

JOURNAL OF THE INSTITUTE FOR ADVANCED SPACE ACTIVITIES

宇 宙 先 端

宇宙先端活動研究会誌

JAN. 1988 **1**
VOL. 4—NO.

IN THIS ISSUE,

NEW YEAR'S ADDRESS	S. SONOYAMA	1
COMMENTS FOR MR. TACHIBANA'S LECTURE		5
U. S. POLICY IN SPACE BUSINESS	M. AKIYAMA	10
LIFE OF SPACE	M. SASAHARA	22
THE MING DYNASTY'S DECISION	T. IWATA	25
HUMAN ENGINEERING SERIES (1)	T. YAMAGUCHI	27

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. 1988年を迎えて 1
2. 立花講演の感想 5
3. 米宇宙商業化政策（打上げ）の検討 10
4. 宇宙生物について 22
5. 明朝の決断 25
6. 人間工学シリーズ（1） 27

（次回予告）

1. 宇宙開発に発想の転換を
2. 蒙古の決断
3. 人間工学シリーズ（2）
4. その他

1988年を迎えて

(スペース・ブレーン国際研究センターの提案)

園山 重道

昭和63年度の宇宙関係政府予算案は、まづまづの仕上がりというべきであるが、日本の将来を考えたとき、今一段と思いきった増額をしていく必要がある。現在の日本が、巨額の貿易黒字を抱え、国民の80%が一応幸せと感じてはいるが、地価の暴騰、外国の土地、美術品等の買い漁りだけが目立ち、一向に、未来に対する投資が有効に行われぬのは、歯がゆい限りである。内需拡大、国際協調型経済構造ということが盛んに言われるが、これらの中で21世紀に向かったの投資という感覚が薄い。21世紀の日本のために必要なことは何かといえ、日本がますます世界の嫌われ者にならないための方策である。このために、技術只乗り論をなくすために、基礎研究の充実が叫ばれているが、そのイメージはどうも軽薄短小指向に見えてならない。そこで年頭に当たって、私の考えた未来のための投資を一つ提言しておきたい。決して初夢ではなく、現実的提案として実現したいと思う。

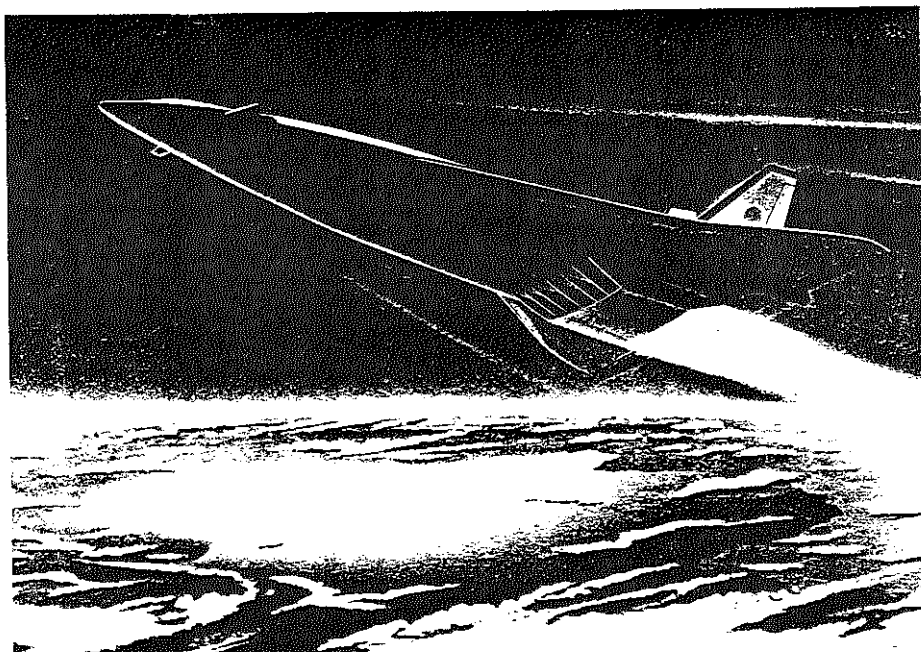
「スペース・ブレーン研究国際センター」

現在、世界各国、スペース・ブレーンの研究にしのぎを削っているが、いづれも、風洞をはじめ、各種の試験設備、施設に困っている筈である。そこで、日本が、風洞、スーパー・コンピュータを始め、大型試験施設、研究施設を多数持ち、リーズナブルな料金で各国の使用に供する大試験センターを構築する。装置・施設は、広く国内外から最先端のものを購入する。研究者が長期滞在可能なような諸施設を整備する。このセンターは立地如何にもよるが、日本の地方各地は喜んで誘致するであろうから、初年度300億円、次年度以降500億円位の予算が得られれば、10年位、つまり、各国のスペース・ブレーンが正念場にかかる頃には、一応の形が整えられるのではなからうか。内需拡大、国際協調に最適であり、世界のスペース・ブレーン研究のメッカを日本が持つことになる。

このようなセンターの具体的構想について、宇宙先端諸兄に考えて頂きたいと思って

いる。このような構想を実現しようとするとき、最も重要なことは、石にかじりついても、これを実現しようとする中核的戦闘集団が構成されることである。実現の過程では、PR、根回し、専門家の委員会設置等等、多くのことが必要であるが、その成否は、中核集団が如何に粘り強く、各種の障害を打ち破って行くかにかかっている。その集団が、いづれの機関に、どのような階層に出来るかもきわめて重要なことである。

(世話人代表)



写真提供：科学技術庁航空宇宙技術研究所

前号で立花隆氏の2周年記念講演を掲載しました。その際編集後記にも書きました感想を投稿願うよう書きましたところ、会員諸兄からその感想が寄せられましたので以下にご紹介致します。

「日本の宇宙開発」への手紙

—ささやかなお返し—

中 井 豊

「宇宙開発は世の中の役に立っているのだろうか・・・。ひまわりや、ゆりは確かに茶の間の中に入り込み始めたのは間違いないが、この他に世の中の利益になり、ささやかでも還元できるものはないのだろうか・・・。われわれの打ち出すビジョンは先端技術や経済効果といった専門的なヨロイにまとわれすぎて世の中から遠くはなれているのではないか・・・。」

筆者は立花氏の「日本の宇宙開発」を読んで少々不安を覚えています。かといって今すぐにも宇宙が日本のリーディングインダストリーになるなどと大法螺を吹くわけにはいきません。今「ささやかでもお返し」できるのは「夢」ぐらいかも知れません。このように思って以下のプレゼントを考えてみました。(なお、目安として次のコンセプトを置いてみました。①普通の人々に理屈の世界抜きで喜んでもらえるようなものの提供、②技術や法律や経済でなく「人間」を感じるもの、③我々の技術で今すぐ或は近い将来に提供できるもの、④必要経費が手頃なもの)

(1) MOS-1 の写真の活用。例えば、子供が生まれた日のその場所の写真提供や卒業式のアルバム写真への利用といった付加価値をイメージし、さまざまな利用チャンネルを開拓する。その日の新聞記事やGMSの写真とのセットもおもしろいかも知れません。

(2) いま、自分自身は宇宙旅行に行けなくても、思い出の写真や大切な手紙に身代りとして宇宙旅行をしてもらう(打上→カプセル回収を行ったり、更にJEM「

郵便局」を作ってここを通したりする。郵便番号は-000-?）。なお、写真程度であれば軽いので（但し、思い出は重いでしょう）、必要経費はグッと身近になります。ちなみに、H-IIで打ち上げることを単純に考えれば、写真1枚（5g?）に付き8~9000円程度になります。

(3) 同様のセンスでタイムカプセルを提供する。（軌道上や、更には月や火星に運んでしまいます。カプセルの中味は、遠く子孫へのメッセージでも失恋の写真でも構いません。但し、軌道上カプセルの場合は、地上から目や望遠鏡で見えるのがいいでしょう。EGPが使えるかも。）

(4) 一般の人々の宇宙飛行士訓練ツアー

(5) シャトル（遠くは日本のスペースプレーン）で一般の人々に宇宙旅行をしてもらう。宿泊ホテルはJEMにします。但し、必要経費はまだ高いでしょうから「タカラクジ方式」にして社会に夢を提供します。ちなみに、去年の年末宝くじの総売上は1500億円でした（何と、日本の宇宙産業の総売上とほぼ同じです）。もちろん、どれだけの反響があるか分かりませんが、シャトル2隻/年、JEM2~3泊×2人程度なら充分ひねり出せる様に思えます。なお、ここで2人分というのがミソです。夫婦、親子、友人と一緒に見る地球はすばらしいものとなるでしょう。

(6) 例えば元日にでも、日本上空から宇宙飛行士に挨拶をしてもらう。

(7) 宇宙飛行士の貴重な時間を5分でも割いてもらい、一般の人々からJEMへ電話を書けてもらう（NTTとタイアップ、電話番号03-435-000?）。

(8) 打上げの活用。

・ロケットにカメラを積んで撮影しこれを教材や映画のワンカットに使ってもらおうというアイデアがありました。大賛成です。ついでには地上がドンドン離れ最後には地球の輪郭が入ってくるアングルはどうでしょう。

・打上げ見学ツアー。このツアーの中には、宇宙食による食事会、打上げ見学（間近かからやヘリコプターからの上空見学）、ロケットの側壁に自分の写真や寄書きを張り付けるサービスの提供・・・が含まれます。

なお、以上のサービスの中には、日本に限らず広く米国やアジアの隣人たちに提供しても良いものも含まれると思います。また、「みんなの声」なる窓口を忘れずに作

っておきましょう。電話や手紙を通して「ありがとう」「駄目じゃないか」等感謝や苦情の声が国内外から聞ければ、世の中の手ごたえをヒシヒシ感じることができ益々仕事がおもしろくなること請け合いです。

(宇宙開発事業団)

立花隆氏の講演に思う

池本 多賀史

立花氏のご意見は、私ども長く宇宙に関与して来た者にとって、よくぞいってくれたといった痛快さを感じると同時に、いつまでもマスターベーションしては駄目との猛省を促された感じがする。宇宙開発を日本が国としてのナショナルスティックな戦略として捉え、新しい時代の公共投資として十分な国費を投入すべし、との氏の提言には、当面の開発活動を活性化してゆく上で異論の入る余地はない。私も諸々の団体や国会の先生との懇談会や、求められてスピーチの席に立つ時などには、資源の少ない我国の将来戦略として科学技術への投資の必要性、そして新時代を創造する公共投資の柱としての宇宙開発の位置づけについて、原子力・海洋・防衛機器・半導体・バイオ・・・等の選択肢の中から消去法を用いて熟っぽく論じてきた。ローマ時代からの公共投資の柱であった道路・治水工事が、今も、将来もと考えることは時代認識を疑わざるを得ない。宇宙開発が重要な公共投資の一つであることの理由付けをしっかりとゆかねばならない時がきていることは事実である。しかし、本当に宇宙開発とはその様に捉えるべきものだろうか。確かに、宇宙開発を飛躍的に発展させた節目を辿ってみると、宇宙旅行を志したフォンブラウンは皮肉にもV-2で評価され、ソ連のICBMに先を越されたケネディはアポロ計画を宣言した。レーガンの宇宙基地も政治的決断の産物であり、次はSDIが宇宙開発技術をリードしようとしている。

また、タイムトンネルをもっと古く遡ると、世紀前地球や天体を素直に見つめたフ

イロラオスやアリストアルコスの地動説は世に定着することなく消え去り、プトレマイオスの迷著アルmageスト以来、時の政治と深く係わりを持った宗教の介在によって、ガリレオガリレイの出現まで実に千数百年の宇宙暗黒時代が存在している。

