

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PPS002-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:15-18:45

## 火星大気大循環モデルを用いた火星大気中へのダスト巻き上げに関する研究 The study of the dust lifting into the Martian atmosphere using Mars general circulation model

門脇 正尚<sup>1\*</sup>, 高橋 正明<sup>1</sup>

Masanao Kadowaki<sup>1\*</sup>, Masaaki Takahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 大気海洋研究所, 東大

<sup>1</sup> AORI, Univ. of Tokyo

Airborne dust plays an important role in the Martian climate system. Aerosol particles absorb and scatter the solar flux, and therefore, atmospheric temperature is strongly affected by temporal and spatial distributions of dust. The latter is supplied from the ground, and especially strong dust lifting occurs during so-called dust storms. Depending on the size and duration of the storms, they can be divided into three types: local, regional and global (planet-encircling). Numerous observations show that dust storms are generated mainly in the southern hemisphere every Martian year, although not every dust storm develops into global one. Implementation of the dust cycle in general circulation models (GCM) is highly important for simulations of the Martian climate system. Many existing Martian GCMs employ the observational data in order to evaluate the seasonal dust distributions in the atmosphere. We developed a dust lifting scheme, and implemented it into the GCM. The scheme accounts for dust particles lifting if the near-surface wind exceeds a certain threshold, their transport by the local wind, and sedimentation. The scheme is interactive in the sense that the simulated dust distributions affect radiative calculations, and thus, provide the feedback to the atmospheric wind and temperature. The scheme currently undergoes an extensive validation and sensitivity tests.

The simulated vertical flux of dust particles on the surface is seen that strong dust lifting occurs near 30S, in a good agreement with observations. Some patterns like global dust storm are simulated. In case of the strong dust lifting, opacities go up more than 0.3 for infrared wavelength. The southern summers of opacities are in good agreement with the observations comparatively. Otherwise the northern winter ones are much lower.

Keywords: Mars, dust storm, Mars general circulation model

## 火星の極域層状堆積物から見る気候変動 Climate history on Mars as seen from the polar layered deposits

秋里 恭太郎<sup>1</sup>, 岡野 章一<sup>1\*</sup>

Kyotaro Akisato<sup>1</sup>, Shoichi Okano<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東北大理 惑星プラズマ大気研究センター

<sup>1</sup> Plan. Plas. Atm. Res. Cen., Tohoku Univ.

近年の火星探査により、火星の極冠に氷とダストからなる層状堆積物が発見された。その層状構造の周期性は日射量変動と関連性があることが指摘されている。日射量変動は、気候変動を引き起こす最も重要な要素であることは良く知られている。地球の場合、このような関連性は、地球のグリーンランドや南極のアイスコアでも確認され、古気候を研究する際に過去の気候変動の指標として用いられる。火星でも同様のことが行えれば、火星の過去の気候変動を調べることが可能となる。火星北極では、過去の北極夏至日射量変動と北極域の崖の撮像データから見られる層状堆積物の放射輝度の鉛直方向変動に強い相関があることが報告された [Laskar et al., 2002]。また、火星南極でも同様の手法による研究が行われ、火星南極の夏至日射量変動と南極層状堆積物 (SPLD) の層状構造との関連性が北極同様に指摘されている [諸井 2008]。しかし、この解析例は広大な南極冠の内の一点しか行われていない上、評価の客観性に議論の余地が残る。そこで、本研究は火星南極に着目し、南極全域に渡る複数の地点について解析を行うことで、SPLD の層状構造と火星の日射量変動との関連性を検証し、火星の過去の気候を探ることを目的としている。

本研究では、Mars Reconnaissance Orbiter の High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE) による光学画像と Mars Global Surveyor の Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) による高度データを用いた。光学画像データは、2006年~2009年に取得されたものを用い、高度データは1999年~2001年に作成された高度地図を用いた。

本研究では、取得された層状堆積物の輝度変動と過去の日射量変動を二つの手法を用いて比較した。一つ目は、崖の頂上部の氷は近年に堆積したものであるという仮定を置き、両変動の波形を合わせるものである。二つ目は、両変動の周期を時間周波数解析することで比較するものである。これらの解析の際には、SPLD の層状構造の周期性を南北両極の日射量変動と比較した。

