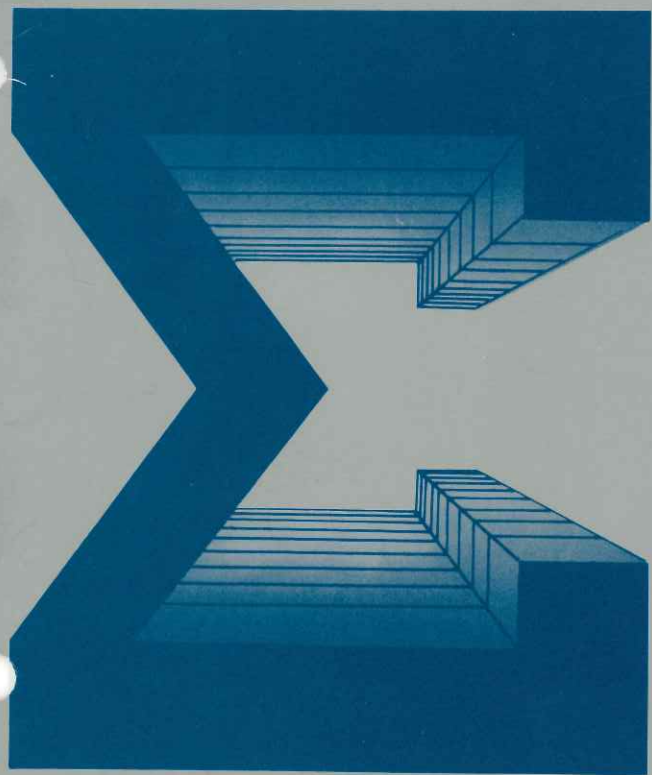


需要家のためのI.B.ニュース

エグマ

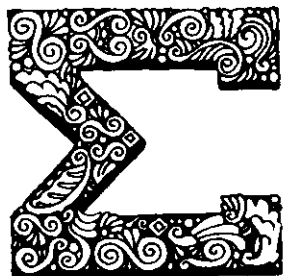


【18】イワタボルト

1984. 7

NO. 40

(18)

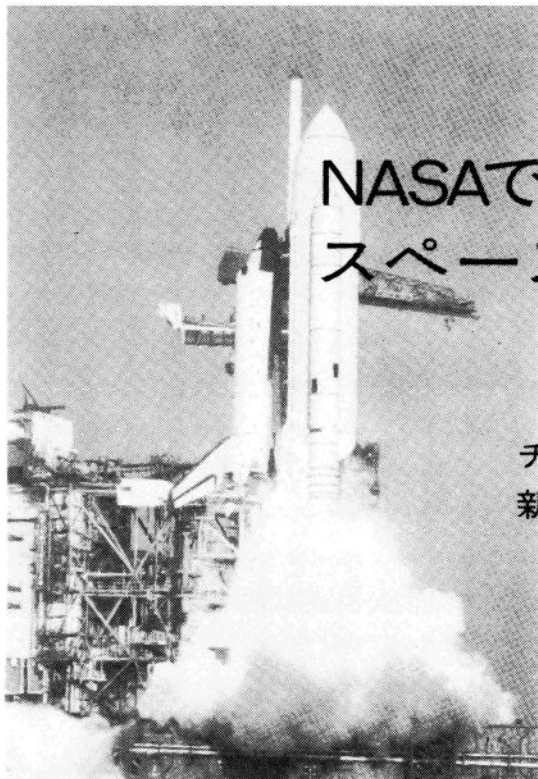


誌名〈シグマ〉の由来

〈シグマ〉はギリシャ語のアルファベット第18番目にあたる Σ (sigma)から取ったものですが、 Σ は微積分では総体の和を表わす記号ともなっております。そこで、1)「ねじ」は物を締めつけて完成品に仕上げる重要な部品ですから、総体の和を支えるものといえます。そして 2) 私たちは、総体(トータル)でものをみ、伝票では買えないものをサービスして、総体のコスト(トータルコスト)を下げることに協力します。このためには、3)「ねじ」を供給する私たちと、それを使用される皆さんとの間に、密接な和を必要とします。こうした私たちの3つの願いをこめて名づけられたのが〈シグマ〉です。

シグマ No.40 目次

〈岩田雅隆のNASAレポート〉	
NASAでスペースシャトルを見る……………	1
チャレンジャーの打上げに感激・新しい段階に入った宇宙開発	
NASAと宇宙開発計画……………	2
マーシャル飛行センター……………	3
ケネディ宇宙センター……………	5
ラングレー研究センター……………	7
スミソニアン博物館……………	9
ロッキード・ミサイル&スペース社……………	10
エームズ研究センター……………	11
スペースシャトルとねじ……………	12
新段階に入った宇宙開発……………	14
〈宇宙こぼれ話〉 宇宙のゴミ掃除とコンピューター……………	15
〈ドイツ博〉	
ドイツ中心で開発製造されたスペースラブを展示……………	16



NASAで スペースシャトルを見る

チャレンジャーの打上げに感激
新しい段階に入った宇宙開発

岩田雅隆のNASAレポート

ソニー(株)中浜博行部長を団長とする第11回ソニー協力会社海外視察団の一行40名は、4月1日から15日まで2週間にわたり、米国NASAの各施設を見学して、スペースシャトルによる宇宙開発の実状にふれて帰国しました。この視察旅行にイワタボルトから岩田雅隆を参加させて戴きましたが、以下はその報告です。

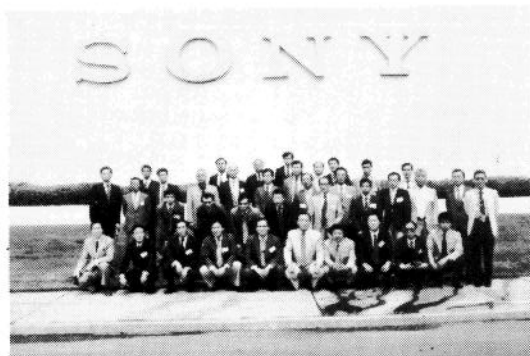
NASAを訪ねてスペースシャトルの打上げを見、アメリカの宇宙開発の実態にふれる、という思ってもみなかった機会に恵まれ、見るもの聞くものすべてに圧倒的な印象をうけながら2週間にわたる見学旅行を終えて約2ヵ月。当時の昂奮の余波が未だに頭の片すみや体のどこかに残っていて、多忙な日々を送る間にもふと何かの機会にそれらが生々しく蘇ってくると、そ

NASAレポート

れからそれへと連想がつづいていく。そんな状態で頭の中はあれこれと整理しきれないままですが、私なりに印象や感想をまとめてみました。ささやかで稚拙な私の体験したNASAレポートです。

ソニー協力会社海外視察団の一員として若輩ながら参加させて戴き、期待に胸ふくらませながら成田空港を出発したのは4月1日ですが、それから15日に帰国するまでの2週間。まず、4月2日のソニー・サンディエゴ工場の見学を皮切りに、4日には東に飛んでアラバマ州ハンツビルのマーシャル宇宙飛行センター、6日にはフロリダ州ケープカナベラルの有名なケネディ宇宙センターを訪れ、ここでチャレンジャー号の打上げに感激。9日にはバージニア州ハンプトンのラングレー研究センター、翌10日にはワシントンに飛んで国立宇宙航空博物館（通称スミソニアン博物館）を見学。12日には西に引き返してサンフランシスコ郊外のロッキード・ミサイル&スペース社工場を見学、そして翌13日には同じくサンフランシスコ郊外に近いエームズ研究センターを訪問と、スケジュールに追われながらも宇宙開発に関する主な施設をめぐり歩き、出発前より多少はスペースシャトル通になって帰国したわけです。

この2週間にわたるNASA見学を通じて最も



☆到着早々にまず、カリフォルニア州サンディエゴにあるソニー・サンディエゴ工場を訪ねる。清潔な工場に従業員1,500名を擁しカラーテレビを生産している。すっかり現地に根づいている落ちつきと自信のほどが感じられる。一行40名記念撮影。

強く印象づけられたことは、平凡なようですがやはり何といてもNASAの宇宙開発プロジェクトが私などが想像する以上にそのスケールが桁(けた)外れに壮大なこと、それを支えるものが科学のあらゆる分野の最先端の理論と技術、更には人材を結集し総合したものであり、それらを運営する組織や管理体制がきわめて細心かつ精密なものであることです。幾つかの施設をひと通り訪ね歩いただけで、それが轟々(ひしひし)と感ぜられました。そしてこれらが、すでに宇宙基地や宇宙都市、スペース・コロニーの建設の具体化へとつながっており、地球を離れた宇宙空間における人類の未来世界という夢の実現へとつながっていくと思うと、何か身震いするような感激を覚えました。

