



Tokyo Tech



千葉工業大学  
CHIBA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

2020年1月14日

報道機関各位

東京工業大学

千葉工業大学

## 小天体衝突による火星から衛星への物質輸送、 従来見積もりの10倍以上

ー火星衛星サンプルリターンで火星の全歴史の解明が可能ー

### 【要点】

- 火星上で起きた小天体の衝突によって、火星表層物質が吹き飛ばされ、その一部が火星衛星フォボスに降り積もっている。
- 最新の数値計算によって、フォボスには従来の見積もりの10～100倍の火星表層物質が混入していることが明らかになった。
- 日本が進める火星衛星サンプルリターン計画では、火星の全歴史が解読可能なサンプルを、欧米による火星本体の探査に先行して手に入れられる可能性がある。

### 【概要】

東京工業大学 地球生命研究所（以下、ELSI）の兵頭龍樹研究員（現：国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA）宇宙科学研究所 国際トップヤングフェロー）と玄田英典准教授、千葉工業大学 惑星探査研究センターの黒澤耕介上席研究員、JAXA 宇宙科学研究所の臼井寛裕教授（ELSI アフィリエイトサイエンティスト）と藤田和央教授は共同で、火星衛星の表土に含まれる火星由来の物質の量と質に関する理論研究を実施しました。火星本体で実際に過去に起こった複数回の隕石衝突について数値計算を実施したところ、火星衛星フォボスには、火星表層物質が従来の見積もり<sup>【参考文献】</sup>の10～100倍程度降り積もっていることがわかりました。さらにその表土には、火星の全領域かつ全時代からの物質が混入していることが明らかになりました。この研究成果により、JAXA が計画している火星衛星探査計画で採取される火星衛星サンプルは、全火星史解読の鍵という、質の面での新たな科学的価値を持つこととなります。

研究成果は、2019年12月27日付けのネイチャー・リサーチ社の査読付き国際学術誌「*Scientific Reports*」電子版に掲載されました。

## ●背景

「生命を育む惑星の起源と進化を知ること」という重要な科学目標を追求するにあたり、生命を持つ地球と似た表層環境をかつて保持していた火星は重要な探査対象になります。NASA（米国）と ESA（欧州）は、「Mars2020」などの火星探査計画を協働して進めており、2030 年代初頭の火星サンプルの地球帰還を目指しています。一方、JAXA は、「はやぶさ 2」に続く次世代サンプルリターン計画として、火星衛星（フォボスとデイモス）を探査対象とした火星衛星探査計画 (Martian Moons eXploration: MMX) を進めています。MMX 計画では、2024 年の探査機打ち上げ、そして 2029 年の火星衛星サンプルの地球帰還を目指しています。火星の近くを回っている衛星フォボスの表土には、火星本体の表層物質が混入している可能性があります。それは、火星本体に小天体が衝突することによって、火星表層物質が吹き飛ばされ、その一部がフォボスまで到達し、降り積もるためです (図 1)。MMX 計画では火星衛星の表土を採取しますが、同時に、火星衛星に混入した火星表層物質も採取できる可能性があります。

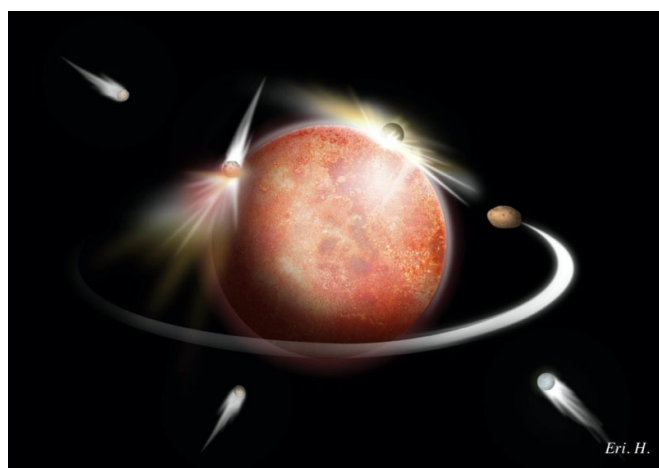


図 1. 火星における無数の小天体衝突と、破片のフォボスへの輸送過程のイメージ図。小天体衝突は、火星形成後から恒常的に、あらゆる方向から飛来する衝突天体により、火星全球で起こります。本研究では、火星史で起こった衝突の衝突過程の数値計算と、破片の軌道計算を詳細に行うことで、火星物質の火星衛星(フォボス)への輸送量を定量的に算出しました。

