

### 第3款 月及び惑星への挑戦

## 第9章 月及び惑星探査の展望

### 1. 意 義

月や惑星を光のみで観測する時代は、すでに終了し、人工飛しょう体による直接探査活動が、米国、ソ連の両国によって開始されたことはいまや衆知のところである。この惑星探査を実行する背景には、国家威信の拡張という一面が存在することは否定し得ないとしても、一方には、地球人類としてのあくなき未来探求と新しい空間開拓の指向性に裏付けされていることを忘れてはならない。いや、それどころか、今後、人類は、ますます地球から離れたところに絶え間なく拡大する活動領域と文明生存の鍵を見い出して行くであろうが、その第一歩が踏み出されたわけである。この活動は、更に広範にわたり、21世紀に入ると次第に実用の面を強め、科学の社会に対する直接的な影響がより明確になってくるであろう。

ここでは、惑星探査の意義を(1)科学的立場から見た惑星探査及び(2)社会的立場から見た惑星探査の両面からとらえて行くことにする。

#### (1) 科学的立場から見た惑星探査

科学研究の主題は、まず太陽系の起源の謎を明かすことにある。これは、宇宙の神秘を解明する問題と相補的なものであるが、「宇宙の果てが現在どうなっているか。」という疑問と同じ重みで、「我々の生存の根源である太陽系はどうしてできたのだろうか。」という時間的な無限に迫ろうとする課題である。同時に、我々の地球の生成から人類の生存までに至る変遷を知ることは、生命の起源や進化の謎を解く上で貴重なデータを提供してくれるものである。しか

し、こうした諸問題の解明のうち最も重要な点は諸惑星の生成と進化の諸相を知ることにより、地球そのものの本質を認識することができるという点である。

即ち人類がこれまで地球という惑星の上で生存し、進化できたのは、この惑星上の自然条件が極めて特異なものであったことに基づいている。太陽系内にはほぼ同じ大きさを持つ惑星が三つ存在しているが、その自然条件は地球と大幅に異なり、人類のような高等生物の生存を許すものではない。このことは、現在の地球における自然条件の永続性は決して保証されたものではないことを意味している。もしも惑星が進化を続けるものであり、現在みられるような惑星の諸相が進化の異なった段階に対応するものであるとすれば、地球上の自然条件もいつかは変化し、人類の生存を困難にするかもしれない。この問題に対処するためには、地球とほぼ同じ大きさの水星、金星及び火星の自然条件とその由来を研究することによって、現在の地球に与えられた条件のよって来たるところを理解し、これを保存する方策を考えなければならない。惑星探査はこれを可能にしてくれるものとして大きな意義を有する。

以上、惑星探査は科学的に幾多の重要な意義を有するものであり、今後人類の地球を含む太陽系に関する認識を革命的に変え、これに対応する多くの活動を生みだしていくことであろう。

## (2) 社会的立場から見た惑星探査

科学は、人間性の一端として、真理追求の必然的側面によって推進されて行くものである。しかし、これが人間活動であり、人間社会の中に存在する限り、その社会との関連性を常に認識していかなければならない。ただし、ここで誤解を生じてはならないのは、当座の社会の興味に直接応用されるということをもってその活動の意義を評価しようとするものではないということである。「真理」は人類社会の骨子であり、我々は、このことを心得ておかなければならない。

しかし、近代科学は、また、その社会への反映が極めて直接的で巨大化したこ

とを、1950年代以降の世界で、我々は見えてきた。惑星探査のような巨大科学が社会への影響を考慮せず、科学の世界のみに閉じた論理で進むことは、許されないことであろう。そうした観点から惑星探査を眺め、純科学の目的に収納しきれない社会的意義の側面を挙げておくべきであろう。

## ア. 精神性の拡大

21世紀の社会を、もし楽観的にとらえようとするならば、核融合等のエネルギー革命が達成され、人類はいよいよ種々の不可能を可能にする手段を手中に収め、その結果の一つとして、地球を脱出し、宇宙へ膨張しようとする夢はもつともつと膨らむであろう。しかし、ここで注目したいのは、我々が悲観的未来像を想定したときである。この時こそ、むしろ強力な精神的推進力をもって難問をかたずけて行く必要性が認められ、これに貢献できる人類活動の一つとして惑星探査があげられよう。

