


ニュース
宇宙科学研究所
1992. 9 No.138


〈研究紹介〉

宇宙活動のための最重要課題

パトリック Q. コリンズ

私は自然科学を学び、経済学を専攻して「太陽発電衛星の経済性」について学位論文を書いた。それ以来、宇宙産業の商業的な発展の可能性に関する研究を続けている。このような私の研究分野は宇宙科学としてはもちろん宇宙産業においても珍しいと思うが、以下に述べるような宇宙活動分野の危機的状況を理解する上で重要だと考えている。

1970年代にアメリカのスペースシャトルは宇宙への旅行の費用を大幅に引き下げるであろうという大変楽観的な見通しがあった。予定された価格は低高度軌道(LEO)へ30トンあたり12億円、言い換えればキログラムあたり2～3万円である。このように安い価格が実現すれば、民間会社にとっても宇宙活動は興味のあるものとなっていただろう。しかし、スペースシャトルはこの価格目標

を達成し得なかった。実際には、25トンのベイロードあたり1400億円(文献1)、つまり、キログラムあたり500万円になっているが、これは過去35年間使われてきた使い捨てロケットの経費に比べて決して安くはない。

このために、今日では宇宙産業の内部では「宇宙に行くのはどうしても費用がかかる。キログラムあたり2～3万円等という予想は間違っている。われわれがやったとしてもコストの低下は急激には達成できない。したがって、今後とも宇宙活動の多くはやはり政府機関の費用でその設備を使って続けるしかない」という意見が普通である。

NASAが提案中の4人乗りの宇宙ステーションに10兆円使う計画も、ESAがヘルメスを1.3兆円かけて開発し、来世紀のいつかに2人の乗員を毎回300億円かけて宇宙に送り込む計画も、これと

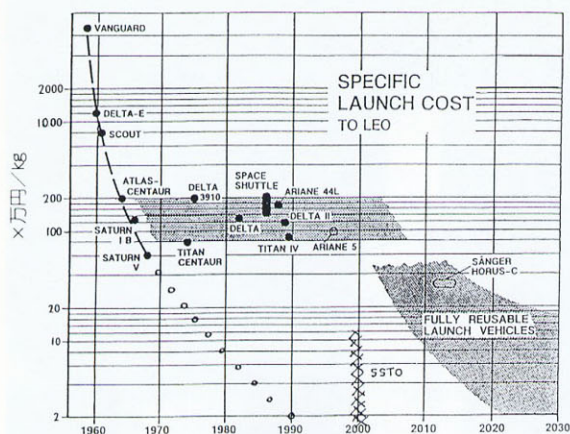


図1 打上げ経費の歴史的推移
(文献2をもとにしている)

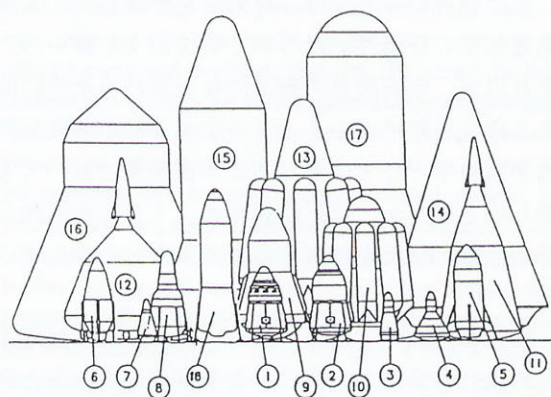
同じ見解にもとづいている。同じような見方はこれらの関係機関の報告書、書物、雑誌等にしばしばかかれている通り、月に数人の科学者を50年以内に送るとか、国際的なミッションで火星に一群の科学者を100年後に送るといったものであるが、そのいずれも税金を数十兆円使うものである。

私はこの見解が正しいか間違いかに大きな興味がある。というのはその答えは宇宙産業の、ひいては人類の未来に非常に大きな意味あいを持ってくるからである。現在私はこの見解は大きな間違いだと考えている。私の見解を示す証拠の一つはここに引用するD. E. Koelleの行った研究である(文献2)。図1は西側諸国の衛星打ち上げの費用が年代順に示されている。

図1において最も興味のあることは、西側諸国では打ち上げコストは25年前と比べて、3ないし4倍も高くなっていることである。もちろんインフレによる上昇分は修正したものである。その理由をここで説明すると長くなるので省略する。しかし、アメリカが丁度ソ連が何十年も基本的に同じロケットを使ってきたようにサターン5型ロケット以来の使い捨て型ロケットを使用し続けたならば、そのコストは下がり続けたであろうということである。そうすれば、現在の打ち上げコストは現状の $1/10$ というのが妥当な推定ではないだろうか。それでもまだ、旧ソ連のロケットに比べると高いのである。

ところで、1960年代に、サターン5型ロケット技術を用いて完全再利用型の垂直打ち上げ-垂直着陸式(VTOVL)1段式ロケット(SSTO)であるSASSTOというロケットを開発することを提案している(文献3)。そして、それを契機として図2に示すように多くの設計案ができたのである(文献4)。

