

種子島ロケットコンテスト(Cansat 部門)への挑戦

－3カ年の取り組み－

川内職業能力開発短期大学校 内田 泰

Challenge to the Tanegashima rocket contest (Cansat division)~ Three-year initiatives~

UCHIDA Yutaka

要約 2016年度より総合制作実習の一環として、種子島宇宙センターで開催される「種子島ロケットコンテスト (Cansat 部門)」に参加してきた。これまでに通算3度の大会参加を通じて、2017年度(第14回大会)では準優勝、2018年度(第15回大会)では日本航空宇宙学会賞を受賞した。その製作の過程と独自の工夫点について述べる。

I はじめに

鹿児島県は国内唯一であるロケット発射場が2ヶ所も設置されており、県内各地に宇宙関連の研究施設等が存在する。このような宇宙を身近に感じられる環境で宇宙開発技術者を目指す若年者に向けて、様々な競技内容で技術力・創造性を競う大会として「種子島ロケットコンテスト」が開催され、2018年度で15回目を迎えた。

川内職業能力開発短期大学校では、総合制作実習の一環として2016年度に「Cansat (カンサット) 部門」へ初めて挑戦し、これまでに通算で3度の大会出場を果たした。本稿では、大会優勝を目指して学生と共に製作に励んだ経過や独自の工夫点、競技結果について報告する。

II 種子島ロケットコンテスト 概要

1 大会 概要

「種子島ロケットコンテスト」は高校生以上の若年者を対象として、大きく分けて2種類の競技(ロケット部門、Cansat 部門)が設定され、会場は「国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(通称 JAXA)」の種子島宇宙センター竹崎芝生広場となっている。

大会への参加に際しては、8月～12月の間に「設計計画書」を大会事務局に提出する必要がある。設計計画書とは製作物の寸法・重量、特徴、開発計画等を記述し、製作の実現性と独自性を示すものとなる。これを基に書類審査が行われ、2018年度(第15回大会)のCansat 部門においては、我々を含む約30団体から50チームが

本選出場を果たした。なお、参加チームは全国の大学・高専・工業高校が大半であったが、職業能力開発短期大学校からの参加は我々のみであった。

2 競技の流れ

種子島ロケットコンテストにおけるCansat 部門では、以下のような流れで競技が行われる。なお、機体落下の際に危険が伴うため、競技は1チーム毎に実施される。

- ① GPS受信機により、予め各チームが目的地の緯度・経度を取得する。
- ② 気球(大会事務局が用意)に取り付けたケースへ機体を収納し、上空50mまで上昇させる。
- ③ ラジコン用電波を用いた無線機(大会事務局が用意)による遠隔操作でケースの蓋を展開して機体を落下させる。
- ④ パラシュートにより減速をしながら機体が地上に着陸した後、各種センサからの情報を基に自律移動で目的地を目指す。

競技の採点項目は主に2点あり、制限時間30分以内でどれだけ目的地に近付けることができるか、さらにその到達が偶然によるものではないことを証明するため、高度の推移や地上移動中の緯度・経度の変化、目的地までの距離等の制御記録を、競技終了後に大会事務局へ提出する必要がある。

III Cansat とは

1 Cansat 概要

「Cansat」とは、飲料用の空き缶サイズ程度の「小型模擬衛星」のことをいう。宇宙開発技術の教育を目的として、1998年にアメリカと日本の大学から誕生した。GPS受信機をはじめとする各種センサを搭載しており、地上50mからパラシュートを装着した状態で、落下した地点から目的地まで制限時間内にどれだけ近付けるかを競う競技となっている。

機体構造は各種存在するが、「フライバック式」と「ローバー式」が代表的である。前者は飛行模型に似た形をしており、動力を持たないために落下時の旋回を制御することにより目的地を目指すため、難易度が高いとされている。後者は着陸後にモーターを動力として、各種センサからの情報を基に目的地への移動を試みる。我々は比較的容易かつこれまでの大会実績の観点から「ローバー式」を採用した。その外観を図1に示す。

