

# iasa

*JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES*

# 宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

MAR. 1989  
VOL. 5—NO. **2**

**IN THIS ISSUE,**

SUGGESTION FOR SPACE DEVELOPMENT IN JAPAN.....	H. HIRAKOSO .....	15
HUMAN ENGINEERING SERIES (6).....	T. YAMAGUCHI .....	24
HI-TEC PANSEE.....	S. MORIMOTO .....	34

# 宇宙先端

## 宇宙先端活動研究会誌

### 編集局

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

### 編集人

岩田 勉 TEL 0298-52-2250

### 編集局長

長谷川 秀夫 TEL 03-769-8230

### 編集顧問

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

### 監査役

伊藤 雄一 日本電気株式会社宇宙開発事業部技師長

## 宇宙先端活動研究会

### 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. 日本の宇宙開発に対する提言 . . . . . 15
2. 人間工学シリーズ(6) . . . . . 24
3. ハイテク パンセ(10) . . . . . 34

(次回予告)

1. 人間工学シリーズ(7)
2. おもちゃを科学すると?

## 1. 序論

第二次世界大戦後、宇宙開発は急速な進歩を見た。それは、1957年の初の人工衛星スプートニクの打上げにはじまり、その後の米ソの激烈な宇宙開発競争を経て、1969年には、アポロ11号による人類の月への往還が達成された。

この時期の宇宙開発は、米ソを中心に、主として国家の威信をかけ、大型ロケットの開発による軍事的優位性を示威する目的で行われたものであった。従って、経済的効果は全く無視された。この結果、アポロ以後、米国の宇宙開発は縮小の方向に向ったのである。

一方、我が国の宇宙開発は、米ソの宇宙先進国の状態とは異なり、純粋な平和利用を目的として開始された。そして、L、Mロケット、N I、N I Iロケットを経てH Iロケットの開発を完了し、ようやく宇宙先進国の仲間入りのできる状態になった。

そして、年間の予算も一千億円の規模となり、宇宙開発も科学研究の分野から実用の分野へと移りつつある。

そして、今後はさらに拡大され、年間の予算も数千億円の規模になることが期待される。

## 2. 宇宙開発の目的

このように我が国の宇宙開発予算が、年間数千億円にも増大してくると、従来とは異なった対応が必要になってくる。それは宇宙開発が莫大な国民の血税を使って行われる以上、単なる一部の研究者や技術者の研究や興味を満すだけのものであってはならず、宇宙開発の成果が、究極的には、国民に利益として還元されるものでなければならないと云うことである。これが達成されなければ我が国の宇宙開発も1970年代の米国のそれに等しいものとなり、宇宙開発の国民的コンセンサスも得られないまま縮小の方向

に向うことが懸念されるからである。それでは、莫大な国民の血税を使って実施される宇宙開発のそれに相応しい見返りは何か。

ある人は、これは実用衛星である。即ち、通信衛星、気象衛星及び放送衛星の3衛星による国民への利益の還元であると云うかも知れない。しかし、この3衛星の実用化のみで、年間数千億円もの国民の血税に対する満足すべき見返りであると云ったら、誰しも首を傾げるであろう。これらの3衛星は、確かに画期的なもので、初めて宇宙開発の利益を国民へ還元したものであるが、これらは他の手段でも達成できないものではなかった。

それでは真の宇宙開発の目的は何か、これはズバリ、つぎの2点であると思う。

① 21世紀以降のエネルギー源の確保

② 21世紀以降の生活空間の確保

である。

古来、人々は、人間が人間らしく生活してゆくのに必要なものとして、「衣」、「食」、「住」の3つを挙げている。これは人間の生活が続く限り、古今東西変わらぬ心理であると思われる。

それでは21世紀における我々の子孫は、果してこの3つを確保し得るであろうか。

「衣」のことはさておき、「食」「住」について考察する。

先ず「食」であるが、これは字の如く狭義の意味においては人々が生きて行く為の食物であるが、広義に解釈すれば、現在社会が活動して行く為に必要なエネルギーである。

現代のエネルギーは石油、石炭、原子力である。石油については若干の不安はあるものの、石炭、原子力については21世紀を賄うに十分な量がある。そして、核融合の平和利用が可能となれば、人類はほとんど無尽蔵に近いエネルギーを確保できることになる。

それでは、21世紀のエネルギーに対しては何らの問題もないかであるが、実はこれには重大な落とし穴がある。無尽蔵に得られるエネルギーをどしどし消費したらどうなるか。石化燃料の場合は、空気中のCO<sub>2</sub>の量が増加し、

原子力の場合も排熱による問題が発生する。  
そして、使用したエネルギーの全ては究極的には熱に替わるため、エネルギー消費の増大は、結局地球温度の上昇を招き、熱公害問題と異常気象を誘発することになる。

これらに対する対策は、先ず第一に、消費するエネルギーをできるだけ少なくすること。即ち、省エネの努力が今後共必要であること。第二には、地球の環境破壊への影響の少ない良質なエネルギー源を開発することである。

21世紀における人口1人当りのエネルギー消費を、省エネ等の努力によって、現在の先進国の水準に押えたとしても、今後の人口増加と、低開発国の発展により、世界のエネルギー消費の総量は飛躍的に増加するものと推測される。

それでは、良質のエネルギー源とは何か。それは宇宙発電システムである。宇宙で太陽エネルギーを用いて電力を発生させ、この発電に伴う排熱は宇宙空間へ逃がし、エッセンスである電力のみを地球に送電する方法である。

地球上の熱機関においては、熱力学第二法則により、燃料の持っている熱エネルギーの全てを仕事のエネルギーに換えることはできず、通常、必要なエネルギーの数倍におよぶ熱エネルギーを消費している。

