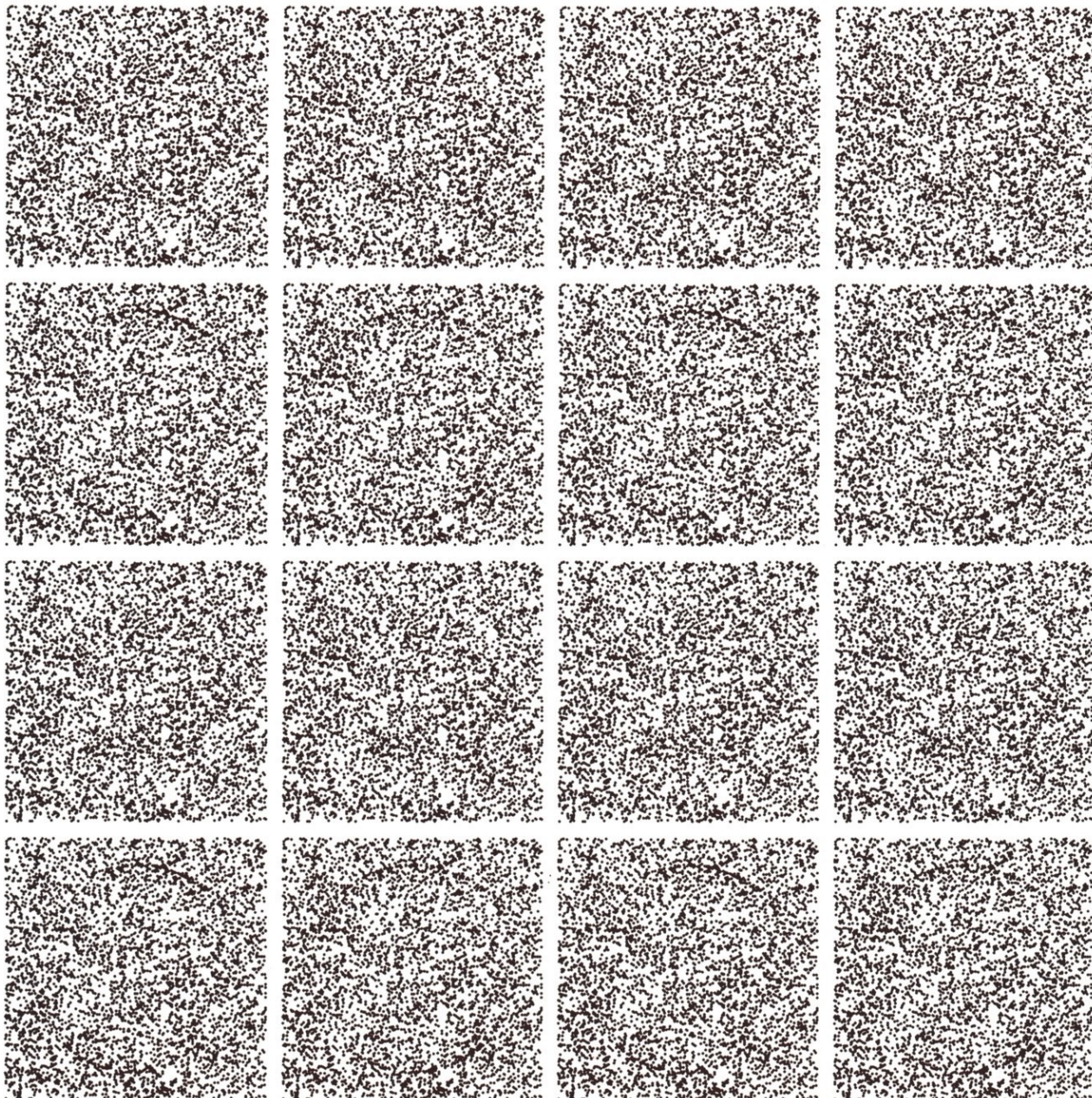


JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

# 宇/宙/先/端

宇宙先端活動研究会誌  
NOV. 1994 VOL. 10-NO.

**IAA 6**



# 宇宙先端 1994年11月号 (第10巻第6号) 目次

---

1. <ソ連宇宙開発の歴史から>  
アルマース・プロジェクト  
～宇宙ステーション物語～  
大田 憲司 ・ ・ 127
  
2. 国産通信衛星へのみちのり (8)  
8. ETS-Vのꝑ  
森本 盛 ・ ・ 137
  
3. 異文化と摩擦 (11)  
日米貿易摩擦の原因は貧乏国根性?  
森本 盛 ・ ・ 144
  
4. <シンポジウム・ふたたび月へ ー日本の月・惑星探査ー  
(1994年9月)における講演より (その1) >  
開会挨拶  
山野 正登氏 ・ ・ 147

## 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 彰士	森 雅裕	森本 盛	岩本 裕之

### 事務局連絡先

〒105 港区芝大門1丁目3-10 コスモタワービル7F

(財) 科学技術広報財団 宇宙プロジェクト室

櫻場 宏一 (事務局長)

佐伯 邦子

TEL 03-3459-8115 FAX 03-3459-8116

### 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、本年度の年会費を支払って下さい。なお、会費は主に会誌の発行にあてられます。

年会費： 3,000円 (1994年7月～1995年5月)

会誌 (年6冊) は無料で配布します。

(年会費の支払方法)

1. 財務担当に直接払う

財務担当：岩本 裕之 [宇宙開発事業団経理部経理課]

2. 郵便振替

口座番号：00120-0-21144

加入者名：宇宙先端活動研究会

3. 銀行振込

富士銀行浜松町支店 普通3167046

<ソ連宇宙開発の歴史から>

## アルマース・プロジェクト ～宇宙ステーション物語～

大田 憲司

(はじめに)

1991年3月31日、ソ連では地球観測衛星・アルマース（ダイヤモンドの意）が打上げられた。実用衛星の打上げであり、余り注目されなかったようであるが、この人工衛星の打上げにはソ連の宇宙開発の長くかつ重要な開発のプロセスが秘められている。

### ○チェロメイ設計局（OKB-52）

ソ連で有人宇宙ステーション開発の考えが具体化したのは1960年代に入ってからのことである。当時航空兵器部門の開発機関であった第52特別設計局（OKB-52）を率いるV. N. チェロメイが、常時2～3人が乗組み2年くらい使用できる有人宇宙ステーションの設計作業を開始したのが最初であったといわれている。基本的なロケット宇宙システムの設計作業が進められ、“アルマース計画”として国家委員会の承認を受けたのは1967年であった。アルマース計画は宇宙から地球を観察するための手段とされ、軍事面とともに民生面の地球観測に役立てられることになっていた。このアルマース・ステーションは基本棟、乗員と貨物の輸送船の二つの部分から構成され、宇宙勤務を終わった乗組員はこの輸送船の一部となっている帰還カプセルで地球へ戻る。一方新たにステーションへおもむく乗組員は輸送船で宇宙基地から打上げられ、ステーションにドッキングした後、ステーションへ乗移る。（この方式は現在地球をまわっているロシアの宇宙ステーション・ミールにも用いられており、輸送船はソユーズと呼ばれている。但しチェロメイの考えではこの輸送船はソユーズよりも大型であった。）

ステーションには解像度の高いレーダーと高性能の大型光学望遠鏡が搭載され、雲が厚くても地表が観察でき、撮影できるようになっていた。撮影したフィルムはステーション内で現像し、専用の貨物運搬カプセルで地上へ送り届けることができるように工夫されていた。

