

火星地下氷の水素同位体比と厚さ：マルチリザーバーモデルからの制約 Hydrogen Isotope Ratio and Thickness of Martian Ground Ice: Implication from Multi-Water-Reservoir Model

黒川 宏之^{1*}; 臼井 寛裕²; 出村 裕英³; 佐藤 雅彦⁴

KUROKAWA, Hiroyuki^{1*}; USUI, Tomohiro²; DEMURA, Hirohide³; SATO, Masahiko⁴

¹名古屋大学, ²東京工業大学, ³会津大学, ⁴九州大学

¹Nagoya University, ²Tokyo Institute of Technology, ³University of Aizu, ⁴Kyushu University

Martian surface ice is currently observed only as polar layered deposits (PLDs), whereas Mars Odyssey Gamma Ray Spectrometer (Boynton et al., 2002; Boynton et al., 2007) and Mars Express radar sounder observations (Mouginot et al., 2012) propose the presence of much larger amount of ground ice in the mid- to high-latitudes. The total volume of PLDs is 20-30 m in Global Equivalent Depth (Zuber et al., 1998; Plaut et al., 2007). Ground-ice region is expected to spread over a few tenths of percent of the total Martian surface, yet the thickness (i.e. volume) is poorly constrained (Mouginot et al., 2012).

The thickness of the ground ice is related to the evolution history of the Martian water reservoirs. After ancient oceans became extinct (~4Ga), the oceanic water would become "surface ice", which currently occur as PLDs, and "ground ice" which would extend from high latitude to mid- or low-latitude. Atmospheric escape of hydrogen and oxygen through the Martian history causes decrease of the amount of the ice. The signature of the evolution history is recorded by hydrogen isotope ratio (D/H). Martian atmosphere and soil have D/H ratio of ~6 (relative to SMOW) (Owen et al., 1988; Webster et al., 2013), which is higher than the Martian primitive D/H ratio of ~1.3 (Usui et al., 2012).

We constrain the hydrogen isotope ratio of surface ice and ground ice, and estimate the thickness of ground ice, using a multi-water-reservoir box model (see figure shown below). The model solves the evolution of water inventories and D/H ratio of atmosphere, surface ice, and ground ice during the ice age. Atmospheric escape and sublimation are considered as D/H fractionation processes. We adapt our model to the Martian ice age (4Ga to present). The initial D/H ratio is that of ancient ocean, which is informed by D/H data of the Martian meteorite ALH84001 formed at ~4.1Ga (Lapen et al., 2010): D/H = 2.2-4.0 (relative to SMOW) (Boctor et al., 2003, Greenwood et al., 2008).

First, we show the results from two water-reservoir box model (ice and atmosphere). The ratio of atmospheric D/H and ice D/H is in a quasi-equilibrium state of the fractionation caused by atmospheric escape and sublimation. The ratio of the present Mars is mainly determined by the fractionation caused by sublimation.

Second, we show the results from four water-reservoir box model (surface ice, ground ice, high-latitude atmosphere, and mid- to high-latitude atmosphere). Assuming the atmospheric condition of the present Mars, the mixing of two atmospheric reservoir is inefficient in D/H exchange between surface ice and ground ice, which results in the independent growth of D/H ratio of the surface ice and the ground ice. To fractionate the D/H ratio of the surface ice and the ground ice into ~6, the thickness of active ground ice which can exchange water with atmosphere is constrained. Thin active ice causes high deuterium concentration. The required thickness is a few hundred meters, which is distinctly large value compared to the thickness that HDO diffusion works (~10 m in 1 Gyrs). Nature of this active ground ice might be partially melted ice suggested by recent observations of recurring slope lineae (McEwen et al., 2014), hydrated clathrates in underground cryosphere, or breathing porous permafrosts.

