

# 宇宙探査の国際ロードマップ及び現在の の各国宇宙探査計画について

---

平成26年9月3日(水)

(独)宇宙航空研究開発機構  
月・惑星探査プログラムグループ  
川崎 一義

# 1. これまでの宇宙探査を巡る動向

# (1) 有人宇宙活動のこれまでの歴史

---

■ 有人宇宙飛行黎明期：米ソ競争の時代（1960～1970）

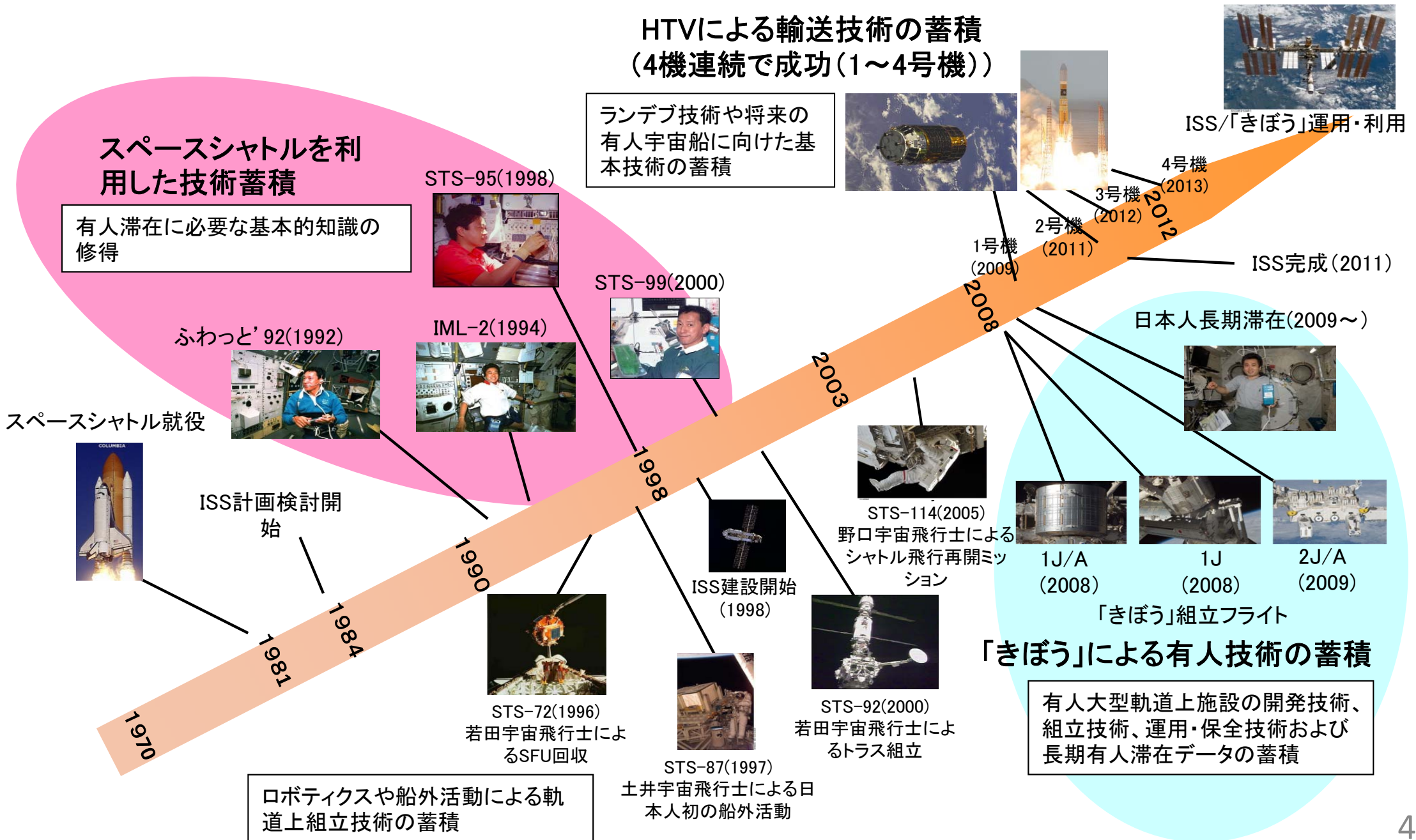
■ ミールとスペースシャトル（1970～1980）

■ 国際宇宙ステーション（ISS）の時代（1980～）

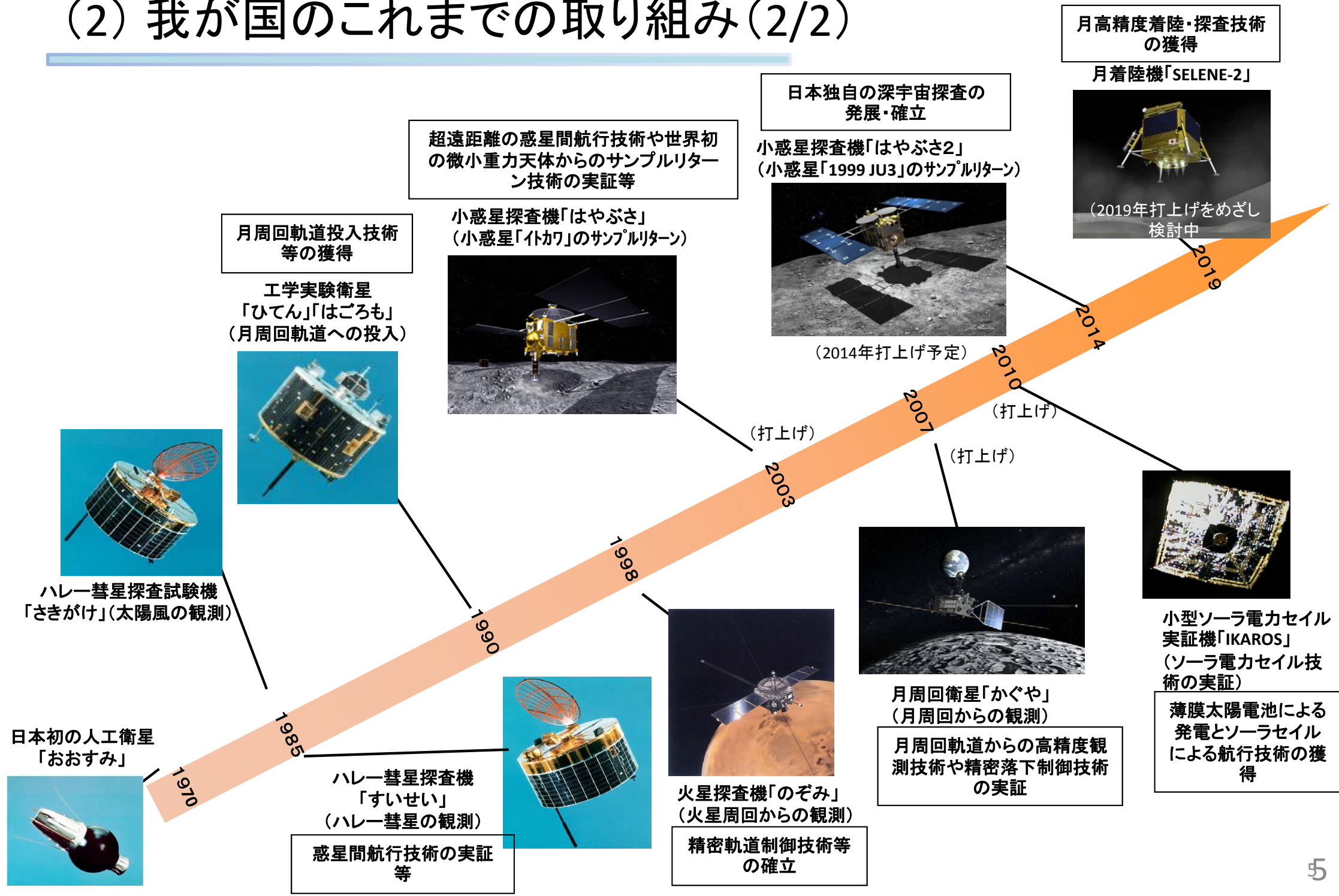
■ 中国の台頭、民間有人飛行の萌芽（2000～）

■ 有人月・惑星探査の時代（2020～）

# (2) 我が国のこれまでの取り組み (1/2)



# (2) 我が国のこれまでの取り組み(2/2)



## 2. 最近の国際宇宙探査に関する議論の状況

# (1) 宇宙機関レベルでの検討 (1/5)

1. 2004年1月、米国ブッシュ大統領は、有人月探査を含む「宇宙探査ビジョン(VSE)」を発表。国際的参加の呼びかけを受け、同年11月から宇宙機関による国際間の議論開始。
2. 対応策検討のため、ESAは政策検討チームを設置、JAXAでは有人・月探査関係者を集めたWG活動を開始、2006年4月に月・惑星探査推進チーム(後のJSPEC)を設置。
3. 2006年8月に14の宇宙機関による国際探査戦略(GES)構想の議論を開始。
4. 2007年3月の京都会合にて、「GES: 国際共同のための共通の認識」が機関間で合意。宇宙機関による国際調整メカニズムとして、国際宇宙探査協働グループ(ISECG)が発足。2010年2月、米国オバマ大統領がコンステレーション計画の中止。4月に「新宇宙探査戦略」を発表。
5. 2010年6月、第1回ISECG探査部門長会合をワシントンにて開催し、小惑星など複数オプションに広げたシナリオ検討を開始。同会合から、探査部門長等の上位マネジメントレベルが定常的に参加。
6. 2011年8月、京都にて第2回ISECG探査部門長会合を開催。「次は小惑星」「次の月」オプションを示した国際宇宙探査ロードマップ(GER)の初版を取りまとめた。同年9月に公開。
7. 2013年4月、GER改訂の検討結果と宇宙探査のベネフィットを整理・確認するため、モントリオールにて第3回ISECG探査部門長会合を開催した。GER第2版を同年8月に公開。