軍事用のアルマース・ステーションではレンズの口径が約1mという撮影用望遠鏡（フォトテレスコープ）が作業区画の半分を占めていた。この望遠鏡により巾が数十cmのフィルムに撮影されたアメリカの軍事基地は

きわめて鮮明に写っていたという。(添付写真はアルマースが撮影したペトロパブロフスク・カムチャッカ、港内の船がよく見える。)

#### ○宇宙戦艦・アルマース

設計から開発の時期が米ソ両大国の対立した東西冷戦の頃にあっていたことから、アルマース・ステーションは軍事利用に重点が置かれ、宇宙空間で万一敵の軍事衛星から攻撃を受けた場合、防衛のため反撃できるような武器の搭載も考慮されていた。

ステーション、輸送船、打上げロケット(UR500K、のちのプロトン)など基本部分はフルニチェフ記念機械工場で作られることになった。

1970年にはスタンドテスト用8基と飛行テスト用2基のステーション部分が完成し、地上テストが進められた。同時にステーションに乗組む要員訓練も実施された。

ところが当時の宇宙機器産業を統括していたソ連一般機械工業省の指示でこのアルマース・ステーションの製作業務が第一特別設計局(OKB-1、コロレフ設計局)へ移管されることになった。(コロレフ設計局はよく知られているように1957年10月に打上げられた世界で最初の人工衛星を製作した組織であり、ソ連の宇宙開発の中心的存在であった。のちにNPO(科学生産連合)“エネルギー”と呼ばれるようになった。)

製作された宇宙ステーションは製品17Kと呼ばれたが、一般名称としては長期軌道ステーション(DOS)と呼ばれた。

1970年(4月22日)はソ連建国の最大の功労者であるレーニンの生誕100周年にあたる記念すべき年であった。この記念日に向けて多くの活動が進められ、宇宙部門でもいろいろな作業の区切りがこの記念日に合わせて設定されていた。しかし学者肌のチェロメイはこの記念日をそれほど重視せず、アルマース計画においても性急な作業をスタッフに押しつけなかった。このような彼のやり方がアルマース計画のかなりの部分をコロレフ設計局に移管させられる背景になったものと考えられている。当時のソ連が共産党の単一支配であったことを考慮すれば技術の領域にイデオロギーが大きな作用を及ぼしたことは十分に理解できる。

#### ○宇宙ステーション・サリュート登場

DOS-1は1971年4月19日打上げられ、サリュートと命名された。サリュート・ステーションへ乗組員を運ぶための宇宙船ソユーズ10号が4月23日打上げられ、ステーションにドッキングしたが、移行装置が不完全であったためにシャタロフ、エリセーエフ、ルカビシニコフの3人はステーションへ乗移れなかった。6月6日ソユーズ11号が打上げられ、ドブロボリスキー、ボルコフ、パツァーエフの3人がステーションの

最初の乗組員となった。有人宇宙基地のアイデアがこの時点で実現したことになる。3人は22日間ステーションに乗組んだ後、帰還の途についてが帰還装置の気密もれにより死亡、生還できなかった。

サリュート1号の作業実績を考慮して引き続きDOS-2が製作され、1972年7月29日打上げが行われたが、ロケットの第2段作動時の事故により失敗に終わった。

#### ○アルマース1号はサリュート2号に

一方、アルマース・ステーションの開発はなおチェロメイ設計局でも引き続き進められ、1973年には地上テストを終わって打上げ準備が整った。アルマース1号は1973年4月3日打上げられサリュート2号と命名された。しかし飛行13日目に本体の気密もれが発生、すべてのシステムが作動しなくなった。これはエンジン装置の故障により胴体に穴があいたため、あるいはプロトンロケットの第3段の破片がぶつかったためという二つの理由が考えられたがはっきりしていない。サリュート2号は次第に軌道から離れ、4月29日太洋へ落下した。

最近になって、このサリュート2号すなわちアルマース1号は当時としてはきわめて進んだ装置と武器を搭載した偵察用の軍事ステーションであったことが明かにされた。このアルマース計画は実はソ連国防省が進めた秘密の軍事作戦であったというわけである。

“偵察用有人ステーション・アルマース”は万一敵国の軍事衛星から攻撃を受けたら反撃（防衛）できるよう23mm口径の速射砲を備えた“宇宙巡洋艦”だったという。この速射砲は手動制御方式でステーションを回転させながら照準を定め、標的を破壊することができるようになっていた。現実にはこの宇宙砲は実用には至らなかったが、ステーションを消滅させる直前、無人状態で地球とは逆の方向に向かってこの砲の発射テストを行ったところステーションはきわめて強く振動したとのことである。このためステーションの武器としては宇宙砲よりもロケットの方がよいという意見が強くなった。

コロレフ設計局がもっぱら民生利用を主目的とする本来のサリュート宇宙ステーションを担当したのに対し、チェロメイ設計局は軍事用の宇宙ステーションの開発にあたった。このような経緯からアルマース型ステーションに乗組むクルーはすべて軍人出身の宇宙飛行士に限られていた。

#### ○DOS-3

この頃ステーション製作メーカーであるフルニチェフ機械工場ではDOS-3の製作が進んでいた。DOS-3にはこれまでの経験からステーシ

ョンを太陽に向けておこななくてもよいように電力供給を2倍以上に増やす回転式の大型太陽電池が3ヶ取付られた。

DOS-3は1973年11月5日軌道へ打上げられたが、制御系のイオンセンサーが故障し姿勢制御エンジンの燃料がすべて放出されてしまった。このステーションはコスモス637と命名されしばらくの間飛行したが、軌道を高めるための指令が出された際、逆に大気圏に突入、消滅した。

(注. これは月刊誌“コスモナフチカ”1991年12月の記述によったが、1985年に出版されたソ連の宇宙開発百科事典によれば、コスモス673号は1974年3月26日静止軌道へ打上げられたことになっている。1973年11月打上げのコスモス衛星で上記DOS-3と類似軌道のもの11月30日打上げられた613号である。)

○アルマース2号はサリュート3号に

1974年6月25日、アルマース2号が打上げられ、サリュート3号と命名された。これまでの実績を参考に信頼性を高めるための改善策が施されていた。乗員往還船ソユーズ14号で打上げられたポポビッチとアルチャーヒンの2人は7月5日ステーションに移り、再び有人宇宙ステーションが機能しはじめた。このクルーは所定の任務を無事に遂行した後7月19日地上へ戻った。

同年8月26日、ソユーズ15号がサラファーノフとジョーミンを乗せてステーションへ向かったが、接近システムの故障によりドッキングできなかった。8月28日ソユーズ15号の帰還装置は通常の帰還予定地域からおおよそ400km東方のツェリノグラードへ着陸した。

サリュート3号はその後無人で飛行を続けた後、地上からの命令で1975年1月24日太平洋に落下した。

○DOS-4

DOS-4は1974年12月26日に打上げられ、サリュート4号と命名された。このステーションにはまずソユーズ17号がドッキングし、グーバレフとグレチコの2人のクルーがおおよそ1ヶ月宇宙に滞在した。

1975年4月5日、次のクルーを乗せたソユーズ宇宙船は打上げロケットの第3段の尾部切り離しがうまくいかなかったため軌道に達しなかった。ラザレフとマカロフの2人は宇宙船の帰還カプセルで弾道飛行を行い、打上げから21.5分後に着地した。

