

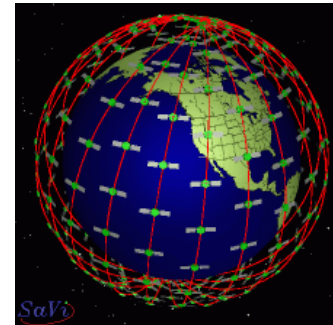
# 宙を拓くタスクフォース における検討の進め方

総務省国際戦略局宇宙通信政策課  
平成30年8月22日

# 1. 宇宙利用の将来像のトピック: 衛星通信等の高度化

## 海外民間企業による衛星コンステレーション計画

- ◆ 低軌道等に多数の衛星を配備することで、全球対応の通信網を構築する衛星コンステレーション計画が世界的に進展。
- 欧州のO3b Networks社は、地上の光ファイバ網が敷設されていない国・地域の30億人を含め、全世界に通信環境を整備することを目的として2007年に設立。2014年末にサービス提供を開始。
- 米国のOneWeb社は低軌道周回衛星を882機配備することを計画し、2018年から衛星を打ち上げ、2020年以降順次サービス開始予定。2017年6月22日、米連邦通信委員会(FCC)から、米国衛星市場への参入を許可された(2017年11月2日にTelesat Canada社、2018年3月28日にSpaceX社も許可。)



低軌道・周回衛星

出典: OneWeb社の公開資料

## 2030年の実現イメージ(「宇宙×ICTに関する懇談会」報告書からの抜粋)

- ◆ 静止衛星や、低軌道衛星によるコンステレーションにより、衛星の総容量でテラビットクラススループットのブロードバンドサービスを提供。
- ◆ 低軌道衛星のコンステレーションによるブロードバンドサービスは、超高速サービスに加えて、低遅延性で静止衛星を補完するサービスを提供。
- ◆ 船上や航空機上のほか、山岳地域・砂漠・極域・宇宙など人の居住域以外でも、居住域と同レベルのブロードバンドサービスの提供が可能。
- ◆ 衛星通信が、地球上のあらゆる場所、宇宙空間に対して、5GやIoTのインフラと同等の役割を提供。航空機や船舶の自動航行のための基盤インフラとして活用。
- ◆ 航空機や船舶向けの衛星通信によるブロードバンドサービスが、地上系ワイヤレスネットワークと同等のサービス品質・コストにより提供。
- ◆ リモートセンシング衛星の分野においては、更なる高解像度化と小型化が実現され、宇宙空間からの大容量データダウンリンクが実現。



静止衛星による大容量通信サービスと5G・IoTとの連携

出典: スカパーJSAT社の提供資料

# 1. 宇宙利用の将来像のトピック: 月・火星探査に向けた取組

## 我が国の宇宙探査の計画

- ◆ 2017年12月12日、第16回宇宙開発戦略本部会合において、安倍内閣総理大臣から、米国などの関係国との協力を強化し、国際宇宙探査の議論を加速するよう指示。

### <宇宙基本計画工程表(平成29年度改訂)>

- ・米国が構想する月近傍の有人拠点への参画や、国際協力による月への着陸探査活動の実施などを念頭に、国際プログラムの具体化が図られるよう、主体的に技術面や新たな国際協調体制等の検討を進める。
- ・我が国として優位性や波及効果が見込まれる技術実証に、宇宙科学探査における無人探査と連携して取り組む。

- ◆ 現在、JAXAを中心に、小型月着陸実証機(SLIM)等の研究開発を着実に実施。2021年度、打上げ予定。



小型月着陸実証機(SLIM)イメージ図  
出典: JAXAの公開資料

## 米国の火星有人探査計画

- ◆ NASAは、2015年10月、「NASA's Journey to Mars: Pioneering Next Steps in Space Exploration」により、人類が火星到達を実現するための構想を発表。
- ◆ 米国政府は、2017年3月、年間195億ドルもの予算をNASAの宇宙開発関係に投じることを決定。
- ◆ NASAは、同年5月、「Human to Mars Summit」において、火星有人探査計画の前段として、宇宙基地「Deep Space Gateway」及び宇宙船「Deep Space Transport」の開発方針を発表。

