

# 「はやぶさ2」と今後の宇宙探査



JAXA 久保田 孝

## 本日の話

- ・宇宙探査の目的と意義
- ・「はやぶさ2」を通じた夢の実現
- ・月惑星探査の展望

# Q. なぜ宇宙を 探査するのでしょうか？

## 宇宙の謎を知るため

- ・太陽系がどのように生まれ
- ・どのように成長し、どうなるか

## 人類の宇宙への進出

- ・未知の世界への旅立ち
- ・新しい資源、場を求めて

3

## 太陽系探査の科学目標

### 惑星科学の大目的:

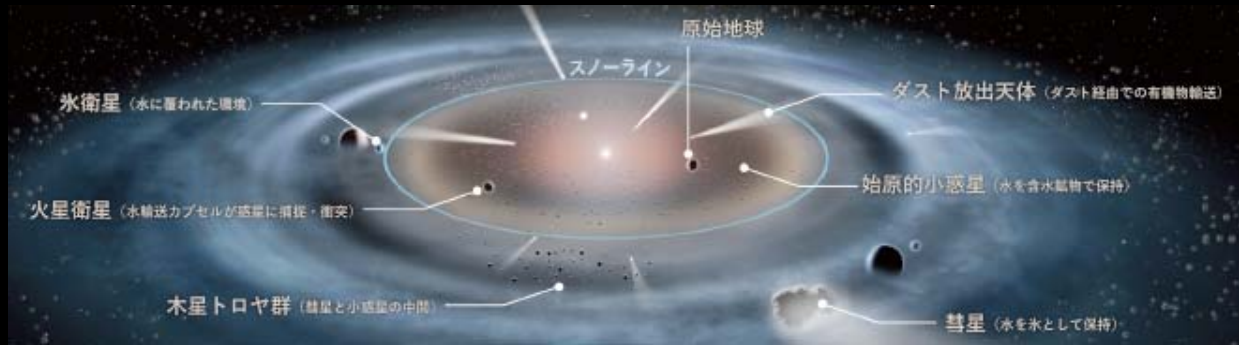
太陽系および惑星の「**起源と進化**」ならびに「**構造と現象**」を明らかにし、「我々の住む世界」の成り立ちを理解すること

- ◆ 太陽系の様々な形態を見せる天体がどのようにして形成したのかを知る.
- ◆ 太陽系天体という場で提供された様々な環境が、いかに複雑な物質進化を可能にし、一部では生命発生をも可能にした道筋を理解する.
- ◆ それが宇宙の中でどれぐらいに普通なのか、あるいは特殊なのかを知る.

4

# はやぶさ2は、何しに宇宙に行ったの？

## ■ 地球の生命誕生の謎を探るため.

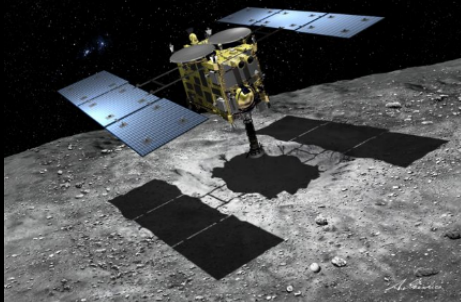


(画像のクレジット: JAXA)

## ■ 火星と木星の間にある小惑星群に元となる材料が残っている

5

# 「はやぶさ2」ミッションにおける技術



### 1. 惑星間往復航行技術

・イオンエンジンを主推進機関とした惑星間航行

### 2. 自律航法誘導技術

・画像を用いたピンポイントタッチダウン技術

### 3. サンプル採取技術

・惑星表面および内部の標本採取技術

### 4. 惑星表面移動探査技術

・移動探査ロボット技術

### 5. リエントリー技術

・惑星間軌道からの直接再突入と回収

- ・ 総電力固定のデューティ制御型熱制御
- ・ ホイールアンローディング (イオンエンジンを閉ループ)
- ・ リチウムイオン2次電池
- ・ オンボード星同定
- ・ X-band Up/Down 通信
- ・ マルチジャンクション太陽電池
- ・ 2液小推力化学推進機関
- ・ Ka-bandテレメトリ通信

