

# 能代宇宙イベント 2011 活動報告書

京都大学生存圏研究所スペースグループ

KURICAT 福原 始

指導教員 山川 宏 教授

## 1. はじめに

2011年8月20日及び21日に行われた能代宇宙イベント Cansat 競技への参加について報告する。

## 2. メンバー



図1. メンバー写真

- 福原 始 (D2): プロジェクトマネージャ
- 芦田 康将 (M2): OBC・カメラ・通信
- 石川 峻樹 (M2): 機体構造
- 八山 慎史 (M2): パラフォイル
- 岡田 聡 (M2): OBC
- 長濱 章仁 (M1): センサ/アクチュエータ・OBC
- 片山 由美子(M1): パラフォイル
- 石井 宏宗 (M1): パラフォイル

### 3. 機体の紹介

本チームでは、カムバックコンペティションで優勝することを最終目標に、パラフォイルを用いてフライバックを行う機体を製作した。サクセスレベルは以下の通りに設定した。

表 1. サクセスレベルの設定

Minimum Success	Full Success	Advanced Success
パラフォイル展開	画像処理による ターゲット推定	降下中の温度取得
地上の撮影	逐次制御の実施	ターゲットへのフラ イバック

機体のコンセプトは、“GPS を用いないフライバック”であり、そのためにカメラ、画像処理を行うためのプロセッサ、ジャイロセンサ、加速度センサを搭載した（ソフトウェアが間に合わなかったため、実際にはジャイロセンサ・加速度センサはそれらの値が取得されるのみである）。パラフォイルは機体上部の腕に取り付けられ、その制御は腕をサーボモータにより回転させることで行った。図 2 にシステムの構成を示す。

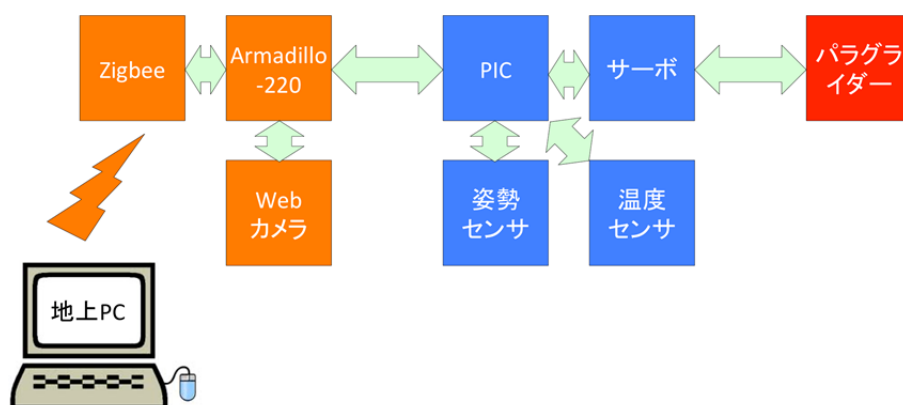


図 2. Cansat システム構成

画像処理にはアットマークテクノ社が販売している Armadillo-220 を用いた。これは ARM920T コアを搭載したボードであり、CPU クロックは 200 MHz、SDRAM 32MB と USB ホスト 2 port を搭載している。カメラはサンワサプライ社の CMS-V30SETBK の Web カメラを分解して用いた。内部のチップは Vimicro 社のものが適していた。

