

新年のごあいさつ

鶴田浩一郎
宇宙科学研究本部長

明けましておめでとうございます。

ご承知の通り、私たちのJAXAが誕生したのは1年3ヶ月前です。しかし、本当の意味でJAXAが生まれるのは今年ではないかと思っています。JAXA発足直後に起こったロケットや衛星の不具合に対し、JAXAは全組織を挙げて原因の究明に当たり、今後の不具合防止に取り組んできました。その意味では、JAXAは確かに誕生し、機能しているといえます。しかし、新生JAXAが一致団結して、「何をすべきか」「どこに向かって進もうとしているか」を明らかにすることは、まだ道半ばです。今、その作業が長期的ビジョン／中長期戦略検討委員会という形で進められています。

JAXAが進む方向の一つが「宇宙科学をすすめる」ことです。この数十年の間に、宇宙の理解は急速に進み、同時に新しい謎も生まれてきました。「宇宙では、未だ直接の観測ができていない“暗黒物質”や“暗黒エネルギー”

が主役らしい。私たちになじみの深い星や銀河は宇宙の数%を占めているにすぎないのではないか」といった大変な説もその一つです。一方で、生命が宇宙における物質の普遍的な形態の一つなのか、あるいは地球に固有なものなのか、という大きな課題への重要な手掛かりが、近い将来の火星や木星の月の探査から得られることが期待されます。これらは、ほんの一例にすぎません。宇宙科学と総称される領域には、科学にとって、人類にとって、重要で本質的な課題がひしめいています。

JAXAは、NASAやESAに比べて小さな規模ではありますが、宇宙科学の本質的な問題を正面切って提起し、問題解決の筋道を立て、それを実施していく力を持った自立した組織になったと考えられます。科学のコミュニティとの緊密な連携を図り、宇宙科学の重要問題を解決していく素晴らしい展望を出せる年になることを願って、新年のあいさつとします。 (つるだ・こういちろう)

「ロケットの次のゴール」 または「詐欺師ペテン師の世界」

稲谷芳文

宇宙航行システム研究系教授

「正月にふさわしいことを書け」と言われて「いつも正月ネタにされるのはイヤだ」と、ひねくれてもしょうがないので、「誌面をもらってありがとう。先のことを考えるさすがにでもしてください」……と素直な前置きで始めます。ロケットの次のゴールをどうするかという話をします。

一発打ったら全部捨てる今のロケットは、通信や放送や航法といった、電波に乗せて情報をばらまく世界を作り上げ、ビジネスができる状況を作りました。打ち上げる荷物としての人工衛星とは、要するに電波をばらまく道具や情報を捕ったり伝えたりする道具です。昔に比べて情報伝達や通信の技術はこんなに進歩したのに、ロケット屋はこの30～40年何か進歩したのか？と言われても「うーん、すみません」となってしまいます。この衛星の世界では、どの市場調査によっても今後の15年以上輸送の需要は頭打ちで、衛星が高機能化したり寿命が延びたりするので、毎年見直されるたびに打上げ市場は縮小してしまっ

て、新しい打上げシステムの出現や、そのための大規模な投資を促すことには全然なっていないのです。スペースシャトルは宇宙へのアクセスの障壁を取り除いて新しい輸送需要の喚起を期待したのですが、今では年に数回しか飛ばない

状態からさらにストップしてしまっ、繰り返しのメリットがまったく生かせないことになっています。輸送機自身の技術の問題と需要が盛り上がらなかったために「うまく転がらない再使用」の見本になってしまいました。

それでは、衛星を運ぶのではない別の需要とはどんなものなのでしょうか？ 技術的に可能でかつ経済的に成り立つ輸

送需要のうち、定量化されているのは太陽発電衛星の建設と一般の人の宇宙旅行です。これらのスタディによると、輸送コストの低減の目標は2桁のダウンといわれます。前者は巨大な発電設備を軌道の上に置いて地上に送電するもので、エネルギー問題の解決と地球環境の保全という社会的な要請が出发点です。電力の供給価格がほかの手段と競争できるとか、ゼロエミッションが発電衛星ですが、建設や軌道上への輸送のために発生する環境負荷がほかの発電に比べてどうか、という意味で、輸送に対する要求が決まります。後者の旅行では、一般人へのアンケート調査に基づいて年間旅客数を推定し、今のエアラインのように一般人が切符を買って乗客となるためには、と詰めていくと、毎年百万人の乗客がいてこれを運ぶ仕掛けを作れば年間収入が1兆円オーダの事業ができる、と試算されています。新しいロケットの開発をするお金くらい、すぐ出てくと思いませんか。どちらの輸送も毎日何十機も飛ぶ輸送船団のようなものが需要で、毎回捨てているようなロケットではとても回転する世界ではありません。偶然ですが両者の輸送規模や頻度は同じ程度になって、表1のようになります。これから本当に役に立つ再使用型とはどんなものか少し考えてみます。

今のロケットとシャトルと宇宙旅行の輸送機1フライト当たりの費用内訳を図1に示します。使い捨てロケットは打ち上げるたびに新品ですから、費用の大部分は結局ロケットの製造費です。シャトルは年に6回の打上げが前提で、運行するのにだいたい1万人の人がかかっているのです。この人件費を飛行回数で割ったものと同じです。さて宇宙旅行の機体では、アンケートを参考に切符が1枚200万円が1機に50人の旅客とすると、1回1億円がフライト経費です。エアラインのバランスシートを参考にすると、直接間接の運航経費とは別に経費の10～15%を減価償却に充てられると健全な経営なのだそうです。1飛行での収入が1億円で減価償却費は1000万円のオーダですから、機体が1機何百億円とすると何千回の飛行が必要ということが分かります。真の再使用とは、機体を作るだけでは全然ダメで、高い頻度で繰り返し飛ばなければペイしないことがよく分かります。

