



〈研究紹介〉

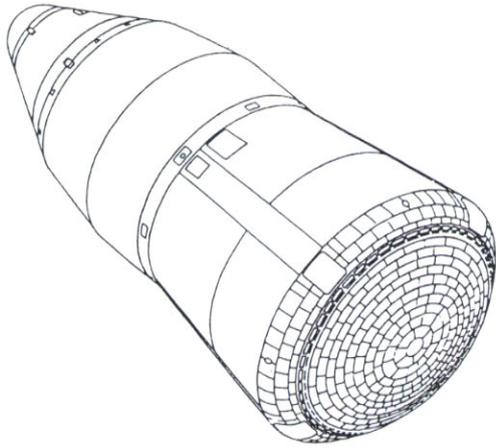
宇宙輸送の革新

宇宙科学研究所 稲谷 芳文

宇宙へものを運ぶ手段としてのロケットは出来上がってから何10年にもなりますが、技術的に成熟したと云えるでしょうか？質的な意味も含めて更に進化させることは可能でしょうか。我々はこの問題について色々と考えて仕事をしています。ここで云う輸送とは地上から地球周回軌道への輸送のことです。

将来の宇宙輸送システムを考えるとときまず問題となるのは何を運ぶかということです。ただ新しい技術が欲しいからという目的では税金の無駄使いだという批判には仲々耐えられませんし、今のように世の中の景気が悪くなるといっぺんに頓挫してしまいます。「宇宙の仕事はArtificial Marketだ」といった人がいましたが、これはある意味の真理を言い当てていて、新しいロケットを作りたい人が同時に上でやる仕事も考えるというやり方では例えば石油を運ぶからタンカーを作ろうとか、外国に行きたいから飛行機を作ろ

うとかいう単純で明解な必然性がでてこないわけです。宇宙研のロケットはその科学ミッションという明確な目的のために必要にして十分な能力を発展させる形で開発されてきました。目的がはっきりしているという意味でうまく回転するのは当然と云えるでしょう。ところがビジネスの世界で現状で商売としてペイしているのは電波を地上にばらまいて広く薄くお金を集めるやり方の通信や放送という分野ですが、これだけでは今のロケットでも十分ということになって、宇宙輸送は革新されなくてよいということになってしまいます。ここではこの輸送の目的そのものについて論じることは本旨ではありませんが目的なしの輸送手段は単なる研究でTax Payerをそれほど甘くみてはいけないと知るべきです。逆の言い方をすればいま言ったような明解な目的があれば輸送システムというのは必然的にいやでも作らなければならないわけです。もう少し中長期的に考えると革



単段式ロケット。どこも捨てないで何回でも使える。

新的な輸送手段が必要なものは例えばエネルギー利用手段としての太陽発電衛星の建設のための安価で大量の輸送（例えば山間でのダム建設のための資材輸送のダンプカーの様なイメージを考えてください）や、訓練された宇宙飛行士ではなく一般の人を電車や飛行機に乗せるように安全に運ぶことなどということが次の目標となるでしょう。

もうひとつの重要な動機は輸送にかかるコストが高いと云うことです。このコストの話についてはここで十分に触れられませんが、現状の使い捨てロケットの形式で画期的なコストダウンを図ることは困難で、次の時代に目標とすべき数字は2桁のコストダウンと云われ、これが実現すると先程の目的の話をしなくても需要が生み出されるという少々乱暴な議論もあります。ロケットのコストが高いことはひとつには打ち上げに手間がかかるために何百人とか千人とか云う人が何ヵ月も関わらなければならないための費用の占める部分が大きいことと、もうひとつはなんと云っても一発打ったら使い捨てというシステムであることによります。この辺りを根本的に変えることが鍵であることは云うまでもありません。

ロケットは軍事的な目的のために兵器としてその技術の発達がなされたことは事実です。これは例えば敵に打ち込んだミサイルを再使用するなどと言った発想がでてこないのと同じで、ロケット以外の乗物と本質的に異なる目的に使用されるために一回使ったら捨ててしまうことになんかの抵抗も感じないということになっているわけです。勿論宇宙にでかけるために必要なエネルギーは他の乗物に較べて大きいわけですから技術的な難しさのためにこうならざるを得なかったわけですが、後

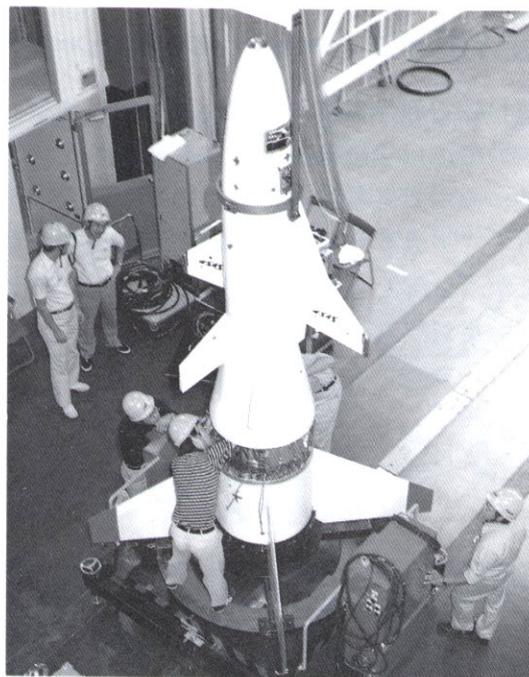
に述べる様にこの頃では技術の進歩のおかげで捨てないですむロケットも現実のものになっているという主張もあります。我々を含めて宇宙の仕事をしている人達はこれが当たり前となっているのですが、乗物を捨ててしまうことにやはりなんの疑問も抱かない様なことではなくこの辺で発想を変えてみるべきでは？あるいは車や飛行機を目的的に着いたからと捨てる人はいませんからこれらのフツウの乗物と同じ様に考えては？ということがここで述べる将来宇宙輸送システムを考える視点です。

捨てないということはとりもなおさずいったん宇宙にいったものがもう一度帰ってくる訳ですから本質的に必要なことは行くためと帰るために必要な技術があればよい訳です。行くためには地上から空気のないところで地球に落ちてこないだけの速度を与えることが本質ですから、ものを加速するエンジンのよいものを作ることと機体を軽く作ることが最も大事なことです。帰ってくることは行きで与えた速度をまたゼロに減速するわけですが、幸いに地球では行きで獲得したエネルギーを空気との摩擦で全部熱に変えてしまえるのでエンジンなしでこれがタダでできるわけです。月の上で同じことをする場合を考えてください。但しその代わりに熱から機体を守ることは必要です。

