



JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

SEPT. 1988

VOL. 4—NO. **5**

IN THIS ISSUE,

PRODUCTION PROCESS OF METAL PRODUCTS ON THE MOON

M. YOSHIKAWA, H. MACHIDA 147

HUMAN ENGINEERING SERIES (4) J. L. CLAUDON 165

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. 月面での金属製品の生産工程・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 147
2. 人間工学シリーズ（4）・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 165

（次回予告）

1. 人間工学シリーズ（5）
2. 宇宙における材料製造システム

月面での金属製品の生産工程

住友重機械工業 吉川光昭

日本電気株式会社 町田恒雄

1 はじめに

人類が活動の場を地球から宇宙空間に広げるに当たり、必要機材を円滑にしかも安定して供給する基地として、月面は重要な役割を果たすとの認識が高まって来ている。

中でも、居住空間、各種装置及び生産設備の主構成部材である金属製品が容易に入手出来れば、飛躍的に開発コストが低減され、開発速度も促進されると思われる。即ち、月の重力場から有用荷重 1 kgf を持ち上げるには、地球から同じ重量を持ち上げるに必要なエネルギーの 1/20 で良いとされている。従って、金属の比重は比較的大きなものが多く、地球から宇宙空間に搬送する費用が大幅に削減されるためである。

地球上では、金属製品を溶解、圧延、鍛造、鋳造、切断及び溶接等の種々の手法や工程を経て、最終形状に加工成型されているが、ここでは、月面における金属製品の生産手段として、粉末冶金の適用を提案すると共に、その基本的な考え方と検討結果について報告したい。

2 月面の環境下での金属製品の生産

金属製品の生産を月面で実施した場合の、月面環境が及ぼす影響を考える。

表1に月面の主な環境条件と金属加工上の留意点を示しているが、以下にその説明を加える。

1) 生産の過程に必要な材料

地球上では、水は比較的容易に入手可能であるが、月面では非常に困難である。地球より水素を運び上げ、月面の酸化物質を水素還元反応により、水を製造しなければならない。このため装置や加工品の冷却に大量の水を使用することは難しい。従って、基本的に熱を大量に消費する製造方法は避けことが望まれる。また、熱をヒートパイプや放熱板を利用して、速やかに除去する工夫も大切である。

一方、月面には炭素が存在せず、石炭石油と言った副原材料が高価で用いられない。鉄鉱石をコークスにより還元する最もポピュラーな手法は採用出来ない。更に、高真空中へ、多量の酸素を製造供給する事も問題である。よって、月面環境に適した加工プロセスを考える必要がある。

2) 高真空環境

地球上では、金属を取り扱う際には、常に酸化の問題に悩まされる。例えば、アルミニウムに代表される酸化皮膜が粉末冶金、拡散接合等の適用を困難にしている。チタンは酸化に伴い著しい脆化が起こり、溶解、熱処理等はすべて真空中で実施されている。

しかし、月面には天然の高真空チャンバーが常設されており、生産装置の簡素化が図られる。(上記のような酸化反応を活用する事が、逆に困難になる。)即ち、月面では真空溶解、真空蒸着、真空熱処理、電子ビーム等による、真空中での生産形態を採用する必要がある。

3) 低重力場

月面においては比重差の影響が、地球上よりも少なくなる。その結果、密度差による熔融金属中での対流現象が抑制される。また、粉末材料を用いて複合材等を製作する際に、非常に重要な混合・分散が、比較的容易に実現出来ると思われる。

しかし、比重差を利用した分離プロセスは、時間的に問題となる。

4) 安定した低温又は高温の場合

月面では昼と夜が約 15 日間ずつ続き、その上大気が存在しない為に、昼夜の温度差は大きく、変化も急激に起こる。言い換えると、安定した所定の温度が得られる。更に月の南北極付近で、太陽光が差し込まないクレータの底では常に -170°C 程度にあると考えられている。

金属加工においては融点以上の高温にまで加熱されることが多い。その際、水資源が貴重な月面ではいかに不用な熱を排出するかが考慮を要する点である。そこで生産工場を極点近傍に設置するか、生産活動を夜間のみ限定し、装置から生じる熱をヒートパイプにより、居住空間、そして月面表面に放出することも一方法であろう。

一方、研究活動が盛んな高温超伝導材料の超伝導特性(T_c , I_c , H_c)が改善されて、 $-100\sim-150^{\circ}\text{C}$ で使用が可能になれば、超伝導マグネット、超伝導モータの活躍の場となる。ものの搬送や選別等に威力を発揮するだろう。

金属加工の面からは、微小溶融粒子を極低温真空空間に放出すれば、急凝固粉末が製造され、比強度の高い材料生産が出来るであろう。

5) 熱エネルギーの入手

化石燃料に代わり、強烈な太陽光の集光や太陽電池等により、工業で必要な熱及び電気エネルギーとして供給される。燃料費は無料で資源の枯渇の心配もない。

表 1 月面の環境条件

項目	月面の状況	金属加工上の留意点
鉱物資源	Al, Ti, Fe, Si が多い	金属原材料
ガス成分	H ₂ , N ₂ , C がない	(H ₂ O, 石炭石油欠乏)
高真空空間	月面で 10 ⁻¹² Pa	酸化反応の抑制: 活性金属 酸化膜形成(Al)、超微粉末
低重力場	1.62 m/sec ² (地球の1/6)	比重差の緩和: 溶融金属での混 合、微粉末の分散混合
安定した温度	昼: +130°C、夜: -150°C (公転周期: 27日7時間43分)	加工品及び装置の冷却, 加熱 (ヒートパイプ)、急冷凝固
豊富なエネルギー	太陽光の集光、太陽電池	高融点材料、溶融

3 月面での生産形態

地球上においては、大量生産を主眼にして金属製品が作られている。中でも、図1に示すような種々の方法で、原材料を板材、型材やパイプ材等に加工後、これ等を切断、溶接、曲げ加工、機械切削加工等により部材部品に仕上げ、更に最終製品に組み立てられるのが基本的な流れである。

