

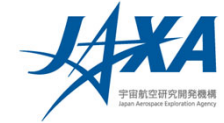
# 小惑星探査機「はやぶさ2」 記者説明会

2020年2月20日

JAXA はやぶさ2プロジェクト



# 本日の内容



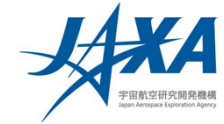
「はやぶさ2」に関連して、

- ・現在の運用状況
- ・イオンエンジン運転結果

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. イオンエンジン運転結果
3. アウトリーチ
4. 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

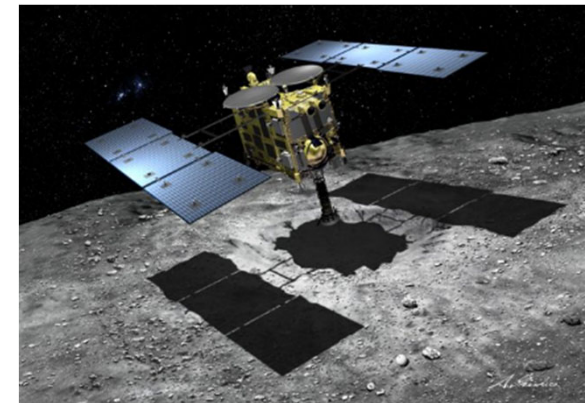
- ・水や有機物に富むC型小惑星の探査により、地球・海・生命の原材料間の相互作用と進化を解明し、太陽系科学を発展させる。
- ・衝突装置によって生成されるクレーター付近からのサンプル採取という新たな挑戦も行うことで、日本がこの分野において、さらに世界をリードする。
- ・太陽系天体往復探査の安定した技術を確立する。

## 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)

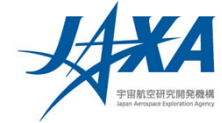
質量	約 609kg
打上げ	平成26年(2014年)12月3日
軌道	小惑星往復
小惑星到着	平成30年(2018年)6月27日
地球帰還	令和2年(2020年)
小惑星滞在期間	約17ヶ月
小惑星出発	令和元年(2019年)11月13日
探査対象天体	地球接近小惑星 Ryugu(リュウグウ)

