

◆ 衛星大電力化への対応

発生電力24KW以上の衛星大電力化技術の実現に向け、軽量太陽電池パネル、大容量軽量化電源、高効率展開ラジエータ等を開発。発生電力は、通信ミッションの要求条件を満足する必要最小限で設計

◆ オール電化技術

高推力国産ホールスラスタを開発、また姿勢制御技術等も開発

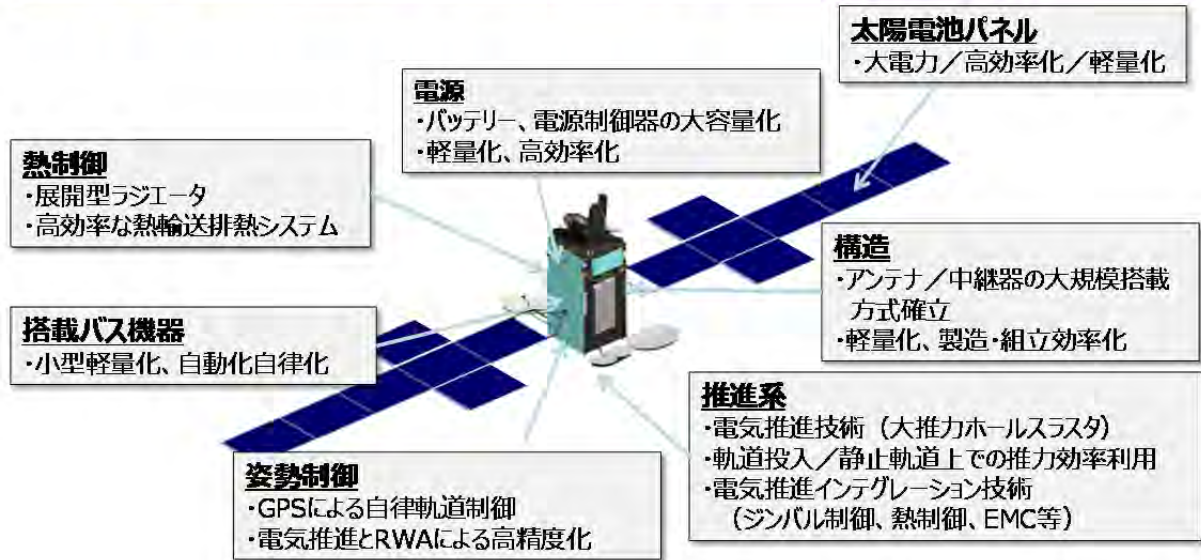


図 13 基本構想の実現に必要な次期技術試験衛星の姿（バス）

イ ミッションの基本構成

次期技術試験衛星における実証は、予算や規模など効率的な宇宙実証とする必要があることから、実用ミッションに資する一部限定的な機能実証となる。ミッション機器の基本構成は、固定ビーム系（アンテナ、デジタルチャネライザ等）、可動ビーム系（アンテナ、DBF 等）、光ファイダリンクで構成される。基本的には RF 系独立で衛星通信機能を提供できる構成とし、将来の実用への大容量化を考慮し光ファイダリンクをオプションとして機能的に実証可能な構成とする。なお、RF 系機器と光ファイダリンク機器の間のインタフェースについても検討を進めるとともに、以下の機能性能は技術的検討の進展等により実現可能な内容に修正すべきものとする。

➤ RF ミッションの基本構想

次期技術試験衛星の通信ミッションにおいては、すでに述べたように周波数フレキシビリティとビームロケーションフレキシビリティの技術を新たに開発する。これを実現する通信ミッションの RF 部分の基本構成としては、固定のマルチビームと一部の可動ビームによって覆域をカバーするとともに、中継器の機能により各ビームへの周波数リソース割当を柔軟に変更できる構成が考えられる。これを実現するためにチャネライザ技術、DBF 技術、マルチビーム形成技術を開発する。

