

iasa

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

MAR. 1991
VOL. 7—NO. **2**

IN THIS ISSUE,

SPACE ROBOTT. UCHIYAMA.....58

A JOURNEY TO HOME MANUFACTURED SATELLITES (4)
.....S. MORIMOTO.....70

宇宙先端
宇宙先端活動研究会誌

編集局

〒105 東京都港区浜松町 2-4-1
世界貿易センタービル内郵便局私書箱 165号

編集人

岩田 勉 TEL 0298-52-2250

編集局長

福田 徹 TEL 03-3769-8194

編集顧問

久保園 晃 宇宙開発事業団理事
土屋 清 千葉大学映像隔測センター長
中山 勝矢 工業技術院中国工業技術試験所長
長友 信人 宇宙科学研究所教授
山中 龍夫 航空宇宙技術研究所宇宙研究グループ総合研究官

監査役

伊藤 雄一 日本電気株式会社宇宙開発事業部技師長

宇宙先端活動研究会

代表世話人

五代 富文

世話人

石澤 禎弘	伊藤 雄一	湯沢 克宜	岩田 勉	上原 利数
大仲 末雄	川島 鋭司	菊池 博	櫻場 宏一	笹原 真文
佐藤 雅彦	茂原 正道	柴藤 羊二	鈴木 和弘	竹中 幸彦
鳥居 啓之	中井 豊	長嶋 隆一	長谷川秀夫	樋口 清司
福田 徹	松原 彰二	森 雅裕	森本 盛	

目 次

1. 宇宙用ロボットの現状と今後の課題	58
2. 国産通信衛星へのみちのり (4)	70
Junk Box	80

宇宙用ロボットの現状と今後の課題

内山 隆*

1. はじめに

現在、宇宙用ロボットとして実用化されているものは、御存知の通りスペースシャトルに搭載されたリモートマニピュレータシステム (SRMS) が唯一の例である。このシャトルマニピュレータは1984年の太陽観測衛星 (Solar Maximum) の捕獲・修理から昨年の長期間曝露装置 (LDEF) の回収など、数多くのミッションでその有用性を実証している。

宇宙用ロボットの次の活躍の場は国際宇宙ステーションとなろう。現在、アメリカ・カナダ・欧州宇宙機関 (ESA) ・日本などで、船外や船内の活動を支援する多様な宇宙用ロボットの開発計画が進行している。また、各種のプラットフォーム・宇宙工場・宇宙探査などに宇宙用ロボットの活用が期待されている。

このような背景から、1990年代は21世紀の宇宙インフラストラクチャの構築や運用において、基盤技術の一つに位置づけられる宇宙用ロボットの技術確立とその活躍の場を拡大する極めて重要な時代と言える。さらに、この次世代宇宙用ロボットは宇宙空間を航行し、遙かなる遠隔地から制御して作業を行い、固定する足場が無いことや通信遅れ・通信容量の制限など地上の産業用ロボットとは異なる多くの技術的課題を有している。

以下に、宇宙用ロボットの開発の現状と技術的課題について述べる。

2. なぜ宇宙ロボットか

今後の宇宙活動の進展に伴い、宇宙用ロボットの実用化が強く望まれている背景として、以下の点が挙げられる。

* (株)富士通研究所 宇宙メカトロニクス研究部

(1) 衛星から宇宙機へ

姿勢制御の燃料が無くなると寿命が尽きるこれまでの使い捨て型の衛星から、燃料を補給して再使用するプラットフォーム型の宇宙機の開発が計画されている。このため、燃料補給・部品交換など維持・補修の軌道上作業が増大する。

(2) 宇宙活動の場の拡大

国際宇宙ステーションは低軌道に建設されるが、これをベースとして共軌道プラットフォームや有人支援プラットフォームなどへの展開が計画されている。さらに、静止軌道のプラットフォームや月・惑星での活動も具体的な検討が進められている。このため、大型構造物を低軌道で組み立てて静止軌道に運搬したり、軌道間での物資の移送、月・惑星への中継基地など多様な軌道上サービスが必要となる。

(3) 宇宙環境利用

現在、宇宙ステーションでの実施が計画されている、材料製造・科学観測・サイフサイエンスなどの宇宙環境利用の実験も、将来は恒久的な施設である宇宙工場や宇宙天文台で実用化が図られることになる。これには、加工、材料・製造品の輸送、液体ヘリウムの充填など運用コストの低減が重要なファクタとなり、ロボット化や自動化が求められることになる。

(4) 有人活動の制約

将来、宇宙活動の質的および量的拡大が予想されるが、特に船外作業などでは作業時間の制約、安全性、活動範囲の制限などにより、対応可能な軌道上作業の範囲はかなり限られたものとなろう。また船内作業においても、生理的影響や定期的交代を考慮する必要がある。このため、時間や場所に制約されず作業を遂行できる高機能な宇宙用ロボットが望まれる。

(5) 国際的な貢献

今日、地上の産業用ロボットや自動化技術は、我が国の最も得意とする技術分野であり、これを宇宙分野に展開していくことで、国際的な宇宙開発に貢献できる可能性は大きい。

3. 宇宙ロボットの発展形態

シャトルや宇宙ステーションで利用されるリモートマニピュレータは、オペレータ

が直視できる環境でマニピュレータと接続したハンドコントローラを用いて操縦する遠隔制御を基本としたロボットである。このリモートマニピュレータを第1世代とすると、空間移動を特徴的な運用モードとする10年後の実用を目指した宇宙用ロボットは、第2世代に位置づけられる。この第2世代のロボットでは、自律制御と遠隔制御を融合させた部分自律化、即ちテレロボティクスの概念が骨格の技術となる。さらに、月や惑星での活動を狙いとした第3世代ロボットでは、人間による支援が困難なことから高度な自律性が求められる。表1に、各形態のロボットの主要技術、作業内容、計画例などをまとめて示す。

4. 宇宙ロボットの開発計画

以下に、具体的な検討が進められている宇宙ロボットの例について示す。

(1) F T S (Flight Telerobotics Servicer : NASA) ¹⁾

F T Sはアメリカが国際宇宙ステーション用として開発を進めている宇宙用ロボットで、S R M Sの先端に取りつけられてステーションの組立や運用に利用される。高さが約2mで、図1にその外形を示す。1988年10月に予備設計が終わり、1989年6月よりマーチン・マリエッタ社により詳細設計が進められている。シャトルを利用して、1992年12月に開発用のテストフライト(D T F - 1)が、また1994年6月にデモンストレーションのテストフライト(D T F - 2)が予定されている。

(2) M S S (Mobile Servicing System : カナダ) ²⁾

M S Sは、約17mのアームを持ち国際宇宙ステーションのトラス上を移動できるM S C (Mobile Servicing Center) と、このアームの先端に取りつけられる器用な2本の腕を持つS P D M (Special Purpose Dexterous Manipulator) より構成される。図2, 図3にM S C とS P D Mの構成を示す。開発は、カナダのスパー社が担当し、M S Cの実用化の2年後に、S P D Mが追加される予定である。

(3) M T F F (Man Tended Free Flyer : ESA) ³⁾

国際宇宙ステーション計画の一環として、通常は無人で運用され、90日ごとに人が訪れて補給・回収を行う実験施設の開発が計画されている。無人で実験装置を運用するため、図4に示すようなガイドレール上を移動する船内作業ロボットの活用が予

