


ニュース

宇宙科学研究所

2003.5 No.266



▲M-V-5号機の打上げ2003年5月9日（撮影：前山勝則）

所長辞任のことは

松尾 弘 毅

私、この度4月6日を以て、宇宙科学研究所長を辞し、同8日付けで文部科学省宇宙開発委員に就任致しました。任期に半年をあまして唐突とも見える辞任ですが、まずは紙面をお借りして永年のご厚誼にお礼申し上げます。1962年大学院生として東京大学生産技術研究所の糸川研究室に配属されて以来、楽しい道のりだったと思っています。その間、初の人工衛星“おおすみ”にはじまり、ハレー彗星探査の成功など、我が国の宇宙開発史を彩る数々の場面に身を置けたことは、まことに幸運でした。一体感のある恵まれた職場環境でした。実験場での時間は、格別のものでした。企業の方々にも仲間としてお付き合い頂けたと思っています。内之浦で、能代で、地元の方々の人情に十分過ぎる程触れることが出来ました。

所長就任後の3年余はまことに多端でした。M-V-4号機によるASTRO-E衛星の打上げ失敗にはじまり、当時宇宙開発事業団と相次いだ失敗のなかで、連携の強化の実を挙げる間もなく、2001年8月には遠山文部科学大臣により、本研究所を含む3機関の統合の方針が示されました。M-Vロケットの回復と厳しいスケジュールのな

かでの後続の科学衛星の準備、それに加えて3機関統合へ向けての諸作業（とても作業などと呼べる単純なものではありませんが）という全く異質な二正面に、所が一丸になって立ち向かった3年間でした。

幸いM-Vの回復は順調に進み、“はやぶさ”の打上げ成功につながりました。まさに新機関名 Japan Aerospace Exploration Agencyを先取りするものでしょう。統合も2001年の外部評価で頂いたご提言、「新機関は自律的な研究部門を有することが重要である。」との線に沿って、枠組みが整えられつつあります。来る10月の新機関「宇宙航空研究開発機構」発足を前に、まだ懸案を抱えるなかでの離任は心残りですが、新しい場所で、この心残りを補うことが出来るのではとも考えて、お引き受け致しました。私の経験できた喜びが、我々世代だけの特権に終わらぬように願っています。



〈研究紹介〉

安全性重視の大学教育プログラム用ロケット

—実用ブースタなどへの応用も視野に入れて—

宇宙開発事業団 長 島 隆 一

私は、普段マネージメント的な仕事に明け暮れていますが、大学にも席があるため、研究の真似事も息抜き(?)を兼ねてしています。この研究は、今までのロケット屋のアプローチとは異なり、「安全性」を第一とした大学教育用を目指したものでしたが、結果として、性能(比推力:自動車の燃費に相当)は固体ロケットの約1/4にもなり、安全性のみでなく、エンジン部の冷却が不必要な簡単な機構の安価な液体ロケットになることがわかり、実用にも使えそうです。

このロケットは、燃焼反応をいっさい用いない「二液(LN₂/H₂O)式コールドガス・ロケット」すなわち、液体窒素(LN₂)と高温高压に予め加熱した水(H₂O:液相状態)とを混合室(通常の燃焼室に相当)に噴射・混合することにより、水の熱容量により蒸発された窒素ガス(含:水の液滴)がノズルより噴射し推力を発生するメカニズムをもっています。この新しいロケットを面白がる方も多く、また、二、三の大学で試作を試みようとの動きもありますので、紹介いたします。

1. 研究の動機

宇宙教育プログラムの一環として、従来から「小型衛星」はとり入れられている例が多いのですが、ロケットとしては、「水ロケット」や「モデル・ロケット」が主流を占めており、玩具の域を出ないものが多く、大学レベルのものがほとんどないのが現状です。これは、次のことがネックとなっているためと思われます。

- ①広い打ち上げ場所がなかなか見つからないこと。
- ②固体や液体ロケットには、燃焼が伴うため、爆発や火災などによる傷害が心配されること。

一方、「ハイブリッド・ロケット」を研究する大学グループがあり、プラスチックを燃料に、液体酸素(LOX)を酸化剤に用いた小型ロケットを北海道大樹町の多目的航空公園で13年度から飛翔させています。このグループでは、航空公園の使用により、上記①の問題は一応解決できると見込み、またハイブリッド化することで、燃焼過程は避けられないが、爆発事象は回避できるため、上記②の問題は最小限に抑えられると考えています。しかし、LOXを取り扱うことについて、宇宙開発機関などからは、漏れた場合、空気に対する比重が1.11と大きいので拡散し難く、ある意味

で水素(比重/空気:0.07)より危険であり、また可燃物がないようにタンクや配管類の内部も十分洗浄を行うことが必要であると云う意見も出されています。

私は、これらの活動にメンバーの一人として参加していますが、手作りロケットを試作するのであれば、「安全性」を最も重要視し、性能的には従来のものより劣っていても大学研究レベルに耐えられ、環境への配慮もなされ、研究室レベルの費用で製作可能な安いロケットが、特にプログラムの初期の研究では必要ではないかと思っています。

以下に、このような視点に立ち、最適なロケットへの選択過程を述べ、結果として、「二液(LN₂/H₂O)式コールドガス・ロケット」が適することを示します。

2. 教育プログラム用として必要な条件

教育用として必要な条件を以下の様に想定しました。

- ①十分安全性が確保できること
プログラムの初期では、大学の研究室で日常遭遇しているリスク・レベルを目標とすべきです。
- ②環境への影響の少ないものであること
- ③極めて安価であること
- ④大学レベルの研究に値するものであること
- ⑤実用ロケットへの発展性があること

3. ロケットの選定過程

3.1 適合する推進薬の候補

上記の条件に適応可能な推進薬候補としては、次の理由により、「窒素(N₂)」と「水(H₂O)」の2種類しか残りませんでした。

- ①既存あるいは従来から研究対象になってきた推進薬は、安全性と環境への配慮から全て除外され、不活性ガスと窒素、水が残ることになります。
- ②しかし、不活性ガスも希少・高価です。
- ③窒素は、ガス状のみでなく極低温状態でも日常良く使用され、環境への影響もなく、安価(LN₂:約100円/liter)です。
- ④水は、最も安全で、コストはゼロに近いものです。

