

## ところざわ倶楽部の皆様へ

私事小嶋一郎は市民大学20期生、現在は「地球環境に学ぶ」サークルに所属しており77歳になります。

大学卒業以来日本の宇宙開発に従事し、今なお宇宙開発関連の活動に励んでおります。

その体験を通じて「宇宙創成」にも興味を抱き「謎解きに挑戦」して参りました。

その成果を報告書としてまとめましたので紹介したいと思います。

報告書のサイズの関係で2編にまとめました。

1. **第1編 宇宙には夢がある!!**

宇宙誕生秘話

宇宙誕生はなぜ138億年その疑問に迫る

2. **第2編 宇宙には夢がある!!**

宇宙開発の話、人工衛星の話他

2018年9月

### 第1編 宇宙には夢がある!!

宇宙誕生秘話

宇宙誕生はなぜ138億年その疑問に迫る

### 第2編 宇宙には夢がある!!

・宇宙開発の話、人工衛星の話他

2018年8月

NPO宇宙アドバイザー協会正会員

I H I O B

ところざわ倶楽部地球環境を知るGr所属

小嶋一郎

注：この資料は難解部分もありますが宇宙、宇宙開発に興味のある方向けに編集しました

## 目 次

### 第1編

#### 宇宙 宇宙誕生秘話

1. 夜空には夢がある
  - ・地球と言う惑星に住む私達
2. 宇宙
  - ・宇宙科学の主たる役割
  - ・宇宙誕生解明の歴史
  - ・宇宙の始まりの観測
  - ・太陽系と惑星
  - ・天の川銀河

### 第2編 宇宙開発の話、人工衛星の話他

#### 3.1 宇宙開発の歴史

- ・日本のロケット開発の経緯
- 固体ロケット
- 液体ロケット

#### 3.2. 日本の宇宙開発拠点

#### 3.3. 人工衛星

- ・人工衛星にはどんなものがあるのか
- ・宇宙ステーションとHTV(こうのとりの)
- ・はやぶさ初号機、2号機



## 夜空には夢がある



夜空には星が瞬き、月が輝いている、きれいですね。

夜空は私たちの心に安らぎと安心感を与えてくれる。

人々の気持ちは不思議なものでそれだけには終わらない。

宇宙とは何だろう、地球という惑星はどのような存在なのだろう？

宇宙に行ってみたい……。また宇宙の誕生に興味を持ち、  
どうなっているのか等々いろいろの疑問が沸きます。

皆様も同じではありませんか、その疑問を少しでも解き明かせれば  
と考えます。皆さんと共にこの疑問に挑戦しましょう。

## 地球と言う惑星に住む私達

地球とは太陽系の中でどんな星なのかこれからどうなるのか等の疑問を持ちます。

この宇宙はどうして生まれたのかしら等の疑問も・・・？

宇宙誕生の謎や地球誕生等の疑問の理解は高度な課題、世界の多くの物理学者、天文学者の研究課題となっており、徐々に解明されて来ていますね。

まだまだ未解明のものがあり今なお研究が進められています。

地球に住み日常生活を送っている私達には直接の問題ではありませんが、しかしいろいろの事に疑問を持ち、好奇心を持つ事は私たちの夢を叶える出発点です。

少しでもその疑問点、謎に関心を持ちたいものです。

# 宇宙開発 ロケット開発の歴史

## 取扱注意



## 日本の宇宙開発の現状



日本の宇宙開発技術は素晴らしい、しかし国家予算は厳しい。  
その現実の中で日本人のもつ決して諦めない精神と世界一のモノづくり技術が生きている。少ない資源の中で知恵を絞り世界に誇れる宇宙開発の成果（H2A, Bロケット、各種固体ロケット、イプシロンロケット開発、「はやぶさ開発」、ISSへの物資輸送機「こうのとり」、各種衛星開発、宇宙探査衛星等々）がある。

その現状を少しでも皆様と分かち合いたいと考えます。

## なぜ日本に宇宙開発が必要なのか

### ・宇宙開発の必要性

宇宙は、もはや私たちの生活から切り離せないものになっています。天気予報の気象衛星「ひまわり」をはじめ、通信、放送、災害監視、地球環境監視を担う人工衛星が、私たちのライフラインとして活躍していることはご存知でしょう。また、利用という面だけではなく、人類や地球の起源を解明し、豊かな未来を切り開くための宇宙科学の分野も重要です。人工衛星などを宇宙まで運ぶ手段は、さまざまなアイデアが検討・研究されているものの、現状で一番確実なものはロケットで、この研究も宇宙開発の主要な一部となっています。

### ・ロケットを持っていなかったら

必要な時に打ち上げは出来ません。衛星のような精密なシステムを海外に出すための煩雑な手続きや輸送のリスクを負わなければなりません。そして何よりも、私たちの日常生活にかかわるライフラインを他国に依存することになり、一国としての自立性や国際社会での役割が弱くなってしまいます。

### ・国際協力

国際協力の場での貢献度は、自らが保持する能力によって大きく変わってくるので、独自の取り組みや技術力が重要なことに変わりはありません。国際宇宙ステーション（ISS）の維持への投資はその一例です。

JAXA理事 樋口清司

## 日本のロケット開発の経緯1／5

### 1. 日本の宇宙開発の夜明け

・日本の宇宙開発の父、糸川博士は日本独自の技術でまず固体ロケット「ペンシルロケット」の開発に着手した。

・1955年4月、東京・国分寺の工場跡地に設けられた実験場で、ジュラルミンの機体に火薬を詰めた「ペンシルロケット」が水平発射された。

・日本初のロケット実験（が水平発射）

長さ23cm、直径1.8cm、約200グラム。飛距離は数メートル足らずで、秒速110mのロケットはデータを取るために吊された薄紙を次々に貫通して行きました。

・ペンシルロケットは、その後も国分寺と千葉の生産技術研究所で水平発射実験を繰り返したが、ロケットは空に向かって打上げなければ意味がないと判断、開発実験場と射場を秋田県に求めた。



## 日本のロケット開発の経緯2／5

### 2. 本格的な固体ロケット実験場と打上げ射場

・ロケット実験場は秋田県能代市に1962年に開設され、国産固体ロケットのほぼすべてがここで燃焼実験を行って来た。

・打上射場は同じく秋田県の道川海岸にて固体ロケット開発に着手した。

・第1回目の実験は長さ30センチの「ペンシル300」ロケットを発射台にセットし、点火したのが最初となった。

### 3. 日本最初の固体ロケット打上げ(1955年8月6日)

・最初のロケットは発射台を離れ、砂浜を這いずり回り失敗に終わったが、急遽、発射台を改良して、2度目の発射実験を行い、無事に成功した。

到達高度600m、飛翔時間16.8秒を記録する事が出来た。

・ペンシルロケットの実験は8月8日まで続けられた。

・その後の実験は、より大型のベビーロケットやカップ(K)ロケットというタイプに引き継がれて行き、大型に伴い射場は鹿児島県の内之浦実験場に移り、現在の固体ロケット開発となっている。



