

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学) : P-PS 惑星科学

■ 2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 会場 A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS03] Solar System Small Bodies: A New Frontier Arising Hayabusa 2, OSIRIS-REx and Other Projects

コンピーナ:石黒 正晃(ソウル大学物理天文学科)、中本 泰史(東京工業大学)、安部 正真(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、Olivier S Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)、座長:Masanao Abe(Institute of Space and Astronautical Science, JAXA)

2018年6月、小惑星探査機「はやぶさ2」が約3年半の航海を経て、目的地リュウグウに到着した。また、別の小惑星探査機「OSIRIS-REx」も探査天体Bennuに間もなく到着しようとしている。これらの探査によって、太陽系小天体研究は、今まさに新しい局面を迎えようとしている。本セッションは、2012年から開催されてきたもので、これまでに実験、観測、探査、理論、さらにサンプル分析の観点から太陽系小天体の研究に関して議論を行ってきた。特に今回は、はやぶさ2とOSIRIS-RExの初期成果を中心に太陽系小天体に関する最新研究を持ち寄り、今後の展望を議論することを目的とする。はやぶさ2、OSIRIS-REx以外の研究成果発表も歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[PPS03-13] 162173 リュウグウ表面の岩石の明るさと形状の変化

*佐々木 晶¹、杉田 精司²、巽 瑛理²、宮本 英昭³、本田 親寿⁴、諸田 智克⁵、平林 正稔⁶、神田 志穂¹、平田 成⁴、廣井 孝弘⁷、中村 智樹⁸、野口 高明⁹、本田 理恵¹⁰、道上 達広¹¹、渡邊 誠一郎⁵、並木 則行¹²、Patrick Michel¹³、亀田 真吾¹⁴、神山 徹¹⁵、鈴木 秀彦¹⁶、山田 学¹⁷、菊地 紘³、長 勇一郎²、吉岡 和夫¹⁸、早川 雅彦¹⁹、松岡 萌¹⁹、野口 里奈¹⁹、坂谷 尚哉¹⁹、澤田 弘崇¹⁹、横田 康弘^{19,10}、吉川 真¹⁹ (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、4.会津大学、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.オーバーン大学、7.ブラウン大学、8.東北大学大学院理学研究科地学専攻、9.九州大学基幹教育院、10.高知大学自然科学系理工学部門、11.近畿大学工学部、12.国立天文台 RISE月惑星探査検討室、13.コートダジュール天文台、14.立教大学理学部、15.産業技術総合研究所、16.明治大学理工学部物理学科、17.千葉工業大学惑星探査研究センター、18.東京大学大学院新領域創成科学研究科、19.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

15:45 ~ 16:00

[PPS03-14] 小惑星162173リュウグウのクレーターと赤道バルジの地形

*並木 則行^{1,2}、水野 貴秀³、千秋 博紀⁴、野田 寛大^{1,2}、松本 晃治^{1,2}、平田 成⁵、山田 竜平⁵、石原 吉明⁶、池田 人³、荒木 博志^{1,2}、山本 圭香^{1,2}、阿部 新助⁷、吉田 二美⁴、樋口 有理可¹、佐々木 晶¹⁰、押上 祥子¹、鶴田 誠逸¹、浅利 一善¹、田澤 誠一¹、清水 上 誠¹、宮本 英昭⁸、出村 裕英⁵、木村 淳¹⁰、大坪 俊通⁹ (1.国立天文台、2.総合研究院大学、3.宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所、4.千葉工業大学、5.会津大学、6.産業技術総合研究所、7.日本大学、8.東京大学、9.一橋大学、10.大阪大学)

16:00 ~ 16:15

[PPS03-15] Observation of 1064 nm normal albedo around equator of the Ryugu using the Hayabusa2 LIDAR

*山田 竜平¹、山本 圭香²、荒木 博志²、野田 寛大²、千秋 博紀³、並木 則行²、松本 晃治²、吉田 二美³、阿部 新助⁴、平田 成¹ (1.会津大学 コンピュータ理工学部、2.国立天文台、3.千葉工業大学、4.日本大学)

16:15 ~ 16:30

[PPS03-16] LIDARデータおよび形状モデルを組み合わせた「はやぶさ2」探査機軌道改良

*松本 晃治¹、野田 寛大¹、石原 吉明²、千秋 博紀³、山本 圭香¹、平田 成⁴、平田 直之⁵、並木 則行¹、大坪 俊通⁶、渡邊 誠一郎⁷、水野 貴秀⁸、山本 幸生⁸、池田 人⁸、尾川 順子⁸、菊地 翔太⁸、佐伯 孝尚⁸、津田 雄一⁸ (1.国立天文台RISE月惑星探査検討室、2.国立環境研究所、3.千葉工業大学、4.会津大学、5.神戸大学、6.一橋大学、7.名古屋大学、8.宇宙航空研究開発機構)