画像データを精査し、SPLD の分布と南極域の地形との関係性を調べた結果、SPLD は緯度経度に依らずに高度が急変する領域に多く見られることが確認された。そこで、異なる緯度帯や経度にある SPLD を選抜し、それぞれの SPLD の層状構造と南北両極の日射量変動との比較を行った。その結果、SPLD の層状構造の周期性は南極の日射量変動を反映していると考えられた。これは、地球の気候変動とは大きく異なる点である。さらに、高度情報も含めて考慮することで、SPLD の堆積率を見積もった。その結果、過去 100 万年間の平均堆積率は  $0.019 \sim 0.030$  cm/year と見積もられた。これは、南極の先行研究である諸井 [2008] から得られた堆積率  $0.022$  cm/year と近い値である。また、異なる緯度帯にある SPLD の 10 万年ごとの堆積率も求め、堆積率の年代ごとの変化を導出した。堆積率の年代ごとの変化は、異なる緯度帯のものでも同様の傾向を示した。これは、極冠の成長が南極冠全域で一様に進んできたためであると考えられる。また、南極の堆積率に対して、北極の先行研究である Laskar et al., [2002] では  $0.050$  cm/year、Milkovich and Head., [2005] では、 $0.060$  cm/year と見積もられており、堆積率のオーダーが一致していることが明らかになった。また、南極内での堆積率が北極に比べて小さい傾向であることから、現在の両極冠の厚さに堆積率が影響を与えてきた可能性が示唆された。

SPLD の層状構造は南極の日射量変動を反映していることや、SPLD の堆積率の年代変化は異なる緯度帯であっても同様の傾向を示したことから、SPLD が過去の火星の気候を知るための重要な指標であることが改めて確認された。今後、SPLD の堆積率と極冠の成長モデルとの比較を行うことで、より詳細に過去の気候を調べることができると考えられる。更なる研究により、南北両極の堆積率の差が、両極の地形的や気象的な差異から気候に与えられる影響を明らかにするための手がかりとなることが期待される。

キーワード: 火星, 南極, 層状堆積物, 気候, 極域, 日射量

Keywords: Mars, South pole, layered deposits, climate, polar, insolation

PPS002-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:15-18:45

## Equivalent-Pole-Reduction(EPR)法による火星磁場のマッピング Mapping of Mars crustal magnetic field using Equivalent-Pole-Reduction method

加藤 江莉奈<sup>1\*</sup>, 渋谷 秀敏<sup>1</sup>  
ERINA KATO<sup>1\*</sup>, Hidetoshi Shibuya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科

<sup>1</sup> Kumamoto University

現在の火星は、地球とは異なりグローバルな磁場を持っていない。しかし局地的に非常に強い地殻磁場を持っており、その強さは地球の地殻磁場よりもはるかに強い。火星の地殻磁場の起源についての議論を行うためには、詳細な磁場マップが必要である。

今回は、Toyoshima et al.(2008) が考案した Equivalent-Pole-Reduction(EPR)法を用いて、火星磁場の復元を行った。この手法は客観性を持つスキームであり、既に月において、異なる高度データからその地殻磁場を十分に再現している。使用するデータは1996年から2006年まで運用されていた Mars Global Surveyor の磁力計での観測データである。これまでの研究では全球のマッピングが主とされてきたが、本研究では細かく地域を選出した。選出した地域は過去の復元磁場から典型的な特徴を示した箇所、太陽系最大の火山 Olympus Mons を含む Tharisi Bulge、火星最大の渓谷 Valles Marineris、火星最大級の大きさを持つ Herras Planitia、最大の磁気異常の見られる Terra Cimeria 及び Terra Sirenum などである。

EPR法で復元した地殻磁場より定高度のマッピングを行い、各地域ごとに地形図と重ねることで、地形との比較を行った。その結果火星の磁場の起源の議論に関わる地形の特徴と地殻磁場との間の関係を、先行研究と比べて、より細かい範囲で見ることができた。

キーワード: 火星, 地殻磁場, Equivalent-Pole-Reduction 法, マーズグローバルサーベイヤー

Keywords: Mars, crustal magnetic field, Equivalent-Pole-Reduction method, Mars Global Surveyor

## 津波数値解析と堆積学的手法による火星の古海洋とクレーター湖に関する研究 Numerical analysis of impact-induced tsunami and geological implications for paleo-ocean and paleo-crate lakes on Mars

飯嶋 耕崇<sup>1\*</sup>, 後藤 和久<sup>2</sup>, 箕浦 幸治<sup>1</sup>, 小松吾郎<sup>3</sup>, 今村文彦<sup>4</sup>

Yasutaka Iijima<sup>1\*</sup>, Kazuhisa Goto<sup>2</sup>, Koji Minoura<sup>1</sup>, Goro Komatsu<sup>3</sup>, Fumihiko Imamura<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東北大・理・地学, <sup>2</sup> 千葉工業大学 惑星探査研究センター, <sup>3</sup> ダヌンツィオ大学, <sup>4</sup> 東北大・災害制御研究センター

<sup>1</sup>Geo-Environmental Sci., Tohoku Univ., <sup>2</sup>PERC, Chiba Institute of Technology, <sup>3</sup>IRSPS, Univ. G.d'Annunzio, <sup>4</sup>DCRC, Tohoku Univ.

