

令和 5 年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局電波部電波環境課

評価年月：令和 5 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

近接化・稠密化するモバイル通信機器間における不要電波の解析・抑制技術の研究開発

2 達成目標等

（1）達成目標

様々な産業分野において労働力不足を補うため、今後ロボット等の自律移動体の活用が拡大すると予測されている。しかし、自律移動体を稠密に利用すると、これらのモニタリングや制御のために搭載されるモバイル通信機器間で発生する不要電波等により、基地局からの受信感度が劣化し、通信速度や通信容量の低下や遅延が生じ、ひいては自律移動体の安定な運用に影響を及ぼすことが課題となっている。

そのため、本研究開発では、複数のモバイル通信機器間で発生する不要電波や電波干渉の解析による、動的な電波環境の解析・評価技術及び、自律移動体の筐体を対象としたノイズ抑制技術を確立することで、基地局からの受信電力が低い状況においても受信感度を向上させ、周波数の有効利用を図るとともに、通信品質の改善による自律移動体の安定的な運用に寄与し、もって利用者の利便性向上を図る。

（2）事後評価の予定時期

令和 10 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

令和 6 年度～令和 9 年度（4 か年）

・想定している実施主体

民間企業、大学、国立研究開発法人等

・概要

複数のモバイル通信機器を稠密に運用する際にも機器の安定した運用に寄与するよう、機器間での不要電波等を抑制して受信感度を向上させるため、以下の要素技術を確立する。

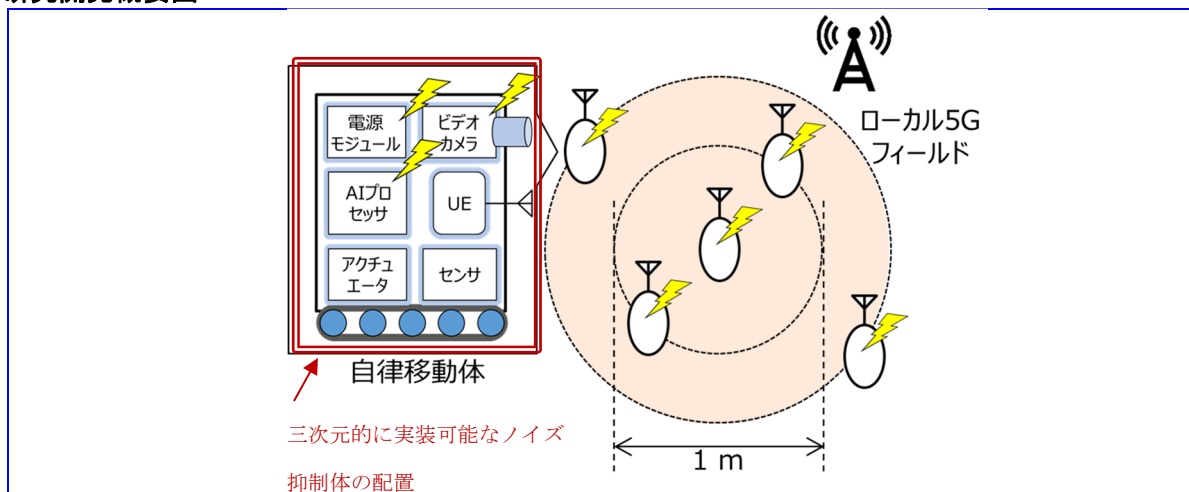
ア 自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術

- ・ 工場等での活用が期待されているローカル 5G フィールドを主なターゲットとした、不要電波の解析技術及び電波の干渉解析技術
- ・ 不要電波を測定し、稠密度の変化に対する不要電波の特性変化を評価できるモデルの構築

イ 近接範囲における機器間ノイズ抑制技術

- ・ 稠密に運用されるモバイル通信機器からの不要電波を抑制するため、自律移動体の筐体を対象として三次元的に実装可能なノイズ抑制体とその設計技術を開発。これにより、従来と同じ厚みで、三次元的な筐体上で 10dB 以上のノイズ抑制効果を実現。

・研究開発概要図



・スケジュール

技術の種類	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5Gの電波特性測定 自律移動体の不要電波測定 ローカル5G通信シミュレーションの構築 電波反射箱を用いた自律移動体の不要電波測定 ローカル5G帯における電波反射箱特性評価 	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5G自律移動体群の不要電波と干渉の評価 ローカル5G自律移動体群のシミュレーションモデル ローカル5G干渉に対する不要電波モデル検討 	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5G自律移動体群の動的な電波環境の評価 ローカル5G自律移動体群の動的シミュレーション 実環境評価との比較検証 近接EMCガイドライン作成・国際標準化寄与 	<ul style="list-style-type: none"> 統合試験 自律移動体群の安定な運用に資するローカル5G性能の確保 統合試験
近接範囲における機器間ノイズ抑制技術	<ul style="list-style-type: none"> シートおよび塗布体の候補材料の抽出 材料測定法の開発とIEC規格化活動 機器間ノイズ抑制体の測定法 基礎研究 一次性能簡易検証 	<ul style="list-style-type: none"> シートおよび塗布体の1次試作 材料測定法の活動とIEC規格化活動 機器間ノイズ抑制体の測定法 一次試作 二次性能簡易検証 	<ul style="list-style-type: none"> 性能検証 シートおよび塗布体の2次試作・機器実装1次試験 機器間ノイズ抑制体の測定法 二次試作 IEC規格化活動 統合試験の準備 	<ul style="list-style-type: none"> 性能検証 統合試験 機器間ノイズ抑制体の測定法 IEC規格化活動 統合試験の実施

・総事業費(予定)

約 20.0 億円 (うち、令和6年度概算要求額 5.0 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

サービスロボットやドローンをはじめとした自律移動ロボットの利用が進み始めており、少子高齢化により労働力不足に直面する中、製造業をはじめとした各産業分野において更なる利用拡大が予測されている。このような自律移動体の普及により、制御やモニタリングのために搭載されるモバイル通信機器の利用も拡大するほか、より近接化・稠密化した中でも安定したワイヤレス通信の需要が増々顕在化することが見込まれる。