2 機体構成

Cansatの機体構成は各チームで特色が異なるが、我々はマイコンとしてRX62Nを用いた構成で臨んだ。その構成を図2に示す。

Cansatが上空から落下した後は、自律制御により目的地を目指すこととなる。そのためには搭載された各種センサを駆使して走行に必要な情報を取得するが、「気圧センサ」「GPS受信機」「地磁気センサ」は特に重要な役割を担っている。

2-1 気圧センサ

減速を目的として取り付けたパラシュートを地面への着陸直前に切り離す必要があるため、機体落下中に地上からの高度を算出する。なお、高度の算出には温度情報も必要となるため、気圧センサ内部に温度計測を兼ね備えているものを採用した。

2-2 GPS受信機

機体に搭載したGPS受信機を用いて、予め目的地の緯度・経度を取得しておくことにより、現在地の緯度・経度との三角関数から、目的地までの距離と方位を算出しながら走行する。

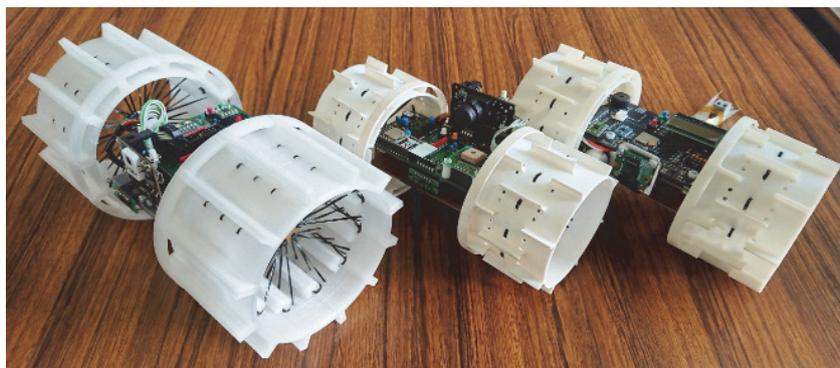


図1 製作した Cansat
(左から 2018 年度、2017 年度、2016 年度の機体)

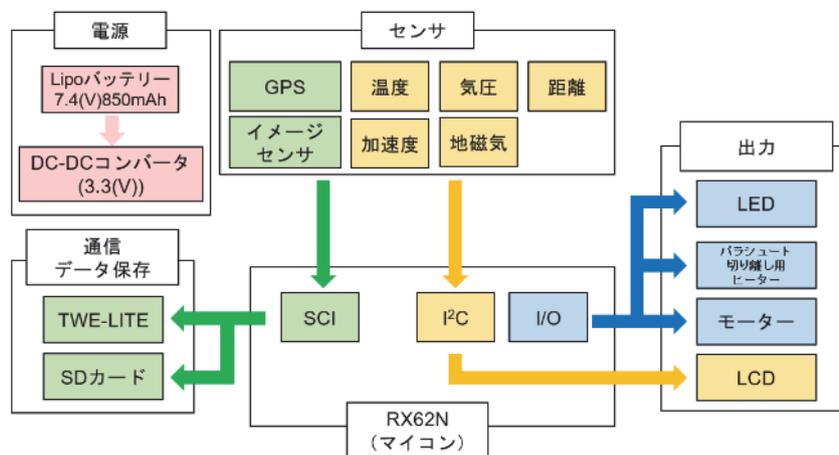


図2 2018 年度 製作機体 構成図

2-3 地磁気センサ

目的地までの方位へ機体が移動するように、機体正面の方位を算出する。ただし、地面の隆起等により機体に傾斜が発生すると方位に誤差が生じてしまうため、Z軸の出力値から回転行列を用いて方位の補正を行う。

IV 独自の工夫点

過去2度の大会参加を通じて、最終的に2018年度(第15回大会)においては以下のような工夫点を取り入れた製作に励んだ。これらは過去の失敗からの改善に限らず、学生と共に試行錯誤を経て採用された項目も少なくない。

