

「惑星物質科学のフロンティア」研究会

はやぶさ2:  
プロジェクト概要と深宇宙運用の現況  
(JAXAファクトシート準拠)

2015年03月30日

東京大学宇宙線研究所・柏キャンパス

矢野 創

(JAXA宇宙科学研究所・学際科学研究系、  
月・惑星探査プログラムグループ・はやぶさ2プロジェクトチーム)

お招きいただき、ありがとうございます。  
この研究会、来年で20周年を迎えます。

1996-7年、「新世紀の宇宙塵研究ワーク  
ショップ」 @田無・東大宇宙線研



# 「はやぶさ2」計画概要

- 「はやぶさ」が探査したS型小惑星イトカワに続いて、もう1つ代表的なタイプであるC型小惑星の探査およびサンプルリターンを行う。
  - 打ち上げは2010～2011年を目指す。
  - ロケットは、M-V級かそれ以上(H-IIA+キックモータ?)を想定する。
  - 探査機は、基本的に「はやぶさ」と同型機であるが、問題箇所等は修正する。
  - 従来の全国共同利用体制に加えて、科学本部にとどまらず、全JAXAとして行うミッションであり、各本部から人材を集めて行う。
- ⇒4月に発足する「月・惑星探査推進グループ」が始める新ミッション第一弾。

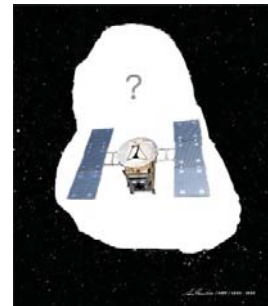
## ミッションの検討例

C型小惑星 1999 JU3 の探査

イベント	日付
打ち上げ	2010/11/27
地球スイングバイ	2011/11/27
1999 JU3 到着	2013/05/27
1999 JU3 出発	2013/12/06
地球帰還	2015/12/06

## C型小惑星

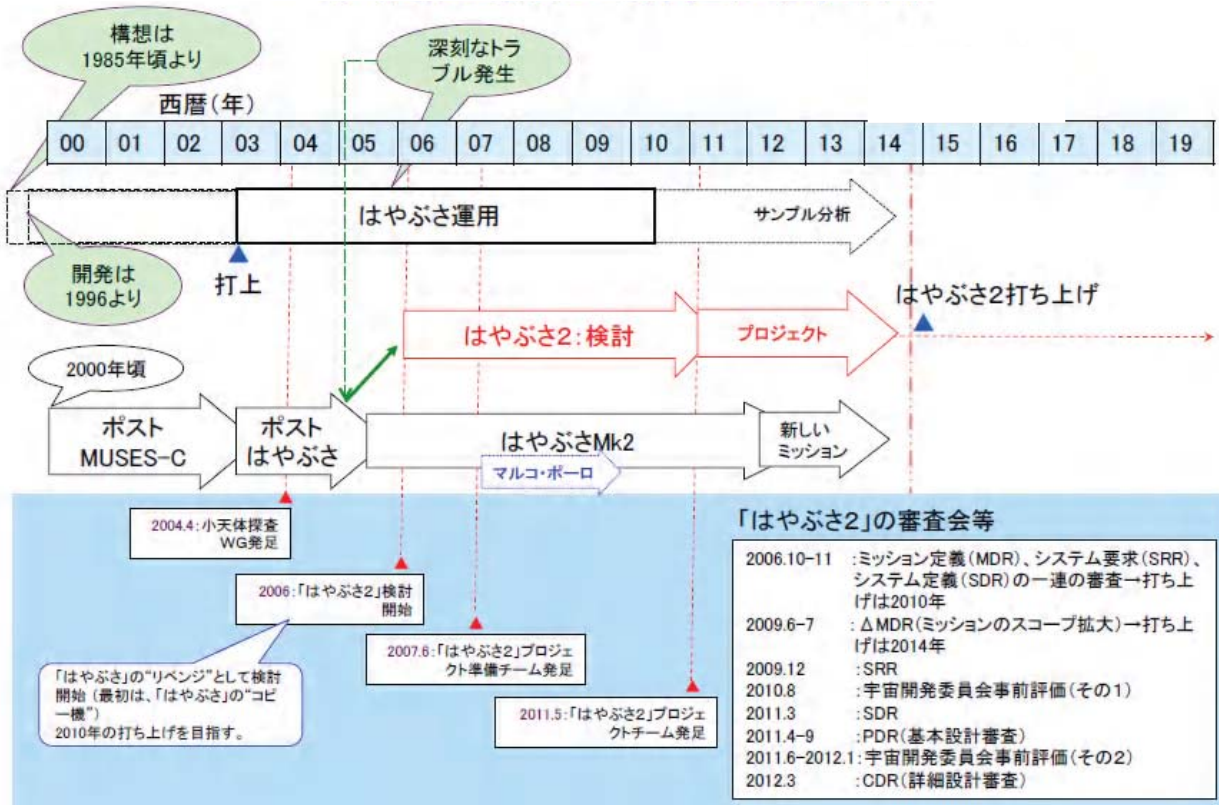
- 炭素質コンドライトの母天体であると考えられている。
- 宇宙起源の水や有機物を含むと考えられ、生命の起源や進化を調べる上で重要な情報をもたらす。
- より始原始的な天体である。



C型の微小小惑星の素顔は？

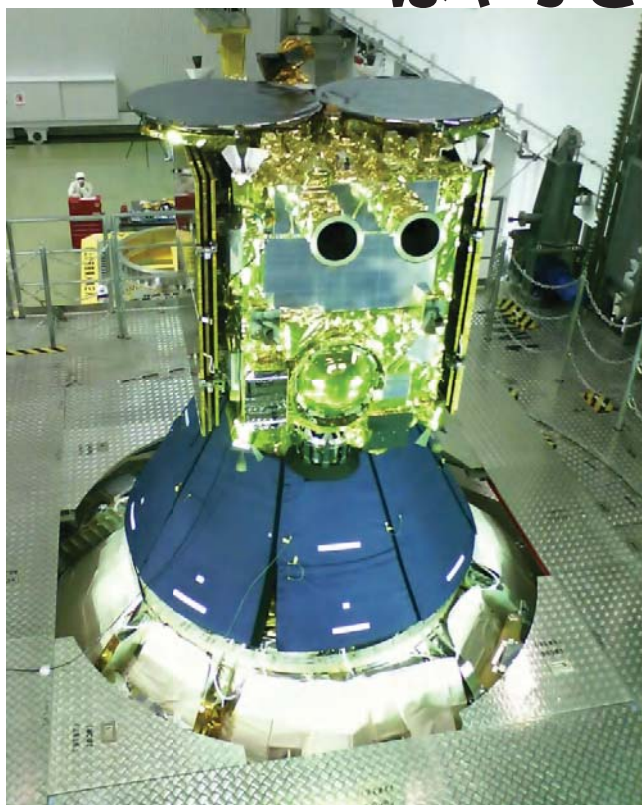
「2006年度「地球外起源固体微粒子に関する総合研究」小研究会（田澤雄二先生ご退官記念研究会）（2007.03.27 @柏・東大宇宙線研）」での矢野発表資料より転載。

## はやぶさ、はやぶさ2、はやぶさMk-1Iに至る経緯

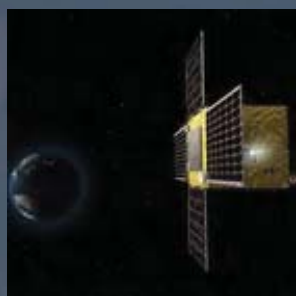




# 2014年11月、種子島で打上げを待つ はやぶさ2探査機



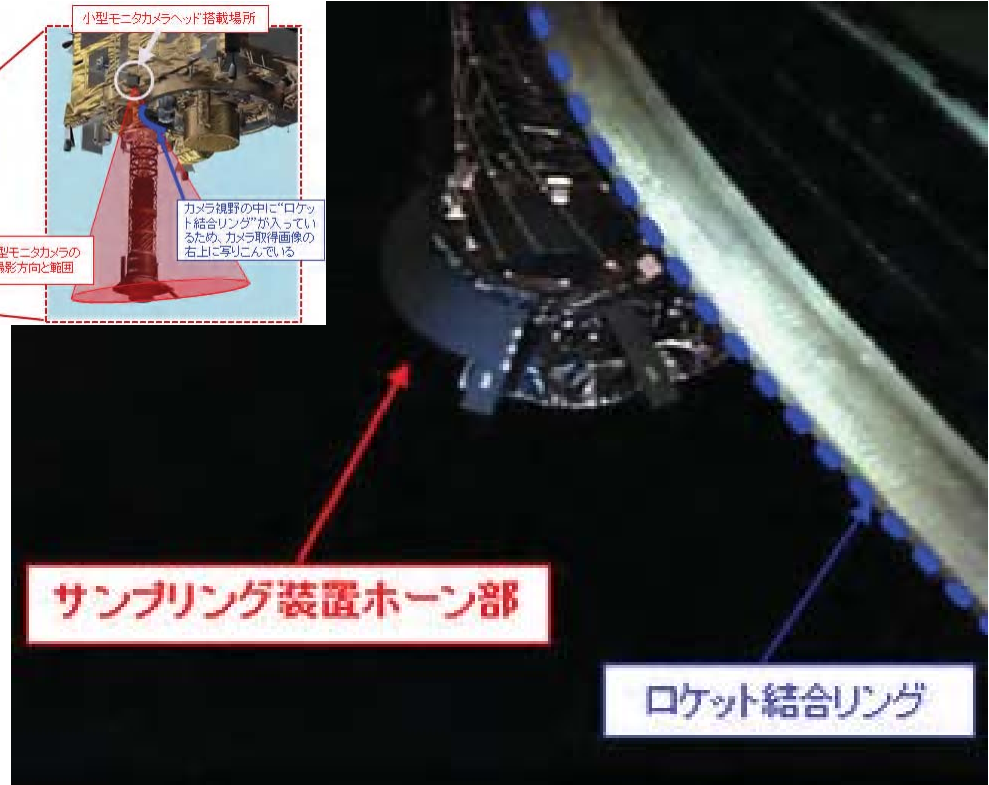
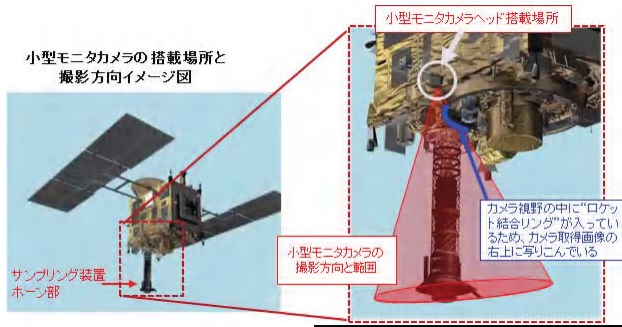
# 2014年12月03日、 はやぶさ2の打上げ・クリティカル運用