定されている。ドルニエ社が検討を進めている。

(4) HERA (Hermes Robot Arm :ESA) ⁴⁾

ESAでは、ヨーロッパ版スペースシャトル(Hermes)とこれに搭載するマニピュレータであるHERAの開発を計画しており、全長11.2mで20トンの可搬能力を持つ。前述のMTFFにドッキングして機器交換などのサービスを行う。フォッカー社(オランダ)とマトラ社(フランス)が開発を担当し、1997年のフライトモデルの完成を目指している。図5に構成を示す。

(5) JEMRMS (Japanese Experiment Module Remote Manipulator System :NASDA) ⁵⁾

日本も国際宇宙ステーション計画に参加し、これに結合される日本実験モジュール(JEM)の開発に着手した。このJEMでの実験装置や補給部の交換などの作業を行うマニピュレータ(JEMRMS)の開発が進められている。全長約10mの親アームと約2mの子アームから構成される。図6に外形を示す。

5. 宇宙用ロボット開発における課題

宇宙用ロボットは、従来の地上のFA(Factory Automation)用ロボットと使う環境や運用法において大きく異なり、いくつかの開発課題を有している。以下にその特徴的な項目について記す。

5.1 遠隔操作

次世代の宇宙ロボットでは、宇宙空間を無人で自由に航行し、遠く離れた地上や宇宙ステーションからの指令によりミッションを遂行することが求められる。このためMan in the loopを基本として、テレプレゼンス(遠隔臨場感覚呈示)技術や使い易いマスタ操作器などの高度なヒューマン・ロボットインタフェース(HRI)機能が重要となる。特に、テレプレゼンスという言葉は、MITのミンスキー教授により、NASAの宇宙用ロボットのスタディ(ARAMISレポート)のなかで生み出されたものである。また、遠隔操作と自律機能をいかに融合させるかも重要な課題である。

5.2 通信の時間遅れと容量の制限

ロボットと地上間あるいは宇宙ステーションとの通信は、静止軌道上のデータ中継衛星を経由することになり、少なくとも $0.5 \times n$ 秒(n は中継の回数)の時間遅れが生ずる。また通信容量にも制限があり、容量が大きい画像データの送信にはコマ落

としや量子化が必要であり、時間的あるいは空間的な分解能の低下を招く。これらはロボットの操作性を大きく阻害する要因となる。

5.3 自由空間での動的運動

宇宙空間を航行するロボットは、地上と異なり固定できる足場が存在しない。このため、手や足を動かすとその反作用で本体が反対方向に運動する。また、物体を把持すると系の動特性が変化し、同一の移動指令でも軌跡を異なったものとなる。このため、地上と同じ制御では対象物のピックアンドプレイスは不可能となる。これには、系の運動量と角運動量の保存を考慮したパスの生成や、衛星本体への干渉を出来るだけ少なくする最適化パスの生成が必要となる。

5.4 E V A (Extra-Vehicular Activity)作業の代替

宇宙ロボットの主要な役割に、従来は有人で行っていたE V A作業の代替がある。宇宙環境では、地上の工場のように各種の周辺機器を用意したり環境を整備することが困難なため、人間に近い柔軟で高機能なロボットが求められる。このため、対象物への固着用の足や作業用の両手など、多腕を統合した協調制御が必要となる。また、この多腕の制御には当然上記の 5.2や 5.3項の要因を考慮する必要がある。

5.5 耐環境性

宇宙用ロボットは、宇宙での様々な厳しい環境要因に耐えられる特性が求められる。例えば、微小重力、放射線、真空、熱サイクル(日射と日陰)、打ち上げの衝撃、宇宙塵との衝突などである。なお、地上の原子力用ロボットでは耐放射線性が求められるが、宇宙ロボットではこれらが複合要因として課せられる点に技術的困難さがある。

5.6 地上試験技術

宇宙の環境を地上で再現することは極めて困難である。特に、宇宙用ロボットに求められる微小重力下での空間的運動を検証することは、大きな課題となっている。これには、機能を限定した検証や、評価目的に応じたシミュレーションを組み合わせることで対処することとなる。

6. 宇宙ロボットのシステム概念

宇宙ロボットのシステム構成を考える場合に、MITのSheridan教授の提唱したスーパーバイザリコントロールの概念が参考となる。図7にこれを拡張した宇宙用ロ

ボットの機能構成の案を示す。

これは、オペレータ側の〈Local loop〉と、実行側の〈Remote loop〉から構成され、通信システムにより結合される。〈Local loop〉では、プランニングシステム、シミュレーションシステム、ワールドモデル、ヒューマン・ロボットインタフェース(HRI)などがその構成要素となる。〈Remote loop〉では、ロボットアーム、センサ、協調制御などが構成要素である。通信遅れや環境の変化などの監視には、HRIを介してシミュレータとオペレータとの予測ループを形成することが重要であり、実行側ではロボットとセンサとの適応的ループを形成することが重要となる。

7. 要素技術

宇宙ロボットの構成に必要な主な要素技術を表2に示す。このように、宇宙用ロボットの開発には多様な技術が必要とされるが、以下にその一例について紹介する。

(1)多腕協調制御

図8に2本の腕と2本の足を持つ宇宙ロボットにより、トラスを組み立てる協調作業をシミュレーションした例を示す。このシステムは計算機内部にロボットや環境のモデルを持ち、時間遅れのシミュレーションも可能である。

(2)遠隔制御

マスタとスレーブロボットに力センサを搭載し、バイラテラル制御系を構成した例を図9に示す。ここでは、マスタ・スレーブ間に計算機を介在させることで、変位縮小、コンプライアンス制御、自由度拘束など多様な操作支援機能を実現されている。

(3)自由空間での制御

空間に浮遊しているロボットについて、アーム運動の反力を考慮してパスを生成し、衛星本体が回転しても直線軌道で目標物を捕捉する制御方式をシミュレーションした例を図10に示す。捕捉後のパスは、把持した物体の質量が影響し、アプローチのパスとは異なったものとなっている。

(4)シミュレータ

微小重力下でのフリーフライング・ロボットの運動を模擬するため、ソフトウェアとハードウェアを組み合わせたハイブリッドシミュレータを開発した(都立科学技術

大学と共同)。機能構成と外観をそれぞれ図11と図12に示す。6自由度の双腕のロボットは、重力をキャンセルするため、張力のフィードバック制御を施した吊り機構により支持されている。

8. まとめ

今後の宇宙インフラストラクチャの構築・運用における宇宙ロボットの必要性、内外の宇宙ロボット開発の計画、宇宙ロボットの開発課題などについて概説した。宇宙環境の利用拡大を目的に、再使用を前提とした宇宙機や衛星が増加するにつれて軌道上でのサービスが質・量ともに増大することが予想される。このような環境は、ロボットを最も有効に活用でき、かつ支援技術として不可欠となる場面であろう。また、現在実施されつつある材料などの宇宙実験が、やがて宇宙工場での製造に発展した段階では、やはりコストは重要なファクタとなることが予想される。このような極限環境下の工場では、宇宙用ロボット技術が重要な役割を果たすことになるであろう。さらに、月や惑星の探査などの科学分野においも、有用な手段となろう。

今後、我が国が得意とする、ロボット、半導体、コンピュータ、通信、自動化などの技術をこの分野にSpin-inして、国際的な宇宙開発に貢献していくことは重要なテーマであろう。

<参考文献>

- 1) J. Townsend, et. al. "The Flight Telerobotic Servicer Program", AIAA-88-5001, Nov. 1988.
- 2) R. Hughes, et. al. "The Special Purpose Dexterous Manipulator (SPDM) : A Canadian Focus for Automation and Robotics on the Space Station", AIAA-88-5004, Nov. 1988.
- 3) W. Peuter, et. al. "Robot-based Equipment Manipulation and Transportation for The Columbus Free Flying Laboratory", 2nd E100TS, Sept. 1989.
- 4) J. H. de Kooen, et. al. "The Hermes Robot Arm", IAF-88-026, Oct. 1988.
- 5) 白川, "宇宙ステーション計画に係わる最近の動向について", pp9-21, 第7回ステーション利用計画ワークショップ予稿集, 1988.