今後、自律移動体に搭載するモバイル通信機器が増大し、近接して稠密に運用された場合、モバイル通信機器間での不要電波の干渉等により受信感度の低下、通信品質の劣化が生じるといった課題がある。このような不要電波の干渉は、5Gにおける低遅延・高速・大容量の通信性能を阻害する要因の一つであり、とりわけ情報データの伝送は自律移動体の安全・安定な運用に影響を及ぼす。

よって、稠密に配置された自律移動体の安全・安定な運用に影響する情報データを適切に伝送するためには、自律移動体に搭載されたモバイル通信機器間での不要電波の干渉等の解決が不可欠となることから、自律移動体群による動的な電波環境の評価と解析技術及び近接範囲における機器間ノイズ抑制技術の確立により、自律移動体の安定的な運用につなげ、周波数の逼迫を解消する必要がある。

また、複数の妨害波源に対する妨害波許容値確率モデルの標準化について、国際的に検討されているが、現状、実証データに基づく検証を実施した国はないため、実情に合っていないとの指摘がなされている。同モデルの改訂を議論する際は、日本が議論を主導し国際標準化をリードしていく必要がある。

(3) 政策的位置付け

○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」

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」(令和5年7月20日)において、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

○各観点からの分析

観点	分析
必要性	上記、3(2)研究開発の必要性及び背景に記載のとおり。
効率性	本研究開発は、公募により、近接化・稠密化するモバイル通信機器間における不要電波の解析・抑制技術に関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する機関、研究者等のノウハウを積極的に活用することとしており、効率的に研究開発を推進することができるため、投資に対して最大の効果が見込める。 予算要求段階、公募実施の前段階、提出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。 よって、本研究開発には効率性があると認められる。
有効性	自律移動体群による動的な電波環境解析技術及び近接範囲における機器間ノイズ抑制技術を確立することにより、基地局からの受信電力が低い状態における受信感度が向上し、例えば、工場での利用が期待されるローカル5Gについて、その特徴である低遅延、高速、大容量といった通信性能が享受可能となることから、周波数の有効利用の一層の向上及び自律移動体の安定的な運用に寄与することができる。 研究開発においては、外部有識者や専門家を含む研究開発運営委員会を通じて、多様な専門家からのアドバイスを得つつ、研究開発と実証実験を一体的に推進することとしており、研究成果の実用化に向けた高い確実性が見込まれる。よって、本研究開発には有効性があると認められる。
公平性	本研究開発は自律移動体の運用に利用が期待されるローカル5Gや無線LAN等の周波数帯を対象として実施するものであり、研究開発の成果は広帯域に適用可能であるため、広く無線局免許人や無線通信の利用者の受益となる。また、自律移動体の安定運用に寄与することから、自律移動体の運用者の受益となる。 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。よって、本研究開発には公平性があると認められる。
優先性	自律移動体を稠密に運用した場合に発生する不要電波の干渉は、通信性能を阻害する要因の一つであり、その対策は喫緊の課題である。また、複数の妨害波源に対する妨害波許容値確率モデルの標準化について国際的に検討されているが、実証データに基づいて検証した国はなく、日本が議論を主

導し国際標準化をリードしていく必要がある。本研究開発は、自律移動体群の不要電波と通信干渉について計測方法、解析方法、対策方法を開発するほか、社会展開を見据え国際標準化の活動も含まれており、日本の国際競争力の強化に資するものであり、優先的に実施すべきである。

6 政策評価の結果（総合評価）

今後、モバイル通信機器の増大により周波数のひっ迫が加速化すれば、制御用通信等に悪影響を及ぼし、引いては自律移動体の安定的な運用が困難になることが懸念される。特に、複数の自律移動体が近接して稠密に運用された場合、モバイル通信機器間での不要電波の干渉等により受信感度の低下、通信品質の劣化が生じるといった課題がある。このような稠密な自律移動体における不要電波の干渉は、ローカル 5G における低遅延・高速・大容量の通信性能を阻害する要因の一つであり、とりわけ情報データの伝送は自律移動体の安全・安定的な運用に影響を及ぼす。また、複数の妨害波源に対する妨害波許容値確率モデルの標準化について国際的に検討されているところ、日本が議論を主導し国際標準化をリードしていく必要がある。

自律移動体群による動的な電波環境解析技術及び近接範囲における機器間ノイズ抑制技術を確立することにより、基地局からの受信電力が低い状態における受信感度が向上し、通信品質が維持可能となることから、周波数の有効利用の一層の向上及び自律移動体の安定的な運用に寄与することができる。よって、本研究開発には必要性、有効性等があると認められることから、本事業を実施することは妥当である。

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、令和 6 年度予算において、「近接化・稠密化するモバイル通信機器間における不要電波の解析・抑制技術の研究開発」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」（令和 5 年 7 月 20 日）において、本研究開発の必要性、有効性、有益性や技術、実施体制、予算額の妥当性等について外部評価を実施し、「不要電波とその対策の評価・解析技術及び機器間ノイズ抑制体とその設計技術の開発は重要で必要性が高く、ローカル 5G フィールドにおける電波環境の改善や効率的な周波数共有を実現するために適切な技術であると判断する。開発期間、予算額は妥当であると判断する。」、「複数の無線通信方式で運用する機器間で発生する不要電波の解析技術は重要な研究課題であり、開発成果に基づいた IEC など国際標準化への寄与も考慮されていることは評価できる。総合的に見て本研究開発は有益である。」等のご意見をいただいております。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

○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>

令和5年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局電波部電波政策課、基幹・衛星移動通信課基幹通信室、移動通信課

