



JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

NOV. 1988 **6**
VOL. 4-NO.

IN THIS ISSUE,

MATERIAL PRODUCTION SYSTEM IN SPACE Y. IKEGAMU, M. KURIBAYASHI, S. OOBAYASHI	175
HUMAN ENGINEERING SERIES (5).....J. L. CLAUDON	194
BOOK REVIEW.....M. MORI.....	207

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 TEL03-769-8230

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. 宇宙における材料製造システム 175
2. 人間工学シリーズ (5) 194
3. 書籍の紹介 207

(次回予告)

1. 1989年を迎えて
2. 米国における月・惑星の開発利用構想の動向
3. 人間工学シリーズ (6)

宇宙における材料製造システム

池上雄二、栗林宗孝、大林茂昭

1. まえがき

将来の宇宙活動を予測した例として、宇宙ステーションは1995年以降、月面基地、宇宙工場は2005-2010年以降、月面工場、太陽発電衛星は2020年以降、スペースコロニーは2030年以降という予想が述べられているが、この年譜の中に宇宙の材料製造技術を位置付けて、その時代毎の成果のイメージを予想することは、今後の半世紀にまたがる Materials Science (材料科学) の進歩を予測することでもあり、非常に難しいことで、著者らが言及できることではない。

従って、本報告では、FMP Tを始めとする我が国で既に進められている宇宙材料実験計画の実験テーマと、それに使用される実験装置の性能などを解析し、それらが今後のインフラストラクチャーの発展に応じて、どのような可能性を持ってくるかという観点で述べてみたい。

2. 材料製造と宇宙環境

宇宙環境として代表的なものは、微小重力環境でありそれと、材料製造との関連性は表-1で表されている。しかも宇宙環境といってもそれを得る手段によりそれぞれに特徴があり、材料製造という点に限ってみても、それぞれ一長一短があるので、その長所を生かした利用を確立していくことが必要である。利用可能と思われる宇宙環境と材料製造から見たそれぞれの特徴をまとめると次のようになる。

(1) 低軌道の宇宙ステーション

500Kmの地球周回の宇宙ステーションを材料製造の場として見た場合の長所と短所は以下のとおりである。

- 長所: ① 有人活動による複雑なプロセスも可能
② 地上からの装置、材料の供給、地上への製品の回収が比較的容易
- 短所: ① 有人活動、あるいは同乗機器などによる $\mu-g$ 環境の劣化
② 装置の安全性、廃棄物の処理などの安全基準レベルが高い

(2) 共軌道フリーフライヤ

共軌道プラットフォーム、有人フリーフライヤ、無人フリーフライヤの長所、短所は以下のとおりである。

- 長所： ① $\mu - g$ 環境、真空環境などを維持することが比較的容易
- ② 装置の安全性、排ガス処理対策などケースバイケースの処置が可能
- 短所： ① 装置や材料などの供給回収が量的にも、時期的にも拘束される
- ② 装置の大型化、自己発展性、保守、修理などが比較的難しい

(3) 静止軌道プラットフォーム

36000Km軌道、太陽周期軌道に建設するフリーフライヤ、あるいはステーションの場合。

- 長所： ① 太陽エネルギー利用などの点で有利な設計が可能
- ② 将来的に大型化、プロセスの高度化など、有人ステーション構想の中での位置づけが可能である。
- 短所： ① 装置、材料の地上との供給、回収の輸送コストが高い
- ② 材料装置専用ステーションでなければ $\mu - g$ 環境条件などの確保が難しい

(4) ラグランジュ点の宇宙コロニー

地球と月と人工衛星の三体問題におけるラグランジュ点の中で、真の安定点である L_4, L_5 の空間に建設する、基地（コロニー）での材料製造の特徴は以下の通りである。

- 長所： ① 原材料の一部を月面基地から供給可能である
- ② コロニーとして、有人活動の段階になれば、より複雑なプロセスも可能である
- 短所： ① 材料製造以外の活動との調和が必要である

(5) 月面基地

月面上で材料製造を行う上での特徴は以下の通りである。

- 長所： ① 原材料の一部を月面基地で人手可能である
- ② 基地での需要も大きい

短所：①地球の1/6の加速度があり、 $1\mu - g$ 環境が絶対的条件の材料製造には不適である。

3. 有望な宇宙製造材料

2. で述べた宇宙環境を利用した材料製造の中で有望なものを以下に示す。

(1) 化合物半導体

InGaAs, PbSnTe, HgCdTeなどの多元素の混晶化合物半導体の単結晶の製造が注目されている。

化合物が熔融状態から凝固する際に、固相と液相の組成の間に一定の比率を保持することにより均一な組成の単結晶が得られるが、地上では重力による熱対流のために、液相中の成分が攪拌され均一化されてしまうので、一定の比率の保持が難しい。微小重力下で液相中の対流を制御して大型結晶を製造する技術は有望である。

(2) 宇宙太陽電池

宇宙での材料製造において、問題になるのは、それに必要な電力の確保である。電力確保の手段として、太陽熱発電、太陽光発電、燃料電池、原子力発電などがあるが、実績もあり、安全性からも有望なものは太陽光発電である。太陽光発電の素子の製造技術として、シリコンやGaAsの単結晶インゴットからウェーハ化する方法に代わって、有望視されているのが分子線グラフォエピタキシー技術(MBGE法)である。大面積で高効率な、太陽電池を宇宙で製造していくという、自己増殖的な形は今後の宇宙利用にとって重要な意味をもつものである。

(3) 高純度材料

微小重力下では、物体を空間にわずかな力でポジショニングすることが可能で、溶解凝固のプロセスを完全に無容器で処理できる。すなわち地上では容器からの汚染が避けられない高純度材料の製造が、宇宙では可能であり、光学用ガラスや、高純度の高融点金属材料の製造が有望とされている。

(4) 一方向凝固合金機械部品

微小重力下では比重の異なる immiscible な物質が均一に混合すると同時に静圧による変形がないという点を利用した付加価値の高い機械部品の製造が有望とされている。たとえば、ジェットエンジンのタービンブレードを、スキン鑄造技術で製造することが考えられている。耐熱合金中に酸化物などの粒子を均一に分散させた状態で、 100μ くらいの薄い鑄型で凝固させるか、あるいは一方向凝固で共晶合金として成長させる方法は、地上に回収して製造コストも充分採算が合うとされている。

(5) 医薬品材料

微小重力下での電気泳動技術は対流による乱れがないために、地上におけるよりも非常に優れた分離性能を示すことが知られており、これによるインシュリン（糖尿病薬）、ウロキナーゼ（血栓除去）などのアミノ酸縮合体の製造が有望とされている。

(6) その他

上記の他に低温での溶液成長において、有機結晶の成長実験などが進められており、これらが研究用としてばかりでなく工業製品として応用分野が広がれば将来の有望な宇宙製造材料のひとつになると考えられる。

4. 宇宙材料製造に必要な要素機器

(1) 単結晶成長装置

化合物半導体の単結晶成長装置としては温度勾配炉によるブリッジマン法（図-1）と、イメージ炉、あるいは高周波炉によるフローティング・ゾーン法が採用されるであろう。

温度勾配炉、イメージ炉は F M P T 搭載用として、基本的な機能を有する装置は開発されているが、装置の大型化、多数試料の連続処理などが今後の開発課題である。高周波炉については供給電力の増加と電磁干渉ノイズ対策が可能という条件で、宇宙材料製造装置に利用されるであろう。

(2) 分子線グラフォエピタキシー装置（図-2）

M B G E (Molecular Beam Grapho Epitaxy) も含めた M B E 装

置と、CBE装置(Chemical Beam Epitaxy)が電子材料ばかりでなく超電導材料、磁性材料、デバイス製造にも有望と云われている。これらのプロセスは超高真空環境が必要であり、宇宙の傘状の飛翔体のウェークで得られる超高真空(10^{-14} Torr)を利用することにより、可能である。

(3) 無容器溶解炉(図-3)

材料の無容器処理のためのポジショニングの方式として、音場、電磁場、静電場、ガス流体によるものが考えられている。音場とガス流体による方法は不活性ガス中で導体、誘電体を問わず浮遊加熱処理が可能であり、電磁場では真空中、あるいは不活性ガスを充ていした中で導体、誘電体を問わず浮遊加熱処理が可能であり、静電場では雰囲気、あるいは対象材料を問わず浮遊処理が可能である。音場と電磁場については、SPAR、スペースラブ、FMP/Tなどで要素機器の開発が進められており、一部は宇宙実験も実施されている。静電浮遊、ガス流体浮遊については、現在地上実験の段階である。

将来の宇宙材料製造技術として、それぞれの方式は問題がある。たとえば、音波浮遊においては試料の大型化と高温加熱時の安定浮遊、電磁浮遊では大型化とEMI対策などである。また、共通の課題として、試料の装填、回収の自動化、温度制御の高精度化などがある。

(4) 一方向凝固炉

電気炉の型式としては、(1)で述べた温度勾配炉に類するものであるが、機械部品の形状、材質、処理プロセスに応じて特別の付加機能を持たせることが必要である。たとえば、酸化物分散合金においては超音波などによる攪拌機構、ウィスカの整列や気泡の制御のための加圧機構が電気炉の性能の一つとして要求される。また、3. で述べたようなタービンブレードなどの機械部品となると、ある程度の量産のための自動化の機構と製品の品質の評価装置も兼ね備えることが必要になるであろう。

(5) 電気泳動装置(図-4)

電気泳動装置による宇宙実験はスペース・ラブにおいて実施さ

れ、地上と比べて数百倍の分離性能を確認している。

宇宙材料製造の対象としてバイオや医薬品が経済性の点で有望と
という意見も多いことから、本装置が宇宙の生産設備として稼動
される時期は他の装置よりも早いと考えられる。

(6) その他の要素機器

タンパク質結晶成長装置、バイオマテリアルの培養装置や、比
較的低温での溶液結晶成長装置も、宇宙の微小重力環境を活用し
た要素機器として、各方面で研究開発が進んでいる。

5. 宇宙材料製造システム

宇宙の材料製造システムを検討する場合、軌道上のシステムと月面
上のそれと分けてみる必要がある。すなわち、前者は良質な真
空と微小重力環境が得られること、後者は大気の密度が地球上の 10^{-9}
以下の真空と幾種類かの資源を利用できる可能性をもつという点で大
きな違いがある。

(1) 軌道上の材料製造システム

軌道上の材料製造システムは図-5に示すようなサブシステム
で構成される。また、宇宙材料製造工場概念図を図-6に示す。
これらのシステムの設計の基本的な考え方を挙げると次のように
なる。

- ・無人運転であること。
- ・個々の装置は自立性が高く、装置間の相互干渉がないこと。
- ・エネルギー効率の良い製造プロセスであること。
- ・建設費、維持費、原料の供給コスト、製品の回収コストを低減すること。