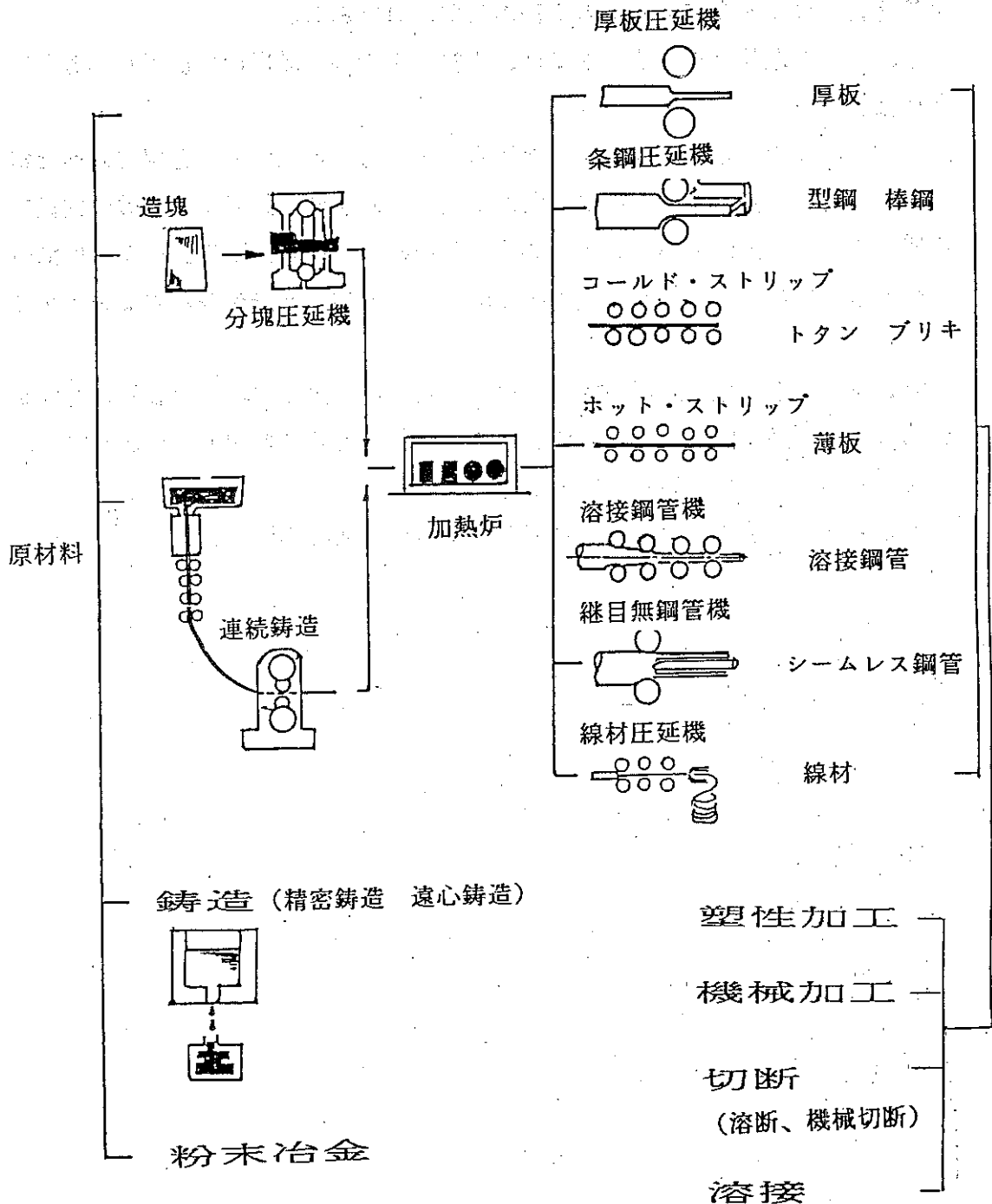
しかし、鑄造及び粉末冶金法では、原材料を最終部品形状に加工し得るといふ特徴がある。

一方、月面の生産形態は地球上とは異なると考える。即ち、2項で述べた様に地上と大きく異なる月面の環境条件の他に、基本的に数多くの熟練作業員を配置することは困難であると思われる。そのためには装置数を出来るだけ減少させる事と自動化を推進し得る生産形態を有する加工方法を採用する必要がある。

言い換えると、加工工程の数が少なく、同一加工操作で種々の製品に対応が取れる加工方法が望ましい。このような点から、月面での加工方法としては、鑄造又は粉末冶金法が適していると言える。

次の項では、粉末冶金法での生産工程について検討を行う。

図 1 金属製品の各種加工法



4 月面での粉末冶金法による生産工程

粉末冶金法の製造工程を図2に示している。金属粉末（合金を作製する際には、各種金属粉末を所定配合比で混合）を金型（最終必要形状に、収縮率を見込んで若干大きな寸法に仕上げ加工されたもの）に投入、加圧成型し、最後に、成型品を適性温度で焼結すれば良い。

