

PPS024-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

月希薄大気の構造と時間変動 Structure and dynamics of the lunar exosphere

横田 勝一郎^{1*}, 斎藤 義文¹, 浅村 和史¹, 西野 真木¹, 綱川 秀夫²

Shoichiro Yokota^{1*}, Yoshifumi Saito¹, Kazushi Asamura¹, Masaki N Nishino¹, Hideo Tsunakawa²

¹ 宇宙研, ² 東工大

¹ ISAS/JAXA, ² Tokyo Institute of Technology

月は大規模な磁場や大気を持たないことが知られているが、近年になって非常に希薄な大気、地表面を基底面とする外気圏を持つことが分かっている。地上からの観測では、ナトリウムとカリウムのみが観測されていて、太陽の直下点に最高密度を持ち、太陽天頂角に依存した構造を有していることが発見された。月の外気圏粒子放出機構としては、太陽光(UV)による放出、熱放出、太陽風によるスパッタリング、微小宇宙塵衝突が挙げられるが、これまでの地上観測や室内実験の結果からは、太陽光が月の外気圏粒子放出の主たる要因ではないかと提唱されている。かぐや衛星に搭載されたプラズマ計測器は、月外気圏粒子を長期間に亘って連続的に直接計測している。そこで私たちはこのプラズマ計測器のデータを使って、外気圏の構造や時間変動を調べることに成功した。プラズマ計測を目的とする MAP-PACE (MAGnetic field and Plasma experiment-Plasma energy Angle and Composition Experiment) のうち、イオン質量分析器である IMA は月起源イオンを計測し、イオン種の同定を行っている。これまでに、ヘリウム、炭素、酸素、ナトリウム、カリウム、アルゴンのイオンを同定している。月起源イオンは月が太陽風中にあるときに限らず、地球磁気圏中で太陽風粒子からシールドされている時にも観測された。この観測事実によって、月の希薄大気生成機構において太陽風の役割が優位的でないことが直接的に示された。このようにかぐや衛星によって月希薄大気の長期間に亘るモニタリングが行われ、月希薄大気の太陽天頂角依存や朝夕非対称などが明らかとなった。また月が地球磁気圏を通過する際の月外気圏の変動も観測していて、ガーデニング効果と呼ばれている太陽風粒子の月大気生成への間接的な影響によって説明することが出来た。以上について報告する。

キーワード: 月, 外気圏, 質量分析

Keywords: Moon, exosphere, mass analysis

PPS024-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

電子“ gyro-loss ”効果を用いた月周辺プラズマ環境の研究

Study of lunar plasma environment using gyro-loss effect on electron velocity distributions

原田 裕己^{1*}, 町田 忍¹, 斎藤 義文², 横田 勝一郎², 浅村 和史², 西野 真木², 綱川 秀夫³, 渋谷 秀敏⁴, 高橋 太³, 松島 政貴³, 清水 久芳⁵

Yuki Harada^{1*}, Shinobu Machida¹, Yoshifumi Saito², Shoichiro Yokota², Kazushi Asamura², Masaki N Nishino², Hideo Tsunakawa³, Hidetoshi Shibuya⁴, Futoshi Takahashi³, Masaki Matsushima³, Hisayoshi Shimizu⁵

¹京大・理・地惑, ²宇宙研, ³東工大・理・地惑, ⁴熊大・自然, ⁵東大・地震研

¹Dept. of Geophys., Kyoto Univ., ²ISAS/JAXA, ³Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH, ⁴Dept. Earth & Env., Kumamoto Univ.,

⁵ERI, University of Tokyo

月は全球的な固有磁場や厚い大気を持たないため、荷電粒子と固体表面の相互作用を研究するのに理想的な環境を持っている。しかるに、一見単純に思われる月周辺の電磁気的環境は、実は非常に複雑である。われわれは、過去の研究において、かぐや衛星によって観測されたデータと、粒子の軌道計算によって導出された結果を比較することにより、電子速度分布関数上に現れる“ gyro-loss ”効果を発見した。“ Gyro-loss ”効果とは、磁場が月面とほぼ平行な時に、磁力線の周りを巡回運動する荷電粒子が月面に衝突し、吸収される効果を指し、それによって、速度分布関数に空洞領域が出現する。地球磁気圏および太陽風両者の領域において、“ gyro-loss ”効果を示す電子速度分布関数が観測され、さらに、“ gyro-loss ”効果は磁場に垂直な電場や、月面帯電現象、月面磁気異常帯によって影響を受けることがわかった。今回は、月が地球磁気圏内において、かぐや衛星が磁気異常帯の影響が少ないと考えられる地域を通過している際に取得されたデータを用いて、月周辺に存在する磁場に垂直な電場および月面静電ポテンシャルの推定を行う。さらに、多数の電子 “gyro-loss ”イベントを統計的に調べることによって得られた、地球磁気圏プラズマと月面の相互作用の特性について報告を行う。

キーワード: 月, プラズマ, かぐや

Keywords: Moon, plasma, Kaguya

太陽風プロトンの月面散乱 Solar wind proton scattering at lunar surface

上村 洸太^{1*}, 斎藤 義文², 西野 真木², 横田 勝一郎², 浅村 和史², 田中 孝明¹, 綱川 秀夫³

Kota Uemura^{1*}, Yoshifumi Saito², Masaki N Nishino², Shoichiro Yokota², Kazushi Asamura², Takaaki Tanaka¹, Hideo Tsunakawa³

¹ 東大・理・地球惑星, ² 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ³ 東工大・理・地惑

¹Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ., ²ISAS/JAXA, ³Earth Planet. Sci., Tokyo TECH

月には地球のようなグローバルな磁場はなく、大気も存在しないことが知られている。その為、太陽風中の荷電粒子及び中性粒子は月表面に直接衝突する。月周辺の低エネルギー電子分布に関しては過去にアポロ計画、ルナプロスペクターに代表される衛星によって観測が行われており比較的良好に理解されている。しかし月周辺の低エネルギーイオン分布に関しては、過去に観測は殆どなく観測に基づいた理解はされていない。特に月表面と太陽風との相互作用を議論するときは、低エネルギーイオンの相互作用は過去あまり考察されておらず太陽風イオンは月表面に全て吸収されると仮定されてきた。

