

平成 27 年度事前事業評価書

政策所管部局課室名： 情報通信国際戦略局宇宙通信政策課

評価年月：平成 27 年 8 月

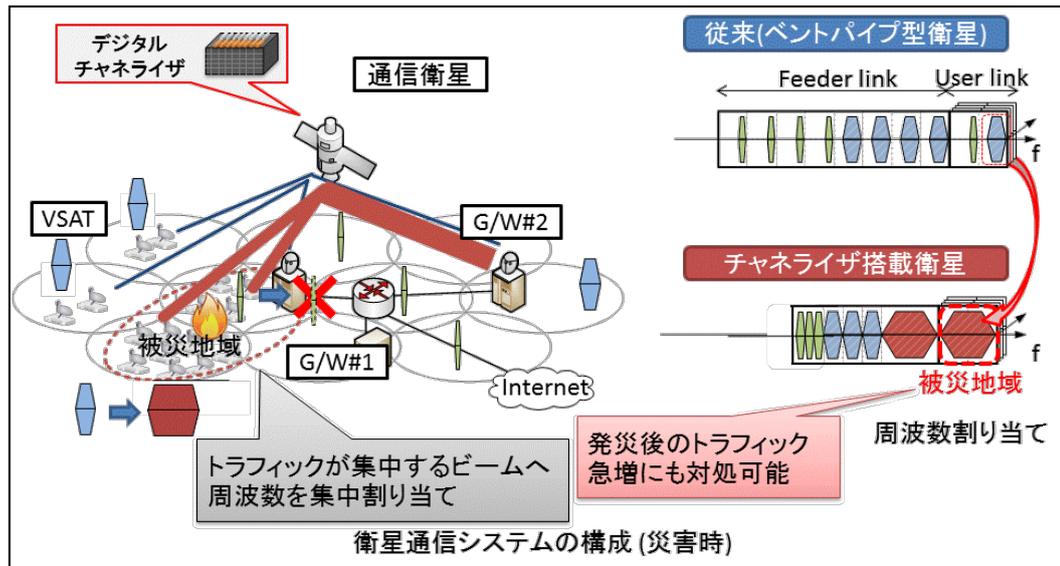
1 政策 (研究開発名称)

ニーズに合わせて通信容量や利用地域を柔軟に変更可能なハイスループット衛星¹通信システム技術の研究開発

2 達成目標等

(1) 達成目標

本研究開発は、トラフィックの不均一性²により生じる通信リソースの無駄を改善する周波数フレキシビリティ技術²を確立し、100Mbps 級の情報伝送を行った場合において現行の Ka 帯ハイスループット衛星 (High Throughput Satellite (HTS)) に比べて周波数利用効率を 2 倍に改善することで、周波数の有効利用の一層の向上に資するとともに、衛星通信によるインターネット環境の需要に応えること及び我が国の ICT の強靱化へ寄与することを目標とする。



(2) 事後事業評価の予定時期

平成 33 年度に予定されている技術試験衛星打上げ後、概ね 1 年間の運用を行い、平成 35 年度に事後事業評価を行う予定。

3 研究開発の概要等

(1) 研究開発の概要

- 実施期間
平成 28 年度～平成 31 年度 (4 か年)
- 想定している実施主体
民間企業等

¹ High Throughput Satellite (HTS) = 高速大容量通信衛星

² トラフィックの少ないビームでは未使用周波数が存在している一方で、トラフィックの多いビームでは割当周波数が不足している状況。

・概要

Ka 帯 HTS に適用可能なフレキシビリティを有する衛星搭載通信サブシステムのキー・コンポーネントであるデジタルチャネライザ³では、HTS の高速伝送に対応するためにチャネライザの広帯域化が必要である。さらに広帯域チャネライザの実現に際しては、地上の機器に比べ性能等に制約の大きい衛星搭載可能デバイスを用いて衛星搭載可能な消費電力(発熱)で実現することに加え、衛星に求められる環境条件(発熱や振動、衝撃等)を考慮した研究開発が必要である。このほか、マルチビーム高効率化のためアンテナ給電部の高度化が必要である。このため、周波数フレキシビリティ技術を確認するため、以下の①～④の研究開発を実施する。