それにも関わらず、宇宙産業界の大勢は垂直離着陸式SSTOの技術的な可能性を疑っていた。しかし、使い捨てのロケットに関する限りすでに開発されたハードウェアで製作できることは疑いない(文献4の付録参照)。経済的な観点からすれば、問題は「あといくばく経費と重量増を許せばこれを再使用可能に出来るか」だけである。この時点で垂直離着陸式SSTOの支持者達の意見はわかれており、先述のKoelleはBono, Hudson等より控え目である(文献5)。しかし、このような機種は使い捨てのものよりはより安くで運航出来るという点では意見が一致している。したがって、もし1飛行当りのコストが使い捨てロケットの10%位と仮定すれば、打ち上げコストは現在の技術でも1%位にまで下げられるだろう。このことは言い替えば、もしも再使用可能な垂直離着陸式のSSTOが1960年代に開発されていれば、産業活動で



- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1) Phoenix E (1985) PaAm | 10) Pegasus (1969) Douglas |
| 2) Phoenix C (1982) PacAm | 11) Unnamed (1970) NASA-OART-MAD |
| 3) Phoenix L (1974) Hudson | 12) SERV (1971) Chrysler |
| 4) Phoenix L' (1976) Hudson | 13) ROMBUS (1964) Douglas |
| 5) S.IVB (1965) Douglas | 14) NEXUS (1964) General Dynamics |
| 6) SASSTO (1967) Douglas | 15) Unnamed (1983) Rockwell |
| 7) ATV (1972) NASA Marshall | 16) Unnamed (1977) NASA-JSC |
| 8) BETA (1969) MBB Gormany | 17) "Big Onion" (1976) Boeing |
| 9) Hyporion (1969) Douglas | 18) BETA II (1986) MBB |

図2 垂直離着陸式SSTOの歴史

は当り前の追加的コスト低減が作用して図1の中で点線で示したような傾向を辿ったと思われる。これは驚くべき結果であるが、これを否定するような証拠はない。

使い捨てのロケットを建造し、打ち上げている人々はこの結論に懐疑的である。しかし、最近になってこれが正しい方向だということを示す兆候がでてきた。アメリカのSDIO(いわゆるスターウォーズ計画局)がDC-Xという再使用型の垂直離着陸機の弾道飛行試験機に予算を付けたからである。商業的な観点からすれば、たとえその成功の確率は1%位の低さであっても、この垂直離着陸式SSTOへのささやかな投資は十分理由が付けられる。というのは現状のままの宇宙産業の高いコストには商業活動は将来とも不可能だからである。現状の商業衛星市場は通信分野と地球観測に支えられているが、通信分野は光ファイバー等との競争で必ずしも将来は保証されていない。その場合、企業は合併して移動通信とリモセン業務を行う少数の会社が生き残るだろう。かようにして、現在の税金で支えられた宇宙産業は「人類の宇宙」へと発展する可能性は少なくなり、逆に、宇宙では何をやってもひどく金のかかるところだという袋小路に人類を閉じ込めてしまい、結果として政府関係者のエリートのためのフロンティアということになるだろう。これは必ずしも、宇宙科学を研究している宇宙科学研究所の人達の望むところではあるまい。

もし、完全再使用が出来るとしたとき、「いかなるマーケットがあるか？」というのが私にとって最も大切な問題である。ここでは十分な議論が出来ないが、今日のエアラインのように現在より何百倍も頻繁に宇宙に行き来する可能性があるのは、

地球にエネルギーを送ってくる太陽発電衛星の建造と宇宙旅行の旅客である。世界はクリーンなエネルギーを緊急に必要としており、宇宙観光旅行は人々の期待に応える可能性がある。

日本は程度にもよるが確実に宇宙技術の分野で他の国々に追いついており、すでに宇宙研究の分野とくに興味深い科学的な目標を経済的な方法で達成している点で数多くの貢献が印象的である。日本は他の国々の間違いを避け、打ち上げコストの低減を宇宙産業の優先目標とすることが出来るだろうか? 宇宙科学研究所は液体水素ロケットエンジン、高圧エキスパンダーサイクルエンジン、大気突入機そして太陽発電衛星等を含む宇宙技術の開発で記憶に残る歴史を持っている。そういうわけで今度も宇宙科学研究所はその主導的な役割を期待できる場所ではないだろうか?

