



宇宙科学研究所
1996.6 No. 183

内之浦港に到着したM-Vロケットの一段目のセグメント（撮影：前山勝則）

〈研究紹介〉

ヒートパイプー潜熱制御技術の確立に向けて

宇宙科学研究所 小林 康徳

この春にスペースシャトルによるSFU回収成功のニュースが大きく報じられたことは記憶に新しい。ご存知のごとく、このSFUの構体は変形八角形をしており、バウムクーヘンを8分割したような台形型の実験箱をトラス構造の支柱にぶら下げた格好をしている。もっとも、1カ所だけはむき出しの赤外線望遠鏡装置が付いていたし、バウムクーヘン上部にも様々な機器が搭載されて多少複雑な外観をしていたが。それはともかく、各実験箱は熱・構造的に独立しており、箱の利用形態や管理については実験者が全責任を持つという衛星設計コンセプトはわが国では初めての試みであった。もう一つの初めでは、実験箱が多数のU字型ヒートパイプ素子でぐるぐる巻きにされていたことである。図1のスケッチに示されているように、合計108本のヒートパイプが使われている。1987～90年に打ち上げられたドイツ・フランス合作のTV-SAT/TDFシリーズ（ヒートパイプ技術者間では「ヒートパイプ衛星」と呼ばれる）では70本以上のヒートパイプが使われた例をはじめ過去の衛星に何度か搭載されてきたが、SFUの規模が最も大きく本格的なヒートパイプ衛星と言ってよ

い。

前置きが長くなった。将来とも我々が宇宙活動を一層発展させていくなれば、大型の宇宙構造物やインフラを作るにしても、高機能化された小型衛星を開発するにしても熱制御（排熱）技術の解決が成否の鍵を握ると言って過言でない。特に後者では新材料開発と共に必須になるだろう。ヒートパイプはそのような熱制御素子の一つであり、SFUで出番が与えられた意義は小さくないと筆者は強調したかったのである。以下にヒートパイプと関連熱流体研究の現状を紹介する。

やはり、ヒートパイプとは何ぞや、という説明をしておくのが親切だろう。いたって単純直截な伝熱素子である。名前のごとく管状容器が多いが、原理的には純粋な液体（作動液体と呼ぶ）が一定量封入された密閉容器であればどんな形状、寸法であれヒートパイプとなり得る。容器の内部はその液体と蒸気の一成分二相状態にある。この容器の一部分を加熱し、他部を冷却すると内部の流体は熱力学の法則に則って相変化（加熱部で蒸発、冷却部で凝縮）を起こし速やかに新しい熱平衡に移行する。この時に冷却部に移動して凝縮し

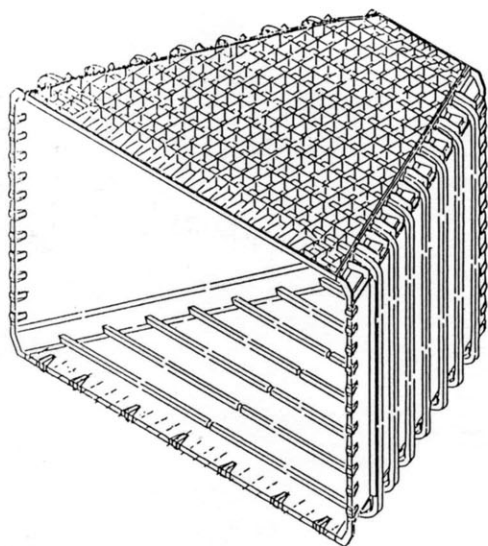


図1 SFU実験箱の構体周囲のヒートパイプ

た蒸気質量の持つ潜熱はその容器壁を介して外に廃棄される。この一連の熱流体现象は加熱部と冷却部間の潜熱授受が主役であるから蒸気と凝縮液の間には温度差がない。すなわち、外部から見れば密閉容器の加熱部に加えられた熱量は温度差がないのに冷却部に移動しそこから排出されることになる。まさに熱の超伝導体である。もっとも、実用に供せられるヒートパイプの有効熱伝導率は管材部などの伝導抵抗が避けられないので、銅のそれの数十倍から数百倍程度である。現在、宇宙ステーション「アルファ」で開発中のアンモニアを作動媒体とする二相流体ループもその作動原理や現象は基本的にヒートパイプのそれと同じで、潜熱授受が主役である。この観点で、大容量排熱手段である様々な形態の二相流体ループも広義のヒートパイプと定義することもできる。

ヒートパイプが最初に宇宙用等温化機器として使用された1963年から1970年代中頃にかけての初期のヒートパイプ理論は、蒸気の圧力降下と液体流の粘性損失を考慮した管内圧力の釣合条件に、作動流体の飽和蒸気-液体線図の二相共存領域での熱源条件を組み合わせた準静的熱力学論であった。宇宙用ヒートパイプがある一定熱流束内で定常的に作動している限りはこの理論で十分現象を説明できた。そこでは作動液体の局所的な渇き上り (dry-out) がヒートパイプの最大熱輸送性能 (限界熱流束) を規定し、その熱輸送性能は高々200W/m程度と小さかった。しかし、1970年代以降、ヒートパイプが地上でも広く利用されるようになると、新たな理論展開が要求される。重力による作動液体の還流能力の増大、従って蒸気流と還流液体との干渉、それに伴う沸騰・凝縮による攪乱など、準静的熱力学

