# 衛星搭載用高秘匿通信暗号機器に用いる構成部品の宇宙環境適合試験

**Space environment compatibility test of components used in high-confidence communication satellite equipment**

**情報通信研究機構　°小澤 俊介，藤原 幹生，北村 光雄，西澤 亮二，遠藤 寛之，豊嶋 守生，辻 宏之，布施 哲治，斉藤 嘉彦，宗正 康，中園 純一，佐々木 雅英**

**NICT, °Shunsuke Ozawa, Mikio Fujiwara, Mitsuo Kitamura, Ryoji Nishizawa, Hiroyuki Endo, Morio Toyoshima, Hiroyuki Tsuji, Tetsuharu Fuse, Yoshihiko Saito, Yasushi Munemasa, Jun-ichi Nakazono and Masahide Sasaki**

**E-mail: soz@nict.go.jp**

## 1. 本研究の目的

情報理論的安全な鍵共有を可能とする量子鍵配送（QKD: Quantum Key Distribution）や物理レイヤ暗号による秘密鍵共有の長距離化に向け、衛星-地上間のセキュアな通信の実証計画が急速に進められている。現在我々が進めている計画では、国際宇宙ステーション日本実験棟曝露部に取り付ける中型曝露実験アダプタへ搭載し、宇宙環境での機器の動作実証および地上との通信実験を目的とした高秘匿暗号通信装置（SECRETS: SECuRe lasEr communicaTionS terminal for LEO）の開発を進めている。SECRETS の構成品には、機能上民生用デバイスを用いるが、宇宙環境条件下での放射線、真空、熱といった状況での動作が保証されるものではなく、これらを統合的に試験し、宇宙空間での実証動作に耐えうることを確認する必要がある。本発表では、開発・製造を行った SECRETS 要素試作機等を用いて行った耐宇宙環境試験における各種デバイスの動作検証結果について報告する。

## 2. 実験概要

SEACRETS は、国際宇宙ステーション（ISS）日本実験棟曝露部（JEM-EF）に、中型曝露実験アダプタ（iSEEP）を用いて取り付け、地上に設置した光受信局との間での自由空間光通信に於ける高秘匿秘密鍵配送技術の実証を目的として計画を進めている。

現在 ISS 搭載に向け、搭載機器の製造を行っており、NICT では、SECRETS の暗号鍵生成部（SG 部）の製造を担当し、ロケットによる打ち上げおよび搭載後の宇宙環境に対する適合試験が進行中である。宇宙環境における動作実証を行うにあたり、放射線被曝による損耗について調査するため、SG 部に用いる制御用 FPGA IP コアおよびシステムメモリに用いられる SDRAM、データ記録用の SSD のガンマ線照射による TID 試験及び陽子照射によるシングルイベント試験を行った。

## 3. TID 試験

ガンマ線の照射は、東工大先導原子力研究所コバルト照射施設にて行った。照射量は 47Gy 程度とした。 この照射の間、搭載時に想定されるソフトウエア動作を継続してモニターし、システムのハングアップ、メモリエラー検出等の異常は起こらなかった。また、SSD にはあらかじめデータを記録しておき、照射前後でのデータ照合を行い、変化がないことを確認した。

## 4. シングルイベント試験

陽子の照射はQST放医研のサイクロトロン加速器施設にて行った。陽子のエネルギーは 70MeV に設定し、照射量は最大 0.01nA(~$10^6$ 陽子/$cm^2$/s)程度とした。強度を変化させ、システムの異常停止などのモニターを行いながら、総照射量で $3.6\times10^8$ 陽子/$cm^2$/s 程度の照射を行った。照射強度を上げた場合に異常停止が発生するが、電源の再投入を行うことで正常に動作することを確認し、また、照射前後のデータの照合により、SSD に記録されたデータの損傷がないことが確認された。

## 5. まとめ

SECRETS に用いる民生品の制御・記録用半導体部品に関して放射線耐性試験を行い、低軌道における運用に際しては破壊的な損傷を起こさず、想定する観測運用に支障をきたす可能性が極めて低いことが確認され、衛星コンステレーションの低コスト化に重要なデータが得られた。今後、搭載機による各種環境試験を行い、より詳細な特性評価を行う。

**Acknowledgments**

本研究開発は、総務省「ICT 重点技術の研究開発プロジェクト（JPMI00316）」のうち「衛星通信における量子暗号技術の研究開発（JPJ007462）」の一環として実施された。