

(案)

宇宙戦略基金  
実施方針（総務省計上分）

令和6年4月26日

総務省

内閣府

改定経緯

令和6年 4月26日 策定  
令和7年 ※月※※日 改定

---

## 前文

昨今のデジタル化の進展等により、国民生活や経済活動における情報通信の果たす役割やその利用に伴うセキュリティの確保が一層重要なものとなっている。特に、宇宙基本計画（令和5年6月13日閣議決定）にも記載されているとおり、宇宙ネットワークと地上ネットワークのシームレスな連携により、地球上なあらゆる場所や、自動運転車や空飛ぶ車、ドローン等を含む移動するプラットフォームに対する切れ目のない通信が可能となり、その実現においては、通信衛星コンステレーションを含む宇宙ネットワークが、地上ネットワークに並ぶ基幹インフラになるとされている。

現在、衛星通信については、静止衛星に加えて、低軌道コンステレーションの実利用開始を迎え、大きな変化が始まっており、スマートフォンと低軌道衛星等とのダイレクト通信の実用化、光通信やモバイル技術の衛星インフラへの適用、宇宙空間での通信需要増大に対応する新たなデータ処理アーキテクチャの導入、衛星通信やHAPS等の各軌道で個別に進化する非地上系プラットフォームとの融合が進み、衛星通信の役割や提供するサービスは、従来からの広域性に加えて、今後、ニーズに応じた柔軟性や容量の拡大や冗長性等が見込まれることになる。

我が国においては、これまで静止衛星の活用を中心として地上通信とは独立して発展を遂げてきた一方で、他国企業による低軌道メガコンステレーション構築の取組の活発化、災害時でも通信サービスを提供可能な非地上系システムへの期待の高まり、宇宙産業全体においても通信分野が最も大きな市場規模を占める可能性があること等を踏まえ、安全保障・民生分野において横断的に、我が国の勝ち筋を見据えながら、我が国が開発を進めるべき技術を見極め、策定した「宇宙技術戦略」を参照しつつ、本基金も活用し、戦略的に技術開発に取り組む必要がある。

国内においては世界最高水準の地上系ネットワークが整備されていることに加え、静止軌道事業で培われた蓄積等を踏まえ、他国の戦略を後追いするのではなく、他国とは差別化された独自戦略を持ち、他国にアピールできる事業を展開していく必要があることから、GEO/MEO/LEOの衛星等を活用してネットワークをマルチオービット化し、地上系ネットワークと統合的に構築・運用することで、平時は人口減少社会における新たなインフラの形として貢献し、非常時には抗たん性が高く、柔軟で高帯域な情報通信ネットワークの構築を目指すべきである。

また、情報通信の発展に伴い、インターネットトラフィックが爆発的に増加する世の中に対してはマルチオービット化により、地上ネットワークだけでなく衛星光通信等も活用して大容量、低遅延のネットワーク構築が見込まれると

ころ、衛星通信の重要性・必要性が高まる中で、安全性の確保もより一層重要となる。研究開発の進展によって現代暗号の安全性の破綻が懸念される量子コンピュータ時代においては、情報理論的安全性を有した量子暗号通信を、衛星を介して実現することにより、個人情報等の機微情報であっても安全・安心に大陸間・国際間における通信が可能な世の中を目指すべきである。

さらに、人類の活動領域が地球近傍から深宇宙へと広がる中、アメリカを中心としたアルテミス計画をはじめとして、月については、中国、インド、その他の新興国も宇宙開発を加速しており、国際競争が激化している中、月の探査活動においては通信も含めた基盤の整備が必要となるが、将来的には超長距離の通信ネットワーク技術によって、深宇宙や月との通信も可能となることが見込まれる。我が国もアルテミス計画に参画することを決定し、有人与圧ローバの提供と併せ、米国人以外で初となる日本人宇宙飛行士の月面着陸の実現を図ることとしている。アルテミス計画が政策的に推進される中で、まずは月面の探査を行うことになるが、月面開発の発展段階に合わせて、月通信にかかる検討や水資源を含めた資源探査、非宇宙産業を含めた民間事業者の宇宙開発への参画を促し、国際競争力を獲得していくことが必要である。

こうした観点を踏まえ、総務省の宇宙戦略基金（令和5年度補正予算措置分）では、以下の4テーマを実施することとする。

(1) 衛星量子暗号通信技術の開発・実証

衛星を活用した距離に依らない堅牢な量子暗号通信網の構築に向け、衛星搭載可能な量子暗号通信機器や可搬型地上局等を開発・実証する。

(2) 衛星コンステレーション構築に必要な通信技術（光ルータ）の実装支援

枯渇が懸念される周波数資源にも対応し、国際的な周波数調整や無線局免許が不要である等の観点からも期待が集まる衛星光通信について、高信頼・セキュア・高速の通信環境を実現するため、宇宙光通信用ルータを開発する。

(3) 月面の水資源探査技術（センシング技術）の開発・実証

月資源の獲得競争が激化している中でも特にエネルギー源等として期待される水資源について、リモートセンシング技術を活用し、月周回軌道から観測を行うための衛星システム等を開発・実証する。

(4) 月-地球間通信システム開発・実証（FS）

月面探査ミッション等において必要となる通信技術・インフラについて、我が国の強みを発揮できる技術領域を抽出するためのフェージビリティス

タデイ等を実施する。

## 衛星量子暗号通信技術の開発・実証

### 1. 背景・目的

近年の量子コンピュータ研究の加速化により、実用的な量子コンピュータが実現されることで、現代暗号で守られていたデータが全て解読されてしまう事態が懸念されている。また、従来のスーパーコンピュータの性能も日進月歩で進展している中、今はまだ解読できない暗号化データを一旦保存しておくことにより、将来、高度なコンピュータが実現したときに全データを一気に解読するような攻撃等への懸念も増大している。その一方で、厳格に秘匿すべき情報ですら通常のインターネットで伝送されているのが現状である。将来にわたり、個人レベル・国家レベルの機密情報を安全・安心にやりとりするためには、いかなるコンピュータ技術によっても解読が不可能な、情報理論的安全性を有する量子暗号通信技術に基づき、広域的な量子鍵配送・量子暗号ネットワークを構築し、極めて堅牢性の高い安全なサイバー空間を実現することが求められている。

