

6 実験計画

6 Plan of Experiments

大川 貢 高橋 卓 吉村直子 橋本幸雄 鈴木龍太郎 富井直弥
OHKAWA Mitsugu, TAKAHASHI Takashi, YOSHIMURA Naoko,
HASHIMOTO Yukio, SUZUKI Ryutarou, and TOMII Naoya

要旨

超高速インターネット衛星(WINDS: Wideband InterNetworking engineering test and Demonstration Satellite)が、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と情報通信研究機構(NICT)により開発された。WINDSを使用した実験は、JAXAとNICTが実施する基本実験と公募により選定された利用実験に分けられる。情報通信研究機構では、基本実験として、衛星搭載機器性能確認実験、地球局性能確認実験、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等を予定している。

Wideband InterNetworking engineering test and Demonstration Satellite was developed by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and National Institute of Information and Communications Technology (NICT). The experimental plan has two categories. One is a fundamental experiment which will be carried out by JAXA and NICT. The other is application experiment which will be conducted by several selected organization. NICT's experiment plan includes evaluating the performances of the onboard equipment, the earth station, fundamental transmission, high speed satellite networking communication, and the network application.

[キーワード]

超高速インターネット衛星, 基本実験, 利用実験
Wideband InterNetworking engineering test and Demonstration Satellite,
Fundamental experiment, Application experiment

1 まえがき

WINDSは、Ka帯による高速衛星通信システムの構築を目指した衛星システムであり、地上通信網と相互に補完し得る衛星通信ネットワークの形成に必要な技術実証を目的としている[1]。超高速インターネット衛星(WINDS)を用いるKa帯による高速衛星通信実験は、衛星開発機関であるJAXAとNICTによる基本実験と総務省の公募により選定された大学等の各機関によるアプリケーション実験を目的とした利用実験に分けられる。

本稿では、NICTが実施を予定している実験内容を中心にして、実験計画の概要について述べる。また、JAXAが予定している基本実験及び総務省の公募による利用実験についても概略を述べる。

2 基本実験

WINDSの基本実験は、衛星開発機関(JAXA、NICT)が実施する実験として位置付けており、JAXAとNICTが、WINDS通信網システムに関し、双方協力して実施する実験で、開発機器の機能性能を確認すること、またWINDS通信網システムの有効性を実証することを目的とする。

WINDS実験スケジュールを図1に示す。初期機能性能・評価後(打上げ約4か月後)から打上げ約7か月後までは、利用実験ユーザへ安定した実験環境を提供することや、WINDS通信網システムの有効性を実証しアピールするために基本実験のみを実施する。打上げ約7か月後から打上げ2年後までは、WINDS通信網システムの有効性を実証し、アピールするため基本実験を利用実験