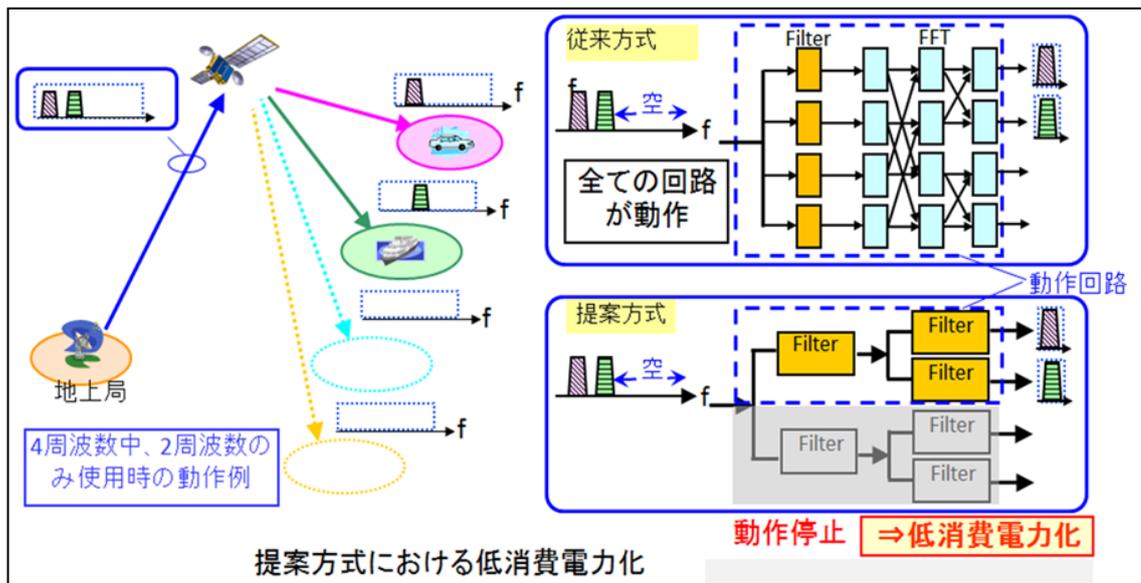
①周波数フレキシビリティを具備したハイスループット衛星の全体構成検討・評価技術の確立
本項では、達成目標を実現するためのシステム全体の構成/性能を検討し②～④のインプットとするとともに、この構成を前提としたシミュレータを製作し、検討結果の構成/性能により目標を達成可能であることをシミュレーション評価により検証する。

周波数フレキシビリティを有する衛星通信システムの基本検討として、まず、衛星に求められるフレキシビリティの要求を検討し、この要求を実現するための通信ペイロード⁴の全体構成や性能を検討しデジタルチャネライザへの要求仕様を決定する。通信ペイロードの全体構成やデジタルチャネライザの要求仕様の検討に際しては、シミュレーションにより周波数利用効率を評価しつつ決定する。また、デジタルチャネライザの衛星搭載プロトタイプの評価結果に基づき、通信ペイロードに適用した場合の周波数利用効率等をシミュレーションにより総合評価する。