[参考文献]

- 1) R.Handberg, J.Johnson-Freese & D.Webb, 1992, Hanging out for the hypersonic plane, Nature, Vol 355, Feb 6, Commentary
- 2) D.Koelle, 1991, TRANSCOST statistical-analytical model for cost estimation and economic optimization of space transportation systems, MBB-Report No URV-185(91)
- 3) P.Bono, 1967, The re-usable booster paradox-aircraft technology or operations?, Spaceflight, Vol 9, pp379-87
- 4) G.Hudson, 1991, History of the Phoenix VTOL-SSTO and recent developments in single-stage launch systems, Proceedings of 4th ISCOPS, AAS in press
- 5) S.Hoeser, 1990, The cost impacts of true space-ships, Journal of Practical Applications in Space, Vol 1 No.4

(宇宙科学研究所外国人研究員)

お知らせ



★宇宙科学講演と映画の会(関西)

日 時:平成4年10月11日(日) 開場14時

場 所:フェスティバル・リサイタルホール(地下鉄淀屋橋駅、肥後橋駅から徒歩6分)

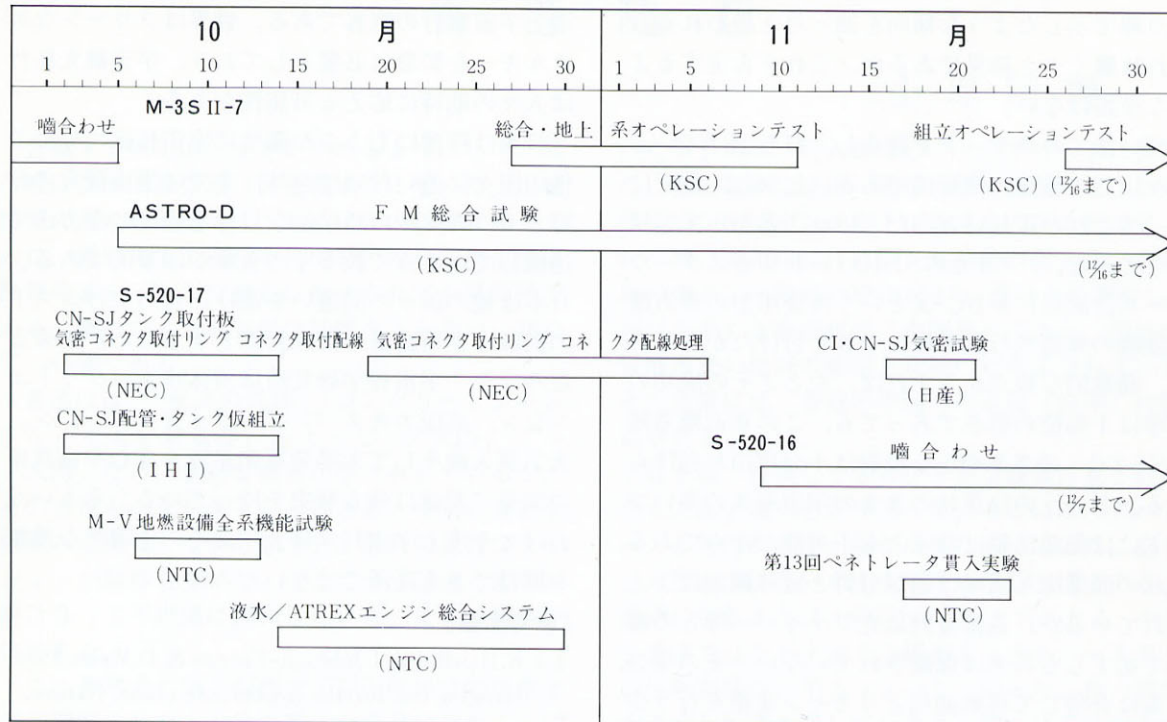
講 演:1. X線星とブラックホール:大阪大学理学部教授 宮本重徳

2. 宇宙構造物の世界—無重力の宇宙での構造物は、動き、感じ、考える。そして美しい……

:宇宙科学研究所教授 三浦公亮

映 画:1.「WELCOME TO ISAS」 2.「M-3S II-6/ようこう」

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(10月・11月)



★M-14テストスタンドオペレーション (表紙写真、撮映：前山勝則)

平成3年度末、完工されたM-V型第1段ロケット(M-14)燃焼試験用の大型大気燃焼試験設備(M-14テストスタンド)オペレーションを7月29日から8月4日までの間、能代実験場に於いて行った。

本オペレーションは、平成5年度に予定されているM-14ロケットの燃焼試験が支障なく実施できるよう、事前にその操作訓練を兼ねた設備機能確認を目的として行ったものである。

本設備は、モータ組立塔設備、保護ドーム設備、モータ支持芯出設備、モータ懸垂設備、主推力計測・校正装置から成る。

オペレーションは、上記設備系の機能確認とダミーウエイトでセグメントを模擬したモータ組立機能確認を実施した。実施内容は、組立塔設備がモータ組立用ブーム、50tfクラブホイスト、跳上床、前面引戸等の作動確認。保護ドーム設備は屋根開閉装置、7.5tf天井クレーン、走行・浮上装置の作動確認。モータ支持芯出設備は無負荷による

作動確認。モータ懸垂設備は懸垂用門型、懸垂ユニット、横推力受ユニットの組立確認。主推力計測・校正装置は動特性、単体校正による機能及び装置本体の組立確認。モータ組立はダミーウエイトにより組立塔内ブームへの吊り込み及びテストベンチ上での反転作業の確認まで実施した。

