

国際宇宙ステーションと2、3の話題



原 宣一

はじめに

本日は東京東ロータリークラブの卓話会でお話させて頂く機会を与えて頂き、非常に名誉なことと思っております。

本日は宇宙関係のテーマでタイミング的に日本の宇宙飛行士が活躍し、マスコミの取材対象になっている国際宇宙ステーション（ISS）を選ばせていただきました。私がお話しいたことは他にもいくつかあるものですから、2、3の話題を追加させていただきます。

1. 宇宙ステーションの始まり

もう半世紀以上昔のことになりますが、私の子供の頃、「少年」という雑誌に載った宇宙ステーションの図がありました。

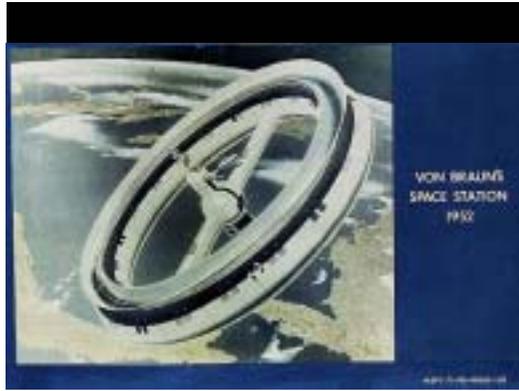
最初の図はウエルナー・フォン・ブラウンの想像した宇宙ステーションです。1951年とあります。フォン・ブラウンはこんなに早くから将来の宇宙開発を想像していたわけです。フォン・

ブラウン博士は、ご存知かと思いますが、第2次世界大戦でドイツのV2号ロケットの開発者として有名です。宇宙関係者でこの人名を知らなかったらモグリです。戦後はアメリカに渡って、米国のハンツビルでV2号のロケット技術を米国に教えていた程度であり重要な役割は与えられていませんでした。その頃、宇宙ステーションの絵を描いて将来の宇宙探査の想像をしていたのでしょ。1957年にソ連が世界最初の人工衛星スプートニクを打ち上げに成功しました。これは米国に大きな驚きと恐怖を与えるものでした。それまで、海軍のバンガード計画が失敗を繰り返していましたが、米国が世界で最初の人工衛星を打ち上げることを疑いもなかったからです。

このとき、フォン・ブラウンは陸軍のジュピターCロケットを使つてすぐにも人工衛星を打ち上げることができると提案し、それが採用されるや、ソ連のスプートニクに遅れること僅か4ヶ月で米
国最初の人工衛星エクスプローラを打ち上げることに成功しまし

た。

エクスポローラはロス・アンジェルズにあるジェット推進研究所（JPL）が開発した衛星で、地球の周りを取り巻く放射線帯があること、つまり、バン・アレン帯の発見に貢献しています。



この頃、宇宙探査は、まず地球周りを回るステーションを建設し、そこから月や火星に行くことになると考えられていました。

アーサーCクラークの書いた「2001年宇宙の旅」が映画化されたのは1968年ですが、このときの宇宙ステーションはフォン・ブラウンの宇宙ステーションとそっくり同じです。ドーナツ型にして回転させることにより内部に人工重力を発生させています。この人工重力というのは回転による遠心力のことです。

現在の宇宙ステーションでは人工重力を作ることは重視されず、むしろ無重量環境を利用することに主眼が置かれています。

2. サターンVロケットと有人月面探査

フォン・ブラウンの最大の功績は米国の有人月面探査を成功させたことでしょう。月ロケットであるサターンV型ロケットの開発者としても知られています。



サターン



ケネディ大統領は米国が1960年代の内に月に人を送って無事に帰還させると宣言しました。どうすれば10年以内にそのようなことが実現できるか検討した結果、宇宙ステーションを建設するのでは時間がかかりすぎる事が判りました。そこで、巨大なロケットで一気に月まで行くことになったのです。

それでもエネルギー節約のために、どうしても必要な技術が、ランデブー・ドッキングでした。月面に降り立ってから地球に戻ってくるロケットとして司令船を月の周りを回って待たせておくことにしたのです。この方式を一人の若い技術者が考え付いたことで、フォン・ブ라운は実現に自信が持てたということなのです。

この月探査計画がアポロ計画と名付けられた大計画で、1960年代の内に宇宙飛行士を月に送って無事に地球に戻すことがミッションです。この計画に当てられた予算は当時のお金で8兆円とも9兆円とも言われています。また日本の国家予算が5兆円ぐらいだった頃です。

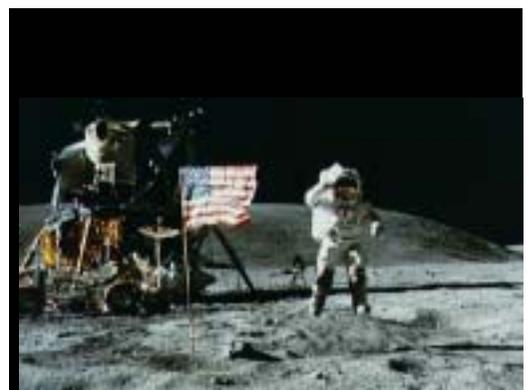
現在NASA職員はざっと2万5千人ぐらい、日本のJAXA職員が2000人ぐらいですが、アポロ計画最盛時にはNASA職員が25万人いました。

アポロ計画は打ち上げリハーサル中に火災が発生し、宇宙飛行士3名が死亡するという事故がありました。が総じて大成功に終わったと言えます。

サターンV型による有人月着陸は6回成功しています。アポロ13号では危うかったのですが月の裏側を回って、3人の宇宙飛行士はかろうじて地球に戻って来ることができました。

アポロ計画が大成功に終わることができた原因は何でしょう。これからお話しするシャトルやステーションが必ずしも初期の計画のように進んでいないことと考え合わせると、一つの大

3 きな要素に気が付きます。



私が思うにそれは動機なのです。米国は共産主義のソ連と冷戦状態にありました。そのような時期に、大陸間弾道弾（ICBM）で先を越され、人工衛星打ち上げではスプートニクに先を越されました。おまけにガガーリンによって世界最初の地球を回る宇宙飛行士もソ連に誕生したのです。スターリンからフルシチョフのような怖い顔をしたリーダーがいて原子爆弾を保有し国土も広いのです。宇宙技術で米国がソ連に負けているのではないかと実感させられるほどの恐怖は非常に大きかったと思います。北朝鮮がテポドン2号を衛星打ち上げと称して発射する、と言つようなものではなかったでしょう。