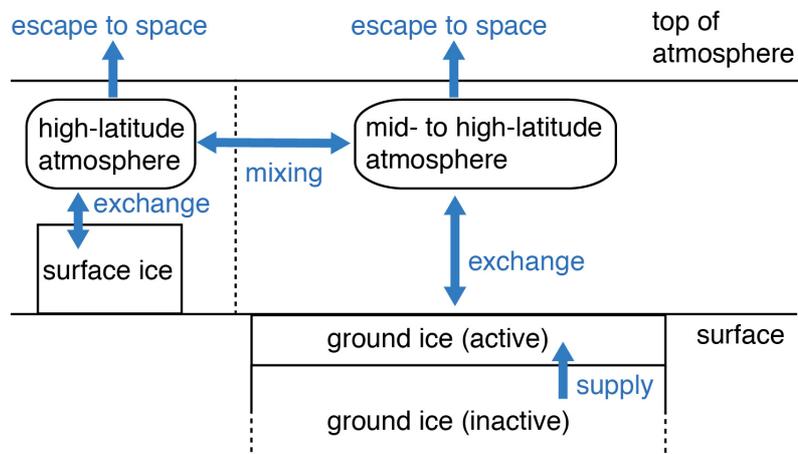
キーワード: 地下氷, 水素同位体比, 大気散逸

Keywords: ground ice, hydrogen isotope ratio, atmospheric escape

PPS02-01

会場:418

時間:4月28日09:00-09:25



火星におけるプレートテクトニクス存否の証拠：付加帯 New evidence for plate tectonism on Mars: Accreted Terrains

Dohm James^{1*}; 丸山 茂徳¹
DOHM, James^{1*}; MARUYAMA, Shigenori¹

¹ 東京工業大学地球生命

¹Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Reported evidence for plate tectonism has included spatial association among magnetic anomalies, large (thousands of kilometers long) structures, and highly degraded promontories interpreted to be andesitic domes, thrust faults, folds, structurally-controlled basins, large mountain ranges, and topographic and crustal-thickness-model signatures of structural control (including plate movement) within and along the margin of the northern plains. Significant evidence for an ancient phase of plate tectonism on Mars, newly identified, is accretionary complexes, informed through Earth analogs exquisitely detailed here in Japan. This finding represents a new frontier in the geologic investigation of Mars, bringing greater attention to pre-Tharsis (~>4.0 Ga) terrains, which record Earth-like conditions. Pre-Tharsis, Earth-like conditions include an active dynamo and plate tectonism, as well as Habitable-Trinity conditions?an ocean, relatively thick atmosphere, and primordial crustal materials enriched in phosphorous, iron, among other elements important to life, all of which interact due to hydrological cycling driven by the Sun. Accreted terrains, which mark major crustal shortening through subduction of oceanic crustal materials and associated accumulation of andesites and granites, could comprise rock records on Mars dating back more than 4.2 Ga. Considering planetary evolution of Mars, largely informed through our understanding of the evolution of Earth, the accretionary complexes are likely to record environmental conditions during a time range of several hundred million years, which includes possible fossil life if initiated and evolved during the extremely ancient (>4.0 Ga) Habitable-Trinity conditions. A prime example of an extremely ancient accretionary complex is located to the west of Claritas rise, southwest margin of the Tharsis superplume. At the meeting we will present evidence of a Martian accretionary complex and discuss the implications of such a significant finding, including highlighting the next phase of geologic investigation of the evolution of Mars and its bearing on Astrobiology.

キーワード: プレートテクトニクス, 付加帯, 海洋プレート層序
Keywords: Plate tectonics, accretionary complex, OPS

火星探査 MELOS 計画のためのエアロゾル・水蒸気観測用環境監視カメラの提案 Environmental monitoring camera system for the Martian aerosols and water vapor for the Japanese Mars rover, MELOS

眞子 直弘^{1*}; 野口 克行²; 小郷原 一智³; 鈴木 睦⁴; はしもと じょーじ⁵

MANAGO, Naohiro^{1*}; NOGUCHI, Katsuyuki²; OGOHARA, Kazunori³; SUZUKI, Makoto⁴; HASHIMOTO, George⁵

¹ 千葉大学, ² 奈良女子大学, ³ 滋賀県立大学, ⁴ 宇宙航空研究開発機構, ⁵ 岡山大学

¹Chiba University, ²Nara Women's University, ³University of Shiga Prefecture, ⁴Japan Aerospace Exploration Agency, ⁵Okayama University

We propose the environmental monitoring camera system of aerosols and water vapor in the Martian atmosphere for the Japanese Mars rover, MELOS. The meteorology and the climate of Mars are strongly controlled by the aerosols, which consists of dust and clouds in the Martian atmosphere, and the better understanding of the basic parameters such as optical depth, radius distribution and composition of the aerosols enables us to describe the effect on the Martian meteorology and climate quantitatively. The water vapor also affects the Martian meteorology and climate through the infrared radiation and the generation of clouds. The MELOS aims at the search for life, and it needs the basic knowledge of the meteorology and climate at the landing site for detailed discussion. Therefore we should conduct the measurements of aerosols and water vapor at the MELOS landing site simultaneously.