### Deep Space Gatewayとは

- 月・火星探査の拠点とするため、月近傍に建設が予定されている宇宙基地。
- 2020年頃から、大型ロケット「Space Launch System(SLS)」により、居住モジュールや電力・推進モジュール等の各種パーツの輸送を計画し、4回の有人飛行を含む建設ミッションの実施を予定。
- NASAは、民間宇宙開発企業6社による「次世代宇宙技術探査パートナーシッププログラム」を発表。それを受けてBoeing社は、2017年4月3日、火星探査計画に向けた技術開発を実施する旨と、「Deep Space Gateway」等に関するイメージ図を発表。



宇宙基地及び宇宙船イメージ図  
出典: Boeing社の公開資料

# 1. 宇宙利用の将来像のトピック: 民間企業による宇宙ビジネス構想

## 火星有人飛行構想 (Space Exploration Technologies Corp.)

- ◆ SpaceX社のイーロン・マスクCEOは、2016年9月に開催された国際宇宙会議において、「Making Humans a Multiplanetary Species」と題した火星移住計画についての講演を実施。
- ◆ 講演において、火星に移民を送り込むための惑星間輸送システム「Interplanetary Transport System (ITS)」が披露されるとともに、2020年代の火星への有人飛行計画を発表。

### <実現に向けた重要項目>

- 1: 完全に再利用が可能であるロケット及び宇宙船の開発。
- 2: 地球周回軌道上での推進剤の補給技術の開発。
- 3: 火星における推進剤(メタン)の生産技術の開発。
- 4: 推進剤を使用するエンジンの開発。

- ※ 同社は、完全に再利用が可能なロケットの開発を目指しており、ロケット打上げの低コスト化を予定。  
2016年4月8日、Falcon9の打上げにて、初めてエンジンユニットを無人船へ着陸させることに成功。  
2017年3月30日、エンジンユニットを再利用したFalcon9の打上げに成功。  
また、2018年2月6日、新型ロケットのFalcon Heavyの打上げに成功し、ペイロードに搭載されたTesla社のRoadsterを火星軌道に投入。



