

# 宇/宙/先/端

宇宙先端活動研究会誌

MAR.1992 VOL.8-NO.

**IAA** 2

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES



1. 欧州宇宙ロボット研究開発事情など 山形 史郎 . . . 55
  
2. 国産通信衛星へのみちのり  
第7章 ETS-Vの生いたち 森本 盛 . . . 81
  
3. Junk Box  
超簡易型微小重力実験装置の製作 福田 徹 . . . 87

表紙提供：池松 均

## 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4-4 ノア芝大門802  
(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)  
松岡 真美

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

## 欧州宇宙ロボット研究開発事情など

1992年 3月 山形 史郎

### 1. はじめに

1977年 2月打上げの国内初の静止衛星、技術試験衛星Ⅱ（ETS-Ⅱ）の開発に携わり、国産初の静止三軸衛星、技術試験衛星Ⅴ（ETS-Ⅴ）の開発を行い、その後、品質管理の面からロケット、衛星、射場関連を支援した後、実用衛星でミッション要求の厳しい放送衛星3号（BS-3）の開発を昨年終了した。BS-3 aでは、太陽電池の発生電力が3/4しか出ない不具合があったが、不具合対策を施したBS-3 bは、完璧で、昨年10月末に利用機関へ引渡された。インテルサットシリーズ衛星の様と同じ衛星を数多く使っていると完璧な衛星になっていくと言われているが、BS-3 a/3 bを通し開発体験として同じ衛星を大切に続けて利用し完璧にすることの重要さを痛感させられた。

BS-3 bの終わりに当たり、昨年11月末に、BS-3の開発を米国で担当したGE社へ万が一の場合の願いとお礼、及び追跡管制の支援をしてもらったNASAへのお礼の他、民間衛星を開発しているヒューズ社、ロラール社と米国衛星関連機関を視察してきた。米国からは、N-Iロケット等の技術導入、衛星関連の技術導入、追跡関係のNASAからの支援等、多くのことを必須科目として学んできた。現在、米国の宇宙開発を側面から支援する宇宙ステーションの日本実験モジュール（JEM）、及び地球観測プラットフォーム技術衛星（ADEOS）、熱帯降雨観測衛星（TRMM）の衛星計画等NASAとの協力関係を進めてきている。一方、通信衛星を公開入札としたスーパー 301条を、米国産業力の低下による日本への制約と見るか、日本を対等のイコールパートナーとしたと見るかは、見方によるが、この301条により、衛星の自主開発が否定されたのでは無く、逆に、日本独自の衛星開発計画を明らかにする必要があるが出てきた。

今回、ランデブ・ドッキングとロボット技術の基礎実験を行う技術試験

衛星VII (ETS-VII)を開始するに当たり、宇宙ロボット欧州動向調査団に参加し、欧州の宇宙ロボット事情及び宇宙開発事情を見る機会を得ることができた。米国は何回か見てきているが、欧州は初めてであり、EC統合、東欧の汎欧州化を進めている欧州、宇宙関連機関を同一時期に見れることから、非常に楽しみにしていたが、予想通り新しい視点を見出だすなど実り多いものであった。以下、欧州の宇宙ロボット研究開発状況、宇宙開発状況、今後の課題などについて、私見を含めまとめてみる。

## 2. 調査の概要

今回の宇宙ロボット欧州動向調査団では、1月中旬から下旬にかけて、図に示す様に、ESA ESTEC、FOKKER (オランダ)、DLR、DORNIER (ドイツ)、CASA (スペイン)、CNES TC、MATRA-FR (フランス)を訪問した。訪問先では、相手方の宇宙ロボット開発状況の調査及び日本の宇宙ロボットの状況を説明し、日本でフライトを計画しているJEMRMS (JEMのリモートマニピュレータームシステム)、ETS-VIIのロボットアームについても説明した。

### (1) 宇宙ロボット調査の概要

欧州の宇宙ロボットは、ドイツのスペースラボD-2 (1993.3)にのせ、技術の宇宙実証を行うROTEX (DORNIERまとめ、ロボットアームの実験、ORU [ORBITAL REPLACEMENT UNITS] 交換等)の他、ESAのESTECで取上げているIVA (室内活動アーム)としてのROTEXの発展形になると思われるBIOROB (SPACELAB D-3[E-1] 1996)とEMATS (COLUMBUSの室内実験サンプル交換用移動アーム)、EVA (外部活動アーム)としてのHERMES ROBOT ARM (HERA: FOKKERまとめ)、及び惑星探査用ROVERの研究開発がなされていた。

特に、HERMES, COLUMBUS計画(ステーション取付ラボ、フリーフライヤー、極プラットフォーム)に係わるマイクログラフィティ分野のミッションに対応した宇宙ロボットの研究開発が多くなされていた。

## (2) 欧州の宇宙開発について

欧州の宇宙開発のテーマは、各国のもの、及び各国のものをたばねESAでフィージビリティを確認してプロジェクト化して各国へ配分するESAのテーマがあり、各国、各企業でそれぞれ特徴を生かした研究開発が進められていた。アリアン、及び衛星の開発は、数も多く、活力が見られた。

フランス、ツールーズにあるCNES技術センターは、欧州の宇宙開発のリーダーシップを握るフランスの宇宙研究開発の中心で、宇宙関連企業もツールーズに集まり、宇宙産業育成を第一と考えるフランスの宇宙産業政策の技術センターの役目をしている。

ESAで行っている宇宙ロボット研究の基礎的部分は、初期テストベットも含め、CNES技術センターで初期の研究がなされていた。

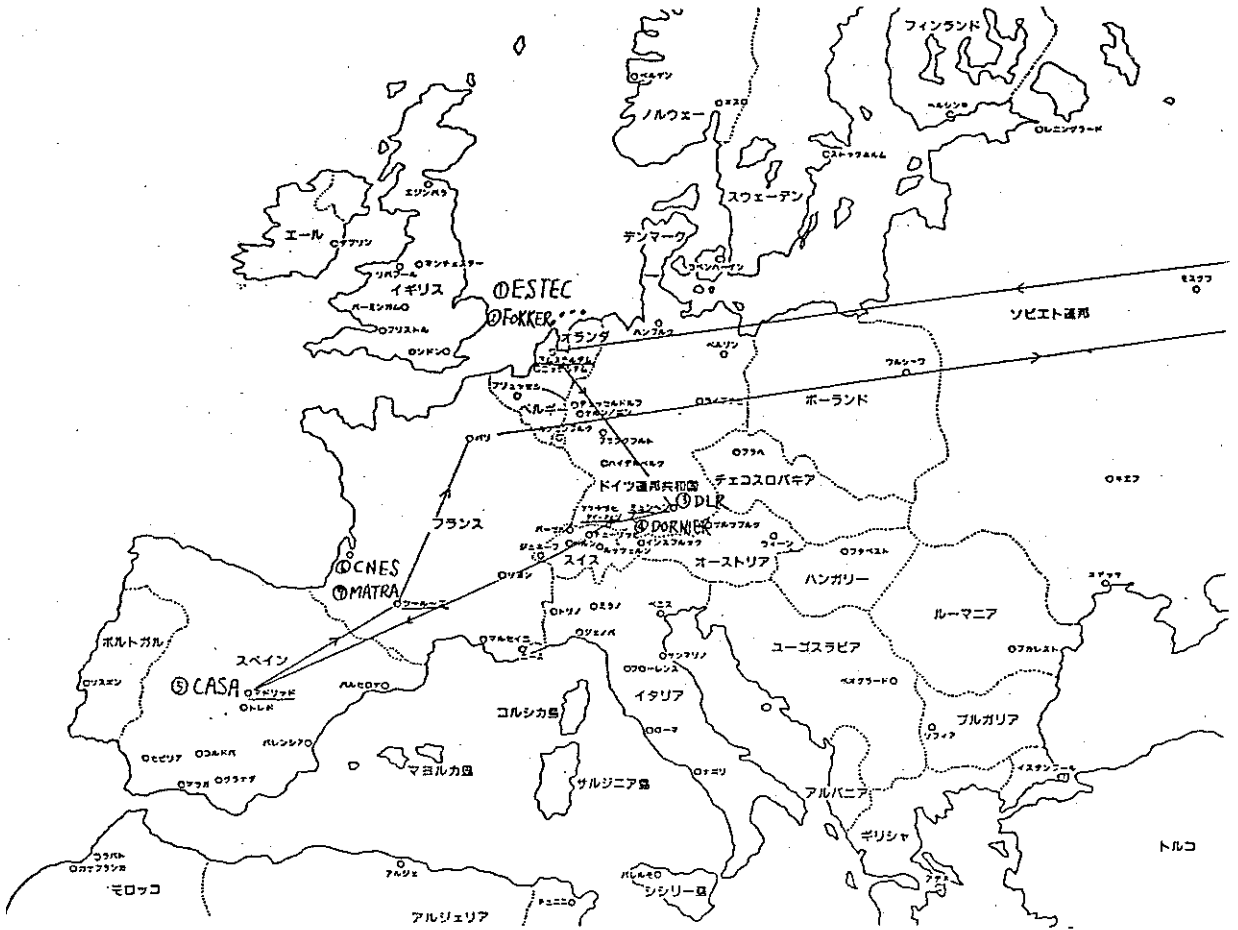
## (3) 今後の課題など

欧州のアリアン5、HERMES利用のCOLUMBUS計画の様に、日本でもH-II、HOPEを利用する宇宙開発計画のシナリオを設定し、それに向けて共通技術としての宇宙ロボット等の開発シナリオを明示し、具体化の研究を行い、個々のプロジェクトとして具体化する必要がある。この中で、宇宙ロボット(Automation & Robotics)技術は、宇宙での活動の自動化無人化技術の柱となる。

