

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	平田 佳織 HIRATA Kaori
所属部局/ Affiliation	理学系研究科 地球惑星科学専攻 Department of Science, Graduate School of Earth and Planetary Science
研究機関・企業名 /Hosting Institution	欧州宇宙機関 欧州宇宙天文学センター European Space Astronomy Centre (ESAC), European Space Agency (ESA)
期間/Period	2023年 8月 28日 ~ 2024年 8月 31日(予定) *西暦で記入 08/28/2023 ~ 08/31/2024 (scheduled) mm/dd/yyyy

See next page for the English version.

太陽系の最も内側に存在する水星の表面では、揮発性元素の高い揮発性元素存在度が観測されている。これは、既存の惑星形成モデルの枠組みによって説明することが困難であり、現在観測される水星表面元素組成と形成当初の水星を構成したビルディング・ブロック組成が異なる可能性を示唆する。したがって、ビルディング・ブロック組成（≠表面組成）の理解は地球型惑星形成過程の統一的な理解を完成させるために重要なピースであると考えられている。

観測によって得られる表面組成からビルディング・ブロック組成（内部組成）を理解する鍵となるのが、火山性地形である。水星表面には衝突クレーターのない火山性平原や噴火口とみられる地形など、形成以降に全球的に起こった火山活動の証拠が多く見つかっている。これらの地形は比較的若い年代に表面にもたらされた物質が露出しており、表層プロセスの影響が比較的小さく、内部物質の情報を多く残していると考えられる。

現在水星の研究に用いられるデータは主に 2010 年代に NASA によって遂行された MESSENGER ミッションによるものであり、可視カメラにより取得された表面地形・地質データ、可視・近赤外分光計により取得されたスペクトルデータ、X 線分光計やガンマ線中性子線分光計により取得された元素組成といった多様な観測データがすでに公開されている。これまでに世界中の科学者によって観測データが解析され、表面の多様性の存在、さらには、地形・地質ユニットやスペクトルユニットとその空間分布が明らかにされてきた。一方で、表面元素組成の不均質性も指摘されてはいるものの、その詳細な空間分布はまだ明らかにされていない。これは、元素組成の観測原理である X 線分光法やガンマ線中性子線分光法の、低空間分解能という特徴が原因である。元素組成データは数 100-1000 km 程度であり、数 10-100 km の典型的な空間スケールを持つ上述の火山性地形の元素組成の同定も困難である。

本研修では、高空間分解能で得られている地形・地質データやスペクトルデータと組み合わせることにより、低空間分解能の元素組成データからより小スケールの空間分布を推定することを目的とした。私はスペインのマドリードにある欧州宇宙機関 欧州宇宙天文学センターに長期滞在し、水星の表面元素組成の観測データの解析を行った。受入研究者の Sébastien Besse 博士はこれまで月や水星の表面スペクトルデータから火成活動史を研究してきた第一人者であり、また、日欧共同水星探査計画 BepiColombo の科学観測を統括する主任研究員として、現在の水星サイエンスを俯瞰する視点を持つ。Besse 博士や滞在先機関の他の研究員との議論を通して、すでに手元にある MESSENGER ミッションの観測データを最大限活用して科学成果を得ると同時に、将来 BepiColombo ミッションにより取得される新たな観測データへの応用に向けた準備を進めることができた。

本実地研修は私にとって初めての海外を拠点とした長期研究生活であった。滞在先の ESAC には惑星探査・天文観測ミッションに関わる科学者だけでなく、科学データやハード/ソフトウェアを扱うエンジニア、特にミッションに従事するマネージャーが多く所属している。日頃一緒にお昼休みを過ごす PD は天文・宇宙物理の専門家が半分以上で、共通の悩み事や分野の違いを実感することが多く興味深かった。大学院生に相当するインターンシップ生やトレイニーもサイエンスの専門家よりもエンジニアの方が多く、自分とは異なる専門を持つ研究者とコミュニケーションを取る中で学ぶことが多かったことが印象的だった。

Previous observations have revealed the high concentration of volatile elements on the surface of Mercury. This is difficult to explain by current planetary formation models and suggests the possibility that there is a gap between the surface composition that can be observed today and that of the building blocks that composed early-stage Mercury. In this sense, understanding of building blocks' compositions is essential for a comprehensive understanding of the formation processes of the terrestrial planets.

Volcanic features are considered a key to understanding the building blocks' composition, i.e., interior compositions, from the observed surface compositions. Past observations have found evidence of volcanic activity on the global surface of Mercury, such as less-cratered volcanic smooth plains and volcanic vents. Around them are volcanic deposits which were brought to the surface at relatively young ages, holding information about the interior materials.