16:30 ~ 16:45

[PPS03-17] はやぶさ2帰還リュウグウ試料のキュレーションに関する準備状況

*矢田達¹、安部正真¹、中藤亜衣子¹、与賀田佳澄¹、坂本佳奈子¹、西村征洋¹、岡田達明¹、中埜夕希²、吉武美和¹、熊谷和也³、岩前絢子³、古屋静萌¹、橘省吾^{4,1}、坂本尚義^{1,2} (1.宇宙航空研究開発機構、2.北海道大学、3.マリン・ワーク・ジャパン、4.東京大学)

16:45 ~ 17:00

[PPS03-18] Analysis of the grain from the asteroid Ryugu proposed by the Phase 2 curation
“Team KOCHI”

*伊藤元雄¹、富岡尚敬¹、上梶真之²、上杉健太郎²、大東琢治³、山口亮⁴、今柴直也⁴、唐牛讓⁵、白井直樹⁶、矢田達⁵、安部正真⁵ (1.海洋研究開発機構 高知コア研究所、2.公益財団法人高輝度光科学研究センター、3.分子科学研究所 UVSOR、4.国立極地研究所、5.宇宙航空研究開発機構、6.首都大学東京)

162173 リュウグウ表面の岩石の明るさと形状の変化

Brightness and morphology variations on surface boulders of 162173

Ryugu: Space Weathering, Breccia, and Thermal Cracks

*佐々木 晶¹、杉田 精司²、巽 瑛理²、宮本 英昭³、本田 親寿⁴、諸田 智克⁵、平林 正稔⁶、神田 志穂¹、平田 成⁴、廣井 孝弘⁷、中村 智樹⁸、野口 高明⁹、本田 理恵¹⁰、道上 達広¹¹、渡邊 誠一郎⁵、並木 則行¹²、Patrick Michel¹³、亀田 真吾¹⁴、神山 徹¹⁵、鈴木 秀彦¹⁶、山田 学¹⁷、菊地 紘³、長 勇一郎²、吉岡 和夫¹⁸、早川 雅彦¹⁹、松岡 萌¹⁹、野口 里奈¹⁹、坂谷 尚哉¹⁹、澤田 弘崇¹⁹、横田 康弘^{19,10}、吉川 真¹⁹

*Sho Sasaki¹, Seiji Sugita², Eri Tatsumi², Hideaki Miyamoto³, Chikatoshi Honda⁴, Tomokatsu Morota⁵, Masatoshi Hirabayashi⁶, Shiho Kanda¹, Naru Hirata⁴, Takahiro Hiroi⁷, Tomoki Nakamura⁸, Takaaki Noguchi⁹, Rie Honda¹⁰, Tatsuhiro Michikami¹¹, Sei-ichiro Watanabe⁵, Noriyuki Namiki¹², Patrick Michel¹³, Shingo Kameda¹⁴, Toru Kouyama¹⁵, Hidehiko Suzuki¹⁶, Manabu Yamada¹⁷, Hiroshi Kikuchi³, Yuichiro Cho², Kazuo Yoshioka¹⁸, Masahiko Hayakawa¹⁹, Moe Matsuoka¹⁹, Rina Noguchi¹⁹, Naoya Sakatani¹⁹, Hirotaka Sawada¹⁹, yokota yasuihiro^{19,10}, Makoto Yoshikawa¹⁹

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、4. 会津大学、5. 名古屋大学大学院環境学研究科、6. オーバーン大学、7. ブラウン大学、8. 東北大学大学院理学研究科地球科学専攻、9. 九州大学基幹教育院、10. 高知大学自然科学系理工学部、11. 近畿大学工学部、12. 国立天文台 RISE月惑星探査検討室、13. コートダジュール天文台、14. 立教大学理学部、15. 産業技術総合研究所、16. 明治大学理工学部物理学科、17. 千葉工業大学惑星探査研究センター、18. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、19. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

1. Department of Earth and Space Science, School of Science, Osaka University, 2. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, University of Tokyo, 3. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 4. University of Aizu, 5. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 6. Auburn University, 7. Brown University, 8. Department of Earth and Planetary Materials Sciences, Faculty of Science, Tohoku University, 9. Department of Arts and Science, Kyushu University, 10. Department of Science and Technology, System of Natural Science, Kochi University, 11. Faculty of Engineering, Kinki University, 12. RISE Project, National Astronomical Observatory of Japan, 13. Observatoire de la Cote d'Azur, 14. School of Science, Rikkyo University, 15. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 16. Department of physics, Meiji university, 17. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 18. School of frontier Science, University of Tokyo, 19. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

