

平成 30 年度研究開発成果概要書

採択番号 : 18601

研究開発課題名 : 衛星搭載光通信用デバイスの国産化及び信頼性確保に関する研究開発

副 題 : 衛星搭載用超高速光通信コンポーネントの研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発の目的を以下に示す。

- ・国産光通信用デバイス個々の耐環境性及び信頼性確保における技術的適合性を確認し、国内標準、さらにはグローバル標準の規格制定を目標として、デバイスのスクリーニングプロセスの確立を目指す。
- ・これらのプロセスを経て耐環境性及び信頼性を確保したデバイスを用いて、確立した製造プロセスによる高速高性能な光通信コンポーネント(光送受信器)のプロトタイプを試作し、環境試験を実施した衛星搭載機器として市場への先行投入を目指す。
- ・試作する光通信送受信器と送受信評価系による対向通信実験により総合評価を行う。
- ・本取り組みにより、宇宙光通信における課題の先行把握、宇宙通信における光空間通信技術の適用先拡大を目指す。

(2) 研究開発期間

平成 28 年度から平成 31 年度 (4 年間)

(3) 実施機関

日本電気株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 1200 百万円 (平成 30 年度 190 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

- 研究項目 1 : 光空間通信コンポーネントの設計と衛星搭載光通信用デバイスの所要明確化
日本電気株式会社
- 研究項目 2 : 衛星搭載光通信用デバイスの選定および信頼性確保
日本電気株式会社
- 研究項目 3 : 衛星搭載光送受信器プロトタイプにおける性能検証
日本電気株式会社
- 研究項目 4 : パフォーマンスモニタリング
日本電気株式会社

(6) 特許出願、論文発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	6	3
	外国出願	2	0
外部発表	研究論文	1	1
	その他研究発表	32	20
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	2	1
	標準化提案	2	1

(7) 具体的な実施内容と成果

研究項目 1：光空間通信コンポーネントの設計と衛星搭載光通信用デバイスの所要明確化

目標	衛星-地上間光空間通信の伝送能力向上を目的に行ってきた各種検討に関し、これまでの期間の活動を通じて明らかになった不足分の補足の検討や作業を行うとともに、特に受信側入力強度の時間的変化の影響の抑え込みを、これまで開発してきた計算機シミュレーション技術を用いて行う。その成果の一部は、研究項目 4 でのパフォーマンスモニタの評価に使用する。これまでの研究成果のアピールを通じての本課題で開発してきた技術の適用先の拡大を図る。
実施内容	衛星-地上間光空間通信の伝送能力向上を目的に行ってきた各種検討に関し、これまでの期間の活動を通じて明らかになった不足分の補足、特に受信側入力強度の時間的変化の影響の抑え込みを、これまで開発してきた計算機シミュレーション技術を用いて行った。
成果	○ GEO-地上間 10Gb/s 光ダウンリンク 空間ダイバーシティ受信適用時回線設計結果 空間ダイバーシティ受信による受信能力拡張を実現し、10Gb/s 回線成立に向けた開口数、モード数の依存性および最適組み合わせを明確化。 ○ モードダイバーシティ受信の偏波多重 100G 級信号への適用実験結果 偏波多重信号のモードダイバーシティ受信時に適した合成 DSP 構成を提示、レーザー拡散版を用いた実験で確認。

研究項目 2：衛星搭載光通信用デバイスの選定および信頼性確保

目標	平成 28 年度、29 年度に実施した協業デバイスメーカーの選定/国内デバイスの耐環境性および信頼性確保の結果を基に、光通信用デバイスにおける新たなスクリーニングプロセスを確立する。標準的な光通信用デバイスの信頼性については、光通信業界標準である Telcordia を参考に実施するが、宇宙環境に対する信頼性の確認手法については、NEC で培った EEE 部品のアップスクリーニング手法を参考に、本研究開発を通じて手法の蓄積をさらに進めて光通信用デバイスのスクリーニングプロセスを確立する。 確立したスクリーニングプロセスを適用し、品質保証されたデバイスを使用した衛星搭載光送受信器にて評価試験を行い、品質やコストの観点からデバイスのスクリーニングプロセスの有効性を評価・実証し、民生光通信用デバイスの低コストな宇宙利活用を目的とした国内標準の制定を目標として、指針を日本航空宇宙工業会 (SJAC) 等に提案する。 また、NEC には国際標準化委員があり、宇宙機の標準規格策定、提案に関する多くの知見がある。本研究開発の成果を標準化委員会に提案し、グローバル標準の制定として業界団体の選定および標準化につなげる。
実施内容	「研究項目 2-2 国内デバイスの耐環境性および信頼性確保」、「研究項目 2-3 スクリーニングプロセスの確立」に伴い、「研究項目 2-4 国内/グローバル標準の制定」を進めた。
成果	提案及び方式として、光通信用デバイスのスクリーニングプロセス制定に関する作業の詳細をまとめた。今後、国内の業界団体への提案を行う事を考え、社内にいる国際標準化委員に提案し調整を開始した。提案を行う予定の業界団体は、「一般社団法人 日本航空宇宙工業会」(The Society of Japanese Aerospace Companies (SJAC))。 「委託研究 課題 186 研究項目-2 衛星搭載光通信用デバイスの選定および信頼性確保」は、今年度で終了となるが、今後も増え続ける光通信用デバイスに関して、新たなスクリーニングプロセスの国際標準化に向けた調整を行っていく。

