



宇宙科学研究所

1994.6 No. 159



〈研究紹介〉

空気を利用した推進エンジン

宇宙科学研究所 棚次 亘弘

『2001年宇宙の旅』の作者で知られるアーサー・クラークの言葉を借りれば、宇宙機は航空機に対して50年遅れている。両者の歴史を比較した表から分かるように現在のスペースシャトルはDC-3型旅客機程度に相当する。宇宙機はまだ未熟な段階にあると言える。空の旅を身近なものにしたジャンボジェット機に相当する宇宙機はどのような形態のものになるのか？

地上から宇宙空間に飛行する場合、二つの道が考えられる。一つは弾道軌道で、チオルコフスキー、オーペルト、ゴダード等によって提案され、現在この方式が実現している。もう一つは空力軌道で、ゼンガー等によって提案され、航空機のような形態で宇宙に飛行する方式であるが未だに実現していない。この二つの道が大きく異なる点は「大気を積極的に利用するか否か」にある。前者は大気の影響が出来るだけ少ない道を選んでいるのに対して、後者は大気を機体の揚力に利用し、更に推進エンジンの酸化剤として利用している。前者は従来の「ロケット」であり、後者は最近話

題になっている「スペースプレーン」である。宇宙開発の初期にはこの2つの方式が平行して試みられたが、1957年にソ連が弾道軌道による人工衛星の打ち上げに成功して以来空力軌道による研究が下火になった。空力軌道の方が多くの困難な問題を抱えていたことによるからである。しかし、最近になって空力軌道による宇宙への道が見直されるようになってきた。それは民間が宇宙開発に進出する場合、宇宙への輸送コストの低減、乗り心地、安全性や信頼性の向上、更に環境の保全を優先しなければならず、これらの要求を満たすには空力軌道の方が有利な点が多いからである。ロケットはほぼ垂直に打ち上げられるが、スペースプレーンは航空機と同様に水平に離陸する。大気による揚力を利用した水平離陸では小さい加速度で上昇でき、搭乗者に苦痛を与えず、離陸や上昇中の事故から安全に回避し易い。また、スペースプレーンは宇宙からの帰還に際しても水平に着陸し、機体を全て再使用することが容易になる。再使用によって貴重な資源と労力を節約でき、宇宙

表1 宇宙機と航空機の歴史比較

航空機の歴史	宇宙機の歴史
1903 ライト兄弟の初飛行	1957 初の人工衛星スプートニク打ち上げ
1927 リンドバーグ大西洋横断	1969 初の月面着陸
1936 DC-3型輸送機就航	1981 スペースシャトル就航
1952 ジェット機コメット就航	?
1970 ボーイング747型ジャンボジェット機就航	?

への輸送コストを低減できる。

従来のロケットの飛行状態を見ると、高度50kmまでの大気圏内で全推進剤の約60～80%を消費し、1.5～2.0km/sに加速している。このことから飛行中に大気中の空気を吸込み、酸化剤として用いると推進剤の重量を大幅に軽減できることがわかる。この軽減できた分をペイロードや機体に振り向けることによって輸送性能が向上でき、また、安全性と信頼性を高めることができる。

以上のように空力軌道には有利な点が多くあるが、現在のところ実用化には到っていない。これは空気中を高速度で飛行することに伴う困難な問題によるものである。その最大の問題は空気との摩擦による空力加熱と空気吸込方式の推進エンジンにある。

これまでに種々の空気吸込式推進エンジンが提案されているが、大気中から空気を吸い込む方式によって次の四つの基本的な形式に分類できる。

- (1) ターボ機械を用いて空気を吸い込む形式
- (2) エジェクター効果を利用して空気を吸い込む形式
- (3) 液体水素の低熱源を利用して空気を液化して吸い込む形式
- (4) 飛行中のラム圧力を利用して空気を吸い込む形式

(1)～(3)の形式のエンジンでは機体が静止した状態でも空気を吸い込むことができるので、離陸の時から有効な推力を発生できる。これに対して、(4)の形式ではラム圧力が利用できる速度以上にならないと有効な推力を発生できない。ロケット推進の性能は飛行環境にあまり大きく左右されないが、空気吸込式推進では飛行高度や速度によって性能が大きく変化する。更に、一つの方式の空気吸込式推進では離陸から軌道速度までの全範囲を効率良くカバーすることができず、それぞれの飛行速度領域において高い性能を発揮する推進方式をいくつか組み合わせる必要がある。この組合せによって造られる複合エンジンは重量および容積形態がスペースプレーンに納まるものでなければならない。一方、推進機関の性能を評価するもう一つのパラメーターとして推重比（推力とエンジン

重量の比）がある。空気吸込み式エンジンの推重比はロケットエンジンに比べて小さく、同じ推力を発生するのにエンジンが重くなる。更にエンジンの複合化が行われるとエンジンは更に重くなり、この欠点を補って余りある推進性能が要求される。

宇宙研では液水／液酸ロケットの開発研究で得られた成果を活かして昭和61年から液体水素を燃料とするエアーターボラムジェット（ATR）エンジンの開発研究を開始した。ATRは低速飛行ではファンを用いて空気を吸込み、高速飛行では主にエンジンに飛び込む空気のラム圧力を利用して空気を吸込む形式の複合エンジンである。宇宙研のATRエンジンはエキスパンダーサイクルを用いていることからATREXエンジンと呼んでいる。エキスパンダーサイクルでは水素を加熱し、その熱膨張エネルギーでタービンを駆動し、ファンを動かして空気を吸込む方式である。

