



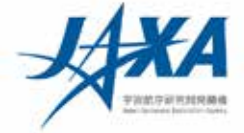
小惑星探査機「はやぶさ2」の 取得画像について

2018年6月21日

JAXA はやぶさ2プロジェクト



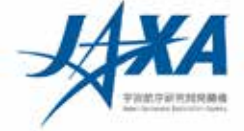
本日の内容



「はやぶさ2」が撮影した最新の画像について紹介する。



1. 本日の「はやぶさ2」



■ 本日(6月21日)の探査機の状況

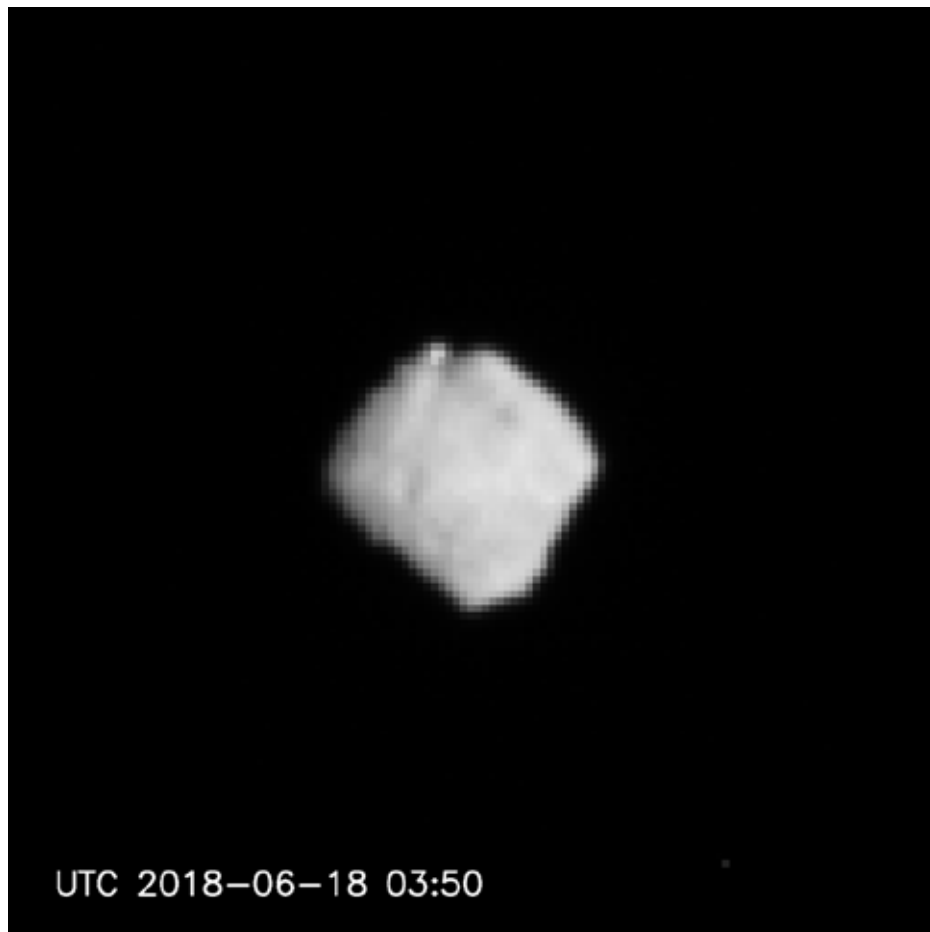
- 12:00(日本時間)の時点で
 - リュウグウまでの距離 : 約76km
 - リュウグウとの相対速度 : 約0.4m/s
- これまで6回のTCM(軌道制御)を終了(残り4回)
- 到着予定日 : 6月27日前後



2. リュウグウの画像 (01)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月18日、12:50(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約216km。

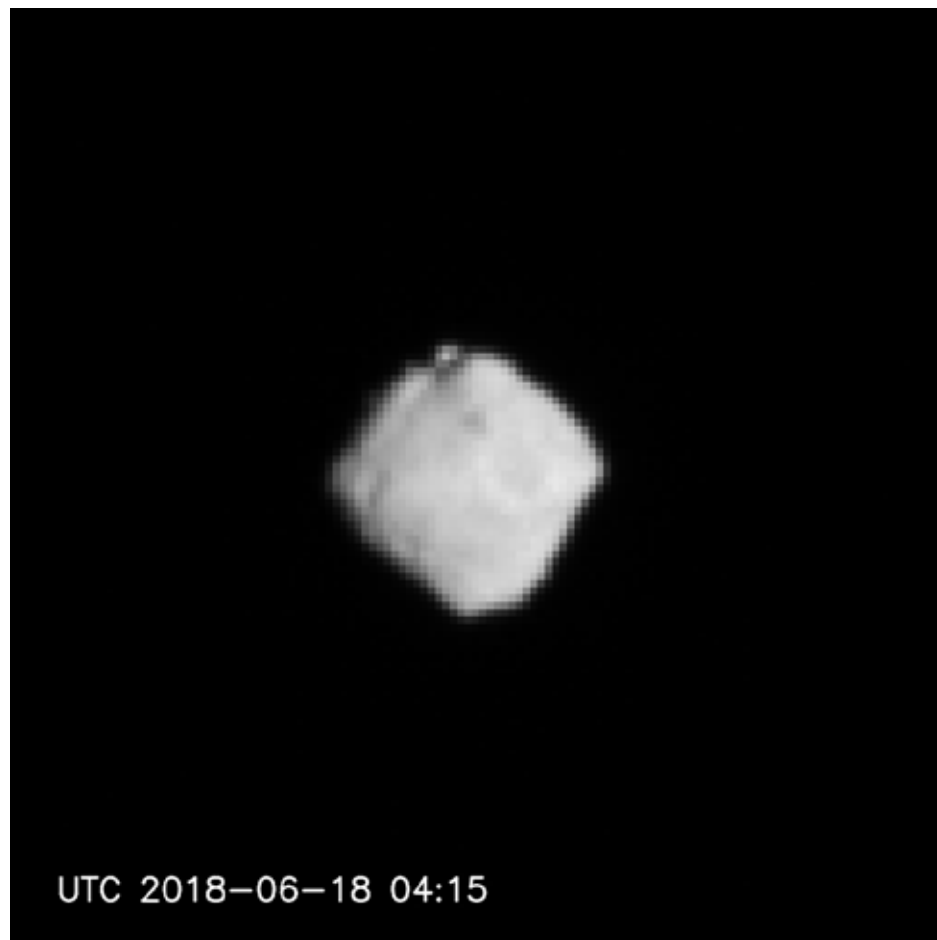
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (02)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月18日、13:15(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約215km。

ONCチーム : 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



2. リュウグウの画像 (03)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月18日、13:40(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約214km。

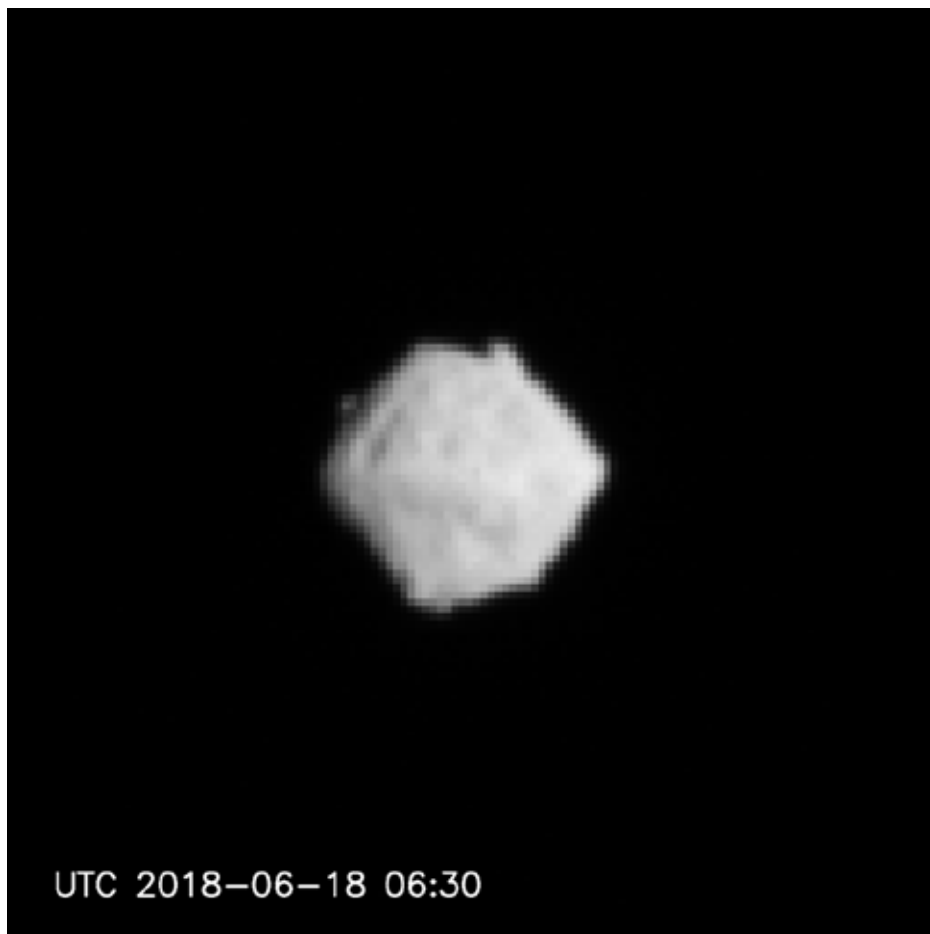
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (04)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月18日、15:30(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約210km。

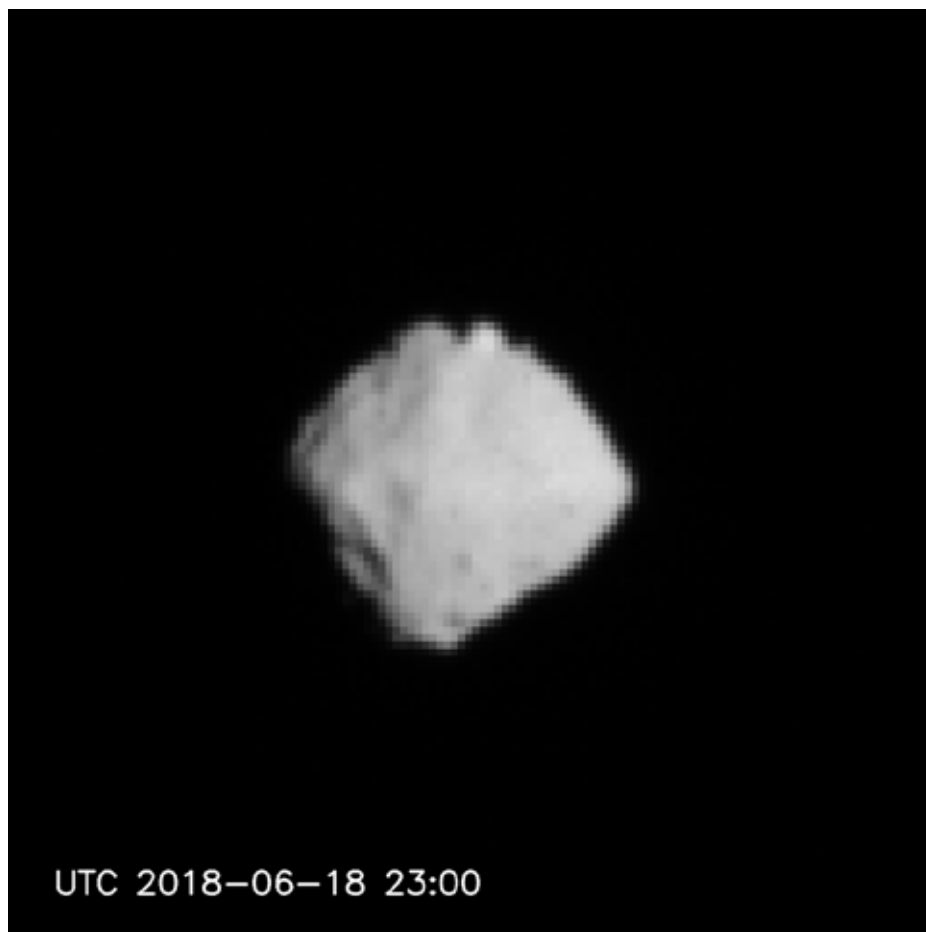
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (05)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月19日、08:00(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約167km。

ONCチーム : 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



2. リュウグウの画像 (06)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月19日、08:25(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約166km。

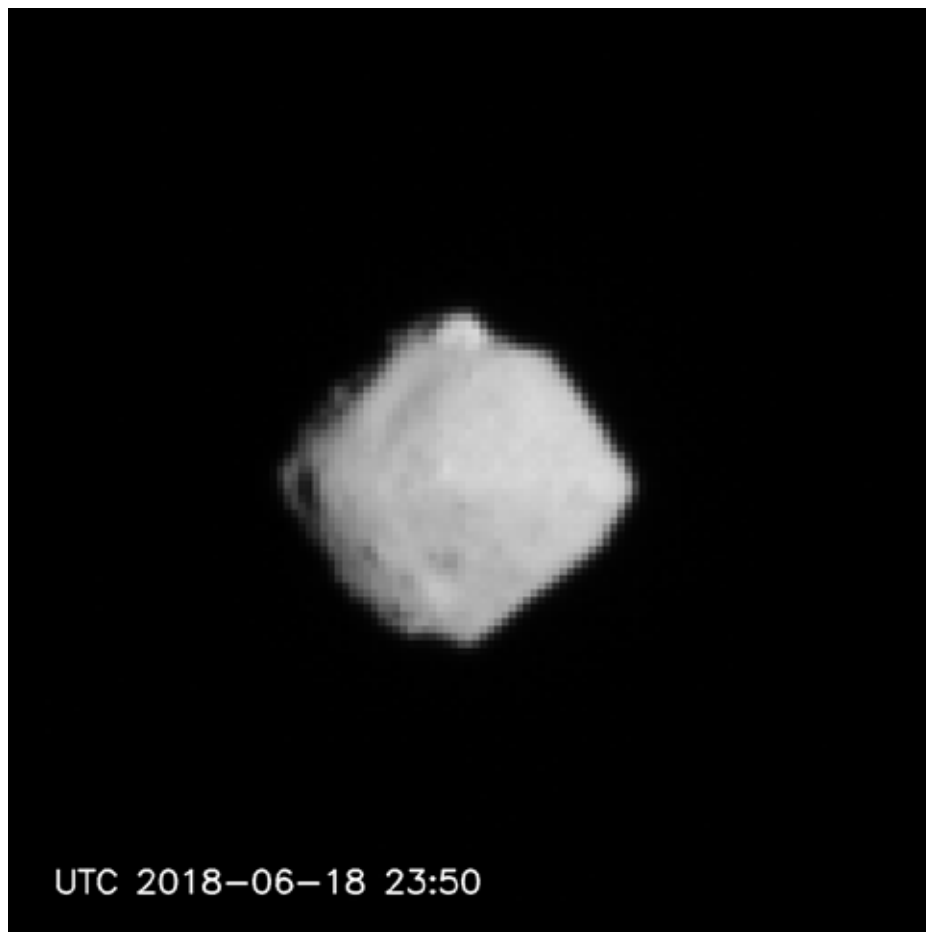
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (07)