宇宙探求・開発の歴史は、私たちに厳しい事実を語っている。

宇宙開発と産業との関連分析にも十分な注意が必要だ。ネアンデルタール人出現以来10万年もの間重力の中で生活し、活動してきた人類が、無重力に近い宇宙環境の中で何を生み出せるかを想像することは10年や20年の宇宙実験でその成果を論ずることには無理があるし、また、その前に人間がそのような環境の中でどのように生きられるかを真剣に探求せねばなるまい。

宇宙開発は、人類にとって歴史的必然であり、次世代に生きる青少年が、地上や地表での戦いのリーダーやマネージャーの寵児にのみ憧れることなく、宇宙開発に対し、使命感と勇気をもってチャレンジ出来るよう、私達大人共はその環境づくりをしてゆかねばなるまい。

そのような気持ちを心の底に秘めながら、立花先生の説かれている草の根運動に身を捧げてゆきたい念じている。

(三菱電機株式会社)

日本の宇宙開発、立花隆氏の講演録を読んで

毛呂 明夫

日本の宇宙開発について、関連業務に直接携わっていない方々を含めた議論が更に活発化することを期待しています。

フロンティアとしての宇宙を夢みて宇宙開発を進めるとき国家投資の増額が期待されます。ハイテク公共事業的な観点からの主張が投資の増額に有効であって欲しいも

のです。類する議論は先にもあったでしょうが直接公共事業と比較している点がおもしろいわけですが、この観点からの議論が今後どのように展開できるか興味深いところです。某大蔵官僚の主張した昭和の三大バカ査定とは異質のものであります。宇宙開発のレベルと予算規模に関連して固定観念との言葉が使われていますが、狭い知見ではありますが確かにこだわりがあるようです。規模の論理にもとづく予算要求書的思考はそれが必要な時期だけに限定されるべきでしょう。宇宙開発に携わる者は互いに夢を削りあうのではなく豊にするよう努めましょう。宇宙への夢、夢を現実化するための計画、語り合うことは多いはずですが。

ハイテク公共事業的規模で予算が増額した場合、心配もあります。開発関連の予算を動かしている方々は十分に気配りされていることと思いますが、宇宙への投資のイメージといわゆる宇宙開発関連産業への投資実態との間に落差はないでしょうか。研究開発ではある程度まで避けられない面もありますが、派生的な問題を自ら生み出して解決のための投資を求めるようなことが日常的にあってはなりません。産業のための宇宙開発、官僚のための宇宙開発であっては国民の合意は形成されません。知恵と的確な判断力が常に求められています。米国においてさえも、一般的な見解とは異なるようですが、「宇宙ステーションは科学の役には立たないかも知れぬ。しかし、マクダネル・ダグラス社の役には立つ」、「宇宙開発計画は技術を複雑にし、官僚機構と予算を太らせる共同謀議の産物だ」、とのシニカルな見方もある宇宙開発です。

最近、一部で唱えられている技術についての日米スミワケ論も気になる論です。宇宙開発政策にも影響を与えるようになるのでしょうか。 。ともあれ、宇宙開発もエネルギー・人工知能・生体・海洋等と競合し互いに影響しあって進展するべきでしょう。

(航空宇宙技術研究所)

私は現在福岡在住のため、会の諸々の催しにも参加できず、今回の立花氏の講演も拝聴できずに残念に思っていたところを、会誌に講演の内容を載せて頂き、立花氏の宇宙への情熱とその行動力に大変感動するとともに、現在の日本の宇宙開発の現状というものを初めて具体的な数字とともに知ってこれはひどいとの印象を持った。実際、年間の宇宙開発資金である一千億という金が、本四架橋一兆円の十分の一、年間新潟三区に落ちる公共事業費と同等というのは読んでいて衝撃的に近い事実であった。以前から感じてきていたことであるが、日本の研究者達は、どちらかという米国の研究者などに比べて政治的な部分が少なく、研究に没頭することで満足が止まることがありがちなのではないか。かく言う私も、今は学生の身であるが、将来的に研究を続けて行く上でも、お金のことであだこうだいうよりも、純粹に研究一途にやっけて行けたらいいと思っていた。確かに、予算の獲得のための努力というのは、以前、立花氏の「宇宙からの帰還」を読んだ際にも米国の宇宙飛行士の広報活動などを知り、非常に大変で大切なことだと感じたのであるが、やはり自分のこととなると、あんなことは人に任せて、自分は研究一途で行きたいと思っていた。がしかし、それではいけないのだと思う。米国に比べ立ち後れている日本ではなおのこと、宇宙開発に従事する数少ない人間一人一人が、国家の広報委員たる自覚を持ち、自分の回りの友人達からでいい、夢と希望に満ちた宇宙開発を分かりやすく語りかけることから始めるべきであろう。そういう草の根から宇宙へと夢を持つ少年を増やし、また国家としての宇宙開発に対するコンセンサスを形成して行かなければならないと思う。しかし、マクロ国家的には夢と希望だけでは予算の獲得には程遠いことは明らかである。そこで私は提言したい。一刻も早くNASAのような強い組織を作るべく、現在の宇宙三機関及びその関連機関を統合するべきだと思う。逆に将来的にみれば、これは必ず実現するものなのではないか。ならば早い方がよい。最近では運輸省も独自にスペースプレーンの開発を始めたと聞く。そういう国内的にバラバラで競争している場合ではないと思う。国を挙げて他国との競い合に全力を尽くさなければならない。だからこそ

機関の統一を行い広報活動を拠点唯一のもとですすめ、政府内に深く入り込んで、また研究の成果も次々に出した上で予算を獲得して行かなければならないと思う。言うは易し行うは難しで、いま私が言ったことも、諸先輩の方々がきっと努力されてきたことではあると思う。しかし、やはり見ていてもどかしいのである。未だ若輩者の叫びとして読んでいただければ幸いです。

(九州大学工学系大学院学生)

立花さんの講演を聞いて

笹原 真文

もともと、宇宙開発は、宇宙へ出てみたいという人間の好奇心、興味から始まったもので、大部分の人は、宇宙がすぐに役に立つことを求めているのではないと思います。宇宙へ出てみたい、新しい知識を得たいという欲求によって進んでいく過程で、波及的に、この技術はあれにも使える、これにも使えるという実用性が出て来るのだと思います。宇宙開発のように、お金がかかって、すぐにそれが回収できないものは、大勢の人に人々のコンセンサスが必要です。人々の好奇心の対象としては、常に目新しいものが目にふれることと、自分達の仲間がやっているんだという意識を持つようにすることが大切です。NASAの知名度の高さは、質より量ということも言えるのではないのでしょうか。日本でも、すぐ身近にNASDAの職員が感じられるように、例えばあちこちにNASDAの出店をいっぱい作るような規模の拡大や他機関との統合(NASAの1969年における職員数33,000人+出向者数370,000人には及ばないまでも)を行い、かなりの数の研究所が、たくさんの未来への可能性を探りNASDAの名前で、人々に夢を与えとか、アンピリカルタワーの番号がなければ、いつの打上げか分からないような画像ばかりではなく、もっと人々の好奇心に訴える宇宙からの中継等を、企画する必要があるのではないかと思いました。

(宇宙開発事業団)

米宇宙商業化政策（打上げ）の検討

秋山深雪

1. はじめに

最近、米においては、宇宙商業活動に係る政策についての議論が活発に行なわれており、新しい宇宙政策が策定されると言われている。

この米の動きの折、①米宇宙政策の柱、②米宇宙政策（特に最近の商業打上げが目指すところ）、③米政府と米企業の関係（米政府援助策）について、下記のとおり紹介したい。

2. 前提

(1) 米国においては、大統領の政権交替に伴い、行政府部局の主要な長は交替させられるので、宇宙政策も政権に即したものとして把える必要がある。

ここでは、レーガン政権の宇宙政策を対象とした。

(2) レーガン政権下の米宇宙商業化政策としては、

① 1982年 国家宇宙政策

② 1986年 宇宙政策見直し

(注：チャレンジャー事故後に、NASA商業打上げを原則として禁止するとの主旨で出された。)

の2つが大綱として挙げられる。

3. 要約

(1) 米宇宙政策の柱

- ・米国においても宇宙政策の根幹は、「国家安全保障 (National Security)」の一語につきると考えられる。
- ・ここでいう National Security は、狭義の軍事的な使い方ではなく、広義の経済的側面等を含む国家の生存といった意味で用いている。しかしながら、「宇宙開発は日本の生存・発展に不可欠」（宇宙委長期政策懇報告：87年5月）といった経済的側面にウェイトを置いた我国政策と異なり、軍事が大き

な部分を占めているのが米宇宙政策と考えられる。

・この点は、レーガン政権が国防を重視しているためとも考えられるが、連邦政府設立意義の重要点は国防にあるとの米国人応答（米憲法前文）もあることから、米にとっては自然なものと考えられよう。

・この故か、最近の米においては（特に86年以降）、宇宙政策政府推進主体は、NASAではなく、DODとなっている。

7.例えば予算を例とすれば、86FY以降DOD宇宙予算は、NASA宇宙予算の2倍以上となっており、86FYでは米全宇宙予算約24 billion \$の69%をDODが占めている（NASAは約30%）。

4.また、商業打上げに関連する両者の輸送系活動（87年）を比較すれば、次のとおりである。

〈DOD（空軍）〉

- ・Advanced Launch System（SDI用：旧称HLLV）RFP発出
- ・MLVにMDAC社 DELTA-IIを採用
（商業打上げに転用可としている。）
- ・MLV-II 検討契約

〈NASA〉

- ・Advanced Solid Rocket Booster
〔ASRB（シャトル能力回復用）〕 検討契約
- ・Shuttle - C 研究契約

4.この他に、DOD/NASAが共同してNASP研究計画を進めているが、予算上、明らかにDODが主体となっている。

(2) 米宇宙政策の把握

① 1982年国家宇宙政策

・本政策においては、次の点が主要な柱となっている。

7.安全保障宇宙計画（DOD）と民生計画（NASA）の連係

イ.民生計画として、公共安全及び安全保障に合致する範囲で、私企業宇宙活動を助長すること。

ウ.安全保障計画として、宇宙平和利用は安全保障を許容するものであるから、A - Sat 計画等を推進すること。

上記に加え、本政策では、NASAの Shuttle (STS) を米政府の安全保障及び民生ミッションの primary launch system としており、安全保障ミッションを優先としつつも、STSは民生ユーザにも利用させるものとしている。

- ・本政策は、米商業打上げを米政府が推進することを明示したという意味で、画期的なものと考えられる。
- ・しかしながら、同政策は商業打上げ推進のうえで具体策を欠いており、かつ、政府輸送系 (STS) と商業打上げの関係を明定していない (併用ということと解される。) という欠陥がある。

(注) 本件の背景には、82年国家宇宙政策においてSTSが米政府の主要輸送系となり、ELVが phase - out することから、これらELVが商業打上げ機として救済されることになったという経緯があると思われる。

- ・商業打上げ機として、検討が開始されたのは Delta、Atlas - Centaur、Titan 等 50年代技術のロケットであり、コスト的に、ESAのアリアンに対抗することが難しいほか、NASA STSが商業打上げに提供されるため、STSを競合相手とせざるを得ないという82年政策の欠陥が反映するものとなった。
- ・これら商業打上げのハンディキャップを補完するため、米政府援助が ①輸送系R&D推進、②米政府打上げ施設の貸与等について要請された。

