

4-2 移動体通信実験用 S 帯基準局

4-2 S-band earth station for mobile communication

山本伸一 小原徳昭 山崎一郎

YAMAMOTO Shin-ichi, OBARA Noriaki, and YAMAZAKI Ichiroh

要旨

技術試験衛星Ⅷ型(ETS-Ⅷ)は、2004年夏期に打ち上げを予定している。通信総合研究所では、ETS-Ⅷに音声通信用搭載交換機、高速データ通信用パケット交換機及び高精度時刻比較装置を搭載し、様々な実験を予定している。

移動体通信実験用 S 帯基準局は、ETS-Ⅷの S 帯サービスリンクを用いるパーソナル衛星通信実験等の基準となる局として鹿島宇宙通信研究センターに設置され、各種移動体衛星通信及び放送サービスに関する実験に用いられる。

Engineering Test Satellite Ⅷ (ETS-Ⅷ) is scheduled for launch in the summer of 2004. The Communications Research Laboratory (CRL) is planning various mobile satellite communications experiment using On-Board Processor, On-Board Packet Switch etc. which were carried in the satellite, and the satellite broadcasting experiment. An S-band earth station was installed in the Kashima Space Research Center, in order to measure characteristics which serve as a basis in the communication and the broadcasting experiment, between ETS-Ⅷ and a mobile station.

This paper describes the outlook of an S-band earth station and the electric characteristic.

[キーワード]

パーソナル衛星通信, 技術試験衛星Ⅷ型, S 帯基準局, サービスリンク

Personal satellite communication, ETS-Ⅷ, S-band earth station, Service link

1 はじめに

技術試験衛星Ⅷ型(ETS-Ⅷ:Engineering Test Satellite Ⅷ)は、2004年夏期にH-II A ロケットで種子島宇宙センターから打ち上げを予定しており、当所では音声通信用搭載交換機[1]、高速データ通信用パケット交換機[2]及び高精度時刻基準装置[3]を衛星に搭載し、移動体衛星通信・放送実験[4]及び高精度時刻比較実験[5]を行う予定である。

S帯基準局は、鹿島宇宙通信研究センターに設置され、ETS-Ⅷと地上局間のサービスリンクを形成し、様々なパーソナル衛星通信実験の基準として用いる。

ここでは、S帯基準局の構成する各部の性能及び電気的特性について報告する。

2 S帯基準局の構成

図1にS帯基準局のブロック図を示す。

S帯基準局は、大きく分けてアンテナ部、RF部、IF部、監視制御部及び基準周波数信号部で構成されている。

本地球局と衛星を結ぶ通信回線では、基本的に衛星側は大型展開アンテナ(LDR)を用いることが想定されている。しかし、何らかの理由によりLDRが使用できない場合、それに代わるアンテナとして衛星側では高精度時刻比較実験で使用する小型(1.1mφ)のS帯アンテナを用いることになっている。この回線では衛星の能力がLDRを使用する場合と比べ、大きく低下することから、本地球局にはその場合でも実験が行えるよう、十分な性能を有している。