これまで、我が国は量子鍵配送・量子暗号通信の基盤となる技術の確立に向けて、100km 圏内を対象とした地上の2地点間の量子鍵配送やトラステッドノード技術の研究開発や衛星通信における量子鍵配送技術の研究開発に取り組んできており、特に、衛星通信における量子暗号技術の研究開発では、今後の衛星コンステレーションの普及等を見据え、衛星に搭載可能な量子鍵配送技術の研究開発を進めており、既に、鍵の生成レートを飛躍的に改善可能な物理レイヤ暗号の実証まで研究開発が進んでいる。一方、地上系の量子鍵配送・量子暗号関連の研究開発としては、ファイバー網における量子暗号通信のさらなる高速化・長距離化に資する4つの技術（量子通信・暗号リンク技術、トラステッドノード技術、量子中継技術、広域ネットワーク構築・運用技術）の研究開発が実施されている。しかしながら、数百 km～数千 km といった大陸間スケールでの量子暗号通信へのニーズが想定される中、海底光ケーブルを経由する量子暗号通信の実現には量子中継技術が必要であるが、その完成には10年単位での研究開発期間を要すると考えられる。海外では、中国が衛星を用いて中国-オーストリア間での鍵の共有及び暗号化通信に成功するなど、グローバルスケールでの鍵共有技術として、より高性能化した衛星量子暗号通信による長距離化への取組が進んでいるなど国際的な競争も激しくなっている。他方、衛星量子暗号技術の社会実装に向けては課題も残っている。衛星量子鍵配送では、精密な衛星捕捉追尾技術等が必要となること、悪天候時には地上局への鍵配送はできなくなること、さらには、伝搬距離の増加とともに鍵生成速度が急激に低下し、量子鍵配送が困難になること等の課題があり、それを克服する必要がある。

本研究開発においては、将来の事業化におけるユーザビリティの観点からも、少ない衛星基数でも地球規模での情報理論的安全な鍵共有を可能とし、気象条件や運用コスト等による制約を最小限とする効果を狙うため、我が国独自の低軌道衛星と地上局の双方を開発し、情報理論的に安全な暗号通信を実現できる新たな量子鍵配送技術及び物理レイヤ暗号技術の実証を進めることとする。

具体的には、量子鍵配送及び物理レイヤ暗号による鍵共有機能（情報理論的安全性が保証されているものに限る。以下同じ。）を有する低軌道衛星の開発を実施するとともに、暗号通信網の実用性・利便性を向上させるため、衛星-地上局間の量子鍵配送において衛星と光通信リンクを形成可能とする地上局も開発する。さらに、地上系量子鍵配送網と統合運用するための衛星系・地上系統合ネットワーク化技術を開発する。

#### 【参考】関連する宇宙基本計画や宇宙技術戦略の抜粋

宇宙基本計画（令和5年6月13日 閣議決定）

#### 4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ

（2）国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現に向けた具体的 アプローチ

（a）次世代通信サービス

#### 【量子暗号通信の早期実現に向けた開発・実証支援】

我が国が強みを持つ衛星量子暗号通信技術の社会実装を早期に実現し、将来市場において我が国の技術的優位性を獲得していくため、距離に依らないグローバル規模での量子暗号網構築のための研究開発を進めるとともに、今後の活用等について安全保障分野も含め検討を進め、宇宙実証の実施など、早期実現に向けた取組を積極的に推進していく。

宇宙技術戦略（令和6年3月28日 宇宙政策委員会）

#### 2. 衛星

##### 1. 通信

（2）環境認識と技術戦略

#### ④ 秘匿性・抗たん性を確保する通信技術

ii. 技術開発の重要性と進め方

前述の低軌道通信衛星コンステレーションや静止通信衛星等と地上間の光通信は、従来の電波通信よりも指向性が高く、特定の狭い範囲にビームを照射するため、外部からの盗聴や傍受が困難なことから秘匿性が高いという特徴も有しており、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が開

発を進める光地上局の社会実装も重要である。

また、衛星量子暗号通信技術については、我が国においては2010年よりNICTが構築した都市間レベルの実証ネットワークが長期稼働している。こうした技術的強みを活かし、量子暗号装置等の開発を進めるとともに、実運用も含めた宇宙実証を行うことにより、距離によらない堅牢な量子暗号通信網の早期の実現を図っていくことが重要である。

## 2. 本テーマの目標（出口目標、成果目標）

基本方針で定められている衛星等分野の技術開発の方向性である「革新的な衛星基盤技術の獲得により我が国の国際競争力を底上げ」等に寄与する、将来的な商用化を見据えた量子暗号通信技術の確立に向け、以下を、5年間程度の目標として技術開発を推進する。

- (1) 衛星-地上局からなる損失 50dB 程度の空間光通信路において 1kbps を超える、情報理論的安全性を有した鍵の生成を可能とする革新的な基盤技術の確立。
- (2) ユーザビリティ向上とサービス拡大の実現を見据え、セットアップの自動化により、従来の 1/2 程度の準備期間で稼働することができ、多様な環境下（0℃～40℃程度）においても運用が可能な、衛星・地上間において情報理論的安全性を有した暗号鍵の共有が可能な可搬型光地上局の実現。

## 3. 技術開発実施内容

前述の目標を達成するために、以下の技術開発項目を実施する。

- (1) 小型低軌道衛星に搭載可能な量子鍵配送、物理レイヤ暗号、光通信技術

### ① 量子鍵配送、物理レイヤ暗号、光通信送信機開発

小型衛星への搭載に向けて量子暗号装置の小型化・軽量化に向けた研究開発を行うとともに、「見通し通信」という空間光通信特有の条件を最大限に活かし、情報理論的安全な鍵共有を可能とする物理レイヤ暗号技術の開発・実装を行い、大気変動や衛星の姿勢変動に伴う通信環境の変動があった場合でも衛星からのビームプロファイルの評価を適切に実施し、衛星と地上局からなる損失 50dB 程度（受信系の損失含む）の空間光通信路において 1kbps を超える、情報理論的に安全な鍵生成を可能とする技術を開発する。また、地上局と共有した鍵を用いて 2Gbps 程度での暗号通信を可能とする光通信技術を開発する。

### ② 衛星搭載用アンテナ・追尾技術

量子鍵配送や物理レイヤ暗号を衛星から地上局へ送信するためには、狭

いビーム広がり角を持つ光アンテナと、地上局からのビーコンビームに対し、高速かつ正確にビーム出射方向を制御する技術が必要である。小型衛星に搭載可能な狭いビーム広がり角を持つ光アンテナ及び地上局からのビーコン光への追尾能力を持つ搭載機器を開発する。その際、衛星全体として高い姿勢制御能力を発揮するため、衛星バスとの橋梁が必須であり、衛星バスとの汎用性の高い通信インターフェースを有するミッション機器を開発する。

## (2) 低軌道小型衛星バスの開発

### ① 小型衛星バスの高精度姿勢制御技術

量子鍵配送・物理レイヤ暗号通信を地上可搬局と行うに当たって、高精度な捕捉追尾機能を有するミッション機器の性能を最大限発揮するため、ミッション機器と協調した姿勢制御技術を開発する。その際、将来の衛星開発の低コスト化に向けて汎用性のあるミッション機器とのインターフェースを開発する。