ATREXエンジンのフロー図を図1に示した。水素は燃焼器内に設けた熱交換器と空気吸込み口に設けたプリクーラーによって加熱される。特にプリクーラーは重要な役目を持ち、空気温度を下げることによって吸込み空気流量を増し、推力を増大することができる。更に、ファン駆動力を下げ、圧縮行程における中間冷却効果によって熱効率を改善できる。

ATREXエンジンでは液体水素は燃料であり、また冷媒としての役目を持つ。マッハ5を超える飛行領域では冷媒としての役目が増し、燃料と空気の最適な混合比以上に液体水素を消費する。

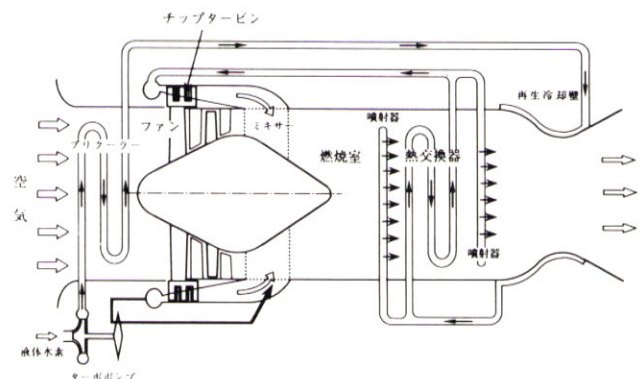


図1 ATREXエンジンフロー図

ATREXエンジンではファンを駆動するタービンがファンの周上に配置されたチップタービン構造を採用することによって従来にないコンパクトなターボ機械系になっているのも特徴の一つである。この構造によって推重比（推力と自重の比）を15～20にする計画で、従来の航空機用ジェットエンジンの重量を半分以下に軽量化する計画である。

ATREXは離陸から高度30kmでマッハ6程度までスペースプレーンを加速することができ、その比推力は従来のロケットに比べて5～10倍程度向上できる。ATREXはゼンガー型の2段式スペースプレーンの1段目の推進系に適している。

現在までに図2に示すような実機の $\frac{1}{4}$ サイズの小型モデル（ファン入口口径：300mm、全長：2200mm）を用いて地上・静止状態における燃焼試験を行った。平成2年から4年にかけて能代ロケット実験場において30回の燃焼試験を通して、改良を重ね最大推力460kg、最高比推力1,400秒を達成した。図3の写真はATREXエンジンの燃焼試験の様子である。水素の燃焼ガスは透明であるが、エンジンに炭酸水素ナトリウムを噴射して火炎を可視化した。このエンジンは小型ではあるが、現在のところスペースプレーンのエンジンとして試験された世界で唯一のエンジンである。この供試エンジンは研究本館ロビーに展示されているのでご覧ください。

現在研究は地上・静止状態における試験から将来の飛行試験を目指して、プリクーラー、可変エアインテーク、エンジンと機体との空力干渉に関する風洞試験を行っている。また、タービンやファンから成るターボ機械系に高温で高比強度が得られる炭素・炭素複合材を応用する研究も進めている。

更に次の段階の飛行試験についても検討を始めたところであり、スペースプレーンの飛行様式および環境においてATREXエンジンの特性および

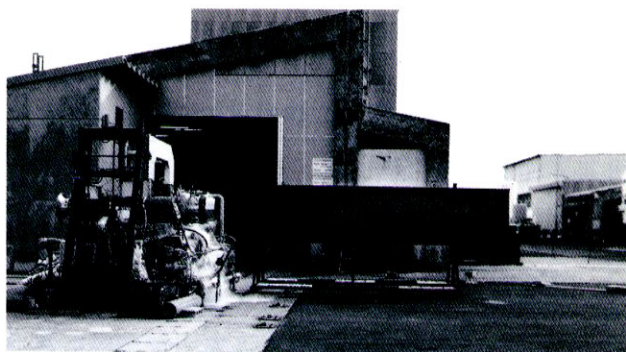


図3 ATREXエンジン燃焼試験

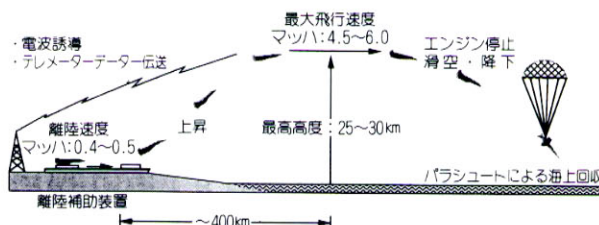


図4 ATREXエンジンの飛行経路

各種の機能や制御を確認することを目的としている。この飛行試験では実際のスペースプレーンに用いられるATREXエンジンの約 $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{4}$ サイズのサブスケールエンジンを用いてその実用性を検証する計画である。

飛行経路は図4に示すように離陸補助装置によってマッハ0.4～0.5まで水平にレール上を滑走し、離陸する。その後はATREXエンジンの推力だけで目標の高度および速度まで到達し、減速・降下した後パラシュートで海上において回収される。FTB (Flying Test Bed) は自立した航法システムと電波誘導により計画した経路を飛行し、飛行中のデータはテレメーターで地上に送られる。飛行実験ではマッハ6程度の飛行を目指しているが、最初の段階ではマッハ4.5あたりまでの飛行が当面の目標となるものと思われる。マッハ4.5までは金属材料を用いても達成でき、これより高マッハ数の飛行ではターボ機械やエアインテーク等に耐熱性や比強度の面で優れた特性を持つ炭素・炭素複合材を用いる計画である。

