

火星 EDL 技術実証機の実現に向けて

○藤田和央（宇宙航空研究開発機構），MELOS 火星複合探査 WG

1. はじめに

火星は太陽系の惑星の中でも特に関心の高い惑星の一つであり、地球からの距離も近いことから、欧米露では探査が行われてきた。日本でも「のぞみ」によって周回機による探査が試みられたが、現在まで実現に至っていない。このような状況を打開すべく、現在、宇宙航空研究開発機構（JAXA）および国内の大学・研究機関の研究者から構成されるグループによって、火星地上探査の検討が進められている。本稿では、ミッションシナリオやシステム構成など、現在の検討状況の概要を紹介する。

2. 火星地上探査を行う理由

既に多くの探査機が火星に降り立ち、現在では最新装備を備えた大型ローバである Curiosity が探査を行う状況の中で、あえて日本が独自の探査機を送る必要があるのか、という問いに合理的な答えを与えなければ、日本独自の探査機を送ることはできないであろう。その答えの一つは、技術戦略的な位置づけである。将来の宇宙活動を考えると、宇宙へのアクセス手段（打上システム）とともに、帰還・着陸技術を有することが重要であるのは自明である。また、国際的に 2020 年以降の有人月・火星探査が議論される中で、日本が技術的フロントランナーとして確固たる地位を占めるためには、独自の技術と実績を保持する必要がある。日本が今後も技術立国として国際社会の中で一定の地位を維持するつもりであれば、大気圏突入から着陸に至るシステム技術を有することは重要な意味を持ち、探査は常に技術のフロントロードを担うことを考えれば、火星着陸機を実現することがこの役割を果たすと言えよう。

もう一つの答えは、火星にはまだ多くの謎が残されており、これは地上探査によってのみ解明できるという点である。過去の火星探査によって様々な情報が得られるにつれて、逆に火星の多様性が明らかになってきた。富士山を調べて地球のすべての山岳が理解できるわけではないのと同様に、火星の数点を探査しただけで火星の多くを知ることはできない。極言すれば、今まで着陸したことがない所へ探査機を送るだけでも火星に関する知識は膨大に増える、ということである。これに加えて、過去の探査では、

火星に生命が存在したのか、今も存在しているのか、という根源的な問いへの答えが得られていない。

3. ミッションシナリオと探査機の概要

前節の議論にもとづいて火星地上探査機に求められる根本的な要求事項を整理すると

1. 大気を有する惑星へ着陸し地上探査を行う技術を獲得すること
 2. 独自のサイエンス成果を実現すること
- 1 については、日本が微小重力天体を除く惑星への着陸・表面探査の実績がないことから、将来の宇宙活動への発展性を考慮した総合的な技術実証が主目的となる。従って、必要最低限の機能を有する小型～中型の規模で、開発コストを極力抑さえ、同時に挑戦的な技術もバランス良く盛り込まれた構成が望ましい。一方 2 については、期待される成果のインパクト、本質的な必要性・必然性、計測器の規模、開発コスト、技術開発の進捗状況、サイエンスコミュニティの発展状況などを考慮して選定されるべきであろう。現在検討チームでは上記の考え方に基づいて議論が行われており、まだ結論に至っていないわけではないが、図 1 に示すようなミッションシ