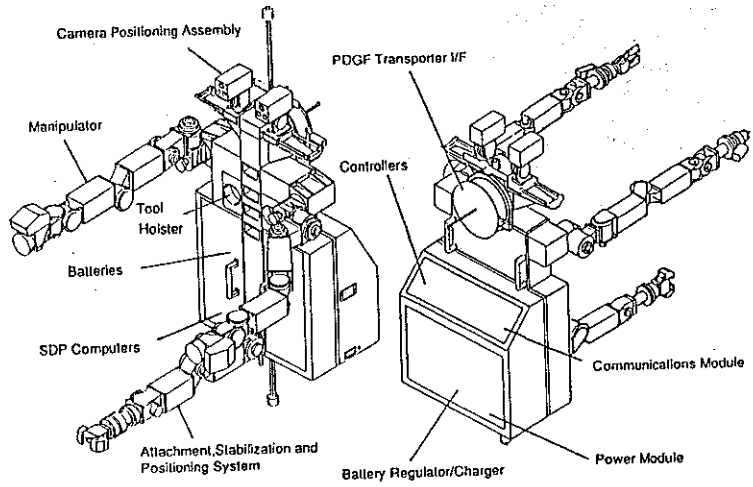


図1 FTSの構成 (NASA)

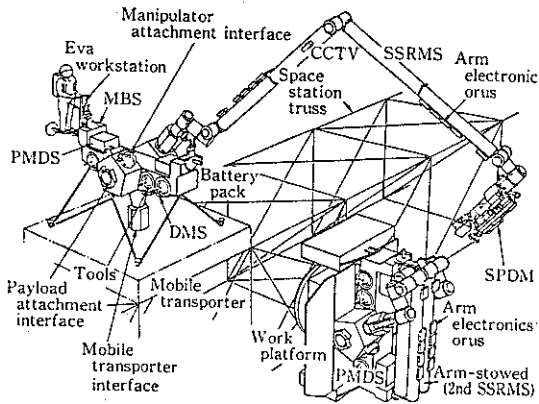


図2 MSCの構成 (Canada)

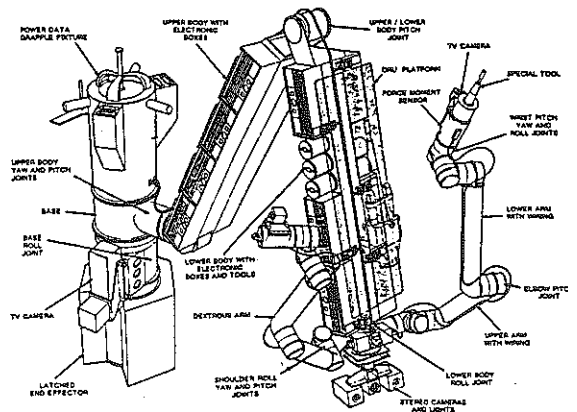


図3 SPDMの構成 (Canada)

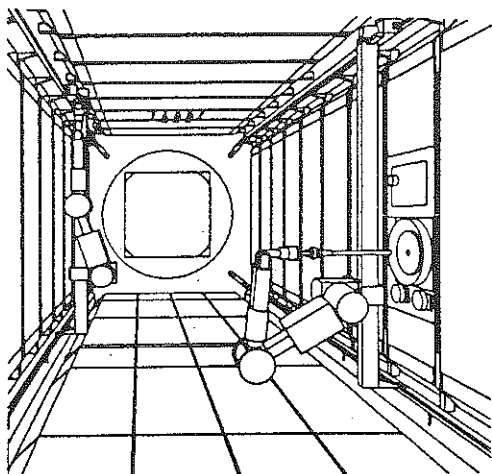


図4 MTFの船内作業ロボット (ESA)

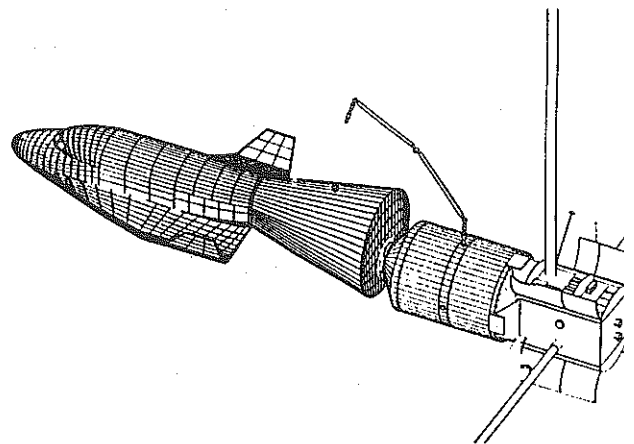


図5 HERAの構成 (ESA)

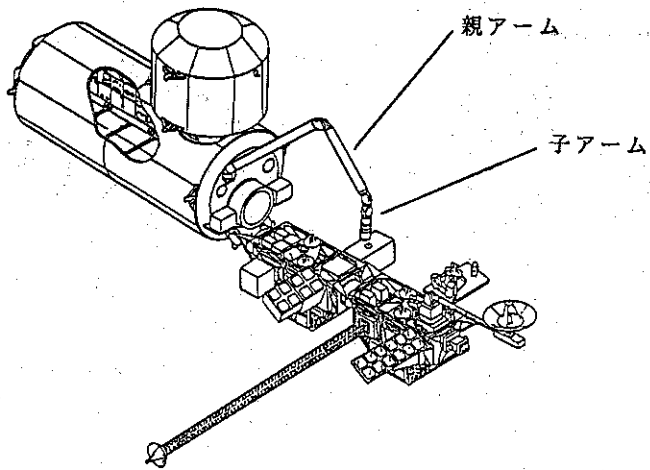


図6 JEMRMSの構成 (NASDA)

