

大垣東高校 ⇄ 北海道大学

遠隔授業 2013

# 固体惑星の探査

氏名：鎌田 俊一（北大研究員）

Apollo 11号 打上  
1969年7月16日

惑星探査は

とにかく

ヤバイ!!!

# 太陽系

巨大氷惑星

巨大ガス惑星

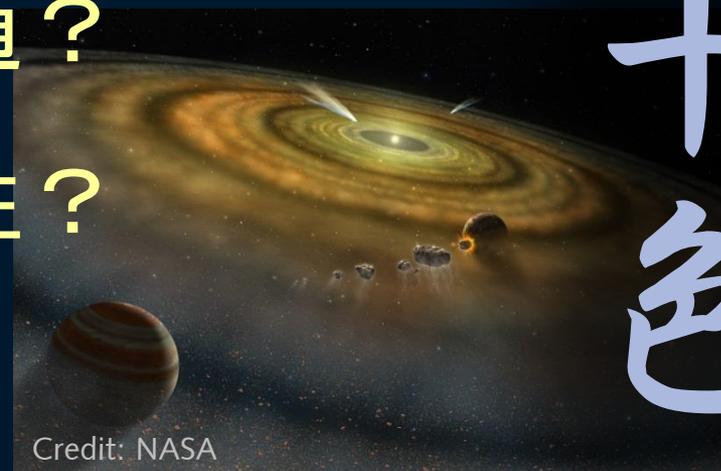
地球型惑星

衛星

# そもそも何が知りたいの？

---

- ◆ 表層環境
- ◆ 内部ダイナミクス
- ◆ 起源や進化
- ◆ 地球は特殊？普通？
- ◆ 生命の生存可能性？
- ◆ ...



十人十色

# 何を、どうやって調べるの？

## ◆ 地形

- カメラ、レーザー、...

## ◆ 内部構造

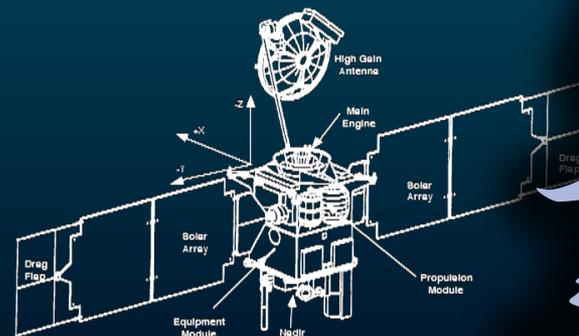
- レーダー、地震計、...

## ◆ 表面物質

- 分光器、持ち帰る、...

