

## 首都大学東京における実践的な航空宇宙 に関する教育研究活動

首都大学東京 システムデザイン研究科 航空宇宙システム工学域  
助教 渡部 武夫 准教授 佐原 宏典

**大**学での講義は得てして高校までの教育と同様に、「科目」として切り分けられた担当範囲の中で各教員が専門教育を行う座学が多い。それぞれの知識を利用し、或いは多岐にわたる知識を有機的に結び付けて有効化する鍛錬として、実験や実習、各種ゼミナール等も開講しているものの、研究室配属後に実際の工学問題と対峙するとき、学生は十分な基礎知識を有しているにも拘らずなかなか手を付けられないことがある。そこで本学では、研究室単位での他機関との様々な共同研究・プロジェクトの他、宇宙航空研究開発機構(JAXA)や情報通信研究機構(NICT)と連携して大学院教育を行う連携大学院制度を導入する等、研究開発の現場に学生が参加することの意義を重視している。また、鳥人間コンテストや衛星設計コンテスト等に学生主体で参加することも多く、教員はその支援を積極的に行っている。このように実践的な教育研究活動に注力した好例として、今回の報告を行う。

最初の事例として、本学が参加したJAXA観測ロケットS-520-25号機について述べる。本機は2010年8月31日午前5時にJAXA内之浦宇宙観測所から打ち上げられ(図1)、約10分間の弾道飛行において幾つかの宇宙実験を行った。本実験は、1)導電テープテザーの高速伸展、2)ホローカソードの高速点火、3)テザーロボットの姿勢制御、4)ベア導電テープテザーによる推進機の性能検証、5)宇宙電流収集理論の検証から成り、JAXAと共に首都大学東京、神奈川工科大学、香川大学、静岡大学の共同プロジェクトとしてテザー衛星システムの研究の一環にて行われた。テザー衛星システムとは宇宙空間で複数の衛星をテザーと呼ばれる紐状構造で繋いだシステムの総称であり、テザーにテープ状の形状を用いたものをテープテザーと呼ぶ。古くはロシアのコンスタンチン・ツィオルコフスキーが宇宙ステーションでの人



図1 S-520-25号機打上げ<sup>1)</sup>(JAXA提供)

工重力発生装置として考案した記録があり、その究極のものとして地上から静止軌道までを結ぶ宇宙エレベータが近年研究されている。これまでテザーの展開長においては2006年にYES-2が35kmの記録を持っており、テープ状のテザーでは1999年にATExが長さ6kmのテープテザーを搭載したものの22mの展開に終わっている。S-520-25号機では300m級のテープテザーを搭載し、ATExを大きく上回る



図1 宇宙でのテープテザー伸展の様子<sup>2)</sup>(JAXA提供)



図2 学生参加によるミーティング風景と機器開発のひとコマ

展開を目指した。打ち上げは天候不順のため2回の延期があったものの無事実施され、テープテザー展開では全長展開には至らなかったものの従来の展開長記録を大きく更新し、各種実験データと今後のテザー衛星システムへつながる有用な知見を得ることが出来た。本実験では3年の開発期間において各大学の学生が開発に携わり、特に本学の学部3年生から修士2年生の学生のべ20人はその殆どがそれぞれの研究活動とは別に有志として参加した(図2)。実験内容の理論的考察に始まり、それを実現する機器の考案とその設計・製作、及びロケット搭載のための各種地上試験の実施等、宇宙工学の現場に関わり、そこでは講義で得た断片的な知識を元にそれらを結集させて利用することが求められた。その結果として、弾道飛行ではあるが自分たちの作ったモノが実際に宇宙へ打ち上げられると言う貴重な経験を得た。また、多くの機関、企業が参加し、足並みを揃えて作業を進める「プロジェクト」のメンバーとして組み込まれることで、各自の作業が他への影響を及ぼすこと等、モノのみならず人や時間の繋がりについても各自の責任感を培うことに役立ったと思われる。

もう一つの事例として、衛星設計コンテストへの参加を挙げる。衛星設計コンテストは(財)日本宇宙フォーラムと幾つかの理学・工学の関連学会によって主催され、高校生から大学院生までの工学系の分野で学ぶ主に日本の学生を対象にしたコンテスト形式の教育プログラムであり、参加グループが質量50kg程度の超小型衛星を始めとする様々な宇宙ミッションを創出し、その設計を行う<sup>3)</sup>ことを競うものである。これまでに本学統合前の東京都立科学技術大学(科技大)、東京都立大学(都立大)のチームが参加し、「マイクロ波送電技術を応用した軌道上サービス衛星の基礎実験(科技大、第8回、電子情報通信学会賞)」「1cm級静止デブリの分布状況観測衛星(科技大、第9回、日本宇宙フォーラム賞)」「宇宙リハビリテーションシステム微小重力環境における身体障害の有利性(第10回、都立大、宇宙科学振興会賞)」「自由航行型宇宙ロボット試験衛星(第10回、科技大、日本宇宙フォーラム賞)」の実績があった。同コンテストは工学系の学生参加が極めて多いため、その特徴として工学ミッションが多く、或いは理学ミッションでの予備実証に位置付けられるものであった。