さてこれまでに述べた様な輸送システムとして既にいろいろの形式のものが提案されています。打ち上げ（この言葉もじつは古くさいのですが）のためのエンジンとしては現状の化学推進を用いる限りは液体水素を燃料としたエンジンが現実的な話としては最良のものですが、従来のロケットでは自分で担いで行った酸化剤の代わりに大気中の酸素を使う形式のいわゆる空気吸い込み式エンジンによって効率を上げようという考えの飛行機のような機体（スペースプレーン）も提案されています。もっと徹底して空気だけでなく燃料も担いで加速するのは無駄だからレールや大砲のようなもので機体の外からエネルギーを与えて加速するアイデアもあります。軽く作る話については新しい複合材料や合金が開発されて、多段式にしなくてもよくてどこも捨てない一段式のロケット（SSTOと言います）も既に可能であるという人もいます。帰ってくる時の話はスペースシャトルの様に翼をもって飛行機のように軌道から大気に突

入してさらに飛行場に水平に着陸するものから、ダルマのようなロケットをそのまま垂直に地上に降ろすものまでこれらいろいろな提案があります。実際の機体のシステム形態としてここで言った様な行きと帰りのいろいろな形式を組み合わせることで、正に全ての組み合わせの数だけの種類の構成が考えられますし、実際にも提案がなされています。どの形式を選ぶかは技術的な難しさの度合も勿論ですが、例えば大量に荷物を運ぶのにはどれがよいかとか、人だけを運んで経済性を上げるために一日に何回も行ったり来たりするのはどれがよいか、という風に運ぶ目的に応じてということになります。シャトルの評判がよくないのはこの辺の考えが中途半端でオールマイティを目指したために、ただの荷物を運ぶのに有人飛行の基準が当てはめられてしまうとか、人だけがちょっと行けばよいところを大げさな機体を打ち上げないといけないとかということがひとつの理由だと言われています。ここでもやはり何のために運ぶかという議論が明確でないと、出来たものが中途半端になるということでしょう。

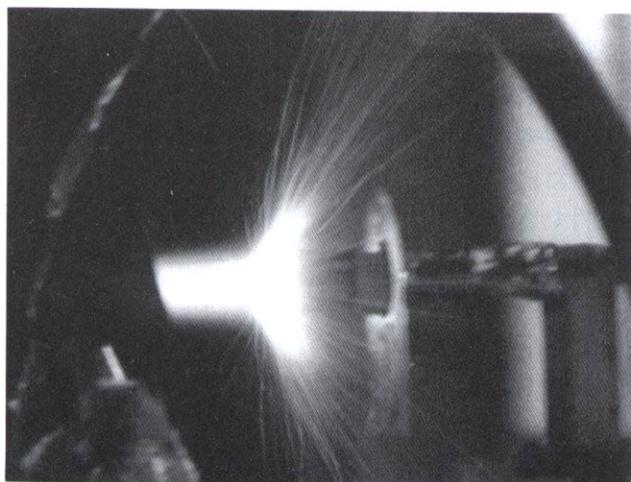
さてこのような背景のもとに宇宙研ではいろいろな試みがなされています。その中で我々はシステム形態や機体構成について検討し HIMES という再使用実験機を提案したり、これまでに述べた再使用可能な輸送システムの必要条件である帰還飛行についての技術的な課題について飛行実験を含めた研究を行ってきました。帰還時の大気圏への再突入飛行について言うと極超音速飛行に関する空気力学、飛行力学、耐熱構造や材料についての基礎研究が重要ですが、本質的に低速での飛行に較べて流れのエネルギーが大きいため現象が複



有翼飛翔体再突入実験機。HIMESの基礎研究として日本で初めて揚力飛翔体の大気圏への再突入を行った。

雑で地上の実験装置での相似実験が困難なことや、ロケットの打ち上げでは空気の効果はこれを出来るだけ避けて飛ぶのに対して、再突入飛行ではこれを積極的に利用するわけですから相手のことを更によく知ることが必要となること、などのためにより多くの研究すべきテーマが残されています。個々の技術的な要素の研究はともかくとして、腕を磨くにはとにかくモノを作って飛ばして実証して見せることが一番の近道です。幸いにして宇宙研はいろいろな飛び道具が使える環境にあるのですからこれを使わない手はない、ということでもいろいろな飛翔機会を利用して実験を続けています。ただし、この一環として一連の有翼飛翔体の飛行実験を行ってきましたが、再使用を目指した実験機などといいながら実はじゃんじゃん海に機体を捨てていました。矛盾を感じつつではあるのですが、これではやはり技術開発目的の計画からなかなか脱却出来ないと言うのが実感です。言行不一致では困るのでこの辺りでそろそろ目的を据えて本格的に再使用する機体のシステムを作ることをまじめに考えたいと思っています。

将来型の輸送システムは今存在しないから将来型と云うわけで、存在しないから出来ないというのではいつまで経っても将来型にはたどり着けません。来るべき日に備えて足腰を鍛えると同時に現在と未来のブリッジになるような仕事をしたいと思っています。 (いなたに・よしふみ)



高エンタルピ気流による耐熱材料の加熱実験。本物そっくりの再突入環境を作ることはなかなか難しい。

お知らせ



★(財)宇宙科学振興会研究助成対象者決定

(財)宇宙科学振興会(関本忠弘理事長)では、事業の一つである宇宙科学に関する研究の助成について、平成5年度の研究助成候補者を公募していたが、全国から20件の応募があり、12月2日開

催の研究助成審査会において、東北大学工学部助教授・山下善之氏の「宇宙環境における固気反応装置に関する研究」に対し研究助成金として300万円を贈呈することを決定した。

★シンポジウム

宇宙圏研究会	
開催日	平成6年3月8日(火)~11日(金)
場所	東京都立大学講堂小ホール 及び国際交流会館 八王子市南大沢1-1
問合せ先	宇宙科学研究所研究協力課共同利用係 0427(51)3911(内線2234,2235)

★人事異動

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
6.1.1	佐鳥 新 水野 貴秀	(採用) 宇宙推進研究系助手 宇宙探査工学研究系 助手	
6.1.17	廣澤 春任	(併任) 三陸大気球観測所長 (併任の期間は平成 8年1月16日まで)	衛星応用工学研究系 教授
"	二宮 敬虔	白田宇宙空間観測所長 (併任の期間は平成 8年1月16日まで)	宇宙探査工学研究系 教授

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(3月・4月)

3 月							4 月						
1	5	10	15	20	25	30	1	5	10	15	20	25	30
M-3S II-8							総合・地上系オペテスト (KSC)						
M-V							NF強度・開頭試験						
(宇宙研)							ST-735-2						
1, 2段接手分離試験 (KSC)							分離試験・合わせ (宇宙研)						
M-24SIM燃焼器試験 (NTC)													