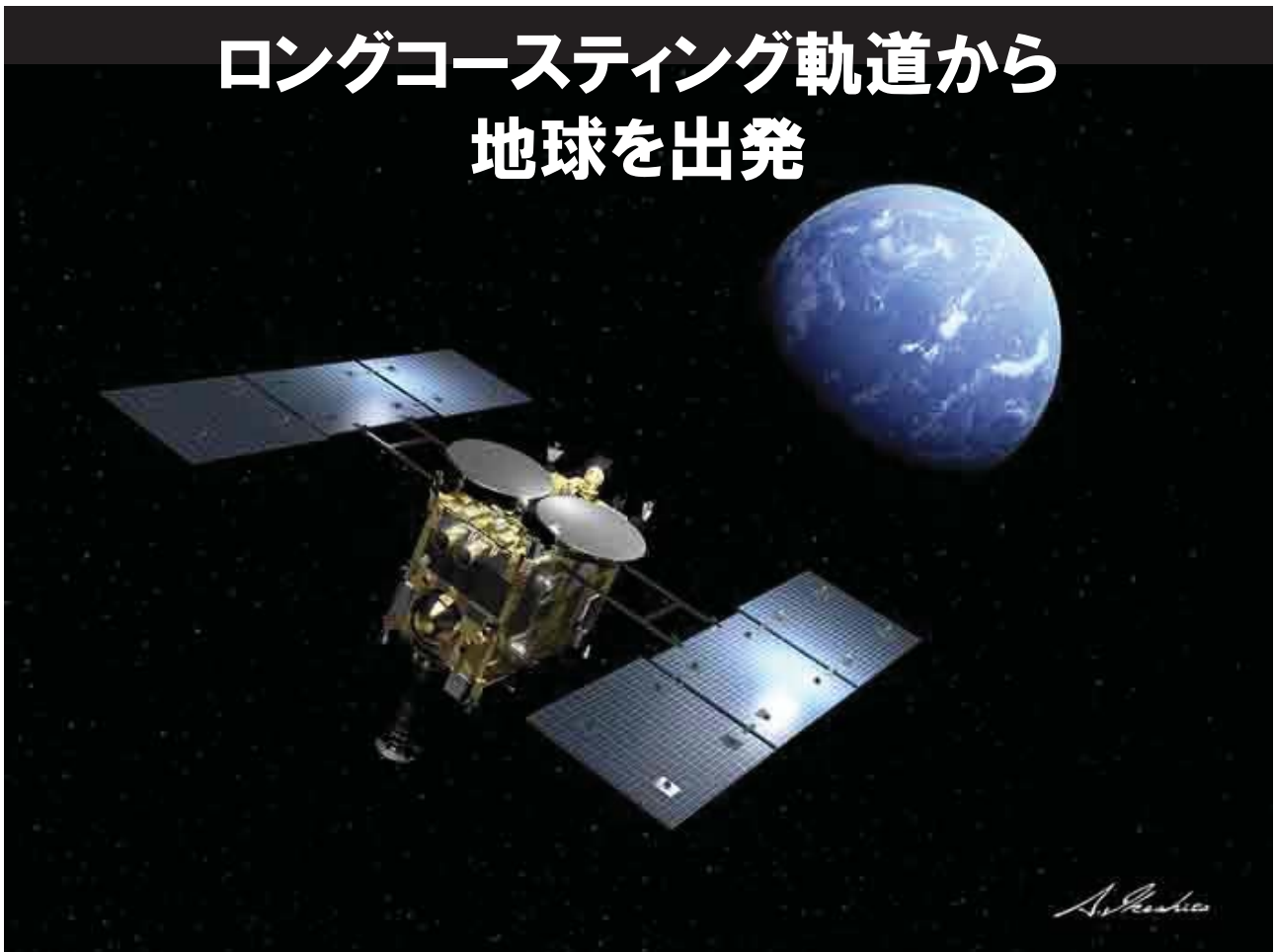
50kg級NEOフライバイ  
探査機「プロキオン」



# 第一可視で、サンプラーホーンの 伸展を画像にて確認



# ロングコースティング軌道から 地球を出発







# はやぶさ2ミッション、三つの意義

## 1. 科学的意義

「我々はどこから来たか」— 太陽系の起源と進化、生命の原材料の探求

地球本体、海水、生命を作った原材料物質は、惑星が生まれる前の原始太陽系星雲の中に存在していたが、太陽系初期には同じ母天体の中で、互いに密接な関係を持っていた。この相互作用を現在でも保っている始原天体(C型小惑星)を探索しそのサンプルを分析することで、太陽系の起源・進化の解明や生命の原材料物質を解明する。

## 2. 技術的意義

「技術で世界をリードする」— 日本独自の深宇宙探査技術の継承と発展

小惑星探査機「はやぶさ」は世界初の小惑星サンプルリターンとして、数々の新しい技術に挑戦したミッションであった。その経験を継承し、より確実に深宇宙探査を行える技術を確立する。さらに、新たな技術にも挑戦し、今後の新たな可能性を開く。

## 3. 探査としての意義

「フロンティアへの挑戦」— 科学技術イノベーション、産業・社会への波及、国際プレゼンス発揮、青少年育成等の効果

未踏の地に踏み込むことで、新しい科学技術を創造し、産業に貢献するとともに、天体の地球衝突問題(スペースガード)、宇宙資源利用、有人探査のターゲット等の科学以外の観点からも小天体に対応することで社会に貢献する。

1

# 科学: 太陽系の誕生と進化を解明する

## テーマ



(背景の図はNewton Pressより)

### ① 惑星を作った物質を調べる

原始太陽系円盤にはどのような物質があり、惑星が誕生するまでにどのように変化したのか？

### ② 惑星への成長過程を調べる

微惑星から惑星へ、天体はどのようにして成長していったのか？



## ①惑星を作った物質を調べる

- 138億年前に誕生したと言われる宇宙は、その後、星の進化によって様々な元素が作られ、宇宙空間にばらまかれた。そして約46億年前に太陽系が生まれたが、そのときの宇宙空間にどのような物質があったのかを解明する。
- 原始太陽系円盤の中で、どのような物質分布になっていたのかを解明する。
- 初期の天体が生まれた後、その天体の上で物質がどのように変化していったのかを解明する。

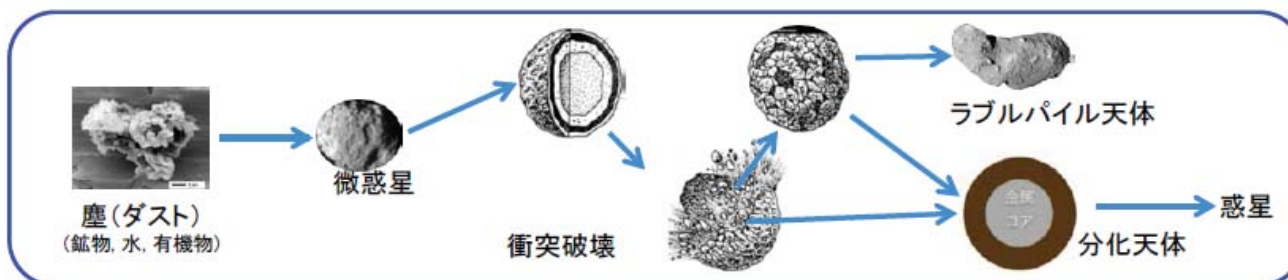


最終的に、惑星本体、海、生命となった物質の解明

キーワード:

- **プレソーラー粒子**: 星間分子雲から太陽系に持ち込まれた粒子
- **白色包有物(CAI)**: 太陽系初期の高温状態を記憶している物質
- **鉱物-水-有機物相互作用**: 初期に誕生した天体上での有機物の多様化
- **熱変成・宇宙風化**: 天体誕生後に天体内または天体表面で起こる物質変化

## ②惑星への成長過程を調べる



- 惑星を作る元になった天体(微惑星)の構造を解明する。
- 天体の衝突破壊・衝突合体・再集積の過程でどのようなことが起こるのかを解明する。



微惑星から惑星までの成長を解明

キーワード:

- **ラブルパイル天体**: がれきの寄せ集めのような天体
- **衝突破壊・衝突合体**: 天体同士が衝突すると、互いに破壊しあう場合と合体して1つの天体になる場合がある
- **再集積**: 衝突によってばらばらになった破片が重力で集まること

