

Hayabusa 2 探査候補天体 1999 JU3 の光学特性 Photometric Properties of (162173) 1999 JU3 in Preparation for JAXA Hayabusa 2 Sample Return Mission

石黒 正晃^{1*}; 黒田 大介²; 長谷川 直³; Hayabusa 2 地上観測グループ⁴
ISHIGURO, Masateru^{1*}; KURODA, Daisuke²; HASEGAWA, Sunao³; HAYABUSA 2, Observation sub-group⁴

¹ソウル大学物理天文学科, ²国立天文台岡山天体物理観測所, ³宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ⁴宇宙航空研究開発機構

¹Department of Physical and Astronomy, Seoul National University, ²Okayama Astrophysical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, ³Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, ⁴Japan Aerospace Exploration Agency

A near-Earth asteroid, (162173) 1999 JU3 (hereafter 1999 JU3), is a primary target asteroid for Hayabusa 2 sample return mission. We conducted a worldwide campaign to make photometric observations of the asteroid to determine the physical properties. 1999 JU3 is classified into C-type asteroid having a nearly spherical shape and the synodic rotational period of 7.6312 ± 0.0010 hr.

In this presentation, we will report further information about 1999 JU3 determined since last JpGU meeting in 2013. We investigated the magnitude-phase angle relation. We obtained the parameters for IAU H-G formalism, $H = 19.20 \pm 0.12$ and $G = 0.077 \pm 0.011$ (V-band, 550nm), respectively. In combination of our result with infrared photometry, the geometric albedo is updated to be 0.05 (Mueller et al. in preparation), which is typical to but slightly smaller than the average of C-type asteroids in main-belt. We found that the magnitude-phase angle relation has a linear behavior in a wide range of the phase angles (5-80 degree) and show a possible non-linear opposition brightening within the phase angle of 5 degree. The phase slope is consistent to those of tens-km C-type asteroids, that is, $0.04 \text{ mag degree}^{-1}$. The opposition effect amplitude, $\approx 10\%$ or less, is slightly weaker than that of a precursor C-type mission target body, (253) Mathilde, but the difference seems to reflect the diversity of C-type asteroids. Recently, Shevchenko & Belskaya (2010) reported that $\sim 20\%$ of all studied low albedo asteroids did not show detectable opposition effect. We explore the significance of 1999 JU3 data with remote-sensing devices in terms of the opposition effect.

キーワード: はやぶさ 2, 1999 JU3, 地上観測

Keywords: Hayabusa 2, 1999 JU3, Ground-based observations

はやぶさ2搭載レーザー高度計によるC型小惑星のアルベド観測 Observation of geometric albedo of the C-type asteroid by the laser altimeter on Hayabusa-2 spacecraft

山田 竜平^{1*}; 千秋 博紀²; 阿部 新助³; 吉田 二美¹; 平田 直之⁴; 石原 吉明⁵; 平田 成⁶; 野田 寛大¹; 並木 則行²
YAMADA, Ryuhei^{1*}; SENSU, Hiroki²; ABE, Shinsuke³; YOSHIDA, Fumi¹; HIRATA, Naoyuki⁴; ISHIHARA, Yoshiaki⁵
; HIRATA, Naru⁶; NODA, Hiroto¹; NAMIKI, Noriyuki²

¹ 国立天文台, ² 千葉工業大学, ³ 日本大学, ⁴ 東京大学, ⁵ 宇宙航空研究開発機構, ⁶ 会津大学

¹National Astronomical Observatory of Japan, ²Chiba Institute of Technology, ³Nihon University, ⁴University of Tokyo, ⁵Japan Aerospace Exploration Agency, ⁶The University of Aizu

2014年末打上げ予定の小惑星探査機「はやぶさ2」では、近地球型のC型小惑星「1999JU3」の探査を行う。我々ははやぶさ2に搭載されるレーザー高度計(LIDAR)を使用して、レーザー波長(1064nm)における1999JU3のアルベドを調べる事を検討している。はやぶさ2搭載用のLIDARには探査機-小惑星間の距離を測定する機能に加えて、レーザーパルスの送信光強度と受信光強度を測定する機能がついており、この強度データを用いて小惑星表面のジオメトリックアルベドを推定する事が可能である。

本発表では、まず、はやぶさ2搭載LIDARの特性調査試験の結果から、LIDARを用いて小惑星表面アルベドを現状どの程度の精度で決定可能か評価した結果を示す。ここでは、機器の特性から決まるアルベドの決定精度に加え、小惑星の表面傾斜や、ラフネスがLIDARの観測値から求まるアルベドの推定値にどの程度影響を及ぼすか検討した結果についても述べる。

我々はLIDARの観測値から決められる小惑星表面のアルベド分布及び他機器の観測データを組み合わせて(1)1999JU3の岩石・鉱物タイプ、(2)水質変成度の高低、(3)宇宙風化、外来物質による表面変成についての情報を得る事を検討している。本発表では先に評価した精度で決められるアルベド値から、どの程度これらの科学情報について言及できるか調査した結果についても報告する予定である。

キーワード: 小惑星アルベド, C型小惑星, 1999JU3, はやぶさ2, レーザー高度計

Keywords: Albedo of Asteroid, C-type asteroid, 1999JU3, Hayabusa-2, Laser Altimeter

はやぶさ 2 搭載近赤外分光計 NIRS3 のフライトモデル性能 Performances of Flight Model of NIRS3: the Near Infrared Spectrometer on Hayabusa-2

岩田 隆浩^{1*}; 北里 宏平²; 安部 正真¹; 荒井 武彦¹; 仲内 悠祐³; 中村 智樹⁴; 廣井 孝弘⁵; 松岡 萌⁴; 松浦 周二¹; 尾崎 正伸¹; 渡邊 誠一郎⁶

IWATA, Takahiro^{1*}; KITAZATO, Kohei²; ABE, Masanao¹; ARAI, Takehiko¹; NAKAUCHI, Yusuke³; NAKAMURA, Tomoki⁴; HIROI, Takahiro⁵; MATSUOKA, Moe⁴; MATSUURA, Shuji¹; OZAKI, Masanobu¹; WATANABE, Sei-ichiro⁶

¹JAXA 宇宙科学研究所, ²会津大, ³総研大, ⁴東北大, ⁵ブラウン大, ⁶名古屋大

¹Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, ²University of Aizu, ³Graduate University for Advanced Studies, ⁴Tohoku University, ⁵Brown University, ⁶Nagoya University

近赤外分光計 (NIRS3) は、小惑星探査機「はやぶさ 2」に搭載され、1.8~3.2 ミクロン帯の近赤外波長域において小惑星表面からの太陽反射光及び熱放射を分光測定するリモートセンシング機器である。NIRS3 の主要目的は、C 型小惑星 1999JU3 において 3 ミクロン帯での OH 基の対称伸縮振動や水分子の変角振動による吸収を検出し、小惑星表面における水・含水鉱物の分布状態を明らかにすることである。C 型小惑星の素材ならびにその分布を調べることは、太陽系の初期進化の様子や地球の水の起源を解明する上で重要である。このため我々は、地球上の水による 3 ミクロン帯の吸収の影響を受けないように、小惑星表面を直接観測する。含水鉱物の量を 1~2 wt% の精度で推定するため、我々は 2.6 ミクロン帯での SN 比が 50 を超えることを目標に、NIRS3 観測システムを設計した。

NIRS3 のフライトモデルについて、2013 年より地上試験を開始した。NIRS3-S (センサ部) を NIRS3 試験用小型チャンバ内で軌道上温度である -80 °C に冷却して、黒体炉からの近赤外光を入射し、感度校正、波長校正のための基礎データを取得するとともに、S/N 等の基本性能を確認した。この結果、軌道上 S/N 予測値は、定常観測において目標を大きく上回る 300 以上となることが確認された。また、NIRS3 の単体熱真空試験・機械環境試験、及びシステム総合試験においても、NIRS3 が軌道上環境で十分な機能・性能を維持できることが確認された。さらに、黒体炉の近赤外光を、鉱物試料 (serpentine, olivine)、C コンドライト (Murchison, Murray, Jbilet Winselwan) で反射させて NIRS3 で受光することにより、これらの反射スペクトルが FTIR (フーリエ変換型赤外分光計) で得られるものと整合的であることを示した。これらの地上試験の結果から、NIRS3 を用いた C 形小惑星表面での、初期構成、水質変成、熱変成、宇宙風化に関して、新たな知見が得られることが期待される。

キーワード: はやぶさ 2, 小惑星, 1999JU3, NIRS3, 近赤外線, 分光計

Keywords: Hayabusa-2, asteroid, 1999JU3, NIRS3, near infrared, spectrometer

「はやぶさ2」搭載中間赤外カメラ TIR : 科学観測と地上較正 Thermal Infrared Imager TIR on Hayabusa2: Instrumentation and Ground Calibration

岡田 達明^{1*}; 福原 哲哉³; 田中 智¹; 田口 真⁴; 荒井 武彦²; 今村 剛¹; 千秋 博紀⁵; 出村 裕英⁶; 小川 佳子⁶; 北里 宏平⁶; 長谷川 直¹; 関口 朋彦⁷; 中村 良介⁸; 神山 徹⁸; 松永 恒雄⁹; 和田 武彦¹; 滝田 隼¹⁰; 坂谷 尚哉¹⁰; 堀川 大和¹¹; ヘルバート ヨルン¹²; ミュラー トマス¹³; ハガーマン アクセル¹⁴; はやぶさ2 TIR チーム²

