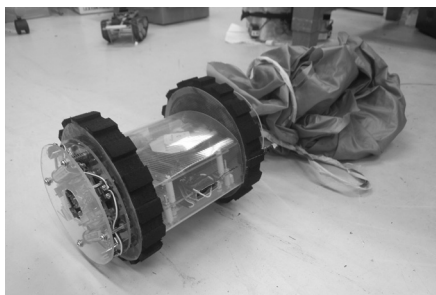


CanSatを用いた宇宙関連教育の実践



(左) 卒業研究で製作した CanSat (中央) 係留気球のゴンドラに格納する様子 (右) 降下中の CanSat
2015年の能代宇宙イベントに参加した時の様子

新居浜工業高等専門学校 電気情報工学科
若林 誠

はじめに

電気情報工学科・若林研究室では、2009年度から衛星機能モデル (CanSat) の製作を卒業研究テーマに取り入れ、能代宇宙イベント及び、種子島ロケットコンテストに参加してきた。2015年度で、ちょうど7年目を迎えており、2013年度の第10回種子島ロケットコンテストにおいては「優勝」「準優勝」「ロケットコンテスト大賞」を同時に受賞することができたが、課題も多く残されている。ここでは、CanSat導入に至るまでのいきさつと、現在に至るまでの具体的な取り組みと成果、更には将来の展望について紹介する。

CanSat 導入に至るまでの経緯

筆者は2006年度に東北大学大学院理学研究科にて博士号を取得し、2007年度から新居浜高専・電気情報工学科に助教として赴任した。大学院時代は、観測ロケットを用いた電離圏電子密度観測が研究テーマ [1][2] であったが、ロケット搭載機器による電子密度測定そのものを高専で行うことは難しいと当初から感じていたので、電子密度測定に限定せず広く宇宙関連テーマを扱う研究室となるように意識していた。この頃、世の中では小型 (超小型) 人工衛星というものが出回り始め、従来は大学の研究室や、小さな民間企業等にはなかなか手が出せなかった人工衛星というカテゴリーが、かなり身近なところまで来たことを実感

できるようになっていた。そこで、筆者の研究室でも将来的には宇宙に関する研究を拡張させていき、超小型人工衛星を自分達の手で開発したいと思うに至ったのである。当時大変幸運なことに、実際に超小型人工衛星に携わっておられた吉田和哉先生 (東北大学大学院工学研究科・教授) にお会いする機会を得ることができ、人工衛星開発のプロセスを直接お伺いすることができた。その際に吉田先生の研究室で取り組んでおられた CanSat を見せて頂くことができ、吉田先生のチームもまずは CanSat の製作を行うところから始めたことを知ったため、筆者の研究室でも「CanSat の製作」を卒業研究のテーマとして設定し、毎年8月に開催される「能代宇宙イベント」及び、毎年3月に開催される「種子島ロケットコンテスト」に参加することを目標に据えて、2009年度から製作を開始して現在に至る。すぐに人工衛星の製作とは行かなくても、卒業研究テーマに「宇宙」というキーワードが入れば、学生の興味関心も引き出せるだろうと見込んでの採用である。

CanSat 及びコンテストの概要

CanSat とは、元々は 350ml 空き缶サイズの円筒に、マイコンや通信機、駆動機構など人工衛星に必要な機能を備えた装置の総称で、スタンフォード大学の Bob Twiggs 教授による提案が始まりと言われている [3]。

