第25回　2018/7/18（水）
やさしい科学の話

宇宙のロマン

はやぶさ2号が行く小惑星リューグウとは？

火星はどんなところ？

吉岡　芳夫

JAXA発行の「はやぶさ2号情報　小惑星到着直前版」から抜粋しています。

はやぶさ2号の目的

- 太陽系の起源を探ること
  - 地球などの惑星は、ガスと塵の円盤「原始太陽系円盤」の中で作られた。
  - 惑星形成の過程で、熱によりドロドロに溶けたため、元の物質がなんであったかがわからない
  - 小惑星は惑星にまでなっていないので、熱の影響を受けていない。つまり、太陽系誕生当時や形成途中の物質の情報を持っている天体である。

- 地球は表面の7割が水。
  - 水はどこから来たのか？
  - 生命を誕生させた材料はどこから来たの？
    - 隕石の中には水や有機物を含むものがある。
    - 水や生命の材料を小惑星が運んできたのかもしれない

小惑星衝突の懸念

- ６６００年前の恐竜絶滅は、惑星の衝突による
- ロシアに落下した直径２０ｍの小惑星でも１０００人以上が負傷した
- 直径１０kmもの小惑星が衝突したら、人類は大きなダメージを受ける
- 未然防止のためには、小惑星を発見し、監視しなければならない。
- 現在発見されている小惑星や彗星の数は数十万個にもおよぶ
- 小惑星が金属でできていれば、有力な資源にもなる。

はやぶさ2号

- 「はやぶさ2」は、基本的には「はやぶさ」で行ったサンプルリターン方式を踏襲
- ただし、より確実にミッションを行えるよう、信頼性を高める様々な改良が加えられています。
- またその一方で、小惑星表面に人工的なクレーターを作り、地下のサンプルを持ち帰るといった、新しい技術を使ったミッションにも挑戦していきます。
- 太陽系天体探査技術を向上させることも、「はやぶさ2」の重要な目的です。

はやぶさ2号の概要

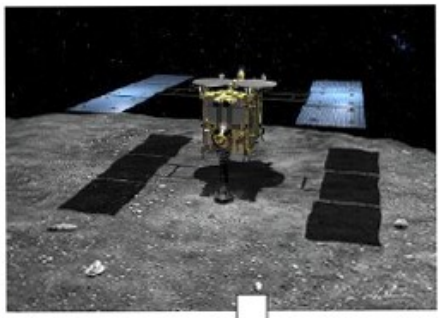
質量	約600kg
打ち上げ	2014年12月3日13時22分（H-IIAロケット26号機）
軌道	小惑星往復
小惑星到着	2018年
地球帰還	2020年
小惑星滞在期間	約18ヶ月
探査対象天体	探査対象天体 地球接近小惑星 Ryugu (仮符号 1999 JU3)
主要搭載機器	サンプリング機構、地球帰還カプセル、光学カメラ、レーザー測距計、科学観測機器（近赤外、中間赤外）、衝突装置、小型ローバ

はやぶさ2号のミッション

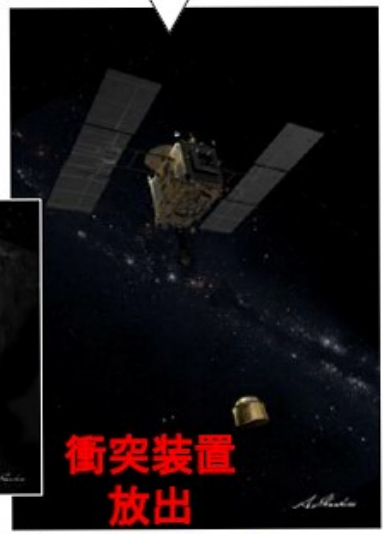
打上げ
2014年12月3日

▲
地球スイングバイ
2015年12月3日

小惑星到着
2018年6-7月

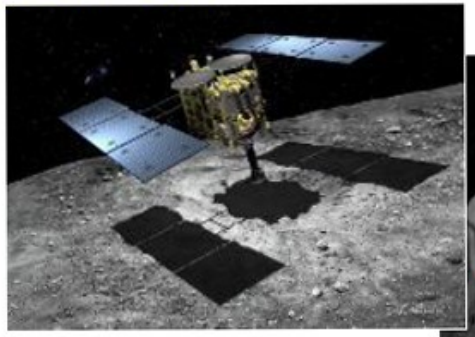


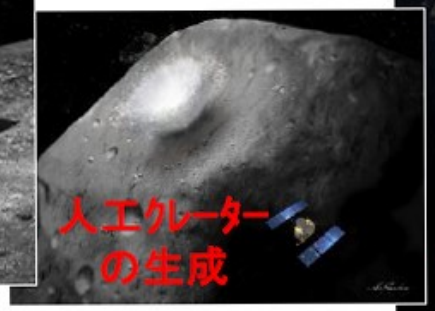
リモートセンシング観測によって、小惑星を調べる。その後、小型ローバや小型着陸機を切り離す。さらに表面からサンプルを取得する。