恐怖による動機が大きく作用して成功があったと考えられる大

きな計画としてはは原子爆弾のマンハッタン計画があります。ナチスに先に原子爆弾を作られたら世界は終わりだという恐怖があったのです。

アポロ計画もソ連との宇宙開発競争に敗れたら大変だとの恐怖の動機が25万人のNASA職員およびもっと大勢の関係会社の人たちのベクトルを揃えたに違いありません。

アポロ計画はアポロ17号で終了になりましたが、残った機体が数機あって、米国の数箇所で見展示されています。昔は野外展示でしたが、立派な観光資源であることを認識したせいでしょう、今はどこも屋内展示になっています。

写真のサターンVロケットは私が1975年にフロリダ工科大学(FIT)に1年間留学した時にケネディ・スペース・センター(KSC)で撮影したものです。

3. アポロ計画の疑惑

米国は1969年7月に人類最初の月着陸に成功致しました。世界で最初に月に降り立った人はニール・アームストロングです。トランペットを吹いて掠れた声でジャズを歌った人ではありません。アームストロングの最初の一言は有名になりましたから、覚えておられる方もいるでしょう。「この一歩は私に取っては小さな一歩だが、人類に取っては大きな一歩だ」。

4 あまり出歩かないようですが、2番目に降り立ったエドウィ

ン・オールドリンは今でも元気にあちこちのイベントに顔を出しています。もう5年前になってしまいました。私はスペースシップワンの初飛行前夜のパーティーで見かけました。

アポロ計画では全部で6回月着陸に成功し、毎回新しい二人で、総計で12人の米国人が月面を歩いています。それなのに、「アポロ計画は全部ウソだった。月面での写真も地上で撮られたものである」というTV番組がありました。このような番組は、日本だけではないこともあります。冗談番組にしては熱心にやるもので、結構真に受けて居る人がいるようです。今でもユーチューブの動画で出てきます。

多くの写真の中には地上で撮った「月面写真」も一枚ぐらいまぎれた可能性はあります。アメリカ人は概してユーモア精神に富みますから、このようなことをやる人もいたかもしれません。

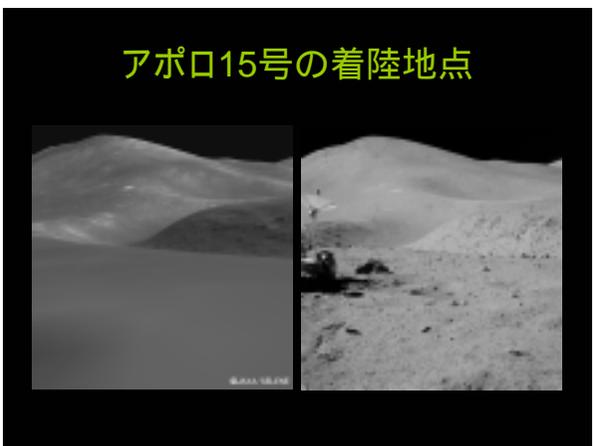
「実際には行っていない、写真は地上で撮ったものだ」という人たちの「証拠」はすべて間違いであることは説明されています。持ち帰った月の石とか月面に置いてきたレーザ光線反射用の鏡など物理的証拠もあります。

12人の宇宙飛行士は月から帰った後、国内外で多くの講演をしています。延べ回数は数え切れない程多いでしょう。果たして、もし本当は月に行っていないとしたら、一人も馬脚を現さないでいられるでしょうか。12人の宇宙飛行士以外にも、着陸は出来なかったが月を回ってきた8号、13号の乗組員、そして地上のフライト・ディレクター(飛行管制者)など、関係

者は大勢います。果たして、全員がウソを突き通せるものでしょうか。考えただけで不可能です。日本の立花隆も多くの宇宙飛行士にインタビューをして、「宇宙からの帰還」というタイトルの本を出しています。月に行っていないことはあり得ないのです。



アポロ15号の着陸地点



一人も馬脚を表さないで居られる確率はありません。しかし、昨年日本の打ち上げた月面探査衛星「かぐや」が決定的な写真を撮りました。

それがアポロ15号の着陸地点この写真です。右の写真がア

5 ポロ15号の宇宙飛行士が撮って地球に持ち帰った写真です。

地球に向けたアンテナを付けた月面車が左隅に写っています。左の写真が同一地点を「かぐや」が撮った写真データから作成した画面です。

月面車が写っていません。やはりアポロ計画で人間が月に降りたというのはウソだったと早合点してはいけません。

「かぐや」は月面上100 Kmの高度を回りながら、地形カメラで月面を撮ったのです。方向を変えて多くの写真を撮っています。これらの写真データをコンピュータで処理すると視点を変えたデータに変換できるのです。そこでアポロ15号の着陸地点に視点を変えて宇宙飛行士が持ち帰った写真と同じように見えるか試したものです。

100 Kmの高度から撮った写真データにはもともと、月面車は小さすぎて写っていないわけです。従って、どのようにデータ処理しても月面車を再生することはできません。

山の形状がびったり同じであることが、確かにアポロ15号の宇宙飛行士はこの右側の写真を月面上で撮影したことを裏付けているのです。

もちろん「かぐや」は人間の月面着陸の真偽を確認することがミッションではありません。この写真は、地形カメラの精度を確認するために作成したものです。

JAXAのホームページにはもう一枚の別の地点での比較写真が掲載されています。

4. ミールとスカイラブ

宇宙開発は続きものです。国際宇宙ステーション（ISS）はアポロ計画の終了から始まります。

ソ連は無人による月表面物質のサンプル・リターンには成功しているのですが、有人月着陸で米国の競争に敗れると、有人月着陸には興味を失ったかのようです。

火星への有人ミッションには米国の勝ち積もりだったのでしよう。宇宙ステーション建設と宇宙での長期滞在に目標を変えました。火星に行くためには、往復で約3年の長期宇宙飛行が必要です。

ソ連の宇宙ステーションは最初のモジュールの打ち上げから単独で衛星としての機能を持ち、モジュールを継ぎ足して大きくしていきました。初めから全体を計画して大きくしたものとはとても考えられません。

最初はサリュートと言つ名のステーションでした。次のミールも着々と進められ、有人の宇宙滞在に関してはソ連の方が進んでいました。有人の長期間の宇宙滞在記録を更新していききました。1年以上に及ぶ長期宇宙滞在の記録もあります。

米国の宇宙ステーションではソ連の方が進んで居ることを認めざるを得ない状況になりました。米国はソ連が宇宙ステーションに力を入れたので慌てたのかもしれない。

6 アポロ計画が成功して6度も月面探査に成功すると、米国人は飽きてきたのでしょうか。当時のお金で9兆円もかかったこ

とが批判されはじめました。ベトナム戦争が始まって財政的な余裕が無くなったことも背景にあります。

そのため、アポロ17号の成功で月に行くのはもう止めにして、残った機体の1機を改造して宇宙ステーションとして使うことにしました。これはスカイラブと呼ばれたものです。