## ●研究成果

研究チームは、高解像度の衝突計算と破片の詳細な軌道計算を用いて、5 億年前<sup>(注1)</sup> から現在までの間に火星上に発生した小天体衝突による、火星からフォボスへの衝突破片の輸送過程を定量的に評価しました。具体的には、発生時期や規模が異なる、さまざまな種類的小天体衝突によってフォボスへ輸送される火星物質量をそれぞれ算出しました<sup>(注2)</sup> (図 2)。それらを合計した結果、従来考えられていたよりも 10 倍以上の量の火星表層物質がフォボスへ運ばれたことを示しま

した。さらに、火星のあらゆる場所で起こった小天体の衝突によって、火星の全球の表層物質がフォボスへ運ばれ、フォボスの表面に均質に混入することがわかりました。研究チームの見積もりでは、フォボスからサンプルを 10 g 採取した場合<sup>(注3)</sup>、その中に少なくとも 30 粒以上の火星粒子が含まれます。それに対して、火星上で現在知られている地質年代区分は 7 つです。したがって火星物質粒子が 30 粒以上あれば、火星上のすべての年代区分、つまり全時代の情報を含んだサンプルを手にする可能性が高いこととなります。これらの結果は、JAXA が計画している火星衛星探査に、質の面での新たな科学的価値をもたらすものです<sup>(注4)</sup>。

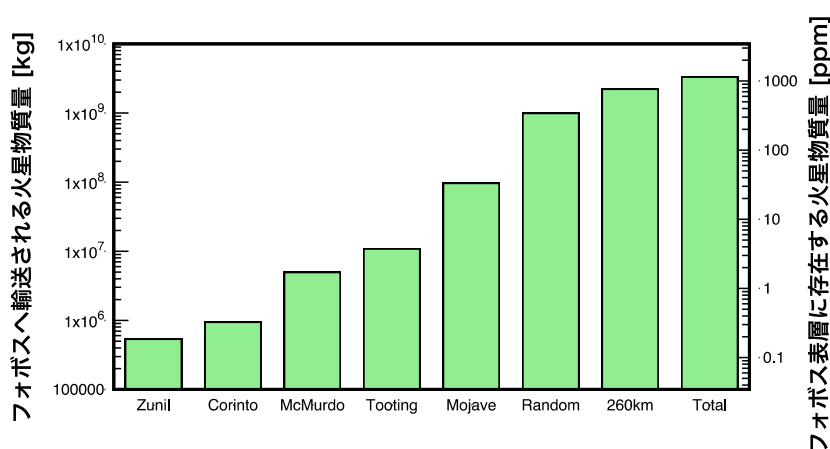


図 2. 本研究で算出した、過去の小天体衝突によってフォボスへ輸送される火星表層物質の量。「Zunil」、「Corinto」、「McMurdo」、「Tooting」、「Mojave」は、火星表面上に存在する直径 10 km 以上の新しいクレータ(10 万年以内)を作った衝突による輸送量。「Random」は、最近 5 億年間に直径 100 km 以下のクレータを作った無数の小天体衝突によって輸送される総量。「260 km」は、最近 5 億年間で少なくとも一度は起こると考えられる、直径 260 km のクレータを作る衝突による輸送量。「Total」は、これらの合計値。右の縦軸は、輸送された火星物質がフォボス表層 1 m に均質に混ざった場合の、火星物質の割合を示します。1 ppm は、100 万分の 1 の割合を表す単位です。

