



JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

SEPT. 1990
VOL. 6—NO. **5**

IN THIS ISSUE,

HUMAN ENGINEERING SERIES (11)	T. YAMAGUCHI.....	133
A JOURNEY TO HOME MANUFACTURED SATELLITES (2)	S. MORIMOTO	151

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

福田 徹 TEL 03-769-8194

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	桜場 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 彰二	森 雅裕	森本 盛

目 次

1. 人間工学シリーズ (11) 133

2. 国産通信衛星へのみちのり (2) 151

有人宇宙システムの人間・機械系設計 に考慮すべき人的特性

山口孝夫

1. まえがき

宇宙での搭乗員は孤独である。地球から隔離／閉鎖された環境で頼れるのは自分自身と同僚の搭乗員だけである。各自の一致協力がなければ任務の完遂どころか生存さえ危い。集団作業における人間関係の重要性は私たちが生活する上で経験的に知っていることである。今回は、有人宇宙システムを設計する上で考慮すべき人間関係について考察した。

2. コミュニケーション

人間関係の第一歩は、自分の考えを人に伝えることにある。自分の考えを伝え、それに対する相手の反応を知り、もう一度相手に伝える。その繰り返しの中で相手を理解し、自分自身も理解させることができる。コミュニケーション手段には次のようなものがある

- (1) 言語によるもの
- (2) 音によるもの
- (3) 図表によるもの
- (4) 身ぶり手振りによるもの
- (5) 接触によるもの

2. 1 言語的な伝達手段

言語によるコミュニケーションは、最も一般的で有効な手段である。搭乗員同士の会話、地上との交信のほとんどが言語で行われる。言語によるコミュニケーションが有効とされる理由は、その柔軟性と融通性にある。言語による情報の伝達は無限ではないが、かなりのバリエーションで自分

の考えを表現できる。ただし、同じ言語を話す人種でさえも聞き違いや聞き落としがある。宇宙ステーション計画のように構成が国際クルーとなると言語的な制限が生じるように思われる。通常の作業や生活では問題とはならないが、緊急時の対処や感情の微妙な機微を伝えたい時などは問題となりそうである。

言語によるコミュニケーションは、距離によって伝達手段が異なる。お互いに顔を見ることが出来る距離あれば「フェイス・トゥ・フェイス」、宇宙船内での他の場所との交信は有線または無線による通話、地球との交信は無線で行われる。

フェイス・トゥ・フェイスは宇宙船内で最も頻繁に行われ、人間関係を良好に保つために欠かせない。宇宙船の最高責任者が何かトラブルが発生した場合、時には他の人に聞かせたくないこともある。このような場合に備えて、個室は二人分の空間が必要である。必要な空間は搭乗員の活動内容や人体サイズによって異なるが図1を参照するとよい。

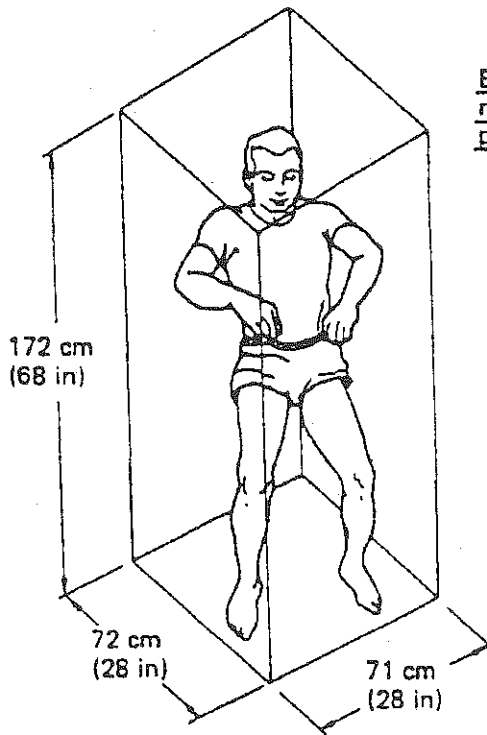
機器による通話手段には様々あるが、緊急時に最高責任者が宇宙船内の全搭乗員に指示できるような装置が必要である。地上との交信は地上職員との職務上の情報伝達が重要視されるが、家族や知人との個人的な会話も必要である。特に、宇宙での滞在が長期にわたれば、親しい人に会いたくなるのが人情である。このため個人的な通話を許せるような装置が必要である。単なる音声だけではなくモニター等で顔を見ることが出来るのが望ましい。

2.2 明瞭度

言語によるコミュニケーションで最も重要なことは、伝達するメッセージを正確に伝えることにある。正確に伝達できる程度を示す指標は明瞭度と呼ばれる。この明瞭度を求めるには明瞭度テストを実施すればよい。しかしながら、この手続きは厳密性と多くの時間と労力が要求される。そこで一般的には簡略的な手続きが用いられる。これは伝達するメッセージ（信号）と雑音の強さから明瞭度指数（Articulation Index：AI）を求

Activity

No activity –
static in neutral
body posture
(microgravity
conditions)

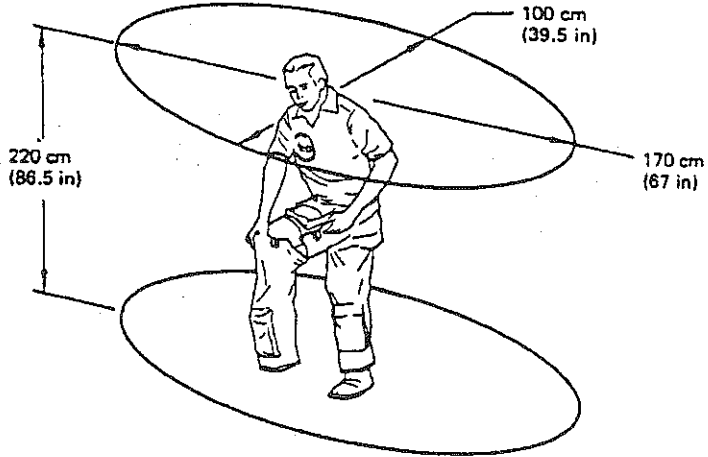


Estimated volume
requirements (95th
percentile male)

