

月科学コミュニティの活性化に向けた取り組み ～2023年度活動報告～

小野寺 圭祐^{1,2}, 佐伯 和人³, 長岡 央³, 仲内 悠祐³, 西谷 隆介⁴,
大竹 真紀子⁵, 諸田 智克¹

(要旨) 本稿では, 我々が2023年度に実施した「月科学コミュニティの活性化」を目的とした活動に関して報告を行う。前半は, 月科学コミュニティメーリングリスト(Moon-next)の運用状況および情報共有の場の整備状況について報告する。後半では, 2024年3月にヤマハマリーナ琵琶湖にて開催した第15回月地殻研究会について紹介する。

1. はじめに

我々は, 昨今のパンデミックの影響により月科学コミュニティの縦横のつながりが以前と比べて弱化していることに問題意識を持ち, 2022年より当該コミュニティの活性化を図るべく二つの取り組みを開始した[1]。一つ目はコミュニティメンバーが新着論文・最新の研究成果・公募などの情報共有が行える場の整備, 二つ目は対面での研究会の開催である。以下ではそれぞれの取り組みに関して, 2023年度の実施報告をする。

2. 月科学に関する情報共有 スペースの整備状況

2.1 メーリングリストの運用状況

昨年度より運用を再開したMoon-nextメーリングリストに関しては, 前回の報告より15名の新規メンバーを追加し, 計58名となった(2024年3月31日現在)。本メーリングリストでは, 月科学に関する研究会やセミナー等の案内, 新着論文の共有, 公募案内な

どを行なっている。メーリングリストに参加を希望する場合は, 管理者(moonnext@gmail.com)まで問い合わせ願う。

2.2 論文情報共有スペースの運用状況

今年度は月科学を包括的にレビューした論文(New Views of the Moon 2)が出版されるなど, 月に関する様々な分野での成果が発表された。コミュニティの若手メンバーも積極的に成果を上げており, 不定期ではあるが, Moon-nextメーリングリストにて情報共有を行なっている。新着論文リスト(2023年以降)は, 2024年3月31日時点で106件に達している。特定のメンバーからの書き込みが多いため, まだまだ分野の偏りが見られるものの, データベースとして拡大が見られるのは吉報である。

2.3 現状の課題

惑星科学会ホームページの月科学研究会のWikiページのリニューアルを検討しているものの, 実際の作業に臨めていない。当Wikiページは, 月科学コミュニティ内での議論内容や近年の月科学の動向などを学会全体にフィードバックする場としての役割を担うことを想定しており, 出来る限り早く公開できるよう努めたい。

1. 東京大学

2. バリ地球物理研究所

3. 立命館大学

4. 宇宙航空研究開発機構

5. 会津大学

onodera@eri.u-tokyo.ac.jp

表1: 研究会タイムテーブル.

1日目 (3/21)	2日目 (3/22)	3日目 (3/23)
招待講演セッションI (10:00 – 12:00)	一般講演セッションII (10:00 – 11:00)	国際宇宙探査で行う科学検討 サイクルの構築(10:00 – 11:00)
	一般講演セッションIII (11:00 – 12:00)	総合ディスカッションII (11:00 – 12:00)
昼休憩	昼休憩	昼休憩
招待講演セッションII (13:00 – 15:00)	一般講演セッションIV (13:00 – 14:00)	Earth&Space Exploration Center見学 小林泰三先生のラボ見学 (13:00 – 14:30)
	総合ディスカッションI (14:00 – 16:00)	Indian Institute of Technology Kanpur 特別セミナー (14:30 – 16:00)
一般講演セッションI (15:00 – 16:00)		

3. 第15回月地殻研究会の開催報告

3.1 趣旨

月地殻研究会は、月科学者間の交流・密な議論を通じて、「他分野への理解・自身の分野との関連性の明確化・新しい研究テーマの発掘」を主目的としている。研究会での議論を通じて、「そもそも月について何がわかっていて何がわかっていないのか?」「新しい情報を得るためにはどのような観測が必要か?」「現在検討されているミッションでどこまで迫れるのか?」等を研究者間で共有し、今後のコミュニティの活性化・月科学の進展につなげていくことを目指している[1].