「かぐや」衛星搭載プラズマ観測装置 MAP-PACE は、月低高度（月面から 100km 以下）の月周回軌道で低エネルギー電子及び低エネルギーイオンの連続観測を 1 年半にわたり行った。プラズマ観測装置 MAP-PACE は電子観測器 2 種類 (ESA-S1, ESA-S2)、イオン観測器 2 種類 (IMA, IEA) の計 4 種類のセンサーで構成されている。「かぐや」衛星は 3 軸姿勢制御衛星であるため常に衛星の同じ面が月面を向き、ESA-S1 と IMA が月面側、ESA-S2 と IEA が反月面側を観測することにより 4 [str] の視野を確保し月周辺での 3 次元分布関数を取得する。これまでの「かぐや」衛星搭載 MAP-PACE の観測により、太陽風イオンが月表面との相互作用を介してエネルギーを失い反月面方向に射出する散乱現象が観測された。また、初期の解析から観測された散乱イオンは質量分析の結果ほぼプロトンであり、太陽風フラックスの 0.1% ~ 1% が月表面で散乱され衛星高度まで到達することが明らかとなっている。

本研究では散乱プロトンの月表面散乱の詳細を調べるため、IMA の半球面の視野を 16 × 64 に分割して観測したデータを利用し、太陽風の月面に対する入射角と散乱プロトンの月面上での射出角との関係及び月表面散乱における散乱プロトンのエネルギー特性を調べた。その結果、散乱プロトンは太陽風の月面への入射方向ベクトルに対して反対方向に射出する後方散乱成分と鏡面反射の方向に射出する鏡面散乱成分の 2 つが存在することが分かった。量としては殆どが後方散乱成分であり鏡面散乱成分は僅かである。後方散乱成分のエネルギー特性は、太陽風の入射ベクトルに対して反対方向に射出する散乱プロトンが最もエネルギー損失が大きく、その方向からずれるに従ってエネルギー損失は小さくなる。また鏡面散乱成分のエネルギー特性は、後方散乱成分よりエネルギー損失が小さいことが分かった。これらのエネルギー特性は、月表面の微視的な面を考慮することにより理解可能であることを示した。

月表面で起こっている太陽風プロトンの散乱現象は、月に限らず大気がなく固体表面を底にもつ天体と太陽風との間で起こる普遍的なプロセスである。本研究で明らかとなった知見は、これまでなかった天体表面と太陽風との直接相互作用という意味で宇宙プラズマ物理の新しい視点であり、月以外の大気がなく固体表面を底にもつ天体表面と宇宙プラズマの相互作用の理解に応用できると考えられる。

キーワード: 太陽風, 月面, 散乱

Keywords: solar wind, lunar surface, scattering

PPS024-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

Kaguya衛星で観測された月周辺の狭帯域ホイッスラー波のスペクトル形成に関する理論研究 Theoretical study of the spectral formation of monochromatic whistler waves near the Moon detected by Kaguya

津川 靖基^{1*}, 寺田 直樹¹, 加藤 雄人¹, 小野 高幸¹, 綱川 秀夫², 高橋 太², 渋谷 秀敏³, 清水 久芳⁴, 松島 政貴²
Yasunori Tsugawa^{1*}, Naoki Terada¹, Yuto Katoh¹, Takayuki Ono¹, Hideo Tsunakawa², Futoshi Takahashi², Hidetoshi Shibuya³, Hisayoshi Shimizu⁴, Masaki Matsushima²

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 東京工業大学大学院理工学研究科, ³ 熊本大学大学院自然科学研究科, ⁴ 東京大学地震研究所

¹Tohoku University, ²Tokyo Institute of Technology, ³Kumamoto University, ⁴University of Tokyo

We study the spectral formation mechanism of monochromatic whistler waves observed by the Lunar Magnetometer aboard the Kaguya spacecraft orbiting at 100 km altitude above the Moon. The waves are observed as narrowband magnetic fluctuations with frequencies close to 1 Hz and are mostly left-hand polarized in the spacecraft frame.

Assuming whistler-mode waves in the solar wind frame propagating in the sunward direction with the group velocity comparable to the solar wind velocity, we find that, in the spacecraft frame, the Doppler-shifted frequency spectra of the waves are considerably modified making a peak at a certain frequency. The similar discussions have been made on the characteristics of upstream whistler waves observed near planetary bow shocks [e.g., Russell, 2007]. We suggest that the characteristics of the spectra of monochromatic whistler waves are determined by the relation between the group velocity vector of the waves and the solar wind velocity vector. By using the dispersion relation of whistler-mode waves in a cold plasma, we show that the factors controlling the solution are the wave vector, the magnetic field directions, and the solar wind parameters. We investigate these parameter spaces and find that the wave vector angles with respect to the sunward and to the magnetic field directions change the solution considerably than the solar wind parameters do.

To confirm the theory described above, we compare the peak frequency distribution predicted by the theory with the observed wave distribution. The consistency between the theoretical and observed wave distributions indicates that the frequency shift of the waves is well explained by the theory and that the most important controlling factor is the angle between the group velocity and solar wind velocity vectors.

キーワード: ホイッスラーモード, 月, パウショック, 群速度

Keywords: whistler-mode, Moon, monochromatic, group velocity, upstream, bow shock

PPS024-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

月周辺における静電孤立波の発生原因に関するデータ解析 Data analysis of the causes of electrostatic solitary waves near the moon

杉山 肇^{1*}, 大村 善治¹, 小嶋 浩嗣¹, 橋本 弘藏², 斎藤 義文³, 西野 真木³, 横田 勝一郎³, 笠原 禎也⁴, 綱川 秀夫⁵
Hajime Sugiyama^{1*}, Yoshiharu Omura¹, Hirotsugu Kojima¹, Kozo Hashimoto², Yoshifumi Saito³, Masaki N Nishino³, Shoichiro Yokota³, Yoshiya Kasahara⁴, Hideo Tsunakawa⁵

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 古代学協会, ³ 宇宙航空研究開発機構, ⁴ 金沢大学, ⁵ 東京工業大学

¹Kyoto University, ²the paleological association of Japan, ³Japan Aerospace Exploration Agency, ⁴Kanazawa University, ⁵Tokyo Institute of Technology

静電孤立波 (Electrostatic Solitary Wave: ESW) と呼ばれるパイポーラ状のパルス上の波形は GEOTAIL、WIND などの衛星によって磁気圏境界層やバウショックなど地球磁気圏周辺では観測されている。しかし、かぐや衛星によって初めて、地球磁気圏の影響を受けない領域で ESW が観測されたことが報告されている。

かぐや衛星は 2007 年 9 月 14 日に JAXA に打ち上げられた、月探査を目的とした衛星である。かぐや衛星にはさまざまな観測機器が搭載されている。その中で PACE(Particle Angle and Composition Experiment) では荷電粒子のフラックスを、WFC-L(WaveForm Capture-L) では電界波形を、LMAG(Lunar MAGnetomter) では磁場をそれぞれ観測した。

本研究では PACE で得られたプラズマ粒子データを reduced distribution function に変換し、電界の波形データや磁場のデータと共に解析した。発表では、月周辺における ESW の発生原因についてプラズマ粒子との関係について報告する。

キーワード: かぐや, プラズマ, 静電孤立波

Keywords: Kaguya, plasma, ESW

PPS024-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

かぐや月レーダーサウンダー観測によるライナーガンマ領域の電波吸収特性について Electric wave absorptions in Reiner Gamma by lunar radar sounder (LRS) on Kaguya orbiter

坂東 雄一^{1*}, 熊本篤志¹, 中村教博¹, 長濱裕幸¹

Yuichi Bando^{1*}, Atsushi Kumamoto¹, Norihiro Nakamura¹, Hiroyuki Nagahama¹

¹ 東北大学

¹Tohoku Univ.

