

火星本星探査構想の検討状況

宇宙基本計画を踏まえ、将来へ向けた火星本星探査について、研究者や産業界等との対話を通し、我が国として実施する場合に現時点で考え得る実施案の構想をまとめた。

令和6年（2024年）6月5日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

1. 経緯・概要

- 内閣府宇宙政策委員会宇宙科学・探査小委員会において昨年度、「宇宙科学・探査の意義・価値及び今後の方向性・将来像」について検討を行う有識者によるワーキンググループが設置され、政府によるアルテミス計画の長期戦略を念頭に、火星本星探査のあり方についても議論が行われた（参照：頁2）
- この議論を踏まえ、宇宙基本計画（2023年6月閣議決定）において2040年代のアルテミス計画を見据えた火星本星探査の構想の検討を行うこととされた。
- 本方針に基づき、国内の理工研究者や産業界により構想の検討が実施されているところ。
- 本資料では、現状の火星本星探査の考え方や具体的な構想について、検討例として提示し、今後の在り方に関する議論に貢献する。

宇宙基本計画（(a)宇宙科学・科学探査【太陽系科学】抜粋）

同時に、アルテミス計画との連携を視野に、月及び火星について科学的成果の創出及び技術面での先導的な貢献を図る。（中略）火星本星の探査については、米国と中国による大規模な計画が先行する中、将来の有人探査に向けて、2030年代には国際的な役割分担の議論が開始される可能性があるため、2040年代までの長期的視点を持って、我が国が有利なポジションを得るために、産学のリソースを最大限に活用して、米中を始め他国が有していない我が国の独創的・先鋭的な着陸技術・要素技術等の発展・実証を目指すとともに、火星本星の探査に関する検討を行う。



- 2040年代から**バックキャスト**してそれまでに必要なCapabilitiesを戦略的に構築（参照：頁3）
- **産業界とともに理工一体による科学・技術実証により先導**する（SLIMが果たした役割）

■宇宙科学・探査小委報告書「宇宙科学・探査の意義・価値及び今後の方向性・将来像」(R5.2.24)

(関係箇所抜粋)

2. 宇宙科学・探査を巡る状況変化と課題

③「アルテミス計画」への参加

外交・安全保障、産業競争力の強化、科学技術イノベーション及び我が国の国際的なプレゼンスの向上の観点も踏まえ、国際協力で実施される宇宙探査である「アルテミス計画」への参加が決定し、推進されている。2040年代を見据え、月・火星への段階的な国際宇宙探査が政策的に推進される中で、研究者の独創的な発想に基づく無人探査計画等とも最大限に有効な連携を図る。

3. 今後の宇宙科学・探査の方向性・将来像

(3) 各分野別の世界の潮流、我が国の強み・弱み及び長期的な方向性

○ 火星における科学探査

火星衛星探査計画(MMX)により、世界初の火星圏からのサンプルリターンを目指し、この成果により、米欧中に先行される火星探査でプレゼンスを示していく。

さらに、「アルテミス計画」の最前線が2040年代には火星に移行すると見込まれることを踏まえると、2030年代には国際火星探査における役割分担の議論が開始される可能性がある。我が国として有利なポジションの獲得及び火星探査に関する高い科学的意義を見据え、火星本星の探査に対する我が国の取組の方針を検討することが重要である。

具体的には、米中による大規模な計画が先行するなか、2040年代までの長期的視点を持って、火星への探査に関して、我が国が実施する意義・価値、技術面及びリソース面での実現可能性等について、JAXA及びコミュニティにより、産業界とも連携し、検討を実施すべきである。その際、着陸技術や惑星保護等の我が国が有していない必須技術の獲得必要性や、展開型膜面エアロシェル技術(密度の薄い火星大気への突入に有効な技術)といった米中をはじめ他国が有していない我が国の独創的・先鋭的な技術の実証等について考慮すべきある。

SLIMの成果（その1）

- 本年1月に日本初の月面着陸を行った小型月着陸実証機「SLIM」は、アルテミス計画の立上げ段階という初期のタイミングでピンポイント着陸技術を実証。今後、国内企業に技術移転が行われ、国際競争力の強化が期待される。
- 他方、SLIMの構想自体は2000年代初めにISAS内外の研究者や産業界により開始されたもの（特にキー技術のピンポイント着陸技術）
- 大型計画におけるキー技術の獲得は、長期的視野に立ちバックキャストして戦略的に行うことが重要。
- Moon To MARSを見据え、キー技術を小規模な直接探査を含む月面探査等により効率的に獲得することが必要ではないか。

2000年代

2010年代

2020年代

2030年代

2040年代

月探査



民間移管・月面着陸活用

火星本星
探査

2019
アルテミス計画への参画決定（日本参加）



民間移管
事業化

国際分担
議論開始？

本格
探査

SLIMの成果（その2）

民間企業・大学と協力し開発した超小型ローバLEV-1、LEV-2により月面活動において大きな成果を創出。探査においては民間企業・大学の参画は重要。

月着陸直前の高度約5m付近から、2機の超小型ローバLEV-1およびLEV-2を分離し、以下のような月面での動作を確認した。

- LEV-1、LEV-2は、それぞれ月面での完全自律動作に成功。また、世界で初めて、複数ロボットの連携動作による月面探査を達成。
- LEV-1は、跳躍（ホッピング）および車輪による月面移動の実験を行った。
- LEV-2は、SLIM探査機本体の撮像及びLEV-1を介した地球への画像伝送に成功した。また、世界最小・最軽量の月面探査ロボットとなった。