### ② 電力・RF 通信機能供給技術

①で開発する小型衛星バスの製造において、ミッション機器を十分に稼働させることができる発電能力（数百～1kW レベル）及び鍵蒸留を可能とするスループットを実現できる RF 通信システム（1 Mbps 以上）を内蔵したバスを開発する。

## (3) 可搬型地上局の開発

(1) で開発したミッション機器の性能を実現するため以下の取組を行う。

### ① 高精度光アンテナ及び衛星追尾技術等

低軌道衛星と量子鍵配送・物理レイヤ暗号及び光通信を可能とする光アンテナを開発する。また、高精度な捕捉追尾機能を有する光学系について、可搬型光地上局において使用できるレベルの小型化・軽量化を実現し、(1)における衛星搭載機器と対をなす量子鍵配送・物理レイヤ暗号及び光通信用受信機を製造・開発する。

### ② 地上局の可搬化技術

①において開発する高精度光アンテナ及び衛星追尾機能等を実装した可搬型光地上局を開発する。なお、可搬型光地上局は、低軌道衛星との量子鍵配送・物理レイヤ暗号及び光通信の稼働率を向上させるため、様々な環境でも容易に移動かつ設置ができ、設置後に空間光通信に必要な精度で光軸校正を行うことができ、通信品質の低下を緩和するための振動防止機能

を有するものとする。

### ③ 衛星系・地上系の統合運用検証

開発した地上局を、地上系量子暗号通信網（Tokyo QKD Network 等）と相互接続し、衛星系・地上系にわたり鍵管理やネットワーク制御・管理等を行うための統合動作を検証し、衛星量子暗号網と地上系量子暗号網との鍵リレー動作の機能検証を実施する。さらに、鍵蒸留処理に必要な情報をやり取りし、かつ搭載装置を遠隔制御するための安全な RF 公開通信路を整備する。

## （４）衛星打ち上げによる鍵生成・共有実証

### ① 量子鍵配送・物理レイヤ暗号及び光通信技術実証

（１）～（３）で開発した技術を統合し、ロケットに搭載、低軌道への投入及び衛星-可搬型光地上局による実証実験を行うことで、低軌道衛星及び可搬型光地上局の有効性検証を実施する。なお、実証に当たっては、社会実装を見据えたユースケースについても検討を行うこと。

## 4. 技術開発実施体制

- 量子暗号通信や宇宙光通信に関して十分な知見及び実績を有する研究者や研究設備を有すること。
- 量子暗号通信機器や衛星等の開発といった一連の開発プロセスを自社又は連携機関において実施可能であり、技術開発後のビジネス展開も含めて検討可能な民間企業も含めた体制であること。
- 衛星の打ち上げに伴って必要となる、ロケットの調達や周波数調整及び免許申請等について実施可能な体制を構築すること。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長5年間程度（委託）とし、支援開始後3年目を目途にステージゲートを設ける。

### 5-2. 支援規模（支援件数）

1件あたり145億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方（補助率の設定） 等

我が国において、衛星に搭載可能な量子鍵配送技術の研究開発は行ってきており、原理実証は重ねてきているところではあるが、本テーマにおいては、こ

れまで我が国では行ったことがない実衛星を用いた量子鍵配送実証を行うこととしており、社会実装を見据えたフェージビリティの確証が必要であることから、技術成熟度が低く、ビジネス化に向けた基盤技術を確立するには長期を要すると考えられる。これらのことから、支援の形態を委託、支援の類型をCとして実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択に当たっては、以下の観点等を評価する。

- 提案された技術開発成果が本事業の目標や関連の指標、成果目標の達成等に大きく貢献し得る技術の創出や商業化等に向けて高い実現可能性を有し、衛星量子暗号通信技術の確立に向けた実効的な計画であること。
- 国内外の技術開発動向を踏まえ、提案が優位性、独自性を有すること。
- 技術開発体制やスケジュール等の管理体制、複数機関で受託した場合の連携体制等、技術開発を実施するための体制が適切なものであること。
- 量子暗号通信や宇宙光通信等の技術開発実施内容に関して十分な知見及び実績を有する研究者や研究設備を有し、技術開発成果、研究開発データ、知的財産権等が有効に活用できる体制であること。

## 7. 技術開発マネジメント

令和9年度頃に実施を予定しているステージゲートにおいては、小型衛星に搭載可能な各種装置の開発、小型衛星の開発及び可搬型光地上局の開発が予定どおりに進捗していることを評価するとともに、宇宙実証に向けて必要な周波数獲得状況等について確認し、令和10年度に予定している衛星の打上げの可否を厳格に判断する。

## 衛星コンステレーション構築に必要な通信技術（光ルータ）の実装支援

### 1. 背景・目的

2030年代に実現を目指している次世代の通信技術である Beyond5G (6G) を見据えて世界の開発競争が激化している中、宇宙由来の情報の増加、通信サービスの多様化、我が国の通信衛星（静止軌道/中軌道/低軌道衛星）を活用したコンステレーションや HAPS 等の非地上系ネットワーク（NTN：Non-Terrestrial Network）が多層的に連携することによって、過疎地域や航空、海洋領域を含むあらゆる領域でのより高速で安定的な通信ニーズが高まっている。既に SpaceX の Starlink 等においては衛星に搭載可能な光通信端末の通信速度は 100Gbps に達していると言われており、5G 時代の通信に対応するためには衛星コンステレーションネットワークの高速化・低遅延化は必須である一方で、SpaceX をはじめ、Mynaric や TESAT 等の事業者による光端末競争が始まり、メーカ依存性が高く様々な通信プロトコルに分散する傾向がある。これらは、今後、NTN 市場が活性化する上で大きな障壁となる。さらに、5G 時代の通信に対応した衛星コンステレーションネットワークの構築のためには、標準化の動向を踏まえた相互接続性確保に加え、巨額の投資を行う海外プレイヤーとの連携を意識した多層的な NTN と地上間でシームレスな通信を可能とする高速かつ低遅延の光ネットワークルータが必要である。また、宇宙空間においては、放射線耐性や排熱手法等も必要となるため、地上装置のように単純にチップ性能を上げるだけではこれらの問題を解決することはできない。現状の耐放射線性能を有した宇宙部品では、2Gbps 程度の通信速度が限界であることから、安価で高性能な民生部品の使用も踏まえながら、宇宙環境に耐えうる 10Gbps 超級のネットワーク性能と消費電力を両立した光ネットワークルータが 5G 時代の宇宙を活用した NTN を実現する上で必須であると考えられる。

また、衛星コンステレーションによる通信ネットワークでは、定常的に地上を含めたノード間の接続が切り替わるため、接続が切れることを定常状態として想定していない既存の地上ネットワークプロトコルでは対応が困難であり、さらに、衛星コンステレーション通信ネットワークに必要なとされる経路制御は、コンステレーションを形成する衛星数やその軌道等の条件によっても異なる。このため、高信頼性低遅延通信に必要な基本的なアルゴリズムは押さえつつ、コンステレーション条件によって柔軟に変更可能であることが必要となる。

