

# 火星衛星探査計画 MMXの国際協力の概要

大嶽久志, 川勝康弘, 戸梶歩, 臼井寛裕  
(宇宙航空研究開発機構)

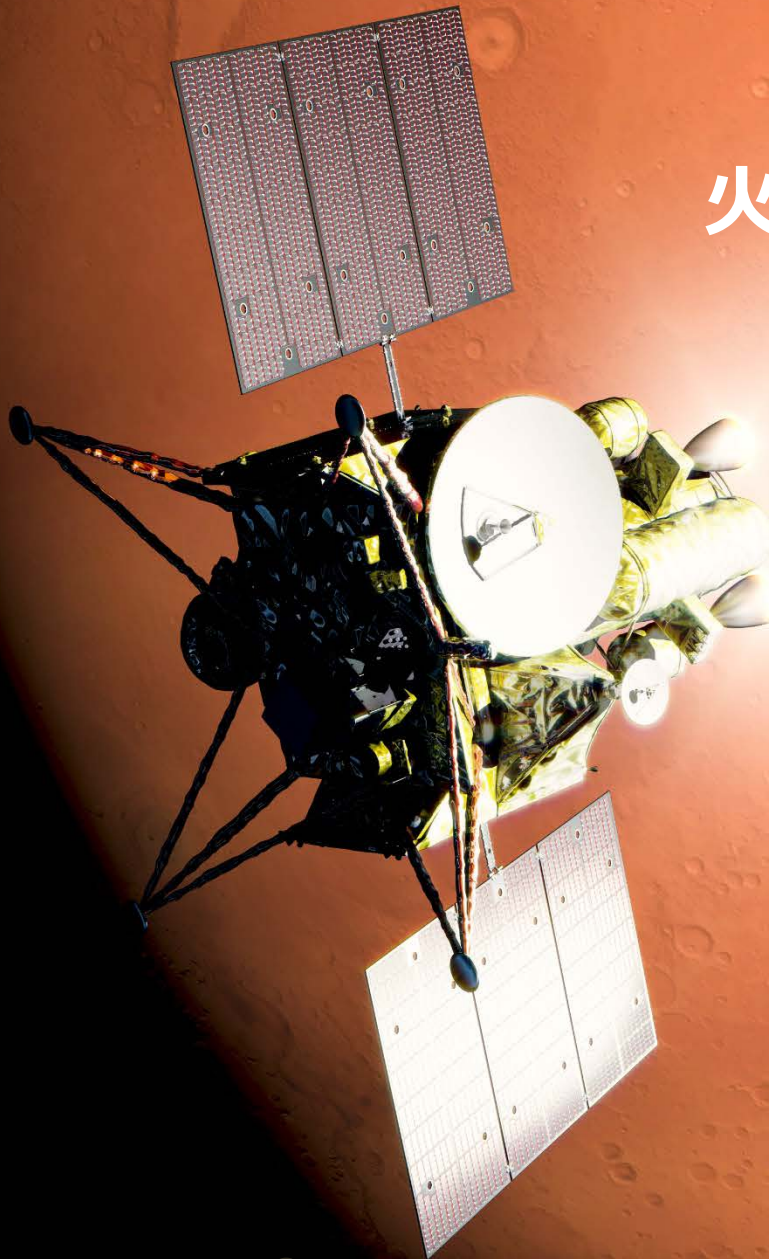
Hisashi Otake, Yasuhiro Kawakatsu, Ayumu Tokaji, Tomohiro Usui  
(Japan Aerospace Exploration Agency)

g10-15

# 火星衛星探査計画 MMXの 国際協力の概要

大嶽久志

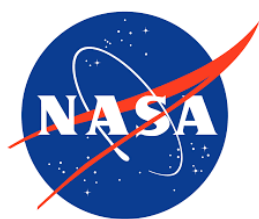
川勝康弘, 戸梶歩, 臼井寛裕 (JAXA)