# 探査対象天体 : 1999 JU3

Rotation period: 0.3178day (~7.6 h)

$(\lambda, \beta) = (331, 20), (73, -62)$

Kawakami Model    Mueller Model

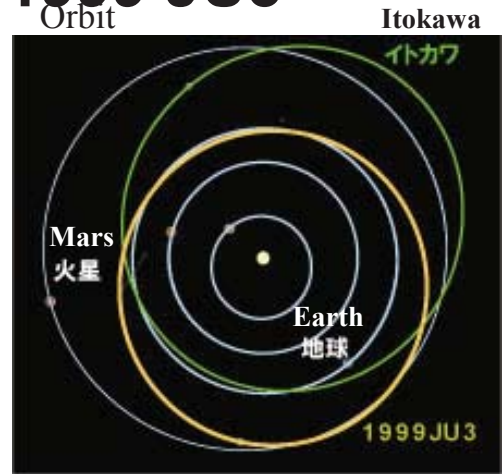
Axis ratio = 1.3 : 1.1 : 1.0

Size :  $0.87 \pm 0.03$  km

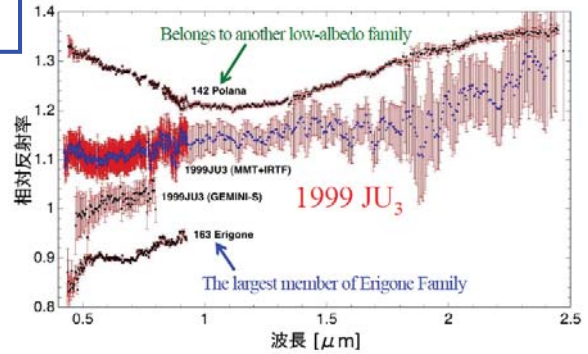
Albedo :  $0.070 \pm 0.006$

H= $18.82 \pm 0.021$ , G= $0.110 \pm 0.007$

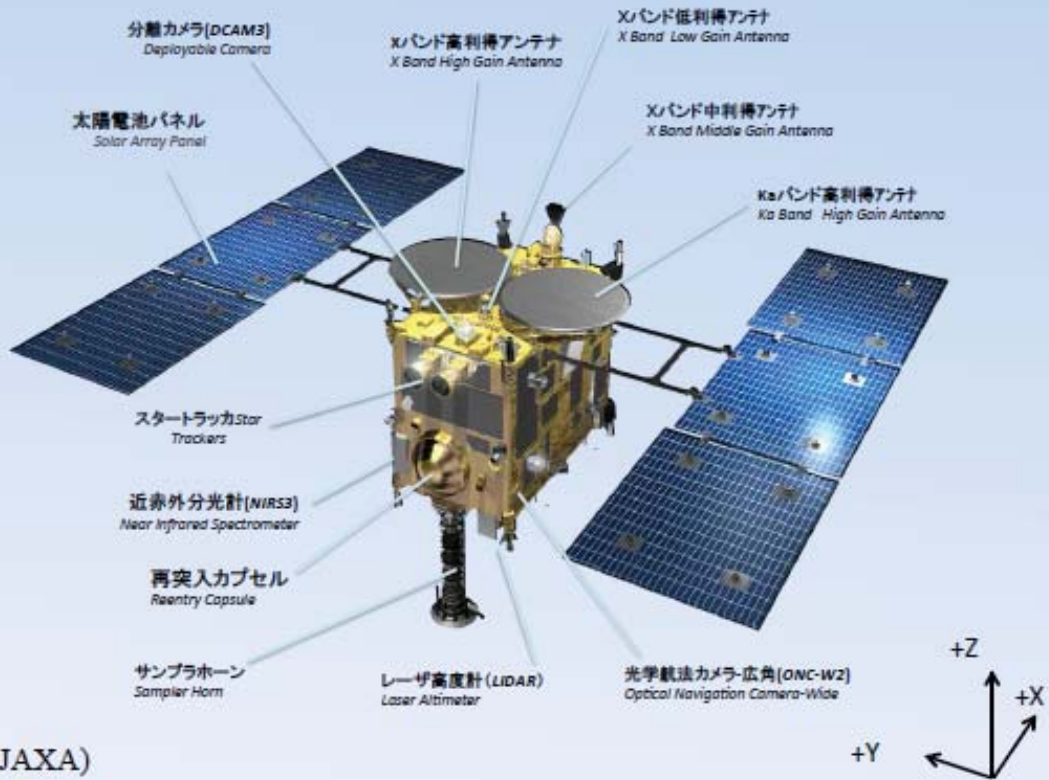
Type : Cg



by Mueller et. al)

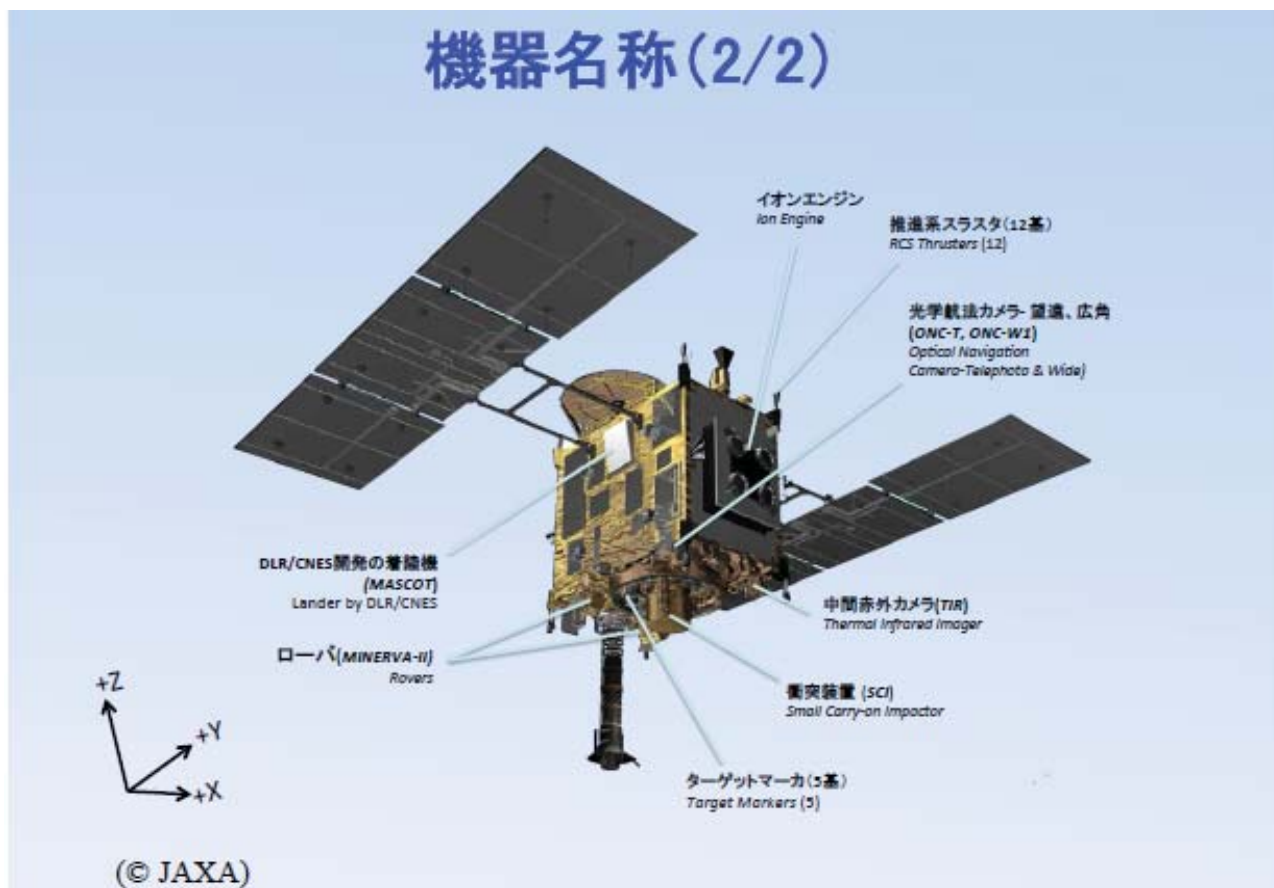


## 機器名称(1/2)





# 機器名称(2/2)



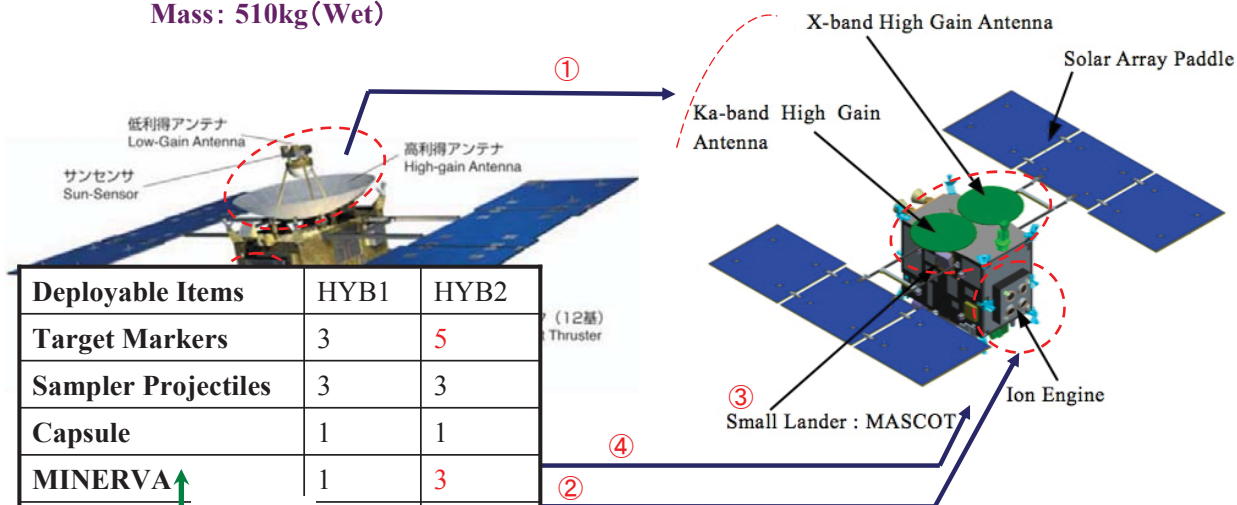
## 新旧比較： はやぶさ vs. はやぶさ2

Hayabusa

Hayabusa2

Size : 1m × 1.6m × 1.1m (body)  
Mass: 510kg (Wet)