このように、粉末冶金法は多品種少量生産に適した手法であると考え、金属製品の製作法として提案する。その理由は次の点が挙げられる。

1) 生産設備が多種多様にならない

基本的には造粒、加圧成型、焼結炉があれば良く、更に精度良く焼結品を組合わせて、接合（溶接）すれば大型製品への対応も十分に可能である。

2) 材質の選択が容易

造粒過程でも各種金属粉末の製造が可能であると同時に、異なった種類の金属粉を希望する配合比に添加混合したものを焼結すれば良い。

（例 Ti-6Al-4V 合金→ Ti金属粉末に Al及びV 金属粉末を添加）

3) 形状の自由度が高い

金属粉の加圧成型時に使用する金型の形状を変更することにより、各種形状の部品が製造出来る。

4) 生産性

粉末冶金による焼結品は、大量生産の典型である自動車部品（歯車等）への適用が盛んであり、生産性の点からも問題は少ない。

以上の事から考えても、月面での金属製品の生産手段としては粉末冶金も優れた方法ではないかと思われる。

従って、月面における粉末冶金のあり方について、生産工程順に検討を加える。

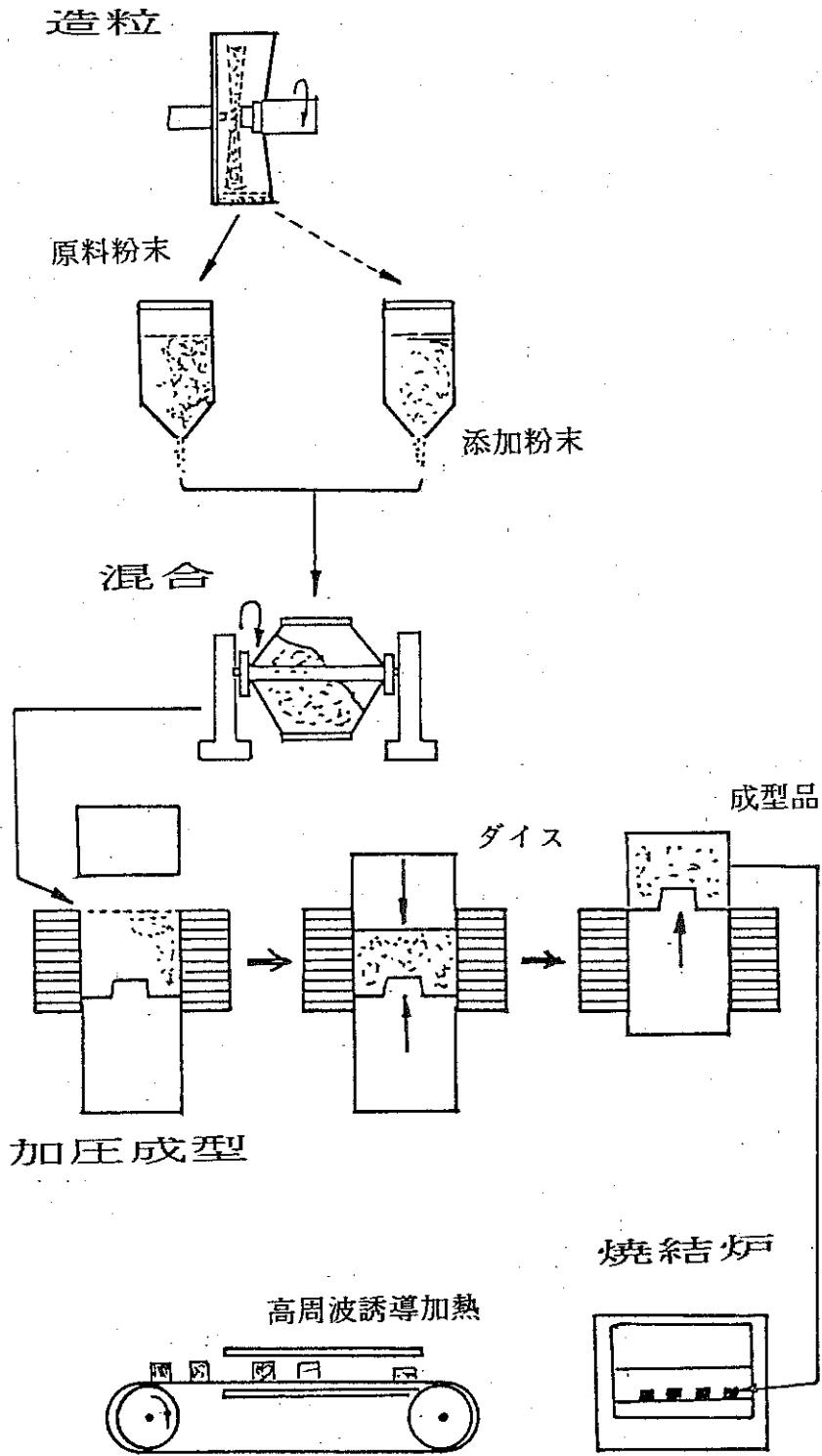


図2 粉末冶金法の製造工程

4-1 造粉装置及びそのプロセス

金属粉末を製造する方法としては、媒体（ガス又は水）を利用するアトマイズ法と、機械的な遠心力を用いるものに大別される。

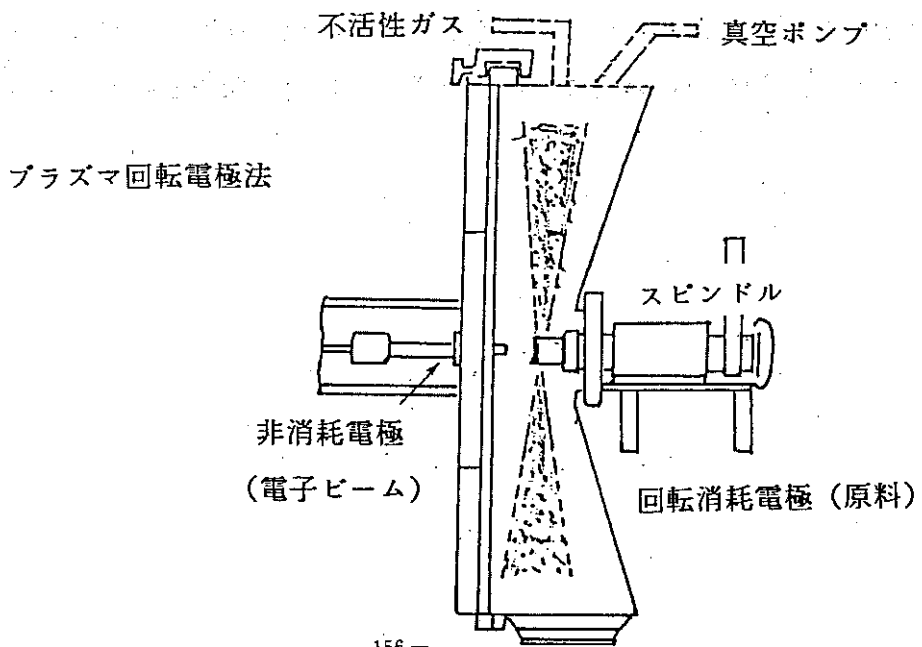
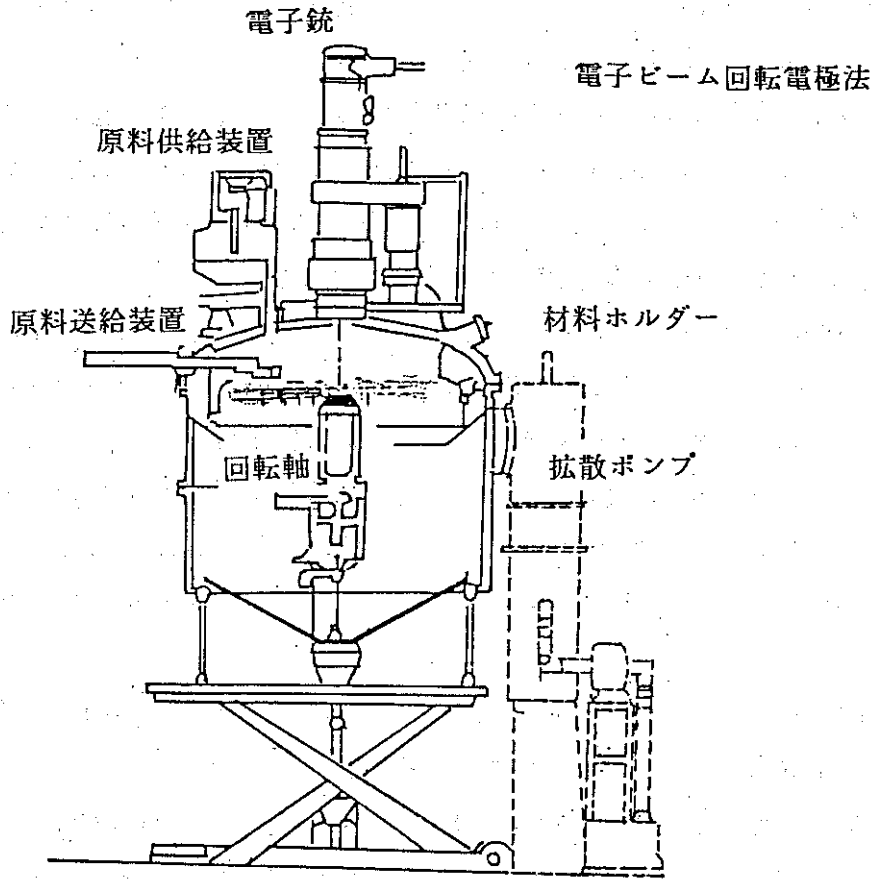
霧吹きで、高圧媒体によって熔融金属を四散させて、微少粒径の金属粉末を得るアトマイズ法は、高真空場である月面においては、余り適している方法とは思われない。即ち、媒体として貴重な物質であるガス（不活性ガス、Ar、N₂等）又は水を多量に使用する必要があるためである。