ライナーガンマは周囲の玄武岩地帯より高い反射率を示し、その領域は曲がりくねっており、地殻磁場強度が著しく高い地域と関連があると考えられている。この関連性については、いくつかの仮説が提示されてきた：1) 磁場に誘起されて太陽風がそれることにより、宇宙風化などの成熟過程を経にくい (Hood and Schubert, 1980; Kurata et al. 2005) 2) 太陽風と磁場の相互作用によって細かい粒子が静電浮上する (Garrick-Bethell et al., in press) 等である。それゆえ、太陽風をそらしたり、細かい粒子を再堆積させることができるような磁化した物質や、鉄に富むエジェクタが存在する領域にライナーガンマが対応するという事が示唆されてきた。このような物質の存在によって表層の物質が宇宙風化などの成熟過程を経るのを防ぎ、そして高い反射率を示すようになったと考えられる。

ライナーガンマの表層の状態については、Neish et al.(2010)の合成開口レーダーによってのみ注目されているが、表面地形の影響を評価しつつ、表層の状態に着目した研究はなされていない。本発表では、かぐや搭載のレーダーサウンダー (LRS) 観測データと地形カメラデータに基づき、ライナーガンマ領域の表層の電気特性について報告する。この領域において地下反射面は確認できなかったが、表層での電波の吸収特性が見つかった。LRS から放射された 5MHz の電波は、地表面の凹凸によって反射・散乱されるため、観測地域表面の粗さの影響を取り除く必要がある。そこで、われわれは月表面の地形に由来する電波反射・散乱の数値エコーシミュレーションを、ライナーガンマ領域内側と近接する領域外側で実施した。その結果、地形の影響ではない表層での電波吸収が認められることから、ライナーガンマ表層に電波吸収物質が存在することが示唆される。今後、更なる解析を進めて行く予定である。

キーワード: かぐや (SELENE), 月レーダーサウンダー (LRS), ライナーガンマ

Keywords: Kaguya(SELENE), Lunar Radar Sounder, Reiner Gamma

PPS024-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

太陽風の影響が支配的な月面の風化 Lunar space weathering dominantly induced by solar wind

小川 佳子^{1*}, 春山 純一², 松永 恒雄³, 中村 良介⁴, 諸田 智克², 廣井 孝弘⁵, 横田 康弘³, 山本 聡³, 佐々木 晶⁶, 大竹 真紀子², 本田 親寿¹, 出村 裕英¹, 寺園 淳也¹

Yoshiko Ogawa^{1*}, Junichi Haruyama², Tsuneo Matsunaga³, Ryosuke Nakamura⁴, Tomokatsu Morota², Takahiro Hiroi⁵, Yasuhiro Yokota³, Satoru Yamamoto³, Sho Sasaki⁶, Makiko Ohtake², Chikatoshi Honda¹, Hirohide Demura¹, Junya Terazono¹

¹ 会津大 CAIST / ARC-Space, ² ISAS / JAXA, ³ 国環研, ⁴ 産総研, ⁵ ブラウン大, ⁶ 国立天文台

¹CAIST/ARC-Space, Univ. of Aizu, ²ISAS/JAXA, ³NIES, ⁴AIST, ⁵Brown Univ., ⁶NAOJ

Space weathering causes the change in optical properties, such as darkening and reddening of the planetary surface. Two competing processes have been proposed so far as the main mechanism of such space weathering; hydrogen irradiation by solar wind and bombardment of micrometeorites. We use the new data set obtained by Spectral Profiler (SP) combined with Terrain Camera (TC) onboard SELENE/Kaguya which observed the Moon, and approach the actual process of space weathering. We investigated the optical characteristics of the so-called lunar swirls, which consist of bright/white parts and dark/black parts making enigmatic 'swirl' patterns. We found such albedo markings of lunar swirls correspond to the extent of weathering and not composition, which means some factors to induce space weathering is inhomogeneous connecting with the swirl patterns of the albedo contrast. We conclude space weathering on the Moon would be induced by hydrogen from solar winds dominantly and the effect of the bombardment of micrometeorites may be minor.

PPS024-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

かぐやの磁場観測データを用いた月浅部の電気伝導度の推定 An estimate of the shallow lunar electrical conductivity using SELENE magnetometer data

林田 彩¹, 渋谷 秀敏^{1*}

Aya Hayashida¹, Hidetoshi Shibuya^{1*}

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科

¹ Dep't Earth & Env. Sci., Kumamoto Univ.

月内部の電気伝導度は、月の電磁応答を調べることによって推定できる。既に、アポロ時代に行われた月探査の磁場観測データを用いて月の電気伝導度構造が調べられているが、月浅部の伝導度には2桁以上の不確定性がある。これは、磁力計の観測間隔が6.14秒で、短周期のデータが欠けているためである。そこで、観測間隔が1秒のかぐやの磁場観測データを用いれば、月浅部の電気伝導度の精度を上げることが出来るのではないかと考えた。

アポロ時代には、月から遥か彼方を周回する(軌道長半径7886km)衛星の磁力計が観測する磁場を入力、月面の磁力計が観測する磁場を出力として、同時に観測を行うことで電磁応答を調べ、月の電気伝導度を推定した。これに対し、本研究では月周回衛星かぐや(軌道半径約100km)の磁場観測データのみを用いて月の電気伝導度を推定する。そのため、入力としての月外部の磁場を、月全体に一樣でその方位はランダムであると仮定した。このような外部磁場の下では、月は双極子的に応答し、その結果Brが他の成分より小さくなることが予想される。伝導度一様球の仮定で計算される $Pr/P|_{theory}$ と観測データから得られる $Pr/P|_{obs}$ から、見かけの伝導度を求めた。

その結果、 6×10^{-3} Hzでは見かけの伝導度は 2×10^{-4} S/m となった(スキンドープスは約400km)。これはこれまでの研究と調和的である。一方、高周波数側のデータからは、月表面における見かけの伝導度は少なくとも 3×10^{-6} S/m よりも小さいという結果が得られた。これは、これまでに推定されていたよりもずっと低い値である。本研究によって、これまで不確定性の大きかった月浅部の電気伝導度に一定の制約を加えることが出来た。

