



JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

JAN. 1990

VOL. 6—NO. 1

1

IN THIS ISSUE,

FREE THINKER, EARTHLING, ALIEN	T. GODAI.....	1
COMMUNICATION ON THE MOON	H. ONO.....	3
CONCEPTION OF SPACE HOTEL	Y. AMINO,	9
	T. YOSHIDA,	
	Y. IWASAKI,	
	T. MITSUHASHI,	
	K. TAKAGI	
UNDERGROUND CONSTITUTION OF MOON BASE		
	Y. NAKAYAMA,	19
	M. ASAI,	
	T. SAITO	
ROLE OF SPACE STATION CREWS.....	T. YAMAGUCHI.....	31

目 次

1. 自由人、地球人、宇宙人 1
2. 月面での通信について 3
3. 宇宙ホテル構想 9
4. 月面基地の構築における地下空間の構成 19
5. 宇宙ステーション搭乗員の役割 31

自由人、地球人、宇宙人

五代 富文

この「宇宙先端」が当研究会の会誌として刊行されてから5年になる。昨年6月には、これから10年間宇宙活動の指針となる「宇宙開発政策大綱」が改定され、その重要なポイントとして有人宇宙活動の研究を始めることが記されている。世界の情勢から見れば、当たり前前で遅きに失しているが、これでようやく日本の宇宙活動に対する最後のタブーが消えたことは喜ばしい。最初のタブーは20年前の誘導、次のタブーは10年前の回収（再突入）で、これらは軍事につながるからという理由だった。誘導のない近代ロケットも、回収無し宇宙環境利用もありえない。これらのタブーがなくなっただけから残っていた第三のタブーというか、自己規制というか、が有人問題だった。これらのタブーが消えた今、日本の宇宙開発も平和の原則以外には、建前上は制約がなくなったと見てよいだろう。

本研究会が、前宇宙開発事業団副理事長の園山さんの提唱で始まった時は、第三のタブーがまだ残っていた時で、自由に先端的な宇宙活動を論じ合う場として、研究会、講演会、会誌発行を進めてきたのは、この様なタブーに制約されることなく、本来の宇宙活動の可能性を探っていくためだった。

全く自由な発想が生きる分野のはずの宇宙だが、ビッグサイエンスともなるとそうはいかず、タブーはなくなってもいろいろな制約のもとで宇宙活動を進めなければならないのが現実だ。宇宙という言葉に抱く一般の人々の感覚はそれこそ無限であって、われわれ宇宙分野にたずさわる人達との間には、考えのスケールにかなり大きなギャップがあるように思える。宇宙は地球上空百キロメートル以上の全周360度の無限に広がる空間であるはずだ。しかし、特に宇宙の実利用分野では、高度数百キロメートルの低軌道、3万6千キロメートルの静止軌道だけが宇宙であると認識する傾向が強い。世の中一般に認識されている宇宙観から見れば視野が狭くて寂しい。もちろん、宇宙ビジネスともなれば、近地球空間がその対象となることは間違いないし、それがなくては今後の宇宙活動

の発展もありえないだろうが、それが全てではない点が宇宙の特質だろう。1月末に宇宙科学研究所の打ち上げた「ひてん」によって、日本の宇宙活動領域も月近くまで行なわれるようになった。月探査を日本が手掛け始めるようになったことを、国内のメディアはあまりその観点から取り上げてはいないし、むしろクールに受けとめているが、欧米の受けとめ方はもっと違ったものだろう。国際的には、日本は1990年代の宇宙活動に大きな影響を与えるだろうという論調が強まろう。

いずれにしても、宇宙活動に関しては、もっと自由な発想が生きるようにしたいと思う。地上の日本の姿が宇宙にも縮図となって現われるとすればやりきれない。地球上の考えをそのまま宇宙へもっていくだけでは、発想の貧困だといわれても仕方あるまい。

ソ連、アメリカの宇宙活動がしばらく足踏みしそうな情勢だが、従来日本の全ての分野でそうあったように、追い付け、追い越せ型を宇宙開発、利用の分野でも取り続けていたならば、その結末は今の日本の経済活動と同じことになるのではないか。もちろん、現在程度の宇宙予算ではそんなことはずっと先のことさという人が多いだろう。当分の間追い付くことがやっとで、それ以上となると？といったところが本当のところだろう。しかし世界が脅威を抱く日本の経済力ほどにはいかないが、5年、10年もたつと、宇宙分野でも事情は現在とかなり異なっているだろう。その時になって、なんのために宇宙開発をするのか、どんな宇宙活動をするのか、経済大国日本の先兵として宇宙開発をするのか、人類、地球人として宇宙活動をするのか、を考えても遅すぎる。

㊦ とりのある、一見無駄もあるような宇宙活動を計画し、展開することも重要ではあるまいか。現在の大勢は追い付き型であるが、自ら第一級の宇宙科学、技術、利用プランをたて世界各国に参加を求めることが、当然のこととなるだろう。

「宇宙先端活動研究会」は、まさにタブーから解き放された日本の宇宙活動を将来に向けてリードするために絶好の場であって、自己規制、既成事実にとらわれず、柔軟に自由に宇宙活動を論じていただきたいと念願している。

(代表世話人)

月面での通信について

小野英男

1. 月でのコミュニケーションの難しさ

集団活動をする動物である人間にとって、コミュニケーション(意思疎通)は絶対に必要なことです。

そこで、将来多くの人間が月に住んで本格的な月面活動をする様になった時に、コミュニケーションはどうなるのかを考えてみました。

月面に着いた人間にとって、大いに勝手に違おうであろうことは声を通らないと云うことでしょう。

地球上に発生してから長い間、口と耳と云う自己内蔵の送受信装置を使い音波を媒体としてコミュニケートして来た人間が、この意思疎通のための道具を取り上げられてしまったらどうなるでしょうか。

月面基地・住宅から一步外に出ると誰かと出合っても声も掛けられない・・・・・・これは大変です。

そのうえ、気密服のヘルメット越しでは表情も窺えない、ごわごわの服装では身振りもままならない、厚い手袋をはめていては手話も満足にやれない・・・・・・

これは西部開拓民とアメリカインディアンの出会いのケースを遙かに越えるコミュニケーションの断絶です。

その様な場で何とかコミュニケートしたい時にはどうしたら良いのでしょうか。何か通信手段を考えなければなりません。

スキングライダーが板に字を書いて意思を通じていますが、これを真似ても大量の情報を伝達出来そうにありません。

集団生活をする生物である蟻の真似をして触角を触れ合って話をするのでしょうか、蜂の様にダンスをするのでしょうか、これでは余りに原始的で。

握手して手袋に付けた電極を接続して話をするアイデアも浮かびますが、体を触れなければ話が通じないと云うのではいささか芸が無さ過ぎます。

この様にいろいろと考えて来ると、適当なコミュニケーションの方法としてはやはり無線通信しかない様です。

2. 目の届く範囲内での個人相互間の通信

地球上での無線通信は音声通達の距離を伸ばす為の補助手段として位置付けられ、相手も通常は特定の人です。

これに対して、月面ではそれは絶対に必要な通信手段であり、相手も不特定多数であることが異なります。

ですから月面での無線通信は、地球での音波・音声に依る会話と同じ感触の通話を実現することが望まれ、人間の口と耳と同じ様に働くトランシーバが欲しくなります。

この条件を列記してみると下記の様になります。

- ・双方向同時通信であること：いちいちプレストークスイッチを押す様では不便です。
- ・複数の人が重ねてシャベツても通じること：普通のFMトランシーバの様に一番強い波に他の波が全部消されてしまうのでは困ります。
- ・距離感が出ること：地球上では声の聞こえ方で距離を判断しますが、これと同じ様な感じが欲しいものです。
- ・やたらに遠くまで届くものではないこと：混信防止と云うよりもプライバシー保護の意味で、丁度地球上で声の届く距離位で良いのではないのでしょうか。

この様に考えて行くと、月面で使うトランシーバとして次の様なイメージが浮かび上がって来ます。

- ・ボイスオペレーションである。
- ・変調方式はSSB（単側帯波）振幅変調方式の類である。
- ・周波数帯はミリ波から光の領域である。
- ・出力はせいぜいmW以下である。
- ・ヘルメット内蔵型である。

これを見るとこれから特に特別に開発を必要とする技術は非常に高い周波数帯でのSSB技術くらいのもので、トランシーバは充分に実現出来そうです。

窓を云えば、送信側の内部雑音を極端に下げて完全同時送受信を実現したいものですし、地球上の様に「オーイ」と呼ばれた声で方角を判断する様にしたいもので（一寸無理かな）、この辺が技術開発の対象となるのでしょう。

3. やや遠距離の通信

3.1 基地を介した地上通信システムについて

次に、やや遠距離の通信は常識的には基地を介したものとなりますが、これは恐らく今の自動車電話の様なシステムに似たものが想定され、余り変わった形態のものにはならないと思われます。

気になるのは、地表面での見通し距離が短いことです。

ざっと計算してみたところ、月面での見通し距離はアンテナ高さ1mで約 1.9km、10mで約 5.9kmとなり、地球上のそれぞれ約 3.6km、約 11.3kmと比べ、その約半分しか見通せないこととなります。

ですから、或る地域をカバーする中継網を作るとすれば中継局数は地球の約 4倍を必要とすることになります。

月面は陸地ばかりで高い山も多いので中継所を立てる場所には事欠かないとは云っても、月の人口密度はそう多くはないでしょうから万遍無く中継所を建設することは現実的では有りません。

そこで、地球の真似をしようとしても、大気が無い月では電離層通信も対流圏散乱通信も期待出来ず、衛星通信しかなさそうです。

3.2 静止通信衛星は可能か

月で地球と同じ様に静止衛星が実現できるでしょうか。

厄介なことに月の自転周期が地球に対する公転周期と一致してしまって27.3日と非常に長いので静止衛星の高度は地球に較べて高くなりそうです。

他方、月の質量が地球の約80分の1ですから高度は低くなりそうにも思われます。

ざっと計算したところでは月の静止衛星の軌道半径は約88,400 kmとなり、高度は約86,700 kmで地球の静止衛星の2倍を越えますが何とか使えそうです。

ところが、地球と月の影響力が平衡する点は後の3.4項に述べる様に月の中心から約64,500 kmのところなので、それよりも外に出ると衛星は地球に引っ張られてしまいます。