★第2回宇宙学校開催される

前々日の大雪が嘘のような快晴の下、1月30日(日)第2回宇宙学校が相模原市立産業会館で開かれた。これは、昨年に引き続き行われたもので、葉書による事前の申し込みは会館ホールの収容定員をはるかに越える延750名の申し込みがあった。3時限に分かれた“授業”には、それぞれ小学5年生から70才代の約200名が参加し、宇宙の神秘に耳を傾けた。最初に、的川校長先生による開講式、秋葉所長のあいさつで始まり、午前中の1時限目は「宇宙への招待」がテーマで、X線星と天の川や太陽系の起源を、午後一番の2時限目は「宇宙へ飛び出せ」と題して新しい宇宙輸送や惑星の仲間達について、そして

最後の3時限目は「宇宙のいのち」で、宇宙生命や宇宙人がいるのかの授業内容で構成された。また、できるだけ多くの質問を誘うため、それぞれの授業では、担当教官2人の講演時間を40分にとどめた。どの時限でも次々と質問の手が上り、専門的な質問が相次ぎ、宇宙への関心の深さをうかがわせた。
(高橋義昭)

★「五運橋」の渡り初め式

鹿児島宇宙空間観測所(KSC)において、M-V型打ち上げに向けて一連の関係工事が行われている中、まず先陣をきってミュー橋の隣にゆるやかにカーブした新しい橋が完成し、「五運橋」と命名された。橋両側の親柱には糸川英夫、高木昇両先生に揮毫して頂いた銘板がそれぞれ納められた。



去る1月18日「五運橋」の渡り初め式が、籾田KSC所長、増當内之浦町長ご夫妻、久木元、上林房、松山の歴代町長ご夫妻、KSC職員、地元関係者など約50人の出席のもと厳粛な中盛大に行われた。

11時30分から「五運橋」入口の国道側の広場で神事が行われ、12時から管理棟大会議室で直会に移り、橋の命名には「M-V型を運ぶ橋、この橋を通ったM-V型が火、水、木、金、土の五つの惑星に探査機を送り込む」と言う期待が込められている旨の紹介などあり、13時に全日程を終了した。

「五運橋」は平成5年5月14日に安全祈願祭を行ってから、約8ヵ月間を経ての完成である。その間、例年にない長雨、100年に一回という大型の台風の上陸などの悪条件の中での完成であるだけに関係者の喜びもひとしおであり、橋もどっしりと勇壮に目に写る。一日も早くM-V型が通るのが待たれている。(白坂友三)

★M-V型ロケット1/2段接手強度・剛性試験

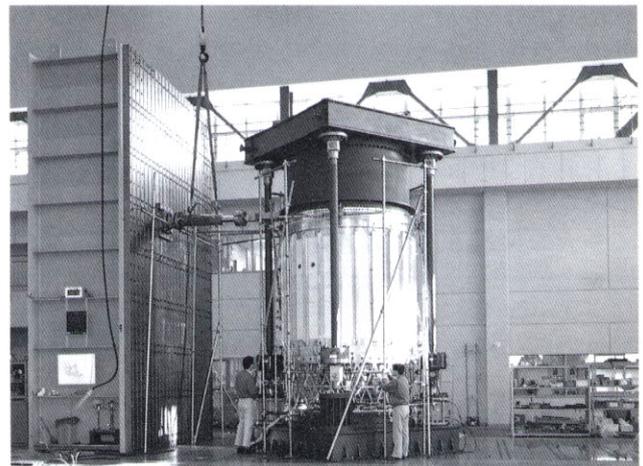
昨年12月に構造機能試験棟において、M-V型ロケットの1/2段接手の強度・剛性試験を行いました。1/2段接手とは、1段目と2段目をつなぐ構造であり、1段目を切り離す機構を備えています。この接手には、宇宙研のロケットとしては初めて、1段目が完全に燃え尽きていない時点で1段目の切り離しと2段目の点火を同時に行うファイア・イン・ザ・ホール(FITH)という方式を取り入れています。

1/2段接手は、この接手を2段目とつなぐための2段側構造、3枚のパネルで円筒をつくっている開傘パネル、そして1段目につながる鳥かご状のラティス構造の大きく3つの部分から成っています。開傘パネルの上下端にはFLSCと呼ばれる紐状の火薬が一周巻き付けられており、この火薬が点火されるとその爆発力によって開傘パネルの上下端の部分が焼き切れ、1段目と2段目が分離されます。それと同時に2段目が点火され、

直後の燃焼ガスは鳥かごの隙間を通り抜けるようになっています。また、上下端を焼き切られた開傘パネルは、2段目のノズルがぶつからないようにするために、バネによって花びら状に開きます。

実際に見られた方はおわかりでしょうが、M-3S II型ロケットの1/2段接手と比べると非常に大きく、また、ごつく感じ、私にとっては大昔にはやった「大きいことはいいことだ!!」というCMのフレーズを思わず口ずさまざるにはいられない程ですが、繊細さ(ひ弱さ?)も兼ね備えた構造になっています。試験では、無事、破壊してはならない荷重まで耐えることを確認し、現在、詳しい解析を行っています。尚、今年の3月にKSCにてこの接手の分離試験を行う予定です。

(峯杉賢治)



★EXPRESSの鹿児島宇宙空間観測所(KSC)

ミーティング

去る12月2日と3日の両日、今夏に打ち上げ予定のEXPRESS回収カプセルの射場オペレーションとその支援、対ロケットインタフェースに関する打合せがKSCで開催された。宇宙研はこのカプセルに再突入時の熱空気力学計測装置(RTEX)を搭載し、併せて打ち上げを担当することになっている。本プロジェクトは日本とドイツとの共同計画であるが、カプセルの実製造担当が旧ソ連、現ロシアということで3か国間の国際会議となった。日本側からは宇宙研をはじめMITI、NEDOのMOU調印機関のほかUSEFや関連の担当メーカー、ドイツ側からはDARA、ERNO社、ロシアからはDBSと延べ30人もの参加をみて予想外の大会議となった。会議の焦点は衛星整備棟やM組み立て室、整備棟でのカプセル関連作業の内容が設備と整合しているかを確認することであったが、一通りの手順を復習しながら行われたレビューでも大きな問題は発見されず、まずは一安心といったところであった。KSCは昨年夏巨大台風の直撃を受け、

場内のあちこちにその爪痕が生々しいうえ、折しもM-Vにむけてあちらこちらで改修作業が進行しているという状況で、打ち上げまで9か月という時期を考えると、さぞや独露両国の方々は気をもんだのではと思われた。おそらくこのEXPRESSは旧西側が打ち上げる初めてのロシア製の衛星ということで、安全に対する考え方や設計基準の違い、試験やオペレーションの違いなど多くの相違点があるが、それもいずれ解決されて貴重な経験になることと思う。打ち上げに向けてまずは射場とのすり合わせが一段落と報告する。

(川口淳一郎)