即ち、地球上ではいま未来へ向っての新しい開拓が行き詰まりを迎えつつあるようだが、このままでは、21世紀の地球は、発展性を失い、活力を欠いた先進文明国と、多少の文明的保護を得て人口爆発にあえぎ出す開発途上国とのせめぎ合いの場と化して行くという見方も起りうる。こうした事態は、地球規模にわたる倫理頹廃をもたらし、地球人類の生存が危まれてくることを予想される。ところで、こうした事態は先進国が物心両面で未来性を育てつつ、人類活動を発展させて行けば、避けられないものではなく、そのための人類活動として種々の可能性が考えられるが、ここで問題にしている惑星探査は、間違いなくこうした点に貢献するものである。

## イ. 空間の拡大

惑星探査活動は、21世紀に入っても当分、科学活動として推進されて行くであろうが、これが惑星探査を動機づける唯一のものでないことは言うまでもない。まず、惑星探査活動が人類の精神活動へ開拓性を注入し続ける効果の大

きさについて前項で述べたが、更に、21世紀を越えたある時点で、人類の地球外居住をもたらすことも考慮しておく必要がある。これは、地球上の諸問題の複雑化に伴って、単なる開拓精神の次元に止まらず、生産性、居住性の利用、新社会建設という、より人類の実生活性を帯びた活動となって行くであろう。

火星表面の岩石中には酸素と水が極めて豊富であることが判明した。火星は、人類の居住地としては、月よりもはるかに優れている。透明特殊防護壁をもった居住区を建設し、火星居住都市が開かれることは決してSFの世界のみに縮退した夢物語ではない。更に、宇宙開発の拠点としての利用も考えられる。とかく、現在の発想は、地球近傍という考えにとらわれがちであるが、将来新社会を樹立するためには、かえって地球支配を離れた想像力に富む発想が必要となろう。

また、木星型惑星には多数の衛星が存在し、今後この多数の衛星に着陸し、衛星の居住可能性の調査を行う必要がある。外惑星は水素と水の豊庫であり、核融合炉を設置することができれば、この領域こそは、地球や火星に次いで人類の第三の生存域と化すであろう。勿論その場合、衛星全体を改造するといったようなSF的発想にとらわれてはならない。おそらく必要最少限のレベルから着実に進められて行くことであろう。

以上A、Iのように、惑星探査は、科学研究に端を発し、より深く実用的な領域へ発展して行く可能性を持っており、人類社会活動の次元でも大きな意義を持っていることを強調しておきたい。