衝突装置によって、小惑星表面に人工的なクレーターを作る。

小惑星出発
2019年11-12月





安全を確認後、クレーターにタッチダウンを行い、地下物質を採取する。

地球帰還
2020年末ごろ

サンプル分析

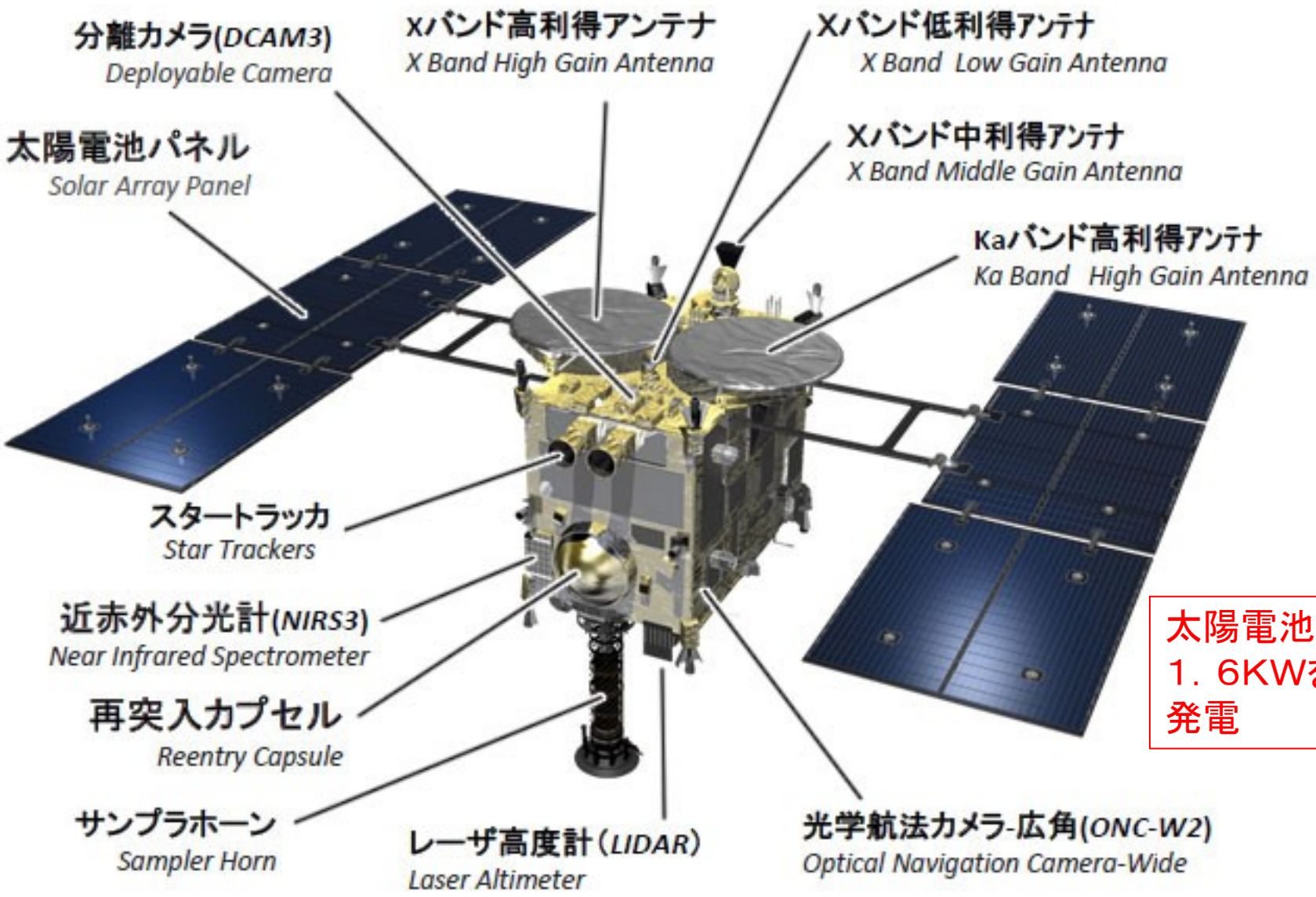
（イラスト 池下章裕氏）

はやぶさ2号のスケジュール

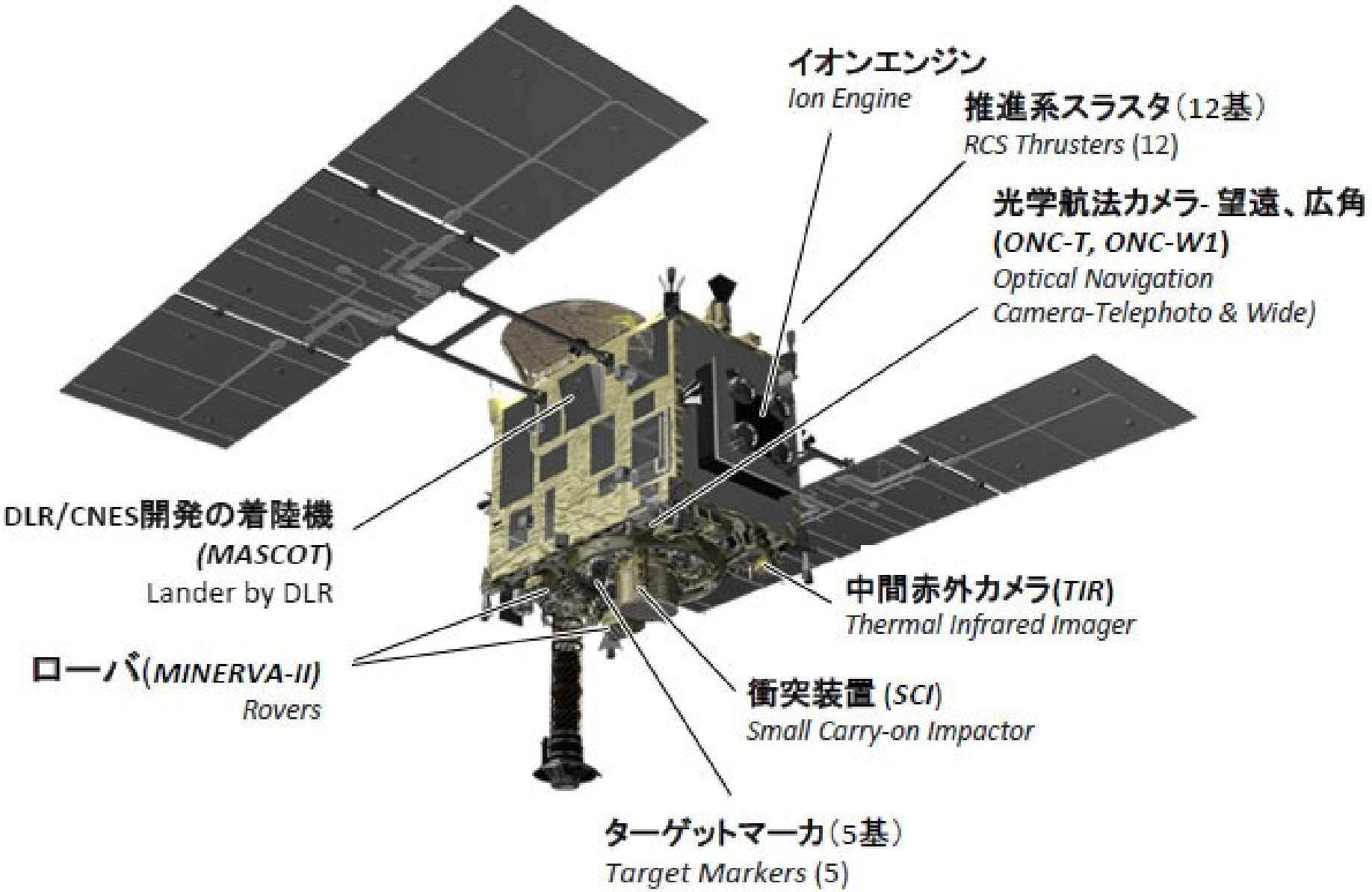
年	月日	事項	状況
2018	1月10日	第3期イオンエンジン運転開始	済み
	6月5日	イオンエンジン運転終了	計画
	6月5日	小惑星接近誘導開始（距離2500km）	計画
	6月21日～7月5日	小惑星到着（高度20km）	予定
	7月末	中高度観測１（高度5km）	予定
	8月	重力計測降下（高度1km）	予定
	9月～10月	タッチダウン運用スロット１	予定
	9月～10月	ローバ投下運用スロット１	予定
	11月～12月	合運用（通信不可の期間）	予定
2019	1月	中高度観測２（高度5km）	予定
	2月	タッチダウン運用スロット２	予定
	3月～4月	クレーター生成運用	予定
	4月～5月	タッチダウン運用スロット３	予定
	7月	ローバ投下運用スロット２	予定
	8月～11月	小惑星近傍滞在	予定
	11月～12月	小惑星出発	予定

このスケジュールは、リュウグウ到着後様々な要因で変更される可能性がある。
状況が「済み」以外は、確定しているわけではないことに注意。

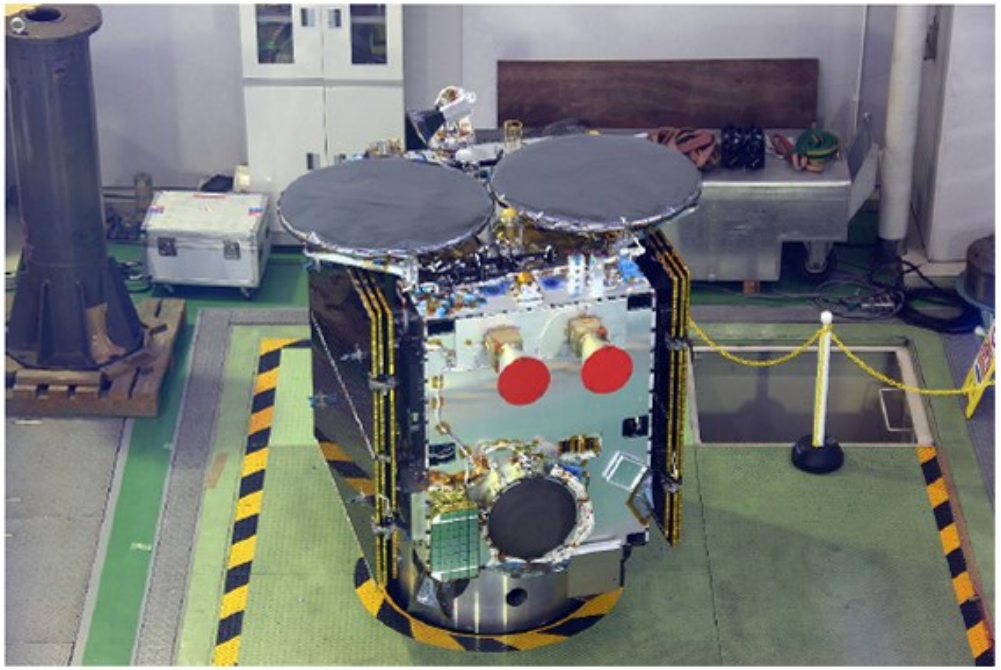
平面アンテナは、重さを1/4にした



太陽電池は、
1．6KWを
発電


イオンエンジン
Ion Engine
推進系スラスタ（12基）
RCS Thrusters (12)
光学航法カメラ- 望遠、広角
(ONC-T, ONC-W1)
Optical Navigation
Camera-Telephoto & Wide)
DLR/CNES開発の着陸機
(MASCOT)
Lander by DLR
中間赤外カメラ(TIR)
Thermal Infrared Imager
ローバ(MINERVA-II)
Rovers
衝突装置 (SCI)
Small Carry-on Impactor
ターゲットマーカ（5基）
Target Markers (5)