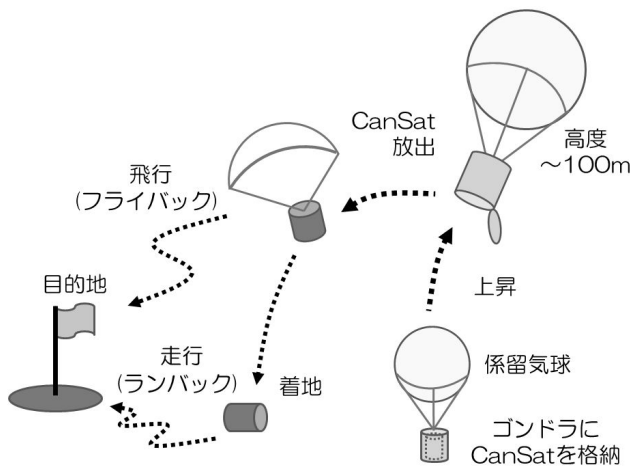


図1 カムバックコンペの概念図

CanSatは係留気球によって高度30～100m程度まで上空に運ばれた後、放出される。目的地までの移動は自律制御によって行う。

その後、350mlのサイズには限定せず、およそ似た形状で人工衛星の機能を想定した装置については、一般的にCanSatという呼称が使われるようになった。

CanSatを用いたコンテストで行われる競技で、代表的なものは「カムバックコンペ」として知られており、元々は東京大学の中須賀真一先生が考案されたもので[3]。この競技の概要を図1に示すが、まずCanSatがロケット又は気球によって高度30～100m程度まで打ち上げられ、そこから空中で放出される。その後は、自律制御による飛行または走行を経て目的地に向かい、最終的にどれだけ近くまで到達できたかを競うものである。カムバックコンペに参加するCanSatの多くはGPS受信機を搭載しており、これによって現在地の座標を得ることができる。目的地への移動手段は、CanSatの自律飛行または自律走行であるが、図1に示すように空中でパラフォイル等を制御して目的地に向かう方式をフライバックと呼び、着地後に地上を走行する方式はランバックと呼ばれる。筆者は当初からランバック式の開発を考えていたが、これは吉田先生の研究室で開発されたランバック式CanSatが、海外の大会で好成績を収めていたことの影響が大きい。

実際のコンテストにおいては、機体のレギュレーション(大きさや重量の規定)が決められており、これを満たす機体のみが、競技に参加できる。能代宇宙イベントでは「内径146mm、高さ240mmの円筒に収まる大きさ」で、種子島ロケットコンテストでは「内径154mm、高さ300mm」となり、重量はどちらも1050g以下と決められている。また、自律制御

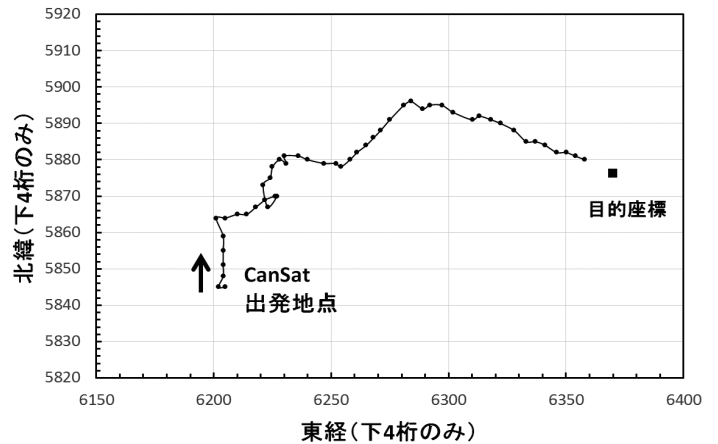


図2 制御履歴の一例(本校グラウンドでの走行試験時)

GPS受信機から出力される座標データのうち、北緯・東経の必要な桁数だけマイコンで選択し、制御に使用する。コンテスト実施時には図のようなグラフにして、「想定した制御」と「実際の動作」に矛盾がないことを説明する必要がある。

を行えなくても偶然に目的地付近に落ちる機体も想定されるため、自律制御をおこなったことを示すデータ(「制御履歴」と呼ばれる)を、競技終了後に提出した上で制御方法と実際の動作との間に矛盾がないかを、グラフ等(図2)を示しながら説明することが必要である。制御履歴を得る為には、CanSatに搭載した無線機によってパソコン等に転送して保存するか、もしくはCanSatに搭載したメモリに保存しておき、後で回収するという方法がある。

具体的な取り組み

将来的には人工衛星を!と意気込んで始めてみたものの、卒業研究でのCanSat製作はそれほど順調には進まず、最初の年は「着地して、前進するのみ」の機体で参加した。一応GPS受信機は搭載しているものの、そのデータは使わず、とにかくタイマーで起動し、前方に走り出すというものである。人工衛星とは程遠い機体であったがそれでも本研究室としてはこれがベストを尽くした結果であった。結局、初代のCanSatは空中に放出された後、パラシュートすら開かず自由落下し、幸いにして大破は免れたものの走行モードには移行せず、落下点でそのままタイヤとなった。その後も継続して開発を続けていたが、年によってはほとんど前年からの進歩がみられず、大会へ参加するのを止めてしまう学生もいた(それでも全員、卒業研究としては一応形にして、ちゃんと卒業したのだが)。