Volume = 0.88 cubic meter
(31 cubic feet)

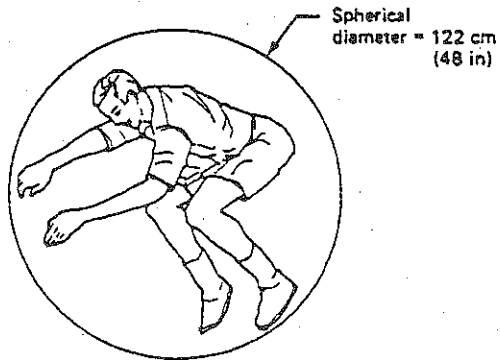
图 1 (a) *Approximate Dimension Required to Accomodate the Body Motion Envelope of the 95th Percentile American Male*

Maximum 1-g
unrestrained
clothing
don/doff
envelope



Volume = 2.95 cubic meters (104 cubic feet)

Controlled Tumbling
in all planes
(microgravity)



(Very approximate)

Volume = 1 cubic meter (35 cubic feet)

☒ 2 (b)

*Approximate Dimension Required to Accomodate the Body Motion Envelope
of the 95th Percentile American Male(Continued)*

めるやり方である。以下にその手続きを簡単に示す。

- (1) 伝達するメッセージの周波数を表1に示すように20の帯域に分類する。
- (2) それぞれの帯域ごとにメッセージの強さ (a dB) と雑音の強さ (b dB) を測定してその差 (a-b) dBを求め、これをS/N比 (dB) とする。
- (3) 図2に示す変換グラフからA_Iへの貢献量を求める。
- (4) 上記(2)～(3)の手順を繰り返して全帯域の総量を求める。

この全帯域の総量が伝達するメッセージの明瞭度指数A_I値である。このA_I値と図3に示す理解度の関係から実際に理解できる程度が推定される。

例えば、A_I値が0.5であれば、搭乗員は文章の約98%、音節の75%、そして単語の92%を理解することができる。有人宇宙システムに要求されるA_I値は0.7～1.0である。

2.3 音による伝達手段

音によるコミュニケーションは、言語に対する補足的な手段として用いられることが多い。緊急時の警報がこれに当たる。特に、搭乗員に注意を喚起する場合は有効な手段である。注意を喚起するには、ただ単に音を発生させればよいわけではない。音の種類や提示方法によって意味付けが必要である。宇宙ステーション計画では、周波数の高さ、複数の音の組み合わせ及び提示順方式などの工夫により緊急事態の性質を搭乗員に知らせる方法がとられる。

音を警報信号として提示する場合、背景ノイズと警報音と間に、少なくとも両者の間に20 db(A)以上の音圧差がなければ搭乗員は警報音を確実に弁別することができない。また、非常に音圧レベルが大きい信号はかえって搭乗員のパフォーマンスを著しく低下させる。搭乗員の不快感及びコミュニケーションの阻害を防ぐため、両者の音圧差は30 db(A)以下でなければならない。警報音の音圧レベルが115 db(A)を超える場合は、搭乗員の恒久的

表 1 帯域分割の一例

帯域 ナンバー	周波数			帯域幅
	低	中心	高	
1	200	270	330	130
2	330	380	430	100
3	430	490	560	130
4	560	630	700	140
5	700	770	840	140
6	840	920	1 000	160
7	1 000	1 070	1 150	150
8	1 150	1 230	1 310	160
9	1 310	1 400	1 480	170
10	1 480	1 570	1 660	180
11	1 660	1 740	1 830	170
12	1 830	1 920	2 020	190
13	2 020	2 130	2 240	220
14	2 240	2 370	2 500	260
15	2 500	2 660	2 820	320
16	2 820	2 900	3 200	380
17	3 200	3 400	3 650	450
18	3 650	3 950	4 250	600
19	4 250	4 650	5 050	800
20	5 050	5 600	6 100	1 050