# (1) 宇宙機関レベルでの検討 (2/5)

## ■国際宇宙探査協働グループ (ISECG: International Space Exploration Coordination Group)



- ◆ 国際協働による有人宇宙探査に向けて宇宙機関間で技術検討を行う。
- ◆ グループへの参加機関が、互いの関心・情報・計画について交換・議論し、自発的な共同作業を実施。検討内容は、法的に拘束されない。グループが提示するものは、推奨事項・見解の位置付け。
- ◆ 2007年に結成され、現在も活動を継続中。14\*の宇宙機関が参加。
- ◆ 2010年6月から議長制を導入。JAXAは第2代ISECG議長(2011年8月～2013年4月)として、国際会議代表出席や国際宇宙探査ロードマップ第2版作成主導などを実施。
- ◆ 2013年1月の国際宇宙探査フォーラム(ISEF)では、国際探査ロードマップを作成したISECGの活動を支持するフォーラムサマリーが発表された。

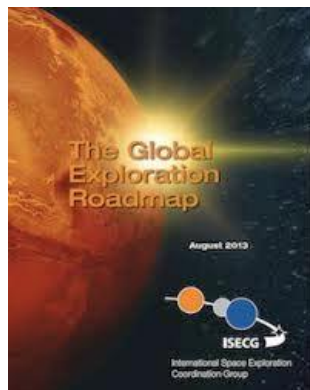
\*参加14機関: ASI(伊)、CNES(仏)、CNSA(中)、CSA(加)、CSIRO(豪)、DLR(独)、ESA(欧)、ISRO(印)、JAXA(日)、KARI(韓)、NASA(米)、Roscosmos(露)、SSAU(ウクライナ)、UKSA(英)





# (1) 宇宙機関レベルでの検討 (3/5)

## ■国際宇宙探査ロードマップ (GER: Global Exploration Roadmap、2013年8月に第2版を公開)



◆ ISECGの12機関\*が作成した、ISSに始まり、月周辺の有人探査を経て、火星に至る、「実現可能で持続可能」を目指した国際有人宇宙探査の道筋。

検討の進捗に応じて改訂。初版ではISSに続く有人ミッションは小惑星と月に分かれていたが、第2版にて「月周辺ミッション」に統合。次回改訂は2015年を予定。

\*12機関: ASI(伊)、CNES(仏)、CSA(加)、DLR(独)、ESA(欧)、ISRO(印)、JAXA(日)、KARI(韓)、NASA(米)、Roscosmos(露)、SSAU(ウクライナ)、UKSA(英)

### ◆ロードマップ作成に当たっての考え方

- ① 各国の独自性や優先事項を実施しつつ、「共通の探査目的・目標」を共有し、有人火星探査にむけて全体として統一。

#### 【共通の探査目的・目標】

- 探査技術と能力の開発
- 地球の安全性の向上(デブリ、NEO)
- 有人探査を可能にする科学の実施
- 生命の探索
- 一般市民の探査への参加
- 人類の活動領域の拡大
- 宇宙科学、地球科学、応用科学
- 経済拡大の促進

- ② 持続可能な有人探査のため、世界の既存の技術を基に現実的な範囲で技術開発の計画を組み込んだシナリオとする。

# 国際宇宙探査ロードマップ



2013 2020 2030

**国際宇宙ステーション**

一般研究および探査準備活動

注：ISS/パートナー機関は少なくとも2020年までのISS運用に合意済

民間または政府の地球低軌道プラットフォームとミッション

**新発見と有人準備のための無人ミッション**

LADEE	Luna-25	Luna-26	Luna-27	RESOLVE	セレーネ2	Luna 28/29	セレーネ3	火星サンプル・リターンとプリカーサの機会
Rosetta	はやぶさ2	OSIRIS-REx			Apophis			
MAVEN	ISRO Mars	ExoMars	InSight	ExoMars	Mars 2020	JAXA火星プリカーサ		

