

# リュウグウとメインベルト内帯の低アルベド小惑星族の可視スペクトル比較

## Comparison of visible spectra between Ryugu and low-albedo asteroid families in the inner main belt

\*杉田 精司<sup>1</sup>、巽 瑛理<sup>1</sup>、長谷川 直<sup>2</sup>、鈴木 雄大<sup>1</sup>、上吉原 弘明<sup>1</sup>、本田 理恵<sup>3</sup>、亀田 真吾<sup>4</sup>、諸田 智克<sup>5</sup>、本田 親寿<sup>9</sup>、神山 徹<sup>8</sup>、山田 学<sup>7</sup>、早川 雅彦<sup>2</sup>、横田 康弘<sup>2</sup>、坂谷 尚哉<sup>6</sup>、鈴木 秀彦<sup>6</sup>、小川 和律<sup>10</sup>、澤田 弘崇<sup>2</sup>

\*Seiji Sugita<sup>1</sup>, ERI TATSUMI<sup>1</sup>, Sunao Hasegawa<sup>2</sup>, Suzuki Yudai<sup>1</sup>, Hiroaki Kamiyoshihara<sup>1</sup>, Rie Honda<sup>3</sup>, Shingo Kameda<sup>4</sup>, Tomokatsu Morota<sup>5</sup>, Chikatoshi Honda<sup>9</sup>, Toru Kouyama<sup>8</sup>, Manabu Yamada<sup>7</sup>, Masahiko Hayakawa<sup>2</sup>, yokota yasuhiko<sup>2</sup>, Naoya Sakatani<sup>6</sup>, Hidehiko Suzuki<sup>6</sup>, Kazunori Ogawa<sup>10</sup>, Hirotaka Sawada<sup>2</sup>

1. 東京大学、2. 宇宙科学研究所、3. 高知大学、4. 立教大学、5. 名古屋大学、6. 明治大学、7. 千葉工業大学、8. 産業技術総合研究所、9. 会津大学、10. 神戸大学

1. University of Tokyo, 2. JAXA/ISAS, 3. Kochi University, 4. Rikkyo University, 5. Nagoya University, 6. Meiji University, 7. Chiba Institute of Technology, 8. AIST, 9. University of Aizu, 10. Kobe University

リュウグウの近接観測の本番が目前に迫っている。これに備えて、我々は3つの重要な準備を進めている。1) 低アルベド小惑星の可視スペクトルの見直し。2) リュウグウの地上観測スペクトルの解析とメインベルト小惑星との比較。3) 可視分光カメラONC-Tのスペクトル校正観測。本講演では、これらについて簡潔に紹介する。

まず、メインベルトの低アルベド小惑星のスペクトル解析である。先駆的な小惑星のスペクトルのサーベイ観測であるECAS (Tedesco et al., 1982) の後、地上望遠鏡による多バンド分光のSDSS (Ivezic et al. 2001)、地上望遠鏡による連続スペクトルのデータベースであるSMASS2の整備 (Bus and Binzel, 2002)、天文衛星WISE/NEOWISEによる多バンド分光のデータベース (Masiero et al. 2011) など多数の強力な小惑星のスペクトルのデータベースが整備されてきた。特に、SDSS やWISE/NEOWISEによって膨大な数がある小さな小惑星のスペクトルアルベドの分布が定量的に計測されたおかげで、RyuguやBennuが由来するメインベルト内帯の低アルベド族の分布については最近に大きな理解の進展があった。まず、以前にNysa族と言われていた族は、E型スペクトルのNysa族の中にF型 (or Cb~B型) のPolana族とEulalia族が隠れていることが明らかになった。さらにPolana族とEulalia族は形成時期が古くて広範囲に破片を分布させており、ν6共鳴帯にも多くの1kmクラスの破片を供給していることが分かった。その一方で、より若いErigone, Klio, Clarrisaなどのぞくはずっと若いため、ν6共鳴帯への大きな破片の供給は限定的であることが分かってきた。この事実に基づいて、Bottke et al. (2015)はRyuguもBennuもPolana族由来であると推論している。