# Martian Moons eXploration (MMX)

# はじめに

火星衛星探査計画 Martian Moons eXploration (MMX) はミッション成果最大化とコスト削減を目的として、



German  
Aerospace Center



NASA、CNES、DLR、ESA との協力内容を2019年度に確定し、基本設計（フェーズB）を実施中である。

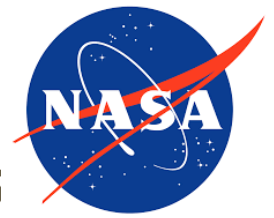
本発表では、確定した協力内容と進捗状況を紹介する。

# 国際協力：概要

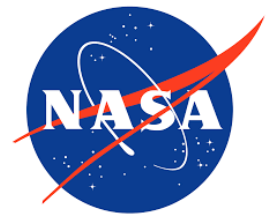
## 海外機関との協力案件

相手機関	協力案件（一部調整中）
NASA	観測機器（中性子・ガンマ線分光器） ニューマティック・サンプル 地上局支援、TDRS支援、サイエンス協力、 サンプルキュレーション、カプセル帰還光学観測 Ames風洞試験設備
ESA	深宇宙用通信機、サイエンス協力 地上局支援（データダウンリンク）
CNES	観測機器（近赤外線分光器） フォボス近接運用支援 小型ローバー（DLRと共同）
DLR	小型ローバー（CNESと共同） 微小重力試験設備、サイエンス協力
ASI（調整中）	地上局支援（データダウンリンク）

# 国際協力機関：NASA（米国）

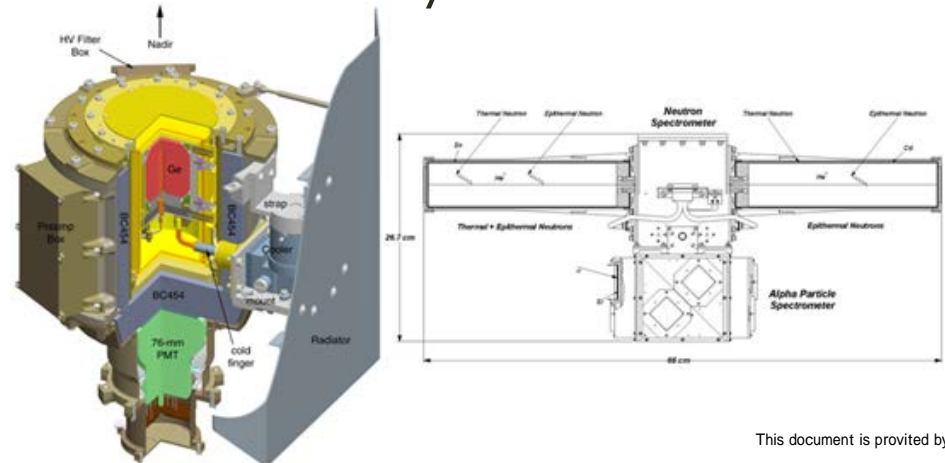


- NASA とはPhase-A を範囲として2017年9月に協力取決め（LoA: Letter of Agreement）を締結，2019年11月に協力アイテムを確定.
- 多岐にわたる協力を遂行中.
  - ①観測機器（中性子・ガンマ線分光器）
  - ②ニューマティック・サンプル
  - ③地上局支援（クリティカル運用，データダウンリンク）
  - ④TDRS支援
  - ⑤サイエンス協力
  - ⑥サンプルキュレーション
  - ⑦カプセル帰還光学観測
  - ⑧Ames風洞試験設備



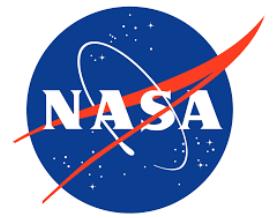
## ① 中性子・ガンマ線分光計

- In 2017, NASA issued AO for GRNS development and selected the JHU/APL proposal named “MEGANE” (Mars-moon Exploration with Gamma rays and Neutrons; meaning “eyeglasses” in Japanese).
- Phase-A and B study has been implemented at APL MEGANE team including I/F coordination with JAXA in 2018-19, and Phase-B review was successfully held in March, 2020.
- Key Decision Point-C took place in NASA in May to start the phase-C activity.