同年5月24日に打上げられたソユーズ18号にはクリムクとセバスチャノフが乗り組んでステーションにおもむき、当時としては最長の63日間の宇宙飛行をおこなった。

1975年11月17日、無人のソユーズ20号が耐久性テストのために打上げられ、翌年2月16日迄ステーションと宇宙船の長期ドッキング飛行における機器システムの性能確認がおこなわれた。サリュート4号はその後単独で飛行し1977年2月3日消滅した。

#### ○アルマース3号はサリュート5号に

アルマース3号はサリュート5号として1976年6月22日打上げられた。7月7日、ソユーズ21号でボリノフとジョロボフのクルーがステーションにおもむき、約2ヶ月間勤務することになった。しかしジョロボフの体調が悪化したため、2人の飛行は8月24日打切られた。この飛行の後、医学委員会は飛行士の過労、精神的緊張が体調悪化の原因であるとの結論に達し、十分な睡眠時間とステーション内での規則正しい運動、それと地上からの心理的支援が必要であるとの勧告をおこなった。

1976年10月14日、ソユーズ23号でズードフとロジェストベンスキーがサリュート5号へ向かった。ロジェストベンスキーは潜水艦隊出身の海軍士官であり、アメリカのロケット潜水艦の偵察が飛行の主要任務であった。しかし、ソユーズ船の接近システムの誘導アンテナの故障のためステーションとのドッキングができなかった。2人を乗せた帰還カプセルは10月16日の夜、 $-20^{\circ}\text{C}$ の吹雪のテンギス湖に着水した。(テンギス湖は帰還予定地のアルカリクの東およそ200kmにあるカザフ共和国の塩湖、ツェリノグラードの西方。)

1977年2月7日、ソユーズ24号が打上げられ、ゴルバトコとグラスコフがステーションにおもむいた。この2人はサリュート5号での飛行計画を無事すまして2月25日帰還した。

クルーの帰還に合わせてこのステーションからは作業成果のフィルムなどを入れた自動回収カプセルが放出され、2月26日無事地上に回収された。

サリュート5号、すなわちアルマース3号は1977年8月8日、地上からの指令により太平洋上の大気圏に突入し、412日間に及ぶ飛行を終わった。

#### ○国防相の反対

ちょうどこの頃、アルマース計画に対して強力な反対者が現れた。当時の国防相、ウスチノフ元帥である。

1960年代のはじめ、宇宙時代をリードしていた当時のソ連はフルシチョフの全盛時代であった。その頃、フルシチョフの息子がたまたまチェロメイ設計局に勤務していた関係で、チェロメイはフルシチョフの協力な



支援を得ていた。飛ぶ鳥を落とす勢いのチェロメイが当時まだ中堅クラスのウスチノフを軽くあしらったことは十分に考えられることであり、ウスチノフ本人はそのことをしっかり覚えていた。ウスチノフの意見は有人ではなく無人ステーションにすべきであるというものであった。フルシチョフの失脚後、勢力を失ったチェロメイはやむなくこの意見に従い、無人偵察ステーションの開発に方向転換することになった。1978年のことである。対立を続けていた米ソ両国の関係にも次第に緊張緩和が見受けられるようになってきた。そして大型ステーションよりも小型の偵察衛星の方が重宝であるという意見が主流となってきた。

チェロメイ設計局はこのような情勢の中、従来のミサイルの量産でその存在を維持することができた。

#### ○宇宙ステーションは第二世代へ

サリュート1号から5号までの宇宙ステーションにはドッキング装置が1ヶ所しかなくその活動が制限されていたことから、ドッキング装置を2ヶ所に増やして燃料補給ができるよう開発作業が進められた。

チェロメイ設計局においてはアルマース4号の製作が進んでいた。チェロメイは4～5人のクルーを大型の宇宙ステーションに乗せて打上げるアイデアを提案し、そのために35t以上の打上げ能力を持つ大型ロケットの開発を提案した。交替要員は貨物運搬もできる輸送船で運ばれることになっていた。しかしこの新しいアイデアは上層部の支持を得ることができず、既に触れたように有人宇宙ステーションとしてのアルマース計画には1978年以降予算が配分されなくなった。その後の有人宇宙ステーションの開発製作はコロレフ設計局が再編された科学生産連合“エネルギーヤ”社とサリュート設計局が担当することになった。（このサリュート設計局はもともとチェロメイ設計局の分室であったがその後独立の組織となっていた。）

こうして第二世代の宇宙ステーションと呼ばれるサリュート6号、7号には前後2ヶ所のドッキング装置がとりつけられ、ソ連の有人宇宙開発はさらに多様化、長期化していくことになる。現在地球のまわりを周回している宇宙ステーション・ミールは第三世代であり、前後2ヶ所のドッキングポートのほかに、ドッキング専用の球体ユニットにさらに4ヶ所のドッキングポートがついている。

#### ○無人ステーションへの展開

チェロメイ設計局では有人宇宙ステーションの開発は中止させられたものの、無人宇宙ステーションの開発作業は依然として継続されていた。生命維持装置のとりつけが不要となることから、各種観測装置の搭載が可能

となった。このため、解像力のすぐれた側視型レーダーをはじめとする地球のリモートセンシング装置がとりつけられた。

こうして完成した無人ステーション・アルマースは、1981年には打上げ可能な段階に至ったが、諸般の事情によりバイコヌール宇宙基地の組立テスト工場の片隅で1985年迄保管（放置）されることになる。

ウスチノフ氏の死後、再びアルマース計画がとりあげられることになった。ウスチノフ氏とほぼ同じ頃に死去したチェロメイ設計長の後継者となったのはエフレーモフ氏である。

エフレーモフ設計長はまず1981年打上げ直前にバイコヌール宇宙基地で“お倉入り”させられ、ほこりをかぶっていたアルマース・ステーションの復旧作業にとりかかった。このステーションが4年間も生き永らえたのは、その胴体に次のような警告が記入されていたためであったという。

“注意！自爆装置つき”

アルマース計画は息を吹き返し、以前の資材や機器を生かして早速無人偵察ステーション・アルマースTが製作された。軍事ステーションの名残りはあるものの搭載機器は科学アカデミーをはじめとする研究調査目的のものが中心であった。これらのステーションには夜間および雲間でも地表を観察できるソ連で最初の高解像度レーダーがとりつけられた。

アルマースTは1986年11月29日、バイコヌールから打上げられた。しかしプロトンロケットの制御系の故障によりロケットの各段が分離しなかったため打上げは失敗に終わった。ロケットは落下し、爆発した。

無人ステーション・アルマースの打上げが成功したのは1987年7月18日である。

無事に軌道に乗ったこのステーションはコスモス1870号と命名され、2年間飛行した。このステーションから得られた地球表面のレーダー映像は国防部門をはじめ産業経済・学術分野に大きく貢献することになった。宇宙からの目は20kmの巾で地表の各地域を観察することができた。

### ○アルマース衛星の登場

チェロメイの発想以来開発が続けられてきた宇宙ステーション・アルマースの改良無人ステーション（衛星）が正式に“アルマース”の名称で打上げられたのは最初に述べたように1991年3月31日のことである。

アルマースのレーダーは350kmの高度から地表の10～15mの建物や物体を識別する能力を持っており、特殊な方法により三次元の映像撮影も可能である。その視界巾は40～45kmに達している。一例を挙げ