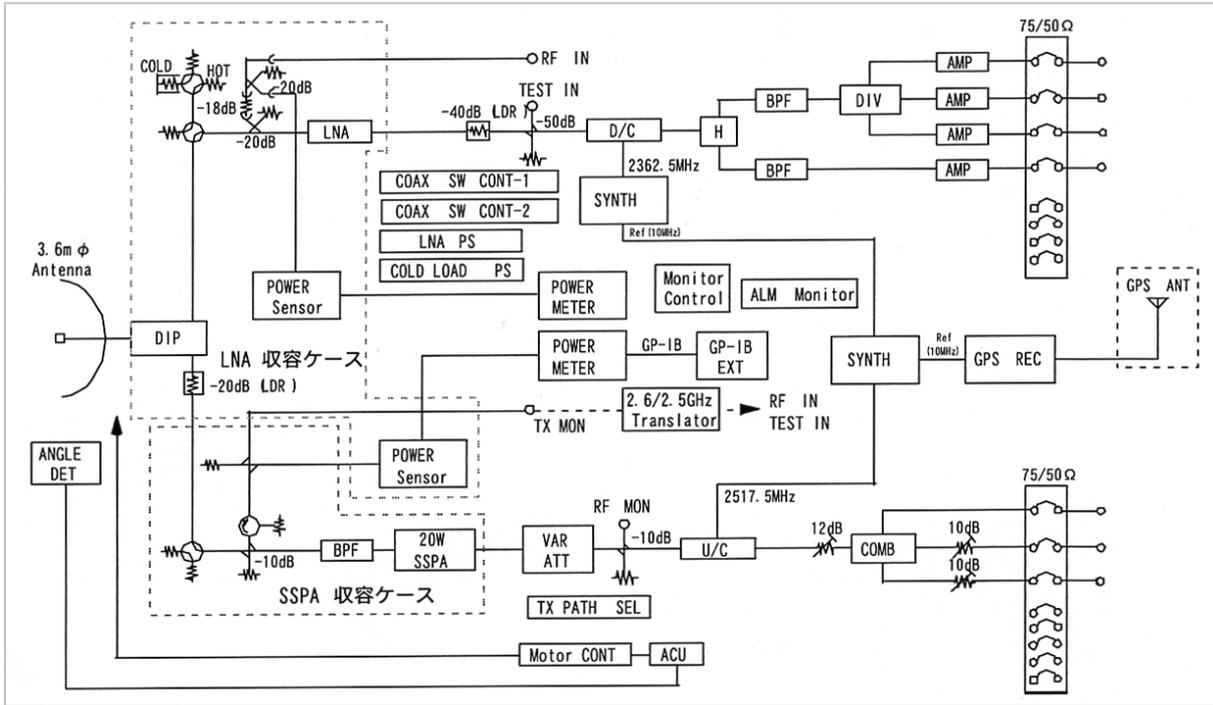


図1 S帯基準局ブロック図

図1において、LDRを使用するときは電力増幅装置の出力側と低雑音増幅装置の出力側に減衰器(ATT (LDR))を挿入し、適切な入出力レベルとなるように調整している。

図2にアンテナ部及びRF部等の外観を示す。



図2 S帯基準局外観

2.1 アンテナ部

アンテナ部は、アンテナ装置及びアンテナ駆動制御装置サブシステムから構成されている。

図3にアンテナ装置の外観、表1にアンテナ部の機械的性能を示す。

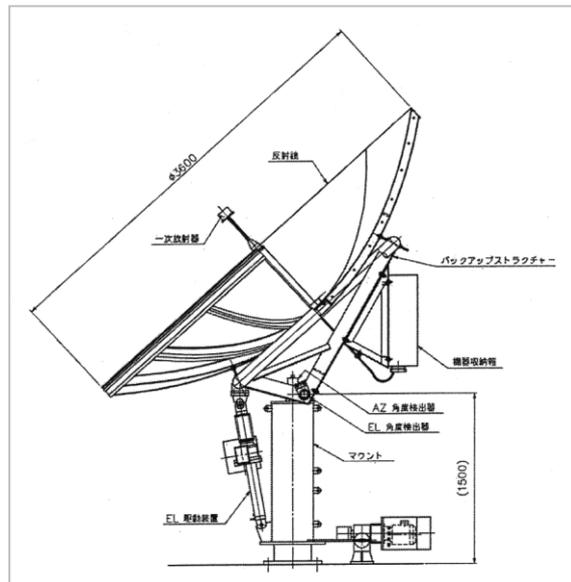


図3 アンテナ外観図

アンテナ装置は、衛星から到来するSバンド(2500～2540MHz)の信号を効率よく受信して、次段の低雑音増幅装置へ伝えるとともに、RF装置の20W Sバンド固体電力増幅器(20W SSPA)から供給されるSバンド(2655～2660MHz)の信号を衛星に向けて放射する機能を持っている。

アンテナの直径は3.6m、一次放射器はクロスダイポール、給電方式はフロントフィードである。

表1 機械的性能

項目	性能
アンテナ開口直径	3.6 m (公称)
アンテナ形式	パラボラ (一次放射器：クロスダイポール)
マウント形式	AZ - EL
駆動範囲 (software limit)	仰角 : 27.32° ~ 62.47°
	方位角 : 155.85° ~ 187.44°
駆動速度	仰角 0.24° /s
	方位角 0.21° /s
運用可能風速	瞬間最大 30m/s
非破壊風速	瞬間最大 60m/s

アンテナ駆動制御装置サブシステムは、アンテナの方向調整を屋内より行うことを目的としたアンテナ制御盤(ACU)、モータ制御盤(MOTOR CONT)から構成される。アンテナの駆動モードには、スリユー、マニュアル、プリセットの三つのモードがあり、操作はACUで行う。ACUにはアンテナの指向角度等の情報が表示される。また、アンテナには駆動限界を超えないよう、リミットスイッチが設けられている。