アポロ18号になる予定のサターンV型ロケット機体を米国最初の宇宙ステーション計画に回しました。スカイラブの打ち上げに使ったのです。



スカイラブはサターンVで無人のまま打ち上げて軌道に乗せ、後から少し小さいサターンIBで3人の宇宙飛行士を送り込んでいきます。スカイラブには3回に渡って述べ9人の宇宙飛行士が送り込まれました。スカイラブでは各種の実験が行われました。197

3年のことです。

スカイラブは長らく無人のまま飛んでいましたが、軌道がだんだん下がってきました。スペース・シャトルの開発が間に合えば、推進モジュールを運んでスカイラブに取り付け、軌道を上げて、ずっと使う予定でした。

しかし、スカイラブは1979年7月に大気突入しました。一部が燃え残ってオーストラリアの西海岸、パースの近くに残骸が落ちました。

ミールもソ連が崩壊した後、ロシアが国際宇宙ステーションに参加することが決まった後、大気突入させています。ロシアは老朽化したミールもまだまだ使えるとしていたのですが、運用のための維持費が出なかったようです。

日本の秋山さんがTBSの記者ながら、日本人最初の宇宙飛行の栄誉を勝ち取りました。TBSがソ連にお金を払ってソユーズに乗り、このミール宇宙ステーションを訪問したのです。

5. スペース・シャトルの開発

アポロ計画の後、さらに火星などに行くには一気にいくのではなく地球の周りを回る宇宙ステーションを作り、宇宙機をステーションで組み立てることが良いと考えられました。宇宙探査などの活動は宇宙ステーションを根城に進めることが本筋という考えに戻ったのです。

7 アポロ計画でも当初はそうのように考えられていましたが、ケ

ネデイ大統領が「1960年代の内に」と言ったために、時間的制約から一気に行く計画にしなければならなかったのです。

宇宙ステーションを作るためには、安いコストで宇宙へ物資を運ぶ手段が必要です。このことから再利用を図ったスペース・シャトルの開発が行われました。

宇宙ステーションを作るに当たっては、資材を宇宙に運ぶ宇宙輸送システムが必要です。宇宙ステーションと輸送システムを同時に開発するのはさすがの米国でも大変です。そこでまず輸送システムの開発だということになりました。



スペース・シャトルは完全再使用をあきらめて外部タンク(E

Ｔ)は使い捨てになっていますが、他の部分は再使用されます。

スペース・シャトルの開発に際しては、日本にも参加しないかと声がかかったそうですが、日本は技術的にも追いついていないことから、丁重にお断りしたそうです。カナダはロケットアームの開発で参加し、欧州宇宙局(ESA)はシャトルに載せる宇宙実験室(スペースラブ)の開発で参加しています。

スペース・シャトルは1981年に初飛行に成功しました。このときのコマンダー(機長)はジョン・ヤングでパイロットはボブ・クリッペンです。ジョン・ヤングはジェミニ計画で2回、アポロで2回、シャトルで2回の計6回も宇宙に行っています。月面を歩いた12人の宇宙飛行士の一人です。NASA宇宙飛行士として長らく現役を勤め、ISSの開発時代にはNASAのジョンソン・スペース・センター(JSC)で宇宙飛行室長として後進の指導にあたっていました。私がJSCで見た時はすでにオールドでした。最後までNASAを離れなかつた人です。

スペース・シャトルで滑走路に飛行機のように着陸する部分をオービタと呼びます。オービタはこれまで5機製造されました。コロンビア、チャレンジャー、ディスカバリ、アトランテイス、エンデバーです。

8 皆様ご存知のように、このうちチャレンジャーは1986年の打ち上げ発射直後に、コロンビアは2003年帰還時の大気突入時に、宇宙飛行士と共に失われてしまいました。現在は3

機で運用中です。

これまでスペース・シャトルは宇宙ステーションの建設だけでなく人工衛星の打ち上げにも、宇宙実験にも使われてきました。ハッブル宇宙望遠鏡(HST)では交換部品を持つていて修理までしています。

既に5機で130回程の飛行をして活躍したスペース・シャトルですが、後9回飛行して来年中にも退役させることが決まっています。何故でしょうか。

在来型のロケットは使い捨てだからどうしても打ち上げコストがかかる。再使用型の宇宙輸送システムを作れば、打ち上げコストは激減できるはずとして設計されたものがスペース・シャトルです。1回あたりの打ち上げコストは十分の一にできるという意気込みだつたのです。

スペース・シャトルは一見華やかに見えますが、その後の宇宙開発を大きく狂わしたものだつたことは否めません。シャトルの運用コストは一向に安くなかなかつたばかりか、使い捨て型ロケットより高いものだつたのです。一時期は、シャトルの運用回数が増えれば1回あたりは安くなるという考えで、当時の主ロケットである、タイタン、アトラス、デルタの生産ラインまで廃止したぐらいです。軍用ミッションまでシャトルを使うことにしていたのです。この政策の影響は非常に大きく、世界の商業衛星打ち上げにおいて欧州のアリアンロケットに大きなシェアを許してしまいました。

そのため、米国は国際宇宙ステーションの建設が終わったらシャ

トルの運用を止める決心をしたのです。

スペース・シャトルのペイロード打ち上げ能力もスペースクには低軌道に6万5千ポンド、(29・5トン)と書かれていたのですが、当初15トンぐらいしか上がらなかつたようです。その後、各種の性能向上が図られたものの初期の計画値には達しませんでした。

スペース・シャトルは再利用できるから、繰り返し使えば使うほど1回あたりの輸送費用は下げられるということだったのです。しかし、現実にはむしろ逆になってしまつてスペース・シャトルは輸送システムとしては非効率なものだったのです。

なお、シャトルの運用費は現在で400億円/飛行といわれています。有人ミッションであることが高くついています。またオータの翼が使われるのは着陸時だけで、その他の時は何も役立っていないことが不利な点です。航空機のように着陸できることは確かに良かったのですが、全体としてみると効率的でなかつたこととなります。

9 スペース・シャトルは荷物室に20トン程度のものしか宇宙に運べません。シャトルは打ち上げ時の総質量は2000トンにもなります。H2Aのロケットは打ち上げ時の総質量が250トン程度ですが、低軌道なら10トン以上の物資を打ち上げられます。資材の輸送ということに関しては、オービタの質量70トンが全く無駄に打ち上げられるからです。これでは如何に再使用しても安くはなりませんでした。