従って、月の静止衛星は残念ながら出来そうにありません。

3.3 超低軌道通信衛星が可能

静止衛星に対して当然低軌道衛星のアイデアも浮かんで来ます。

特に面白いのは地球では実現出来ない飛行機並みの高度の超低高度の衛星です。

電波伝播損失が少ないので、全方向性アンテナとドップラ効果キャンセル装置とを備えた低電力のトランシーバで簡単にアクセス出来ます。

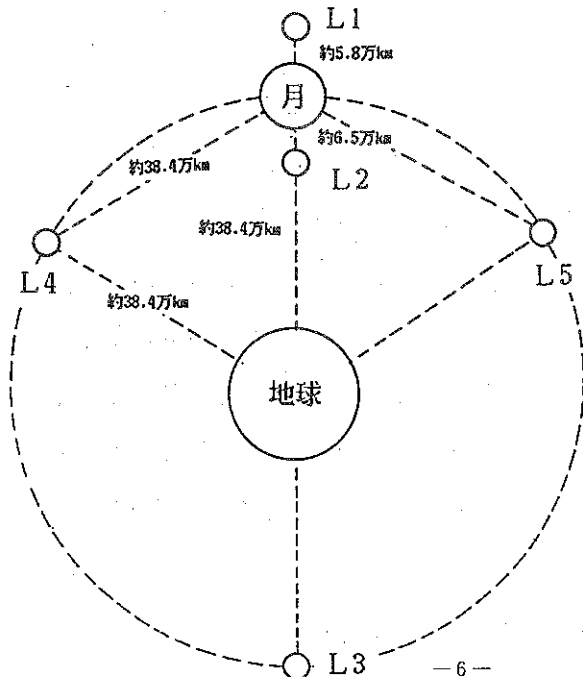
この衛星は一日に10数回も回って来ますので、幾つか異なった軌道に打上げてパケット通信の機能を持たせると、色々面白い用途が有りそうな気がします。

3.4 ラグランジュポイントは利用可能か

地球と月との引力の平衡点として5点のラグランジュポイントがありますから、ここに衛星を置けば、図1の様いずれも月に対する静止通信衛星になりそうです。

しかし、第4、第5ポイントは力学的な安定点であるものの、約38万4千kmの彼方にあり、通信衛星にするには遠過ぎます。

第3ポイントは地球の蔭ですから問題外、第2ポイントは混信・雑音の巢窟である地球を背負っていますので都合が悪く、第1ポイントのみが地球と反対側の半球の中継に使いそうですが、このポイントも力学的には非安定な平衡点で常に軌道制御を必要とするので、結局のところラグランジュポイントの利用価値は余り無さそうです。



L1~L5: ラグランジュ第1ポイントから第5ポイントまでの衛星の位置

図1 月の通信衛星の位置

3.5 月と共軌道の衛星に依る通信システムのアイデア

しかし、使い易さの点ですぐれている静止衛星をやはり欲しいものです。

そこで、地球の周りに月と共軌道の通信衛星を回すことを考えました。

月の軌道の前と後に衛星を配置してそれぞれ月の東半球内と西半球内の通信中継を行なわせ、両半球のシステムは半球の縁のところ地上系で接続します。

地球と反対側にカバー出来ないゾーンが残りますが、これの面積と回線損失とのトレードオフの結果として適切な衛星高度(月からの距離)が決定されるはずです。

ですが、この一見静止衛星風の通信衛星も月の引力でだんだんと月に近付くはずですし、おまけに月と地球との3体問題で複雑な動きをされると思われまので、適切な軌道修正とそのためのエネルギーを必要とすることになりそうです。

しかし月面で人間が活動する時代のことですから、そのエネルギーはマイクロ波・光伝送に依るとか、補給船でエネルギー源を補給するとかの方法で供給されるようになるでしょう。

この様な軌道制御が可能な時代になれば、3.4項では利用の可能性が薄いとしたりラグランジェの第1ポイントも使える様になりそうです。

そうならば前述の共軌道衛星と組み合わせて、下の図2に示す様な月の全域をカバーする(準)静止衛星通信システムが実現できる様な感じがします。

上記の衛星のシステムの比較を次ページの表1に示しました。

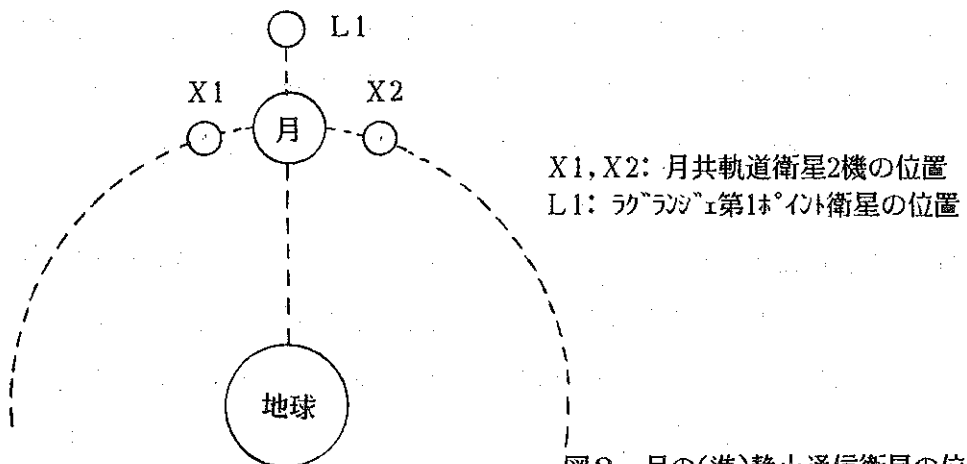


図2 月の(準)静止通信衛星の位置

(安定とは位置制御不要を意味)

軌道位置	評価				総合評価	位置を制御すれば⇒	総合評価
	見通し	雑音	距離	安定			
L 1	○	○	○	×	×	位置を制御すれば⇒	○
ラグランジュ L 2	○	×	○	×	×		×
ポイント L 3	×	×	×	×	×		×
L 4, L 5	○	○	×	○	×		×
月共軌道 X 1, X 2	○	○	○	×	×		○

表 1 (準)静止衛星通信システムの比較

4. 電波に関することからなど

月での電磁波の伝播は、電離層反射や対流圏屈折・散乱に依る異常伝播が起きないので余り学問的には面白く無さそうですが、実利用上は好都合です。

短い波長帯の電波や光の減衰が少いことも地球に較べて大きなメリットです。

しかし気になることは、大地が水分を含まないために案外に低損失の誘電体に近い性質を持っていて、変な電波伝播経路が出来てしまわないかと云うことです。

地表の大きな温度変化や放射線・いん石を避けるために都市は地下に建設されるでしょうから、地下通信網の建設が地球よりも重要になり、地中の電波伝播が新しい学術的並びに実利用上の興味の対象になって来るかも知れません。

また、地球の衛星通信地球局のアンテナが月を向いたり、地球上の東西方向の通信回線のアンテナのビーム内に月が入ると混信を起こす可能性が充分にあります。

月から見ると地球は短波や超短波領域での非常に強い混信・雑音源となるのではないのでしょうか。

当初は月面居住者側が被害者側になることが多いでしょうが、人類の月面活動の活潑化と共に新しい国際間(天体間)電波行政問題が生じるでしょう。

こう考えて来ると月面での通信に対する興味の種はいろいろと尽きない様です。

以上

(日本電気(株) 無線事業グループ技師長、技術士(航空・宇宙))

宇宙ホテル構想

清水建設(株) 宇宙開発室 網野嘉彦、吉田哲二、岩崎陽一
三橋 徹、高木健治

1. はじめに

1990年代後半に完成する予定である米、欧、加、日共同の宇宙ステーションは、人類の宇宙開発における大きな飛躍となるであろう。様々な分野の研究者が、地上では成し得なかったことを実現していく「場」となるのである。従来、特別な訓練を受けた宇宙飛行士にのみ限られていた宇宙体験も、こうした専門家の研究者が実際に宇宙で実験を実施するなどの活動を通じて、宇宙は誰でもが行ける場所であるという認識が広まりつつある。宇宙がより身近になるに従い、一般人の宇宙旅行熱も一層拍車がかかり、夢の実現を目指して様々な試みが始まることと思われる。

第1ステップは、地球を周回することから始まるであろう。現在のスペース・シャトルのような垂直発進でなく、水平離着陸できるスペースプレーンを利用することになるであろうが、米国では21世紀初頭にその実現を目指している。こうしたスペースプレーンの発着場として、従来の大規模空港だけでなく、太平洋スペースポートなどの新しい構想も名乗りを上げている。いずれそこはスペースポートを中心とした大リゾート地となり、ホテルやレジャー関連の施設が数多くできることも考えられる。

さらに、スペースプレーンでの周回を続けるうちに人々は、単に飛行するだけでなく、宇宙に留まることを考えるようになるであろう。その時のために建設されるのが、宇宙ホテルである。ここではそのホテルとしての宇宙ステーションについての提案を行う。

2. 宇宙ホテルの形体について

ここで提案する宇宙ホテルは、主として以下に示す4つの機能・部門から成り立っている。これらを統合した宇宙ホテルの概念図を図-1に示す。また、各部門のネットワークについて、図-2に示す。