LEV-1

JAXA/東京農工大/中央大学で共同開発
質量は約2.1kg
地球と直接通信可能



LEV-2



月面上の超小型ローバ（LEV-1、LEV-2）のイメージ



JAXA/タカラトミー/ソニーグループ/同志社大学

着陸直前に分離した2基の超小型ローバ（LEV-1、LEV-2）が連携して取得した月着陸後のSLIM探査機。LEV-2(SORA-Q)が、撮影した複数枚の写真の中からSLIMが映っていると思われるものを選んでLEV-1に近距離無線により送信、LEV-1が地球とダイレクト通信してその画像を地上局に送信した（この間、地上からのローバ運用は一切行っていない）。愛称はSORA-Q
JAXA/タカラトミー/ソニーグループ（株）/同志社大学で共同開発
質量は約0.25kg

■ 月面探査経由と直接の火星探査（科学・技術探査）経由で能力を獲得

ESA 「Terra Nova 2030+ Strategy Roadmap」 (June, 2022)

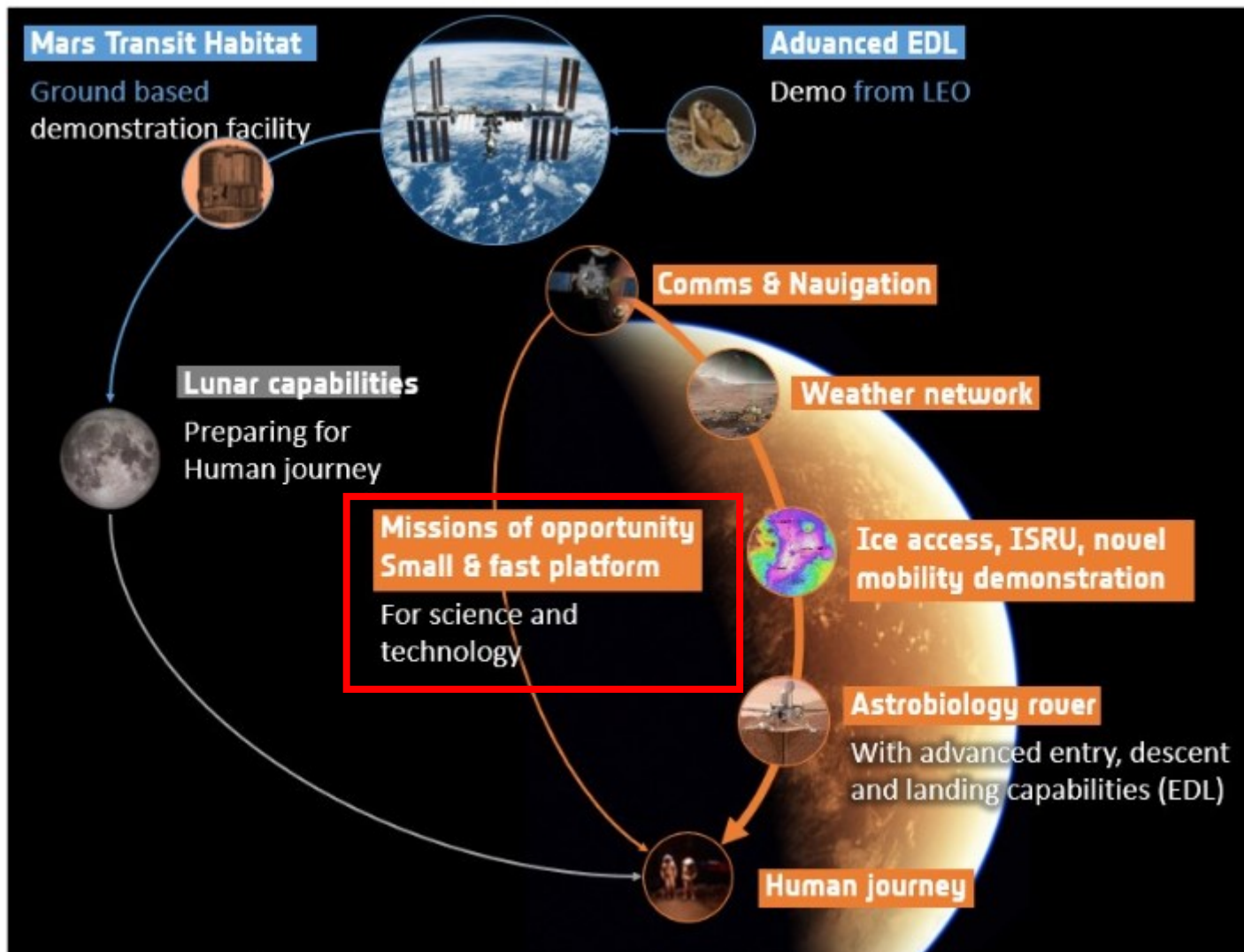


Figure 13: European ambition and roles enabled by the Mars strategy

2. 日本の火星探査の取組み



我が国は火星本星探査における知見・技術で遅れをとってきっていたが、MMXで国際競争力を持ちながら火星圏探査に係る知見・技術を獲得予定

1. 火星探査機のみみ 【1998年打上げ】 ミッション失敗

【目的】

火星の上層大気を太陽風との相互作用に重点をおいて研究することを目的とした日本初の火星探査機

火星への航行中に度重なるトラブルで火星周回軌道に乗せるために必要な装置を働かすことができず、2003年に火星周回軌道投入を断念。



©JAXA

2. 火星衛星探査計画 (MMX) 【2026年度打上げ予定】

【目的】

世界発の火星圏サンプルリターンミッション。火星の2つの衛星フォボスとダイモスを観測し、うち1つからサンプルを採取して地球に帰還し、火星衛星の起源や火星圏の進化の過程を明らかにする。