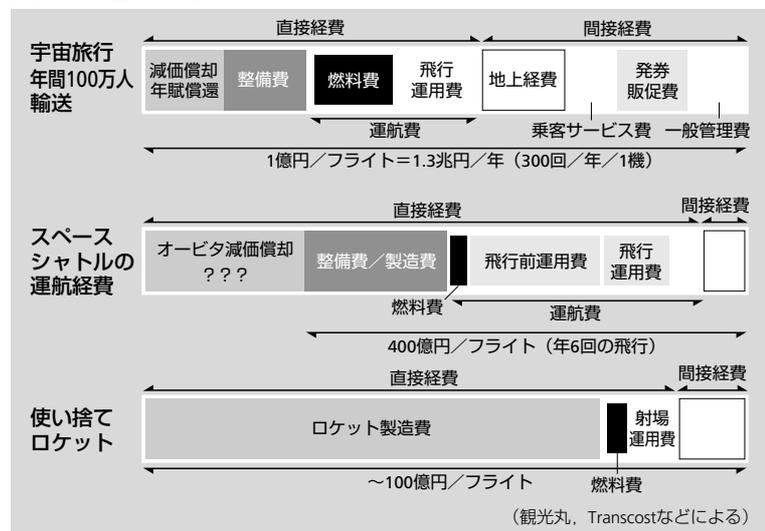
さて、このように1日に何十回も飛ぶ世界では、今のロケットの安全率では1日か2日に1回墜落することになってしまいます。現在の航空輸送では事故で機体を失う確率は百万回に1回以下です。図2はある再使用型エンジンの安全性の論文からの引用ですが、まったく故障なしに飛んだ場合が左側で、何らかの故障が起きても検知してエンジンを安全に止める、検知できなくて不意に壊れたり火災になっ

飛行頻度	～10フライト/日
輸送規模（低軌道投入）	～100トン/日
機体の再使用回数	～1000フライト
エンジン連続使用回数	～100フライト

(一般大衆の宇宙旅行と発電衛星の輸送フライトの研究から)

表1 2桁コストダウンの世界

図1 運航経費の内訳



てもほかにダメージを与えない、この場合でも所定の飛行性を失わずに安全に降りられる、それでもダメなら一番右の機体喪失、という図式です。使い捨てロケットで信頼度を上げよ、というのは要するに故障しない確率を上げることで、図の左側の線だけで頑張る事です。再使用とは、図の中ほどの故障許容の仕掛けと帰還能力を使って安全に降りるシステムにすることが、その本質です。今の飛行機もシャラートと飛んでみんな安心して乗っていますが、実はけっこう故障していて、それでも大丈夫なのは今言った故障してもよい仕掛けが最初からシステムに組み込まれているからです。今のロケットの成功率を飛行機の10%と単純に比べて、ロケットは危険だと言う人がいますが、この議論抜きに比べても無意味であることが分かります。どうやったら、こういうロケットを設計できるか考えてみてください。再使用で大事なのは1000回オーダの繰り返しと故障許容型のシステムの構築であることが、ここで言いたいことの本質です。

ロケット屋は物事を大層にやるのが好きです。燃料の液体水素を入れるときは半径1km立ち入り禁止、とやります。世の中では環境の要請からすべてのエネルギーをクリーンエネルギーと水素で賄おうとする「水素社会」構築の仕事が進んでいます。クルマ屋さんやエネルギー屋さんですが、彼らと話すと考え方がずいぶん違うと気が付きます。要するに宇宙と言って特別な世界を標榜したがる我々と、世の中に受け入れられるシステムを作ろうとする人との違いです。ガソリンスタンドで燃料を入れるときやクルマが走るときに、誰も退避しません。水素でも同じことをするにはどうしたらよいか、と考えて投資をしている人たちと、総員退避の人たち、または世の中を相手にしている人とそうでない人、などという対比までできそうです。今でこそまだクルマ屋さんがロケットはどうしているの？と聞きに来たりしますが、そのうち向こうの方がずっと進んでしまったら、古臭いロケット屋はカッコ悪いですね。宇宙の殻に閉じこもっていたら進歩はない、というのがもう一つの言いたいことです。

そこでまず、繰り返しとはどんなものかを実際に体験しようと、おもちゃのようなロケットを飛ばしています。故障を見つけたら緊急着陸する仕掛けを組み込んであるんだ、とか、液体水素を積んで繰り返しだ、とか、1日1回3日連続だ、などと調子に乗ってやっていますが、高度何十mをうろうろ飛んで降りるだけなのでヒコーキにも勝てないロケットです。今のロケットは1回だけ持てばいいということでモノを仕上げますが、帰ってきたらまた明日やれと言われる仕掛けはやっぱり違う考えで設計せんといかん、と実感します。このへんを上等に言う「再使用のシステムアーキテクチャ」でもなるのかなと思います。ただしやっていると、普通のロケットとは違う外からの反応があります。「宇宙旅行ってこんな感じですか？」と何やら送られてきたのが表紙の絵です。お土産の紙袋を持って乗り込んだりスリッパを履いている人もいたりして、こんなに気楽には乗れないなあと、機体もちょっと違うわな、と何だか変なのですが、でも雰囲気は

あります。M-VやH-IIAではこんな反応はないので、これを世の中の関心とサポート、または「これに未来を見てくれたか」と勝手に誤解することにしています。

有人ロケットを作るには初めから一般の人とはいきませんから、まずはテストパイロットからなるだろうと、アンケートをしました。日本の航空機パイロットサークルの日本航空協会の皆さんと一緒にやりました。アンケートは、有人ロケットを設計するのに世間の狭いロケット屋では気付かない視点があるのでは、という動機で、乗るための条件や必要な安全装備などを聞き、面白い発見がいろいろありました。恐る恐る、上のような有人ロケット実験機ができれば搭乘したいと思いませんかという質問もしました。実はこの調査はスペースシャトル・コロンビア号が墜落した直後になってしまい、「ロケットになんか誰も乗りたくない」と言われたらどうしよう心配したのですが、日本中の50人のテストパイロットの人たちが協力してくれて、結果は図3のようになりました。

