



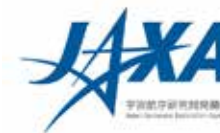
小惑星探査機「はやぶさ2」 記者説明会

2018年12月13日

JAXA はやぶさ2プロジェクト



本日の内容



「はやぶさ2」に関連して、

- ・合運用の状況
- ・MINERVA-II1 ローバ

について紹介する。



目次



0. 「はやぶさ2」概要・ミッションの流れ概要
1. プロジェクトの現状と全体スケジュール
2. 合運用の状況
3. MINERVA-II1 ローバについて
4. その他
5. 今後の予定



「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・有機物の相互作用を解明することで、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)6月27日 |
| 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

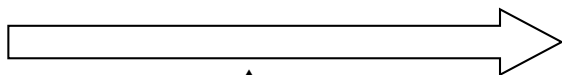
サンプリング機構、地球帰還カプセル、光学カメラ、レーザー測距計、科学観測機器(近赤外、中間赤外)、衝突装置、小型ローバ



ミッションの流れ概要

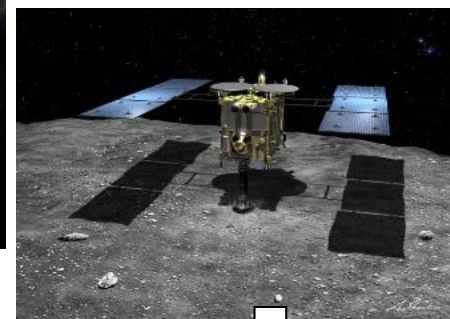


打上げ
2014年12月3日



小惑星到着
2018年6月27日

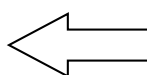
▲
地球スイングバイ
2015年12月3日



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



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。

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。

サンプル分析

(イラスト 池下章裕氏)



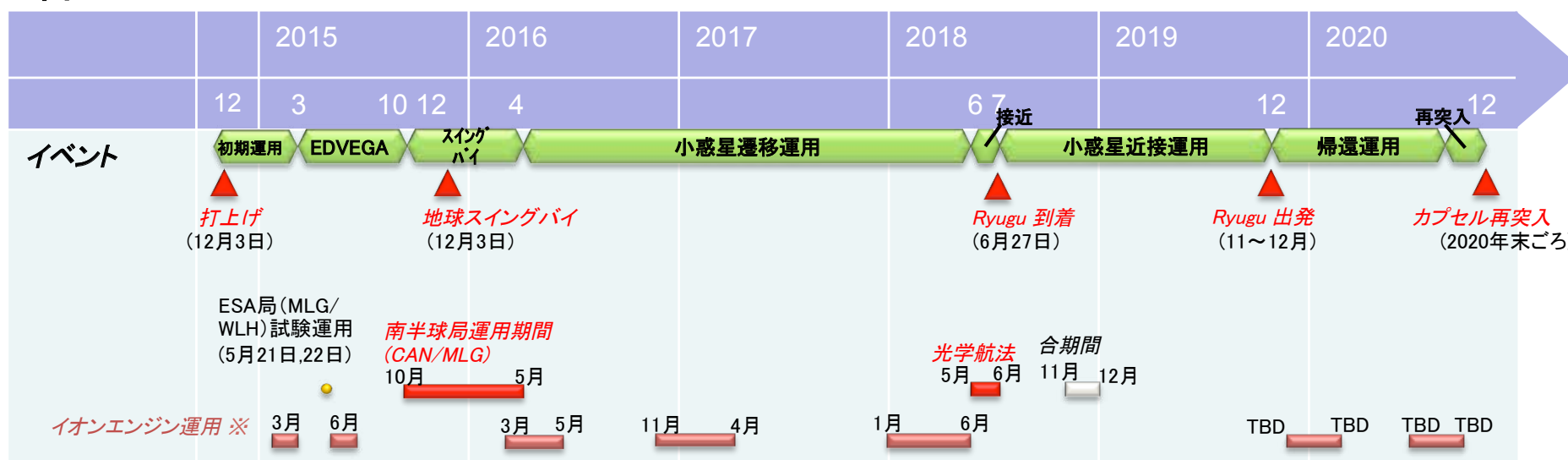
1. プロジェクトの現状と全体スケジュール

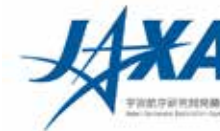


現状:

- 合運用中。
- 12月13日現在、高度約108km、接近速度約1.3cm/s
- 今後、12月末にホームポジションに戻る。

全体スケジュール:





