

宇/宙/先/端

宇宙先端活動研究会誌

JAN.1992 VOL.8-NO.

IAA I

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES



1. 異文化と摩擦
 [2] 原理的発明への環境 森本 盛 . . . 1

2. 国際月面基地の実現のために
 第3章(その2)、第4章 (訳) 岩田 勉 . . . 8

3. J u n k B o x
 無題 福田 徹 . . . 53

表紙提供：池松 均

宇宙先端活動研究会

代表世話人
五代 富文

世話人

石澤 禎弘	伊藤 雄一	湯沢 克宜	岩田 勉	上原 利数
大仲 末雄	川島 鋭司	菊池 博	櫻場 宏一	笹原 真文
佐藤 雅彦	茂原 正道	柴藤 羊二	鈴木 和弘	竹中 幸彦
鳥居 啓之	中井 豊	長嶋 隆一	長谷川秀夫	樋口 清司
福田 徹	松原 彰士	森 雅裕	森本 盛	岩本 裕之

事務局連絡先

〒105 港区芝大門1丁目4-4 ノア芝大門802
(財)科学技術広報財団 宇宙プロジェクト室
櫻場 宏一 (事務局長)
松岡真美

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

異文化と摩擦

森本 盛

[2] 原理的発明への環境

このところ原理的発明のための研究環境について関心が高まったことは好ましい現象である。しかし分析・論評は原理研究が何かを理解しないままマネジメント、予算、設備、人材等論じており、これは無意味どころか、逆効果（摩擦を増す）をまねきかねない。

原理研究（ここではRと略称）と実用化研究（D）とは全く別のものである。目的も取り組み方も異なるから、対応も別々に検討しなくてはならないという認識が生まれていないところが問題である。日本では、研究は産業に役立つものという考えが強く、殆どの方が研究というと無意識にDのイメージをえがいてしまう。又研究者自身も、両方経験することは殆どないので、自分のやってきたものだけが研究だと早飲み込みをしている。大方の認識は「Rは勉強で、Dで社会の役に立つ」であるように見える。麦畑に投資をして、マネジャが大声を上げれば真珠が育つかのような錯覚に捕らわれていないだろうか。

(i) 精神的環境

研究成果の評価について、職場環境と社会環境の両方をよく見極めなくてはならない。

前者について、成果が米国等で評価され受賞したから、日本でも賞を出すという風潮は今なお続いている。評価の只乗りである。研究成果発表は日本語の論文が多い。これは欧米人が殆ど読まないで、日本に国際的評価力がなければ折角の発明も海外にPRされることもなく埋もれてしまい、原理的発明なしと誤解されてしまう。このような状況では、研究者に原理研究が大切であると思わせることも、意欲を持たせることも難しいのではないか。否、その前に、研究者が原理研究の本当の姿に気付かないことさえ考えられる。

日本では金が儲かる発明ほど高く評価される。金額（成長＝記録更新）を最高の価値とする社会なので、実利の見えない発明を賞賛する習慣はない〔原因は付録〕

このため無意識のうちにR & Dとは実用研究のことというイメージをえがく。

研究を評価する人もこのような環境で育っている。実用面から内容を厳密に理解・分析しなくてはならないと考えるので、狭い専門グループの中で皆が納得するものだけが評価される。このセンスでは理解困難な原理的発明は、「そんなことはありえない」「何かの間違いだ」で片付けられる。このために発明が潰されたり、人材が海外に流出したりする。まず世界水準の評価を可能にする方法を考えなくてはならない。

さらに社会環境として、発明の価値を感じる人が少ない。オリンピックで勝てば国をあげて喜ぶ。しかし、世界的な発明があっても、心から喜ぶ人は10人程度ではなからうか？欧米の人は、自然界にかくされている原理を探求する科学者に尊敬の念を抱いている。彼等ロマンチストの目には、金額至上の日本人がアニマルと映るのである。

テレビを視るのになくてはならない八木アンテナ。こんなに人類に貢献している発明を何故もっと誇りにしないのだろう。外国人は日本人の発明ということを知らないだろう。ダイナマイトより平和的でズッと上ではないか。発明がないと言われればなしで、何故もっと怒らないのだろう。似たような発明はまだ沢山ある。何を盗んで只乗りしたか、水掛け論でなく客観的に堂々と議論すべきである。実用的発明の重要さも含めて。このマゾ型精神構造を変えないと、原理発明の価値を感じる精神文化は育たない。

(ii) 個々の人のセンス

日本の親たちに「子供が特異なことが出来るのを自慢にするか」と聞けば、まず、「NO」である。皆がやることを、皆より上手にできるのが優等生である。制服は幼稚園から始まる。人並みでない行動をすれば非常識とサゲスマレル。社会に天才と狂人を見分ける能力がないから、安全なところに揃えてしまう。品質管理は生来得意な民族である。

これを頭において考えると、「欧米でテーマは各人に選ばせている」というのは参考にならない。

現に若い人に希望を聞けば、沢山の人がやっているテーマを選びたがる。経験をつんでも変わる人は少ない。そこでミドル以上のレベルでテーマを考え、グループで研

究するというパターンになりやすく、飛躍しにくい構造になる。さらに企業の研究所等では、ヒラキナオル勇気がないと、常識外れ型の研究がやれない雰囲気がある。

研究者を対象としたアンケートを見ても（RとDを分けてないので扱いにくい）日本の研究者は表彰、評価、昇進に余り不満を持っていない（米英独より極端に少ない）。研究をグループ研究としてとらえ、グループ内の評価で満足しているように見える。D型センスである。自由な時間の不足という意見が突出して多いのも、これを裏付けている。

構想も理解できず、結果も予測できない研究で、テーマを許可できる主従の信頼関係を育てるにはどのようにしたらよいか、今後の検討課題である。

又、Rでは人を育てるといっても、グループ研究のように手とり足とり教え込むというわけにはゆかない。原理解明を成し遂げてゆく能力のある人のやり方を見ながら、自分オリジナルのテーマ探求を進め、育ててゆくものである。この「やり方」が万能な「知恵」であるとすれば、ひとつの仕事に能力を発揮する人は、何をやらせても優秀という現象に通じる（知恵についてはハイテク・パンセ参照）。手本となる探究能力をもち、評価力のある人が1人居ると、周囲に同じような人が育つことは間違いない。

（iii）マネジメント

以上のような難しい環境の中で、「優れたR&Dマネジメント」と情緒的に言われても実現できるものではない。あらゆる種類のR&Dを経験した人なら可能であろうが、そのような人はいない。又もしこのような人がいて原理研究の提案をしても、今の日本の風土〔付録〕では、狂人扱いされるような気がする。

RとDの区別の付かないトップに「原理研究のマネージ」と言われても困るし、トップの意向が5年も変わらないことなどありえない。受ける側も普通の組織人であればD型マネジメントをやってしまう。「米国ではこうやっている」という例は、バックグランドが違うから参考にできない。バックグランド及びRを充分理解し、トップや周囲がフラフラしても持ち応える人でなくては原理発明はひきだせない。

それにしても、理解できない新構想を許可し、勇気づけ、何年もかかるRを忍耐よく見守り、さらに新原理を評価して世界にPRするには、強い勇気と鋭い勘が必要と思われる。このあたりは欧米の著名な研究者に学ぶのが早途のように思える。

(iv) 物理的環境

自由な時間、十分な予算と設備などと言われるが、これは実用研究Dをイメージしたものである。原理研究Rでは、これらの物理的環境が直接成果を決定する要因ではないと考えるべきであろう。研究者の能力への依存度が余りにも高いからである。

時間の制約はグループDでは厳しい。しかし個人で進めるRでは世界の誰よりも先に発明することだけが条件であり、これは制約とはいわない。一人前の研究者は自分で研究のマネージができる（自分で悩む）。又、多くの発明は研究室の外（旅行・入浴等）でヒラメイている。ただ健康に無関心な人が多いので、この点に配慮した制約が必要である。発育途上の研究者には適度な緊張を保つ為の制約が必要である。しかし本来、自分で自分にプレッシャをかけられる人でなくては発明はオボツカない。理想を言えば、各人に合った制約ということになる。

予算については、テーマによって状況が全く異なり、包括的な答はない。あまり多くと金を使うことだけに時間を費やしてしまう（0.5 億／人以上）。金額に応じて色々な対応ができることも忘れてはならない。あまり少ないため周辺の用事に時間を費やすのも損失である…………… 優秀な研究者には研究以外の用事で時間を使わせないような組織的枠組みも勘案されるべきであろう。

(v) 歴史的背景

ここは問題提起とみていただきたい。

日本人が農耕民族であるとする、農業での失敗は一年間のうえにつながる、一般の精神構造は微修正（改善）型になって不思議でない。争いが怒らないように縄張りを決めておく一方で助け合うことも大切である。

又、家のためとか子孫のためという考えがある。グループ又は歴史の一部として自分の功績をとらえるので飛躍しにくい。目的が決められているので、手段に走りやすい。

狩猟民族の場合は失敗しても何回でもやりなおしができる。したがって新しいもの・珍しいものに挑戦する勇気と知恵を讃えあい、はてしなく夢を広げることが許される。

欧米では独自の主張（考え方）を持たない人は尊敬されない風潮がある。獲物の手

柄話しをする習慣からはじまったかどうかは知らないが、独自の価値観と目標を考えざるを得ない環境である。

(vi) Dについて

Dについては国内に問題は少なく、対米説得が難問である。米国の有能なトップの中には、Dの重要さに気付き、日本のDの成果を高く評価している人もいる。しかし全人口の百万分の1程度であろう。難題は日本が悪いと頭から信じてしまった95%の大衆である。全国的マスメディアがウケナイ米国では、情報を充分伝えることができない（だから政治に利用されやすいのかも）。今後の課題である。

(vii) まとめ

「研究」を考えるに当たって、RとDを分離することの重要性を強調したい。R・D混然とした統計データ、アンケート、施策等は、原理研究の考察には使えない。分離する習慣作りが大切である。当面の原理研究の最大の壁は評価力にあると言えよう。

社会環境としては、目的をもたない精神文化に思いをいたさねばならない。米国の哲学に盲従して手段ばかり追求する1945年以降のパターンから脱出する必要がある。誰かがやるだろうと思って誰もやらない。和の社会の欠点である。各界のリーダーに「何のために」をお願いしたいところである。皆で怠けりゃ恐くないでは世界は許してくれそうもない。参画者の幅を広げ社会科学・精神文化としてのR&D検討が必要である。

人間は古来自然に対する憧れと尊敬の念を持っていた。しかし今や文明への憧れが嵩じて自然を忘れている。欧米人は自然への憧れを保っているから、原理探求の価値を感じるのであろう。日本社会が悪夢から目覚めて自然への憧れを取り戻せば、原理探求の価値がわかり、環境を一気に甦らせるような大発明も生まれようというものがある。

〔付 録〕

日本社会の価値観は金銭至上である。儲けた金はひたすら儲けのために投入する。直ちに儲からない原理発明が好まれる雰囲気はない。エンゲル係数の視角でとらえると、貧乏な時代に儲けて空腹を満たしたいと思う。ところが儲けてゆとりができたときに使い方のアイデアが浮かばない。止むなく同じパターンで食物の量だけ増やしてゆくような感じで、アニマル的である。

最近、企業が音楽会の企画等をするようになった。一步前進したことは好ましい。が、何となく歪みを感じる。表2・図2で大胆に分析してみた。

人間行動の目的は“快適な人生”の筈である。目的が明確であれば目標が定まる。

人間の感覚（快適など）は自然現象であり、古今東西変わらない。16世紀フィレンツェのメディチ家が、“美”を目的としてとらえ、画家等の育成に儲けを投入したのは賢明であった。これでイタリアの“美の追求”という精神文化が出来上がった。今米国では環境にからんで何100億円というボランティア研究が進められている。400年前、日本にも目的を土地から文化に転換させようと努力した名将がいた。

一方、企業の成長は手段である。日本社会は目的が考え出せなかった。そして“成長”というスローガンを目的と錯覚したリーダが幅をきかせるようになった。目的なしに手段を追えば目標が定まらない。相対評価しかできないので、エスカレーターの途をたどる。下克上を嫌う日本ではリーダの責任は大きい。これが大衆の精神文化に与える影響は計り知れない。

日本で音楽会を企画するとき、欧米の著名音楽家が出演しないと切符が売れない。欧米の評価への只乗りであり、鵜呑みである。自分の物指しが無いことを恥とも思わない。美の感覚は自然現象であり、古今東西変わらない筈である。日本の料理や伝統工芸品をみれば良い感覚を持っていることがわかる。もっと自信を持って絶対評価をするよう努力すべきである。文化の評価もできない金持ちなどミットモナイではないか。