To satisfy the requirement of monitoring the aerosols and water vapor in the MELOS rover mission, we propose a three-CMOS-camera system, which consists of a direct sunlight camera, a scattering light camera and a high-resolution color camera. The direct sunlight camera has four wavelength band (340 or 450nm and 550nm for aerosols and 870 and 940nm for water vapor). The scattering light camera also has the same wavelength band, but it is directed at the neighborhood of the sun and at several points along the great circle including the sun and is utilized for aerosol measurements. The arrangement proposed here basically follows the previous Mars missions, e.g., Viking lander, Mars Pathfinder and Mars Exploration Rover. The high-resolution color camera obtains pseudo color pictures around the rover and is intended to support the navigation for the life search experiment.

Keywords: MELOS rover mission, Martian atmosphere

火星大気散逸観測オービター計画の検討 Examination of Mission Scenario and Spacecraft System to Study Martian Atmospheric Escape

松岡 彩子^{1*}; 関 華奈子²; 寺田 直樹³; 横田 勝一郎¹; 山崎 敦¹; 川勝 康弘¹; 阿部 琢美¹; 二穴 喜文⁴; 平原 聖文²; 今村 剛¹; 石坂 圭吾⁵; 熊本 篤志³; 栗原 純一⁶; 中川 広務³; 小倉 聡司¹; 坂野 井 健⁷; 田口 真⁸; 八木 谷 聡⁹
MATSUOKA, Ayako^{1*}; SEKI, Kanako²; TERADA, Naoki³; YOKOTA, Shoichiro¹; YAMAZAKI, Atsushi¹; KAWAKATSU, Yasuhiro¹; ABE, Takumi¹; FUTAANA, Yoshifumi⁴; HIRAHARA, Masafumi²; IMAMURA, Takeshi¹; ISHISAKA, Keigo⁵; KUMAMOTO, Atsushi³; KURIHARA, Junichi⁶; NAKAGAWA, Hiromu³; OGURA, Satoshi¹; SAKANOI, Takeshi⁷; TAGUCHI, Makoto⁸; YAGITANI, Satoshi⁹

¹ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ² 名古屋大学 STE 研, ³ 東北大学理学部, ⁴ IRF スウェーデン, ⁵ 富山県立大学工学部, ⁶ 東北大学理学部惑星プラズマ大気研究センタ, ⁷ 北海道大学理学部, ⁸ 立教大学理学部, ⁹ 金沢大学工学部
¹ ISAS/JAXA, ² STEL, Nagoya Univ., ³ Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., ⁴ IRF, Sweden, ⁵ Toyama Pref. Univ., ⁶ Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., ⁷ CosmoSciences, Hokkaido Univ., ⁸ Rikkyo Univ., ⁹ Kanazawa Univ.

火星の大気の変遷には、太陽風との相互作用が大きく影響したと考えられているが、今現在の火星においてさえ、大気と太陽風との相互作用の物理プロセスは明らかになっていない。

地球と異なり、現在の火星は惑星固有の磁場を持たない。その結果、太陽風は低い高度にまで達し、火星の大気と直接相互作用して、火星大気の一部は散逸される。この過程は、長い間には火星大気の組成を変化させるまでの作用を及ぼし、火星大気や、ひいては地上・地下の二酸化炭素（ドライアイス）や水・氷の変遷に大きく影響した可能性があると考えられている。大気散逸の様子は、太陽活動や太陽との距離によって影響を受けるため、大気の長期的な変遷を考えるためには、様々な太陽の状態について相互作用の働きを知らなければならない。

我々は、2011年12月にJAXA宇宙科学研究所理学委員会において火星大気散逸探査検討ワーキンググループを発足させた。このワーキンググループは、大気散逸に焦点を当て、2つのオービターによって散逸の全体像とプロセスを同時に観測することを検討している。1つのオービター（大気散逸その場観測衛星）によって、大気散逸が起きているその場のプラズマや中性粒子の観測を観測を行い、もう1つのオービター（リモート観測衛星）によって、散逸する大気等から発せられる光をリモートで撮像し、また同時に太陽風をモニターするというものである。大気散逸の物理プロセス、グローバルな全体像、物理プロセスを決める太陽風のモニターを同時に行うことは、複数衛星によって初めて可能となる、真に大気散逸の全容解明に迫る観測である。

現在我々は、2024年頃の太陽活動極大期における火星観測を行う大気散逸観測オービターの実現に向けて、サイエンス・観測機器・衛星の検討を行っている。科学目標の定量的・具体的な策定、それを達成するために必要な観測機器技術、計画を実現させるための衛星システムおよび軌道計画を検討している。検討内容の報告と、今後の開発計画を発表する。

