

## イトカワレゴリスの微細表面構造?LLコンドライトおよび衝突実験生成物との比較 Comparative analysis of surfaces of Itokawa regolith, LL chondrite and experimentally shocked olivine fragments

松本 徹<sup>1\*</sup>, 土山 明<sup>1</sup>, Gucsik Arnold<sup>1</sup>, 門野 敏彦<sup>2</sup>, 永木 恵太<sup>1</sup>, 野口 遼<sup>1</sup>, 松野 淳也<sup>1</sup>, 永野 宗<sup>1</sup>, 今井 悠太<sup>1</sup>, 島田 玲<sup>1</sup>, 上 相 真之<sup>3</sup>, 上杉 健太郎<sup>4</sup>, 中野 司<sup>5</sup>, 竹内 昇久<sup>4</sup>, 鈴木 芳生<sup>4</sup>, 近藤 忠<sup>1</sup>, 境家 達弘<sup>1</sup>, 中村 智樹<sup>6</sup>, 野口 高明<sup>7</sup>  
MATSUMOTO, Tooru<sup>1\*</sup>, TSUCHIYAMA, Akira<sup>1</sup>, GUCSIK, Arnold<sup>1</sup>, KADONO, Toshihiko<sup>2</sup>, NAGAKI, Keita<sup>1</sup>, NOGUCHI, Ryo<sup>1</sup>, MATSUNO, Junya<sup>1</sup>, NAGANO, Takashi<sup>1</sup>, IMAI, Yuta<sup>1</sup>, Akira Shimada<sup>1</sup>, UESUGI, Masayuki<sup>3</sup>, Kentaro Uesugi<sup>4</sup>, NAKANO, Tsukasa<sup>5</sup>, Akihisa Takeuchi<sup>4</sup>, Yoshio Suzuki<sup>4</sup>, KONDO, Tadashi<sup>1</sup>, SAKAIYA, Tatsuhiro<sup>1</sup>, NAKAMURA, Tomoki<sup>6</sup>, NOGUCHI, Takaaki<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 阪大・院理・宇宙地球, <sup>2</sup> 大阪大学 レーザーエネルギー学研究中心, <sup>3</sup> JAXA, <sup>4</sup> JASRI/SPring-8, <sup>5</sup> 産業技術総合研究所, <sup>6</sup> 東北大学, <sup>7</sup> 茨城大学

<sup>1</sup> Earth and Space Sci., Osaka Univ., <sup>2</sup> Institute of Laser Engineering, Osaka Univ., <sup>3</sup> JAXA, <sup>4</sup> JASRI/SPring-8, <sup>5</sup> AIST, <sup>6</sup> Tohoku University, <sup>7</sup> Ibaraki University

探査機はやぶさはラブル・パイル構造を持つとされるS型小惑星イトカワに到達し [1]、表面からレゴリス粒子を回収した。粒子の初期分析 [2-7] により、レゴリス粒子の多くは、熱変成を受けたLL5もしくはLL6コンドライトに類似する物質であることが明らかとなった [2-4]。また、粒子の3次元形状分析から衝突により形成された破片であり、一部の粒子表面が摩耗していることが示された [4]。また、粒子表面には、宇宙風化の痕跡 [6,7] やマイクロクレーター [8] などが報告されている。

これまでの分析において、イトカワ粒子の表面の微細構造観察はされていたが [8]、内部構造と比較した系統的な観察は行われていなかった。また、宇宙風化を受けていないLLコンドライトや衝突実験生成物の表面観察との比較も重要である。そこで、本実験では、これらの粒子に対して走査型電子顕微鏡を用いた観察を行い、X線マイクロトモグラフィーによる分析結果 [9] を踏まえ、内部構造と表面との比較を試みた。

表面微細構造観察は電界放出走査型電子顕微鏡観察 (FE-SEM: JSM-7001F) を用いておこなった。サンプルは、イトカワレゴリス粒子 (A室から採取された4粒子、B室から採取された4粒子)、レゴリス粒子と同程度の大きさに砕いたTuxtuac (LL5)、Ensisheim (LL6) 隕石の破片である。また、衝突現象に由来する特徴を評価するため、大阪大学レーザーエネルギー学研究中心に設置された激光XII号を用いたカンラン石への衝撃実験の回収破片も観察した。衝撃圧力の最大値は約38GPaである。比較のため、タングステン乳鉢を用いて砕いたカンラン石粒子も観察した。X線マイクロトモグラフィーによる撮影はイトカワレゴリスおよびLLコンドライト粒子について、兵庫県にある大型放射光施設SPring-8のBL47XUにて行った [9]。

FE-SEM観察の結果、レゴリス表面はおおまかに2つのタイプに分けることができた。1つは主に劈開ステップが観察される劈開面であり (タイプ1)、もう1つは粒界で構成されている面である (タイプ2)。タイプ1の表面は砕いたオリビン粒子、LLコンドライトにも見られた。この面は比較的大きな構成粒子 (カンラン石、輝石、斜長石) の劈開面からなる破断面である。一方、タイプ2に類似する表面はLLコンドライトでも見られ、これらはCT像において比較的小さな構成粒子で構成されると考えられる破片に特徴的に見られた。イトカワレゴリス粒子においては、タイプ1、2の表面にかかわらず、鋭いエッジをもち摩耗などを受けていない新鮮な面 (タイプA) と、丸みを帯びたエッジをもち、表面が形成されてから比較的長時間が経過して摩耗を受けたと考えられる面 (タイプB) とに分けることができる。タイプBの面はイトカワ粒子のみに確認された。丸みを帯びたエッジは、メテオロイド衝突によるイトカワの地震振動により誘起された機械的摩耗 [4]、もしくは宇宙風化 [6] により形成された可能性がある。またタイプBの面には、高速度での衝突現象により形成された液滴が粒子表面に付着したような組織がしばしば観察された。衝撃実験から回収されたオリビン破片には、塑性変形を受け様々な方向へ伸びる多数のクラックを持つ粒子が観察されたが、このような粒子はレゴリス粒子、LLコンドライトにも存在しなかった。このような高い衝撃圧を受け生成された粒子は、衝突時にイトカワ表面から脱出している可能性がある。

References: [1] Fujiwara A. et al. (2006) Science, 312, 1330-1334. [2] Nakamura T. et al. (2011) Science, 333, 1113-1116. [3] Yurimoto H. et al. (2011) Science, 333, 1116-1119. [4] Tsuchiyama A. et al. (2011) Science, 333, 1125-1128. [5] Ebihara M. et al. (2011) Science, 333, 1119-1121. [6] Noguchi T. et al. (2011) Science, 333, 1121-1125. [7] Nagao K. et al. (2011) Science, 333, 1128-1131. [8] Tsujimori T. et al. (2011) JGU, U005-15. [9] Tsuchiyama A. et al. (2012) Lunar Planet. Sci. XLIII, #1870.

キーワード: イトカワ, レゴリス, LLコンドライト

Keywords: Itokawa, regolith, LLchoondrite