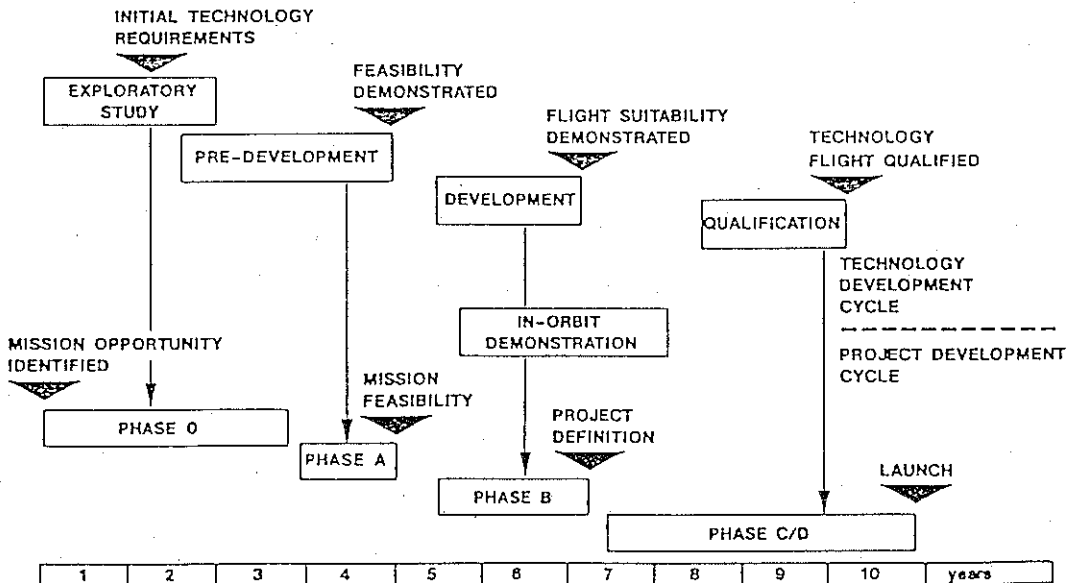
フランスの自主宇宙産業育成政策(アリアン、衛星、HERMES、コロンバス計画)の様に、日本も宇宙開発計画推進の基礎をなす宇宙産業の自主化、産業育成を第一とした宇宙技術基盤確立の政策を行わねばならない。今後必要となる国際協力には、国内技術基盤を持つ宇宙産業基盤が必須である。

## 3. 宇宙ロボットの研究開発状況

欧州の7つの機関を視察し、その宇宙ロボット研究開発状況をまとめると次の通りである。開発フェーズのPHASE C以降のものは、ドイツのR



## TECHNOLOGY DEVELOPMENT PROJECT PHASING RELATIONSHIP



OTEXのみである。決定フェーズのPHASE Bのものは、HERMESのアー  
ムとなるHERAのみであり、概念、研究フェーズ PHASE 0, PHASE A の  
ものがたくさんあり、これらの研究が盛んになされていた。

以下、宇宙ロボット全体の状況を示し、その後、国の機関の状況を示  
す。

(1) 内部ロボットー I V A (INTRA-VEHICULAR-ACTIVITIES)

1) ROTEX (SPACELAB D-2) ー ドイツ独自プロジェクト

・ROTEXは、ロボットの宇宙実証 (ROBOT EXperiment) としてドイツ  
のスペースラボD-2により、1993.3に打上げるドイツのミッションで、  
2本指とアームからなる6DOF (DEGREES OF FREEDOM) のアームを持  
つ。宇宙に上げたスペースラボD-2の中で行うタスクは、マニピュ  
レータの宇宙立証、ORU (ORBITAL REPLACEMENT UNIT) 交換 実験、構  
造物の組立て、浮游物の捕獲、であり、運用モードは、0G (無重力)  
でのプログラム制御、オンボードテレオペレーション、地上からのテレ  
オペレーションである。マニピュレータは、多重センサー制御のグリ  
ッパーを持つ6DOFのマニピュレータアームで、位置精度 0.5mm、角  
度精度 0.2°、ジョイントトルク 15Nm である。

・分担と現状

ROTEXのフライト品は、1991.10.30. DORNIER を出荷し、MBBで  
SPACELABD-2へ搭載中である。1993.3. シャトルで上げられ、約  
9日間のD-2ミッションの内9~3時間の実験がDLRから行われる  
予定である。ROTEXは、ドイツで70~80人のプロジェクトで、次  
の様な分担になっている。

・DLR: プレーメン; 約5人, 安全性信頼性担当。ー未調査

・DLR: オーバーハップエンフォーフェン: 約4人

ROTEXの発案、グリッパーの開発、開発技術支援、実験運用  
を担当。

テストベット (運用シミュレータ [第2世代]) 有り (立体視





TECNOSPAZIO: ROBOT SYSTEM

MATRA: TELEMANIPURATION

(2) 外部ロボット -- E V A (EXTRA-VEHICULAR-ACTIVITIES)

1) ヘルメスロボットアーム (HERA -- HERmes Robot Arm)

・ E S A の将来の軌道上インフラとして、HERMESに支援される COLUMBUS FREE FLYER がある。スペースシャトルのアーム (SRMS) の様に、このHERMESのタスクを支援することが、HERAの主なミッションである。HERAは、シャトルのアームと同様の機能をもつが、SRMSに較べて、直視せずに画面を見て運用すること、移動可能であること (尺取り虫の様に)、軌道上整備で10年間使用できることが、新規技術である。HERAはHERMESで打上げ、HERMESから制御する3関節対称のアームで、FREE FLYER LAB に置いてくることとなる。カメラによりHERMES、FREE FLYERの検査も行える。

・ HERAプロジェクトは次の3分野に区分される。

1) マニピュレータアーム自身;

7 DOF, 200kg, 11.2m, 位置精度0.005m, 最大荷重20ton。

2) 制御系; HERMESのコックピットから手動、自動制御、FREE FLYERでも使用可能。

3) シミュレーション・試験設備; HERAの試験(OG)、マン/マシンインターフェース、トレーニング。

・ 分担と現状

現在 PHASE B (分担、仕様決定フェーズ) の終了段階、1998年(?) 打上げ予定 (EURO-HERME-SPACEのHERMESプロジェクトによると、2002年初フライトとなっている)。

・ E S A ; 契約元、

E S T E C ; HERA OG の訓練設備あり。

・ F O K K E R ; オランダ

主契約管理、END EFECTOR SS単体の製作担当。

アームモックアップ(半分)及び単体テストベット(エアー)あり。

・ D O R N I E R ( D A S A ) ; ドイツ  
MANIPULATOR JOINTS SS 担当。

・ M B B / E r n o ( D A S A ) ; ドイツ -- 未調査  
MANIPULATOR LIMB SS 担当。

・ C N E S ; フランス

HERAの発想及び技術支援担当。

HERMESコックピットからの制御用のテストベット(2体自由問題相対6自由度のシミュレーションテストベット)あり。

ランデブ・ドッキングのバックアップシステムとしての使用も考えている。

・ M A T R A E S P A C E ; フランス

CONTROL SS, VISION & SWITCHING SS 担当。

HERAソフトと総合試験担当。

HERAのBBMとテストベット(エアー)あり。

ランデブ・ドッキングテストベット(2体6自由度のシミュレーションテストベット)あり。

・ T E C N O S P A Z I O ; イタリア -- 未調査

COLLISION AVOIDANCE SS, RETENTION SS担当。

## 2) その他

HERAの他LEO (LOW EARTH ORBIT) のEVA ROBOTの研究は見当たらなかった。

## (3) ローバー (PLANETARY ROBOT[ROVER])

まだ定まったミッションは設定されていないが、COMET NUCLEAR SAMPLE RETURN、惑星、月等へ向けた研究が、下記機関でなされている。

・ E S T E C ; 惑星、月用のローバーの研究。

・ C N E S ; ソ連と火星探査ローバーの研究を始めている。

- ・ M A T R A ; ソ連の車に制御装置を付けた実験車が有った (ビデオ) 。
- ・ C A S A ; 地上の建設等の作業自動車として基礎研究中。

#### (4) 欧州の宇宙開発事情

最近できた EURO-HERMES-SPACE のパンフレットによると、HERMES 関連のスケジュールは、次の様になる。(各地で聞いたスケジュールより遅れている)

1999 HERMES 航空機上のフライト  
 2002 ARIANE 5(1st)/ HERMES 自動フライト  
 2003 2nd ARIANE 5/ MANNED  
 2004 1st RENDEZVOUS with COLUMBUS

