



## 記者発表資料

2020年(令和2年)  
3月20日(金)  
9:30発表

プレスリリース

2020年(令和2年)3月20日

国立研究開発法人

宇宙航空研究開発機構

国立大学法人 神戸大学

学校法人 千葉工業大学

学校法人 産業医科大学

国立大学法人 高知大学

国立大学法人 名古屋大学

国立大学法人 東京大学

### 小惑星探査機「はやぶさ2」観測成果論文の Science 誌掲載について

小惑星探査機「はやぶさ2」による小惑星 Ryugu (リュウグウ) の探査活動に基づく研究成果をまとめた論文が、アメリカの科学雑誌 Science (サイエンス) 電子版 に2020年3月19日(日本時間3月20日)に掲載されましたので、お知らせします。

論文の内容は次の通りです。

### 小惑星リュウグウでの人工クレーター形成実験から分かったこと

**原題: An artificial impact on the asteroid 162173 Ryugu formed a crater in the gravity-dominated regime**

#### 1. 概要

2019年4月5日、「はやぶさ2」は小型搭載型衝突装置(SCI)を用いて小惑星リュウグウに人工クレーターを生成することに成功しました。「はやぶさ2」から分離されたカメラ(DCAM3)は、衝突後から約8分間にわたり衝突領域を撮影することに成功し、エジェクタカーテンが発達する様子やリュウグウの地表にエジェクタがたまっていく様子を捉えました。エジェクタカーテンは非対称で不均質でしたが、これは表面上の特徴と関係していることも分かりました。また、人工クレーターが生成した領域を観測した結果、人工クレーターは半円形をしており、直径は約14.5mでした。これは、地球上で形成される場合の約7倍の大きさになります。また、人工クレーターにはリム(クレーターを囲う縁の高くなった部分)があり、その中央部にはピット(くぼみ)ができていました。このように、小さな小惑星でのクレーター形成過程を初めて詳細に説明することができました。

さらに、リュウグウが小惑星帯に滞在していた期間についても新たな知見を得ることができました。これまでに行われたクレーターのサイズ頻度分布を用いた推定では、見積もり方によって年代が約600万年から約2億年とかなり幅がありました。本研究の結果を考慮すると、リュウグウの小惑星帯滞在期間は640~1140万年となります。すると、リュウグウ表面

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 広報部

〒101-8008 東京都千代田区神田駿河台 4-6 御茶ノ水ソラシティ Tel. 050-3362-4374 Fax. 03-3258-5051

の年代は  $10^7$  年のオーダーであるということができ、これまで想定されていた範囲で最も若い年代であるということになります。

## 2. 本文

小惑星の表面は大なり小なり宇宙風化の影響を受けており、そのままでは“フレッシュな”物質を調査することはできません。しかし、人工クレーターを造れば、宇宙風化を受けていない小惑星の地下物質を観測できます。また、実際の天体にクレーターをつくることで、地上の実験室で導かれたクレーターのスケーリング則をテストし、微小重力下でのクレーター形成過程の数値実験と比較する研究にも貴重なデータを提供することになります。このような目的のために、リュウグウに人工クレーターを作る実験を行いました。

小惑星近傍運用中の 2019 年 4 月 5 日、「はやぶさ 2」は小型搭載型衝突装置（SCI: Small Carry-on Impactor）を分離し、リュウグウ地表に人工クレーターを作る運用を行い成功しました。「はやぶさ 2」に搭載されていた SCI は 2kg の銅製のプロジェクティルを 2km/s で衝突させるように設計されています。また、プロジェクティルが小惑星に衝突することによって噴出物（エジェクタ）が放出されますが、その様子を撮影する装置が分離カメラ（DCAM3）です。



図 1 : DCAM3 によって撮影されたエジェクタカーテン。この画像は、衝突から 192 秒後の様子である。右の画像は、左の画像を拡大したもの。©Arakawa et al., 2020