PIC はセンサからの値の取得とサーボモータの PWM 制御の役割を担った。用いたセンサを下表に示す。

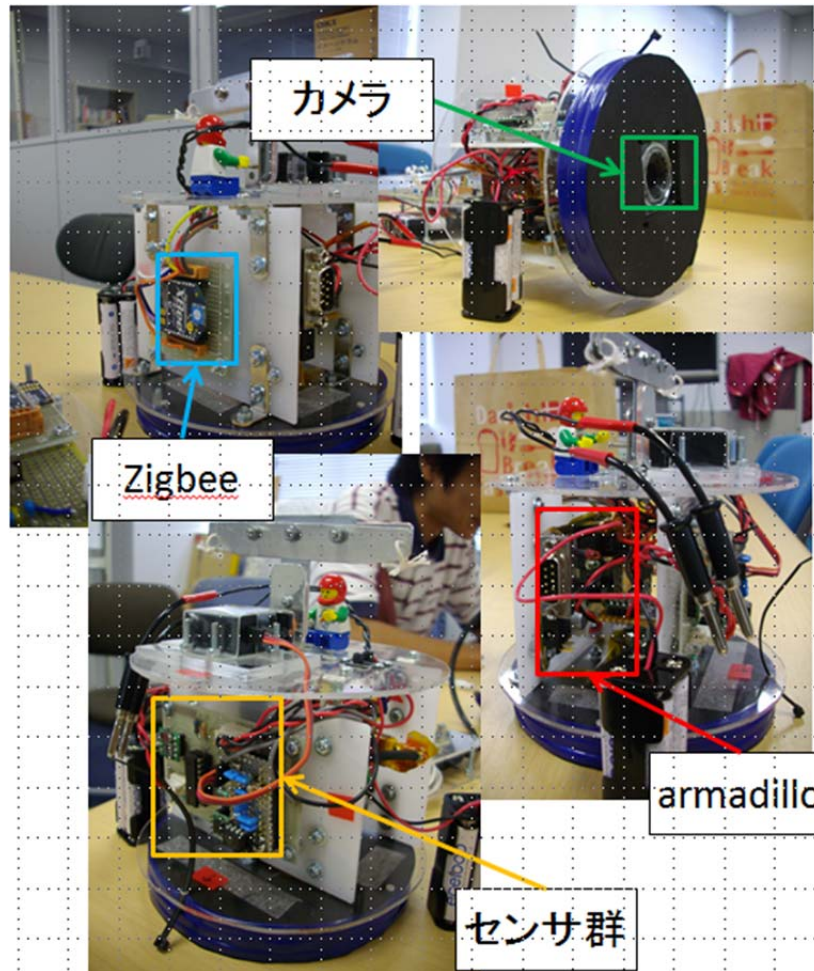


図 3. Cansat 機体写真

また、フライバックとは独立に、機体が降下するに従って周囲の温度が変化するかどうか調査するというミッションを定め、そのために高精度の温度測定が可能な白金測温抵抗体のブリッジ回路も搭載した。 $(code)$  を 1 から 256 までの整数とすると測定温度は次式で表される。

$$\left( \frac{1}{256} \times (code) - 0.02889 \right) / 0.0158$$

Cansat は Zigbee 規格の通信機 XBee により PC と通信し、制御に関するステータスと温度を約 2 秒間隔で送信する。

パラフォイルは で販売されている を購入し、使用した。

パラフォイルを除いた機体の全高・全幅、それぞれ 16 cm、13 cm で、パラフォイルを含めた質量は 802 g である。

#### 4. 制御アルゴリズム

制御アルゴリズムは、撮影した画像においてのターゲットの推定と、ターゲット推定位置に応じたパラフォイル制御の二つに分けられる。

##### ターゲット推定

ターゲットの推定は、色の情報のみを用いて行う。撮影された画像の各画素の RGB 値を次の式で評価する。

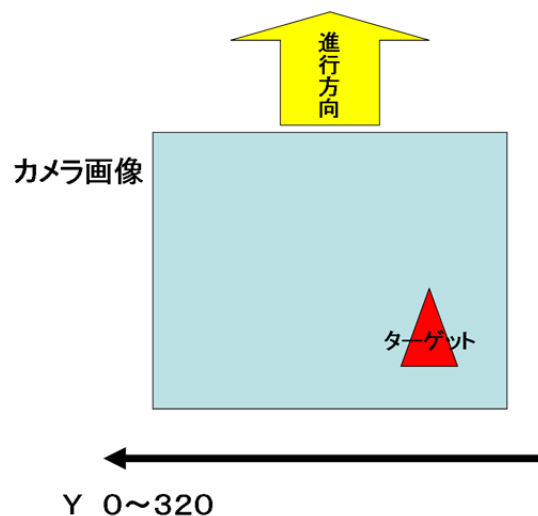
上式を満たす画素の数が予め設定した数を上回る場合、その数を下回るまで右辺のしきい値を減じる。

