

# 小惑星探査機「はやぶさ2」の現状報告

2021年2月9日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所



# 内容



- カプセル帰還運用
- サンプル情報
- 拡張ミッション



# 地球帰還運用

- はやぶさ2のリエントリ最終誘導フェーズ運用は計画通り遂行された。
  - TCM-0~TCM-5は予定通りの時刻に、高い軌道制御精度で実施された。
  - カプセルはリエントリ12時間前に分離された。カプセルのその後の動作は正常であった。※TCM:Trajectory Correction Maneuver(軌道修正)
  - 探査機はリエントリ11~10時間前に計画通り地球圏離脱マヌーバを実施し、拡張ミッション軌道へ移行した。
- はやぶさ2カプセルは、2020年12月6日にオーストラリアのウーメラ地区に着地した。
  - 着地目標楕円(100x150km)内に計画通り着地した。
  - カプセルは着陸後正常な状態で発見・回収され、相模原のキュレーション室に搬入された。
  - カプセル内からは、リュウグウ由来のガスの採集、リュウグウサンプル(固体)の回収に成功した。

以上により、はやぶさ2の帰還フェーズ運用は計画通り完了した。

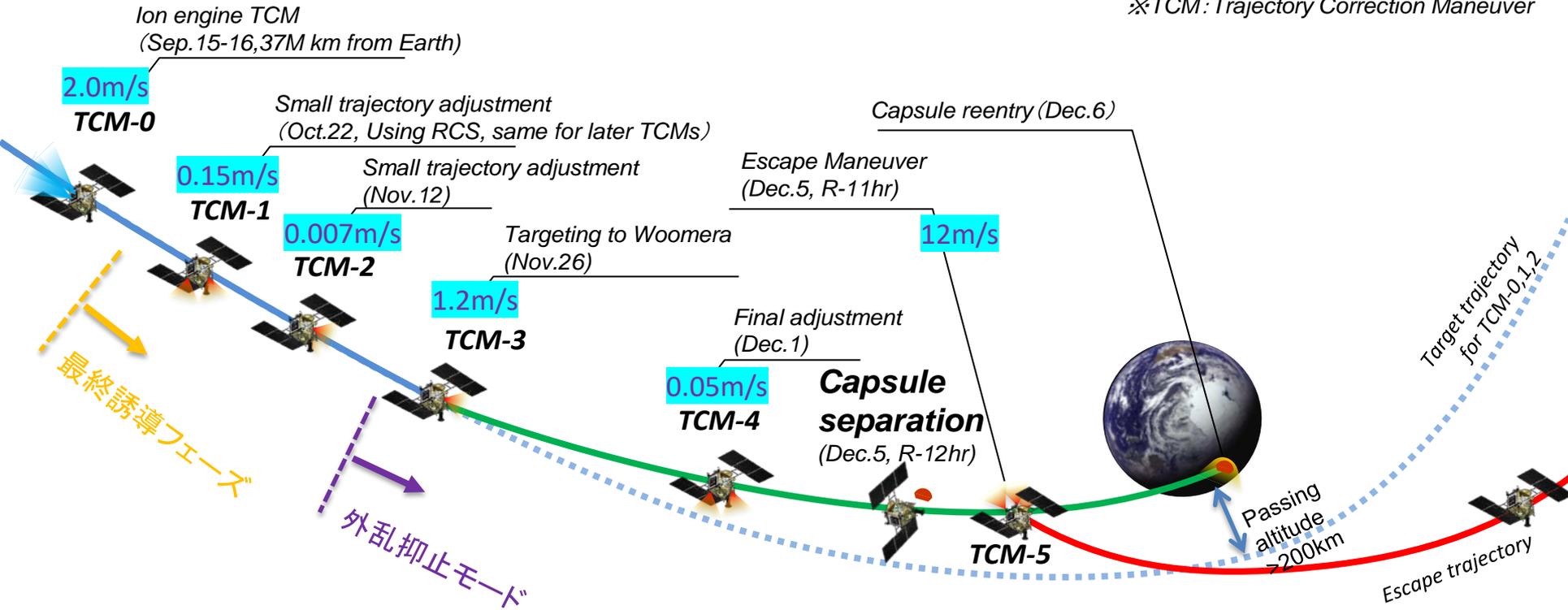


# リエントリ最終誘導フェーズ



- TCM-0,1,2で、TCM-3インターフェースポイントへ誘導。
- TCM-3で、地球リム通過軌道からウーメラ中心ターゲティング軌道へ遷移。
- TCM-4で、着陸目標点ターゲティング軌道へ遷移。
- TCM-5で、地球圏離脱軌道制御。拡張ミッション軌道へ遷移。

※TCM: Trajectory Correction Maneuver



画像クレジット: JAXA

リエントリ12日前以降は、「外乱抑止モード」で運用

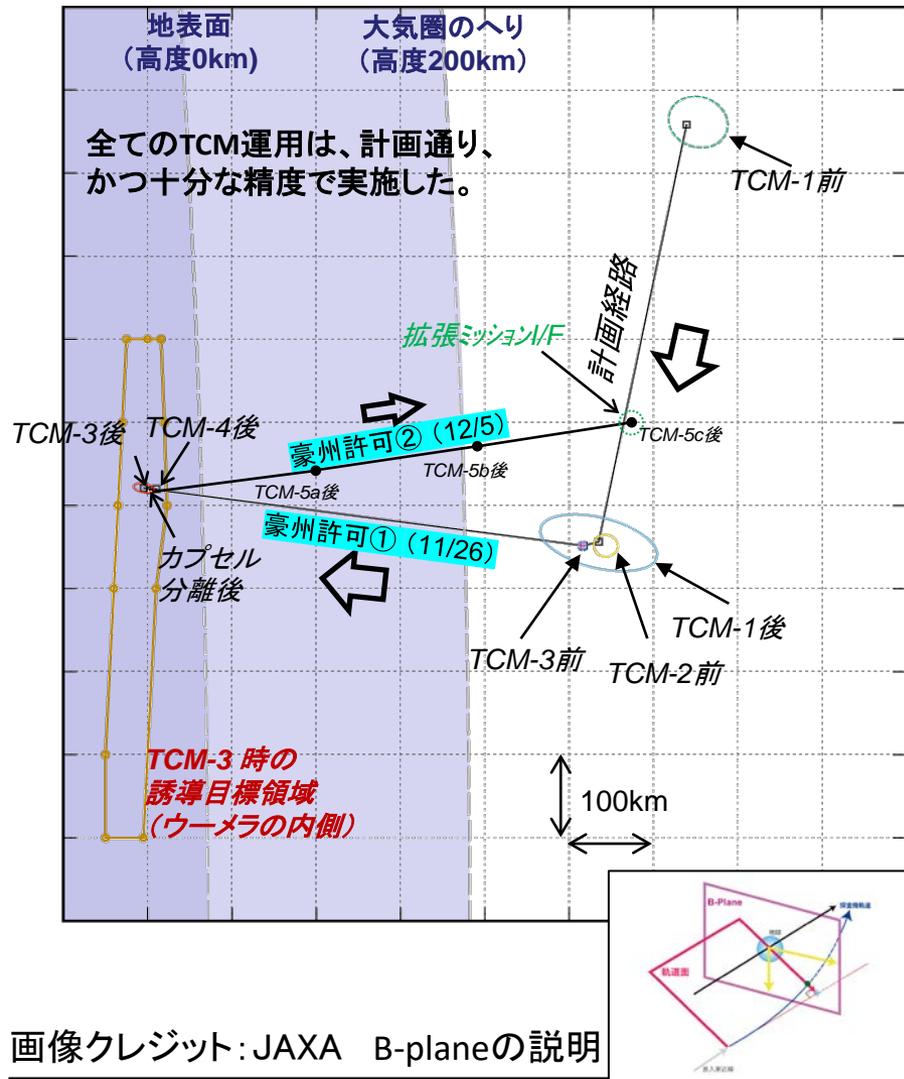
- ✓ 探査機安全よりカプセル帰還を優先(姿勢喪失時もRCS-Safe Holdを禁止)
- ✓ リアクションホイールのアンローディングが絶対に発生しないよう、太陽光圧、空力、地磁気外乱を読み切る運用



# 誘導実績

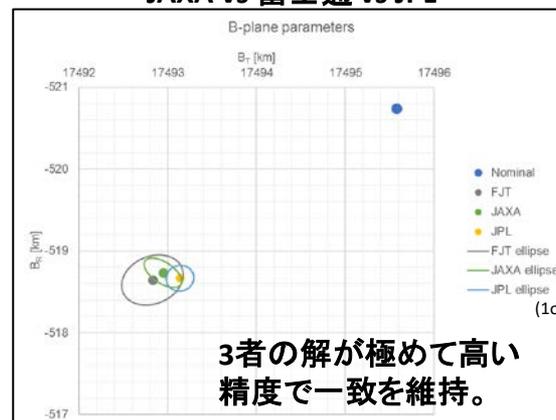


## TCM誘導計画／実績(B-plane図)



## 軌道決定状況の例(TCM-4時)

### JAXA vs 富士通 vs JPL



## 深宇宙からのリエントリ

- ・ 深宇宙からカプセルを帰還させる運用を行っている宇宙機関は、NASAとJAXAのみ。(数億kmの彼方から地上の100kmの領域に誘導できる)
- ・ やり直しや延期することができない運用を、正確にまた確実に行う技術を日本は獲得したと言える。「はやぶさ」に続いて「はやぶさ2」でも成功