以上、一連の操作訓練及び機能確認は全て順調に行うことができ、本オペレーションの経験を実施計画に反映させ、安全性、作業効率等、十分考慮した上で本試験に臨むことができる。

(安田誠一)

★ひもつき衛星実験(宇宙発電実験)

7月31日午前10時(日本時間午後11時)、スペースシャトルアトランティスが打上げられた。今回の実験の目的は宇宙実験室ユーレカの放出と直径2.5ミリメートルの導線をシャトル上空20kmまで伸展する事であった。磁場中で導線を動かすと電気が誘起される。また導線に電流を流すとその導線は磁場より力を受ける事はよく知られている。この原理を利用したエレクトロダイナミックテザーは将来、宇宙ステーションの軌道の制御や、衛星

の夜間の電力供給の可能性を提供する。今回の主目的はこのような工学的な応用に関する基礎的な情報をうる事であった。本実験の基本的なシステムはシャトルに搭載した電子銃シャトルから操り出す導線および導線の先端の電極である。先端の電極によって捕集された電子は導線の流れ、電子銃から放出され、周りの電離層を通り回路をクローズしていると思われる。この実験は米国、イタリアが379ミリオンドルをかけた共同実験であり、テザーの伸展装置を米国が、電極の役目を果たした直径1.6メートル重さ520キログラムの表面がアルミニウムで作られた球状衛星はイタリアが担当した。

残念ながら、ひもは256メートルしかのびず、また電子は2ミリアンペアしか放出できず、所期の目的が達せられなかった事は、宇宙でのテザーの利用およびその振舞いに興味を持つ私達としては、残念な事であった。（小山孝一郎）

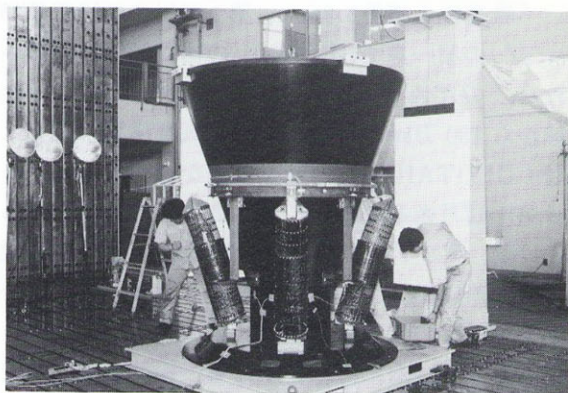
★M-V型M-34伸展ノズル試験

伸展ノズル（伸展式高開口比ノズル）の伸展及び投棄試験を7月中旬相模原キャンパスに於いて行った。本ノズルは、M-V型ロケットの第3段モータ用ノズルとして採用する計画のもので、同方式により推進性能の向上と段間接手の短縮・軽量化を図ることができる。

本ノズルの形態は、4基の自己投棄式ダブルリバス・ヘリカルスプリング伸展機構（DHS）によって伸展する仕組みのコラプシブル・カップ型伸展式高開口比ノズルである。以上の形態に基づき、今回実施した試験は、実寸大のダミー伸展ノズル・DHSにより伸展・投棄の機能確認試験を行い、同ノズルシステムの実用性について評価がなされた。

試験は、ノズルの伸展とDHSの投棄を別々に行った。伸展については、ノズル固有の摺動特性、伸展速度、伸展力となるDHS4基の機能、伸展終了時の衝撃緩衝装置、同じく終了時のノズル固定用ロック機構、及び予想される横加速度等を任意に与え、その時の摺動特性について、投棄は、DHSの姿勢、速度及び投棄用マルマンバンド分離

時のDHSへの干渉、DHSのモータへの干渉について調査した。結果は、何れも有益なデータが得られ、初期の目的を果たすことができ、実機の設計に向けて大きく前進した。（安田誠一）



★ATRエンジン燃焼試験

ATRエンジンは大気中の空気を酸化剤として吸い込み水素を燃焼させ、その燃焼ガスジェットによって推力を得る推進機関です。このエンジンはスペースプレーン等の高性能な宇宙輸送システムの推進機関に応用することが期待されています。

ATRエンジンの燃焼試験は平成2年から始め、今回で5期目になります。今回の試験の目的は新たに設計、制作しました熱交換器をATRエンジンに組み込み、エンジンサイクル全体の特性を評価することでした。熱交換器はATRエンジンを構成する最も重要なコンポーネントの一つで、燃焼室内に組み込まれ、燃料の液体水素を加熱するのに用いられます。

燃焼試験は当初の計画どおり7月17日、20日、22日、23日に合計4回行いました。第1回目の試験では主に熱交換器の特性を調査し、後の3回の試験では熱交換器とエンジンサイクル全体の整合性を調べました。

試験後の検査ではエンジンに異常はなく、良好な試験結果が得られました。今回新たに設計しました熱交換器の特性も十分に把握でき、この試験の結果を踏まえて10月に地上・静止状態における最後の燃焼試験を行い、第一期計画の目標を達成する予定です。（棚次亘弘）