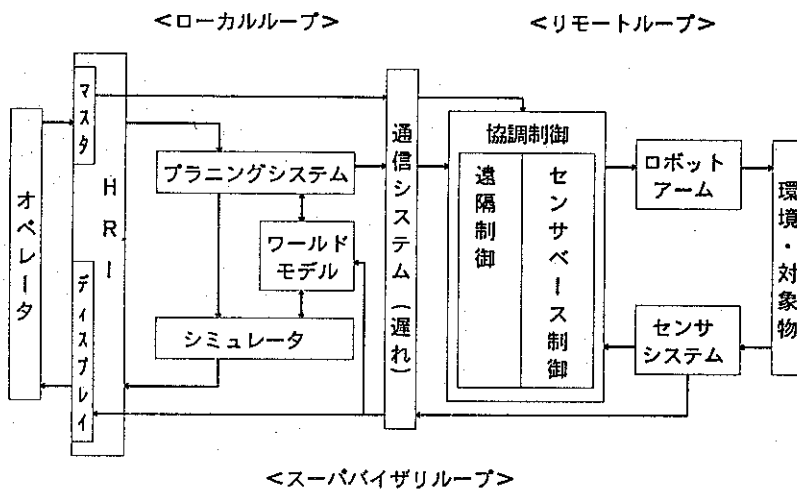


図7 宇宙用ロボットの制御システムの構成

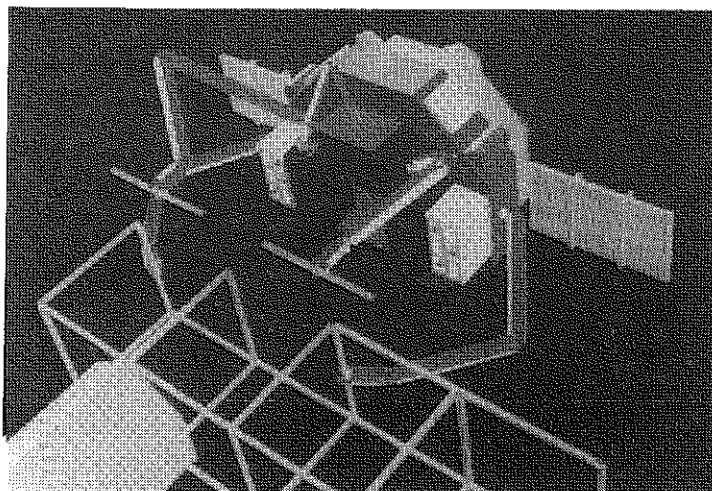


図8 軌道上作業ロボットの多腕制御

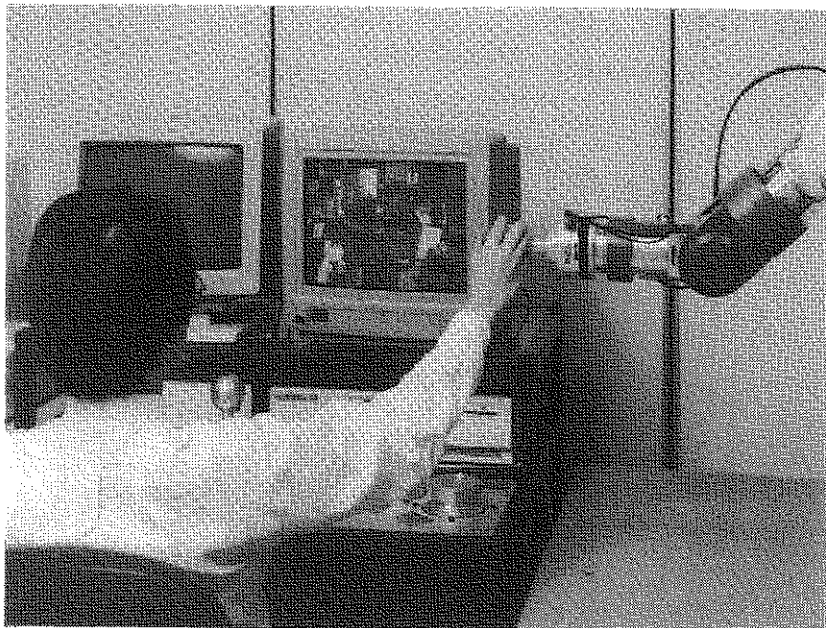


図9 バイラテラル遠隔制御ロボット

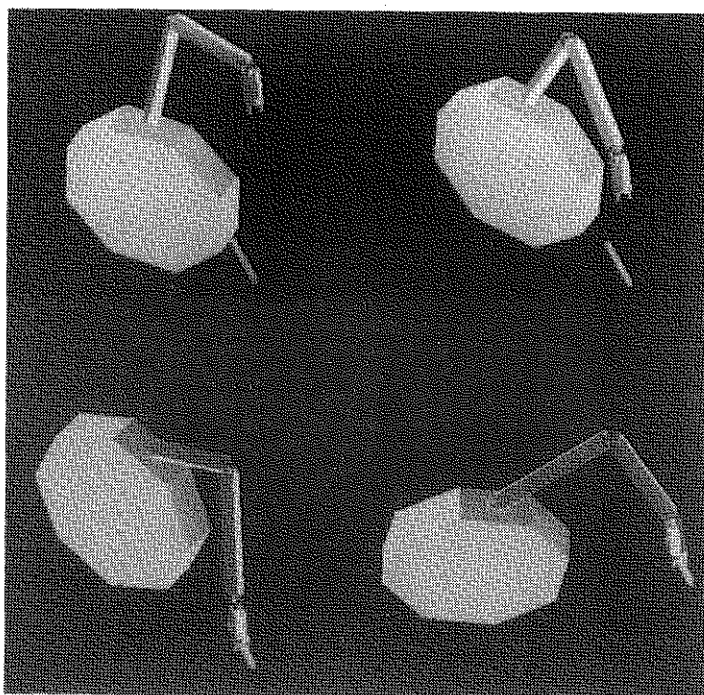


図10 空間移動ロボットの浮遊物捕捉制御

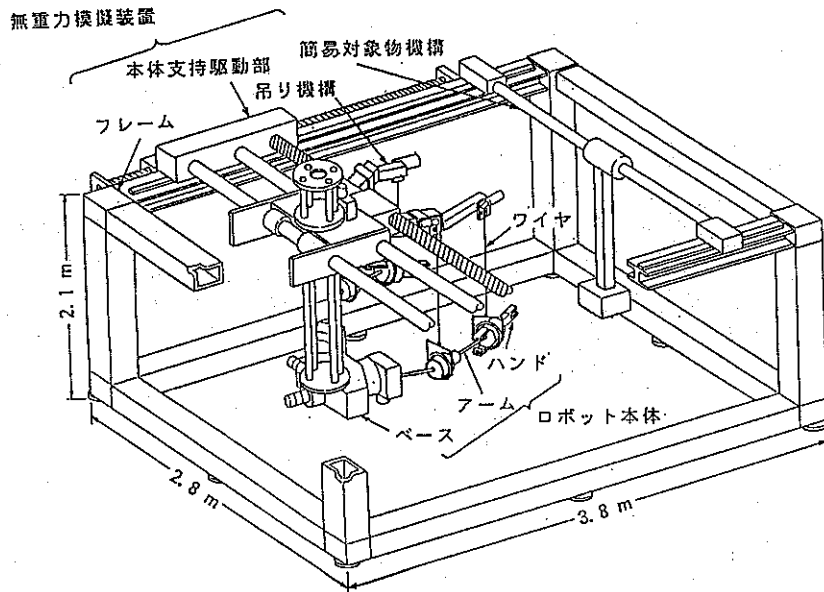


図 1 1 無重力模擬ロボットの構成

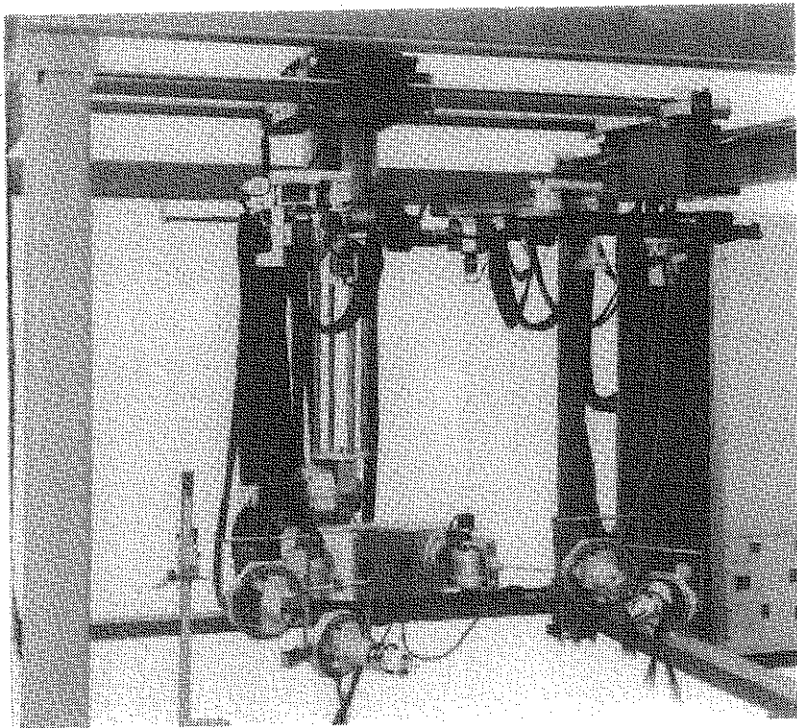


図 1 2 無重力模擬ロボットの外観

国産通信衛星へのみちのり (4)

