

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

# 宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

VOL. 2 NO. 5 SEP. 1986

**IN THIS ISSUE,**

AIR-BREATHING ENGINE .....	H. HIRAKOSO .....	113
ARGUMENT TO LUNAR EXPLOITATION .....	M. SAITO .....	126
MARKETING IN SPACE (2) .....	Y. NAKAI .....	134
HI-TEC PENSEE (3) .....	S. MORIMOTO .....	149
SPACE ELEVATOR .....	M. SASAHARA .....	160

# 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

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 岩田 勉 宇田 宏 菊池 博  
五代 富文 竹中 幸彦 樋口 清司 森本 盛

## 目 次

1. 空気吸込式エンジンについて	113
2. 月の開発への疑問	126
3. マーケティングから見た宇宙開発 (2)	134
4. ハイテク パンセ (3)	149
5. 宇宙エレベータ	160

### (次回予告)

1. 一周年記念講演の記録
2. グローバルチェンジ (地球変動)
3. H-I 成功の苦労話
4. ハイテク パンセ (4)
5. その他

# 空気吸込式エンジンについて

平 社 博 之

## 1. まえがき

1942年10月3日、ドイツ、ペーネミュンデ試験場において、秘密兵器V-2ロケットの試射が行われた。

発射54秒後に速度1500m/s（マッハ5）に達し、その後高度90kmに到達した後、192kmを飛昇して海面上へ落下した。

当時は、音速を超える飛昇体は弾丸しかなく、音速通過時にさまざまな未知の現象が起ると考えられていただけに、この成功は画期的な出来事であった。

そして、これが近代ロケットの開発のはじまりでもあった。

それ以降のめざましいロケットの発達をよく知られるところであり、ロケットの規模も、エンジンの性能も大幅な向上をみた。

然しながら、これをマクロ的にみると、基本的にはロケットの推進システムにしる、機体システムにしる、ほとんど変化なくV-2ロケットで確立された路線を推移してきたものと考えられる。即ち、使いすてロケットと内蔵推進剤のみの作動による、いわゆるロケット推進の使用である。

然しながら、最近に至りロケットの形態に大きな変化が見られはじめた。それは、大量宇宙輸送時代を迎えて、ロケットの使いすてから再使用への移行である。

米国のスペース・シャトルは完全な形では再使用型とは云えないが、この移行へ先鞭をつけたことになる。

それではなぜ、もう少し早く再使用型への移行がなし得なかったかであるが、それは機体構造にしる、推進システムにしる、現状の使いすて型ロケットと同レベルの技術では完全再使用型の宇宙往還機は飛昇し得ないからである。

換言すれば、現在の使いすて型ロケットにおいては、ロケットの発射重量の数%しか荷物が運べず、ロケットの機体重量は運搬できる荷物の重量より重いのである。

従って、使いすてロケットに、回収するための翼や着陸装置を付加した場合、そ

の重量増加分だけ荷物が減少し、荷物の量が極端に少なくなるからである。

然しながら、今後拡大するであろう宇宙への荷物の運搬に対して、いつまでも使いすて型ロケットを使うわけには行かないことは誰の目にも明らかである。費用のこともさることながら、ロケットの燃えがらの落下が何れは問題となるからである。

それでは、完全再使用型の宇宙往還機を実現するためには、どのような技術開発が必要となるかであるが、それはつぎの2点に絞られる。

① エンジンの性能向上

② 機体の重量軽減

ここで、②の機体の重量軽減については、専門外のことにつき割愛させていただき、①のエンジンの性能向上策について最も将来性のあると考えられている空気吸込式エンジンについて述べさせていただくこととする。

## 2. 空気吸込式エンジン

空気吸込式エンジンで一般に使用されているものは航空機用のターボジェットエンジンである。

然しながら、ターボジェットエンジンはエンジン重量が大きいことと、高速における空力加熱に耐えられないことより、宇宙ロケット用推進システムには適さない。

宇宙ロケット推進システムに適する空気吸込式エンジンとしては、現在、提案されている代表的なものは、つぎの3種である。

(1) ラムジェットエンジン

(2) エアーターボエンジン

(3) 空気液化サイクルエンジン

### 2.1 ラムジェットエンジン

これは高速飛昇時の取入空気の運動量を利用して空気を圧縮し、燃焼室で燃焼させ、ノズルより噴出して推力を発生するもので、燃焼ゾーンが亜音速のものと超音速のものがあり、後者のものをスクラムジェットと云う。

## 2.2 エアータージェットエンジン

吸入した空気を通常のジェットエンジンと同様に軸流圧縮機で圧縮する。そして、この圧縮機の動力は機体に内蔵した液体酸素と液体水素（または液体メタン）の燃焼ガスによって駆動するタービンによって供給される。

タービンの駆動ガスは燃料過剰の燃焼ガスで、タービン駆動後は圧縮機で圧縮された空気と混合、再燃焼してノズルより噴出し、推力を発生する。

## 2.3 空気液化サイクルエンジン

液体水素または液体水素と液体酸素の冷熱源を用いて吸入した空気を液化し、これをポンプで増圧し、水素と液化空気または水素と酸素と液化空気によってロケットエンジンを作動させるものである。

## 3. 空気液化サイクルエンジンの特徴

空気吸込式エンジンについて、2項で代表例の概要を記載したが、他にもいくつかのものがあつた。これらの派生型まで加えると十数種類に及ぶ。

ここで、宇宙往還機の推進システムについて考えると、つぎの理由から、筆者は空気液化サイクルエンジンが最も適していると判断している。

### (1) 技術のつながり

空気液化サイクルエンジンは液酸／液水ロケットエンジンの技術の延長線上にあり、LE-5、LE-7エンジンの開発で培った技術を用いれば、短期間に、安価に所定のエンジンを開発することができる。

各種の空気吸込式エンジンのなかで、最も手近なところにあるエンジンと云える。

### (2) 作動範囲が大きい

空気液化サイクルエンジンは、マッハ0～12、高度0～60 kmの空気層のほとんどすべての広い領域で作動が可能ばかりでなく、同一エンジンで真空中のロケット作動も可能である。

これは単段宇宙往還機の場合、1種類のエンジンで全領域の作動を行い得ることを意味し、他のエンジンにない利点である。

### (3) エンジン重量が小さい

宇宙往還機用エンジンにとっては、エンジン重量の軽減は重要項目である。

空気液化サイクルエンジンはロケットエンジンの軽量、大推力の特性をそのまま受け継ぐため、軽量化が可能である。

また、推力に対する空気吸込流量が小さく、空気取入口等のエンジン周辺構造の軽量化が期待できる。

### (4) 性能

空気液化サイクルエンジンの唯一の欠点は低速時に比推力が小さい点である。然しながら、通常のエンジンが速度の上昇に伴って比推力が低下するのに反し、空気液化サイクルエンジンは速度の上昇に伴って比推力が向上し、マッハ5以上では他型式を上廻る。

従って、マッハ0～12の広範囲な作動における総合性能では他の型式に匹敵する特性を有するものである。

具体的には、エンジンの比推力はロケットに内蔵する酸素と水素の割合（混合比）および飛昇速度、高度によって大幅に変化するが、平均的な性能としては、混合比5では比推力は約800秒、混合比2.5では約1100秒、混合比1では約1600秒、混合比0、即ち液体水素のみでは約2500秒である。

混合比が低い方が比推力は向上するが、推進剤の平均比重は低下し、タンク容積は増大する。

発射時の離陸重量が問題となる水平離着陸機では、混合比が低く比推力の大きいところに最適点があり、着陸時の重量が問題となる垂直発射水平着陸機では、混合比が高くタンク容積の小さいところに最適点があると考えられる。

尚、空気液化サイクルエンジンは、液・固体混合のスラッシュ水素、スラッシュ酸素の使用、超耐熱合金の使用等、新技術を付加すれば前述の性能をさらに30%程度増加させることができるもので、将来の改良の余地を持った発展性の

あるエンジンである。

#### 4. 空気液化サイクルエンジンについて

##### 4.1 概要

空気液化サイクルは、1960年代、米国においてスペース・シャトルの推進システムの一候補として、他の空気吸込式エンジンと共にトレード・オフ・スタディがなされたが、結局、スペース・シャトルが在来型のロケット推進システムを使用することに決定したため、日の目を見ずに今日に至っているものである。

当時の空気液化サイクルは、空気液化の冷熱源に沸点温度の液体水素のみを用いる単純サイクルであったため、低速時における空気液化量が少なく、在来型のロケット推進システムと比較してきわだった利点を有しなかったものである。筆者らは、この基本型を改良し、氷点温度の液体水素と液体酸素の冷熱源を用い、さらに新しいアイデアのタンク循環サイクルを併用することによって空気液化量を大幅に（約4倍）増加させ、比推力の向上を計り、宇宙往還機に適した推進システムに発展させたものである。

##### 4.2 作動原理

空気液化サイクルエンジンのエンジン系統図を図1に示す。図1にしたがってエンジンの作動原理を説明する。

###### (1) 機速0からマッハ3までの作動

液体水素タンクには、氷結寸前の14 Kの液体水素が蓄えられている。液体水素はブーストポンプで増圧され、大部分は空気液化器の熱交換器へ供給され、空気を液化した後22 Kまで昇温し、液体水素タンクの上部へ戻る。

一部分の液体水素は、さらにメインポンプを通して増圧し、空気液化器の熱交換器、空気予冷器の熱交換器を通った後燃焼室へ供給され、燃焼する。

液体酸素タンクには、これも氷結寸前の55 Kの液体酸素が蓄えられている。液体酸素はブーストポンプで増圧され、大部分は空気液化器の熱交換器へ供給され、75 Kまで昇温し、液体酸素タンクの上部へ戻る。



一部分の液体酸素は空気液化室内の空気流に直接噴霧される。

空気は上方の空気取入口から流入し、空気冷媒の空気予冷器と水素冷媒の空気予冷器を通過して約90 Kまで冷却され、その後空気液化器に入る。空気液化器では液体酸素の噴霧、液体酸素の熱交換、水素の熱交換によって空気が液化される。

液化した空気は液化空気メインポンプで増圧され、燃焼室の冷却ジャケット、空気予冷器を通過してタービンに入り、その後燃焼室へ供給され燃焼する。

尚、空気液化器からタンク上部へ戻った22 Kの液体水素と75 Kの液体酸素は(2)項の高マッハ数の作動および(3)項のロケット作動の推進剤として使用される。

#### (2) マッハ3からマッハ12までの作動

マッハ数が高くなるとラム圧力が上昇し空気の液化温度の上昇、液化潜熱の減少により液化効率は著しく向上する。

従って、マッハ3からマッハ12の速度範囲においては、空気液化量増大のための液体酸素と液体水素のタンクへの循環は不要となる。

#### (3) マッハ12以上の作動

マッハ12以上ではバルブA、Bの切換えにより純粋なロケット作動となる。

### 4.3 飛行軌道

空気液化サイクルエンジンを搭載した宇宙往還機の飛行軌道の一例を図2に示す。

図2は動圧が0.4 kg/cm<sup>2</sup>以下となるように軌道を選定したものである。

図3は他型式のロケットの飛行軌道との比較を示す。

空気液化サイクルは垂直に発射され、マッハ3程度までは通常のロケットと同一の軌道を通り、それ以降は低高度を飛ぶ。

空気液化サイクルとラム・ジェットとの軌道を比較するとラム・ジェットは比較的低空の空気の濃い領域を飛行するのに対し、空気液化サイクルは高空の薄い領域を飛行する。

従って、空気液化サイクルの方が、ラム・ジェットより機体の空力加熱、荷重、抵抗等の問題が軽減される。

#### 4.4 主要諸元および構想図

1例として推力500 ton級の空気液化サイクルエンジンの構想図を図4に示す。図4は上半分が断面図、下半分が外観図である。

#### 4.5 開発上の主要事項

空気液化サイクルエンジンの開発上のキー・テクノロジーはつぎのとおりである。

- (1) 高効率、軽量熱交換器
- (2) 低正味吸込水頭液化空気ポンプ
- (3) 液化空気再生冷却燃焼室
- (4) 推力、混合比、吸入空気の制御機構

##### (1) 高効率、軽量熱交換器

空気液化サイクルの技術上の第一の問題点は、空気液化に際して生ずる固化物質（ $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 等）が熱交換器の伝熱面に付着し、熱伝達率を低下させることである。

これは熱交換器を流れる空気流速を充分速くとり、しかも熱交換器のチューブの間隔と外径を大きくとれば、固化物質の付着はさけられる。しかし、これでは空気の圧力損失が増大し、液化の効率が低下し、熱交換器の重量も増加する。

従って、熱交換器のチューブの間隔、外径と空気の流速を適度を選び、高効率で軽量な熱交換器を設計、製作することが課題となる。

##### (2) 低正味吸込水頭液化空気ポンプ

空気液化室で液化した空気はほとんど飽和状態にあると考えられ、きわめて正味吸込水頭が小さい。

これを吸込み、高圧まで昇圧するポンプが必要となる。

### (3) 液化空気再生冷却燃焼室

エンジンシステム上、燃焼室の冷媒は、液体水素を用いるよりも液化空気を用いた方が性能が高い。

従って、燃焼室は液化空気による再生冷却となるが、現在、液化空気に関する冷却データは皆無の状態にある。

### (4) 推力、混合比、吸込空気の制御機構

マッハ数の変化に伴って推力、混合比、吸入空気量を変動させることが必要である。

このため精度の良い制御機構が必要となる。

## 5. 空気液化サイクルエンジンに関する空気液化基礎試験

4.5 項の開発上の注意事項のうち、最も難度の高い(1)項の高効率、軽量熱交換器について、空気液化に際して生ずる固化物質 ( $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$  等) の除去に関する基礎試験を実施した。

### 5.1 試験目的

空気液化の際の固化物質 ( $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ ) の除去に関する基礎データの取得である。ここで参考のため空気の組成および各組成の沸騰点、凝固点を表1に示す。

ここで Ar は液化空気に溶解し、He、Ne は液化せずガス状で残る。

### 5.2 実施項目

推力 300 kg 級熱交換器を試作し、液化試験を行ない、空気の流速、チューブ配列、温度に対するドライアイス、氷の付着状況を把握した。

試験中の熱交換器チューブへの霜の付着状況を図5に、試験後の熱交換器チューブの霜の付着状況を図6に示す。図5は試験中で、熱交換器のチューブのまわりに適度な空気の流れがあるため、霜の付着はそれ程発達しない。これはある程度まで霜が成長してチューブへの付着量が多くなると、空気流によって後流へ流されるためである。