「かぐや」観測データを用いた月の電気伝導度構造の推定 The Lunar Electrical Conductivity Structure using Magnetic Data Set of KAGUYA

比嘉 哲也^{1*}, 大志万 直人², 吉村 令慧², 清水 久芳³
Tetsuya Higa^{1*}, Naoto Oshiman², Ryokei Yoshimura², Hisayoshi Shimizu³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所, ³ 東京大学地震研究所
¹Graduate School of Science, Kyoto Univ., ²DPRI, Kyoto Univ., ³ERI, Univ. of Tokyo

月内部の電気伝導度構造を知ることは、月の起源・進化のなぞの解明につながる。しかしながら、先行研究において Apollo12 号の月面磁力計と Explorer35 号の月周回軌道磁力計の同時観測データを使用して推定された電気伝導度は、月浅部および深部において 2 桁程度の不確定性を有しており (Dyal et al., 1976; Hood et al., 1982 など)、詳細な構造は明らかになっていない。本研究では、この不確定性の大きさを小さくし、高い精度で月の電気伝導度構造を求めることを目指した。

外部磁場が時間変動することによって月内部には渦電流が流れるが、それがつくる誘導磁場の大きさは月の電気伝導度構造に依存する。したがって、月の電磁気的な応答を求めることで電気伝導度構造の推定が可能になる。ただし、かぐや衛星は単独での観測であるため、過去の Apollo12 号と Explorer35 号の同時観測データの解析とは異なり、かぐや搭載の磁力計 LMAG の観測データから入力たる inducing field と出力たる induced field を分離することは容易ではない。そこで本研究では、月が地球磁気圏尾部のロープ中にあるとき、ロープを出るとき、または入るときの磁場変化に注目し、それらが誘導磁場によるものであるとして解析を行った。発表ではこの結果から導きだされる月の電気伝導度構造について議論する。

PPS024-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

月磁気異常のモデル化と古月磁気極

Modeling of lunar magnetic anomaly and paleomagnetic pole: Lunar dynamo in the past?

高橋 太^{1*}, 松島 政貴¹, 綱川 秀夫¹, 清水 久芳², 渋谷 秀敏³

Futoshi Takahashi^{1*}, Masaki Matsushima¹, Hideo Tsunakawa¹, Hisayoshi Shimizu², Hidetoshi Shibuya³

¹ 東京工業大学, ² 東京大学地震研究所, ³ 熊本大学

¹Tokyo Institute of Technology, ²ERI, University of Tokyo, ³Kumamoto University

Since findings in the Apollo era, the origin of magnetic anomaly is one of the biggest problems of the Moon. Whether or not the anomalies are records of an ancient magnetic field of lunar core origin puts strong constraints on the thermal evolution, internal structure and origin of the Moon. Magnetic field observations around the Moon by lunar-orbiting spacecrafts such as Lunar Prospector and Kaguya provide us with data to examine if the Moon once had a dynamo-generated magnetic field. For this purpose, we have conducted a study of modeling the lunar magnetic anomaly. A small-scale, relatively isolated anomaly can be modeled using point dipole sources, while more thorough modeling efforts are required for magnetic anomalies with complex structure. In this study, we have modeled lunar magnetic anomalies, taking effects of magnetization source with finite spatial scale into account. A rectangular prism is distributed in a bin of variable size as a magnetization source body. Depth of the bottom plane of the prism is fixed, while height of the prism can vary. Thus, for each prism, the magnetization vector and the height of prism are unknowns to be solved. Here, we report a preliminary modeling result using vector magnetic field data by Kaguya and Lunar Prospector low altitude observation. This technique will be applied to somewhat complicated anomalies, which are difficult to be modeled using a dipole source, such as Crisium-Antipode, Hartwig, Keeler-Heaviside, Kolorev, Krasovsky, Mendel-Rydberg, Moscoviense and Rima-Sirsalis anomalies. After modeling them, the obtained magnetization directions are mapped into distribution of paleomagnetic poles to discuss the ancient lunar dynamo hypothesis.

キーワード: 月, 磁気異常, ダイナモ, 古月磁気極

Keywords: Moon, magnetic anomaly, dynamo, paleomagnetic pole

月面における Th・K 高濃度地点 Aristillus の地質解析 Geology of Th and K enriched Aristillus on the moon

伊藤 清貴^{1*}, 大竹真紀子¹, 春山純一¹, 諸田智克¹, 岩田隆浩¹

Kiyotaka Ito^{1*}, Makiko OHTAKE¹, Junichi HARUYAMA¹, Tomokatsu MOROTA¹, Takahiro IWATA¹

¹ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

¹ ISAS/JAXA

液相濃集元素である Th、K は地球型惑星内部における熱源としての役割を担うため、その分布は地球型惑星の熱史を遡る上で非常に有用な情報となる。かぐや衛星等による月表層からのガンマ線の観測によって、月面 Th・K の濃度分布が知られており、その分布が一様ではなく局所的に高濃度を示す領域が存在することが分かっている。ガンマ線観測では空間分解能が 40km 程であり、それにより対応する地質ユニットを同定するのに限界がある。そこで本研究ではかぐや搭載マルチバンドイメージャで取得した高空間分解能な可視近赤外画像を用いて両者の対応付けを行った。

本研究では Aristillus クレーター (直径 55km) に注目し解析を行った。先のルナー・プロスペクターの観測によってとりわけ高い Th・K 濃度 (12ppm ~ [1]) を示している複数個所のうち一番大きなクレーターである。また高 Th・K 濃度の中心と Aristillus の中心は一致している。かぐや搭載マルチバンドイメージャで得られた可視近赤外画像を用い、Aristillus 周辺の地域において 5 種の分布図 (750nm 反射率、比演算画像、鉍物分布、FeO 量、TiO₂ 量) を作成し、それらを比較し Th・K 濃度が高いとみられる層の組成を検討した。

Gillis らによる研究 [2] では、クレメンタイン衛星搭載 UVVIS camera による可視近赤外画像から得られた FeO・TiO₂ 量分布を用い Aristillus を観測した。クレーター北部の相対的に FeO 量の少ない ejecta (10-14wt%) を volcanic KREEP であると解釈している。一方、これらの議論は主に FeO 量のみでなされており、TiO₂ 量や鉍物組成に関する議論はなされていない。本研究では鉍物組成も併せて検討する。

