

缶サット甲子園和歌山大会ミッション概要資料

和歌山県立桐蔭高等学校科学部缶サット班



1 今年目標と意義

「正確なデータの取得と帰還」

缶サットはその名が示す通り、缶サイズの人工衛星のことです。人工衛星（つまり缶サット）において最も重要なのは正確なデータを取得し、帰還することだと私たちは考えます。昨年の反省から私たちは缶サットに必要なものは何かを考え直し、缶サットにもっとも重要な点ができていなかったという結論に至りました。また、今年からロケットの製作も必要になり、今までにない作業もすることになりました。しかし、そんな中だからこそもっとも重要な目的を完璧にしたい、当たり前ですがこの目的を完璧にしないと次へは進めない、だからこそ、まずは缶サットにおいてもっとも重要な「正確なデータを取得し、帰還する」ということを完璧にしたい、そんな思いを込めて再びこの目標に挑戦します。

2 ミッション一覧

今年目標を達成するためのミッションは以下の通りです。

- A 衝撃緩和（エアバッグの小型化・軽量化）
- B 缶サットの小型化
- C リアルタイムグラフ化
- D TOCOSによる無線通信
- E 取得データ数の増加・データのキャリブレーション
- F 安定した着地（パラシュートの改良）
- G ロケットの製作
- H 3Dディスプレイ

3 ミッションの詳細

A 衝撃緩和（エアバックの小型化・軽量化）

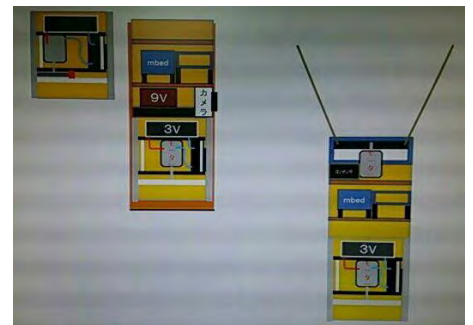
一昨年、私たちは逆噴射に挑戦し、昨年は水風船と自作の発砲入浴剤を使った化学反応によるエアバッグ、「桐蔭式エアバッグ」による衝撃緩和を行いました。しかし、この仕組みでは完全に膨らむまでに時間がかかってしまい、また化学反応がうまく起こらない等課題が残っていました。そこで、新しい方式を考え、遠心ファンを使い袋を膨らませる「遠心ファン式エアバッグ」というアイデアを提案しました。これは、缶サットが放出されるとリミットスイッチが入って、モーターが回り始めることで、自作の遠心ファンが回り袋を膨らますという仕組みです。これによってエアバッグを **60g** への小型化・軽量化に成功し、また所要時間を **5秒** に短縮することに成功しながらも、衝撃はエアバッグなしと比べて **半分未満** に軽減できています。この他、部品の配置を最適化して簡単な構造にしています。さらに、mbed で制御していないので缶サット本体(mbed が制御している部分)が壊れてもエアバッグ自体は作動するようになっています。



← エアバッグ作動前
→ エアバッグ作動後

B 缶サットの小型化・軽量化

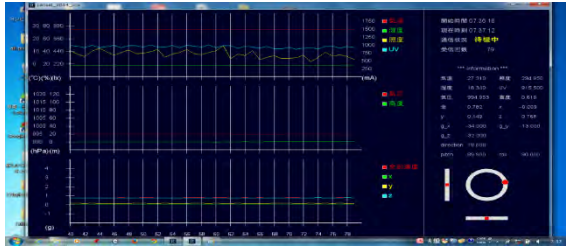
昨年度も小型化・軽量化を試みましたが、エアバッグやリアルタイムグラフ化など他のことに集中していてあまり手が付けられていませんでした。しかし、細かく調べてみると、基板のムダな部分が多くあり、改善の余地がいろいろあったので、今回小型化・軽量化に改めて挑戦しました。基板の構造を一から考え直し、22回の基板設計変更、パワーポイントを用いた1mm単位での基板設計や、後述の無線通信の手段の変更、電池ボックスの移動やセンサー等の段層化などを施した結果、大きさが**直径6.4cm、高さ5.3cm**で重量は208gから**117g**に軽量できました。また、小型化による配線距離の短縮により、缶サットの1時間以上の連続使用が可能になりました。