これらの背景を踏まえ、衛星コンステレーション用光通信ネットワークルータの技術開発を行い、宇宙を活用した NTN の時間的、空間的、品質的、柔軟性を向上する通信基盤技術を確立し、5G 時代の通信需要拡大にも貢献する。

【参考】関連する宇宙基本計画や宇宙技術戦略の抜粋

宇宙基本計画（令和5年6月13日 閣議決定）

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ

(2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現に向けた具体的アプローチ

(a) 次世代通信サービス

【Beyond5G 時代を見据えた次世代通信技術開発・実証支援】

2030年代に実現を目指している次世代の通信技術である Beyond 5G を見据え世界の開発競争が激化している中、陸・海・空さらには宇宙をシームレスにつなぐために、我が国が非地上系ネットワーク（NTN）を世界に先駆けて開発・実装・利活用を一体的に進めていく。それにより、現在ネットワークが整備されていない遠隔地に加え、ドローンや空飛ぶ車等の飛行体への通信サービスの提供など多様な通信サービスの実現や、地政学リスクや災害リスクに備えた強靱なネットワークの実現を目指していく。

これらを実現する基盤となる技術について、フルデジタルを始めとした SDS 技術、通信衛星と IoT の連携、Beyond5G/NTN 関係の技術、衛星光通信技術等に関連する国産の技術開発・実証、通信衛星バスの小型化・低廉化を強力に推進し、必要な海外展開支援も実施していく。なお、海外展開の際には、衛星通信技術のデュアルユース性を念頭に、官民による市場開拓等、効果的な支援を実施していく。

宇宙技術戦略（令和6年3月28日 宇宙政策委員会）

2. 衛星

I. 通信

(2) 環境認識と技術戦略

①衛星間や軌道間及び宇宙と地上を結ぶ光通信ネットワークシステム

ii. 技術開発の重要性と進め方

既存の低軌道通信衛星コンステレーションが世界で競争が過熱し、周波数獲得が困難となる中、光通信は周波数資源を消費しないため、将来的には我が国による低軌道通信衛星コンステレーション構築に向けた重要な要素となる。加えて、我が国のこれまでの光通信端末や光通信システムに関する基盤技術の蓄積を活かすことにもつながる。このため、標準化を含めた海外動向を踏まえた上で、相互接続等も視野に、本技術の開発にシステムとして迅速に取り組むことが非常に重要である。

### ③ 地上系とのシームレスな接続を実現する非地上系ネットワーク（NTN）技術

#### ii. 技術開発の重要性と進め方

NTN 構築に向けては、周波数獲得を含め世界で競争が過熱する中、低軌道通信衛星コンステレーション構築に向け既に巨額な投資を行う海外プレイヤー等との提携を通じ、海外市場の獲得も目指した取組を推進することが重要である。

中長期を見通した技術開発としては、NTN と TN との融合に欠かせない gNodeB などの Beyond5G（6G）無線局(RAN)機能の衛星や HAPS への搭載化技術や、周波数の効率的な利用に資する技術、多層的な NTN と地上間でシームレスな通信を可能とするソフトウェア定義ルータ、NFV、ネットワークスライシング・再生中継技術などの Beyond5G（6G）通信ソフトウェア技術の実装技術の開発について検討が必要である。

## 2. 本テーマの目標（出口目標、成果目標）

基本方針で定められている衛星等分野の技術開発の方向性である「2030 年代早期までに国内の民間事業者による小型～大型の衛星事業（通信、観測等）や軌道上サービス等による国際競争力にもつながる自律的な衛星のシステムの実現」や「革新的な衛星基盤の技術の獲得により我が国の国際競争力を底上げ」等に寄与する、光通信衛星コンステレーションの構築等に向けて、以下を、3 年間程度の目標として技術開発を推進する。

- （1）大容量リアルタイム通信が可能な衛星間光通信の実現に向けて、相互運用性、高速性、安定性等を備えた宇宙光通信ネットワークに必要な基盤技術を確立し、10Gbps 超のデータ伝送処理及び 100Gbps 端末にも対応するようなルータを実現。

## 3. 技術開発実施内容

前述の目標を達成するために、以下の技術開発項目を実施する。

### （1）宇宙光ネットワークルータの技術開発

宇宙光ネットワーク構築に必要な 10Gbps 超のデータ伝送処理及び 100Gbps 端末に対応するモデムを有する宇宙光ネットワークルータについて、プロトコルやサイバー対策等のユーザニーズが変化してもソフトウェアアップグレードにより対応可能なデバイス（FPGA：Field-programmable gate array）を用いるとともに、安価で高性能な民生部品を活用し、宇宙環境（放射線耐性・電力・重量・排熱制限等）に対応可能なルータアーキテクチャの開発及びハードウェア条件の見極めを行い、実機装置による機能性能検証を行う。

#### 4. 技術開発実施体制

- 宇宙光通信に関して十分な知見及び実績を有する研究者や研究設備を有すること。
- 宇宙光ネットワークルータに係る一連の開発プロセスを自社又は連携機関において実施可能であり、技術開発後の機器販売又はその機器を搭載した衛星を活用したサービス構想を有する民間企業等であること。
- 必要に応じて、別途宇宙戦略基金で支援することとしている「商業衛星コンステレーション構築加速化」や、経済安全保障重要技術育成プログラムの「光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証」との連携を行うこと。

#### 5. 支援の方法

##### 5-1. 支援期間

最長3年間程度（補助）とする。

##### 5-2. 支援規模（支援件数）

1件あたり19億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

##### 5-3. 自己負担の考え方（補助率の設定） 等

本テーマは、開発した機器の販売又は当該機器を搭載した衛星を活用したサービス構想を有する民間企業等を支援対象として想定している。衛星光通信分野については、既にStarlink等の海外企業において衛星に搭載可能な光通信端末の通信速度が100Gbpsに達している等、近年の急激な国際競争により比較的高い技術成熟度に到達していることから、民間企業等による事業化が見込める事業実証のレベルに達しており、民間企業による商業化等、実施者の裨益が大きいと見込まれると考えられる。これらのことから、支援の形態を補助、支援の類型をA（市場成熟度も高いケース）として実施する。

なお、補助率については、実施者の規模等の情報も勘案しながら、代表機関とJAXAが協議の上、決定する。

#### 6. 審査・評価の観点

採択に当たっては、以下の観点等を評価する。

- 提案された技術開発成果が本事業の目標や関連の指標、成果目標の達成等に大きく貢献し得る技術の創出や商業化等に向けて高い実現可能性を有し、宇宙光通信用ルータ技術の確立に向けた実効的な計画であること。