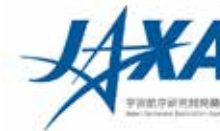
オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月19日、08:50(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約165km。

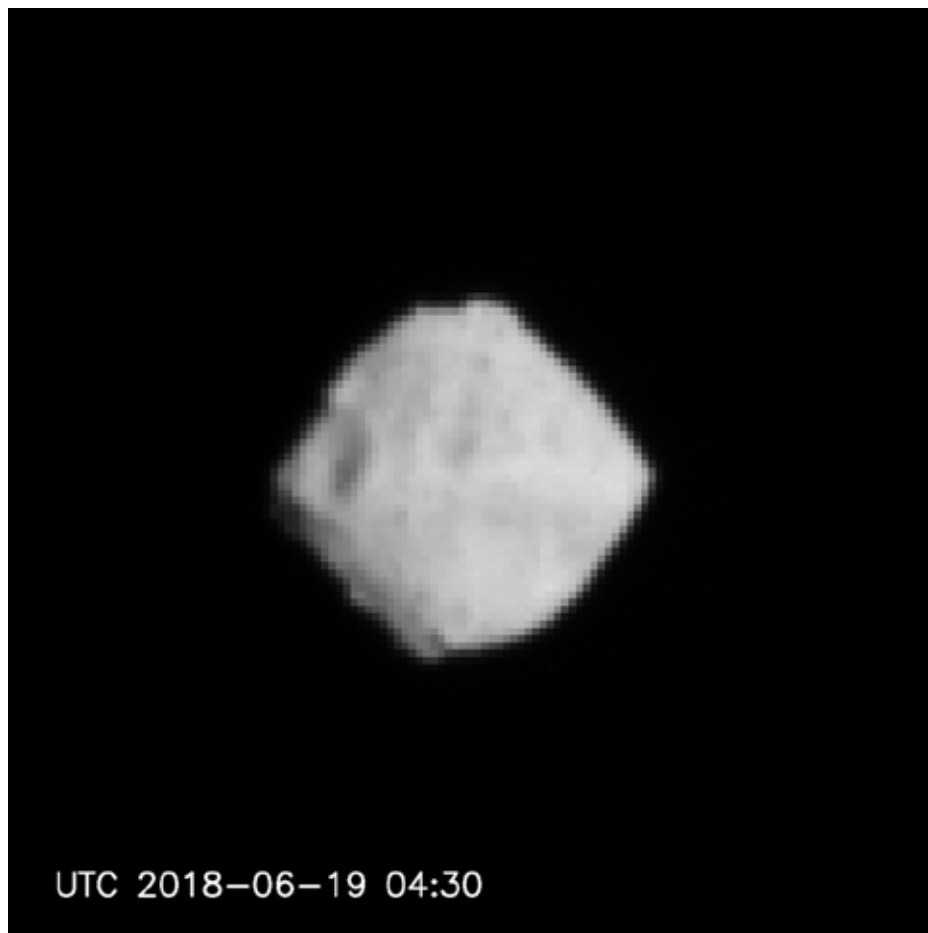
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (08)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月19日、13:30(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約153km。

ONCチーム : 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



2. リュウグウの画像 (09)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月19日、13:55(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約152km。

ONCチーム : 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



2. リュウグウの画像 (10)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月19日、14:20(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約151km。

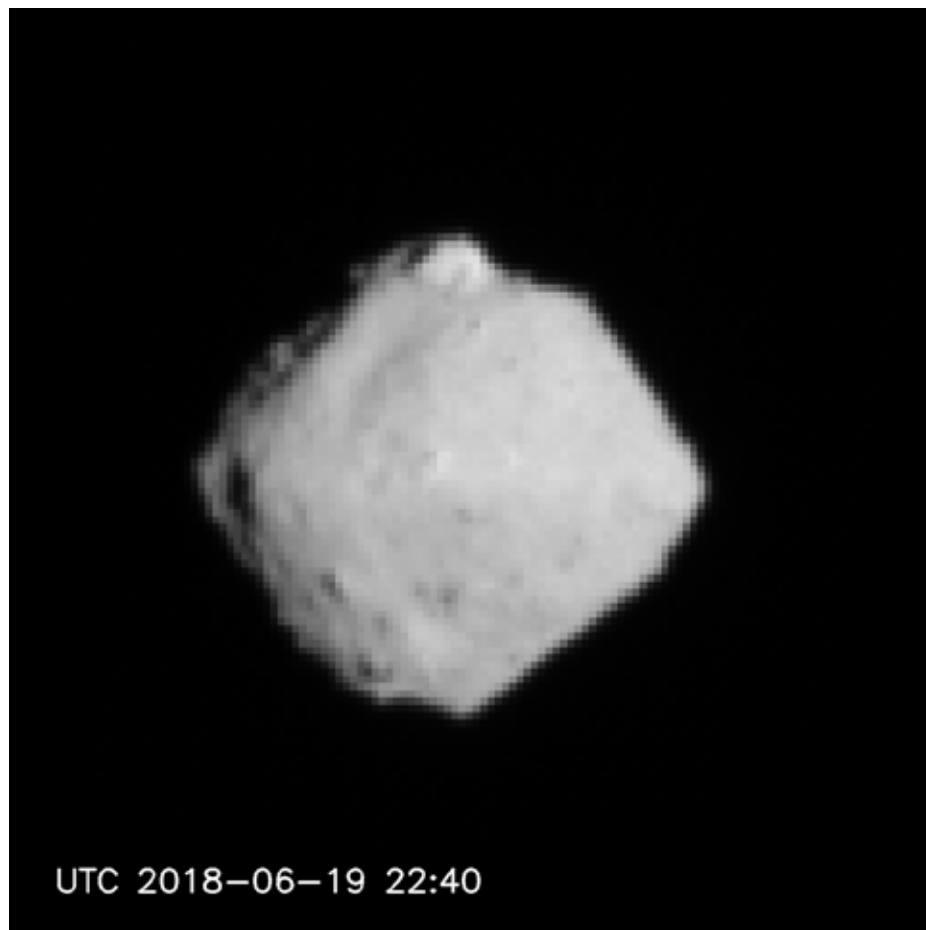
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (11)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月20日、07:40(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約122km。

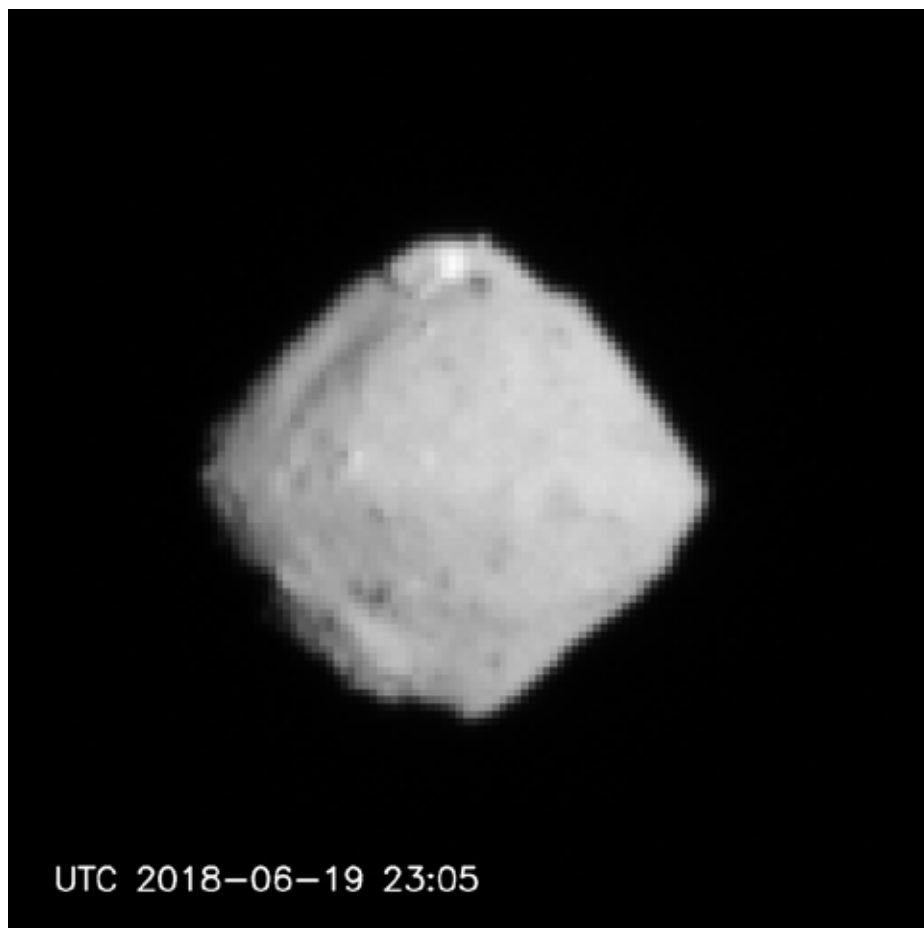
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (12)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月20日、08:05(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約121km。

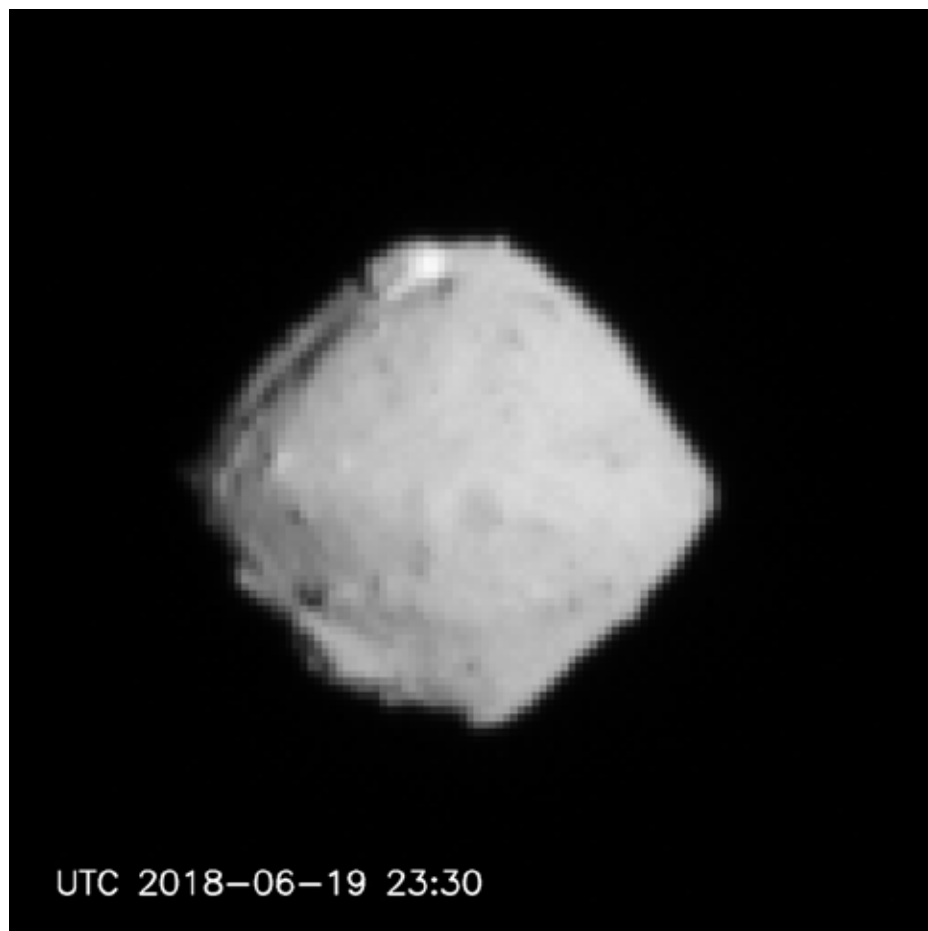
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (13)

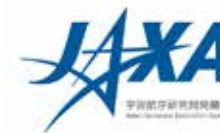
オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月20日、08:30(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約120km。