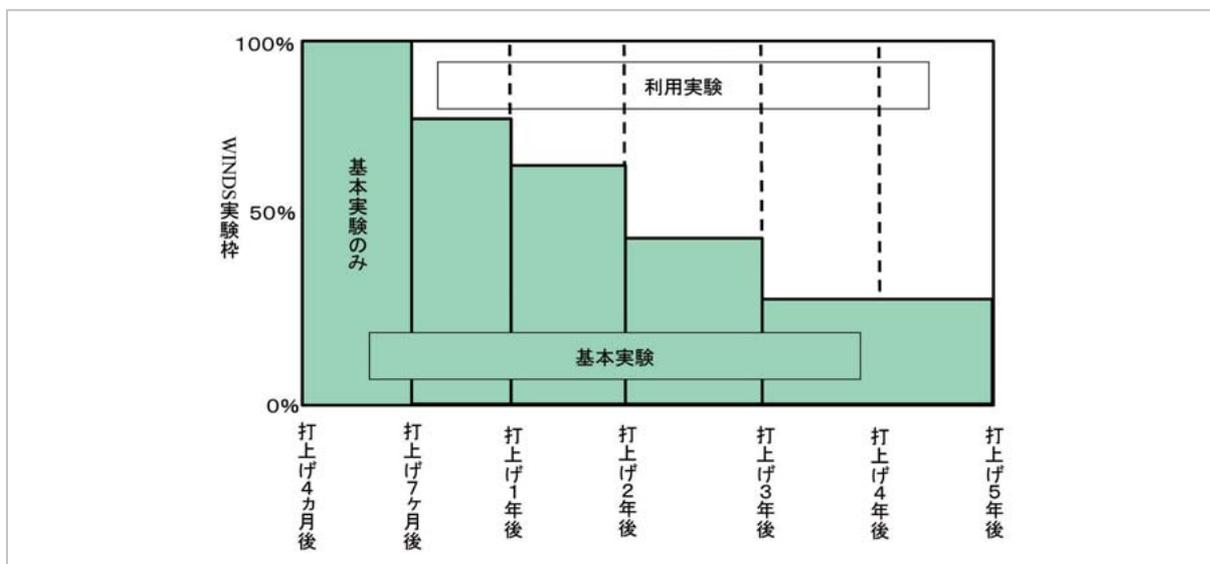


図1 WINDS 実験スケジュール

より先行して実験枠を配分するが、できるだけ多くの利用実験が実施できるよう配慮する。打上げ2年後からミッション終了までは、基本実験より先行して利用実験へ実験枠を配分する。

2.1 情報通信研究機構による実験

NICT の基本実験の構成を表1に示す。実験項目は、以下のA、B、C、D、Eの五つに分類される。JAXA 基本実験が、開発機器の機能性能の確認実験を基本実験(その1)、WINDS 通信網システムの有効性を実証する実験を基本実験(その2)として整理しているため、基本性能に関するA、B、CはJAXA 基本実験(その1)に相当し、アプリケーションに関するD、EはJAXA 基本実験(その2)に相当する。

A：衛星搭載機器性能確認実験

(基本実験(その1)に相当)

WINDS 搭載の通信ミッション機器の機能・性能を確認するための基本実験である。衛星打上げ後定期的に実施し、搭載機器の動作状況の把握及び経時変化の把握を行う。

B：地球局性能確認実験

(基本実験(その1)に相当)

実験に使用する各種地球局の機能・性能を取得する。実験システム評価のための基礎データとする。

C：基本伝送実験(基本実験(その1)に相当)

実験用衛星通信回線の基本伝送特性を取得す

る。各種通信方式、各通信モード(ベントパイプ中継/再生交換中継)における回線品質特性、多元接続方式等の評価を行う。

D：高速衛星ネットワーク実験

(基本実験(その2)に相当)

各通信モード(ベントパイプ中継/再生交換中継)を使用した高速衛星ネットワークを構成し、プロトコル、ネットワーキング及びアプリケーションの性能評価を行う。

E：ネットワーク・アプリケーション実験

(基本実験(その2)に相当)

国内及びアジア・太平洋地域における共同実験、その他、北米・欧州等との国際共同実験を行う。

2.1.1 衛星搭載機器性能確認実験

(1) レベルダイヤ確認実験

初期チェックアウトで実施していない中継器設定で必要のある場合、中継器のモード、経路を切り替え、それぞれの場合における通信信号のレベルダイヤグラムを測定し、設計値及び地上試験結果と比較評価する。また、以降の通信実験における回線設計に反映する。

(2) 周波数特性確認実験

初期チェックアウトで実施していない中継器設定で必要のある場合、中継モード、経路を切り替え、それぞれの場合における振幅周波数特性、位相周波数特性、群遅延特性を取得する。本データは、ビット誤り率などの解析データとして使用する

表1 NICT 基本実験の構成

実験番号	実験項目	備考
分類A	衛星搭載機器性能確認実験	
N-A-01	レベルダイヤ確認実験	
N-A-02	周波数特性確認実験	
N-A-03	APAA : Active phased Array Antenna 性能評価	J1-B01 と共同で実験
N-A-04	再生交換中継器機能確認実験	J1-A01、J1-A03 と同時に実験
分類B	地球局性能確認実験	
分類C	基本伝送実験	
N-C-01	TDMA 同期実験	
N-C-02	降雨減衰補償実験	J1-A02 と一部同時に実験
N-C-03	ベントパイプ中継伝送特性実験	
N-C-04	再生交換中継伝送特性実験	
N-C-05	ABS : ATM-based Baseband Switching 輻輳実験	
N-C-06	1.2Gbps 伝送実験	
分類D	高速衛星ネットワーク実験	
N-D-01	スター型ネットワーク実験	J1-A04 と同時に実験
N-D-02	メッシュ型ネットワーク実験	J1-A04 と同時に実験
N-D-03	プロトコル評価実験	
N-D-04	ダイナミックデマンドアサイン実験	
N-D-05	SHV : Super Hi-vision 伝送実験	
分類E	ネットワーク・アプリケーション実験	
N-E-01	地上網との接続実験	
N-E-02	医療 ICT 衛星通信実験	