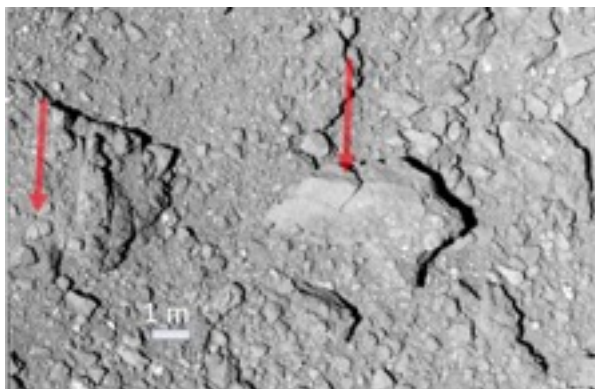
2014年12月に打ち上げられた「はやぶさ2」は、予定通り2018年6月にターゲット天体リュウグウに到着した。離れた距離からの全球マッピングのほか、何回かの近接オペレーションを行い、着地探査機 MINERVA-IIA,BおよびMASCOTを成功させている。

リュウグウは二方向反射率が2%以下の、太陽系でも最も暗い天体である。表面はさまざまなサイズの岩石で覆われていて（存在度はイトカワの約2倍）ラブルパイル天体である。密度から求められる空隙率は50%を超える。表面の岩石には数十%の明るさの違いがある。一般的には、明るい岩石は表面が滑らかで層構造を有する。暗い岩石の表面は凹凸が多い。これは、数10メートルスケールの大きなポルダールから数10cmの岩石まで共通するスケールによらない特徴である。岩石の中で、割れている断面が3-4倍明るいものがある。これは、表面の暗さが宇宙風化によることを強く示唆している。岩石の中には、南北方向に割れているものがあり、熱ストレスによるものかもしれない。

「はやぶさ2」は、2019年2月末にリュウグウに着陸して表面のサンプルを採取する。また、衝突体を高速で方面に衝突させ、人工的なクレーターを形成させる予定である。明るい物質が現れることが期待される。

キーワード：地球近傍小惑星、はやぶさ2、宇宙風化作用、熱疲労、炭素質隕石

Keywords: Near Earth asteroids, Hayabusa 2, Space weathering, Thermal fatigue, Carbonaceous meteorites



小惑星162173リュウグウのクレーターと赤道バルジの地形

Topography of large craters and equatorial bulge of 162173 Ryugu

*並木 則行^{1,2}、水野 貴秀³、千秋 博紀⁴、野田 寛大^{1,2}、松本 晃治^{1,2}、平田 成⁵、山田 竜平⁵、石原 吉明⁶、池田 人³、荒木 博志^{1,2}、山本 圭香^{1,2}、阿部 新助⁷、吉田 二美⁴、樋口 有理可¹、佐々木 晶¹⁰、押上 祥子¹、鶴田 誠逸¹、浅利 一善¹、田澤 誠一¹、清水上 誠¹、宮本 英昭⁸、出村 裕英⁵、木村 淳¹⁰、大坪 俊通⁹

*Noriyuki Namiki^{1,2}, Takahide Mizuno³, Hiroki Senshu⁴, Hiroto Noda^{1,2}, Koji Matsumoto^{1,2}, Naru Hirata⁵, Ryuhei Yamada⁵, Yoshiaki Ishihara⁶, Hltoshi Ikeda³, Hiroshi Araki^{1,2}, Keiko Yamamoto^{1,2}, Shinsuke Abe⁷, Fumi Yoshida⁴, Arika Higuchi¹, Sho Sasaki¹⁰, Shoko Oshigami¹, Seiitsu Tsuruta¹, Kazuyoshi Asari¹, Seiichi Tazawa¹, Makoto Shizugami¹, Hideaki Miyamoto⁸, Hirohide Demura⁵, Jun Kimura¹⁰, Toshimichi Otsubo⁹

1. 国立天文台、2. 総合研究大学院大学、3. 宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所、4. 千葉工業大学、5. 会津大学、6. 産業技術総合研究所、7. 日本大学、8. 東京大学、9. 一橋大学、10. 大阪大学