- 国内外の技術開発動向を踏まえ、提案が優位性、独自性を有すること。
- 技術開発体制やスケジュール等の管理体制、複数機関で受託した場合の連携体制等、技術開発を実施するための体制が適切なものであること。
- 宇宙光通信に関して十分な知見及び実績を有する研究者や研究設備を有し、技術開発成果、研究開発データ、知的財産権等が有効に活用できる体制であること。
- 開発した機器を搭載した衛星を活用したサービス構想を近い将来に考えている場合等においては、必要に応じて、国際周波数調整及び国内免許手続きが完了している、又は見込みが付いていること。

## 7. 技術開発マネジメント

本テーマにおける技術開発の成果が事業等に適切につながるよう、実施主体の取組状況（技術開発の進捗及び成果の創出状況、社会実装や資金獲得に向けた取組等）を定期的にモニタリング・評価し、技術面・事業面から実施主体の円滑な事業実施を支援する。加えて、民間企業によるサービスの実現性に関して、要求水準を満たすような性能・機能となっているかを BBM 等による地上実証等の必要な検証を通じて確認する。

## 月面の水資源探査技術（センシング技術）の開発・実証

### 1. 背景・目的

2019年10月、我が国は米国提案によるアルテミス計画に参画することを決定した。本計画は、月での持続的な活動を目指す等の点で従来の宇宙科学・探査とは全く性格が異なるものであり、今後、月や火星までの領域が人類の活動範囲となっていくことを踏まえ、将来の経済活動や外交・安全保障を含めた幅広い観点から取り組んでいく必要がある。こうした状況の下、月面というフロンティアにおいて我が国が国際的な競争力を有し持続的な経済活動を目指すことは極めて重要である。月面活動においては人類の生命維持やロケット、工場等の燃料として水資源の活用が期待されており、月面の水資源探査は極めて重要な役割を果たすと考えられる。

我が国では、これまでミリ波やテラヘルツ波の受動観測による広域探査において国際的な実績を有している。地球リモートセンシングでは、2002年からの実績を持つ AMSR (Advanced Microwave Scanning Radiometer) シリーズがあり、AMSR-E ではミリ波 (6.9GHz~89GHz) を用いて氷面積分布や土壌水分含有量等を推定している。テラヘルツ波に関しては、2009年に国際宇宙ステーション (ISS) に搭載された超伝導サブミリ波サウンダ (JEM/SMILES) があり、0.65THz 帯を用いて成層圏オゾン層破壊物質等の測定を高感度を実施した。

月面水資源の広域探査の有効な手法のひとつに、現在、宇宙開発利用加速化戦略プログラム (スターダストプログラム) において研究開発が進められているテラヘルツ波を用いた月周回軌道衛星による受動リモートセンシングがある。テラヘルツ波は氷や水に敏感な周波数帯であり、高い検出感度を有しており、また、ミリ波と比較してセンサの小型軽量化が可能であるため、超小型衛星への搭載が実現可能であり、加えて、小アンテナ口径で高水平分解能を持つ広域探査の実現が期待される。

本テーマでは、テラヘルツ波を活用した水資源探査技術を活用し、これまでの技術開発成果等を統合した衛星を開発し、周回軌道・観測することにより、広域での月面の水資源の実態の把握に資するデータを取得し、月面における水等の資源が所在する有望箇所の推定に繋げることを目指す。

【参考】関連する宇宙基本計画や宇宙技術戦略の抜粋

宇宙基本計画 (令和5年6月13日 閣議決定)

#### 1. 宇宙政策をめぐる環境認識

##### (4) 月以遠の深宇宙を含めた宇宙探査活動の活発化

##### 【月面探査】

##### (b) 月面における持続的な有人活動

アルテミス計画の進展に伴い、まずは 2020 年代から科学探査活動の一環として資源探査が行われ、水資源を含め月面における資源の存在状況を把握し、将来の活用の可能性を明らかにする。これを踏まえつつ、月面での有人活動を持続的に行っていくため、民間の参画も得ながら、無人建設等の新技術を開発・活用して電力・通信・測位システムや食料供給システムなどの技術実証と整備を段階的に行っていく。さらに、将来的には、月面が段階的に人類の生活圏となり、新たな経済・社会活動が生まれ、月面宇宙旅行なども期待される。また、アルテミス計画を始めとした各国が実施する月面プログラムを通じて、民間事業者が地上技術を発展させて宇宙転用することを含め、新たな産業の創出を目指す。これによって、月面経済圏として発展していく可能性がある。

月面の水資源について一定量の存在が確認できれば、生活用水や、電気分解による呼吸用酸素、燃料の調達がその場で可能となり、持続的な有人活動に貢献し、月以遠の深宇宙探査が効率的になる可能性がある。また、シリコンや、鉄・アルミを始めとする金属資源の存在も確認されており、火星等の他天体へ行くための資機材工場となる可能性もある。

宇宙技術戦略（令和 6 年 3 月 28 日 宇宙政策委員会）

### 3. 宇宙科学・探査

#### Ⅲ. 月面探査・開発等

##### （2）環境認識と技術戦略

##### ⑥月資源開発技術

##### ii. 技術開発の重要性と進め方

水資源探査を効果的・効率的に進めるため、地下浅部の広域探査を可能とする月周回資源探査技術として、衛星搭載用多周波数チャンネルテラヘルツ波センサの開発に取り組むことが重要である。月周回資源探査技術には、軽量の多チャンネルテラヘルツセンサ技術、軌道上で衛星とセンサを統一的に制御する衛星デジタル処理技術、並びに、それらの統合開発を含む。

## 2. 本テーマの目標（出口目標、成果目標）

基本方針で定められている探査等分野の技術開発の方向性である「月や火星圏以遠への探査や人類の活動範囲の拡大に向けた我が国の国際プレゼンスを確保」等に寄与するため、以下を、4 年間程度を目標として技術開発を推進する。

- （1）月面の水資源探査の実施を見据え、月面の輝度温度分布を複数周波数において観測し、月面の水・氷含有量の推定分布に資するデータの取得が可能なテラヘルツ波センサシステム（10kg 程度以下）を搭載した衛星システム（100kg 程度以下）の開発。

- (2) (1) で開発した衛星システムを月周回軌道に投入して観測を行い、LUPEX 等のその他探査機の手法による観測データ等と組み合わせて分析する手法を開発し、包括的な検討を実施し、月面における水氷資源の有望箇所状況を推定把握するとともに、水氷以外の資源の有望箇所の将来的な推定に繋げる。

### 3. 技術開発実施内容

前述の目標を達成するために、以下の技術開発項目を実施する。

- (1) 衛星システム（多チャンネルテラヘルツ波センサシステムを含む。）の開発

採択後 1 年程度を目途に令和 7 年度末までに衛星システムの PFM（プロトフライトモデル）の開発を完了させる。なお、月周回軌道においては、地球周回軌道のように高頻度での通信が困難であることから、開発した宇宙用の小型軽量のオンボードコンピュータ部には測定輝度温度データ及び測定機器温度等の各種情報を一次保存する機能を持たせること。また、月測位衛星システム（LNSS：Lunar Navigation Satellite System）がまだ整備されていないことから、観測位置情報を正確に導出するための手法について提案を行うこと。