はやぶさ2号の実際の大きさ



https://www.youtube.com/watch?v=KHir75B1Wo4&feature=youtu.be

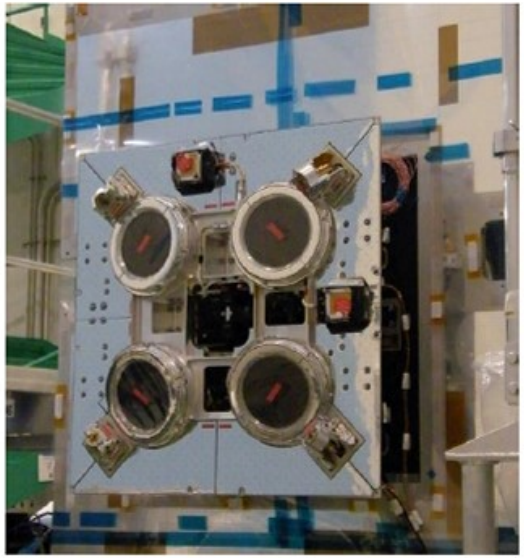
電気推進系（イオンエンジン）

- 名称：μ10
- キセノン※をプラズマ（イオン）にし、電圧をかけて加速して噴射する。
- イオンの生成には、マイクロ波放電方式を用いている。
- 4台搭載し、最大で3台の同時運転を行うことで、最大で28mNの推力を発生する。
- キセノンは約60kg搭載し、合計で2km/s程度の加速を行う。
- 地球から小惑星また小惑星から地球へのクルージング時の軌道変更に使われる。

※キセノンを使う理由

- 単原子分子であるために2原子以上からなる気体よりも電離電圧が小さい。そのため加えたエネルギーが加速に使われる割合が多くなる。
- 他の物質と反応しにくい。
- 質量（原子量）が大きいので、加速の効率がよい。

フライトモデルの真空チェンバ内での噴射試験の様子



はやぶさ2イオンエンジン

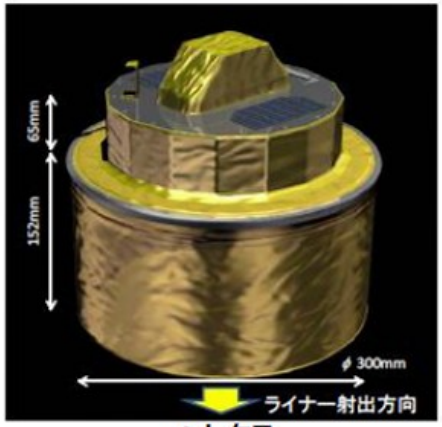
(© JAXA)

イオンエンジンによる推進

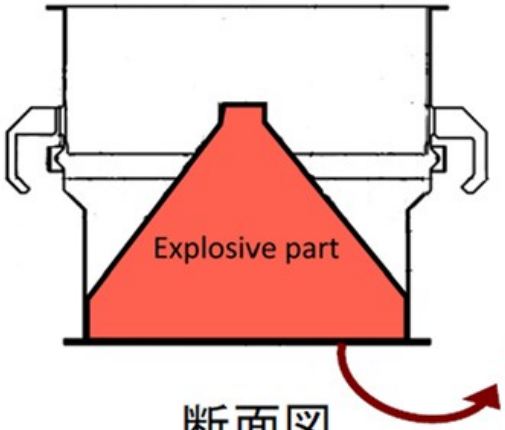
地下物質の採取方法

- 「衝突装置」で人工的にクレーターを形成する新たな機能の搭載を検討しています。
- 人工的に作ることができるクレーターは直径が数メートル程度の小さいものと予想されていますが、衝突により露出した表面からサンプルを採取することで、宇宙風化や熱などの影響をあまり受けていない、新鮮な地下物質の調査が出来ると期待されています。

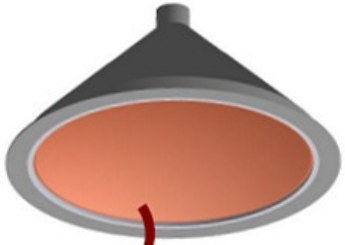
衝突装置：構造



外観



断面図

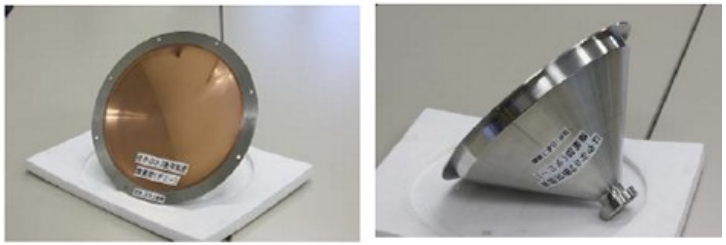


銅板

爆薬部

金属ライナを加速する部分（金属ケースに爆薬が充填されている）

- 形状: 円錐形(直径265mm)
- ライナ(衝突体となる部分): 純銅
- 爆薬: HMX系PBX(Plastic bonded explosive)
- 質量: 約9.5kg (爆薬: 4.7kg, ライナ: 2.5kg)
- ライナ厚み: 約5mm



試作品

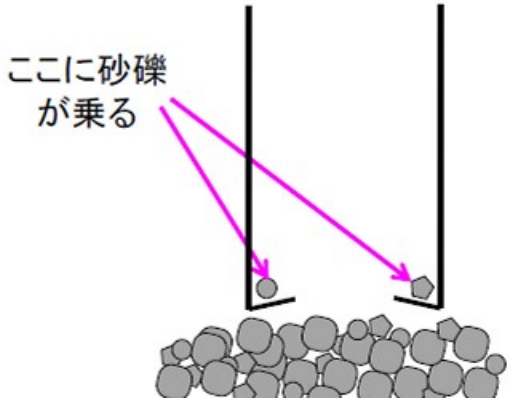
(© JAXA)

サンプリング装置（SMP）

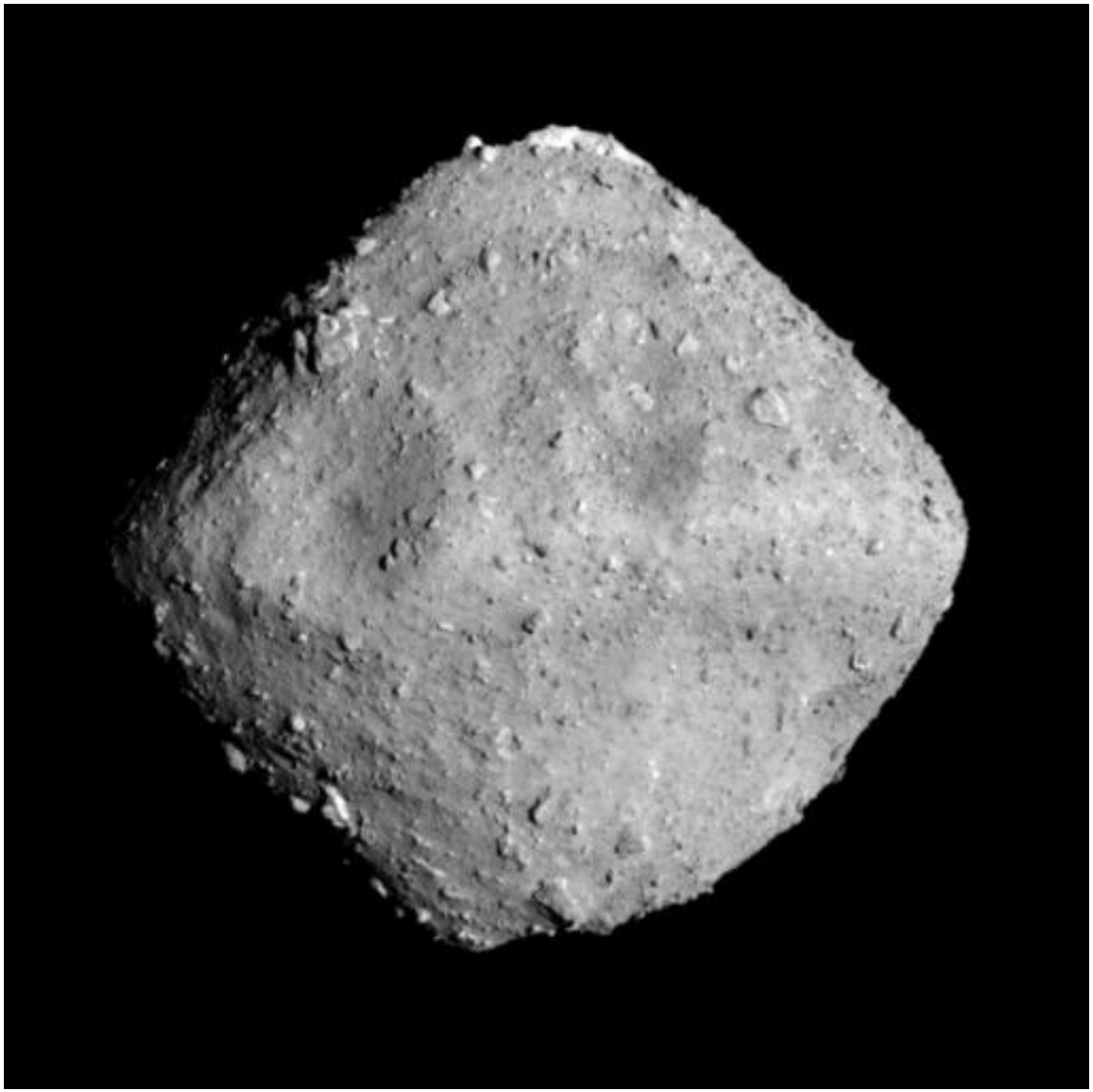
- 小惑星表面から試料を採取する装置
- 基本設計は「はやぶさ」と同じで、筒状のホーン部先端が小惑星表面に触った瞬間にホーン内部で小さな弾丸を撃ち出し、表面から射出した試料がホーン上部に昇っていき格納庫（キャッチャ）に入る仕組み。
- 「はやぶさ2」ではシール性能を上げ、揮発性のガスも密閉して持ち帰れるようメタルシール方式を新たに開発し搭載している。希ガスも採取することができる。
- 試料を格納するキャッチャは「はやぶさ」の2部屋から増やし3部屋に改良。
- 「はやぶさ2」では、さらに、下の図に示すように、ホーンの先端に小さな折り返し部品をつける改良をしている。この折り返しの上に砂礫を引っ掛け（1～5mm程度の砂礫が乗る形状）、探査機が上昇中に急停止をすると砂礫はそのまま上昇を続けキャッチャに入る仕組みである。これは弾丸による試料採取のバックアップとなる。