NASAと宇宙開発計画

スペースシャトルは アメリカの宇宙開発技術の集大成

NASA (National Aeronautics and Space Administration) は日本では宇宙航空局と称されますが、日本語の宇宙航空局のイメージから浮ぶような、宇宙航空に関する監督行政機関とは全く異なります。強いていうと、膨大な予算と管理体制に支えられ強力な権限をもった宇宙・航空に関する総合的な研究・開発とその実施に関する機関とでもいいでしょうか。ワシントンに本部があり、施設として私たちが訪問した以外に、ジョンソン宇宙センター、ドライデン飛行センター、ゴダード宇宙航空センター、ジェット推進研究所、ルイス研究センター、ワロップス飛行センター、国立宇宙研究センターを擁し、総人員約2万名という。その歴史は遠1920年のNACA (国立航空諮問委員会) に遡り、戦前戦後のいろいろの変遷をへて1958年、宇宙開発の総合的一元化を目的に制定された宇宙航空法によって、NACAが廃止され代って生まれたのがNASAです。そして現在の諸施設のうち、NASA本来の目的に沿って敷地を選定し、基礎から設計、建設されたのがゴダード、ジョンソ

ン、ケネディなどの宇宙センターです。

NASA発足以来アメリカの宇宙開発計画は、ソ連との開発競争を背景に軍事的色彩をも加味しながら急速なテンポで進められ、人工衛星による宇宙の科学調査から有人宇宙飛行、さらに1969年のアポロ11号による人類初の月面着陸、宇宙実験室の構想を盛りこんだスカイラブ計画、そして、今日ではおよそ考えられないような、米ソ共同プロジェクトによるアポロ/ソユーズのドッキングをへて、1972年以降いよいよ宇宙輸送システム(STS)と称するスペースシャトル開発へと移行します。この間の経過については、到底私などの筆に余るようなドラマチックなものがあるようです。

スペースシャトルは、1920年代から始まったアメリカの宇宙開発技術の集大成といわれますが、技術的には可能となっても最大の難点は膨大な資金を要することだったといわれます。

元々宇宙開発に伴う泣き所は、打上げに使用するロケットなど高度な技術を集約した高価な道具が使い捨てになることで、当然反覆使用できる道具を開発すべきだという意見が以前からあったのですが、スペースシャトルでもその点が最大の課題だったようです。折からベトナム戦争の影響で宇宙開発予算が大幅削減を余儀な

くされたこともあって、それがスペースシャトル実現に大きく立ちはだかったわけです。こうして幾たびか検討や実験を重ねた結果、最終的に決定されたのが現在のタイプのスペースシャトルです。

スペースシャトルは、本体のオービタ（宇宙船又は軌道船）の外に、シャトルが地球の重力から脱出するための2基の固体燃料ロケットブースター、それとオービタのメインエンジンに使用する燃料を貯蔵する外部燃料タンクから構成されますが、この中で使い捨てられるのは外部タンクだけで、オービタは100回の再使用、ブースターは少なくとも20回の再使用ということになっています。

こうしている間いささつをへて、スペースシャトル第1号として、1981年4月12日コロムビアがケネディ宇宙センターから打ち上げられて、NASAのSTS計画が始まりました。今日までコロムビアが6回、チャレンジャーが5回打ち上げられ、年内にディスカバリーを含めあと6回の打ち上げが予定されています。そして、これまでの飛行によって、宇宙と地上を何回も往復する新しい宇宙船の実用性が確かめられた上に、命綱なしの宇宙遊泳、故障衛星の回収修理に成功するなど、スペースシャトルによる宇

宙開発も新しい段階を迎えた感があります。

前おきが長くなりましたが、以下見学した各施設を順を追って報告します。

マーシャル飛行センター

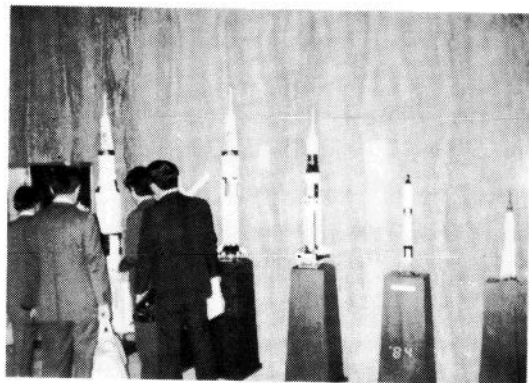
宇宙での 各種の実験や観測に貴重な役割

4月4日、まずアラバマ州ハンツビルにあるマーシャル飛行センターを訪れる。レッドストーン陸軍造兵廠の一廓をしめるが、一廓といっても736ヘクタールの広さです。ここは、対独戦終了後、いち早く迎えたフォン・ブラウン博士らドイツ技術陣一行の手で、サターン型ロケットの開発が行われた所で、このサターンロケットがその後アポロ計画や大陸間弾道ミサイルに大きな役割を果たすわけです。そのアポロ計画のアポロ15で初めて登場してわれわれを驚ろかしたルナ・ローバ（月面車）を開発したのもこのセンターです。現在は、宇宙の実験室といわれるスペースラブの外、高エネルギー天体観測に大きな役割を果たすスペース・テレスコープ、宇宙における素材加工やエネルギー関連の研究で大きな役割を果たしています。

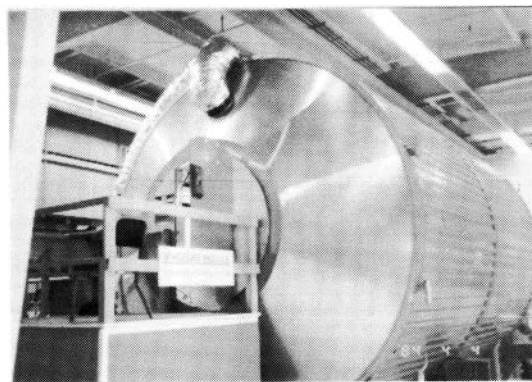
センター内には今まで開発されたロケットの模型、アポロ月計画後に進められた「宇宙実験



☆4月4日、マーシャル飛行センターを訪れる。ジョージ・マーシャル元帥にちなんで命名。フォン・ブラウン博士を中心とするドイツ技術陣によるサターン型ロケットはここで開発された。アポロの月面着陸でお馴染みの月面車もこのセンターの開発。



室」のスカイラブ（1973年から74年にかけて無人1回、有人3回が打上げられた）の外、スペースシャトルに積みこむ実験室のスペースラブ、スペースシャトルを構成するオービタ（宇宙船）と固体燃料ロケットブースター、宇宙飛行士の訓



☆昨年11月、コロンビアに積みこまれて打ち上げられた「宇宙を飛ぶ実験室」スペーススラブの作業室にあたるモジュールが展示されていた。欧州宇宙機関の開発制作によるもので終了後、契約に従ってNASAの所属になった。このセンターはスペーススラブ計画の中心。

練装置などが展示されていました。

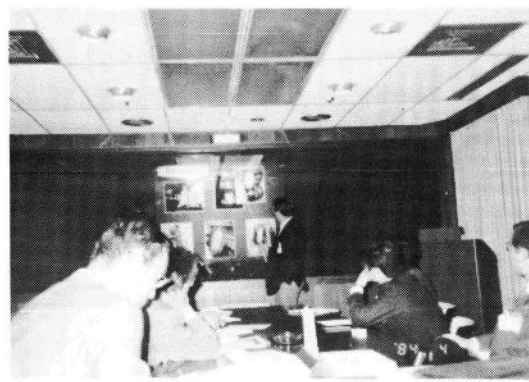
この中で目についたのはスペーススラブで、昨年11月末に初めてコロンビアに積みこまれて打ち上げられたのは御承知の通りです。スペーススラブは欧州宇宙機関(ESA)が10億ドルをかけて開発した宇宙実験室で、ESAが設計、開発、製造、テストを行い、NASAに出来上がったスペーススラブを提供、NASAがその飛行操作を行う形をとっていますが、NASAでの計画責任者はこのマーシャル飛行センターとなっているのです。そしてこのスペーススラブ本体は打ち上げが終ると、NASAの所属になるという仕組みで、ESA開発のスペーススラブがこのセンターで展示されてい

るのもそのためです。

スペーススラブの構造は気密モジュールと実験装置を搭載するパレットで、気密モジュールは作業室と実験室に分けられ、写真のように何れも直径4.1メートル、長さ2.7メートルの円筒形をしています。作業室の片方の端にはスペースシャトル本体に自由に往来できるようトンネルがついています。

こうした構造のスペーススラブ1号に昨年4人の宇宙飛行士の外2人の学者が乗りこみ、天体物理学、生命科学、材料工学など5分野にまたがる実験を行い、日本発案の人工オーロラ実験も行われたわけです。但しこの人工オーロラ実験は、〈シグマ〉No.39でもお伝えしたように、荷電粒子加速器に偶々まぎれこんだ3ミリの真中ナットが加速器のヒューズを飛ばしたため、オーロラが発射されず失敗に終わっています。そんなことが頭にあった故で、展示されている気密モジュールを見てもいささか感無量なるものがありました。

いろいろ担当者の話を聞いたり、センター内を見て廻って、とにもかくにもそのスケールのとてつもない大きさには驚ろきましたが、単にスケールが大きいだけではなく、この中で、これまたとてつもない精密で神経の張りつめるよ



☆係員からスペースシャトルの構造や打ち上げについての説明をうけセンター内の展示を見て廻る。別棟に宇宙飛行士の訓練棟がありいろんな訓練施設が置いてあったが、とくに貨物室にあたるベイロード・ベイにおける作業訓練はスペースシャトルには欠かせない。