## 日本のロケット開発の経緯3／5

### 4. 固体ロケットイプシロンロケット開発

現在はコスト、能力に於いて世界に誇れる固体ロケットイプシロンロケットが開発され改善改修中。

### 5. 液体ロケットの開発(まずはアメリカの技術導入にて実施)

- ・一方液体ロケットは1969年宇宙開発事業団(NASDA)が設立されると同時に、その開発に着手した。
- ・液体ロケットは固体に比して構造が複雑になり、難易度が高くなる。日本にはその開発技術が無いため、最初はアメリカの技術導入で開発をはじめた。
- ・実用・商業的ロケットの必要性から、アメリカと日米宇宙協定を結び、米国からの技術導入にての開発を決断。

## 日本のロケット開発の経緯4／5

### 6. 機密性(ブラックボックス)

・1970年技術導入によりN-I → N-II → H-I (2段LE5エンジンは国産)とロケット開発を進めて来たが、機密性が高くアメリカは重要部分はブラックボックスとしていた、そのため不具合発生時日本だけでは問題解決出来ず国産化の必要性を強く認識した。

### 7. 本格的国産化着手

・そこで1986年からH-IIロケットとして本格的国産化に着手した(開発の経緯参照)。

しかし1992年LE-7エンジン爆発、1998年5号機、1999年8号機(本来7号機)とたて続けに

打上げに失敗、そこで開発を一時中断してH-IIロケット改良型の開発に着手した。

## 日本のロケット開発の経緯5／5

### 8. 独自開発の苦悩

・国産化は簡単ではなく苦難の道を行んだが、弛まない努力で現在では世界に誇れるものとなっている。

その結果2001年H-Ⅱ A1号機打上成功、2009年に第一段エンジン2基に増強したH-Ⅱ Bも完成し現在に至っている。

### 9. 信頼性確保

H-Ⅱ Aは2003年6号機で失敗はあったが、2017年8月現在35号機まで連続打上成功、成功率97.14%の素晴らしい成果となっている。

### 10. 世界に通用するロケット開発に着手

・基幹ロケット:①H3ロケット(開発中)、②イプシロンロケット(改良中)開発。

・世界の市場競争力に勝つにはコストダウンと、より安全で信頼性のあるロケット開発を目指す。

## ロケット打上げ射場

ロケット打上げには万が一に備えての広大な射場が必要

現在日本の主力ロケット、HⅡ A,Bの打上射場種子島宇宙センターは広大で安全な世界一美しい射場である。

素晴らしい!!



過去をさかのぼれば、日本のロケット開発の父、糸川博士は広大で安全、交通便利な所として秋田県道川海岸を選び、日本初のロケット開発を始めた。しかし今は残念ながらそこには石碑があるだけ!!



注:日本の各種射場は後述する

## 宇宙開発の現実と苦悩 \* ロケット開発の特異性 \*

ロケットとは

1. ロケットは極限までの軽量化を必要とする構造体である。
2. ロケットの設計は、初めに寿命ありき、寿命を前提にして、ギリギリのところまで設計している。
  - ・機体全体を軽量化するため余裕を徹底的に削る、H-2Aは荷重に対して安全係数が1.2で設計であった。
3. ロケットは巨大なエンジン
  - ・LE7エンジンは毎秒760リットル(ドラム缶4本分)の液体水素と液体酸素を約3,000°C、約130気圧で燃焼させる。高圧燃焼させるために液体酸素と液体水素を燃焼器に送り込むターボポンプ出力は約3万馬力である。
  - ・エネルギーは戦闘機の100倍、F-1なら1万倍となる。

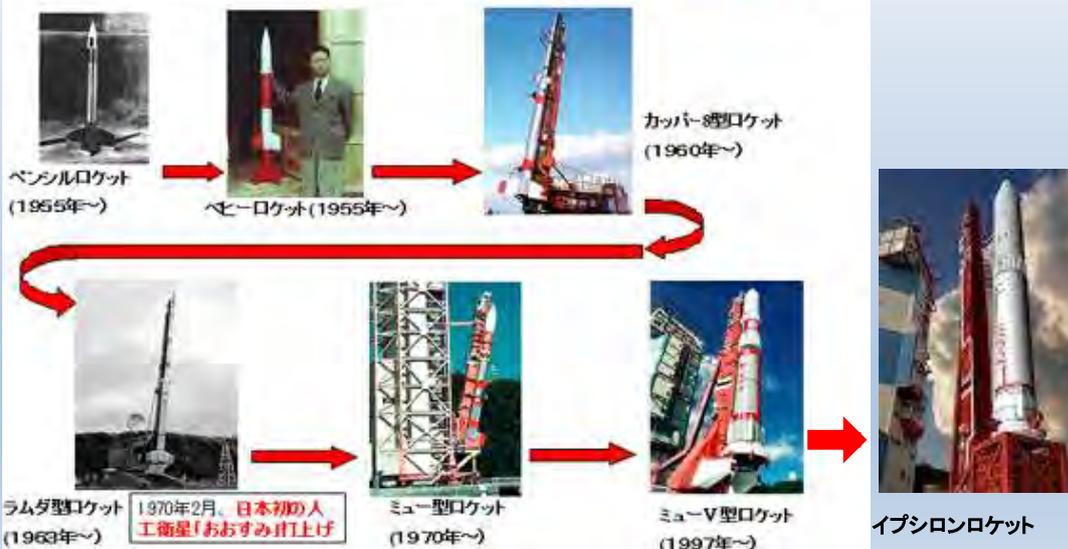
4. ロケット失敗の主たる要因

- ・ロケットは、初めに寿命ありき、寿命を前提にして極限までの軽量化を行う。
- ・世界のロケット開発機関は、この前提を基に、成功率を設定する(90%とか、95%とか)、この数値は40機から50機打っての平均値、初期の失敗の確率は非常に高くなるのが技術の証明である。
- 最初の10機から20機は膿をだす期間である。
- 5. 日本のロケット成功率実績(2017, 8.18現在)
  - ・現在H-IIAロケットの打上げ成功はこれで29機連続。
  - これまでの全35機中、成功は34機で(失敗は2003年11月の6号機のみ)、**成功率97.14%となった。**
  - 増強型であるH-IIBロケットも合わせると、連続成功は35機、成功率は97.56%。**
  - \* 過去の失敗経験が今に生きている。