3.2 窒素ガスによる推進

ロケットとして成立しうる性能(比推力)を得るためには、次の理由から、「LN₂」を加熱しガス化したものを噴出する方法が優れています。

①水ロケットに見られるように、水を液相のまま放出することは最も簡単な方法ですが、実用ロケットとしては物足りなく、噴射速度を増加させるためにはガス状態とすることが必須となります。

②噴射時は気相状態にするべきですが、推進薬タンク内では、容量を小さくするために液相状態で蓄積しておく必要があります。それ故、 H_2O は貯蔵に問題はないのですが、 N_2 は極低温状態にしておくべきです。

③液相を気相に変換するためには、加熱用エネルギー源を別途準備しなくてはなりません。 LN_2 は H_2O より、蒸発潜熱が約1/11倍で、比熱が約1/4倍ですので、沸点以上に加熱するならば、 LN_2 の方が優れた媒体となります。例えば、打上げ直前の状態から、373K(100℃)まで加熱する場合、 LN_2 では510[kJ/kg]ですが、 H_2O は2,560[kJ/kg]に達し、エネルギー量が約5倍も多く必要になります。

3.3 LN_2 加熱方式の検討

LN_2 を加熱する方法としては、次の理由により、熱容量が大きい H_2O をヒータにより高温高压の液相状態に予め加熱しておき、これと LN_2 とを混合室に噴射・混合し、水の熱容量により LN_2 を蒸発させるメカニズムが適しています。

①化学反応を伴うもので、 LN_2 を加熱することは安全性の前提から初期段階では除外される方式となります。

② H_2O は熱容量の大きいことから推進薬として用いることは除外されましたが、この特性を逆に活かして、「加熱源」として使用する方法が考えられます。

③ H_2O の液相での熱容量を増加させる方法として、飽和圧力を高めることにより、沸点を上げる方法があります。例えば、大気圧下では沸点は373K(100℃)ですが、約1.5MPa下では、473K(200℃)と、通常の高圧圧送方式のロケット・タンク圧レベルにしますと、約100K引き上げることが可能となります。なお今回の検討では、473K/1.5MPaレベルの高温・高圧状態は大学の研究室の許容範囲内にあると想定しました。

④ H_2O と LN_2 との熱交換方式としては、「熱交換器による方式」と「両者を混合室(通常の燃焼室に相当)にシャワーのように噴射し混合する方式」とがありますが、後者は、熱平衡に近い状態まで水の熱量を利用することが可能ですので、これを採用しました。

⑤なお、熱源として使用済みとなった H_2O 液滴は、 GN_2 と混合状態で外部に排出されるため、従来の

「二液式液体ロケット」の機構に似たシステムとなります。

⑥エンジンスタート時での「着火装置」が本方式は不要ですので、信頼性の点でも優れたものとなります。

3.4 冷却が不要になる混合室／ノズル

混合室(内部温度：約320K)／ノズルには、高温の燃焼過程に起因する「冷却問題」がありません。そのため、ノズルのガス剥離を避け、効率を高める方式の「プラグノズル」や「Dual-Bellノズル」(従来は、冷却問題等がありました)などが容易に採用可能となります。また、剥離問題が解決することから、従来の燃焼圧力に相当する混合室圧力を高くする必要がなくなります。

4. 二液(LN_2/H_2O)式コールドガス・ロケットのシステム系統の一例

本システム系統の構想の一例を図1に示します。今回は、最もシステムが簡便な「ガス圧送方式」とし、ノズルは高膨張比が可能なプラグノズルを想定しました。打ち上げ直前には、 LN_2 は77.4K/1atm(沸点)に、また H_2O はヒータで加熱が行われ、473K/1.5MPa(沸点)に設定し、万が一、規定を越えた場合には、安全弁を機能させます。

混合室圧力： P_c は極力低くし1[MPa]程度に設定しています。これは、通常の高圧圧送方式の液体エンジンの燃焼圧力と同等です。それ故、作動中のタンク圧力は、約1.5[MPa](=1[MPa]×1.5)レベルにする必要があります。なお、 H_2O 側は打上げ直前から1.5[MPa]ですので、簡便な運用に好都合な圧力となっています。

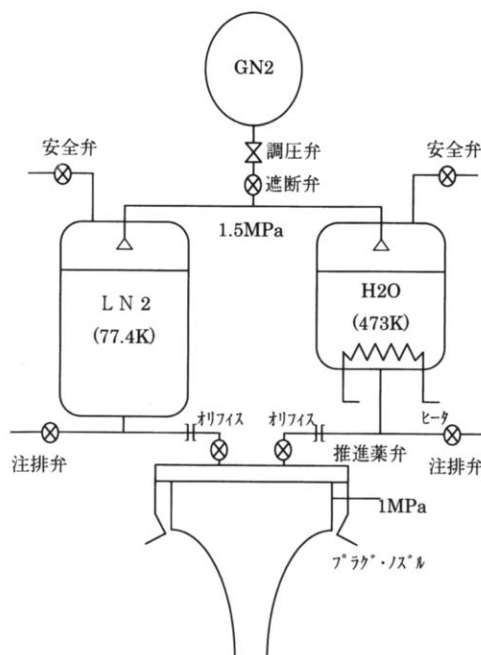


図1 システム系統の一例

気蓄器内の駆動ガスとしては、低コスト化を考え、GN₂を用いることにしています。気蓄器圧力は、通常約20[MPa]で、調圧弁により減圧(1.5[MPa])されます。

なお、LN₂/H₂Oの平均比重は約0.9なので、タンク容量は小さく収まり、ロケットの小型化に寄与します。これは、タンク容量が大きくなるLOX/LH₂(液体水素)ロケットなどと比べ、大きなメリットと言えます。

5. 性能(比推力)推定

混合室/ノズル内を、窒素ガスと水粒子は混合された二相流の状態ですが、粒子径は十分小さく、ガスと粒子の速度は同一で、両者は熱平衡状態にあるなどの簡単な仮定をして、性能計算を試みました。粒子含有率： β (全質量に対する水粒子質量の比)或いは混合室温度： T_c (燃焼温度に相当)との関係で図2～図3が得られます。ただし、混合前の H₂O温度は473K(200℃)、LN₂温度は77.4Kとし、ノズル面積比は、プラグノズルを用いることを前提とし、100と仮定しています。これから次のことが解ります。