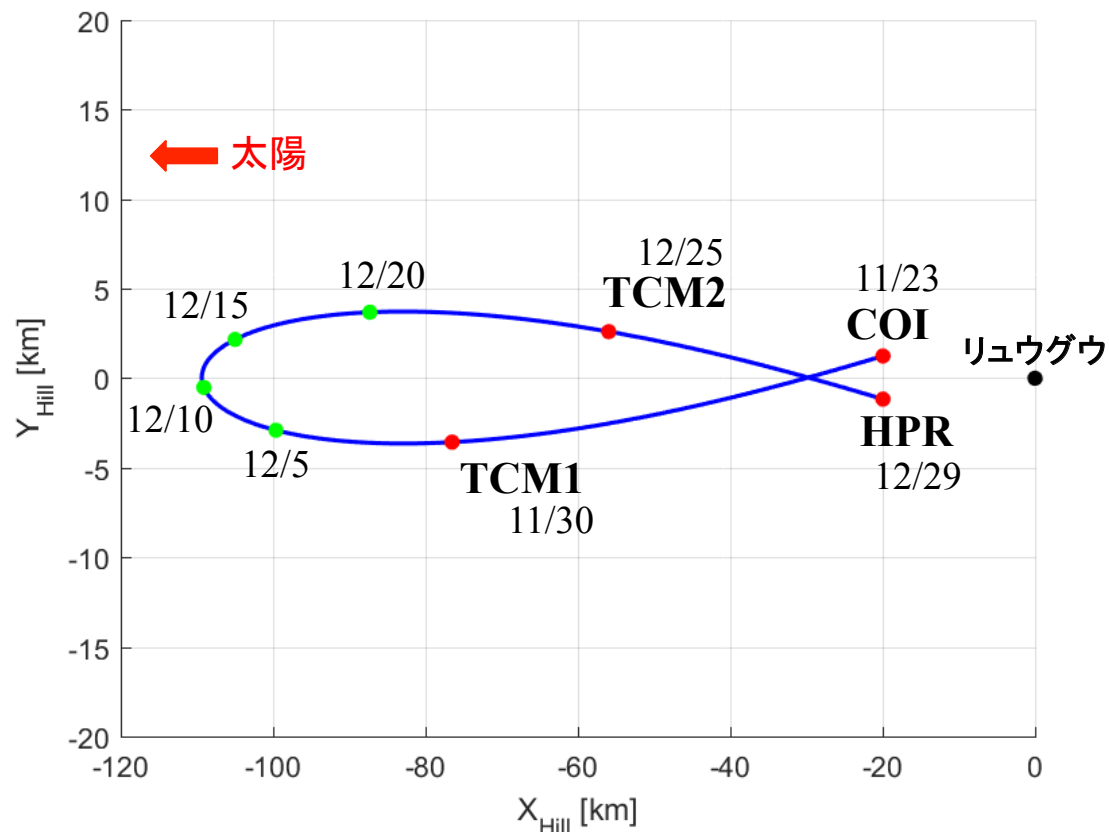
2. 合運用の状況

- 現在、合運用中。太陽-地球-探査機の角度が3度以下となり、探査機との通信は難しい状況。
- 12月29日にホームポジションに復帰する ΔV (HPR: Home Position Recovery) を行う予定。

軌道制御

| 名称 | 日付 |
|------|------------|
| COI | 2018/11/23 |
| TCM1 | 2018/11/30 |
| TCM2 | 2018/12/25 |
| HPR | 2018/12/29 |

COI : Conjunction Orbit Insertion
(合運用軌道投入)
TCM : Trajectory Correction Maneuver
(軌道補正)
HPR : Home Position Recovery
(ホームポジション復帰)





3. MINERVA-II1について



- 9/21 13:06JST「はやぶさ2」探査機より分離
- 1日目(SOL.1)ローバよりテレメトリ受信
 - ・画像データ受信
- 2日目(SOL.2)ローバON確認、テレメトリ待ち
- 3日目(SOL.3)ローバON確認、テレメトリ待ち
- 4日目(SOL.4) Rover-1Aテレメトリ受信
 - Rover-1Aのホッピングを確認
 - Rover-1Bのテレメ受信、ホップ準備中
-

(注) SOL (solar day)。太陽日。おもに地球以外の天体における太陽日を意味し、火星探査機の運用などで用いられる。Ryuguの場合、1ソルは約7.6時間となる。



3. MINERVA-II1について

■ 7日目(SOL.7) Rover-1Bテレメトリ受信

- Rover-1Bのホッピングを確認
- 画像データ受信

.....

■ 10日目(SOL.10) Rover-1B テレメトリ受信

- テレメトリ受信中に電力低下
- 以後、テレメトリなし

.....

■ 27日目(Sol.27) Rover-1Aテレメトリ受信

- Rover-1Aのステレオ画像を受信

.....



3. MINERVA-II1について



■ 113日目(SOL.113) Rover-1Aテレメトリ受信

■ 114日目(SOL.114) Rover-1A

- テレメトリ受信せず
- 以後テレメトリなし

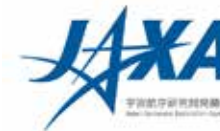
.....

.....

合運用中は、MINERVA-IIの運用はなし



3. MINERVA-II1について



◆Rover-1A:

11月2日:BOX-C運用中に送信コマンドのプロセスが進み、コマンド送信ができた。Rover-1AがONになり、送信コマンドを受信した。しかしながら、Rover-1Aからのテレメトリは受信できず。電力不足と推定している。日影に入っていると推測。

◆Rover-1B

複数回にわたって、Rover-1Bからの電波を受信。しかしながら、電波受信後、オフになり、テレメトリは受信できず。電力不足と推定している。日影に入っていると推測。

Ryuguの季節が変わり、日照条件の変化により、Rover-1A,1Bが目覚める可能性がある。合運用後にオペレーションを再開する計画である。



Rover-1Aが撮影した写真 【初公開】



(画像のクレジット: JAXA)

図1 SOL.27:2018年9月29日(日本時間)にRover-1Aが搭載したステレオカメラで撮像。小惑星表面の近接画像。



Rover-1Aが撮影した写真 【初公開】



図2 SOL.76: 2018年10月14日(日本時間)に Rover-1Aがホッピング中に広角カメラで撮像。

(画像のクレジット: JAXA)