図-5に示した主なサブシステムの概要を以下に示す。

a. 電力系

宇宙用電力の発電方式として、①太陽光発電、②太陽熱発
電、③アイソトープ(熱発電)、④原子炉、⑤燃料電池、が
考えられる。この中で、③と④は安全性とシステムの重量の
点で、また、⑤は燃料の補給の点で不向きという見方が多い。
①と②が有望であるが、①においても宇宙線による寿命の劣
化などがあり、長期間の安定した電力源として全てを依存す
るのは難しい。①と平行して②の技術を確立しておくことが

不可欠であり、現在、ブレイトンサイクル、スターリングサイクルの研究が進められている。

電力系のサブシステムとして重要なものが蓄熱器であり、特に、共軌道において太陽光のあたらない時間（約95分のうち25-35分）にも安定した電力を得るために不可欠である。蓄エネルギー方式としては電気エネルギーの他に機械エネルギー、熱エネルギー、化学エネルギーなどを総合的に検討することが必要である。

b. 熱制御系

電力系が大型化すると排熱系のラジエータも大型化し、その軽量化が重要な課題になる。ラジエータの方式として、液滴式ラジエータ、液体ベルト式ラジエータ、ヒートパイプ式などの研究開発が進んでいる。

c. 製造支援（無人化技術）

AI、自動化、ロボティクス技術の作業内容を表-2に示す。自動化、ロボティクス技術は地上のFA技術の延長という見方ができるが、AI技術については宇宙環境下の材料製造への適用という点では次のような問題がある。

- ①リアルタイム処理のためのプロセッサの高速化
- ②判断基準となる知識の蓄積
- ③システムの実証

d. 補給系

宇宙材料製造に必要な機材などの補給品として原材料、製品、機械装置、保守・点検用機器、検査計測機器などがあるが、それらの輸送手段としては、地上と低軌道間ではロケット（HLLV; Heavy Lift Launch Vehicle）の開発が必要になるろう。

宇宙材料製造の補給系に重要な役割を果たすのがロジスティックモジュールであり、材料製造に特有の危険ガスや有毒物質などの貯蔵・保管系についての安全性の問題も含めた設計基準が必要である。AI、自動化、ロボティクス技術は補給系にも当然導入される。

(2) 月面上の製造システム

月面上の製造システムは図-5に示した軌道上のシステムと次の点で異なる。

- ①月の鉱物資源の利用、たとえば、酸素の抽出、精製、貯蔵の可能性はある。
- ②姿勢制御、誘導制御が不要である。
- ③鉱石の採掘、運搬、貯蔵の設備が設置されている。
- ④他の装置との相互干渉（たとえば、微小重力環境下への影響）という点では制限が少ない。
- ⑤構造物は全て地球上の6分の1の重力の荷重に耐えるように設計される。
- ⑥最終的には、材料製造システムも閉鎖生態系の中に組み込まれる。

月資源の利用とは、たとえば、採掘ロボットが採掘した鉱石（酸化物）を鉱石運搬機械で精錬工場まで運び反応炉に投入する。鉱石（酸化物）はメタンガスとの還元反応によりCOガスと水素ガスを発生する。これらのガスはさらに別の反応槽に導入されてメタンと水になる。水は電気分解されて水素と酸素に分けられ、それぞれ圧縮機で液化されて貯蔵タンクに貯えられる。この製造プロセスの電力は太陽電池、太陽熱発電、あるいは原子力発電により供給される。排熱はヒートパイプによる放熱板で宇宙空間に放出される。月面上の製造プロセスは無人で運転され、各設備の点検、補修もロボットにより行われる。人間は定期的に月面に滞在することになるが、居住区は地下に設けられ、宇宙や原子炉からの放射線から防御される。

月面上の材料製造プロセスとして有望なものを挙げると次のようになる。

a. MBGE法による宇宙用太陽電池パネルの製造

MBGE法に必要な真空度 ($10^{-7} \sim 10^{-11}$ Torr) に対して月面上の大気の密度は地上の 10^{-9} 以下 (10^{-6} Torr 以下) と言われており、また、アポロの測定では夜間の大気の粒子数が $2 \times 10^5 / \text{cm}^3$ (7×10^{-12} Torr)、昼間ではその1000倍であることが確認されており、月面上での真空容器なしのMBGE法の可能性は十分ある。さらに、月面上で製造された宇宙用太陽電池パネルは、月面上や軌道上で使用する場

合には輸送コストの点で地上で製造するよりも有利になるであろう。月面上の資源がこの応用分野にどの程度利用できるかが今後の検討課題である。

b. 無容器処理による高純度材料の製造

月面上の高真空（クリーンな環境）と地上の6分の1の重力環境は、無容器処理による高純度材料の製造に適していると思われる。たとえば、電磁浮遊炉による金属の無容器溶解は地上では高々直径1cmの試料が限界で、これでも長時間の安定浮遊は難しいが、月面上では重力とバランスさせた浮遊のための高周波電磁場の形成は比較的容易になるとと思われる。月面上の資源の中に対象とする材料があれば、無容器処理プロセスはさらに有望となる。

c. フローティングゾーン法による高品質結晶の製造

b. と同様に高真空（クリーンな環境）と低重力環境は、フローティングゾーン法による高品質結晶の製造にも有利である。溶融ゾーンの変形が低重力の分だけ少なくてすみ大口径の結晶インゴットの製造も容易である。

6. 宇宙材料製造の経済性

宇宙で材料実験を行い、地球に持ち帰る場合、どのような材料ならば経済性、すなわち採算がとれるかを種々の宇宙製造手段ごとに試算してみた。もちろん多くの仮定を設ける必要があり、中にはあまり根拠のないものもあるが、おおよその目安と承知していただきたい。

(1) 前提条件

a. 各打上手段の打上費用、特に打上再開後のスペースシャトルの費用は確定していないがペイロード重量20,000kg, 打上げ費160億円とする。

b. ペイロード搭載状態

①小型ロケットは必要なもの全て(実験装置、バッテリー等)を搭載し、回収する。

②スペースラブは西ドイツのD計画の製造装置と試料の搭載量(3,750kg)を用いている。すなわちスペースラブおよび中のラック等は、ここではシャトル本体として取り扱う。

③回収型プラットフォームはEURECAの資料をもとに搭載量4,000kg(本体3,000kg+装置と試料1,000kg)とする。

④軌道上サービス型プラットフォームは一度軌道に投入すると長期間宇宙に滞在し、この間、材料製造用試料および燃料等消耗品の補給を受け、出来た製品を地上に回収する。

c. 償却費

本体と製造装置はインストラクチャーとして扱い、償却費負担を考慮しないものとする。費用負担は輸送(打上げ)費、インテグレーション費とし、軌道上サービス型プラットフォームについては、これらの他に軌道上での補給サービス費(OSV, EVA等の費用)と最初の本体インテグレーション費および打上げの合計の1/10を負担する。その費用は回収型プラットフォームをベースにする。

d. 試料

試料は宇宙で製造された材料の重量であり、各実験手段の特徴から材料製造専用装置を搭載し、出来るだけ多くの試料を上げるとした場合、どれぐらいが試料となるかを仮定した。たとえば小型ロケットは実験装置、電源、試料等すべてがペイロードとなるため、試料の重量はペイロードの1%とし、軌道上サービス型プラットフォームは上げるのは補給品と試料であるから打上重量の20%を試料と仮定する。

この様な仮定のもとに、試料、すなわちメイドインスペースの材料の製造コストを計算したのが表-3である

本検討から下記のことが導かれる。

- (1) 宇宙製造におけるランニングコストの大部分は輸送（打上）費と地上でのインテグレーション費であり、これらのコストを下げる努力を要する。
- (2) 従って、その都度製造装置を打ち上げ、回収するタイプの手段では経済性という面からはほとんど成り立たない。標本、サンプルを作成するという取り組み姿勢が必要である。
- (3) 軌道上サービス型プラットフォームの概念のシステムが運用に入れば、宇宙材料製造ビジネスが成立する機会がありそうである。この場合でもプラットフォームを含むインフラストラクチャーの償却負担があると非常に困難となる。

7. あとがき

宇宙材料製造の将来を述べるためには、20～30年後の材料科学の進歩についても、ある程度の見通しが、なくてはならないことは前述のとおりであるが、これは筆者らの力の及ぶところではない。今まで、宇宙材料実験装置の開発の過程でいろいろと御指導戴いたP I（実験研究者）の方々の御意見や文献などを多く引用させて頂いて戴いた。ここに謝意を現す次第である。

筆者は石川島播磨重工業に於て宇宙環境利用関係の業務に従事している。

『引用文献』

1. 栗木恭一；21世紀の宇宙インフラストラクチャ、精密工学会誌、
Vol,54,NO.3
2. 古佐由秀；月と小惑星、恒星社、1979
3. 工業開発研究所『諸外国の宇宙実験結果の調査検討報告書』、1984.3
4. 秋葉鏡二郎『宇宙開発近未来』、岩波書店、1986.12
5. Hamakawa,Y; "BIO-PRODUCTIVE" SOLAR PHOTOVOLTAIC GENERATION
IN SPACE, SOLAR CELLS,12(1984)99-104
6. 日本機械工業連合会 宇宙開発専門委員会最終報告、
『わが国の宇宙産業の将来展望』 1983
7. 岩田 勉、『月面の資源探査ミッション』宇宙用人工知能／ロボット
／オートメーションシンポジウム、SAIRAS87-D13,PP165-
168(1987)
8. Project LEAP, "SICSA OUTREACH",Sasakawa International Center
for Space Architecture, Vol.1, No.2,1987
9. A. T. ウルベコフ；宇宙移民計画、環境と資源を求めて、
講談社、昭和61年

表-1 微小重力環境下の諸現象と材料製造への応用

	主 な 現 象	技 術 的 要 素
無 対 流 (自然対流がなくなること)	①微小流・乱流の現われ	・乱流による熱・物質移動
		・重力のふらつきによる微小流
		・温度・密度勾配による微小流
	②無偏析	・結晶の歪みの減少
		・化学反応の均一化
		・組成の均一化
	③界面現象の現われ	・方向凝固過程の制御容易
		・凝固界面の観測容易
		・ぬれ・毛管現象の変化
	④輸送現象の変化	・界面張力による対流(マランゴニ対流)
・外力による物質移動が容易		
・気体拡散の一様化		
・気相析出・沈積の促進		
・腐食・電気化学過程の変化		
・液相の拡散・表面对流		
・液相/気相大型結晶成長		
⑤熱・密度のゆらぎの減少	・相平衡の研究容易	
	・整列組織の制御容易	
	・核生成の抑制	
無 沈 降 ・ 無 浮 力	⑥温度勾配の増大	・熱交換技術の必要性
	⑦沈降の消失	・泳動分離が容易(電気的・磁氣的)
		・大型モザイク結晶成長容易
		・懸濁化が容易
	⑧相分離の消失	・多成分系の均質化学反応
		・比重差の大きい非混合系/複合材料製造
		・液体/固体の均質混合可能
	⑨物質分布の変化	・液体/液体の均質混合可能
		・泡力学の研究容易
	無 静 圧	⑩泡の分布の変化
・気/液界面の重力変形の消失		
⑪界面圧力の変化		・燃焼現象の変化
		・粘性液滴の合体現象の観測容易
		・液性・浮遊帯の形状安定化
		・臨界点付近の用転移の観測容易
		・移動界面の観測容易
⑫界面現象の現われ		・ぬれ・吸着現象の現われ
		・結晶粒成長の制御可能
		・無転位化等, 格子不整の除去容易
⑬自重変形の減少	・均質アモルファス化	
	・壁効果の消失, 铸造容易	
⑭流体の変形の減少	・音波遊技術の必要性	
無 接 触 浮 遊	⑮無容器・浮遊容易	・浮遊帯溶融性の応用拡大
		・表面張力の影響大, 真球生成
	⑯界面現象の現われ	・浮遊液体の流体力学の研究容易
		・超高純度物質の製造容易
	⑰浮遊状態の安定さ	・無接触により汚染・核生成の防止
		・熱環境の変化
	⑱熱環境の変化	・高温・超高温化学反応(無接触)
・放射冷却/加熱が顕著化		