図6は試験後、空気流がなくなり、霜が成長して来た状態を示すものである。

液化試験は予冷の条件、液体水素の流量、エゼクター真空度をかえて合計6回実施し、6回共、液化空気を製造することに成功し、所定のデータを取得した。

### 5.3 試験成果

- (1) 最も心配していたCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Oの目づまりもなく極めて容易に液化空気を製造できることを確認した。
- (2) 試験設備の制約により所定のLH<sub>2</sub>冷却流量、空気液化流量は得られなかったものの、空気/水素流量比は目標値に近い値を得ることができた。
- (3) 空気液化の過程を16%フィルムに収めることができ、熱交換器設計にあたってのベースデータとすることができた。

## 6. あとがき

宇宙往還機用の推進システムの一候補として、空気液化サイクルエンジンの特徴、基礎試験状況について概要を示した。

空気液化サイクルエンジンの開発で最も困難視されていた空気液化の成功により、本エンジンの開発に明るい見通しを得たと考える。今後はより大型の供試体を用いて実用化試験を実施する予定である。

本研究が日本の宇宙開発の一助となれば幸である。

### 〈追記〉

固い話のあとで、少々くだけた話を1つ。

本文のまえがきで近代ロケットの開発の歴史について触れたが、それでは、ロケットの本当の発明者は誰なのだろうかと言う点について、全くの独断と偏見で述べさせていただく。

物の本にはロケットの発明は13世紀の中国で、ジンギスカンの第3王子オガイが河南省の主都開封を攻撃した時、開封の守備軍が火箭と云うロケット推進の矢を使用したとある。

しかし、筆者は、これ以前にロケット推進を使った者がいたと信ずる。それは

魔法使いである。よくマンガに魔法使いがほうきの上にもたがって飛んでいる面があるが、あれは事実であって作り話ではない。このほうきが実はロケットであって、おそらく金属製のパイプの外側に耐圧と断熱のために藁等を巻き、中に火薬の粉をつめたもので、パイプの後端から噴出される炎が円錐状に拡がるため、ちょうど、ほうきのように見えたのである。

火薬の粉を押しかためる固さで燃速を定め、推力を調節し、ほうきに乗る位置と方向で姿勢制御、方向制御を行ったものと思う。

おそらく、飛昇は命がけであったろうし、高度な操縦技術が必要であったと思われるが、何れにしてもロケット推進を用いたはじめての有人飛行であった。

(三菱重工 名航 発動機部)

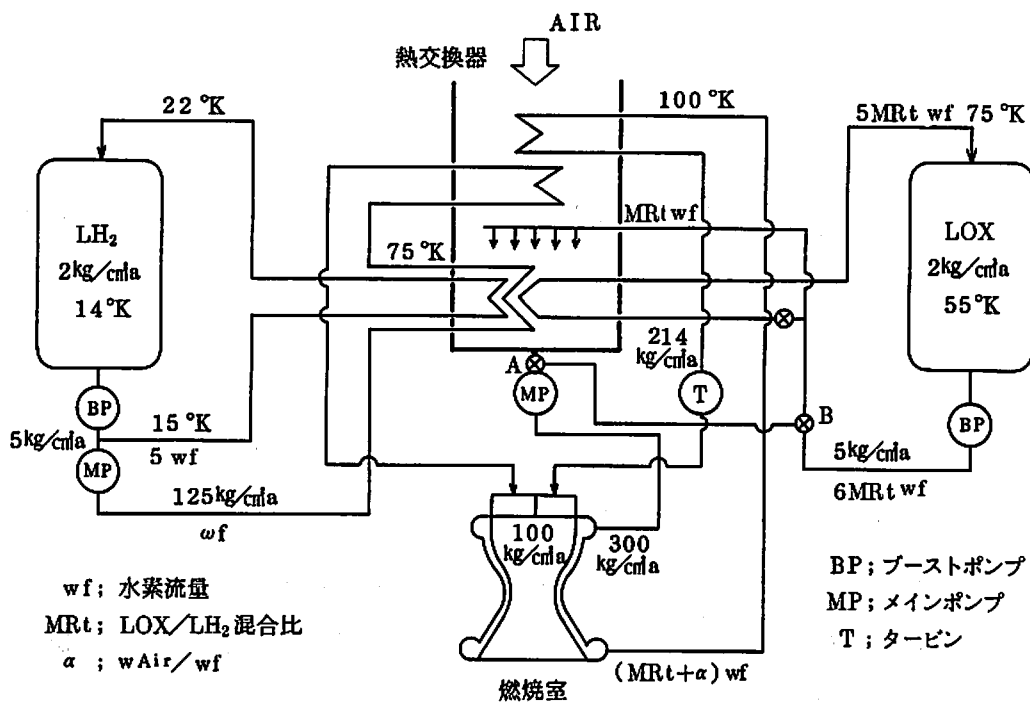


図1 空気液化サイクルエンジン系統図

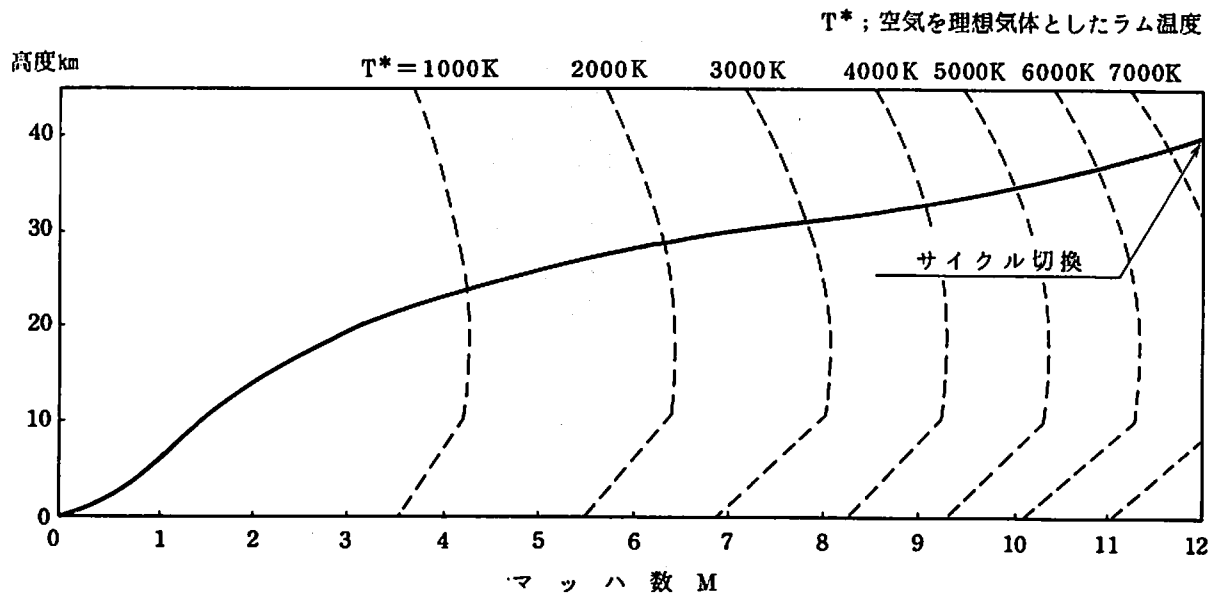


図2 フライト軌道

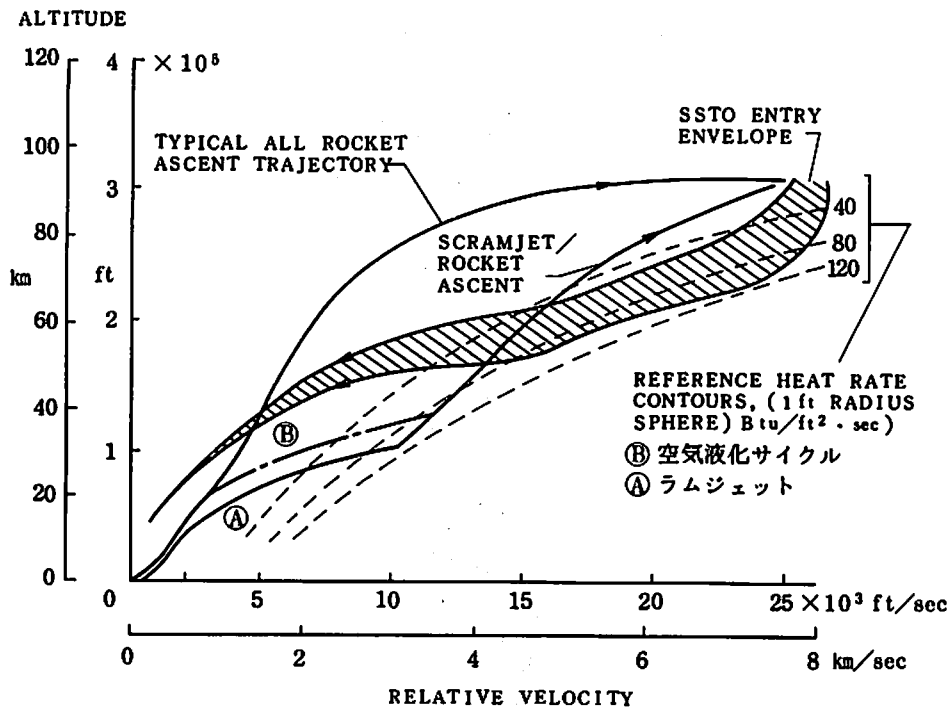


図3 各型式のロケットの飛行軌道の比較

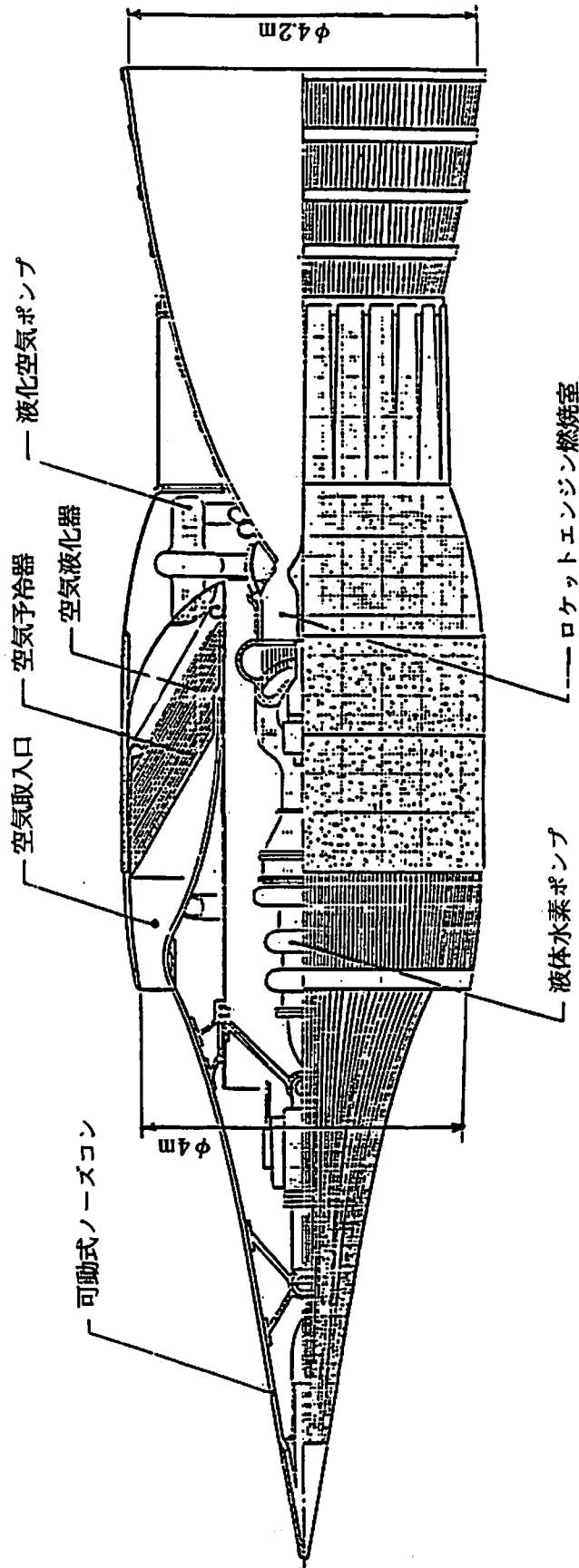


図4 推力500トン空気液化サイクルロケットエンジン構想図

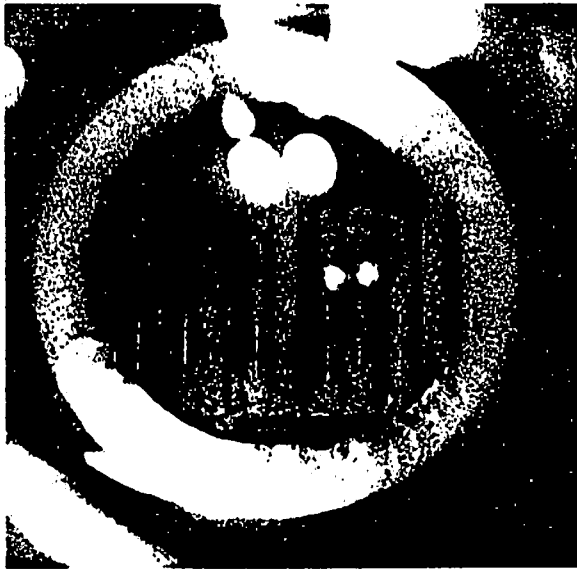


図5 試験中の熱交換チューブの霜付着状況

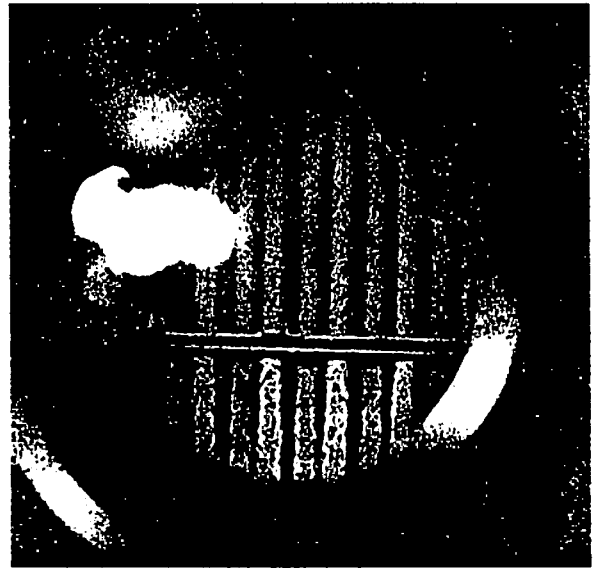


図6 試験後の熱交換チューブの霜付着状況

表1 空気の組成とその沸騰点、凝固点

組成	容積 (%)	重量 (%)	沸騰点 (°K)	凝固点 (°K)
N <sub>2</sub>	78.09	75.12	77.2	63.1
O <sub>2</sub>	20.95	23.15	90.0	54.2
◎ Ar	0.93	1.28	87.3	83.7
● CO <sub>2</sub>	0.030	0.046	194.5 (1)	—
○ Ne	0.0018	0.0012	27.1	24.3
○ He	0.0005	0.00007	4.1	0.8
● 水分	1.68 (2)	1.04 (2)	373.0	273.0