Rover-1Aが撮影した写真 【初公開】

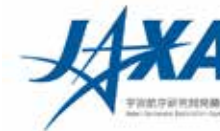


図3 SOL.94: 2018年10月20日(日本時間)に (画像のクレジット:JAXA)
Rover-1Aが小惑星表面静止中に後方広角カメラで撮像。



Rover-1Aが撮影した写真 【初公開】

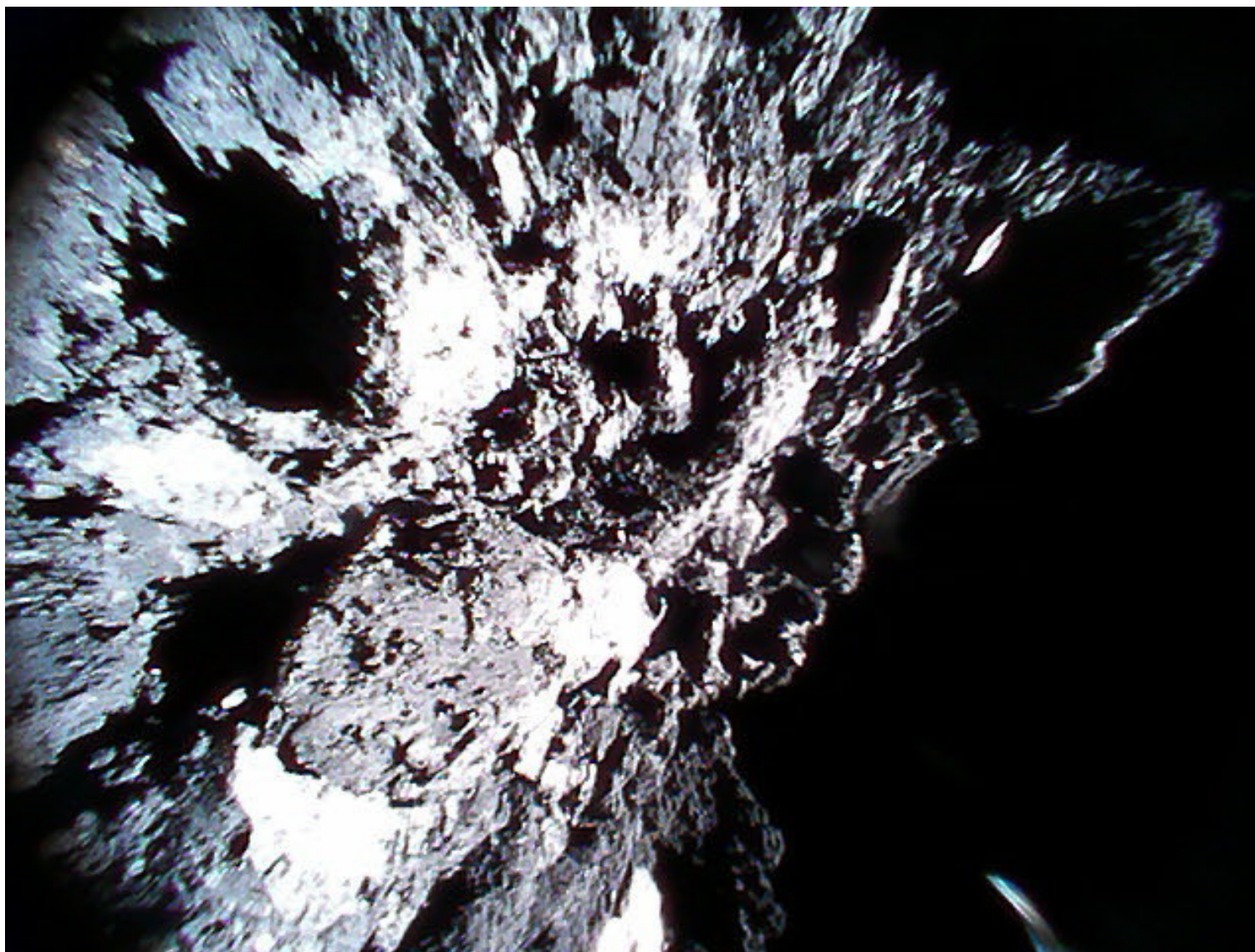


図4 SOL.94: 2018年10月20日(日本時間)に Rover-1Aが小惑星表面静止中に前方広角カメラで撮像。

(画像のクレジット: JAXA)



Rover-1Aが撮影した写真 【初公開】

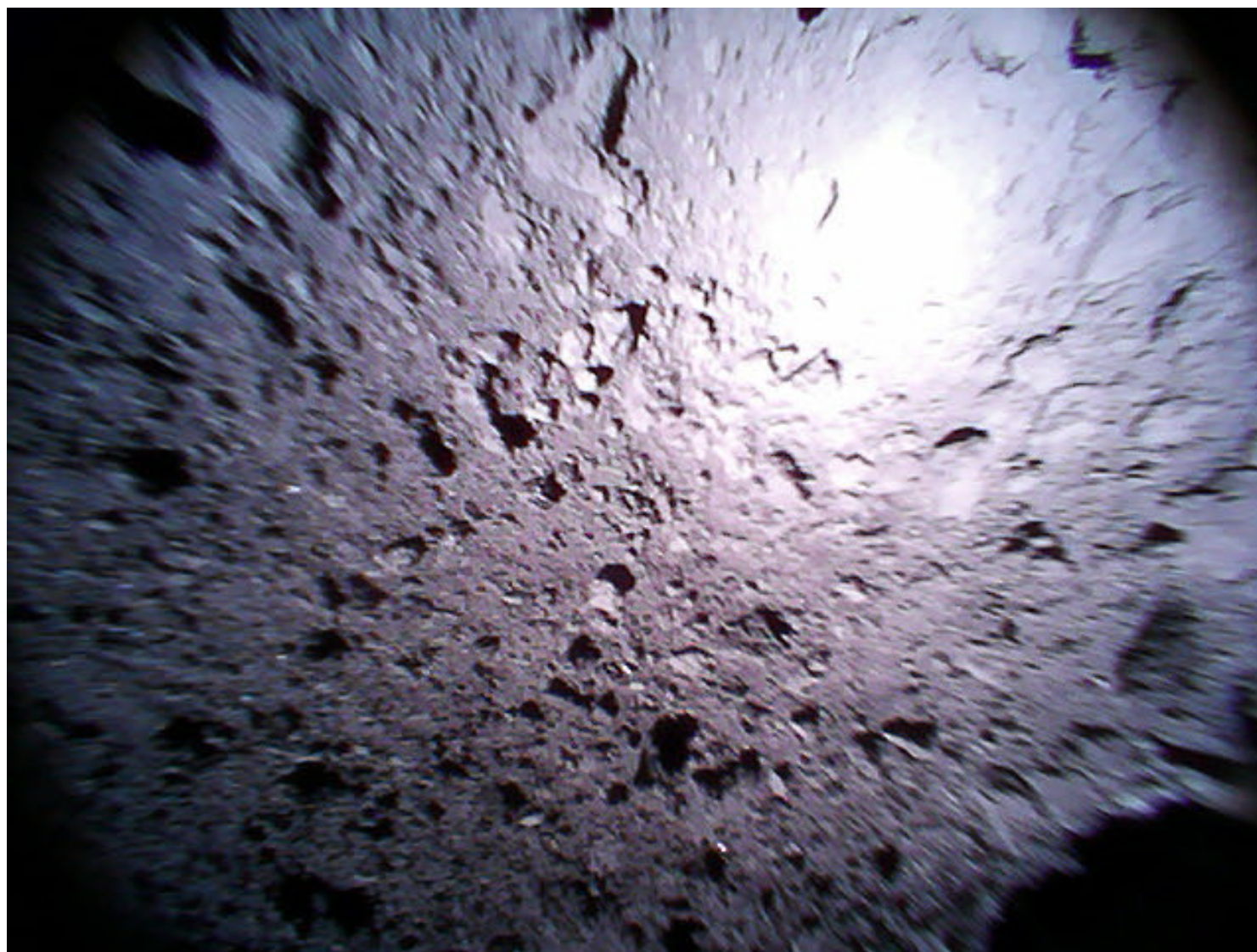
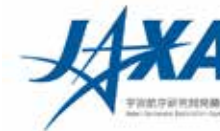