表2にアンテナ部の電気的性能を示す。

表2 電気的性能

項目	性能	
	送信	受信
周波数帯域	2657.5MHz ± 2.5MHz	2520MHz ± 20MHz
偏波	左旋円偏波	
利得	35.80 dBi (DIP入力端)	34.54 dBi (LNA入力端)
雑音温度 (LNA入力端)	—	113.01 K (仰角 45°)
VSWR	1.26以下 (DIP出力)	1.04 以下
楕円偏波率	1.12 dB	0.82 dB
送受分離度	90 dB 以上	
G/T	—	9.29 dB/K

G/Tはアンテナ部と低雑音増幅装置の性能から算出した値である。

図4に送信アンテナパターンを、図5に受信アンテナパターンを示す。

図よりサイドローブ特性は、送受信共良好な特性を有していることが分かる。

2.2 RF部

RF部は、電力増幅装置、低雑音増幅装置、送

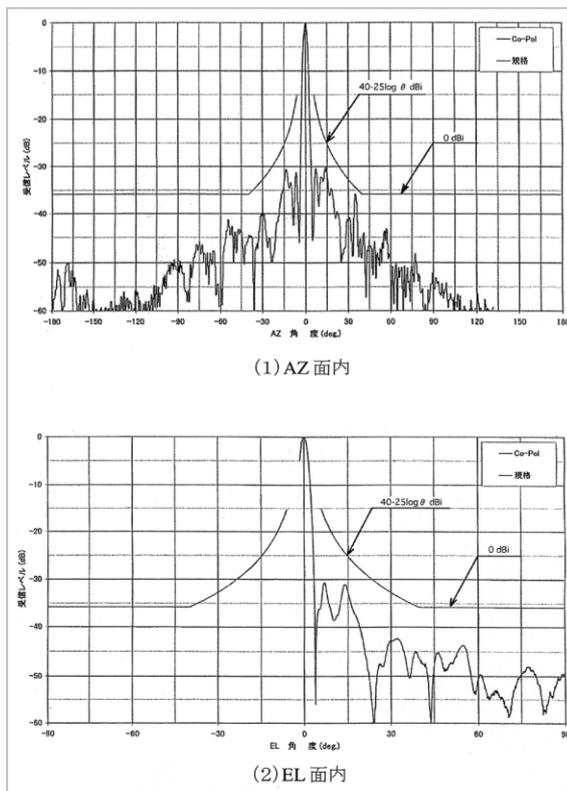


図4 送信アンテナパターン

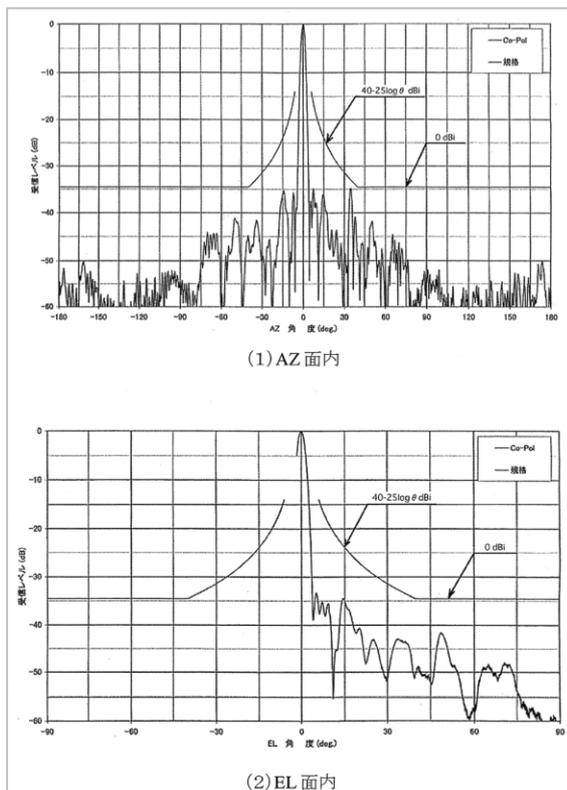


図5 受信アンテナパターン

信周波数変換装置及び受信周波数変換装置の各サブシステムで構成されている。

表3 各サブシステムの主要性能

項目	性能
1. 電力増幅装置 (20W SSPA)	
出力周波数範囲	2657.5MHz ±2.5MHz
飽和出力電力	+43.5dBm (2657.5MHz)
利得	62.1 dB
利得変動	0.5 dBp-p 以下(常温一定温度)
振幅周波数特性	0.5 dBp-p 以下
スプリアス	-60.0dBc 以下
2. 低雑音増幅装置 (LNA)	
入力周波数範囲	2500 - 2540 MHz
利得	38.3 dB
雑音温度	221.6 K(LNA入力端)
1 dB圧縮点	-39 dBm (入力レベル)
振幅周波数特性	0.57 dBp-p 以下
3. 送信周波数変換装置 (U/C)	
入力周波数範囲	140.0MHz ±2.5MHz
出力周波数範囲	2655 - 2660 MHz
変換利得	20.0dB (140MHz)
振幅周波数特性	0.19 dBp-p 以下
スプリアス	-63.3 dBc 以下
4. 受信周波数変換装置 (D/C)	
入力周波数範囲	2500 - 2505 MHz (通信) 2537.5 - 2540 MHz (放送)
出力周波数範囲	140.0MHz ±2.5MHz (通信) 176.25MHz ±1.25MHz (放送)
変換利得	56.0dB (2502.5MHz) 56.0dB (2538.75MHz)
振幅周波数特性	0.09 dBp-p (通信) 0.19 dBp-p (放送)
スプリアス	-57.0 dBc 以下 (通信) -53.83 dBc 以下 (放送)

表3に各サブシステム単体の主要性能を示す。

電力増幅装置サブシステムは、SSPA 収容ケースに収められた20W SSPA、ハーモニックフィルタ、バンドパスフィルタ、切替器及び疑似負荷を実装した送信切替制御器で構成されている。

送信周波数変換装置からのSバンドRF信号は、モニタ用の方向性結合器及び入力信号の電力を可変するVAR ATTを通った後、20W SSPAに入力される。SSPAは62dB以上の利得を持っており、RF信号を所定のレベルまで増幅した後、バンドパスフィルタ、切替器を通し、RF信号をアンテナ又は疑似負荷へ送出する。