(1) プラットフォーム部門

ゲスト及び貨物を載せたスペースプレーンの離発着場所

2機のスペースプレーンが同時にドッキング可能

(2) エネルギーサポート部門

太陽電池パネル（折りたたみ式）

ラジエーターパネル

エネルギー施設及びコントロールセンター

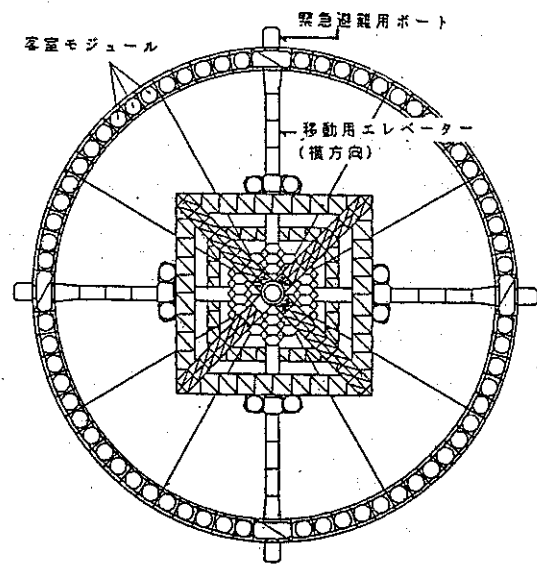
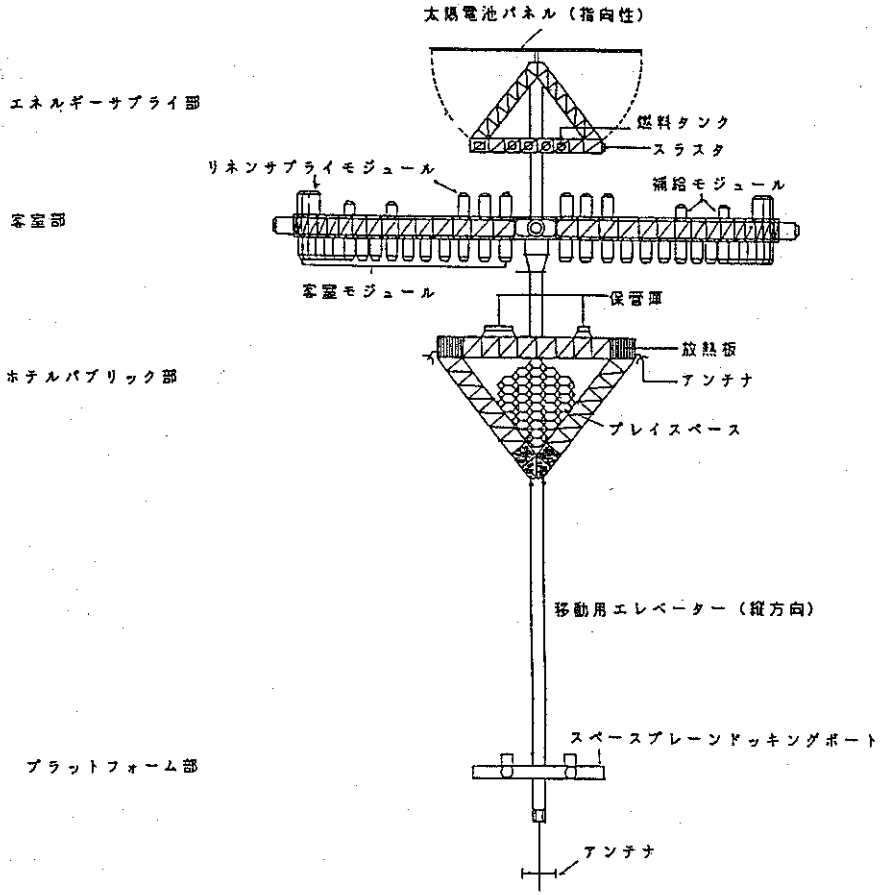


図-1. 宇宙ホテルの立面図及び下方からの平面図

(3)ホテルパブリック部門

正六四面体で構成されたスペースホールとテーマモジュールから成る。

ホテルパブリック部門 (チェックインカウンター、レストラン、バー、ホール等)

アミューズメント機能 (スペースアスレチック、宇宙実験室等)

(4)客室部門

人工重力装置を持った客室群と、それをサポートするモジュールから成る。

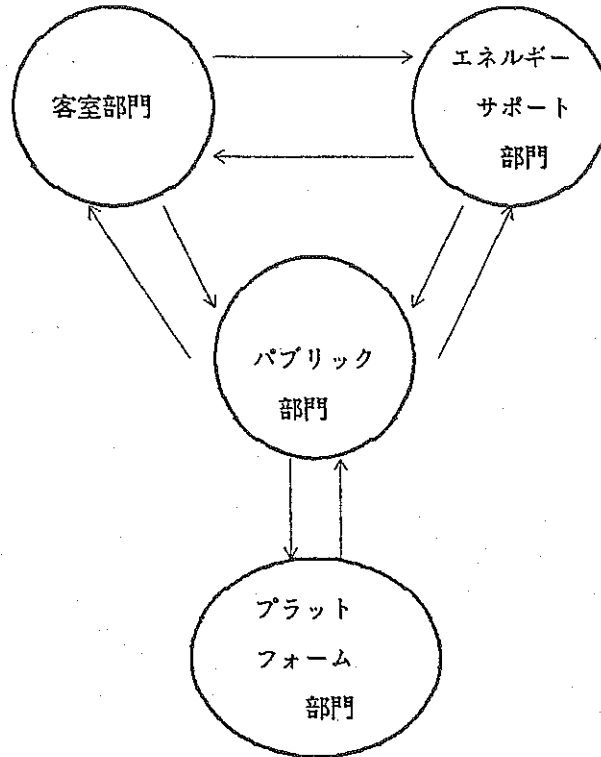


図-2. 宇宙ホテルの各部門間のネットワーク

3. 人工重力について

より充実したリゾートライフ (休息、睡眠) を可能とするとともに、無重力状態での水まわり (シャワー、トイレ、洗面等) の取り扱いの煩わしさを解消し、地上に近い生活を送ることを可能にするために、人工重力装置を備えた客室部門を提案する。平常は日常生活下 (1 G) に身を置き、好きな時にいつでも非日常生活 (無重力) を体験できるという状況は、本来の意味でのリゾートであると考える。

この宇宙ホテルでは、中央の縦動線部分を軸にして輪状に連ねた客室部分全体を回転させることによって、遠心力 (人工重力) をつくり出す。遠心力は、角速度の2乗に比例し、かつ回転中心からの距離に比例する。つまり、客室部分を同じ角速度で回

転させると、中心軸から離れるに従って遠心力は大きくなる。

人工重力、回転半径、回転数の相関関係及び快適領域を示したものが図-3である。半径 100m 以下で 1G 前後を求めると、1 分間に 3 回転以上回転させる必要がある。回転数を多くすることにより半径を小さくすることができるが、回転のパラメーターと人間の快適さには密接な関係があることが、航空機や回転腕による実験等で研究されている。これによると快適領域を得るには、回転数が 4 rpm 以下であること、人間の頭から足先までの重力変化が 12% 以下であること、かつ重力を 0.5G ~ 1.0G とすると回転半径は 100ft (32.8m) ~ 200ft (65.6m) 以上であることが要求される。

以上を踏まえたうえで、この宇宙ホテルの客室部門の人工重力と回転数及び回転半径を 0.7G、3 rpm、半径約 70m とした。また、低重力で生活してみたいと思う滞在客のことも考慮し、半径 33m の地点に 0.3G の人工重力が得られる客室モジュールも配置した。

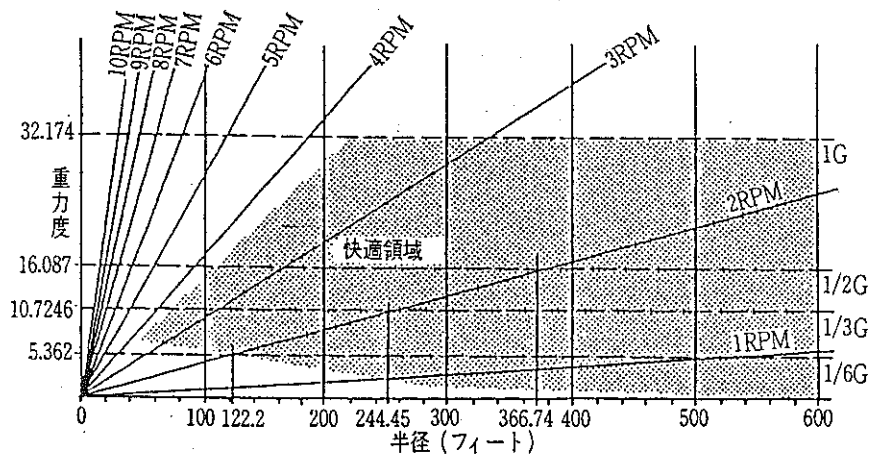


図-3. 重力、回転半径、回転数の相関関係及び快適領域

(参考: SICA OUTREACH Vol. 1, No. 5)

4. 客室モジュールについて

4.1. 客室部門構成 (図-4 参照)

人工重力を持つ輪状に並んだ客室部門は、パブリック部門、エネルギー部門をつなぐ、この宇宙ホテルの背骨となる縦動線シャフトから伸びる4本の放射状シャフトで結ばれている。客室部門は、大きく5つのモジュールで構成されている。

- | | |
|-------------|--------------------|
| (1)廊下モジュール | (ゲスト及びサービスのための通路) |
| (2)客室モジュール | (ゲストの客室) |
| (3)乗務員モジュール | (インストラクター及び添乗員の部屋) |

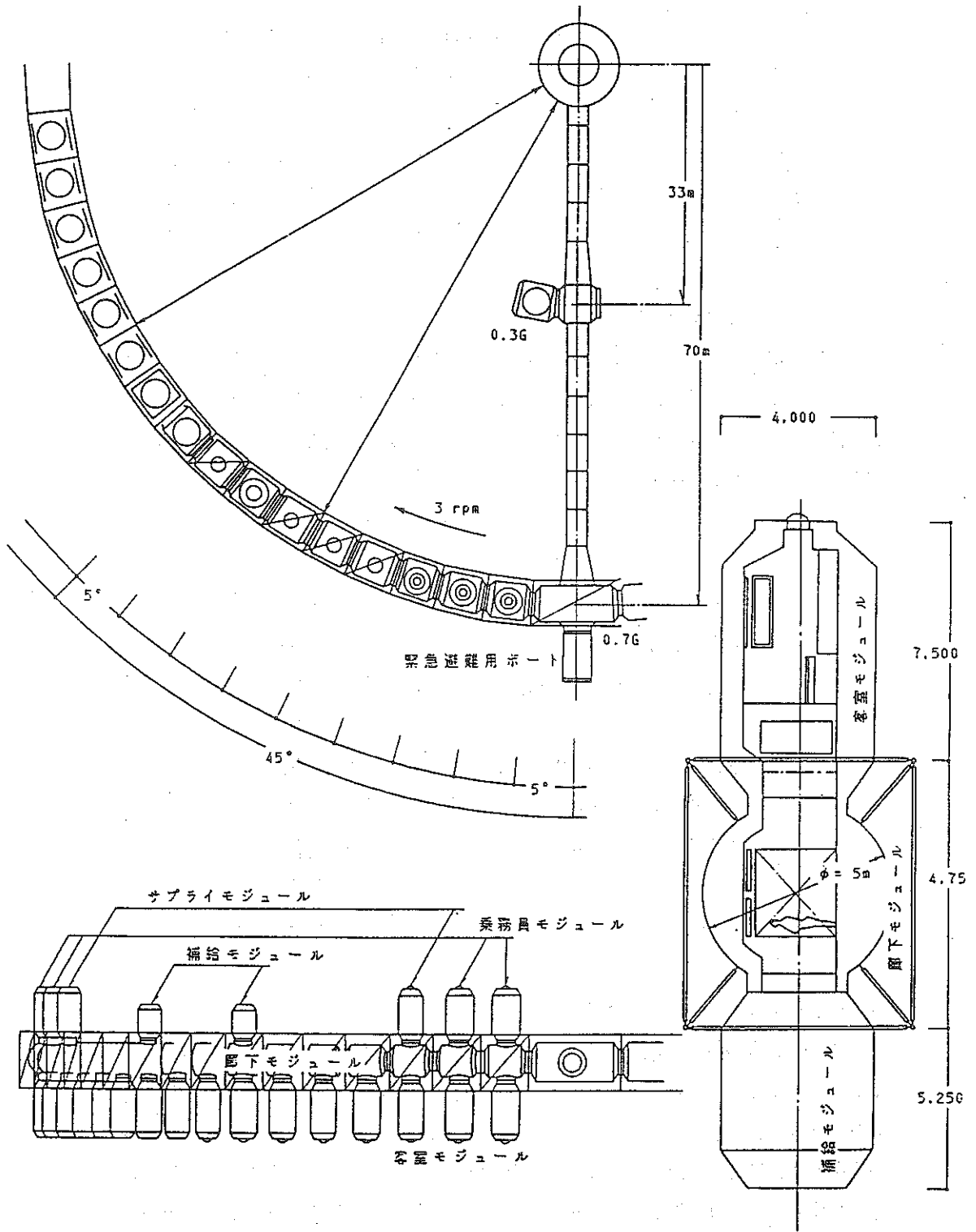


図-4. 客室部門構成

(4) サプライモジュール (リネン雑備品、消耗品等のサービス用)