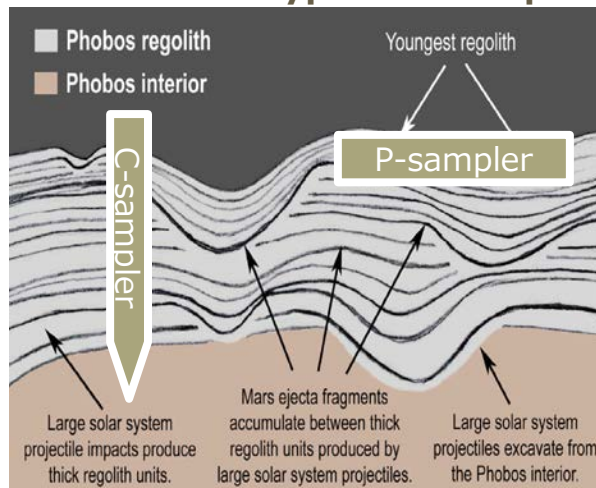
# 国際協力機関：NASA（米国）



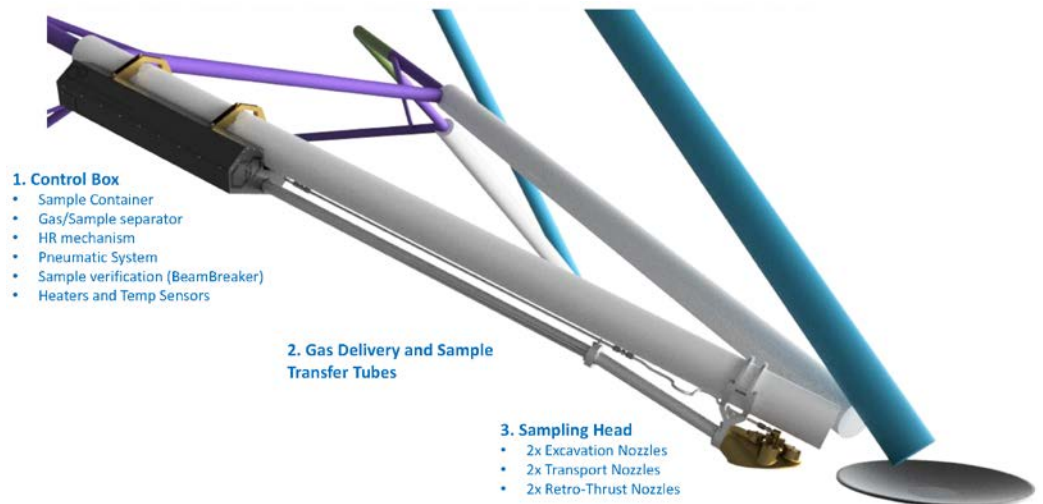
## ② ニューマティック・サンプラー

- **HoneyBee Robotics** (HBR) Pneumatic sampler (P-Sampler) and JAXA C-Sampler have **complementary advantages**. P-Sampler provides “reference” of surface component with C-Sampler and allows us to **increase the chance of having Martian materials** accumulated on Phobos surface.
- Feasibility study of the concept has been conducted jointly with NASA, HBR and JAXA in 2018-19.
- **Engineering BrassBoard model is now under design and fabrication, and testing is planned from Jan/2021.**

### Complementary Roles of Two Different Types of Samplers



### P-Sampler Design Concept



© Honeybee Robotics

This document is provided by JAXA.

# 国際協力機関：CNES（フランス）



CNES とは2017 年4 月，および2019 年6 月に  
協力取決め（IA: Implementation Arrangement）を締結．



安倍首相，マクロン仏大  
統領，および両宇宙機関  
長による「火星衛星探査計  
画（MMX）ミッション検討  
に関する共同活動について  
の実施取決め」の交換  
（2019 年6 月，首相官  
邸）



