



宇宙科学最前線

観測ロケット実験を 革新する再使用観測ロケット

再使用観測ロケット技術実証。左上から反時計回りに、極低温タンク断熱材試験、エンジンターボポンプ、風洞試験、タンク排液試験、再使用観測ロケットの構想。

宇宙飛行工学研究系 准教授
野中 聡

観測ロケット実験の革新と 利用の活性化

宇宙科学研究所では、天体観測やプラズマ物理観測、超高層大気観測などの理学観測、微小重力を利用した実験や工学的な技術実証を行う目的で、小型の観測ロケットを打ち上げています。この小型ロケットは衛星を地球周回軌道に投入するための大型のロケットとは異なり、打上げ後、約150km (S-310) から約300km (S-520) 程度の最高高度に達し、海上に着水するまでの弾道飛行中に大気観測などの実験を行います。人工衛星には低過ぎ気球には高過ぎる高度で、「その場」での観測を可能にするのが観測ロケットです。現在、観測ロケットは毎年2機程度打ち上げられており、

実験提案から打上げまで短期間で実現可能で、理学・工学それぞれの実験でさまざまな研究成果が挙げられています。また、アビオニクス（搭載電子機器）の統合や新たな姿勢制御装置の搭載など、観測ロケット自体も最新の技術を取り入れて発展しています。『ISAS ニュース』2012年9月号に観測ロケットによる最近の高層大気研究について、2012年10月号に大気圏突入機の実証試験について、それぞれ紹介されていますのでご覧ください。

今、私たちが毎年打ち上げている観測ロケットは、1回だけしか使うことができない「使い捨てロケット」といわれるものです。一度飛ばすと高価な観測機器と共に海に落下し、もう二度とお目にかかることができないのが現状です。観測機器の回収は技術的には可能で、これまでも行ったことは

ありますが、結構な手間がかかります。打上げのたびにロケットと観測機器を新たに製作する必要があるため、毎年限られた数しか打ち上げることができません。

観測ロケットの需要はどのくらいあるのでしょうか。大気物理や微小重力科学の研究テーマとして利用需要を調査すると、5年間で50回以上の実験要望があります。つまり1年間に10回程度の実験が求められることになります。年に2、3回という現状の観測ロケットでは、コストや時間の点ですべての要望に応えるのは難しい状況です。さらには工学的な技術実証やライフサイエンスなど、実はもっとたくさんの利用需要が眠っているかもしれません。

図1 機体形状を設計するための風洞試験

風洞が作り出す気流でロケットが飛ぶ環境を模擬し、機体にかかる空気を計測してロケットの形を考える。



図2 液体水素／液体酸素のスロッシング可視化試験

ロケットが飛んでいる間にタンクの中の液体推進剤がどのような動きをして、タンクの圧力や温度がどのように変化するかを調べる。

観測ロケットとしての技術的な要望もたくさんあります。大気などのサンプル採集や観測機器の回収、微小重力実験を行った材料の回収などは、研究者から強い要望があります。観測する方向を自在にコントロールしたい、もっとゆっくり飛んでほしい、低く飛べ、高く飛べ、大容量のデータ蓄積とその回収が必要だ、打上げ直前まで観測機器にアクセスしたい……。ロケットを利用する側の研究者の皆さんは、とてもわがままです。このような状況の中、現在の観測ロケットにちょこっと手を加えて飛ばしているだけでは飛躍的な変化は期待できません。需要や技術的な観点での観測ロケットによる実験環境の革新と利用の活性化を推進することが、私たちロケットの研究者に求められているのです。

観測ロケットが「再使用」できるように……

前置きが長くなりましたが、観測ロケットによる研究をもっともっと活性化させるためには、その運用コストを大幅に削減して実験環境の革新を図り、宇宙実験参加の敷居を飛躍的に下げる必要があります。そのためには、やはり今の使い捨てのロケットでは限界があり、観測ロケットを「再使用」できるものにすることが、ユーザーの要望に応えるための最良の策と考えられます。我々は、繰り返し飛ばすことができるこのロケットを「再使用観測ロケッ

ト」と呼んでいます。

まず私たちが目標とする再使用観測ロケットの性能は、S-310に相当する到達高度100km以上に100kgのペイロードを打ち上げ、打上げ地点に帰還するというものです。これを同じ機体で100回繰り返し、打上げの頻度としては年間10回、1シリーズ（約1ヶ月程度）に5回の打上げを年2シリーズ実施することを考えています。さらに、最短で24時間のターンアラウンド運用（今日打ち上げて明日また打ち上げる運用）も可能なシステムとする計画です。観測機会が飛躍的に増えるだけでなく、①ロケットの軌道や姿勢の自由度が高い、②高高度での亜音速飛行や準静止状態ができる、③観測機器の回収とその繰り返し使用、といったこれまでの観測ロケットにない特徴を持たせることにより、質的に大きく異なる実験環境を実現することが可能です。