1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), 3. Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science, 4. Chiba Institute of Technology, 5. The University of Aizu, 6. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 7. Nihon University, 8. Osaka University, 9. Hitotsubashi University, 10. Osaka University

2018年10月30日に行われた高度6 kmでのスキャン観測により、小惑星リュウグウの赤道帯(北緯20度から南緯40度、東経170度から東経120度まで)の詳細な地形データが得られた。この詳細地形データにはウラシマ、コロボック、ブラボーの3つの大クレーターが含まれている。また赤道リッジの大部分をカバーしている。ウラシマ、コロボック、ブラボークレーターについては、7-9月に取得された高度20 kmからの高空間分解能の地形データもあるが、測線が東西方向のみであり、緯度範囲も限定的であったため、10月30日スキャン観測によって、はじめて2次元的地形データを取得する事ができた。

ウラシマクレーターの中心を横切る測線は合計4回取得されており、いずれも東西断面の地形は非常に良く一致している。コロボック、ブラボークレーターについても同様に再現性が高く、レーザー高度計の測定精度の実力値は2~3 mと評価される。クレーターの深さと直径の比率はウラシマが0.2、コロボックが0.14、ブラボーが0.155であり、様々なサイズの小惑星と同程度の比率を示す。一方で、同じラブルパイル天体でありサイズも似かよっている小惑星イトカワ、ベンヌの浅いクレーターとは明らかな違いがある。

クレーターの形状はボウル型というよりは円錐型に近い。ウラシマクレーターには中央に小さい窪みがあり、2段の凹地になっている。コロボックとブラボークレーターは中心部が平らになっている。また、クレーター斜面の傾度は岩塊を除けば一定で、ウラシマが16-20度、コロボックが7-15度、ブラボーが16-18度である。この傾斜は30-35度という一般的な安息角に比べて小さい。コロボックとブラボークレーターの平らかな中央部と、緩やかな傾斜は一見、クレーターに地形緩和が進んでいる事を示唆しているように思われる。実際に、光学カメラ画像にはウラシマクレーター内部の斜面で地すべりが起きている事が認められる。しかしながら、他の小惑星クレーターと同程度の深さ/直径比率と、ウラシマクレーターの2重凹みは、クレーター形成当時の地形が保存されている事を強く示唆する。従って、リュウグウ上のクレーター地形は20度以下の緩斜面の円錐形として形成され、安息角よりも緩やかだったために地形緩和による大きな変形が起きなかったと考えられる。

クレーターの東西断面は東側斜面と西側斜面に顕著な違いを示している。いずれのクレーターも西側斜面が粗く、東側斜面が滑らかである。東西の相違はクレーターリムの形状に最も顕著に認められる。西側のリムは細く急であるが、東側のリムは幅が広く緩やかである。東西の形状の非対称は、クレーターからの低速度放出

物がリュウグウに再集積する際に、西側の斜面に選択的に降り積持ったためと考えられる。低速度放出物は大きな破片が卓越するため、西側斜面が東側斜面よりも粗くなっていると推定される。同じ原因で東側リムが幅広になったと解釈する事が可能であるが、リムの東西非対称については放出物にはたらくコリオリカの影響も考えられる。東向きに飛び出した放出物は、北半球では南向きに、南半球では北向きに進路を変えて、赤道付近に集まった可能性もある。

赤道バルジの南北地形断面形状はほぼ対照的である。しかし、クレーターと同じように、斜面の粗さ、滑らかさには南北非対称がある。かつ、非対称の表れ方は経度によって異なり、北側が滑らかで、南側が粗い地域もあれば、逆に北側が粗く南側が滑らかな地域もある。中間熱赤外カメラからは赤道バルジの熱的特性に関して顕著な地域差は確認できておらず、南北非対称の原因が粒度や空隙率の地域差によるとは想定し難い。この南北非対称についてはさらに考察を要する。

キーワード：はやぶさ2、クレーター、赤道バルジ、地形、リュウグウ

Keywords: Hayabusa2, Crater, Equatorial bulge, topography, Ryugu

Observation of 1064 nm normal albedo around equator of the Ryugu using the Hayabusa2 LIDAR

*山田 竜平¹、山本 圭香²、荒木 博志²、野田 寛大²、千秋 博紀³、並木 則行²、松本 晃治²、吉田 二美³、阿部 新助⁴、平田 成¹

*Ryuhei Yamada¹, Keiko Yamamoto², Hiroshi Araki², Hiroto Noda², Hiroki Senshu³, Noriyuki Namiki², Koji Matsumoto², Fumi Yoshida³, Shinsuke Abe⁴, Naru Hirata¹