うな作業が行われているのを考えると、ただただ圧倒される思いでした。

ケネディ宇宙センター

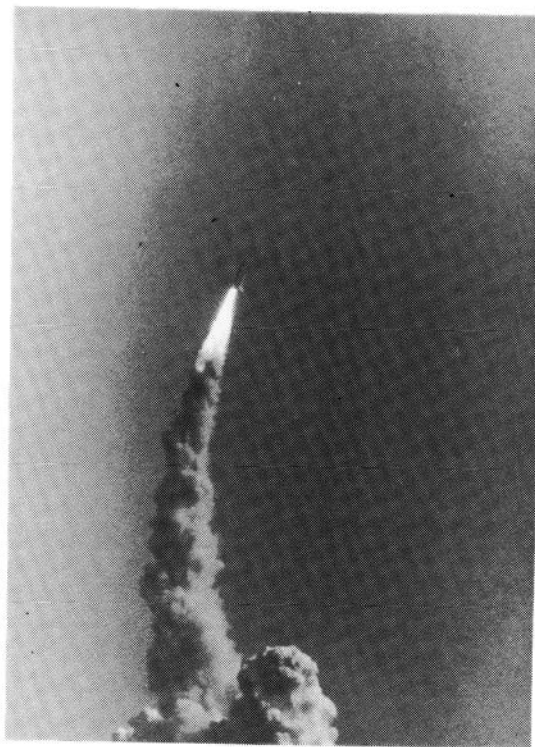
チャレンジャーの打上げを目撃
 壮大な宇宙開発の一大拠点

4月6日、今度の視察旅行最大のお目あての一つ、ケネディ宇宙センターを訪れる。フロリダ州ケープカナベラルの近郊56,000ヘクタールの中、NASA所属は33,000ヘクタール。ケープカナベラル空軍ステーションに隣接し、2基の発射台とロケット組立施設を含むコンプレックス39は、数々の人工衛星やスペースシャトルの打上げで有名で、とくにスペースシャトルは81年4月のコロンビアの処女飛行以来すべてここから打ち上げられることになっています。またここにはシャトル着陸用に全長5キロに及ぶ滑走路が新設され、この2月、チャレンジャーが初の着陸を試みました。それまではケネディ宇宙センターで打上げ、カリフォルニア州のエドワード空軍基地に着陸、それをまたジャンボ機の背中にのせてここまで運んできたわけです。この特別滑走路と共に、スペースシャトルのオービタ（宇宙船）処理施設も新設されています。

さて、このケネディ宇宙センターで、私たちはチャレンジャーの打ち上げを目にすることが

できました。発射台から4マイル離れた所からですが、米国東部時間で午前8時58分きっかり、雲一つない快晴の中を、チャレンジャーがすさまじいごう音とともに白煙をあげせん光をひきずりながら、青空を突きぬけるように上昇していく光景は、未だに眼に焼きついています。恐らく一生忘れることのない、消え去ることのない感激の一瞬でした。

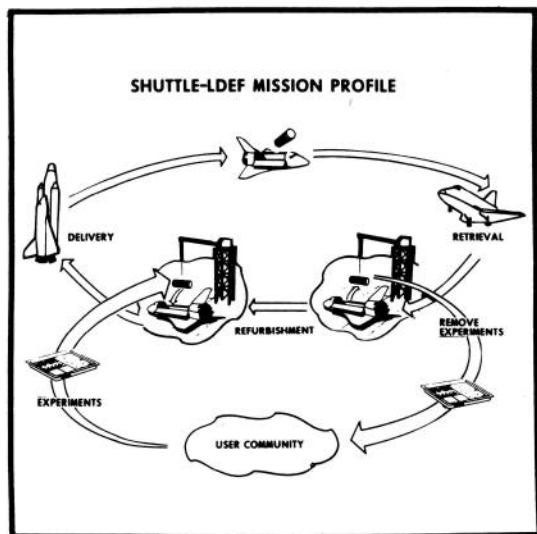
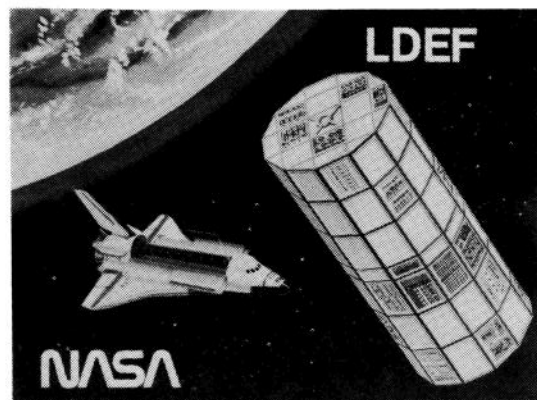
スペースシャトルとしては11回目、チャレンジャーとしては5回目の打上げですが、その主要な任務は、1980年に打ち上げられ宇宙空間で故障しているアメリカの太陽活動観測衛星ソーラー・マキシマムを回収、修理して再び軌道に投入するという画期的なものでした。これは科学飛行士の一人が命綱なしの宇宙遊泳で衛星にたどりついてその回転を止め、もう一人の科学飛行士がチャレンジャーから長さ15メートルの遠隔操作アームでその衛星をとらえて、シャトルの荷物室へ回収。そこで姿勢制御装置のヒューズやコロナ観測装置の部品を取りかえる。宇宙服の大きな手袋をつけたまま、小さなドライバーを使って何十本ものボルトを外したり、ハサミを使って細かい配線を直したりという大変厄介な作業です。ここでうまくいけば、アームを使って衛星を再び軌道に投入、修理できない



☆4月6日、ケネディ宇宙センターを訪れて、チャレンジャーの打上げを目撃。午前8時58分きっかり、ぬけるような青空の中を、すさまじいごう音とともに白煙をあげせん光を引きずって上昇する様子をのぞく。スペースシャトルとして11回目の打ち上げである。

場合は地上に持ち帰る、大体こんな手順だったようです。

その後の経過はすでに御承知の通りで、宇宙遊泳による回収に失敗の後、ロボットアームによる回収と衛星の修理に成功、機能を回復したソーラー・マキシマム衛星は再び軌道に投入さ



☆チャレンジャーは打ち上げ翌日、長期宇宙実験施設LDEFを軌道に乗せた。図のような長さ9.1メートル、直径4.3メートルの12面体で、裏面には86個の各種実験容器がつまっており、中は空洞である。新材料、宇宙物理学、生物学など広い分野の研究が行われ9カ国の科学者が参加している。宇宙基地の建設には欠かせぬ貴重なデータが期待される。来年2月スペースシャトルで回収されるまで宇宙軌道を周遊する。

れました。

この成功は宇宙開発に新しい時代を開くものといわれています。宇宙空間を回りつづける衛星は、激しい温度変化や宇宙線などの影響をうけるため故障が生じやすく、米国防総省の調査では過去20年間に生じた衛星のトラブルは約2,500件に達するとされます。とくに衛星の機能の多様化や大型化で故障が生じやすく、NASAによると衛星が3年間正常に動く確率は60%といわれています。しかも、故障の大部分は小さなトラブルで、簡単な修理でなおせるケースも多いそうですから、今度のチャレンジャーの成功のもつ意味は測りしれないものがあります。

さて、私たちが打上げを目にしたチャレンジャーでは、故障衛星の回収・修理というドラマの影にかくれて、一般には殆んど話題にもなりませんでしたが、もう一つの注目すべき試みが行われております。これはLDEFと称する長期宇宙実験装置が、チャレンジャーの遠隔マニピレーターによって宇宙空間に放出され軌道に乗せられたことです。このLDEFは、図のように12面体の筒状をしたもので長さが9.1メートル、直径4.3メートル。宇宙空間の無重量状態だけでなく、激しい温度変化や宇宙線などによる影響を調べやすいよう、表面に86個の実験容器をぎ

っしりはめこむ設計になっており、中は空洞です。

これは最高5、6年の飛行が可能で、この間何回も装置をとりかえることができます。今度は総重量が9.7トンで、米・英・仏・カナダなど9カ国の科学者約200人が参加し、分野も新材料、宇宙物理学、生物学など広範囲に及んでいとされます。これまでもスカイラブやスペースラブなどによる宇宙実験が行われてきましたが、何れも短期間で回収されており、今度のチャレンジャーによるLDEFの打出しで、宇宙空間における長期的な実験が始めて可能になり、今後、宇宙基地のような永久構造物の設計には欠かせない貴重なデータが得られるものと期待されています。今度のLDEF第1号は来年2月、別のスペースシャトルによって回収される予定です。

いろいろと印象深く話題も多いケネディ宇宙センターだったわけですが、もうひとつ印象に残ったのは、このセンターがフロリダの森林を含む豊かな自然の一部をなし、道路わきで鱶の姿まで見られたことです。聞く所によると、このセンター周辺は米国有数の湿原地帯で野生生物保護区になっているようです。ハクトウ鷲、ペリカン、カモ、野ブタ、鱶など野生の動物が豊富だとのことで、私たちが道路わきに鱶の姿