発明の評価についても同じである。多くの発明が自信のないリーダに潰される。たまたま欧米のコンクールに出て目立った音楽家だけが認識されるのと同じパターンである。

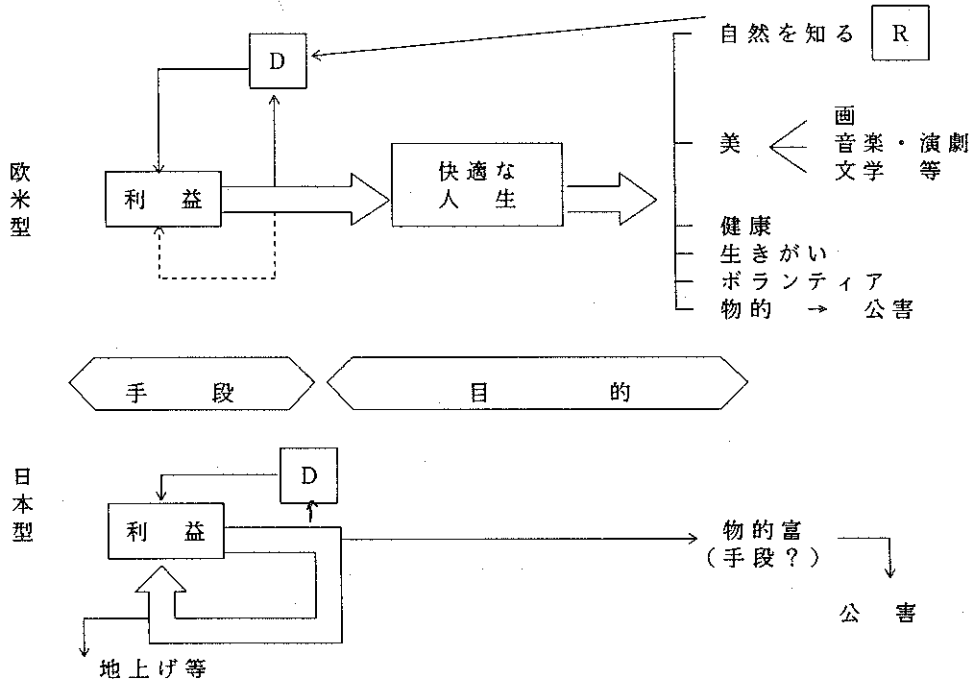
今の女の子は、流行と言われてもミニスカートだけを追う（私はその方がよいが）

ようなことはしない。絶対評価への努力として見習うべき現象かもしれない。比較すれば“成長”しか思いつかない企業・政治のリーダの方がはるかに“流行雷同型”精神構造である。日本の精神文化など他人ごとと思われても困る。

表2 人類行動の目的と手段

自 然 現 象		人 造
天文 地球 動植物 鉱物 物理現象 等	快 適 な 人 生	社会思想 産業・企業 組織 等
	健康, やすらぎ, 生きがい, たのしみ, 自然界を知る=原理を知る 美の追求 ボランティア 等	
目 的 的		手 段
知的・精神的財産になる（不変なので） ←		知的財産に不向き（変る） →

図2 人間行動の目的と手段



国際月面基地の実現のために

THE CASE FOR AN INTERNATIONAL LUNAR BASE

国際宇宙航行アカデミー

国際宇宙計画政策委員会

月開発小委員会 編集

仮訳 岩田 勉

連載第3回 — 第3章 (その2)
第4章

3. 1. 2 月面製造計画

総論：

現在までに行われた多くの研究によって月面基地がコストに対して有益になりかつ月面居住地、月セトルメントへの発展を可能とするためには月面での現地生産というものに強く依存するということが分かっている。月表面において行われる物質加工活動あるいは製造業というものは次の3種類に分けることが出来る。

- 1 月面基地そのもの及びその発展を支持するための活動
- 2 宇宙全体の活動、宇宙活動を支持するための活動
- 3 地球経済を支持するための活動

最初の2つのグループはそれぞれの生産物のコストベネフィットの比によってその生産量が決められるような種類のものである。3番目のクラスはまさに長期的な性格を持っておりこれは月へ我々が戻らねばならないという最終的な理由となるところのものである。核融合発電プラントのための燃料としてのヘリウム3は月の製品として地球で使われるべき候補の一つである。この発展過程は長い時間を必要とし宇宙研究所、宇宙ステーションあるいは地球近傍の宇宙工場などでの物質加工から始まる。しかしそこには大きな違いがある：低地球軌道においては物質加工の目的はその精製にあるが、月面においてはその目的は食料、空気、推進材、建築材料及びその他その場所で必要な原料の製造にあるのである。月面製造というものをシステムの観点からみるとこれは明らかに次のようなファクターを含むことが分かる：

- ・ 装置の質量
- ・ 年間の人時
- ・ 要員の安全
- ・ 成功の確率及びリスク
- ・ 月面環境の影響
- ・ 科学及び実用価値

一般的目的としては月面資源から獲得可能な広い範囲にわたる工業製品というものを生産することにある。しかしながら適当な工程を開発し、また必要な装置を設置するには多くの時間がかかるであろう。いっぽう石器時代あるいは鉄器時代というような文化に頼っては十分な仕事ができないこともまた明らかである。

入手可能な物質および加工技術：

月の自然資源はふつうの一般的な岩石から抽出されるような元素（酸素、鉄、チタン、アルミニウム、カルシウム、シリコン及びマグネシウム）お

よび月面の土壌から抽出しうる微小元素である。十分なエネルギーが利用できるのであれば、人間の生活を支える基本的な物質構造材、そして輸送システム輸送系の推進剤を供給し、宇宙製造能力の基礎を築くために必要な基本的な物質は存在するといつて良い。硅酸塩及び酸化物が月面の岩石及び土壌に含まれているがこれは非金属すなわちガラスあるいはセラミックの原料として使える。月の土壌を焼結するかあるいは月のセメントを使って月面での建築材料を作ることが提案されている。いくつかの元素は月の土壌から簡単な加熱によって分離できる。これらは水素、ヘリウム、炭素、及び窒素である。これらの元素は太陽風によって月表面にもたらされているものである。しかしその量は100ppmすなわち100万分の100の質量比である。金属も鉄もまた同様に土壌の中に少量であるが含まれておりこれは加熱した後の磁気分離によって濃縮できる。様々な概念あるいは理論あるいはいくつかの実験がこの月の物質から酸素及び金属を抽出する過程を開発するためになされた。基本的な方法は化学的抽出及び電気分解を含んでいる。またプラズマ加工もまた提案されている。化学的方法の中で月の岩石から全ての元素を抽出する方法も検討されている。例えば炭化塩素法あるいはフッ素酸化法などが理論的に検討された。これらの方法は反応剤を必要とするのであるがそれらは再び回収され再調合される。特別の方法としてイルメナイトという鈷物の水素還元法がベンチテストによって研究されている。イルメナイトというのは酸化チタン鉄鈷である。この方法によって精製されるものは水蒸気であるが、この水蒸気はまた電気分解によって酸素と水素に分離され、水素は再び還元剤として用いられる。反応剤をリサイクルするようなシステムが基本的に要求される。必要とされるエネルギーは地球上の工業的工工程によって使われるのものと同程度である。

溶解した硅酸塩を直接電気分解することによって金属を抽出する方法が代替案として研究された。この方法によれば鉄、チタン、シリコン、及び酸素を抽出することが可能である。この工程には原材料を溶かすために太陽熱エネルギーが使われる。また電気分解のためにも電気エネルギーが使

われる。この工程における全電気エネルギーの量は反応剤を化学的工工程において再調合するために必要な電気の量よりも少ないだろうと推定される。現在までの月面の研究は鉱脈といわれるほどの有用鉱物の高い濃縮を発見していない。このことは驚くにあたらない。なぜならば現在までに調査されたサンプルの数は非常に少なくまた調査された地点の数もまったく小数でありかつ詳細に検討された訳ではないからである。将来の探査活動によって発見されることが期待される要素のうち月面の開発に非常に有用なものとして水が最も重要なものとなろう。月において水が発見されるならばそれはおそらく月表面に関連したものであることが理論的に予想される。すなわちそれは長期にわたるアウトガスに起因するものであるか、太陽風による反応であるか、あるいは彗星の衝突に起因するものであろう。水は彗星の衝突により出来たクレーターの付近あるいは寒冷な極地に捕捉されているであろう。アメリカの月観測ミッション及びソビエトの月極軌道ミッションが90年代に予定されているが、これらにより水の濃縮が発見されることが期待される。

市場：

現在の宇宙産業の発展過程においては月面において採掘される物質は地球での利用には有効な利益を生み出さないであろう。一つの例外はヘリウム3すなわちヘリウムの同位元素であるがこれは月面に少量であるが存在し、地球にはまったく存在しないものである。そしてこのヘリウム3は地球上の核融合炉において使用することができるものである。核融合炉においてヘリウム3を燃料として得られるエネルギーは非常に大きなものである。これを現在の宇宙技術によって採掘しかつ地球に輸送したとしてもそのコストは発生するエネルギー全体の価格に比べて非常に小さく、約200分の1程度であろうという推算がある。しかしながら核融合炉の技術そのものが現時点において開発されていないのでこのヘリウム3を月の資源と呼ぶには時期尚早であろう。月面物質は宇宙でこれを利用することが提案されている。宇宙空間においては地球から運び上げた物質に経済的に

競合しうるからである。経済的な価値のある物質としては例えば月面酸素をロケットの推進剤として使うこと、あるいは月面で精製した金属を構造材あるいは遮蔽材として使う、またあるいは遮蔽などのためには加工していない土壌ガラス、セラミックスなどが利用できる。これらの抽出方法は上に述べたとおりである。これらの物質が月面以外の宇宙あるいは他の天体において利用すべき価値があるかどうかはその時点での地球からの輸送コストとの比較で経済的に有用であるかどうかが決まされる。しかし見通しは非常によいといえる。月面の物質が月面基地のサポートに使えらうことは疑いの余地は少ない。消耗する物質、例えば酸素、水、窒素などの減損に対してこれを月の物質によって補助することはごく少量でよいので、簡単といって良い。月面で作られた金属、焼結された製品ガラス、セラミックスそしてコンクリートなどを月面基地の居住基地の拡充に使うことは施設の急速な拡大を可能とする。月の岩石あるいは月の土壌、特にイルメナイトから得られる物質を使って太陽電池を製作することは月面の発電施設の拡大に重要な基礎を与える。これらの能力の多くは更に発展することによって月面産業の輸出品となることができる。

月面物質の加工と製造は月面の環境を考慮して行われなければならない。しかしその環境は加工及び製造に有利な方向に働くこともある。現時点においては1/6重力と高真空が基本的な産業プロセスにどのように働くであろうかは明きらかでない。最初に月面基地の拡充に用いられる基本的物質の量は小さい。このことは必要とされる物質の種類が多くそれぞれの量が少ないというところから非常に汎用な製造機械が必要とされることが推測される。まず汎用の柔軟性に富んだ道具類が持ち込まれ、それによりそれぞれの特殊な道具類を作るというステップがとられる。また同様にシステムを修理するための工場というような器具も要求される。

初期においてはガラス及び鉄の粉末を製造し蓄積するような簡単な装置から始まるであろうと予想される。そしてこれは原材料、建築材及び液体酸素も製造できるように改良されることとなる。生産量の本格的な増大は電力及び装置のスケールの拡大を必要とし、またかなりの量のオートメー

ションとロボット技術を要求とするが、人間の人数は早く多くとはしないこととなろう。これを実行するためには月面工場は太陽あるいはその他のエネルギーの変換装置、建築材、与圧構造、道具、ラジエーター、建設機械それに自動車のような移動機構を備える必要がある。しかしはじめの段階において地球から移住されるべき物が専門化された数多い重量のある機械であると考えする必要はない。地球からの運搬などのロジスティックスのコストが常に重要な設計要素となるのである。月面の資源は月面基地を支えるロジスティックスのコストを早く低減させるために大きく役立つようにすべきである。

月面基地のロジスティックスは非常に重要な業務であり、また一方では月面製造活動のためのエネルギーの確保が重要である。月面において発展すべき全ての成長する能力の中で確実に重要なものは現地における太陽エネルギーの電力あるいは熱源への変換である。太陽電池セルがこの分野において決定的に重要な役割を果たす。なぜならばそれらは大量利用に適しているからである。太陽電池の支持材は月面の物質が簡単に利用できる。そしてこれらは自動的な製造方法が提案されている。月面基地は数メガワットの電力使用量が想定されておりこの場合1時間に1トンの早さで月面の土壌を化学的に加工できる。またこのエネルギー量により1時間に数トンの物質を月からの脱出速度にまで加速できる。またマイクロ波アレイを使う事によって月近傍へエネルギーを送る事が出来る。月面製造には多くの可能性があるが、存在する資源を使った総合的な計画が検討されている。

計画の構造及び要素：

月面生産の最初の構成は次のように考えられる：

表 7 月面生産の構成

I 一時的な組織要素；

1. 生産科学と市場
2. 機能
3. 必要とされるサブシステム及び要素
4. 活動施設及び装置の場所

II 場所；

- a. 月面ベースキャンプ
- b. ベースキャンプからある距離にある拠点
- c. 月軌道
- d. 月と地球の間の重力中立点 (L 1)