森本 盛

第 4 章 骨折り損のこと

1974年からNTT本社の技術局というところに勤務することになった。そこは新システム採用のポリシーを打ち出すところである。無線、有線伝送、交換、データ、宅内（電話器等）、線路（ケーブル）といった部門が、激しい技術開発競争を展開している。衛星通信担当は無線部門の中にできたばかりで3名、2%にもみたくないグループであった。リーダーはY・Iさん。当面は外部折衝が中心で、その技術面をサポートするのが私の仕事である。

まずはCSE（通信衛星1号）のメーカー問題である（NTTには何の権限もないことであるが）。NASDAの指導により、M社とフィルコフォード、N社とヒューズ、T社とGEというペアが決まり、GMS（気象衛星）、BSE（放送衛星）、CSEそれぞれの発注ペアを決めるという噂が聞こえてきた。NTTの中では、トランスポンダ（衛星用中継器）の試作を依頼したN社に、CSEをとってもらいたいという希望を誰もがもっていた。。ヒューズ社がインテルサットI・II、IV号を受注していることもあって、どこからみても合理的な話と思っていた。

ところが話はヒューズにひっくりかえされた。ヒューズはVISSR（気象衛星用カメラ）を開発したが、米国内で受注に失敗した。“意地でもこれを使いたいからGMS受注しかない”というのである。一方、フォードの方は、ETS-II、ECS、CSEを発注してくれれば、安くて良いものを作る・・・お買い得と売り込んだようである。このような経緯でGMSとCSEの受注ペアが決まった。その時点では、色々な話し合いがうまく進むのか、きわめて心配であった。2年後に米国に遊びによく飛行機の中で、フォードのMr. Gにバッタリ会った。How to business in Japanという冊子を書いて、社内で好評を博したとか言っていた。

つづいては国産トランスポンダの搭載の折衝である。これは上のレベルの折衝に持ち込まれた。NASDA側は、実績のない国産品を乗せて失敗したら困る・・・経験豊かな米国製にしたいとの意向であった。今と違って当時は失敗が許されない世

の中であった。宇宙研の打ち上げ失敗がA新聞にデカデカと掲載され、T所長さんが国会で厳しい吊るし上げをうけたのを皆知っている。リスク覚悟で新技術に挑戦するという、あたりまえのようなことを理解する人が少なかった時代である。その事情もわかるが、1台も載らないのでは開発した側の立場がない。何回もの折衝の結果、Cバンド、Kaバンド各1系統ずつ載せてもらうことになり外部折衝は一段落した。

内部では研究所から悪知恵を貸してくれと頼まれた。トランスポンダの中間周波増幅器（弱い電波を増幅して強める中心となる場所）の周波数について、1.7 GHzで試作したがウマクないので4 GHzで再試作する予算を取りたいというのである。悪知恵を出して事はうまく進んだが、実はちょっとビックリした。というのは、高速データを通すためにも、構成を簡単にするためにも4 GHzが良いという理由で、初めから1.7 GHzに反対していたのに、私が転勤したとたん担当が1.7 GHzで発注したと聞いたからである。どうやら受注側に黒幕がいたようである。もうひとつ、地球局について、企画書に世界で初めて直径1 mのアンテナで衛星通信をやる計画を入れておいたが、居なくなったら消されてしまった。理由は、その頃定められていたNTTの通信サービスの種類にはまらないというもっともな話だが、それでよかったのかどうか？

さて2つ目の仕事はというと・・・ECSである。ECSはRRLの通信実験を主目的とする衛星である。トランスポンダはユーザ側が準備する計画で進んでおり、RRLとNTTの分担も四者協議会で決まっていた。（註-10）

難航したのは、信頼度と経費の関係である。NASDAの信頼性管理部は標準の開発ステップを要求した（EM, PM, FM；前章註-8）。しかしこれではコストが嵩み、予算枠を大幅にオーバーしてしまう。色々知恵を出し合って、「トランスポンダの責任はユーザー側でもつこととし、試作品を搭載する」という答えに落ちついた。ただし、NASDA信頼性管理部から、代表的な部品の信頼度保証の方法とデータ（NTTにおける）をチェックしたいという条件が付けられた。

今度はNTT内の説得が必要になった。というのは、ノウハウを開示する場合には、かかった費用を相手から払ってもらうことになっているからである。「この開示により、相手から宇宙機の信頼度保証ノウハウを吸収できる。これはCSEの開発にも重要なこと」と説得してまわり、OKになった。しかしこちらも条件がついた。相手は

信頼できる郵政省に限定せよというのである。結局は郵政省から「秘密は守るから開示せよ」という文書をいただいて一件落着。RRL, NASDA衛星グループとも予算枠内に納まり、感謝していただくことができた。

3つ目の仕事はインマルサット（船舶衛星通信）。インマルサットの日本代表機関になって、国産衛星をネジ込もうという企みである。太平洋が米国、大西洋がESAなら、インド洋を日本でとろうなどと考えていた。海に関することにはIMCO（国際海事機構）が強い権限をもっており、そこに海事衛星通信委員会が設けられてインマルサット設立の準備が進んでいた。そして国内ではKDDとの争奪戦になった。

NTTの主張は、IMCOは大型船しか対象にしていけないが、日本の場合、小型船の数は大型船の10倍もあり、世界一の保有国である。これを無視してはインマルサットの意義が薄いということ。そしてもうひとつ。南氷洋や北極海の漁船など、日本国籍の船と日本との間の通信が、法的には国内通信と定められていることである。これらの船との通信はHF（短波）通信に頼っており、通話を申し込んでから20時間待たされるのは日常茶飯事であった。また通話もフェージングでトギレトギレになることが多かった。これでは人命尊重の面でも、船員の福祉の面でも具合が悪い。NTTには国内通信の責任者としてこれを改善する責務がある。衛星通信であれば、即事に（ダイヤルで）つながり、通信の質も格段に向上するという売り込みである。このあたりは、リーダーのY・Iさんが中心になって、連日郵政省に説明に行っていた。

技術面でもこれを裏付ける検討が必要である。小型船用の装置は当然のことながら小さい方がよい。とくに船外に出るアンテナは簡単な方がよい。IMCOで考えていたのは、アンテナ直径が1m、レドーム（アンテナを覆うプラスチックの容器）の直径は2m、高さは3mであった。我々はアンテナの直径をほぼ1/3にするシステムを考えた。これで容積は約1/30、重量で1/20と見込んだ。そのうえアンテナの指向性が広がって、衛星方向に追尾させるメカニズムが簡単になる。これらにより価格も大幅に下がる。（この案に対しては、船上装置をリースにすれば価格は高くても関係ないという反論があり、現実にその形態で営業が始められた。しかしメーカーの方は装置が売れないと嘆いておられた。理由は、船の建造や改造の金額は大きいので、そのとき船上装置を買い取ればゴミのようなものであるが買い取る制度がない。逆に船の運用経費は小さいので、装置のリース代金を簡単に捻出できないので利用者が増えな

