

# はやぶさ 2 開発

はやぶさ開発プロマネ川口淳一郎さんの発想力、教育論  
私達の日常生活に生かそうではないか。

2018. 6. 27

2020. 11. 8改

2020. 12. 6改

小嶋一郎

NPO法人宇宙アドバイザー協会正会員

I H I O B

速報：はやぶさ2は目出度く2018年6月27日リュウグウに到着しました

速報：はやぶさ2はカプセル帰還まであと1ヵ月あまり……いよいよ大詰め2020/11/5(木) 17:20配信約6年にわたる「はやぶさ2宇宙の旅」  
……

小惑星「リュウグウ」からの粒子が入ったカプセルが帰還する2020年12月6日まで、あと1ヵ月あまりと迫りました。

帰還：宇宙航空研究開発機構（JAXA）は12月6日未明、小惑星探査機「はやぶさ2」を離れたカプセルがオーストラリア南部のウーメラ砂漠に着地したと発表した。現地で待機するJAXAのチームは午前4時47分、ヘリコプターでカプセルを発見し、同7時32分カプセルを回収した。

「はやぶさ2」カプセル帰還 今夜遅くにも豪  
州を出発し日本へ 2020年12月7日 4時55分

## • はやぶさ2 無事帰還おめでとう

- 日本の探査機「はやぶさ2」の、小惑星の砂が入っているとみられるカプセルが地球に帰還し、オーストラリアで回収されました。JAXA = 宇宙航空研究開発機構によりますと、カプセルは早ければ7日夜、遅くに飛行機でオーストラリアを出発して日本に向かうことになっています。
- 探査機「はやぶさ2」のカプセルは、日本時間の6日未明オーストラリアの上空で流れ星のような火球として観測され、地球に帰還しました。

# はやぶさ2の探査目的と期待される成果と効果



## ・目的

初号機「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と言われる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。

原始太陽とは：

約46億年前、まだ原始星段階にあった太陽のこと。中心部の温度は水素の核融合反応を起こすには足りず、収縮によって重力エネルギーを解放することで輝いていた。

# はやぶさ2の成果：日本が宇宙探査で快挙

## 日本が宇宙探査で快挙。

探査機はやぶさ2が小惑星リュウグウへの着陸に成功。直径6m（ピンポイント）という極めて狭い目標地点をほぼ完璧にとらえ、岩石のかけらも採取出来たとみられる。

小惑星は46億年前、太陽系ができたときに地球のような惑星になりきれなかった小天体で、当時の環境がそのまま残されている。

遠い天体に着陸して物質を持ち帰る「サンプルリターン」に再び成功し、日本の技術力を世界に示した。

高度な無人探査技術は月やその先の火星に向かう足がかりとなり得る。

世界の宇宙開発競争に加わるなかで日本の強みを示した。

# はやぶさ2の成果

アメリカもNASA、ヨーロッパ宇宙機関の注目

## リュウグウ



(JAXA、東京大など提供)

● 炭素が多い

→ 有機物がある可能性 **大**

● 水がある可能性も

生命誕生のメカニズム解明の  
手がかり得られる可能性

生命の誕生のメカニズムを解明する手がかり・・・炭素、水の観測

これまでの探査で、リュウグウ表面の色の解析から**炭素**が多く存在していることがわかっているほか、リュウグウの表面からの光を分析したところ、**全域に水がある**可能性も浮上。研究者は表面より少し深いところに水が残されている可能性があるとする。

今回採取したかけらに有機物や水が含まれていれば、**生命誕生のメカニズムを解明する手がかりが得られる可能性がある**とする。

世界の注目、日本が世界をリード

日本の探査に刺激を受け、アメリカもNASAが探査機を打ち上げ、先日別の小惑星に到着して観測を始めたほか、ヨーロッパ宇宙機関も探査計画を立ち上げる方針を示すなど、今後この分野の競争は激しくなりそう。

ただ今のところ日本が世界をリード。

今回はぜひすべてを成功させて、その科学的成果でも世界をけん引していくことを期待する。

(水野 倫之 解説委員)

# はやぶさ 2 の成果

## 1. 地球の起源と進化、生命の原材料物質を調べる

地球上の生命、その源となる海、これらの原材料となる物質は太陽系が誕生した当初、相互に密接な関係を持っている、その中で地球が誕生した。

その太陽系の中で地球はC型小惑星と言われそのサンプルを分析することで、起源と進化、生命の原材料物質を調べることが出来る。

## 2. 小惑星の形成過程についてさらなる解明に期待が深まる

はやぶさ2」の探査対象であるC型小惑星は、「はやぶさ」が探査したS型小惑星のイトカワに比べてより隙間の多い構造をしていると考えられている。

「はやぶさ2」では、人工クレーターを作って小惑星の地下の状態を探る実験も行い、また、人工クレーターからの物質採取も試みる。

このように小惑星の内部を調べることで、小惑星の形成過程についてもさらに理解が深まる。

「はやぶさ」の成果を踏まえて新たに「はやぶさ2」を行うことで、太陽系の起源についてより深く解明することができる。このことは、私たちの太陽系だけでなく太陽系外の惑星系の理解にもつながる。





# 「はやぶさ2」はリュウグウで7つの「世界初」を達成した

## 「はやぶさ2」の成果

### 小型ロボットによる小天体表面の移動探査

「MINERVA-II1」のローバー2機（「イブー」・「アウル」）を投下し、リュウグウ表面を移動したことを確認した。その後、独・仏のローバー「MASCOT」を投下、こちらも移動も確認した。

