

## 13章 宇宙への居住 Living in Space

### 13.1 宇宙への人間の居住 Human Occupation of Space

有人宇宙旅行や、さらには他の星への移住という発想は、決して新しいものではない。その発想ははるか古代に既に出現し、また、歴史上様々な時代に、その発想をもとに奇抜な冒険物語が産み出された。近年の SF 作家の作品によって大衆化する以前でさえ、宇宙に人間が存在するというコンセプトは、例えば偉大なる理論家コンスタンチン・ツオルコフスキーや、さらに一步技術的に現実に近づいた技術者ロバート・ゴダードといった宇宙史の先駆者達にとっては、ごく自然なことであったようである。宇宙時代の到来よりも前に、ツオルコフスキーは次のように語った。地球は人類のゆりかごである - そして人類はそのゆりかごの中に無限に留まることは出来ない。ゴダードは、極めて初歩的な実験に従事しながらも、既に月が、人類がそこから他の惑星への探検へと旅立つうえで理想的な基地となると確信していた。

十分に強力なロケットの開発、人工衛星による宇宙の実環境についての現場での発見、そして、動物達による数周回の宇宙旅行のおかげで、ユーリ・ガガーリンは彼の 1961 年のフライトにより、未開領域を切り拓く長い人類の探求を、更なる決定的な段階へと導くことができた。

地球を離れ異質の環境に暮らすこと数時間、次に数か月、そして逐には - 年以上、という具合に少しずつ、宇宙の開拓者達は探険の歴史の新たなページを開いていった。そして、宇宙への進出は依然として地球の最周辺部への到達に制限されてはいたが、世界は... 伝統的な感覚での人の住む領域としては... もはや惑星地球に限られてはいなかった。

最初の有人宇宙飛行から 40 年を経て、そして欧州、中国、及び日本が数年以内に彼等自身の手段で宇宙へ行くことを公言していても、米口が依然として人が宇宙を旅しそしてそこで生き続けるために必要なインフラを持つただ二つの国である (訳注 1)。そしてもし他の国が簡単に宇宙に登場したとしても、それは彼らが提供を受けてきた米口の訓練プログラム及び宇宙の関連施設の利用のおかげである。(図 13.1)。

ソ連は他国民に飛行機会を与えた最初の国であった。1978 年から共産圏の国民に、1982 年には西側の仏国民に、そして 1984 年には密接な関係にない国であるインド国民に

飛行機会を与えた。

この方針は、包括的な宇宙飛行及び宇宙の領有プログラムという、他のいずれの国も所有しない大きな資産を用いて、国際的な威光という点に関して、見返りを得ることへの関心から作られた。

彼等ゲスト宇宙飛行士の国籍は、それらの国々との政治的、経済的、そして科学的な結びつきの親密さ、並びに国際的外交の様相変化を反映していた。

1983年からスペースシャトルに搭載される欧州の実験室 Spacelab の飛行までの間、米には、全く同じ理由から同様の政策を取るリソースがあった。

その時点から 1991 年のソ連崩壊 - それは、同時に、2 つの超大国の間の火花を散らす競争を終わりにした - までの間に、7 人の非米国人がシャトルで宇宙へと飛び立った。この数は、シャトルが最大 8 人の乗員を収容し、対するソ連のビークルの 2 倍頻繁に打上げられるという事実にもかかわらず、15 というソ連の招待客数にはるかに及ばない。この不均衡の理由の一つは、シャトルが乗組員を運ぶ輸送システムと打上げ機との二重の役割を持つことにあり、いくつかのミッション、特に軍事的ミッションでは、客に飛行機会を与えることが無かったためである。

1961 年から 1990 年末にかけて、240 人の男女が宇宙から地球を眺めた。この比較的小さな数字は、厳しい訓練への投資、経験に置かれた特別な重要性、この人的資本へのリターンを求める必要性を考慮すると、十分に理解できるものである。飛行への招待の頻度は国際社会の中での国の相対的な重要性をも反映する。かくして欧州の国々は、世界中でそのような招待を受けた 18 ヶ国の中での大部分を占める。逆にアフリカや南米の国々は依然としてほとんど対象とされていない。

ソ連崩壊は宇宙での人類の活動の歴史における一つの転換点となった。宇宙での活動は、二つのブロックの間の競争のための手段としての機能を停止した。今や現金が宇宙ステーション「ミール」へのチケットを確保する手段となった。1990 年の日本人ジャーナリストの訪問で象徴的に予見された展開である。何より、初期のプロジェクトのパートナー(日、欧、カナダ)により支持された米と露の共同事業と云う、改訂された国際宇宙ステーションのコンセプトが、ミール宇宙ステーションの利用に様々な期間の任務のための訓練設備としての公式的位置付けを与えた。ミール宇宙ステーションの公式的な閉鎖と 2000

年 3 月に予定されていた計画軌道離脱は 2001 年 3 月まで延期された。「旅行者」の目的地としてのミール宇宙ステーションの導入はしばらくの間検討されてきた。しかしながら、ミールの年齢（2001 年 2 月で 15 年）を考え、比較的短期のみとされてきた。

従って、明らかに、人類のための宇宙の永久的な「自宅のような住居」の役割は現在国際宇宙ステーションへと移りつつある。

宇宙での継続的な人間の存在を目指すプログラムでは、かなりの共通的なアプローチが当然のこととして期待されてきた。即ち、ステーションを開発しそれを運用するために必要なシステムを手に入れるための共有されたゴールである。そして、しかし、宇宙開発の歴史上、米ソがその問題に異なるやり方で取組んだのを見ることができる、本質的には国内の政治上の理由で。ロシア人は軌道上インフラに集中することを好み、米では技術革新は輸送に集中した。そして、1980 年代後半には、よりバランスのとれた状況が姿を見せた。1988 年の露のスペースシャトル、ブランの飛行、そして、米の宇宙ステーションプログラム、フリーダム承認によって(図 13.2)。しかし、およそ 1970 年代半ばからの全体像としては、地球低軌道の一部が多くソ連、後には露の長期滞在の専門家により占有されていた。米はシャトルによる宇宙旅行の数を増やしつつあったが、それは 10 日ほどで終了する非常に短いミッションであった。幾人かのゲストが双方のスペースパワーにより時折提供された飛行機会の恩恵をこうむった。

1991 年のソ連崩壊とともに、根本的な変化の時代が訪れた。人類の宇宙での存在を特に強調し、米ソの協力がすばやく築かれた。両国で利用可能なリソースは相互補完的であるという認識が増していた。国家的資金不足は、ブラン・スペースシャトル計画を中止に追込み、米も程なく当初のフリーダム計画を中止し他の国際プログラムを支持するとの意図を表明した。当初アルファと呼ばれていたこの計画は露によってすでに習得された技術の一部を最大限に利用する機会と見られた。そして本当に R-アルファという名称がある時期には使われた。最終的に ISS プログラムの形で実現したこの協力協定は、露有人宇宙飛行活動に対する米の資金援助に大いに依存していた。これは次に米国人によるミール宇宙ステーションへの長期ミッションに対する、本質的な枠組みを提供した。米国人による宇宙滞在最長記録は 1996 年までに 6 ヶ月に達した。再び新しい資金を確保する必要性に

うながされ、ロシア人はミールでの数週間に及ぶ欧州宇宙飛行士の任務機会を提供した、そのような中で最長の滞在、 - 188 日間 - が 1999 年にフランス人によって為されている。ミッションが延長されることは珍しくないが、それはゲスト宇宙飛行士に宇宙環境になれる時間をより多く与え、そして、ホストにステーションサービスの目的に必要なソユーズ打上げの回数を制限することを可能にする。

### 13.2 宇宙への第一歩(First Step in Space)

人類の宇宙進出の歴史をまとめたグラフをみると、初期の顕著な特徴はボストークとマーキュリー・プログラムの互いを反映しながらの展開である。大衆宣伝効果を最大化する考え - 国内的及び国際的政治的理由から - は有人宇宙ミッションを推進する原動力の一つとしてすぐにしっかりと確立された。そしてロシア人は素早く重いペイロードを打上げる彼らの打上げロケット機における優位（を）活用し、そしてなにより高い打上げ割合を一貫して維持する彼らの能力を示した。

