

## その場年代計測装置による月惑星年代学探査

### Lunar and Planetary chronological missions based on the in-situ geochronology instruments

諸田 智克<sup>1\*</sup>, 杉田 精司<sup>2</sup>, 長 勇一郎<sup>2</sup>, 三浦 弥生<sup>2</sup>, 渡邊 誠一郎<sup>1</sup>, 古本 宗充<sup>1</sup>, 本田 親寿<sup>3</sup>, 杉原 孝充<sup>4</sup>, 石原 吉明<sup>5</sup>, 大竹 真紀子<sup>6</sup>, 唐牛 譲<sup>6</sup>, 石橋 高<sup>7</sup>, 荒井 朋子<sup>7</sup>, 武田 弘<sup>2</sup>, 寺田 健太郎<sup>8</sup>, 鎌田 俊一<sup>2</sup>, 佐伯 和人<sup>8</sup>, 小林 進悟<sup>9</sup>, 亀田 真吾<sup>10</sup>, 吉岡 和夫<sup>6</sup>, 岡崎 隆司<sup>11</sup>, 並木 則行<sup>7</sup>, 小林 正規<sup>7</sup>, 大野 宗祐<sup>7</sup>, 千秋 博紀<sup>7</sup>, 和田 浩二<sup>7</sup>, 橋 省吾<sup>12</sup>  
Tomokatsu Morota<sup>1\*</sup>, Seiji Sugita<sup>2</sup>, Yuichiro Cho<sup>2</sup>, Yayoi N. Miura<sup>2</sup>, Sei-ichiro WATANABE<sup>1</sup>, Muneyoshi Furumoto<sup>1</sup>, Chikatoshi Honda<sup>3</sup>, Takamitsu Sugihara<sup>4</sup>, Yoshiaki Ishihara<sup>5</sup>, Makiko Ohtake<sup>6</sup>, Yuzuru Karouji<sup>6</sup>, Ko Ishibashi<sup>7</sup>, Tomoko Arai<sup>7</sup>, Hiroshi Takeda<sup>2</sup>, Kentaro Terada<sup>8</sup>, Shunichi Kamata<sup>2</sup>, Kazuto Saiki<sup>8</sup>, Shingo Kobayashi<sup>9</sup>, Shingo Kameda<sup>10</sup>, Kazuo Yoshioka<sup>6</sup>, Ryuji Okazaki<sup>11</sup>, Noriyuki Namiki<sup>7</sup>, Masanori Kobayashi<sup>7</sup>, Sohsuke Ohno<sup>7</sup>, Hiroki Senshu<sup>7</sup>, Koji Wada<sup>7</sup>, Shogo Tachibana<sup>12</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学, <sup>2</sup>東京大学, <sup>3</sup>会津大学, <sup>4</sup>海洋研究開発機構, <sup>5</sup>産総研, <sup>6</sup>JAXA, <sup>7</sup>千葉工業大学, <sup>8</sup>大阪大学, <sup>9</sup>方医研, <sup>10</sup>立教大学, <sup>11</sup>九州大学, <sup>12</sup>北海道大学

<sup>1</sup>Nagoya Univ., <sup>2</sup>Univ. Tokyo, <sup>3</sup>Univ. Aizu, <sup>4</sup>JAMSTEC, <sup>5</sup>AIST, <sup>6</sup>JAXA, <sup>7</sup>Chiba Inst. of Tec., <sup>8</sup>Osaka Univ., <sup>9</sup>NIRS, <sup>10</sup>Rikkyo Univ., <sup>11</sup>Kyushu Univ., <sup>12</sup>Hokkaido Univ.

日本における今後の月惑星探査を力強く推進するためには、一連の探査計画において共通の柱となる理学目標の設定が必須であることは言うまでもない。惑星科学が目指す一つのゴールは、太陽系で起こったとされる様々なイベントの有無と相互の因果関係を解明し、太陽系形成から現在に至る歴史を滑らかにつなぐことである。このような観点から我々は月惑星年代学を柱として、太陽系進化史の解明を目指したその場年代測定機器を用いた探査計画を提案する。

本提案は月面着陸による地質・物質科学調査、その場 K-Ar 年代測定にもとづいて月面の重要地域の年代決定を行うものである。探査候補地域はコペルニクスなどの若いクレータのフロア、または嵐の大洋にある若い溶岩流領域とする。これらの地域の形成年代と既存のリモートセンシングデータから計測されるクレータ統計情報と組み合わせることにより、過去 38 億年に及ぶ太陽系内側の天体衝突史の理解が完成する。それにより、(1) 地球近傍天体の供給過程、ソース規模の時間変化の制約、(2) 地球型惑星表面の年代決定手法（クレータ年代学）の確立と地質進化履歴復元の高精度化が達成される。