GEOTAIL／初期運用／RASM／ISACS

上 杉 邦 憲

「軌道投入誤差2.8m/s、第1可視での修正量23m/s/」の第一声でGEOTAILの初期運用が開始された。「ひてん」と同じ月スウィングバイにより地球から130万kmのかなたまで磁気圏尾部の探査に赴くGEOTAILの当面最も重要な課題は、9月9日第1回月邂逅に向けての軌道修正である。打ち上げ前、デルタII型ロケット第3段PAM-Dの速度増分誤差は3σで16m/sと言われており、この場合第1可視での修正量は最悪100m/sを越えることも予想されていたため、冒頭の第一報はまずは幸先良いスタートであった。

その後の速度修正も順調で、7月29日、8月2日、7日と計画通り実行、それぞれその2日後に予定されていた補正ΔVはキャンセルされた。但し8月12日の第4回速度修正(ΔV4)は約1m/s弱の誤差を生じたため、8月14日に補正(ΔV4C)約3.6m/sを加え、予定軌道への復帰がなされた。

この間ΔVとその後のレンジングの間を縫うようにして、観測機器の初期チェック、高利得アンテナの地球指向を無事終了、8月中旬からは各観測機器の高圧電源を順次投入、引き続き全長50mのワイヤー・アンテナ4本と6mのマスト2本の伸展が行われる。

このようにGEOTAILの初期運用は比較的順調に推移しているように見えるが、その舞台裏はてんでこ舞。GEOTAILは定常運用に入ると臼田でリアル・タイムの追跡を行い、一方24時間営業のデータ・レコーダに集録したデータは約7時間毎にJPL深宇宙追跡網(DSN)の3地上局(ゴールド・ストーン、マドリッド、キャンベラ)の上空を衛星が通過する度にはき出すことになっている。DSNは衛星に対しコマンドを送る機能を持たないため、データ・レコーダ再生の指令は予め臼田からの可視中にOP(オペレーション・プログラム)として衛星に書き込んでおく必要がある。従ってDSN各局での再生データ受信時間帯は前以て日米両者合意の上設定されなければならない。実は

この「両者合意」が難物で、こちらは観測機器立ち上げやレンジング等運用の都合があり、NASA側は早目にデータ・レコーダ再生オペレーション及びデータ伝送の確立を図りたいとの意図があるため調整が大変難しい。この問題を解決するため、JPL開発のRASM(Remote Access Scheduling Mailbox)というe-mailシステムを通してDSN各局の運用スケジュールを知ると共に、宇宙研が開発し、エキスパート・システムの衛星運用への初の本格参入と言えるISACSによってOPを作成するという手順が採られている。しかしながら現在のところ、RASM記載のスケジュールが毎日のように更新されたり、臼田の運用とかち合っていたり、つくづく国際協力の難しさを実感させられる状態である。

今日も今日とて、RASM最新版に「16時40分からキャンベラ局がレンジングをする」と記載されているのが判ったのが16時。衛星のコンフィギュレーションを調べた結果、18時50分の臼田入感まではOPによってテレメトリ・モードになっており、レンジングは出来ない旨JPLへ連絡したのが16時35分、しかしながらその時すでに遅く、キャンベラ局から電話あり「変調がかかっているレンジングが出来ない！」

この事件で運用担当者は体に変調をきたしたとか。腹立ちまぎれに「RASMとはReally Awkward Scheduling Monitorの略語かな？」

それもこれもバスタブ曲線の下り側にある初期運用中のドタバタと御理解いただければ幸いで、この号が発行される頃にはGEOTAILはアンテナもマストも全て伸展され、第1回月スウィングバイも終えて磁気圏尾部深奥部の探査が開始されているはずである。余談ながらGEOTAILが太陽と地球を結ぶ線の延長上約87万kmの遠地点に到達する9月26日、その線を更に延長した2千万km遠方を「さきがけ」が、GEOTAILとすれ違う形で通過する。

宇宙を電波でみたら



超微小宇宙学校淵野辺分校開講一番顛末記

平 林 久

宇宙研公開日のミニミニ宇宙学校。大学院で講義はした事はあっても、教員試験を受けていない私は、時間がせまると落ちつかない。小山先生はまさに山の分校の校長先生風で、海千山千かつにこやかに場をとりしきっておられた。「ウオッホッホッホッホッ」と、不思議なかけ声で一足跳びに5階までかけあがり、かけ降りるあの精力の塊の小山先生である。そうそう、本当に山の分校ができた発足の日のようであった。管理部の田中理子さんが全面的に笑っていらっしゃるので心が休まった。どんなめんどろなこともさわやかな笑顔でやってのける田中さん。分校にこんなすてきな女教頭先生がいるのなら、新卒の新米教師は一つがんばらなければいけないと、三十代に入ってしまった青年教師は思う。こうして、教壇にたつ堅さがだんだんほぐれたようである。

