

小惑星探査機「はやぶさ2」 記者説明会

2020年7月14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、

- ・地球帰還

について説明する。



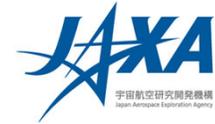
目次



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. 地球帰還日の決定について
3. 地球帰還に向けた探査機の運用計画
4. 再突入カプセル回収計画
5. 地球帰還に関する広報・アウトリーチの計画
6. 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。



「はやぶさ2」主要緒元 (イラスト 池下章裕氏)

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	令和2年(2020年)
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
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



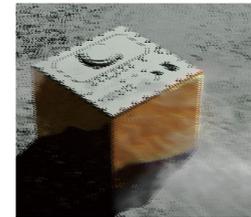
リュウグウ到着
2018年6月27日



MINERVA-II-1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

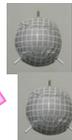
地球帰還
2020年末

終了 →

MINERVA-II-2
2019年10月3日



ターゲットマーカ分離
2019年9月17日



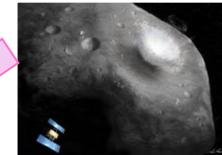
第2回タッチダウン
2019年7月11日



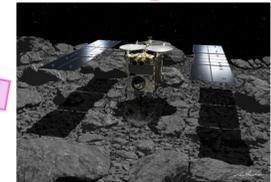
ターゲットマーカ分離
2019年5月30日



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



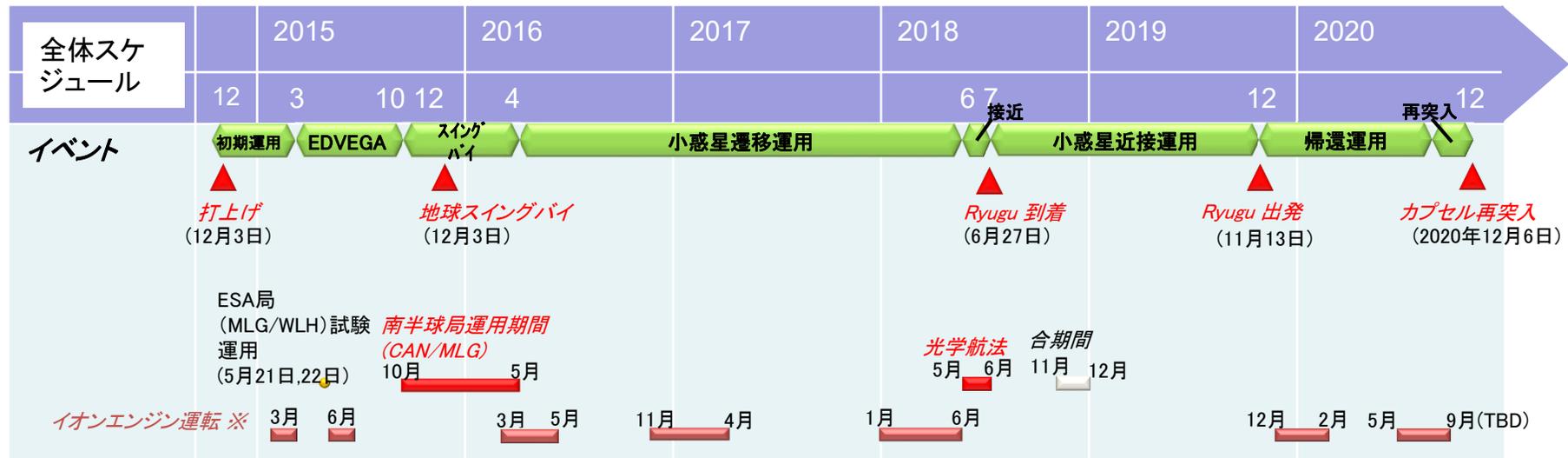
(画像クレジット: 探査機を含むイラストは 池下章裕氏、他はJAXA)



