV^2 = VIt \dots \textcircled{1}$$

ここで、C:コンデンサ容量(F), V 電圧(v), I 電流(A), t 時間(s)である。V= 5 (v), I=0.25 (A), t=600(s)を①式に代入すると、必要な容量は60(F)である事がわかった。データ送信機のTWE-LITE DIP RED は電源の上限が3.3Vなので専用の電源を用いることにした。

また、当初はカメラ及び画像送信機も太陽電池+コンデンサで作動させようとしたが消費電力が大きいのので9V 006P 角形電池を太陽光で充電した。缶サット本体の作成に用いた主なパーツは表1の通りである。これらのパーツを図1の回路図に従って衛星を組み立てた。

(表1) 缶サット パーツ一覧表

フレキシブル太陽電池	TX3-25 開放電圧/短絡電流 4.1V/40mA
電解コンデンサ	40F-5.5V
電解コンデンサ	25F-5.4V
三端子レギュレータ	5V
GPS	みちびき対応 GPS 受信機モジュール
マイコン	Arduino Pro Mini
データ送信機	TWE-LITE DIP RED
データ受信機	MONO STICK RED
画像送信機	EWRF 7081VTL1S 5.8G 48CH 25mW FPV Transmitter VTX
カメラ	5MP 1.8mm 170 Degree FPV Camera



図2 自作縦型風洞

下の赤い送風機で上から下に空気を吸い出している。上部に上皿ばかりを置き機体の重量の増加から抗力係数を得ている

2-2 パラシュート

パラシュートは、エコがテーマなのでレジ袋を用いて作成した。風向風速を計測するので、可能な限り風に流される時間が長くなるよう、遅く降下することが求められる。本大会の規定では降下速度が毎秒5~10mなので、制限速度内で最遅の5m/sになるよう屋上から投下実験を繰り返すことによって降下速度を調整した。また、このパラシュートが流される距離と風速との関係を明らかにする必要がある。そこで横向き風洞を用い実験により確かめた。

2-3. LIVE カメラ

上空からの景色を送信する LIVE カメラはドローンに搭載するFPV カメラを用いた。視野が170°と広く衛星の所在が掴みやすいのが特徴である。カメラに接続する送信機はアマチュア無線帯(5.6GHz)の電波を使用するため、免許が必要である。今回は部員の免許取得が出来ていないので、顧問の谷川先生が持っている免許で開局した。受信した動画はノートパソコンによってリアルタイムで確認できると共に、動画ファイルとして保存できるようになっている。

3. ロケット

昨年に引き続きロケットはエコにこだわり、ボディチューブにはポテトチップスの空容器を利用した。ボディチューブの一部は透明なプラスチックを用いて太陽電池に太陽光が入りやすいように工夫を凝らした。

風のプロファイリングを行うため、少しでも高く打ち上がる

ロケットを作る必要がある。そこで、各パーツについては根本的に設計を見直すことにした。私たちは昨年秋に工業用の送風機を利用した自作風洞を作成した。この風洞を用いることによって実際に、3Dプリンターで作成したノーズコーン、フィンの形状や、ボディの長さなどを変化させながら抗力係数を求め、大気中を理想的な条件で飛行するロケットの作成が可能になった。先端部のノーズコーンは500mlのペットボトルを5種類実験した。私たちのこれまでの実験でオージブ型のノーズコーンが最も抗力係数が少ないことがわかっていたので、オージブ形状の500mlペットボトルを探した。その結果、学校の食堂の自販機のスコールが最も適していることが分かった。またフィンの形状は三角形で4枚羽根とし、エコ素材であるMDF材を用いて作成した。断面はヤスリで削って断面を流線型にした。

4. データ解析

GPSで受信された信号はNMEAフォーマットで出力され、私たちが必要とする項目以外にも非常に多くの情報が含まれている。これを無線でPCに送信すると、データの抜けが多く発生してしまう。風のプロファイリングを行うために必要なのは緯度経度データであるので、必要な部分だけを書き出すようArduinoのスケッチを書き、清書されたものをTWE-DIPで送るように処理を行った。

缶サットから地上のノートPCには1秒毎に時刻、緯度、経度、高度の情報が送られる。これらから、風速を求めるには次のような処理を行った。

空中にいる質量 m のパラシュートが風速 v_w の横風から力 F を受け水平方向に a の加速度を得たとすると

$$F = \frac{1}{2} C_d v_w^2 \rho S = m |\vec{a}| \dots \textcircled{2}$$

ここで C_d は抗力係数、 ρ は空気密度、 S は横風に対するパラシュートの断面積である。②式より風速と加速度の関係は次の式で表される。

$$v_w = \sqrt{\frac{2m|\vec{a}|}{C_d \rho S}} \dots \textcircled{3}$$

缶サットの位置を地面に投影したとき、時刻 t_1 、 t_2 の位置をそれぞれ \vec{x}_1 、 \vec{x}_2 とすると、 t_2 における速度 $\vec{v}_2 = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1}$ であり、時刻 t_1 における速度を \vec{v}_1 とすると加速度 $\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$ である。これを③式に代入することによって水平方向の風速 v_w を知る事ができる。風向 \vec{x}_w については $\vec{x}_w = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$ より求める。

5. 今後の課題

1. まだ、試射が行えていないので、本番までに行い、機器の動作を確認する。
2. 太陽電池の発電量や、コンデンサの容量がモニタリング出来るように測定センサを入れる工夫を行なっていきたい。
3. データを制御するマイコンArduino PRO mini (20mA)をAVRマイコンATmega328 (4mA)に交換する事によってさらに消費電力を抑えることができる。今回はATmega328へのプログラムの書込みが上手くできなかったため今後、取り組んでいきたい。
4. 私たちの缶サット後の大きな目標は、高度1000mを目標とした高高度モデルロケットの打ち上げである。高度到達が大きな目標であるが、このモデルロケットの発射実験でも風のプロファイリングに挑戦する予定である。

参考文献

- 1 新版 手作りロケット入門 日本モデルロケット協会編 誠文堂新光社
- 2 CanSat—超小型模擬人工衛星 大学宇宙コンソーシアム編 オーム社
- 3 Device Plus “Arduinoでパーツやセンサーを使ってみよう～ソーラーパネルでArduinoを動かしてみよう” <https://deviceplus.jp/hobby/entry025/> ローム社
- 4 G.M.Gregorek “AERODYNAMIC DROG OF MODEL ROCKETS” Estes Technical Report <http://www.oldrocketplans.com/pubs/Estes/estTR-11/TR-11.pdf>
- 5 気象庁ウインドプロファイラ (上空の風) <http://www.jma.go.jp/jp/windpro/>