これに対し、宇宙発電システムは、必要な仕事のエネルギーのみ、マイクロ・ウェーブにより宇宙から地上へ送電するもので、地球上へ与える熱影響を最小限に押えられることができるものである。

次に「住」の問題である。地球上には、現在54億人の人々が生活している。そして、世界人口は、人間始まって以来の爆発的な勢いで増加を続けている。このまま放置すれば、遠からず宇宙船地球号は定員オーバーとなる。そして、早ければ、21世紀初頭にもこの危機が訪れると予測する学者もいる。

それでは、人口増加に対する解決策は何か。この解決策は、「産児制限」と「新しい生活空間の確保」である。前者は最も有効な手段であるが、世

界各国の国情、宗教上の問題等により、必ずしも有効な効果が上がるかは疑問である。また、これをあまりに極端に実施すると高齢化社会の到来を招き、国の活力を失うこととなる。従って、人口問題の対策としては、前者と併行して、後者をも合せ考える必要がある。それでは、後者の「新しい生活空間の確保」の求める場所は何処か。これは宇宙以外にはないのである。宇宙空間の利用、即ち、多くのスペース・コロニーを地球軌道へ打ち上げ、さらには月を人々が生活できる環境を整備することである。

これによって、人口増加によって引き起される種々の問題を未然に防止し、より良い生活環境の維持、発展が図れるのである。

そして、この人類の宇宙への進出は、生物の進化の過程においても、画期的な出来事となるのである。

生物は海上で発生し、高度化と共に陸上へ生活の場を移した。そして、更により良き環境を求めて宇宙へ旅立つのである。

### 3. 宇宙発電所とスペース・コロニー

以上より、宇宙開発の今後の目標は、21世紀以降の「食」と「住」の確保、即ち、「良質なエネルギー源」と「生活空間の確保」であるが、それではこの計画は、果して実現可能であろうか。これを考察してみる。

先ず、エネルギー源となる宇宙太陽発電所についてであるが、これは静止軌道へ打ち上げられるため、その数には制限がある。

21世紀中期の世界の消費電力を100億KWとし、その50%を宇宙太陽発電所で賄うとすると、総出力は50億KWとなる。

宇宙太陽発電所を50基、静止軌道上に並べたとしても、1基当りの容量は、1億KWとなる。

1億KWの太陽発電所の重量は、米国のボーイング社の計算結果から推測すると、総重量は80万トとなる。

次に、スペース・コロニーについてであるが、例えば、直径1Km、長さ6Kmの円筒形のスペース・コロニーの重量はつぎのようになる。

スペース・コロニーは、地球上と全く同一の大気条件、重力の存在が前

提となるため、この内圧と遠心力に耐える強固な外殻が必要となる。筆者の推算では、この外殻の重量は張力 $200\text{Kg/mm}^2$ 級の高張力鋼を使った場合で1500万トとなる。そして、スペース・コロニーの内部を形成する土、水、植物、建物の重量は、大略3500万トとなる。

多くの技術者が提案しているように、スペース・コロニーを形成する物資の殆どのものは、月からリニアモータ駆動の打出し機によって輸送されることになるが、地球からも、水や植物や加工度の高い製品等を輸送することが必要となる。

地球からの物資を全体の5%とすると、その重量は175万トとなる。

以上より、宇宙太陽発電所の建設及びスペース・コロニーの建設共、大略100万ト級の物資を地球から静止軌道へ輸送しなくてはならないことになる。従って、これらの計画を実現するためには、物資を安く、大量に輸送する手段が必要となるのである。

#### 4. 宇宙往還機

それでは、地球上から宇宙空間へ、物資を安く、大量に輸送する方法はあるかであるが、答は「ある」である。

この輸送手段は、当然ロケット的なものとなるが、従来のもとは、かなり性格を異にしたものとなろう。

##### 4. 1 再使用型

前述の100万トの物資を従来型の使い捨てロケットで運搬した場合、1000万~2000万トのロケットの燃え殻が地球上へ落下することになる。米国のケープ・ケネディー発射場の東に広がるバーミューダ海域は、ロケットの残骸で海底はジャンクと化していると云われているが、1000万~2000万トの落下物があれば、世界の海はジャンク化してしまうであろう。

従って、将来型ロケットは、再使用型とならざるを得ないのである。



#### 4. 2 高比推力エンジン

ロケットが再使用型になり、いわゆる宇宙往還機になると、帰還のための装置、即ち、翼、着陸装置等の従来の使い棄てロケットでは不要であったものが付加され、著しい重量の増加を招くことになる。その結果ペイロード重量／発射重量比は減少し、ペイロードは発射重量の1～2%に低下し、極めて効率の悪い宇宙往還機となる。このような弊害をさける為の改善策は、機体重量の低減とロケットエンジンの比推力の向上の2点であるが、最も効果のあるものは、後者の比推力の向上である。しかしながら、比推力の向上は、云うは易しく、まさに行うは難しいのである。科学推進剤では、現在の液体水素エンジンがほぼ限界であり、今後残された改善の余地はわずかであり、原子力エンジンも放射能の問題より、地上から発進、帰還する宇宙往還機にはなじまないものである。

#### 5. 銀河鉄道

それでは、高比推力のエンジンを搭載した効率の良い大量輸送に適した大型の宇宙往還機の開発は不可能なのであろうか。否、これは可能である。ヒントは以外に身近にある。そのヒントは米国の開拓時代の鉄道と銀河鉄道である。

出発点と到着点が定まっている大量輸送システムは、定められた軌道上を走る鉄道の独壇場となることは駅馬車を駆逐した米国の開拓史上の鉄道が証明している。

それでは、地球上から宇宙へ鉄道は敷けないか。これは常識的には敷けないことは明らかである。しかし、鉄道の如きものは敷ける。宇宙往還機にとって最も大切なものは何か、それはロケットエンジンの比推力向上のためのエネルギーである。従って、エネルギーの供給のできるレールを敷き、その上を宇宙空間に向かって飛行させるのである。