1. プロジェクトの現状と全体スケジュール



- 現状：
- 5月12日から開始されている第2期イオンエンジン運転を継続中である。
 - 再突入カプセルの回収に向けた作業を継続中である。
 - サイエンス論文の投稿・出版がなされている。



(画像クレジット: JAXA)



2. 地球帰還日の決定について



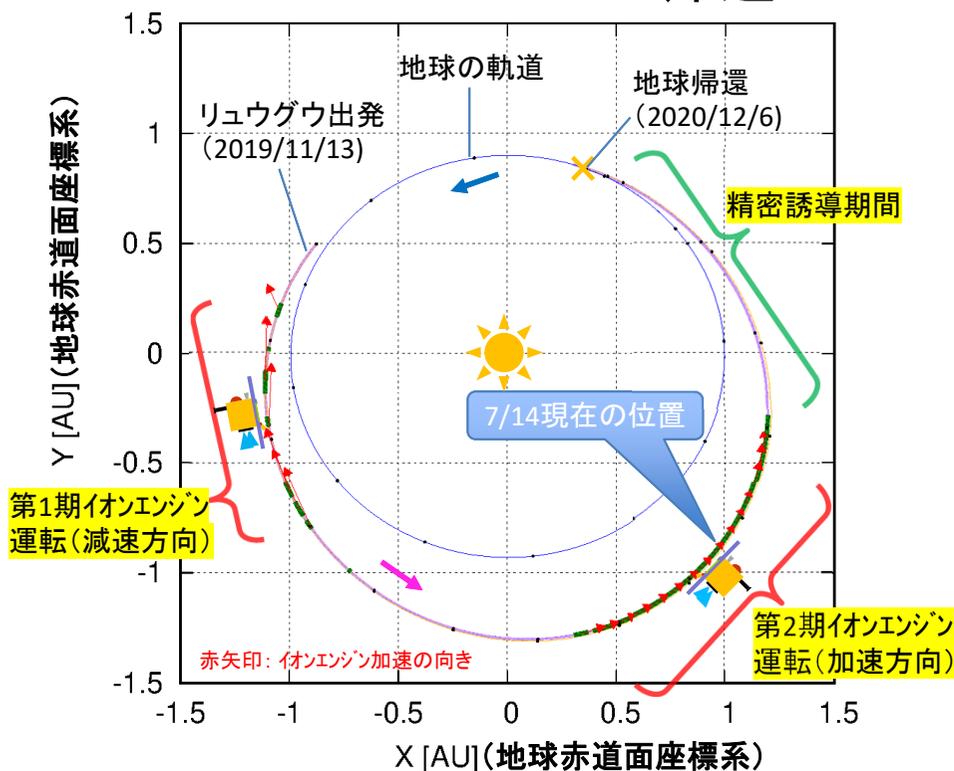
- 地球帰還日は、2020年12月6日（日本時間、オーストラリア時間）
 - JAXAは宇宙物体のオーストラリアへの着陸許可 (Authorisation of Return of Overseas Launched Space Object: AROLSO)を申請している。
 - AROLSOの取得に向けた作業を、オーストラリア宇宙庁とJAXAが緊密な協力のもと実施中である。
 - この度、その作業が進捗し、地球帰還日を確定するに至ったため、オーストラリア宇宙庁とJAXAの共同声明が発出された。
 - 本共同声明に沿って作業を進めることで、AROLSOが取得でき、上記の日付に地球帰還することが確定となる。



3. 地球帰還に向けた探査機の運用計画



帰還フェーズ軌道計画



7/14現在の軌道

地球距離	9200万km
太陽距離	2.0億km
リュウグウの距離	404万km
飛行速度	23.9km/s
総飛行距離	49.2億km
	(残り3.2億km)
復路イオンエンジンノルマ	63%達成

(画像クレジット: JAXA)