2026年度打上げに向けて開発中。



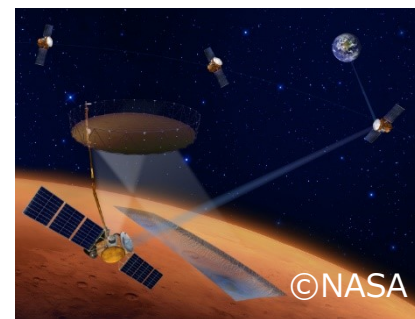
©JAXA

3. 国際火星探査計画 (Mars Ice Mapper: MIM) 【2030年代の打上げを目指し国際チームで構想検討中】

【目的】

合成開口レーダ (SAR) を搭載した火星周回機により、将来有人探査に資する、火星の表面化の水氷分布把握 (マッピング) を行う。

4機関 (NASA/CSA/ASI/JAXA) による初めての国際火星探査計画としてミッションコンセプトを検討中。JAXAは衛星バス計画・サブペイロードを検討。



©NASA



3. 火星探査を巡る国際動向



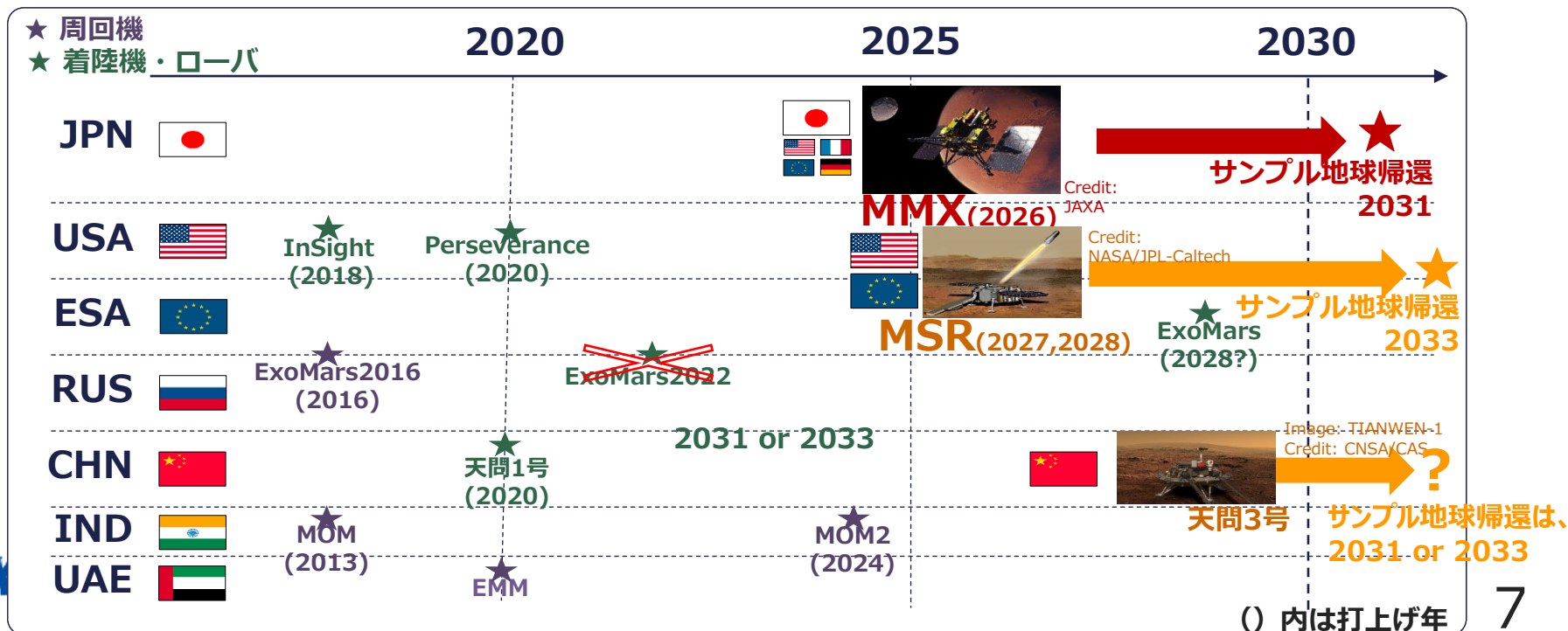
- 米国が圧倒的に先行しているなか、中国が国家戦略として火星探査に取り組み、着陸に成功したうえで、火星からサンプルリターンを進めている状況。
- 欧州はNASAのMars Sample Return計画に参加しつつ、欧州リードのミッションも検討中。