具体的には、地上から宇宙空間にいたるマイクロ・ウェーブの電力ビームを走らせ、この電力ビーム上を宇宙往還機が地上から電力エネルギーの供給を受けながら上昇するのである。ちょうど、銀河鉄道が見えないレー

ルの上を走るように。

これらの電力送電方式は、構築するまでに多額の費用が必要となる。数百万kwの発電所、超電導電力貯蔵所、電力／マイクロウェーブ変換器、送電システム等である。しかし、一旦、これらを構築してしまえば、その後は非常に高い効率で宇宙へ大量の物資を安く輸送できるのである。このマイクロ・ウェーブ送電宇宙往還機の性能は後述するが、これは、パイロード／発射重量比、0.25前後を確保できるもので、現在計画のスペース・プレーン等のその0.01～0.02とは比べものにならないほど、高い値を示すものである。即ち、例えば、1000トンの物資を宇宙へ運搬する場合、従来型のスペース・プレーンでは、総重量が5万～10万トンに達するのに対し、送電型往還機では、総重量がわずか4千トンで済むことになる。

それでは、次にどの様にして送電型宇宙往還機が飛行するかを紹介する。

西太平洋の赤道上の島に、巨大な宇宙基地が建設されており、その発射台に宇宙往還機が垂直に立てられている。発射台の下に取り付けられたマイクロ・ウェーブの送電用アンテナから宇宙往還機への送電が開始される。送電された電力によって、ロケット推進剤の液体水素が加熱される。ロケットエンジンが青色の炎を噴射し、宇宙往還機は徐々に上昇し始める。ロケットの飛翔は、送電用のマイクロ・ウェーブのビームに沿って定められた経路を飛び、送電ビームの角度変化にともなって、ロケットは高度をとりながら徐々に上昇角度を減少させる。送電ビームの角度が、水平から10度になったとき、発射基地の当方100kmにある第2の送電所からの送電ビームに切り替えられる。そして、ロケットは第2の送電ビームに沿って、増速し、低軌道へ投入される。低軌道上では、積荷がおろされ、集積される。使命を終えた宇宙往還機は、大気圏へ再突入し、滑空して発射基地の付近にある滑走路へ水平着陸する。

以上が、空間送電宇宙往還機の構想であるが、この空間送電方式には、種々のバリエーションが考えられる。

#### (1) バリエーション1

現在のスペース・プレーン構想における最大の難点は、ロケットフェー

ズの比推力が低いことである。従って、現在のスペース・プレーンと空間送電方式を組み合わせ、大気圏内はエアークリージングエンジンを作動させ、大気圏外の飛行は空間送電方式のロケットエンジンを作動させるものである。

## (2) バリエーション 2

大気圏内の飛行時の比推力を更に向上させるため、空間送電方式とエアークリージングエンジンそのものを組み合わせるものである。大気圏内飛行時には、空気を取り入れ、液体水素冷媒の空気液化器によって空気を液化し、これを推進剤の一部として利用し、更に、送電電力によってロケットエンジンの噴流ガス温度を上昇させ、比推力の増加を図るものである。

## 6. 空間送電宇宙往還機の技術上の問題点

空間送電宇宙往還機にもいくつかの技術的問題が存在する。その最大のもの、強力なマイクロ・ウェーブ送電による電磁障害である。これに対する対策は、高性能なプロテクターの開発と電子制御に替わる光制御技術の開発である。

電磁障害を防止するもう一つの方法として、レーザー光の使用がある。これは、宇宙往還機へのエネルギー移送を電力に変えてレーザー光で行う方法である。しかし、レーザー光は大出力化が難しいこと、電力からレーザー光へのエネルギー変換効率が極めて悪いことが問題である。

## 7. 宇宙開発における日本の役割

宇宙開発は多額の投資が必要であり、しかもその投資の見返りである宇宙開発からの恩恵は、十数年ないし数十年後にもたらせるものである。このような事業は、経済的に余裕のある経済大国で、しかも宇宙開発を行う技術を有した国のみが行い得るものである。日本は、戦後43年間、主として自国の繁栄のことのみを考えて努力し、経済大国になった。今後は、日本が世界に対して何かをなさねばならない時期にあり、また、世界の国々はこれを望んでいる。この意味では宇宙開発は日本にとって格好の命題で

ある。

## 8. 結論

日本の宇宙開発も、ようやく宇宙先進国の仲間入りをし、年間予算も一千億円の大台に乗り、今後も、更に増加の方向にある。そして、ペンシルロケットの時代から数えて38年、日本の宇宙開発も節目を向えており、新しい目標を設定する時期にきている。

現在までの日本の宇宙開発は主として科学研究と、3衛星による通信、気象、放送の実用化であった。

しかしながら、これだけではこれからの宇宙開発の目的としては、不十分である。莫大な国家予算を使用する見返りとして、それに相応しい宇宙開発の利益を国民へ還元しなくてはならない。宇宙開発からの国民への最大の贈り物は、21世紀における「良質のエネルギー源」と「新しい生活空間の供給」である。これを実現するためには、従来技術を越えた全く新しい発想に基づく高性能な宇宙往還機の開発が不可欠である。

本論文では、その一例として空間送電式の宇宙往還機の提案を行った。

しかしながら、宇宙開発は多くの技術の積み上げの上に成り立っているものであり、一足飛びに宇宙太陽発電所、スペース・コロニーや高性能な宇宙往還機が開発できるわけではない。