人類はその活動を拡大しようとして、輸送と情報伝達システムに技術革新をもたらしてきた。世界の先進各国が目指す「スペースプレーン」は人類の本格的な宇宙への進出に欠くことのできない輸送システムになるものと思われる。

(たなつぐ・のぶひろ)

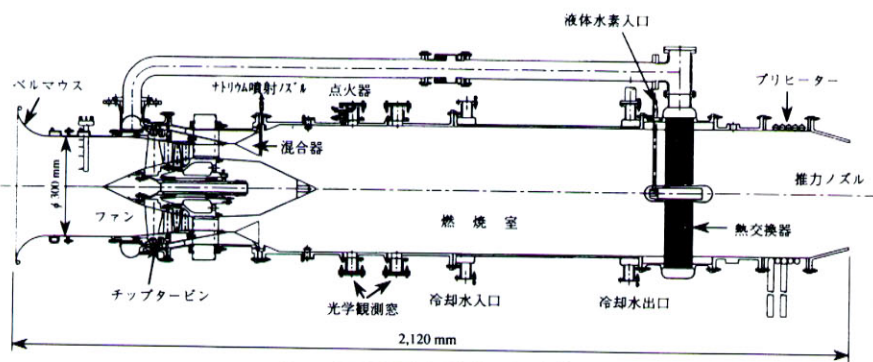
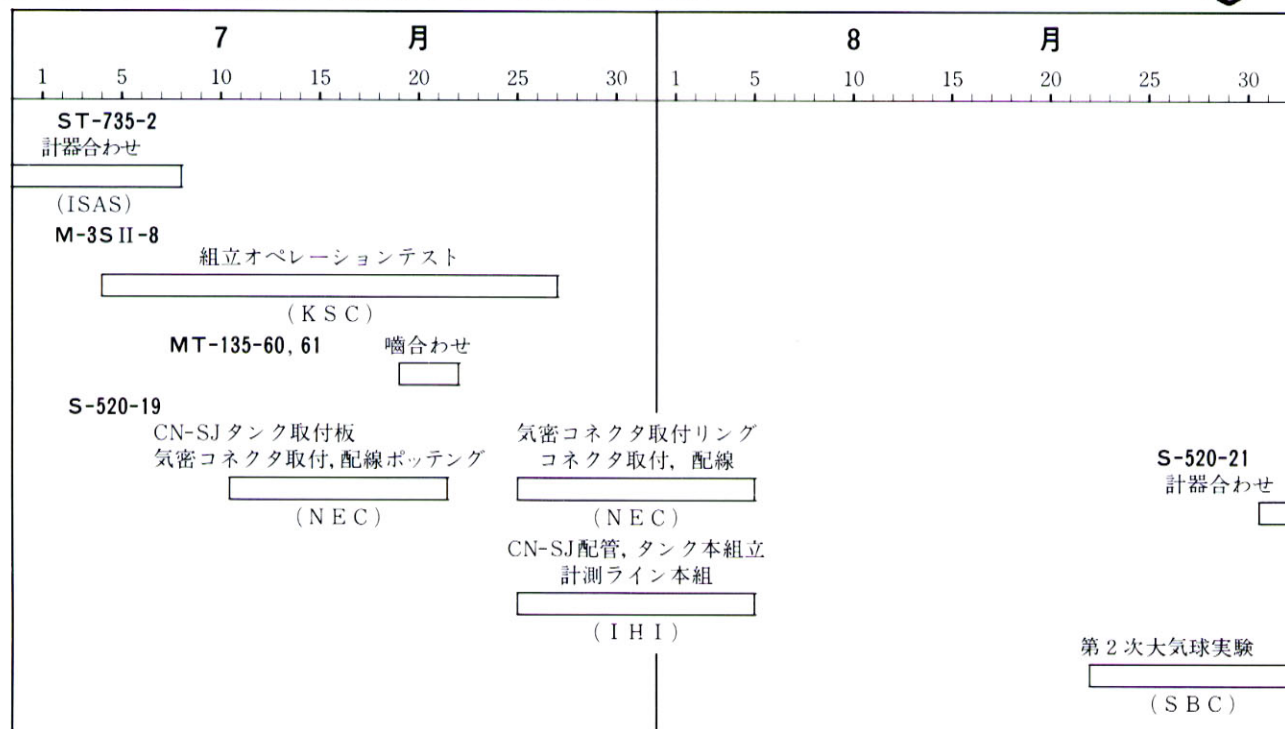


図2 ATREX-500エンジン

関係の作業スケジュール(7月・8月)



★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(7月・8月)



★平成6年度一般公開

日 時 7月30日(土) 午前10時～午後4時30分
場 所 宇宙科学研究所(神奈川県相模原市由野台3丁目1番1号)
公 開 ・ロケット、衛星の試験設備等 ・磁気圏観測衛星GEOTAIL ・X線天文衛星「あ
すか」 ・開発試験中のM-Vロケット ・宇宙科学の将来計画
他に、惑星ローバー走行実験、映画会、ミニミニ宇宙学校、スタンプラリー等も実施します。
問合せ先:宇宙科学研究所庶務課企画広報係 電話 0427(51)3911 内線 2205