### ●今後の展開

現在、欧米や中国、インド等、各国が火星探査を計画しており、2020 年代には本格的な国際火星探査の時代に突入します。その中でも、NASA と ESA が主導する火星本体からのサンプルリターン計画では、2020 年に調査ローバー (Mars2020) が打ち上げられ、計画通り進めば、2026 年打ち上げのサンプル回収機により、2031 年に火星サンプルが地球に帰還します。このような火星サンプルリターン時代において、JAXA では MMX 計画で火星衛星からのサンプルリターンを計画し、2029 年のサンプル帰還を目指しています。

本研究の結果から、火星本体に行かずとも、火星衛星から火星表層物質を採取可能であることが明らかになりました。また、火星本体の探査では、ある特定の領域の詳細な調査およびサンプル回収ができますが、サンプル回収地域周辺の限られた地質と時代区分にしかアクセスできません。一方、火星衛星から採取される火星サンプルは、火星サンプルリターンに比べると少量ですが、火星史を包括的に理解できる多様な物質を含んでいると期待されます。

## ●研究支援

本研究は科学研究費助成事業 JP17H03486、JP17H01176、JP17H02990、JP17H01175、JP17K18812、JP17J01269、JP18HH04464、JP18K13600、JP19H00726、及び自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターの援助(AB301018)を受けて実施されました。

## 【参考文献】

- (1) Chappaz, L., Melosh, H. J., Vaquero, M. & Howell, K. C. Transfer of impact ejecta material from the surface of Mars to Phobos and Deimos. *Astrobiology* 13, 963- 980 (2013).
- (2) Ramsley, K. R. & Head, J. W. Mars impact ejecta in the regolith of Phobos: Bulk concentration and distribution. *Planetary and Space Science* 87, 115- 129 (2013).

## 【注釈】

- (1) フォボスの軌道は時間と共に火星に近づいています。5億年以上前にさかのぼると、フォボスの軌道は火星から大きく離れ、衝突破片がフォボスへ到達する量は大きく減少するため、この数値計算では最近5億年間のみを考えています。
- (2) デイモスに輸送される火星表層物質の量は、デイモスがフォボスよりも火星から離れた距離を公転しているため、フォボスに比べて約20倍小さくなります。
- (3) MMX計画では、10g以上のサンプル採取を目指しています (Kuramoto et al. 2019 EPSC)。
- (4) 今回の研究成果は、MMX計画の惑星保護分類に影響を与えません。仮に微生物が火星表層に存在していたとしても、衝突滅菌と放射滅菌によって死滅するため、MMX計画で地球に持ち帰る火星衛星サンプル中に生きた微生物が存在する確率は、従来の見積もり通り100万分の1以下になります。詳しくは、以下を参照してください。

[http://www.jaxa.jp/press/2019/09/20190906b\\_j.html](http://www.jaxa.jp/press/2019/09/20190906b_j.html)

### 【論文情報】

掲載誌 : *Scientific Reports*

論文タイトル : Transport of impact ejecta from Mars to its moons as a means to reveal Martian history

著者 : R. Hyodo, K. Kurosawa, H. Genda, T. Usui, K. Fujita

DOI : 10.1038/s41598-019-56139-x

### 【問い合わせ先】

東京工業大学 地球生命研究所 准教授

玄田英典

Email: genda@elsi.jp

TEL: 03-5734-2887

JAXA 宇宙科学研究所 国際トップヤングフェロー

兵頭龍樹

Email: hyodo@elsi.jp

TEL: 080-1296-8130

千葉工業大学 惑星探査研究センター 上席研究員

黒澤耕介

Email: kosuke.kurosawa@perc.it-chiba.ac.jp

TEL: 047-478-0320

### 【取材申し込み先】

東京工業大学 広報・社会連携本部 広報・地域連携部門

Email: media@jim.titech.ac.jp

TEL: 03-5734-2975 FAX: 03-5734-3661

千葉工業大学 入試広報課

Email: katsuma.ebine@p.chibakoudai.jp

TEL: 047-478-0222 FAX: 047-478-3344