- ①一般に、混合室温度： T_c の0.5乗に比例して、比推力(Isp：燃費に相当)は一般に向上しますが、図2に示すように、本方式では、 T_c を増すためには、 β 値すなわちH₂O量を増加する必要があります。

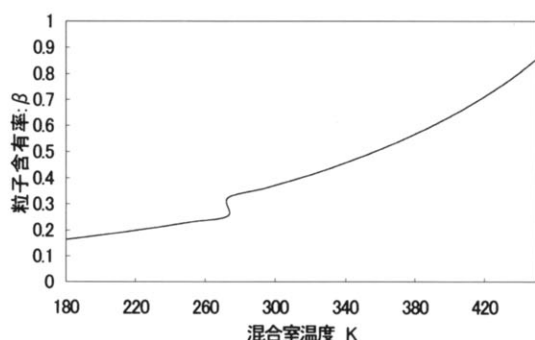


図2 粒子含有率と混合室温度との関係

- ②ただし、H₂O量を増加すれば、比推力が単純に増すわけではありません。 β 値により混合ガスの平均的な比熱比や分子量が変化を受け、比推力(真空)：Ispは、図3の傾向を示します。GN₂のみの場合(参考)には、 T_c の増加に伴い、Ispはこの範囲で直線的に増しますが、本方式の場合には、Ispは途中から低下傾向を示し、両者は、ほぼ $T_c=340$ Kで交差し逆転します。
- ③本方式の最適 β 値としては、0.4程度が推奨できます。これは、 $T_c=320$ Kに対応する値(図2参照)であり、ほぼ最大Isp(理論)=83[sec]が得られる値です。実効的な比推力としては、75[sec]($\approx 83[\text{sec}] \times 0.9$)

が達成可能と推定されます。これは、固体ロケット(比推力：280[sec]レベル)の約1/4にあたります。

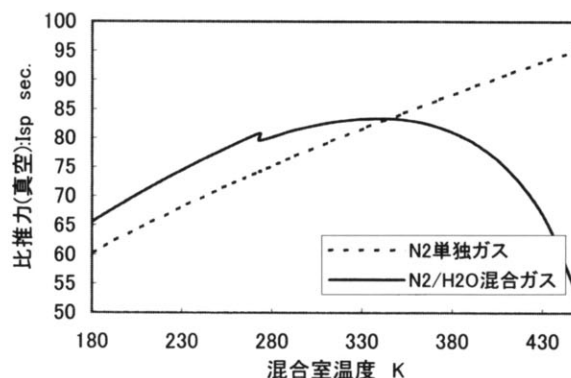


図3 混合室温度と比推力(真空)との関係

6. 実用ロケットへの発展の可能性

本システムは、次の理由により実用ロケット、特にブースタ(第一段ロケット)への発展性が望めます。

- ①推進薬は安価かつ密度も高く、機構も簡便なため、大型化が容易であり、高い安全性により、打上げ時の爆発事故の問題も避けることができます。
- ②適用例としては、高比推力であるよりは高推力であることが要求される「ブースタ」や「補助ブースタ」として適用の可能性があります。図4に、達成可能な速度増分量を示しますが、約1,000[m/s]が目安となるでしょう。これは、M-V第一段目が達成する最終理想速度の約1/2にあたります。
- ③無重力実験用の弾道飛行する小型ロケットとしても使用できます。
- ④エンジン冷却が不要ですので、パラシュートで回収する「再使用型ロケット」とすることも容易です。
- ⑤高性能化を図るためには、例えば「多段式」化を取り入れることや、加熱源として、小型固体ロケットなどを用いることも可能です。

(ながしま・りゅういち)

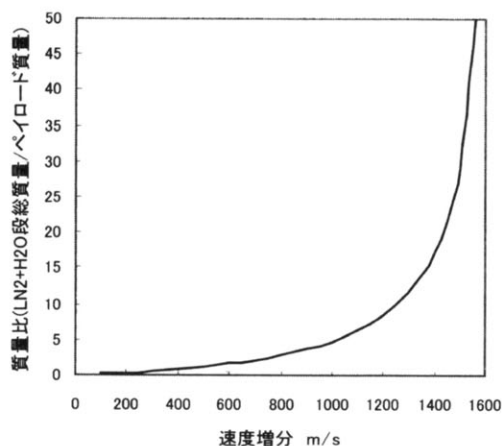


図4 速度増分と質量比(LN₂+H₂O段階質量/ペイロード質量)との関係



★人事異動

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現 (旧) 職等
		(採 用)	
15. 5. 8	鶴 田 浩一郎	宇宙科学研究所長	宇宙科学研究所名誉教授
		(事務取扱免)	
15. 5. 8	松 本 敏 雄	宇宙圏研究系教授	宇宙科学研究所長事務取扱

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール (5月・6月)

	5 月	6 月
相	M-V-6 B-2 仮組立 19 (IA富岡) 28 30	M-V-6 B-1 仮組立 1 (IA富岡) 11
模	M-V-6 M-14 システム試験 中旬 (IA川越) 下旬	M-V-6 M-25 システム試験 上旬 (IA川越) 中旬
原	ASTRO-F 総合試験	B-1 仮組立 2 16 IA富岡 20
	LUNAR-A 母船ーベネトレータ嚙合せ試験 中旬	M-V-6 モーションテーブル試験 下旬
能	設備定期点検 26 29	ASTRO-E2 一次嚙合せ試験 中旬
代		再使用型ロケット離着陸実験 中旬 末