注(1)昇華

注(2) 15 °C飽和状態

◎ 液化空気に溶融する

● 空気液化時に固化する

○ ガスとして残る



# 月の開発への疑問

齊藤雅宏

## 1. はじめに

宇宙開発に関する議論で、最近良く聞くのは、太陽発電衛星、スペースコロニーあるいは月等惑星の開発に関するものです。これらの話題はSF小説に近いので、話を聞くだけで楽しくなりますが、その反面で夢物語というレッテルを貼り相手にしない人が少なくないことも事実でしょう。実際、短期的にみてこれらのプロジェクトが立ち上るとは思えませんが、中長期的には可能性があると思います。特にこれらのプロジェクトは巨大な資金を要することもあり、その成否は国民経済的影響に留まらず多少大袈裟に云えば、人類の未来も左右することにもなりかねません。そのため、プロジェクトの実現性、有用性に関し論点を明確にすることは今からでも早過ぎるということはないと思います。そこで本文章は、その論点を浮き上がらせることを目的として、「月の開発」を例に取り、その有用性に関して経済的側面からのアプローチを試みたものです。

方法としては、一般に、プロジェクトの優先順位付け、あるいはGO/NOGOを判断する時に良く使われる、費用・便益分析の考え方に拠り議論を展開します。そのため、第二節では、費用・便益分析の一般的な解説を行い、第三、四節でその分析を月の開発に適用します。第五節では、以上の結果を踏まえ私が思うことを若干述べることにします。

第二節は、あくまで一般的な解説ですので、ここで示したいことは「あるプロジェクトによる社会的効用は、当該プロジェクトにより直接生産される消費財の価格×量 + 当該プロジェクトにより直接産出される中間財の価格×量 - 当該プロジェクトにより直接投入される中間財の価格×量」ということですから、第二節全部を読む時間の無い人は、この結果だけ頭に入れていただければ、後の議論の展開に支障はありません。また、第三、四節で厳密な定量分析を期待されているとすれば、残念ながらその

期待を裏切ることとなるでしょう。本文章では具体的な数字は一切出て来ません。ここでは、費用・便益分析の考え方に拠り議論を展開しているのものであって、定量的な費用・便益分析を行っているではありません。前述したように、本文章の目的は、論点を浮き上がらせることを目的としているのであり、プロジェクトのGO/NOGOを判断することが目的ではないからです。

## 2. 費用・便益分析 (注)

いま、社会は  $n$  人の人から成るものとして、個人  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) の効用は、その人の消費する財の量により定まるものとし、個人  $i$  が消費する第  $j$  財 ( $j = 1, \dots, s$ ) の量を  $X_j^i$  とすると、個人  $i$  の効用関数  $U^i$  は

$$U^i = U^i (X_1^i, \dots, x_s^i) \quad \dots\dots ① \quad \text{で表されます。}$$

あるプロジェクトの実行により、 $x_j^i$  が  $\Delta x_j^i$  だけ変化するとすれば、それによる  $U^i$  の変化は①式を全微分して

$$\Delta U^i = \sum_{j=1}^s (\partial U^i / \partial x_j^i) \Delta X_j^i \quad \dots\dots ② \quad \text{となります。}$$

ここで  $\partial U^i / \partial x_j^i = P_j$  (限界効用=価格) なので②式は

$$\Delta U^i = \sum_{j=1}^s P_j \cdot \Delta X_j^i \quad \dots\dots ③ \quad \text{となります。}$$

一物一価の法則により、ある財の価格は全ての個人にとって同一の値となるので、③式を個人について合計すると、それは社会全体の変化量となります。つまり、プロジェクトの実施による社会全体の効用の変化  $\Delta W$  は

$$\Delta W = \sum_{j=1}^s P_j \cdot \Delta X_j \quad \dots\dots ④ \quad \text{これが基本式となります。}$$

上記の消費財は、直接消費されるものですが、間接的な消費の変化も含まなければなりません(例えば、月の開発により作られた材料で宇宙工場を造り、その宇宙工場で作られる消費財、あるいは月の開発のために材料が振り向けられたことによる消費財の減少など場合です。前者はプラス、後者はマイナスに評価されます。)

つまり、間接的な変化をすべて追跡調査するのは困難であるため、実際の分析

では、間接的な消費財の変化を、直接的な中間財の投入・産出により評価します。これは次の理由により正当化されます。

消費財  $X_j$  は、中間財  $Z_k$  ( $k = 1, \dots, m$ ) によって生産されるものとして、その生産関数を  $X_j = F_j (Z_1, \dots, Z_m) \dots\dots⑤$  とします。

⑤式を全微分して

$$\Delta X_j = \sum_{k=1}^m (\partial F_j / \partial z_k) \Delta z_k \dots\dots⑥ \text{ となります。}$$

利潤最大化の条件は、 $P_j \cdot (\partial F_j / \partial z_k) = P_k \dots\dots⑦$  なので、⑥式の両辺に  $P_j$  を掛け、⑦式を使って

$$P_j \cdot \Delta X_j = \sum_{k=1}^m P_k \cdot \Delta z_k \dots\dots⑧ \text{ が得られます。}$$

この式の意味するところは、消費財の間接的な変化は、中間財の直接的な投入・産出により評価されるということです。

以上より、プロジェクトによる社会的効用の変化  $\Delta W$  は、④及び⑧より

$$\Delta W = \underbrace{\sum_{j=1}^s P_j \cdot \Delta X_j}_{\text{直接生産される消費財による評価}} + \underbrace{\sum_{k=1}^m P_k \cdot \Delta z_k}_{\text{間接的な消費財の変化を中間財の投入・産出で評価したもの}} \dots\dots⑨ \text{ になります。}$$

直接生産される  
消費財による評  
価

間接的な消費財  
の変化を中間財  
の投入・産出で  
評価したもの

⑨式の第二項は、投入はマイナス、産出はプラスとなります。

以上より得られる結論は、「あるプロジェクトによる社会的効用は、当該プロジェクトにより直接生産される消費財の価格×量+当該プロジェクトにより直接産出される中間財の価格×量-当該プロジェクトにより直接投入される中間財の価格×量」ということです。

### 3. 月の開発について（その1）

以下の議論を簡単にするために、

『当該プロジェクトにより直接生産される消費財の価格×量+当該プロジェクトにより直接産出される中間財の価格×量』を  $B_1$  (Benefit)、

『当該プロジェクトにより直接投入される中間財の価格×量』を  $C_1$  (Cost) とします。また、Benefit 及び Cost は時間が異なるため、 $1+i$  で割り ( $i$ : 割引率) 現在価値に直しますが、月の開発ではリスク・プレミアムが大きいので割引率を決定することが困難なこともありここではこの作業は省略します。

一般に、プロジェクトは、 $B > C$  の場合に実行に移されます。しかし、月の開発はそれだけではありません。以下そのことを述べます。

月の開発の目的を主として、月の資源の開発にあるものとして話を進めます（この仮定に大きな誤りはないと思います。）。それでは月の資源（地下資源）は何かというと、Al, Fe, Ti, Si,  $O_2$ , Mg, Ca, Na などです。つまり、月の開発により得られる財は、地球上で得られるものと同じものです。このことは、月の開発と地球の開発は全くの代替関係にあることを示しています。つまり、これらの資源は現在地球上でも生産されていますから、月で同じ資源（財）を生産すれば従来地球上で生産されていた財が生産されなくなる、という意味での代替関係です。

この場合、この財を月で生産した場合のBenefit を  $B_1$

この財を月で生産した場合のCostを  $C_1$

この財を地球上で生産した場合のBenefit を  $B_2$

この財を地球上で生産した場合のCostを  $C_2$

とすると、月の開発プロジェクトが実行に移されるためには

$$B_1 > C_1 \text{ ではなく、 } B_1 - B_2 + C_2 > C_1 \quad \dots\dots\textcircled{10}$$

$$\text{あるいは変形して } B_1 - C_1 > B_2 - C_2 \quad \dots\dots\textcircled{11}$$

となります。なぜなら、代替関係のために  $B_2$  は喪失され、 $C_2$  は、地球上で用いられた労働力等の資源は他の部門で用いられるため、 $C_2$  だけの便益を生み出すからです（機会費用）。

例えば、この世の中が、地球上で鉄だけを生産している社会と仮定し、今、月で鉄を作るプロジェクトを企画しますと月での生産による社会の効用の増分は⑨式で示され、一方、地球上での鉄生産を止めることによる社会の効用の増分は⑨式にマイナスを掛けた式で示され、その二式の和を取ればネットの社会の効用になります。要するにその式が⑩、⑪式であるわけです。

「月の開発を全くの無人機械で行えば、それは地球との代替関係がないから、 $B_1 > C_1$  の関係であり  $B_1 - C_1 > B_2 - C_2$  ではない」という反論がありそうですがその考えも誤っています。というのは、その無人機械をもし地球上で使用していたらそれによりBenefit 及びCostが発生します。つまり、何らかの材料を使用してAプロジェクトを行う場合は、もしその材料をBプロジェクトで使用したら、AプロジェクトのBenefit はBプロジェクトのCostになり、AプロジェクトのCostはBプロジェクトのBenefit になるという恒等関係があるということです。

さて、⑩式  $B_1 - C_1 > B_2 - C_2$  からいくつかのことがわかります。第一に、月の開発は、 $B_2$  が小さく  $C_2$  が大きいほど行われ易くなります。つまり、地球上で資源開発を行うことの便益がより低下し、費用がより上昇する場合があります。資源の枯渇化、あるいは資源開発に伴う公害等の発生によるコスト高などが考えられます。

第二に、⑩式を変形し  $B_1 > (B_2 - C_2) + C_1$  が得られます。この式から月の開発プロジェクトが実施されるためには、当該プロジェクトに係るコストにプラスして、地球上で従来行われているプロジェクトの利益以上の便益が必要であるということです。

#### 4. 月の開発について（その2）

前節で示したように、月の開発が実施されるためには、 $B_1 - C_1 > B_2 - C_2$  を満たさなければなりません。そしてこの場合、 $C_2$ 、 $C_1$  は⑨式により、財を生産する時の中間財の投入で示されますが、ここでは財を宇宙空間で使用する（地球周辺軌道上の施設に利用するなど）を想定し

$$B_1 - C_1 > B_2 - (C_2 + x) \quad x: \text{地上から軌道上への 輸送費} \dots\dots⑫$$

とします。さて、ここで、 $B_1 - B_2 = 0$ となります。なぜならば、月と地球上で同じ財が生産されるので、（完全競争状態にあるとすれば）需要価格も需要量も変化はないと思われます。そのため $B_1 = B_2$ となると思われます（このことはもちろん $x$ を想定しない場合でも成立します）。

以上より、⑫式は、 $C_2 > C_1 - x \dots\dots$ ⑬ となります。

月の開発が行われるためには、⑬式の不等式が大きな値になればなるほど良いこととなります。そのためには、 $C_1$ がより小さく、あるいは $x$ がより大きいことが必要です。しかし $C_1$ を小さくすることと $x$ を大きくすることは同時に満たされることはありません。なぜなら、 $C_1$ は正確には $C_1(x)$ 、つまり $x$ の増加関数だからです。そのため $C_1$ を小さくすれば、それは $x$ も小さいということを意味しますが、その場合 $x$ が小さければそもそも月を利用する必要性は失われ、地球から打上げれば良いということとなります。

また、逆に $x$ が大きければ月を利用する有効性はありますが、 $C_1$ も増加してしまいます。結局、⑬式の右辺は一方向的に減少させることはできないので⑬式の不等号が果たして成立するか否かは不明です。

月の生産物を地球上で使用する場合は、 $x$ がゼロですから、 $C_2 > C_1$ が成立すれば良い訳ですが、地球上の生産物との代替財を生産すると仮定するならば、この式は中長期的には常識的に成り立ちません。そこで、月の生産物が利用されるためには、⑬式のように右辺から何らかのコストが差し引かれるような計画である必要があります。そのためには、本節のように地球周辺軌道上の施設に月の生産物を利用する想定は、月の生産物を地球上で使用する想定に比べれば有効でしょう。

## 5. 求められていることは

月の開発やスペースコロニーというとても夢があるように感じられますが、私はこれは悪夢のほうの夢だと思います。

月の開発により「人類は二つめの世界を手に入れる」のではないのです。正解は

「一つを失い、一つを得る」ということだと思えます。人類の持つ資源（例えば労働資源）を一方に振り向ければ一方はおろそかになるのは当然のことでしょう。今、我々は地球という世界を手に入れていますが、このことを前提として、月を手に入れるということは、その分地球を失うということになります。この世の中の費用は全て機会費用であるということを認識しなければなりません。そして、地球をとるか月をとるかを選択は、冷静に分析をしなければなりません。この分析の結果、月をとった方が良いという結論になったら、それは人類が地球に住みにくくなることを意味します。なぜならば、それは地球上での活動の便益が減少し、費用のみが上昇するからです。その時は、人類が「月に進出」するのではなく「地球から追い出される」と云った方が適切でしょう。ですから冒頭で、このようなことは人類にとって「悪夢」であるといったのです。

ここまで読んでいただければ、既にお気づきのことと思いますが、以上の議論は、「月の開発」だけではなく、地上と代替する財を生産するための宇宙開発全てにいえることです。巷間伝えられるところの太陽発電衛星、スペースコロニーなどがそれです。

思うに、これらの構想の思想はあまりに人類の抱える問題に対して対処療法に過ぎるのではないのでしょうか。資源が無いから月に行きましょうとか、人口が多いからスペースコロニーを造りましょうとかいうことだと思えますが、「宇宙を活用する」ということは「地球を捨てる」ということと同値ですから、活用の方ばかり目を向けることに一生懸命で、「捨てる」とことに関する議論が不活発なのは片手落ちではないのでしょうか。

さらに、地球上の問題が解決できないからという理由で宇宙へ行っても、そこで再び同じ問題に出会うことは自明です。「人口問題を解決するためにスペースコロニーを造る」という問題を例に取れば、人口問題とはそもそも土地開発政策の失敗、つまり人災ですから、その程度的人类が宇宙へ行っても同じように政策の失敗でつまづくことは目に見えています。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いうことになります。

今までの通信・放送衛星、リモセン衛星及び宇宙実験などの宇宙開発プロジェクトは、それが生み出す財・サービスは、（通信衛星を除いて）地上との代替というよりも新規の需要の創造であったと思います。そのためプロジェクトの費用・便益については、プロジェクトのみの費用・便益を計算すれば良く、機会費用を考慮しなくて済みました。しかし、そのようなプロジェクトはほとんど出尽したと思います。そこで人々の目はより遠大なプロジェクトに向く訳ですが、私は今まで述べてきた理由により、そこに宇宙開発が本来的に抱える壁あるいは限界があるように思います。