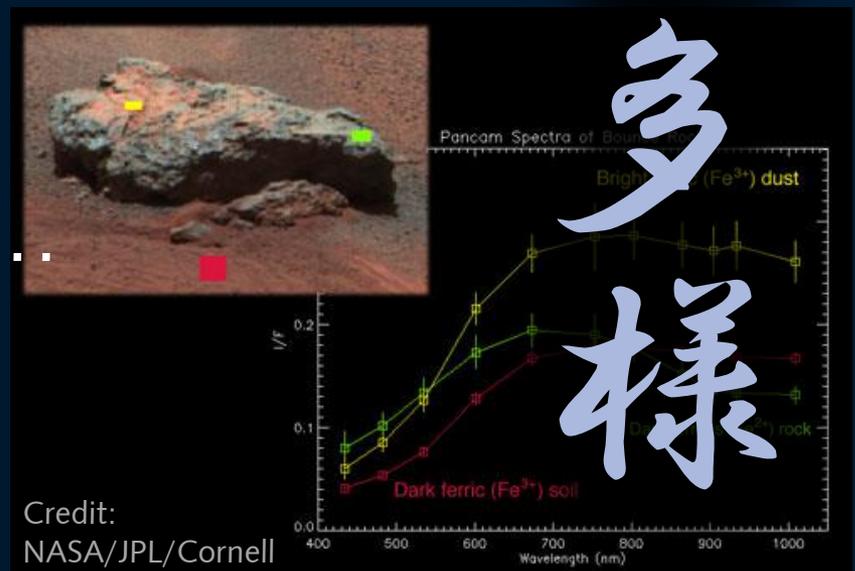
## ◆ 周囲の磁場

- 磁力計

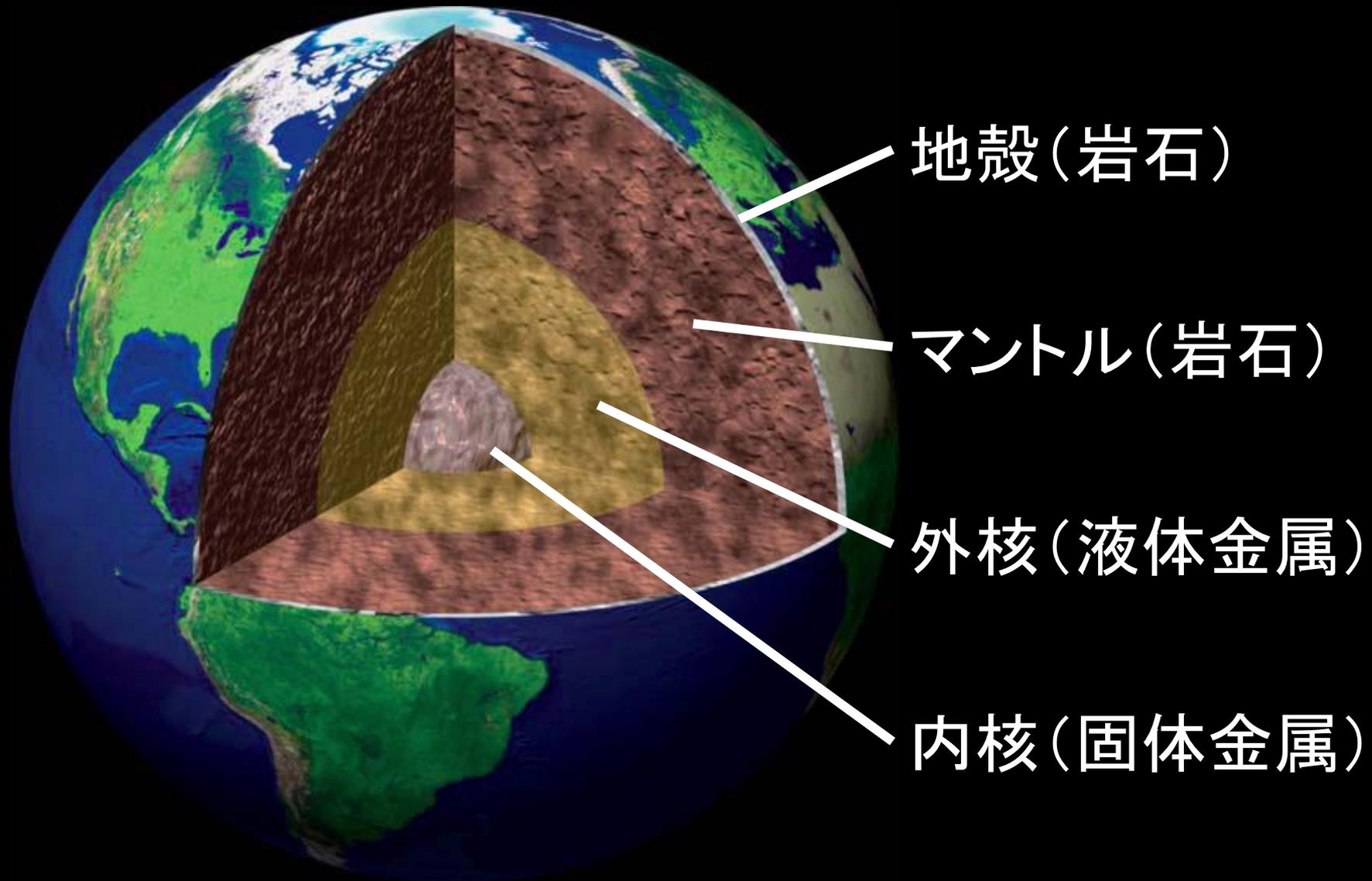


Credit: MSSS

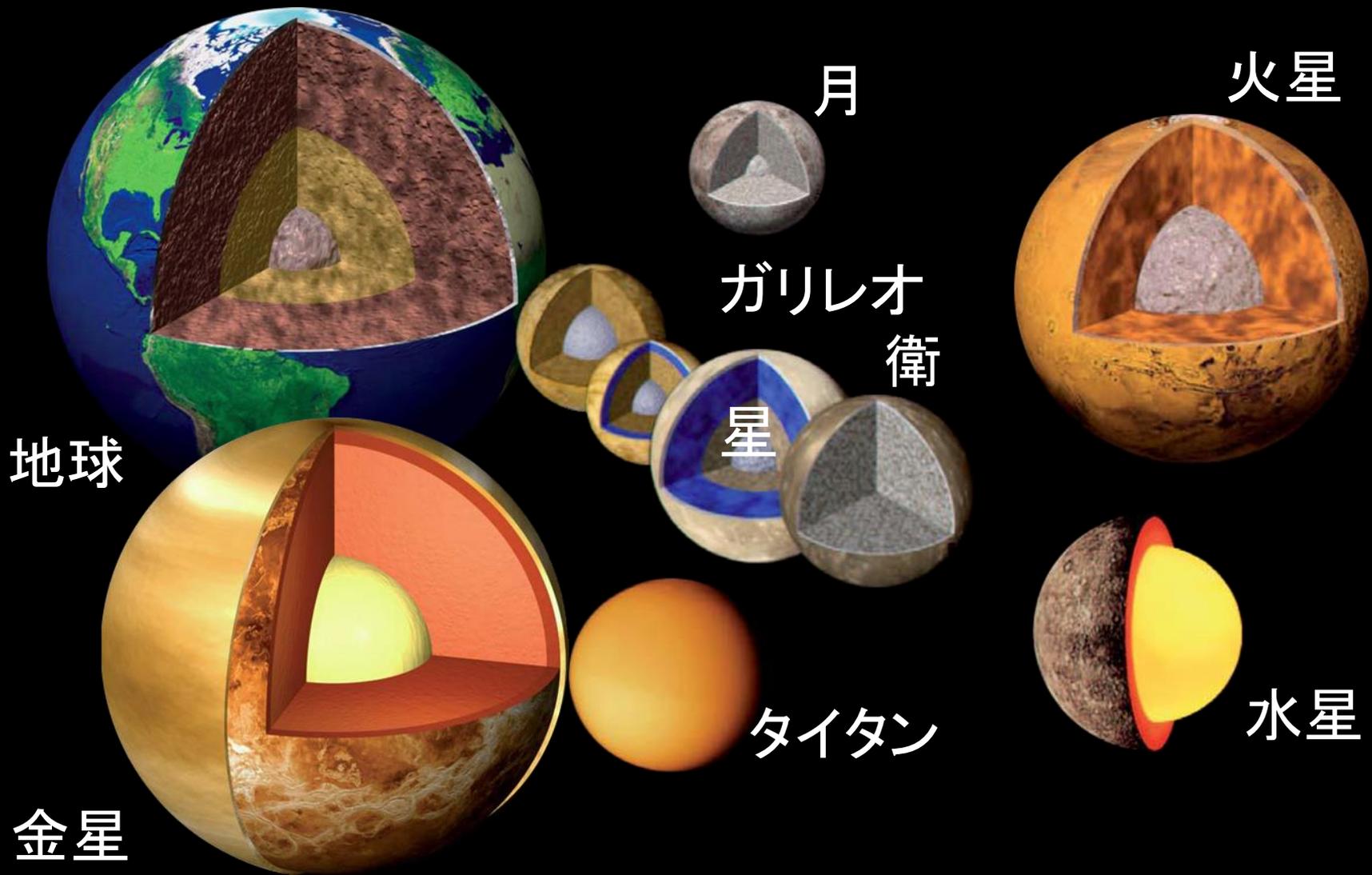
多  
種  
多  
様



# 地球の内部構造：地震波探査



# 固体惑星・衛星の内部構造



# 何を、どうやって調べるの？

## ◆ 地形

- カメラ、レーザー、...

## ◆ 内部構造

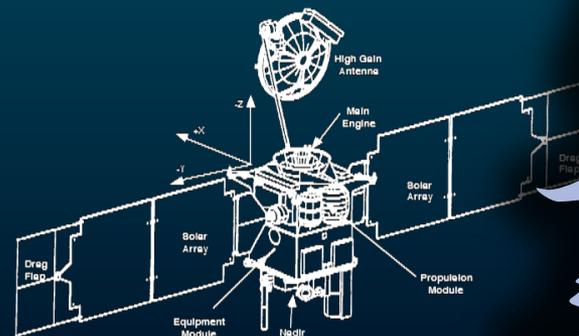
- レーダー、地震計、...

## ◆ 表面物質

- 分光器、持ち帰る、...