る。

2.1.2 地球局性能確認実験

NICT において製作の鹿島 5 m アンテナ LET : Large Earth Station 局及び車載 2.4 m アンテナ SDR-VSAT : Super High Data Rate-Very Small Aperture Terminal 局について、広帯域周波数特性、レベルダイヤグラム、送信機及び受信機入出力特性、局内折り返し BER 特性などの性能確認実験を行う。

2.1.3 基本伝送実験

(1) TDMA 同期実験

TDMA の割当情報に基づいて、ビーム走査の同期及び各局におけるバースト同期が正常に動作していることを確認し、同期性能を評価する。筑波基準局から非再生 RB : Reference Burst (155 Mbps) を送信し、鹿島 LET で受信する。鹿島 LET では非再生 RB に同期した HRB : High rate Reference Burst (622 Mbps) を生成・送信し、SDR-VSAT で受信する。鹿島 LET 及び SDR-

VSAT での同期性能を評価する。

(2) ベントパイプ中継伝送特性実験

ベントパイプモードにおいて、通信信号のバースト同期特性、ビット誤り率 (BER) 等の伝送基本特性を取得する。622 Mbps での BER 測定を実施する [2][3]。その他種々の伝送速度、誤り訂正符号等の伝送方式の準備可能な MODEM を使用して、特性測定を実施する。

(3) 再生交換中継伝送特性実験 [4]

再生交換中継モードにおいて、アップリンク及びダウンリンクにおける BER 等の伝送特性、シグナリング処理時の接続遅延特性等の取得を行う。また、ダウンリンクの BER 等を測定・評価する計画である。アップリンクに関してはセル廃棄率で評価する計画である。

(4) ABS 輻輳実験

輻輳状態になったときの搭載交換器の振る舞いについてデータを取得する。複数のビームより上げた信号を特定のビームに集中させ、輻輳状態を

発生させる。その際の ABS の振る舞いについて調査する。

(5) 1.2 Gbps 伝送実験

ベントパイプモードで 1.2 Gbps × 1 波の伝送実験を行い、BER 等により評価を行う。

2.1.4 高速衛星ネットワーク実験

(1) プロトコル評価実験

スター型、あるいはメッシュ型ネットワーク構成で上位プロトコル(TCP/IP のスループット)の特性評価を行う。各種 TCP アクセラレータ等を使用し、TCP/IP でのスループットを測定し、その効果を評価する。

(2) ダイナミックデマンドアサイン実験(TBD)

基準局の通信制御ソフト及び搭載機器設定ソフトを変更し、ダイナミックデマンドアサインを実施する。あらかじめ計画ベースで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を行う。

(3) SHV 伝送実験

広帯域伝送実験の伝送素材として NHK が開発しているスーパーハイビジョン(SHV)を伝送する。データレートは 150~600 Mbps。モデム以下ベースバンド系は NHK 技研開発の物を使用する。

2.1.5 ネットワーク・アプリケーション実験

(1) 地上網との接続実験

地上網(JGN: Japan Gigabit Network 等)と鹿島宇宙技術センターで接続し、衛星網+地上網の伝送実験を実施する。NICT 高速バーストモデムを使用して、WINDS 衛星網と JGN を接続し、高速データ伝送実験を実施する。

(2) 医療 ICT 衛星通信実験

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 ネットワーク実験システムは、各種生体信号をリアルタイムに収集するボディエリアネットワーク(BAN: Body Area Network)と衛星通信を組み合わせて、より効率的でかつ高度な治療やヘルスケア体系を構築することを目的としている。

2.2 宇宙航空研究開発機構との共同又は同時実験

2.2.1 衛星搭載機器性能確認実験

(1) APAA 性能評価

Ka バンド・アクティブ・フェーズド・アレイ・アンテナ(APAA)の経年劣化、健全性等を確認するため、REV 法^[5]により APAA の素子の健全性の確認を実施する。基準局から無変調信号を送信し、APAA の素子を基準局で受信する。取得したデータのレベル変動を評価することで、APAA 各素子の健全性を確認する。鹿島局でも信号を受信し、評価の参考とする。