②1983年 ELV政策

- ・本政策は、82年国家宇宙政策を具体化するものと促えられる。本政策においては87年現在も米商業打上げを規律する基本方針が含まれているので以下に項目を挙げる。

- ア.米政府は、打上げ企業に対し、許可・監督を宇宙関係条約に従い実施するとともに公共の安全を確保する。(→政府による安全審査)
- イ.米政府は、打上げ企業に対し、政府射場規則等に従うことを条件に実費支弁原則で (on a reimbursable basis) で施設、設備、器具及び射場作業 (services) をELVの製造、打上げに必要な範囲で供与する。
[→政府設備、射場の貸与(但し、開発コストの回収等を行わない。)]
- ウ.米政府は、打上げ企業に対し政府助成は行わない (not subsidize) が、政府設備・射場の貸与は、私企業打上げを推進するために必要なレベルの価格とする。
- エ.米政府は、商業打上げの自由競争を促進するものとし、政府設備・射場の貸与については、政府経済・外交政策・国家安全保障策に合致する範囲で、衡平 (equitable) に各企業を取扱うものとする。
- オ.米政府は、打上げ企業の施設、射場建設及び打上げ運用につき、評価 (review) 及び承認 (approve) を行うものとする。
[→各企業の活動については政府監督・承認の対象]
- ・本政策においては、上記私企業によるELV打上げを助長する旨明記がありながら、依然として、NASA STSが商業打上げに供用されるとしている。
(但し、STSが打上げ価格については、いずれフルコストを回収するものとしている。)

③1984年商業打上げ法制定 (Commercial Launch Act of 1984)

- ・本法は、1983年ELV政策に沿って、同政策を具体化するものとして促えられる。
- ・本法においては、商業打上げの許可等を行う政府機関としてDOTが指名された。
(DOT指名については、84年2月の大統領 Executive Order により行われ、同通達においては、米政府意思を統一するため、DOT長官を議長とする Interagency Group が設立されている。)

- ・同法制定後、DOTは86年2月に至って暫定許可規則（interim licensing regulations）を公表する等86年までは、商業打上げ推進は遅々としていた。
- ・その理由としては、繰返しになるが、82年宇宙政策が商業化打上げ推進のうでSTSを米政府打上げ機として位置付け、商業ELVの位置付けを欠いていることにあると考えられる。
- ・NSTSが主要打上げ体系（primary launch system）である以上、明確な位置付け（特に国家安全保障との関連）を欠いた商業ELVが、米政府の強力な推進の対象となるとは考えにくく、86年までの商業打上げに対する遅々とした歩みは、国策の不明確さによると考えられる。

④ 1986年宇宙政策見直し

- ・86年1月28日にチャレンジャー事故が発生し、STS打上げが中断されるに至り、82年国家宇宙政策に重要な変更が加えられた。変更の内容は、NSTSを主要打上げ体系（primary launch system）とは、もはや位置付けないとしたことであり、国家安全保障上も商業ELVが明確にBack up launch systemとして明定され、政府の強力な支援が開始された。
- ・この点で、米商業打上げ政策上は、86年の宇宙政策見直しが最も重要なものと考えられる。DOT長官、E. Doleは、“米商業打上げに青信号が出た”と表現している。
- ・一方、NASA STSが商業打上げから撤退させられたことは、NSTSがもはやNational STSではなくなり、予算制約（NASA予算は87年10月現在 約9 billion\$）から、NASAは、専ら宇宙実験ミッションにのみ従事するとの方向づけがなされたものと考えられる。

（注： STSは、有人オリエントのミッションに従事することとなっているが、有人が必要なミッションとしては、当面、宇宙実験主体以外考えられない。）

- ・ N A S A が商業打上げから撤退することは、D O T が米政府商業打上げ推進主体となることを意味するかどうかであるが、そうではないと考えられる。
- ・ 商業打上げが、産業として成立していくほどの基盤があるのならともかく、現時では、(i) 市場の狭溢さ、(ii) 先行投資（射場建設等）の巨額さ、(iii) 危険性の大きさから考えると政府援助なし（特に先行投資の巨額性、危険性の点）では成立する余地は少いものと考えられ、先行投資については、政府の打上げ調達に初期では不可決と考えられる。
- ・ D O T は、Launch Commercialization Act にある如く、単に許認可官庁に過ぎず、推進主体にはなりえない。
- ・ 米政府の中で N A S A 以外の打上げ機調達可能性のある官庁は D O D であり、この意味で 86 年米国家宇宙政策見直しは、86 年 8 月以降 D O D が米商業打上げ推進主体となることを決定したとも解される。

⑤ 1986 年宇宙政策見直しの要点

- ・ 86 年見直しの要点は、次のとおりである。
 - (i) チャレンジャー代替オービタの調達決定
 - (ii) N S T S の商業打上げからの撤退決定
 - ア. N A S A は、商業打上げを行わない。
 - イ. 米私企業が、有人活動を要しない商業打上げに従事する。
 - ウ. N A S A 及び N S T S は、国家安全保障ミッション及び外交政策（foreign policy）ミッションに従事するほか、宇宙探査、新技術開発、宇宙利用（uses of space）を行うものとする。
- ・ 86 年見直しを厳格に保持しようとするれば、N A S A の作業は、① D O D に対するシャトル打上げの提供（国家安全保障ミッションは、D O D により計画されているので、N A S A は極言すれば D O D に奉仕するだけとなる。）② 宇宙探査、③ 宇宙基地のほかは、各フィールドセンターにおける研究を行うだけとなる。

また、NASAは、ELV作業に従事してはならず、デルタ、アトラスセントロール等は民間にすみやかに移管すべきとなる。

また、NASAが、新ELV開発に政府として従事することはありえず、新ELV（商業打上げ機に転用可能）開発には国家安全保障ミッション補強用にELVを必要とするDODが主役となることを定めたものと解される。

（参照：86年9月 DOD Space Recovery Program）

3. 米宇宙政策要約

(1) 米においては、82年国家宇宙政策において宇宙商業化が政策として打ち出されて以来、83年ELV政策、84年商業打上げ法と次々に商業打上げを推進するための動きがなされ、(7) 政府の商業打上げ監督、(i) 企業助成のための打上げ施設貸与という2つの柱が明示された。

(2) しかしながら、82年政策においては、NASAスペースシャトルが政府主要打上げ体系とされ、かつ、商業打上げにも提供されることとされていたため、商業打上げは強力な政府支援を欠き、シャトルのバックアップ打上げ体系ではないという一貫性を欠くものであった。

(3) 86年のチャレンジャー事故後、米国家宇宙政策は見直しが行われ、商業打上げ政策も一変することとなった。主要な変更は、NASA STSがもはや政府主要打上げ体系からはずされ、米商業打上げ機だけが商業打上げに割当てられた点である。その他としては、NASAは以後ELVから撤退し、DODが商業打上げに深くかかわるとの道を開いたと解される点である。

4. 商業打上げの問題点

86年国家宇宙政策見直し以来、商業打上げに関する米政策は一貫性を有するものとなり、商業ELVに対する政府支援も強化されたが、((i) 政府の商業ELV開発援助及び調達援助の開始 (ie ; DODのTitan-IV契約、MLV契約及びMLV-II RFP発出)、(ii) 政府打上げ施設貸与契約締結) 87年11月現在、最も大きな問題として商業打上げ者の責任問題が残されている。

本件につき、次のとおり概要を述べる。

(1) 米政府 - 米商業打上げ企業の責任 (2者間)

- ・米政府が、政府射場施設等を実費支弁原則 (direct cost ベースとされている。) により企業に貸与するほか、射場準備作業等を行うこととしている。
- ・この点で、商業打上げには政府関与があり政府責任が理論上生ずるべきであるが、米政府は一切責任に任じないとの立場を保持している。
- ・二者間責任の態様は次のとおりとなっている。
 - a. 政府射場貸与、サービス提供の遅れ、政府コントラクター過失につき一切責任を負わない。(企業の政府射場施設等使用は、secondary ベースに過ぎない。)
 - b. 飛行安全の結果、企業に生ずる損害につき一切責任を負わない。
 - c. 政府施設貸与、打上げサービス提供に関し、政府が一切責任に任じないよう、企業は政府も被保険者とする保険を付保する。
(注) NASA 契約では、5億ドルを超えないとしているが、DOD 契約では DOT が必要と認める保険としている。
 - d. 政府施設は、現状 (as is) で貸与され、その破損等については企業が一切の責任を負う。

(2) 米政府・企業と第三者の間の責任 (対第三者)

- ・米政府については、損害賠償条約等により外国人に対しては企業によるものであっても無過失損害賠償責任がある。
- ・本件については、米政府は、第三者損害については、企業が一切の責任に任じるものとしている。
- ・本件との関連で、企業は DOT の要求する第三者保険を付保するものとされている。
(注) 米政府は、保険付保額を上回る第三者損害が生じた場合も、損害に任じないものとしている。

- (3) 以上の結果、企業は米政府施設破損の危険に任ずるほか、政府行為により生ずる損害 (打上げ延期、中止等によるユーザへの補償も含む。) も負担せざるを

得ず、更に、第三者に対する無限賠償責任を課されることとなっている。

(注) 本件については、米政府担当官によれば、企業が全責任に任ずべしとする司法省見解に対し、企業育成のため、アリアンスペースと同様、例えば、5億ドル以上の第三者責任については政府が肩代わりすべしとの意見も政府内に存在するとのことである。

(4) 米商業打上げ企業 - 利用者 (Customer) 責任

米GD社の標準打上げ契約によれば、上記米政府政策に対応するものとして、

(i) GD社は、打上げから1年間、5億ドルを限度とする第三者保険を付保する。

(ii) 保険料は、GD社とCustomerで打上げ契約時にあらかじめ定めた額とし、保険付保が出来ない場合、保険料相当額を返戻する。

(iii) Customerは、衛星に起因する第三者損害につき、保険付保額及び付保期間を超えるものに責任を有する。

GD社においては、打上げ時の第三者損害につき、無限責任(但し、5億ドルまではCustomerが保険料相当額を支払う第三者保険でカバーされる。)を負った形となっており、このような形の解決はMDAC社、Martin社のような大企業にとっても極めてriskyな解決と考えられる。

いずれにしても、米企業は、本件責任問題につき、米政府助成が必要と口々に訴えており(ex. 5億ドル以上の第三者賠償責任については、政府が肩代わりする。)、現在見直し中と言われている米国家宇宙政策の中で本件につき、どのような結論が得られるのかが興味深い。

[追記]

1. 88年1月現在、米においては、新宇宙政策は依然として公表される段階となっていない。しかしながら、米議会等においては、商業打上げ者に対する米政府援策の必要性が声高に唱えられており、米下院科学・宇宙・技術委には、委員共同提案により、1984年商業打上げ法修正提案が提出されている。

2. 1984年商業打上げ法修正提案の概要

(1) 責任範囲の限定

ア. 商業打上げ者が任ずべき責任（保険調達又は自己負担）を可能損害（possible loss）から蓋然損害（probable loss）に対するものに限定するとともに、（ア）第三者に対するものについては5億ドル、（イ）米政府打上げ施設に対しては1億ドルに責任範囲を限定すること。

イ. 本案については、商業打上げ者が本来任ずべき責任を米政府が肩代わりする理由をどのように構成しているかであるが、米航空宇宙学会（AIAA）87年1月ポジションペーパーによれば、その理由は次のとおりとしている。