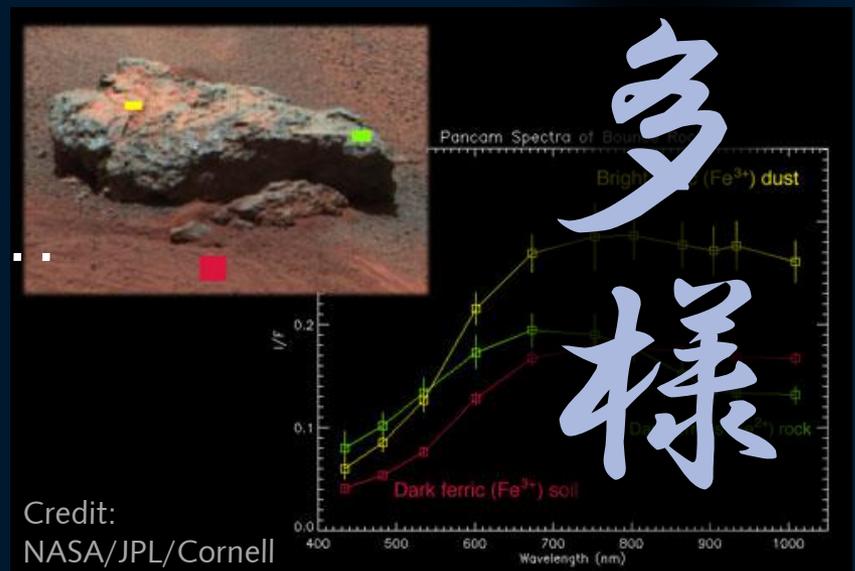
## ◆ 周囲の磁場

- 磁力計



Credit: MSSS

多  
種  
多  
様

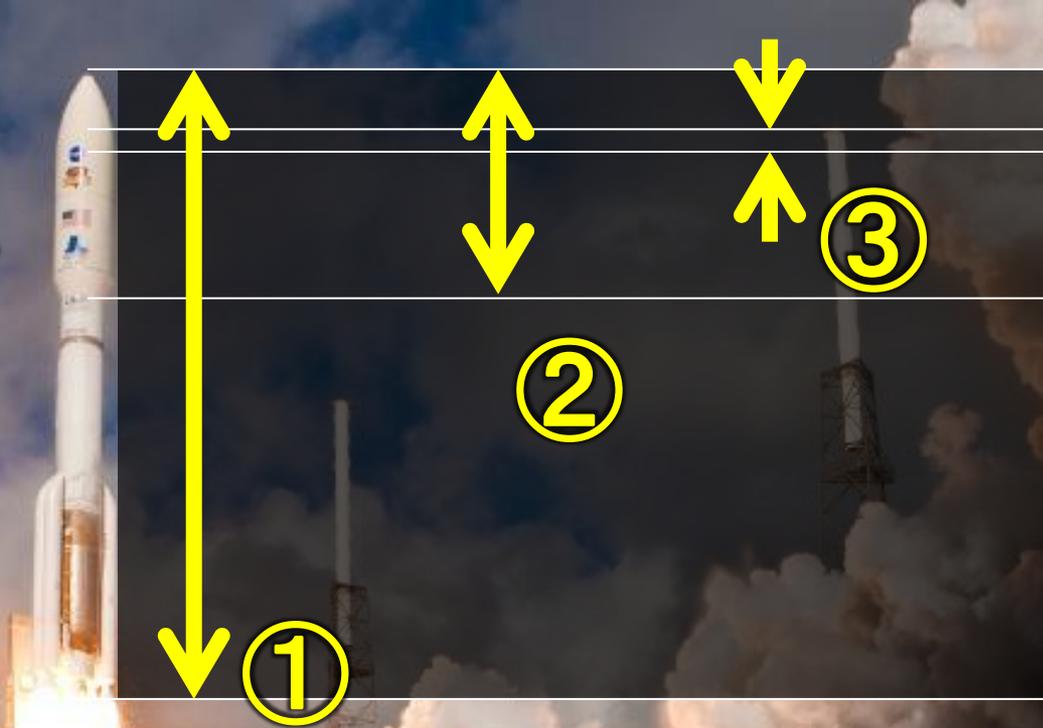


# 火星探査

*Atlas V 541*

Height: 62 m

Mass: 522 t



探査装置はどれだけ  
持って行ける？

# 火星探査

*Atlas V 541*

Height: 62 m

Mass: 522 t



火星に行くのは  
これだけ！



# 着陸は大変！

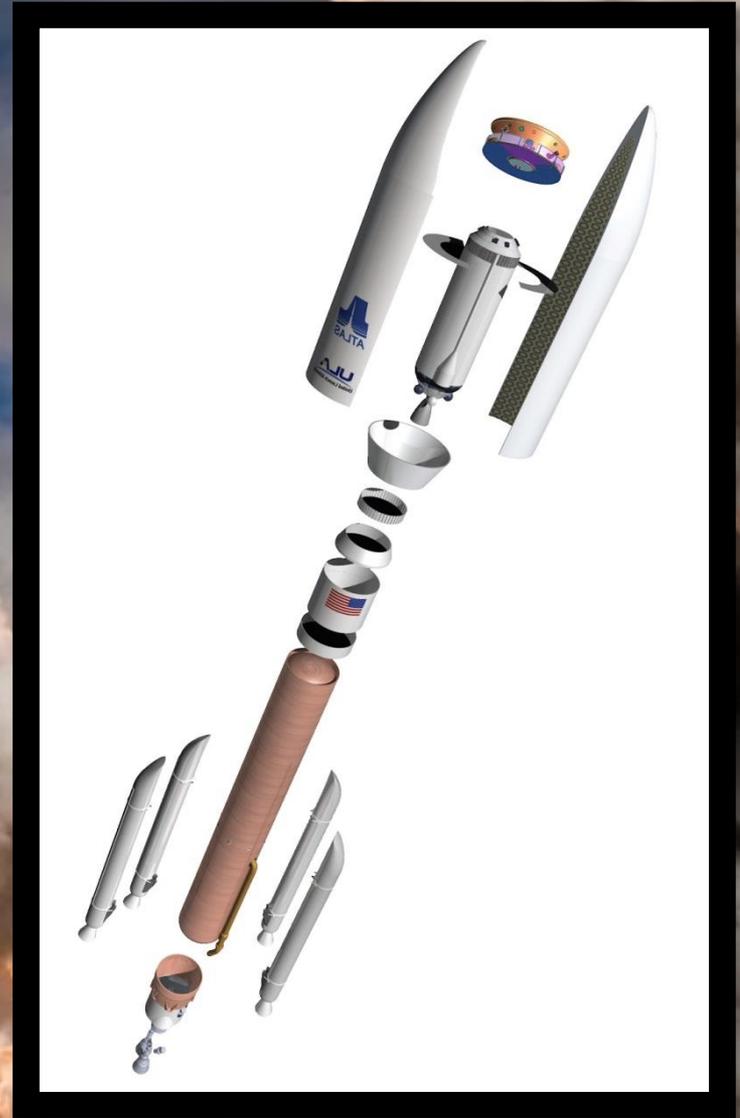
---

# 火星探查

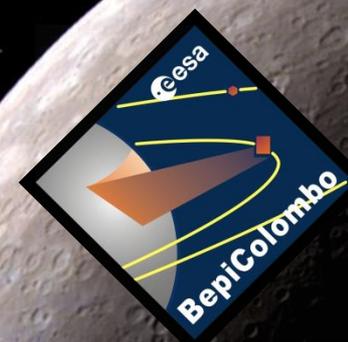
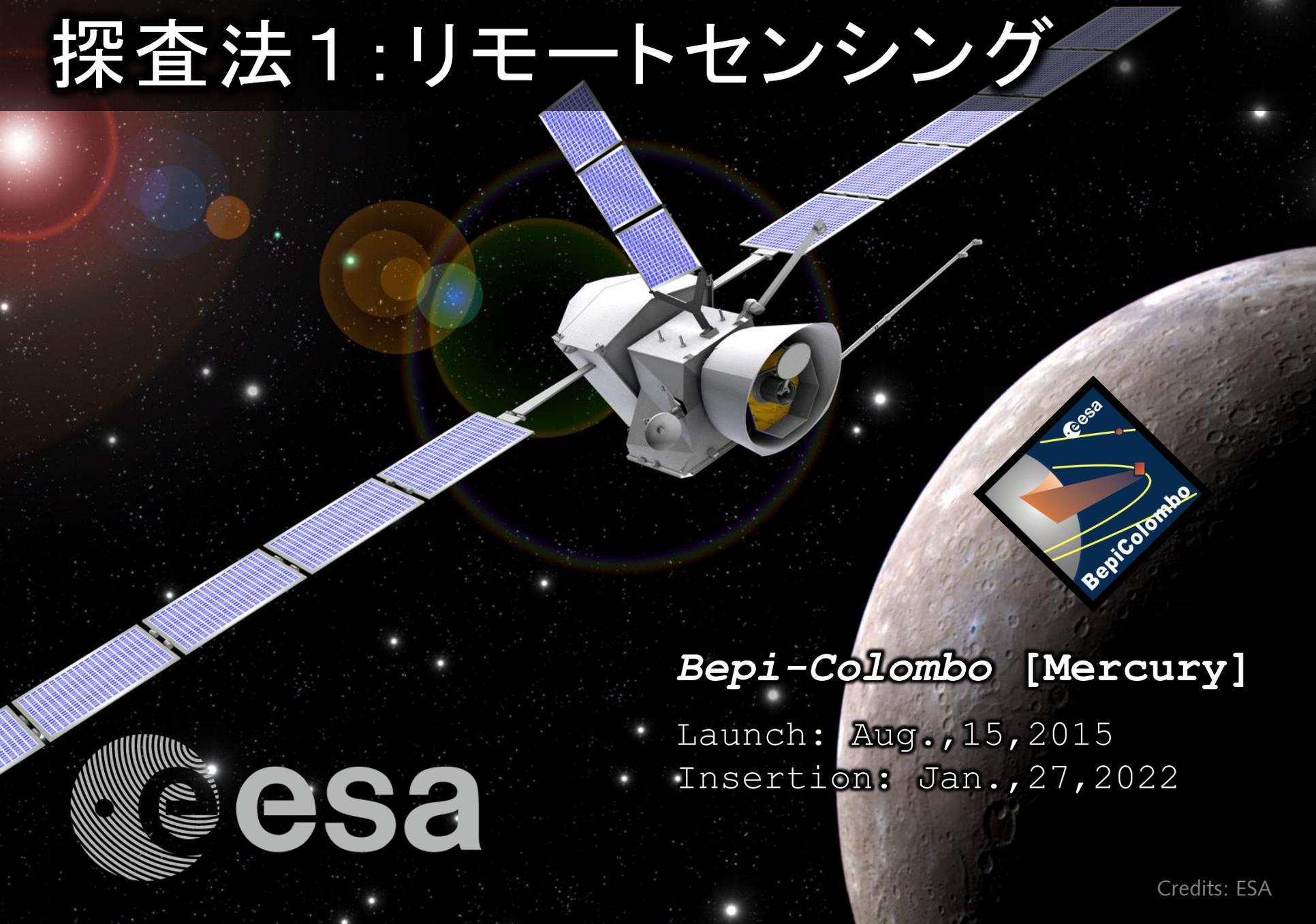
**Atlas V 541**

Height: 62 m

Mass: 522 t



# 探査法1: リモートセンシング



*Bepi-Colombo* [Mercury]

Launch: Aug., 15, 2015

Insertion: Jan., 27, 2022

# 探査法1: リモートセンシング

---

## ◆ 利点

- 着陸も帰還もしなくてよい
- 惑星全球を調べられる

## ◆ 欠点

- 大まかなことしか分からない
- 地震波観測はできない
- サンプルは得られない



# PHOENIX MARS MISSION

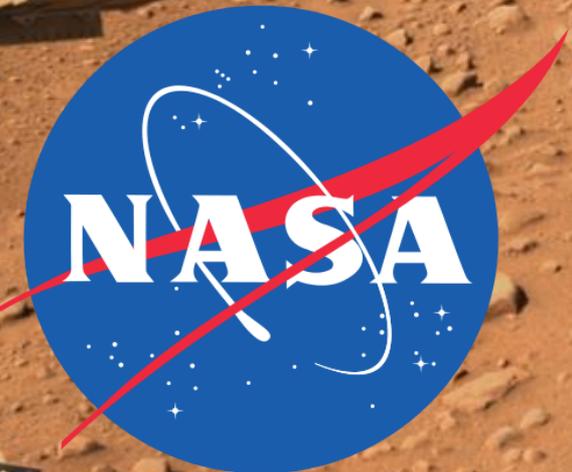
## **PHOENIX [Mars]**

Launch: Aug., 4, 2007

Landing: May, 25, 2008

End: Nov., 2, 2008

## 探査法2: その場観測



# 探査法2: その場観測

---

## ◆ 利点

- 帰還しなくてよい
- ある程度細かい分析ができる

## ◆ 欠点

- 着陸しなくてはいけない
- 全球の様子は分からない
- 搭載できる装置には限りがある



## *Hayabusa* [Itokawa]

Launch: May, 9, 2003

Touchdown: Nov., 20&26, 2005

Return: Jun., 13, 2010



# 探査法3: サンプルリターン

# 探査法3：サンプルリターン

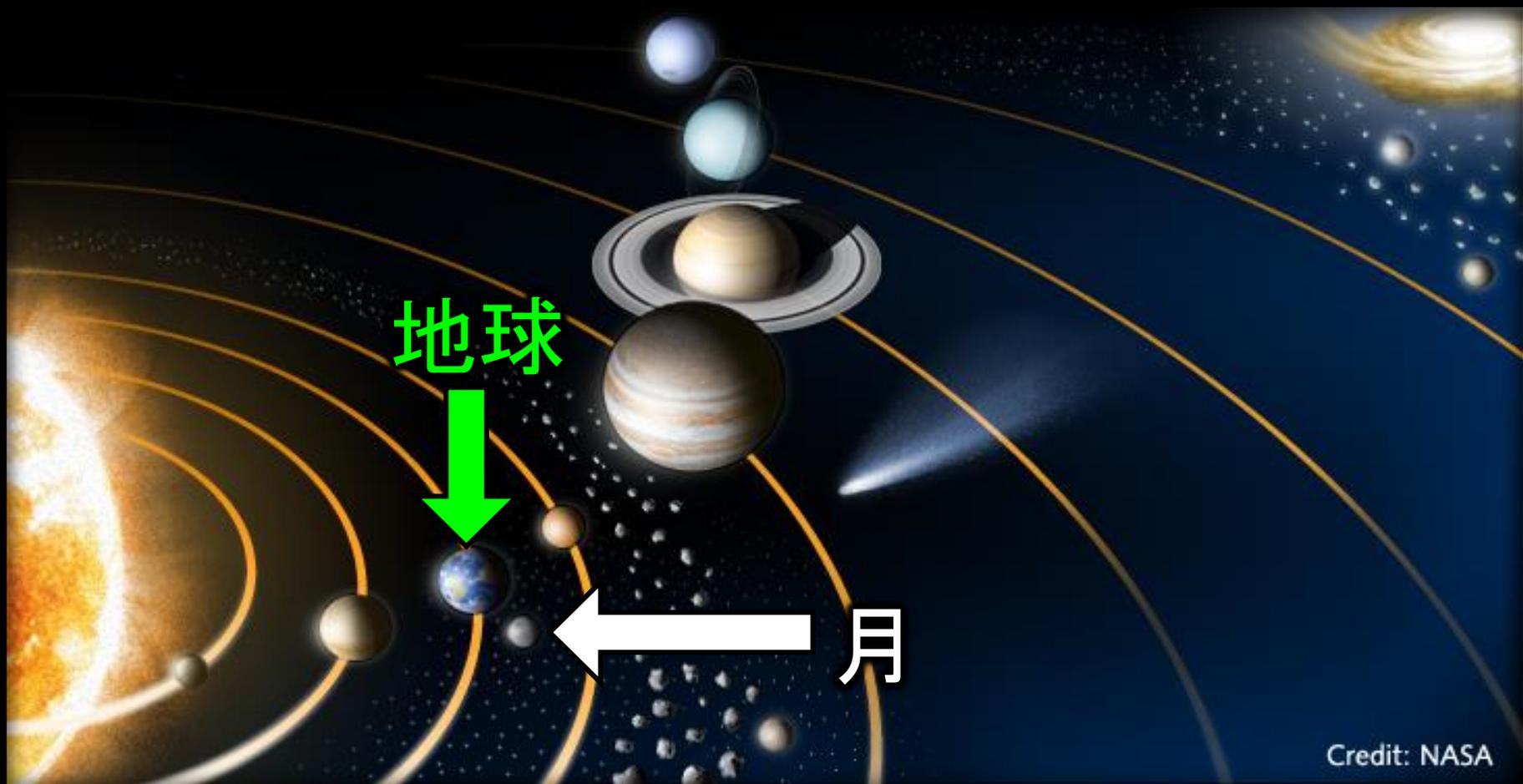
---

## ◆ 利点

- 非常に細かく、様々な分析ができる
  - ◎ 巨大な装置も利用できる

## ◆ 欠点

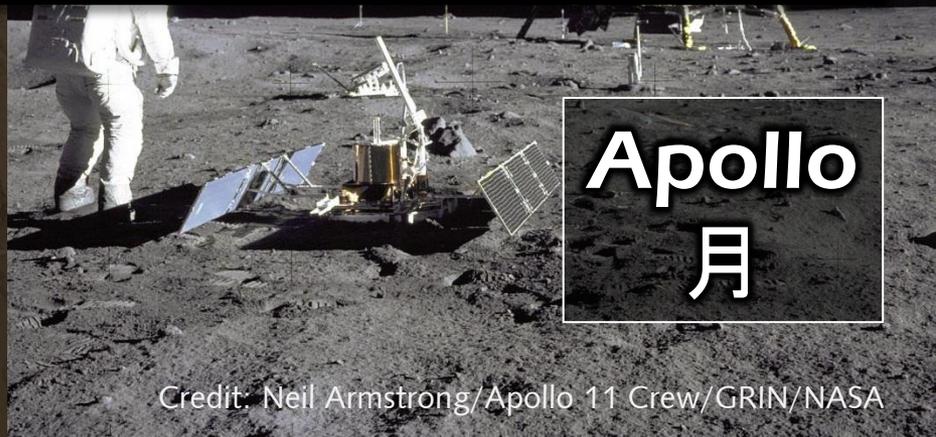
- 着陸も帰還もしなくてはいけない
- 全球の様子は分からない
- (サンプルの管理は大変)



