

宇宙地球フロンティア実地研修 報告書

Report for Onsite Training in Earth-Space Frontier Science

氏名/Name	三平 舜 Shun Mihira
所属部局/ Affiliation	理学系研究科 地球惑星科学専攻 Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science
研究機関・企業名 /Hosting Institution	International Research School of Planetary Science / Università "G. D'Annunzio"
期間/Period	2025 年 2 月 1 日 2025 年 2 月 25 日 * 西暦で記入 02/01/2025 ~ 02/25/2025 mm/dd/yyyy

渡航の背景・目的

火星赤道域に位置する地質帯 Medusae Fossae Formation(MFF)は、地下水の存在が難しい温度圧条件にもかかわらず、中性子分光計から得られる水素量データから、地下水の存在が示唆されている地域である。MFF 表層の水素分布は不均質であり、特定の領域に水素が集中していることが観測されている。このことは、その領域に地下水のような大量の水素を含む地下層が存在することを示唆している。しかし、高水素領域における地質帯の岩石学的組成、形成年代、形成メカニズムについては未解明であり、また、高水素領域が特定の地質帯に限定されているのか、それとも複数の地質帯にまたがって分布しているのかも明確にはなっていない。

本研究の目的は、MFF における地下水の存在の有無を明らかにするために、現在利用可能なデータセットを用いて MFF の詳細な地質図を作成し、高水素領域に対応する地質ユニットの分布を特定するとともに、これらの領域における水素の保持機構を解明することである。この研究を遂行するにあたり、International Research School of Planetary Science の Pondrelli 教授のもとでの長期的な留学を計画しており、本渡航はその第一段階として位置付けられる。

研究成果

今回の実地研修において私は、主に 1. MFF の地質図作成領域の選定、2. 地質図作成に必要な DEM データの作成に取り組んだ。

1. MFF の地質図作成領域の選定

MFF は、面積約 $2.1 \times 10^6 \text{ km}^2$ にも及ぶ火星最大級の堆積物であり、先行研究では 3つのサブユニットに区分されている (Scott and Tanaka, 1986)。本研究では、MFF の 3つのサブユニットすべてを含む Lucus Planum と呼ばれる領域に焦点を当て、それぞれのサブユニットの境界を可視画像データを用いて調査した。

調査の結果、3つのサブユニットの境界には、風食地形であるヤーダが卓越しており、上位のユニットが風食されることで 下位のユニットが表面に露出する形で各ユニットが接していることが分かった。一方、これまで区分されていなかった領域においても、ヤーダによって下位のユニットが露出している地域が確認され、Lucus Planum のサブユニット構造が、これまで考えられていたよりも複雑であることが明らかになった。

また、最も下位のユニットでは、地下から揮発性物質が抜けることで 密度が低下し、崩壊したような 地形が多数確認された。こうした特徴を持つ地質ユニットを新たに区分する必要性が示唆された。Pondrelli 教授との議論の結果、揮発性物質に関連すると考えられる地質ユニットとその周辺の区分を優先的に進めることが重要であると結論付けた。

2. 地質図作成に必要な DEM データの作成

NASA の火星周回衛星データアーカイブシステム (PDS) から、Lucus Planum の DEM 作成に必要な可視画像データを取得し、データ処理を行った。Università "G. D'Annunzio"のクラスタに接続し、複数の可視画像を基にステレオ画像を作成した。今後、これらのステレオ画像を処理して DEM データを生成する予定である。

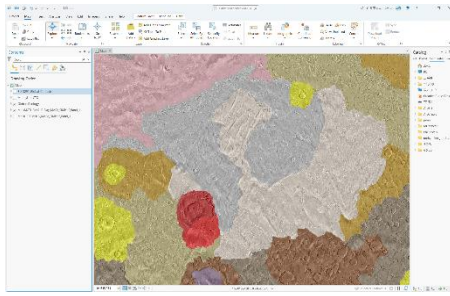


Fig.1 Tanaka et al., 2014 による Lucus Planum のサブユニット



Fig.2 International Research School of Planetary Science

Background and Objectives

The Medusae Fossae Formation (MFF), a geological unit located in the equatorial region of Mars, has been suggested to contain subsurface ice despite the unfavorable temperature and pressure conditions for its stability. This hypothesis is based on neutron spectrometer data, which indicate significant hydrogen concentrations within the region. Notably, the distribution of hydrogen in the surface layer of the MFF is heterogeneous, with certain areas exhibiting higher concentrations. This observation suggests the presence of subsurface layers rich in hydrogen, potentially in the form of subsurface ice.

However, key aspects of these high-hydrogen regions remain unclear, including their lithological composition, formation age, and depositional mechanisms. Additionally, it is uncertain whether these hydrogen-rich zones are confined to specific geological units or extend across multiple units within the formation.

The objective of this study is to determine the presence or absence of subsurface ice in the MFF by constructing a detailed geological map using currently available datasets. This map will allow for the identification of geological units corresponding to hydrogen-rich areas and contribute to understanding the mechanisms by which hydrogen is retained in these regions. To accomplish this, I have planned a long-term research stay under the supervision of Professor Pondrelli at the International Research School of Planetary Science. This trip represents the first phase of that research initiative.

Research Outcomes

During this research visit, I primarily focused on 1. selecting the study area for geological mapping within the MFF and 2. generating the necessary DEM (Digital Elevation Model) data for geological mapping.

1. Selection of the Geological Mapping Area within the MFF

The MFF, one of the largest sedimentary deposits on Mars, covers an area of approximately 2.1×10^6 km² and has been classified into three subunits in previous studies (Scott and Tanaka, 1986). This study focuses on Lucus Planum, a region encompassing all three MFF subunits, with the aim of analyzing the boundaries between them using visible imagery.

The investigation revealed that yardangs, wind-eroded landforms, are prevalent along the boundaries of the three subunits. These observations suggest that the upper units are eroded by wind, exposing the lower units at the surface. Furthermore, yardang-exposed lower units were identified in areas that had not been previously classified, indicating that the subunit structure of Lucus Planum is more complex than previously understood.

Additionally, in the lowest subunit, numerous landforms were observed that appear to have collapsed due to the loss of volatile materials from the subsurface, leading to a reduction in density. This finding suggests the need for a new classification of geological units that exhibit such characteristics. Discussions with Professor Pondrelli led to the conclusion that prioritizing the classification of units associated with volatile loss and their surrounding geological units is of key importance.

2. Generation of DEM Data for Geological Mapping

To generate a DEM of Lucus Planum, visible image data were obtained from NASA's Planetary Data System (PDS) and processed accordingly. Using the computing cluster at Università "G. D'Annunzio," I created stereo image pairs from multiple visible images. Moving forward, these stereo images will be processed to generate DEM data, which will be used for further geological analysis.