

3 超高速衛星通信技術

3-1 WINDS 後期基本実験

高橋 卓 川崎和義 鄭 炳表 片山典彦 菅 智茂 大川 貢

超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)は高速衛星通信技術確立のために開発された衛星で、平成20年2月23日に打ち上げられた。初期チェックアウトの後、衛星開発機関である情報通信研究機構及び宇宙航空研究開発機構が実施する基本実験が開始された。平成20年10月からは総務省が広く公募した利用実験が開始された。

WINDSは平成25年3月に定常運用を終了し、後期運用へ移行、これに合わせて情報通信研究機構では後期基本実験計画を立案し、実験を実施している。本稿では、後期基本実験計画について述べる。

1 まえがき

超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)は情報通信研究機構(NICT)と宇宙航空研究開発機構(JAXA)が開発した高速衛星通信技術確立用の技術試験衛星で、平成20年2月23日にH-IIAロケットによりJAXA種子島宇宙センターより打ち上げられた[1]。

初期チェックアウト後の定常運用移行時から開始されたNICT基本実験では基本実験計画書にのっとり、衛星搭載機器性能確認実験や基本伝送実験等を実施してきた。

また平成25年4月からはWINDSは後期運用へ移行した。これに伴いNICTでは後期基本実験を立案し、実験を実施している。

2 WINDS 実験

WINDSは平成20年2月23日の打ち上げ後、静止

化や初期チェックアウトが実施され、衛星の健全性が確認された後、平成20年7月から定常運用へ移行した。WINDS運用・実験の経過を図1に示す。

ここから衛星開発機関であるNICT及びJAXAが実施する基本実験が開始され、まず初めに基本的な通信特性取得が行われた。その後、平成20年10月から総務省が広く公募を行った利用実験が開始された。利用実験には53件の応募があり、利用実験協議会を形成して、スケジュール等の調整を行い、実験を推進した。

定常運用期間でNICTは基本実験[1]を実施してきた。基本実験は衛星搭載機器性能確認実験、基本伝送実験、高速衛星ネットワーク実験、ネットワーク・アプリケーション実験で構成され衛星通信ネットワーク基礎特性からアプリケーションまで実験を実施してきた。

WINDSの設計寿命である5年が過ぎた平成25年4月からは後期運用へ移行し、利用実験は終了した。後期運用では、JAXA社会化実験及びNICT後期基本実験を実施している。

	平成20年	21年	22年	23年	24年	25年	26年	27年	28年	29年
WINDS	▲ 打上 初期C/O		定常運用					後期運用		
NICT			基本実験					後期基本実験		
JAXA		基本実験						社会化実験		
利用実験協議会			利用実験							

図1 WINDS運用・実験の経過

平成 25 年 4 月から後期運用に入り NICT は定常運用時の基本実験から継続して実施する実験及び新たに開始した災害対策実験等を合わせて、後期基本実験計画を立て実験を実施している。

後期運用時の実験実施体制を図 2 に示す。NICT と JAXA 間のスケジュール等は実験調整会議を開催し、調整を行っている。また、実験計画や実験結果については、総務省が主催する衛星アプリケーション実験推進会議に報告し、評価・助言を得て実験を推進している。

3 NICT 後期基本実験

NICT が立案・実施した後期基本実験項目を表 1 に示す。

後期基本実験開始から 4 年以上が経過し、既に終了しているものもあるが、紹介する。

3.1 フルオート可搬型実験地球局機能検証実験

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災の後、専門家だけでなく容易に地球局のセットアップから衛星捕捉まで可能なフルオート可搬型実験地球局の開発を行った。

この地球局の機能・性能の確認を行った。

3.2 小型車載実験地球局機能検証実験

東日本大震災の教訓から、被災地への移動途中にも派遣元との通信が可能となるよう、走行中にも衛星を追尾し続け通信できる地球局を開発した。

この地球局の追尾特性や基本伝送特性など機能・性能の確認を行った。

また、この地球局を用いて移動しながら伝搬特性測定を実施している。その成果は本報告書 3-11 にて紹介している。

3.3 船舶搭載実験地球局機能検証実験

小型車載実験地球局に搭載されているアンテナを船舶に搭載し、船舶と地上を衛星回線で結び、追尾特性

や基本伝送特性など機能・性能の確認を行った。

海洋研究開発機構と共同で調査船に本地球局を搭載し、調査船と接続された無人海中探査機を陸上から衛星経由で遠隔操作する実験を世界で初めて成功させている [2]。

3.4 衛星ネットワーク実験

定常運用時の基本実験から引き続き実施する実験。WINDS を使用してスター型あるいはメッシュ型に構成した衛星ネットワークにおいて、上位プロトコル (TCP/IP 等) のスループット等特性評価を行う。