本探査で獲得されるその場年代決定技術や月面移動地質調査技術、地質学・年代的知見は、将来の月面サンプルリターン計画や火星探査計画に継承されるべきものである。

キーワード: 月惑星探査, 月, 年代学, クレータ, K-Ar 年代測定

Keywords: Lunar and Planetary explorations, moon, chronology, crater, K-Ar dating

## 将来探査に向けた月裏側高地地殻物質のサンプルリターン検討 Sample return from the lunar farside highland proposed for the future lunar exploration mission

大竹 真紀子<sup>1\*</sup>, 荒井 朋子<sup>2</sup>, 武田 弘<sup>2</sup>, 唐牛 謙<sup>1</sup>, 佐伯 和人<sup>3</sup>, 諸田 智克<sup>4</sup>, 小林 進悟<sup>5</sup>, 大槻真嗣<sup>1</sup>, 國井康晴<sup>6</sup>  
Makiko Ohtake<sup>1\*</sup>, Tomoko Arai<sup>2</sup>, Hiroshi Takeda<sup>2</sup>, Yuzuru Karouji<sup>1</sup>, Kazuto Saiki<sup>3</sup>, Tomokatsu Morota<sup>4</sup>, Shingo Kobayashi<sup>5</sup>, Masatsugu Otsuki<sup>1</sup>, Yasuharu Kunii<sup>6</sup>

<sup>1</sup>宇宙航空研究開発機構, <sup>2</sup>千葉工大, <sup>3</sup>大阪大, <sup>4</sup>名古屋大, <sup>5</sup>放射線医学研究所, <sup>6</sup>中央大学

<sup>1</sup>JAXA, <sup>2</sup>Chiba Institute of Technology, <sup>3</sup>Osaka University, <sup>4</sup>Nagoya University, <sup>5</sup>NIRS, <sup>6</sup>Chuo University

これまでの研究により、月の形成直後には表層が数 100km 以上にわたって溶融したマグマオーシャンが存在していたと考えられる。月高地地殻は、マグマオーシャンの固化時にマグマから結晶した斜長石が集積して形成したと推定される事から、月地殻組成を把握することは、地殻形成過程すなわち月マグマオーシャンの固化過程や組成を知る上で、非常に重要である。

従来、月の地殻組成は月で採取された帰還試料や月隕石の分析値を基に推定されてきたが、最近になって、月周回衛星“かぐや”データをを用いた研究などにより、月表側から採取された既存の帰還試料とは組成が異なる、より早い分化段階でマグマオーシャンから固化・形成した始原的な地殻物質が、月裏側に存在する事が指摘されている。これら未採取の月裏側地殻物質を入手し、地上に置いて詳細な化学組成の分析を実施する事は、月高地地殻の組成、月マグマオーシャンの固化過程や熱履歴を知ることに加え、月・地球系の形成過程を考える上でも重要な課題である。

本提案では、来る 10 年の惑星探査計画検討の一環として、固体天体探査として最初に行う“着陸その場年代測定探査”実施後に、次のステップとして実施する月裏側の高地地域からのサンプルリターンミッションを検討した。本ミッションでは、先に行う着陸その場年代測定探査によって確立する、月面精密着陸技術および月面その場での試料操作・測定技術を基にして、月裏側で既存の月探査データからあらかじめ選定した地点に着陸し、試料の測定により選定を実施した上で、未採取地殻物質の採取帰還を行う。帰還試料を地球に持ち帰り、それら試料の詳細な組成分析、同位体分析、組織分析、既存のリモートセンシングデータとの比較のための分光測定、風化度測定など、さまざまな分析を行うことにより、先に述べた月地殻組成の把握による科学目標達成を目指す。

月からのサンプルリターン実施は、科学的に火星やその他、比較的大型の固体天体の形成・分化を知る上での基礎理論構築に重要であると伴に、それら大型の固体天体からのサンプルリターン技術を確立するという観点でも意義が大きい。

キーワード: 来たる 10 年の月惑星探査, サンプルリターン, 月, 高地地殻

Keywords: Next decade for planetary explorations, sample return, moon, highland crust

