

## SOTAを用いた超小型衛星—地上間光通信実験

国立研究開発法人 情報通信研究機構  
ワイヤレスネットワーク研究所

竹中 秀樹

### 【概要】

**国**立研究開発法人 情報通信研究機構 (NICT)では、宇宙光通信の実現に向けて研究を推進しています。NICTでは、世界に先駆けて1.5ミクロン帯の低軌道衛星と地上間の通信技術の基礎研究と装置技術の宇宙環境における実証を目指して、超小型光通信機器である図1の小型光トランスポンダ (Small Optical TrAnsponder: SOTA)を開発してきました。そして、小型・低消費電力(質量5.9kg、消費電力15W)の装置開発に成功し、50kg級の超小型衛星に搭載され2014年5月に打ち上げられました。打ち上げ後の実験では、独自に実装した誤り訂正機能を用いた伝送実験に世界で初めて成功しました。

### 【背景と目的】

近年、衛星—地上間における伝送するコンテンツの大容量化や観測衛星の高性能化により、衛星通信の大容量化への要求が高まり、周波数資源の逼迫の制約を受けない宇宙光通信技術が将来の技術として期待されています。

2009年頃から50kg級の超小型衛星に搭載可能なSOTAを開発してきました。2014年5月にALOS2の相乗り衛星として打ち上げられ、これまでにいろいろな実験を実施してきました。

衛星—地上間光通信の際には、大気を通過する必要があり、大気通過時に問題になる大気揺らぎによるデータ伝送エラーは衛星—地上間光通信の問題です。そのため、SOTA実験での主なミッションは、1.5 $\mu$ m帯レーザを用いて大気揺らぎにより発生するデータエラーがどのように発生するか等の基礎データを収集することが主な目的です。この基礎的な伝搬データを収集・解析し、今後の数Gbpsの宇宙光通信に向けての基礎材料になります。

これまでの宇宙光通信ミッションでは、波長が0.8 $\mu$ m帯レーザや1 $\mu$ m帯レーザ光が用いられてきました。地上光ファイバー網の通信において既に実用化されている1.5 $\mu$ m帯のレーザ通信技術を宇宙光通信に適用できれば、宇宙通信の超高速化・大容量化が低コストで実現する可能性が期待されています。

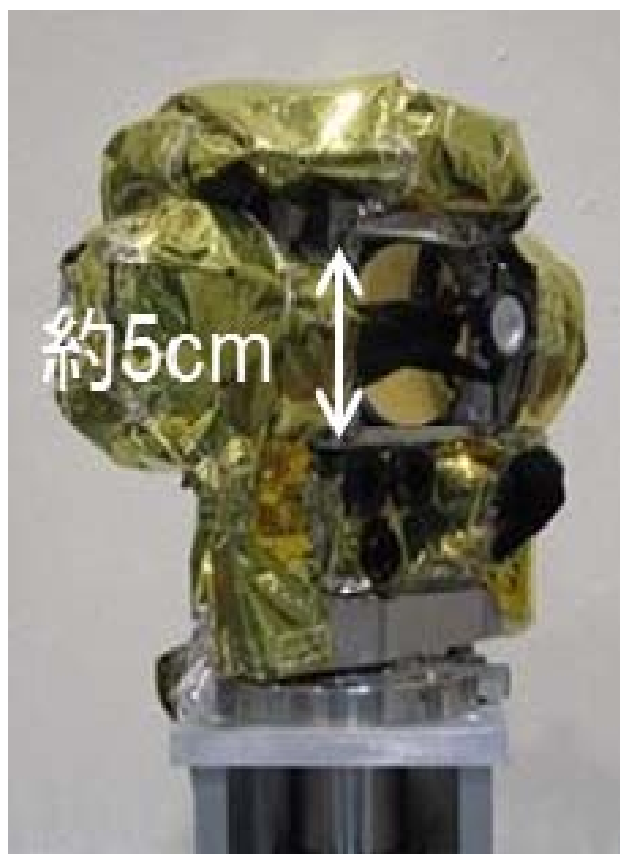


図1 小型光トランスポンダ (SOTA)

### 【衛星—地上間光通信実験】

低軌道衛星は、静止衛星などと異なり、地上から見た場合の移動速度が7km/secと非常に速く、お互いの捕捉追尾に高い精度が要求されます。また、地上との通信は、予測することのできない大気ゆらぎの影響を克服することが必要です。このため、低軌道衛星と地上間の光通信は、衛星間通信や地上と静止軌道間通信に比べ、難度の高い先進的な技術課題があります。

衛星—地上間光通信を行うには、まず衛星に地上局の場所を知らせる必要があります。地上局も衛星も軌道情報やGPS情報を用いて相手の位置を予測していますが、誤差が生じます。この誤差があるため、広がり角が小さいレーザ通信では、すぐに相手と通信することができません。そのため、SOTAを用いた衛星—地上間光通信では、ビーコン光方式を用いた衛星補足方式を使用しています。地上局から衛星の補足手順を図2に示します。まず、地上局から広がり角が広いレーザ光を衛星に向けて照射します。衛星がそのビーコン光を検知すると地上局に照射し光通信が開始されます。実際のSOTA実験の様子を図3に示します。地上局からのビーコン光に対してSOTAからレーザが帰ってきてることがわかります。このようにしてSOTA実験を実施しています。

