

### 3.3.3 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

室長 豊嶋守生 ほか 21 名

海上や宇宙までの広大な空間で電波や光を用いた災害時等にも利用可能な通信ネットワーク環境を展開

#### 【概要】

第3期中長期計画では、2つの大きな柱を掲げた。1つめは、ブロードバンド衛星通信システム技術の研究開発として、世界最速の超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)をテストベッドとした実証実験を実施し、数十Mbpsを実現する航空機等搭載用モバイル衛星通信用地球局開発や、海洋資源調査等の社会貢献プロジェクトへの参画等を実施し、研究開発から実用システムへの展開を図った。また、2つめは、超大容量光衛星／光空間通信技術の研究開発として、観測衛星の大容量データの伝送に不可欠な、数十Gbpsを有する光通信インフラの要素技術を研究開発し、小型衛星搭載の小型光トランスポンダを開発し、小型衛星による光通信実験及び量子鍵配送に関する基礎実験の宇宙実証を目指し、光衛星通信分野において世界をリードした。これらの活動により、地上から宇宙に至るまでを統合的にとらえ、平時はもとより災害時にも通信網の確保に貢献する地上ネットワークと融合した次期衛星通信ネットワーク技術や、タイムリーな宇宙実証で商用小型衛星へ成果展開を目指す研究開発を実施した。

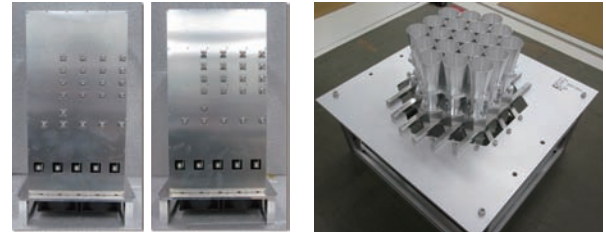


図1 広帯域 DBF / チャネライザ(左)、フェーズドアレイ放射部(右)

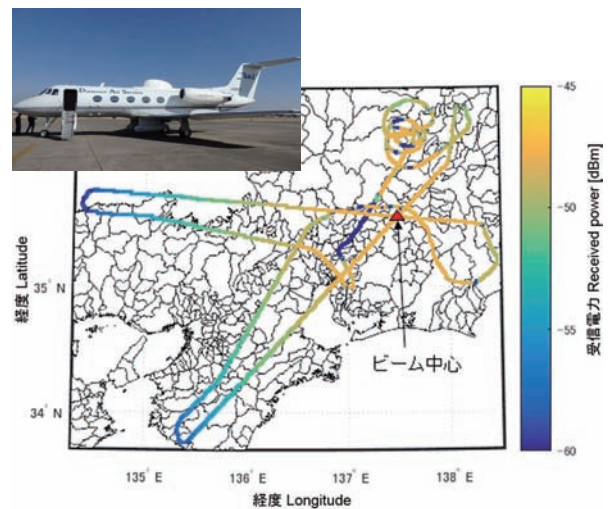


図2 WINDS 航空機実験の航空機と飛行経路

#### 【平成27年度の成果】

##### (1) ブロードバンド衛星通信システム技術の研究開発

- 次期技術試験衛星について、有識者検討会での議論を踏まえ、ブロードバンド衛星通信システムの実現に必要なキーデバイスとして図1に示す世界最高レベル(ユーザリンク帯域幅 200 MHz、フィードリンク帯域幅 500 MHz)の広帯域 DBF / チャネライザ、フェーズドアレイ放射部の部分試作を実施し、基本機能・性能を確認した。また、試作品の性能に基づき通信容量の推定を行い、Tbpsクラスの通信容量が原理的に実現可能であることを確認した。
- WINDSにおいては、ブロードバンドモバイル衛星通信を実現するため、様々な衛星通信実験を実施した。各地で開催された防災訓練に参加し、訓練の様子を衛星-インターネット経由で映像配信を行うなど衛星通信の非常時への有効性を示した。また、図2に示すように航空機及び船舶に地球局を搭載し、伝搬データ取得やデータ伝送実験を実施するなど移動体環境からの衛星通信の実用性を検証した。さらに、図3に示すようにWINDSの広帯域中継器を使用して16APSK-OFDM方式による3.2 Gbps伝送実験において4K超高精細非圧縮映像伝送や、高信頼高速データ伝送プロトコルHpFP(High-performance and Flexible Protocol)を使用したデータ伝送実験を実施した。また、ダイレクト変復調装置の高信頼化のため振幅・遅延特性をリアルタイムに補正する適応イコライザの検討及び衛星搭載化を検討した。