もちろん、多くの宇宙飛行士を宇宙に運んだと言ふ不滅の実績は残っています。後世の歴史家がスペース・シャトルをどのように位置づけるかは判りません。

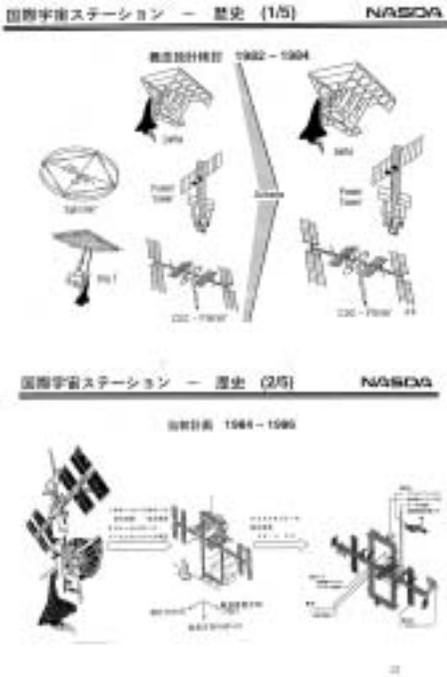
スペース・シャトルが退役を余儀なくさせられることに際して、私たちは貴重な教訓を得たと言えるでしょう。即ち、再利用すればコスト低減に繋がるということは必ずしも成立しないということなのです。地球環境の保全の観点から「もつたいたい」がキーワードになっていますが、よく考えずにやれば「かえつてもつたいたい」になりかねません。

人間を宇宙に運ぶ有人ロケットとしては、他にロシアのソユーズロケットがあります。中国は長征ロケットで有人宇宙飛行に成功しています。しかし、まだどの程度信頼がおけるものか分かりません。

日本のH2Aロケットに人を乗せられないかとのご質問はあるかと思えます。現時点では、責任を持って乗つて良いと言え方がないのでできません。国レベルでの安全審査基準から作らなければなりません。

6. 宇宙ステーション

宇宙ステーションをコロンブスが米国を発見した500年後の1992年に完成を目指そうということを言い出したのはハワイ出身の日系議員であるスパーク・松永でした。こんなに早く完成させることはまず無理でしたので、すぐ見直されていま



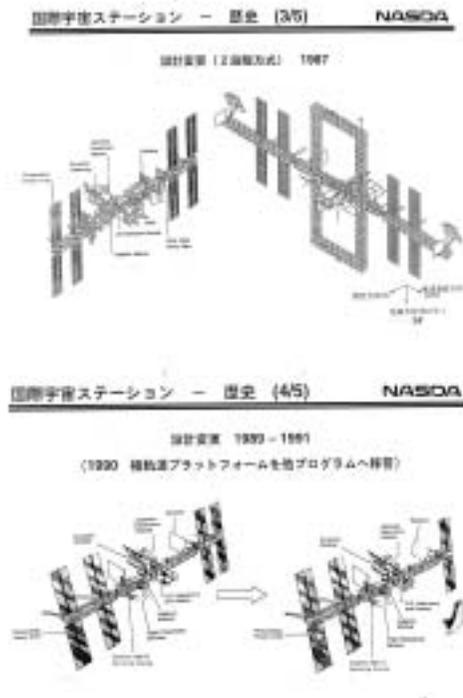
す。それにしてもISSは遅れにつぐ遅れで、まだ完成まで2年ぐらい掛かります。

実際に動きだしたのは1982年のことです。スペース・シャトルの2回目の実証飛行が成功したときにエドワーズ空軍基地に迎えたレーガン大統領が次は宇宙ステーションの建設だと宣言しました。

まだソ連が健在な頃でしたから、宇宙ステーションには共産圏に対抗した意味もあって自由を意味するフリーダムという名がつけられました。

ただし、米国の防衛関係がいち早くスペース・シャトルを使うことをあきらめてから、宇宙ステーションも軍事の色合いはなくなりました。

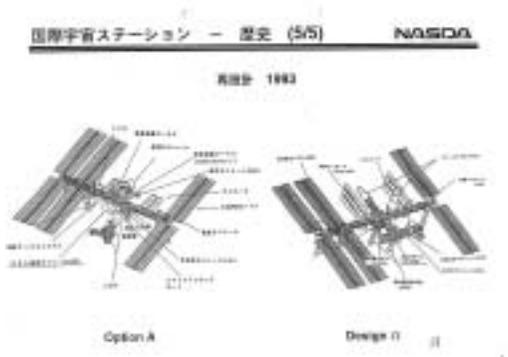
宇宙ステーションは概念段階から随分いろいろな形状のものが考えられました。パワー・タワー型、ダブルキール型、デルタ型などです。



もともとソ連に対抗して計画されたようなものですが、1991年にソ連が崩壊してしまいました。ソ連が崩壊した頃、米国の財政状況も悪かったので、宇宙ステーション・フリーダム計画は放棄されかけて、形状も変わり名前も変えられました。宇宙ステーション計画は既に欧州とカナダに日本を加えて政府間の協定文書が出来ていたのですが、宇宙ステーションの形状は変更につぐ変更でした。一時期は計画が取りやめになるのではないかと思われたほどの時期もありました。日本は既に約束部分の開発を始めていましたから、如何なるときも途中で止めて貰っては

困ると、NASAに圧力をかけてきました。一度お金を使ったら決して途中で止めない、良くも悪くも、日本らしい動きでした。

ソ連が崩壊して、なんと宇宙ステーション計画にロシアが参加することになったのです。ソ連の宇宙技術者が中東に流れることを米国政府が恐れた政治的理由であるとも言われています。宇宙ステーションの名もしばらくデザイン・アルファでしたが、最終的に国際宇宙ステーション(ISS)と呼ばれるようになったようになりました。



11 現在は15カ国の共同計画です。ただし、2カ国間の協定でロシアが韓国の宇宙飛行士や外国の民間のお客を有料で連れ

て行ったりしています。ブラジルは米国との2国間協定で入っています。米国はロシアを取り込むためかなりの譲歩をしました。例えば、軌道傾斜角を大きくしてロシアの射場からも打ち上げ易いようにしましたが、逆にスペース・シャトルにとっては打ち上げに不利になるため、打ち上げ能力が減りました。

しかし、来年中にもスペース・シャトルを退役させることにした今となつてはロシアの参加があつて宇宙ステーションは救われています。シャトルが引退すれば宇宙飛行士の輸送はソ連のソユーズに頼らなければならなくなるからです。補給機は欧州も持つていてATVと呼ばれ、最初の1号機は昨年2月に打ち上げられ、ステーションにドッキングしました。