れば南米ガイアナ（ギアナ）のジャングルの映像の場合、ジャングルに隠れて通常では見通せない地表の様子を見ることがもできる。

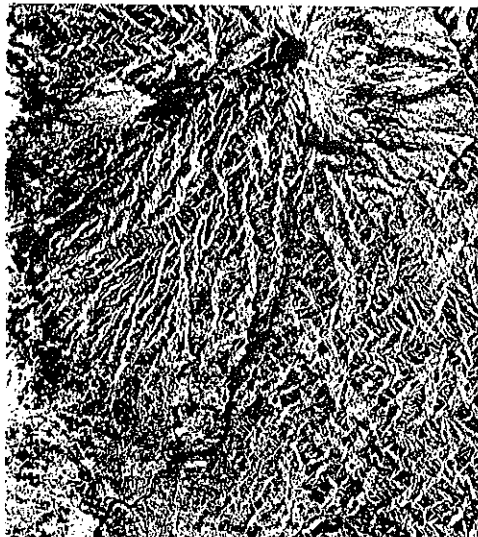
1991年の夏、南極海で氷に閉じこめられたソ連のミハイル・ソモフ号が航行できずにいた時、極夜（終日太陽が出ない）の中でその状態を識別し、乗組員の緊急救出が急務であることを知らせたのは数多いソ連の人工衛星の中でアルマースだけであった。

目下、地上の2.5～4mの大きさの物体を識別できる3台のレーダーと1台の光学望遠鏡を搭載したアルマース衛星が開発段階にある。その打上げは1996年に予定されている。

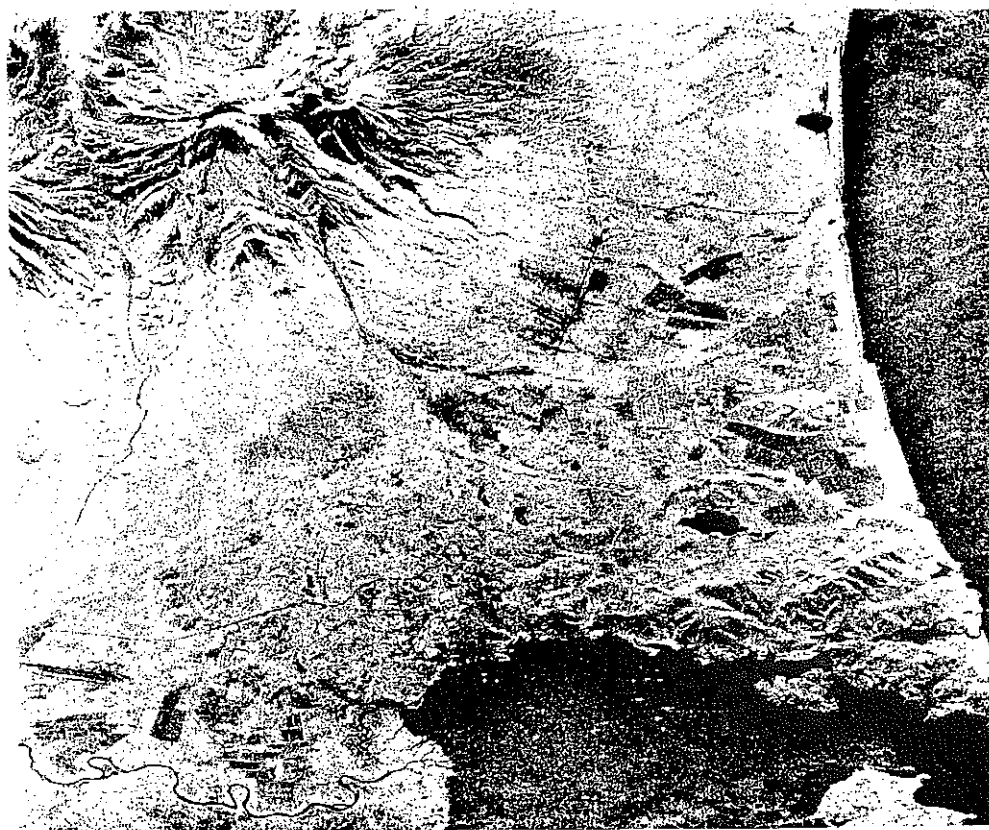
(完)



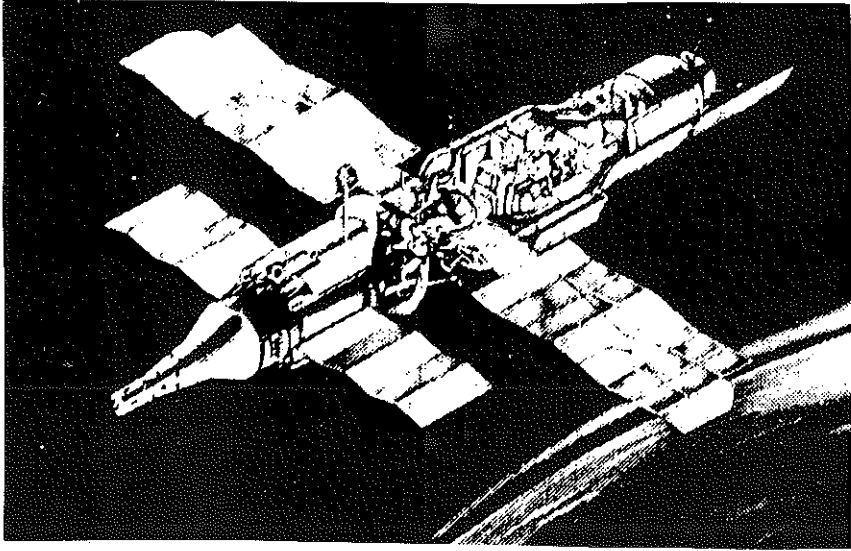
ガイアナ (ギアナ)



フィリピン ピナツボ火山



ペトロパブロフスクーカムチャッカ港 (右下)  
とクリュチェフスキー火山 (左上)  
海の中の白い点は船



軍事ステーション・アルマースの外観

## 国産通信衛星へのみちのり(8)

森本 盛

### 8. E T S - V の

#### (1)衛星バスの軽量化

与えられた時間があまりにも短く、スケジュールは理想的なスケジュールからほど遠いものになってしまった。

理想的というのは、図1Aである。まずH/W（ハードウェア）の経験なしで衛星の粗設計を行う。入力データは米国の価値しかない。次に粗設計にもとずいてH/Wの設計ならびに試作・試験を行う。洗練されたH/Wにするには、最初リスクの高い挑戦的な試作を行い、試験の結果、弱いとわかった所を修正して2次試作を行う。フェーズを追うごとに重くなる。最初の挑戦の意味が重大なのである。こうして得られたH/Wデータを用いて最初の衛星の設計を修正する。かくして洗練された衛星が実現する。図1AではH/W試作試験に4～5年ほしいところである。

しかしETS-Vでは、ロケットのテストフライトの有効利用を考えたので、図1Bの妥協案で計画した。この計画ではH/W試作試験1サイクルで、できる限り米国レベルに近づけようとした。

ところが昭和56年夏の宇宙開発委員会で潰されてしまった。反論はNTT関係委員に多かったように覚えている。1年間を無為に過ごして、翌57年夏に承認された。その結果Cの計画で進めざるをえなくなった。この計画では、試作試験と開発とを一部並行させなくてはならない。ということは許される手戻り（修正）におのずと限界ができ、衛星の粗設計をある程度安全サイドにせざるをえない。しかしH/Wの試作だけは何とか挑戦的な設計にして、開発段階で修正したいと考えた。ところが予期せぬ反論に会った。「試作といえども試験して破損すれば、不具合というレッテルを貼られるのでメーカーに傷がつく」というものである。さんざん諫められて渋々妥協した。その時は、予算が少ないので何回も試作できないというのが本音ではないかと疑っていた。しかしさに非ず。その後、別な仕事で反論が正しかったことを