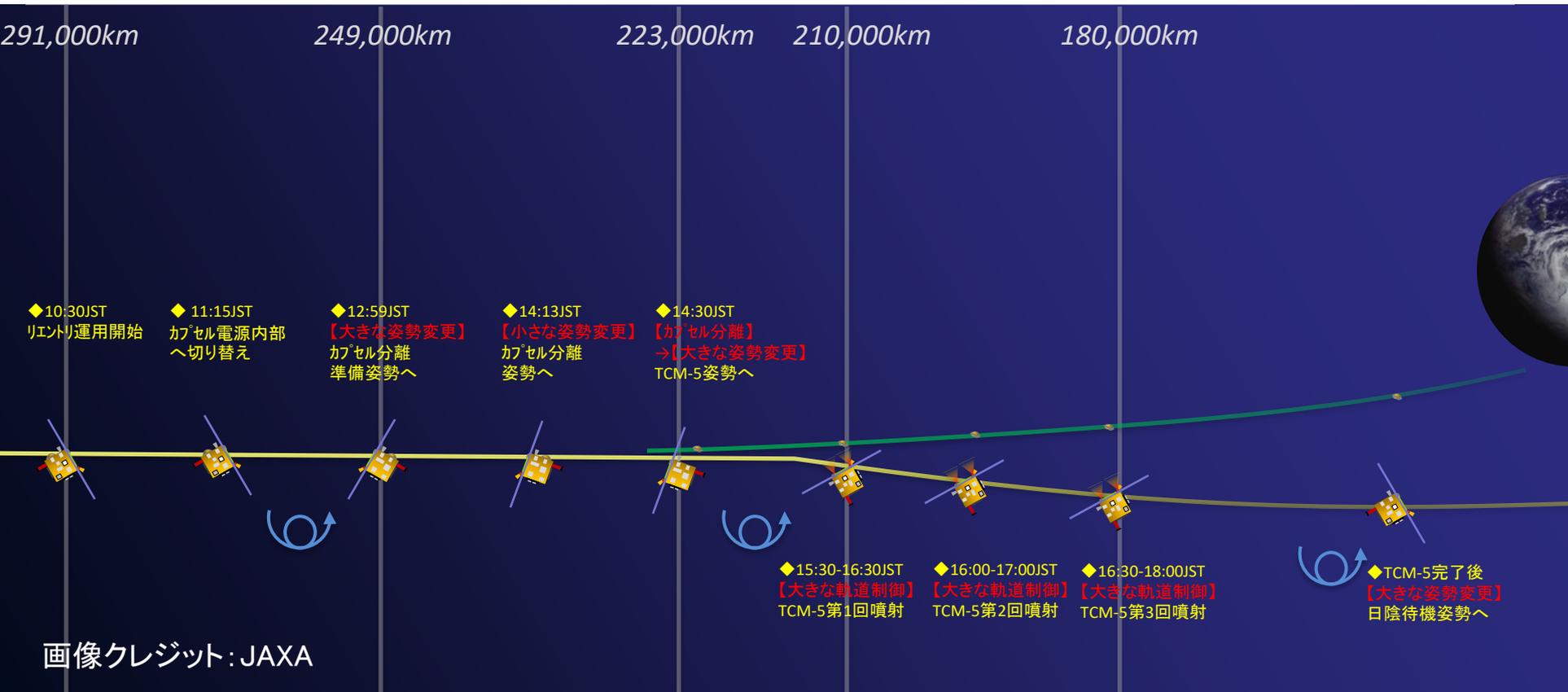
画像クレジット: JAXA B-planeの説明



# カプセル分離(12/5の運用)



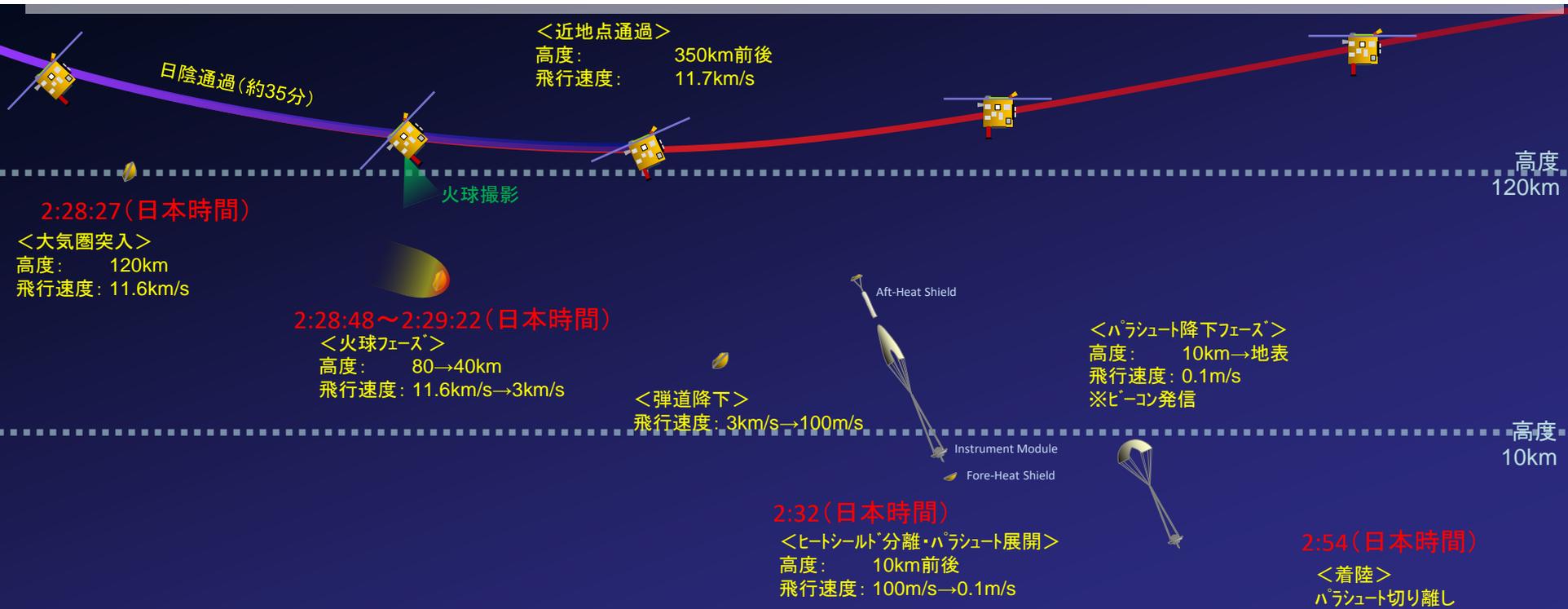
- カプセル分離時、探査機の姿勢は(太陽に対して)大きく傾ける。こうすることで、大気圏突入時にカプセルがちょうどよい姿勢になる。
- 2020年12月5日、14:30 JST、カプセル分離を確認し、15:30~16:30にTCM-5を実行した。
- TCM-5実施にあたっては、豪州帰還安全担当官(CRSO: Commonwealth Return Safety Officer)から軌道変更の許可を、当日運用開始後に取得した。





# リエントリ(12/6の運用)

- 探査機は、01:56~02:31 JST(以下時刻はJST)に日陰に入り、03:15からは地上局と通信が再開された。
- 02:29 にカプセルからの発行が確認され、02:32にはカプセルからのビーコン電波が受信された。ビーコン電波は、02:54に消感した。
- 03:07に方向探索によりカプセルの着地点が推定でき、04:47にヘリコプターでパラシュート発見、06:23には着地点にてカプセルの回収作業が行われた。
- 08:03に、現地本部にカプセルが搬入された。





# カプセル回収の様子



ヘリにより目視発見。本体・ヒートシールド・パラシュート等全て回収。



安全化処置後、現地QLFへヘリにて搬送。



現地QLFにてガス採取に成功(リュウグウ由来であることの確認は帰国後)

Dec.6 (JST)

- 02:28 リエントリ(高度120km通過)
- 02:32 ビーコン検知
- 02:54 カプセル着陸(ビーコン消失)
- 04:47 カプセル発見
- 08:03 カプセル現地分析施設(QLF)到着
- 11:13 前面ヒートシールド発見
- 12:31 背面ヒートシールド発見