評価年月：令和5年8月

1 政策（研究開発名称）

ミリ波帯等における移動通信システムの展開に関する研究開発

2 達成目標等

（1）達成目標

移動通信システムは、デジタル田園都市国家構想実現のためのデジタルインフラの中核をなすシステムであり、今後、一層の利用増加が見込まれるものである。しかしながら、当該システムに割当てが可能な周波数は限られており、既存の周波数をより効率的に利用することが求められている。本研究開発は、移動通信システムの今後の展開に資するため、仮想間における電波模擬を活用することにより、ミリ波高度化技術の協調動作によるエリア構築技術、移動通信システムエリア間の干渉低減技術、高マイクロ波帯の各種システムとの間の周波数共用技術を実現するとともに、それぞれの技術の研究開発を効果的に進めるため、かつ実装に必要となる周波数管理基盤技術を確立し、ミリ波帯におけるエリア設計の容易化による実効的なスループット2倍など、周波数利用効率の向上を達成することにより、これまで移動通信システムに十分活用できていなかった周波数帯の有効利用を促進することを目的とする。

（2）事後評価の予定時期

令和10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

令和6年度～令和9年度（4か年）

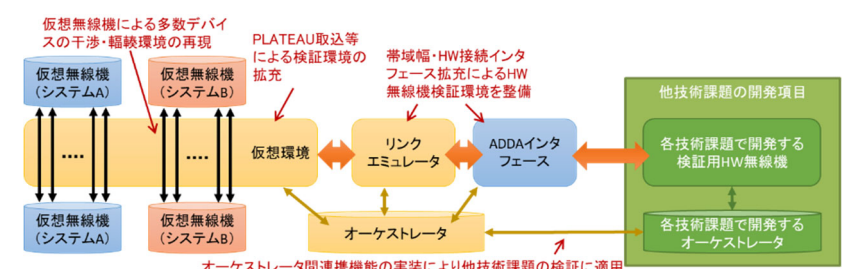
・想定している実施主体

民間企業、大学、国立研究開発法人 等

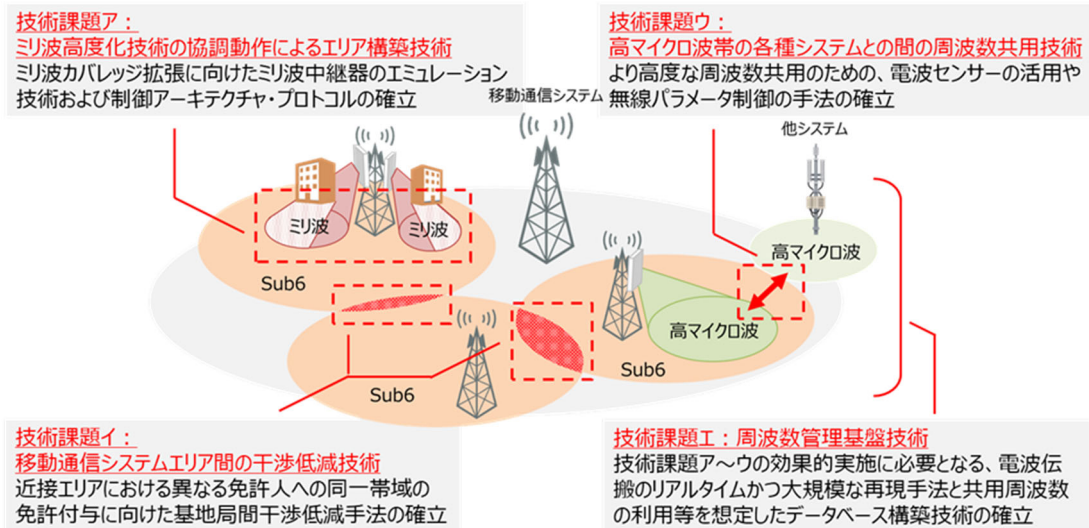
・概要

移動通信システムの一層の展開を促進するため、以下の技術課題に取り組む。その際、複雑化する移動通信システムの研究開発を効果的に進めるため、仮想環境による電波模擬システム（ワイヤレスエミュレータ）の活用を合わせて進める。

技術の種類	技術の概要
<p>①技術課題ア： ミリ波高度化技術の協調動作によるエリア構築技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ミリ波中継器に適用可能な、実測データに基づいた電波伝搬モデルを確立する。 ・ミリ波中継器の振る舞いを仮想空間で模擬するためのエミュレーション技術を確立する。 ・多数のミリ波中継器と基地局を連携制御するためのアーキテクチャおよび制御プロトコル、無線リソース最適化手法を確立し、実効的なスループットを2倍にする。 <p>図：技術課題アの概要</p>
<p>②技術課題イ： 移動通信システムエリア間の干渉低減技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・異免許人間のコア網間で連携、あるいは運用データベースなど外部エンティティを介した協調制御を行う手法や、基地局の報知信号に自局の運用情報(周波数利用情報)などを重畳して発信することで近隣の基地局間で協調制御を図る手法を確立し、周波数利用効率を15%以上向上させる。 ・リソースブロックの利用について相互に干渉が発生しにくいパターンを複数設定しておき、当該エリアにおける周波数の混雑状況に応じて自律的に最適なパターンを適用することにより、衝突(干渉)の発生可能性を極小化する手法を確立する。 <p>図：技術課題イの概要</p>
<p>③技術課題ウ： 高マイクロ波帯の各種システムとの間の周波数共有技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・一次利用者と二次利用者が共存する利用モデルを想定し、電波センサーを活用した電波保護領域の推定および空き無線リソース検出を行う周波数共有無線通信技術を確立する。また、無線システムの利用状況や伝搬路状況に合わせて送信電力やアンテナ角度等の無線パラメータの動的制御、および二次利用者間において周波数共有無線通信技術と組み合わせ、自律的な無線パラメータの制御を行う共有周波数の高度利用技術を確立することで、周波数利用効率を20%向上させる。 <p>図：技術課題ウの概要</p>