**地球低軌道以遠の有人ミッション**

月近傍における複数の目的地

有人小惑星探査ミッション

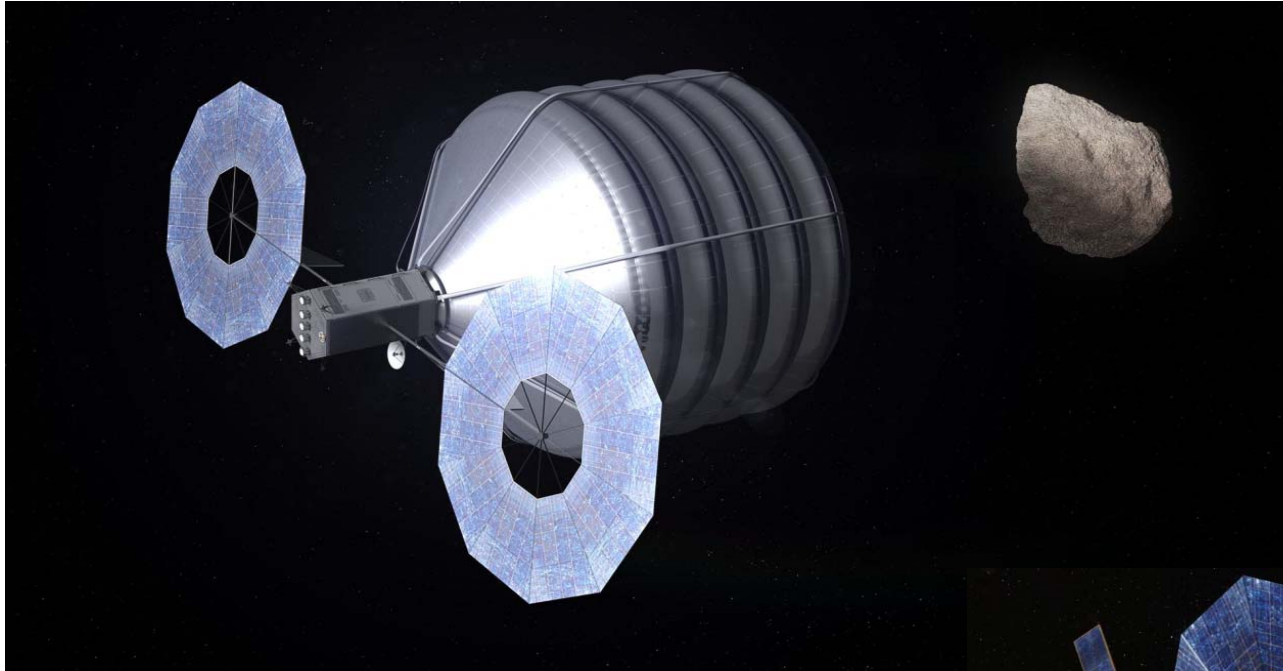
長期滞在有人ミッション

有人月面探査ミッション

深宇宙・火星の衛星等へのミッション

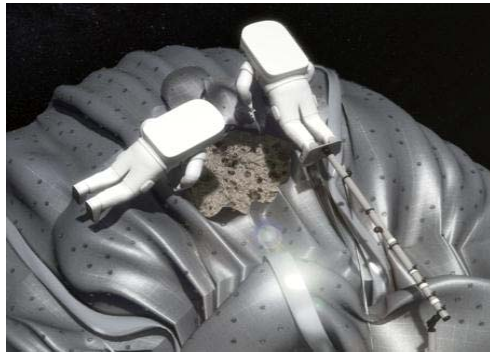
持続的な有人火星探査ミッション

# ①小惑星探査ミッション



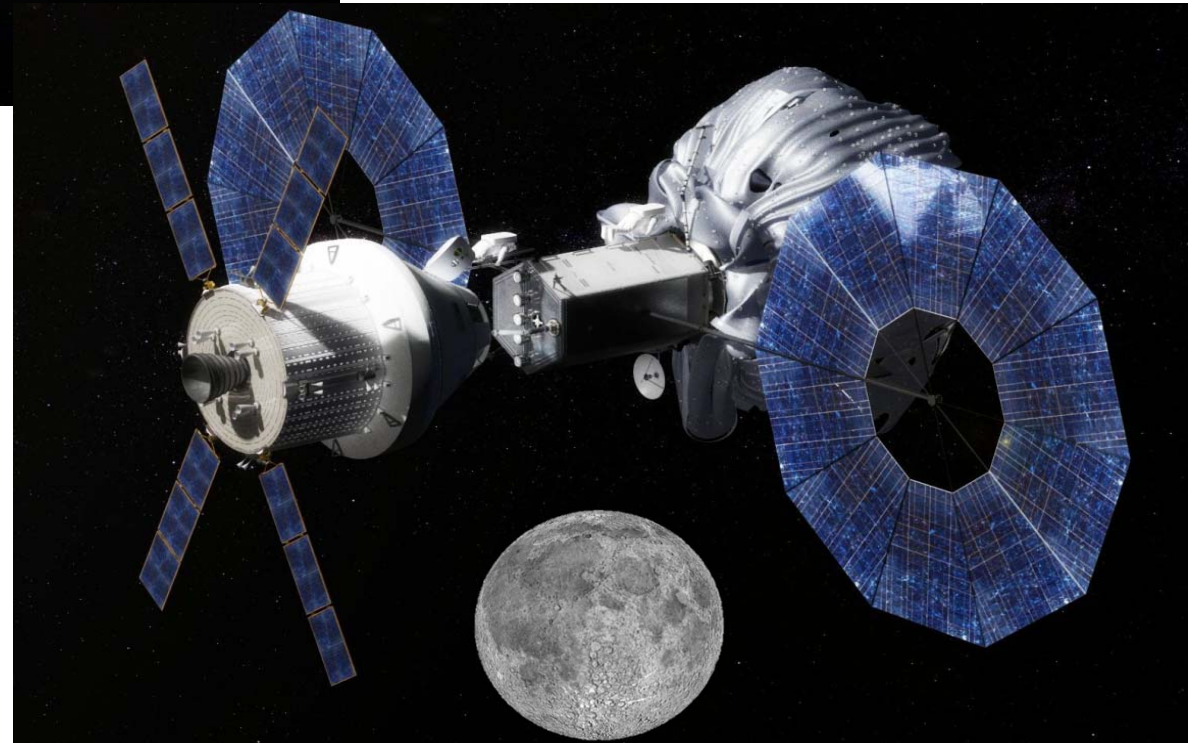
Step1

小惑星を無人探査機で捕獲し、月近傍へ移動

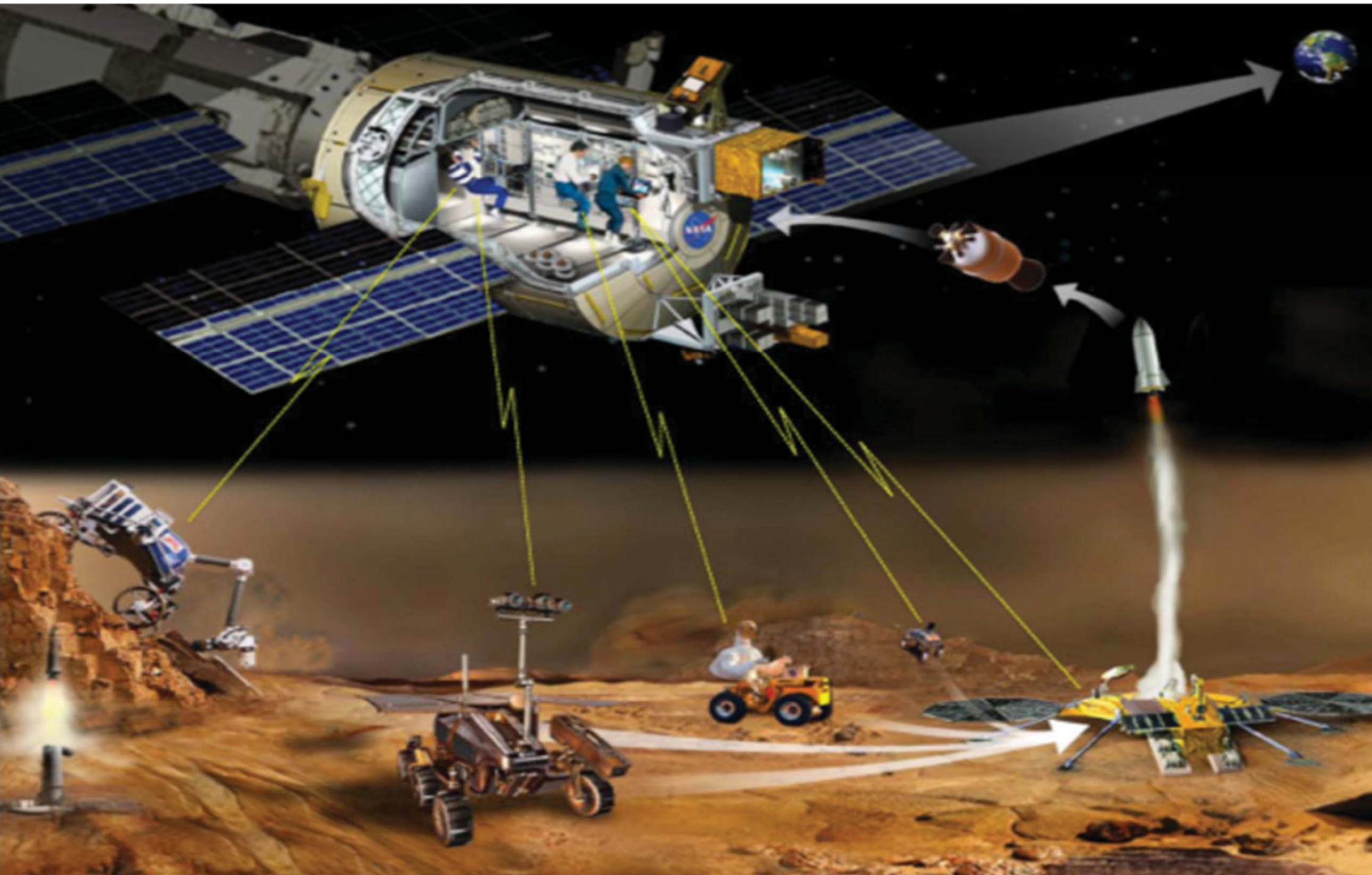


Step2

月近傍に移された小惑星を有人宇宙船(MPCV)で探査



## ②ラグランジェ点 長期滞在ミッション

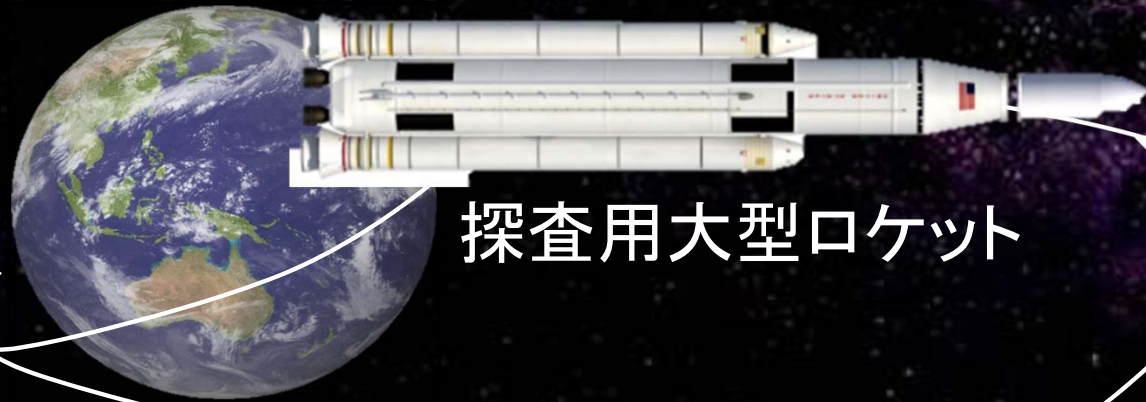


### ③ 有人月面探査ミッション

- 2020年代後半に5回程度
- 火星探査に向けて、着陸、移動、現地資源利用などの技術実証。
- 滞在期間は、1週間から4週間程度(順次増加)。
- 日照条件や温度条件の良い極地方を想定
- 与圧ローバを活用して数100km移動しながらの探査を行う。