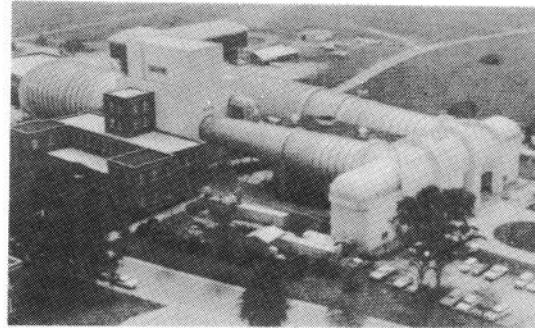
を見かけたのも当然なわけです。

日本では想像もできない自然環境で羨ましい限りです。ところがこの野生動物が時にはシャトルにとって頭痛の種になっているということです。全く意外な話でした。というのは、新設のシャトル着陸用の滑走路に、寒い季節になると鱉や野ブタが日向ボッコで寝そべっていることがあり、時速約350キロで着陸するシャトルにとって、もし衝突でもしたら大変なことになりかねない、というのです。もちろん囲りにフェンスが張りめぐらしてあるものの、どこからともなくくぐり抜けてくるようで、科学の粋を集めたシャトルに意外な大敵とNASAも頭を抱えているといわれます。

ラングレー研究センター

NASA以前からの 宇宙・航空工学研究の実績を蓄積

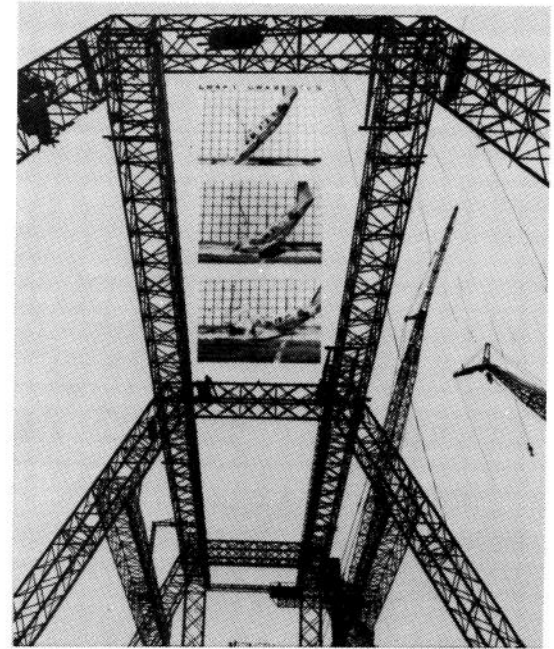
4月9日、ケネディ宇宙センターでの感激もさめやらぬまま、バージニア州ハンプトンにあるラングレー研究センターを訪れる。ここの歴史はNASAの前身NACAの創立時代にまで遡り、アメリカの航空工学に関する研究では貴重な実績を抱えているといわれます。NASAへ移管後、1960年の気球型実験用通信衛星エコーの



☆4月9日、ラングレー研究センターを訪れる。ここでは宇宙航空のみでなく航空工学の基礎実験が行われる。広大な敷地にはスケールの大きな実験施設が並ぶ。写真は16フィートの超音速の風洞だが、建物や前に並ぶ自動車と比べて如何に巨大かがわかる。

開発を皮切りに、早くから宇宙開発にかかわり、月着陸のアポロ計画では重要な役割を果たしたといわれます。現在、43の風洞実験施設を有して航空機の設計開発の貴重なデータ作成に当る外、前にチャレンジャーの打上げでふれた長期宇宙実験装置LDEFの研究開発もここで行われているといわれます。

この見学者用のラングレー・ビジター・センターは、これまでの有人宇宙飛行の足跡をたどるいろんな実物や模型が展示され大変参考になりましたが、機体がオール樹脂製の軽飛行機の展示されているのが目につきました。係員の説明によると、現在はグラスファイバーが使用されているが、今後は炭素繊維とエポキシ等の使用で複合材料が多くなり、金属が少くなるとのことでした。そんな話を聞いているうちに、



☆衝撃実験装置で高さ250フィートの巨大な構造物。アポロの月面着陸と搭乗の宇宙飛行士の訓練用につくられたもので、アポロの月面着陸時の基礎データがえられた。ここでの衝撃テストは、未来の航空機の構造や乗客の保護に貴重な役割を果たすものと期待されている。

以前、NASAが航空機の複合材料の試験と実用化とを進めているという話を耳にしたのを思い出し、そのNASAというのはラングレー研究センターだったのかと思いあたりました。

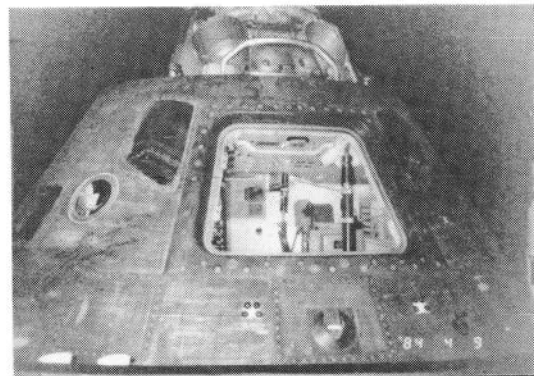
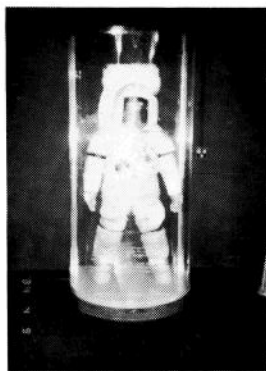
ここ数年来、航空機における金属に代る複合材料使用が急激に高まっていますが、航空機構造物の複合材料に関しNASAラングレーとボーイング社から研究開発の必要性が主張され出し



☆見学用に作られたラングレー・ビジター・センターには有人宇宙飛行のこれまでの足跡を示す各種の装置や模型が展示されている。係員の案内で解説を聞きながら展示品を見て廻り、改めてアメリカの宇宙開発の歴史に思いをはせる。



たのは1960年代からで、とくにオイルショックによる燃料価格の高騰が一段とそのはずみをつけることになりました。当時のNASAのプロジェクトによる見通しでは、複合材料の利用で機体重量は20~30%削減され、それに伴い燃料消

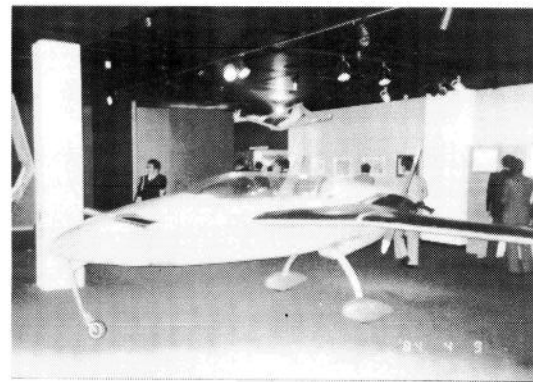


☆アポロの月着陸はアメリカは勿論世界を興奮させたことを思いおこす。宇宙をめぐる月を目撃した着陸船は物言わぬ、未知の世界の証言者である。

☆オール樹脂製の軽飛行機。ラングレーは航空機の次代の材料といわれる炭素繊維複合材料使用の研究では貴重な役割を果たしている。

費量は10~15%節減できるとされていました。

やがてNASAは航空機エネルギー効率評価計画(ACFE)をスタートさせ、ボーイング、ロッキード、ダグラスの3大メーカーが、このACFE計画の契約をNASAと結び、民間機における複合材料の使用が本格的に進められるのです。NASAにいろいろ報告が寄せられているようですが、その一例を、とくにねじと関連したケースであげると、ロッキードのL-1011(トライスター)の補助翼に関する5年間のテスト結果があります。補助翼のアルミ製と複合材料製とを比較すると、重量が139.9lbから107.4lbに減少、複合材料の使用比率は5.8%から61.9%に増加、リブの数が18本から10本に減少、部品数が398個から205個に減少、ねじの使用本数が5,253個から2,574個へ半減、これらに伴って重量が32.5



%ないし23.2%の削減ということになっています。

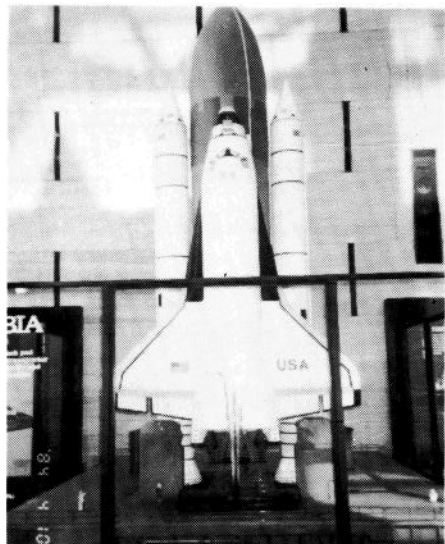
何れにせよ、現在航空機製造における大きな課題となっている複合材料使用に関するプロジェクトや実験が、このラングレー研究センターで行われていることを確認できたことは、少くとも私にとっては一つの成果でした。