(2) 再生交換中継器機能確認実験

再生交換中継モードにおいて、発呼情報に基づいて呼接続、経路選択が正常に行われることを確認する。また、同一ビーム内 ABS マルチキャスト、複数ビームへの ABS マルチキャスト(ライン間コピー、エリア間コピー)通信について確認し、ABS が正常動作していることを確認する。

2.2.2 基本伝送実験

降雨減衰補償実験^[6]

基本実験その 2、利用実験に向けて、基準局のパラメータの基本設定を含めて、WINDS の降雨補償が良好に実施できること、実施に当たっての条件・効果を把握するために実施する。網情報回線を使用して降雨減衰量の測定を行う。衛星の送信電力制御による降雨減衰補償を実施し、制御パラメータ、アルゴリズムの評価を行う。

- ① 複数エリアに電力を割り当て、電力配分が想定どおりに実施できることの確認を行う。
- ② 1 エリアに完全保障型を 1 局設定し、ベストエフォート型の地球局の動きが想定どおりか、効果はどうか等の確認を行う。
- ③ 同一ビームのビーム中心とビームエッジに局を配置し、降雨減衰補償の効果を確認する。
- ④ 同一ビームに USAT/HDR-VSAT を配置し、降雨減衰補償の効果を確認する。
- ⑤ WINDS 標準以外の降雨減衰補償法と比較し、標準補償法の評価を行う計画である。

2.2.3 高速衛星ネットワーク実験^[7]

(1) スター型ネットワーク実験

スター型ネットワークを構成し、ネットワーク

が動作することを確認する。さらに、接続遅延特性、ATM のサービスクラスの種類である CBR：Constant Bit Rate/UBR：Unspecified Bit Rate の各サービスクラスにおける伝送特性について評価する。

(2) メッシュ型ネットワーク実験

メッシュ型ネットワークを構成し、ネットワークが機能することを確認する。さらに、接続遅延特性、ATM のサービスクラスの種類である CBR/UBR の各サービスクラスにおける伝送特性等について評価する。

2.3 宇宙航空研究開発機構の実験

JAXA の基本実験の構成を表 2 及び表 3 に示す。JAXA 基本実験は、開発機器の機能性能の確認実験を基本実験(その 1)、WINDS 通信網システムの有効性を実証する実験を基本実験(その 2)として整理している。

基本実験(その 1)としては、2.2 で述べた共同実験項目のほか、災害や異常時等の対応が正常に処理できることを確認する災害等特別な運用に向けての実験、WINDS 搭載機器である MPA、MBA の性能評価実験がある。

基本実験(その 2)としては、E ラーニングを含むマルチキャスト実験、ALOS(陸域観測技術衛

表2 JAXA 基本実験(その 1)の構成

実験番号	実験項目	備考
WINDS 通信網実験システム基本性能確認実験		
J1-A01	スロット割当に関する実験	
J1-A02	降雨減衰補償実験	
J1-A03	ABS マルチキャスト実験	
J1-A04	複数端末によるネットワーク構成実験	
J1-A05	災害等特別な運用に向けての実験	
WINDS 搭載機器性能評価実験		
J1-B01	APAA 性能評価	N-A-03 との共同実験
J1-B02	MPA:Multi-Port Amplifier 性能評価	
J1-B03	MBA:Multi Beam Antenna 性能評価	

実験番号 J1-A01~J1-A04 は NICT/JAXA が同時に実験を実施する。

表3 JAXA 基本実験(その 2)の構成

実験番号	実験項目
「衛星ネットワーク技術実証実験」及び「ネットワーク応用実験」	
J2-01	マルチキャスト実験
J2-02	マルチキャスト実験(受信専用地球局)
J2-03	E ラーニング実験
J2-04	センチネルアジア
J2-05	ALOS : Advanced Land Observing Satellite 観測データ配信実験
J2-06	ALOS クイックルックデータ配信実験
J2-07	可搬型地球局による HV(ハイビジョン)伝送実験
J2-08	超小型可搬型地球局伝送実験
J2-09	小型地球局による HV(ハイビジョン)伝送実験
J2-10	非常用通信伝送実験
J2-11	離島モデル・デジタルデバイド解消実験
J2-12	内航船通信実験
J2-13	地球深部探査船「ちきゅう」通信実験

表4 提案者国別件数

合計	日本	タイ	インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	中国	その他
53(注)	26	11	3	3	2	2	1	5