火星にかつて海洋が存在した可能性は、1980年代から指摘されている (Brandenburg et al. 1987)。特に、古海岸線らしき地形はいくつか提唱されているが (Head et al. 1999)、十分な地形・堆積学的証拠が見つかっておらず、議論が続いている。その一方で、クレーター湖が存在した可能性はかなり高かったと考えられており (Fassett et al. 2007)、過去の一時期に水が豊富に存在した時期があったと考えられる。

古海洋やクレーター湖に隕石が衝突したとすれば、巨大津波が発生し、海岸・湖岸線に地形・堆積学的痕跡を残した可能性が考えられる。火星では、潮汐やテクトニックな作用が弱いため、巨大津波による痕跡が今も残存している可能性がある。そこで本研究では、火星の古海洋・古クレーター湖を対象として、隕石衝突による津波の数値計算を行い、海岸・湖岸付近での津波挙動について調べた。さらに、海岸・湖岸線付近の衛星画像を解析し、隕石衝突による津波の痕跡の有無について調べた。

本研究ではまず、隕石衝突による津波の挙動を、浅水理論に基づいた断面1次元計算によって解析した。Matsui et al. (2002)によれば、隕石衝突による津波は3種類考えられる。本研究では、海岸・湖岸線周辺の地形に与える影響が大きいと考えられる、リムウェーブおよびクレーターへの海水流入・流出にともなう津波の2種類について、クレーターの直径と津波の規模との関係を調べた。その結果、クレーター直径と津波規模とが正比例関係にあること、重力の違いにより、火星における津波の規模のほうが地球より約1.5倍大きくなることなどが明らかになった。

次に、火星上の実クレーター地形を利用し、古クレーター湖を想定した平面2次元計算を行った。その結果、津波が湖岸線を超え、クレーターのリムを越波する際に、地形・地質学的な痕跡が残される可能性があることがわかった。

## 火星の Central Elysium Planitia で見られるコーン状地形について Rootless Cone? Pingo? or Mud Volcano? in Central Elysium Planitia, Mars

野口 里奈<sup>1\*</sup>, 栗田 敬<sup>1</sup>  
Rina Noguchi<sup>1\*</sup>, Kei Kurita<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所  
<sup>1</sup>ERI, the University of Tokyo

Central Elysium Planitia (CEP) on Mars is famous for having very smooth vast plains, which seem to be composed of material emanated from Cerberus Fossae. The nature of this material has been in long-standing dispute. Here we can find very young aged (10 Ma or less) lava flows have been identified (Hartmann et al., 2000, Vaucher et al., 2009) while aqueous floods also have been identified to emanate from Cerberus Fossae (Burr et al., 2002). If most of landscape in this area are lava flow origin, then this young volcanism is distinct from those at Tharsis Montes in many points and we consider it should be a key to understand present-day thermal state of Mars. If they are mostly aqueous flood origin high temperature lava is not necessary, which suggests different thermal state in the present mantle. In this respect geological interpretation of CEP is critical but still in debate even though high resolution images have been available. In this presentation we present a new interpretation for the formation of distinct "double cone structure" along magmatic origin.

In CEP, pervasive existence of cone-like morphological features (CLF) have been revealed by high resolution images. Until now three different interpretations are proposed for the origin of CLF: rootless cone (Fagents et al., 2002), pingo (Page, 2006) and mud volcano (Kangi, 2007). Rootless cones are product of phreatomagmatic eruption, which are located on lava flows that have moved over a substrate containing ice/water at the surface or subsurface. Pingo is a periglacial morphology, which is formed by upthrust of underground ice. Mud volcano is formed by effusion of mud by over-pressurization. Since the first interpretation is consistent with lava flow origin and the latter two support aqueous flood origin, CLF is a key morphology.

Some of CLF are known to have peculiar morphology. They have double cone structure (Double Cone Feature, DCF). From outside to center there exist 4 concentric features. Inside caldera-like depression surrounded by low rise rim main cone stands. At the top of the cone vent-like depression exists. In side depression another small cone rises. At the top of this cone a small pit exists. We focus on this morphology and investigate its spatial distribution and measure morphological parameters such as diameters and height by using HiRISE high resolution images. As for the estimate of height footprint of MOLA is so sparse compared to the size of DCF (mostly less than 200 m) photogrammetry is adapted. As for the distribution DCF is preferentially clustered in the area closer to Cerberus Fossae than normal CLF (single cone like feature). This indicates multiple passage of hot lava flows by using the same route. This may give rise to successive eruptions and later event should be smaller in magnitude because of exhaustion of water. Double cone structure is thus consistent with rootless cone activity while it is difficult to form by pingo/mud volcano.