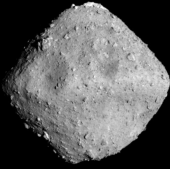
6

# vSLAMの研究開発



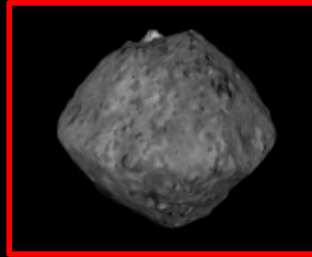
(株)アイヴィス, (株)ビュープラス, (株)コンセプト, (株)モルフォ

## はやぶさ2への応用

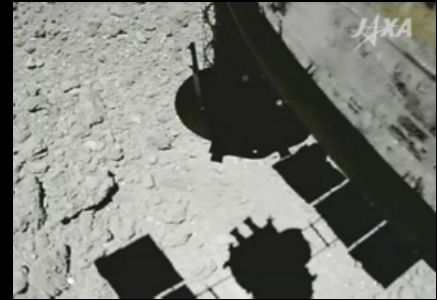


小惑星Ryuguの自転

クレジット: JAXA, 東京大ほか



vSLAM技術による  
形状モデル復元  
タッチダウン軌道支援



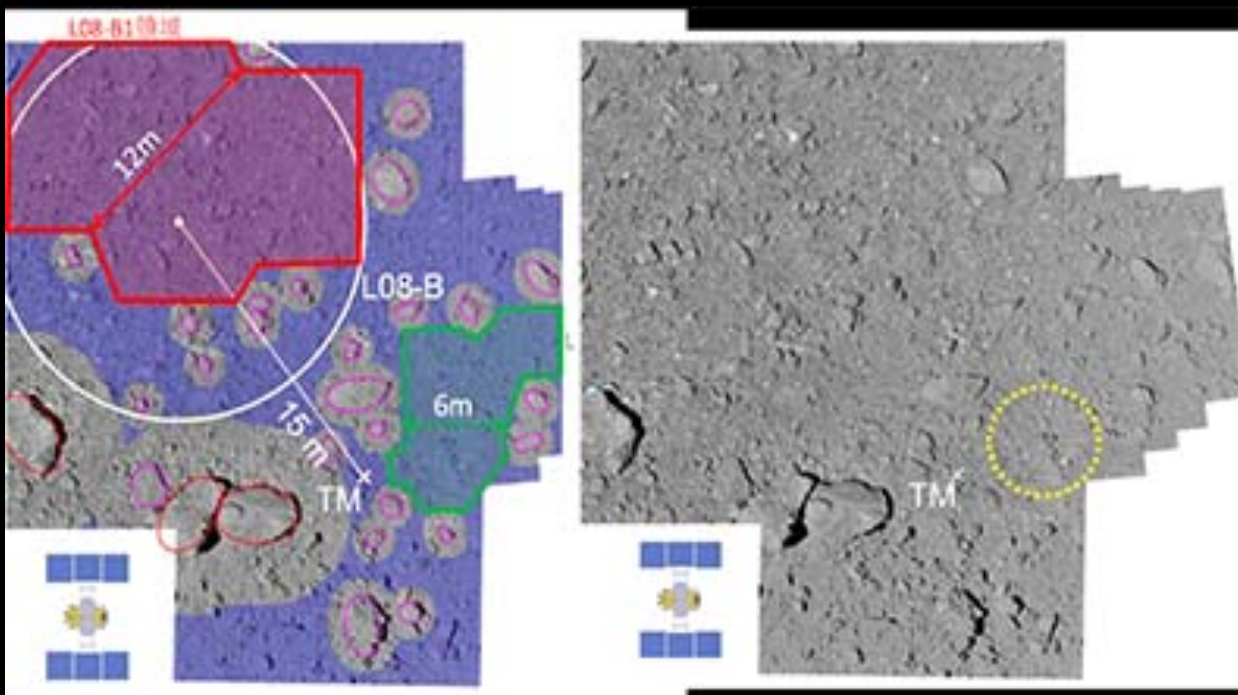
2019.2.22 タッチダウン クレジット: JAXA

- カメラ画像を用いて、自己位置推定と環境地図作成を同時に行うvSLAM技術の研究開発の地上と宇宙応用.
- vSLAM技術を、「はやぶさ2」のタッチダウン運用などに貢献
- テクスチャレス部分(特徴のあまりない場所)の計測技術を適用し、「はやぶさ2」が小惑星リュウグウに接近した際、砂地などの濃淡変化がない地域でも、より正確な計測を行うことができる.

