

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

MAR. 1987
VOL. 3—NO. **2**

IN THIS ISSUE,

「H-1」 RACER AND SPACEPLANE.....	N. NAGATOMO	1
SPACEPLANE 1987		3
ARGUMENT TO RUNAR EXPLOITATION (2).....	M. SAITO.....	8
ON OUTER SPACE LAWS	A. OHKUMA.....	18
DEGREE OF BELIEF FOR SPACE VEHICLE SAFETY	S. HARA	36
HI-TEC PENSEE (6)	S. MORIMOTO	41

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 TEL0298-51-2271 EX 341

編集局長

長谷川秀夫 TEL03-435-6280

編集局長代理

斉藤雅宏 TEL03-435-6130

編集顧問

久保園 晃 宇宙開発事業団打上管制部長
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

世話人代表

園山重道

世話人

石澤禎弘	伊藤雄一	岩崎茂弘	岩田 勉	上原利数	宇田 宏
大仲末雄	川島鋭司	菊池 博	五代富文	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	馬島亜矢子	松原彰二
森 雅裕	森本 盛				

目 次

1. 「H-1」レーザーと宇宙飛行機	1
2. スペースプレーンの87年の動向 —推進系の観点から—	3
3. 月の開発への疑問(2)	8
4. 宇宙法について	18
5. 宇宙機の安全と確信度	36
6. ハイテク パンセ(6)	41

(次回予告)

1. ソ連の宇宙開発
2. JEMの費用・効果分析
3. その他

「H-1」レーサーと宇宙飛行機

長友信人

最近、わが国では宇宙飛行機（宇宙往還機というのは庶民にはむつかしすぎるので、あえてこれを使う）の「話題」が賑やかに論じられるようになってきた。いくつもの委員会ができているのはその証拠である。委員会は大きなことをはじめするには必要なプロセスであるし、細かい「技術」について比較検討する時には優れた役割を果たすこともある。しかし、その議論の話題を創るチームが存在しなければ事は始まらない。そのヒントがH-1を産み出した億万長者、ハワード・ヒューズのチームである。

スミソニアン航空宇宙博物館の二階の東端に航空科学のコーナーがあって、H-1が1機、中央に吊り下げられている。H-1はそのコーナーに展示されている唯一の実機である。それだけH-1は航空工学の進歩に貢献したということである。

解説（参考文献1）によるとH-1はハワード・ヒューズが開発し自ら操縦して、1935年9月13日金曜日にそれまでの記録を40mphも上まわる352mphの速度記録を樹立した飛行機である。それはまた次のようにものべている。「ヒューズH-1レーサーは記録を樹立するために作られたが、その後の高性能飛行機の設計に大きな影響をあたえた。そのいくつかを列記すると、

- 1) 空冷エンジン用のすぐれたカウリング
- 2) 翼と胴部をつなぐフィレット
- 3) 完全な引き込み脚
- 4) 空力表面をなめらかにするため、さらビスを採用
- 5) フラップ展開で補助翼が下がる高揚力装置
- 6) 完全密閉の操縦席

等である」と。また別の文献（同2）によると、このH-1はハワード・ヒューズが28才の時に自分の金で開発したもので、設計者のリチャード・パルマー、主任メカニックのグレン・オデカーから18名のチームが結成され、18か月間極秘のうちに作業して完成させた。このチームはそのままヒューズ・エアクラフト会社となったということである。

我が国の宇宙ロケット技術の進歩は目覚ましい。そこで、宇宙飛行機もロケットと同じようにいくんじやないか？と思っている人が多いようだが、アメリカでも有翼ロケット機の道はカプセル型の宇宙船に先を越される等、多難であった。スペースシャトルの登場の舞台裏にはXシリーズによる飛行実験の積み重ねがあった。なかんずくX-15の貢献は大きい。

X-15はNACAを中心として、いくつかのスタディグループが複雑な作業をなしているが、本質的にはNACAのラングレー研究所の小さなチームが作った。そのチームの主任だったジョン・V・ベッカーによると（同3）、彼自ら設計した11インチ極超変速風洞を武器として確固とした設計の裏付けをあたえ、問題をはっきりさせた結果、X-1

5は最も不可解とされた耐熱の問題に的をしぼった有人実験機となった。

スペースシャトルのオービターの場合はX-15の時代よりもっと豊富な技術データがあって、設計者は設計要求を与えられれば設計できる状態になった。この設計者とは、もちろんコンフィギュレーション・デザイナーである。オービターでこの任にあたったのはロックウェル社のハリ・A・スコットであり、その役割はH-1のパルマー、X-15におけるツール（T・A・Tool）らの役割とおなじである。彼らのひとりをはっきり述べている（同4）ように、「設計者は一人で考えをまとめる」のである。

宇宙研で有翼飛行体の研究をはじめるとあって、ある尊敬する先生のところに相談にいったところ、たちどころに「そういうものをまとめることができるのは、日本には今二人しかいない」といわれた。残念ながらそのお二人とも私の先輩であり、それから5年たった今ではやや偉すぎるという気がするが、私の思っていたことは完全に正しかったわけだ。

われわれは宇宙飛行機の要素技術もさることながら、先ず、デザイナーも育成しなければならない。そのためには小さくても外圧からがっちりと守られたチームを作ることが必要である。それは現在の宇宙3機関の中に求めるのは難しかろう。「それではどうしたら良いのか？」これが目下の問題だと思うのである。（編集顧問）

参考文献

- 1、C. D. B. Bayan, The National Air and Space Museum, vol. 1. Air, Peacock Press / Bantam Book 1982.
- 2、ジョン・キーツ／小鷹信光訳、ハワード・ヒューズ、早川書房、1968。
- 3、John H. Becker, the X-15 Project, A & A, Feb 1964.
- 4、Harry A. Scott, Space Shuttle, A & A Jun 1979.

スペースプレーンの87年の動向

——推進系の観点から——

航空宇宙技術研究所 角田支所

新野正之 升谷五郎 若松義男

1. まえがき

1985～86年は世界各国で、21世紀のスペースプレーンを目指す国家的計画がやつぎばやに打出された年であった。米国の NASP、英国の Hotol、西ドイツの Sanger II がそれである。これらの計画実現のためには、現用シャトルやフランスの Hermes などに比べて、一段と高い技術水準が要求される。

日本においても航技研の単段宇宙往還機などいくつかの構想が提案されている。さらに86年12月には、科学技術庁がスペースプレーン検討会を発足させ、我が国に適したスペースプレーンの概念や、研究開発推進の方策についての検討を開始した。

米国ではチャレンジャーの事故後、宇宙における人・物分離の輸送形態、即ち人の輸送は安全性重視、物の輸送は経済性重視という思想への関心が高まった。有人ミッションに用いられる NASP の開発は安全性を重視して進むと思われ、我国でもこの流れは無視し得ない。いやむしろ、日本における宇宙輸送の有人化はさらに厳しい対応が望まれる。なぜなら、我国では人命尊重の気風が強く、また日本の宇宙開発は平和利用に徹している点でも、軍事的側面を色濃く持つ他国のそれとは決定的に異なる。我国の有人宇宙輸送が国民的同意を得るには、航空機に準じた安全性基準を開発を進める際の指針に掲げるべきものと考えられる。

このような考え方を背景として、筆者らにとって最も関連の深い推進系の観点から、87年におけるスペースプレーンの動向を考えてみる。

2. スペースプレーンの特徴

現用シャトルと計画・構想が進められているスペースプレーンを比較論の立場で考えてみよう。その際、前者と対比して、後者に共通する特徴は

(1) 完全再使用型

- (2) 水平離着陸
- (3) 空気吸込エンジン搭載
- (4) 極超音速輸送機への発展

の4点にまとめることができよう。

完全再使用型とすることにより、飛行ごとに調達すべき使い捨て部分が全くなり、運航経費の大幅削減が期待できる。

水平離着陸方式の採用により、離陸時に翼の揚力を利用でき、エンジン推力にのみ頼る垂直方式に比べて安定した安全性の高い離陸が可能となる。また巨大で高価な発射整備棟は必要としなくなり、航空機に類似の方法で整備が可能となる。さらに液体水素など推進剤の貯蔵、供給設備が整備されれば、在来の空港を離着陸に利用することもできよう。

このような利点は推進系に空気吸込エンジンを組込むことによって達成される。すなわち一般に、完全再使用可能なスペースプレーンは機体重量が増加し、ペイロード打ち上げ能力が低下する。しかし空気吸込エンジンを用いれば搭載酸化剤を大幅に減らすことにより、ペイロード重量を増やすことができる。またロケットのみを用いたスペースプレーンでは、推進剤を含む離陸時重量が極めて大きいため、水平離陸はそれを支える脚の構造に過大な荷重がかかることになり、現実的ではない。

極超音速輸送機への発展も空気吸込エンジンの燃料経済性によって成り立つものである。極超音速輸送機への発展というシナリオによって、開発経費を二つのプロジェクトで分担することが可能になる。

3. スペースプレーン推進系の特徴

スペースプレーンを実現するために最も重要な技術課題は高性能推進系の開発にある。推進系の候補としてロケットと空気吸込エンジンがある。空気吸込エンジンの比推力は、図1に示すようにロケットに比べて非常に高いが、それぞれのエンジンの作動範囲が異なることから、現実にはロケットを含むエンジンを複合化した多重モード推進が必要となる。空気吸込エンジンに要求されるのは高い比推力、広い作動範囲、大きい推力重量比などである。

各国の計画の推進系は秘密扱いの事項が多く、不明な点が多い。NASPの推進系はスク

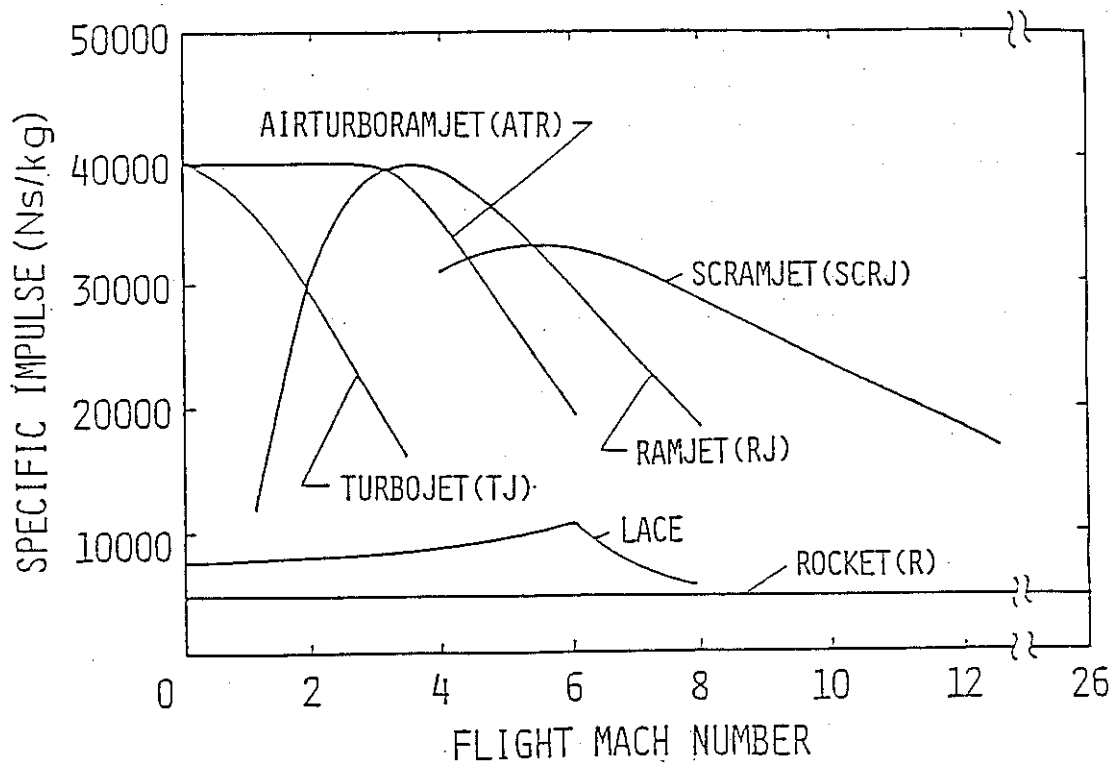


図1 各種空気吸込エンジンの比推力性能

ラムジェット(SCRJ)を中心に構成されるが、低速側エンジンに何を用いるかは明らかにされていない。また SCRJ をマッハ 3~25 (マッハ 15 以上はロケット併用) で使用されるといわれているが、当初からこのような広範囲で作動するエンジンを開発するかは疑問である。しかし SCRJ の高い比推力と広い作動範囲が、NASP 計画を支えていることは疑いない。

空気液化エンジン(LACE)であるといわれるHotolの推進系は、さらに謎に包まれている。Rolls Royce は詳細を一切明らかにせず、ESA 内部でもこのような Rolls Royce の姿勢にいささかの苛立ちがあるように見える。公表されているデータによれば、空気吸込エンジンとしての作動範囲はマッハ5以下すなわち全加速範囲の 1/5 であり、決して広くない。また機体抵抗や高度増加分の効果を差し引いた「実効」比推力は 7000 Ns/kg 程度で、空気吸込エンジンとしては低い。むしろ、この推進系の最大の長所は、単一のエンジンで空気吸込とロケットの作動が可能なことによる、大きい推力重量比にあるとみるべきであろう。

Sanger II 初段のターボラムジェット(TRJ)は比推力は高いが、使用範囲はマッハ6程度までと比較的狭い。このため Sanger II は単段式を実現できず、二つの全く異なる機体

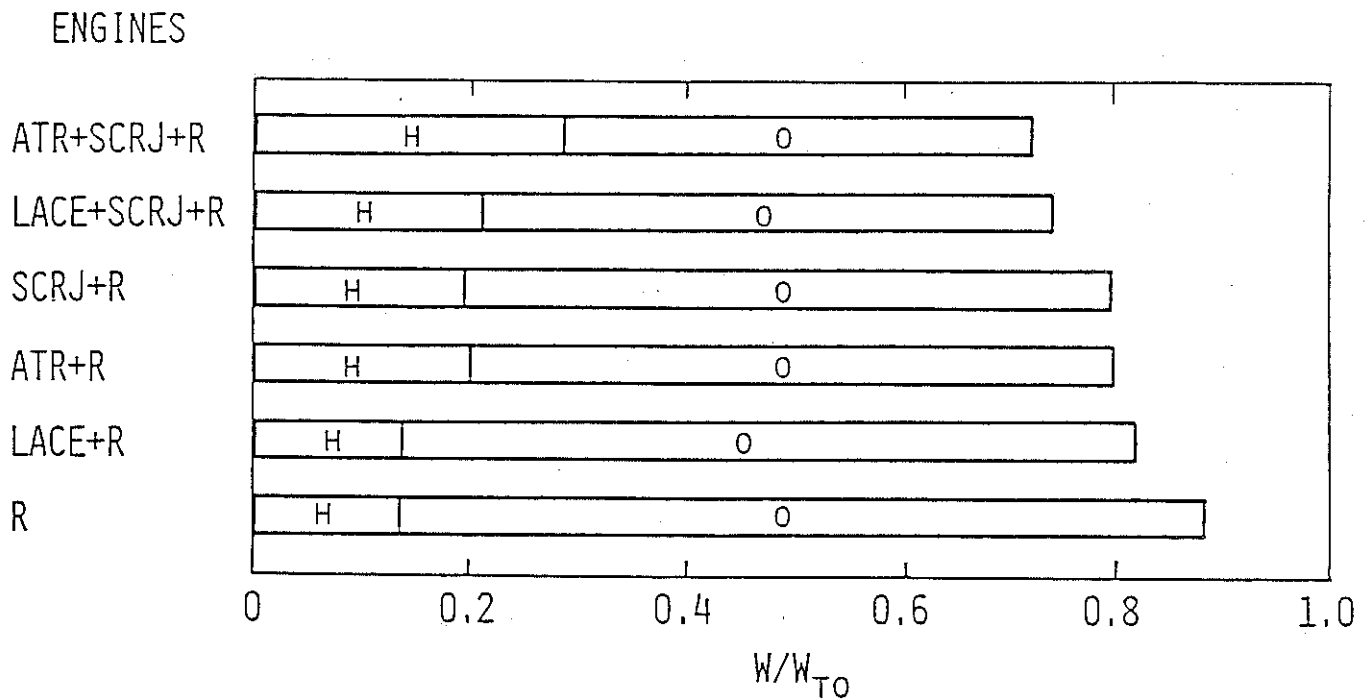


図2 単段スペースプレーンの必要推進剤量のエンジン組合せによる変化

の開発や、安全性の観点から極めて大きな問題となる高動圧の極超音速でのステージ間切り離しなどのデメリットを持つ二段式を採用したと思われる。

航技研の単段宇宙往還機案は、エアターボラムジェット(ATR)、SCRJ およびロケット(R)を組合せた推進系を想定している。これと他のいくつかのエンジン組合せ案とを比較した計算例を図2に示す。ATR/SCRJ/Rの組合せが離陸時全重量に対する推進剤重量の割合を最も小さくできる。