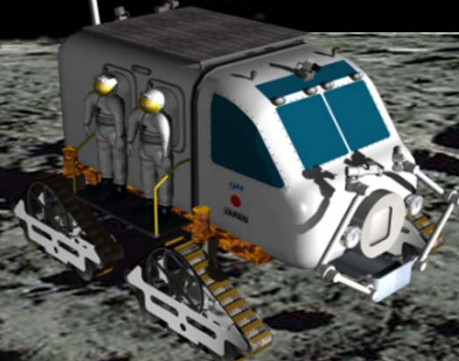


# 有人月面探査ミッション計画(例)



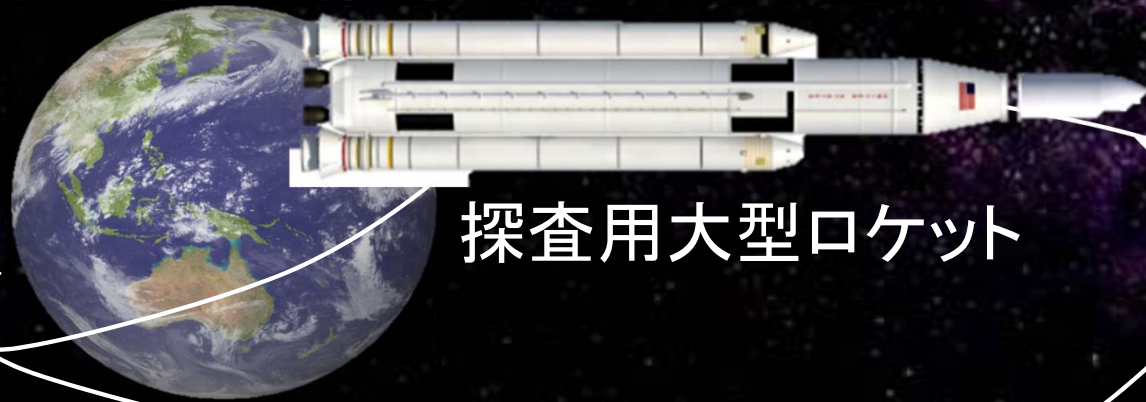
探査用大型ロケット

月面探査車  
(ローバ)



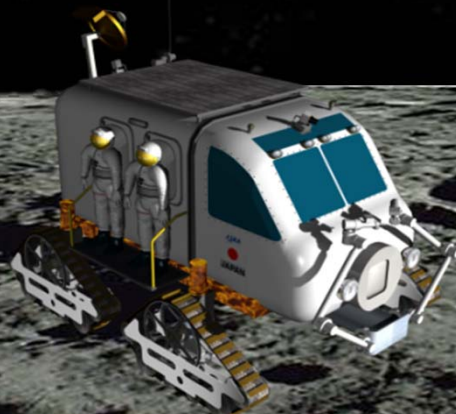
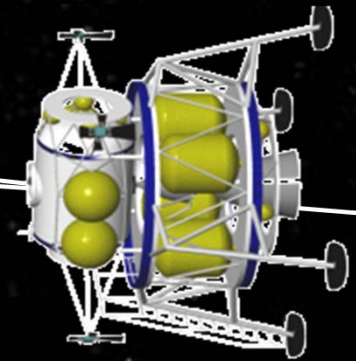
電力  
システム