最近の欧州での宇宙開発の動きは、次の様になる。

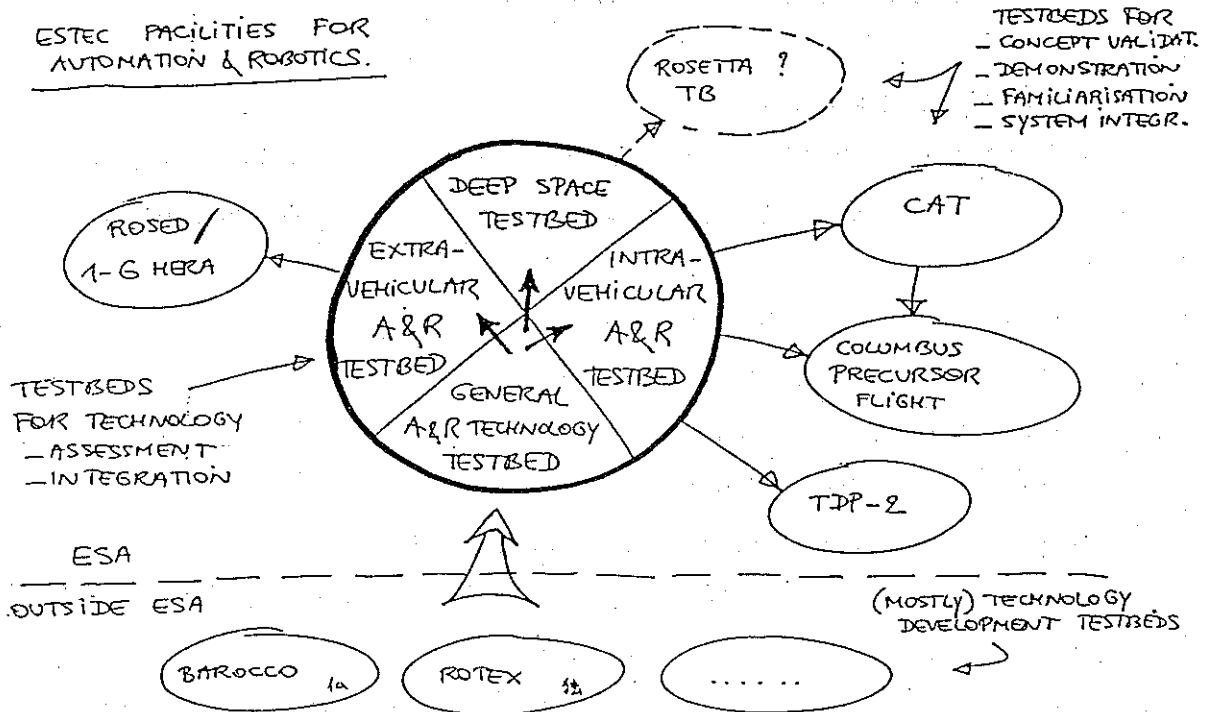
- 欧州では、EC 統合へ向けて各国内の類似企業の統合が進んでいる --- D A S A (独)、M A T R A (仏) 等々。
- 欧州各国の動き、E S A の動きがなかなかつかみ難いが、欧州の計画の元締めは、予算規模も多く航空宇宙で戦後リーダーを勤めてきたフランスの C N E S がその元になっている事が多い --- 今回のロボットの調査でも計画段階のものはほとんど C N E S から出ていることがわかった。
- フランスは、航空宇宙で、計画の基本線がでると、エアバス、アリアンスペースの様に欧州各国を巻き込み、新たな企業体を作ってきたが、この1月下旬にも、HERMES 開発のため、EURO-HERMES-SPACE の企業体を作り上げた。フランスでは、国の機関等で基本計画を作り、企業化のめどを立てて、新たな企業を作っている様に見受けられる。  
 --- INTESPACE(環境試験設備の貸出し)、SPOTIMAGE--MATRA。

3. 1. E S A E S T E C (1/20) オランダ ノードイック  
 ESA ESTEC PO BOX 299 2200 AG Noordwijk The Netherlands  
 AMSTERDAM から約 1 H

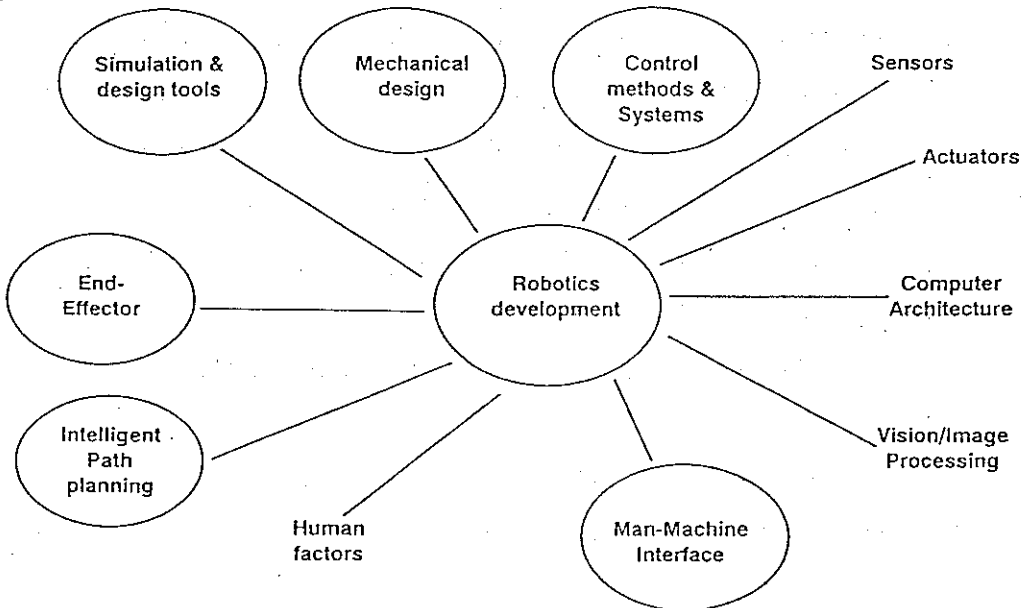
- ・ E S A の衛星分野の活動は、科学、通信、地球観測の他、マイクログラ

[ESA]

ESTEC FACILITIES FOR AUTOMATION & ROBOTICS.

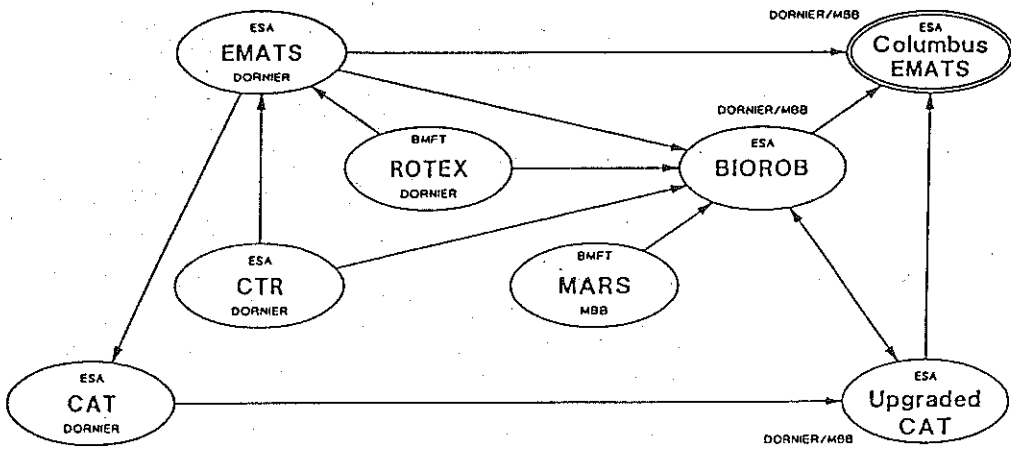


FOKKER SPACE & SYSTEMS



Key Projects  
Relevant to Columbus EMATS

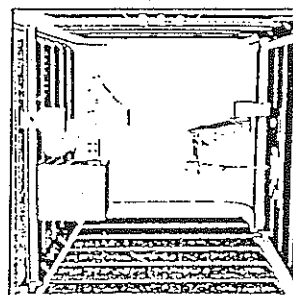
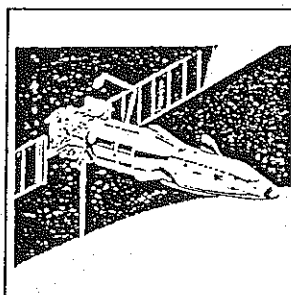
- BIOROB • BIOSCREENING WITH ROBOTICS
- CAT • COLUMBUS AUTOMATION AND ROBOTICS GROUND TESTBED
- CTR • CONTROL TECHNIQUES FOR ROBOTICS
- EMATS • EQUIPMENT MANIPULATION AND TRANSPORTATION SYSTEM
- ROTEX • ROBOTICS TECHNOLOGY EXPERIMENT FOR SPACELAB D-2 MISSION
- MARS • MTFF A&R SYSTEM-TESTBED