現象とは遠くかけ離れた熱流動現象が現れるからである。沸騰・凝縮問題に限れば伝熱工学では馴染みの研究対象であるが、ヒートパイプのような密閉容器内では蒸発端と凝縮端での熱流体现象がお互いに密接に関連し合っており (「ヒートパイプ現象」と呼ぶ)、これらを個別に論じては必ずしも現象全体の解明に結び付かない。地上用ヒートパイプの渇き上り点と限界熱流束の増大、液流のフラッシング現象などはその典型例である。

従って、現在ヒートパイプを開発する上で最大の問題は従来の理論に基づくヒートパイプの熱輸送性能予測が実験結果と大きく食い違うこと、すなわち出来上がったハードウェアの伝熱性能を正確に予測する方法が確立されていないことである。これが解決されない限り最適なヒートパイプの設計やそれを用いた熱交換器の改善はおぼつかない。ヒートパイプ管内の局所的な伝熱メカニズムから出発したより精密な解析予測が求められている。例えば、溝型ヒートパイプについて

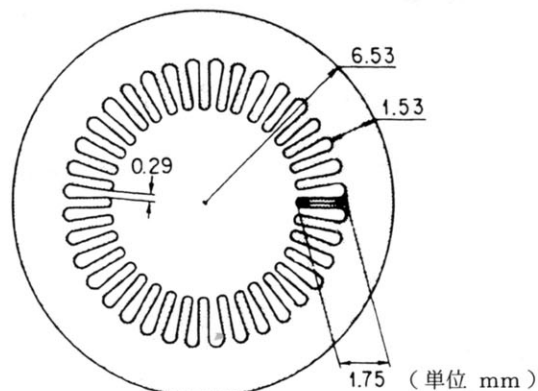


図2 考察対象の溝型ヒートパイプの断面形状

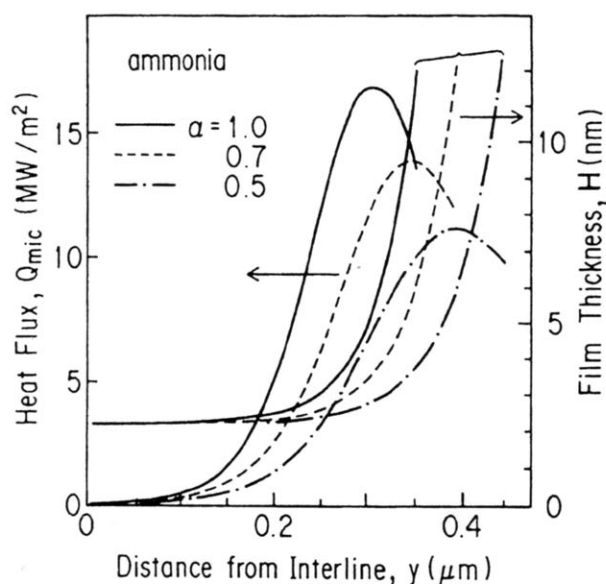
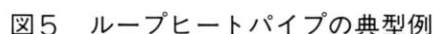
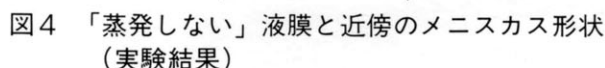


図3 マイクロ領域での熱流速とメニスカス形状 (解析結果)

これら一連の研究で明らかになったことは、溝部固体壁面と液体メニスカスの接触界面近傍のミクロン (μm) 程度の極めて狭い領域がこの種の蒸発伝熱に大きく寄与するという事実である。ここで紹介されたヒートパイプの場合、全伝熱量の約半分がこのマイクロ領域を通ると予想される。蒸発伝熱のメカニズムの一端が明らかになったと言ってよいだろう。



近年、微小な場所や物を対象とする研究が注目を集めている。ヒートパイプに限らず、他の伝熱の分野でも「マイクロスケールおよび分子熱工学」なる微小技術の世界が広がりつつある。量子効果の顕著な分子挙動と巨視的概念の伝熱とをつなぎ合わせる矛盾を指摘されそうだが、両者の接点であるメゾスコピック領域まで遡ってエネルギー移動を捕らえ、熱制御技術を創り出そうとする試みである。まだまだ暗中模索的な段階であるが、コンピュータの腕力にまかせた分子動力学シミュレーションが先行する形で活発化してきた。実験物理の世界では原子操作が可能になりつつあり、量子効果を利用するナノテクノロジー研究の活況から推しても、また近い将来マイクロプロセッサ1個の消費電力が100W級になることを考えても、除熱・排熱の問題は避けて通れない。伝熱はいま最先端技術開発の一翼を担う魅力あふれる工学に変身しつつある。

(こばやし・やすのり)