一方、遠心力を活用する回転電極法（REP）を図3に示す。高エネルギー熱源（プラズマや電子ビーム）で部分熔融された金属を、高速回転（4,000～16,000rpm程度）により、強引に弾き飛ばして微小金属粒子を作る方法である。その際、地球上では大気による酸化汚染から保護する為に、雰囲気制御（高真空又は不活性ガス封入）された容器中で、すべて処理しなければならないが、月面ではその必要はない。また、熱源としては、電子ビームが適していると考えられる。

写真1に、回転電極法で作製されたTi-6Al-4V合金の粉末形状を示す。比較のために、化学反応法で作られた純Ti粉末も示した。

月面は高真空、低重力場であるために、酸化物等の混入の少ない高純度な、真球に近い粉末が製造されると期待される。特に地球上では、アルミニウム表面に高融点物質であるアルミナ（Al₂O₃）が形成されてしまうために、粉末焼結が不可能である。しかし、月面では酸化の心配がなく、容易にアルミニウム及びその合金の焼結品が製造出来るのではないかと期待される。

図3 各種金属粉末の製造法 (遠心噴霧)



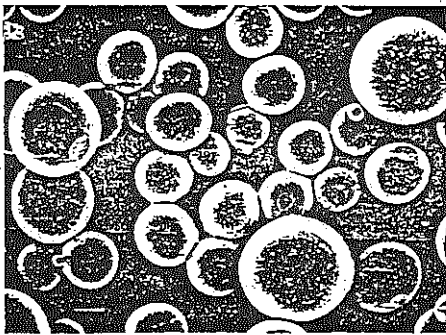


200 μm

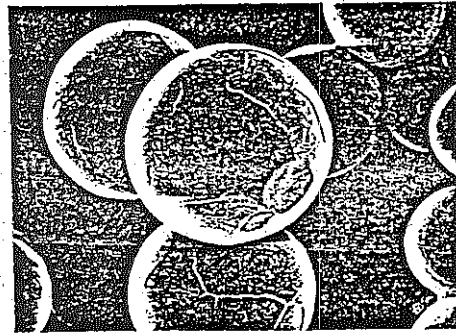


100 μm

化学反応により製造された金属粉末
(純Ti粉末)



200 μm



100 μm

プラズマ回転電極法により製造された金属粉末
(Ti-6Al-4V合金)

写真1 各種製造法による金属粉末の形状

4-2 成型装置及びそのプロセス

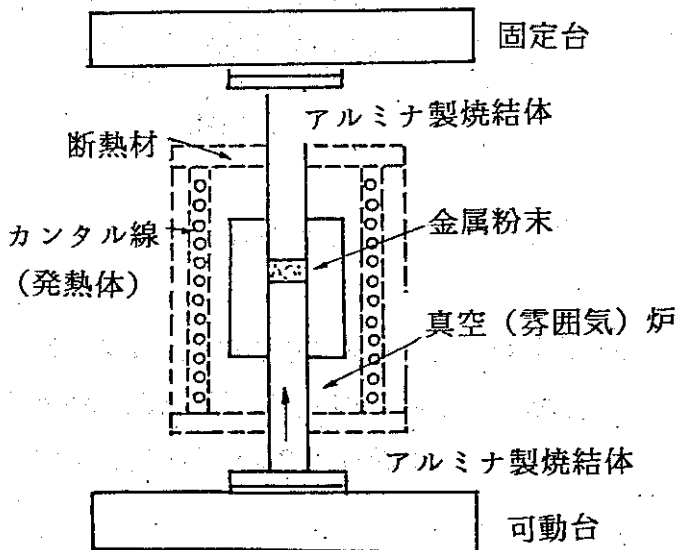
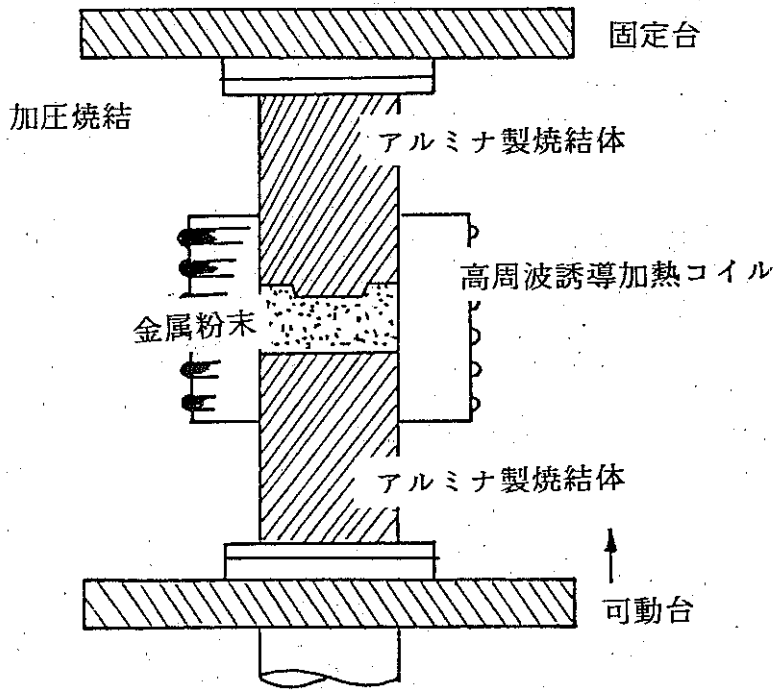
成型装置としては、図2に示した加圧成型の外に、図4のように加圧と加熱を同時に行う方法もある。成型性の思わしくない場合や少量生産品には適用される。

