

5 実験計画

5 Plan of Experiments

5-1 移動体衛星通信・放送実験計画

5-1 Plan of Experiments for Mobile Satellite Communications and Broadcasting

平良真一 吉本繁壽 浜本直和 浜 真一

TAIRA Shinichi, YOSHIMOTO Shigetoshi, HAMAMOTO Naokazu, and HAMA Shin'ichi

要旨

技術試験衛星Ⅷ型を用いた移動体衛星通信・放送実験が計画されている。実験は、衛星開発機関である、宇宙開発事業団(現宇宙航空研究開発機構)、日本電信電話株式会社及び通信総合研究所による基本実験と、アプリケーション実験を目的として公募選定された大学等の各機関による利用実験に分けられる。通信総合研究所による基本実験として、開発した衛星搭載機器の軌道上特性評価実験、地球局基本特性評価実験、移動体衛星通信・放送システム評価実験等を予定している。

Mobile satellite communications and broadcasting experiments using the Engineering Test Satellite Ⅷ are planned. The experimental plan has two categories. One is a fundamental experiment which will be carried out by National Space Development Agency of Japan, Nippon Telegraph and Telephone Corporation and Communications Research Laboratory. These organization has been developing the Engineering Test Satellite Ⅷ. The other is application experiments which will be conducted by several selected organizations. The Communications Research Laboratory's experimental plan includes evaluating the performances of the onboard equipment, the earth station, and the mobile satellite communications and broadcasting system.

[キーワード]

技術試験衛星Ⅷ型, 移動体衛星通信, 移動体衛星放送

Engineering Test Satellite Ⅷ, Mobile satellite communication, Mobile satellite broadcasting

1 はじめに

技術試験衛星Ⅷ型を用いる移動体衛星通信・放送実験は、衛星搭載機器の開発機関である宇宙開発事業団(現宇宙航空研究開発機構)、日本電信電話株式会社及び通信総合研究所による基本実験と、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大学等の各機関による利用実験に分けられる。本文では、通信総合研究所が実施を予定している実験内容を中心にして移動体衛星通信・放送実験計画の概要について述べる。

2 基本実験

基本実験は、衛星開発機関である宇宙開発事業団(NASDA:平成15年10月より宇宙航空研究開発機構(JAXA))、日本電信電話株式会社(NTT)及び通信総合研究所(CRL)により実施される実験であり、実施内容としては、衛星搭載機器の軌道上特性評価実験、地球局基本特性評価実験、移動体衛星通信・放送実験、応用実験等が予定されている。搭載機器の開発に当たっては、次世代衛星通信・放送システム研究所(ASC)も衛星開発機関であったが、平成13年2