★ASTRO-F 総合試験

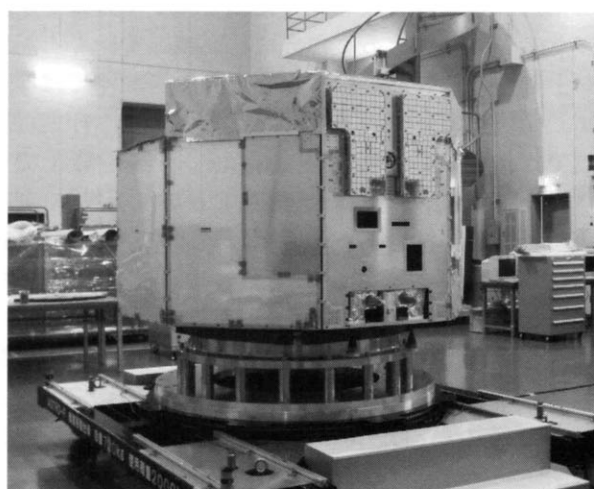
日本初の赤外線天文衛星ASTRO-Fの総合試験が、4月1日より宇宙科学研究所飛翔体環境試験棟のクリーンルームで開始されました。ASTRO-Fは、天体からの赤外線を検出し、銀河や星・惑星系の誕生の秘密に迫ろうとする衛星で、来年の打ち上げをめざしています。口径70cmの望遠鏡や赤外線観測装置は、液体ヘリウムを使って摂氏270度付近まで冷却されます。

現在は、電源、通信機器、姿勢・軌道制御機器等が収められる衛星本体（バス部）の組立てが行なわれています。各機器のフライトモデルが順次納入され、輸送中に傷んだりしていないかチェックの後、組み立てられていきます。このニュースがお手元に届く頃には、組み上がったバス部の電気試験が行われていることと思います。

望遠鏡や赤外線観測装置、およびそれらを収納して

冷却する液体ヘリウム容器は、今年の夏に宇宙科学研究所に運び込まれ、衛星全体が組み上がる予定です。

(村上 浩)



組立て中のASTRO-F 衛星バス部

★総研大に宇宙科学専攻を開設

総合研究大学院大学（略して総研大）は1988年に我が国最初の大学院大学として創設されました。特色として、(1)博士後期課程の大学院教育、(2)大学共同利用機関の研究環境の活用と機関間の連係教育研究、が挙げられます。総研大は神奈川県葉山町の湘南国際村に本部を持ち、現在14機関の大学共同利用機関が参加しており、以下の4つの研究科を設置しています。(1)文化科学研究科、(2)数物科学研究科、(3)生命科学研究科、(4)先端科学研究科。宇宙研は平成15年4月から総研大に参加し、数物科学研究科に宇宙科学専攻を開設しました。本専攻は宇宙探査理工学、宇宙観測科学、宇宙工学から構成される大講座制です。本専攻の設置は関係法令の制定及び平成15年度予算の成立により確定するものであったため、4月初旬～中旬にかけて入学願書受付（4月2、3日）、書類審査・面接（4月9日）、合格発表（4月11日）、入学式（4月17日）、そして講義開始（4月22日）が行われるという、関係各位にとって準備をも含めて慌ただしいスケジュールとなりました。当初は受験希望者が定員割れ（募集人員は6名）することを懸念する声が所内でありましたが、結局、平成15年度の入学人数は14名となりました。入学した学生および教官にとってはこれからが正念場

あり、本専攻の役割、存在意義が問われていることを考えると、特に教官は大いに気を引き締めなければなりません。そして、学生には既存の概念にとらわれない自由な発想に基づいた独創的研究を行うよう鋭意努力して頂きたいものです。（稲富裕光）



MUSES-C 月報-5

★射場での準備進む

MUSES-C探査機が内之浦町のKSCに搬入されて、あっという間に1カ月あまりが経過しました。探査機には、この間にイオンエンジンで噴射ガスとして使われるXe（キセノン）ガスを充填する作業と、化学推進機関の燃料であるヒドラジン、酸化剤である四二酸化窒素の充填作業が行われました。化学推進系は液体なので短時間で充填を完了できますが、キセノンは気体であるために、充填していくと温度が上昇し、そのたびに冷却を繰り返さなくてはならず、充填に数日を要しました。もっとも、作業は順調で、幸い予定よりも1日短縮して作業を終了できました。3種類の推進剤を搭載するのも、この探査機の特徴です。これらのガスと液体分で探査機の約1/4の130kgを占めています。この作業に続いて探査機は継ぎ手を介して第4段のキックモータKM-V2と結合され、クリーンブース内で第3段とともに頭胴部として組み立てられました。今は整備棟で行われる全段の結合を待つばかりとなっています。MUSES-C探査機は決められた方向にイオンエンジ

ンで加速を行わなくてはならないことなどの理由で我が国の惑星探査機としては初の3軸安定化方式を採用しています。MUSES-Cのような3軸制御を行う探査機では、タンクから液体だけが供給されるよう、特別な工夫が施されています。スピン衛星では遠心力で気体と液体を分離して供給する方式が採られますが、MUSES-Cでは「ブラダ」と呼ばれる気体と液体の間に柔軟な隔壁を設けています。また、探査機全体の重心位置が変動しないよう、タンクは重心まわりに複数に分割して配置するのが普通ですが、MUSES-Cでは配管の削減をはかるため、分割せずに各1個ずつの3つのタンクを配置するという方式が採用されています。一見するとばらばらに置かれているように見られたかもしれませんが、もうそれらはパネルの中に収まっていてうかがうことはできませんが、これも従来にはない考え方でレイアウトされている1つの特徴です。

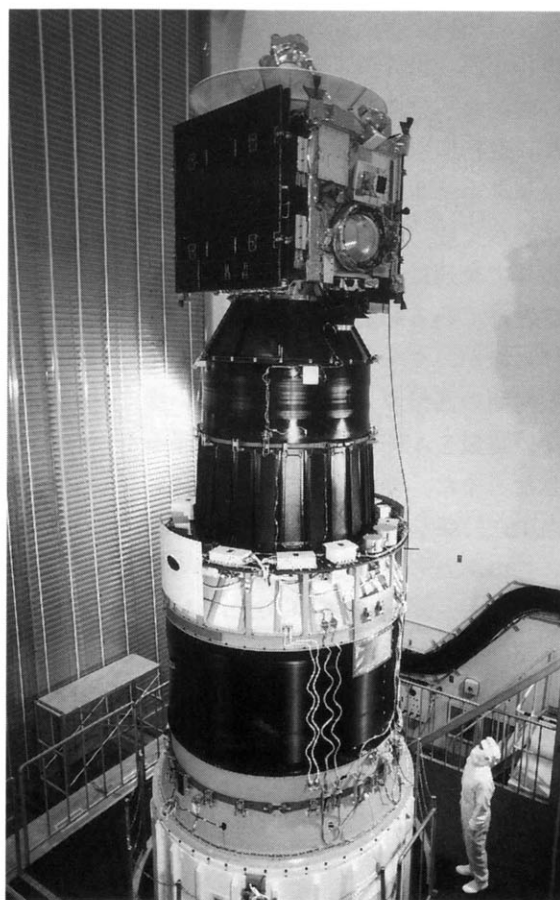
MUSES-Cは、この号が皆様に読まれる頃には、打上げられてイオンエンジンの加速準備を行っていることでしょう。（川口淳一郎）