★オゾン化学の解明をめざし、ロケットを打ち上げ — 2月14日、アンドーヤ基地から —

オーロラの発生機構を探る目的で打ち上げられたS-520-12号機(平成元年度)と14号機(平成2年度)に引き続き、ノルウェーのアンドーヤ基地から、S-310-22号機が打ち上げられる。

今回の目的は、酸化窒素がオゾンに与える影響を観測的に明らかにする事にある。酸化窒素は、オーロラの発生に伴って大量に生ずるが、オゾンに多大な擾乱を与えるものでもある。冬期、北半

球のオーロラ領域には日が当たらず、しかも鉛直下向きに下降流が存在する。生成された酸化窒素は、日が当たらない事により解離されず、遙か下部の成層圏まで伝わって行く。

これまで、極域における酸化窒素の高度分布をオゾン密度と共に計った例は無く、今回の新しい実験により、オゾン化学の進展が期待される。

打ち上げは、2月14日8時57分(現地時間)を予定しており、関係者一同最後のつめに全力を傾倒している昨今である。(向井利典)

★桑原助教 Max Planck Research Award を授賞

システム研究系の桑原邦助教授は上記の賞をフンボルト財団とマックスプランク協会より授与されました。この賞はドイツ Aachen 工科大学の E. Krause 教授、フランス Nice 大学の R. Peyret 教授と継続的に行っている数値シミュレーションによる流体解析の研究に対してこの3名に授与されたもので、賞金10万マルクはドイツと諸外国との協力によるさらなる研究に対して使われることが期待されています。(藤井孝蔵)

「第三者評価」を終えて

西田篤弘

宇宙科学研究所は、昨年12月16日～18日に国内外の有識者からなる「第三者評価委員会」の評価を受けた。研究所の第II期計画を策定する時期にあたって、これまでの成果を客観的に評価していただくというのが主な動機である。第三者による評価は既に東京大学理学部物理学教室や理化学研究所などで行われているが、構成員が一体となってプロジェクトを推進しているという点で、宇宙科学研究所はこれらの機関と本質的に異なった性格を持っている。そこで、個人評価や研究室単位の評価ではなく、プロジェクト研究体としての所そのものを対象とする評価をお願いすることになった。この方針に基づいて、所の沿革、性格、運営方針から始まり、主な研究成果、さらに将来計画におよぶ浩瀚なレポートを作成して10月に各委員に送付した。11月末にまず書面によって予備的な意見をいただいた上で、12月に会議を持ったのである。委員各位はいずれも重要な仕事をお持ちになり、非常に多忙な方々ばかりであったが、全

員が出席してくださった。文末に名簿を付す。議長はライマー・リュスト(前ヨーロッパ宇宙機関長官、前マックスプランク研究所総裁)と近藤次郎(日本学術会議会長)の両先生で、評議員会会長の小田稔先生には世話人として準備段階から大変お世話になった。

委員会の席上では秋葉所長、田中企画調整主幹、西田理学委員長、松尾工学委員長が所の活動について簡単な紹介を行ったのち、所内視察をはさんで活発な意見の交換があった。委員の方々は最初から好意的で、配布したレポートに対して多くの方からお誉めの言葉を戴いた。このこともあり、当初は秘密会の予定であった会議に所の代表も出席を許されてご意見を直接にうかがい、またご質問に答えることができた。

委員会の公式レポートは少し時間がかかりそうだが、1月中旬には中間意見としてエッセンスの部分が頂ける見込みであるが、ご発言では次のようなものが印象に残っている。

- 衛星を毎年1機打ち上げることによって研究を継続的に発展させるという宇宙科学研究所の方針は最も重要であり、堅持すべきであって、このための予算増を図るべきである。
- 科学と実用が分離されているために、実用衛星計画の経費膨張あるいは予算難が科学衛星計画に影響を及ぼすことがないという日本の体制は優れたものであり、維持しなければならない。
- 8 mの機上展開アンテナによる電波天文観測や小型の探査機による本格的な惑星探査という理学の要請を工学的な挑戦と受けとめ、新しいアイデアによってこれを実現しようとしていることを評価する。
- 文部省・宇宙科学研究所が諸外国の研究機関と直接に協定を結べるような国際協力の枠組みを作るべきである。
- 高機能衛星センターについては、所内に独立した組織を作ることによってこれまでの理工協調

体制が崩れることがないように、配慮を要する。

○宇宙理工学分野における国内には例のない施設や豊かな人材を生かし、大学の教育にさらに積極的に貢献することが望ましい。大学院レベルだけでなく、学部段階から関係を強化してはどうか。

- レポートはぜひ公開出版物とするように。最初はどうなるかとひそかに心配したこともあった第三者評価であったが、幸い非常に高い点数をいただけそうである。委員の一人である科学雑誌『ネイチャー』誌の編集長は、すでに極めて好意的な意見を『ネイチャー』の論説に書いておられる(8頁参照)。国内外の有力な方々に宇宙科学研究所を良く知って戴くことができたのも今回の評価委員会の収穫であった。裏方として委員会の円滑な運営を援けてくださった管理部の各位にお礼を申し上げる。

(表紙写真撮影：新倉克比古)

第三者評価委員会委員

(日本人委員)

秋本俊一	東京大学名誉教授、学士院会員
有馬朗人	理化学研究所理事長、東京大学名誉教授
飯吉厚夫	核融合科学研究所長
大澤弘之	科学技術会議議員、前宇宙開発事業団理事長
*近藤次郎	日本学術会議会長
中村桂子	(株)生命誌研究館副館長
西澤潤一	東北大学長

(外国人委員)

レナード・A・フィスク	ミシガン大学教授、前アメリカ航空宇宙局科学局長
マルコーム・S・ロンゲア	ケンブリッジ大学教授
*ライマー・リュスト	フンボルト財団理事長、前ヨーロッパ宇宙機関長官
ジョン・R・マドックス	『ネイチャー』誌編集長
ヴィノード・J・モディ	ブリティッシュ・コロンビア大学教授
ヤン・ジアチ	元国際宇宙航行連盟副会長

(世話人)

小田 稔	宇宙科学研究所評議員会会長
------	---------------

(*印は、議長を示す)

立派な研究所のための処方箋

『ネイチャー』誌編集長 ジョン・R・マドックス

ある日本の研究所が、創造的研究のための組織を作り出すためには、自律性(及びそれに伴う責任)と予算上の予測性が有益であることを実証している。

次の千年の始まりを祝福するために、ユネスコあるいはそれに類する組織が世界で最もすぐれた研究所に賞を授けることを考えてはいかがだろうか。(中略)その賞は、東京の西にある宇宙科学研究所の頭上に輝くであろう。