ユーリ・ガガーリンのフライトは特にソ連に莫大な国際的威信をもたらした。このことがますます同国の指導者達に、機会あるときは常に彼らのメディアの能力をフルに活かして、世界初に着目することを促した。即ち、初の有人飛行、初の一日おきの二機の宇宙機の打上げとそれらの 5km 以内への接近、初の女性宇宙飛行士、初の船外活動、初の 3 人乗り宇宙機。実際、これらの成功は技術的進歩の着実な足跡というよりは、むしろ既存のリソースを如何に最大限に活用するかという問題であった。例えばボスホート宇宙船は、より洗練された飛行管制システムを持つジェミニ宇宙船よりも優れているものは無かった。  
(図 13.3)

宇宙の功績を利用することは、内政における特徴でもあった。連邦のすべての民族によって崇敬された宇宙飛行士は、最初の本当のソ連の英雄、そして国境を超えた大衆的人気者となって、ほとんど神話の風格を帯びるようになった。これは古き伝統的な露社会を取消し、新たなソ連の独自性を支持するという当時の政治宣伝において繰返し用いられたテーマである。

米ソの競争が、初期段階から宇宙活動の相対的重要性とプログラム優先度を決めていった。その後 1960 年代半ばに向けて、人類の宇宙探査のポリシーに関する重要な変化の最初の明確な兆候が現れた。1964 年 10 月 12 日に、高度なメディア戦略を有人宇宙プログラムに与える事を広く指揮したニキータ・フルシチョフが、ボスホート 1 号のクルーと電話会談を行った際には、彼はそれが彼がソ連共産党第一書記として公衆の前に現れる最後の機会となることを知らなかった。帰還時には、宇宙飛行士たちはレオニード・ブレジネフによって迎えられた。彼は中央委員会の防衛産業担当として、既に宇宙プログラムの成果に関わっていた。彼の祝辞の中で、この新しい党第一書記は、宇宙探査はもはや国家の威信のために行うのではなく、科学的そして人道的なゴールを追及するために行うということ 강조했다。イデオロギーのための宇宙飛行の利用は、既に別の段階へと変化し始めた。

米国人にとって、ソ連の初期の一連の成功は国家の威信を傷つけるものであった。このためジョン・F・ケネディを大統領として選ぶにあたり、彼らは、米の崩れたイメージを回復することと、国家の科学と産業のポテンシャルを纏め上げることによって世界でのリーダーシップを再構築することに投票していた。宇宙の占有は、国家的文化に深く根付いている開拓者精神に訴えかけることで、新大統領にとっての必然的テーマとなった。その精神は今や宇宙での新たな未開地の征服の中で蘇った。

我々の唯一の天然衛星 - 月 - を征服する決定の宣言の中で、米は代わりに、米の宇宙への進出によるシステムティックなイデオロギー上の見返りを彼等自身に対して負わせた。

米の月計画は、ソ連の計画が新しいソユーズ宇宙船の開発における技術的問題によって一時的に停止していた 1965 年から 1966 年の間にますます強力になった。二つのプログラムは、最終的には 1969 年まで、多くの特性を共有しながら、同時に進行していた。月計画の終了が人類の宇宙進出の歴史における最初の中断となり、それは、ソ連と後年には露の一連の宇宙ステーションが地球軌道上で稼働を始めた 1970 年代中盤までは再開されなかった。恒久的に地球を周回することにより、宇宙は、それまでになく長い期間、宇宙飛行士により占有された。1981 年から、米が、10 日までのミッションのみではあったが、かつてなく増加した飛行回数で宇宙ハイウェイを定期的に往復し始めるまでに、もう数年が経過した。しかしステーションが提供する恒久的な支援なしでは、スペースシャトルの

技術的な不測の事態は悲劇的な結果をもたらすことがあった。1986年のチャレンジャ事故が米の有人飛行を丸々二年間中止に追込んだことではっきりとあらわになったように。1990年代の初めから、米のリーダーシップのもとでの国際協調によって特徴付けられ、事情は再変化した。

## 月への競争

月への競争は有人宇宙飛行の進展において決定的な役割を果たした。地球の天然の衛星に関連するプロジェクトからもたらされる広報効果は、自動宇宙機による初期の探査ミッションの時代から明白であった。例えば、ルナ3号により撮影された最初の月の裏側の写真、または、最初の宇宙機の着陸(E193ページ~197ページ参照)は、ときに昨今では再び味わうことが困難な魅惑を引出した。そんな時期にニューヨークを訪問した党第一書記フルシチョフはアイゼンハウアー大統領へ、ルナ2号により月面に置かれたものと同じのメダルを贈呈しさえした。

しかし、人類を月に着陸させるという決定は、一気にギアを上げるということをまさに表明していた。米が、ジョン F.ケネディ大統領による厳粛なる演説のなかで、10年以内(1960年代の終りまで)に月に行くことと誓ったとき、それは全く明白な挑戦であった。そしてクレムリンは公式にはその挑戦を行っていないとはいたが、彼らの競争原理からいって、他の選択肢はなく、同じ目的を追求することしか残されていなかった。しかし、時の経過につれ、その仕事の巨大さが、ソ連の宇宙プログラムにおける様々な構造的弱点をあらわにした。それらは意思決定の方法だけでなく、製造組織にも関係していた。

レースに勝つということは、強大な打上げロケットから、およそ三週間にわたり軌道上に滞在することが可能で且つ非常に洗練された機動性を有する新たな有人宇宙船まで、一連の新技术を開発するということを意味していた。(図 13.4) 1961年のケネディの演説のはるか以前、1958年のNASA創設よりも前に、既にウェルナー・フォン・ブラウン率いるチームは月及び火星の有人探査の可能性を調査していた。彼らの最初の調査判明事項はそのチームがNASAの一部となった際に、マーシャル宇宙飛行センタのフューチャ・プロジェクト・オフィスに引継がれた。ソ連側では、セルゲイ・コロリョフと彼のチームが1958年に有人探査計画を書き上げていた。これには、人類の発見への旅の序章として、

最初の6年間に火星と金星への自動飛行を行うことが含まれていた。この計画は究極的には月面着陸と地球軌道上の基地建設へとつながるものであった。

月面着陸というシナリオを選択し、その目標達成を1967年から68年に設定した政治の当局者たちにとって、いまや如何にしてそこへ到達するかという問題が重要であった。様々な可能性が検討された。そして更なる調査のために選択された最初の二案は - 米ソ両方で - 月面へ向けて宇宙船を地球から直接打上げる方法と、地球低軌道において宇宙船の様々な部品をランデブさせ結合させる方法であった。提案された直接打上げ方式はおよそ100トンにも及ぶ打上げ能力を有する巨大ロケット開発を前提とした。それは米がソ連のR-7ロケット(6章参照)に追いつきさらに引離すことであった。これは実現可能と見なされた。より問題と思われたのは、帰還に必要となる推進剤を運び、熱防護のため更に軽量化が求められる宇宙船を着陸させる方法を工夫することだった。

ひとつの選択肢は地球低軌道に中継点を作ることであった。そのようなランデブ・インフラストラクチャは、より小さなロケット - 約20トンの打上げ能力を持つ - を用いて組立てることが可能であり、他の惑星へのミッションのためにその後も利用可能だった。

ある代替コンセプトが、月軌道でのランデブを持出した。それは1961年に米に再び現れたものだった。この方法は宇宙船の大部分が軌道に残るために、直接方式に対して、月着陸のタスクを容易にする利点があった。このコンセプトは、多くの科学者からは否定的な反応を受け続けたが、NASA内部で徐々に支持を得ていった(図8.3参照)。彼らは、恐らくある程度の説得力をもって、100トン以上もの打上げ能力を持つロケットは、後続の宇宙活動にはなんら利益をもたらさないと主張した。

ソ連側では、技術的検討推進の範囲は似たり寄ったりであったように思われた、そして、また、ここでも、主任技術者たちは彼らが支持する様々なオプションによって分割されていた。もう一つの見解の相違のものは、主任設計者コロリョフによる、サターンロケットと同等のパワーを供給する能力を持つN-1ロケットに液体推進剤を使うという初期のコミットメントであった。推進系設計を率いていたバレンティン・グラシュコはしかしながら液体水素と液体酸素の組合せを推進剤として使うことには懐疑的であった。