OKADA, Tatsuaki^{1*}; FUKUHARA, Tetsuya³; TANAKA, Satoshi¹; TAGUCHI, Makoto⁴; ARAI, Takehiko²; IMAMURA, Takeshi¹; SENSHU, Hiroki⁵; DEMURA, Hirohide⁶; OGAWA, Yoshiko⁶; KITAZATO, Kohei⁶; HASEGAWA, Sunao¹; SEKIGUCHI, Tomohiko⁷; NAKAMURA, Ryosuke⁸; KOUYAMA, Toru⁸; MATSUNAGA, Tsuneo⁹; WADA, Takehiko¹; TAKITA, Jun¹⁰; SAKATANI, Naoya¹⁰; HORIKAWA, Yamato¹¹; HELBERT, Jorn¹²; MUELLER, Thomas¹³; HAGERMANN, Axel¹⁴; HAYABUSA2, Tir team²

¹ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ² 宇宙航空研究開発機構月惑星探査プログラムグループ, ³ 北海道大学, ⁴ 立教大学, ⁵ 千葉工業大学, ⁶ 会津大学, ⁷ 北海道教育大学, ⁸ 産業総合研究所, ⁹ 国立環境研究所, ¹⁰ 東京大学, ¹¹ 総合研究大学院大学, ¹² ドイツ航空宇宙センター, ¹³ マックスプランク地球外物理学研究所, ¹⁴ オープン大学

¹ISAS/JAXA, ²JSPEC/JAXA, ³Hokkaido University, ⁴Rikkyo University, ⁵Chiba Institute of Technology, ⁶University of Aizu, ⁷Hokkaido University of Education, ⁸AIST, ⁹NIES, ¹⁰University of Tokyo, ¹¹Sokendai, ¹²German Aerospace Center (DLR), ¹³Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (MPE), ¹⁴Open University

小惑星探査機「はやぶさ2」に搭載する中間赤外カメラ TIR は近地球型の C 型小惑星 (162173) 1999JU3 の 2 次元熱撮像を行い、表層熱物性を全球的に調べる装置である。小天体探査では始原物質の探求や初期進化過程を示す物質科学探査に注目が集まるが、微惑星の形成やその後の力学的な成長・進化過程の解明には物性探査も重要である。

原始太陽系で微惑星が形成される際には低密度（高空隙）天体が作られ、衝突合体を伴う成長過程により圧密されてゆくと考えられる。C 型小惑星は低密度な例も多く、稠密な岩塊が空隙の多い状態で集合しているか、多孔質な岩塊や高空隙土壌の堆積が考えられる。これらの特徴は TIR 観測から得られる熱物性、特に熱慣性により識別できる可能性がある。C 型小惑星では過去に脱水過程を経たと考えられる。その痕跡が貫入地形や溝地形として小惑星上に現存し、熱慣性の差異として発見できるかもしれない。小惑星イトカワでもみられた表層粒子流や、クレータ周辺のイジェクタ堆積層などは周辺地域に比べて平均粒径が小粒かつ高空隙率が想定されるため、熱慣性の違いによって検出できるだろう。周辺浮遊物（衛星）や、ダスト雲、揮発性噴出物があれば、それらからの赤外放射を検出できる可能性がある。また、現地で熱撮像を行うことにより、地上観測から見積もられる小惑星の熱物性の推定精度について評価することができ、将来の小惑星地上観測の信頼度に与える貢献度は大きい。

TIR は 2 次元非冷却ボロメータを検出器に用いた中間赤外カメラである。有効画素数は 328 × 248、視野は 16° × 12°、画素解像度は 0.05° であり、高度 20km の Home Position (HP) から撮像すると 20m (直径約 0.9km の小惑星 1999JU3 の全体が 45 画素)、高度 1km から撮像すると 1m 以下の画素解像度で 280m × 210m の範囲をカバーできる。これは HP からの小惑星全体の特徴の把握やサンプル回収地点の事前・事後に行う現地調査・産状把握に適する。なお、TIR の光学系の焦点距離は 34m だが、距離 5m でも 1cm 以上の構造を識別できる。「はやぶさ2」では小惑星 1999JU3 を太陽距離 0.96~1.42AU で太陽側から観測する。C 型小惑星のアルベド 0.05、熱放射率 0.90~0.95 と仮定すると、小惑星昼側の表層温度は -40℃~+150℃ と見積もられる。TIR の観測波長域は 8~12 μm であり、表層からの熱放射への感度は良好である。

TIR の撮像性能の較正試験を -40~+150℃ に対して実施してきている。最終目標はこの温度範囲で各画素に対して絶対温度 3℃、NETD で 0.3℃ 以下の精度を達成する較正データを求めることである。較正装置は、低温側は真空チェンバ中の黒体ターゲット、高温側はクリーンブース内でオイルバスや平面黒体ターゲットを用いており、TIR のレンズ温度や取り付けパネル面温度を制御しながら実施してきた。観測時には較正時と同じ OFPN (Onboard Flat Pattern Noise) データを設定する必要があり、全温度域で同一の OFPN の使用が理想である。これまで概ね成立することを確認しているが、別の較正システムの使用による低温・高温域のデータの接続、検出器への入射エネルギーによるデータのバイアス変化の補正、幾何較正などを進め、TIR の較正精度の向上を目指している。講演では TIR の科学観測目標と較正試験の結果について報告する。

キーワード: 小惑星, はやぶさ2, 熱物性, 熱赤外, ボロメータ, 惑星探査

Keywords: asteroid, Hayabusa2, thermo-physical property, Thermal Infrared, bolometer, planetary exploration

小天体表面における粒子サイズと空隙率の関係 Relationship between Regolith Particle Size and Porosity on Small Bodies

木内 真人^{1*}; 中村 昭子¹
KIUCHI, Masato^{1*}; NAKAMURA, Akiko¹

¹ 神戸大学大学院理学研究科

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Kobe University

小天体表面はレゴリス層と呼ばれる粒子層によって覆われており、レゴリス層の粒子サイズと空隙率は重要な物性値である。例として、天体表面の反射率や熱慣性は粒子サイズや空隙率に依存する。また、これらの物性値はクレーター効率のような衝突応答性に影響を与える。過去には、アポロ計画による月レゴリスの粒子サイズの直接測定が行われており、平均空隙率が 51% と推定されている (Michell et al., 1974)。また、観測による推定として、地上レーダー観測による空隙率の推定では、小惑星表面の平均空隙率は $51 \pm 14\%$ という結果を得ており (Magri et al., 2001)、反射率の角度依存性を用いた空隙率の推定では、S 型小惑星表面の空隙率の範囲は 40 - 80 % となっている (Hapke, 1986; Domingue et al., 2002)。本研究では、まず地上実験のデータより、空隙率と粒子にはたらく力の関係を得た。そして、その関係を小天体表面の条件に適用することで、レゴリス層の空隙率と粒子サイズの関係性を求めた。

Yu et al. (2003) では、実験データをもとに、液架橋力をもとにした粒子間力 F_v と粒子にかかる重力 F_g の比 RF と空隙率の関係が表されている。空隙率は粒子が密に充填していない状態でそれぞれ測定されており、粒子サイズによって空隙率は異なる値をとる。本研究では、粒子間力はファンデルワールス力が支配的だと想定し、ファンデルワールス力には吸着分子の影響を考慮した以下のモデル式 (Perko et al., 2001) を適用した。

$$F_v = AS^2 r / 48 \Omega^2 \quad (1)$$

A はハマカー定数 (物性値)、r は粒子半径、 Ω は吸着分子半径 (ここでは酸素イオン半径) である。また S は cleanliness ratio と呼ばれるもので、粒子表面の吸着分子の少なさを表しており、地球上では 0.1 程度、宇宙空間では約 1 という値をとる。過去研究のデータに我々が行ったフライアッシュの測定データを加え、また (1) 式を用いることで、空隙率 p と $R_F (=F_v/F_g)$ の関係

$$p = p_0 + (1 - p_0) \exp(-m R_F^{-2}) \quad (2)$$

を得た。ここで、 p_0 , m , n は定数である。また、(1) 式を (2) 式に代入することで、次式が得られる。

$$p = p_0 + (1 - p_0) \exp \{-m (AS^2 / 64 \pi \Omega^2 \rho g r^2)^{-n}\} \quad (3)$$

ここで ρ は粒子密度、 g は重力加速度である。(3) 式に小天体表面の条件を適用することで、小天体表面の粒子半径と空隙率の関係を得ることができる。例として小惑星イトカワ表面における空隙率と粒子半径の関係を得た。はやぶさの画像より得られたイトカワの粒子サイズは、細かい粒子層が広がる地域では mm-cm サイズと推定されており (Yano et al., 2006)、今回得られた関係によると、この範囲の粒子サイズでは 0.55 - 0.8 の範囲の空隙率をもつと見積もられる。同様の方法で、その他の小天体表面における空隙率と粒子サイズの間関係を見積ることができる。

また Gundlach and Blum (2013) では、熱慣性データとレゴリス層における熱伝導率モデルから、レゴリス層の粒子サイズを推定している。ここで、(3) 式の関係と Gundlach and Blum (2013) の関係を組み合わせることで、小天体表面の粒子サイズと空隙率をそれぞれ推定することができ、その結果についても報告する。