当面、日本の宇宙開発として行うべきことは、21世紀のこれらの計画を踏えつつ、将来につながる技術を蓄積すべきものと考ええる。具体的には、将来の宇宙太陽発電所、スペース・コロニーにつながる日本の宇宙ステーションの建設であり、また、宇宙往還機、O T Vの性能向上につながる電気推進エンジン及び空間送電技術の開発であると考ええる。

(筆者は三菱重工業株式会社に勤務している。)

## 宇宙有人システムの間・機械系設計 に考慮すべき人的特性

山口孝夫

### I. まえがき

無重量環境では物体に重さはない。したがって、搭乗員は地球上では扱えないような大きな物体でも、簡単に持ち上げたり、運んだりすることができる。しかしその反面、無重量環境は搭乗員の身体や活動にさまざまな制限を課す。今回は、無重量環境における搭乗員の活動と身体的特性について述べた。

### II. 物体に関する感受性

無重量環境下では、質量の増加を搭乗員が知覚するためには、少なくとも1 G環境下でその増加を知覚できる重量の、2倍以上重量を増やさなければならない。例えば、Fig. 1に示したように、1 G環境下では、1000gの物体に50gの重さを加えれば、その増加を検出することができる。しかしながら、無重量環境下では、1000gの重さに対し150gの重量を加えなければ、その物体の質量の増加を検出することができない。

一般に、無重量環境において、搭乗員に質量を評価させれば、1 G環境下よりも小さく評価する傾向にあるといわれる。

### III. 反応時間

無重量環境下では、搭乗員の反応時間が鈍くなるといわれる。反応時間が鈍くなるのは、手足の運動系が、地上に比べてスムーズに動かないからである。無重量環境下で物体を動かすのに必要な時間は、物体の質量が増加するにつれて増加し、搭乗員のスイッチ等の操作速度は、1 G環境下よりも遅くなるといわれる。

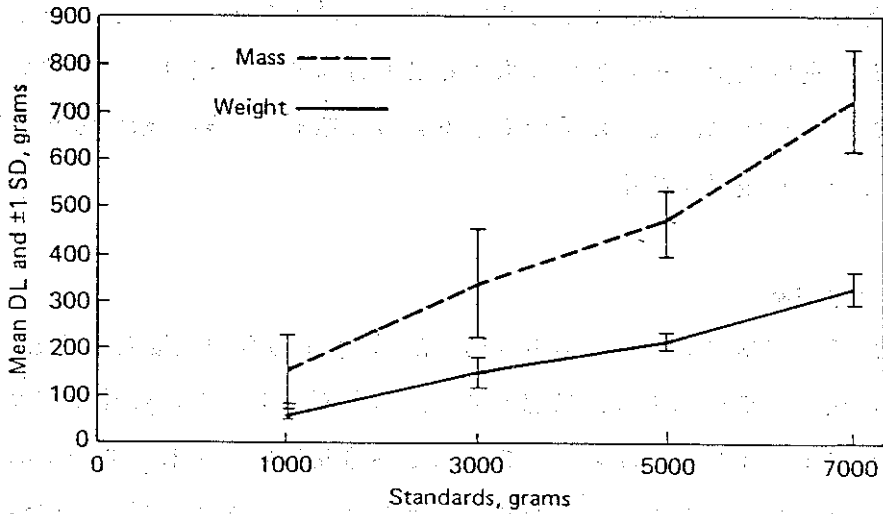


Fig. 1 Mean Difference Thresholds (DL) and Associated Standard Deviations (SD) Plotted for Each Standard Under Both Weight and Mass Conditions

#### IV. 運動技量

無重量環境下に入った当初は、搭乗員の運動技量が低下する。しかしながら、搭乗員はすぐに無重量環境に順応し、この技量低下はほとんど回復することが過去の経験からわかっている。したがって、設計者は、搭乗員が無重量環境に慣れるまでの順応期間中を考慮して、ミッションの初期に優れた運動技量を搭乗員に要求することはなるべく避けなければならない。スイッチ等は、簡単に操作できるように設計し、誤作動が起らないように工夫する必要がある。

#### V. 中立姿勢

無重量環境下では、搭乗員はFig.2に示すような中立姿勢を取る。この姿勢が最もリラックスした状態である。したがって、この姿勢で作業した方が楽であり疲労も少ない。この姿勢は無重量環境下特有のものであって、1 G環境下では取ることができない姿勢である。したがって、この姿勢に慣れるまで、搭乗員は手足の協応動作がうまく行かない。

#### VI. 筋力

筋力とは、「筋肉の緊張を発生させ、それを骨格系を通じて外部対象に適用させる能力である」と定義できる。搭乗員がどれくらいの力を筋力が出すことができるかは、筋肉繊維の断面積と全筋肉の質量（すなわち、体の大きさ）によって決まる。ただしこの最大力は、わずか数秒しか発生することができない。

筋力には当然男女差がある。設計には、この男女差も考慮する必要がある。女性の筋力データがない場合、Fig.3に示したように、男性の筋力データから推測できる。男性の筋力を100とすれば、女性の筋力はだいたい2割から5割少なく見積ればよい。