淵野辺分校には黒板しかなかったので、研究室からハイテクのOHPプロジェクターを持ち込んだ。「ホォー、結構ですねー」と校長先生がおっしゃる。一時限の同僚の新卒教師は稲谷先生、滅多にネクタイをしないから好きである。二人ともノーネクタイ。

私は、「宇宙を電波でみると」の話をして質問を受けた。以下はその応答より。

「どのくらい弱い電波が受けられるんですか」

「あなたの体から電波が出ているのをご存知ですか」「いいえ」「出ているんですね、これが。デンバというのに出るんですよ（誰も笑わないのでだめ押しをする）電波が（やっとチラホラ）。腰掛けも壁も電波を微少ながら出しています。この程度の電波を受けれないと話になりません。実際、この位の電波ではメータが振り切れるくらいの感度で観測をします。さて、マイクロ波の電波望遠鏡を宇宙に持ち出してみると、この部屋で測った電波の百分の一ぐらいの電波が全ての方向から受かります。ビッグバンで、ご存知？」「ええ（と、弱々しくうなずく）」「150億年前に宇宙が始まったときの熱い名残が電波でみえるんです。それで、

このまた一千分の1ぐらい、ある方向と反対方向で電波の強さが違うんです。それは私たちが宇宙に対して秒速300キロメートルほどで運動しているからなんです。これは遠くの宇宙を基準にして私たちの動きを知ったことになります。更に、今度はこの電波に1万分の1か十万分の1の揺らぎがあるかどうか、宇宙論にとって重要です。一つ一つの天体には強い電波を出すのから弱い電波をだすのからいろいろです」。

「電波ではどこまで遠くが見えますか」

「誤解をおそれずにいうと、ほとんど果てが見えています。さっきの例の、宇宙が始まったときの電波というのは、正確には宇宙が始まって十万年ぐらい後の、電波が宇宙をとることができた頃のもので。だからこれより始めを観ることができません。それから、正確には、電波でみたのは果てではありません。当たり前普通の宇宙の部分です。ここでわかるように、電波はへんな障害がない限り宇宙をどこまでも伝わります。個別の天体がどこの距離までみえるかという、これは天体の出す電波がどれだけ強力かと私たちの電波望遠鏡の感度とできまります。キューサーなどでは数十億光年はいっています」。

「星間分子があるのはどうしてわかるんですか」

「まず電波望遠鏡で天体をグーッとひきつけますね。そして接眼部に顕微鏡を取り付けますね。すると星間分子がウヨウヨと……と、いうわけではありません。（笑）電波望遠鏡で天体方面からの電波を受けます。これをスペクトル解析装置にかけます。これは光のスペクトルをとるプリズムのようなものだと考えて下さい。すると、分子特有の線スペクトルが現れてきます。これがどの分子に対応するかは、計算したり、実験室で調べればわかります。でも、実験室でも存在できない分子がありますから、これは計算で出すより仕方ありません。最近では炭素分子がサッカーボールのような形になった分子が見つかりました」。

（ひらばやし・ひさし）

香 港 随 想

小 原 隆 博

密集する住宅街の上をかすめるようにして、飛行機は香港国際空港（啓徳機場）に着いた。出発時間の遅れも手伝って、到着は夜の10時を超えていた。鶴田先生に同行させて戴いた今回の出張は、熱帯のムーッとした暑さに迎えられての幕開けである。夜になっても気温は30度を下らない。初めての経験である。

香港には、「東洋の真珠」「コンクリートジャングル」「忙しい貿易港」「ショッピング天国」「グルメ天国」など、多彩な形容が与えられているが、そのどれもが正しかった。古き良き中国の面影を、街並みに発見したかと思うと、最新の流行ファッションが闊歩していた。ここでは、過去と未来が解け合って不思議に調和している。まさに昆然一体である。

この香港で、第2回西太平洋国際地球物理学会議が開催された。お盆の開けた8月17日から一週間、香港島にある香港会議展覽中心に、世界から500名程の地球物理の研究者が集った。第1回の同会議は、2年前金沢で開催された。今回は会場を香港に移しての開催である。

打ち上げ後3年半を経て、「あけぼの」のデータが大部蓄積されてきた。長期間の観測の甲斐あって、統計的な仕事も出来るようになった。今回はその様な統計結果の報告である。あけぼのチームのメンバーも多く参加して、様々な側面から日本のアクティビティーが示された。この7月には、GEOTAILも無事に発射され観測が始まっている。予稿集の表紙には、「ようこう」の捕らえた太陽の写真が掲載されている。

超高層大気物理学や太陽地球系物理学を専門とする研究者のこれまでの努力により、日本の研究が世界の一級に達したと実感した。シニアの先生方のこれまでの努力が見事に開花している。

研究発表は、太陽系の外惑星に及んでいた。NASA/ESAの協同ミッションであるユリシーズが見た木星磁気圏。ボイジャーの成果を凌ぐ成果がJPLの研究者から示された。時代は、遠く太陽系の諸惑星を指向している。その様な中であって、我が国の火星探査計画は、一際注目を集めた。打ち上げまで、あと4年。いよいよ期は近づいた。