III 製品グループ；

- (1) 空気、食料、水
- (2) 推進剤
- (3) 建築材
- (4) 金属製品
- (5) 非金属製品
- (6) 電力及び熱源
- (7) 情報
- (8) サービス

表 8 典型的な月面製造計画

現存技術の適用	1980's- 1990's	地球上の研究所	現存技術の評価
月面の全面調査	1990's	月面観測衛星	資源の潜在的可能性の 確立、月面基地建設地 点の選択
自動化されたパイ ロットプラント	2000- 2005	無人の自動化さ れた着陸機	地点の調査、2, 3の 工程の実験
人間短期滞在の 小規模プラント	2006- 2015	小規模プラント 居住施設、発電 施設	メンテナンスのための いくつかのミッション
生産工場	2015以降	完全生産工場 居住、拡大電力	製品の出荷、常駐の保 守点検要員

かなり発展した月面基地における生産能力の詳細な機能のリストを表9に掲げる。これらの機能を実行するためには月面工場は早急に掲げるようなサブシステムを必要とする。

図2はこれらの機能とサブシステムの間に関連を示したものであり月面工場の発展計画においてエレメント及びコンポーネントのレベルにまで発展させる必要がある。

表 9 地球外生産の詳細な機能のリスト

- 1 原材料の生産
 1. 1 鉱物の採掘
 1. 2 鉱物の精製
 1. 3 原材料の製造
 1. 4 推進剤の製造
 1. 5 金属製品の製造（インゴット、シート、プレート、ワイヤー、ケーブル．．．）
 1. 6 非金属原材料（ファイバー、クリスタル、ソーラーセル．．．）

- 2 最終製品の製造
 2. 1 構造コンポーネント及びエレメントの製造（レンガ、パイプ、パネル、マット、ブラケット、ビーム、ラジエーター．．．）
 2. 2 食料の生産（野菜、肉、水、空気．．．）
 2. 3 月面基地で使用するその他の製品の製造（太陽電池パネル、フィルター、道具類．．．）
 2. 4 輸出用の製品の製造（エネルギー、ヘリウム3、薬品．．．）
 2. 5 月面製造及び輸入部品及びコンポーネントの組立作業
 2. 6 輸出できる月面サービス（宇宙機器の保守点検及び修理、月面研究施設の貸出、受託による研究活動あるいは研究の支援、観光．．．）

- 3 生産の直接支援作業
 3. 1 監督及び管理（製造工程、施設及び装置）
 3. 2 施設及び装置の保守点検及び修理
 3. 3 施設の拡充
 3. 4 廃品の回収及びリサイクル
 3. 5 補完作業

- 4 間接的生産支援作業
 4. 1 地域的輸送
 4. 2 エネルギー変換補完及びエネルギー電送
 4. 3 居住（ライフサポート、ハウジング、リクリエーション、ヘルスサービス．．．）
 4. 4 人員の現地トレーニング
 4. 5 現地研究活動（探査、観測、実験）
 4. 6 現地事務作業（人事管理、財務、企画、法制、広報．．．）
 4. 7 宇宙空間輸送及びロジスティックス

SYSTEM FUNCTIONS	SUBSYSTEMS												
	(● Prime X Secondary)												
	A Mining Fac. & Equipment	B Mechanical Shops	C Chemical Prosc. Fac. & Equip.	D Electrical/Electronic Shops	E Biological Prod. Fac.	F Assembly Fac. & Equip.	G Transportation Fac. & Equip.	H Power Infrastructure	I Maintenance & Repair Fac.	J Research Labs. & Fac.	K Habitats	L Storage Facilities	M Control Facilities
1-1 Mining of Minerals	●						X						
1-2 Beneficiation of Minerals	●	X					X						
1-3 Prod. of Raw Material & Feedstock		X	●	X	X								
1-4 Production of Propellants			●										
1-5 Production of Metal Products		●	X										
1-6 Prod. of Non-Metal Raw Products		X	●	X	X								
2-1 Prod. of Structural Comp. & Elem.		●					X						
2-2 Prod. of Foodstuff					●						X		
2-3 Prod. of other Products for own use		●	●	●	●								
2-4 Prod. of other Products for Export		X	X	X	X								
2-5 Assembly Operations					X	●		X	●	X			
2-6 Services Produced for Export						●							
3-1 Supervision and Control	X	X	X	X	X		X	X			X	X	●
3-2 Maintenance & Repair of Fac. & Equip.									●				
3-3 Extension of Facilities		X	X	X		X			●				
3-4 Collecting and Recycling		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X
3-5 Storage Operations												●	
4-1 Local Transportation	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X
4-2 Power Conversion, Storage & Distrib.	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X
4-3 Habitation											●		
4-4 On Site Training of Personnel											●		
4-5 On Site Research Activities									●				
4-6 On Site Administrative Services													●
4-7 Logistics & Space Transportation				X		●					X		

図 2 機能とサブシステムの関連表

我々は製品の製造に必要な設備及び施設を明確化した。暫定的なリストは次のようである：

表 1 0 月面基地サブシステムの暫定リスト

製造施設及び装置

- A. 採掘施設及び設備
掘削装置、精錬装置、ドリル
- B. 機械加工工場
炉、切削機械、プレス機械、数値制御機械
- C. 化学加工施設及び装置
気体、液体及び固体
- D. 電気電子工場
電子回路、太陽電池
- E. 生物製造施設
食料、花、動物農場
- F. 組立工場及び装置
道具類、治具、組立ライン
- G. 輸送施設
宇宙及び地上輸送システム
- H. 動力インフラストラクチャ
変換、保存及び伝送施設

インフラストラクチャ施設及び設備

- I. 保守点検及び修理施設
固定ワークショップ及び移動ワークショップ、道具類、設備類
- J. 研究所及び施設
契約施設、製造開発研究支援施設
- K. 居住施設
居住区、リクリエーション、スペーススーツ、病院、
トレーニング施設
- L. 保管施設
推進剤、輸入製品、輸出製品、スペア、ゴミ
- M. 管制施設
通信、データ保管、データ処理、運用管制設備、ソフトウェア、
行政施設

3. 1. 3 月面インフラストラクチャーの開発

もし人間が月面に連続的にかつ生産的に居住するものであるならば、彼らは地球における現代の発達した文明がそうであるようにインフラストラクチャーによって支えられる必要がある。この月面インフラストラクチャーを建設するという事はある意味で投資である。それを作り出す事は地球からの大きな資源を必要とする。しかし一度それが出来てしまえばそれは地球側からの月面基地への支援を限定していくという働きがある。ここで言うインフラストラクチャーとは組織された人間の集団が発展的な活動が出来るためのハードウェア、ソフトウェア及び運用手続きの集合を意味する。人間のための生命維持システムが最も基本的なものであるがエネルギー変換システムはまた別の意味で更に重要である。なぜならばライフサポートはそれに依存するからである。そしていずれもがその双方ともが情報に依存する。すなわち全体の設計及び運用のためのデータの流に関する人間の知識である。この様にして運用される月面インフラストラクチャーは一種の情報、エネルギーそして物質を加工する機械であると見なす事が出来る。この機械は発展的に進化する事となる。始めは限定された能力から出発して永続的に拡大する事となる。最初にこの機械は単に人間の生存を支え、彼らにエネルギーの使用を可能にし、物質を変換し、そして次の発展のための情報を生成する。しかしまもなく周到に計画され実行されるならばインフラストラクチャーの発展はこの始めの機能からブートストラッピングあるいはブレイクアウトというような利点に至りそれまでに予期しなかったような情報科学的発見その他の知的な活動をなすようになりさらには芸術娯楽そしておそらくは新しい社会構造を作り出すようになる。これは地球上の文明の進化過程と同様である。

この様にして月面のインフラストラクチャーは自然増殖するようになる。最初にそれはおそらく動力装置、居住施設、実験モジュールそして限定された能力の建設用のテレオペレーター更に月表面上の移動機構によって構成されることとなる。初期段階において必要とされる電力量は500KW～1MWの間であると予想され：これは太陽光の活用によって発生され

る。またその動力装置からの排熱は熱加工及び環境制御に使われる。情報処理は毎秒ギガビットの範囲であって、これは月面基地内でおもに行われ地球と月面基地の間の通信量は毎秒メガビット程度のオーダーになる事が実際的であると思われる。物質の加工は初期の段階ではライフサポートに必要な物質に限られ、部分的に農業の研究実験に使われる。

最初の人間による居住が成功し、安定した運用が行われ、何回かのクルーの交代があり、また地球からの物資の補給が連続的に行われるものと仮定すれば、インフラストラクチャーはある段階からエネルギー、物質そして情報処理の速度を増大する事となる。数メガワットの電力そして一日数トンの物質処理これらはロボットとテレオペレーションにより実行される。そして毎秒ギガビットの通信が地球との間になされる。大型の強力なロボット、輸送機械、電力装置そして小型のセットアップメントと有人拠点が月面に分散し、その増加の速度は加速される。この様な意味において、自己増殖組織が月面の産業化のキーコンセプトであると考えられる。これは非常に長い時間を要し、我々はこの進化の速度と方向を予言する事は出来ない。なぜならば、我々はまだこの様な発展過程に関する知識を今日持っていないからである。しかしながら、現存の技術においても不完全ではあるが部分的な自己増殖は、月面において実行可能である。

月面インフラストラクチャーのある部分は初期の努力を要する。それは月の表面及びその資源を探索するための道路網の開発である。この意味で月表面の輸送系は月開発のキーエレメントである。このサブシステムの建設には時間を要する。なぜならば赤道の長さは1万kmに近い。従って道路網全体は10万km程度を要求する事となる。現時点においてはこの様に拡張された道路網が必要であるかどうかは、しかしながら定かではない。

どのような運送システムが必要となるかは、輸送への要求条件物理的境界条件及び経済によって決まってくる。最初のシステムモデルはこれらの要素間の関係を設定する事によって作られた。この様なモデルは化学ロケット、電気自動車、磁気浮上列車、ケーブルカー、マスドライバーそして単純なトラックなどの組み合わせによって作られるべきである。アポロの

ミッションにおいては2座席の宇宙服を着た宇宙飛行士が運転する月面車が100km近く月面を走行した。したがって我々もこれを最初の実績と考える事は出来る。車輪を装備したトラックのようなものが短距離を移動するための初期の移動手段となろう。しかしいずれにせよ基地の近傍ではソフトなあるいは堅い道路を必要とする。それは輸送の速度を増し、人間の貴重な時間を節約するためである。

3. 1. 4 社会インフラストラクチャーの発展

月面セトルメントの重要な最も基本要素は人間である。人間を輸送し維持し、そしてこれを支援するためのコストが非常に高価なものであるから、彼らとその孤立した閉鎖されたそして不毛の環境においても、出来る限り活用されるようにする事が重要である。このセクションは人間の能力を月面基地において最大限に発揮させる問題について述べる。

月面基地における開発は相互の社会的、経済的そして技術的ファクターへのアプローチを必要とする。これらの全ての要素の連合は月面基地の成功ばかりでなく宇宙における連続的な人間存在の成功に結びついている。出来事は時間の流れのなかで起こる。そしてそれらは過去の決定と行動の成績であり、またかつ未来に起こる出来事の基礎となる。この様にどの月面基地の性格及び成功も、それまでに成した決定及び行為、そして今成されている事そして将来行われるであろう事、によって形成される。

時間に沿って成される決定と行動の影響は時期的という要素を要する。実行可能な代替え案の間の選択というものが、連続的に狭められる機会と脆弱性の窓というものがある。選択と機会が、成功する月面基地に与える影響は、たぶん未知のものが多く、初期に関係を設計し、それを利用する事によって、おそらく拡大する。しかしながら、月面基地の成功するためのウィンドウは、その先行的施設である宇宙ステーションにおける決定によって、可能となる。宇宙施設の設計においては、月面においても同様であるが、我々は施設が設計される方法というものが、そのなか及びそこにおいて実行される運用の性格と成功を導くものである事を、理解しなければ

ばならない。さらに長期間の孤立した閉鎖された環境におけるミッションは、短いミッションとは質的に異なったものであり、そのミッション運用要員の選定そして訓練また地上支援のそれぞれにおいて、異なるものを要求する。これらのファクターは施設の設計にも調和する関係にあり、したがって設計及び開発の過程において準備される必要がある。実際のミッションは何年にもわたるものであるから、これらの要求は高い程度の柔軟性を持ち、かつ予期せぬ将来の事態にも適応できなければならない。数多くの研究が、人間ファクターすなわちシステムティックな訓練とその成果との関係に関して、成された。孤立と閉鎖という宇宙環境における特殊状況に適応し、更に地球とは異なる重力条件に適応するような訓練というものが、考案された。宇宙施設に当てはまるような人間ファクターの基準というものが、現在開発されつつあり、これは月面基地の設計にも応用できる。有機的な環境というものは完全に閉じてる。設計された環境は業務員の健康に決定的な影響があり、そしてそれはハウスキーピング及び活動の監視に影響を与える。そして結局は乗務員の作業速度と貴重な時間の消費に関係するのである。植物及び他の生命形態の完全閉鎖生命維持システムにおける役割は地球からの補給、健康それから心理状況の支援というものの観点から非常に重要である。しかしながら完全に閉鎖された限られた容積の環境における有機物体の相互関係については、完全に理解されているとはいえない。