### 複数のロボットを小天体に投下、展開

「MINERVA-II1」の「イブー」・「アウル」と「MASCOT」の計3機がリュウグウ表面で活動した。

### 天体着陸精度60cmを実現

第2回タッチダウン（7月11日）で、着陸予定地点「C01-Cb」（直径7m）の中心から60cmの位置にタッチダウンしたことを確認した。

### 人工クレーター作成、その過程と作成前／作成後の状態を詳細観測

衝突装置 SCI を投下し、直径約10mの「おむすびころりん」クレーターを生成。その様子を分離カメラ「DCAM3」で撮影することに成功した。

### 1機の探査機が同じ天体の2地点に着陸

リュウグウの赤道付近で経度が約90度離れた2か所に着陸。両地点には「たまたまばこ」「うちでのこづち」という愛称が命名された。

### 地球圏外の天体の地下物質にアクセス

クレーター生成によってリュウグウ地下の物質が飛散して表面に堆積したことを画像観測で確認し、その中に着陸して試料を採取した。

### 最小・複数の小天体周回人工衛星を実現

「MINERVA-II2」分離のリハーサルとして、ターゲットマーカー2個を投下してリュウグウを周回する人工衛星にすることに成功。「スプートニク」「エクスプローラー」と命名された。

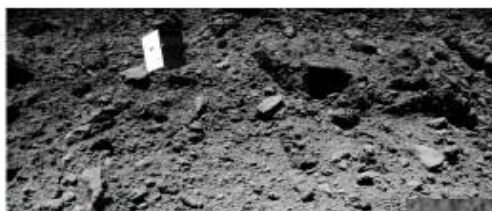


## 2. 小惑星近傍運用総括 (JAXA) はやぶさ2が成し遂げた7つの「世界初」



1. 小型探査ロボットによる小天体表面の移動探査
2. 複数探査ロボットの小天体上への投下・展開

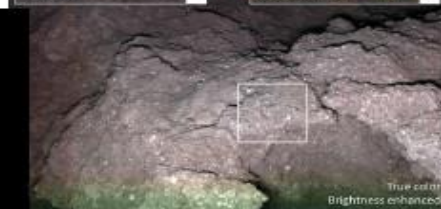
ONC-W2が撮影した  
分離直後のMASCOT



MINERVA-II1A  
が撮影した  
リュウグウの  
地表



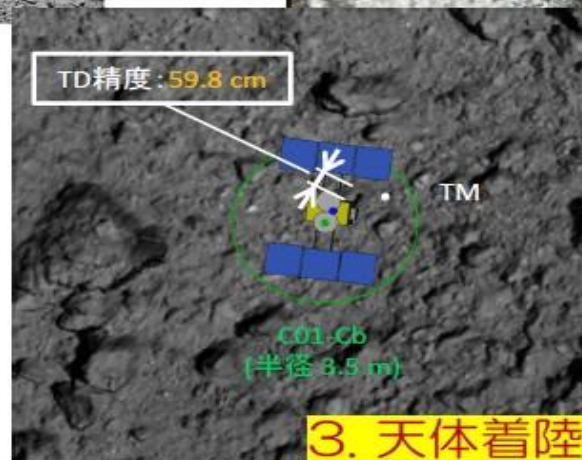
MINERVA-II1Aが撮影した「はやぶさ2」



MASCOTの観測画像



CAM-Hが捉えた第1回  
タッチダウンの瞬間



第2回タッチダウン地点と精度

### 3. 天体着陸精度60cmの実現

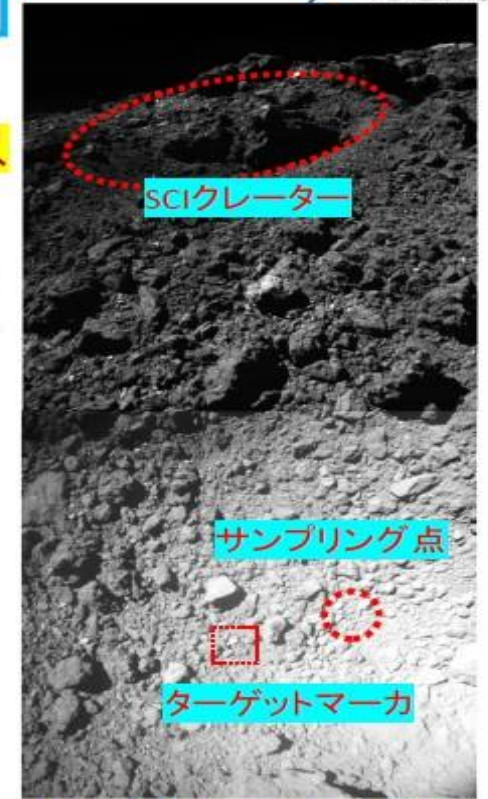




## 2. 小惑星近傍運用総括 (JAXA) はやぶさ2が成し遂げた7つの「世界初」

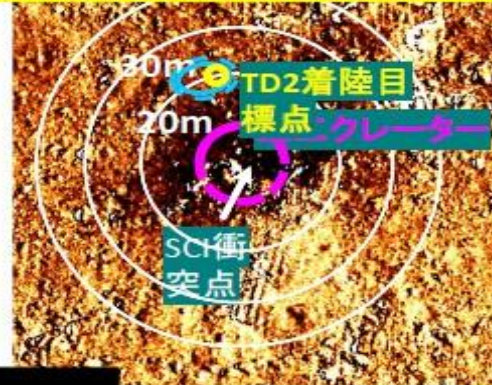
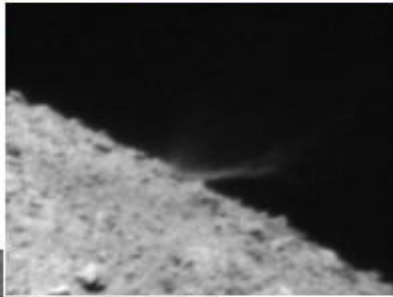