#### VII. 反力

1 G環境下では、力を出そうとするとき、その方向とは逆の方向にも

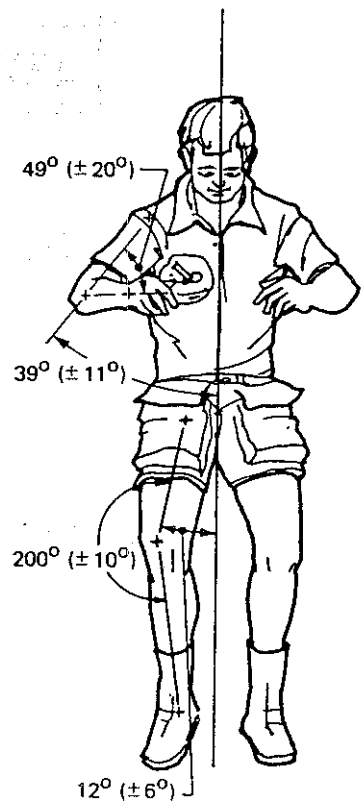
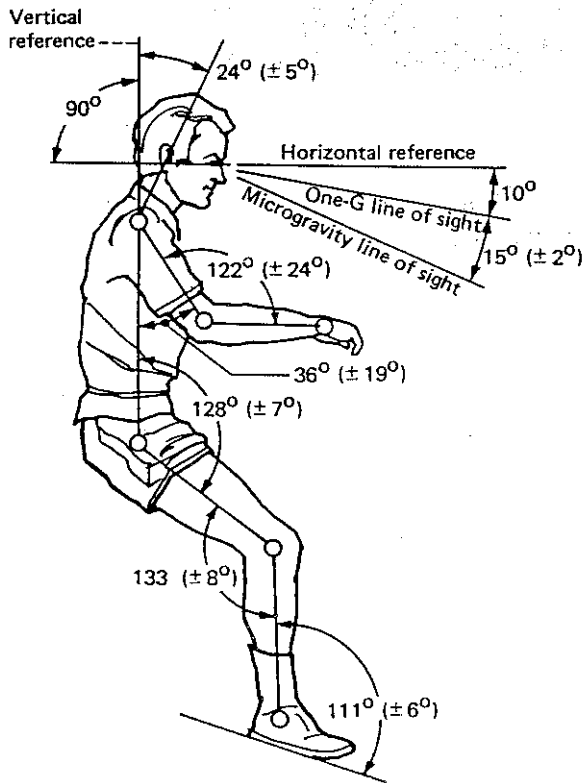
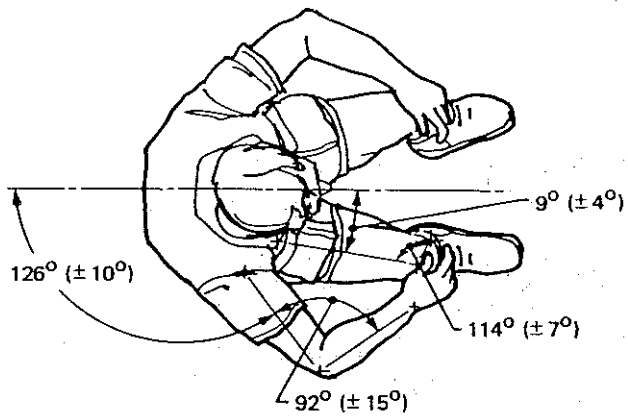


Fig. 2 Neutral Body Posture



# NASA-STD-3000

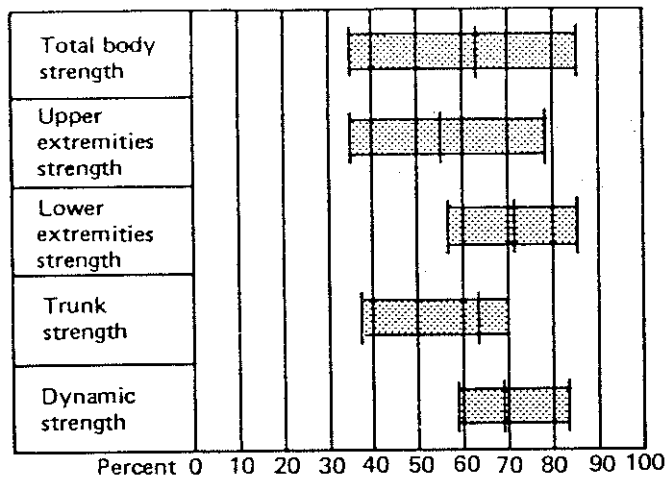


Fig. 3 *Comparison of Female vs. Male Muscular Strength*

同じ力が加わる。この反力があるからこそ、1 G環境で人間は何の苦もなく生活できるのである。例えば、椅子に座っていて立ち上がろうとする場合、地面の方向に足をふんばる。また、机に手をついて立ち上がろうとすれば、手を地面の方向にふんばって立ち上がろうとする。姿勢を変えようとしたり、移動しようとする場合には、必ずその方向とは逆の力、すなわち、反力が発生しなければならない。椅子に座ったまま、手も足も使わずに立とうとしても、立ち上がることはできない。無重力環境下ではこのような反力が発生しない。したがって、無重量環境では、何も工夫がなければ搭乗員は移動することすらできない。そこで必要となるのが、Fig.4に示したような反力を得るための拘束具、手すり及び壁等である。

スカイラブやスペースシャトルの経験から、適切な拘束具を備えれば、搭乗員の作業能力は、地上とほぼ変わらぬほどに近づくことができる、逆に、適当な拘束具がなければ、搭乗員の作業能力は低下し、作業を遂行する時間も増加する、との報告がなされている。

搭乗員は、壁等を手で押したり、足で蹴ったりして、宇宙船内で移動している。まるで空中を泳ぐように移動できるのである。したがって、搭乗員が宇宙船内で自由に移動できるように、Fig.5に示したような姿勢と力の関係をよく調査した上で、宇宙船内の内壁を設計する必要がある。

## VIII. リハビリ

過去の有人宇宙飛行の経験から、無重量環境に長期間滞在すると、搭乗員の筋力が低下することがわかっている。この筋力低下を少しでも防ぐために、軌道上においてさまざまな筋力トレーニングが行なわれてきた。しかしながら、その効果は期待したほど効果的ではなかったようである。