チャネライザ技術、DBF 技術は L/S 帯等の低マイクロ波帯の狭帯域通信では実用化さ

れている。しかしながら、これらの技術の適用範囲を Ka 帯に拡張する場合、広帯域化が大きな課題である。広帯域化に伴う高速伝送を達成しつつ低消費電力化・軽量化が可能な回路構成や、熱制御等の種々の課題をクリアする必要がある。また、マルチビーム形成においては、小型・高効率なビーム形成技術が課題である。

本通信ミッションの開発規模は実用ミッションに資する一部限定的な機能実証となるが、実用化を意識し、ニーズに合わせたビーム数等の拡張可能性を考慮して開発する。

以上のような、HTS にフレキシビリティを導入する通信ペイロード技術を世界に先駆けて開発し軌道実証を行うことで、国際競争力を確保し、将来の実用化を促進するものとする。図 14 に、次世代の通信衛星に求められるユーザ当たりの伝送速度の動向を示す。

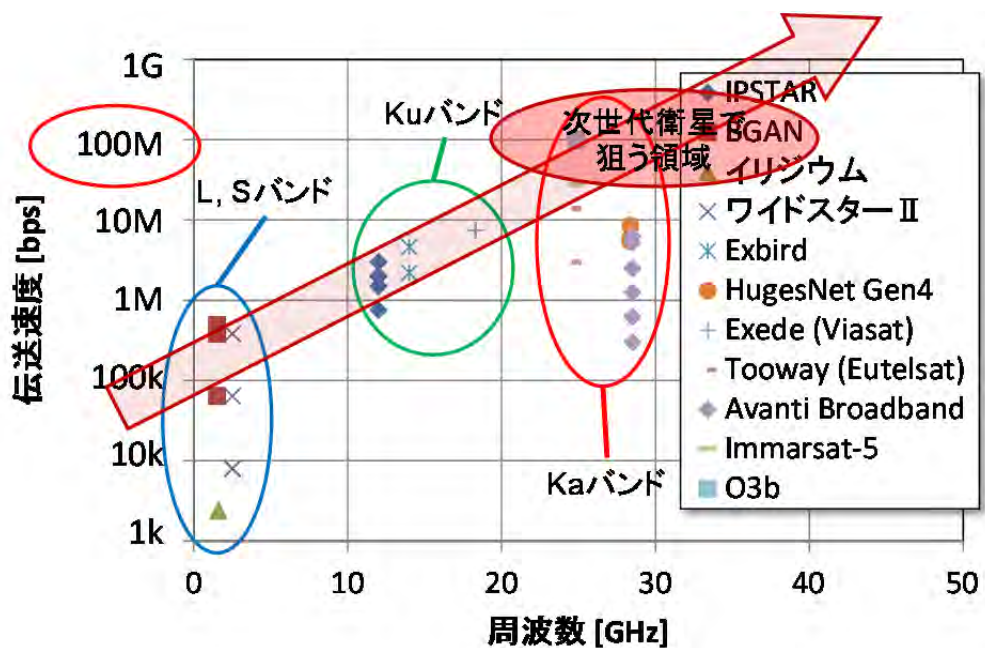


図 14 次世代の通信衛星に求められるユーザ当たりの伝送速度

次期技術試験衛星でミッションの基本構想の実現・検証をするためには、以下のビームを実現する機器で構成する必要がある。

固定ビーム：地表面を複数の Ka 帯固定ビームで照射する。大規模マルチビーム形成に必要となるアンテナ給電系技術と、周波数フレキシビリティを実現する広帯域デジタルチャネライザの技術検証を目的とする。

可動・可変ビーム：地表面を複数の Ka 帯可動ビーム・可変ビームで照射する。ロケーションフレキシビリティを実現する DBF の技術検証を目的とする。

なお、次期技術試験衛星のミッション構成検討に当たっては、上記基本構想の検証方法をベースとして踏まえ、同時に後期利用も含めたユーザ利便性も考慮した上で、出来

る限り効率的な構成とする必要がある。通信ミッション機器は、ユーザニーズの通信容量規模に応じてユニット単位での構成規模設定を可能とさせることが通常である。したがって軌道上実証に当たっては、最低限このユニット単位で機器検証が必要となる。