1. 会津大学 コンピュータ理工学部、2. 国立天文台、3. 千葉工業大学、4. 日本大学

1. The University of Aizu, Department of Computer Science and Engineering, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Chiba Institute of Technology, 4. Nihon University

In June 2018, the Japanese asteroid explorer Hayabusa2 has arrived to C-type asteroid 162173 Ryugu after three and half years journey. The Hayabusa2 has the laser altimeter (light detection and ranging: LIDAR) for navigation of the spacecraft and scientific uses. The main purpose of the LIDAR is to measure the distance between the spacecraft and the asteroid using time delay between the transmission and reception of the laser. In addition, the Hayabusa2 LIDAR has the function of measuring the intensities of a transmitted laser pulse and received laser pulse reflected from the asteroid surface. In this study, we have derived the normal albedo of the Ryugu at the laser wavelength of 1064 nm using the intensity data. The observation of normal albedo using the LIDAR has never been performed on C-type asteroid. Our observation will provide first knowledge of normal albedo variation at 1064 nm on C-type asteroid.

Usually, the Hayabusa2 spacecraft stands at home position (altitude of 20 km) and the intensity and ranging data are obtained with 1/32 Hz. As special operation, the spacecraft moves to latitudinal and longitudinal direction or descend to low altitude. Then, the LIDAR data are sampled at 1Hz. For analysis of normal albedo, we have selected the data obtained in altitude lower than 7 km. The size of the footprint become smaller with descent of the spacecraft, and mapping resolution is higher. Then, less size of footprint is effective to reduce effect of the surface terrain on the LIDAR return pulse. We have applied the data obtained at July 20, August 1, 6, 7, September 11, 20, 21, October 2, 3, 4, 15, 24, 31 and November 1, 2018 for normal albedo analysis. In these days, the spacecraft has been operated at low altitude, for example, rehearsal of touchdown for sample sampling has been performed in October 15 and 24. From the selected data, we have derived the normal albedo around equator of the Ryugu in range of about 10 degrees in latitude. The total data number is 37,5151.

For calculation of normal albedo, we applied some reflectance models; they are the Lambert, the Lommel-Seeliger and the Oren-Nayar models. The intensity of the reflected pulse calculated by the Oren-Nayar model depends on the applied value of roughness (θ) in degree. We have applied 9 Oren-Nayar model changing the roughness from 10 to 90 degrees with interval of 10 degrees. On a footprint, 11 types of normal albedo have calculated for 11 reflectance models, respectively.

Firstly, we have found that the derived values of the 1064 nm normal albedo are different for each model. The lowest albedo is derived for the Lommel-Seeliger model, and the highest albedo is derived for the

Oren-Nayar model with roughness of 90 degrees. Secondary, it has been found that values of normal albedo depend on the incident angle of the laser pulse for some reflectance models. Especially, the normal albedo using the Lambert model are evidently higher with increase in incident angle at many areas around the equator. This is impossible phenomena for real material as rocks, and this means the Lambert model is inappropriate to represent reflectance of a lot of areas on the Ryugu. Therefore, we have investigated relation between the normal albedo and incident angle in each grid with resolution of 5 5 degrees. In the investigation, slope of normal albedo for incident angle were derived for 11 reflectance models in each grid, and the model which have the smallest slope would be appropriate in the area. From the results, we found that the Lommel-Seeliger model is dominant around equator of the Ryugu. When we apply the Lommel-Seeliger model, the average of normal albedo in the equator area is 0.042, and the deviation is 9.0 %. It corresponds to typical albedo of C-type asteroid (0.03-0.06) observed by ground telescope. In this presentation, we will also discuss regionality of the normal albedo on Ryugu and relation with surface terrain.

キーワード：C型小惑星、リュウグウ、はやぶさ2、レーザ高度計、ノーマルアルベド
Keywords: C-type asteroid , Ryugu, Hayabusa2, LIDAR, Normal albedo

LIDARデータおよび形状モデルを組み合わせた「はやぶさ2」探査機軌道改良

Improved Trajectory of Hayabusa2 by Combining LIDAR Data and a Shape Model

*松本 晃治¹、野田 寛大¹、石原 吉明²、千秋 博紀³、山本 圭香¹、平田 成⁴、平田 直之⁵、並木 則行¹、大坪 俊通⁶、渡邊 誠一郎⁷、水野 貴秀⁸、山本 幸生⁸、池田 人⁸、尾川 順子⁸、菊地 翔太⁸、佐伯 孝尚⁸、津田 雄一⁸

