



Nagaoka Hiroshi

長岡 央

総合科学技術研究機構 准教授

2008年早稲田大学 理工学部 物理学科 卒業、2010年早稲田大学大学院 先進理工学研究科 物理学及応用物理学専攻修士課程 修了、2013年同大学院 先進理工学研究科 物理学及応用物理学専攻 博士後期課程 満期退学。博士(理学)。2013年早稲田大学 先進理工学部 物理学科 助手、2016年早稲田大学 理工学術院総合研究所 次席研究員、2018年国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 JSPS特別研究員、会津大学 コンピュータ理工学研究科 特任准教授、2021年特定国立研究開発法人理化学研究所 開拓研究本部 榎戸極限自然現象研白眉研究チーム 研究員を経て、2023年より現職。専門は惑星科学、惑星探査。論文誌Earth Planets and Spaceの編集委員等を務める。

- 1) H. Nagaoka, M. Ohtake, Y. Karouji, M. Kayama, Y. Ishihara, S. Yamamoto, R. Sakai "Sample studies and SELENE (Kaguya) observations of purest anorthosite (PAN) in the primordial lunar crust for future sample return mission" Icarus 392, 115370, <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.115370>, 2023.
- 2) H. Nagaoka, M. Ohtake, N. Shirai, Y. Karouji, M. Kayama, Y. Daket, N. Hasebe, M. Ebihara "Investigation of the source region of the lunarmeteorite group with the remote sensing datasets: Implication for the origin of mare volcanism in Mare Imbrium" Icarus 370, 114690, <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114690>, 2021.
- 3) H. Nagaoka, T.J. Fagan, M. Kayama, Y. Karouji, N. Hasebe, M. Ebihara "Formation of ferroan dacite by lunar silicic volcanism recorded in a meteorite from the Moon" Progress in Earth and Planetary Science, 7, 12, <https://doi.org/10.1186/s40645-020-0324-8>, 2020.
- 4) 長岡央, "中性子分光による月表層の水検出の現状", 遊星人, 第28巻, 第1号, 33-44, 2019.
- 5) H. Nagaoka, H. Takeda, Y. Karouji, M. Ohtake, A. Yamaguchi, S. Yoneda, N. Hasebe, "Implications for the origins of pure anorthosites found in the feldspathic lunar meteorites, Dhofar 489 group", Earth Planets and Space, 66, 115, [doi:10.1186/1880-5981-66-115](https://doi.org/10.1186/1880-5981-66-115), 2014 (2014年Editor's highlight paperを受賞)

月の起源を識り地球を理解する 放射線分光を中心とした月面探査とサンプル分析

地球の形成過程の理解を目標に、より未分化な天体である月の形成を観測的手法で明らかにすることを目指しています。月は惑星よりも小さくより早い段階で冷えて固まったため、形成初期の情報をとどめた岩石が残っている可能性が高いと考えられます。月の構成元素や形成時の温度勾配などの情報は地球を含めた岩石惑星の形成過程を推定する上でも有用です。米国のアルテミス計画を中心に、有人による再度の月探査やサンプルリターンが現実味を帯びてきた今、私たちは月探査機・着陸機に搭載する放射線分光装置やサンプル判別アルゴリズムなど有人・無人のサンプルリターンに備えた観測・採取技術の開発と育成を進めています。

月の始原地殻を求めて

月の形成プロセスの説明として、原始地球に火星大の天体が衝突したとするジャイアント・インパクト説が有力ですが、現在の月は二つの天体のどちらに由来するのでしょうか。その答えを知るカギとなるのが月の形成当初の情報を残し、隕石衝突による衝撃や熱変成を免れた「始原地殻」です。

私は月科学が専門で、2007年に月軌道に投入された月周回軌道「かくや」ではガンマ線分光による元素マッピングを行いました。月の地表に降り注ぐ宇宙線が原子核を励起し、放出された放射線を解析することで土壌に含まれる元素の種類や濃度がわかります。更にかくやは月の地下に、月が

未だマグマオーシャンだった時代に表層に浮いていたと考えられる岩石、アルミニウムやカルシウムが豊富で軽い斜長石を多く含んだ層を発見、一部のクレーターの中央丘で地下物質が盛り上がり、斜長石の観察・採取ができる可能性を示唆しました。

狙ったサンプルをその場で観察、取得する技術の開発

アポロ計画で宇宙飛行士が月の石を採取したのは月の表側のみでしたが、月を起源とする隕石は月全域から飛来します。私たちは隕石の成分や結晶化年代、岩石の特徴を探査機データと照合し、月隕石の射出起源となったクレーターの特定に成功しました。月隕石の起源地域を特定することで、月面からの受動的なサンプルリターンを達成しました。

一方で、今後我々が目指すのは、かくやをはじめとした高精度な月全球の地質情報をもとにした狙った場所からの能動的なサンプルリターンです。今後調査を行いたいのは、アポロが持ち帰った月

の石や隕石より大きい数メートル規模の岩塊です。小さな欠片は衝撃や熱を受けて生じた可能性が高いため、天体の形成当初の情報を取得するには不向きです。大きな岩塊をそのまま持ち帰ることは現

状不可能なため、顕微分光カメラなどを用いてその場で観察・分析を行い、持ち帰るサンプルを選別するその場分析の技術や、コア状に岩塊を掘って新鮮なサンプルを取得する技術を開発しています。

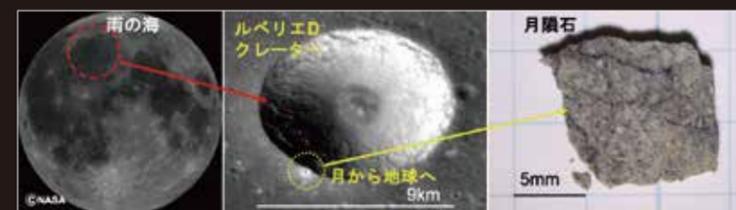


図1: 隕石の射出起源となったクレーターの特定 (詳細はNagaoka et al. (2021) Icarusを参照)

探査拠点の形成に向けた水・資源、放射線マップの作製

人類が月面で活動するためには、資源や放射線の分布を把握することが重要です。私たちは京都大学や理化学研究所、JAXAと共同で月面ローバに搭載するガンマ線中性子分光計「MoMoTarO」の開発を進めています。中性子検出器は中性子の弾性散乱の様態が水の有無で変わることを利用して月の土壌に含まれる水の含有量を測定します。ガンマ線検出器では土壌から放出されるガンマ線のスペクトロメトリにより元素のマッピングを行います。

私たちの研究室では、X線、ガンマ線、中性子や紫

外線、近赤外線など様々な波長を用いた観測、仮定の放射線環境についての計算機シミュレーションも実施しています。複数の波長帯域で、測定と分析、シミュレーションを相互に参照しながら検討できることは大きな強みです。興味をお持ちいただけますら是非ご相談ください。

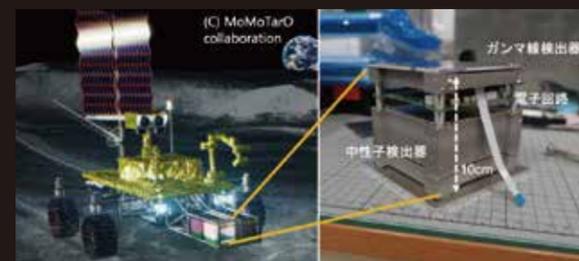


図2: 月面ローバに搭載予定の中性子水分計MoMoTarO、中性子検出器とガンマ線検出器を積層構造に積み上げた小型の放射線測定装置(1辺が10cmの1Uサイズで小型がウリ)