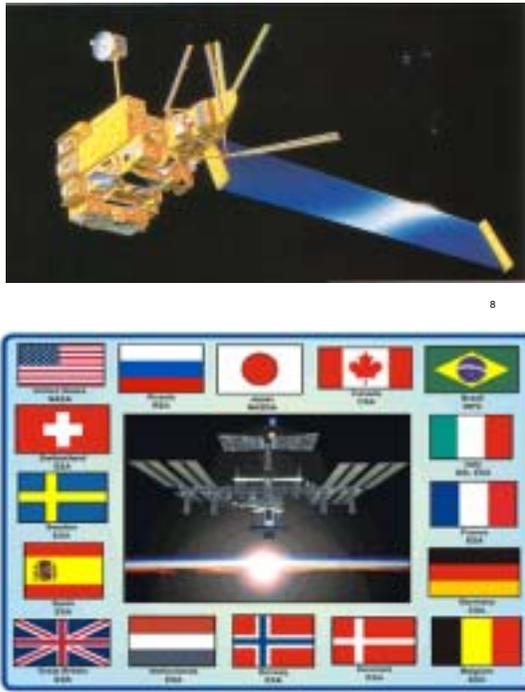
ISSの完成時の大きさはサッカー場ぐらいあり、質量も450トン程度になります。大きければ良いというものではありませんがこれまでの宇宙構造物で最大のものです。地上から高度400Kmの円軌道を回っています。秒速8Kmで地球を90分で一周します。この高度でも極めて希薄な空気抵抗で徐々に高度が下がってきます。300Kmまでも落ちない内にロケットを吹かして軌道を上げます。

宇宙ステーションの姿勢保持は大きなジャイロを回してその反動を利用しています。

私は宇宙ステーション計画が動き出した頃は、NASAの将来宇宙機を検討する部署にいました。無人機も宇宙ステーションをベースにして宇宙での活動が広がることを想定していました。その頃

のキーワードの一つが「軌道上サービス」で将来の衛星は修理が出来るようになるという見込みでした。もちろん修理ができるといっても当分はコンポーネントをこっそり取り替えることぐらいいしか出来ないだろうから、衛星などの宇宙機はコンポーネントを取り替えやすいように設計しておくべきという思想でした。

ADEOS想像図(基本設計終了時点)



ADEOSは地球観測プラットフォーム技術衛星と名づけられ、観測用のセンサをいくつも搭載した地球観測衛星です。私はこの衛星の概念設計から基本設計の終了までシステム設計のとりまとめを担当しました。

12 この頃の私の予想で外れたものがあります。漠然と考えていたもので、誰かに話したわけではありません。それは「人類が作っ

た最も大きなものは宇宙ステーションのような宇宙機である」というものでした。何しろ、宇宙に持って行きさえすれば無重力環境におかれますから、継ぎ足していけばどんどん大きな構造物になるだろう。そして宇宙空間はとてつもなく広いですから場所に困ることはないだろうと予想したわけです。

かなり遠い将来には、L5のような軌道上安定な場所に大きな宇宙構造物を作る可能性はありますが、今のところ現在の技術の延長上には見えていません。

少なくとも地球周囲の軌道上ではいくら無重力状態だとしても大きな構造物は成り立たない理由があるのです。今から20年前に過ぎないのですが、当時はデブリ環境を気にかけていませんでした。また重力に抗しての姿勢保持は大きなものは大変です。

逆に重力を姿勢安定に使えなくもありません。この場合は細長い宇宙機が鉛直になる状態が安定なのです。

釣りでフナ釣り用の浮きは細長いものを使いますが、水面でその浮きが垂直に立つのと同じです。

月が裏面を地球に見せないのも同じくこの重力安定によることが理由だとされています。

土星の輪が円盤状でなく岩石状の集まりであることはニュートン力学から予測されていきました。重力に持ちこたえて円盤状を保てるような物質はないからです。

静止衛星軌道から上下に柱を伸ばしていつて地上まで届けばその柱を利用してエレベータを作れば宇宙にロケットを使わなくて

も行けるといふアイデアがあります。これも静止衛星を考えたア
ーサー・C・クラークのものですが、現在の材料では強度が足ら
ずにできません。

ADEOSの設計をしていた頃の宇宙開発検討はまさに将来
がばら色で楽しいものでした。米国の雑誌も軌道間輸送機(OT
V)やロボット宇宙機の挿絵などがあつて夢が膨らんでいた時期
でした。

これらの予想がはなはだしく甘いものであつた理由は、運用に
入つたスペース・シャトルの現実を直視していなかつたことにあ
ります。



シャトルの性能も計画の半分ぐらいいしかなかつた上、運用コス

13 トが非常に高かつたのにそのうち安くなるだろうと希望的に見

てしまつたのです。チャレンジャーの事故は1986年ですが、そ
の後でさえそのように見ていました。NASAだから出来るだろう
という期待がありすぎたのです。何しろ、有人月面着陸を大統領の
約束に違えず1960年代に実現したのですから。

宇宙ステーションは当初日本で宇宙基地と呼ばれていたように、
宇宙に進出する前線基地という意味であつたのです。基地というこ
とはは軍事用語のニュアンスがあるということから、ステーション
とカタカナで呼ぶようになりました。日本の宇宙開発は軍事に關し
てこのぐらい神経を使っています。日本の宇宙開発は平和目的に限
られています。国会で「平和目的とは非軍事である」との政府答
弁が残っているからです。

現在宇宙ステーションの機能は宇宙実験に留まっています。宇宙
実験は材料実験分野と生命科学分野に分けられます。人間の長期間
宇宙滞在は大きな項目です。

材料実験としては比重の異なる金属の合金精製は典型的な無重
力状態を利用した実験です。

生命科学分野では各種たんぱく質の精製があるとのこと。

日本は芸術家の宇宙滞在中も視野に入れてあります。ロシアが有償で
民間人を宇宙に運んだこともあつて、日本でも商業利用が検討され
ています。

7・宇宙環境

ISSの与圧室の中では1気圧の空気が満たされて温度調節

もされていきます。宇宙飛行士は地上にいるのと同じような服装で過ごせます。

しかし、外は真空ですので、船外に出るときは宇宙服を着なければなりません。宇宙服の内部は0.3気圧程度の純酸素で満たされています。1気圧の空気で満たすには頑丈な宇宙服にしなければなりません。現在の技術では嵩張りすぎて使い物にならないのです。そのため宇宙服の中は0.3気圧程度に下げます。このような低圧の空気では息が苦しくなるので純酸素を満たします。いきなり低圧の状態にしますと、血中に溶けていた酸素が体の細部で気泡になってしまいます。これは潜水病と同じ状態です。このため、宇宙服を着るときは狭いエアロツク内で時間をかけて0.3気圧の純酸素に変えなければなりません。船外活動はこれだけでも大変な作業です。土井さん、野口さん、ご苦労さまでした。お二人は船外活動をした経験のある宇宙飛行士です。