図 1 は DCAM3 が捉えたエジェクタカーテンです。実際には、連続的に撮影が行われており、エジェクタカーテンの変化の様子がわかりました。衝突により発生したエジェクタカーテンは、最初、北方に成長しました。最初の 200 秒間、クレーターは成長し、その後エジェクタの堆積が起きているように見えます。また、SCI によって引き起こされた掘削とエジェクタの堆積は、衝突から 500 秒間以上は継続していました。一方、南側にはエジェクタの放出は観測されませんでした。南側にある大きな岩（図 2 オカモト岩 : SB）によってクレーターの成長が阻害されたためと考えられます。

人工的にクレーターを造ることに成功したかどうかを確認するため、SCI 衝突運用から約3週間後、「はやぶさ2」は、人工クレーター探索運用を行いました。このとき「はやぶさ2」はリュウグウの上空1.7kmまで地表に近づき、18cm/pixelの空間分解能で撮像観測を行いました。

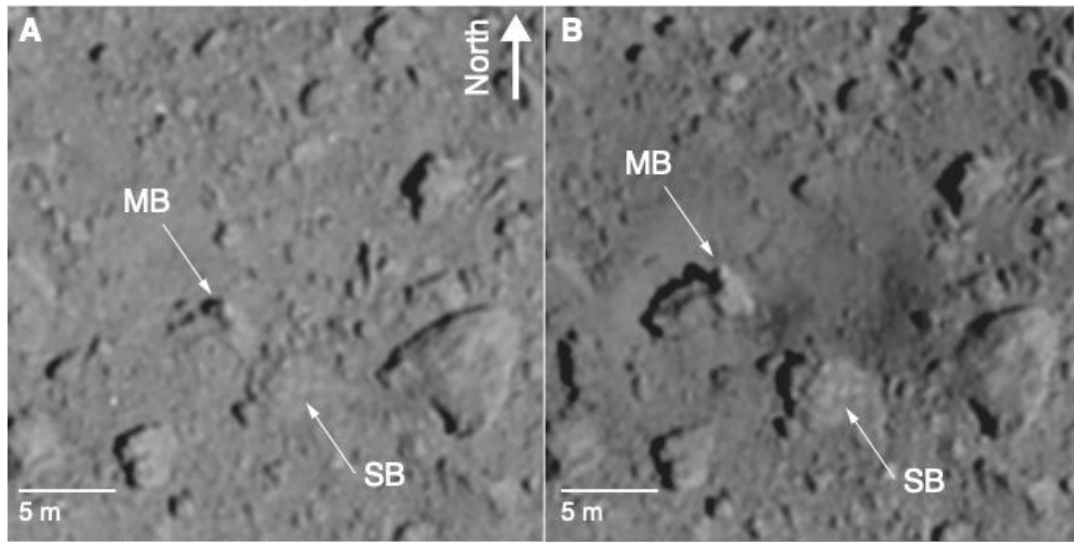


図2：プロジェクトイル衝突前 (A) と衝突後 (B) の画像。©Arakawa et al.,2020

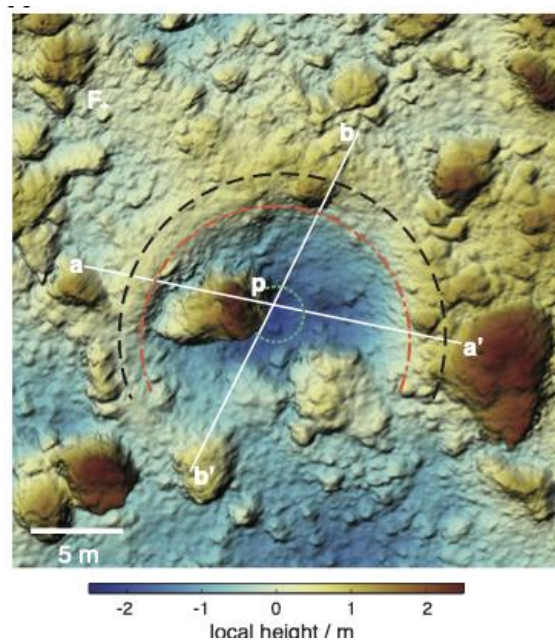


図3：SCI クレーター(おむすびころりんクレーター)の数値標高地図 (DEM: Digital Elevation Map)。色で地形の高さを示している。©Arakawa et al.,2020