②チャネライザ実現のための高速信号処理アルゴリズム開発

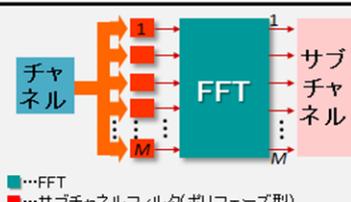
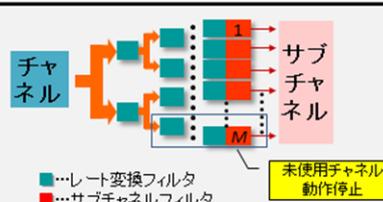
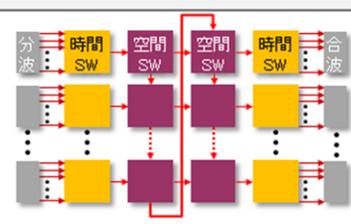
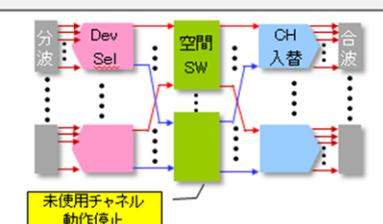
本項では、周波数フレキシビリティを実現するチャネライザのアルゴリズム開発を行い、①で要求された性能が達成されることを検証する。

衛星搭載用広帯域デジタルチャネライザの開発には、地上の最先端デバイスに比べ処理能力の劣る衛星搭載用デバイスを用いて所望の動作を低消費電力で実現する必要がある。このため、チャネライザを構成するフィルタ(分波部・合波部)/スイッチ(交換部)機能を低消費電力で実現するデジタル信号処理アルゴリズムを開発する。低消費電力化アルゴリズムの開発においては、方式検討、シミュレーションによるアルゴリズム検証を実施し、さらに、部分試作による評価検証を行う。これら部分試作までの検証を完了したアルゴリズムを用いて、試作モデルや衛星搭載用プロトタイプを開発する。



³ 通信ビームへの周波数帯域割当てを衛星運用中に柔軟に変更することが可能な装置。

⁴ 一般的に人工衛星構成機器は、軌道位置を維持して電力を供給する「衛星バス」と、通信・観測・測位等のミッションを実現する「ペイロード」とに分類される。衛星にて通信ミッションを掌る機器を特に「通信ペイロード」と呼ぶ。

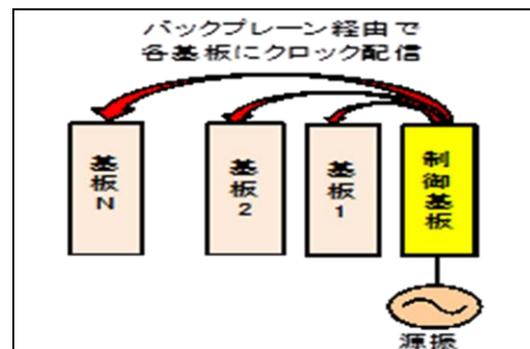
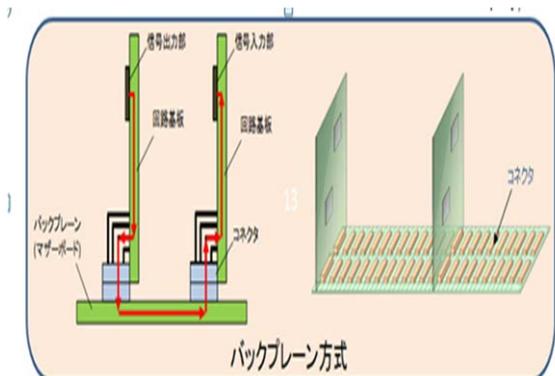
部位	従来方式	提案方式
分波部 合波部	 <p>■…FFT ■…サブチャンネルフィルタ(ポリフェーズ型)</p> <ul style="list-style-type: none"> 回路規模が大きく、消費電力大 帯域一括でFFT処理を行うため、信号の有無によらず消費電力は一定。 	 <p>■…レシート変換フィルタ ■…サブチャンネルフィルタ</p> <p>未使用チャンネル 動作停止</p> <ul style="list-style-type: none"> 回路規模が小さく、消費電力小。 未使用チャンネルの動作を止めることでさらなる省消費電力動作が可能
交換部	 <ul style="list-style-type: none"> スイッチ機能の分割によりI/O数が増加すること、また分割したスイッチ毎にテーブルを持つためメモリ量が大きいことから消費電力が大きい。 未使用チャンネル回路を含め常に全回路動作要 	 <p>未使用チャンネル 動作停止</p> <ul style="list-style-type: none"> 回路とスイッチングテーブルを集約することにより従来方式よりI/O数(入出力数)が少なく、低消費電力。 未使用チャンネルの交換部を特定のブロックに集約する制御により省消費電力動作が可能