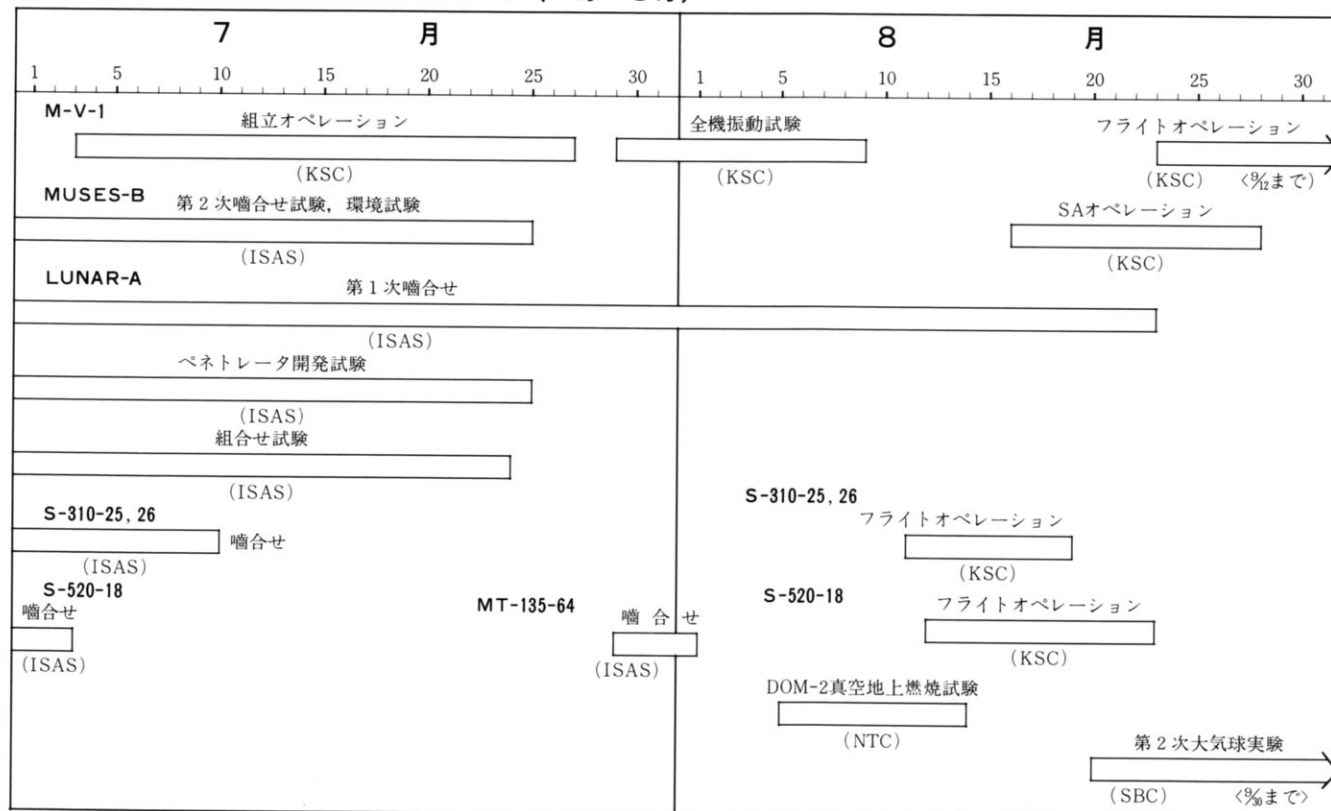
お知らせ



恒例となった研究所の一般公開が8月3日(土)に行われます。今年度はM-V型ロケット初号機の打ち上げがあり、太変忙しい中の一般公開となります。

- 3 -

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール（7月・8月）



★研究会・シンポジウム

科学衛星・宇宙観測シンポジウム

開催日 平成8年7月1日(月)～3日(水)
場 所 宇宙科学研究所本館2階会議場

宇宙利用シンポジウム

開催日 平成8年7月30日(火)～31日(水)
場 所 日本学術会議講堂（六本木）

問い合わせ先：宇宙科学研究所研究協力課共同利用係
TEL 0427-51-3911（内線2234, 2235）

★教官人事異動

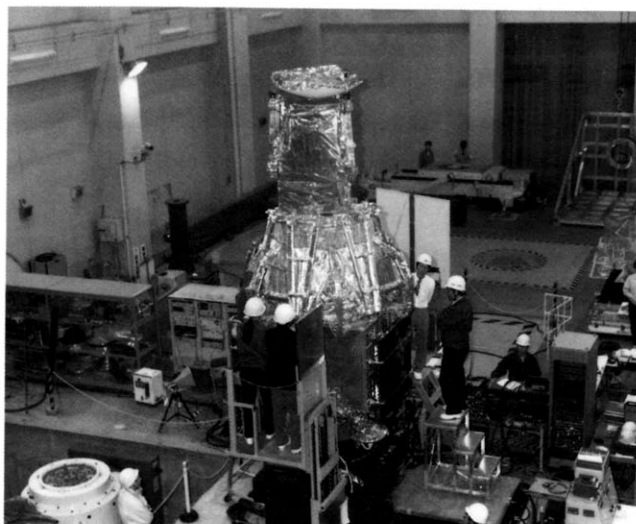
発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現 (旧) 職 等
8. 6. 1	高村 禪	(採用) 宇宙輸送研究系助手	
8. 6. 1	紀伊 恒男	(所内昇任) 共通基礎研究系助教	宇宙圏研究系助手



★MUSES-B 振動試験から熱真空環境試験へ

昨年11月より始まった第16号科学衛星（工学実験衛星）MUSES-Bの総合試験の一環として、3月28日から4月6日まで振動・衝撃試験が、宇宙研の環境試験棟で行われました（写真）。振動・衝撃試験は、10日程度ですが、試験のための準備作業は3月6日から始まりました。アンテナ部と衛星本体が結合され、打ち上げ時の姿を総合試験では初めて現しました。振動試験は、衛星が打ち上げ時のロケットのゆれに耐えられるかどうかを試験するために行います。横振動（2方向）、縦振動を、M-Vロケットで予想される大きさで振動をかけました。見た目は細かく振れているだけですが、非常に大きな音が試験室に鳴り響きました。従来のロケットと比較すると、ロケットの打ち上げ能