3.2 テーマ

今回のテーマは「微量元素分析・測地観測から制約する月のバルク組成と衝突条件」と設定し、以下の二名に招待講演を依頼した。研究会の趣旨に則り、研究者間の密な議論を促すため、各講演者には二時間の発表時間を配分した。

招待講演者一覧(敬称略):

- 富樫茂子(産業技術総合研究所)
- 松本晃治(国立天文台)

3.3 開催情報

日時:2024年3月21日(木) ~ 3月23日(土)
会場:ヤマハマリーナ琵琶湖(1・2日目)/立命館大学びわこさつキャンパス(3日目)
開催形態:対面(一部ハイブリッド)
参加人数:23人(うち学生4人)

タイムテーブル:

研究会のタイムテーブルを表1に示す。1日目・2日目は、招待講演セッションに加え、一般講演セッションを設け、若手研究者および学生の発表機会を設けた。表2に示すように様々な分野の発表があり、参加者の知見を広める良い機会になったと考える。2日目の午後には各発表に対するフォローアップを行うとともに、本研究会の前週にアメリカで行われた Lunar Planetary Science Conferenceでの関連発表を参加者間で共有した。それらを踏まえ、今後の月探査で行うべき科学探査やどのように国際探査計画に関わっていくか等について議論した。3日目午後には、希望者を対象に立命館大学Earth & Space Exploration Centerおよび小林 泰三先生の実験室の見学ツアー、Indian Institute of Technology KanpurのDeepak Dhingraさんによる特別セミナーを実施した。研究会および懇親会

表2: 講演一覧.

招待講演	
富樫茂子(産総研)	月初期マグマとマンツルの形成プロセス: 高地及び PKT における斜長石微量元素からの制約
松本晃治(NAOJ)	測地観測を利用した月深部構造の推定
一般講演	
野間光葉(東大)	クレーターサイズ頻度測定に基づく Orientale 盆地と Imbrium 盆地の放出物厚さの方位分布
荒木亮太郎(阪大)	近赤外分光による月火砕物検出手法の構築と全球観測
西谷隆介(JAXA)	月極域探査機 (LUPEX) プロジェクト: 月の水資源探査に向けた観測戦略
仲内悠祐(立命館大)	SLIM 搭載 MBC の開発と月着陸後運用の難しさ
川島桜也(JAXA)	月面環境への質量分析器の応用可能性
于賢洋(東大)	月のマンツル対流モデルと地殻研究との結びつき
小野寺圭祐(東大, IPGP)	新しい月震イベントの発見と月の地震活動度の評価
西山学(東大)	線状重力異常から探る月膨張時の内部進化

の様子を図1～図5に示す.

3.4 議論の焦点とまとめ

本節では招待講演の概要とそこで指摘された課題等をまとめる. 富樫さんの講演では, Togashi et al. (2017; 2022)[2, 3]をレビューしていただき, 高地および Procellarum KREEP Terrane (PKT) の斜長石中の微量元素から月形成初期のマグマの組成を推定する方法とそこから示唆される月の形成条件について解説いただいた. 発表の前半では, アポロサンプルの質量分析結果の紹介, 再平衡過程や分配係数に基づく親マグマの組成推定, 親マグマからの Bulk composition of the Silicate Moon's mantle (BSM) の推定方法について紹介いただいた. 後半では, 従来の BSM では Ferroan Anorthosite (FAN) と PKT の両方の親マグマの組成を説明することが困難であることを示し, 双方を説明するには, cBSM (コンドライトとは難揮発性成分の組成比が異なり, かつ原始惑星上の原始地殻成分に富んだ BSM) という新しいモデルが必要であることが提案された. そのモデルをもとに, 巨大衝突後の集積過程や KREEP 玄武岩等の生成過程について議論を展開された. 発表の最後には今後の課

題として, 地殻・マンツルを構成する多様な岩石の情報取得, 実験に基づく正確な分配係数の評価, 地物探査による地殻・マンツルの構造把握, 分化モデルの発展, 原始惑星における分化過程の理解など様々な観点から議題を提案いただいた. これらのテーマについては次回以降の研究会でも議論を深めていきたい.