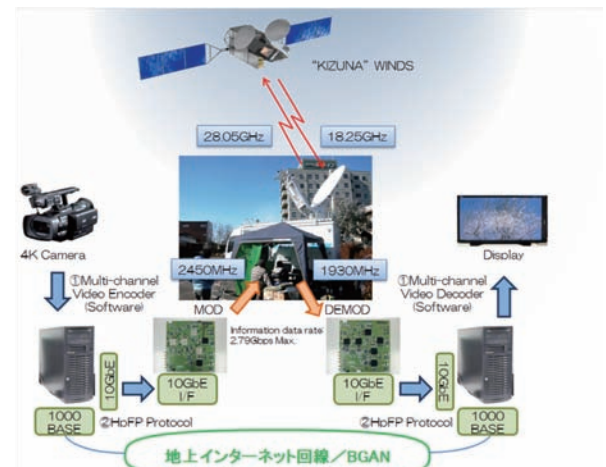


図3 3.2 Gbps 伝送実験

- 大型展開アンテナのビーム指向制御に関して、給電部を構成するアレーの系統誤差の軌道上での校正方法の基本特性を確認した。
- 衛星アンテナによる波源推定技術に関して、周波数差と時間差を併用する波源推定方式の適用条件の検討を実施し、これを踏まえて本方式を高速移動体へ適用するための対策を提案し、シミュレーション評価により有効性を確認した。
- シームレス小型端末通信システムについては、衛星のチャンネル使用効率が高い状態で重要通信を確保する重要通信優先チャンネル枠設定法のシミュレーションの成果が英文論文誌へ掲載された。利用シーンに応じて指向性を変化させられる小型高利得の衛星携帯端末アンテナ方式について、ビーム切替型高利得アンテナ及び送受2周波化を設計・試作し、有効性を確認した。
- 国際標準化については、アジア・太平洋電気通信共同体 (APT) における APT 無線グループ (AWG) に衛星地上シームレス小型端末通信システムに関するレポート (APT/AWG/REP-57) の改訂提案 (AWG-19/INP-08) を、国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) に同システムに関する作業文書の改訂提案 (4B/11) を提出し標準化に貢献した。

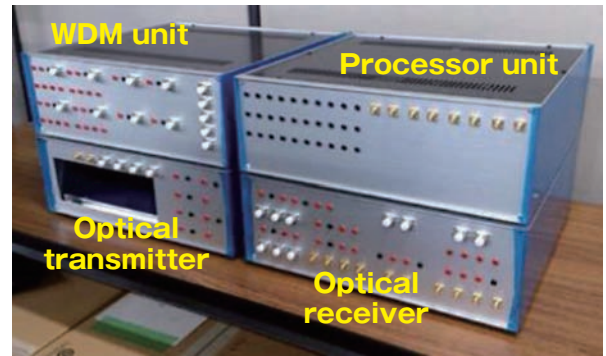


図4 10 Gbps 衛星搭載用光送受信器の試作モデル

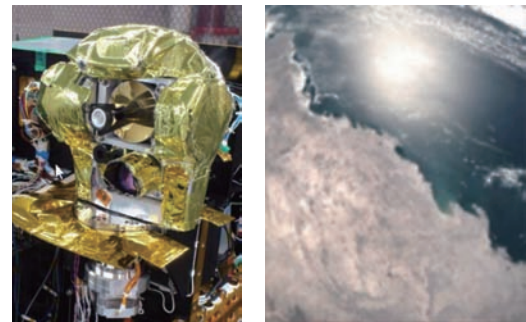


図5 SOTA (左) と光通信により 50 kg 級小型衛星から伝送され復号された搭載カメラの地球の撮影画像 (右)