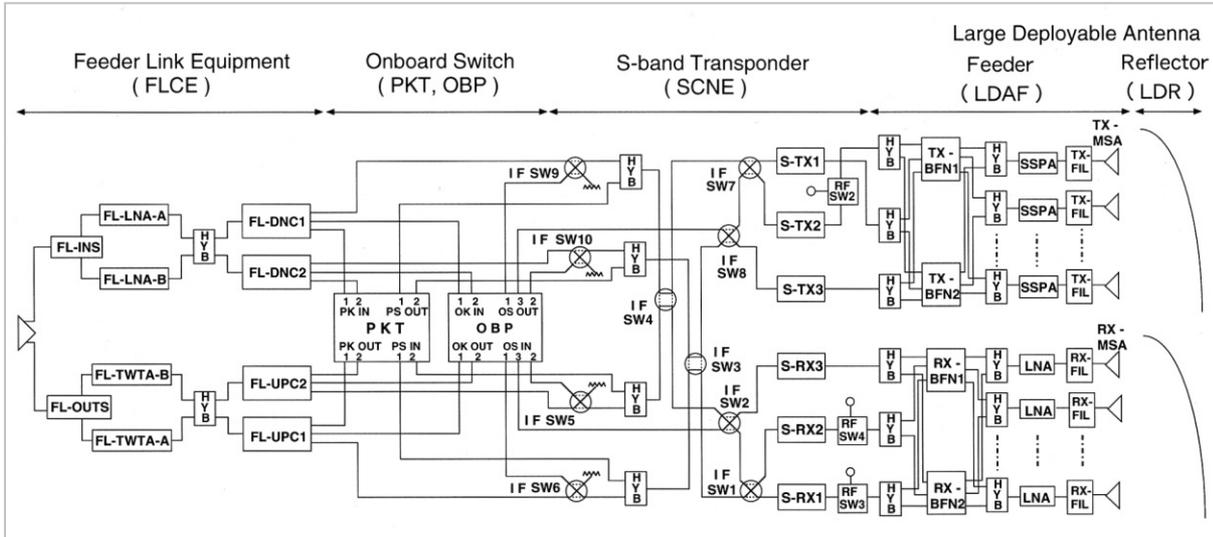


図1 移動体衛星通信・放送実験機器構成図

月にその研究開発業務を終了した。ASCが研究開発を分担した機器はCRLへと譲渡されており、衛星打ち上げ後の実験において、ASC担当開発機器の性能評価はCRLが実施することになっている。図1にETS-Ⅷにおける移動体衛星通信・放送実験機器の構成図を、表1に各コンポーネントの開発担当を示す。

表1 移動体衛星通信・放送実験機器の開発担当

搭載機器	開発担当
フィーダリンク装置 (FLCE)	: NASDA
搭載交換機部 (Onboard Switch)	
パケット交換機 (PKT)	: CRL
オンボードプロセッサ (OBP)	: ASC
中継器部 (SCNE)	: ASC
大型展開アンテナ給電部 (LDAF)	
ビーム形成回路 1 (BFN1)	: CRL
ビーム形成回路 2 (BFN2)	: NTT
その他の給電部機器	: ASC
大型展開アンテナ反射鏡部 (LDR)	: NASDA

2.1 通信総合研究所による実験

通信総合研究所の実験計画においては、開発した衛星搭載機器の軌道上特性評価実験、移動体衛星通信・放送システム評価実験、地球局基本特性評価実験等を予定している。

2.1.1 衛星搭載機器の軌道上特性評価実験

衛星搭載機器の軌道上における特性評価は、搭載機器の初期チェックアウトの後、主に実験の初期段階に実施が予定されている。開発した搭載機器であるビームフォーミングネットワーク[1]及びパケット交換機[2]の評価をはじめとして、中継器、大型展開アンテナ給電部[3]の評価も行う。予定している主な評価内容は以下のとおりである。

a 大型展開アンテナの特性評価実験

通信実験における移動体用の回線(モバイルリンク)ではデフォルトのアンテナパターンとして図2に示すような5ビーム分のパターンを用意し

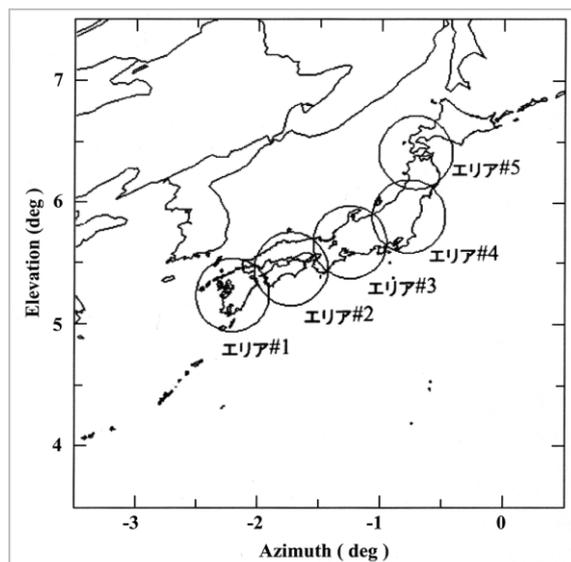


図2 S帯アンテナパターン[通信]

である。このうち、実験においては同時に最大で3ビームが使用可能である。アンテナはフェーズドアレーアンテナであることからビームフォーミングネットワークの振幅と位相値を変化させることにより任意のビームを構成できるようになっている。

a.1 アンテナパターン測定

アンテナの基本特性であるパターン測定においては、衛星の姿勢変動及び地上の多地点での受信電力の同時測定を行い、2次元パターンを取得する。送信パターンの測定では、衛星搭載交換機より無変調波を出力し、地上側にてその電波を受信することで測定ができる。受信パターンの測定では地上から無変調波を送信し、衛星側で受信した信号を再び地上側へ折り返して、地上で受信した電力値に衛星の送信パターン分の補正を行うことで測定する。