キーワード: 火星, 火成活動, コーン

Keywords: Mars, Magmatism, Central Elysium Planitia, rootless cone, magma/ice interaction

PPS002-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 16:15-18:45

## 傾斜/粗度データを用いた火星表面の高解像度解析 High resolution characterization of martian surface in terms of slope/roughness

樋口 澄人<sup>1\*</sup>, 栗田 敬<sup>1</sup>  
Sumito Higuchi<sup>1\*</sup>, Kei Kurita<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute

By recent observations by high resolution images about martian surface various types of the surface are known to be systematically correlated with latitude, which is called as latitude-dependent morphology. They are interpreted as products of climatic control which is induced by variation of the obliquity. The basic type is mantling of dust-ice mixture which has smoother surface than the original surface of mostly aeolian erosion control.

In this presentation we report high resolution estimates of surface roughness/slopes corresponding to various types of latitude-dependent morphology with intention to provide data for future rover exploration. The basic method is photoclinometry applied to HiRISE data to estimate m-scale roughness. Kirk et al (JGR 113,2008) have already conducted m-scale topographic mapping for the survey of Phoenix landing site. Our aim is to construct basic data base for roughness/slope statistics of m-scale of typical surface types. Since the coverage of HiRISE image is limited we measured roughness by MOC and THEMIS-VIS data at coarser length scales. We combined fine scale (m-length scale) roughness spectrum and coarse scale (10-20 m) spectrum to a consistent spectrum. In combination to conventional photoclinometry approach we used thermal infrared images to estimate roughness. Bandfield et al (Icarus 193,2008) reported thermal infrared response of the surface irradiated by insolation is controlled by local roughness and a possibility to estimate subpixel scale roughness. We followed this approach.

We selected several test fields where four different types of images (HiRISE, MOC, THEMIS-VIS and THEMIS-IR) are available on the same target. They are west of Scaparelli crater, Amazonis Planitia and Eastern part of Utopia Planitia.

## 火星外気圏 DSMC モデルの開発

### Development of the Martian upper thermosphere and exosphere DSMC model

寺田 香織<sup>1\*</sup>, 藤原 均<sup>1</sup>, 陣 英克<sup>2</sup>, 寺田 直樹<sup>1</sup>

Kaori Terada<sup>1\*</sup>, Hitoshi Fujiwara<sup>1</sup>, Hidekatsu Jin<sup>2</sup>, Naoki Terada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup>Dept. Geophys., Tohoku Univ., <sup>2</sup>NICT

我々は、DSMC ( Direct Simulation Monte Carlo ) 法による火星熱圏上部・外気圏の3次元モデルの開発を行っている。従来の外気圏のモデリングでは、Chamberlain モデルが用いられてきた。Chamberlain モデルは、クヌーゼン数 ( $\lambda/H$ )  $\sim 1$  となる exobase における速度分布関数を境界条件として、exobase 上空では無衝突、exobase におけるパラメータは一樣、外圏は球対称であるとする仮定の下で、Liouville の定理に基づいて外気圏の密度を計算する。しかし、現実には exobase の上空約百 km は遷移領域であり、気体分子間の衝突を無視できない。また、exobase における大気密度・温度は非一樣であり、分子間の衝突が少ない外気圏中では exobase での直接の影響が遠方にまで伝達するため、後の2つの仮定も正しくない。

DSMC 法は、流体として扱える程衝突頻度が高くないが、気体分子間の衝突を無視することもできないような希薄気体 ( $0.01 < Kn < 10$ ) の解法として発展してきた、実際の気体を支配する物理法則に従ったサンプル粒子を用いる粒子シミュレーションである。得られる解は、格子幅  $\Delta x \rightarrow 0$ 、 $\Delta t \rightarrow 0$ 、サンプル粒子数  $N \rightarrow \infty$  の極限において Boltzmann 方程式の解に収束する。また、Boltzmann 方程式の直接的解法が苦手とする多原子分子気体や化学反応も容易に組み込むことが可能である。

我々は流体近似が破れる  $Kn > 0.01$  の領域、すなわち熱圏の上部と外気圏を thermal な成分を含めて DSMC 法で解くモデルの開発を行っている。近年、hot oxygen コロナを DSMC 法で解くモデルが開発されているが、主な衝突相手である thermal な成分も含めての DSMC モデルは、その膨大な計算コストが課題となり開発されていない。本発表では、初期結果を紹介する。