松本さんには, これまでに実施されてきた月の測地観測とそれに基づき推定されてきたキーパラメータ(ラプ数, 慣性モーメント, 重力場係数, Quality factor など)についてレビューいただいた. また, 測地観測データとアポロの月震データを組み合わせて月内部構造の推定を行なった Matsumoto et al. (2015)[4]について解説いただいた. 当該論文の結論として, (i) コア半径とマンツル最下部の低速度・低粘性層 (LVZ) の厚さにはトレードオフがあり, 双方の決定には月震観測によるコアの反射波や低粘性層の透過波を捉える事が重要であること, (ii) 観測値を説明するためには LVZ の厚さが少なくとも 170 km は必要であること, (iii) 推定された LVZ の密度は高い TiO_2 含有量を示唆 (>11 wt%) しており, この事実はマンツルオーバーターン仮説を支持していること, を紹介いただいた. 発表の最後には, Gevorgyan et



図1: 研究会の様子。

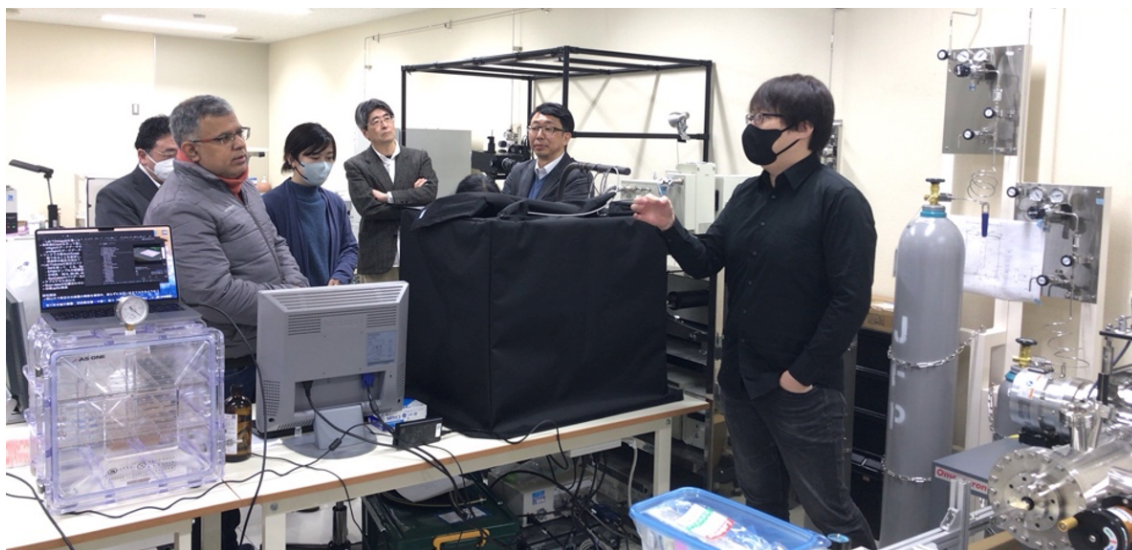


図2: 立命館大学宇宙地球探査研究センター見学ツアーの様子。

al. (2023)[5]やWalterove et al. (2023)[6]を引用しながら、仮定するレオロジーモデルによって得られる内部構造が変わる可能性について紹介され、内部構造推定の仮定にもまだまだ曖昧性を含む部分があることを提示された。レオロジーに関しては、本コミュニティの中で専門にしているメンバーがほほいないため、将来の研究会では地球観測コミュニティとの交流も視野に、議論の展開・課題点の共有を試みたい。