これらのエンジンを開発する際のキーテクノロジーとして、SCRJでは超音速燃焼器の技術、軽量冷却システムの確立、ATRではファン翼の耐久性、最適システムの選定、Rでは長寿命化、制御系の高度化などが挙げられる。また軽量耐熱材料の開発は全エンジンに共通する必須の課題である。

航技研ではこれら推進系開発にかかわる技術課題を幅広く検討するために、昨年より三菱重工、石川島播磨重工、日産自動車などと共同で調査研究を開始している。

4. スペースプレーン推進系の動向

87年はNASP計画フェーズIIの2年目で、機体側は予備設計結果により開発担当が5社から2社へ絞り込まれる。機体の案がある程度固まれば、推進系を担当するGeneral

Electric と Pratt & Whitney による地上試験用飛行サイズエンジンの開発にも拍車がかかるであろう。NASP 推進系に関する主な関心は、低速エンジンの選択、主要な性能値、機体組込み形状、スクラムジェットの形状（固定か可変か）、超音速燃焼器、耐熱材料と構造、冷却および液体水素のマネジメントなどにあるが、87年にこれら全ての課題について詳細が明らかにされることは期待できない。しかし初めの3点については、機体の形状と共に概略が示される可能性もある。また独自に NASP 推進系開発に取り組んでいる Rockwell から、機体案と共にユニークなエンジン案が示される可能性もある。

Hotol の推進系は、87年も依然として秘密扱いが続きそうである。しかしこの状態のままでは、欧州全体のプロジェクトとして採用されるのは困難と思われる。

Sanger II の TRJ あるいは ATR に関して、87年にハードの研究が開始されるか否かが、同構想がどの程度の現実性を持っているかを示す指標と考えられる。

航技研は87年から SCRJ をはじめとする推進系の研究をより幅広く進めていく。すなわち超音速燃焼器の燃焼実験やエンジン性能計算に加えて、空気取入口性能や冷却に関する試験も予定している。またエンジンおよび機体の構造材料の基盤技術確立のために、86年に全国 30 の研究機関の協力を得て、調査研究に着手した超耐熱材料「傾斜機能材料（図3）」の研究を進める。

5. まとめ

87年の各国のスペースプレーンおよびその推進系の動向は、前年ほど衝撃的なものにはならないであろう。むしろ地道な研究と開発の作業が中心になる。しかしこの段階で、各計画が推進系開発などどの程度力を入れるかが、計画全体の実現性あるいはその成否を大きく左右するであろう。

一方国内では、スペースプレーン検討会が年度初めに結論をまとめる予定であり、これによって今後の研究開発の方向付けが明らかになるであろう。

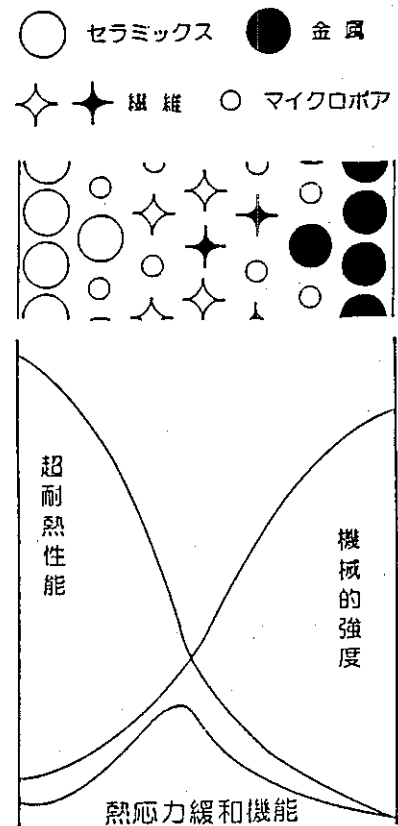


図3 傾斜機能材料の概念

月の開発への疑問(2)

齊藤雅宏

1. はじめに

月の開発を実行するとした場合、大きく分けて次の三つの問題があると思います。それは、①経済性の問題②資源収支の問題③有人システムの安定性の問題、の三つです。

何のために月の開発を行うか、ということについては、前回(「月の開発への疑問」宇宙先端VOL2.N05)の仮定に従い月の地下資源(Al、Fe、Ti、O₂、Mg、Ca、Na等)の産出にあるとします。この仮定に従うと、

①経済性の問題とは、これらの資源を産出するに当って地球で産出した場合と月で産出した場合を比べて、月で産出した方が安上りにならなければいけない、ということです。

②資源収支の問題とは、月の資源(Al~Na等)を月での産出比率に合わせて一つのパッケージとして、例えばそれを100とした場合、そのために使われる地球資源のパッケージが100以上になってはならない、ということです。簡単に言えば、月でO₂のみを生産するとしたならば、月のO₂100Kgを生産するのに使われる地球のO₂の総量(月ロケット等の製作のために使われるO₂、燃料として使われるO₂など)が100Kgを超えたら、そもそも月で生産する意味が無いということです。

③有人システムの安定性の問題とは、アポロやシャトルと異なり、資源を産出するために月に人間が滞在するという長期間の生命維持については、そのシステムとしての安定性が保証されなければならない、ということです。この場合、月の開発をまったくの無人で行うということも考えられますが、ここでは一応有人の仮定を置きます。

上記三点について、第一点は前回に問題提起しました。また第二点については別の機会に譲るとして、今回は第三点について、拙い意見を述べ、会員の皆様の御批判を仰ぎたいと思います。

そこで本文章では、以下第二節で地上の生態系と宇宙で予想される生命維持系について、システムの安定性の観点から比較し、第三節では第二節を踏まえて私が思うところを若干述べることにします。

2. 生態系

先ず、地上の生態系ですが、これは一般に生物循環としてとらえることができます。地上の生物は、その循環過程における役割により3種に分けることができます。

それは

- ①光と無機物から成分（有機物）を創る独立栄養性生物——緑色植物
- ②既存の有機物を取り込んで生きる従属栄養性生物——動物
- ③廃棄物を無機物に変換する媒介者——微生物

の3種です。基本的に、この3種が図1の循環を行うことによって系を保っています。

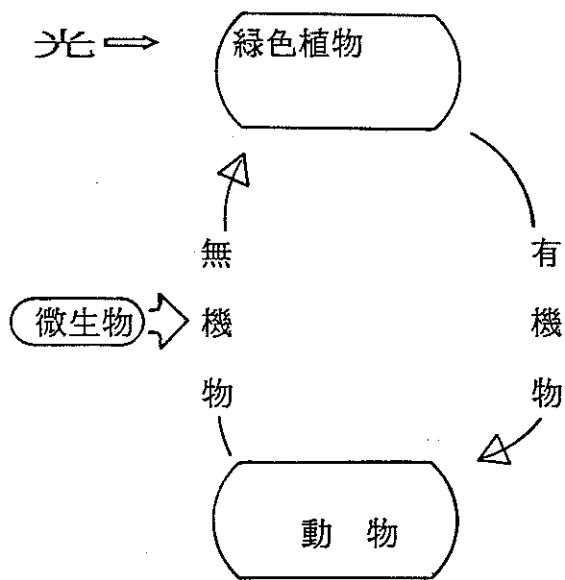
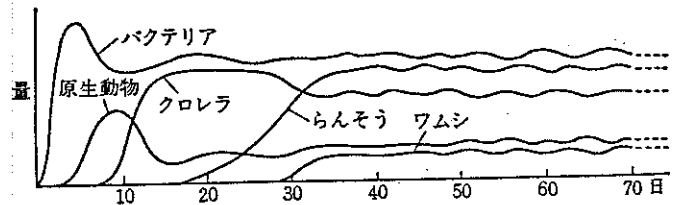


図1



(出所：文献(1)、P 8 より。)

図2

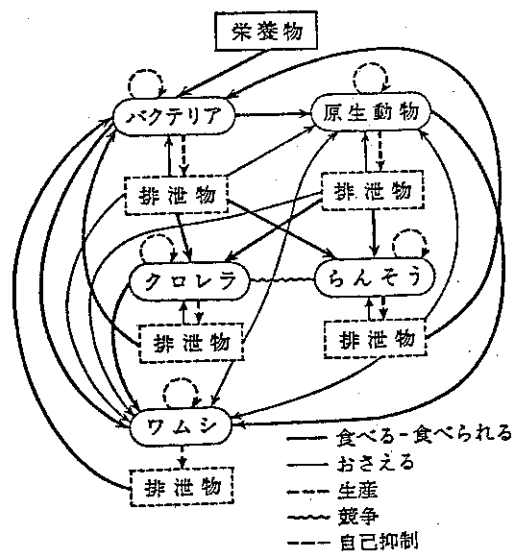


図3 (出所：文献(1)、P 55より。)

当然のことながら、地上で1種類だけ生物が隔離されると、図1の循環が起これずに、自己の排泄物の処理ができないこと及び資源の枯渇により、その生物は生存できません。

図1は基本系ですが、実際に生物を入れたものが図2です。このシステムが安定しているのが良くわかると思います。そしてこのシステムの安定性は図3の相互作用によってもたらされ、このシステムのホメオスタシスです。

次に宇宙の生態系ですが、これは当然人工のものになります。一般に、生物に頼らない物理化学的再生系とCELS S (Closed Ecological Life Support System) - 閉鎖生態系といわれる光のやりとり以外は外の環境から隔離され生物により再生循環がなされるものの二種類があります。

現在の有人技術が、後者に重点が置かれていることからここでもそれを取り上げます。

図1で地球の生態系の基本システムを示しましたが、ここでも宇宙閉鎖生態系に必要な基本システムを図4に示します。

装置Xはブラックボックスであり、人間からCO₂、排泄物を受け取り、人間にO₂、H₂O、有機物を与えなければなりません。そして、そのために必要とされる機能は、気交換、水再生、老廃物処理及び食物生産です。

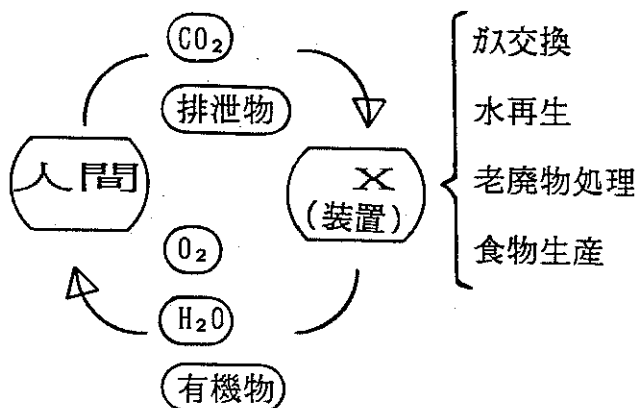
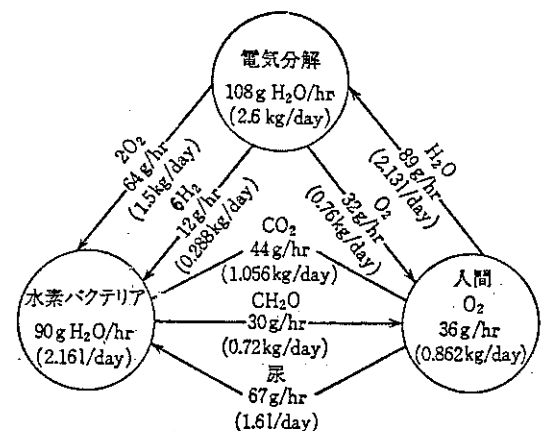


図4



(出所：文献(1)、P 111 より。)

図5

図4の基本構造に従って実際のシステムを構築していくこととなりますが、その構築に当り宇宙船の搭載容量等を考慮すると、できるだけ簡単なものから出発するのが自然でしょう。そこで先ず、人間とXの二者再生系を考えます。一例としてXに水素バクテリアを選び、(人間-水素バクテリア+電気分解)系の物質バランスを図5に示します。

二者再生系は、非常に構造が単純で扱い易くて良いのですが、単純であるがゆえの問題点もまた出てきます。その問題点の主なものを挙げると以下の通りです。

- ・物質収支の一致点をなかなか見つけ出せない(物質収支の最小公倍数を探さなければならぬ)。
- ・上記一致点を見つけたとして、今度はそれを満たすための各要素が大きなものとなってしまふ。
- ・人間が食べられるものを生産できるか。また、それは食べてうまいものか。
- ・人間の老廃物を効率よく処理できるか。
- ・媒介者の死骸の処理の問題。

そこで、これらの問題を一つずつ片付けていかなければならないのですが、ここで、「問題を解決する」ということは「システムの外乱に対する制御手段の数」とい

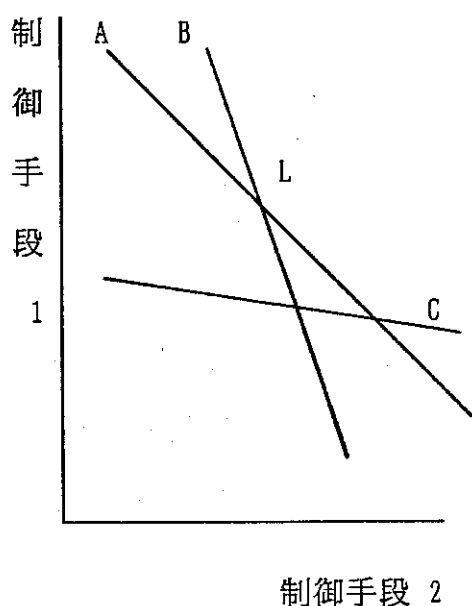


図6

う命題に還元されます。ここでこのことについて述べてみましょう。

一般に「解決したい問題があるとき、その問題の数と同じだけの手段が無ければ全ての問題は解決しない」ということが云えると思います。図6を見て下さい。一つの外乱が発生したと仮定して、この外乱を均衡させるための制御手段1と2の組み合わせの軌跡をAとします。さらにもう一つの外乱が発生したとして、この外乱を均衡させるための制御手段1と2の組み合わせの軌跡

