

宇宙技術戦略に関する考え方(衛星)(案)

宇宙技術戦略策定のため、まずは「衛星」の技術分野について、宇宙技術戦略における具体的な技術分野について分類し、「宇宙技術戦略に関する考え方(衛星)(案)」として整理を行った。また、「宇宙科学・探査」、「輸送」との分野間で共通の基盤技術については、「分野共通技術」として整理を行った。

1. 衛星

(1) 重要技術のスクリーニングの考え方(衛星)

① 技術的優位性

我が国の衛星産業の競争力の維持・発展の観点での重要性や、国内外市場における勝ち筋につながりうる技術を戦略的に支援していく。具体的には、機能・性能面、コスト・納期面での優位性、開発ステージにおける先行性、輸出可能性等を評価する。また、当該技術を保有する企業・研究開発機関が、国際市場で勝ち残る意志と技術、事業モデルを有するかについて評価する。

② 自律性

我が国がシステムとして衛星開発を継続する上で、サプライチェーン上における重要性の高い技術とそれを支える施設・能力について支援していく。具体的には、当該技術のサプライチェーン上の代替困難度、調達自在性のリスクに加え、衛星システム構築のコア技術であるかどうか、衛星には通信、測位、観測、軌道上サービス、宇宙科学・探査等、ユースケースが広く存在するところ、様々なユースケース実現への影響があるか、現在技術成熟度の低い技術であっても、将来的に差別化等に重要な技術として先行する研究開発が必要な技術であるかどうか等を評価する。

③ ユースケース

安保・民生分野横断的に、開発した先に当該衛星技術のエコシステムを支えるのに十分なユースケースや市場等が期待できるかについても評価する。

(2) 衛星分野における重要技術

防災・減災、国土強靱化や気候変動を含めた地球規模課題の解決と、民間市場分野での幅広いイノベーション創出に貢献し、SDGs の達成や Society5.0 の実現をけん引するため、①通信、②衛星測位システム、③リモートセンシングの利用ニーズに基づいた開発・整備・活用を戦略的に進める。また、宇宙機やスペースデブリなどの宇宙物体の増加による軌道上の混雑化を踏まえ、これらの衝突リスク低減等に貢献する④軌道上サービス、①～④の宇宙ミッションを実現するために共通的に必要となる⑤基盤技術の開発・関連施設の整備・活用にも取り組んでいく。

以下に衛星のそれぞれの技術分野において、重要技術の分類について整理し、記載する。

① 通信

地上系通信網における第 5 世代移動体通信サービス(5G)や 2030 年代に実現を目指している

次世代通信サービスである Beyond5G(6G)では、高速・多元接続¹・低遅延かつ低消費電力の通信が、より多くの人や地域に常時提供されることが期待される。衛星通信が従来から提供してきたその広域性に加え、今後、ニーズに応じた柔軟性や容量の拡大、バックアップ性及びセキュリティの向上といった、機能の改善が期待されている。

このような機能の改善により、衛星通信は民生や安全保障分野において、過疎域を含めた陸・海・空をシームレスに繋ぐことにより、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事業が広がることが期待される。さらに、災害時の地上通信網被災時や有事の際などに、地上系に依存しないネットワークを提供することができ、そのニーズが今後より高まることが予想される。

このような機能改善の実現のためには、**大容量で柔軟な通信を提供するデジタル通信ペイロードシステム**により、より多くのデータを通信し、通信地域や周波数などを時々刻々と変化する通信ニーズへ柔軟に対応していくことが重要になる。(デジタル通信ペイロード機器、柔軟なビーム配置が可能な電子走査アンテナ、高周波(Ka/Q/V/W/E)・高効率 RF 機器、デジタル通信ネットワークシステム等)