**A** (理想)

H/Wデータ無し → 衛星粗設計 → H/W挑戦的設計・試作・試験(MR)  
 → H/W修正設計MR → H/W洗練設計MR → H/Wデータ  
 → 衛星設計 → 洗練された製品  
 (米国のみの衛星バス)

**B** (56案)

H/Wデータ無し → 衛星設計 → H/W設計MR → H/Wデータ  
 → 衛星設計見直し → 進んだ製品

**C** (57案)

H/Wデータ無し → 衛星設計 → H/W設計MR ↷  
 ↳ 開発と一部並行 → 何とかキャッチアップ

図1 スケジュール

知らされた。サンセンサの研究開発で振動リボンを強度試験にかけたとき、最も薄い設計のリボンが要求値の少し手前で破損した。これが不具合とスッパ抜かれて本社の進行報告会で担当者が吊し上げにあった。私にはスッパ抜きに気付かなかった責任があったので、担当者に謝罪したが、事の本質は、ミスを許さないプロジェクトの報告と、リスクに挑戦する研究開発の報告を同時に行うことに無理があったと考えている。

さらに別の問題として、試作（研究開発）と開発とを並行させればメーカー側の担当者は同一人になるのが自然の姿であり、この場合同一人に挑戦と安全性とを同時に考えさせるという心理的な無理がある。

これらに加えて、未完成のデータバスをおしこんだ（搭載G）等のマイナスもあり、結局、ミッション機器搭載能力は約100kgと、米国の40%減にとどまった。しかしAMES（計画中止）の設計段階で0%に近かったのにくらべれば、格段の進歩であり、全国産の第一号としては満足すべき結果であったと考えている。

## (2) 打上げ

打上げについての私の解釈は、単なるデモンストレーションであり、技術的な意味はあまりないというものであった。というのは、すべてのH/W試作品に対して、QTと称して熱・振動等、実際よりもはるかに厳しい条件で試験して設計の良否の評定が行われており、さらに打上げられる製品についても、ATと称して、実際に近い環境条件で試験して良否の判定が行われている。これらの試験で、衛星H/Wに関する技術的データは、地上で100%取得されていると考えたからである。

ところが打上げ後、AKM（遠地点で噴射するロケット）を噴射したあとに、肝を冷やすことが起こった。AKMの温度が、予想に反してなかなか下がらないのである。テレメトリで見ていると、温度に弱にバッテリーの温度がどんどん上がってくる。一同顔面蒼白。ISSでバッテリーが破損した悪夢が頭をよぎる。ここで意見を出し、判断をリードしたのが、電源のプロKさん、熱のプロY. Kさんといった副主任開発部員クラスの方々であった。

急遽、衛星の操作順序を入れ替え、温度をうまくコントロールして、危機を乗り越えることができた。若手の方々の大活躍は私にとって大変嬉しいで



きごとであった。

このあと、すべてのH/Wは正常に働き、100%（以上をつけたい）の成功であったが、AKMのできごとで、やってみなくてはわからぬことがあるということを感じ知らされた。とりわけ、真空という環境条件の恐ろしさをしみじみと感じた。

(3)「真空」をクリアしないと宇宙には出られない。ここで宇宙の環境を整理してみよう。

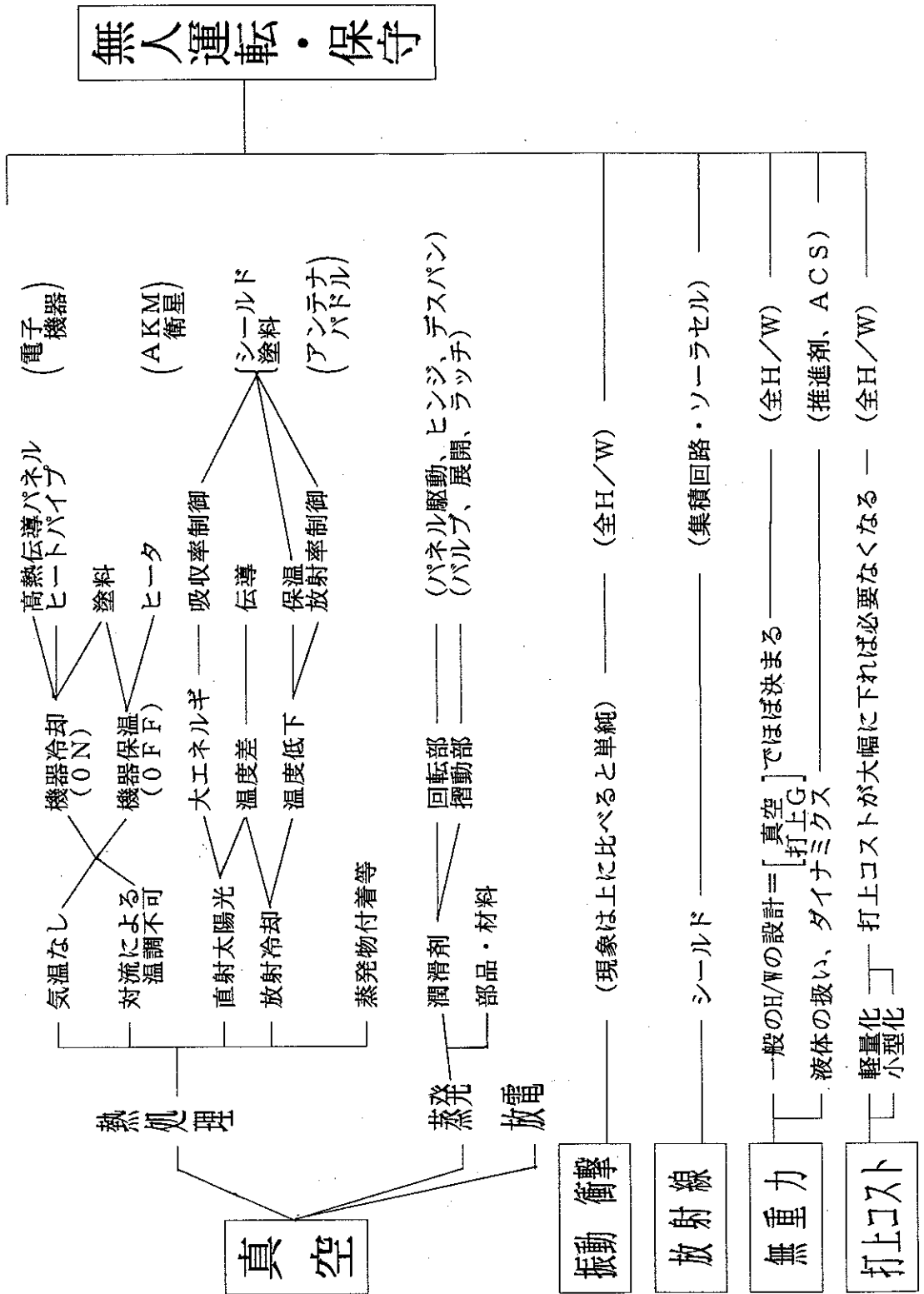
図2に示すように、真空、振動・衝撃、放射線、無重力、打上げコストと無人運転が主要なものと考えられる。H/Wの面からみると無重力で困るものはあまりない。打上げコストも極端な話としてトラック並みに下るとなれば、軽量化等の高級技術はなくてもよい。無人運転はやや苦しいが、冗長系/将来有人などの途がある。しかし真空については逃げ道がないといっても過言でない。ETS-V (AKM)、ERS-1 (展開、放電)、ETS-V1 (バルブ)の問題は、空気がある地上では起こりえないものである。