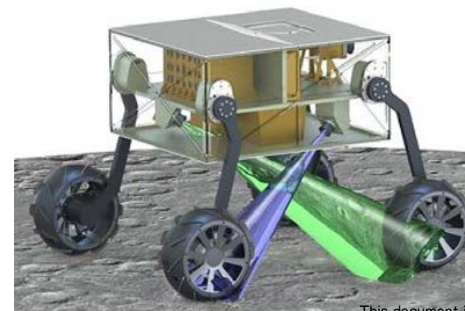
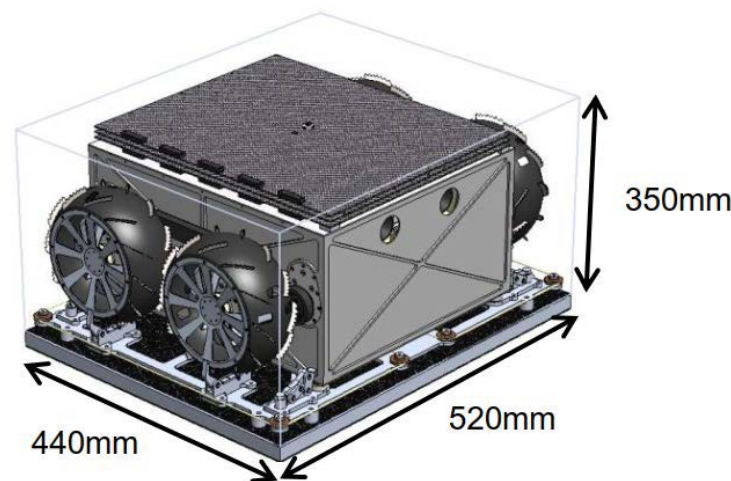
# 国際協力機関：CNES（フランス）

## ① 小型ローバ

- DLR と共同で小型ローバを開発し，CNESは全体システムや電気系、地表撮像カメラなどを主に担当．
- DLR との共同でのフェーズA 終了審査を2019年7 月に完了，PDRを実施中．

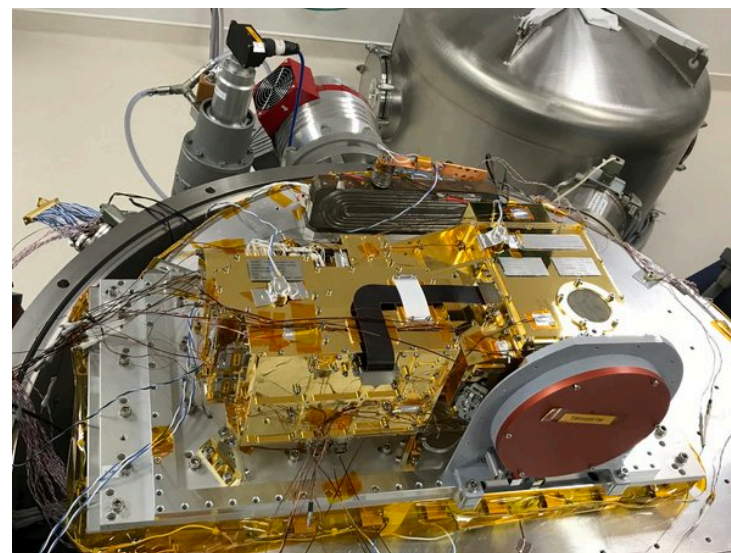
### 小型ローバの目的

- ◆ MMX探査機（母船）の安全着陸運用のための事前調査
- ◆ サイエンス機器による火星衛星表面上での詳細観測



## ② 近赤外分光計（MMX Infrared Spectrometer）

- 開発チームはパリ天文台傘下の宇宙物理学・機器開発の研究所（LESIA）であり、火星探査（Mars2020）へのSuperCam開発の経験を有する。（2020年3月に開発体制をIASより変更）
- 現在，PDR（2020年11月）に向けて基本設計を実施中．



SuperCam の開発モデル

(<https://lesia.obspm.fr/SuperCam-sur-Mars-2020.html>)

DLR とは2019 年6 月に概念設計を対象とする協力取決め（IA: Implementation Arrangement）を締結.



- ① Rover (collaboration with CNES)
- ② ZARM Drop Tower experiments
- ③ German facilities for landing mobilities
- ④ Scientific knowledge on Martian Moons
- ⑤ Science

## ① 小型ローバ

- CNES と共同で小型ローバを開発し，DLRは移動系（Locomotion）や搭載観測機器などを主に担当．
- CNES との共同でのフェーズA 終了審査を2019年7 月に完了，現在PDRを実施中．