世の中、20世紀から21世紀になったのは、ほんの4年ほど前のことでした。次の100年や次のミレニアムが始まる、と少しは盛り上がった技術革新の予測や実現し得る未来の議論は、まったくしぼんでしまいました。21世紀はまだ96年もあるというのに、正月が済んだら今年の抱負もクソもなくなったのと同じです。「再使用」が真の意味で役に立っている世界は今の状態から比べるととんでもない世界だ、と分かります。一足飛びにこの状態にはたどり着けないのは当然ですが、どうやったらできるかを考えるのは、とても楽しい仕事の類なのだと思います。何十年とか百年のスパンであれば、もっとアグレッシブでないといけないかとも思います。攻め口はいろいろあると思います。皆さんはどう思いますか？

ある日の長友先生との会話。「うーん、こういうロケットを作ったら年収1兆円か。金出す人が出てきたらどうしよう」……「先生、なかなか誰も何も言ってきませんね」「そーか、こっちから金集めてでもするか」「集めてできなかったらどうします？」「詐欺師ベテン師の仲間入りだな。おれはもう辞めるから、あとお前やれ……」

(いなたに・よしふみ)

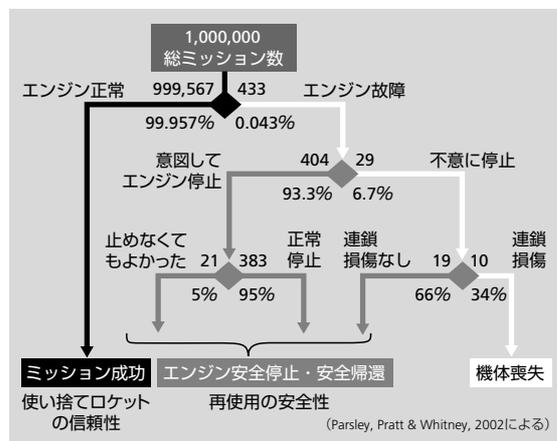


図2 再使用の故障許容システムが安全性を桁違いに上げる

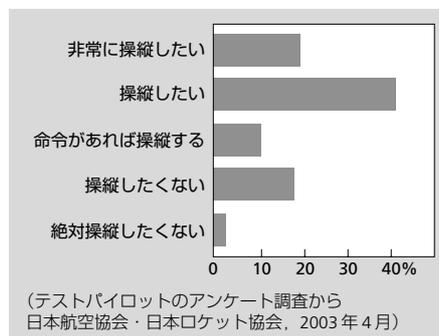


図3 有人弾道ロケット実験機への搭乘希望

S-310-35号機打上げ

極域でのオーロラ活動に伴う下部熱圏の力学とエネルギー収支の研究 (Dynamics and Energetics in the Lower Thermosphere with Aurora: DELTAキャンペーン) を目的としたS-310-35号機は、4年ぶりの海外での打上げ(ノルウェーのアンドーヤロケット実験場からの打上げとしては10年ぶり)です。2004年11月26日(工学関係者等12人)と28日(理学関係者7人)に現地入りして、作業を開始しました。

先発組はノルウェーのボードーからアンデネスへの飛行機がキャンセルとなりかなり混乱しましたが、3つのグループに分かれ、最後の2人が26日の22時過ぎに10人分の荷物とともにアンデネス空港に無事に着き、事なきを得ました。後発組も成田の出発が5時間ほど遅れたためノルウェーのオスロにたどり着けず、デンマークのコペンハーゲンで一夜を過ごすことになりましたが、全員予定通りに28日の15時過ぎに到着しました。

現地での作業は27日の開梱に始まり、12月1日には動作チェック、2日の全段結合と予定通り順調に進みました。

この間の天候は相変わらずアンドーヤらしく、気温はメキシコ湾流の反流のおかげで高く、寒い日でも氷点下4~5度、暖かい日は3~4度と極域とは思えない温度ですが、雪の日、雨の日、強風の日ありと日替わりメニューで変化しています。そんな



12月13日午前1時33分(現地時間)、アンドーヤロケット実験場から打ち上げられたS-310-35号機。©Andøya Rocket Range

中、27日には夕方の4時半過ぎからカーテン状のオーロラが姿を見せ、デジカメによるオーロラ撮影会が行われました。残念ながらブレイクアップは見られませんでした。しばしの間自然の驚異を楽しむことができました(ちなみに後発組は、飛行機の中からきれいなオーロラを見ることができたそうです)。

12月5日から打上げ態勢に入りましたが、打上げ条件と観測条件の双方を満足する日がなかなか1週間以上延期

をすることになり、12日を迎えました。当日は天候も穏やかで打上げ条件は満足していたのですが、肝心の観測条件の方がなかなか満足せず、打上げ10分前の状態で打上げ時間帯を現地時間の13日午前2時まで延長して待つことになりました。延長時間も大半を経過した午前1時20分過ぎにやっと観測条件が整い、1時33分に無事打上げを行いました。

搭載観測機器はすべて正常に動作し、貴重なデータを得ることができました。詳細なデータ解析は帰国後に開始されますが、下部熱圏の力学とエネルギー収支に関して新たな知見を得られることが期待されます。

打上げ時間帯の変更に柔軟に対応していただいたアンドーヤロケット実験場の方々をはじめ、今実験に協力をいただいた方に感謝致します。(早川 基)

ガンマ線バースト^{スウィフト}探査衛星Swiftの打上げ成功

2004年11月20日12時16分(現地時間)、ケープカナベラル空軍基地からSwift衛星が打ち上げられました。Swift衛星は宇宙最大の爆発現象「ガンマ線バースト」の正体を探るために、NASAを

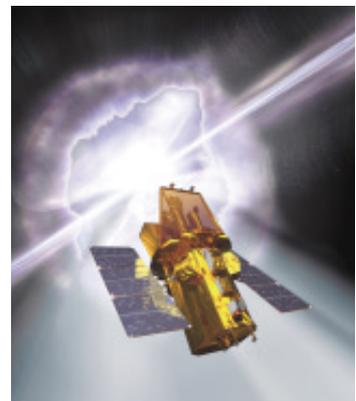


Swiftの打上げ ©NASA

中心として国際共同で開発された衛星です。現在、初期立ち上げの運用がほぼ終わり、12月19日から12月21日までの間にすでに5個のガンマ線バーストを検出して、国際的な速報システム、GCNサーキュラーに報告しています。このミッションには、2000年よりJAXA宇宙科学研究本部、埼玉大学、東京大学が参加し、検出器チームの一員として主検