解析の結果、FeO 量分布は Aristillus 北部の ejecta のうち反射率が高い領域で低くなり、TiO₂ 分布も同様に低くなった。一方 Aristillus 南部ではそのような領域は見られなかった。鉍物分布からは、Aristillus 周囲に鉍物による吸収が小さくなっている領域がほぼ等方的に見られた。また、それらの領域では pyroxene が優勢な組成を示しており、南北で大きな違いは見られなかった。また、クレーター壁やフロアに比べ、中央丘では FeO 量が相対的に高くなっていることが分かった。

Aristillus 北部は ejecta だけでなくクレーター壁も低い FeO 量を示していることから、そのような組成を示す地層が存在していると考えられる。Aristillus 周辺ではそのような組成を示す岩体が偏在し、その領域に存在した物質の水平方向の不均一を観測している可能性がある。また、Aristillus 北部の ejecta のスペクトルから、吸収中心波長が長波長側にシフトしている領域も見つかっており、南北で全く同じ組成とは言い切れないため、引き続き解析を行う必要がある。Aristillus の中央丘では FeO 量が高くなっており、ejecta やクレーター壁と異なる組成を示している。これらの組成の違いが何に起因するのかについても引き続き解析を行っていく。

[1] Lawrence et al. (2002), 33rd LPSC, Abstract #1970.

[2] Gillis et al. (1999) in Workshop on New Views of the Moon II, LPI.

衝突クレーター周辺におけるレーダサウンダ観測と地形・分光カメラ観測の対比に基づく晴れの海表層の誘電率推定

Estimation of the lunar surface permittivity based on Kaguya radar sounder and imager observations

石山 謙^{1*}, 熊本 篤志¹, 小野 高幸¹, 寺田 直樹¹, 加藤 雄人¹, 山口 靖², 押上 祥子²

Ken Ishiyama^{1*}, Atsushi Kumamoto¹, Takayuki Ono¹, Naoki Terada¹, Yuto Katoh¹, Yasushi Yamaguchi², Shoko Oshigami²

¹ 東北大学, ² 名古屋大学

¹Tohoku University, ²Nagoya University

月の火山活動史を議論するためには、溶岩に含まれる鉱物の種類・含有量や溶岩の流出範囲、その年代およびその噴出量を明らかにすることが必要となる。月の海を構成する玄武岩は、複数回にわたって噴出した溶岩が折り重なって層状に堆積したものであることが、分光観測・クレーター年代決定 (Heather et al., 2002; Hiesinger et al., 2003) によって示唆されていたが、かぐや衛星に搭載された Lunar Radar Sounder (LRS) は、これらの溶岩層の境界にある paleoregolith からの反射エコーの検出に成功した (Ono et al., 2009)。LRS は月面の広い領域において連続的な観測を実施し、同一年代に噴出したと考えられる溶岩全体で地下エコーを観測できた場合、地下反射面までの深さを層の厚さと見なすことで、玄武岩の噴出量を月面の様々な領域で調べることが可能となる。しかしながら、LRS の観測から玄武岩層の厚さを推定するには、その玄武岩の誘電率を推定する必要がある。月の岩石資料から得られている誘電率 (4 ~ 11) [e.g., Olhoeft 1975] を典型的な値として仮定することは可能であるが、各領域で誘電率が相違している可能性も高く、正確な厚さを推定する上で問題となる。

本研究は、LRS と同じく、かぐや衛星に搭載された Multi-band Imager (MI; Ohtake et al., 2008) と Terrain Camera (TC; Haruyama et al., 2006) の観測結果を使用し、月表層の玄武岩層の誘電率を推定することを目的とする。解析の対象として、晴れの海にあるクレーター (Bessel A、Bessel D) に着目する。ここでクレーター周囲を覆う玄武岩層の誘電率を ϵ_1 とおく。誘電率推定の手法は以下の通りである。はじめに、クレーターの内壁に露出した層とその境界を MI で得られた分光画像から判別し、次に TC で得られた数値地形データから、露出している玄武岩層の厚さ T を同定する。この T の値と、クレーター近傍での LRS 観測結果から得られる見かけの深さ D 、及び真空中の誘電率 ϵ_0 を用いることにより、 ϵ_1 が推定できる。この手法により誘電率 ϵ_1 の推定が可能となるが、注意すべき点として、厚さ T を決定する際に仮定するクレーター形成モデルが挙げられる。クレーターは隕石が月面に衝突してできたものであるため、クレーターの側壁に見えている層は、地下に存在している層が単に露出しているのではなく、隕石衝突で発生する衝撃波によって変形していると考えられる。そのため本研究では、衝突によって変形した層構造モデルをいくつか仮定し、それぞれのモデルをもとに、玄武岩層の誘電率 ϵ_1 を推定した。

講演では本研究で用いた解析手法の有効性およびクレーターの層構造モデルの妥当性について議論する。また、アポロで採取された岩石資料の誘電率の値と比較する事により、推定された誘電率について考察する。

謝辞：本研究はかぐやデータアーカイブを通じて、かぐや LISM チームより提供された TC/MI データをもとに行われました。ここに感謝の意を表します。

NWA773 玄武岩の結晶化トレンド Diverse crystallization trends in NWA 773 basalts

若林 佑樹^{1*}, Fagan Timothy¹
Yuki Wakabayashi^{1*}, Timothy Fagan¹

¹ 早稲田大学

¹Waseda University

At least three distinct crystallization trends in mafic rocks from the Moon can be extracted based on textural distinctions and pyroxene analyses from the Northwest Africa 773 (NWA 773) clan of lunar meteorites. The NWA 773 clan consists of brecciated and unbrecciated meteorites with a characteristic olivine gabbro cumulate lithology and other mafic rocks [1-5]. This study focuses on zoning trends in pyroxene within the olivine cumulate, in more evolved co-magmatic rocks that occur as breccia clasts, and a distinct mafic lithology characterized by fine-grained pyroxene+feldspar-rich groundmass [6,7]. Electron microprobe analyses for this study are from NWA 773 and NWA 2727.

Three trends can be distinguished based on Ti# ($Ti/[Ti+Cr]$) and Fe# ($Fe/[Fe+Mg]$) in pyroxene. (1) The main olivine gabbro cumulate clast (OGC) of NWA 773 [see 6,7]; smaller clasts of OGC in the breccia; co-magmatic, later-stage, coarse-grained, zoned pyroxene+feldspar-rich clasts, symplectite and extremely ferroan clasts with fayalitic olivine and silica and/or feldspathic glass form common trend with Ti# and Fe# both increasing in pyroxene. We refer to this as the "main trend" of NWA 773 breccia. The large clast of OGC in NWA 773 was originally considered the most magnesian (most primitive) endmember of the main trend [6,7], but we have identified a slightly more magnesian clast with abundant Cr-rich spinel.