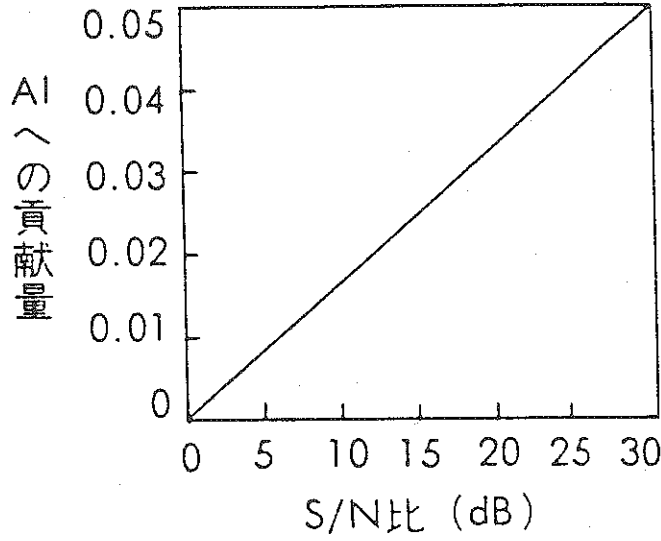


図2 明瞭度指数への変換

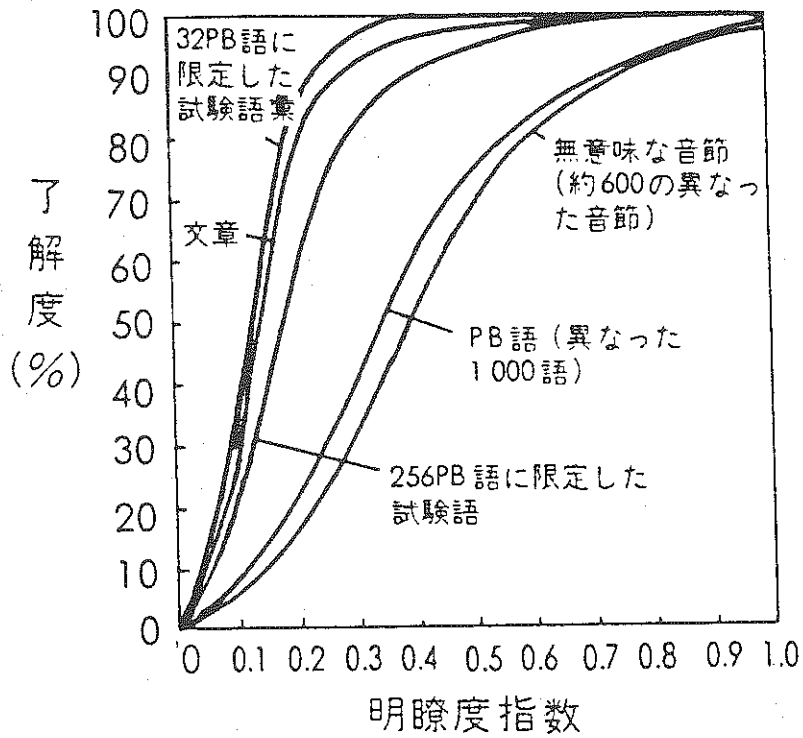


図3 明瞭度指数と了解度

／一時的な聴力損失を防ぐため、聴覚系以外の感覚チャンネルに警報信号を提示する必要がある。

警報信号の周波数とノイズ環境の周波数が非常に近い場合、警報信号は検出されにくい。また、周波数が高く音圧レベルが小さい警報信号は、周波数が低く音圧レベルが大きい背景ノイズの影響を受けて聞こえにくい傾向がある。例えば、1200 Hz/50 db(A)の背景ノイズに対して1500 Hz/30 db(A)の警報信号を同時に提示すると、搭乗員はノイズの影響を受けて信号を聞き取ることができない（これをマスキングという）。警報音の周波数を設計する場合は、このマスキングの影響を考慮して注意深く行わなければならない。

警報音のパルスの立ち上がりは、搭乗員の注意を喚起する意味で重要な要因である。立ち上がり時間が大きければ、搭乗員の注意をより喚起することができる。しかしながら、余りにも立ち上がり時間が大きすぎると搭乗員に恐れや驚愕反応（びっくりして反射的に手や足を動かしてしまう反応）を引き起こさせてしまう。航空機でよく用いられている立ち上がり時間は10 db(A)/msecである。しかしながら、このレベルは、信号音の終わりの音圧レベルが大きいと驚愕反応を引き起こさせる危険性が高い。そこで立ち上がり時間は、信号音の終わりが90 db(A)以下であれば驚愕反応が生じないレベル、すなわち1 db(A)/msec以下に設定すべきである。

同じ周波数の警報音を連続的に提示すると、信号としての新奇性が薄れて搭乗員の注意を喚起しにくいので避けるべきである。また、宇宙船内のノイズ環境は非常に多くの周波数が存在するため、一つの周波数では警報音がマスキングされてしまう危険性が高い。どうしても一つの周波数で警報音を提示しなければならない場合は、時間的にコード化して（例えば、一秒間に4回繰り返して提示する）提示するなどの方法を用いるべきである。

2.4 その他の伝達手段

図表によるコミュニケーションは、例えば、宇宙船内にホワイトボードを備えて一日のスケジュールや注意事項を記述し、情報を視覚に提示する方法である。

身ぶり手振りによるコミュニケーションは、手旗信号や手話がそうである。伝達事項はもちろん感情も伝えることができる。ただし、この方法は文化の差があり、間違っただけで情報や感情が伝達されることがある。使用には十分注意すべきである。

接触によるコミュニケーションは、注意を促したり、感情表現に用いられる。いわゆるスキンシップである。頑張れといった意味を込めて背中をドンと叩いたり、よくやったと子供の頭をなげたりするのがそうである。

2.5 伝達形態

コミュニケーションの形態には二つある。予め設計された経路に沿って情報が伝達されるのが「公式的コミュニケーション」、それとは別の経路によって伝達されるのが「非公式的コミュニケーション」である。宇宙船における公式的コミュニケーションは最高責任者を通じて全員に伝達される経路である。一方、搭乗員同士が居室や個室で行う私的な会話を通じて情報が伝達されるのが非公式的コミュニケーションである。この非公式的コミュニケーションがうまく機能しているうちは搭乗員同士の気心が知れて良好な人間関係が形成される。しかし、悪口などが伝達されると搭乗員の人間関係にひびが入る。

3. 集団における人間関係

以上に述べたコミュニケーション手段は、人間関係を円滑にするためのハードウェア面からの考察といえる。次ぎにソフトウェア面からの考察を行う。

3.1 グループダイナミクス（集団力学）

グループダイナミクスとは、集団とその構成員の行動を規定する集団場

面の力を明らかにする科学である。集団内の人間関係を調査するには、このグループダイナミクスの手法がよく用いられる。集団内の人間関係を明確にする指標にはいろいろあるが、先に取り上げたコミュニケーションも指標の一つである。宇宙船内の構成が多人数になればコミュニケーションを図るのが難しくなってくる。話し易い搭乗員もいれば話しにくい搭乗員もいるであろう。コミュニケーションが図られる形態を見ると、話し易い人から順に話しにくい人へと伝達されるのが一般的である。コミュニケーションの流れを調べれば、その集団の構造をある程度明確にすることができる。このコミュニケーションの型には図4に示すように、1) 一人の人物が中心になってコミュニケーションが図られる(A型)、2) 全員が均等に情報を得ることができる(B型)、3) 情報が順次伝達される(C型)の3つがある。問題が発生したとき有効に機能する集団はA型とC型である。集団内の志気が高いのはB型で、一番低いのはA型である。