Development of a dust imager for Mars landing mission Development of a dust imager for Mars landing mission

佐藤 毅彦^{1*}; 小郷原 一智²; はしもと じょーじ³; 三浦 和彦⁴; 間野 高明⁵
SATO, Takehiko^{1*}; OGOHARA, Kazunori²; HASHIMOTO, George³; MIURA, Kazuhiko⁴; MANO, Takaaki⁵

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²University of Shiga Prefecture, ³Okayama University, ⁴Tokyo University of Science, ⁵National Institute for Materials Science

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²University of Shiga Prefecture, ³Okayama University, ⁴Tokyo University of Science, ⁵National Institute for Materials Science

We report progress in developing a dust imager for future Mars landing missions. As Martian dust is a key element of its environment and a potential hazard for human exploration, it is essential to know what is Martian dust and how it works. However, little is known about the Martian dust due primarily to lack of measurements. Direct imaging would greatly increase our knowledge about the Martian dust (previously, an Atomic-Force Microscope onboard Phoenix acquired just one image).

The dust imager under development is not a microscope but a "bare" imaging sensor of which pixels are fine pitched. After exposing the sensor to the air with dust for a while, we illuminate the sensor with a parallel beam so that shadows of particles on the sensor are directly imaged. In this way, the imager does not need a focusing mechanism and is expected to be very light-weighted and robust. Although the status is still the laboratory-experiment level, this small tool would greatly contribute to the Mars science and exploration.

Keywords: Mars, dust, imager, landing, mission

生命探査顕微鏡：蛍光顕微鏡をもちいた火星表面での微生物探査 Life Detection Microscope: Search for Microbes on the Mars Surface with a Fluorescent Microscope

山岸明彦^{1*}; 佐藤毅彦²; 塩谷圭吾²; 宮川厚夫¹; 佐々木聰³; 吉村義隆⁴; 本多元⁵; 出村裕英⁶; 今井栄一⁵; 臼井寛裕⁷; 藤田和央⁸; 石上玄也⁹; 小澤宇志⁸; 大野宗祐¹⁰; 佐々木晶¹¹; 宮本英昭¹²
YAMAGISHI, Akihiko^{1*}; SATOH, Takehiko²; ENYA, Keigo²; MIYAKAWA, Atsuo¹; SASAKI, Satoshi³; YOSHIMURA, Yoshitaka⁴; HONDA, Hajime⁵; DEMURA, Hirohide⁶; IMAI, Eiichi⁵; USUI, Tomohiro⁷; FUJITA, Kazuhisa⁸; ISHIGAMI, Genya⁹; OZAWA, Takashi⁸; OHNO, Sohsuke¹⁰; SASAKI, Sho¹¹; MIYAMOTO, Hideaki¹²

¹ 東京薬科大学生命科学部, ² 宇宙科学研究所, ³ 東京工科大学, ⁴ 玉川大学, ⁵ 長岡科学技術大学, ⁶ 会津大学, ⁷ 東京工業大学, ⁸ 宇宙科学研究開発機構, ⁹ 慶応大学, ¹⁰ 千葉工業大学, ¹¹ 大阪大学, ¹² 東京大学

¹Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences, ²ISAS/JAXA, ³Tokyo University of Technology, ⁴Tamagawa University, ⁵Nagaoka Univ. Tech., ⁶The University of Aizu, ⁷Tokyo Institute of Technology, ⁸JAXA, ⁹Keio University, ¹⁰Chiba Institute of Technology, ¹¹Osaka University, ¹²The University of Tokyo

Past trial of direct detection of life on Mars by 1970's Viking mission reported a negative conclusion, whereas numbers of circumstances provided by recent Mars exploration missions in the last decade indicate that there are good reasons to perform another life detection program.

Here we propose Life Detection Microscope that has much higher sensitivity than the instrument onboard Viking. Indeed Life Detection Microscope (LDM) that we propose here could detect less than 10⁴ cells in 1 gram clay. Our life detecting instrument has the sensitivity that is three orders of magnitude higher than the one onboard Viking that issued the negative conclusion. LDM is capable of identifying what we think to be the most fundamental features that a cell should possess to constitute life.

Our Investigation Goals are:

- 1: High-resolution characterization of regolith and dust particles.
- 2: Search for any type of organic compounds in Mars surface samples. The compounds include cells, other biological materials, and abiotic polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH).
- 3: Identify cell-like structure in which organic compounds are enveloped by membrane, which may represent Martian life.