M-V-5号機／はやぶさの打上げ成功

5月9日13時29分25秒、鹿児島宇宙空間観測所から工学実験探査機MUSES-Cを載せたM-V-5号機が打ち上げられた。飛翔は順調で、発射後350秒には第4段をスピンで所定の向きに安定化した上で分離した。打上げ23分後、NASAゴールドストーン局はMUSES-Cからの電波を受信し、DSN(深宇宙通信網)を通じて送られてきたデータから、第4段切り離し後のシーケンスが予定どおり実行され、探査機が所定の惑星間軌道に投入されたこと及び探査機の機能が正常であることが確認された。MUSES-Cは「はやぶさ」と命名された。

2000年2月10日の4号機の打上げ失敗以来、3年3ヵ月ぶりの打上げであった。4号機の不具合原因に対する対策として、各段モータのノズルスロートをグラファイト製から3次元カーボン・カーボン複合材(3D-CC材)製に変更し、検証の為に地上燃焼試験を実施してきた。この間、数々の思わぬ障害を乗り越える必要があったが、思えばよくここまで来れたものである。関係者のM-Vロケットの「飛翔への復帰」をかけた執念と献身的な努力のおかげである。同時にこの間、固体ロケット内の現象に関する定量的理解が大幅に進み、大型3D-CC材の国産、非破壊検査技術の進歩などの大きな成果が得られたことも指摘しておく。

フライトオペレーションでは、探査機関係作業が既に3月中旬から始められていた中、ロケット関係の作業が4月21日から始められ、27日には全員打合会が開かれた。毎日の作業には予期した以上の時間



を要し、午後8時、9時の作業終了は当たり前、一度は午前2時を過ぎるに及び、実験班員の疲労も限界に達する場面もあった。更には、不具合部品の交換の為に綱渡りの東京往復や深夜から明け方にかけての動作チェック、雨雲の隙間を突いた電波テストのための徹夜の作業等々、かなりの無理を実験班にお願いすることになってしまった。M-V-5号機を予定どおりの日時に、成功裡に打ち上げることが出来たことに免じてお許しを頂きたい。とは言え、フライトオペの期間中、あるいはこの3年3ヵ月の間に、M-Vチームの面々の心の中で私は何回殴り倒されたのだろうかと思像すると、空恐ろしくなる。

今回の打上げは、文部科学省直轄の宇宙科学研究所としての最後の打上げであった。新機開発足後、M-Vロケットの運用の枠組みが変わろうとも、このチームが中心となってM-Vロケット打上げを全て成功させるものと信じている。

最後に、今回の打上げを支えてくださった関係各位にこの場を借りて心から感謝申し上げます。

(小野田淳次郎)

★ビデオ「宇宙に飛び出せシリーズ第10巻

X線で輝く灼熱の宇宙」完成

ISASビデオ・宇宙に飛び出せシリーズ第10巻「X線で輝く灼熱の宇宙」が完成しました。今回は20世紀最後の10年間、世界のX線天文学をリードしたASCA衛星の観測から分かった新しい宇宙の姿をビデオにしました。最初に取り上げたのは、銀河の中心に潜む巨大ブラックホールです。我々の住む銀河の中心も300年前は激しく輝いていたことや、巨大ブラックホールのまわりで光速に近い速度で回転したり、強い重力の影響を受けている降着円盤の話が出てきます。次にとり上げたのが、ダークマターに操られる銀河団の姿です。銀河団の高温ガスが飛び散らない様に引き止める、見えない質量をASCA衛星によって探ることができて来ました。また、静かなガスの塊と思っていた銀河団ガスの中に、併合合体の歴史の痕跡が見つかって来ました。このあたりは観測データばかりでなく、忠実な数値シミュレーションに基づいたコンピュータグラフィックスも駆使しています。今回のビデオでは、こうした新しいデータと共に、それに取り組む研究者の姿も登場し、これまでのシリーズとはひと味違った味付けになっています。一度ごらんになり、まわりの方々にも広めて頂けると幸いです。近日、宇宙科学振興会から発売の予定です。(國枝秀世)



活動的な銀河の中心核には太陽の100万倍を越す、巨大質量ブラックホールがあり、そこへ円盤状になって流れ込む物質の重力エネルギーがX線として放出されている。ASCA衛星はそのX線観測を手がかりに、ブラックホールの極く近傍の様子を明らかにした。

ISASビデオ「宇宙へ飛び出せ」シリーズ	
第1巻	宇宙をさぐるーロケット・人工衛星ー
第2巻	母なる太陽
第3巻	オーロラのふるさとー地球磁気圏の科学ー
第4巻	ブラックホールをさぐる
第5巻	私たちの太陽系
第6巻	人工衛星ー人工の星に魂を吹き込むー
第7巻	ロケットー宇宙へのかけ橋ー
第8巻	「のぞみ」と惑星探査
第9巻	大空から宇宙を探る 大気球

★第22回宇宙科学講演と映画の会

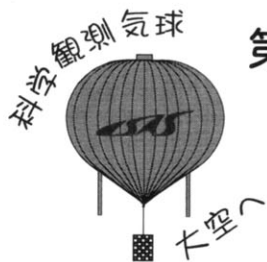
さる4月12日(土)新宿西口の安田生命ホールにおいて、恒例の宇宙科学講演と映画の会が開催されました。これは、宇宙科学研究所の創立記念日である4月14日前後に毎年行っているものです。今年は、松本敏雄所長事務取扱の挨拶に始まり、中谷一郎、村上浩両教授による講演が行われ、質疑応答の後、ビデオ「X線で輝く灼熱の宇宙」が上映されました。