Credit: NASA

**Curiosity (MSL)**  
火星

Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS

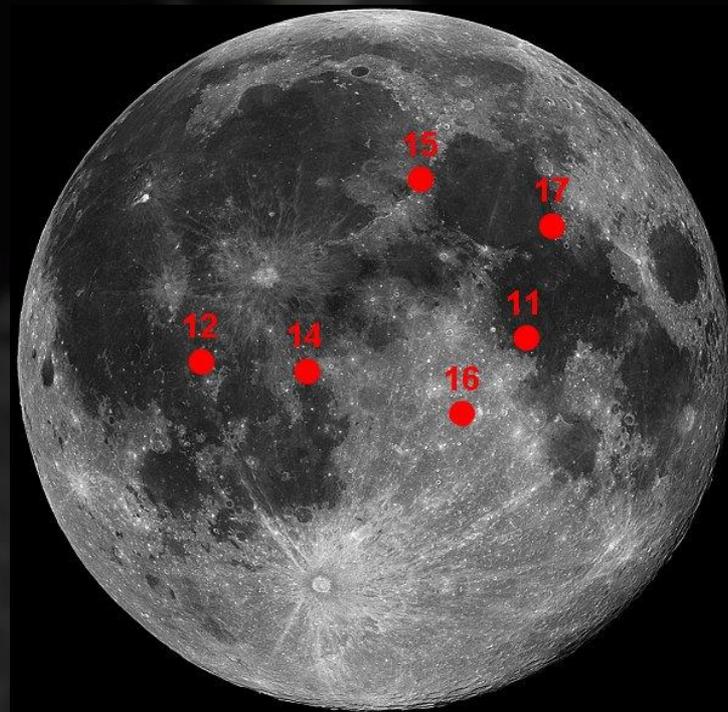
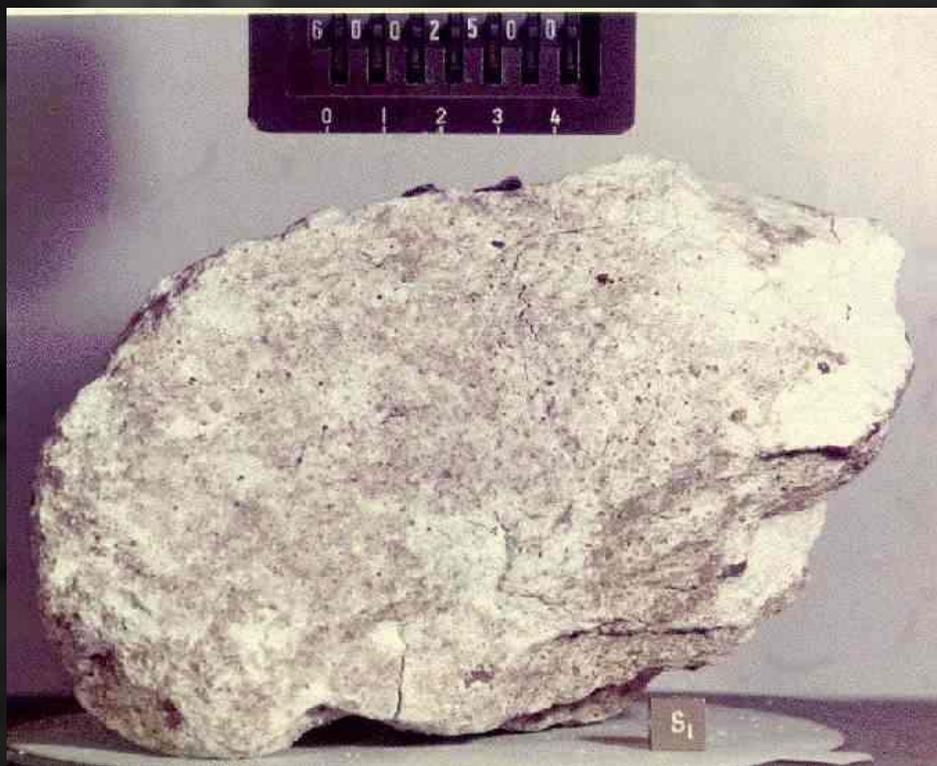


**Apollo**  
月

Credit: Neil Armstrong/Apollo 11 Crew/GRIN/NASA

# 唯一の有人サンプルリターン

◆6回着陸、約400kgもの岩石を採集



◆様々な分析を超高精度で出来た

# アポロサンプルの精密分析

◆約45億年前、月は  
溶けていた！

●マグマオーシャン



nature

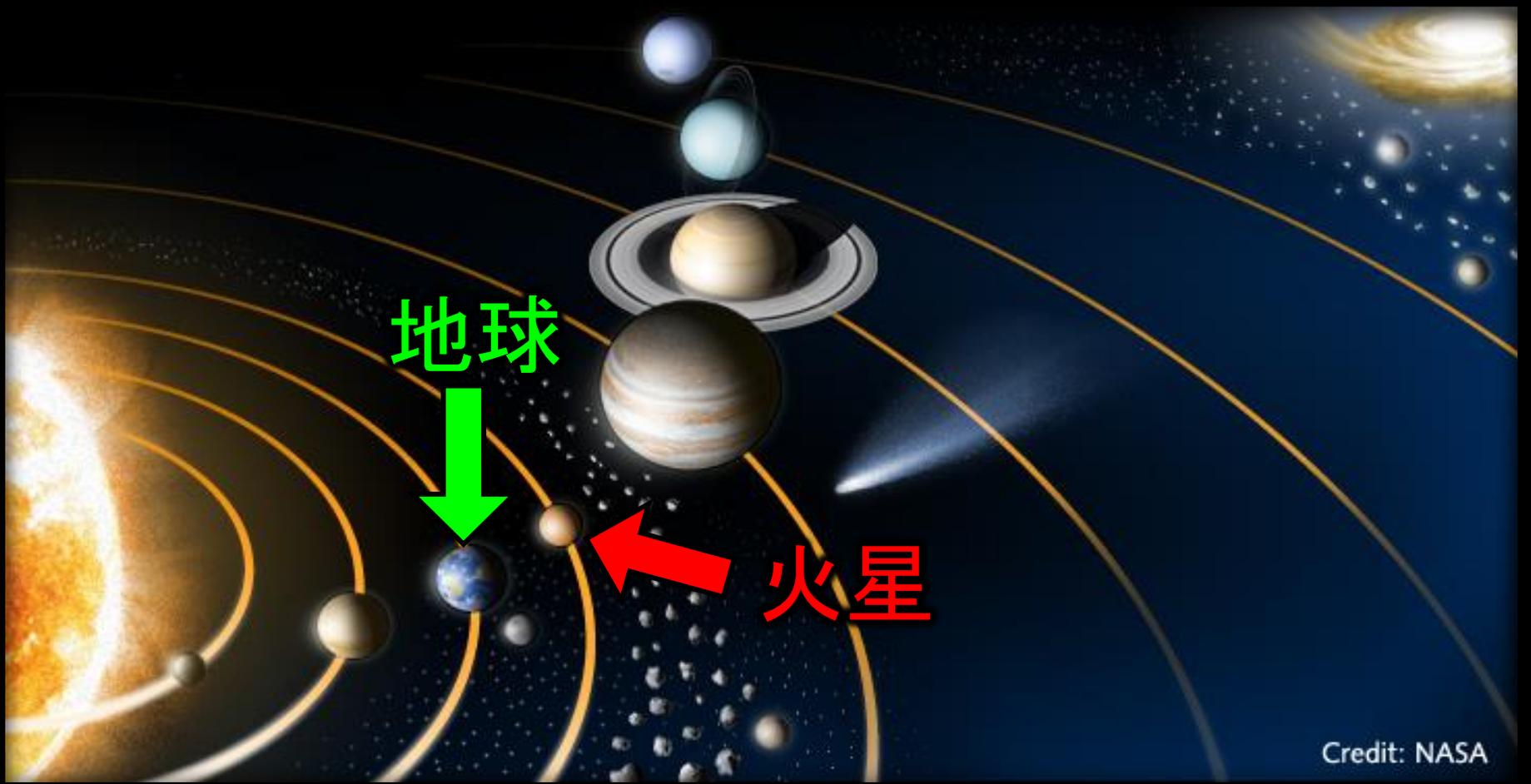
Vol 454 10 July 2008 doi:10.1038/nature07047