宇宙は寒いか熱いかという質問は、本当はおかしな質問です。宇宙は真空ですから、温度はないのです。温度が定義できないのです。ただ、地球周りの軌道にいる衛星や宇宙ステーションは太陽に照らされている面は120度C近くまで上がります。逆に陰に入ると、放射によりどんどん冷却され、マイナス150度Cまで下がります。つまり、宇宙は極めて暑くて、極めて寒いのです。地球は太陽から1億5千万Kmの距離にあって自転している上、比熱の大きい海水が地表の7割を覆っています

から、地球表面は平均されて丁度良い温度になっています。私たちは地球に生まれて幸運でした。

ISSは無重力状態になっています。宇宙が無重力ではありません。重力は如何なる場所にも働いています。真空状態に置かれると、一切の抵抗がありませんので重力に引かれて落ちるにまかせる状態です。この状態が無重力と同じ状態にあるということです。このときの力の量を計ってもゼロを示すので無重量であると言つのです。JAXAのホームページも長らくこの点に關し説明がおかしいところがありました。

私は以前から質量と重量は明確に区別するようにと、時々こつちやにした記述を直すように申し入れていました。そして、つい最近、広報部から直していきますとこの返事を貰つたところです。私は、計量法違反である、と少し脅したのです。少なくとも宇宙関係者は質量と力の関係は明確に理解していなければ困る筈なのです。

地上で無重力状態にするのは難しいのですが短時間なら出来ます。デイズニー・シーにあるアトラクションでタワー・オブ・テラーがそうです。しかし、ISSにいる宇宙飛行士がいつも無重力状態にあるからと言って、彼らが恐怖の連続を楽しんでいる訳ではありません。

ジェット機でエンジンを止めて放物線状に飛ぶと、20秒ぐらいの無重力状態を持続することができます。宇宙飛行士の訓練の教科にも入っています。この訓練機は一回離陸しますと数

十回も無重力飛行をやってくれますので殆どの人はゲロゲロになるといふことです。写真ではどの人も楽しそうに写っています。

大統領レーガンがシャトルは出来たから次は宇宙ステーションだと宣言した頃には問題視されていなかったことが二つあります。

一つは宇宙放射線です。これには宇宙の彼方からやってくる銀河宇宙線と太陽の黒点爆発から出てくるアルファ線があります。

超微細加工で作られた大規模集積回路（LSI）は放射線で叩かれると壊れてしまいます。このため宇宙用の集積回路（IC）はあまり集積度を上げることが出来ません。このため、ISS内で使っているノート・パソコンは地上のものより性能が落ちるものです。最近は大いぶ放射線に強いICも作られるようになってきて大分良くなりました。

地上では大気で保護されていますからウィンドウズ・パソコンであれ、マックにしる、比較的低価格の高性能パソコンが故障無く動きます。私たちは大気の保護がある中で生活できて幸運でした。

もう一つはデブリです。デブリはロケットや衛星の残骸です。衛星の残燃料が爆発して壊したようなときは小さな破片が宇宙をさまよう事になります。これら人造物であるデブリが広い

15 宇宙で脅威になるとは考えられていなかったのです。

NASAが最初に気がついたのはスペース・シャトル・オービタの窓ガラスにひびが入ったのを発見した時です。このひびを調べて見ると塗料の破片が付いていたので人工物のデブリが衝突したと判ったのです。まさに車の当て逃げ犯の車を接触後に残された塗料から見つけるような話です。

その後、低軌道にしばらく放置した宇宙機を回収してみると表面に微細な穴が空いていることが見つけられるようになりました。太陽電池パネルのように硬い表面でも、発砲スチロールを針で突いたような穴が空いていました。

デブリは相対速度が秒速10Km前後の高速でISSと衝突しますからやっかいなのです。ISSには表面にデブリ・シールドを取り付けて保護しています。大きなデブリは軌道が分かっていますから、ISSに近づくようなことがあつたら、ISSの方がロケットエンジンを作動させて避けることになっています。直径で1cmから10cm程度の中間的な大きさのデブリは観測にもかからず、またデブリ・シールドでも防ぎきれません。デブリが衝突して壁に穴が空いてしまったら、宇宙飛行士は素早く隣のモジュールに逃げ込むことになっています。しかし、まだこのようなデブリに遭遇する確率は小さいと推定されています。

地上では大きな隕石でなければ大気が保護してくれます。デブリでも大きなものは地上に燃え残りが落ちますので、時々問題になります。スカイラブはオーストラリアの西部に燃え残り

が落ちました。旧ソ連の偵察衛星が原子炉を積んでいたので大騒ぎになったこともありました。

8・日本の宇宙飛行士

現在、日本の宇宙飛行士は8名います。この他に宇宙に行った日本人としてはTBSの記者であった秋山さんがいて、秋山さんが日本人で最初に宇宙に行った人です。宇宙に行った世界で最初のジャーナリストでもありません。

この8名の中で最初にスペース・シャトルで飛んだのは毛利さんです。毛利さんも昨年に遠征を迎えています。現在、日本科学未来館の館長として活躍です。

2番目にシャトルで飛んだのは向井さんです。向井さんは現在筑波宇宙センターで宇宙医学研究室長として活躍です。

土井さんは昨年の3月に保管庫をISSに取り付けました。船内でブーメランを飛ばしたら地上と同じように戻ってきたようです。映像がインターネットで公開されていますから見た方もいらつしやるでしょう。

宇宙飛行士1期生であるこの3人はこれまでに2回ずつ宇宙飛行をしています。

若田さんはマニピュレータの操作が上手いことでNASAからも一目置かれています。お習字も上手いようで、コピーを墨代わりに使って筆で字を書いてみせてくれました。少し出遅れましたが、今のところ3月12日に、彼にとっては3

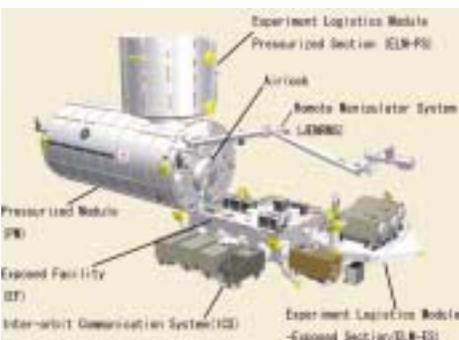
度目の宇宙です。今度は3ヶ月の長期滞在をする予定になっています。帰りに乗るシャトルで運ばれてきた船外パレットを取り付けてJEMは完成です。

一番体の大きい人が野口さんです。野口さんは力仕事が似合います。宇宙服をきて外に出るのは体力のありそうな人が選ばれるように見えます。

昨年6月1日に初の宇宙飛行をしたのが星出さんです。彼は初めての宇宙飛行でJEMの与圧室をISSに組み付ける大役を担いました。



JEM (きぼう)