# 有人月面探査ミッション計画(例)

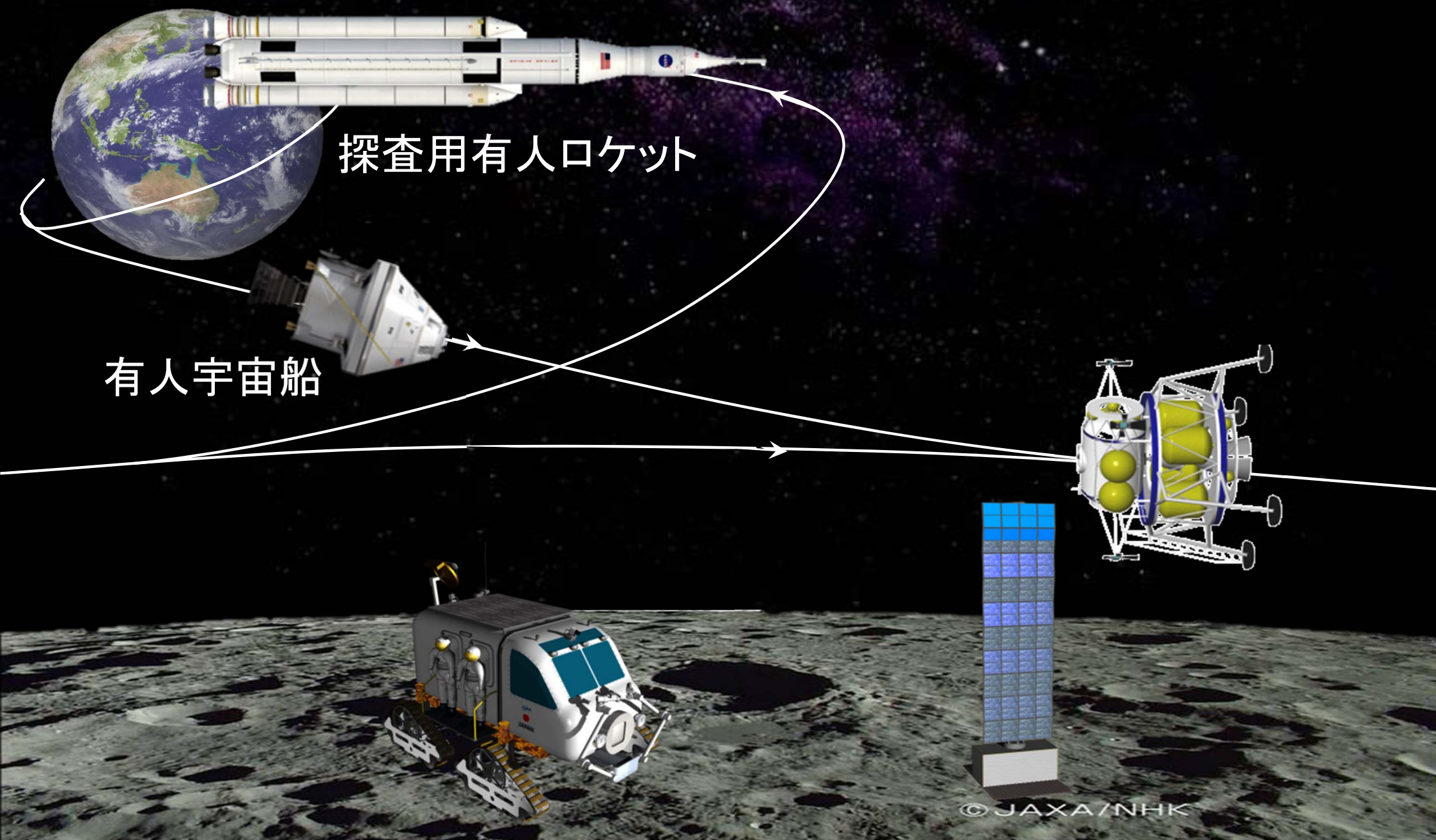


探査用大型ロケット

有人月  
着陸船

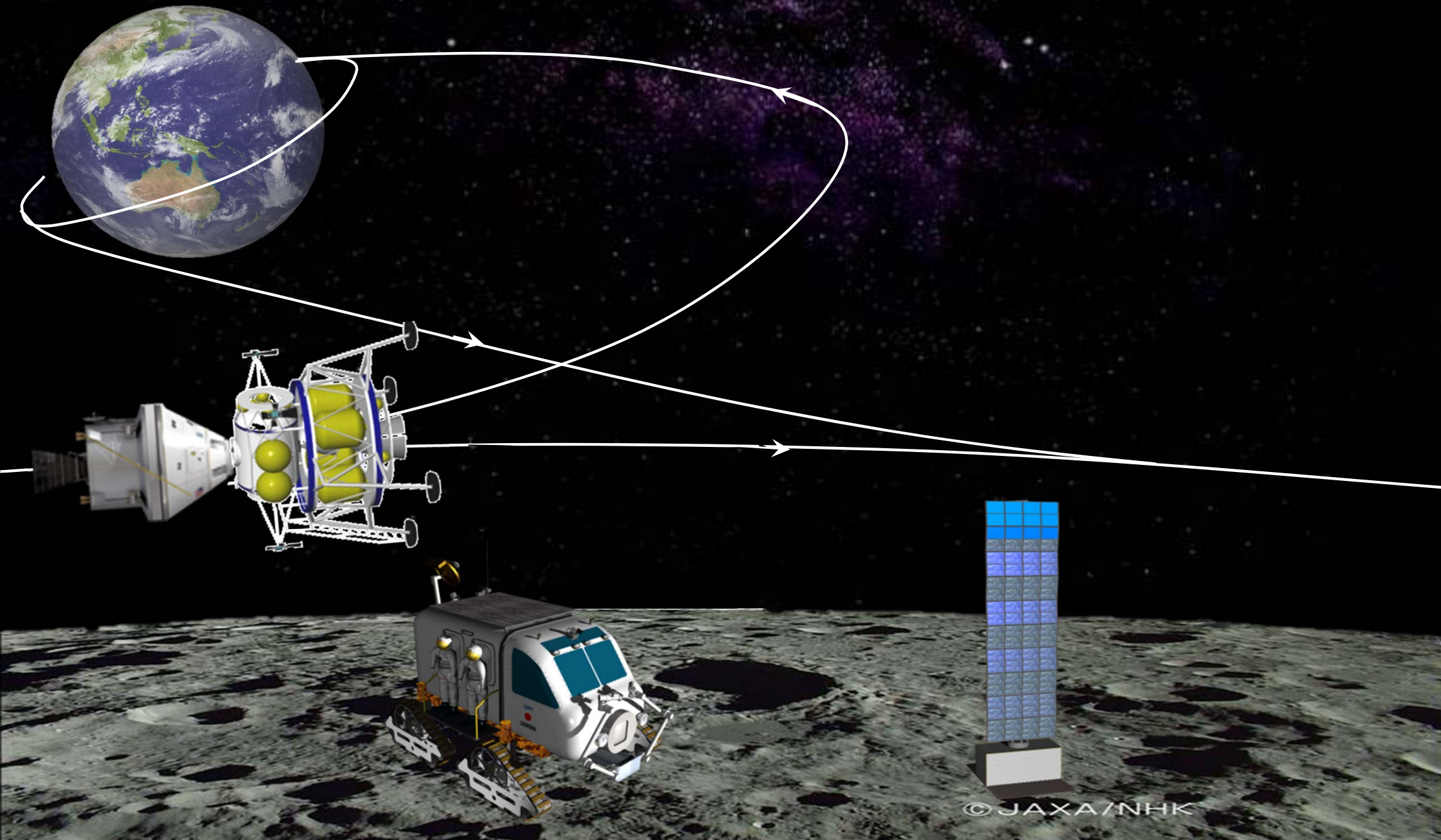


# 有人月面探査ミッション計画(例)

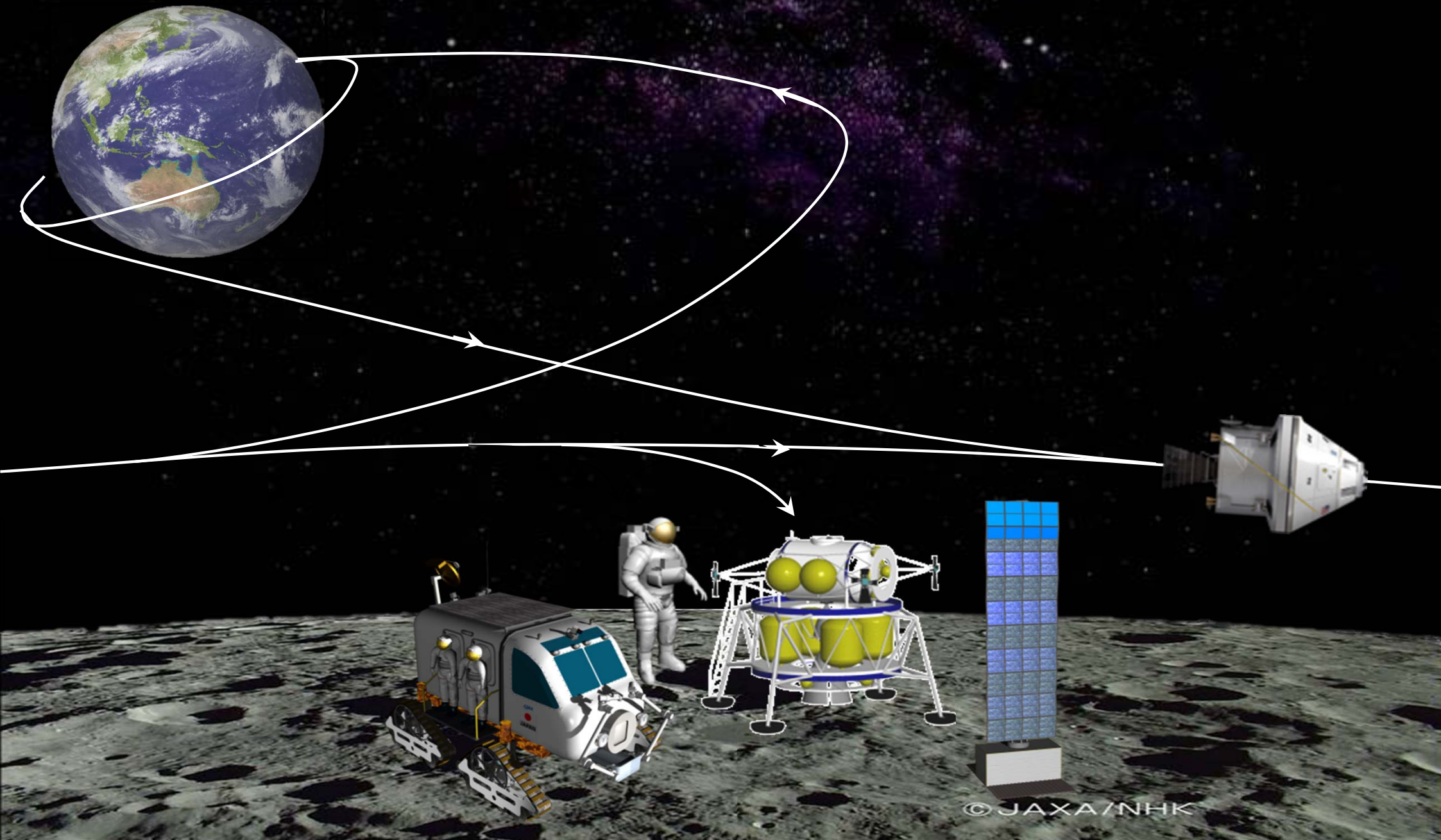




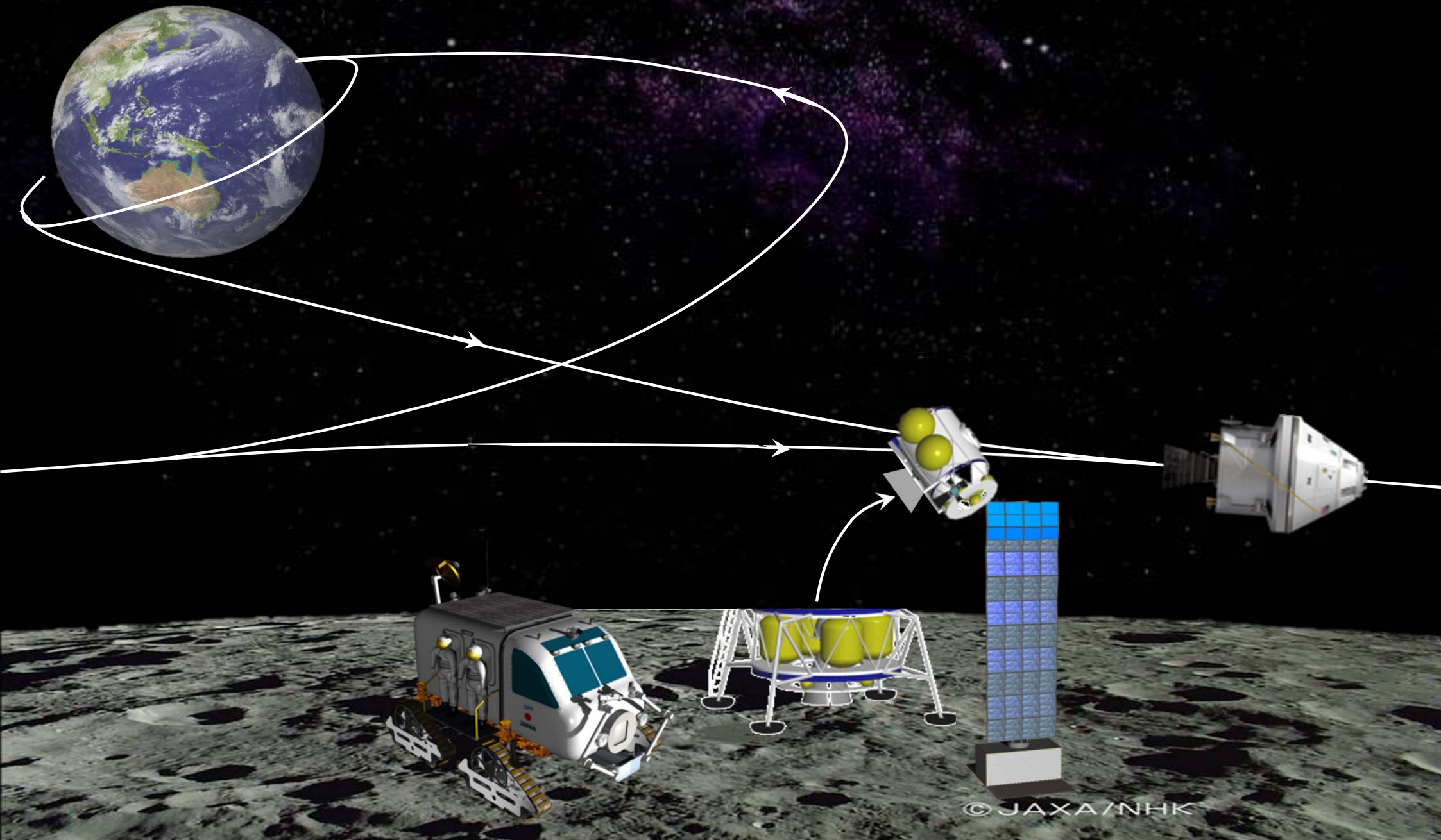
# 有人月面探査ミッション計画(例)