図2は、SCI 衝突運用の前後で撮影した同じ領域の画像を比較したものです。地面が掘り起こされ、半円形の人工クレーターができていることがわかります。図3に、高さの計測値と

クレーターの領域を示します。赤い一点鎖線で描かれた人工クレーターの直径は約 14.5m、また黒い破線で描かれた人工クレーターを囲むリムの直径は約 17.6m です。このクレーターサイズは、地球上で形成される場合の約 7 倍の大きさになります。はやぶさ 2 プロジェクトチームはこの人工クレーターを SCI クレーター（おむすびころりんクレーター）と名付けています。

画像を見ると、少なくとも数十 cm ある多くの岩塊が移動しており、大きさ 5m 程度の大きな岩（イイジマ岩:MB）が掘り起こされ、約 3m 北西に動いていました。このイイジマ岩の東端に直径約 3m のピット（くぼみ地形、図 3 の緑の点線）も発見しました。クレーターの深さは 1.7m、リム頂上からピット底までの深さは約 2.7m と推定されます。

SCI はイイジマ岩（MB）とオカモト岩（SB）の間に衝突したと推測されます。イイジマ岩は北西に移動していますが、オカモト岩は不動でした。南側に位置するオカモト岩によってクレーターの成長が阻害されたため、クレーターの形状が半円形になったと思われます。

DCAM3 が撮影したクレーター形成時のエジェクタ分布から、掘削された物質の堆積物は北側に多く分布すると予想されました。堆積物の反射率は表面の物質よりも低く、画像には暗く写っています。光学航法望遠カメラ ONG-T で取得した画像データの反射率変化の分布と DCAM3 で撮影したエジェクタ分布から予想された堆積物の分布は、ほぼ一致しました。この堆積物があると推測された地点には、2019 年 7 月 11 日に二回目のタッチダウンを行い、試料採取に成功しました。この二回目のタッチダウンで取得した試料には地下物質が含まれていると考えられ、一回目のタッチダウンで取得した表面物質と比較することで、宇宙風化の影響などもさらに詳しく知ることができると期待されます。

クレーターサイズの頻度分布を調べることにより、天体表面の年代を推定する手法がありますが、小さな物体が高速で衝突した際のクレーターサイズを予測するモデルは幾つか提案されており、どのモデルを使ったかで推定年代が一桁も変わってしまいます。リュウグウ表面については、微小重力下にあるため、表面の強度がかなり小さくても生成される衝突クレーターのサイズは強度を持たない表面に比べると小さくなります。そのため、リュウグウの表面強度を知ることがリュウグウ表面年代を知る上で重要になるわけです。

今回の SCI 衝突実験の結果からは、リュウグウの表面はほとんど強度を持たないことがわかりました。すなわち SCI クレーターは微小重力下で強度を持たない砂上に形成されるクレーターとして模擬できることがわかりました。この結果に基づき、リュウグウの小惑星帯滞在期間を見積もると、640~1140 万年と推定されます。これまでの研究では、この滞在期間は約 600 万年から約 2 億年と見積もられていましたので、考えられていた推定範囲の中で最も短い期間になります。このことから、リュウグウ表面の年代は  $10^7$  年のオーダーであると言えます。小惑星の表面活動やその形成（衝突破壊や再集積）がこれまで考えられているより頻繁に起きている可能性があることがわかりました。今回の結果は、リュウグウのようなラブルパイル天体に適用されるクレーター年代の再検討を促すものです。

以上

本件のお問合せ先

JAXA 宇宙科学研究所 広報担当 TEL : 042-759-8008

神戸大学 総務部広報課 TEL : 078-803-6678

千葉工業大学 入試広報部入試広報課 TEL : 047-478-0222

産業医科大学 総務課広報企画室 TEL : 093-603-1611

高知大学 総務部総務課広報係 TEL : 088-844-8100

名古屋大学 総務部総務課広報室 TEL : 052-789-2699

東京大学大学院理学系研究科 理学部 広報室 03-5841-0654