キーワード: 小惑星, レゴリス, 空隙率

Keywords: asteroid, regolith, porosity

TIRによるSCIクレーターの検出方法の検討 How to detect a small crater produced by Small Carry-on Impactor (SCI) using Thermal InfraRed Camera (TIR)

和田 浩二^{1*}; 中村 昭子²; 黒澤 耕介¹; SCI チーム³; TIR チーム³

WADA, Koji^{1*}; NAKAMURA, Akiko²; KUROSAWA, Kosuke¹; SCI, Team³; TIR, Team³

¹ 千葉工業大学惑星探査研究センター, ² 神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ³ はやぶさ2プロジェクト
¹PERC/Chitech, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Kobe University, ³Hayabusa-2 Project

In Hayabusa-2 mission, a crater will be formed on the surface of a C-type asteroid 1999JU3 using Small Carry-on Impactor (SCI) and the crater should be quickly detected from the mother ship. The detection, however, will become difficult when the crater is very small with a diameter of only 30 cm, near to the resolution limit of on-board cameras. On the other hand, Thermal InfraRed Camera (TIR) mounted on Hayabusa-2 has a possibility to detect such a small crater even if the crater size is sub-pixel of TIR resolution, because the temperature on the surface of a small crater is expected to be different from that around the crater. We, therefore, have started examination about the possibility and method to detect a SCI-formed small crater using TIR. In this presentation, we introduce the basic idea and the preliminary results of our modeling.

キーワード: はやぶさ2, 衝突, 小惑星, 熱赤外カメラ, 小型搭載型衝突装置, クレーター熱モデル

Keywords: Hayabusa-2, Impact, SCI, TIR, crater thermal model, asteroid

はやぶさ 2・SCI の地上校正実験：クレーターサイズについて Hayabusa 2/SCI: calibration impact experiments

門野 敏彦^{1*}; 荒川 政彦²; 辻堂 さやか²; 保井 みなみ³; 長谷川 直⁴; 黒澤 耕介⁵; 白井 慶⁴; 早川 雅彦⁴; 岡本 千里⁴; 佐伯 孝尚⁴; 今村 裕志⁴; 矢野 創⁴; 中澤 暁⁴; 小川 和律⁴; 飯島 祐一⁴; 平田 成⁶; 高木 靖彦⁷; 和田 浩二⁵
KADONO, Toshihiko^{1*}; ARAKAWA, Masahiko²; TSUJIDO, Sayaka²; YASUI, Minami³; HASEGAWA, Sunao⁴; KUROSAWA, Kosuke⁵; SHIRAI, Kei⁴; HAYAKAWA, Masahiko⁴; OKAMOTO, Chisato⁴; SAIKI, Takanao⁴; IMAMURA, Hiroshi⁴; YANO, Hajime⁴; NAKAZAWA, Satoru⁴; OGAWA, Kazunori⁴; IJIMA, Yuichi⁴; HIRATA, Naru⁶; TAKAGI, Yasuhiko⁷; WADA, Koji⁵

¹ 産業医科大学, ² 神戸大学大学院理学研究科, ³ 神戸大学自然科学系先端融合研究環重点研究部, ⁴ 宇宙航空研究開発機構, ⁵ 千葉工業大学 惑星探査研究センター, ⁶ 会津大学 コンピュータ理工学部, ⁷ 愛知東邦大学

¹University of Occupational and Environmental Health, ²Graduate School of Science, Kobe University, ³Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University, ⁴Japan Aerospace Exploration Agency, ⁵Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, ⁶Dep. of Computer Science and Engineering, Univ. of Aizu, ⁷Aichi Toho University

はやぶさ 2 探査機に搭載予定の SCI (Small Carryon Impactor) は直径 1.5 cm, 質量 2 kg, 中空の銅球である。これを小惑星表面に秒速 2 km で衝突させて形成されるクレーターや放出物の分布を調べる予定である。クレーターなどから天体表面がどのような状態 (組成, 構造) であるかを推定するためには, 予め状態がわかっている標的に SCI と同様の飛翔体を衝突させて, どのようなクレーターが形成されるのかを調べておく必要がある。われわれは宇宙研の二段式水素銃を使って中空弾丸を加速し, 石膏, 玄武岩に衝突させてクレーターを調べた。また, 神岡で行われた実スケールの実験において砂に衝突させてできたクレーターのサイズも調べた。これらの結果について報告する。

キーワード: はやぶさ 2, SCI, 衝突実験

Keywords: Hayabusa 2, Small Carryon Impactor, Impact experiments

石英砂上への衝突クレーター形成実験：エジェクタの速度分布に対する弾丸密度依存性 Impact crater formation on quartz sand: the effect of projectile density on ejecta velocity distributions

辻堂 さやか^{1*}; 荒川 政彦¹; 和田 浩二²; 鈴木 絢子³
TSUJIDO, Sayaka^{1*}; ARAKAWA, Masahiko¹; WADA, Koji²; SUZUKI, Ayako³

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 千葉工業大学惑星探査研究センター, ³ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
¹Graduate School of Science, Kobe University, ²Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, ³Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

1. はじめに

衝突クレーター形成に伴うエジェクタの速度分布を理解することは、固体天体表層の衝突進化を考える上で重要である。特に小惑星の表層は様々な物性を持つと考えられ、表層の空隙率、強度、密度等は、その起源や進化により大きく変化する。従って、様々な物性を持つ表面でのクレーター形成に伴うエジェクタ速度分布の知見が重要である。一方、小惑星帯には幾つかのタイプの小惑星が存在し、その物性はタイプにより大きく異なる。力学強度や密度が異なる小惑星同士が衝突してクレーターを形成すると、その組み合わせによって、形成されるクレーターの大きさや形状は変化する。はやぶさ、Dawn、はやぶさ2などの小惑星探査が進む中、小惑星表層に関する情報は飛躍的に増えてきた。今後、より精密な室内実験により、クレーター形成過程に対する衝突物質の依存性が明らかになれば、観測されるクレーターから衝突天体の種類などが特定できるようになる。そのためには、ターゲットや弾丸の物性を系統的に変化させたクレーター形成実験が必要である。しかしながら、これまで、クレーター形成に伴うエジェクタの速度分布に関しては、弾丸密度の依存性に関する研究は十分に行われていない。

そこで、本研究では弾丸密度に着目し、衝突クレーター形成に伴うエジェクタの速度分布に対する弾丸密度依存性を明らかにした。そのために8種類の密度の異なる弾丸を用いて石英砂ターゲットに対して衝突クレーター形成実験を行った。

2. 実験・解析方法

標的粒子には、直径500 μmの石英砂、直径500 μmまたは100 μmのガラスビーズ球の3種類を用いた。それらの粒子を直径30cmの金属容器に入れて標的試料とした。石英砂またはガラスビーズを用いて準備した標的試料の空隙率はそれぞれ、44.7%、41.4%、37.6%である。標的を設置する真空チャンバー内の圧力は、 $<10^3$ Paとした。また、弾丸には密度の異なる8種類の球形弾丸（ナイロン、ガラス、アルミナ、ジルコニア、チタン、鉄、銅、鉛）を用いた。弾丸直径はすべて3mmであり、この弾丸を直径10mmのサポを用いて、一段式軽ガス銃により加速した。エジェクタの正確な観測には、弾丸の加速ガスからの影響を完全に除く必要がある。そのために2つの手段を講じている。まず、弾丸発射用サポにより加速ガスの直接流入を防いでいる。さらに、金属容器をアクリルボックスに入れて、チャンバー内に広がった加速ガスが回り込んでエジェクタに影響を与えるのを防いでいる。標的への衝突速度(v_i)は、24~217 m/sとした。

放出された個々の標的粒子の軌跡を計測することによってエジェクタ速度分布を求めた。そのために高速デジタルビデオカメラを使用して、撮影速度2000-10000コマ/秒で粒子放出の様子を撮影した。取得したビデオから>30個の粒子の軌跡を追跡し、それぞれの粒子の放出位置と放出速度、そして放出角度の関係を求めた。