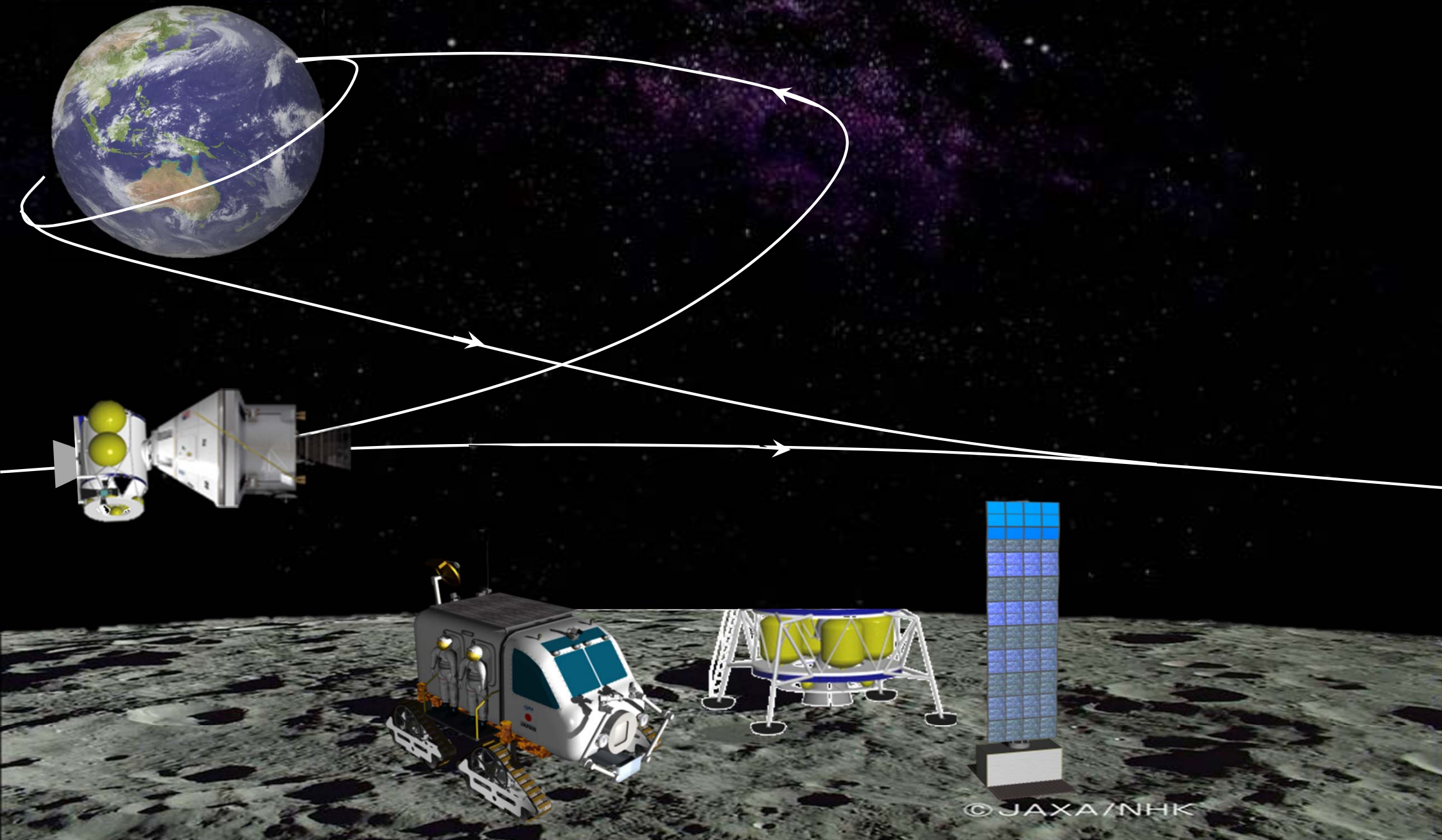
# 有人月面探査ミッション計画(例)



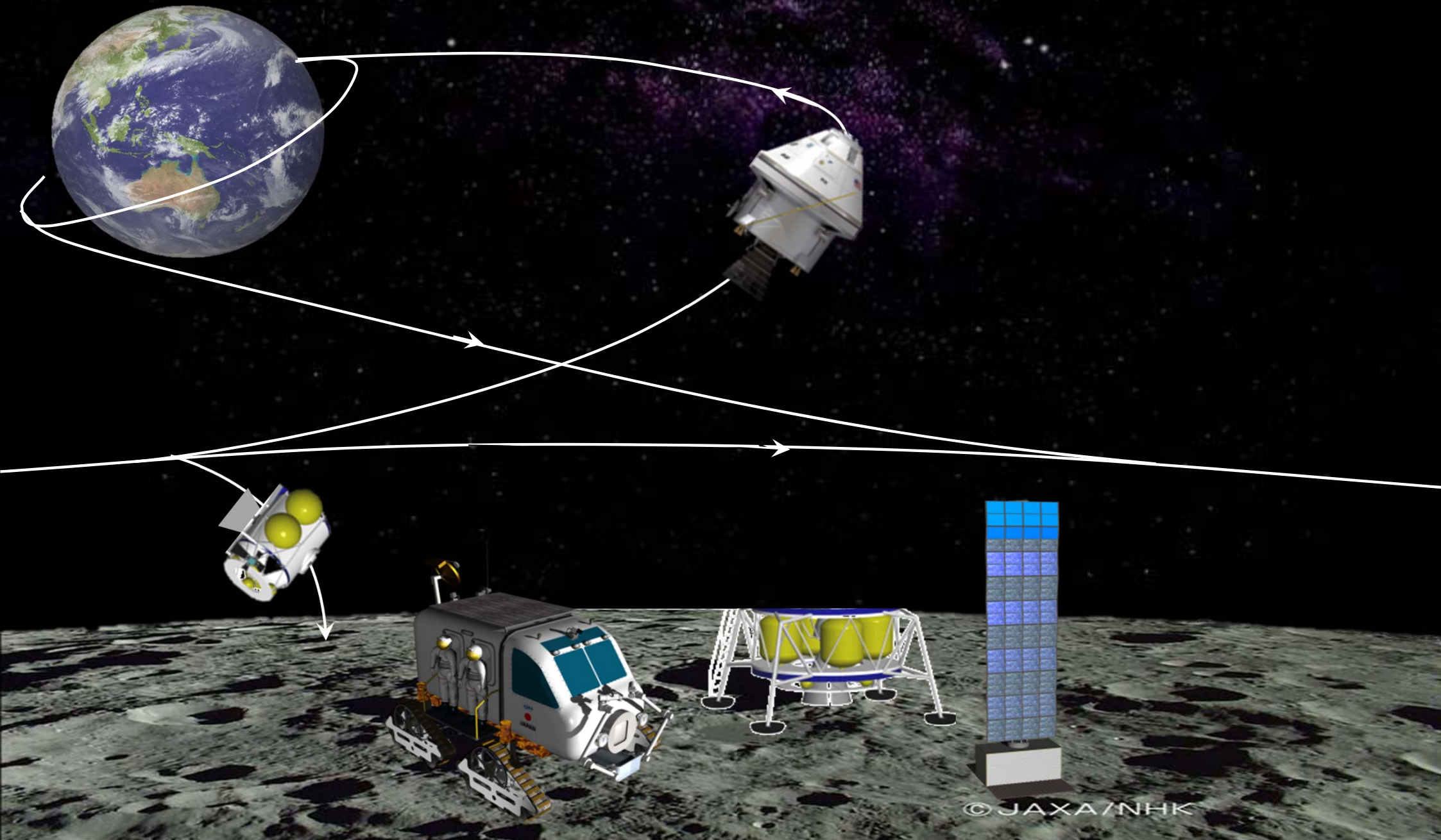
# 有人月面探査ミッション計画(例)