3. 2 ソシオグラム

ある集団の構造や構成員間の関係を調査する方法の一つに「ソシオグラム」がある。最初にこの調査を行ったのは第二次世界大戦中の米国海軍である。ある海軍航空隊を調査対象に取り上げ、指揮官と兵の関係が良好であるかどうかを調査した。その結果、図5に示す2つのソシオグラムを得た。図を見ると集団として良好であるのはA中隊であることがわかる。指揮官と副官はほとんどの兵に慕われている。したがって、命令が末端の兵までスムーズに伝達される構造になっている。一方、B中隊はまとまりがない。指揮官は疎外されており、ほとんどの兵から無視されている。副官は憎悪の対象となっていて、隊内にリーダーとなる人物が実質上不在となっている。さらに図をよくみると隊内に2つのグループが存在して相互に対立しあっているのがわかる。当然、兵力としてはA中隊が優れているといえる。

ソシオグラムを調査すると、一般に6つのパターンになる。図6に示すように、Aは孤立、Bは1対、Cは連鎖、Dは結合、Eは星型、Fは網状

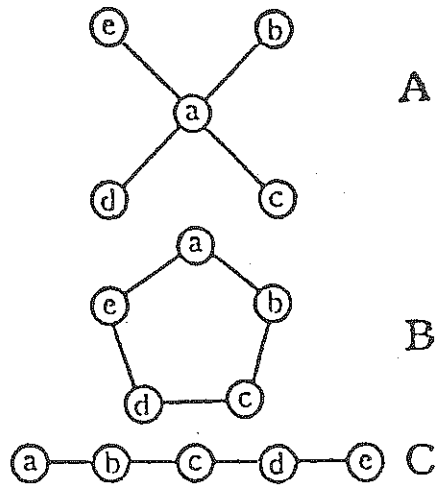


図4 コミュニケーションの伝達構造

CO : 指揮官

XO : 副官

好ましい関係 -----

拒否関係 -----

A 中隊

B 中隊

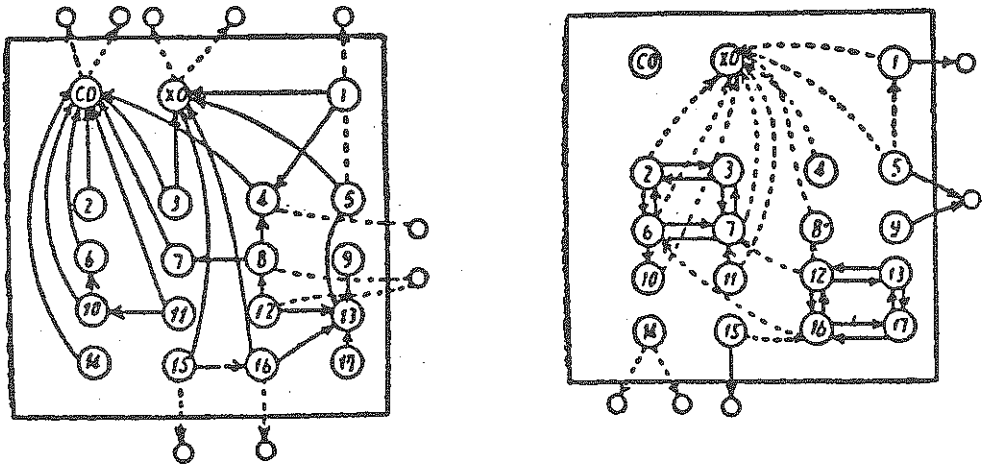


図5 ある海軍航空中隊のソシオグラム

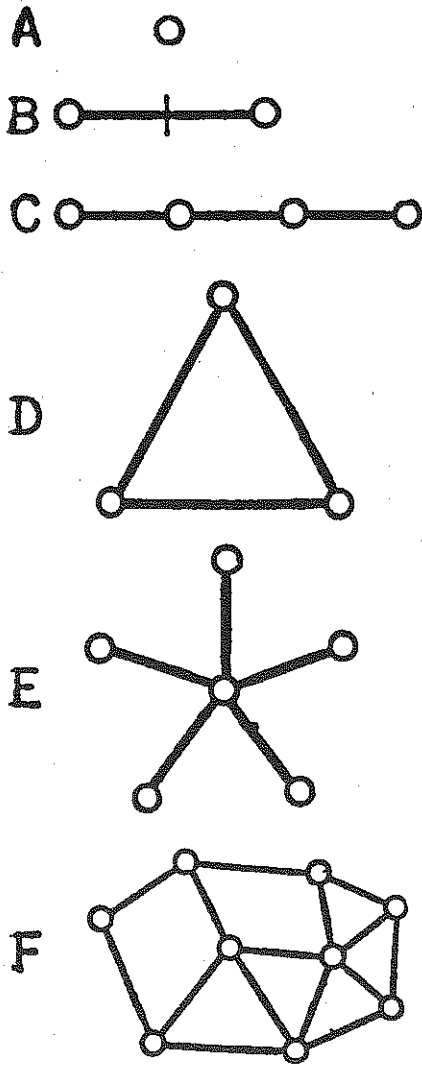


図6 ソシオグラムの基本型

型である。どの型が宇宙船で有効であるかは、システム／ミッション要求及び性能に依存する。

3.3 小集団と人間関係

一般に人間が集団において自己実現しやすいのは、大規模な集団よりも小規模な集団といわれる。自己実現とは、自己の目標を最後まで遂げることであり、自分の可能性を十分に発揮することである。小集団で自己実現しやすい理由として次の3つを上げることができる。

- (1) 小規模な集団では、構成員同士がお互いの人格を認め易い。
- (2) 自分が集団にとって必要な人間であるという意識を生みだし易い。
- (3) 計画、実行及び確認等の集団行動の全過程に参加することができることから成果に対する満足感が大きい。

隔離された小集団の行動特性の有効なデータの一つとして、横井さんの例がおもしろい。横井さんは太平洋戦争当時所属部隊からはぐれ、一人で戦後28年間もグワム島の密林で生活していたところを発見された人である。横井さんは始めから一人でジャングルに潜っていたのではない。最初は10人ほどであったが病死などで人数が減り、発見される10年前までは3人で生活していた。この3人が仲間割れして別々に生活することになった原因は食事であったという。苦心して得た獲物をその日に全部食べてしまおうとする意見と半分残して明日に備えようとする意見の食い違いであった。ジャングルの中を米国軍から逃げまどい生き抜くためには、3人の協力が必要である。このことは誰もが理屈抜きで理解できる。ところがお互いに相手を唯一の頼みとしている状況においても、理屈ではなく食事の食べた方という感情が人間の行動を支配してしまうことは非常に示唆的である。