（注）この節の展開は、「公共政策」野口悠紀雄 岩波書店を参考にした。

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。



## マーケティングから見た宇宙開発（２）

中井 豊

－はじめに－

通信／放送衛星関連の記事が新聞を賑わしている。それもビジネスの欄に載ることが多くなった。この事は通信／放送衛星事業が正にビジネスとして成り立ってきたことを示している。一般にマーケティングの議論は商業化している分野程馴じみやすいため、筆者はこの市場に目を向けたくなった。

さて本論を始めるに当って筆者が自己設定したのは、「誰がお客様か」という議論と「それでは何を提供すれば良いのか」という問の二つであって、これに沿い世界の衛星市場へのアプローチを概観し、次により具体的な戦術に主題を移していきたい。但し、流れの端々に筆者自身の見解が顔を出すことに気付かれると思うが、これら自身の価値はその内容よりも、より多くのアイデアへの呼び水としてあることを強調したい。ブーズ、アレン&ハミルトン社はこの点に関して全米51社を対象に調査を行ったが、その結果たった1つの「ものになる」新製品を送り出すには、スクリーニングの前段階で58ものアイデアを要したことを報告している。

最後に、本論に先立ち論旨の主体が誰なのか明らかにしておく。つまり本旨の主語を事業団とした時、その歴史、価値観から始まって国内に多くの関連機関が存在することなど内的／外的環境が複雑であることから、後の議論を非常に複雑にする。従って筆者は議論の簡素化の意味合いから日本（株）を主語として展開していくこととした。ただ反面、主語を広く取ってしまうと、個々の文脈の中に衛星を作る側の運用する側に対するアプローチばかりでなく、運用する側のエンドユーザに対するアプローチまで含まれてしまう。もっとも衛星を作る側更には運ぶ側（ロケット）にとって、この様な立ち入った考察が益少ないことにはつながらない。以前にも述べた通り、ボーイング社は作る側の立場を越え旅客サービスについての検討を加え、航空会社の顧客拡大に支援することでB-747の売り上げを伸ばした。

－お客様は誰か－

一体誰が「お客様」なのであろうか。本節では若干なりともこれに答えてみたい。

但し、いきなりこれに入る前にこの問の持つ意味を考え直してみよう。もしマーケティングを外に追いやれば、この問は文字通りの簡単な意味を持つ。しかし店頭でただじっと顧客が来るのを待っているのではなく、製品開発、流通経路の開発、広告等を通して積極的に市場に働きかけるというマーケティングの基本的思想のワク内では、この問はより深い意味を持つに至る。例えば、

- (1) 「お客様」の中には今すぐにでも買う意志を持つ人、買う意志はあるが情報不足、目的の未整理、資金不足等の中で迷っている人（潜在顧客）、そして全く買う意志のない人以上三つの層が含まれている事
- (2) 売る側の提示する製品内容（機能、性能、価格）や流通チャンネルによって対象となる顧客層が変化する事

以上に注意しなければならない。つまり、これらを踏まえて以降世界中で誰が潜在顧客なのかという点を中心に据え進めていくが、提示する製品内容や流通チャンネルによる顧客層の変化についてはその度触れていくことにしたい。

図1は縦軸に国土の広さ、横軸にGNPを取ったもので、図中の数字はそのGNP/面積を持つ国家の数を示しており、且つ黒又は灰色の部分は衛星保有国、準保有国又は地域を表している。新聞等によれば、韓国、タイ、イラン、フィリピン、コロンビア等が衛星の保有を検討中或は過去に検討したことが伝えられており、例えば韓国においては、82年より逡信部（郵政省に当る）を中心に国内通信衛星の保有を検討しており、88年打ち上げを目指し韓国電気通信公社、韓国放送公社、三星半導体、金星電子等の共同出資による新会社を母体として推進する案までに具体化した。これを受け逡信部長官は84年2月、この計画を全大統領に報告したが、彼国の経済事情特に88年にソウルオリンピックを控えている折から、95年頃まで延期の裁定が下った模様である。従って、この様な真剣な姿勢を取りつつある国々も合わせて示せば、図の通り二つの境界A、Bが現われてくることになる。

まず境界Aから明白に見て取れることは、富める国或は広い国程衛星保有の動機が強いことであって、このことは我々の常識を支持している。更に踏み込めば、単独では保有国に成り得なくても、「数国を地域として集める」という積極的なマーケティング活動を行えば新しい顧客を創り出すことができることを物語っている。このアプ



ローチの身近な例としては、ゴルフ場や会員制のスポーツクラブの会員権売買に見られる法人会員制度が最も馴染み深いものであるし、衛星市場では欧州が欧州電気通信連合やアラブ電気通信連合に衛星を供給したのがその好例である。

次に境界Bに目を移そう。筆者は本境界と境界Aの囲む中央の部分が潜在顧客を、言い換えれば、話を持って行けばともかくも耳を傾けてくれる層を示しているのではないかと考える。従ってこの様に見れば国家単位の顧客候補として、台湾、トルコ、アルゼンチン、南アフリカ、ベネズエラ、ナイジェリア、アルジェリア等が候補に登ってくる(表1)。更にその総面積/総GNPがこの境界を越えれば、どの地域が有力かについても目算が立てられよう。但し、無作意に組み合わせを並べたてても無意味であるのは間違いない。代表的な条件としては以下のものが考えられる。

(1) 経済的につながりの強い事。この例として、インドネシアのバラバがアセアン域内通信衛星としての性格を併せ持つことは有名である。

(2) 文化的、歴史的につながりの強い事。例えば宗主国と被宗主国、或いは宗教、言語等を共有する国々等が考えられる。但し、伝えられる通り最近のアラブサットの経営不振は教訓的である。

(3) 受け皿となる機関又は軸となる国家が存在する事。

以上の条件を勘案すれば、地域としてまとまった顧客候補として、日本+アメリカ、日本+NICS諸国(新興工業国家;韓国、台湾、香港、シンガポール)、日本+アセアン諸国、南米諸国、スペイン+中南米諸国、アフリカ諸国等が考えられる。

さて以上までの文脈について若干注釈を添えておきたい。第一に、上の回答はそれ自身の正誤という問題をかかえているもののその前に、衛星が何基、トランスポンダが何台見込めるかという需要「量」の議論までには至っていない。第二の点は本節が「お客様」を国家と想定している事である。この仮定は、中後進国の衛星保有が国或は公社が関与するという意味で明らかにナショナルプロジェクトの意義を持つであろうから、概ね有意であろうと考える。しかしながら、米国の様な先進国においては民間企業が通信/放送衛星を保有するまでに成熟しているため、この様な仮定の有効性は薄れてくる。つまり、日本製の衛星が欧米地域に参入する様な状況がもし起これば、国家を顧客とするアプローチから一步踏みこんで、例えば大企業、労働組合等

	アジア圏	欧州圏	米圏
国家	<p>【潜在顧客】</p> <p>韓国 台湾 フィリピン 中国 タイ</p> <p>【顧客】</p> <p>インド サウジアラビア オーストラリア</p>	<p>【潜在顧客】</p> <p>トルコ スペイン ユーゴスラビア イラン ナイジェリア アルジェリア 南アフリカ オランダ スイス ベルギー ノルウェー</p>	<p>【潜在顧客】</p> <p>アルゼンチン コロンビア ベネズエラ</p> <p>【顧客】</p> <p>メキシコ カナダ ブラジル</p>
地域	<p>【潜在顧客例】</p> <p>日本+アメリカ 日本+NIC S諸国 日本+アセアン諸国</p> <p>【顧客例】</p> <p>南アジア諸国 アンザス諸国 中東諸国 アセアン諸国</p>	<p>【顧客例】</p> <p>アフリカ諸国 北欧諸国</p>	<p>【潜在顧客例】</p> <p>南米諸国</p> <p>【顧客例】</p> <p>中米諸国 カリブ海諸国</p>

注：欧米本国・地域はリストから外した。

表1. 顧客リスト

全国に広がる社会組織を顧客とするような、キメ細かいターゲティングが必要となろう。米国のSouthern Pacific Communication Corpでは、その衛星Spacenet-1の大手顧客リストの中にバプチスト教会が含まれている。彼らはSpacenet-1の利用計画として、全米で10,000もの共同受信局を設置することを言明した。

—どんな物を作れば良いか—

では次にどの様な物を作れば良いのであろうか。衛星は非常に多くの顔を持っており、製品（機能、性能）を位置付けていく過程の成否は、重量、電力、信頼性、寿命等の多くの属性から何に注目するかによってほぼ決定されてしまう。この中で、重量VS電力、信頼製VSコストなどがすぐ頭に浮かぶが、本節では試みに「軌道上での柔軟性VSコスト」の切り口を用意してみた。これは重量VS電力についてはあまりにポピュラーであること、そして信頼製VSコストについては前号の議論がほぼ当てはまることから、これらを除外したものである。ここでいう柔軟性とは、技術的に見れば軌道上の回線がより自在に利用できるかということの意味している。例えば大型衛星はペイロード重量当りのコストは下がるものの、衛星一基当りの搭載量が多いためペイロードの遊休化が問題となるのは良く知られている。つまり、需要の伸びに対してキメ細く回線を提供していくことが困難で柔軟性に乏しい。反対に回線のリース制はユーザが容易に事業を拡大又は縮小できるという点で柔軟性に富む。従って、ここで柔軟性は消極的には事業リスクの低減、積極的にはビジネスチャンスへのすばやい対応という意味を持つ。図2は縦軸に柔軟性を、横軸にコストを取っており、更にもう一つの縦軸として、単位重量当りのコスト（以下、経済効率と言う。）を付加しているもので、図中央の円はHS-376(HAC)、SATCOM(RCA)、ECS(British Aerospace)、Spacebas-200(Aerospacial)等各バスを使用した静止重量約540～700kgの中型衛星を示している。現在軌道上にある衛星にはこれ以外に大型/超大型衛星もあるが、このクラスが全体の約80%（軍/NASAを除く；更にインテルサットを除くと約90%になる）を占めている状況を踏まえ且つ論旨を簡素にする目的で、現状をこの円で代表させたにすぎない。

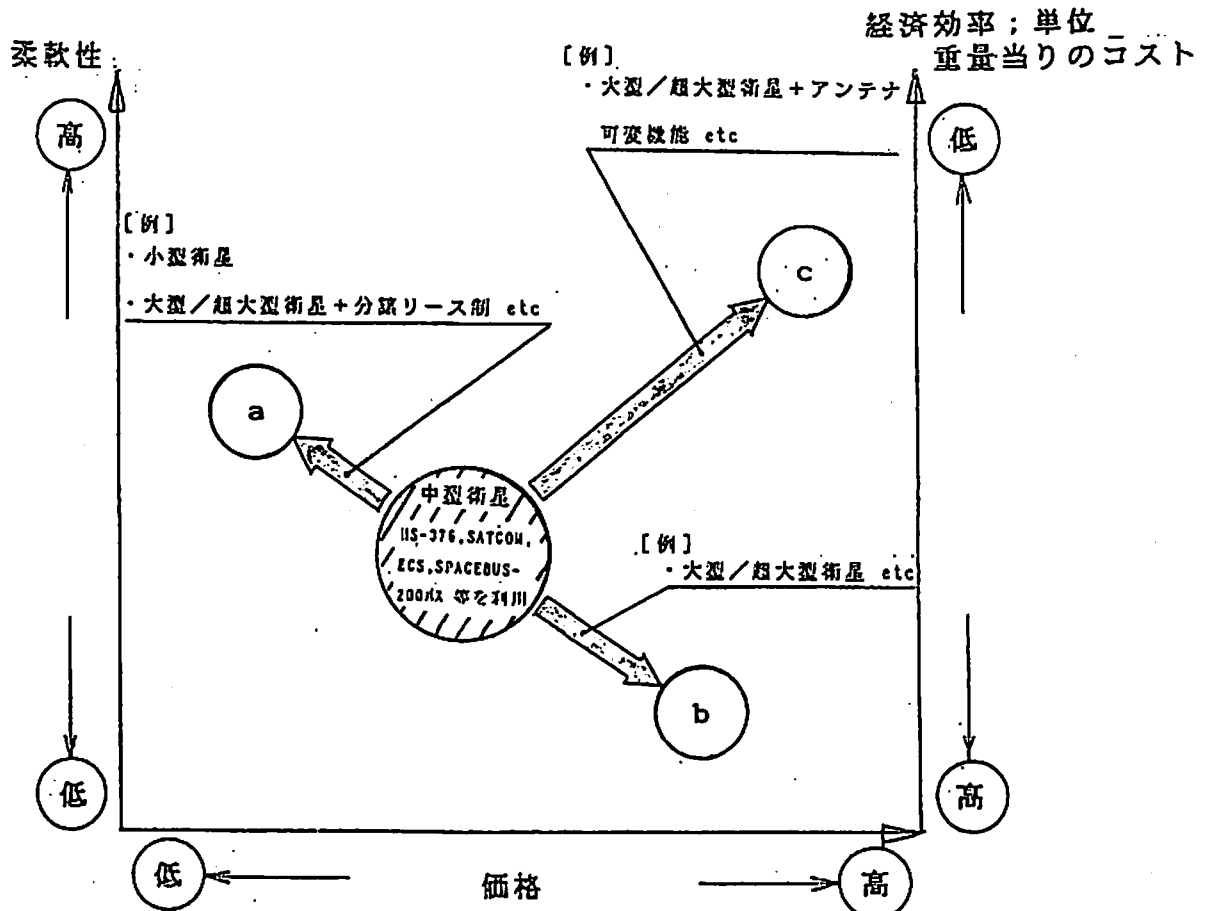


図2. 柔軟性/経済効率 VS 価格から見た通信/放送衛星市場

ここにおいて、考える戦略は大筋以下の三つに要約できる。

- (1) 低価格戦略
- (2) 高経済効率戦略
- (3) 高柔軟性戦略

但し、実際にはこれらの戦略ベクトル個々にどの様な重みを付けて混合していくかが問題となる。この意味で以降、これらの戦略的方向に概ね一致するであろう具体的な戦術例を掲げる。

- (1) 低価格戦略と概略方向が同じ戦術の例としては、小型衛星や大型衛星の分譲リース制等が思いつく。これらの戦術は、低価格に加えて前述の通り柔軟性にも恵まれているが、反面経済効率は低い(図中a)。なお、図1から見ればこの戦略は境界A, Bを左上に押しやり、新たな潜在顧客を創り出す。
- (2) 高経済効率戦略に沿った戦術例としては、衛星の大型化が良く知られている。