図2について、上から理解を深めてゆくことにしよう。熱処理については、まず空気がないから気温を使って設計することができず、又、送風機による空冷ができない。ETS-VのAKMを地上で試験するとき、このような条件を作ることが難しかったものと思われる。最初に試験室を真空にしておいても、火をつければ一瞬にして大量の排気ガスが出て対流が起こってしまう、素人考えであるが、ここで既に宇宙と違う条件になり、排気をポンプで引き出せば、空冷の効果もあるかもしれない。又、直射太陽光も当たっていない。

衛星全体を適温に保つのも地上よりはるかに難しい。空冷ができず、直射太陽光と放射冷却があるためである。AMESで、効率の高いブラックセル（太陽電池）を使おうとしたとき、太陽熱の吸収が大きくて衛星全体の温度が上がりすぎて設計が成り立たず、普通のセルにしたところ電力収支が成り立たなかったという苦い経験をした。

これとは逆に、電子機器の電源を切ったときには、放射冷却で全体の温度が下がりすぎる（気温がないので）。そのため殆どの衛星は保温用のヒーターをもっている。

図2 衛星の特殊な(環境)条件の分析



又、アンテナ、太陽電池パドル等を地上と同じ方法で設計すると、表裏の温度差が簡単に200℃を超えてしまう（気温がないので）。これではアンテナは歪んで性能がでないし、太陽電池は破損してしまう。これを防ぐための熱設計も大変である。ここで卵を割ったら、片側は焦げて反対側は冷凍という珍しい料理ができそうである。

さらに加えて、日照と日陰の方向が時々刻々変化するので、これに対応できなくてはならない。又、展開物の収納／展開によっても熱の収支が変わってしまう。

真空中では液体などはすぐに蒸発してしまう。ところが風がないので、蒸発物は衛星の周囲に付いたままになり、その一部は衛星の表面に付着する。これらは熱の吸収率／放射率を変え、熱設計を狂わせてしまう。AKM排気の中に失速した粒子があれば、ノズルの近くにいつまでも漂ってしまい、熱設を狂わせるであろう。

物質の蒸発で最も困るのは、潤滑剤の蒸発である。地上では、回転部を支えるベアリング、ピストンやバルブのような摺動部には油を塗ってなめらかに動くようにしている。ところがこれを真空中（宇宙）にもってゆくと、油はすぐに蒸発して動かなくなる。そこで宇宙用ベアリングでは、ボールなどに滑りのよい物質を塗り付けたり、摺動部に滑りのよい材料を使うなどして対応している。

このように設計し、地上でさんざん試験をしても、いざ打上げてみるとERS-1のアンテナ展開やETS-V1のバルブのようにひっかかってしまう。地上で真空の条件をつくって試験するのがいかに難しいかがわかる。

宇宙用の部品・材料にも蒸発するものは使えない。蒸発すれば性能がでなくなるだけでは済まず、蒸発物がその近くに漂ったり、他のものに付着したりして、ほかの性能まで劣化させてしまう。

つぎは放電である。地上で10cmの間に電気を飛ばそうとすると30万V程度の電圧が必要になる。しかし1万分の1気圧程度の真空では、3Vで飛んで（放電して）しまう。高電圧を発生する回路では、放電をさけるために、空間を絶縁物質（電気を通さない物質）で埋めている。

放電は導波管（電波を通すパイプ）の中でもおこる。何百ワットという強い電波を細い導波管に通すと火花が飛ぶ。これが放電であり、放電がおこると送信機に負担がかかりすぎて壊れてしまう。ERS-1では、このために

電波の強さを下げて運用した。

以上の真空条件は、衛星だけでなく、宇宙ステーション、月面基地など将来使われるH/Wまで、逃げることのできない条件である。

次は振動／衝撃／加速度である。これらの発生原因のうち、地上から打上げるロケットが発生するものが並外れて大きい。一般に、大型アンテナ、太陽電池等の大型のものは、ゆっくりした振動と衝撃に弱く、構体のように重さを支えるものは、さらに加速度にも耐えなくてはならない。小型の部品・材料は、どちらかといえば速い振動と衝撃に弱い。

振動／衝撃／加速度は、H/Wの設計・製造にとってはシビアな条件であるが、打上げてからの事故は最近あまり聞かない。ということは、地上で正確な試験ができるということ、換言すれば地上で宇宙と同じ条件を作りやすい項目ということができる。

放射線は、太陽電池、集積回路等、部品への影響が中心である。

次の無重力。これはH/W設計では殆ど考えなくてよい。推進剤等の液体が溜る場所を制御するぐらいであろう。むしろ製造・試験の段階でネジ等を置き忘れる（又は落とす）と、宇宙に行ってから勝手に泳ぎまわって大事故をおこすことの方が怖い。又、月には重力がある。

打上げコストについて、これが安くなれば軽量化は不要になると前に述べたが、打上げ技術も軽量化技術も共に進歩するであろうから、両者のバランスを見ながらその時々最適点を求めてゆくというのが現実的であろう。

というわけで、宇宙で逃げみちがなく、試験等がやりにくいのは、真空ということになる。

#### (4)蛇足

以上のように、60点ではあるが、今まで国内でできなかった静止衛星の製造ができるようになった。さらにきく6号では性能100点の衛星の製造ができるようになった。しかし当事者以外は誰一人喜ばない。自分の哲学でものごとの価値をはかれない日本人の平均レベルが露呈したといえる。これについては異文化と摩擦(11)で述べたい。

## 異文化と摩擦 (11)

森本 盛

### 日米貿易摩擦の原因は貧乏国根性？

1章・2章で日米貿易摩擦について考えたが、別な次元のところに原因がありそうなので補足する。

#### (1) きく5号、きく6号とは(計画者の弁)

1979年、国内の技術で通信衛星を造ろうとしたところ、通信機器がのせられないということになってしまった。※1

飛行機に例えると、機体、エンジン、座席などが重すぎて、お客をのせると飛び上がれないという状況である。どれほど重いかを機体(衛星の場合は構体という)の例で説明してみる。当時、米国の350kg級通信衛星の機体が30kg以下であったのに、国内既存技術で70kg。改良して普通の金属を薄く削ったとき、55kg以下にすると打ち上げ時のショックでヒビが入る恐れありという設計結果がでた。米国は、マグネシウム、カーボンといった特殊材料を使いこなしていたので、日本でも2年かけてカーボンの機体に挑戦してみることにした。※2

ことほど左様に、機体以外の部品についても同様のトライをすることにした。そしてこれらの結果が出揃う頃に丁度H-Iのテスト打ち上げがあるので、ついでに乗せてみようということで誕生したのが5号である。①

5号は初回の挑戦であり、1回で100点をとるには無理がありそうなので、2回目の挑戦すなわち6号で100点に達するように、2段階の計画をスタートさせた。②

#### (2) 目標の達成(〃)

ロケットも衛星も共に試作品のテスト打ち上げなので、いくつかミスが出て改良点が見つかるかと考えていた。しかし1987年、5号はミスなしであった。信じられない出

---

① “国産通信衛星へのみちのり”(5)～ 本誌連載  
② “衛星技術開発の方向づけ”NASDA内資料 昭57年

来事であった。出来過ぎとも思ったが、もう少し挑戦してもよかったのではとも考えた。

第1段階の目標が達成された2年後、米国がスーパー301条（貿易摩擦対抗）の対象に通信衛星を挙げた。金額はたいしたことないのだから、5号の成功への警戒心としか考えられない。