また、**衛星間や軌道間および宇宙と地上を結ぶ光通信ネットワークシステム**が、周波数資源を消費せずに大容量通信を可能とする。光通信の低軌道通信衛星コンステレーション等への適用を通じて、海上や極域などへのサービス提供領域の拡大を可能とするとともに、リモートセンシングの分野では大容量の観測データの地上へのリアルタイムに近い伝送を可能とする。(衛星間メッシュ通信技術、光通信端末技術、光通信システム等)

加えて、地上無線局のみでは十分な通信面積カバレッジを実現することは困難であるため、**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)²技術**が重要となる。無線局の機能を衛星側に搭載し、低軌道/中軌道通信衛星コンステレーションや静止通信衛星、HAPS 等を多層的かつシームレスに繋いでいく。(Beyond5G(6G)無線局(RAN)の衛星搭載化技術、Beyond5G(6G)通信ソフトウェア技術(NFV³、スライシング等)の実装技術等)

さらに、量子コンピュータの実現に伴い、従来の暗号アルゴリズムの安全性が危殆に瀕することが予想される中、ユーザ要求に応じた安全な通信を提供するための**秘匿性・バックアップ性を向上させるセキュリティ通信**といった技術を開発することが重要となる。(民生通信技術の採用に伴うセキュリティ強化技術、衛星搭載系抗たん性技術、サイバー探知・対処のシステム技術、耐量子計算機暗号・量子暗号通信技術等)

② 衛星測位システム

衛星測位システムは、位置・時刻を提供する社会インフラであり、カーナビゲーションやスマートフォンのアプリケーション等、既に社会活動の一部として利用されるだけでなく、宇宙分野においても衛星画像地点の特定や通信機能においても必要な要素として広く浸透している。

その中で将来の測位システムにおいては、衛星から配信される信号の精度向上、妨害耐性の強化に加え、可用性・信頼性の向上を通じた、いつでも、どこでも、安心して利用できる測位システムを実現することがスマートシティ、自動運転の実現、および安全保障の用途等でも期待されている。

¹ 多元接続: 一つのノード(基地局、衛星など)から多くの端末に同時に通信接続すること(Multi-Access)

² NTN: Non-Terrestrial Network: 非地上系の通信網(衛星通信やHAPSなど)を指す

³ NFV: Network Function Virtualization: ネットワーク機器やセキュリティ機器の機能を仮想化し、汎用サーバ上で実行する方式

これらの実現のために、我が国が測位能力を自立的に確保するために整備を進める準天頂衛星システムについて、妨害・干渉に強い高精度な衛星測位システムとする技術開発及び開発整備が重要である。(妨害回避機能の強化(ソフトウェア無線等)、時刻・位置決定の高精度化(光衛星間リンク、クロック技術、精密軌道制御技術)、維持・運用の効率化(デュアルランチ、運用自律・自動化)、小型・軽量・省電力化等)

さらには、ユーザの利用端末の高度化や抗たん性やセキュリティ耐性の強化を通じた、**利用領域及びユーザの拡大に関する実証や技術の開発も重要となる。**(受信機の信頼性・抗たん性・セキュリティ強化、受信機の高精度化、宇宙用受信機の適用領域拡大等)

③ リモートセンシング

小型衛星コンステレーションの構築の進展や新たなセンサの開発等により、地球観測衛星の時間・空間・波長分解能が高まると同時に、ビッグデータ処理及び人工知能といったソリューション技術が発展する中、地球観測衛星データの利用に応じた提供に加え、ドローンのデータ、IoT データ、気象データ、海洋データ、その他の地上で得られるデータ等を組み合わせることにより、幅広いアプリケーション・サービスを実現することが可能となっている。これによって、安全保障や防災・減災、国土強靱化、地球規模課題への貢献、さらには民間市場分野におけるイノベーションの創出が期待される。

その際、地球観測衛星データと、ドローン、IoT データなど多様なデータとの組み合わせを可能とする、**ニーズに即した情報を抽出するための複合的なトータルアナリシス技術**が基盤として重要となる。(迅速なデータ収集・高次処理技術、都市・地球デジタルツインに向けたモデル同化・可視化技術、データレイクと新たな価値情報創出に向けた機械学習や AI による複合・解析技術、データフュージョン等のためのセンサ及びデータ校正・補正技術等)