出器BAT(Burst Alert Telescope)の開発に携わってきました。

「ガンマ線バースト」は、距離を推定すると70億光年から110億光年も彼方で発生する大爆発であることが分かっています。1秒間に10万個ものガンマ線光子が、Swift衛星に搭載された約5000cm²のガンマ線検出器で検出されるような非常に強力な爆発が、宇宙のはるか彼方で起こっていることになります。太陽が100億年もかけて放射する



ガンマ線バーストを探査するSwift衛星(想像図) ©NASA

エネルギーの、さらに100倍を、たった数秒のうちに放射するのに匹敵する膨大なエネルギーが、どこでどのように発生するのか、我々人類はまだ知りません。

Swift衛星は、視野の広いガンマ線望遠鏡と、X線、可視光の精密望遠鏡を搭載しています。「ガンマ線バースト」の方向を瞬時に解読し、自動的に衛星を回転させてその方向を向き、X線と可視光での観測を始めることで、どんどん暗くなるバーストの残光を迅速にとらえ、はるか遠方のどの銀河でバーストが発生したのかを調べるのです。世界中の天文台がバースト発生後、可能な限り短い時間で観測を開始できるように情報を配信するのも、Swift衛星の大切な役割です。そのために、Swift衛星はバーストの時刻や位置情報などを、バースト発生後20秒以内にリモート通信衛星TDRSSを使って地上に伝送し、さらに、それらの情報が電子メールやそれに連動させた携帯電話を使って世界中に送られます。その後、刻々と地上に伝送される観測データを詳細に解析してWeb上に公開し、世界中の科学者と連携したキャンペーンを円滑に進めることも運用チームの仕事となります。

衛星の運用には、アメリカをはじめ、日本を含む世界各地の大学院生やポスドクが主体となったチームが組織されます。Swift衛星は、日本としては小規模の参加ですが、実際に現地と一緒に汗を流し、研究者間で議論し、私たちの研究に基づいて提案した解析方式が採用されていくなど、貢献を積んできました。またSwift衛星のガンマ線検出器が軌道上で示す性能は、2005年度に打上げが予定されているASTRO-EII衛星の硬X線検出器の性能を十分に発揮させるために役に立つばかりでなく、今計画されているNeXT衛星の硬X線イメージャーや高感度ガンマ線検出器を開発するための基礎データとしても役に立ちます。今年の春から予定されるSwift衛星の本格運用が始まれば、「ガンマ線バースト」の正体探しが大きく前進すると期待されています。ISASのPLAINセンターでもデータアーカイブを行う予定になっており、日本をはじめアジア各国の研究者の役に立てればよいと思っています。こうした、小規模で効率の高い国際協力が、今後とも盛んに行われていくことを願っています。

(高橋忠幸)



はやぶさ近況

工学実験探査機「はやぶさ」は、今夏の小惑星ITOKAWA到着を目指して順調に飛翔中です。本欄では、これからの数ヶ月間、探査機の近況報告を致します。特にニュースがない月は、これまであまり紹介されてこなかった、4大実験項目(イオンエンジン、自律航法、サンプル採取技術、地球帰還カプセル)以外の特徴について解説していきたいと思ひます。

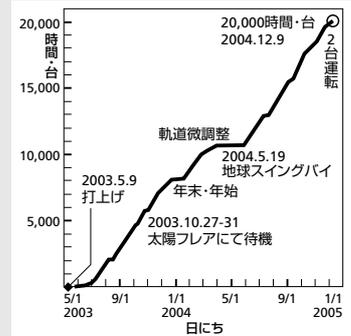
今回のニュースは、これまで度々登場しているイオンエンジンです。2004年12月9日に、通算2万時間・台運転を達成しました(3台のエンジンを24時間運転すると72時間・台という計算)。現在、太陽からどんどん遠ざかっているため、太陽電池の発生電力が低下し、エンジンの運転台数を3台から2台、1台と減らしてきています。2005年2月には、地球周辺で2.6kWあった発生電力も1kWまで低下します。イオン

イオンエンジン2万時間運転達成

エンジンに最大の電力を与えるため、ヒータや通信機の電力をぎりぎりまで抑えた厳しい運用が続きます。

今回は電源系に採用された新規技術を紹介する予定です。

(橋本樹明)



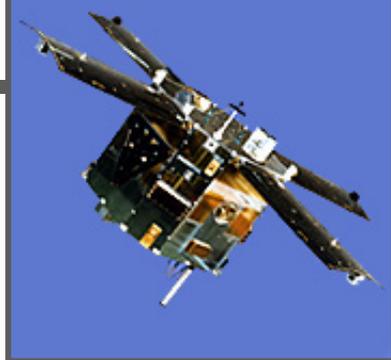
イオンエンジン
作動積算時間

ロケット・衛星関係の作業スケジュール (1月・2月)

	1月		2月	
相模原	頭	ASTRO-EII 衛星保管, 冷凍機冷媒維持作業		末
			頭	ASTRO-F FM総合試験 末
	頭	SOLAR-B FM姿勢系評価試験		末
	頭	INDEX FM総合試験 末	中旬	LUNAR-A 保守点検 末
内之浦		M-V-6号機 第1組立オペレーション 25日	9日	
			M-V-6号機 第2組立オペレーション 下旬	3月下旬
筑波	頭	SELENE FM単体環境試験 末		
	頭	SELENE PFMインテグレーション		末

(FM : Flight Model)

浩三郎の 科学衛星秘話



「あけぼの」



井上浩三郎

「あけぼの」の最初の大きな試練は、打上げの1年半前にやってきました。フライトモデルの製造中に、輸入品のC-MOS IC（シーモス集積回路）の中に不良品があることが発見されたのです。これはICのリード部分のハンダメッキがはがれ、基板へのハンダ付けができなくなってしまう不具合です。関係者による検討の結果、追加輸入の手続きを取るのと並行して、同じICを使用している機器については、日本で改修することになりました。