サンプラホーン

ISASニュース写真



(© JAXA)



2018年6月26日、12:50（日本時間）頃の撮影。

画像クレジット※：JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研

You tube 上での はやぶさ2号に関する動画

はやぶさ2が、リュウグーに到着のニュース

https://www.youtube.com/watch?v=_auOhgXLZp8

太陽系と生命の起源の謎を探る！ 小惑星探査機「はやぶさ2」

https://www.youtube.com/watch?v=GZcLdvm_6lA

JAXA 12分

6月27日午前9時35分に小惑星「リュウグウ」の上空約20kmの
ホームポジションへ無事到着

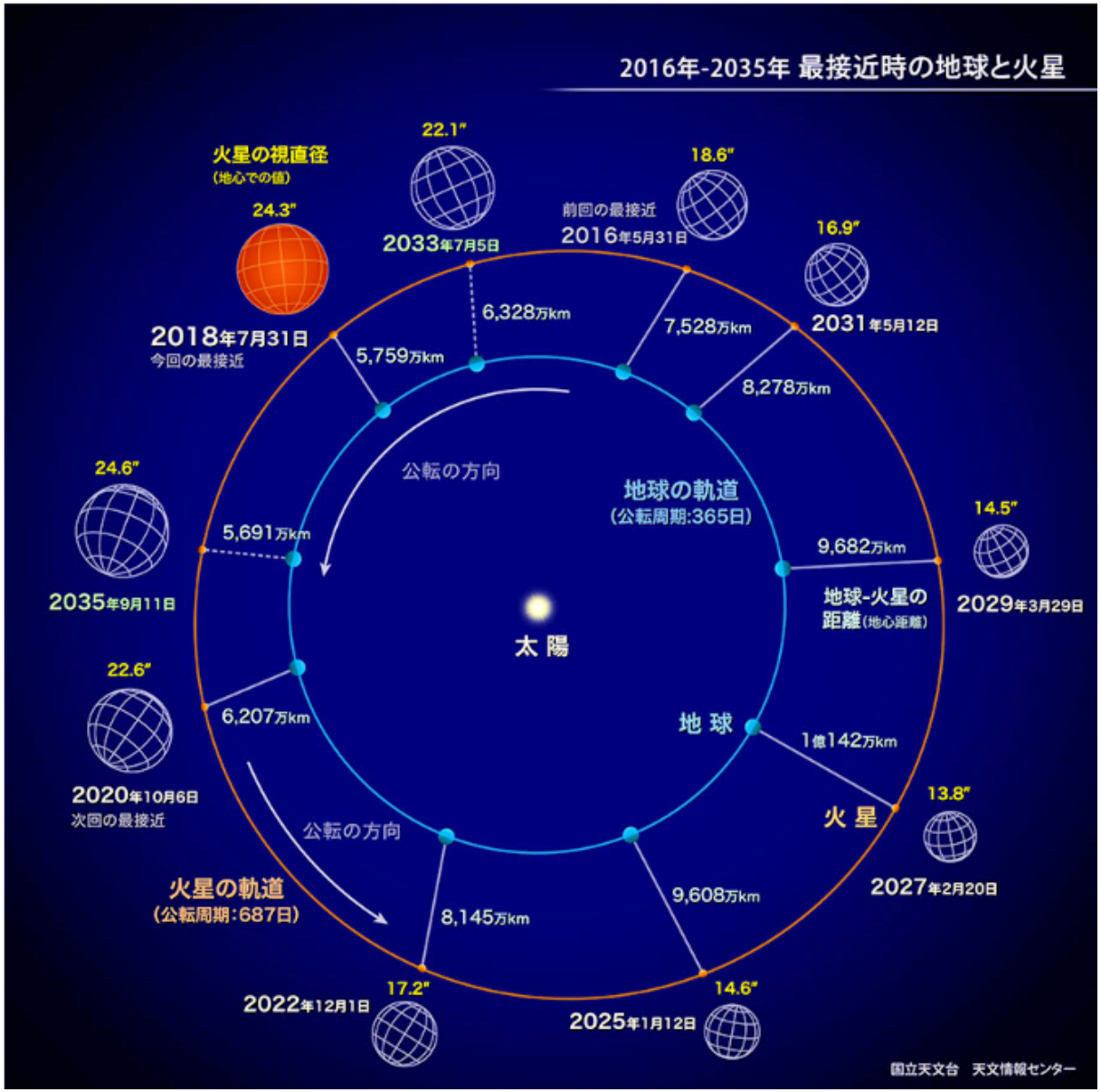
https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/10002_hayabusa2

火星はどんなところ？

出典:
TEXT BY ROBBIE GONZALEZ
EDITED BY CHIHIRO OKA

PHOTOGRAPH COURTESY OF NASA/JPL
UNIVERSITY OF ARIZONA/USGS/

火星が地球に最接近（2018年7月）



地球は円軌道
１年は　３６５日

火星は楕円軌道
一年は　687日

会合周期は
約780日である。

接近するときの
距離は、
同じではない。

今年は、大接近の年

最接近する火星の地上からの観測

2018年7月31日、約2年2か月ぶりに火星と地球が最接近します。
約5760万kmまで近づき、１５年ぶりの大接近となります。
この前後、夏から秋にかけては、天体望遠鏡で表面の模様を観察する好機です。