静止衛星の製造能力は、それほど重要なものなのである。

6号では、機体その他各部を軽量化し、米国レベルの衛星を製造する力を身につけた。飛行機でいえば、米国のそれと同数の客をのせるものが造れたということになる。

打ち上げ後も、軽量化に挑戦した機器は、すべて正常に働いており、静止衛星の純国産製造という目標に対して100点を達成することができた。※3  
計画着手から14年であった。

### （3）一般人は

6号で、米国なみの客がのせられる静止衛星を初めて造ることができ（キャッチアップ達成）、日本の産業界として大変喜ばしい成果であり、③国としての意義も大きいものと考えられる。

ところがジャーナリズムの考えは違う。NHKの「宇宙のチリ」に始まり、いまだに「失敗」と書くものが絶えない（例えばエコノミスト12/27、日経産業2/2など）

何を言いたいのだろう。「ミスのでるような段階なら米国に金を使わせろ。日本は完成品に只乗りするのが得」ということだろうか？これでは只乗り推奨の与論づくりをしていることになる。

国内に対して「もっとリスクに投資せよ。効率に走り過ぎで貿易摩擦に拍車をかけること莫れ。大蔵・会検は税を使うから保守的な姿勢にならざるをえないが、経済大国となった現在、貧乏国根性から脱け出す哲学が必要」くらいの進歩的な意見がなせ出せないのだろう。許認可型（官庁）への便乗か、アラ探しパターンの習慣としか思

---

③ 青井舒一 “宇宙開発の夢と現実” 科学技術ジャーナル 1995年2号

えない。

又、米国に対して、「日本はこんなにリスク投資をしている」というチャンスもあったようにも思う。

1980年代には、リスク挑戦への理解が進み、良い雰囲気になったと喜んでいたので再沈下したのだろうか。というわけで、1～2章の理由のほかにオピニオンリーダー不在の無哲学国という理由があるように感じられた。脱線するが、未来学会で小松左京さんが、3000年を狙うという提案をされたら、「そんな先の見えないテーマは時期尚早」と反対した理事がおられたという笑えない話がある。能力なしでできるケチツケと実力との区別がつかないようでは。また、上智大のクラーク先生に笑われそうである。

- 〔註〕 ※1 AMESという計画があった。  
※2 ロケットとスケジュールが合わなくなり、AMESは中止となった。  
※3 飛行機に例えると、東京ー福岡のテストフライトを予定したが、燃料弁の調子が悪く、名古屋で打ち切ったというたぐいのトラブルがあった。これは一般的な問題で、部品信頼性の管理という全プロジェクト共通なものである。したがって飛行機の開発費に相当するNASDAの投資は100%回収されたことになる（お客に相当する通信機器は別機関、例えばKaバンドはNTTの研究費である）。

〔付〕 妥協がもとで勘違いか？

前述の例のように、5号・6号とも、航空機に相当するものを開発するのが目的であったので、乗客に相当する通信機器は積まない計画でスタートした。ところが大蔵からNASDA目的だけでは駄目というコメントが出た。これに対して、客をのせると挑戦を逃げたくなることと（性能が落ちる）、後々ヤヤコシクなることを理由に反論した。すると予算をつけないときた。客をのせない飛行機と考えればオカシクはないと思ったが、5号当時は経済大国になる前でもあったし、大蔵の耳に届くまでに何段階もの伝言ゲームがあるので、説明困難と考えYESといった。お客様（5号はCRLとENL）も半分は失敗を覚悟していただかざるをえなかった。

6号も同じスタンスであり、パンフレットの表現も5号と同じである。しかし時間が経つのは恐ろしいことで、通信衛星と勘違いする人が出現したらしい。難しいものである。

## 開会挨拶

宇宙開発事業団 理事長 山野 正登氏

宇宙開発事業団の山野でございます。本日の「シンポジウム・ふたたび月へ」を開催するにあたりまして、主催者のひとりとして、ひと言ご挨拶を申し上げます。まず、皆様方たいへんご多忙の中を、このシンポジウムにお越しいただきまして、本当にありがとうございます。厚く御礼を申し上げます。

ー昨日、私どもの方の向井宇宙飛行士が帰ってまいりましたが、彼女の「仕事場は宇宙」というキャッチフレーズどおりの、獅子奮迅の働きにつきましては、皆様テレビ等でご覧になったことと思いますが、私は彼女が打ち上げられる時に、ケネディスペースセンターに行っておりました。ちょうどその時から、25年前の同じ7月に、同じケネディスペースセンターから、アポロ11号が打ち上げられたことを思い起こしておりました。初めて月面に降りましたアームストロング船長が「これはひとりの人間にとっては小さな一歩であるけれども、全人類にとってはたいへん大きな飛躍である」と、たいへん感動的な言葉を管制塔に語りかけたわけですが、そのことを思い起こしまして、感慨ひとしおのものがございました。

アームストロング船長とオルドリンが月面着陸をいたしまして、ちょうど25年経ったわけですが、25年経ったいま、最近ふたたび月というものが注目されるようになってまいりました。我が国といたしましても、宇宙ステーションに続く21世紀の宇宙活動というものを展望しまして、月の探査、惑星の探査、そして長期的には月面基地の建設までを見通しまして、我が国としての考え方を検討しておく必要があるのではないかと考えられます。

去る7月に宇宙開発委員会の長期ヴィジョン懇談会というものの報告が発表されました。この懇談会には、私も委員として参加いたしましたし、恐らく今日のフロアには同じように委員として参加された方々がたくさんお越しと思いますけれども、この懇談会で今後30年間の我が国の宇宙開発を見通したヴィジョンを作るために、半年間にわたって議論が重ねられたわけでありまして。その時の議論の中心のひとつが、実は「月への指向」という本日のシンポジウムのテーマでございました。それも外国の計画にどう対応するかというだけではなくて、我が国としてアクティブに進むべき方向はどのような方向であろうか、いずれであろうかということが議論の中



心でございまして、私はその議論を聞きながらたいへん心強く感じたわけ  
でございます。

この長期的な課題に対しまして、まず我が国の国内で、より議論をいっ  
そう広め、そして深める必要がございます。そこで、そのためにはどうし  
たらいいだろうかということで、宇宙科学研究所の秋葉先生とも相談いた  
しまして、そのひとつの契機、そのひとつの機会といたしまして、本日の  
シンポジウムを企画いたしましたようなわけでございます。

さて月の探査という面から世界の情勢を眺めてみますと、結論的には、  
アメリカもヨーロッパも、最近、月に特に関心を高めているようでござい  
ます。アメリカはご承知のように昨年来の宇宙ステーション計画の見直し  
にも見られますように、議会がたいへん宇宙開発に冷淡になったという印  
象を与えておりまして、事実、私も米国の宇宙開発というのは、  
率直に申し上げて現在順風のもとにあるとは言い難いと思っております  
けれども、そういう中にありましても、最近NASAは新しい宇宙の戦略計画  
を発表いたしました。お読みになられた方もあろうかと思いますが、その  
中で今後の新しい方向のひとつとしまして、月・惑星の探査というものを  
積極的に進めていこうということを打ち出しております。それから一方  
ヨーロッパの主要各国も、これは米国の状況とそれほど変わるわけではな  
いものでございまして、非常に厳しい財政状況下にあります。そういう中  
で従来宇宙開発計画、特に有人計画というものをかなり縮小してまいり  
ました。