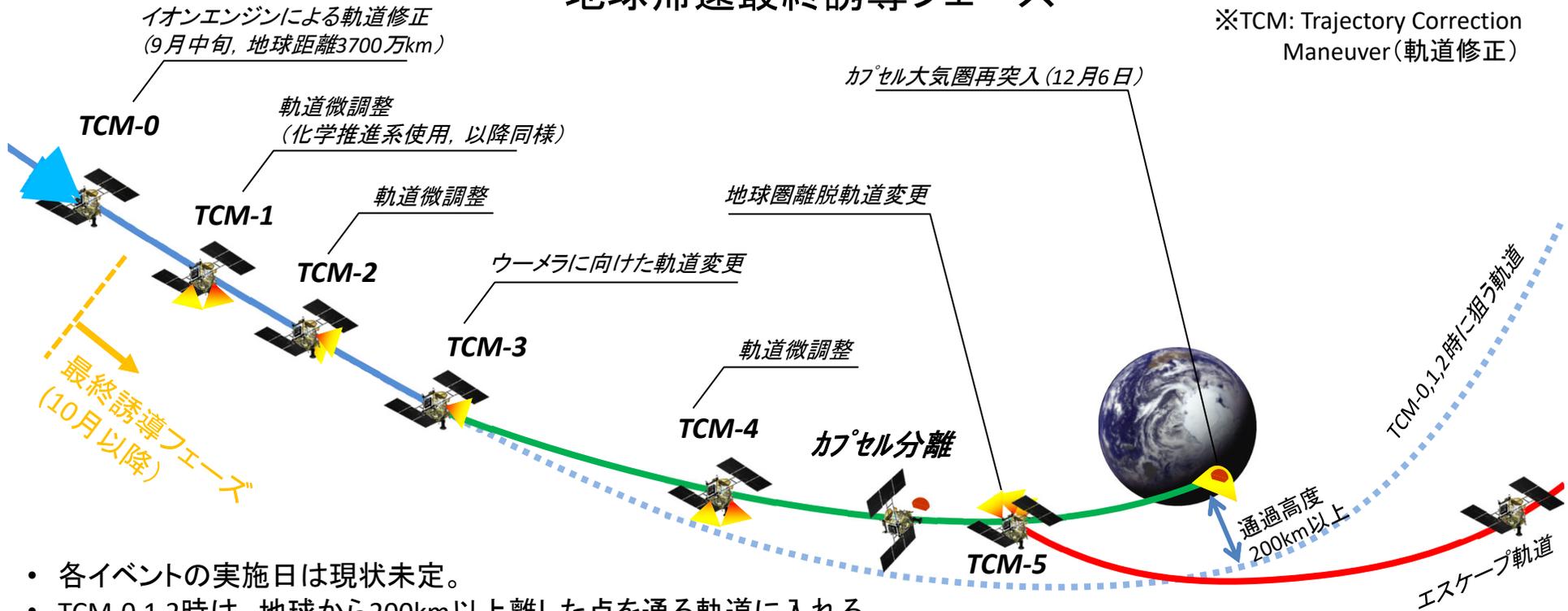


3. 地球帰還に向けた探査機の運用計画



地球帰還最終誘導フェーズ

※TCM: Trajectory Correction Maneuver (軌道修正)



- 各イベントの実施日は現状未定。
- TCM-0,1,2時は、地球から200km以上離れた点を通る軌道に入れる。
- カプセル分離後、TCM-5によって探査機本体は地球圏を再離脱する。

(画像クレジット: JAXA)