## 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



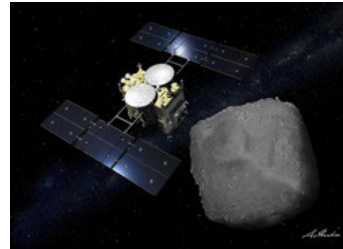
打ち上げ  
2014年12月3日



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-II1分離  
2018年9月21日



MASCOT分離  
2018年10月3日

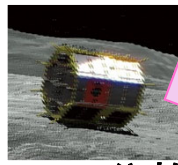


リュウグウ出発  
2019年11月13日



地球帰還  
2020年末

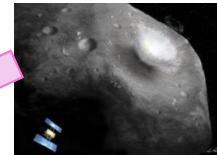
MINERVA-II2分離  
2019年10月3日



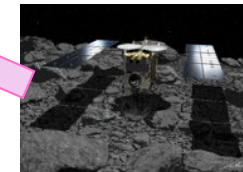
2回目のタッチ  
ダウン  
2019年7月11日



衝突装置  
2019年4月5日



1回目のタッチダウン  
2019年2月22日



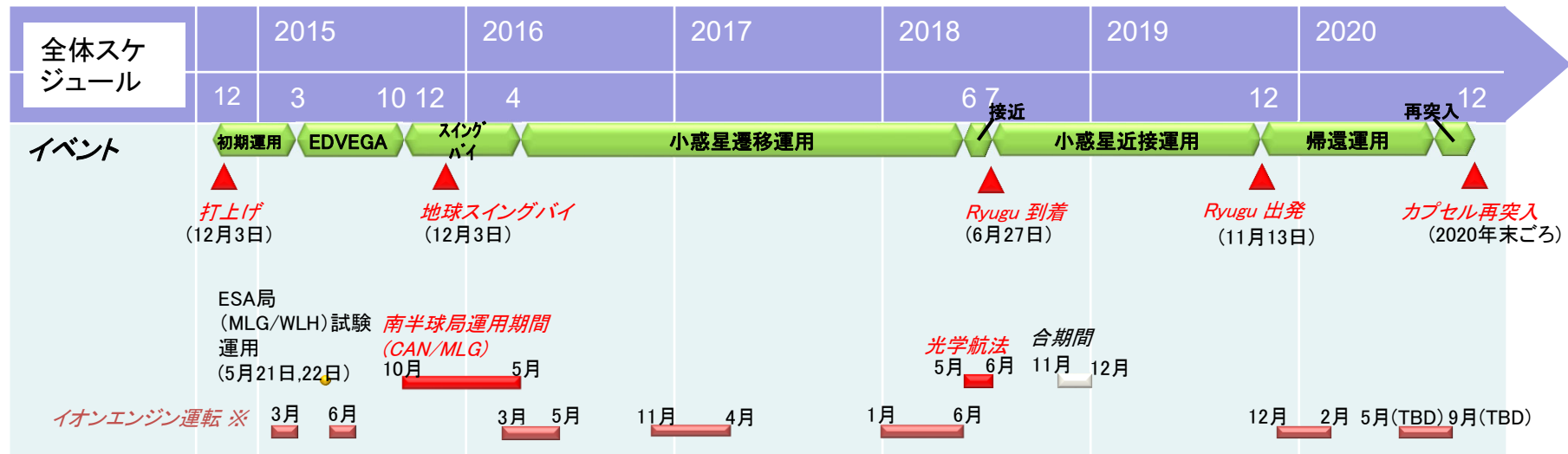
(画像クレジット: 探査機を含むイラストは 池下章裕氏、他はJAXA)



# 1. プロジェクトの現状と全体スケジュール

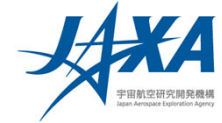


- 現状：
- 2019年12月3日から開始していたイオンエンジンの運転を2月5日に一旦停止して、精密軌道決定を行った。その結果に基づいて、イオンエンジン噴射の微修正を本日(2月20日)に行い、帰還フェーズにおける第1期イオンエンジン運転を終了した。
  - サイエンスチームで論文を執筆・投稿中。





## 2. イオンエンジン運転結果



- ・昨年11月13日のリュウグウ離脱後、イオンエンジンの試運転を経て地球帰還に向けた第1期イオンエンジン運転を実施した。
- ・2月5日以降はイオンエンジンを停止し、精密軌道推定を実施。その後、2月18～20日でトリム運転を実施し、本日8時1分(日本時間)にエンジンを停止した。これをもって**第1期イオンエンジン運転を完了した**。
- ・イオンエンジンによる動力航行時間は7396時間(復路:881時間)。復路の増速は約100m/s。キセノン残量は60%弱。
- ・試運転の内容については別途説明する。