★ST-735-2噛み合わせ

**ISAS
事情** ST-735-2号機、通称 M-V 試験機
の噛み合わせが、当初から約1月遅
れで、5月9日から行われました。この試験機は、
計測班が主な「乗客」とであるという点で、他のロ
ケットと異なっています。主目的は、M-V実機で
導入された新技術である、Fire In The Hole
(FITH) 分離を確認することにあります。FITH
を導入することで、第2段目を早期に点火させる
ことが可能になり、これによって、第1段～第2
段間のコースティングを短縮できるため、衛星投
入能力を大幅に改善することができます。M-V試
験機では、段間の継手を強制的に切り離す火工品
の動作をはじめ、展開型の継手の開傘、空力的な
外乱や、第2段推力立上り時に発生し得る非対称

剥離のクリアランスロスなど分離運動に与える影響を総合的に計測、確認します。噛み合わせスケジュールが遅れたのは、この火工品作動時の衝撃環境が当初の見込みを上回ったことに対する、機体側の対策に時間を要したためでした。通常の機械試験設備では、この衝撃環境を模擬できないため、6月上旬に鹿児島で、搭載機器のパイロショック試験を実施する予定で、今月の噛み合わせはそれに向けたものです。作業は順調に進み、予定よりも4日間の短縮がはかれました。飛翔試験そのものは、9月下旬に行う予定で、6月のパイロショック試験後に、全体を本組みする短期間の第2回噛み合わせを予定しています。

(川口淳一郎)

M-V事情

★M-14地燃準備始まる

～表紙写真～撮影：杉山吉昭

平成6年5月10日早朝、能代ロケット実験場（NTC）に32トンの大型トレーラーが到着した。M-V型ロケットのM-14モーター（セグメント1）の到着である。いよいよM-14TVC大気地上燃焼試験のための組立作業開始である。

M-V計画がスタートして以来、数年間、毎日開発、検討が行われてきたわが国最大の固体燃料ロケット、M-V型のモーターが目の前に姿を現し、実験班員はあらためて直径2.5メートルの大きさに目を見張りつつ、搬入、開梱作業を進めた。

以後、20日までに4分割され搬入されたロケットモーターは、これまた巨大な高さ約33mの組立

塔内に先端を下向きにして吊り込まれ、垂直の状態を組み上げられた。最後に、最上部のノズル部を組み付け、総重量92トンのM-14モーターの組み立て完了である。その後、90度倒して（表紙写真参照）予め準備されていたテストベンチに水平状態にセットされ、芯出し作業へと移行した。

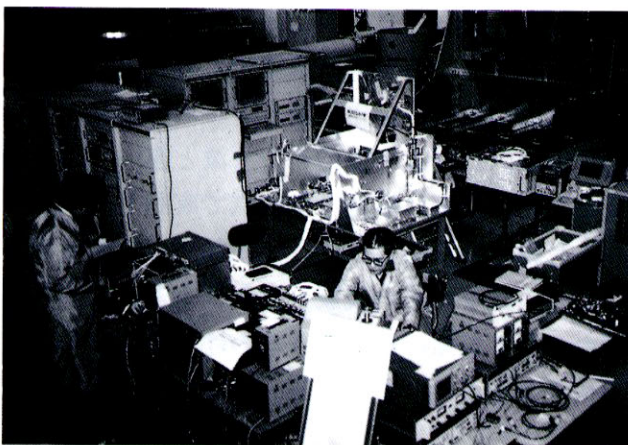
一方、組立作業と並行し、計測系、制御系、管制系等の準備作業も着々と進められた。

経験豊富な実験班により、大きさと初めての体験からこれまでにない緊張感のたどる雰囲気で行われた作業はインターフェイス上のトラブルもなく、すべて順調に進行した。組立棟内のM-14モーターは6月に予定されている燃焼試験に向けて静かに巨体を横たえている。

（東 照久）

★MUSES-B一噛みを迎える

MUSES-Bの開発はFMの第3年次に入っており、一次噛み合わせ試験（一噛み）を行うところまでできました。MUSES-BはM-Vロケットの初号機によって打ち上げられる衛星で、大型アンテナの展開やスペースVLBIのための工学諸技術の実験を行うとともに、VLBIによる電波天文観測を、国際協力のもとで行います。一噛みは6月中旬に始まり、10月までかかる予定です。場所は飛翔体環境試験棟（C棟）のクリーンルームです。まず共通系の試験から始め、次いで電波天文の観測系、その後、大型展開アンテナとRCS（リアクションコントロールシステム）を衛星に組みつけます。



大型展開アンテナを組み付けた状態で、衛星の高さは約4mになります。衛星の開発も、各ハードウェアが揃ったこれからが正念場で、M-Vロケットの1号機にふさわしい衛星となるよう、MUSES-Bチーム一同努力を重ねているところです。

一次噛み合わせ試験に先だって、観測系の最終調整試験がNEC横浜工場で行われました。写真はその様子を撮したものです。（廣澤春任）

★第16回ペネトレータ貫入実験終了

連休明けの5月8日から一週間、能代ロケット実験場においてペネトレータ貫入実験が行われた。この実験はLUNAR-A計画において中心的役割を果たす月ペネトレータの開発研究の一環で、ペネトレータを高圧ガスで加速し月面疑似砂に貫入させる過酷な実験である。

今回の実験の大きな目的の一つは貫入時の衝撃によって構体が受ける荷重を知ることであった。ペネトレータ自身に搭載したデータレコーダによって、衝撃時に構体各点に発生する歪が3機体について計測された。これらは構体軽量化のための重要なデータとなる。また各搭載機器が1万Gの衝撃に耐えることはこれまでの実験でほぼ確認されており、現在は耐衝撃性を保ったまま高性能化、