をBとしますと、AとBとの交わるL点でこの二つの外乱はともに均衡します。

そして、ここにもう一つ新たな外乱が発生したとし、それを均衡させる制御手段1と2の組み合わせの軌跡をCとすると、CがLを通る保証は無く、システムは均衡しないでしょう。そこでシステムを均衡させるためには制御手段がもう一つ必要となります。このことは図6では3次元の中に平面が三つ存在し、その平面が必ず一点で交わることで表されます。以上の一般的説明より明らか通り、二者再生系の問題を解決するには制御手段の多様化が必要となり、それは必然的に登場生物の多い多者再生系になってしまうということです。多者再生系の例を図7に示します。

ということで多者再生系なのですが、これは当然自己完結している閉鎖生態系です（自己完結するために多者再生系に帰結したのです）。しかし、今度は多者再生系ということで次の点の新たな問題が発生してしまいます。それは一言で言うと均衡するが安定しないということで、あちらを立てればこちらが立たずということでしょうか。

・一ヶ所に全ての生物を集めると食物連鎖が起こり、最優位にある生物（人間）しか残らなくなってしまうので、これを避けるために機能（図7の四角の部分。「パート」という。）に応じ分離管理しなければならない。そして分離管理するということは、全ての機能が統制されなければならないことを意味する。なぜならば、一つのパートの活動が、もしX倍（ $X \neq 1$ ）になったとすると、その廃棄物等をこの統制システムは処理できないからである。

たとえば図7の閉鎖系で、肉を食べずに野菜ばかり食べる菜食主義者の宇宙飛行士が乗り込んで来たとする、このシステムは図8のように容易に崩壊に至ります。

（⇒の中は結果としてこうなる、ということです。）

図で同じものが増加（あるいは減少）する場合、㊸と㊹の印を付けています。そして、同じものが増加（あるいは減少）することはこのシステムの崩壊を意味します。もちろん『菜食主義者の宇宙飛行士』から出発するこのシステムの変動はここに示したのだけではありませんが、たった一つの不均衡さえあればその不均衡が次々と不均衡を呼び、システムは崩壊します。実は、『菜食主義者の宇宙飛行士』の存在自体がシステムの不均衡の第一歩であった訳です。つまり、このシステムの均衡を保つた

めには（安定化させるには）食べ物の好みさえあってはいけないうことになり、これは恐ろしいばかりの統制社会です。「生きる」という目的のために自由が全く無いウルトラ全体主義と言っていいと思います。

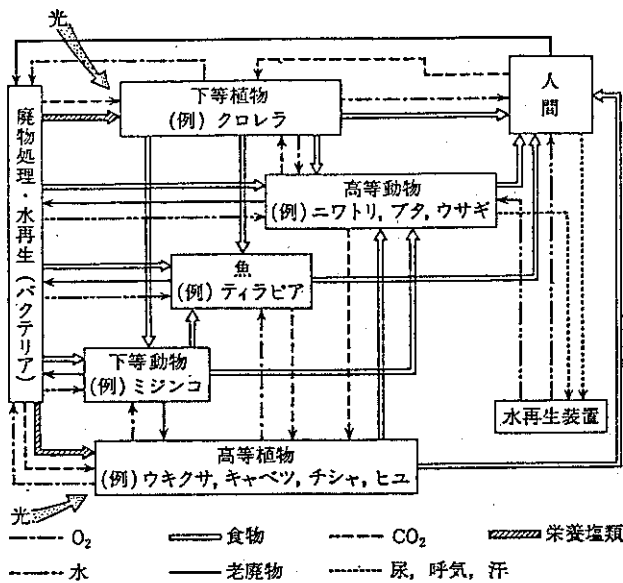


図 7

(出所：文献(1)、P 126 より。)

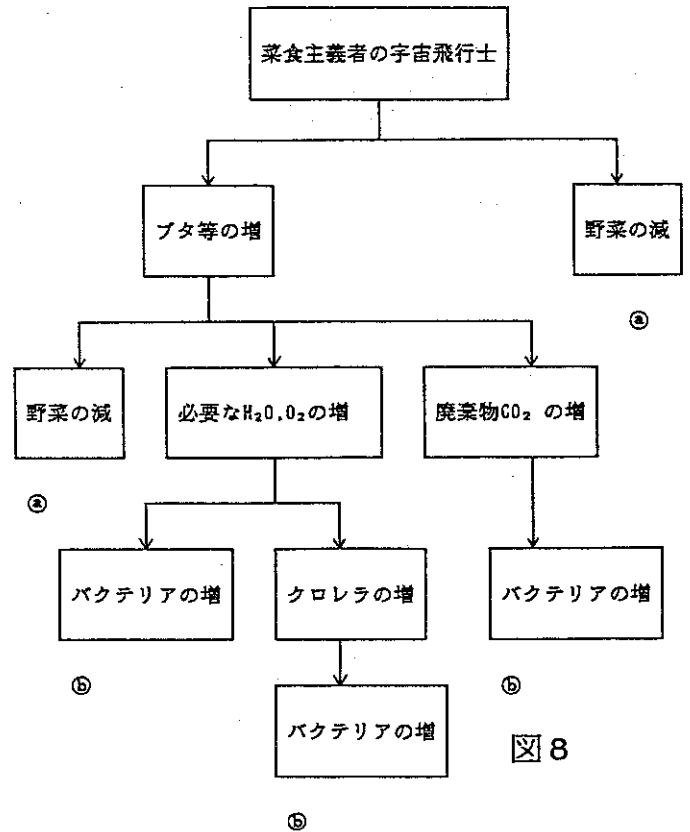
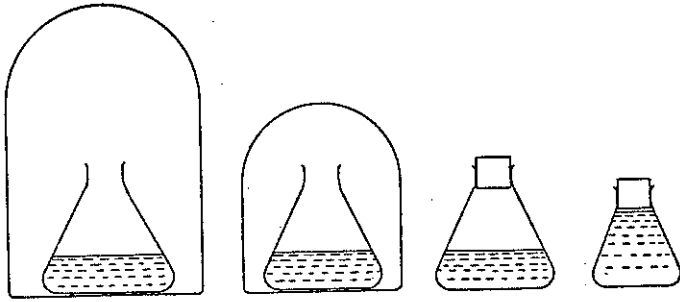


図 8

システムを均衡させるには図7の各パイプ（パートをつないでいる各種の線）について $d\text{流量} / dt$ が、前もって決められた値に従って常に一定でなければなりません。これを「流量一定の原則」と云うことにします。それでは、なぜ地球ではこの原則が無いのでしょうか。理由は二つあると思います。一つは、地球は生態システムの中に貯蔵庫が用意されているからです。図9は、図2の生物を生かしておいたフラスコの空間を左から右へ小さくしたものであり、この時フラスコの中の生物は、左の方ほど長生きします。もう一つは、地球ではシステムの外乱の起こる確率が正規分布に従うと予想されます。そのため一方である外乱が発生しても、また一方ではそれを相殺する外乱が発生し、全体ではならされているということです。地球では肉の好きな人も多いのです。



(出所：文献(1)、P 137 より。)

図9

また、「流量一定の原則」から派生する別の問題として、CELS Sの冗長系の問題があります。

図7を見ればわかる通り、開放生態系でも閉鎖生態系でも系という限りその基本は循環です。そして生態という限りその循環の中には人間も組み込まれています。ということは宇宙生態系では通信の冗長系（並列化）と異なり冗長系（パートの並列

化）というものはそもそも存在しないことになります。前に「流量一定の原則」を説明しましたが、実は冗長系が不可能であるということもここから導かれます。図7であるパートを並列化すれば、それにつながる各パイプの流量が変わってしまいます。またあるパートを使わないでとっておくなどということはもちろんできません。その時には、そのパートにつながるパイプの流量が、 $d\text{流量}/dt = 0$ となり循環が止まってしまい、即刻の死を意味します。

宇宙生態系では冗長系が無いということは、全体の信頼性を低めることになると考えられます。今までの無人の宇宙活動は情報のやり取りが全てでした。情報であったので通信器を並列化することにより故障率を指数関数的に低めることが可能でした。しかしCELS Sを使った有人システムでは、この考えを大きく変えなければならないのではないのでしょうか。

3. おわりに

宇宙空間に大きな円盤や筒型の人工構造物が浮かんでいて、その中には樹木が茂り畑があり家畜やペットまでいるような想像図(図10)をよく目にしますが、本気でそのようなものを造るつもりならば地球をもう一つ造る覚悟がいるでしょう。前に述べたように安定システムとしての地球生態系の特徴は、貯蔵庫としての大きな空間及び正規分布となる動植物の大きな数にあります。また、図7の宇宙閉鎖生態系で、各パ

ートを繋ぐパイプは、地球では主に土がその役割を担っているのですが、人工のパイプと土は大きな違いがあると思います。パイプは文字通り流す機能だけですが、土には保水力という大きな特徴があります。具体的には、生態系に対し図11のような相互作用があります。

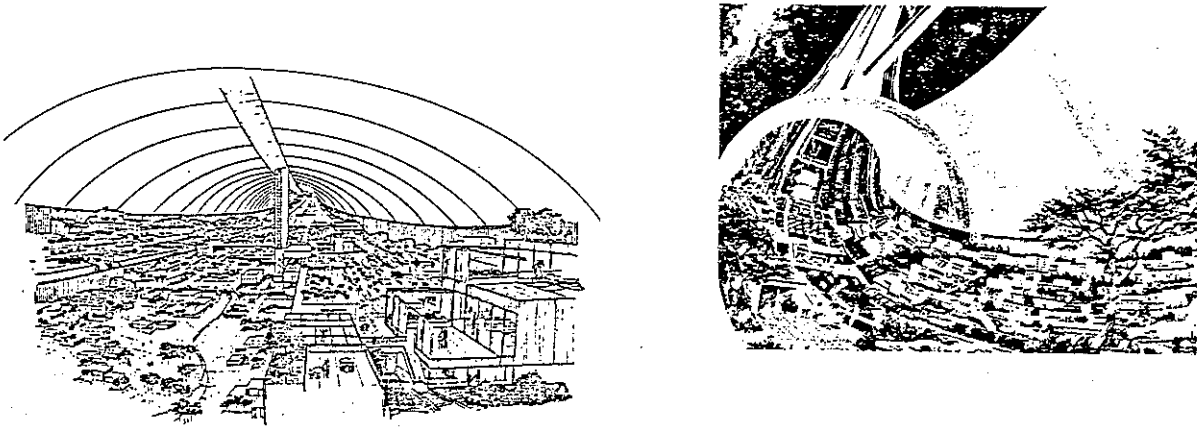


図10

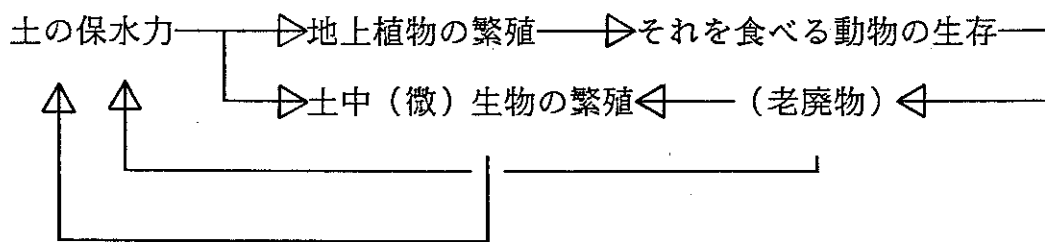


図11

「貯蔵庫」、「大きなサンプル数」を地球が持つ量（大きさ）の特徴とすれば「土の保水力」は質の特徴といえるでしょう。宇宙閉鎖生態系がシステムとしての安定性を必要とするならばこれらは不可欠な要素であり、もしこれらを手に入れようとするならばそれは地球をもう一つ造るのと同じことになってしまうのだと思います。もちろんそのような大それたことはできる訳がないことには異論はないと思いますがいかがなものでしょうか。

今までの話は地球生態系を真似る、つまり地球を宇宙閉鎖生態系の手本であるとして論を進めて来たのですが、その地球生態系自体がおかしくなり始めています。特に、発展途上国でおかしくなり始めています。それは人口増大→燃料としての薪の必

要性→森林伐採→土の保水力の低下→土地の砂漠化→生物循環の崩壊、という過程が原因と云われています。地球に似たものを造るのが宇宙閉鎖生態系であるとするならば、今、身の回りで起きているこのような生態系の崩壊を止められない程度の人類が、他の場所で地球の生態系を真似したところでうまくいくはずはないでしょう。一方で地球システムを壊しておきながら、もう一方では同じようなものを巨費をかけて構築しようなどということはどうみても説明のつかない行動だと思います。その上「発展途上国のためになる宇宙開発」などと言われるともう支離滅裂です。コストの点から云っても、同じものならば、まったく新しいものを造るよりも既存のものを有効活用した方が安く上る、と単純に考えるのは私だけでしょうか。

前回、「地球上で出来ないことは当然のことながら宇宙でも出来ないのであって、逆にそれが出来るくらいなら宇宙へ行く必要性はそもそもない」と書きましたが、今回もこの言葉を再認識した次第です。

(筆者は昭和35年生まれで宇宙開発事業団において企画調整業務に従事している。)

文献

(1) 「有限の生態学」栗原 康 岩波書店

…生態系において貯蔵庫の必要性を指摘したもので、第二節は本書を基本にしました。

・「エントロピーとエコロジー」槌田 敦 丸の内社

・「エネルギーとエントロピーの経済学」室田 武 東洋経済

・「熱・統計力学」戸田盛和 岩波書店

・「地球白書」リスター・R・ブラウン 著 本田幸雄監訳 福武書店

…地球破壊の現状（因果関係等）が明瞭に理解できます。

・「西暦2000の地球」アメリカ合衆国政府特別調査報告 家の光協会

…世界中に暗い未来像を投げかけた本ですが、本書により危機感を抱いたアメリカの農民が頑張り、食糧増産して部分的に既に予測が外れてきているという話も聞きます。

・「エネルギー」室田泰弘 教育社

・「原子力の経済学」室田 武

…上の二冊は、資源・エネルギー収支等の問題の参考にしました。

・「航空宇宙技術研究所資料－宇宙ステーションの利用について」（1985年11月）

宇宙法について

— 宇宙空間利用開発に関する法律上の諸問題の考察 —

大隈 篤

1 まえがき

我が国の宇宙開発は年々着実に力をつけてまいりまして今では自主技術で宇宙の開発を行える能力を備えるようになってまいりました。昭和61年 8月13日打上げたH-Iロケットの第2段は宇宙開発事業団で開発した液酸液水エンジンを使用したものがあります。また今回62年 2月19日に打上げました海洋観測衛星MOS-1は宇宙開発事業団が我が国の技術力で製作したものであります。1990年代の主力ロケットとしてH-IIロケットを事業団で開発していますが、これが完成した暁には名実ともに世界の宇宙開発の仲間入りが可能になります。宇宙ステーション計画については米・欧・日の国際協力の大すじの体制が出来、予備設計が進められているところでありまして将来この宇宙ステーションが完成しますと米・欧・日の共同の運営がされることになりましょう。また将来は人工衛星のみならず宇宙輸送機(OTV)が開発され宇宙空間を自由に飛行するでしょうし、スペースコロニ、月面開発、小惑星及び地球外天体の探査等の開発が続くことになるでありましょう。このように今後は国際協力のもとでの宇宙空間の開発活動が活発になることが想像されますが、この場合、法律的基盤を確立しお互いにその法律のもとに運用することが要求されることとなります。私達は現在の宇宙条約(宇宙法)を整理・理解し将来生じるであろう問題点等を考察しておくことが必要かと思えます。