# 有人月面探査ミッション計画(例)



# 有人月面探査ミッション計画(例)



## (2) 国際宇宙探査フォーラム (ISEF) (1/2)

### ◆ 国際宇宙探査フォーラム (ISEF) :

宇宙探査における国際協力への支持を確立するために開催された初の閣僚級会合。ワシントンDCにて米国国務省が開催。

1. 日時 : 平成26年1月9日(木) 8:30~16:30
2. 参加国 : 35か国・地域・機関
3. 日本からの出席者(政府代表団) :  
下村博文 文部科学大臣、田中敏 文部科学省研究開発局長、  
奥村直樹 宇宙航空研究開発機構(JAXA)理事長、深井宏  
内閣府宇宙戦略室参事官、西永知史 外務省宇宙室長 等



### <我が国からの発言のポイント>

下村文部科学大臣から、開会式等において

- 今後の国際宇宙探査の枠組み作りに積極的に関わること
- 日本の得意技術、独自技術を活かして、将来の宇宙探査に主体的に貢献
- 次回会合を日本で主催(2016年又は2017年)

を表明したほか、日本政府代表団から積極的に発言。

## (2) 国際宇宙探査フォーラム (ISEF) (2/2)

### < ISEFにおいて発表されたフォーラムサマリーの概要 >

- 宇宙探査から得られるイノベーションと知識が経済成長と社会福祉の実現に貢献することを確認。
- 宇宙探査は人類に恩恵をもたらすものであり、成果を積み重ね、有人火星探査を長期的な目的としつつ、国際協力を拡大することにより、最大の成功に繋がるものであることを認識。
- 宇宙探査における持続可能な国際協力の実現のため、政策レベルのコミットメントが重要。
- 有人宇宙探査の戦略的ロードマップを作成するという、ISECGに参加している宇宙機関による活動を支持。また、更なる宇宙機関のISECGへの参加拡大を奨励。
- ISSの重要性を認識。 ISSでの協力は、国々が協力して設計し、出資し、広範かつ複雑なプロジェクトを全うすることが出来ることを実証。また、ISSの共同出資者は、ISSの国際的なアクセスの拡大を奨励すると共に、将来の宇宙探査においてその価値が継続することを認識。
- 民間セクターの活動は、経済成長を拡大し、新たな活力とアイデアをもたらし、宇宙探査を強化することを確認。 また、既存のガイドラインに沿った探査における商業宇宙飛行活動の重要性を強調。
- 国連宇宙空間平和利用委員会 (COPUOS) が 人類の宇宙での活動領域を拡大すること及び1967年の宇宙条約の目的を発展させることについての重要な事項を継続して議論する重要な場であることを認識。
- 宇宙探査における 途上国の初参加を受けて、持続可能な開発を推進する宇宙活動の価値を認識。 また、ISSのようなプロジェクトの経験を踏まえつつ、将来の宇宙探査協力に関する国際的な枠組みや共通の原則について議論することの必要性を確認。
- 2016年または2017年に 次回ISEFを主催するという日本からの提案を歓迎。 また、次回会合まで政策レベルの協議を継続すべきであるということに同意。

### (3) 各国の宇宙探査動向 (1/6)

#### ① 米国

- ◆ LEO(地球周回低軌道)は民間輸送(無人)を開始。NASAは有人輸送に関してはLEOを超えた探査ミッションに移行。次世代重量級ロケット(SLS)や多目的有人宇宙船(MPCV ORION)を開発中。
- ◆ 火星無人探査を定期的 to 実施。小惑星については小惑星サンプルリターンミッション“OSIRIS-REx”を2016年に打ち上げ予定。
- ◆ 2013年4月に大統領府は小惑星捕獲ミッション(Asteroid Redirect Mission:ARM)計画を公表。
- ◆ 月周回無人探査を定期的 to 実施しており、将来の有人探査での現地資源利用の可能性を探るための月極域源着陸無人探査ミッション(Resource Prospector Mission:RPM)を2019年の打上げに向けて検討中。
- ◆ 2014年1月、オバマ政権がISSの運用を少なくとも2024年まで延長することを発表。ISSパートナーに延長への参加の期待を表明。



SLS



スペースX(Dragon)



MPCV



OSIRIS-REx



キュリオシティ



RPM



小惑星捕獲ミッション(ARM)



### (3) 各国の宇宙探査動向 (2/6)

#### ② 欧州

- ◆ 米国の多目的有人宇宙船(MPCV)の一部である、電力、推進機能等を提供するサービスモジュール(SM)を開発中。(2017-2020年のISS共通運用経費(CSOC)バータ)。SMの打上げは2017年12月のMPCV無人ミッションを予定。
- ◆ 無人火星探査ミッション“ExoMars”計画を2016年、2018年の打上げに向け開発中。当初NASAとの共同ミッションであったが米国が2013年に撤退。ロシアとの協力に方針を変更。
- ◆ 2004年に打上げられた彗星探査機「ロゼッタ(Rosetta)」が2014年5月に彗星にランデブーし、12月に彗星着陸機「フィラエ」が着陸する予定。
- ◆ 2009年より3回の宇宙探査に関するEC主催の閣僚級国際会議を開催。2011年の第3回会議(ルッカ)にて世界規模の政策級対話の必要性を宣言し、これが2014年1月に米国で開催された国際宇宙探査フォーラム(ISEF)に繋がった。



サービスモジュール  
(MPCVの一部)



ExoMars



Rosetta

### (3) 各国の宇宙探査動向 (3/6)

#### ③ ロシア

- ◆ 有人探査用の新たな大型ロケット開発構想を有し、2018年から2020年の運用開始を目標に次世代有人宇宙船を開発中。
- ◆ 2030年までに有人月周回飛行及び月着陸を実施し、月面基地、物資配達用の輸送着陸船などを開発する計画。無人月探査については、ESAとの協力が検討されており、2016年に着陸機(Luna-25)、2018年に周回機(Luna-26)、2018年に着陸機(Luna-27)の打ち上げを予定。また、2020年代早期に月サンプルリターンを計画。
- ◆ 火星系探査については、ESAと共同のExoMarsミッションで2016年と2018年に探査機を打ち上げる計画。



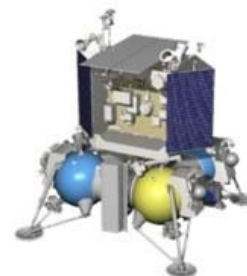
ROSCOSMOS  
次世代ロケット  
(NGSLV)



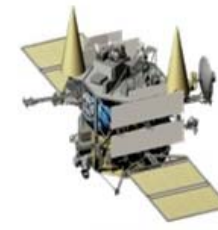
NAUKA  
(ISS追加モジュール)



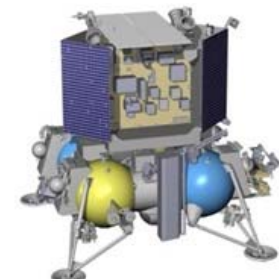
ROSCOSMOS  
次世代宇宙船(NGS)



Luna-25  
(Luna-Glob)  
2016



Luna-26  
(Luna-Resurs O)  
2018

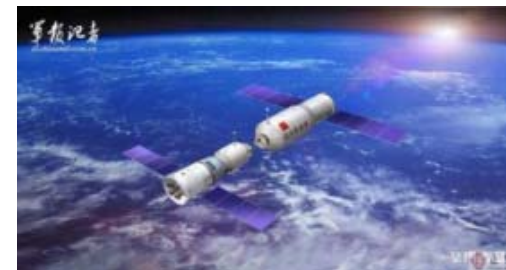


Luna-27  
(Luna-Resurs 1)  
2019

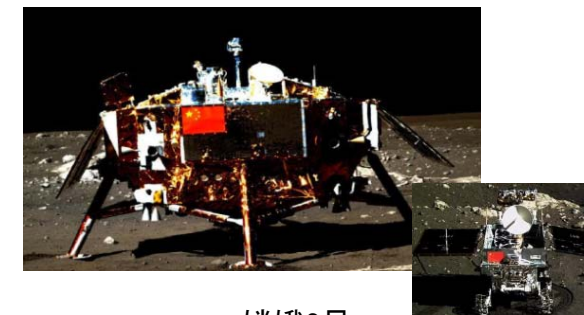
### (3) 各国の宇宙探査動向 (4/6)