技術の種類	技術の概要
<p>④技術課題エ： 周波数管理基盤技術</p>	<ul style="list-style-type: none"> 技術課題アからウが対象とする周波数帯の技術特性を踏まえ、オープンデータの活用も念頭に置いた地形情報等を含めた電波伝搬をリアルタイムかつ大規模に再現可能なデータベースを構築し、複数システムの通信エリアの計算等を行う周波数管理基盤技術の研究開発を行う。 様々な共用周波数利用環境下において仮想物理協調動作により実無線機を用いた周波数管理技術の評価を行うための実装技術を開発する。  <p>図：技術課題エの概要</p>

・ 研究開発概要図



・ スケジュール

	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
技術課題ア： ミリ波高度化技術の協調動作によるエリア構築技術	高度化伝搬モデルの考案 → 中継器模擬・電波伝搬模擬の基本方式を考案	高度化伝搬モデル改良・中継器に適用可能なモデル考案 → 中継器模擬・電波伝搬模擬の基本方式を改良	考案モデルの結合モデルの検討 → 電波伝搬模擬手法を改良 伝搬モデルとの接続性を確認	結合モデルの改良 → 電波伝搬模擬手法を改良
	中継器制御の基本方式を考案	中継器制御の基本方式を改良	中継器制御におけるリソース制御方式を改良	課題工基盤上での統合評価
	協調制御 方式設計・机上評価 → 自律制御 スケジューリング方式設計・試作	協調制御 複数基地局対応へ設計拡張・試作 → 自律制御 スケールアップを考慮した設計拡張・試作 → 実現性評価	【実機】協調・自律 連携設計・試作 → 【仮想無線機】 基本設計・試作	【実機】協調・自律 スケールアップ対応・試作 → 【仮想無線機】 外部連携機能実装・試作
技術課題イ： 移動通信システムエリア間の干渉低減技術	協調制御 方式設計・机上評価 → 自律制御 スケジューリング方式設計・試作	協調制御 複数基地局対応へ設計拡張・試作 → 自律制御 スケールアップを考慮した設計拡張・試作 → 実現性評価	【実機】協調・自律 連携設計・試作 → 【仮想無線機】 基本設計・試作	【実機】協調・自律 スケールアップ対応・試作 → 【仮想無線機】 外部連携機能実装・試作
	電波保護領域推定技術、センシング技術、周波数共有無線通信技術、高SHF帯移動通信システムの基礎開発	電波保護領域推定技術、センシング技術、周波数共有無線通信技術の結合、高SHF帯移動通信システムの高度化装置開発	周波数共有無線通信技術の秋リソース検出も含めた結合、高SHF帯移動通信システムの総合評価装置開発	周波数共有無線通信技術高SHF帯移動通信システムの総合評価実証
	動的・自律的無線パラメータ制御アルゴリズム基礎開発	動的・自律的無線パラメータ制御アルゴリズム基礎評価	動的・自律的無線パラメータ制御アルゴリズム機能開発 動的・自律的無線パラメータ制御アルゴリズム機能評価	動的・自律的無線パラメータ制御アルゴリズム機能開発 動的・自律的無線パラメータ制御アルゴリズム機能評価
技術課題ウ： 高マイクロ波帯の各種システムとの間の周波数共有技術	基地局・端末基礎試作	高SHF帯基地局・端末試作 無線パラメータ自動切替	複数台基地局・端末試作 無線パラメータ自動切替実装	基地局・端末評価実証 無線パラメータ自動切替評価
	エミュレーション基礎評価	エミュレーション評価実証	動画像伝送基礎開発	屋外実証実験
	検証用無線機評価基盤一次試作	検証用無線機評価基盤二次試作	検証用無線機結合評価 → 検証用無線機との 結合による機能評価 → オーケストレーション 協調動作評価	検証用無線機結合評価 → 検証用無線機との 結合による機能評価 → オーケストレーション 協調動作評価 → 他技術課題との 統合実証
技術課題工： 周波数管理基盤技術	検証用無線機評価基盤一次試作	検証用無線機評価基盤二次試作	検証用無線機結合評価 → 検証用無線機との 結合による機能評価 → オーケストレーション 協調動作評価	検証用無線機結合評価 → 検証用無線機との 結合による機能評価 → オーケストレーション 協調動作評価 → 他技術課題との 統合実証
	無線機協調動作基本実装・仮想無線機スタック実装	無線機協調動作高度化実装・仮想無線機スタック拡張	仮想無線機による無線機協調動作実証	統合実証

・ 総事業費(予定)

約 85.6 億円 (うち、令和 6 年度概算要求額 21.6 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

国際的に 71GHz までの高い周波数帯が IMT 特定¹されており、我が国においても 28GHz 帯が既に携帯電話事業者に割当済みであるが、5G トラヒックはローバンドから Sub6 (3.7-4.5GHz 帯) によるものが大勢を占めており、ミリ波によるトラヒックは僅少である。これは、Sub6 以下と比べてミリ波の直進性が高く、伝搬距離が短い等の理由によりエリア設計が困難なためである。同周波数帯は全国携帯電話事業者だけでなくローカル 5G にも利用されている帯域であり、今後、デジタル田園都市国家構想を実現するためにもミリ波帯におけるエリア設計の容易化等が必要である。また、移動通信トラヒックは増加を続けており、世界的にもミリ波の利用に向けた議論が進展している状況を踏まえれば、移動通信システムにおけるミリ波の展開を推し進めることは喫緊の課題である。

また、既にローカル 5G の展開において課題が表面化しているとおおり、異免許人が同一周波数帯かつ隣接するエリアの利用を希望する場合の重複するカバーエリアへの対応が課題となっている。さらに今後は地域ごとの免許付与や、開設指針の達成状況に応じた割り当ての見直しなどにより、複数の免許人が同一周波数帯を、エリアを分けながら移動通信システムを運用することも想定され、重複するカバーエリアにおいてお互いの電波の干渉を回避する方策の確立が望まれている。