4. 人工クレーター作成とその過程の観測    5. 同一天体2地点への着陸  
6. 地球圏外の天体の地下物質へのアクセス



第2回タッチ  
ダウン地点  
周辺の地形

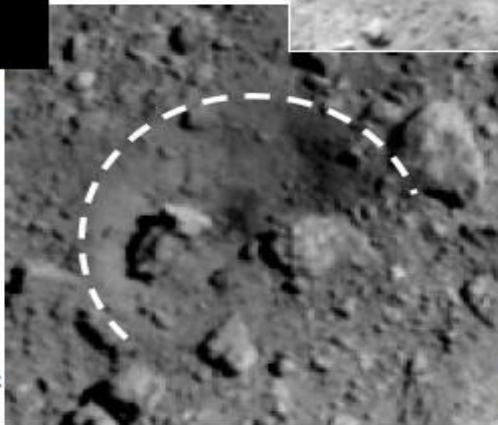
DCAM3が撮影した  
インパクトの瞬間



人工クレーターまわりの  
イジェクタ堆積状況



ONC-W1が撮影  
した分離直後の  
SCI



SCIにより作られた  
人工クレーター



リュウグウを周回する2つ  
のターゲットマーカ



ONC-W2が撮影した分離  
直後のMINERVA-II2

### 7. 最小・複数の小天体周回人工衛星の実現

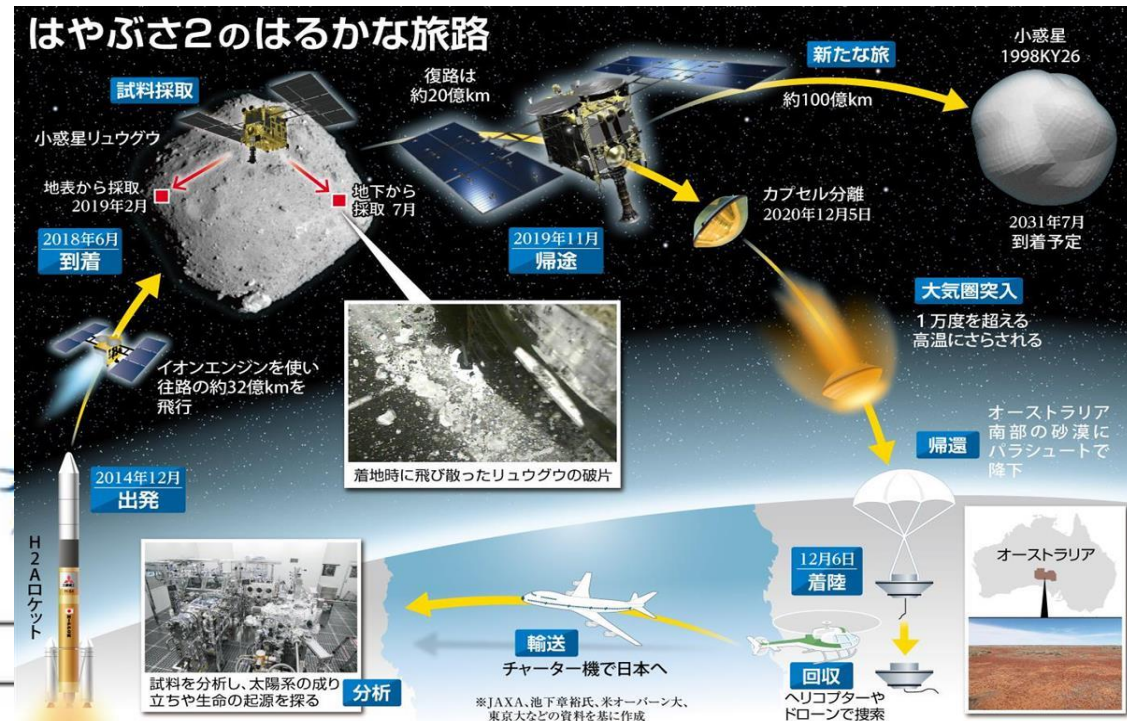
# はやぶさ2 帰還日程

はやぶさ2 ご苦労様!!

## カプセル分離・リエントリー詳細情報

### スケジュール

事項	時刻(日本時間)	地球距離(高度)
TCM-4(補正の軌道修正)	12月1日 16時前後	174万km
カプセル分離	12月5日 14時30分	22万km
TCM-5(地球圏離脱の軌道修正)	12月5日 15時30分~18時00分	20万~16万km(探査機)
探査機、日陰に入る	12月6日 1時57分	12000km(探査機)
カプセル撮像	12月6日 2時28~30分	700km~300km(探査機)
カプセル大気圏突入	12月6日 2時28~29分	120km(カプセル)
探査機、日陰から出る	12月6日 2時31分	350km(探査機)
パラシュート展開	12月6日 2時31~33分	11~7km(カプセル)
カプセル着地	12月6日 2時47~57分	0km(カプセル)