- (2) 開発した衛星システムの月周回軌道への投入、観測の実施

テラヘルツセンシングによる月面水資源探査の効率的な実施のため、月資源探査用に開発した 2 周波数（0.25THz、0.5THz 帯）における月面からの放射輝度温度を高精度（システム雑音温度 5000K 以下）で測定可能な小型軽量のセンサを搭載した 100kg 以下の相乗り小型衛星を、採択後 2 年程度を目途に令和 8 年度頃に打上げ、月周回軌道に投入させる。

また、打上げ時・月までの飛行時・軌道投入時・軌道上観測時等において、センサ・衛星のモニタリングや管理に必要な項目についてを地上局を経由してコントロールするためのデータを送受信する観測管理運用を行うシステムを開発し、打上げ以降において衛星バス部へのコマンド送信及び測定データ受信を行う。

なお、衛星の打上げ及び観測等に伴って必要となる、使用するロケットの調達や周波数調整、惑星保護に関する手続き等についても実施する。

- (3) 地上データ処理系の開発及び運用

取得した生データを処理から高次処理（見かけ比誘電率を推定するためのデータ）するための地上システム・観測シミュレータ・データベースを開発するとともに、データを処理するための推定アルゴリズムの研究開発を採択後 1 年程度を目途に令和 7 年度までに実施するとともに、打上げ以降においても

必要に応じて、開発した地上システム等各地上データ処理系とアルゴリズムについての改良を行う図る。

また、観測したデータに位置データを付与し、地理情報システムで利用できる形式のデータへ変換することも目指すで地図データとする。

#### (4) 他探査手法による観測データ等と組み合わせた手法の開発の包括的な検討

得られた観測データが得られた領域について、高解像度可視画像、地理的な高度、化学組成、誘電率等に関する情報を他探査手法による観測データや地上における実証実験等などと適切に調査・比較検証を検討する手法を、採択後1年程度を目途に開発し、探査データの可視化手法に統合して、これを用いた包括的な月面の水氷の有望箇所を推定するとともに他の資源の有望箇所の推定を目指すの資源地質学的検討を実施する。

また、開発したセンサ・衛星システムから得られたデータについてセンサ及び衛星システム全体の評価を実施するとともに、更なる効率的な宇宙資源探査を行うための発展的な電波センシングの可能性についても検討を行う。

## 4. 技術開発実施体制

- センシング技術に関して十分な知見及び実績を有する研究者や研究設備を有すること。
- 衛星システムの開発や地上処理系システムの開発といった一連の開発プロセスを自社又は連携機関において実施可能であり、技術開発後のビジネス展開も含めて検討可能な組織大学・国立研究開発法人等であること。また、研究開発のプロセスに関与する関係者との間で、適切な連携を確保した体制を構築していること。
- 現在、衛星及びセンサの開発を行っている宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）の「月面におけるエネルギー関連技術開発」との連携を図ること。
- 衛星の打上げに伴って必要となる、使用するロケットの調達や周波数調整及び免許申請等について実施可能な体制を構築すること。

## 5. 支援の方法

### 5-1. 支援期間

最長4年間程度（委託）とし、支援開始後1年目及び2年目を目途にステージゲートを設ける。—

### 5-2. 支援規模（支援件数）

1件あたり64億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

### 5-3. 自己負担の考え方（補助率の設定）——等

月面の水資源探査は、各国においてもアルテミス計画等に基づき探査や開発計画を進めているところであるものの未だ月面における水資源の在り方については未知の部分が多い。これまでも我が国においてはセンシング技術の研究開発はは行ってきたところではあるが、本テーマで実施する月周回軌道からセンシング技術を活用した月面の水資源のを探査についてはこれまで実証実績はないことから、技術成熟度が低く、ビジネス化に向けた基盤技術を確立するには長期を要すると考えられる。これらのことから、支援の形態を委託、支援の種類をCとして実施する。

## 6. 審査・評価の観点

採択に当たっては、以下の観点等を評価する。

- 提案された技術開発成果が本事業の目標や関連の指標、成果目標の達成等に大きく貢献し得る技術の創出に向けて高い実現可能性を有し、LUPEX等のその他探査機の観測データ等と組み合わせて分析する手法を開発し月面における水氷の有望箇所の推定が可能な水資源探査が可能なセンシング技術の確立に向けた実効的な計画を有すること。
- 国内外の技術開発動向を踏まえ、提案が優位性、独自性を有すること。
- 技術開発体制やスケジュール等の管理体制、複数機関で受託した場合の連携体制等、技術開発を実施するための体制が適切なものであること。
- センシング技術や他の探査機の観測データ等と組み合わせて分析する手法の開発等の技術開発実施内容に関して十分な知見及び実績を有する研究者や研究設備を有し、技術開発成果、研究開発データ、知的財産権等が有効に活用できる体制であること。—

## 7. 技術開発マネジメント

支援開始後1年目及び2年目を目途令和7年度末に実施を予定しているステージゲート評価においては、センサを含めた衛星システム及び他の探査機の観測データ等と組み合わせて分析する手法の開発が予定どおりに進捗していることを評価する。これに加え、支援開始後2年目を目途に実施を予定しているステージゲート評価においては、とともに、宇宙実証に向けて必要な周波数獲得状況等について確認し、採択後2年程度を目途と令和8年度頃に予定している衛星の打上げの可否を厳格に判断する。



## 月-地球間通信システム開発・実証 (FS)

### 1. 背景・目的

我が国は、2019年10月に、将来的な火星有人探査を視野に入れつつ、月での持続的な探査活動を目指す国際宇宙探査プログラムである「アルテミス計画」に参画することを決定している。我が国では、この計画の下、国際協力による月・火星探査を実施するとともに、持続的な有人活動に必要となる、環境制御・生命維持システムや月周回有人拠点（ゲートウェイ）補給機の研究開発、月面での広域・長期探査を可能とする有人と圧ローバの開発、月極域探査機（LUPEX）による水資源関連データの取得等に向けた取組などを着実に実施していくこととしている。

アルテミス計画の進展に伴い、まずは2020年代から科学探査活動の一環として資源探査が行われ、水資源を含め月面における資源の存在状況を把握し、将来の活用の可能性を明らかにすることとしている。また、月面での有人活動を持続的に行うために民間事業者が地上技術を発展させて宇宙転用することを含め、電力・通信・測位システム等の技術実証と整備を段階的に行っていくことで将来的には月面が人類の生活圏となり、新たな経済・社会活動が生み出されることが期待される。