IC製造メーカーの改修方法の指示のもとに、NEC（日本電気）社内において信頼性を考慮しつつ慎重に改修作業を実施していきました。当時衛星システムを諸先輩とともに担当されたNECの萩野さんは「ぎりぎりのスケジュールではありませんでしたが、関係者の努力によりフライトモデル製造に間に合い、無事打ち上げられました。軌道上でも問題なく、改修がうまくいったことが確認されてほっとしました」と語っておられます。

南極昭和基地に建設した大型受信アンテナ

「あけぼの」の観測領域が極域上空であるため、地上衛星受信局はKSC（鹿児島宇宙空間観測所、現在の内之浦宇宙空間観測所）のほか海外に置く必要があり、データ取得率を100%近くにするため、カナダのプリンスアルバート、スウェーデンのエスレンジ、そして南極昭和基地を使用しました。

当時第30次南極地域観測隊長兼越冬隊長として越冬され、昭和基地の大型アンテナ

の建設にご尽力された国立極地研究所の江尻全機先生は、その完成までの苦勞をこう語られています。

「日本は中低緯度に位置するため、大量のデータを受信する地上局を極地方に持つ必要があり、諸外国の受信局への依頼と併せ、日本の南極昭和基地に大型受信アンテナを建設することが検討されました。それで日本の南極観測を担っている国立極地研究所が設計・建設・維持運営すべてを担当することになったのです。自然条件の厳しい、また建設作業も夏期間の1ヶ月と限られている南極で、しかも米国でさえ実現できていない、直径11mのパラボラアンテナと受信局を作ることは、「南極を知らない無謀な計画」との批判もありましたが、第29次隊でアンテナ土台と局舎の建家、第30次隊でアンテナ本体と直径17mのドーム（円形天井）、局舎内の制御・受信・記録系、基地から4km離れた島にコリメーション用アンテナなど、すべて完成し、すぐにEXOS-Dの軌道投入直後の受信に成功、太陽電池パドル展開の確認もできました。その後、膨大なデータがこの

アンテナで取得されました。後日、南極でのアンテナ建設のノウハウを聞きに、POLAR衛星の打上げ支援の要請も兼ね、NASAから技術者が国立極地研究所を訪ねてきました」。

科学的成果

「あけぼの」は1989年2月に打ち上げられて以来、多くの観測データを取得しており、放射線損傷のために劣化したオーロラ撮像装置のCCDを除いては今なお有意義な観測を続けて、数多くの成果を挙げています。ここでは詳細な成果を報告できませんが、大きな科学的成果を2つ紹介すると、その一つが「極域電離圏から大量の酸素イオンが定期的に流出する現象の発見」であり、もう一つは「オーロラが真夜中あたりで爆発的に輝きを増し大きく発展していく、いわゆる磁気圏嵐と呼ばれる現象を、オーロラ撮像装置がとらえた」ことです。

いまだ現役——「あけぼの」の長寿とアンテナ

「あけぼの」は打上げ以来、約16年が過ぎ、日本における衛星運用の最長記録を更新しています。

資料には、「このミッションは1983年に基礎研究が開始され、我が国の太陽地球系物理学分野の最重要ミッションの一つとなるとともに、1990年代に展開される国際協同観測の重要な一員となるべく準備されている」とあります。

プロトモデルの開発製作、フライトモデル製作、そして試験を経て、衛星開発主任の鶴田浩一郎先生（現JAXA宇宙科学研究本部長）のもと、ミッション実現を目指して打ち上げられた「あけぼの」は今も運用を続けており、1太陽サイクル（11年）以上にわたって多くの貴重な観測データを取得しています。

この間どれだけの方々が運用に携わったでしょうか。これだけ長期にわたる運用では、人間もちろんですが地上装置も大変です。打上げ以来運用を続けてきた内之浦の10mアンテナ運用設備もかなりくたびれ、その保守整備は大変のようです。

「あけぼの」打上げ以来10mアンテナを駆使して追跡オペレーションをしている三菱電機の大窪さんは、「衛星と地上設備の我慢比べですよ。ぜひ天寿を全うするまで運用を続けてほしい」とその苦勞と思いを語っています。

また、現在「あけぼの」の運用を担当している松岡彩子助手に衛星の現状を伺ったところ、「打上げ後15年以上放射線量の多い領域を周回しているにもかかわらず、科学データ取得の上で不具合はなく、バッテリー容量にやや劣化が見られ日陰中の機器の運用に注意を要するものの、衛星にとって致命的な状況には至っていない」そうです。そして「私は打上げのときはまだ学部の学生で、宇宙研にいませんでした」という松岡さんの言葉に、「あけぼの」の長寿が実感されます。

（いのうえ・こうざぶろう）

磁気圏観測衛星「あけぼの」その2

宇宙の忍び人

～IRC+10216～

赤外・サブミリ波天文学研究系助手 山村一誠

お尋ね者あり。その名はIRC+10216, またの名をCW Leo, またあるときはRAFGL 1381, もしくはIRAS 09452+1330。年のころ数十億歳。色, 暗い赤。煙幕を張って姿を隠す。光では11等級以下。炭素多し。

と, まるで忍者のようだが, 1960年代半ばまでこの星はうまいこと人の目をくらし, 世に知られることなく潜伏していた。しかし, 今やこの星は, 天文学者ならば誰でも知っているほどの超有名天体の一つである。赤外線天文学の発達, 防犯カメラのようにこの怪しい星の姿を捕らえたからである。

この星が「逮捕」されたのは, 1965年。赤外線天文学が始まったばかりのころである。2.2ミクロンという波長で赤外線天体を片っ端から探す, という初めての赤外線サーベイ観測プロジェクトによってである。観測が始まった当初から, この天体は注目されていた。当時知られていた赤外線天体のどれよりも, 群を抜いて明るかったのである。4年後, 初めてその存在を報じた論文のタイトルは, 「異常な赤外線天体」*。この天体はいったい何者か? この論文では断定されていない。捕まってもなかなか正体を明かさなかったわけである。それでも, 天文学者のしつこい追及に, 徐々に何者であるかが分かってきた。