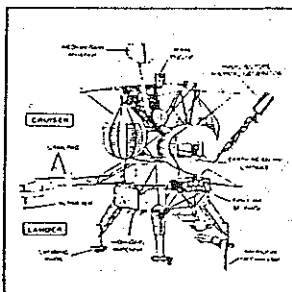
TR9105061000

Present and Future Automation & Robotics Applications in Space

HERMES  
Robot Arm  
HERA

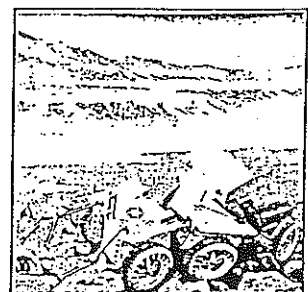


Equipment Manipulation And Transportation System  
EMATS  
for Columbus

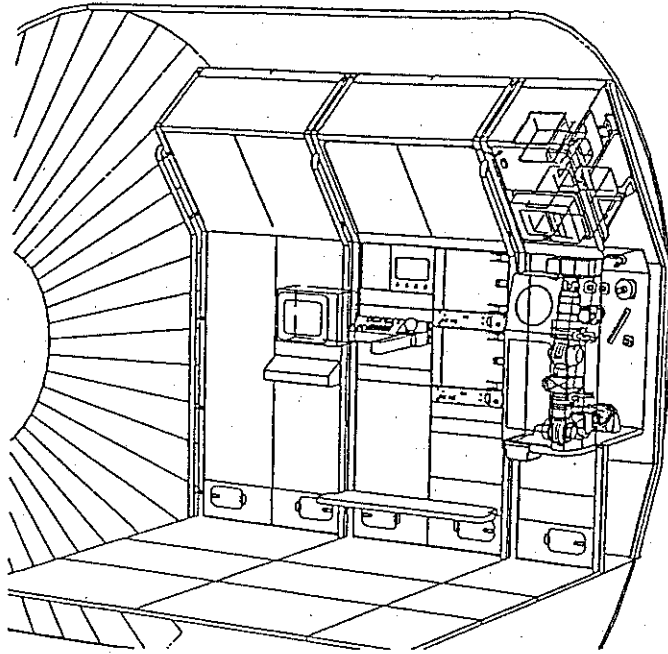


Comet-Nucleus Sample-Return Mission  
Rosetta

Mission to Mars



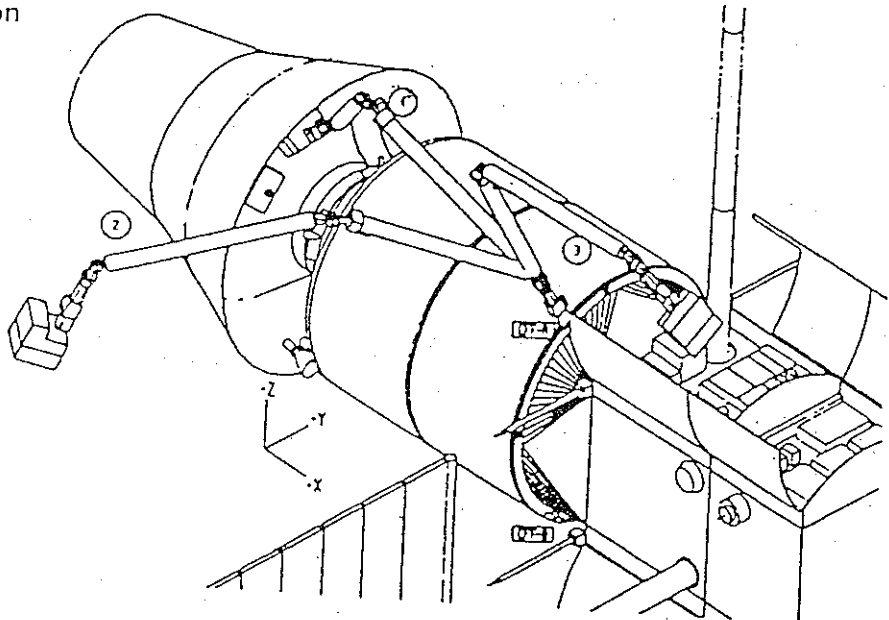
**ROTEX**  
Accommodation  
within Spacelab  
D-2 1993.3



MATRA MARCONI SPACE

HERAJ231J FOKKER

HERA Operation



ビテイが大きな分野を占め、コロンバス計画 ( ATTACHED LAB, FREE FLYING LAB, POLAR PLATFORM) を進めている。 又、アリアン 5 (1995?) の有人のスペースプレーンとしてHERMES(1998年 UNMAND/MANED? ) を進めている。

・ E S A 約 2000 人の内、 E S T E C に 約 1200 人 (+400) がおり、 CONTROL ROBOTICS & R/D に 約 60 名、 ROBOTICS に 約 15 名 いる。

・ E S T E C の ロボット 分野 の 計画 は、 宇宙 自動化 への ロボット の 適用 を 目標 とし、 次の 研究 を 行っ ている。

・ EXTRA-VEHICULAR (ROBOTIC EVA)

・ INTRA-VEHICULAR (ROBOTIC IVA)

・ DEEP SPACE (COMET VISIT) PLANETARY ROVER

・ SERVICING IN NON-LEO ORBIT GEO-SAT, POLAR, MOON/MARS

・ AUTOMATION & ROBOTICS の R & D プログラム は、 次の フェーズ の もの が ある。

・ 基礎研究 (研究と B B M フェーズ) -- 1 3 テーマ

・ 地上テストベット -- 3 テーマ

・ 軌道上デモ -- 2 テーマ

・ T D P - 2 (TECHNICAL DEMONSTRATION PROGRAM-2) ; 1997 3 年後 -- 未調査

・ COLUMBUS PRECURSOR FLIGHT; 1993 D-2/ 1996 SPACELAB. D-3 (E-1)

・ 視察した設備は次の通り。

・ ROBOTICS EVA TEST BED

--TELEMANIPURATION, ORU EXCHANGE

・ ROBOTICS IVA TEST BED

--SAMPLE MODELS ON STORAGE/EXPERIMENT RACK, OFF-LINE PROGRAMMING

・ COLUMBUS ATTACHED LAB MOCK UP -- 日本の J E M に相当する LAB 。

・ 視察した衛星環境試験設備は次の通り -- 衛星は無かった。



- ・スペースチャンバー；筑波宇宙センターのものより小さい。
- ・振動試験機—デュアルシエーカー（2×1.4TON）。
- ・音響試験設備—1624 m<sup>3</sup>、125～154db。
- ・ESTECは、大西洋岸にあり、敷地が広く、COMMUNITY 広場もある。最近新しいビルを建てている。ランチは専用の部屋でご馳走になったが、今回の調査で一番立派なランチだった。パスポート提示要。写真OK。
- ・先行研究に多くの労力をかけている。アリアン5、HERMES、COLUMBUS、SCIENCEを中心に開発を行おうとしている。（各国の集まりであり、実用〔採算ベースに合う新しい産業の育成〕は困難か？各国の調整機関？）
- ・プロジェクト支援マトリックス体制を取っており、パリ本部に約5人＋ESTEC等でプロジェクト（約30人）を行っている。PRODUCT ASSURANCEもESTECにある。追跡関連はESTECにはなし。

3. 2. DLR (1/23) ドイツ　　オーバー・ハツフェンホーフェン  
 GERMAN AEROSPACE RESEARCH ESTABLISHMENT ミュンヘンから約1H  
 D-8031 Oberpfaffenhofen Federal Republic of Germany

- ・DLRは、1907年からあったゲッチンゲン航空研究所等の後をうけ、1969年に設立され、航空機、衛星及びエネルギー技術の開発及び利用のための技術研究を行っている。
- 5つの研究所（Koln-Porz〔本部〕, Braunschweig, Göttingen, Stuttgart, Oberpfaffenhofen）に約4400人がおり、Oberpfaffenhofenには約1000人がいる。Oberpfaffenhofenでは、地球観測、通信衛星、宇宙センターとして機能しており、シャトルスペースラボ等の管制センターの役割もしている。
- ・DLRの中で、ROBOTICSはあまり大きな分野ではないが、マイクログラフィティの関係でROBOTICSを17～18年前から行っており、1984年からセンサー、フィードバック等を行っている。
- ・宇宙ロボットは非常に複雑であり、テストフライトが必要である。宇

宇宙工場でのルーチン作業、危険作業、生命科学の宇宙実験（たくさん  
の時間がかかる）、人は眠り／外部が汚れる（クリーニングの問題）問題、  
宇宙飛行士の代わりとしてのTELE-ROBOT等ROBOTICSの活躍する分野は多  
い。しかし、宇宙での活動のタスクデフィニションがなかなか出来な  
いため、米国のように中止されたロボットプロジェクトもある。また  
TV SATでパドルが開かなかった問題等 ROBOT ARM衛星があれば解決し  
たものもあるが、ROBOT 衛星はリスクである、衛星には保険がある等  
の点で、ROBOT 衛星の提案はキャンセルされてきた。

ROTEXは、6軸ロボットとし、15センサー、オンボードフィードバ  
ック、ビジュアルシステム、ステレオTVモニターのシステムとした。  
ROTEXでは、摩擦が地上と違うこと、マン・マシン・インターフェ  
ースの問題等複雑な全体システムのデモンストレーションを行うことと  
している。また、マイクログラビティ利用（バイオ／材料）の機能タ  
スクとして、次の3つを定義した。

1. RACK EXCHANGE MATING OPERATION---force and turn
2. ASSEMBLING SOME STRUCTURE
3. GRASP FREE FLOATING OBJECTS

即ち、1. ORU交換実験、2. 構造組立て実験、3. 浮游物の捕獲の  
実験、を行う。TVモニターでは、距離感、位置精度が問題となる。  
手(END EFFECTOR)の中にステレオカメラを取付け、アームの中にハーネ  
ス／全ての電子機器部分を入れEMCの問題を解決した。昨年10月オ  
フガス試験を行い、11月最終試験を行い、現在MBBにある。MBB  
でスペースラボへ組込み、1993.3にシャトルで打上げ約9日間の実験の  
中で9～3時間の実験を行う。ここDLRが、SPACELAB D-2ミッ  
ションの実験局になる。TELE-ROBOT概念の検討では、ヒューストンの  
既存のシステムでは15秒のTIME DELAYがあり、TDRSを使った新た  
なシステムでは、4秒のTIME DELAYになった。TIME DELAYに関係し、  
SIMULATED SENSOR, REAL SENSOR, SIMULATOR の問題、STABILITY の問  
題、FRICTIONの問題、GROUND IMPROVEMENTの問題等が重要である。