1 着地時の衝撃吸収

パラシュートを装備しているとはいえ、上空からの投下により着地時の衝撃は凄まじく、機体の損傷により走行不可能になるチームが続出するとの事前情報があった。そのため、生産技術科に設計・製作の協力を依頼して衝撃吸収を目的としたゴムスポークを採用したタイヤを3Dプリンタで製作した。その外観を図3に示す。



図3 ゴムスポークを採用したタイヤ

2 イメージセンサ

目的地までの距離の算出はGPS受信機から得られた緯度・経度を用いるが、GPS受信機の測位精度の理由から2m程度の誤差が発生する。そこで、目的地に設置された目標物をイメージセンサによって検出して0m到達を目指した。様々な候補が挙げられた中で、スムーズな開発と高精度な検出を両立させるために、Charmed Labs「CMUcam5 PIXY2」を採用した。その外観と性能概要を図4と表1に示す。



図4 Charmed Labs「CMUcam5 PIXY2」

表1 CMUcam5 Pixy2 性能概要

項目	概要
プロセッサ	NXP LPC4330、204MHz デュアルコア
イメージセンサ	Aptina MT9M114 解像度 1296×976
レンズ視野	水平 60度、垂直 40度
データ出力	UART シリアル、 SPI、I ² C、USB etc
寸法	38mm × 42mm × 15mm
重量	10g

このイメージセンサには専用のプロセッサが搭載されており、非常に高速・高性能な情報処理を可能とする。目標物の色や形を予め登録しておくことで、縦横の幅や中心座標を瞬時に検出することができる。このため、映像のどの位置に目標物が存在するかを認識することが可能となっている。また、豊富なデータ出力形式においてデータフォーマットは統一されており、あらゆるマイコンとの接続を容易なものにできる。この採用によって、目的地に設置された目標物の検出を精度高く行うことで、0m到達実現も不可能ではないと考えた。

3 目標物

目標物の設置場所は大会事務局が決定するが、目的地には事前に競技者自身が目標物を設置しても良い規則となっているので、イメージセンサの特徴を活かした目標物の製作を検討した。2017年度(第14回大会)までは検出を単色で行っていたため、同系色の他の物体を目標物として誤認識してしまうことがあった。そこで、2色(赤・緑)を組み合わせた「色帯」により検出することで認識精度が向上して正確に検出できると考えた。試

作した目標物を図5に示す。しかしながら、機体が接近した際に2色の色帯が十分に映らず検出不可能になってしまうことが判明した。



図5 試作した目標物

そこで、どの進入角度であっても検出できる色帯の並びを検討した結果、「斜め」にするという発想に辿り着いた。順調に進んでいた検証であったが、低確率ではあるが進入角度によって不具合が発生した。これは色帯が斜めであっても、目標物に接近した際に幅が広すぎると1色しか検出できないことが原因であると判明した。色帯の幅を狭くすれば解決することはできるが、狭すぎると遠距離からの2色の検出が困難となる。GPS受信機の測位誤差を考慮すると、できるだけ遠い距離から目標物を検出できた方が良いことは明白であったため、「広すぎず、狭すぎず」というジレンマを解決するために色帯の幅を統一せず領域毎に分けることで、距離に左右されず目標物の検出率を向上させることができた。最終的に競技に使用した目標物を図6に示す。

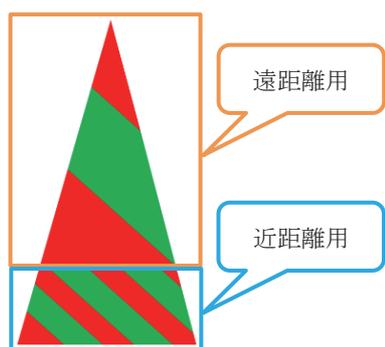


図6 2018年度(第15回大会) 目標物

また、目標物の素材によって光の反射が発生し、本来の色を検出できないことが判明した。この様子を図7(1)に示す。光の反射具合は屋内・屋外で異なるのはもとより、太陽の高さや逆光によっても左右され、安定した検出のためにイメージセンサの調整には苦慮していたところだった。そこで既存の目標物にフェルト生地を被せ