(i) 固定ビーム

技術検証及び後期利用の利便性を考慮すると、我が国の陸域を照射することが求められる。図 15 にこの時のビーム配置例を示す。次期技術試験衛星の検証に必要な最低限のマルチビーム構成は、複数のユーザリンク及びフィードリンクより構成されるマルチビームの 1 ユニット単位（1 クラスタ）である。一般にマルチビーム形成で用いられている 4 色の周波数配列を適用した場合、この 1 クラスタ構成に必要なビーム数は 4 ビームであり、周波数繰り返しの検証を考慮すると検証のために最低限必要なビーム数は 5 ビームとなる。また後期利用等において想定されるニーズを考慮すると、日本本土の主な地域をカバーすることが求められるが、ビーム配置例より本州全域をカバーするだけでも 5 ビーム程度、ほぼ全国カバーするためには 10 ビーム程度が必要になることが分かる。今後技術検証計画に合わせてこの範囲を目途に検討を行う。

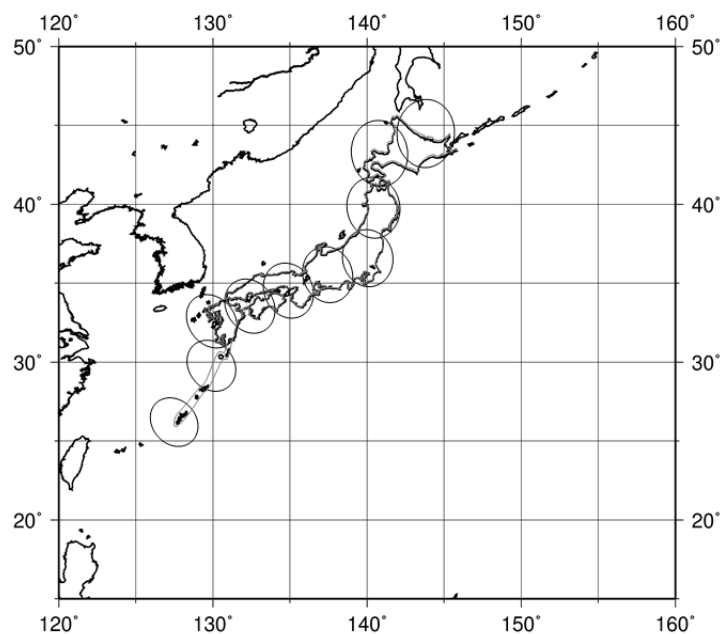


図 15 固定ビームのビーム配置例

以上より、固定ビーム系の機能性能は以下を基本とする。

- ・ 入出力周波数：Ka 帯
- ・ ビーム数：5～10 程度

- ・カバーエリア：日本本土内
- ・伝送速度：最大 100Mbps
- ・デジタルチャネライザ：チャネライザ機能
- ・アンテナ 直径 2.5m 級反射鏡 2 枚 (TBD)
- ・フィーダリンク 2 ビーム
- ・光通信機器との RF/IF インタフェース機能(TBD)

(ii) 可動・可変ビーム

ロケーションフレキシビリティを実現する DBF については、可動・可変ビームのフレキシビリティ検証と後期利用の利便性及び我が国の排他的経済水域内での運用を考慮する必要性がある。

次期技術試験衛星においては、概ね上記経済水域内相当をカバーエリアとし、固定ビームと同じ帯域内の異なる周波数により、固定ビームのカバーエリアと同程度のサービス（伝送速度等）を同一の地上システムで成立可能な構成が求められる。また可動・可変ビームにおいては、隣接ビーム条件がそれぞれ異なるため、周波数及び偏波での分離検証を可能とする 2~4 ビームの形成が必要となる。このとき、WINDS の開発経験から、固定ビームと走査ビームの性能差(EIRP, G/T)が大きく、一定の伝送レートをサービスする際に走査ビーム側の地球局がかなり大型化せざるを得なかったため、固定ビームと走査ビームの性能(EIRP, G/T)差はできる限り小さくすべきである。