い。というものであった)

衛星の側は、アンテナを2倍(約2m)にして、船側を小型化したところを補う。Lバンド(1.6GHz)で2mのアンテナは何の問題もない。マルチビームアンテナ(例えば太平洋を4つのビームでカバーする)にできるので、むしろメリットもある。ひとつは周波数の再使用ができることであり、もうひとつはビームの位置を調整してアジア大陸のようなところに無駄な電波を照射しないようにできることである。

(註-11)

以上のほかに、ダイヤルで直接船上の電話機を呼び出すための信号形式、通信信号の質/レベル/地上ネットワークとの接続等について検討し、郵政省の電波技術審議会に提案した。

国際的には、技術検討がIMCOからCCIR(註-12)に移管され、上記の案が日本提案として提出され審議された。国際会議の方は英語の上手なT・Iさんに頼んだ。そしてほとんどそのままグリーンブック(国際勧告等を集約したテキスト)に挿入することに成功した。。

ここで提案したものの多くの部分は、陸上移動通信で既に高レベルに達しているものをうまく衛星通信に利用したものである。すなわち着想の手法として、自分達の強いところを狙えという方法をとったことになる。

国内における代表機関争奪は、激しい攻防戦の末、1976年にKDDとの断が下され、国産衛星ネジ込みの夢は消えた。その3年後にKDDトップの不正経理が摘発され、インマルサット代表機関決定に絡むKDDから郵政省への贈賄という話もきかれた。

技術局での任務は終わったが、研究所に帰れなくなり干されてしまった。5年前の転職のとき悪い予感がした。ミリ波伝送の研究をやっていた連中が失職しそうになっていたからである。しかもその研究を始めた責任者が研究開発本部長のB・Oさんである。B・Oさんがサダムフセインなら、私は国外追放にあったクエートのボスといったところらしい。「衛星通信を早く事業に使うよう推進してください。100人の研究者が宙に浮いてます」とネジコミに行ったところ、耳を貸してもらえるところか、やめろといわれてしまった。

以上1974~1978年に係わったことは、総体的にみると骨折り損のくたびれもうけと

いえる。というわけで、この章は締りがないので、10年間にあった技術的な話題に触れてみる。

まず宇宙開発委員会ポストアポロ計画懇談会（1972～1973年）の作業部会でお手伝いしたときの話；低高度衛星を静止衛星経由で追跡することを提案した。まだNASAのTDRS計画の話もない時であったので、NASAとの共同実験のテーマによいとして、報告書に載せていただいた。暫くたって、NASAのTDRS計画の発表を聞いた。同じ頃に同じことを考える人がいるものだと思った。部会長のT・Iさんが10年後まで覚えていて下さり、「見直し要望に君の案を使ってよいか」と声を掛けてくださったのには大いにかんげきした。

これに続く長期ビジョン特別部会の作業グループでは、通信と航法の章を分担してお手伝いした（ただし航法は電子航法研究所のS・N室長さんに助けていただいた）その頃は宇宙開発の予算が伸びていたもので、20トンの衛星など壮大なビジョンを画いた。しかしその予測はあたらなかった。同じ頃NASAの委託でさらに壮大なビジョンを画いた人がいた（Bekey）。彼の予測も同様にあたっていない。この作業で感銘を受けたのは、宇宙開発課のK・M補佐と宇宙企画課のT・N補佐お二人のリーダーシップである。先進国に互して進もうという情熱、哲学と大枠の目標の指示、そして委員の使い方の上手さ（能力をひきだして書かせてしまう）。かくして専門家執筆の報告書（案）ができ上がり、事務局お手盛りが多い世の中で珍しいといわれた。

リモートセンシング技術センターの地球観測衛星検討委員会でもお手伝いした。ここでは色々な観測センサーのデータ量を計算し、地上に伝送する手段とその実現性の評価を行った。そこで感じたことは、ユーザ要求は地表の物理量で示されるので、観測センサーのハードウェア性能との間を結ぶエンジニアが必要であるということであり、そのむね指摘した。（後に合成開口レーダー開発の当事者として苦勞することになるうとは夢にも思わなかった）。委員会に出席された宇宙開発課のK・M補佐が、「センサーは国産にしたい。世界に勝てると確信する」と言われたのが強く印象に残った。

これより前1967年に、静止衛星軌道の有効利用について検討した。静止軌道の i （軌道傾斜角）及び e （離心率）をわずかに変えると、地上から見て衛星が小さな楕円を画いてまわる。楕円の上に衛星を等間隔に数個並べるオテダマ法である（註-13）。

これを特許出願したところ、部長に呼び出された。「君の特許はダメだぞ。今届いたBSTJ（ATTのベル研究所の成果報告）に同じのが出るとよ」と出されて、おそるおそる頁を開いてホッとした。「これはiだけ変えているので8の字運動です。我々は楕円運動でクロスポイントがないだけ進んでいます」と言う説明でハンコをもらうことができた。これも同じ頃に同じことを考える人がいた例のひとつである。

BSTJといえばSSTDMA（衛星のうで100 ぐらいのマルチビームの間の相互切替えをする時分割多元接続）の論文がでたときに、幹部から「研究費をたくさん使ってこんなアイデアも出ないのか」と質問が出た。これも前に検討したことがあったので驚かない。「1秒間に80万回切り替えるスイッチマトリクスの実現にも問題があり、又一万個のスイッチの重量と電力を考えると今世紀内に実現しないと考えて計画から落としました」という説明でケリ。新しいアイデアは米国経由で認めるという風調を残念に思ったことがある（科技庁の補佐の方が国内の意見に熱心に耳を傾けられたのと反対）。

1979年には、未来工学研究所でSPSS（太陽発電衛星システム）の検討を行った。科技庁の委託によるもので、ソーラアレーは阪大のK・A先生が、マイクロ波送電は私が、それぞれとりまとめ役になって報告書を作った。高度4万kmのところで800 kwを発電し、電波にして地上へ送るシステムである（註-14）。国内の検討としては早かったと思っている。

宇宙開発委員会のお手伝いをしたご縁で、私は幸運にもK・Mさんのご推薦をいただくことができ、念願叶ってNASDAに入れていただけることになった。

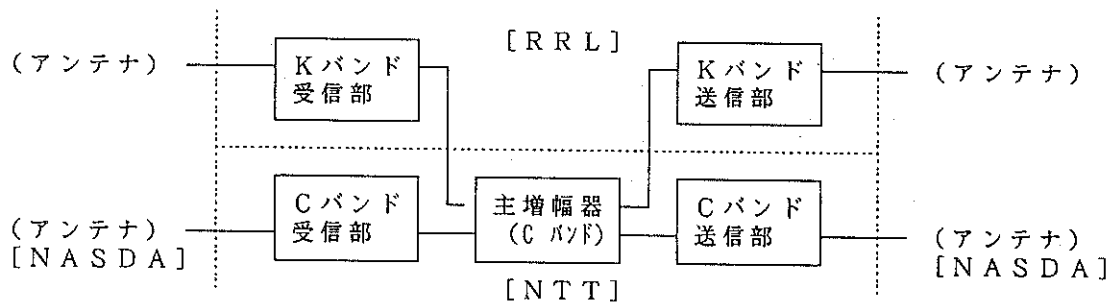
最後に職場風土の違いについてヒトコと；事業部門では、新入社員は博士だろうと構わず、お茶汲み、掃除、コピー等をやらされる。一見冷遇しているようであるが、仕事のコツから個人的悩みまでキメ細かく面倒を見る、温かい人間関係がある。研究所というところは、新入社員にできるだけ雑用をさせないようにする。一見優遇しているようだが、悩み事の相談にうまくのってくれる人は殆んどいない点で一皮むけば冷たい社会と言わざるを得ない。人間的成長の面では明らかに前者に利がある。組織の効率がよいことも明白である。

