

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

VOL. 2 NO. 2 MAR. 1986

IN THIS ISSUE,

CHALLENGER EXPLODES	17	
SHUTTLE POPULARIZATION	T. IWATA	28
PARTS FOR SPACE USE	M. SIMODAIRA	31
HI-TEC PENSEE (1)	S. MORIMOTO	44

宇宙先端

宇宙先端活動研究会誌

編集局

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 0298-51-2271 EX 341

編集局長

長谷川 秀夫 TEL 03-435-6280

編集局長代理

斉藤 雅宏 TEL 03-435-6130

編集顧問

久保園 晃 宇宙開発事業団調査国際部長
長友 信人 宇宙科学研究所教授
中山 勝矢 電子技術総合研究所極限技術部長
土屋 清 千葉大学工学部教授
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

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 岩田 勉 宇田 宏 菊池 博
五代 富文 竹中 幸彦 樋口 清司 森本 盛

目次

1 . シャトル爆発は何を意味するか	17
2 . シャトルは日常になりうるか	28
3 . 宇宙部品とその開発	31
4 . ハイテク パンセ(1)	44

(次回予告)

- 1 . 月・惑星開発と新しい機械系の概念
- 2 . 太陽発電衛星実験について
- 3 . 21世紀の宇宙輸送系
- 4 . ハイテク パンセ(2)
- 5 . その他

シャトル爆発は何を意味するか

1月28日、スペースシャトル、チャレンジャー号はケネディー宇宙センター上空で空中爆発した。この乗員7名が死亡した事故は、テレビ画面によって世界中に報道された。本誌は、会員がこの衝撃的事件をどう受けとめたかを記録に留めるため、会員各位からコメントを求めたので、以下に掲載する。(順不同)

五代富文

スペースシャトル、チャレンジャー号の事故の原因は、固体のロケットブースターに焦点が絞られてはいるが、不具合続きの液体ロケットが元凶であったとしても何ら不思議はなかった。前から言われていることではあるが、新しい大規模システムを開発する際の強さと、生産・運用に入った後のワークマンシップの低さがアメリカでは同居していることを今回の大事故はまざまざと見せつけた。

今回の事故によって、アメリカの宇宙輸送システムとして過渡的で不完全な現スペースシャトル一辺倒でなく、無人使い捨て型のロケットの見直しとより進んだ形のスペースシャトルの開発という二本立てで進むであろう。

1985年2月から26ヶ月に渡る宇宙輸送系の将来構想の研究が、国防総省/NASA合同チームを中心としてアメリカで大規模に行われている。そしてレーガン大統領年頭教書で研究ゴーを表明した「オリेंटエクスプレス」は、一見旅客機ではあるが、その実体は国防総省主導のHOTOL(水平離着陸型再使用ロケットの略で、イギリスのロケットの固有名詞ではない。)であり、SDIの一環としてアメリカもいよいよ次世代のスペースシャトルに乗り出したということである。

今回のチャレンジャー号の事故によって、日本の宇宙開発のうちでスペースシャトルを使用する諸計画への影響がある程度生じるのは確かなことであろうが、宇宙のマイクログラビティ環境などを産業的に利用するという長期的な方向は何ら変わることはない。人類に残された宇宙という資源を活用できる見通しが得られてきた現在、それを逆行させることはありえないからだ。いわんや、日本独自のロケット、人工衛星、さらに、スペースプレーンの開発や研究はこの事故によって遅れるどころか、むしろ、他国に頼るだけでなく自分の力でインフラストラクチャー構築は進めねばならないということが重要視されるであろうし、またそのように推進する必要もある。

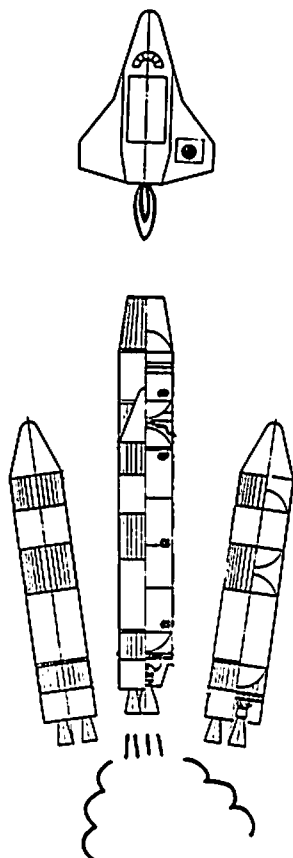
勿論、このような大事故はいろいろな教訓を我々に与える。当然のことながら、ロケットは危険と背中合わせであることの謙虚な認識を忘れてはならない。日本においては無人方式と有人方式、使い捨て方式と再使用型宇宙輸送システムの効率的な使い分けが一層議論されよう。

また、一般的にいえば、宇宙飛行システムのような巨大プロジェクトを進めるには日本の総力を結集できるような体制と計画立案、先行的な基礎研究、性能・信頼性・コストを同時に成立させるような合理的な設計、十分な解析と試験、徹底した品質管理と総合的なプロジェクト管理を進める重要性が再認識される。

世界レベルに肩を並べる日本の無人使い捨て型ロケットと大容量の静止衛星の技術は、H-IIロケットとそれに載せる2トン級の技術試験衛星VI型で、それぞれ昭和67年には確立できるだろう。

H-IIロケットは、10ないし15トン程度の小型スペースプレーンを低軌道に乗せるほどの打上げ能力を持つ。小型スペースプレーンの研究も、今や完全再使用型スペースシャトルへの途中のステップとして、また、ある程度宇宙産業に対応できることを目標に、一層の技術的検討を進めると共に国民の共感・支援が得られるよう努力しなければならない。

(宇宙開発事業団 H-IIロケットグループ)



1月28日（現地時間）のスペースシャトル、チャレンジャー爆発事故は、我々、宇宙開発に携わる者にも、大きな衝撃を与えた。20回以上の実用飛行の成功を誇り、開発は完了していたはずのシャトルが何故爆発したのか？

宇宙機器の開発に当っては、実飛行状態を想定し、入念な地上試験が実施される。液体ロケットエンジンでは、300回以上もの燃焼試験が繰り返される（固体ロケットの試験回数は、はるかに少ないようであるが）。しかしながら、地上試験で、実飛行状態の全てを模擬する事は、技術的にも費用的にも不可能である。必然的に、実飛行試験により確認せざるをえない項目がいくつか残る。これらは2～3回の試験飛行で確認する事になる。

通常の航空機の場合を考えると、初飛行後数年間、数百回の試験飛行を経て、型式証明を取得し実用化されるのが普通である。しかも、飛行後に機体の全てを回収できる航空機と、ほとんど回収できないロケットを比較すれば、試験飛行で取得できるデータの質・量ともに差があると考えねばならない。この差と試験飛行回数の差を考慮すれば、航空機とロケットとでは試験飛行による実証の方法に差がある事を認めざるをえない。

数百回の試験飛行を経て、ロケットを実用化する事は、現実では費用的にも時間的にも不可能である。数回の試験飛行後、有償ペイロードを搭載するのも止むをえないと思う。

しかしながら、ここで忘れてはならない事は、数回の試験飛行成功で、ロケットの開発が全て完了したと考える危険性である。試験飛行では未だ開発の一過程でしかない。その後の各飛行で十分なテレメータデータを取得し、データの分析と設計への反映を続けていかなければならない。こうすることにより、より信頼性の高いロケットが開発される。認定試験の完了と、試験飛行の成功は決して本当の意味での開発完了を意味していない事を改めて痛感させられた次第である。

（三菱重工業 液体ロケットエンジン課）

長友信人

これは失敗ではなくて事故だと思います。先駆的な巨大プロジェクトの難かしさを意味しているのではないのでしょうか。

(宇宙科学研究所教授)

久保園 晃

1月29日 01:50頃、NASA ワシントン駐在員からの自宅への電話で叩き起された…。

「部長ですか。STS 51-L チャレンジャ号が爆発しました!…」

「地上でか? 空中でか?」

「空中です。今日1月28日予定より2時間ほど遅れて11:38 (EST) リフトオフしたが、約1分半後空中爆発です!」

「これは一大事だ! すぐ国内で対応するのでフォローアップ頼む。」

「了解!」。

早速、科学技術庁、NASA 関係者の自宅へ電話連絡し、FEN とCNN 系TVのチャンネルのスイッチを入れた。まぎれもなく空中爆発だ。しかもSRB 燃焼終了前の上昇中のことではないか。しかもNASAの公表していたあのミッション・アポートの始められる前ではないか。一瞬、全乗組員7名全員死亡、虎の子の現用オービタ4機中1機損失、原因は? 今後のSTS 打上げ予定は? FMPTの予定は? 宇宙基地計画は? FY 1987米宇宙予算教書は? 米国内外の反応は? と頭がぐるぐると回った。その後は、プレス等からの電話問い合わせに対応しつつ、寒い暗闇の戸外へ出て一路本社へ向った。本社到着後のNASA 対応、米国(大統領、議会、NASA、DOD、学校、プレス等)、欧州、ソ連、中国、そして日本政府などの対応は報道通りであり、宇宙関係者を問わず、この事故は、宇宙開発有史以来の大事件と相成った。