軽量化のために改良を進めている段階である。アンテナ、地震計、地震計回転機構、熱流量計などが搭載され試験された。各機器のフライトモデル開発に向けた貴重な情報が取得できた。

今回の実験機体は先端がオジャイブ型という砲弾型をしているため、これまでより深く潜り込むことが小型モデル実験より予想されていた。ペネトレータ班の仕事は砂箱の掘り返しから始まるが、内心（こんなに柔らかくしたらペネトレータを掘り出すのが大変だ）と思いつつ140cmまで掘り返した後、埋め戻した。1号機は（予想どおり！）砂箱の底まであと20cmにせまる245cmまで潜り込み、最長記録を更新した。初参加ながら機体の掘り出しに活躍された樋口先生、お疲れさまでした。（早川雅彦）

★宇宙研ビデオ（第3巻）完成

第1巻「宇宙をさぐる一ロケット、人工衛星」、第2巻「母なる太陽」に引き続き、第3巻「オーロラのふるさと」が、この度発売になりました。

オーロラ研究は、日本が得意とする分野の一つで、これまで多くの観測研究が実施されて来ています。このビデオでは、研究の最前線の生の姿を伝える事に主眼を置いています。南北両極域における光学観測、気球やロケットの発射風景、そして宇宙から見た「オーロラ」の姿。日食や彗星と並んで人の目を引く宇宙現象「オーロラ」。一体ど

こまで謎は究明されているのでしょうか？

このビデオでは、視聴者のさまざまな疑問に答えるべく内容を吟味しています。

各所に見られるオーロラのきれいな映像。見ていて楽しいビデオに仕上がっています。

（財）宇宙科学振興会（TEL 0427-51-1126）に、お申し込み下さい。

なお第4巻は「ブラックホールを探る」と題して、来年3月に刊行の予定です。（小原隆博）

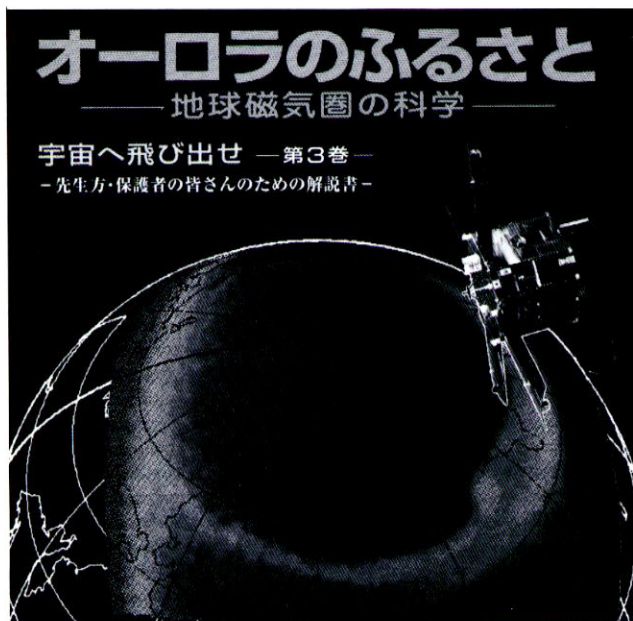
★シューメーカー・レビー彗星が木星にぶつかる

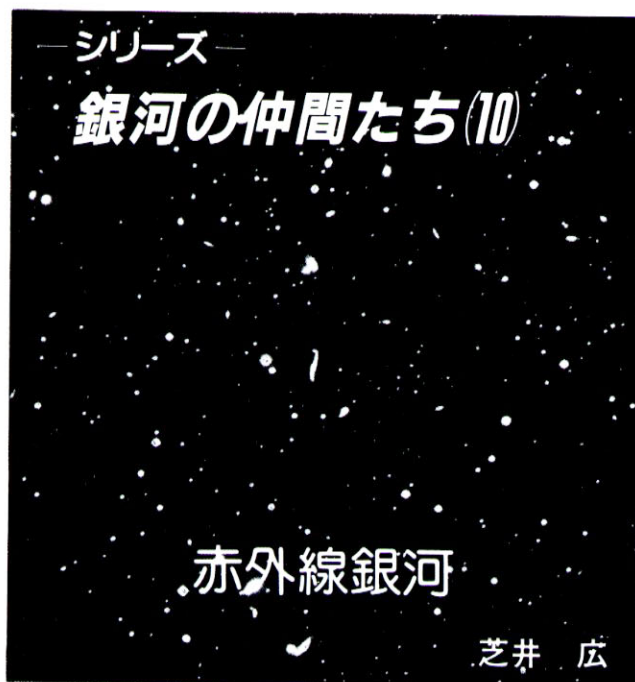
木星の強い潮汐力で20個以上の核に引き裂かれた不気味な形で昨年発見されたばかりのシューメーカー・レビー第9彗星が今年7月17日から22日にかけて木星につぎつぎと衝突する。彗星核は大きなもので直径1km以上に達するとみられ、もし木星を厚く覆うアンモニア雲より上で爆発すれば最も明るいときの金星以上の明るさで輝くかもしれない。しかし衝突は地球から見て木星の縁よりわずかに裏側で起こることがほぼ確実で、地上の観測者はその縁から漏れ出たりイオなど衛星に反射してやってくるかもしれない閃光にイベントを垣間みる希望を託すことになる。