*Koji Matsumoto¹, Hirotomoto Noda¹, Yoshiaki Ishihara², Hiroki Senshu³, Keiko Yamamoto¹, Naru Hirata⁴, Naoyuki Hirata⁵, Noriyuki Namiki¹, Toshimichi Otsubo⁶, Sei-ichiro WATANABE⁷, Takahide Mizuno⁸, Yukio Yamamoto⁸, Hitoshi Ikeda⁸, Naoko Ogawa⁸, Shota Kikuchi⁸, Takanao Saiki⁸, Yuichi Tsuda⁸

1. 国立天文台RISE月惑星探査検討室、2. 国立環境研究所、3. 千葉工業大学、4. 会津大学、5. 神戸大学、6. 一橋大学、7. 名古屋大学、8. 宇宙航空研究開発機構

1. RISE Project, National Astronomical Observatory of Japan, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. Chiba Institute of Technology, 4. The University of Aizu, 5. Kobe University, 6. Hitotsubashi University, 7. Nagoya University, 8. JAXA

Hayabusa2 spacecraft successfully arrived at the target C-type asteroid 162173 Ryugu on 27 June, 2018, with its “home position” being about 20 km above the sub-Earth point. Soon after arrival, Hayabusa2’s remote sensing instruments started near-global observations. Because map products from these instruments depend on the spacecraft position with respect to the asteroid, it is necessary to provide precise spacecraft trajectory in a timely manner. The basic idea is to find a trajectory correction which makes “LIDAR-derived topography” fit to the reference shape model. The LIDAR-derived topography is, in other words, a sequence of LIDAR footprint positions expressed in asteroid-centered body-fixed rotating frame. The footprints can be computed by using the following information; spacecraft position with respect to the asteroid, spacecraft attitude, LIDAR range, rotational information of the asteroid (orientation and spin period). If all the information above was perfect, the collective footprints would delineate the shape of the asteroid. In reality, however, there are various errors affecting the footprint positions, among which the largest is generally the trajectory error, making the resultant LIDAR footprints deviate from the shape model. We call the deviation as residual. A shape model constructed by stereo photoclinometry (SPC) method is used as reference. We obtain trajectory correction by minimizing the residuals with polynomial functions. We made use of Markov chain Monte Carlo (MCMC) algorithm to explore better parameters. We compared the LIDAR-corrected trajectory with camera positions that are determined through SPC shape modeling. The two estimates agree with each other within about 40 m on 10 July 2018, and 20 m on 20 July 2018. LIDAR-derived topography with such an improved trajectory can be used for analysis of boulder height, crater shape, surface roughness, etc.

キーワード：はやぶさ2、探査機軌道、レーザ高度計

Keywords: Hayabusa2, spacecraft trajectory, LIDAR

はやぶさ2帰還リュウグウ試料のキュレーションに関する準備状況

Present status of preparation for the Ryugu sample curation returned by the Hayabusa2

*矢田 達¹、安部 正真¹、中藤 亜衣子¹、与賀田 佳澄¹、坂本 佳奈子¹、西村 征洋¹、岡田 達明¹、中埜 夕希²、吉武 美和¹、熊谷 和也³、岩前 絢子³、古屋 静萌¹、橘 省吾^{4,1}、塚本 尚義^{1,2}

*Toru Yada¹, Masanao Abe¹, Aiko Nakato¹, Kasumi Yogata¹, Kanako Sakamoto¹, Masahiro Nishimura¹, Tatsuaki Okada¹, Yuki Nakano², Miwa Yoshitake¹, Kazuya Kumagai³, Ayako Iwamae³, Shizuho Furuya¹, Shogo Tachibana^{4,1}, Hisayoshi Yurimoto^{1,2}

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 北海道大学、3. マリン・ワーク・ジャパン、4. 東京大学

1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Hokkaido University, 3. Marine Works Japan Ltd., 4. University of Tokyo

小惑星探査機はやぶさ2は2014年12月に打ち上げられ、2018年6月にC型小惑星リュウグウに到着した[1]。現在、一連のリモートセンシング機器による観測を行っており、今年の初めには小惑星上へタッチダウンによる試料採集を実施する予定である[1, 2]。探査機は2019年の終りには小惑星を出発し、2020年終わりに地球にリュウグウ表層試料を収めた再突入カプセルを帰還させる予定である[1, 2]。

これらの探査機運用と並行して、JAXAでは小惑星から帰還する試料のキュレーションの準備を進めている。2017年9月にははやぶさ2帰還試料を取り扱う為のクラス1000のクリーンルームが完成し、試料を扱う為のクリーンチェンバー(CC)が昨年10月に整備された。このクリーンチェンバーは5室(CC3-1, CC3-2, CC3-3, CC4-1, CC4-2)から構成されている。