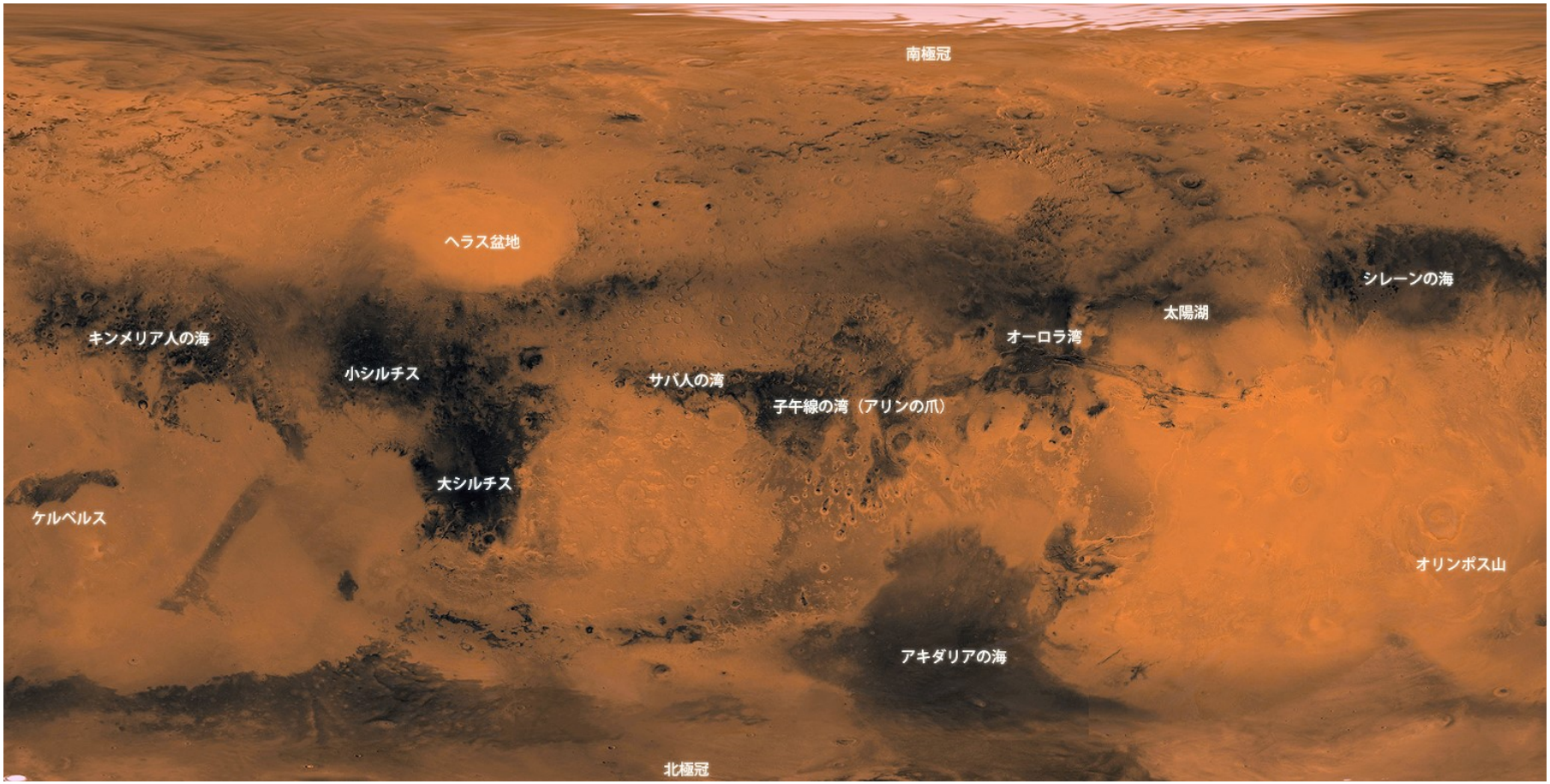
肉眼では2019年の初めごろまで明るく見えます。
火星がいて座、やぎ座、みずがめ座と星座の中を動いていく様子は、いかにも惑星らしく面白い光景です。月や他の惑星との接近も楽しみです。

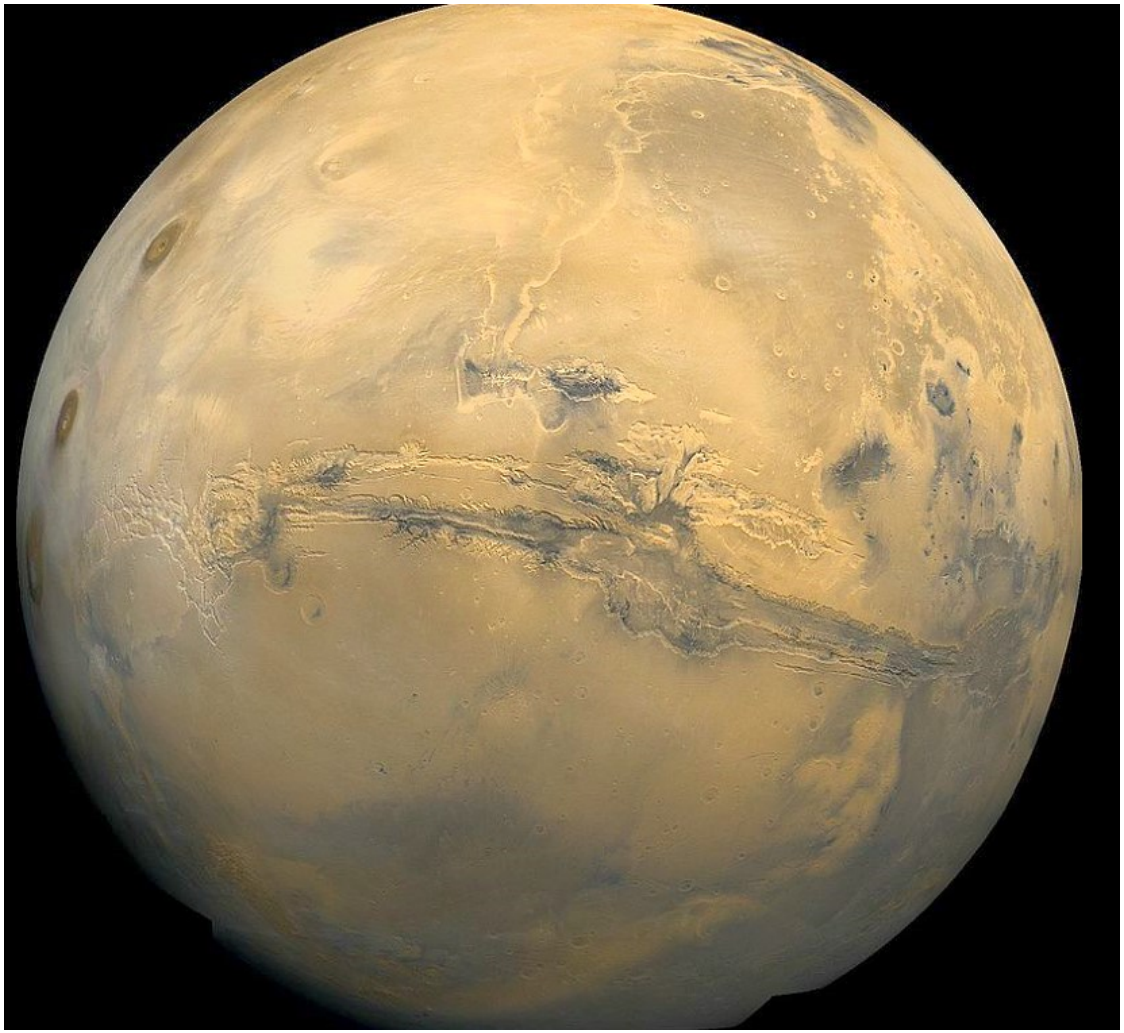
夜空で火星が見える位置は、下記の通りです

年7月中旬 23時の空(東京)。月初は0時ごろ、月末は22時ごろに同じような見え方になる。火星は5、15、25日の位置、土星は15日の位置を表示(月の表示は省略する)。画像クリックで表示拡大(ステラータで星図作成、以下同)。