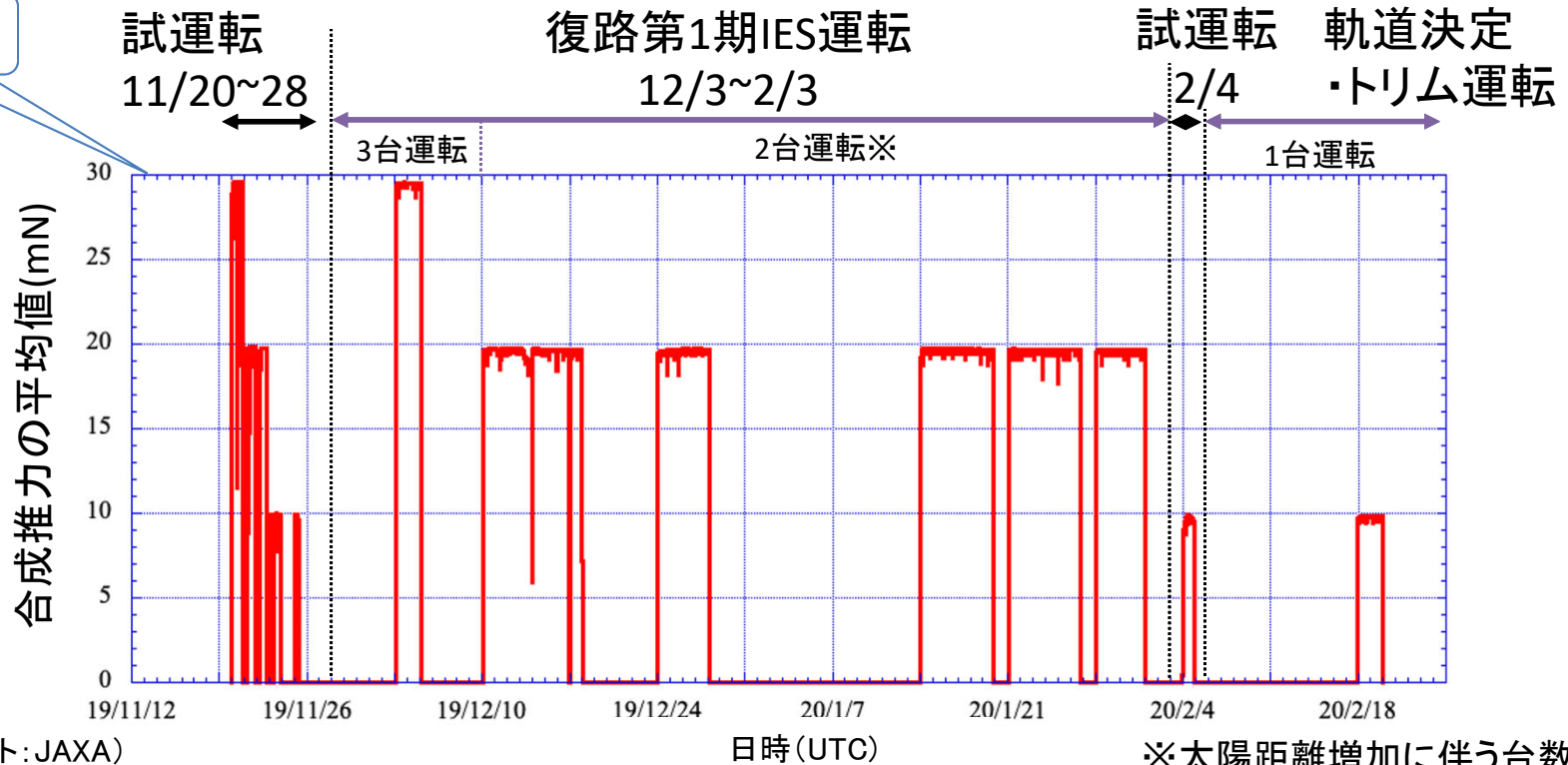


# 2. イオンエンジン運転結果



リュウグウ離脱後のイオンエンジン運転履歴(2019.11.20~2020.2.20)

11/13 さよなら  
リュウグウ



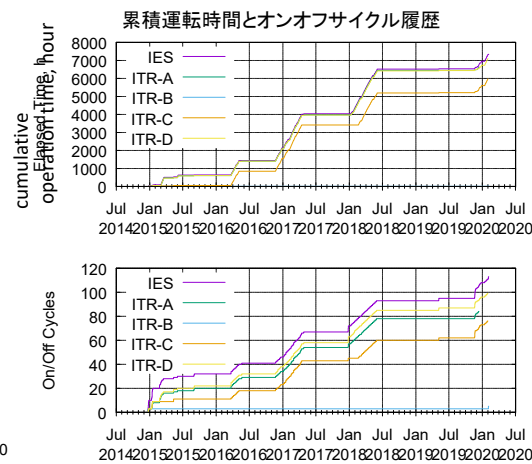
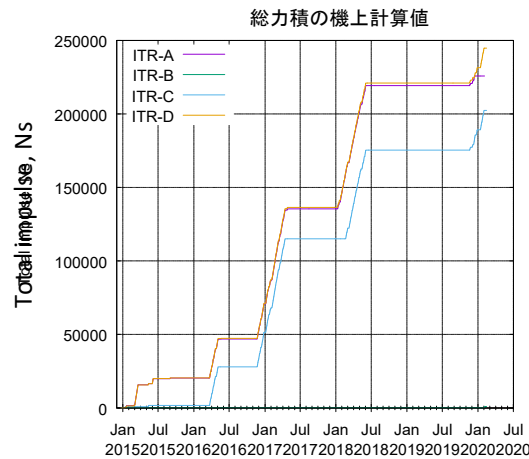




