

有人火星探査ミッションの検討

Study on mission of human Mars exploration.

キーワード 宇宙開発、有人宇宙活動、惑星探査、火星

1. 調査の目的

有人火星探査ミッションに関わる諸外国の動向、その社会的影響、工学面等の技術課題を調査、検討し、今後の惑星探査に関わる計画策定に資することを目的とする。本検討では、NASA が国際協力を念頭に進めている有人火星探査の研究状況について調査するとともに、国際協力の要請が日本になされた場合、日本としてしかるべき対応が取れるよう関係機関、有識者を交えた議論を事前に行っておくことを主眼とする。

2. 調査研究の内容

(1) 調査

以下の調査を実施して検討し、まとめた。

海外の有人火星探査ミッションに対する動向

有人火星探査ミッションの社会的影響

(2) 研究会の運営

以下の研究会を運営し、技術課題等についてまとめた。なお、各研究会の全体の取りまとめのためにこれらの研究会（分科会）の上に研究会（親委員会）を置いた。

工学面の技術課題（工学分科会）

有人火星探査ミッションに至るまでの探査項目等の検討（科学分科会）

本委員会の目的は、NASAが進めている有人火星探査にかかわり、国際協力の要請があった場合、日本としてしかるべき対応がとれるよう、事前に調査・検討を行っておくことである。第1年次にあたる本年度は、我が国の宇宙開発に関わる諸問題をさまざまな視点、観点から広くサーベイし、次年度以降に検討すべき諸課題を抽出することを主要任務とした。各分科会に課せられた役割は以下の通りである。

科学分科会

宇宙科学研究所を中心として立案してきた惑星探査計画の概要を整理し、更なる計画を展望する。

「火星の科学」として目指すべきものは何か、検討・整理する。

挑戦すべき科学的課題の1つである「生命の起源」に、日本はどのように取り組むのか、その戦略を検討する。

工学分科会

我が国の宇宙開発技術のレベル等を評価する。

欧米との比較に立って、日本の得意技術、不得意技術を整理し、今後我が国として中期的に展開すべき技術項目を提示する。

有人探査に求められる宇宙技術について、我が国の技術水準を明確にする。

3. 調査結果

(1) 米国の有人火星探査検討の動向

有人火星探査は、国際宇宙ステーション以降の米国航空宇宙局（NASA）の重要開発項目候補のひとつとしてNASA ジョンソン宇宙センター（JSC）でその準備研究が進められている。加えてジェット推進研究所（JPL）による無人火星探査ミッションも、この有人火星探査計画の先駆ミッションとして位置付けられて探査内容が検討されている。NASA JSCの火星探査スタディチームによるReference Missionは、2011年に火星軌道上を周回するEarth Return Vehicle（ERV）と火星表面の居住区、そして燃料製造を行うHab-1、Cargo-1（着陸船1台を含む）を送り、2014年に6名の乗組員を乗せたHab-2を、先に火星に着陸したHab-1、Cargo-1の近くに着陸させ、火星表面での約600日の滞在を行うというものである。ロケットは1基80tonのペイロードを打上げることのできるロケットが前提となっている。NASAは非公式に欧州、日本などに国際協力による実現を呼びかけており、我が国でも情報交換を始めているところである。

(2) 我が国の火星探査計画の方向

現在進められている火星探査ミッション「のぞみ」、月ペネトレータ・ミッション「LUNAR-A」、小惑星サンプルリターン工学試験ミッション「MUSES-C」、月極軌道周回衛星ミッション「SELENE」に引き続く月・惑星探査計画については、現在宇宙科学研究所の理学委員会の下に設けられた太陽系科学探査将来計画検討グループで議論が続けられている。ここで議論されている中心課題は、太陽系探査の社会的、科学的意義の十分高いミッションは何であるか、これら実施するために技術的基盤はあるか、あるいはその技術をどのように開発していくか、諸外国に比してわが国の独自性を出せるのか、などである。惑星大気分野、磁気圏プラズマ科学の分野ではすでに地球周りの衛星での経験もあり、衛星および搭載機器の開発に習熟している研究者層も厚いが、固体惑星分野ではそのような研究者層が今育ちつつあるところであり、人材育成も含めて将来計画を考える必要がある。

固体惑星分野では、今後20年間にわが国が進めるべき惑星探査として

惑星内部構造探査

始源天体探査

月探査

の3つがある。また惑星大気分野では、火星大気探査「のぞみ」に引き続くミッションとして、金星大気のダイナミクスを明らかにするための金星ミッション、火星気象の解明を目指す火星ランダー・ネットワークミッションなどが議論されている。プラズマ磁気圏分野では地球磁気圏の高時間分解能、編隊飛行による高空間分解能計測を可能とするミッションや木星磁気圏探査、水星磁気圏探査などが候補ミッションとして検討されている。