一商業打上げ者は、当然に、蓋然損害に任ずべきであるが、米納税者は米商業宇宙産業の育成によって恩恵を被るものであり、商業宇宙活動を害することとなる可能損害の負担を、商業活動者に負わせないことが、米国民納税者、商業打上げ者の3者にとって、合理的な方策である。

(2) 商業衛星打上げスケジュールの尊重

ア. 商業衛星打上げについては、国家緊急時を除いて、米政府ミッションの後回しとされることはなく、米政府は、商業宇宙産業代表と協議のうえ、米政府、商業打上げパイロードの打上げ順を設定する方法、手順を検討するものとする。

イ. 本案は、米政府が援助から一步踏み出し、助成に踏み出すとの考えを包含するものである。

(3) 国際ガイドラインの設定

商業打上げについて、公平な国際競争を確保するガイドラインを検討するため、国際的な話し合いを持つよう検討する。

(4) NASAにおける研究の実施

ア. 高性能、低コストの輸送系を可能とするため、NASAにおいて支援研究を行う。

イ. 86年宇宙政策見直しによれば、NASAは商業打上げ活動に関与しないとの政策であったことから、一部修正とも考えられる。

本修正法案がこのまま成立するかどうかは判然としないが、米下院の多数のメンバーが提案者となっていることから、多少の修正はあるとしても成立する可能性が高いのではないかと考えられる。

以上

6. 参考資料

- (1) 1982年国家宇宙政策
- (2) 1983年ELV政策
- (3) 1984年商業打上げ法
- (4) DOT News (86年2月)
- (5) DOT Commercial Space Transportation :
Interim Licensing Regulations
- (6) 1984年 National Policy on Commercial Use of Space
- (7) NASA Commercial Space Policy
- (8) NASA Role Organizations and Functions (Dr. Barbara Stone)
- (9) 1986年8月大統領演説 (86年国家宇宙政策見直し)
- (10) The DOD Space Recovery Program
(Defense Issues : Vol 1 , No. 58)
- (11) DOD Directive 3230.3 (86年10月)
- (12) The Military Use of Space
(Defense Issues : Vol 1 , No. 79)
- (13) DOD Memorandum (87年3月)
(87年 DOD Space Policy)
- (14) The House Committee on Science, Space and Technology Testimonys
- (15) Defense Daily (Sept. 15, 87)
- (16) NASA 施設設備貸与契約書

- (17) D O D 施設設備貸与契約書
- (18) Launch Reservation Agreement and Draft Contract terms and Conditions (G D 社)
- (19) Satellite Week (Vol 9 、 NO. 29)
- (20) Our Nation's Commercial Space Policy : An Agenda for Action (Mr. L. J. Evans)
- (21) 87年大統領一般教書演説
- (22) Statement of I. T. Gillam NASA Ass't Administrator (3/11/87)
- (23) NASA Facts (7/28/87)
- (24) 1984年商業打上げ法修正提案 (H R 3 7 6 5)
- (25) 米航空宇宙学会 (A I A A) 87年1月ポジションペーパー

以上

宇宙生物について

笹原真文

地球の生物も宇宙生物の一種であると考えられるが、一般的には地球外の例えば、最近ではE T、むかしはウェールズの火星のような生物をいうのであろう。現在のところ宇宙は、生物が見つかっていないので、宇宙開発によって宇宙の生態系を乱すといった問題は起こってはいない。地球外の生物は存在するのであろうか。

フランク・ドール教授の地球文明と同時に栄えているであろう文明社会を持つ星の数を N とすると

$$N = R \times f_p \times n \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

R : 銀河系の中で一年間に誕生する恒星の数

f_p : そのうち惑星系を持つ恒星系の割合

n : 惑星系のなかで、生命の誕生と進化に適した条件を備えている惑星の数

f_l : そのうち、生命が実際に発生し、より複雑な形態へと進化した惑星の割合

f_i : このような生命を持つ惑星の内、手先を起用に使う能力を備えた知的生命をもつ割合

f_c : そのうち星間通信をする能力と興味を持つほどに技術的に発展した惑星の割合

L : このような技術文明社会の平均寿命

の有名な式がある。

これに対して、カールセイガン博士は

$$R = 10 \text{ 個/年} \quad f_p = 1 \quad n = 1 \quad f_l = 1 \quad f_c = 0.01$$

$L = 1,000 \text{ 万年}$ の値を与え $N = 1,000,000$ つまり銀河系宇宙に百万個の宇宙文明があるとしている。

このことから、最も近いところにある宇宙文明と太陽系との間の推定される距離を $100 \sim 300$ 光年としている。これらを基に石原藤夫博士は、① 10 光年の銀河旅行によって、地球型の惑星や、なんらかの宇宙生物を発見することが出来るかもしれない。② 100 光年の銀河旅行によって高度に発達した宇宙文明と接触する可能性が大きくな

るといっています。なんらかの宇宙生物を発見できる可能性のある10光年近くの恒星はケンタウルス座のアルファ星 4.3光年、ケンタウルス座のブロクシマ星 4.3光年、Barnard' star 5.9光年、Wolf 359 7.6光年、Gl5183 8.1光年、Sirius 8.7光年、Leyten 726-3 8.9光年、Ross 154 9.4光年、Ross 248 10.3光年、等があります。10光年位であれば、一世代で行くことが出来るかも知れません。

カールセイガン博士は、地球と似たような条件があれば生命が生まれるのはわかっている、しかし、地球と似たような条件でのみ生命が生まれると考えるのは間違いだと語っています。カールセイガン博士は、前記の式に $L = 1,000$ 万年と仮定していますが、地球の生物についてみてみますと、地球が誕生して45億年、この地球の進化を1年にあてはめてみると

- 1月 1日 地球の誕生
- 3月29日 生命が現われる
- 11月16日 三葉虫の全盛時代
- 11月27日 魚類の出現
- 12月 4日 両棲類の出現
- 12月15日 恐竜の出現
- 12月26日 恐竜の絶滅
- 12月28日 哺乳類の種が豊富になる
- 12月31日 18時17分 猿人の出現
- 12月31日 11時59分46秒 キリストの生誕

のようになると ダイアグラム・グループが書いています。生命が現われてから三葉虫の全盛時代までが全体の63%をしめています。またアウストラロピテクスが現われてから現在まで300万年であるのに対し、恐竜の時代は1億年以上もありました。生物が複雑になるスピードが対数的に早くなってきています。人類が星間通信の能力と興味を持つようになったのは、1974年のアレンボの電波望遠鏡でのメッセージと考えるとまだ十数年のことで、技術文明社会の平均寿命を1,000万年とするのが長いかわりかは考える人によって違うだろう、これによって宇宙生物に出会う可能性は大きく

変わると思います。これから1,000万年後に人類がどんなに進化するかは私には想像できませんが。人間の身体についてみてみると生物が生まれた時、たまたま回りにあった海水から材料を使ったときのまま、現在にいたっているようで、人体、海水、地球表層の主要元素を比べると

含有順位	人体	海水	地球表層
1	H	H	O
2	O	O	Si
3	C	Cl	H
4	N	Na	Al
5	Ca	Mg	Na
6	P	S	Ca
7	S	Ca	Fe
8	Na	K	Mg
9	K	C	K
10	Cl	N	Ti

となるそうです。

宇宙生物は、はたして見つかるのでしょうか。

カールセイガン博士は、「やがて太陽系は、物理的にではなく、心理的に満員となるだろう。そしてその時、人類は恒星間旅行へと旅立つ準備をするのだ」と語っています。

人類は、宇宙生物を見つけるより早く宇宙に飛び出し、その環境に適應して、人類自身が宇宙生物になっていくか、宇宙生物を創っていくような気がします。

明朝の決断

岩田 勉

15世紀、ヴァスコ・ダ・ガマのインド到達より80年も早く中国の大艦隊がインド洋を越え、遠くアフリカ東岸までの遠征を行っている。明の永楽帝は、宦官の長、鄭和（ていわ）をして南海の経営にあたらせた。1405年から30年間、7回にわたる大遠征は、その規模においてガマの探険を全く矮小化ならしめている。その船は、キールを持たないモジュール構造であるが、長さ130m、500人乗り、羅針盤と測緯器を備え、沿岸をたどらず外洋を直進したと言う。第1回航海は1405～07年、500人の大船が62隻、将士27,800人が分乗していた。インドのカリカットを経て、1415年頃ベルシアのホルムズに達した。同時に分遣隊はアフリカ東岸へ往復している。

その目的は、明の国威を海外に誇示するとともに、貿易の実利を狙ったものであった。その結果、南岸諸国の来貢したものは三十余国に達した。この貿易は、いわゆる朝貢貿易であって、官僚によって整然と組織化されていた。絢爛たる帝国旗をなびかせて展開する数十隻の巨船群団を目の前に見たならば、いかに剛勇のポルトガル商人といえども、十分の一の小船数隻でこれに対抗することに絶望を感じたであろう。

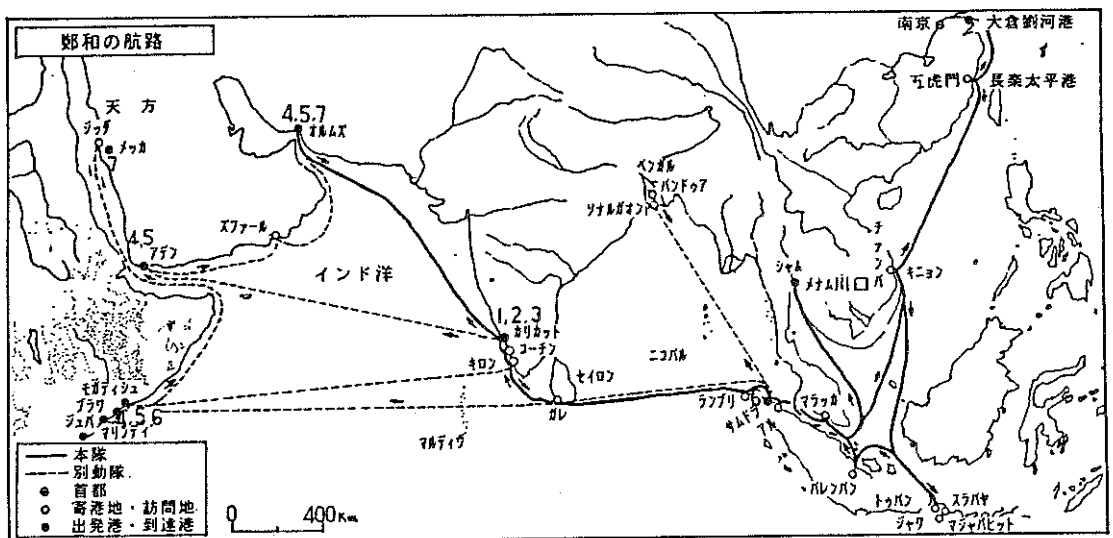
明帝国艦隊の技術と資金力をもってすれば、その後、数十年の間に希望峰を廻り、アフリカ西岸を北上して欧州に到達することは何の困難もなかっただろう。中国人はポルトガルを発見し、イギリスを発見して、そこの土着民に当時世界最高の中国文明を教えることができたはずである。ところが、1435年の第7回遠征を最後として、南シナ海以遠の中国船は全く姿を消してしまう。500人乗りの巨船群は、どこへ行ったのであろうか。ヴァスコ・ダ・ガマがインドに達した1498年のはるか以前に、これらの巨船は明の母港付近で朽ち果て、解体されて薪となってしまったのである。