4. 再突入カプセル回収計画



再突入飛行の概要

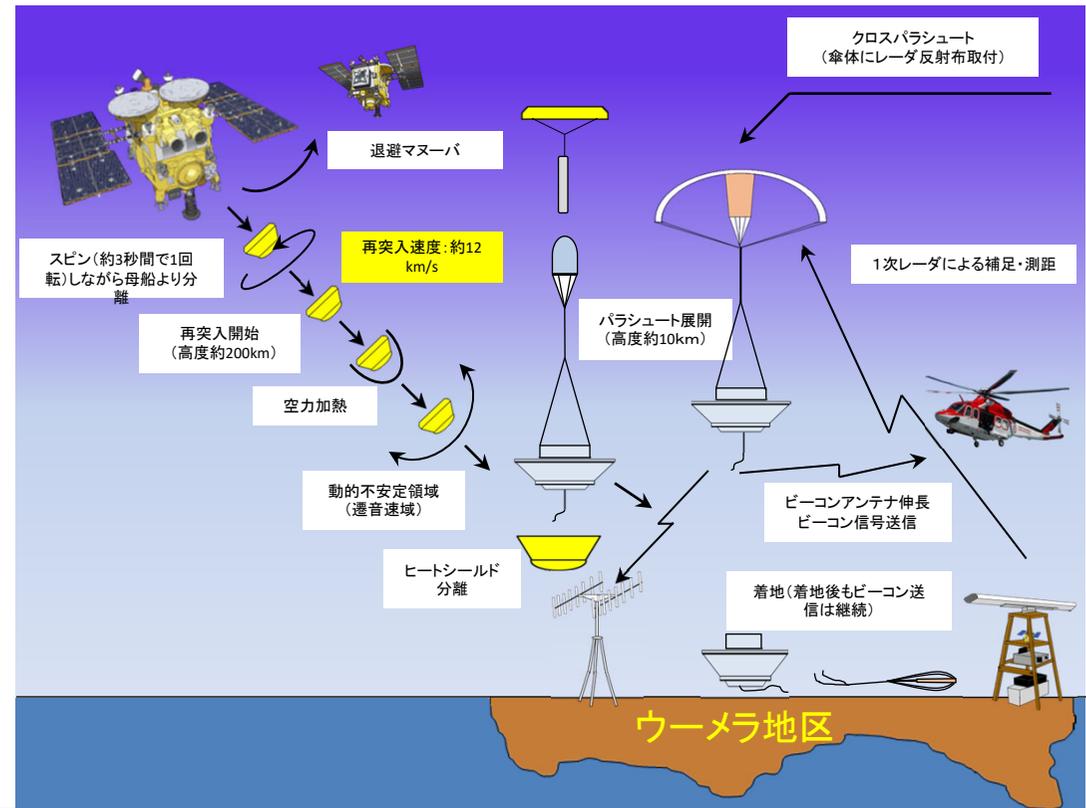
■ 再突入の飛行シーケンス

- 大気圏再突入
(「はやぶさ2」はカプセルのみ再突入)
↓
- ヒートシールド分離
↓
- パラシュート開傘
↓
- ビーコン発信
↓
- 着地

■ 着地地点:

オーストラリア ウーメラ地区

(画像クレジット: JAXA)