# はやぶさ2宇宙の旅

約6年にわたる「はやぶさ2宇宙の旅」.....小惑星「リュウグウ」からの粒子が入ったカプセルが帰還 **2020年12月6日**



探査機「はやぶさ2」はカプセルを分離した後、別の小惑星に向かう「第二の宇宙の旅」に臨む予定、その前にはまだまだ次のようなハードルが立ちはだかっている。中澤サブマネは「コロナの問題で難しさが増しているが、安全確実にやって行きたい」と意気込みを語った。一方、小惑星探査には強力なライバルがいる。アメリカの探査機「OSIRIS-Rex = オシリス・レックス」が小惑星「Bennu = ベンヌ」に着陸し、先日、地表から回収した粒子を保管用カプセルに収納することに成功しました



# はやぶさ2計画

- ・2014年12月、H-2Aロケットで打上<sup>注1</sup>、2018年～2019年に目標天体の探査実施、2020年12月地球帰還予定<sup>注2</sup>。
- ・開発費148億円(初号機127億円)
- ・はやぶさ2は小惑星リュウグウ(1999JU3)(**生命の起源が予測出来るC型、直径920m**)に行く、丸いおむすび状の形をしている。ミッションは約46億年前宇宙空間での有機物や水の存在を探す事で**生命の起源を探りに行く**。
- ・インパクターで小惑星内のカケラ採集、いよいよ小惑星「リュウグウ」からの粒子が地球に届く、日本の宇宙開発の快挙、快挙・・・!!

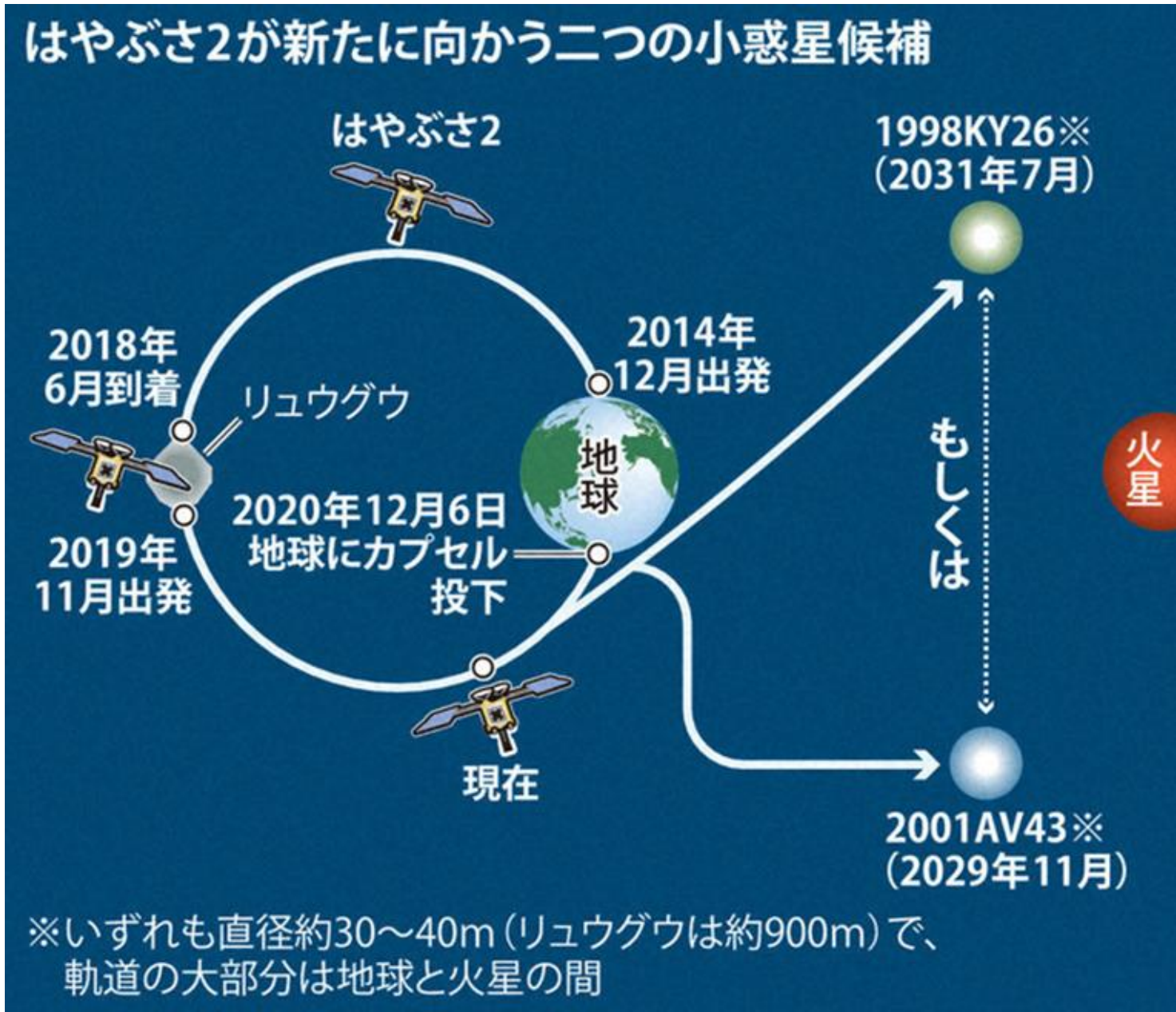


注1: 12月3日13時22分4秒打上げ成功

注2: 2020年12月6日はやぶさ2のカプセルはオーストラリア ウーメラ砂漠に帰還

# 「探査機はやぶさ2」はカプセルを分離した後、別の小惑星に向かう「第二の宇宙の旅」に臨む予定

「はやぶさ2」はカプセルを分離した後、別の小惑星に向かう「第二の宇宙の旅」に臨む予定。新たに小型小惑星へ向かう途中、金星や別の小惑星の観測を計画していることをプロマネ津田氏は明らかにした。