(5) 補給モジュール (客室へのエネルギー、給水用)

客室モジュールは、地球を常に見ることができるよう輪状に連なった廊下モジュールの下部に接続され、上部にはその他のモジュールが付けられる。また、放射状シャフトと廊下モジュールの接続部分は、エレベーターホール的な機能を持たせるとともに、避難用のスペース・ポートもこの部分に用意される。

4.2. モジュール構成及び個数 (表-1 参照)

グループ構成に従い、客室モジュールは 5° 分の廊下モジュールに 1 個ずつ接続されている。つまり、45° (5° 分はエレベーターホール) の中に 8 個の客室モジュールと 2 個の乗務員モジュール、1 個のサプライモジュール、1 個の補給モジュールが配置されることになる。全体では、64 個の客室モジュールが付くことになる。

表-1. モジュール構成及び個数

客室モジュール (0.7 G)	$16 \times 4 = 64$ 個
客室モジュール (0.3 G)	$2 \times 4 = 8$ 個
	72 個
乗務員モジュール (0.7 G)	$4 \times 4 = 16$ 個
サプライモジュール (0.7 G)	$2 \times 4 = 8$ 個
補給モジュール (0.7 G)	$2 \times 4 = 8$ 個
	104 個

4.3. 客室モジュール (図-5 参照)

長さ 7m、直径 4m の客室モジュールは、人工重力が働くために基本的には地上のホテルと大差ないが、シャワー室、トイレ、洗面所、ベッド、クローゼット、折りたたみ式デスク、液晶スクリーン、液晶窓等の設備を有している。客室からは、太陽光を自動的に調節できる液晶窓を通して外部を眺めることができるとともに、天井及び壁面に備え付けられた液晶スクリーンでホテル内の情報や地球上の情報、宇宙望遠鏡から送られる映像等を見ることができる。また、各客室には CELSS を利用した Waste Control & Management System が内蔵され、エネルギー、酸素・水等がコントロールされる。

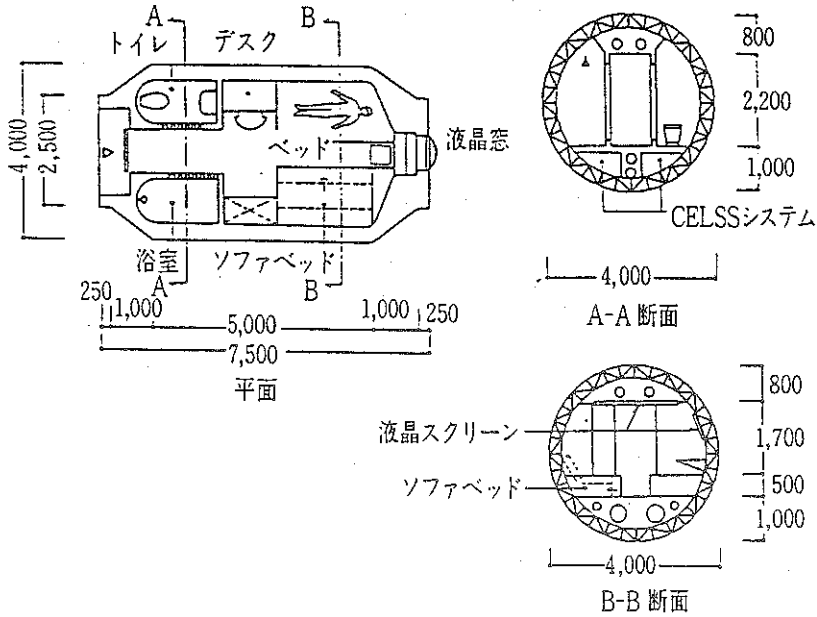


図-5. 客室モジュール

5. 四六複合基準体について

宇宙空間（真空、無重力、高放射線輻射）で、エントランスホール、大会議室、アスレチックホール等、ホテルに不可欠な大空間を得るために、正六角形(8面)と正方形(6面)を組み合わせた14面体（四六複合基準体）を組み合わせて球に近い閉じた空間を内部に設けた。この方法は、次のような利点を持っている。

- (1) 最外殻の四六複合基準体モジュールの内部を与圧（0.5 気圧）し、宇宙空間との直接的な圧力差を小さくすることにより、部材のサイズや強度を小さくすることができる。また、ホールの安全性を高めることができる。また、四六複合基準体モジュール部分が1次安全区画となり、宇宙空間の放射線、極高温・低温の影響を小さく抑えることができる。
- (2) 新たな四六複合基準体を付加し、内部のモジュールを取り除くことにより、容易に空間を拡げることができる。
- (3) 四六複合基準体内部を、3次元立体パーティションにより大空間に併設した、様々な大きさの小部屋をつくることできる。

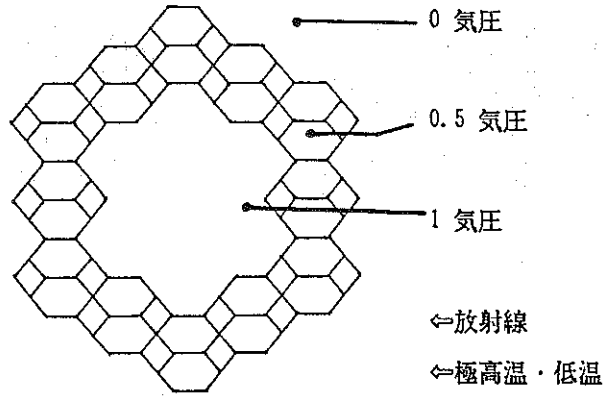


図-6. 四六複合基準体による最外殻モジュール

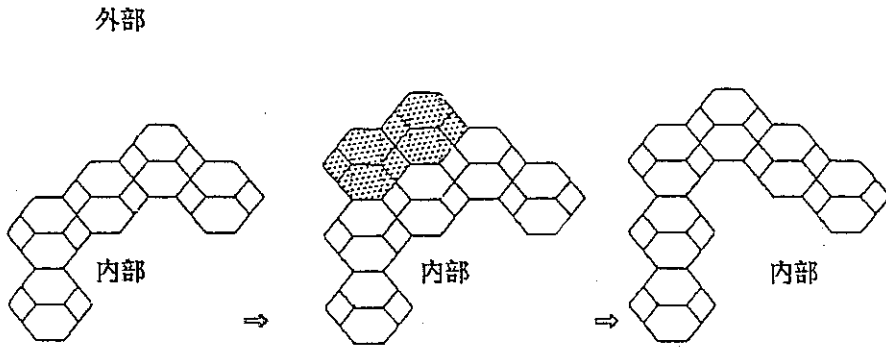


図-7. 空間の拡大例

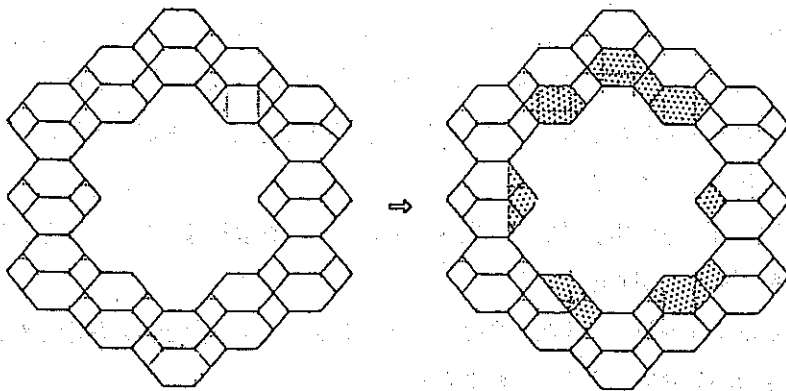


図-8. 四六複合基準体の区画例

6. 組み立て方（施工方法）について

ここで述べる宇宙ホテルに限らず、宇宙建造物の組み立ては人間とロボットによる分担作業になるであろう。主な作業としては、トラスの接合、モジュールのドッキング、各種部材の運搬などである。

人間による作業は、急激な温度変化や真空、無重力、放射線等の苛酷な宇宙環境の中ではかなり制限されたものになり、1人が宇宙空間で1時間に扱うことのできる量は重量でいうと約75kgとされている。従って、それを補うための高度な自動化・ロボット化技術が要求されることになる。

宇宙ロボットとしては、地球から輸送されてきた資材を適所に運び、簡単な取り付け作業なども行う軌道上作業機や、トラス構造部分の組み立てを行うトラス組み立てロボットなどのほか、運用時には建造物の修理・点検などを行うものも必要となる。

7. おわりに

ここでは、宇宙ホテルの概念について、必要な機能や構成を述べるとともに、我々の提案する建造物の特徴点等について言及した。今後は、本宇宙ホテルの運用面についても検討を加え、エネルギー面や生命維持の問題、ホテルとしての事業性等について明らかにしていきたい。