二つの国における最大の相違点は、組織的調整であった。米では、宇宙飛行士を月へ送ることは宇宙プログラムの中でも最優先事項として識別されていた。1962年の終りまでに、プログラム・アーキテクチャが設定され、企業と設計局の仕事はNASAによって緊密に調整された。この図式はソ連においてはまったく異なった。そこでは設計主任と政治当局との個人的力関係が基本的に宇宙プログラムを形成していた。そして当初、米からの挑戦は少なくとも過小評価されていた。技術者と科学者は等しく米のプログラムがどれ程進んでいるかに気付くのに時間がかかり、米において彼らと同じ立場にある者たちの技術的品質を十分に認識することができなかった。これが彼らを - そして明らかに政治指導者たちをも - 長い期間誤った楽観主義とともに取り残した。ソ連の月プログラムへの予算もまたはるかに低く、政治家の間では月旅行は本質的に優先事項とはみなされていなかった。一般機械製造省 - 宇宙活動の調整のために設立された - は 1965 年まで設立されず (E73 ~ 74 頁参照)、それ以降でさえもそのプログラムに必要とされる能力の多くは他の省に依存していた。最後には、1966 年のセルゲイ・コロリョフの死とそれに続く後任争いによる空白期間が、さらに個人的な競争を呼び起こした。コロリョフの後継者でありまた運の無い月プログラムの長であったグレゴリー・ミーシンの記録によれば、ソ連側での最終決定もまた月軌道でのランデブを支持するものであったが、この決定は 1967 年まで行われず、その間にあまりに多くの異なる開発が並行して行われていた。

( 訳注 1 ) 現在は米口の他に中国を入れるべきであろう。



### 13.3 最初の宇宙ステーション

アポロミッションの成功に対するソ連の答えは、我々は月へ人間を送るということに対して何らの関心も持っておらず、むしろ「Zond」と「Luna」プログラムの元、無人の自動探査に注力することを宣言したことだった。ソ連のこの探査活動は、アポロの搭乗員によって成し遂げられたものよりも、はるかに限られた範囲の活動であった。1967年当時、ソ連当局者は彼らの有人月プログラムがかなり後退していることに気づき、まじめに新しい選択肢を見据え始めていたことは事実であったらしい。これは宇宙飛行士にとってはソユーズ・カプセルから直接引き出された Zond の有人版で月を回することを意味していた。この比較的目立たないミッションは、アポロ・プログラムで予期された衝撃を十分に相殺するはずだった。しかし、1968年12月のアポロ7号の打上げ前の最後の打上げ機会（ウィンドウ）が使われることはなかった。この選択肢にはもはやどんな興味も払われず、遠くへ追いやられてしまった。

一連のアポロの際だった成功は、宇宙で人間が居住するという米ソのプログラムに大きな変換点をもたらした。月へのレースを通して、引続き米が見せた技術および財政面での輝かしい誇示では、宇宙への政治的な興味はかなり小さくなっていった。スカイラブ宇宙ステーションは第一にアポロプログラムからのハードの再利用が目的であり、財政面での急激な落込みは、初期に計画されていた全範囲の実施可能性の芽を摘んでいた。

一方ソ連においては、宇宙に恒久的に人間を滞在させるために設計された宇宙ステーション開発は、公言された目的であった。公けには、月プログラムは表明されないままだった。地球軌道内の新植民地開発はある種の宇宙征服の全体計画の理論的な一歩であり、対して月の上に宇宙飛行士を立たせるということはさほど急ぐべきゴールではなかった。ソ連の宇宙ステーションは1971年から1986年までの7回のサリュートと、その後のミールに引継がれる一連の打上げからもわかるように継続的なもので、いろいろな種類の成功に彩られたものだった。それぞれの新しいステーションは、人間を宇宙で生かすために必要となるシステムが改良されていく過程を証明することとなった。他方米国側では、月プログラムの宇宙ステーション・プログラムへの転換はとても遠いものではなかった。スカイラブという冒険は何のフォローもないまま忘れ去られ、米国人は代わりにスペースシャトルの開発という新しい手法を選択した。この輸送システムの新しい形は、宇宙へのアクセスに関する伝統的な考え方に革命を起こすことになった。

国内および国際的な場で、有人の宇宙探検は政治的な立場での意味合いをなくしつつあ

った。1975年のアポロとソユーズのドッキングはデタント、つまり米ソの関係の雪解けのシンボルと見なされた。ソ連が優勢だった時、米は1981年に宇宙へ人を送るまでずっと、無用な混乱を避けようとしていたようだった。「最後の未踏の地」を永遠に放棄することはないという懸念は、やはり明らかであるらしい。たとえ一時的とはいえ、シャトルプログラムの継続、たとえその優先的な議論が実際には違っていても。同様に、1976年ソ連が他のプログラム（月面基地、多目的軌道上構築物、火星探査）に損害を与えるプラン・シャトルに優先順位を与えたことは、言ってしまうと米のシャトルプログラムに刺激されてのことだった。最終的に、1984年レーガン大統領により宇宙ステーション「フリーダム」プロジェクトが告げられ、後を継いだブッシュ大統領によって1989年ぶち上げられた先制的宇宙探査は、米の中に未だに、優勢であることを誇示したいという望みが生きていることを明らかにするものだった。欧州では1985年、（フリーダムの）ステーション・モジュール「コロンブス」に賛成する初期の決定が、自主的傾向を強めることとなった。この揺れ動きは、有人宇宙プログラムの真の価値に関し疑いを広めた。こうした状況下では、冷戦とともに物事は過去のものとなり、米露によってリードされる国際協調の新たな枠組みへと考え方が一変したのだった。

## スカイラブ

両国において、第一世代の宇宙ステーション・プログラムは月プログラムのリサイクルを推進させる力となった。過去の数々の試みが、人間を恒久的に宇宙へ存在させるための基礎となった。米のイメージを回復させたアポロ・プログラムの主目的は1969年までにすでに達成されていた。米国人の月への第一歩は、慎重に準備されたメディア操作によって、ベトナム戦争により一層深く沈み込もうとしていたちょうどその時に、信じられぬほどの熱狂的な形で全世界へ配信された。アポロ時代の次を担う米の宇宙活動の将来の方向性を検討する、ニクソン大統領によって指名された「宇宙タスクグループ」は、一連の技術的選択肢とともに核抜き探査戦略を議論した。実施時期及び既存のハードの信頼性は変化した。全ての代替計画は共通の目標である火星への飛行を目指した。地球軌道上のステーションおよび、月軌道上の別の何かは中間段階とみなされた。スペースシャトル/軌道上ステーション複合体は、火星へ向けた拡大路線という方針の実質的な初期段階と位置づけられた。

政治家はまったく違った方針を取った。彼らにとって今は、費用を圧縮すべき時だった。

最後のアポロ科学ミッションは中止となり、費用対効果の高い既存のハード（サターンの打上げ機、アポロ宇宙船）を再利用する次期アポロ・プログラムが再定義された。このような状況下では、人間を常駐させるステーションという軍のプログラムはスカイラブに味方するよう中止され、代わりに、米を第一番の地位に据える、あまり挑戦的ではないもののそれでもなお注目に値する75トンの構築物（図13.5）が選ばれた。

1973年に打上げられたステーションの公式目的は宇宙での長期滞在時の、人間の行動および生理学的上の影響調査だった。将来プログラムの上で、この分野の経験は何としても必要だった。継続的に3人の搭乗員が軌道上ステーションで生活し、また働くことで、微小重力下での生命維持に関する各種問題が確かめられた。これらには、循環器系の変化、カルシウムの排出、適応の容易さ、食欲減退や睡眠障害が含まれた。一連の成功、非常に多くのものを要求する船外活動（EVA）は、宇宙遊泳がステーション外での様々な作業をこなすことができることを示すとともに、この部分においてかけがえのないものであることを示した。多くの天文学的観測がそこから実施されたことに加え、約200もの実験装置、たとえば環境調査、地球観測、動物行動（実験には、蠅、マウス、蜘蛛が供された）、植物や結晶成長に関する装置が搭載された。科学者の団体からは非常に興味深い成果と判断された結果だったが、ステーションはたった3名を受入れたのにとどまった。1974年、滞在記録84日を打立てたものの、スカイラブは破棄された。これは、シャトルのための宇宙往還システム・プログラムを十分に優先して、1978年までにスカイラブが飛んでいたその同じ高度に送られることを希望したためである。

### **サリュート・ステーション**

一方、ソ連の宇宙コミュニティは、技術、財政および組織というすべての部分で戦わなければならなかった。宇宙ステーション・プログラムは様々な分野の力が集められた。すなわち、1967年以降サービスに供している多目的宇宙船ソユーズ、計画されていた有人宇宙ステーション「Almaz」、およびプロトン打上げ機などである。1974年、N-1打上げ機テストの停止命令が決定された時、開発チームによるきわめて成功に近いもの、唯一の現実的打上げの選択肢はプロトン・ロケットであり、これであれば唯一比較的小さなステーション、恐らくはある種のモジュールを高く打上げることができた。しかし地球低軌道へ有人宇宙船を載せることのメディアへの衝撃度はかなり小さく、野心的なものではなかった。これ以降、宇宙ステーションは次世代の旅行のためのものというよりはむしろ、ある特定