このような状況下において、月面探査等における通信技術は、欧米等の各国でも取り組まれており、国際的に協調して共通のインフラや規格を共同利用する方向で調整が進められている。アルテミス計画における重要ミッションである、日本の有人と圧ローバ、米国の有人曝露ローバ、月面での船外活動等では4K/8Kリアルタイム映像伝送等が予定されているところ、現在、我が国においては、宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）を活用して月周回衛星による1Gbps通信にかかる技術開発が進められており、それを補完する技術として、月探査で要求されている周波数帯及び送信・受信性能を満たす向け地上局及び月面におけるモバイル通信技術を開発し、月-地球間での大容量リアルタイム通信の実現が望まれる。JAXAは月周回有人拠点（ゲートウェイ）、有人と圧ローバ、月探査促進ミッション（LEAD）、中型月着陸実証ミッションなどにおいてNASAが開発を進めている大容量通信向け月探査向け地上局（LEGS）と同程度の機能・性能を保有する地上局との通信を前提としているものの、現状当該仕様を具備する地上局の開発計画は国内で存在しておらず、整備が急務となっている。

【参考】関連する宇宙基本計画や宇宙技術戦略の抜粋  
宇宙基本計画（令和5年6月13日 閣議決定）

### 4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ

(2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現に向けた  
具体的 アプローチ

(a) 次世代通信サービス

【Beyond5G 時代を見据えた次世代通信技術開発・実証支援】

(中略) アルテミス計画においては、月の探査活動の初期段階に通信も  
含めた基盤の整備が必要となるが、将来的には超長距離の通信ネットワー  
ク技術によって、深宇宙や月との通信も可能となる。

宇宙技術戦略（令和6年3月28日 宇宙政策委員会）

3. 宇宙科学・探査

Ⅲ. 月面探査・開発等

(2) 環境認識と技術戦略

④ 月通信・測位技術

ii. 技術開発の重要性と進め方

将来の探査活動においては、8K等の高精細映像データや科学観測データ  
等の大容量データのリアルタイム通信を実現する光通信技術が有用であ  
り、月と地球圏という長距離通信に必要な要素技術（遠距離捕捉追尾技  
術、高感度送受信技術、軽量大口径光学系、補償光学系）の研究開発を行  
うことが非常に重要である。これには、光データ中継衛星 JDRS 等で我が国  
として実証してきた技術も継承して取り組む。

月圏での通信・測位インフラの構築には、複数機の月周回衛星から構成  
されるコンステレーションの配備等、装置の物量の増大が予想されるが、  
月周回・月面への資材輸送は、多額のコストがかかるため、現実的な費用  
規模でのインフラ構築のためには装置自体を小型軽量化する技術（高周  
波・高効率 RF 技術等）が重要である。

月探査において、将来的に月面上に複数のユーザーや基地局、月周回軌  
道上にも複数の中継衛星が配備されることが想定され、そのユーザーや中  
継衛星もダイナミックに移動し中継の切り替えも頻繁に発生することが見  
込まれる。また、通信距離も長いため、遅延が発生し、通信途絶の確率も  
高まる。実利用に資する月通信インフラの実現には、このような宇宙探査  
通信の特徴である、超遠距離通信に伴う高遅延（データ送受信の遅延が長  
いこと）や高エラーレート（伝送データのエラー発生率が高いこと）、中継  
数の多さやそれらがダイナミックに移動することに伴う流動的なネットワ  
ーク接続形態の変化等に対応するために、遅延・途絶耐性ネットワーク  
(DTN)の高速化技術をはじめとする惑星間インターネット技術が非常に重要  
である。また、天候等の地上の状況によらない月と地球圏でのフィーダリ

ンク等のための安定的な通信環境を確立することが必要であるが、現状、地球側においても地上局が世界的に不足している等の事情があることから、現状把握を含む詳細な調査を行い、月と地球圏という長距離にも対応可能な電波通信に係る要素技術（自動捕捉追尾機能等）の開発を実施し、地球地上局を含む通信設備の整備を進めることが非常に重要である。

月面・月周回軌道上で、リアルタイムに測位を行うための月測位システム技術は、月探査の運用性の大幅な向上のために、非常に重要である。月測位システム(LNSS)の実現のため、月近傍 GNSS 受信機やその観測量に基づく月周回軌道上での軌道決定技術、月面にいるユーザーが自分の位置や時刻の算出に用いる測位衛星から発信される航法メッセージの生成技術等を確立する必要がある。米国や欧州等においても取組が進められている中、日本も含めて相互運用性を確保しつつ、国際協力の下での月面測位実証や、月面上での測位基準局の配備等に初期段階から参画し、我が国として独自性のある貢献を果たすことが必要である。

月面に拠点を建設し持続可能な活動を実現するにあたり、月面拠点域内での通信技術の開発が重要である。WiFi や 5G 等の成熟した地上の技術を可能な限り活用することを前提としつつ、マルチパスや大地反射等といった月面特有の環境条件に対応した月面基地局によるモバイル通信技術等の研究開発を実施し、月面ネットワークの構築を図る。

## 2. 本テーマの目標（出口目標、成果目標）

基本方針で定められている探査等分野の技術開発の方向性である「月や火星圏以遠への探査や人類の活動範囲の拡大に向けた我が国の国際プレゼンスを確保」等の寄与に向けて月-地球間通信の実現可能性評価を行うため、以下を、1年間程度の目標として調査検討を行う。

- (1) 月-地球間における大容量かつ高精度捕捉・追尾等が可能な通信アンテナの開発に向けた地球地上局の基本設計の確立
- (2) 移動しながらも高画質映像伝送が求められる有人与圧/曝露ローバ等のミッションに対して高品質・高信頼性のモバイル通信環境を月面において提供することの実現可能性等の評価

## 3. 技術開発実施内容

前述の目標を達成するために、以下の取組を実施する。

### (1) 月探査向け地上局の整備

大容量通信が可能な月探査向け地上局を新規整備することにより、月周回有人拠点（ゲートウェイ）や有人与圧ローバ、月探査促進ミッション

(LEAD) 等の複数のミッションの成功に貢献することを目指すとともに、宇宙飛行士が参画するようなミッションにおいてはサイトダイバーシティ（地点冗長化）の観点でバックアップ局も必要となることから、JAXA及びNASAが月探査活動に向けた大容量通信で想定している機能・性能<sup>1</sup>を有した地上局を少なくとも国内に1局、国内外含めて3局整備するために以下の取組を行う。この際、当該機能・性能を有する地上局にかかる海外動向も調査した上で検討を行う。

① 国内外地上局ネットワークの統合運用技術

月との常時通信（冗長系を含む。）を実現するため、国内外にある複数地上局を高品質な通信ネットワークでつなぎ、局同士をつなぐ回線を含む地上局ネットワークの統合運用が可能なシステムの整備を行うための基本設計を行う。