7

# タッチダウン地点

TM-Bの位置とタッチダウン候補地



(画像のクレジット: JAXA)

8

# 1回目タッチダウン

・タッチダウンの時刻  
2019年2月22日  
07:29:10  
(時刻は日本時間、機上時刻)

・タッチダウン場所  
L08-E1内半径3mの円内  
誘導制御の精度:1m  
サンプル採取地点も特定

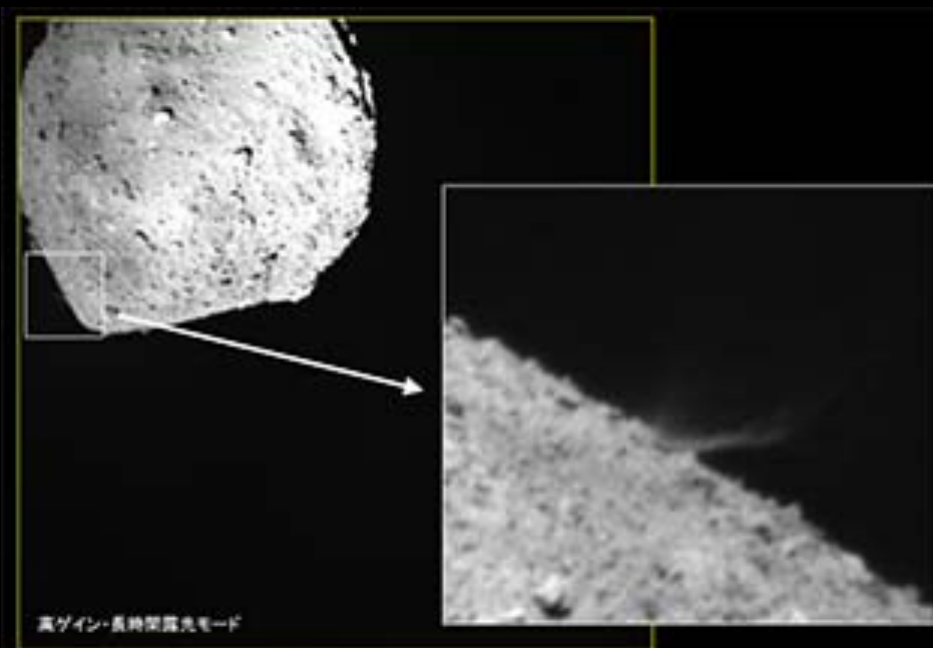
・手法  
投下済みのTMを使った  
ピンポイントタッチダウン



(画像のクレジット: JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 金沢大, 産科婦)

# 人工クレータ生成 分離カメラDCAM3-Dによる画像

SCI 作動の約 3 秒後



(画像のクレジット: JAXA, 神戸大, 千葉工大, 高知大, 産業医科大)

# ONC-Tで撮影したSCI衝突領域

高度約1.7kmからの撮影

SCI衝突前

2019/03/22

SCI衝突後

2019/04/25

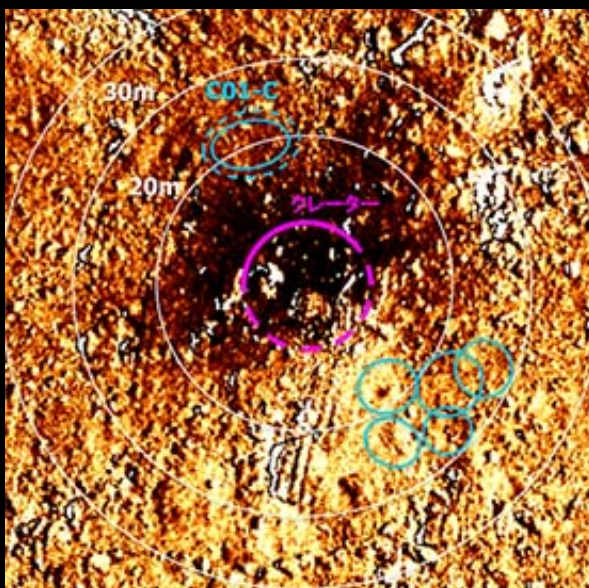


(画像のクレジット: JAXA、東京大、高知大、立教大、名古屋大、千葉工大、明治大、会津大、産総研、神戸大、産業医大)

11

## SCIクレータからの放出物

SCI衝突前後(CRA1 → CRA2)の反射率変化.  
コントラスト強調済. 黒い部分は衝突後に暗化.