このような再使用観測ロケットが持つ特徴により、大気微量成分／エアロゾル／微粒子の観測や大気および微粒子の継続サンプリングができるようになれば、高頻度かつ世界の多地点で地球大気環境の時間的・空間的な変化を精度よく測定することが可能となり、地球環境のわずかな変動を早期に捉えて、地球環境モニターとして画期的な成果をもたらすことが期待できます。また、ライフサイエンスや材料科学などの微小重力環境を利用した研究においては、再使用観測ロケットによって実現できる継続的な繰り返し実験機会と実験機器の容易な回収、良質な微小重力実験環境の提供などにより実験環境の質的・量的な革新が期待され、飛躍的な研究の活性化と成果創出をもたらすことができると考えられます。そのほかにも、実際に「再使用」できる観測ロケットを繰り返し打ち上げることで世の中に認識され、宇宙実験へ参入するためのハードルが劇的に下がることで、ロケットを使った新たな研究の創出など観測ロケットユーザーが多数現れることが期待されます。現在でも多くの成果を挙げている現行の観測ロケットに加えて、再使用観測ロケットを頻繁に運用することにより観測ロケットによる研究が飛躍的に発展すると考えています。

再使用観測ロケットの技術実証

では、再使用できる観測ロケットはすぐに開発できるのでしょうか。再使用観測ロケットは、①繰り返し飛行運用する、②帰還飛行して着陸する、③故障しても安全に帰還する、などの点でこれまでの使い捨てのロケットとシステムの形態が大きく異なります。再使用型の観測ロケットを実際につくるためには、従来のロケットにはない技術的な課

題をまず解決しなければなりません。そこで、いま私たちが取り組んでいるのが、再使用観測ロケットを実現するために必要な技術の実証です。

①繰り返し飛行運用する

エンジンを100回再使用するという技術課題があります。再使用観測ロケットでは推進性能や将来性から、推進剤として液体水素と液体酸素を使う液体ロケットを考えています。そのエンジンではロケットを加速させるために水素と酸素を混ぜて高温高压で燃焼させることから、飛行のたびに過酷な条件に耐えなければなりません。そこで再使用型のエンジンをつくって繰り返し使用するための技術実証を、角田宇宙センターで進めています。観測ロケットのための再使用エンジンは、性能より再使用性や着陸のための推力制御機能を優先し、運用の手間やコストを減らすために点検や部品の交換を容易にするなど、これまでのエンジンとは異なる視点で設計されています。

②帰還飛行して着陸する

これまでの使い捨てロケットでは帰ってくることを考えなくてよかったのですが、帰ってくるためにはどんな飛び方をすればよいかとか、機体をどんな形にしたらよいかなどを新たに考えなければなりません。現在これらを含め機体システムの設計を進めており、ロケットの形を決めるための風洞試験や小型の実験機による飛行実証を行うための準備を進めています。また着陸の際には、着陸前にエンジンを再起動してその推力により垂直に着陸することを考えています。垂直に離陸して垂直に着陸する、垂直離着陸型というシステムです。そのための技術として、帰還飛行中にタンクの中の液体推進剤がどのような挙動をするか、タンクの圧力がどのくらい変化するかなどを調べ、エンジンの再起動に必要なタンク内部に搭載する装置を設計しています。

③故障しても安全に帰還する

これまでのロケットでは例えば飛行中にエンジンが故障した場合、その後の飛行を諦めてロケットを安全に破壊するための指令を送る、というようなやり方をしていますが、再使用型のロケットは帰ってくる機能があるのでそんなことはしません。故障を検知してロケットを安全に帰還させる、というやり方です。そのような仕組みを持つシステムを、故障許容システムといいます。再使用観測ロケットではエンジンを4機搭載していて、仮に1エンジンが故障した場合でも残りのエンジンで飛行することが可能なように設計しています。また故障を検知するための技術も必要です。水素を使うロケットでは、もし水素が漏れた場合、そのままにしておけば着火して大事故につながる可能性があります。それを防

ぐには、水素を検知するための搭載型の水素センサーが必要です。水素の漏洩を検知して漏れ箇所を特定し、必要な処置を行った上で安全に帰還するという、ヘルスマネジメント機能を持った故障許容システムを構築するため、搭載型の水素センサーの開発と機体内でのその配置、安全に帰還するためのロジックの検討などを行っています。

将来の宇宙輸送システムと水素社会への貢献

将来の宇宙輸送システムの究極のゴールは、地球の周回軌道に単段式で人や物を運ぶことができる宇宙往還システム（SSTO）を開発し、それを毎日あるいは1日複数回運用して、高頻度に宇宙へアクセスすることであると考えています。その実現のためには液体水素／液体酸素による高性能な推進システムが必要不可欠であり、再使用可能なロケットシステムで極低温の液体推進剤を取り扱う技術を獲得することは、将来の目指すべき宇宙輸送システムを構築する上でとても重要です。再使用観測ロケットの実現は、将来の高性能な宇宙輸送システムに共通で不可欠な技術の獲得につながるとともに、再使用できる宇宙システムを実際につくる、観測ロケットとして実利用する、ということを通じて「再使用」のメリットを広く世の中に認識してもらうことで、次のステップへさらに加速させることができると考えています。

また水素を使うロケットの研究の中には、クリーンエネルギーサイクル、水素の製造、貯蔵、安全監視など、全地球的なエネルギー問題や環境問題の解決のための水素エネルギー社会のインフラ構築への直接的な貢献につながる共通の課題が数多くあります。再使用観測ロケットの研究開発は、これら水素に関わる技術課題の解決にもつながり、ロケットという極限的な環境での水素の取り扱いに関する技術革新と、この革新がもたらす水素エネルギー社会のインフラ構築へのスピノフという切り口で多くの接点を共有しつつ、社会の進歩に貢献できると考えています。