# 小惑星りゅうぐう(1999JU3)の軌道



- ・公転: 1. 3年
- ・自転: 約7時間38分
- ・密度:  $0.5 \sim 4.0 / \text{cm}^3$  (TBD)
- ・質量:  $1.7 \times 10^{11} \text{Kg} \sim$   
 $1.4 \times 10^{12} \text{kg}$  (TBD)

注: 密度、質量は予測値探査にて明らかになる

直線距離で地球から約3億km離れたC型小惑星「1999JU3」を目指し、4年余りの旅  
採集後6年後の2020年12月 約52億kmの航行距離を経てウーメラ砂漠に帰還予定

# はやぶさ初号機とはやぶさ2比較

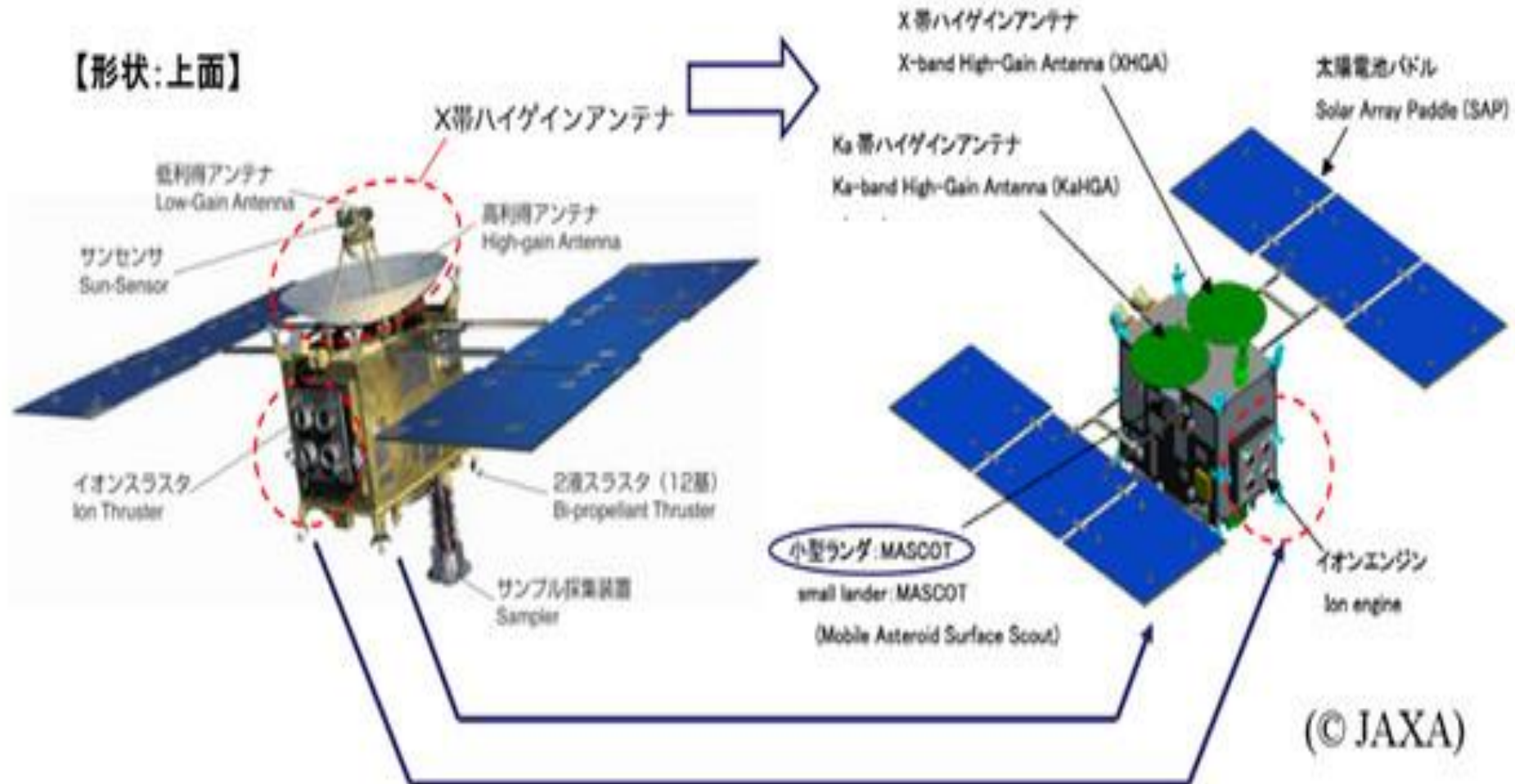
はやぶさ

大きさ: 約1m × 1.6m × 1.1m (探査機本体)  
重さ : 510kg (燃料込み)

はやぶさ2

大きさ: 約1m × 1.6m × 1.25m (探査機本体)  
重さ : 約600kg (燃料込み)