上にもどる

天体望遠鏡で見える火星の表面

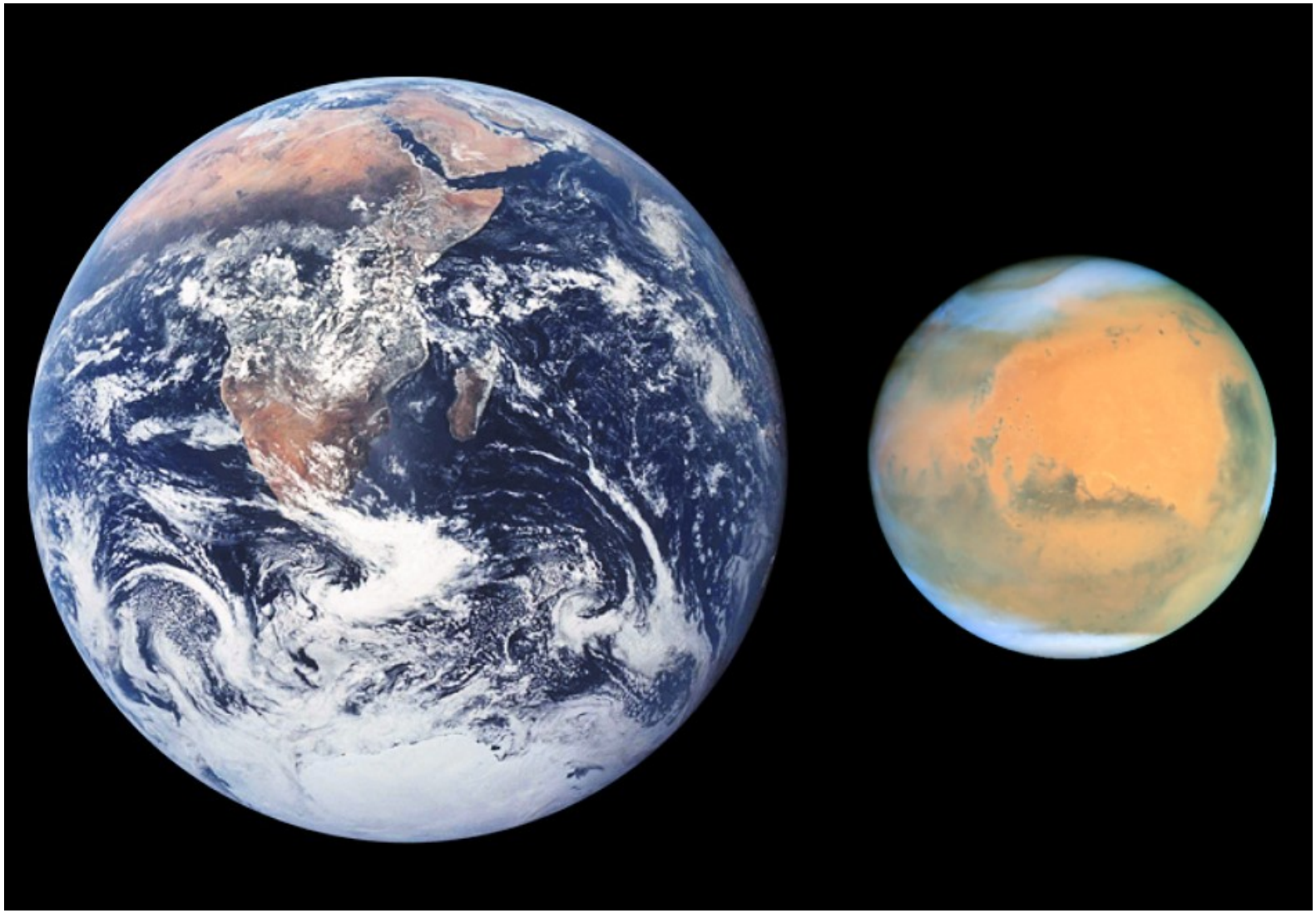




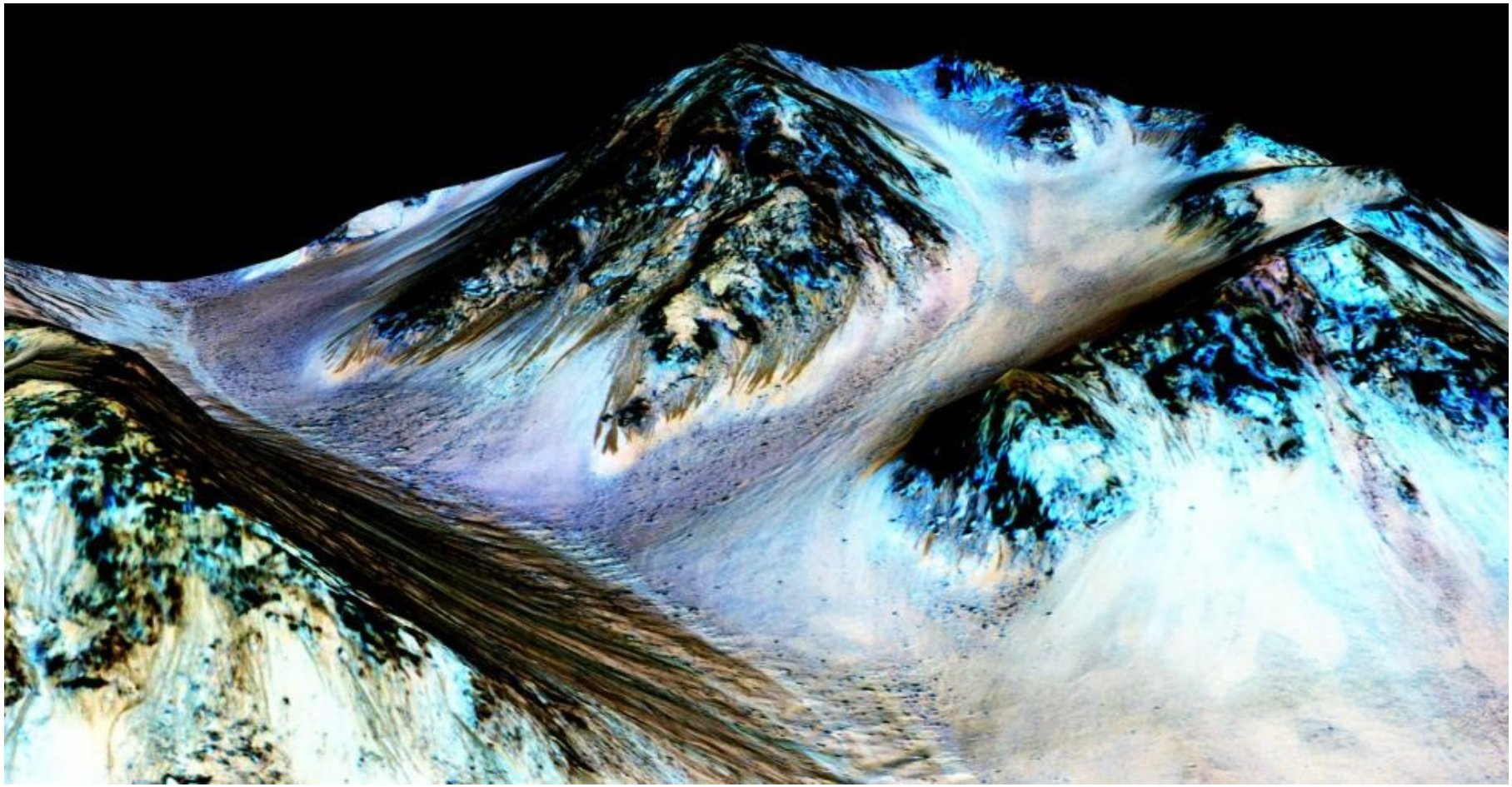
火星の写真

大きさの比較

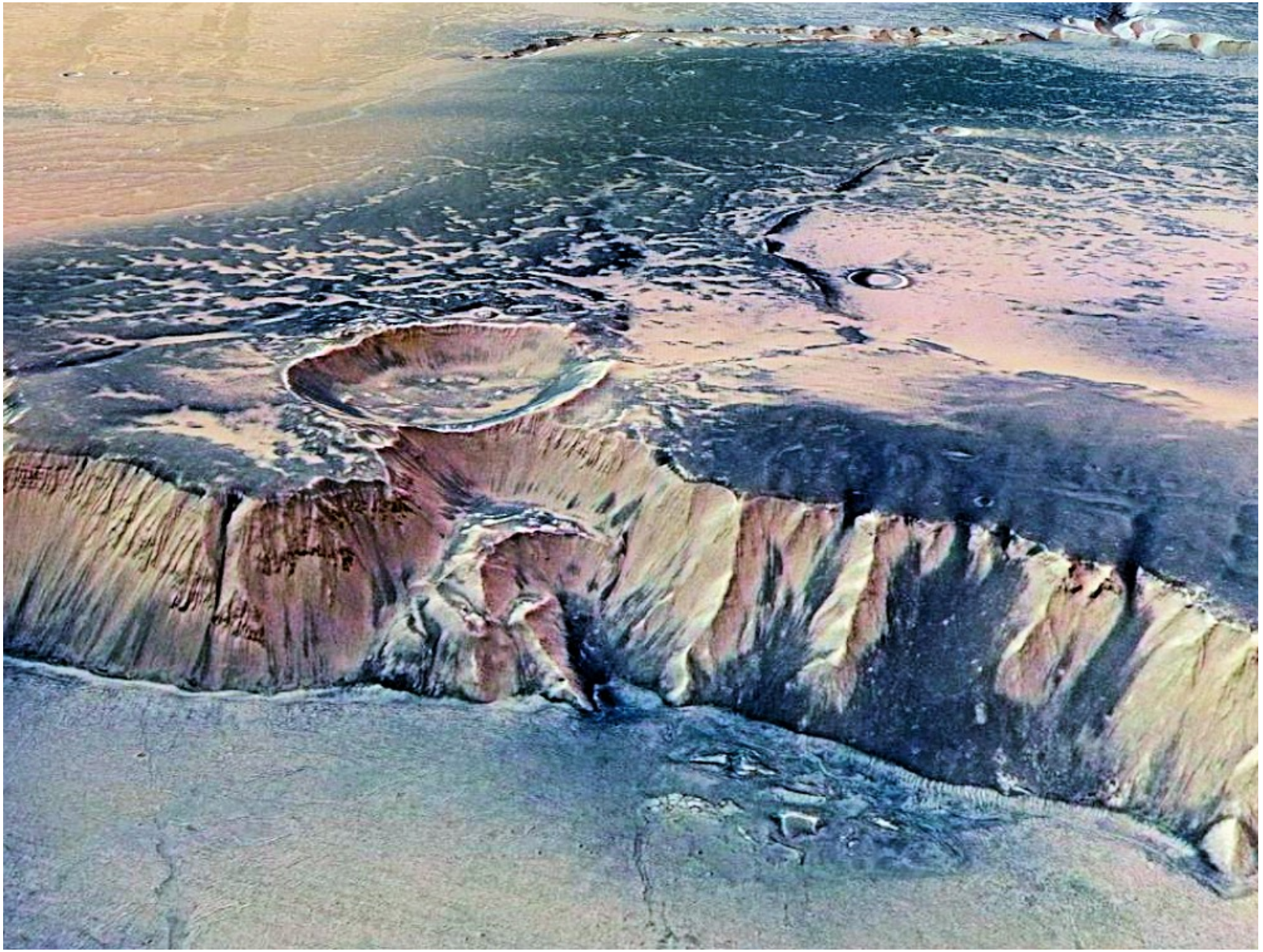
青い地球　赤い火星



項目	地球	火星
軸の方傾き	23．44度	25．19度
引力	１	38%
年	365日	686日
1日	23時間56分	24時時間37分
太陽光	1	44%
気圧	１０１３ｍｂ	７．６ｍｂ
大気	窒素;78% 水;0.4%	炭酸ガス;95% 窒素;2．7%
温度	平均15度Ｃ	平均（マイナス）－55度C
赤道半径	６３７８ｋｍ	３３９６ｋｍ
体積	1	2／13（約15%）
重力	1	19／50（約38%）