現在国連におきまして宇宙空間の平和利用に関する討議が毎年開かれておりましてなかでも宇宙空間平和利用委員会内の宇宙空間研究委員会法律小委員会、及び科学技術小委員会において討議・検討が重ねられています。各国は自分の利益になるように論じているふしが多々ありますが我々は宇宙法の基本的理念を理解し、問題点を整理した上で討議し、相互理解を深める方向に進むことが望まれます。

人類が始めて有した宇宙法及び国連で討議されている状況について考え、日本の立場から宇宙開発を行うにあたってはどのような観点に留意して進められなければならないかの一考察をすることに致しました。

2 宇宙条約の意義と制定にいたる経緯

「月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約（宇宙条約）」は人類がはじめて有した宇宙法で宇宙憲章としての宇宙基本法と言えます。人類が宇宙へ翔き、活動を展開する場合の基本的な国際的な法律であり、各国及び法人はこの宇宙条約のもとに活動を展開しなければなりません。我が国は1967年 1月27日条約に書名批准し、同年10月10日に効力が発生致しました。

宇宙条約は簡単に出来上がったものではなくまず1966年 5月の米・ソの月条約提案によって開始されまして、7月12日から 8月 4日、国連の宇宙空間平和利用委員会の中の法律小委員会がジュネーブで開かれましたがその折、一部の条文（9条）をのぞいて意見の一致は見られませんでした。然しその後、同年 9月ニューヨークにおける法律小委員会での審議ではほぼ合意に達しまして、米国は新しい条約案を国連総会での審議を要請しました。一方ソ連も改訂条約案を提案し米・ソは国連の枠外で協議を重ねた末、最終合意案がまとまり同年12月19日国連総会の場においてこの条約を推奨する決議案を全会一致で採択しました。

この決議に従い米国・ソ連・英国の三寄託政府は1967年 1月27日、ワシントン、モスクワ、ロンドンのそれぞれの首都においてこの条約を署名のために公開し、日本は同日条約に署名をしてその後1967年10月10日効力を発生したものであります。

3 宇宙条約の内容

宇宙条約は全17条からなり宇宙空間と天体の探査および利用についての基本的な原則を定めてあります。

(1) 第 1条： 宇宙空間の探査及び利用はすべての国の利益のため、全人類のためのものであり、全ての国が平等・自由に探査できることがうたわれており、また科学的調査における国際協力の奨励が記述されております。ただし「その経済的又は科学的発展の程度にかかわらず」という語句については注意が必要でありまして、これは言うなれば宇宙開発における南北問題の表現（南北条項）であって、宇宙開発は国際協力を必要とし、ノンスペースパワーも宇宙開発に関係があるという開発途上国の主張に答えたものであるとの見方があります。（参考文献 2による）

(2) 第 2 条： 宇宙空間はいかなる国も取得の対象とならないことが明記されています。つまり宇宙空間と天体では国家の領有権は認めないという領有禁止原則が定められているわけで南極条約の場合の領有権主張の凍結と異なり宇宙空間・天体に対する領有権をはじめから永久に否定したものとして画期的な意義をもっていると言えます。米国もソ連もまたいかなる国も宇宙空間・天体に対して主権を要求したことは一度もありません。宇宙に対する領有主張がなされていないという国際的な事実、このことが重要な事柄であると言えます。

(3) 第 3 条： 宇宙空間の探査及び利用は国際連合憲章を含む国際法に従って国際平和・安全及び協力・理解の促進のために行われるべきであることが書かれています。

(4) 第 4 条： 核兵器及び大量破壊兵器を地球を回る軌道に乗せないこと、またこれ等の兵器を天体に設置したり宇宙空間に配置することを禁じております。即ち月その他の天体は平和利用のために利用されなければなりません。然し文言の解釈にいくつかの問題があります。第 1 に第 4 条 1 項で禁止しているのは「核および大量破壊兵器」だけで大量破壊兵器という概念でカバーされない兵器・軍事施設等は禁止されていないと解釈する論です。この解釈でいくと SDI（戦略防衛構想）はここでいう大量破壊兵器には当たらないこととなります。第 2 は「平和利用」という用語の解釈上の問題です。「平和利用」（peaceful use）とは「非侵略的利用」（non-aggressive use）を言い、「非軍事的利用」（non-military use）をいうものでなく軍事利用であっても侵略のための利用でないならば平和利用だという立場と Peaceful とは non-military であるとする立場があります。（参考文献 2 による）

(5) 第 5 条： 事故に遭難の場合、あるいは宇宙飛行士の所属国又は宇宙機の登録国以外の他の当事国の領域に緊急着陸した場合、当時国はすべての可能な援助を与え安全かつ迅速に所属国へ送還させなければならないことが明記されています。

(6) 第 6 条： 当事国は宇宙空間における活動をする場合、それが政府機関によって行われるか非政府団体によって行われるかを問わず国際責任を有することになりま

す。非政府団体の活動は当事国の許可及び監督が必要とありますが、このことは非政府団体は宇宙条約の当事者ではなく第三者であると言う意味と言えます。

(7) 第7条： 打ち上げた物体又はその構成部分が地球上、大気空間又は宇宙空間において損害を与えた場合は打ち上げ国は国際的に責任を有することになります。責任を負う主体は第一に物体を自ら発射した国、又は他の国あるいは国際機関などをして物体の発射を行わしめる条約当事国です。第二に自国の領域または施設から他の国あるいは国際機関などが物体を発射するところの条約当事国であります。第一の場合は自ら打ち上げるのでありますので責任を負うのは当然でしょうが、第二の場合は他国又は国際機関がある国家の領域から物体を打ち上げたり、あるいはある国家の施設から物体を打ち上げるときはその領域あるいは施設の属する国が責任を負うこととなります。勿論、自国が他国の領域で物体を打ち上げる場合はその責任は自国と領域国との共同責任になります。(参考文献 2)

(8) 第8条： 宇宙空間に打ち上げられた物体を登録している当事国は管轄権及び管理の権限を有した所有権を有するとあります。即ち管轄権及び管理権の決定は登録国主義でありまして本条で予定するところは各当事国の国内登録であって国際制度による国際登録ではなく、当事国はその国の法律により国内登録を行い国連へは当事国より通報されることとなります。

(9) 第9条： 宇宙空間の探査及び利用においては協力及び相互援助の原則に従うべきで、また条約の他のすべての当事国の対応する利益に妥当な考慮を払って活動を行うものとするがあります。従って宇宙空間の開発において潜在的に有害な干渉が生じるおそれがある場合は適当な国際的協議が行われるべきであります。また他国利益尊重の原則を重んじて当事国は他の当事国の宇宙活動上の利益についても考慮を払うべきであります。

(10) 第10条： 宇宙物体の飛行を観測する機会は平等でなければならないということが明記されています。つまり宇宙物体のトラッキングのための便宜の供与について

の条項で、条約当事国は他の当事国に対して追跡観測の便宜供与を要請することができ、この要請をうけた当事国は平等に考慮することになります。その条件（対価、経費、期間、出入国の便宜）については関係国間の合意により決められることになっていきます。もし合意が得られなければ追跡観測の便宜供与の義務を負わないことになります。

⑪ 第11条： 条約の当事国は宇宙空間における活動の性質、実施状況、場所及び結果について国連事務総長に情報を提供することとなっています。通報する項目は「登録条約」第4条にありますように、(a)打上げ国の国名 (b)宇宙物体の標識又は登録番号 (c)打上げが行われた日、領域又は場所 (d)基本的な軌道要素（周期、傾斜各、遠地点、近地点） (e)宇宙物体の一般的機能 等です。国連事務総長はこれ等の情報を受けたときは公表することになります。

⑫ 第12条： 天体上の基地、施設、装備及び宇宙飛行機は相互主義に基づいて条約の他の当事国の代表者に開放されるとあります。施設等においては安全の確保・正常な作業に対する干渉を避ける予防措置が執られなければなりません。

⑬ 第13条： 宇宙空間における活動に関して生じた問題は条約の当事国が当該国際機関又はその加盟国で一国もしくは二国以上の国と共同して解決するものとするがあります。つまり宇宙活動が条約の一当事国で行われる場合であるか、他国と共同で行われる場合かあるいは政府間の国際機関の枠内で行われる場合であるかを問わず、条約の宇宙活動に適用されることになります。即ちある国（条約の当事国）の機関が宇宙活動を行う場合にもその国家の宇宙活動として適用されます。

⑭ 第14条： 宇宙条約に関する最終規定となっています。条約への加入、批准、効力日、脱退、条約正文の語、等について規定されています。

4 宇宙条約の原則

宇宙条約の中にいくつかの原則が埋蔵されていまして第1は宇宙活動自由の原則であります。宇宙条約第1条には「宇宙空間の探査及び平和利用は全ての国の利益のため

めに行われるものであり、全人類に認められる活動分野である」とあり宇宙空間と天体は現在および将来にわたって全ての国家に利用されるべきものであり、また独占物であってはならないことでもあります。またすべての国は経済的・科学技術の発達の程度の如何にかかわらず宇宙開発の利益にあづかり得るということでもあります。第2は取得の禁止の原則です。第2条に「宇宙空間はいかなる手段によっても国家による取得の対象にはならないとあります。つまり宇宙空間と天体では国家の領有権は認められておりません。第3は国際協力の原則と他国利益尊重の原則です。第9条には「宇宙空間の探査及び利用において協力及び相互援助の原則に従わなければならない、また他のすべての当事国の対応する利益に妥当な考慮を払って活動を行うものとする」とありますし、宇宙条約の前文にも国際協力・他国利益尊重の主旨が述べられています。第4は平和的利用の原則です。第4条にも記述されていますように宇宙空間はもっぱら平和的利用の目的のために条約のすべての当事国は宇宙を利用されるべきであります。軍事基地・軍事施設及び防備施設の設備・軍事演習は禁止されています。本条約の前文の冒頭にも平和目的のための宇宙空間の探査及び利用が謳われています。宇宙条約が制定された1967年は国連総会における軍縮条約を討議していた時代でもあり、宇宙空間の平和利用の項目が大前提となって記述されています。

5 宇宙条約加盟国

1967年1月27日、ワシントン、モスクワ、ロンドンのそれぞれの首都において宇宙条約は署名のために公開され、その後条約は1967年10月10日効力を発生しました。宇宙関係条約等への各国の加入状況は1984年12月末現在で次のとおりであります。

(注)

宇宙委メンバー国 : 53国, 宇宙条約加盟国 : 84国,
救助返還協定加盟国 : 78国, 損害賠償条約加盟国 : 70国,
登録条約加盟国 : 32国, 月協定加盟国 : 5国 となっております。

細部については次のリストのとおりです。

6 宇宙条約と国連の活動組織

宇宙空間平和利用委員会は1959年に設立されましてその活動は宇宙空間の探査及び

平和利用に関する国際間の技術的・法律的諸問題の基本原則、宇宙開発は利益を等しく共有するための国際協力等について審議をして国連総会に勧告・提案を行っています。宇宙空間平和利用に関する国際連合の活動組織は次の図に示すとおりでありまして、宇宙空間平和利用委員会には法律小委員会と科学技術小委員会が常設されているほか必要に応じ、各種のワーキング・グループが設置されております。法律小委員会ではこれまでに宇宙条約をはじめ「損害賠償条約」「救助返還協定」「登録条約」「月協定」等を作成してきています。また、衛星による地球のリモートセンシングに関する問題、原子力衛星問題、宇宙空間の定義及び静止軌道問題等に関しても法律的側面から審議し宇宙空間平和利用委員会に対して勧告を行っております。科学技術小委員会では宇宙空間における活動に関して技術的側面から審議して宇宙空間平和利用委員会に対して勧告を行っています。

7 国連宇宙空間利用委員会での討議の経過

宇宙空間平和利用に関する国際連合での活動は1956年11月の第11回国連総会で米国が軍縮問題に関連して宇宙の利用を平和目的に限定する旨の提案を行ったことに始まります。1958年第13回国連総会において宇宙空間の平和利用を検討する場として宇宙空間利用委員会が設置されることになり、1962年アドホック・ワーキンググループとして法律小委員会及び科学技術小委員会が設けられました。法律小委員会の第1会期においてソ連原案の「宇宙空間の探査・利用に関する国家活動を律する原案」及び「宇宙飛行士・宇宙船の救助に関する国際協定案」、米国原案の「宇宙飛翔体に対する援助とその返還に関する決議案」及び「宇宙飛翔体事故に関する責任に関する案」が提出されまして毎年検討を重ねられ、1966年の第5会期法律小委員会に於てソ連・米国より「宇宙条約案」がそれぞれ提出され、審議後ほぼ合意に達して1967年1月27日に宇宙条約（月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約）が制定されました。同年6月、第6会期の法律小委員会では「損害賠償協定案」「救助返還協定案」「宇宙空間の定義及び宇宙通信の種々の問題点を含む宇宙空間及び天体の利用に関係する問題」を審議・検討を重ねた末、1967年9月国連総会において「宇宙飛行士の救助ならびに宇宙飛行士及び宇宙物体の返還に関する協定」が採択されています。1969年の法律小委員会第8会期では「損害賠償協定

案」を審議され同年の宇宙空間平和利用委員会で同協定案が採択されています。1972年 第11会期法律小委員会では「宇宙空間の探査・利用のために打上げられた物体の登録に関する事項」を検討しています。また「リモートセンシング衛星による地球資源の探査を行う活動に関する事項」の検討を行いました。1979年の宇宙空間平和利用委員会で月協定についての合意があり、同年の第34回国連総会において「月及びその天体における各国の活動を律する協定（月協定）」が採択されました。1978年 1月24日カナダ北部にソ連の原子力衛星が落下、1978年 2月13日～ 3月 2日、ニューヨークで開催された科学技術小委員会で検討が開始されまして、翌年は原子力衛星問題WGが設置され毎年検討が重ねられています。1982年 8月ウィーンにおいて第 2回宇宙空間の探査及び平和利用に関する国連会議（UNISPACE-82）94ヶ国、33国際機関等の参加のもとに、宇宙科学技術の状況・国際協力と国連の役割についての討議がされました。1984年の法律小委員会ではリモートセンシング原則案、原子力衛星、宇宙空間の定義及び静止軌道問題等についての検討が行われました。1986年 6月ニューヨークで開かれた COPUOS では53ヶ国、2非加盟、7国際機関で、リモートセンシング原則、原子力衛星問題、宇宙空間の定義及び静止軌道問題、その他が検討されました。

8 各国の主張

国連法律小委員会、科学技術小委員会で討議を重ねている事項の重なるものは、(1)平和利用の維持に関する事項 (2)リモートセンシングに関する事項 (3)原子力に関する事項 (4)宇宙空間の定義ですが各国の主張は東西及び南北間の外交の延長上にあるかの様相を呈しております。赤道諸国は基本的には静止軌道は有限な天然資源であり宇宙条約は適用されないことを主張しており領空権と同様な考えを主張しておりますし、西側先進国は静止軌道上の衛星間の問題は物理的な問題でなく周波数の問題でありITU（国際電気通信連合）で検討すべき問題であると主張しています。また南北問題に見られるように宇宙の開発には国際協力が必要でありノンスペースパワーも宇宙開発に関係があるという開発途上国の主張があります。各国の主張の骨子は次のように見受けられます。