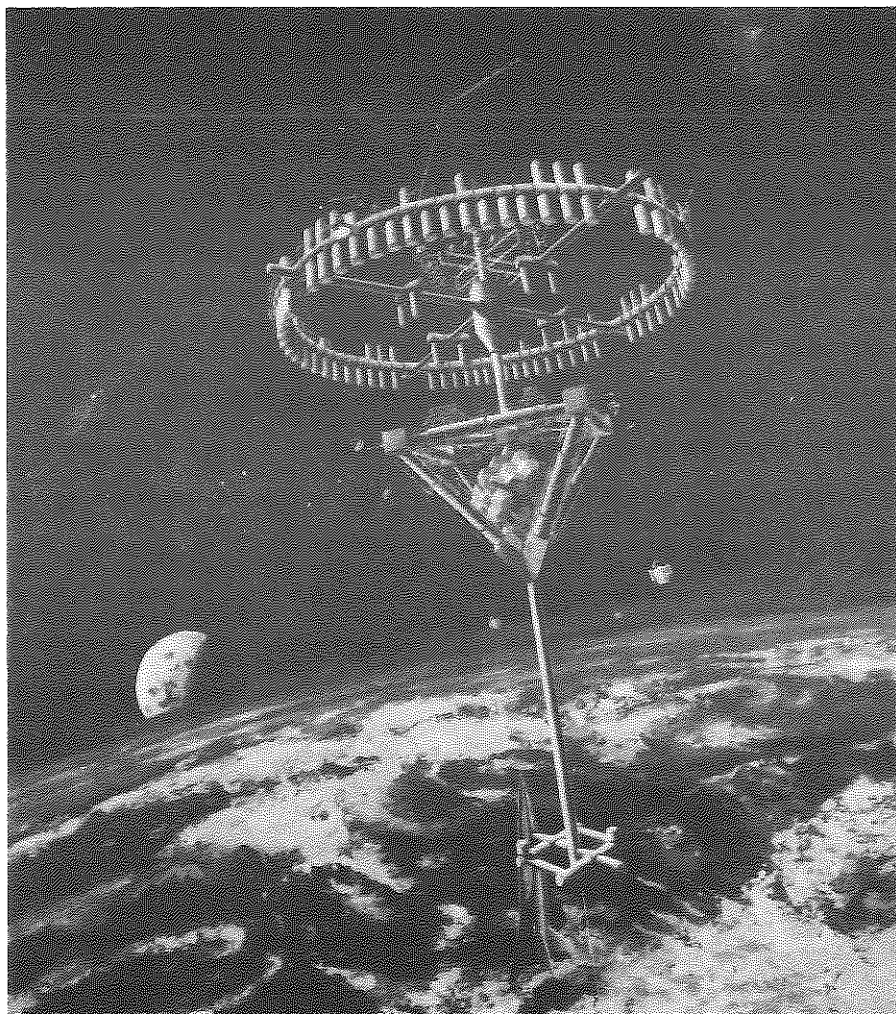


図-9. 宇宙ホテルのイメージ図

月面基地の構築における地下空間の構成

中山 康志¹⁾

浅井 勝稔¹⁾

斉藤 俊夫²⁾

1. まえがき

21世紀初頭には人類が短期滞在型の基地を月面に構築することが計画されており、その次のステップとしては長期滞在型の本格的な基地が必要となる。短期滞在型の基地については、収容人数も数名に限られるので、基地の規模そのものも大きくはなく、基地の建設に必要な資材も地球から運搬できる範囲のものに限られる。これに対して、数十人が住む長期滞在型の月面基地に対しては、地球上の構造物のように耐久性、構造安全性が求められることになる。

筆者らは、建設業の研究開発に携わっているものであるが、長期滞在型の月面基地の構築に関しては、従来からの建設業のノウハウやアイデアが生かせる領域であるとの観点から若干の検討と基礎的な実験を試みた。以下にその概要を紹介したい。

2. 月面基地を地下に構築することのメリット

長期滞在型の月面基地の構築方法に関しては、各種のアイデアが提案されている。これらは1)月面上のコンクリート製のシェルまたは矩形構造物
2)掘削による地下空間の構成に大別される。これらの方法に関して、それぞれメリットとデメリットが考えられるが、地下空間の利用については隕石の衝突に対して安全、温度変化に対して安全などの大きなメリットがあるといえる。

仮に、月面のレゴリスの比重を2.0を仮定すると、重力が1/6の条件では地下30mにある1気圧の空間とレゴリスとの境界面においては、レゴリスの重量と内気圧とが完全にバランスして、境界面の材料は何ら応力を負担しなくともよいことになる。現実には後述するように施工段階で各種の応力に対して安全であるために一定程度の強度を有する部材が必要となるが、何らかの方法で構築された地下30mの1気圧の空間は、月面上の構造物に比較してはるかに耐久性、構造的安全性のすぐれたものになることはたしかである。

3. 月における地下空間構築の技術的問題点

我々が地球上で地下のシールドや地下空間を構築する場合、まず最初に小口径の垂直空間（建設業の用語で立坑）を掘削する。しかし月においては水分が存在しないので土に粘着力を期待できない。即ち、土は垂直に自立することができないので次々に掘削面が崩壊することとなる。土の安定角が 20° ～ 30° 前後であれば必要な深さを掘削するのに、立坑の体積の数十倍のレゴリスを掘削しなければならないことになる、また、地下空間の構築のプロセスにおいては、常に掘削した面の崩壊に留意しなければならない。

このような点を考慮すると、月面の土を効果的に補強する手段は、掘削の効率の面からも、また地下空間自体の安全性の見地からも必要不可欠な技術であると考えられる。またこの手段は、地球から主要な材料を運搬することなしに可能であることが望ましい。

このような観点から、月表面の土を加熱することによって焼結固化体を得る方法は、月における地下空間構築の上でキーポイントになり得ると考えられる。

4. 模擬月面ソイルの加熱・焼結試験

4.1 玄武岩による加熱実験

表-1に示される月面土砂の化学分析結果は、月面土砂が地球上に存在する玄武岩に類似した組成を有していることを示している。そこで、わが国に産する玄武岩のうち、月面土砂の分析結果に比較的近い兵庫県城崎郡城崎町の玄武岩を対象として、大気中および真空中で加熱した時の性状を観察した。

予備試験として、サンプルを電気炉にて順次加熱したところ、 1100°C より軟化を開始し、 1200°C で完全熔融した。この結果をもとに、 1300°C までに大気中および真空中で加熱した後の玄武岩の物性を検討した。大気中の加熱については、サンプルをルツボに入れ、電気炉で加熱した。真空中の加熱に関しては、サンプルを黒鉛ルツボに入れ、真空焼成炉にセットし、 10^{-4}torr の真空とした後に加熱した。

焼成後の外観を、写真1～3に示す。また、気孔率、比重、圧縮強さの試験結果を表-2に示す。

真空加熱の供試体についてもかなりの気孔が観察されているが、これは原石中に含まれる気泡によるものと考えられる。気孔率の小さい片面加熱のサンプルでは 2000kg f/cm^2 を超える圧縮強さが確認できたことから、真空条件の月面で土砂を焼結すればこれに近いレベルの圧縮強さを期待することができる。またデータの数は少ないものの引張り強度としても 300kg f/cm^2 を超えるレベルが期待できる。

表-1 月面の土砂の化学分析結果例

成分	平原部の土砂	高原部の土砂	玄武岩	斜長岩	非晶質火山岩	(参考) 兵庫玄武岩
SiO ₂	42.16	44.77	46.00	44.00	44.87	50.54
Al ₂ O ₃	13.60	28.48	24.90	36.00	25.48	18.40
CaO	11.94	16.87	14.30	19.00	14.52	7.43
FeO	15.34	4.17	4.70	0.35	5.75	10.02
MgO	7.76	4.92	8.10	0.30	8.11	4.11
TiO ₂	7.75	0.44	0.61	0.02	0.51	1.96
Cr ₂ O ₃	0.30	0.00	0.13	0.01	0.14	-
MnO	0.20	0.06	0.07	0.01	0.07	-
Na ₂ O	0.47	0.52	0.57	0.04	0.28	3.91

K20:1.96

表-2 焼成玄武岩の物性

焼成条件および試料採取場所	見掛け孔隙率 (%)	かさ比重	見掛け比重	圧縮強さ (kg/cm ²)
大気中 1300℃-3hrs 上部	-	0.80*	-	85
" " 下部	12.4	2.20	2.51	1716 **
" 片面加熱 1300℃-3hrs 溶融部	3.4	2.56	2.65	2170
真空中 1300℃-3hrs	-	0.60*	-	59
" 1250℃-2hrs	-	0.80*	-	967

(注) *印は寸法かさ比重を示す。

** 引張強度で302Kg/cm²

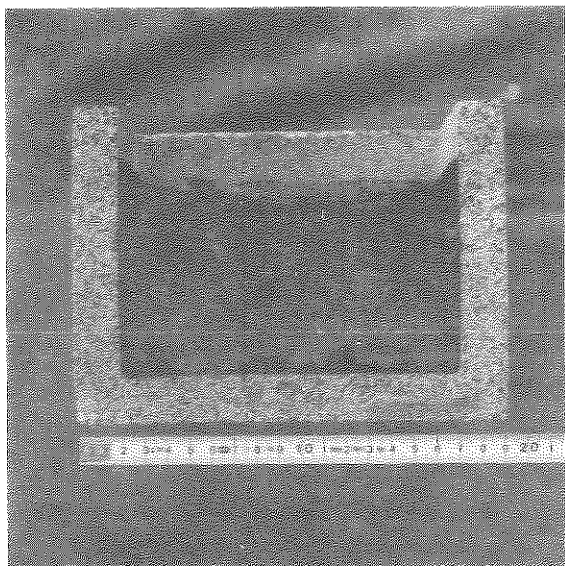


写真-1 焼成後の外観
(大気中 1300°C/3h)

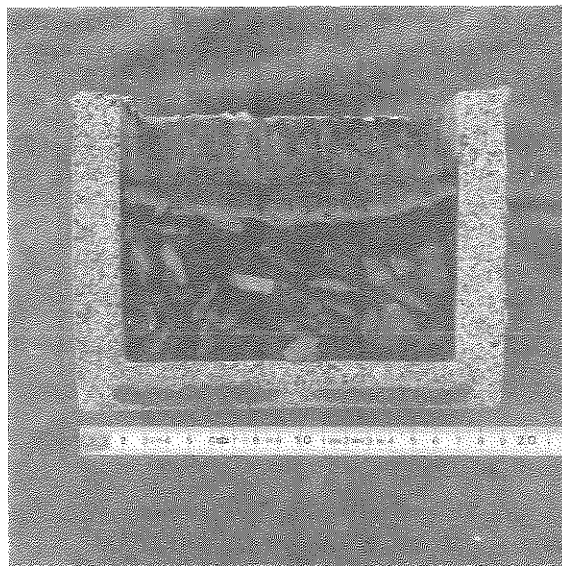


写真-2
(大気中の片面加熱 1300°C/3h)