Dec.7

カプセル豪州出発

Dec.8

相模原キュレーション設備搬入

57hr

(<100hr)  
※サンプル  
汚染管理の  
ためのクラ  
イテリア



# カプセル 日本到着 ~ 開封



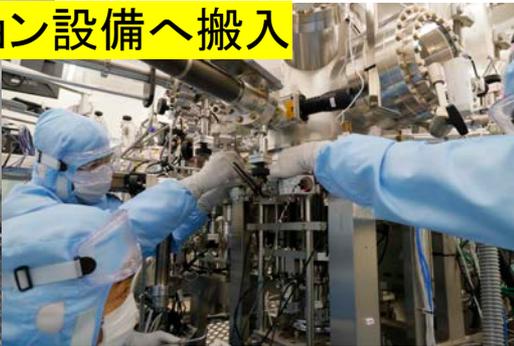
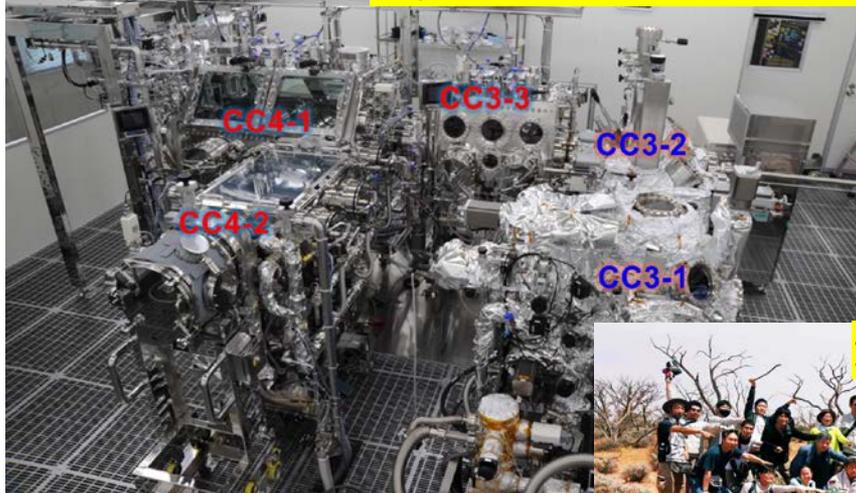
12/7 ウーメラ空港 Falcon 7Xで空輸



12/8 カプセル相模原到着



12/8 相模原キュレーション設備へ搬入



12/15 サンプル確認



12/14 着地点視察



画像クレジット: JAXA



# 近地点通過後の地球撮像



## ◆再出発直後の地球カラー画像

- 地球中心からの距離：8.8万km
- 時刻: 日本時間12/6(日)6:30am  
(地球最接近から約4時間後)
- 画面右上に南極、上端に南米西岸が写っている。



## ◆再出発直後の地球カラー画像

- 地球中心からの距離：13万km
- 時刻: 日本時間12/6(日)8:50am  
(地球最接近から約6時間半後)
- 画面左下方向に豪州が写り、画面中央を赤道が左右に横断している。雲の少ない赤道帯の上下に雲の列が見える。



# LIDAR光リンク実験結果



## エコー・トランスポンダ方式によるはやぶさ2-地上局間の2Wayレーザーリンクに成功



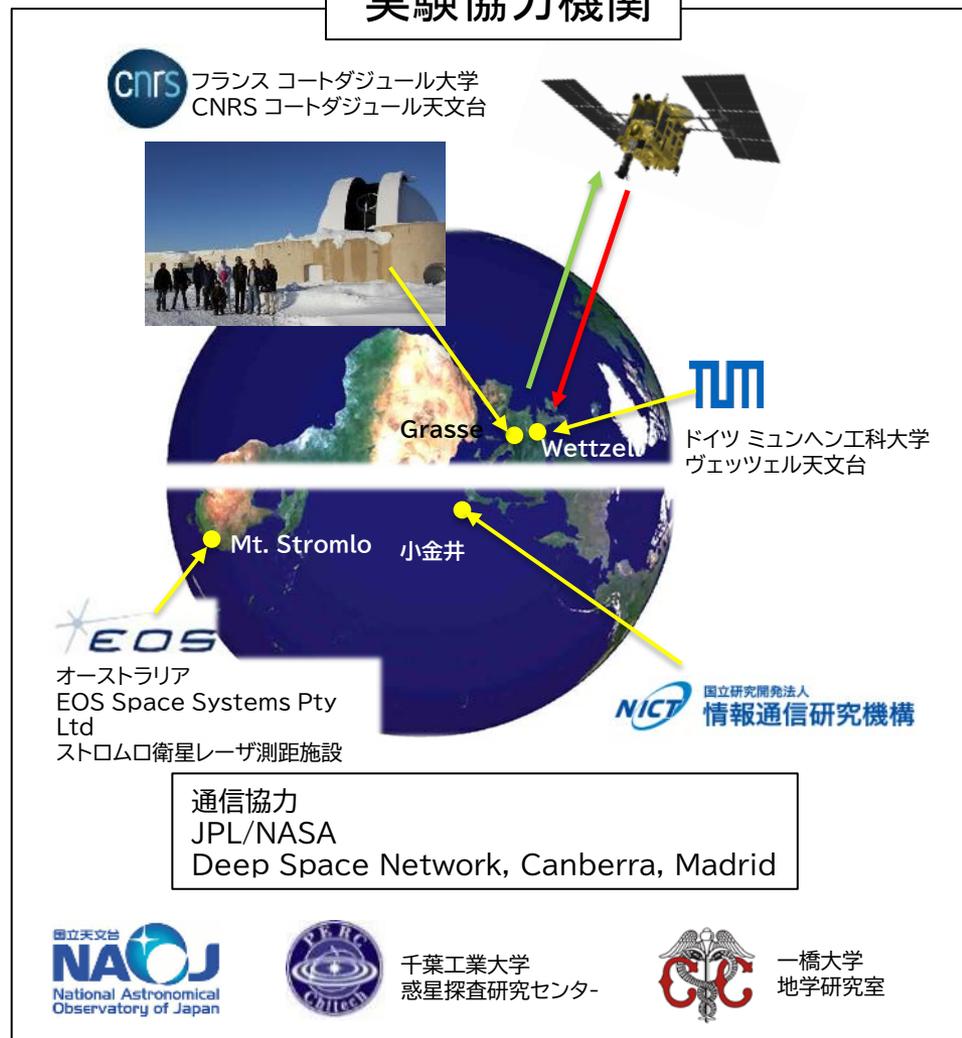
LIDAR

レーザ高度計(LIDAR)を用いて、地上のレーザ測距局と探査機との間でレーザの送受信実験を行った。これは、将来の深宇宙レーザ測距の可能性と高精度軌道決定に向けた技術蓄積となる。

### 成果

- ・フランス グラス局で2Wayリンク(アップリンクとダウンリンク)に成功した。
  - 2020年12月9日 約100万km
  - 2020年12月21日 約600万km
- ・2Wayリンクとしては、2005年のメッセンジャー探査機による2400万kmの距離に次ぐ世界2番目の距離になる。ただし、メッセンジャー探査機は非同期での実験であった。「はやぶさ2」では同期による実験であり、同期による実験成功は世界初。
- ・1Wayリンク(アップリンク)に関しては、3局(グラス局、NICT小金井局、EOSストロムロ局)で成功した。

### 実験協力機関





# はやぶさ2の工学上の「世界初」



- 1) 小型探査ロボットによる小天体表面の移動探査
- 2) 複数の探査ロボットの小天体上への投下・展開
- 3) 小惑星での人工クレーターの作成とその過程・前後の詳細観測
- 4) 天体着陸精度60cmの実現
- 5) 同一天体2地点への着陸
- 6) 地球圏外の天体の地下物質へのアクセス
- 7) 最小・複数の小天体周回人工衛星の実現
- 8) 地球圏外からの気体状態の物質のサンプルリターン
- 9) C型小惑星の物質のサンプルリターン

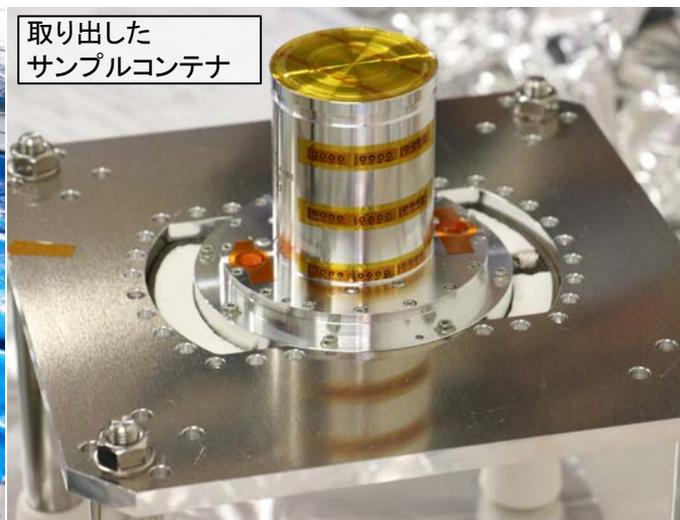
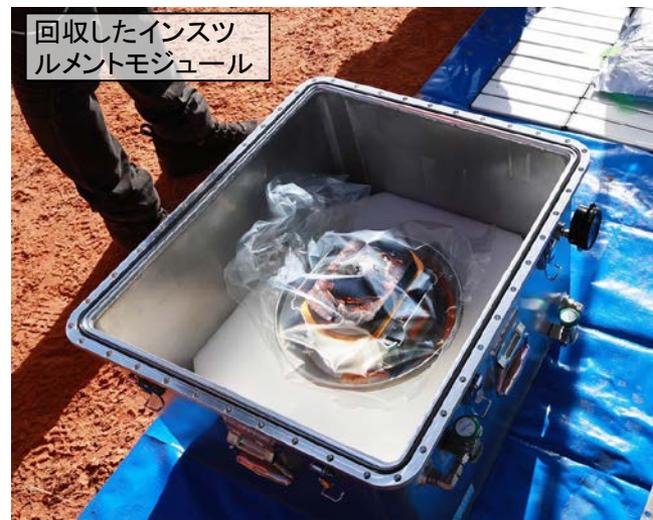
さらに、「惑星間往復航行」を実現したという点では、はやぶさ初号機に続いて人類史上2番目。