(2) Within the olivine cumulate, pyroxene shows a wide range of Ti# but little variation in Fe# [6]. In this study, we collected pyroxene analyses along transects toward intercumulate K,Ba-feldspar-bearing pockets. These pockets are rich in incompatible elements and are considered products of residual liquids trapped between cumulate crystals (see Fig. 2B of [6]). We analyzed pyroxene adjacent to five pockets in NWA 773. In 7 of 9 transects in pyroxene, Ti# increases with minimal change in Fe# ("pocket trend"). Plagioclase feldspar adjacent to four of the five pockets showed a decrease in An-content (increase in Ab) approaching the pocket. These results are consistent with the interpretation of the pockets as residual liquids trapped in the cumulate.

(3) One group of texturally distinct clasts in the breccias of NWA 773 and NWA 2727 has a groundmass of fine, elongate, parallel crystals of feldspar and pyroxene (straw-texture, see Fig. 6D of [6]). Pyroxene phenocrysts in the straw-textured clasts show complex zoning patterns. Fe-rich groundmass pyroxene analyses are similar to the main trend, but several analyses from the pyroxene phenocrysts have higher Ti# at a given Fe# than the main trend (straw-textured trend).

We infer that: (1) the main trend formed from fractional crystallization in the main body of NWA773 liquid; (2) the pocket trend formed from fractional crystallization as pyroxene grew toward trapped liquids in the cumulate; (3) the straw-textured trend formed from a separate mafic liquid with higher Ti#.

References: [1] Bunch et al., 2006, LPSC 37, #1375; [2] Jolliff et al., 2007, LPSC 38, #1489; [3] Zeigler et al., 2007, LPSC 38, #2109; [4] Zhang et al., 2010, MaPS 45, p. 1929-1947; [5] Nagaoka et al., 2011, LPSC 42, #1864; [6] Fagan et al., 2003, MaPS 38, p. 529-554; [7] Jolliff et al., 2003, GCA 67, p. 4857-4879.

鉱物分布からみる月 SPA 盆地の地質構造 Geological structure of lunar SPA basin

大竹 真紀子², 上本 季更^{1*}, 春山 純一², 山本 聡⁴, 松永 恒雄³, 中村 良介⁴, 横田 康弘³, 小林 進悟², 諸田 智克², 岩田 隆浩²

Makiko Ohtake², Kisara Uemoto^{1*}, Junichi Haruyama², Satoru Yamamoto⁴, Tsuneo Matsunaga³, Ryosuke Nakamura⁴, Yasuhiro Yokota³, Shingo Kobayashi², Tomokatsu Morota², Takahiro Iwata²

¹ 東京大学, ² 宇宙航空開発研究機構, ³ 国立環境研究所, ⁴ 産業技術総合研究所

¹University of Tokyo, ²JAXA, ³NIES, ⁴AIST

月裏側にある South Pole-Aitken 盆地 (SPA 盆地) は、巨大隕石衝突により形成され、その内側では月内部物質であるマントル物質が露出していると考えられており、月の起源の解明に繋がる月内部の元素・鉱物組成を直接的に把握するのに最も重要な地域であると考えられてきた。特に衝突の中心部においては、掘削深度が大きいこと、表層の斜長石に富む地殻はすべて外へ飛散し、マフィック鉱物に富む岩石が広がっている可能性が高いとされてきた [1]。しかし、SPA 盆地は月裏側であることや、月における他の巨大衝突盆地と比較しても特別に規模が大きいことなどから、形成メカニズムや詳細な掘削領域などは未だ明確には把握されておらず、マントル物質の露出の有無についても不明である。一方最近の研究では、Pieters et al. (2001) が、盆地の衝突の中心から比較的近い場所に地殻物質である斜長岩 (斜長石 90vol.%以上) が存在するとし [2]、また、Ohtake et al. (2009) も同じく中心に近い場所に斜長岩が存在すると報告している [3]。また、Ishihara et al. (2009) は、盆地内の地殻厚が 20~30km あったと報告している [4]。斜長岩が存在する場合、地殻が剥ぎ取られることなく残存したという可能性が挙げられ、特に衝突の中心付近では地殻はすべて剥ぎ取られたとされていたこれまでの研究と相異なる。しかし、SPA 盆地は形成年代が古く、盆地表面には新しい隕石衝突や岩石の宇宙風化などの影響によって盆地内では岩石の混合がおこっており、また特に巨大な衝突盆地であることから、従来のクレータースケール則が当てはまらない可能性も高いので、地殻が中心部にも残存していたという可能性は十分に考えられる。月内部物質の組成を詳細に調査するためには、月内部物質が露出している領域を限定する必要があるが、これらの理由から露出領域限定は極めて困難であると言える。そのため本研究では、月内部物質を覆っていた地殻に注目し、その鉱物学的な分布から、巨大隕石衝突によって地殻が剥ぎ取られた領域を推定し、盆地の地質構造を推測することで、隕石衝突後の地質の変動を復元し、内部物質露出領域に制約を与えることができると考えた。過去の研究では、主に地形学的情報を基に SPA 盆地の地質構造を推測しているが、本論では、主に月鉱物の分布傾向から盆地構造の推測を行い、更に地形学情報も重ね合わせることで、従来より更に正確な地質構造を考察する。

本研究では、研究手段として月周回衛星「かぐや」搭載のマルチバンドイメージャ (MI) による分光観測データを用い、SPA 内部のクレーターおよびその周辺の反射スペクトル解析を行うことで、鉱物に特徴的な吸収を観察した。そこで斜長石に富む岩石の存在の確認をするともに、輝石 (吸収 900~1000 nm 付近)、カンラン石 (吸収 1050 nm 付近) を観察することにより、各観測地点の岩石種を調べた。解析した地域は、SPA 盆地ほぼ全域である。また、地形情報は同じく「かぐや」搭載の LALT データから標高図を作成した。

結果、盆地の中心からみて Pieters et al. (2001) の研究で見られた斜長岩とほぼ同じ箇所において、斜長岩が見つかった。そのほかにも 19 箇所、計 20 箇所斜長岩 (> 90vol.%斜長石) がみられた。また、地形情報では、盆地内に 4 つのリングが見出された。

結果から、特に盆地の縁に沿った地域に比較的多く分布していることが明らかとなった。この範囲は地形情報から引いた二番目のリングよりも外側の地域とほぼ一致しており、多重リング盆地の典型的なモデルでは、二番目のリングの内側が地殻の掘削が起きている領域であり、二番目のリングの外側には地殻物質は広く分布していると推測していることから、鉱物学的観点からも盆地の地質構造を推定できたことになる。また、二番目のリングより内側において 4 箇所斜長岩が見つかっており、二番目のリングを地質学的境界であると考え、外側の斜長岩と区別して考える必要がある。その存在要因として、地殻物質が衝突の掘削により剥ぎ取られずに残っている可能性、また、盆地形成時におけるインパクトメルトから分化した可能性、あるいは、盆地外部からもたらされた (壁面が崩壊した、ejecta として飛来したなど) 可能性が挙げられるが、これら 4 箇所の斜長岩はいずれも四番目のリングの外側にあり、四番目のリングの内側は、過去の多重リング盆地のモデルや、地形情報、斜長岩が見つかっていないことから、インパクトメルトの領域であると考察できるため、これら 4 箇所の斜長岩は、地殻がはぎ取られずに残っているものであると推測した。