彗星の衝突は彗星自身のみならずふだん厚い雲に覆われて観測できない木星内部の情報を、その巨大な噴煙とともに上層にまで巻き上げて我々に見せてくれる千載一遇のチャンスである。従ってその時衝突を直接見る好位置にいるアメリカの惑星探査機ガリレオが写真撮影を予定しているのははじめハッブル宇宙望遠鏡、他の探査機による電波観測、地上からは可視光、赤外線、電波、さらには重力波などさまざまな観測計画が進められている。わが臼田64m電波望遠鏡でも衝突による木星の温度や磁場の変化を捉えるため観測準備を進めてきた。これは可視光やミリ波と違い天候や昼夜を問わず確実に観測できる点で有利である。

もし地球に衝突していれば人類滅亡の惨事を招くかもしれないその現象を我々は幸運にも木星を舞台として気楽に観測できるわけだが、その彗星が何を教えてくれるか、答えはまもなく出る。

（水野英一）





この宇宙が今から百何十億年か前に「ビッグバン！」と生まれたとき、宇宙は水素やヘリウムのきわめて一様なガスでできていた（未確認の粒子は別にして）と思われている。しかしこのような宇宙の中で、酸素や炭素などの元素がどのようにつくられたか、また銀河のような恒星の大集団がどのようにして生まれて「進化」してきたかは、天文研究者の最大の謎の一つである。赤外線銀河はこの謎を解くカギを与えてくれる可能性がある。

「赤外線銀河」は、1983年にあがったIRAS衛星の観測によってぞくぞくと発見されたもので、エネルギーのほとんど（99%以上のものもある）を赤外線、しかも中間赤外線や遠赤外線（波長10ミクロンから数100ミクロン）で放射している銀河のことである。そのため、光や電波では明るくなくとも、遠赤外線では際だって明るく見える。

遠赤外線で見える理由は、この種の銀河には大量の星間塵（星間空間の固体微粒子）が含まれていて、紫外線や可視光を吸収して遠赤外線に変換しているためらしい。元のエネルギー源については2説ある。A：銀河中心核の巨大ブラックホール説、B：大規模星生成説。A、Bいずれの場合もこうして生みだされたエネルギーの大部分が遠赤外線に変換されているというわけである。

3年前に赤方偏移が2.3の赤外線銀河に発見さ

れて大騒ぎになった（94年2月号）。さらにごく最近、これまで見つかったもっとも遠方の天体の一つである赤方偏移4.7のQSO（クエーサー）が実は遠赤外線でも非常に明るいことが発見され話題になっている。もしこれが大量の星間塵の存在を意味するものならば、宇宙誕生後十億年経たないうち（宇宙年齢の15分の1以前）に、すでに星間空間に大量の星間塵があることになる。

実はこの星間塵の存在が重要な意味を持つ。星間塵は、煤のような炭素か、砂ボコリのようなシリコン酸化物、あるいは水やアンモニアなどの氷でできていると考えられている。ところが宇宙初期に水素やヘリウム以外の元素が大量に星間空間に存在するためには、さらにそれ以前に大規模な星生成が起こり、それらの星が寿命を終えたあと超新星爆発をおこして、それまでに星の内部核融合反応で合成した炭素や酸素、シリコンを星間空間にばらまくという、「星間塵生成サイクル」を経なければならぬ。しかもこのサイクルが銀河の大きさ程度で大規模に起こらなければならない。一体、いつから宇宙は星間塵を作り始めたのだろうか。

一方、赤外線銀河の像を地上の大望遠鏡で詳細に調べてみると、ほとんどが不規則銀河に分類されるような変な形をしていて、銀河同士が衝突・合体している天体（93年10月号）であることがわかってきた。銀河同士の衝突・合体が起こると、これが引き金となって銀河全体で爆発的な星の生成（スターバースト）が起こったり、中心に巨大ブラックホールができたりするという説があって上に述べたエネルギー源の問題とつじつまがあってしまう。

宇宙の初期には宇宙自身が小さかったし、比較的小型の銀河が数多くあったとすると、銀河同士の衝突や合体が現在よりはるかに頻繁に起こっていて、それが赤外線銀河として見えるはずである。赤外線銀河の個数密度を調べることで、銀河が合体して成長していく過程（進化）をたどることができるかと期待されている。（しばい・ひろし）

（写真はヘルクレス座銀河団、「AN ATLAS OF SELECTED GALAXIES」（東京大学出版会）より転載）

AstroNewt 準備完了!

黒 谷 明 美

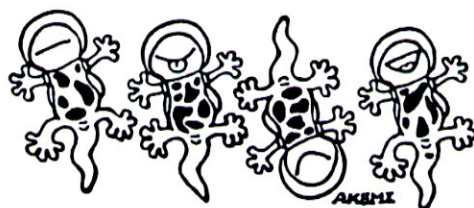
カエルよりも2年も前から騒ぎ続けていたイモリの宇宙実験“AstroNewt”が今夏ようやく行われる(IML-2: 2nd International Microgravity Laboratory, 7月8日打ち上げ予定)。本番に先立ち、4月26日から5月14日まで、ケネディ・スペースセンター・ハンガーLでの2回目の地上運用のリハーサルにアカハライモリ300匹とともに参加した。

