

令和 4 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 06702

研究開発課題名 Beyond 5G 宇宙ネットワーク向け未利用周波数帯活用型の無線通信技術の研究開発
研究開発項目 2 Q 帯、V 帯における高性能送受信システム技術の研究開発

副 題 Q/V 帯における高性能送受信機器技術とその適用

(1) 研究開発の目的

2030 年頃の Beyond5G 時代を支える宇宙ネットワークにおいて、Q 帯、V 帯の利用を可能とする衛星搭載用高性能送受信機器技術の確立及び当該技術を利用した高性能送受信システム(衛星システム)の検討を行う。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 8 年度 (5 年間)

(3) 受託者

NECスペーステクノロジー株式会社<代表研究者>
株式会社Space Compass
スカパーJSAT株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度 173 百万円
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 2-a) Q 帯、V 帯に対応する受信系機器の高性能化に関する研究開発
(NECスペーステクノロジー)

研究開発項目 2-b) Q 帯に対応する送信系機器の研究開発
(NECスペーステクノロジー)

研究開発項目 2-c) Q 帯、V 帯における高性能送受信システムの検討・設計・評価

- ①ユースケース・ビジネスモデルの検討 (Space Compass)
- ②ペイロード・コンステレーションの基本要求的整理 (Space Compass)
- ③地上局を含めた衛星通信システム全体の検討 (Space Compass)
- ④ファイリング手続や国際調整、国内における免許手続に必要な項目の整理 (スカパーJSAT)
- ⑤衛星システムの検討・設計 (NECスペーステクノロジー)
- ⑥実証モデルの製造評価 (NECスペーステクノロジー)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	0	0
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 2-a) Q 帯、V 帯に対応する受信系機器の高性能化に関する研究開発

低雑音増幅器(LNA)や周波数変換器(CONV)の開発を行い、宇宙実証モデルに対し環境試験を実施し、衛星搭載可能であることを検証することを研究全体の最終目標としており、その達成に向けて今年度は以下の研究を実施した。

目標 1) 受信系機器の機器仕様検討を実施し、本研究で取り組むべき項目について調査、検討を行い、計画を立案する

成果 1) 米国で開催された“Satellite2023”への参加等を通じて、市場の需要と技術動向を調査し、機器(V 帯 LNA、Q/V 帯 CONV)とその構成デバイスそれぞれに求められる性能を仕様として定めた。主な項目として周波数範囲、雑音指数、線形利得および消費電力があげられる。また仕様達成のための課題として、半導体プロセス、基板材料および周波数変換デバイスであるミキサの回路方式の選定などが識別された。

目標 2) 機器及びその構成要素(MMIC 等)の評価に必要とされる測定系の導入を行う

成果 2) 将来の量産における効率的な試験実施も考慮した測定器の選定を実施し、導入を行った。当該測定器を用い、先行して既存 V 帯デバイスにて試験系を構築し V 帯で再現性のある測定ができることを確認した。更に今後の評価に際して必要となる備品の選定も実施した。

研究開発項目 2-b) Q 帯に対応する送信系機器の研究開発

SSPA の開発を行い、宇宙実証モデルの環境試験を実施し、衛星搭載可能であることを検証すること、並びに TWT の詳細設計を行い、Q 帯 TWTA が実現可能であることを試作モデルの特性評価等を実施し検証することを研究全体の最終目標としており、その達成に向けて今年度は以下の研究を実施した。

目標 1) 送信系機器の機器仕様検討を実施し、本研究で取り組むべき項目について調査、検討を行い、計画を立案する。

成果 1) 機器性能のベンチマークを実施するとともに、米国で開催された“Satellite2023”への参加等を通じ、Q 帯機器に対する期待、SSPA と TWTA の使い分けに関する考え方や電力付加効率が課題である点など、市場・顧客動向及び技術動向の整理及び確認を行った。並行して SSPA 及び TWTA の仕様達成のための課題を抽出し、今後研究開発が必要な技術の検討を実施した。主な項目として、SSPA では、高効率 HPA デバイスの開発、飽和出力レベル増加のための合成回路技術、発熱を下げる高排熱素材の採用、TWTA では、リップルの小さい電子ビームを生成する電子銃や、電子ビームから RF への高効率エネルギー変換が可能な遅波回路の設計手法などがあげられる。また、それぞれのキーデバイスである HPA 及び TWT に対し目標となる要求仕様を定めた。

目標 2) TWTA を構成する EPC 部の概念検討を実施

成果 2) 先行研究の結果および他社技術調査の結果を元に、TWT とのインタフェース条件について検討と整理を行った。その結果を元に Q 帯 TWT 向けの EPC の構成案を検討し、既存 EPC との差異を明確化することで、将来的に EPC を開発する際の課題の抽出を行った。