超小型衛星は決して大型衛星の縮小版ではなくその特徴を活かした最大限の有効利用を果たすべきであると言う考えから、本学では平成21年度より宇宙物理学を大きく前進させる本格的な理学ミッションを提案し、第17回「太陽偏光分光観測衛星『FLARE』」において首都大として初めての受賞(地球電磁気・地球惑星圏学会賞及び日本天文学会賞)を果たした。そして2010年度開催の第18回では「バイナリブラックホール探査衛星『ORBIS』」(図3)によって、念願であった同コンテスト最高賞である設計大賞を受賞し、更に日本天文学会賞及び最優秀模型賞も得ると言う史上初の3賞受賞となった。本学チームは研究室や学年、学部の枠を超えているとは言え工学系の学生有志から成っていたため、本格的な理学ミッションを創案するために学生たちは日本原子

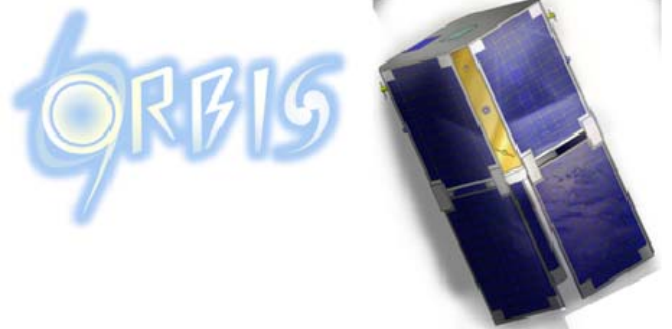


図3 バイナリブラックホール探査衛星「ORBIS」

力研究開発機構や情報通信研究機構の研究者との打合せを率先して行い、必要な機器の設計や選定に反映させるなど積極的且つ精力的に動いていた。衛星設計の体制として、実際の衛星プロジェクトと同じくメンバーは電源系、構体系、姿勢制御系と言った系に分かれ(図4)、大学での座学を基礎として具体的な目的を持って新しいモノを生み出すことを時には楽しみつつ、時には苦しみつつ行っていた(図5)。例えば衛星の構体を設計する場合、搭載機器との機械的なインタフェース整合を図りながら、打上環境耐性と軌道上での熱環境耐性を両立させるために



図5 解析書の見直し作業風景

も、単に自分の担当範囲だけが成立すれば良いと言うものではないと言う進行の具合を身を以って知る機会となった。

以上の事例で共通することは、実践的な場に学生が参加し、座学での断片的な基礎知識から出発して自発的に更なる知識を吸収し、それらを結び付けることでひとつの成果物を具現化したこと、その他、いずれも「プロジェクト」を体験したことである。

プロジェクトでは目標とする全体システムを成立させるために、まずサブシステムに切り分けた上でメンバーはそれぞれの系に分かれ、担当したサブシステムを完璧に設計、製作するだけでなくサブシステム間の「インタフェース」の整合を取ることが非常に重要であり、実際、そこに労力の多くは割かれるものである。「インタフェースがn箇所あればシステム成立の困難さは $2^n$ に比例する」と

は著者が恩師の一人から聞いたことである。また著者自身も過去幾つかのシステム設計に携わった中で「完璧なサブシステムA及びBを結合させただけではシステムA+Bの完全性は示されない」ことや、「サブシステムA、B、Cから成るシステムの完全性は $A \leftrightarrow B$ 、 $A \leftrightarrow C$ の完全性を重ね合わせるだけでは示されない」ことを痛感することが度々あった。今回の事例における学生で言えば、S-520-25号機ではそれぞれに単体試験を行ってサブシステムを完成させた達成感の中、それらを結合させたときの不具合発生の失望と焦り、改善への相当な労力を幾度となく経験した。衛星設計コンテストではミッション成立を完全なものにすべくある一つの系の仕様変更を行った結果、その影響が全系に伝播し、大きな見直しを行うことが度々あった。また、プロジェクトを進めるためには全系が大きな流れの中であって一方向に進むことが肝要であり、そこではサブシステムの進捗のみならず、多くの人の足並みや時間が整合することが求められる。期日の定められたプロジェクトのメンバーとして、学生たちはそれぞれに講義やプライベートのあるブラウン運動をする水分子でありながらも、一つの川の流れを形成し、海に注ぐまでにそのプロジェ