我々は一つの集団が生活し、生きていく物理的な技術的なセッティングというものが、その集団メンバーの機能の成功と生産性の能力に重要な影響を与えるという事を知っている。セッティングの失敗は極端な場合、グロテスクな設備をもたらす結果となり、誤動作を増加させ、またストレスと疲労を増加させる事となり、結局失敗あるいは誤りをチームのメンバーが彼らの仕事に対してなす事となる。セッティングに関して過去に成された研究は、セッティングが人々の効果的な活動の能力に決定的な影響を及ぼし、セッティングの変更というものは能力の変更となる事が、分かった。

グループダイナミックスは、航空宇宙コミュニティーにとって新しい領

域である。そしてまた最も親しみにくい分野である。しかしながら孤立した自立性を必要とする長期にわたる宇宙ステーションミッション、あるいは月面基地においては、その成功というものは月面基地と地上にいる集団が相互に調和的に関係し、共同作業する能力によって強く影響されるであろう。孤立したそして閉鎖された環境においては、個人の能力はその集団の構成、組織、訓練、技能そして共通の経験のダイナミックスに強く関連する。過去の南極、原子力潜水艦、海洋調査船等の類似例による調査あるいはまたソ連の宇宙ステーション飛行の長期期間の報告から短期のミッションと長期の滞在ミッションとの間には、質的な相違がある事が発見された。短期のミッションとは28日から30日までのものと見なされる。これを越えるミッションは長期といえる。この様に分けた場合、現在行われている短期ミッションの経験を延長する事によって、足し合わせる事によって、より長期のミッションを類推する事は不可能である事が分かった。

集団というとならえかたから多くの要因を見いだす事が出来る。そしてそれらはメンバーとしての個人の成功する程度に関係する。これらの要因の内のいくつかは意志決定システムのタイプを含みまたメンバー間の強調性、自立あるいは自治の程度及び集団の管理というものを含む。また影響する要因というものは技能の程度、作業のパラエティー、想像的な仕事の機会、物理的な容積とそのレイアウト、特にプライバシーと個人的な通信に関するものそしてその宇宙システムにははいていないところの家族あるいは友達との関係そして個人の役割、ミッション目的の明確性とその制約そして紛争解決の技術などである。月面基地においては環境を作り直すこと、及び非効率な従業員を交代させることは難しい。月面活動の現実的成功のためには社会技術を強化することがハードウェアを強化することと同じくらい重要となろう。目標は人間の居住施設を支援し運用するために必要なこのシステムの建設に高い効率を与えることである。月面基地を建設しまた運用することは情報の仕様と適用である。経済的または技術的な資源よりもさらに人間資源が成功に結びつくということは、当初の取り扱いにおいて考慮されなければならない。

知識というものは人間的現象であるから、月面基地の性格はそこに生活し働く人々の観察実験、試行及び想像性を育成することを必要とする。それが新しい知識というものを発生させるのである。作業環境の質というものに関する科学的及び実用的な興味が過去10年間に大きく成長した。上手に働き生産性を拡大し、そして人間資源というものに注目することは重要な仕事であることが認識された。

地球から遠く離れ、電子機器と機械システムによって守られている月面基地の内部においては、人々は全システムの中での最も重要な部分を構成する。どの一人の人間も機械もあるいは状況も完全に予想するという事は出来ない。従って現実の中でこれら全体を調和させるのは月面基地チームである。月面基地チームは制御管制の最終的なラインである。この小さな各種専門家の集まった人々の集団は、全てのハードウェア及びソフトウェアの管理に関する最終的な意志決定者である。このことを効果的に行うためには、彼らは十分な資源を持ち、柔軟であり、正確であり、タイムリーであり、積極的であり、適用的であり、かつ信頼性を持ち、そして正確でなければならない。彼らの能力は考えることであり、解明することであり、翻訳することであり、発明することであり、応答することであり、戦略をたてることであり、資源を調整することであり、変化を開始することであり、またかつ相互関係が彼らのとる正しい活動の鍵である。そしてそれが彼らの成功の程度を決定するのである。

生産性に関する研究は人々が生活し働くところの条件と、彼らの行動、活動との質との直接的な関係を明らかにした。環境は疲労、ストレス、活動量、認識そして一般的情緒、に影響を与える。組織及びグループダイナミックスは通信、動機、評価そしてストレスと情緒に影響する。一般的な健康に加えてこれらの要因は個人の認識相互関係、そして意志決定過程によって決定的であり、また集団とその成功の能力にとっても決定的である。

チームの能力を向上させるために、彼らが生活しかつ働く条件をできる限り良好なものとする必要がある。

月面基地は宇宙における施設場所であり、そこには多くの国々文化そし

てコミュニティーから来た異なった専門の人々からなるチームによって運転される。そしてそれらの人々はともに住み、物を作り知識と情報をチームとして追求する。この様な状況において単なる工業的、技術的アプローチだけでは不完全である。この施設が提供することのできる情報の質と量というものにも焦点を当てる必要がある。宇宙チーム及び地上チームが住み、かつ仕事をする条件というものを改善することは、人間資源というものを情報と製品の成果の質に影響する主な要因であり、それによって最終的な価値が達成するものであることを強調することである。我々は月面の居住施設を作ることになる。これはおそらく、と

いう以上のことである。これは完全に人工的に作られた生命空間となるであろうから、我々は月に出かけ、そこに住む人間のために作り出そうとしている生活の質というものが、これから将来、地球を離れて住みあるいはまた地球の上に住む全ての人間の、生活の型と質というものに大きな影響を及ぼすということを認識しなければならない。我々は新しいコミュニティーを開始しようとしているのであるから、我々は我々以前にはなかったような人間と技術の調和を設計するためのベースというものを、我々が設定出来るという以前にはなかったような選択が、できることになるのである。

3. 1. 5 技術開発

アポロ計画とそれを支援する研究開発のおかげで我々はかなりの程度月へ行き、そして帰ってくる輸送系に関して理解することができる。そしてまた我々が月の表面に基地を建設するために必要なことも理解することができるようになってきている。しかしながら我々がこの計画を実現するために必要な技術を全て手にいれるためには、これから数多くの研究と多くの努力が必要である。

表11は初期のそして後期の月面基地を実現するための、いくつかの可能な設計の選択を羅列している。これは一般に米国において開発された宇宙技術の分類を示している。宇宙ステーション計画は、月面における応用に変更することは比較的容易である。これは居住モジュール、そして転結

部再生型の生命維持システム、太陽電池セル及び太陽熱発電装置、そしてまた原子力発電システム及び通信データシステムを含んでいる。次にかかげるものは開発及び研究が必要なもののリストである。

月面農場に必要な新しい設備及び施設

人間、動物及び植物の1/6重力への長期的な適応及び汚染による毒の影響
移動型の知能ロボット

自動化された採掘及び製造行程及びそれに必要な設備施設

閉鎖生命維持システム

地球から隔離された長期滞在の影響

長寿命ロケットエンジン

ロケットエンジンの宇宙における保守点検維持

電磁加速機

月面土壌の圧縮による太陽電池セルの製造

アモルファス薄膜の製造

月面の土壌の精製及びそれに必要な設備

月面におけるロケット推進剤の製造

月面における液体酸素の製造

月面夜間に適応可能なエネルギー保存システム

超高速粒子衝突現象

月面材料を用いた光学鏡及びマイクロ波アンテナ、リフレクター

さらに整備したリストを表11にかかげる。

表 1 1 月面上の技術

初期基地から自給自足まで
システム／技術

- 宇宙輸送
- 地球から軌道への重量打ち上げ機
- 軌道間輸送機
- スペースポート
- 地球軌道
- 月軌道
- 低推力推進
- 月面着陸機（貨物及び人間輸送）
- 月面打ち上げ施設
- 月面インフラストラクチャー
- 原子力発電所
- 太陽エネルギー変換
- 地球上製造
- 月面製造
- 居住モジュール
 - 宇宙ステーションモジュール改造型
 - 月面物質利用型
 - 月面移動性
- 短距離電気ローバー
- 長距離固定ベッド
- 建設採掘設備
 - 単純（ローダー、クレーン、トラック）
 - 複雑
- 特殊目的装置／施設
- 科学実験／ラボラトリー
 - アポロ及び宇宙ステーションからの派生型
- 特殊目的月面物質利用
- 物質加工プラント
- 化学抽出
- 太陽熱加工
- 製造／加工
 - 簡単
 - 複雑

3. 2 月面のロジスティックス

3. 2. 1 現状技術

過去の宇宙プログラム、有人月面着陸プロジェクトなどは、大きな知識データを作り出した。数多くの研究と実験活動が我々の現在の知識として貢献され、我々に永続的月面基地の詳細な計画を作ることを可能としている。1987年から1989年にかけて、このアカデミーのメンバーと何人かの外部の専門家は月面ロジスティックスに関して現在議論されていることの諸問題に関する判断を求められた。この質問に対する結果は相対的なコンセンサスのリストとしてここに要約されている：

表12 月面基地ロジスティックス問題に関する相対的コンセンサスの
ランク付けリスト

数字は固定的回答のパーセンテージである。

- 月軌道上の燃料再補給ステーションは必要であるか望まれる 94%
- 化学推進剤は月面輸送系の第1世代としては明らかな選択である 85%
- 現在のスペースシャトルは月面基地の輸送系として適した主力輸送系とはならない 80%
- 究極的に非化学的推進系が月への宇宙輸送系を補完するであろう 78%
- 月軌道上でのミッションステージングは好ましいミッションモードである 76%
- 低地球軌道の宇宙ステーションは月面への飛行の最初の有人のステージング領域として使われるべきである 73%

これらの判断とその他の情報を用いて現在存在する知識は次のようなカテゴリーに分類できる：

- A 過去の経験の確かな知識
- B 高い精度の自身を持って得られる結論
- C 予備的な結論であって検証する必要があるもの

次のようなステートメントが論理的にリストアップされこれらが月面基地開発における現在の技術水準として適当なものであると思われる：

表 1 3 現在の技術水準による宇宙輸送系

A 確かな知識：

- A. 1 アポロ計画は化学推進系を使った宇宙輸送系によって人間および貨物を地球の表面から月の表面まで安全に輸送し持ち帰ることが出来ることを示した。
- A. 2 ソビエトはスペースラボラトリーは完全に自動化された宇宙機によるロジスティック飛行が可能であることを実証した。ソビエトはまた1年間に100回以上の打ち上げが可能であることを示した。
- A. 3 液酸液水推進システムは月までの宇宙輸送系として永続的月面基地へのロジスティックスを提供する第1の候補である。
- A. 4 月軌道上で得る月面ミッションをステージングすることは可能でありかつ効率的である。
- A. 5 地球からの打ち上げのペイロード能力は月面基地の成長速度を他の何れのファクターよりも決定する要因である。
- A. 6 月表面における液体酸素の製造は月面月輸送系の効率を改善する。従って高い優先順位を与えられるべきである。この優先順位は他の推進系を新しく開発するよりも高い。

B 高い水準の自信を持った結論：

- B. 1 米国が現在有する打ち上げ手段及び他の西側諸国の有する打ち上げ手段は月面近傍の宇宙へのロジスティックサポートとしては十分ではない。ソビエトのエネルギア打ち上げロケットはこの様な宇宙運用のために改造できる可能性がある。

- B. 2 現在のアメリカのスペースシャトルは月面基地計画が運用段階に至るまでは使用されることになるが永続的な月面の宇宙輸送手段としては適当ではない。
- B. 3 月への宇宙輸送系の概念を形成するにあたり最も単純な飛行プロフィールでかつ技術的な解決方法はコスト、リスク及び既存技術であるということを考慮して決定すべきである。斬新な解決法よりは保守的なアプローチの方が望まれる。
- B. 4 乗員及び貨物の輸送は高い程度の技術的な共通性を持って使われるべきである。しかしながら柔軟性と効率のためにこれを分離することを考えるべきである。そしてまたこれが月面基地の成長に対する阻害要因とならないようにするべきである。
- B. 5 低地球軌道に建設される宇宙ステーションは初期においては人員を月までに輸送しまた戻ってくるためのステーキングポイントとして使うことが出来る。しかしながらそれは貨物飛行のためには不適當である。これら貨物飛行は直接月軌道上ステーションへ飛行すべきである。
- C 予備的な結論であって今後実証しなければならないもの：
- C. 1 中型の自動化された貨物輸送機が次の15年以内にアメリカで開発されるかもしれない。その低地球軌道までの輸送能力はおそらく50トン程度であろう。(シャトルCまたはALV)
- C. 2 第2世代のスペースシャトルはおそらく15年から20年後に実現するであろうが現在のシャトルよりも小さなペイロード能力となるであろう。しかしそれは完全に再使用型でコスト効率の良いものとなる。空気吸い込み式の第1段は運用上の観点からは非常に魅力的である。それらは人員あるいは小型の貨物を地球表面と低地球軌道の宇宙ステーションとの間で運ぶために用いられるべきである。
- C. 3 世紀の変わり目においてはおそらく2つの宇宙ステーションが地球軌道上に存在することになり月に行く宇宙フェリーにサービスを提供する。現在我々が有する経験によれば軌道上の発射整備施設を実現することは可能である。
- C. 4 エアロブレーキの技術は今世紀の終わりには実現すると期待されそれらは全ての地球軌道に帰ってくる宇宙機の設計に基本的には採用されることとなる。同様な技術(ダストブレーキ)はさらに後の段階において月面の着陸運用に使用される可能性がある。
- C. 5 高エネルギー化学推進システム以外の他の推進システムが予測できる未来において月近辺の輸送ミッションに使用される可能性

