

# 月惑星探査のための基盤技術の研究

研究代表者 天野 嘉春  
(基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科 教授)

## 1. 研究課題

多くの国々が、人類の活動領域を広く宇宙に広げようとしている。国際宇宙ステーション ISS を起点にして太陽系へと拡大し、最終的には有人の火星探査を目指している。有人宇宙探査は、国際宇宙探査協働グループ ISECG が定めた国際協働による ISS の次の長期目標である。有人宇宙探査には、多くの克服すべき技術的課題、膨大な費用が掛かるなどの問題があるために、多くの国々が国際協働の形で、持続的に共通目標を掲げて取り組む必要がある。この有人宇宙探査は、世界的に大きな流れが形成され始めている。日本はこれまで、多く地球観測衛星、科学衛星、ISS、月探査かぐや、小惑星探査はやぶさなどの成功を収めてきた宇宙探査先進国である。今後、日本が主導的な立場で無人・有人宇宙探査を、他の多くの国々と進めていくためにも基盤となる科学・技術の継続的な研究が必要である。

月・惑星の起源や進化の研究、宇宙資源の利用にあたり惑星全域にわたる化学元素成分情報を取得することは不可欠である。宇宙機の軌道上から遠隔探査で天体の元素分布を計測する唯一の方法は、核分光法である。天体表面から放出されるガンマ線や中性子を計測する事で、天体表面の全域を構成する元素分布を求めることができる。また、中性子分光法は遠隔探査で水の濃度を求めることができる唯一の方法である。高性能核分光計開発を核とし、月惑星探査のための基盤となる技術を開発することで、月惑星探査技術の開発を目指す。

## 2. 主な研究成果

- 「月面における氷粒子の静電採取技術に関する研究」の題目で、科研費 基盤研究(C) (一般)が決定した。間接経費を含む総額 2,470,000 円
- JAXA より、「宇宙探査イノベーションハブアドバイザーボード」の専門委員に委嘱された。
- 米国の科学技術雑誌 ScienceNews に、川本のインタビュー記事が掲載された。  
➤ <https://www.sciencenews.org/article/electron-beam-space-moon-dust-zap-clean-up>
- 共同執筆の Advances in Extraterrestrial Drilling: Ground, Ice, and Underwater (川本執筆 7.6.2 Electrostatic and Magnetic Regolith Transport and Capture)が、CRC Press より発行された。
- IHI エアロスペース社から「月面ローバのレゴリス除去技術に関する質疑対応」の委託業務を行った。
- 火星大気である CO<sub>2</sub> に含まれる粉塵の除去を目的とした静電脱塵機構を開発し、80%以上の脱塵性能を実証した。



- 月レゴリスの搬送を目的とし、アクチュエータとして振動増幅機構を備えた振動搬送機構を開発した。

### 3. 共同研究者

長谷部信行（理工総研 名誉研究員）、川本広行（理工総研 名誉研究員）、岩瀬英治（基幹機航 教授）、安達眞聡（理工総研 招聘研究員）、大内茂人（理工総研 招聘研究員）

### 4. 研究業績

#### 4.1 学術論文

1. H. Nagaoka, T. Fagan, M. Kayama, Y. Karouji, N. Hasebe and M. Ebihara; “Formation of ferroan dacite by lunar silicic volcanism recorded in a meteorite from the Moon”, *Progress in Earth and Planetary Science*; (2020) 7:12; <https://doi.org/10.1186/s40645-020-0324-8>.
2. H. Nagaoka, T. Okada, H. Kusano, N. Tanaka, M. Naito, N. Hasebe: “Development and Improvement Status of Active X-Ray Generators for Future Lunar and Planetary Landing Observations”, *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan* 19(2)(2021)193-198; DOI:10.2322/tastj.19.193
3. M. Naito, N. Hasebe, M. Shikishima, Y. Amano, J. Haruyama, J. A. Matias-Lopes, K.J. Kim, S. Kodaira; “Radiation dose and its protection in the Moon from galactic cosmic rays and solar energetic particles: at the lunar surface and in a lava tube”; *Journal of Radiological Protection* 40(4)(2021)947-961, DOI:10.1088/1361-6498/abb120
4. H. Kurihara, S. Shimizu, R. Mazaki, Naoki Motoi, R. Oboe, N. Hasebe, T.Miyashita; “Development of Haptic Feedback Control Stick for Remote Control between Different Structures”; Conference: 2021 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM); DOI: [10.1109/ICM46511.2021.9385652](https://doi.org/10.1109/ICM46511.2021.9385652).
5. S. Shimizu, Y. Fujita, N. Kameyama, N. Hasebe; “Space-variant Color Point Cloud Measurement System - Enormous Data Reduction using Saliency Map”, Conference: 2020 IEEE 16th International Workshop on Advanced Motion Control (AMC); DOI: [10.1109/AMC44022.2020.9244457](https://doi.org/10.1109/AMC44022.2020.9244457).
6. T. Tamura, R. Akiyama, R. Tanaka, H. Kawamoto and S. Umezu, "Groove fabrication on surface of soft gelatin gel utilizing micro-electrical discharge machining (Micro-EDM)," *J. Food Engineering*, 277 (2020) 109919.
7. H. Kawamoto, "Improved Electrostatic Precipitator in Martian Environment," *J. Aerospace Engineering*, Vol. 33, Issue 3 (2020) 04020011.
8. H. Kawamoto, "Vibration Transport of Lunar Regolith for In-Situ Resource Utilization Using Piezoelectric Actuators with Displacement-Amplifying Mechanism," *J. Aerospace Engineering*, Vol. 33, Issue 3 (2020) 04020014.

#### 4.2 総説・著書

1. H. Kawamoto, 7.6.2 Electrostatic and Magnetic Regolith Transport and Capture, in (Yoseph Bar-Cohen, Kris Zacny edition) *Advances in Extraterrestrial Drilling: Ground, Ice, and Underwater*, Chapter 7: Terrestrial and Extraterrestrial Drilling, CRC Press/Taylor & Francis Group LLC. (2020).

#### 4.3 招待講演

#### 4.4 受賞・表彰

#### 4.5 学会および社会的活動

2. 内藤 雅之、長谷部 信行、小平 聡、天野 嘉春、春山 純一; “Radiation dose and protection by a lunar hole and lava tube”; JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 月の科学と探査 ポスターセッション記号 P (宇宙惑星科学) PPS02-P09, 日本地球惑星科学連合, 米国地球物理学連合、2020年7月12日(日)~7月16日(木).
3. 川本、市川、長崎、戴、火星環境におけるイオン風を利用した CO<sub>2</sub> ガスの導入機構、第 32 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (SEAD32) (2020) pp.267-268.
4. 川本、鉛直振動による月レゴリスのサンプリング機構、Dynamics and Design Conference 2020, 216 (2020).
5. 川本、陳、ブラジルナッツ効果を利用した月レゴリスの粒度分別、機械学会年次大会, J22111 (2020).
6. 川本、久保、菊宮、秦、柴田、安達、月面における氷粒子の垂直採取、第 64 回宇宙科学技術連合会講演会, 4K06 (2020).
7. 川本、電磁場における粒子の動特性に関する研究—画像技術から宇宙探査まで—、2020 年度日本画像学会シンポジウム(2021).

#### 5. 研究活動の課題と展望

2020-2022 の予定で科研費を受託しているので、2021 年度もこれを中心に研究を行う。さらに、月面における氷粒子の採取（下図参照）に関して JAXA と連携して研究を行う予定である。