Size : 1m × 1.6m × 1.25m (body)  
Mass: 600kg (Wet)



Deployable Items	HYB1	HYB2
Target Markers	3	5
Sampler Projectiles	3	3
Capsule	1	1
MINERVA	1	3
SCI	---	1
MASCOT	---	1
DCAM3	---	1
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>15</b>

Small S/C Systems

- ① Communication : X-band + Ka-band
- ② Ion engine : modified
- ③ Small lander : MASCOT from DLR
- ④ AOCS : 4 reaction wheels

# はやぶさ2ミッションスケジュール

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
月	12	12			06	08 12	12

探査機

打ち上げ機会

地球スイングバイ

イオンエンジン運転

小惑星  
到着

科学観測、  
試料採取

小惑星  
出発

イオンエンジン  
運転

地球  
帰還

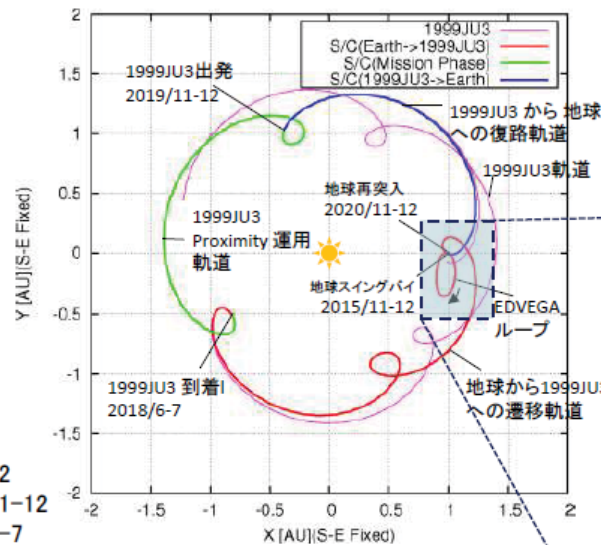
人工クレー  
ター形成



新実験

19

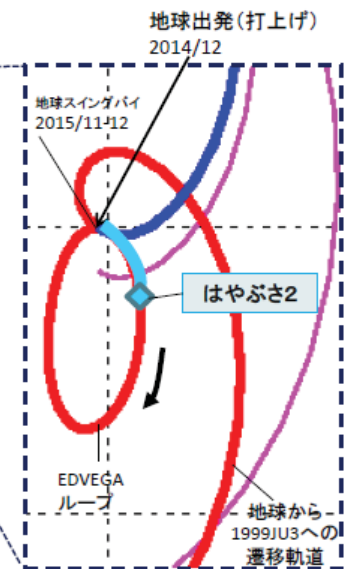
# はやぶさ2の往復軌道



- 地球出発 2014/12
- 地球スイングバイ 2015/11-12
- 1999JU3 到着 2018/6-7
- 1999JU3 出発 2019/11-12
- 地球再突入 2020/11-12

総飛行時間=6年(巡航 4.5年)  
動力飛行総時間=1.5年

総飛行距離=52億4千万km



6



# はやぶさ2初期運用の流れ

日付	実施項目一覧表 *表中グレー網掛け欄は実施済み	
2014	12/7,8 Xバンド中利得アンテナビームパターン測定、実通データ取得、X帯通信機器の機能確認	
	12/9 電源系(バッテリー)機能確認	
	12/10 近赤外分光計(NIRS3)点検	
	12/11 中間赤外カメラ(TIR)/分離カメラ(DCAM3)/光学航法カメラ(ONC)点検	
	12/12-15 姿勢軌道制御系(各機器)機能確認	
	12/16 小型ローバ(MINERVA-II) /小型着陸機(MASOT) 点検	
	12/17 再突入カプセル/衝突装置(SCI)点検	
	12/18 Xバンド高利得アンテナ(XHGA)5点法ポインティング試験、イオンエンジン稼働前処置	
	12/19-22 イオンエンジン ベーキング	
	12/23-26 イオンエンジン試運転(点火) ※1台ずつ実施 <23日/イオンエンジンA>、<24日/同B>、<25日/同C>、<26日/同D>	
	12/27-1/4 精密軌道決定、DDOR (Delta Differential One-way Range) 実施 *12/28、1/1,2は運用休み	
	2015	1/5-7 Ka帯通信機器・実通データ取得、アンテナパターン測定
		1/9-10 Ka帯 DSN各局によるDOR、レンジング試験
		1/11 イオンエンジン稼働前処置
1/12-15 イオンエンジン 2台組合せ試運転 <12日/A+C>、<13日/C+D>、<14日/A+D>、<15日/A+C>		
1/16 イオンエンジン 3台組合せ運転 <A+C+D>		
1/19-20 イオンエンジン 2台組合せ・24時間連続自律運転 <A+D>		
1/23 レーザ高度計(LIDAR)、レーザレンジファインダ(LRF)、フラッシュランプ(FLA) 機能確認		
1/20以降 ~2月下旬 定常運用移行に向けた複数機器の連係動作等の機能確認(実施中) 太陽光圧影響評価、太陽追尾運動学データ取得、太陽光圧及び姿勢軌道制御系機器(リアクションホイール他)、イオンエンジンなどの連係動作機能確認		

## 現在、毎日淵野辺からはやぶさ2と交信中



- H-IIAロケット26号機による打上げ・探査機分離及び約2日間のクリティカル運用期間を経て、現在、探査機搭載機器の初期機能確認を実施中。

### 〈初期機能確認期間〉

- ・探査機搭載機器及び地上システムの動作・機能の確認を順次実施
- ・実施期間/約3ヶ月(2015(H27)2月末頃までを予定)
  - ー最初の1~2ヶ月 = 搭載各機器及び地上システムの基本的な動作・機能の確認
  - ー残りの1ヶ月 = 定常運用移行に向けた複数機器の連係動作等の機能確認

# 現在までの主な運用成果

## ■ これまでの初期機能確認期間での主なトピックス

### 1) イオンエンジン試運転(1台ずつ)【2014(H26)年12月23-26日】

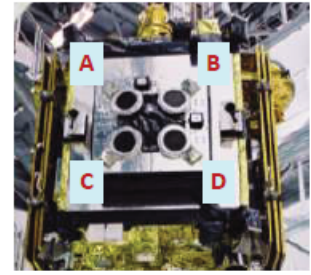
- イオンエンジン4台について、1台ずつ稼働を確認。
- 軌道上で初めて推力(7-10mN)を発生。

### 2) Ka帯通信機器による通信確立【2015(H27)年1月5-10日】

- 日本の探査機として初めて深宇宙Ka帯通信を確立。
- 探査機とNASA深宇宙ネットワーク各局(ゴールドストーン局、キャンベラ局、マドリード局)との間での精密な位置決定のための測定(レンジング)などの機能が正常であることを確認
- Ka帯通信は、探査機が小惑星近傍滞在時のミッション運用時の観測データ伝送に使用される。X帯通信に比べ4倍のデータ伝送量を実現。大容量通信はより確実な運用につながる。

### 3) イオンエンジン24時間連続自律運転を達成【2015(H27)年1月19-20日】

- イオンエンジン2台(A、D)による長時間連続稼働を実施。この間、イオンエンジンシステムが自律的に動作を制御。システム全体としての機能が正常であることを確認。
- 3台運転(A、C、D)は1月16日に実施し、正常に稼働。計画通り最大推力約28mN が発生していることを確認。
- \*イオンエンジン試運転に関しては、現在、稼働時の詳細データによる評価を実施中



**→ 2015年3月初旬より、定常巡航運用を開始。IESエンジン2台連続運転で加速。**

## 2015年12月に地球スイングバイ





# 搭載機器一覧

機器名	役割
光学航法カメラ (ONC)	可視光の波長帯を中心に望遠と広角のカメラがある。望遠と広角のカメラの視野角はそれぞれ約6度と60度である。科学観測とナビゲーションに使われる。
赤外線分光計 (NIRS3)	3ミクロン帯を含む近赤外線の分光観測を行う。 視野角は約0.1度。
中間赤外カメラ (TIR)	10ミクロン帯を含む中間赤外線以小惑星を撮像する。 視野角は10数度。
レーザ高度計 (LIDAR)	探査機と小惑星表面との間の距離を計測する。小惑星の地形や重力、アルベドなど科学データも取得する。 計測範囲は30m～25km。
サンプリング装置 (SMP)	小惑星表面からサンプルを採取する。 「はやぶさ」のサンプリング装置から微修正。
衝突装置 (SCI)	2kgの銅の塊を2km/sに加速して小惑星表面に衝突させることで、人工的なクレーターを作る。
分離カメラ(DCAM)	探査機から分離され、衝突装置が動作するときに撮影をする。
小型ローバ (MINERVA II-1A, 1B, 2)	小惑星表面に降ろして表面を調べる。「はやぶさ」に搭載したMINERVAに似た小型ローバ3台を搭載。
小型着陸機 (MASCOT)	小惑星表面に降ろし、4つの観測装置でデータを取得する。 DLR(ドイツ)とCNES(フランス)が製作。 観測装置: MicrOmega, MAG, CAM, MARA