力が高まったために振動が大きく、口径約8mのパラボラアンテナを作るための伸展マストが飛び出さない



か、衛星の外側に付いている太陽電池パドルやKuバンド用のリンクアンテナは破損しないかなど、心配な箇所はいくつもありましたが、衛星に大きなダメージは与えずに試験は終了しました。その後、リンクアンテナや太陽電池パドルの展開試験、ロケットとのインタ

ーフェース試験、伸展マストの（微小）伸展試験等を経て、アンテナ部は再分離され、工場に戻り、最終調整に入っています。また、衛星本体は5月上旬より6月上旬からの熱真空環境試験の準備作業を行っています。（村田泰宏）

M-V事情

★M-V総合オペレーションはじまる

連休明けとともに終了したM-V型ロケット第1号機の噛み合わせにひきつづき、早くも5月21日からは、「M-V-1号機総合・地上系オペレーション」が始まった。この一連の作業は、M型ロケットについて継続的に行われているもので、飛翔状態に極めて近い状態、姿勢制御系を中心とした搭載機器の試験を行うものである。推進系であるモータ部を除いて、実機と殆ど同じ状態で各機器群を実機型のケーブルで結合し、できるかぎり射場設備を動員して、その動作・機能を確認する。関連して、ランチャなど地上設備についても、組立オペレーションに先行して準備を整えるという意味があり、名称は総合・地上系オペレーションとなっている。実はあまり知られていないが、このオペに合わせて、モータ部など機体の輸送も行われていて、この段階を過ぎると、ほぼ全ての搭載品が鹿児島県の射場にそろえることになるのである。あとは、組立オペを残すのみで、M-V-1の機体は7月半ば一気に全貌を現すことになる。今回はM-V-1向けということで、このオペレーションに先行して5月14日からはダミーロケットによる全機振動試験も行われているが、その結果も良好とのこと。所期の目的を達成したようである。Mのオペは昨年1月以来である。新装の衛星クリーンルーム、Mクリーンブース、新整備棟など、M-Vの打ち上げ準備は着々と整いつつある。（川口淳一郎）

★M-V-1号機輸送

M-V型ロケットを計画してから約10年が過ぎると言う。予算が正式に付いてから6年に、輸送計画を立案して鹿児島県庁に最初に相談に行ってから4年が経過した。

平成8年5月22日M-V-1号機第1段モータ、セグメント1が快晴の知多半島武豊（日本油脂武豊工場）で80トントレーラーに積み込まれた。大げさに言うならば、この先の宇宙科学研究所の夢を載せた第1歩である。

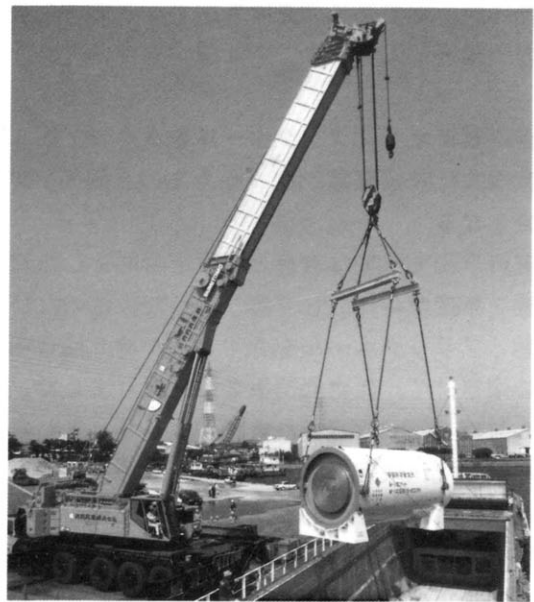
翌5月23日衣浦港・武豊北埠頭にて船積みし、ロケットは海路鹿児島県内之浦港に向けて文字どおり船出した。

KSCで平成7年度第2次実験までに飛翔したロケッ

トは353機を数え、その総てはJR貨物とトラックにより輸送されてきた。今回初めて船舶による輸送を行うこととなり関係各方面に働きかけ8機関24部局に申請書を出した。船舶輸送は国内近海を走行するにも総て国際法が適用され法規制による締め付けは最初予想したものより遥かに面倒であった。

それに輪をかけたように陸上トレーラー輸送も法規制にあい、通行する橋にはオーバブリッジを掛け、夜間0時からのみの通行と言う事で総ての許可が下りた。

24日には第1段モータのセグメント2、25日には第2段モータも船出し、太平洋上を走行して、25日夜のセグメント1を皮切りにあい次いで内之浦港に到着した。そして深夜の時間帯に港から鹿児島宇宙空間観測所まで4キロ強の坂道を走り、無事実験場の火薬庫におさめられた。（林 紀幸）



★PLANET-B JWG

PLANET-Bは1998年に火星に向けて打ち上げられる予定の宇宙科学研究所の18番目の科学衛星です。この衛星には14種類の観測機器が搭載されますが、その中の5つの機器は海外との協力により開発されています。協力国は、米国・カナダ・ドイツ・スウェーデン・フランスです。5月13日より3日間に渡り、フランスを除く4ヶ国と日本の関係者が宇宙研に集まりJWG（合同会議）が開催されました。今年度末から始まる搭載モデルの地上試験に向けての設計仕様の最終確認と地上支援系仕様の議論、科学観測の検討が主なる議題でした。国内外からの約60名の参加の元に活発な議論が展開されました。特に科学観測の検討では多くの観測提案がなされ、衛星計画に対する期待と情熱が感じられる会議となりました。中日の夕刻には宇宙研カフェテリアでささやかなパーティーも持たれ、関係者間の国際的な親睦を深める事が出来ました。PLANET-Bは1998年打ち上げに向けて今年度末より地上試験が始まります。同時期には欧米諸国でも火星探査衛星計画が実施される予定です。PLANET-B計画は衛星規模としては小さいながらも、搭載機器関係者の努力によりその内容は決して見劣りするものではありません。日本も国際協同の中で惑星探査に参加する訳で、今後の国際協力の推進・国際舞台での活躍が期待されます。