キーワード: 火星, 生命探査, 蛍光顕微鏡, 微生物, 有機物

Keywords: Mars, Life search, Fluorescence microscope, Microbe, Organic compounds

火星生命探査顕微鏡を用いた生命探査のための着陸地点候補 Landing-site candidates for the Life Detection Microscope instrument

宮本 英昭^{1*}; 臼井 寛裕²; 小松 吾郎³; Dohm James²; 新原 隆史⁴; 小熊 みどり¹; 佐藤 毅彦⁵; 山岸 明彦⁶
MIYAMOTO, Hideaki^{1*}; USUI, Tomohiro²; KOMATSU, Goro³; DOHM, James²; NIIHARA, Takafumi⁴; OGUMA, Midori¹
; SATOH, Takehiko⁵; YAMAGISHI, Akihiko⁶

¹ 東京大学, ² 東京工業大学, ³ 国際惑星科学研究大学院, ⁴ 国立極地研究所, ⁵ 宇宙科学研究所, ⁶ 東京薬科大学
¹University of Tokyo, ²TiTech, ³IRSPS, ⁴National Institute of Polar Research, ⁵ISAS, ⁶Tokyo University of Pharmacy and Life Science

Mars explorations of past decades indicate that ancient Mars had environment somehow similar to that of Earth. Existence of large bodies of water, chemical building blocks of life, a wide range of oxidation states, and a magnetic field indicate that Mars would have been habitable. Recent studies of microbes in extreme environments show that some terrestrial microbes have possibilities for surviving and proliferating under the current martian environment, if these are placed in some specific conditions such as with sufficient shield from UV light (attained only at more than several centimeters below the surface) and with the existence of gradients of free energy. Such environmental conditions likely exist at some specific locations even the present Mars. For this reason, we are developing a new instrument called LDM (Life Detection Microscope), which is designed to detect less than 10^4 cells in 1 gram clay, orders of magnitude higher than previous attempts performed by Viking landers. To maximize the chances of the detection of organisms, the landing sites should be carefully selected in terms of the possibility of the existence of near-surface water, as well as recent geological activities and release of volatiles. Traces of possible liquid water flow have been reported at a number of locations including those recognized as the recurring slope lineae, seasonal flows on slopes of several craters, and anastomosing slope streaks. These are proposed to be the result of small and continuous seeps of subsurface brine water, which could persist for a longer period providing a habitable environment. In this talk, we examine the morphologic characteristics of these features and discuss their origins in the line of geological contexts for selecting appropriate landing sites for the LDM instrument.

キーワード: 火星, 生命探査, 顕微鏡, 着陸地点, 水

Keywords: Mars, extraterrestrial life, life detection microscope, landing site, water

火星探査機 MRO 搭載 MCS により観測された火星大気ダストと水氷雲の子午面分布
の複数年解析
Interannual analyses of the meridional distributions of Martian dust and clouds obtained
by MRO-MCS

野口 克行^{1*}; 今江 香織¹; 川西 麻衣¹
NOGUCHI, Katsuyuki^{1*}; IMAE, Kaori¹; KAWANISHI, Mai¹

¹ 奈良女子大学
¹Nara Women's University

We investigated the interannual variability of the meridional distributions of dust and clouds in the Martian atmosphere by using Mars Reconnaissance Orbiter Mars Climate Sounder (MRO-MCS) measurements. As the previous analyses did not consider measurement errors to depict the zonal averages, we took a criterion of 10% for the measurement error. Results show that Mars Year (MY) 29, which is regarded as a standard year in the previous analyses, had an enhancement of dust in the high altitudes (above 10 Pa) in the tropical region, and such an enhancement was not found in other MYs (28, 30 and 31). On the other hand, the distribution of ice clouds in MY 29 roughly agreed with other MYs' distribution.

キーワード: 火星, MRO, MCS, ダスト, 水氷雲

火星におけるダスト巻き上げスキームの DCPAM への実装とそれを用いた地表面ダストフラックス診断実験 Implementing Martian dust lifting scheme into DCPAM, and a diagnosis experiment of surface dust flux

荻原 弘堯^{1*}; 高橋 芳幸²; 石渡 正樹¹; 小高 正嗣¹; 林 祥介³

OGIHARA, Hiroataka^{1*}; TAKAHASHI, Yoshiyuki O.²; ISHIWATARI, Masaki¹; ODAKA, Masatsugu¹; HAYASHI, Yoshiyuki³

¹ 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻, ² 神戸大学大学院理学研究科, ³ 神戸大学・大学院理学研究科地球惑星科学専攻
¹Department of CosmoSciences, Graduate school of Science, Hokkaido University, ²Graduate School of Science, Kobe University, ³Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kobe University