衛星	月（半径1823km）	フォブス（半径10km） ダイモス（半径7km）



火星に水（塩水）の流れを発見；ヘイルクレーター　左の黒い斜面が流れの跡 、
蛍光青色のものは、輝石で火星の一般的な鉱物



エチャス　チャズマ　4000mの高度のある崖

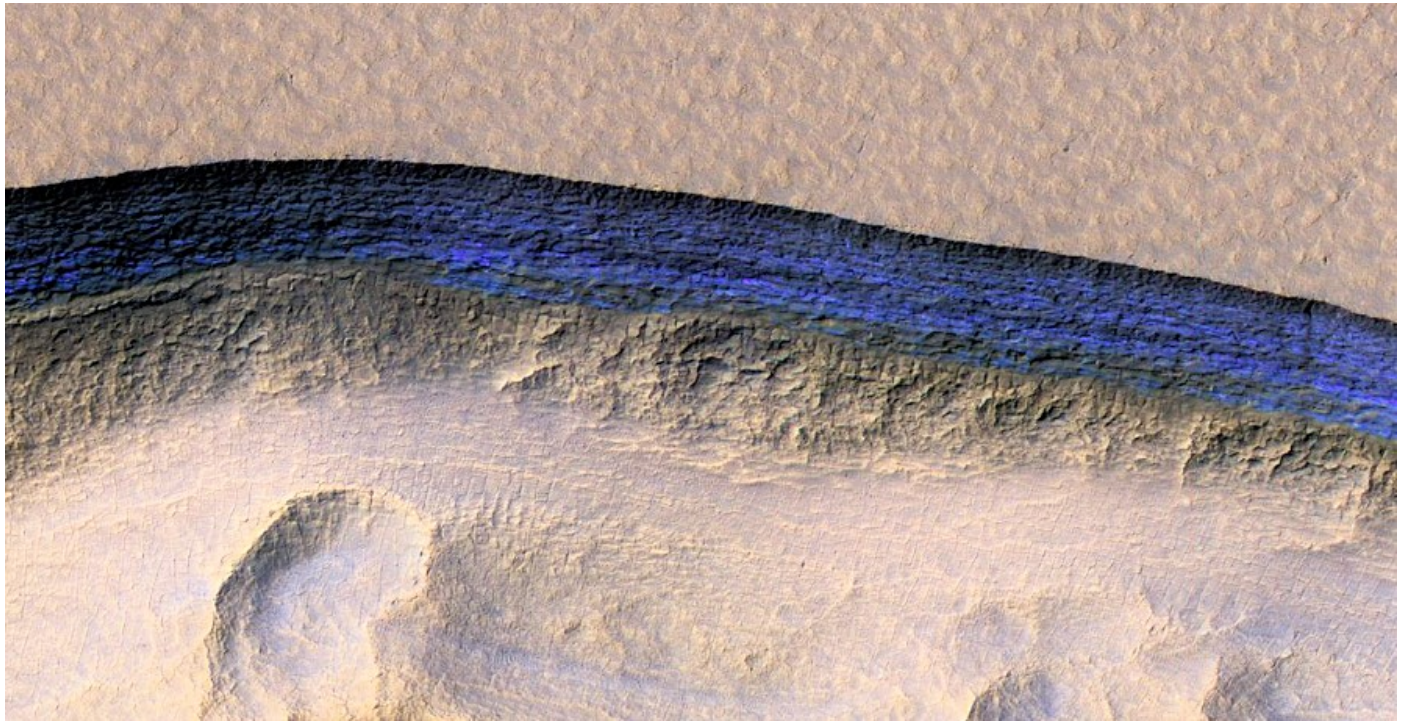
マウント　シャープの麓

キンバレーからキュリオシテイが撮影、（堆積物）石層がシャープ山に向かって、低くなっている状況は、山の形成の前に大きな凹みのあったことを示す。

この"Marias Pass"地域で、好奇心は「バックスキン」と呼ばれる岩目標サンプルにそのドリルを使用し、その後自画像を撮影するためのロボット・アームにカメラを使用し、劇的に低いアングルから新しいキュリオシテイを数枚撮影した。