<運用中>

- **Perseverance(2020,米)**：生命の痕跡探査および火星表面のサンプル採取が目的。
- **天問1号(2020,中)**：周回機・着陸機・ローバからなるミッション。ローバ(祝融1号)による火星表面の観測を実施（2022年活動停止）。

<打上予定>

- **MMX(2026,日)**：火星圏の観測と火星衛星フォボスからのサンプルリターンを行う。
- **Mars Orbiter Mission 2(2024,印)**：MOM1に続く火星周回機。ローバ/ヘリコプターの火星本星への着陸も検討。
- **Mars Sample Return (2027,米・欧)**：Perseveranceのサンプルを地球へと持ち帰るミッション。周回機は2027年、ランダは2028年の打上げを予定も、コストの高さを主な理由に、ミッションコンセプトの見直しを検討中。
- **ExoMars(2028,欧)**：2022年にロシアとの協力関係解消。ESAはNASAと協力し、2028年以降の打上げを目指す。
- **天問3号(2030頃,中)**：火星表面からのサンプルリターンミッション。MSRと同様、サンプル回収用のローバと地球帰還用の周回機を別々に打ち上げ。



火星着陸探査に必須の技術（早期に実証・獲得を目指す）

- **再突入着陸（EDL）技術**：火星には大気があるためEDL技術は必須である。特に、薄い大気での空力減速技術は、火星探査独特のものであり火星着陸を実現するための最も高い技術ハードルとなっている。
- **惑星保護技術**：火星の環境を保護するための滅菌・検査技術を獲得することは、火星着陸探査に挑戦する権利を得るための必須要件である。
- **軌道間輸送機**：地球から火星周回軌道へ探査機を輸送する軌道間輸送システムの構築は、サステイナブルな火星探査の鍵である。他の宇宙科学ミッションへにも活用する。
- **小型・高機能電子機器**：火星環境に耐えることができ、省リソースの電子機器の開発

探査の自在性・意義価値を高めるための技術（段階的に獲得）

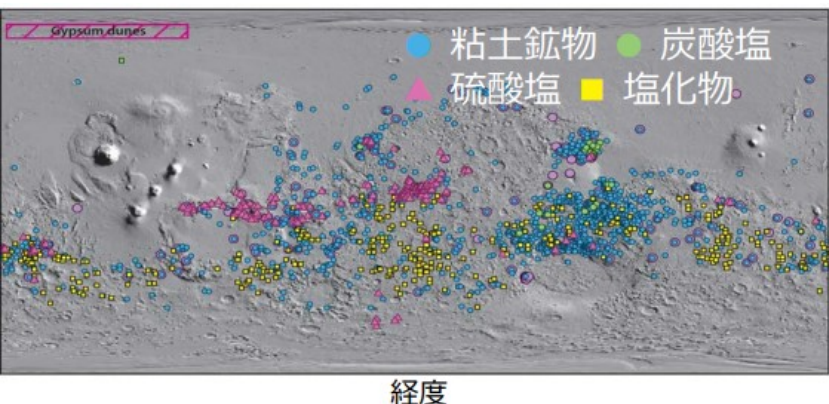
- **空力制御技術**：火星で狙った場所に精度よく到達するためには、不確定が大きい大気圏中で、自律的に、その不確定を補償するための空力制御（軌道を制御する）が必要である。
- **高精度着陸制御**：安全に精密な観測器を火星表面に輸送するための軟着陸技術が必要となる。SLIMで獲得した自律誘導航法技術を活用し、安全・穏やかに着陸する技術を獲得する。
- **ローバ技術**：月探査で成熟された技術を活用し、火星表面での自在な探査活動を可能にする。
- **科学観測技術**：各段階での工学技術・輸送技術に合わせて、サイエンス価値を最大化して、獲得する戦略、また、日本のユニークな輸送技術にあった観測技術の獲得戦略が重要。

5. 火星本星の科学的な魅力について



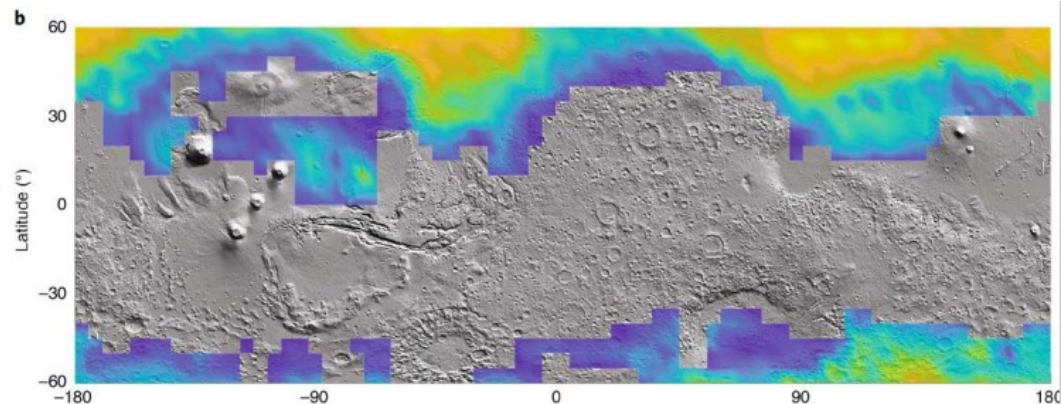
- 火星本星探査の主要な科学目的は、火星の水・物質循環を理解し、現存生命の存否に迫るもの。
- 生命探査は大テーマであり、国際的にも関心が非常に高い分野