古川さんと山崎さんも飛行が決まっています。古川さんは口

シアのソユーズに乗って最初から半年の長期飛行です。山崎さんは旧姓角野さんで現在はママさん宇宙飛行士です。来年、シヤトルでの飛行が決まっています。

日本は今年秋には補給機HTVをH2Bロケットで打ち上げる予定です。H2BロケットはH2Aロケットの1段目のエンジンを2機にして大きくしたロケットです。

このように日本は今後もJEMを活用して宇宙実験をどんどん進める計画です。JAXAは昨年、10年ぶりに宇宙飛行士の募集をしました。先月の25日に、選定された2名の宇宙飛行士候補が発表されました。油井さんと大西さんです。

9・JEM

宇宙ステーションは国際協力で建設するということで、日本にもお声がかかりました。日本は「待っていました」とばかり、今度は参加を決めました。

日本の開発する部分は、日本実験棟（JEM）と呼んでおります。既に愛称も決まっています。「きぼう」という名です。

「きぼう」は日本が考えたものですから、かなり欲張っています。宇宙飛行士が直接機器を操作できる与圧室があります。宇宙環境に実験機器をさらすことのできる船外パレット（暴露部）があります。この二つが主たる要素です。さらに保管室があつて、これは昨年3月に、土井さんの飛行のときに真っ先に、

17 ISSに運ばれています。そして実験機器を船外に出し入れす

るためのエアロック、そしてロボット・アームであるマニピュレータから成ります。



宇宙ステーションの形状はいくつも考えられました。その間、日本の開発部分であるJEMだけは最初から最後まで一貫して同じものでした。当初は極軌道衛星まで宇宙ステーション・プログラムで、軍事ミッションも含まれていて、日本はNASAの部分とだけ付き合うという切り分けの難しい変則的な話でした。

宇宙ステーション計画では、国際間の協定文書の作成などに多大な努力がかけられています。日本は語学のハンデがある分、大変でした。NASAは全体の安全に責任を持つので、日本の開発するJEMについても安全審査を行う一方で、日本はJEMの開発に責任

を持つという関係です。



NASAは宇宙ステーションの開発に3兆円をかけるという話でしたので、日本は当時のNASDAの予算がNASAの十分の一でしたからJEMの開発に3000億円かけるということで大枠が決まりました。JEMはすぐ100億円増やして貰って3100億円で開発が始まりました。

18 日本は最初から最後まで同じ計画を貫き通したのですが、宇宙ステーション計画が伸び伸びになって、他国がすべて予算の増加に悲鳴を上げていた中で、日本の長期予算は殆ど変わらなかったのです。他国からは、NASDAのマネージメントが奇跡だと賞

賛されたのですが、その分日本の各メーカーはどこも影で泣いていたということです。

JEMは「きぼつ」という名前がつけられました。ISSの前方左側に取り付けられています。現時点では船内実験室（与圧室）と船内保管室とロボット・アームが取り付けられたところです。船外実験プラットフォームおよび船外実験パレット（暴露部）は今年の5月に取り付けられる予定です。

10・HTVとH2Bロケット

NASAはスペース・シャトルの運用を後9回で止めます。この後、ISSへの宇宙飛行士の輸送は少なくとも数年間はロシアのソユーズに頼ることになります。

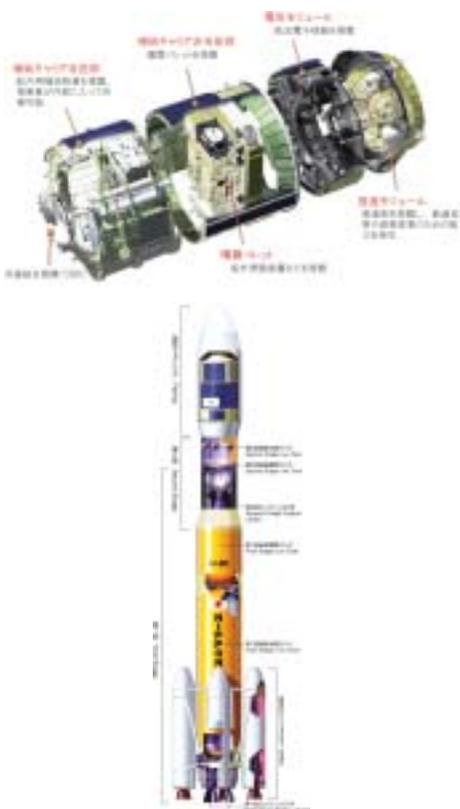
一方、国際宇宙ステーションへの物資の輸送はシャトルでなくてもできるということでESAはATVをJAXA/NASDAはHTVを開発してきました。

ESAは昨年の3月に最初のATVをISSにドッキングさせることに成功しています。ISSの後方部分はロシアのモジュールでATVはロシアのドッキングモジュールに結合するように設計されています。

JAXAは今年の秋にもHTVをISSにバーシングさせる予定です。ドッキングというのは少し勢いをつけて結合させるのですが、バーシングというのは静かにアームで引き寄せて結合します。

HTVを打ち上げるロケットはH2Aの1段エンジンを2機に

してタンクの直径も4 mから5 mに大きくしたH2Bというロケットで打ち上げます。



A T Vはロシアのモジュールにドッキングする形式ですから、運べる大きさに制限があります。H T Vは最初からラックをそのまま交換できるように大きな結合部を有しています。

11・UFOについて

私は多くの方が未確認飛行物体(UFO)について興味をお持ちなのを知っています。それはそうでしょう。昔、ピンクレディという二人の女性シンガーが歌ったUFOが大ヒットしたのですから。

19 UFOは文字ど通りの意味では日本周辺でもしばしば発見

されて自衛隊機が出動します。ここではUFOとは地球外の知的生命体が現れたかということです。

先日、我が家に遊びに来てくれた妻の友人が言うのです。ラスベガスに5人で遊びに行った時の目撃談です。スロトルマシーンでもやったのでしょうか。夜12時近くにホテルに帰るので道を歩いていたら不思議な飛行をする物体を見たということです。ラスベガスは夜でも煌煌と明るい町ですから深夜に女性が歩いて帰ることも出来たのでしょうか。日本人一行5人のおばさん達でしたが。

あの飛び方は絶対に飛行機ではない。私達5人が見たから間違いない。おまけにすれ違った米国人の青年2人も、見た、見た、あれはUFOに違いないと意気投合したのだから間違いない、と言うのです。米国人だったかどうかは別として、合計7人が14の瞳で見たということです。

私が「さて、何を見間違えたのでしょうかね」と応じたら、明らかに「むっ」とされてしまいました。近くにエドワーズ空軍基地があつて、時々、秘密で作った飛行機を飛ばしたりしますからと言って取り繕ったのですが、ご機嫌は直らなかつたようです。