（山本達人）

★宇宙研ビデオ「ブラックホールをさぐる」第9回日本産業文化映像祭第2位、「私たちの太陽系」文部省選定となる

宇宙科学研究所では教育と啓蒙を目的としたビデオを平成3年度から作成して参りました。このたびその第4巻「ブラックホールをさぐる」が第9回日本産業文化映像祭にて、教育部門第2位となりました。表彰式は5月17日（金）に行われ賞状が授与されました。

日本産業文化映像祭は、（財）経済広報センター及び（社）経済団体連合会が、我が国の産業活動に対する国外理解を促進するために映像祭を毎年開催しているものです。今年度の応募総数は141件、その中からの受賞で、宇宙研にとっては大変喜ばしいことです。

なお、これまで、第2巻「母なる太陽」はTEPIAハイテクコンクール優秀作品賞、第3巻「オーロラのふるさと」は経団連会長賞に選ばれています。

また、平成7年度制作第5巻「私たちの太陽系」が文部省選定となりました。この選定を受けたことによって宇宙研の目指している教育と啓蒙を目的としたビデオ制作が認められたと思います。（佐々木英俊）

★ISOの第一回成果報告会

昨年11月に打ち上げられた宇宙赤外線天文台ISOは、衛星、観測器ともに正常に働いており興味深い観測を出し続けている。初期の2ヵ月ばかりの試験観測に続いて、現在は世界中の研究者から提案された観測プログラムを順調に消化している。5月末には3日間にわたってオランダにある欧州宇宙技術センター（ESTEC）において第一回の成果報告会が行われた。会議には、ISOの開発担当者、衛星・観測の運用担当者やISOを使って観測した研究者など、世界中からおおよそ260名が集まり、口頭、ポスターを含めて120編以上にのぼる観測が次々と発表されて会場は興奮と熱気に包まれた。

ISOは、サーベイ観測を中心としたIRASとは異なり、汎用多機能の赤外線衛星で観測は多岐にわたっている。例えば赤外線カメラを使った観測では衝突銀河の中で活発な星形成が行われている模様を示す映像や超新星残骸の中の宇宙塵の分布図などが観測された。また、ISOは本格的な分光器を積んだ初めての赤外線衛星であるが、木星や土星の大気の中に、 PH_3 、 NH_3 或いは重水素分子（HD）等の吸収を発見したり、星、星間電離雲、星間分子雲、さらには様々な銀河の中に、多数の原子、分子の出すスペクトル線を続々と発見している。特に、大気中の水蒸気のために地上からは観測できなかった水（ H_2O ）のスペクトル線が広い波長帯で数多く見つかった。その他、今まで検出が難しかった水素分子のスペクトル線の観測が可能になったため従来はCO電波の観測などから間接的にしか推定できなかった宇宙における水素分子の存在を直接見ることが出来るようになった。また、IRTSの観測でも見つかった有機物質の宇宙塵から放射されていると考えられているスペクトルバンドが様々な天体から出ているという観測も相次いで報告された。

日本の研究者から提案された観測も次々と行われている。例えば、進化の末期にある星の周りに宇宙塵のリングを見つけた。これはこの星が息をつぐように間欠的にガス放出を行っていることの証拠である。筆者らが地上観測によって見つけた赤外線の五つ子星の分光観測を行った結果、そこに今まで知られていなかった二酸化炭素（ CO_2 ）の氷（ドライアイス）の吸収線を見つかりもしている。

これらの報告はまだまだ予備的なものであり、ここで紹介したものはほんの一部にすぎない。それでも、ISOが赤外線天文学研究の新しいページを確実に開き、天文学研究に新たな展開をもたらすであろうことは会議の出席者全員の共通の思いであった。（奥田治之）



月のはじまり

宇宙科学研究所 早川 雅彦

月は私たちの宇宙に数ある天体の中でもっとも地球に近い天体である。単に空間的な距離が近いというだけではない。古代より、人は天球上での月の動きや満ち欠けを観測することにより、季節を知り、時を計った。月の引力による潮の満ち引きは生物の活動のリズムに大きく影響しているとも言われている。また、美しく神秘的なその姿のために、物語や詩に数多く取り上げられている。月は人類にもっとも親しまれている身近な天体といえるだろう。

月をさらに身近にした出来事と言えば、アポロ計画による人類の月面活動であろう。科学的にもアポロ宇宙飛行士が月面から持ち帰った岩石の研究により、月物質に関する化学的データは飛躍的に増大した。月の岩石は地球に比べて難揮発性元素が多く、逆に揮発性元素と親鉄性元素が欠損していることが分かった。

月と地球のちがいは、月がどのようにして誕生し、地球のまわりをまわるようになったのか、すなわち、「月のはじまり」に大きく関係していると思われる。月の起源については、19世紀のダーウィンによる分裂説に始まり、これまでに様々なモデルが提唱されている。それらは地球と月の関係によって、以下に述べるような3つのモデルに分けられる。