スミソニアン博物館

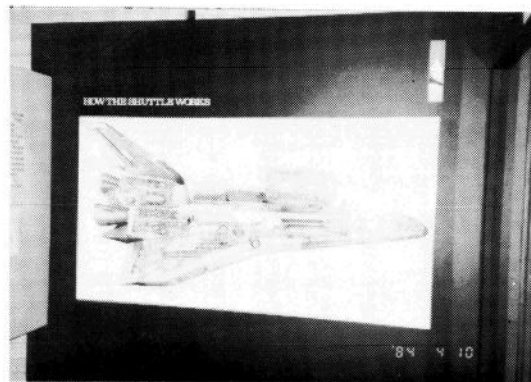
宇宙航空の

足どりを辿る由緒ある展示の数々

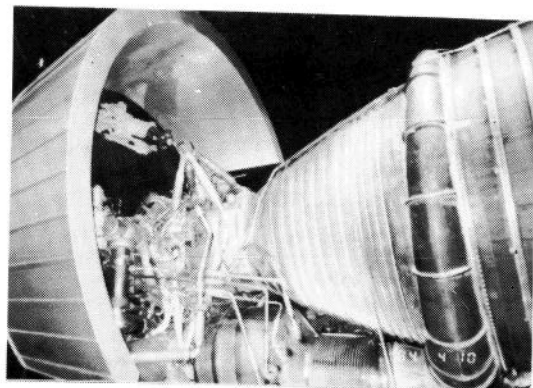
4月10日、ワシントンに飛んでスミソニアン博物館を見学。正式には国立宇宙航空博物館ですが、主宰が有名なスミソニアン協会である所から通称で通っているようです。このスミソニアン協会というのは、今を去る約140年も前の1846年に、イギリスの化学・鉱物学者ジェームス・スミソンの遺志によって、「民衆のあい



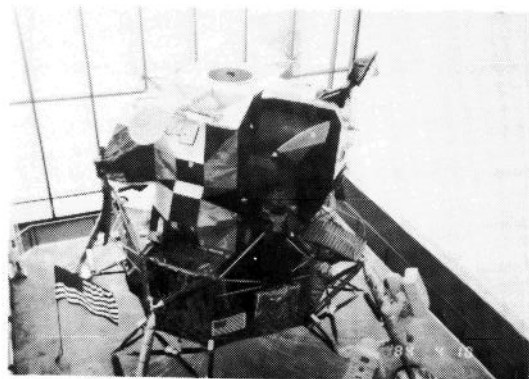
☆4月10日、有名なスミソニアン博物館を訪れる。アメリカの航空機や宇宙航空の歴史を一望できる貴重な資料館。スペースシャトル・コロンビアの模型は、傍らに立つ人間と比べてその巨大さに改めて目を見はらせる。この巨大な構造物が宇宙を周遊するとは!



☆スペースシャトルの構造の断面図をみると、正に巨大な精密機械の感を深くする。スペースシャトルの推進力はオービタに装備された3基のメイン・エンジンである。これと2本のロケットブースターがシャトルを大気圏へ飛ばすのである。



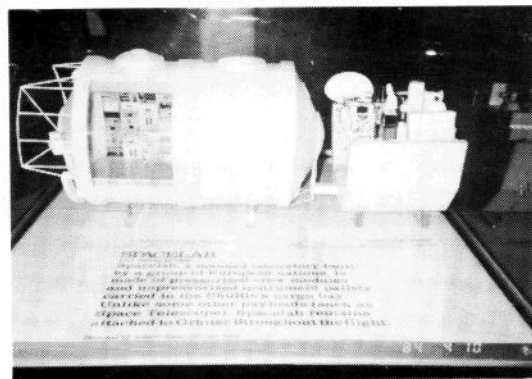
だに知識の増進と普及を図るため」ワシントンに設立された特殊学術機関です。総裁として歴代の合衆国大統領が就任する準政府機関で、各種研究調査活動のほか博物館、図書館、動物園、美術館の創設をはじめとして展示、講演、出版、



☆アポロの月着陸船は一見すると何とも奇怪な機械のお化け。アポロだけでなく有人飛行にはドライバーやレンチ、補修用のねじは欠かせない。アポロの月面初着陸の放映が音だけで映像がなかったのはテレビカメラの故障を修理するドライバーかねじを忘れた故とか。



情報提供など幅広い公共活動を行っています。その後、スミソニアン協会の実質的責任者だっ



☆スペースラブの模型。気密のモジュールとハレットから構成され気密室では乗員の科学者が実験を行いハレットには各種の実験装置が備えつけられている。これがシャトルの貨物室に備えつけられ、トンネルを通してシャトル本体に自由に入出りできる。

たウォルコット事務総長が、アメリカで開花した航空技術の発展を図るため各方面を説得して作ったのが、大統領直属の航空諮問委員会で、これがその後国立航空諮問委員会（NACA）へ発展、そのNACAがやがてNASAへと発展するわけです。

ですからスミソニアン博物館は、宇宙航空に関する由緒ある博物館といえます。そんなわけで、ここではアメリカにおける宇宙航空の発展の跡をたどることができます。初めて月面着陸に成功したアポロ11号の月着陸船の外、スペースシャトル・コロンビアやスペースラブの模型などの外、アポロ月着陸船で使用されたボルトやドライバーなども展示されていました。

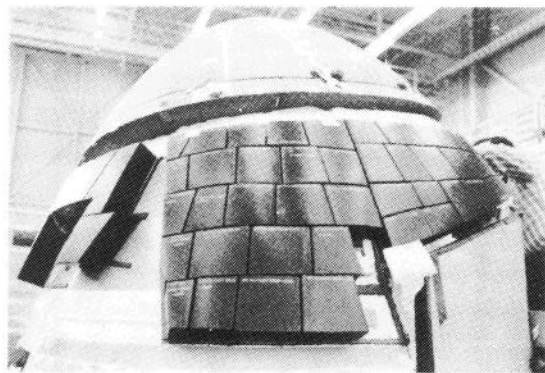
ロッキード・ミサイル&スペース社

宇宙船の 耐熱タイルの開発と生産に大きな役割

4月12日、西に引き返してサンフランシスコ郊外、サンノゼにロッキード・ミサイル&スペース社の工場を訪問。航空機で有名なロッキードのグループで、ミサイルと宇宙関係の事業の中でも、スペースシャトルのオービタ（宇宙船）に使用される耐熱タイルの生産で有名です。

スペースシャトルは、大気圏に突入あるいは再突入する時に、大量の摩擦熱を生じます。とくに帰還時には、秒速約7キロで大気圏に再突入し、その時の温度は1400℃以上に達します。オービタの中の乗組員をこの熱から守る、という問題はスペースシャトル計画の最大の難関の一つだったといわれます。そのためオービタには30,757枚の耐熱タイルの外特殊な耐熱材が使われています。しかもこれら耐熱材は高温に耐えるだけでなく、風雨にさらされても変化せず、100回の飛行に耐え、絶縁体であることなどいくつかの条件をみたさなくてはなりません。

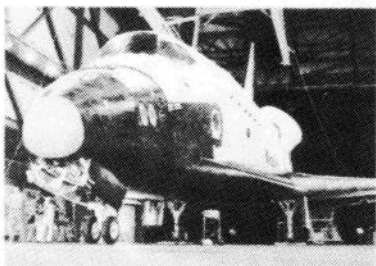
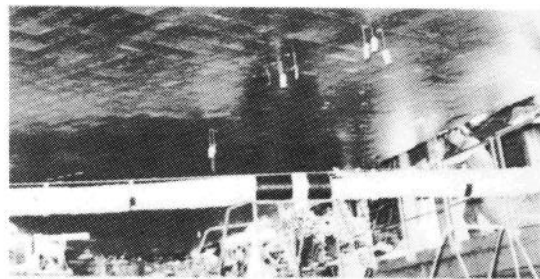
こうして開発されたのがロッキード社の耐熱タイル LI-900 と LI-2200 で、何れも原材料は、非結晶の純度99.7%というシリカ繊維です。こ



☆4月12日、ロッキード・ミサイル&スペース社を訪れて耐熱レンガの生産状態を見学。オービタ（宇宙船）には約3万枚の耐熱レンガが貼りつけられる。寸法も厚さも一枚一枚全部違うので貼りつけの作業も大変である。が、これが完全でないとオービタは燃えつきる!