クレジット(JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大,  
千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研, 神戸大学)

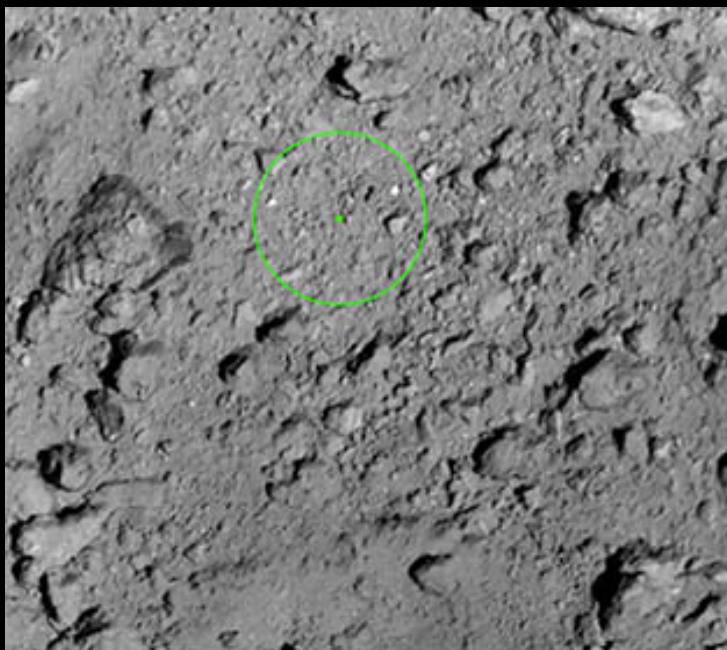
- 着地候補地点C01-C全域に、SCIクレータからの放出物（イジェクタ、周囲より暗い）が分布.
- C01-Cのイジェクタ平均厚は暗化の空間分布から約1cmと推定される.
- C01-Cのイジェクタは、深さ0m～約1mから掘削された物質の混合物と推定される.
- 数十cm以深の層は、宇宙風化、太陽加熱、宇宙線から守られる.

12

## 第2回タッチダウン地点(2019年7月11日)

### C01-Cb領域

タッチダウン候補  
地点付近のDEM  
(Digital Elevation  
Map)



(画像のクレジット:JAXA、東京大、高知大、立教大、名古屋大、千葉工大、明治大、会津大、産総研、神戸大、産業医大)

13

## 第2回タッチダウン運用結果

撮影時刻  
2019年7月11日

小型モニタカメラ(CAM-H)による画像(10倍速)

始め:  
時刻:10:03:54  
高度:約8.5m

終わり:  
時刻:10:11:44  
高度:約150m

撮影間隔:  
0.5秒~5秒



(画像のクレジット:JAXA)

14

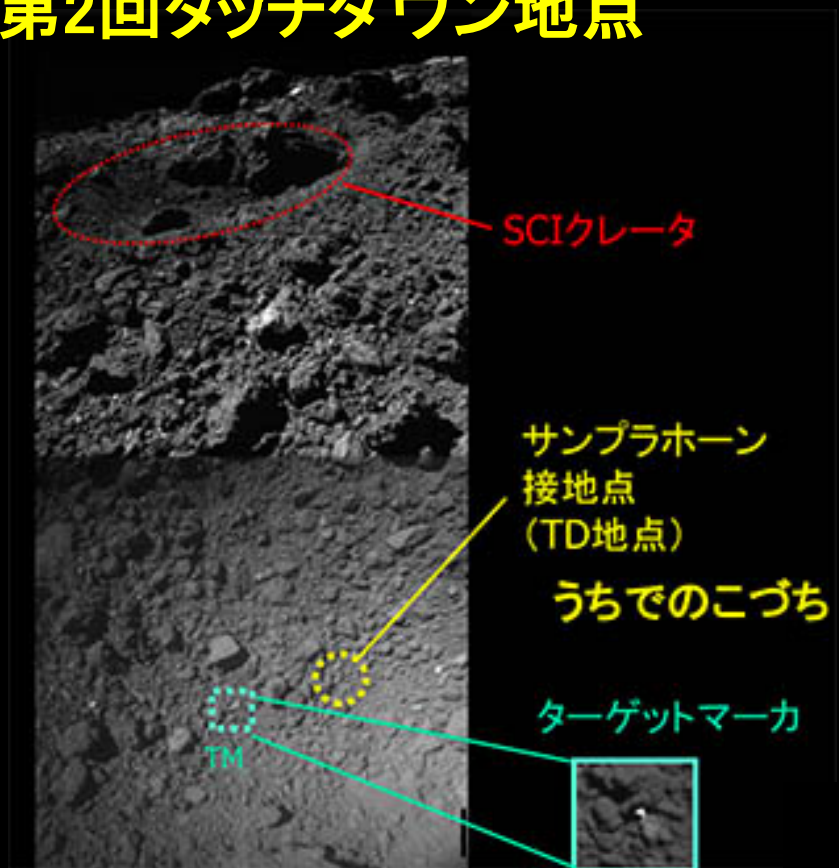
第2回TD最終降下時  
高度8mの  
ONC-W1/W2  
合成パノラマ画像