- 地球生命は表面の水・物質の循環から物質とエネルギーを得て生命活動を実施しており、「生命を育む惑星」=「水・物質の循環の理解」となる。
- 地球システム学（水・物質の循環を理解する体系）の展開は太陽系で地球以外の唯一の水惑星であった火星が最適な天体。
- 現在も高緯度で液体塩水が表面付近に存在している可能性があり、実証できれば国際有人火星探査においても有益な情報となる。



35-40億年前の水を示す鉱物証拠分布
低緯度に集中

(Ehlmann et al. 2014 JGR, Wordsworth et al. 2015 JGR)



現在、液体塩水が表層に存在可能な領域（黄色部分）
高緯度に集中

(Rivera-Valentin et al. 2020, Nature Astron.)

6. 火星本星探査の検討の方向性



目標：「火星表面の任意の場所（極域・高山を含む）」への着陸（輸送）を日本の独自性を生かした「コンパクトな規模」で実現し、第一級科学的成果を創出しつつ、将来のアルテミス計画（火星）へ向けたキー技術を獲得する

米中欧に規模で劣る我が国の状況を踏まえ、目標に向けて下記の方向性で推進する

■ プログラム化による段階的（3段階）な実施

バックキャストしてそれまでに必要なCapabilitiesを戦略的に構築。月面探査で獲得した技術を生かしながら、我が国の独創的な技術を早期かつ段階的に技術蓄積、高い科学的成果創出を図る。大型探査機1機ではなく、複数の小型探査機により、機能の分散協調を行なうことで、未踏地点の広範囲で密度の濃いチャレンジングな探査を実現。

■ アルテミス計画（月・火星）への貢献及び連携

将来の国際火星探査における有利なポジション獲得に向けて、技術蓄積を行うため早期実証を行う。アルテミス計画による人類の活動領域拡大に貢献しつつ、科学的成果を創出する。

■ 初期からの民間企業・大学との連携

人類の活動領域拡大に伴い、科学的成果や技術獲得だけでなく、新たな市場の構築が見込まれるため、民間企業・大学と連携してALL JAPANでプログラムを推進

7. 火星探査の3ステップ



STEP1 【着陸実証】日本主導でコンパクトかつスピーディに、そして確実に火星表面へ

- 小型で自律的な火星着陸技術の早期獲得
- 火星表面への輸送手段の確立
- 複数の小型探査ロボットの展開

STEP2 【高精度着陸】国際協力の枠組みを利用して効率よく実行し、技術レベルアップ

- STEP1の成果を活用した高精度着陸（EDL Entry, Descent, Landing）技術の獲得
- SLIM等の技術を活用した50kg級のランダーが搭載できる大気圏突入機の軟着陸技術の獲得

STEP3 【本格科学探査】火星の任意の場所へ探査機を輸送し、本格的科学探査

- 100kg-200kg級ローバを搭載できる大気圏突入機の実現
- 月面科学で実証したローバを活用し、第一級科学成果の創出に向けた探査の開始

	実施時期	獲得技術の実証内容	工学的狙い	理学的狙い
STEP 1	2030年頃までに 早期実証 (既存技術の総合評価)	<ul style="list-style-type: none"> • 軌道間輸送機技術(OTV) • 極軌道オービター投入 • 極域表面到達技術（ハードランディング、短寿命可） • 超小型惑星探査機技術 • 小型探査ロボット技術（生物模倣型探査ロボット等） • （理学機器） 	<ul style="list-style-type: none"> • ヘリテージを活かし、小型でクイックに実施 • 複数機の着陸で、大気突入から着陸までのデータ蓄積。 • 惑星保護技術の獲得 • 民間との協力関係強化 	<p>（検討中の例）世界初の小型ネットワーク探査による火星環境観測</p> <ul style="list-style-type: none"> • 極域の場合：磁力計あるいは気象計を搭載 • 極域にこだわらない場合：タルシス火山への地震計設置
STEP 2	2035年頃までに 着地点高精度化 (MIMへのEDL搭載)	<ul style="list-style-type: none"> • 極域表面高精度着陸技術（ソフトランディング、50kg級着陸機、精度～20km） • （理学機器） 	<ul style="list-style-type: none"> • STEP 1 の成果を活用した高精度着陸技術の獲得 • 民間との協力関係強化 	<p>水の貯蔵・分布・循環、宇宙への散逸の観測</p> <ul style="list-style-type: none"> • MIMの重点調査地域である中緯度へ着陸 • 有人基地の候補地での気象観測、および大気起源を制約を観測
STEP 3	2040年頃までに 本格探査	<ul style="list-style-type: none"> • 極域表面高精度着陸技術（ソフトランディング、逆噴射必須、100kg-200kgローバ搭載可能な500kg級着陸機） • （理学機器） 	<ul style="list-style-type: none"> • 技術の集大成 • 民間との協力関係強化 	<p>★本格科学観測開始 極域において世界初の現存生命探査（火星地下圏探査）</p> <ul style="list-style-type: none"> • 200kg級ローバによる探査