（のなか・さとし）



図3 将来の宇宙輸送システムのあるべき姿
人や物を載せたロケットが次から次へとスペースポートから宇宙に向けて飛んでいく……。

全天X線監視装置 (MAXI) が極超新星の痕跡を発見

国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームに搭載した全天X線監視装置 (MAXI: Monitor of All-sky X-ray Image) は、はくちょう座方向に超新星爆発の痕跡を見つけました。その爆発は、普通の超新星爆発より100倍も大きなもので、その規模から“極”超新星爆発 (ハイパーノバ) であると思われます。極超新星爆発の痕跡は我々の住む天の川銀河ではこれまで見つかっておらず、今回が世界初となります。

MAXIに搭載されている、X線CCDスリットカメラ (SSC) は、MAXIの観測開始 (2009年8月) 以来、全天にわたって広がった高温領域を観測してきました。その全天マップ (図1) から、はくちょう座の方向にX線の大構造 (図2) を確認し、これを解析した結果、およそ300万~200万年前に爆発した極超新星の痕跡の可能性が高いとの結論に達しました。

銀河には超新星爆発のつくった高温ガスがたくさんあり、X線でバブルのように見えています。ところが、ほかの銀河では、超新星爆発でつくったバブルよりもさらに大きなバブルがいくつか見つかっており、スーパーバブルと呼ばれています。我々の銀河内にもX線で大きな構造はありますが、見かけの大きさが大きく過ぎて、これまでの視野の狭い望遠鏡ではうまく観測できませんでした。これに対して、MAXIのSSCは、大きく見える構造を観測しやすくなったものです。今回、SSCにより見かけの半径が11度もあるはくちょう座の大構造を調べ、鉄、ネオン、マグネシウムからの輝線を検出し、その温度が300万度にもなることや、その全エネルギー、大きさなどを測定しました。これらのことから、はくちょう座の大構造は、300万~200万年前に普通の超新星爆発の100倍ものエネルギーによってつくられたことが分かりま

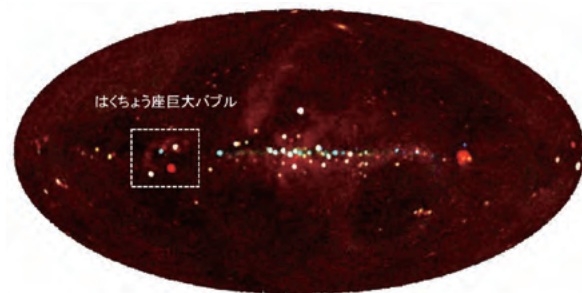


図1 MAXIのX線CCDスリットカメラ (SSC) で30ヶ月間観測して得た0.7~7 keVのエネルギーバンドの全天画像

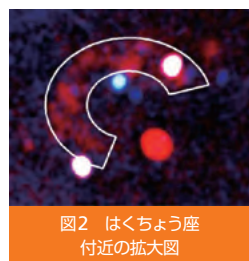


図2 はくちょう座付近の拡大図

図の中央が銀河中心、横軸は銀経、縦軸は銀緯の銀河座標で表してある。赤い色はエネルギーが低く、青い色はエネルギーが高いX線を放出していることを示す。数々の丸い点はX線の点源で、そのほかに銀河中心付近に大きく広がった構造も見える。点線で示している部分が今回解析した、はくちょう座巨大バブル。

白い円環状の領域がはくちょう座巨大バブル。四つの明るい点は既知天体。

した。これは、太陽質量の数十倍の星が極超新星爆発を起こした結果だと解釈できます。

極超新星は、宇宙で最大の爆発であるガンマ線バーストを起こし、超高エネルギー宇宙線の起源天体に関連しており、強い重力波も出すとされている現象です。極超新星爆発は超新星爆発に比べればめったに起こるものではありませんが、その巨大な爆発エネルギーは、銀河全体の進化に大きな影響を与えます。今回の観測は、そのような珍しい現場を銀河系内で確認できたことになります。

(木村 公)

筑波宇宙センターにおける回転投てき試験



回転投てき型マニピュレータ

間での作業が可能だが、最大到達距離は数m程度である。また、ローバや宇宙飛行士では、縦孔や中央丘上部など地形が厳しく

月惑星表面探査ミッションにおいて、サンプル採取やカメラ観測は最も重要な技術の一つである。従来より使用されているローバでは、遠距離・多地点でこれらの作業の実施が可能だが、非常に長い移動時間と大きな消費エネルギーを要し、信頼性も高いとはいえない。一方、着陸機に取り付けられた従来型のマニピュレータは、短時間での作業が可能だが、最大到達距離は数m程度である。また、ローバや宇宙飛行士では、縦孔や中央丘上部など地形が厳しく

危険な場所へ到達することは困難である。つまり、到達距離が長く、短時間で作業を実施でき、かつ探査領域の空白を埋められるミッションツールの開発は重要であり、世界的にもいまだ有効手段がないため、この開発を進める意義は大きい。

そこで、回転投てき型マニピュレータを物体搬送に用いることが産業技術総合研究所から提案され、その実証試験を共同研究として行った。試験は筑波宇宙センター総合開発推進棟横の屋外スペースにおいて実施し、遠距離かつ短時間での投てきの実現性確認と、その繰り返し精度を評価した。また、回転投てき時に発生する振動を計測し、投てき動作が着陸機やほかのシステムへ与える影響を調査した。合計32回の投てきを行い、現状実現可能な最大投てき距離18m (月面で108mの投てき距離に相当) での位置決め誤差の評価を行うことができた。そ