## MELOS1 火星着陸探査計画 MELOS1 Mars Landing Exploration Plan

佐藤 毅彦<sup>1\*</sup>, 宮本 英昭<sup>2</sup>, 山岸 明彦<sup>3</sup>, はしもと じょーじ<sup>4</sup>, 千秋 博紀<sup>5</sup>, 石丸 亮<sup>5</sup>, 亀田 真吾<sup>6</sup>, 久保田 孝<sup>1</sup>, 藤田 和央<sup>1</sup>, 石上 玄也<sup>1</sup>, 尾川 順子<sup>1</sup>, 岡田 達明<sup>1</sup>

Takehiko Satoh<sup>1\*</sup>, Hideaki Miyamoto<sup>2</sup>, Akihiko Yamagishi<sup>3</sup>, George HASHIMOTO<sup>4</sup>, Hiroki Senshu<sup>5</sup>, Ryo Ishimaru<sup>5</sup>, Shingo Kameda<sup>6</sup>, Takashi Kubota<sup>1</sup>, Kazuhisa Fujita<sup>1</sup>, Genya Ishigami<sup>1</sup>, Naoko Ogawa<sup>1</sup>, Tatsuaki Okada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>2</sup> 東京大学, <sup>3</sup> 東京薬科大学, <sup>4</sup> 岡山大学, <sup>5</sup> 千葉工業大学, <sup>6</sup> 立教大学

<sup>1</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>2</sup>University of Tokyo, <sup>3</sup>Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences, <sup>4</sup>Okayama University, <sup>5</sup>Chiba Institute of Technology, <sup>6</sup>Rikkyo University

火星のさまざまな科学的側面、それに対して周回機と着陸機を組み合わせた複合探査で挑もうと検討を行っているのが、MELOS 計画である。必ずしも同時に単一ミッションとして行う必要のないものは、時間をかけてシリーズ探査とする、その基本方針のもとでは MELOS1 を具体化すべく検討を続けてきた。ミッションは大規模になるほどその立ち上げは難しい。周回機 + 着陸機の構成にこだわり続けては、最初のミッションをいつ行えるか分からない情勢であるから、MELOS1 は着陸機 + クルーズステージという簡潔な構成にする方針でいる。Curiosity の成功で息を吹き返した米国の火星探査があり、欧露の ExoMars ミッションがあり、われわれが目指す 2020 年代に外国の周回機が火星を回っていて通信リレーを頼れるとする仮定は、無理なことではない。

着陸機側の構成はまだもう少し柔らかいものの、40-50 kg ローバーに生命探査を中心としたいくつかの理学測器を搭載したものが検討されている。火星着陸探査は、人類の活動領域を拡大する「探査」の重要ステップであるとともに、科学的発見をなし得るフィールドへ降り立つという極めて大きな意義をもつ。地球外生命、その発見は科学史上最大の発見となり得るだろう。広大で変化に富む火星地表、これまで 7 回の着陸は類似した環境の地点であり、得られた火星生命可能性に関する知見はごく限定的といえる。流水地形やメタン放出の疑われる泥火山地形など、生命発見に最も高効率と考えられる場所は、前人未踏の探査対象であり、高精度着陸、新型生命検出

装置を備え、こうした場所に降り立っての生命探査を世界に先駆けて行う。それが現在想定されている MELOS1 計画である。

本講演では検討の進捗状況を報告するとともに、日本の将来計画の中における火星着陸探査の位置づけなど、広い視野をもった議論を行いたい。

## ソーラー電力セイル探査機による トロヤ群小惑星探査および宇宙赤外線背景放射観測

### Exploration of Trojan asteroids and observations of cosmic infrared background radiation by a solar power sail mission

中村 良介<sup>1\*</sup>, 矢野 創<sup>2</sup>, 船瀬 龍<sup>2</sup>, 森 治<sup>2</sup>, 吉田 二美<sup>3</sup>, 小久保 英一郎<sup>3</sup>, 津田雄一<sup>3</sup>, 松浦周二<sup>2</sup>, 高遠 徳尚<sup>3</sup>, 関根 康人<sup>4</sup>, 橘 省吾<sup>5</sup>

Ryosuke Nakamura<sup>1\*</sup>, Hajime Yano<sup>2</sup>, Ryu Funase<sup>2</sup>, Osamu Mori<sup>2</sup>, Fumi Yoshida<sup>3</sup>, Eiichiro Kokubo<sup>3</sup>, Yuichi Tsuda<sup>3</sup>, Shuuji Matsuura<sup>2</sup>, Naruhisa Takato<sup>3</sup>, Yasuhito Sekine<sup>4</sup>, Shogo Tachibana<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>3</sup> 国立天文台, <sup>4</sup> 東京大学, <sup>5</sup> 北海道大学

<sup>1</sup> AIST, <sup>2</sup> JAXA, <sup>3</sup> NAOJ, <sup>4</sup> University of Tokyo, <sup>5</sup> Hokkaido University