## 2. イオンエンジン運転結果



- 2020/2/20 現在  
27 kgの推進剤キセノンを消費し39 kgが残存
- 累積運転時間  
A: 6638 h, B: 33 h, C: 6024 h, D: 7106 h,  
IES (動力航行): 7396 h
- プラズマ点火・消火サイクル  
A: 84回, B: 5回, C: 77回, D: 99回, IES: 114回



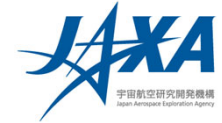
	スラスタ	はやぶさ2	はやぶさ
累積運転時間 (h) ※	A	6638	7
	B	33	12809
	C	6024	11989
	D	7106	14830
	IES	7348	25590
	のべ	19753	39635
総力積(MN・s)	A	0.2258	0.0001
	B	0.0009	0.3221
	C	0.2040	0.2639
	D	0.2447	0.3613
	IES	0.6738	0.9474
最大推力(mN)	A	10.03	7.42
	B	9.90	8.36
	C	10.16	8.30
	D	10.16	7.95
	IES	29.67	24.12

※動作試験含む。「IES」は1台以上の動力航行を指す。  
※「はやぶさ」のデータは、ミッション全体での数字である。

(画像クレジット: JAXA)

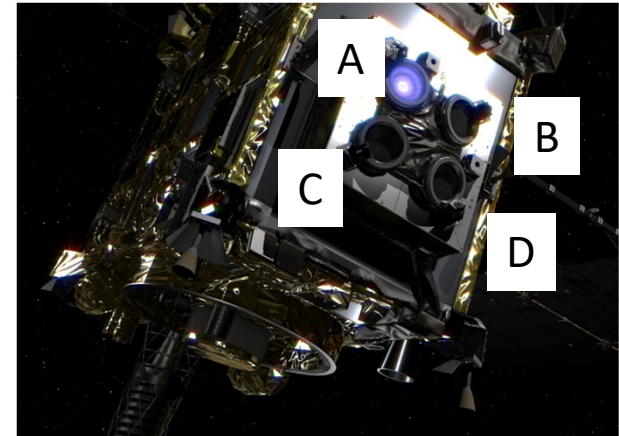


## 2. イオンエンジン運転結果



### 試運転の内容

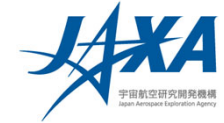
1. イオンエンジンA,C,D全ての組み合わせの動作確認(ACD3台、AC/AD/CD各2台、A/C/D各1台)
  - 長期休止後、全てのスラスタと組み合わせの動作確認
2. バックアップ用のイオンエンジンBの性能確認
  - 最もクリティカルな第2期イオンエンジン運転時に、イオンエンジンBがバックアップとして機能するかの確認
3. イオンエンジンジンバル自動制御の確認(重心に対する推力軸の制御)
  - 近傍運用で重心位置が変わっていることへの対応と確認



(画像クレジット: JAXA)



## 2. イオンエンジン運転結果



### 1. イオンエンジンA,C,D全ての組み合わせの動作確認(2019.11.20~28)

#### 【心配事】

- 1年半ぶりの運転かつタッチダウン運用で砂を浴びたかもしれない状態で、きちんと高電圧が印加できてイオンビーム加速ができるか？
- 全てのエンジンセットで運転可能か？