プロジェクトサクセスクライテリアは、今回の再突入カプセル回収成功により、サンプル分析以外の目的は全て達成した。(参考参照)



# サンプルコンテナからのガス採取

- 回収したインスツルメントモジュール(I/M)をQLF(Quick Look Facility)に輸送し、安全化の後に分解。
- サンプルコンテナを取り出し、ガス採取装置に接続。
- サンプルコンテナからガスを採取し、質量分析を実施した。



(画像クレジット: 回収されたインスツルメントモジュール: JAXA  
取り出したサンプルコンテナ、ガスを採取している様子: JAXA/  
東京大学/九州大学/JAMSTEC)



# サンプルコンテナ内のガス分析について



- 2020年12月7日にQLF (Quick Look Facility) にてサンプルコンテナ内から採取されたガスの質量分析を行った。
- さらに、確認のためにJAXA相模原キャンパス地球外試料キュレーションセンターで同様の分析を12月10日から11日にかけて行った
- 以下の点よりサンプルコンテナ内のガスはリュウグウ由来のものであるとの判断
  - 地球外試料キュレーションセンターでの分析結果が、豪州ウーメラ現地本部で行ったガスの分析結果と同じである。
  - 分析結果より、サンプルコンテナの状態は、アルミニウムメタルシールによる封止が設計どおり行われており、地球大気の混入がミッションでの許容レベルより十分低く抑えられている。
  - サンプルコンテナ内では、豪州でガスを回収した後も同じ成分のガスが発生していることが相模原キャンパスで確認できたことから、採取されたガスはサンプルの脱ガ