## 2. 内外の動向

### (1) 日本の動向

この分野は我が国がまだ着手していない分野であり、今後の研究推進に大きな期待が持たれる。

### (2) 外国の動向 (図9-1参照)

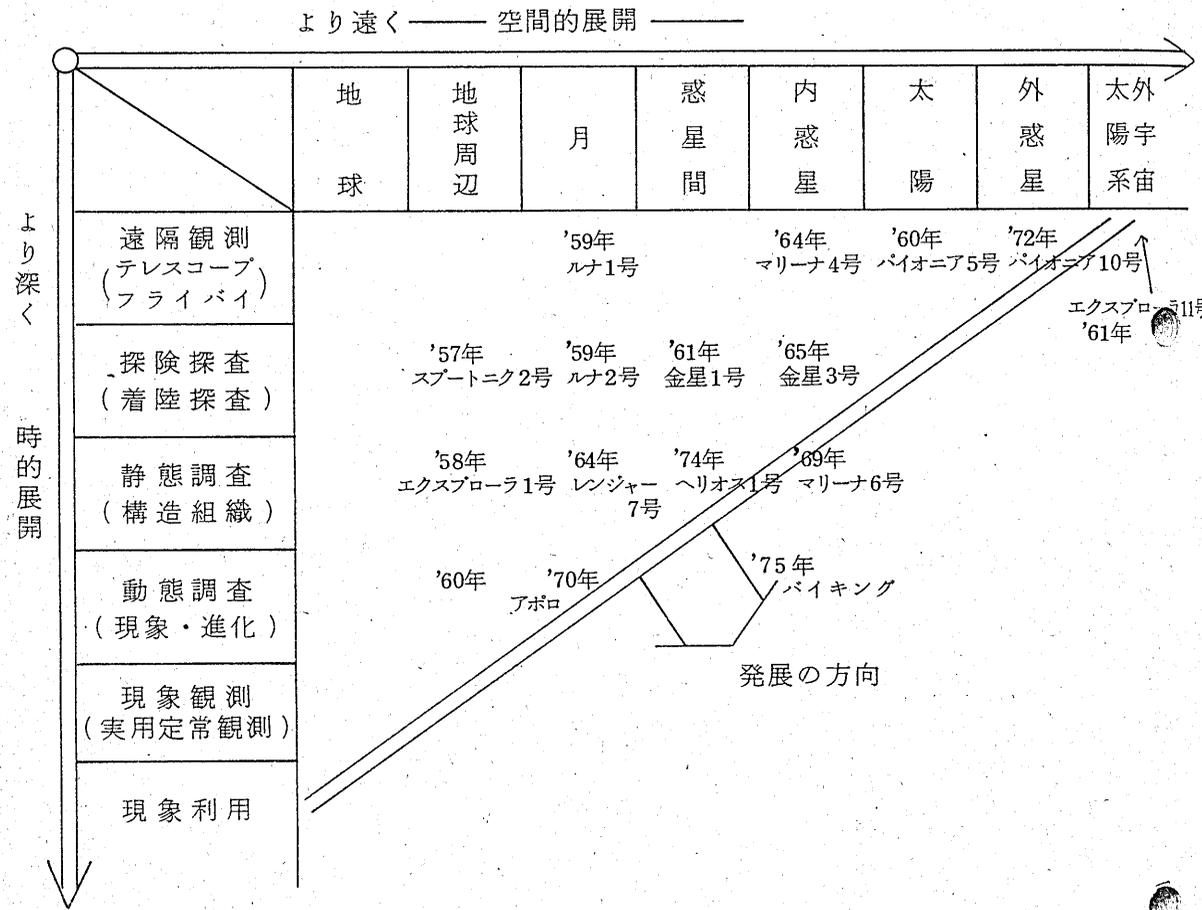
米国、ソ連の両国がすでにかなりの成果をあげてきている。米国は、1969年のアポロ11号により世界初の有人月着陸を行ったのを始めとし、計6回の有人月探査を行った。また、マリナーシリーズによる一連の火星探査のあとを受け、1976年には、バイキング1、2号が火星に軟着陸し、写真撮影、土壌分析、有機物検出等を行った。この他、パイオニアシリーズ、マリナーシリーズによる金星、木星/土星ミッション、彗星フライバイ、月極軌道衛星等の幅広い計画が進められており、更に、水星探査、火星からのサンプル持ち帰り、彗星ランデブー、小惑星からのサンプル持ち帰り等の多くの計画が提案されている。ソ連については、ルナ、ゾンダ等による月面軟着陸、サンプル持ち帰り、金星、火星探査等がすでに行われており、将来計画については不明ではあるが、今後とも独自のミッションを推進していくことであろう。他の国々については、西ドイツが米国との協力のもとにヘリオスによる太陽観測を行った程度であり、その他の国については今後当分の間、惑星探査の明確な計画はないようである。

## 3. 実施課題

### (1) 月

すでに全月面にわたる詳細な地図が作られ、サンプル持ち帰りも何度か行われている。今後の課題としては、まずX線による表面物質観測が挙げられる。これについては、すでに、アポロ宇宙船によりごく一部の探査が行われており、更に、極軌道衛星による全月面にわたる観測が米国によって近い将来実行されるであろうが、我が国でも是非行う必要がある。月面は低重力であるため、将来大型の宇宙構造物を作る際には、月の材料を利用するのが得策である。また、将来の宇宙物質利用の発展性を考えるとき、月の資源探査が有用となるのでサンプル持ち帰りも

図9-1 惑星探査の歩み



我が国独自で積極的に取り組んでいく必要がある。更に、月には大気が存在せず、文明による電波雑音もないため、遠宇宙を探索するための光や電波による天文観測基地の設置にも適している。例えば、米国NASAが発表している天文学に関する長期ビジョンでは、月の裏側に100kmにわたるスパンを持つ遠宇宙の電波観測基地を建設することを提唱していることなどからして、21世紀に入る前に、国際的な月面観測基地設置計画等が提唱される可能性もある。この観測基地ではまた、月震観測を行う必要があることも言うを待たない。

## (2) 金星

金星は、地球と類似した諸様相を持っているが、また多くの異なる点もある。特に、大気組成と分布の様相、自転と磁場、表面の様相は大きく異なっていて、地球との比較の対象として重要な惑星である。その大気変動の様相を知ることは、地球大気の様相を理解する上に不可欠であり、これには、①オービターで外圏域の様相を解明する、②気球を浮かべ大気と惑星表面の探査を行う、③飛行船方式による探査機を浮かべる、という順序で調査観測に着手することが望まれる。

## (3) 火星

火星もまた地球と類似している。一方、また生物が存在しないことを始めとして多くの異なる点もある。惑星はいかに生まれ進化したか、そして地球はいかに現在の特異性を保っているかを認識するには、金星と並んで火星の探査も不可欠である。火星の場合、大気研究のほか、地質調査、火星震観測、サンプル持ち帰り、外圏域の観測も必要である。