ロボットの運用に関しては、階層構造の運用ストラテジイ及びタスクプログラミングが必要である。この案により、ソフトをパッケージごとに作成し、逐次拡張していく必要がある。現在この案に従いソフトを作成し、タスクプログラミングを含めた地上試験を行っている。

- ・視察したROTEX実験設備には、ROTEX用グリッパ、アーム（産業用ロボットを使用）、シミュレータ、グラフィックス、ステレオめがねがある。ステレオめがねをかけて、シミュレータの画面で作業のタスクプランを作り、そのプランに従いARMが作業する。初期の試験設備をグレードアップしてきた。
- ・DLRの衛星関連設備は時間の関係で見ることが出来なかったが、衛星用の地上アンテナがあり、データ取得、ミッションオペレーションを行っているように見受けられた。
- ・中程度の建物が幾つも集まり、いかにも研究所的である。高速道路からは近い。案内された部屋も小さく、昼すぎに部屋を変えさせられた。
- ・食堂は、カフェテリア方式である。

### 3. 3. CNES (1/28)

フランス ツールーズ

CNES TC 18, avenue Edouard 31055 TOULOUSE CEDEX FRANCE

- ・CNES TECHNICAL CENTRE は、宇宙産業の中心となるべく1968年にツールーズにセットされた。それ以後、ツールーズはヨーロッパの宇宙の首都の一つとなった。

TUOULOUSE SPACE CENTRE は、57haにわたり、ここには、1700人のCNES職員、及び子会社またはESAからの600名がいる。60%は技術者又はトップレベルのエグゼクティブである。

ここには、RESEARCH & APPLICATION, SPACE TRANSPORTATION SYSTEMS, HERMES DIRECTORATE ESA-CNES等のCNES組織、及びSPOT IMAGE、INTESPACE等の関連会社がある。CNESは、1991年に種々の所から10180MFの収入を得て、14000MFの支出をしている。ESAへ約1/3が支出されている。基礎技術部門は475人で行っている。

・ C N E S の ROBOT PROGRAM は、SYSTEM ELECTRONICS & AUTOMATION DEPARTMENTのSYSTEM ROBOTICS SECTION に属し、9人の技術者及び4人の併任者で、3つのプロジェクト (BASIC+HERA+BAROCO+VAP) を30MFで行っている。これらのプロジェクトの概要は次の通りである。

(1) H E R A

-- EXTERNAL V.A.

- ・ H E R A は C N E S で、HERMESのARMとして生まれた。
- ・ C N E S で PHASE A を行い、現在 PHASE B の終わりの段階にある。
- ・ 現在 H E R A は、E S A / C N E S の HERMES PROGRAMの中にあり、HERMESとインターフェースを取りながら、ROBOTIC SYSTEMはFOKKER社担当で進められている。

(2) BASIC RESEARCH

- ・ EXTERNAL MANIPULATOR TESTBED
- ・ SIMULATION PACKAGE
- ・ PERCEPTION
- ・ ACTUATORS
- ・ DECISION & CONTROL
- ・ TESTBED
- ・ CNES LABORATORY
  - ・ TO PROVIDE SYSTEM EVALUATION & CONCEPT DEFINITION TESTS
  - ・ FREE MOVEMENT TESTBED
  - ・ CONTACT OPERATIONS
  - ・ MOBILE ROBOTS LABORATORY in 1992

(3) V A P ; AUTONOMOUS PLANETARY ROVER -- PLANETARY

- ・ TASK DESIGN, SYSTEM DESIGN, MISSION EXECUTION, PRELIMINARY FUNCTION ORGANIZATION ON EARTH/ON BOARD, LOCOMOTION DESIGN/EVALUATION, MANIPULATION DESIGN, EARTH SIDE IMAGE PROCESSING, VAP ON BOARD PROCESSING, DECISIONAL ARCHITECTURE.

(4) B A R O C O

-- INTERNAL V.A.

E S A COLUMBUS FREE FLYER LABORATORY の ROBOTIC CONCEPT E M A T S に対する C N E S の提案。

- ・ OFF-LINE PROGRAMMING (INDUSTRIAL ROBOTICS)
- ・ TELEROBOTICS
- ・ 視察した設備
  - ・ HERMES COCKPIT SIMULATOR WITH HERA ARM SIMULATOR;
    - ・ HERA TESTBED: TELEMANIPULATION, IMAGE IN SCREEN, WITH AOCS SIMULATOR
    - ・ HERA-2: AUTOMATIC MODE
    - ・ 6 AXIS FORMATION: DOOR OPEN CLOSE SPACE TELEMANIPULATION GREEN, YELLOW, RED ZONE を設けて OPERATION をしていた。
  - ・ BAROCO TESTBED; TO WORK ELEMENT DEFINITION; ORU, CONECTOR
- ・ 衛星環境試験設備は、時間がなく、視察することが出来なかった。 衛星環境試験設備は、INTESPACE 社が管理し、衛星関連会社へ貸しているとのことであった。 SPOT IMAGE社のアンテナが見えた。
- ・ C N E S の中に、HERMESの展示建物があり、HERMESの実物大模型が入っているのが見えた。 E S A で取上げている宇宙ロボットのほとんどが、このC N E S で研究が始められている (H E R A /HERMES, E M A T S, ROVER) 。
- ・ C N E S T C は、地の利を生かし、ここツールーズにある宇宙の会社から必要な技術的支援を受けている。 C N E S T C は、フランス技術センターの名の通り、宇宙に関する研究開発の中心であり、新しいプロジェクトがC N E S T C より出ている様に感じられた。 官民一体の研究がなされている。 パスポート提示要。(受付でパスポートを渡し、代わりに入場バッチをもらう)

#### 4. 所感、今後の課題など

今回、欧州調査団に参加したことにより、欧州の宇宙開発関連機関の1/3 ~ 1/4、又、宇宙ロボットという宇宙開発の一部分を見たわけであるが、

欧州の宇宙開発を横通しで見ることは少ないので、宇宙ロボット開発、衛星開発、宇宙開発等に関する所感及び今後の課題などを以下に記す。

今後の宇宙開発の計画・研究・開発業務の参考になれば幸である。

### (1) 欧州における宇宙ロボットの動向など

欧州の宇宙ロボット研究開発状況については、前項の概要の所に述べた通りであるが、宇宙ロボットは、1) I V Aとしての内部ロボット、2) E V Aとしての外部ロボット、3) PLANETARYロボット、と三つの区分で研究開発が行われている。

#### 1) I V A

I V A (内部ロボット)は、スペースラボ、コロンバス等の宇宙構造物の中で、人に代って作業するものであり、マイクログラビティ(生命科学、材料科学等)の実験分野で人に代って作業を行う道具(実験サンプル無人操作装置等)の共通技術として開発実証が行われている。I V Aでは、工場用ロボットハンドを宇宙で使うことであるが、無重力、軽量化の他、宇宙で使うことによるタイムディレイ(テレオペレーション)のため、動作プログラムを組むこと、事前に動作を確かめること、及び本番動作と三段階に分けた運用となる。(火星のバイキング生命実験で実験をやる前に地上のシミュレータでシーケンス確認を行った様に) R O T E Xでは、宇宙ロボットの基本技術の宇宙実証を行い、B I O R O B、E M A T S等で科学実験(生命科学、材料科学等)を行うことを目標に、実験供試体の交換等を行う室内宇宙ロボット(室内移動形テレマニピュレータ)の開発を行っている。

#### 2) E V A

E V A (外部ロボット)は、宇宙飛行士の船外活動を軽くするためのものとして位置付けられている。H E R Aのみが唯一の計画であるが、これは、HERMESに伴う宇宙飛行士の船外活動を軽くし、シャトルのアームの様に宇宙機(HERMES)からパイロットが使うため、シャトルアームより機能を向上したものとして、C N E Sにより発案されたものである。未だ

船外活動による宇宙構造物建設の計画がないため、アーム以外の他のロボット計画は進んでいない。

### 3) PLANETARY ROBOT (ROVER)

サンプルリターン (COMET NUCLEAR SAMPLE RETURN ROSETTA)、及び惑星表面での走行、画像伝送を目的に検討がなされている。(岩石分析は未だ検討されていない) 各国とも PRE-BBM を考慮した研究を行っている。

\* ロボットは、基本的には、人に代って仕事をする道具である。宇宙ロボットにどのような任務・タスクを与えるかは、将来の宇宙活動の形態を明らかにし、その任務・タスクをするロボットを作ることになる。どのような宇宙活動を行うかのシナリオ (ストーリー) を作り (ESA の COLUMBUS の様に)、そのタスク分析、標準タスクの設定を行い、目的にあったロボットの開発を進める必要がある。また、日本でも、COLUMBUS 構想の様な宇宙の活動形態及び技術のブレークダウンが必要である。日本の宇宙活動は、コスト、安全性、ロボット技術の優位性等より、無人、自動化及びロボットを使った活動を一つの柱とすべきである。

### (2) 欧州の衛星開発など

今回視察した工場で衛星関連のものとしては、CASA (FRP アンテナの一部)、FOKKER (ハニカムパドル)、DORNIER (ミッション、衛星)、MATRA (ミッション、AOC S、衛星) が作られていた。MATRA では、EUROSTAR BUS を使った衛星が 3 ~ 4 個作られていた。衛星の環境試験は、ESA では ESTEC の試験設備、フランスでは CNES TC の所であり試験設備を管理している INTESPACE の環境試験設備を借りて行う。ツールーズ付近の他の衛星メーカーもこれを利用しているとのことであった。