の結果として、解析的に計算される投てき距離に対して2%まで誤差を縮めることができたが、大気の影響でこれ以上精度を高めることは困難であると分かった。主な投てき誤差要因は、被投てき物のリリースのタイミング（投てき位置・方向）である

ことを確認し、今後、このタイミングの調整を自動化しなければならない。このタイミングが決定されれば、同じパラメータでの繰り返し投てき精度は1%以下と非常に高いことが分かった。（大槻真嗣）

「総研大アジア冬の学校」開催

宇宙研は、宇宙科学を実践する組織ですが、そこでは学生として学ぶこともできます。特に、宇宙研は総合研究大学院大学（総研大）に参画しており、多くの教員が総研大物理科学研究科宇宙科学専攻の教員を兼務しています。総研大は国内の研究所や博物館（基盤機関と呼ばれます）から構成される大学院大学で、学生は博士課程に入学し、基盤機関の研究者から指導を受けて専攻分野を学びます。この総研大では、学生たちに広

く世界に目を向け国際感覚を身に付けてもらうこと、また海外の学生たちに総研大の先進的な科学研究を紹介することなどを目的とし、物理科学研究科の5専攻（核融合科学専攻・機能分子科学専攻・構造分子科学専攻・天文科学専攻・宇宙科学専攻）が連携して「総研大アジア冬の学校」を、毎年開催しています。去年に引き続き、5専攻共通のテーマに「世界を眺める新しい目」を設定し、また宇宙科学専攻では個別テーマとして「Eyes to explore the space horizon（宇宙の果てを探索する目）」を掲げ、



アジア各国からの参加者たち

アジア各国から17名の学外参加者（国外15名、国内2名）を受け入れ、2月5日から7日まで、JAXA相模原キャンパスにて開催しました。

総研大を兼務する宇宙研教員による研究の紹介、相模原キャンパスの紹介などを行いつつ、参加者たちからも発表をしていただきました。教員たちのユーモアを交えたプレゼンテーションは、主催側としても関心をかき立てられ、参加者の皆さんも身を乗り出して聞き入っていました。

また参加者からの発表は、各自の興味に沿って、宇宙実験、通信、自作の人工衛星、宇宙観について力のこもったものが多く、さまざまな背景を持った方々が参加しているだけに、多岐にわたり熱くかつ誠実なディスカッションが繰り広げられました。

帰りのバスに乗り込む前、参加者の皆さんが、まるでサッカーからラグビーの勝者のように互いに抱き合い肩をたたき合っていました。この小さな集まりが、将来の大きなソサエティーにつながってくれることを心から祈念しています。（曽根理嗣）

「宇宙福豆で福よ来い！！」開催

2月3日節分の日に、JAXA相模原キャンパスの最寄り駅であるJR淵野辺駅北口の桜美林大学プラネット淵野辺キャンパスにおいて、「宇宙福豆で福よ来い！！」を開催しました。これは昨年、地元から「はやぶさ2プロジェクト」を応援しようと企画した「はやぶさグルメで、地元からJAXAにエールを送ろう」に続く、地域を挙げてのJAXA応援イベントです。実行委員会は、地元の商店街（にこにこ星ふちのべ協同組合）、桜美林大学、相模原市などで組織されました。



宙を舞う宇宙福豆が入った傘袋ロケット

当日は開始時間のずいぶん前から列ができるほどの大盛況で、地元の小学生や、子ども・宇宙・未来の会の「相模原・宇宙の学校」に参加している親子、さらには市外からの宇宙ファンなど約400人が参加しました。JAXAからは、阪本成一教授、吉川真准教授、橋本樹明教授、高木俊暢さん、並木道義さんにご参加いただきました。阪本教授には最近のJAXAの動向を、吉川准教授には、「はやぶさ2プロジェクト」の計画と進捗状況を話していただきました。

地元の商店街では26年前から、「銀河をかける街 ふちのべ」をキャッチフレーズに掲げ、街づくりに取り組んできました。これは宇宙への深いロマンが込められたキャッチフレーズなのです。それをさらに広げ、将来につなげていこうと考えています。今回の企画の一番の目的は、子どもたちに、宇宙への、あるいは将来への夢を持ってもらうことです。

「津久井在来」という、相模原市の津久井地域で古くから栽培されてきた品種の大豆50粒が、2010年に宇宙に行きました。今回の企画では、そんな夢のある大豆と同品種の大豆を神主さんに祈祷していただき、「宇宙福豆」と名付けて傘袋に入れ、会場を舞うという宇宙風の節分イベントにしました。集まっ

た子どもたちは、夢が詰まったロケットを大喜びしながら持ち帰りました。

地元がJAXAの活躍と「はやぶさ2」をはじめとするプロジェクトを応援することは、資金的援助でも、技術的援助でもありません。私たちにできることは、地域の方々、特に子どもたちに宇宙への関心を持ってもらい、いつの間にか宇宙ファンになって、ひいてはJAXAの施設が地域の中にあることを誇りに思い、そのことをいろいろなところで自慢する子どもたちを増やしていくことです。さらには、相模原出身の子どもたちの中から宇宙飛行士が生まれ、名実ともに「宇宙の街、相模原」となれば、夢を描いています。(にこにこ星ふちのべ(協)理事長 茅 明夫)