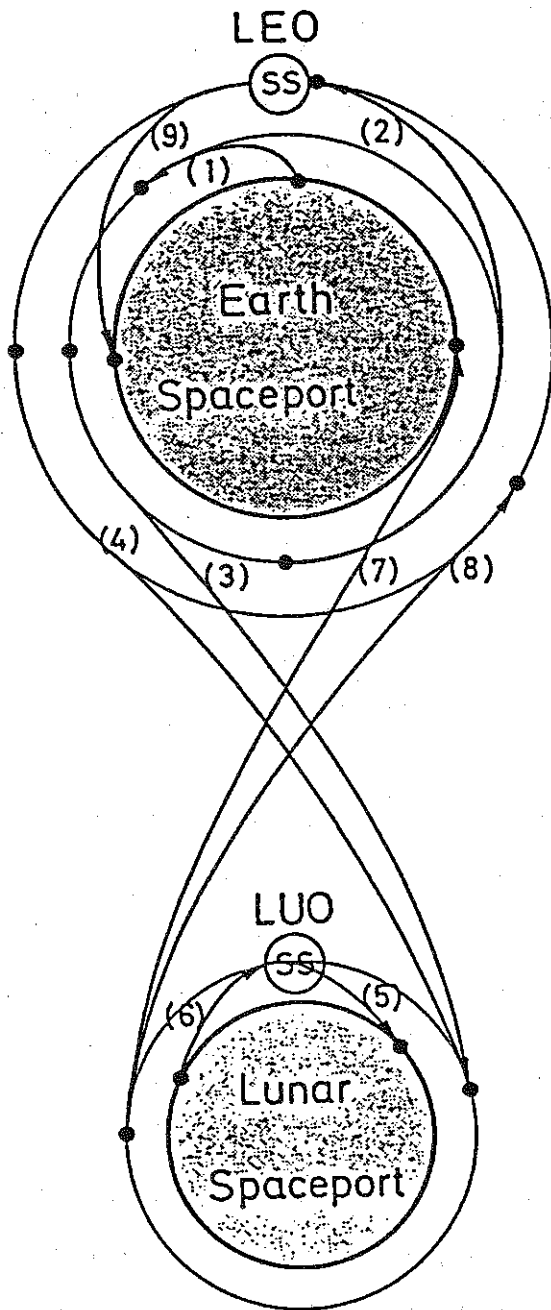
は少ないように思われる。乗用の輸送系はおそらく化学推進系に常に依存することとなる。

これらの事実及び推定は高い程度の自信を持って我々に来世紀の初めの部分における月面宇宙輸送システムの設計と開発を実行することを可能とする。

3. 2. 2 標準的なミッションモード

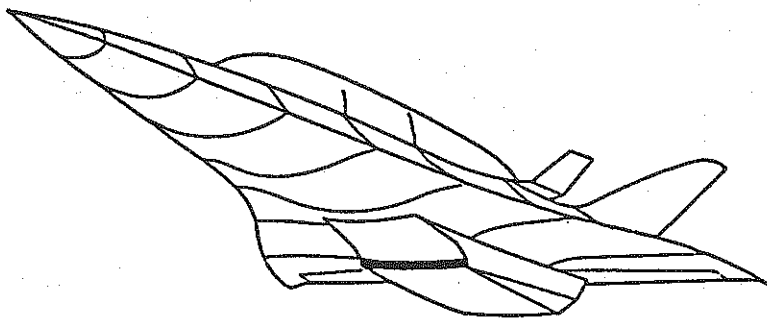
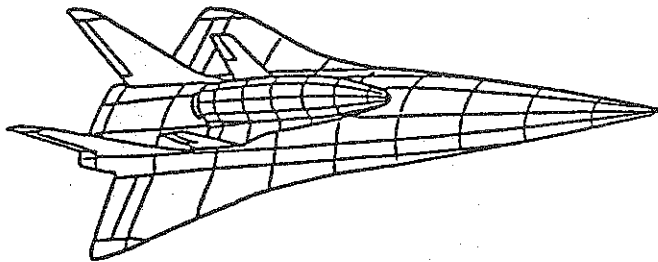
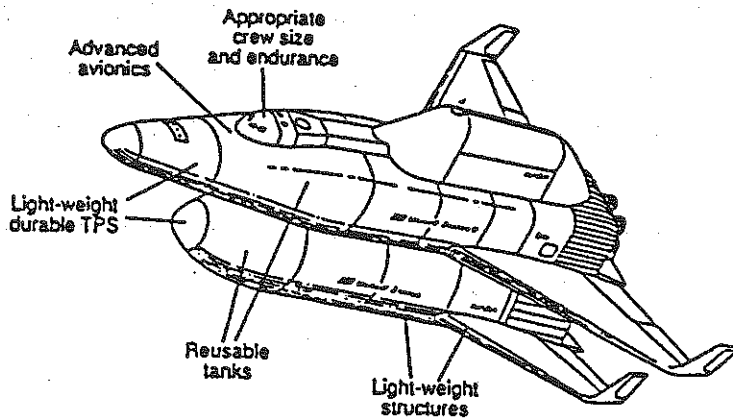
ロジスティックの問題に対するミッションモードとして選ばれるフライトプロファイルはアポロ計画において採用されたものに非常に似ている(図3参照)。それは月軌道上において貨物及び乗用輸送の両方のためのミッションステージングを行う。有人の月周回ステーションは輸送のノードとなろう。例えば燃料補給及びメンテナンスの施設として。それは救済活動のステーションとしても働くこととなる。全ての月面の貨物飛行は地球の表面から月周回ステーションへと直接飛行することとなりそこからまた月表面に行くこととなる。彼らは地球軌道上の宇宙ステーションをバイパスする事となるがそれは運用を簡素化することでありコストを最小化するためでもある。空になったタンクのステージすなわち打ち上げロケットの第3段は直接地球の打ち上げ場に月の軌道からエアロブレーキを用いそして陸上への着陸を自動操縦によって行う(図5)。

人員輸送用の標準的飛行ミッションはこれとは異なる。それは地球表面からの有翼のシャトルタイプの打ち上げ機によって行われ、クルーをまず低地球軌道の宇宙ステーションに運ぶ。そこから彼らは宇宙フェリーに乗り換える。そのフェリーは安全のため複数のエンジンを有している。そこからそれは月軌道上のステーションに飛行する(図6)。その同じフェリーは帰りの飛行にも使われこの場合地球の大気においてエアロブレーキを使用し地球軌道の宇宙ステーションに到着する。そこから乗員は改良されたシャトルに乗り移って地球表面にシャトルと同様のグライダーモードによって着陸してくる。月面側における乗員の輸送すなわち月軌道と月面と



- (1) Ascent trajectory
ES - 150 Km orbit
- (2) Transfer orbit
150 Km to LEOSS
- (3) Transfer orbit
150 Km to LUO
- (4) Transfer orbit
LEOSS to LUO
- (5) Descent trajectory
from LUO to LUS
- (6) Ascent trajectory
from LUS to LUO
- (7) Direct return
from LUO to ES
- (8) Return
from LUO to LEOSS
- (9) Descent from
LEO-SS to ES

図3 標準ミッションモード



Turbo/ Ramjet

図 4 第 2 世代スペースシャトルの典型的コンセプト

の間においては軌道フェリービークルに比べて非常に単純な月バスによって行われる。重要なことは推進系が複数のエンジンとなっていて乗員の安全を守るということである。最終的に月軌道への弾道飛行もまた採用される可能性もある。

輸送コストを低減させるために月面において製造された推進剤による燃料再補給の最大限の活用がなされるであろう。低地球軌道及び月周回軌道の双方において燃料再補給ということは利点がある。

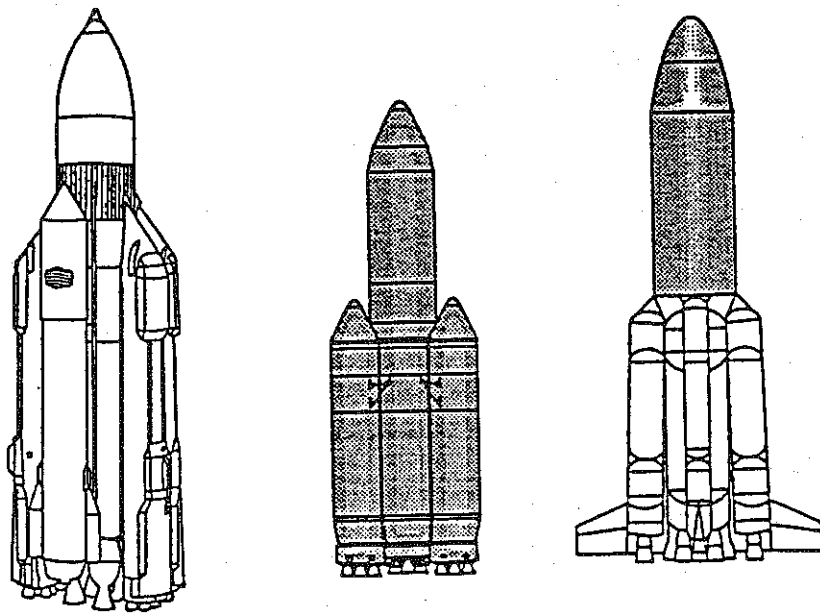


図5 初期の月面ロジスティック運用のための貨物輸送船
(50トンから100トンの低地球軌道打ち上げ能力)

地球から月までの飛行時間は60から80時間である。人員飛行のための低地球軌道宇宙ステーションからの打ち上げウィンドウはエネルギーを最小とするためには9日毎となる。打ち上げウィンドウの問題は不便な問題ではあるがロジスティック運用全体にとっては深刻なハンディキャップではない。

3. 2. 3 月面基地建設の初期フェーズ

我々はかなりの高い精度を持って有人及び無人の新世代の打ち上げ機は今世紀から来世紀の初めにかけてまもなく実現するであろうと考える。これらは低地球軌道への輸送要求を満足する。例えば低地球軌道の宇宙ステーションへのロジスティックサポートなどである。貨物輸送機（図5参照）が低地球軌道上80から100トンの打ち上げ能力を有すると仮定すればこれは月周回軌道へ20から25トンを送送できる。

これはまた人員の乗っていない乗用フェリーを月周回ステーションまで運ぶことができる。そしてこれは低地球軌道の宇宙ステーションにエアロブレーキを用いて十分な推進剤を持ち帰ることができる。

大気圏再突入のための熱遮蔽の重量を着陸用の脚と取り替えることによって同一の輸送船が月の表面に自動モードによって着陸することができ、そこでローバーをおろすなりロジスティックモジュールあるいは月面ベースキャンプの最初のコンポーネントをおろすことができる。このようにしてこれは汎用の宇宙輸送機とすることができ月ミッション以外にも使うことができる（例えば静止軌道あるいは惑星間飛行のミッション）。このクラスの輸送機に関する研究が過去10年間O TVあるいはS TVの研究と称して実行された。開発されたエンジンは第1世代の宇宙フェリーに用いることができる。第1世代のフェリーのスケッチが図6に示されている。

このような第1世代のフェリーの開発コストは20億ドル（1990）のオーダーであるべきである。そして開発期間は10年以内であるべきである。なぜならばこれに必要な技術はすでに存在するからである。