- ・チェコ： 宇宙軍備競争問題について国連セミナー開催すべし。
- ・ソ連： 世界宇宙機関の設定。NSP（電子力電源）のワーキンググループは

必要ない。RS（リモセン）では事前協議が必要また被探査国はRSデータアクセス権あり。宇宙の定義は海拔110kmとすべし。

- ・アルゼンチン： COUPOS は軍備競争防止問題についての検討の場とすべし。
NPS 打上げ国の責任を義務づけるべし。開発途上国のGSO（静止軌道）へのアクセス確保のための法制度、国際取り決めに早期に作成すべし。RSは天然資源にたいする恒久主権に関与するものであり、データ配布による主権侵害の場合、探査国は損害賠償責任を負うべし。
- ・ポーランド： 国際宇宙機関を設立すべし（ソ連に同意）。
- ・ルーマニア： PSデータの高価格を指摘。
- ・米国： 国連財政危機を踏まえ、現実的提案の議論が必要。GSOの問題はITUにおいて取扱うべき性格であり法制度は必要なし。
- ・英国： 基本的には米国と同意見。
- ・カナダ： NPS, WGは優先すべきフォーラムである。原子炉衛星の安全システムが十分確保するまでNPSは打上げを見合わせるべし。
- ・チリ： COUPOSは軍備競争防止問題を検討するマンドートを有している。RSに関しては知的所有権に係る法的制度の改定が必要。
- ・ケニア： COUPOS のミッションに関してはチリ、アルゼンチン、パキスタン等と同意見。GSOに関しては特別な法的措置が確立されるべし。
- ・パキスタン： COUPOSのミッションに関してはアルゼンチン、ケニアと同意見。
NPSに関しては技術能力を持たない途上国に対する援助が必要。GSOに関しては打上げサービス提供能力を有する国（米、ソ、ESA、中国、日本）はその技術を途上国に提供するとともに国連が打上げサービスを合理的価格で提供する役割を果たすべし。
- ・ナイジェリア： GSOに関してはパキスタンと同意見。RSに関しては高解像写真撮影により主権が侵害される危険性あり。
- ・ヴェネズエラ： RSに関しては得られた成果を各国に公平に利用させるべし。
- ・フランス： 基本的には米国と同意見。RSに関しては技術的進展を無視した原則は役に立たないのみならず害を与える。
- ・スウェーデン： 基本的には米国と同意見。

- ・西独 : コンセンサス決定方式が失敗しているので COUPOS のあり方を再考する必要あり。
- ・オランダ : RSに関しては構造・管理・教育・財政問題の側面に置いて審議すべし。宇宙定義に関しては高度で境界を画定しても役に立たない。
- ・イタリア : 宇宙定義に関しては実際的なものではない。GSOに関する問題はITUの場で行うべし。
- ・オーストラリア : NPSに関しては通報手続きを更に改善する余地あり。
GSOに関してはITUで検討すべし。COUPOSの作業はITUの作業と重複すべきではない。
- ・モロッコ : GSOのアクセスを確保するための法制度、国際取決めを早期に作成する必要あり。
- ・コロンビア : GSOに関して特別な法的措置の確立を行うべし。
- ・エクアドル : 同上の意見。
- ・インドネシア : 同上の意見。

9 将来の宇宙活動

将来の宇宙活動はどの様に発展して行くのでしょうか。「将来の宇宙活動のモデルの研究」(NASDA, TK-SS1018)によると「1990年代以降の宇宙活動は、それ以前のものとは根本的に異なるものとなる。打ち上げるたびに消えてしまうロケット、衛星に代ってスペースプレーン、宇宙ステーションは恒久的設備すなわち宇宙インフラストラクチャとして毎年蓄積されて行く。21世紀には遠く月面にまで延びるインフラストラクチャが米国を中心とする各国の協力によって構築され、その上に急速に民間産業が形成されることになろう」とあります。次の図はそれ等の構想がえがかれてあります。また1986年6月米国宇宙委員会が過去1年間米国各分野の意見を踏まえ大統領に報告した米国民事宇宙活動の長期目標「宇宙フロンティアの開拓」(次の宇宙50年の刺激的ビジョン)には次の事項が報告されています。宇宙におけるマイルストーンは

- 恒久的宇宙ステーションの初期運用
- 旅客及び貨物のための低地球軌道から往還への輸送機の初期運用
- 低地球軌道から内太陽系のどの目的地へも貨物及び人員を運ぶ能力のあるモジュール型移動輸送機の開発
- 低地球軌道上の宇宙港
- 初期月

拠点の運用とロケット燃料の試験的製造 ○外惑星への高エネルギーミッションのための原子力電気ビークルの初期運用 ○月からの遮蔽物の最初の船積み ○月での人間操作の拡張をサポートするための月軌道宇宙港の展開 ○火星へのロボットによる先駆的ミッションのための地球-火星輸送システムの初期運用 ○地球軌道と火星軌道の間で継続的旅客輸送を開設するための巡回宇宙船 ○火星への宇宙飛行士による探査 ○酸素, 水, 食料, 建設材料及びロケット燃料を提供する火星資源開発基地の設定 米国は以上のことについて宇宙の開発のリーダーシップをとらねばならないと報告されています。

10 今後予想される問題点の考察

今後の宇宙空間における活動分野は広範囲で、しかも量・質ともに増大してまいります。現在の航空機の運行状況を50年前に予想出来たでありますでしょうか。それと同じ様に予想出来ないほどの歴大な宇宙に対するニーズが到来するかも知れません。従って科学技術的な検討を行うと同時に法律の整備を行っておくことが大事なことであります。

ある問題が発生してそれについての各国の合意が得られるか否かは問題点の性質と各国の立場によるところでしょうが、現時点での問題点また今後問題になるであろう問題点のいくつかについて考えてみたいと思います。

(1) 平和利用の用語の解釈の問題： Peaceful use とは「非侵略的利用」(non-aggressive) をいい侵略のための利用でないならば平和利用という立場と、Peaceful use とは non-military という立場の解釈と二者があり Coupos において議論がしばしば分れている状況であります。

(2) 特許権の問題： 国際協力のもとで宇宙ステーション或いは衛星等を用いた宇宙実験を行うとき国際間での特許権の問題が発生することが予想されます。二国間又は多国間で共同実験を行う場合の特許権の取扱についてのとりきめを明確にしておくことが肝要であると思われれます。

(3) 不慮の事故の場合の処理方法： 宇宙空間で不慮の事故が発生し法的解決をするとき、どこの国の法律を適用するのが問題になる。特に長期空間滞在における不慮の事故(人身事故を含む)の発生も考えられその解決を図る場合の法的基準をどこの国の法律に置くのが問題になりましょう。

(4) 所有権、使用权の問題： 宇宙空間において二国間、多国間で運用する宇宙空間構造物の所有権、使用权をどのように設定するかが問題になる場合が考えられる。

(5) 宇宙構造物の運用費用の分担の問題： 国際協力のもとで宇宙構造物を運用する場合、経費分担方法を如何にするかが問題となる。

(6) 周波数割当の問題： 周波数割当は無限にあるわけではないので、その割当てに関する問題が生じることが予測されます。特に静止軌道上は無限ではありませんので赤道直下の発展途上国が主張するような問題が今後も生じることが予想されます。

11 国際協力の進め方

国際協力のもとで宇宙空間の開発を行う場合、各国の国状に鑑みて種々の問題が発生することは前項で考察しましたがこれらをふまえて国際協力を進めるためには次の事項を念頭に置くことが肝要かと思われます。

(1) 宇宙条約を守ること：各国は各国の利益を守る立場から問題が発生しているが気長く話し合いを進め、宇宙条約を守る精神の高揚を高めることが必要であり、我が国においては宇宙条約を守りながら宇宙開発を進めなければならない。

(2) 協定・MOU（覚え書）に問題解決の規準を明確にすること：二国間又は多国間で宇宙開発を行う場合、問題の発生を想定してその処理規準を明記する協定又はMOUを締結することが肝要であります。

(3) 平和利用のための宇宙開発：我が国の宇宙開発は平和利用に限定されておりますので我が国が国際協力のもとで宇宙開発を進める場合においても平和利用のための宇宙空間の開発であるかどうかの確認をする必要があります。

(4) 国連活動の強化とサポート：国連の Coupos の場で我が国の宇宙開発に対する理解と協力を得るため国連活動の強化・サポートをする必要があります。

12 結 語

宇宙条約の諸原則は基本的、一般的なものですから宇宙開発が進展するとともに、また通信・放送・気象・地球資源探査等の実用化の段階に入るにつれそれ等の内容を補完したり詳細に具体化するための個別条約が必要になりその観点からこれまで1968年の宇宙救助返還協定、1972年の宇宙損害賠償条約、1976年の宇宙物体登録条約、1979年の月・天体協定が作成されました。

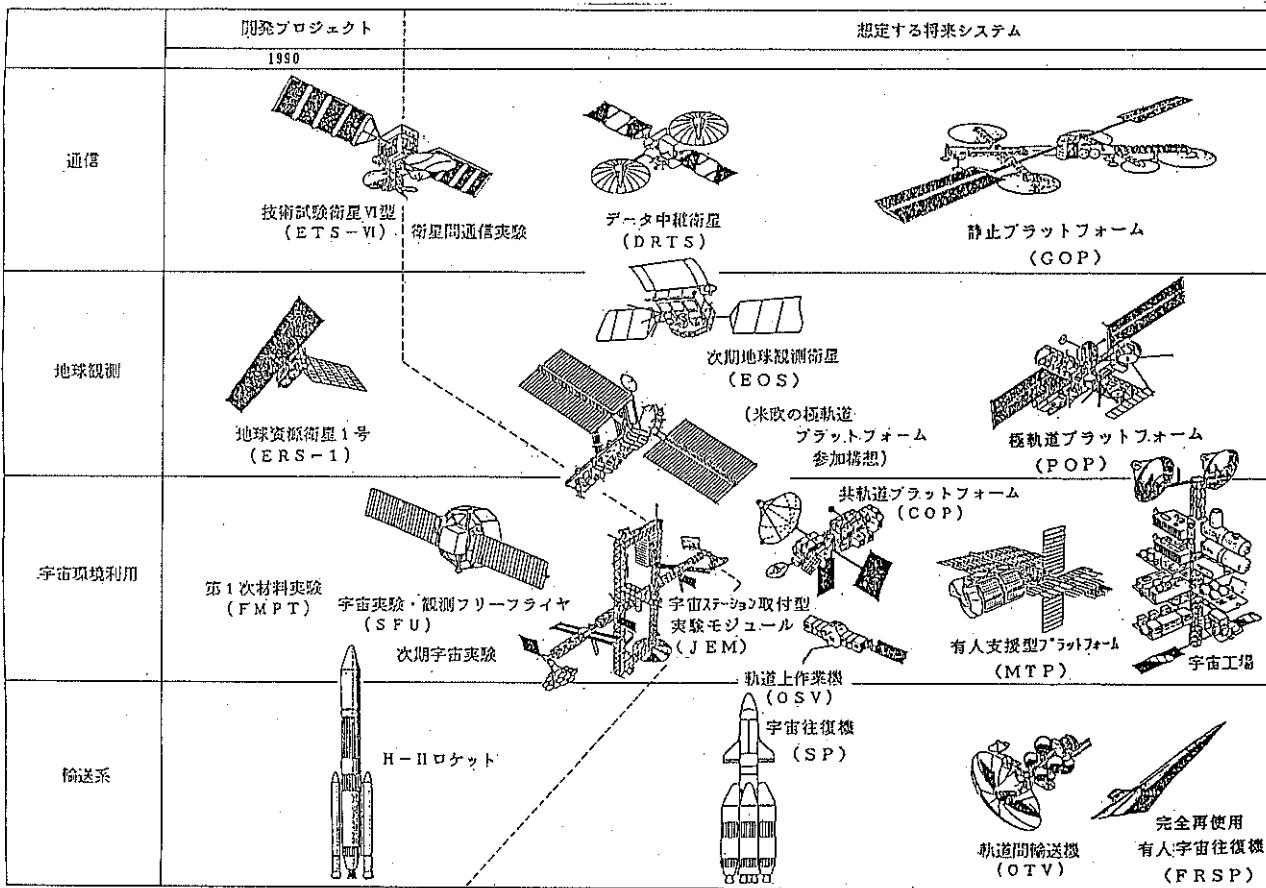
今後宇宙空間の開発は前項で展望しましたとおり種々の分野に広がりますし、また開発に要する費用の増大に伴って単一国での負担が無理となり多国間の協力による開発が行われることになりましょう。宇宙活動の範囲の増大に伴って法律の整備をととのえることが必要であります。実用の段階でそれらの協定・MOU等が作成されるでしょうがその作成以前に検討を重ねておくことが大切であります。

参考文献

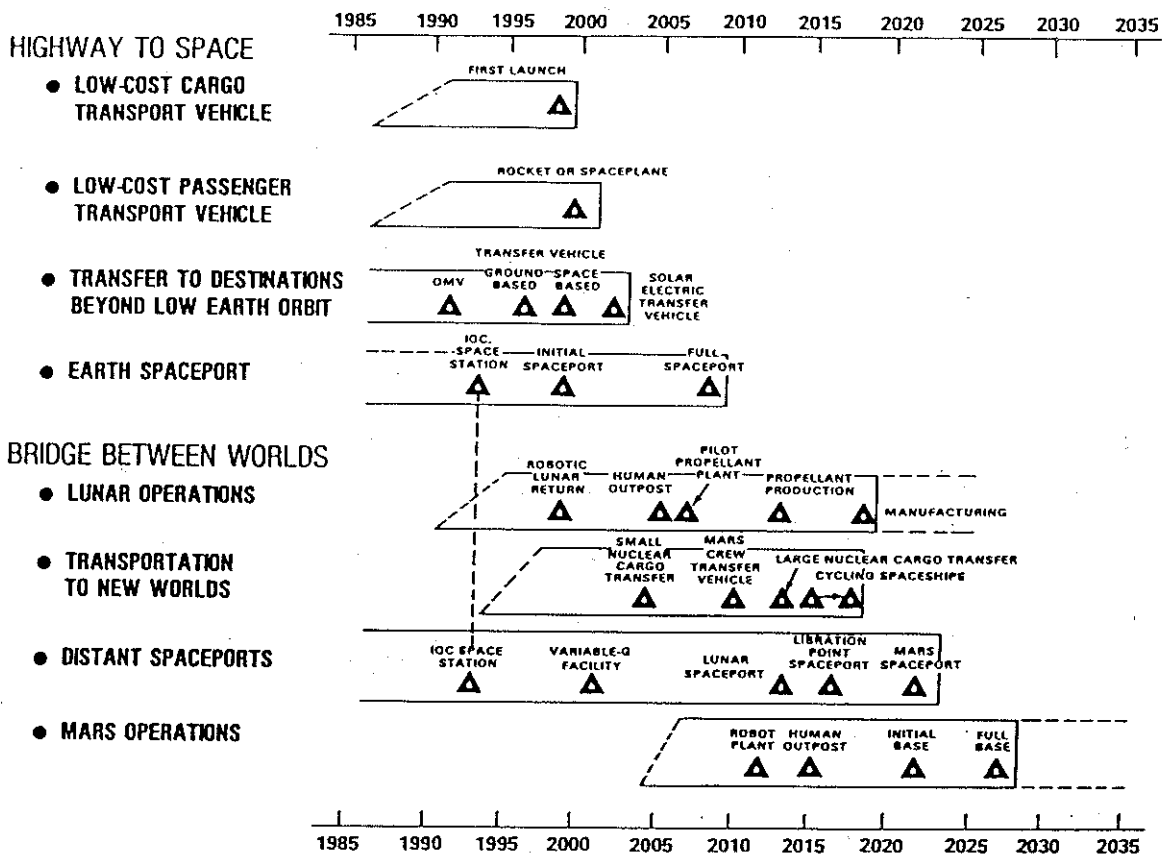
1. 宇宙開発ハンドブック1985年版
2. 国際衛星通信時代 vol 5. 池田文雄著
3. 15th ISTS, DR. STEPHEN E. DOYLE
4. 水平離着陸単段完全再使用宇宙往復輸送機 (NASDA 宇宙機システム開発室 TK-SS1030)
5. NASDA 調査国際部調速報86-35 (米宇宙委員会報告書「宇宙フロンティアの開拓」)
6. 世界と日本 宇宙開発の展望 —— 宇宙への挑戦とは —— 園山重道著
7. 空の国際法 栗林忠男著 (国際法を学ぶ, 山本草二, 内田久司編)
8. 宇宙の位置利用の現状と将来 (第1回宇宙環境利用セミナー資料 小野英男著)