会議のなか日。その日はセッションが早く終わ

った事もあり、何人かでビクトリアピークに登った。登山電車で途中の展望台まで行き、そこからは徒歩。山頂からは眼下に香港島の巨大ビルディング群、海の向こうには九龍半島が見える。香港島の中心に一際高い建物が2つ、香港上海銀行（イギリス系）と中国銀行（中国系）である。両行は、香港市民の格好の椰楡と比較の対象とされている。その背景には、香港の中国への返還（97年）の決定があるようだ。

目を覆う程美しくきらびやかな夜景に見とれながら、ふと後ろを振り返った。そこには、アバデーンと呼ばれる港が静かに横たわっていた。必ずしも豊かではない水上生活者の住む土地である。香港に住む人々は、600万に及ぶと言われる。小さな香港ではたとえ地上に居があっても、一人当りの住居面積が10平方フィートと聞いた。夜の暗闇がそうした姿を隠しているが、確かに昼に見た街は、とても狭く騒がしい。しかし今は全てが闇の中である。

中国大陆に住む人々は、香港に言われぬ憧れがあると言う。東洋の近代都市香港。97年の返還後は、広州の中心としてのみならず、名実共に中国を代表する都市になるであろう。その様な期待のある中で、過去に中国共産党に対するにがい思い出を持つ人も多い。香港は歴史的に「借りた時間」と言う制限を有する社会だった。人々の生活には基本的に「すばやく儲けて、安全な土地に移住する」と言う態度がある様に思える。しかし、何もこれは香港に限った事では無いように思えて来た。私たち現代の日本人の生活態度にも同様なものは無いとはいききれない。

香港の人々が歩むこれからは、決して一人香港の問題では無い。日本に生まれ日本に育った我々も、今までの生活態度を振り返り、反省を込めて将来を展望して行かなければならない。そして、研究や仕事にあっても、きらびやかな成果ばかりを追いかけず、むしろ地道な程に額に汗する努力を、継続して行かねばならない。……

短い滞在ではあったが、いろいろな事を考えさせられた今回の香港であった。

（おばら・たかひろ）

ネットワークの話 (8)

コンピュータネットワーク IV. 広域ネットワーク②

ネットワーク間接続

コンピュータネットワークは、ネットワーク間接続を行うことにより、より多くの相手と通信することができるようになる。コンピュータネットワーク間を接続する方式は、次のようなものがある。

(1) ルータによる接続（ネットワーク層での接続）

ルータ（router）は、ネットワーク層においてネットワーク間接続を行う中継装置である。ネットワーク層のプロトコルは、プロトコル体系によって異なるので、複数のプロトコル体系の通信を中継するためには、中継装置にプロトコル体系ごとの中継機能を備える必要がある。

大学や研究所間を接続するような場合、ルータによる接続を行うのが普通である。また、LAN同士の接続でもルータによる接続を行うことが少なくない。

(2) ブリッジによる接続（データリンク層での接続）

ブリッジ（bridge）は、データリンク層においてネットワーク間接続を行う中継装置である。ブリッジを用いた接続は、LAN同士の接続に使われるのが普通である。ブリッジは、LANのパケットを一旦蓄積し、パケットの行き先のアドレスを見て、自分が中継する必要があるかどうかを判定しながら中継を行う。

イーサネットやFDDIなどのLANでは、物理的に同じ線の上で、いろいろなプロトコル体系の通信を行うことができる。プロトコル体系が異なっても、LANに関する部分はプロトコルが共通になっているわけである。

ブリッジによる接続は、上位のプロトコルに依存しないので、複数のプロトコル体系の通信の中継が容易に実現できる。その反面、中継に関する細かな制御を行いにくいという欠点がある。

(3) その他の層での接続

ネットワーク層あるいはデータリンク層での接続ができないような場合、アプリケーション層やトランスポート層での接続を行う。プロトコル体系が異なるネットワーク間での電子メールの中継も、一種のアプリケーション層でのネットワーク間接続である。

インターネット

ネットワークが相互接続されている場合、接続されているネットワークの全体もまたネットワークである。このような相互接続されたネットワークの複合体をインターネット（internet）という。

TCP/IPのIPとは、Internet Protocolの頭文字をと

った略称である。TCP/IPプロトコル体系におけるネットワーク層のプロトコルであるIPは、ネットワーク間接続を行うことによりインターネットを構成することを想定して設計されたネットワーク層のプロトコルである。IPネットワーク（TCP/IPプロトコル体系を採用しているネットワーク）のインターネットは、現在、米国のNSFNET、NSI、ESNETをはじめとして、世界中のIPネットワークが相互接続しており、インターネット（Internet）の名前で呼ばれている。