図5 SOL.97: 2018年10月21日(日本時間)に Rover-1Aがホッピング中に広角カメラで撮像。

(画像のクレジット: JAXA)



Rover-1Aが撮影した写真 【初公開】

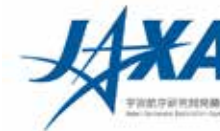


図6 SOL.112: 2018年10月26日(日本時間)に Rover-1Aが静止中に広角カメラで撮像。

(画像のクレジット: JAXA)



Rover-1Aが撮影した写真 【初公開】



図7 SOL.113: 2018年10月26日(日本時間)に Rover-1Aがホッピング中に広角カメラで撮像。

(画像のクレジット: JAXA)



Rover-1Aが撮影した写真 【初公開】

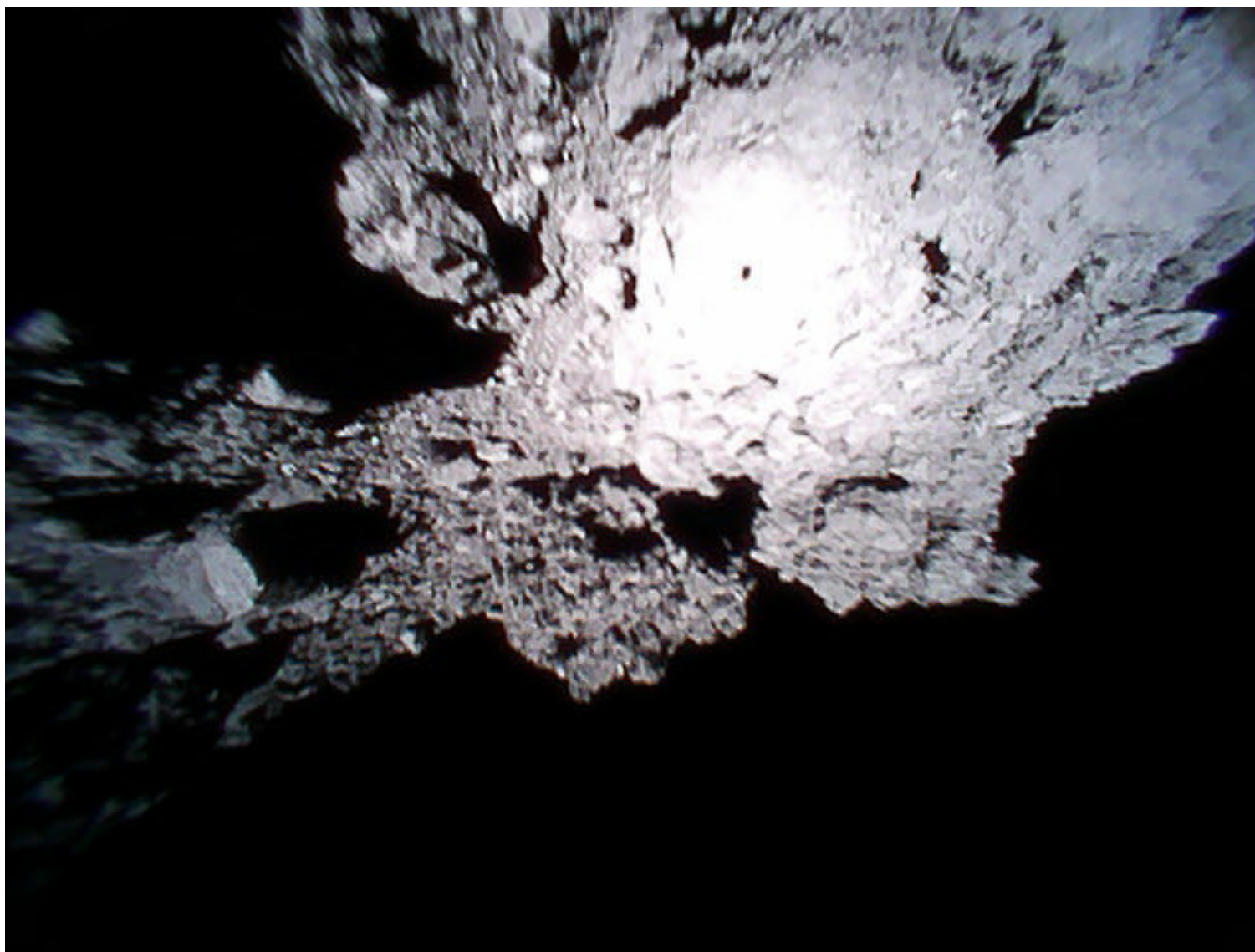
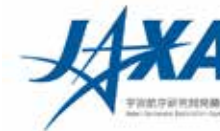
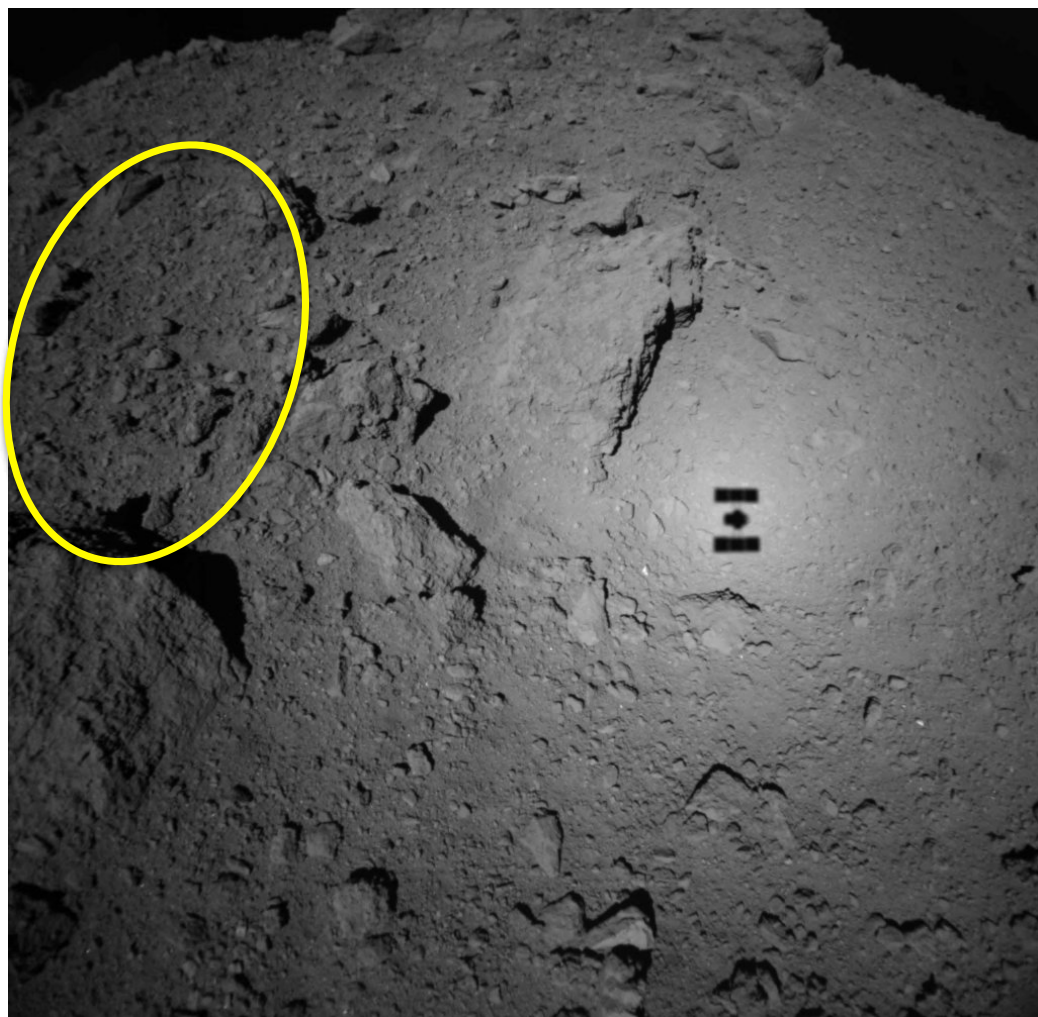