【1】分裂説：月と地球は最初はひとつの天体であったが、自転速度が速くなったために一部分が遠心力でちぎれて飛び出して月になったとする説（地球と月は親子の関係）。地球の中心に鉄の核ができたあとに地球の表面近くの物質（マントル）が飛び出して月になったとすると、揮発性元素に乏しく、密度が小さいことは不思議ではない。しかし、たとえできたばかりの地球が熱くてやわらかかったとしても、月を遠心力で分離させるにはかなり高速の自転（周期3時間以下）が必要であるという。最近の惑星集積の研究によれば（後に述べるような巨大衝突の力を借りないと）そのような大きな角運動量を地球が得ることは難しいといわれている。

【2】捕獲説：月は太陽系のどこかで生まれ、後に地球の重力によって捕らえられた天体であるとする説（つまり他人の関係）。この説によれば月の化学組成は地球に捕らえられる前に決められており、地球に似ている必要はない。この説の問題は、地球が月を捕獲する確率が天体力学的に非常に小さいことである。月

が地球の重力に捕らえられるには地球に近づいたときに運動エネルギー（速度）を失わなければいけないが、近づくだけではエネルギーを失うことはなく、そのまま飛び去ってしまうのが普通である。地球のそばを通過するときに月にブレーキをかける原因として、地球の原始大気によるガス抵抗、地球まわりをとりまく小天体との衝突、地球の潮汐力が提案されているが、どれも月が地球に落ちてこない程度にうまくブレーキをかけるのは難しい。

【3】双子集積説：月は地球の近傍ではほぼ同時に同じプロセスで作られた天体であるとする説（いわば兄弟の関係）。最終的には地球のほうが大きくなり、小さい月が地球のまわりをまわるようになったと考える。地球のまわりに捕らえられた微惑星が集まって月になったと考える科学者もいる。このモデルによれば地球と月の化学組成は非常によく似ていることが予想されるので、地球と月のちがいを作り出す別のプロセスが必要となる。

最近では、火星サイズの天体が原始地球に衝突し、飛び散った地球のマントルが地球のまわりで集まって月が作られたという仮説（ジャイアント・インパクト説）がアメリカを中心に流行した。巨大衝突は必然的に物質を加熱するので、月の揮発性元素が少ないことが説明でき、地球-月系が持つ大きな角運動量も説明できるため人気を得た。しかし、この仮説も月の起源説の決定打にはならなかった。

これらのモデルの拠り所になっているのはアポロ計画で得られたデータである。月の表側の限られた地域の上層の情報を月全体の平均的な情報にどう焼き直すかについては今も議論が続いているため、どのモデルが正しいかを検証できないのが現状である。来年度打ち上げられる宇宙科学研究所月内部探査機ルナーAにより「月のはじまり」の謎を解くためのグローバルな情報が得られることが期待されている。

月は衛星ではあるが比較惑星学的立場からいえば地球型惑星のひとつとして取り扱ってもよいほど大きい。また、月は太陽系内の衛星としては惑星（地球）に対してとても大きいので、「月のはじまり」は「地球のはじまり」に大きく影響していたであろう。月のはじまりの謎を解くことは惑星や太陽系のはじまりの謎を解く重要な鍵となる。（はやかわ・まさひこ）

スカイウェイでお食事を

久保田 孝

「もう、はいらないよ」を連発した今回の米国出張。スープとサラダでもう十分なのに、さらに大きなメインディッシュを目の前にして思わず口にてでしまう。不慣れな私には、適度な分量を注文することができず、でもおいしいものを食べたいし。出張中、今日は何を食べようかなと、悩みと楽しみの毎日でした。

4月22日から約1週間、ミネアポリスで開かれたIEEEロボティクス・オートメーション国際会議に出席しました。本会議は、ロボティクス・オートメーション分野における世界最大の最も権威ある国際会議で、第1回が1984年にアトランタで開催されて以来、毎年アメリカを中心に開催されています。本会議参加者は、30カ国以上、約1000人と思われます。会議は、148の一般セッション（発表論文592件）に加え、オープニングに特別講演、早朝・夜に2つのパネルディスカッション、VIDEOプロシーディング上映、展示、テクニカルツア、レセプション・バンケットなど盛りだくさんの内容でした。また、12のチュートリアル・ワークショップも行われました。

私は、惑星探査ローバのワークショップに顔を出しました。東工大の広瀬先生をはじめ、JPL・CNES・LAAS・CMU・AMESなど20人くらいが参加し、ローバ研究の最新成果についてOHPやVIDEOを用いて発表、活発な議論が行われました。検討段階が多い中で、1996年12月に火星へ打ち上げ予定のマイクロローバ（Pathfinder）の発表は大変注目されました。このマイクロローバは、火星表面のサンプルを採集し、分析する機構（装置）を備えており、科学探査をするローバの研究開発にもっと力をいれるべきだということを参加者全員が再認識しました。今回のワークショップで諸外国のローバ研究開発の最新成果に触れて、宇宙研での検討が進んでいるところもあるのを知って、早くミッション検討とシステム統合を行って、ISASローバを宇宙旅行に行かせたいと強く感じました。

バンケットは、丸テーブルにフルコース、大勢の人が一堂に介し、大物芸能人の結婚式のようでした。食後のスピーチは、NASA・JSCのBonnie J. Dunbar 博士による「米露ジョイントスペースミッション」と題する講演でした。Bonnie博士は、ミッションスペシャリストの女性飛行士で、当時の写真やVIDEOを見せながら、苦労話や思い出話をたくさん話してくれました。