③チャネライザ実現のための高速伝送基盤等技術の開発技術の開発

本項では、厳しい衛星搭載環境でチャネライザを実現するための開発を行い、ロケット打ち上げ等軌道投入時及び静止軌道上での環境に耐えられることを検証する。

チャネライザは規模の大きなコンポーネントであり、衛星搭載のためには複数の回路基板から構成する必要がある。このため、複数の基板間でデジタル信号を伝送する必要があり、デジタルチャネライザの広帯域化に伴い基板間の信号伝送も高速化が必要になる。これら基板間的高速伝送について、衛星搭載機器としての信頼性を担保するために地上機器に比べ制約の大きな衛星搭載機器の設計基準に基づき設計する必要があり、これら制約のもとで、回路基板間的高速伝送技術を実現する技術を開発する。

衛星搭載機器の開発では、衛星の環境条件に合わせた機械系の開発が必要となる。特にデジタルチャネライザでは、広帯域化や入出力ポート(ビーム数)に伴い、上記②の低消費電力化アルゴリズムを適用したとしても、コンポーネントとしての発熱は大きな値になると考えられる。このため、チャネライザの電子回路の発熱を高効率に衛星筐体⁵⁾に伝え、電子回路の部品の温度を許容温度以下に保つための高効率排熱技術の開発や、衛星打ち上げ時の厳しい振動・衝撃を加えた後でもコンポーネントが正常に動作するような筐体の開発を行う。



④ビーム形成回路を含む給電部の小型一体化技術の開発

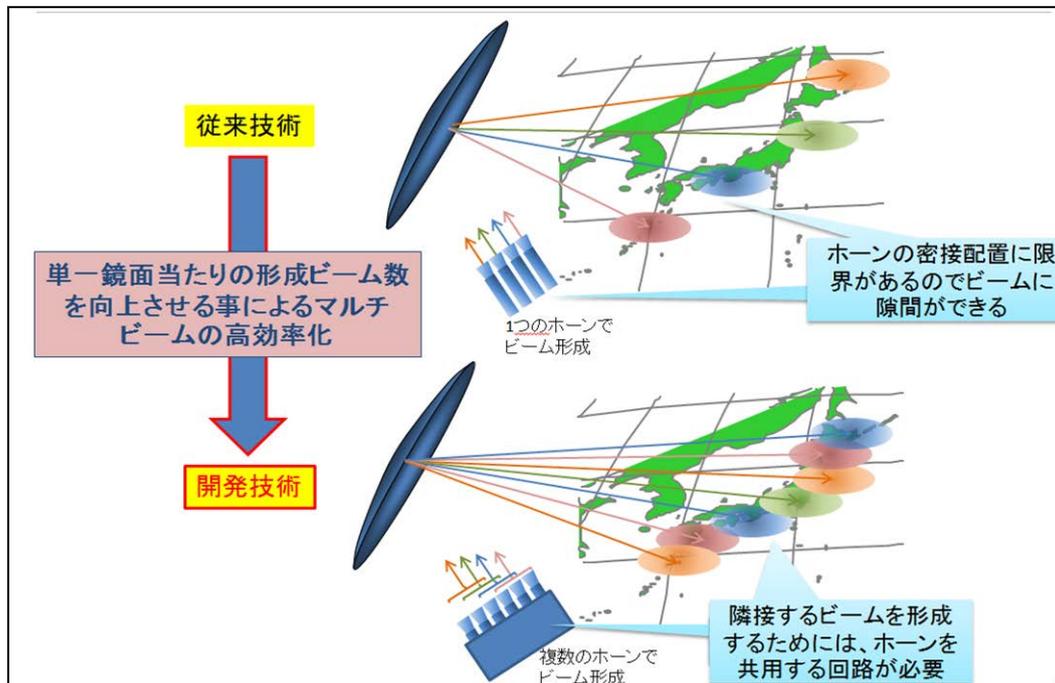
本項では、アンテナ給電系の小型化とホーン⁶⁾共用技術の開発により、単一のアンテナ反射