しかしながら、大型化は全体コストを押し上げ且つ前述の通り柔軟性に乏しい（図中b）。

（3）高柔軟性戦略に沿った例には、大型／超大型衛星に軌道上での各種スイッチングやアンテナの可変機能を付加する戦術がある。つまり、この様に柔軟性を押し進めていけば、軌道に乗った後通信需要の分布が計画と異なっていたり、又時々刻々と需要の地理的分布が変化するような場合に即座に対応することが可能となるわけで、リスクの低減／チャンスの的確な把握に力を発揮するであろう。但しこの戦術は柔軟性に富むものの、高コストであり且つ経済効率は低い。なお、この様に高い柔軟性を持つ衛星はより高い資産価値を持つであろうから、ある企業が衛星通信事業からの撤退を決意し、他社に軌道上の衛星を売却する場合により有益なものとなろう（図中c）。

さてこの様に各戦略／戦術の特徴を整理すれば、次にどの「お客様」にどの戦略を取るべきかに話を移すことができる。つまり中後進国又は地域、或いは大企業等をターゲットとすれば、ともかくも彼らに手の届く範囲の価格を提示しなければならないから、（1）の戦略を取る必要がある。一方、先進国又は地域、或いは大企業群をターゲットとすれば、彼らは豊かであり且つ多くの需要を期待できるから高い価格をいとわないであろうし、他方彼らはよりビジネスに敏感であろうから、高い経済効率か高い柔軟性を望むものと想像される。従って、彼らに対しては（2）又は（3）の戦略を取るのが妥当であろう。

最後に、このワク組みから、米国の二大メーカーであるヒューズ社とRCA社の動きを眺めてみよう（図3）。この二社を選んだ理由は、両者が世界の市場を二分するスター的存在であるからである。ヒューズ社はベストセラーで有名なスピン型衛星のHS-376バスに見られる様に、信頼性を武器として世界全体で70%にも及ぶシェアを築いたマーケットリーダーである。同社はこのHS-376バス以外に超大型のHS-381バスを提供していることに加え、大型バスであるHS-393/394（394は大電力用）そして小型バスであるHS-399を世に送り出す。この流れを要約すれば、同社の戦略は図a～bまでの広い範囲にわたって製品を出すこと、つまり顧客に多くのメニューを提示することであって、ビール会社が多くのサイズと機能を持つ製品群を提供しているなど



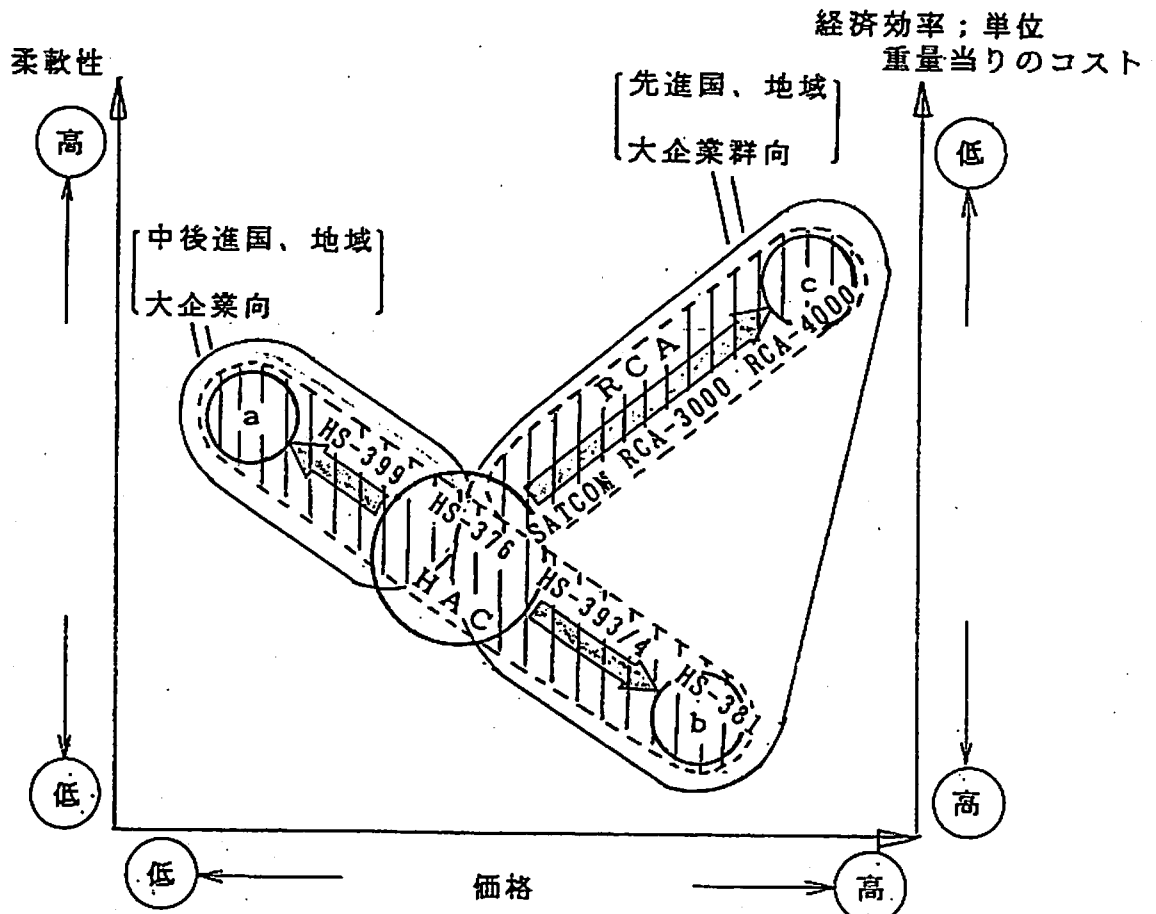


図3. 各セグメントと代表的顧客例、及びH A C社/R C A社の戦略

この戦術の例には例には事欠かない。特に目を引くのが小型バスのHS-399（静止重量約320kg）の発表であって、筆者の目には中後進国を狙った野心的なものに映る。これに対抗してR C A社はSATCOM（中型）、RCA-3000（大型）、RCA-4000（超大型）バスと揃えているが特徴的なのは、軌道上でのR F出力レベルやアンテナパターンの切り換え等に見られる様な高い柔軟性を提供していることである（中央の円からcに至るまで）。例えばGSTAR(SATCOM)はアンテナパターンを東部アメリカ、西部アメリカ、全米用と切り換える機能を持っているし、STC(同上)はこの他にスイッチングにより帯域を広げることが可能である。又SATCOM K1～4はR F出力が可変である。R C A社の全米市場に限ってのシェアは58%（軍/NASAを除く80～86年までの米国内売上げより算出した。）で、ヒューズ社のそれ40%を上回っているという事実は、より柔軟且つきめ細かいサービスを提供するという戦略が利に悟い米国の風土に合っているからであろうと想像される。

## －弱者が生きる－

以上までは世界中の顧客候補の洗い出しと、どの様な製品を提供するかについて概観してきた。では次に、「弱者（日本）が強者（欧米）との競争の中でどの様に闘っていくか」という観点からより具体的に話を進めていきたい。弱者が生き抜く方法は「たった一つ」である。それは華やかな正面攻撃ではなく、市場のスキ間或いは強者の弱い部分を見つけ、極力限定した前線に持てる経営資源を集中し、個々の戦鬪に勝ちながら、そこに確固たる基盤を築くことである。競争におけるこの鉄則はそのまま宇宙開発にもあてはまるであろうが、ここで二つの事に注意する必要がある。第一は、弱者（技術的にも、財務的にも）がその参入を決意した市場セグメントにおいて提供する製品の競争力（単位コスト当りの総合サービス・性能）が強者のそれよりも大巾に劣っている場合は、いかに策をつくしてみても見込みが少ないということである。戦略論がいかに流行ろうと技術の裏付けがなければ価値はない。第二は、一般に上の戦略において最初の戦鬪に見られる華やかな戦術に目を奪われがちであるということである。どの様な弱者でも唯一つの製品に賭け、且つコスト割れを覚悟してまで低価格を設定すれば始めの内は勝つことができよう。但し強者がその高い技術力と豊富な資金力にものを言わせ、この部分に迅速且つ強力に反撃（例えば、より高い性能を持つ製品を開発したり、或いは赤字を出してまでより低い価格を提示する）を始めれば、いずれ弱者の体力は尽き倒産に追い込まれる。つまり、「勝つ」ということは初期の攻撃に成功することを含むとともに、更に重要なことは強者の反撃に耐え体力（競争力の向上）がつくまで時間をかせぎ、最終的に目標セグメントにしっかり根を下すことである。弱者の生き残りとしェア拡大はこのプロセスの成功と失敗の連続からもたらされる。

さて本節は総合サービス・性能／コストが欧米のそれと比べて上回りはしないものの大きく劣らない水準にあるという条件の基に、初期の戦鬪にまず勝つための戦術例をいくつか提示することにより的を絞る。従って、参入後の欧米の反応に対する予想と対策、そしてこの間の体力向上のプロセス等の議論は残される。

### <市場のスキ間>

市場のスキ間として衆目の一致する所はアジア圏である。このアジア広くは環太平

洋圏の持つ豊かな潜在需要は、話題の環太平洋通信／放送衛星構想等の中でしばしば論じられる所であって、ここで再めて引き合いに出すまでもない。それでは競争状況から見ればどうであろうか。図4は州別（アジア圏、米国圏、欧州圏）の軸の他に、国家／地域／国際の軸を加えて欧米の動きを整理したものである。これを見れば両者の戦略は概略同じであって、自国の影響力の強い所を重視し、且つ地域市場への接近（米国／大西洋地域市場；Pannamsat,Cygnus等の非インテルサット系衛星、又欧州／同地域、中東、北欧等；Telecom-1,Unisat,F-sat,Arabsat,Telex等）を強めているのがわかる。従ってその潜在需要ばかりでなく、競争状況から見てもアジア圏、中でも地域市場が市場のスキ間の代表例と考えられる。以下、このアジアの代表的な国々、主にNIC S諸国を中心に概観する。

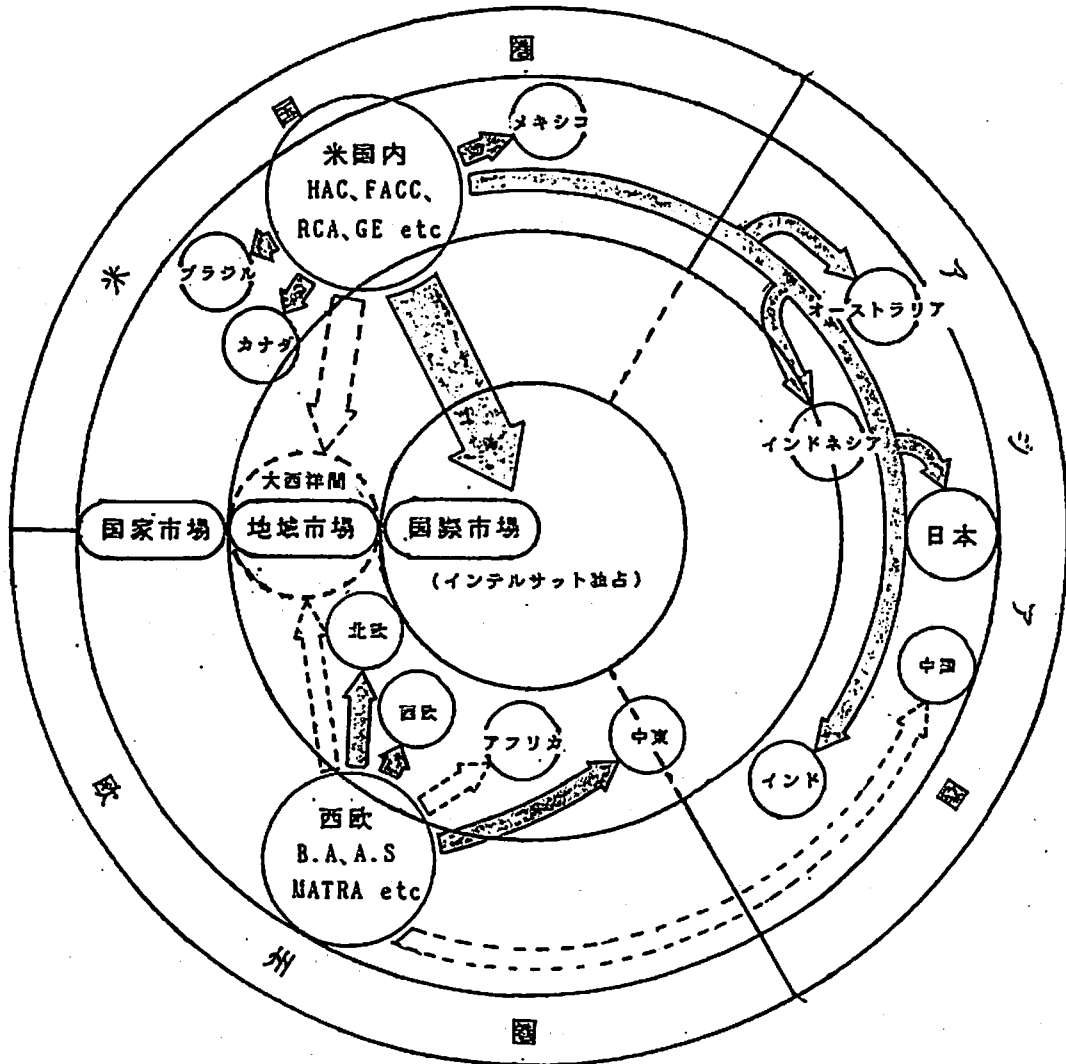


図4. 州別 VS 国家／地域／国際市場から見た欧米の動向

- (1) 香港とシンガポールはいわゆるアジアダラーとして知られるアジアの金融センターであって、市場解放後の東京市場の急成長を加えれば、この三つがアジアの金融の中心となる。これらの地域には豊かな投資機会を狙って全世界から投資機関が進出し始めており、これに加えて投機的なドルがロンドン-ニューヨーク-香港/シンガポールと地球の自転に沿って激しく世界を駆けめぐる状況では、「休みなく」、世界中の「どこでも」データをやり取りできることが必須の条件である。
- (2) シンガポールは金融・資本市場の育成の他に、情報の集散地として「コンベンション」国家を目標としている。この実現のため同国はアジア最大の総合会議施設であるマリーナスクエアとラッフェلزシティを、そしてアジア最大の空港であるチャンギ国際空港を整備した。この様な国際会議広くはイベント（例えばソウルオリンピック）の成功には「一時的」に「大量」のデータをやりとりできることが条件の一つとなる。
- (3) 貿易、つまり物のやり取りが拡大するに伴い、行きかう情報の量が増加する。日本・アメリカの貿易規模は世界最大のものであるし、日本、NIC S、アセアン諸国間の貿易は極めて緊密である。84年の日本の輸出規模は1696億ドルだったが、一方NIC S 4ヶ国の総計は実に1354億ドルであって日本の8割に達した。
- (4) 中国は一国家/二制度の原則の基に、広東省深圳に経済特区を設けた。中国はこの出島への外国資本の導入を通して積極的に経済建設を進めているが、この良好な発展のためにも、インフラストラクチュアとしての情報網の迅速な整備を必要とするであろう。