また、特に衛星リモートセンシングの活用が進んでいる防災・減災や安全保障においては、有益な情報をより迅速に把握することが求められており、観測衛星コンステレーション技術など、**時間情報を拡張するコンステレーション技術等**が重要である。(観測衛星コンステレーション技術(LEO/MEO/GEO)、オンボード情報処理システム、観測衛星システムの小型軽量化・低価格化技術、静止軌道からの観測などによるリアルタイムな観測技術等)

光学や合成開口レーダ(SAR)等においては、高解像度化、広域化等、イメージング画像の高度化に向けて各国がしのぎを削る。また、デジタルトランスフォーメーション(DX)化が進んだ将来においては、都市・地球デジタルツインが一つの産業基盤となることが想定され、豪雨災害等においては雲・降水システムの理解も必要であり、都市や地形、降水等の3次元的な理解が期待されている。これらを支える**空間情報を拡張する光学/レーダー等のセンサ開発技術**が重要である。(光学イメージング、SAR、レーダー計測、ライダー計測(高度計、ドップラー等)、共通技術・新しいセンサ等)

さらに、気候変動にかかる科学研究に加え、近年活発化しているカーボンプライシングや ESG、自然資本等へのデータ活用に対して**波長/周波数情報を拡張するセンサ開発技術**の重要性が増している。(電波放射計測、分光計測(狭帯域分光計、ハイパー、サウンダ)、船舶情報収集(AIS/VDES)等)

④ 軌道上サービス

宇宙空間の利用は、安全保障や経済・社会活動において不可欠なものとなっているが、小型衛星コンステレーションなどによる宇宙機やスペースデブリなどの宇宙物体の増加による軌道上の

混雑化により、衛星同士の衝突や衛星とスペースデブリとの衝突などのリスクが増大している。また、破壊的な直接上昇型ミサイルによる衛星破壊実験、衛星同士のつきまといなどの脅威となる行為も懸念事項となっている。

技術開発・実証の進展により、将来的には、衛星の運用終了後の適切な廃棄処理が行われるとともに、能動的スペースデブリ除去や、衛星の寿命延長に資する燃料補給、修理などの軌道上サービスが実用化されることで、スペースデブリの数が一定程度まで管理された状態を実現することが期待される。

軌道上サービスの実現に向けては、全てのサービスで共通して利用される対象物体に近づいて作業するための、**軌道上サービスの共通技術**が重要である。（RPO⁴の効率化・高度化、マニピュレータ技術等）

加えて、個別のアプリケーションの提供に向けては、軌道環境維持に繋がる**軌道環境・物体の状態監視・遠隔検査技術**（地上からの軌道上物体の把握、軌道上での観測・点検技術等）、**サステナブルな軌道環境を実現する非協力物体へのデブリ除去・低減技術**（低軌道でのデブリ（非協力物体）の除去技術、デブリ低減関連技術等）、軌道上における**衛星の故障や推薬枯渇に対応した協力物体への寿命延長技術**（協力物体の軌道や傾斜角の変更、姿勢維持制御技術、協力物体への燃料補給技術等）、及び、**マニピュレータによる軌道上修理、交換、製造組立技術**（軌道上での機器交換、性能向上技術、軌道上での技術組立・製造技術等）を、費用便益がバランス可能な実用サービスを段階的に拡大しながら開発することが重要である。

また、太陽活動等は軌道上の衛星運用等に支障を及ぼすおそれがあり、安全保障分野を含め、宇宙通信・観測・測位や地上インフラ機能等、**宇宙システム安定利用のための宇宙環境観測・予測技術**の開発が重要である。（宇宙環境観測技術、宇宙環境予測技術、ユーザーニーズに即したサービス・アプリケーション等）