当時の明帝国は世界最高の技術と行動力を持った集団であったが、その行動を決定するものは一つの社会階層を形成する膨大な官僚群であった。皇帝の命令はすべて官僚機構を通じて実現され、その過程には官僚自身の意志が多分に付加されることをまぬかれなかった。明国官僚はもちろん単なるマキャベリストではなく、儒教倫理をバ

ックボーンとする高潔な紳士であったと思われる。しかし官僚の集団支配の出す結論は合理的であるが故に、未知の領域に踏み出すことができない。当時の明国官僚の常識において、明国内のみが世界のすべてであって、その外側に意味のある世界が存在することなどあり得ないことであった。大皇帝の没後、世界の果てへ遠征するなどという無意味な浪費が中止されたことは、正に明国官僚の優秀性を証明していると言えよう。中国の必要なものは、中国の中にしかない。虚無の海を渡って何を求められると言うのか。こういう議論が明の宮廷を制したのであろう。

かくして、15世紀が終りつつある頃、誰もいなくなったインド洋に現われたものは、東洋の財宝にあこがれて世界中に乗り出したヨーロッパの商人達であった。東洋貿易の作り出した巨大な市場が、産業革命を導き、300年後には欧州の世界支配となって中国本土に押し寄せてくることなど、明国官僚の全く与り知らぬことであった。

(編集人)



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

宇宙開発事業団 宇宙基地推進室 山口孝夫

I. まえがき

有人宇宙システムは、「人間、機械及び宇宙環境が相互に関連し合い、一体となっている集合体である」といえる。この意味において、人間、機械及び宇宙環境は、システムを構成する要素である。有人宇宙システムの人間・機械系を設計するにあたっては、これらの各構成要素の相互関係をよく理解したうえで、総合的に検討して行かなければならない。

有人宇宙システムの設計、開発に、人間・機械系設計技術、すなわち、人間工学的な配慮を施す必要性はいまさらいうまでもない。

人間工学的な配慮といっても、その範囲は広い。システム/サブシステムの設計のみならず、搭乗員の選抜、訓練、そして運用にも積極的に関与する必要がある。

必要とする知識も多岐にわたる。工学的な知識はもちろん、心理学、医学さらには経済、法律等の知識も必要とする。したがって、人間・機械系の最適設計を行うにあたっては、さまざまな分野の人達の協力が必要である。

有人宇宙システムの人間・機械系を設計するにあたっては、さまざまな観点からの洞察を注意深く行わなければならない。筆者は、これらのうち人間、すなわち、「人的特性」に焦点をあて、それについて記述することとした。なお、今回は、人間・機械系設計に考慮すべき、搭乗員の身体的な特性について記述した。他の特性については、次回以降に述べることにする。

II. 人間・機械系設計の基本的な考え方

人的特性の搭乗員の身体的な特性、すなわち人体特性について記述する前に、人間・機械系設計の基本的な考え方について簡単に述べることにする。

人間・機械系設計の目標は、全体システムの安全性、信頼性、効率及び生産性の向上にある。この目標を達成するためには、どのように人間・機械系設計を進めればよ

いのか、そのベースとなる基本的な考え方について述べる。

1. 単純化及び標準化

搭乗員が、装置等を容易にかつ的確に運用できるように、設計に際しては、できるかぎり単純化及び標準化を図らなければならない。如何に先端技術を駆使しようとも、搭乗員がその装置を十分に操作することができなければ何にもならない。

このような配慮を施すことにより、人間・機械系のパフォーマンスが向上するばかりでなく、搭乗員訓練の容易化、搭乗員のワークロードの軽減、ヒューマン・エラーの防止、運用及び保全手順の簡略化につながる。

2. ハビタビリティの向上

搭乗員が打ち上げ時、軌道上及び帰還時において、快適かつ効率的にミッションを遂行でき、要求されたパフォーマンスを達成、維持できるように、ハビタビリティの向上を図らなければならない。ハビタビリティは、物理的環境、搭乗員の生理的及び心理的要因、さらに社会的要因が複雑に関連しており、これらを総合的にとらえる必要がある。

なお、ハビタビリティとは、搭乗員の生産性、心身の健康、福利及びパフォーマンスを促進させる環境要因であると定義できる。

3. 安全性の確保

搭乗員が打ち上げ時、軌道上及び帰還時において、損傷及び致命的な災害に遭遇することのないように、安全性には十分配慮しなければならない。人間・機械系を設計するにあたっては、フェールセーフ設計を施し、機器の故障、搭乗員の損傷により、システムの機能が停止したり、重大な災害が引き起こされないようにしなければならない。また、フルブーフ設計を施し、搭乗員がエラーを起こさないような設計上の配慮も行う必要がある。

4. 試験及び評価

人間・機械系設計の人間工学的な有効性を試験、評価しなければならない。最終

的に出来上がったシステムに対して試験、評価したのでは遅すぎる。この段階で人間工学的な不具合が発見されたとしても、それが致命的なものでない限り、設計に反映されることはほとんどない、といってよい。結果的に、搭乗員にそのしわ寄せが行き、搭乗員が苦勞することになる。

試験、評価に際しては、コンピュータシミュレーション及びモックアップ等を活用、できる限り早い段階に実施し、その結果を設計に反映させなければならない。また、改善後、再度試験、評価を実施し、改善策の有効性を実証することも忘れてはならない。

Ⅲ. 人体特性

NASAは、有人宇宙システムの搭乗員の身体的基準を、次のように設定している。

(1) 上限：95%-ileのアメリカ人男性

(2) 下限：5%-ileの日本人女性

このように設定することにより、世界人口の90%の人が搭乗員となり得るように配慮されている。つまり、大きい方の代表がアメリカ人、小さい方の代表が日本人というわけである。円高、ドル安に揺れる経済とは違って、体格に関しては、まだまだ世界の後進国のようである。

本格的な宇宙時代にはいる2000年の搭乗員の体格を推定した結果の一例をFig.1に示す。

なお、パーセンタイル(%-ile)とは、ある母集団において、測定値以下の値にある人間がどれだけいるかを、百分率で表わしたものである。また、ある母集団内における順位を知る上でも便利である。身長を例にとれば、全人類の中で、身長が148.9cm以下の人が占める割合は5%であり、190.1cm以下の人が占める割合は95%である、ということの意味している。また、表現を変えれば、次のようにも考えることができる。全人類を身長の順に並べ、一番高い人に100という順位をつけ、一番低い人に1という順位をつけたとする。95%-ileの人間は、低い方から数えて95番目、5%-ileの人間は5番目、ということになる。

NASA-STD-3000

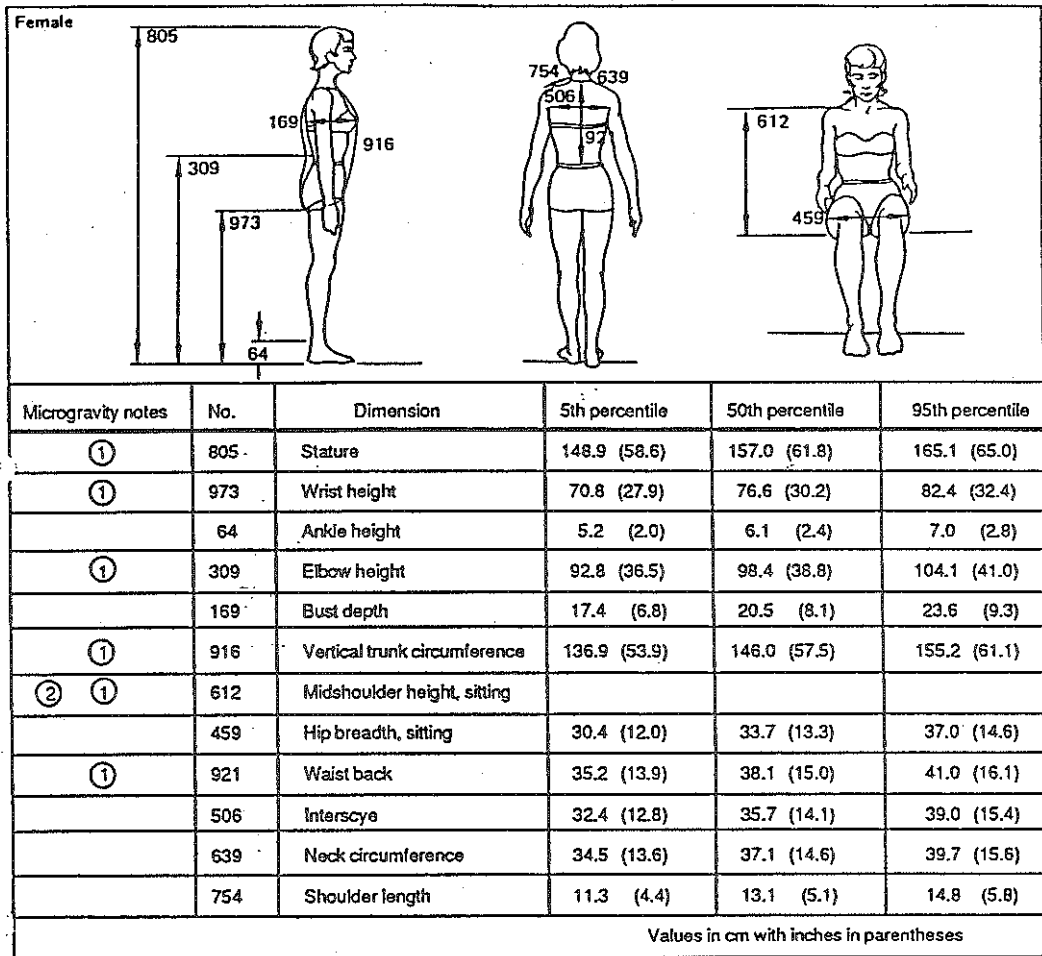


Fig. 1 (A) Body Size of the 40-Year-Old American Male and 40-Year-Old Japanese Female for Year 2000 in 1-G Conditions