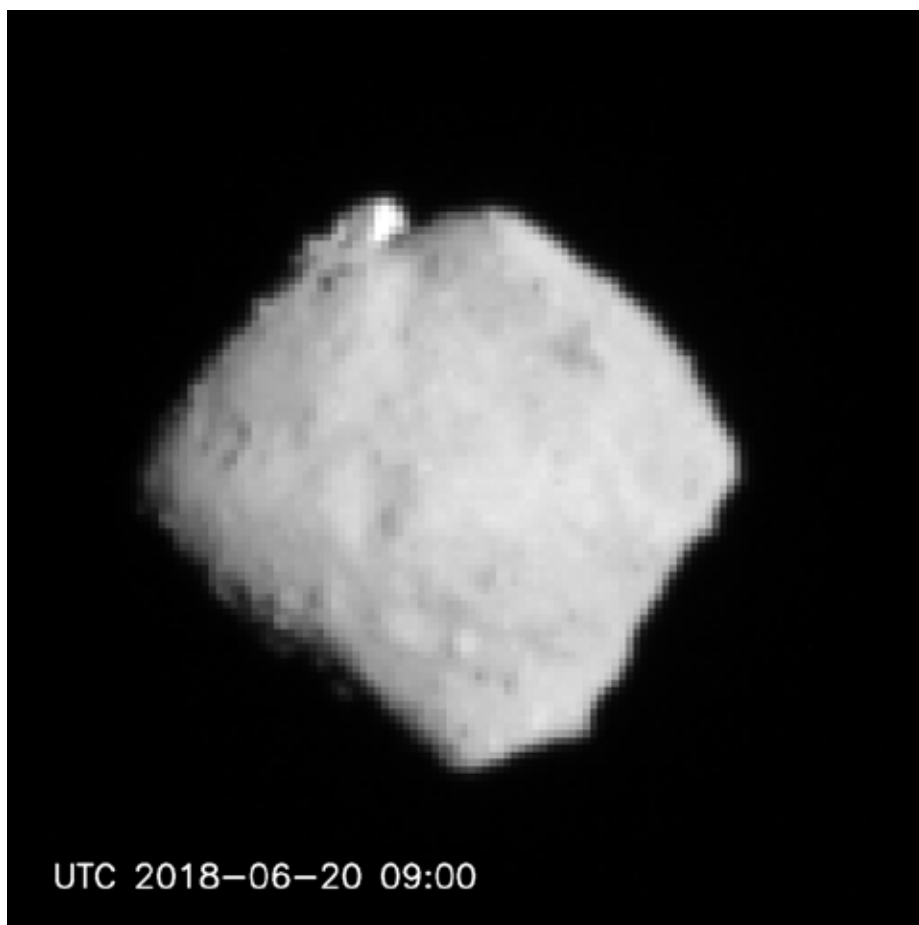
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (14)

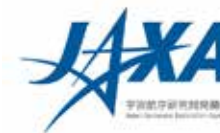
オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月20日、18:00(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約102km。

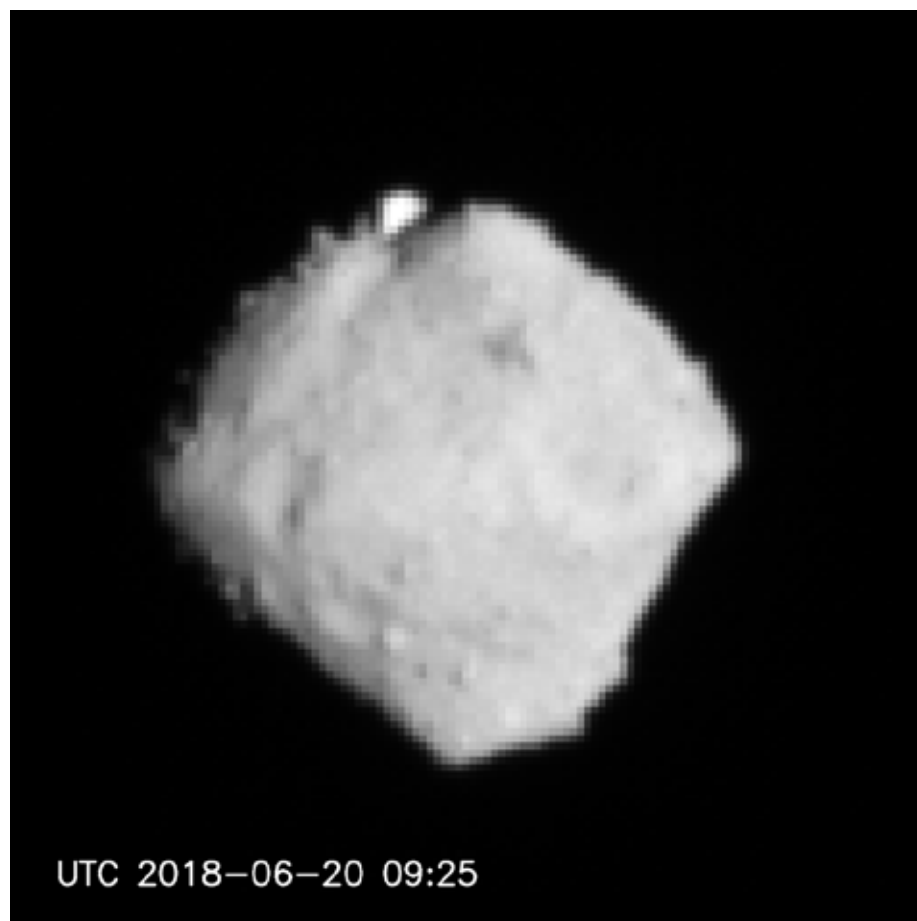
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (15)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月20日、18:25(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約101km。

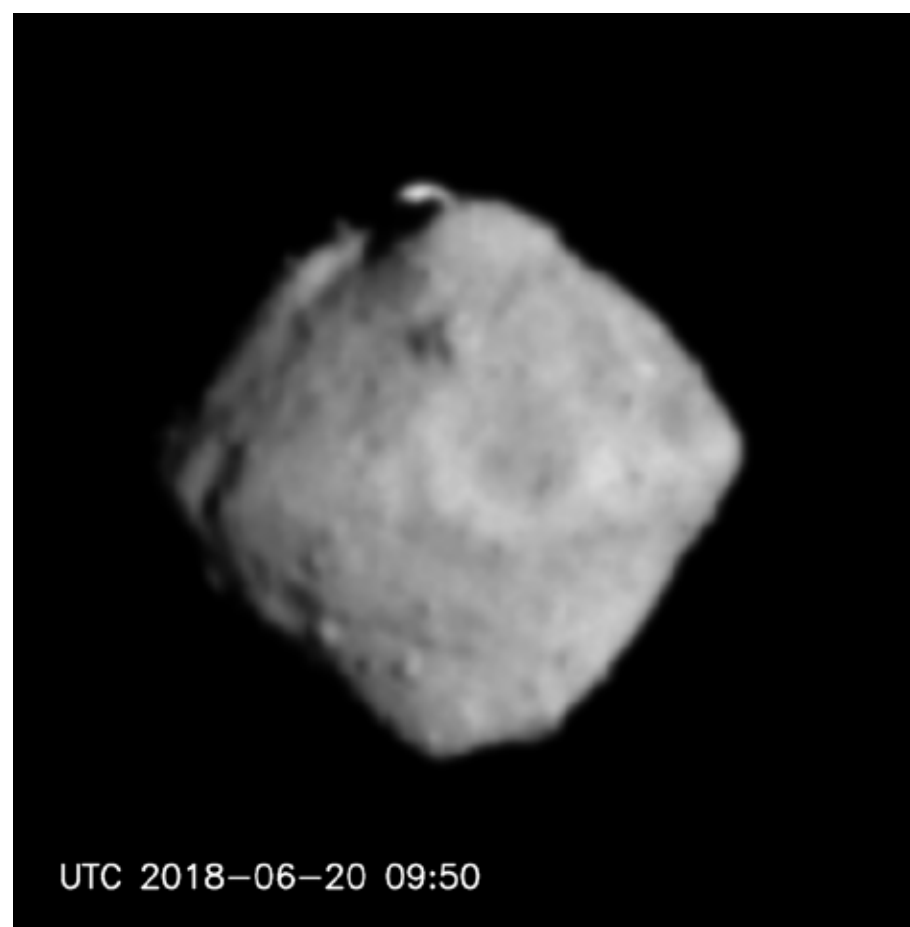
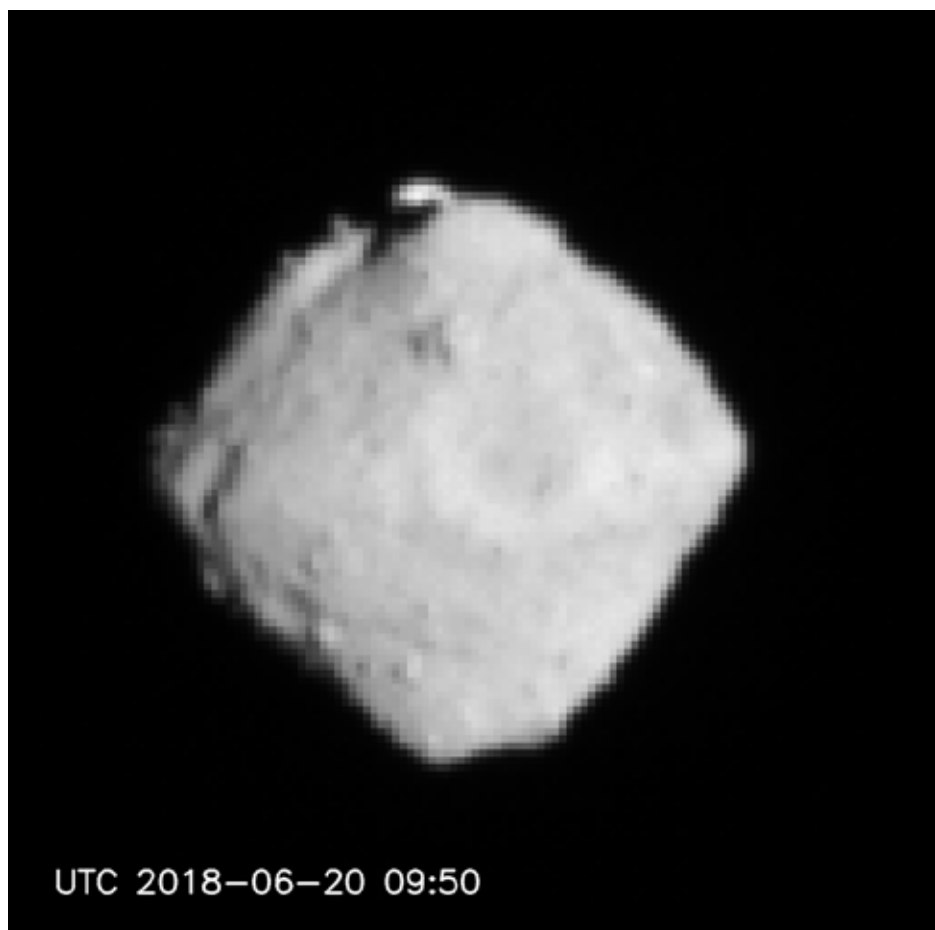
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



2. リュウグウの画像 (16)

オリジナルの画像

画像処理をしたもの

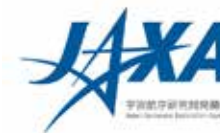


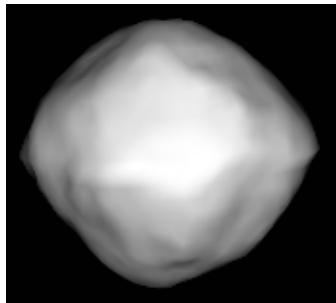

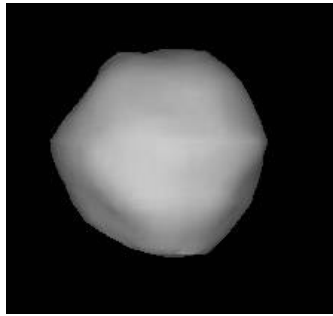
ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月20日、18:50(日本時間)頃の撮影。
小惑星までの距離は約100km。

ONCチーム : 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



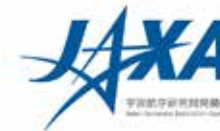
参考：他のミッションの探査候補小惑星

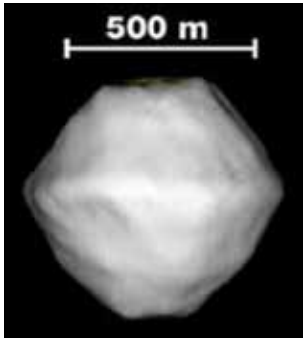
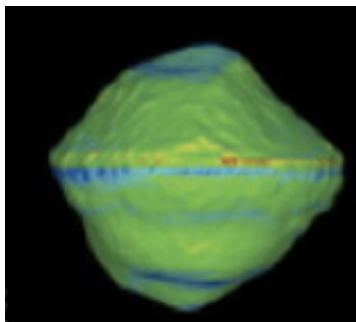
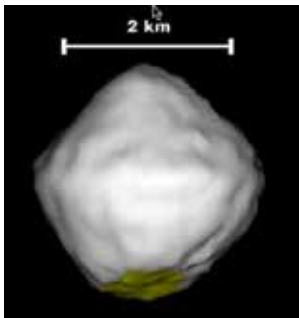



	(101955) Bennu 1999 RQ36	(341843) 2008 EV5	(65803) Didymos 1996 GT
ミッション	OSIRIS-REx サンプルリターン	MarcoPolo-R サンプルリターン(不採択)	DART 衝突
タイプ	B	C	Xk
大きさ	492 m	400 m	780 m
形状	 (by D. Lauretta)	 (by M. Busch)	 (by NASA)
自転周期	4.297 h	3.725 h	2.2593 h
自転軸	RA/Dec : 87/-65	RA/Dec : 105/-66	
アルベド	0.046	0.137	0.15
備考			バイナリー



参考：他の“コマ型”小惑星

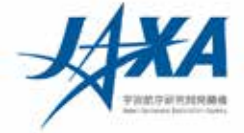


	(136617) 1994 CC	(66391) 1999 KW4	(153591) 2001 SN263	(311066) 2004 DC
タイプ		S	B	
大きさ	650 – 700 m	1532 x 1495 x 1347 m	2000 m	300 m
形状	 Brosovic et al. 2011	 Ostro et al. 2005	 Becker et al. 2015	 Taylor et al. 2008, ACM
自転周期	2.3886 h	2.7645 h	3.423 h	2.5709 h
自転軸			$(\lambda, \beta) = (309, -80)$	
アルベド	0.3?	0.3?	0.04	
備考	トリプル	バイナリー	トリプル	バイナリー
軌道	NEO	NEO	NEO	NEO