## 固体ロケット カッパ8号機までは道川海岸射場であったが、それ以降は内之浦に移った

### 日本のロケット開発の歴史

科学観測用固体ロケット



## 世界の主要中小型ロケットの比較

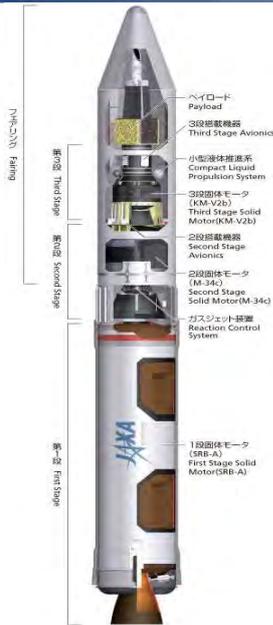


ロケット名	ベガサス XL	ミニタウルス I	ミニタウルス IV	トールスXL	ベガ	ロコット	ドニエプル	ソユーズ U	PSLV	イプシロン
国名	米国	米国	米国	米国	欧州	欧/露	露	露	インド	日本
製造企業	Orbital Sciences Corporation				European Launch Vehicle	Eurockot Launch Services	ISC Kosmotras	Progress 工場	ISRO	アイエイアイ エアロスペース
成功/打上	37/42	10/10	3/3	6/9	2/2	16/18	16/17	745/768	23/25	開発中
打上げ成功率	88%	100%	100%	66%	100%	89%	94%	97%	92%	-
打上能力t (LEO500km)	0.4	0.6	1.8	1.4	2.3	2.0	2.7	4.6 (クーラー打上)	1.6 (SSO 620km)	1.2トン

2013年8月1日 現在

42

## イプシロン固体ロケットの主要諸元



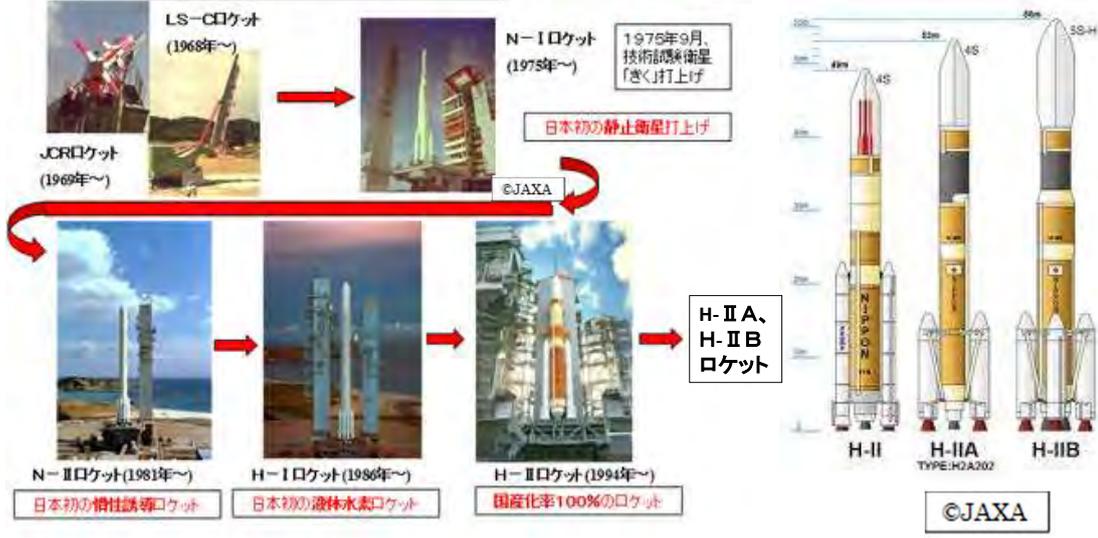
全 段					
名称	イプシロンロケット試験機				
全長 (m)	24.4				
全備質量 (t)	9.1 (ペイロードの質量は含まず)				
誘導方式	慣性誘導方式				
各 段					
	1段モータ	2段モータ	3段モータ	小型固体推進系	ペイロード
全長 (m)	11.7	4.3 <sup>①</sup>	2.3 <sup>②</sup>	1.2	11.1
外径 (m)	2.6	2.2	1.4	1.5	2.6
質量 (t)	75.0	12.3	3.3	0.1	1.0
推進剤質量 (t)	66.3	10.8	2.5	0.1	-
推力 <sup>③</sup> (kN)	2271	371.5	99.8	0.4	-
燃焼時間 (s)	118	105	90	1100 <sup>④</sup>	-
推進剤種類	コンボジット推進剤	コンボジット推進剤	コンボジット推進剤	ヒドラジン	-
推進剤供給方式	固体推進剤	固体推進剤	固体推進剤	液体方式	-
比推力 <sup>⑤</sup> (s)	284	300	301	215	-
姿勢制御方式	3軸姿勢制御 (TVC/SMSJ)	3軸姿勢制御 (TVC/BCS)	スピン方式/タムライン制御	3軸姿勢制御 (スタスタ)	-
主要搭載電子装置	レイトジェロパルセージ増設装置前設置データ収集装置	第2段階ペイロード1/F誘導データ収集装置	誘導制御装置 慣性センサユニット アーク検出装置 テレメータ送信機	-	-

①: 1段目 ②: 2段目 ③: 1段目 ④: 1段目 ⑤: 1段目

# 液体ロケット

## 日本のロケット開発の歴史

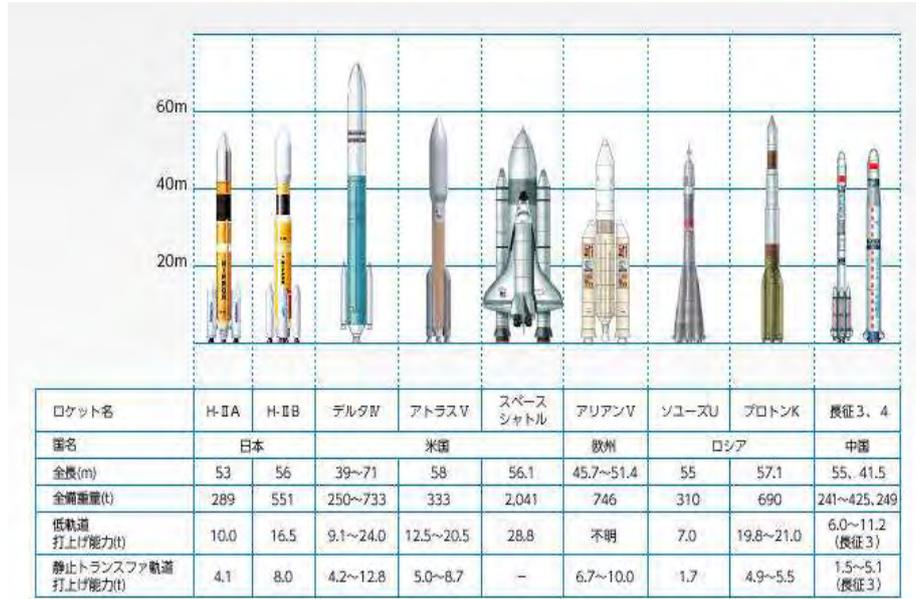
実用衛星用液体ロケット



## 国産化を目指した液体水素／液体酸素エンジン



# 世界の大型ロケット



## JAXA H3ロケット (次期国産基幹ロケット) 国際競争力に向けて開発中

- 全長: 約 63m
- コアロケット直径: 約 5.2m
- 固体ロケットブースタ直径: 約 2.5m
- 顧客へのサービス
  - 搭載環境条件: 世界標準以上
  - 受注から打上げまでの所要期間: 世界標準以上