MATRA でもらった手帳によると、アリアンで今年打上げる 14 コの衛星の内、欧州以外の国で作られた衛星が 8 コ、欧州の衛星が 6 コである。多くの衛星が EUROSTAR BUS を使って作られており活気があった。科学、

通信、観測衛星が、多く作られている。フランスでは衛星の国産化計画が成功している。MATRA社は、商用衛星開発に関し、米国ヒューズ社とGE社の中間程度の活動をしていると思われる。

科学衛星、通信放送衛星、観測衛星の他に、アリアン利用、HERMES利用の柱としてマイクログラビティ分野の宇宙での実験を束ねてESAはコロンバス計画としている。コロンバス計画には、ATTACHED LAB, POLAR PLATFORM LAB, FREE FLYERがあり、宇宙でのマイクログラビティ分野の実験ミッション（生命科学、材料科学等）を束ねている。

\* 日本でも、科学衛星、通信放送衛星、観測衛星の他に、H-II、HOPPE、プラットフォーム等を利用した新しいミッション領域の活動を束ねたマイクログラビティ分野等の宇宙利用の将来計画のシナリオを作る必要がある。米国がやっておらず、欧州でも部分的にしか進めていない無人化自動化の衛星を利用した宇宙実験工場プログラムは、国際的にも日本の独自性を出せる有望な領域である。

### (3) 欧州の宇宙開発など

今回回った所の宇宙関係者の数は、FOKKER-400, DORNIER-500, CASA-400, MATRA-1600(8700)、ESTEC-1200+400(ESA-2000)、DLR-1000, CNES TC--1700+600である。

今回見た所は、航空機工場の中の宇宙工場が多いという点もあるが、欧州の宇宙開発は航空機産業の上に乗ってなされている様に思われる。戦勝国（航空機産業を誇りに思っている）、敗戦国（航空機産業を禁止された）の関係が歴然と現れている。盛んな航空機産業の上に乗ったさらなる産業として宇宙産業がとらえられている。

敗戦国のドイツは、宇宙開発の根幹をなす輸送系のリーダーたることは出来ず、独自のスペースラボを初め宇宙の上ものの衛星に力を入れている。

一方、戦勝国のフランスは、米ソへの対抗もあり、輸送系及び宇宙の上ものの衛星のリーダーたるべく、計画を作るが、全ての費用をまかなうこと



は出来ず、各国の資金、技術を利用するシステムとしてE S Aをフォローしている。この思想の実施機関として、フランスの各機関の宇宙関連費用を集めてフランスの宇宙開発計画を推進するC N E Sの技術センターがツールズにあり、フランスの宇宙関連産業も効率化のためツールズの近くに集ってきている。

フランスが、欧州のリーダーたるべく、C N E S等で将来の計画を検討研究し、各国もこれに遅れまいとその一部を自国でフォローしている。

即ち、欧州の宇宙計画は、一般に言われている様に、表面上は、まず各国の独自のプロジェクト計画があり、その統合推進機関としてE S Aがあることになる。フランスは、戦勝国として、軍事的優位性を保ち、航空宇宙産業でそのリーダーたることを目標とし、まず輸送系（アリアン）、及び輸送系を推進するために、その利用者となる宇宙の上ものの衛星を積極的に進め、アリアンロケット産業を成功させ、衛星の自主化及び産業化（EUROSTAR BUS等）をなしとげた。さらに、宇宙の上ものを発展させるものとして、HERMES/ COLUMBUS計画を出し、HERMESのリーダーとなり（ツールズにE S A HERMESの中心組織を置いている）、HERMES利用の計画の立案を多くの人材を投入し盛んに行っている。実施段階になると費用もかかるため、E S Aで計画をオーソライズし、各国の分担開発となっている。このためフランスのリードで、各国連合の企業体（フランスのリーダーシップを確保し、他国の資金を出させるため）を作っている。——エアバス、アリアンスペースを作り、今回 EUROHERMESPACE を作った。——この様に、フランスは、日本の倍程度の宇宙予算規模ながら、宇宙産業におけるリーダーシップを確保するため、C N E S TCを中心とし、E S Aを利用する政策を取りながら、フランス自国の宇宙産業を育成している様子を如実に垣間見ることができた。

\* 宇宙計画は、国際的にもよく見える物で、国力の一つの目安となる。

日本も経済活動が大きくなっており、欧州とも、協力関係を持つようにするためには、宇宙利用を考えた独自の計画を立案し持っていることが必須である。その上で、初期段階にフランスとの共同プロジェクトを持つ

ことにより、そのプロジェクトは自動的にE S Aとの共同プロジェクトになり、欧州との国際協力を成し得る。

\* 日本の宇宙開発の足腰を鍛えるために、国内宇宙産業育成を第一の目標として宇宙開発計画を進める必要がある。このためには、宇宙を利用する衛星等宇宙の上もの数を増やす政策を行い、国内各層の宇宙の利用者を掘り起こす組織が必要であり、開発計画立案、実行はメーカを指導するNASDAを通して行い、国内宇宙産業の技術基盤を育成していく仕組みをつくる必要がある。

#### (4) ヨーロッパ見て歩記

##### 1) 全般

今回初めての欧州視察であったが、オランダ、ドイツ、(オーストリア、スイス[ボードン湖の周り])、スペイン、フランスをまわり、感じたことは、欧州はカトリック、プロテスタントの区分はあるが、キリスト教国であり、言語、文化も似ており、大きな一つの国の様で、今、欧州統一(EC統合)へ向けて、大きく流れている。即ち、言葉の壁は、東北弁と沖縄弁が各国の国語としてある様なもので、未だ共通語が無く、各国が独自の文化、通貨を持っているが、これらは統一されるべき必然性がある。

言語(主語+述語+目的語、アルファベット)、通貨、家の形(日本でも東北と沖縄では大部異なる)が異なるが、ワイン/ビール、パン、肉、キリスト教(カトリック/プロテスタント)、と共通するところが多い。

地図で見る通り、アルプス地域に山があるが、他は平坦な一つの地域である。

各国通貨の交換は、空港に着いて、外に出る前に、十数カ国の通貨の両替が出来る空港の両替所で、その国の通貨へ交換することになる。空港には、他の国の紙幣を自動的に交換する機械が備えられているところが多い。街の中でも両替所(CHANGE)は多く見られた。コインは両替出来ない。

各都市で、2、3両編成の路面電車が走っており、ツールーズを除き地

下鉄があった。TVチャンネルは、オランダ；20(A2)、ドイツ；20(A1)、スペイン；8、フランス；15。

## 2)オランダ(アムステルダム)

オランダは、小国ながら国際性豊かな国で、国際立国になっている。(空港の免税店も大きくいろいろなものがある)

アムステルダムは、約80万の国際都市で、将来の世界都市を見るようである。アムステルダムの道路は曲がっているが、運河が多く、綺麗な街である。ホテルはダム広場、王宮の前。飾り窓は、2、3ブロック先。

カジノもある。古いものを大切に守っている。国立美術館(レンブラント展、ゴッホ)、アンネ・フランクの家、5 FLIES。オランダ語は、(独語+英語)÷2で出来ている。10歳から英語教育があり、ほとんど英語が通じる。

国土は低地が多く(MAX 100m)、道路、運河が良く整備されている。北国であり、明るいのは、8:30~16:30であるが、暗いうちから良く働く。

FOKKER、PHILIPSの様にハイテクも盛。

## 3)ドイツ(ミュンヘン、フリードリッヒシャーヘン)

ドイツは、大きく平坦な所だが、北国のため農業立国は難しく、厳しい国土である。

この厳しい国土が技術立国と大戦を引き起こしたのか？

ミュンヘンは、ドイツ南部であるが、内陸、高地で、雪もありオランダより寒い。昔の建物が大切に保存され使用されている。しかし、都市化の波により、西欧的均一化が進んでいる。田舎は、ドイツ風の家が点在していた。ミュンヘンは、ニンフ城、オリンピック跡の公園、市庁舎、ドイツ博物館。ドイツ博物館は、大きく、航空宇宙関係の展示物も多く、H-Iの1段エンジンも展示されていた。

フリードリッヒシャーヘンは、ドイツ、オーストリア、スイス三国に面するボーデン湖のドイツ側に面した避暑地の小さな街で、今回は冬で閑散としていたが、道路はオーストリアへ行くスキー客で賑わっていた。昔、

ドルニエ社では水上機が盛んであった。

#### 4) スペイン (マドリッド)

スペインは、ピレネー山脈に区切られフランスとの境を持っているが、キリスト教文化圏である。地名、顔付き等米国カリフォルニア州(旧メキシコ[スペイン]領)の各地と非常に似ている。

マドリッドには、16, 7, 8C頃、世界を制覇していた遺跡痕跡が、街の至る所に見受けられた。プラド美術館には、ゴヤ等中世のスペインの絵画がたくさんあった。街の昼食は、2時頃からで、夜のレストランは、8時頃からと行動時間がシフトしている。日曜日、店は休み。立食い式のスナックバーがたくさんあり、軽食をとっている人が多く見られた。日本人は3000人位。日本食5店発見。

休日は、街を散歩し、宮殿、スペイン広場、サンフェルナンド美術館、アルカラ門、シベレス広場、コロン広場(コロンブス像)、レティエロ公園(アルフォン12世像、日本の現代抽象絵画展)等。TV(風雲たけし城、釣り吉三平を放送していた)