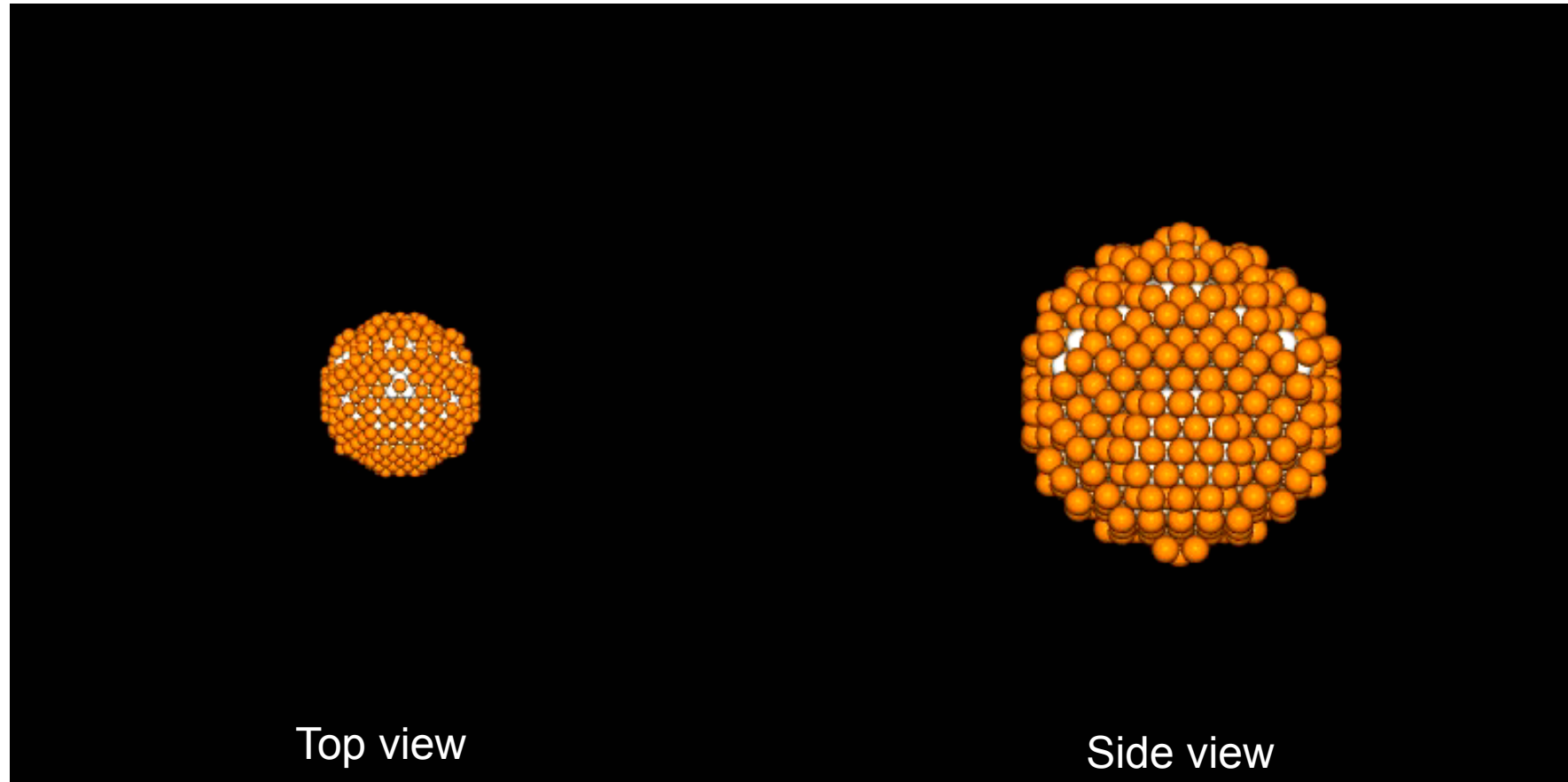
注) NEO : Near Earth Object (地球接近天体)



参考：“コマ型”小惑星の形成シミュレーション



コマ型小惑星の形成説明の例：1999 KW4について



(動画)

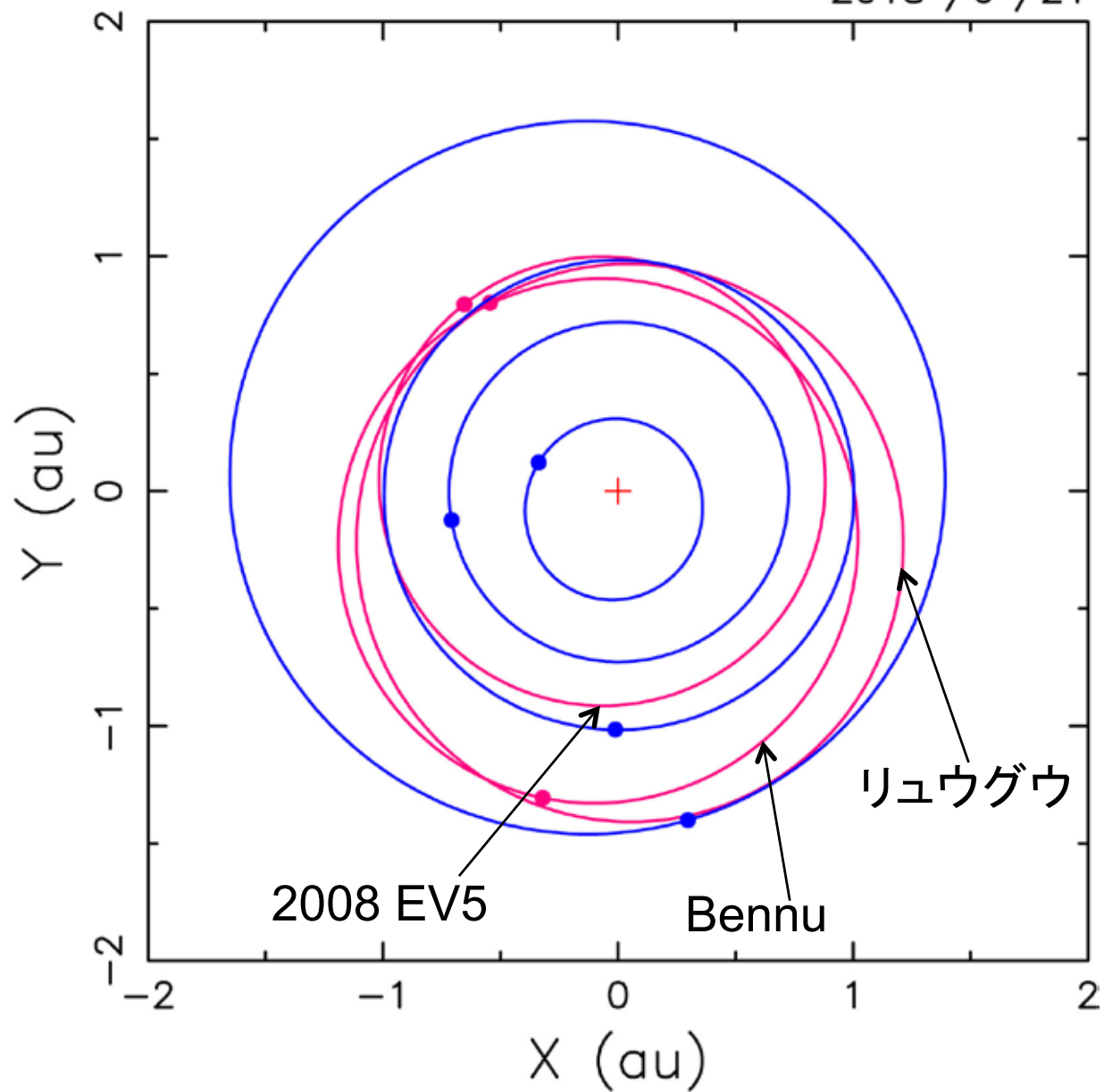
Walsh, K., Richardson, D.C., Michel, P. 2008.
Rotational breakup as the origin of small binary asteroids.
Nature 454, 188-191



参考：軌道図

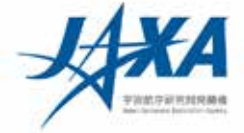


2018 / 6 / 21

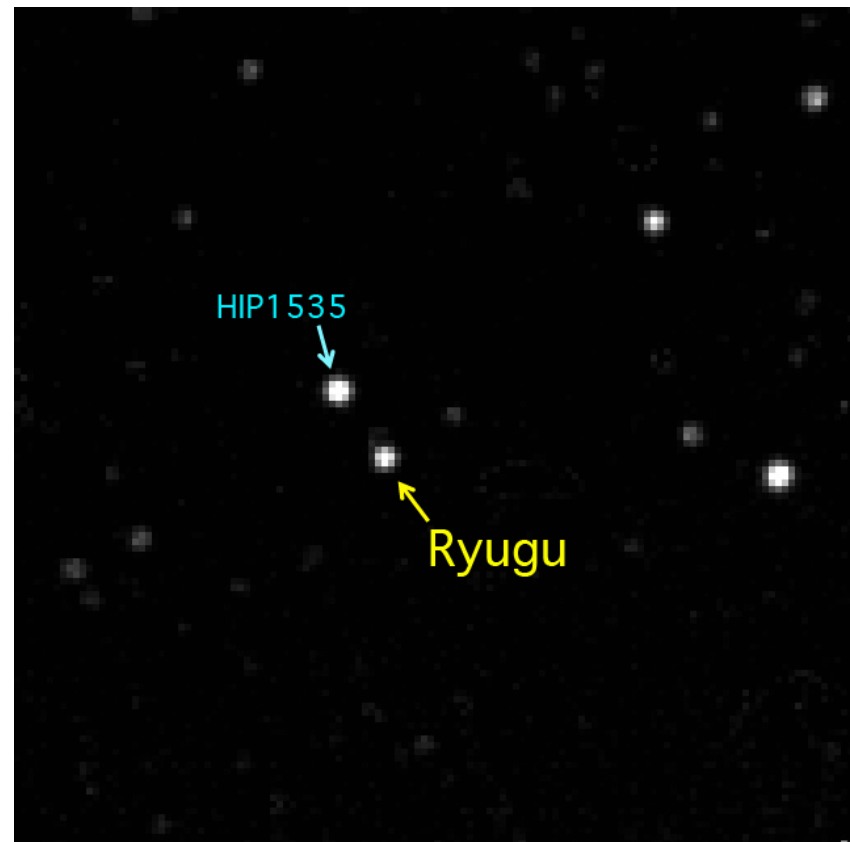
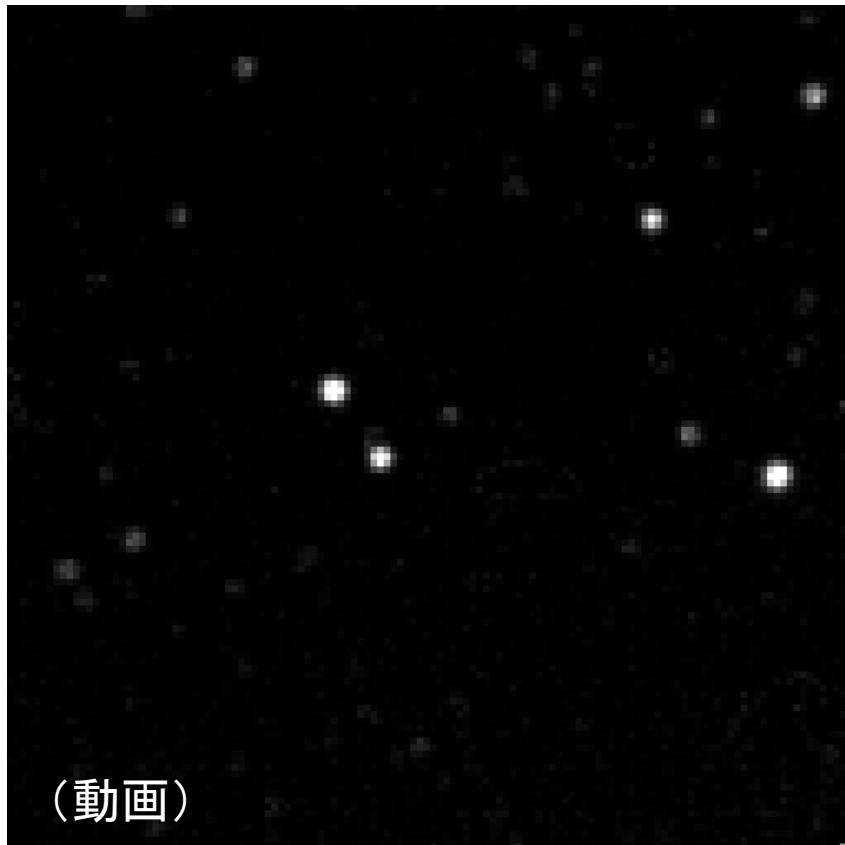




探査機からのリュウグウ観測の履歴



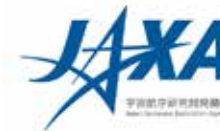
2018年2月26日、ONC-T、距離約130万km、約9等星



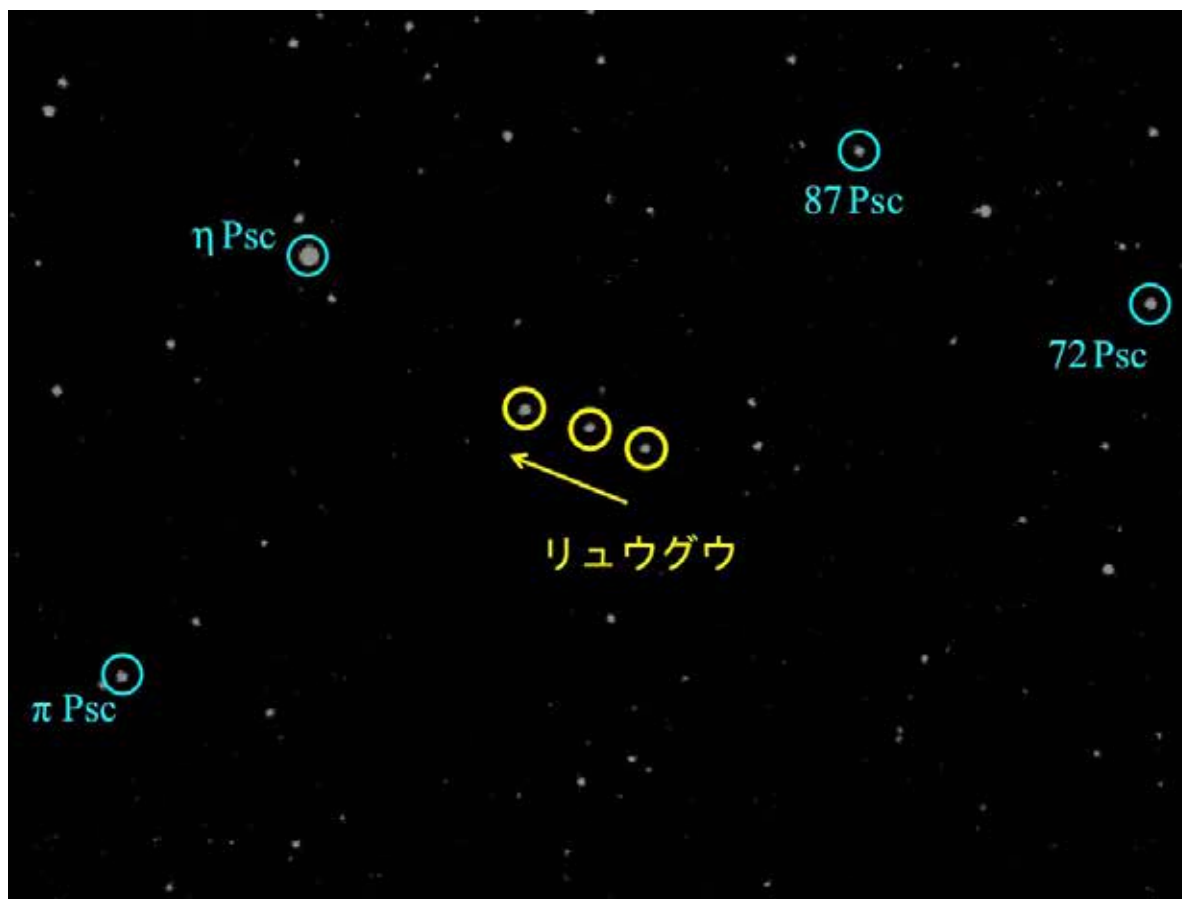
2018年2月26日12時頃から15時頃(日本時間)にかけて撮影された9枚の写真を連続的に示したものの。中央付近で左から右にわずかに動いている天体がリュウグウ。個別の画像に一瞬だけ見える像はノイズである。写真の画角は0.8度。(画像提供:JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研)