式 を満たす画素の数が設定した数を下回った場合、その画素の重心をターゲットの推定位置とする。

##### パラフォイル制御

ターゲット推定位置の進行方向に直交する向きの値  $y$  について以下のような場合分けを行って腕を回転させ、Cansat を旋回させる。

- ターゲット位置  $y > 290$   
→"L0" (左旋回 大)
- ターゲット位置  $y > 230$   
→"L1" (左旋回 中)
- ターゲット位置  $y > 130$  or  $y < 190$   
→"R2" (右旋回 小)
- ターゲット位置  $y < 90$   
→"R1" (右旋回 中)
- ターゲット位置  $y < 30$   
→"R0" (右旋回 大)



#### 5. 工夫した点

画像からターゲットを推定しフライバックを達成するには以下の 3 点が常に満足されていなければならない。

- i. 撮影した画像にターゲットが写っていること
- ii. ターゲットを正しく認識すること
- iii. 認識したターゲットから離れず近づくこと

一点目は、投下直後の高度 100~200 m であれば Cansat が安定した姿勢で撮影を行っていればターゲットは、画角内に収まり、二点目、三点目を満足すればその後も一点目を満足することができる。二点目は、ターゲットが自然界には少ない青色となったことからク

リアは容易であったため、一点目に注力した。

Cansat の開発において工夫した点は、投下後 Cansat が安定した姿勢をとれるよう実際に投下試験を繰り返しながらパラフォイルの迎角を調整した。Cansat が完成するより以前は、水を入れたペットボトルを見込みと同じ質量にして試験を行った。試験には京都大学宇治キャンパス内の建物（3F・5F）と桂キャンパスの建物（5F）を利用した。



図 4. 宇治キャンパス内でパラフォイル展開試験を実施した様子

## 6. 苦労した点

工夫した点は、苦労した点にも含まれるが、それ以外のことについて述べる。特筆すべきは、パラフォイルと機体の電装部以外の製作である。当初パラフォイルは我々の手で製作することを予定していたが、認識が甘く想定したよりも時間が必要であったためその完成を待たずして販売されているパラフォイルを購入した。自作したパラフォイルの迎角の調整を行うスケジュールが経たず完成はしたものの使用するには至らなかった。

また、Cansat 開発終盤では特にフライトモデルを用いた試験が必要であるが、機体の製作が電装部の製作に追いつかず足並みが乱れた点が挙げられる。

## 7. 結果

結果を表 2 に、カメラ上のターゲットの推定位置を図 5 に示す。

表 2. 結果

	記録	制御履歴	Minimum	Full	Advanced
1 <sup>st</sup>	(78m)	×			
2 <sup>nd</sup>	N/A	×	×	×	×