図8 SOL.113: 2018年10月26日(日本時間)に Rover-1Aがホッピング中に広角カメラで撮像。

(画像のクレジット: JAXA)



MINERVA-II1 ロボットの着陸場所



MINERVA-II1ロボットの着
陸場所のニックネーム（
通称）

「トリニトス」
TRINITAS

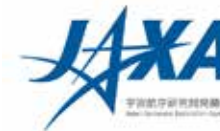
トリニトスは、
「ミネルバ女神の生誕の地」

（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）

2018年9月21日13:02JST
高度70mにて、ONC-W1により撮像



MINERVA-II1 協力団体等

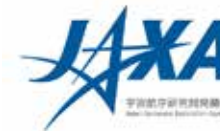


(あいうえお順)

- 愛知工科大学中谷研究室(搭載カメラレンズ)
- 会津大学(搭載太陽電池)
- アドニクス(搭載通信機器)
- アンテナ技研(搭載アンテナ)
- ウェルリサーチ(無重力実験)
- エルナー(搭載電気二重層コンデンサ)
- 慶應義塾大学石上研究室(無重力実験)
- システム・コンサルタンツ(探査機I/FのFPGA)
- セシアテクノ(OME開発・実験用ローバ・無重力実験)
- デジタルスパイス(OMEデータ処理・搭載処理系)
- 東京工業大学 Co60照射室(放射線試験)
- 東京大学杉田研究室(カメラキャリブレーション)
- 東京電機大学栗栖研究室(無重力実験)
- 東京電機大学小林研究室(通信試験)
- 日東光学(現, 株式会社nittoh)(搭載カメラレンズ)
- マクソンジャパン(搭載モータ)
- 明治大学理工学部黒田研究室(無重力実験)
- DLR(落下実験)
- NOVASPACE(航空機実験)
- ZARM(落下実験)



MINERVA-II1 ローバ命名



ミネルバ(ラテン語: Minerva)は、詩・医学・知恵・商業・魔術・製鐵・工芸を司るローマ神話の女神である。英語読みはミナーヴァ。

芸術作品などでは、彼女の聖なる動物であり、知恵の象徴でもあるフクロウと共に描かれることが多い。

女神の聖鳥: フクロウ (ミミズク)

■ミミズクのフランス語のイブーから

Rover-1A: イブー (HIBOU)

Highly Intelligent Bouncing Observation Unit

■フクロウの英語のアウルから

Rover-1B: アウル (OWL)