(筆者は昭和7年生まれ、宇宙開発事業団で計画管理業務に従事している。)

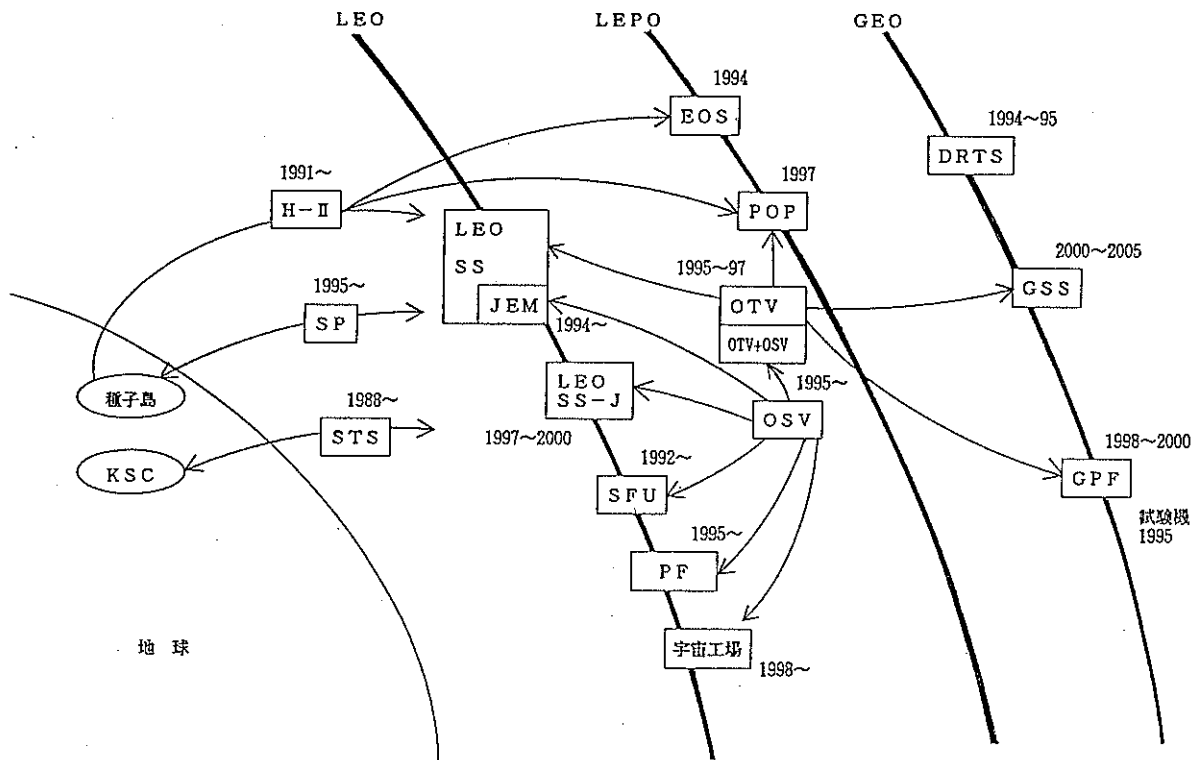
長期展望の概念 (例)



LOW-COST ACCESS TO THE INNER SOLAR SYSTEM

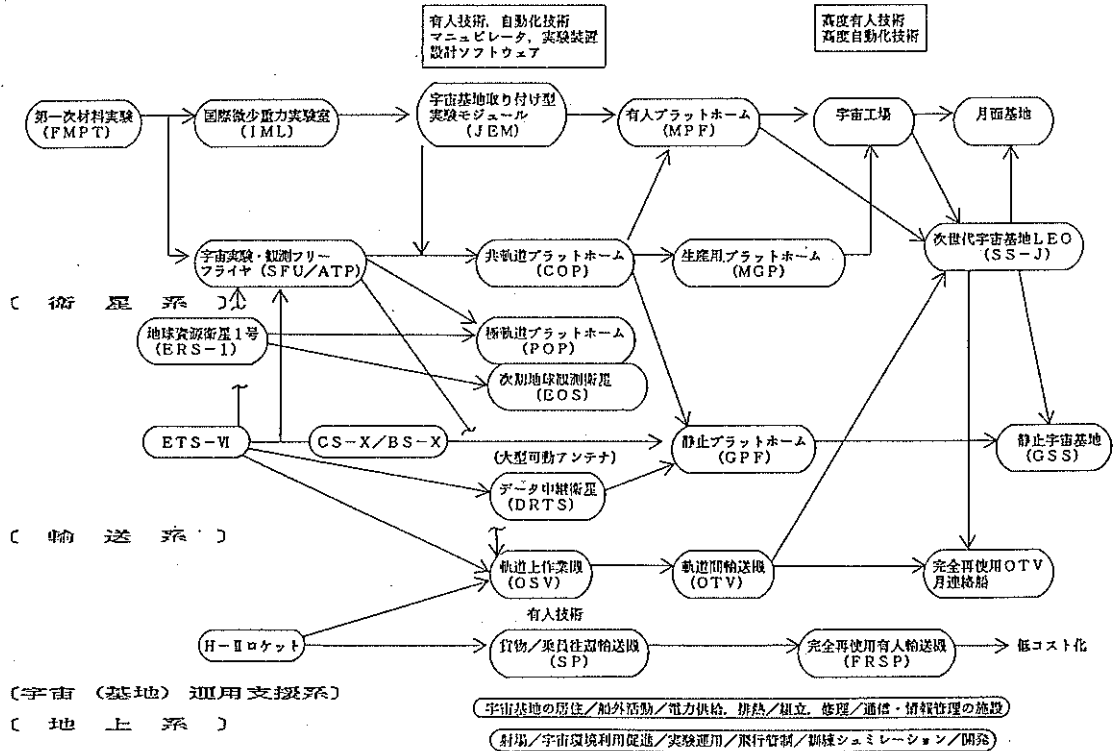


地球軌道インフラストラクチャ：1991～2005年

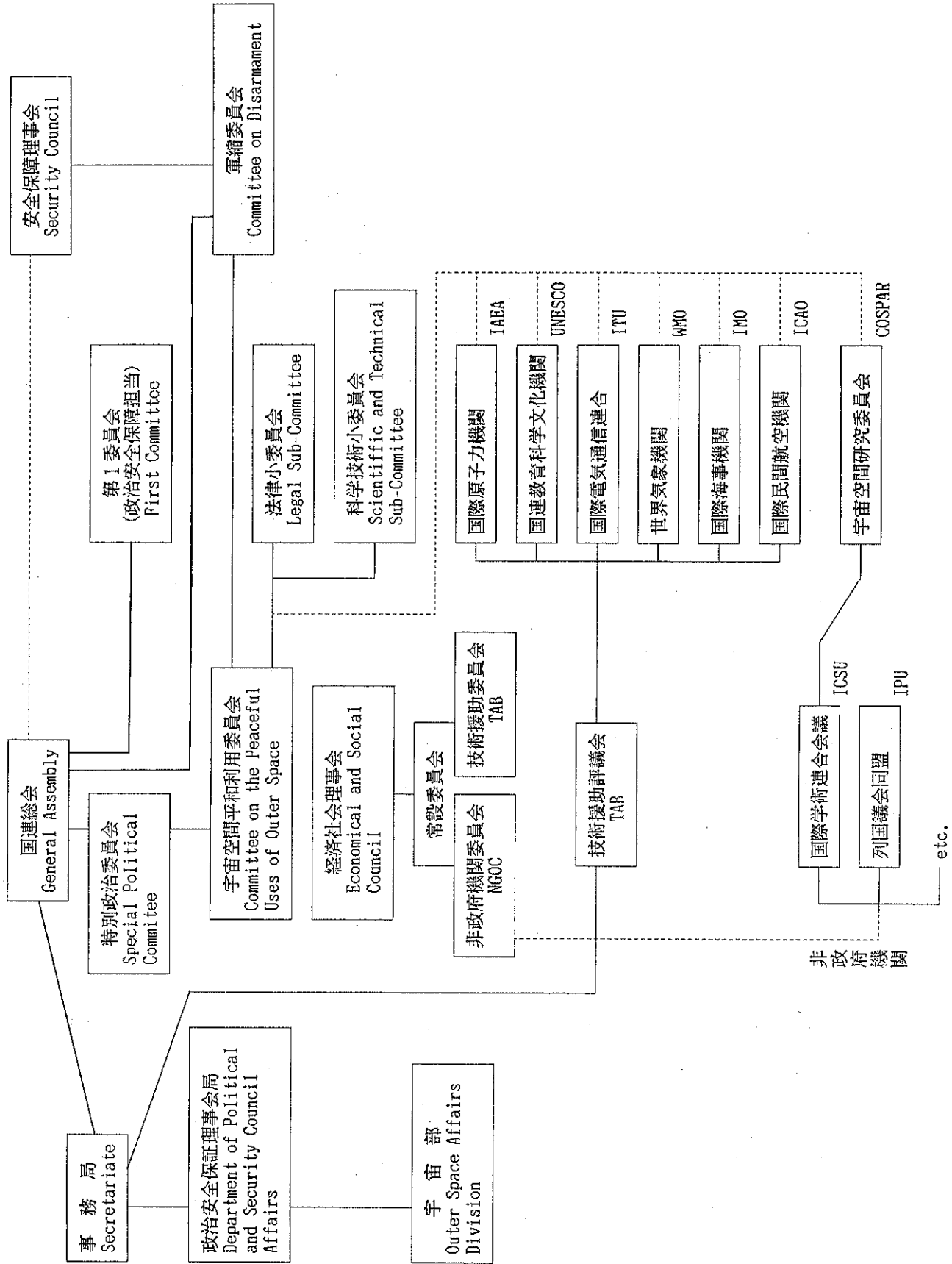


宇宙インフラストラクチャの整備構想

〔宇宙環境利用関係〕



宇宙空間平和利用に関する国際連合の活動



宇宙機の安全と確信度

原 宣一

1. 伏線

ロサンゼルス駐在中は年に何度か米国内の他の地域に出張することがあった。米国は広いのでビジネス・トリップの場合、交通機関は事実上航空機に限られる。空港には無人の旅行保険販売機がおいてある。旅行の目的地や住所氏名などを申し込み用紙に記入し、お金をいれると受取りが葉書の様式で自動的に返され、これに切手を貼って家族宛てに投函するだけで手続き完了である。1回のラウンド・トリップの期間、万一の場合には1ドルの掛け金に対し1万ドルの保険金が支払われる割合になっていた。過去の統計から旅客機の致命的な事故率は100万回のフライトに1回と言われているから、1回のラウンド・トリップが平均4回のフライトとして、随分旅客に不利なゲームに違いない。しかし、出張で留守の間にハガキが着く事に利用価値を認め、待ち時間が充分ある場合は必ず利用した。

さて、仮に航空機の安全度がもっと低くて1000回に1回ぐらいであったとしたらどうであろうか。航空機による旅客輸送という事業は成り立たないかも知れない。航空機という物は危険な乗り物という事になり大衆の人の乗り物ではなくなることは明らかだ。それでも飛行機に乗るであろうか。それは人により、かつ時と場合により違う。君子危きに近寄らずをモットーとし、いかなる危険も冒したくないという人もいれば、空を飛ぶことが好きで10回に1回の危険でも厭わないという人もいるであろう。一般的には飛行機を利用する事によって得られる便益に比べ危険度が充分低ければその飛行機は利用される。

日本でもようやく国産有人宇宙機の議論が活発になってきたが、乗り物としての宇宙機もこの比較において安全度が充分高い事を示さなければ正常な人は乗ってくれない。人類最初の宇宙飛行は既に一昔前の出来事となった今、これから開発する宇宙機に人を乗せようとするならばその安全度はかなり高いという確信を与える物でなければならない。

2. 確信の度合

ある命題の真偽に対する知識が何も無い時、人はその真偽について50-50であると言う。例えば、「皮袋に入っている基石を1個取り出したときそれは白石である。」という命題を与えられたとする。この時、「皮袋には白石と黒石が同数入っている。」という情報があっても、「皮袋に入っている白石と黒石の割合は分からない。」という状況でも確信の度合いは同じであって、上記命題「・・・は白石である。」が真である確信の度合いは $1/2$ であると表現出来る。「皮袋」は中を見ないでという意味である。出る石は白石と黒石という二つの状態があってそれに関する情報が何も無いとき確信の度合いはそれぞれに同じ数値 $1/2$ を割当てるのが合理的であるという事であって、これは証明のしようがない原理である。

次に6連発のピストルでロシアン・ルーレットを行なう場合を例に取る。弾は1発しか入れないから、「最初に引き金を引く人に弾が出る。」という確信の度合いも「2番目に引き金を引く人に弾が出る。」という確信の度合いも同じ $1/6$ である。しかし、最初の人には弾が出なかったという事実を知った後では「2番目に引き金を引く人に弾が出る。」に対する確信の度合いは $1/5$ に変わる。即ち、命題の真偽に関する情報が与えられると確信の度合いは変化する。

さて、無限に多くの白石と黒石の入った皮袋から1個取り出す場合を考える。白石と黒石の割合に関する情報は皆無であるとする。この時最初に取り出す石が「白石である。」確信の度合いは前述のとうり $1/2$ である。1個目は白石であったという事実を知った後の2個目に取り出す石が「白である。」確信の度合いはどう変わるであろうか。3個取り出した結果を見た後の4個目に対する確信の度合いは同であろうか。この問いに対して著者の導いた結果は次のような簡単な式で表現出来る。

『 n 個の石を取り出したところ白石が r 個あったという事実を見た後で次に取り出す石が「白石である。」確信の度合い R は、
 $R = (r + 1) / (n + 2)$ となる。』

最初の例で50-50を合理的と見なす人はこの式で計算される R を確信の度合いとしないと、首尾1貫している人とは言えない。取り出した石が全部白であった場合確信の度合いは50%、67%、75%、・・・と高く成り、9個目でやっと90

%となる。 9個目が黒であったとすると10個目の確信の度合いは82%に下がってしまいもう一度90%の確信を得るためには10個目から続けて9個の白石を取り出した後になる。