以上を踏まえ、可動ビーム系の機能性能は以下を基本とする。

- ・入出力周波数：Ka 帯
- ・ビーム数：2 から 4 程度
- ・カバーエリア：±1.5~2° 程度
- ・伝送速度：最大 100Mbps
- ・DBF：ビーム形成機能、チャネライザ機能、再構成機能(TBD)、光通信機器との RF/IF インタフェース機能(TBD)
- ・アンテナ 直径 2.5m 級反射鏡 2 枚 (TBD)、19 素子~32 素子給電アレー (TBD)

➤ 光ミッションの基本構想

次期技術試験衛星においては、前述のとおり、国際競争力獲得の観点から、Ka 帯におけるフレキシビリティを有する HTS の実現に主眼を置いている。一方、この Ka 帯は、HTS をはじめとする通信衛星の需要が高まっていくにつれて将来的にひっ迫することが想定されることから、より高いフィーダリンク用周波数帯域を検討する必要性が生じている。

このフィーダリンク用の候補周波数帯としては、Q 帯、V 帯、THz(テラヘルツ)領域が未開拓の周波数領域として考えられるが、どの帯域も地球大気による減衰が著しく、また、地上における無線通信用でも安定的に高出力で発振できるデバイス（発振器）の開発がまだ基礎研究段階であることから、衛星搭載可能な設備を実現するためにはまずデ

バイス開発から行う必要がある。一方で、レーザ光による通信は、雲による遮蔽に弱いものの、地上の光ファイバ通信ネットワークでの大伝送容量が普及している例があるように、実用レベルとして利用できる周辺のデバイス技術が数多く存在する。また、国外でも、欧州の宇宙機関が主体として開発した通信衛星「EDRS」においても、実用化を目指して計画が進められているほか、国内でも、NICTが開発した超小型光通信端末「小型光トランスポンダ、SOTA」が低軌道衛星と地球局との間で10Mbpsでの通信速度を実現していることから、将来の大容量フィードリンクを実現するためには、光通信についても対象することが適当であると考えられる。具体的には10Gbps級の通信をし、将来的なニーズに応えられる環境を整備することが重要である。

特に、Airbus Defence and Space社が将来のHTSとして、静止衛星搭載の光通信フィードリンクをFP7の研究プロジェクト（BATS: Broadband Access via integrated Terrestrial & Satellite systems）で2025-2030年のタイムフレームで検討中である。光通信では、通常復調してデジタル伝送する必要があるため、このBATSでは、光通信の通信方式をデジタル方式とするかアナログ方式とするかが検討されている。デジタル方式であれば、誤り訂正やインタリーブなどが使用でき大気ゆらぎに効果的ではあるが、RFのアナログ信号をデジタル化した高速なデータを伝送するため、伝送速度に対してRFの帯域を多くとることができない。一方、光通信によるRF信号のアナログ変調での伝送では、伝送帯域は取れるものの、大気ゆらぎを補正するため光地上局の構成が複雑になるなどのデメリットがある。このように、光フィードリンクについては、世界的に見ても将来の実証に向けた検討が開始されたばかりである。これまで我が国においては、技術試験衛星VI型（ETS-VI）における静止衛星—地上間光通信の実績をはじめ、光衛星間通信実験衛星（OICETS）における低軌道衛星—地上間光通信での実績、2014年の50kg級小型衛星SOCRATES衛星に搭載した超小型光通信端末「小型光トランスポンダ、SOTA」による符号化を用いたデータ伝送技術など、優れた大気ゆらぎの知見と経験を有している。これらの実績を活かし、我が国が競争力のある光フィードリンク技術を先行して実証し、この分野での将来の国際競争力強化につなげることが必要である。