結局のところ, これは, 太陽のような星が老境に差し掛かったものだったのである。核融合を止め, 星としての「死」を迎える直前, 大量のガスとちりを周囲にまき散らし, あたかも自らの死を隠そうとすることごとく煙幕を張っていたわけである。しかし, 頭隠して尻隠さず。光で姿を隠すことにはまんまと成功したものの, 1光年にも広がった煙幕が, 赤外線ではぎらぎらと輝いていたの

だ。我々からの距離は約400光年。これは, 宇宙としてはすぐ近所である。この近さ故に,

全天でも有数の明るい赤外線天体となった。そして正体が知られるやいなや, IRC+10216は, 新しい観測手段ができるたびにまず最初に観測される天体の一つとなって, 数多くの新発見の舞台となってきた。

この星から最も恩恵を得たのは, 宇宙化学の分野だろうか。1960年代の終わりから, 赤外線や電波での分光観測が可能になり, 宇宙にあるガスの成分を詳しく調べることができるようになってきた。宇宙にはどんな分子があるのだろうか? 生命の存在を示唆するようなものは見つかるだろうか? 宇宙のさまざまな場所で, 分子の発見競争が繰り広げられている。日本では野辺山の電波望遠鏡が第一線に立ってきた。これまでに130種類近くの分子が宇宙で見つかっているが, そのうち半数近くがIRC+10216で確認され, さらにその半分はこの天体で最初に見つかっている(図1)。まさに宇宙の大化学実験場である。

最近では, 星が煙幕を張る術の研究が進んでいる。図2は, IRC+10216の中心部を, 赤外線の特殊な観測技術を駆使して詳細に観測したものである。6年の間に, 光る点が形を変えながら外向きに動いているのが分かるだろうか。これが, 星から投げ出された煙幕玉だと考えられている。このような固まりを次から次へと投げることで, 煙幕を張り, 身を隠そうとしているのである。

この星は, (光では) 世を忍んだまま一生を終えることができるのであろうか。答えは否。核融合を止め, 恒星としての一生を終えた星には第二の舞台が待っている。惑星状星雲は, 「死」を超えてさらに進化した星が, かつての煙幕を強烈な光で輝かせているものである。IRC+10216は, もしかすると我々の生きている間にも, この次の段階への一步を踏み出すかもしれない。そして, 我々の太陽も約50億年の後には, この星と同じ運命をたどると考えられているのである。

(やまむら・いっせい)

図1 IRC+10216での分子探査。針のように出ているものがすべて分子からの電波である。(Cernicharo, J., et al., 2000, A&A Suppl. 142, 181, Fig. 1)

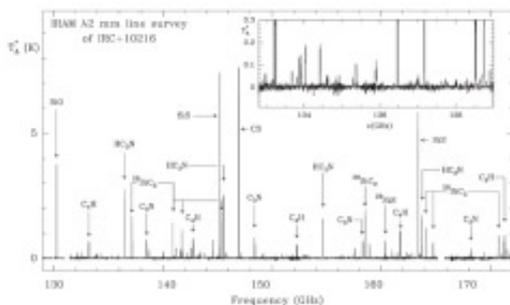
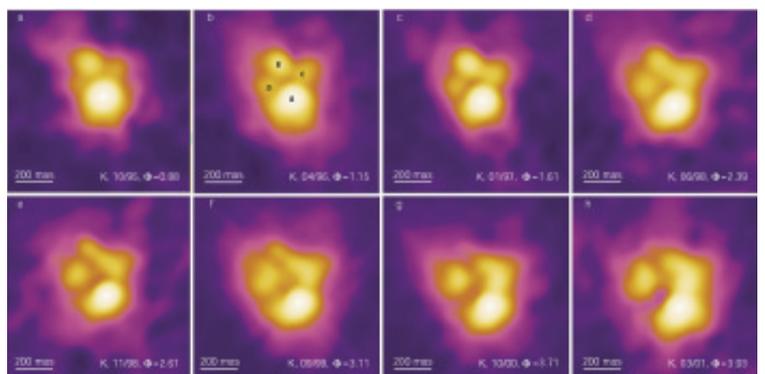


図2 IRC+10216の中心部の高解像度赤外線画像。数年の間に明るく光る点(ちりとガスの固まり)が徐々に形を変えて広がっている。(Weigelt, G., et al., 2002, A&A 392, 131, Fig. 1)



*The Unusual Infrared Object IRC+10216, Becklin, E. E., et al., 1969, ApJ 158, L133

初めての異国

初めてのことを目前に控えると、おのずと非日常的な心境になる。その心境の在り方から、大きく2つのタイプに人を分けることができると思う。期待で心躍らせるタイプと、不安に駆られてストレスを感じるタイプである。私は典型的な後者の人間である。そんなネガティブな人間が、日本とはまったく異なる文化・環境・言語を持つ土地へと向かったのだから、当然カルチャーショックを受けることになる。海外慣れされている方には退屈な内容かもしれないが、私が受けた印象を紹介することで「東奔西走」としたい。

初めての海外

旅好きの方には信じられないだろうが、私にとって旅こそがストレスである。旅程の計画からお土産の選別に至るまで、すべてが苦痛の種なのである。すなわち、旅の醍醐味こそがストレス源なのだ。当然、海外旅行などしたことはない。そのような正真正銘の出無精が海外を体験するきっかけとして、今回の出張は最適であったと振り返る。

往路にて

ロケット実験場があるノルウェーのアンドーヤへは、飛行機を合計4回乗り継いで行かなければならない、遠くて小さな町である。当然、乗り継ぐに従い飛行機は小さくなっていき、チケットの確保も難しくなってくる。その

ような状況の中、最初のアクシデントが起きた。3回の乗り継ぎまで旅は順調に進んでいたのだが、最後のボードー—アンデネス間の搭乗予定の便が急きょキャンセルになったのだ。すぐさま次便の手配を試みたが、結局3グループに分かれておのおのアンドーヤロケット実験場を目指すことを余儀なくされた。