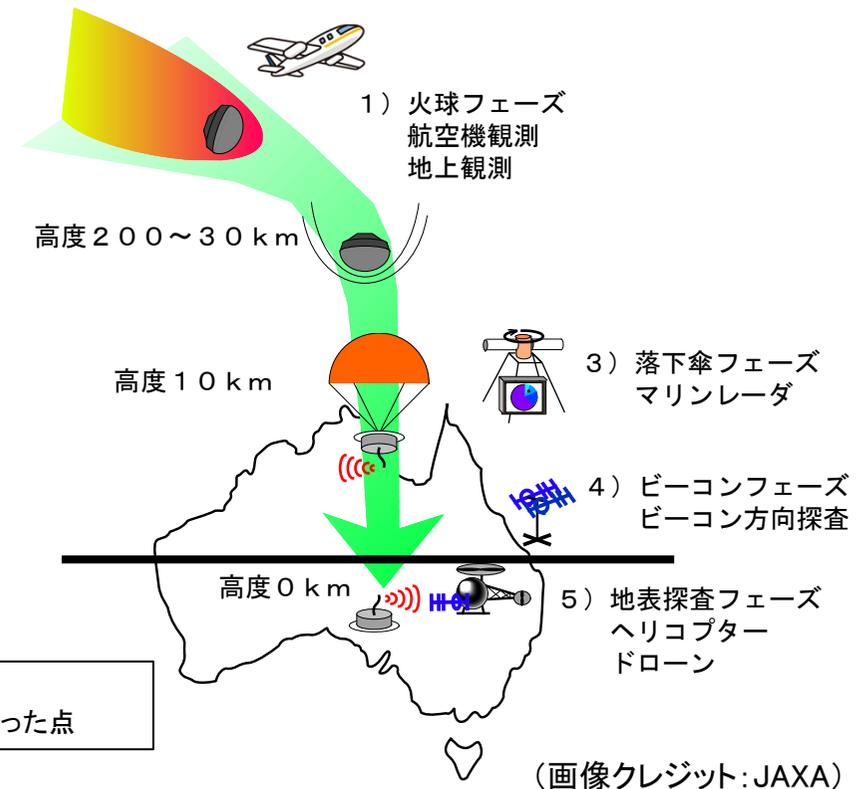
4. 再突入カプセル回収計画



回収オペレーションの概要

- 探索(火球フェーズ)
 - 光学観測(地上)
光跡を数局で計測(三角測量の原理)
 - 光学観測(航空機)
光跡を雲上から計測(天候の影響を受けない)
- 探索(落下傘フェーズ)
 - 方向探索(ビーコン)
ビーコンを計5局★¹で受信(三角測量の原理)
 - 方向探索(マリンレーダ) ★²
方向と距離を計測可。
- 探索(地表探査フェーズ)
 - 方向探索(ヘリコプター)
着地後のビーコンをヘリコプターで探索
 - ドローン ★²
上空から空撮。画像解析で識別。
- 輸送
 - 安全化処理、分解
 - カプセル内のガス採取 ★²、輸送(日本へ)

★1・・・「はやぶさ」では4局
★2・・・「はやぶさ」ではなかった点





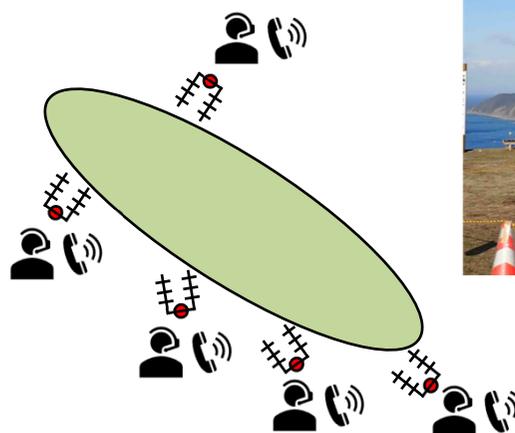
4. 再突入カプセル回収計画



ウーメラでの回収作業

方向探索 (Direction finding system: DFS)

- パラシュート開傘後、カプセルはビーコン信号を発信しながら降下、着地する。
- 着地予想エリア周囲に、アンテナを5局配置し、ビーコン信号源の方向を探索する。
- アンテナ局同士は、数十～百km離れ、通信網もないため、衛星電話を用いて、方向を本部に報告する。
- 本部で各方向を入力し、5局が示す方向の交点が信号源 (三角測量の原理)。
- カプセルが着地後は地上のアンテナでは受信できない。着地後は、ヘリコプターに搭載のアンテナで上空より探索する。