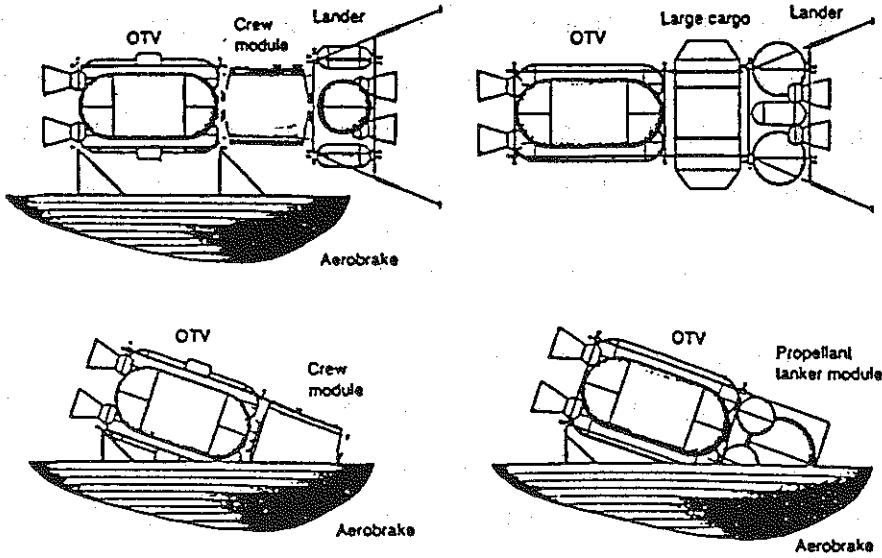


図 6 第 1 世代の月フェリー輸送機

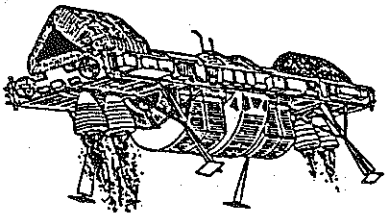


図 7 第 2 世代月面乗用バス

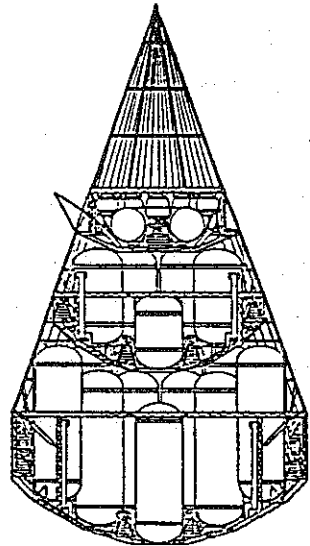
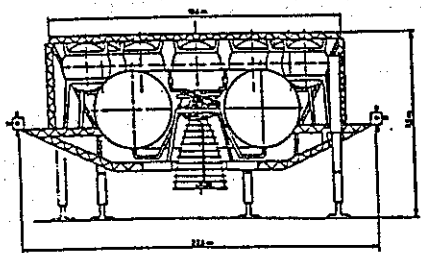


図 8 大重量打ち上げ機
及び月面貨物シャトル



3. 2. 4 月面基地建設の後期段階

20トンクラスのペイロードを着陸させる能力では月周回ステーションと初期の月表面上のベースキャンプを設定する以上のことには不十分である。従って新しい月近傍用の輸送能力が月面基地の運用の効率を上げ適当な成長の速度を達成するためには開発される必要がある。60年代の初期の頃から大重量打ち上げ機（例えばノバコンセプト）が非常に詳細に検討され、それらは低地球軌道に300トンあるいはそれ以上の物を打ち上げる概念として検討された。もしそれらを月表面までの輸送に使うとすれば50トンの重量を着陸させることとなる。この種の輸送機に関する非常に多くの設計情報が現存する。最近の研究に基づき輸送機の例を図8に示す。2段式の弾道型の宇宙貨物輸送機でありこれはスペースシャトルメインエンジンのクラスター化して用いている。それにより低地球軌道に330トンを投入する能力を持つ。また3段式にすることによって月周回軌道に100トンを投入することができる。第3段は宇宙フェリーとする事ができる。また月表面と月軌道を結ぶ月バスとしてスペースシャトルメインエンジンを1個だけ使うということもできる。これは月周回軌道上のステーションにおいて燃料を再補給しまた月面上において酸素の製造が可能になれば月表面においても燃料補給ができる。初期の段階において液体水素は地球から自動化されたタンカー輸送機によって運ばれる必要があるが次の発展段階においては月面上で製造された水素によって置き換えることができる。

図8に示されているような重量運搬用宇宙貨物船はまた月面基地の運用段階においては人員輸送用に用いることとなる。人員輸送用の初期のフェリーは月面基地から月軌道へ36人の乗客を運ぶ乗客フェリーによって置き換えられる。乗客輸送用と貨物輸送のミッションを統一することは懸念ではないように思われる。なぜならばそれは柔軟性と安全性と効率を犠牲にしてしまうからである。

経済的で実行可能な月面基地にいたる鍵として一般に了解されているこ

とは乗客と重要な貨物を月面基地まで安全に運ぶことのできる宇宙輸送系である。コストの多くの部分は地球表面から低地球軌道への輸送に起因する。したがって宇宙輸送系が月面基地開発の鍵である。貨物輸送及び人員輸送の輸送単価はそれぞれの月面基地開発段階における月面基地のサイズと成長速度に関し提供できる輸送機の基礎に基づいて推定されなければならない。最新の推定値として100人から200人の人員を要する月面基地について第9図及び第10図において示す。図9は地球から月面基地までの単位輸送コストをドル(1990)/Kgの単位として示したものである。これによればKgあたり1万ドルからKgあたり1000ドルまで落ちることが20年間の運用によって起こることがわかる。乗客の副コストは図10に示してある。これもまた輸送機とミッションモードに強く関係する。一人あたり5000万ドル(1990)という最初の年のコストから10年後の1人あたり300万ドルという数字にまで重量打ち上げ機を仮定すれば落ちることがわかる。この重量打ち上げ機は低地球軌道から直接月面ステーションに行き乗客はそこから月乗用バスによって月表面に到着することを仮定している。

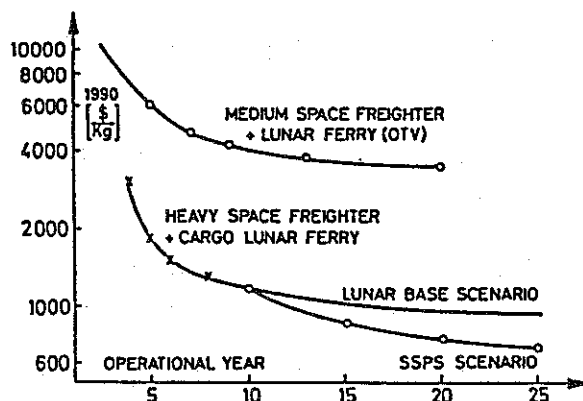


図 9 予想される地球月貨物輸送コスト

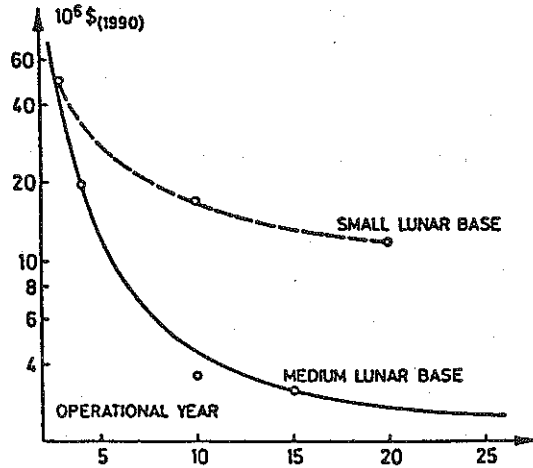


図 10 予想される地球月人員往復コスト

4 どの様にして

4.1 経済的側面

経済的側面から考える人々はこの様な計画はといったい経済的に成り立ちうるのかという質問をする。答は：イエス、となろうと思われる。しかしこれは長期的にはであって現時点においてこれを証明することは出来ない。コロンブスが新しい航路と陸地の発見を目指して海を渡ろうとしたとき誰も彼の航海が採算のとれるものであるかどうかについて答えることは出来なかった。月表面にインフラストラクチャーを建設することはかなり大きな資源を投資しなければならないことは確かである。しかしそれは地球全体の観点からすれば他の支出に比べて小さいものである。1世紀以内に我々は月面基地の経済的効果を期待できたその後月面の居住地からは次のようなものを得ることが出来るであろう：

- 1 月面の研究施設から得られる研究成果による新しい知識
- 2 現在高度技術の平均生産計画に費やされている経済資源の投資による高い収益；
- 3 月資源の利用による太陽系の惑星間飛行の運用コストの節減。（ハードウェア及び推進剤）
- 4 月面上の発電所及び静止軌道上の発電プラントに対する建設材及び消耗品の売上；
- 5 ビーム化した太陽エネルギーの地球及び地球外の需要者への売上；
- 6 高レベルの放射性廃棄物の月の裏側への蓄積保管 もし法律的及び政治的に受け入れられれば；
- 7 地球の核融合発電プラントへの核燃料（ヘリウム3など）の売上；
- 8 現在まだ発見されていないかあるいは発明されていない月面上の製品及びサービスの売上

月の投資による経済的収益はおそらく最初の月面基地の建設から20年以内には出現してこないであろう。我々は奇跡を期待すべきではない。これはすなわち民間の投資が初期の月面基地の開発においては要因として期待できないことを示している。太陽系における人間の存在を拡大するために公共の資金を投資するということが政府の中での問題となるであろう。もし彼らがそうするとすればそれは経済的な理由ではなくてむしろ政治的な理由であろう。これらについては4.2章において論ぜられる。先に上げた月面基地を開発するための理由の全体の合計が肯定的に受けとめられれば問題となるのは投資の大きさとなる。初期の投資は1000億ドルのオーダーとなりこれは最初の15年間のために必要となる。月面基地のコストに関する最近の研究によればコストのトレンドは図11に示したようになる。これは月面基地本体及びそれにともなう輸送コストを図12に示す輸送コストのプロファイルに基づいて見積もったものである。これらの傾向から各年次において約50億ドルが月面基地及びそのための月への宇宙輸送システムにとって必要となることが分かる。これは1990年代の終わりを計画の開始時点と仮定している。開発及び配置が終わった後の月

面基地のコストとしては60億ドルのレベルに近づいていく。

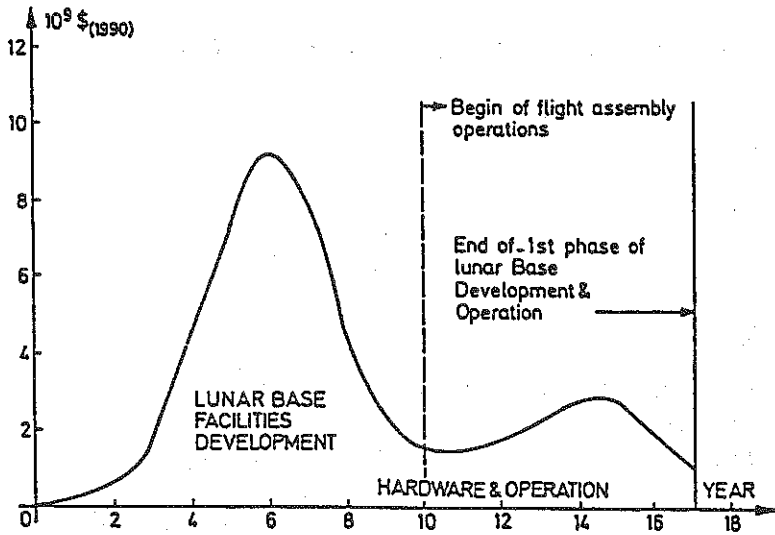


図 1 1 典型的な月面基地の開発及び最初の6年間の運用コスト (輸送コストを除く)

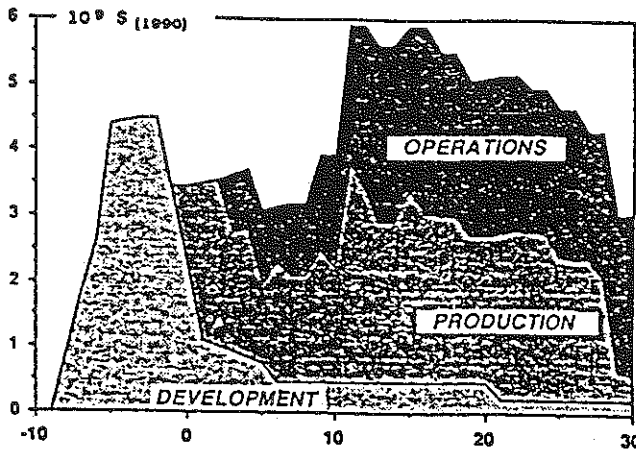


図 1 2 輸送及びロジスティックのコスト月面基地200人の要員 (第1年目は月面基地への第1回目のフライトとしてある。輸送系の開発はこれよりも9年間早いものとする)

この数字は毎年防衛のために全世界が支出している1兆ドルという数字に比べると驚くには当たらない。また新エネルギー源の開発のために毎年投資されている1000億ドルに比べても大きいとはいえない。結論から言えば月面基地を国際プロジェクトとして経済的に裏付けることは可能であると思われる。