Observation unit with intelligent Wheel Locomotion



MINERVA-II1 ローバ命名



Rover-1A

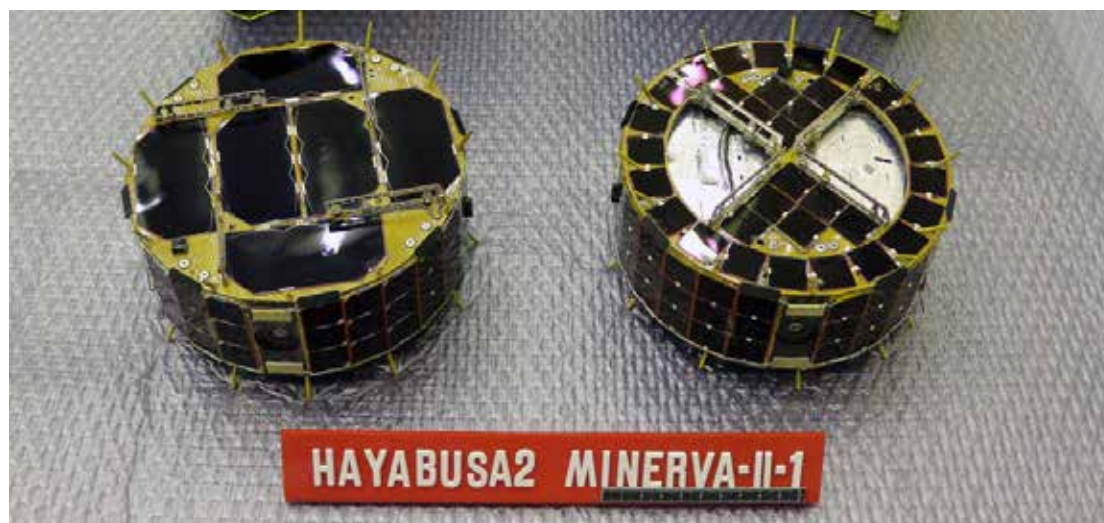
ミミズクの伝説から

イブー
HIBOU

Rover-1B

ふくろうの英語から

アウル
OWL





4. その他



■AGUのFall Meeting速報

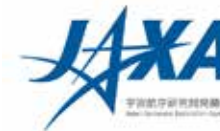
- AGU (American Geophysical Union) の秋季会合 (Fall Meeting) がワシントンDCにて開催中 (期間: 2018年12月10-14日)
- 米国の惑星科学関連の大きな学会で今回の参加登録者数は2万数千人におよぶ (主催者発表)。
- OSIRIS-RExと共同で“A First Look at 162173 Ryugu and 101955 Bennu: Hayabusa 2 and OSIRIS-REx Arrive at Their Respective Target Asteroids (162173リュウグウと101955ベヌーの初観測: 「はやぶさ2」と「OSIRIS-REx」がそれぞれの小惑星に到着)”というセッションを開催
- セッション日: 12月11日 (口頭)、12月12日 (ポスター)

• 講演の内訳

| | はやぶさ2 関連 | OSIRIS-REx 関連 | 両方に関連 | 合計 |
|--------|-------------|------------------|-------|-----|
| 口頭発表 | 13件 | 8件 | 2件 | 23件 |
| ポスター発表 | 14件 | 9件 | 1件 | 24件 |
| 合計 | 27件 | 17件 | 3件 | 47件 |



4. その他



■AGUのFall Meeting速報

口頭セッションでの主要な発表内容:

■はやぶさ2関連

- ・探査の説明(サイエンス、探査機等)
- ・これまでの観測データのまとめ
- ・表面のスペクトルについての詳細
- ・MASCOT関連機器の成果
- ・各機器の成果の詳細

■OSIRIS-REx関連

- ・探査の説明(目的、探査機、スケジュール等)
- ・最新の観測データ(表面の様子、形状、密度、スペクトル等)
- ・予想された水の吸収あり
- ・場所による反射率の違いが大きい
- ・クレーターやボルダールの分布や形状について



「はやぶさ2」と「OSIRIS-REx」の共同の口頭セッションの様子。2018年12月11日(米国時間)。広い部屋の後ろの方の座席まで参加者が集まった。(クレジット:JAXA)



5. 今後の予定



■ 運用の予定

- 12月末まで : 合運用
- 2019年1月から : 通常運用

■ リュウグウ想像コンテストの入選作発表

- 12月下旬を予定

■ 記者説明会等

- 1月8日(火) 午後 記者説明会@お茶の水



参考資料

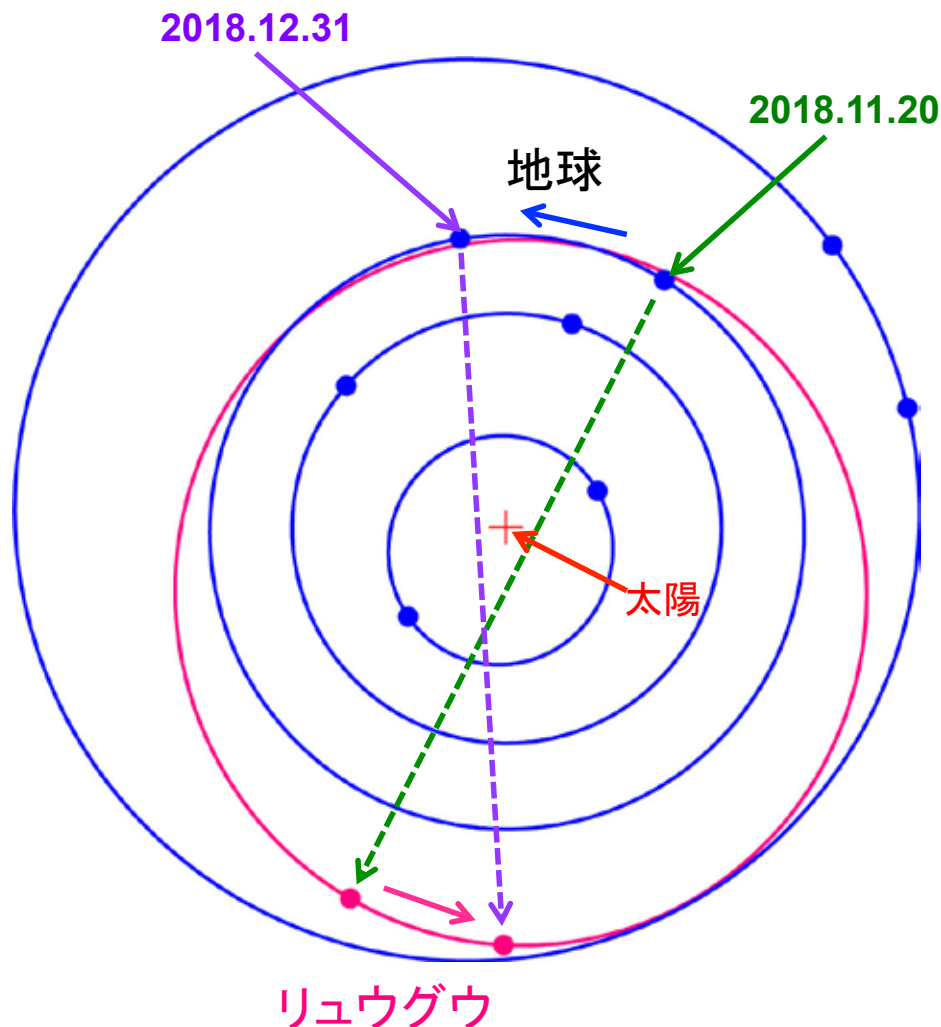


合運用



合運用とは...