### 2. バックアップ用のイオンエンジンBの性能確認 (2020.2.3~4)

#### 【心配事】

- 2014年の初期チェックアウト以来の運転となる。積算動作時間はまだ11時間程度。プラズマが点火するか？イオンビーム加速ができるか？

### 3. イオンエンジンジンバル自動制御の確認(重心に対する推力軸の制御)

#### 【心配事】

- 近傍運用により探査機の重心位置が変わった。ジンバルは対応できるか？

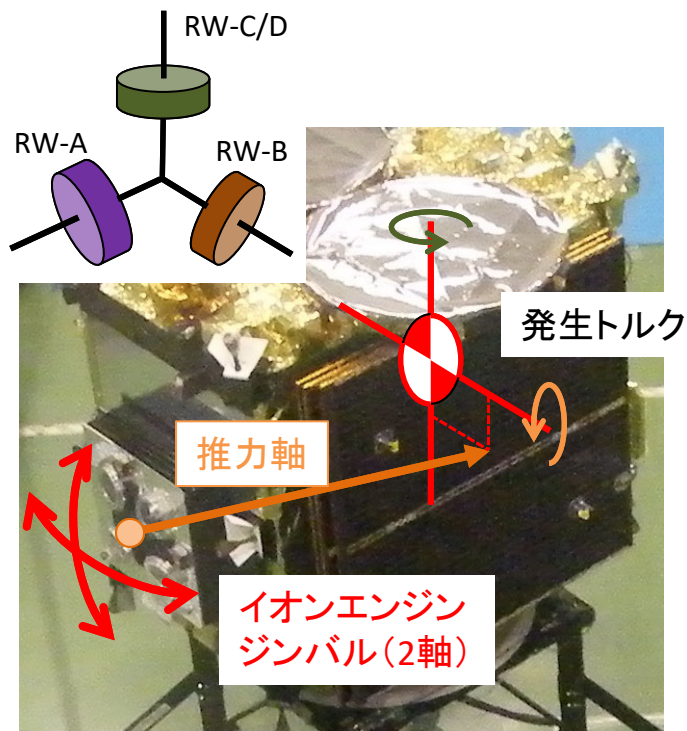
**➡ 全て問題なし。4台のイオンエンジンが全て使える状態で地球帰還運用を行う。**



## 2. イオンエンジン運転結果

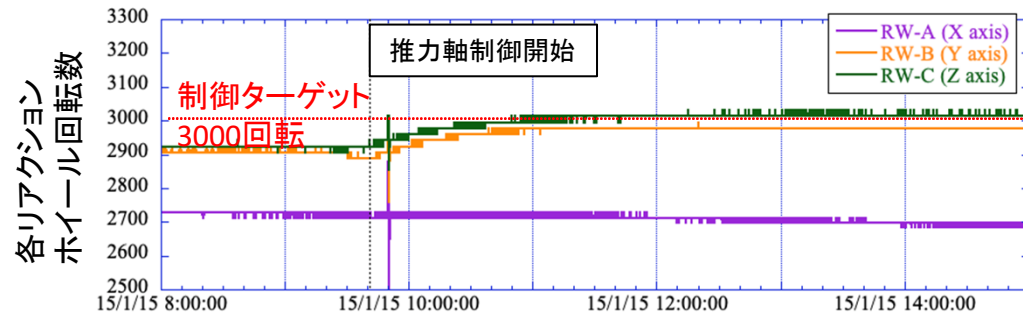


「イオンエンジンジンバル自動制御の確認(重心に対する推力軸の制御)」の説明



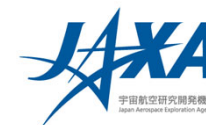
(画像クレジット: JAXA)

- ・イオンエンジンは2軸に傾けることができるジンバルを持っており、推力軸が常に重心を貫くように制御できる。
- ・更に、推力軸をわざと重心から外すことでトルクを発生させ、リアクションホイールの回転数を自動的に一定に保つ機能を有している(IESアンローディング機能)。
- ・この機能により、イオンエンジン運転中は、2個のリアクションホイールに対して化学推進を使ったアンローディングをする必要がなくなり、燃料節約に貢献する。