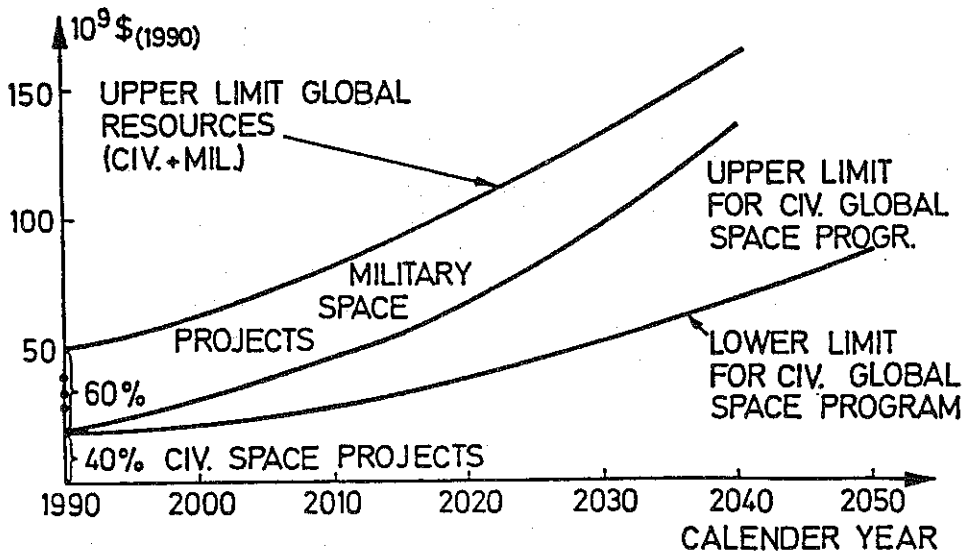


図 1 3 世界全体での全宇宙予算の予測

さてオーダーにおいて60年代のアポロ計画と同じ程度の資源を要求するこのような宇宙プログラムの財政的裏付けに関する質問に立ち返ることとしよう。これらのこのようなプロジェクトのコストを考える場合に世界的規模の宇宙活動に現在投じられておりまた将来投じられるであろう資金について考慮する必要がある。およそ500億ドルが現在1990年において世界的な宇宙計画に参加している国が支出しているし金額である。そのうちの約60%は軍事宇宙計画である。宇宙資金の成長率をGNPのそれぞれの国のGNPの成長率に比例すると仮定してみよう。この図では年率2.

5%と仮定した。そしてまた軍事宇宙計画の比率は下がっていくものとしよう。その様にして我々は図13により約500億ドルが2010年において支出可能でありかつ2030年においては非軍事用の宇宙計画に約1000億ドルの支出が可能であることが分かる。もしこの傾向が現実であれば世界全体としては月面基地計画は90年代の後期に開始し約15年かけておよそ100億ドルという支出のピークに達することが可能である。

我々は月面基地において経済的目的が一義的でないことを理解した。また月面基地は非営利的な投資を必要としているということが分かったがしかしながらこの様な事業においてはコスト効果の分析が重要であり、それが月面基地の種類と規模を決めて行くことになる。われわれはこの問題を考察するために3つのパラメータを設定して考えた。最も重要なパラメータは月面における人年数と全体システムコストとの比率である。これは図14に月面基地の人員の数との関数として表されている。この比は小さな月面拠点の場合に約1人1年あたり5億ドルという数字でありこれが人員が数100人を要する月面基地となってくると1人1年あたり3000万ドルという数字にまで下がってくる。1人1年あたり1000万ドルという数字が我々の見たところ最も良い効率を表す数字であってこれは現在の技術から予想しうる将来を考える限りこれ以上改善されることを予想する事が出来ない。第2に重要なパラメータは1人1年あたりの施設の質量である。これもまた1人1年あたり5トンという数字から始まって基地が成長し成熟してくるに沿って最終的に1人1年あたり1トンという数にまで下がってくる。これらの両方の傾向曲線を図14にプロットしてある。横軸は月面基地のマンパワーすなわち人年が蓄積されてくる数字を示している。月面基地のコストを構成する大きな部分はロジスティックスのコストである。このことから全体の輸送コストを時間の関数として表したものが全体コストの動向を見るのに重要である。このプロットは図15に示してある。最初のフェーズにおいて一人1年あたり10億ドル以上の量であるがやはりこれは低減してきて1人1年あたり2000万ドルという数字に近づいてくる。大型の月面基地で交代のサイクルが6カ月から12カ月と

いうものを仮定するとこの単位あたり輸送コストは1人1年あたりにして1000万ドルにまで下がってくる。

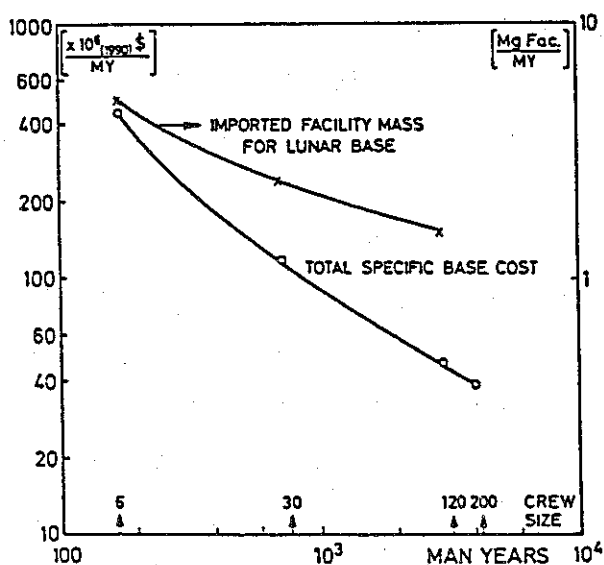


図1.4 月面基地の有効性傾向。ライフサイクルマンパワーとの関数として

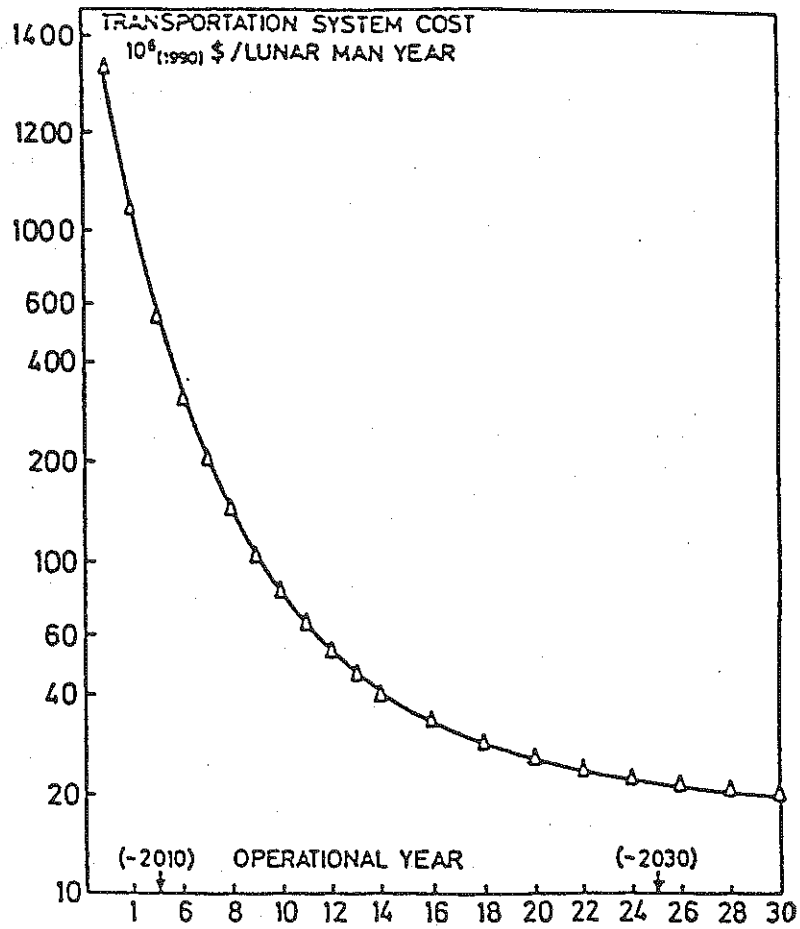


図 15 月面基地輸送システムのコスト有効性

4. 2 政治的側面

月及びその周辺に関する新規の活動及び永続的月面基地の創設に関する政治的及び法的側面に関しては次のように要約される；

月への有人あるいは無人の飛行は過去においては国家的事業として行われた。しかしながら国際社会は国家主権あるいは占有権あるいは所有権と

いった概念を天体にまで輸出するということは望ましくないという見解をとった。従って月面への最初の着陸の以前に国家による宇宙の探査及び利用の基本原則に関する条約というものが月及びその他の天体を含む宇宙というものを対象としてその時点で現に宇宙を開発していた諸国及びその他の非常に多くの国によって承認され1967年10月10日から有効となった。これは次のような条項からなっている：

探査と利用は全ての国の利益のためにそして全ての国にとって自由に行われる。第1条の1／。天体の全ての領域への自由なアクセスが宣言される。／第1条の2／。国家による所有は禁止される。／第2条／。活動は平和的であるべきである。／第3条／。大量破壊兵器は月の上に置いてはならない、そしてあらゆる種類の軍事行動は禁止される。／第4条／。登記上の国は天体上の施設に置いて管轄権を要する／第8条／。基地への自由なアクセスは保証される／第12条／。

これらの条項は、月への飛行の時期においてなんらの紛争を引き起こさなかった。そして、これらの適応性は、全ての国によって承認されたのである。

しかしながら国際コミュニティは、更なる月への飛行がありかつ、月の上或いは、その他の天体の上における活動が今後も継続するものであることを予想した。その為国連の宇宙空間平和利用委員会の枠組みの中において特にその法律小委員会において更に詳細な法制化が検討され、その結果月及び、その他の天体の上における国家の活動に関する協定が提案された。それは、1979年12月5日の国連総会によって採決され1984年から施行された。しかしながら、米国、ソ連は、この協定にまだ署名していない。

この月協定は、月に関し国際協力及び国家間の相互責任を強化する為の条項を次の様に定めている：

月は、平和目的に限り利用されるべきであり、大量破壊兵器、軍事基地などは、禁止される／第3条／。特に、次の条項が重要である：国家は、協力と相互援助に基づき月の探査と月の利用に関する活動において協力と相互援助の原則の基に導かれるべきである。この協定を実施する為の国際協力は、多国間ベース或いは、2国間ベース或いは、国際政府間組織を通じて出来る限り広くすべきである。／第4条／。

科学調査における自由そして情報の交換の必要性／第5条／及び科学または、その他の月面施設への探査人員の交換の必要性が強調される。／第6条／。環境への有害な汚染は禁止される／第7条の1／。全ての放射性物質の設置の通告が必要とされる。／第7条の2／。月面上の特別に科学的に興味のある領域は、国際的科學保存地区として設計されることが出来る。／7条の3／。月面上の移動の自由／第8条の2／そして月面の全ての部分に対する接近の自由／第9条の2／が合意された。これらの条項の多くは、1967年の宇宙条約においても合意されている。

月は、人類の共同財産と宣言される。国家による所有は、禁止される。施設の建設によっても月面のいづれの領域の所有に関する権利は、与えられない／第1条の1及び3／。特別に重要なのは、次の条項である：

この協定に参加する各国は、月面の探査が可能となったときには、月の自然資源の探査を支配する為適切な手続きを含めて国際的体制を確立してこれを管理することとする。この協定の第18条によって施行される／第15条の2／。

国家は、その基地とその人員に対して管轄権を有する／第12条の1／彼らは、国際的責任を負う／第14条／そして、紛争を解決する体制が合意される／第15の3／。限定された量の特別な月面資源、例えば極地の環境などに関しては、国際協定によって保護される必要がある。

ここに述べた月協定の簡単な説明からも国際協力を育成しなければならないそして特に月の自然資源に関する国際体制を確立しなければならないことが理解される。

月へ帰るということに関しこの様な国際的な法制の整備という観点から

政治的な側面というものが理解されるのである。

我々にかされた課題は、実際の国際月面基地計画が実行されるまでにいかにして米国及びソ連にこの月協定が受諾可能な様に改訂すべきであるかということである。

上で述べた世界的な宇宙飛行活動の法的基礎というものは、宇宙プログラムが非常に強い政治的側面を持っていることを示している。宇宙計画は、明らかに国家威信というものをその計画の目標を形成する時の最も強い動機としていた。1957年に最初のスプートニックが打ち上げられ1969年に最初の月面有人着陸がなされたのがこの様な政治的に動機づけられた宇宙計画の典型的な事例である。我々は、競争というものが協調ということに取って変わり更に最終的には、協力というものとなることと予想しかつ期待すべきである。世界的規模の宇宙電力ステーション、月面の科学探査、産業化基地或いは、太陽系の資源を利用する為の先端的活動となるところの有人火星探査とそれに続くそこへの永続的有人拠点の確立といった様な大型の宇宙計画は、国際協力を改善する為に非常に適した媒体である。この協力は、おそらく更に相互信頼或いは、相互依存というものを促進することとなろう。これが、すなわち我々が世界的な兵器による重荷を軽減し、そして我々の母なる惑星のより大きな安全性を確保するために努力し続けなければならない理由である。一步一步と我々は、艦、潜水艦、そして戦闘機を宇宙船に変換していくことが、出来る様にならないといけない。我々が惑星地球の重力場の限界から飛び出す事により我々は、徐々にこの惑星の市民となりそしていずれは、軍事力に依存せずに我々自身のここにおける問題を解決することを学ぶことになる。