⁵⁾ 衛星搭載機器を収容する機構。

⁶⁾ 反射鏡アンテナの一次放射器であり、アンテナ構成機器の一部として、電磁波を効率的に空中へ放射(送信)または取り込む(受信)開口部。

鏡で密配列のビーム形成を可能とし、マルチビームの高効率化を実現する。

従来のマルチビームは、一つの給電部ホーンを一つのビームに割り当てて照射ビームを形成していた。高効率な密配列ビーム形成のために、この給電部の導波管給電系を小型化するとともに、各ビーム間で使用するホーンを共用して複数ホーンでビームを形成する技術を開発する。



・事業費(予定)

約 32.0 億円 (うち、平成 28 年度概算要求額 9.4 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

近年の社会経済活動のグローバル化に伴い、空や海といったより広範な活動領域におけるブロードバンド環境へのニーズが増大しつつある。また、大規模災害時における衛星通信のニーズが高まりつつあり、被災状況等の高精細映像による情報伝送やフレキシブルで可動性の高い非常通信手段として、きめ細かい災害対応での利活用等が期待されている。一方、使用周波数帯の観点からは、Ku 帯までの比較的低い周波数帯については衛星先進国が占有しており、世界的にも周波数逼迫が懸念されているため、Ka 帯以上で広帯域を使用する衛星通信への関心が高まっている。

2014 年 8 月現在、Ku 帯を使用する衛星は 233 (通告数)、今後の打上が予定されている衛星は 1279 (計画数) にもものぼり、合計で約 1500 以上もの衛星が想定される。さらに Ka 帯についても現時点で合計 1700 以上もの衛星が想定され、Ku 帯以上の逼迫が懸念されている。

欧米では、ブロードバンド環境を提供しつつ上記のひっ迫状況に対応するため、HTS と呼ばれる通信容量の大容量化を狙った衛星通信システムの開発が進んでいる。HTS の技術的な特徴は、主として広帯域が確保可能な Ka 帯の周波数の利用と、多数のマルチビームに周波数を繰り返し利用で割り当てること、多数の中継器を衛星に搭載することである。

一方、現在の HTS は従来のベントパイプ型衛星と本質的には変わらず、マルチビームへの周波数割当が固定でありトラフィック要求の時間的変動に対応していないため、例えばトラフィックの少ないビームでは未使用周波数が存在し、一方トラフィックの多いビームでは割当周波数が不足するなど、ビーム当たりの割当帯域を必ずしも有効に利用できていない。加えて、マルチビーム形成を固定マルチビームアンテナと多数の反射鏡の組合せで実現しているため、搭載品の容積・重量が大規模化することも課題である。このため、HTS の周波数利用効率や容積・重量効率を向上させる技術の開発が必要となりつつある。

周波数フレキシビリティ技術(デジタルチャネライザ)については、バンド幅が狭く、通信信号自体も比較的狭帯域な信号が多い S/L 帯への適用実績はあるが、広帯域な信号を用いる Ka 帯 HTS への適用例は世界的にも存在しない。Ka 帯における周波数フレキシビリティを向上させ、HTS における周波数利用効率を向上させるためのデジタルチャネライザの広帯域化が必要である。