宇宙科学研究所は極めて面白いルーツを持っている。その前身がつくられたのはスプートニクの少し前に東京大学で拡がった殆どあらゆる分野の宇宙研究への学問的情熱であった。東京大学生産技術研究所が組織した最初の実験は、全長23センチのロケットの水平発射だった。1964年頃までには、工学部や理学部などの人たちが中心となって第一世代の観測ロケットを建造し打ち上げるための力を蓄えており、次いで衛星打ち上げに進んだ。

今から10年前、彼らの後継者達は東京のむさくらしい建物から、現在のすばらしく機能的な建物に移ってきた。そこは前は米軍の軍事キャンプだった所である。(中略)次に記述するのは3日間にわたる私の宇宙科学研究所訪問の間につみあげた記録であり、それを読めば、ある研究所が他の研究所よりもすぐれているというのはどういうことなのか、幾分でもはっきりすると思われる。

まず第一に大切なのは組織体制である。宇宙科学研究所(の前身)は東京大学の付置研究所として設置されたが、この付置研究所というのは最近まで大学の研究活動を重点的に支える日本式のやり方だった。ということは、宇宙科学研究所(の前身)はその初めから文部省によって特別に支えられていたことを意味する。その教授陣は例外なく東京大学の出身者だったが、今では名古屋大学、大阪大学、京都大学などの出身者も散見される。宇宙科学研究所の最も際立った特色は、過去20年に21個の人工衛星・探査機を悉く自力で打ち上げ

てきたことであり、現在使われているミューシリーズが最初に試験衛星「たんせい」を1971年に軌道に送って以来、打ち上げの失敗は1970年代末のたった一度あるだけである。現在の目標は1年に1機の人工衛星を打ち上げることであり、この打ち上げ時期は、日本の漁業者の利害からくるダウンレンジの制約が一時的に棚上げされる1、2月または8、9月に限られている。(中略)

しかし、この(1年に1機と言う)数字的な指標だけが、その(予算の)予測性の学術的有效性を完全に反映しているわけではない。例えば宇宙科学研究所は4年ないし6年毎にX線天文衛星を打ち上げることを方針としているが、それこそ100人近くいる日本のX線天文学者(その $\frac{2}{3}$ は大学院生だが)の成長を促進すると共に、最新のデータを保証し、常に世界の最先端の望遠鏡を設計開発することを通じて研究者たちの要求を満たす、まさしく唯一のやり方なのである。

巧みな工夫、あるいは見事な手際よさは、この研究所のもう一つの特徴である。宇宙科学研究所が宇宙研究機関の中で最も立派な組織である一つの例を挙げれば、ある天体と接近すること(いわゆるスウィングバイを利用すること)によって、限られたロケットの能力から探査機のために最大の運動量を抜き出すことができた。すなわち、1990年初めに「ひてん」と呼ばれる衛星が軌道に乗せられ、9回に及ぶ月とのスウィングバイの後に月までの距離の3倍以上の所に届く長楕円軌道を達成した。

もっと最近、1992年になってNASAのケネディ宇宙センターからアメリカのロケットによって宇宙科学研究所の「ジオテイル」衛星が打ち上げられたが、これは、複雑な磁気圏尾部における太陽

風の挙動を詳細に観測しつつある。「ジオテイル」はすでに地球周りの長楕円軌道上を「ひてん」よりも遠くに達しており、現在も活動中である。

しかし工夫は他にもあらゆる所に見られる。例えば釣りに用いる大きなリールのようなものに巻きつける事の出来る複雑なワイヤーの束があり、これは可動のヒンジによって、物に巻き付いていない時は剛体のブームに早変わりする。1996年に打ち上げが予定されている直径8mの電波望遠鏡には、そのような仕掛けが6個付けられている。それは軌道上に配置される世界初の電波望遠鏡であり、VLBI(超長基線電波干渉法)の宇宙関連部分の最初の利用となる。我々に折り紙という楽しさを与えてくれる人々が、直径わずか2.4mという格納スペースの中に直径8mもの望遠鏡をたたみこむことを可能にしたのである。(中略)

粘り強い成果の積み上げも宇宙科学研究所の優れた特徴の一つである。技術者たちはロケットが上昇を続けている時にテレメータのデータを取得するが、それは単にロケットの飛翔が正常である事をチェックするためだけでなく、以後の打ち上げに使われるロケットの性能を改良する目的を堅持しているのである。その結果、現在使われているロケット(3段式の固体燃料ロケットで、最大直径が1.4mに制限されている)は、初期のタイプに比べて3倍もの能力を持つに至っている。現在開発中のロケットは、長さがほとんど同じで直径が約2倍になる(上記の電波望遠鏡の打ち上げが初飛行となる)が、それもこれまでどおり性能向上を果たすことに宇宙科学研究所の人々は、自信を持っている。

すべての仕事はどうしてこんなにうまくいくのだろうか。それにはいくつかの理由がある。第一に、宇宙科学研究所ともっと最近つくられた宇宙開発事業団(NASDA)との機能の分離がある。NASDAは、たとえば通信衛星のような実用面の開発と打ち上げを課題としており、宇宙科学研究所は科学研究の面での責任を担っている。このことにより、何よりもまず、実用面の宇宙開発がお金を

使い過ぎても宇宙科学の予算カットは起こらない。

第二に、宇宙科学研究所は、技術設計から打ち上げオペレーションに至るまで、自らが実施するあらゆる作業について広範囲に責任を持って管理を任されているという、特別の自律性を有している。

第三に、技術が科学と同等のレベルで尊重されている。それぞれの衛星ごとに新たに編成されるプロジェクト・チーム(通常打ち上げの5年前に作られる)では、技術者と科学者は平等なパートナーとして仕事をする。宇宙科学研究所の所長は、理学と工学とから交互に選ばれることが多い。また、合計100人くらいいる大学院生は、宇宙科学研究所のスタッフと一緒に作業をしており、たとえば、自分たちがささやかなコントロール・ルームから指令を出したりする責任を負うことを当然の事と考えている。

宇宙科学研究所は、人的な方面でも強さがある。現在のスタッフは、管理部門もふくめて300人に満たない(加えて約100人の大学院生が同様に仕事をすることは当然と思われている)。少ない人数であるから、シニア・スタッフは自分が2つも3つもの種類の仕事に責任を持つことは当たり前と考えており、それは欧米のマネージメント・スクールが金科玉条のごとくに繰り返している考え方とは真っ向から対立している。その結果、正規の勤務時間を守ることは夢のまた夢となってしまうのであるが、これは日本においてのみ起こり得ることなのである。

(ネイチャー12月23/30日号より転載、
訳：的川泰宣)



2月4日、H-IIの打上げが成功しました。日本の宇宙開発の新しい支え手の誕生です。

関係の方々の多年の労苦に心から敬意を表します。（ISASニュース編集委員長 松尾弘毅）



★H-IIロケット発進

さる2月4日午前7時20分00秒（日本標準時）、種子島宇宙センターからH-II型ロケットの1号機が飛び立った。宇宙開発事業団のこれまでの制式機H-I型は1段目エンジンがアメリカ製だったが、H-II型は1段目としてLE-7というエンジンを自力開発した結果、上から下まで国産という運びになった。