#### 5) フランス (ツールーズ、パリ)

人口40万人のツールーズは、西のボルドーと南フランスのニースとの間にあり、フランスの中心からわずか南西部に位置する中世からの街であり、旧市街を新しい街が取囲んでいる。C N E S T C及びM A T R A - F Rは、市の南方にあり、広々とした所である。フランスでは、水、フロがあまり良くなかった。ツールーズは新しい街の一面も持ち、航空宇宙産業の中心である。

パリには、日本企業の看板がたくさん見受けられた。パリドゴール空港は大変広く、たくさんの拡張工事を行っていた。空港の免税店は小さく、酒は機内持込み。パリ駐在員事務所、凱旋門、エッフェル塔、E S A本部、アンブリッド、オルセー美術館、ルーブル美術館、オペラ座、シャンゼリゼ通り、ポルトマイヨ広場、クレージュ・ハウス。

## 6) スイス (チューリッヒ)

ボーデン湖のドイツ側からチューリッヒ空港まで霧の中をバスで走った。

スイスは徴兵制がしかれており、攻撃に備え、地下壕も備えている。

4つの言葉の統一の上に成り立っている。長い冬のため、刺繍、時計、チーズ等が発達した。

チューリッヒは中程度の街であるが、国際色豊で、ヨーロッパの中心的な街で、空港も大きい。スイス航空はサービスが良い。

## 国産通信衛星へのみちのり (7)

森本 盛

### 第 7 章 ETS-Vの生いたち

国産化のネックが軽量化にあるという経験にもとづき、その打開のために主要 S/S (サブシステム) の研究開発を計画した (第 5 章)。そして S/S の試作仕様の検討を始めたところ、再び壁にぶつかった。衛星システム全体の設計を進めないと、S/S 仕様の決めようがないというのである。構体 (骨組み) の例をあげると、中央円筒のまわりに機器取付け棚を設ける型にするか、箱型フレームの中に機器取付け棚を設ける型にするかの選択はシステム設計でやらなくてはならない。どちらを選ぶかによって、開発すべき技術要素がまるで違ってしまう (もっとも予算がふんだんにあれば、両方を試作しておけばよいのだが、浮世はそう甘くない)。

というわけで、E. EさんとM. Kさんを取りまとめ役として、静止衛星のシステム設計を始めることにした。この衛星は、バス (中継器・アンテナ等のユーザ機器を載せる本体部分) の技術開発を目的にしなくてはならない。ユーザミッションがあるのは好ましくない。なぜならば、ユーザの立場を考えると失敗はできない→安全な設計にしなくてはならない→高い技術水準への挑戦ができない→重くて使いものにならない→輸入せざるをえない・・・ということがわかっていたからである (第 5 章)。しかしそれ以前にユーザミッションなしの衛星はなかった。それまでは衛星の目的がユーザミッションであり、衛星バスは、ユーザにとって機器を載せる手段にすぎなかった。当然、視角を 180° 切替えた (バス目的の) 概念設計は、いたるところで障壁にぶつかった。まずは各部門に協力依頼をする段階で、追跡の S 次長に「ミッションもないイカゲンな作業に人を出すわけにはゆかない」と門前払いされたのが、第 1 号である。

設計のスタートにあたって決めた条件はただひとつ、H-1 ロケットのテストフライトを利用するということだけである。かねがね N-II のテストフライトはモッタイナイことをしていたので、H-1 のチャンスを逃がしてはならないと考えたからである。ロケットと衛星ともにテストフライトというのはリスクの面に難点はあ

ったが、衛星については地上テストを充分に行えば万が一宇宙にたどりつかなくても設計データが得られると考えた（後に熱設計についてはそうはゆかなかったことがわかり肝を冷やしたが）。

初めは、当時欧米で流行であったMMS（マルチミッションサテライト）を考えてみたが、色々な用途に共通な設計では必ず何処かに無駄が生じてしまう。静止衛星ではギリギリの最適設計が要求されるので（第5章）、僅かな無駄が致命的になる。結局、通信と放送のミッションを想定したケーススタディにならざるをえなかった。

各部門のプロの協力を得て、約半年後に概念設計の社内作業がまとまった。それまでのミッションイメージでなく、軽量化バス実現のためのHOW TOに重点をおいた点が特徴である。1981年夏の宇宙開発委員会に提案する段階で、「NASDAだけでやりたいことをやるのはケンカラン。ユーザあってのNASDAであるから、まずスピコン型衛星で国産の通信衛星を早く実現すべきである（AMES→CS-3の流れ）」という委員の強いご意見により否決されてしまった。NASDAプロパーのリーダ格の方々には憤懣やるかたないおももちであった。

その年の秋から、衛星3社に委託して概念設計を続けることにした。ここでも視角の転換は難航した。すなわち「餅の画をかく」設計ではなく、「如何にすれば自分達で餅がつけるか」の設計にするようお願いしたのだが……。それまで10年の間に米国の概念設計の形式に合わせて資料を作る習慣ができあがっていた。米国の資料1頁は、何10年も積みあげたノウハウと膨大なデータで裏付けられている。それは少しお金を出した位で教えてくれる筈もない。したがって、その裏側の「HOW TOをトライする動機を作りたい」という当方の願望は、半年間説得しても通じなかった。設計報告書は、何れも「餅の画」ばかりであった。ここで又、発想の転換が如何に難しいものかを骨身にしみて味わうことになった。この件は止むなく諦めることとし、HOW TOの方はS/Sの試作・試験の中で蓄積することにした。

内部では「BS-3ミッション」の要求が強かった（誘導開発室）。止むなく、バスミッションとBSミッションの2種類の報告書を作っていた。メーカー側に予想以上の出費をさせてしまい、申し訳ないことをしてしまった。

ユーザミッションについては、米国技術レベルへの挑戦を躊躇させるという理由から、その後も抵抗を続け、NASDA内ではある程度のコンセンサスがえられるよう

になった。しかし外に対してそう簡単にはゆかない。1982年夏の宇宙開発委員会に向けて、H. O新副理事長とS. S新理事が科技庁等と調整された結果「理解されない説明をしてゼロ査定されるよりはユーザミッションで説明して予算をとる方が賢明」というご指示がでた。そこで、タマサカ宙に浮いていたAMES（航空海上通信実験衛星：第5章）のミッションをのせれば、郵政省・運輸省のサポートが得られ、AMESの問題も片づくので一石二鳥という答がでてきた。しかしあくまでも挑戦マインドの尊重にコダワッテ、バス技術確立を先に、AMESミッションを後に書いていた。NASA主導がはじめて実現したという人もいた。

かくして、1982年夏の宇宙開発委員会でETS-Vとして無事承認され、1983年度予算認可の公算が大きくなった。そこで予算内示を受けたら直ちに行動を起こせるよう準備を進めることにした。というのは、計画承認が当初のモクロミより1年遅れたのでS/S先行開発の時間が僅かしかない。予算が確定してから準備を始めたのでは、この期間が零になってしまい計画の意味がなくなってしまうからである。

最もヤっカイなのがシステムメーカーの選定である。フライングではあるが、3社の提出資料等の評価を始めた。ただしあくまでもETS-Vプロジェクトを遂行する衛星設計グループによってメーカーは選ばれるものであり、研究開発部門はその技術的支援を行うものという立場で作業を進めた。これは研究成果を事業に引き継いだ過去の例からあみだした経験則にもとづく発想である。引継ぎをスムーズにするには、衛星設計グループと一体になって作業をするのが望ましい。そこで衛星設計グループに受け皿を作っていただこうと思ひ、まずシステム計画部に相談した（研究開発部門のラインの上位になるので）。ちょうど研究開発計画課が発足して、M新課長が張り切っておられた。数日後にいただいた回答は「ETS-VとERS-1のシステムメーカーは衛星技術開発室で主体的に選定せよ」というものであった。予想もしていなかったので腰がぬけそうになった。これ一大事と衛星設計第1/第2グループの両部長のご意見を伺った。おふたかたとも「衛星技術開発室の範囲を越える」とのご意見であった。しかし具体的にどちらのグループがよいかという難題があった。これを契機にトップで調整を進めてくださり、「静止通信実験衛星ではあるが例外的に衛星設計第1グループを受け皿とする」という決定が成された。

体制の方も、1982年4月にリーダとして来られたK. Nさん、構体担当のF. Yさ



ん、熱制御担当のY. Kさん、姿勢制御担当のK. Oさん、1980年からのとりまとめ役のM. Kさん、それに1982年秋に追跡から助っ人で来て下さったS. Yさんの強力メンバーによるグループにさせていただき、これに各関係部等のご支援をえて推進できることになった。開発着手前のフェーズとしては理想的とも言える陣容になった。

キックオフの準備も早めに進めた。研究開発として、どのような試作試験を行えば国産静止衛星の開発が実現できるかのフィロソフィ固めである（ポイントは第6章参照）。

予算の見通しがついた頃、メーカ決定方針もかなりかたまりつつあった。幸運にも、技術レベルの評価順位と3社から提出された見積り額の順位が一致していたので（2～3億の差）、比較的スムーズに進んだ。これを受けて、早期立ち上げのために、強引ではあったがお互いにリスク覚悟でメーカと予備打合せを行った。もちろん主催は衛星設計グループにお願いし、研究開発部門は技術支援という位置づけで対応した。