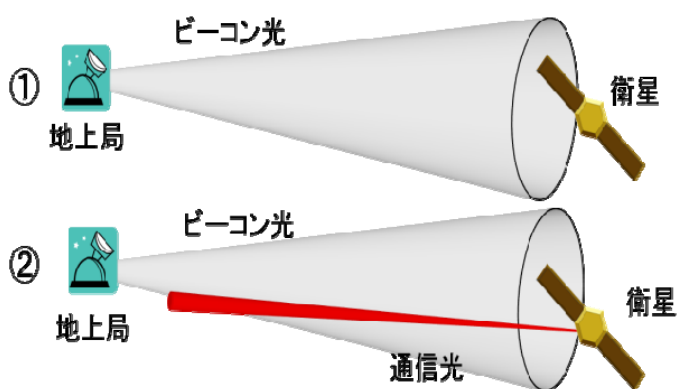


図2 ビーコン光を用いた補足方式

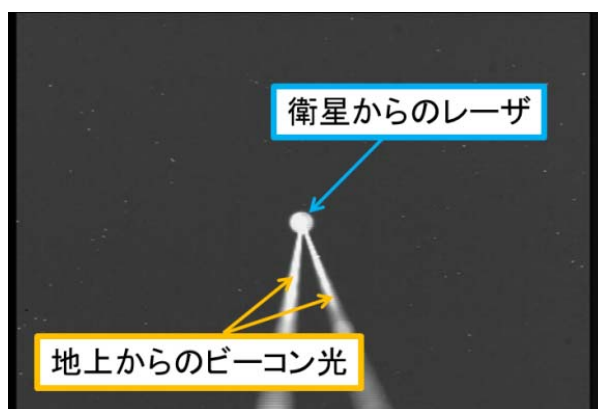


図3 実際のSOTA実験の様子

NICTでは、大気揺らぎによるデータエラーの問題を解決すべく、衛星側の演算負荷が小さく衛星搭載に適した誤り訂正符号(LDGM: low-density generator matrix)をSOTAに実装しました。今回、衛星に搭載したカメラにより、図4の地球画像を撮影し誤り訂正符号実験のデータとして用いました。LDGM符号を用いて衛星—地上間光通信実験を実施した結果、伝送路で発生した誤りを訂正し、正しい画像データに復号して受信できることを確認しました。図5の受信画像データの訂正前と後の比較のグラフを見ると分かるように、誤り訂正符号により多くの受信画像において、すべてのエラーを訂正できていることが確認できました。



図4 伝送画像  
(オーストラリア大陸北東部)

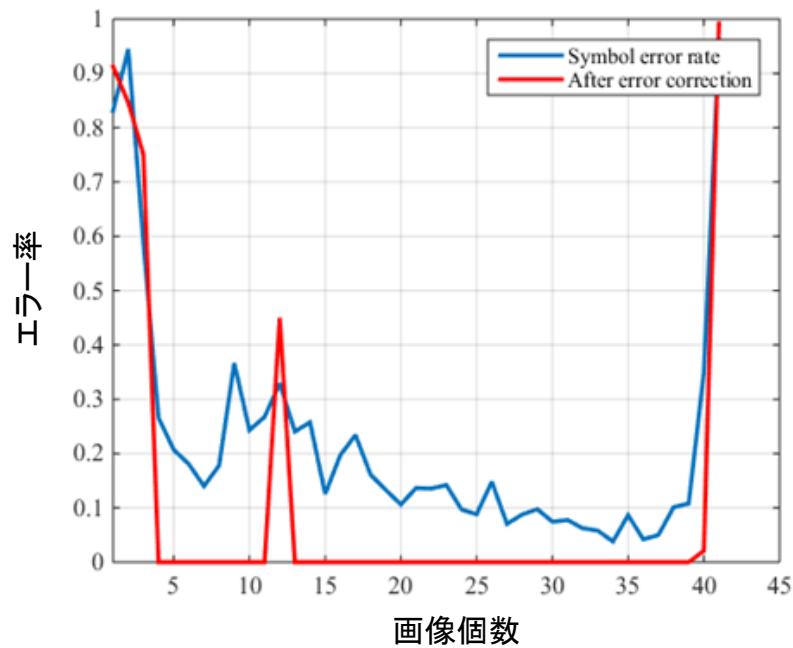


図5 受信画像データの訂正前と後の比較  
(青:訂正前、赤:訂正後)

#### 【今後の展望】

今後は、様々な応用実験の実施や実用システムの開発に取り組み、長期間にわたって軌道上で動作することを確認してまいります。また、SOTAは海外の関連研究機関からも多大な関心と実験参加の要望が寄せられており、順次、実験参加機会を提供することにより、世界の研究開発をリードするとともに成果の拡大を図ります。これらは、世界各国の機関との協力の下、研究成果として取りまとめられ、宇宙機関間のデータ通信方式に関する標準化組織である宇宙データシステム諮問委員会の勧告文書や技術標準に反映される予定です。■