人間が本格的に宇宙で生活するためには、この問題をいち早く解決する必要がある。

## IX. あとがき

今回は、無重量環境における搭乗員の活動と身体特性について述べた。

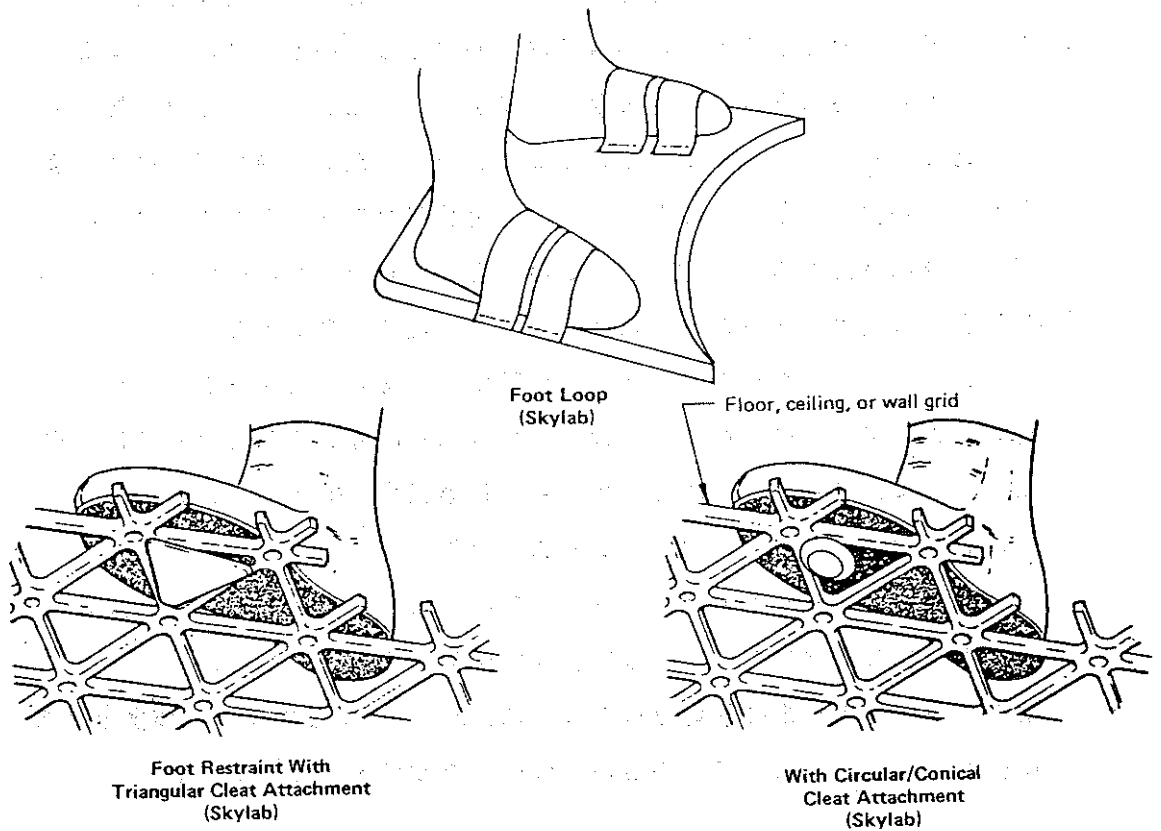


Fig. 4 Example Foot Restraints

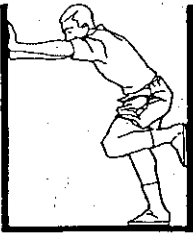


	Force-plate (1) height	Distances (2)	Force, N (lbf)	
			Means	SD
	50	80	663 (149)	178 (40)
	50	100	774 (174)	214 (48)
	50	120	778 (175)	165 (37)
	70	80	716 (161)	160 (36)
	70	100	729 (164)	231 (52)
	70	120	818 (184)	138 (31)
	90	80	627 (141)	147 (33)
	90	100	676 (152)	196 (44)
	90	120	863 (194)	142 (32)
		Percent of shoulder height		1-g applicable data
	60	70	761 (171)	169 (38)
	60	80	854 (192)	178 (40)
	60	90	792 (178)	142 (32)
	70	60	578 (130)	111 (25)
	70	70	698 (157)	125 (28)
	70	80	725 (163)	142 (32)
	80	60	520 (117)	129 (29)
	80	70	618 (139)	129 (29)
	80	80	636 (143)	133 (30)
		Percent of shoulder height		1-g applicable data
	70	70	623 (140)	147 (33)
	70	80	689 (155)	156 (35)
	70	90	587 (132)	133 (30)
	80	70	547 (123)	125 (28)
	80	80	543 (122)	125 (28)
	80	90	534 (120)	80 (18)
	90	70	431 (97)	93 (21)
	90	80	449 (101)	93 (21)
	90	90	485 (109)	80 (18)
		Percent of shoulder height		1-g applicable data

Fig. 5 Maximal Static Push Forces (Continued)

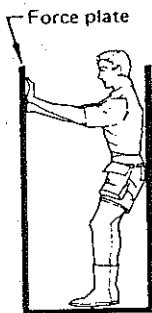
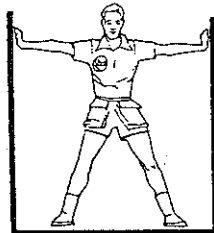
	Force-plate (1) height	Distances (2)	Force, N (lbf)		
			Means	SD	
	100 percent of shoulder height	50	583 (131)	142 (32)	
		60	667 (150)	160 (36)	
		70	983 (221)	271 (61)	
		80	1285 (289)	400 (90)	
		90	979 (220)	302 (68)	
		100	645 (145)	254 (57)	
		Both hands			
		50	262 ( 59)	67 (15)	
		60	298 ( 67)	71 (16)	
		70	360 ( 81)	98 (22)	
		80	520 (117)	142 (32)	
		90	494 (111)	169 (38)	
		100	427 ( 96)	173 (39)	
		Preferred hand			
Percent of thumb-tip reach *					
	50	369 ( 83)	138 (31)		
	60	347 ( 78)	125 (28)		
	70	520 (117)	165 (37)		
	80	707 (159)	191 (32)		
	90	325 ( 73)	133 (30)		
	Percent of span **				