Falcon9エンジンユニットの着陸

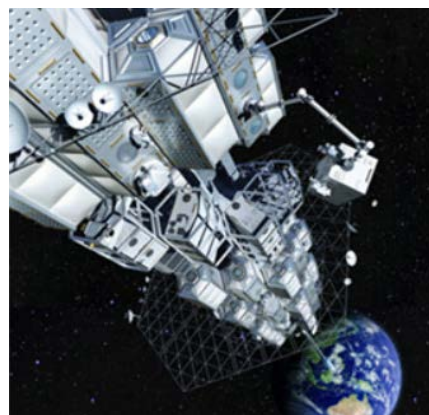


Roadsterの車載カメラ画像

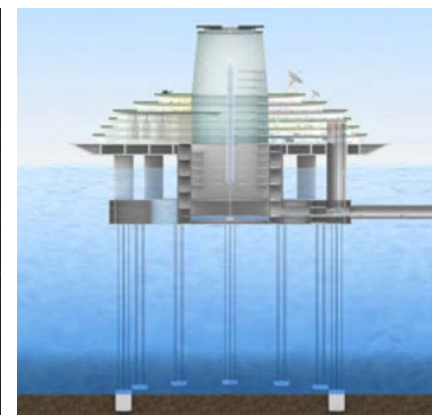
出典: SpaceX社の公開資料

## 宇宙エレベーター建設構想 (株式会社大林組)

- ◆ 大林組は、2012年2月、広報誌「季刊大林」53号の「大林プロジェクト」として、宇宙エレベーター建設構想を発表。
- ◆ 本構想は、全長10万kmに及ぶ宇宙エレベーター建設に向けた具体的な計画が示されており、2050年の竣工に向けた施工方法、技術、行程等に関して説明。
- ◆ 併せて、宇宙エレベーター竣工に伴う宇宙太陽光発電、宇宙資源探査、宇宙旅行等の宇宙利用の可能性について言及。
- ◆ 同社は、2015年5月、国際宇宙ステーション/日本実験棟(きぼう)にて、国立大学法人静岡大学、有人宇宙システム株式会社と共同で、航空宇宙産業向け先端材料と位置づけているカーボンナノチューブの宇宙環境曝露実験を実施。



静止軌道ステーションのイメージ図



アース・ポートのイメージ図

出典: 株式会社大林組の公開資料

5

2. 宇宙利用の現状、構想・アイデアの例

地球 100km 準軌道 400km ISS 低軌道～中軌道 2,000km 静止軌道 3万6,000km 月 38万km 火星 6,000万km 小惑星 木星等

		① 地球近傍	② 月・火星	③ 深宇宙(小惑星・木星以遠)
科学探査			周回探査 表面探査 有人探査(アポロ計画) ※宇宙開拓アドベンチャーゲーム	系外惑星探査 小惑星捕獲 深宇宙観測
インフラ開発	輸送	再使用型ロケット 二地点間輸送機 再使用型宇宙機(スペースプレーン) ※宇宙エレベータ	軌道間輸送機ネットワーク 無人探査機 有人宇宙船 有人着陸機 ※地上と金星を繋ぐ通路	※小惑星を利用した惑星間飛行 ※加速器利用による系外惑星探査
	拠点	国際宇宙ステーション(ISS) 商業宇宙ステーション 膨張式居住モジュール ※第二の地球	衛星コンステレーション 深宇宙GATEWAY 膨張式居住モジュール ※基地	※膨張式居住モジュール
環境整備		宇宙天気観測 スペースデブリ除去 燃料補給、修理等		
サービス展開	産業利用	無重力環境利用の実験・生産 ※情報処理ステーション	人工衛星による通信・放送、地球観測、測位 ※宇宙太陽光発電	資源採取
	宇宙環境活用	宇宙葬、タイムカプセル輸送 ※人工花火	人工流れ星 ※火星埋葬 ※宇宙アミューズメントパーク	
	地球上における	エンターメ等	※バーチャル宇宙ツアー	
宇宙での活動	居住	サブオービタル体験飛行	滞在型宇宙旅行	月軌道・月面旅行 火星移住
	旅行	機器等の製造 植物工場	機器等の製造 ※人工光合成 ※月面オリンピック	資源採取、機器等の製造 植物工場 資源採取
その他政策等		※宇宙産業で第5次産業革命を興す ※AIで異星進出、宇宙政策立案ツール		