高度230kmでLE-7が燃焼を終え、第2段エンジンLE-5Aに点火、発射後14分で、大気圏再突入実験機（OREX）を高度約450kmの円軌道に投入した。28分後には、ロケットの打ち上げ性能確認用の試験衛星（VEP）を切り離した。OREXは「りゅうせい」、VEPは「みょうじょう」と命名された。

「りゅうせい」は地球を一周したあと、計画通り中部太平洋のクリスマス島沖に着水した。また

「みょうじょう」は近地点高度約450km、遠地点高度約36,000km、軌道傾斜角28.6度の楕円軌道に乗り、2トン級衛星を静止軌道に打ち上げる能力が確かめられた。

わが国の戦後の宇宙開発は、1955年東京都下国分寺における全長23cm、直径1.8cmのペンシル・ロケットの水平試射（東京大学生産技術研究所）に始まり、1970年2月の日本最初の人工衛星「おおすみ」の打ち上げ（東京大学宇宙航空研究所）に引き継がれ、その純国産の固体燃料の伝統は現在宇宙科学研究所のミュー・ロケットによる科学衛星の打ち上げに全面的に継承されている。

1969年に発足した宇宙開発事業団は、当初アメリカの技術導入を行いながら、着実にその技術を日本の土壌で育て上げ、ついに全段国産の液体燃料主体のロケットを完成したものである。見事な1号機の打ち上げであった。（的川泰宣）

★銀河系を取り巻く「マッチョ」!?

「とうとうマッチョが見つかったんだって」

「なによ、それ」

「ほら、例の宇宙の未知の暗黒物質かもしれない、自分で光れない星だよ」

「光らない星がどうして見つかったの」

「光は出さなくても、マイクロ重力レンズになっているらしいよ」

昨年の秋、世界をこんなニュースがかけめぐった。マッチョとはMACHO（Massive Compact Halo Object）のことである。

私たちの銀河系はアンドロメダ大星雲のような円盤型をしている（ように見える）が、円盤の回転が遠くの方でも遅くないので、未知の暗黒物質が大量にあるはず、そしてこの未知の物質の正体は、ニュートリノなどの素粒子、あるいは、ブラックホールや褐色わい星などの光らない星（すなわちマッチョ）のどちらかと考えられていた。

マッチョは「重力レンズ」現象で発見できることを、8年前にパチンスキーという人が予言した。

遠方のクェーサーの光を手前の銀河が曲げる「重力レンズ」現象はよく知られている。星やマッチョも周囲の重力場をゆがめ、近くを通過する光を曲げる。たまたま地球と遠くの星を結ぶ線の上にマッチョがあると、星が明るく見えるはずである。マッチョの場合は銀河と違って小さい星なので「マイクロ重力レンズ」と名付けられた。

アメリカのアルコックたちが、大マゼラン星雲の180万個の星を1年間観測し続けた結果、2個の星が数週間にわたって最高8倍明るくなった。その増光の様子はマイクロ重力レンズの予言とぴたり一致していた。レンズを作るマッチョは銀河系を取り巻いている太陽の10分の1くらいの星で、軽すぎて十分な核融合反応を起こせず光らないらしい。フランスのグループも同じような結果を報告している。

見つかったといってもたった2、3個である。大量に見つかって未知の暗黒物質として認められるのは、もう少し先のことであろう。

（Nature誌365巻621-25ページより、芝井 広）



銀河といえば星の集団。これまでこのシリーズで紹介されてきたものは、その質量の90%以上が恒星で占められている。しかし、電波など可視光以外の観測が進むにつれ、それ以外にも星間ガスの成分があり、星はそうしたガスから誕生することがわかってきた。

ビッグバンとともにこの宇宙が誕生し、膨張し冷えてくると、素粒子物理学バリバリの奇妙でエネルギー豊富な状態から、現在の宇宙でもありきたりの物質が普通になってくる。特に電子と陽子とが再結合（初めてくっつくのだから「再」はちょっとおかしいが）して、中性の水素原子をつくと電磁波での見通しが急によく。いわゆる宇宙の晴上がりである。したがって、このころ、宇宙にある物質は水素原子のガスだけで、まだ星はできていない。このガスが自己重力で集まってきて、やがて星ができるということは現在の宇宙が星に満ちていることを知っていれば容易に予想できる。では、その途中はどうなっているのだろうか？星ができてから、それが集まって星の集団＝銀河を作るのであろうか？それとも、まず銀河サイズの水素ガスの雲ができてから、それが細かく分裂して星が出来るのだろうか？この疑問に答えるために、数多くの研究が行われてきた。間接的な証拠からは前者が都合がよいらしい。しかし、もっとも直接的な証拠を求めるのならば、星ができる前の水素ガスだけで出来ている雲を探せば良

い。

最初の例は、1983年に、しし座で見つかった。しかし、その後の観測によると、これは“原始銀河”とは違うようである。M96銀河群のそばで見つかった、この水素ガス雲は、その場所に銀河がなかったことから当初、原始銀河ガス雲と思われた。しかし、感度をあげ、より広い範囲を観測した結果、ガスは直径1度の輪状に銀河群を取り巻いていることがわかり、輪の中心にある銀河からはぎ取られたガス、ないしは、そこへ落ち込みつつあるガスなのではないかと考えられている。

銀河を構成する星の年齢を調べると、初期の銀河では爆発的に星ができたらしい。赤外線天文衛星IRASで発見された天体の距離を測っている途上で、こうした天体＝初期スターバースト銀河とおぼしきものが1991年に発見された。赤方偏移 $z=2.3$ の、この天体に対し、CO輝線の探査がミリ波帯で行われ、NRAO12m鏡で検出成功。野辺山45m鏡・IRAM30m鏡でも、それを裏付ける観測結果が競争するように続いた。野辺山では干渉計によりCO輝線での撮像も行われ、光学像に重なるように広がっていることが判明した（写真参照。等強度線はCO、濃淡が光学像）。これは、90億年前の銀河の誕生の瞬間なのだろうか？

そして、1991年春、アメリカのウソンらにより、VLAを用いて、赤方偏移 $z=3.4$ の電波銀河の近くの“何もない”方向で同じ赤方偏移をもつ中性水素原子ガスが発見された。慎重な確認が行われた結果、どうやら宇宙論的に遠いところにある巨大な水素ガス雲であるらしい。これくらい遠いと大きさや質量は宇宙モデルによってしまうのだが、標準的なモデルを使うと、大きさ300万光年、質量は太陽の100兆倍となり、原始銀河団の質量に近い。やはり銀河は大きな塊から壊れてできたのだろうか？