Fig. 5 Maximal Static Push Forces

Notes:

- (1) Height of the center of the force plate — 200 mm (8 in.) high by 254 mm (10 in.) long — upon which force is applied.
- (2) Horizontal distance between the vertical surface of the force plate and the opposing vertical surface (wall or footrest, respectively) against which the subject brace themselves.
- \* Thumb-tip reach — distance from backrest to tip of subject's thumb as thumb and fingertips are pressed together.
- \*\* Span - the maximal distance between a person's fingertips as he extends his arms and hands to each side.
- (3) 1-g data

しかしながら、データ不足から今一步突っ込んだ記述ができなかった感がある。ソ連では世界に先駆けて一年以上に及ぶ宇宙滞在を経験しており、おそらく貴重なデータが得られたことと思う。これらのデータを宇宙ステーション計画に、ぜひとも活用したいものである。

(宇宙開発事業団 宇宙ステーショングループ 山口孝夫)

#### 参 考 文 献

- 1) MAN-SYSTEM INTEGRATION STANDARDS. NASA-STD-3000 VOLUME I.  
1987.
- 2) ANTHROPOMETRIC SOURCE BOOK. VOLUME I: ANTHROPOMETRY FOR  
DESIGNERS. NASA REFERENCE PUBLICATION 1024. 1978.
- 3) MAN/SYSTEM REQUIREMENTS FOR WEIGHTLESS ENVIRONMENTS.  
MSFC-STD-512A. 1976.

## 第 9 章 演繹アプローチと帰納アプローチ

### (1) 明治以後の日本人

日本人は帰納的アプローチが得意で、米国人は演繹的アプローチが得意といわれています。日本は目の前にあるものを最高の設計に仕上げ、これを量産にもち込み、世界をリードする製品を作ってきました。目前に物があって考えやすく、経済効果が大きいという特徴があったのですが、欧米から批判を浴びました。オリジナリティを盗んで改良しているだけだということです。

欧米人は、目に見えない社会的要求のようなものをイメージして、それに合うアイデアを考える努力をします。マネは恥と考え、オリジナリティのないことはやりたくないとも考えています。この方法では構想がシステム化され、作られたハードウェアが標準化されて、応用・変更が容易です（しかし最適設計にはなりにくいのです）

以下いくつかのケースにあてはめて考えてみましょう。

### (2) 新しい発想

新しい発想をするには、現状から飛躍しなければ……と考えると、どう飛躍してよいかわからずに行き詰っている人をよく見かけます。これではヤミクモで、どちらを向いてよいのか全くわかりません。

物事を考えるときには、ある方向に集中して考えを進めないと良い考えは浮かびません。まずやっておかなければならないのは、現状を徹底的に分析して、その進む方向、強いところ、欠点などを把握することです。これで一つの集中の方向が見えてきます。しかしこれだけでは帰納（改良）のパターンになってしまいます。

ここで飛躍のために演繹の視角をもちこみます。一旦現状を忘れて、要求は何か（例えば社会的要求、人類の願望等々）を考え、それをブレイクダウンします。そしてあらためて先ほどの現状分析の結果とつき合わせてみます。うまくつながるところもあれば、ギャップ（現状では実現困難）のあるところもあるでしょう。この

ギャップをどうやって埋めるかを考えるところに創造がある……と思えば、思考を集中する方向がはっきりします。

このように2つの視角から挟み撃ちにして、両者の間の不連続部分に常に考えを巡らせ、プレッシャを高めていると、何かのキッカケで新発想がヒラメクのです。自分の能力とセンスとに合うように、適切にギャップを設定しておくことが大切です。

### (3) 長期展望

長期展望と称される資料をみると、その大部分は内外の現状調査を中心としています。欧米の調査結果を日本の将来計画として使うことができた、ふた昔まえの名残りでしょうか。ともあれ現状の外挿法では、改良型アプローチの域を脱することができません。

ここでも視角を切替えて、要求（例えば社会生活における必要性）をイメージし、ブレークダウンする必要がありそうです。そして現状調査とつぎ合わせ、不連続部分に新システム開発の構想を求めることができます。ギャップが小さければ進歩が小さく、大き過ぎれば実現できません。ギャップの大きさと時期との関係を見抜くのが長期展望のように思います。現状調査アプローチではギャップの設定ができません。

作業としてはこのあと、2～3のギャップ（新システム）を選択し、その実現に至るまでのシナリオを具体的かつやや詳細に作りあげると、迫力のある展望になると思います。

### (4) 実用化（D）の企画

製品開発のようなDになると、期間・コスト等の枠が決まり、要求の範囲がある程度ははっきりします。そして前に述べたように、要素となる各項目が要求を満たすレベルに達しているか……という現状分析（遅れの分析）が中心になります。

しかし帰納型だけでは、部分的に精密にはなっても、全体が見えません。そこで、要求を要素項目にブレークダウンするとき、あるいは各要素のレベルを横並びに評価するときなどには、演繹の視角に立った方が良い企画になります。横断的評価の