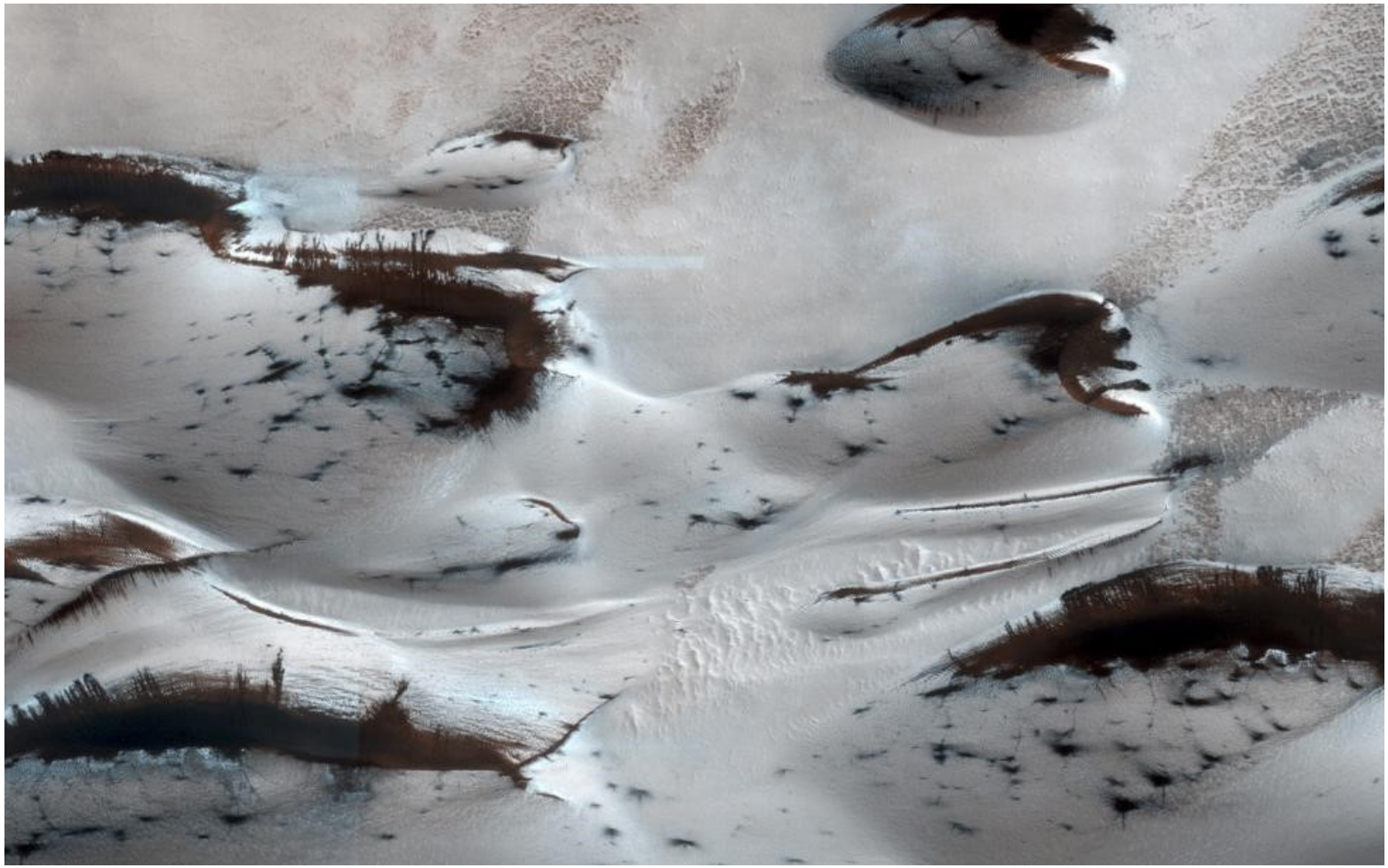
火星の着陸の 3 周年に近づいている、NASA のキュリオシテイは、シリカの驚くほど高いレベルの岩を発見しました。シリカは、造岩複合シリコンと酸素、水晶として地球でよく見られます。 興味深いので、調査を進めます。

この地域は、低い シャープ山の「マリアス峠」近の下り坂で、地質学的に露出領域からある地域です



火星の表面を撮影した写真を画像処理したもの。濃い青色の部分が氷である。
侵食によって生じた急勾配の大きな斜面に氷の層が露出している地点8カ所を調査の結果、その量だけでなく、採掘が可能であるという事実が明らかになった。

氷床は地下1m辺りから見られ、最大で地下100m以上の深さまで広がる。氷の推定埋蔵量は不明だが、地表近くに存在する氷は実際に露出している面積よりさらに広範囲に及ぶと推測している。また、氷には不純物などは混じっていないように見えるという。



北部にある標準的な砂漠　二酸化炭素の氷

火星：地球と違い、大気がなくなった訳は（27.11.7）

かつて地球と同じように火星を包んでいた大気がほとんどなくなったのは、太陽風と呼ばれる太陽からの粒子の流れが大気をはぎ取ったためとみられると、米航空宇宙局（NASA）が6日発表した。

火星上空を周回する探査機メイブンで観測した結果、太陽風が吹き付けた反対側などで、毎秒100グラムの大気が宇宙空間に吹き飛ばされていることを確認した。長期間では大量の大気が失われることになる。

同じ太陽風は地球にも吹いているが、NASAの研究者は「地球は磁石のような磁場を持っていて、太陽熱の影響が抑えられ、これが大気を守った」と話す。地球の核では熱と高圧で溶けた鉄が対流し、磁場を発生させているが、サイズの小さい火星は、こうした対流が早くに冷えて固まってしまったと考えられている。

火星はこれまでの観測で、かつては厚い大気の層があり、暖かく、水が循環して川や海があったとみられる。現在は主に二酸化炭素の大気が薄く存在しているだけだという。（共同）

北極のドライアイスの季節変化

火星移住計画 検索 ＋条件指定

約252,000件

検索ツール

火星移住計画 理由　火星移住計画 問題点　火星移住計画 都市伝説
で検索

イーロン・マスクの「火星移住計画」はどれくらい現実的か…
wired.jp/2017/08/15/elon-musk-mars-possibility/ - キャッシュ
2017年8月15日 - イーロン・マスクは真剣に火星への移住を実現させようとしている。マスクの計画の実現可能性と、それに伴う課題とは何か。移住はいつ達成できる.

【火星移住】スペースXが目指す、火星の地下コロニー建…
www.newsweekjapan.jp/stories/world/.../post-10602.ph... - キャッシュ
1日前 - 人類の火星移住計画に立ちふさがる大問題——宇宙放射線が降り注ぐ火星では地下に住むのが最も望ましい>. イーロン・マスクは、人口爆発や気候変動、人工知能(AI)の進化など地球規模の脅威を常に真剣に受け止めている起業家。

火星の植民 - Wikipedia
ja.wikipedia.org/wiki/火星の植民 - キャッシュ
火星の植民(かせいのしょくみん)とは、宇宙移民構想の1つであり、ヒトが火星へと移住し、火星の環境の中で生活基盤を形成することである。かねてより ..... 関連項目[編集]. テラフォーミング · スペースコロニー · 火星探査 · 火星探査機 · 火星協会 · 火星の旗 · マーズ・ダイレクト · マーズワン - 2025年の火星移住を計画しているオランダの民間団体。
地球との類似点 - 居住適性 - 放射線 - 植民候補地

火星移住は出来るのか？まずは24人の片道切符を用意…
世界の不思議.net/872.html - キャッシュ
火星移住計画の実現に向けて. ・地球と火星の類似点・同じく
後の動き. というポイントで見てまいりました。ううん、現状だ
と難問が山積みという感じを受けてしまいますね。
火星移住計画の詳細 - 火星移住の課題とは？ - 火星に住む

火星移住計画に関する
インターネットの記事は、
たくさんでている。

アメリカで、長時間外界と
連絡を絶った生活の模擬訓練が
行われている。

衝撃 火星移住計画NASA　人類は火星に移住する。
https://www.youtube.com/watch?v=w4pviO-l-GU

このほど『WIRED』イタリア版は、火星移住計画を検証した。

1. 移住先としての火星（なぜ火星を目指すのか）

人類がずっと地球に留まり、わたしたちの絶滅とともに終わりを迎える。
火星は、人類が移住できる可能性のある太陽系唯一の惑星である。
月はこの目的には適さない。水を含有しておらず、重力が小さすぎる。
これに対して、火星には水がある。遠すぎないし、地球の3分の1に相当する重力がある。

2. 離着陸技術

エネルギーも、火星では問題とならないだろう。この惑星上に小型原子力発電所を建設したり、ソーラーパネルにより太陽エネルギーを集めることは可能だ。

しかし問題は、完全に自動で宇宙船を火星から離陸させることを、人類はまだ試したことがないことだ。火星の薄い大気は、安全な着陸を困難にする。

3. 通信システム

そして太陽が火星と地球の間に位置するときは、あらゆる通信が不可能になってしまう。これが問題。

4. 放射線

人体に害を与える放射線を防御する方法を見つけ無ければならない。
火星には放射線を防御できる磁場がありません。住人たちを守る、局所的な防壁が必要。

5. ロケットの設計

どのような燃料を使うか、どのように燃料を現地生産するか。
エンジンや推進ロケット、宇宙船の選択、リサイクルと拡張性が考慮される。
提案されている推進ロケットは、わずか3カ月で火星に到着するでしょう。

6. 時間

見通しによると、これから2019年までに、乗組員の選別と訓練、推進装置やシステムの開発が終わる。

宇宙船と推進ロケットは2019～2023年にかけてテストされるはずだ。
その後、本当の打ち上げが始まるかもしれない。
最初は乗組員なしだ。そしてすべてが予定通りに進めば、乗組員を火星行きの宇宙船に乗せることを考え始めるだろう。

だが人を火星に送るのは、早くても2030年代前半になりそうだ。移民地を建設するには、まだまだ多くの時間を待たなければならない

第25回　2018/7/18（水）
やさしい科学の話

宇宙のロマン

はやぶさ2号が行く小惑星リューグウとは？

火星はどんなところ？

終り

吉岡　芳夫

JAXA発行の「はやぶさ2号情報　小惑星到着直前版」から抜粋しています。