#### <製品/サービスからのアプローチ>

それではアジアの地域市場に参入するに際して、どの様な製品とサービスを提供すれば良いであろうか。以下にいくつかの案を掲げたい。

- (1) 前述の結論によれば、中後進国を多く抱えるアジア圏には、組合せにもよるが概ね、低価格戦略（大型衛星+リース制 or 小型衛星）が適している。過度に高度な機能を有する衛星は価格を押し上げ顧客を追い返すことになるだろう。

- (2) アジア圏の最大の特色は社会／経済の成熟度が大きく異なっている国々の集まりである事であって、このことから多様なニーズが予想されるため、リース制についても長期のリースから時間貸しに至るまで幅広いメニューを用意する必要があるだろう。例えば、いつでも好きな時に待ち時間なしで情報のやりとりを望む顧客には、長期リースによって自分の中継器を確保できるのは魅力的であろう。又、特に放送需要については、例えば中後進国の放送時間が数時間程度であること（タイでは1日約8時間、スリランカでは約4時間等）そして経度の違う国々のゴールデンタイムが経度分だけずれることを考えあわせれば、1本のトランスポンダの時間貸しは効率的であり需要を掘り起こすことができよう。
- (3) 長期リースにより顧客はアジア圏に限って望む時にアクセスできるというサービスを受けられるが、例えば香港とチューリッヒを結ぶ場合にはインド洋上の回線の混み具合により、「いつでも」というサービスを保証できない。従って先に述べたように東京、香港、シンガポールの企業等を引きつけるには、全世界にこのサービスを拡張しなければならない。例えば、インド洋／大西洋上に衛星を持つ機関／企業（例；インド洋／Arabsat, 大西洋／Pannamsat）と相互にトランスポンダを融通しあうかリースしておくという協定を結んでおけば、このニーズを持つ顧客を掘むことができよう。先頃、パンアメリカン航空がドル箱である太平洋路線をユナイテッド航空に売却したのは御存知であろう。同社は経営不振により、その生き残りを賭け大西洋路線にすべての経営資源を投入するのである。同社の不振の原因はカータ大統領時代に遡る。当時、米航空業界は規制緩和の嵐が吹き荒れ、国内線各社が競って国際線に侵入し始めた。国際線専門のパンナムは国内での接続が弱く、赤字が膨れ上っていったのである。
- (4) 常時必要ではないが、前述の国際会議或いはオリンピック等のイベントの開催に伴い、一時的に大量のデータをやり取りする場合は想定される。この様なニーズに対して「スポット」回線を準備しておき、期に応じて貸し出すサービスを行えば有効と思われる。オイルショックの時に有名となったスポット原油はこの意味を持ち、割高ではあるものの柔軟性が高い。

(5) 日本にとって最も優位性を引き出しうるアジアの属性の一つは、アジアの国々が地理的に概ね同一経度に位置していること、要するにこれらの国々と空を共有していることではないかと考える。例えば、衛星に対する追跡管制サービスを日本が行えば、顧客は通信機器を使用することだけに専念できる。つまり欧米の機関特に企業が、本国から遠く離れたアジアの地域に対し、顧客をメンテから解放するというサービスを提供するには大きな投資を必要としよう。

(6) 同様な意味で、ユーザをリスクから守るため衛星の打ち上げ失敗及び軌道上の不具合に際して、余剰のトランスポンダを提供すれば強力なサービスとなろう。欧米がこの種のサービスを行うためには、わざわざこのためのトランスポンダをアジア上空に用意しなければならない。

#### <国際協力/財務的なアプローチ>

以上までは主に製品/サービスを中心として言及してきた。しかし、物売るには良い製品/サービスの実現ばかりに安住してはならない。最後に、外国企業との提携や財務的なアプローチ等から見た戦術例を掲げる。従って以下は衛星だけに限定されるものではなく、広く輸送サービス等への適用も考慮する価値があるかもしれない。

(7) 衛星の一部コンポーネントを欧米メーカーに発注したり、更に極端には欧米において組み立て/製作を行う(国外生産)。今、新聞は円高による輸出品の値上りの記事で一杯である。輸出入の業務において為替リスクは宿命的なものであるが、国際分業によってこのリスクの圧縮又はコストの引き下げが可能である。また、見方を変え欧米のシェアを奪うのではなく新しい需要を満たす場合には、経済摩擦の緩和にも寄与しよう。

(8) 例えばNICS諸国に売る場合、衛星の一部コンポーネントを買い手側である同諸国に発注すれば、国際収支上割り引き販売ができることになるし、且つ彼らが技術のトランスファーを期待している場合は商談が成立しやすい。ゼネラルダイナミックス社はベルギー、デンマーク、オランダ、ノルウェーの4ヶ国に、F16戦闘機を売る際、その4ヶ国に部品と組み立ての注文を出し購入価格の一部を相殺する契約を結んでいる。この戦術のアジアへの適用は、特に三星電子金星電子等を有する韓国が含まれる場合に有効であろう。

(9) 支払いをすべてドル建てで要求するのではなく、一部その国の通貨や主要輸出品（農産物、石油etc）での代替を認める。これは商社の対ソ輸出に見られ、ドル払いの代りにソ連製工業製品や農産物を引き取るビジネスがある。一次産品の不安定な輸出や自国の工業製品の輸出拡大に悩むアジアの中後進国には大きなメリットとなり得る。

(10) 支払い条件に多くのメニューを、例えばさまざまなローン支払い方式を用意する。これは多様な経済事情を持つアジアの国々にキメ細く対応するためである。特に、ミシンやピアノの販売に見られる様な事前の積み立て支払い方式を採用するのもおもしろいかもしれない。もし事前に支払いが行なわれれば、衛星の引き渡しまでの間この資金を運用し（損保会社を介して）、配当、利子から成る余剰資金を価格の引き下げや打ち上げ/寿命保険料の引き下げに転化することもできよう。

—おわりに—

本文においては、自分の意見を強く押し出してみた。当り前の事ではあっても、「自分の意見は何か」を明確にするのに大きな困難を感じる。打ち上げ花火は、それ自身重要である。唯、これらが最も高い次元に位置する企業理念から、実務的な厳しい目に至るまでの広い視野から見て、生き残るかどうかわからない。

なお、本論の構想を固めるに当って、三輪田氏（現、技術試験衛星グループ）から貴重な助言を頂いた。紙面を借りて感謝したい。

筆者は、昭和32年生まれで宇宙開発事業団において衛星開発に従事している。

#### 参考文献

1. Satellite Communication 誌、Satellite Data Book #1~40
2. Satellite Types and Prices Handbook(1985版)、ロイズ社
3. 「アジアは翔る」、日本経済新聞社
4. 「ファイブタイガース」、プレジデント社

他に、新聞記事、世界年鑑、「国際通信に関する諸問題」等を参考にした。

森本 盛

### 第3章 最適な方法は条件によって変わるもの

第1章で、ものごとはバランスの上に成り立っているといいました。そしてどんな人生でも、バランスの最適点を見つける勘を磨くことが大切ともいいました。与えられた条件がちょっと変わっただけで答が逆転することがあります。薬は少なければ効き目がなく、多すぎると毒になります。そして適量は大人と子供とで、強健な人と病弱な人とで変わります。

#### (1) 重点を置くテーマ

この答は、ResearchとDevelopment とで違う筈です。しかしRとDの定義は大変に難しいので、ここでは基礎的な技術が段々と製品に移行してゆく流れを、幾つかの段階に分けて（これをフェーズと呼ぶことにします）考えてみます。

図6の横軸はフェーズです。左端の基礎技術の開発から始まり、右へ移行して右端の製品で終わるのが全体の流れです。しかし我が国の場合、この流れに沿っていないことが多いようです。欧米にくらべて低い基礎技術しか持たない分野では、基礎フェーズの代わりに、内外の既存技術を早く消化吸収して、短時間に自分のものにしてしまう手法がとられています。欧米からは盗むとって嫌われますが、これも評価すべき知恵の一つだと思います。

まずこの手法（キャッチアップ型）について考えます。新規着手といっても、部分的には技術がある筈です。まず今持っている技術レベルの分析が必要です。図中の(a)は、作ろうとする製品を構成するサブシステムを横軸にとり、現有技術の評点を縦軸に表したものです。製品を完成させるためには、全サブシステムを100点にしなければなりません。そのためは、何としても欠けているところ（斜線の部分）を埋めなくてはなりません。まずここに目をつけます。

つぎに各項目に重要度の評点をつけます。技術の地盤固めをしたいときは（R&DからEMまでくらい）、全体システムの設計に影響の大きいものほど重要度が高いといえるでしょう。なぜならば、設計変更、改良、新技術の採用等が自在にできるため



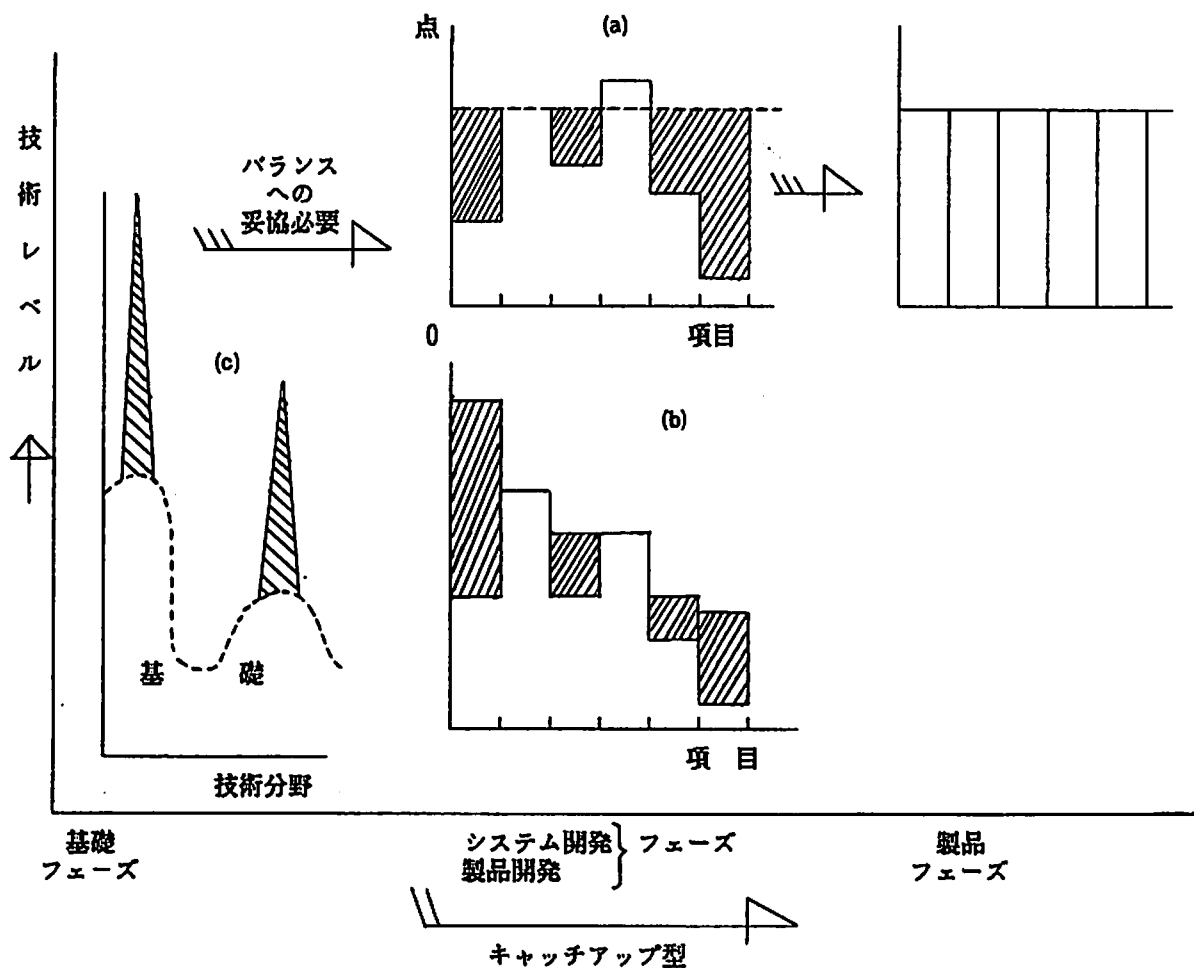


図6

には、その部分を熟知している必要があるからです。また、このことは次の挑戦目標を定めるためにも重要です。

もうひとつ、利用側からの評点を考える必要があります（故障しない、使いやすい等、実機/FMに対する評価）。この場合は、全体の信頼度と機能に与える影響が大きいものが重要といえるでしょう。なかでも初めに動作するもので、冗長系のないところに特に注意する必要があるでしょう。

重要度の分布は図4と同じ指数関数と仮定します。これを図6(a)に掛けると、同図(b)のようになります。この図の斜線部分の大きさが、技術開発の価値をあらわします。この面積に比例して投資するのが効果的といえるでしょう。ETS-VやSARは、この考え方で計画されました。

さて、キャッチアップによる開発の実績ができれば、基礎フェーズからの新技術挑戦を考えることになるでしょう。今度は高いピークレベルを得なくてはなりませんから、得意なところ（高い水準をもっているところ）を狙うのが得策です。図6(c)のピーク状の部分です。さくら（通信衛星）で20/30GHzを狙ったのはこの考え方です。

先程のキャッチアップ型ではレベルの低い部分に投資したのですが、今度はレベルの高い部分に投資するのですから、答はまるで逆になっています。

基礎フェーズで新技術ができたなら、これを製品（システム）に使うための検討に移ります。製品としての実現性や全体システムとの調和の検討です。これは欠陥を補う穴埋め作業ですから、再び頭を切替えてキャッチアップ型に戻します。さくらの通信用トランスポンダやアンテナで、遅れていた軽量化に重点投資がされたのはこの考え方です。ただしこの例では、サブシステムの中味をさらに技術項目にブレークダウンして、その中で遅れていた技術を狙っています。ということは図6(a), (b)の横軸は、サブシステムだけでは不足で、サブシステムをさらにブレークダウンした図も作る必要があるということです。

この段階になると妥協も重要になります。ピークレベルの高い技術ほど幅が狭い（面積一定）と考えるのが妥当でしょう。狭いピークの両側を補強するには（歩止り、安定性、他の構成部との調和等々）、ピークを下げる必要性に迫られます。ピークの高さにこだわりすぎると、せっかくの創作を見殺しにすることがあります。要求時期やコストとのバランスをみる感覚が大切なのです。