(註-10) 四者協議会とECSの分担

四者協議会(俗称)は、郵政省がNHK、KDD、NTTを招集して、通信・放送衛星の開発に関する調整等を行う場であり、1967~1973年頃最も活発な協議が行われた。

ECSのミッション機器の分担は図6のように決められた(バスはもちろんNASDA)。

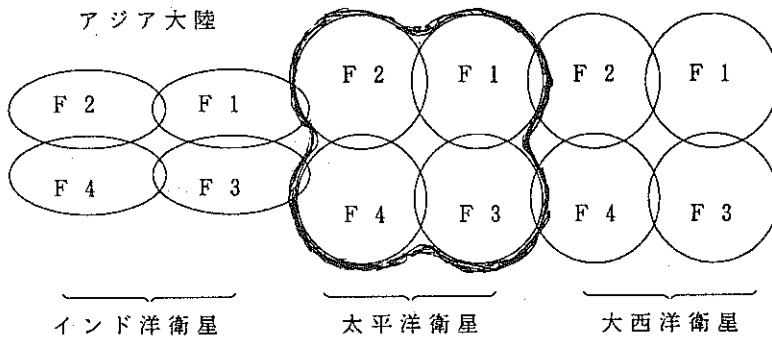
図6



(註-11) 3個のマルチビーム衛星(4ビーム衛星)で地球をカバーするシステム
例 (fiは使用周波数群)

4ビームを合成するハードウェアを作れば太線の成形ビーム
(1ビーム)アンテナにすることもできる。

図 7



〔註-12〕 C C I R (国際無線諮問委員会)

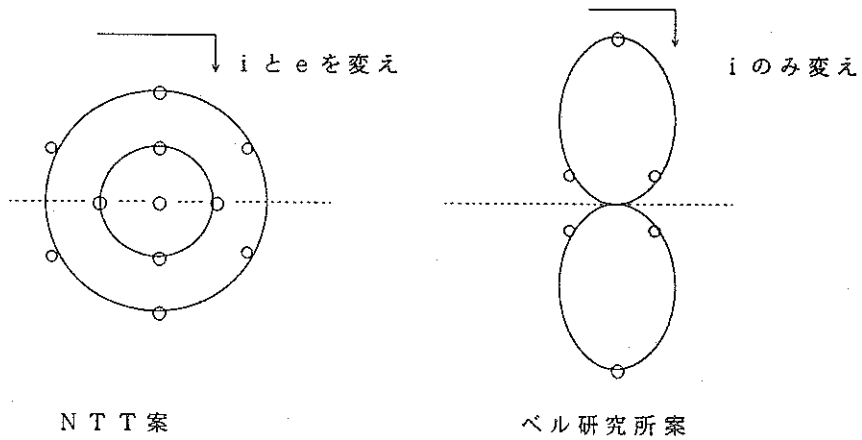
UN (国際連合) の一つの組織である I T U (国際電気通連合) の諮問機関の一つ。無線通信に関する国際標準ともいべき勧告書を作成するので、各国/各社とも自分の規格を採用させるために激論をたたかわす。この勧告を参考にして R R (国際的な電波法) が作られ、I F R B (国際電波管理委員会) で使用周波数の調整・登録が行われる。

S G (専門分野別のスタディグループ) は11あり、宇宙通信は S G - 4 で、宇宙研究は S G - 7 で審議される。結果はグリーンブック (緑色の表紙なので) として製本され、4年毎に改訂される。開発途上国では重要な技術指針として使われている。

〔註-13〕 準静止衛星

地球上からみた衛星の動きの一例を図8に示す。(i は軌道傾斜角, e は離心率, 高さは35,800km)

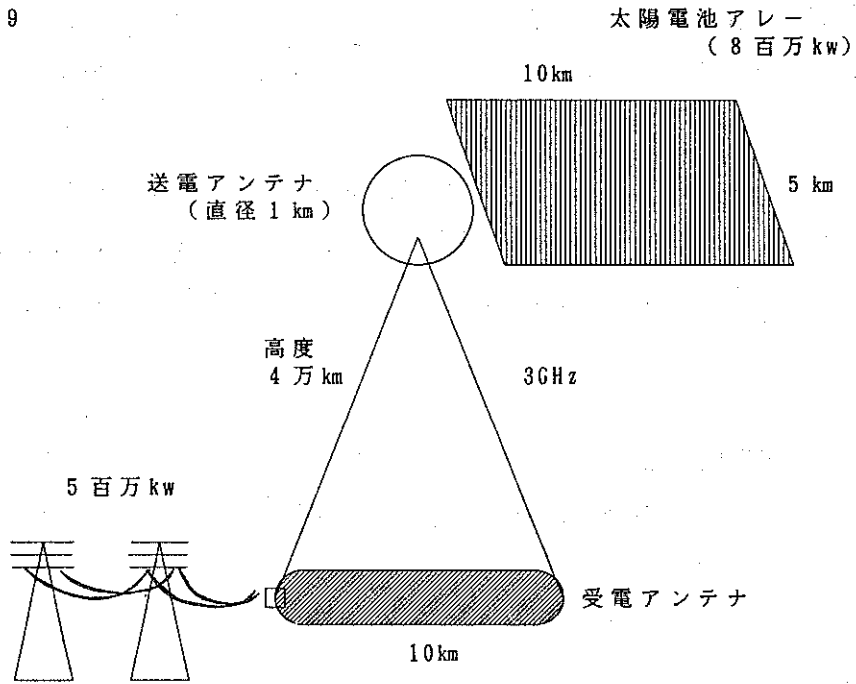
図 8



〔註-14〕 SPSS (ソーラパワーサテライトシステム)

1979年に検討した例を図9に示す。

図9



@JUNK BOX!

日本のストラテジー

日本は、有人宇宙技術に疎く、ロボット、遠隔操作等無人宇宙技術に長けているから、その利点を十分活用して、月面基地に挑戦してみると面白い。まず、無人の月面車にマニピュレータや自動ラボラトリなどを積み込んで、月面の至る所を走らせて、地形、地質を調べつくす。これだけで江戸時代に伊能忠敬が世界一精密な地図を作ったように、日本の国際評価を高めることができるだろう。

(岩田 勉)

XX

金星の地形の命名用に女性名を公募

NASAのマゼランプロジェクトでは、米国地質調査所と共同で、マゼラン衛星の画像レーダーによって発見された金星上の多数のクレーターや火山の噴火口の命名に使う女性名を公募しています。

条件としては、

- 注目すべき、あるいは名誉に値する、実在の女性
- 3年以上前に死去していること
- 19世紀と20世紀の政治家、軍事関係者は除外
- 主要宗教の宗教上の重要人物は除外
- 国家的な意義を持つ人物も除外

応募にあたっては、以下が必要です。

- 名前
- 生年及び没年
- 1～2行の推薦理由（名誉に値するとの説明）
- 参考文献の引用（可能であれば）

応募先： Venus Names
Magellan Project Office
Mail Stop 230-201
Jet Propulsion Laboratory
4800 Oak Grove Dr.
Pasadena, Calif. 91109
U.S.A.