の目的のために設計されるようになった。プログラムは初期の時点でいくつかのトラブルにも見舞われ、二人の宇宙飛行士を載せたサリュート3号の初成功は1974年6月まで待たなければならなかった。その時までには米は、三番目の搭乗員のスカイラブでの滞在を終えていた。この事実はソ連が達成した衝撃を大いに低いものにした。

1977年からのサリュート6および7号の打上げ成功とその運用は純粋に軍とは無関係のものであり、第二世代のステーションは、特にドッキングの技術と、無重力下での生活に関するユニークな専門的知識の獲得など第二段階を記した。しかし一般の人々や関係者の熱狂はこの時までにはかなり下火になっており、決定的な弱さは、有人宇宙プログラムは公然なものであると感じさせた。中期的な抱負としては、他の惑星への有人ミッションへの道筋を整えることであり、火急の目的はより一層長く軌道上に滞在することとなった。1984までに記録は8ヶ月にまで延びた。開発行為は、既存の空気や水の再利用システム改良が中心となり、地球と宇宙環境の観測も継続されたが、主に医学・生物学実験に注力された。

## 13.4 スペースシャトル、ミール、ブラン

### 米国のスペースシャトル

STS(The Space Transportation System)－ 一般には、スペースシャトルという呼び名の方がなじみがあると思われるが－ は、人類の宇宙活動に対する新しい対応方法のひとつである。その優先すべき目的は、人類を宇宙へ移送し地球に帰還させることや民用/軍用の衛星の打上げを目的として設計された再使用型システムの改良に移ってきている。これらの改良の例としては、スペースラブの様な、大型で複雑なシステムを軌道投入することや、軌道上でペイロードを組立てること等があげられる。スペースシャトルは、軌道上の衛星の地上への回収を含む、スペースシステムの軌道上保全へとその対応能力を拡大していくことになる。

スペースシャトル・プログラムの基本的特徴として、非常に魅力的な技術開発と複雑なミッション領域を構成できるという点をあげることができる。アポロ計画の実行によって達成された高い技術力維持をどの様に達成できるかという問題に直面して、NASA は、この技術力維持を可能とする要員のための作業量と予算獲得が可能な他のプログラムを確実に立上げておく必要があった。スカイラブ・プログラムに指定された控えめな目的は、アポロ計画の終了によって有人宇宙活動を減少させなければならない状況の中で、NASA の有人宇宙関係の計画立案者に対して本拠地を与えることであつた。当時の状況では、宇宙開発に対して多くの予算投入は不可能であり、NASA は、遅かれ早かれ、必要な予算を確保するためのパイオニア的な努力の再開決定をしなければならなかつた。また、大統領当局は、宇宙開発の領域から完全に撤退することによって大統領が名声を得ることは困難であると判断した。大統領選を前に、多くのカリフォルニア州の宇宙関連の会社の従業員の失業の危険性を増加させる政策は適切な選択ではなかつた。

そのために、1972 年になって、ニクソン大統領は最終的なシャトル開発計画にサインした。この決定によって大統領選の勝利のための対策は採られたが、NASA は、シャトル計画に対して、明確な目標を設定し、米軍の支援を維持させ、かつ、シャトルが従来のロケットに比較して安価であることを保証せねばならない立場となつた。この立場は、ある場合、

矛盾していることを証明しなければならず、カータ大統領期の初期に、このプログラムは危険なほどに縮小される遠因となった。また、もし、このプログラムが生残れば、このプログラムは、宇宙空間での長期間の人間の生活維持に対しては、ほんの少しの関係しかない。1970年代後半のカータ大統領と議会間の軍縮に関する困難な調整に一般の目は向いていたため、本問題がこの時期に浮かび上がることはなかった。当時の2大勢力間で交渉された戦略核制限条約の実施には、完全に新規の検証システムが必要となり、また、ソ連の衛星迎撃試験についての新論争がおき、米の防衛戦略についての討議の中で、シャトルに対し新機能を与えることとなった。初めの時点では、シャトルは、将来のKH-11規模の重量の軍事監視衛星の単独の打上輸送手段と考えられたが、シャトル構想の極く初期の時点から、シャトルを将来の可能な宇宙兵器に対する試験機とする構想も有望であった。これらの構想は、1983年のレーガン大統領による戦略防衛構想に結実している。政策的な決定が、シャトルのみ開発であったことは、以上の背景と合致していない。このシャトルのみ開発という決定は、軍関係者の悪意に満ちた、だが、注目に値する反対意見とともに、米における従来型の打上システムをビジネスの場から効果的に放逐する結果となった。1986年にチャレンジャ事故が発生した時、この事故の結果、米は自国の衛星-特に情報収集衛星-を打上げる手段を持たないこととなり、米軍にとって従来型の打上システムも必要であることが再認識された。しかし、この事故の後も、最も大型の偵察衛星は、そのための従来型打上システムを開発することはなく、シャトルで上げられることとなった。

チャレンジャ事故により、STS計画に対する徹底的な再評価が実施され、1992年に、ブッシュ大統領による新規のシャトルの製造は行わないという決定に到った。元宇宙飛行士のNASAのR.Truly長官(Administrator)は、この決定に反対したが、有効ではなく、ついには、辞職せざるをえなくなった。

これらの矛盾した要求が背景にあった結果、STSが本来持っていた可能性を十分、引出せない状態におちいつている。しかし、米は、宇宙空間での人類の活動の新しい様式を想像し実現することに情熱を抱いていた。シャトルに関しては、有人搭乗により、もし、故障していれば衛星を軌道に放出する前に修理することが可能となり、軌道上にある衛星の点検、修理、再補給、回収が可能となった。シャトルの軌道上の運用期間は制限されているとはいえ、この全備重量100tonの機体の容積は、Mirの完成状態の容積に匹敵することを忘れてはならない。実際、シャトル飛行回数が削減され、軍事ミッションが優先された

ため、シャトルでの多くの科学ミッションは、延期されるか中止されることとなった。しかし、欧州との共同のスペースラブ計画は欧州にとって価値の高い経験を得る良い機会となった。

NASA にとって、シャトルプログラムは、常にスペースステーション・プログラムと密接な関係を持っていた。1984 年のスペースステーション・フリーダムに対するレーガン大統領の公式見解は、壮大な規模の宇宙開発努力への回帰と、古い米国主導方式の復古版である米国の旗の下での国際協力の呼びかけでいるどられた。国際環境は変化していたし、また、有人宇宙飛行プログラムが国家威光の発現のために正当化されることはなくなって来ていたが、この種のプログラムの遂行は、未だに、政治的な側面を有していた。このスペースステーション・プログラムという巨大プログラムの開発開始の決定選択をする前に、レーガン大統領は、次代を切り拓くべき若い世代に訴えた。

この決定は、米をして人類の壮大な宇宙活動の盟主たらしめるものであり、以前のカーター大統領の政策とは完全に異なるものであった。また、この時点のこの決定は、悪い意味は全くなかった。と同時に、宇宙開発の推進は、大統領支援グループからの強い推奨により選定されたものであった。1960 年代と同一手法により、多くの種類の委員会が設置され、課題が検討された。この時点では、まだ、NASA 側の対応はこれらの委員会に対し反発することはなかった。多くの NASA のトップレベルのマネージャは、スペースステーションと宇宙探査を同時に検討することは、スペースステーション・フリーダムの予算調整ができる可能性がある一つまり、宇宙探査は、長期に渡る計画であり、予算は拡大可能と考えていた。

数年後、ブッシュ大統領は、明確な爆弾的な政策を発表した。1989 年 7 月の演説で、彼は、有人宇宙探査を公式的な米の基本的目標に再設定し、関連する必要技術開発をすることを明らかにした。この新方針は、SEI (Space Exploration Initiative) と呼ばれた。この大統領演説は、アポロによる月面着陸 20 周年記念式典に関連して発表されたものであり、この計画に対して明確な時期的な目標は設定されなかった。

NSC (National Space Council) からの委託により、有人月・火星探査についての 90 日間

の検討を開始するにあたり、NASA は、大統領演説を実現するための数種の計画を立案した。NASA にとって、スペースステーション・フリーダムに対して初めに打たなければならない手は、有人月探査をスペースステーションの目標に設定することであった。この設定が終わらない限り、有人火星探査が検討課題となりうると考えた。ステーションと SEI の有人月・火星探査以外の部分との関係と、火星に行く途中で月に行くという考え方は、ふたつの最も議論を呼ぶ課題であった。当時、ステーションの開発計画を月・火星有人探査に向けて変更することは検討の終了した問題と認識されており、ステーションの開発計画のさらなる修正を決定することは困難であった。