【形状: 上面】



# はやぶさ2の改良点

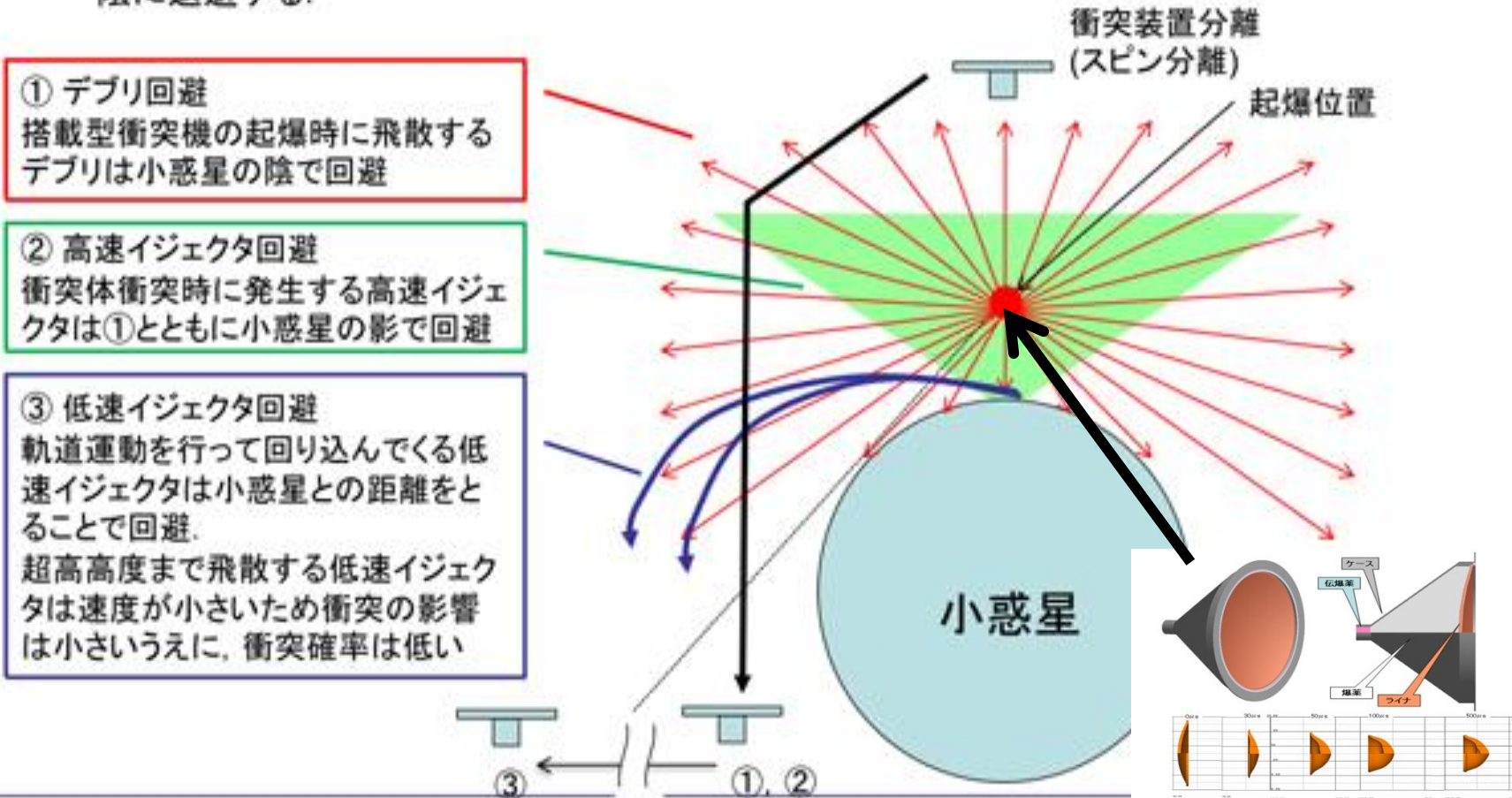
- ・改良機体で往復で**6年間、約52億<sup>キロ</sup>の長旅**
- ・インパクタでクレーターを作り、宇宙線等宇宙風化で変質していない内部の物質を露出させて採取する。
- ・イオンエンジン2割アップ(8mN⇒10mN)
- ・おわん形のパラボラアンテナを平面タイプに変更することで軽量化、周波数帯も追加し、初代の4倍の高速通信  
(Kaバンド:約32GHzの周波数の電磁波)実現
- ・リアクションフォイル 3基⇒4基に
- ・はやぶさ2の重量 500kg⇒600kg



# はやぶさ2インパクト

## 衝突運用概要

- 衝突装置は作動時に破片(速度: ~数km/s)を四散させる。また、衝突体が小惑星表面に着弾すると、土壌が放出される。そのため、着陸帰還機は衝突装置分離後、小惑星の陰に退避する。



## はやぶさ2 町工場の匠のワザの一例



インパクターの製作

### 銅板とステンレス鋼板溶接

1. ステンレス鋼板製作

厚さ1mmに削り込む加工技術

2. ステンレス鋼板と銅板溶接

電子ビーム溶接

熱収縮を計算しての溶接技術

### 日本の誇り

はやぶさの成功の裏には日本の匠のワザがある事も忘れてはならない、誇るべき物づくりの技術です



# 「リュウグウ」にきょう到着するはやぶさ2 には主要メーカーが名を連ねる

明星電気  
分離カメラ

明星電気  
近赤外分光計

IHIエアロスペース  
サンプルを地球に持ち帰る  
再突入カプセル

三菱重工業  
姿勢を安定させる  
スラスタ

NEC  
イオンエンジン

多摩川精機  
中間赤外カメラ部品

NTN  
太陽電池パネル用ヒンジの  
軸受け

古河電池  
リチウムイオン  
バッテリー

住友重機械工業  
砂などを採取するサンプラーホーン

富士通 軌道計算システム

日本工機  
リュウグウ表面にクレー  
ターをつくる衝突装置

日本飛行機  
衝突装置を分離する機構

正面

背面

## 自社での事業展開も目指す

三菱電機 準天頂衛星「みちびき」  
測位情報を自動運転に活用(4基体制)