研究開発項目 2-c) Q 帯、V 帯における高性能送受信システムの検討・設計・評価

- Q 帯、V 帯のユースケース提案、ビジネスモデル提案及び地上局などを含めた衛星通信システム全体の提案

今年度は、ユースケース提案のための実施内容として、まず、Q/V 帯の電波の特徴の考察および、Q/V 帯の外部動向・実用化検討事例の調査を実施した。Ku 帯などに比べて大気吸収や降雨による影響を受けやすい特性を持っていること等を纏め、昨今の主要な LEO コンステレーション事業者の動向をまとめた。

次に、本研究開発により実現されるペイロードの特徴と、各種主要パラメータの洗い出しを実施した(ペイロード、地球局、コンステレーション)。従来から静止衛星等で利用されているパラボラアンテナを用いてサービスリンクビームとして利用することを想定することとした。主要パラメータについては、以下のとおり洗い出しを行った。

【ペイロード・地球局主要パラメータ】

衛星 EIRP、 衛星 G/T、 衛星カバレッジ、 地球局 EIRP、 地球局 G/T

【LEO コンステレーション主要パラメータ】

衛星基数、 軌道高度、 軌道傾斜角、 利用周波数、 衛星一基当たりの電力
衛星間通信有無、 サービスにおける子局最低仰角

上記にて検討したペイロードの特徴を元にユースケースの初期案を検討した。ユースケースの特徴としては、スポットビームを用いた特定エリア向けの利用が考えられる。以下はユースケースの例である。

- (a) 低稼働率が許容される一部エリア向けインターネットアクセス回線
- (b) 特定エリア向けの遠隔作業、ロボットを用いた遠隔操作による作業
- (c) 特定エリア向けのIoT化によるインフラ、建設物等の保守管理
- (d) 特定エリア向けのリアルタイム遠隔モニタリング
- (e) 官公庁向けのスポットエリア利用を想定した航空機の通信回線
- (f) Gateway 局を要しないHAPS 利用(スポットエリア利用想定)

また、今後の解析環境の整備のため、Q/V 帯電波計算用ソフトウェア、および、コンステレーション解析用ソフトウェアの調達を推進した。

・ファイリング手続や国際調整、国内における免許手続に必要な項目の整理

・ 無線通信規則 第5条

Q帯、V帯におけるNGSOシステムへの周波数割当、および、適用される脚注について調査／整理し、報告書案の作成を行った。

・ 無線通信規則 第22条

Q帯、V帯NGSOシステムに適用される制約事項について調査／整理し、報告書案の作成を行った。

・ 無線通信規則 決議770

Q帯、V帯を用いた単一NGSOシステムがGSO衛星網に与える干渉量に関する規定について調査／整理し、報告書案の作成を行った。

・ 無線通信規則 決議769

Q帯、V帯を用いた複数NGSOシステムがGSO衛星網に与える総干渉量を規制するための規定について調査／整理し、報告書案の作成を行った。

・ 無線通信規則 決議771

2019年11月23日以前に通告されたQ帯、V帯NGSOシステムに対する経過措置について調査／整理し、報告書案の作成を行った。

・ 無線通信規則 決議35

NGSOシステムに課される運用開始後のマイルストーンについて調査／整理し、報告書案の作成を行った。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目 2-a) Q帯、V帯に対応する受信系機器の高性能化に関する研究開発

今期検討したLNA及びCONVの暫定仕様、構成案、技術課題等の検討を進め、より詳細化するとともに、その実現に向けて機器及び構成デバイスの設計・解析及び部品開発評価等を着実に実施する。これによりQ帯、V帯に対応する高性能な受信系機器を実現し、宇宙実証モデルが衛星搭載可能な耐環境性を有することを検証する。

研究開発項目 2-b) Q帯に対応する送信系機器の研究開発

今期検討したSSPA及びTWTAの暫定仕様、構成案、技術課題等の検討を進め、より詳細化するとともに、その実現に向けて機器及び構成デバイスの設計・解析及び部品開発評価

等を着実に実施する。これにより SSPA について Q 帯に対応する高性能送信系機器を実現し、宇宙実証モデルが衛星搭載可能な耐環境性を有することを検証する。また TWTA については Q 帯に対応する高効率な TWTA が実現可能であることを試作モデルの特性評価等を実施することで検証する。

研究開発項目 2-c) Q 帯、V 帯における高性能送受信システムの検討・設計・評価

今期検討したユースケース、ペイロード特徴整理、ファイリング関連項目調査の検討を進め、より詳細化するとともに、それらを反映した地上系を含めた衛星システム全体の検討、ペイロード要求整理を実施し、項目 2-a)、2-b) と連携して整合性を確認するとともに、宇宙実証モデルの製造評価、量産化の検討を行う。