れらは使用個所によって高温用と低温用に分れ、高温用はRCGと称する特殊なコーティングがされますが、これにより大気圏突入時の熱の90%を反射し、残り10%を吸収し最高350℃までしか上らない、という説明でした。工場に案内されて耐熱タイルの製造工程を見学しましたが、シリカ繊維を水と一緒にミキサーにかけ、透明なプラスチックの型に流してから幾つかの工程をへてコーティングされるまですべて自動化されています。

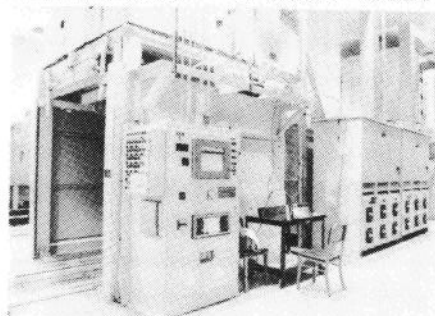
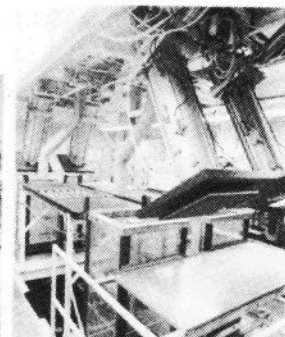
ここで驚ろいたことは約31,000枚のタイルが1枚1枚大きさも厚さも全く違うことです。重量を押え、タイルの曲線とそのタイルを張るオービタの表面の輪廓がぴったり合うように、コ



☆スペースシャトル・コロムビアへの耐火レンガの貼りつけ作業はロックウエル・インターナショナル社で行われた。オービタの表面の70%は耐火タイル、残り30%は特殊な耐火材。スペースシャトルが「空飛ぶレンガ」といわれる所以である。

ンピューターを使ってタイルを切るといわれますが、このためタイルの形、大きさ、厚さは全く異り、同じものは1枚もないようで、従ってそれらをタイルに書かれたコードナンバーを頼りに張りつけるのは考えるだけでも大変な作業です。何しろバスケットボール・コート²の2倍の広さもあるオービタの表面で、しかもタイルとタイルの間隔は、0.05センチに抑えなくてはならないといわれます。

スペースシャトル第1号のコロムビアの打上げが予定より2年も遅れたのは、タイル張りに



☆耐火タイルの製造工程は、純度99.7%というシリカ繊維を水と一緒にミキサーにかけ、透明なプラスチックの型に流すことから始まる。更に水分を除き凝固剤を加え乾燥されておにえられる。このブロックを正確な大きさに切りコーティングされる。自動的だが精密な工程。

時間がかかったと前に聞いたことがありますが、宜(むべ)なるかなと感じました。スペースシャトルが「空飛ぶレンガ」といわれ、そのタイルがどんな役割を果しているか、ロックウエルの工場見学で思いを新たにしました。なお、ロックウードでは、従来の耐火タイルの外に、NASAと協力してより性能の高いFRCIと称するタイルの製造も行っているようです。

ユームズ研究センター

ヘリコプターや

短期目標の航空機の技術に貢献

4月13日、いよいよ最後の見学コース、ユームズ研究センターを訪れる。前日見学したロックウエルの工場に隣接し広さ約170ヘクタール。初めは生命科学、宇宙科学、惑星探査機の宇宙突入時とその後の周辺環境に関する研究を主としていたそうですが、現在は航空工学、宇宙科学、生命科学、宇宙テクノロジーの外、短期目標の航空機テクノロジー、ヘリコプター・テクノロジー、フライト・シミュレーション、流体力学などの研究開発を担当しています。中でもヘリコプターと短期目標の航空機の技術分野における貢献が大きいとされています。とくにセンターで注目されるのは、かなり前から未来の宇宙都市、スペース・コロニーに関する基礎研究が進められていることで、1975年にここで開かれたシステム設計の研究会では、スペース・コロニーの構造や区分けなどが提案されています。宇宙開発もいよいよ新しい段階に入りつつある感を深くしました。

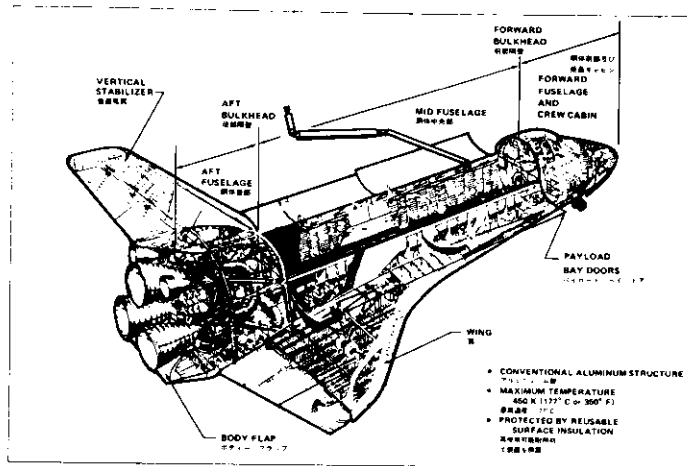
スペースシャトルとねじ

爆発式止め具は

切離しの外シャトル上の衛星放出に

以上、2週間にわたるNASAの各施設をスケジュールに追われながら見学した、ごくあらましの報告ですが、実は私は、出発前自分の仕事の関係もあって、とくにスペースシャトルにおけるねじや締結の問題を調べてみたいと思っておりました。残念ながらその点は思うようにはいきませんでしたので、いろいろ気づいた点を断片的ながら一応ふれておくに止めます。

スペースシャトルの中心はいう迄もなくオービタ(宇宙船)です。コロンビアの場合でみると全長37メートル余、高さ17メートル余、重量75トンで、49基のエンジンと23本のアンテナ、5台のコンピュータその他を備えたいわば精密機械で、形はDC-9型とほぼ同じ大きさです。オービタは大きくいって、コックピットと乗組員の居住室のある最前部、中央の胴体部分で貨物に乗せるペイロードベイ、胴体の後方部分、主翼、それと垂直尾翼、と5つの部分に分れます。航空機に近い形ですから組立てに歴大なねじが使用されているわけで、少くとも50万本ともいわれます。かつてのサターンVロケットの



☆スペースシャトルの主役は何といってもオービタ(宇宙船)で、大きさはDC-9型ジェット旅客機とほぼ同じだが、胴体前部、同中央部及び同後部から構成される。乗員キャビンは前部にあり、各種の積載物をつむペイロード・ベイは中央部にある。長さ37.24メートル、高さ17.25メートル、翼幅23.79メートル、重量75トン。最大29.5トンの物量を370キロメートルの宇宙に運べる。使用されるねじも数十万本に及ぶ。

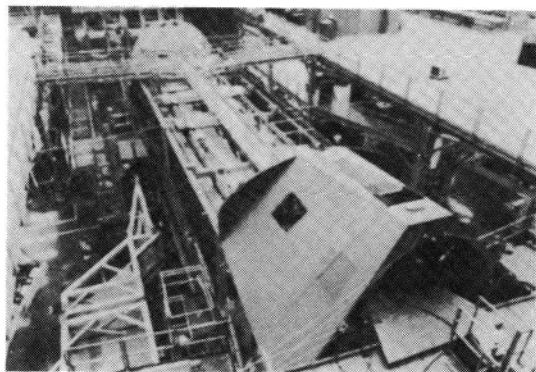
第1段だけで25万本以上とされますから、スペースシャトルとなるとその倍は下らないかもしれせん。

最前部では無数にある渠(はり)はアルミ合金で、それに特殊加工された硬質アルミ合金の板がリベット打ちされています。パネルは8~13センチの間隔に湾曲したものや平らな張板がリベット打ちされたもので、フレームはこのパネルにリベットで固定されています。骨格と骨格の間隔は約76センチから約91センチで、前方の隔壁は平らなアルミ板でリベットとボルトで固定されています。又主翼をみると、アルミ合金のリブと縦渠、それに渠受け縦材等で骨組が構成され、外側はハニカム・パネル、その上をアルミ板でカバーしリベットで止めています。三

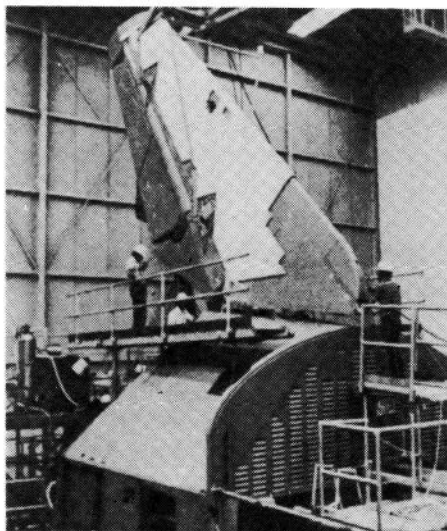
角翼の広がる中央部分も構造は大体同じでリベット打ちされています。

これらはほんの数例ですが、スペースシャトルは反覆使用されることになっているだけに、部分的な解体修理、組立てが必要になるわけで組立てにはボルトやリベット類が膨大に使用されていることは当然予想されます。材質もジェット機などの例でも分るように、軽量化、耐食性、耐疲労性などを考慮にいと、チタン合金製がかなりの比重を占めるのではないかと考えられます。

ただスペースシャトルの場合、組立用もさることながら、ロケットブースターや燃料タンクの切離しを始めとする各種の切離しにボルト・ナットがきわめて重要な役割をしめることは、



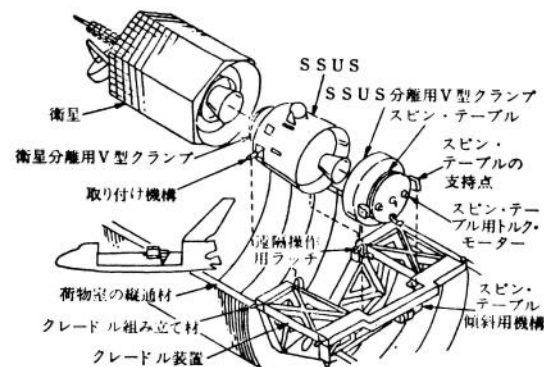
☆組立ての例。上はオービター中央部と後部を組立てている所、下は翼の組立て作業である。オービター中央部はペイロード・ベイで各種積載物が積みこまれる。何れもその組立てにはリベットを中心に、ボルト・ナットが大きな役割を果たす。