探査機からのリュウグウ観測の履歴



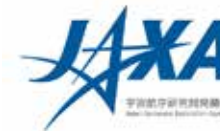
2018年5月11～14日、スタートラッカ、距離約7万km、約5等星



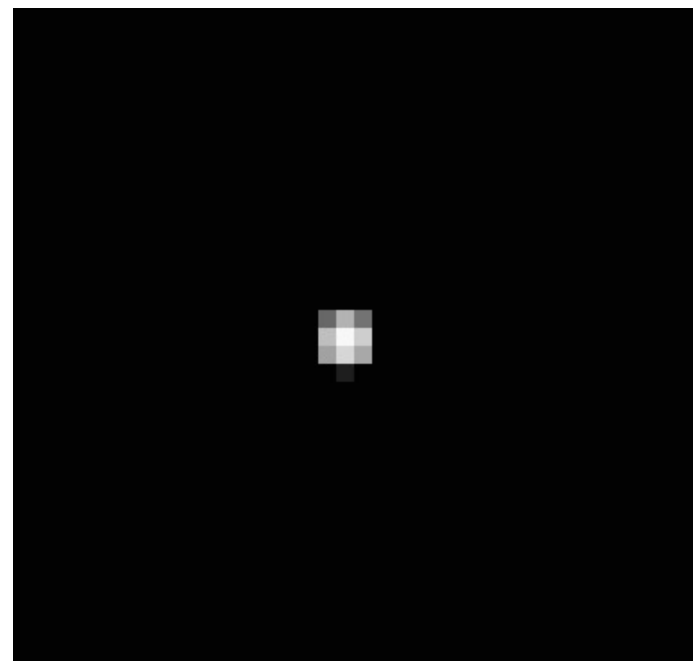
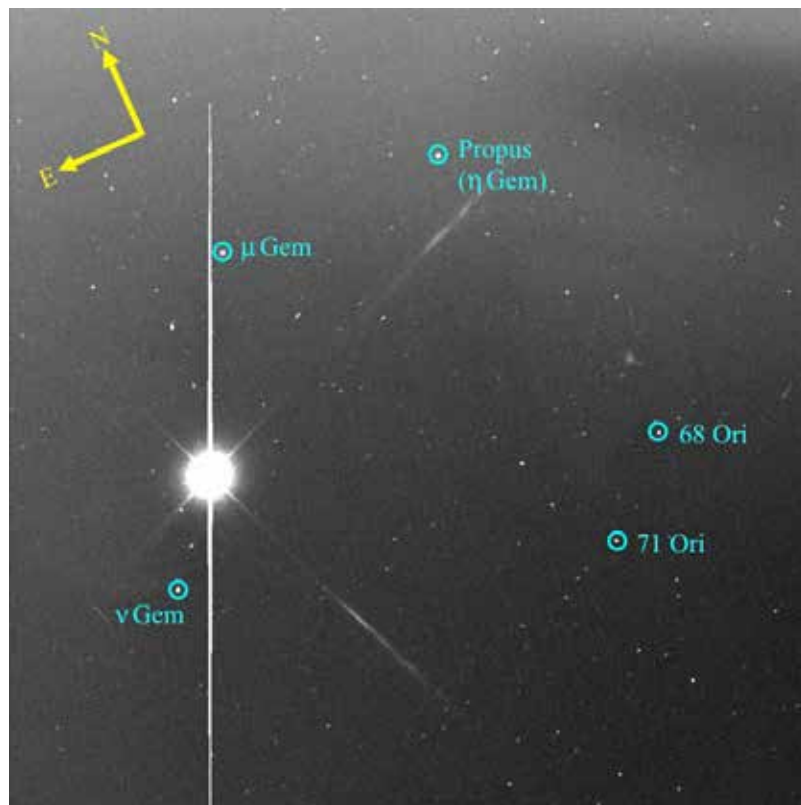
スタートラッカによって撮影されたリュウグウ。図中で黄色の丸で囲まれた天体がリュウグウ。右から左へと移動している。撮影時刻は、右から5月12日1時頃、5月13日2時頃、5月14日1時頃(日本時間)である。探査機から見てうお座の方向にある。Pscとはうお座の略符である。画角は約 $9^{\circ} \times 7^{\circ}$ 。(画像提供:JAXA、京都大学、日本スペースガード協会、ソウル大学)



探査機からのリュウグウ観測の履歴



2018年6月6日、ONC-T、距離約2600km、約-5等星



左) ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月6日、04:15(日本時間)頃の撮影。視野は6.3度角 x 6.3度角。露出時間178秒。探査機からはふたご座(Gem)の方向にリュウグウが見える。 右)約0.09秒の露出時間で撮影したリュウグウ(拡大)

地上観測チーム: JAXA, 京都大学, 日本スペースガード協会, ソウル大学

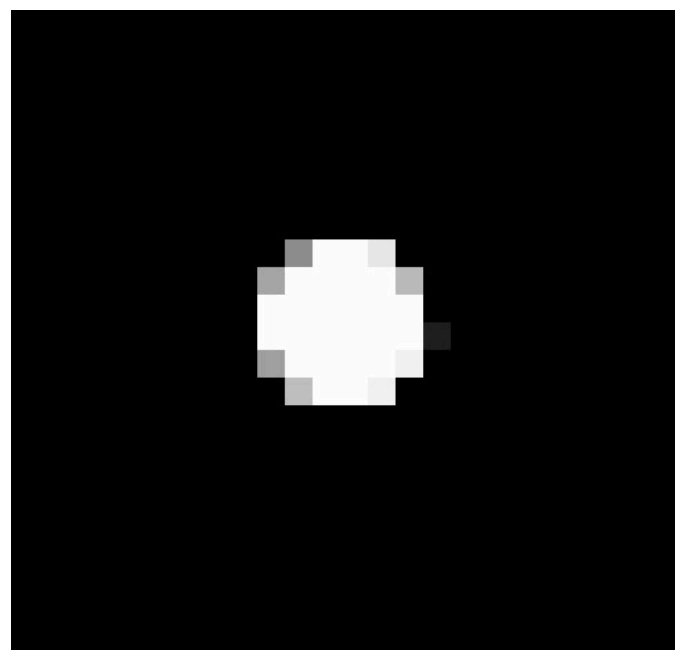
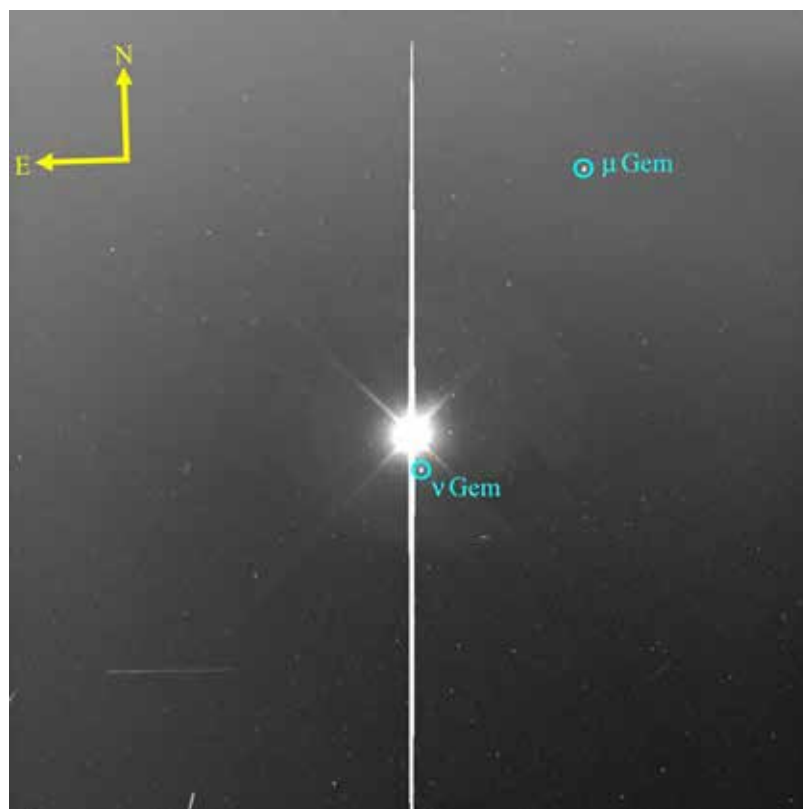
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



探査機からのリュウグウ観測の履歴



2018年6月10日、ONC-T、距離約1500km、約-5.7等星



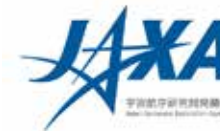
左) ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月10日、12:50(日本時間)頃の撮影。視野は6.3度角 x 6.3度角。露出時間178秒。探査機からはふたご座(Gem)の方向にリュウグウが見える。 右)約0.09秒の露出時間で撮影したリュウグウ(拡大)

地上観測チーム: JAXA, 京都大学, 日本スペースガード協会, ソウル大学

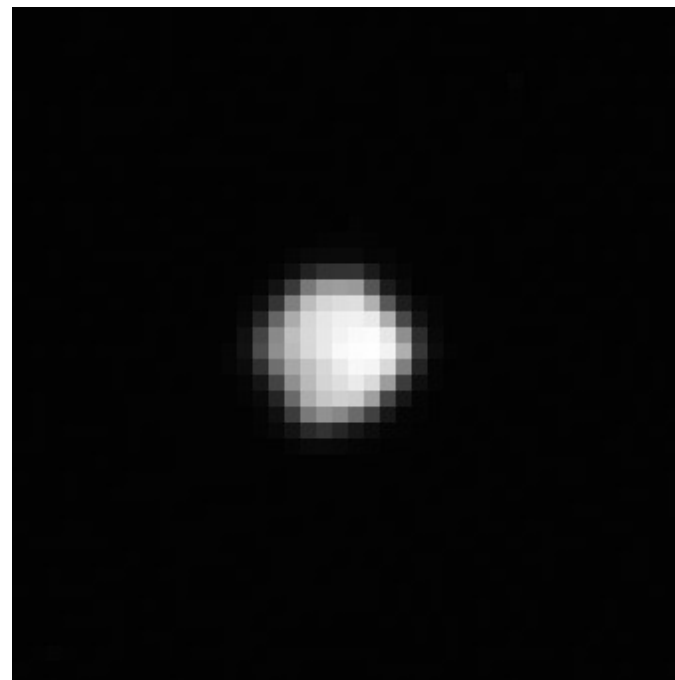
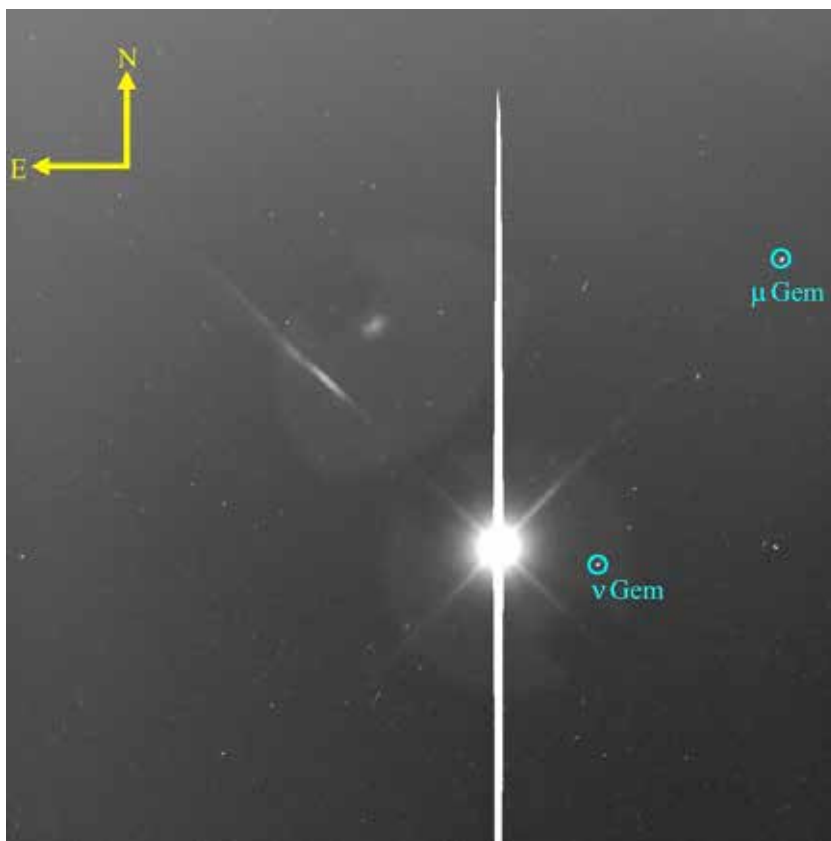
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