3.5 災害対策実験

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災時には WINDS を使用した臨時通信回線を提供することにより衛星通信のプレゼンスを示すことができた。

大規模災害により広域で通信インフラが損壊した場合でも、被災状況等を迅速に把握するための映像情報、救援活動のためのデータ・音声等各種情報を衛星通信網と無線 LAN 等の地上網との総合ネットワークにより提供するための検証実験を実施する。

本実験の成果は本報告書 3-3 にて紹介している。

3.6 地上網との接続実験

定常運用時の基本実験から引き続き、WINDS 衛星網に JGN や無線 LAN 等の地上網を接続し、映像・音声・データ等の総合伝送特性を検証する。

立体 (3D)4K-HDTV カメラで撮影した映像を NICT で開発した 622/1244 Mbps デュアルレート高速バーストモデム TDMA 衛星通信システムと JGN を組み合わせて高品質に配信した実験例を本報告書 3-4 にて紹介している。

3.7 医療 ICT 衛星通信実験

定常運用時の基本実験から引き続き、横浜国立大学との共同研究で進めている実験である。

表 1 後期基本実験項目

実験番号	実験項目
N-L-01	フルオート可搬型実験地球局機能検証実験
N-L-02	小型車載実験地球局機能検証実験
N-L-03	船舶搭載実験地球局機能検証実験
N-L-04	衛星ネットワーク実験
N-L-05	災害対策実験
N-L-06	地上網との接続実験
N-L-07	医療 ICT 衛星通信実験
N-L-08	将来衛星技術基礎実験

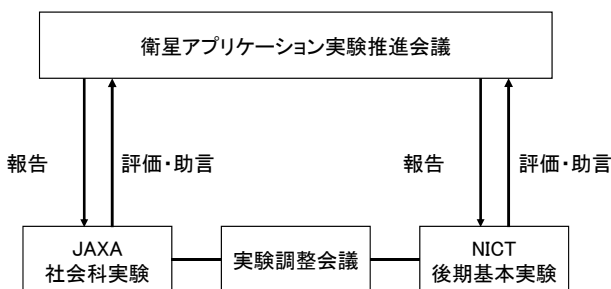


図 2 後期運用時の実験実施体制

高齢化社会が進む中、安心・安全な医療保障体系の構築はますます重要になっている。衛星通信を用いた医療 ICT ネットワーク実験は、各種生体信号をリアルタイムに収集するボディアエリアネットワーク (BAN) や診療画像等の伝送に衛星通信を取り入れ、より効率的なヘルスケア体系や遠隔医療教育システム構築の一助となることを目的としている。

3.8 将来衛星基礎技術実験

次期技術試験衛星等将来の通信衛星に期待される技術の実験として、下記 8 種類の実験を計画した。

① 直交周波数分割多重変調 (OFDM) 伝送実験

WINDS には 1.1 GHz と広帯域な中継器を搭載している。この中継器の特性を活かした多値変調周波数多重による高速衛星通信モデムの開発を行った。16 APSK (50 Msps) 信号を 16 波周波数多重した OFDM により 3.2 Gbps の高速伝送技術を検証した。

本実験の成果は本報告書 3-5 にて紹介している。

② 再構成可能な衛星回線リソース再配分実験

災害時等に時々刻々と変化するトラフィック状況に対し、周波数利用効率を高めるためチャネライザの開発を行った。1 ~ 64 Mbps の複数のデータ信号波を WINDS 経由で伝送し、地球局に接続したチャネライザで、帯域幅、中心周波数等を適宜変化させ衛星回線リソース再配分が実施されていることを検証した [3]。