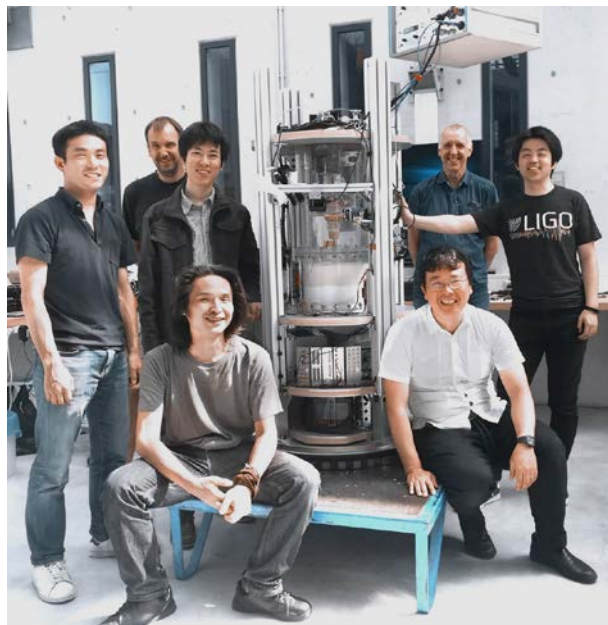
日・仏・独メンバによるインタフェース調整会議



## ② 微小重力試験設備

- ZARM落下試験棟にて、火星衛星着陸中の着陸装置・サンプリング装置の設計、探査機の挙動（推薬タンクスロッシング等）の把握に必要なデータを取得（2019年8月）。
- 今後もより詳細な試験を実施予定。

- Landing pad impact:  
3 drops
- Corer mechanism penetration:  
4 drops
- Liquid sloshing phenomena:  
3 drops





- ESA とは2019 年6 月に協力内容を確認.
- これに先立ち, 2018 年11 月に以下3 点の協力について, ESA Science Programme Committee で承認.

## ① Ka/X 帯送信機の提供

降雨以外の時はX 帯送信機の約4 倍のレートでのミッションデータダウンリンクが可能となる.

## ② ミッションデータダウンリンク用の地上局アサイン

JAXA 局, NASA DSN 局と併せて, より多くのミッションデータダウンリンクに貢献.