原始太陽系円盤を構成していた初期物質を探るためには、惑星形成時の熱変成の影響を免れた小惑星・彗星・惑星間塵といった小天体の研究が不可欠である。なかでも木星のラグランジュ点付近に存在するトロヤ群小惑星は、小惑星と彗星の間をつなぐ天体であり、原始太陽系円盤の物質分布や微惑星の成長・移動プロセスを調べる上で重要なターゲットである。本稿では、日本が世界に先駆けて実証したソーラー電力セイル技術を用いたトロヤ群小惑星探査ミッションを提案する。この探査は(1)トロヤ群小惑星の詳細な物質組成や熱史・衝突史を調べることで、その起源と進化を明らかにする(2)惑星間塵の空間分布を測定することで、彗星・小惑星からの生成率や軌道進化に関する理解を深め、その結果を他の惑星系に応用する(2)惑星間塵の影響の少ない小惑星帯以遠からの宇宙赤外線背景放射観測によって、宇宙初期に形成された第一世代の星を調べる、という科学目標をあわせ持つ、惑星科学・天文学・宇宙工学の融合ミッションである。

キーワード: 小惑星, ラグランジュ点, ソーラーセイル, 赤外線, サンプルリターン

Keywords: Asteroid, Lagrange point, Solar Sail, infrared, sample return

## 小惑星 Phaethon 探査 Proposed mission to asteroid Phaethon

荒井 朋子<sup>1\*</sup>  
Tomoko Arai<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 千葉工業大学 惑星探査研究センター

<sup>1</sup> Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

地球近傍小惑星 3200Phaethon はふたご座流星群の母天体であるが、彗星活動は乏しく、彗星と小惑星の中間の特徴を持つ活動的小惑星（あるいは枯渇彗星）と考えられている。また、ふたご座流星群のスペクトル観測から報告されているナトリウムの枯渇及び不均質は、陽加熱の影響よりも局所的な部分溶融を経た母天体の組成不均質を反映している可能性が高い。部分溶融の痕跡を残す原始的な分化隕石中に見られる薄片規模（mm-cm スケール）でのナトリウム不均質は、上記の可能性を支持する。従って、Phaethon では局所的な加熱溶融・分別を経験した物質と始原的な彗星物質が共存する可能性が期待され、Phaethon は太陽系固体天体形成の最初期プロセスを解明するための貴重な探査標的である。また、天文学、天体力学、小惑星・彗星科学、隕石学、実験岩石学などの惑星科学の多分野に横断的な本質的課題解明の鍵を握る理想的な天体である。さらに、Phaethon は直径約 5 km と地球近傍小惑星の中でもサイズが大きいこと、スペースガードの観点から地球への衝突可能性の監視が必要な天体である。Phaethon は、小惑星 2005UD 及び 1999YC と類似した軌道及び小惑星表面の反射スペクトルタイプを持つことから、Phaethon の分裂破片だと考えられている（Phaethon-Geminid-Complex: PGC）。また、メインベルト小惑星パラスと Phaethon との関連も示唆されている。本講演では、Phaethon 探査検討チームの最新状況を紹介すると共に、小惑星 Phaethon 及び PGC の科学的意義及びイプシロンロケット及び小型科学衛星を利用した Phaethon のフライバイ探査及び PGC のマルチフライバイ探査実現性の検討結果について述べる。

キーワード: 小惑星, 探査計画, フェイトン, PGC

Keywords: Asteroid, Mission plan, Phaethon, Phaethon-Geminid-Complex (PGC)

## 土星衛星エンセラダスのプルーム物質の化学・生命探査：サンプルリターンとその場質量分析の重要性

### A space exploration for Enceladus' plumes: importance of sample return and in-situ mass spectrometry

関根 康人<sup>1\*</sup>, 高野 淑識<sup>2</sup>, 矢野 創<sup>3</sup>, 船瀬 龍<sup>4</sup>, 高井 研<sup>5</sup>, 石原盛男<sup>6</sup>, 渋谷 岳造<sup>5</sup>, 橋 省吾<sup>7</sup>, 倉本 圭<sup>8</sup>, 藪田 ひかる<sup>9</sup>, 木村 淳<sup>8</sup>, 古川 善博<sup>10</sup>