[1] D.Spudis et al.,(1994)Science,266,1848-1851

[2] C.M.Pieters et al.,(2001)Journal of Geophysical Research,vol.106,No.E11

[3] Ohtake et al. , (2009)Nature461(7261):236-40

[4] Ishihara et al.,(2009)GRLvol.36,L19202

キーワード: 月, South Pole-Aitken 盆地, マルチバンドイメージャ, 斜長岩
Keywords: Moon, South Pole-Aitken basin, Multiband Imager, Anorthosite

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PPS024-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

月レーザ測距地上局用シーイング測定装置 (DIMM) の開発 Development of the Deferential Image Motion Monitor (DIMM) for Lunar Laser Ranging station

田澤 誠一^{1*}, 野田 寛大¹, 荒木 博志¹, 國森 裕生²
Seiichi Tazawa^{1*}, Hiroto Noda¹, Hiroshi Araki¹, Hiroo Kunimori²

¹ 自然科学研究機構国立天文台, ² 情報通信研究機構
¹NAOJ, ²NICT

我々は月着陸ミッション SELENE-2 に向け、月レーザ測距 (LLR) を提案している。当面は既存 SLR 局 (小金井) を改修し、LLR 地上局から月面上のレーザ反射板までの距離測定が可能となるよう目指している。LLR では大気揺らぎの影響が大きいため、観測時はシーイング観測を行うことで、観測データの信頼性向上に努める必要がある。シーイング観測は一般的に Deferential Image Motion Monitor (DIMM) によって行われている。本発表では LLR 地上局用に新たに製作する DIMM の開発状況について報告する。

キーワード: 月レーザ測距, シーイングモニター
Keywords: LLR, SELENE-2, DIMM

PPS024-P16

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

月レーザー測距地球局の条件と衛星レーザー測距からのアップグレード Ground station for Lunar Laser Raging : condition and upgrade using present SLR station

國森 裕生^{1*}, 荒木 博志², 田澤 誠一², 野田 寛大²
Hiroo Kunimori^{1*}, Hiroshi Araki², Seiichi Tazawa², Hiroto Noda²

¹ 情報通信研究機構, ² 国立天文台

¹NICT, ²NAOJ

The paper presents a study of the ground station for the LLR (Lunar Laser Ranging) experiment in Selene2. The science goal of the LLR is to get better understanding of inner structure of the Moon and other principal physics through lunar orbit, lunar solid tides, and lunar rotation.

The current SLR (Satellite Laser Ranging) network on the Earth has about 30 operational stations and they track regularly about 30 earth orbiting satellite in which the most distant target is up to geosynchronous satellite(GEO) or about 40,000 km. A few stations can track retro-reflector arrays on the Moon which has distance of 380,000 km from the Earth. The signal strength from moon is as -40 dB weak as one from GEO because of space loss if all other conditions including the target cross section are same.

We plan to range the Moon from a Japanese ground station in two major steps. The first step is to acquire returned photons from the lunar retro-reflectors by upgrade of the existing SLR station to assess technology used and figure out necessary requirement for each subsystem and software. In the second step, full-scale development and installation in an ideal location will be planned. As the first demonstration site, the SLR station in Koganei is selected which has 1.5 m diameter telescope but does not have good atmospheric seeing.

The pointing stability of the telescope and the atmospheric seeing are the most important factors for LLR. We will monitor the seeing during ranging, and the adaptive optics approach will be taken for basic development by using tip-tilt mirrors, wavefront sensors and control software.

A tracking laser for long-distance target is to be introduced in a transmitting pass, which has 532nm wavelength, nominal repetition rate of 2 kHz, energy per pulse of 5 mJ and pulse width of about 20 nanoseconds. The kHz ranging engine (KRE), composed of a range gate generator and epoch timer (A033-ET) with newly developed control software, is capable of 2 kHz operation to control the tracking laser and data I/O. It can also control the present 20 Hz picoseconds laser by triggering using 1/100 divider. The requirements of LLR stations are investigated in terms of technology and site condition, and the upgrade of the present SLR station will be discussed.

キーワード: 月レーザー測距, 衛星レーザー測距

Keywords: LLR, SLR

次期月探査計画における月面天測望遠鏡 (ILOM) の開発 - 光学系と駆動系の評価 Development of a Telescope for In-situ Lunar Orientation Measurements (ILOM) in the next Lunar Exploration - Evaluation

花田 英夫^{1*}, 田澤 誠一¹, 荒木 博志¹, 鶴田 誠逸¹, 野田 寛大¹, 浅利 一善¹, 佐々木 晶¹, 松本 晃治¹, 船崎 健一², 佐藤 淳², 谷口 英夫², 加藤 大雅², 菊池 護², 高橋 友恵², 山崎 厚武², 村田 孝平², 岩田 隆浩³, 日置 幸介⁴

Hideo Hanada^{1*}, Seiichi Tazawa¹, Hiroshi Araki¹, Seiitsu Tsuruta¹, Hirotomo Noda¹, Kazuyoshi Asari¹, Sho Sasaki¹, Koji Matsumoto¹, Ken'ichi Funazaki², Atsushi Satoh², Hideo Taniguchi², Hiromasa Kato², Kikuchi Mamoru², Tomoe Takahashi², Atsumu Yamazaki², Kohei Murata², Takahiro Iwata³, Kosuke Heki⁴

¹ 国立天文台・RISE 月探査プロジェクト, ² 岩手大学工学部, ³ 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所, ⁴ 北海道大学理学
研究院

¹NAOJ, ²Iwate Univ., ³ISAS/JAXA, ⁴Hokkaido Univ.