(画像のクレジット: JAXA、千葉工大、  
東京大、高知大、立教大、名古屋大、  
明治大、会津大、産総研)

ONC-W1  
2019/07/11  
10:04:57  
(機上, JST)

ONC-W2  
2019/07/11  
10:04:58  
(機上, JST)

## 第2回タッチダウン地点



15



## はやぶさ2 カプセル回収(2020年12月6日)



(画像のクレジット: JAXA)

16





# 固体化マリンレーダの方向探索



## 概要

- 船舶用レーダを用いた探索システム
  - 方探のバックアップとしてビーコン信号を用いずに探索
- 民間企業主体のチーム
  - 運用は光電製作所が担当
  - JAXA・光電の混成チーム

船舶用レーダの高度化を  
光電製作所とJAXA宇宙探査ハブ  
で共同研究開発



(画像クレジット:光電製作所)



(画像クレジット: JAXA)

**KODEN**  
株式会社光電製作所

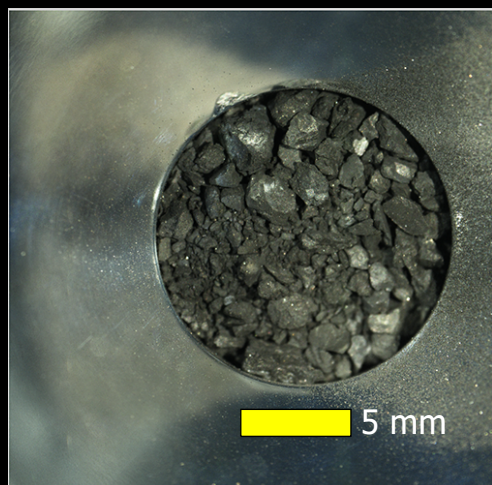
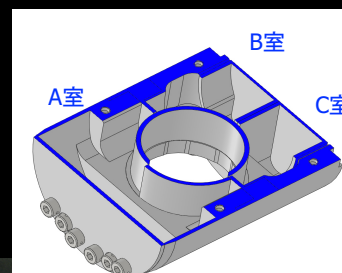
## 探索結果

- 3局で追尾成功(最長30km以上)
- 着地点近傍, 約200mまで探知

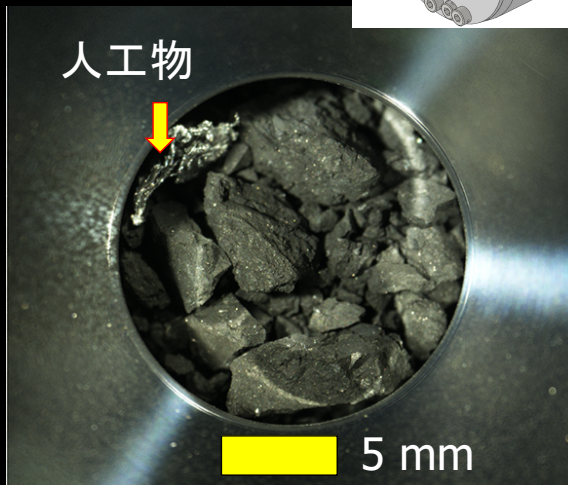


# 回収カプセル内の粒子発見

- 1 mmを超える粒子の存在を多数確認
- A室よりC室内の粒子が明瞭にサイズが大きい
- C室内に人工物のような物質を確認

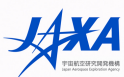


A室(回収容器内)の光学顕微鏡像



C室(回収容器内)の光学顕微鏡像

# JAXAの目標とする国際宇宙探査



## 宇宙探査の時代

- ・人類の活動領域は**月・火星**から、**遠くの太陽系天体**へ
- ・小惑星探査機「はやぶさ」「はやぶさ2」などの成果と国民の**宇宙探査への関心の高まり**
- ・諸外国における本格的な**太陽系大航海時代の幕開け**

- ◆人類のフロンティア拡大への貢献
- ◆太陽系の起源と進化の解明による知の創造
- ◆太陽系天体の将来の利用可能性の調査を開始
- ◆宇宙先進国として存在感の確保と国際協力・国の矜持への貢献
- ◆極限環境での技術開発による我が国の技術力向上への牽引効果
- ◆明日の宇宙科学・探査を日本を担う次世代の教育・育成

- ・科学探査と利用可能性調査, そして将来の有人活動

**宇宙探査ハブでぜひ、イノベーションを!**