会議会期中は、コピーやFAXの他にインターネットのサービスもあり、端末を10台用意して一人15分限定で開放してくれました。海外出張にきてまでアクセスしなくてもと思うのですが、みなさん仕事をたくさん抱えているようで順番待ちができていたほど盛況でした。私も日頃の習慣でつついログインしたのですが、漢字が読めなかったので、この原稿依頼など仕事のこととは帰国するまでは知らずにすみしました。

学会は、宿泊しているホテルで行われたので、かんづめ状態でしたが、サマータイムのおかげで会議終了後もまだ明るく、ミネアポリスもエンジョイしました。ミネアポリスという名前は、水（インディアン語）と都市（ギリシャ語）が合わさってできたものだそうで、近くにミシシッピ川が流れ、豊かな緑とたくさんの湖があります。またモール・オブ・アメリカというアメリカの巨大複合ショッピングモールがあり、想像を絶する大きさと内容でした。その他、美術館や彫刻庭園もありますが、そんなに大きな都市ではないので、もちろん、権威のある学会だからでしょうが、会議の出席率は大変よく、質問もたくさんでていました。

4月下旬でもミネアポリスは肌寒く、夜は厚手のコートが必要なくらい大変寒いです。ただ、中心部はデパートやショップ・ホテルが並んでいて、これらの建物をつなぐスカイウェイという高架歩道が縦横に充実しており、一歩も外気に触れずに食事や買い物ができます。スカイウェイで見つけたステーキレストランの食事は大変おいしく、思わず写真をとってしまいました。前菜とパンに手をつけなかったのはいうまでもありません。（くぼた・たかし）



宇宙通信工学 (6)

衛星通信

高野 忠

「衛星通信」は科学衛星やロケットのための宇宙通信と似た語感がありますが、地上の通信の一部であるという大きな差異があります。すなわち、情報の発信・受信は共に地上にあり、基本的に通信網に組み込まれます。そこでは衛星は、単なる中継器になります。

衛星通信システムは、衛星部分と地上部分で構成されます。衛星部分は、科学衛星に比べ高利得なパラボラアンテナ、多数のトランスポンダ、大電力の太陽電池等が特徴的です。その他衛星運用のためのH K、TT & Cシステムを有します。前述の通信系を衛星のミッションとすれば、これらはミッションを支えるものです。

地上部分は、大型パラボラアンテナ、高性能な低雑音増幅器(LNA)や大電力増幅器(HPA)、あるいは変復調器がある点、臼田局と同じです。違うのは、多数の電波を使うためのマイクロ波フィルタ(分波器)や、情報源単位の回線を1電波上の情報に積み上げる装置(多重化装置と言ひ、離れた場所にあることも多い)、等があることです。

衛星による信号伝送を、他の地上形式の伝送法と比較すると、次のようになります。

- (1) 通信点間にケーブル、中継器等の設備を必要としない。
- (2) 広域を一括して、サービスできる。
- (3) 地上での災害に対し強い。これは先の阪神大震災でも、立証された。
- (4) 地上のマイクロ波中継に比べると、フェージングが無い。それでも光ファイバよりも、安定性が悪い。
- (5) 長距離を伝送する方法である(国内衛星通信では、隣町でも片道4万kmを往復して届くことになる)。そのため受信電波は、極めて微弱になってしまい、高級な送受信器が必要になる。
- (6) 同じ理由で、こちらの声が相手に届くために、0.3秒を要する。会話だと相手の応答を聞けるのが、0.6秒後となる。またいわゆるエコーがあると、非常に耳障りとなる。

この衛星通信の特徴を最大限発揮できるのは、光ファイバ等の大容量伝送路が無い所、あるいは遅延が問題にならない情報を送る場合です。従って国際通信一般や、国内通信におけるデータや映像信号の伝送用、飛行

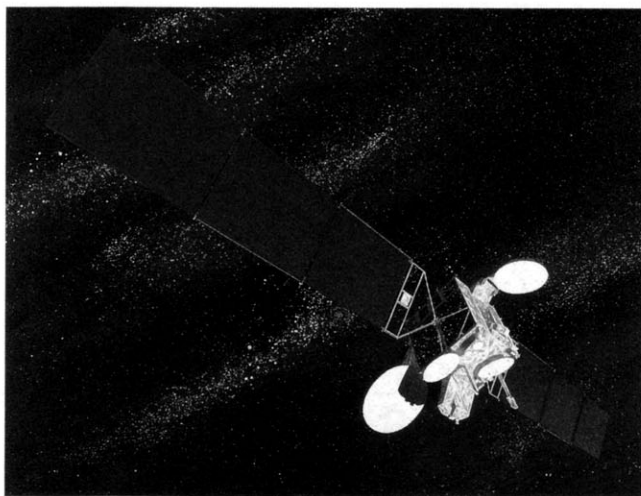
機や船の通信用、非常災害用等に多く使われています。

衛星を使った国際通信システムの一例が、インテルサットです。図は最新型の通信衛星を示します。直径2.4mのパラボラをはじめ計6台の大型アンテナと、端から端まで22mの太陽電池が目につきますが、内部には36台のトランスポンダが入っています。CとKu帯の周波数を用いて、電話18,000本とテレビ信号3本を送ることができます。インテルサットはこの衛星を含め静止軌道上に20基配置し、世界ネットワークを構成しています。これに対する地上局は、1電波でできるだけ大量データを送るためには、高性能(大規模)にならざるを得ません。しかし低価格と利便性をうたい文句に、地上局を小型にする動きが顕著で、その典型がVSAT (Very Small Aperture Terminal) です。