a.2 アンテナビーム指向変動評価

展開アンテナ鏡面の熱歪みや姿勢変動の影響によるアンテナのビーム指向を評価するため、複数のアンテナビームからの信号電力の連続測定を行う。また、この評価結果より、熱歪み、姿勢変動によるアンテナビーム指向変動をビームフォーミングネットワークにより補正し、軌道上での有効性を確認する。

a.3 ビーム走査パターン測定

ビームフォーミングネットワークの振幅、位相値を変化させアンテナビームを走査して、ビーム走査角に対するアンテナ利得を測定し、いわゆるビーム走査パターンを取得して評価する。

a.4 給電部励振誤差評価

ビームフォーミングネットワークの振幅及び位相設定を行い、被測定ビーム及び基準ビームを形成する。被測定ビームのアレーウェイトに素子電界ベクトル回転法 (REV法: Rotating Element Electric Field Vector Method) を適用し素子の位相を回転させ、位相回転角に対する受信電力を測定する。測定結果より各素子の振幅位相を計算し、励振誤差の評価を行う。

b 中継器系特性評価実験

中継器としての特性評価は、実験初期に搭載機器の軌道上特性評価実験を行うことにより測定し、その後、定期的 (年に1回程度) に同様の測定を実施して経年変化を取得し評価する。

b.1 基本特性

中継器の基本特性として測定する項目は、入出力特性、振幅周波数特性、相互変調特性等である。測定は主としてS帯を用いるモバイルリンク側の搭載機器の特性を取得し、フィーダリンク装置を含めた特性については宇宙開発事業団との協力の下で取得する予定である。

b.2 PIM評価

衛星にはPassive Intermodulation (PIM) 測定用として給電部の送信側に専用のアンテナ素子と低雑音増幅器を設けている。大電力の信号を複数の周波数で送信し、複数送信波の相互変調積成分を受信周波数帯にて観測し評価を行う。

c 衛星搭載交換機特性評価実験

オンボードプロセッサは回線交換機能を、パケット交換機はパケット交換機能を有している。交換機能の性能評価方法に関しては共通部分が多いのでここでは衛星搭載交換機性能評価としてまとめて記述することにする。

c.1 基本伝送特性評価

デジタル伝送装置の基本特性であるビット誤り率特性、同期捕捉特性等を取得する。再生中継に用いる変復調器については、衛星のアップリンク、ダウンリンクにおいてそれぞれ取得し、変調器、復調器の性能をそれぞれ確認する。また、スルーリピーターモードにおいても基本特性を取得し、搭載交換機を経由した場合との性能比較を行い評価する。

c.2 交換特性評価

地球局より制御情報を含んだ信号を出力し、衛星搭載交換機が制御情報に従った交換動作を行っていることを確認する。また、交換機能の基本パラメータである交換制御に要した時間を測定する。

c.3 交換プログラムロード機能評価

ETS-VIIIに搭載するオンボードプロセッサ、パケット交換機は共に、種々のプロトコルによる交換制御に対応できるように、地上から交換制御プログラムをロードすることが可能になっている。プログラムには誤りがないよう、伝送中に誤ったデータについては自動再送を行う。交換プログラムロード機能評価においては、プログラムが誤りなく衛星へロードされたことを確認するとともに、プログラムロードに要し

た時間を測定し、自動再送の性能評価も行う。

c.4 位置登録機能確認

衛星搭載交換機では移動地球局が存在するビームを認識し管理することでマルチビームに対応した交換制御を行っており、搭載交換機からの管理データを基地局にて受信し、移動地球局の登録位置を確認する。

2.1.2 通信システム性能評価

オンボードプロセッサ、パケット交換機とそれぞれに対応した地球局を用いて行う通信実験では、音声、データ、画像等の伝送特性を取得し通信システムとしての評価を行う。図3に通信システム概念図を示す。各性能は地球局が固定状態にある場合と、測定車による走行を行い移動環境にある場合とについてデータを取得する。また、交換機が衛星上にある場合と、地上にある場合とでの性能比較を行う。測定では、それぞれの交換機のブレッドボードモデル(Breadboard model:BBM)を用い、衛星をスルーリピーターモードにして、地上での交換機BBMを経由した特性を取得することにより性能比較を行う。通信システムにおいては図2に示したようなビーム照射パターンを持つマルチビーム衛星であることから移動地球局が一つのビームから隣接するビームへ移動したときの位置登録変更試験や、異なったビームで同じ周波数を使用する周波数再利用実験、また、衛星通信システムから他の通信ネットワークへの接続実験も実施する予定である。このほか、主に画像伝送を中心とした高速データ伝送を目的として、