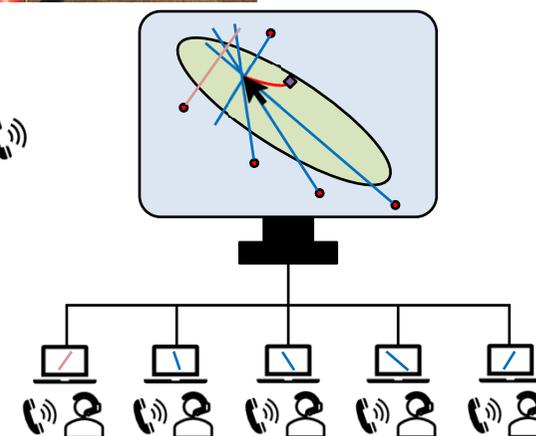
方向探索概念図

上図: 着地予想エリア。アンテナ局 (5局) でビーコンを受信する。

右図: 各アンテナが受信した方位を集計



方向探索用アンテナ



(画像クレジット: JAXA)



4. 再突入カプセル回収計画



ウーメラでの回収作業

光学観測 (Optical observation)

- パラシュートが開傘しなかったり、ビーコン信号を受信できなかった場合のバックアップ。
 - 光学観測(地上):
[Ground Observation System \(GOS\)](#)
 - 光学観測(航空機):
[Airborne Observation](#)
- 大気圏再突入時の光跡を複数地点で観測し、観測された方位、仰角から、再突入軌道および着地点を推定する。
- 今回はカプセルのみの光跡
- 悪天候の場合には地上から観測できないため、航空機による観測も実施する。



光学観測(地上)の様子



光学観測カメラシステム

(画像クレジット: JAXA)



4. 再突入カプセル回収計画



ウーメラでの回収作業

マリンレーダシステム (Marine Radar System: MRS)

- 4局のマリンレーダを用いて探索する。
- ファンビームアンテナを水平方向に回転動作させ、パラシュートからの反射波の方位と距離を測定する。
- 着地予想エリア全域はカバーできないが、エリア中央部を探索する。
- ビーコン発信機に異常があった場合のバックアップなる。



(画像クレジット: JAXA)

マリンレーダシステム



4. 再突入カプセル回収計画



ウーメラでの回収作業

ドローン(Drone)

- 有翼無人機(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)を用いて、カプセル着地予想エリアの空中撮影を行う。
- 決まったエリアの撮影を行う必要があり、隙間なく連続撮影を行うのにドローンのプログラム航法が適している。
- 撮像した画像に対して、高速カプセル認識処理を行いカプセルを特定する
- ヘリコプターが飛行困難になった場合や、DFSやMRSでは発見ができなかった場合のバックアップとして対応する。



有翼無人機(UAV)

(画像クレジット: JAXA)



4. 再突入カプセル回収計画



ウーメラでの回収作業

発見後の作業

- 発見したカプセル関連機器を回収
 - ・ 本体：インストゥルメンツモジュール
 - ・ 前面ヒートシールド
 - ・ 背面ヒートシールド
- カプセルの安全化処理
- Quick Look Facility (QLF)で、及び分解作業、サンプルからガス採取および簡易解析を行う(「はやぶさ2」での新規作業)。
- サンプルの清浄度を維持したまま相模原キャンパスまで輸送(詳細な輸送方法は検討中)。



(画像クレジット: JAXA)

カプセル発見後の作業の流れ(一部は「はやぶさ」の時の写真)



4. 再突入カプセル回収計画

■経緯

- 2018/4月 「はやぶさ2」追跡管制隊 カプセル回収班発足
- 2018/11月 カプセル回収に関する同意書締結
- 2018/12月 現地調査@オーストラリア/ウーメラ
- 2019/8月 オーストラリア/ウーメラにて回収することを公表
- 2019/8月 着陸許可の申請文書提出、調整継続
- 2019/12月 回収リハーサル@オーストラリア/ウーメラ
- 2020/7月 「はやぶさ2」の帰還日公表

カプセルの着陸許可 (Authorisation of Return of an Overseas Launched Space Object: AROLSO) を取得することが、地球帰還の条件。

■海外関係機関

- オーストラリア宇宙庁 (ASA: Australian Space Agency)
カプセル着陸許可に関する審査・支援、オーストラリア各省庁との調整窓口
- オーストラリア国防省 (DOD: Department of Defence)
ウーメラ管理区域の管理、回収作業に対する支援
- 米国NASA: 航空機観測支援