大型衛星フェアリング  
 改良型2段エンジン  
 推力 14トン X 1基

改良型  
 固体ロケットブースタ  
 平均推力 220トン X 0-4本

簡素な  
 結合分離機構

新型1段エンジン(LE-9)  
 推力 150トン X 2基/3基切替

202 H-IIA      204 H-IIB

開発費約1900億円

太陽同期軌道<sup>【注1】</sup> 4トン以上を  
 目指す  
 約50億円<sup>【注2】</sup>を目指す  
 (H2Aの約半額)

静止トランスファ軌道  
 6.5ton以上を目指す  
 (衛星需要の大半を  
 シングルロケットでカバー)

【注1】 500km円軌道  
 【注2】 条件、価格構成要素等を  
 検討中。

© JAXA

## 日本の次期基幹ロケット

### イプシロンロケット

#### \* 革新的技術 \*

- ①人工知能によるセルフ  
チェック(ROSE)
- ②モバイル管制

#### \* 市場競争力構想 \*

- ①コスト 38億→30億以下
- ②能力 1.2t→2t以上
- ③射場作業 7日間
- ④パッケージ化商品  
ロケット打上げ作業、衛  
星製作  
支援、運用施設建設支援

### H3ロケット(開発中)

#### \* 開発目標、市場競争力構想 \*

- ① 第一段LE-9エンジンをエキスパ  
ンダブリードサイクルとする、現有  
LE-5Bエンジンの改良、増強型とし、  
開発費、製造費、ともに安価とす  
る。
- ・コスト: 50億円H2Aロケットの半額
- ②打上能力 H2Aに比して1.3~1.5  
倍
- ③安全性
- ④信頼性向上
- ⑤射場整備作業 26日間(H2Aロ  
ケットの半分)
- ⑥開発費 約1900億円

## 日本の宇宙開発拠点

1. 種子島宇宙センター
2. 鹿児島県内之浦
3. JAXA角田
4. 秋田県 能代、田代、道川
5. 相生ロケット試験センター
6. 北海道大樹町

## 打上射場 種子島宇宙センター内の主要施設設備

The map shows the layout of the Uchinoura Space Center with various facilities labeled. A red box highlights the '打上射点' (Launch Point). The facilities include:

- 第2衛星組立棟 (2nd Satellite Assembly Building)
- 第2衛星・フェアリング組立棟 (2nd Satellite/Fairing Assembly Building)
- 貯水池 (Reservoir)
- 第1衛星組立棟 (1st Satellite Assembly Building)
- 至中種子町 (To Nakasekijima)
- 発電所 (Power Plant)
- 液体エンジン燃焼試験場 (Liquid Engine Combustion Test Facility)
- 大型ロケット発射場 (Large Rocket Launch Site)
- 中型ロケット発射場 (Medium Rocket Launch Site)
- 至南種子町 (To Minamisekijima)
- 管理棟 (Administration Building)
- 第4光学観測所 (4th Optical Observation Station)
- 防災センター (Disaster Prevention Center)
- 海上監視レーダ (Sea Surveillance Radar)
- 種子島灯台 (Uchinoura Lighthouse)
- 固体ロケット燃焼試験場 (Solid Rocket Combustion Test Facility)
- 小型ロケット発射場 (Small Rocket Launch Site)
- Observation Stand
- 3km (Distance marker)

Inset images show:

- 衛星・フェアリング組立棟 (Satellite/Fairing Assembly Building)
- 指令管制棟 (Mission Control Building)
- ゲストハウス (Guest House)
- 宇宙科学技術館 (Space Science and Technology Museum)
- 液体エンジン燃焼試験場 (Liquid Engine Combustion Test Facility)
- 大型ロケット発射場 (Large Rocket Launch Site)
- 中型ロケット発射場 (Medium Rocket Launch Site)
- 固体ロケット燃焼試験場 (Solid Rocket Combustion Test Facility)
- 小型ロケット発射場 (Small Rocket Launch Site)

© JAXA

## 打上射場 大型ロケット発射場

© JAXA

The aerial view shows the Large Rocket Launch Site with the following facilities and launch points labeled:

- 液体ロケットエンジン試験場 (Liquid Rocket Engine Test Facility)
- 計測制御棟 (Measurement and Control Building)
- 発射管制棟 (B/H) (Launch Control Building)
- ロケット組立棟 (VAB) (Rocket Assembly Building)
- 液化水素貯蔵タンク (Liquid Hydrogen Storage Tank)
- 液体ロケットエンジン地上燃焼試験場 (Liquid Rocket Engine Ground Combustion Test Facility)
- 液化酸素貯蔵タンク (Liquid Oxygen Storage Tank)
- 第2射点 (LP2) (2nd Launch Point)
- 第1射点 (LP1) (1st Launch Point)

# 種子島射点



H2射点(旧射点)



H2A射点(現射点)



ブロックハウス(BH) 打上げ作業場

- ・爆発等事故時の脱出口
- ・BHには避難入口がある



避難通路出口

© JAXA

# 種子島射場



整備組立棟



発射管制棟



観望台

© JAXA

## LE7Aエンジン燃焼試験



© JAXA

- ・エンジン燃焼試験スタンド(左図)
- ・実エンジン燃焼試験風景(中央)
- ・エンジンスタンドの於けるエンジン試験状況(右図)
- ・次期基幹ロケット: H3ロケット用のLE9エンジン開発にも使用中

## イプシロン打上げ設備(内之浦)の整備計画

JAXA

- 【設備基本要項】
- Mロケット設備を最大活用
  - 基幹ロケット設備と共通化
  - 安全確保(警戒区域外管制)



6

# 内之浦固体ロケット打上げ場



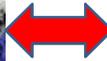
イプシロン打上



小型ロケット打上



筑波宇宙センター



内之浦管制センター

## JAXA 角田宇宙センター



## 秋田ロケット試験場

### 日本初の ロケット発射実験



日本ロケット発祥記念之碑  
(秋田県道川海岸)



2. 道川海岸での実験

#### 道川海岸

最初の候補地は新潟の佐渡島、男鹿半島に絞り込まれていたが、佐渡島は離島のため、機器を運ぶコストや時間がかかるなどの問題があった。次に男鹿半島が候補にあがったが狭すぎて実験場としては不向きとなり、男鹿半島に近い道川海岸が選ばれた、十分な広さがあり、町にも近く宿舎を確保しやすいという利点もあり最適な場所。

・第1回目の実験:1955年8月6日。

糸川博士は長さ30センチの「**ペンシル300**」ロケットを発射台にセットし、点火しました。

ロケットは発射台を離れ、**砂浜の上をいきおいよく這いずり回り失敗。**

もっと大きなロケットで実験したなら大事故になってしまっていたところでした。

・急いで発射台を改良して、2度目の発射実験を行った。

これは無事に成功し、**到達高度600m、飛行時間16.8秒を記録**することが出来た。

ペンシルロケットの実験は8月8日まで続けられ、その後の実験は、より大型のベビーロケットやカッパ(K)ロケットというタイプに引き継がれていきます。

## 固体ロケットと道川海岸での歴史

### 1. 1955年4月

東京国分寺ペンシルロケット**水平試験実施**(29機)