3.5 参加者の感想

- Great! Wonderful!
- 非常にためになる研究会でした。ありがとうございました。
- 大変刺激的で良かった。
- 当初は対面参加の予定でしたが、急用が入ってしまい一部にZOOMでしか参加できず残念でした。そういう意味でもハイブリッド開催はありがたいです。いわゆる学会形式とちがって、一つの発表が長く、基本的なところから解説してくれるので勉強になりました。



図3: Indian Institute of Technology Kanpur特別セミナーの様子。

- 自分自身勉強不足ではありますが、研究会の講演は大変楽しく、勉強になりました。
- 十分な発表時間をとったため、論文や学会発表では聞けないような観測や実験の問題点や実情などが聞けて大変良かったと思います。もちろん対面での議論は重要ですが、皆さん忙しい時期でもありますし、できるだけ多くの人が参加できるという意味でハイブリッドはやむをえないと思います。
- やはり対面での議論は大切だと感じました。特に今回は若手の発表者も多く、色々な話が聞けてとても刺激になりました。最終日の立命館大学のEarth & Space Exploration Centerの見学も大変興味深かったです。今後も研究会+αの企画があると良いかと思います。
- 様々な方と議論させていただき、非常に楽しかったです。ありがとうございました。
- 自身では手薄になってしまう分野の方々とも密に交流議論できる機会が持てたためになりました。
- これまで中々機会に恵まれず、今回が初めての参加でした。初めてお目にかかる研究者の方も数多くいらっしゃり、色々な方と議論させていただける貴重な機会になりました。是非また参加させていただきたいです。
- 今回も非常に刺激的で面白い講演の数々でとても楽しかったです。ありがとうございました。

4. まとめと将来展望

国内月科学コミュニティの活性化を目的として、情報共有の場の整備および研究会の運営を行なった。前者については、Moon-nextメーリングリストの登録者数の増加ならびに新着論文リストの拡大が見られ、昨年度を比べるとコミュニティの運営基盤が整ってきたように感じる。後者に関しては、第15回月地殻研究会を開催した。運営に関してまだまだ至らない点はあるものの、今回は参加者が23名と前回の二倍以上の人数が集まり、我々の思い描く「対面での活発な議論の場」を実現できたと考える。当研究会については、運営体制を改善しつつ、来年度以降も実施していきたい。

我々の活動は月科学者間の交流に加え、学生・ポストクの育成にも注力している。今後も引き続きコミュニティメンバーとの交流を通じて、学生・ポストクが研究者として成長できる環境の整備、若手メンバーの声が通りやすい雰囲気作りに努めていきたい。

5. 謝辞

月地殻研究会の参加者には心より感謝申し上げたい。特に招待講演を快諾してくれた国立天文台の松本見治さん、産業技術総合研究所の富樫茂子さんには、研究会の趣旨に沿った形で話題を提供いただき、有意義なディスカッションの契機を与えて



図4: 懇親会の様子.



図5: 集合写真(ヤマハマリーナ琵琶湖にて).

くれたことに深く感謝する。また、研究会最終日に見学ツアーを開催して下さった立命館大学Earth & Space Exploration Center (<https://esec.ritsumeai.ac.jp/>)の皆様には、参加者に貴重な経験を提供していただいた。ここに感謝の意を示す。

6. 引用文献

- [1] 小野寺圭祐ほか, 2023, 日本惑星科学会誌遊星人 32, 153.
- [2] Togashi, S. et al., 2017, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 210, 152.
- [3] Togashi, S. et al., 2022, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 321, 375.
- [4] Matsumoto, K. et al., 2015, *Geophys. Res. Lett.* 42, 7351.
- [5] Gevorgyan, Y. et al., 2023, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 523, 1822.
- [6] Walterova, M. et al., 2023, *Journal of Geophysical Research: Planets* 128, e2022JE007652.