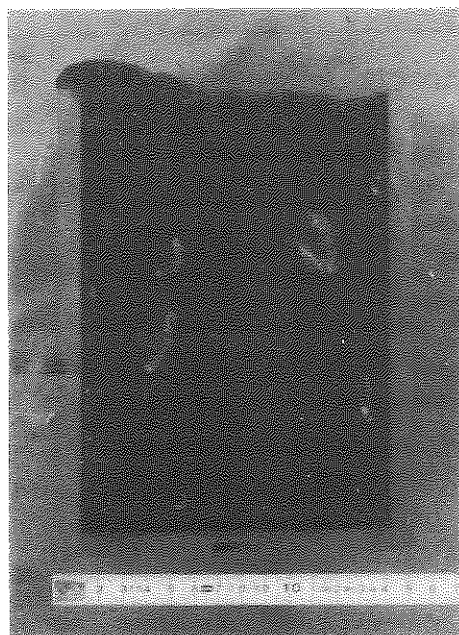


写真-3 (真空中 1300°C/3h)

4. 2 合成玄武岩による試験

前節の実験では、月面土砂のサンプルの化学成分が若干食い違っていたので、この影響を検討するためにシャモット、玄武岩、生石灰、電融MgOおよびベンガラ各粉末量を調整して、月面土砂の化学成分とほぼ等しい組成をもつサンプルを作成し、大気中の片面加熱を行なった。このサンプルは熔融温度がやや高くなった他は、前節の実験とほぼ等しい物性値を示した。このことから、化学成分の若干の違いにより熔融温度に差が出るものの、焼結体の物性には差が生じないと考えられる。

4. 3 炭酸ガスレーザーによる切断・熔融実験

真空の月面では、対流がないので直接加熱による方法では、効率は極めて低い水準にしかならないことが予想されているので、エネルギー集中力、透過力などの面で優れている炭酸ガスレーザーによる切断、熔融を試みた。レーザーの焦点を移動させながら行なった切断実験では20mm厚のサンプルに対して500mm/min、50mm厚程度のサンプルでも100mm/minの切断速度が得られた。また、焦点を固定した場合、数十秒で熔融ガラス状態となった。写真4～5は切断面および熔融状態を示すものである。このことから、炭酸ガスレーザーは月面土砂の切削、熔融の手段としては有力な候補として考えられる。

以上の検討は未だ初歩的な域を脱していないが、焼結により月面の土砂を処理する方法は構造材料の創出、地下空間の補強などの面で有効となる可能性が十分にあり、その一手段として炭酸ガスレーザーの利用は今後の検討課題として値するものと考えられる。



写真-4 レーザーによる切断面



写真-5 レーザーによる溶融

5. 地下空間の構成方法に関する試案

以上のような、簡単な実験から月面のレゴリスを焼結して得られる構造材料は、一軸圧縮で1500~2000kgf/cm²、一軸引張で300kgf/cm²程度のレベルを有することがわかった。

これらのデータをもとにして、いかにして月面における地下空間の構成方法についての検討を行なった。

5.1 月面における地下空洞の安定性

前章で述べた通り、各条件により地下空洞の有効性について述べてきた。今回行った玄武岩の焼結試験を基に、地下空洞壁を焼結させた場合の安定性について試算を行なった。

立坑の安定性

地下空間を設けるため、ある深度まで立坑を必要とする。これは、地球上のトンネル施工においても同様である。深度は居住空間となる空洞内圧(0.6~1.0)と土載荷重のバランスをとるため30mとした。

立坑壁には土載荷重による内圧が発生する。これは、掘削深度に比例するもので、土の単位体積あたりの重畳、土の安定角、粘着力などによって決まる。

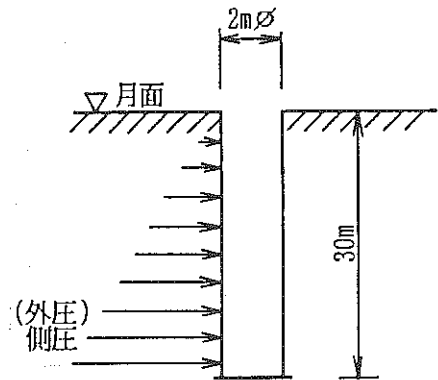


図-1 立坑の断面

$$\text{側圧 (外力)} \quad P = \gamma_t \cdot H \cdot K_c \cdot g_m$$

ここに γ_t : 土の単位体積重畳 $\gamma_t = 2.0 \text{ t/m}^3$

K_c : 側圧係数 (安定角, 粘着力によって決まる)

H : 掘削深度 (30m)

g_m : 月面重力加速度 $g_m = 1/6 G$ G : 地球上の重力加速度

深度30m点での外力(側圧) P は10.0tf/m²となった。これを基に、円筒形の立坑の強度計算を行なうと、

$$\sigma_\theta = \frac{P \cdot b^2}{b^2 - a^2} \left\{ 1 + \left(\frac{a}{r} \right)^2 \right\} \quad t : \text{壁厚}$$

$$\sigma_{\theta \text{ max}} = \frac{P \cdot b^2}{b^2 - a^2} \times 2$$

となる。

これを壁厚さ t に対する応力度を求めると、次表のようになる。

表 - 2 立坑壁に生ずる応力

焼結厚さ t	10cm	5cm	3cm	2cm	1cm
σ_{θ} (応力度)	11.5kg f/ cm ²	21.5kg f/ cm ²	34.8kg f/ cm ²	51.5kg f/ cm ²	101.5kg f/ cm ²

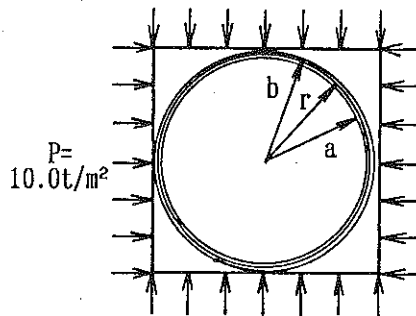


図 - 2 立坑に作用する外力

焼結体強度 g_u に 1500 kg f/cm^2 とし、安全率（施工条件）を $\sigma_{ca} = 1/20 g_u$ とすれば焼結厚さは $t = 2 \sim 3 \text{ cm}$ で十分となる。

居住空間の安定性

居住空洞は、使用時に内圧（0.6～1.0気圧）をかけるため、土載荷重とバランスさせるため、軸応力発生構造つまりシェル構造が望ましいがここでは円筒構造として試算する事にした。

居住空洞に作用する外力は、土載荷重による鉛直荷重と深度による側圧である。これら合成外力を基に円筒形状、壁厚さに対する応力度を求めると表-3のようになる。

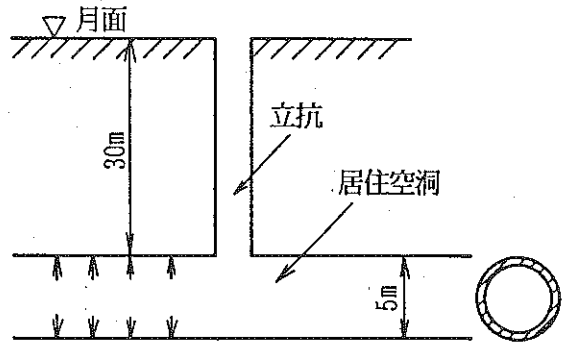


図-3 居住空洞の断面

表-3 居住洞に生ずる応力

焼結厚さ t	40cm	30cm	20cm	15cm	10cm	
σ	-20	-63	-131	-213	-460	- : 圧縮 (kgf/cm ²)
(焼結厚さ)	+6	+37	+99	+187	+434	+ : 引張 (kgf/cm ²)

焼結強度 $q=1500\text{kg f/cm}^2$ とし安全率（施工条件）を $\sigma_{ca}=1/20qu$ とすれば焼結厚さは $t=20\sim 30\text{cm}$ で十分となる。

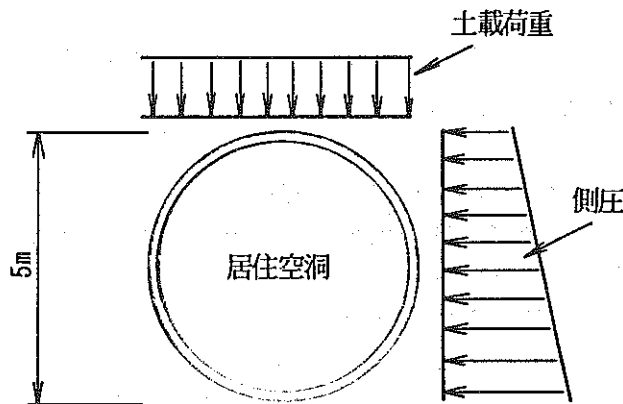


図-4 空洞に作用する外力

5. 2 空気圧による地下空洞の構築

前節の検討は真空条件での構築を前提としたものであった。このような条件でも構造物として完成し、1気圧の空気を導入した後は極めて安定した空間となることは冒頭に述べた通りである。しかし、空気圧そのものを利用して地下空洞を作ることがもし可能であるなら、この空洞は構築のプロセスにおいても、また完成後の長期間にわたっても極めて安定な空間となり得ると考えられる。

このようなことから、空気圧導入が可能なAir Balloonを地下に挿入し、ここに空気圧を導入して膨張させることによって地下空間を構成することを考えた。Air Balloonの挿入は立坑を通じて行なってもよい。この方法はまだアイディアの段階であるが、少なくとも原理的には有望な方策と考えられる。