Yasuhito Sekine<sup>1\*</sup>, Yoshinori Takano<sup>2</sup>, Hajime Yano<sup>3</sup>, Ryu Funase<sup>4</sup>, Ken Takai<sup>5</sup>, Morio Ishihara<sup>6</sup>, Takazo Shibuya<sup>5</sup>, Shogo Tachibana<sup>7</sup>, Kiyoshi Kuramoto<sup>8</sup>, Hikaru Yabuta<sup>9</sup>, Jun Kimura<sup>8</sup>, Yoshihiro Furukawa<sup>10</sup>

<sup>1</sup> 東京大学・新領域, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構 海洋・極限環境生物圏領域, <sup>3</sup> JAXA ISAS, <sup>4</sup> 東京大学・工, <sup>5</sup> 海洋研究開発機構 PEL, <sup>6</sup> 大阪大学・理, <sup>7</sup> 北海道大学・理, <sup>8</sup> 北海道大学・理, <sup>9</sup> 大阪大学・理, <sup>10</sup> 東北大学・理

<sup>1</sup>Dept. Complexity Sci. & Engr., Univ. Tokyo, <sup>2</sup>Inst. Biogeosciences, JASMTEC, <sup>3</sup>ISAS, JAXA, <sup>4</sup>Dept. Aeronautics & Astronautics, Univ. Tokyo, <sup>5</sup>PEL, JAMSTEC, <sup>6</sup>Dept. Physics, Osaka Univ., <sup>7</sup>Dept. Natural History Sci., Hokkaido Univ., <sup>8</sup>Dept. CosmoSci., Hokkaido Univ., <sup>9</sup>Dept. Earth & Space Sci., Osaka Univ., <sup>10</sup>Dept. Earth Sci., Tohoku Univ.

Here we propose a sample-return mission of water-rich plumes erupting from warm fractures near the south pole of Enceladus. During collection of plume samples, the spacecraft will conduct in-situ gas analyses with a high-resolution multi-turn time of flight mass spectrometer. The mass spectrometry would provide the abundances and isotopic compositions of major gas species included in the plumes. These observational data would allow us to discuss the temperature and isotopic heterogeneity of primordial volatiles in the Saturn-forming region of the protoplanetary disk, geochemical processes occurred in Enceladus' ocean, and possible metabolic reactions and energy for chemithoautotrophy. Once the plume samples are returned safely in 2030's, microscopic analyses for returned samples will be conducted, including synchrotron X-ray analyses, chemical and mineralogical analyses with a nano-SIMS, and calorimetry with radioactive isotopic tracers. In order to achieve both sufficiently high encountering velocity for TOF spectroscopy and low velocity for intact capture of the plume particles, the spacecraft needs to either orbit Saturn and fly-by Enceladus or orbit the satellite itself and still is able to return to the earth after the rendezvous phase.

キーワード: 惑星探査, 氷衛星, エンセラダス, サンプルリターン, その場分析

Keywords: Space exploration, icy satellite, Enceladus, sample return, in-situ analysis

## JUICE 計画への参加が意味するもの What does it mean to participate in the JUICE mission?

藤本 正樹<sup>1\*</sup>  
Masaki Fujimoto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>JAXA 宇宙科学研究所  
<sup>1</sup>ISAS, JAXA

Boosted by the discovery of exo-planets, the habitability issue is becoming more and more of a central issue in planetary science. An icy moon with a sub-surface ocean is a focal point of discussion in this line. In May 2012, ESA selected JUICE as its L-class mission to be launched in 2022. The main target of the JUICE mission is Ganymede, an icy moon that orbits around Jupiter.

The AO for the instruments to be onboard the JUICE mission was issued in July 2012. At the time of writing, the results of the AO is yet to be released in February 2013. There are several groups from Japan that are playing roles in the proposal teams led by European-PIs. When (any of) these teams win, that is the time that the door for the outer-solar system exploration is opened for Japanese planetary science community. Furthermore, it is the first mission ever to orbit around an icy moon and it goes without saying that JUICE is a world-class mission.

What does this opportunity mean for the Japanese community? In parallel to this participation to the world-class international collaboration project, what others should be planned and executed by the community? It is designed that this talk will trigger such a discussion.