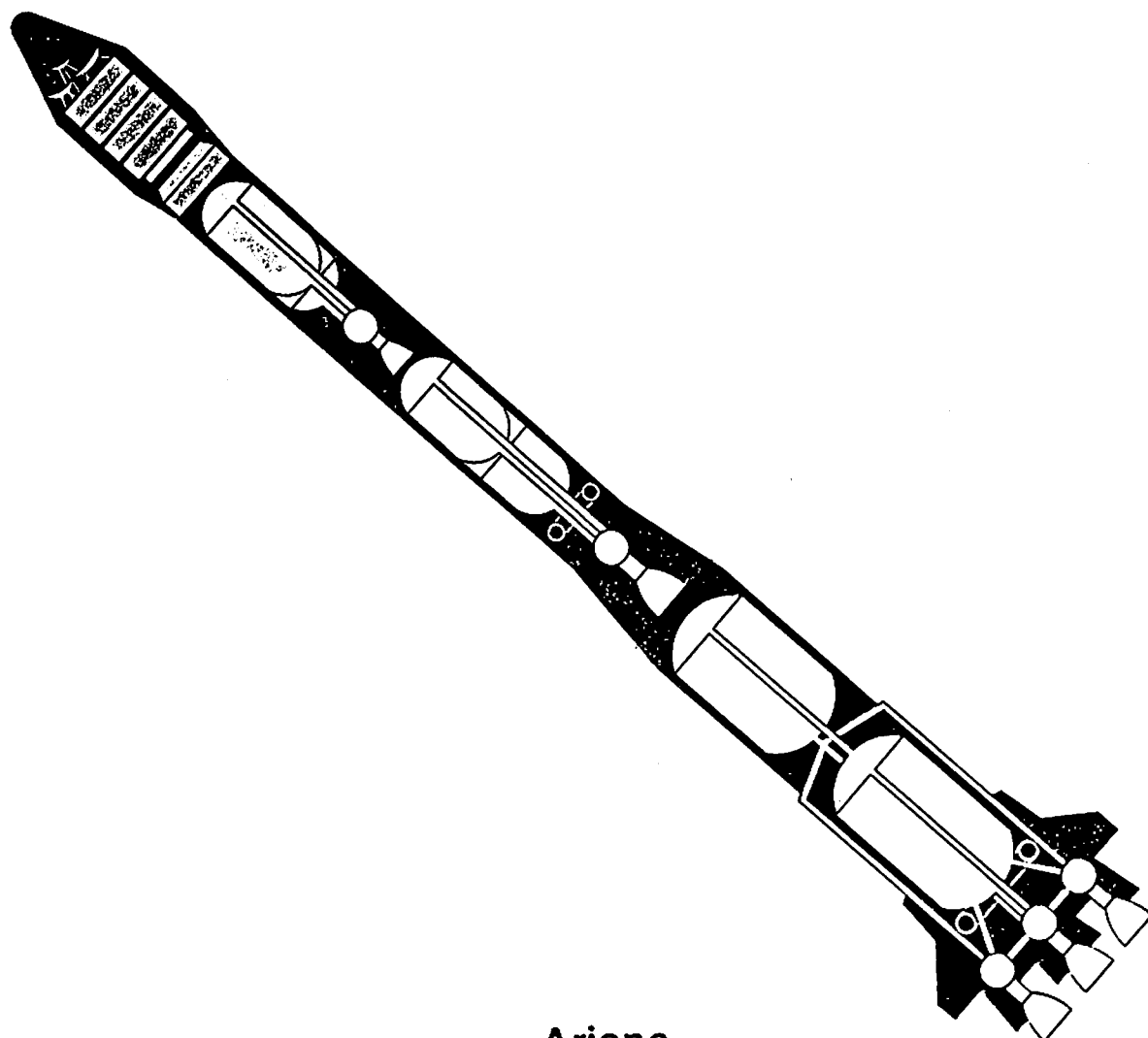
前置きが長くなったが、ここで主題について私見を述べさせて戴きたい(順不同) …。

- 宇宙に全く関心のなかった人々（STS そのものの存在を始めて知った人もいた。）及び若干関心のあった人々に対して、宇宙開発活動の存在・意義を認識して貰ったこと。つまり、この種のハイテク分野にはリスクが当然なので、将来への人類生活向上への貢献手段としての宇宙開発を、死かばねを越えてもやるべきだという人々の声が出てきたことは、メリットの大きな一つとみたい。
- 反面、宇宙開発反対論者は、この事故を格好の攻撃材料として、自由勝手な反論を述べたが、これらは前記の声に押されてか、大したインパクトはなかったとみる。
- レーガン大統領、NASA及びプロ・スペース側は、いち早く、STS 計画は勿論のこと宇宙基地計画もほぼ予定通り続行すること、更にはエアロスペースプレーンをも新しい計画として進めたいことを、レーガンは、強いアメリカのフロンティア精神の現れとして1987年度年頭教書で世界に示したこと、これらレーガンの気持は、今回の事故を踏み台にした彼一流のスタンドプレイと見る向きもあるようだが、我々日本人社会風土には見られないさすがヤンキー魂であるとみたい。
- その後の米大統領事故調査委員会、NASA暫定事故調査委員会（その後、51-Lデザイン・データ分析タスクフォースと改名）及び米議会での活動を知るにつれ、NASAの開発マネジメント責任などが非難され始めて、宇宙飛行局長が更迭されたりしているが、これらについても決してひとつごとではなく、我々日本も含めた世界の宇宙開発関係機関の現在の計画、管理などに対する天からの警鐘と見たい。決して他人事ではなく、これを他山の石として、今回の事故そのもの及びインパクトに対して、謙虚に我々自身を反省してみる必要が大いにある。
- 今回事故のあと、中国の静止実験通信衛星2号が長征3号ロケットで(2月1日)、放送衛星2号(BS-2b)がN-IIロケットで(2月12日)、ソ連の新しい宇宙ステーション“ミール”が(2月20日、打上げロケット不明)、そしてアリアン1型(最終分)でスポット及びバイキング衛星が(2月22日)、次々と各射場から成功裡に打上げられた。これらは、51-L事故を教訓として何れも慎重な準備作業の下に行われた筈であるが、各々各機関の責任者、特に打上げ責任者の並々ならぬ苦慮があったものとみたい。特に、今回のアリアン(V-16)の打上げ成功は、昨秋の当初予定よりロケット側のトラブルで遅れに遅れた上、今回の51-L事故に伴うシャトル打上げの一時ストップ処置を蒙ったユーザー側の最大の関心事であっただけに、今後、ユー

ザー乗り換え、新規参加などで、密かな激しい衛星ユーザー獲得合戦に拍車をかけてしまった。

今後ますます国際的競合と協力の拍車をかけることになるが、これには自分の技術力(R&QA、安全性を含む)、そして経済性(打上げコスト)がものをいうのだ。肝に銘じ、着実に進みたい。

(宇宙開発事業団 調査国際部)



Ariane

重大な悲劇であるが、人類の性であり不可避であり、厳粛にとらえるべき過程であると感じる。以下に個人的雑感を三つ。

④学生時代からやっていた山登りの中で失った友を思い出した。彼らは無念であったろう。しかし、同情はしてはいけないと思ったものだ。何故なら彼らは好んで山に登ったのであり、自分の選択でそれを選んだ。シャトルに乗るということ、そして宇宙に出ていこうとする人類全体の心の流れは規模は違うが我々の山に行く心と相似形だという実感がある。

⑤偶々、米国西海岸のカーラジオでシャトルの爆発を聞いた。オフィスに着くと、いつも明るいカリフォルニアガールの秘書がふるえていた。アメリカ人にとって本当にショックだったようだ。しかし、あの事故を『フロンティアにおける貴い犠牲を無にしてはいけない。』と位置付ける彼らの政府のスタンスはとても素直に受け入れられていたようだ。まだこの国は、フロンティアスピリットを失っていないと思った。

⑥さて、私のビジネスは衛星を上げて通信サービスを皆さんに提供することだ。輸送機の信頼性の低下はそのまま事業収入予測に響く。今回のシャトルの事故の商業ビジネスへの影響は結論としてマイナーなものであろう。保険面から見れば、今回のフライトは付保されていなかったため、Capacityには影響無し。但し、今後の保険料率の交渉にはマイナスとなろう。

一方、事業主体者たらんとする組織にとっては巨大システムのバグ出しの一過程と見ているようだ。

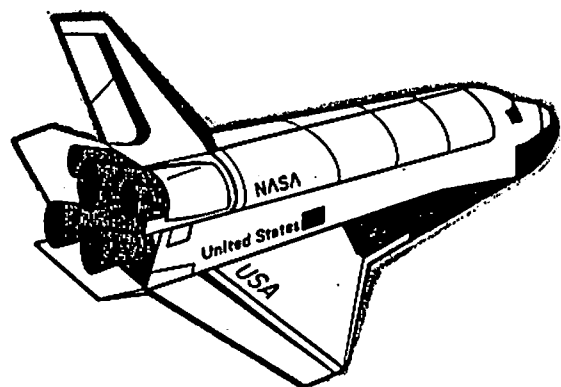
真実は時が語ろう。今は、各方面の意見、動き、影響を把握し（今回の宇宙先端の企画は、その点で大変参考になる。）、ビジネス面の処置と個人としての心の流れを正確にコントロールしていきたい。

（宇宙通信株式会社 企画本部 企画第一課）

今から25年程前、あのジョンFケネディー大統領が、アメリカは1960年代に月面に人間を着陸させるであろうとぶちあげ、1969年7月20日、アームストロングとオルドリッが、世界の人々が注目する中、人類の大いなる第一歩を月面に記し、世界中がこの成功に熱狂した。その後10人の宇宙飛行士が月面に足跡を残して1972年12月7日、17号の着水帰還をもってアポロ計画は数々のドラマと議論を残して終了した。

信頼度シックス・ナインという言葉は、このアポロ計画時代に言い古された言葉である。アメリカがアポロ計画を成功させた原動力は、この信頼度という数字に裏打ちされたシステム工学によることが大であると言われてきた。アポロ計画の輸送系、サターンV型ロケットの部品点数は、500万個にも達する。この部品の信頼度要求が99.9999%（故障率10の6乗分の1以下）ということであるが、それでも10個程度の故障を予期しなければならないのである。この高い信頼度要求は、人間が宇宙を確実にかつ安全に往復するために考え出された物差しである。この信頼度を達成するため、NASAは開発のピーク時には年間50億ドル（約1兆円）を越える研究開発費を投入して来たが、アポロ終了以降は年間20億ドル前後で、今月まで推移して来ている。

1972年1月5日、ニクソン大統領が現在のスペースシャトル計画の承認を発表するまでの間、NASAは研究開発機関であるNASA自身の存亡を賭けて奔走した。アポロ以降培って来た有人飛行技術、整備して来た有人用研究試験設備、育成して来た多数の研究者、技術者、企業等をできるだけ維持し、かつ開発要素の多いミッションを企画立案するたびに、重大な問題となったのは、研究開発費であった。1969年にポストアポロとしてNASAが発表した宇宙計画は、有人宇宙基地と抱き合わせの二段式のスペースシャトル計画であった。しかも、宇宙基地が究極の目的であり、スペースシャトルは目的達成のための単なる輸送手段であった。ところがこの時、アメリカは54万人に及ぶ米軍をベトナムに駐留させており、アメリカの財政事情はこのNASAの提案をそのまま受け