③ 大気突入・空力減速・着陸技術

i. 環境認識

月・火星のような、**重力天体・大気重力天体**で自立的に活動を行うためには、それらの天体表面への輸送手段は必須である。

火星などの大気重力天体で必要となる大気圏突入・空力減速技術は、「はやぶさ」のサンプルリターンカプセルなどの数例の実績しか有していない。その中において、**次世代の大気圏突入システムとして期待されている展開型エアロシェル**がある。これは、国内において、独自の開発が進められており、実証試験が行われるなど、世界的にも競争力があるユニークな技術である。火星については、現状、米国の独壇場で、1970年代のViking計画を皮切りに多くの探査機を火星表面に送り込んでおり、2021年には、質量1トンを超える探査機（Perseverance）を、空力誘導技術、超音速パラシュート、逆噴射によるスカイクレーン技術を駆使し、安全に着陸させることに成功している。その間、欧州、ロシア、中国も、火星着陸に挑戦しているが、その成功率は少なく、中国が2021年に「祝融号」を着陸させたのが、米国以外での唯一の成功例である。

ii. 技術開発の重要性と進め方

大気突入・空力減速・着陸技術は、大気圏突入・空力減速・着陸技術（EDL（Entry, Descent and Landing）技術）と呼ばれ、非常に重要である。EDL技術について欧米中に遅れている日本において、強みを生かした独自性のある技術を伸ばしていく必要がある。小型月着陸実証機（SLIM）のピンポイント着陸技術（着陸したい場所に着陸する技術）は、世界でも注目されている特徴的なものである。ここで得られた実績を基にさらなる着陸天体・場所に適した相対自律画像航法技術、航法センサの開発等を通じて、国際宇宙探査における月探査等で獲得する技術との相互活用も含め洗練・発展させていく。**火星着陸においては、欧米中が指向している従来型の重厚長大な探査に対して、次世代の大気圏突入技術であり火星のような薄い大気環境で有効な展開型エアロシェル技術を活用し、目標地点への到達精度の向上のための技術開発を進める。**これにより、フットワークの軽い高頻度な新たな火星着陸探査の世界を開拓するなど、我が国の特徴ある技術を生かした**独自の探査手法を、国際的に提案・提供していくことを目指す。**また、安全に物資を輸送するために、月探査での技術も活用し、小型ローバ技術との連携含め逆噴射推進系技術等の高精度着陸技術の検討を進める。**EDL技術は難易度が高く、技術実証が必須であるため、早期での地球低軌道実証や、火星着陸探査プログラムを計画し、当該技術を段階的に獲得していくことが重要**である。



宇宙基本計画による方向性

産学のリソースを最大限に活用して、我が国の独創的・先鋭的な**着陸技術・要素技術等の発展・実証**を目指すとともに、**火星本星の探査に関する検討**を行う。

火星本星探査システムの検討

【STEP1】
小規模着陸実証
着陸重量10数キロ級



【STEP2】
高精度着陸実証
着陸重量50kg級



【STEP3】
本格科学探査
着陸重量100-200kg級

キーとなる要素技術（例）

■ 再突入着陸技術

■ 軌道間輸送機

■ 小型・高機能
電子機器（通信、電源等）

■ 高精度着陸制御

■ 惑星保護技術

■ ローバ技術/小型
ロボット

■ 科学観測技術
（環境計測・生命探査等）

■ 空力制御技術

【参考】「MEV」の事業展開の可能性



- 将来のアルテミス計画（火星）に資するものとして、初期からの産学連携が極めて重要。
- SLIMと同様、小規模であっても、火星周回軌道または火星表面に民間事業者のペイロードを展開することが重要。



JAXA/タカラトミー/ソニーグループ（株）/同志社大学



LEV-1



LEV-2

JAXA/タカラトミー
ソニーグループ
（株）/同志社大学



火星でもSTEP1から産学による
MEV（Mars Excursion Vehicle）
を展開できないか。

事業化の先行例を目指す。

月面着陸における
産学官連携による成果



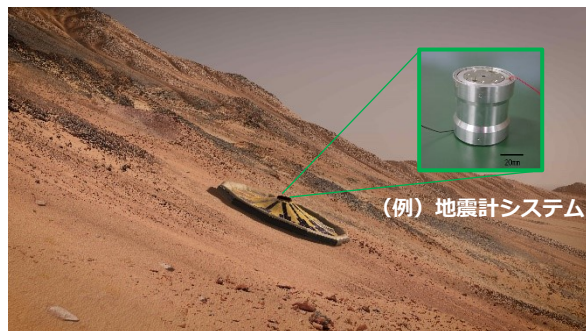


- 宇宙科学・探査分野において今後、産業界と歩調をあわせ、理工の学術コミュニティー体となり、アルテミス計画へ貢献を行っていくことが重要と認識。当該貢献は、予算が限られる中、理工コミュニティーの機会提供にもつながるもの。
- 「Moon to Mars」へ向け、バックキャストで先行的にキー技術を獲得することが必要。宇宙研は、アルテミス計画において、月探査では今後、サイエンスを中心に貢献を図っているところ、その次の火星探査へ向け、まずは技術面で先導的な役割を果たすことが考えられる。
- 火星探査のキー技術の中核は、火星の大気突入・着陸技術。連続的かつ複雑なシーケンスを確実に実行しなければならない「恐怖の7分」の克服等、非常にチャレンジングであり、いきなり全てを詰め込んだ大規模なミッションでやるのではなく、技術実証からステップバイステップで進めることが重要（はやぶさ1→はやぶさ2の手法）
- 火星着陸探査に必須な技術は多様（軌道間輸送機技術、惑星保護技術等）であり、大学や民間企業による先端的な技術開発が必要。また、月・火星探査を共通的に捉え、事業化も見据えた企業とのパートナーシップや、企業のCapabilityの向上を図ることが重要。
- 引き続き構想の具体化に向けて、民間企業・大学等の要素技術開発の進展も踏まえつつ、宇宙戦略基金による成果の活用を含め、政府等とともに検討して参りたい。