## (2) 超大容量光衛星／光空間通信技術の研究開発

- 新規衛星搭載ミッション「ひかり」(HICALI) として、次期技術試験衛星への搭載に向けた世界最高レベルの 10 Gbps 級衛星搭載超高速光通信コンポーネントの試作モデルを開発し (図4参照)、次期技術試験衛星のフィードリンクとして使用するためのシステム設計に着手した。
- 光衛星通信については、平成 26 年度に打ち上げた小型衛星搭載用の小型光トランスポンダ (SOTA) と地上間光通信実験を定期的実施、レーザの大気伝搬データを蓄積するとともに、衛星上のカメラで取得した画像データのフェージング環境下に適応した新しい誤り訂正符号により成功、フルサクセスを達成した (図5参照)。また、図6に示すように海外の宇宙機関と連携し国際共同実験に取り組み、このうちフランスの CNES との光通信実験を成功させたほか国内の鹿島局、沖縄局でのリンクの確認も行った。さらに、小型衛星に搭載した複数の光源を用いて、図7に示すように衛星量子鍵配送に必要な宇宙から大気を通過し受信光学系を通した偏光特性を評価する基礎実験のデータ取得に成功し、世界初となる衛星からの波長  $1.5 \mu\text{m}$  帯の偏光特性を実測した。
- 光学観測による軌道決定についても、太陽光を反射して輝いている低軌道衛星の軌道決定を光学観測画像から実施するとともに、可搬の小型機材を用いた静止衛星の光学観測～軌道決定技術を確認した。また、民間企業からの受託研究として、軌道位置移動中及び軌道情報が公表されていない静止衛星の光学観測～軌道決定の手法を確認した。さらに、通信衛星の宇宙状況監視 (SSA) に対応するためレーザレンジングのレーザパワー、システムの構成を変更した。豪州スペースデブリ局と協力して JAXA の深宇宙衛星 HAYABUSA2 との光リンクを成功させた。
- 光衛星通信の標準化では、宇宙データシステム諮問委員会 (CCSDS) において、“Atmospheric Characterization for Optical Communication Systems (光通信システムのための大気特性)” に関するグリーンブックについて、NICT が Editor となり最終的なドラフト原稿が承認され上位組織に提出された。

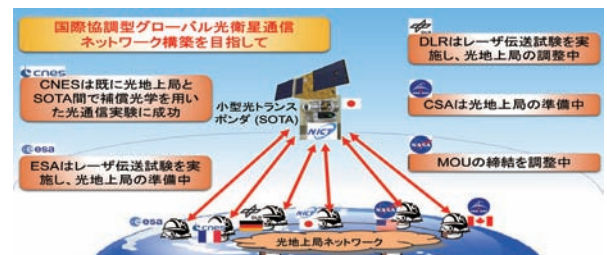
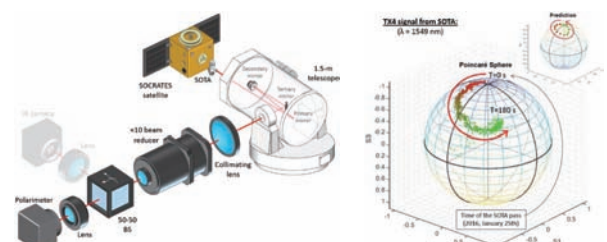


図6 国際共同実験による海外光地上局との光通信実験

図7 世界初の衛星-地上間の波長  $1.5 \mu\text{m}$  の偏光特性測定実験