上記の例において命題を「NASDAの打ち上げるロケットが成功する。」と置き換え、白石を成功、黒石を失敗と見なしても同じことが言える。NASDAはどのような開発をしているか等の情報を全く持ちあわせていない人に対しては8回の成功を示してやっと90%の確信を与える事が出来るにすぎない。1度失敗してしまうと再び高い確信を取りもどすのが大変だという事も分かる。

もちろん打ち上げ担当者であるNASDAが50%の確信しか持てずに打ち上げ作業を進めている訳ではない。この確信を高めるために、性能、コスト、スケジュールのバランスを取って技術的検討をしっかりと行ない、効率的な開発を進めることに努力しているのだと言っても良いであろう。特に不具合があった後では成功に対する確信の度合いが下がってしまうので原因調査を行ない、しかるべき対策を講じて確信を高めなければならない。

3. 試験による確信とその費用

あるシステムが成功することの確信 R が90%以上を要求された場合、そのシステムの試行結果からの情報でのみ示そうとすれば、最小限続けて8回の成功を失敗無しに見せなければならない。1回のシステム試験に10万円かかるとすれば最小限80万円が必要である。もし、このシステムが直列系10個のサブシステムで表わすことが出来、それぞれのサブシステムの成功に対する確信をそれぞれ R_1, R_2, \dots, R_{10} とすればシステム全体の確信 R は、 $R = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_{10}$ となるので、 $R = 0.9$ となるためには、例えば、 $R_1 = R_2 = \dots = R_{10} \doteq 0.99$ が必要である。一つのサブシステム $R_1 \doteq 0.99$ をそのサブシステムの試験結果だけから主張するためには98回の成功を失敗無しに続けなければならない。1回のサブシステムの試験費用が全体の試験に比べて $1/10$ （実際にはもっと低いであろうが）乗1万円かかるとすれば98万円必要である。従って全体では更に10倍の980万円が必要になる！ 即ち、直列系の場合にはサブシステムで試験を行なったほうが何もかもうまく運んだとしてもずっと費用がかかる。並列系（冗長系）の場合は逆に

サブシステムごとに確信を高めたほうが費用はかからない。

有人宇宙機の場合、その安全性に対する確信度 R はかなり高く要求され（例えば0.999）全体での試験はせいぜい数回しか許されぬであろう。しかもサブシステムは冗長系が取りにくく、直列系とならざるを得ない場合が多い。従って、試験でのみ確信を得ようとしても実行上不可能と言ってよい。それではどうすれば良いか。

過去の経験を生かし、可能な限りの役立つ情報を集め分析し計算によるしかない。これが出来るところに技術屋の存在価値が有るとも言える。例えば「正しく作られたNAS規格の1/2"ボルトは1tonのせん断力に耐える。」の命題に対しては試験をしなくても0.999999以上の確信を持てよう。

4. 確信の度合いと確率

これまで意図的に極めてポピュラーな二つの用語、確率と信頼度を使わないように話を進めて来た。それは一般的に使われている（JISの定義でもある）信頼度と確率の解釈に不合理を感じているからである。即ち、「確率は相対頻度の極限值であるとし、その値は分からないからデータで推定する。推定に当たってはその推定が当たっている度合いを示す信頼水準を置いて議論するのだ。」という立場を取っている点である。問題は推定したい確率の値（例えば0.999とか0.0001）に対し、試行によって得るデータの数が現実には少なすぎるのが常であるという事情にある。データが10個か20個しかないため、『信頼水準50%で信頼度は0.99以上と言える。』という表現で満足して良いのであろうか。このような方式で「信頼度0.99999」という表現を見るたびに童話の「裸の王様」に似たものを感じざるを得ない。数少ないデータであるが何が言えるかという立場を取るのが合理的であると思える。つまり、データを見ることにより確信の度合いはいかに変化するかを確率論により計算すべきなのである。現代の確率論は四つの公理から出発している。2.項の確信の度合いは四つの公理を満たす。従って、確信の度合いを確率の解釈とすることにより、確率論の全ての定理は確信の度合いについて成立する。単純には計算にのせられないような場合は、同じ情報を得たならば誰もが納得するような確信度の数値を割り当てるのが取り得る最善策である。これはもう主観確率と呼ばれるほうが適切である、前述のボルトの強度の例における確信度の数値

が高過ぎるとして納得しない人がいれば、技術屋は現在の技術の現状に関する説明を行ない、容易に納得させることが出来るであろう。

5. あとがき

4. 項で述べたような事に気が付いたのは既に15年も前のことであるが調べてみるとかなり昔から統計学の一派として時に大論争もあったというベイズ流統計学の考え方そのものであることが分かった。今だに正当派はR. A. フィッシャーを元祖とする考え方でありほとんどの統計学の本はその流れを汲んでいる。しかし、次の本は、1985年初版で訳本ではない。

『ベイズ統計入門』繁樹算男、東京大学出版会

訳本では、少し古いが1968年初版の次の本を紹介しておく。

『確率統計入門』D. V. リンドレー著、竹内啓・新家健精共訳、培風館

2. 項で紹介した式の導出については、宇宙開発事業団第5会技術成果社内発表会前刷集に要点を示してある。最後に、保険のようなゲームでは確信の度合いとしての確率の解釈が本質的であると言いたい。

(筆者は昭和17年生まれで、宇宙開発事業団においてプラットフォームの開発に従事している。)

森 本 盛

第6章 R&Dの正体

研究開発に全く関係のない人やこれから社会人になろうという人のイメージでは、研究所とは静かな個室で3重積分や微分方程式の出てくる原書をじっくり読む――そういうことが好きでないとつとまらないと思っているようです。ところが研究開発の中味は多種多彩で、こんな場面はあまりないのです。そして、どこからどこまでがその範囲なのか、やればやるほどわからなくなるくらい色々な種類の仕事があります。

おそらく研究開発部門に始めて入ってきた人の大部分が、予想していたイメージとの違いにとまどいを感じるのではないのでしょうか。

(1)R & D

R & Dの分類と解釈は人によって、又機関・企業によって全然違ってきます。分類は、探索研究、基礎研究、応用研究、開発研究など、ほかにも沢山あります。そして基礎研究という言葉一つとってみても解釈は色々あるようなので、あまり言葉の定義にこだわらずに考えてゆく方がよいようです。

図23はR & Dの成果の流れを書いたものです。まず新しいことの発見――――人類共通の知りたいという要求を満たすものです。もう一つは我々の生活の助けになるものを生み出すこと――――使いみちを考えながら行う研究です。さらに広く考えると、後者には生活の助けになる検査・試験・調査などの機関も含まれるのではないのでしょうか。

もっと広く考えれば、現状維持でない行動すべてがR & Dといえそうです（もちろん自然科学・人文科学等の区別なし）。

(2)目的と手段

R & Dは色々な仕事で成り立っています。目的に属する仕事と手段に属する仕事とがありますが、どちらも大切な仕事です。目的がなくては本当の成果が出る筈があり

ませんし、手段がなくてはR & Dを実行することができません。

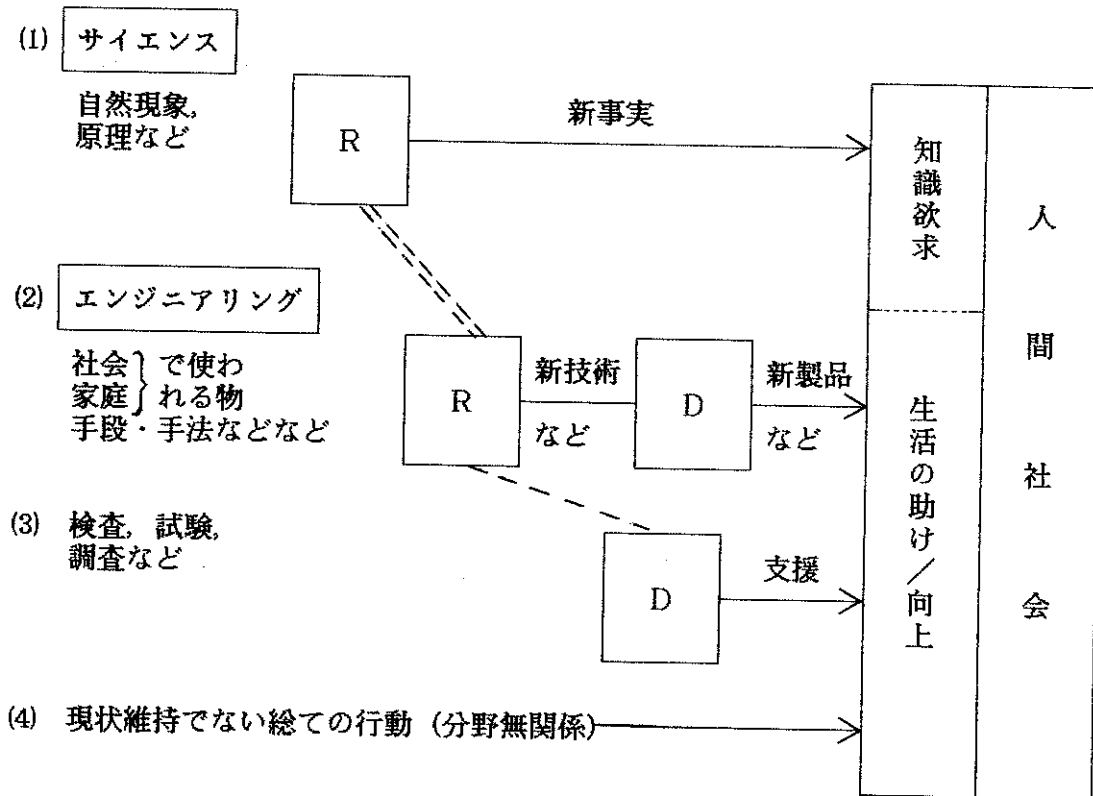


図 2 3

表 2 は前の図 2 3 の(1)と(2)について、目的と手段を整理した例です。簡単にいうと、目的は成果を出すことです。

表 3 は図 2 3 の(3)について目的と手段を整理した例です。

機関の性格によって目的と手段は全く違います。混乱しやすいので要注意です。いづれにせよ、「個室で難解な本を読む」という一般大衆のイメージは手段以前の準備だったようです。R & Dでは job と趣味とを見わけにくいことが多く、やる人も見る人も勘違いすることがありますので、一人よがり症候群といわれたいよう心がけている必要があります。

(3)目標

R & Dの目標をひとことと言うと、世界を超えるということになるでしょう。

サイエンスのRでは、まだ世界で知られていない新現象の発見や新理論の確立などです。しかしこれは大変なことです。成功確率が低いからです。もし1%成功すると

表 2

	サイエンス	エンジニアリング			
	R 自然現象など	R 新技術	D 新製品等		
発見	目的	(目的)	—	*ノウハウの吸収 は大切	
創造	—	目的	—		
向上	—	"	目的		
実現	手段*	手段*	"		
証明 (実験)	"*	"*	"		
証明 (机上)	}	"	手段		
解析		"			
情報収集	手段/準備	手段/準備	準備		アドレス付き {8\4(2)ii} アドレスなし
勉強	私用	私用	私用		

表 3

	図23の(3)	
	試験機関 検査機関	調査機関
発見	}	—
創造		
向上	}	—
実現		
証明 (実験/机上)	目的	—
解析	手段	—
情報収集	"	目的
勉強	私用	私用

しても、残りの99%は成功者の礎として終わるということになります。もちろん、グループの学術レベルを高め、若い人を育成することは、グループが成果をあげる為に欠くことができません。しかしこれを目標として割切れというのは、苛酷なことです。そのうえ日本には創造性よりも金モウケにつながるの方が評価される風土があります。

サイエンスのRは私には経験のないことであり、難しいということしかわかりませんので、この辺で止めることにします。ともあれ成功確率は組織の目標意識で変るように思えます。本人の目標意識はもっと大切かもしれません。

エンジニアリングの場合はこれほど厳しくありません。もちろん世界にまだ無い物を創ることが理想です。しかし、何処かで出来ているものを自分の手で実証することも大切な仕事なのです。欧米にあるものを国産することや、他企業で出来ているものを自社で作ること――キャッチアップ――むしろ日本では今まで最も評価されてきたR&Dです。「事業の創造」とでもいうのでしょうか。

エンジニアリングのRで、ハードウェアを扱う場合は目標が定めやすいといっておいて良いでしょう。その技術の極限をねらえば間違いないからです。例えば小さく軽く（集積回路等）、能率を良く（各種省エネルギー）、量を増やす（通信等）などです。これらは安い、使い易い等ともからみ合っています。現状から将来を推測する思考です。システムや製品の将来構想（Rというのかどうか？）は仲々つかみにくいところがあります。今までは世の中のニーズの中心が、物に対する欲求と考えればよかったです。しかし最近は魅力とか価値とかが求められるようになってきました。例えば精神面の魅力（安らぎ、精神的豊かさ等）、工芸的／伝統的価値など色々です。システムのRは、エンジニアリングなのか、ファッションなのか、芸術なのかよくわかりません。ここでは、将来から現在を見る思考が必要になります。

エンジニアリングでは、Rといえども完成品または完成システムのKeyテクノロジーをねらわなくてはなりません。キャッチアップのRや改良のRでは、現存する物からスタートするので狙いがつけやすいのですが、創造をしようと考えるとKeyを見つけるのが大変です。ただ漫然と考えていてもダメで、常日頃から良い獲物に狙いをつける練習が必要です。

これはちょうど狙いを定めて弓の弦を引くのに似ています。Jobの時間に弦を引

いてエネルギーを蓄積しておく、理性（常識）のプレッシャがゆるんだときにアイデアがヒラメクのです〔§5〕———ちょうど矢が弓から飛び出して的を射るように。ヒラメキはあくまで個人に依存するのですから、狙うこともエネルギーを高めることも個人でできるよう習慣がついていなくてはならないのです。

エンジニアリングではRからDへ移るときに、頭の切替が大切です〔§3(1)〕。Rでは他との競争に勝つためのKeyテクノロジーが大切でした。Dではシステムまたは製品として完成させるときにクリティカルである技術が最も大切です。欠陥品を作らないように技術のバランスを考えることは、低コスト化や使いやすさ等にもつながります。この段階になれば完成時のイメージ、期限、コストなどの要求条件もはっきりしてきます。これはスペック作りの研究と見ることもできます。事業に直結した研究では、最も大切な部分でしょう。

このように必要条件がはっきりしていると、重点化や必要な深さの決め方などの企画作業もやりやすく、自己拘束〔§3(3)の自律性〕をかけやすいのです。しかし、この項の初めに書いたRはこの面でも難しいといえます。

(4)適性

このようにR&Dに必要な仕事は実に多彩です。変な表現ですが、穴掘り作業から象牙の塔まであります。各人の個性を活かすようにすれば、如何なる人も適性ありということになります。個性のあてはめ方が大切です。

事業部門に向かない人をR&D部門へ———という言葉の時々耳にします。たしかにR&D部門には誰にでも合う仕事があり、またミスが目立たない仕事もあります。ここで間違えてはならないのは、R&D本来の仕事（表2の目的のところ）は技術や理論のマネジメントであること、エンジニアリングの場合には人の説得も重要になることなど、事業で大切な能力はR&Dでも大切だということです。