大統領の提案は、太陽系内の有人活動の領域を徐々に拡大する戦略を助長するものであったため、NASA は、本計画に対する技術的な意味付けを、過去に開発された有人宇宙開発という概念や、政策的に有効と考えられる方針を連続させることに対して忠実であることに留めた。否定的な側面としては、時として極めて過度に伝統的な技術に対して信用をおくようにすることによって、1970 年台からの考えにあまりにも、強く影響されたプロジェクトの限界が明確になった。一般に、宇宙開発活動の主な論点は、技術的な進歩や科学者や技術者の想像力の爆発的展開を正確に予測することが可能か否かである。この意味で NASA は特に弱点を持っている。

この事は、高度技術を使用する産業界における米主導の構想再建に向け、必要と考えられるものであった。

1980 年代初頭は、決定的な開発の年であった。スペースシャトルのサービスの開始は、米の宇宙開発への回帰の先触れとなり、チャレンジャ事故の直前の期間はシャトルの飛行は、注目すべきレベルに達していた。しかしながら、シャトルのミッションは短く、通常は 1 週間程度であったことに注意しておく必要がある。この点は、ソ連の方向と著しく異なっていた。ソ連は、宇宙空間での長期間の滞在に焦点をあて、長年、研究を続けてきていた。軌道上での生活維持の実経験は主に ソ連に限定される結果となった。



## *Mir と Buran*

1986年のスペースステーション ミールの打上げは、軌道上の第3世代のステーションとして認識されるべきものであり、当時の声明によれば、宇宙合意の新局面の開始時点として記録されるべきものであった。このステーションはそれまでの型と異なり、多くのドッキング機構を持ち、他のモジュールを結合することで、ステーションとして成長可能であり、生物医学実験や微小重力下での材料精製、天文学、地球観測等の特化した機能を持つモジュールを結合させることができた。個々の重さが20ton程度のモジュールを結合することで、より大きなステーションとしての運用が可能となる概念であった。また、この計画には当初から国際協力を重視する傾向があり、東西欧州の各国が参加した。

ステーションプログラムを遂行しつつ、ソ連は宇宙への輸送手段を多様化することを決定した。新しい大型打上げ用のエネルギーロケットの初飛行試験は1987年に実施された。また、1988年にはブランシャトルの初めての、かつ、その後、飛行はおこなわれていないため、唯一の飛行試験が自動モードで実施されている。1976年に開発が開始されたエネルギーブランプログラムは、当時のソ連の専門家が高度に軍事利用可能な高度技術の集合体と見た米のスペースシャトルと同等のシステムの構築を目的としたものであった。スペースシャトル開発にあたって、当時の米の関係者は、軍事利用の程度を含めて多くの概念について検討を済ませていて、もし、軌道上に人類の開拓地を建設するのであれば、再使用型の輸送機以外の形態は考えられないという結論が出ていた。ソ連の関係者も、同様な検討を実施し、Spiral(2段式航空宇宙プログラム)や1970年代に実施した先行的な飛行実験結果から多くのことを学んだ。この結果、シャトル形式は開発成功の可能性が高く、かつ、米のシステムと同等となるという結論となった。シャトル形式の輸送機の仕様は、1977年3月にまとめられ、1981年12月に、このプログラムは、1985年に処女飛行実施を目標とする国家プログラムとして選定された。ブランの初飛行は3年遅れたが、その無人飛行は、何の障害もなく実施された。しかし、その時点までに、ソ連の経済状態は変化しており、ゴルバチョフの新政策の優先度から、本プログラムを国家プログラムとして継続することは困難になっていた。

宇宙開発の目標は野心的なものではなく、ミール2号機打上げの計画もなかった。ゴル

バチョフが 1989 年 5 月に、ソ連の経済を優先するために、Mars-94 を提案した時、彼は、先に発表された米のブッシュ大統領の宣言と競争しようなどとはつゆにも思わなかったし、また、このプログラムは、特に資金調達の面で国際協力による実施に適していると明確に認識していた。同時に、有人飛行プログラムは、宇宙開発の中で最も敏感でない部分であり、産業界の能力を軍事から市民生活へ移動させるについて有効な対応を採ることが可能であった。開催された各イベントの様に、宇宙開発は既に、一時的な政策でどうにかなるものでもなく、また、有人宇宙飛行を推進している組織は、自らのリソースを探し出す必要に迫られていた。また、有人宇宙飛行は緊張した政治的、経済的な状況下では、非難を浴びやすいプログラムであった。

1992 年になって、1995 年までに設計寿命のためミール 1 のコアモジュールを交換するための予算が必要になったが、実現しなかった。次のより重要な目的は、数年に渡り、現在の機能をなんとか維持することであった。有償のもと、他国の飛行士をミールに搭乗させることは、宇宙開発の原資確保の典型的新方法であった。そして、その一人当たり 1,000 万ドルのコストは、ソ連の新しい飛行士をミールに輸送することに有効に使用できた。1980 年代末に、もし、米において軌道上の有人活動の継続が目標となっていたとしても、いくつかの不明な点はあるが、露の当時の状況は特に厳しいものとなっていたであろう。

21 世紀に入り、有人宇宙飛行は疑いなく、大きなインパクトを世界に対して与えなくなっている。露、米、欧、仏の各機関が、いまだに、宇宙飛行士という言葉を経済的な意味を込めて使用していることから、有人宇宙飛行は、ある種の象徴的な意義を残していると思われる。宇宙開発に対して共感を抱いている国民から見れば、宇宙開発は国家の報道機関の報道対象となっており、また、公衆の興味の対象ともなっている。1990 年夏より、ミールステーションでは、有償の他国宇宙飛行士を搭乗させることを積極的に実施する様になった。この有償の飛行士は、名声を求める場合-日本のジャーナリストの場合がその例となると思われる(訳注.?)や、自国による将来の軌道への打上げ前の訓練として実施する場合があった。この現象は、以前のソ連でも存在した。自国民のミール搭乗のために、ソ連を構成する各共和国は、初の有人宇宙飛行から約 30 年間以上、言続けてきていて、たぶん、経済的理由もからんで、宇宙開発ミッション成功は、いまだに、国家的榮譽のひとつとなっている。

Fig.13.7. の説明文

図中の単語

- ・エアロック結合リング
- ・移動トンネル
- ・ロングモジュール
- ・実験パレット
- ・前方姿勢制御システム
- ・フライトデッキ
- ・貨物室
- ・後方姿勢制御システム
- ・起動変換用エンジン
- ・メインエンジン

米スペースシャトルと欧州実験室 スペースラブ

スペースシャトルは大重量物の打上げ手段であると同時に、マイクロ G 環境下での実験のためのスペースラブの様な特殊なシステムを搭載することによって、短期間のスペースステーションとしての機能を果たすことも可能である。

スペースラブは、ESA により開発され、その 55%を独が負担した。スペースラブは、ESA のシャトルプログラムに対する貢献の大部分を占める。1973 年に ESA と NASA 間のスパー

スラブに対する協力協定が締結された。スペーススラブは、全長 2.7m の与圧部モジュール (図は 2 モジュール構成) と実験パレットからなるモジュール構造となっている。シャトルキャビンのメインデッキからスペーススラブモジュールまで、与圧環境で移動可能な様に、移動トンネルが装備されている。実験パレットは、暴露環境下での実験を目的としているため、船外活動でしかアクセスできない。究極的には、計測ポインティングシステムは、異なる種類の大きさや重量 (約 7,000kg まで) の機器を 1 秒より良い精度で恒星や太陽、地球の方向に一致させることができる。シャトルの電力は、水素/酸素燃料電池によって供給されており、定常最大で 7kW ピーク時最大 12kW の能力があり、ミッション毎に異なる計画で使用される。

スペーススラブは、種々の形態での運用が可能である。ロングモジュール型では、図に記載されている様に、2 個の与圧セグメントと 2 個の実験パレットの構成である。ショートモジュール型は与圧セグメントなしで 3 個ないし 5 個の実験パレットと組合せられる。与圧セグメントなしの構成の場合、"イグルー" と呼ばれる与圧部が実験パレットに対する通信・データ処理、電力供給のために装備される。