3. 結果・考察

撮影された高速ビデオ画像でエジェクタが広がっている様子を見ると、密度の小さなナイロン弾丸と密度の大きなジルコニア弾丸ではその形状が大きく異なることがわかった。ナイロンでは、エジェクタカーテンの外縁が水平面となす角が小さく50°程度でありエジェクタカーテンは潰れて見える。一方、ジルコニアではその角度は58°程度とカーテンが立って見えた。このカーテン形状の差の理由を調べるために粒子の放出角度について調べてみた。その結果、放出位置と放出角度については、全ての弾丸において衝突点に近い地点から放出された粒子ほど、放出角度が大きく、放出位置が衝突点から遠くなるにつれて減少していく傾向が見られた。その角度は、最大48°程度であり、30°程度まで角度は小さくなった。しかしながら、この傾向の弾丸密度による依存性は見られなかった。これは、エジェクタカーテン形状の差は、放出角度の違いが原因ではないことを示している。一方、エジェクタ速度のスケール則(式①)において、弾丸密度が $<6\text{g/cm}^3$ の範囲では、 μ は弾丸密度に比例していることがわかった。(式②)

$$v_0/v_i = a(x/R)^{-1/\mu} \quad \text{-式①}$$

$$\mu = 0.05 \rho + 0.038 \quad \text{-式②}$$

すなわち、カーテン形状の差は、速度分布の差が原因であることがわかった。しかしながら、鉄についてはカーテ

U06-P08

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

ンが立っているにも関わらずこのトレンドに乗らなかった。さらに、クレーターサイズの弾丸密度依存性について（式③）のような関係が求まった。

$$[R * (\rho t/m)^{(1/3)}] = 11 * [\rho t / \rho p]^{0.096} \quad \text{?式③}$$

今後、さらに広い速度範囲で様々な物性を持つ標的試料に対してエジェクタ速度分布の弾丸密度依存性を明らかにしていきたい。

粉粒体斜面に対する衝突クレータリング実験 Impact cratering experiments on granular slopes

林 康介^{1*}; 隅田 育郎¹
HAYASHI, Kosuke^{1*}; SUMITA, Ikuro¹

¹ 金沢大学大学院 自然科学研究科

¹ Graduate School of Natural Science and Technology

衝突クレータリングは惑星表層の地形を決める重要な素過程の一つであり、その物理を理解するために粉粒体をターゲットとした室内実験が多く行われてきた(例: Walsh et al., 2003, de Vet and Bruyn, 2007)。これらの実験では、形成されるクレーターの形態は実際のクレーターと同様に衝突エネルギーが大きくなるにつれて単純クレーターから複雑クレーターに変化し、クレーターの形成過程において強度よりも重力が支配的な場合にはクレーターの直径はエネルギーの約1/4乗に比例することが分かっている。近年、小惑星の探査が進み、さらに多様なクレーターが発見されるようになってきた。小惑星に見られるクレーターは重力・強度支配の遷移領域に該当するものがあり、私達はそれを理解するための基礎実験を行った(Takita and Sumita, 2013)。一方で小惑星はそのサイズに比して起伏が激しいため、斜面に衝突することにより形成されたと考えられるクレーターも発見されている(Jaumann et al., 2012)。過去のクレータリング実験は水平なターゲットへの衝突実験が主であるため、斜面に対する衝突は良く理解されていない。本発表では、斜面の傾斜角がクレーターの形成に与える影響を理解するために行った実験の結果について報告する。

本実験では、縦25cm、横18cm、深さ9cmのアクリル容器に平均粒径0.204mm、密度2.66g/cm³、安息角37.2°の砂を充填率が約0.56になるように詰めた粉粒体ターゲットを任意の傾斜角 θ 傾け、その上からステンレス球のインパクトター(直径11mm、22.2mm、密度7.70g/cm³、質量5.5g、44.1g)を自由落下させてクレーターを形成する。クレーターの形成過程は高速カメラで撮影する。衝突エネルギーEが0.055Jと0.073J、0.58Jの3種類、 θ が0°、11°、16°、22°、34°の5種類の合計15通りの実験を行った。

クレーター形成の前後に粉粒体表面の形状をレーザー変位計をステッピングモーターで動かしながら3次元的に測定する。変位計の分解能は高さ方向に約0.024mm、水平方向に約0.1mmである。ステッピングモーターは0.2mm刻みで動く。クレーター形成前の表面の形状データの値をクレーター形成後の表面の形状データの値から差し引くことでクレーター形成による粉粒体ターゲット表面の鉛直変位を求める。鉛直下向きの最大変位をCrater depth、斜面方向の長さを水平射影した最大距離をCrater length、走向方向の最大水平距離をCrater widthとする。

解析の結果、 θ が約20°以上になるとリムと呼ばれるクレーターの周りの盛り上がった部分が途切れることが分かった。高速度カメラで撮影した画像の観察から、 θ が大きくなるに伴い、衝突地点の上側の粒子の崩壊の規模が大きくなることが分かった。これが高傾斜角でリムが途切れる原因である。また、実験で作られたクレーターとベスタのクレーターの地形データ(Jaumann et al., 2012)を比較すると、最深点が斜面下側に寄り、イジェクタが斜面下側に広がる点が共通していた。Crater depthは θ が大きくなるに従って単調減少する。Crater length及びCrater widthは θ が0°から22°までは大きく変わらないが22°を超えると増加する。この結果、クレーターのDepth/Length比は θ の増加に伴って0.25から0.05まで減少する。これは θ の効果のみによって幅広いDepth/Length比のクレーターが形成できることを示している。

各長さスケールのエネルギー依存性を AE^A の形にべき指数フィットすると(Eは衝突エネルギー)、 θ が変化すると係数Aばかりでなく、冪 α の値が変化した。これは、斜面衝突では平面のスケールリング則をそのまま適用できないことを示している。

引用文献:

de Vet and Bruyn., 2007. Phys.Rev E 76, 041306

Jaumann et al., 2012. Science 336, 687

Takita and Sumita, 2013. Phys.Rev E 88, 022203

Walsh et al., 2003, PRL 91.104301

キーワード: 衝突クレータリング, 粉粒体
Keywords: impact cratering, granular matter

鉄隕石衝突破壊強度の試料サイズ依存性 Size Dependence of Impact Disruption Threshold of Iron Meteorites

桂 武邦¹; 中村 昭子^{1*}; 高部 彩奈¹; 岡本 尚也¹; 三軒 一義¹; 長谷川 直²; Liu Xun³; 真下 茂³
KATSURA, Takekuni¹; NAKAMURA, Akiko^{1*}; TAKABE, Ayana¹; OKAMOTO, Takaya¹; SANGEN, Kazuyoshi¹; HASEGAWA,
Sunao²; LIU, Xun³; MASHIMO, Tsutomu³

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ³ 熊本大学パルスパワー研究所
¹Graduate School of Science, Kobe University, ²Institute of Space and Astronautical Science, ³Institute of Pulsed Power Science,
Kumamoto University

鉄隕石や M 型小惑星のいくつかは、分化した微惑星のコアや始原天体にできたメルトプールを起源としていると考えられる。鉄が分化してから鉄隕石が惑星間空間に衝突で放出されるまでの間、鉄質の天体は、質量や温度や衝突速度が異なる様々な衝突過程を経験したと考えられる。

本研究では、常温で、数 mm から数 cm の鉄隕石を弾丸もしくは標的とする衝突破壊実験を、衝突速度数 100 m/s から数 km/s の範囲で行った。一つの例外を除き、鉄隕石試料のほうが衝突対象試料より小さい条件で実験を行った。結果の比較のために、スチールの衝突破壊実験も行った。

鉄隕石試料やスチール試料の破片サイズ分布は、岩石のものとは異なり、その展延性のために細かい破片が少ないことが示された。また、最大破片質量割合は、弾丸の運動エネルギーを系の質量で割ったエネルギー密度だけでなく、試料のサイズにも依存することが示された。我々は、鉄隕石の動的強度が試料サイズに対してべき乗依存性を持つと仮定した。この動的強度を用いて初期発生圧力を規格化したところ、最大破片質量割合は、規格化された初期発生圧力の -2 乗に依存することが示された。さらに、鉄隕石試料やスチール試料の圧縮変形度も、動的強度で規格化された初期発生圧力を用いて整理できることが示された。

本研究は宇宙科学研究所のスペースプラズマ共同利用と、熊本大学パルスパワー GCOE プログラムにより支援を受けました。

キーワード: 小天体, 鉄隕石, 衝突過程

Keywords: Small Bodies, Iron Meteorite, Impact Process

はやぶさ 2 探査天体 1999 JU3 のクレーター年代学モデルの構築と ONC による観測可能性 Cratering chronology models for the near-Earth asteroid 1999 JU3

安藤 滉祐^{1*}; 諸田 智克¹; 杉田 精司²; 本田 理恵³; 亀田 真吾⁴; 山田 学⁵; 本田 親寿⁶; 鈴木 秀彦⁴; 渡邊 誠一郎⁷
ANDO, Kosuke^{1*}; MOROTA, Tomokatsu¹; SUGITA, Seiji²; HONDA, Rie³; KAMEDA, Shingo⁴; YAMADA, Manabu⁵; HONDA, Chikatoshi⁶; SUZUKI, Hidehiko⁴; WATANABE, Sei-ichiro⁷

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 東京大学大学院新領域創成科学研究科複雑理工学専攻, ³ 高知大学理学部応用理学科, ⁴ 立教大学理学部, ⁵ 千葉工業大学惑星探査研究センター, ⁶ 会津大学, ⁷ 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻
¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Department of Complexity Science and Engineering, Graduate School of Frontier Science, The University, ³Department of Information Science, Kochi University, ⁴School of Science, Rikkyo University, ⁵Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, ⁶The University of Aizu, ⁷Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Nagoya University

2014 年打ち上げ予定の小惑星探査機「はやぶさ 2」は、C 型小惑星である「1999 JU3」を探査対象とし、そのサンプルリターンを大きな目的の一つとしている。微量、微小スケールのサンプルから太陽系スケールの情報を得るためにはマルチスケールの進化過程の理解が必要である。つまり、そのサンプルがどのような物質であり、1999 JU3 上ではどのように存在していたのか、そして 1999 JU3 が太陽系のどこで生まれ、どのような進化をたどってきたのか、を知る必要がある。1999 JU3 の進化過程を探る上で、その形成年代の理解は特に重要である。本研究は、はやぶさ 2 で得られるであろう 1999 JU3 の詳細画像データからクレーター年代学手法にもとづく年代決定を可能とするために、1999 JU3 表面におけるクレーター年代学関数（表面年代とクレーター数密度の関係）の構築を目的とする。また、得られたクレーター年代学関数に基づいて、工学航法カメラ（ONC）によるクレーター観測による年代決定精度の検証を行う。