宇宙科学とコンピュータネットワーク

インターネットは、研究ネットワーク、すなわち、大学や研究機関を結び、学術研究を支援するためのコンピュータネットワークとして発達してきた。研究ネットワークは、TCP/IP以外の通信方式を採用しているものも含め、世界中に広がりつつある。研究ネットワークを通してたいの国の研究者と電子メールの交換ができるようになりつつある。宇宙科学関係の研究交流を行う場合でも、米国、西欧諸国はもちろんのこと、旧ソ連との間でも電子メールやファイル転送が使えるようになってきた。

研究ネットワークは、国際接続が拡大する一方で、いろいろな国、地域で高速のバックボーンの構築が進められている。米国では、NSFがNSFNETと称する45Mbpsのバックボーンを運営している。

宇宙科学分野では、研究ネットワークの構築にNASAが力を入れてきた。現在では、NSI（NASA Science Internet）として運営されている。NSIは、IPネットワークと、もともとはSPANと呼ばれていたDECNET方式のネットワークの二つのネットワークからなる。

宇宙科学研究所では、ネットワークを通しての衛星観測データの利用を効果的に行えるようにするために、ネットワークの強化をはかっている。NASAのような独自の網の構築は予算的に簡単には実現しないので、現状では、学術情報ネットワークやTISN（東大国際理学ネットワーク）など既存のネットワークを活用している。時々刻々受信される衛星観測データを研究者に提供するためには、単に回線がつながっているだけでなく、データが遅滞することなく確実に転送できる信頼度の高いネットワークの実現を目指さなければいけないと考えている。

—宇宙研— 松方 純



JAPANESE SPACE RESEARCH AND ISAS

B. M. Reddy

Introduction:

This report deliberately is purported to be a mere collection of random thoughts. But it is frank and presents an outsider's view of some aspects which normally remain opaque for an insider. Space research has a great future. Even the most critical skeptics do not question that. In fact 21st century could well be the "SPACE CENTURY". A new dimension has emerged to space research priorities recently. It concerns monitoring our changing environment and develop predictability. Global warming, ozone depletion, long-term climatic changes, deforestation and desertification are some outstanding examples. There is no better way to monitor these parameters than from the vantage of a satellite platform.

Some Specific Japanese Programs:

Some of the past and future projects through MOS-1, MOS-1b, JERS-1, ERS-1, ADEOS, TRMM and JPOP are indeed impressive. But if one considers the scientific manpower needed to process, analyse and interpret and finally publish the scientific output, the Japanese Institutes, I am afraid, are not prepared. The scientific manpower in Japan is very low. To add to that, the best brains recently do not seem to be taking science as a career. It is time that the Government carefully assesses the situation, attracts bright young people into the area of space sciences and grooms them. Environmental studies through balloons and satellites will be a big business for at least next twenty years. I know of a few groups who are leaders in this area, including ISAS and Nagoya University; but they all have the same problem, i.e., lack of scientific manpower. A country like Japan with its immense economic manpower and high-tech base can play a bigger role. With scant natural resources, it is critical that Japan climbs up in science and hence in technology.

Specially on ISAS:

I will take the example of the Planetary Science Division which broadly covers atmospheric research, plasma processes, origin of life in the solar system, stratospheric minor constituents, etc. This Division is very critical and serves two very important functions: (1) it provides the basic reference model of planetary environment and studies the perturbations forced by solar-related changes as well as anthropogenic changes, (2) it builds bridges between

fundamental and applied sciences. The realm of responsibilities for this Division alone will be equivalent to the work allocation for one of the NASA centers with typically 500 to 1000 scientists!

Now I will come to the crux of the problem. The scientific manpower of most of the ISAS groups consists of a few professors and some graduate/under graduate students. The professors are usually busy with planning meetings, meetings with contractors and in writing proposals/reports, etc. In addition they have to design the experiments and carry out pre-flight checks and post flight data acquisition. It is impossible for them to find time to analyse, interpret and derive publishable science from the mass of data they generate unless they are supported by a good number of middle level scientists, say at the lecturer level. It is at this middle level that a considerable expansion is a must at ISAS. After all the final objective of ISAS is excellent science output—not just excellent data collection!

For every professor or associate professor, there should be a minimum of four lecturer level scientists with Ph.D. in the relevant area, who will not be bothered with administration, planning meetings, etc. Their only assignment should be data interpretation and publication with some help from the professors. They should be encouraged to spend part of their time practising English—I find that the international impact of the excellent science generated by Japanese Space Scientists is less than what it deserved, because of the language problem.

I do realise that man power is a problem in Japan—especially for Government Institutes where salaries are inferior compared to private industry. To attract the best students into this area, we have to glamorise Space Research. I am stressing this because in the near future, Space Business even as an enterprise will be very lucrative. Almost all the countries will depend on satellite-based systems for communications, control, command and intelligence (C3I). Environmental monitoring including disaster warning will be from space. Resources survey including fishing area forecasts will be totally from satellites. We can not leave the scientific manpower input for such a critical area to the prevailing market forces that tempt the brightest people to join Banks and Security Companies!

(インド国立物理学研究所・
宇宙科学研究所外国人客員教授)

ISASニュース

No.138 1992.9.

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