将来人類が惑星などに本格的に移住することになれば別だが、今のところ宇宙飛行士の構成は小集団である。したがって、小集団の特性を十分考慮してシステムを設計しなければならない。

3. 4 欲求と人間関係

集団内の人間関係を円滑にするためには、各構成員の欲求を満足させることである。マズローという心理学者が提唱した理論によると、人間の欲求は図7に示すように階層をなしている。すなわち、低次の欲求が満足されなければ、高次の欲求へと移行して行かない。一番低次の欲求は食欲や性欲等の「生理的な欲求」である。この欲求が満たされた時初めて二番目の欲求である「安全の欲求」を満たそうとする。この理論によれば、先に述べた横井さんの例において、3人で共同して身の危険を守るということよりも食事で仲間割れした横井さんたちの行動を理解できる。

三番目の欲求は「社会的欲求」である。これは友人を作りたいとか、ある集団に入りたいといった欲求である。四番目の「自我の欲求」は、自尊心や自信を持ちたいとか、自分の可能性や能力を伸ばしたいか、同僚から認められたいといった欲求である。最も高次の欲求は「自己実現の欲求」である。これは自分自身の能力を発揮したいとか新しいものを手掛けてみたいといった欲求である。

以上のことを考えれば、人間工学の粋を結集して有人宇宙システムを設計したとしても基本的な衣食住といった居住環境が不十分であれば搭乗員の能力を引き出すことはできないことがわかる。また、宇宙船のリーダーとなるべき者は、如何に搭乗員の欲求を満足させて彼らの持つ能力を引き出すかの手腕が問われる。

3. 5 生産性と人間関係

集団の生産性を向上させるためには、単に作業環境を整備するだけでは不十分である。集団内の人間関係にも配慮する必要がある。これを証明したのは「ホーソン実験」と呼ばれ、人間工学でしばしば引用される有名な実験である。実験では、作業員が置かれている様々な作業環境（例えば、照度、騒音、室温及び休憩時間等）を変化させてその影響を調査した。実験に際して実験者は作業環境と生産性の間には正の相関があると考えた。

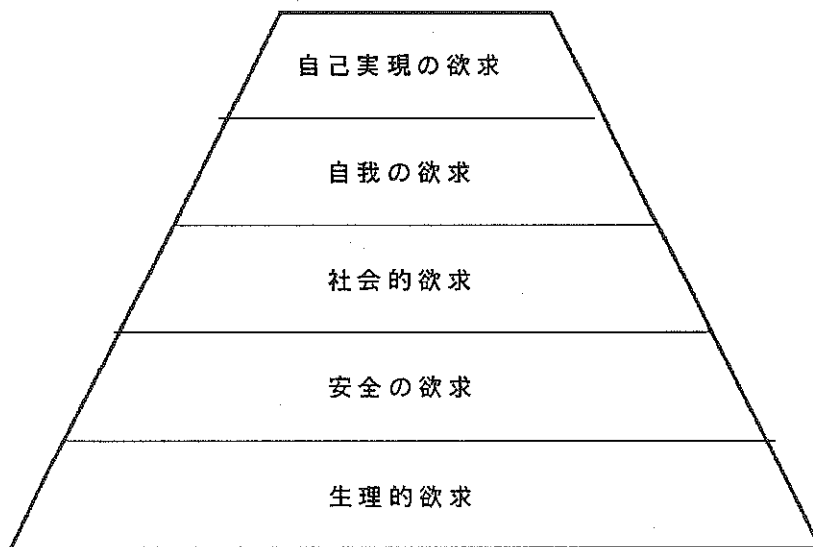


図7 マズローの欲求階層

しかしながら、その結果は予想に反し、作業環境を悪くしても作業員の生産性が向上した。この実験は失敗したかに思われたが、この実験では作業員の行動の観察記録もデータのの一つとして取得されていた。この行動観察を分析したところ、次のような特性が認められた。

- (1) 本実験の被験者は、上司に強制されたのではなく、自発的に参加を申し出た。
- (2) 被験者の意見を実験に取り入れ、被験者に対する監督も民主的に行われていた。
- (3) 実験に際しての被験者間の心理的なつながりは非常に強く、そこに見られた人間関係は実験に参加する前とかなり違っていた。
- (4) 被験者たちの作業に対する動機づけは実験に選ばれていたことでかなり高くなっていた。

以上に述べた行動特性から、集団作業の生産性は、単なる物理的な環境の変化よりも、作業員の仕事に対するやる気、志気及び動機づけが大きく左右することがわかる。このことから、宇宙船のリーダーに要求される能力の一つに、人間関係を裁く手腕を上げることができる。

3. 6 感情と人間関係

ホーソン実験から得られたもう一つの知見は、感情と人間関係である。作業集団における人間関係は経済的、社会的及び技術的な要因ではなく、たぶんに感情的な要因が重要な位置を占める。すなわち、給料、地位及び技量などよりも、人に対する好き嫌いや同僚の自分に対する評価などが生産性に大きく関与するのである。

作業集団においては作業の生産性を上げることが要求される。その生産性が各個人の報酬に反映されるのが現在の資本主義の仕組みである。したがって、集団内の個人はより多くの報酬を得るために、生産性が高い者は低い者の生産性を上げるように、支援したり言葉で叱咤激励すると思われる。ところがこの仮説はホーソン実験において見事に覆された。この実験中に見られた各被験者の行動特性をまとめると次のようであった。

- (1) 仕事のしすぎはよくない。
- (2) 仕事が他の人より劣ってはならない。
- (3) 他の人が不利になるようなことを上司に告げ口してはならない。
- (4) 他の人の作業にあまり口出ししない。