(注) うち国際共同実験(他国との共同実験)は30件

表5 利用実験分野別件数(実験プロジェクトによっては重複カウント有り)

合計	伝搬	防災	医療	教育	その他
61	14	8	6	18	15

星)観測データ配信やHV(ハイビジョン)伝送等の映像配信実験、離島におけるデジタル・デバイドの解消に向けた実験等がある。また、被災地を想定した非常用通信伝送実験を実施し、災害時における衛星通信の有効性の検証実験等がある。

3 利用実験

利用実験は、アプリケーション実験を目的として公募により選定された各機関により実施される各種実験である。

総務省により、平成19年度打上予定の超高速の固定衛星通信技術の確立を目的としたWINDSに関する利用実験の募集が、平成19年2月1日から3月30日まで行われた。その結果、WINDSの募集については53件の応募があり、5月30日に開催された衛星アプリケーション実験推進会議(会長：高畑文雄早稲田大学教授)における審議結果を踏まえ、すべての提案について採択を決定し

た。表4に採択された実験提案の提案者国別件数、表5に利用実験分野別件数を示す[8]。

平成19年7月26日には、WINDS利用実験協議会が発足し、利用実験実施に向けて実験計画の具体的な検討を進めている。

4 むすび

WINDSを用いる高速衛星通信実験の実験計画について、NICTが計画している基本実験を中心に述べた。衛星の設計寿命は5年間であるが、基本実験及び利用実験の実験項目は多岐にわたるため、今後、関係機関との調整を図りつつ、効率的に実験を実施する必要がある。

謝辞

WINDSの開発、実験計画の推進にご尽力、ご協力頂いている関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1 島田, 黒田, 小川, 鈴木, 高橋, 鳥海, 細田, 大島, “超高速インターネット衛星(WINDS)の通信システム実験概要”, 第50回宇宙科学技術連合講演会, 3D02, 2006-11.
- 2 T. Takahashi, Y. Hashimoto, N. Yoshimura, R. Suzuki, T. Kuroda, Y. Ogawa, T. Ogawa, and I. Hosoda, "Development of High-Data-Rate Burst Modem for WINDS", 25th AIAA International Communications Satellite Systems Conference, AIAA 2007-3159, Seoul Korea, Apr.2007.
- 3 橋本, 高橋, 吉村, 鈴木, G. Richard, D. Mike, “WINDS超高速通信ネットワークの開発”, 第50回宇宙科学技術連合講演会, 3D10, 2006-11.
- 4 吉村, 橋本, 高橋, 鈴木, 片桐, 熊谷, 米田, “WINDS搭載再生交換中継器の開発”, 第50回宇宙科学技術連合講演会, 3D07, 2006-11.

- 5 真野, 片木, “フェーズドアレーアンテナの素子振幅位相測定法—素子電界ベクトル回転法—”, 信学論 (B), Vol.J65-B, No.5, pp.555-560, May 1982.
- 6 鈴木, 島田, 横山, 長谷川, 三好, 常岡, 下川原, 大友, “WINDS における下り回線降雨減衰補償制御とシミュレーションによる検討”, 第 50 回宇宙科学技術連合講演会, 3D12, 2006-11.
- 7 横山, 島田, 黒田, 小川, 鈴木, 橋本, 吉村, 高橋, 中里, 奥居, 大島, “WINDS の通信ネットワーク制御”, 第 50 回宇宙科学技術連合講演会, 3D11, 2006-11.
- 8 http://www.soumu.go.jp/s-news/2007/070604_4.html.



天川 賢

新世代ワイヤレス研究センター宇宙通信ネットワークグループ主任研究員
博士(工学)
衛星通信



髙橋 肇

新世代ワイヤレス研究センター宇宙通信ネットワークグループ研究マネージャー
衛星通信



吉村直子

新世代ワイヤレス研究センター宇宙通信ネットワークグループ主任研究員
衛星通信



橋本幸雄

新世代ワイヤレス研究センター宇宙通信ネットワークグループ主任研究員
衛星通信



鈴木龍太郎

新世代ワイヤレス研究センター宇宙通信ネットワークグループ研究マネージャー / ATR 適用コミュニケーション研究所
衛星通信

富井直弥

独立行政法人宇宙航空研究開発機構衛星利用推進本部地球観測研究センター主任開発員