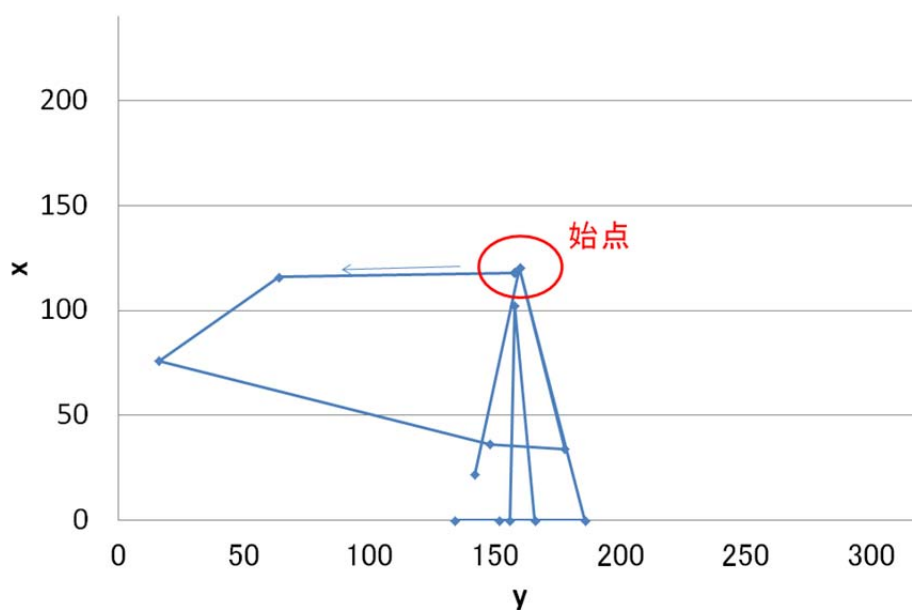


図 5. カメラ上のターゲット推定位置

表 3. Cansat が地上へ送信したデータ

飛行モード	腕角度(deg)	x (px)	y (px)	温度( )
R2	30	118	158	36.49
R2	30	118	158	36.49
R2	30	118	158	36.49
R2	30	118	158	36.25
R2	30	118	158	36.25
R1	15	116	64	36.25
R0	7.5	76	16	36.25
R2	30	36	148	36.49
R2	30	34	178	36.25
R2	30	120	160	36.25
R2	30	22	142	36.25
R2	30	120	160	36.25
R2	30	#VALUE!	186	36.25
R2	30	#VALUE!	134	36.25
R2	30	#VALUE!	166	36.25
R2	30	102	158	36.25
R2	30	#VALUE!	156	36.25
R2	30	#VALUE!	152	36.25

1 度目の投下では、パラfoilは展開したものの完全ではなく錐揉み状に降下した。画像取得、画像による推定、逐次制御が全て実施できたことは確認された。Cansat が降下中に地上へ送信したデータを表 3 に示す。ターゲット推定は図 5 に示す通り行われたが、保存された画像を目視で確認すると実際にはターゲットは移っていなかった。またジャイロセンサが実施した制御に反応したものの錐揉み降下状態から脱するには至らず、審査の結果制御履歴が取得できたとは認められなかった。

2 度目の投下では、Non-flight Parts であるパラfoilを固定するゴムバンドが外されず、パラfoilは展開せず Cansat がその動作を開始しないまま自由落下した。

## 8. 今後の課題

今回の Cansat 競技では、本チームの結果は全くの失敗に終わったと言える。その最たる原因は、投下用の筒に積み込む際の手順のチェックリスト化を怠ったことである。つまり本チームに最も欠けていたものは、Cansat を完成させるだけでなく、実際に Cansat が投下され動作するまでの手順を意識することである。完成度の高い機体を実現できたとしても、実際に動作が開始されるまでにその機能が活かされるか否かが定まるのは、ロケットで宇宙へと打ち上げられる宇宙機にも共通することであり、宇宙を志す者としてその意識が欠けていたことは致命的であった。今後の Cansat プロジェクトではその意識を反映した体勢で競技に臨む必要がある。

Cansat 自体においては、パラfoilを安定に必ず開くよう試験を繰り返す必要がある。本チームは能代宇宙イベントに初参加であり、実際に競技を行う場の風の状況を体感したのはイベントに参加してからであった。強風下でも必ずフライバックできるよう様々な条件で試験ができるよう工夫し、調整を行うことが課題である。

また、ターゲットの画像認識についても単なる色だけではなく、形状を認識し確実に正しいターゲットに辿り着けるよう工夫する余地がある。機体のコンセプトである GPS を用いないフライバックは、単に他のどのチームも GPS を用いているから、ということだけが理由ではなく、GPS が使えない宇宙空間における宇宙機を意識したものである。一度目の投下で撮影したターゲットを、二度目の投下において一度目に撮影したターゲットの位置を推定しそこへフライバックできることが理想的である。

さらに、制御には用いないが地球に固定された座標系における飛行記録を取得するために GPS 受信機を搭載できるよう小型化をする必要も考えられる。

## 9. 最後に

能代宇宙イベント事務局の皆様、秋田県、能代市でイベントのご支援を戴いた地域の皆様、そして UNISEC の皆様に能代宇宙イベント及び Cansat 競技に参加させていただきにあたって大変お世話になりましたことを厚くお礼申し上げます。