このように生産高による報酬効果の他に人間もっている感情が生産高や志気に影響していることがわかった。どちらがいえば感情が報酬に優る。

搭乗員の人間関係は感情に支配されることが多いことが予想される。搭乗員の感情をコントロールする具体的かつ一般的な方法は今のところ確立されていない。少なくとも初期設計段階から搭乗員の意見を取り入れることが、感情的な問題を解決する第一歩である。

4. あとがき

搭乗員の心理を把握して宇宙での任務遂行や生産性を上げる具体的な方法を一般化することは容易なことでない。搭乗員の性格はもちろん、各国の文化やその時代の背景などが複雑に絡んでいる。この分野における心理学者の活躍が大いに期待されるところである。

(宇宙開発事業団 宇宙ステーション「ル-7」 山口孝夫)

参考文献

- 1) Space Station Habitability Recommendations Based on a Systematic Comparative Analysis of Analogous Conditions:
J W. Stuster, NASA-CR 3943, 1986.
- 2) MAN-SYSTEM INTEGRATION STANDARDS, NASA-STD-3000, Vol. 1, Rev. A
1989.
- 3) 組織の行動科学：三隅二不二、山田雄一、南 隆男編、副村出版、

1988.

- 4) 社会心理学入門：田中国夫、創元社、1973.
- 5) 人間生活と心理学：安藤公平編、駿河台出版、1973.
- 6) 人間工学：林 喜男編、日本規格協、1981.
- 7) Handbook of Human Factors:
- 8) 新版 企業の人間の側面：高橋達男訳、産能大出版部

国産通信衛星へのみちのり (2)

米国に警戒された宇宙先端の歴史……………

森本 盛

第2章 準ミリ波への挑戦

PCM-TDMA実験が成功裡に終了したので、つぎは国内衛星通信技術R&Dの方向を見定め、ハードウェア開発へと移行する段階という順になる。

まず使う周波数帯をどこにするかが課題であった。衛星通信を国内通信網に組み込むには、地球局を都市内の電話局に置きたい。しかし地上マイクロウェーブ(Cバンド)システムが世界一高密度にはりめぐらされている日本の場合、Cバンド(4.6 GHz)の衛星通信は都市内にもちこめないという検討結果がでた。(註4)

これに対し、準ミリ波(註4)ならば同じ電話局の屋上に衛星/地上の併設が可能という答がえられた。折しも地上システムで新周波数帯の開拓という命題で準ミリ波の研究が進んでいたので、その成果を活用できるメリットもあり、またCバンドのように2番煎じの印象を与えないで、研究企画の面でも(金の獲得に)メリットがあった。

かくして準ミリ波の研究しかないということになり、まずは地球局の研究に着手することになった。

地球局を建設する場所については、1967年頭初から本社のマイクロ無線部という部署に依頼して検討が進められた。制約は、地上のマイクロウェーブシステム等との電波妨害である。以前、この制約から、KDDのインテルサット用地球局の場所の変更をお願いした経緯もあって、検討は慎重に行われた。候補地として、厚木の北側、三浦半島南部、房総半島南東部等が示された。研究所側は、武蔵野及び都心からの便等を考慮して、三浦半島南東部を選択した。当時、NTTでは2番目の研究所(第2通研とよんでいた)を計画していたが、これも地球局にひきずられて、そこから見える丘の上に建設されることになった。用地の買収は、企画調査室が折衝してくれた。京浜急行の所有地が多かったが、社長が沿線開発に熱心な方で(油壺マリンパークの創設者)、公害がなく、大きなアンテナがあるのは大歓迎ということで折衝はスムーズ

に進んだ。

研究室の方は、新室長 Y・M さんを迎えて、地球局の設計が始まった。ただし、当時は安保騒動の時代で、室長は労務に相当のエネルギーを費やしておられ、室長を支援して実務的に地球局をとりまとめる者を置こうというので、その矢が私のところに飛んできた。

まず面食らったのが、2年で装置を作るというスケジュールである。それまで手がけてきた仕事では、研究室内で key になる技術について実験を行い、結果をふまえてメーカーで試作してもらっていたので4年ぐらい掛かっていた。これでは間に合わないの、いきなり頭の中で架空の設計をやらなくてはならない。初めのうちは、毎週メーカーの人と一緒に discuss しながらイメージをつくりあげていった。

30 GHz の機器については誰も経験がない。導波管（電波を流す金属の樋）の損失ひとつとっても、やたら大きい（0.6 dB/m）。これで送信機からアンテナまで30m とすると $0.6 \times 30 = 18$ dB になり、送信機で 100W 出してもアンテナのところへは 2W しかたどりつかない。あとは全部熱になってしまうので、超高級ヤキイモ機などとヒヤカサレた。また、導波管は 3.5×7 mm という寸法なので、3.5 mm のところで火花が飛んで送信機をコワシテしまうのでは等心配ばかり。送信機は 100w 出せるだろうか。進行波管増幅器（註5）だと 300 mA の電子の流れを直径 0.5 m/m に絞らなくてはならない。電磁石は約 300 kg、重さと消費電力もさることながら、磁石の中へ冷却水のコイルまで巻かなくてはならない。

アンテナはどうだろう。理想的な拋物面からのズレを波長（30 GHz で 10 mm）に対して充分小さくしなければならぬ。5 mm くらいの凸凹が沢山あると、スリガラスのレンズのようなもので、電波を絞ることができない。また面全体でマクロにみると、日照部と日陰部との温度差による歪み、傾け方によって重力の影響が変わるための歪みなどがあり、直径 13m が限度ということになった。

1つのアンテナを4つの周波数（4・6・20・30 GHz）で共用するための電波の合成回路（群分波器）も例のないものであったが、ここは理論と実際がよく一致する分野なので心配は小さかった。出来上がったものは、お化けのように複雑なものであったが、この成果は CSE～CS・3用アンテナのベースになった。