非常にゆっくりであるが少しずつの改良と、地道な大会参加を続けていくうち、機体の性能としては初期

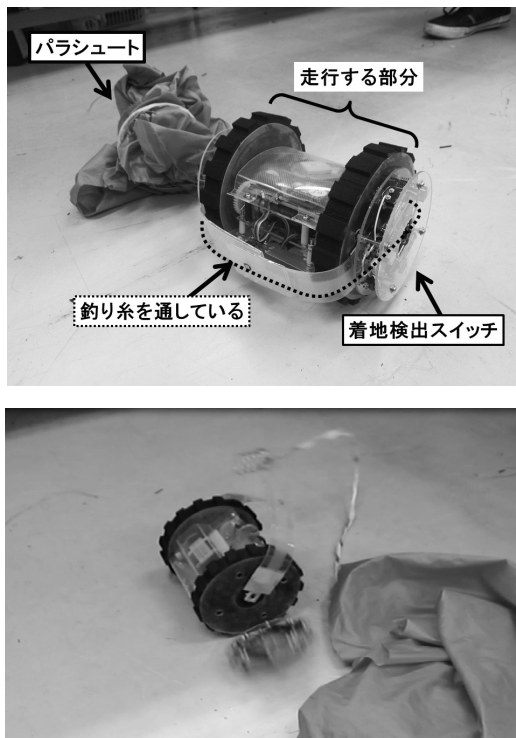


図 3

(上) 新居浜高専で 2015 年に製作したランバック式 CanSat
(下) パラシュート切り離し動作の様子

に比べれば大幅に向上した。2015 年 8 月の能代宇宙イベントにおいては、着地検出スイッチによって着地を検出した後、本体とパラシュートを繋いでいた釣糸を切断して走行を開始する仕組みを搭載した CanSat で、カムバックコンペに挑戦した(図 3)。当日は 2 回の投下を行ったが、1 回は釣糸を切断する機構が動作せず、走行を開始できなかった。また 2 回目は、着地時のパラシュートが機体を覆うように配置してしまい、走行開始はしたもののパラシュートに絡んでしまった。このように、現在でも「放出→着地→走行→目的地到着」という一連の流れを完全に辿れるような機体には仕上がっていない。その原因としては、「卒業研究の仕組み」と「現場を想定した実験の難しさ」であると思う。

新居浜高専での一般的なあり方と卒業研究

ここで、筆者が本校での指導において、一般的にどのように考え、取り組んでいるか述べておきたい。本来の高専は、技術者を目指す学生が集まる場所であるが、中学卒業時の 15 歳で「技術者」という仕事が明確にイメージできる学生は少なく、単純に「就職内定率が良いから」とか「たまたま学力的に満たしていた

から」とか、そういった理由で入学して来る者もたくさんいる。つまり、いわゆる「理数系」や「モノ作り」が自分に向いているのかどうか、あるいはそういった分野が好きなのかどうかも分からないまま、とりあえず入学してくる学生も多く存在するのである。一方で、高専は「高等専門学校」であるから、5 年間でかなり専門的な内容を含めて学習することになる。学生が元々持っていたモチベーションのレベルは非常に幅広い上に、5 年間で専門的な学習を、ということになると、意識の高い学生と、そうでない学生の間には 5 年間で大きな差がついてしまう。そうかと言って、意識の低い学生は放っておけば良いというような昨今ではなく、そこをどうするか? で教員の指導力が問われると考えている。

では、例えば普段の授業の中ではどうするのかというと、まずはいかにして学生の関心を引き、いろいろなレベルの学生をどうやって本日の授業に引き込むのか、そこを工夫することになる。具体的には小さなことであるが、授業がなるべく黒板だけの話にならないよう、内容に関連する現物(模型等)を持っていくとか、学生も知っているような話題に絡めて話をするとか、できるだけ学生の認識を引き出しながら(対話しながら)授業をすることである。とは言え、これが上手く行くためには、普段から学生がどのように暮らし、マンガやゲームを含めて何に関心を寄せ、何を面白いと思っているのかについて、教員が公私で観察していなければならないが、これは人によっては面倒臭いかも知れないが、筆者にとってはこれが教員という仕事の「面白いところ」である。モチベーションに幅がある学生たちを、いかにしてこちらの世界に引き込むか。これはなかなか手間がかかり、うまく行かない場合も多々ある上に、目に見えるような成果にしにくく、評価の対象にもなりにくいが、私の考えではこれが教員という仕事の根幹であり、かつ醍醐味でもあるようにも思っていて日々の授業・実験に取り組んでいる。