**地球圏外からガスサンプルリターンは世界初**



# キュレーションクリーンルーム内でのコンテナ開封作業



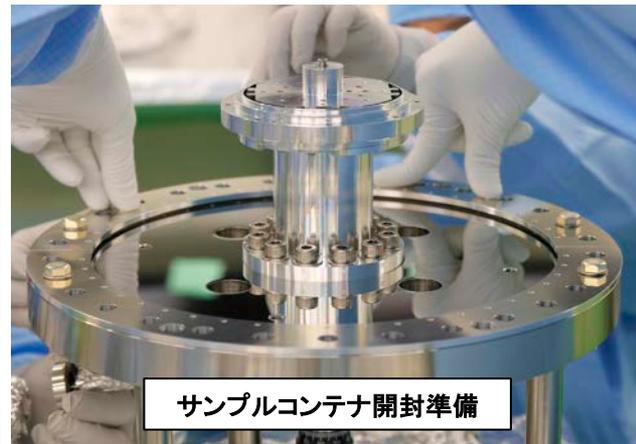
～サンプルコンテナからアプレータ取り外し、サンプルコンテナ開封作業～



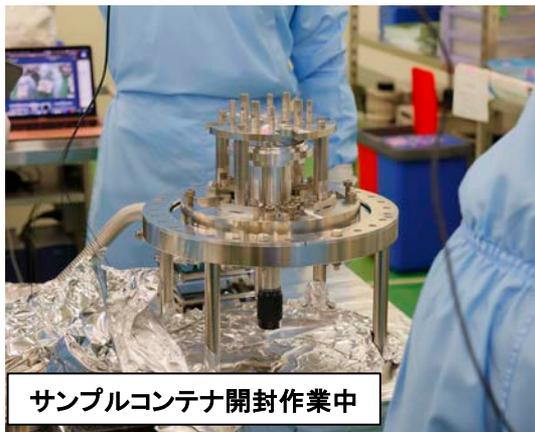
密閉型輸送ボックスから取り出し



アプレータを取り外した状態



サンプルコンテナ開封準備



サンプルコンテナ開封作業中



CC3-1接続前

画像クレジット：JAXA, 東京大学, 九州大学, JAMSTEC



# キュレーションクリーンルーム内での コンテナ開封作業



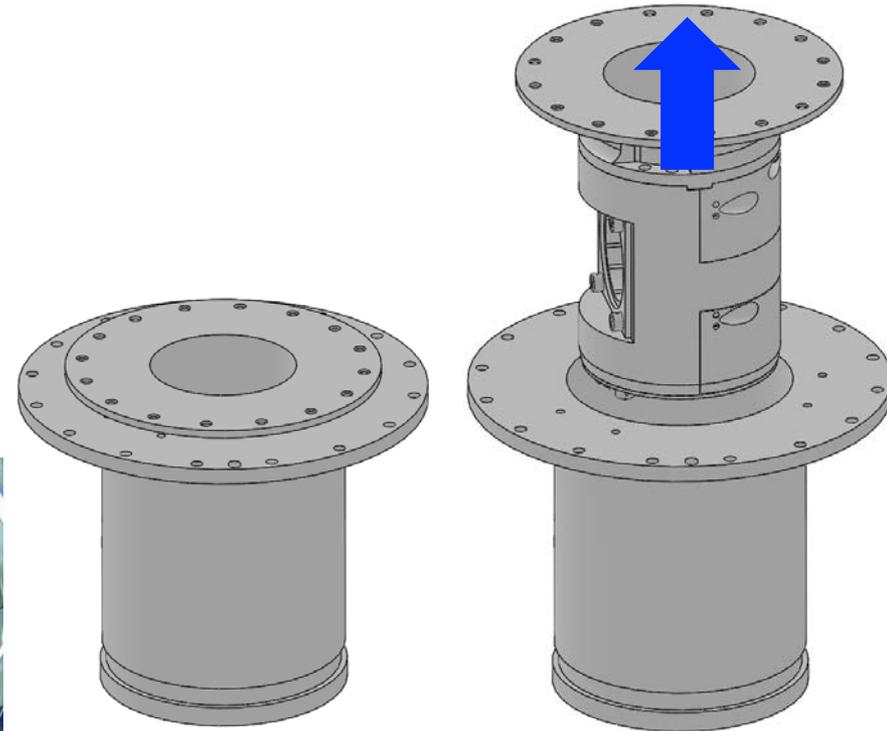
## ～クリーンチャンバCC3-1接続、サンプルコンテナ開封～

サンプルコンテナをCC3-1に接続してる様子

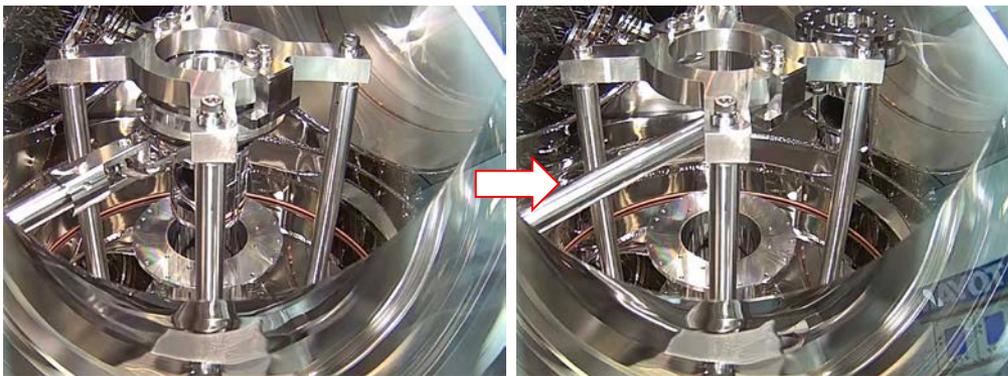


画像クレジット:  
JAXA  
東京大学  
九州大学  
JAMSTEC

CC3-1内でサンプルコンテナから  
キャッチャを引上げる模式図



CC3-1の中でキャッチャを引上げ移動している様子

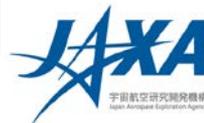


画像クレジット: JAXA

画像クレジット: JAXA

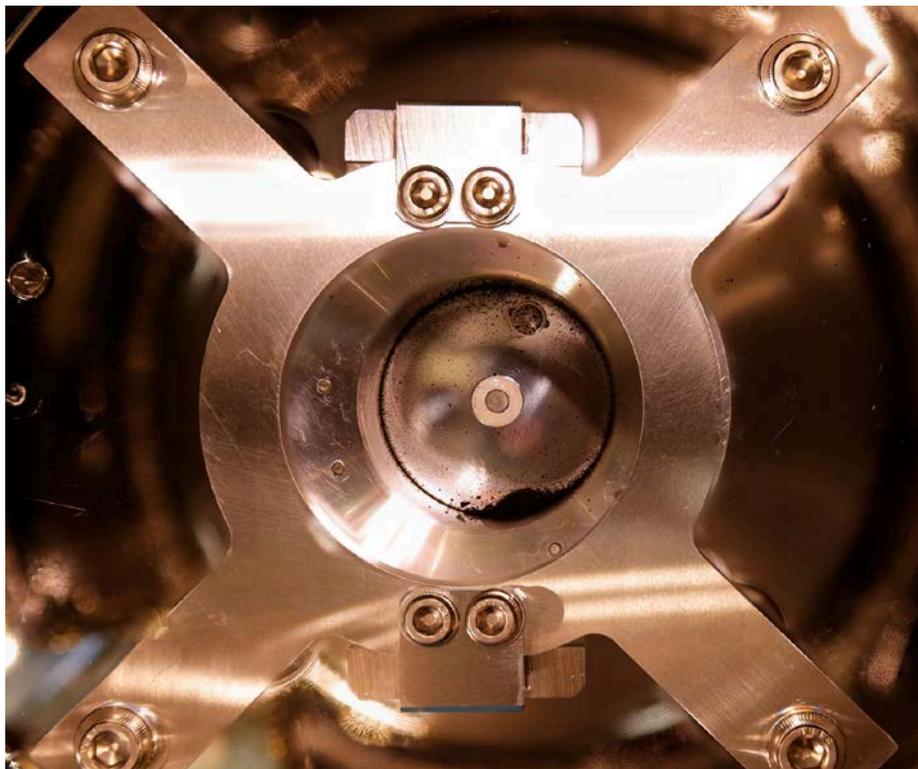


# キュレーションクリーンルーム内でのコンテナ開封作業

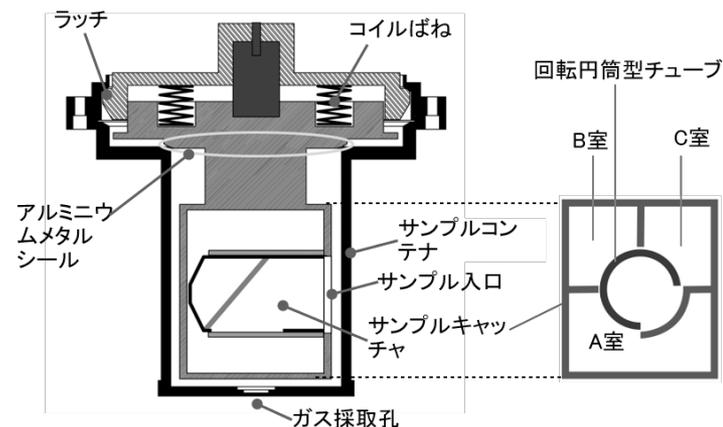


## ～クリーンチャンバCC3-1接続、サンプルコンテナ開封～

キャッチャを移動後、上方からサンプルコンテナの底を観察した様子



- CC3-1内でサンプルコンテナを開封し、サンプルキャッチャを中から引き上げた
- サンプルキャッチャ蓋を外すためにCC3-2にキャッチャを移動後、サンプルコンテナ底面を観察
- サンプルコンテナの底面にリュウグウの粒子を思われる黒い粒子を確認



画像クレジット: JAXA

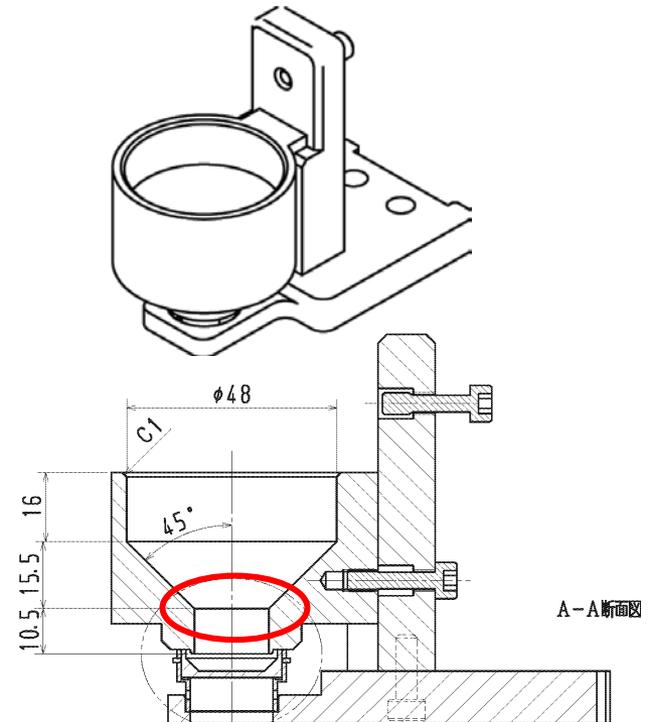
キャッチャーA室(下図)・B室・C室を開封し、  
回収容器(右図)に移動後、顕微鏡で観察



A室開封後の画像

画像クレジット: JAXA

回収容器の外観

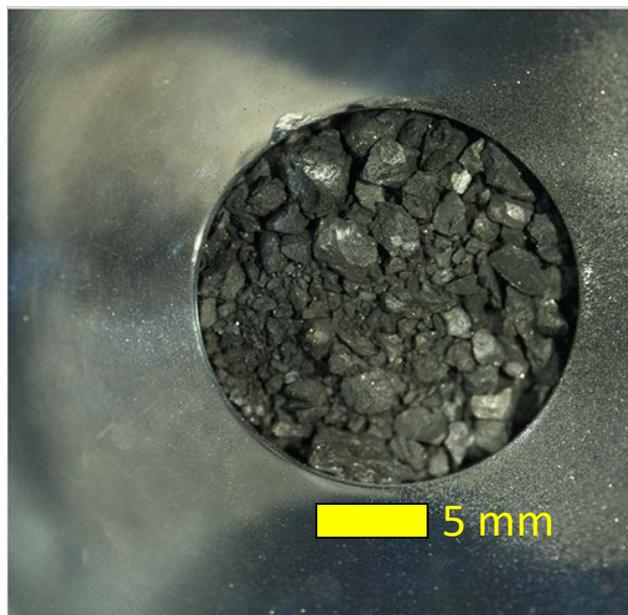


次頁の写真の範囲(内径17mm)

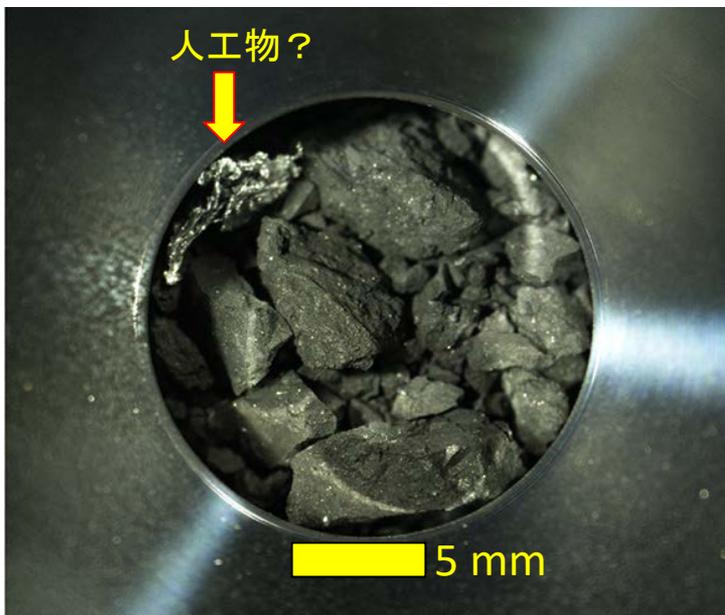


# キュレーション作業

- A室・C室とも、1 mmを超える粒子の存在を多数、確認
- A室よりC室内の粒子の方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(調査中)

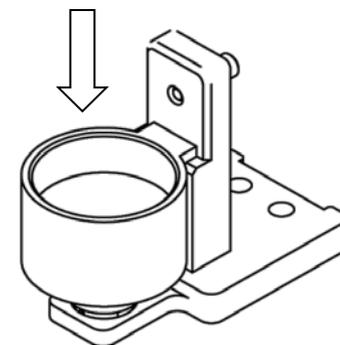


A室(回収容器内)の光学顕微鏡像



C室(回収容器内)の光学顕微鏡像

右図  
(回収容器上方から確認)