表-2 材料製造プロセスにおける無人化の技術

材料製造作業内容	無人化のための技術 A : A I B : 自動化 C : ロボテイクス	
1. 製造計画	①計画修正	A
	②計画遂行	B
2. コンフィギュレーションの変更	①製造装置取付/取外し	C
	②ソフトの変更・交換	B
3. アクチベーション検証	①装置	A/B
	②ソフトの機能検証	A/B
4. 製造準備	①リソースのチェック	B
	②試料・材料準備	C
	③記録媒体チェック	B
	④起動状況チェック	A
5. 製造開始・停止	①開始・停止の判断・命令	A
6. 製造制御（定常時）	①条件設定・制御パラメータ変更	A
	②運転状況の監視、判断、処置	A/B
7. 異常診断	①異常の検知、予知	A
	②異常の判断・処置	A/B
8. 製品の途中チェック	画像等による観察、記録	B
	②記録データの判断	A
9. 被加工材料の交換	①交換の可否判断	A
	②被加工材料の交換	B/C
10. 被加工材料の処理	①処理加工の実行	A/B/C
11. 製品の観察・分析	①製品の観察、分析、記録	A/B/C
12. 解析・評価	①分析データの解析、評価、記録	A
13. 製造の後処理	①装置のチェック	A/B/C
	②リソースのチェック	B
	③廃棄物の処理	B/C
14. 点検・整備	①点検・整備の要否判断・実行	A/B/C
	②点検・整備の結果の判定・記録	A
15. 回収	①製品・装置・材料等の地上への回収	C
16. 不具合時運転	①不具合時運転可否判定	A
	②不具合時運転の実行	A

表-3. 宇宙で製造される材料の製造コスト比較

宇宙製造手段	1フライト(1補給回)のコスト	搭載量(kg)	1kgあたりの費用	搭載量中の試料(%)	試料1gあたりのコスト	備考
小型ロケット	3億円	300kg~ 1,000kg	30万円~ 100万円	1% (3~10kg)	30,000円~ 100,000円/g	TEXUS等
スペースラブ	360億円 フライト費160億円 インテグレーション200億円	3,750kg (実験装置、試料)	960万円	5% (187.5kg)	192,000円/g	ドイツのD計画
回収型プラットフォーム (EURECA型)	80億円 フライト費35億円 インテグレーション45億円	4,000kg (内ペイロード 1,000kg)	200万円	2.5% (100kg)	80,000円/g	EURECA計画 より推定
軌道上サービス型 プラットフォーム (宇宙工場)	当初の打上げ費 200万円/kg 打上げ費と インテグレーション費	補給費 ①輸送費(シャトル) 80万円/kg ②軌道上サービス費 50万円/kg ③本体打上げ分租費 20万円/kg		20%	7,500円/g	