募集は広く一般に行われ、特に学生が念頭に置かれているようなので、本誌の読者が応募しても特に問題は無いと思います。言語は、まあ、英語が無難でしょう。

×切は、はっきりと書かれていませんが、早い方が安全と思います。心配な方は直接問い合わせる手もありますが、それよりは直接応募した方が早い！

ところで、本記事は、NASA/Headquarters Release 91-38 (March 8, '91)を参考に書いています。頭書きで「宇宙先端」で見た、と言ってもJPLの人はご存知ないでしょうから、念のため。

なお、金星の地形に必要な名前は、今後10年間で4000個以上になるということですが、そのうち、クレーターは900個以上になると予想されているとのこと。今回の女性名による命名はクレーターと火山性カルデラなど、杯状の地形に適用されるそうです。

もし、名前が採用されれば、IAU（国際天文連合）の命名ワーキンググループに登録され、IAUのオーソライズを待つことになります。

（福田 徹）

An inelegant solution of the Mr. Torii's math puzzle

```
100 R=1
110 E=0
120 FOR M=8 TO 9
130 FOR O=2 TO 9
140 IF O=M GOTO 280
150 FOR N=2 TO 9
160 IF N=M OR N=O GOTO 270
170 FOR C=2 TO 9
180 IF C=M OR C=O OR C=N GOTO 260
190 FOR A=2 TO 9
200 IF A=M OR A=O OR A=N OR A=C GOTO 250
210 FOR H=2 TO 9
220 IF H=M OR H=O OR H=N OR H=C OR H=A GOTO 240
230 GOSUB 1000
240 NEXT H
250 NEXT A
260 NEXT C
270 NEXT N
280 NEXT O
290 NEXT M
300 END
1000 MOON=M*1000+O*100+O*10+N
1010 MEN=M*100+E*10+N
1020 CAN=C*100+A*10+N
1030 REACH=R*10000+E*1000+A*100+C*10+H
1040 IF REACH<<MOON+MEN+CAN GOTO 1100
1050 PRINT ""
1060 PRINT MOON
1070 PRINT MEN
1080 PRINT CAN
1090 PRINT REACH
1100 RETURN
run
```

9552

902

382

10836

Ok

(Toru Fukuda)

***** I A S A ニュース *****

- 91年1月の研究会は、1月29日（火）、宇宙開発事業団浜松町分室で行われました。テーマは、「科学技術の進歩は幸福か」どうか疑問とする世論に関して。フリーディスカッションで進めましたので、これといった結論は得られなかったのですが、（つまり記事にならない！）
- とりあえず、現在の日本が非常に豊かであること、それにもかかわらず、科学技術に対する批判の傾向は無視できず、例えば学生の理工系離れ現象などを考えると、今後は教育プログラムが重要だろう、との観点では出席者の意見がほぼ一致、といったところでしょうか。
- 本誌の編集顧問をお願いしている、土屋 清先生は、本年3月末をもって千葉大学を定年退官されます。3月16日（土）には千葉大学工学部で最終講義が行われました。講義題目は「地球観測衛星との歩み三十年」。内容は、TIROS、GMS、LANDSAT、MOS-1と日米の気象衛星、地球観測衛星に長年かかわってこられた経験を、失敗談を中心にしてまとめられたユニークなものでした。

***** 入会案内 *****

本会に入会を希望される方は、本誌添付の連絡用葉書に所定の事項を記入して本会まで送付するとともに、本年度の年会費を振り込んで下さい。

年会費：3,000円（1990年6月～1991年5月）

会誌 無料（1990年7月号～1991年5月号）

なお、会費は主に会誌の発行にあてられます。

年会費は、郵便振替により下記の口座に振込んで下さい。

（払込料金加入者負担）

口座番号 東京 2 - 21144
加入者名 宇宙先端活動研究会

会誌編集方針

- 1 『宇宙先端』は宇宙先端活動研究会の会誌で、年6回発行される。
- 2 論文の内容は、全て著者の責任とする。
- 3 投稿資格：原則として本会会員に限る。
- 4 原稿送付：投稿する会員は、B5版横書きまたはA4版横書きで、そのまま版下となるような原稿およびコピー1部を、宇宙先端研究会編集局宛送付する。原稿は返却しない。
原稿送付先：〒105 東京都港区浜松町2丁目4番1号
世界貿易センタービル内郵便局私書箱第165号
宇宙先端活動研究会 編集人 岩田 勉
- 5 論文は未発表の原著論文に限る。ただし、他に発表したものの要約、解説等は歓迎する。掲載論文に対する質疑、意見、提案等、誌上討論は大いに歓迎する。
- 6 A4で20ページを超えるものは掲載しないことがある。宣伝、中傷、その他本会の趣旨から極端に外れる投稿は掲載できない。編集人は会誌の整合のため、著者に改稿を求めることがある。

編集後記

先日、あるアメリカ人に、ジェファーソン・エアプレインが好きだと言ったらびっくりしていた。(20年以上前の人気バンドなので驚くのも無理はないが。) 古いジェファーソンの歌で「ラザー」というのがある。サイケデリックとヒッピーと反戦運動の旗手だった彼らも、商業的に成功し、金持ちになり、そして歳をとった。歌詞は自嘲気味に続く。

ラザーは30歳になった。おもちゃはみんな捨てられてしまった。

母親は新聞記事のスクラップを送ってきた。

子供をやめた昔の友達が載っている。

エドワード・グリーンは33歳になったばかり、

皮の椅子が銀行で待っている。

ジョーンズ軍曹は27歳。彼の戦車を指揮している・・・

そう、フラワーチルドレンがドラッグをやっている間に、アメリカは大人になってしまった。そして、まつろわぬ者は力づくでねじ伏せる。(福)

宇宙先端	第7巻 第2号	頒価 1,000円
平成 3年 3月15日発行		編集人 岩田 勉
発行 宇宙先端活動研究会		
東京都港区浜松町	世界貿易センタービル内郵便局私書箱 165号	

無断複写、転載を禁ずる。

1991年3月

宇宙先端活動研究会
会員各位 殿

宇宙先端活動研究会
財務委員会

年会費納入の再度のお願い

宇宙先端活動研究会の活動につきましては、日頃のご協力ありがとうございます。

さて、当研究会の1990年度（1990年6月～1991年5月）分の年会費の納入につきましては、昨年9月にお願いしたところですが、早速、多数の会員の方から納入をいただき、たいへん有り難うございます。

しかし、一部の会員の方については、未納となっておりますので、再度、納入をお願いするものです。下記により1990年度分の年会費を納入して下さい。本会では、年会費の納入については自己申告制となっておりますので会員各位のご協力をお願いいたします。

既に年会費を納入済みでしたら、お許し下さい。

記

年会費額： 3,000円 （1990年度分）

年会費納入方法

1. 郵便振替を利用する。

振込先口座： 東京 2 - 21144
宇宙先端活動研究会

複数の会員が同時に振込まれる場合は、振替用紙裏面に会員名を記入して下さい。

2. 財務担当に直接渡す。

財務担当 宇宙開発事業団打上管制部 笹原 真文
TEL 03-3436-3606