小惑星リュウグウは水質変成を受けた炭素質コンドライトの母天体と思われる為[3]、水・有機物などの揮発性物質分析が帰還試料にとって非常に重要な科学目標である[4]。揮発性物質を含む小惑星試料を地球の揮発性物質で汚染させない為に、はやぶさ2の試料コンテナには新たに開発した金属シール機構が備えられている[5, 6]。はやぶさ初号機ではバイトン2重Oリングによるシールであった為、地球大気の汚染を防ぐことが出来なかったが[7]、はやぶさ2の金属シール機構は1Pa以下の真空を100時間に渡って保持することが可能である[5, 6]。

探査機が帰還した再突入カプセルを回収した後、再突入カプセルは近くのクイックルック施設(QLF)に搬送される。カプセルの安全化処理の後、試料コンテナが取り出され、クリーニングを行い、コンテナ内部のガス状揮発性物質を回収する為のガス採集ラインに接続される。ガス状物質の回収の後、コンテナは窒素雰囲気中で密封された状態でQLFからJAXAキュレーション施設へ運ばれる。コンテナのうち、CCへ搬入できない部品をクリーンルームで取り除く。最後にコンテナはコンテナ開封機構に設置され、CC3-1に導入される。

コンテナはCC3-1内の真空環境で開封され、リュウグウ試料を収めた試料キャッチャーが取り出される。取り出された試料キャッチャーはCC3-2に搬送される。試料キャッチャーは3室に分かれており、3カ所の異なる地点からの採集試料が各々納められており[5, 6]、その内最初のタッチダウン地点の試料が納められた室の蓋を開けて、少量の試料を取り出す。この採集された少量試料は将来の分析の為にCC3-2内で真空にて保管される。キャッチャーは真空環境にてCC3-2からCC3-3に搬送され、CC3-3を窒素環境に置き換える。そしてキャッチャーはCC4-1、CC4-2に搬送され、キャッチャーの3室からそれぞれ試料の取り出しが行われる。Phase-1と呼ばれる初期記載作業に於いて、取り出された試料の秤量、顕微鏡観察、CC3-3とCC4-2に設置された赤外分光装置による分析が行われる。

上記システムにおける試料ハンドリングの機能試験、試料受け入れ・ハンドリングのリハーサルは2019年

4月から開始する予定である。2020年初頭にはそれらの機能試験・リハーサルを反映した調整・整備を行い、2020年終わりの試料帰還に備える予定である。

参考文献: [1] Watanabe S. et al. (2018). AGU 2018 fall meet., present. #P21A-02. [2] Watanabe S. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 3-16. [3] Vilas et al. (2008) Astron. J. 135, 1101-1105. [4] Tachibana S. et al. (2014) Geochem. J., 48, 571-587. [5] Sawada T. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 81-106. [6] Okazaki R. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 107-124. [7] Okazaki R. et al. (2011) LPS XLII, abstract #1653.

キーワード：はやぶさ2、C型小惑星、リュウグウ、試料キュレーション、炭素質コンドライト、地球近傍小惑星

Keywords: Hayabusa2, C-type asteroid, Ryugu, sample curation, carbonaceous chondrite, Near Earth asteroid

Analysis of the grain from the asteroid Ryugu proposed by the Phase 2 curation “Team KOCHI”

*伊藤 元雄¹、富岡 尚敬¹、上梶 真之²、上杉 健太郎²、大東 琢治³、山口 亮⁴、今柴 直也⁴、唐牛 讓⁵、白井 直樹⁶、矢田 達⁵、安部 正真⁵

*Motoo Ito¹, Naotaka Tomioka¹, Masayuki Uesugi², Kentaro Uesugi², Ohigashi Takuji³, Akira Yamaguchi⁴, Naoya Imae⁴, Yuzuru Karouji⁵, Naoki Shirai⁶, Toru Yada⁵, Masanao Abe⁵

1. 海洋研究開発機構 高知コア研究所、2. 公益財団法人高輝度光科学研究センター、3. 分子科学研究所 UVSOR、4. 国立極地研究所、5. 宇宙航空研究開発機構、6. 首都大学東京

1. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, 2. JASRI, 3. UVSOR Synchrotron Facility, Institute for Molecular Science, 4. National Institute Polar Research, 5. JAXA, 6. Tokyo Metropolitan University

Returned samples from asteroids and comets have provided unique characteristics to investigate their origin and nature of the Solar System [1-3]. For example, analytical studies of the S-type asteroid Itokawa by the Hayabusa mission provided new insights for the asteroid-meteorite connections, space weathering processes, small asteroidal body formation in the Solar System [e.g., 1, 3, 4]. JAXA Hayabusa2 and NASA Osiris-REx are both on-going sample return missions from the primitive asteroids, Ryugu (C-type) and Bennu (B-type), respectively [5, 6]. Both missions have complementary scientific goals that are to understand the Solar System evolution in the point of view of organics, water, and associated minerals (i.e., hydrous minerals).