衛星から来る微弱な電波の受信には、その電波よりも雑音が小さい受信機を作る必

要がある。当時はパラメトリック増幅器（説明略）が流行で、所内でかなり研究が進んでいたのだから安心してはいたが、液体 He を使う冷却機という覆兵があり、最後まで苦労した。

設計作業の途中では、X社に行かれた通研先輩の「何を考えているかわカラん」という密告？で上から爆弾が落ち、尻をマクリたくなることもあったが、関係者の努力により、何とか架空のスペックが完成し、試作に進むことができた。

先立つもの（予算）の獲得は、室長が最も苦労されたところと考えられる。当時、カネゴン（金を喰う怪獣という意味）と呼ばれたデータ通信の研究が、研究所の予算の大部分を持ってゆくので、5%（2年で約20億）とれたのは大成功というところであった。このように予算が厳しいので、メーカーとの共同研究という妙手を適用され成果共有・経費分担という形で乗り切ることになった。

実務担当レベルの方は、装置価格の交渉で痛めつけられた。電気通信の試作品は、将来量産されるのが常識であり、衛星通信用装置のように、数年以内に数台売れるかどうかかわからないものはまずない。量産の見通しがないと、開発費を全部加算請求されるので、類似の性能であっても、それまでの地上システム用装置の20～30倍の値段をつけられてしまう。これはまず内部で散々タタカレタ。原因を調べ、説明しても（たとえば、開発費が5,000万円かかっても、5,000台売れるものなら一台あたり1万円になると）、前例のないことは仲々了承してもらえない。金をバラマク不心得者という悪名に甘んじて何とかけりがついた。とはいえ、共同研究ということで、開発費のかなりの部分をメーカー側に負担していただいで話である。工数の折衝は水掛け論になり、こちらも悪役に徹するしかなかった。この経験で、パイオニアはある程度ヒラキナオラナイと前進できないこと、また悪役のない芝居は面白くないことを勉強できたのは、私自身にとって良い勉強になった。

局舎の工事は、建築局という部署に依頼して進められた。土木工事たけなわの頃、一本持って現場監督をねぎらいに行ったところ、「雪や雨が多くて参った」といっていた。長靴を借りて踏み込んでみたが、田植えをしたくなる泥沼になっていた。現在のように進んだ道具がなかった頃の話である。もうひとつ、風致地区であるため、削ったり埋めたりした部分は地肌が見えないように緑を植えなくてはならなかった。

何ヶ月かの後にはジュラルミンばりの近代的な局舎が完成した。設計者（建築局）

のS. Oさんが、日本軽金属工業会から賞を授与されたというシロモノである。芸術家的な仕事ができ、羨ましいと讃辞を送った（皮肉かも）。

局舎の中の装置の据付・配線・調整は、前述のマイクロ無線部が行うことになった。商用の電話局への据え付けのトレーニングを兼ねたものである。とはいえ、グループリーダーほか3名を研究所から引き抜かれた。1972年秋の完成までの間、久里浜駐在というご苦労が続いた。

1971年秋には試作装置が次々と搬入され、電気工事・調整が進められた。工事部隊は、住環境の良くない現場に1.5年も貼りつけにされ、大変であった。13mのパラボラアンテナの形が見えてくると、近所の人達から、「テレビがよく映らなくなったので補償金を出してほしい」と苦情が持ち込まれた。ジープにテレビを積んで、走り回って受信のデーターをとり、説明して納得してもらったというご苦労もあった。夏にはマムシが出没し、うっかり外を歩くこともできなかった。装置の方も急いで試作したので、持ち込んでから欠点が見つかり、夜陰に乗じてコッソリ取り換えるというシーンもあった。

最終的には各装置とも所期の性能を実現することができ、実験局総合で狙ったとおりの性能にすることができた。これで準ミリ波を使う衛星通信の実現性について、地球局の側から実証することができた。

1972年11月に第2通研（横須賀通研）が開所し、衛星通信研究室は武蔵野から移転した。と同時に、衛星通信実験所が工事担当のマイクロ無線部から移管された。研究所から引き抜かれた人質も無事帰ってきたので、室員36名という大世帯になった。

翌年、研究実用化報告（公式刊行物）に、実験局特集号が組まれることになった。初めに室長のY. Mさんがポリシー的なことを、つぎに私が技術的フィロソフィを、そして各論に入るという構成が決まった。しかし事情あって私の執筆が遅れてしまった。Y. Mさんが心配され、印刷屋に渡す前日に調整のためにわざわざ横須賀まで来て下さった。ところが突然M. Y所長の打合せに強引に引きずり出されてしまった。これで私の寄稿は諦めることになり、記録から名前が消えてしまった。厳しい宮仕への一面である。だがしかし私などまだましな方で、衛星通信のように実用になるまでに10年以上かかるR&Dでは、完成報告・表彰等のチャンスに巡りあえる人はきわめて少ない。このように報われない仕事に従事している人が沢山いることを強調してお

きたい。

1969-1970年の成果は、20/30GHz という新しい周波数帯の衛星通信が可能であることを、地上装置でまず確認したことにある。日本が世界に先がけて準ミリ波衛星通信を実現したので、米国に被害者がでたと聞いた（遅れをとった責めを受けた）。今年米国の通商代表が横須賀の研究所の視察にきたと聞いて、あのとき以来のこだわりが続いているような気がした。

社内的には（今だから言えるが）、目立つ施設をつくってしまったことで、オイソレト衛星通信を止めることができなくなった。推進者は人目につかないところでニヤリとした筈である。

R & Dの企画という面では、前章同様自分達の強いところを最大限に活用する方法をとったことになる。

（註4）準ミリ波

俗語、SHF（3~30GHz）のうち10~30GHzの部分をさす。

インテルサット等ではCバンド（4・6GHz）が使われている。しかし日本では同じCバンドを使う地上のマイクロウェーブシステムが世界一発達しており、これと衛星通信との電波妨害が、使用周波数選択のkeyになっている。