③ SHV 伝送実験

本実験は NHK との共同研究において、次期衛星放送に必要となる技術の検証を行う。

伝送素材と NHK が開発しているスーパーハイビジョン (SHV) を使用し、データレートとして 150 ~ 1,000 Mbps の伝送特性等の検証を行う。

本実験の成果は本報告書 3-6 にて紹介している。

④ ダイナミックデマンドアサイン実験

あらかじめ計画ベースでスロット割り付けを行うのではなく、ユーザからのアソシエーションに応じて動的にスロット割当てを行う技術の検証を行う。

WINDS に搭載されているベースバンド交換部のソフトウェアを書き換える必要があるが、

ソフトウェアロード評価装置等を使用した地上試験で動作確認を行っている。

⑤ APAA 健全性確認実験

本実験は打ち上げ直後の初期チェックアウト時から JAXA 及び NICT で継続的に実施している。REV 法により APAA 素子の健全性を確認する。

本実験の成果は本報告書 3-7 にて紹介している。

⑥ 航空機実験

航空機地球局を開発し、航空機地球局から Pi-SAR 観測データ等大容量データの伝送に可能なブロードバ

ンド回線の確立を検証する。

本実験の成果は本報告書 3-8 にて紹介している。

⑦ Ka 帯多値変調信号伝送実験

本実験は JAXA 殿との協定に基づいて実施されるものであり、QPSK、16 QAM、16 APSK、64 QAM 等の多値デジタル変調信号伝送における非直線性、降雨減衰等の伝送路の特性変化の影響を把握し、対策を検討するための基礎実験を実施する。

本実験の成果は本報告書 3-9 にて紹介している。

⑧ 洋上通信実験

近年、海洋資源調査技術の開発が進められており、遠隔操作探査機 (ROV) が観測したデータのリアルタイム伝送と陸上拠点から ROV の遠隔操作を可能とするシステムや自律型無人探査機 (AUV) が観測したデータを洋上中継器 (ASV) から調査船 (RV) や陸上拠点へ伝送するシステムが考案されている。

RV と ASV に搭載可能で、波浪による動揺に対してアンテナが衛星を自動追尾し、安定した衛星回線構築を可能とする高速衛星通信装置の開発を行っている。ASV 搭載用地球局には無人でも運用可能となるよう、電源管理や緊急時の停波等を遠隔で実施できるリモートアクセスシステムを搭載している。

これらの地球局を使用して、洋上の船舶間または船舶と陸上拠点間で数 Mbps から数十 Mbps クラスの洋上通信実験を行い、追尾性能確認、衛星回線構築実証及び伝送特性確認を実施する。

本実験の成果は本報告書 3-10 に紹介している。

4 むすび

WINDS は平成 20 年 2 月 23 日に打ち上げられ、各種衛星通信実験に使用されてきた。

平成 25 年 4 月から後期運用に移行し、NICT は後期基本実験計画を立案した。フルオート可搬型実験地球局機能検証実験など後期基本実験計画について紹介を行った。

打ち上げ後 9 年を過ぎているが、今後も後期基本実験を継続して実施する予定である。

【参考文献】

- 1 情報通信研究機構, “超高速インターネット衛星 (WINDS) 特集,” 情報通信研究機構季報, vol.53, no.4, 2007 年 12 月.
- 2 Takashi Takahashi, Naoko Yoshimura, Akira Akaishi, Norihiko Katayama, Morio Toyoshima, Naoto Kadowaki, Shojiro Ishibashi, Tatsuya Fukuda, and Hiroshi Yoshida, “THE TELE-OPERATION EXPERIMENT OF THE HYBRID REMOTELY OPERATED VEHICLE USING SATELLITE LINK,” 34th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2015-41645.
- 3 三浦周, 秋岡真樹, 高橋卓, 小宮山典男, 山口雄一, 米田誠良, “耐災害衛星通信システム用チャネライザの開発と WINDS を用いた通信実験,” 信学技報, vol.114, no.27, SAT2014-10, pp.51-56, 2014 年 5 月.



高橋 卓 (たかはし たかし)
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
副室長
衛星通信



川崎和義 (かわさき かずよし)
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
主任研究員
衛星通信



鄭 炳表 (じょん ひょんびょう)
耐災害 ICT 研究センター
応用領域研究室
主任研究員
博士(工学)
防災、GIS、衛星通信



片山典彦 (かたやま のりひこ)
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
研究員
博士(工学)
衛星通信、電波伝搬、ネットワーク



菅 智茂 (かん ともしげ)
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
研究員
博士(工学)
衛星通信、電波伝搬



大川 貢 (おおかわ みつぐ)
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
主任研究員
博士(工学)
衛星通信システム