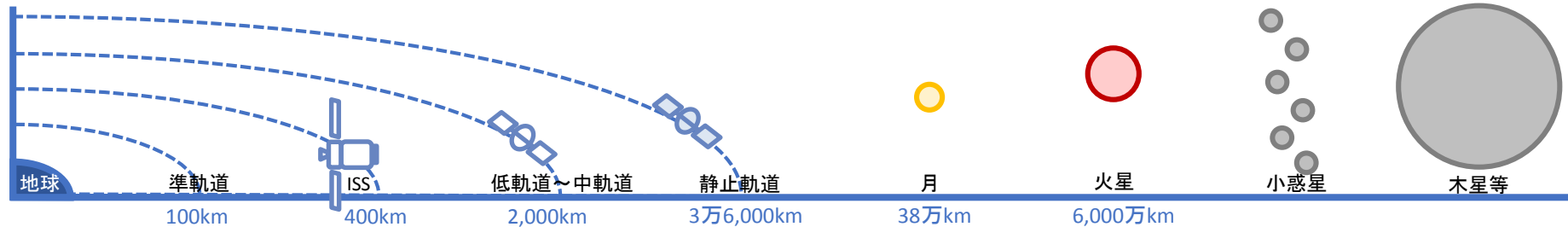
【凡例】

- (一部)実現済み
- 2020年代頃の構想
- 2030年代頃の構想
- 2040年代以降の構想

※は、アイデア募集で応募があったもの

### 3. 今後の宇宙利用拡大に伴う情報通信の高度化の必要性

- 2030年代以降、地球近傍における宇宙利用がますます活発化。
  - 月・火星等における有人活動も本格化。
  - それに伴い情報通信の高度化(高速、高信頼、低遅延・耐遅延等)の必要性が高まると想定。
- ⇒ 本タスクフォースでは、宇宙利用の将来像の実現に必要な情報通信技術等について検討。



#### ① 地球近傍

- 打上げ・輸送の低コスト化が進むことにより、民間ビジネスを含めた宇宙利用がますます活発化。
- 通信・放送及び地球観測等の衛星活用サービスの更なる充実。
- 民間宇宙ステーションや宇宙ホテルの構築。
- 無重力環境を活用した実験等(創薬、バイオ、材料等)の本格化。
- 大型人工衛星の燃料補給や修理、スペースデブリ除去等の軌道上サービスも実現。

#### ② 月・火星

- 2030年代以降、各国による月・火星の有人探査が本格化。
- 民間事業者による有人輸送の構想も発表。約40～100年後に火星に100万人が移住する構想。(SpaceX社のイーロン・マスクCEO)

#### ③ 深宇宙(小惑星・木星以遠)

- 無人探査機による小惑星や木星及びその衛星の探査計画が進展。

# ① 地球近傍における宇宙利用

- 海外では、再使用型輸送機等により輸送コストが低下し、人工衛星の活用が益々推進。
  - 無重力環境を活用した生産、サブオービタル飛行体験等の様々なサービスが実現。
  - これらに伴い、宇宙・地上間の通信データ需要が大幅に増加する見込み。
- ⇒ 今後の通信手段として、無線通信の更なる高度化や地上ネットワークとの連携、光衛星通信も重要。

## 主な計画・構想等

### 実現済み事業等の進展

- 通信サービス、地球観測サービスの高度
  - ・ HTS(ハイスループット衛星)により、ブロードバンド環境の整備が進展。
  - ・ リモートセンシングの高分解能化。

### 2020年代頃の構想

- デブリ除去等の軌道上サービスの実現
  - ・ 大型人工衛星の延命を目的に、軌道上の燃料補給や修理等の実施。
  - ・ 衛星打上げ数増加に伴い、課題となっている軌道上のデブリを除去。

### 長期的な構想

- 宇宙データを活用したエンターテインメント
  - ・ VR等を用いたバーチャル宇宙旅行や、宇宙の拠点に置かれたロボットの遠隔操縦。
- 再使用型輸送機等により輸送コストが低下し、宇宙環境を利用した様々なサービスが実現。
  - ・ 無重力環境利用の実験・生産(創薬等)の増加。
  - ・ サブオービタル体験飛行サービスの実現。

## 現状で想定される情報通信技術(例)

- 5Gの運用における衛星通信の活用
  - ・ 国際場裡において、議論が進展。
- 光衛星通信
  - ・ 電波より周波数の高い光を用いて通信。通信の高速化や大容量化が期待。
  - ・ 超小型衛星における光通信利用が活発化し、メガコンステレーションへ波及する可能性。

## ② 月・火星における宇宙利用

- これまでの無人探査による月・火星探査が、2020年代建設予定であるGATEWAYを拠点として、更なる宇宙開発が促進される見込み。
  - 2020年代以降、複数の輸送機・宇宙船が往来するに伴い、機器同士、地球と月・火星間での通信システムの構築も想定。
- ⇒ 中継機等を介した無線通信の安定運用の実現とともに、空間光通信等の技術開発も期待。