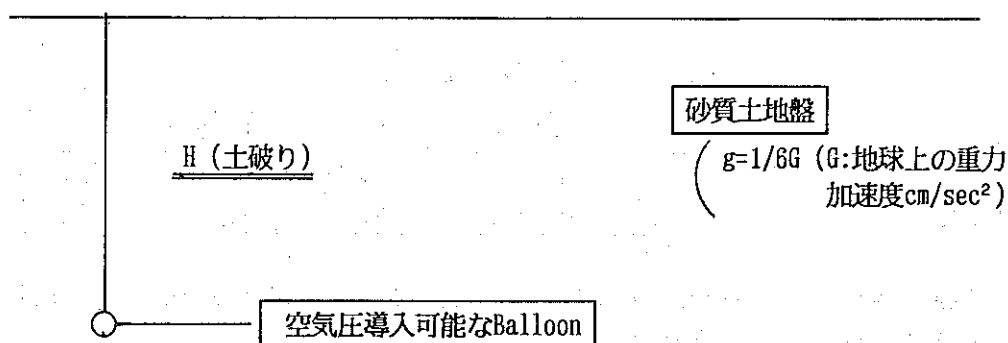
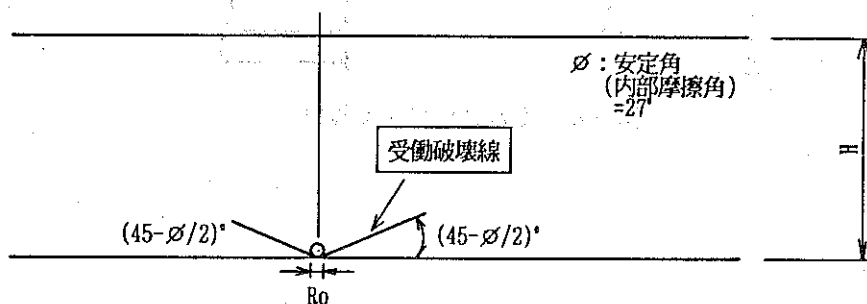


図-5 空気圧による地下空洞の構築の概念図

基本的考え方は次の通りである。

1. Air Balloonはcompressed airにより膨張。
2. Air Balloon近傍の地盤→受働破壊→air balloon容積増大
3. Air Balloon周辺地盤→受働低抗
4. Air Balloon周辺地盤の受働破壊形式



5. Air Balloonの初期半径・・・Ro(m)

この場合Air Balloonの内部空気圧の上向き合力が、受働破壊ブロックの鉛直下向き合力を上回った時に受働破壊が生ずることになる。

ここでは、計算結果のみを記載する。

深度(m)	10	15	20	30
初期圧力 (kg f/cm ²)	8	22	47	135

(初期半径Ro=2.5mの場合)

次にAir Balloonの膨張と上部の土との釣合いを考慮する。この場合、空洞拡大過程はボイル・シャルルの法則、即ち

$$PV = \text{const.}$$

である。

ここでは、詳細な計算結果は省略するとして、地下30mに一担半径2.5mの半球に135kg f/cm²の圧力を作用させると、この半球は土を排除しながら膨張し、半径13mの半球空間で内圧1kg f/cm²でバランスすることとなる。

このようにすれば、極めて効率的に、月面に地下空洞を構築することが可能と考えられる。

6. むすび

本論を要約すると次の通りである。

- (1) 月面のレゴリスを加熱すると1100℃～1200℃で熔融すると考えられる。
- (2) 熔融後に固結した材料は一軸圧縮強度で1500kg f/cm²、引張強度で300 kg f/cm²程度の力学的性能を期待できる。
- (3) 月面のレゴリスまたは岩石の熔融および切削の手段として炭酸ガスレーザーは有効な手段となり得る。実験の範囲では、20mm厚のサンプルについて500mm/min、50mm厚のサンプルについて100mm/minの切断速度が得られた。
- (4) 上記(2)の力学的性能をもとにして、焼結体を土の補強手段として用いた場合の地下空間の構成について検討した。その結果、地下空洞の安定性を確保することは十分に可能と判断された。

(5) 地下空洞の構築方法のひとつのアイデアとして、地下にAir Balloonを埋設し、これに空気圧を作用させて土を排除しながら空洞を構築していく方法を検討した。技術的な検討課題は多いものの、原理的にはこの方法は有望と考えられる。

本検討を進めるにあたり、貴重なアドバイスを賜った宇宙開発事業団筑波宇宙センター主任開発部員、岩田勉氏に謝意を表します。また加熱焼結実験に御協力いただいた品川白煉瓦株式会社技術研究所の寄田栄一副所長、レーザー実験に御協力をいただいた(株)三山の横山四郎社長に謝意を表します。

-
- 1) 榑竹中工務店技術研究所 主任研究員
 - 2) 榑竹中工務店技術研究所 研究員

宇宙ステーション搭乗員の役割

1. まえがき

いかに技術の進歩がめざましいといえども、無人で運用できるシステムはありません。必ず何等かの手段で人間が関与しています。一方では、人間がシステムの安全性を損なう要因であることも事実です。しかしながらシステムの安全性が100%保証されない限り、最終的な安全性を確保するには必ず人間を必要とします。

宇宙ステーションは、利用者からの要求にもとづき、宇宙環境において様々な実験を行う実用施設です。つまり生産性が問われます。そこで利用者の要求を満足すべく、基礎科学及び応用分野の知識を有する搭乗員が必要となります。

以上に述べたように、宇宙ステーションに人間が搭乗する意義を要約すれば、「宇宙ステーションの安全かつ効率的な運用を保証するためである」といえます。

2. 搭乗員の構成

宇宙ステーション搭乗員の構成は、SC (Station Commander)、SO (Station Operator)、SS (Station Scientist) 及びPS (Payload Scientist) で構成されています (図1 参照)。

SCはSOの中から経験豊かな前任者が任命され、宇宙ステーションの統括者となります。つまり宇宙ステーションの最高責任者です。SOは主に宇宙ステーションの運用全般を行います。SSは主にペイロード運用に携わりますがステーションのシステム運用も行います。PSはペイロード運用を主に行います。SSとPSの違いは、PSがある特殊なペイロードを操作するために搭乗することにあります。

宇宙ステーションは最初は4人で運用されます。宇宙ステーションの組立の適当な時期に、4人増え8人で運用されます。8人は2つのチームに分けられて12時交替で任務につきます。それぞれのチームは地上での訓

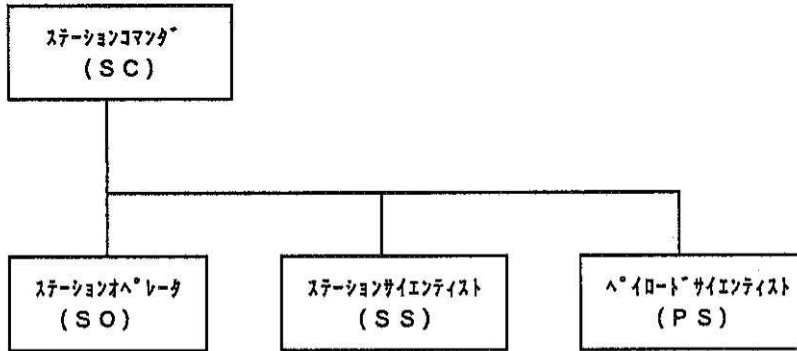


図 1 宇宙ステーション搭乗員の構成

練の段階から一緒に訓練を受け、軌道上でも同じメンバーで活動を行います。搭乗員は一週間の内6日勤務し、一日休暇が与えられます。休日といっても、場合によってはシステム運用やパイロード運用の支援を行うこともあります。週休2日制が定着しつつある今日、搭乗員の労働条件は厳しいようです。

次にそれぞれの搭乗員の職務を詳細に説明します。

(1) SC (Station Commander)

先に述べたように、SCは宇宙ステーションにおける最高責任者です。SCは軌道上において搭乗員及び宇宙ステーションの安全を確保することに全権限を委任されています。宇宙ステーションがなんらかの損傷を受け、搭乗員の生命の安全が保証できない場合、SCの命令にしたがって搭乗員は行動します。勝手な行動は許されません。

搭乗員の安全、規約及び統制を乱すような行為に対しては、それを統括する権限も委任されています。あってはならないことですが、搭乗員が軌道上で犯罪的な行為を行ったとすれば、その処置はSCの判断に委ねられています。このような極端な場合ではなくても、搭乗員の宇宙ステーション内の規律を乱すような行為に対しては警告を与え、従わない場合は処罰したりする権限を有しています。不測の事態が生じた場合、搭乗員のスケジュールを変更するなど、搭乗員の活動を調整する役割も負っています。必要な場合は、休暇中の搭乗員にも作業を命じることもあります。もちろん、通常はこれらの決定は地上の責任者と協議して行われます。ただ急を要する場合は、SCの判断に委ねられています。

SCはNASAの経験豊かな宇宙飛行士から選ばれます。

(2) SO (Station Operator)

SOは、宇宙ステーションを運用していく上で重要な役割を負っています。すなわち、システムの運用、保全、修理及び変更を行うことが主な職務です。また宇宙ステーションとスペースシャトルとを結合する際のラン

デブーや近傍操作、パイロードを運んだり宇宙ステーションを組み立てる際のマニピレータ操作、宇宙ステーションを保全したり宇宙空間でミッションを行ったりするEVA（船外活動）、軌道上を飛行しているフリフライヤー操作等の支援作業を行ったりします。航空機でいえばパイロットのような役割を負っています。スケジュールがあいていたりして時間が許せば、パイロード操作の支援も行うこともあります。

（3）SS（Station Scientist）

宇宙ステーションは宇宙空間において地球上はできない様々な実験を行う実用施設です。SSはこの実験を行うにあたって重要な役割を負っています。すなわちパイロードの操作、修理及び変更を行うなどのユーザ・サービスが主な職務です。また、SOと同様にランデブー、近傍操作、マニピレータ操作、EVA、フリフライヤー操作等の支援作業も行います。さらに、宇宙ステーションのシステムを監視したり運用を行ったりもします。

（4）PS（Payload Scientist）

PSは、民間ベースのパイロードを取り扱う実験の専門家です。すなわちパイロードの操作、修理及び変更を行うなどのユーザ・サービスが主な役割です。一般には、パイロードの運用はSSが行います。ただし、非常に限定された高度の知識や熟練した操作が要求される場合は、PSが搭乗して実験を行います。PSは大学や民間の研究者が一時的に搭乗員として必要な訓練を受けて宇宙ステーションに搭乗します。ユーザ・サービスばかりでなく、時にはシステム運用を支援するため、安全上クリティカルでないシステムの運用及び保全を行ったりもします。

3. 搭乗員の作業

以上に宇宙ステーション搭乗員のおおまかな職務について述べました。ここでは搭乗員の役割をより具体的に説明するため、その作業内容について

述べることにします。

宇宙ステーションにおける基本的な作業をまとめると、以下のようになります（表 1 参照）。

（１）全般的な総括

全般的な総括は先に述べたように S C の作業です。搭乗員の安全確保やステーションの効率的な運用等がその主な作業です。

（２）ハウスキーピング及び居住快適性の確保

搭乗員は U S の居住モジュールで睡眠、休息、余暇、食事等の生活活動を行います。居住モジュールには、搭乗員が睡眠や休憩をとったり、着替えをしたりする個室、搭乗員が集まって食事をしたり会議をするギャレー／居室、シャワー浴びたり、手や顔を洗ったりする個人衛生設備等があり、搭乗員はこれらの設備の操作／保全等を行います。これらの作業は搭乗員全員が分担して行います。