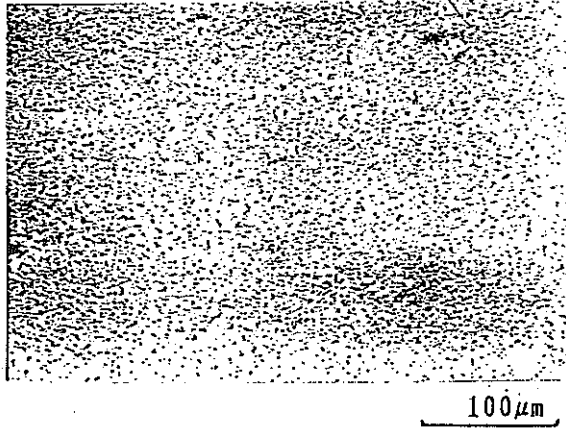
一方、熱移動方法には熱伝導、熱対流、熱放射の3つがあるが、真空中では、熱対流がなく、金属粉末の加熱が困難であるとの考えもある。しかし、微粉末(粒径:1~50 μm)あるいは超微粒子(粒径:ナノメートル)を用いればこの問題は解決されると思われる。

即ち、その理由の一つとして充填密度が飛躍的に向上する点である。通常の金属粉末(粒径:200~400 μm)では65%前後の充填密度であるが、粒径が微細になれば成る程、その密度は上がり熱伝導度は改善される。また、粒径の微細化が進むほど、金属粉末の有する表面エネルギーが増大し、超微粒子では焼結温度が大幅に低温側に移行するためである。

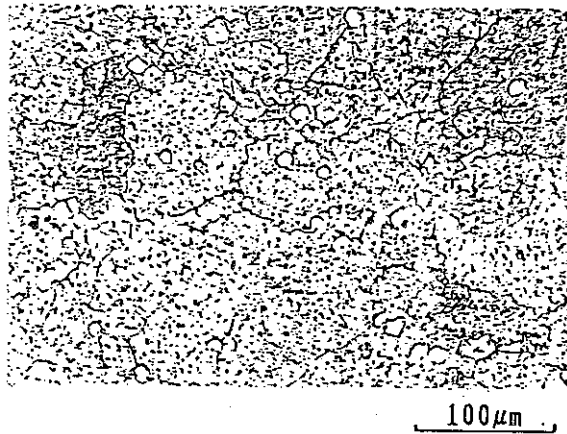
金属微粉末を利用する利点としては、上記の生産性以外に、品質向上がある。写真2に、金属粉末粒径10 μm 前後のFe-8%Niを真空中で常圧焼結した金属組織を示す。この場合、通常の焼結品よりも格段に密度が上がり、97~98%の焼結密度の製品が得られている。その結果、溶製材とほぼ同等の機械的性質を示すと同時に、機械加工、溶接や表面処理等が可能である。

図4 加圧焼結炉の一例





研磨面を観察



研磨後冶金的腐食面を観察

写真2 微小粒径の金属粉末を使用した
焼結品の光学顕微鏡組織
(Fe-8%Ni, 平均粒径: 8 μm, 真空焼結)

5 粉末冶金による成型部品での大型構造物作製法

焼結品をそのまま各種部品として使用されるケースもあるが、各種形状の焼結品を組み合わせ、大型構造物や機械装置を製作する手法があると考えている。

その具体的方法としては、図5に示すな方法を提案する。相互の部品に凹凸を設け、あらかじめ図面に従って製作した焼結部品を選択し、組み上げるものである。

その際、焼結部品同志の接合方法としては、機械的接合（ボルトによる締結、焼きばめ、冷やしばめ等）、接着及び溶接等がある。

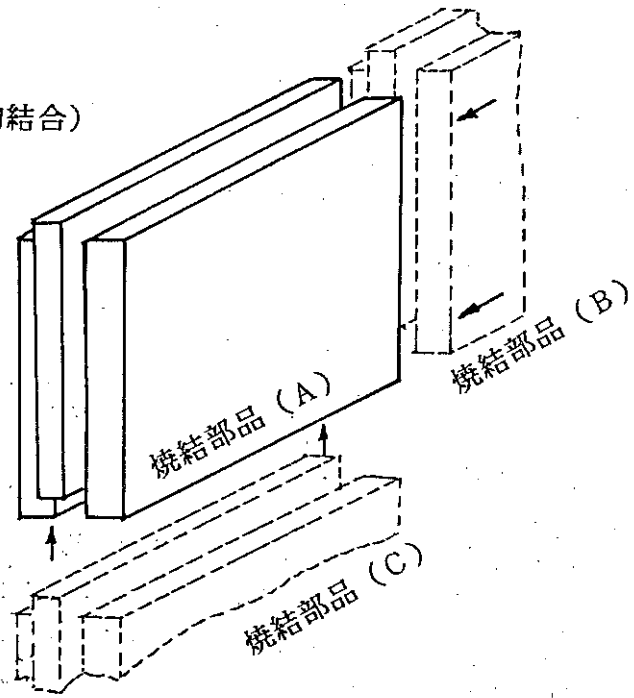
ここで、溶接による接合方法について若干検討を加える。溶接に関しては、現在までに表2に示すように、種々の実験が宇宙においてなされている。その結果からも、電子ビーム溶接の検討が数多くなされている事が分かる。

電子ビーム溶接は、高真空空間という作業環境と同時に、溶接部そのものの品質が他の方法に、比らべて優れている事に由来すると思われる。例えば、電子ビーム溶接は高密度エネルギー熱源であり、熔融金属及び熱影響部の幅が溶込み深さに対して狭く、変形量が非常に少ない。また、高融点の金属に対しても問題がない点等が上げられる。

今後も、溶接接合技術と粉末冶金技術の発展と共に、宇宙での開発研究が益々進展すると期待される。

図5 大型製品の製作の一手法
(焼結成型部品の組立て・接合)

挿入組立て (機械的結合)