Phase 2 curation teams will be acting under the scientific direction and strong ethic of the Astromaterial Science Research Group (ASRG) of JAXA and was authorized 2 institutes by the steering committee of the ASRG in 2017: (1) Kochi Institute for Core Sample Research (KOCHI), JAMSTEC in collaboration with JASRI/SPring-8, UVSOR Synchrotron Facility/National Institutes of Natural Sciences, Institute for Molecular Science, National Institute of Polar Research (NIPR) and Tokyo Metropolitan University, and (2) the Institute for Planetary Materials, Okayama University at Misasa. The JAXA Curation requested us to make an in-depth analysis of a few grains by the state-of-the-art instruments/techniques and nationwide collaborative research activities. We will conduct on analyses in parallel with the initial analysis team led by the Hayabusa2 project.

Recent reports by the Near-IR Spectrometer (NIRS3) on Hayabusa2 spacecraft presented that the asteroid Ryugu may consist of either CM chondritic materials [8] or shocked/heated carbonaceous chondrites [9]. Matsuoka et al. [9] pointed out that the low albedo of the asteroid Ryugu could be explained by a combination of C-rich material, grains size, porosity and space weathering effects on the asteroid surface materials. This implies that the avoiding terrestrial contaminations (i.e., atmospheric water/air, organics) during sample curation, transportation and analysis are important to obtain original chemical characteristics of Hayabusa2 returned samples.

We have developed novel and universal sample holders (KOCHI grid and KOCHI clamp) for a linkage analysis utilizing micro-analytical instruments of FIB, TEM, STXM and NanoSIMS minimizing terrestrial contaminations and sample lost or broken. We also made an additional sample holder (Okazaki cell) for STXM analysis (Ohigashi T. et al. in preparation), and a sample transport vessel (FFTC: facility to facility transfer container; Uesugi K. et al. in preparation) under vacuum or inert gas in parallel.

We have carried out the development of coordinated synchrotron based-CT (SPring-8) -XRD (SPring-8)

-FIB (JAMSTEC KOCHI) -STXM (UVSOR Synchrotron Facility) -NanoSIMS (JAMSTEC KOCHI) -TEM (JAMSTEC KOCHI) analysis to obtain complex structure inside of the sample, light element/isotope images to obtain their spatial distributions, speciation of elements: type of bonding, chemical species, redox state and ultra-fine textural observation: mineralogy and crystallography in fine-grained mineral and organic assemblages in few tens to hundreds of micrometer-scale Hayabusa2 samples. We, therefore, have chosen Antarctic micrometeorites provided by NIPR as analogues of Hayabusa2 sample because of their size (50 to 800 μm , as an example of small particle) and chemical characteristics.

We will report the current status, ethic and motivation of “Team KOCHI” of Phase2 Curation. In addition, we will present newly developed universal sample holders for FIB, TEM, NanoSIMS, STXM, and a sample transport vessel under vacuum or inert gas among nationwide/international universities and institutes.

References: [1] Nakamura T. et al. (2011) *Science* 333, 1113–1116. [2] Brownlee D.E. et al. (2006) *Science* 314, 1711–1716. [3] Yurimoto H. et al. (2011) *Science* 333, 1116–1119. [4] Noguchi T. et al. (2011) *Science* 333, 1121–1125. [5] Tachibana S. et al. (2014) *Geochem. J.* 48, 571–587. [6] Lauretta D.S. et al. (2014) *Meteorit. Planet. Sci.* 50, 834–849. [7] Uesugi M. et al. (2019) *Meteorit. Planet. Sci.* 1, 1–29. [8] Hiroi T. et al. (2019) 50th LPSC (LPI Contrib. No. 2132), abstract#1129. [9] Matsuoka et al. (2019) 50th LPSC (LPI Contrib. No. 2132), abstract#1534.

キーワード：はやぶさ2試料、微小領域分析機器を組み合わせたリンケージ分析

Keywords: Hayabusa2 returned sample, Linkage analysis utilizing micro-analytical instruments