LETTERS

10 July 2008

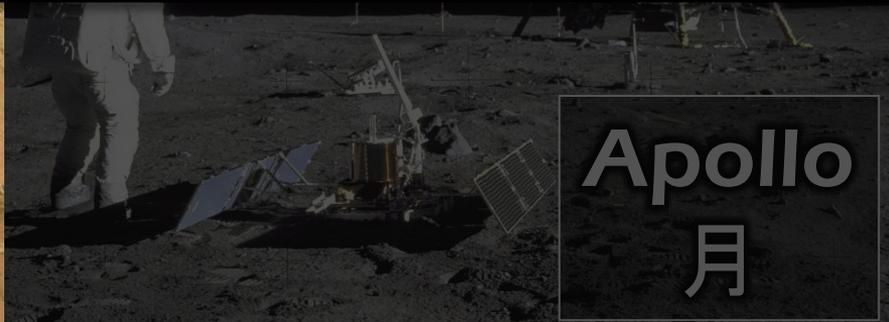
## Volatile content of lunar volcanic glasses and the presence of water in the Moon's interior

Alberto E. Saal<sup>1</sup>, Erik H. Hauri<sup>2</sup>, Mauro Lo Cascio<sup>1</sup>, James A. Van Orman<sup>3</sup>, Malcolm C. Rutherford<sup>1</sup> & Reid F. Cooper<sup>1</sup>



**Curiosity (MSL)**  
**火星**

Credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS

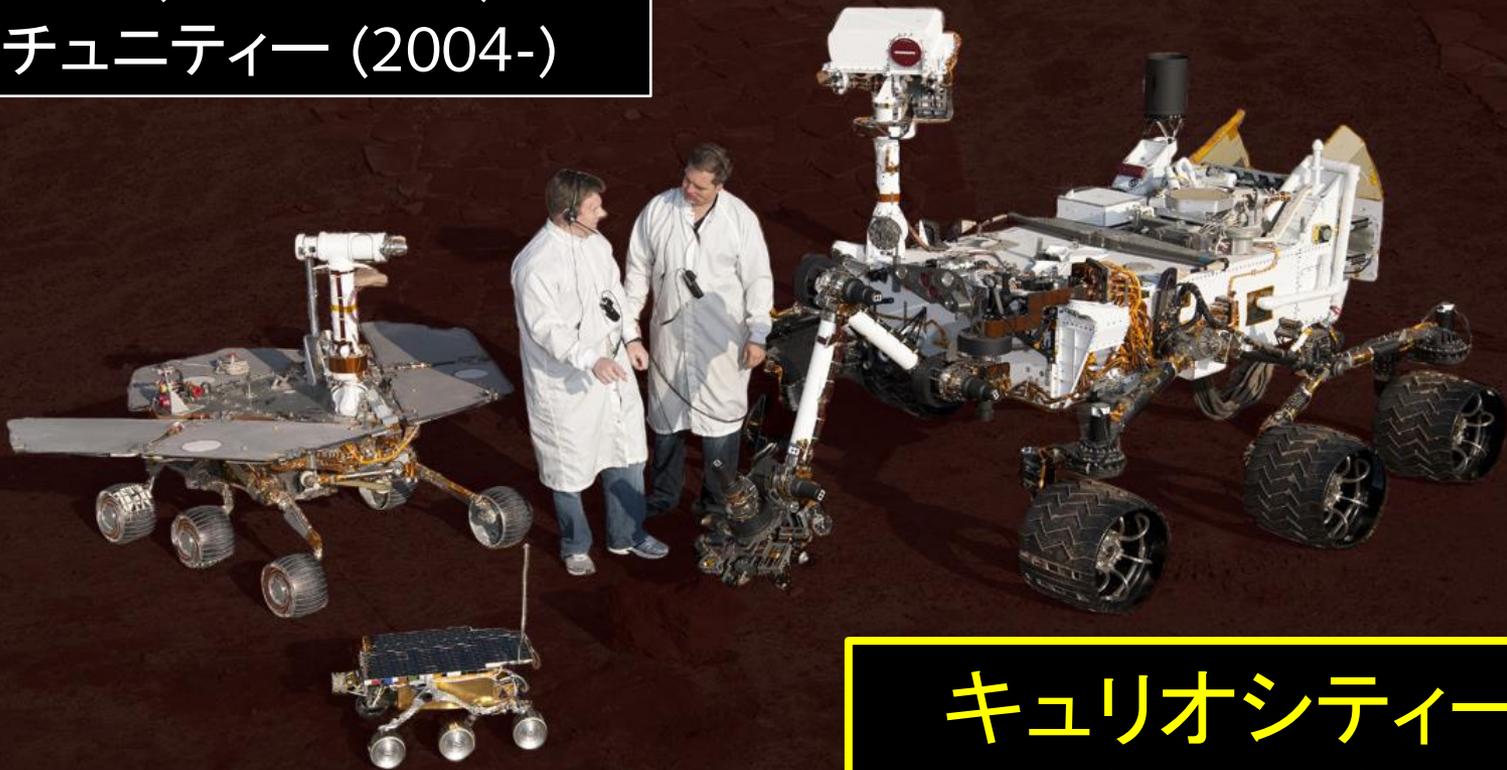


Credit: Neil Armstrong/Apollo 11 Crew/GRIN/NASA

# 2,500億円の巨大探査車 (ローバー)

Credits: NASA/JPL-Caltech

スピリット (2004-2009)  
オポチュニティー (2004-)

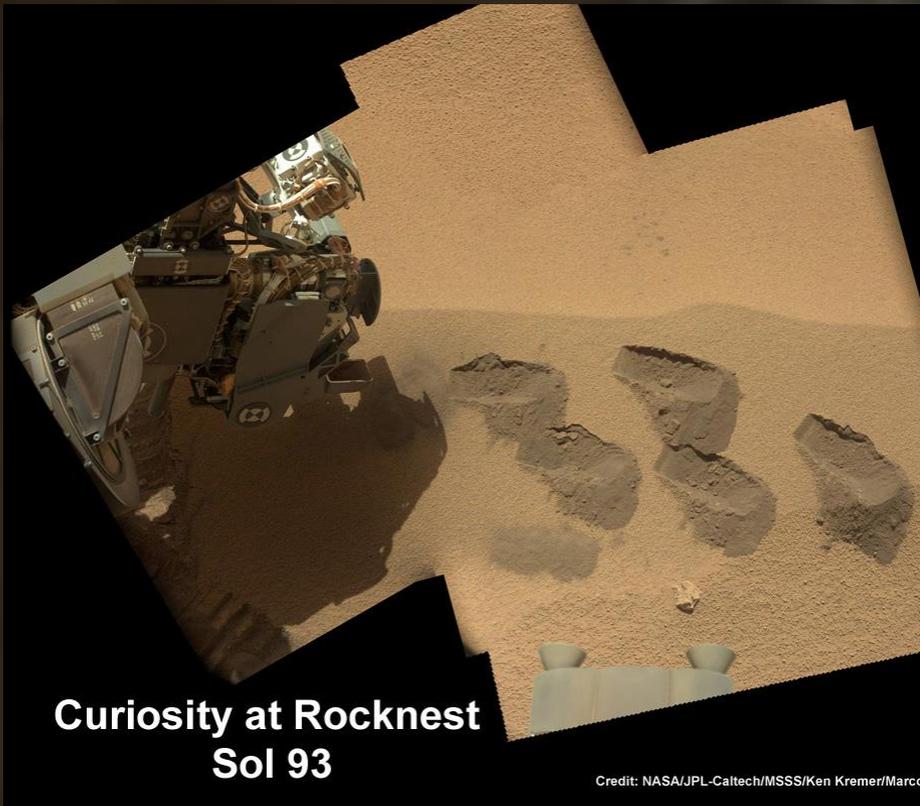


ソジャーナー (1997)

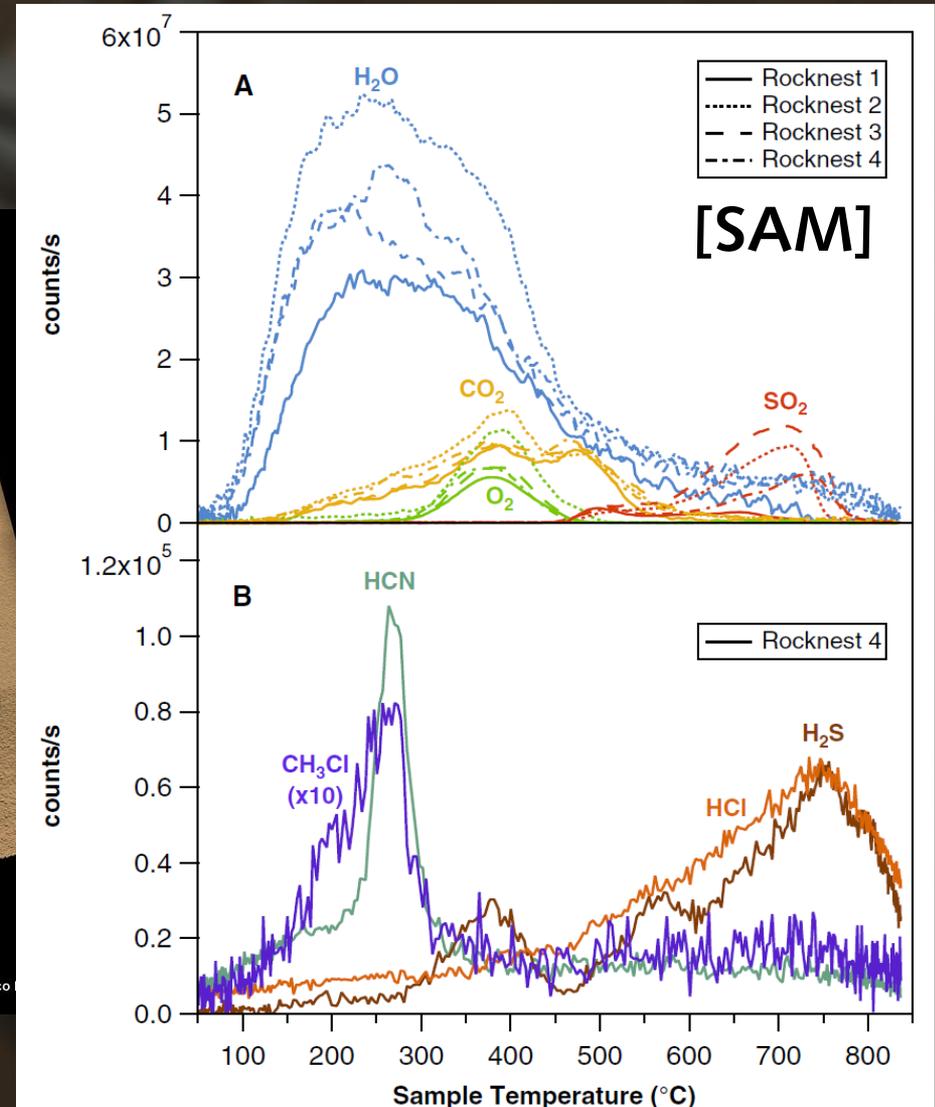
キュリオシティ  
(2012-)