回収容器の外観

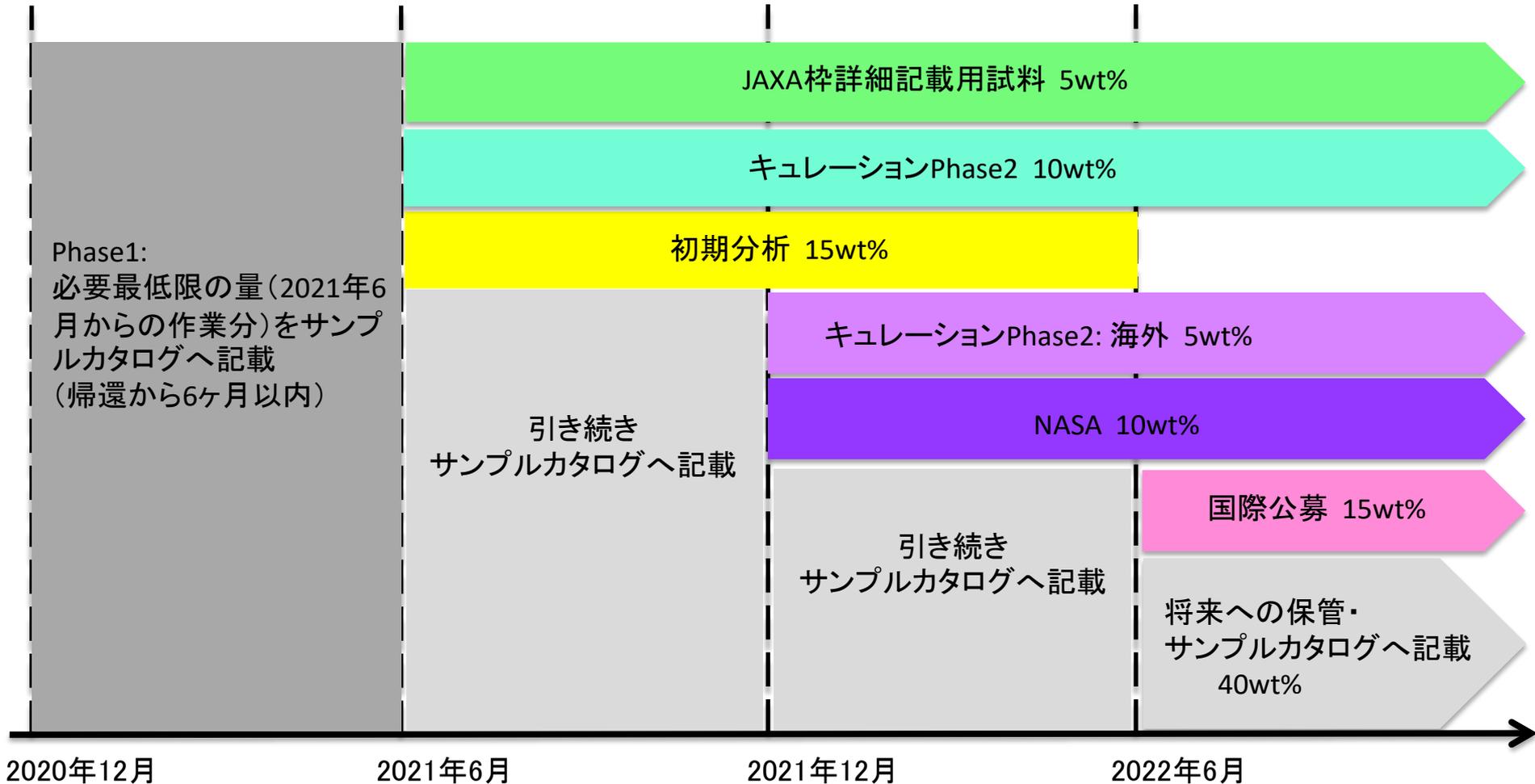


# サンプル分配スケジュール(予定)



宇宙航空研究開発機構  
Japan Aerospace Exploration Agency

- ・サンプルはJAXAが主体となってキュレーションを進める。
- ・「はやぶさ2」プロジェクトで初期分析を行い、さらに世界の研究者に呼びかけて分析を進める。



画像クレジット: JAXA

※分配量: NASA 10wt%のみ確定。その他は議論中。



# 拡張ミッションの活動内容

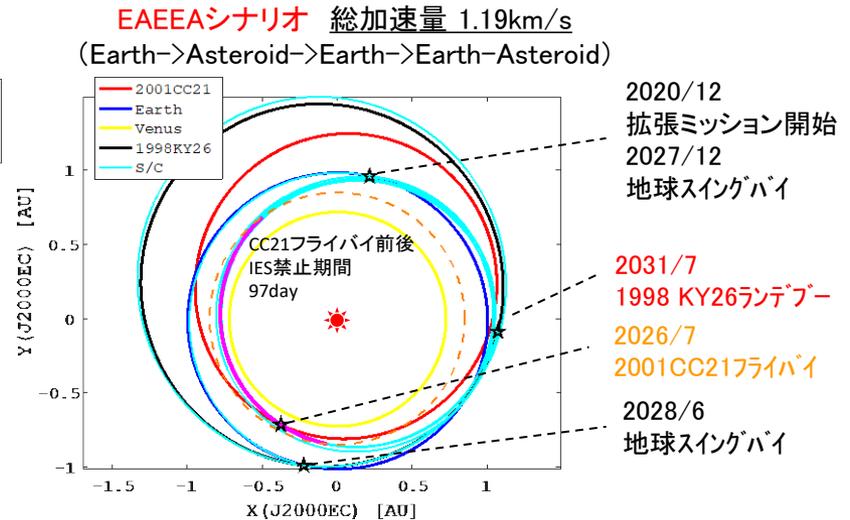
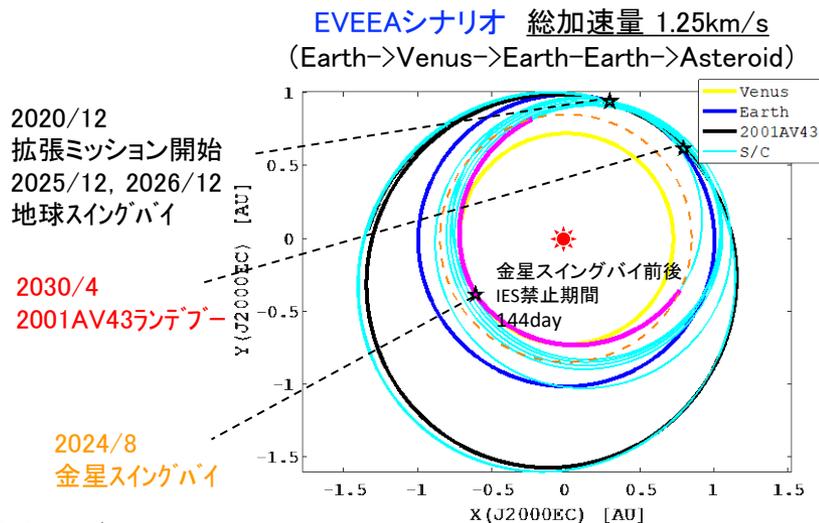


活動項目	活動内容
<p>1) はやぶさ2新たな天体探査</p>	<p>はやぶさ2の宇宙アセットを有効活用し、新たな技術と科学を創出する。地球帰還完了後、宇宙に残存する探査機本体により、深宇宙長期航行技術に資する技術的・科学的知見の獲得を目指す。また、最終的に新たな太陽系天体への到達を目指す。目標天体到達までの所要飛行期間は11年に及ぶ見込み。</p>
<p>2) はやぶさ2成果を活用した科学国際競争力の増強</p>	<p>はやぶさ2がリュウグウで創出した科学技術成果を最大限活用し、我が国の科学国際競争力の強化に資する以下の活動を補強する。</p> <p><b>①はやぶさ2／OSIRIS-RExサンプルの共同科学分析活動の拡充</b>  はやぶさ2／OSIRIS-RExが持ち帰る2天体の試料は人類の財産であり、日米の科学者が相互協力することにより、小惑星物質の理解をより深め、2つの試料から得られる科学成果を最大化することを目指す。また、共同で分析作業等を行うことで、分析技術をより高めることを目指す。本項目は、そのための日本側の活動。海外へ提供するはやぶさ2試料に対して、日本の科学者が分析活動を支援・共同実施する。また、はやぶさ2試料分析の知見をもとに、OSIRIS-REx試料の初期分析作業を日本の科学者が支援・共同実施する。</p> <p><b>②OSIRIS-RExサンプルをわが国で受け入れるキュレーション設備の整備</b>  NASAとの協定で、OSIRIS-RExの試料を我が国が受領することになっている。その受入施設の整備を行うことにより、複数天体のサンプル分析を総合的に分析できる能力を獲得する。</p> <p><b>③はやぶさ2科学成果の国際的なビジビリティの増強</b>  はやぶさ2の科学データを定常的に公開するシステム(検索機能・オンライン解析機能の充実化を含む)の開発と運用を行う。またNASAとの科学でデータ取り扱いに関する調整、OSIRIS-RExを含む海外研究者のデータ利用促進等の国際連携活動を行う。</p> <p><b>④人材育成の積極的支援</b>  テニュアトラック助教を確保し、将来の全体戦略を描ける人材を育成する。</p>



# 拡張ミッションの検討経緯

- はやぶさ2の拡張ミッションのシナリオとして、①EVEEAシナリオ、②EAEEAシナリオの2つの候補がプロジェクトから提案されていた。
- 両シナリオについて、理工学委員会配下の評価委員会において評価され、いずれのシナリオも科学的価値が高く意義があり、プロジェクトが最終選定を行ってよいと答申された(2020年5月)。
- その後プロジェクト内で、技術的成立性の確認を行い、成立性が相対的に高いEAEEAシナリオを選定することに決定した。



画像クレジット: JAXA



# シナリオ比較と選定



評価項目	EVEEAシナリオ	評価	EAEAAシナリオ
熱成立性	金星観測のための姿勢変更を行うと、搭載機器が正常温度範囲を超える。 (最大太陽距離: 1.64au)	≪	最小太陽距離(0.77 au)においても、搭載機器が正常温度範囲を超えない。(最大太陽距離: 1.52au)
イオンエンジン 運転条件	金星スイングバイ前後(0.71au)で140日間程度イオンエンジンが使えない。	<	小惑星フライバイ前後(0.77au)で100日間程度、イオンエンジンが使えない。
シナリオ 成立性	金星スイングバイでトラブル発生の場合、小惑星への軌道計画が成立しない。(ハイリスク環境下でクリティカル運用の実施が求められる)	≪	小惑星フライバイが実施できない場合にも、その後の地球スイングバイには支障なく、軌道計画に大きな変更が必要ない。