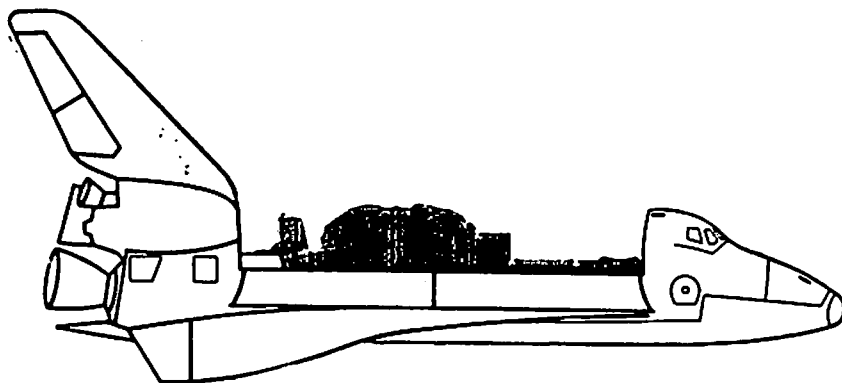
入れるだけの余裕を最早や持ち合わせていなかった。ホワイトハウス及び行政管理予算局(OMB)のコンセンサスを得られることができなかったNASAは、段階的な妥協を強いられ、先ず、宇宙基地計画を放棄し、更に、二段階シャトルを諦め、総額約50億ドルの開発予算を20%以上うわ回らずに計画を成功させることを条件に現在のシャトル計画を難産の末誕生させたのであった。以来、NASAは、ただでさえ膨張していく経費を切り詰めながら開発を進めるはめになった。このしわ寄せはシャトル自身の開発のみならず、シャトルの運用にも及んだものと推測することができる。米国コネチカット州ハートフォードのクーランド紙は、チャレンジャーは組み立てから打上げまでシャトル打上げ初期と比べ、1万8千項目もの点検事項を省略して発進させられていたと2月8日付き紙面で報じている。

信頼度要求シックス・ナイン、この概念は部品の偶発故障率を意味しており、特定できる問題がある場合には、全く意味をなさない。機械自身に問題がある場合は、勿論のこと、もしワークマンシップ(組み立て作業、打上げ作業等)、あるいは、意志決定プロセス(GO / NO GO判断等)に問題が特定できれば、最早や信頼度シックス・ナインは零に帰してしまうのである。

1986年1月28日午前11時38分(米国東部標準時)チャレンジャー号は発射台を離れた。マリーコフ先生の両親、多くの生徒達がかたずをのんで見守る中、シャトル・チャレンジャーは、永遠の宇宙旅行に旅立った。

この日、ワシントンでは午後7時から始まるレーガン大統領の一般教書発表の準備に大わらわであったと聞く。

(宇宙開発事業団 計画管理部)



「チャレンジャー」爆発事故のニュースは、私にも、ひととき大きな衝撃を与えた。

この「チャレンジャー」には、私の友人、宇宙飛行士エリソン・S・オニヅカ空軍中佐がミッション・スペシャリストとして搭乗していた。オニヅカ氏はハワイ生まれの日系三世、コロラド大学で航空宇宙工学の修士課程を修了。空軍のテストパイロット等を経て、1978年（昭和53年）に宇宙飛行士に選ばれた。そして、昭和58年6月、私が実行委員長をしていた日米協会主催「大スペースシャトル展」の開会式に、米国代表として出席のため来日された。氏来日に先立って、「この機会に自分のルーツを知りたい。」と望んでおられるのを聞いた私は、八方に手を尽して、氏の祖父母が福岡県浮羽町の出身であり、同地区に先祖の墓と菩提寺のあることをつきとめて、そこに案内した。

オニヅカ氏は、家族を伴って墓参され、「自分が今日あるのは、ひとえに御先祖のおかげ。」と頭を下げ、町をあげての歓迎に感謝された。また、地元の中学校で講演され、ある生徒が、「宇宙に行くのは怖くありませんか。」と質問したのに対して、「決して怖くありません。宇宙飛行士は常に危険に対して挑戦します。そのために十分に訓練しています。」と答えられた。そして帰米後、このような状況をNASAに対して詳しく報告された。

次に私がお会いしたのは、翌昭和59年9月初めヒューストンであったが、氏は数ヶ月後に予定されていた打上げに備えて、猛訓練の最中であった。私が、「緊急時には何を最優先されますか。」と尋ねると、氏は、ためらうことなく、「それはシャトル・オービターを守り抜くことです。」と言われたが、まさに、古武士の風格を偲ばせる言葉であった。このときの飛行は昭和60年1月に挙行されたが、軍事ミッションであったために全ては厚いベールに包まれたままであった。

次いで、昭和60年12月中旬、私は再びヒューストンでお目にかかったが、この時も氏としては二度目の宇宙飛行を一ヶ月余り後に控えた時期の対面となった。氏は、「今度は軍事ミッションではないので、宇宙から撮った日本や福岡の写真もお目にかかれるでしょう。」などと楽しく語られ、私も、「地球に帰還されたら4月頃にでも墓参りに訪ねて下さい。」と、その具体的な日取り等について、NASA本部と話し会を進めたのであった。ところが、その一ヶ月後に、あの悲惨な事故が発生した。今も、私の臉には、オニヅカ氏の風貌と思い出が烙きついてはなれない。衷心より哀悼の意を捧げる。

ところで、今回の事故の原因については、現在、大統領直属の調査委員会において徹底的な究明が行われているから、やがては、万全の対策が講ぜられることになるであろう。しかし、その過程においては、これまで良しとされていたことに対しても、改めて根本的に見直す必要を生ずるであろうから、スペースシャトルの飛行再開までにはかなりの日時を要するようと思われる。

いずれにせよ、今回の事故によって宇宙開発の進歩に多少のブレーキが掛かることは避けられない。しかし、長期的に見れば、むしろ今回を契機に改善が進み一段と飛躍発展するものと確信する。そして、そうなるように努力することこそ、悲劇の犠牲となられた方々の霊に報いる我々の責務であると考える。

それにしても、なお、私が秘かに憂えることは、「いつか、将来、もっと大きな事故が起るかもしれない」ことである。今このような発言をするのは、甚なはだ不謹慎のそしりを免れないことではあるが、人類の文明の進歩における必然的法則の一つとして、私はこのような心配を払拭し切れない。しかし、それが何だというのか。進歩は、そのような不安を乗り越え、恐れに打ち克ってこそ成し遂げられるものではないだろうか。これまでの、陸、海、空における進歩、発展。全てがそうであった。

(九州産業大学教授)

南木京子

湧いて出たのは気まずい感情だった。私の大部分は、宇宙開発は昔から捨てることなどできぬ人類の夢だと思っているが、軍事利用への無駄金使いだどこかで考えていることも確かだ。しばらく後者が前者に大きな顔をしていた。高温高压高速下で危険はつきものだ。地に縛られていた人類が自由度を一つ増やす。神への冒瀆だ、人類への警鐘だではすませてほしくない。宇宙への足がかり、宇宙に適應する物質は宇宙空間で創られると信じている。そのために今回での挫折は当然、早すぎる。

(主婦)

シャトルは日常になりうるか

岩田 勉

つい最近まで、宇宙飛行は夢のような話であり、せいぜい特殊な人がやっている特殊な実験だというのが、世間一般の認識であった。したがって、ロケットというものが、子供の漫画ではなく、時々、日本でも打ち上げられているらしいことは知っていても、それを、身近な、日常的なものと比較しようとする人はいなかった。スペースシャトルの飛行が、頻繁に新聞に登場するようになって、状況は変ってきた。人々は、スペースシャトルが旅客機と似たような乗物であることに気が付き始めた。

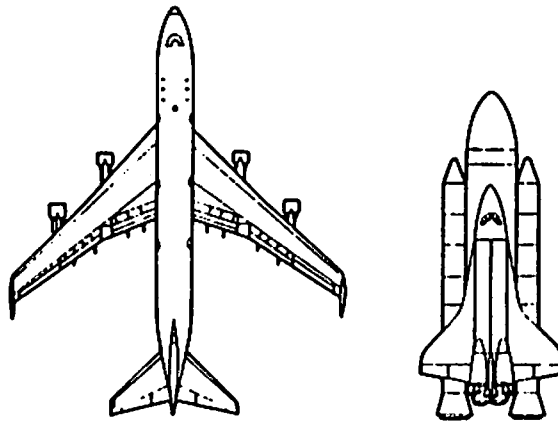
シャトルは、それが乗物だとすれば、巨大なものである。石油を運ぶタンカーが、容積、搭載量では、一番大きな乗物であろうが、推進エネルギーはそれ程大きいものではない。シャトルが巨大であるのは、それが凄い速さで真上に飛びあがるからである。人々は、そそり立つ燃料タンクの大きさと、ノズルから噴き出す火炎と轟音の凄じさによって、そのエネルギーの非日常的な大きさを感じとることができる。

ジェット旅客機が出現したとき、人々はその巨大な推進エネルギーに驚き、またジャンボジェット機ができたときは、その巨大な機体が空に浮かぶのを見て、さらに驚いた。しかし、ジャンボが毎日、飛ぶようになって人々の認識は日常的なものとなっていた。

墜落のような大惨事が起こったとき、人々は、『やはり、あの日常性の裏には非日常的な危険が隠れていたのか。実は、そういう気もしていたんだ。』などと言うが、結局はまた忘れてしまう。

シャトルの場合、人々がこれに慣れるという程毎日、飛んでいる訳ではない。乗物のようであって、化け物のように大きい。現代に数少ない非日常的な存在である。これが日常化される日がいつかは来るのであろうか。

表は、ジャンボとシャトルの比較である。かろうじて、日常性を獲得したジャンボと、非日常性の代表のようなシャトルとは、搭載可能な貨物重量、あるいは乗客数において似かよっているが、これを飛行させるに必要な燃料の量において、全く桁が違う。ジャンボの一飛行に要する100トンのケロシンに比べて、シャトル一飛行には



	ジャンボジェット (東京-NY)	スペースシャトル (地上-LEO)
機体重量	180トン	273トン
搭載重量	80トン	30トン
推進剤	ケロシン100トン	液体水素100トン 液体酸素600トン 固体推進剤 2本 各500トン 計1700トン
離陸時重量	360トン	2000トン
着陸時重量	260トン	90トン
客席定員	500人	100人
最大加速度	1G	3G
推力	80トン	3000トン
噴気速度	500m/s	3000m/s
噴気馬力	250KPS	60000KPS
馬力/搭載重量	2.5PS/kg	2000PS/kg
馬力/定員	500PS/人	600KPS/人
推進剤/搭載重量	1.25	57
推進剤/乗客	200kg/人	17000kg/人
石油消費量	150kl	30000kl