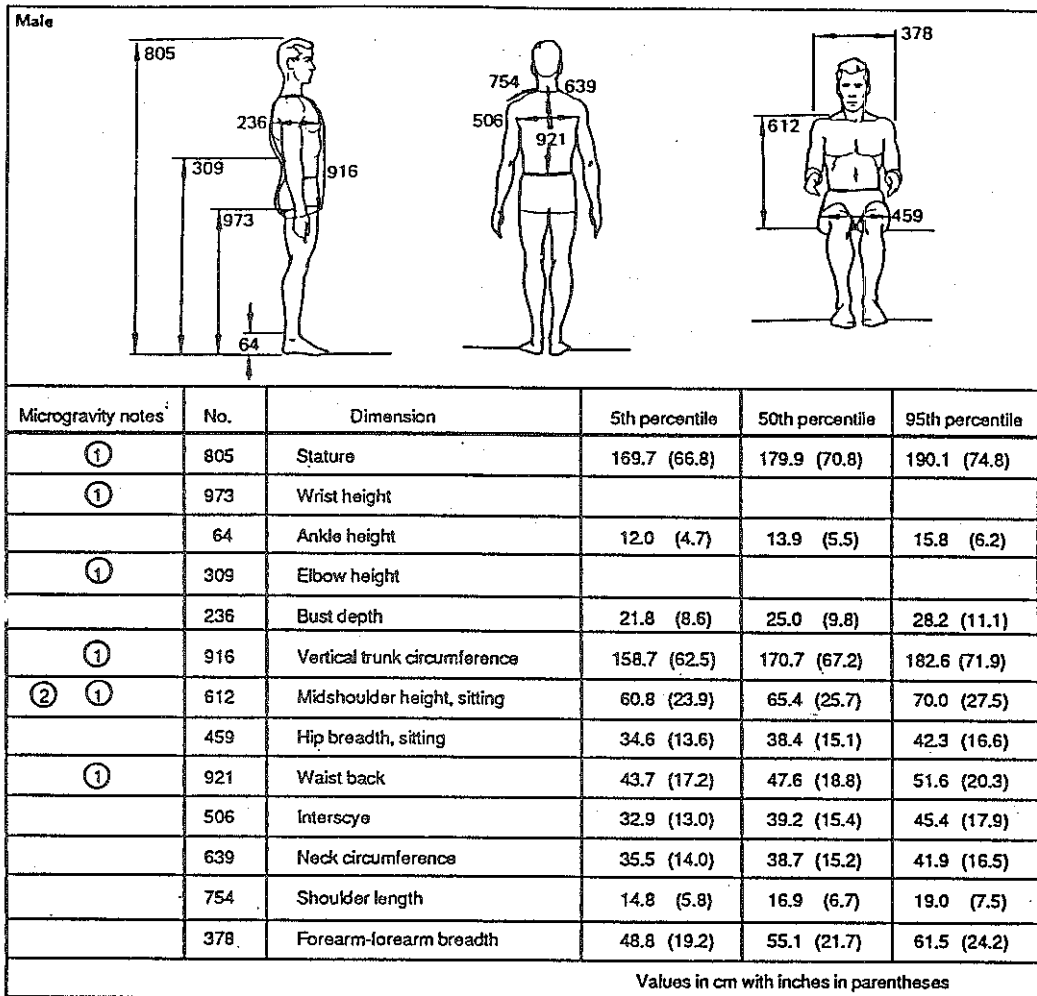


Fig. 1 (B) Body Size of the 40-Year-Old American Male and 40-Year-Old Japanese Female for Year 2000 in 1-G Conditions (Continued)

2. 無重量環境の影響

無重量環境は、搭乗員の身体に大きな変化をもたらす。

まず、身長が伸びる。伸びるといっても成長するのではない。1 G環境下で圧縮されていた脊柱が、重力の拘束から解放されて伸びるのである。残念ながら、足は長くない。ただ効果は無重量環境下に限る。地球に帰還したその日、元に戻る。

その伸び率は、2週間以内の短期ミッションでは、約1.3cmである。それ以上の長期ミッションでは、約3%の伸び率である。

無重量は、搭乗員の体形にも変化をもたらす。胸は膨らみ、ウエストは細くなる。女性にとって宇宙は理想的環境かもしれない。

これらの変化は、1 G環境下において足元に溜っていた血液等の体液が、無重量環境下では上半身に移動するからである。ボディラインは美しくなるが、ただ難点は顔がむくむことである。これらの変化も、地球に帰ったその日に元に戻る。

体重も減る。2週間以内の短期ミッションにおいては、約3%減少する。その原因の2/3は、体の水分が失われることによる。重力から解放されて上半身に移動してきた血液を、人体センサーが全身の血液が増えたと勘違いし、誤警報を発するからである。センサーからの警報を受けた中枢系は、血液を減らすように命令を出す。その結果、尿が頻繁に出るようになり、体の水分がどんどん失われていく。最初の数週間で約3%-4%減少し、その後、わずかずつ体重が減っていく。体重の変化は、地球に帰還しても元に戻るまで数日間あるいは数週間かかる。この間、食事等に気をつければ、ダイエットに成功するかもしれない。

無重量環境は、この他にも人体にさまざまな影響を及ぼす。ネガティブな影響として、赤血球の減少、脱カルシウム、筋力低下等がある。

赤血球は約15%減少するうえ、その形状も変化するといわれている。したがって、搭乗員は、貧血気味になる。

脱カルシウムの量は、1ヶ月あたり0.3-0.4%にもものぼり、足の骨は約3%細くなる。したがって、長期間宇宙に滞在後地球上に帰った場合、骨が折れ易くなっている。しばらくはリハビリに専念しなければならず、日常生活には十分注意を要する。

筋力は重力の拘束から解き放たれて、衰退の一途をたどる。宇宙滞在327日という世界記録を達成したソ連のユーリ・ロマネンコ宇宙飛行士が、地球に帰還後に見せた姿

は印象的であった。足の筋力低下により、自力で立つことができず、周囲の人たちに支えられていた姿は痛々しい。足の筋力は、約15%縮んでしまったといわれる。筋力低下の防止に効果があるといわれている筋力トレーニングを、宇宙船内で行っていたにもかかわらずこのような結果になったことは、今後に大きな問題を残したといえる。

3. 中立姿勢

無重量環境下の搭乗員の姿勢は、1 G 環境下のそれとは異なる。無重量環境下では、1 G 環境下と同じ姿勢をとろうとすると、搭乗員にかなりのストレスがかかる。上体を前に曲げたり、手足を曲げたりすることは、無重量環境下ではかなりきつい動作である。

無重量環境で最も自然な姿勢は、Fig. 2に示す姿勢である。これを中立姿勢という。

装置等を設計する場合、搭乗員がこの中立姿勢で作業を行えるような配慮が必要である。

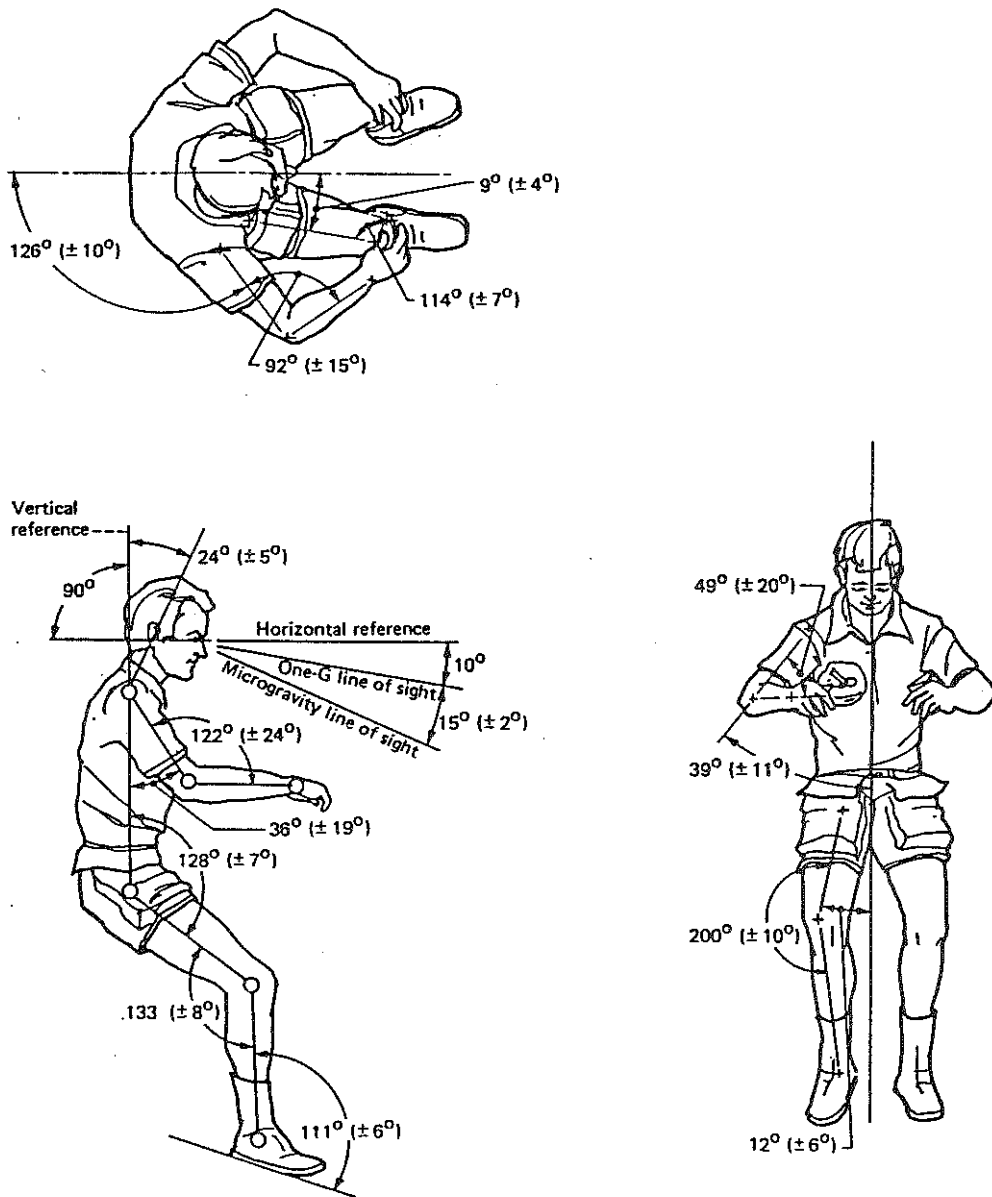
4. 人体計測と生体力学

宇宙服、装置、作業空間等を設計するにあたっては、搭乗員の人体寸法、筋力、運動特性等を考慮しなければならない。スイッチ、ボタン、ハンドル等の制御機器及びCRT、インジケータ等の表示機器等の大きさやレイアウトを決定したり、宇宙服の寸法を決定したり、宇宙船の大きさはもとより、搭乗員が出入りしたり、移動したりする際のハッチやノードの大きさを決定するには、人体計測及び生体力学的データが必要不可欠である。

先端技術を駆使したすばらしい性能を有する装置であっても、それを操作する搭乗員の体格に合わず、スイッチ等に手が届かないとなれば、何にも役に立たない。たとえ届いたとしても、無理な姿勢を強いられるとすれば、搭乗員に疲労をもたらす結果になる。また、パフォーマンスも低下する。

4. 1 人体寸法

人間の体格には、個人差があり、民族によっても異なる。また、世代の推移とともに変化する。人体寸法を考える場合、設計者は、こういったことにも配慮しな



F i g . 2 Neutral Body Posture

ければならない。

人体寸法には、身長、手足の長さなど長さに関するもの、胸囲、腕の太さなど周囲に関するもの、肩幅、胸幅など幅及び厚さに関するものがある。その測定項目だけでも100項目以上ある。

4. 2 関節の動き

肩、肘、手首、膝等の関節の可動範囲を知ること、人間・機械系設計では重要な情報である。Fig.3及びTab.1に各関節の可動範囲を示した。

これらの図表では、単一の関節部に関するデータしか示されていないが、実際には、2つ以上の関節が関連し合っている。もの一つ掴むにしても、単に腕だけを考えても手首、肘及び肩の関節が連動している。したがって、設計者は、多次元的な関節の動きについても考慮しなければならない。

一般には、接続する相互の関節が干渉して、単一の関節で得た可動範囲よりも狭くなるのがTab.2からわかる。

4. 3 作業域

搭乗員が特定の作業姿勢を取った場合の手や足が届く範囲がわかれば、おのずと作業域も決ってくる。しかし、単に手や足が届くりーチ寸法だけでは決定できない。前方に腕を伸ばしきった状態では、十分な力が出せないし、微妙な操作もできない。楽な姿勢を維持でき、操作できるように「余裕」も考慮しなければ、最適な設計とはいえない。

搭乗員の作業域に関する一例をFig.4に示す。

4. 4 特殊な人体特性

以上に述べた人体特性の他に、体表面積、身体体積、身体質量、身体重心及び慣性モーメントも人間・機械計設計では考慮する必要がある。

搭乗員は、宇宙船内において、かなりの熱源となる。宇宙船内の温湿度制御をする場合、無視することができない。搭乗員の体表面積がわかれば、ある程度熱量を推定することができ、環境制御の設計に資することができる。また、宇宙環境における放