### 2. 道川海岸(日本で最初のロケット射場誕生)

#### 上空への打上実施

・1955年8月6日ペンシル300初打上げ失敗、急遽改善後6日15時32分日本史上初打上げ成功(高度600m、16.8秒)

・8月23日以降2段式ベビーロケット打上げ基礎データ取得。

・1958年9月カッパ<sup>6</sup>型8号機成功

・1960年カッパ<sup>8</sup>型高度200km成功

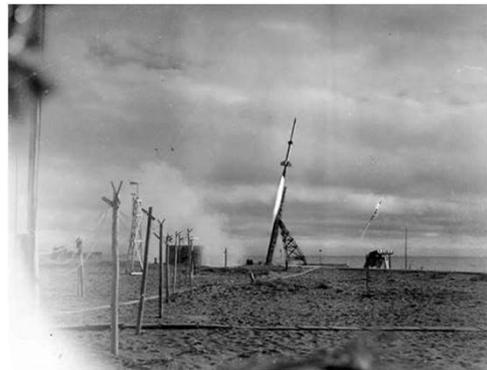
・カッパ<sup>8</sup>型10号で高度300kmを目指したが**事故となり、安全面から道川を断念。内之浦へと移った。**

### 2. 1955年～1962年ロケット打上げは88機に昇った。

3. 東大が撤退後航空宇宙技術研究所(NAL)は1965年(昭和40年)5月と6月にNAL-7ロケット14機道川海岸試験場から打上げた。

その後はNALも種子島に移行した。

これが道川海岸での最後の打上となった。



道川海岸でのカッパ<sup>6</sup>型ロケットの打ち上げ。

1958年9月

これが、日本の宇宙開発最初期の光景である。

提供: 宇宙航空研究開発機構(JAXA)

Copyright (c) JAXA

## 宇宙科学研究所 能代ロケット実験場



## MHI田代試験場

LE7エンジン、LE7A、LE7Bエンジン燃焼試験設備  
 今後は次期基幹ロケットH3用LE9エンジンの試験を行う



## JAXA角田試験場



角田ロケット高空性能  
試験設備



角田航空燃焼試験設備



角田液酸／液水エンジン供給  
系試験設備

© JAXA

### 相生ロケット試験センターの試験設備概要

ロケット試験センターは昭和50年にIHI低温工学研究所として発足、その後宇宙開発事業部に配属され宇宙開発試験場として稼働している。現在はIHIエアロスペースに所属となった。ここではIHI担当のターボポンプ、スラスタ等の開発を行い、その後