火星ではダスト循環が大気熱構造に影響しており, 大気構造を決める重要な要素となっている (Gierasch and Goody, 1968). ダスト循環過程には, 地表面からのダスト巻き上げ, 乱流拡散, 移流, 重力沈降がある. その中でもダスト巻き上げ過程ではモデルで解像された風による巻き上げとモデルで解像できない塵旋風(ダストデビル)による巻き上げを考慮する必要がある. 各国の研究グループでは, これらの過程に関するパラメタリゼーションスキームを組み込んだ大気大循環モデルによる計算が行われている. 例えば Kahre et al.(2006) の数値実験では, 完全にではないが, 北半球の秋から冬にかけて大気ダスト量が増加する季節変化の特徴を捉えることができている. これに対して, 我々が開発を進めてきた大気大循環モデル DCPAM (高橋他, 2012) では, 上記のダスト過程を組み込んでいない状況であった. 本研究では, DCPAM にダスト過程スキームを実装し, ダスト循環に関して考察するための数値実験を行うことを目的とする. 将来的には, 未だどのモデルでも再現できていない火星のダスト分布の年々変動に関する考察に進むことを予定している. ここでは, 上記のダスト過程の一つであるモデルで解像された風によるダスト巻き上げスキームを DCPAM へ実装する. 更に, ダスト巻き上げスキームの振る舞いを調べるために放射的に不活性なダストをトレーサーとしたトレーサー巻き上げ実験を行い, その結果と Kahre et al.(2006) の結果を比較する.

ここで用いるモデルは地球流体電脳倶楽部にて開発されている大気大循環モデル DCPAM である. DCPAM では 3 次元球面プリミティブ方程式を用いている. 放射過程では CO₂ と大気ダストを考慮し, Takahashi et al.(2003, 2006) のスキームを用いる. 放射スキームに与えるダスト分布は固定したものをを用いる. 乱流過程は Mellor and Yamada (1974) の方法に従って決めた鉛直拡散係数を用いて評価する. 地表面過程は Louis et al.(1982) の方法に従って評価する. 各パラメータには火星における一般的なパラメータを用いる. 地表面の熱慣性, アルベド, 地形高度にはマーズグローバルサーベイヤーの観測結果を用いる. 水平離散化にはスペクトル法を用い全波数 21 で打ち切りを行う, 鉛直方向には差分法を用い, 鉛直層数は 32 とする. 積分時間は 3 火星年であり, 最後の 1 火星年分を解析に用いた.

今回, ダスト巻き上げスキームとして KMH スキーム (Kahre et al., 2006) と呼ばれるものを DCPAM へ実装した. これを用いて地表面ダストフラックス計算を行った. その結果, Kahre et al.(2006) のモデル計算の結果と季節, 位置ともに類似した. 具体的には北半球の秋から冬にかけての北緯 50 度付近と南緯 30 度付近でダストが強く巻き上がっているという結果となった. 北緯 50 度付近では東西波数 1, 周期 6 火星日の東進する波の影響で多く巻き上がっていると想像される. この波は傾圧不安定波に関係すると想像される (Briggs et al., 1979). また, 南緯 30 度付近では東西波数 1, 周期 1 火星日の西進する波の影響で多く巻き上がっていると想像される. この波は一日周期熱潮汐波だと想像され (Joshi et al., 1997), 地方時で 16 時にダストが巻き上がりやすい. この結果では定性的には先行研究と一致しているが, 定量的には完全に一致していない. 例えば, 本モデルのダストフラックスは Kahre et al.(2006) よりも北極の極冠で一桁大きくなっている. この結果は鉛直層の厚さと乱流混合の評価の仕方に関係すると思われる. ここではモデルで解像された風によるダスト巻き上げスキームが実装できたので, 現在ダストデビルによるダスト巻き上げスキームの実装を進めている. 順次, 移流過程, 重力沈降過程も含んだ実装実験を行っていく予定である.