組立て 溶接(電子ビーム)

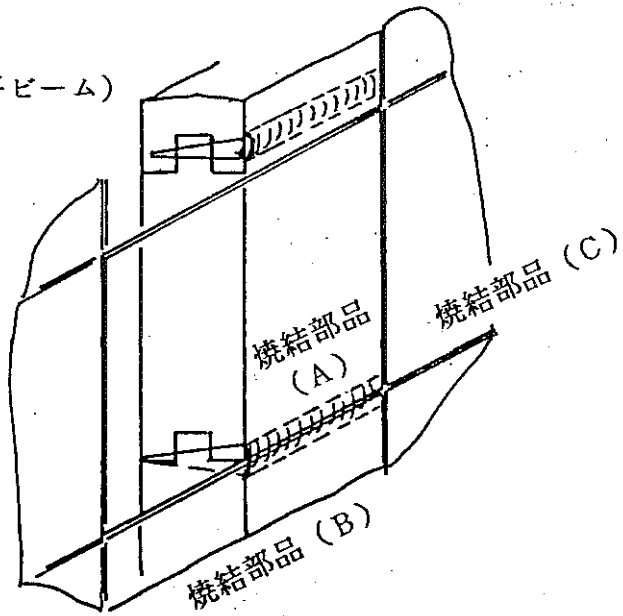


表 2

各種接合に関する宇宙実験研究 (公表数)

方法	国 名				合計
	米国	ソ連	欧州	不明	
電子ビーム溶接	20 (4)	8 (9)	1	1 (1)	30 (14)
消耗電極溶接	(1)	1 (7)	(1)		1 (9)
プラズマ溶接	(1)	(7)			(8)
冷間(COLD)溶接	7 (1)			1 (1)	7 (2)
太陽(SOLAR)溶接	(1)	2 (1)			1 (3)
爆発圧接	2				2
拡散溶接		1			1
ロウ付け	6 (3)	(2)	9(4)	(1)	15 (10)
その他(溶接)	1 (1)		1	(1)	2 (2)
溶接一般 [△]	11	26	11	1	49
合 計	47	38	22	3	110

() : 溶接一般[△]に含まれる研究

6 おわりに

地上において、我々が現在活用している技術及び知識をベースにして検討した結果、月面での金属製品の生産手法として、粉末冶金の適用を提案した。

実際に人類が月面で生産活動を開始した際には、予期せぬ現象、環境条件により、新プロセスが考案されることは大いにあり得ることである。逆に、この技術が地球上の生産手法を根底から覆し、生産性、品質向上が促進されるといったブーメラン効果が期待される。更に、月面工場が地球上では生産出来ない製品の供給地として、重要な役割を果たすことも夢ではないだろう。

最後に、今回このような発表の機会を与えて戴いた宇宙開発事業団殿に対しまして厚くお礼申し上げます。

(本稿は、昭和63年 6月 1日～ 3日、筑波研究交流センターで開催された「将来の宇宙活動ワークショップ」、セッション1C「月面での製造」において発表された論文をワークショップ事務局の了承を得て転載した。)

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

エレクトロニクス技術の著しい進歩により、システム構成は変わりつつある。システムは、益々コンピュータ化し、ロボット化してくる。システムが複雑になればなるほど、この傾向は強まる。人間はもはや人間・機械系において、操作者 (Operator) としてではなく、管理者 (Manager) または意志決定者 (Decisionmaker) としての役割を担うことになる。

管理者または意志決定者として人間・機械系に組み込まれた人間は、システムにおいてさまざまな情報を受容、知覚し、判断を下すといった、一連の情報処理を行うことになる。この情報処理過程における人間の特性を十分理解した上で、システムを設計しなければならない。ワークステーションのような高度な情報処理システムを設計する場合はなおさらである。

人間がどのように外界の情報を受容、知覚しているのかについては、本シリーズの2回及び3回で述べた。今回は、それらの情報をどのように記憶しているのかについて、人間工学的な観点から述べることにする。

II. 記憶モデル

記憶とは、新しい情報または経験を取入れ (記録)、ある期間覚え (保持)、必要なとき思い出す (想起) ことである。

記憶のメカニズムを図式化すると、Fig.1 のように表わすことができる。図に示したように、記憶システムは、一般に、「感覚記憶」、「短期記憶」及び「長期記憶」の3つのサブシステムから構成され、それぞれ重要な役割を果たしている。

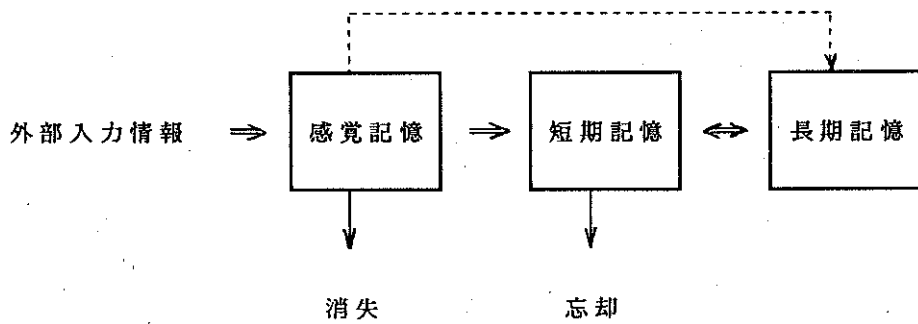


Fig.1 記憶システムの構造

1. 感覚記憶

目、耳等の感覚器官が情報を受容し、そのイメージを保持する機能を感覚記憶または感覚貯蔵という。

感覚器官が情報を記憶するとは、どういうことなのか。おそらくピンとこないであろう。

人差指を一本立て、目の前で左右に激しく動かしてみしてほしい。実際に動いている指の他に、ぼんやりと別の指の像が見える。これが、視覚における感覚記憶、すなわちアイコニックメモリ (Iconic memory) である。この現象は、視覚器官が視覚情報を、ある一定時間残像として保持しているために起る。その保持時間は、非常に短く、せいぜい約250 msecである。

このアイコニックメモリの働きにより、映画やアニメーションは動いて見える。もし、アイコニックメモリが存在しなければ、物理的な刺激の消失とともに情報のイメージも消失してしまう。そうすると知覚的な連続性が失われ、一コマ一コマの絵が見えるだけで、映画やアニメーションは紙芝居的なものになってしまう。

感覚記憶は視覚のみに存在するのではない。聴覚、触覚、味覚及び嗅覚にも存在する。特に、聴覚におけるこのような現象は、アイコニックメモリに対比するものとして、エコイックメモリ (Echoic memory) と呼ばれる。