さらには、ミリ波より直進性が低くエリア構築の容易な高マイクロ波帯の移動通信システムへの利用について世界的に関心が高まっており、WRC-27²に向けた検討候補周波数帯として議論されている状況である。このような状況を踏まえれば、増加を続ける移動通信トラヒックへの対応には、高マイクロ波帯の利用方策についても検討していくことが必要である。

1 IMT 特定：第 5 世代移動通信システム (5G) 等で使用することができる国際的な移動通信 (IMT: International Mobile Telecommunication) 用周波数として ITU (国際電気通信連合) の下で合意されること。

2 WRC-27：ITU (国際電気通信連合) の下で約 4 年に一度 (次回は 2027 年 11 月) 開催される世界無線通信会議 (World Radiocommunication Conference) の略称。各種無線システムの周波数の利用について議論がなされる。

(3) 政策的位置付け

○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」

○政府の基本方針 (閣議決定等)、上位計画・全体計画等

名称 (年月日)	記載内容 (抜粋)
経済財政運営と改革の基本方針 2023 (骨太の方針、令和 5 年 6 月 16 日閣議決定)	第 2 章 5 (地域・中小企業の活性化) (前略) デジタル実装の前提となる 5 G、光ファイバ等のデジタル基盤について全国津々浦々で整備を推進するとともに (中略) Beyond 5 G の研究開発等を進める。
デジタル田園都市国家構想基本方針 (令和 4 年 6 月 7 日閣議決定)	第 2 章 デジタル田園都市国家構想の実現に向けた方向性 (2) デジタル田園都市国家構想を支えるハード・ソフトのデジタル基盤整備 ①デジタルインフラの整備 デジタル田園都市国家構想の実現のためには、光ファイバ、5G、データセンターや海底ケーブルなどの通信インフラの整備が不可欠であることから、「デジタル田園都市国家インフラ整備計画」(令和 4 年 3 月 29 日公表) の実行等により、これらのインフラ整備を地方のニーズに即してスピード感をもって推進する。
デジタル田園都市国家構想総合戦略 (令和 4 年 12 月 23 日閣議決定)	第 4 章 各分野の施策の推進 2. 分野別の施策の推進 (2) デジタル基盤整備 ①デジタルインフラの整備 【具体的取組】 (a) デジタル田園都市国家インフラ整備計画の実行 2022 年 3 月に策定したデジタル田園都市国家インフラ整備計画に基づき、光ファイバ、5G、データセンター/海底ケーブル等のデジタルインフラの整備を推進する。整備の効果を最大化するため、総務省が、地方公共団体、通信事業者、社会実装関係者、インフラシェアリング事業者等から形成される「地域協議会」を開催し、インフラ整備とデジタル実装のマッチングを推進するとともに、Beyond 5G の研究開発を加速し 2020 年代後半から順次、開発成果の社会実装を実現する。
デジタル田園都市国家インフラ整備計画 (改訂版) (令和 5 年 4 月 25 日)	第 2 章 整備方針・具体的施策等 2-2 ワイヤレス・IoT インフラ (5 G 等) 2-2-3 ワイヤレス・IoT ソリューション (3) 具体的施策 5 G 等の特長を実感できるような、かつ、地域の課題解決ニーズに即した先進的なソリューションの実証に取り組み、社会実装に向けたボトルネックの解消等を図るとともに、その成果を踏まえて、地域における実装計画の策定や社会実装に必要となるデジタル基盤の構築を推進する。

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

本研究開発等の企画・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」(令和 5 年 7 月 20 日) において、研究開発等の必要性、有

効性、技術、実施体制及び予算額の妥当性、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

○各観点からの分析

観点	分析
必要性	上記、3(2)研究開発の必要性及び背景に記載のとおり。
効率性	<p>本研究開発等を推進するに当たっては、電波伝搬に関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する民間企業、大学、国立研究開発法人、独立行政法人等のノウハウや既存のデータを積極的に活用することにより、効率的に研究開発等を推進することができるため、投資に対して最大の効果が見込める。</p> <p>また、過年度までに開発した電波模擬システムを活用することで研究開発を効果的に進めるとともに、電波模擬システムの利活用推進を行うワイヤレスエミュレータ利活用社会推進フォーラム等の関係機関と密接に連携し、実用化を見据えた検討を行うこととしている。</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、研究開発等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>本研究開発では、まずミリ波帯におけるエリア設計を容易化するため、ミリ波高度化技術(Network Controlled Repeater (NCR)、Reconfigurable Intelligent Surface (RIS))と基地局の協調動作によって基地局1局あたりのエリアカバー及びスループットの改善を実現する。</p> <p>また、近接するエリアにおける異なる免許人への同一帯域の免許付与を実現するため、サービスエリア重複時における協調制御及び自律制御による干渉低減技術を開発し、エリア重複を可能とすることで周波数利用効率の向上を図る。</p> <p>さらに、既存システムが存在する高マイクロ波帯に移動通信システムを導入するにあたり、電波センサーを活用して空き周波数を確認することで既存の多様なシステムとの共存を実現し、周波数利用効率の向上を図る。</p> <p>以上により、これまで移動通信システムで十分に活用できていない周波数に対して移動通信システムの展開を推進することにより周波数逼迫の解消に寄与することができる。</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、幅広い周波数帯について、周波数の効率的利用や共同利用、高い周波数帯の利用を可能とする技術の研究開発を実施することから、広く移動通信システムの利用者の受益となる。</p> <p>また、本研究開発は、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>増加し続ける移動通信システムのトラフィックに対応するとともに、今後、増加することが容易に想定される異免許人間のエリア調整等に対応するとともに、より高い周波数の活用を推し進めるためには、速やかに研究開発に着手し、技術を確立することが必要である。</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（総合評価）

今後周波数需要の急激な増大に対する見通しがあり、移動通信システムの周波数のひっ迫解消や有効利用を一層促進するために、移動通信システムにおけるミリ波の展開の推進が必要である。また、複数の免許人が同一周波数帯を、エリアを分けながら移動通信システムを運用することも想定され、重複するカバーエリアにおいてお互いの電波の干渉を回避する方策の確立が望まれる。さらに、高マイクロ波帯の移動通信システムへの利用についても世界的に関心が高まっており、その利用方策についても検討していくことが必要である。