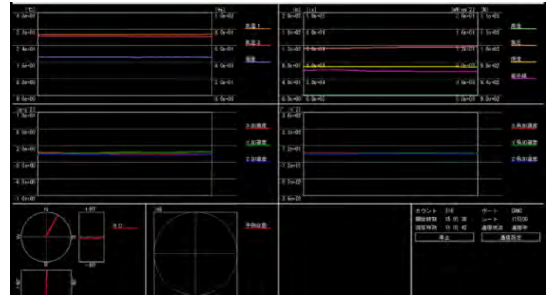
C リアルタイムグラフ化

データを視覚化して考察しやすくするために、上空で取得した物理データ（温度、湿度、気圧、高度、加速度、照度、UV）を上空の缶サット内の TOCOS から地上の TOCOS に送ってきてパソコンに表示させます。そのデータを processing という描画アプリケーションによってリアルタイムグラフ化します。

昨年度はデータを折れ線グラフに表示させるだけでしたが、今年度は新たに大まかな座標の表示も可能にな



← 昨年度版
→ 今年度版



ったことにより缶サットの落下地点の推測がより正確になり、さらに多くの情報を視覚化できるようになりました。

D TOCOSによる無線通信

本体の破損や回収不能などによってデータの入手ができなくなるという場合を想定して、本体 (mbed) へのデータの保存だけでなく、上空で取得した物理データを地上のパソコンに送っています。昨年度までは XBee を使用して通信をしていましたが、通信強度を強くすると使いやすい無線通信の使用を目的に、無線通信を TOCOS に変更しました。これによる利点は、アンテナの変更ができる点、XBee より安価である点、表面実装が可能なので小型化・耐衝撃性に優れている点、XBee での通信距離は 200m なのに対し、TOCOS での公式 HP での実験結果では通信距離は 1000m になっている点です。

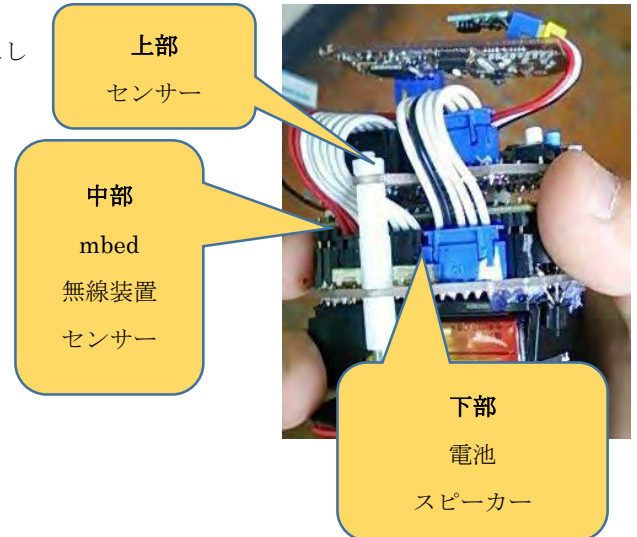


E 取得データ数の増加・データのキャリブレーション

今年の缶サットでは、缶サットの熱による気温の正確性の低下をなくそうと考え温度センサーを2つにしてより正確な気温を計測するようにしました。

今年の缶サットの構造は右の図のようになっています。

気温(内部・外部)	ADT7410
気圧	SCP-1000
加速度	MMA7361L
湿度	CHS-GSS
照度	フォト IC ダイオード
ジャイロ	itg-3200
地磁気 傾き	6 軸センサモジュール

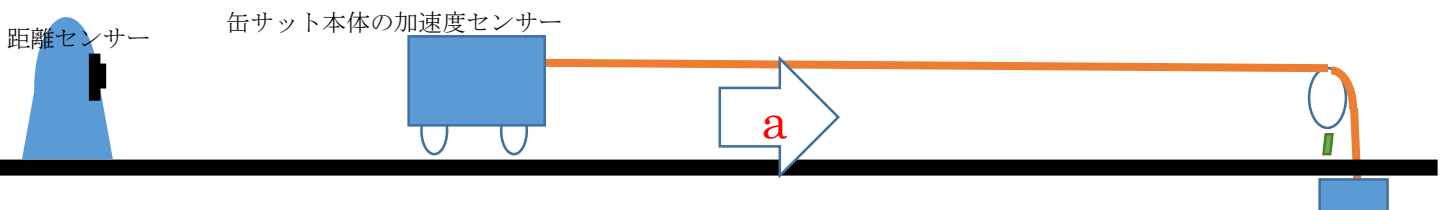


データのキャリブレーションの方法は以下の通りです

気温	温度計と比較
気圧	気象庁のデータと比較
加速度	物理実験
湿度	湿度計と比較
照度	オシロスコープを使用
ジャイロ	積分
地磁気 傾き	スマートフォンと比較