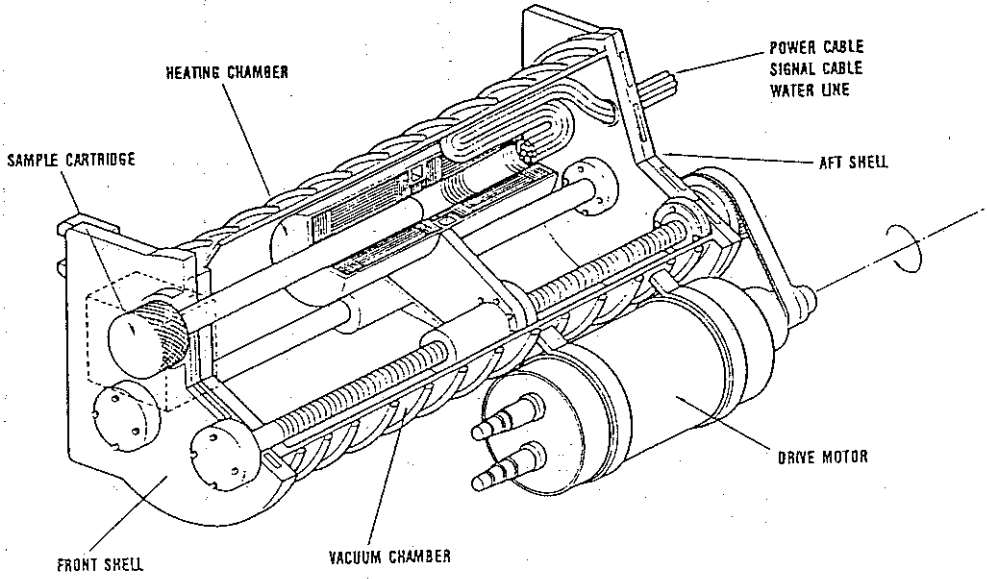


図-1 温度勾配炉の概念図

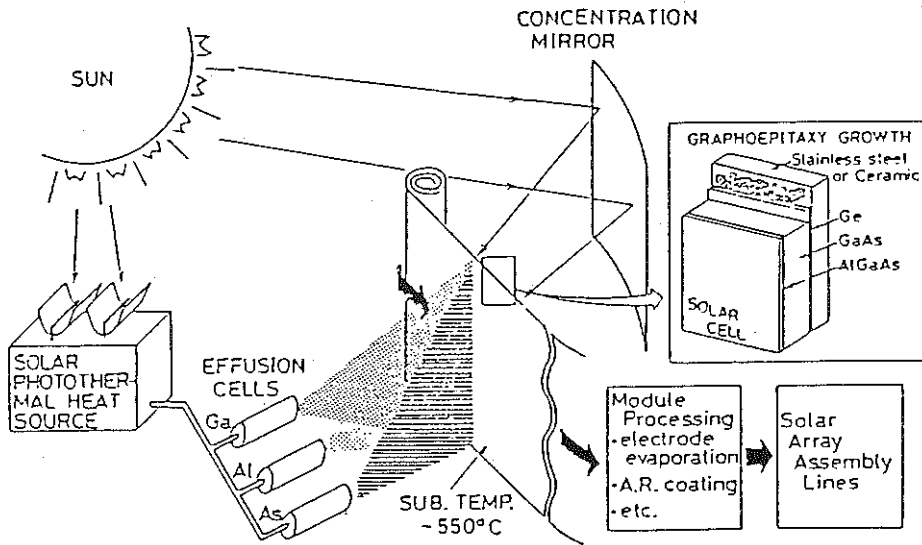


図-2 分子線グラフォエピタキシー装置の概念図

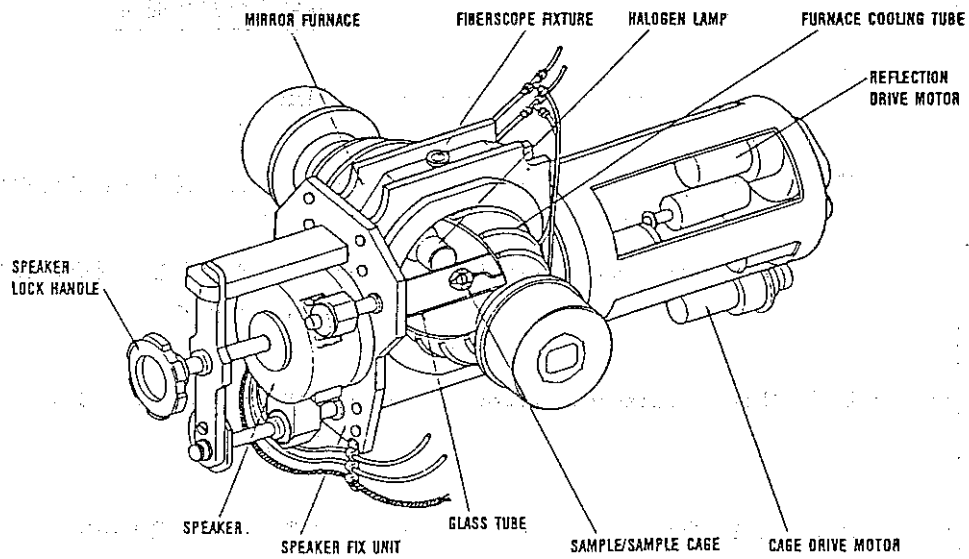


図-3 無容器溶解炉（音波浮遊炉）の概念図

ELECTROPHORESIS PROCESS

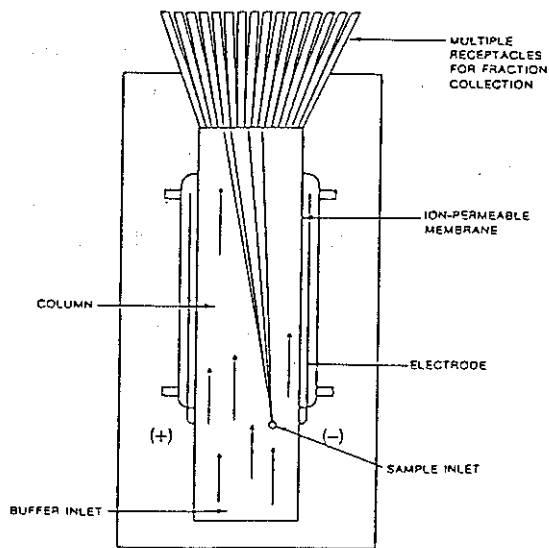


図-4 電気泳動装置の原理図

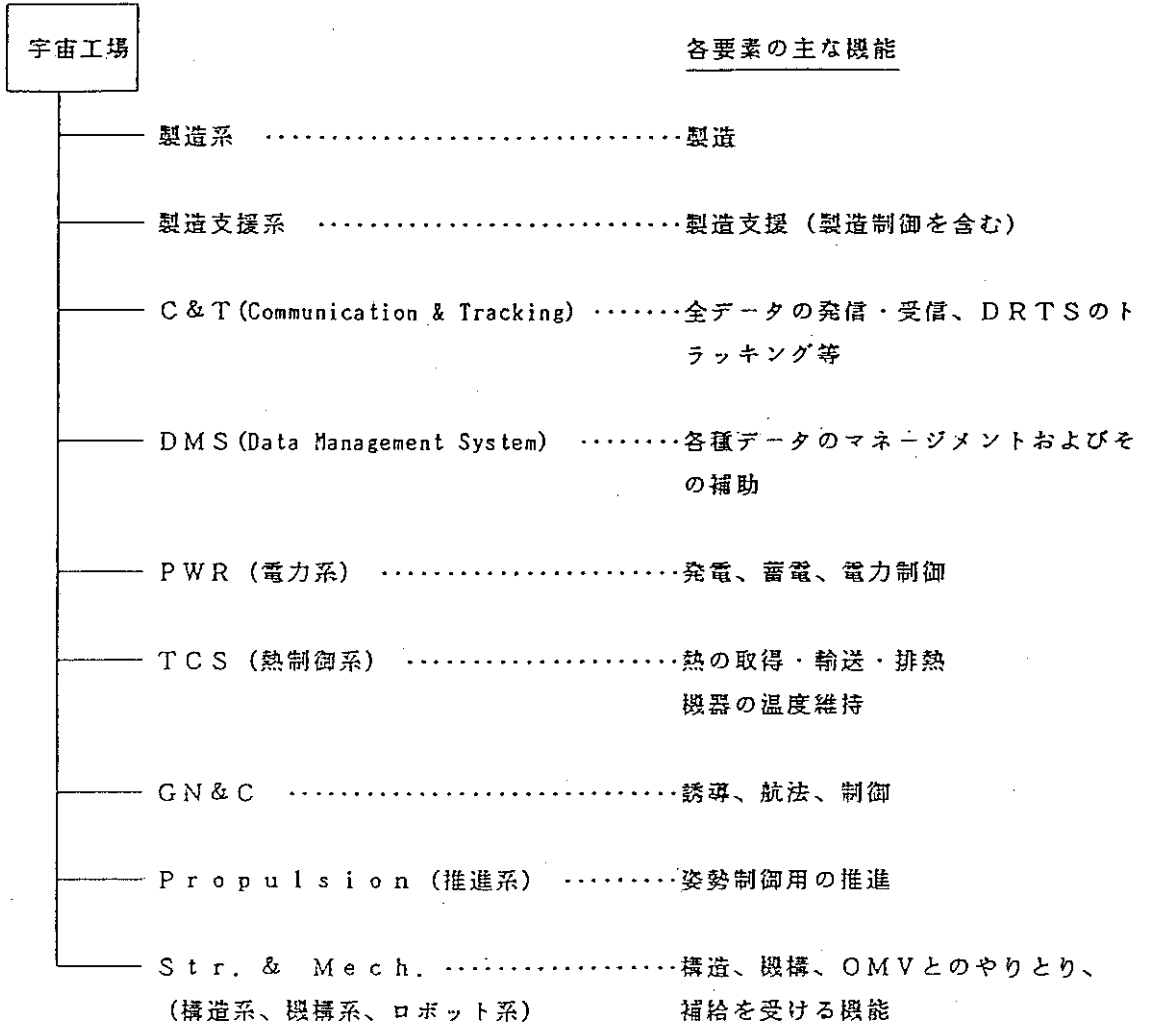


図-5 軌道上材料製造システムの構成要素

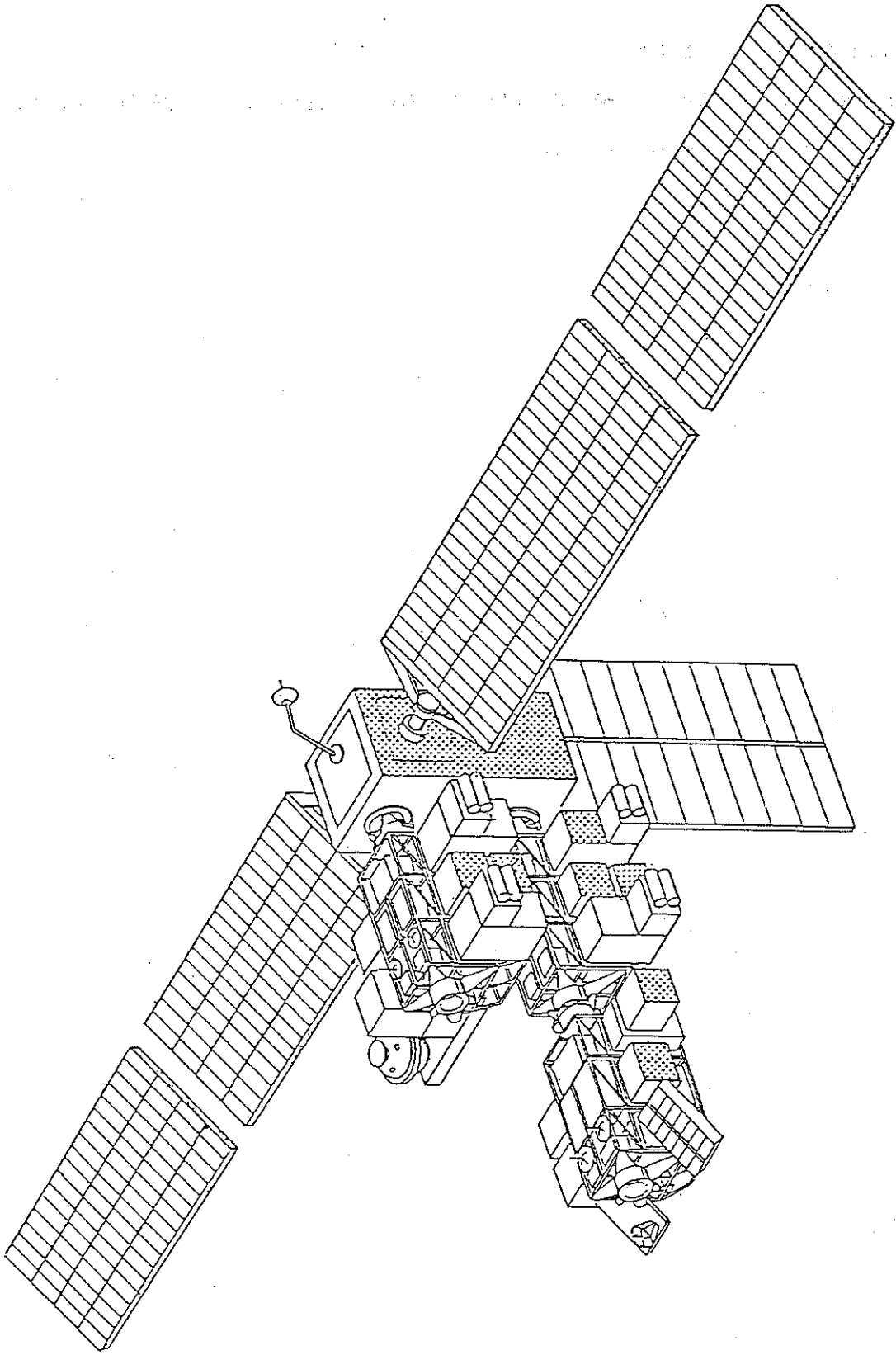


図-6 軌道上材料製造システムの概念図

宇宙有人システムの人間・機械系設計に考慮すべき人的特性

山口孝夫

I. まえがき

人間は、日常生活においてさまざまな情報を受けている。しかしながら、人間の情報処理能力には限界があり、これら全ての情報を受容し処理することはできない。そこで、無数にある情報の中から必要なものを選び出すといった作業が、人間の情報処理過程において重要な機能を占めてくる。仮に、全ての情報を受容し処理することができるのであれば、人間は疲れ果て精根尽きてしまうであろう。人間にとってこの情報処理能力の限界は、情報処理面からみれば確かに欠点である。一方、生理的及び心理的面からみれば、人間のオーバロードを防ぐための防衛メカニズムでもある。

II. 注意について

一口に注意といっても、その意味を説明するとなると難しい。国語辞典をみれば「気をつけること。気を配ること。用心すること。」等と書いてある。専門書の記述をそのまま引用すれば次のとおりである。

「注意とは、精神機能を高める構えをいう。それは認知するときにも、仕事をするときにも、考えるときにも一つのものを選択し、他のものを抑制する働きである。すなわち、感覚または心象の明瞭さの水準を上げる意識の状態であるし、あるものを特にはっきり認知しようとする努力であるし、ある程度の単一観念性、すなわち、一つの観念が意識を占める状態である。」

このように記述されても、専門以外の人にはおそらく何が何だかわからないであろう。そこで本文では、注意のメカニズムとそれが人間工学的にどういう意味があるかについて考察してみた。

III. 注意の3要素

一般に、注意の3要素として「方向性」、「集中性」及び「選択性」をあげるこ

とができる。

方向性とは、どの方向に意識が向けられているかを意味している。例えば、人と話している時に、背後で大きな音がすれば、何事が起ったかと思って振り返って確かめるであろう。この場合、大きな音が注意を喚起し、その方向に注意が向けられたことになる。

集中性とは、どれだけ対象または情報に意識を傾けているかを意味している。たとえ目がその方向に向いても、意識がはっきりしていなければ、それが何であるかを認知することができない。心ここにあらずば、見るとも見えずである。

選択性とは、どの情報を選んでいるかを意味している。大勢の人が出席しているパーティでは、さまざまな会話が飛び交う。これらの会話をすべて聞き取ろうとしても不可能である。会話の中から一つだけに集中すると、それを聞き取ることができる。別の会話を聞き取ろうとすると、今まで聞いていた会話の内容がとたんにわからなくなる。このように、多数の情報の中から一つのものしか認知できないことを注意の選択性という。

IV. 注意のメカニズム

注意のメカニズムを説明するために、今まで多数のモデルが提唱されてきた。これらのうちどれが正しいかは、今のところ特定することができない。本節では代表的なモデルをいくつか引用して、注意のメカニズムについて説明する。

1. フィルターモデル（濾過モデル）

2つの情報を時間的に非常に接近させて提示し、その反応時間を比較してみる。すると、2番目に提示した情報に対する反応が、1番目のそれよりも遅れる。これは1番目の情報を受容すると、次の情報を受容するまである程度の休憩時間を必要とするためと考えられている。この休憩時間を「心理的不応期」という。心理的不応期では、情報処理能力はストップした状態である。フィルターモデルは、このような生理学的事実から導き出された。