4. 再突入カプセル回収計画



新型コロナウイルス関連事項

現状では、

- 新型コロナウイルス対策として、オーストラリアは海外からの入国を原則禁止。
- 日本/オーストラリア間の国際線は殆どが運休。

このような状況下で日豪宇宙機関の共同声明が出せるに至ったことは大きな前進。

- 「はやぶさ2」地球帰還の科学的・社会的価値は極めて高い。またリュウグウサンプル獲得の学界からの期待は非常に大きい。
- 地球帰還・カプセル回収作業は、日豪両国の深化にとって価値が高い。また、計画実現に向けてオーストラリア政府からの積極的な支援が得られている。
- オーストラリアおよび日本両国の新型コロナウイルス感染症対策に適合した回収作業計画が可能。

回収計画策定にあたり、オーストラリア政府・米国NASA・文部科学省・在豪日本大使館・税関・相模原市等に多大なるご支援を頂いており、ここに感謝申し上げます。

新型コロナ対策のため、通常より制約の大きい中での地球帰還の実施となる点、ご理解いただきますようお願い致します。



5. 地球帰還に関する広報・アウトリーチの計画



■地球帰還前

- 定例記者説明会で、その時々のおトピックスや状況等について報告する。
- JAXAWEBサイトやSNS等での情報発信
- トークライブ等のイベント

■地球帰還時

- できるだけリアルタイム性の高い情報発信の方法を検討中。
(詳細は今後確定し次第、報告する。)
- 世界的なコロナ禍の中、どのような発信方法があるのか等を検討中。



6. 今後の予定



■運用中

2020年5月12日～ 第2期イオンエンジン運転

■記者説明会等

2020年7月22日 記者説明会@オンライン



参考資料



オーストラリア宇宙庁とJAXAの共同声明



Joint Statement
for
Cooperation in the Hayabusa2 Sample Return Mission
by the
Australian Space Agency
and the
Japan Aerospace Exploration Agency

14 July 2020

The Australian Space Agency (the Agency) and the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) have been in close cooperation on JAXA's asteroid sample-return mission, 'Hayabusa2'. The sample capsule is planned to land in Woomera, South Australia and the Agency and JAXA are working towards the planned safe re-entry and recovery of the capsule containing the asteroid samples.

Recently, JAXA indicated that 6 December 2020 (Australia/Japan time) is its planned target date for the capsule re-entry and recovery. The Agency and JAXA are working through JAXA's application for Authorisation of Return of Overseas Launched Space Object (AROLSO), which will need to be approved under the *Space Activities Act (1998)*.

Successfully realizing this epoch-making sample return mission is a great partnership between Australia and Japan and will be a symbol of international cooperation and of overcoming the difficulties and crisis caused by the pandemic.

Dr Megan Clark AC
Head, Australian Space Agency
Melbourne, Australia

Dr YAMAKAWA Hiroshi
President, Japan Aerospace Exploration
Agency
Tokyo, Japan

「はやぶさ2」サンプルリターンミッションにおける
豪州宇宙庁と宇宙航空研究開発機構の協力に関する共同声明
(仮訳)

2020年7月14日

豪州宇宙庁と宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、JAXAの小惑星サンプルリターンミッション、「はやぶさ2」において密接に協力している。小惑星のサンプルを搭載したカプセルは南豪州ウーメラに着陸する予定であり、両機関はカプセルの安全な再突入と回収の実現に向け取り組んでいる。

JAXAは、2020年12月6日(オーストラリア/日本時間)をカプセルの再突入および回収の予定日として設定した。JAXAは宇宙物体のオーストラリアへの着陸許可(Authorisation of Return of Overseas Launched Space Object:AROLSO)を申請しており、両機関は現在その確認作業を進めている。同申請は、オーストラリアの宇宙活動法(1998年施行)に基づき承認される予定である。