JAXA、MHIに於いてエンジンとして開発され、ロケットに搭載。

#### 主たる開発項目

- ・H2Aロケットの2段LE5エンジン用ターボポンプ、1段LE7エンジン

用ターボポンプの開発

- ・衛星用アポジエンジン、衛星用スラスタの開発

- ・LNG／LOXエンジン開発

#### 高圧ガス事業所としての設備

- ・LOX、LH2、LN2設備

- ・ヒドラジン、NTO(四酸化二窒素)設備

- ・水素ガス、酸素ガス、窒素ガス、ヘリウムガス、プロパン設備



## IHI相生ロケット試験センター



注:上記写真は平成9年代筆者在籍時代のものである、現在はLNG/LOX設備が増設されている

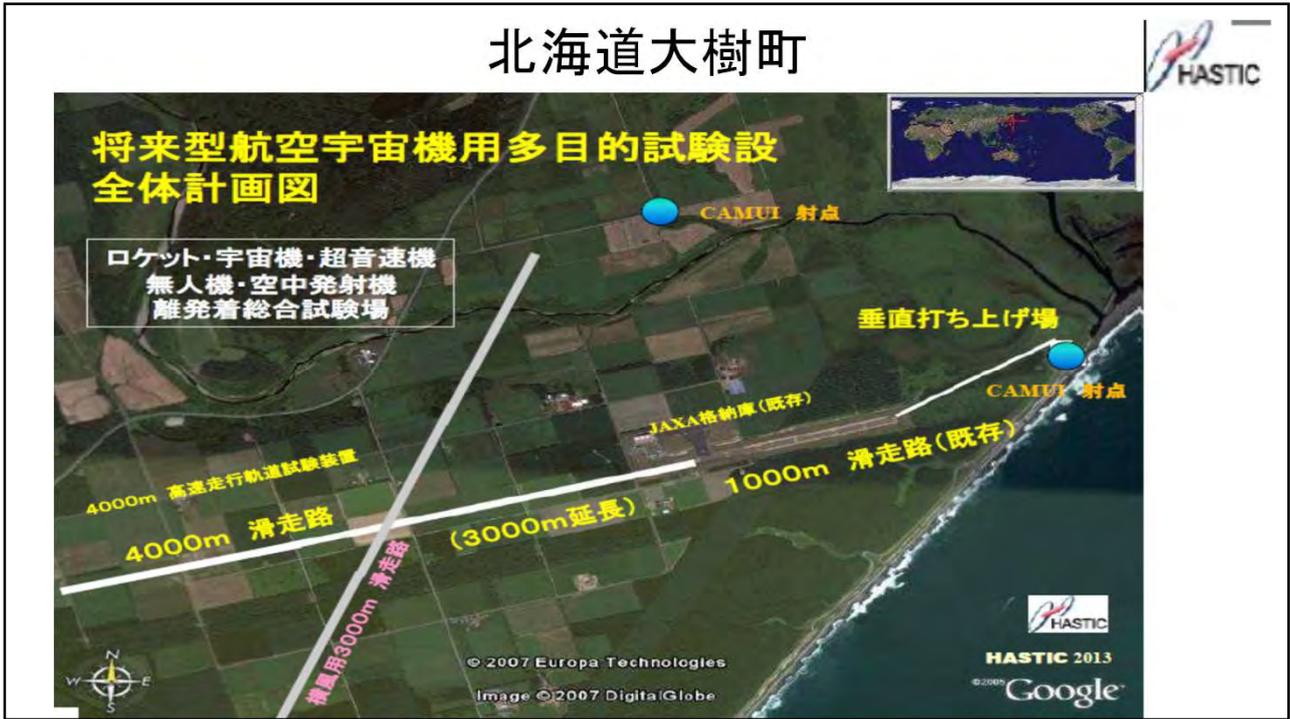


## 北海道大樹町 (小型ロケット打上げ設備)

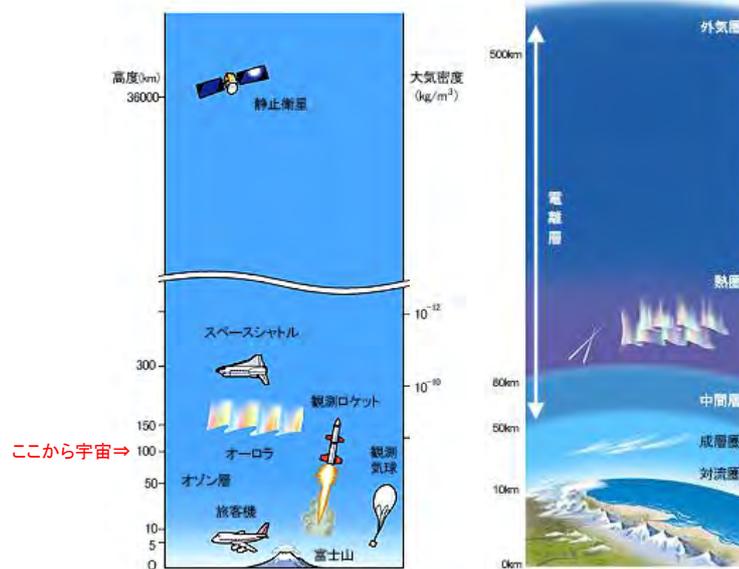


### 大樹町多目的航空公園(現状)





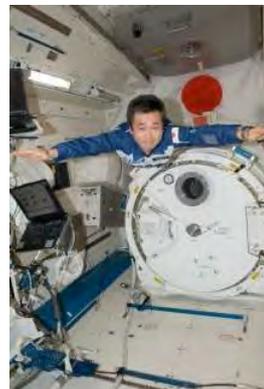
## 宇宙とは？（私たちの地球の大気）



## 宇宙とは？（宇宙で体験することは？）

(a) 空気(くうき)がない真空状態

(b) 無重力(日本実験棟で一人野球は可能か?)



©JAXA

## 人工衛星

### 人工衛星(じんこうえいせい)

地球の軌道上に存在し、具体的な目的、機能を持つ人工の天体。地球では、ある物体をロケットに載せて第一宇宙速度(理論上、海拔0 mでは約  $7.9 \text{ km/s} = 28,400 \text{ km/h}$ )に加速させることで、地球の重力と重力から脱出しようとする遠心力とが釣り合い、その物体は地球周回軌道を回り続ける人工衛星となる。

惑星以外の軌道(月周回軌道、太陽周回軌道)を周回する人工天体は**宇宙探査機**と呼ばれ、一般に区別される。

有人宇宙船や宇宙ステーション、スペースシャトルも人工衛星に含まれる。

## 人工衛星の利用

宇宙開発戦略本部事務局

人工衛星は、それ自身が最終目的ではなく、**衛星からのデータ等を高度に活用することが目的です。**

これまで我が国では、各種の人工衛星を利用したシステムを構築して来ており、例えば以下のように利用が図られています。

### 【地球観測分野】

- ・地球観測分野の陸域・海面観測においては、「だいち」等により地図作成や資源探査、流水観測等への利用が開始されている。また海外の大規模災害時には、国際貢献の一環として関係諸国へのデータ供与も行われている。
- ・気象観測においては、「ひまわり」により、日々の天気予報など生活に密接に関係する利用が行われている(アジア太平洋地域の30数カ国22億人以上に活用されている)。

### 【安全保障・危機管理分野】

- ・安全保障・危機管理分野では、「情報収集衛星」により、外交・防衛等の安全保障及び大規模災害等への対応等の危機管理のために必要な情報を収集し、関係省庁が利用している。

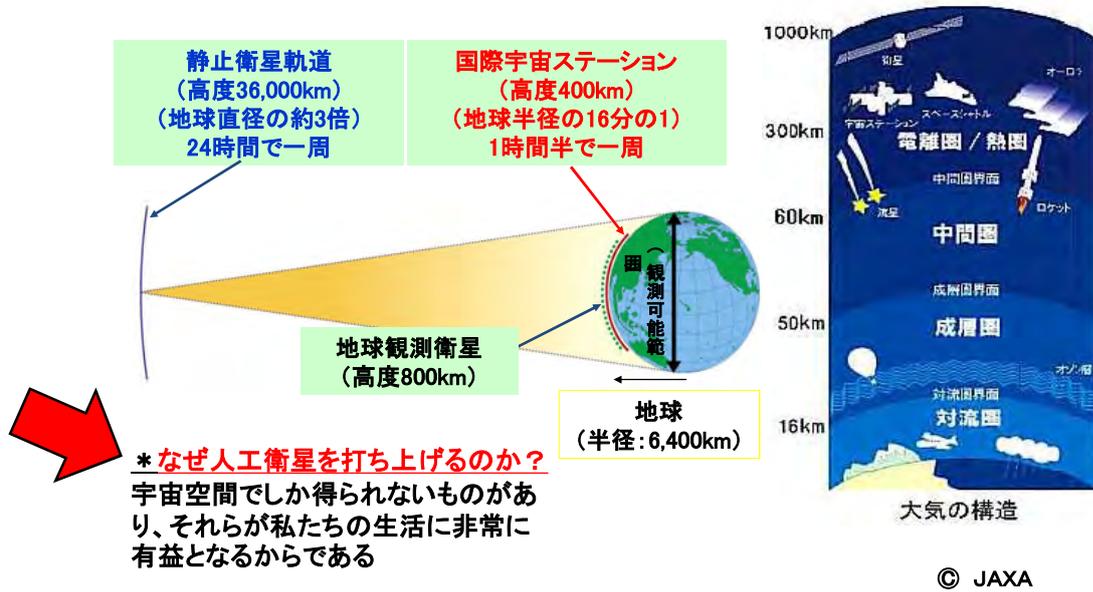
### 【通信・放送・測位分野】

- ・通信・放送分野では、通信・放送事業者による商業ベースでの通信・放送事業としての利用が行われている(平成19年度契約数NHK-BS 1,342.3万件、CSデジタル350.1万件など。また、災害時通信のバックアップ等に企業等が使用)。
- ・測位分野では、米国のGPS衛星の利用により、カーナビ、GPS機能付き携帯電話等の利用が進んでいる。

### 【宇宙科学分野】

- ・宇宙科学分野では、太陽観測やX線観測等により天文分野において世界をリードする科学的成果を上げているとともに、小惑星や月探査ミッションにより、太陽系の起源等を探る科学的発見への挑戦が行われている。

## ロケットは目的の軌道に人工衛星を運ぶ手段その概説



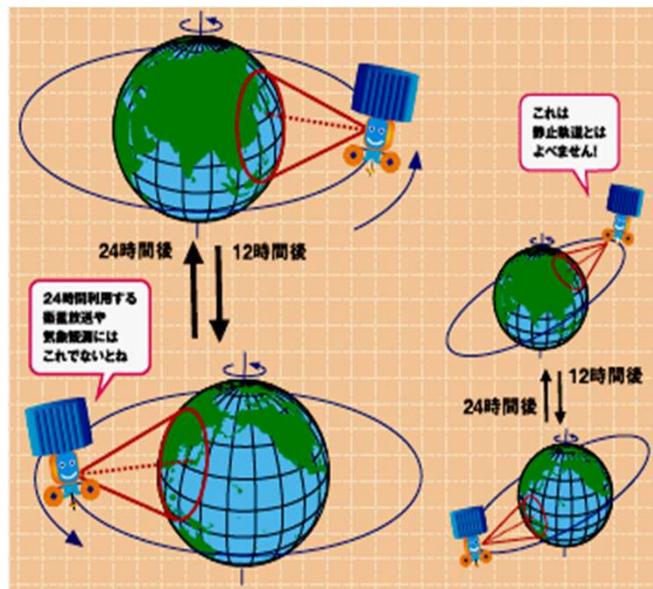
**\*なぜ人工衛星を打ち上げるのか?**  
 宇宙空間でしか得られないものがあり、それらが私たちの生活に非常に有益となるからである