はやぶさ初号機ヘリテージ

## 光学航法カメラ(ONC)

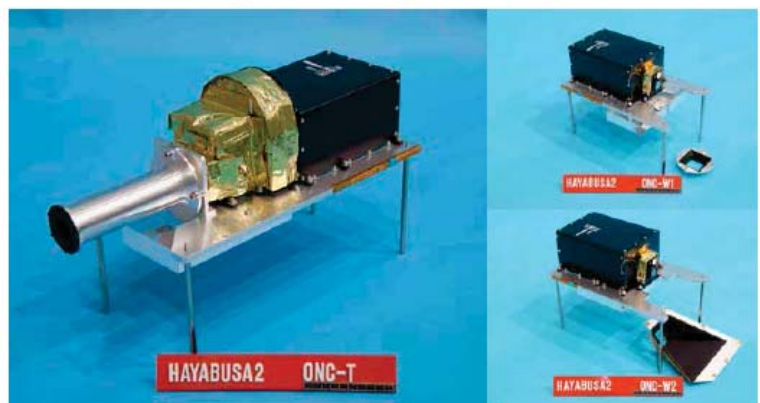
ONC: Optical Navigation Camera



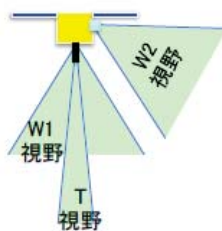
**目的:** 探査機誘導と科学計測のために恒星と探査小惑星を撮像する。

**科学観測項目:**

- 探査小惑星形状・運動の観測  
直径、体積、慣性主軸方向、章動運動
- 表面地形の全球観測  
クレーター、構造地形、礫、レゴリス分布
- 表面物質の分光特性の全球観測  
含水鉱物分布、有機物分布、宇宙風化度
- 試料採取地点付近の高解像度撮像  
表面粒子の大きさ、形状、結合度、不均一性  
サンブラー弾痕や接地痕の観測



- 探査小惑星の素性解明
  - 含水鉱物や有機物の分布、宇宙風化、巨礫
- サンプル採取地点選定
  - 小惑星どこから試料採取すべきかの基本情報
- サンプルの産状把握
  - 試料採取地点の高分解能の撮像



	ONC-T	ONC-W1	ONC-W2
検出器	二次元 Si-CCD (1024 x 1024 ピクセル)		
視野方向	直下(望遠)	直下(広角)	側方(広角)
視野角	6.35° × 6.35°	65.24° × 65.24°	
焦点距離	100m~∞	1m~∞	
空間分解能	1m/pix @高度10km 1cm/pix @高度100m	10m/pix @高度10km 1mm/pix @高度1m	
観測波長	390, 480, 550, 700, 860, 950, 589.5nm, および Wide	485nm~655nm	

## レーザ高度計(LIDAR)

### LIDAR: Light Detection And Ranging

- ・パルス方式のレーザ高度計。
- ・対象天体に向けて波長 $1.064\mu\text{m}$ のパルスYAGレーザを発射し、レーザ光の往復時間を測定することにより、高度を測定する。
- ・「はやぶさ2」のLIDARは、距離30m～25kmで測定することが可能である。
- ・LIDARは対象天体への接近、着陸時に用いられる航法センサであるとともに、形状測定、重力測定、表面特性測定、ダスト観測に用いられる科学観測機器でもある。
- ・また、トランスポンダ機能も備えており、地上LIDAR局との間でSLR(Space Laser Ranging)実験を行うことができる。



レーザ高度計エンジニアリングモデル

#### 科学目標

- ・探査小惑星の地形・重力場の観測
- ・表面各地点のアルベド分布の観測
- ・小惑星周囲に浮遊するダスト観測



- ・小惑星の形状・質量・空隙率とその偏り
- ・小惑星表面のラフネス
- ・ダスト浮遊現象

(© JAXA)

73

## 中間赤外カメラ(TIR)

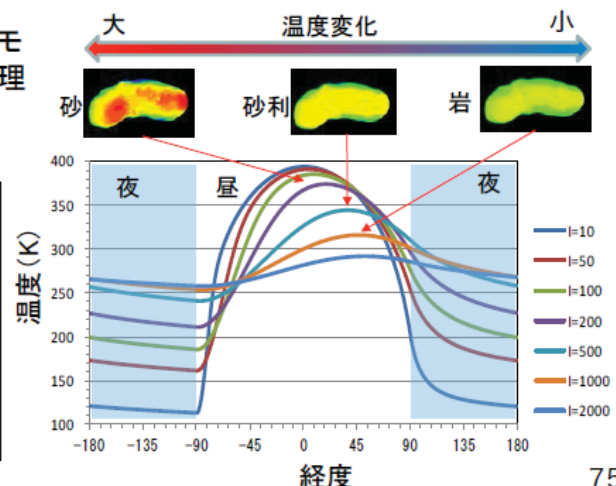
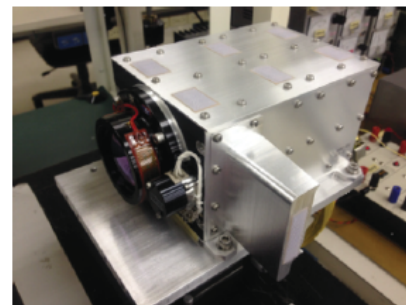
### TIR=Thermal Infrared Imager

小惑星の表面温度は太陽に照らされる昼間は上昇、夜間は低下するという日変化をする。

砂のように細粒の土質や、空隙の多い岩石では表面温度の日変化は大きく、中身の詰まった岩石は日変化が小さい。

小惑星からの熱放射の2次元撮像(サーモグラフィ)することによって、小惑星表面の物理状態を調べる。

・検出器	2次元非冷却ボロメータ
・観測波長	8～12 $\mu\text{m}$
・観測温度	-40～150 $^{\circ}\text{C}$
・相対温度精度	0.3 $^{\circ}\text{C}$
・画素数	328×248(有効)
・視野角	16 $^{\circ}$ ×12 $^{\circ}$
・解像度	20m(高度20km) 5cm(高度50m)



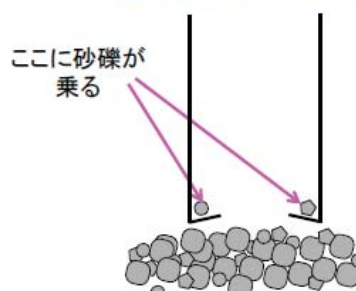
75



## サンプリング装置(SMP)

- 小惑星表面から試料を採取する装置
- 基本設計は「はやぶさ」と同じで、筒状のホーン部先端が小惑星表面に触った瞬間にホーン内部で小さな弾丸を撃ち出し、表面から射出した試料がホーン上部に昇っていき格納庫(キャッチャ)に入る仕組み。
- 「はやぶさ2」ではシール性能を上げ、揮発性のガスも密閉して持ち帰れるようメタルシール方式を新たに開発し搭載している。希ガスも採取することができる。
- 試料を格納するキャッチャは「はやぶさ」の2部屋から増やし3部屋に改良。
- 「はやぶさ2」では、さらに、下の図に示すように、ホーンの先端に小さな折り返し部品をつける改良をしている。この折り返しの上に砂礫を引っ掛け(1~5mm程度の砂礫が乗る形状)、探査機が上昇中に急停止をすると砂礫はそのまま上昇を続けキャッチャに入る仕組みである。これは弾丸による試料採取のバックアップとなる。

サンプラホーン



(© JAXA)

76

## MINERVA-II

- 「はやぶさ」に搭載した探査ローバ MINERVAの後継機。
- MINERVA-IIチーム (ISAS/JAXA, 会津大学) が製作しているMINERVA-II1とMINERVA-IIコンソーシアム (東北大学、東京電機大学、大阪大学、山形大学、東京理科大学) が製作しているMINERVA-II2とがある。
- MINERVA-II1には2つの探査ローバを搭載。
- 分離機構を含む総質量は、II1が2.5kg, II2が1.6kg。
- 各探査ロボットはそれぞれホップして移動し、小惑星表面の探査を行う。



Rover2

Rover1A

Rover1B

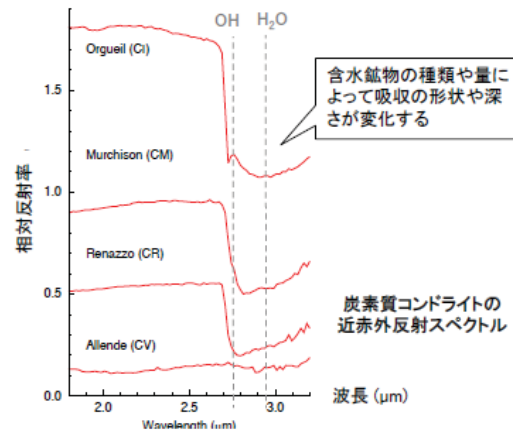
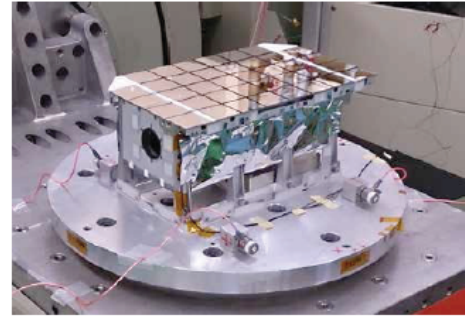
02