キーワード: 国際大型計画, 氷衛星探査  
Keywords: International collaboration, Exploration of icy moons

## 月着陸探査ミッション SELENE-2 Moon Landing Mission SELENE-2

橋本 樹明<sup>1\*</sup>, 星野健<sup>1</sup>, 田中 智<sup>1</sup>, 大嶽 久志<sup>1</sup>, 大槻真嗣<sup>1</sup>, 森本仁<sup>1</sup>

Tatsuaki Hashimoto<sup>1\*</sup>, Takeshi Hoshino<sup>1</sup>, Satoshi Tanaka<sup>1</sup>, Hisashi Otake<sup>1</sup>, Masatsugu Otsuki<sup>1</sup>, Hitoshi Morimoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構

<sup>1</sup> Japan Aerospace Exploration Agency

JAXA では、SELENE (「かぐや」) での月周回観測に続き、SELENE-2 で月面着陸を行い、SELENE-X で更に高度な探査 (サンプルリターンなど) を実施することを検討している。SELENE-2 のミッション目的は、以下のように大別される。

### 1. 将来の月惑星探査に必要な技術の開発・実証

月面への軟着陸は米国、旧ソ連が 40 年以上前に実現しているが、今後の本格的な月探査においては、目的とした場所へ百 m 程度の精度で着陸することが求められている。これを実現するためには、表面地形と地図を照合することにより自己位置を同定するなど、質的に新しい着陸技術が必要となる。

着陸機のみでは月面の一点での活動に限られるので、広域を移動探査する手段 (ローバ) が必須である。月面上では米国、ソ連による大型ローバの実現例があるが、科学探査用の小型ローバは月レゴリス上においてはスタックしやすい。走行機構に大幅な改良が必要である。

月面上で長期観測を行うためには、2 週間の夜を越えて活動する技術が必要である。これまでの月探査においては、原子力エネルギーを用いて越夜していたが、我が国においては原子力の宇宙利用についての国民的コンセンサスが得られていないことから、代替エネルギーが求められている。SELENE-2 では、熱設計の工夫によって、太陽電池と蓄電池によるシステムで数 W 程度の小電力観測機器の 2 週間の越夜が可能である見通しを得ている。

### 2. 月の起源と進化の解明につながる科学観測

月の誕生の謎に迫るためには、月の原材料物質の割合を知る必要がある。このためには、現在の月内部の地殻、マントル、中心核がそれぞれの程度の大きさであり、どのような物質でできているかを計測することが重要である。一方、月の進化過程を明らかにするためには、地殻やマントルを形成する物質、特に岩石の組成や結晶構造などを、その産状とともに詳細に観測する必要がある。そのためには、月表面に存在する月深部からの噴出物質等についての詳細な地質学的探査と、月の内部構造を知るための地球物理学的探査が 2 つの柱となる。

SELENE-2 では、着陸機あるいはローバからの撮像および分光により広域の地形観測を行い、特徴的岩石露頭へのアクセスを行う。そして、岩石表面を研磨しての顕微鏡観測を行い、鉱物組成の確定を行うことを計画している。また、月震波形の計測、熱流量観測、電磁場観測を行い、月内部構造の解明を目指している。

### 3. 将来の有人探査等のための月面環境調査

宇宙飛行士が月面に長期に滞在して複雑な作業を実施する場合、アポロ時代の短期間滞在、発見的探査に比して、必要な環境調査項目、精度ともに異なるものが必要である。例えば、月面の放射線環境は、現在の解析モデルでは 1 桁以上の誤差があり、月面滞在可能日数や放射線シールドの設計が大きく異なってしまう。また、長期間真空中に暴露されてきたレゴリスダストがどう振る舞うのか、あるいは空気のある与圧部に入り込んだときに化学的反応の時定数はどの程度かなど、地上にあるアポロの回収サンプルを用いた実験だけではわからないことも多い。また、ローバの走行、あるいは月面基地建設のためには、地盤の特性の把握が必要である。

### 4. 国民理解の増進、国際協力・貢献など

月面からの高精細映像による教育・啓蒙効果については、「かぐや」のハイビジョン映像により実証されている。また、月惑星探査 (特に有人探査) は国際協力を前提として進める時代にあつて、我が国がいかに国際貢献できるかは、国としての地位の確保につながるものである。

これらのミッションを実現するためには、H2A ロケット級の打ち上げ能力が必要と考えている。この場合、1 トン前後のドライ重量の探査機を月面に着陸させることが可能である。着陸に必要なバス系重量は 700kg 程度必要であり、探査ローバも含むミッション機器の総重量は 200~300kg になるものと推算されている。

SELENE-2 では、着陸地点について以下の条件を設定した。

- ・緯度 60deg 以下：温度環境から
- ・経度 80deg 以下：地球との直接通信の制約から

この条件下で、月の科学の観点で最適な着陸点を検討すべく、2010 年 3 月より「SELENE-2 着陸地点検討会議」を組織し議論を行ってきた。2011 年 9 月に 10 の着陸地点と 1 つの広域エリア条件に集約され、現在、さらなる絞り込みを行っている。