展開すべき火星探査の科学

惑星の起源・進化を明らかにする

- ・ 中規模地球型惑星としての火星
- ・ 気候変動・気象変動が明らかな惑星としての火星
- ・ 惑星形成論のテストケースとしての火星

生命の起源を探る

火星はその誕生から数億年間は地球と同じような経過をたどった後、現在のよう乾燥冷涼な天体に移行した、という説がある。地球の歴史に照らし合わせて考えてみると、この説が正しいなら、初期の数億年の間に生命（または生命前駆体）が生まれ、それが凍結されて現在まで至っている可能性がある。場合によっては、多様な原理に基づく原始生命が爆発的に誕生し、それらが多様性を保ったまま残り、あたかも生命博物館となっているかもしれない。そうすると、火星一つを調べるだけで、比較生命（起源）学が成り立ちうる。また、火星での生命探査と地球での生命探査の双方を組み合わせることにより、生命にとって不可欠な物質や環境条件は何か、地球型生命は偶然の産物かそれとも必然か、地球型生命とは異なる生命形態はありうるか、生命はどのようにシステム化されたか、化学進化から生物進化へどのように移行したのか、生命誕生の条件とはなにか、始源性とはどのようなものかなど、数々の疑問に答えることができるようになる。

(3) 工学的検討

前述のNASA Reference Missionについて工学的観点からレビューするとともに、以下に挙げる各主要技術分野について、我が国の技術レベルの現状、ポテンシャル、国際比較等の技術的分析を行った。参考として技術評価表（例）を表1に示す。

衛星

ビークルデザイン

ペイロードシステム

輸送系バスシステム

推進技術

ビークル用ライフサポート技術

ビークル用エネルギー

インフラ技術

また、科学探査における有人の意義、有人探査支援技術、必要となる基幹技術及び我が国の技術レベルについても検討を加えた。

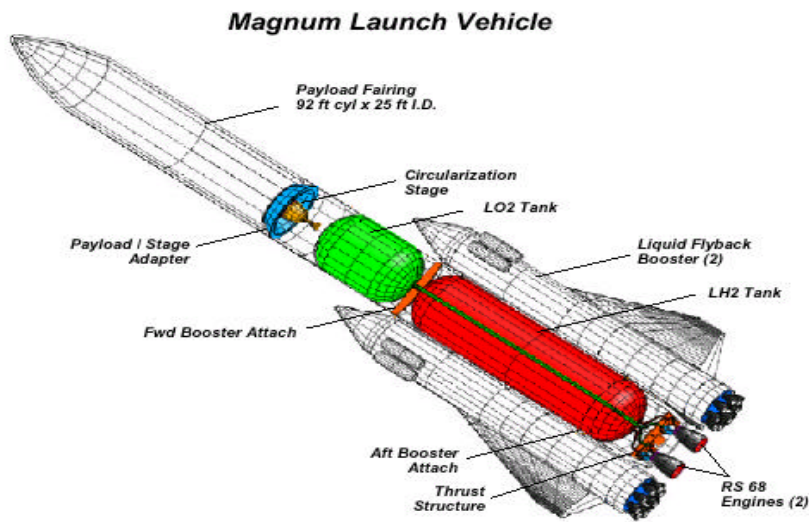


Figure A3-2 Magnum Launch Vehicle.

図1 マグナムロケット
(NASA)

