

平成 28 年度 委託研究

課題 186

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

研究計画書



1. 研究開発課題

『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』

2. 研究開発の目的

近年、観測衛星のセンサ等の高解像度化に伴い、宇宙（軌道上）での取得データ量も増加の一途をたどり、宇宙から地上への大容量のデータ伝送能力が要求され、もはやRFの無線通信だけでは伝送できない領域になりつつある。この課題解決のために欧州ではドイツ TESAT 社が周回衛星と静止衛星間で 2.5Gbps、米国では NASA が月軌道と地上間で 622Mbps での光通信を実現している。また同様に米国では平成30年の打上を目指して 2.5Gbps の静止衛星－地上間通信の光通信システムの開発を進めている。我が国では情報通信研究機構（以下、「機構」という。）が宇宙光通信に関する研究開発を推進しており、光空間通信技術を用いて、欧米で実現を計画している伝送速度を上回る数十 Gbps という超高速光通信コンポーネント開発を推進しており、その課題を解決しようとしている。

現状、宇宙開発市場に民間が展開参入する場合、高信頼性を示すための軌道上での実証が不可欠であるが、実証機会の確保が困難であることや衛星搭載機器の高い技術水準や高信頼性確保が必要であり、ロケット打ち上げリスク等もあることから民間だけの力では展開が難しく障壁が高くなっている。宇宙実証機会が激減した我が国は、衛星搭載品の宇宙実証では後発に回り、国際市場では外国製品がほとんどを占めているのが現状である。このため我が国が宇宙光通信分野で世界市場を確保していくためには、先端技術を先行して開発するとともに、できるだけ国産デバイスを多用した構成で光通信コンポーネント（送受信器）を実現し、宇宙実証することが必要である。

本研究開発課題では、機構の研究開発成果を活用し、高性能な国産光通信デバイスの個々のデバイスの環境耐性や信頼性確保が可能かどうかの技術的適合性を確認し、今後の国内標準、さらにはグローバル標準となるような規格制定を目標とした光通信デバイスに関するスクリーニングプロセスを確立することを最初の目的として今回の研究開発を進める。衛星搭載用の実用モデルとして開発するには、宇宙環境に対し耐性を確保しつつ、小型軽量化する実装設計が必要となる。また、搭載機器の使用可能デバイスの制約から、処理方式、アルゴリズムの改良等も必要となる。これらの対応を経て、環境耐性、信頼性を確保したデバイスの使用及び確立した製造プロセスによる搭載機器の製造が可能となる。

次のステップとして、これら選定デバイスを用い、高速高性能な光通信コンポーネント（光送受信器）のプロトタイプについて、衛星搭載を想定した製造プロセス及びフローで試作し、衛星搭載コンポーネントとして環境試験も実施し、先行して市場投入できる技術の確立を次の目的とする。なお、開発した衛星搭載可能な光通信コンポーネント（光送受信器）のプロトタイプについては、受託者は、本研究課題終了までに、軌道上実証の機会を先行して確保し、国際競争力を有し商用展開す

る実証計画を策定するものとする。

3. 採択件数、研究開発期間及び予算

採択件数 : 1 件

研究開発期間：契約締結日から平成30年度までの3年間。

研究開発予算：初年度500百万円(税込)、平成29年度400百万円(税込)、平成30年度300百万円(税込)を上限とする。

(提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。)

研究開発体制：単独の提案も可能であるが、産学官連携等、複数の研究開発機関による研究グループ体制を推奨する。

4. 提案に当たっての留意点

昨今、Space-X、OneWeb、O3b 及び Facebook 等、民間ファンディングによる多数の小型衛星や航空機を用いたイノベーション的な将来の衛星通信プロジェクトも台頭していることを念頭に置いた提案とすること。

開発過程において、必要であれば機構で整備した光空間通信設備をオープンテストベッドとして用いることができる。研究開発過程で、このテストベッドを活用することで、機器の測定や大気ゆらぎ擾乱下での光空間通信における通信品質の評価等に活用することが可能である。

光通信コンポーネント(光送受信器)の開発提案にあたり、送信処理部及び受信処理部の周辺機器として、光通信サブシステムとして必要な搭載機器を定義し、本研究開発課題の範囲の中で、その具体的な内容を提案すること。

5. 研究開発の到達目標

本課題では、地球を周回する人工衛星、若しくは静止軌道の人工衛星に搭載可能な耐放射線対策、熱設計、省消費電力、小型・軽量化などの条件をクリアした機器を開発する。開発においては、光通信コンポーネント(光送受信器)のプロトタイプと同時に、送受信評価系を開発し、対向通信実験を通じて総合的な評価を行う。通信速度の最終的な達成目標として低軌道衛星との通信の場合は40Gbps以上、静止衛星との通信の場合は10Gbps以上を条件とする。