SELENE-2 は、2007 年より JAXA のプリプロジェクトとして、概念設計 (Phase-A study) を実施してきた。前宇宙基本計画においては 2015 年頃の実施が示唆されていたが、国の経済状況から、プロジェクト移行 (Phase-B) は遅れてい



# Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PPS22-08

会場:103

時間:5月22日 16:45-17:00

る。世界的には有人月探査への動きが加速されつつある中で、プリプロジェクトチームとしては、早期のプロジェクト移行を目指し、技術的な準備を着実に進めている。

キーワード: 高精度着陸, 探査, ローバ, 越夜

Keywords: Precise landing, Exploration, rover, Night survival

## SGEPSSにおける将来探査検討の現状

### Future earth and planetary explorations envisioned in the SGEPSS subgroup on future explorations

寺田 直樹<sup>1\*</sup>, SGEPSS 分科会「将来探査検討分科会」<sup>2</sup>  
Naoki Terada<sup>1\*</sup>, the SGEPSS subgroup on future explorations<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 地球電磁気・地球惑星圏学会

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>2</sup>Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences

地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS) では、惑星科学会の「月惑星探査の来たる 10 年」に対応する活動として、2011 年 11 月に有志が集い「将来探査検討分科会」を立ち上げ、地球惑星圏探査の将来展望と研究戦略の検討、科学的な問題意識や技術情報の共有、並びに、次代を担う若手の育成に向けた活動を進めている。また SGEPSS では、本分科会の活動に加えて、2012 年 5 月に「将来構想検討ワーキンググループ」を発足させ、学会としての将来構想を纏めた文書「地球電磁気学・地球惑星圏科学の現状と将来」を作成した。この将来構想文書は 2013 年 1 月の時点で完成版を作成し、学会ホームページでの公開と冊子体の作成を行った。本講演では、SGEPSS 将来構想文書の探査に関する部分を紹介し、将来探査検討分科会における検討状況を紹介する。

キーワード: 地球惑星探査, 地球電磁気・地球惑星圏学会分科会

Keywords: Earth and planetary exploration, SGEPSS subgroup

## 月惑星科学研究コンソーシアム構想 Lunar and Planetary Science Consortium Plan

倉本 圭<sup>1\*</sup>  
Kiyoshi Kuramoto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本惑星科学会  
<sup>1</sup>Japanese Soc. Planet. Sci.

「かぐや」と「はやぶさ」は太陽系について多くの発見をなしとげ、理論や地上装置による研究が牽引してきた我が国の惑星科学に、新展開をもたらした。今後の新たな月惑星探査に、研究者はむろん国民も期待を寄せており、多様なプランが活発に検討されつつある。その一方で、歴史の浅い我が国の惑星科学において、巨大科学である月惑星探査を、惑星科学研究の新たな支柱として定着させ展開するためのコミュニティ基盤の形成が急務の課題となっている。そのための一つの提案として、月惑星科学研究コンソーシアム構想について紹介する。

月惑星探査の性格として、巨大大事業であり多様な人材を長期に渡って要すること、手法と対象に多岐の選択肢が存在し、科学面だけでなく技術面や費用面など多角的な見地からの検討や検証が必要となること、取得データに希少性があると同時にしばしば膨大になること、打ち上げ間隔がしばしば長期に渡ること、等が挙げられる。月惑星科学コンソーシアム構想では、機能分化した拠点のネットワークを作ることにより、上述の特性を持つ月惑星探査を、惑星科学コミュニティが多面的に分担して支え展開する仕組みの構築を模索する。

本構想のシーズは、近年、各々の献身的努力によって進められてきた大学内あるいは大学間研究教育組織の立ち上げにある。これらの組織はそれぞれ、惑星科学コミュニティにおける知見集積と国内外人材交流、月惑星探査データベースの構築配信、惑星探査機器の基礎開発、惑星大気シミュレーションモデルの開発提供、地上分析装置の開発など、それぞれ機能分化した特色ある活動を推進しつつある。これらの組織を有機的に結合しながら拠点として実質化させ、惑星科学に関連する科学コミュニティと JAXA/ISAS および海外組織と密接な協力関係を形成し、月惑星探査を惑星科学の支柱として展開したい。

なお、本構想の立案には多くの方々のご協力を頂いている。単著の形をとっているが、日本惑星科学会将来計画委員会において検討しつつある提案として御理解願いたい。

キーワード: 月惑星探査, 基盤形成, 連携, 組織化  
Keywords: lunar and planetary exploration mission, infrastructure, organization, cooperation

## 「月惑星探査来る10年」第三段階経過報告 Next decade initiatives for lunar planetary explorations: The third stage

渡邊 誠一郎<sup>1\*</sup>

Sei-ichiro WATANABE<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学環境学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