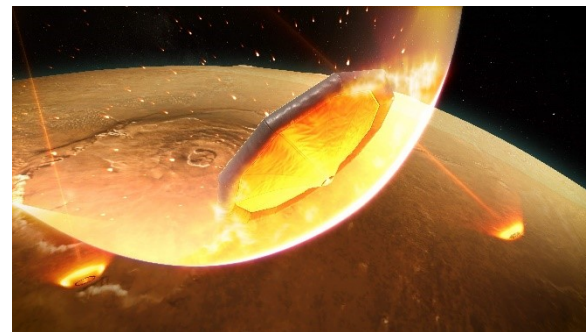
APPENDIX

STEP1 ミッションイメージ

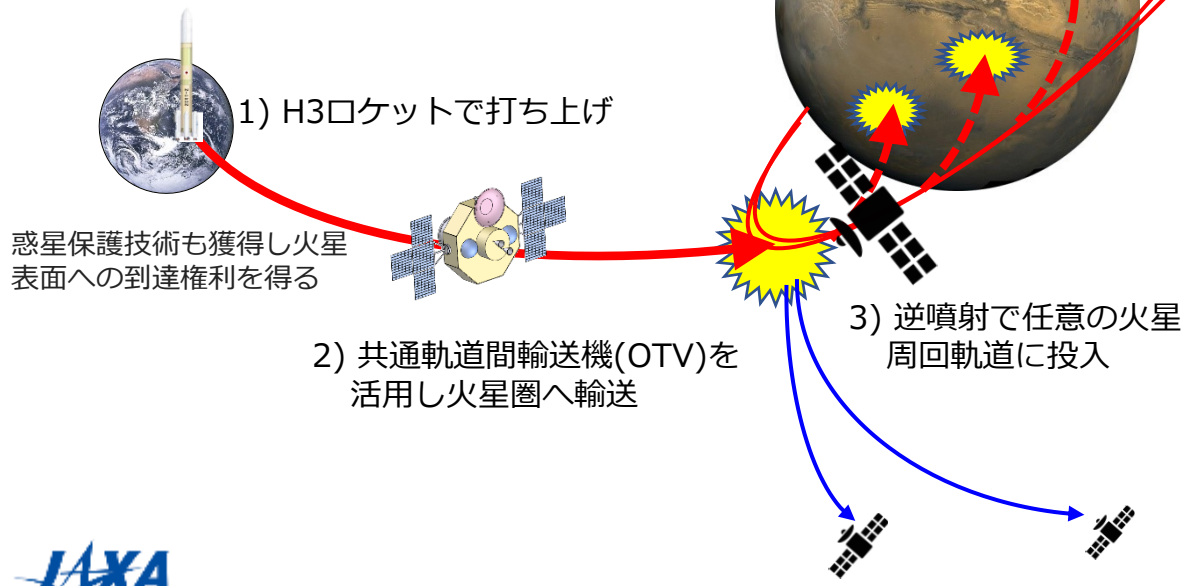
- 6) 複数地点への科学探査機器を輸送
 - 7) 火星表面でのオペレーション実証と科学観測実施
 - ・ 極域の場合：磁力計あるいは気象計を搭載（例）
 - ・ 極域にこだわらない場合：タルシス火山への地震計設置（例）
- ※民間ペイロード含めたによる火星表面ミッションを実施（例）



5) 複数回の火星表面への独自の火星用EDL技術実証



インフレータブルエアロシェル技術による小型EDLモジュールを実現
(20~30kg x 2~4機)



4) OTVで火星圏を自在に移動して、自由度の高い探査が可能であることを実証 + ピギーバックとして搭載する複数の超小型探査機を周回軌道上に放出 (MARS CUBE service)



2024年4月25日
宇宙政策委員会（第112回）文科省資料引用

宇宙戦略基金 技術開発テーマ（文部科学省分）一覧

令和5年度補正予算にてJAXAに造成された宇宙戦略基金（文部科学省分：1,500億円）を活用し、今後10年で取り組むべき技術開発のうち、宇宙分野での計画や資金ニーズが顕在化しており、速やかに支援に着手すべき技術開発の内容を、当面の事業実施に必要な支援規模、期間等とあわせ、技術開発テーマとして設定。

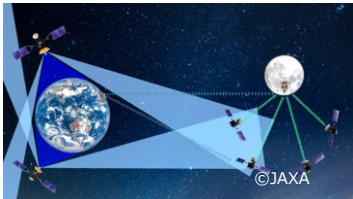
探査等（月面開発・火星探査）

- アルテミス計画を皮切りにインフラ構築や将来的な産業創出への期待が高まる月面開発に係る重要技術や、火星圏以遠等の深宇宙探査に加え複数の応用先が見込まれる革新的な技術の開発に重点的に取り組む。