重点は、NASDA側からプロジェクトに先行する試作試験のフィロソフィを説明することにあった（説明内容は第6章に述べたもの）。打合せが終わったあとで、説明者一同「具体的な方針を示せたのは歴史的なできごと」と感激の様子であった。マインドウェアと自立人種への動機づけ（IASA No.3 '91）になったとすれば、私にとっても嬉しいことである。

1983年春には、K. Nさん、F. Yさん、Y. Kさん、K. Oさんが衛星設計グループに移られ、本格的スタートとなった。早めに準備を進めていたもののスケジュールは厳しく、研究開発と開発とを並行させて衛星設計グループで進めていただくことになった。この時点でETS-Vは研究開発部門の手を離れ、衛星技術開発はETS-VIの概念設計に移行することになった。

ここで恒例により“考え方”について若干触れておく。まず本文で触れなかった三軸姿勢制御方式選択の理由について；GMS、CS等に使われていたスピン安定方式との比較分析を行ってみた。表-1に示すように、技術開発の視角からはどうみても三軸がよいという答えしかないと考えて決断した。

表-1 姿勢制御系の開発要素等

		三軸姿勢制御	スピン安定
技 術 開 発	姿勢制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ホイールの開発が必要</li> <li>○自分で視野走査できる</li> <li>○センサの開発が必要</li> <li>○ジェットは原理的に6ヶ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○衛星本体の回転で安定を保つ</li> <li>○センサは固定型(衛星の回転を利用して走査)</li> <li>○ジェットは原理的に2ヶ</li> </ul>
	熱	1つの面が長時間熱を受けるので、日照部と日陰部の温度さ大	スピンにより温度の平均化がはかれる
	構 体	箱型(選択岐多し)展開時の寸法大	同筒型の単純な形
	そ の 他	打上げ時スピン動作あり	デスパン機構の開発要
衛星の設計			H-IのフェアリングがN-IIと同じ径なので、発生電力、姿勢安定等に難点あり

(用語については第6章の註参照)

つぎは人間の発想を短期間に外力で転換するのは不可能であることについて；  
 まずNTT研究所で、衛星通信が外部の制約を受けることを理解してもらえなかった。  
 国の方針等の制約を受ける研究は他にないので、上司連にいくら説明しても経験のないことは理解されない(井の中の蛙)。したがって実行が遅れる原因はナマケとしかでてこない。また、アンテナの材料・構造等のプロの獲得も難航した。こちらは人事権をもつ上司が機械専門家になった幸運により実現した。

ETS-Vについては、バスミッション(ユーザミッション無し)に対して、応援を拒否された部門があったこと、NASDA外には遂に通しえなかったことに始まる。つづくメーカ委託の概念設計では遂にHOW TOを加えてもらうことができなかった。止むなく開発着手前にリーダの変更をお願いしてしまった(電気屋から熱構造の専門家に)。脱線するが、合成開口レーダの場合も、電気屋では軽量化に眼が向かないので、構造の視角から見て下さる方に変わっていただいた例がある。またミッションをBS-3に固定せよという要求は、スペックが決まったら作業が出来るという製造センスの発想であり、何もないところからスペックを見付だすというシステムスタディの発想に切替えるのは容易なことではない。

総じていえば、条件変化を認識しない習慣に気付かないところが難点である。条件変化に対する感度が大切ということになる。時間をかけて、新しい体験の中で修得されるもののようなのである。

つぎは感想として；1986年、私が企画室の兼務を解かれた直後に、本社に研究開発計画課が誕生し、ややこしい対外問題を処理するようになった。ふり返れば8年前にも、私が衛星通信研究室長をやめた直後に本社に衛星担当ができて対外処理をやるようになった（NTT）。不思議なくらい同じパターンにめぐりあった。衛星通信研究室長の時は過労で体をこわしたが、NASDAの場合は周囲が温かい方々ばかりで助かった。

温かい方といえば、1987年冬に衛星設計グループの支援という形態をとったため、筑波→本社の出張旅費が底をついて困ったとき、衛星設計グループの〇次長が旅費をつけ替えて下さり、救われたことも印象に残っている。

# @JUNK BOX!

## 超簡易型微小重力実験装置の製作

ここで紹介するのは、先日、NASAのジョンソン宇宙センターを訪問したときに、クルーオフィスで教育プログラムを担当しているヴォート博士 (Dr. Greg Vogt) に教えてもらったものです。

材料さえ揃えば、数分でできてしまう簡単なものですが、「無重力」状態の不思議を部屋のなかで実演して見せることができます。実演時間はせいぜい0.5秒ですが。

構造は、図1を見ていただければ、一目瞭然、説明の必要もありませんが、一応、筆者が使った材料は以下のとおりです。

- 空き瓶      商品名：Hi-C 100    1リットル    (ジュース)
- ろうそく    外径約8mmのもの
- ネジ           $\phi 3\text{mm} \times 12\text{mm}$ のタップネジ

瓶は割れないようにプラスチック製のもので、内容積2～3リットルは欲しいところですが、手近な商品では上記のものしか見あたりませんでした。探せば、もっと良い品があるかも知れません。上記の製品の良い点は、瓶自体が透明なこと（商品のロゴや説明書きが透明シールに印刷されていてすぐ剥せる）、蓋の径が比較的大きいこと、蓋がプラスチック製で肉厚なのでそのままタップが立てられることです。

また、ろうそくがうまく固定されるように、ネジとろうそくの穴の内径を合わせるのがこつです。

実験方法は、ろうそくに点火し、蓋をネジ込んでから落とすだけです。自由落下状態になると、ろうそくの輝度が落ち、炎のかたちが球に近くな

るのが観察できます。暗い部屋で実演した方が効果的です。床には座布団でも置いておけば良いでしょう。容積1リットルで密閉しても、ろうそくは20秒ぐらいは正常に燃えてくれます。ろうそくは、ほとんどの場合、着地の衝撃で消えてしまいます。

(福田 徹)

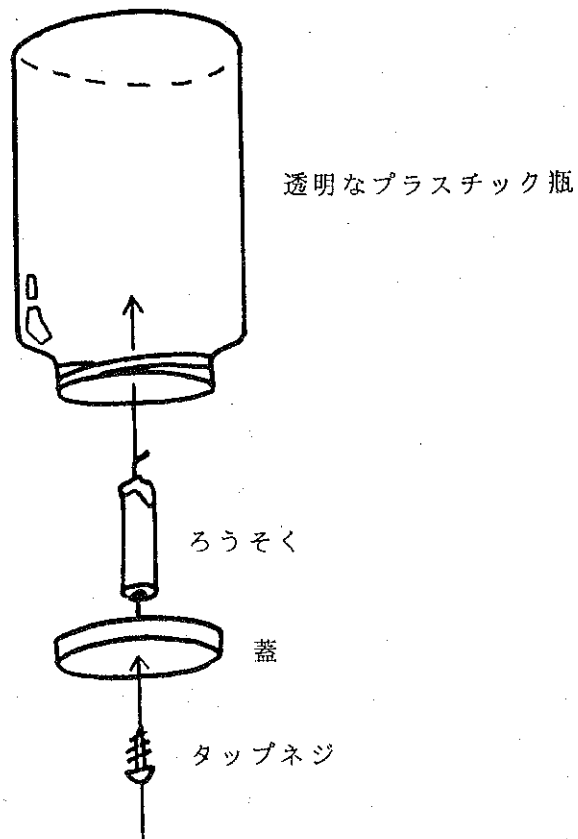


図1 簡易微小重力実験装置の組立て

○ 引き続き年会費納入のお願い

1991年度（91年6月から92年5月まで）分の年会費未納の方は、下記により会費を納入して下さい。

年会費額： 3,000円

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  
加入者名： 宇宙先端活動研究会

（払込料金は研究会が負担します。）

複数の会員が同時に振込まれる場合は、会員名がわかるように振替用紙に記入して下さい。

2. 財務担当に直接渡す。

財務担当 宇宙開発事業団計画管理部 宇宙実験PO  
岩本 裕之

TEL 03-5470-4239

## 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（1991年6月～1992年5月）  
会誌（年6冊）は無料で配布します。

年会費は、事務局（財務担当）に直接支払うか、郵便振替で下記口座に振り込んで下さい。（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

## 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 東京都港区芝2丁目5番6号 芝菱信ビル  
宇宙開発事業団 宇宙実験グループ  
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 03-3769-8194 FAX 03-3452-1730  
岩田 勉（編集人） TEL 0298-52-2250 FAX 0298-52-2247

\*\*\*編集後記\*\*\*

1月号は遅れてしまいましたが、3月号はなんとか通常ペースに戻って一安心。

それにしても今年の風邪はひどい。なかなか直らないうえに喉がやられて、ひどく咳込んでしまう。夜も眠れない。特に困っているのは、煙草の煙に弱くなったこと。通勤途上の道で、突然、咳の発作に見舞われて、ふと見ると10mぐらい前で歩きながら煙草を吸っている御人がいる。我ながらなんたる敏感さ！ともかく、商売に差し支えること甚だしい。しかし、常習的煙草飲みの人がこの風邪をひいたらどうするのだろうか。

私は、もともと煙草はあまり吸わないのだが、一方、嫌煙権運動には、いささか批判的意見を持ってきた。とはいえ、喉が痛んでいる間は煙草が嫌いになったことも事実。

(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	宇宙開発事業団技術参与
土屋 清	帝京大学理工学部教授
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	第8巻 第2号	頒価 1,000円
平成 4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。



宇/宙/先/端

宇宙先端活動研究会誌  
MAR.1992 VOL.8-NQ  
**IAA** 2