これからの発展としては、衛星を使って携帯電話並みの移動通信を行う動きがあります。これを距離4万kmの静止衛星で実現するためには、衛星側のアンテナをMUSES-B用に較べても飛躍的に大きくする必要があります。

また静止衛星でなく、低・中高度(700~1万km)を周回する多数の衛星を用いて通信を行う計画も、実現に向けて動いています(IRIDIUMやINMARSAT-P等)。これだと距離が近いので地上局(すなわち携帯電話)を小さくでき、かつ遅延も少なくなります。ただし衛星間で通信を行ったり、多数の周回衛星を運用・維持していくため、宇宙技術の比重が大きくなります。

(たかの・ただし)



インテルサットⅦ号衛星(インテルサット提供)



ボタンの時代

加藤 寛一郎

急にイタリア料理を食おうということになり、ソニービルに入った。土曜の昼近く、開店まで20分ある。下のプレーステーションに降りて時間をつぶした。そこで驚くべき光景を目にした。

下反角を持つデルタ翼機が、実に優雅な飛行ぶりを見せている。操縦するのは若いアメリカ人、これぞ戦闘機という飛び方を見せる。その腕前は只者でない。

私はディスプレイに近付きすぎたらしい。男がコントローラーを差し出してきた。ドキドキしながらこれを断る。腕のよい飛行機乗りに会う心地だ。

食事の後、私はこのゲームソフト「ワイプアウト」を購入した。これは反重力飛行を想定したレーシングゲームだった。95年に発売され、ヨーロッパとアメリカで爆発的にヒットしたらしい。アメリカ人が操縦していたのも頷ける。

コントローラーはロール(横の傾き)とアクセル(速度)を制御する。ここは飛行機と同じだが、さらに左右独立のエアブレーキがある。そして何よりも感銘を受けるのは、操縦の直後に起きる機体の揺れである。これぞ飛行機という飛び方を見せる。

古い戦争映画などで、負傷した操縦士が基地に戻るシーンがある。実機で撮影していれば、それはすぐわかる。機体がふらふら傾き、機首が左右に揺れる。これはダッチロールと呼ばれる飛行機独特の揺れ方である。デルタ翼機が見事にそれを見せていた。

ダッチロールの乗り心地は、外見ほど優雅ではない。しかもこれは、操縦を難しくする。だいたいダッチが付く言葉に、あまり良いものはない。ダッチカレッジ(酒の上のから元気)、インダッチ(受けが悪い)、これは拙稿に対する批評だ。

現代機では、ダッチロールは体験しにくい。ほとんどの機体に、ヨー(左右の揺れ)ダンパーが搭載されている。これによって、この揺れを消している。現代機は、自動操縦装置や自動安定装置などという代物で、飛行機本来の個性を殺してしまった。

最近、アメリカからの帰路、私はジャンボ機のコクピットに長時間とどまる機会を得た。このとき同じ航路を、ノースウエストのジャンボ機が飛んでいた。先

行するノースウエスト機は、速度がわずかに遅かった。我々は高度差2000フィート(600メートル)でゆっくりと距離を詰めた。

グレイと赤の機体が、足下に近付いてきた。まるで透明な棚の上に置かれたプラスチック・モデルだ。雲はゆっくりと後方に流れる。その上に浮かぶ機体が、微動だにしない。胴体や翼が太陽光を反射する。その銀白色の帯すら、まったく動かない。現代機は揺れない。それは異様な光景だった。

カムチャッカ沖で、我々は相手機の右上方に並んだ。もし同じシーンを映画で見れば、私は実機が飛んでいるとは信じないであろう。ノースウエスト機は精巧な模型飛行機だった。突如機長が「航路がここで別れます」と言った。ノースウエスト機が左に傾き、私は我に返った。飛行は変わってしまった。

最初私は、素朴な飛行がテレビ・ゲームに生き残っていると思い、興奮した。しかし2日も飛べば、技倆が上がる。それにつれて考えが変わった。

ゲーム機のコントローラーには、10個を越えるボタンが付いている。これで機体を操るのだが、それは現代機でも同じである。旅客機の自動操縦装置は、やはり10個ほどのボタンやノブで操作される。

この趨勢は、飛行機だけのものではない。いまテレビも電話も洗濯機も、みな同程度のボタン操作で動かされる。テレビ・ゲームに素朴な飛行が残っていたのではない。ボタン操作による個性的な飛行が、いままったのだ。

私は昔、飛行機乗りになりたいと思った。なれなければ死んだ方がよいと思っていた。そして落ちこぼれ、馬齢を重ねてきた。いまテレビ・ゲームで、見果てぬ夢を追っている。

ここには真の飛行がある。まだ希望が持てる。私は燃料を補給し、飛び続ける。操縦に極意はあるか。あるとも。人馬一体で飛ぶには、ビール程度がよい。ウイスキーやいも焼酎は危険だ。プーストが強すぎ、バリヤーが早く傷む……。

(かとう・かんいちろう、

宇宙研運営協議員、日本学術振興会常務理事)

ISASニュース

No.183 1996.6.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

The Institute of Space and Astronautical Science

◆本ニュースに関するお問い合わせは、庶務課法規・出版係(内線2211)までお願いいたします。(無断転載不可)