#### ④ 中国:

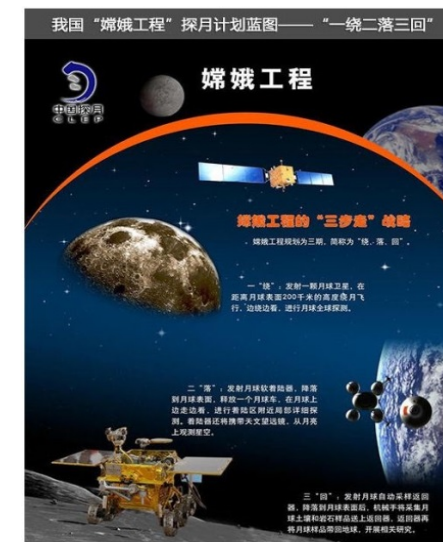
- ◆ 2003年に独自の有人宇宙飛行船「神舟5号」を打上げ、その後、初の独自の宇宙実験室天宮1号を2011年に設置し、ドッキング技術や船外活動技術などを蓄積中。
- ◆ 当面は長征ロケットの能力増強を図りつつ、2020年頃に独自の宇宙ステーションの建設、2025年以降の月有人探査及び月面基地を計画。2050年の有人火星探査を目標。
- ◆ 無人月探査については、「周回」、「着陸」、「帰還」の3段階で進めており、嫦娥1号(2007年)、嫦娥2号(2010年)で周回探査を実施。嫦娥3号が2013年12月に月面着陸に成功。2017年には「嫦娥5号」による月のサンプル採取・回収ミッションが計画されている。



天宮1号、神舟9号のドッキング(CG)



嫦娥3号

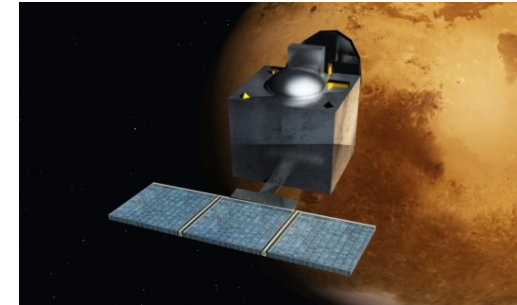


嫦娥計画

### (3) 各国の宇宙探査動向 (5/6)

#### ⑤ インド

- ◆ 将来の有人ミッションとして、2~3名の宇宙飛行士が搭乗する宇宙往還機を検討中。クルーモジュールや環境制御・生命維持システム (ECLSS)、緊急脱出システム等の有人技術を研究中。
- ◆ 火星探査については、2013年11月に火星探査機マンガルヤーンの打上げに成功、火星への遷移軌道を飛行中。2014年9月火星周回軌道投入予定。
- ◆ 月探査については、2008年に「チャンドラヤーン1号」に月周回ミッションを実施。  
「チャンドラヤーン2号」は、月周回機、月着陸機(月面探査ローバ)にて構成され、ローバによる土壌サンプル収集等を計画。ロシアとの協力計画を解消し、単独での実施に変更(2016-2017年打上げ予定)。



マンガルヤーン



チャンドラヤーン1号



チャンドラヤーン2号(ローバ)

### (3) 各国の宇宙探査動向 (6/6)

---

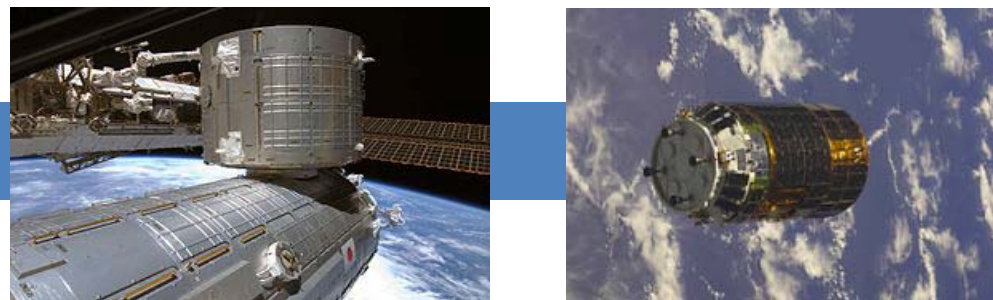
#### ⑦ まとめ

- ◆ 米国は、ISSを国際宇宙探査にむけて活用しつつ、「フレキシブルパス」アプローチにより、火星・小惑星・月近傍の何れにも対応できる重量級ロケットと多目的有人宇宙船を開発中。
- ◆ 欧州は、有人宇宙船（MPCV）の開発を米国ととの協力で実施しつつ、ロシアとの国際協力による無人探査を重視。中国との関係については、技術移転の問題に配慮しつつ協力を進めている。
- ◆ ロシアは、有人月面基地を目標として月探査を重視。無人火星探査ミッションなどで欧州との協力を推進。
- ◆ 中国は、国威発揚を重視し単独路線であるが、国際宇宙探査への参加を表明。総合国力の向上を図るとともに、将来的に宇宙空間における大国の地位を確立することを目指している。
- ◆ インドは、自国の技術レベルの向上を重視した単独路線。

# (4) JAXAのこれからの宇宙探査への取組み

## 国際協働有人宇宙探査

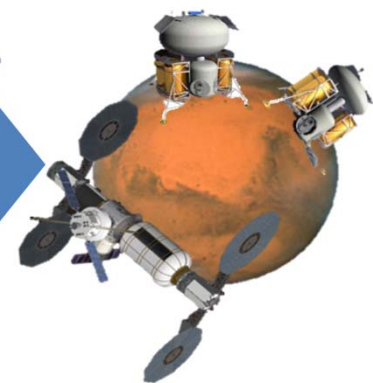
### ISSを使った探査技術の実証



### 有人月探査 2020年代半ば以降

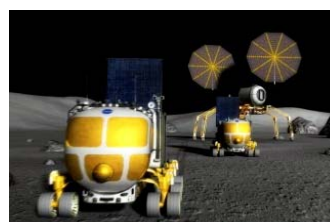
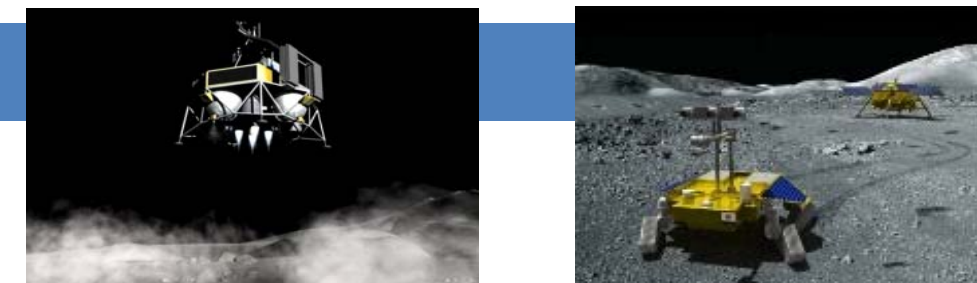


### 有人火星探査 2030年以降



EML2\*有人拠点

### 無人月面探査による準備活動



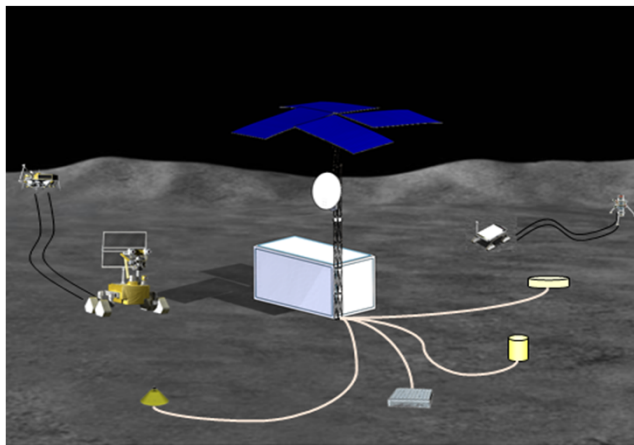
有人月面拠点

# 有人月面基地への展開

国際協力により、有人月面基地の構築をめざす。



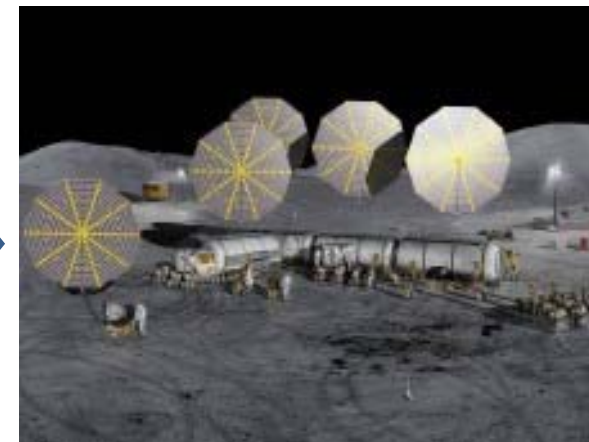
- STEP1. ロボティクス技術で電気、蓄熱、通信等の拠点を設置。
- STEP2. 中期は、短期滞在可能な有人滞在モジュールを設置。  
レゴリスから基地資材を自動製造。
- STEP3. 常時滞在型有人拠点の建設



①探査サービスステーション



②短期滞在型有人拠点



③常時滞在型有人拠点

# まとめ

- 火星は探検の時代。月は開拓の時代。
- JAXAは、これまで培った宇宙技術を結集して国際宇宙探査に貢献する。
- まずは月探査を通じて、火星探査に向けた技術の蓄積と、社会的なイノベーションの実現を目指すのが良いのではないか。

— 月は宇宙探査の国際的な実験場 —