## 人工衛星の代表的軌道

### 静止軌道

地球の自転の周期と同じ周期で公転していることから、地上から空のある一点に静止しているかのように見える。

**気象衛星・放送衛星・通信衛星はそこにあげる。**

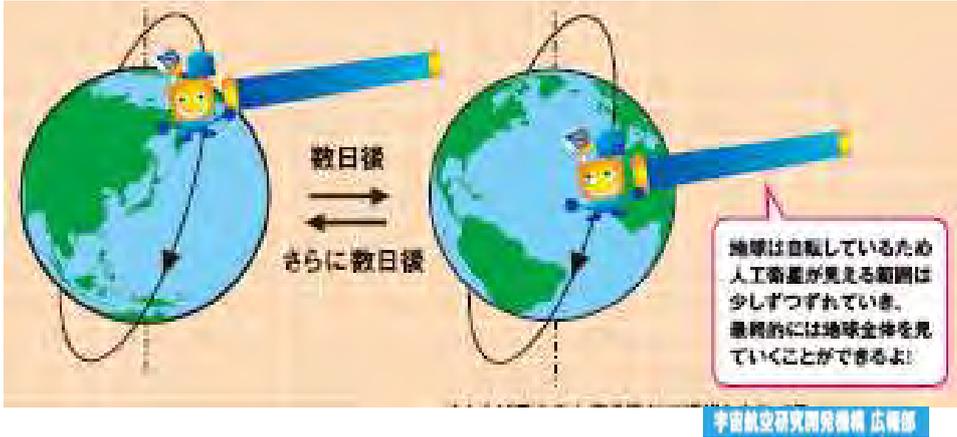


宇宙航空研究開発機構 広報部

# 人工衛星の代表的軌道

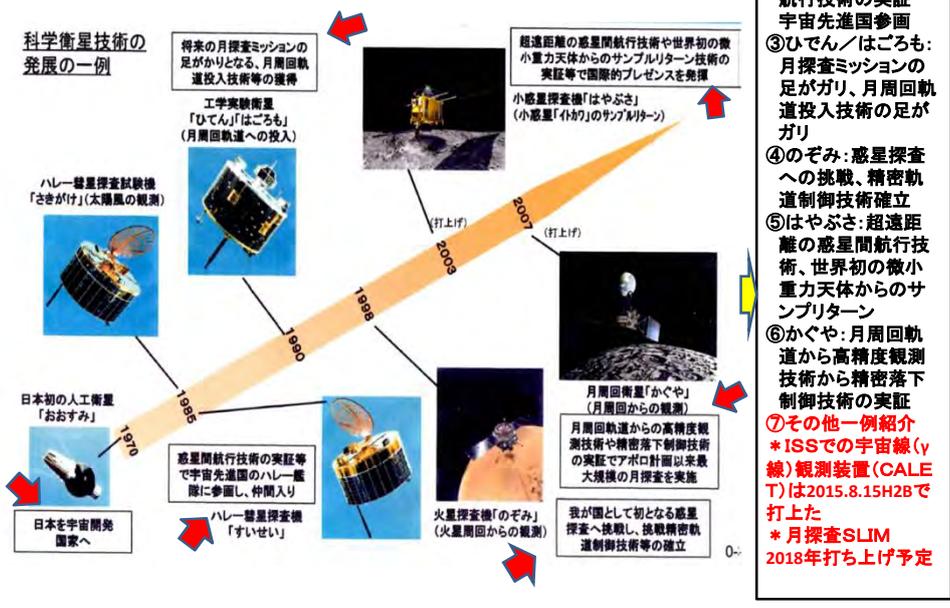
## 太陽同期準回帰軌道

資源の探査、環境・災害などの監視、海洋現象の観測などを行う地球観測衛星は、地球上の同一地点をほぼ同時に(同一の日射条件)観測できる太陽同期準回帰軌道に打ち上げられる



## 日本の宇宙探査技術への歴史

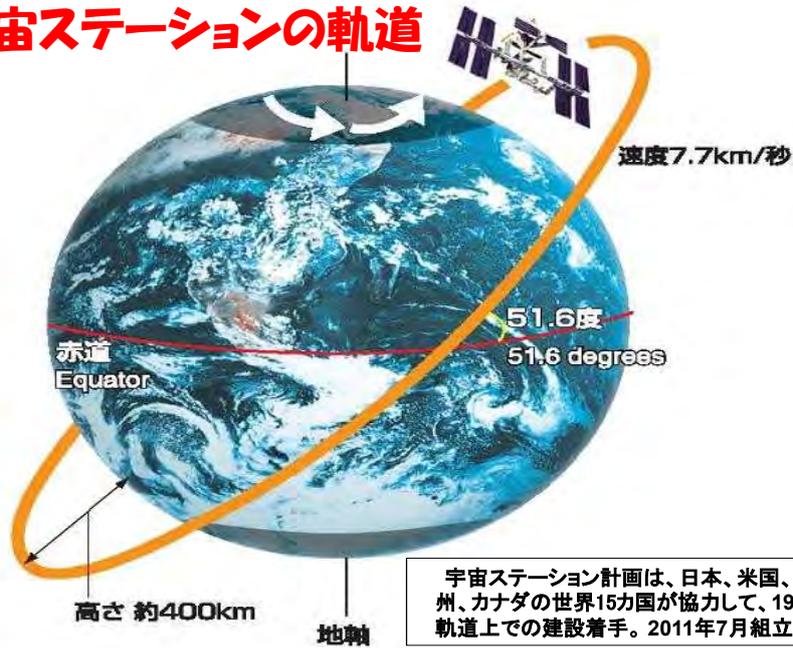
科学衛星技術の発展の一例



- ①おすみ: 日本を宇宙開発国家へ
- ②すいせい: 惑星間航行技術の実証 宇宙先進国参画
- ③ひてん/はごろも: 月探査ミッションの足がかり、月周回軌道投入技術の足がかり
- ④のぞみ: 惑星探査への挑戦、精密軌道制御技術確立
- ⑤はやぶさ: 超遠距離の惑星間航行技術、世界初の微小重力天体からのサンプルリターン
- ⑥かぐや: 月周回軌道から高精度観測技術から精密落下制御技術の実証
- ⑦その他一例紹介
  - \* ISSでの宇宙線(y線)観測装置(CALET)は2015.8.15H2Bで打上た
  - \* 月探査SLIM 2018年打ち上げ予定



## 宇宙ステーションの軌道



## 国際宇宙ステーション (ISS) 計画 (日本人宇宙飛行士宇宙滞在計画)



向井 毛利 野口 土井 若田  
星出 山崎 古川



大西 油井 金井

- 宇宙飛行士の募集条件 (主要) H20.4.1
- ① 大学 (自然科学系) 卒業以上
  - ② 3年以上の実務経験 (自然科学系分野)
  - ③ 科学知識と技術 (宇宙飛行士活動の為)
  - ④ 訓練時に必要な泳力、10分立ち泳ぎ
  - ⑤ 英語能力 (意思の疎通が図れる)
  - ⑥ 身長: 158~190cm、体重: 50~95kg