## (4) 小惑星

小惑星は、惑星生成のある過程でその進化がスローダウンしてしまったものと考えられるようになった。従って、この原物質を調査することは、太陽系生成の一過程の化石を調査することになり、また、軌道や各粒子分布を綿密に調査することは、惑星への集合過程を実証的に把握することを意味する。太陽系起源の探求の上で不可欠の探査対象であり、サンプル持ち帰りも是非行う必要がある。

## (5) 木星型惑星(巨大惑星)

木星型惑星、即ち、木星、土星、天王星及び海王星は、その大きさに多少の違いはあっても、共通の性格を備えているが、地球型惑星とは本質的に異なった様相を持っている。即ち、その本体の大部分は、太陽系生成時に集合した原初物質からなる巨大なガス体であり、かつその内部は、液化水素、金属化水素、

金属化水といった特異状態になっている。この巨大惑星はまた多数の衛星を伴い、それぞれが一つの小太陽系を形成しており、このシステム一つ一つを研究することは、太陽系の生成過程を究める上でも不可欠のものである。

この巨大惑星は、強い磁場と速い回転速度を持っている。従って、惑星を取り巻く電磁環境は、天体プラズマの特徴を余すところなく保持する実験場であり、3000光年以上もの遠くで生じている特異で驚異的現象のひな型がこの惑星プラズマの中に生じている。こうした点をも、木星型惑星は、太陽系の起源の解明と、天体プラズマ現象のトレースと実証等の点で重要な探査対象である。写真撮影、大気分析、外圏域プラズマ環境の観測といった諸観測を、フライバイ、オービター、衛星上ステーションといったステップで実現して行く必要がある。

#### (6) 彗星

1986年には、ハレー彗星が太陽に近づく。これは、現在までに知られている最大の彗星で、その尾は8億Kmにも達するものであり、この彗星は是非探査する必要がある。彗星は通常、太陽系の外周部に存在していて、惑星に集合する以前の一番古い物質を保持しており、太陽系起源の謎を明らかにする上で重要な鍵となる。

### 4. 開発技術

惑星探査で必要とされる諸技術は、地球周辺での観測や実用上採用されている諸技術を拡張したものとも考えられるが、同時に惑星探査に伴う技術活動の持つ遠距離性や、長時間性のため、より高度で、高い信頼性を持った技術が要求されるようになる。

#### (1) 航行と通信システム

航行には、飛しょう体の位置及び姿勢を正確に感知する機能を必要とする。即

ち、

(ア) スターセンサー、(イ) 太陽センサー、(ウ) 地平線センサー、(エ) レーダー高度計、(オ) 観測用TVを判断用端末計算システムと連動する領域まで含めて開発する必要がある。

こうしたセンサー、及び飛しょう体に収納された電子頭脳による適確な判断によって制御を行う。制御のプログラムは、① 航行、② 周回軌道導入、③ 大気突入 ④ 惑星ランディング、⑤ 惑星表面運行といったモードについて、それぞれの制御を行うものでなくてはならない。

通信システムはアップリンク及びダウンリンクとも遠距離通信を行うため、X-Band システムでの多量、高信頼度のデバイス及び方式の開発が要求される。ちなみに木星探査の場合6億Kmにわたって通信回線を保持する必要があり、最大4万Km程度の伝播を行えば地球上通信が可能なのに比較してみれば、通信技術への要請は、新しい高度な分野を生む可能性を秘めている。

#### (2) 制御

自動制御システムは、単に地上からの指令で動作するのみでなく、自律判断系を持たす必要がある。つまり、現地判断の許容される範囲で、端末計算機の判断によって自動操作を行う必要がある。上記(1)のとおり、高速システムの開発が成功すれば、飛しょう体は地球に置かれた巨大電子計算機と連動して作動することになり、一大総合制御系が構成されることになる。

#### (3) 電源

電源は、太陽電池の改良と高性能を図る他、外惑星探査の場合に備えて、ラジオアイソトープ電池等、太陽エネルギーに依存しないエネルギーを開発する必要がある。

#### (4) 地上設備

遠距離通信のため80mφ程度の直径を持つ大型アンテナが必要となるとともに、周波数領域の設定も重要となる。また、同時に飛しょう体とのリンクを形成するための複合大型計算機システムが不可欠となる。更に、地上局に惑星探査支援地上局として高度のシステムと技術陣を集中する必要がある。