ノルウェーでの印象

まず驚いたのがノルウェーの言語事情である。とにかく英語が堪能なのである。タクシーの運転手から飛行機で私の隣に座っていたマダムに至るまで、ほとんどすべてのノルウェー人が英語を自由自在に操るのである。相模原で多額の金額を払って英会話スクールに通っている私にとって、この事実は非常に衝撃的であった。早速尋ねてみると、学校教育で10歳から英語学習が義務付けられているとのこと。ただそれだけだそう。日本の義務教育で

13歳から英語を学んできているはずの自分との差はいったい何なのだろうか。

次にインパクトを受けたのは、話し方である。彼らは必ず相手の目を見て話すのだ。なんと礼儀正しいのであろう。そんな習慣を持つ彼らなので、うかつに話し掛けると危険な思いをする。現地のタクシードライバーは、雪道で路面が滑りやすくなっているにもかかわらず平然と時速100km以上のスピードでフリーウェイを駆け抜ける。そのような状況下で、助手席や後部座席に座っている我々に目を見て話し掛けてくるのだから驚きである。「前を見て運転して!」と思いつつ、彼らと受け答えをしていたのを覚えてる。

ロケット実験場での食事は、基本的に現地の人に準備してもらうことになっていた。ノルウェー料理を食べることができた。幸い私の味覚とマッチしていたため、食事は実験期間中の楽しみの一つであった。日本人にとって珍しい料理として、トナカイ料理があった。シチューやバーベキューなど、さまざまな調理が可能な万能肉である。ただ、臭みが強いので好き嫌いがはっきりとしていた。捕獲方法を尋ねてみたところ、スノーモービルに乗って縄で捕らえるとのこと。動物愛護の立場から、なるべく生き物を傷つけないように捕獲するというのがその理由らしいのだが……。

飲み水に関しては、蛇口の水をそのまま飲用できたので何ら不自由することはなかった。しかしながら、現地の人々が飲めると言ってくれるまでは、飲むのをためらうような水が出てくる。水に色が付いているのだ。その色は薄い黄色なので、トイレにたまっている水を初めて目にしたときは、思わず流し忘れたのではないかと感じるくらいである。恐る恐る現地の人に水道水のことを尋ねてみると、山の麓のため池から水を引いてきているが、3段階のフィルターを通して上に紫外線で殺菌をしているので飲用しても問題ないと教えてくれた。

帰路にて

ロケットは、天候の理由により予定より1週間延びた12月13日午前1時33分(現地時間)に無事打ち上げられた。運悪く移動日が週末と重なってしまい、航空機の予約がなかなか取れなかった。そんな苦労や往路でのアクシデントをねぎらうかのように、帰路ではうれしいアクシデントが待っていた。

なんとデンマークのコペンハーゲン—成田間がビジネスクラスに変更されていたのである。一足早い、クリスマスプレゼントであった。

(かわはら・こうすけ)



S-310-35ロケット前にて。向かって左端が筆者。

技術開発部機器開発グループ
川原 康介



衛星は350mlのジュース缶サイズ

アメリカでのCanSat実験を始めて今年で7年目になる。350mlのジュース缶サイズに衛星の基本機能と趣向を凝らした実験機能を詰め込み、アメリカのアマチュアグループのロケットに搭載して4kmの高度まで打ち上げ、切り離してパラシュートで落下する約15~20分の間にさまざまな実験を実施する。場所は、ネバダ州リノから北へ車で約2時間半のBlack Rock砂漠。日本にはあり得ないような広大な平坦地で、学生は衛星作りの最初のトレーニングの大舞台を迎える。

砂漠の一ヶ所に設けられた発射場。そのそばの簡易テントの下で、苦労の結晶であるCanSatの最後のチェックと調整を念入りにして、決められた時刻までにロケット側に提出する。後はもうどうすることもできない。ロケットをランチャーに据え付け、打上げの番になると、学生が英語でアメリカの人たちにミッションを説明する。地上局のあるテントでは、仲間が八木アンテナを構えて待っている。そして、期待と不安の中での日本語でのカウントダウン。「グゴゴゴゴゴ」地響きとともに固体ロケットは重力の6倍の加速度であつという間に真っ青な空に消える。そして、勝負はロケットからCanSatが放出される一瞬で決まる。放出を検知して送信が始まる瞬間、このときに電波が受信でき正しい実験データが得られるかどうかで、数ヶ月の努力が報われるかどうかが決まるのである。

実世界の厳しさを知れ

CanSat実験（アメリカの砂漠でのロケットによる年1回のCanSat実験をARLISS: A Rocket Launch for International Student Satellitesという）は、1999年にスタンフォード大学のTwiggs教授の呼び掛けで始まった。日本からは当初、東大と東工大が参加したが、年々規模が拡大し、2004年9月の実験には東北大、日大、東大、東工大、創価大、JAXAの若手チームなどが参加し、打上げロケットも20機

空に届け、 学生の思い ~CanSat奮闘記~

中須賀真一

東京大学大学院工学系研究科
航空宇宙工学専攻教授

を超えた。アメリカからはロケットグループのAEROPAC以外に3大学が参加した。

CanSat実験の目的は、数ヶ月の短期間に衛星プロジェクトの全プロセス、ミッションの創成からシステムの考案、設計、製造、地上試験、打上げ、運用、結果解析までをすべて経験させること、またそれを通して、プロジェクトマネジメントやチームワークを実践的に鍛錬させることにある。特に、作った物を現実の世界で動作させ、「実世界から評価」を得ることが大事で、それで工学教育は完結するのである。いいかげんな設計や製造・試験は必ずしっぺ返しが来る。設計図の上では、常に物は「動くはず」である。し

かし、世の中はそう甘くない。その厳しさを知って次に反映させることが大事である。失敗するとものがすごく悔しい、だから今度は絶対失敗しないぞ、という思いが学生を成長させ、技術を発展させるのである。失敗は小さなプロジェクトのうちにたくさん経験しておくべきであろう。高度4kmまでとはいえ、激しい振動・加速度環境まで提供するARLISSは、その意味で非常に貴重な機会を提供してくれているといえる。