地上のFM（周波数変調）システム同志であれば、妨害しそうな場合（例えばメインルートから分岐するルートを作る）、キャリア周波数をずらせて妨害を軽減できる（メインルートが4,000・4,040・4,080……であれば、分岐ルートを4,020・4,060・4,100……とする）。これは変調によるスペクトラムの広がりを最小限におさえているからである。さらに偏波弁別（電波の振動面をメインと分岐とで違えることにより妨害量を減らす）も分岐角が小さいとき有効に使える。

ところが、衛星通信の場合には、スペクトラムをかなり広げてやらないと送信出力が大きくなりすぎてしまう。スペクトラムが広がれば、キャリア周波数をずらせても両隣に妨害を与える。そのうえ送信出力も地上システムの数10倍になる。仰角が40°もあるので偏波弁別の効果も小さくなる。

このような理由から、Cバンドの衛星通信地球局を都市内に置くことは難しいと

いう結果が出た。もちろん妨害電波をさえぎる方法として、アンテナの周囲に何10mものフェンスをめぐらせたり、大きな穴を掘ってその中にアンテナを置く方法なども検討したが、実現の見通しは得られなかった。KDDの高萩局も通信放送衛星機構及びNASDAの局が房総にあるのも、この理由によるものである。

周波数再利用の面では、地上システムでは50kmおきに同じ周波数を繰り返し使用しており、北海道から沖縄までの間で100回程度再使用できる。衛星通信では、衛星軌道の位置をずらせる再使用方法があるが地球局アンテナを小型にするとこれができなくなり、間もなくゆきずまりをきたすと考えた。

準ミリ波は、これらの課題に解答を与えるものであった。

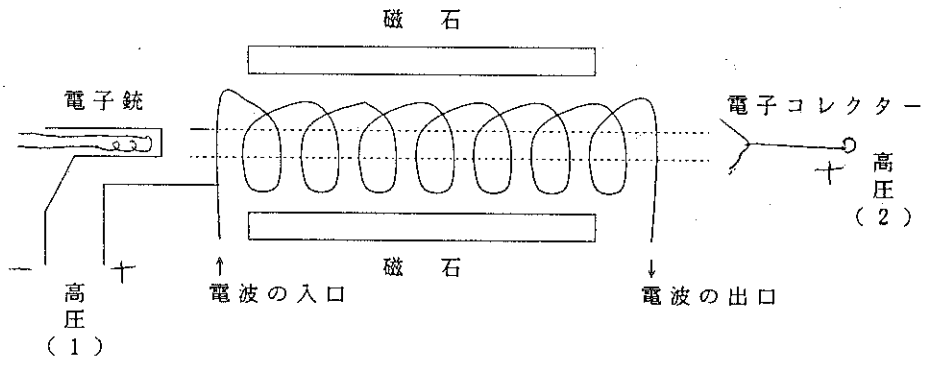
電波妨害について、地上と衛星用アンテナとを数10m離せば問題なく、同じ電話局の上に置けるという計算結果が出た。

周波数再使用については、マルチビーム（1及び3章参照）という手段をもちこめば、少なくとも20回以上の再使用ができるものと考えた（マルチビームで4回、軌道位置をずらせて5回）。

準ミリ波の中にも色々あるが、Cバンドの7倍の情報が遅れるという魅力を持つKaバンド（20・30GHz）を選んだ。Kuバンド（15GHz）は、Cバンドと同じ情報量しか送れず、当時はまだ割当が不明確であったので、技術的に難しいKaバンドの方で技術を確立しておこうということになった。

（註5）進行波管

電波を増幅する送信用の電子管。20年前からトランジスタにとってかわられるといわれながら、いまだに多数使われている。理由は効率が高いため（電源の直流電力の1/3近くの電波を出すことができる。トランジスタはこれよりかなり小さい）。使用周波数はだいたい1～50GHz。代表的な構造は、電波を流す螺旋（10～50センチの長さ）の中央を加速した電子ビームを通すもの。電波は螺旋の上を流れるので軸方向の速度が遅くなる。この速度と電子ビームの速度がうまくあったときに、電子ビームのエネルギーが電波に変換されて増幅作用が起こる。出力は10mw～数kw。利得（増幅倍率）が高いのも特徴のひとつで20～40db（電力で100倍～1万倍）。



***** I A S A ニュース *****

平成2年9月の世話人会が、9月18日（火）、宇宙開発事業団浜松町分室にて行われ、以下のことが決まりました。

1. 編集局長の交代

長谷川秀夫編集局長のヒューストン赴任に伴い、福田徹世話人（現宇宙開発事業団宇宙実験グループ）が新編集局長に選ばれました。

2. 研究会事務の強化

事務局長として、桜場宏一世話人（現宇宙開発事業団調査国際部）が選ばれました。

今後、会員名簿の見直し・最新化（11月世話人会目標）、会費徴収体制の整備（来年度実施目標）等を行うこととなりましたので、会員の皆様のご協力をお願いします。

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、本年度の年会費をお振込み下さい。

年会費：3,000円（1990年6月～1991年5月）

会誌 無料（1990年7月号～1991年5月号）

なお、会費は主に会誌発行にあてる。

年会費は、郵便振替により下記の口座に振込んで下さい。

（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

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 ***

仕事の上では、スペースシャトルの打上げの状況に一喜一憂、と言いたいところだが、実際は、憂また憂、もう5ヶ月シャトルが打ち上がらない。

今年はNASA受難の年で、ハッブル宇宙望遠鏡のピンボケ、シャトル水素漏れ、議会による予算カットの3連打。マゼランがなんとか姿勢を持ち直して画像が出始めたのは、まあ、やっと明るいニュースと言うべきか。

わが国も、BS-3aやLE-7のトラブルがあり、いずれにせよ、足元の技術がふらついては、まず、目の前の一步が進めない、この現実。ただ、この現実を「誤差の範囲」としてしまうような雄大な構想が必要ということなのだろうか。（福）

宇宙先端	第6巻 第5号	頒価 1000 円
平成 2年 9月15日発行		編集人 岩田 勉
発行 宇宙先端活動研究会		
東京都港区浜松町	世界貿易センタービル内郵便局私書箱165号	

無断複写、転載を禁ずる。