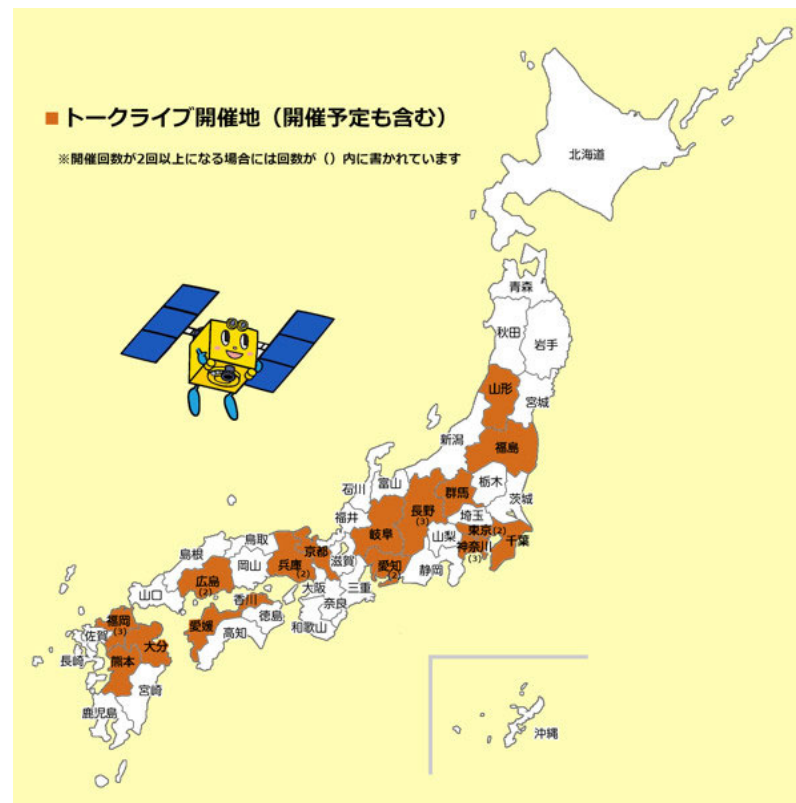


### 3. アウトリーチ



「はやぶさ2」トークライブシーズン2  
(プロジェクトメンバーが「はやぶさ2」について講演を行う。)

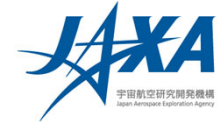
- 期間:2020年1月~9月
- 現時点で27カ所(17都府県)



(画像クレジット:JAXA)



## 4. 今後の予定



### ■ 運用の予定

2020年5月～ 第2期イオンエンジン運用(予定)

### ■ 記者説明会等

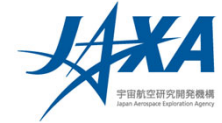
2020年4月(TBD)                      記者説明会@東京事務所