このように人間には情報処理能力に限界があるため、多数の情報をいちいち受容していたのではどうして処理が追いつかない。そこで、Fig.1 に示した選択的フィルタ

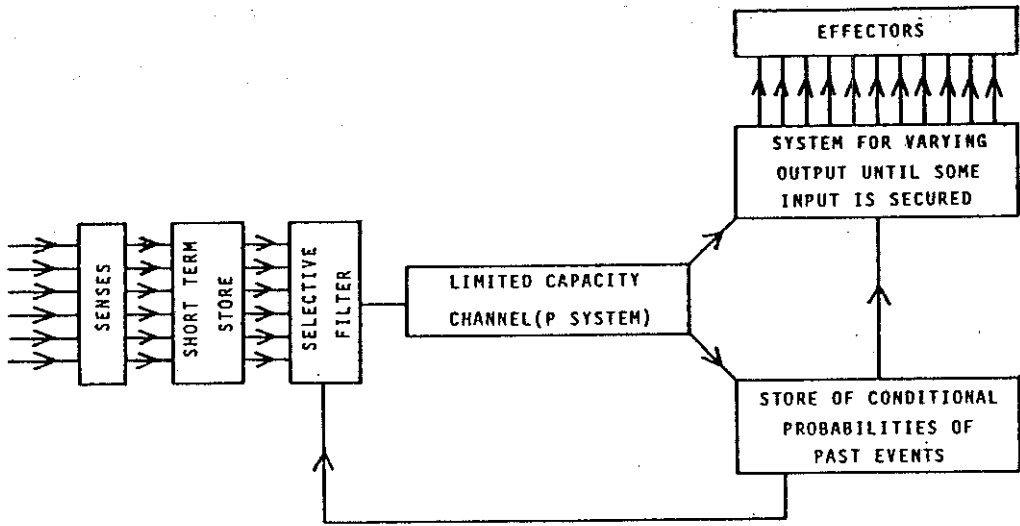


Fig.1 Broadbent's filter model of human information processing system (from Broadbent, 1958)

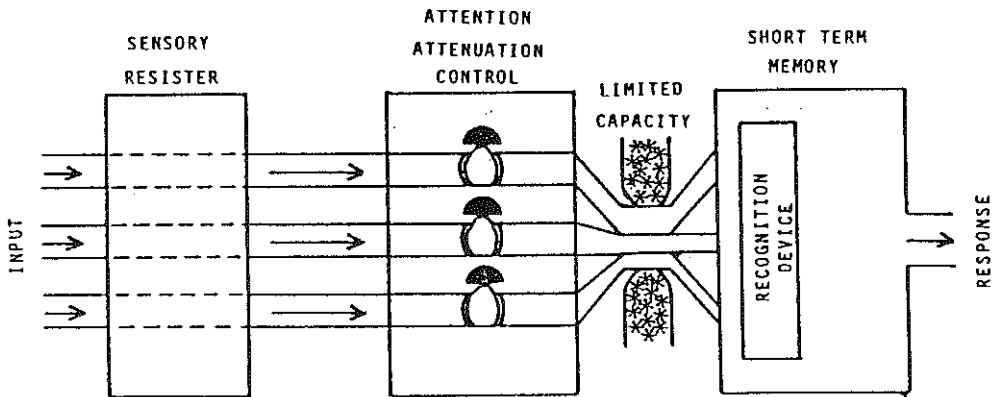


Fig.2 Treisman's attenuation model of human information processing system (from Shiffrin et al., 1974)

ーが作用して、複数の情報が同時に通過できないようにする。フィルターがどの情報を通すかによって注意の選択性、すなわち、どの情報に注意が向けられたかが決まる。

エアバスA330といった最新の航空機では、CRTを利用した統合計器が用いられている。これは、人間が同時に2つ以上の情報に注意を向けることができないことから、複数の情報を一つの計器に集約させて、注意を一つの所に向けさせた一例である。

3. アッテネターモデル（減衰器モデル）

上記のフィルター理論では、注意を向けていない情報からは何も得ることができないことになる。しかしながら、実際には注意を向けていない情報も得ることができることもある。例えば、友人と話をしているときに、他の人から名前を呼ばれた場合、それを聞き取ることができる。そこで人間は、注意を向けていない情報を完全に遮断しているのではなく、ある程度処理できるという考えにもとづくモデルが提唱された。これが、「アッテネターモデル」である。

このモデルでは、フィルターモデルという単一チャンネルの代わりに、Fig.2に示したような入力情報を調節する減衰器が用いられている。このモデルによれば、注意を向けていない情報は、この減衰器によって入力量を制限されているのであって、まったく遮断されているのではない。したがって、注意を向けていない情報も状況によっては処理することができる。どの情報を得ることができるか、という注意の選択性は、どれだけ他の情報入力量が制限されるかによって決まる。そこで時間あたりの情報量が重要になってくる。

緊急状態を知らせる警告・警報装置等を設計する場合、このアッテネターモデルが重要になってくる。何か情報処理を行なっている時に、その情報にあまりにも注意を向けすぎていると、その情報を処理するだけで容量がいっぱいになり、もう他の情報を受容できなくなる。したがって、限界に近い情報処理能力を搭乗員に要求するようなシステムを設計してはならない。そのようなシステムを設計すれば、他に重要な情報が提示されても、それを見逃す確率が高くなる。

子供がテレビのマンガに夢中になっていて、名前を呼んでも返事をしないことがよくある。これは、本当に聞こえていない場合が多い。ただし、反抗期にある子供、子

供に何か用事を言いつけようとした場合などはこの限りではない。

3. 覚醒水準モデル

先に述べた2つのモデルは、注意の選択性について説明するのに都合がよい。しかしながら、覚醒水準の変動による注意の変動を説明することができない。たとえ一つの情報しか与えなくても、それに対する構え（準備状態）ができていなければ、情報を受容し処理することができない。ぼんやりとしていれば、たとえ自分の名前を呼ばれたとしても、それを聞き取ることができない。逆に、神経を研ぎ澄ませれば、人間は暗闇の中でも物や人が動く気配を感じ取ることができる。このような覚醒水準の変動による注意の変動、すなわち注意の集中性はFig. 3 に示したようなモデルで説明することができる。

図において、波線(1)で示したような覚醒水準にある場合は、情報bに注意が向けられ、その情報を受容することができる。覚醒水準が上昇して、Yの所に波線が至ったと仮定すれば、情報bだけではなく、情報a及びcにも注意を向けることができる。逆に、覚醒水準が低下して、Xの所に波線が近づいてくると、もはや何も情報を受容することができない。斜線で示した棒線は、その情報の重要度によって高くなったり低くなったりする。

このモデルによれば、棒線が波線よりも上にあれば、その情報を受容することができる。中でも最も高い棒線の情報に多くの注意が向けられる。情報の重要度をどのように設定するかが効果的な情報提示の鍵となる。

有人宇宙システムにおいて、重要度を搭乗員に判断させていたのでは意志決定が遅れるし、重要度の順位付けに間違いを起こす確率が高くなる。結果的に致命的なミスに陥るといったことになりかねない。情報を色分けして提示し、一目で重要度がわかるようにするなどの工夫が必要である。

4. 増幅モデル

注意は意識的活動を必要とする。しかしながら、対象または情報に対して、意識を集中しなくても注意が喚起される場合がある。例えば、人と話しているときに、後ろで大きな音がしたりすると、会話に対する注意が音の方へと移っていく。このよう

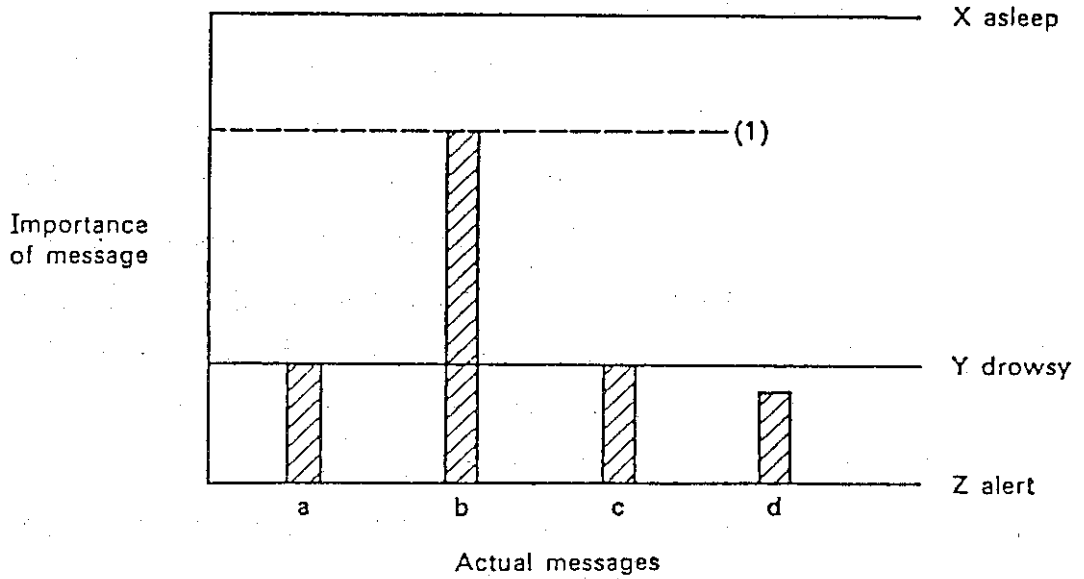


Fig.3 Deutschのモデル (Deutsch & Deutsch, 1963)

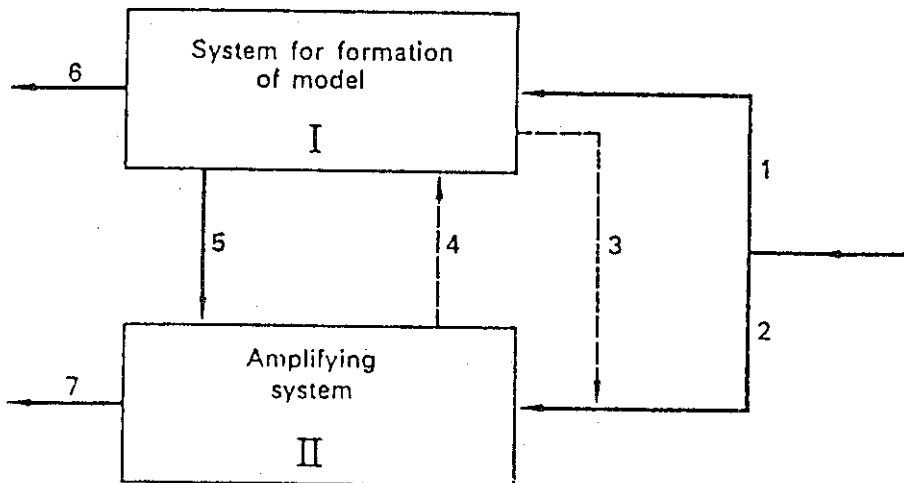


Fig.4 Sokolovのモデル (Lynn,1966)