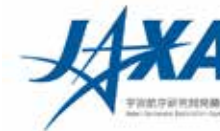
- 深宇宙探査機の運用における「合」とは、地球から見たときに探査機が太陽とほぼ重なる方向にある場合のことを指す。(天文学の「合」と同意)
- 合となると、太陽が放射する電波によって探査機との通信が確保できなくなる。
- 合の期間はクリティカルな運用は行わない。
- 「はやぶさ2」では合の期間は2018年11月下旬から12月末まで。



地球とリュウグウの位置関係
(©JAXA)



合運用



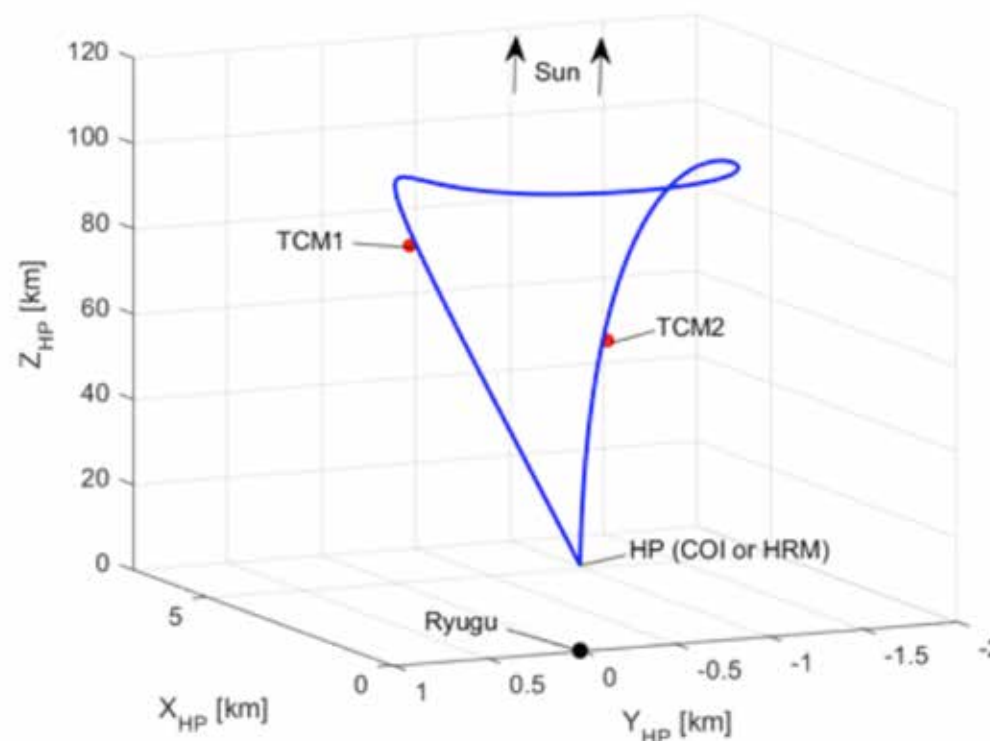
合運用における軌道と軌道制御

軌道制御

| 名称 | 日付 |
|------|------------|
| COI | 2018/11/23 |
| TCM1 | 2018/11/30 |
| TCM2 | 2018/12/25 |
| HPR | 2018/12/29 |

COI : Conjunction Orbit Insertion
(合運用軌道投入)
TCM : Trajectory Correction Maneuver
(軌道補正)
HPR : Home Position Recovery
(ホームポジション復帰)

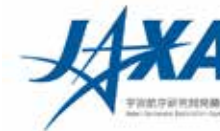
軌道が複雑な形をしているのは、太陽潮汐力、小惑星重力、太陽光圧が影響した結果である。