研究項目 3：衛星搭載光送受信器プロトタイプにおける性能検証

目標	平成 30 年度では、前年度までの成果を基に「研究項目 3-4 光送受信評価系の開発」のうち光増幅部(OAMP)を除く評価系の開発、及び「研究項目 3-5 プロトタイプの製造」のうち光送受信器プロトタイプを構成する基板の製造を、NEC が保有する衛星搭載機器製造プロセスにより行い、H31 年度に実施する基板レベルでの評価、及び衛星搭載用筐体への組み込みと信頼性評価(環境評価)を実施する前までの準備を完了する。
----	--

実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ○ 研究項目 3-1 耐環境設計 昨年度に実施した基本設計報告会から、実際にモノを製造するために、必要な各種情報（想定する ETS-9 静止衛星の環境条件や各 I/F 条件）を更に組み込み、詳細設計へ反映した。これら各情報を、詳細設計資料に落とし込み、光送受信器プロトタイプの詳細設計報告会を行うことができた。 ○ 研究項目 3-5 プロトタイプ製造、信頼性評価 基板へ実装する前に高精度の温度制御を要する光遅延干渉計（DLI）の評価を行った（耐環境性能を維持できるかを真空チャンバにて評価した）。DLI は、真空環境下でもスムーズに動作することを確認できた。他にも、ロケットの振動に耐えられるかを確認するために構造モデルの製作と評価を行った。 ○ 研究項目 3-4 送受信評価系の開発 「光送受信器 プロトタイプ」の機能・性能評価を行うための試験装置として「光通信データ処理装置（HDU：HICALI DATA UNIT）」の開発を行った（想定する上位システムを「技術試験衛星 9 号機（ETS-IX）」とした）。
成果	<ul style="list-style-type: none"> ○ 研究項目 3-1 耐環境設計 基本設計から詳細設計への落とし込みを終え、「研究項目 3-5 プロトタイプ製造、信頼性評価」へ移行した。 ○ 研究項目 3-5 プロトタイプ製造、信頼性評価 平成 31 年度に実施する基板レベルでの評価、及び衛星搭載用筐体への組み込みと信頼性評価（環境評価）を実施する前までの準備を完了した。 ○ 研究項目 3-4 送受信評価系の開発 光増幅部(OAMP)を除く評価系の開発を終えた。

研究項目 4：パフォーマンスモニタリング

目標	<p>衛星搭載光送受信器プロトタイプ(研究項目 3 の成果)に実装するパフォーマンスモニタの動作、具体的には高速サンプリングする符号誤りの発生状況の精度と取得情報の送信側(地上局相当)への伝達能力の確保、を実験的に確認する。評価の際の入力信号光は、研究項目 1 の成果である光伝搬シミュレータの出力データをもとに生成する。</p> <p>パフォーマンスモニタの出力情報を用いた適応レート制御を行い、各種運用ケースにおける通信能力安定化の効果を定量的に評価する。評価実験では、長遅延 10Gbps 級高速光空間通信用の通信安定化技術として開発した再送制御技術の評価装置をパフォーマンスモニタに接続して、連係動作させる。評価実験系は、プロトタイプとは独立に構築する。スケジュール、実験環境が整えば、プロトタイプを使った同様の評価を実施する。</p> <p>これまでの研究成果のアピールを通じての本課題で開発してきた技術の適用先の拡大を図る。</p>
実施内容	<p>衛星搭載光送受信器プロトタイプに実装するパフォーマンスモニタの動作、具体的には高速サンプリングする符号誤りの発生状況の精度と取得情報の送信側(地上局相当)への伝達能力の確保、を実験的に確認する。上記のパフォーマンスモニタの出力情報、または伝送路状態の実時間推定を可能とする代替手段を用いた適応レート制御を行い、各種運用ケースにおける通信能力安定化の効果を定量的に評価する。</p>
成果	<ul style="list-style-type: none"> ○ FEC 内モニタを用いた伝送路 フェード状態推定 実験評価結果 狭帯域戻り回線にあわせ衛星搭載 FEC 内モニタ結果を 1ms 単位に間引いた上で地上局に転送。ADFR 適応制御に十分な精度を確認。 ○ ADFR を用いた適応レート制御の評価装置への機能実装 構成図 ADFR レイヤ内で完結する適応制御実現に向けた、到着パケット情報をベースにした制御ループ構造。送/受に分散した 7 機能の連携で実現。 ○ 固定/適応 ADFR の適用による PER,通信帯域の改善 実験評価結果 ADFR レイヤ内完結の適応制御ループ、ADFR 起因遅延を管理した設定変更ルールを用い、PER(1/100),スループット(3 倍)の改善を達成。