"イグルー" は、実験パレットに対して直角に取付けられ、直径 1.1m、全長 2.4m の大きさである。

スペーススラブ#1 と NASA 予算によって製造された#2 は、1983 年から 1998 年までの間に 25 回飛行した。これらの飛行による活動の主なものは、生物学・薬学・材料関連の実験と、地球・天体観察、地球高層大気の研究であった。

Fig.13.8 の説明文

1. 多目的ドッキングモジュール
2. 太陽電池    3. 作業モジュール    4. ランデブーアンテナ
5. ラッチ 衛星リンクアンテナ    6. 軸方向ドッキング機構
7. 補助太陽電池固定部    8. エンジンルーム

## スペースステーション ミールと天体物理学モジュール クバント-1

ミールは、そのモジュラ設計という点でステーションの新世代を代表する。後方のドッキング部は、サリュートステーションのドッキング部と同一ではあるが、前方は軸方向 1 か所、半径方向 4 箇所の多種のドッキング機構を持つ。モジュールは、前方の軸方向の継ぎ手で運ばれ、次に、メカニカルアームを使用して、後部の半径方向の機構で組立てられる。最終のコンフィギュレーションは、以下の 5 個のモジュールから構成されている。(Fig.13.9 参照) 天体物理モジュールであるクバント-1 は、後部のカラー部にドッキングしている。また、ドッキングモジュールの 4 個の半径方向には、クバント-2(延長モジュール)、クリスタル(材料実験モジュール)、スペクトル(大気観測モジュール)、プリローダ(地球観測モジュール)がドッキングしている。

ミールの前方の軸方向とクバント-1 の後方のドッキング部はあいているが、この部は、ソユーズ-TM とプログレス-M の係留に使用される。ソユーズ-TM もプログレス-M も、それぞれ改良が施されている。

ソ連は、ミールを軌道上の恒久基地としようとした。1989 年に 4 カ月の中断はあったが、1987 年から 1997 年まで、宇宙飛行士 2 名のクルーが定期的に交代で乗船した。1995 年には、Valeri Poliakov によって、軌道上滞在 437 日 18 時間の新記録が達成された。

3 人目のミールの搭乗員は、多くの場合、契約で乗船するソ連以外のゲスト宇宙飛行士であった。与圧部の容積は、380m<sup>3</sup> であり、スカイラブより 60m<sup>3</sup> 大きい。供給電力は初期時点のスカイラブの 10kW に比較して、34kW と大きい。

Fig.13.9 ミールの 4 個の半径方向の係留モジュール

図中 EVA 出口ハッチ

クリスタルモジュールの先端には、ブランや米のスペースシャトル用の結合部が図中には記載されていないが、装備されている。プリローダのペイロード用の主要な計測機器は、

各種の Ikar 輻射計、MSU-SK・E2 のイメージスキャナ、ビデオモードでの運用可能な Istok 1 スペクトロラジオメータ、グレーベン海洋高度計、Ozon-Mir オゾン-エアロゾル観測器である。これらの観測器は SAR と独の MOMS-02P 撮像器と結合されていた。

Fig.13.10 ソビエトのスペースシャトル ブラン

ソ連と米のスペースシャトルは、設計や主要寸度が似ているというだけでなく、開発に対する軍の関与という点でも似ている。両者の主相違点は、ブランは米のスペースシャトルと異なり、打上のための推進システムを持たず、エネルギーにより軌道投入される点にある。ブランは、宇宙飛行士 8 名を輸送可能な設計となっていたが、飛行士が搭乗しない自動モードで一度の飛行試験で現在に至っている。

### 13.5 国際宇宙ステーション

露の宇宙ステーションプログラムは完全に国家事業としてはじまった。それは、米が成功を収めた月への有人宇宙探査競争に引続くものだった。一方、米では、宇宙ステーションプログラムは、シャトルプログラムの次の段階という位置付けではあったが、実のところ、技術的な難しさとシャトル開発に起因するコスト超過により苦しめられていた。こういった背景にもかかわらず、ステーションプログラムは、長い目で見た場合、今後の宇宙開発における重要な段階であると、ある程度までは考えられていたのだが、ソ連の業績とも絡めて見る必要がある。

#### フリーダムから国際宇宙ステーションへ

1984年1月25日、レーガン大統領は米の友好国・同盟国に対して、米の宇宙ステーション開発への参加を呼びかけた。この計画は多くの関係者によって推進された。国家的な見地からは、フリーダムはNASAの新しい重要プログラムとして認められていたが、目的が明確に定義されておらず、科学的・技術的な価値についての論争をかきたてた。そして、政治的な優先度が認められなくなると、プログラムは議会からの予算的圧力にさらされることとなった。プログラムの国際化による新協力の枠組みにおいて、リーダーシップをとるということは、異なる意味を持つようになった。ステーションの開発と運用に対して米が捻出するコストを減らすために、少なくとも建前上は、それぞれの国際協力の範囲が定められた。また一方、NASAにとっては、諸外国を巻き込むことで、プログラムの生残りのチャンスを増やす結果となった。しかし、後に続くすべての提案は、その後のステーション利用の統治権と、プロジェクトに必要な先端技術の独占的指揮権を、米が首尾一貫して堅持するものだった。

欧州は早くも1985年に興味を示し、1987年11月10日のハーグにおけるESA統治評議会閣僚級会議でこれを確認した。しかし、パートナーシップというものは、常に根本的な部分で曖昧さが残るものだが、ここでも1988年に採択された政府間協定と3つの了解覚書から、それがすでに明らかであった。各国がそれぞれの担当部分のとりまとめを行おうとする一方で、米は運用面でリードし、協定を施行する上で中心的な役割を担うこととなった。つまり、各国は協定の受託者の役割となった。このような状況下、1987年のハーグでの会議で、欧州諸国は自立手段で宇宙に到達するためのプログラムを再度示すこととなった。

ESA は、二通りのコロンブス軌道実験室開発を提案した。一つは米のステーションにドッキングするもので、もう一つは有人フリーフライヤにあたる独立に運用できるものである。そして何よりも重要な計画として、23 トンのヘルメス・スペースプレーンの開発計画が示された。これは、アリアン5 に搭載されて打上げられるもので、これにより自立飛行が可能になり、3 人のクルーによる 10 日間のミッションが実施可能で、さらに 2.5 トンのペイロードを地球低軌道に輸送できる。しかしながら、有人宇宙ミッションのための基礎技術を習得するという欧州諸国のこの決定は、技術的な問題と予算的な問題に直面し、すぐにつまずくこととなった。そして、1992 年グラナダでの ESA 閣僚会議でヘルメス計画の断念にいたったのである。

欧州諸国が後退していく中、米ではステーション基礎設計とプログラムスケジュールの見直しが繰返され、一連の危機を引起こすこととなった。米では、再び委員会の反対派が増加すると同時に、コスト増大に直面し、参加国の間ではますます計画に対する意見の一致を欠くこととなり、フリーダムプログラムの前途は重大な危機に陥った。さらに 1992 年、クリントン大統領によってステーションプログラムの見直しが求められ、多くのオリジナルプランの改訂に伴い、次の宇宙開拓ミッションへの基盤というフリーダムの存在価値は奪われることとなった。

こういった背景にもかかわらず、新しい国際情勢、さらには、米露の関係改善に伴い、宇宙における人間活動が包括的に再評価され、協力そのものに価値が見出されることとなった。過去の数多くの有人宇宙プログラムにおいて、国際協力が幸先のよい環境を与えていたことから、この考えを定着させることができた。1975 年に戻るが、アポロ・ソユーズ・テストプログラム (ASTP) フライトにおいて、二大宇宙勢力の使者が軌道上で対等に出会ったことは、国際関係の緊張緩和の象徴として広く認められた。そして、その後数年間にわたり、宇宙におけるホスピタリティの精神が育まれ、米露間のこの領域における協力は、急激に常識となっていった。1980 年代終盤にむけて並行開発が進められてきたが、その中で、米露の両国は、将来の火星探査プログラムへの国際参加を正式に呼びかけた。これにより、それらプログラムの開放的な性質はますます強まり、衛星に頼ったいわゆる 先駆者 ミッションと呼ばれる場合においても、あてはめることができた。そしてこのような共同事業に対する枠組みは、またもや曖昧なものとなった。



協力に関する米の新提案は、宇宙とは関係ない動機により、広く進められた。つまり、国際安全保障管理の責務として、露を外部援助により安定させる必要性があったのである。関連して、米の資金援助に強く頼っている民間宇宙企業にてこ入れすることにより、露の軍事産業の芽をつむことになる、という大いに魅力的な考えが示された。つまり、放っておけば、露の軍事産業は、将来のある時点において再び脅威となる可能性があるというのである。米はこのようにして、有人宇宙飛行における過去の研究と、その途中で得られた広く多様な経験から利益を期待することができた。