水素ガスしかなかった宇宙から、それを理解する我々人類を生み出すまでには、さまざまな過程があったに違いない。宇宙の構成単位である銀河がどのようにしてできたのか、その幼い頃の面影はどうだったのか？原始銀河の様子を知る手がかりを我々はようやくつかみ始めているのかも知れない。写真提供：国立天文台野辺山、川辺・坂本(和)

(はんだ・としひろ、

東京大学理学部天文学教育研究センター)

海・山・動物

中村良治

大晦日の朝8時半に予定通りに南アフリカ共和国ダーバンのルイボッタ空港に到着した。シンガポールで6時間待たされたものの、成田を飛び立って1日以上経過している。さすがに南アフリカは遠い。空港では訪問先のナタール大学のヘルバーク教授がにこやかに出迎えてくれた。大学は港を見おろす丘の上にあり、背後には緑豊かな住宅地がひろがっていた。町は汽車とバスが主な交通手段だが便利とはいえず、大学から徒歩で10分程の教会の宿泊所に泊まることになった。3食付トイレと風呂は共同というタイプであるが、木々の多い閑静な住宅地の一角にあり、各国から訪れた医師や研究者が滞在していた。

訪問の目的は微粒子プラズマの共同研究であった。ダストは星間雲だけでなく身近かな所でロケットの燃焼物や流星によって超高層大気中に存在するし、また木星や土星の環も微粒子から構成されている。それらの微粒子は周囲のプラズマや光子放出によって帯電している。すなわちプラズマ状態になっている。この微粒子プラズマの研究が最近活発になってきたが、理論的研究が主で実験は皆無とっていい。今回はダストプラズマ発生装置を製作した。機械工作および電子回路工場は整備が良く、技官達の積極的な協力により初期の目的を達成することができて、ヘルバーク教授も満足そうであった。

当国（面積日本の約3倍、人口3300万人）はアパルトヘイト問題でよく知られているが、教授によると、失業者が多く高卒者100人のうち1人しかまともな職業につけないという。犯罪も多く友人のアルポート教授の親戚では車を3台も盗まれたそうである。宿舎から大学への道沿いの家々はハイビスカスやブーゲンビリアの咲き乱れる庭に塀をめぐらし「猛犬注意」さらに「高電圧注意」はては「毒蛇注意」の札までたてられていた。町外れはインドやブラジルと同様に堀立小屋の立ちならぶ貧民街になっている。4月には黒人を含む初

めの選挙が予定され黒人政権誕生は確実で、研究よりも黒人の衣食住へ予算がまわされるのではないかとヘルバーク教授の話だった。

湾の外のインド洋に面した浜辺にはホテルと観光客用のアパートが並び、当国だけでなくヨーロッパからも客が訪れるそうである。海水浴場には網が張られ鮫よけをしていた。ダーバンから内陸へ200km入った所にドラケンスバーグと呼ばれる標高3200m級の山脈が、2m位の丈のアロエ（我が家のアロエと同種とはとても思えない）とズール一族の丸い小屋が点在する丘から、急にそそり立っている。一日ハイキングに出かけた。山間を流れる清らかな川をみつけた学生達は真裸で水浴びをはじめた。

せっかくアフリカへ来たのだからサヴァンナを見に行こうと、マラリア予防薬を飲んで学生とレンタカーで夕方北へ向けて出発した。3時間のドライブで小さな町のホテルに到着した。エアコン無しの部屋はとにかく暑い。蚊除けスプレーをまいて窓を全開にしてベッドに入ったが蚊が心配でおちおち眠ることが出来なかった。翌朝は5時に出発した。6時にはウンフォロージ動物保護区のゲート前にいた。この保護区には象、ライオン、河馬、ヒョウ、チータなども生息しているが数が少ないうえに広大な場所（神奈川県の1/2の面積）なので、残念ながら出会えたのはバブーンという猿の一種、白犀、バファロー、麒麟、縞馬、クロコダイル、インパラ、ハイエナ等だけだった。なだらかな草原に点々と樹上の平たいアカシアが生えるサヴァンナの光景であった。

ヘルバーク教授主任の物理教室は理論と実験の両面から宇宙プラズマを研究している世界でも数少ない大学で、短期間ではあったが何人かの研究者と知り合う機会をえ、議論できたことは改めて学問に国境なしの感を深くした。

（なかむら・よしはる）

人工衛星の姿勢制御の話

第三回 デュアルスピン衛星

二宮 敬 虔

前回述べた単純スピン衛星には次のような欠点がある：(I)スピンを有するため、地球上に限られた地域をカバーする高利得アンテナや宇宙空間の特定の方向を向いた観測機器を搭載できない、(II)スピン軸回りの慣性能率を最大にする必要があるため、衛星の形状に対する制約が大きい。

デュアルスピン衛星は、スピン衛星の利点を残しつつこれらの欠点を除く方式で、スピン部分と、これと相対的に回転するが宇宙空間に対してほぼ静止したデスパン部分から構成される。両者は信号や電力の伝達機構を含む軸受部で結合されている(図1)。この場合、簡単に言えば、デスパン部に十分強力な運動エネルギー消散機構、すなわち受動ダンパーを設けるだけで、慣性能率比の如何にかかわらず安定にニューテーションを除き得ることが分かっている。つまり、回転しない部分を備え、かつ縦長(=棒状)の衛星構造を採用できる。宇宙研の「さきがけ」「すいせい」や「ジオテイル」では通信回線確保の必要から“デスパン”アンテナを採用したが、スピン軸は依然、最大慣性主軸に選ばれている。これに対しINTELSAT-IV、およびその系列の静止通信衛星では、必要な電力確保のために、太陽電池を貼った円筒状のスピン部の背が高い形をとっているため、スピン軸は最小慣性主軸となっている。

デスパン部に搭載した地球観測用機器などを常に直下方向(nadirと呼ばれる)に向けていく制御は、スピン部(またはデスパン部)に搭載した地球センサからの信号と、スピン部に対するデスパン部の向きを表す信号にもとづいて、機上で自動的に(「閉ループ」的に)実行される。

外乱(第一回参照)の作用によりゆっくりと変化するスピン軸方向およびスピン回転速度を元に戻したり、必要に応じてこれらを変更するには、

機上の電磁石(磁気トルカと呼ぶ)と地磁気磁界の作用で生まれる磁気トルクを利用する方法と、ガスジェット噴射によるリアクション(反作用)トルクを利用する方法が代表的である。ニューテーション運動はダンパにより受動的に安定化されているので、これらの制御は簡単さのためから、地球局からの指令や、機上にプログラムされたコマンドにもとづいて「開ループ」的に行われる。そこで、上述の衛星や探査機のみならず、LUNAR-Aの母船やそのペネトレータ、あるいはPLANET-Bでも採用される、ラムライン(Rhumb Line)法と呼ばれるスピン軸方向変更制御法につき、図2を用いて簡単に解説しておく。