もう亡くなりましたが、カール・セーガンという名の天文学者がいました。彼は職業柄宇宙人に非常に興味を持ってコンタクトという地球外生命をモデルにした小説も書いています。映画にもなりました。「カール・セーガン科学と悪霊を語る」とい

う本は秀逸です。皆様にお薦めしたい本です。

カール・セーガンが宇宙開発事業団に來たことがあるのです。彼は若い人と話したいというので、若手有志がソファアの置いたある役員会議室に集まったことがあります。私は既に若いかどうか疑問な年でしたが、気が若けりゃ構わないだろうと勝手に解釈し、出席して隅のほうで聞いておりました。外国の有名な学者は他所の土地に行くところも若者と話したがるようです。年寄りと話してもすぐ死なれては影響を及ぼせないということなのでしょう。否、若い人の突飛な質問に遭うことを期待しているのです。

カール・セーガンは日本の若手の質問に答えて次のように言っています。

「UFOを目撃したという報告は世界中に数限りなくある。しかし、宇宙人に連れ去られてどうのこうのという非常に興味深い話はまず証拠不足であったし、大勢が見たという確実性の高い目撃は、自然現象で起こり得るようなつまらないものであった。私はUFOの存在をまだ確信するに至っていない。」
月面でモノリスが発見されれば、それで存在証明は十分です。しかし、モノリスの無いことの証明に、全ての星を訪ねて調べようなどとは出来ない相談です。

UFOに限らず、存在を示すのは再現性ある一つの証拠があれば良いのです。逆に、存在しないことを示すことはまず不可能なのです。

12・確信の度合い

UFOぐらいですと存在を信じても信じなくてもあまり被害はないでしょう。しかし、人間は不確かなことも信じてしまう特質があります。手品のタネを見破ることが出来ない人も、手品だと言われなければ、自分の見たことは真実と信じてしまうのです。

むしろ、自分に自信のある人ほどこの落とし穴にはまり易いのではないのでしょうか。オウム真理教に傾倒してしまった人達はそのうに違いありません。グルの空中浮遊を「見た」のでしょうか。人間の脳は意外に簡単に騙される、つまり錯覚は普通の人間が持つ特質ではないのでしょうか。最近急速に発達している脳科学の解説本に書いてあったように思います。

さて、宇宙関係者は衛星やロケットを開発するに当たって、如何に確実に作動するものを作るかに奮闘しております。失敗するとすぐマスコミに叩かれるからでもあります。

ここからは私の持論です。ただ、目下ドン・キホーテ状態で、誰かに応援して貰わないと世の中が変わりません。

確かさを表現するのに、信頼度と言つ言葉を使っております。その信頼度は確率で定義しております。ここまでは良いのですが、確率の定義が駄目なのです。確信の度合いとして捉えるべきなのに、頻度概念の確率が使われています。このため多くの矛盾や不合理なことになっているのですが、「確率なんてせいぜ

いそんなものではないの」と「理解」されてしまっているのです。NASAをはじめ多くの文書で書かれていることが間違っている筈がないという「理解」です。

しかし、私はE. T. ジェインズ著の本「確率理論：科学の論理」をインターネットで見つけたときは正にこれだと思えました。著者のジェインズは亡くなっていますが、本の原稿を残して、それが弟子のプレットホーストによりインターネットで公開されていたのです。今では、体裁が整った本が出版されています。

物理学で使う確率とシャノンが導いた通信理論で使われている確率はラプラス以来の確信の度合いとしての確率なのです。工学で使う確率も確信の度合いにする必要があるのです。

確かさの度合いを確率という数字で表すことは、人間の抱く心理量を定量化して表現することです。こんなことが出来るのかと疑念を持たれる方も多いと思います。しかし、人間は価値という心理量を金銭単位で数値表現することに曲がりなりにも成功し、現在の発展を見ているのです。

確かさも訓練により、ある程度量的に正しく把握することが出来るようになるでしょう。不確かなことなのに希望的に信じてしまつて失敗するということも少なくなるでしょう。

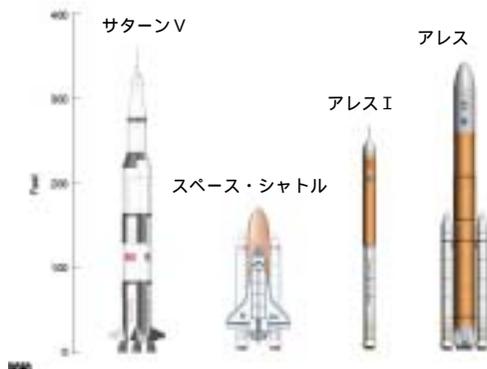
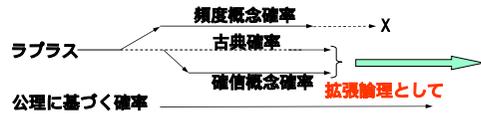
信じることは疑うことを止める手抜きです。考えてばかりで時間を費やすことはできませんから必要な手抜きです。

21 人間が信じてよいのは百万に一つも違わないことだけにな

るかもしれませんが。

拡張理論としての確率理論

頻度概念派 客観確率	フォン・ミーゼス、R.A.フィッシャー、 ネイマン、ピアソン、クラメー
確信概念派 主観確率 (ベイジアン)	デ・フィネッティ、D.V.リンドレ、 サベージ、ブラックウエル、 ラフィア、シュレイファー



信じて行動することが何も無くなつたら、それはきつとつまらない、しんどい世の中です。不確かなものは不確かなりに、確かなものは確かなものとして、確かさの程度に応じて信じて行動内容を決めることがより良い社会をもたらずに違いありません。

おわりに

現在の国際宇宙ステーションがどのような状況にあるかお話ししました。米国はもう関心を無くしたかのようですが、日本は何とか有効に使おうとしています。

米国はISSの運用を2016年までしか決めていません。それ以後は廃却することも含めて未定だということです。ロシアは2020年までは運用するように提案しています。日本はずっと先まで運用したいと表明しています。

国際宇宙ステーションの将来を見ると、実験テーマはマスコミが飛びつくような派手なものが少ないので、現実には厳しいものがあります。

アポロ計画でNASAは人間に月面を歩かせたのにスペース・シャトルや宇宙ステーションの開発は動機が不足していたのかもしれない。

スペース・シャトルは再利用を考えて作ったものだったのに現実には却って高くなってしまいました。

確かなものを開発するためにアポロ計画以後に信頼性工学も生まれたのですが、確率については間違った定義の確率が使われています。

本日は、宇宙ステーションのお話にかこつけて最後はちゃっかりと持論まで披露させていただきました。

さて、皆様は、命題「人類月に立つ」が真であることの確かさは確率で表して1に近いものになりましたでしょうか。

(平成21年3月2日)