露の有人宇宙プログラムは、当時はすでに不振であった。国家支援は完全になくなり、米からの提案を受入れる以外、ほとんど選択肢はなかった。露当局は、自らの分担に対する交渉の場で、政治的な距離感を維持することができた。これにより、少なくとも有人宇宙飛行の領域においては、米露が引続き台頭していると捉えられた。露が、例えば欧州のような潜在的パートナーが困難に直面している部分について、ある種の協力関係をくみ、同等な機能を提供するという試みにより、米との協力は予期せぬ魅力的な解決へと繋がった。宇宙業界の他の関係者は、産業的・商業的側面がほとんどあるいは全くない分野に、限りある国家予算の大部分が投資される、という見通しに明らかに狼狽した。しかし他の選択肢もなく、反対することは無意味であった。

1993年9月2日米露宇宙サミットにおいて世界協力のもとに宇宙ステーション建設計画が発表された。これまで述べた通り、この計画は宇宙政策決定において、いかに国際政治的な配慮が重きをなすかということをよく表すものとなった。

### **国際宇宙ステーション (ISS)**

元々露によって計画された新時代の宇宙ステーションは、巨大なモジュールが複雑に宇宙で段階的に組立てられるというものだった。これは、最初は火星を、その後は他の惑星を探查するための基盤を与える目的だったが、おそらく宇宙での本格的な産業活動を一層活発化することにも繋がったであろう。それはエネルギーロケットによって打上げられる120トンのコアモジュールと、ゼニスロケットとプロトンロケットによって軌道上へ運ばれ、露版スペースシャトルとなるブランにより供給を受ける様々な専用モジュールによっ

て、構成予定であった。新しい国際ステーションは、ほとんど野心的な問題を持たないものとして、多くの部分に関して米露の要素によって構成されることとなった。その構成要素は、フリーダムプログラムですでに開発中のものであったり、あるいはミールを近代化するものであった。この領域における無類の専門知識を有する露が中心となり、プログラムの再構築が進められてきたのだが、欧州が損害をうける形となった。ステーション軌道は、もともとフリーダム計画では傾斜角が  $28.8^\circ$  であったが、露輸送機の打上げの制約から現在は  $51.6^\circ$  になったのである。しかしながら、エネルギーとブランは要求されず、まずは米のシャトルと露の従来ロケットのみでサービス提供することとなった。

元々のフリーダムプロジェクトの主要パートナーは、新国際宇宙ステーション（ISS）プログラムへの関与について見直しを行った。日本は、約束を決して放棄しない長年のパートナーとして、日本実験棟きぼう建設計画を継続することとした。きぼうでは、最大4人の宇宙飛行士が長期間に渡り実験ができるよう設計されており、与圧部と曝露部の2つのモジュール、またそれぞれに結合される保管モジュール、さらに遠隔操作されるマニピュレータで構成される。きぼうがシャトルで軌道に輸送される代償として、NASDA（現 JAXA）は、米の研究棟での利用を目的とするセントレフュージを開発することになった。（**訳注 2.**）また、HTV（H-2 Transfer Vehicle）の開発も進められている。これはステーションへの貨物輸送に供するもので、マニピュレータアームによって捕獲される。宇宙往還技術試験機 HOPE-X（H-Orbiting-Plane-Experimental）は、次段階の日本の再使用型宇宙輸送機プログラムである。2004年早々にテストフライトが予定されている（**現在は凍結中**）。

欧州担当部分は、1995年ツールーズで行われたESA閣僚会議で決定された。1999年5月、ブリュッセルでの同様な会議でさらに詳細が確認されたが、コロンブス軌道施設 COF（Columbus Orbital Facility）と自動輸送機 ATV（Automated Transfer Vehicle）の開発をやり遂げることと、クルー輸送機の仕様検討への資金提供を行うことになった。伊は、シャトルベイに収容され地球とステーション間を往復する、多目的補給モジュール MPLM（Multi Purpose Logistic Module）レオナルド、ラファエロ、ドナテッロを開発している。そしてカナダは、ロボットアームを開発することでステーションの建設に対して必要な貢献を行うこととなった。すでに軌道上のシャトルでのサービスとして見られる。

有人宇宙飛行の初期のように、基本となる宇宙政策は、今も政治的環境を背景に形成されている。フリーダムプログラムを断念するという決断は、研究に一千万ドル以上も費やしたにも係らず、国際的環境の変化の中、政治的な興味が見直される時期に、露との特別な協力関係を支持するものとして促された。しかし、各パートナーにおいては、技術習得における段階が様々であるとともに、フリーダム計画で直面している難局を背景に、国際協力のコンセプトを再定義することが必要となった。新しいアプローチは、「国家間のパートナーシップとは、同等な状態を享受し、プロジェクトに対してバランスのとれた貢献を行う」、というものとなった。米露は、「ISSの基盤」エレメントに責任を持つパートナーとして、対等の位置付けになった。「宇宙ステーションの能力を增強させる」エレメントを提供する欧州や日本はそれに続いた。最後にカナダの貢献は、「宇宙ステーションの必要不可欠な一部分」ということになった。

しかしながら実際は、米議会からの根強い批判と、わかりきったことだがセキュリティに対する配慮から、米は、ステーションの主要な要素に対する支配権を確保してきた。緊急救助運用のための CRV(クルーリターンビークル)は、類似の機能を持つものがすでに露にあるが、それとは別に、欧州と共同で開発されていた(現在は中断中)。2003年の打上げを前提に、4つの設備の開発が発注されていた。同様に、NASAは露のサービスモジュール・ズベズダの様々な遅滞への対応として、独自の暫定の制御モジュールを開発している。しかし米のパートナーも遅延を表明し、露の持つ技術に関わる自動化を達成するのは、予想以上に長くかかるかもしれないことを示した。例えば、推進モジュールは2003年に打上げられ、プログレス補給機に代わり、軌道上でリブーストを行う能力を提供する予定であったが、早くても2005年までは用意できそうにない。従って、特に露との不確かな協力関係においては、結果としてコスト増大への力として働きつつある。しかし、様々な参加国を結びつけている約束が強力に張り巡らされており、安全保障を強めるという基本的な利益を背景に、協力関係に重きが置かれたのであった。

宇宙ステーションプログラムは、3段階で構成されたが、その最初の段階では、有人宇宙飛行の可能性を証明した唯一のパートナーである米露の特有の状況が特に際立っていた。

第一段階は、1994年の6月から1998年にかけてであり、将来のステーション建設と開

発に必要な経験を習得するために、米のシャトルがミールとドッキングするという9つのミッションから構成された。第二段階では、1998年11月20日、プロトンロケットによりザーリャ（ロシア語で「日の出」の意）モジュールが打上げられ、1998年12月7日、米のシャトルによってユニティ（ノード1）が接続された。この時点で、未完成ではあるが国際ステーションは実在するものとなった（図13.12）。1999年12月と2000年5月に、続く二回のシャトルフライトが必要となった。この理由として、露モジュールの遅れと、予想以上に太陽活動の影響が強かったことがあげられる。これらフライトの後、2000年7月ズベズダ（ロシア語で「星」の意）サービスモジュールが打上げられ、ステーションを軌道上に維持できるようになった。

2000年8月の時点での計画によると、2004年から2005年にかけて、ソーラパネルと熱交換器の組立てから順に、ステーション建設が進められる予定である。それから、日欧のモジュールが打上げられることになる。欧州のコロンブスCOFは、2000年8月の計画では、アリアン5ロケットによって2004年に打上げられる予定である（現在調整中）。最終段階では、ATVが打上げられ、ステーションノードにドッキングする。ATVは、ESAによって開発されているが、2004年に初飛行を行い（現在調整中）、露セグメントにドッキングする予定である。組立てが完了すると、さらに30以上のシャトルミッションと、40以上の露ロケットミッションが行われる予定で、ステーションは常時6人のクルーを収容し、10年以上サービスを提供していく予定である（図13.13）。最終構成では、400トン以上にもなり、ステーションは1200 m<sup>3</sup>の居住空間を提供し、110kWの電力を供給することになる。

