

人工衛星ITF-1「結(ゆい)」と工作部門とのかかわり

システム情報系 亀田 敏弘

1 はじめに

筑波大学が宇宙航空開発研究機構（以下 JAXA）との間に連携協力協定を結んだのは平成20年9月17日のことである。以降、平成21年にJAXAとの間に連携大学院協定を締結し、筑波大学システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻の学生がJAXA在籍の連携大学院教員のもとで修士・博士の学位を取得する門戸が開かれた。平成22年には、構造エネルギー工学専攻を中心として、「筑波大学宇宙コンソーシアム」が設立され、宇宙利用に関する、工学以外の理学・医学・芸術・体育・農学といった他の分野と横断的に連携した研究活動が始まった。平成23年3月14日に予定されていたコンソーシアム結成1年目の成果となる分野横断型の宇宙利用に関する講演会「筑波宇宙フロンティアフォーラム」は、震災により延期されてしまったが、同年10月29日に開催し好評を得ることができた。激動のこうした流れの中、筑波大学でも人工衛星開発を開始したいという気運が高まり、平成22年末頃から準備を進め、JAXAが実施する平成23年夏の相乗り小型副衛星公募に応募し、同年12月に採択されるに至った。

開発中の衛星の正式名称ITF-1は本学のスローガンである“Imagine The Future”から、また、愛称の「結(ゆい)」は後述するミッションの独自性から名付けられた。主衛星は、NASAとJAXAが共同で開発する全球降水観測計画(GPM)のコア衛星であり、図1に示すように他の開発団体の衛星と共に相乗り形式でH-IIAロケットにより種子島から2013年度末に打上げられる予定である。衛星の

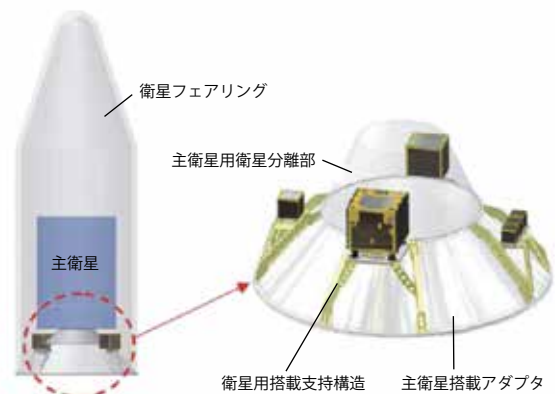


図1：相乗り打ち上げの概要
(図は採択時JAXA公表資料より)



図2：ITF-1「結」モックアップ写真

モックアップ写真を図2に、仕様を表1に示す。ITF-1「結」は、これまでの大学衛星とは異なる新機軸のミッションを予定している。衛星の温度や太陽電池の発電電圧といった時々刻々変化する衛星の情報を、定期的に世界の人々に向けて宇宙から発信し、信号を受信後に報告を行ったという共

表 1：ITF-1「結」仕様

| | |
|-----------|--|
| 寸法 | 約100mm角の立方体形状 (1U CubeSAT) |
| 質量 | 1.6kg |
| 衛星構体材料 | A6061P-T651、A7075-T7351 |
| 太陽電池 | トリプルジャンクションGaAs太陽電池 |
| バッテリー | Li-ion 蓄電池 |
| 無線通信用周波数帯 | 435MHz帯、145MHz帯 |
| 使用アンテナ | 1/4波長モノポール (435MHz帯) 超小型アンテナ (435MHz帯、145MHz帯) |
| 軌道 | 高度400km 軌道傾斜角65° |
| 想定運用期間 | 1～2年 |

有体験を持つ人々のネットワークを構築しようという試みである。手持ちの八木アンテナとハンディトランシーバで受信できるよう、衛星には高出力の送信機を搭載し、電波形式をFM変調によるモールス信号とするなど細かな工夫を行っている。これまで、出張講義などを通して、小学生から高校生まで数多くの生徒達にITF-1「結」のミッションの説明を行ってきたが、口を揃えて「是非受信してみたい」と言ってもらえる事は、ミッション提案側として嬉しい限りである。

こうして、筑波大学発の初めての人工衛星開発プロジェクトがスタートし、大学で行う意義として、以下のように教育面にも配慮したプロジェクト運営を行うこととした。

- ・筑波大学全体に開かれたプロジェクト：所属学類や学年を問わず、興味のある学生はプロジェクトに受け入れる
- ・自立した思考機会の提供：極力学生が自らの力で設計・開発を行い、失敗や不具合について徹底的に考えて、改良を行う
- ・プロジェクトチームに身を置く経験：個人の無責任な行動はプロジェクト全体に大きな負のインパクトを与えてしまうことを各自が自覚し、社会人としても通用する心構えを涵養する

授業でもなく個別の研究室活動でもないが、全学レベルのプロジェクトとして2013年2月現在で、15名程度の意識の高い学生が寝る時間も惜しんで活動している。余談だが、日々の積み重ねが重要なプロジェクトにおいて責任者がサボるわけにもいかず、少なくとも元気でいようと、自転車通勤を軸に据え、ジョギングを始めるなど健康管理には随分と気を遣うようになった。