月測位システム技術

月測位インフラの実現への貢献を見据えて、我が国が有する高精度衛星測位システム受信技術を発展させつつ、月測位システムの主要サブシステムの技術開発を進める。

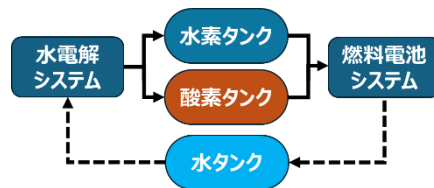
支援規模：1件で50億円程度（上限）
支援期間：4年程度（最長）



再生型燃料電池システム

エネルギー密度の高い大容量蓄電システムの月面での実用化を目指して、燃料電池技術と水電解技術を発展させた再生型燃料電池システムを開発・地上実証する。

支援規模：2件で230億円程度（上限）
支援期間：4年程度（最長）



再生型燃料電池システムの概略

半永久電源システムに係る要素技術

月面の過酷な環境でも燃料補給やメンテナンスが不要であり、長期間にわたって使用可能な半永久電源に係る要素技術を開発する。

支援規模：1件で15億円程度（上限）
支援期間：4年程度（最長）

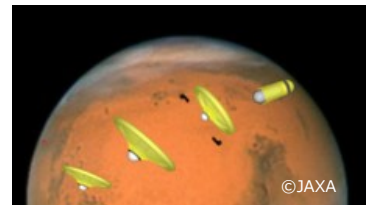


熱及び電力の持続供給

大気突入・空力減速に係る低コスト要素技術

火星着陸技術の自立性確保や地球低軌道から地上への物資輸送に向けて、軽量・低コストな大気突入システムの要素技術を開発する。

支援規模：1件で100億円程度（上限）
支援期間：6年程度（最長）



【火星】16.大気突入・空力減速に係る低コスト要素技術（文部科学省）

支援規模：100億円程度

背景・目的

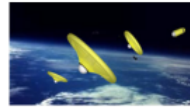
火星本星の探査については、米国と中国による大規模な計画が先行する中、将来の有人探査に向けて、2030年代には国際的な役割分担の議論が開始される可能性があることから、2040年代までの長期的視点を持って、我が国が有利なポジションを得るために、産学のリソースを最大限に活用し、米中を始め他国が有していない我が国の独創的・先鋭的な着陸技術・要素技術等の発展・実証を目指す必要がある。

火星には大気が存在することから、従来、パラシュートを使った着陸技術が用いられてきたが、これは技術的に非常に高難易度であり、高コスト構造である。**展開型エアロシェルは、軽量で低コストな次世代の大気突入システム**になり得るものとして、各国が注目しており、欧米も研究開発に着手しているが、**安価で小型になる技術は日本の特色**であり、国際的に優位性がある。また、展開型エアロシェルを開発するために必要な柔軟・繊維材料技術や特殊素材を高精度に編み上げる技術は日本の強みであり、国産技術で開発することで我が国の着陸技術の自立性の確保につながる。

また、今後アルテミス計画が進展するにつれて、地球低軌道や月からの物資回収は一層重要となっていくが、エアロシェルでの回収は、従来の方式と比べ、海に囲まれる我が国において洋上回収・運用の容易さ等でメリットがある。

そこで本テーマでは、日本の民間企業が保有している本技術の強みを活かした技術開発を行うことで、国内外のプロジェクトによる**火星着陸を実現し、人類の活動範囲の拡大に向けた我が国の国際プレゼンス確保に寄与することを目指す。**

また、本技術開発を通じた民間企業等によるサブオービタル飛行ロケットでの回収事業の受注の実現などにより、**地球低軌道からの地上への物資輸送ビジネスへの貢献**も図る。



地球低軌道からの物資輸送にも活用

(参考) 宇宙技術戦略での記載

大気突入・空力減速・着陸技術は、大気圏突入・空力減速・着陸技術（EDL（Entry, Descent and Landing）技術）と呼ばれ、非常に重要である。EDL技術について欧米中に遅れている日本において、強みを生かした独自性のある技術を伸ばしていく必要がある。(3. II (2) ③ ii)

本テーマの目標

基本方針に示されている「月や火星圏以遠への探査や人類の活動範囲の拡大に向けた我が国の国際プレゼンスを確保」すること等に向けて、我が国独自の火星着陸技術を獲得し、国内外のミッション・プロジェクトに採用される必要があり、本テーマとして2030年度までに、火星大気圏突入システムとしての開発及び地上検証を完了する。また、技術開発の過程で2027年度までを目途に、地球低軌道からの大気突入技術を獲得（TRL5相当以上を完了）し、民間企業等によるサブオービタル飛行ロケットでの回収事業の受注を目指す。

技術開発実施内容

- 2027年度までを目途に小型搭載機器を地球低軌道から帰還させる能力を有する再突入システム（火星大気圏突入システムの開発に繋がる20kg程度以上の搭載機器を帰還させる直径3.0m程度以上、100kW/m²程度以上の耐熱性を持つ展開型エアロシェルを想定）の開発及び地球低軌道上での実証を実施する。
- 2030年度までに火星特有の環境等への対応を踏まえた火星大気圏突入システムの要素技術開発及び地上検証を実施する。