また、より周波数利用効率の高いマルチビームシステムを構成するには、衛星当たりの照射ビーム数を多くする必要がある。ビーム数を増やすためには、反射鏡アンテナの給電部を小型化し適切に配置する必要があるが、従来 HTS では反射鏡を複数個搭載することでビーム数を確保していたため、衛星搭載容積・重量が犠牲となり、衛星一基当たりで収容可能な帯域・電力の足かせとなっていた。このため、給電部の小型技術をはじめ、異なる照射ビーム間で給電ホーンを共用してより多くのビームを形成するためのビーム形成回路などの小型一体化技術が期待されている。本研究開発で開発したデジタルチャネライザおよびアンテナ給電部を Ka 帯 HTS に適用することにより、周波数利用効率および容積・重量効率が向上し、さらなるビット単価の低減が可能となる。

現在、携帯電話等による人口カバー率は全国の 99% を超え、国民が居住する空間では概ねどこでも通信ができるような環境が整備されつつある。しかしながら、面積カバー率で見れば全国土の約 60% (推定) 程度に留まっており、依然として残りの地域はブロードバンド通信を享受することが困難な不感地域として残存している。さらに、海域や空域など地上よりもさらに広域な空間を有する領域ではいまだにブロードバンド環境が整備されているとは言い難い状況にある。近年の社会経済活動のグローバル化に伴い、航空機による長距離移動時のブロードバンド環境への期待が高まりつつあるほか、地球温暖化等による北極圏航路の新たな開放や日本海域での海洋資源開発の活性化等により、船舶等でのインターネット環境への需要も高まりつつある。東日本大震災の際には、技術試験衛星である WINDS や ETS-VIII 等の衛星通信網が非常通信手段として機能し、災害発生時における衛星通信システムの有効性があらためて見直される契機となった。人々の社会経済活動のあらゆる領域において、好きなときに、好きなように 100Mbps 程度のブロードバンド通信を可能とするためにも、より広域をカバーする ICT 基盤の整備が期待されている。

新たな宇宙基本計画（平成 27 年 1 月 9 日宇宙開発戦略本部決定）において、『今後の情報通信技術の動向やニーズを把握した上で我が国として開発すべきミッション技術や衛星バス技術等を明確化し、技術試験衛星の打ち上げから国際展開に至るロードマップ、国際競争力に関する目標設定や今後の技術開発の在り方について検討を行い、平成 27 年度中に結論を得る。これを踏まえた新たな技術試験衛星を平成 33 年度めどに打ち上げることを目指す』とされており、平成 33 年にも次期技術試験衛星を打ち上げる予定である。本研究開発の成果については、次期技術試験衛星のミッション機器として搭載予定であり、国家プロジェクトとして取り組む必要がある。

なお通常、衛星の成功実績を経て商用市場で認知されるまでには長期間の歳月を要する。ここに宇宙事業の特長があり、市場で認知されるまでに必要十分な軌道上実績と、そのために要する時間を覚悟する必要がある。さらに、新システムの場合は開発規模が大きくなり、費用と時間の面で衛星開発事業者の負担範囲を越える場合があることから、官民連携のもとに必要な技術を確認していくことが不可欠である。欧州や米国においても、莫大な宇宙予算を先進的な通信放送技術や衛星バス技術に投資しており、そのような先進国における国家プロジェクト開発に対し、日本が民間企業だけで対抗することは困難である。

上述のとおり、政府計画において平成 33 年にも次期技術試験衛星を打ち上げ予定であり、本研究開発の成果は当該衛星のミッション機器として搭載予定である。フライトモデルの製造には 2 年程度を見込むため、平成 31 年度までには研究開発を完了する必要がある。このため平成 28 年度から 4 年間という限られた期間で速やかに研究開発を実施することが求められている。

今後の HTS の増大に伴い Ka 帯の周波数需要の急激な増大が懸念されており、当該周波数帯域のひっ迫を解消するためにも本研究開発により周波数利用効率を 2 倍に改善することは極めて有効である。このことにより、我が国の携帯電話不感地域や航空機による長距離移動時のブロードバンド環境整備、日本海域での海洋資源開発の活性化に伴う船舶等でのインターネット環境（衛星通信によるインターネット環境）への需要の高まりに応えることが可能となる。加えて我が国の ICT の強靱化が期待される。以上より、早急に本研究開発を実施する必要がある。