本研究開発により、ミリ波高度化技術と基地局の協調動作によって基地局1局あたりのエリアカバー及びスループットの改善を実現する。また、サービスエリア重複時における協調制御及び自律制御による干渉低減技術を開発し、エリア重複を可能とすることで周波数利用効率の向上を図る。さらに、高マイクロ波帯に移動通信システムを導入するにあたり、電波センサーを活用して空き周波数を確認することで既存の多様なシステムとの共存を実現し、周波数利用効率の向上を図る。

よって、本研究開発には必要性、有効性等があると認められることから、本事業を実施することは妥当である。

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、令和6年度予算において、「ミリ波帯等における移動通信システムの展開に関する研究開発」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」（令和5年7月20日）において、本研究開発等の必要性、有効性、技術、実施体制及び予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、「本研究開発の必要性は高く、移動通信システムにおけるミリ波の迅速な技術展開が期待できる。研究開発期間および予算額も妥当であると思われる。」「仮想空間における電波エミュレーション等に関する本研究課題を遂行することで、移動通信システムにおけるミリ波の迅速な技術展開への応用が期待できる。総合的な観点から本研究開発の有益性は極めて高いと考える。」等の御意見を頂いており、本研究開発等を実施する必要性、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

○ 経済財政運営と改革の基本方針 2023（令和5年6月16日閣議決定）

https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/honebuto/2023/2023_basicpolicies_ja.pdf

○ デジタル田園都市国家構想基本方針（令和4年6月7日閣議決定）

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/digital_denen/pdf/20220607_honbun.pdf

○ デジタル田園都市国家構想総合戦略（令和4年12月23日閣議決定）

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/digital_denen/pdf/20221223_honbun.pdf

○ デジタル田園都市国家インフラ整備計画（改訂版）（令和5年4月25日閣議決定）

https://www.soumu.go.jp/main_content/000877891.pdf

令和5年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局 基幹・衛星移動通信課

評価年月：令和5年8月

1 政策（研究開発名称）

低軌道衛星と地上端末直接通信における周波数共用を可能とするナローマルチビーム形成技術の研究開発

2 達成目標等

（1）達成目標

低軌道に多数の衛星を打ち上げ一体的に運用する「衛星コンステレーション」を活用した衛星通信は、離島、海上、山間部等を効率的にカバーし、自然災害をはじめとする非常時等に備えたネットワークの冗長性を確保する手段として広く世界で利用が進んでおり、更なる高度化も図られている。特に、地上系ネットワークと同じ周波数帯を使用したスマートフォン等の地上端末と衛星との直接通信は、全土をカバーするブロードバンド・インフラを実現するとともに、一般に普及している既存端末を用いて災害時も使用できる通信手段の提供を可能とするものとして実現が期待されているところである。

このように、衛星コンステレーションの利用は今後一層拡大していくことが想定される一方で、衛星コンステレーションを活用した衛星通信は、衛星の数やカバーエリアの大きさから、地上・宇宙の各無線システムに与える影響も大きく、低軌道衛星と地上端末との直接通信の実現には、干渉を抑制して周波数を効率的に利用していくことが課題となっている。

このため、本研究開発では、アンテナ素子を搭載した複数の超小型衛星をクラスタ化して構成する大口径のフェーズドアレイアンテナ（注）により任意の方向や範囲に対して複数の電波の送受を可能とすることで、地上系と衛星系のネットワークで周波数共用を可能とする技術を確立し、低軌道衛星と地上端末の直接通信の実現に寄与するとともに、周波数の有効利用の一層の向上に資することを目標とする。

注 複数の空中線、位相器、増幅器等を用いて一又は複数の指向性を持つビームパターンを形成し、制御する技術を有するアンテナ

（2）事後評価の予定時期

令和9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

令和6年度～令和8年度（3か年）

・想定している実施主体

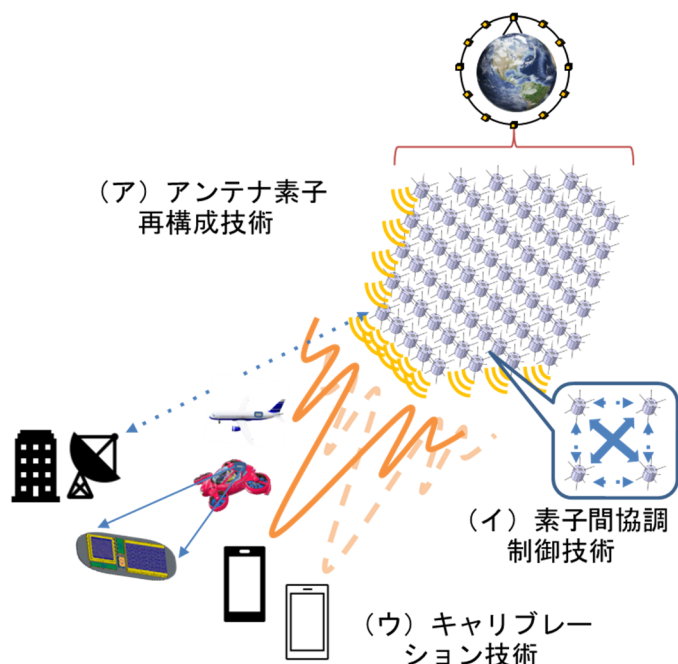
民間企業、大学、国立研究開発法人等

・概要

低軌道衛星と地上端末の直接通信において、アンテナ素子を搭載した複数の超小型衛星をクラス

タ化することで構成される大口径フェーズドアレイアンテナにより任意の方向や範囲に対して複数の電波の送受を可能とすることで、地上系と衛星系のネットワークで周波数共用を可能とする技術を確認するため、以下の技術課題に取り組む。