中谷教授は、「星にロボットを送るー惑星表面の探査技術ー」と題して、最新の惑星探査技術の紹介やMUSES-Cで使われる技術などを動画も利用して、大変わかりやすく解説していただきました。村上教授は、「第2の地球を求めてー赤外線で探る宇宙ー」と題して、いろいろな太陽系以外の惑星の観測方法やASTRO-F衛星への期待などについてお話しいただきました。また、質疑応答においては、大変鋭い質問、少しマニアックな質問などが活発に出され、先生方も返答に精一杯の様子でした。

ビデオ上映の前には、出来上がったばかりのビデオを心配なされた?國枝秀世教授が自ら内容を紹介され、集まった約320名の参加者は熱心に見入っていました。

(橋爪 巖)





第8回

大気球による成層圏大気の観測

東北大学大学院理学研究科 中澤 高 清

地球温暖化やオゾン層破壊など、人間活動に伴う大気環境問題が、世界的な関心事となっている。この問題に対処するためには、現象を支配するメカニズムを理解し、将来起こりうる変化を的確に予測する必要がある。成層圏はフロンなどによってオゾンが破壊される所であるだけでなく、人間活動によって地上で発生した温室効果気体が輸送される先であり、それらの多くが消滅する所でもある。したがって、大気環境に係わる気体の生成・消滅過程の解明や収支の評価にとって、成層圏における系統的な観測は不可欠である。

このような重要性を踏まえ、われわれは、希薄な成層圏大気を液体ヘリウムで固体化させることによって大量に採取する装置を独自に開発し、宇宙科学研究所気球工学グループの協力を得て、1985年に三陸上空で観測を開始した。観測はおおむね1年に1回の割合で春ないし夏に実施され、大気環境研究にとって重要なデータの蓄積を図ってきた。また、回を重ねるに従って参加機関が増え、それに伴って研究項目も拡大し、現在では表1のようになっている。われわれは、後でも述べるように、この観測から北半球中緯度における各種微量気体の挙動について多くの新たな知見を得たが、人間活動に伴う大気環境問題は地球規模の現象であるので、その理解にとってはさらに広域にわたる観測が望まれる。そこで北半球中緯度に加え、南北両極域での実態を明らかにするために、1997年2-3月と1998年1月にそれぞれスウェーデンのキルナと南極昭和基地において観測を実施した。なお、今秋にはキルナにおいて、来年1月には昭和基地において同様な観測を計画しており、さらに人為起源物質の成層圏への入口となっている赤道域での観測も検討中である。

表1. 研究内容と参加機関

研究項目	研究機関
特定フロン、代替フロン等のハロカーボン類の濃度	東京大学ラジオアイソトープ総合センター
二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、一酸化炭素、酸素、六フッ化硫黄の濃度、メタンの炭素同位体比、窒素および酸素の同位体比	東北大学大学院理学研究科、宮城教育大学、国立極地研究所
二酸化炭素の安定炭素・酸素同位体比	北海道大学大学院理学研究科
二酸化炭素の放射性炭素同位体比	名古屋大学年代資料研究センター
一酸化炭素、水素の濃度	国立環境研究所
一酸化二窒素の同位体分子種、窒素・酸素同位体比	東京工業大学大学院総合理工学研究科
成層圏における物質輸送	北海道大学大学院地球環境科学研究科
試料採集装置および採集技術の高度化	宇宙科学研究所

これまでの観測から得られた結果の一例として、日本上空における二酸化炭素濃度の鉛直分布を図1に示す。成層圏の二酸化炭素濃度は圏界面付近で最も高く、

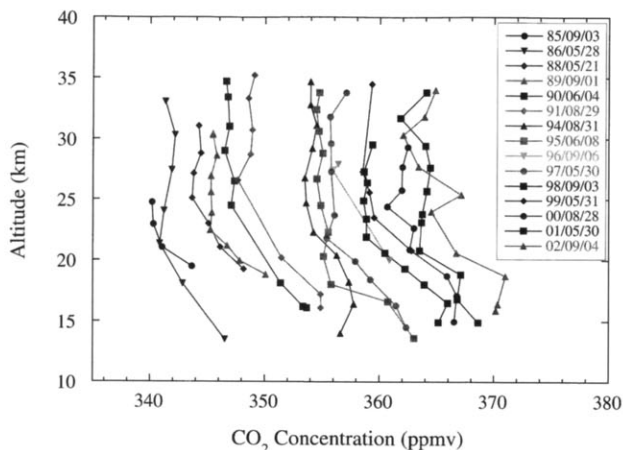


図1. 日本上空の成層圏における二酸化炭素濃度の鉛直分布

高度とともに減少し、20-25km付近からおおむね一定の値を示す。このような分布は、赤道域に存在する強い上昇流によって成層圏に注入された人為起源の二酸化炭素が、下層で早く、上層で遅く極域に向かって輸送されるという結果を反映したものと考えられる。また、成層圏の二酸化炭素も明らかに経年的に増加しており、20-25kmより高い高度で観測された濃度データから、1985-2002年の平均的増加率として1.5ppmv/年が求められる。この値は、同じ期間に日本上空の対流圏上部で行った航空機観測から得られた増加率1.6ppmv/年とよく一致している。さらに、両者の変動をさらに詳しく比較することによって、成層圏中部での濃度が対流圏より4-7年ほど遅れて追従していることも判明した。このような大気輸送の遅れは、長寿命気体である六フッ化硫黄の観測からも明らかになっている。

この他、二酸化炭素の酸素同位体比が、同位体的に重いオゾンとの酸素原子の交換によって高度とともに急速に高くなることや、メタンの炭素同位体比や一酸化二窒素の同位体分子種および窒素・酸素同位体比の高度分布を明らかにし、その解釈を行ったこと、多くの微量ハロカーボン類の検出・定量を行ったことなどは、われわれが世界に先駆けて挙げた大きな成果であり、特筆すべき点である。

大気球を用いた成層圏微量気体の観測は多くの困難を伴うが、得られる知見は大気環境問題のみならず大気化学や大気力学の分野の発展にも大きな貢献を果すので、今後さらにプロジェクトの拡充を図り、成層圏大気に関する総合的研究へと発展させたい。