このようにSDSS やWISE/NEOWISEのデータは極めて強力であるが、0.7 μmのバンドを持たないため、広義のC型小惑星のサブタイプの分類には適さない。その点、ECASは、小惑星スペクトル観測に特化しているだけあって0.7 μmのバンドの捕捉は適切になされている。しかし、ECASではあまり多くのC型小惑星が観測されなかったという欠点がある。そのため、現時点ではSMASS2のデータが広義C型のスペクトル解析に適している。そこで、我々はSMASS2の中の広義のC型の主成分解析を行った。紙面の関係で詳細は割愛するが、その結果はCg, C, Cb, Bなど0.7 μm吸収を持たないサブタイプからなる大クラスターと、Ch, Cghなど0.7 μm吸収を持つサブタイプからなる大クラスターに2分され、両者の間にPC空間上の大きな分離が見られること、またこの分離域はPC空間上で一直線をなすことが分かった。この2大クラスターに分離する事実は、Vernazza et al. (2017)などが主張するBCGタイプがCgh, Chと本質的に異なる起源を持っていて水質変成すら受けていない極めて始源的な物質からなるとの仮説と調和的であり、大変興味深い。

これに引き続き、世界中の大望遠鏡が蓄積してきた23本のRyuguの可視スペクトルをコンパイルして、SMASS2と同じ土俵で主成分解析に掛けた。その結果は、Ryuguの全てのスペクトルがBCGクラスターに

中に位置しており、その分布は2大クラスターの分離線に平行であった。これはRyuguが極めて始源的な物質であることの現れかもしれない、BCGクラスター仮説の検証に役立つ可能性を示唆する。

しかし、現実には単純ではない。Murchison隕石の加熱実験で得られたスペクトルもPC空間ではRyuguのスペクトルの分布と極めて近い直線的分布を示すのである。これは、Ryuguのスペクトル多様性がMurchison隕石様の物質の加熱脱水で説明できるとの指摘(Sugita et al. 2013)とも調和的である。この2つの結果は、Ryuguの化学進化履歴について真逆の解釈を与えるものであり、はやぶさ2の試料採取地の選択について大きな影響を与えることとなる。

この2つの解釈のどちらが正しいのか、あるいは別の解釈が正しいのかの見極めは、0.7  $\mu$ m吸収帯の発見とその産状記載に大きく依存する。もし、Murchison隕石様の含水鉱物に富む物質がRyuguの初期物質であって加熱脱水で吸収帯が消えただけの場合には、Ryugu全球が表面下 (e.g., 天体衝突などで掘削された露頭) まで含んで完全に吸収帯を失ってしまうことは考えにくい。したがって、0.7  $\mu$ m吸収帯が全く観測されない場合には、VernazzaらのBCG仮説やFやB型の水質変成によってCh, Cghが生まれたと考えるBarucciらのグループの仮説 (e.g., Fornasier et al. 2014) が有力となるかも知れない。しかし、0.7  $\mu$ m吸収が見つかって、熱変成を受けやすい地域ではその吸収が弱いことが判明すれば、スペクトル多様性は加熱脱水過程でできたとの考えが有力となろう。

最後に、はやぶさ2 ONCチームは打ち上げ後も月、地球、火星、木星、土星、恒星など様々な天体の観測を通じて上記の観測目標を達成できるための校正観測を実施している。それらの解析からは、0.7  $\mu$ m帯および全般的なスペクトル形状の捕捉に十分な精度を達成できることを示唆する結果を得ており (Suzuki et al., 2018)、本観測での大きな成果を期待できる状況である。

#### 引用文献：

- Bottke et al. (2015) *Icarus*, 247 (2015) 191.
- Bus and Binzel (2002) *Icarus*, 158, 146.
- Fornasier et al. (2014) 233, 163.
- Ivezic et al. (2001) *Astron. J.*, 122, 2749.
- Masiero et al. (2011) *Astrophys. J.* 741, 68.
- Sugita et al. (2013) *LPSC, XXXXIII*, #2591.
- Suzuki et al. (2018) *Icarus*, 300, 341
- Tedesco et al. (1982) *Astrophys. J.* 87, 1585.
- Vernazza et al. (2017) *Astron. J.*, 153, 72

キーワード：はやぶさ2、小惑星、リュウグウ

Keywords: Hayabusa2, asteroids, Ryugu