たところ、図7(2)に示すように見事に光の反射を抑えることに成功した。



(1)既存の目標物



(2)フェルト生地の目標物

図7 光の反射対策を施した目標物

V 大会報告

1 大会日程

大会は3日間で構成されているが、競技自体は2日目のみであり、初日の開会式後には「技術発表会」が実施される。これは各チームが製作においてどのような創意工夫を行ったかというプレゼン大会であり、採点の一部となっている。持ち時間は3分とごくわずかではあるが各チームの発表を聴講することで、次年度に繋がる重要な情報収集の機会となった。学生の発表中の様子を図8に示す。



図8 技術発表会 発表中の学生
(2017年度(第14回大会))

さらに、最終日にも技術交流会が実施される。これは事前に提出された設計計画書を閲覧した大会事務局が、独自性と技術レベルの高いチームを厳選し、技術発表会

では収まりきれなかった内容について発表する。このように大会を通じてお互いの知識や経験を共有し、参加者全体で技術向上を目指す意識が随所に感じられた。

2 大会結果

2-1 2016 年度(第 13 回大会)

当日は晴天・ほぼ無風の好条件が整った。また、我々の競技は午後からとなり、十分な準備を行って本番を迎えられることとなった。しかし、会場での最終調整を行っている機体が予期せぬ動作を繰り返し、本番直前までトラブル対処に追われ、気持ちの整理も不十分なまま競技開始となった。競技開始直前の様子を図 9 に示す。



図9 競技開始前 機体準備

上空でのケースの開閉を学生の遠隔操作により行い、機体はパラシュートを展開しながら落下を始めた。チームによってはパラシュートが絡まって自由落下をする、あるいは風に流されて競技エリア外に着陸する機体もあった中で、降下は非常にうまくいった。着陸後は機体が動作する予定だったので、学生が駆け寄ってその状況を確認したが、機体の動作が確認できずにあえなくリタイヤとなった。着陸直後の機体を図 10 に示す。



図10 着陸直後の機体

動作不良の原因について分析したところ、緊張もあったのか学生がケース開閉の操作に集中しすぎてしまい、動作開始スイッチを押したまま機体をセットするというヒューマンエラーを犯してしまった。通常では考えられないことだが、直前までの修正作業に追われて失

念したものと思われる。平静を保てない時こそ確実性が問われると身を持って学び、宇宙産業において失敗は許されないという厳しさを痛感するには、非常に良い経験となった。

2-2 2017 年度(第 14 回大会)

普段では起こりえない事態であっても、大会当日の心境・天候・状況に変動されることなく常に同じ行動を冷静にとれるように、競技の開始から終了までの一連を想定した手順書が必須であると感じたため、ヒューマンエラー対策として作業手順書とチェックリストを作成し、確実な準備が行えるよう入念なりハーサルを重ねて本番に臨んだ。競技開始前に準備に臨む学生の様子を図 11 に示す。



図11 競技準備に励む学生

高度 50m から投下された機体は予定通り高度 4m 付近でパラシュートを切り離すことに成功し、着陸後には安定した動作を開始した。その後は目標物を目指して自律走行して 0m 到達に至った。0m 到達直後の機体の様子を図 12 に示す。



図12 0m 到達直後の機体

あたかも 0m 到達できたように見えたが、機体の制御履歴を確認すると事前に登録した目的地の緯度・経度は本来の地点とは異なる場所を誤って登録していたことが分かった。これでは完璧な制御が行えたとは言えず、

制御履歴も未完成のまま競技を終了してしまっ

た。最終結果として、全 30 チーム中で 0m 到達を達成したのは我々以外にもう 1 チームあり、そちらは制御履歴によって全てが正確に動作していることが証明されたため、到達記録は同じ 0m であっても制御履歴の差から我々は準優勝となった。大会事務局から授与された賞状を図 13 に示す。惜しくも優勝を逃してしまっ