に目新しい他と異なる情報に注意が向けられるメカニズムを説明するモデルとして、「増幅モデル」がある。

Fig.4 において、まず外部からの情報刺激が1及び2を通過して2つのシステムに送られる。1及び2は、神経経路を表している。2つのシステムは、それぞれ皮質水準（コンピュータでいえば、CPUに相当する）に対応するモデル形成系Ⅰと、網様体（注意を喚起したり、抑制したりする機能で、延髄の中心部に位置する）に対応する増幅系Ⅱを表している。モデル形成系Ⅰに到達した情報は、すでに記憶されている情報モデルと比較される。比較した結果、その情報がモデルと異なれば、それは過去に受容した情報ではなく、初めて受容した情報ということになる。この場合、厳密に言えば、全ての情報が初めて受容したものではない。場合によっては同じ情報であっても強度が違っていたり、曖昧なものであったりしてモデルと比較できないこともある。

新奇な情報は、経路5を通過して増幅系Ⅱに送られる。その結果、網様体が刺激される。また、同時に経路2を通過してきた情報からも刺激を受ける。刺激を受けた増幅系Ⅱは経路4を通じてモデル形成系Ⅰを刺激する。その結果、経路6を通じて注意が喚起され、目や耳を傾けてその情報を受容しようとする活動が起こる。

一方、増幅系Ⅱからも経路7を通じて自律神経系が刺激され、注意を向けようとする生体反応、すなわち構えができあがる。モデル形成系Ⅰにおいてモデルと比較した結果、モデルと情報が一致するという信号が連続して発生すると、モデル形成系Ⅰから信号が送られ、経路3により外界からの情報が遮断される。同時に、経路5から情報が増幅系Ⅱへ伝達されなくなる。その結果、もはやその情報に対する注意が喚起されなくなる。これが慣れという現象である。

このモデルは、新奇な情報が注意を喚起するメカニズムを説明するあるが、同様に、注意の方向性についても説明している。

今では女性の航空管制官は珍しくなくなったが、かつてはほとんど男性の職場であった。そこに女性が進出し初めた当時、パイロット達は女性管制官の声が非常に聞き易かったそうである。確かに男性の声に比べれば、女性の声の方が聞き易い。それは男性に比べて、女性の声の方が周波数が高いことも一因である。それ以上に女性管制官の声が聞き易かった理由として、男性管制官の声に慣れていたパイロット達が女性の声が聞こえると「おやっ」と思い、自然とその声の方に注意が向いたためとも思わ

れる。

新規な情報であっても、それが常に出現するとなると新奇性が失われ、その情報に対する注意が低下する。例えば、本を読んでいる時に、一定のレベルの雑音を聞かせたとする。初めはその雑音が気になってなかなか本に集中できない。しかしながら、しばらくすると雑音が気にならなくなり、本に集中できるようになる。そこで雑音を強めたり弱めたりしてレベルを変えると、再び雑音が気になりだす。

警報音も、一定のレベルで提示するよりも強弱をつけた方が、より注意を引き易い。

V. 覚醒水準と注意

注意と覚醒水準の関係については先に述べた。この覚醒水準はTab.1 に示したように、4つのレベルに分類できる。

フェーズ0では、脳はまったく活動していない。したがって、情報はほとんど受容できない。

フェーズ1は、脳は活動しているものの、正常に機能しているとはいいがたい。いわゆる居眠り、酒酔い状態がこのフェーズにあたる。

フェーズ2に入ると脳は正常に機能しているといえる。私たちは、このフェーズで日常生活を営み、仕事をしている。

フェーズ3は、脳が積極的に活動している状態である。脳がフルに回転し最高の機能を発揮する。緊急状況に対処する場合等、このフェーズの覚醒水準が要求される。ただし、このフェーズは持久力に欠ける。長時間このフェーズを要求すると疲労を生み、覚醒水準はフェーズ1へ落ち込んでしまう。

フェーズ4は、一種のパニック状態である。あまりにも緊張が高まってしまうと、かえって人間の脳は十分に機能しなくなる。

これらのフェーズを定量的に表わす方法として、脳波が用いられる。これをFig.5に示した。また、覚醒水準と作業の達成度を図に示せば、Fig.6のようになる。これによれば、覚醒水準の上昇とともに、作業の達成度も上昇する。しかしながら、覚醒水準が高すぎるとかえって作業の達成度が低下してしまうことが図からうかがえる。何事もほどほどがよい。

覚醒水準は生理的リズムによっても変動する。この生理的リズムは、サーガディア

Tab.1 意識レベル区分

フェーズ	意識のモード	注意の作用	生理的状態	大脳の信頼性	脳波パターン
0	無意識, 失神	ゼロ	睡眠, 脳発作	ゼロ	デルター波
1	subnormal 意識ボケ	inactive	疲労, 単調, いねむり, 酒に酔う	0.9以下	シーター波
2	normal, relaxed	passive 心の内方に向う	安静起居, 休息時 定例作業時	2~5ナイン	アルファ波
3	normal, clear	active, 前向き, 注意野も広い	積極活動時	6ナイン以上	ベータ波
4	hypernormal excited	一点に凝集 判断停止	緊急防衛反応, 慌て, →パニック	0.9以下	ベータ波またはテンカン波

安全人間工学部会 資料No. 20 P. 17

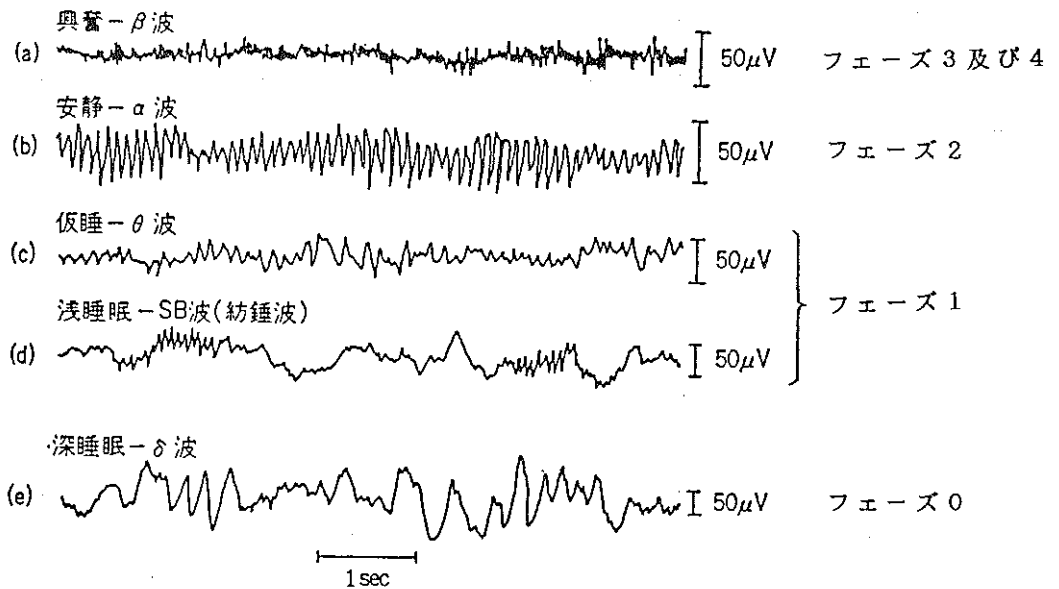


Fig. 5 脳波の基本パターン

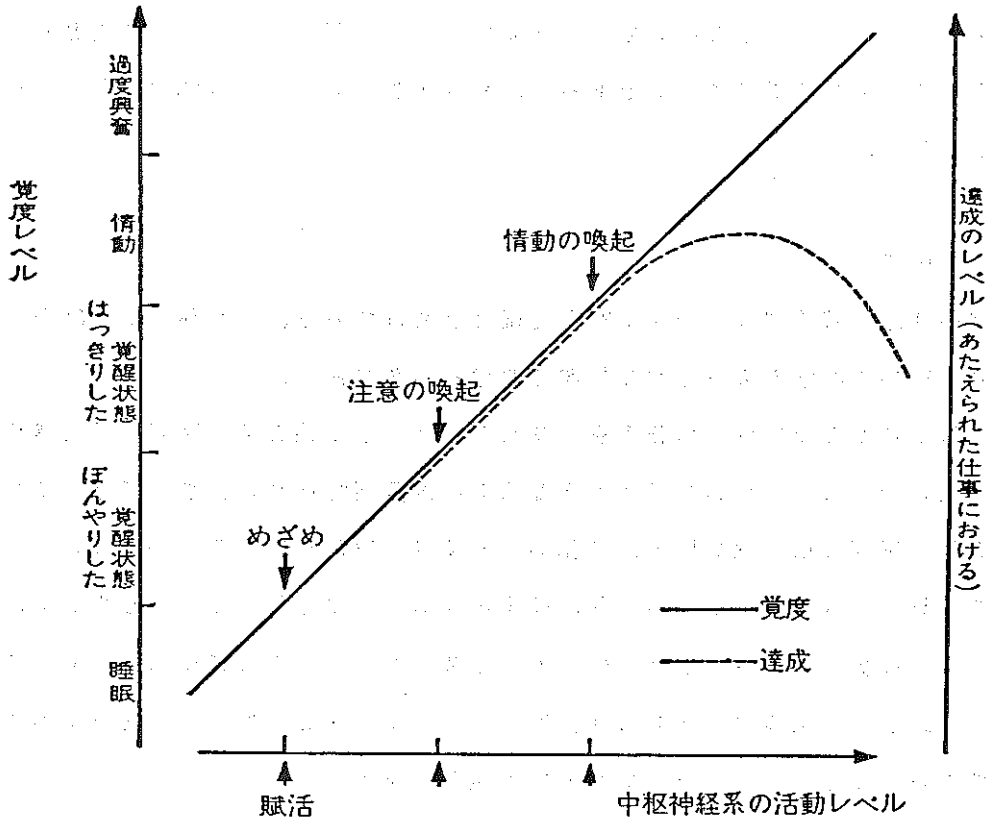


Fig.6 覚醒レベルと作業の達成レベル

リズム（既日周期）と呼ばれ、人間の覚醒水準は24時間周期で変動している。一般に、人間の覚醒水準は午前中が高く、午後に低くなり深夜では最低になる。したがって、午前中の方が仕事ははかどるといえる。会議などは、午前中に開催し、終える方が効率がよい。

宇宙ステーションは地球を約90分間で一周する。したがって、90分間に夜と昼がやってくる。そこで窓にブラインドを下ろし、室内照明によって24時間周期を作り出す配慮がなされる。

VI. 注意の限界

人間の注意持続時間は、一般に30分を限度とされている。したがって、30分以上にわたり連続的に注意を必要とする作業は避けるべきである。

注意を低下させる要因は、情報の色、音及び形といった性質や、騒音、照明等の外部的要因だけではない。情報を受ける人間側の内的要因も注意に大きく関与している。この人間側の要因には心理的限界、身体的限界及び生理的要因の3つが関与している。

心理的限界は、人間が一つものに長時間集中することが難しいことから生じる。身体的限界は、疲労に代表されるように、人間は疲労すれば、脳の機能も低下することから生じる。生理的限界は、人間の感覚は、連続的に刺激を受けると、それに対する感度が低下のために生じる。これが慣れという現象である。