この画期的なサンプルリターンミッションを実現することは、豪州と日本の強力なパートナーシップそのものであり、国際協力および新型コロナウイルスの感染拡大により生じた困難・危機克服の象徴になるだろう。

メーガン・クラーク
豪州宇宙庁 長官
オーストラリア、メルボルン

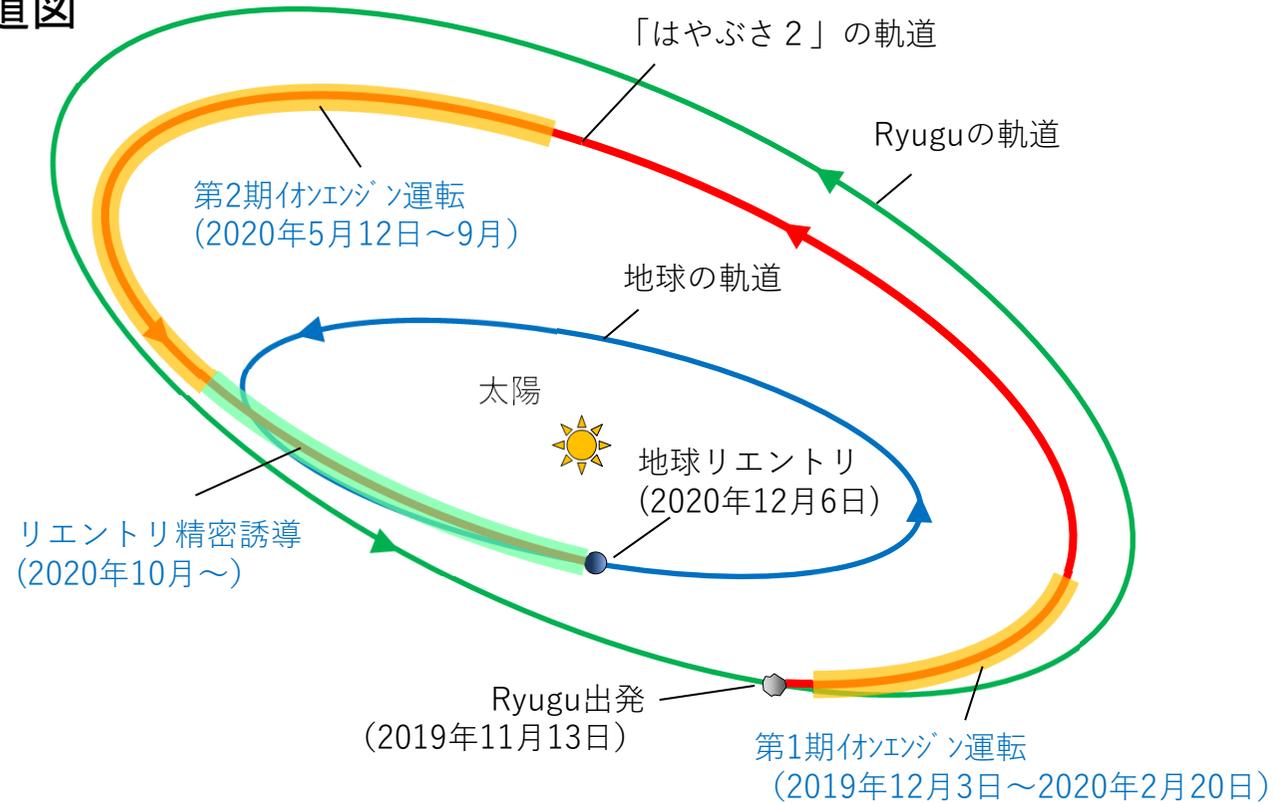
山川 宏
宇宙航空研究開発機構 理事長
東京、日本



帰還巡航運用計画



帰還フェーズ軌道図



(画像クレジット: JAXA)