〈シグマ〉No.38の「スペースシャトルとねじ」でも御紹介した通りです。多少重複しますがふれ

ておきます。

スペースシャトルは前にもふれたように、中心のオービター（長さ37メートル、主翼幅24メートル、重さ75トン）の外に外部燃料タンク（長さ47メートル、直径8.7メートル）と2基の固体燃料ロケットブースター（推力各11,790キロニュートン）から構成されます。発射前、これらのロケットブースターと外部燃料タンクは前後2カ所で発射台に取付け固定されます。この取付けボルトは爆発式ジョイントで、長さが66.98センチ、直径8.76センチの鋼製のもので、いろんな部品や爆発物で複雑な構造をしています。火星探査に行った無人宇宙船バイキングのオービターと着陸船にもこれと同じ締め具が使用されているようです。この点火でシャトルが発射台から切離されて上昇するわけですが、打上げ後、ロケットブースターの推力が減退すると推力センサーが圧力の減退を察知して、電気的に分離用爆発ボルトにロケットブースター／燃料タンク分離の指示を出します。はじめに前部スカートにある止め具が爆発し分離した後、後部スカートにある止め具も同様にして切離されます。ロケットブースターが切離されて上昇をつづけるシャトルは、メインエンジンが飛行後停止してから約10秒から15秒以内に、オービター



☆スペースシャトルは各種の実験用又は観測用人工衛星を積みこみ、宇宙軌道で放出する役もする。その放出方法の一つにスピン安定方式があり、衛星を回転させ爆発式止め金を爆発させて放出する。この2月のチャレンジャーもこの方法で衛星を打ち出した。

から外部燃料タンクを切離しますが、この時も爆発ボルトの爆発によります。また先に切離されたロケットブースターのパラシュートによる落下、回収でも爆発ボルトが大きな役割を果たします。

この外に、スペースシャトルに積みこんだ人工衛星を宇宙空間で放出して軌道に乗せる際にも爆発式のボルト又は止め具が利用されるようです。人工衛星をシャトルから放出するには、私たちがケネディ宇宙センターで打上げを目指したチャレンジャー号が、回収修理した太陽活動観測衛星ソーラー・マキシマムを再び軌道に放出した時に行った遠隔マニピレータによる方法の外に、スピン安定方式（SSUS）とガスジェット安定方式（IUS）という方法があり、

普通前者スピン安定方式を利用するようです。これは、オービター上にスピントーブルという回転卓を取り付け、その上に衛星と組み合わせたSSUSを乗せる。スピントーブルを予め決められた方向に傾け、スピナップを行い十分な回転速度が得られた所で、SSUSとスピントーブルを切り離し衛星を放出するのですが、この時の切離しに爆発式止め具が利用されます。例えば、この2月に打ち上げられたチャレンジャー号は米国やインドネシアの通信衛星を荷物室から打出していますが、その際に、荷物室にすえつけられた衛星をこまのように毎分15回転の速さで回転させた後、止め金を爆発させると衛星はバネの力ではじき出され、秒速90センチでチャレンジャーから遠ざかっていったといわれます。但し、この放出は結局失敗、打出された人工衛星は行方不明になり「宇宙の迷い子」といわれて話題になりましたが、それはともかく、ここでも爆発式ボルトが利用されています。

更にねじに関連した話題では、スペースシャトルのねじ締付け実験です。無重力状態におけるねじ締付けについては、今から20数年も前にシュミレーション施設を利用して各種のテストを行っていることについては、「ねじの常識」(岩田勇吉著)1968年版で写真入りで紹介したこ

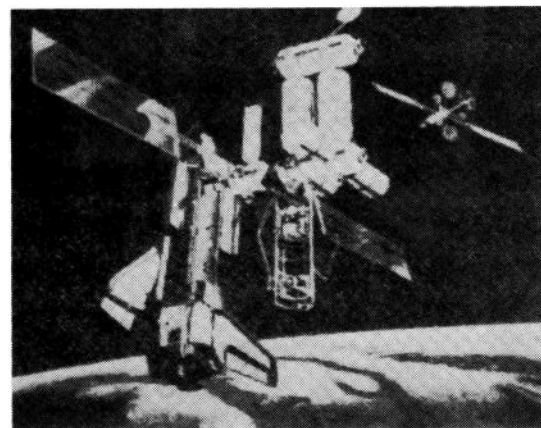
とがありますが、スペースシャトルによる実験では昨年4月打ち上げられたチャレンジャーが荷物室でテストを行っており、この2月打上げのチャレンジャーでは命綱なしの宇宙遊泳で締付けの実験を行ったともいわれております。無重力状態での締付けのコツを覚えさせるのが狙いともされていますが、この詳細については分っておりません。何れにせよ、宇宙におけるねじ締付け実験は、宇宙基地建設を目標としたものと思われ、きわめて注目されます。

新段階に入った宇宙開発

各国協力で

恒久的有人宇宙基地建設は目前

宇宙開発は新しい段階に入ったといわれます。アメリカは恒久的有人宇宙基地建設計画に本格的に乗り出すといわれ、NASAの構想によると、第1号は高度約400キロの地球周回軌道に建設される予定とされます。具体的には、スペースシャトルの荷物室(長さ18メートル、幅約4.5メートル)内に収まる円筒形モジュールと呼ばれる構造物をいくつもつなげるだけで、当初の形状は、常時6人から8人が生活できる「居住棟」、食糧や水、燃料などを蓄える「補給棟」、観測や実験を行う「実験棟」などをドッキング



☆宇宙基地建設にはいろんな方式が構想されているが、図はNASAの宇宙基地構想図の一つ。最近宇宙基地建設が急速にクローズアップされアメリカは日本始め各国に協力を呼びかけている。宇宙開発技術の立ちおくれ回復のチャンスと日本も乗り気。

したものに、電源となる太陽電池パネルが大きく羽を広げた形になるようです。そして宇宙実験室では、スーパー合金や制がん剤などの新薬など地上で作れない新宇宙産業が期待されています。その最初の構想だけでNASAの推定では総額約80億ドル(約2兆円)かかるといわれ、日本や欧州を含めた国際プロジェクトにしたい意向ともいわれております。

この宇宙基地は具体的にどんなものか、はっきりしませんが、NASAのジョンソン宇宙センターが中心で検討されてきたスペース・オペレーション・センター計画かとも思われます。これによると、これはコア要素とモジュール要素

とから構成され、前者は発電装置、誘導制御装置、姿勢安定装置、ガス・ジェット装置、通信装置など、共通な支援機器を収納。後者は生命維持装置が取り付けられたもので、居住用、補給用、飛行支援用、建設用など、用途別に各種のものが作られ組み合わせられて使用されます。これらを宇宙に打上げて組み合わせ、出来上った

ものが図の構想図です。

ただ先端技術すべてがそうであるように、スペースシャトルによる宇宙開発も両刃(もろは)の剣(やいば)で、平和的に利用されると人類に無限の価値をもたらす反面、軍事的に悪用されると人類の破滅にもなりかねない。その点を頭におきながら、今後の宇宙開発計画を見守って

いきたいと思います。2週間にわたるNASA見学は、若輩の私にさまざまな教訓を与えてくれましたが、私にとっては終生忘れることのできない2週間になりそうです。末筆ながら、今回御同行戴き何かと御指導を賜わった視察団の団長ソニー(株)中浜部長始め、団員の皆様に心から感謝を申し上げます。

宇宙こぼれ話

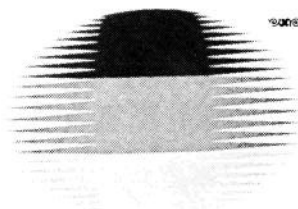
宇宙のゴミ掃除とコンピューター

宇宙には膨大な数のゴミが浮遊している。といっても塵や芥の類ではない。宇宙飛行物体とそれにまつわるゴミである。小は飛行物体から離れたボルト・ナットから大は使い古しの衛星まで、合わせると1万個をこすのではないかといわれる。今年2月、北米防空司令部が調べた所によると、宇宙の飛行物体は2月20日現在で5,173個。うち3,785個は使い古しの衛星やロケットの燃えかすなどの粗大ゴミだという。この2月打上げられたスペースシャトル・チャレンジャーが、積荷の2つの通信衛星をシャトルから打出すのに失敗、行方不明になり話題となったが、これなど最新の粗大ゴミである。ボルト・ナットなどの

小ものになると到底追跡不可能で、2年程前に国連宇宙開発平和利用会議がまとめた報告では約5,000個という。所が、これら大小あわせた膨大なゴミは、小さなものでも秒速数十キロのスピードで飛んでいるので、大気圏に再突入したら危険この上もないし、場合によっては溶けたナトリウムやストロンチウムが蒸気となって電離層に悪影響を及ぼす可能性もあるという。文字通り宇宙汚染で国連も宇宙掃除の緊急性を訴えている。4月に打上げられたチャレンジャーで故障した太陽活動衛星ソーラー・マキシマムを回収、修理して再放出に成功したのは、ゴミの再生で画期的なものであったが、今後ますます宇宙のゴミ掃除が必要になりそうだ。