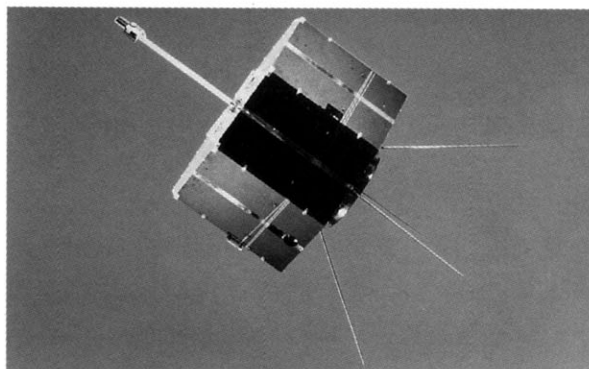
(なかざわ・たかきよ)



たんせい2号

井上 浩三郎

M-4Sロケットにつづいて開発されたM-3Cロケットの性能確認と地磁気による衛星の姿勢制御方式の試験を主な目的として、1974年2月16日14時00分に打ち上げられた試験衛星MS-T2は、近地点高度273km、遠地点高度3,180kmの軌道に投入され、「たんせい2号」と命名されました。当初、今後の科学衛星をより正確な軌道に投入することを狙って新たにM-4SC型を開発することを予定していましたが、構造の軽量化および推進薬の性能向上の研究が進んだ結果、第2段に2次流体噴射推力方向制御（SITVC）を装着した3段式ロケットによって衛星の打ち上げが可能である見通しを得て、4段式から3段の制御つきM-3Cロケットが開発されました。



たんせい2号

衛星の形状は、対向面間隔75cm、高さ45cmの八角柱で、構体はアルミニウム・ハニカムを用いた八角柱の基板とその上下に取り付けた支柱部より成っています。基板は八面のアルミニウム・ハニカムで囲まれ、上部には400MHzテレメータアンテナと地磁気姿勢センサ、下部には136MHz/148MHzテレメータ／コマンド共用アンテナが取り付けられています。全長約1.3mで、重量は約56kgです。搭載機器は、従来の共通機器の他に、今回初めて行う衛星の姿勢制御の試験のため、(1) 衛星のスピンを落とすためのヨーヨーデスピナ (2) 衛星のスピンの方向を制御する地磁気利用スピンの方向制御装置 (3) 姿勢変化を補償するキーピング・マグネットが載せられました。また衛星の電源としては、太陽電池ではなく寿命約2週間の容量の酸化銀亜鉛電池が搭載されました。

搭載機器の動作状況はすべて良好で、衛星各部の温度も適正に維持され、終始正常なデータを得ることができました。内之浦の第1週の受信（16時8分6秒～16時18分44秒）では、地上からのコマンドでヨーヨーデ

スピナを作動させ、衛星のスピンを毎秒2.3回から毎分11.3回に低下させました。また搭載した酸化銀亜鉛電池は50AHで、寿命は2週間に設計されていましたが、これについてもほぼ予期した通りの結果が得られました。

「たんせい2号」では、これまでの衛星が毎分約180回転のスピンのことによって姿勢を安定化したのに対し、初めて衛星に姿勢制御装置を搭載し、姿勢制御実験を実施しました。地磁気を利用した衛星の姿勢制御の実験は、2月18日から3月1日まで内之浦局からの指令電波により計5回行われました。打ち上げ当初軌道面にあった衛星のスピンの軸を軌道面に対して垂直にする、いわゆるホイールモード実験、キーピング・マグネットを用いて軌道面の回転に追従してホイールモードを保持する実験、およびスピンの軸を地軸に対して平行にする実験を行い、姿勢検出の精度内でそれらを達成しうることが確認され、後につづく科学衛星の姿勢制御のための予備実験としての目的が達成されました。



衛星の第3段球型モータへの取付作業風景

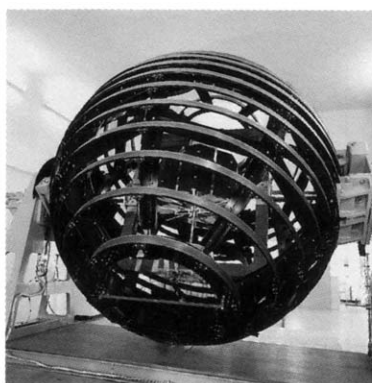


図1 磁気モーメント測定

した。図1は、コイルに囲まれた鳥かごのような装置の中に衛星を取り付け、ぐるぐるまわして磁気モーメントなどの測定を行ったのですが、心臓に悪い試験だったことが思い出されます。

(いのうえ・こうざぶろう)

近くて親しき台湾

朝 木 義 晴

4月10日から5泊6日の日程で台湾の台北市に行っていました。今回の台湾出張の目的は、国立中央研究院の天文及天文学研究所（以下、IAAと略称）の沈（シェン）博士と会うことでした。私の研究は超長基線電波干渉計（VLBI）を用いて地球から約8000光年離れた赤色巨星（太陽のような恒星のなれの果て）までの距離を正確に測るというものです。

沈博士は2年間宇宙研に滞在しておられ、主として「はるか」や地上VLBIを使って地球から数億光年以上離れた銀河の観測研究を進めておられましたが、研究テーマが異なってもデータの解析手法がお互いによく似ているので、博士が滞在中に解析手法から科学まで幅広く議論をしたものでした。今回私の観測データの解析が一段落したこともあって、現在博士が在籍しておられるIAAに伺い議論をしていくことになったのです。

台北までは成田空港から飛行機で3時間程度で着きます。時差も1時間しかありませんし、街では漢字表現をいたるところで見ますので、海外とはいえ非常に身近な感じをおぼえます。今の季節は梅雨の走りにあたるのだそうで、滞在中は雨が降ったりやんだり、降るんだか降らないんだか分からない天候が続きました。気温は25度前後まで上がり、蚊も出ているので、日本の初夏といったところでしょうか。折からSARSの流行が報告されていたためか飛行機の乗客率は10%といったところで、非常に快適な空の旅になりました。台北空港では空港職員は皆マスクをつけており、SARSに対する備えに力を入れている様子が見受けられました。