これらの限界に対処する方法として、注意の対象を変えることが最も簡単な方法とされている。例えば、意識的に別な作業をしたり、うろうろ歩き回ったり、あるいは他の人と雑談するのも注意力の回復に有効な手段である。

一定の方向に常に注意を集中しておくのも難しい。それを示す例としてFig.7を見るとよくわかる。図をずっと中止すると同じ図柄でありながら、二つの異なる絵に見える。

VII. あとがき

以上に注意のメカニズムを説明するために、いくつかのモデルを用いた。これらのモデルは、あくまで操作的な概念であり、実際にフィルターや減衰器などが人間の脳に存在するのではない。さまざまな実験や生理的事実から導き出された観念的なものである。しかしながら、注意のメカニズムを知る上では有効なモデルである。



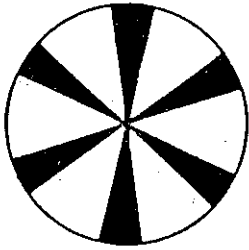
1つの図形がカップにも見えるし、2つの向き合った顔にも見える

1 ルビンの杯



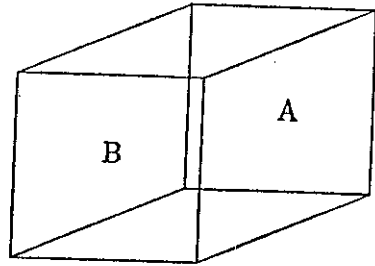
若い女性の顔と老婆とに反転する

2 嫁と姑



接近、あるいはせまいという場合は「図」(黒い部分)となる。

3



見方によってAが手前にみえる場合とBが前面に浮きでる場合がある。

4

Fig.7 反転図形

注意とは確かのものようで、これほど不確かなものはない。如何に注意の3要素及び注意のメカニズムを理解して、それを設計に反映するかが、有人宇宙システムを有効なものにするための重要なファクターの一部である。

(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) 情報処理心理学入門Ⅱ－注意と記憶－：中溝幸夫、箱田裕司、近藤倫明 共訳、サイエンス社、1984.
- 2) 人間の情報処理－新しい認知心理学へのいざない－：御領 謙訳、サイエンス社、1979.
- 3) 「MAN MACHINE時代を考える」－パイロットの真摯な努力、野間聖明、日本航空協会、1980.
- 4) 実験心理学：大山 正偏、東京大学出版会、1984.
- 5) 心理学の理解：木村貞司、宇留野藤雄、岡村浩志、清水敦彦、福村出版、1969.
- 6) 山口孝夫・長沢有恒：ワークロード評価のための副次作業法について－副次作業のパラダイムと評価モデルについての一考察－、航空医学実験隊報告、26(4)、159-168、1985.
- 7) 飛行とところ－航空心理学入門－：黒田 勲監修、鳳文書林、1978.
- 8) ヒューマン・エラー－過誤は巨大化する－：正田 亘、エイデル研究所 1988.
- 9) Broadbent, D.E.: A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychological Review*, 64, 205-215, 1957.
- 10) Treisman, A.M. and Geffen, G.: selective attention; *Perception Response Quarterly. Journal of Experimental psychology*, 19, 1-17, 1967.
- 11) 大谷璋：注意とそのモデルと人間における生理心理学的事実、*心理学評論*、15(2)、159-175、1972.

書籍の紹介（商業化促進関連）

森 雅 裕

今日宇宙開発分野において、一部の技術は商業化を意識できるほどに醸成されてきましたが実用化の延長線上に商業化があるものと信じ込んでいる人々がいることは残念なことだと思います。

宇宙活動において、新しい技術を開発したり、新しいシステムを確立したり、新技術開発に主眼を置いて開発を進めることを実用化と定義するならば、商業化のそれとは根本的に違っていると思います。商業化は最初からニーズを意識した競争力のある製品を開発し、利潤を追求しなければならない訳ですから、グローバルな市場調査（需要見込み、独自性、発展性等）、セールスポイントの明確化、資金調達の見処、利益追求型開発計画の立案、アフターサービス体制の確立、知的所有権等の法律問題、経済摩擦等の国際関係等々、総合的にかつ組織的に対応する必要があるわけです。

我国の宇宙開発の中核的実施機関である宇宙開発事業団が今後ともリスクの高い宇宙開発を手掛け、実用化を強力に進め実用化を通して確立した技術の民間企業への移転あるいは施設設備の商業利用を可能にする道を開拓するためにも、また宇宙通信事業等宇宙空間を利用した商業活動の主体である民間企業が自らの活動の道を開けるように側面から商業化の心を持って支援して行くためにも、更に民間企業が自らの力で宇宙の商業活動を展開するためにも、商業化を積極的に進めている欧米の人々の考え方、目の付けどころ、商業化への展望といったことを広く知ることが大切なことだと思います、ここに一冊の本を紹介したいと思います。

書籍名 「SPACE, INC.」

著 者 TOM LOGSDON

価 格 \$ 22.50 (1988)

発行者 Crown Publishers, Inc.

225 Park Avenue South

New York, NY 10003

本の内容

米国の宇宙開発プログラムの復活を信じ、今準備を進めている大企業、中小企業、私的な投資家等々、先見性のある人々に巨額の利益をもたらし、将来の米国の技術競争力の確保に役立つ宇宙開発プログラムや、宇宙における科学上あるいは商業上の広範囲に亘る新規事業に関連する「儲かる宇宙開発プログラム」について、この道に明るいトム・ロゴスドン氏がこの「スペース・インク」の中で包括的に論じている。

巨額の富を得る機会、大投資家のみならず、小投資家や単なる実験者にも、その可能性が十分あり、地球周囲軌道上の無重量環境下での新材料の開発や宇宙の高真空を利用した新製造技術の開発等を志す革新的な考え方を持つ人々に対し、宇宙空間で機能する実験装置の設計やそれを宇宙空間に打ち上げるのに要する資金の捻出方法についての助言が示されている。

ロゴスドン氏は、本書の中でスペース・シャトル・チャレンジャーの悲劇的な爆発事故は、宇宙開発をNASAの独占的な活動から民間企業への移行を加速しただけであると述べている。今日、私企業にも、打上げロケットのレンタル事業、宇宙工場、通信衛星事業、地球資源探査事業、気象観測事業、高精度航行管制事業、衛星回収・修理事業等々に対し、巨大な投資機会が存在し、これらに関する投資リスクや成功率の高い技術開発等についての考えるヒントを与えてくれている。

ともかく著者ロゴスドン氏は、短長期の宇宙開発の展望において、商業化の機が熟したと結論付けている。

トム・ロゴスドン氏は、ロボティクスやコンピュータを含む21冊の著者であり、かつてナブスター航行衛星に関連し、ロックウェル・インターナショナル社のために働いたことがある。

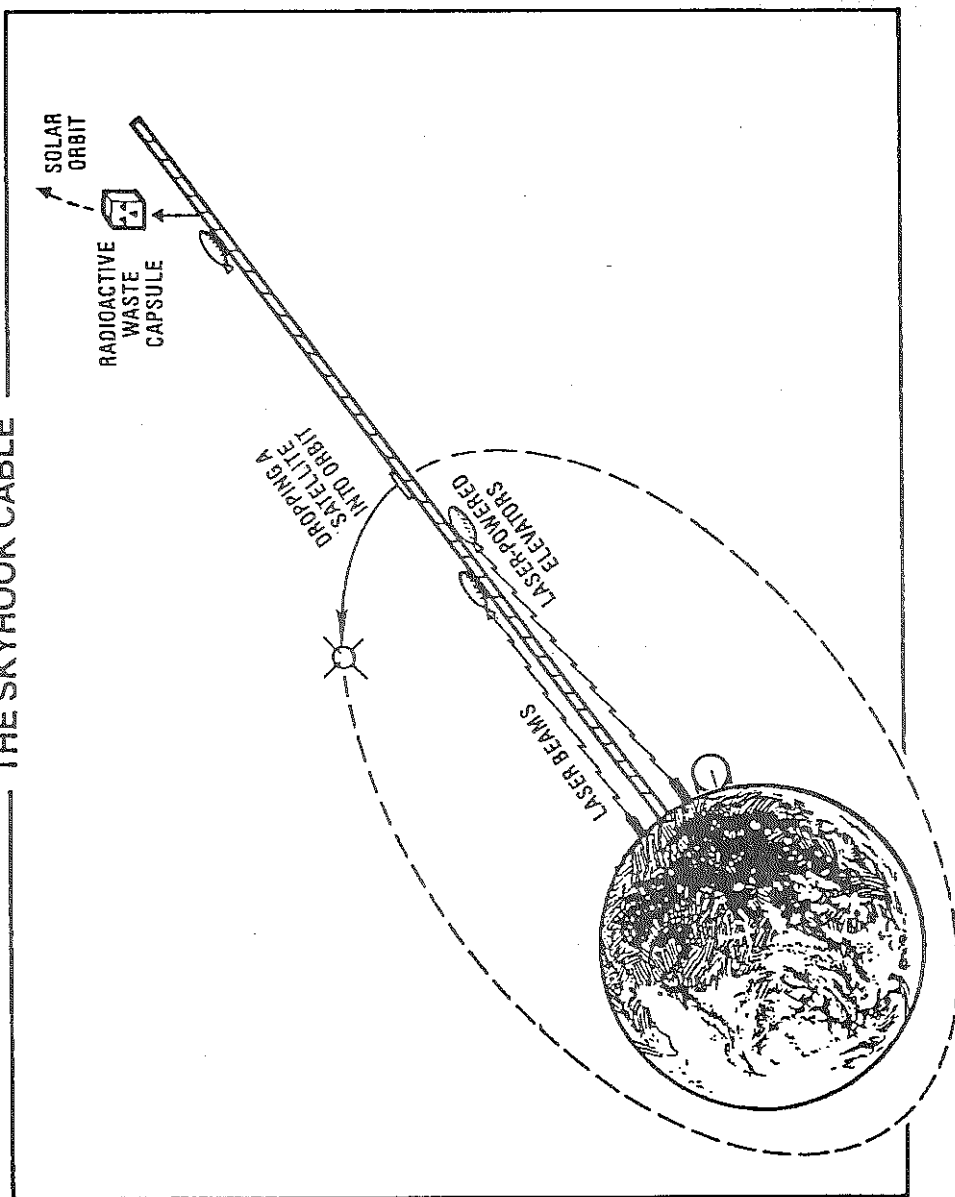
最後に、本書の目次と21世紀の可能性として示されている楽しい挿絵を3点紹介する。

(本書の紹介者は宇宙開発事業団ロケット本部ロケットグループにおいて、H-IIロケット推進系の開発に従事している。)