注記: 秋山氏 (元TBS記者) が、1990年12月、旧ソ連国家審査委員会から宇宙飛行士の承認を受ける。1990年12月2~10日、宇宙飛行を実施。第一声は、「これ、本番ですか？」



日本政府として2024年まで運用延長を決定 (平成27年12月)

©JAXA

## 宇宙ステーション(ISS)での生活

### 宇宙で食事(朝食等の風景)

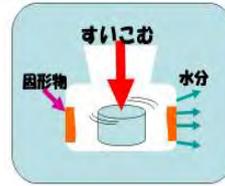


#### 【宇宙食の調理方法】

- ・そのまま食べる
- ・水、お湯を加えて食べる
- ・オープンで温めて食べる
- ・砂糖、塩、コンショウ等はしぼり出し容器に入れる



### 宇宙ステーションのトイレ



©JAXA

16

## 地球外探査衛星はやぶさ初号機とはやぶさ2

はやぶさ

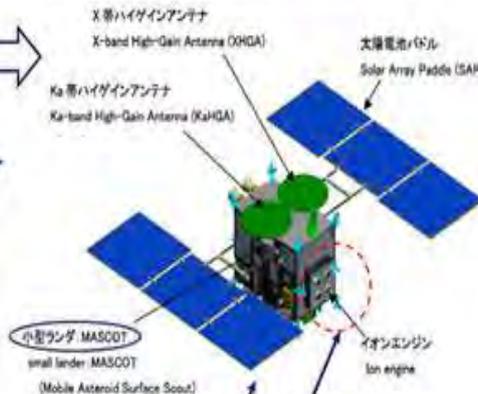
大きさ: 約1m × 1.6m × 1.1m (探査機本体)  
重さ: 510kg (燃料込み)

【形状: 上面】



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)



(© JAXA)

## 初号機“はやぶさ”のテーマ／ミッション

### 1. テーマ

#### 「小惑星のサンプルリターン」

太陽系誕生時(約**46億年前**)の状態を留めるタイムカプセルと言われる小惑星「**イトカワ**」の地表から物質持ち帰る。



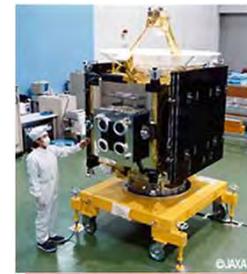
イトカワ

©JAXA

#### ハイリスク・ハイリターンのテーマ

### 2. ミッション

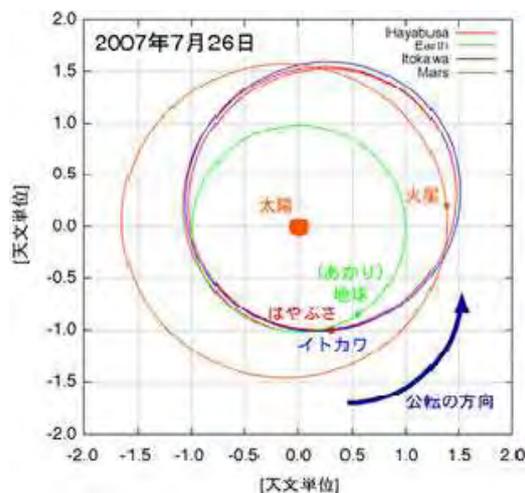
- 1) 小惑星のカケラをサンプル採集する
- 2) イオンエンジンによる惑星間航行
- 3) 遠い宇宙空間での自律航法誘導
- 4) イオンエンジンによる地球スイングバイ
- 5) カプセルによる大気圏再突入



イオンエンジン4基装備  
(1基は予備)

©JAXA

## 地球と小惑星イトカワとの距離約3億km



#### ・地球:

公転周期 **365 日**、平均軌道速度 **29.78km/s**  
 自転周期 **24 時間** (平均太陽日)、  
 体積  $1.083207 \times 10^{12} \text{km}^3$ 、  
 重量  $5.9736 \times 10^{24} \text{kg}$ 、平均密度  $5.49 \text{g/cm}^3$

#### ・イトカワ:

公転周期 **1.52 年**、平均軌道速度 **25.37km/s**  
 自転周期 **12 時間** (平均太陽日)、  
 体積  $0.0184 \text{km}^3$ 、  
 重量  $3.51 \times 10^{10} \text{kg}$ 、平均密度  $1.9 \text{g/cm}^3$

・地球とイトカワとの距離 約3 億km

・通信時間: 約**40 分** (往復)

・引力は地球の**10 万分の1**

・イトカワの公転周期は地球と共振関係にあり、  
 1.5年。  
 つまり、地球が太陽を3周する間にイトカワは  
 2周する。

地球から見ると**3年**に一度接近してくる事になる。

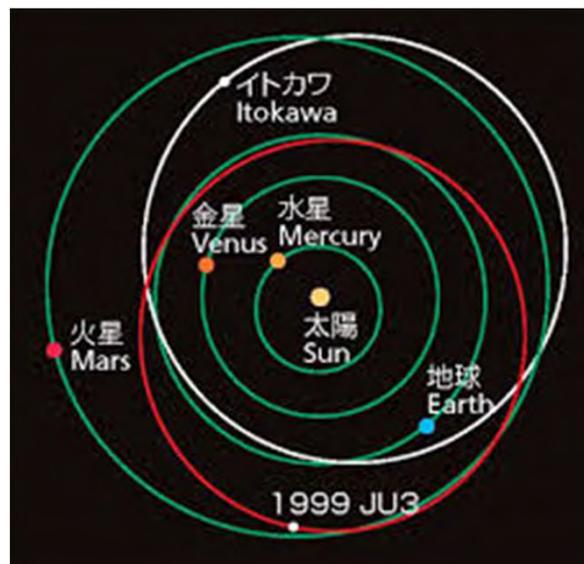


## はやぶさ2計画

- ・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。
  - ・開発費148億円(初号機127億円)
  - ・はやぶさ2はりゅうぐう(1999JU3)小惑星(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る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
- 注1: 12月3日13時22分4秒打上げ成功**



## 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: 0.5～4.0/cm<sup>3</sup> (TBD)
- ・質量:  $1.7 \times 10^{11}$ kg～ $1.4 \times 10^{12}$ 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型小惑星りゅうぐう「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2

・6年間、約52億kmの旅

1. 打上  
2012年12月3日
2. スイングバイ  
2015年12月3日
3. 到着  
2018年夏
4. 出発  
2019年末
5. 帰還  
2020年末



## 宇宙には夢がある!! (その2)

・宇宙開発の話、人工衛星の話他編

ご拝読有難うございました。

宇宙には夢がある、皆様に宇宙開発に興味を持って頂ければ幸いに思います。

いろいろの事に興味、好奇心を持ち、その中から、将来の目標を決めその実現に励みましょう！

“限りなき前進 ~Ever Onward~”