## 近赤外分光計 (NIRS3)

NIRS3: Near InfraRed Spectrometer  
('3'は3 $\mu$ mより)

近赤外線領域の3 $\mu$ m帯の反射スペクトルには水酸基や水分子の赤外吸収が見られる。NIRS3では、3 $\mu$ m帯の反射スペクトルを測定することで、小惑星表面の含水鉱物の分布を調べる。

- 観測波長範囲: 1.8–3.2  $\mu$ m
- 波長分解能 : 20 nm
- 視野全角 : 0.1°
- 空間分解能 : 35 m (高度20km)  
2 m (高度1km)
- 検出器温度 : -85°C ~ -70°C
- S/N比 : 50以上 (波長2.6 $\mu$ m)



(© JAXA)

74

## 衝突装置 (SCI)

SCI: Small Carry-on Impactor

### 目的:

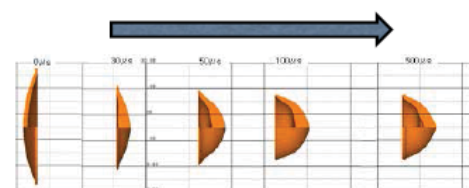
- 衝突体が衝突する前後の表面の変化から小惑星の内部構造を探查する。また、露出した地下物質のリモート観測を行い表面物性を調べる。
- 衝突体によって作られたクレーターからのサンプリングも行い、表層下の“新鮮な”物質を採取し、表面物質との違いを調べる。
- 実際の小惑星において「宇宙衝突実験」を行い、天体衝突科学に必要なデータを得る。

### クレータ生成方式: 高速衝突体の衝突による

- 搭載可能な小型軽量の装置で実現できる。
- 爆薬で小惑星表面物質を吹き飛ばす方法に比べて、土壌汚染が少ない。
- 衝突体は小惑星に存在する物質と容易に区別できるように純銅とする。

### SCIの技術

- 成形炸薬の技術を応用
- 2kgの銅のライナを約1msecで約2km/sに加速



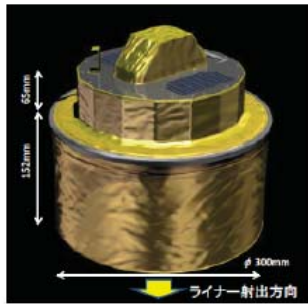
銅板(ライナ)が変形しながら飛んでいく

(© JAXA)

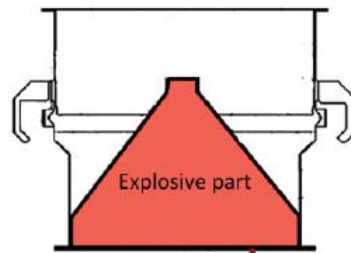
77



## 衝突装置：構造



外観



断面図



爆薬部

金属ライナを加速する部分 (金属ケースに爆薬が充填されている)

- ◆ 形状: 円錐形(直径265mm)
- ◆ ライナ(衝突体となる部分): 純銅
- ◆ 爆薬: HMX系PBX(Plastic bonded explosive)
- ◆ 質量: 約9.5kg (爆薬: 4.7kg, ライナ: 2.5kg)
- ◆ ライナ厚み: 約5mm



試作品

(© JAXA)

70

## 分離カメラ(DCAM3)

### DCAM3 = Deployable Camera 3

ソーラー電力セイル「IKAROS」搭載DCAM1, 2の後継機

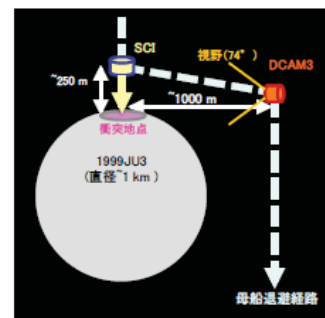
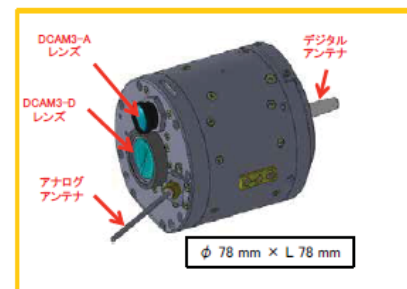
衝突装置 (SCI) による衝突実験の際、母船が退避中に SCI の爆破と小惑星表面への衝突を撮影するために分離される小型カメラである。撮像した画像データはリアルタイムで母船に無線で送られる。

#### ■ 目的(工学): 衝突装置の動作確認

- 母船は、衝突装置 (SCI) が動作する前に退避してしまうため、SCI が動作したことを確認する手段がない。退避前に分離した DCAM3 で画像を取得し、母船に無線でデータを送ることで SCI の動作確認を行う。

#### ■ 目的(理学): 衝突装置による衝突の“その場観察”

- 衝突射出物 (イジェクタ) の放出過程を連続撮像し、小惑星表面状態とイジェクタの放出現象の関係を明らかにする。
- 衝突装置の爆破点および着弾点の同定を目指す。
- イジェクタの様子から小惑星上での衝突クレータ形成過程を明らかにする。



- 衝突実験の退避中に、小惑星表面をちょうど横から見るような位置で分離される。
- カメラの光軸が小惑星に向くよう分離され、姿勢を安定させるために光軸周りにスピンさせながら分離できる機構となっている。

(© JAXA)

81

## Mobile Asteroid Surface Scout

- DLR (ドイツ航空宇宙センター)と CNES(フランス国立宇宙研究センター)によって製作
- 約10kgの小型の着陸機
- 4つの科学機器を搭載
- 1度だけジャンプして移動可能

### MASCOT搭載科学機器

機器名	機能
広角カメラ (CAM)	複数波長での画像の撮影
分光顕微鏡 (MicrOmega)	鉱物組成・特性の調査
熱放射計 (MARA)	表面温度の測定
磁力計 (MAG)	磁場の測定



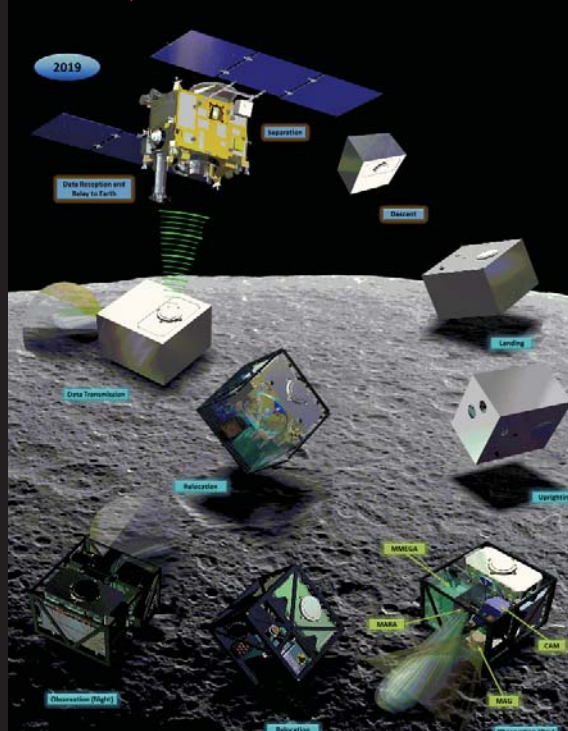
フライトモデル

(© DLR)

MASCOT



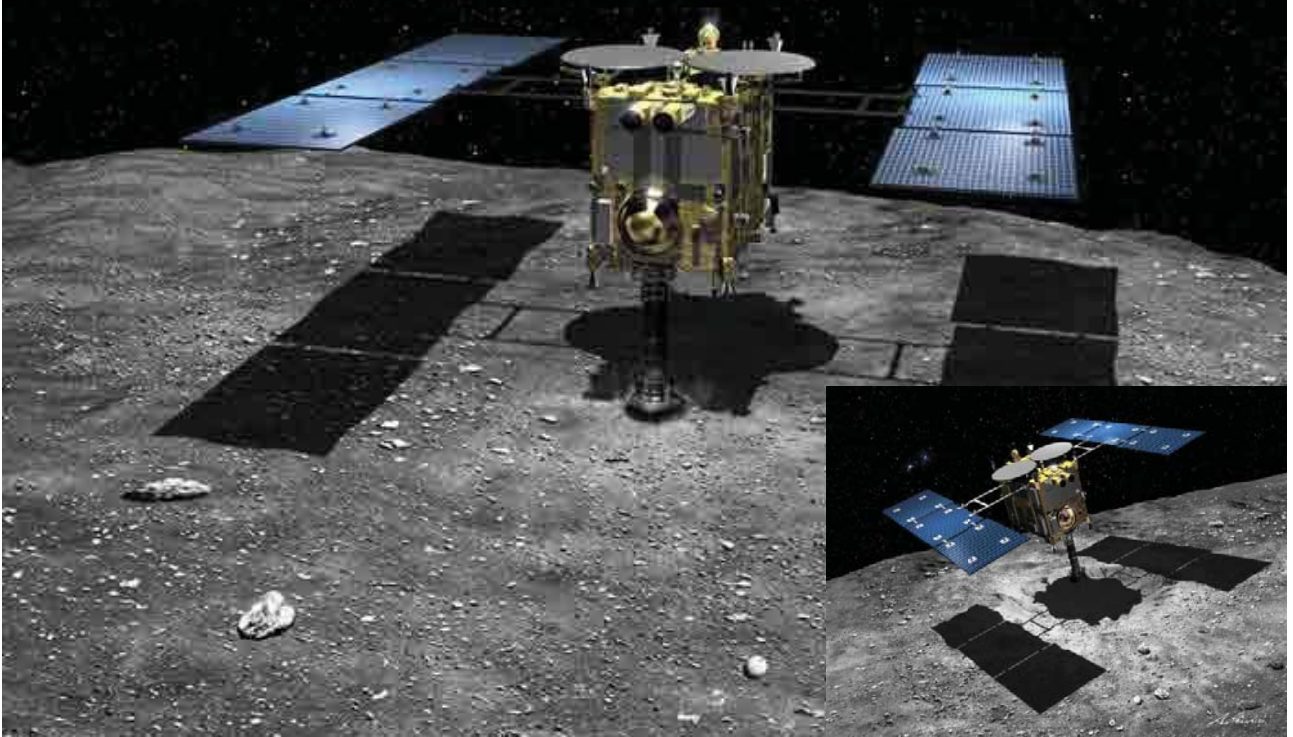
## 着陸探査による表面～内部構造のクロススケール観測 →Marco Polo(はやぶさMk-II)提案時代からの Rosetta/Philaeチームとの連携



