

背景・目的

実用的な量子コンピュータの実現やスーパーコンピュータの性能の向上により、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中、宇宙戦略基金の衛星等分野の方向性である「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」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の獲得が急務である。通常、光ファイバ通信においては伝送損失により長距離の量子鍵配送が困難であるといった課題が存在するため、大陸間等の長距離間における量子暗号通信やネットワーク化が不可能であることから、光の減衰を小さく抑えることができる衛星量子暗号通信技術を活用し、地上網だけでは実現し得なかった、距離に依らない堅牢な量子暗号通信網の構築に向けた重要基盤技術を確立する。

（参考）宇宙技術戦略での記載

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. I（2）④ii）

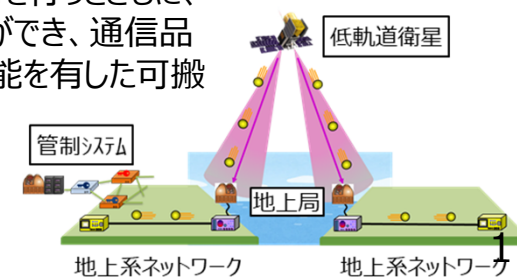
本テーマの目標（出口目標、成果目標）

宇宙戦略基金における衛星等分野の方向性である「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、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。

- A) 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。
- B) 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。

主な技術開発実施内容

- A) 小型衛星に搭載することを想定し、量子暗号装置等の小型化・軽量化技術の開発を行うとともに、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の狭いビーム広がり角を持つ光アンテナ及び地上局に対する捕捉追尾機能を有した衛星搭載機器を開発する。
- B) Aで開発するミッション機器の性能を最大限発揮させるため、ミッション機器と協調した姿勢制御技術を開発するとともに、必要な電力供給能力（数百～1kW級）及びRF通信機能（1Mbps以上）を有した小型衛星バスの開発を行う。
- C) 低軌道衛星と量子鍵配送等を可能とする高精度光アンテナ及び衛星捕捉追尾機能等の開発を行うとともに、空間光通信に必要な精度で光軸校正ができ、通信品質の低下を緩和するための振動防止機能を有した可搬型地上局等の開発を行う。
- D) A～Cで開発した技術を統合し、ロケットへの搭載及び運用、量子鍵配送等の実証を行う。



【衛星等】衛星量子暗号通信技術の開発・実証（総務省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額：145億円程度（上限）
- 採択予定件数：1件程度
- 支援期間：5年間程度
- 委託・補助の別：委託
- 支援の枠組み：B/C
- ステージゲートの有無：有（2027年度を目処に実施）

技術開発推進体制

- 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し、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・実証後のビジネス展開も含めて検討可能な民間企業等も含めた体制を想定。

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基本方針における宇宙戦略基金の全体目標や実施方針における各テーマの目標等に沿ったものとなっているか。
 - ・提案された技術開発の手法が衛星量子暗号技術の確立に向け、目的、目標等を達成するために妥当なものとなっているか。
 - ・国内外の技術開発動向を踏まえ、提案が優位性、独自性を有するか。
 - ・技術開発体制、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は適切なものであるか。
- ステージゲートにおいては、以下の観点等を評価する。
 - ・衛星搭載用の各種装置、小型衛星及び可搬型光地上局等の開発が予定どおり進捗しているか評価するとともに、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、2028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。

研究開発スケジュール（年度）

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
			SG							
C			B			☆衛星の打ち上げ及び実証				
・小型低軌道衛星バスの開発及び当該衛星に搭載可能な量子鍵配送、光通信技術等の開発			・可搬型光地上局の開発							

前述の観点、例えば、ステージゲートのタイミングや支援スキーム、技術開発成果の展開先、実証のタイミング等を記載。追加造成等を検討している場合は、点線の矢印で記載

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Beyond 5G(6G)を見据えて世界の開発競争が激化し、宇宙由来の情報の増加や通信サービスの多様化が進んでいる中、宇宙戦略基金の衛星等分野の方向性である「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げ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」するためには、地上網だけでなく通信衛星等も活用したネットワークを構築することが急務である。これまで光通信に関連して、総務省においては光通信用端末や光増幅器、補償光学等の研究開発を行ってきたところ、今後、光通信市場を構成する残された中心技術として、通信系全体の制御を司り性能向上のキーを握るルータ技術がある。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とともに、将来的な国産の衛星コンステレーションの構築にも資するような宇宙光通信用ルータの開発を行う。

（参考）宇宙技術戦略での記載

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繋がる。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。