“AstroNewt”実験での私の仕事の中で最も重要なのは、このハンガーLの実験室で、できるだけ多くのイモリを群として均一に健康に維持していくことである。これらのイモリから最終的に飛行イモリが選抜されることになるが、飛行イモリの選抜というと飼育しているイモリの中から何らかのコンテストを行い、特にタフなスーパーイモリのようなのを見つけだす作業であると誤解されがちである。我々が行う宇宙生物学実験の目的は地上に生活するごく普通の生き物の生活がいかに宇宙環境の影響を受けるかを調べることにある。だから、少数精鋭を選ぶのではなく、ある程度まとまった数の均一な質のイモリの群を維持し、その群から飛行イモリ、地上対照実験用イモリなどを無作為に取り出して実験に使う必要があるわけで、300匹(本番は1000匹!)などという大量のイモリをフロリダに運ぶことになる。また、精神的にも肉体的にも凡人より優れた人間の宇宙飛行士を選抜するのはちょっとちがうわけだ(宇宙飛行士をサンプルとして取得する宇宙医学実験のデータは、将来、凡人たちが宇宙観光旅行に出かけるための基礎データとなるのかしらと常々考えてしまう)。

さて、ハンガーLのハンガーとは格納庫のことで、もともとどだっ広い建物の中に、後で部屋を作って実験室としている。間取りや廊下・階段のつけ方はほとんど迷路のようだ。エレベーターのドアは手でむりやり閉めるか、2分位じっと待つ

ていれば運が良ければ閉まるかもしれないという代物である。そのため、Kissimmee水(金魚・イモリ・メダカに共通な飼育水として使用している地元のNatural water)のガロン瓶を1階の置き場から2階の実験室に運ぶ作業はなかなか重労働であったが、最後には、様々な障害物の並ぶ迷路のような廊下で、8本のガロン瓶の載ったカートを手でスムーズに引き回し、頑固なエレベーターのドアを一蹴りで閉めるというテクニックを修得した。実験室には、イモリの冬眠温度を達成できる低温室がついている。なんとこの低温室はハンガーL中唯一のもので、IML-2の数多くのライフサイエンス実験の中で我々がイモリの冬眠室としてここを使えるのは非常にラッキーなことであった。この低温室のおかげで、北は三陸から南は鹿児島のものびりとした田園地帯で冬眠中に何も知らずに採集され、冬眠したまま海を渡った300匹のイモリたちは、フロリダでも幸福な冬眠を続けることができた。目覚めれば真夏のフロリダなんてことは気がつくはずもない。実験室内には少々能力不足ではあったが(外気温に依存して温度がシフトしてしまう)、エアコンが完備され、目覚めたイモリは真夏のフロリダにいながらふるさとの春と同じ気温を満喫し、たくさんの卵を産んだ。BBMでの長期飼育のイモリたちもこれまででもっとも産卵状況が良かった。本番の時も、少なくとも地上では、イモリを良い状態で維持できそうだというとりあえずの自信獲得。

今回のリハーサルでの経験を胸に、いよいよ6月6日には本番に向けて出発! AstroNewtの活躍をお祈り下さい。(くろたに・あけみ)



— 人工衛星の姿勢制御の話 —

最終回 三軸姿勢制御(その3)

二宮 敬虔

前回までに述べてきたホイール方式に対し、スラスタ方式は長期の宇宙ミッションにはあまり有利とは言えない。その理由は、(1)ホイールの場合と異なり、周期的な外乱トルクに対しても一方向性の外乱の場合と同じ燃料消費を伴うこと、また(2)制御に必要なトルクをスラスタ噴射のオンオフパルス列を工夫して(変調して)発生するわけであるが、高精度の制御を行おうとすると、いわゆるリミットサイクルのため燃料消費が急増してしまう点である。しかし、スラスタ方式は、利用できるトルクの選択幅が広いことや、アクチュエータとしての機構的簡単さの利点があって、実用衛星の姿勢捕捉時や軌道制御時の姿勢制御などのほか、Mariner, Viking Orbiter, Voyager, などの惑星探査機の姿勢制御には広く用いられている。

最後に、受動安定化方式であって能動的制御という概念にはなじまないため「三軸制御」とは通常呼ばれないが、歴史的には最も古く意義深い三軸安定化法について触れておく。それは「衛星の自然回転運動では、衛星各部に作用する重力と(主に軌道運動の)遠心力の作用によって、衛星の最小慣性主軸が地心方向に一致し、かつ、最大慣性主軸が軌道面に垂直となるような回転力(トルク)を受ける」という事実を利用するものである。そ

こで衛星の形を工夫してこのような望ましい質量特性を持つように設計し、適当な運動ダンパー(秤動ダンパーと呼ばれる)を搭載しておけば、自然に図1のような地球指向(三軸)姿勢が実現されるはずである。月が常に一面を地球に向けて公転しているのもこの原理によるといわれている。このような受動的方法はもちろん指向精度は粗いが、一つの軸(たとえばアンテナ)を地球方向に向けるには大変有効で、沿磁力線姿勢安定化法(図2)などとともに初期の多数の衛星に応用されてきた。

なお本解説では「角運動量」「慣性主軸」などの専門用語をその定義説明もなく使用したが、これらについてはまた機を改めて易しく解説される機会があるものと期待して、今回シリーズを終わりとさせていただきます。(にのみや・けいけん)