所で宇宙船のコンピューターの果す役割は大変なものだが、意外とこのコンピューターの故障が多いのも事実らしい。その原因はさまざま

のようだが、一寸したことが原因も少なくないという。昨年秋飛んだコロンビアは着陸寸前にコンピューター2台が故障して着陸が約8時間遅れて大騒ぎになったが、後で調べてみると長さ1ミリにも足らぬハンダの小片が回路をショートさせたことが分ったという。つまりハンダのゴミが犯人だったわけだ。そういえばコロンビアに積んだスペースラブで日本の人工オーロラ実験が失敗したのも、紛れこんだゴミみたいなナットによるショートが原因だった。精密になればなるほど、ゴミを甘くみているととんでもないことになりかねない。宇宙飛行の安全のためにも大気圏のゴミ掃除と、機器の内部のゴミ拾いが欠かせない、という話。



DEUTSCHE LEISTUNGSSCHAU JAPAN 1984
ドイツ博'84
 博覧会
 4月23日～5月6日 東京・晴海

ドイツ博'84にスペースラブが展示されていると聞いて、2週間にわたるNASA見学の感激もさめやらぬ5月4日、東京晴海の会場を訪ねた。ドイツ博'84は、「メード・イン・ジャマニー昨

ドイツ中心で開発製造された スペースラブを展示

第2号も年内に完成打上げ

日ー今日ー明日」をテーマに、西独の近代的産業を各分野にわたって紹介したもので大変な人出だったが、その目玉のひとつがスペースラブ。これは筆者がマーシャル飛行センターで見たと



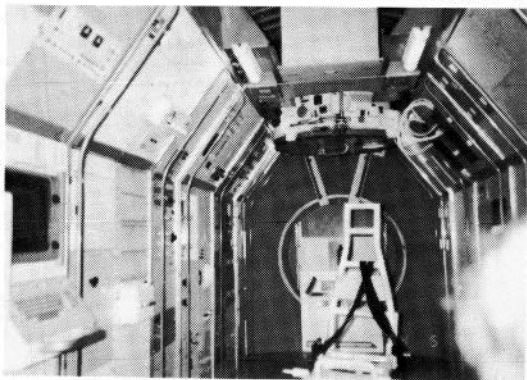
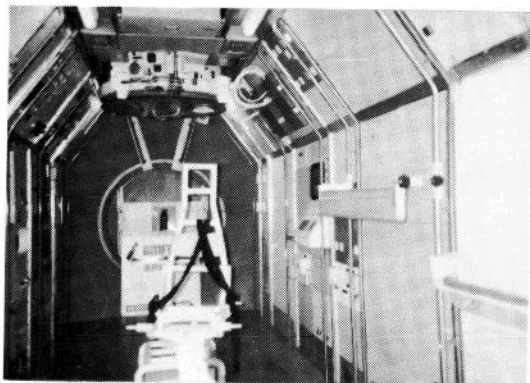
☆ドイツ博の人気の一つは何といってもスペースラブ。欧州宇宙機関の設計だが中心は西ドイツで、製造に当たったのも西ドイツ企業なので、展示品の中でも大変な力の入れ様。展示されたのは実際に打ち上げたものの子備。

の予備機で、万一の故障などに備えて製造されたものであるが、当然ネジ1本に至るまで「本物」と全く同じである。自由に中に入って見学できるのでひっきりなしの行列である。

・構造は3つの部分から成っている。①直径が4.06メートル、長さが3メートルの円筒形キャビン(船室)。気密が保たれる中で2人ないし4人の専門家が地上と同じように実験できるようになっている。②U字型に上部が開いたステーション。機材の荷台であるとともに、宇宙空間に直接さらされての実験の場所ともなる。スペースシャトルには最大5基(長さは計16.23メートル)まで積みこめる。③無人実験用の気密の円筒室。スペースシャトルの操縦室から自動的に管理、操作される。

中へ入り壁面に取りつけた計器類にかこまれながら、昨年11月末コロンビアにのって打ち上げられ宇宙空間を回ったスペースラブとその中で実験をつづける搭乗員の姿を想像していささか昂奮。

このスペースラブは欧州宇宙機関(ESA)の開発したもので、そのプロジェクトチームの中心となり組立てもしたのは西独ブレーメンのERNO・ラウムファールト・テヒニク社である。現在同社ではスペースラブII号を製作中で近々



☆スペースラブのモジュール内部。気密が保たれて、2人から4人の科学者が地上と同じように実験できるようになっている。昨年11月のコロンビアによる初飛行では、4名の宇宙飛行士の外にアメリカと西ドイツの科学者が乗りこみ、11月28日から12月8日まで宇宙を飛んで各種の実験を行った。第2号は現在組立中。

に完成、NASAに送られて年内にも宇宙にむけて発射される予定といわれる。同社では'87年を目標に再使用可能で自ら飛行できる小型の無人宇宙科学プラットフォーム「ユーレカ」の建造も



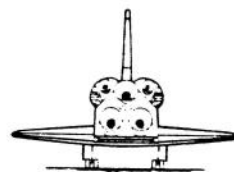
☆スペースラブは西ドイツの主導だが、欧州各国もこれに協力した。費用の分担の外に、技術面でもキャビンの外面はイギリス、コンピューターのハードウェアはイタリア、ソフトウェアはデンマークが受けもった。この協力がスペースラブの成功につながったもので、欧州宇宙機構では'87年を目標に、飛行のできる宇宙プラットフォーム「ユーレカ」の建造を計画。

計画している。これはスペースラブの14トンに比較して3.5トンという軽量小型の実験室で、シャトルで高度約300キロの軌道まで運び、遠隔操作アームで宇宙に投入。あとは「ユーレカ」自

身の軌道制御ロケットを噴射して約500キロの軌道へ乗る。地上からの指令で無重量状態を利用したさまざまな実験を半年以上にわたり行う。終ると、再び制御ロケットをふかして約300キロまで降下、別のシャトルで地上に持ち帰る、という手順である。

「ユーレカ」1号機は'87年10月に打上げられ'88年6月に回収。実験は材料科学、たんぱく質結晶学、植物学及び天体生物学の4分野にわたるといわれる。

文字通り、宇宙開発時代に入ったという感じがひしひしと身にせまる。(雅)



イワタボルトはあなたの会社の ネジ・コンサルタントです

本社 ☎東京 03 (493)0211 (大代表)
五反田事業所 ☎東京 03 (493)0221 (代表)
本社資材課 ☎東京 03 (493)0251 (代表)
 ファクシミリ03(493)0217
 〒141 東京都品川区西五反田5丁目3番4号
川崎支社 ☎川崎 044(522)4101 (代表)
 〒210 川崎市幸区南幸町2丁目7番1号
浜松営業所 ☎浜松 0534(54)5381 (代表)
 〒430 静岡県浜松市寺島町4-9-2番地
多摩営業所 ☎東京 0425(41)5334 (代表)
 〒196 東京都昭島市福島町3-8-0番地
藤沢営業所 ☎藤沢 0466(44)1277 (代表)
 〒252 神奈川県藤沢市今田字西原352番地
草加営業所 ☎草加 0489(42)1131 (代表)
 〒340 埼玉県草加市花栗町5-3-3番地
埼玉営業所 ☎埼玉 0485(91)2212 (代表)
 〒364 埼玉県北本市中丸4-7-2番地
富士営業所 ☎吉原 0545(71)3588 (代表)
 〒419-02 静岡県富士市久沢8-4-1
川越出張所 ☎川越 0492(45)6714 (代表)
 〒364 埼玉県川越市南台2-6-14
名古屋出張所 ☎名古屋 052(502)7761 (代表)
 〒452 名古屋市西区野南町7-8番地
横須賀出張所 ☎横須賀 0468(23)2724 (代表)
 〒237 神奈川県横須賀市長浦町1-2
仙台出張所 ☎仙台 02235(4)0263 (代表)
 〒981-12 宮城県名取市田高字先井成9-1

大阪出張所 ☎大阪 06 (788)1466 (代表)
 〒577 東大阪市新喜多1-1-2
厚木出張所 ☎厚木 0462(41)7021 (代表)
 〒243 神奈川県厚木市下荻野5-1-8
宇都宮出張所 ☎宇都宮 0286(65)4661 (代表)
 〒320 栃木県宇都宮市黒沢町桜田372-13
群馬出張所 ☎高崎 0273(62)1041 (代表)
 〒370 群馬県高崎市中尾町4-9-1番地
福島出張所 ☎福島 0429(33)6609 (代表)
 〒963 福島県郡山市富田町字町田6-1-1
太田出張所 ☎太田 0276(46)1796 (代表)
 〒373 太田市大字内ヶ島1-4-9-0
福岡出張所 ☎福岡 09302(3)9444 (代表)
 〒824 福岡県行橋市大字長木字帽子形3-7-2-1
土浦出張所 ☎土浦 0298(24)0077 (代表)
 〒300 茨城県土浦市富士崎町1-17-3
山形出張所 ☎山形 0236(42)2308 (代表)
 〒990 山形県山形市宮町4-3-53
千葉分室 ☎木更津 0438(98)2852 (代表)
 〒292 千葉県木更津市東太田3-1-9
埼玉工場 ☎草加 0489(95)1331 (代表)
 〒340 埼玉県八潮市木曾根1-1-3-9番地
埼玉第二工場 ☎草加 0489(96)9256 (代表)
 〒340 埼玉県八潮市伊勢野1-5-0-1

【18】 岩田ボルト工業株式会社