



宇宙通信技術に関する研究開発の最新動向

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総合研究センター 宇宙通信研究室 室長

とよしま もり お
豊嶋 守生



1. はじめに

情報通信研究機構 (NICT) では、2016年4月より第4期中長期計画が開始され、名称を宇宙通信システム研究室から宇宙通信研究室へと一新して研究室が設置された。これも、近年、世界各国で100Gbpsのキャパシティを超えるKa帯通信衛星や、超高速な光通信を用いた衛星が計画されてきており、宇宙通信技術の研究開発を日本として着実に推進する使命を負っていると考えている。宇宙通信研究室では、電波や光を用いた宇宙通信を高度化するための研究開発プロジェクトを推進しており、海洋や宇宙空間まで広範囲に利用可能な通信ネットワーク環境を展開でき、移動体や災害・減災に役立つ衛星通信技術の研究開発を実施している。ここでは、宇宙通信技術に関する研究開発の最新動向と題して、宇宙通信研究室の取組みについて紹介する。

2. 最近の情勢

2.1 Ka帯ブロードバンド衛星通信の動向

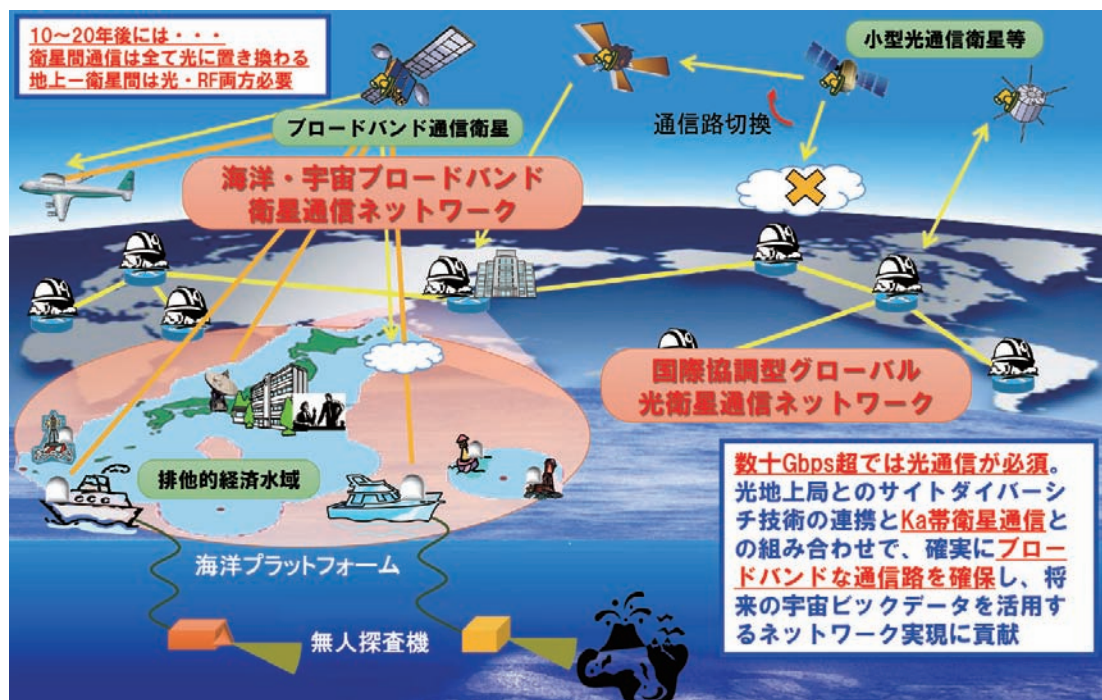
近年、数多くの衛星通信事業者によりKa帯のブロードバンド衛星通信サービスが計画されている。Eutelsatでは、Ka-Satといういわゆるハイスループット衛星 (HTS) と呼ばれる衛星を2010年12月に打上げた。Ka-Satのサービスエリアは、82個のセルにより構成され、4周波数の折り返しにより周波数利用効率を上げ、それぞれのユーザスポットには、250MHzが割り当てられており、総合的な通信キャパシティは70Gbpsを超える^[1]。また、ViaSat-1は、2011年10月に静止軌道に打上げられ、140Gbpsのキャパシティを持つ衛星であり、2012年1月から北米を中心にブロードバンドIPサービスが展開されている。今後、ViaSat-3では、1Tbpsのキャパシティを持つ衛星を2019年から3機打上げる計画である^[2]。また、インマルサットはInmarsat-5でGlobal Xpressという全世界をカバーするグローバルなKa帯衛星通信サービスを実施しており、衛星は89個のKa帯スポットビームを持ち、60cmクラスのアンテナで受信と送信で50Mbpsと5Mbpsを実現する。既に、2015年8月から3機体制となりグローバルなKa帯のカバレッジを有しており、航空機等へブロードバンドサービスを提供する計画である^[3]。