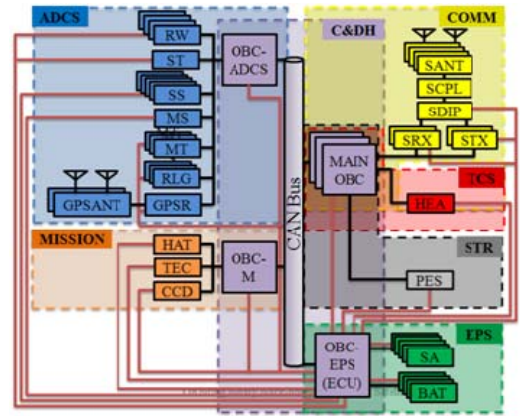


図4 ORBIS内要素・システム系統図とサブシステムの切り分け

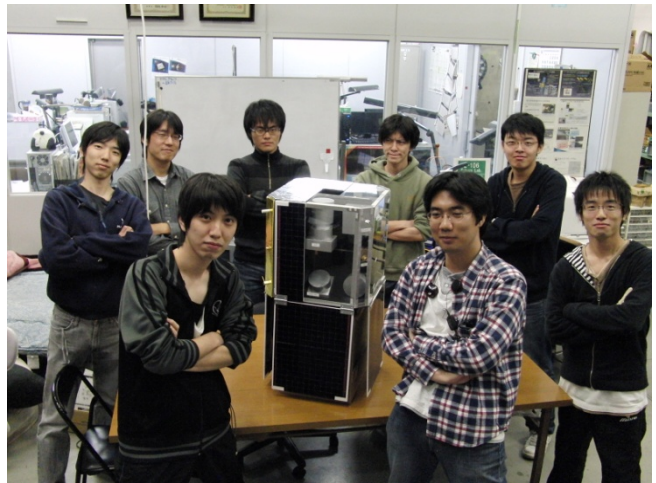


図6 設計完了時の記念写真

クトをやり遂げたものである。

断片的な知識に留まればその範囲内での効果しか齎されないが、それらを上手く組み合わせることで1+1は2以上の成果を得ることが多々ある。サブシステムを結合させるときにインタフェースを整合させたように、知識を実際に有効活用するためにはそれらのインタフェースを見出し、有機的に結び付けるために整合させることが肝要である。勿論、実際のプロジェクトに関わればそれは否応無く実施されることではあるが、大学での教育においては「科目」による基礎知識の教授は勿論のこと、それらを結び付けられる能力を学生に養いたいと願う。インタフェースを知ることは座学では限界があり、ある意味、「痛み」を伴うことで体得することが出来るものである。その「痛み」が存在することを教えつつ、それを乗り越える介助を行いつつ、学生たちのかけがえのない実践的な教育研究の場として存在意義のある大学でありたい。インタフェース整合の苦勞を知る者は、恐らく良いシステムを組み上げることが出来、新しいモノや知識を生み出す大きな力と自信を獲得するであろう。

先日、上記二事例を経験した学生たちから、「自分たちもこの手で本学独自の衛星を作りたい」との要望が出た。それに対して著者は、大学衛星とは言えその開発には極めて多大なエフォートが占有されること、そこで経験するであろう様々な「痛み」のあることを学生たちに述べ、その上で改めて「本当に作りたいか」と問うてみた。学生たちは暫し考えた後、口を揃えて大きく「はい」と答えた。教育に携わる者として身震いした瞬間であった。

現在本学では「バイナリブラックホール探査衛星『ORBIS』」プロジェクトが進行中である。

- 1) トピックス“観測ロケットS-520-25号機打上げ終了”、宇宙航空研究開発機構  
<http://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2010/0831.shtml> [平成23年1月19日引用]
- 2) プレスリリース“S-520-25号機打上げ結果について”、宇宙航空研究開発機構  
[http://www.jaxa.jp/press/2010/08/20100831\\_s520\\_25\\_j.html](http://www.jaxa.jp/press/2010/08/20100831_s520_25_j.html) [平成23年1月19日引用]
- 3) “衛星設計コンテストとは”、財団法人日本宇宙フォーラム  
<http://www.jsforum.or.jp/event/contest/> [平成23年1月19日引用]