表 ジャンボとシャトル エネルギー消費の比較

、1700トンの固体推進剤、液体酸素および液体水素が必要である。また乗客一人あたりのエネルギー消費速度で見れば、ジャンボの500馬力に比べて、シャトルは60万馬力と鉄腕アトム以上である。

このようなエネルギー多消費型の乗物が毎日のように使われ出したら、地球上のエネルギーを使い果たしてしまうという感じがする。

シャトルの一回の飛行に要するエネルギーを石油に換算してみると、3万キロリットル程度と推算される。これに対しジャンボは、150キロリットル程度であるから確かにシャトルは凄い。ジャンボと同様に世界中の空港（宙港？）からシャトルが、毎時間、飛び立ったら、とんでもないことになる。

では、世界中の航空旅客が、一年間に消費する航空燃料と等量の石油を、シャトルの飛行に振り向けるとしよう。これでシャトルは年間千回、飛べる。一回に百人乗れるから、十万人が宇宙を飛行できる。宇宙観光の話をしているのではないが、宇宙基地、月面基地が発展する時代になれば、この位の交通量は必要であろう。このエネルギー量を生産するのに要する石油は全世界の石油消費量の約4%である。

月面基地の時代、21世紀ともなれば、宇宙空間で使う酸素は、月の珪酸塩を分解して生産するであろうし、地上から大気圏を上昇するときには空気吸入エンジンを使うであろうから、地上から積んでいく液体酸素の量は少なくなるであろう。液体酸素と空気と液体水素だけを燃料とする宇宙船ができるであろうから、消費する石油は、ずっと少なくなる。21世紀の宇宙船の有力候補の一つである単段の水平離着陸機について、これを試算して見よう。シャトルの二倍の貨物、乗客数をのせるとして、その燃料を製造するのに必要な石油は4千キロリットル程度となる。つまり毎年、十万人の人が宇宙飛行する程度であれば、全世界の石油消費量の0.3%しか必要としない。このような未来予測となると誤差は大きい。空気吸入エンジンがこれ程軽量になるのか。液体水素が量産されて低電力製造装置が開発されるのではないか。など、不確定要素が多いが、宇宙船のエネルギー効率が相当良くなることは確かであろう。

シャトルは日常の乗物になり得るか。あるいは、21世紀の省エネルギー宇宙船の実現を待たねばならないのか。日常的な人間の日常的な感覚がどこまでを許容するかが、それを決定する。

宇宙部品とその開発

下平 勝 幸

1. はじめに

人工衛星の開発経験は、また多くの問題解決の経験でもある。人工衛星初期の開発では許された重量内にどれだけの機能を搭載できるかの挑戦であった。そしてその機能の高度化を図りながら、不具合の原因追及と対策を対症的にあって来た段階を経て来た。開発のフェーズが進み、人工衛星の付加価値が増すにつれ小社会的機能の一部に組み入れられ、単なる技術開発でなく、社会生活に必須のシステムになり、機能障害が社会的損失を招くような立場となって来ている。このことは、現在の宇宙開発が、交通、通信の分野と同じように、障害防止の努力が重要な要件となって来ている。

人工衛星を構成しているのは多くのコンポーネントであり、コンポーネントは部品と加工した構成材料で組み上げられている。そして障害は、ハードウェアの機能の形で現われて来る。長い期間の軌道上での運用は、ハードウェアに多くのストレスを与え、正常限界の機能を外れて障害となる。ロケットの機器が打上げフェーズに耐えることが要求されるのに対し、人工衛星では、これを構成するハードウェア全てが、長時間異常の生じないように設計しなければならないという厳しい条件にある。

このような前提に立って、障害のない人工衛星を実現するために、何を考えなければならないのかをここで部品を中心に取上げてみた。

2. システム設計と部品の関係

システム、コンポーネントの設計とは、要求された機能を性能を創り上げていくことを意味し、設計時に入手できるハードウェア、部品を探し出して構築していくことが具体的作業である。従って、システム設計の立場からは、必要とする部品が全て揃っていることが望まれる。しかし一般的にはシステム設計で必要とする部品が十分そろっていないことにより制限される。即ちシステムに対する要求条件あるいは設計は、宇宙という環境、打上げ制限等の条件によって使用できる部品の種類が限定されて来ることから、設計の自由度は少なく、また低目に設定せざるを得ない。

同時にシステム開発を経済的に進めることも必須条件であり、過去に実績のあるハードウェアを使用したり、一般に量産されているものを流用したりすることも考慮するよう叫ばれる。新規性のある高機能ハードウェアは危険を伴ったり、また保証が高

価につく。また宇宙専用のものを準備することも当然高価になってしまう。市場に流れているものがそのまま宇宙用に転用できるならば問題は生じない。放射線、温度ストレス、小型、軽量要求等は、それ等を受け入れない最も大きい要素である。

どうしても相当部分の部品を宇宙用として準備するにしても、経済性を考慮すると品種を増すことは避けたい。システム、機器等の担当メーカーが夫々勝手に宇宙用部品を準備したのでは、これも不経済となる。そこで出来るだけ使用できる部品を制限し、その中でハードウェアを設計するよう考慮しなければならない。これを標準化といい、その部品の準備は、どのメーカーにも属さないよう中立的に行うことで、宇宙開発事業団の認定制度の存在意義がある。しかしこの標準化によって準備されたNASDA共通部品のみでハードウェアを設計することは出来ない。初めから標準化できないハードウェア、例えばモーター、高周波部品、特殊のコネクタ、水晶部品、巻線部品、油圧部品、燃焼用ハードウェア、アクチュエータの部品は、システム、サブシステム、構成等によって支配され、担当メーカーの加工技術、設計ノウハウによって自由に裁量され、標準化は無意味であると同時に逆に経済的でない。また非常に特殊な要求を達成するために、数は少なく、極めて高価に付いても高機能の特殊部品を採用しなければならない場合も出て来る。このように共通的に使用しない、特定メーカーまたは特殊用途の部品を非共通部品と呼び、夫々のメーカー、またはプロジェクトの責任に依存する部品も使用することを考えなければならない。

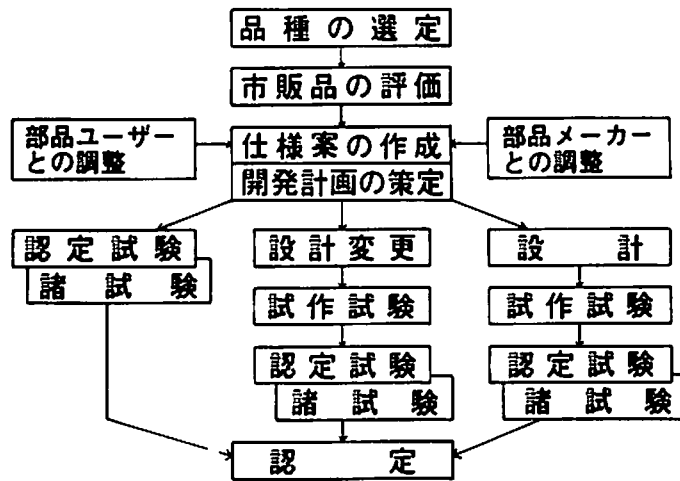
電子機器の技術水準は、日進月歩にある。宇宙機器もその進歩を無視して設計することは出来ない。常にその技術を取り入れていく必要がある。ハードウェアの設計者は、市場に出た新しい部品は直ぐ手に入るものとして設計に取り入れたがる。その部品を評価したところ宇宙環境に耐えることが分かれば、問題はない。あとは、欠陥のないことを確認することだけが残るだけである。もし放射線、温度ストレスに問題があれば、それに耐えるようその部品を改造するか、またはシールド等の保護をしなければならない。前者の処置には費用がかかるかまたは不可能であり、後者は、重量が重くなってしまう。システム開発から見て、費用または重量上の欠点があってもメリットが大きければ、このような部品も採用しなければならない。

以上、システムと部品の係わり合いを説明した。常にシステム検討及び設計に当たっては、費用と重量の制限の基で、使用できるまたは使用する部品を考慮しておくことが必要であることを理解できよう。

3. 共通部品の開発

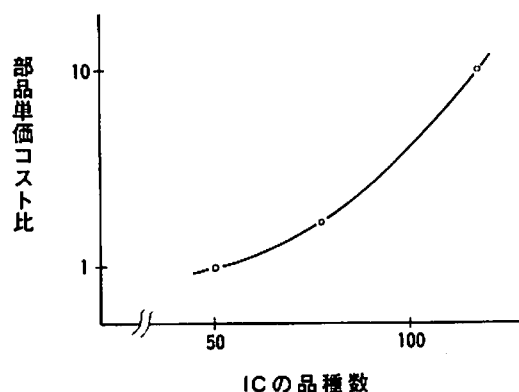
経済的なシステム開発を進めるために設定した共通部品は、まづその必要とする種類の選定から始まる。一般市場の部品の動向を眺め、また設計上必要な部品を調査す

る。将来の宇宙機の高機能化、小型軽量化等の要請に応じてどうしても漸新で新しい品種が選ばれる。このような調査を基に国内で入手できるもの、日本国内で調達できるよう準備する必要があるもの、外国から容易に入手できるもの等、各種の条件を堪案してその部品開発の計画を立案する。そのために市場の部品の実力を評価し、その仕様書を設定する。この仕様書は、部品の使用者（システム等の部品使用メーカー）及び供給者（部品メーカー）の合同の委員会等の審議を経て設定される。その市場部品がそのまま宇宙用に転用できる場合もあり、また改造または全く新しい設計、試作評価を経ることもある。後者のためには宇宙開発事業団の投資が必要となり、宇宙特有の部品になってしまう。



品種選定から認定までのフロー

機器の設計者の立場からは、多くの品種が共通部品として認定されることが、設計を容易にし、小型軽量の目標を達成するために望まれる。事実異なる機器メーカーからの希望品種を集計すると、ICのみで150品種以上にのぼり、設計の癖を考えると容易に品種統一は難しい。しかし、調達時の単価を見積もると、半分の品種にした場合の3~5倍となることを覚悟しなければならない。そこで無理をして70品種程度に押さえなければならない。勿論この共通部品として指定された以外のICの調達、プロジェクト毎の費用を負担して行うことが出来るが、当然共通部品に比較して高価となることを承知しておかなければならない。当然共通部品の品種は、ICの技術動向及び機器の要求条件の変化を見ながら最新化していく必要がある。