（2. I（2）① ii）

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. I（2）③ ii）

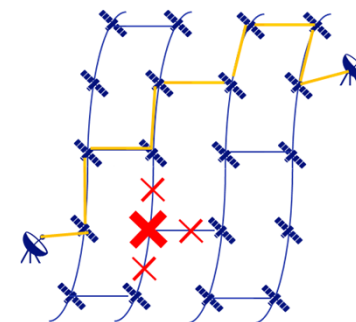
本テーマの目標（出口目標、成果目標）

宇宙戦略基金における衛星等分野の方向性として例示されている「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げ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。

- ・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。

主な技術開発実施内容

- ・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。



【衛星等】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（総務省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額：19億円程度（上限）
- 採択予定件数：1件程度
- 支援期間：3年間程度
- 委託・補助の別：補助
- 支援の枠組み：A
- ステージゲートの有無：無

技術開発推進体制

- 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し、一連の開発プロセスを自社又は関係企業と連携し実施可能であり、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を想定。
- 必要に応じて、「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。

研究開発スケジュール

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
・宇宙用光ネットワークルータ等の開発 A				・民間事業者等による社会実装に向けた取組					

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基本方針における宇宙戦略基金の全体目標や実施方針における各テーマの目標等に沿ったものとなっているか。
 - ・提案された技術開発の手法が宇宙光通信用ルータ技術の確立に向け、目的、目標等を達成するために妥当なものとなっているか。
 - ・技術開発体制、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は適切なものであるか。
 - ・必要に応じて、その後のビジネス化に向けて必要な周波数の獲得の見込みが付いているか。

前述の観点、例えば、ステージゲートのタイミングや支援スキーム、技術開発成果の展開先、実証のタイミング 等を記載。追加造成等を検討している場合は、点線の矢印で記載

背景・目的

アメリカを中心としたアルテミス計画をはじめとして、中国やインド等の世界各国において多数の月探査計画が予定されている等、月の探査・開発が急速に進展し、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として有力視されている水資源への関心が高まっている中、宇宙戦略基金の探査等分野の方向性である「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の確保」のためには、我が国においても月面での持続的な探査活動を見据えた取組が必要となる。我が国ではこれまでもLUPEX等の取組を進めているが、LUPEXは月面着陸後、ローバで走行しながら地下1.5mまでを観測し、水分分布の可能性のある地点で元素観測、掘削、試料採取等を実施することとしている。他方、我が国において技術的知見を有するリモートセンシング技術を活用することにより、月周回軌道から面的に地表面（～数十cm）の探査を行うことができることから、LUPEXの高精度観測の結果とリモートセンシングによる結果を比較検証することで、月の南極域だけでなく月面全体への展開が可能である。そのため、月面における水資源の状況のいち早い把握に向けて月面の水資源探査に向けたリモートセンシング技術を確立する。

（参考）宇宙技術戦略での記載

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、軽量な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。（3. III（2）⑥ii）

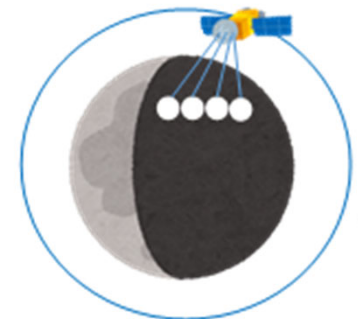
本テーマの目標（出口目標、成果目標）

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている「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。

- A) 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の取得が可能で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。
- B) A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等のその他探査手法による観測データと合わせた包括的な検討を実施し、月面における水資源の状況を把握する。

主な技術開発実施内容

- A) 月面組成を模擬した実験室実験から得られた各周波数に対する特性データベースに基づき、誘電率から氷・水・土壌水分含有量を推定する解析アルゴリズムの開発を行うとともに、吸収・放射・地表面散乱を考慮に入れた月表面測定のための電磁波伝搬モデルの開発を行う。また、それらのデータベース等を踏まえ、月面からの放射輝度温度を高精度で測定可能な小型軽量なセンサを搭載した小型衛星を開発する。併せて、打上げに向けた惑星保護法への対応や周波数調整等を行う。
- B) 測定データを処理するため地上データ処理系の開発及び改良を行うとともに、観測データが得られた領域について、高解像度可視画像や地理的な高度、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と比較検証する手法を開発し、包括的な月の資源地質学的検討を実施する。