視覚的な情報を次々に提示する場合、その提示時間があまりにも速すぎると、前の情報が残像として残ってしまい、情報を読み取ることができない。また、情報をアニメーション的に提示したい場合は、その提示感覚を250msec以下にしなければ、そのように見えない。

2. 短期記憶

感覚記憶で記憶された情報は、次に短期記憶に送られる。短期記憶は名前の通り情報を一時的に記憶するところである。

短期記憶が情報を保持できる容量には限界がある。一般に、人間が短期記憶で保持できる容量は、項目数にして7項目程度といわれる。これを「マジカルナンバー7±2」と呼ぶ。

東京等の大都市圏の電話番号は、市外局番を除けば、7つの数字で構成されている。

これは、人間が短期記憶に保持できる限界である。

短期記憶の記憶容量は不変である。ただし、絶対的な情報量は増やすことができないが、見かけ上の情報量を増やすことができる。

例えば、「は、き、な、あ、つ、る」という6つの文字があるとする。これを短期記憶に保持すると6項目を記憶することになり、あと1つの文字しか記憶できないことになる。これらの文字を2つずつまとめて、「はる、なつ、あき」として提示して短期記憶に保持したとする。このようにまとめることを、チャンクという。チャンクにまとめると、提示した情報が6文字であっても、短期記憶では3項目として保持される。したがって、あと4項目記憶できることになる。さらに、「く、ふ、う、ら、も、ゆ、そ、み」の8文字を、「ふゆ、くも、そら、うみ」のようにチャンクを作って情報を保持すれば、先の3項目に加えて、合計7チャンクを保持したことになる。文字数に換算すれば、14文字を記憶したことになる。ただし、このチャンクにも限界があり、 7 ± 2 チャンクである。

短期記憶における容量の限界は、視覚的、聴覚的またはそれらを組み合わせて提示しても、 7 ± 2 である。したがって、一度に提示する情報量は、項目数にして 7 ± 2 の原則を守らなければならない。それ以上の情報を提示しても、人間は記憶することができない。ただし、チャンクの考えにもとづいて情報の提示の仕方または保持の仕方を工夫すれば、ある程度まで見かけ上の記憶容量を増やすことができる。

情報の保持時間にも限界があり、最大約20秒である。それ以上の時間人間に情報を保持させる必要がある場合には、情報提示後少なくとも20秒以内に再提示しなければ、その情報は忘れ去られてしまう。

3. 長期記憶

短期記憶に保持された情報は、時間とともに消失してしまう。そこで、必要な情報をいつまでも保持でき、必要なときに想起するための機能が必要である。この機能を担っているのが、長期記憶である。

外部からの入力情報は、まず、感覚記憶に入り、そこで大部分の情報が消失する。次に、短期記憶に転送され、一時的に情報を保持する。そして最後まで忘れ去られずに残った情報が、長期記憶に転送されて、ほぼ永久的に記憶される。

この長期記憶があるからこそ、人間は過去において学習した経験を忘れないで日常生活を送ることができるのである。

Ⅲ. 忘却

感覚記憶における忘却は、忘却というより物理的エネルギーの消失といった方が適切である。視覚器官が情報を保持できるのは、約250msecである。これは、情報刺激が網膜に到達し、視覚を司る脳に送られるまでの応答時間とほぼ一致する。

なぜ短期記憶で保持された記憶情報が、忘れ去られてしまうのであろうか。これには、2つの有力な説がある。

その一つは、「干渉説」である。先に述べたように、短期記憶の容量には限界がある。その容量は、マジカルナンバー 7 ± 2 で表わすことができる。したがって、7項目の情報を短期記憶に保持すれば、記憶容量の全てを使用したことになる。さらに新しい情報を記憶しようとするれば、ここで古い記憶と新しい記憶が相互に干渉して忘却が起る。このように考えるのが干渉説である。

干渉の仕方には2通りある。先に記憶した古い記憶が干渉して、もう新しい情報を取り入れることができない場合を「順向性抑制」という。逆に、新しい項目が記憶容量の一部を占有して、その結果、古い項目が記憶容量からはみ出してしまう場合を「逆行性抑制」という。

忘却のメカニズムを説明するもう一つの説は、「減衰説」である。簡単に言えば、記憶した情報は、長く保存されればされるほど記憶が薄れ、時間がたてば自然に忘れ去られてしまう、という考えである。

記憶の忘却説として、干渉説と減衰説を述べたが、どちらの説が正しいかを立証するのは難しい。おそらく、ある場合には干渉説が、また、ある場合には減衰説が忘却に関与していると思われる。

人間・機械系設計において、人間は忘却する動物であるということを忘れてはならない。この原則を忘れた場合、人間に過度な記憶能力を要求し、結果的にミスを引き起こすことになる。

Ⅳ. リハーサル

電話番号を覚える場合、何度も復唱しているうちに、ついには復唱しなくても電話番号を想起することができるようになる。これは、短期記憶に保持されていた情報が、長期記憶へと転送されたことを意味する。この復唱をリハーサルと呼ぶ。

リハーサルには2つの形態がある。それは、「維持リハーサル」と「統合リハーサル」である。

維持リハーサルは、情報を短期記憶に保持させるためのものである。何度も復唱することにより同じ情報を短期記憶に再入力し、時間とともに記憶が薄れるのを防いでいる。維持リハーサルを行っている限り情報はいつまでも保持される。しかしながら、維持リハーサルにも限界がある。先に述べたとおり、情報を短期記憶で保持できる時間は、せいぜい20秒程度である。したがって、リハーサルにそれ以上の時間を要する場合には、それ以後の情報はリハーサルする前に忘れ去られてしまう。あまりリハーサルの項目が多いと、すべてリハーサルするだけの時間的余裕がなくなる。維持リハーサルが有効だからといって、人間にあまり多くの情報を保持させてはならない。その限界は約20秒以内である。

もう一方のリハーサル様式は、統合リハーサルである。これは、情報を体制化して、その情報を効率よく長期記憶へ転送及び長期記憶からの想起を可能にするために行われる。

体制化とは、すなわち広い意味での記憶術である。効果的な体制化が行われれば、正確かつ効率よく情報の保持及び想起ができる。

一般的な体制化の方法として、「カテゴリー群化」と「主観的体制化」がある。

カテゴリー群化は、情報に共通した属性（形、意味等）を見だし、その属性にあてはめて情報の保持及び想起を行うことである。例えば、りんご、みかん、バナナ等は果物のグループとして分類され、記憶される。