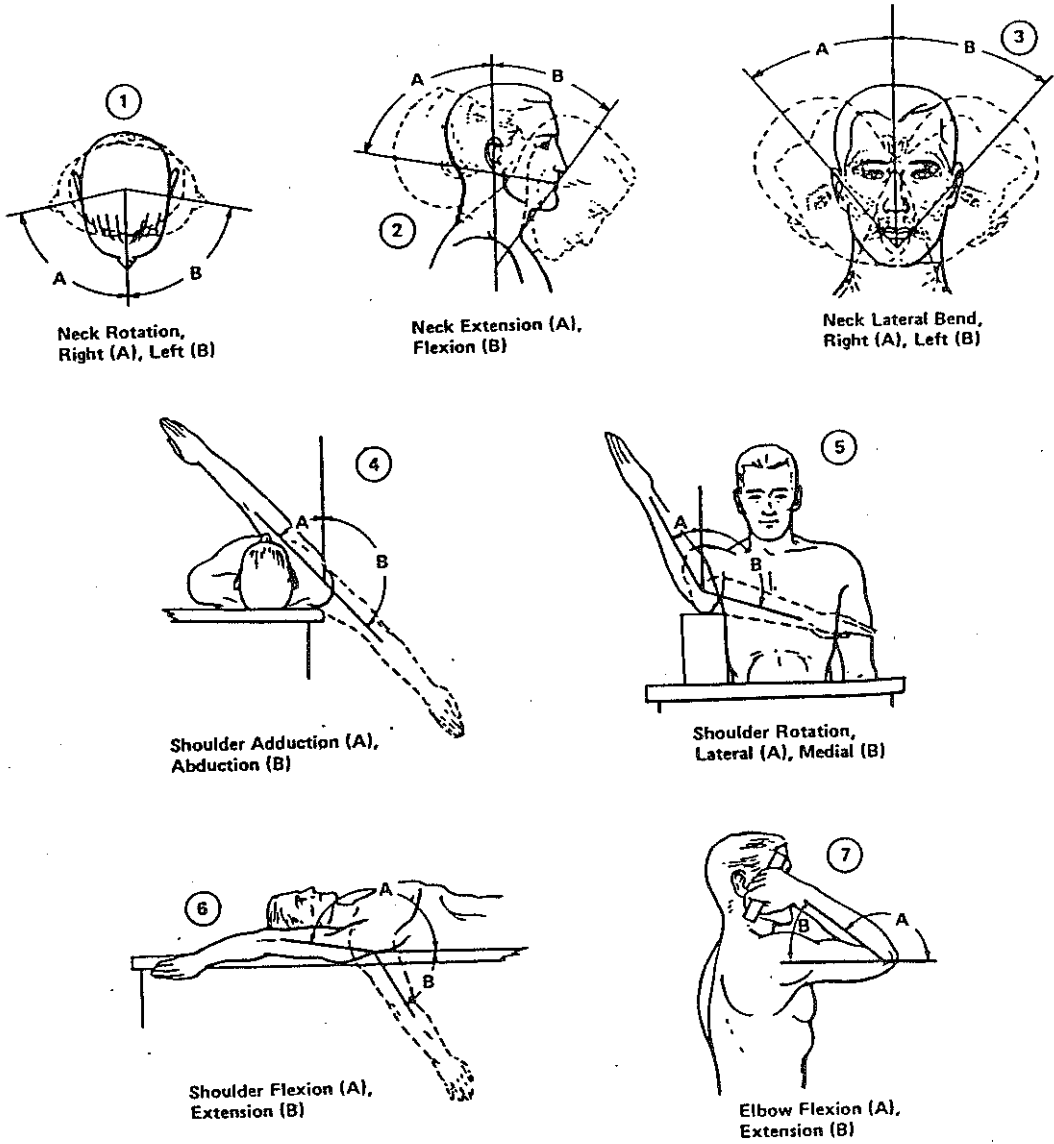


Fig. 3 (A) Joint Movement Ranges for Males and Females

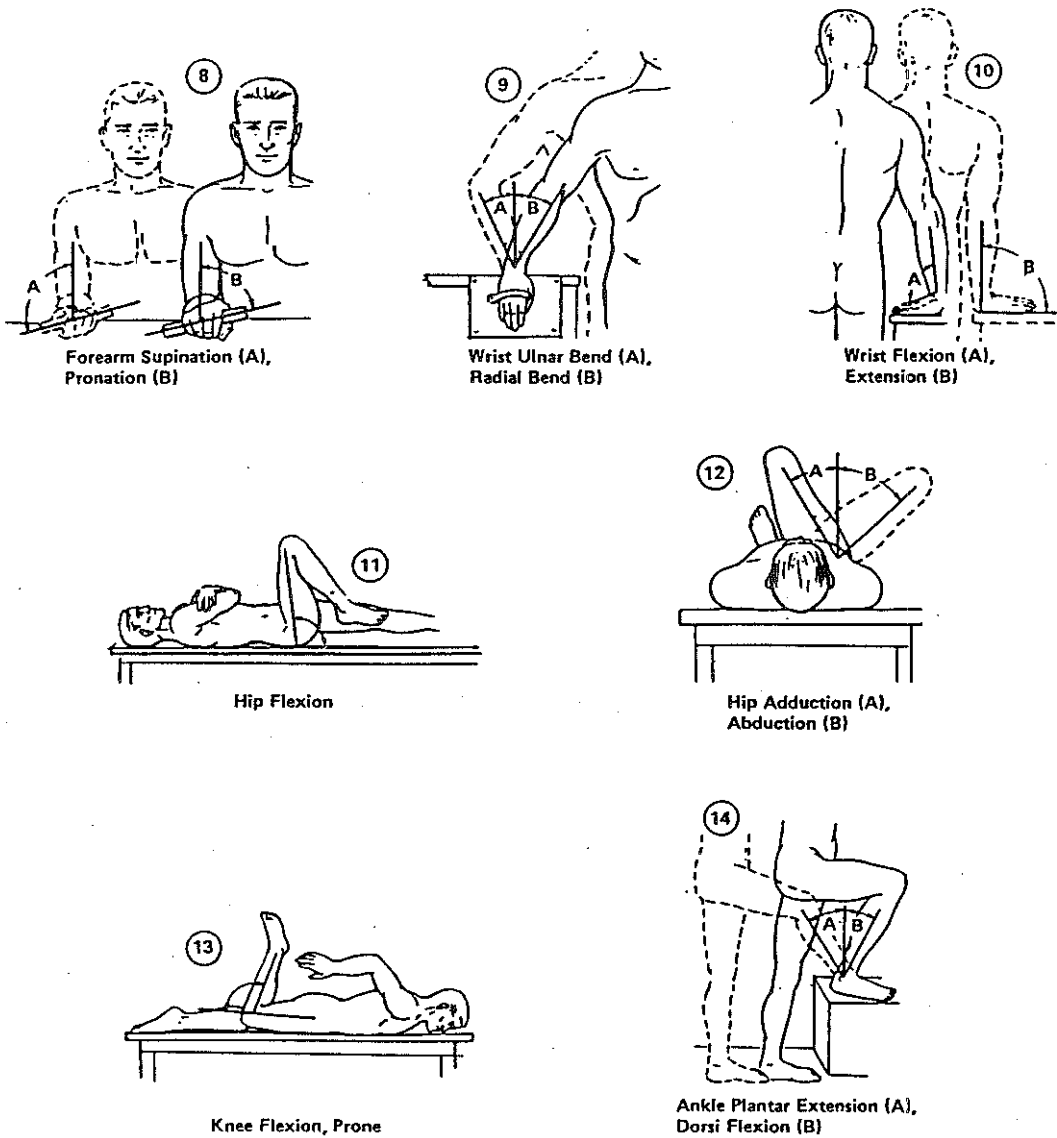


Fig. 3 (B) Joint Movement Ranges for Males and Females (Continued)

T a b . 1 *Joint Movement Ranges for Males and Females*

Figure	Joint movement (note b)	Range of motion (degrees)			
		Males (note a)		Females (note a)	
		5th percentile	95th percentile	5th percentile	95th percentile
①	Neck, rotation right	73.3	99.6	74.9	108.8
	Neck, rotation left	74.3	99.1	72.2	109.0
②	Neck, flexion	34.5	71.0	46.0	84.4
	Neck, extension	65.4	103.0	64.9	103.0
③	Neck, lateral right	34.9	63.5	37.0	63.2
	Neck, lateral left	35.5	63.5	29.1	77.2
④	Shoulder, abduction	173.2	188.7	172.6	192.9
⑤	Shoulder, rotation lat	46.3	96.7	53.8	85.8
	Shoulder, rotation med	90.5	126.6	95.8	130.9
⑥	Shoulder, flexion	164.4	210.9	152.0	217.0
	Shoulder, extension	39.6	83.3	33.7	87.9
⑦	Elbow, flexion	140.5	159.0	144.9	165.9
⑧	Forearm, pronation	78.2	116.1	82.3	118.9
	Forearm, supination	83.4	125.8	90.4	139.5
⑨	Wrist, radial	16.9	36.7	16.1	36.1
	Wrist, ulnar	18.6	47.9	21.5	43.0
⑩	Wrist, flexion	61.5	94.8	68.3	98.1
	Wrist, extension	40.1	78.0	42.3	74.7
⑪	Hip, flexion	116.5	148.0	118.5	145.0
⑫	Hip, abduction	26.8	53.5	27.2	55.9
⑬	Knee, flexion	118.4	145.6	125.2	145.2
⑭	Ankle, plantar	36.1	79.6	44.2	91.1
	Ankle, dorsi	8.1	19.9	6.9	17.4