・研究開発概要図



技術の種類	技術の概要
(ア) アンテナ素子再構成技術	複数の低軌道衛星に搭載されたアンテナ素子の位置を制御してフェーズドアレイアンテナを構成し、地上系ネットワークとの干渉を抑制して地上系と衛星系で周波数の共用を可能とするアンテナ素子再構成技術を確認する。
(イ) 素子間協調制御技術	複数のアンテナ素子の振幅・位相等を協調して制御し、全体として一つのフェーズドアレイアンテナとして動作させ、任意の方向や範囲に対して複数の電波の送受（ナローマルチビーム）を可能とする素子間協調制御技術を確認する。
(ウ) キャリブレーション技術	各アンテナ素子から振幅・位相等に関する情報を収集して誤差を補正し、フェーズドアレイアンテナを構成するアンテナ素子全体を同期させるキャリブレーション技術を確認する。

・スケジュール

技術の種類	令和6年度	令和7年度	令和8年度
(ア) アンテナ素子再構成技術	全体システム基本設計 →	アンテナ素子モジュール開発 →	全体システム統合検証 →
(イ) 素子間協調制御技術	アンテナ素子基本設計 →	アンテナ素子開発 →	アンテナパターン検証 →
(ウ) キャリブレーション技術	キャリブレーションシステム基本設計 →	キャリブレーションモジュール開発 →	キャリブレーションシステム検証 →

・総事業費(予定)

約12.0億円 (うち、令和6年度概算要求額 4.0億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

携帯電話は、令和5年3月時点で契約数が約2.1億に達し、そのトラフィックは1年で1.2倍に増加する等、通信インフラとして国民の間で広く利用されており、人口カバー率はおおむね99.9%を達成している。一方で、面積カバー率は最大でも約7割にとどまっており、利用者の利便性向上や安全・安心の観点から非居住地域についても通信環境を整備していくことが求められているところ、離島、海上、山間部等の効率的なカバーや自然災害をはじめとする非常時等に備えたネットワークの冗長性の確保に有用である非地上系ネットワーク (NTN: Non-Terrestrial Network) の推進が重要な課題となっている。

NTN の一種である衛星通信は、地上系ネットワークが整備されていない地域や自然災害等で通信インフラに被害があった地域での重要な通信手段として従前から利用されてきたところであるが、近年、中・低軌道に多数の衛星を打ち上げ一体的に運用する衛星コンステレーションによって高速大容量通信等の高度なサービスを提供することが可能となったことから、我が国を含めて世界で利用が進んでおり、更なる高度化も図られている。特に、地上系ネットワークと同じ周波数帯を使用したスマートフォン等の地上端末による衛星との直接通信は、全土をカバーするブロードバンド・インフラを実現するとともに、一般に普及している既存端末を用いて災害時も使用できる通信手段の提供を可能とするものとして期待されているところである。一方で、衛星コンステレーションを活用した衛星通信は、衛星の数やカバーエリアの大きさから、地上・宇宙の各無線システムに与える影響も大きく、低軌道衛星と地上端末との直接通信の実現には、干渉を抑制して周波数を効率的に利用し、地上系と衛星系のネットワークの周波数共用を可能とする必要がある。

(3) 政策的位置付け

○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」

○政府の基本方針 (閣議決定等)、上位計画・全体計画等

名称（年月日）	記載内容（抜粋）
<p>新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画 2023改訂版 (令和5年6月16日 閣議決定)</p>	<p>IV. GX・DX等への投資 5. DX (2) ポスト5G、6Gの実現 また、<u>衛星通信</u>や、HAPS（高高度プラットフォーム）を活用した成層圏からの通信により、従来のネットワークが届かない空、海、離島、山間部等も含めて<u>広範囲の通信を可能とする非地上系ネットワーク（NTN）の早期実装を図るため、研究開発の加速化、実用化、海外展開を促進する。</u></p> <p>X. 個別分野の取組 1. 宇宙 防災・減災等に貢献するため、<u>官民連携の下、多数の小型合成開口レーダー（SAR）衛星が連携するコンステレーションを2025年までに構築すべく、実証事業の推進や次世代技術等の開発・実証を推進する。</u>また、次期静止気象衛星について着実に整備を進める。さらに、<u>宇宙光通信ネットワーク、衛星量子暗号通信等の次世代技術が2030年頃に社会実装できるよう開発・実証を推進する。</u></p>
<p>宇宙基本計画 (令和5年6月13日 閣議決定)</p>	<p>4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ (2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現に向けた具体的アプローチ (a) 次世代通信サービス 【Beyond5G 時代を見据えた次世代通信技術開発・実証支援】 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を見据え世界の開発競争が激化している中、<u>陸・海・空さらには宇宙をシームレスにつなぐために、我が国が非地上系ネットワーク（NTN）を世界に先駆けて開発・実装・利活用を一体的に進めていく。</u>それにより、<u>現在ネットワークが整備されていない遠隔地に加え、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の実現や、地政学リスクや災害リスクに備えた強靱なネットワークの実現を目指していく。</u> これらを実現する基盤となる技術について、フルデジタルを始めとしたSDS技術、通信衛星とIoTの連携、Beyond5G/NTN関係の技術、<u>衛星光通信技術等に関連する国産の技術開発・実証、通信衛星バスの小型化・低廉化を強力に推進し、必要な海外展開支援も実施していく。</u>なお、海外展開の際には、<u>衛星通信技術のデュアルユース性を念頭に、官民による市場開拓等、効果的な支援を実施していく。</u> また、<u>非地上系ネットワーク（NTN）は、離島、海上、山間部等の効率的なカバーや自然災害を始めとする非常時等に備えたネットワークの冗長性の確保に有用であることから、前述の関連技術の開発・実証支援を推進するとともに、関連する制度整備を進めるなど、サービスの導入促進のための取組を推進する。</u></p>
<p>国土強靱化基本計画 (令和5年7月28日 閣議決定)</p>	<p>第3章 国土強靱化の推進方針 2 施策分野ごとの国土強靱化の推進方針 (6) 情報通信 ④ 大規模災害時等の非常事態への対処として、電気通信事業者間の連携・協力による緊急通報の事業者間ローミングの実現に向けた検討を進めるとともに、<u>通信サービスが途絶した場合における迅速な応急復旧のための国・地方公共団体・通信事業者等が連携した訓練の実施、高高度プラットフォーム（HAPS）や衛星通信等の非地上系ネットワーク（NTN）を含む多様な通信手段の確保、現実のネットワークの特性等を反映したデジタルモデルを用いたインターネット特有の脆弱性への対策案の検討等を進める。</u>【総務省、その他関係府省庁】</p>
<p>デジタル田園都市国家インフラ整備計画（改訂版） (令和5年4月25日 総務省)</p>	<p>第2章 整備方針・具体的施策等 2-4 非地上系ネットワーク（NTN） (3) 具体的施策 ②衛星通信 ITU（国際電気通信連合）が定めるRR（無線通信規則）に基づく国際周波数調整</p>