こんなわけで高級な理論を知っている学者でなくてはR&Dができないと思うのは大間違いです。学者が必要なのは極く限られた研究所のほんの一部だけです（日本の特質なのかもしれませんが）。そして沢山知りたがる人よりも、知ったことを無駄なく活用するガメツサの強い人が創造性が高いようです。知識も理論も手足のように自由に使いこなさなくてはプロとはいえません（世の中全てそうです）。

重要な能力は、歴史（先輩の業績）と自分の経験とから、経験側（マネージ則／哲学）を作れる人——行動派——やはり全ての仕事に共通です。Dの場合は泥臭い行動派が求められ、学者は嫌がられます。もちろん行動する前にはいつでも、どうやれば人類社会の役に立つかの仮説をたてる（自分で拘束条件を創る）ことが大切です。これがクリエイティブの源ではないでしょうか。

理学部／工学部の出だから、条件作りや企画には向かないと自認する人がいます。ワンパターンを好む農耕民族だからというのならわかります。これはR&Dの最も創造的な部分を放棄しているのです。条件が決まってしまうと、残るのは下請です〔§ 2(3)〕。目標を定められる人が研究者で、そうでない人はテクニシャンといっは云いすぎでしょうか。

またテーマが重箱の中心か隅かを感じることも大切です。エンジニアリングでは、実用上の価値（技術の価値、コスト、使いやすさ等）も見抜かなくてはなりません。ただし、与えられたテーマがツマラナイ場合でも、マジメにやれないなどと考えるはいけません。手法（知恵）は共通です。ツマラヌ事も出来ない人に良い事ができる筈がない———というのが定説になっています。手腕を磨き、幅を広げるガメツサで努力していると、好きなテーマの方から近づいてくるのがよくあります。

「優秀な研究者は哲学的」という見方があります。これは行動（決断）のための経験則すなわち実践哲学を造ることだと思えます。自ら手を汚し、人の説得、討論そしてとくに勇気が必要です。どれもこれもR&Dに限らず、何をやるにも要求されるものです。間違っても回避や批判のための哲学であってはならないと思えます。

(5)実態と考察

R&Dでは、その目的はもちろん、手段も極めて重要ですが———一見したところ、自分の行動がR&Dのどの部分を分担しているかをはっきり認識している人は少ないような気がします。物識りになることがR&Dの目的だと思っている人もその例です。もちろん物識りは創造のベースです。組織としては次の世代に創造してもらうための大切な手段です。ただし当人が物識りの役割を知っていなくては、次の世代を発想に導くことも、またそれを支援するような情報を渡すこともできません。

また(3)でRからDに移るときに頭の切替えが大切といたしました。しかし実態はイイ

カゲンなことが多いようです。

以上については、個々人が(1)~(3)のようなことを自問自答するしか策がないような気がします。

違う話ですが、ほかの例をみて錯覚をおこすこともあります。基礎研究では実験をするために測定装置を発注します。この場合、測定装置を使って分析データをとるのがRであり、測定装置の中の機械の良し悪しに興味をもつ人はいません。このような体験をした人が装置開発のR & Dを担当すると、物の製造は下請マターという錯覚をおこしがちです。こうなると装置の開発計画 (how to) にも結果の失敗対策にも興味が湧かず、いつまでたっても良い物ができないという現象がおこります。

また行政的なR & Dに慣れた人も、同じ様に how to や改善策の内容にあまり興味が湧かないようです。メーカーのできる事がR & Dの技術レベルだと割り切っているようで、名目で満足という人も少なくありません。しかし我が国の成果は、この how to の部分に最も多かったのではないのでしょうか。

これからは WHAT が大切だといわれます。これとても図24のように how to を含んだループになっていないと、永久に実現しない WHAT になります。将来の夢は大切です。ただし夢は方向づけの手段です。jobの場では地に足がとどく夢が必要です。足の浮いた夢は無益か有害になることがよくあります。また、もし夢が目的ならSF小説の方がもうかります。どちらでもない夢はナンセンスにすぎません。



図24

この何年か、長期構想などでシンクタンク的な発注が沢山出されています。報告書は数百頁の厚いものが多いのですが、あまり活きているように思えません。なぜならば、その多くが米国等の例から日本の将来を予測しているからです。米国のシンクタンクは、米国の基盤の延長として将来を予測しているのですから、日本も日本の基盤からスタートすべきでしょう。これも先の例と同じです。自分の足元の [how to] × [WHAT] を確かなものにしたうえで、先を読むようにすればロマンが実現できるので

はないでしょうか。とくに最近は時代の変化が速くなりました。欧米漸近法は役に立たなくなりそうです。競争の相手は欧米ではなく、時代の変化だと思って、頭の感度を切替える必要があります。

〔欧米を感じる〕 \rightsquigarrow 〔時代の変化を感じる〕

それには、やはり将来ものの企画手法を身につけることが大切です（§ 2 及び図 2 5）。

〔成果〕 = 〔企画力〕 × 〔how to〕 × 〔夢〕

このセンスの豊かな人が育つことが大切なのです。

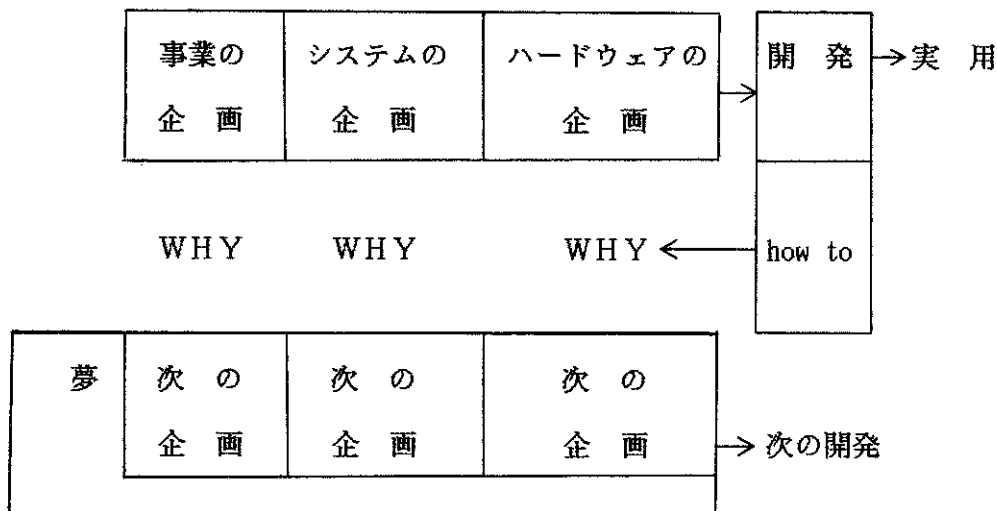


図 2 5

米国と日本とでは成果の流れの様子が違うような気がします。米国の場合は「R→D→社会」という大きなパイプができているように思えます。日本の場合はどうも「RはR、DはD」という感じが強いように見えます。極端に表現すると図 2 6 のような感じです。

日本は down stream innovation で、予測可能なものやプロセスが得意。一方米国は up stream innovation で、不確定なものやプロダクトが得意という評があります（米国人）。これは図 2 6 と無関係ではないようです。日本では、欧米の例とか新製品

の要求とかでDの目標が決まることが多いので、RとDの間に断絶があってもやってゆけるのでしょう。

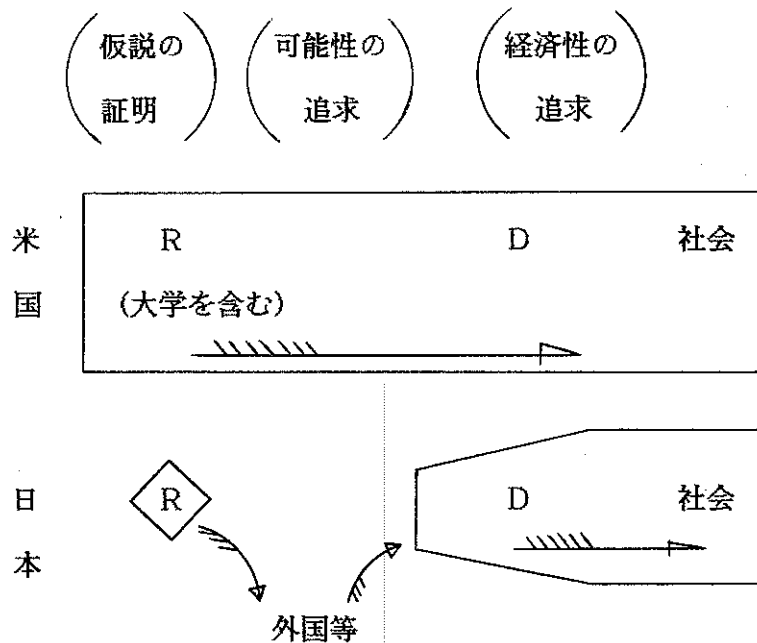


図26

IBMが自由なR&Dをやりだした。R&Dにはゆとりや遊びが必要だなどといわれています。単純な人はヤリタイホウダイに楽しむものと信じています。しかし楽しむときには料金を払うのが常識です。給料を貰ったら、それに報いなくてはなりません。ここで思い出さなくてはならないのは、日本と米国との母親の教育法の違いです〔§4(2)iii〕。日本は集団帰属型に、米国は幼児から個人として育てられます。米国の自由をマネても同じように行かない筈です。

第一に分別が必要です。自分が遊んでいる場所と環境がわかっていなくてはなりません。「棒を見定め、それに叶うゆとりと遊び」。一見、無理難題のようですが、矛盾したことを操れるセンス〔§1(2)〕がプロには大切なのです。ときには2000年前の人よりセンスが悪くなっていないか、反省してみる必要があります。

第二は相対的な問題としてとらえることでしょう。自由を感じ、良い成果がでる環境とは

〔インナプレッシャ〕 > 〔外からの圧力〕

の状態だと思えます。したがって人によってバランス点が違います。〔インナプレッシャ〕 < 〔外圧〕 のように不等号が逆になれば、自由がないと感じます（組織帰属型）。また成果の大きさと確かさは

〔インナプレッシャ〕 × 〔外 圧〕

に比例するのではないのでしょうか。とすると、「インナプレッシャが高い」ということが最大の要件ということになります。

人間社会でも、自由と無秩序とは違います。自由には秩序が必要です。また人間の脳は、プレッシャ（または刺戟）がないと感も働きも鈍ります。挑戦をソソノカス外圧／それを許す自由／誤りをただす外圧が要るようです。当人が自分の意志で行動していると感じれば、インナプレッシャが高まります。当事者側から計画を言わせるように仕向けることが大切です。上に立つ人には「待ちの姿勢」が必要です（場合によっては誘導の妙）、しゃべり過ぎないことです。動機づけ→インセンティブ→インナプレッシャは一体でしょう。

不慣れで巨大な技術分野ほど、鋭い勘を持ったリーダーが必要です。ちょうど渡り鳥やサバンナの象のリーダーのように。それには図24の経験を沢山しなくてはなりません。棒作り（WHY・WHAT）で遊ぶ回数をかせぐのが大切かもしれません。宇宙も未だ不慣れで巨大な部類にはいるでしょう。

話は変わりますが、偉業を成した人は孤独を感じていたようです。まずDOの段階で苦難を理解してくれる人がいないのでしょう。しかしこれは経験した人でないと理解できないので仲々ゆきあたらぬのです。つぎは成果が理解されないことでしょう。国外でしか評価されなかったり、極端な場合は死後に評価されたりします。3番目は、考え型（図24のWHY等）の理解者がいないことでしょう。もし理解できる人がいたら、その人が創造している筈ですから、これは当り前のことです。

以上はどれも宿命と思って諦めるしかないでしょう。ガリレオなどのように迫害されないだけ、マシな世の中になったのですから。

(6) D o n D

以上の問題のほかにも、R&Dの方法論等について課題は無限にあると思えます。

R o n R (Research on Research) は古くからある学問ですが、もっと泥臭い

Development on ability Developmentも大切です。これは自己啓発の哲学で、自啓哲学と略せば、自警哲学にも通じます。

R o n Rを手がけている人は、学会など発表の場が無いことを嘆いています。D o n Dも同じでしょう。何故なら、これは人間の行動全てに共通な『超学際分野』で、すべての社会現象に関係するからです。もう一つ難点は、若くて興味をもつ（価値がわかる）のが難しいことです。また永年の経験も必要です。知恵は各人が独自の方法で磨くところに妙味があり、とりもなおさずそれがその人の価値ということかもしれません。 (つづく)

(筆者は昭和4年生まれ、宇宙開発事業団で機器部品開発部長の職にある。)

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、A4版横書(38×29)で、そのまま版下となるような原稿及びコピー1部を、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世話人兼編集人 岩田勉宛送付する。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。

編集後記

人々は、物質的豊かさに代え、人間的豊かさの実現を求めるようになってきた。

物質的豊かさを追求する余り人間の本質的部分への配慮がなおざりになり、人間的貧困に陥り始めた。その結果、様々な社会問題を生ずるに至っている。これに対する反省なのであろう。

人間的豊かさは、社会、経済、文化等色々な要素により実現されるものであるが、一体、科学技術は如何なる貢献をなしうるのか？さらに、その中でも宇宙開発はどのような役割を演じることができるのか？我々に対する問いかけが早晩なされることになろう。

人間的豊かさは現状維持の土壌には育たない。創造的雰囲気(夢、希望、憧れetc.を実現しようとする雰囲気)の中で醸成されるものである。宇宙開発はこの雰囲気を造り得る究極の手段である。

今後は、我々にとって、常に人間の本質を見つめ、人間的豊かさを追求しながら宇宙開発を推進していくことがますます重要となる。(佐)

宇宙先端 第3巻 第2号

頒価1000円

昭和62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第165号

無断複写、転載を禁ずる。

***** I A S A ニュース *****

☞此度新たに、大仲末雄氏(富士通)、岩崎茂弘氏(IHI)、福田徹氏(NASDA)並びに長谷川秀夫氏(現編集局長、NASDA)が世話人に就任することになりました。今後、会の活動に世話人としての立場から積極的に参加されることとなりますのでよろしくお願い致します。

☞前号でお知らせしました第1回研究会(テーマ:人工重力)が、去る3月16日に芝罘野ビルにて行われました。当日は、森雅裕世話人の講演並びに同氏、中島厚氏(NAL)、福田徹氏(NASDA)、向井千秋さん(NASDA)によるパネルディスカッションが岩田編集人の司会の下で行われました。内容については次号に掲載したいと思っております。なお、第2回研究会は、『アメリカの宇宙開発政策』というテーマで5月中旬頃の開催を予定しています。

☞同日行われました世話人会で、会誌の表紙の改装が決まりました。早速、今号はニューフェースでお目見えしております。なお、デザインは会員の古閑照己氏(ジャパンアドバンスプラン)にお願いしました。

記

新規入会会員名簿(62.3.15)一般会員(敬称略)

中島 俊(日立製作所)、中村安敬(宇宙技術開発)、松村宏之(川崎重工)
泉沢清次(三菱重工)、高比良 昭(富士通)、杉原勝巳、山本雅文、
鈴木広良、土谷光弘、松岡 毅、田村高志、泉 達司(以上、NASDA)

入会案内

本会に入会を希望する方は、申し込みハガキに御記入の上送付し、年会費をお振込み下さい。

年会費 : 3,000円(1986年6月~1987年5月)

会誌 無料(1986年7月号~1987年5月号)

なお、会費は主として会誌発行にあてる。

振込先 : 振込口座(郵便) No. 2-21144
宇宙先端活動研究会 宛