有人宇宙飛行では、メディアに対するインパクトが強く、特に幅広く複雑なプログラムによるプロジェクトに焦点があてられるが、しばしば科学研究や自動宇宙探査といった領域における、壮観な目的には及ばないものとして認識されていた。このことは、有人宇宙飛行を習慣的に批判にさらしたままにしていた。有人宇宙プログラムは大衆の興味を保つべく対応しなければならず、それによって政治的支援と多くの資金調達を保持していた。例えば、シャトルとステーション予算をまとめると、NASAの予算全体のほぼ半分を使い果たしているのである。しかし、政治的配慮についての重要性が不透明になると同時に、行き詰っていくことになる。したがって、遅々として進まない開発は、欧州ほどではないにせよ、米においても、有人宇宙探査プログラムの典型的な特徴となった。何

らかの本当の目標がないことは、さらなる衰弱の原因となり、それ自身の目的を求めるステーションの建設は、ステーションプログラムが後の探査の基盤であることがはっきりと説明されても、それと同じような魅力を示すことができない。

月への短期的な進出以降、人間が存在している宇宙というのは、地表から高度 500 km 以下の南北 57 度の帯域に限られている。それにもかかわらず、人類の宇宙の占有という夢は、今も現実にあるのだが、それはまだ完全とはいえない。「開発において現在のこの段階にいたることが、宇宙の支配権の不可欠な要素である」ということは、例えば 1997 年のブラジルの参加のように、ISS プログラムへの参加国が増えていることから明らかであり、欧州、日本、中国のプログラムの存在からも明らかである。

(訳注 2.) 現時点では米側予算縮減により、セントレフェージュは削られている。

図 13.11 HOPE-X

宇宙輸送機研究の実験段階。この輸送機はステーションにドッキングし 3km 上空から完全に自動的に着陸できるよう設計されている。プロジェクトスケジュールは H- 打上げプロジェクトに大きく依存する。(現在凍結中)

図 13.12 ISS 構造図 NASA

図 13.13 ISS 組立スケジュール

数字はステーションの組立プロセスと同じ順になっている。ブルーに塗られているものは 2002 年 1 月 1 日時点で定位置についているものである。オレンジ部分は打上げられてはいるが、定位置についていないものであり、今後最終位置に設置される。パートナ各国で開発されるが、打上げの代償として米に引渡されるエレメントは、米のものとして表示している。

番号	国	エレメント
1	露	基本機能モジュール：ザーリヤ、打上げ日 1998.11.20
2	米	ノード 1：ユニティ、打上げ日 1998.12. 4

2a	米	与圧結合アダプタ (PMA) -1、打上げ日 1998.12. 4
2b	米	与圧結合アダプタ (PMA) -2、打上げ日 1998.12. 4
3	露	サービスモジュール：ズヴェズダ、打上げ日 2000. 7.12
4	米	トラス ( I T S ) : Z1 トラス、打上げ日 2000.10.11
4 b	米	与圧結合アダプタ (PMA) -3、打上げ日 2000.10.11
5	米	トラス ( I T S ) : P6、打上げ日 2000.11.30
5e	米	太陽電池パネル P6、打上げ日 2000.11.30
5f	米	熱制御系放熱板 ( T C S )、打上げ日 2000.11.30
6	米	米国実験棟：デスティニー、打上げ日 2001. 2. 7
7	伊	多目的補給モジュール (MPLM)：レオナルド、打上げ日 2001. 3. 8
8d	カナダ	宇宙ステーションロボットアーム、打上げ日 2001. 4.19
9	米	エアロック：クエスト、打上げ日 2001. 7.12
10	露	ドッキング室 1 (DC-1)：PIRS、打上げ日 2001. 9.14
11	米	トラス ( I T S ) : S0
12	カナダ	モバイル・ベース・システム (MBS)
13	米	トラス ( I T S ) : S1
13f	米	熱制御系放熱板 ( T C S )
14	米	トラス ( I T S ) : P1
14f	米	熱制御系放熱板 ( T C S )
15	露	科学電力プラットホーム (SPP)
15e	露	太陽電池パネル
16	米	トラス ( I T S ) : P3-P4
16e	米	太陽電池パネル P4
16f	米	熱制御系放熱板 ( T C S )
17	米	トラス ( I T S ) : P5
18	米	トラス ( I T S ) : S3-S4
18e	米	太陽電池パネル S4
18f	米	熱制御系放熱板 ( T C S )
19	米	トラス ( I T S ) : S5
20	露	汎用ドッキングモジュール (UDM)
21	露	ドッキング室 2 (DC-2)
22	米	ノード 2
23	日本	JEM 船内保管室
23e	露	太陽電池パネル
24	日本	JEM 船内実験室

24d	日本	JEM ロボットアーム
25	ブラジル	Express Pallet
26	日本	JEM 船外実験プラットフォーム、JEM 船外パレット
27	露	ドッキング保管モジュール (DSM)
28	米	キューポラ
28e	露	太陽電池パネル
29	米	ノード 3
30	欧州	欧州実験棟：コロンバス (COF)
31	露	研究棟 1
32	米	トラス (ITS) : S6
32e	米	太陽電池パネル S6
33	露	研究棟 2
34	米	生命科学実験施設 (CAM)
35	米	居住棟

### 13.6 中国の将来のプログラム

地政学的特殊性から、中国が共同の有人宇宙ミッションへ参加することは当初はむずかしかった。しかしながら 1978 年以降、この問題を解決し、人間を宇宙へ送ることを中国は隠すことはしていない。1976 年までに、中国はすでに F S W (Fauhui Shi Weixing) プログラムを有していた。これは写真による航空偵察と微小重力実験を目的としたカプセルの回収プログラムであり、ここからは大気圏への再突入に必要な技術が獲得される。また、1980 年、中国の有人飛行が費用的な理由により公式には棚上げとなっている間も、さまざまな憶測が 1980 年代の中頃からあった。これはちょうど、ライバルである米や当時のソ連の宇宙基地の建設が進んでいた頃である。二人から四人の搭乗員を載せるジェミニ・カプセル式のものも明らかだが。

1982 年中国国家評議会は、今後 10 年以内に、主要な宇宙勢力を有することを誇示するため、有人機を打上げると発表した。プロジェクト 9 2 1 と呼ばれるプロジェクトは、1999 年 10 月の初フライトが予定される居住カプセル(921-1)と、軌道上実験室(921-2)から構成される。このプロジェクトでは CZ-2E の、再設計型 CZ-2F 発射機への改修も考えられていた。

初期のプロジェクトはその後、国際協力を引きこすまでに発展していく。1994 年には露と協力関係が成立。その宇宙への投資に対して、経済的な見返りが期待された。露はソユーズ・カプセル、ドッキング・システムおよび他のハードの提供に加え、1996 年には専門家チームを引連れた中国宇宙飛行士に訓練までを提供している。921-1 居住カプセルはその結果、ソユーズ・カプセルとその他の露のハードウェアを統合し・改修された。

大きな足跡が 1994 年 11 月 20 日に記された。この日、「江沢民：Jian Zemin」に神の船と称された「神舟」居住モジュールが、21 時間をかけて地球を 14 周後地上へ帰還した。なおこの名前は、中国が神の国であることを想起させる意図もある。ソユーズのように、この神舟は、サービス・モジュール、回収カプセルおよび軌道上構成品という独特部分 3 つからなる。その直径がわずかに大きくなっている点、固有な特徴(球状というよりはより筒状に近く、ハッチ、窓それに前部のドッキング環が大きくなっている点)からは、これは 1992 年のコンセプト「図 1 3 . 1 4」に向けた中国の独自設計に転換しつつあることを示唆している。

最初の有人フライトの日がどうであれ、露モデルを基礎に将来の機体を探し求める独自性の程度により 2002 年から 2005 年までのどこかであるされている。(訳注 3.) 宇宙へ



人間を送ることへの確固とした中国の公約は広く誇示。

宇宙へ人間を送るということは、国家のステータスを示すものである。これは 1999 年 10 月 1 日の中華人民共和国の 50 周年の宣言をする日を打上げ日に選ぶことで確固としたものになる。同様な考えとして、将来の中国の宇宙船が ISS にドッキングしたり、中国が独自に宇宙ステーションを開発するというような助言を通知するであろう。何人かの専門家は、中国もまた 1970 年代の米の有人軌道実験室(MOL)プログラム、これは最終的に中止となったのだが、このプログラムに沿った軍事的な宇宙ステーションプログラムを進める可能性を排除してはいない。最後に、中国とマレーシアのインターネット利用者によって提案され、また西側メディアに熱狂的に伝えられた「タイコノーツ(taikonaut)」という言葉は、たとえ中国専門家が「宇宙ナビゲータ(yuhangyuan)」という言葉を好んだとしても、人民の意見は未だに力強い国家のシンボルであることを、明確に示したものである。

( 訳注 3 . ) 実際は 2004 年だった。