(3) 関連する政策、上位計画・全体計画等

○関連する主要な政策

V. 情報通信（ICT 政策） 政策 13「電波利用料財源による電波監視等の実施」

○宇宙基本計画（平成 27 年 1 月 9 日宇宙開発戦略本部決定）

4. 我が国の宇宙政策に関する具体的アプローチ

(2) 具体的取組

① 宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施方針

iii) 衛星通信・衛星放送

『今後の情報通信技術の動向やニーズを把握した上で我が国として開発すべきミッション技術や衛星バス技術等を明確化し、技術試験衛星の打ち上げから国際展開に至るロードマップ、国際競争力に関する目標設定や今後の技術開発の在り方について検討を行い、平成 27 年度中に結論を得る。これを踏まえた新たな技術試験衛星を平成 33 年度めどに打ち上げることを目指す。』

○新たな情報通信技術戦略の在り方中間報告書案（平成 27 年 5 月情報通信審議会技術戦略委員会）

第 3 章 重点研究開発分野及び課題

3.2 重点研究開発課題

3.2.2 各分野における主要な重点研究開発課題

(2) 統合 ICT 基盤分野

③ 衛星通信技術

『海洋・航空域での広域ブロードバンド通信を実現するため、2021 年以降の次期技術試験衛星の打ち上げに向けて衛星搭載機器や衛星通信システム、高機能地球局システム等の基盤技術を確立し、ユーザ当たり 100Mbps 級の宇宙・海洋ブロードバンド通信衛星システムを実現する。』

○海洋基本計画（平成 25 年 4 月 26 日閣議決定）

第 1 部 海洋に関する施策についての基本的な方針

3 本計画における施策の方向性

(3) 科学的知見の充実

日本近海の海底資源の調査、開発には高速衛星通信技術が必要であるとされている。資源の多くを海外からの輸入に依存している我が国にとって、資源の安定的な確保は国の重要課題であり、より周波数利用効率の高い通信衛星を活用した洋上ブロードバンド環境の構築は、海底資源の高度な調査の実現に貢献するものと期待されている。

○電波政策ビジョン懇談会報告書（平成 26 年 12 月 26 日）

第 2 章 新しい電波利用の実現に向けた新たな目標設定と実現方策

1 新たな周波数割当ての目標

(4) 具体的対応

6GHz 以上の周波数帯について第 5 世代移動通信システムでの活用を念頭に、現在、固定・衛星系等で使われている 14GHz 帯/28GHz 帯等を対象に、諸外国の動向等を踏まえつつ、当該周波数帯の利用に関する研究・標準化等を進めた上で、移動通信システムに今後必要となる周波数幅を確定・確保していくことが適当としている。

4 政策効果の把握の手法

(1) 事前事業評価時における把握手法

本研究開発の企画・立案に当たっては、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 27 年 7 月 13 日）において、本研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行った。