(Courtesy: C. Grimm, DLR Bremen)



# 地表試料採取を二回、 地下試料採取に一回挑戦



# はやぶさ2サンプル採取運用概要

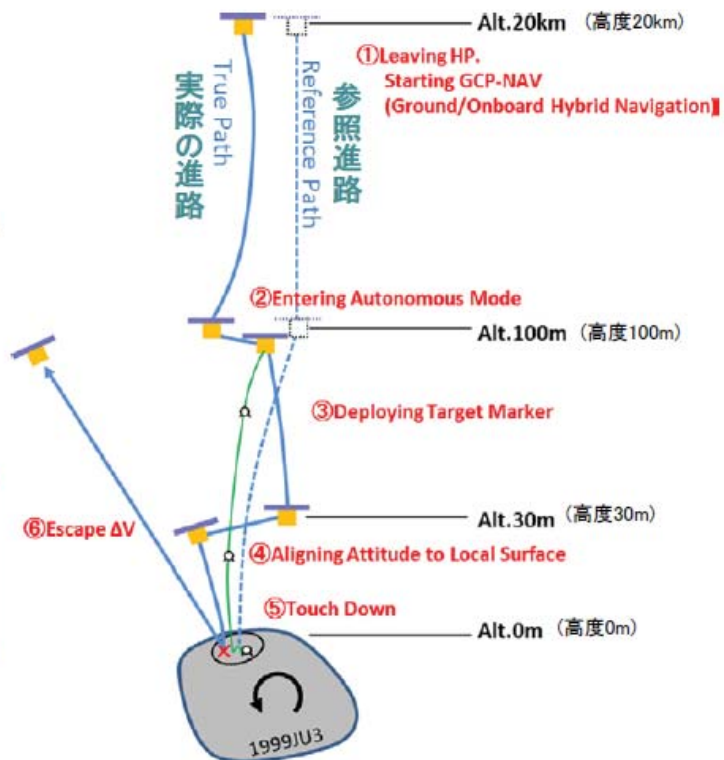


# タッチダウン運用

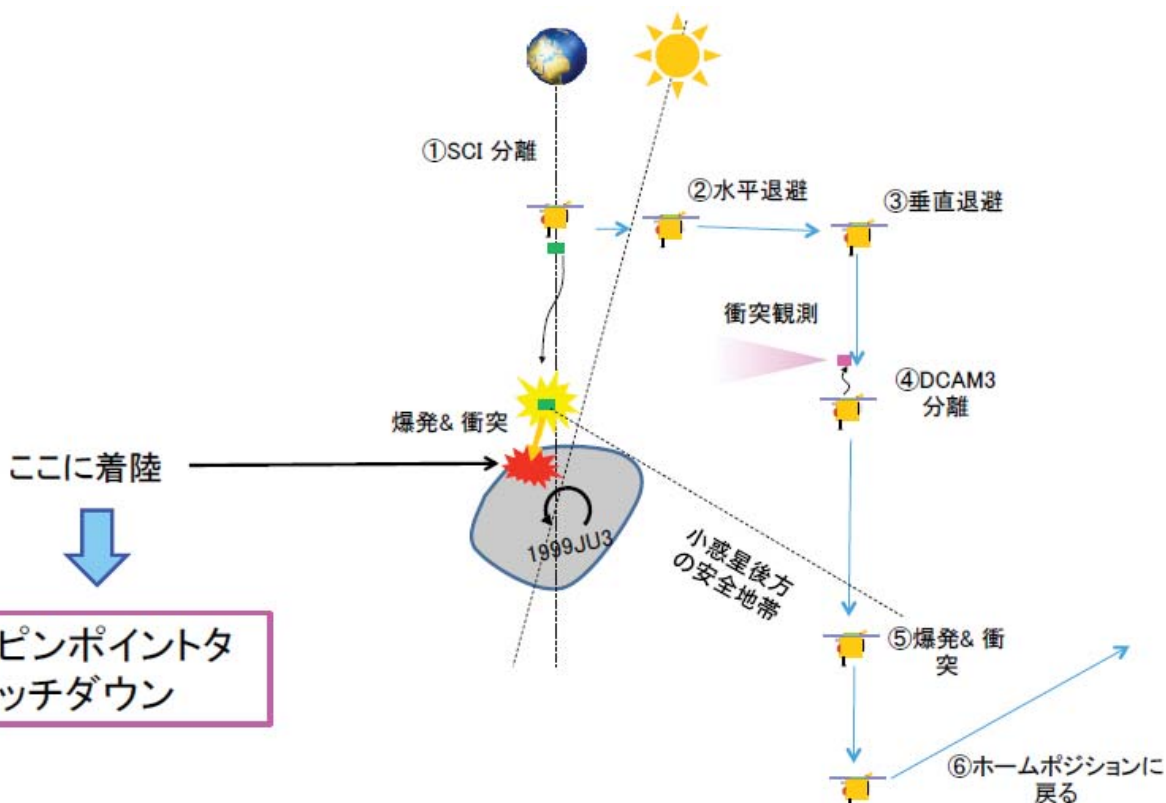
- ①ホームポジション離脱  
GCP-NAV(地上/機上複合航法)開始
- ②自動モード突入
- ③ターゲットマーカ展開
- ④小惑星表面に対しての姿勢調整
- ⑤タッチダウン
- ⑥退避 $\Delta V$

自動・自律技術  
||  
GSP、GCP-NAV

(© JAXA)



# SCI運用

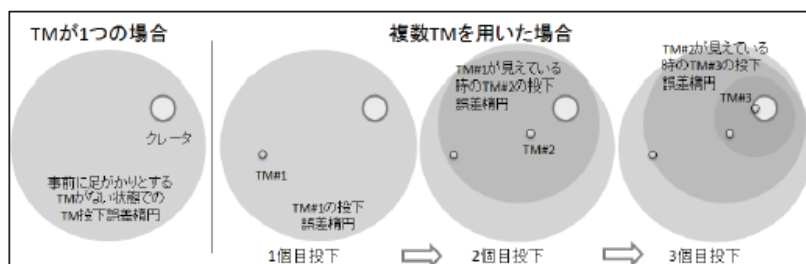
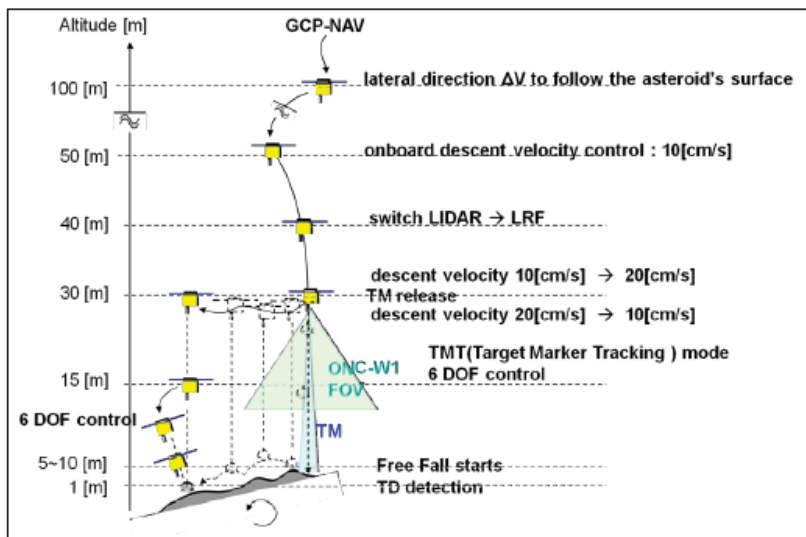


ピンポイントタッチダウン

(© JAXA)



# ピンポイントタッチダウン概要



(© JAXA)