高空隙ターゲットに形成されるキャビティ形状・衝突破壊のスケーリング解析 Scaling analysis of cavity morphology and disruption threshold for highly porous targets

岡本 尚也^{1*}; 中村 昭子¹; 長谷川 直²

OKAMOTO, Takaya^{1*}; NAKAMURA, Akiko¹; HASEGAWA, Sunao²

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 宇宙科学研究所

¹Graduate School of Science, Kobe University, ²Institute of Space and Astronautical Science

小天体表面に衝突体が衝突してつくるクレーターの形状は、その天体の空隙率や密度、強度、そして衝突体の大きさ、密度、強度、速度によって変わることが考えられる。これまで<60%の大きな空隙率を持つターゲット（石膏、ガラスビーズ焼結体、雪）を用いた衝突実験が行われており、クレーターの深さや直径が調べられてきた。しかし、近年の探査計画や地上観測によりこれらの天体は非常に空隙率が高い(<86%)ものまでであることが分かってきた。それら小天体の形成期における衝突進化を理解するためにはさらに大きな空隙率を用いた実験が必要となってくる。我々はこれまでよりさらに高い空隙率を持つターゲットに形成されるキャビティ形状について調べた。そしてこれまでの研究データを合わせることで幅広い範囲の空隙率を持つターゲットにできるキャビティ形状について整理した。また、衝突進化史において重要となる衝突破壊強度と空隙率の関係についても整理した。

これまで我々は空隙率 80, 87, 94%を持つターゲットを作成し、衝突速度が毎秒数キロメートルの衝突実験を行ってきた (Okamoto et al., 2013)。弾丸にはチタン、アルミニウム、玄武岩、ステンレスを用いてきたが、これらに比べて低密度のナイロン弾丸も新たに用いた。トラックの形状は、弾丸破壊の程度が小さい場合は細長いニンジン型、破壊の程度が大きい場合は太短いカブ型が観察された。本発表ではこのカブ型のキャビティ形状について報告する。

カブ型のキャビティをクレーターとみなし、この最大径と入口径を従来の強度支配域のクレータースケーリング則を用いて整理したところ、キャビティの最大径と入口径は程よくスケールリングされ、半経験式をそれぞれ得た。衝突点から最大径までの距離は、弾丸の運動エネルギーが初期の運動エネルギーの $1/e$ となる特徴的長さで相関が見られた。特徴的長さは抵抗係数の関数となっており、抵抗係数は弾丸の破壊の程度に依存することから、弾丸の破壊が最大径までの距離に関与していることが示唆された。

成長中のキャビティの体積、最大径、深さと衝突からの時間との関係を調べた。横軸に (衝突速度) × (時間) / (弾丸半径) で表される規格化時間を、縦軸に (キャビティ体積) × (ターゲット密度) / (弾丸質量) のキャビティ規格化体積を用いて整理した (Schmidt and Housen., 1987)。成長中のキャビティの規格化体積は衝突速度の違いに依らず規格化時間に対してべき乗の関係が見られた。(ターゲット密度) / (弾丸密度) の比が大きい方がべき指数はわずかに大きな値をとった。一方、弾丸直径で規格化したキャビティ最大径と深さはどちらも形成初期段階では無次元時間とべき乗の関係が見られた。これらのべき指数は、規格化体積について得られたべき指数と矛盾しなかった。すなわち、キャビティは楕円体の一部として成長していることがわかった。

衝突破壊されたターゲットの質量が元の質量の半分になるときのエネルギー密度を衝突破壊強度という。衝突破壊強度は空隙率が大きいターゲットほど衝突破壊強度はやや大きくなる傾向になった。またターゲットの直径/高さの比が0.5のときよりも1.0の時の方が衝突破壊強度は大きくなった。本発表では、様々な先行研究の衝突破壊強度を無次元化して整理したものについて議論する。

キーワード: 衝突実験, 小天体, クレーター, カタストロフィック破壊

Keywords: impact experiment, small body, crater, catastrophic disruption

はやぶさ試料最大粒子のコンソーシアム研究 A consortium study of the largest particle of Hayabusa-returned samples

上梶 真之^{1*}; 唐牛 譲¹; 矢田 達¹; 石橋 之宏¹; 佐竹 渉²; 岡田 達明¹; 安部 正真¹
UESUGI, Masayuki^{1*}; KAROUJI, Yuzuru¹; YADA, Toru¹; ISHIBASHI, Yukihiro¹; SATAKE, Wataru²; OKADA, Tatsuaki¹
; ABE, Masanao¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

Hayabusa-returned samples retrieved by the Hayabusa spacecraft were already distributed and investigated in the preliminary examinations and international A/Os. Through the investigations, several insights have been obtained on the formation process of 25143 Itokawa and surface processes occurred on the asteroid, as well as the confirmation that the particles were certainly regolith particles from there [1-6].

There are several particles, however, which have not been distributed for those examinations because of their rare features appeared in the initial description done by extraterrestrial sample curation team (ESCuTe) of JAXA. Though those particles will provide us further information for Itokawa and evolution of the asteroid, the samples should be investigated as carefully as possible to reduce consumption and damage of the samples. RA-QD02-0136-01 is currently the largest sample of Hayabusa-returned samples recovered from the sample catcher. The major axis of the particle ra is around 310 μm , and weight of the particles is estimated around 20 μg , assuming the volume $V = 4/3\pi r_a r_b r_c \sim 4/3\pi/(2\sqrt{2})r_a^3$ and density of the particle as 3.4 g/cm^3 , where r_a , r_b and r_c are major axis, semi-major axis and minor axis, respectively. The RA-QD02-0136-01 is mainly composed of Ca-rich pyroxene, and also contains minor amount of low-Ca pyroxene, olivine, plagioclase and troilite. In order to maximize scientific gain from the Hayabusa-returned samples, we decided to investigate this particle by constructing a specific consortium for the analysis.

6 teams were joined the consortium, and following analyses were proposed.

M. Uesugi and A. Tsuchiyama : CT observation of 3D texture and surface observation

J. Park and Rutger team : Ar age analysis to determine the shock ages

K. Nishiizumi and K. Nagao : Analysis of cosmogenic nuclides to estimate the erosion rate of Itokawa

N. Kita and D. Nakashima : O-isotope analysis of high-Ca pyroxenes and plagioclases by SIMS

F. Langenhorst : TEM observation of the dislocations for estimating shock effect by small impacts

L. Keller : TEM observation of the space weathering rims

Currently, we prepare the sample cutting method, and evaluate effect of the cutting and sample transfer on the subsequent analysis. We will report the sequential flow of the analyses and results of the rehearsals.

References: [1] Nakamura et al. 2011. Science 333:1113-1116. [2] Yurimoto et al. 2011. Science 333:1116-1119. [3] Ebihara et al. 2011. Science 333:1119-1121. [4] Noguchi et al. (2011) Science 333:1121-1125. [5] Tsuchiyama et al. 2011. Science 333:1125-1128. [6] Nagao et al. 2011. Science 333:1128-1131.

塩を含むイトカワ粒子のコンソーシアム研究の現状 Present status of a consortium study of a NaCl bearing Itokawa particle

矢田 達^{1*}; 上相 真之¹; 唐牛 讓¹; 野口 高明²; 伊藤 元雄³; 石橋 之宏¹; 岡田 達明¹; 安部 正真¹
YADA, Toru^{1*}; UESUGI, Masayuki¹; KAROUJI, Yuzuru¹; NOGUCHI, Takaaki²; ITO, Motoo³; ISHIBASHI, Yukihiro¹; OKADA, Tatsuaki¹; ABE, Masanao¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 茨城大学理学部, ³ 海洋研究開発機構

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Faculty of Science, Ibaraki University, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

2010 年 6 月、小惑星探査機「はやぶさ」は S 型地球近傍小惑星イトカワより表層粒子試料を地球に帰還させた (Abe et al., 2011)。それ以降、JAXA キュレーションチーム (ESCUTE) では、「はやぶさ」のサンプルキャッチャーからの粒子の回収・記載を進め、現在の所、400 個超の粒子が初期記載済みとして公表されている (Yada et al., 2014)。この内、希少な特徴を持つ粒子については、複数の研究グループからのプロポーザルが重複し、配布が困難になることが予想される為、コンソーシアム研究の対象となっている。JAXA キュレーションチームがコンソーシアム研究を取り纏めて、広く研究者研究グループを募り、参加する研究者間で科学成果を最大化する為の分析準備及び分析のフローを議論の上決定し、そのフローに則って分析を進める。

このコンソーシアム研究の対象となっている粒子の一つに、塩を含むケイ酸塩鉱物粒子がある。この粒子 (RA-QD02-0129) は粒径 40 μm で、主に斜長石的組成のケイ酸塩からなり、その表面に 3.75 μm の自形の NaCl 粒子が存在している。今まで記載された 400 個超の「はやぶさ」帰還粒子の中で、塩を含むケイ酸塩粒子は、この粒子 1 個だけである。