イプシロンロケット 打上げへのカウントダウン①

発射装置改修工事——機体転倒防止装置

イプシロンロケットの発射装置改修は順調に進行しています。今月号では、機体転倒防止装置についてご紹介します。

イプシロンロケットは、歴代Mシリーズの「斜め発射方式」から一転、「垂直発射方式」を採用しています。斜め発射では、ランチャブームのレールに機体側面のスリッパが引っ掛けられているため、ロケットが転倒することはありません。しかし、垂直発射のイプシロンは、ロケットのお尻がランチャのシュラウドリング(リング状のロケット支持台)に乗っかっているだけなので、機体の転倒防止を検討しました。結果として、通常の運用(ランチャの旋回・非常停止時の加速度や風)で機体が転倒することはありませんが、万一の地震を考慮して、シュラウドリングに機体転倒防止装置を整備することにしました。2月に機体転倒防止装置の仮付けが終わりまりましたので、写真と共にお知らせします。(小野哲也)



万一のときにロケットのお尻(後部フランジ)を支持する機体転倒防止装置(4ヶ所)

音響試験を行ったイプシロンロケットのフェアリング



フェアリング音響試験

お待たせしました(?), イプシロン構造系開発試験の紹介です。今月号では、筑波宇宙センターで行われたフェアリング音響試験を紹介しします。フェアリングは、イプシロンロケットの上側ほぼ半分を覆っている先端がコーン形状の構造体で、その中には衛星やロケット2段・3段機器が搭載され、打上げ時や飛翔中に発生する激しい熱や音から衛星や機器を守り、役割を終えると半分に分けて投棄(放てき)されるものです。

今回の試験は、打上げ時に発生すると想定している音をフェアリング外部に発生させ、フェアリングに艀装されている機器の振動耐性とフェアリングを透過した音の減衰量の確認を目的としています。結果、試験の目的を達成する良好なデータを取得することができました。担当としては、お客さん(衛星)に約束している乗り心地を提供できるめどが立ち、ホッとしています。次は、フェアリングの分離放てき機能を確認する試験が待っています。応援のほど、よろしく願い致します。(宇井恭一)

ロケット・衛星・大気球関係の作業スケジュール

	3 月	4 月
ASTRO-H	システム振動試験(筑波)	
惑星分光観測衛星	フライトモデル総合試験(相模原)	
BepiColombo	フライトモデル総合試験(相模原)	
はやぶさ 2	一次啗合せ試験(相模原)	
S-520-27 号機	啗合せ試験(相模原)	

お知らせ

第32回 宇宙科学講演と映画の会

日時: 2013年4月13日(土)

13時30分~17時10分(開場: 13時00分)

場所: 四谷区民ホール(四谷区民センター 9階)

定員: 440名(中学生以上, 先着順)・入場無料

詳しくは、宇宙科学研究所
ホームページをご覧ください。

▶▶▶ <http://www.isas.jaxa.jp/>

イプシロンロケット 開発を支える情報システム

曽我みどり

イプシロンロケットプロジェクトチーム



はじめに

これまでの連載でご紹介してきたように、イプシロンロケットは未来を切り拓く次世代の宇宙輸送システムとして、その開発の中でさまざまな挑戦的取り組みを推進しています。開発効率の抜本的な向上を目的とした新たな情報システムの開発もその取り組みの一つです。連載の最終回は、この情報システムについて説明します。

情報システムの狙い

ロケットシステムは、数十万点を超える構成要素で成り立つロケットと、ロケットの製造・組立て・点検・打上げ、さらに地上装置類・設備など広範にわたるさまざまなサブシステムを組み合わせた巨大システムです。そのため、関係する人員や技術情報が膨大、サブシステム間のインターフェースが複雑という特徴を有します。また、地理的に分散した拠点で複数メーカーの協働によって開発が行われます。さらに開発期間が約3年と超短期です。このような厳しい状況を打開するため、IT技術を駆使して、技術情報に対するアクセス性、入手性を大幅に向上させ、全体を把握しやすく、開発効率を抜本的に向上させるべく、イプシロンロケット開発プロセス管理システム (MIDLEE) を開発しました。

MIDLEEの特長

MIDLEEの主な特長は次の通りです。

- ①複数種類の技術情報間の関連付け (ひも付け) 機能。これにより要求仕様とその根拠の関連付けや設計入力情報と出力情報の関連付けができ、情報から情報へひもをたどっていくように関連情報の確認が可能となります。
- ②各拠点で作成された技術情報および①のひも付け情報を地理的に分散した拠点に安全に送信。
- ③ネットを介したパソコン、インターネットエクスプローラなどのブラウザで情報にアクセス可能。

関連付け機能による技術情報の体系化

ロケット開発をシステム工学的な観点で見ると、システム要求をサブシステム要求に分割し、各要求仕様に対する検証結果の妥当性確認をサブシステム検証からシステム検証まで統合していくという一連の作業について、一貫性を確保した上での確かつ迅速に実施することが鍵となります。

MIDLEEでは、文書単位で情報間の関連付けができることに加え、必要に応じその粒度を文書内の項番レベルまで分割してひも付けることができます。これにより、前述した要求から検証結果まで容易に追跡することが可能となります。システム要求/仕様書と、システムを構成するサブシステムの開発仕様書/製品仕様書とのひも付けなどがその代表例