NASA-STD-3000

T a b . 2 *Change in Range of Movement With Movement in Adjacent Joint*

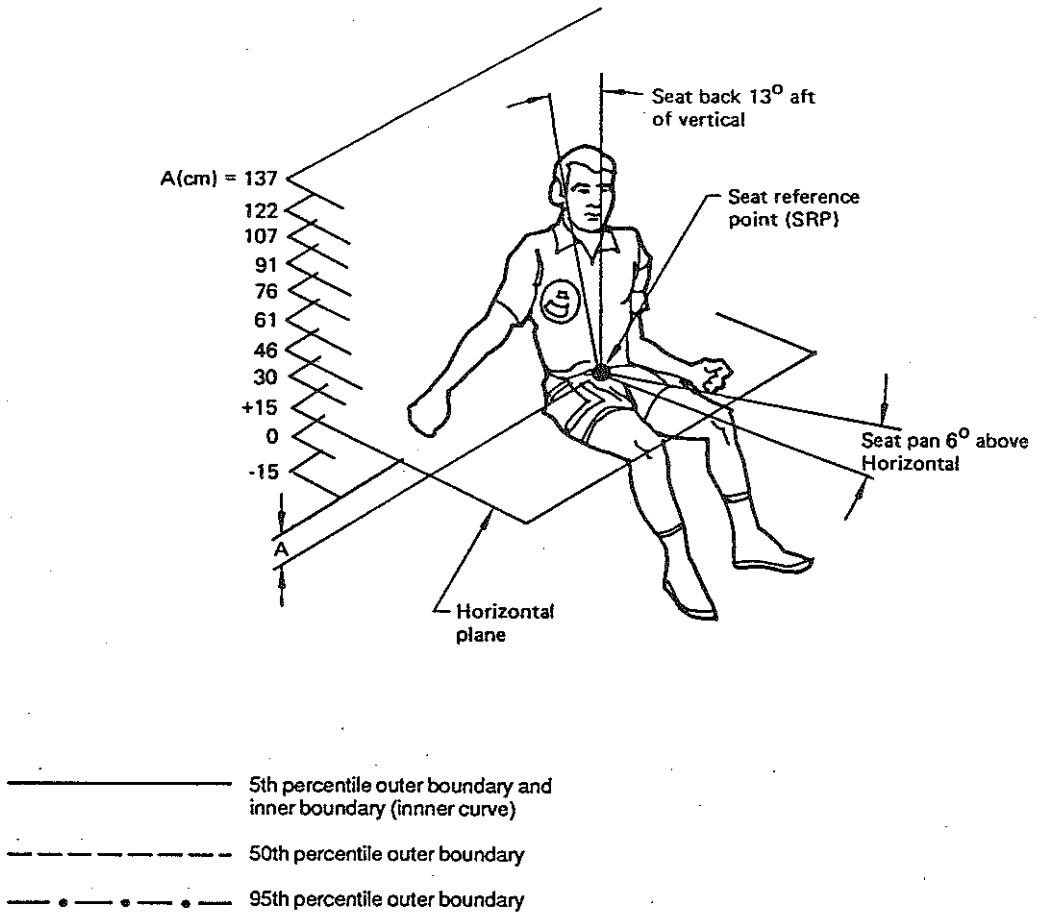
Two-joint movement	Full range of A (degrees)	Change in range of movement of A (degrees)				
		Movement of B (fraction of full range)				
		Zero	1/3	1/2	2/3	Full
Shoulder extension (A) with elbow flexion (B)	59.3 deg		+1.6 deg (102.7%)		+0.9 deg (101.5%)	+5.3 deg (108.9%)
Shoulder flexion (A) with elbow flexion (B)	190.7 deg		-24.9 deg (86.9%)		-36.1 deg (81.0%)	-47.4 deg (75.0%)
Elbow flexion (A) with shoulder extension (A)	152.2 deg			-3.78 deg (97.5%)		-1.22 deg (99.2%)
Elbow flexion (A) with shoulder flexion (B)	152.2 deg		-0.6 deg (99.6%)		-0.8 deg (99.5%)	-69.0 deg (54.7%)
Hip flexion (A) with shoulder flexion (B)	53.3 deg	-35.6 deg* (33.2%)	-24.0 deg (55.0%)		-6.2 deg (88.4%)	-12.3 deg (76.9%)
Ankle plantar flexion (A) with knee flexion (B)	48.0 deg		-3.4 deg (92.9%)		+0.2 deg (100.4%)	+1.6 deg (103.3%)
Ankle dorsiflexion (A) with knee flexion (B)	26.1 deg		-7.3 deg (72.0%)		-2.7 deg (89.7%)	-3.2 deg (87.7%)
Knee flexion (A) with ankle plantar flexion (B)	127.0 deg			-9.9 deg (92.2%)		-4.7 deg (96.3%)
Knee flexion (A) with ankle dorsiflexion (B)	127.0 deg					-8.7 deg (93.0%)
Knee flexion (A) with hip flexion (B)	127.0 deg			-19.6 deg (84.6%)		-33.6 deg (73.5%)

*The knee joint is locked and the unsupported leg extends out in front of the subject.

NASA-STD-3000

Horizontal Plane

Thumb and forefinger grasp boundaries for varying dimensions of A (A positive above SRP)



F i g . 4 (A) Grasp Reach Limits With Right Hand for American Male and Female Populations

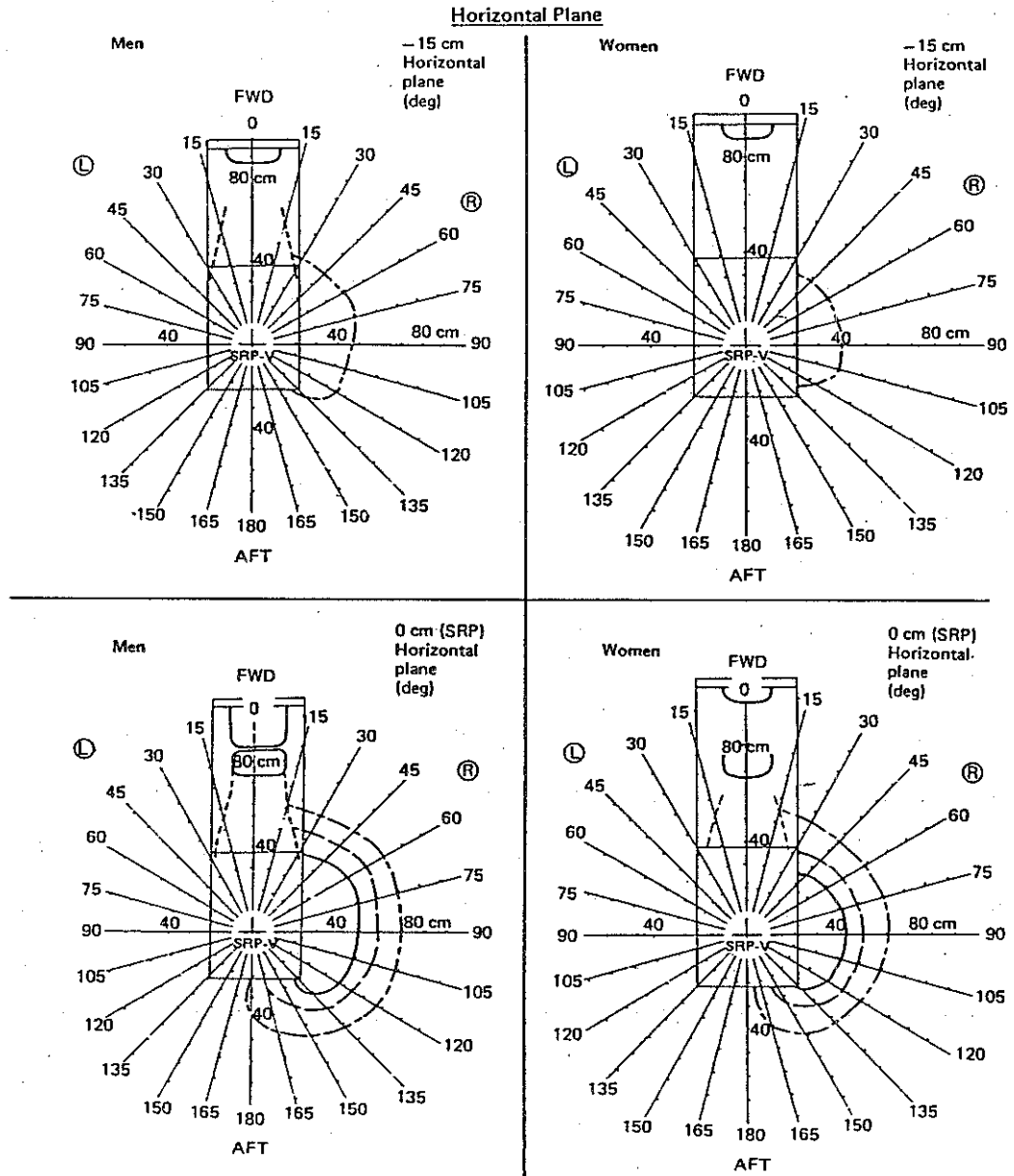


Fig. 4 (B) Grasp Reach Limits With Right Hand for American Male and Female Populations

射線被曝量の推定にも、体表面積は必要なデータである。

身体の体積、質量、重心及び慣性モーメントは、搭乗員の姿勢と装置との関係を明確にし、人間・機械系パフォーマンスを向上させるのに有用なデータである。

例えば、搭乗員の身体を固定するための拘束器具の設計、無重量環境でのトルクモーメントの決定、無重量環境での搭乗員の動きの評価等に利用される。

IV. 結論

人体特性データは、1 G 環境下で測定されたものが多い。したがって、有人宇宙システムの人間・機械系設計にこれらのデータを適用するにあたっては、注意を要する。

2 節で述べたように、搭乗員の身体は無重量の影響を受け大きく変化する。人間・機械設計に、1 G 環境下で測定されたデータを適用せざるおえない場合は、これらの変化を考慮して適用する必要がある。

人体特性は、人間・機械系設計の重要な情報である。例えば、宇宙ステーションにおいて、搭乗員がモジュール間を移動するために通るノードは、身体基準に定められている最も大きな搭乗員でも通れるように設計しなければならない。ワークステーションを設計する際には、搭乗員がなるべく中立姿勢で作業できるように設計すべきであり、また、大柄な搭乗員でも、小柄な搭乗員でも十分に操作できるように設計しなければならない。それも、無重量環境を考慮して。

以上に有人宇宙システムに考慮すべき身体的な特性について、人間工学的な観点から述べた。次回は、搭乗員の視覚系、聴覚系など感覚系について記述することにする。

参 考 文 献

- 1) MAN-SYSTEM INTEGRATION STANDARDS. NASA-STD-3000 VOLUME I. 1987.
- 2) ANTHROPOMETRIC SOURCE BOOK. VOLUME I: ANTHROPOMETRY FOR DESIGNERS. NASA REFERENCE PUBLICATION 1024. 1978.
- 3) MAN/SYSTEM REQUIREMENTS FOR WEIGHTLESS ENVIRONMENTS. MSFC-STD-512A. 1976.
- 4) HUMAN BODY SURFACE AREA: VALIDATION OF FORMULAE BASED ON A CADAVER STUDY.

A.D. MARTIN, D.T DRINKWATER, J.P. CLARYS. HUMAN BIOLOGY.

VOL.56, NO.3,475-488.

5) ANTHROPOMETRY OF AIR FORCE WOMEN. AMRL-TR-70-5. 1972.

6) 人間工学：林喜男 編、日本規格協会、1981.

7) 飛行とところ：航空心理学入門、黒田勲 監修、鳳文書林、1978.

8) 人間・機械系システムの設計：林喜男、大川雅司、井口雅一 編、
人間と技術社、1971.

9) 調査実験 人間工学：野呂影勇 著、日刊工業新聞社、1982.

***** I A S A ニュース *****

記

新規入会会員名簿（63. 1. 15）一般会員（敬称略）

中野不二夫 山本 博 入葉洋光 外本伸治 稗田浩雄 野田昌宏
江連貴司 西谷エミ子

入会案内

本会に入会を希望する方は、申し込みハガキに御記入の上送付し、年会費をお振込み下さい。

年会費：3,000円（1986年6月～1987年5月）

会誌 無料（1986年7月号～1987年5月号）

なお、会費は主として会誌発行にあてる。

振込先：振込口座（郵便）No. 2-21144
宇宙先端活動研究会 宛

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（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

宇宙先端も3回目の新年を迎えることができました。これもひとえに会員諸兄の協力の賜物であると思います。本年もよろしくお願い申し上げます。

今号は、立花氏の記念講演を聞いて（読んで）会員からの意見、感想を特集いたしました。前回、本欄にて投稿をお願いいたしましたが、自発的投稿が少なかったので編集局で会員の中から無作為に原稿執筆を依頼しました。御協力ありがとうございました。

森本氏によるバイテクバンセのシリーズが終わり、さびしく思っていました但本号から新に、山口氏による人間工学シリーズをお届けすることになり乞う御期待というところです。お楽しみに。また、他の会員の皆様もふるって御投稿されることを願っていますよろしくお願いいたします。（長）。

宇宙先端	第4巻 第1号	頒価1000円
昭和63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第165号	

無断複写、転載を禁ずる。