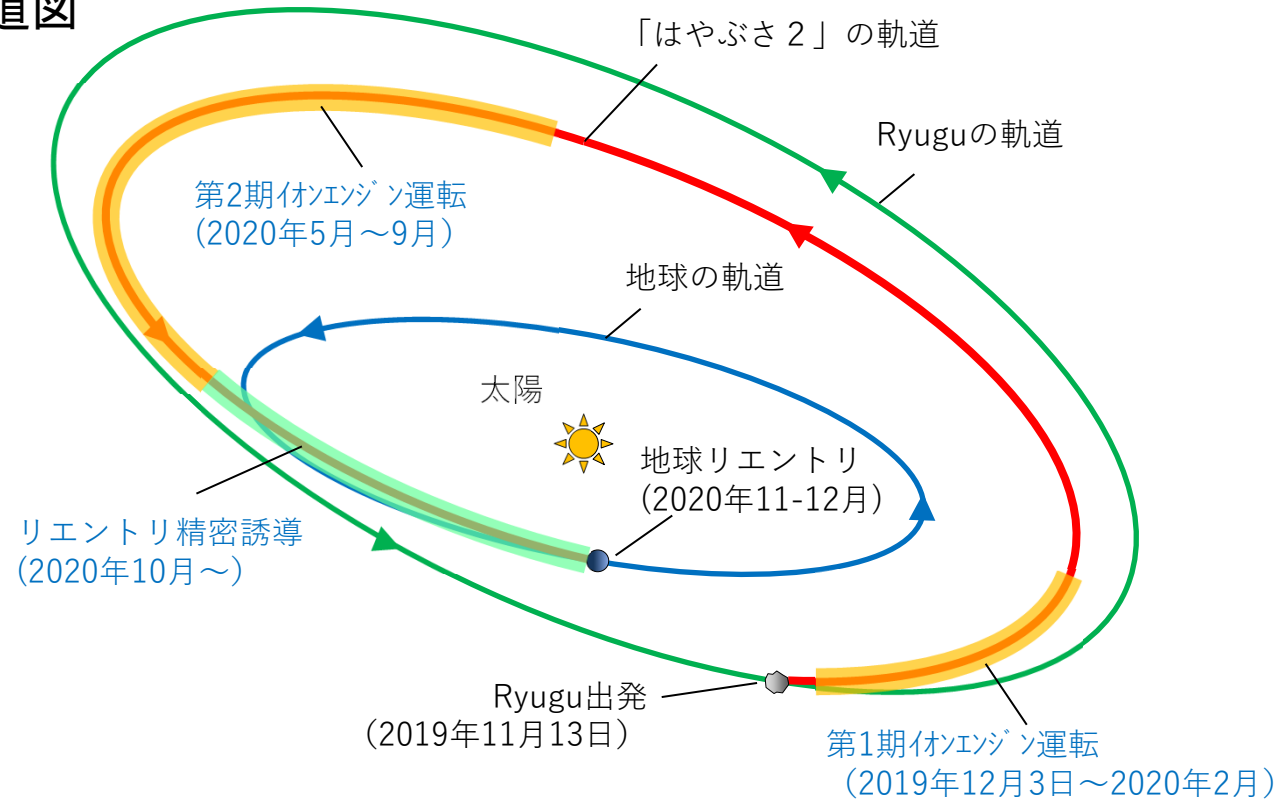
# 参考資料



# 帰還巡航運用計画



帰還フェーズ軌道図

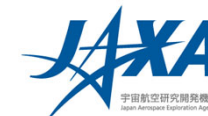


(画像クレジット: JAXA)





# 電気推進系(イオンエンジン)



- 名称:  $\mu 10$ (みゆーてん)
- キセノン※をプラズマ(イオン)にし、電圧をかけて加速して噴射する。
- イオンの生成には、マイクロ波放電方式を用いている。
- 4台搭載し、最大で3台の同時運転を行うことで、最大で28mN以上の推力を発生する。
- キセノンは約60kg搭載し、合計で2km/s程度の加速を行う。
- 地球から小惑星また小惑星から地球へのクルージング時の軌道変更に使われる。

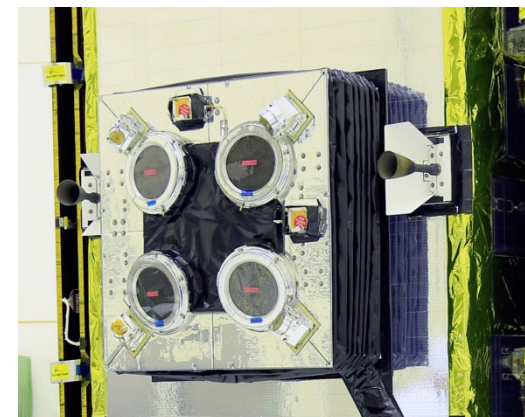
## ※キセノンを使う理由

- 単原子分子であるために2原子以上からなる気体よりも電離電圧が小さい。そのため加えたエネルギーが加速に使われる割合が多くなる。
- 他の物質と反応しにくい。
- 質量(原子量)が大きいので、加速の効率がよい。



(© JAXA)

フライトモデルの真空チェンバ内での噴射試験の様子



はやぶさ2イオンエンジン (© JAXA)