今回滞在中のIAAは中央研究院の1部門です。中央研究院自身は台北市郊外にありますが、IAAは市内中心部の国立台湾大学物理学部の建屋にあります。常駐者は技官や事務職員も合わせたスタッフ、学生、ビジターで総勢90人ほどになります。このうち天文研究者は約半数です。ここは外国籍の研究者や大学院博士課程卒業後の任期付研究員が多く、所全体が若くて活気があります。驚くべきことに、この春から日本人スタッフが7名在籍するそうで、外国人の中では最大のグループになるのだそうです。学生は、日本の共同利用研究所のように、各大学に在籍しながら所の研究者と一緒に研究をしています。

比較的大きな研究グループにハーバード・スミソニアン研究所と共同で建設しているSMA（サブミリ波

アレイ）のチームがあります。SMAの建設はハワイで行なわれており、このチームに所属しているスタッフは1~2週間程度のハワイ当番が義務として課せられるのだそうです。宇宙研では衛星によって鹿児島局や白田局での運用当番が課せられますが、なんとスケールが違います。11日には私の研究紹介のためのコロキウムを開いていただき、現在の結果を論文としてまとめるにあたって多数の研究者と非常に有益な議論を行なうことができました。

さて、観光情報も少し提供したいと思います。台北市の「故宮博物館」は、歴史的にも美術的にも価値のある中国の文化財が数多く展示されている非常に有名な博物館で、絵画、陶器が好きな人、歴史に関心がある人にとっては外せない場所です。「淡水」もなかなかの観光名所でしょう。日本で例えるならば、横浜の山下公園といったところでしょうか。淡水の魚人埠頭から遊覧船で1時間程度の湾外航海を楽しめますが、湾の外は外洋なので船は大きく揺れ、下手なジェットコースターよりも楽しめること断然請け合いです（ただし、乗物酔いしやすい人は要注意）。

何と言っても食文化については書くべきですが、字数の制限からここでは十分紹介することができません。印象深いものを一つ紹介するとなれば、それは「豆腐」です。後は読者の皆さんが台湾に行った折に実際に確かめてみられることをおすすめいたします、くっくっくっ…。

最後に、今回ホストとして御自身の研究時間を割いて議論の時間を作っていただき、また様々なアレンジをしていただいた沈博士、当地で非常にリラックスさせてくれたIAAスタッフ、学生の皆様に紙面を借りて御礼を申し上げます。謝謝。（あさき・よしはる）





“柔らかい”をキーワードに

通信総合研究所 理事長 飯田 尚志

あの人は“堅い人”だということ信頼できる人だという意味がある反面、堅物でとっつきにくい、融通がきかない人というような印象もある。反対に“柔らかい人”という言葉は聞かないが、何事も柔軟に考え、対応する（できる）人も当然いる。私はどちらかといえば柔らかい方が好きである。

柔らかいというのには、発想の転換とか、チャレンジ精神とかも含まれると考えると、研究はクリエイティブな活動であるので、柔らかい活動そのものだと思う。ところが、今の若い人の多くはきちんとした路線、いわば“堅い”路線を要求しているように見える。例えば、組織のトップが何を考えているか示してくれないと困るという。私も大いに反省はするのだが、どうもどこの組織でもそのような傾向があるらしく、社長なりのビジョンとか考えの浸透が強く言われる。そこで、会社のトップは一所懸命本を読むなど勉強して何か言おうとするという。しかし、そんなものは何の役にも立たないのが普通らしい。一方、私の若い時を思い出してみると、当時、私はトップに何か言って欲しくなかったし、聞きたくもなかった。私が生意気なのかと思って、私の同期生の一人に話したら、我々の時代にはむしろ自分の考えをトップに分かってもらおうという活動をしたということであった。我々の時代精神だったのだろうか。

ところで、宇宙開発というと“堅い”計画が要求される。たくさん税金を使って社会的にもインパクトの大きいプロジェクトを行うから、計画をきっちと立て、予定通り進めるといった堅いこなしが求められるのは当然である。プロジェクト構成員もそのような特性が求められる。しかし、そもそもの計画がどうやって出て来たのかとなると、初期には非常に柔らかい考えが基になっているものである。私の例で恐縮であるが、1980年代前半に筆者らはミリ波パーソナル衛星通信システムというのを提案した。ミリ波帯となれば大

容量の通信が可能であるが、降雨減衰が大きくなり回線稼働率を高くできないというジレンマがあり、もう一步強力に推進する力に弱いものがあつた。筆者らは、衛星回線を直接ユーザ回線に使うことにすればそれほど高い稼働率は必要ないのではないかという考えの下に、ミリ波パーソナル衛星通信システムを提案した。これは当時としては新しい概念であつた。衛星通信が最後は家庭の電話に繋がるのだからパーソナルである、なぜパーソナル衛星通信が必要なのかという反論があつたと聞く。このミリ波パーソナル衛星通信ミッションはETS-VIのミッションの一つとして実現したが、静止軌道投入に失敗してしまい残念であつた。

宇宙開発の中でも一番堅いのを要求するのは有人宇宙開発であろう。人命の安全に関わる開発については、最も堅く考えるのは当然であるし、それだからこそ壮大な計画である。しかし、今まで我が国はそれに本格的に挑戦することから逃げてきた。少し前まで、有人という言葉自体が禁句だつたと聞く。しかし、現実には宇宙ステーションJEMにおいて我が国の有人宇宙技術は着実に進んでいる。今こそ、柔らかい発想で何とか有人宇宙開発を進めることができないものであろうか。

私はISASの前身である宇宙航空研究所が駒場にあつたころ大学院の5年間を過ごし、また、普通には定年という年齢に達したこと、本欄への執筆のご依頼があつたのではないかと想像するのだが、この雑文が諸兄のお目に止まれば幸いである。

(いいだ・たかし)



今回は記事が多い上に初稿以降にも追加記事があつて版組に少し苦慮しましたがはやぶさ打ち上げの成功をお伝えすることができて嬉しく思います。

(田中)

ISASニュース

No.266 2003.5

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部科学省) ☎229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 042-759-8008

The Institute of Space and Astronautical Science

◆本ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話(庶務課企画・広報係)までお願いいたします。(無断転載不可)

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