2.2 光衛星通信の動向

最近の動向として、欧米や日本で光データ中継衛星システムの実用化が計画されている。アメリカ航空宇宙局 (NASA) では、ゴダード宇宙飛行センタ (GSFC) により月との距離で光通信を行うミッションを搭載した月探査機 LADEEが2013年9月に打上げられ、月―地上間の距離において622Mbpsの光通信回線を成功裏に確立し、深宇宙探査機からの光通信の実現性を示した^[4]。今後、NASAはLCRDと呼ばれる光データ中継衛星システムを計画しており、2019年4月に静止軌道に打上げを予定している^[5]。欧州では、コペルニクス計画と呼ばれる環境モニタリングや人々の安全に有用な情報の提供を目的として、Sentinelというシリーズの低高度軌道 (LEO) 衛星を用いた地球環境計測を実施する宇宙政策が推進されている。欧州宇宙機関 (ESA) では、コペルニクス計画のLEO観測衛星から静止衛星経由で光データ中継を行う欧州データ中継システム (EDRS) 計画を推進している^[6]。2013年7月に東経25度に打上げられた静止衛星 Alphasatを用いて、その後2014年4月に軌道投入された観測衛星 Sentinel-1Aとの衛星間において、波長1.06 μ mで1.8Gbpsの光通信回線により観測画像のデータ伝送が同年11月に成功裏に実施されており^[7]、さらに2016年4月にはSentinel-1Bの打上げにも成功している。EDRSは静止衛星3機体制で考えられており、EDRS-Aが2016年1月に東経9度の静止軌道に軌道投入され、今後EDRS-Cがアジア上空の静止軌道に打上げられる計画である。日本においても2019年の打上げを目指して、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) により光データ中継システム (JDRS) の開発が進められている^[8]。

3. 研究内容

第4期中長期計画では、2つの大きな柱を掲げ研究開発を推進している。1つ目は、グローバル光衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発として、衛星通信の大容量化への期待の高まりや周波数資源逼迫の課題に対応するため、10Gbps級の地上―衛星間光データ伝送を可能とする衛星搭載機器の研究開発を行うとともに、通信品質向上等の研究開発を行う。また、海外の宇宙機関等と連携を行うと



■図1. 宇宙通信研究室の研究概要

もに、世界に先行した宇宙実証を目指すことで国際的優位性を確保しつつ、グローバルな光衛星通信ネットワークの基盤技術確立を目指す目標を掲げている。

2つ目は、海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発として、ユーザーリンクにおける通信容量としてユーザ当たり100Mbps級の次期技術試験衛星のためのKa帯大容量衛星通信システムを実現するため、非常時の地上系通信ネットワークの輻輳・途絶地域及び海洋・宇宙空間に対して柔軟・機動的にブロードバンド通信を提供する地球局技術や広域・高速通信システム技術の研究開発を行う。これにより、2021年以降に打上げ予定の次期技術試験衛星による衛星通信実験のための、海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信システムの実現に向けた基盤技術確立を目指す目標を掲げている。

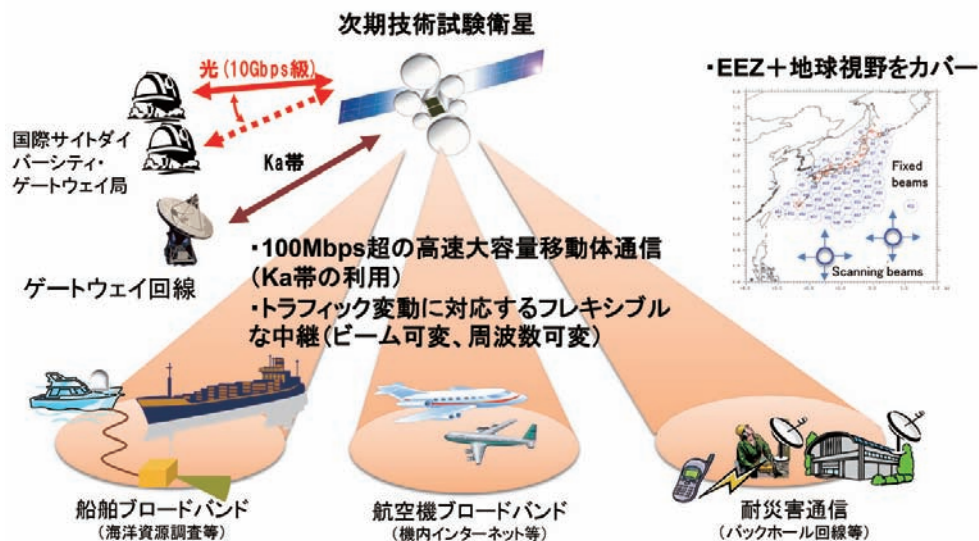
図1に、NICT宇宙通信研究室における研究開発の概要を示す。これらの2つの項目の詳細を以下に示す。