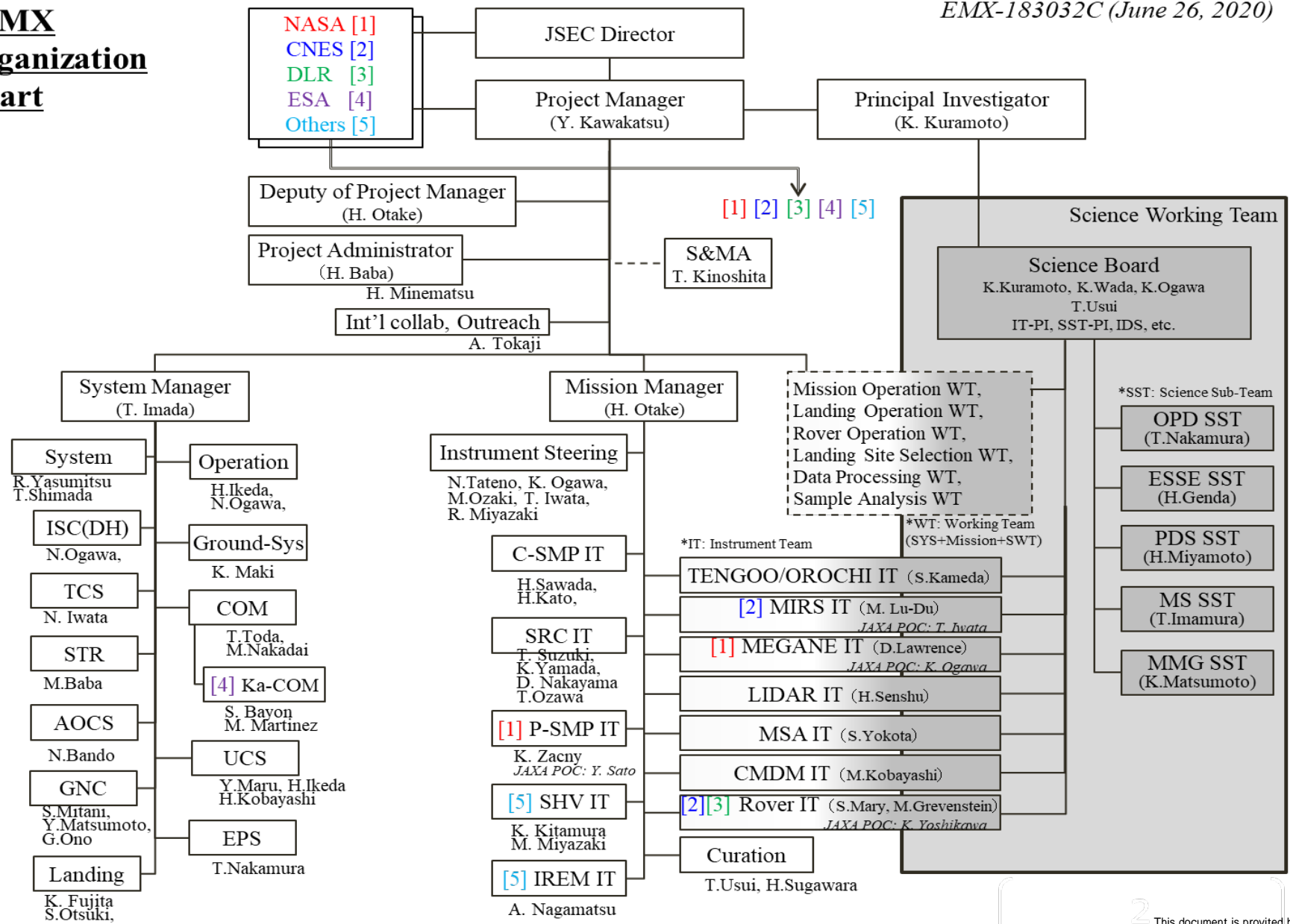
## ③ サイエンス協力

2019年6月にESA からAO発出, 10月に2名が選定.

# MMXの開発体制

## MMX organization chart

EMX-183032C (June 26, 2020)



# MMX国際協力の調整で得た教訓（1/2）

これまで述べた国際協力内容は、2015年から2020年2月のMMXプロジェクト化までの約4年間にわたる交渉・調整により構築された。

## （1）交渉前の調査

- 世界で最高の機器を搭載するという視点で、各機関に協力を打診。
- 相手機関の実績だけでなく動向も考慮した結果，特にNASA，CNESからは早期に大規模の協力の意思表示が得られた。
- 🏠 相手機関の構想・ニーズを踏まえて、協力参加しやすい理由を考えて提案することが有効。

## （2）交渉の相手

- 国際的に認知されているキーパーソン（例えばNASA科学局／惑星探査部長（当時）のJames Green氏）がPhobos探査の意義を深く理解し、それぞれの機関での協力立ち上げを大きく推進。
- これはJAXA上層部が動く1つのきっかけにもなった。
- 🏠 国際的に認知されているキーパーソン（サイエンス，宇宙機関）を掴むことが重要であり、これには長い年月をかけて醸成される人間関係も必要。

# MMX国際協力の調整で得た教訓 (2/2)

## (3) 交渉における前提・制約の明確化

- ミッション達成に必要な一連のクリティカル技術は国際協力が予定通りいかなかった場合のリスクを考えて、国産で開発することを先方に理解して貰い、協力アイテムを調整。
  - CNESは当初、表面移動技術のデモンストレーションを目的としたRoverを提案。JAXAとしては、MMX全体のミッション目的からPhobos表面状態を確かめるミッションをRoverに定義し、Roverの目的を最適化。
- 👉 前提・制約を明確にして必要なことは言い、安易に受け入れないことが重要。

## (4) 交渉相手の意向の理解

- NASAはMEGANE提供だけでなく、P-Samplerのように、これまでの開発成果を活用・発展させる視点での協力メニューを提案。
- 👉 相手の意図/状況/背景をよく理解し、本音をつかむと、こちら側から踏み込む範囲も分かる。

## (5) 交渉の困難さ

- 最初は予算不足の理由で、JAXA側からの幾つかの協力アイテム提案を断られたケースもあった。
- 👉 こちらが交渉前に先方の構想等を把握していても、先方の事情により交渉が進まないこともある。
- 👉 価値観が大きく異なるところでの国際協力は困難である。

# まとめ

- 火星衛星探査ミッション（Martian Moons eXploration : MMX）は、火星の衛星からの世界初のサンプルリターンミッションである。
- 国際的にも関心が高いこと、およびはやぶさ初号機、2号機の国際協力実績も踏まえ、搭載ミッション機器の開発・運用、地上アンテナ局（DSN 局等）による運用支援、サイエンス等での国際協力の枠組み構築し、基本設計を進めている。





了