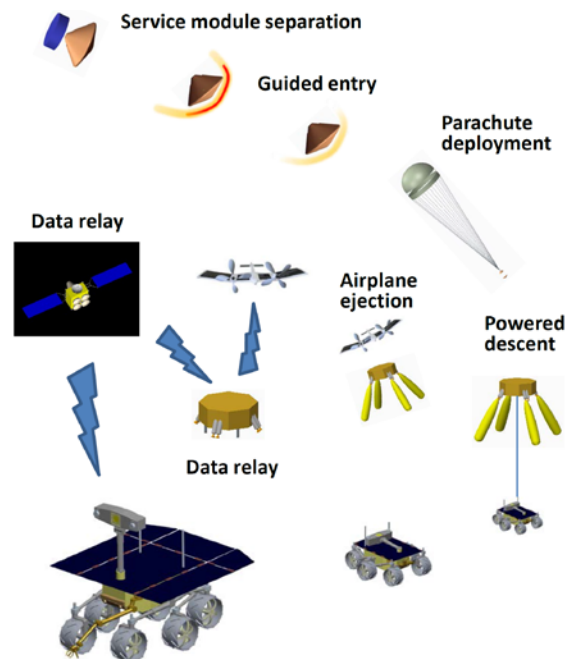


図 1 ミッションシナリオ案

■ 基本構成案



構成	質量(kg)
EDL 技術実証システム	686
クルーズモジュール	137
大気突入モジュール	549
エアロシェルSS	83
主エアロシェル	45
背面エアロシェル	38
着陸機SS	466
データ処理系	6
通信系	21
電源系	35
姿勢制御系	21
推進系	42
機体系	79
計装系	29
推進薬等	59
パラシュート系	46
着陸支援系	22
着陸系(ローバー)	45
バスマージン(15%)	61

図2 システム構成案 (図はMSLのものを利用：©NASA)

ナリオ案が提案されている。

考え方は、生命探査を中心にして将来の探査に必要なとなる気象（圧力や温度）等の基本データの取得を第一目的とし、余剰のリソースで地質探査や内部探査を可能な限り実現するというものである。ただし生命探査については従来の手法と差別化を図るために、従来よりも検出感度が数桁高い蛍光色素分析システムを用いて、生命の痕跡はもとより「現在存在しているかもしれない生命の検出」を狙う。これを実現するためには、生命が存在する可能性が高い地点へのピンポイント着陸と、その場観測により生命の存在可能性が高い地質学的地形を選定して観測を行う必要がある。従って、着陸システムには揚力飛行を用いた空力誘導が要求されると同時に、移動可能な手段としてローバが必要とされる。システムを簡素化するために定点ランダは用いず、Curiosityと同様に着陸モジュールによってローバのみを地上へ運ぶシステムを採用している。ローバと地球の通信は、モニタ用の緊急回線を除いて、既存のオービタ（MROや計画中のMAVEN等）のデータリレーサービスを利用する。図2にシステム構成案を示す。ローバの総重量は45~60 kg程度に押さえる。これにより大気突入モジュール重量は350~400 kg程度、サービスモジュールを含む地球出発時の総重量は6~700 kg程度に押さえられると予想されている。これははやぶさ2と同程度である。

技術の独自性と将来への発展を狙って、飛行機による探査の可能性検討も行っている。火星の大気は地球の1/100以下であり、この規模の探査機では大きな飛行機を採用することが難しいため、飛行機は2~3 kgの規模となり、運用時間もたかだか1時間程度に限定される。従って、観測データをいかにして

地球へ送るかが鍵となる。可視時間が限定的な衛星によるリレー通信は現実的でない。ここでは、ローバを着陸させた後に本来は破棄される着陸モジュールに着陸や通信の付加機能を持たせ、リレー衛星との可視が実現するまでバッテリーによって運用期間を限定的に延長することで、飛行機の観測データを地上に送信する案を検討している。また、サービスモジュールを周回軌道へ投入してリレー衛星とすることも検討している。リソースが限定的な状況ではエアロキャプチャによる軌道投入は高いポテンシャルを有し、技術的な独自性も高いため、現在その可能性について検討を進めている。

4. スケジュールと今後の計画

生命探査を主軸に据えることは打ち上げ時期への要求も発生する。現在も流水の存在が指摘されるなど、最も生命の存在が期待される着地点候補の一つであるニュートンクレータ近傍は南緯40°付近に位置し、南半球が夏となる時期に探査の最適期を迎える。2018年4月の打ち上げウインドウはこれに最適の条件であり、これを主軸とする計画が望ましい。スケジュールタイトではあるが、ミッションスコープの一貫性を維持するためにもこの時期の打ち上げを実現すべく、計画を推進したいと考えている。

現在、検討チームでは、最終的なサイエンス機器の絞り込みと着陸機システム・ローバ構成の検討を、様々なオプションのトレードオフを行いながら鋭意進めている。2013年度中はキー技術開発と検証、システム・フィージビリティの確認を行ってミッション定義審査(MDR)を通過させ、2014年度にプロジェクト化を狙う。これまでの助走が長いことを考慮すれば、上記計画は十分実現可能と考えている。