3.1 海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発

海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発では、今中長期計画の目標として主に航空機、海洋域での通信を対象としたKa帯におけるブロードバ

ンド移動体衛星通信と、衛星通信のフレキシビリティ向上のための技術の確立に挑戦する。次期技術試験衛星において、総務省との連携による広帯域チャネライザとKa帯デジタルビームフォーマ (DBF) 技術によるフレキシブル中継機の軌道上実証を行い、航空機や船舶を対象とした双方向通信 (100Mbps級) 技術の確立を目指す (図2)。特に、日本国土の面積は380km²であるが、経済的排他水域 (EEZ) を入れた面積は4,470km²となり、世界で6番目にランキングされる広さであり、グローバルにカバーできる衛星通信の特性を生かし、広大なエリアにおける海洋資源の調査船等からの衛星通信を活用したデータ伝送を念頭に置いている。例として図3は、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) との共同研究により世界初の深海探査機「おとひめ」の衛星遠隔操作 (テレオペレーション) 実験を実施した時の様子であり、調査船に乗船できない海底資源等の専門家が陸上から深海探査機を直接操作できるため、資源の調査効率を向上する技術として期待されている。

また、2016年4月に発生した熊本地震において、超高速インターネット衛星「きずな」 (WINDS) を用いて、熊本県高森町役場に応急ネットワーク支援として地上ワイヤレス通信回線等と連携した衛星通信回線を開設し、災害対策本部にて行政用と住民用にインターネット回線を提供した (写真1)。



■図2. 次期技術試験衛星のシステムイメージ



■図3. 深海探査機「おとひめ」のテレオペレーション実験の構成



■写真1. 熊本震災時に高森町に設置したWINDS用衛星地球局



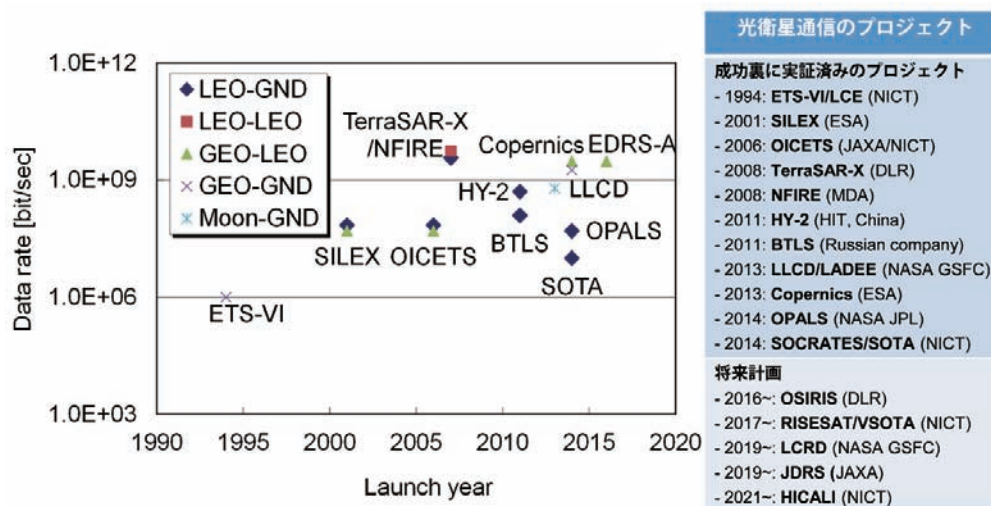
このように、災害時における臨時衛星通信の有効性は明らかであり、災害時にトラフィックが集中する中でも衛星に搭載したチャネライザでフレキシブルに対応可能な高効率運用制御方式の検討を実施し、地上-宇宙を統合的に捉え、地上の通信システムと融合したネットワーク統合制御技術の研究開発を行う予定である。このような研究開発を通して、災害時に貢献する衛星通信ネットワークの基盤技術の確立を目指して研究開発を推進する計画である。