標準化によるコストの逓減

4. 宇宙用部品に対する要求条件

一般的に宇宙用部品に対する要求条件をまとめると以下のようになる。

- (1) 真空中で安定に使用できること
- (2) 温度の変化に対して耐えること
- (3) 宇宙の放射線に耐えること
- (4) 地上及び打上げの環境に耐えること
- (5) 長期に性能が安定し、劣化のないこと
- (6) 潜在的な欠陥を持たないこと
- (7) 信頼性保証のために必要なパラメータをもつこと
- (8) 可能な限り小型、軽量で高機能であること。

これらの要求条件は、人工衛星用部品を目標にしたものであり、開発した部品をロケット用にすることには全く問題はない。しかし、要求条件の水準は、その時点での技術水準を無視したレベルに設定することは出来ない。常に高い目標を置きながら、時間と経費を制約条件として妥協することを忘れてはならない。その目標設定に無理があり実現できなければ、システム側の要求条件を下げるか、機器設計上の手段で対応する必要が出て来る。共通部品の場合には、適用できる環境条件を広げ、巾広く機器設計で使用できるよう準備しなければならないため、性能を制限せざるを得ない。逆に性能を高く取る必要のある場合には、機器設計での適用環境条件を軽減化し、その性能を保証する方式を採用しなければならない。

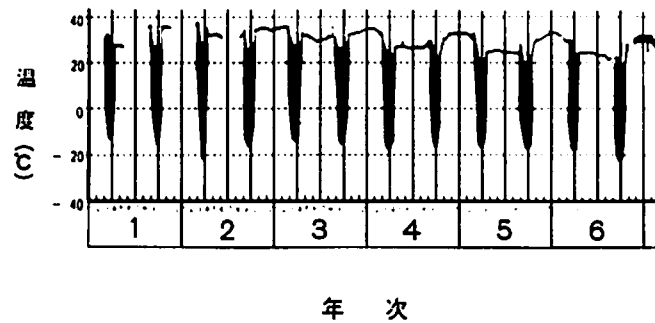
いづれにしても、どのような部品でも宇宙用として、使用できないことはないか、その適用に当たって制限の少ない部品でなければその価値はない。そこで宇宙用として主な次の三つの条件について紹介し、その特異性について述べておく。

(1) アウトガスの制限

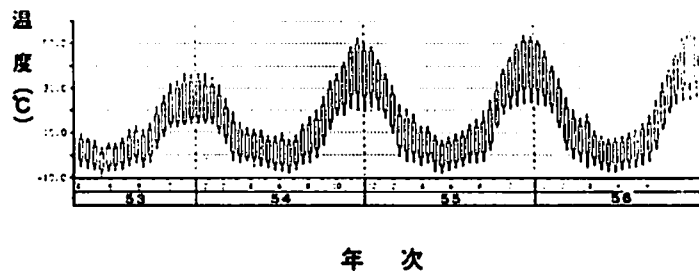
真空中に放置される部品に対しては、まづアウトガスとして防出されるガス（一般的に水分や揮発性材料）が制限される。そしてそのガスが他の部品や構造物に再凝縮することも、人工衛星の熱の条件が変化する要因となるため、厳しく制限される。従って部品の開発や材料の選定に当たっては、このようなアウトガスの制限条件を満足するものを選ぶことが必要である。この測定は、現在筑波宇宙センタ部品開発室が担当し、依頼により測定し、データ登録の上依頼主に回答される。前者の放出ガス量をTEL (Total Mass Loss) とよび、後者の凝出量をCVC (Collected Volatile Condensable Material) と呼び、基準として夫々1%、0.1%以下の材料を選定している。

(2) 温度条件

人工衛星は、太陽の光と地球からの熱入力を受け、蝕時の熱放出を受けて内部の温度は大きく変化する。内部に搭載されたハードウェアは、この温度の変化に耐えなければならない。即ち温度の変化の中、変化の率及びサイクルの3つの条件を頭に置いて設計しなければならない。システム設計では、この温度の変化を少なくするよう各種の工夫がされる。熱シールド、ヒーター、ヒートパイプ、ルーバー、伝導、表面の比等々によって、高温を下げ、低温を上げるように考慮される。しかし、それ等も重量の制限や熱量の大きさによっては、機器や部品側で相当部分を負わされることになる。もし部品や機器の耐温度性が高ければ、これら熱設計が楽になり、軽量化に役立つ。

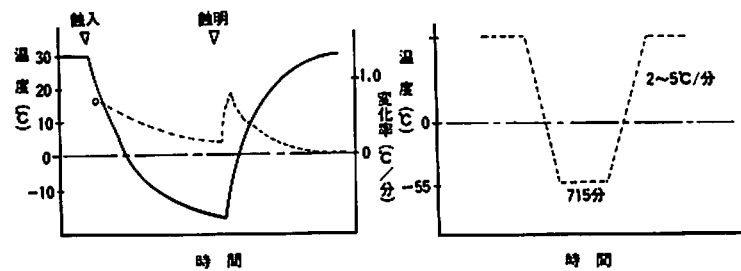


静止軌道スピン安定の人工衛星の
電子機器の温度データの例



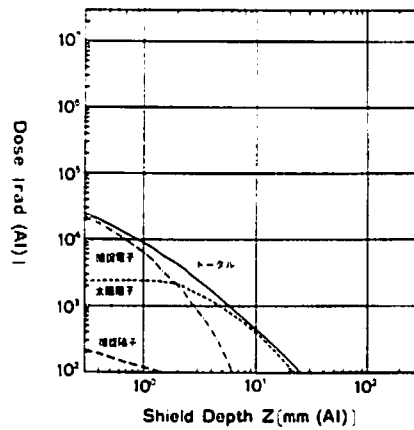
静止軌道三軸安定の人工衛星の
電子機器の温度データの例

図3にスピン衛星の場合、図4に三軸衛星の場合の高高度衛星の機器の受けた温度変化の例を示した。部品及び加工部分（溶接、半田付、接着、モールドした部分）は、このような温度条件を受けることになる。過去の多くの故障事例を解析すると、この温度変化が材料の熱膨張係数の差によって弱い点に応力を集中させ、それを繰返されることによって破壊して事故となった例が多いことが分かる。システムの熱設計を相当工夫して40°Cの温度変化に止めても、長い間の運用によってその変化の中は大きくなったり、予定外の方へずれていく。また熱設計部品の欠陥によって温度が変化する。機器での温度サイクル試験にも限界があることから、予定温度より相当中の広いマージンをもった温度に耐える機器を設計することが必須である。そしてその試験も、軌道上での温度変化率（図5参照）をシミュレートしたものであることが望まれる。



**蝕時に受ける温度変化と
温度サイクル試験のプロファイルの例**

筑波宇宙センター、部品開発室では、このような宇宙機での温度変化をシミュレートし、機器や部品の耐温度サイクルを評価する装置があり、これまでに多くの潜在的欠陥を発見し、加工技術及び部品を改良して来ている。とくに市場品では、熱衝撃試験が一般に5サイクル要求され、それを満足しているものであっても、この試験装置によって評価した結果、クラックを生ずるものが多く、従って宇宙用特有品を新たに開発しなければならなくなっている。逆にこのように厳しい条件に耐えない部品をどうしても使用しなければならない場合には、機器設計、システムの熱設計によって、耐えられる範囲に温度巾を小さくするよう対策する例もある。以上の状況から、一般に電子部品は、 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$ で使用できるよう考慮し、また熱衝撃も25サイクル以上に耐えるよう要求している。



極軌道2年任務寿命の放射線量の例

(3) 放射線環境

宇宙でのもう一つの大きな問題は、放射線環境に耐える部品を準備することである。しかし高度500 km程度で赤道に対する傾斜角が小さい軌道の人工衛星はあまり多量の放射線を受けないが、高々度の人工衛星に対しては極めて多量の線量を受けるため、それに耐える部品の選定が必要である。図6に高度500 kmの極軌道の衛星が受ける線量の推定量の例を、図7に静止軌道の衛星に対するそれを夫々示した。線種として電子線と陽子線、それに2次放射線を加え材料中に消費されるエネルギー損失量 (Dose) で示している。試験は、電子線陽子線を照射することもあるが、簡便の方法として、Co60を線源とすることが多い。また使用条件によってその耐力が変わるため、照射時の条件の指定も重要である。人工衛星の打上げ時期、軌道によって被曝線量が変わることから、それ等のパラメータを指定すると、部品開発室において図6、7のようにその線量が計算できるよう準備している。

部品技術は進歩し、特にLSIの高度化は目を見はる。人工衛星でもその必要性は大きく、今後の使用量も増加することは間違いない。小規模のICとしてLSTTL (Low Power Shottochy Transistor Logic) 型が主力であったが、低電力化のためC-MOS (Capacitor-Metalized Oxide Silicon) 型に移行している。LST・TL型およびC-MOS型共一般市場品をまず評価し、改良点を求め、温度として $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$ で満足させ、また耐放射線量として前者を10 rad(Si)に後者を10 rad(Si)の製品を夫々22品種を開発完了することになっている。

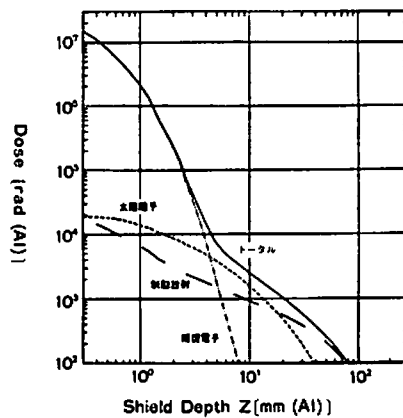
LSIについては現在開発中で、8ビット及び16ビットのCPU、64KビットのRAM及び16ビットのROMも準備中である。これらLSIの開発に当たっても、耐放射線性として10 rad(Si)以上の耐力を目標としているが、もう一つ大きな問題に対応することが要求される。即ち宇宙から飛来する大きな鉄イオン粒子が、LSIを通過する時、LSI回路中のフリップフロップ機能を逆転させ、“0”の表示のロジックを“1”に表示させてしまう現象 (これをシングルイベントアップセットと云う) を起こすことがある。また放射線が一時的に故障を起こすラッチアップ現象対策も考慮しなければならない。このようにLSIの選定又は開発に当たっては、このような現象にも耐える宇宙用に適した製品を設計しなければならない。この開発作業は、これからの宇宙開発の機能向上を左右するものであり、最重点開発テーマとして取り上げなければならない。