月の回転を 1 ミリ秒角以下の精度で観測して、月の中心核の状態を調べることを目標とした月面天測望遠鏡 (ILOM: In-situ Lunar Orientation Measurements) 計画を「かぐや」に続く次期月探査計画に搭載されることを提案している。ILOM 計画では、月面に設置される位置天文観測用の写真天頂筒 (PZT) で多数の星の位置を 1 年以上にわたって観測し、望遠鏡の視野内の星の位置の予測値とのずれから月の回転変動を 1 ミリ秒角 (mas) 以下の精度で求める [1]。月のコアの物性 (流体核かどうか等) と関連する回転パラメータの振幅は、最大数 mas の振幅を持っているので [2]、少なくとも 1mas 以下の精度が必要である。

私達は、すでに望遠鏡の試作機を開発し、高真空、大きな温度変化、およびレゴリスダストのある月の環境と同様な条件の下で光学系と駆動装置の性能を知るためにいくつかの実験を行った。

望遠鏡が温度変化を受けた場合の星像位置への影響を調べるために、光線追跡プログラムによってシミュレーションを行った。一様な温度変化を受けた時の星像中心の変位は、原点からの距離に比例する系統的なパターンを示すので、熱膨張を表す 1 次式で近似した結果、残差は 1 ミリ秒角以下の精度で補正できた。水平、垂直方向の温度勾配がある場合には、一様な場合の変位に加えて、一方向の変位を生じるので、より複雑なモデルで補正することが必要である。

鏡筒の駆動機構の月面環境での駆動性能を調べるために、モーターとギアを真空対応にして、真空環境で駆動性能を調べた。到達真空度は 3Pa で、8 時間と 29 時間の連続駆動を行った。真空試験後のモーターの性能を調べた結果、モータ付近の温度が上昇していた。実際の ILOM の観測ではこのような長時間の連続駆動は想定していないので、大きな温度上昇の可能性は低いですが、他の機器への応用等を考慮して、温度上昇と運用条件の関係を求める必要がある。

[1] Hanada, H., Heki, H., Araki, H. et al., Application of PZT telescope to In-situ Lunar Orientation Measurement (ILOM), International Association of Geodesy Symposia, 2004, 128, 163-168.

[2] Williams, J. G., Boggs, D. H., Yoder, C. F. et al., Lunar rotational dissipation in solid body and molten core. 2001, J. Geophys. Res., 106, 27933-27968.

Keywords: lunar rotation, telescope, PZT, physical libration, lunar exploration

PPS024-P18

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

月面設置観測機器のための温度制御機構 (サバイバルモジュール) の開発 Development of thermal control unit for scientific instruments on lunar surface

小川 和律^{1*}, 飯島 祐一¹, 坂谷 尚哉², 田中 智¹
Kazunori Ogawa^{1*}, Yu-ichi Iijima¹, Naoya Sakatani², Satoshi Tanaka¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 東京工業大学

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Tokyo Institute of Technology

現在、月面で長期的観測を行う機器のための熱制御装置を開発している。これは、月周回衛星 Kaguya の後継機として計画している月面着陸探査機 SELENE-2 において、科学観測機器を月面に設置するためのものである。月面は温度が昼と夜で -200 から 100 程度と大きく変動する。夜間を含む長期的観測を維持するためには、昼間に熱を効率よく廃熱し、かつ夜は暖めるといった機構が不可欠であり、これは SELENE-2 の最重要開発課題の一つである。

長期観測機器は、月震計、磁力計、熱流量計、VLBI 電波源の 4 つを想定しており、いずれも月内部構造探査を主目的とする。観測から月内部の地震波速度、電気伝導度、温度、慣性モーメントなどの情報を得て、それらを統合して密度構造、物理状態、組成、地殻の厚さ、コアの有無など、ひいては月の起源と地質進化についての強い制約条件を与える。一連の観測計画を SELENE Advanced Geophysical Experiments (SAGES) と命名し、検討を進めている。これらの観測は月面に着陸して初めて実現できるものであり、また出来るだけ長期にわたって観測を継続することでデータの質が向上し、より大きな理学成果に繋がる。

長期的温度制御装置 (サバイバルモジュール) の方式として我々が提案するのは、機器と周囲の地面を山形の多層断熱膜 (MLI) で覆い、内部機器をレゴリス表層と積極的に熱結合させる手法である。これにより、昼間に周囲と断熱するだけでなく、MLI 下のレゴリス表層を蓄熱材として利用して昼間の熱を蓄え、夜に機器を暖めることが出来る。この方式の可能性を検討するため、これまで熱数学モデル計算を進めてきた。またモデルで仮定した熱パラメータの検証のため、熱性能評価用の試作機を製作し、熱真空試験を実施してきた。これらの結果、サバイバルモジュール内部機器の昼夜の温度変動が 0-40 の間に収まることを示し、月面長期生存の可能性を示すことが出来た。

サバイバルモジュールのフィージビリティを高めるためには、モジュール各部について、より具体的な検討を進める必要がある。データ処理系、通信系、電源系などの概念検討を実施して、想定する電力内で必要な機能を持てることを確認し、同時にこれらの熱特性を求めて全体熱モデルの更新を進めている。今回、重点的に開発を進めたのは、月面着陸後に MLI を山形に展開する機構である。フライト中は MLI を畳んだコンパクトな状態で搭載することを想定している。これについて幾つかの方式のトレードオフを行い、最も良い方式について試作機を製作して、MLI が要求通り山形に展開出来ることを実証した。

キーワード: 熱制御, 月探査, SELENE-2

Keywords: thermal control, lunar exploration, SELENE-2

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PPS024-P19

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 14:00-16:30

SELENE-2 搭載を目指した ALIS/LMUCS/LUMI の科学目標と開発検討状況 Development status and scientific objective of ALIS/LMUCS/LUMI for the SELENE-2 mission

大竹 真紀子^{1*}, 佐伯 和人², 杉原 孝充³, 諸田 智克¹, 本田 親寿⁴, 大嶽 久志¹, 古谷 克司⁵, 大槻 真嗣¹, 久保田 孝¹
Makiko Ohtake^{1*}, Kazuto Saiki², Takamitsu Sugihara³, Tomokatsu Morota¹, Chikatoshi Honda⁴, Hisashi Otake¹, Katsushi Furutani⁵, Masatsugu Otsuki¹, Takashi Kubota¹

¹ 宇宙航空開発研究機構, ² 大阪大学, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ 会津大学, ⁵ 豊田工業大学

¹JAXA, ²Osaka University, ³JAMSTEC, ⁴University of Aizu, ⁵Toyota Technological Institute

現在、次期月探査 SELENE-2 の検討が進んでいる。我々は月の地殻形成プロセスについて月面着陸によるその場観察で調査するため、(1) 着陸地点からの遠望による観察 (ALIS)、(2) ロボット搭載カメラによる短・中距離観察 (LMUCS)、(3) 岩石表面を研削研磨した鉱物組織観察 (LUMI) を行う地質探査を提案してきた。本講演では、それらの分光機器の検討状況と科学目標を報告する。

キーワード: 月, セレーネ 2, 地質調査, 分光学, クレーター

Keywords: Moon, SELENE-2, Geological survey, Spectroscopy, Crater