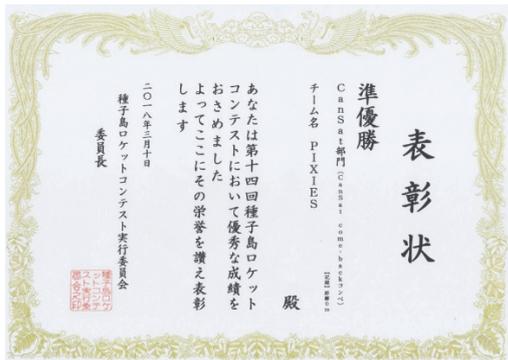


図13 2017年度(第14回大会) CanSat 部門
準優勝 賞状

2-3 2018 年度(第 15 回大会)

これまでの経験と新たなデバイスの採用、そして何より学生の斬新なアイデアと抜群のチームワークによって、2018 年度 (第 15 回大会) は優勝を狙える万全な準備が整った。大会前日には会場にて入念な検証を行い、百発百中の成功率で本番を迎えたが、いざ本番を直前に迎えると緊張は機体にも移るものなのか、競技開始直前から気圧センサの不具合により高度の算出に支障を来すようになった。高度が算出できなくなると着陸直前にパラシュートを切り離すことができず、GPS 測位移動への制御の遷移が不可能となる。この状況に対して、加速度センサを用いて着地を検出してパラシュートの切り離しを行うプログラムを実装する等の解決策も検討されたが、残された準備時間では対応できず、不安を残したままの競技開始となったが、やはりパラシュートを切り離すことができずにリタイヤとなり、競技終了を迎えた。

今大会こそは間違いなく優勝の自信があっただけに非常に悔いが残ってしまったが、表彰式において競技の上位入賞者以外に贈られる特別賞として、我々の機体が「日本航空宇宙学会賞 (通称: アカデミック賞)」を受賞した。大会事務局から授与された賞状を図 14 に示す。これには学生も大いに喜び、自分達の苦勞と経験が認め

られたと達成感で満たされていた。

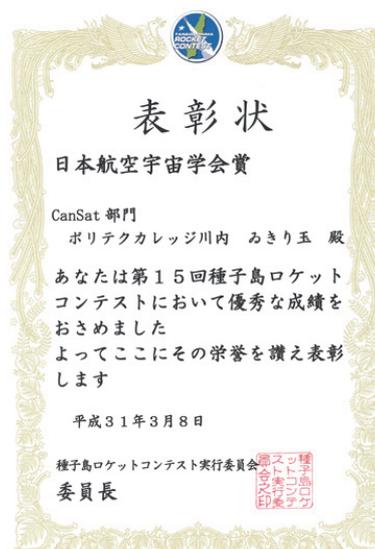


図14 2018 年度(第 15 回大会)
日本航空宇宙学会賞 賞状

VI おわりに

種子島ロケットコンテストへの挑戦は、2016 年度 (第 13 回大会) の学生が高校生の頃に出場できなかったことから自分で仲間を探し、筆者に支援を求めたことから始まった。当初は筆者も競技内容はおろか、CanSat に対する理解や要素技術の知識・経験は皆無からの船出であった。トラブルに直面してはその都度学生と協議をしながら打開策を検討し、時には学生から教えられることも少なくなかった。これまでの手探り状態を通じて、筆者自身も非常に大きな成長を遂げることができたと実感しているため、最初に声を掛けてくれた学生に対しては、感謝の意を表したい。

競技会への参加は敷居が高いと尻込みしてしまうが、目標達成が明確であり、製作に対する学生の意欲を増進させるには非常に良いテーマであると思われる。そして、何よりその過程にある試行錯誤にこそ、学生が卒業後に経験する社会生活において必ず活かされる場面があると考えられる。したがって、筆者は今後も競技会への参加を通じて学生の挑戦を支援し、彼らの将来に役立てられる活動が続けていく所存である。