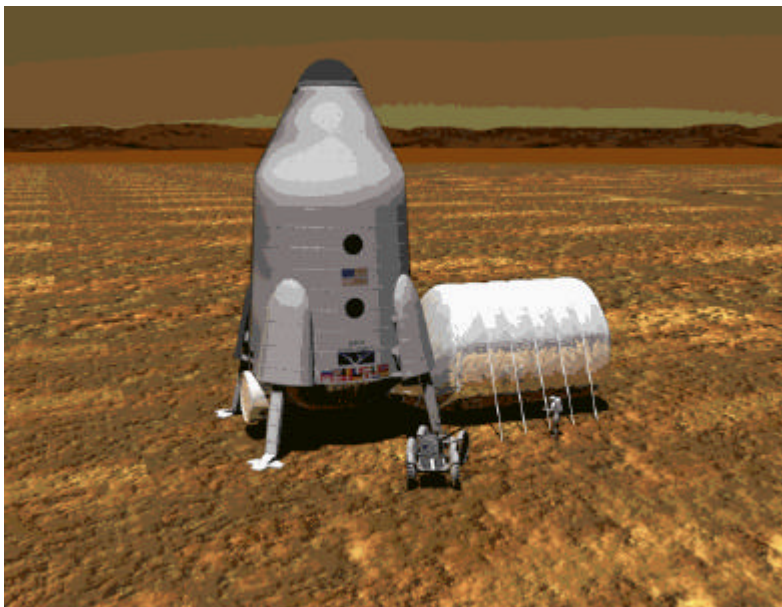


図2 インフレータブル
居住施設

表1 有人火星探査ミッション 技術評価表 (打上げ輸送系分野の一例)

項目		内容	
技術対象	到達目標 必要技術	完全再使用地球周回低軌道打上げ・帰還 ロケット技術、有人輸送技術	
	日本の現在の水準	使い捨てロケットの技術ベースあり 部分再使用型機(ロケット+HOPE-X)開発中	
	達成するための技術課題	空気吸い込み式エンジン技術 超軽量構造技術、自律化技術(飛行制御・運用) 有人対応技術	
	基礎科学との関連		
産業基盤	達成するための基盤と阻害要因	阻害要因	商業ベースに耐えうる多量かつ継続的な打ち上げ需要の見通し。国内宇宙港建設適地
		技術面	有人対応技術の遅れ
		人材面	開発技術者の層を厚くすることが必要
		金	投資に見合うリターンの見通し
国際比較	海外の技術水準(現在)	米国スペースシャトルで部分再使用化実現 米国 再使用型実験機による技術の蓄積 ベンチャー企業による商業化推進 低コスト使い捨て打上げロケット技術 有人完全再使用型宇宙輸送系(往還機)	
	同上 (将来)		
	ポテンシャル比較	日本では使い捨て型打上げロケットと HOPE-X 開発による技術蓄積中	
	海外との技術協力可否	HOPE-Xなどを介した協力の可能性 基幹技術は独自保有，有人対応技術の補間	
戦略性評価	技術の将来性	輸送の低コスト化とデブリ防止面からの必要性	
	保有技術ポテンシャル	使い捨て型打上げロケット技術 帰還型実験機の開発経験 (OREX , HYFLEX , ALFLEX)	
	技術波及力	波及領域	観光産業などの創出
		波及力	
その他(国益)		自律的輸送手段確保に必須	
日本の将来の方向性		無人自律化輸送技術の促進 有人技術の平行蓄積	
総合評価		無人の使い捨て型打上げ輸送技術は世界のレベルと同等であるが、再使用技術の促進と、有人技術の遅れに対処が必要	

4. まとめ

有人火星探査ミッションが国際協力の形で推進されるとすれば、国際宇宙ステーション計画以降最大規模の国際宇宙協力プロジェクトとなる。それ故、有人火星探査ミッションに対する我が国の対応は、同ミッションの性格や実施時期等を左右するだけでなく、我が国独自の宇宙開発計画全体にも大きい影響を与えるものである。このような状況を考えるとき、有人火星探査ミッションの実施が未決定であり、我が国に対する正式な協力要請が行われる以前の現時点においてこそ、宇宙関係者のみならず諸分野の専門家、有識者、産業界等を含め、『有人火星探査に日本としてどのように対応していくか』を広く検討しておくことが極めて重要である。

検討を進めるに当たって、特に留意すべき点がある。これまで宇宙科学研究所を中心に日本国の惑星探査の進め方についてはいろいろ検討されてきたし、また、我が国独自の近未来計画を有している。一方、工学的観点からは、日本の得意なところは何か、どこを伸ばすべきか、技術者不足や研究者不足をどのように克服していくのか、といった検討もなされてきている。更には、1992年に長期ビジョン懇談会がまとめた宇宙開発計画指針もあるが、いずれも我が国としての宇宙開発戦略を示すには至っていない。事実、これらが国民的コンセンサスを得ているとは考えがたい。また、国際協力による有人火星探査構想自体はもともとNASAが検討を開始したもので、我が国の惑星探査計画の延長として我々自身が打ち出した構想ではない、という点にも留意すべきである。

このような背景を考え、本研究では以下のような基本態度を堅持しつつ継続的に検討を進めることとしている。

問題の大きさ、重要さに鑑み、十分な期間（2～3年）をかけて検討する。

『有人火星探査』のみを切り出すのではなく、日本の宇宙開発戦略という大きな枠組みの中で、高い次元から検討する。

有人火星探査推進を前提とするのではなく、様々なオプションを含めて広く検討する。