「月惑星探査来る10年」の検討活動は、第二段階の提案を基に第三段階に入った。講演では、第三段階の主旨と進め方を説明する。

後発でさまざまな学問分野を内包する日本の惑星科学コミュニティは、「ボトムアップで暖められた探査提案を厳しい議論と共同作業を通じて集約し、コミュニティとして推すプロジェクトを選定する」という経験をこれまでほとんど積み上げられていない。しかし、国の宇宙科学予算の遞減により、特に中・大型衛星の打ち上げ機会は減少し、そのわずかな機会を巡って他分野との厳しい競争に直面している。この競争を勝ち抜くには、魅力があり他分野に対しても十分な説得力を持つミッションをまとめ上げ、工学系や他分野の協力を得ながら、惑星科学コミュニティが一丸となってそれを推進していく態勢が必要である。今後十数年というタイムスパンで考えた場合、惑星探査の中・大型衛星はせいぜい1機か2機しか上がらないと覚悟すべきである。いくつかの提案は小型衛星ミッションあるいは国際協力ミッションとして位置づけるのが妥当であろう。コミュニティとして、今後の探査の位置づけと進め方を明確にする中期ビジョンの構築と共有が喫緊の課題と考える。

そこで、第三段階では、第一段階におけるトップサイエンスの議論と第二段階でのみなさんからの提案を素材とし、第二段階パネル委員のコメントを踏まえつつ、それらを発展的に昇華させ、日本の惑星科学推進の「中期ビジョン」(MRV)を共有し、そのビジョンに位置づけられた「惑星探査ミッション」を選び、整合性があり説得力のある「ミッション・コンセプト」(MC)を仕上げることを目標とする。

第三段階は次のような工程で進めていきたいと考えている。

第一工程：大テーマを複数設定し、各大テーマを柱とするセクションを、提案者を中心に、関心のある惑星科学研究者や他分野の有識者などに参加いただいて構成し、「セクション別検討会」を実施する。そして、セクション毎に研究推進のMRVとその下に位置づけられた惑星探査ミッションのMCの一次案(「科学的目的」と「概要・特徴」の整合性に留意)を作成いただく。

第二工程：各セクションから提出されたMRVとMCの一次案を、第三段階パネル委員が検討し、コメントを返す。コメントには問題点/不十分な点の指摘、参考となるであろう各委員の経験の披露、今後の進め方や協力を仰ぐべきキーパーソンの紹介などを想定。なお、MRV一次案については将来計画委員会でも検討/評価をお願いし、同委員会の検討にも活用いただく予定。

第三工程：提案者は第二工程のコメントを踏まえて、MC一次案のポリッシュアップを図り、整合性と説得力を強化したMC二次案(「体制・経費・スケジュール」の明確化に留意)を作成する。この工程では、第一工程でのセッションの枠を取り払い、複数の提案の更なる集約や、工学系や他の宇宙科学探査経験者の参加の促進、検討体制の強化を進めていただく。

最終工程：提出された各MC二次案に対して、第三段階パネル委員より、総合的な評価とワーキンググループ化に向けたアドバイスを行う。

まずは第一工程ですが、第二段階提案者であるみなさんに対して以下の2つの大テーマを柱とするセクション別検討会を9月14日・15日に開催された。

大テーマ1：月惑星の構造と進化の比較学

大テーマ2：生命に至る宇宙物質の進化学

注：なお、「地球型惑星大気・磁気圏探査」については地球電磁気・地球惑星圏学会が主催する将来計画分科会において、別途、検討される予定である。

各提案者は、少なくともどちらかのセクションに属して、MRVとMCの検討に参加いただいた。各セクションで必ずしも1つのミッションに絞り込む必要はないが、策定いただくMRVの中に各ミッションを位置づけ、それぞれがフラグシップ的な中・大型衛星ミッションをめざすのか、小型衛星ミッションや国際協力ミッションを狙うのかを明確にしていくことを要請した。

現在は第二工程にあり、その議論を含めて講演で紹介する予定である。

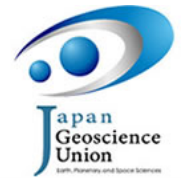
キーワード: 惑星科学, 宇宙科学, 将来計画

Keywords: planetary science, space science, future planning

# Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PPS22-12

会場:103

時間:5月22日 17:45-18:00

## 来たる10年パネルの取り組み Approach of the next decade panel

出村 裕英<sup>1\*</sup>

Hirohide Demura<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 会津大学

<sup>1</sup>The University of Aizu

来たる10年パネルの議論をまとめる。