	<p>を通じ、他国との調和を図りつつ、我が国の衛星通信網の周波数の確保に取り組みとともに、携帯電話との直接通信等の新たなサービスについて、他システムとの周波数共用や国際的な動向を踏まえつつ、その円滑な導入のために必要な制度整備を進める。</p> <p>また、<u>将来の我が国独自の通信衛星コンステレーションの構築に向け、宇宙安全保障構想や宇宙基本計画など政府全体の方針を踏まえ、今後展開が見込まれるサービスコンセプト及びそれを支えるための通信技術について調査・検討を行い、それらに基づき、構築に向けた事業を計画する民間の取組への支援の検討を進める。</u></p>
--	---

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」（令和5年7月20日）において、研究開発の必要性、有効性、研究開発期間の妥当性、技術課題・達成目標の明確性、予算額の妥当性、総合的にみた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

○各観点からの分析

観点	分析
必要性	上記、3（2）研究開発の必要性及び背景に記載のとおり。
効率性	<p>本研究開発は、専門的知識や研究開発遂行能力を有する企業、研究者等のノウハウを積極的に活用することとしており、効率的に研究開発を推進することが期待されるため、投資に対して最大の効果が見込まれる。また、研究開発実施の各段階において、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において外部評価を行い、事業の改善を図っていくこととしている。</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>低軌道衛星と地上端末直接通信における周波数共用を可能とするナローマルチビーム形成技術を確立することによって、地上系と衛星系の効率的な周波数利用が可能となり、全土をカバーできるブロードバンド・インフラの実現や、一般に普及している既存端末を用いて災害時も使用できる通信手段の実現等に寄与する。</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>本研究開発の成果は、衛星通信の利用を容易とし、利用者の利便性向上や自然災害をはじめとする非常時等に備えた地上系ネットワークの冗長性の確保につながる等、広く国民の利益になることが見込まれる。</p> <p>また、本研究開発の実施に当たっては、技術課題や到達目標を示した基本計画に基づき広く提案公募を行い、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において最も優れた提案を採択することとしている。</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>衛星通信等の非地上系ネットワーク（NTN）は、宇宙基本計画において、離島、海上、山間部等の効率的なカバーや自然災害を始めとする非常時等に備えたネットワークの冗長性の確保に有用であり、関連技術の開発・実証支援を推進するとされる等、各政府戦略において重要課題として掲げられている。</p> <p>また、米国、欧州、中国等が衛星コンステレーションの構築を進める中で、我が国がグローバルな通信市場において競争力を確保するためには我が国独自の技術を確立し、その普及を図ることが必</p>

要不可欠であることから、研究開発を速やかに進める必要がある。
よって、本研究開発には優先性があると認められる。

6 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発は、地上系と衛星系のネットワークで周波数共用を可能とする技術を確立し、低軌道衛星と地上端末の直接通信の実現に寄与するとともに、周波数の有効利用の一層の向上に資することを目標とするものであり、その推進は各政府戦略においても重要課題として掲げられている。また、本研究開発の成果は、衛星通信の利用を容易とし、利用者の利便性向上や自然災害をはじめとする非常時等に備えた地上系ネットワークの冗長性の確保につながる等、広く国民の利益になることが見込まれる。

加えて、米国、欧州、中国等が衛星コンステレーションの構築を進める中で、我が国がグローバルな通信市場において競争力を確保するためには我が国独自の技術を確立し、その普及を図ることが必要不可欠であることから、研究開発を速やかに進める必要がある。

よって、本研究開発には必要性、効率性、有効性、公平性及び優先性があると認められることから、本事業を実施することは妥当である。

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、令和6年度予算において、「低軌道衛星と地上端末直接通信における周波数共用を可能とするナローマルチビーム形成技術の研究開発」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」（令和5年7月20日）において、研究開発の必要性、研究開発期間の妥当性、技術課題・達成目標の明確性、予算額の妥当性、総合的にみた研究開発の有益性等の観点から外部評価を受け、「NTNにおいて、セル半径の縮小と容量拡大は解決すべき重要課題であり、複数衛星アンテナのクラスタ化を用いた大口径フェーズドアレイアンテナシステムにより実現を目指す本研究開発は、重要かつ早急に取り組むべきチャレンジングな提案である」、「衛星通信において既存の携帯電話による直接通信サービスへの期待が高まっており、研究開発の必要性は高く、総合的に見て本研究開発は有益である」等の評価を得た。これにより、本研究開発の必要性等を確認するとともに、同評価結果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

- 新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2023改訂版（令和5年6月16日 閣議決定）
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/pdf/ap2023.pdf
- 宇宙基本計画（令和5年6月13日 閣議決定）
https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/kaitei_fy05/honbun_fy05.pdf
- 国土強靱化基本計画（令和5年7月28日 閣議決定）
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/kk-honbun-r057028.pdf
- デジタル田園都市国家インフラ整備計画（改訂版）（令和5年4月25日 総務省）
https://www.soumu.go.jp/main_content/000877891.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>