アメリカの連中との交流も楽しい。ロケットは小さなモデルロケットから長さ3mのCanSat打上げロケット、さらにはもっと大きな2段ロケットまでさまざまで、3日間の打上げイベント中に300機以上がひっきりなしに打ち上がる。技術も半端ではない。電子回路や分離機構など随所に工夫が見られ勉強になる。AEROPACグループの中の一人は、高度200kmまでの打上げを目指しているほどである。アメリカのアマチュアエンジニアの底辺の広さ、レベルの高さをいつも感じる。しかし、CanSatの精巧さでは、日本は負けてはいない。アメリカの学生が5個詰め込むところに、日本の学生は7、8個詰め込むのである。日本の宇宙開発はこんな小さなところで勝負すべきではないかと、いつも思う。

次のCanSat世代へ

日本のCanSat実験は、学生の手作り衛星・ロケット活動を支援するNPO法人「大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC; <http://www.unisec.jp>)」が主催する。UNISECの最大の目的は人材育成。CanSat第一世代の東大と東工大の学生は、10cm立方、1kgの超小型衛星CubeSatをそれぞれに完成させ、2003年ロシアのロケットで打ち上げて、1年半を超えて今も運用を続けている。彼らに続くCanSat世代が、これからどんなパフォーマンスを見せてくれるのか、楽しみに見守りたい。



回収されたCanSat衛星

(なかすか・しんいち)

風とともに宇宙へ

技術開発部基礎開発グループ

入門 朋子

—宇宙研に入って3年目のことですが、なぜ宇宙にかかわる仕事を選んだのですか？

入門：子どものころから宇宙にとっても興味がありました。ちょうど惑星探査機「ボイジャー」が木星や土星、天王星をめぐる、次々と写真を送ってきていたころで、それ以来、宇宙へのあこがれをずっと持ち続けていたのです。

—大学選びでも宇宙を意識しましたか。

入門：はい。宇宙にかかわる仕事をするのなら、工学系に行ってロケットを作るか、物理学系に行って天文学をやるか、どちらかだろうと考え、最終的に名城大学の交通機械学科(現・交通科学科)に進みました。しかし、1学年180人のうち女性は3人。この環境に慣れるのは大変でしたね(笑)。まあ慣れてしまえば、飛行機の設計をしたり実践的な授業が多く、楽しく有意義でした。特に計算流体力学(CFD)に興味を持ち、大学院でもその研究をしました。

—計算流体力学の魅力は？

入門：計算流体力学とは、流れの様子をコンピュータによって計算してシミュレーションするものです。もともと私は、速いものや強いものが好きでした。計算流体力学は速いものを設計するときに必要な技術である、というのも興味を持った理由の一つですね。自動車や航空機も計算流体力学を利用して設計されています。

流体力学というと難しそうですが、実は私たちも普段感じている世界なのです。例えば、自転車に乗っていると風圧を感じますよね。私は自転車通勤なので、「あ、流れている!」と流体力学の世界を実感しながら毎日走っています。

—現在は、どういった仕事をしているのですか？

入門：高速気流総合実験設備、つまり風洞の運営・管理を行っています。風洞とは、速い風を作り出して模型に当て、空気の流れや圧力分布を調べる装置です。宇宙研には超音速風洞(マッハ数1.5~4.0)と遷音速風洞(マッハ数0.3~1.3)があり、ロケットなどの模型を使って実験を行い、その結果を機体の設計に活かしています。宇宙研の



いりかど・ともこ。1973年、愛知県生まれ。2002年、名古屋工業大学大学院都市循環システム工学専攻修了。同年、宇宙科学研究所技官。風洞設備の管理・運営と高速流体力学の基礎実験を行っている。

風洞は、大学共同利用施設として大学の学生たちも使います。学生が使うときには、私も実験を手伝います。

—これまでで印象的なできごとは？

入門：衝撃波を見たときですね。学生がシュリーレンという方法を使った実験をしていたとき、「見えます!」と教えてくれました。流れる空気の色によって、空気の密度が変わります。空気の密度が変わると光の屈折率も変わるので、フィルターを通して撮影すると流れをカラーで可視化することができるのです。音速を超えたときにできる衝撃波は、ほかの部分と比べて密度が極端に高いので、光の屈折率がそこだけ大きく変わります。シュリーレンで衝撃波を可視化できるというのはもちろん知っていますが、実際に自分の目で見えたときは感動しましたね。風洞のガラス窓からのぞくと、衝撃波の所で後ろの風景がスバツと途切れて見えるんです。

—これからの夢は？

入門：まだ3年目ですから、風洞について覚えなければならないことがたくさんあります。風洞は機械的な部分、電気的な部分など、さまざまなものが絡み合った実験装置です。まだまだ奥が深いですね。知識だけでなく、体力も付けなければなりません。風洞実験で使う模型や計測器はとても重い。休日にはジムに通って鍛えています。

将来的には、風洞を知り尽くし、その上で実験や計算流体力学の研究もやってみたいですね。そして、人が月や宇宙ステーションで生活することにかかわれたら、と思っています。人が宇宙に行くためには、地球の大気圏から飛び出さなければなりません。安全に、そして経済的に宇宙の外に行くためにも、風洞実験はとても重要です。そして、「ボイジャー」のような探査機にもかかわることができれば……。夢は、いろいろありますね。

ISASニュース No.286 2005.1 ISSN 0285-2861

発行/独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部
〒229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL: 042-759-8008

本ニュースに関するお問い合わせは、下記のメールアドレスまでお願いいたします。
E-Mail: newsedit@adm.isas.jaxa.jp

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。

*本誌は再生紙(古紙100%)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

編集後記

今回、久しぶりのロケット打上げ成功をお伝えできてうれしいです。裏話も掲載されているので雰囲気をご存分にご賞味ください。年末の忙しい時期にもかかわらず、楽しくてためになる記事を執筆していただいた筆者の方々、ありがとうございました。(田中 智)

デザイン/株式会社デザインコンビピア 制作協力/有限会社フォトンクリエイト