Contents

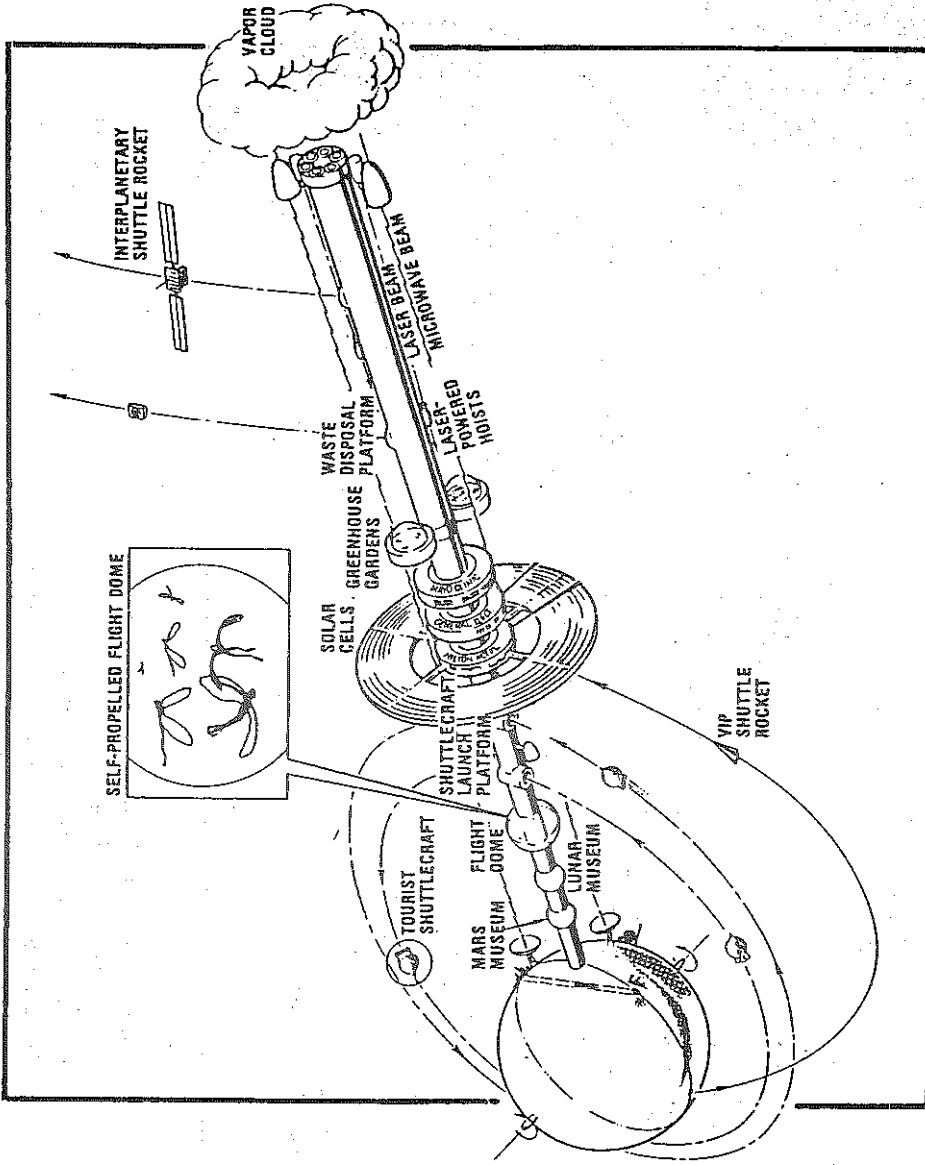
ACKNOWLEDGMENTS	viii
PREFACE	x
1. THE LURE OF SPACE	1
2. STRIKING IT RICH IN SPACE	11
3. SPACE-BASED MANUFACTURING	28
4. COMMUNICATION SATELLITES	50
5. SURVEYING THE EARTH'S RESOURCES	71
6. WORLDWIDE WEATHERWATCH	87
7. SPACE-AGE NAVIGATION	106
8. PRIVATELY OWNED BOOSTER ROCKETS	131
9. TOMORROW'S MANNED SPACE STATIONS	152
10. SATELLITE SALVAGE, RETRIEVAL, AND REPAIR	176
11. CENTURY 21	199
APPENDIXES	
A. LARGE COMPANIES DOING BUSINESS IN SPACE	224
B. SMALL SPACE-BASED COMPANIES SEEKING VENTURE CAPITAL	227
C. SIX CENTERS FOR THE COMMERCIAL DEVELOPMENT OF SPACE	232
D. SPACE-RELATED MAGAZINES AND PERIODICALS	233
E. SPACE-RELATED CLUBS AND ORGANIZATIONS	236
BIBLIOGRAPHY	239
INDEX	249

THE SKYHOOK CABLE



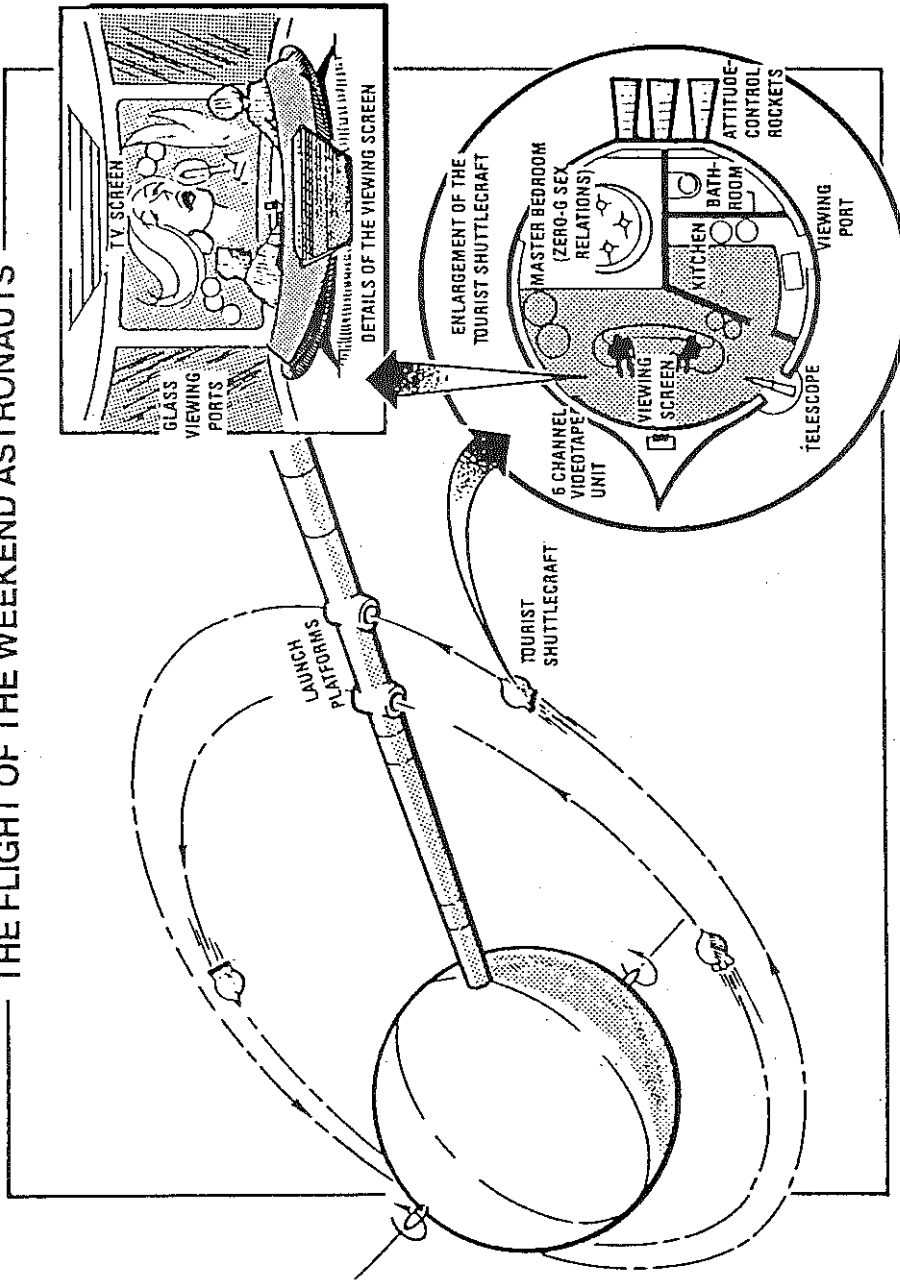
In this sketch, laser-powered elevators are crawling upward along the stationary skyhook cable to carry satellites into space. At any altitude above 18,000 miles, such a satellite can be "dropped" into an elliptical orbit. A variation of the same technique would allow us to hurl radioactive wastes into orbit around the sun. Any waste capsules hoisted to an altitude of 29,000 miles or higher will automatically achieve earth escape velocity, never to return.

THE SKYHOOK COMPLEX



The skyhook complex, one of the most exciting spaceborne facilities of Century 21, will serve as a space-age center of culture and commerce. Its facilities, many of which are located at the geosynchronous altitude, include numerous factories, hotels, museums, greenhouse gardens, and communications links. At the flight dome 8,000 miles above earth, skyhook inhabitants and their guests will strap themselves into artificial wings and fly, under their own power, inside a transparent plastic dome.

THE FLIGHT OF THE WEEKEND ASTRONAUTS



Tourists from earth who visit the skyhook complex will be able to leave the skyhook for an inspiring day curling around a lazy elliptical orbit in space. Their unpowered space capsule circles the earth and a day later returns to the skyhook, where it is caught in a large, soft net. Throughout the trip, the tourists are entertained by multichannel video tapes, piled with exotic wines, and served with tidbits and tasty snacks.

***** IASAニュース*****

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 ***

米国の大統領選挙も共和党の勝利で終わった。宇宙基地プログラムの共同遂行という環境下で、我国の宇宙関係者にとっても少なからぬ興味を誘った。選挙の結果がそのまま日本の宇宙開発計画に大きく影響するからである。これからの宇宙開発は、益々国際協力が進み、各国の事情がプロジェクトの遂行上大きく影響するであろう。

国産技術開発の必要性が叫ばれて久しい。この間の技術者のたゆまぬ努力によって、国際的にも引けを取らない技術水準になろうとしている。しかし、国際協力の進展と共に、我々は、いわゆる要素技術レベルでのみの自主技術国産技術を目標として良いのであろうか。宇宙開発のような巨大技術、長期的な技術においては、プロジェクトそのものの企画力が非常に重要になってくる。国際交流、協力が進めば進ほどパートナーシップを維持するために独自の企画が重要となる。そのためには企画の上でも「自主」が必要となってくるであろう。そうでなければ、設計、開発製造等の現場技術のみ国産化しても、真の意味での国産技術力がついたとは言えないのではないのでしょうか。会員諸兄の御意見をお聞きしたい。（長）

宇宙先端	第4巻 第6号	頒価 1000円
昭和63年11月15日発行		編集人 岩田勉
発行 宇宙先端活動研究会		
東京都港区浜松町	世界貿易センタービル内郵便局私書箱165号	

無断複写、転載を禁ずる。