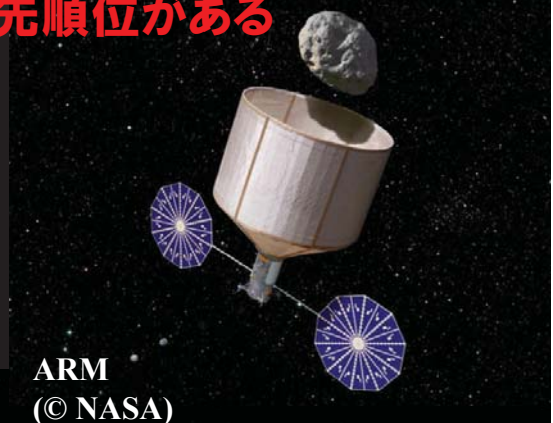
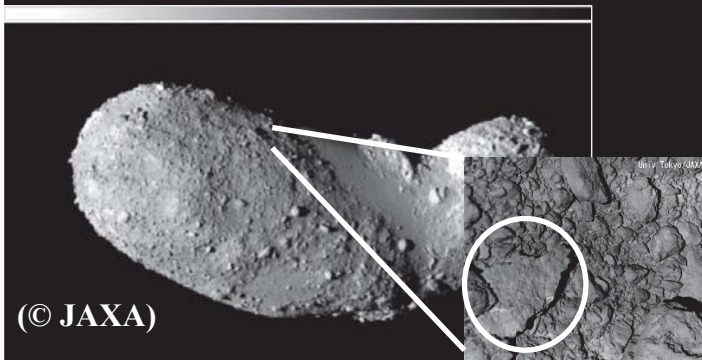
**地球帰還は東京オリンピック後の  
2020年末。探査機は地球へ突入しません。**



NASA「オシリス・レックス (OSIRIS-REx)」による  
ヴェヌス(炭素質小惑星)サンプルリターン(2016~2023):  
→1999 JU3サンプルの「(ミネラルフェア的な)市場価値」は  
2023年に暴落すると予想される。

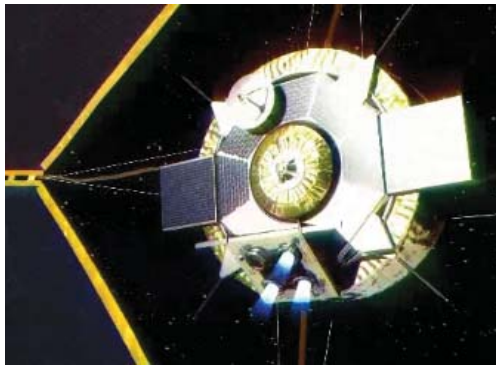
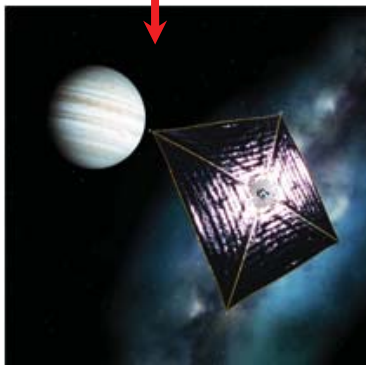
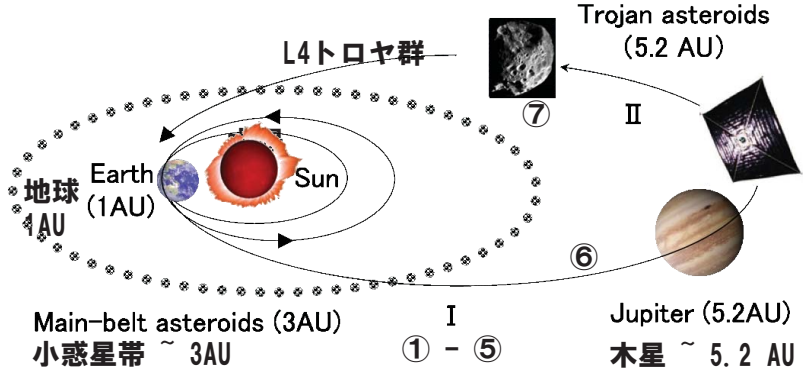
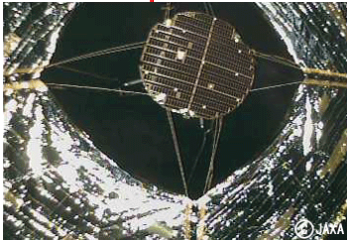


ARM計画構想の最新案: イトカワ、1999 JU3、ヴェヌスなどの  
既探査NEO上のボールドーを無人機で着陸採取し、月近傍  
軌道まで輸送して、2025年までに宇宙飛行士がランデブー  
→炭素質小惑星に優先順位がある





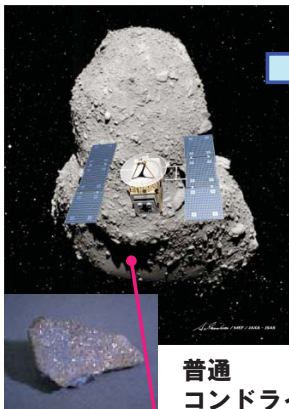
**ソーラー電力セイル: 現在、工学試験プロジェクトとして戦略的中型ミッション候補として選定中。はやぶさとイカロスを引き継ぎ、世界初の木星トロヤ群(D/P型小惑星)探査へ挑戦**



- I. クルージングフェーズ  
 ① 宇宙赤外線背景放射の観測  
 ② 黄道光の立体的観測  
 ③ 太陽系ダスト分布のその場計測  
 ④ ガンマ線バーストの観測  
 ⑤ 小惑星帯フライバイ観測
- II. 木星圏近傍  
 ⑥ 木星磁気圏観測  
 ⑦ トロヤ群小惑星ランデブー観測

**2015年の到達点：  
小惑星サンプルリターン新時代**

**はやぶさ**  
Itokawa = S型  
(2003-10)



**ポストはやぶさ時代**

**はやぶさ-2**  
1999 JU3 = C型  
(2014-20)

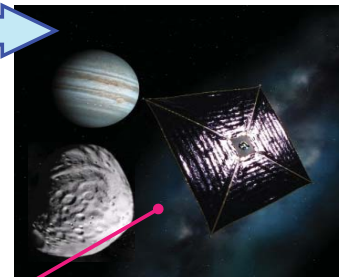


**オシリス・レックス**  
Bennu = B型  
(2016-23)



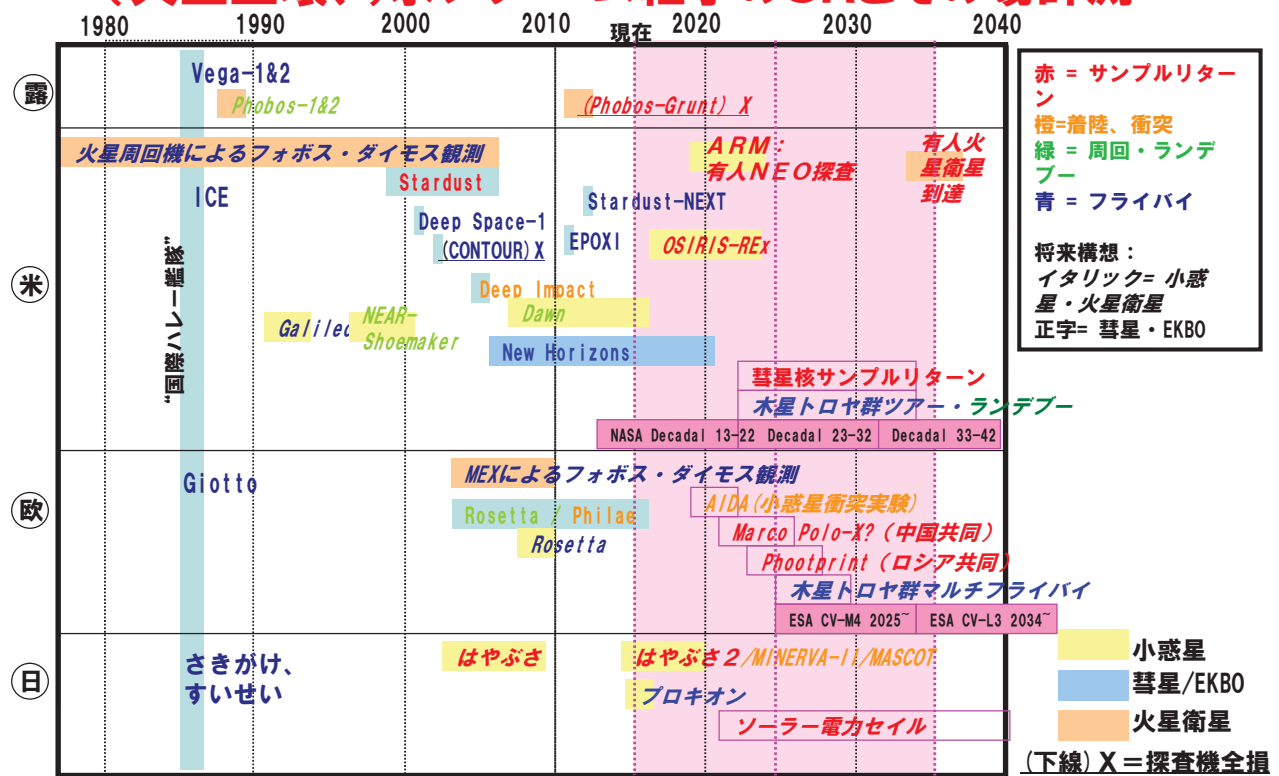
**それ以降**

**ソーラー電力セイル**  
D型木星トロヤ群小惑星  
(2021~)



**ARM**  
Bennu, 1999 JU3, Itokawa  
(~2025)

# 2015-35年における世界の小天体探査潮流： さらなるNEOに加え、彗星核、火星衛星、D型小惑星、 (火星土壌、)氷プリューム粒子のSRとその場計測へ



(© JAXA)

本研究会20周年以降も、  
引き続きご協力、ご支援をお願いいたします。