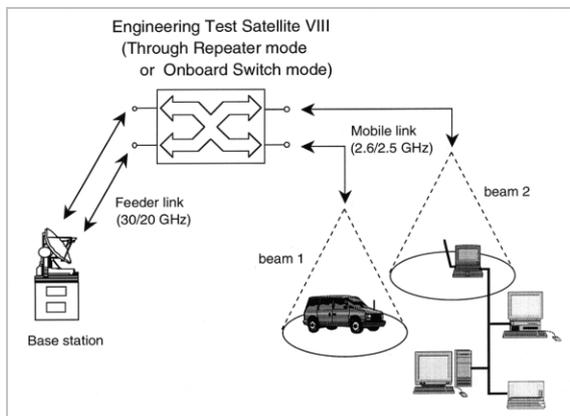


図3 通信システム概念図

多重ブロック符号化変調方式を用いた端局装置を準備している。装置を測定車に搭載して、移動環境における通信実験を実施し、本変復調方式の移動体衛星通信システムにおける評価を行う。この場合、衛星はスルーリピーターモードを使用し、画像コーデックにはMPEG4方式のものを予定している。

2.1.3 放送システム性能評価

放送システム性能評価には、ASCが開発したOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)端局を用いる予定にしている[4]。衛星のS帯アンテナパターンは、図4に示すようにビーム成形による単一ビームパターンである。評価実験は、鹿島宇宙通信センターに設置されたKa帯フィーダリンク地球局から、OFDM信号発生装置より送信し、ETS-Ⅷを経由して、車載局に設置した信号評価受信システムにより信号を受信して、コンパクトディスク(CD)クラスの高品質な音声伝送、高速データ伝送を行う。基本特性であるビット誤り率測定、受信信号のスペクトラム測定等を実施し、伝送路の非線形性の影響や、マルチパスの影響等についてデータを取得する予定である。

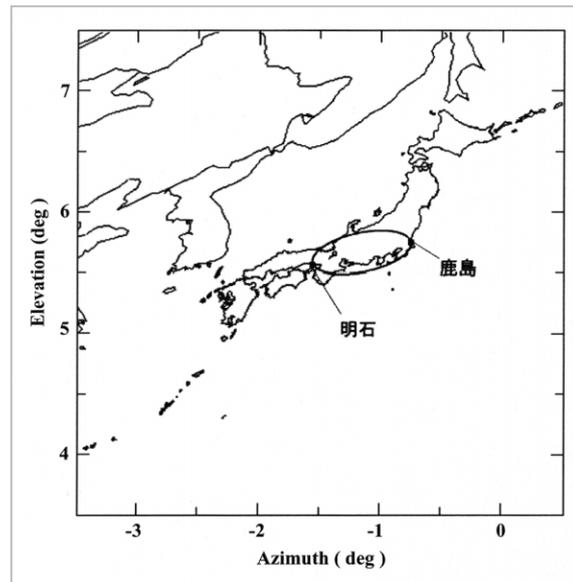


図4 S帯アンテナパターン[放送]

2.1.4 地球局特性評価

a フィーダリンク装置

Ka帯フィーダリンク装置は、実験の要となる

地球局である。基本的な性能については既に取得済みであるが、衛星打ち上げ後に取得すべき重要な特性としてアンテナの衛星追尾特性評価、自動周波数補正性能評価がある。アンテナはステップトラック方式による自動追尾機能と、手動による追尾機能を有している。また、周波数補正は、衛星上の発振器の安定度に起因する周波数変動を補正する機能であり、衛星から送信されるビーコン信号を受信することにより補正を行う。これらの特性は衛星からの電波を受信することにより評価ができる。

b S帯基準局

S帯基準局は、移動体衛星通信・放送実験におけるサービスリンクの基準局として用いられる装置であり、基本性能は既に取得済みである。本地球局は、実験中のモニタ局としての役割を果たすとともに、衛星の移動に伴う受信信号周波数変動を補償する周波数補正機能の実証実験に用いられる予定である。