物指しはなかなか難しい問題です。進んでいる要素に過大投資、遅れている要素に過小投資をして、システムとして成り立たないといった誤ちを犯しがちです。

#### (5) システムエンジニアリング (SE)

これも実用化の企画の一種ですが、目の前に見える物が無いのが普通で、トツキにくい感じがします。SEは本来、システムのイメージと要求をどう設定するかがポイントです。要求は構成要素ごとに配分され、現実とのギャップを評価して何回か修正されます。各要素のギャップを埋める（開発に必要な）のに必要な時間が同じになったとき、SEの第1段階が終ったといえます（もちろん人・金等の配分も考えておく必要があります）。このようにSEでは演繹の視角が先行します。帰納型だけでは哲学もシナリオも出来ず、バランスも見えず、SEとはいえません。

#### (6) Research (R)

ひとつの見方として、現在えられている数値を極限まで向上することと考えれば、現状分析だけで方向が定まります。しかし、新しい論理を見付けることと考えると、やはり多角的に思考して、不連続を連続にしたり、多角的視角の新たな交点を見出したりする必要があります。

#### (7) 実例とのつきあわせ

独断的なつきあわせで恐縮ですが……

エジソンの電球は要求と現状の不連続をつないだ新発想では？

長期展望については、宇宙開発委員会の長期ビジョン懇談会で事務局から示された設問「社会生活に必要な次の各項に対応させて宇宙開発の展望を考えよ」が演繹的な手法を取り込んだものとして唯一の記憶に残っています。

ロケットの国産化、衛星の国産化などは、Dの企画の好例になるものと考えられます。しかし、一般の製品開発で、現状の延長とカットアンドトライで改良するのは、この例にはあたりません（帰納型）。

衛星システムの設計、衛星通信システムの設計などは、システムエンジニアリングの好例でしょう。

また、WBSは演繹的アプローチの典型といえるでしょう。

Rの話は難かしそうですが、面白いのは江崎さんの発想で、「世の中が純度を良くせよという要求を設定しているから、純度を悪くするという逆の要求を設定した」というものです。

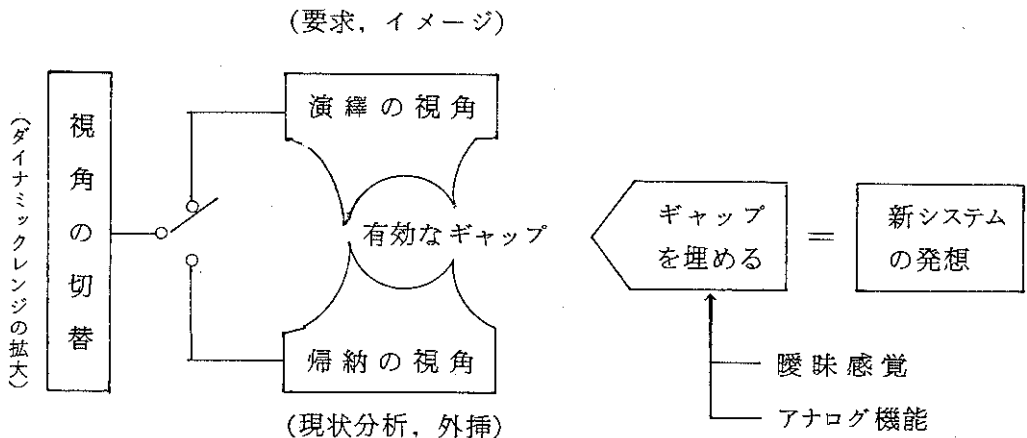
### (8) 挟み撃ち作戦

以上を見てくると、他人の真似でない行動を起そうとすると、演繹・帰納両方からのアプローチが必要のようです。そして、その2つのアプローチの間に、不連続ができたとき、それを連続にすることが創造ということになります。

この方法を使えば、行き詰まることもなく、思考の集中も容易でしょう。成果は、不連続なりギャップなりの設定の良さの関数になりそうです。また知恵の練習項目が増えました。

### (9) 欧米の希望に依えて

帰納的アプローチで世界をリードする地位を築いた日本人です。帰納+演繹の思考法をとり入れることにより、独自の文化を創り出すことができるでしょう。さらに加えて、東洋的な曖昧感覚をもちあわせている筈ですから、発想泥棒の汚名を返上し、欧米から紳士のクリエイターとして迎え入れられる国になること間違いなしと思います。



\*\*\*\*\* I A S A ニュース\*\*\*\*\*

1月13日、世話人会が開かれた。席上、財政担当から名簿整理の報告があった。

#### 入会案内

本会に入会を希望する方は、申し込み葉書にご記入の上送付し、年会費をお振込下さい。

年会費：3000円（1988年6月～1989年5月）

会誌 無料（1988年7月号～1989年5月号）

なお、会費は主に会誌発行にあてる。

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

## 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（33×29）またはA4版横書き（38×29）で、そのまま版下となるような原稿およびコピー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 \*\*\*

先ず編集局からお詫びと訂正を申し上げます。第5巻第1号の頁の振り方が間違っております。巻が改まる毎に1ページから頁を振っておりましたが、編集局の手違いで5巻1号が4巻6号からの通し番号になってしまいました。お手数ですがお手元の1号のページを正しく直して下さい。

先頃から、フロンガスの規制等気象異変に対する危機を伝える報道が多い。フロンガスの問題は、開発当初最も無害で「安全」な物質として広く使われてきたが、それが人類の滅亡すら招きかねない危険な物質であるという。人間の知識の未熟さを思い知らされる。科学技術は近年益々巨大化している。広域化している。宇宙開発は現在では巨大科学であり、その影響が広域化するにつれ、市民社会への影響も大きくなっていくであろう。自ら作りだしたものに対する謙虚な態度が益々必要となってくるであろう。  
(長)

宇宙先端	第5巻 第2号	頒価 1000円
平成 1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	