### 5. 自主開発／国際協力

#### (1) 自主開発の必要性と可能性

従来、我が国が自力で惑星探査を実行することは全く不可能なことであったと考えられてきた。しかし、ここに述べたように重要な意義を持つ月、金星及び火星といった近距離惑星への探査に必要な衛星は、NロケットⅡ型及び大型液体水素ロケット（但し、H-1ロケット）で打上げ可能である。地上局設備が整っている限り、200～300億円の規模でこれを実現させることができる。これらのミッションは、惑星探査の基礎であり、将来、更に大規模なミッションを指向するとき、二つの面で重要な鍵となる。即ち、(ア)我が国の土壌の中に、高度の技術を植え、育成することができる。(イ)国際協力を計画するとき、対等の立場でより有効なミッションを組み上げることができる、の二点である。このことからして月、金星及び火星といった領域のミッションは、我が国が独自の計画と技術の下に自主的に進めるべき基本的な課題であると考えられる。

#### (2) 国際協力

惑星探査そのものが「総論」にも述べたように全地球的視野を育成するものであるため、国際協力の側面からも二つの意味で重要となる。つまり、第1は、国際協調の一環として働くもので、我が国も対等に惑星探査のチャンスを諸外国に提供する程度の意気込みを持った場合、国際信用として環元される効果は

測り知れないものがある。第2は、世界的規模で国際分業を実施し、適材適所の法則を地球規模で実現させることである。即ち、我が国が大きなプロジェクトのうち研究テーマとして興味深くしかも他国が経済的理由或いは科学的目的の違いから行わない部分を実施し、人類社会に貢献することである。大規模な宇宙探査ミッション、例えば、木星型惑星の探査、更には小惑星や黄道面を離れた彗星探査等のミッションは、まずスペース・シャトルからこれらの惑星に向けて発進するシステムを選ぶことによって、比較的近い将来我が国でも参加できるものとなる。この場合スペース・シャトルから発進するスペース・クラフトは、我が国で全て“製作されオペレートされる”ことが、自主性の高いミッションを組むための前提となる。更に、自主性の面からは21世紀に近づけば、我が国で開発する大型ロケットを用いて独自のミッションを計画することも必要である。また、惑星探査機のオペレーションについては、日本の地上局のみでは、探査機の常時監視が不可能で、通信衛星による中継や、国際協力による惑星監視網を樹立しておく必要がある。

### 6. 解決すべき問題点

#### (1) 打上げ時期

惑星探査を行うには、対象とする惑星と地球との位置関係が適切な時期に打ち上げる必要がある。現在の我が国のように打上げが年2回の短期間に制限されていたのではチャンスを捕えることができないため、是非とも打上げ時期を拡大することが望ましい。

#### (2) 打上げ用ロケット

5 自主開発／国際協力で述べたとおり、外惑星等の探査については、その打上げ手段としてスペース・シャトルの利用あるいは大型ロケットの自主開発が考

えられる。スペース・シャトルの利用については、可能ならH-1 ロケット第2段等の上段部をスペース・シャトルから発展させることも検討すべきである。

(3) 追跡管制システム

探査機の常時監視のためには、データ中継衛星システムによらない場合、国際協力による地上追跡管制網を確立する必要がある。現在、米国NASAが3基、西ドイツが1基の地上追跡局を所有しており、これらと追跡管制網を形成すれば、日本から全ての管制が実施できるようになる。

(4) 段階的な開発

惑星探査のようなビッグプロジェクトは惑星探査機を惑星に向けて送る前に、幾多の準備段階を設けて、一步一步、段階的に開発を進めて行かなければならない。あらかじめ、地球周辺での観測や実験を積み重ね、対象とする惑星を、フライバイ、オービター、サンプル持ち帰り、ランディング及び有人着陸という順序で探査して行く必要がある。

7. 開発スケジュール表

専 項	年	1975年	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年
		月					
自 主 開 発	内 惑 星		(NロケットII型及びH-1ロケット)	フ ラ イ バ イ	サンプリングターンの		有 人
	外 惑 星		(NロケットII型及びH-1ロケット)	フ ラ イ バ イ	周 回		有 人
	小惑星、彗星		(H-1ロケット及びボストH-1ロケット) (H-1ロケット及びボストH-1ロケット)	フ ラ イ バ イ	周 回	探 査	惑星衛星への着 陸
国 際 協 力	月				サンプリングターンの		有 人 着 陸
	内 惑 星					(スペース・シャトル等)	
	外 惑 星			木 星		土 星	
	小惑星、彗星				(スペース・シャトル等)	天 王 星	小 惑 星