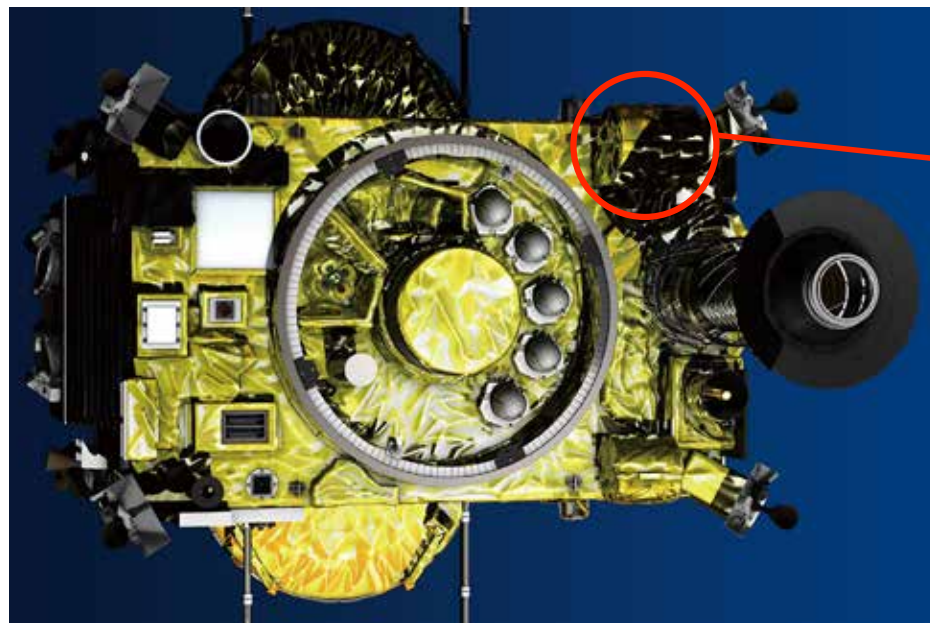
ホームポジション座標系における合運用遷移軌道



MINERVA-II

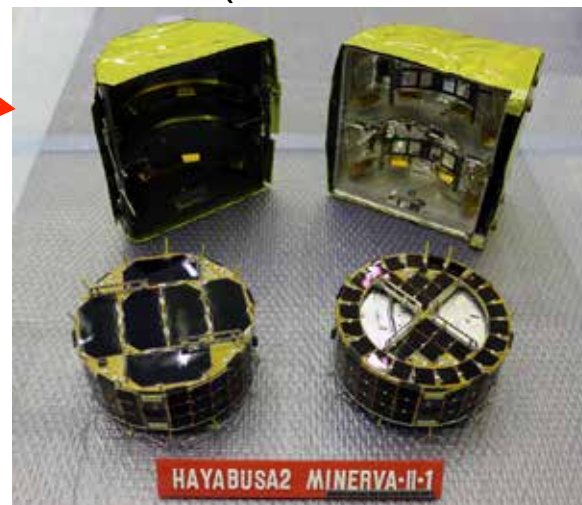


MINERVA-IIは、「はやぶさ」に搭載したMINERVAの後継機



(©JAXA)

MINERVA-II1(Rover-1A, Rover-1B)



HAYABUSA2 MINERVA-II-1

JAXA製作

- 分離機構を含む総質量は、 MINERVA-II1 : 2.5kg
- MINERVA-II1には2つの探査ローバを搭載



MINERVA-II1 Rover



Micro Nano Experimental Robot Vehicle for Asteroid the Second Generation

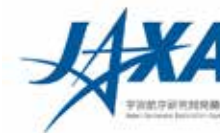
- ホッピングメカニズム
- 未知環境適応能力
- 小型・軽量・低消費電力
- 自律探査行動
- 科学観測（表面ステレオ画像・温度計測）



(©JAXA)



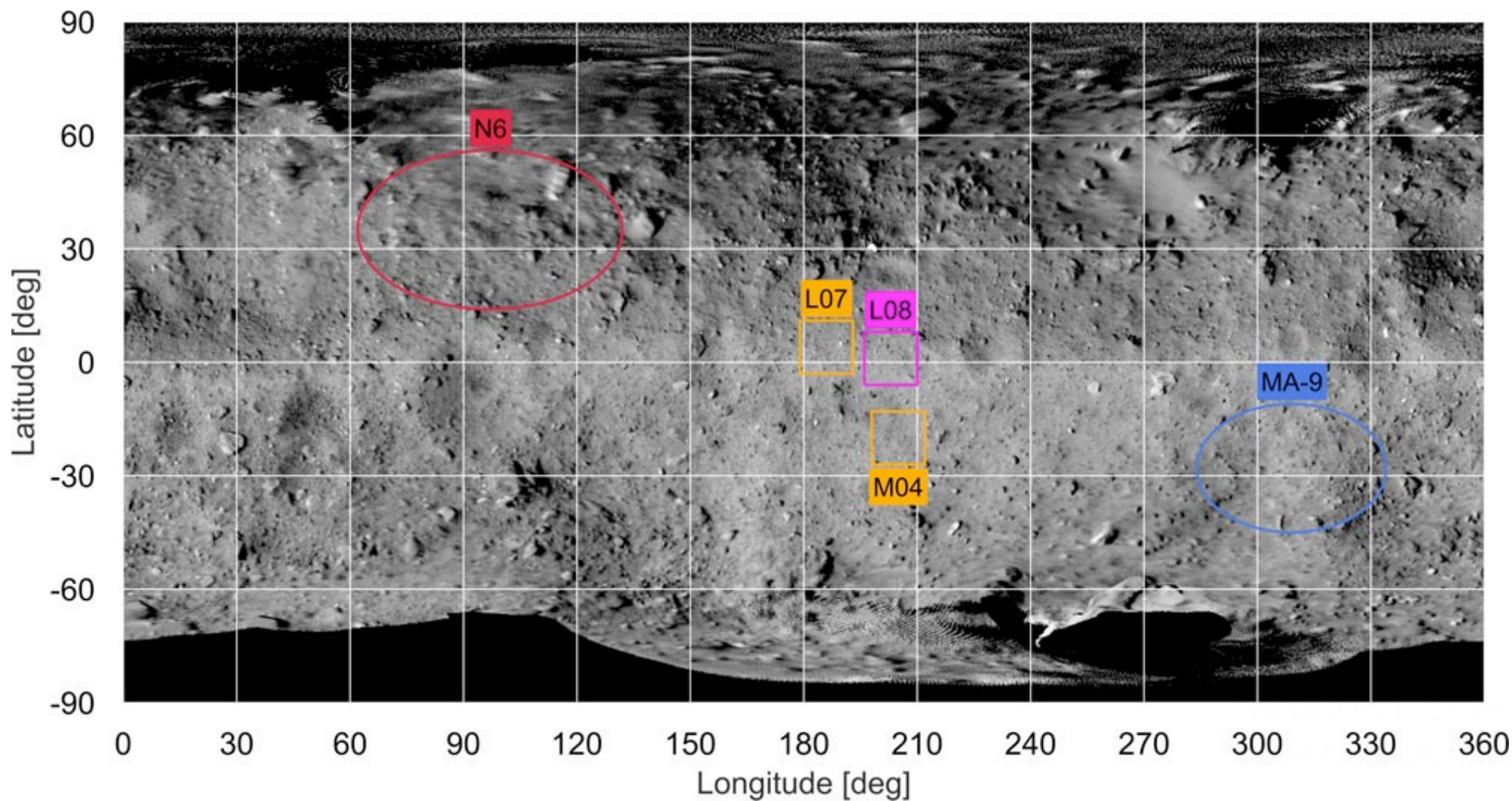
MINERVA-II1 Rover



| | |
|-------|--|
| 大きさ | 正二十六角柱 直径: f180[mm] 高さ: 70[mm] |
| 重量 | 1A:1,151[g], 1B:1,129[g] |
| 駆動部 | 直流モータ 1個 |
| 搭載センサ | カメラ4個(1A), カメラ3個(1B) 光センサ, 加速度計, 温度計, ジャイロ |
| 通信速度 | 32k[bps] (max) |



MINERVA-II1 ロボットの着陸候補



(©JAXA)