### 主な計画・構想等

#### 実現済み事業の進展

- 火星周回・表面探査(NASA等)
  - メイヴン、キュリオシティ 等
- 月有人探査(NASA等)
  - アポロ宇宙船、Orion(オライオン)
  - 現在、有人月面探査に向け国際協働で検討。

#### 2020年代頃の構想

- 月周回のGATEWAY(NASA)
- 月極域着陸無人探査ミッション(NASA、ロシア、中国等)
  - 科学的知見の獲得や現地資源利用の可能性調査。
- 火星衛星探査計画(JAXA)
  - 2024年打上げ、2025年火星周回軌道投入、2029年、地球帰還にて火星衛星観測・サンプル採取を実施。
- 深宇宙輸送機(NASA)
  - 2030年代に、月周辺で機能確認を経て、火星に向かう想定。

#### 2030年代頃の構想

- 有人火星探査ミッション(NASA)
  - 2030年代に、月周辺で機能確認を経て、火星に向かう想定。
- 月基地建設(ESA)
  - 月の資材を現地調達し建設する構想。

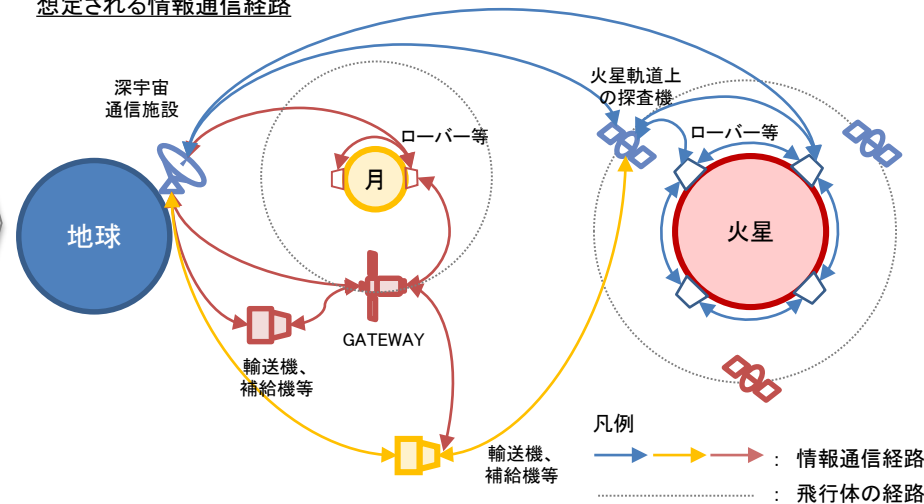
#### 長期的な構想

- 火星移住(UAE、民間事業者)
  - 40-100年後を想定。

### 現状で想定される情報通信技術(例)

- 地球と月・火星間の情報通信
  - 現在、火星表面における探査データの多くは、火星軌道上を周回する探査機(オデッセイ、MRO等)を中継して地球へ伝送。
  - NASAは、2014年に情報提供要請(RFI)を実施し、既存の中継インフラに対する代替モデルの検討を開始。(RFIには、空間光通信を含む。)

#### 想定される情報通信経路



- 2020年代後半に打上げ予定である月周回の基地となるGATEWAYに物資や燃料、人員を輸送し、これを拠点として、深宇宙輸送機「Deep Space Transport」で火星への移動する方針。
- 火星での探査機増加に伴い、地球と火星間での通信システムが構築される想定。



### ③ 深宇宙(小惑星・木星以遠)における宇宙利用

- 地球近傍小惑星のサンプルリターンに向け航行中。
- 将来的には、遠隔操作での資源採取等を、民間事業者が構想。
- 太陽系惑星及びその衛星の接近探査が複数計画。精緻な探査データの送信には大容量通信技術の確立が必要。