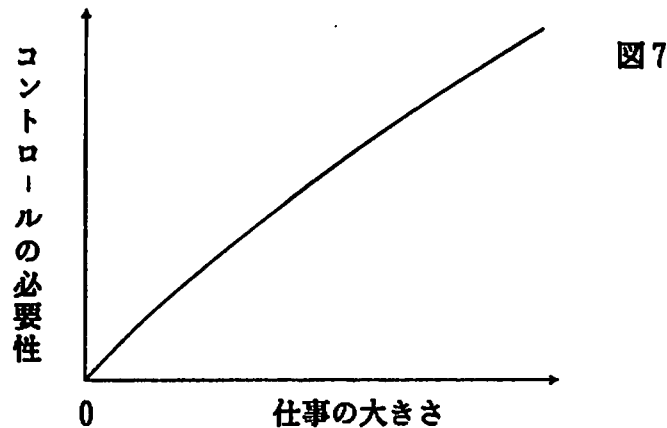
この項で書いたことをスポーツとくらべてみます。スポーツでも、まずほかの人がやっている基本を習います（キャッチアップ段階）。これが身について余裕がでたら、オリジナリティのある難度の高い技を考案し、挑戦します。これがうまくゆくと金メダルになるのです。基本では穴埋めを、オリジナリティは得意なところをねらう点で同じです。

## (2) 組織の運営（拘束か自由か）

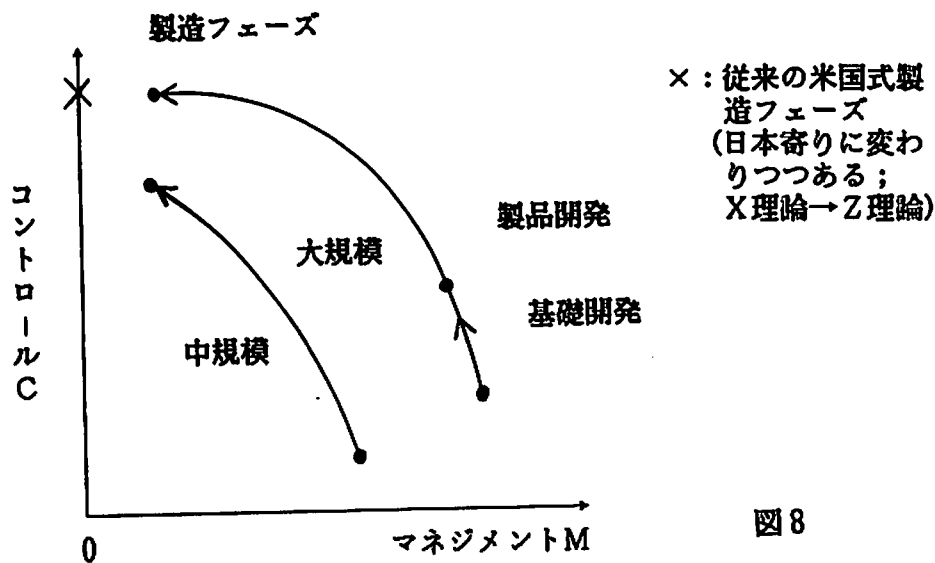
まず頭に浮かぶ「管理」という言葉ですが、意味がアイマイなので混乱を起こすことが多いようです。コントロールと解釈すれば、悪いところを押し込めることで、どちらかといえば形式的かつ機械的な印象です。これをマネジメントと解釈すれば、アウトプットを大きくするのが目的で、良いところを引き出す必要があり、人心の把握などの感や経験に負うところが大きいものと思われれます。前者は守りで、後者は攻めということもできるでしょう。

仕事の性格（必要な人数の大小あるいは前の節で書いた仕事のフェーズの違いなど）

によって、これがどう変わるかを考えてみます。人数を多く必要とする仕事では、成果がかなり組織力に依存するので、コントロールも重要になります。逆に一人のできる仕事の場合には、独自性を発揮させるために自由な方がよいこともあります。アルバイトの人に駆弁を詰めてもらう仕事ではコントロールが必要ですが、有能なシェフは自由な方が良い仕事をするでしょう。図にすると図7のようになります。



ところで大人数を必要とする仕事でも、基礎フェーズ（プロ意識をもった人の集団）と製造フェーズとでは様子がかなり違うように思えます。基礎フェーズでは良い所が伸びる環境が必要であり、製造フェーズでは悪いところを矯正する（PERTによる遅れの管理など）必要があります。



この問題は複素関数かベクトルで表した方がよいようです。〔管理〕 =  $M$  (マネジメント) +  $iC$  (コントロール) として、図8のように表してみました。基礎フェ

ーズでは $M > C$ 、製造フェーズでは $C > M$ という比重が表現できます。また規模が大きくなれば、 $M$ と $C$ の量が増える（人員をとられる）こともあわせませす。このことは、フェーズによる要求の違いが図9のように表わせるのと表裏一体の関係といえます。

宇宙開発は総人工が少ないので、一人で製造フェーズ（プロジェクト）と基礎フェーズ（先行開発）の両方を同時に受け持つことが多い筈です。ここでは頭の切替えが極めて重要です。意識して二重人格者になれる人が理想的です。

成功率（歩止り、期限、信頼性等）

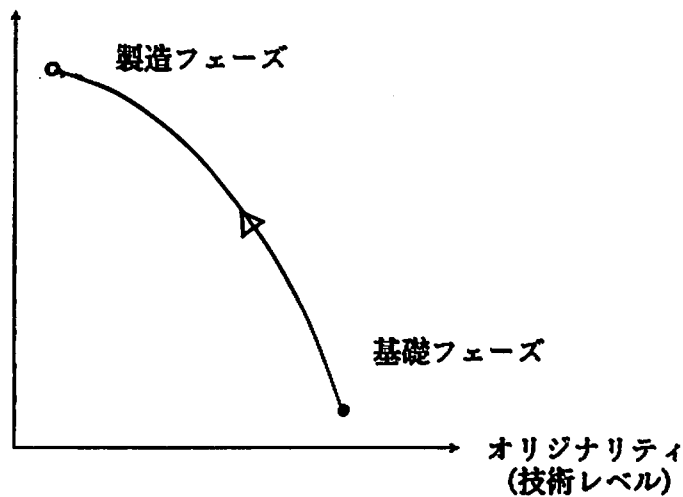


図9

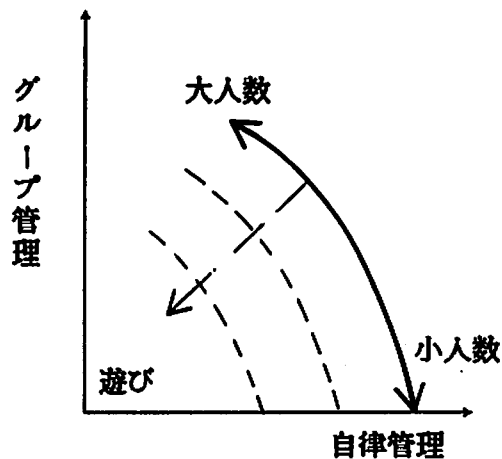


図10

ここで図7をもう一度眺めます。1人でやる仕事には管理は不要なのでしょうか。Job ならば良い成果が求められるのは当然です。漫然と考えたことが良い成果になるとは考えられません。自分で目標を決め、自分を拘束する必要があります。そして目標は厳しく、発想を自由にするよう自律的に行動できるのが理想像でしょう（インナプレッシャの高い人が良い仕事をする人と表現する人もいます）。オリンピックに出る選手はこの条件を満たしている筈です。こう考えてくると、Job の場合は管理が不要ということではなく、管理の形が人数によって変わるということになります。これを、図10のように表してみました。管理のレベルが低いと遊びになってしまいます。研究開発の場合、Job と遊び（又は勉強）との区別がつかなくなりやすいので要注意です。自律管理のできる人ばかりなら、人数に関係なく組織としての管理は不要でしょうが、ケースバイケースで判断せざるをえないのが現実でしょう。

宇宙システムも巨大になればなるほど、システムティックな体制が要求されるでしょう。官庁の組織や規定は大規模な仕事をするための枠組みとして素晴らしいものと思います。規定は集団を前向きにコントロールする原則として重要です。しかし悪いところを矯正する法律のようなものであることを忘れてはなりません。ともすると、規定を守ることがJob だという錯覚がおきます。コントロールは形にはめるロボット的作業なので易しく、マネジメントはとっつきにくいことが作用するのでしょう。規定で仕事を止めることはできますが、動かすことはできません。とくに仕事が細分化されていると、一部分だけやたらに厳密になり、全体としてかえってマイナスになっていることが多いのです。ひとりよがり症候群とでもいうのでしょうか、巨大病院、大企業、官公庁等に多い現象です。

コントロールにも資源が必要です。作業ミスの減少とコントロール要員との関係はおそらく指数関数で、ミスを零にするには無限大の人員が要るでしょう。そこで、コントロール要員増のマイナスと、ミス発生によるマイナスとのバランスを計算しておくことが必要になります。また、組織が古くなりかつ安定しているとコントロールが段々細くなるのが普通の現象です。活性化・効率化のために新しい組織を作るとはよくやられることです。しかし、時間がたつと段々元に戻ります。バランス点を数字で計算することは不可能です。いつも念頭において注意を払い、勤を養うのが大切ということでしょう。

一方、原則が無いのはもっと良くありません。行き当りバッタリでは、各人の行動の道標がなく、右往左往してしまいます。これでは沢山の人を集めても効果はあがりません。すなわち、原則の厳しさと、運用の柔軟さとのバランスをうまくとることが大切なのです。

こんどは実務者の側から見てみましょう。方針がはっきり示されていないから何を考えてよいかわからない、事務処理要領が不備なので個人の努力で解決しなければならないことが多くて大変だ・・・などという人がいるかと思うと、枠にはめられるので自由闊達な仕事ができない、事務処理規定が多くて自由度がないうえに時間をとられる・・・という人もいます。この2人の人の職場をいれかえたら、前の人と同じような不平をいうでしょう。ものごとはずべて、一長一短のバランスでできあがっていますが、この場合は短所の側だけみえています。心理学の帰属理論をあてはめると、ものごとが思うにまかせない原因を自分に帰属させずに、状況側に帰属させて自分なりに説明をつけて安心しているにすぎません。

この2つの例を裏返して比較してみると、両方の良い点がわかります。この良い側に気が付き、それを自分に有利に使う姿勢をもてば、禍い転じて福となります。この姿勢は第2章(3)で書いた「条件は自分で創るもの」と共通しています。矛盾に直面して答をみつけるというトライを続けているうちに、周囲の条件が自分に有利に回転して運が良いと感じるようになったらしめたものです。たぶん良い面の見つけ方、条件の創り方が身についてきたのでしょう。

色々考えましたが、基礎フェーズから製品フェーズまでを手がけるには、図8のように $M > C$ に適する人と $C > M$ に適する人が必要です。この両方に適する人がいれば理想的で、少い人数で多様かつ多量の成果をあげることができます。1人の人が基礎フェーズと製品フェーズとを何年かづつ交互に経験すれば両方の能力が備わるのかもしれませんが。自然現象にも社会現象にも周期関数が多いことと照らしあわせると、意外に無理のないやり方なのかもしれません。とくに受け持ちの技術が基礎フェーズから製造へと移るのに伴って、人も移れば引きつぎはスムーズです。本人にとっても、自由と拘束の得失とバランス点とを感じることができ、また移るたびにリフレッシュもでき、良い着想の機会にも恵まれるのではないのでしょうか。

### (3) 人材

「人づくり」というのは不遜なことばだという人がいます。私もそう思います。人間は向上する意欲をもって生まれているからです。しかし、オオラカに育てたいからといって子供を放任している母親は正しいでしょうか？ 私の祖母は、学問があっても精神的に小兒から發育していない人は高等馬鹿だといっていました。アンバランスを表現して妙といった感じです。まわりの人の行動や心理に対する感度の低い人にきいてみると、家庭の教育環境に共通点があります（恥を教えない）。米国で母親の躰の厳しいのに驚いたことがあります。高等馬鹿を作らない努力に頭が下りました。

では、精神的な發育はなぜ難しいのでしょうか。自分の顔かたちや姿を見るときは鏡を使います。目だけでは自分の体の一部しかみえないので鏡の助けを借ります。同じように自分の行動についても、自分に見えるのは一部分にすぎない。・・・これが原因のようです。精神的成長を助けるには、鏡に相当するものが必要なのです。まず悪いことは悪いと言う必要があります。「愛の鞭を与えない親は、その子を憎んでいる」とバイブルにあるそうです。さらに良いところは良いと言うことが大切です。これで自信がつき、向上心が満足されます。ここが欠けるとアラヌ方向に暴走し、手をつけられなくなります。鏡が大切なことは職場でも同じです。

前置きが長くなりましたが、バランスの面からこの問題をみると、前の(2)と似ています。自由放任か、躰けるかについて図11を書いてみました。

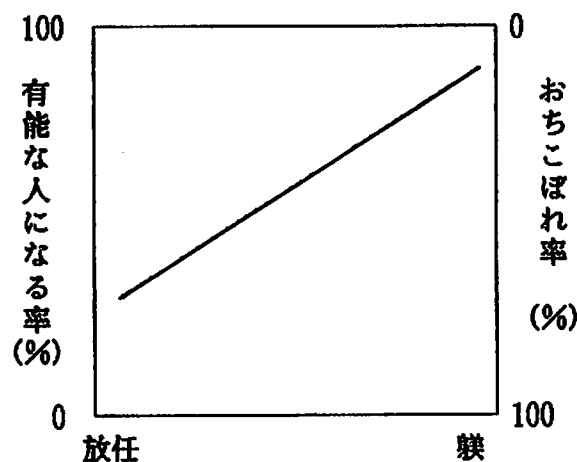


図11

躰については獅子が子供を谷へ落とすのたとえもあります。先輩の経験の伝承等を通じて行う、組織人の基本・技術に対する手法・苦難への耐力などの基礎対応力の涵養です。手を抜くと落ちこぼれ率が高くなり、あとで組織側が苦勞する結果になります。ただし、形式の強制がゆきすぎると、コントロール重点形（硬直指向）やコントロール待ち受け形（自主性自律性にとぼしい）の人が出来る恐れがあります。