です。このひも付けでは、MIDLEEの「構造リンク」という機能を用います。構造リンクの最大の特徴は、参照・引用された側の情報が参照・引用した側の情報を認識できることです。また、一度関連付けをすれば、それ以降の改訂においても、その関連付けは保持・継承されます。さらにMIDLEEは、離れた拠点に設置された各組織のサーバーを連携して構成するシステムです。通常、異なるサーバー間では切れてしまうリンクも、UUIDというユニークなID方式を採用することで、組織間でもリンクを共有でき、組織をまたがってリンクをたどることができます。例えば設計を変更する場合、その設計を根拠とした仕様箇所を瞬時に把握でき、設計変更前に確実かつ効率的に仕様と及ぼす影響を検討することが可能となります。ロケット開発では、多岐にわたるシステム構成の関連性を認識し、うまく全体の最適化を図ることが必要です。MIDLEEを活用することで、その行為を瞬時に適確に実施することが可能となるのです。

最後に

これまで15回にわたりイプシロンロケットに関する連載を掲載してまいりました。本年夏期の試験機打上げに向け、関係者一丸となって頑張っていきますので、応援よろしくお願い致します。

(そが・みどり)

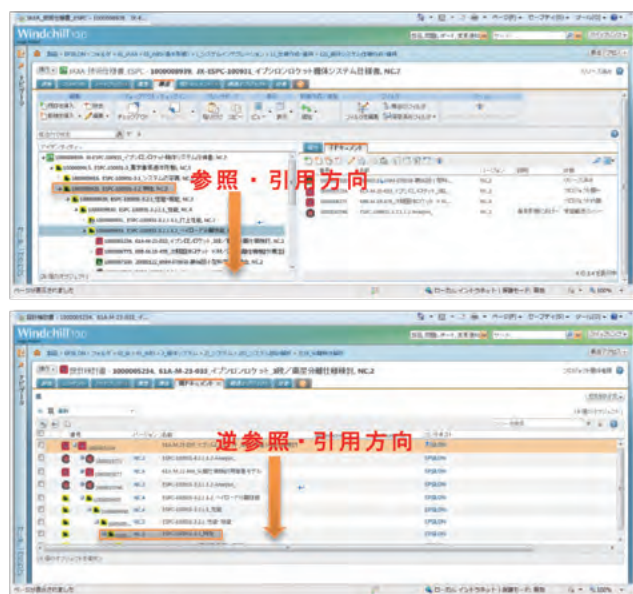


図 MIDLEEの関連付け機能

参考文献 福添ほか、イプシロンロケットの情報化システムの開発、日本航空宇宙学会誌 Vol.60 No.8 (2012)

宇宙を教育に利用するための ワークショップ(SEEC 2013)を終えて

三鷹市立第五中学校 菅 雅人

宇宙を教育に利用するためのワークショップ(SEEC)への参加決定後、教材の調整や発表の練習を繰り返し、とても長い準備期間であった。

成田からアメリカ・ヒューストンへ約12時間のフライト。ヒューストンは暖かかった。空を見上げると、青空をバックに引き伸ばされた高き巻雲、すがすがしさを感じた。

今回私の持参した教材は、「スポイトロケット」。原理はペットボトルを使った水ロケットと同じである。スポイトに水を入れ注射器で空気を送り加圧、ストッパーを外すと飛行する。つくりが簡素、室内で手軽に飛行させることができる。原型ができてから何年もかけ改良を重ね、やっと現段階に至った品物である。部品の数も多く、組み立て調整に神経を使うが、「ロケットにつなぐ楽しい遊び」として自信のある教材である。この教材をアメリカの子どもたちや世界の教育者たちがどう受け取ってくれるか、楽しみであった。

最初に私の教材を披露したのは、4日目に視察・訪問したWard Elementary Schoolであった。先生や子どもたちから大歓迎を受けた。ここでは教育システムの相違点や類似点を学ぶことができた。学校長との話、学校内見学、ランチ、その後、授業を行った。操作方法でうまく伝わらないところもあったが、担任の先生にも助けられ、反応は良かった。子どもたちは元気な歓声を上げ、楽しそうにスポイトロケットを打ち上げていた。ただ、ロケットの飛行原理を伝える難しさを感じた。



宇宙を教育に利用するためのワークショップのJAXAセッションの様子

5日目、SEECがNASAのジョンソン宇宙センターで始まった。旅立つ前からどのような教材と出会うか楽しみであった。参加したセッションの一つ「Teaching Flight and Survival Using NASA's "Museum in a Box"」では、おなじみの気圧の実験が別手法で体験でき、とても参考になった。参加者も盛り上がっていた。

また、期間中に3回の基調講演があり、JAXAの古川聡宇宙飛行士の講演を聴くことができた。和やかな雰囲気の中、国際宇宙ステーション(ISS)や日本人宇宙飛行士について楽しく話されていた。笑顔が印象的であった。

施設見学ツアーでは、一般の方がガラス越しに見学している中、普段入ることができないところを間近で見ることができた。「Space Vehicle Mock-Up Facility Tour」では、広い施設の中にモックアップが所狭しと並び、目を引くものばかりであった。何日いても飽きることがないと感じた。私の語学力不足のため、全部の説明を理解できなかったものの、その場の雰囲気や熱意で十分伝わってくるものがあった。