⇒ 深宇宙探査においても、情報通信技術の利用が必須。

#### 主な計画・構想等

- 惑星探査(NASA等)
  - ・ ボイジャー、ガリレオ(木星)、カッシーニ(土星) 等
- 小惑星無人サンプルリターン(JAXA、NASA)
  - ・ 地球近傍小惑星への着陸及び試料の採取。
- 系外惑星探査(NASA、ESA)
  - ・ 太陽系外を周回・観測する衛星の打上げ。

実現済み事業等の進展

- 木星衛星の接近探査(NASA、ESA)
  - ・ 木星の衛星エウロパに接近し、表面を高解像度で撮影。

2020年代に実現見込

- 資源採取(民間事業者)
  - ・ レアメタルを遠隔操作で掘削。
  - ・ 小惑星から採取した水や鉱物を宇宙での活動に利用。

長期的に実現の可能性

#### 現状で想定されている情報通信技術(例)

- 大容量無線通信技術の確立
  - ・ JAXAは、小惑星リュウグウに向かう「はやぶさ2」と地球の地上局との間で、32GHzでの無線通信の実験に成功。
  - ・ 地球観測衛星などに使われているX帯に比べ、4倍となる16kbpsの伝送速度を実現。
- 深宇宙光通信
  - ・ NASAは2022年打上げ予定の小惑星プシケ探査ミッションにおいて、深宇宙に滞在する探査機と地球との通信を確立するために、レーザー通信技術試験を実施。
  - ・ 電波の代わりに光を使うことにより、与えられた時間内により多くのデータが通信できる可能性。

## 4. 本タスクフォースにおける検討の進め方(案)

- 宇宙を新たなビジネスフロンティアと捉えるとともに、現代社会が抱える社会的問題の解決を目指す。
- 2030年代以降の宇宙利用の将来像について、募集されたアイデアやプレゼンテーションを基に意見交換。
  - ・ 「宇宙利用の将来像に関する懇話会」での検討に先立ち、広く宇宙利用に関するアイデアの募集を実施済み。応募総数30件。(募集期間:平成29年12月26日～平成30年2月27日)
  - ・ 「宙を拓くタスクフォース」での検討に先立ち、新たに、その将来像を実現するための情報通信技術という課題を募集内容に含めて、宇宙利用に関するアイデアを再募集中(募集期間:平成30年8月7日～平成30年9月14日)。
- その将来像の実現のために必要となる情報通信技術等について検討。

# 5. 本タスクフォースの開催等のスケジュール(想定)

時期	宇宙利用の将来像に関する懇話会	宙を拓くタスクフォース
平成29年	12月	<p>「宇宙利用の将来像に関する懇話会」の立上げ及び宇宙利用のアイデア募集の報道発表（平成29年12月26日(火)）</p> <p>アイデア募集： 「宇宙利用における長期的な将来像やその実現に向けた方策」(期間：平成29年12月26日～平成30年2月27日) 応募件数：30件</p>
平成30年	5月	<p>第1回(5/17)</p> <p>○ 長期的課題に関する検討の進め方</p>
	8月	<p>「宙を拓くタスクフォース」の開催及び宇宙利用のアイデア追加募集の報道発表（平成30年8月7日(火)）</p>
	9月	<p>アイデア募集： 「宇宙利用における長期的な将来像と実現するための情報通信技術」 (期間：平成30年8月7日～9月14日)</p>
	10月	<p>第1回(8/22)</p> <p>○ 検討の進め方 ○ アイデア応募者等からのプレゼンテーション</p>
	11月	<p>第2～3回(9月下旬～11月頃)</p> <p>○ アイデア応募者等からのプレゼンテーション ○ 宇宙利用の将来像を実現するための情報通信技術</p>
	12月	<p>第2回</p> <p>○ タスクフォースの中間とりまとめの報告</p>
平成31年	1月	<p>⋮</p>
	2月	<p>⋮</p>
	3月	<p>第〇回(春頃)</p> <p>○ 最終とりまとめ</p>