# 参考：イオンエンジンのしくみ

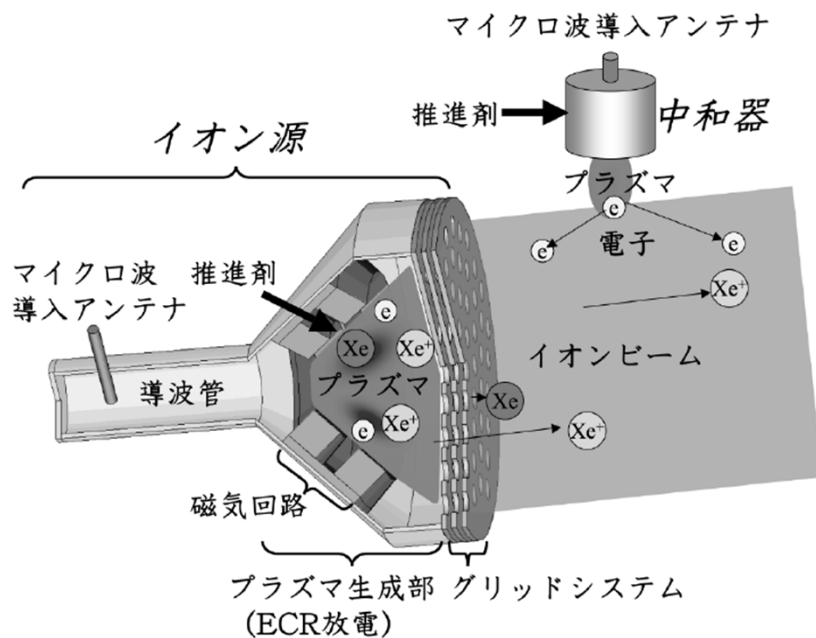


図 マイクロ波放電式イオンエンジンの概略図

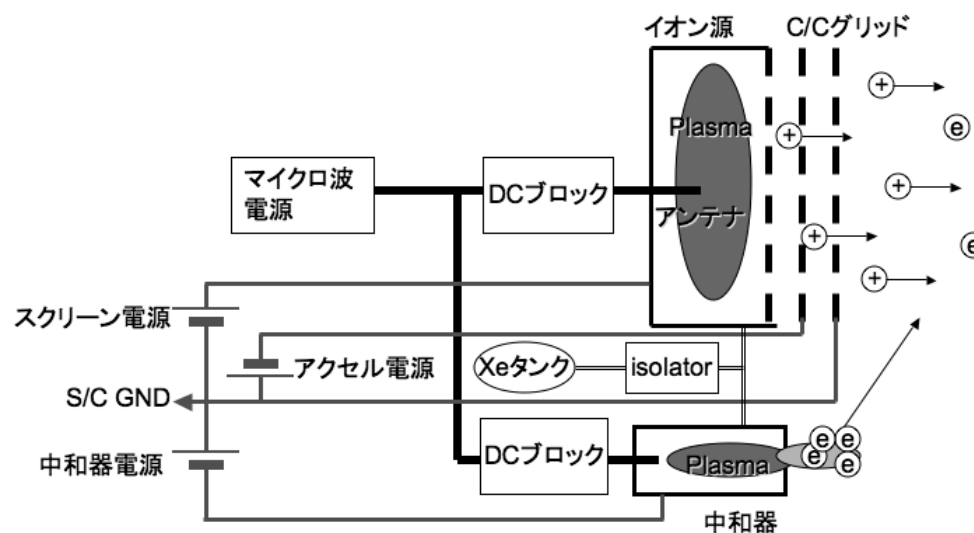


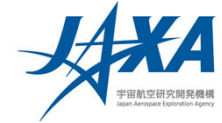
図 マイクロ波放電式イオンエンジンのシステム図

(画像クレジット: JAXA)

注) 日本の宇宙科学研究所で開発されたイオンエンジンはマイクロ波放電式イオンエンジンである。

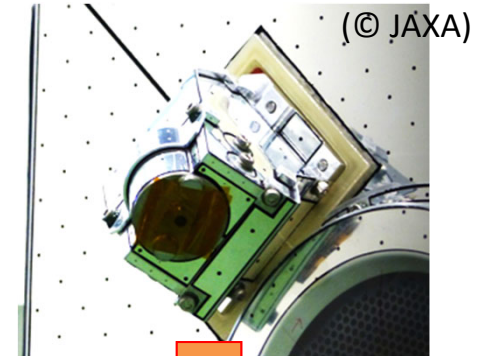


## 参考：イオンエンジン技術のスピノフ



小惑星探査機「はやぶさ2」のイオンエンジン技術を応用した「マイクロ波プラズマ除電処理システム」の開発について

- ・業種を選ばず、高真空環境を要する製造現場で発生する静電気は、製品製造に悪影響をおよぼす。(例えば有機ELやハイバリアフィルムなどの高付加価値フィルム材の製造時は、フィルム上に**静電気放電が発生**し、製造歩留まりを悪くする。)
- ・小惑星表面や月面においても、帯電したダストの宇宙機への付着は悪影響を及ぼす(例:カメラレンズの汚れ)
- ・はやぶさ2の中和器技術を応用し、プラズマ放出により高真空環境下でも静電気を除電可能な装置をメーカー(春日電機)と共同開発し、2019年度に国産部品にて**製品化した**。(高真空環境を壊さず**大量の静電気を除電できるのが特徴**)



(© JAXA)

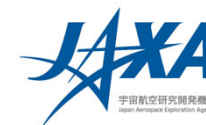


© 春日電機

※問合せ等は JAXA プレスリリースをご参照ください [http://www.jaxa.jp/press/2019/10/20191008a\\_j.html](http://www.jaxa.jp/press/2019/10/20191008a_j.html)



# 2019/11/13 リュウグウ離脱の記念写真



画像クレジット：  
ISAS/JAXA