# その場化学分析

◆ 水が豊富！



[Leshin+ 2013]

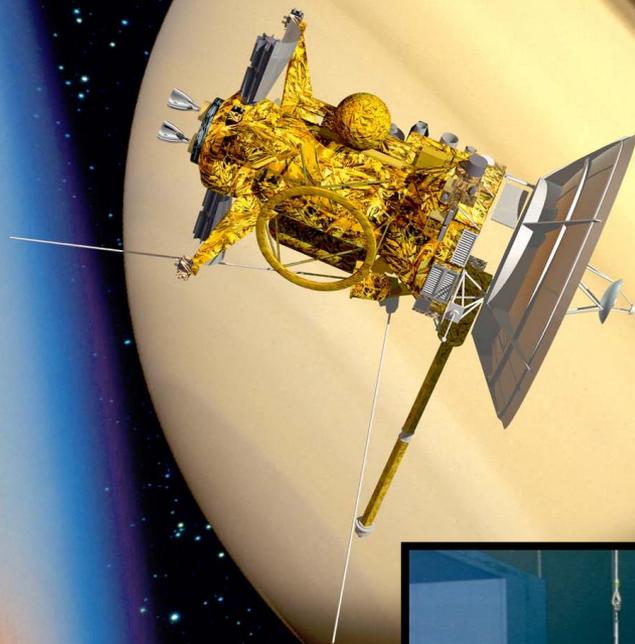


MESSENGER  
水星

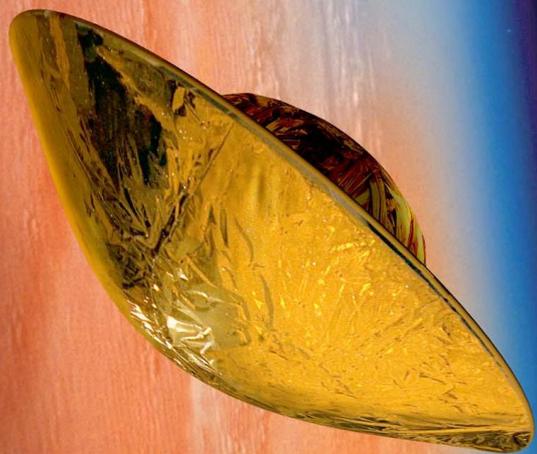
Huygens  
タイタン

地球

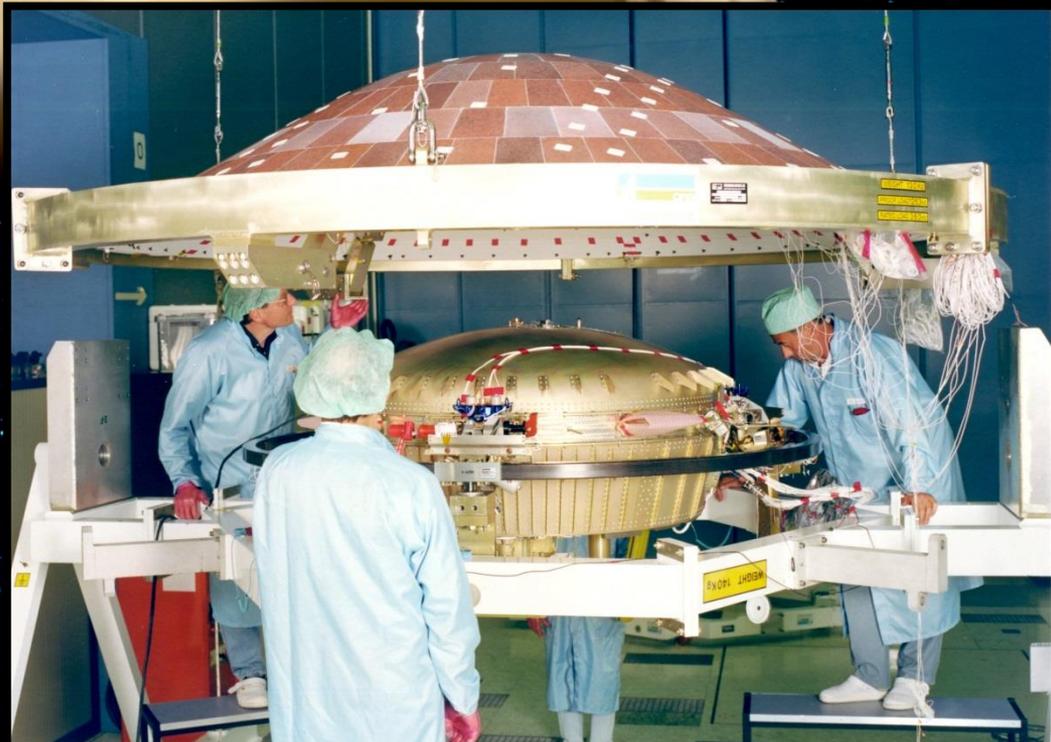
← タイタン  
(土星の衛星)