キーワード: ダスト, 火星, 大気大循環モデル

Keywords: Dust, Mars, General Circulation Model

惑星大気大循環モデル DCPAM を用いた MELOS1 探査機のための火星表層環境評価 Assessment of Mars surface environment for MELOS1 lander using Planetary General circulation model DCPAM

小高 正嗣^{1*}; 杉山 耕一朗²; 高橋 芳幸³; 西澤 誠也⁴; 林 祥介⁵; はしもと じょーじ⁶
ODAKA, Masatsugu^{1*}; SUGIYAMA, Ko-ichiro²; TAKAHASHI, Yoshiyuki O.³; NISHIZAWA, Seiya⁴; HAYASHI, Yoshiyuki⁵; HASHIMOTO, George⁶

¹ 北海道大学大学院理学学院宇宙理学専攻, ² 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ³ 惑星科学研究センター, ⁴ 理化学研究所 計算科学研究推進機構, ⁵ 神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ⁶ 岡山大学大学院自然科学研究科
¹Department of CosmoSciences, Hokkaido University, ²Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, ³Center for Planetary Science, ⁴RIKEN Advanced Institute for Computational Science, ⁵Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kobe University, ⁶Department of Earth Sciences, Okayama University

1. はじめに

現在, わが国の宇宙工学および理学コミュニティにおいて着陸船による生命・表層環境探査を主体とした火星探査計画 (MELOS1) の検討が進められている. 計画では, 地表に探査機を降下させ, バイキングが実施した実験よりも 3 桁以上精度を上げた生命探査と, 気温・気圧・風速および大気中のダストを観測対象とした火星表層環境のモニタリングを行うことを目指している. 探査機および搭載する観測機器の設計, および探査機の安全な着地と運用のためには, 着陸予定地点の環境を事前にある程度把握しておく必要がある.

この問題に対し, 我々は大気大循環モデル, 領域気象モデル, ラージエディシミュレーションモデルの計算結果を基に, 惑星規模から大気境界層スケールにいたる火星表層環境に関する情報を提供することを目指している. メソスケールから大気境界層スケールの環境評価は, 名古屋大学水循環研究センターで開発された CReSS および理化学研究所で開発された SCALE-LES を用いて行うとし, 現在両モデルの火星大気へのチューニング作業と予備的な数値実験を行っている (杉山他 2013; 西澤 他 2013). 惑星規模スケールの環境評価は地球流体電脳倶楽部にて開発されてきた惑星大気大循環モデル DCPAM (高橋他 2012) を用いる. 本研究では, DCPAM の計算結果とバイキングおよびマーズパスファインダーの観測結果とを比較し, それに基づいて大気大循環モデルのデータを用いた適切な環境評価方法の検討を行う. 次にその方法を用いた探査機の着陸候補地点における環境評価の結果について示す.

2. 使用するデータ

DCPAM はスペクトル法を用いた大気大循環モデルであり, 大気放射等の物理過程は火星に対応したものを組み込んでいる. 地表面のアルベドおよび熱慣性の値はマーズグローバルサーベイヤーの観測結果に基づいている. 水平切断波数は 31 で対応する水平格子間隔は約 200 km である. 鉛直層数は 36 層で, 最下層の高度は約 3 m である. モデルにはマーズグローバルサーベイヤーで観測された平均的なダストの時空間分布を与え, 等温静止状態初期条件とし 7 火星年計算を行う. 解析にはその最後の 2 年分の結果をもちいた.

解析する物理量は 3 つの着陸候補地点 (ニュートンクレータ, ニリ溪谷, インディス平原) における地表面温度と地表気圧, 高度 1 m の気温と水平風速, 地表における太陽放射直達成分, 太陽放射散光成分, 空温度 (下向き赤外放射量に対応する黒体温度) である. これらのデータが探査機の設計に必要とされている. 解析期間は現在想定している 4 つの到着時期 ($L_s = 331, 324, 14, 135$) から 90 火星日で, 到着後から 15 火星日毎の各物理量の日変化を調べる.

3. 解析方法の検討と結果

モデルの結果をバイキングおよびマーズパスファインダーとの観測結果と比較する際の問題は, モデルの最下層の高度が観測高度と異なること, モデルの格子スケールで平均した標高は実際の標高とは異なることである. そこで, 気温と風速は地表付近で中立成層を仮定した相似則が成り立つと仮定して観測高度における値を評価し, 地表気圧についてはモデルで計算された気温に対応するスケールハイトを用いて実際の標高における気圧を評価する. 比較の結果, 気温についてはモデル第 2 層 (高度約 12.5 m) の計算結果を用いて高度補正を行うと, 観測された気温の日変化をよく再現することがわかった. 気圧についてはモデル第 10 層 (高度約 1.35 km) の気温で与えられるスケールハイトを用いて高度補正を行い, さらに全体として 60 Pa 差し引くと観測される気圧の年変化をおおむね再現することが確かめられた.