そして卒業研究であるが、本校における卒業研究の時間は週に 6 時間程度あるものの、指導教員の他の授業や実験等と重複していることが多く、教員が付いていられるのは週に 90 分程度となり、卒業研究の大部分は学生の主体性に大きく委ねられている。ところが、先に挙げたように学生間の実力差は著しいため、主体性も相応の差が生じており、自ら進んで研究を進める学生がいる一方、卒研の時間にはただただと過ごし、終了のチャイムと共に帰る学生もいる。筆者の研究室に関して言えば、仮に「宇宙関連テーマ」を振りかざして自分の持っている学生についてはどうかモチ

バージョンを上げたとしても、教員が付いている訳ではないので、他の学生が研究に飽きて雑談に来れば一緒に雑談してしまい（一応友人であるので無下に断ることもできず）、時間を浪費してしまうのが実情である。しかしながら、研究を進める為には通常の勉強だけでなく、自ら問題を見つけてそれに挑み、解決していく力が必要であり、高専5年生、つまり大学2年生相当の学生に対してはレベルの高い要求ではないかと筆者は感じている。

現場を想定した実験の難しさ

実際のコンテストでは、「投下から走り出すまでの流れ」が最も重要で難関である。過去にも、軟着陸には成功するものの動き出せない、又は、動き出すがパラシュートに絡まるという場合（図5）が非常に多かった。それゆえ、CanSatが着地する際に「パラシュートとどのような位置関係になるか」をコンテストまでにぜひ検証したかったが、2013年度に基板加工機を導入するまでは機体を製作するだけで1年間が過ぎてしまっており、それ以降でようやくこの問題に取り掛かれるようになった。例えば図6のように、着地後のパラシュートが良い位置にあれば走行開始に成功するのであるが、これは現時点では「運任せ」の状態である。



図5 走行開始する際、パラシュートに絡まってしまった CanSat
(左) 2011年度



(右) 2013年度



図6 走行開始に成功した CanSat (2013年度)

今後の方針としては「パラシュートに絡む」という頻発する現象に対して、根本的な解決策が必要である。2015年度になってようやく、機体の構造とパラシュートの素材によっては、「パラシュートがどのような位置に落ちてでも CanSat の走行に影響しにくい」組み合わせがあることを見出すことができた。ただし、これを実際の機体に適用するには更なる試験が必要であり、2015年度末のロケットコンテストに向けて機体を製作中である。

おわりに

これまで述べたように、我々の CanSat 製作は決して順風満帆とは言えないものの、その年ごとに何かを獲得しながら現在に至っているような気がする。2015年度のロケットコンテストまであとわずかであるが、今年の結果がどうあれ「人工衛星」という目標に向けて参加を継続し、今後も研究室での宇宙関連活動のベースとして位置付けたいとの思いである。将来的には「新居浜で宇宙＝若林研究室」となるような気概だけは相変わらず持っているが、筆者自身の技術と指導力の向上も大きな課題であると感じている。

正直のところ、宇宙という大きなテーマを掲げているながら、CanSat レベルで何年間も四苦八苦しているのは大変格好悪いのであるが（実際に、後発チームに抜かされている部分もあるのだが）、より多くの学生に、モノ作りに対する夢を与え、いろいろな現実に負けず夢を追い続けることの意味を、この身をもって示したいところである。学生の人生が、我々や CanSat との出会いを通じて、より充実したものとなるように願っている。

参考文献

- [1] Wakabayashi, M.; Ono, T.; Mori, H.; Bernhardt, P. A., Electron density and plasma waves measurement in mid-latitude sporadic-E layer observed during the SEEK-2 campaign, *Ann. Geophys.*, 23, 2335-2345, 2005.
- [2] Wakabayashi, M.; Ono, T., Electron density measurement under the influence of auroral precipitation and electron beam injection during the DELTA campaign, *Earth, Planets and Space*, 58, 1147-1154, 2006.
- [3] CanSat -超小型模擬人工衛星- 大学宇宙工学コンソーシアム オーム社 2014年