3.2 グローバル光衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発

衛星搭載観測センサの高解像度化により、通信容量は年々増加の一途をたどっている。図4に示すように、光衛星通信におけるデータ伝送速度は、2020年には10Gbpsを超えると予想され、10Gbps級の衛星通信技術が必要とされ

ている。この伝送速度は、もはや衛星通信における電波での伝送速度の限界にきており、光通信の必要性がここに求められている。今中長期計画では、光フィーダリンク技術を中心に、光による本格的なマルチギガビット衛星通信技術の確立に挑戦し、次世代の大容量通信の要求を解決する10Gbps級の光通信インフラの基礎技術の確立を目指し研究開発を実施する。打上げ実証機会としては、2021年打上げが計画される次期技術試験衛星（静止衛星）で、10Gbps級の光フィーダリンク基礎技術の実証を目指す。

また、小型衛星用の光通信技術の研究開発に関しては、宇宙光通信技術実証衛星プロジェクト（SOCRATES）として50kgクラスの小型衛星に搭載する小型光トランスポンダを開発し（写真2参照）、写真3に示すように衛星搭載カメラによる画像を光通信回線経由で伝送することに成功した^[9]。



■図4. 光衛星通信のデータ伝送速度の動向

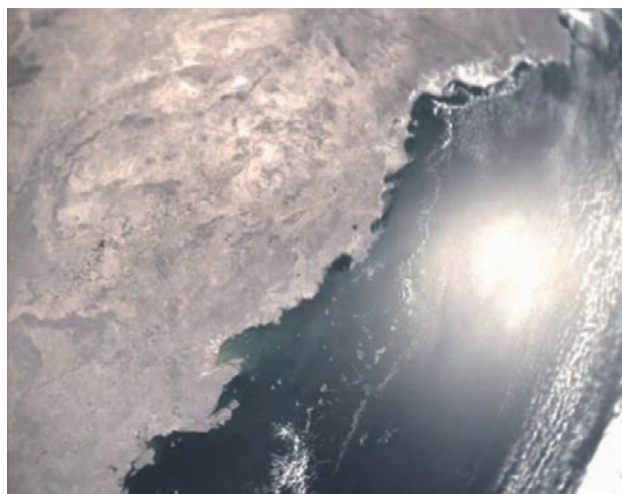


光学部



電子回路部

■写真2. 質量約6kgの超小型光通信機器（小型光トランスポンダ、SOTA）



■写真3. 光通信により伝送された衛星搭載カメラで撮影された画像

SOCRATES衛星の運用終了に伴い2016年11月をもって実験を終了し、2014年5月の衛星打上げから2年以上の運用期間にわたって光通信実験、量子鍵配送基礎実験及び国際共同実験を成功裏に実施しエクストラサクセスを達成した。近年、GoogleやFacebookを中心に、Space-X、Oneweb、O3b、Leosat、eightyLEO等、多数の小型衛星群や無人航空機群を用いたメガコンステレーション計画が世界各国で台頭してきている。これらの計画は、従来の宇宙開発そのものを革新する可能性があり、今回、NICTが50kg級の小型衛星において世界で初めて光通信を宇宙実証したことで、これらの小型衛星群を用いる衛星通信プロジェクトへ与える影響は小さくないと考えられる。今後、様々な衛星通信プロジェクトへ光通信の利用が加速的に拡大される可能性があり、今後の動向が注目される。

(2016年11月30日 情報通信研究会より)

参考文献

- [1] H. Fenech, E. Lance, A. Tomatis, and M. Kalama, "Next Generation High Rate Broadband Satellites," 16th Ka-band conference, Oct. 2010.
- [2] <https://www.viasat.com/products/high-capacity-satellites>
- [3] <http://www.inmarsat.com/the-i-5-satellites>
- [4] D. M. Boroson, "Overview of the Lunar Laser Communication Demonstration," Proc. ICSOS 2014, S1-2, Kobe, Japan, May 7-9 (2014).
- [5] B. L. Edwards, B. Robinson, A. Biswas and J. Hamkins, "An Overview of NASA's Latest Efforts in Optical Communications," Proc. IEEE ICSOS 2015 (2015).
- [6] H. Hauschildt, et. al., "European Data Relay System -Operational Service using Optical Communications Technology," Proc. IEEE ICSOS 2015 (2015).
- [7] http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Laser_link_offers_high-speed_delivery
- [8] S. Yamakawa, Y. Chishiki, Y. Sasaki, Y. Miyamoto, and H. Kohata, "JAXA's Optical Data Relay Satellite Programme," Proc. IEEE ICSOS 2015 (2015).
- [9] <http://www.nict.go.jp/press/2015/06/03-2.html>