7日目、いよいよ我々JAXAセッションの発表日が来た。会場に入るとすぐに準備を開始した。皆、手際よく動き、あっという間に準備を完了した。あとは参加者を待つだけとなり、しばらくして参加者たちが入室した。参加者の表情から、JAXAセッションに対する期待を感じた。最初の発表は、小学校の先生による傘袋を使ったロケットであった。堂々としており、当初予定になかった現地施設に置いてあった傘袋も利用するほどの余裕の発表であった。次は、幼稚園の先生による薄いスチロールを使った凧であった。参加者のノリがよく驚いた。先生の熱意が参加者に伝わる、一体感のある発表であった。そして最後は、私の発表であった。ありがたいことに、先の2人の発表で会場は明るい雰囲気になっていた。小学校の授業での反省から操作方法が伝わるか心配であったが、皆楽しみながら熱心に取り組んでくれており、参加者に助けられての発表となった。教材の技術的なものや教材部品の調達方法の質問、同じような教材で実践している参加者との情報交換などで貴重な意見をもらい、手応えを感じることができた。こうして長い間準備を重ねてきた発表が終わった。今回のSEECでは、教材に国境がないこと、場の雰囲気が重要であること、そしてコミュニケーションは言葉だけではないことを実感した。

さて、来年のSEECは、節目の20回目である。どんな特別イベントがあるか期待したい。今回のワークショップは、大勢の方に助けられて成し遂げることができたものであった。関係者の皆さまに大変感謝している。

(かん・まさと)



教育の現場から

中島 俊

帝京大学 理工学部
航空宇宙工学科 教授
宇宙航空研究開発機構
名誉教授

昨年末にスペイン旅行をしました。宇宙研在職中にバレンシアで開催された国際宇宙会議 (IAC) に出席する機会があったのですが、役目を終えてすぐに帰国しなければならない事情があったため、よそへ足を延ばすことができませんでした。

今回、コルドバへ行ったときのこと。中学・高校時代の授業でレコンキスタ (718～1492年) に関する知識はあったのですが、実際にメスキータを訪れて、ああこういうことかと実感しました。ご存知の方も多いと思いますが、モスクの中央にキリスト教の大聖堂が建っています。以前イスタンブールを訪ねた際、東ローマ帝国がオスマントルコに征服され (1453年)、キリスト教の聖堂がモスク (アヤソフィア) へと変わり、モスクの壁にキリストのモザイク画が残っているという、メスキータとは逆の状況があったことを思い出しました。

さて、宇宙研を退職して学生の教育に携わるようになり、自分たちの時代との大きなギャップを体験しているのですが、どうしたらよい方向に持っていけるのか、常日頃考えています。最近、香山リカ 著『若者のホンネ』 (朝日新書) を読み、変えるのはなかなか難しいのかなと思いはじめますが、次の二つの大きな問題に対して、私が現在どのように考えるようになったのかを述べてみます。

- ① 勉強しない：宿題を出してフォローする。教官の負担は増えますが……。
- ② 将来展望なし：大学入学時から1対1の面接対話方式で自分が進みたい道などを考えさせ、引き出してやる。これは、就活時の面接対策としても役立つと思います。

すなわち、身をもって体験させるしかないと考え始めています。残念ながら、講義で黒板に書いて教える方式だけでは駄目だということです。我々から見れば、大学生に対する教育法ではなく、小中学生あるいはそれ以下に対する教育方法に思えますが、仕方がないのかもしれません。以前、学内の会議で、事務方の「手取り足取り方式しかない」という発言に対して、私が「ここは幼稚園ではないのだから」と言ったら、「それが現実です」という答えが返ってきて、あざんとしました。しかし最近ではそれしかないのかなと思いはじめている自分が、何だか情けない気がします。

卒業論文で、ハイブリッドロケットの研究を行わせています。学生は、当方がお膳立てをした上で、やれと言ったことはやるのですが、それ以上のことはしま

せん。そこで、昨年あたりから、少し突き放して、自分たちで考えさせる方向に持ってってみました。実験結果に基づき、次の実験条件を自分たちで考えさせるようなことをしてみました (危険な方向に行きそうな場合は、当然アドバイスします)。

研究の成果はなかなか上がりませんが、少しずつ変化が出てきました。自分たちで考える楽しさが分かってきている様子です。学生たちから、発見していない何かをどうしたら引き出すことができるか。これからも考え続けなければなりません。

数年前、新入生に物理学の宿題を出したところ、円周率を「3」として解いてきた学生がいました。うわさには聞いていたのですが、まさか自分が遭遇するとは思っていませんでした。宿題の返却時に、今まで教わってきたことはこの場でリセットするよう、全員に伝えました。

2012年度は新入生の担任になり、ガイダンスなどで学生と付き合う機会が増えました。昨年度までの学生と何か違って印象を受けたため、ほかの教官に聞いたところ、やはり学力が少し上がっているとのことでした。理由を調べると、「ゆとり教育」がリセットされた最初の学年とのこと。教育は恐ろしいものです。

あまりよくない話ばかりでしたが、やる気のある成績の良い学生もいます。学生の成績分布には二つの山があり、残念ながら成績の良い学生の山の方が小さいのが実情です。授業は、二つの山を意識して行わなければなりませんが、やる気のある学生の勉学意欲を大事にするよう心掛けています。 (なかじま・たかし)