探査機からのリュウグウ観測の履歴



2018年6月13日、ONC-T、距離約920km、約-6.6等星



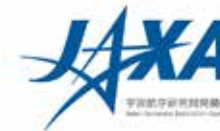
左) ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月13日、13:50(日本時間)頃の撮影。視野は6.3度角 x 6.3度角。露出時間178秒。探査機からはふたご座(Gem)の方向にリュウグウが見える。右)約0.09秒の露出時間で撮影したリュウグウ(拡大)

地上観測チーム: JAXA, 京都大学, 日本スペースガード協会, ソウル大学

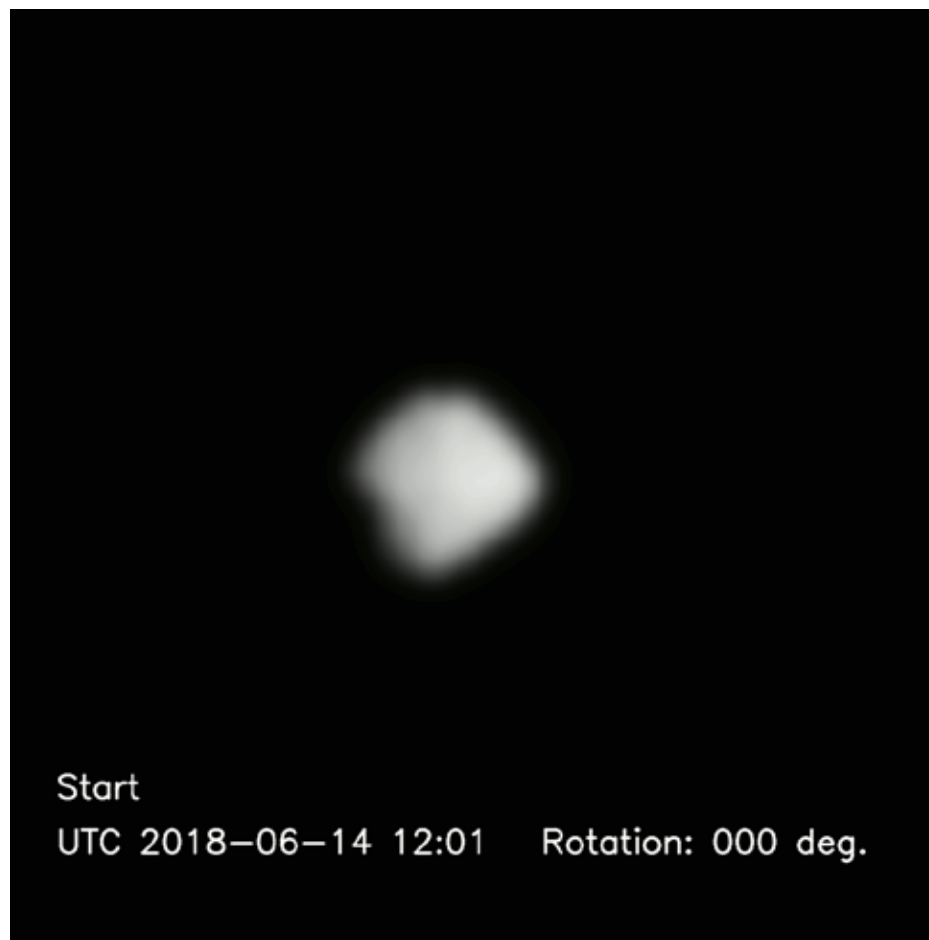
ONCチーム : JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



探査機からのリュウグウ観測の履歴



2018年6月14～15日、ONC-T、距離約700～650km



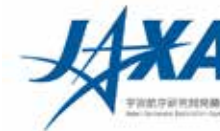
(動画)

ONC-Tによって撮影されたリュウグウの自転のようす。2018年6月14日21:00～6月15日05:10(日本時間)頃の撮影。

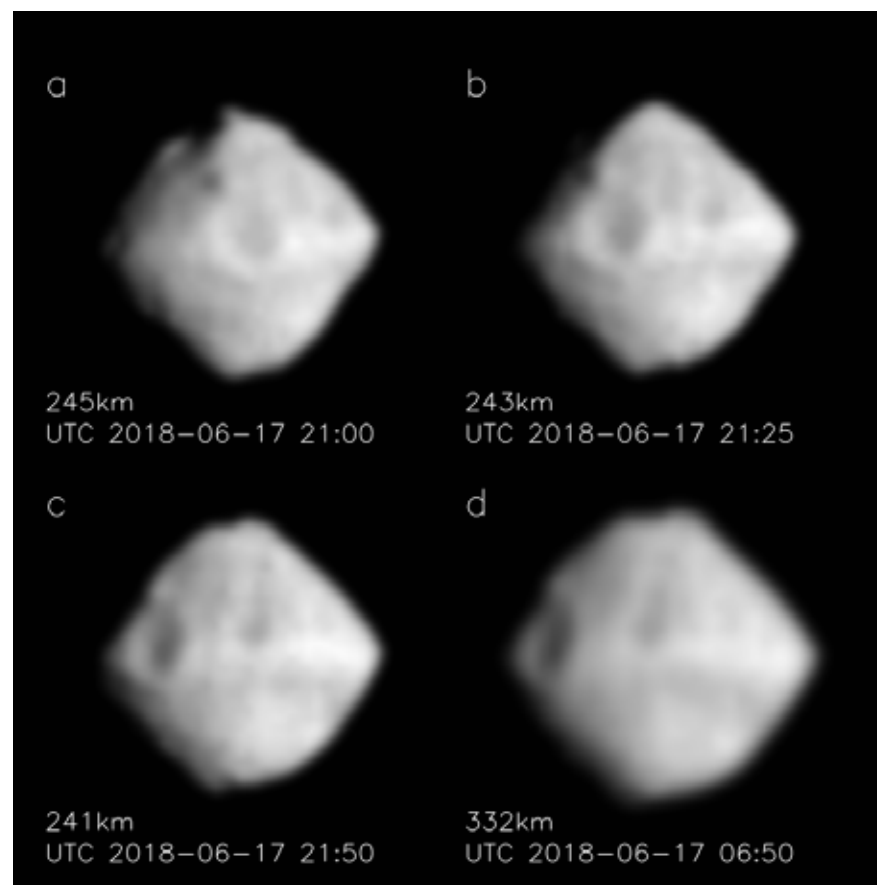
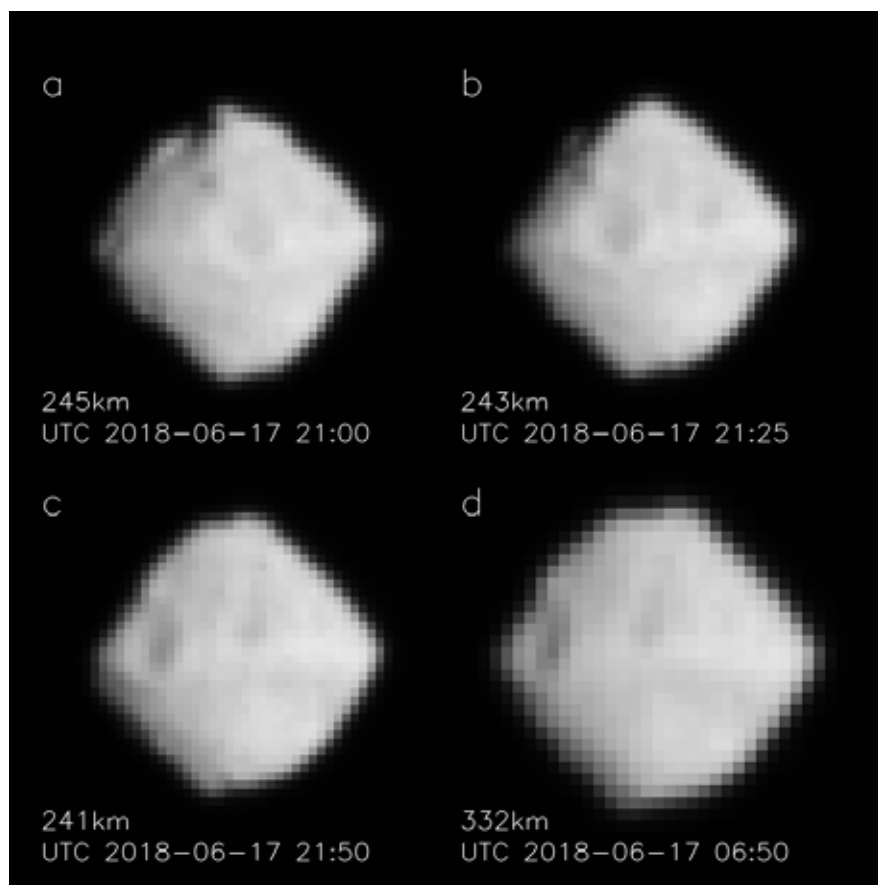
ONCチーム：JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研



探査機からのリュウグウ観測の履歴



2018年6月17~18日、ONC-T、距離約330~240km



ONC-Tによって撮影されたリュウグウ。2018年6月17日の15時(日本時間)頃と、6月18日の6時頃(日本時間)の撮影。自転の順番にa,b,c,dとなるように並べてある。右は拡大補間と明暗強調(明るさを2乗)を行ったもの。

ONCチーム：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



探査機が見た小惑星

ケレス (Ceres)



直径952

エロス (Eros)



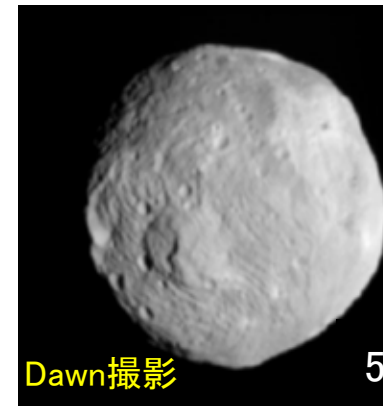
38 × 15 × 14

イトカワ (Itokawa)



0.535 × 0.294 × 0.209

ベスタ (Vesta)



Dawn撮影

573 × 557 × 446

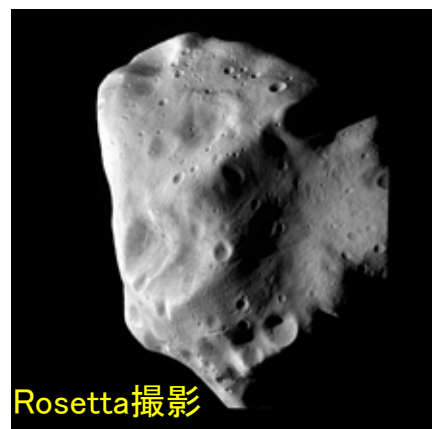
トータティス (Toutatis)



嫦娥2号撮影

1.70 × 2.03 × 4.26

ルテティア (Lutetia)



Rosetta撮影

121 × 101 × 75

シュテインス (Steins)



Rosetta撮影

6.67 × 5.81 × 4.47

マティルド (Mathilde)



66 × 48 × 46

NEAR Shoemaker撮影

イダ (Ida)



59.8 × 25.4 × 18.6

Galileo撮影

ガスプラ (Gaspard)



18.2 × 10.5 × 8.9

Galileo撮影

大きさは直径(端から端まで)で、単位はkm。値はトータティス以外は理科年表(平成26年版)による。トータティスの値はJPLのWebより。



探査機が見た彗星

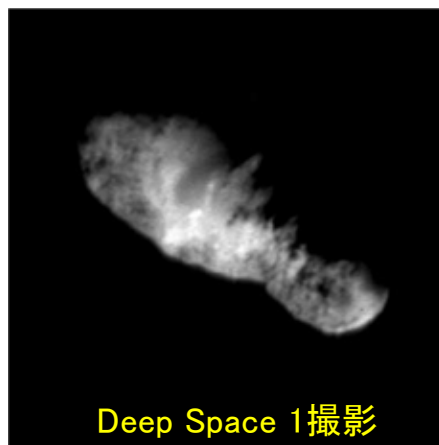


Halley彗星



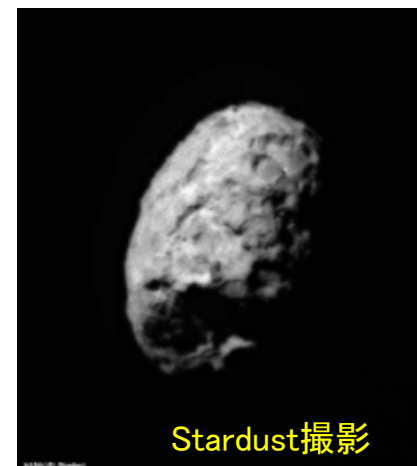
14.4 × 7.4 × 7.4 km

Borrelly彗星



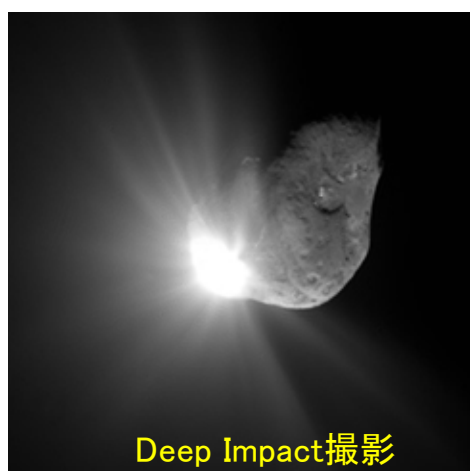
4.0 × 1.58 km

Wild 2 彗星



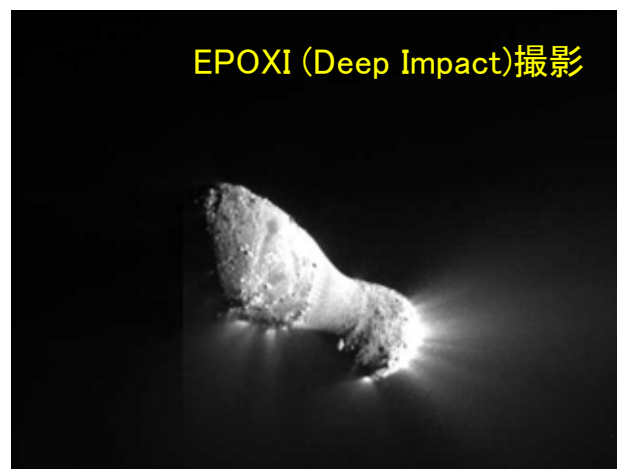
5.4 × 3.8 × 3.0 km

Tempel 1彗星



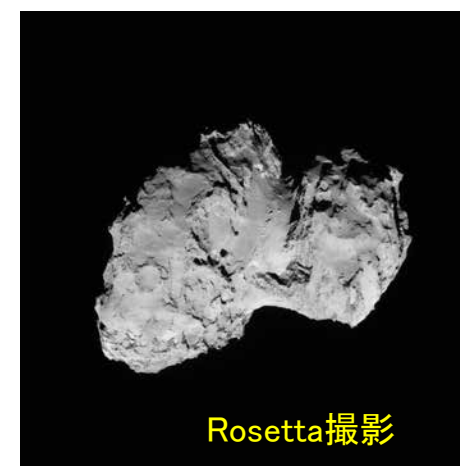
7.6 × 4.9 km

Hartley 2彗星

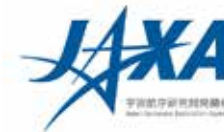


1 km程度

Churyumov-Gerasimenko彗星



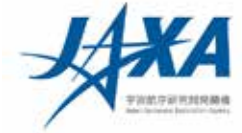
3.5 × 4 km



参考資料



「はやぶさ2」概要



目的

「はやぶさ」が探査したS型小惑星イトカワよりも始原始的なタイプであるC型小惑星リュウグウの探査及びサンプルリターンを行い、原始太陽系における鉱物・水・有機物の相互作用の解明することで、地球・海・生命の起源と進化に迫るとともに、「はやぶさ」で実証した深宇宙往復探査技術を維持・発展させて、本分野で世界を牽引する。