この様な政治的動機の他に一つの経済的な動機がある。どのいずれの国も一国では、国家的な月面基地計画というもの或いは、太陽系の外惑星の探査というものは、実行出来ない。早晚我々は、この惑星の国家は、それを共になさねばならないことに気がつかなければならないだろう。

この様にして我々は、月面基地計画が最初は、調和の取れた合同計画の目標に対して各国が貢献するところから出発して、フェイズが進むにつれ

て協力の度合いを増すことが出来る様な方法へ進められるべきであると結論する。

4. 3 組織的側面

過去30年間にわたる世界中の宇宙活動の急速な成長と数多くの実行の実績は、月面において永続的な人間の存在が次の数十年間に確立されることを示している。月面基地計画は、科学的知識を増大させ技術的能力を広げそしてまた、更なる新しい資源へのアクセスを提供する。酸素、電力、燃料及び、構造材料物質を月面において製造しうる可能性は、月面基地が他の宇宙プログラムへの投資となることも示している。この活動の規模と性格は、地球規模の協力と平和的な競争を提供するであろうことを予想させる。

月面基地を建設し、管理する為の国際的な協力体制を育成する為の3つのメカニズムが考えられる：国際主義、すなわち国家間のコンソーシアムによる協力、国家事業、すなわち一国が主要な役割を演じ他の国をこれへの貢献に参加を要請する、そして、民間事業すなわち民間の利益追求によるコンソーシアムを形成し高度技術の管理システムを提供すること。国際的事業の一例としては、原子力ヨーロッパ原子核研究センター（CERN）がある。1950年代に11のメンバー国家がそれぞれの資源を結合して他の大きな国家の高エネルギー物理計画に競合しうる加速器の研究所を作った。この様な協力に付き物の数々の困難は起こったが、彼らは20年間に渡り成功裏に解決した。CERNは、月面上の国際的科学研究を執行する為に適用しうる一つのモデルを提供する。

国際海洋掘削計画（IPOD）は、一つの国際的参加を育成する国家事業のモデルを提供する。1968年から深海掘削プロジェクトは、アメリカによって、その国家科学基金を通じて支持されて来た。科学的立案は、深地球サンプリングの為の合同海洋研究機構のもとで行われた、この組織は、世界中の選ばれた科学者による諮問グループである。海洋掘削の国際的フェーズは、1975年に始まった、そのとき米国は、参加メンバーを

西ドイツ、日本、イギリス、フランス、及びソビエトに拡張した。I P O Dのメンバー効果は、G O I D E Sのメンバーシップを通じて科学計画に参加した。彼らは、ディー／ウィー・グラマーチャレンジャーに乗り込んでフィールドワークを行った、そして彼らは、その後の科学研究においても協力した。同じ様な方法で科学研究を行う月面基地は、一つのリードする国が、他の国に施設建設及び、計画立案への参加を呼びかけることによって開始することが出来るのではないだろうか。

もしも、月面基地の経済的ポテンシャルが強調されるならば、国際通信衛星コンソーション (I N T E L S A T) が、成功例を提供する。インテルサットは、沢山の国からの参加による利用者を基盤とした管理体制をとっている。参加者は、国際通信衛星の運用を修正する為に協力しあっている。インテルサットの概念は、「 I N T R A L U N E 」という形に適應しうるのであろう。 I N T R A L U N E は、月面基地への管理にその管理システムを形成することに強い動機を持った幾つかの国あるいは、幾つかの関係機関を集合することによって形成される。

月面基地計画が実際に実現する以前には、国際協力を推進する為にいずれの方式が最良であるかを決定することは、適当ではないし、また、可能でもない。明らかに打ち上げコストのオーダーが下がるということが、実現すると仮定するならばその様な場合は、第4のモデルすなわち幾つかの競合する国家がそれぞれ独立にそれぞれの月面基地を運用するという形態も考えられる。国際参加のある特定の図式を選択するよりも我々は、ここで過去において地球上でうまく働いた3つのモデルを提案することとした。

ここに提供した月面基地計画の3つの国際協力モデルに関して宇宙開発の過去30年間においては、国家事業モデルが支配的であったことは明かである。このモデルは、大きな計画が幾つかの分離された相対的に独立したプロジェクトに分けられる場合に最も良く働く。その様な例は、アメリカの宇宙シャトルにおけるカナダが製作したマニピレータである。このカナダ案は、スペースシャトルの上で良く働いた。その成功の理由の一つは、設計者がカナダの国家威信が、この計画の成果によって影響されるこ

とを、知っていたからである。科学的、技術的成功の実績によって表現される国家的プライドというものが我々の世界で非常に強い動機となることは明かである。この力は、国際月面基地を開発し建設することに結び付けることが出来る。

民間事業モデルは、もし月面基地への商業的利益が見いだされたときには、最も良く働く。あるいは、この基地が数年間に渡って良好に働き契約された民間企業にこの管理を任すことが出来るようになった場合も考えられる。宇宙における国際化は、地球上の生活の質を改善することが出来るかも知れない価値のある目標である。これは特に一国では、月面基地計画の費用全体をまかなうことが出来ないという状況において重要である。しかしながら国際協力というのが政治的課題となりやすいということは、また逆にこの概念を取り扱うときに注意を要するというを示している。

国際月面基地を確立する為の国際協力の正確な形態に関しては、慎重な研究が必要である、他国籍の開発機関を創設することがまず最初に思い浮かぶ。しかしながらこのようなアプローチは、設計及び運用において硬直化を招く危険がある。世界的な国際月面基地計画の危険性の1つは、地球上の支持組織の形成がそれ自身の組織的存続を自己目的化する様になってしまうことである。幾つかのアクションが考えられる。例えば、国際協力は、低地球軌道でのステージング施設及び、宇宙フェリーの大きな船団を形成することに集中させるというものである。この場合は、参加各国は、月面においてはそれぞれの施設を作る為にサブチームを形成し、月面上の幾つかの領域に施設建設を始める。国際月面基地計画は、一つあるいは幾つかの国家的あるいは更に小さな民間の計画として同じ時期に始められるという可能性も大きい。このような可能性は、大いに歓迎すべきである。

国際月面基地は、また更に大きな計画の一部を形成してるともいえる。すなわち、そこでは月資源を宇宙において居住し、施設を運用するコストを非常に低減する、そしてそこでは月と地球との間の交通輸送を非常に容易にするというような目標を持った大きな計画である。これらの計画は月面基地を人類が宇宙空間に居住するという為のひとつの道具として位置づ

けることになるが、それらの目標はまた月面基地それ自身と同様あるいはそれ以上に重要である。国際月面基地のための国際的計画を確立することは、ひとつの国が月面基地を目標として設定することのできる能力に比較すればおそらく長く曲がりくねった過程となるであろう。その成果はインテルサット、インマルサットの開発に比べてより不明確なものとなろう。これらの組織は、効率的な国際的政府間機関であり運用組織である一例である。適切なコミットメントが個人、機関及び政府から得られなければならない。コミットメントはそれを取りやめることはより難しくまた、必要とされる資源のベースはより大きいものであるが、その目標を変更することは難しいであろうと予想される。もし一つの国が大部分の資源をコミットするとすれば、国際的コミットメントの全体の推進力は低減されることとなろう。投資は、最も広範な国際的進展を確保するために、平等に広げられなければならない。

次号に続く

@JUNK BOX!

無 是頁

おお

冥王星よ

いまだ見ざる

極北の

地よ。

汝が天空に

夜が訪れ

冷たく

暗く

鈍い太陽が

地平に没したとき

もはや

頭上には

いつの日にか

我らが出帆すべき

暗黒の空間のほかには何も見えない。

この大海

漆黒の大奈落

そして

無数の星々の煌めく天上界のうちにこそ

我らの未来は発芽せん。

物理的な

心理的な

重力のくびきは

ひととき

我らをひきとどめるだろうが

人類の巣立ちの日は

いつの日にか

来たらん。

月も

そして

火星も

木星も

沖合いに連なる小島に過ぎないのだから。

この詩は、20年後に読まれることを想定して、「すべーす」20周年記念号用に書いたものです。恐らく、20年後には、下を向いて、足元の地面ばかり見て宇宙開発をしているのではないか、その時に、頭上に空があったことを思い出せるように。

(福田 徹)

○ お詫び

編集局長の極度の多忙のため、本号の発行が通常のペースより約1ヶ月近く遅れてしまいました。読者のみなさんと投稿された方にお詫びいたします。

なにしろ、1月から2月にかけて、わずか4週間のうちに太平洋を2往復してしまったものですから。(これは言い訳。)

○ 引き続き年会費納入のお願い

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

年会費額 : 3,000円

会費納入方法

1. 郵便振替を利用する。

振込先口座 : 東京 2-21144
加入者名 : 宇宙先端活動研究会

(払込料金は研究会が負担します。)

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

2. 財務担当に直接渡す。

財務担当 宇宙開発事業団計画管理部 宇宙実験PO
岩本 裕之

TEL 03-5470-4239

入会案内

本会に入会を希望される方は、本誌添付の連絡用葉書に所定の事項を記入して本会まで送付するとともに、本年度の年会費を支払って下さい。なお、会費は主に会誌の発行にあてられます。

年会費： 3,000円（1991年6月～1992年5月）
会誌（年6冊）は無料で配布します。

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

口座番号： 東京 2 - 21144
加入者名： 宇宙先端活動研究会

投稿募集

宇宙先端は会員の原稿によって成り立っています。軽重、厚薄、長短を問わず奮って投稿を！（下記を参考にして下さい。）

会誌編集方針

- 1 『宇宙先端』は宇宙先端活動研究会の会誌で年6回発行される。
- 2 論文の内容は、全て著者の責任とする。
- 3 投稿資格：原則として本会会員に限る。
- 4 原稿送付：投稿する会員は、B5版横書きまたはA4版横書きでそのまま版下となるような原稿およびコピー1部を、宇宙先端研究会編集局宛送付する。原稿は返却しない。
- 5 論文は未発表の原著論文に限る。ただし、他に発表したものの要約、解説等は歓迎する。掲載論文に対する質疑、意見、提案等、誌上討論は大いに歓迎する。
- 6 A4で20ページを超えるものは掲載しないことがある。宣伝、中傷、その他本会の趣旨から極端に外れる投稿は掲載できない。編集人は会誌の整合のため、著者に改稿を求めることがある。

原稿送付先：〒105 東京都港区芝2丁目5番6号 芝菱信ビル
宇宙開発事業団 宇宙実験グループ
福田 徹

編集に関するお問い合わせは下記へ。

福田 徹（編集局長） TEL 03-3769-8194 FAX 03-3452-1730
岩田 勉（編集人） TEL 0298-52-2250 FAX 0298-52-2247

編集後記

この正月は風邪でダウンしていたが、おかげで、NHKスペシャルの「電子立国日本の自叙伝」の再放送を通して見る事ができた。日本技術陣の奮闘も感動的だが、ベル研、フェアチャイルド、インテルと続く天才的な米国グループの活躍も印象的だった。よくも日本が追いついたものだ。この両国での恐るべき技術追求のドラマはアジアのリトル・ドラゴンの国々の技術者にも是非見て貰いたい。ところで、日本でも米国でもこのドキュメンタリーで描かれた時代の技術者のエネルギーが今に残っているだろうか。いささか疑問である。

何故、かつては集中力があつたか。何もやる事が無いからこそ何者かに集中できたのではないか。そう思ってまわりを見回すと、現在はあまりにやる事が多い。他にすることが無いからトランジスタの研究をする、などという状況など、いまや想像すらできない。現代では遊びの種が豊富の自乗ぐらいあるうえに、仕事もいくらかでもあり、時間を消費するには困らないが、果たしてそのうちどれほどが創造的に価値があるだろうか。かなりの分はつきあい（インターフェース）仕事（遊び）である。贅沢とは知りつつ公私ともに暇になりたいと願う今日この頃では、ある。（福）

宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

編集人

岩田 勉

編集局長

福田 徹

編集顧問

久保園 晃	宇宙開発事業団技術参与
土屋 清	帝京大学理工学部教授
中山 勝矢	工業技術院中国工業技術試験所長
長友 信人	宇宙科学研究所教授
山中 龍夫	航空宇宙技術研究所宇宙研究グループ総合研究官

監査役

伊藤 雄一 日本電気株式会社宇宙開発事業部技師長

宇宙先端	第8巻 第1号	頒価 1,000 円
平成 4年1月15日発行		編集人 岩田 勉
発行 宇宙先端活動研究会		
東京都港区浜松町 世界貿易センタービル内郵便局私書箱 165号		

無断複写、転載を禁ずる。

宇/宙/先/端

宇宙先端活動研究会誌
JAN.1992 VOL.8-NO.
IAA I