ハイブリッドロケットの実験用エンジン

未来の宇宙輸送機を目指して

宇宙飛翔工学研究系 准教授

川勝康弘

—— 新しい小型衛星を検討しているそうですね。

川勝：固体燃料を使う「イプシロンロケット」で打ち上げる小型科学衛星として、私たちは、深宇宙探査技術実験機「DESTINY」を提案する予定です。私たちのほかにも10グループほどが独自の計画を検討しています。今年中に提案の募集・選定が行われ、2018年度に打ち上げられる予定です。

私は、月周回衛星「かぐや」や金星探査機「あかつき」など探査機の開発や運用に取り組んできました。特に、軌道の設計が専門です。地球や月の重力が働く地球の周辺は、さまざまなバリエーションの軌道が考えられるとても面白い領域です。

「DESTINY」は、小惑星探査機「はやぶさ」に搭載されたものの倍の直径を持つ大型イオンエンジン $\mu 20$ を使って、地球のまわりを何回も回りながら徐々に地球を離れ、月へ到達する軌道を取ります。そして月の重力を利用したスイングバイで加速し、さらに遠い深宇宙へ向かう技術を実証します。イプシロンロケットだけの推力で深宇宙へ運べる機体の重さは150～200kgくらいまでです。イオンエンジンを使ったそのような軌道により、400kgの機体を運ぶことができます。

従来、深宇宙へ行くには大型のロケットや探査機が必要で、多額のコストが掛かるため打上げ機会は限られていました。「DESTINY」の最大の目的は、比較的低コストで深宇宙に行く方法を実証することです。深宇宙に向けての打上げ機会が増えれば、科学観測や工学実験の冒険的な試みもできるようになり、そこから新しい世界が広がることでしょう。

—— 子どものころから、工学に興味があったのですか。

川勝：メカが好きで、高校までは飛行機を設計する仕事に就きたいと思っていました。そして東京大学の航空宇宙工学科へ進みましたが、そのころになると、日本では飛行機の設計ができる機会が限られていることを知り、宇宙システムを研究している研究室に入りました。

探査機などの開発は、あらかじめ仕様書があるわけではなく、どんなミッションにするか理学系の研究者と話し合うところから始まります。そして、いろいろな条件を勘案し、さまざまな技術を持ち寄り、一つのシステムとして組み上げていきます。そこが難しく、



かわかつ・やすひろ。1968年、京都府生まれ。博士(工学)。1996年、東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻博士課程修了。1997年、宇宙開発事業団(NASDA)入社。2003年、宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙科学研究本部 宇宙航行システム研究系 助教。2008年より現職。

また面白いところです。

ある技術の進展が、別の技術の性能向上を可能にして、全体として優れたシステムが実現できる場合があります。「DESTINY」では、

JAXAつくば宇宙センターと企業が共同開発

した高性能の薄膜太陽電池を主電源として用います。従来、1kgの太陽電池で発電できるのは50Wが限界でした。その新しい薄膜太陽電池では100Wは確実に、目標は150Wです。大きな電力を確保できる見通しが立ったので、電気推進のイオンエンジンの性能を引き上げて、 $\mu 20$ を搭載することが可能になったのです。

—— 今後、どのように研究を進めていきますか。

川勝：私は、アニメの『宇宙戦艦ヤマト』や『機動戦士ガンダム』を見て育ちました。そこに描かれているような、たくさんの人たちが宇宙で活動する時代は、必ずやって来ます。その時代の人たちから見て、的外れなことはしたくありません。

現在の探査機には、目的地まで行く輸送機能と、目的地で探査するための機能が詰め込まれています。宇宙機が飛び交う時代には、物を運ぶことに特化した輸送機と目的地で仕事をする装置に分離していると思います。宇宙輸送機はどこへ行くにも使い回して、量産化により輸送コストも安くなっているはずです。

—— その宇宙輸送機とは、どのようなものですか。

川勝：そこには、高性能の太陽電池と電気推進エンジンが搭載されているはずです。「DESTINY」は、未来の宇宙輸送機の前駆けとして考えているのです。将来は、地上から指令を送らなくても、宇宙機自体が判断して自律的に航行できるようになっているはずです。「DESTINY」では、自律化のための技術も検証します。

未来がどうなるか分かなければ、現在、自分が行っていることの意味も分からず、迷いが生じます。時期は分かりませんが、宇宙の時代が来ることに私は疑いを持っていません。それを前提に、その時代にはこういう技術が必要とされるはずだ、といった発想で研究に取り組むことができます。自分の人生を超えた人類の宇宙活動史において、一定の役割を果たすことができるように、研究・開発を進めていきたいと思っています。

ISAS ニュース No.384 2013.3 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1

TEL: 042-759-8008

本ニュースは、インターネット (<http://www.isas.jaxa.jp/>) でもご覧になれます。

デザイン／株式会社デザインコンビニア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

編集後記

本年度は年度末の3月号の担当となりました。この時期は、どこもかしこも本当に忙しいですね。執筆者の皆さまもお忙しいところ、いろいろと校訂にもお付き合いくださり、ありがとうございました。(田中 智)

* 本誌は再生紙(古紙100%)、植物油インキを使用しています。

R100
古紙配合率100%再生紙を使用しています

VEGETABLE
OIL INK