その外、人工衛星の表面で使用する材料に対しては、紫外線に耐えなければならないし、また低い軌道では、酸素原子によって劣化を起さない材料を準備しなければならない。

5. 信頼性と寿命の保証

宇宙用になる部品を探し出し、また新たに創り出す事を含め、これを部品開発と呼んでいる。そしてこれら宇宙用部品を指定し、認定する時、これら部品を必要な時期に供給できるよう準備することもその開発の一部である。欠陥のない部品を継続して供給したり、10年以上に亘って所要の信頼性と寿命を有する部品であることを確認し、保証することも要求される。10年の寿命を要求される人工衛星に使用する部品は、それ以上の寿命を有するであろうことが確認されていなければならない。そこで一般に次の3つの方法が採用される。

- (1) 既に地上、軌道を含め、10年以上の寿命実績を有する部品か、またはクリティカル部品の技術か何等かの部品で10年以上の寿命実績を有することが確認されている技術を用いた部品を採用するか開発する。
- (2) 採用しようとする設計、材料、工作法等の基本技術の評価に寿命評価を加える。例えば、加速寿命試験、限界試験、破壊試験を適用し、供試体の物理的な劣化または統計量から寿命を推定する。故障に至るプロセスが拡散、結晶成長、等のデータを取得し、そのデータから加速係数を求め、実用条件に内挿し信頼性と寿命を推定する。



静止軌道10年任務寿命の放射線量の例

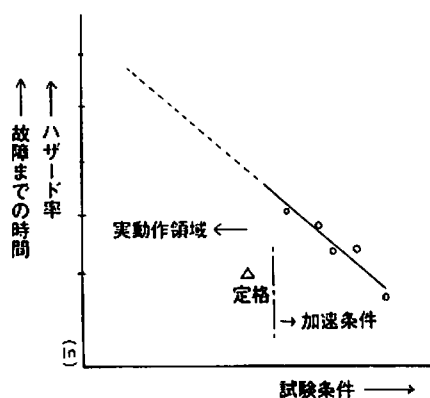
(3) データが入手できない場合には、開発作業中に試験を含めるが、特に加速試験が適用できない製品にたいしては、定格条件または、／実使用条件での寿命試験をかならず加える。化学反応を応用したコンデンサ、バッテリー等の部品、回転、摩擦、接触等の現象を用いるモーター、ジャイロ、スイッチ、ギヤ等の機構部品にたいしては殆どの場合実使用条件による試験が必要であり、フライトまでには必要な寿命評価が終わっていないなければならない。

信頼性のデータは一般に故障率で表される。このデータはシステムの信頼度予測及びその結果による性能、重量とのトレードオフに用いられるから、絶対の正確さはそれ程期待されていない。そのため同類の部品データが用いられ、MIL-HDBK-217 ()、地上での実績データ、軌道でのデータ、加速寿命試験から求めた内挿値等が採用される。しかし、システム開発ではこのような統計量の信頼性ではなく、使用する部品に欠陥のないとの確約が期待される。このことは部品開発を困難にしている一つの理由である。このような目標を達成するために、次のような方法をとっていく。

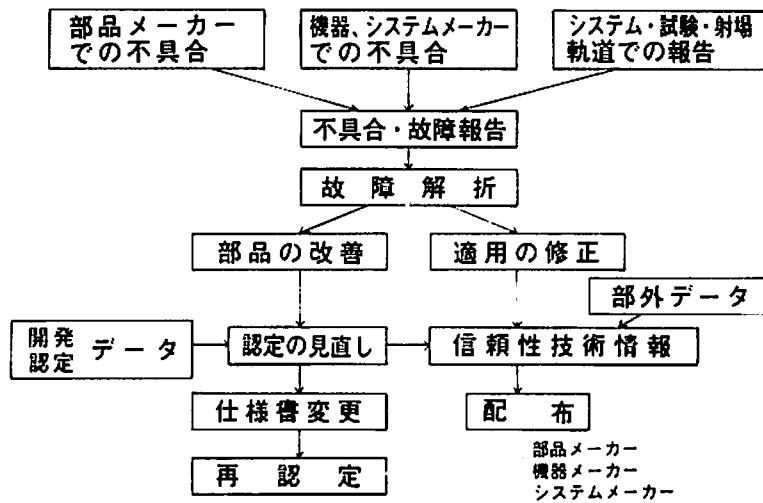
- (a) 地上で最も実績のある製品またはメーカーの製品を選び、その部品を評価し、必要に応じて改良する。
- (b) 基本としては実績のある技術をそのまま採用し、工程中で欠陥の入らないよう工程技術を新設したり、また検査要求を含め、全体としての管理手順を定める。
- (c) FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)
またはその変形としての
FMAT (Failure Mechanism and Analysis Technology) を用い、全ての材料と工程に入るであろう欠陥を仮定し、それが除去されるよう工程設計を行う技術を適用する。
- (d) 破壊限界試験を通じ、弱点を見付け出し、その改良を行う。
- (e) 製品の特性バラツキデータから、ロットの評価の有効性を解析し、完成品としての部品に欠陥が内在しないかどうかを検出する受入検査基準を定める。
- (f) 通用の方法が好ましくなかったことによって部品を故障させる事例が多い。そのため実用条件での各種試験によって動作条件を評価し、部品の適用のための情報をまとめ配布する。

- (g) 解析、実績、評価から劣化、欠陥の成長の恐れがあることが分かった部品に対してはその、原因を徹底的に追及し、改良を加える作業を継続する。そのため劣化現象を確認する長寿命試験を部品開発室で進める。
- (h) 部品で生じた、または生ずる恐れのある欠陥を防止するために、基礎的な技術の研究を続ける。

部品の信頼性を保証する手段の内もう一つ忘れてはならないことは、部品製作、検査、機器への組み込み、機器／システム試験、実使用中の全ての段階で発生した不具合、異常をくまなく収集し、原因を追及していくことである。これまでに収集した不具合、異常データでは、部品そのものの故障の外、通用法の間違いによる故障、原因をつかめていない故障等を経験し、単なる故障率で示すような処理では済まされない。部品の欠陥で故障したケースでは、二度の発生がないよう対応でき、また適用の間違いによる例についても問題の解決は容易であろう。収集した故障情報で最も対応に苦慮するのは、解析中に故障現象が消えてしまう例である。このようなケースではFTA (Fault Tree Analysis) の手法を用い、予想される原因を長い間、忍耐を持って解析する必要がある。IC等の半導体の異常信号のクロストーク、タイミングの不一致、ごみ等は再現性がなく、これまで相当苦慮しているが、一般に安易な故障解析と対策は、同じ障害を再発させている。原因追及のこの技術を故障解析と呼び、これからの信頼性保証の重要な技術として位置付けられており、部品開発室の今後の主任務になるものと予想され、この技術の蓄積を図っている。またそのためにフィールドからの不具合、異常の情報が確実に収容されることも重要である。既に宇宙開発事業団では体系化されていることから、その運用を確実に実施していかなければならない。



加速条件による寿命推定



故障情報の活用フロー

6. むすび

宇宙事業団の初期の国内開発の人工衛星では、60%以上が輸入部品を使用していたが、今日では30%以下になっている。利用できる品種は米国には比べられないが、確実に品種数も増し、今後は経済性が高ければ輸入部品を使用するとして、相当優秀な国内部品が供給できる自信を持って来ている。この要因として、実フライトでの経験情報、多くの不具合経験国内技術の評価とその改良投資、国内の一般技術のレベルアップ等が挙げられる。

これにもまして部品メーカーの忍耐、努力、経済的な負担等もその要素となっており、システムメーカー、機器メーカーの部品に対する理解と技術向上も忘れてはならない。特にシステム、機器設計に当たっては部品に対する情報が不可欠であり、部品毎の正確や適用について十分知識を持っている必要のあることが理解されて来ている。

部品の重要性を理解され、多くの人材と費用配分に努力されている宇宙開発事業団の上司及び各方面の方々に対し深く感謝申し上げ、また今後なお一層の御支援をおねがいするしだいである。

ハイテク パンセ(1)

森本 盛

「知識は正確に記録することができ、古今東西あらゆるものを買うことができるゆえに人類の共有物といえる。それは使われる分野によって内容を異にし、時代とともに刻々と変わるものである。

知恵は形にあらわせない勘のたぐいであり、人間が生をうけてから磨きあげるもので、金でも権力でも手に入れることはできない。ゆえにその人固有のものである。それは多くの使い途に共通に使え、また時代が変わってもその本質は変わらない。この知恵の磨き方の差が、人間のクリエイティブ能力の差となってあらわれる」……
というような「仮説」をたててクリエイティブ能力について考えてみましょう。となると、とかく難しく考えすぎますので、料理・スポーツなど見比べながら易しく考えて行くことにしましょう。

なお、題名は舶来語の重箱読みです。パンセは「考える葦」で有名なパスカルから借用しました。「人間は考えることによって宇宙を包含する」というくだりで宇宙先端にコジツケルことにします。

第1章 クリエイティブ能力の源は？

この章では、クリエイティブ能力の正体について考えてみましょう。ただし、難しいことはさけて、日常茶飯事の生活の知恵に学びながら易しく考えることにします。

(1) 「もの」と「ころ」

「仮説」で書いた知識と知恵についてももう少し考えましょう。

知識は記録されて人手を離れると「もの」として保存されたり売買されたりします。「もの」ですから、うまく使ってやらなければ人間社会に何の役にもたちません。そして前のものを見て次々に変えてゆくことができるので、すぐ古くなってしまいます。知恵は人間が生まれおちてから経験を重ねて身につけるもので、行動を起こすとき

につかわれる一種の勘です。したがって、それを形にあらわすことはできません。そして人間の命が絶えると消えてしまいますので、「こころ」のようなものです。そして新しく生まれた人はまた零からスタートし、経験を重ねて身につけます。このように人間の一生とともに毎回くり返されるので、知恵の高さには限界があり、2000年前も今も殆ど変わりません。「こころ」は金でも権力でも手に入れることはできません。

何かを考え初めるときに、森羅万象をまず「もの」と「こころ」とに分けておいた方がよいのですが、おもてにあらわれない「こころ」の部分はとかく見落としがちです。

ここで2人の人間の例をあげます。1人目は私の祖母です。学校のない時代に育ったので字を書くこともできませんでした。人生に関する指示は的確で何か問題がおきてもすぐに解決の方法が頭に浮かぶ人でした。孫一同はよく格言のようなもので処世術を教えられたものです。50年たって超文明社会の現在でも、そのころ教えられたことが役に立つから不思議です。