土星周回機  
カッシーニ

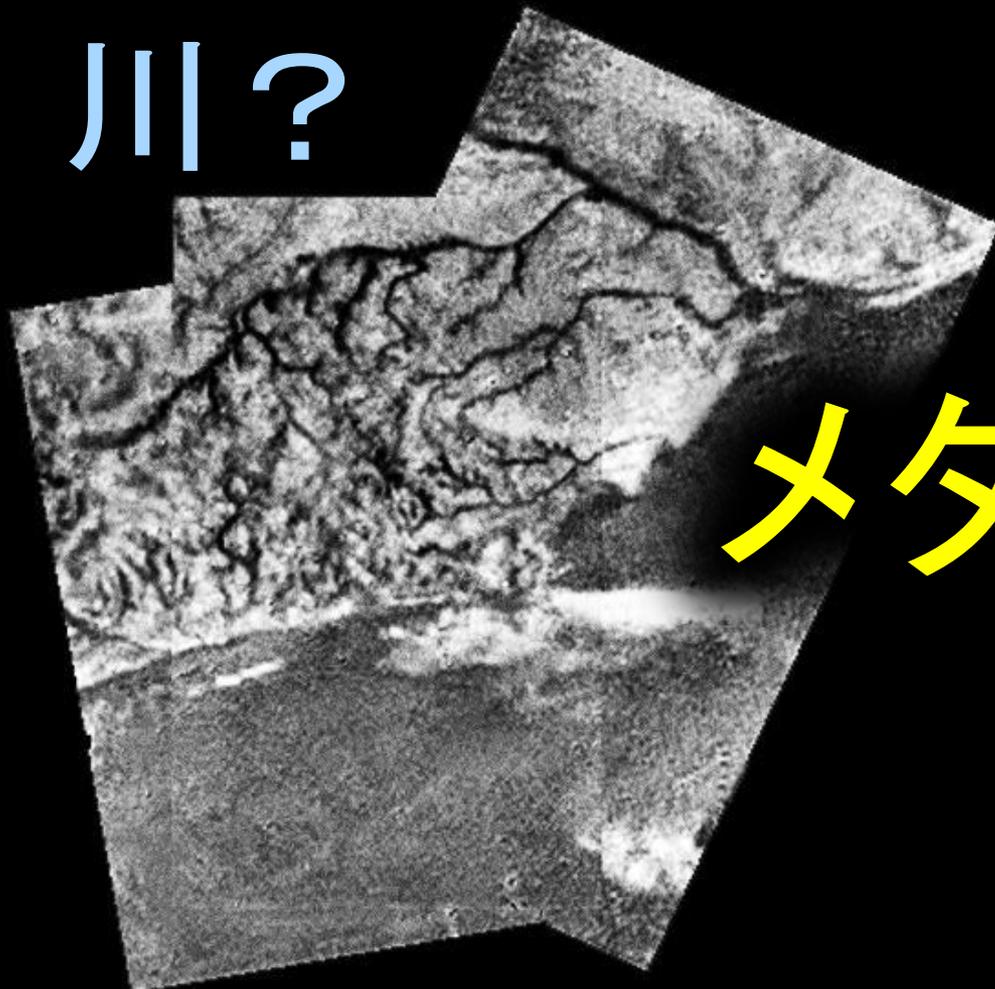


タイタン着陸機  
ホイヘンス



# 極寒のタイタンにも液体

川？



メタン

© ESA/NASA/JPL/Univ. Arizona

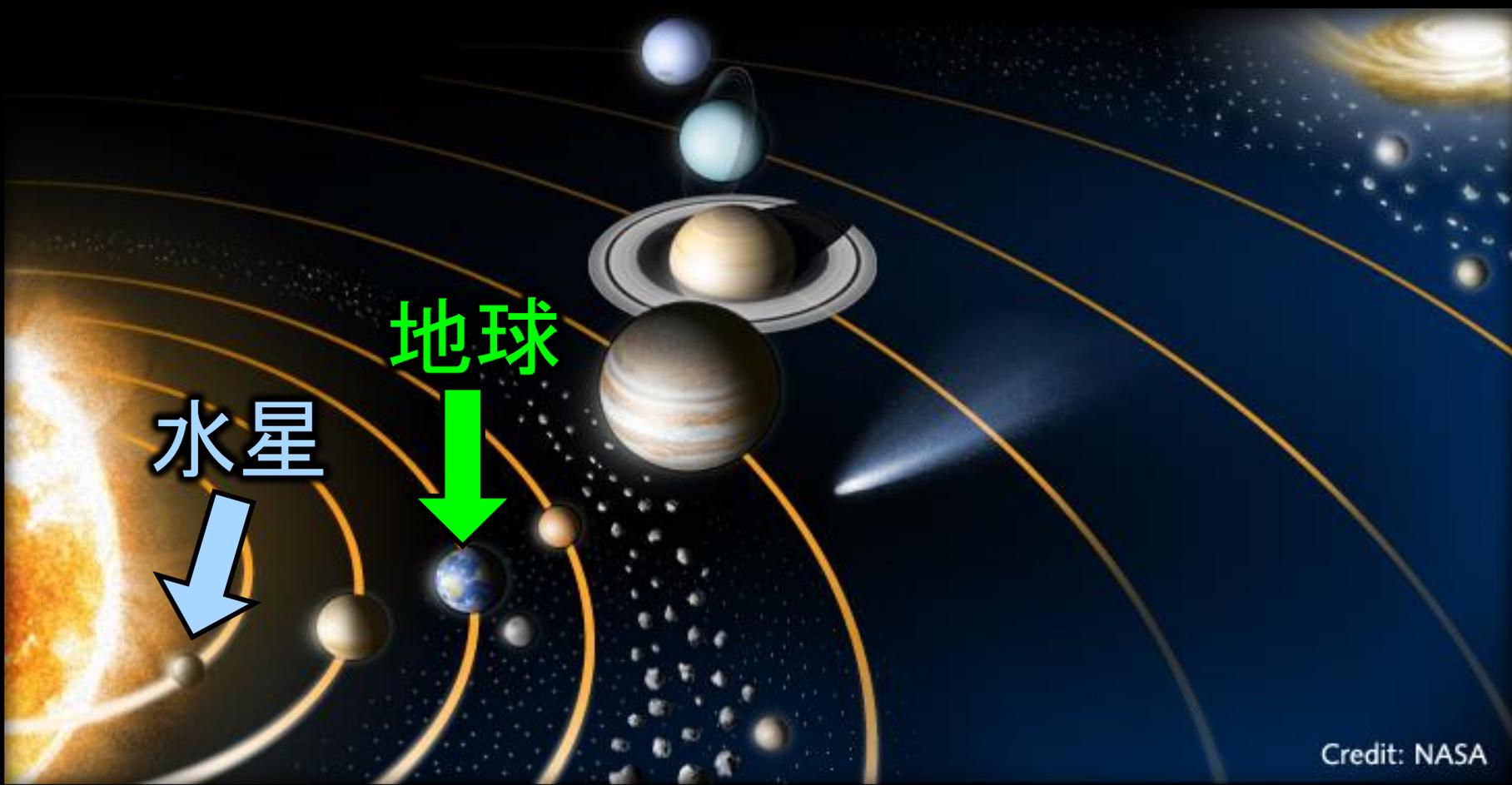


丸い石？

© ESA/NASA/JPL/Univ. Arizona

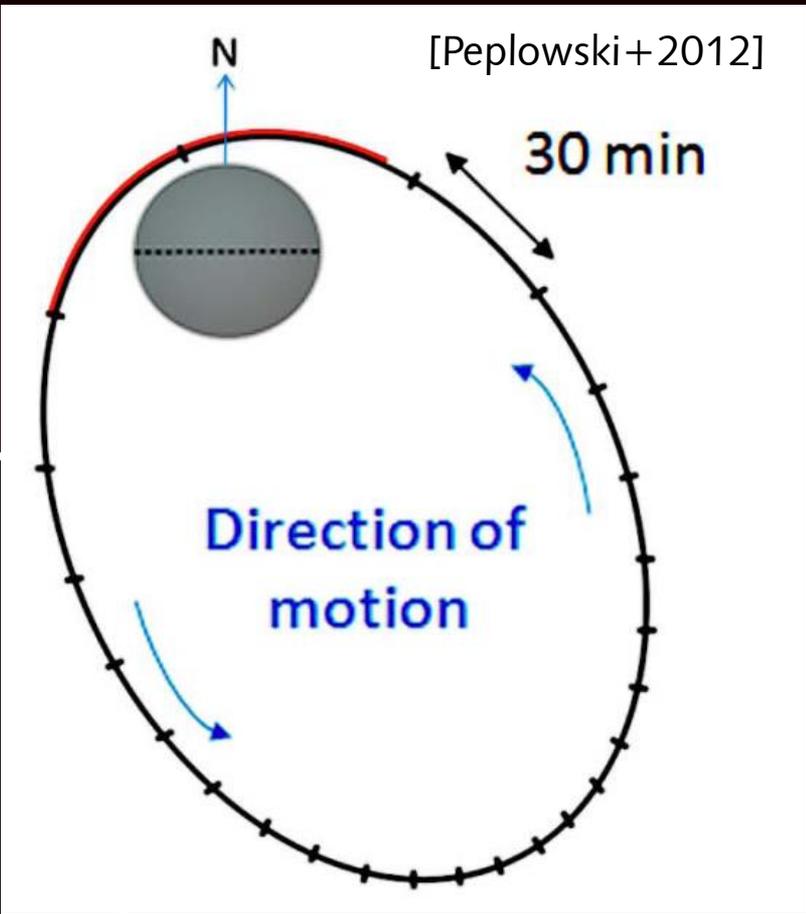
**MESSENGER**  
水星

**Huygens**  
タイタン

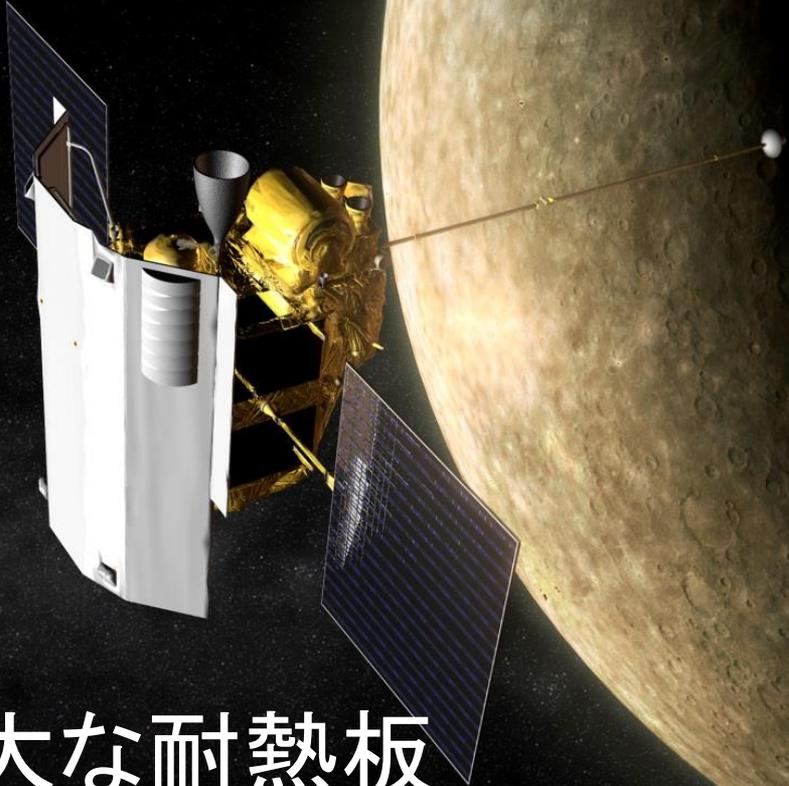


Credit: ESO

水星



Credit: NASA/JHUAPL/Carnegie

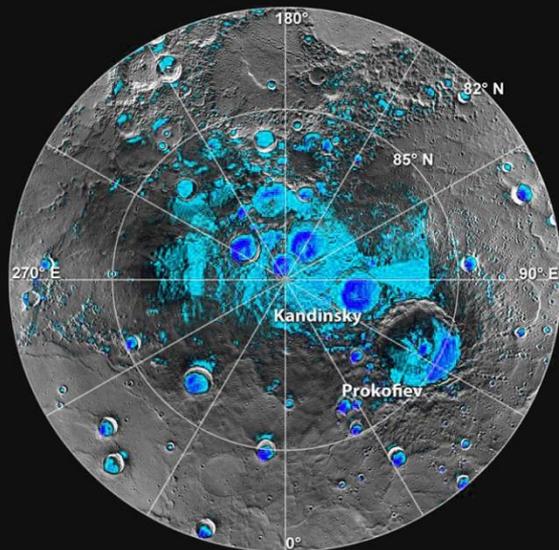


巨大な耐熱板

超楕円軌道

# 初周回探査 → 驚きの連続！

- ◆ 極域の永久影に水
- ◆ 硫黄に富む表面



Credit: NASA/JHUAPL/Carnegi/NAIC, Arecibo Obs.