⑤ 基盤技術

先に記した①～④の宇宙ミッションを軌道上で実現させるためには、共通となる基盤技術について、海外と同等以上の QCD (Quality, Cost, Delivery) 能力を維持・向上すべく、継続的に開発に取り組むことが、サプライチェーンの自律性確保、国際競争力強化の観点から不可欠である。その際、衛星のシステムとしての性能は、ボトルネックとなる技術によって決まるという性質を有していることに留意が必要である。一方で、基盤技術は技術分野が多岐にわたり、調達性が改善しコモディティ化している技術も存在しているため、限りある開発リソースの投入にあたっては、技術のスクリーニングの基準を踏まえ、開発項目の選択と集中が必要となる。

こうした考えに基づき、**機能高度化と柔軟性を支える SDS⁵基盤技術**（衛星搭載高性能計算機、SDS SW フレームワーク、衛星搭載フォトニクスデバイス等）、**小型軽量化とミッション高度化を支える電気系基盤技術**（電源システム、太陽電池パドル、誘導制御系システム等）、**小型軽量化とミッション高度化を支える機械系基盤技術**（推進系、熱制御系、構造系等）、**運用、および、地上局効率化を支える地上システム基盤技術**（運用自動化技術、地上局仮想化技術等）等を開発するこ

⁴ RPO: Rendezvous and Proximity Operation（ランデブー・近接オペレーション）

⁵ SDS: Software Defined Satellite（ソフトウェア定義衛星）：衛星が従来ハードウェアで実現してきた機能を極力ソフトウェアへ移行させ、軌道上でプログラム変更によりアプリケーションレベルの更新を行うことで、変容する需要に柔軟に対応することを意図した衛星。

とが重要である。

2. 分野共通技術

(1) 重要技術のスクリーニングの考え方(分野共通技術)

① 技術的優位性

衛星、宇宙科学・探査、輸送の分野共通的に、我が国の宇宙産業の競争力の維持・発展の観点での重要性や、国内外市場における勝ち筋につながりうる技術を戦略的に支援していく。具体的には、機能・性能面、コスト・納期面での優位性、開発ステージにおける先行性、輸出可能性等を評価する。

② 自律性

衛星、宇宙科学・探査、輸送の分野共通的に、我が国がシステムとして宇宙開発を継続する上で、サプライチェーン上における重要性の高い技術を支援していく。具体的には、当該技術のサプライチェーン上の代替困難度、調達自在性のリスクに加え、システム構築のコア技術であるかどうか、衛星や科学探査、輸送等、横断的に様々なユースケース実現への影響があるか、現在技術成熟度の低い技術であっても、将来的に差別化等に重要な技術として先行する研究開発が必要な技術であるかどうか等を評価する。

③ ユースケース

安保・民生分野横断的に、また、衛星、宇宙科学・探査、輸送の分野共通的に、開発した先に当該技術のエコシステムを支えるのに十分なユースケースや市場等が期待できるかについても評価する。

(2) 分野共通の重要技術

先に記した衛星、宇宙科学・探査、輸送に関する技術開発・実用化を実現させるためには、分野共通となる技術について、海外と同等以上の QCD (Quality, Cost, Delivery) 能力を維持・向上すべく、継続的に開発に取り組むことが、サプライチェーンの自律性確保、国際競争力強化の観点から不可欠である。

具体的には、機能性能の高度化と柔軟性を支えるハードウェア技術(デジタルデバイス、電源系等)、小型軽量化とミッション高度化を支える機械系技術(3D プリンティング等製造技術の刷新等)、ミッションの高度化と柔軟性を支えるソフトウェア基盤技術(機械学習・AI 活用、仮想化技術等)の開発に加え、開発サイクルの高速化や量産化に資するシステム開発・製造プロセスの変革(デジタルツインの活用を含む開発プロセスの変革、システム・コンポーネント製造プロセスの変革、COTS の宇宙転用拡大等)等に取り組むことが重要である。