具体的には、複数の移動局と衛星間のKa帯ユーザリンク回線にて1チャンネル当たり最大100Mbpsの通信容量をチャネライザで集約し、レーザ光を使い最大10Gbpsの通信容量を静止軌道—地球局間にて実証することで、RF-光のハイブリッドな超高速フィードリンク回線の技術を世界に先駆けて開発し、天候等の変動する条件下における実利用可能性についての検証を行う。

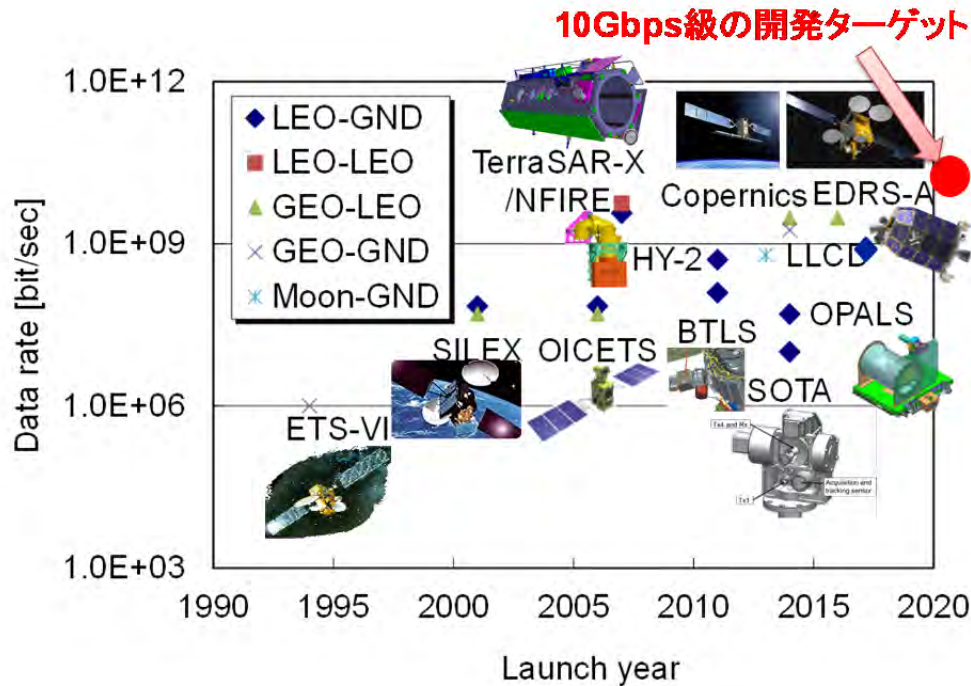


図 16 次世代の光衛星通信に求められる伝送速度の動向

光通信特有の課題

光通信ミッションの研究開発に当たっては、光通信特有の以下の課題を解決することが求められる。

- ・ 伝送路における大気状態変化によるフェージングに適応した通信方式の選択
- ・ 雲や降雨など局地的な悪条件に対応したサイトダイバーシティ技術の確立
- ・ 超長距離の極めて狭い通信ビームを効率的に捕捉追尾が可能な光学系の開発

さらに、これらの課題を解決するに当たり、あわせて次の課題についても解決することが求められる。

- ・ (フィーダリンクを Ka 帯のみで賄えず光通信によって行おうとする場合、) ユーザリンクとフィーダリンク間の非対称な通信速度に柔軟に適応できる技術 (例: 再生中継等) の確立
- ・ 地上光ネットワークにおける使用デバイスを宇宙環境特有の環境に対応させる衛星搭載技術の確立

以上より、光フィーダリンク系の機能性能は以下を基本とする。

- ・ 通信波長：発振デバイスの出力、コスト、地上系光通信機器での利用状況を勘案して決定 (例：1.5 μm 帯)
- ・ 伝送速度：最大 10Gbps (RF 系搭載要求により機能実証ができる適切な速度に設定する必