- 最小太陽距離0.71auと0.77auとの違い、及びミッション実施タイミングがシステムの成立性に対して大きな違いを生み出しており、EAEAAの方が総じて実現性が高い。
- また、今回実施した熱解析においては、経験してみなければ確定できない類のモデルの不確定性など、潜在化しているリスクもあり、その観点でも当初の太陽距離範囲から逸脱が少ない方がリスクを抑えられる。
- 結論:  
これらの状況・評価からの総合的な判断として、リスク低減のため、設計前提の太陽距離範囲から逸脱が少ないEAEAAシナリオを選択する。



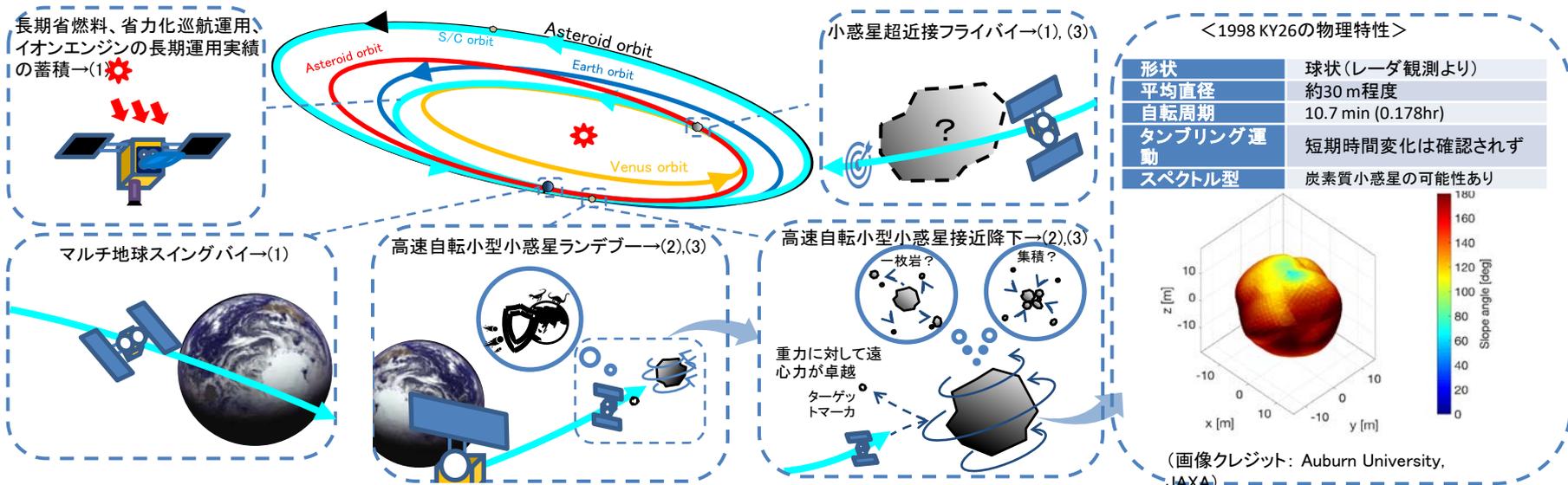
# 選定されたシナリオ



マルチスイングバイ・長期航行技術を磨きつつ、L型小惑星2001CC21にフライバイし、C型(?)小惑星1998KY26にランデブーを目指す。

ミッション意義:

- (1) 太陽系長期航行技術の進展
- (2) 高速自転小型小惑星探査の実現
- (3) Planetary Defenseに資する科学と技術の獲得



画像クレジット: JAXA

推進残量 IES50%、RCS25%。2021年1月5日に拡張ミッションに向けてイオンエンジン運転を開始した。



# 参 考



# 「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出来る。

## 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:令和5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
小惑星滞在期間	約17ヶ月
小惑星出発	令和元年(2019年)11月13日
地球帰還	令和2年(2020年)12月6日
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



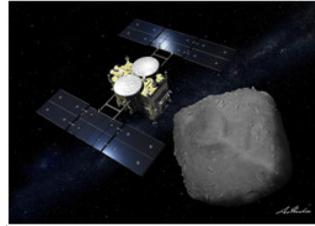
打ち上げ  
2014年12月3日



地球スイングバイ  
2015年12月3日



リュウグウ到着  
2018年6月27日



MINERVA-II1分離  
2018年9月21日



MASCOT分離  
2018年10月3日



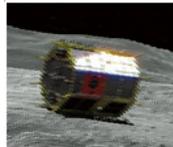
ターゲットマーカ分離  
2018年10月25日



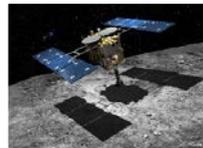
リュウグウ出発  
2019年11月13日



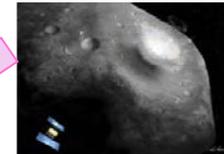
MINERVA-II2  
2019年10月3日



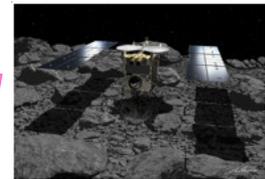
第2回タッチダウン  
2019年7月11日



衝突装置  
2019年4月5日



第1回タッチダウン  
2019年2月22日



ターゲットマーカ分離  
2019年9月17日



ターゲットマーカ分離  
2019年5月30日



地球帰還  
2020年12月6日  
終了！

(画像クレジット: 探査機を含むイラストは 池下章裕氏、他はJAXA)



# サクセスクライテリア達成状況(地球帰還時点)



宇宙航空研究開発機構  
JAXA

ミッション目標	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
<p>【理学目標 1】 C型小惑星の物質科学的特性を調べる。特に銩物・水・有機物の相互作用を明らかにする。</p>	<p>小惑星近傍からの観測により、C型小惑星の表面物質に関する新たな知見を得る。 ※3 【達成判断時期】 探査機の対象天体到達1年後</p>	<p>採取試料の初期分析において、銩物・水・有機物相互作用に関する新たな知見を得る。 【達成判断時期】 試料回収カプセルの地球帰還1年後</p>	<p>天体スケールおよびマイクロスケールの情報を統合し、地球・海・生命の材料物質に関する新たな科学的成果を上げる。 【達成判断時期】 試料回収カプセルの地球帰還1年後</p>
<p>【理学目標 2】 小惑星の再集積過程・内部構造・地下物質の直接探査により、小惑星の形成過程を調べる。</p>	<p>小惑星近傍からの観測により、小惑星の内部構造に関する知見を得る。 ※3 【達成判断時期】 探査機の対象天体到達1年後</p>	<p>衝突体の衝突により起こる現象の観測から、小惑星の内部構造・地下物質に関する新たな知見を得る。 ※3, 5 【達成判断時期】 探査機の対象天体離脱まで</p>	<p>・衝突破壊・再集積過程に関する新たな知見をもとに小惑星形成過程について科学的成果を挙げる。 ※3, 5 ・探査ロボットにより、小惑星の表層環境に関する新たな科学的成果を挙げる。※4 【達成判断時期】 探査機の対象天体到達1年後</p>
<p>【工学目標 1】 「はやぶさ」で試みた新しい技術について、ロバスト性、確実性、運用性を向上させ、技術として成熟させる。</p>	<p>イオンエンジンを用いた深宇宙推進にて、対象天体にランデブーする。 【達成判断時期】 探査機の対象天体到達時</p>	<p>・探査ロボットを小惑星表面に降ろす。※1 ・小惑星表面サンプルを採取する。 ・再突入カプセルを地球上で回収する。 【達成判断時期】 試料回収カプセルの地球帰還時</p>	<p>N/A</p>
<p>【工学目標 2】 衝突体を天体に衝突させる実証を行う。</p>	<p>衝突体を対象天体に衝突させるシステムを構築し、小惑星に衝突させる。 【達成判断時期】 生成クレータ確認時</p>	<p>特定した領域に衝突体を衝突させる。 【達成判断時期】 生成クレータ確認時</p>	<p>衝突により、表面に露出した小惑星の地下物質のサンプルを採取する。 【達成判断時期】 試料回収カプセルの地球帰還時 ※2</p>

サンプル分析以外の目的は全て達成

※1 MINERVA II-1a/1b/2 or MASCOTの4ロボットの少なくとも1つが小惑星表面に降りれば達成。  
→ MINERVA II-1a/1b, MASCOTの着陸およびMINERVA II-2の集会後の着陸により達成済み。