c 移動局及び可搬局性能評価

移動局用として、アクティブフェーズドアレー及び階段型を、可搬局用として、ケース収納型、折り畳み型の高利得アンテナを準備している。移動局用のアクティブフェーズドアレー、階段型アンテナではその衛星追尾特性が衛星打ち上げ後に取得すべき重要な特性である。アクティブフェーズドアレーについては衛星搭載アンテナと同様に素子電界ベクトル回転法による励振誤差の評価を行う。また、無指向性の低利得の簡易アンテナも準備しており、性能比較を行う予定である。端局装置としては、オンボードプロセッサ及びパケット交換機と対向して用いられる地球局、多重ブロック符号化変調方式を用いた端局装置を接続し、ビット誤り率特性、受信信号電力等を取得し、地球局としての性能評価を実施する。

2.2 宇宙開発事業団による実験

NASDAは、移動体衛星通信・放送実験機器の中で、フィーダリンク装置(FLCE)と大型展開アンテナ反射鏡部(LDR)を開発している。LDRについては大型展開アンテナ給電部と組み合わせ、アンテナの基本特性(利得、パターン等)を取得する。また、静的な特性のみならず、熱環

境や衛星ダイナミクスによる動的特性の測定も行い、大型構造物としての総合評価を実施する予定にしている。FLCEについては、他の搭載機器も含めて、衛星としての中継器系の軌道上における評価を行う。各項目は年に1回の測定を実施し、経年変化を評価する予定となっている。

2.3 日本電信電話株式会社による実験

NTTは、衛星搭載機器としてビームフォーミングネットワーク(BFN2)を開発している[5]。したがって、BFN2の軌道上における評価が主な実験内容であり、ビームを形成するための振幅及び位相である励振分布を設定し、この時のアンテナパターンを測定することにより評価を行う予定となっている。

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。公募は、衛星アプリケーション実験推進会議(会長:安田靖彦 早稲田大学理工学部教授)により平成14年10月から12月にかけて行われ、平成15年1月にとりまとめられた[6]。平成15年6月には、ETS-VIII利用実験実施協議会(会長:近藤喜美夫 文部科学省メディア教育開発センター教授)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や地球局等の設備の準備を進めている。

4 むすび

技術試験衛星Ⅷ型を用いる移動体衛星通信・放送実験の概要について述べた。衛星の設計寿命は3年間と短期間であることから、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

移動体衛星通信・放送実験計画の推進に当たり、技術試験衛星Ⅷ型の開発に御尽力、御協力頂いている関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1 松本, 橋本, 井出, 坂齋, 浜本, 田中, “マルチビームの一括指向誤差補償が可能な衛星搭載ビーム形成部の検討”, 信学会論文誌B-II, Vol.J80-B-II, No.7, pp.617-621, 1997年7月.
- 2 S. Taira, Y. Matsumoto, S. Hama, and N. Hamamoto, "An Onboard Packet Switching System for the Mobile Satellite Communication Network", 49th International Astronautical Congress, IAF-98-M.3.03, Sep. 1998.
- 3 徳永, 角田, 松本, 大平, “衛星搭載用反射鏡アンテナ用フェーズドアレーアンテナ給電部の電気設計と試作”, 信学会論文誌B Vol.J82-B, No.7, pp.1357-1365, 1999年7月.
- 4 高野, 山本, 光本, 吉本, 坂井, 一橋, 浜本, “衛星モデルによるOFDM信号伝送特性”, 信学技報SANE2000-49, 2000年9月.
- 5 大平, 鈴木, 小川, 皆川, 石塚, 岩崎, “デジタル制御MSPによるビームフォーミングネットワーク”, 信学技報SAT97-51, 1997年7月.
- 6 http://www.soumu.go.jp/s-news/2003/030130_2.html



平良 真一

無線通信部門鹿島宇宙通信研究センター
モバイル衛星通信グループリーダー
移動体衛星通信、交換方式、衛星搭載機器



吉本 繁壽

企画部広報室長
衛星通信工学



浜本 直和

無線通信部門研究主管
衛星通信工学



浜 真一

電磁波計測部門準天頂衛星グループリーダー
衛星通信、VLBI