地上  
約36,000キロメートル

地上  
約500キロメートル

NEC ASNARO-2  
厚い雲の下や夜間でも  
地表を観測できる

撮像



NEC衛星オペレーションセンター



新燃岳の火口周辺の  
画像(NEC提供)



# はやぶさ2

・6年間、約52億kmの旅

1. 打上  
2014年12月3日13時22分
2. スイングバイ  
2015年12月3日
3. 到着  
2018年6月
4. 出発  
2019年11月
5. 帰還  
2020年12月6日

## 技術の結晶で挑む 52億kmの旅

小惑星1999JU3  
(想像図)  
直径 約900m  
形状 サトイモ形?  
材質 岩石、有機物、水

**3 到着**  
2018年夏  
表面や内部の物質を採取し、帰還カプセルに封入する

**4 出発**  
2019年末

**1 打ち上げ**  
2014年11月30日  
H2Aロケット26号機

**2 スイングバイ**  
2015年末  
地球の引力を利用し加速、小惑星へ方向転換

**5 帰還**  
2020年末  
カプセルが落下

**新たな旅へ**  
カプセルを分離した機体は別の探査へ(内容は未定)

**化学エンジン**  
計12基。燃料が凍らないよう配管などを工夫

**姿勢制御装置(機体内部)**  
1基増やし4基に

**平面アンテナ**  
初代とは異なる構造で軽量化。周波数帯を追加し高速通信を実現

**イオンエンジン**  
宇宙空間での主な動力源。性能を2割向上

**帰還カプセル(背面)**  
機体から分離して地球大気圏に突入し、地上で回収される

**小惑星探査機「はやぶさ2」**  
本体サイズ 幅1m、高さ1.25m、奥行き1.6m  
重さ 約600kg(燃料込み)  
総費用 314億円



## 帰還運用

2019年11月13日、帰還運用開始。リュウグウからの離脱開始を確認。

2019年11月19日、遠ざかりゆくリュウグウの撮影を終了し、イオンエンジンを運用するための姿勢変更を行った。

2019年11月20日、イオンエンジンの試験運転を開始。

2019年12月3日、イオンエンジン巡航運転を開始。

2019年12月14日、運転するイオンスラスタを3基から2基に切り替えた。

2019年12月16日、JAXAが建設中の長野県美笹局の54mアンテナが、はやぶさ2の電波(X帯)を捉える。

2020年2月5日、軌道の精密測定を行うため、イオンエンジンをいったん停止。

2020年2月18日、軌道が決定し、微調整(トリム運転)を開始。

2020年2月20日、第1期イオンエンジン運転終了。

2020年4月8日、JAXAが建設中の長野県美笹局で、後述のKa帯の電波受信に成功。

2020年5月13日、第2期イオンエンジン運転開始[96]。イオンスラスタは当初1基を使用し、8月から2基に切り替える。

2020年8月19日、豪州政府から8月6日付でウーメラ立入制限区域への着陸許可が下りたことをJAXAが発表。

2020年8月28日、第2期イオンエンジン運転を終了し、その後、精密な軌道測定を開始。

2020年9月15日、軌道測定結果をもとに、TCM-0(イオンエンジンによる軌道修正)開始。

2020年9月17日、約30時間に及んだTCM-0を終了し、これをもって地球帰還までに行うイオンエンジンの運用は完遂となった。

2020年10月5日、長野県美笹局からはやぶさ2へ向けたX帯の電波送信試験に成功。

2020年10月22日 TCM-1(軌道微調整)以降帰還までは化学エンジン使用

## 今後の予定

2020年10月以降、帰還まで化学エンジンによる精密誘導フェイズ

11月2 - 19日頃、TCM-2(軌道微調整)。

11月25 - 29日頃、TCM-3(ウーメラへ向けた軌道変更)。

12月1日頃、TCM-4(軌道微調整)。

12月5日14:00 - 15:00(JST)頃、地球から22万kmの距離からカプセル分離。

12月5日15:00 - 17:00(JST)頃、TCM-5(地球圏離脱軌道変更)。その後、姿勢を変えてカプセル再突入の様子を撮影する予定。

2020年12月6日2:00 - 3:00(JST)頃[103]、回収カプセルが地球に帰還する予定。

帰還カプセルの投下場所は初代はやぶさと同じくオーストラリアのウーメラ試験場を予定している。

## 人生訓:川口淳一郎さんの発想力

「これまでの発想や固定観念から脱し、イノベーション(飛躍)を引き起こすようなインスピレーション(ひらめき)を得るにはどうしたらよいか」

1) フロントラインに立とう、格付けで安心してはいけない。

- 自らフロントに立つ気構えを持ち歩む事を勧める。
- 積み上げ発想を捨てよう。フロントに立つには何をしたいかと言う目標をまず持つ事である。
- 何かをより多く集め、積み上げたら、その先にイノベーションがあると考えるのは間違いです。何をするかを決めてから、それに必要な知識や情報を収集すべきです。