期待される成果と効果

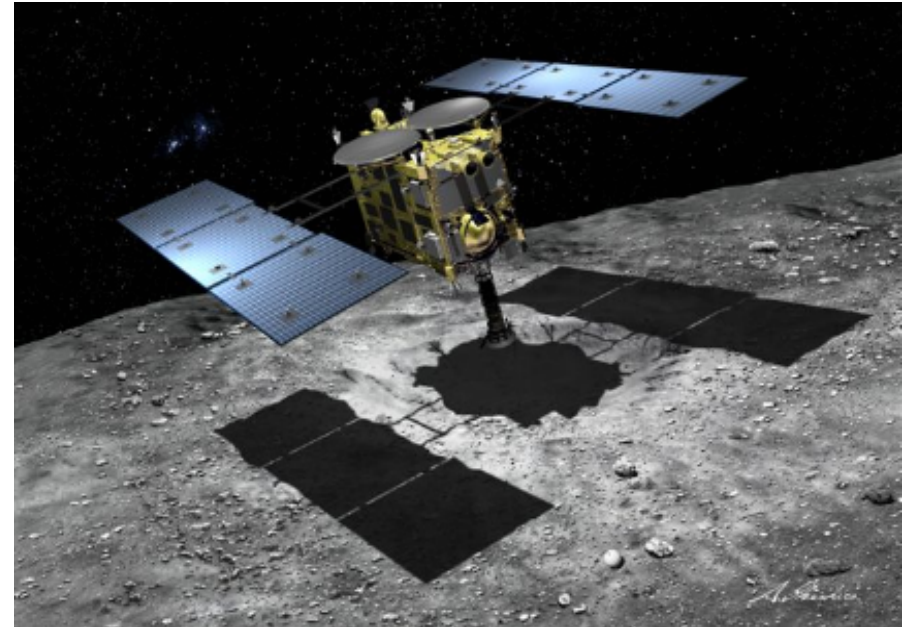
- ・水や有機物に富むC型小惑星の探査により、地球・海・生命の原材料間の相互作用と進化を解明し、太陽系科学を発展させる。
- ・衝突装置によって生成されるクレーター付近からのサンプル採取という新たな挑戦も行うことで、日本がこの分野において、さらに世界をリードする。
- ・太陽系天体往復探査の安定した技術を確立する。

特色:

- ・世界初のC型微小地球接近小惑星のサンプルリターンである。
- ・小惑星にランデブーしながら衝突装置を衝突させて、その前後を観測するという世界初の試みを行う。
- ・「はやぶさ」の探査成果と合わせることで、太陽系内の物質分布や起源と進化過程について、より深く知ることができる。

国際的位置づけ:

- ・日本が先頭に立った始原天体探査の分野で、C型小惑星という新たな地点へ到達させる。
- ・「はやぶさ」探査機によって得た独自性と優位性を発揮し、日本の惑星科学及び太陽系探査技術の進展を図るとともに、始原天体探査のフロンティアを拓く。
- ・NASAにおいても、小惑星サンプルリターンミッションOSIRIS-REx（打上げ：平成28年、小惑星到着：平成30年、地球帰還：平成35年）が実施されており、サンプルの交換が取り決められていることに加えて科学者の相互交流が行われており、両者の成果を比較・検証することによる科学的成果も期待されている。



(イラスト 池下章裕氏)

はやぶさ2 主要緒元

質量	約 609kg
打上げ	平成26年(2014年)12月3日
軌道	小惑星往復
小惑星到着	平成30年(2018年)
地球帰還	平成32年(2020年)
小惑星滞在期間	約18ヶ月
探査対象天体	地球接近小惑星 Ryugu(リュウグウ)

主要搭載機器

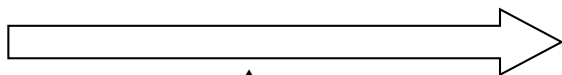
サンプリング機構、地球帰還カプセル、光学カメラ、レーザー測距計、科学観測機器(近赤外、中間赤外)、衝突装置、小型ローバ



ミッションの流れ概要

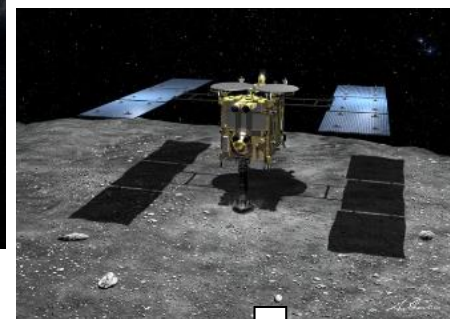


打上げ
2014年12月3日

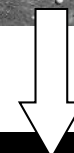


▲
地球スイングバイ
2015年12月3日

小惑星到着
2018年6月27日前後(予定)



リモートセンシング観測によって、小惑星を調べる。その後、小型ローバや小型着陸機を切り離す。さらに表面からサンプルを取得する。



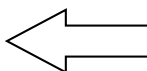
地球帰還
2020年末ごろ



サンプル分析

(イラスト 池下章裕氏)

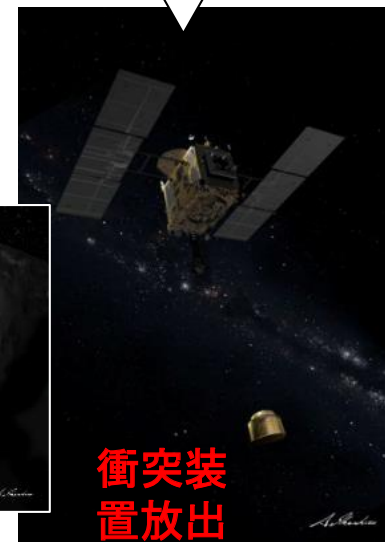
小惑星出発
2019年11-12月



安全を確認後、クレーターにタッチダウンを行い、地下物質を採取する。



人工クレーターの生成

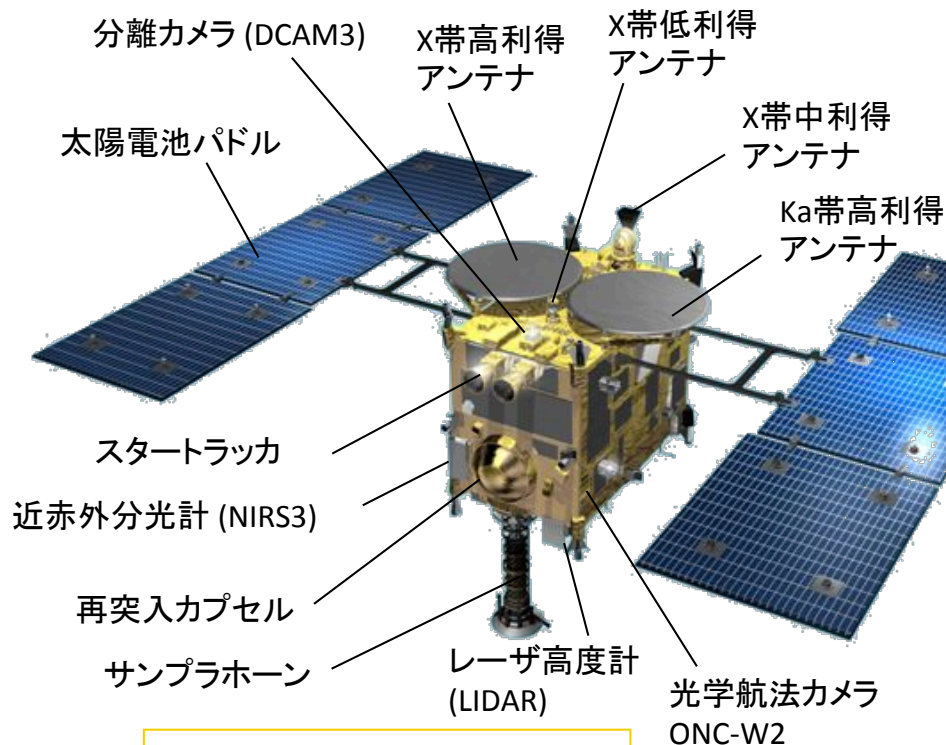
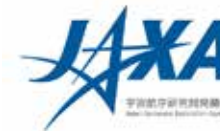


衝突装置放出

衝突装置によって、小惑星表面に人工的なクレーターを作る。



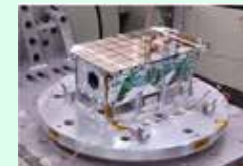
探査機概要



光学航法カメラ ONC-T



レーザ高度計 LIDAR



近赤外分光計 NIRS3



中間赤外カメラ TIR

科学観測機器

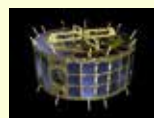
小型着陸機・ローバ

MASCOT



DLRとCNES製作

ミネルバ2



II-1A



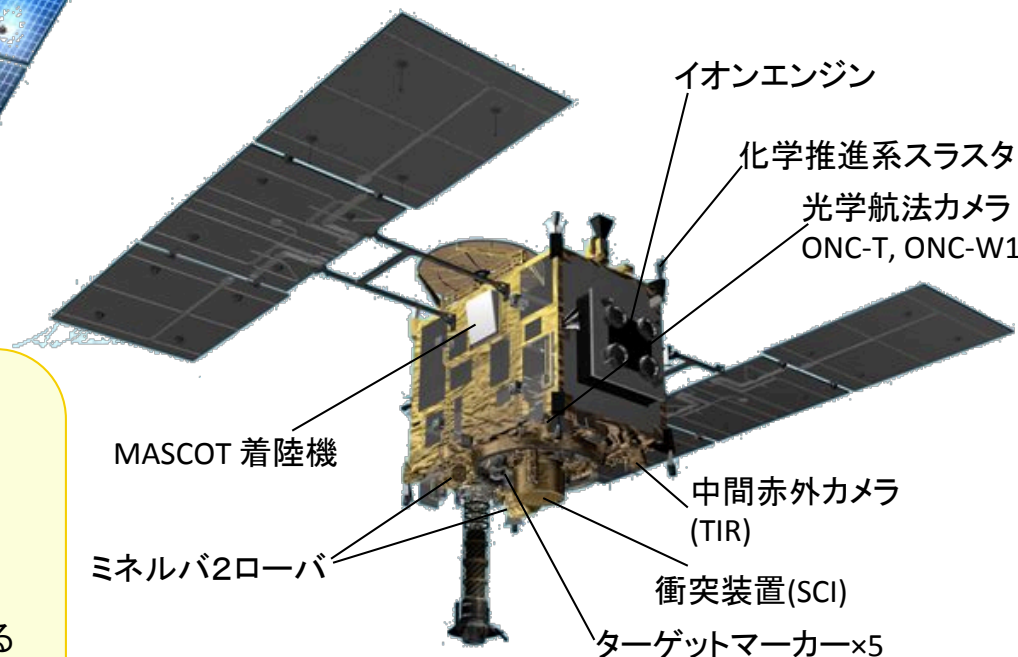
II-1B



II-2

II-1 : JAXA MINERVA-II チームによる

II-2 : 東北大およびミネルバ2コンソーシアムによる



大きさ: 1m×1.6m×1.25m (本体)
太陽電池パドル展開幅6m
重さ : 609kg (燃料込み)



光学航法カメラ(ONC)