これはスピン軸の方向を最初の方角 P_i から所望の方角 P_f に、複数回のジェット・パルス噴射によって移動させるために、各ジェット噴射タイミング(実際には有限幅のパルスの中心)を与え、合わせて必要噴射回数を指定してその数だけ噴射を実行する一手法であり、必然的に発生するであろうニューテーションは、基本的にはダンパーにより吸収する。ラムライン法では、各噴射のタイミングがそのための基準信号(通常は、各スピン毎に太陽センサから得られるパルス信号)から各噴射に対し一定になるように選ばれている。この基準を得るための天体(太陽)の方角 P_s を極軸(Z)とする天球上に角運動量(近似的にはスピン軸の方向と考えてよい)の軌跡を描くと、経度線と一定角 δ をなすのが特徴である。この軌跡をメルカトル図法で表すと直線となる。東京湾の出口からサンフランシスコ湾の入口まで船で行くために、北極星の方向と進行方向とが常に一定角度を保つように進んで行けばほぼ目的地に到達できることに対応している(何度になるかは各自求めて下さい)。(にのみや・けいけん)

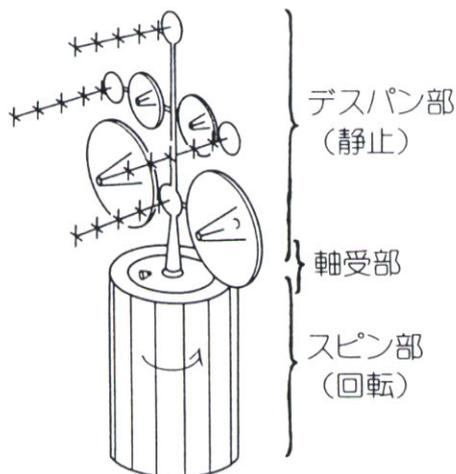


図1 デュアルスピン衛星

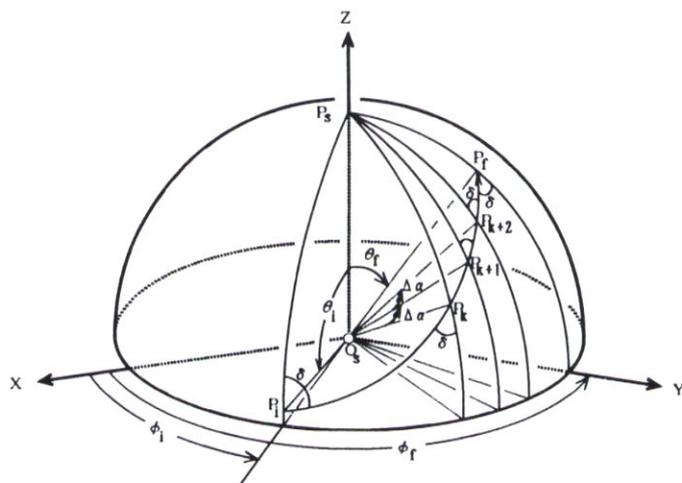


図2 ラムライン法によるスピン軸方向移動



赤提灯文化論

西村 敏充

いも焼酎の原稿依頼を受けたとき、これは一寸遅かったなと残念であった。というのは3年程前1ヵ月程入院して以来禁煙を守り、又ほとんど禁酒を守っているからである。それ以前には煙草を吸い、又酒も飲む方で結構有名であったかも知れない。

しかし、それも20年前アメリカから帰国するまではそんなにひどくは無かった、といっても余り信じて貰えないかも知れない。アメリカではロサンゼルス郊外のバサデナという町に住んでいて、ジェット推進研究所(JPL)というNASAの研究所に勤めていた。アメリカではよく知られているように、夕方5時になるとマネージャーでも普通のエンジニアでも一斉に帰宅してしまう。従って大部分の人は6時には自宅に着いている。車で通勤しているせいもあって、途中で友人と一杯やって帰る習慣はない。それでは余り味気ないからか、いわゆるホームパーティを開いて友人夫妻を呼んでお酒を飲む。ただこれもなかなか大変であって誰かのアメリカ滞在記に書いてあったが、朝から家の掃除、買物、それから料理と夫婦で協力してそれこそ髪をふり乱して準備する。そしてパーティの始まる10分前になるとさっと服を着替え、髪を整えて何事も無かったような顔をしてにこやかに最初の客を迎え入れる。もちろんお客は奥様かあるいはガールフレンドを同伴してくる。そうしたホームパーティはそれなりの良さはあるが、準備はやはり大変で年2回位がせいぜいである。それ以外、筆者は每晚ビールかウイスキーを1、2杯飲む程度であった。それでは一寸淋しいので週末には若い友人のアパートを訪ねて数人で集まっ

ていた。筆者が40歳を過ぎて帰国することに決めた一つの理由に、いわゆる赤提灯へのノスタルジアがあったといっても決して嘘ではない。

そんな訳で帰国してある会社の新設の研究所に勤務したが、幸か不幸か研究所から最寄りのJRの駅までの間に赤提灯の小さな店がずらっと並んでいた。そこで若い友人達と夜毎飲んでる間に、いっばしの酒飲みになってしまったという訳である。

しかし、当時つくづく感じたことは、アメリカと比べて(当時は、アメリカもまだ豊かな良き時代であった)道路も狭いし、兎小屋といわれた小さな住居から満員電車に乗って通勤し、夜も残業して一生懸命働いている姿を見て、よくもこれで革命が起きないものだと思ったものである。そしてこの革命を防いでいるのはまさにこの赤提灯で、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からではないかと感じた。これは全く自己流の社会理論であり、反革命理論である。

その後度々鹿児島の内之浦射場に行き、夜毎にニューロケットという小さなバーで焼酎を飲みながら、美声を誇るH先生、M先生達とカラオケで歌ったのは懐かしい思い出である。不思議なことに、東京に戻って焼酎を飲むと味も素気もないようで未だに好きになれないでいる。

酒は万病に利くといわれるが、やはり度を越すと良くないようで、目下禁酒禁煙の身であるが、禁煙はずっと厳守するとして、酒の方は検査の結果を見ながら、それを肴としてほどほどにゆるめていきたいと考えている。(にしむら・としみつ)



座屈とは加わる圧縮荷重がある一定の値を起えると構造物が不安定になり、突然変形することを云う。転じて、100

kgを超えるISASニュース編集委員が、さしたる理由もなく足首を折ることを云う。的川教授只今リハビリ中!! (松尾)

ISASニュース

No.155 1994.2.

ISSN 0285-2861

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

The Institute of Space and Astronautical Science