

(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、有人と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。

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（プロトタイプライトモデル）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は

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。

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。