惑星物質試料において、塩の存在は非常に希少かつ貴重である。普通コンドライト隕石では、今までに H コンドライトのモナハン、ザグ隕石からしか塩は見つかっていない。これらの隕石から見つかった塩は消滅核種のヨウ素 129 の痕跡が見つかっており、初期太陽系において H コンドライト母天体もしくは他の天体で形成され、両隕石に取り込まれたと考えられている (Zolensky et al., 1999; Whitby et al., 2000)。塩の形成には水が関わっており、塩が形成された母天体の起源について貴重な情報が得られると期待される。また塩と水の存在は有機物の物質進化とも密接に絡んでおり、生命の起源にも関連する興味深い研究対象である。

この粒子の研究でまず重要なのは、この粒子に含まれている塩の地球外起源を証明することである。地球外起源であることが示された場合、更にイトカワもしくは LL コンドライト母天体起源か、外来起源かを明らかにすることが重要となる。塩は非常に微小で、前述の隕石の塩で検出された、初期太陽系の年代を示す消滅核種ヨウ素 129 の娘核種キセノン 129 の検出は、現在の質量分析計の性能では難しい。現在の所、この微小な塩の地球外起源を証明することが出来る物質科学的証拠として考えられているのは、(1) 塩からの太陽フレアトラックの検出、(2) 塩表層からの太陽風ヘリウムの検出、(3) 塩表層の宇宙風化層の存在、である。(1)、(3) の為には塩の超薄切片の透過電子顕微鏡観察、(2) の為にはレーザーイオン化質量分析計による分析が必要である。分析計画としては、ヘリウムを人工的に打ち込んだ塩や、モナハン隕石の塩などの模擬試料によるリハーサル分析により検出観察手段を確立し、本番の試料の分析に望む予定である。

参考文献:

- Abe M. et al. (2011) LPS XLII, Abstract #1638.
- Whitby J. et al. (2000) Science 288, 1819.
- Yada T. et al. (2014) LPS XLV, Abstract #1759.
- Zolensky M. E. et al. (1999) Science 285, 1377.

キーワード: イトカワ, 小惑星, 塩, コンソーシアム

Keywords: Itokawa, asteroid, NaCl, consortium

アグリゲートタイプイトカワ粒子の3次元構造について Three-dimensional structures of aggregate-type Itokawa particles

矢田 達^{1*}; 上相 真之¹; 唐牛 譲¹; 上杉 健太郎³; 土山 明²; 石橋 之宏¹; 岡田 達明¹; 安部 正真¹
YADA, Toru^{1*}; UESUGI, Masayuki¹; KAROUJI, Yuzuru¹; UESUGI, Kentaro³; TSUCHIYAMA, Akira²; ISHIBASHI,
Yukihiko¹; OKADA, Tatsuaki¹; ABE, Masanao¹

¹宇宙航空研究開発機構, ²京都大学大学院理学研究科, ³高輝度光科学研究センター

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Graduate school of science, Kyoto University, ³Japan Synchrotron Radiation Research Institute

微小天体表層においては、衝突やそれに起因した振動による破碎摩耗などにより生じたレゴリス粒子が存在している。その形成過程成因を探ることで、微小天体や、その前駆天体の物理化学的環境を知ることが出来ると考えられる。

小惑星探査機「はやぶさ」は2010年6月、S型の地球近傍小惑星イトカワから表層の試料を地球に帰還させた (Abe et al., 2011)。この微小天体表層のレゴリス粒子の中でも微小な構成粒子の集合体 (アグリゲート) タイプの粒子について、その3次元構造を明らかにし、最終的に微小構成粒子の3次元配置とその形成過程を解明することにより、その粒子の形成環境を明らかにするのが本研究の目的である。

本研究では、初期記載された400個超のはやぶさ帰還粒子の内、JAXAの配分枠の中から選ばれた5つのアグリゲートタイプイトカワ粒子 (粒径55-128 μm) について、まず放射光CTの手法を用いて3次元構造解析を行った。脆い構造のアグリゲート粒子の放射光CTを行う為に、微小な逆ピラミッド形状の窒化ケイ素膜から成る試料ホルダーの内部に粒子を設置した。これをSPring-8のBL47XUにおいて7keV、8keVの2種のエネルギーの放射光を照射し、得られた透過X線像を元に計算機により3次元内部構造を再構成する。それぞれのエネルギーによる鉱物のX線吸収係数の差から鉱物種を識別する事が可能となる (Tsuchiyama et al., 2013)。

現在、取得データの計算機による解析中である。今後はこのデータを元に微小構成粒子の3次元配置を明らかにし、その形成過程について考察を行う予定である。また、微小粒子間の微細構造を明らかにする為に、それら粒子の一部について、集束イオンビーム加工装置により超薄切片を作成し、透過顕微鏡観察を行う予定である。

参考文献:

Abe M. et al. (2011) LPS XLII, Abstract #1638.

Tsuchiyama et al. (2013) GCA 116, 5.

キーワード: イトカワ, 小惑星, アグリゲート, 3次元構造, 放射光CT

Keywords: Itokawa, asteroid, aggregate, three-dimensional structure, synchrotron CT

硫化鉄およびリン酸塩鉱物を含むはやぶさ帰還試料のコンソーシアム研究 Consortium Study of Troilite and Phosphate-bearing HAYABUSA Returned Samples

唐牛 讓^{1*}; 上相 真之¹; 矢田 達¹; 石橋 之宏¹; 佐竹 涉²; 岡田 達明¹; 安部 正真¹
KAROUJI, Yuzuru^{1*}; UESUGI, Masayuki¹; YADA, Toru¹; ISHIBASHI, Yukihiro¹; SATAKE, Wataru²; OKADA, Tatsuaki¹
; ABE, Masanao¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

HAYABUSA returned samples have been shown as Itokawa origin by the preliminary examinations (e.g. Nakamura et al., 2011). Furthermore, international AO study has begun last year, and a formation process of asteroid Itokawa is becoming revealed.

HAYABUSA returned samples are described initially by JAXA Extraterrestrial Sample Curation Team (ESCuTe), and a sample catalogue is prepared based on the data of initial description (e.g. Yada et al., 2014). More than 400 returned samples were described so far. These described samples are classified into four categories. A number of samples of each category to be distributed for international AO are decided based on the sample catalogue. But it is difficult to distribute such samples with rare characteristics in composition, mineralogy, structure, or size, although those samples should maintain scientifically important information.

Therefore, in JAXA, ESCuTe started to organize the consortium studies in order to obtain the scientific information as many as possible from these samples (e.g. Yada et al., 2014; Uesugi et al., 2014). In this paper, we report the research plan for the particles mainly composed of FeS and which contain phosphate minerals.

RA-QD02-0245 composed mainly of FeS (40 micron) with smaller attached olivine and pyroxene grains. This particle was analyzed by X-ray CT at SPring-8 for 3D texture without atmosphere. Two ultra-thin section will be made from the edge of this particle by FIB. The ultra-thin sections will be examined by TEM in detail for space-weathering effect on FeS surface. The main mass of this particle will be analyzed for chemical composition. Especially, the siderophile element composition gives us information on the formation process of Itokawa parent body.

Some particles including phosphate mineral were found by the initial description. Because Ca-phosphate tends to be enriched in incompatible elements such as REEs, Th and U, we propose the investigation of U-Pb systematics using Nano-SIMS in order to study the history recorded in the phosphates. We will perform the U-Pb dating of the phosphates as many as possible and aim to understand the thermal history of Itokawa parent body such as crystallization age and the catastrophic collision if recorded.

Keywords: HAYABUSA, Itokawa, troilite, phosphate, siderophile element, U-Pb dating

Bundler と PMVS2 を用いた Structure-from-Motion 法による小惑星形状推定手法 Asteroid Shape Reconstruction by Structure-from-Motion Method with Bundler and PMVS2

平田 成^{1*}; 森 洋平¹; はやぶさ 2 形状モデル 検討グループ²

HIRATA, Naru^{1*}; MORI, Yohei¹; HAYABUSA-2 SHAPE RECONSTRUCTION, Study group²

¹ 会津大学, ² はやぶさ 2 プロジェクト

¹ARC-Space/CAIST, The University of Aizu, ²Hayabusa-2 project

はやぶさ 2 プロジェクトにおける小惑星形状モデル作成手法の検討のため、オープンソースとして公開されている形状復元ツールの評価を行った。評価したのは Structure from Motion による形状復元が可能なソフト Bundler と、これと協働して高解像度の形状モデルを作成可能なソフト PMVS2 である。はやぶさ探査機が取得した、小惑星イトカワの画像を入力として、前記ツールによる形状復元を行い、既存の形状モデルと比較することで精度、解像度などを評価した。Bundler と PMVS2 による形状復元は、迅速な処理が特徴であり、精度、解像度の点でも運用初期に必要な条件を満たしている。より高解像度な形状モデルは shape-from-shading や照度差ステレオなどの他の手法によって構築する必要がある。

キーワード: 小惑星, 形状推定, bundler, PMVS2, Structure-from-Motion, はやぶさ 2

Keywords: Asteroid, shape reconstruction, bundler, PMVS2, Structure-from-Motion, Hayabusa-2

異なる空間分解能惑星画像間の対応点探索 Feature matching in planetary images with multiple spatial resolutions by using SIFT algorithm

小玉 洋之¹; 本田 親寿^{1*}

KODAMA, Hiroyuki¹; HONDA, Chikatoshi^{1*}

¹ 会津大学

¹The University of Aizu

This study uses feature matching in planetary images with multiple spatial resolution. To know where lower altitude images are taken in high altitude images is performed based on images without the position and attitude of spacecraft in this study. The lower altitude images of AMICA on-board the Hayabusa spacecraft, asteroid probe are found as a correspondence of image features (keypoint) in higher altitude images. We adopted the Scale Invariant Features Transform (SIFT) to represent a kind of key-point of image for image feature matching. In generally, the SIFT keypoint is robust to scale transition, change of lighting condition, parallel displacement, and rotation of image, so this keypoint is suitable to feature matching of planetary image which contains of scale and rotation between different images. As a result, for the improvement of accuracy of feature matching, it is important to have a preprocessing of image (e.g., equalizing).