# 川口淳一郎さんの発想に学ぶ

- 川口さんは皆が狙うナンバーワンを目指すのではなく、われ**独自の道をゆくオンリーワンを目指すことが大切**であると言う。
- その考えがはやぶさの初号機の開発にある。
- また開発の裏にはこれからは太陽系大航海時代がやって来ると言う布石がある。



# 人生訓：川口淳一郎さんの発想力

## 2) 教育論(教育の問題点)。

### ・発想の転換が必要

勉強、学習とは過去を見る事に過ぎません。学生はHOW(どの様に=手段)の習得に力を注ぎます。それが強い足かせになり「勉強のプロ」「学びのプロ」を育てています、彼らは知識の量が増えていく事に満足感を覚え、そういう行動で安心している。手段であったはずの勉強が目的化してしまっています。

・**何をするのが先です**、「知らない事」がたくさんあっても良い。

・社会で今起っている淋しい現実！！

取り組みテーマ(目標)を自分で探せと言われると、どうして良いかわからない。そこで「この仕事は自分に向いていない」と言い出す。「もっと具体的に指示してほしい」というのが現実です。これでは新しいものは生まれません。

# 何をする「what(目的)」を決めてから、それに必要な知識や情報「how(手段)」を収集すべき

- 日本人の多くは「何かをしよう」とする時、まずいろいろな本を読み、知識を増やすことから始める。
- 少なくとも「何かをしよう」と思った分野において、その人がまったく情報を持っていないことはないはずです。ある程度の知識があるから、その分野に関わっているのでしょう。とすれば順番が逆で、何をするかを決めてから、それに必要な知識や情報だけを収集すべきです。
- 勉強、学習とは過去を見ることで、HOW(どのように=手段)の習得にすぎません。学生は、HOWの習得に力を注ぐ。これが強い足ヶ瀬となり「勉強のプロ」「学びのプロ」に変身する人がいる。彼らは知識の量が増えていくことに満足感を覚え、そういう作業に携わっていると安心してしまふ。つまり、手段であったはずの勉強が目的化してしまうのです。転職したり、学校に入り直したりする人がいるのは、HOWの習得を第一義にしている日本の教育制度にも問題があります。後で詳しく触れますが、知識の量を尺度にする受験制度は改めるべき時期が来ています。

# 人生訓：川口淳一郎さんの発想力

## 3) リスク管理

リスクはゼロにならない。リスクは必ずあるのです。

リスク管理とは、発生の可能性をゼロにする事ではなく、その影響をどれだけ最小に留めるかです。

またそれに対処する方法、その影響を進行させない方法を用意して置く事もリスク管理です。

### ・リスクの発生可能性を最小限にする点検手法

① 仮想FTA (Fault Tree Analysis)

② FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

③ ETA (Event Tree Analysis)

# 人生訓：川口淳一郎さんの発想力

4) 日本の閉塞感を打破するには

「**インスピレーション**(ひらめき、着想)・**フォー・イノベーション**(飛躍)」という事です。

会社を含め日本は今閉塞感に悩まされていると考えます。これを打ち破って創造の時代を拓くには、**イノベーション**(飛躍)を引き起こすような**インスピレーション**(ひらめき、着想)が必要だという事です。

イマジネーション(想像)が直接的に現実社会のイノベーション(飛躍)に繋がる事はありません。その間にインスピレーションが必要になります。

あらゆるクリエイテイ(創造)な活動には、このインスピレーションが不可欠だと思っています。**インスピレーション**(ひらめき)にこそ価値がある。

・インスピレーションを得る方法

「何かひらめく」のは、頭の中での出来事です、私は「物を見る、探す」という行為と似た部分があると感じています。目標に向かって行動する(観察、調べる等)事の繰り返しと努力と考えます。

## 人生訓:川口淳一郎さんの発想力

### 5) 人材育成法 — 成功体験と失敗学 —

今、日本人に最も不足しているのは自信だと思うので、「耐え忍ぶ事だけではダメで、創造できる、やれるという自信を持たなければなりません」と言う事です。

人材育成のポイントの一つは「成功の記憶を植えつける事」と「失敗の制御」でしょう。

シニアが第一線から早めに身を引き、後進と協同で取り組んで、技術や経験の伝承を行う事です。先輩やシニアが行って来た事を、確かめ合いながら、また修正しながら協同で仕事をする事です。



# 参考資料 リスク管理の3つの道具



宇宙開発業界ではこの道具は欠かせないものです。

## ① **FTA** (Fault Tree Analysis)

・事象を上から点検していく方法です。(不具合発生時利用)

たとえば原発事故を例にすると「放射能漏洩の大事故が起きた」という事象からスタートします。それに通ずる要因を片っ端から探すことがそのアプローチです。

## ② **FMEA** (Failure Mode and Effect Analysis) (設計段階で予め不具合を予測する)

・逆に事象を下から上へ点検していく方法です。一つ一つのシステムの中の要素が発生させる故障です。そして、その波及を止めることを考えていきます。

原発で言えば「冷却水バルブが破損した」とか「電力制御装置が冠水した」ということ。冠水したらどうなるか。そこから波及する影響を考える。

## ③ **ETA** (Event Tree Analysis) (不具合発生時利用)

・時間を追うごとに起きる事象を追いかけていき、すべてのありうる事象の流れを追うことです。最初に地震が起きる、大津波が来ることから始めます。炉が緊急停止する。商用電力が絶たれる。津波が打ち寄せる。電力制御装置が冠水する。非常用発電機も冠水する.....というように順を追う方法です。