しかしその中でも最近、月探査とそれに続きます月面開発構想というも  
のを打ち出してまいりました。去る5月に欧州宇宙機関がスイスで開催い  
たしました「国際月ワークショップ」におきまして、ひとつの構想を発表  
したわけでございますが、それは2000年頃から月無人探査を始めて、ロボ  
ット・通信・輸送系といった各系につきまして徐々に整えていって、将来  
の進路というものを発展的に選択していこうという方針でございます。こ  
のように欧米各国とも月への回帰ということを明確に打ち出してきており  
ます。

そういう中におきまして、我が国におきましては既に1990年の1月に宇  
宙科学研究所において「ひてん」を打ち上げて、月まで探査機を飛ばした  
世界で3番目の国になったわけでございますけれども、向井宇宙飛行士が  
天女として宇宙で舞う前に、数年前に既にいわば機械の天女とも言うべき  
「ひてん」が羽衣を翻しながら、月の周りを周回したわけでございます。  
さらに宇宙科学研究所におかれては1997年にM-5ロケットで「ルナA」と  
いうものを打ち上げる計画をお持ちでございます。これは月の表面にペネ  
トレータを打ち込んで、月の内部構造を解明しようというミッションを持  
ったものでございまして、世界ではもちろん初めての試みでございます。

本日はこのミッションのリーダーでいらっしゃる水谷先生の講演もごさいますので、後ほど詳しいお話を聴かせていただきたいと期待しております。

私ども宇宙開発事業団におきましても、1985年以来、約10年間にわたりまして月ミッションの研究を続けてまいりました。月周回観測機、月面移動探査機、サンプルリターンから月面拠点、月面基地等々の発展シナリオとその概念の検討および必要な技術の研究開発、地上試験といったものを進めてまいりました。

先般、H-II ロケットの2号機を打ち上げました。これはご承知のように残念ながら「きく6号」の静止軌道投入に失敗いたしまして、国民の皆様のご期待に背いて誠に申し訳ないことと思っておりますが、その前段でございましてH-II ロケットの2号機は、これは私の口から申し上げるのはおかしいものではございますけれども、完璧な打上げでございました。こういった風な技術を背景といたしまして、私どもが月探査計画を開始する力を技術的にはそろそろ持ったな、という実感がするわけでございます。

さて、そもそも月探査がなぜ必要かという問題がございまして。これは大問題でございまして、地球の人口問題であるとか、あるいは環境問題であるとか、食料、資源、エネルギーの問題、そういった諸々の地球が抱えておりますグローバルな問題を考えますと、人類が将来にわたって、この狭い、この有限な地球にしがみついて、いずれは地球と運命をともにするのか、あるいは地球の有限性を乗り越えて、月・惑星にその活動領域を拡大して、継続的な人類の発展を目指すのか、これはたいへん大きな選択の問題でございまして、人類の抱える大問題でございまして。私ども宇宙開発の関係者というのは手前みそで当然のことながら、後者を選ぶべきであるという答えしかないわけでございまして、しかしこのことは、我々宇宙関係者だけの問題でないのは当然でございまして、広く国民的なコンセンサスが必要な問題でございまして。そういう意味で本日のシンポジウムをはじめ、いろいろな機会をとらえて、この問題を多くの人々に語りかけ、議論を進めていく必要があるかと思っております。

またこの問題は、単に科学あるいは技術という側面からの問題ではなくて、人文・社会的な面からの議論をも深める必要がございまして。先ほど私はひとつ申し落としましたが、そういう人類の持続的発展という私どもの実生活の面からの思考ではなくて、当然のことながら将来の科学の進歩という面からも議論する必要があるわけでございまして、私どもは当然、科学の進歩のためには、人類は宇宙に出て行くべきであるという思考になりますけれども、その点もあわせて検討する必要があるかと思っております。

また月の探査というのは、我々だけではなくて世界の全人類の問題でもございまして、この問題の究明にはいずれ国際協力が不可欠な問題でございまして、その国際協力の大前提といたしまして、まず国内の協

力体制というものが必要なことは申すまでもございません。本日ここに宇宙科学研究所と宇宙開発事業団とが、共催でこのシンポジウムを開いたということは両機関が将来にわたって緊密な協力を続けていくという意志のあらわれとお取りいただいてももちろん結構でございますし、単にふたつの機関にとどまりませんで、他の研究機関あるいは企業の方々、さらに広い知識と能力とを結集する必要があるわけでございますして、今日のシンポジウムを機会といたしまして、ぜひそのような協力体制作りを皆様方の衆知を集めて進めてまいりたいと考えております。

我が国が世界に向けまして積極的に今後この問題について、提案を行っていくためにも、また諸外国からのご提案がありました場合に、これに応えるためにも、我が国の主張・意見というものを明らかにしておかなければなりません。本日のシンポジウムが、その第一歩となって欲しいと願っておりますし、アームストロング船長ではありませんが、この小さな一歩が、いつの日か人類の大きな飛躍につながるとしますれば、これはたいへん素晴らしいことだと思っております。

ご清聴ありがとうございました。

(編集より)

今号から、宇宙科学研究所と宇宙開発事業団の共催により1994年9月に開催された「シンポジウム・ふたたび月へ ―日本の月・惑星探査―」の講演録を連載いたします。第1回は宇宙開発事業団理事長の山野先生の開会挨拶を掲載いたしました。次号以降、順次、諸先生の講演を掲載いたしますのでご期待下さい。

掲載にあたっては、主催者及び講演者の了解をいただきました。紙面を借りてお礼を申し上げます。

## 94年度年会費納入のお願い

宇宙先端の印刷と郵送の経費は会員の皆さんからの会費によって賄われています。(袋詰めや編集はまったくのボランティアです。)

下記のいずれかの方法により、94年度年会費(3,000円)を納入されるよう、よろしくお願いいたします。

1. 財務担当に直接払う  
財務担当：岩本 裕之 [宇宙開発事業団経理部経理課]
2. 郵便振替  
口座番号：00120-0-21144  
加入者名：宇宙先端活動研究会
3. 銀行振込  
富士銀行浜松町支店 普通3167046

## 投稿募集

宇宙先端は会員の原稿によって成り立っています。軽重、厚薄、長短、大小を問わず奮って投稿を！(下記を参考にして下さい。)

## 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。
- 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。

原稿送付先：〒105 東京都港区浜松町1丁目7番1号 平和ビル7階  
(財)日本宇宙フォーラム 福田 徹

編集に関するお問い合わせは下記へ。

福田 徹 (編集局長) TEL 03-3459-1651 FAX 03-5402-7521  
岩田 勉 (編集人) TEL 0298-52-2250 FAX 0298-52-2247

\*\*\*編集後記\*\*\*

今号から、好評だった月・惑星探査シンポジウムの連載を始めます。大田さんには従来の宇宙飛行士ものの外伝的なシリーズを書いていただきました。ところで、大田さんの本が出版されましたので紹介しておきます。

「有人宇宙基地・ミール」  
大田 憲司著 新読書社 四六版 224頁 2,884円  
(福)

---

## 宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

編集人  
岩田 勉

編集局長  
福田 徹

編集顧問  
久保園 晃 有人宇宙システム(株) 代表取締役社長  
土屋 清 帝京大学理工学部教授  
山中 龍夫 横浜国立大学工学部教授

監査役  
伊藤 雄一 日本電気エンジニアリング(株)

宇宙先端 第10巻 第6号	頒価 1,000円
平成 6年11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。

# 宇/宙/先/端

宇宙先端活動研究会誌  
NOV. 1994 VOL. 10-NO.

**IAA** 6