キーワード: 惑星画像, SIFT, 対応点探索, AMICA

Keywords: planetary image, SIFT, feature matching, AMICA

フォボスのグループ：3次元マッピングと統計解析を通じた形成過程の推察 Grooves on Phobos: Spatial distributions and their implications to the formational mechanism

菊地 紘^{1*}; 宮本 英昭¹
KIKUCHI, Hiroshi^{1*}; MIYAMOTO, Hideaki¹

¹ 東京大学総合研究博物館

¹The University Museum, The University of Tokyo

火星の衛星であるフォボスは主星に最も近接した衛星である。近年ではフォボスは地球の衛星である月とは全く異なる起源が提案されている [1] が、このような距離で衛星が存在するために起源や進化を考えることは、一般に衛星を理解する上で重要である。またこの近さゆえ、主星と衛星の影響を調べる上でも最も適した天体であると考えられる。現時点で約 3000 枚の高解像度画像が蓄積されており、フォボスは最も多くの情報が取得されている小天体となった。

フォボスの表層で見られる顕著な特徴のひとつとして、グループと呼ばれる直線状の溝のような構造が挙げられる。不思議なことに火星のもう一つの衛星であるダイモスは、サイズ、スペクトル、軌道パラメータで類似した特徴をもっているにも関わらずグループは全く見られない。またグループは他の多くの小天体にも見られる地形であるが、定義すら曖昧で成因はよくわかっていない。そのため最も多くの情報が得られているフォボスを例にグループの形成過程を明らかにすれば、小天体全体の表層進化過程の理解にも大きく貢献するものと考えられる。

フォボスのグループの形成仮説として、詳細な 2 次元射影図上でマッピングすることで、火星の衝突で生じたイジェクタが二次衝突としてフォボスに衝突し、グループが形成したとする仮説が最も調和的であると示された [2]。しかしながらこの仮説ではイジェクタが直線状に並ばないことや北半球にグループが形成されにくいことがシミュレーションにより示された [3]。そのためグループの調和的な形成仮説は未だ存在しない。グループの形態的特徴を知る際、2 次元データの解析は主流で便利であるが、反面グループの情報が特に極付近で歪んでしまうので、定量的な議論をするためにも新しい手法が求められる。

そこで我々は高解像度画像を丁寧に分析することで、488 本のグループの位置や長さを確認し、これらをフォボスの 3 次元数値形状モデル上に投影した。その結果、すべてのグループが、たとえ一見複雑な形状にみえるグループであっても、それぞれ実際は 1 つの平面上に存在していることを見出した。定量的な解析が可能になったことで、グループは主に 3 種類 (A,B,C 型) に分類できることがわかった。

A,C 型グループの存在する平面を解析したところ、この平面は黄道面と平行な面と比較的一致することがわかった。他方で黄道面から棒状に連なる小破片がフォボスに衝突したならば、衝突確率は理論的に火星の赤道面から離れたところで最も高いことが示される。この理論値と観測値の分布を比較したとき、類似した傾向があることがわかった。さらに、衝突頻度を考慮し、グループの形態を 3 次元モデルでシミュレートしたときも、観測事実と調和的な結果が得られた。以上の同値関係から A,C 型グループは黄道面から小破片が衝突したことで形成されたと考えられる仮説が最も調和的であると我々は結論付けた。

小破片が直線状に並んでいなければグループとして認識されない。潮汐力により天体が破壊され、棒状に引き延ばされる現象は 1994 年に観測されたシューメーカー・リビー第 9 彗星が観測されており、我々は火星でもこのような現象が起きていると考え、数値シミュレーションを用いて検証をした。結果、適切なパラメータを与えれば小破片の軌道とフォボスが交差するときに小破片が棒状に引き延ばされることを確認できた。さらにこれがダイモスの軌道と交差ときには、小破片が拡散してしまい、直線とは認識されない結果を得ることができた。これはグループがフォボスにあってダイモスにはない説明の一つになりえると考えられる。

一方観測事実から B 型グループについては、A,C 型と比べて密で細く pit chain が少ないことが確認されており、さらに我々が解析したところ、衝突方向がフォボスの進行方向と一致すること、ほとんどの B 型は北半球にしかない特徴があることが判明した。このことから我々は様々な仮説を検討、検証し、少なくとも 2 つの仮説がそれを満足するものであると考えた。そのうちのひとつは火星にかつて環が存在したことで説明できる可能性を示唆し、同時にこのアイデアはフォボスの捕獲説を補完する説明にも繋がることを見出した。我々の仮説はフォボスのグループを調和的に説明できるばかりでなく、地質学的な観点から天体が捕獲されることを初めて示唆する重要な証拠になると考えられる。

本講演では、フォボスのグループが特徴的な形態をしているのは、フォボスが最も主星に近い天体であったためであり、フォボス特有の性質であることを説明する。

参考文献

- [1]Craddock, R.A., 2011. Icarus, 211, 1150-1161
- [2]Murray, J.B., Iliffe, J.C., 2011. Geomorphology. Geol. Soc, Spec. Publ., London, pp.21-41
- [3]Ramsley, K.R., James, W. H., 2013. Planetary and Space Science, 69-95

U06-P19

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

キーワード: フォボス, グループ, 火星, 潮汐破壊, 衝突
Keywords: Phobos, groove, Mars, tidal-disruption, impact

探査候補となる地球近傍小惑星の可視分光観測 Visible wavelength spectroscopy of sub-km-sized Near-Earth Asteroids with low delta-v

黒田 大介^{1*}; 石黒 正晃²; 高遠 徳尚³; 長谷川 直⁴; 安部 正真⁴; 津田 雄一⁴; 杉田 精司⁵; 白井 文彦⁶; 服部 堯³; 岩田 生³; 今西 昌俊³; 寺田 宏³; Choi Young-Jun⁷; 渡邊 誠一郎⁸; 吉川 真⁴
KURODA, Daisuke^{1*}; ISHIGURO, Masateru²; TAKATO, Naruhisa³; HASEGAWA, Sunao⁴; ABE, Masanao⁴; TSUDA, Yuichi⁴; SUGITA, Seiji⁵; USUI, Fumihiko⁶; HATTORI, Takashi³; IWATA, Ikuru³; IMANISHI, Masatoshi³; TERADA, Hiroshi³; CHOI, Young-jun⁷; WATANABE, Sei-ichiro⁸; YOSHIKAWA, Makoto⁴

¹ 国立天文台 岡山天体物理観測所, ² ソウル大学物理天文学科, ³ 国立天文台ハワイ観測所, ⁴ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ⁵ 東京大学新領域創成科学研究科, ⁶ 東京大学大学院理学系研究科, ⁷ 韓国天文宇宙科学研究院, ⁸ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹Okayama Astrophysical Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, ²Department of Physics and Astronomy, Seoul National University, ³Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan, ⁴Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, ⁵Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, ⁶Graduate School of Science, The University of Tokyo, ⁷Korea Astronomy and Space Science Institute, ⁸Graduate School of Science, Nagoya University

We present a unique data set of the taxonomic type of near-Earth asteroids (NEAs) accessible with available spacecraft.

The research on NEAs has entered a new phase thanks to sample-return space explorations together with state-of-the-art large ground-based telescopes. We made observations of twelve asteroids with Subaru, GEMINI-North, GEMINI-South and Okayama 188cm telescopes. They have low delta-v orbits with potential to be investigated by manned/unmanned spacecraft. Also, ten sub-km-sized bodies are included in them, and are one of remarkable characteristics in terms of an evolutionary scenario.

We find that eleven asteroids are classified as S-complex and one asteroid as V-type. Most S-complex asteroids (eight out of eleven, ~70%) have spectra similar to subgroups of Q or Sq-type, suggesting that these objects are less matured against space weathering.

In this presentation, we show their spectra and discuss dominance of S-complex asteroids based on the previous research.