(2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行う。

5 政策評価の観点及び分析

観点	分析
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、無線技術、衛星通信技術に関する専門知識や研究開発技術を有する企業、研究者のノウハウを活用することにより、効率的に研究開発を推進することができるため、投資に関して最大の効果が見込める。</p> <p>また、通常の衛星搭載機器開発にあたっては試作を繰り返し5年以上かける事が一般的であるが、本研究開発では試作過程を可能な範囲で短縮し4年間での開発完了を可能としている。</p> <p>さらに、予算要求段階、公募実施の前段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における、実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施することとしている。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があると認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発により、トラフィックの不均一性により生じる通信リソースの無駄を改善する周波数フレキシビリティ技術が確立され、現行の HTS に比べ周波数利用効率を2倍に改善することが可能となる。これにより衛星通信で利用可能な通信帯域の拡大及び通信コストの低減が実現され、我が国の携帯電話不感地域や航空機による長距離移動時のブロードバンド環境整備、日本海域での海洋資源開発の活性化に伴う船舶等でのインターネット環境（衛星通信によるインターネット環境）への需要の高まりに応えることができる。また防災観点で有効性の高い衛星通信の拡大により、我が国の ICT の強靱化へも寄与することが期待される。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があると認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発は、これまで利用が進んでいなかった周波数帯である Ka 帯の周波数を活用することにより周波数の有効利用を一層向上させるものであり、広く無線通信の利用者の受益となる。また、本研究開発は、防災観点で有効性の高い衛星通信が拡大することにより我が国の ICT の強靱化へ寄与するものであり、その成果による利益は、広く国民に享受されるものである。</p> <p>また、本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定する予定である。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があると認められる。</p>
優先性	<p>我が国が自前で宇宙開発利用を行うための宇宙産業基盤は揺らぎつつあり、その回復・強化が我が国にとって喫緊の課題となっている中、宇宙基本計画（平成 27 年 1 月 9 日宇宙開発戦略本部決定）において、目標達成に向けた政策体系として「宇宙産業及び科学技術の基盤の維持・強化」がうたわれており、具体的取組として宇宙産業の中で最もシェアの高い衛星通信・衛星放送分野において「新たな技術試験衛星を平成 33 年度めどに打ち上げることを目指す。」とされている。そのような衛星通信分野で先進的かつ実用的技術を確認する本研究開発は、上記基本計画に直接的に合致するものであり、本研究開発は優先的に実施する必要がある。</p> <p>また、今後の HTS の増大に伴い Ka 帯の周波数需要の急激な増大が懸念されている中で、周波数の有効利用の一層の向上を図ることが急務であり、本研究開発を早急に実施する必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があると認められる。</p>

6 政策評価の結果

本研究開発により、トラフィックの不均一性により生じる通信リソースの無駄を改善する周波数フレキシビリティ技術を確認することにより、現行の HTS に比べ周波数利用効率が2倍に改善され、周波数の有効利用の一層の向上に資する。また、このことにより、衛星通信にかかるコストの低減が可能となり、我が国の携帯電話不感地域や航空機による長距離移動時のブロードバンド環境整備、日本海域での海洋資源開発の活性化に伴う船舶等でのインターネット環境（衛星通信によるインターネット環境）への需要の高まりに応えることができ、また、防災観点で有効性の高い衛星通信の拡大による我が国の ICT の強靱化への寄与が実現される。

以上より、本研究開発には効率性、有効性等があると認められる。

7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、平成 28 年度予算において、「ニーズに合わせて通信容量や利用地域を柔軟に変更可能なハイスループット衛星通信システム技術の研究開発」として所要の予算要求を検討する。

8 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 27 年 7 月 13 日）において、本研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、「衛星の周波数利用効率向上のために重要な研究開発である」、「我が国固有に開発しなければならない技術である」等の御意見を頂いており、本研究開発を実施する必要性が高いこと、効率性及び有効性等が確認された。このような有識者からの御意見を本評価書の作成に当たって活用した。

9 評価に使用した資料等

- 宇宙基本計画（平成 27 年 1 月 9 日宇宙開発戦略本部決定）
<http://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/plan2.pdf>
- 新たな情報通信技術戦略の在り方中間報告書案（平成 27 年 5 月情報通信審議会技術戦略委員会）
http://www.soumu.go.jp/main_content/000361798.pdf
- 海洋基本計画（平成 25 年 4 月 26 日閣議決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/kihonkeikaku/130426kihonkeikaku.pdf>
- 電波政策ビジョン懇談会 最終報告書（平成 26 年 12 月 26 日）
http://www.soumu.go.jp/main_content/000334592.pdf
- 電波利用料による研究開発等の評価に関する会合
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>