加速度センサー

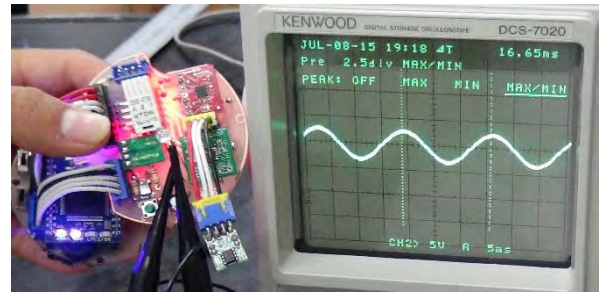
加速度センサーはキャリブレーションをした後、下図のような物理実験を行い正確性を検証しました。



照度センサー

オシロスコープで照度センサーのアナログ信号を表示した。その信号は右図のようになり、蛍光灯の周波数である 60Hz と一致しました。ここから、照度センサーのかなりの正確性 (相対誤差 **0.06002401%**) が伺えます。

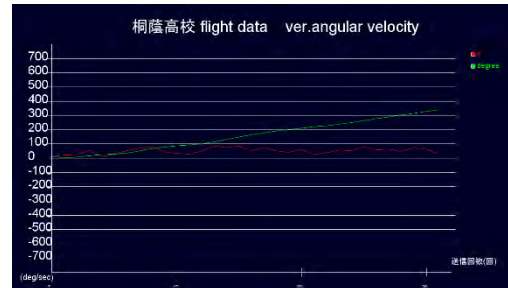
オシロスコープから得られた波長→



ジャイロセンサー

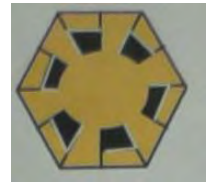
機体が 360° 回転したときにジャイロセンサーから取得したデータを積分して 360° とどれくらい誤差があるか測定しました。

角速度を積分したグラフ (緑) →



F 安定した着地 (パラシュートの改良)

今年は、缶サットをより安定して落下させるため、パラシュートは缶サットの揺れと回転を抑えるような機構にしました。昨年度、パラシュートを回転させることで安定性が上がりましたが、パラシュートがねじれてしまったため、これを解決するためにパラシュートにベアリングを付けました。このことにより、パラシュートの回転が缶サットに伝わりにくくなり、紐がからまるが減り、またデータへの影響も少なくすることができました。



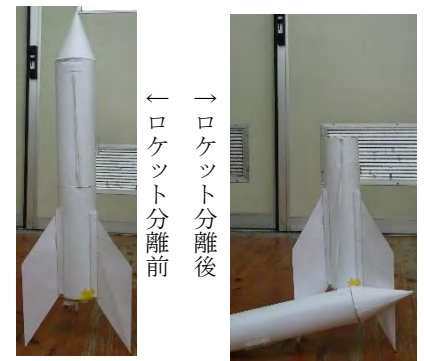
パラシュートの構造は寸法 60cm、頂点は 6 個です。6 個にしたのは、紐を 6 か所につけるので 7 か所や 8 か所よりきれいに風が通り、なおかつ作りやすいという利点があります。12 か所のパラシュートも作りましたが、気流の流れが安定しないなどパラシュートとしての役割が果たせないで 6 か所にしました。

また、パラシュートの中心に穴があるのとないのとでは落下速度がどのように違うのかを測定しました。2つのパラシュートを校舎 3 階(高さ約 7~8m)から 10 回ずつ落とし、落下速度の平均をとりました。結果、穴がある方は **1.68 秒**、穴がない方は **1.77 秒** で穴がない方がある方より **0.09 秒** 落下速度が遅くなりました。この実験から高度が約 80m に到達する大会では、約 **0.9 秒** の差が出ることになります。これにより、速度が遅くなるので衝撃を抑えることができ、安定した着地ができるようになります。

G ロケットの製作

今年はロケット製作が初めてなので、まずはいきなり大きなミッションをつくるのではなく正確なロケットをつくることを第一の目標にしました。正確性を上げて十分な高度を確保すること、確実に缶サットを放出することも目標とし、また、ロケットのサイズを少しずつ変えてそれを実際に飛ばして缶サットに合ったロケットのサイズを決めたり、ノーズコーン部分とロケット本体部分をつなぐゴムをロケット外部に取り付けることで缶サットがゴムに引っかかることがないようにしたりなどの工夫をしました。

ロケットの構造は、ノーズコーン部分と缶サットを積む本体部分が分離する構造で、エンジンの逆噴射でノーズコーンと本体が分離して、その時に缶サットが放出されるようになっていきます。