キーワード: 小惑星, 可視分光観測, スペクトル分類

Keywords: asteroid, visible spectroscopy, taxonomic classification

太陽系小天体の発見観測と位置観測に特化した可視広帯域フィルターの開発と性能評価
Development of a wide-band optical filter optimized for deep imaging of small solar-system bodies

奥村 真一郎^{1*}; 西山 広太¹; 浦川 聖太郎¹; 坂本 強¹; 高橋 典嗣¹; 吉川 真²
OKUMURA, Shin-ichiro^{1*}; NISHIYAMA, Kota¹; URAKAWA, Seitaro¹; SAKAMOTO, Tsuyoshi¹; TAKAHASHI, Noritsugu¹; YOSHIKAWA, Makoto²

¹ 日本スペースガード協会, ² 宇宙航空研究開発機構
¹Japan Spaceguard Association, ²JAXA

太陽系小天体のように太陽光を反射して光る天体の発見観測、位置測定観測に特化した可視広帯域フィルターを設計、製作し評価を行った。「Wi」フィルターと名付けた新設計のフィルターは市街光、特に水銀やナトリウムの輝線の影響を減らす設計となっている。(1) 人工光の多くはVバンド帯の波長に集中していること、(2) 太陽光スペクトルの「フォトン数」のピークは 6350Å にあること、(3) 多くの小惑星は可視光の波長範囲において 7000Å 前後に反射率のピークがある事、を理由に新フィルターのカットオン波長は Schott のガラスフィルター「OG590」を使用することにより 5880Å に設定した。一方、カットオフ波長は OH 夜光の影響、9400Å にある水蒸気の吸収帯を考慮して 9400Å とし、これは干渉膜により仕様を満たす。

これまで使用していた、市販品の波長カットフィルター (Wフィルター、4900-9100Å) を使用する場合と比べ、Wiフィルターにより空の明るさは人工光の影響の場合のみならず月明かりの散乱光に対しても 10-20%減らすことが出来た。小惑星観測時において、Wフィルターと比べてWiフィルターは透過波長範囲を 16%狭くしているにもかかわらずWiフィルターの使用により小惑星の出力フラックス値は 3% 増えた。結果、Wiフィルターの使用により小惑星観測時の信号対雑音比を平均で 6 % 向上させることができた。完全空乏型 CCD のように長波長側で感度の高い CCD を使用する場合にはさらに大きな改善が見られると思われる。

参考:

Wide-Band Optical Filter Optimized for Deep Imaging of Small Solar-System Bodies,
Okumura *et al.* Publications of the Astronomical Society of Japan, **64**, 47 (2012)

キーワード: 可視, 太陽系小天体, 光害, 広帯域フィルター

Keywords: optical, small solar system body, light pollution, wide-band filter

ほうおう座流星群の出現予報 Prediction of Phoeicid in 2014

首藤 宙伸¹; 佐藤 勲^{2*}
SHUTO, Hironobu¹; SATO, Isao^{2*}

¹ 日本大学, ² 日本天文学会
¹Nihon Univ., ²Astronomical Society of Japan

1956 年に大出現したほうおう座流星群は、ブランパン彗星 (289P/Blanpain) を母天体とする流星群で、2014 年に出現する可能性がある。ブランパン彗星は、1819 年に彗星として発見されて以来、長く見失われており、1819 年にバーストを起こした可能性が考えられる。このため、1956 年の大出現は、1819 年のダストトレールの接近によるものである可能性が考えられ、今年の大出現の可能性についても、この観点から検討が進められている。また、ブランパン彗星の平均公転周期は 5.27 年で、木星と 9:4 の共鳴関係にあり、95 年周期がある。従って今回は、2051 年に大出現することが予想されている。

キーワード: 流星
Keywords: Meteors

小惑星天体を形成する多状態混合固化物質 Solidified and mixed materials on Asteroid body

三浦 保範^{1*}
MIURA, Yasunori^{1*}

¹ 国内外大学
¹In & Out University

本研究は次のようにまとめられる。

- 1) 小惑星の研究は、地球内外天体の創成期物質のでき方に貴重な情報を提供してくれる。
- 2) 小惑星の表層物質は地球の固体岩石鉱物の集積で考えられているが、地球の鉱物結晶と同じ物質同定法を使うのでわかりにくい。しかし小惑星物質は多状態を混合した非晶質を含む固化物質である。
- 3) 小惑星天体は、衝突溶融形成により非球形表面で形成されているのは、微粒子衝突で不均質不規則分布から推察できる。
- 4) 小惑星の多状態含有固体物質の内部分布と保存などにより、衝突孔内部に流体質の特徴が観察される可能性がある。
- 5) 小惑星起源隕石が地球岩石と形成が異なることがイオン衝撃実験でわかる。地球の多層に分かれる結晶質岩石（マグマ溶融）物質は、かたいケイ酸塩構造が形成されているので、最初にイオン衝撃で発生するのはアルカリイオン (Na,K,Ca) が多い。小惑星表面の岩石は、衝突熱の形成のため、イオン衝撃で脆弱なケイ酸 (Si,Al) が破壊されやすく高い発生になることが多い。
- 6) 地球の衝突岩石は、原岩のケイ酸構造がかたいので地球の深成岩と同じイオン衝撃の形式を示すことが多い。主な差異はマクロな破碎組織でなく、高温からの急冷か徐冷による原子結合の軟弱か均質強化の違いである。
- 7) 小惑星の岩石は無大気・無水天体であるので、直接に衝撃形成された多状態含有固体相と衝突しながら多状態が媒体となって粒子が増大する、「衝突進化物質」を示す。
- 8) 地球創成期は小惑星と同じ衝突形成で不規則表面が地球に残存している。内部の軽元素流体が大量に放出し（巨大衝突）、大気から凝固した海水層を形成する三状態圏の循環層を示すのでマクロ生命体が発生している。小惑星には三状態循環圏が全体でないで、局所的な状態変化によるマイクロ疑似物質が高解像度電子顕微鏡でその場観察または地球への持ち帰り試料観察される。
- 9) 小惑星の多状態含有固体物質は液体・気体分子が固結時に非晶質化した固体で、容易に人工的衝撃で離脱して固体化部分を異常に強調した物質を観察することになるので、現地でのその場の衝撃試料回収は避けるべきである。

キーワード: 小惑星, 固化集合体, 非晶質固化, 流体, イオン衝撃実験, ミクロ疑似体物質

Keywords: Asteroids, solid aggregates, amorphous materials, fluid, ion bombardment run, micro quasi life-like materials

マルチインパクト仮説による月と地球の起源 The Origin of The Moon and The Earth in Multi-Impact Hypothesis

種子 彰^{1*}
TANEKO, Akira^{1*}

¹SEED SCIENCE Lab.
¹SEED SCIENCE Lab.

マルチインパクト仮説による月と地球の起源

これは、地球と月の起源への新仮説、下記疑問と解釈への統一的な解決策の提案です。

- (1). 何故、地球では五度以上もの生物大絶滅が起きたのか?
- (2). 隕石には、未分化コンドライトと分化石質エコンドライト・鉄隕石が何故混在するか?
- (3). 何故、小惑星帯では惑星に成れなかった(旧説)のか? イトカワは分化した破片では?
- (4). 巨大惑星衝突説の問題点を解決する、月と深海底のオリジナル起源説を提案。
- (5). 何故、原始惑星セラが破壊したのか? = 木星摂動による軌道変形と潮汐力による悲劇。
- (6). 木星摂動によるセラ軌道の偏平率の増加と木星接近による潮汐力による破壊。
- (7). プレートテクトニクスの Plate 境界形成と、地殻の無い深海底形成の起源を提案。
- (8). 大陸移動と深海底更新の起源と、駆動力の謎を解明。
- (9). 何故、ダイヤモンドパイプが南アフリカに形成されたのか?
- (10). 何故、コア偏芯(約一割)が起きているのか? = ブラジル上空バンアレン帯の異常
- (11). 木星大赤斑の起源の新仮説、その何故と如何にを考える。
- (12). 何故、外惑星の冥王星(今は小惑星)がシリケイト星であるのか?

今までのジャイアントインパクト仮説は、月を作る為だけの理論である。
地球への火星サイズコア有り原始惑星が地球への偶然衝突の結果であり、
更に月がマントルだけ形成される条件を計算しているだけである。これはオリジナルな衝突仮説です。

原始惑星セラがボーデ法則のセレス位置に誕生した。分化した惑星セラは、木星摂動により楕円軌道が偏平化した。
エネルギー保存の為に長軸は一定である。セラの偏心率は増加し、太陽を焦点とするその軌道は木星近点側に伸びて接近する。

セラは木星と衝突する直前に、木星の潮汐力で断裂した。そのマントル破片が地球に衝突することにより、月が形成された。

セラが地球への衝突した位置が太平洋になり、プレート境界亀裂の起源となった。

更に時間差攻撃のマルチインパクトで複数の深海底も形成された。慣性モーメントの偏芯は大陸移動説や海底更新説の駆動力と推定される。

エネルギーが大きいマントル破片は冥王星になり、重く高密度なコアリッチ破片は内惑星側に飛散して水星になった。

セラの破片が木星へ衝突して、それが木星の大赤斑の起源となったことを私は推定した。

分化している鉄隕石・石鉄隕石・石質隕石と、未分化なコンドライトとが混在している事。

セレスが小惑星帯に存在するという事実は、隕石の起源はこの仮説によりすなおに納得できる。

マルチインパクト説は度重なる生物大絶滅の根拠となり、海が70%を占める理由でもあり、プレート境界亀裂の起源も理解できた。

この様にマルチインパクト仮説は、月を作るだけでなく地球の現状も統一的に説明できる。

もし小惑星イトカワがセラ地殻の集合?等が確認できれば、本仮説の証明にもなると思われる。

キーワード: セラ潮汐破壊, 木星の摂動, セラの軌道変遷, 公転面の一致, フィーデングゾーン(集積範囲), 深海底の起源
Keywords: Serra tidal disruption, Perturbation of Jupiter, Orbit transition of Serra, Match of the planets revolving surface, Feedengue zone (integrated range), Origin of Deep Sea Bottom

U06-P24

会場:3階ポスター会場

時間:4月28日 18:15-19:30