【探査等】月面の水資源探査技術（センシング技術）の開発・実証（総務省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額：64億円程度（上限）
- 採択予定件数：1件
- 支援期間：4年間程度
- 委託・補助の別：委託
- 支援の枠組み：B/C
- ステージゲートの有無：有（2025年度末を目処に実施）

技術開発推進体制

- 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とともに、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）における「月面におけるエネルギー関連技術開発」と連携し、技術開発後のビジネス展開も含めて検討可能な大学・国研等を想定。

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基本方針における宇宙戦略基金の全体目標や実施方針における各テーマの目標等に沿ったものとなっているか。
 - ・提案された技術開発の手法がセンシング技術の確立に向け、目的、目標等を達成するために妥当なものとなっているか。
 - ・技術開発体制、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は適切なものであるか。
- ステージゲートにおいては、以下の観点等を評価する。
 - ・センサを含めた衛星システム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、2026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。

研究開発スケジュール

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		SG			・民間事業者等による社会実装に向けた取組				
・惑星保護法への対応及び周波数割当て調整				☆打ち上げ、実証 (月水資源物性測定・推定アルゴリズム改良及び地上データ処理システム改良)					
C	・PFMの開発等		B						

前述の観点、例えば、ステージゲートのタイミングや支援スキーム、技術開発成果の展開先、実証のタイミング等を記載。追加造成等を検討している場合は、点線の矢印で記載

背景・目的

アメリカを中心としたアルテミス計画をはじめとして、中国やインド等の世界各国において多数の月探査計画が予定されている等、月の探査・開発が急速に進展している中、宇宙戦略基金の探査等分野の方向性である「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の確保」のためには、我が国においても月面での持続的な探査活動を見据えた取組が必要となる。特に、月面探査ミッションを成功させるためには通信技術・インフラが必要なため、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ところ、我が国においても月通信に関する検討を加速し、強みを発揮できる技術領域を抽出し、開発を進めることにより我が国のプレゼンス向上に寄与するため、月-地球間通信システムの全体アーキテクチャや運用コンセプト等に係るFSを実施する。

（参考）宇宙技術戦略での記載

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（遠距離補足追尾技術、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。

（中略）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（自動補足追尾機能等）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。

（中略）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。（3. III（2）④ii）

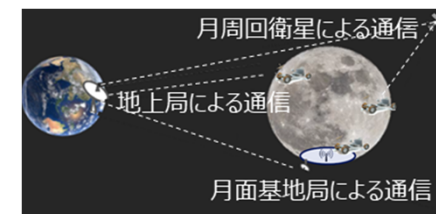
本テーマの目標（出口目標、成果目標）

宇宙戦略基金における探査等分野の方向性として例示されている「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。

- A) 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。
- B) 移動しながらも高画質映像伝送が求められる有人と圧/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。

主な技術開発実施内容

- A) 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の捕捉・追尾機能の手法及び性能維持に係る監視方法等の確立を行うとともに、国内外における地球地上局の配置計画の検討、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。
- B) 月面における複数シナリオ、ユースケースに応じた通信要求等について、月面環境（真空、放射線、昼夜温度差、レゴリス環境等）、月面開発の発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、月面における基地局建設やネットワーク設備の保守運用等に向けた検討を行う。



【探査等】月-地球間通信システム開発・実証（FS）（総務省）

支援のスキーム

- 1件あたり支援総額： 5億円程度（上限）
- 採択予定件数： 1～数件程度
- 支援期間： 1年間程度
- 委託・補助の別： 委託
- 支援の枠組み： D
- ステージゲートの有無： 無


技術開発推進体制

- 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研究開発の実績を有する研究者を有するとともに、必要に応じて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）における「月面活動に向けた測位・通信技術開発」と連携し、月通信にかかる実現可能性検討が行うことが可能な民間企業等を想定。

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の成果が基本方針における宇宙戦略基金の全体目標や実施方針における各テーマの目標等に沿ったものとなっているか。
 - ・提案されたFSの手法が月-地球間における通信システムの構築に向け、目的、目標等を達成するために妥当なものとなっているか。
 - ・実施体制、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、FSを実施するための体制は適切なものであるか。
 - ・JAXAやNASA等の国内外の関連プログラムとの関係を適切に整理しているか。

研究開発スケジュール

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
 月-地球間通信に必要な地球地上局の基本設計及び全体のアーキテクチャや運用コンセプト等についてのFS									

前述の観点、例えば、ステージゲートのタイミングや支援スキーム、技術開発成果の展開先、実証のタイミング 等を記載。追加造成等を検討している場合は、点線の矢印で記載