② 大容量かつ高精度捕捉・追尾等が可能な地上局整備技術

月-地球間のような長距離通信において大容量通信を行うためには、細いビーム幅で高精度な捕捉・追尾がもとめられる他、その性能を維持するための保守や故障によるダウンタイムを低減し、地上局システムを最大限活用する必要があることから、高精度追尾手法や性能維持に係る地上局システムの監視方法等の確立を行い、稼働時間制約が少なく信頼性の高い月-地球間大容量通信アンテナの開発に向けた基本設計を行う。

(2) 月面モバイル通信環境の構築

月の南極域における資源探査など特定の地域で移動しながら高画質映像伝送が求められる有人と圧ローバ、NASAの有人曝露ローバ、宇宙飛行士による船外活動などのミッションに対し、月周回有人拠点（ゲートウェイ）や月周回衛星を中継した月-地球間通信に加えて、我が国が誇る高品質・高信頼性のモバイル通信の技術開発及び大容量で安定した通信を提供するために、地上及び月面を含む宇宙空間での実証を通して月面に基地局タワー建設によるモバイル通信システムの環境の構築を目指し、有人と圧ローバや有人曝露ローバ等で想定されているユースケース及び通信要求を満たすため、広域及び移動中における安定通信や4K/8K伝送が可能な大容量リアルタイム通信の実現に向けて、以下のフェーズビリティスタディを行う。この際、欧米等の諸外国における動向についても調査を行うこと。

---

<sup>1</sup> NASA Near Space Network

<https://www.nasa.gov/communicating-with-missions/nsn/>

JAXA 国際宇宙探査センター「月探査活動に向けた地上局の情報提供依頼」

[https://www.exploration.jaxa.jp/assets/img/news/地上局情報提供依頼\\_230316.pdf](https://www.exploration.jaxa.jp/assets/img/news/地上局情報提供依頼_230316.pdf)

#### ① 月面モバイル通信エリア設計技術

現状、月面におけるモバイル通信システムは存在しておらず、月面活動で求められる通信、月面環境、月面開発の進展に応じた段階的な拡張等を考慮したエリア設計技術の確立が必要である。月面では、大小の起伏やクレーター、レゴリスと呼ばれる土壌が存在する等、地球とは環境が異なるため、その影響も考慮したモバイル通信システムの機器類の配置、伝送路の確保、将来への拡張性について検討し、令和7年度上期までにミッション要求に応えられるエリアの設計を行い、月面モバイル通信の実現可能性を示す。

#### ② 月面モバイル通信システムの耐月環境技術

月面でモバイル通信システムの構築を目指すにあたっては、地球上で使用されているモバイル通信システムをベースとしつつ、月面環境（真空、放射線、昼夜温度差、レゴリス環境等）による影響や月面へ輸送可能な容積や質量等の制約を考慮する必要がある。加えて、ミッションの期間やユースケースによってハードウェアに求められる機能・性能要件も異なると想定される。上述を踏まえ、令和7年度上期までに、月面実証の対象地域の候補を設定し、そこにおける環境条件の調査、モバイル通信システムの環境耐性に係る機能・性能要件の抽出を行う。加えて、当該要件を満たす宇宙用機器や地上用のモバイル通信機器を調査する。

#### ③ 月面でのインフラ構築方法の確立

より広範囲でモバイル通信を可能とするためには、基地局を可能な限り高い場所に設置する必要があるが、地上のように重機や人手によって基地局を建設するのは安全性や費用対効果の観点で現実的ではないため、無人でタワーの建設及びアンテナ設置を行う手法の確立が必要である。本手法を検討するため、令和7年度上期までに月面におけるタワー建設及びアンテナ設置に係る課題を抽出し、解決方法を調査した上で実現可能な手法を検討する。

#### ④ 月面通信システム運用技術

月面における船外活動やローバによる探査活動において、通信の途絶は大きなハザードリスクとなるため、当該ミッションで求められる通信品質は高い。加えて、月面は放射環境や熱環境等、地球上に比べて環境条件が厳しく、ネットワーク設備の保守や故障対応も想定されるが、地球上のように人がすぐに対応することは難しい。このような状況に対応可能な、月面モバイル通信の運用コンセプトを令和7年度上期までに整理し、当該運用コンセプトを実現するための月面モバイル通信システムの機能要件を検

討する。この際、月周回衛星による中継通信等他の通信方式との協調運用についても検討する。

#### 4. 実施体制

- 宇宙機関のミッション向けの地上局アンテナ装置の開発実績や、月や地上における通信等に関して十分な知見及び実績を有する研究者や研究設備を有する民間企業等であること。
- 必要に応じて、宇宙開発利用加速化プログラム（スターダストプログラム）の「月面活動に向けた測位・通信技術開発」との連携すること。

#### 5. 支援の方法

##### 5-1. 支援期間

(1)、(2)のいずれか一つ又は複数に提案することを可能とし、(1)については最長1年間以内程度（委託）、(2)については最長1年間程度（委託）とする。

##### 5-2. 支援規模（支援件数）

(1)(2)合わせて5億円程度を上限とし、1件程度を採択する。

##### 5-3. 自己負担の考え方（補助率の設定） 等

月-地球間通信については各国において検討が進められているところであり、本テーマは、我が国においても検討を加速化するため、その初期段階として強みを発揮できる技術領域の抽出及び実現可能性の評価等に係る調査分析のためのフィージビリティスタディであることから、支援の形態を委託、支援の種類をDとして実施する。

#### 6. 審査・評価の観点

採択に当たっては、以下の観点等を評価する。

- 提案されたFSの成果が本事業の目標や関連の指標、成果目標の達成等に大きく貢献しうる技術の創出等に向けて高い実現可能性を有し、月-地球間における通信システムの確立に向けた実効的な計画であること。
- JAXAやNASA等の国内外の動向を踏まえ、関連プログラムとの関係を適切に整理していること。
- FSの実施体制やスケジュール等の管理体制、複数機関で受託した場合の連携体制等が適切なものであること。
- 月-地球間通信及び月面内通信技術等に関して十分な知見及び実績を有する

研究者や研究設備を有していること。

## 7. 技術開発マネジメント

JAXAは月通信システムに係る NASA 等との調整状況を踏まえ実施主体に対して適宜助言等を行う。

また、(1)については、地上局開発及び複数局による高品質な通信ネットワーク構築に係る技術課題の解決策について検討がなされ、月探査ミッションで要求されている周波数帯及び送受信性能を満たす地上局の開発が可能となるよう基本設計を進めることとし、(2)については、モバイル通信を適用する月探査ミッションの通信要求を分析した上で概念検討を行い、NASA 等の諸外国における動向も踏まえ、連携・共有できるような枠組みを意識してフィージビリティスタディを進めることとする。