私の父は法律をよく覚えていました。生き字引といわれるのが自慢でした。しかし処世術を教えられた記憶もなく何か問題が起こったときダメダと騒ぐだけで、解決策のヒントさえ出ませんでした。

この2つの例はまことに対照的です。祖母は人間社会を賢く生きるのに必要な最小限の知識と豊かな知恵を持っていたのです。このため近所の人から尊敬されよく相談をうけていました。父の方は知識だけの塊であり、知識はそれを使いこなす知恵がなくては何の役にも立たないことに気がつかなかったのです。これでは使ってくれる人がなければ仕事になりません。また部下・後輩にとって値打ちのある存在とも考えられません。後輩は書物で勉強した方が間違いがなくてよほどましだと思っただけです。

料理の例はもっとわかりやすいでしょう。料理を作るときは誰でも、まず作り方を思い浮かべ、必要な材料を考えてから買物に行きます。何の料理を作るかも考えずに材料を買い集める人に美味しい料理を食べさせてもらおうと思う人はいません。材料は使わないで置くと古くなって質がおち、運が悪いと中毒さえ起こします。絵具や絵筆をいくら集めても良い画がかけないのも、解説書を読み人の話を聞いただけではコースに出て人並みにゴルフを楽しむことができないのもおなじような例です。

仕事の場合の材料は知識（俗にいう情報）です。仕事の進め方は料理の作り方に相

当します。材料ばかりやたらに集めただけではクリエイティブな仕事にはなりません。まず仕事の進め方をよく考え、それに必要な最小限の知識を集めるのが効率のよい方法です。しかし最初からそううまくは行きません。料理の作り方は初めは誰かに教わります。そして何回か作る練習をし、経験を積んで、人前に出せる腕前になります。これで完全に自分の知恵として身についたわけです。最少の材料で最高の料理が作れる調理師は引っぱりダコです。しかしそこに至るまでには数多くの失敗経験が必要なのです。何年も何十年もかかります。ポストにつけばすぐそれなりの仕事ができるなどと安易に考えるのは禁物です。

また料理の作り方は2000年前と今とでそんなに変わっていないことが大切な点です。材料は栄養価とかなんとか、年々変わっているようにも見えます。洋の東西でも違いはあります。しかし味の良さは古今東西そんなに違うものではありません。そして味は調理師の勘から生まれています。このように考えてくると「温故知新」という言葉の重要さがあらためてわかってきます。

もうひとつ、何百年も何千年も名を残している学者たちの多くは1分野だけでなく、いくつかの分野で偉業を成しとげています。これはクリエイティブな知恵（勘）はあらゆることに共通に使えることを意味しているのでしょう。とすると人間である限りどんな人生でも知恵（勘）を磨いて決して損にはなりません。

(2) すべてバランスの上に

人間の知恵の相手は何なのでしょう。生活の知恵のひとつ、漬物やタラコ等の塩加減に注目してみましょう。ふつう塩加減は薄目の方が味が良いといわれます。しかし保存食という面からみると早く腐ってしまいます。逆に塩が多いと長期間変質しないかわりに味が落ちます。このあたりの微妙なバランスを作り出すのが正に生活の勘でしょう。

しかし現実はかなり複雑です。冬に作ったのと同じ塩加減では夏にはすぐ腐ってしまう。夏に良い塩加減では冬は評判が悪い。その上気温も湿度も年によって変わります。早く食べようという人には薄塩で、永く保存したい人は辛く・・・というように周りのいろいろな条件で、丁度良い塩加減はさらに微妙に変わります。結論として、「塩加減は人間の永年にわたる経験で磨かれた勘で作られられる」ここから良い

塩梅という言葉が生まれたということになります。

スポーツはバランスの連続で出来ています。次々と変わる動作に応じて体のバランスをうまくとらなければなりません。また精神面でも緊張とリラックスとのバランスが大切です。勝つためには練習しかないことは誰でも知っています。

儒教では人間の徳について、①寛大で大まかだが、しまりがある ②強勇だが、蛮勇はふるわない ③能力があるが、慎み深い……などといっているそうです。どれも矛盾した組合せです。時と場合に応じて、バランス点を変えることを身につけよということでしょう。ある人は悪徳で表現しました。①小うるさくあらゆることに干渉するくせに、しまりがなく全体もつかめていない ②臆病なくせに、乱暴 ③事が処理できないのに、とげとげしく居丈高である……このようなリーダーには、人がついてこないというのです。バランス感覚が悪いとこう見られるのでしょう。

話は急に変わりますが、「1982年出版の米国の経営評論に書かれている超優良企業の条件は早くもくずれている」という人がいます。また「新しい発想を生むにはエンジニアを自由な環境におくべきだ」と言う向きもあります。漬物の例とくらべてみると、塩は辛い方がよいと一面だけを表現したのかもしれませんが。バランスのことを文や数字で表すのは難しいことです。もし、そのままウノミにして実行したならば、それは使用上の注意書きのない、新薬をのむようなものと思わなければなりません。

何かの開発について考えていると、どの辺の数値に決めるか、選択岐のどちらを選ぶかという局面に何回もぶつかります。数値を決めるのは塩加減や味加減に似ています。どちらを選ぶかは、微妙な利害得失のバランスの見分けです。このようなときに、あまり考えなくても普通の判断ができるように、平素から練習を積んで余裕があると、創造性をもった考察ができるのでしょう。また新しい開発ものでは、要求条件がアイマイなのに、作るものの設計は厳密にやらねばならないという矛盾があります。これは人間の徳の矛盾の例に似ています。

ここからは余談になりますが、人間は疲れても傷ついてもタタカレてもスポーツをやりま。す。何故でしょう。上達する嬉しさと希望というメリットとバランスするからこそ悪い条件に立ち向い、自分に克って行動する、すなわち自己に対して厳しい条件を課しているのです。この心境は実際にやったことのない人には不可解なものです。趣味の場合はよくわかるのですが、仕事では自己に対して甘い条件を課していても気

付かない場合があります。何となく給料がもらえる環境とのバランス現象で、サラリーマンが気楽な稼業と言われるゆえんでしょう。しかし起きている時間の半分は職場にいるのです。スポーツの例と見比べれば、嬉しさと希望がもてるバランス点の方が幸せのように思います。

今度は「情報」という言葉。森 鷗外による information の名訳だそうです。情は「こころ」すなわち主観的なもの、報は「もの」すなわち客観的な部分なのでしょう。とすると、情報革命は報の部分強調しすぎてバランスをくずしている。これでよいのだろうかと鷗外は嘆いているかもしれません。

もうひとつ「学識経験者」という言葉があります。おそらく学識と経験すなわち知識と知恵の両者のバランスが重要という意味と思われまます。その理由は(1)でも述べましたが、知識は豊かな知恵で使いこなせなければ用を成さないからです。料理でいうと、調理の手順ごとに整理して集めた材料でなければ出番がなく、いたずらに倉庫で古くなるのみです。ところが一般には、学識収集経験の永い人言いかえれば永い時間をかけて無作為に知識集めばかりやった人というようにとられているような気がしてなりません。明治時代は鎖国の穴埋めとして知識人が重要な存在でしたが、情報化社会になればなるほど知識人の価値は薄れ、知恵者の重要性が高まるのではないのでしょうか。これはバランスの最適点が環境の変化で変わってくる例のひとつでもあります。

(3) 勤と感

クリエイティブ能力にとってだけでなく、人生にとって知恵（勤）が大切なものであるということになってきました。そして良い勤をはたらかすには、すべてのものごとを構成している微妙なバランスを感じとる鋭い感（知覚の感度）が必要に思えてきました。

料理の味つけを考えてみましょう。料理の本に「小匙一杯の塩と大匙一杯の砂糖を入れ」と書いてあったとします。この通りにしていきなり美味しい料理が食べられると思う人はいないでしょう。材料の微妙な違いとか、ほかの調味料との微妙な関係などがあって、結局、耳搔き一杯の塩が多いか少ないかで味の良さが決まってしまうのです。この段階になるともう料理をする人が味をきいて判断する方法しかないのです。つまり、美味しい料理にありつけるかどうかは、料理をする人の味見の感で決まって

しまうのです。

痛い・熱いなどの感は生まれたときから具わっています。しかし美味しい・美しいなどの感は経験によって磨かれるもののようです。幼児にどの女性が美人かときいても答はありませんが、二十歳にもなればかなり煩さくなっています。

野性動物の勘と感の鋭さは神秘的に思われます。彼等は自分の命を守るために赤ん坊の時から感を研ぎ澄まさないければならなかったのです。感が悪ければ、敵に襲われ、食物にありつけず生きてゆくことができないのです。ところが動物園で育った動物にはこのような危険はありません。彼等の感ではおそらく野性動物として生きてゆくことは難しいでしょう。文明が発達すればするほど人間社会は動物園に近づいてゆくようです。それにつれて人間の感はどんどん低下しているのではないのでしょうか。

感はトレーニングによって研ぎ澄まさないけません。しかも経験の数が多いほど鋭くなる点で、運動神経に近いものです。従って、脳の記憶にたよるだけでなく、体の関節や筋肉の助けを借りて覚えるというふうに考えるとよいでしょう。この能力は、膨大なインプットを即時に処理して答を出す超能力に近いもののような気がします。こう考えるとトレーニングは若い時に始めるほど有利ということになります。この動機を早くつかむかどうかは人生のわかれ道になりかねません。

「唐様で貸家と書く三代目」。ここでは、一代で財をなした大金持の息子たちは動物園の動物のように何もしないで生きてゆくことができる。その結果生きるための感が育たず、三代目には財産を無くしてしまうとことがいわれています。ところがこの逆をゆく人もいます。社長の息子は若いときからマネージの経験をする環境に恵まれています。このチャンスを活用してマネージの感を研ぎ澄ませ、一代目を越える手腕を振っている人です。

また若いころ動機をつかむこと、それからはすべてのものごとへの感じかたが変わるので勞せずして磨きがかかってゆくという有利さもあります。「日本には創造性がない」とよくいわれます。もしこれが本当だとすれば、若いころに動機をつかむチャンスが少ないという日本特有の風土があるのかもしれない。

蛇足かもしれませんが、感には自分自身の感と、相手がどう感じたかを知る感とがあるようです。主感と客感とでも云っておきましょう。主感は生まれたときにある程度具わっています。幼児は主感だけで動いています。客感相手の反応をみながら経