車、象、照明、家、靴といった相互に関係ない項目を提示すると、カテゴリー群化を行うことができない。ところが、何度も繰り返してリハーサルしているうちに、ある法則にもとづいて正確に再生できるようになる。これは、自分で再生し易いような法則を見だして、情報を保持するからである。これを主観的体制化という。

情報は、体制化し易いように工夫して提示するなどの配慮が必要である。体制化がうまくできれば、人間は効果的にかつ正確に情報を保持及び想起することができ、結

果的に記憶ミスを防げる。

V. 再生と再認

記憶の過程は、記名、保持、想起に分類できる。想起の仕方は、「再生」と「再認」2通りある。同じ記憶したものを想起する活動でも、再生と再認では異なる。

再生は、記憶したことをそっくりそのまま想起することである。一方、再認とはある事象を見て、これはすでに見たことがある、あるいは経験したことがある、と判断することである。作業としては、再生の方が難しい。

例えば、難しい漢字「驢馬」という字を書いて下さい、というのが再生で、「驢馬」は、なんと読みますか、というのが再認である。ワープロの普及とともに、漢字を書くことが少なくなる傾向である。読むことはできるが、正しく書くことができない。これから益々そんな人が増えてくるであろう。

VI. 記憶のあいまいさ

視覚的に提示された情報は、必ずしも提示されたままの形で記憶されるのではない。「あ」とか「い」とかいった文字であれば、音声として聴覚的に符号化され保持される。本を黙読する場合、文字を心の中で声を出して読んでいることに気づく。これは、すなわち、視覚的な情報を記憶するために、聴覚的に符号化しているのである。

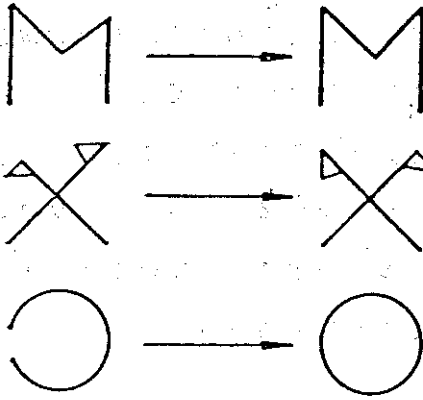
ただし、図形のように形や位置が関係する空間的情報は、視覚的に保存される。

視覚的な符号化により保持されている情報は、視覚的な活動の影響を受ける。また、聴覚的な符号化によって保持されている情報は、聴覚的な活動の影響を受ける。CRTに提示された情報を保持しているときに、別の視覚的な活動（例えば、探し物をする）を行うと、間違っただけで記憶したり、忘れてしまったりする。

人間の記憶ほどあてにならないものはない。例えば、Fig.2 (a) に示すような図形を記憶させて、数日後に再生させると、Fig.2 (b) のように変わってしまう。これは、人間が情報を長期記憶に保持する際に、記憶の効率化を図るため、覚え易いように何らかの情報の体制化を行っているからである。体制化は、情報の保持ばかりでなく、再生する際にも効率的に働く。効果的に情報を保持するために、人間は情報をそのまま保持するのではなく、ある枠組みにもとづいて、この体制化を行っている。しかし

原図

再生図



(a)

(b)

Fig.2 再生図形の変容

ながら、この体制化がくせ者なのである。一般に、複雑なもの、新しい情報を記憶する場合、人間は自分にとって慣れたものに置き換えて覚える傾向がある。また、つじつまが合わなければ、つじつまを合わせて覚えようとする。そこに記憶違いという落とし穴がある。体制化は、その人の生活背景、文化、経験等によって異なる。

システムにおいて、人間の記憶に依存しなければならない場合は、以上に述べた特性を設計に考慮しなければならない。視覚的な情報を保持している場合は、人間に視覚的な活動を行わせることは避けるべきである。また、聴覚的な情報を保持している場合には、聴覚的な活動をさせてはならない。どうしても同時に2つの作業を行う必要がある場合には、視覚的な情報を保持する際には、聴覚的作業を、聴覚的な情報を記憶する際には、視覚的な作業を組み合わせる、といった配慮を必要とする。

情報を恒常的に記憶させる場合には、その体制化に十分配慮しなければならない。生活背景、文化、経験等の個人差をできるだけ排除して記憶の体制化が行えるように設計する必要がある。

お詫びと訂正

前回（第三回）において一部間違いがありました。ここにお詫びするとともに、次のように訂正致します（P92,上6行目ー同9行目）。

Fig. 3にソンとフォンの関係を示した。この図を見ると、ソン尺度では、0.1ソンから1.0ソンへと音の大きさが100倍になっても、フォン尺度では、20フォンから40フォンへと、音の大きさは10倍にしかならない。このように、物理的な音の大きさと心理的な音の大きさはかなりことなる。

訂正文

Fig. 3にソンとフォンの関係を示した。この図を見ると、ソン尺度では、0.1ソンから1.0ソンへと音の大きさが10倍であっても、フォン尺度では、20フォンから40フォンへと、20フォン増加することにより、音の大きさは100倍にもなる。このように、物理的な音の大きさと心理的な音の大きさはかなりことなる。

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) 人間の記憶－認知心理学入門－：大村彰道訳、東京大学出版会、1980.
- 4) 実験心理学：大山 正偏、東京大学出版会、1984.
- 5) 記憶とは何か：相良守次、岩波新書、1950.
- 6) 記憶のメカニズム：高木貞敬、岩波新書、1976.
- 7) 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.

***** IASAニュース*****

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. 2-21-144

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、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 ***

天候不順であった今年の夏も終わり秋風が吹く時節となりました。長かった梅雨、毎年のように繰り返される梅雨末期の集中豪雨。そして、日照りの少ない夏。これらは、ジェット気流のちょっとした変動が原因らしい。我々人類は宇宙にまで手をのぼそうとしている今日、こういう自然のちょっとした気まぐれにも右往左往し、その根源である生命の安全すら脅かされながら為す術もなく手をこまねいていなければならないこの現状。巨大技術開発と、庶民の日常の平穏な生活の確保のための技術。我々人類は何を知り、何を知らないか。宇宙へかける夢の合間に、ちょっと振り返る必要もあるのではないか。それが、宇宙開発を社会現象の次元にまで高め、しっかりとした足場を社会の中に築いていく地道な努力に結びつくのではないのでしょうか。

(長)

宇宙先端	第4巻 第5号	頒価 1000 円
昭和63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。