そこでもう少し分解して、図12のようにしました。

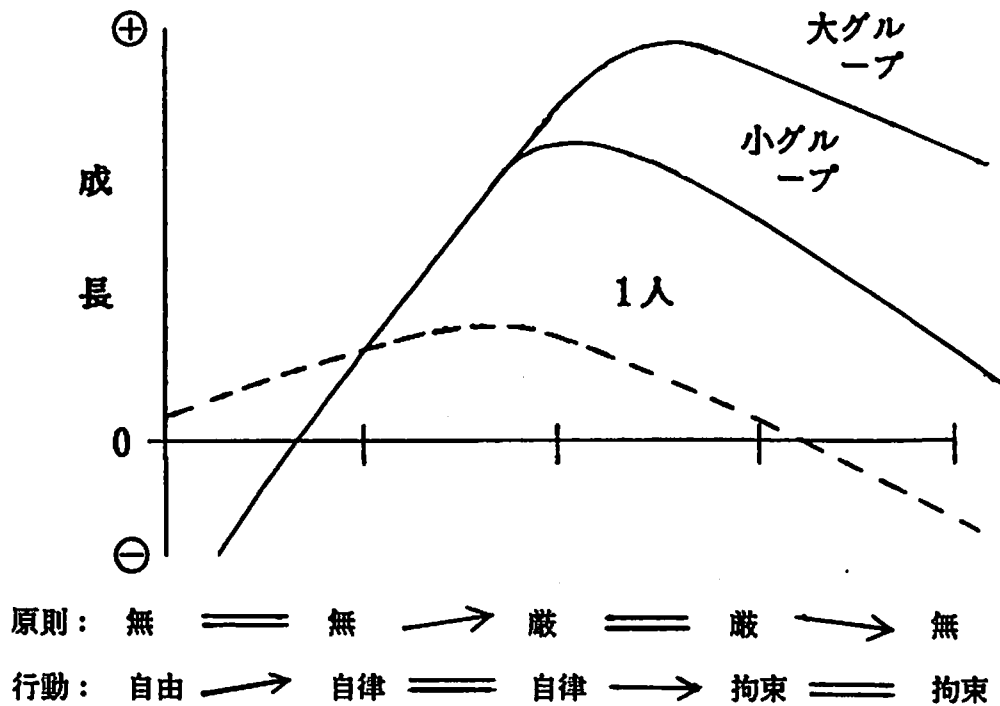


図12

最適点はその人が属する仕事の大きさ（人数）によって違いますが、総体的にみると原則を厳しく徹底し、行動に自由度をもつような環境がよいようです。ただし、自由というのではなく、自律（自分でjobとしての目標をしっかりさせる）とすべきでしょう。大きなグループで仕事をする人は、グループとしてベクトル合わせをする拘束の手法を身につけておく必要があります。技術面で大きなシステムをまとめる方法と、行動の面でグループの一員として行動できることとは、同じ知恵によるものだからです。人数が少ない仕事ほど組織としての拘束は弱くてすみます。しかし組織外の社会にもそれなりの原則があることを忘れてはなりません。それと調和がとれなくてはjobにならないばかりではなく、笑いものにされてしまいます。Jobでは完全に自由という答はなさそうです。



以上、自由と拘束のバランス点を探しましたが、信賞必罰（賞と罰のバランス）も忘れてはなりません。これは、向上意欲をさそい出す動機づけの大原則でしょう。信賞必罰の態度は、言う人にとっても大切なのです。良い点と悪い点をはっきり区別すべきです。うっかり改善されたところを悪いとってしまうと大変です。言った人は実情を理解できない人と思われ、「誰かの受け売りだろうから聴いてもしょうがない、ちゃんと評価してくれる人の意見を聴こう」という雰囲気になってしまいます。前置きのたとえの鏡が歪んでいると、双方に不幸な結果になるのです。

また研究管理者と称する人の中には、部下の発想をタタクのが駄だと思っている人も多いようです。ここでは2つのことが混同されているようです。駄は社会人／組織の一員としての行動の基本を示すことです（これについてはビジネス書があふれているので省きます）。発想の方は本人の能力をひき出す必要があります。叱咤激励だけでは焦るだけになる恐れがあります。始めは、比較的簡単な課題に対する発想を求め、勘どころがわかり自信がつくようにし、段々難しくして、いつももう少しで手が届く状態が理想的でしょう。悩んでいるときはヒントを、発散しすぎるときはまとまるようなサポートを、また発表の機会を沢山つくるなどして、刺戟と自信とをバランスさせる必要があるのでしょうか。いや僅かなアンバランス（あえて矛盾した問い掛けをして刺激のある状態にするなど）があった方がよいかもしれません。

#### (4) その他

ハーバード・ビジネススクールが、最近学内・学外から批判されているそうです。データを中心としたケーススタディ（ソクラテス式問答法）が時代遅れということのようです。たしかに現在は、膨大なデータの収集・処理が短時間にできるので、データ自身の価値は低下し、その料理法に対する高度な知恵が要求されているかもしれません。しかし、それにも増して勘（とくにヒューマンウェア<sup>\*</sup>）を欠くと、細かいところを見ても精度が悪く、粗く見ても全体が見えないというアンバランスを起こします。数字の怖いところは、操作して逆の答がだせるところです。また手段の高度化に熱中して、本来目的・総合判断力が忘れられていることも多いようです。

話は変わりますが、新技術の開発に着手するとき、その技術ができるだけ沢山のものに使えるように仕組んでおく方がリスクが小さく、コストも下がります。しかし、何

\*人間の心に対する勘（文明の発達で低下？）

にでも使えるものは何にも使えない（特徴がない）ということとのバランスに注意しなくてはなりません。

#### (5) 個人の文化

日本の技術風土という言葉はあちこちでよく使われています。また第1章(5)では、組織ごとに特徴的な文化があるといいました。この章で書いた微妙なバランスを見つけ／創り出す勘は、その文化の源ではないでしょうか。そしてこの場合、個人の役割りが大です。個々人が独自の文化を身につけるようにしては如何？文明や情報にあきたらなくなり、個性的な文化が注目される時代になるような気がします。大いに知恵（勘）を磨きましょう。スポーツと同じです。練習の回数がものをいいます。スポーツでは無意識に基本動作ができるようになってこそ、良い記録がだせるのです。Job でもあまり考えずに最適点を感じるよう練習しておけば、さらに高度な判断に神経を集中できるというものでしょう。 (つづく)

筆者は、昭和4年生まれで宇宙開発事業団において機器・部品開発に従事している。

# 宇宙エレベータ

笹原真文

SFの世界では、様々な宇宙開発が小説として描かれています。

その中であの「2001年 宇宙の旅」の原作者で、1945年に静止衛星というものが存在しうることを指摘し、その静止衛星を3個上げれば、世界中の通信網が安価に性能良く出来ること、放送もその衛星で出来ること等を予言し論文を書いたA. C. クラークの「楽園の泉 (The Fountain of Paradise)」という小説のメインテーマになっている宇宙エレベータのアイデアを紹介します。これは静止衛星と地上をエレベータで結んでしまうという考えからなっています。

時は、2100年頃宇宙工場で作った、原子が正確な結晶格子に配列した純度90%以上の炭素からなる超繊維が開発され、静止点ステーションに小惑星を材料としてコンビナートを作り地球と反対のアンカーステーションと地球側にケーブルを延ばしその一端と地上と結んでエレベータ軌道とするもので、その地上端は嵐のない赤道上の高い岩山でその位置は地球の質量の遍在からくる静止軌道の安定ヶ所の下となっており、全長40,000km、アンカー(平衡錘)として直径1kmの小惑星を結びつけるという小説です。

これの実現性について考えて見ましょう。まず、皆さん御存事の事と思いますが静止軌道とは何かといいますが、地球が23.9344時間で自転しているので、この周期で赤道上を地球の自転方向と同じ方向に円軌道で回転する衛星が地上からは静止して見えます。この衛星を静止衛星といいますがこの軌道の高さがどの位かといいますが円運動をする物体は、中心点に向かって一定の力で引張られているので円運動をしますが、物体は直線運動をしようとするので引張る力と反対方向に力が働きます。この力を一般に遠心力と呼んでいます。

この力  $F_1$  は半径を  $r$ 、運動体の質量を  $m_1$ 、速度を  $v$  とすると

$$F_1 = m_1 \cdot v^2 / r$$

引力は質量  $m_1$  の物体と質量  $m_2$  の物体との距離を  $r$  とすると、その間に働く力  $F_2$  は

$$F_2 = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2 \text{ となり}$$

$G$  は万有引力定数で  $6.672 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

$m_2$  を地球の質量とすると  $G m_2 = 3.986009 \times 10^{14} \text{ m}^3 / \text{s}^2$  です。

円軌道衛星の軌道は遠心力と引力がつり合った位置となるので

$$F = F_1 - F_2 = 0 = m_1 \cdot v^2 / r - G m_2 \cdot m_1 / r^2$$

静止軌道の場合、速度  $V$  は  $2\pi r$  を周期  $23.9344$  時間で割ったもので

これで  $r$  を計算すると  $r = 42,164,104 \text{ m}$  となり地球の赤道半径

$6,378,142 \text{ m}$  を引くと地上  $35,785,962 \text{ m}$  で 一般的には

約  $36,000 \text{ km}$  と言われています。

尚、この遠心力と引力の式に太陽の質量  $1.989 \times 10^{30} \text{ kg}$  地球と太陽の

平均距離  $1.496 \times 10^{11} \text{ m}$  を代入して計算しますと周期は  $365.3$  日と

なります。

ここで静止軌道から地上まで断面  $1 \text{ mm}^2$  のピアノ線を降ろす場合を考えると地上

$35,785,962 \text{ m}$  での重力加速度の合計  $-53,041,270 \text{ m}^2 \text{sec}^{-2}$

遠心力の合計  $4,618,620 \text{ m}^2 \text{sec}^{-2}$  でその差は  $-48,422,650$

$\text{m}^2 \text{sec}^{-2}$ 、ピアノ線で考えるとピアノ線の比重は  $7.86$  なので静止軌道では

$38.84 \text{ ton}$  の引張力になりピアノ線の引張り強さ  $0.2 \text{ ton/mm}^2$  を

遙かに越えてしまっている。

ピアノ線の  $195$  倍の強さがないと自重で切れてしまう。

現存する軽くて強い繊維はどの位のものがあるか、見てみると東洋紡が開発した

超高分子量ポリエチレン これは、 $35 \text{ ㌔/テニール}$  の強さで重さが比重  $1$ 、

であるので将来スチールワイヤーにとってかわるものといわれているが、

これだと引張力  $4.94 \text{ ton}$  この繊維の引張り強さ  $0.45 \text{ t/mm}^2$

この繊維の11倍以上あれば自重で切れないので20倍の引張り強さがあれば宇宙エレベータは可能となる。

もう1つケーブルを地上に降ろす時の重力を静止軌道から外側へ同じ太さのケーブルを延ばすと、何処でつり合うかを考えてみると地上約143,770 kmまで延ばす必要がある。

これは静止軌道の約4倍となるので、例えば地上約50,000 km位の所にアンカーとして一辺が2 km角位の小惑星を結びつける案がある。

この宇宙エレベータが出来た時には、これにぶつからないよう他の衛星の軌道を考慮すること、不必要な衛星の清掃が必要である。

この宇宙エレベータの可能性は将来軽くて強い繊維が出来るかどうかにかかっている。

筆者は、昭和20年生まれで宇宙開発事業団において施設等建設業務に従事している。

## 編集人への手紙

中山 勝 矢

暑中御見舞申し上げます。

宇宙先端第2巻第4号を読ませてもらっています。その際浮びました感想を二・三述べます。

- 1.宇宙往還機（国産シャトル）： いろいろとにぎやかになってきているので、この雑誌を一つの討論の場にしたらよいと思います。もちろん今回のようなご意見拝聴のページも有意義ですが、さらに突込んでNALや宇宙研の先生方に現状と今後研究すべき課題、何が問題なのかを逐次解説してもらったらどうですか。ラフでよいから夢のある話を専門家から自由スタイルで述べて欲しい。
- 2.R-SAT（ロボット宇宙機）： R-SAT研究会で話された話題を、こういう場に提供してもらって、将来に向けて関心を無理のない形で高めたらどうでしょうか。
- 3.AI（人工知能）： 似たようなことですが、AIの現状を紹介すると同時に、宇宙として向うべき方向の討論の場にしたらどうでしょうか。
- 4.Free Flyer： 今回一応形としては三省庁まとまった形になっていますけれども、問題はいろいろあるでしょう。例えば、シャトルがダメになったならといった問題を含めて討論できるのがこの雑誌と思います。  
座談会でも面白いかも知れませんね。
- 5.Polar Platform： あるいは次世代の地球観測システム、この点について今のうちに賛成論、積極推進論から消極論、否定論まで全部出しておいてもらうとよろしいと思います。

こういった誌上討論を事前しておくことは、逐次、公の委員会等で討論するとき役に立つと考えます。

\*\*\*\*\*

（編集局より）上のテーマに関し、会員諸兄は奮って御寄稿下さい。

\*\*\*\*\* I A S A ニュース \*\*\*\*\*

去る7月18日(金)に、芝の中退金ビルにて宇宙先端活動研究会設立一周年記念パーティーが行われました。当日は、約70名の会員が出席し、遠くは北海道、長野から参加された会員もあり盛況のうちに終了いたしました。

なお、その場で会計報告があり、61年度以降は、①会誌発行を一般会計②研究会等の活動を特別会計と区分経理することが決定されました。今後、研究会等の活動も活発に行っていきたいと思っておりますので、会員各位の広範な参加をお待ちしています。

活動方法等については、逐次本欄でお知らせいたします。

新規入会会員名簿(61.9.15)一般会員

佐藤英雄 永井 必 岩田正明 森 崇 鳥居啓之 馬島亜矢子 八十川迪夫  
西尾元充 黒田隆二 中野繁法 富岡龍美 對木淳夫 河野 功 藤井登喜男  
原島 治 松浦直人 中島正勝 今井一夫 小都 元 橋田 洋 太田尾純吉  
森 健 田辺佳子 中村慎二 柏 五郎 塩田崇人 福島 充 大築二三夫

入会案内

本会に入会を希望する方は申し込み書に記入して、世話人に送付して下さい。

年会費：3000円 (1986年6月～1987年5月)

会誌 無料 (1986年5月号から1987年5月号)

なお、会費は主として会誌発行にあてる。

振込口座No. 2-21144

## 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\*\*\*

本誌も一周年を迎え、ある程度活動が軌道に乗ってきたように思うその反面、逆に、画一的な面も出てきたのではないかと多少危惧している昨今であります。「会誌編集方針」は、公的なものは上記に掲げられていますが、幸い、中山編集顧問から会誌編集に関し意見(本号掲載)をいただいた折でもあり、より噛み砕いた形での「会誌編集方針」をこの場で述べたいと思います。

第一に、本誌は宇宙開発屋の御用雑誌ではありません。つまり、一般と隔離された場所で自己満足に浸っているのではなく、宇宙開発に批判的な意見も多く載せたいと思います。第二に、本誌は「おみこし雑誌」です。つまり、会員の皆さんでワッシュイワッシュイ、縦に横に、上に下に、大きく小さく、かついで下さい。第三に、本誌は「議論の場」です。つまり、自己の考えを提示し会員の意見を仰ぎ、逆に、提示された考えに自己の意見を加える。そのための場を提供します。

以上のようなことを編集局として考えていますので、二周年目、三周年目、五周年目、十周年目・・・には今以上に新鮮で話題豊富な会誌に育っていることを目指して、会員諸兄の活躍を期待します。(齊)

宇宙先端	第2巻 第5号	頒価1000円
昭和61年 9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。