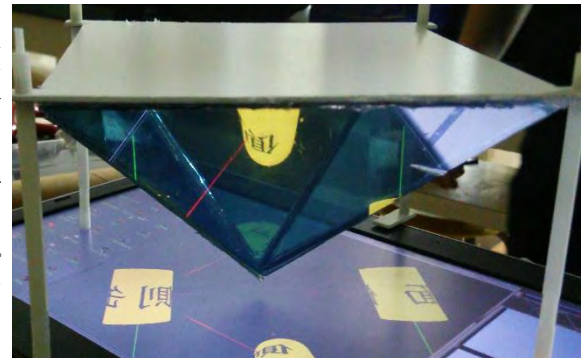


H 3Dディスプレイ

四角すいを PET 板で作成し、UV カットフィルムを貼り、processing を使って作ったプログラミングで映像を投影することで 3D ディスプレイが完成します。今年は映像を下から投影することでより見やすくなり、またキーボード操作ができるようになりました。また、データ間の補間をすることで滑らかな映像を映し出すことが可能になりました。



← 今年の 3D ディスプレイ
→ 今年の 3D ディスプレイ



I 昨年度との比較

ミッション	昨年度	本年度
エアバッグ	水風船と発砲入浴剤を用いた「桐蔭式エアバッグ」方式	遠心ファンを使い袋を膨らませる「遠心ファン式エアバッグ」方式
	重量 400g	重量 60g
	所要時間 15 秒	所要時間 5 秒
缶サット	直径 7.8cm、高さ 7.5cm、重量 208g	直径 6.4cm、高さ 5.3cm、重量 117g
リアルタイムグラフ化	気温・気圧等のデータや時間の表示のみ	データ表示だけでなく、缶サットのおおよその位置を把握できるようになった
無線通信手段	XBee	TOCOS
取得データ数	16 種類	17 種類(気温データの増加)
パラシュート	6 角形・ベアリングなし	6 角形・ベアリングあり

4 その他

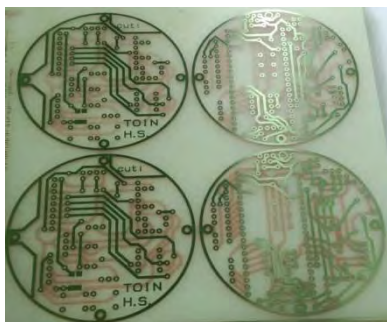
A 実験方法

私たちはマルチコプターを使用して、エアバッグや無線通信などの実験をしました。それによって大会と同じ高度 80m での実験が可能です。また、今年からは自作のロケットも用いて地方大会と全く同じシチュエーションでの実験もしています。



B 自分たちの力での基板の製作

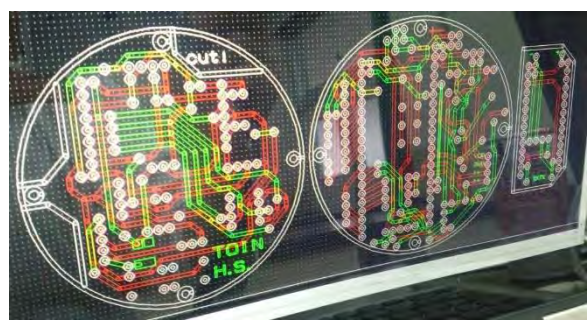
基板を改良するたびに基板製作を外部に頼むと時間がかかってしまうので、今年から基板を自分たちでつくるようにしました。これにより、基板製作が容易になり、何回も作り直しができることで様々なパターンの実験ができるようになりました。



↑エッチング後の基板



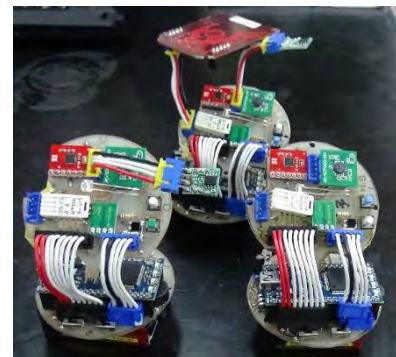
↑基板カットの様子



↑基板設計の様子

C トラブル対処 (同基板を 3 つ製作)

本年度も基板にトラブルが出て対処がすぐに行えるように缶サット本体は同じ基板を 3 つ製作しています。またエアバッグは同じ基板を 2 つ作り、その場での部品交換も可能なわかりやすい構造にしています。



D 今回の実験で期待される成果

今回の実験で期待される成果は

- ・全データの取得成功
 - ・リアルタイムグラフ化の成功
 - ・パラシュートの回転に成功
 - ・ロケットの打ち上げに成功
 - ・エアバッグの展開に成功
 - ・ベアリングによる回転の軽減とパラ紐の絡まり回避に成功
 - ・缶サットの回収に成功
 - ・部品の破損をゼロにする
- です。