永久影の分布

金属核

- ◆ 岩石部分が非常に薄い

# 探査の今・未来

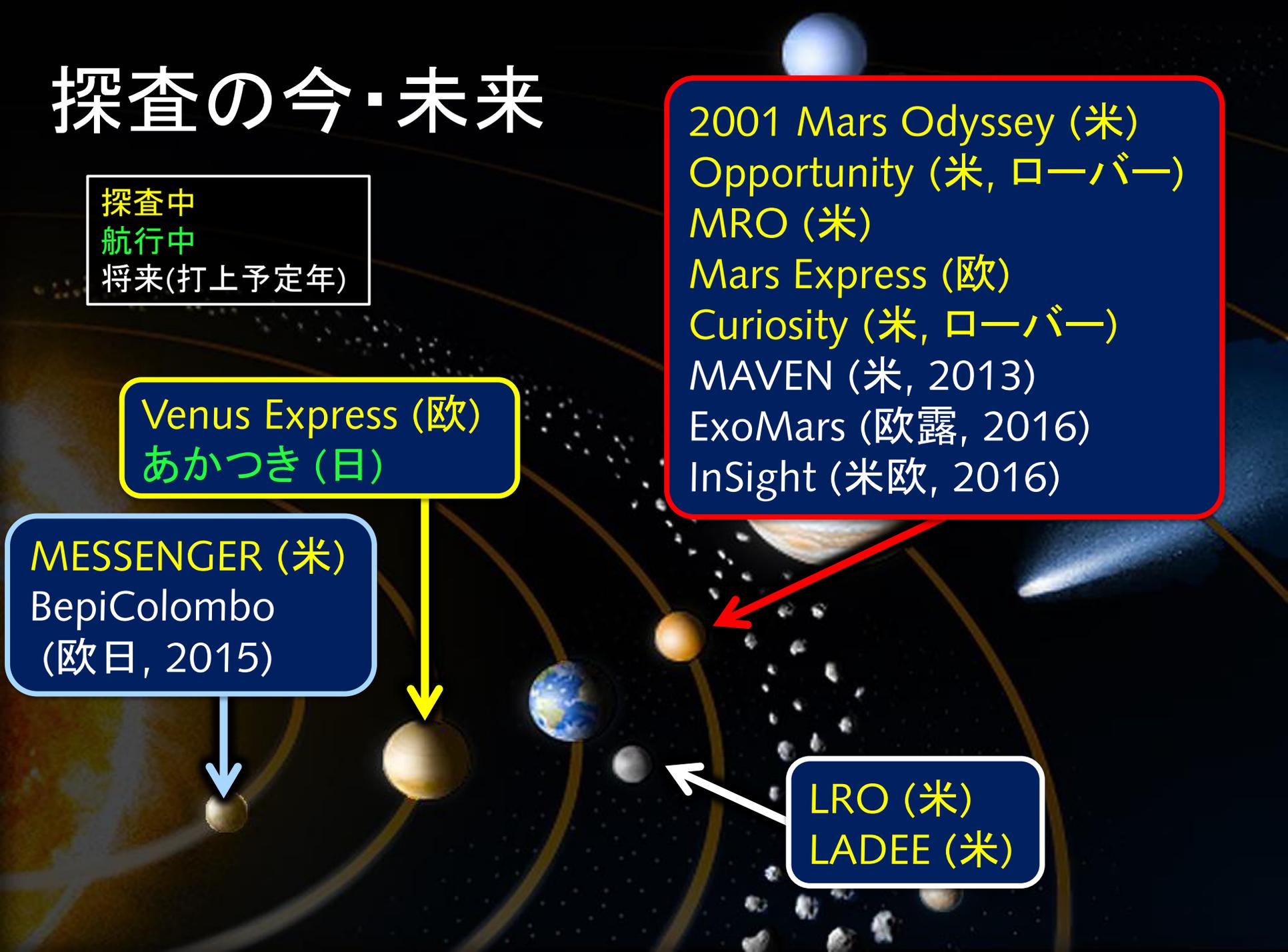
探査中  
航行中  
将来(打上予定年)

Venus Express (欧)  
あかつき (日)

MESSENGER (米)  
BepiColombo  
(欧日, 2015)

2001 Mars Odyssey (米)  
Opportunity (米, ロバー)  
MRO (米)  
Mars Express (欧)  
Curiosity (米, ロバー)  
MAVEN (米, 2013)  
ExoMars (欧露, 2016)  
InSight (米欧, 2016)

LRO (米)  
LADEE (米)



# 探査の今・未来

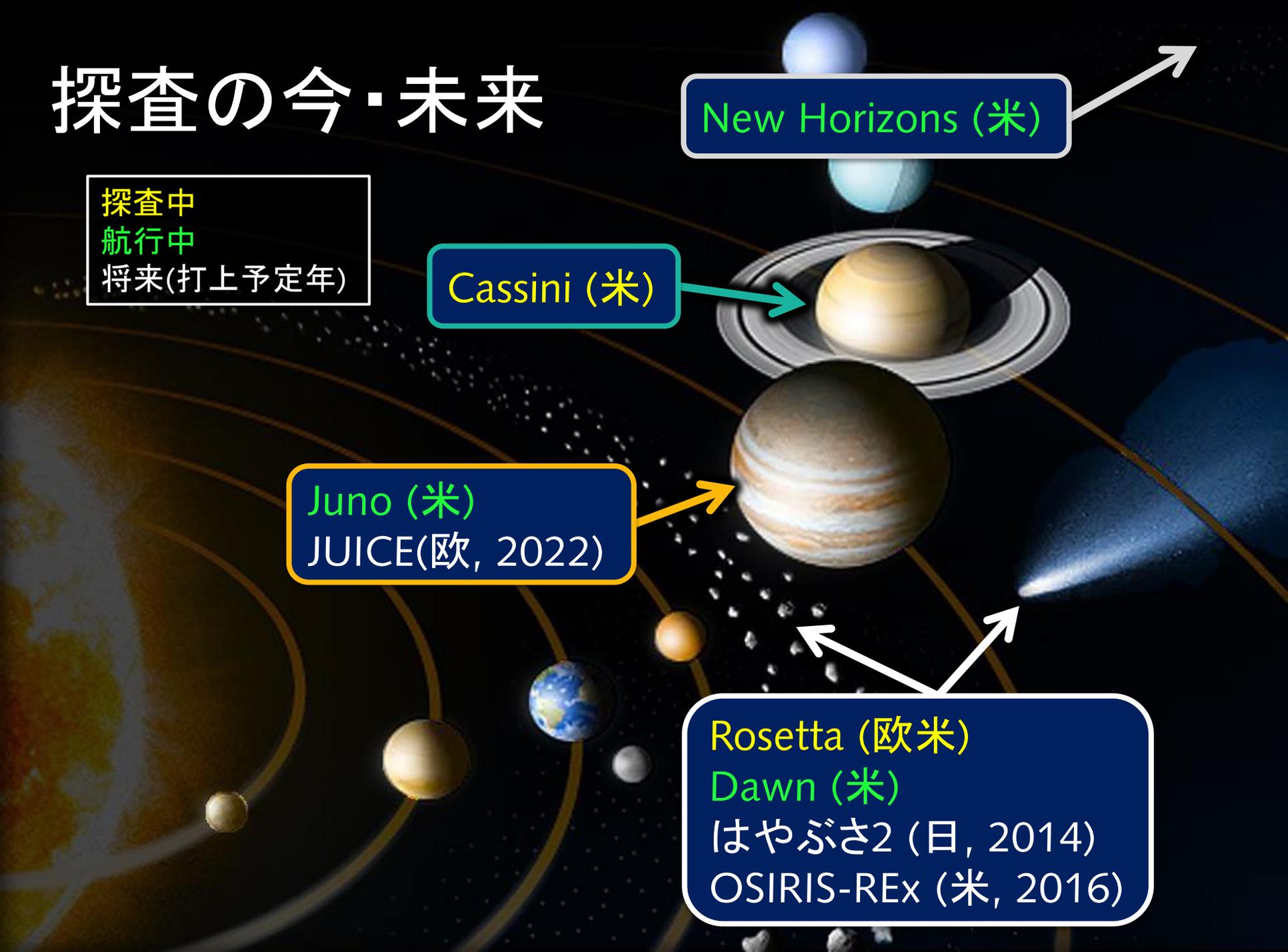
探査中  
航行中  
将来(打上予定年)

New Horizons (米)

Cassini (米)

Juno (米)  
JUICE(欧, 2022)

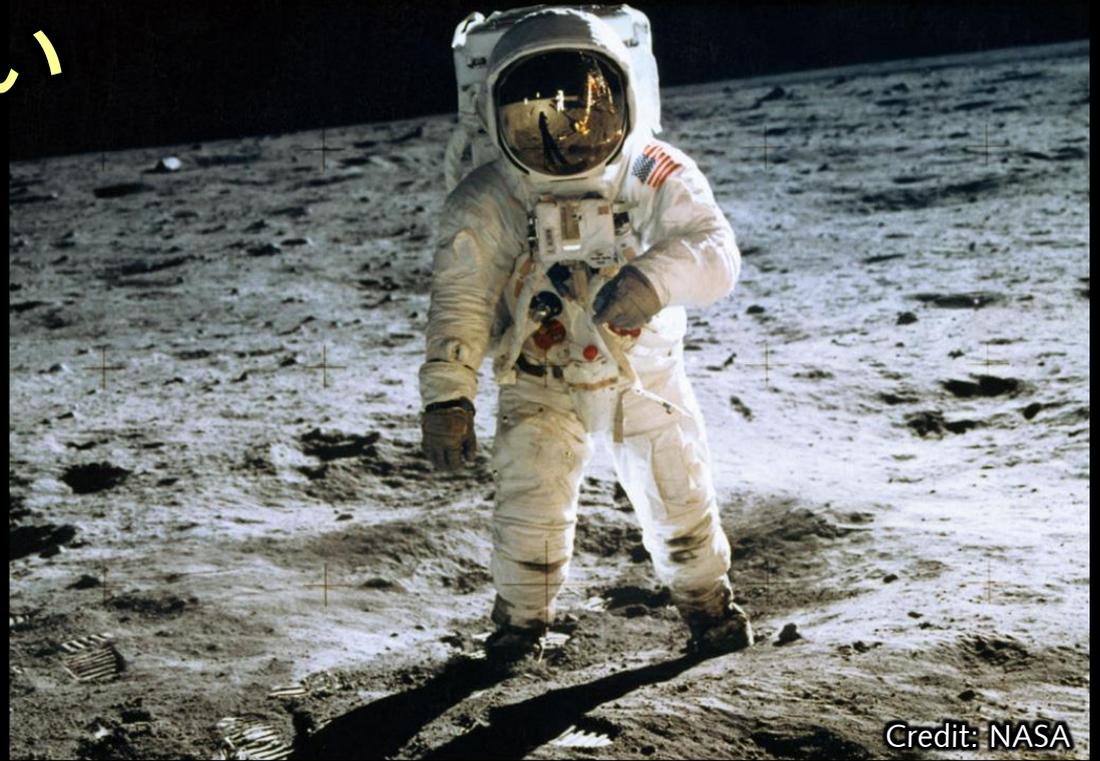
Rosetta (欧米)  
Dawn (米)  
はやぶさ2 (日, 2014)  
OSIRIS-REx (米, 2016)



# 惑星探査はやバイ！

## ◆いろいろしんどい

- 技術的困難
- 過酷な環境
- 膨大な予算



でもドキドキ！ワクワク！楽しい！

Apollo 11号 打上  
1969年7月16日

アンケートへの  
回答お願いします