（３）ステーション運用計画の立案／管理

宇宙ステーションの長期的な運用計画は、地上が立案／管理します。しかしながら状況に応じた適切な運用を行うため、短期計画については S O にある程度まかされています。

（４）利用運用計画の立案／管理

上記と同様に、宇宙ステーションの利用に関する短期計画の立案及びデータ管理等は S S 及び P S の判断にある程度まかされています。

（５）システム運用と保全

ワークステーション操作、エアーロック操作及び地上との交信等システムの関連する作業は S O 及び S S が行います。搭乗員は宇宙ステーションが正常に機能しているかを常に監視し、必要とあれば保全を行います。

表1 搭乗員の職務

ステーション オペレータ (SO)	ステーション サイエンティスト (SS)	パイロット サイエンティスト (PS)
X	X	
X	X	
X	X	
X	X	
X	X	
X	X	
	X	X

○MSC/RMS操作

○EVA作業

○OMVの保全

○プラットフォーム
システムの保全

○ロジスティクスの管理

○搭乗員の健康管理

○被験者

ステーション オペレータ (SO)	ステーション サイエンティスト (SS)	パイロット サイエンティスト (PS)
X (SC)		
X	X	X
X	X	
	X	X
X	X	
	X	X
X		

○全般的な統括

○ハウスキューピング及び
居住快適性の維持

○ステーション運用計画
の立案/管理

○利用運用計画の立案/管理

○システム運用と保全

○パイロット運用と保全

○近傍操作

(6) ペイロード運用と保全

ミッションを遂行する上での試料管理、実験の観察／評価／判断及びペイロードコンフィギュレーション管理等の運用や保全是、SSとPSが行います。

(7) 近傍操作

宇宙ステーションとSTS (Space Transportation System) をドッキングさせるための相対位置制御、すなわち近傍操作を行います。この作業は2名以上のSOが共同して行います。

(8) MSC (Mobile Servicing Center) / RMS (Remote Manipulator System) 操作

ロボティクスシステムによりペイロードの移動、保全及びSTSのパーシング／ドッキングはSO及びSSの作業です。

(9) EVA (Extravehicular Activity) 作業

SO及びSSは宇宙服を着て船外に出て、外部環境での保全、実験装置の交換及びロジスティックモジュールの定期交換等を行います。

(10) 軌道上保全

SO及びSSは宇宙ステーション本体の保全の他に、宇宙ステーションの構成要素であるOMV (Orbital Maneuvering System)、フリーフライヤーやプラットフォームシステムの保全も行います。OMVとは軌道上作業機のこと、フリーフライヤー及びプラットフォームは地球観測・実験等を行う無人の施設です。

(11) ロジスティックの管理

ロジスティックの管理とは、ORU (軌道上交換ユニット) 等の在庫管

理、実験試料等の消耗品の管理、使用物品の記録等の管理を行う作業で、S O 及び S S が行います。

(12) 搭乗員の健康管理

搭乗員が軌道上でけがや病気にかかった時、応急処置を必要とします。そのための医療設備及び医薬品が備えられています。医師が搭乗していれば問題はないのですが、必ずしも搭乗しているとは限りません。そこで S O 及び S S はある程度の処置を自分たちで行えるように訓練を受けています。

(13) 被験者

宇宙ステーションでは、無重量環境における人体の影響を調べる実験も行われます。したがって、S S 及び P S が自ら被験者となり、血液及び尿の採取や呼吸、心拍及び血圧の測定等を行います。

4. 搭乗員のタスク

搭乗員の作業をさらに詳細に説明するため、搭乗員のタスク内容について、ワークステーション操作を例に取って述べることにします。

ワークステーションは人間機械系インターフェースを代表するシステムです。ワークステーションの機能には、管制操作表示、ビデオ操作表示、音声操作、警告警報緊急及び照明操作があります。搭乗員のタスク内容を明確にするため、人間と機械の機能配分を分析してみました。その結果、表 2 に示すように、搭乗員の機能は監視、意志決定及び操作・制御に集中していることがわかります。制御・操作は、キー入力といった機械系への命令がその主な活動です。このことから搭乗員は操作者というよりも、意志決定者または監督者としての機能がその主な任務であるといえます。また、おそらく他の作業についても同様と思われます。したがって、搭乗員がそれぞれの作業を行うにあたっては、意志決定者または監督者として関与することが多くなると考えられます。

表2 ワークステーションの機能配分結果

コア・パフォーマンス領域 機能		監視	知覚	情報処理	情報の解釈	意志決定	情報の記憶・保持	操作・制御
コア・パフォーマンス領域 機能	警告		○					
	警報		○					
	緊急		○					
	異常位置、内容表示 及び警告の発生		○					
	異常対処支援		○					
	異常属性表示		○					
	異常対処用アクション スイッチの内容							
	照明スイッチ							
	照明 操作							○
	管制操作表示							
コア・パフォーマンス領域 機能	クルーと制御装置との インターフェース機能	○			○			
	多目的データ処理機能			○	○	○	○	○
	作業環境の設定	○	○			○		○
	マルチセッション	○				○		○
	マルチウィンドウ マルチジョブ	○				○		○
ビデオ回線交換機能								○
IMVカメラ制御	○							○
VTR操作								○
モニターTVの制御								○
音声回線交換機能	○							○
音声端末装置の制御	○							

○は人間に割り当てられた役割

5. 搭乗員のパフォーマンス

搭乗員に与えられた役割が、搭乗員の能力を超えるものであってはなりません。そこで搭乗員に適した役割を決定する上で、搭乗員の軌道上でのパフォーマンスを知ることは有用なことです。

過去の有人宇宙飛行の経験から、搭乗員の聴覚系及び情報処理系のパフォーマンスは地球上とほとんど変わらなようです。宇宙環境の影響を受ける主なパフォーマンスは、視覚系と運動系であるようです。

(1) 視覚系

視力は地球上と軌道上でほとんど変わりません。宇宙環境においては、搭乗員は強い光に曝されるため「暗順応」が問題となります。明るい場所から急に暗い場所に入ると目がなれるまで時間がかかります。目が暗い場所になれて正常な機能に戻るまでを暗順応といいます。つまり、EVA作業中に太陽の光が当たっているところから急に太陽の陰で作業する場合、搭乗員の目の機能はすぐには正常に戻りません。完全に正常に戻るまで約30分を要します。搭乗員の空間識も無重力環境の影響を受けます。方向感覚を失えば宇宙酔いを誘発します。宇宙酔いは数日間で治まるということから、軌道上に入った当初はあまり動きの多い作業を搭乗員に与えるべきではありません。さらに、宇宙環境は地球上に比べ光の拡散が少ないこと等から、地球上の見え方と多少異なるようです。そのためEVA作業中の搭乗員の距離判断に狂いを生じ易くなります。

(2) 運動系

物体の重さに対する感受性に変化が起きます。無重量環境において搭乗員に物体の質量を評価せると、地球上よりも小さく評価する傾向にあります。また、物体の重さの変化は、少なくとも1G環境下で弁別できる重さの2倍以上の重量を増やさなければ搭乗員は変化に気づくことができません。反応時間は手足の運動はスムーズに動かないため遅くなります。した

がって、搭乗員が物体を動かすのに必要は時間は、物体の質量が増加するにつれて増加します。また、搭乗員のスイッチ等の操作速度も地球上よりもやや遅くなります。運動技量は無重力環境下に入った当初低下しますが、すぐに無重力環境に順応し、全般的な運動技量はほぼ回復します。したがって無重量に入った当初は、難しい作業は搭乗員に行わせるべきではありません。

6. あとがき

宇宙ステーション搭乗員の役割を考えるに当たっては、「なぜ有人なのか」といった思想的な考えに行き当たります。思想的な考えにもとづけば、宇宙ステーションは人類が将来宇宙において恒久的に生活するための第一ステップです。「それでは人類が宇宙に進出する意義は何か」等といった哲学的な疑問が当然でてきます。本当はこれについて明確に答えなければ、宇宙ステーション搭乗員の役割に真の意味で答えたことになりません。これについて述べるだけで、多くの紙面と時間を要します。そこで本報告では、実用的な面から宇宙ステーション搭乗員の役割について述べることにしました。

以上

宇宙開発事業団

宇宙ステーショングループ

山口孝夫

***** I A S A ニュース *****

昨年11月の世話人会で、園山代表世話人は、代表を交代するに適切な時期なので五代世話人を後任に推薦したいと述べ、世話人会に了承を求めました。世話人会はこれを了承し、新代表世話人として、五代氏を選任しました。

本会創設者の園山重道代表世話人は1985年の本会創設以来、4年半に亘り、代表として本会を指導してこられました。その功績は我々全員が賞すべきものであります。

五代富文新代表世話人は、御存知の方が多いたと思いますが、宇宙開発事業団の理事であり、前航空宇宙学会会長であり、本会設立以来の世話人でもあります。ご支援、ご協力をお願いいたします。

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（1989年6月～1990年5月）

会誌 無料（1989年7月号～1990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

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 03-769-8210

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

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
宇田 宏	大仲 末雄	川島 鋭司	菊池 博	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

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 ***

会誌「宇宙先端」も第6巻を迎えることになりました。編集局の力不足で遅れ気味の発行となり、申し訳なく思っておりますが、休刊もなく続けて来られたのは会員各位のご協力の賜と感謝しております。新年を迎え、編集局も心を新たに頑張りたいと思いますので、皆様方のご支援、ご鞭撻を宜しくお願いいたします。

今号は新年号にふさわしく新顔の人の投稿が多く、豊かな誌面作りが出来ました。次号以降もこの様な傾向が続くことを心から期待しております。

1989年は、東の間も国際情勢から目を離せない激動の時代でした。激動の中で新しい価値観と新しい国際関係が模索され、東西の軍事バランスは緩和されています。今年に入って、米国政府が議会に提案した新年度予算教書では軍事費が削減され、その反面新年度予算教書においては25%もの宇宙開発予算の増加が提案されています。緊張緩和が宇宙開発に恵みを与えようとしているようです。このチャンスを生かし、環境問題、人口問題、等今人類が直面している問題の解決のために宇宙開発の目を向けることにより、社会の信頼を得、更なる発展を期待したいものです。

宇宙先端	第6巻 第1号	頒価 1000円
平成 2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		