以上の結果に基づき, 3 つの着陸候補地点の 4 つの探査期間におけるデータの解析を行った. 第 1 候補地点であるニュー

PPS02-P03

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

トンクレータ (202.5E, 42.7S) の $L_s = 331$ からの期間については、探査機の熱設計に必要な物理量に着目すると、日平均気温は 190 - 220 K で日変化の振幅は約 50 - 70 K、空温度は期間中ほぼ一定の値を示し、その値は約 140 K であった。太陽放射の直達成分と散乱成分の最大値はそれぞれ 480 Wm^{-2} と 40 Wm^{-2} となることがわかった。今後はダストの時空間分布を変えた計算結果を解析し、着陸候補地点における気温や気圧などの物理量がどの程度変動しうるかを評価する予定である。

キーワード: 火星探査, 大気大循環モデル, 火星表層環境

Keywords: Exploration of Mars, General Circulation Model, Surface environment of Mars

火星の大気主成分凝結を考慮した MGS 電波掩蔽観測データの再導出とその応用 Estimation of Martian atmospheric composition change caused by CO₂ condensation and its application to radio occultation

池田 さやか^{1*}; 野口 克行¹; 黒田 剛史²; ペッツォルド マーチン³
IKEDA, Sayaka^{1*}; NOGUCHI, Katsuyuki¹; KURODA, Takeshi²; PAETZOLD, Martin³

¹ 奈良女子大学, ² 東北大学, ³ ケルン大学
¹Nara Women's University, ²Tohoku University, ³University of Cologne

We estimated the Martian atmospheric composition change caused by CO₂ condensation using the Ar measurements obtained by Gamma Ray Spectrometer (GRS) onboard the 2001 Mars Odyssey. We applied this estimation of the composition change to the rederivation of the radio occultation (RO) measurements of Mars Global Surveyor (MGS) obtained at polar latitudes of the winter hemisphere, because the MGS RO standard product which is available to the public did not consider the atmospheric composition change by CO₂ condensation. Using the rederived MGS RO measurements, we investigated the occurrence of CO₂ supersaturation in the Martian polar winter atmosphere and found that there were more supersaturation in the rederived data than in the original data.

キーワード: 火星, CO₂, 過飽和, 凝結, 電波掩蔽
Keywords: Mars, CO₂, supersaturation, condensation, radio occultation

(Fe,Ni)₃S相の状態方程式と火星内部構造への適用 Equation of state of (Fe,Ni)₃S phase - Implications for Mars internal structure

赤木 俊介¹; 境 毅^{1*}; 平尾 直久²
AKAGI, Shunsuke¹; SAKAI, Takeshi^{1*}; HIRAO, Naohisa²

¹地球深部ダイナミクス研究センター、愛媛大学, ²高輝度光科学研究センター

¹Geodynamics Research Center, Ehime University, ²Japan Synchrotron Radiation Research Institute

火星内部は、地球同様に地殻、マントル、核の層構造を持つ。特にマントルは上部マントル・マントル遷移層・下部マントルに分かれるが、下部マントルが存在するかどうかは核マントル境界の深さによって決定される。火星の核マントル境界の深さは、マントルと核の密度分布と火星の総質量から決定される。火星の核には鉄の他に硫黄が含まれていると考えられ、密度についてはこれまでFeとFeSの混合物として算出されていた(e.g., Urakawa et al., 2004)。しかし、火星の核に相当する圧力ではFe₃Sという中間化合物が現れることが分かっており(Fei et al., 2000)、この相について考慮する必要がある。またSNC隕石に基づく化学モデルではニッケルの存在も示唆されていることから、ニッケルの密度に与える影響も考慮する必要がある。

我々はダイヤモンドアンビルセルを用いた高圧実験を行い、ニッケルを固溶する(Fe_{0.89}Ni_{0.11})₃S相について火星核に相当する圧力での状態方程式を決定した。γ-Fe (Tsujino et al., 2013), γ-FeNi (Tsujino, 2012), Fe₃S (Seagle et al., 2006), および(Fe_{0.89}Ni_{0.11})₃Sの状態方程式を使って算出された密度に対して線形回帰分析を行い、ニッケルと硫黄が密度に与える効果について明らかにした。SNC隕石に基づく化学モデルによると火星の核は16 wt.%Sと7 wt.%Niとなっている(Sanloup et al., 1999)。さらに核が高温で全体的に融解しているとした場合(Fei and Bertka, 2005)、2%程度の融解による体積膨張(Anderson and Isaal, 2000; Laio et al., 2000)も考慮する必要がある。この場合に核マントル境界深さを算出すると、火星の下部マントルは存在できない可能性があることが分かった。

キーワード: 火星核, 状態方程式, 火星下部マントル

Keywords: Mars core, equation of state, Mars lower mantle