In the 2020s, NASA's MESSENGER mission closely observed Mercury. They already published a variety of data acquired by onboard science instruments, such as topographical and geological data by the optical camera, spectral data by the VIS-NIR spectrometer, and elemental composition data by the X-ray and gamma-ray and neutron spectrometers. Previous studies have analyzed these data to reveal the heterogeneity of the surface, furthermore, geological and spectral units, and their spatial distributions. On the other hand, although the heterogeneity of elemental compositions was pointed out, their detailed spatial distributions are not yet revealed. This is thought to be because of the low spatial resolution of the elemental composition data. The typical spatial resolution of the elemental composition data is several 100-1,000 km, resulting in difficulty in estimating the elemental compositions of volcanic features that have a typical size of several 10-100 km.

During this training, I aimed to estimate the spatial distribution of elemental compositions in a smaller spatial scale than the original observation data, combining with geological and spectral data with a higher spatial resolution. At European Space Astronomy Centre, in Madrid, I analyzed the surface elemental composition data by MESSENGER mission Spain, under the supervision by Dr. Sébastien Besse, who is a specialist in the field of planetary volcanism, especially on the Moon and Mercury, and sees whole Mercury science from a higher perspective as a chief scientist for ESA-JAXA Mercury exploration mission BepiColombo. Discussions with Dr. Besse and other researchers at ESAC accelerated the creation of scientific results using MESSENGER data in our hands. At the same time, we proceeded with preparation for the application to future data to be acquired by BepiColombo.

This training was my first overseas-based long-term experience for research. At ESAC, not only scientists in planetary science and astronomy but also many soft/hardware engineers and managers engaged in missions are working. More than half of the PDs I usually spend a long time with are astrophysicists. Internship students and trainees, who are equivalent to graduate students, also have a variety of backgrounds. What I learned by communicating with people in different fields of expertise from my own was impressive.

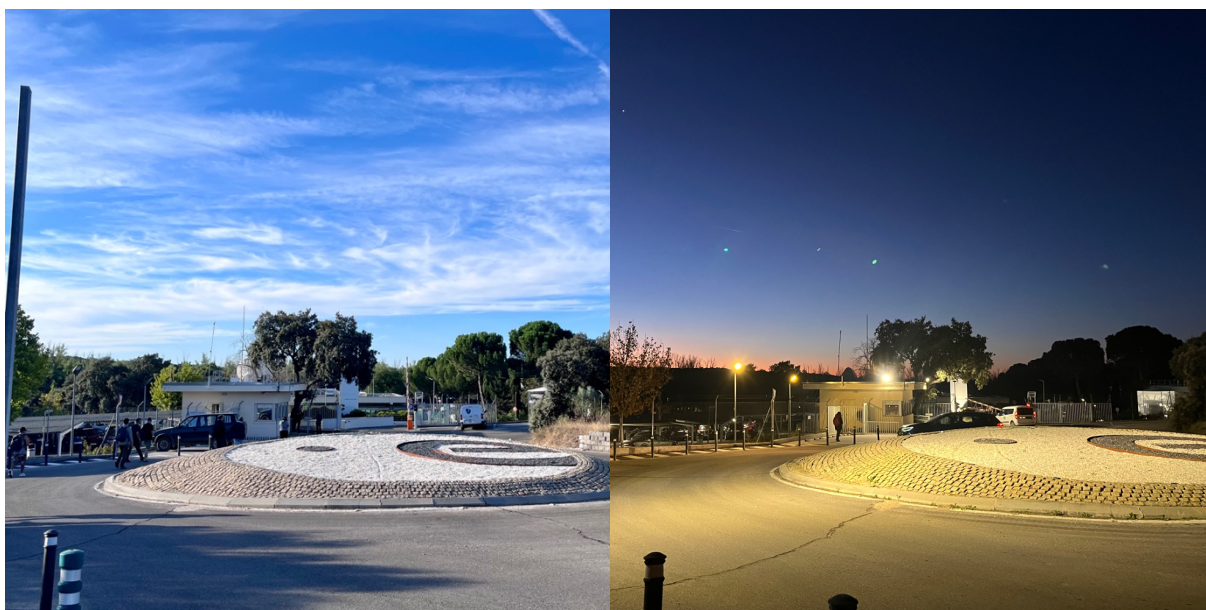


写真. 朝 8:00 の ESAC 左) 初日 2023/8/29, 右) 年末 2023/12/21.

Pic. ESAC at 8am in the morning. Left) 29 Aug 2023, my first day; Right) 21 Dec 2023, the end of the year.