験を重ねて向上するので、大人になった尺度（大人度）といったものでしょうか。この客感はなかなかあたらないものと考えべきでしょう。大人度の高い相手程本音を言いませんから、何を感じたかあてにくくなるのです。客感がよくあたる人は相当な努力をした人と思われれます。心理学の助けも必要でしょうし、第三者（大人度の高い人）の情報も必要でしょう。政治、外交、経営等で大人度が不可欠なことはすぐわかります。勝負（碁・将棋・バレーボール・テニスなど）でも重要です。勝負は反応がはっきりして、繰り返しも早いので練習しやすいケースかもしれません。科学技術では相手が人間ではありませんが、重要度比較や誤りチェックでは客感が重要です。また良い発想を得るには、これを実現したいという情熱（主感）と事実を公平に見る冷静さ（客感）とのバランスが大切なのでしょう。

(4) パターン認識

著名な学者の経験を調べてみると、偉大な発想は何も考えていないときに、瞬間に全体像がひらめくものようです。おそらく論理を徹底的につめてゆくだけでは重箱の隅に入っても気付かないことが多いのでしょう。

瞬間に全体像をみるには、平素からひと目で全体がわかる形にものごとを整理し、脳の中におさめておく必要があると思います。ひと目で全体像がわかるのは絵です。一枚の絵には驚くほど沢山の情報が盛り込まれています。形や色あいだけでも文章で表すのは大変です。大切なことは物の相互の関係がわかることです。大きさの違いや相互の位置関係です。さらに動きや表情もわかり、その裏にある人間の心理状態まで感じ取ることもできます。こうなるともう文章では表現できません。見る人の主観で感じ方も違ってきます。情報を図や表にして見ことをパターン認識といっています。

ではどのように整理して図や表を作ったらよいのでしょうか。調理師の頭の中にあるパターンを想像してみましょう。まずメニューにある料理の完成図が色刷りで入っている筈です。そしてそれぞれの料理に必要な材料は一覧表のかたちに整理されているでしょう。つぎは料理の手順をあらわすフロー図です。これは材料を処理する手や体の動きの順序がわかる図であるとともに、要所要所に味の記憶がかくれています。味はその人固有の勘であり、その人の料理の腕を決める鍵です。

ここに出てきた図や表はどれも全体がわかるものです。経験豊かな調理師であれば、

失敗したときに何処が悪かったか即座にわかるだけでなく、その一部を変えたとき結果がどうなるか正確に予測できるでしょう。この状態にあると何もかんがえていないとき突然新しい料理のイメージがひらめく可能性があるのです。

これからやろうとすることをイメージ（図・表など）の形に整理して、脳に焼きつけておくこと（体に覚えさせるという方が良くかもしれません）が、ひらめきへの出発点のようです。そのためには『自分で何回も』プラクティスをして、基本の部分には無意識に対応できるまで自分のものにしていなくてはなりません。これは料理と仕事だけでなく、スポーツの練習にも画の練習にも共通することです。

(5) リフレッシュ

ここでひとつ注意しなければならないことがあります。前に勘を磨くには多くの経験を必要とするといいました。とすると永年経験を重ねてきた年長者ほど鋭い勘をもっている筈です。しかし必ずしもそうはなっていません。まず、ものごとにあたる時、経験を自分の知恵にする姿勢が必要です。しかし最も恐ろしいのは人間の神経もっている麻痺の現象です。

変な例で恐縮ですが、トイレに入って少したつと鼻は麻痺して悪臭を感じなくなります。外の人には耐えられない悪臭も平気になってしまいます。人間の感（感度・感覚）はいつも同じではなく、環境に慣れてくると鈍くなってしまいます。暑い寒い甘い辛いなどすべてそうです。とくに生死に関係ないものほど簡単に麻痺するのではないのでしょうか。スピード違反による大事故も、大金の使い込みも感の低下が原因でしょう。

鼻の場合は清浄な空気のところへ出れば感はすぐ元の状態に戻ります。しかし仕事の場合はやっかいです。感の低下に気付く機会が与えられないことが多いからです。感のリフレッシュは思ったほど簡単ではありません。

新しい発想は20代まで・・・40～50歳の存在は老害・・・などという声が聞かれます。感の低下した状態では、適切な行動を見出してマネージすることは難しいという示唆でしょう。リフレッシュもフィロソフィもなしで、人の真似や杓子の定規でコントロールをして、「下手な考え休むに似たり」ならまだしも「下手な考え居ない方がヨッポドまし」といわれる人にならないようお互いに注意しましょう。

こう考えてくると米国のような2～3年契約の雇傭制度の方がリフレッシュに向いているような気がします。しかし一朝一夕に社会を変えることは難しく、また制度自身一長一短があり、単純にどちらがよいといえるものでもありません。

むしろ注目すべきは、一時左遷されて社外に出向した人がカムバックして飛躍的な業績をあげる例がかなりあることです。組織が異なるものごとに対する考え方も異なります。私も身をもって体験しました。極端な場合には180°逆転します。ある組織で褒められることが別の組織では叱られ、減点対象になると思っていることが褒められるのです。これは先輩から受け継いできた組織の文化とも風土ともいうものの差でしょう。こういう目で人をグループ分けしてみると確かにグループごとに共通した文化を持っていることを感じます。一部の人は、異文化にふれた際にその良い点を感じとり、自らの文化にとりいれています。このような人がリフレッシュの効果をあげる人でしょう。

社内対策としては、巧妙な人事異動でリフレッシュと能力の拡張を兼ねる方法や、組織の組み換え、運用のバランスを時々くずしてチェックするなどいろいろな方法があるように思えます。

(6) この章のまとめ

この章ではまず、人間の行動の源を知識と知恵に分けて考えてみました。知識は記録して売買できる「もの」で、何百年何千年かけて改良ができる。しかし知恵は「勤」であって、保存も売買もできず、その人の死とともに消えてしまうが、その本質は古今東西共通したものとしました。これらを思いつくままに対比したものが表1です。

勤の向上には長い年月を要するので、クリエイティブ能力の向上をはかるには、勤のトレーニングが重要としました。そして良い勤をはたらかすには、ものごとが2つ以上の要素の微妙なバランスで成りたっている点に注目する必要がある、このバランスをみる知覚の鋭さこそが勤の良さを決めるものと考えました。これはコンピュータでとってかわれない人間の即決・即応能力です。

勤にうったえるためには、検討対象の全体がひと目で認識できる形に整理し、脳裏にやきつけるのが効果的ということになりました。つぎの章でその具体的な方法について考えることにしましょう。

(つづく)

表1 知識と知恵の対比

知 識	知 恵
<p>記録・印刷できる 買ってこれる 集めるもの 何百年もかけて継続して改良できる 時間とともに変わってゆく</p> <p>いつでも買える</p> <p>分野によって異なる 最新・最高のものがよい もの：文明 情報の報の部分 学識 使われるもの 料理の材料 スポーツの解説書・ルール書 絵では絵具・絵筆</p> <p>重要度や位置が不明では無意味 使い途で分類しないと無意味</p> <p>—————</p>	<p>文章・数字であらわしにくい * 自分で作りあげる 磨きあげる勤 その人の死とともに消滅 * 2000年前も今もほぼ同じ 練習のチャンスが少ない 目に見えるまでに 5~30年かかる 若い時に動機づけされると有利 日常生活にいたるまで共通 よく練れたものほどよい ころろ：文化 情報の情の部分 経験 使いこなす腕前 料理の調理法 (コツ) スポーツでは的確な反応力 絵では知覚・表現力</p> <p>バランスを知る感度 { イメージの瞬間的ひらめき { パターン認識が効果的 知覚のリフレッシュが必要</p>
<p>* [註] ものごとには中間的なものあり。How To 書 (スポーツの手引き書, ビジネス書等々) のような中間的なものの分類は今後の課題。初めは白か黒か両極端のやさしい例をよく理解することから。</p>	

***** IASAニュース*****

本誌に対する会員各位の意見、コメント等（どんなことでも結構です。）を事務局宛に御寄せいただくため、今回から最終頁に用紙を掲載いたしますので、広く御意見をいただければありがたいと思います。

新規入会会員名簿（61. 3. 15） 一般会員

田中紀男 佐藤安延 安島宏一 井村正勝 安川晴夫 木村清司 松井邦夫
鈴木邦彦 寺門邦次 大隈 篤 藤森義典 坂井義典 長瀬保廣 尾崎牧人
松本博之 佐々木嘉隆 木村康夫 福野一郎 伊藤 徹 半田正樹 元山近思
加藤純郎 竹中康浩 平 博仁 谷口泰明 齊藤英二 湯朝 肇 高橋幸男
姉川 弘 鈴木広良 土谷光弘 松岡 毅 田村高志 芳仲敏成

入会案内

本会に入会を希望する方は申し込み書に記入して、世話人に送付して下さい。

年会費：3000円（1985年6月～1986年5月）

会誌 無料（1985年5月号から1986年5月号）

なお、会費は主として会誌発行にあてる。

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(38×29)で、そのまま版下となるような原稿及びコピー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

先日、ある電気通信のシンポジウムに出席したところ、パネラーの一人が「現在の技術をもってすれば、選挙をするにもわざわざ小学校の投票所まで足を運ばなくともニューメディアを使うことによって、自宅に居ながらにして不正選挙の心配もなく行うことができる。しかし、公職選挙法などの規制法律があるため制度的にできないので残念だ。」という趣旨の話をしていた。

この人の話を聞くと、古い体質の社会にハイテク技術を導入すれば、より効率よく社会が機能し、それは良いことである、と思ってしまう。しかし、それはあまりに表面的な見方ではないだろうか。

選挙の話が続けると、権力の正統性の継承は、伝統的社会では大衆の歓呼であり、現代に近づくに従って、拳手による選挙、さらに記名投票制へと変遷している。時系列的に、よりシステムチックな制度になっていることがわかる。パネラーの言うところの“テレコム選挙”もこのトレンドの延長線上にある。

歓呼や拳手の悪い点は、参政の匿名制が確保されないことにより、熱狂した大衆による大衆独裁が現出することである。しかし、記名投票制度によりこれらの点は克服されたのである。つまり『選挙の方法』という純技術的な問題は、実は技術問題にとどまらず社会的に大きな影響を及ぼしてしまう結果になる。“テレコム選挙”、そして宇宙開発についてもこの観点からとらえる必要もあるのではないだろうか。(斉)

宇宙先端 第2巻 第2号

頒価1000円

昭和61年 3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第165号

無断複写、転載を禁ずる。