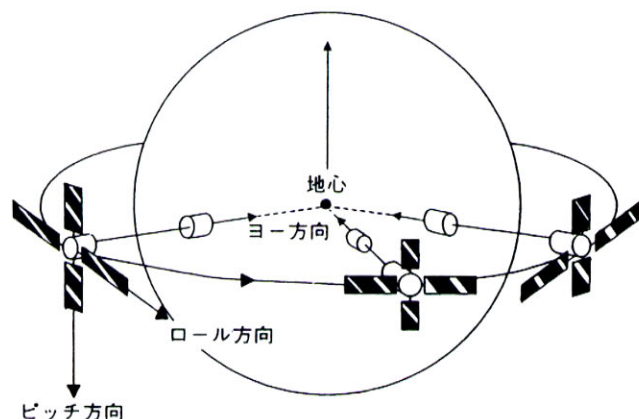


図1 重力傾度安定化方式

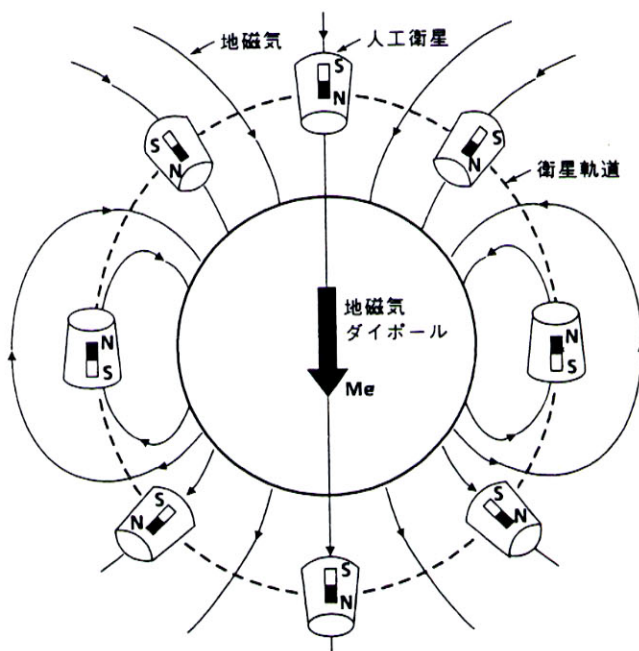


図2 沿磁力線姿勢安定化法



随 想

早 川 義 彰

毎日曜日は、朝TBSラジオのバックグラウンドミュージックを聞きながら新聞を読み、コーヒーを飲む。その中で「朝のホテルは緊張感があるいいですね」と上司と部下のやりとりがある某ビジネスホテルのCMがある。

これを聞きながらアメリカのホテルを思い出した。確かにアメリカに出張し、訪問先に出かける前の朝のホテルでの緊張感は何となく心地よく元気が出てくるのである。トマトジュース、ハムあるいはベーコン、パン、玉子と食事のメニューは何となくということがないが、なんとなく周囲を含めて明るく昂揚感にあふれ、アメリカの朝のホテルはとて素晴らしいと思っている。以前からこのような気持は僕だけが特有なのかな、と思っていたら、新聞のコラムで同様のことを言っている人がいて、少なくとも僕だけでないのだと実感した。この理由はなんなのだろう。このような感じは日本はもとよりヨーロッパのホテルでも持ったことがない。ブレイクファストルームの広さ、ウェイトレスの明るい挨拶、何杯も飲めるコーヒー、それとも新聞やビジネスレポートをちょっと真剣そうに眺めているビジネスマンのせい、どれもこれもあてはまっているがそのせいと言い切れない。もう一つは、これから知らない土地で一人で頑張ってみるかといったへんな気負いも関与しているであろう。これらが総合的にからみあって心地よい緊張感と昂揚感が生じるのだと思う。アメリカにはこのような状況をつくりだす何かがあり、これは文化、風土なのだろう。アメリカで重要なのは“朝”という気がする。

ところで日本において緊張し、昂揚した気分になるのはなんと言っても内之浦や種子島でのロケット打ち上げの日の朝である。当然この緊張感、我々が設計、製作した機器がフライト前の各イベントを正常にこなす、フライト中も問題なく動作

してくれるだろうか、と言った不安を伴ったものであるが、昂揚感はアメリカで経験するそれと類似している。そしてこの緊張感と昂揚感は、カウントダウンが零に近づくにつれ大きくなり、ロケットがランチャを離れ、音が少し遅れて聞こえた時最高潮になる。（見学席で見ているのでどうもすみません。）L-4SC-5で国産初のFRIGを搭載した時、S-520-11に載せた世界初のFOGロールセンサの打ち上げ時、そしてM-3S II-7号機のFOG-INGの搭載実験は僕にとって特に忘れられない打ち上げである。

今まで僕が体験した緊張感と昂揚感について書いてきたが、人間いつもそうした気分ばかりで生きている訳にはいかない。緊張感があればリラックスも必要である。日本にはアメリカと異なりその点良いシステムがある。西村敏充先生が“赤提灯文化論”で言っておられるように、ほとんどの地域に赤提灯があり、ここでサラリーマンが会社の不満を述べたり、上役の悪口を言ったりしてエネルギーを発散している。またロケットが成功裡に飛翔し、所望の軌道に衛星が投入されたら、その喜びを関係者で分かちあい“いも焼酎”を飲む。仲間意識が大きくふくらみ活力が湧きでてくる。こうしてみると、日本で重要なのは“夜”か？。

現在我々は、M-V-1号機用のFOG-INGの製作に全力を傾注している。すなわち打ち上げ成功までは緊張の状態がつづく。しかし適度な緊張とちょっとしたリラックスが必要で、この点に注意しながらマネジメントをし、成功の暁には飛び切りうまい“いも焼酎”を飲みたいと思っている。

蛇足ながら、本当にラジオのCMで流れているホテルが日本にあるのなら試してみなきゃならない。（三菱プレジジョン㈱）

精密機器部長、はやかわ・よしあき

ISASニュース No.159 1994.6.

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

◆ISAS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。