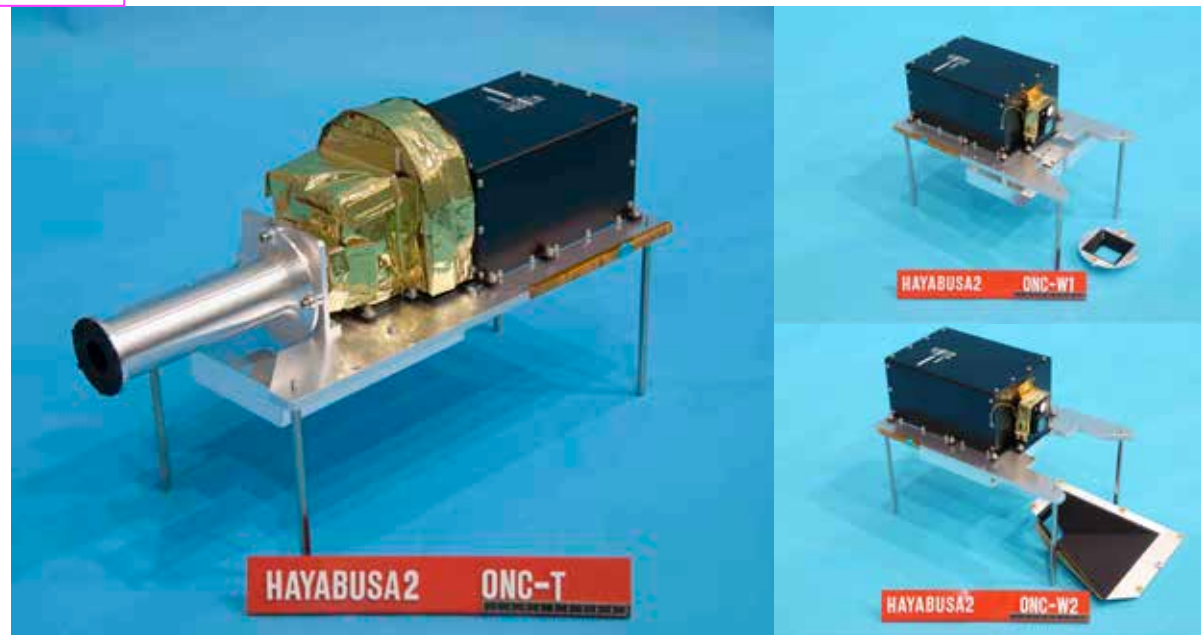


ONC: Optical Navigation Camera

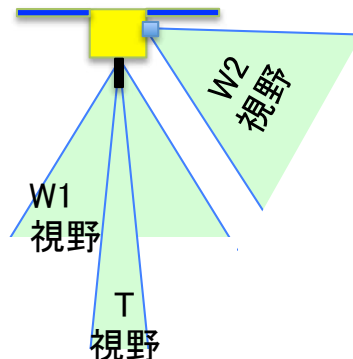
目的: 探査機誘導と科学計測のために恒星と探査小惑星を撮像する。

科学観測項目:

- 探査小惑星形状・運動の観測
直径、体積、慣性主軸方向、章動運動
- 表面地形の全球観測
クレーター、構造地形、礫、レゴリス分布
- 表面物質の分光特性の全球観測
含水鉱物分布、有機物分布、宇宙風化度
- 試料採取地点付近の高解像度撮像
表面粒子の大きさ、形状、結合度、不均一性
サンプラー弾痕や接地痕の観測



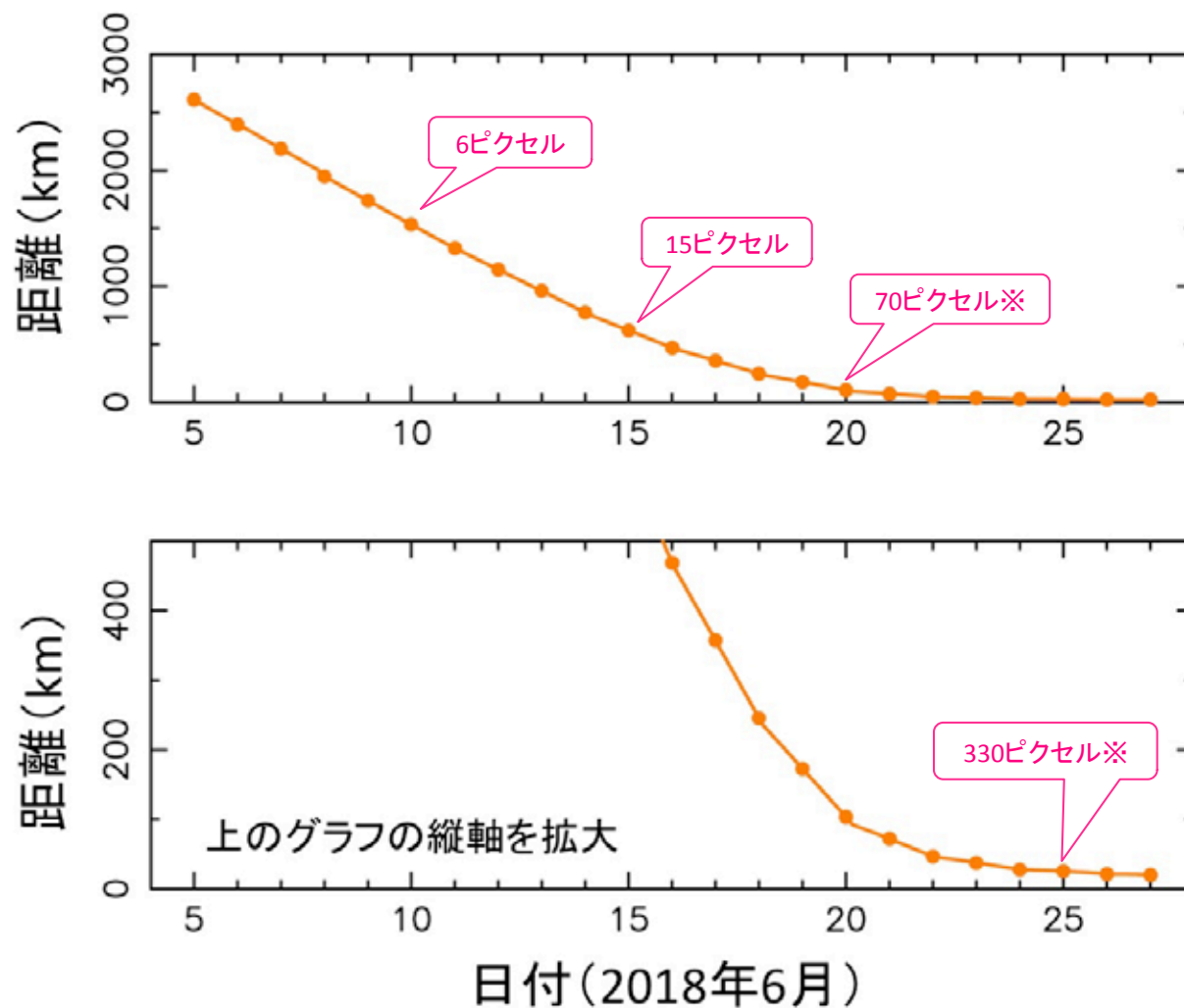
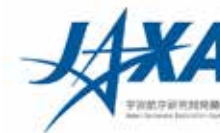
- 探査小惑星の素性解明**
 - 含水鉱物や有機物の分布、宇宙風化、巨礫
- サンプル採取地点選定**
 - 小惑星どこから試料採取すべきかの基本情報
- サンプルの産状把握**
 - 試料採取地点の高分解能の撮像



	ONC-T	ONC-W1	ONC-W2
検出器	二次元 Si-CCD (1024 x 1024 ピクセル)		
視野方向	直下 (望遠)	直下 (広角)	側方 (広角)
視野角	6.35° x 6.35°	65.24° x 65.24°	
焦点距離	100m ~ ∞	1m ~ ∞	
空間分解能	1m/pix @高度10km 1cm/pix @高度100m	10m/pix @高度10km 1mm/pix @高度1m	
観測波長	390, 480, 550, 700, 860, 950, 589.5nm, および Wide	485nm ~ 655nm	



リュウグウ-探査機間の距離

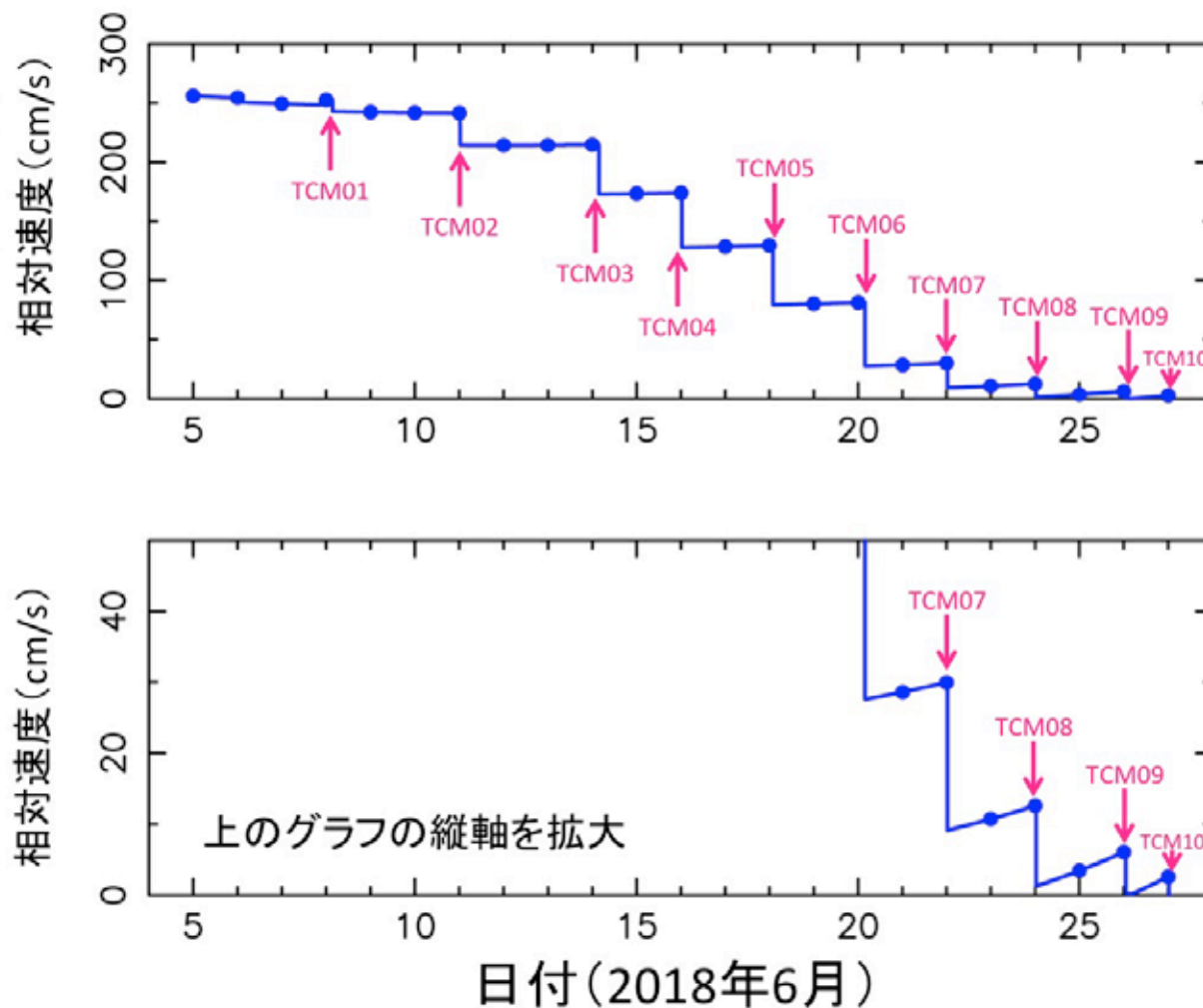
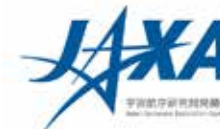


現時点での位置の計画値である
ピクセル数は予想値である

ピクセル数は、ONC-Tで撮影した場合の予想されるリュウグウの直径を示す。※の数値は6/14の記者説明会の値から更新しています(基準軌道を更新したため)。ここで、小惑星の直径を900mと仮定しました。



リュウグウ-探査機間の相対速度

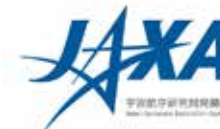


現時点での速度の計画値である

TCM: Trajectory Correction
Maneuver (軌道修正)



ミッションスケジュール



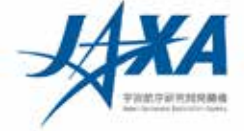
暫定版

年	月日	事項	状況
2018	1月10日	第3期イオンエンジン運転開始	済み
	6月 3日	イオンエンジン運転終了	済み
	6月 3日	小惑星接近誘導開始(距離3100km)	済み
	6月27日前後	小惑星到着(高度20km)	予定
	7月末	中高度観測1(高度5km)	予定
	8月	重力計測降下(高度1km)	予定
	9月～10月	タッチダウン運用スロット1	予定
	9月～10月	ローバ投下運用スロット1	予定
	11月～12月	合運用(通信不可の期間)	予定
2019	1月	中高度観測2(高度5km)	予定
	2月	タッチダウン運用スロット2	予定
	3月～4月	クレーター生成運用	予定
	4月～5月	タッチダウン運用スロット3	予定
	7月	ローバ投下運用スロット2	予定
	8月～11月	小惑星近傍滞在	予定
	11月～12月	小惑星出発	予定

このスケジュールは、リュウグウ到着後様々な要因で変更される可能性がある。
状況が「済み」以外は、確定しているわけではないことに注意。



小惑星リュウグウについて

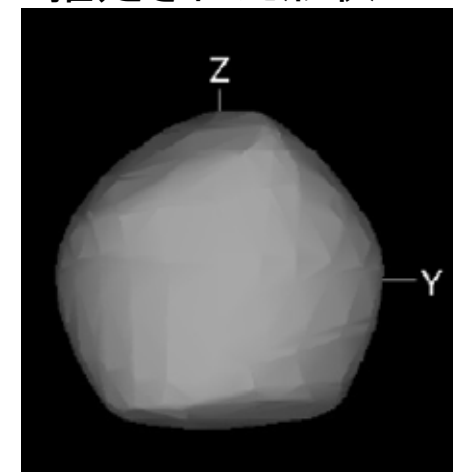


- 名称 : Ryugu(リュウグウ)
確定番号 : 162173
仮符号 : 1999 JU3
1999年5月に発見された小惑星
- 大きさ : 約900 m
形 : ほぼ球形
自転周期 : 約7時間38分
自転軸の向き : 黄経 $\lambda = 310^\circ \sim 340^\circ$
黄緯 $\beta = -40^\circ \pm \sim 15^\circ$
- 反射率 : 0.05 (黒っぽい)
タイプ : C型(水・有機物を含む物質
があると推定される)
- 軌道半径 : 約1億8千万km
公転周期 : 約1.3年
密度・質量 : 現時点では不明であるが、 $0.5\text{--}4.0\text{g/cm}^3$
の密度を仮定している。
質量は $1.7 \times 10^{11}\text{kg} \sim 1.4 \times 10^{12}\text{kg}$ 程度。

リュウグウの軌道



推定された形状



(T. Mueller氏による)