プロジェクト公式サイトURL：

<http://yui.kz.tsukuba.ac.jp/>

2 教育プログラムとしての衛星開発

2.1 要求される一般項目

人工衛星開発には、様々な分野の知識・経験が必要とされる。宇宙工学は総合工学であり、私が教育を担当している工学システム学類の教育理念とも整合性が高い。

工学システム学類の教育理念

工学システム学類は、学生個人の自己の存在基盤の確立を助け、これからの社会のリーダーとして、科学技術の成果としての人々の生活を支える人工システムを、広い視野に立って開発・設計・製作・管理・運用してゆくことのできる、高いポテンシャルを持つ技術者を養成することを教育理念とする。

人工衛星の設計・開発において肝になる分野として、構造、電子回路、熱制御、マイコンプログラミング、無線通信などが挙げられるが、講義や実験科目でカバーしきれない内容も多い。例えば、構造分野であれば、各種アルミ合金の組成と特性の相違、衝撃試験方法の原理、電子回路分野であれば、半導体の耐放射線性評価の理解と実践、他にも、人工衛星の姿勢制御に用いる磁性体の特性評価など、知的好奇心をそそる内容は数え上げればきりが無い。学生達は常にこれらの問題と対峙

しながら、色々思考している。ITF-1「結」の開発においては、できる限り学生の自主性を尊重し、自主開発を基本としている。もちろん、学生だけでは解決できない問題も多く、助言を与えることもある。また、JAXAの有識者から意見を乞うことや、本学の他の分野の先生方、研究学園都市の各種機関に協力を依頼することも何度となくあった。これらの幅広いチャンス을最大限に活用できる、ものつくりの実践を学ぶ場を提供することでカリキュラムで手薄になる部分を補完できればと考えている。

2.2 カリキュラムにおける機械製図と機械加工

工学システム学類のカリキュラムにおいて、機械製図と機械加工は含まれているものの、大学生になって初めて機械加工を行う者も少なくない。したがって、限られた時間数の教育で、切削に手間のかからない（したがってコストの安い）機械部品をイメージしながら設計を行うノウハウを身につけてもらうのはなかなか難しい。工業製品において、格好良さと工程量にはかなりの相関があると思われるが、高い次元で最適点を見いだすセンスは、常日頃からものをつくる訓練を積んでおくことが重要であろう。かなりの人数の学生がメーカーに就職する状況を鑑みると、教育する側の責任は重大である。

2.3 衛星開発の成果

衛星開発の成果として、ITF-1「結」のエンジニアリングモデルの全体像（太陽電池貼付け前の状態）と構成部品を図3と図4にそれぞれ示す。学生プロジェクトメンバが3D-CADソフトSolidWorksを用いて自ら設計し、工作部門にて加工を行っていただいた。図5に示す部品は、人工衛星がロケットに装填される際に点で接触するために柱先端部に必要となる、ねじのついた半球である。球面精度を確認するために顕微鏡を用いた作業を行っていただいた。



図3：エンジニアリングモデル（EM）外観

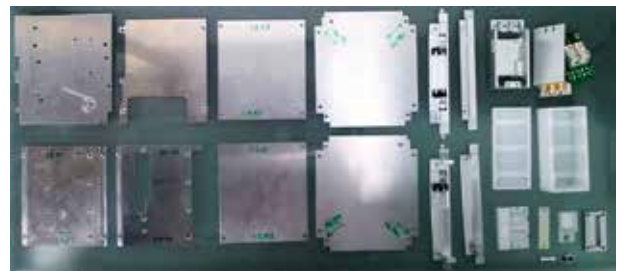


図4：工作部門によるエンジニアリングモデル部品



図5：柱先端部に取り付ける半球部品

3 工作部門とものづくり

3.1 学生の例

当然であるが、本学の入試に機械加工の知識や経験は課されていない。一昔前であればねじで留まっている部品も今では樹脂の嵌め合わせで構成されている。したがって、時として思いもよらないことが起きる。母材に部品をねじ止めする方法について学生とディスカッションをしていて印象的（衝撃的？）だった出来事を紹介する。学生は母材と部品の両者にM3と書き込んでおり、これでは取り付けられないと指摘してもきょとんとしている。部品には一回り大きな穴が空いていて、ねじ山は無いということを知らなかったのである。こうした例はそれほど珍しくなく、最近では真摯に受け止めて、今後の教育に生かしていこうと思うようになった。

3.2 学生を教育するという意識の存在

いくつかの大学衛星開発団体では、学生はあまり関与せず、大学教員と各種業者の協力により衛星開発を行っているケースも見受けられる。開発に要する時間ははるかに短縮され、プロジェクトの運営も楽であろう。しかしながら、本学には充

実した工作部門があり、様々な相談に対応してもらうことが可能である。業者に外注するだけでは決して得られない、学生のスキルに応じた親身の指導（時には厳しい教育的指導）を、工作部門の教員と技術職員のチームから受けるチャンスが存在する。半年前まで機械加工の知識も経験も皆無だった学生が、公開工作室利用資格取得を目標にしていたりもする。今後も2号機、3号機と継続的な人工衛星開発活動を通して、システム全体を俯瞰的に見通したものづくりの醍醐味を知る学生が一人でも多く育つことを祈っている。

4 おわりに

工作部門の堀三計准教授、技術職員の吉住昭治氏、長谷川達郎氏、中村三郎氏には、専門家の視点からの様々な助言をはじめとして、高度な技術を要する加工や納期に関する（少々無理な）お願いを聞いていただき、深く感謝する。今後の衛星開発のステージにおいても様々な困難に直面することと思われるが、引き続き工作部門からの暖かい支援をお願いしたい。