衛星搭載用の実用モデルとしての開発は、宇宙環境において曝される放射線環境、振動衝撃環境、温度環境、真空環境に対して耐性を確保しつつ、小型軽量化する実装設計を行うこと。軌道上で繰り返される温度変動に対し、長期間にわたり耐性のある実装設計を検討すると共に、過去光通信機器搭載時の知見等がある場合はそれらも最大限活用し、搭載品設計を行うこと。また質量、電力の観点から、必要となるデジタル信号処理の回路規模、動作速度、メモリ容量等に関し、大きくなりすぎないよう配慮した処理方式、アルゴリズムの設計を行うこと。さらに宇宙放射線

環境で SEL (Single Event Latch Up) や SEGR (Single Event Gate Rupture) 等の発生で、恒久的故障が生じることが無いよう、デバイス選定、回路設計上の配慮を行うこと。これらの対応を経て、環境耐性、信頼性を確保したデバイスの使用及び確立した製造プロセスにより搭載機器のプロトタイプを試作すること。

また、主要光通信デバイス（例えば、波長多重（WDM）カップラ、光遅延干渉器、波長可変レーザ等）について、開発を行うこと。個々のデバイスの環境耐性や信頼性確保可能かどうかの技術的適合性を確認し、国産メーカー製を優先的に選定することとし、国産で候補選定できない場合も、海外購入品に対し、スクリーニング手法を確立し、国際的な競争力確保を考慮すること。

波長多重（WDM）カップラに求められる主な性能は以下のとおり。

- ① 波長：1.5 μm 帯
- ② 波長間隔：100GHz グリッド
- ③ 透過損失：4dB 以下

光遅延干渉器に求められる主な性能は以下のとおり。

- ① 波長：1.5 μm 帯
- ② 変調方式：10G-DPSK
- ③ 偏波依存性（PDL）：1dB 以下
- ④ 透過損失：6dB 以下

波長可変レーザに求められる主な性能は以下のとおり。

- ① 波長：1.5 μm 帯
- ② 出力光パワー（ P_o ）：+10dBm 以上
- ③ 波長安定度（EOL）： $\pm 3\text{GHz}$

環境耐性として、以下の耐性を有していること。評価においては、衛星搭載品に求められる条件で、実施すること。温度耐性については、軌道上で繰り返し生じる温度サイクル環境下における耐性確保についても解析検討し、必要な評価を行うこと。

- Total Dose 耐性： 10krad 以上 (*1)
- 機能保証温度：0°C～50°C (*1)
- 性能保証温度：0°C～45°C (*1)
- 振動：AT レベル（面内 XY 方向 6.0Grms、
面外 Z 方向：12Grms）(*1)
- 衝撃：QT レベル 100～1100Hz: +8dB/OCT
1100～4000Hz: 750Gsrs (*1)

(*1)これら耐性値は、使用ロケット、投入軌道等の環境条件による。

上記のような宇宙環境や原子炉など過酷な環境下で動作するデバイスを選定・スクリーニング評価し、宇宙実証可能な光通信コンポーネント(光送受信器)として、製品化を目指したプロトタイプを開発し、以下の試験を通じ、高信頼性確保に関するプロセスを確立すること。

- 振動衝撃試験
- 熱真空試験及び熱サイクル試験
- バーンイン

6. 研究開発の運営管理及び評価について

研究開発に当たっては、機構が自ら行っている宇宙光通信の研究開発(ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室)との連携を図るものとする。宇宙通信システム研究室では、自主研究として大気ゆらぎ存在下での光空間通信を衛星通信へ適用するための研究開発を行っており、過酷な環境下における光通信装置の原理確認や機能確認を目的とし試作モデルを開発し、光通信機器の総合システムとしての回線設計、光学系、捕捉追尾系等の設計により総合性能を検討すると共に、その基礎的な設計技術の確立を目指している。

本研究開発課題と、宇宙通信システム研究室における研究開発の連携を図るため、適宜、進捗などについて調整を行うこと。また、連携を図るため、受託者は機構との連絡調整会議を定期的に設定すること。

機構は、平成30年度に終了評価を実施する。また、研究開発終了後に追跡評価(成果展開等状況調査を含む)を行う場合がある。

機構は、上記以外にも研究開発の進捗状況等を把握するために、ヒアリングを実施することがある。

7. 参考

本課題に係る機構の自主研究に関しては、以下の文献が参考となる。

参考文献

- [1] M. Toyoshima, Y. Munemasa, H. Takenaka, Y. Takayama, Y. Koyama, H. Kunimori, T. Kubo-oka, K. Suzuki, S. Yamamoto, S. Taira, H. Tsuji, I. Nakazawa, M. Akioka, " Terrestrial Free-Space Optical Communications Network Testbed: INNOVA," Proc. ICSOS 2014, S2-4, Kobe, Japan, May 7-9 (2014).
- [2] 「衛星搭載用超高速光通信コンポーネントの開発」仕様書 平成27年1月
独立行政法人情報通信研究機構
- [3] Telecordia GR-468-CORE