※2 地下物質の堆積する地点へのタッチダウンは成功したが、地下物質サンプル収量の確認はカプセル地球帰還後となる。

※3 搭載機器による初期成果論文6編が一流国際学術誌(*Science*, *Nature*など)に掲載された。

※4 MASCOTの初期成果論文2編が一流国際学術誌(*Science*, *Nature Astronomy*)に掲載された。

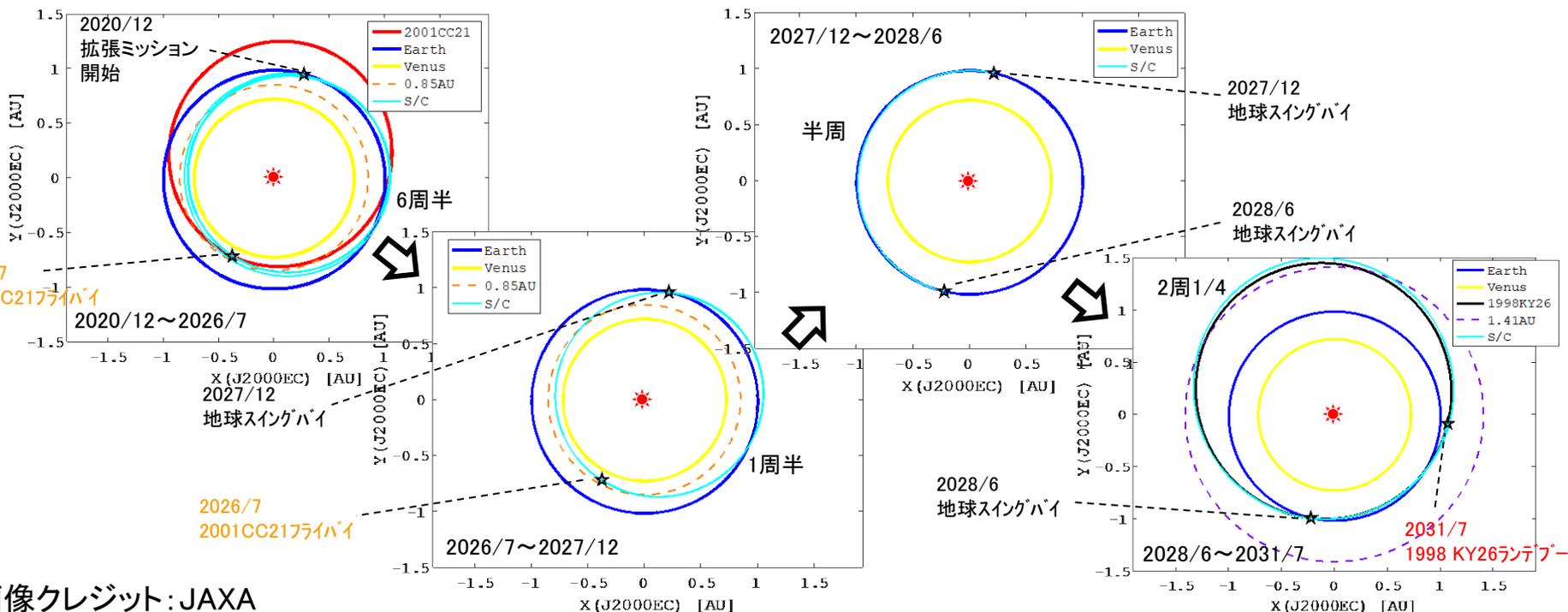
※5 SCI/DCAM3の初期成果論文が一流国際学術誌(*Science*)に投稿され、掲載された。

達成済み

今回達成



# 拡張ミッションのシーケンス



画像クレジット: JAXA

達成時期	イベント	工学成果	理学成果
2021~26年中期	巡航運用	長期省燃料/省力化巡航運用技術の獲得	・巡航運用中の黄道光観測 ・系外惑星探索
2026年中期	小惑星(2001CC21)フライバイ	・日本初の小惑星超近接高速フライバイ技術の獲得 ・Planetary Defenseに資する技術の獲得	L型小惑星のフライバイ観測
2027年後期	地球スイングバイ1	・マルチ(3回目)地球スイングバイ達成	地球スイングバイ時の月観測による搭載理学機器校正
2028年前期	地球スイングバイ2	・マルチ(4回目)地球スイングバイ達成	地球スイングバイ時の月観測による搭載理学機器校正
2031年後期	目標天体(1998KY26)ランデブー	・長期深宇宙航行の進展(最終フェーズ完遂) ・Fast Rotator天体探査技術の獲得 ・Planetary Defense技術に資する知見の獲得	・高速自転小惑星の形成・進化の解明 ・Planetary Defenseに資する科学の獲得



# 拡張ミッションの科学的意義

予定していなかった世界への「はやぶさ2」の大いなる挑戦

- 10年を超える長時間クルーズ
  - 観測機器の光学系やセンサの放射線などによる劣化
    - 恒星観測や地球スイングバイ時の月観測で機器の評価を実施
  - 長期間を生かした黄道光観測や系外惑星観測
- 小型小惑星の高速フライバイ観測
  - 固定式カメラなどフライバイに不向きな中での観測に挑戦
- 高速自転する微小小惑星への世界初のランデブー
  - リュウグウの約1/30の大きさの微小天体にランデブーして、観測できるか
  - 自転周期10分余り。遠心力 > 重力のため、ターゲットマーカは使えず

ミッションフェーズ	予定される科学観測：予想される成果
クルージング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・黄道光観測：長期観測で惑星間ダストの空間分布を制約</li> <li>・系外惑星トランジット観測：探索衛星のフォローアップ</li> </ul>
小惑星2001 CC21 フライバイ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・L型小惑星の「紙一重方式」での観測：未知のスペクトル型であり、始原的隕石の白色包有物(CAI)との類似性を判定</li> </ul>
地球スイングバイ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・月観測：搭載機器の校正と長期航行中の状態変化の把握</li> </ul>
小惑星1998 KY26 ランデブー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可視光観測：直径数十メートルの小惑星の特徴の解明</li> <li>・近/中間赤外観測：高速自転天体の物性・熱特性の解明</li> <li>・リュウグウとの比較観測：同一の観測機器による詳細比較</li> </ul>



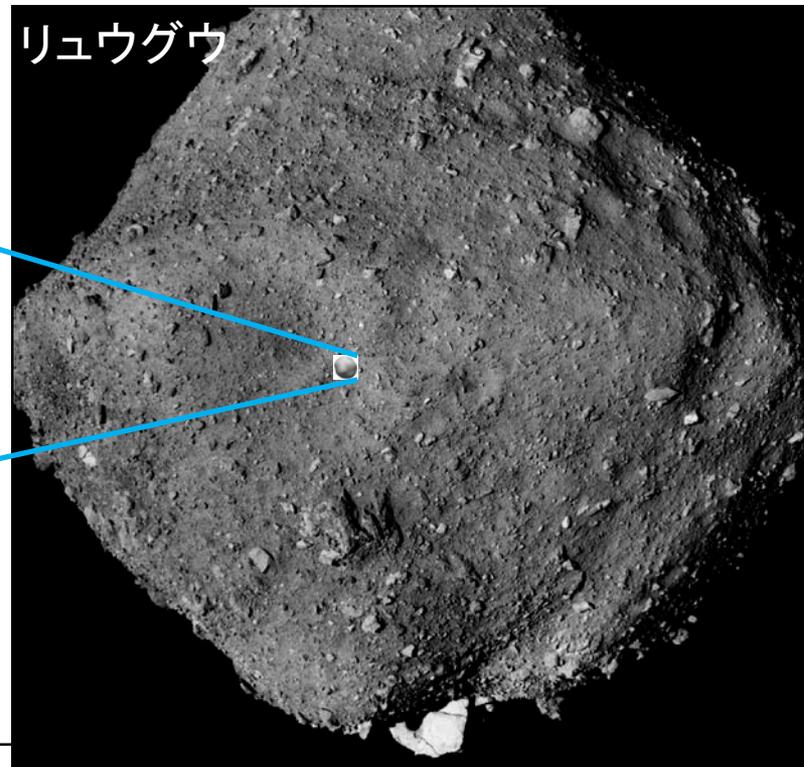
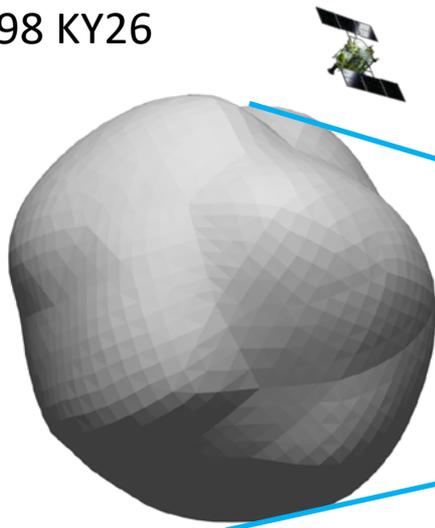
# 探査する小惑星の特徴



## 1998 KY26

- 軌道長半径 1.233 au、離心率 0.202, 軌道傾斜角  $1.48^\circ$ 、公転周期 500日
- 絶対等級 25.5、自転周期 10.7分、直径  $30 \pm 10$  m [S.J. Ostro et al. 1999, *Science* **285**, 557]、球形に近い(右下図)、X型(レーダー/可視アルベドがやや低く、水の存在の兆候もあり、炭素質の可能性もある)
- 1998年6月8日に地球から80.6万kmの距離を通過した。  
この際に米国GoldstoneのXバンドレーダーで形状等観測。

1998 KY26



リュウグウ

### 画像クレジット

左: Auburn University, JAXA

右、リュウグウ画像: 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

右、1998 KY26画像: Auburn University, JAXA



# 地球史とPlanetary Defenseの観点から



- 直径数十mの天体が地球に衝突した場合には、地域的に大きな被害が出ると想定される。
  - 2013年2月15日にロシアのウラル地方に落下して、1500人近くの負傷者を出したチェリャビンスク隕石は、大気圏突入時の直径は17 mとされている。
  - 直径30 mを超える隕石の地球衝突頻度は数百年に一度程度とされる。
- そのような微小小惑星の強度などの物性や、自転状態などはよくわかっていない。
- 微小小惑星の衝突が地球史に与えた影響も未解明の問題である。
- 世界初となる直径 100 m未満の天体の近傍観測によって、地球史解明のみならず、Planetary Defenseにも役立つ情報を得ることが期待される。



イラスト：池下章裕