また、20W SSPAの出力は方向性結合器で分岐出力され、TX MON端子より2.6/2.5GHz TRANSLATORへ接続することで、局内折り返し試験を行うことができる。

低雑音増幅装置サブシステムは、低雑音増幅

器(LNA)、低雑音増幅器電源部(LNA PS)、切替器及び校正用低温負荷(HOT/COLD LOAD)で構成されている。

本装置は、アンテナフィード部に取り付けられたLNA収容ケース内に実装され、アンテナで受信されたSバンド(2500~2540MHz)の微弱な広帯域信号を低雑音増幅して次段の受信周波数変換装置へ送出するものである。HOT/COLD LOADは、受信系雑音温度測定時、校正用低温負荷(COLD)側と常温負荷(HOT)側を切り替えて使用するようになっている。

送信周波数変換装置サブシステムは、送信周波数変換装置(U/C)、RFモニタ端子を持つ10dB方向性結合器及び試験用装置のプログラマブル減衰器(VAR ATT)等で構成されている。U/Cに入力された140MHz帯IF信号はU/Cで2.6GHz帯に周波数変換され、方向性結合器及びVAR ATTを通った後、20W SSPAに供給される。VAR ATTは、送信RF信号のレベルを調整するためのものである。

受信周波数変換装置サブシステムは、受信周波数変換装置(D/C)、TEST IN端子を持つ60dB方向性結合器及びLDR用40dB減衰器で構成されている。D/Cは表3に示すように、通信用及び放送用帯域に対応したRF信号を、それぞれに対応したIF信号に変換する。

LNAからの2.5GHz帯RF信号は40dB減衰器及び方向性結合器を通った後、D/Cに供給される。D/Cでは、入力された信号を140MHz帯又は176.25MHz帯のIFに周波数変換する。その後、IF信号はハイブリッドで2分岐され、バンドパスフィルタを通してIF部へ出力される。

2.3 IF部

IF部は送信IF部と受信IF部に分けられ、送信IF部はIF接続盤(IF PATCH)及びIF合成器(IF COMB)、受信IF部はD/Cに内蔵されたバンドパスフィルタ(BPF)、IF分配器(IF DIV)、IF増幅器(IF AMP)及びIF接続盤(IF PATCH)で構成されている。

送信IF部のIF PATCHは140MHz帯IF信号の接続、モニタ及び試験信号の挿入等を行うことができ、前面のBNC型コネクタを介して信号の入出力を行う。

IF COMBは、140MHz帯信号を3入力対1出力で合成を行う。

受信IF部のBPFは、通信用140MHz帯及び放送用176MHz帯の2台がD/Cに内蔵され、この2波のIF信号帯域を制限している。

IF DIVは、140MHz帯信号を1入力対3出力で分岐する。

IF AMPは、140MHz帯IF信号を最大40dBまで増幅でき、利得可変が可能である。

IF PATCHは、140MHz帯及び176MHz帯IF信号の接続、モニタ並びに試験信号の挿入等を行うことができ、前面のBNC型コネクタを介して信号の入出力を行う。

2.4 監視制御部

監視制御部は、送信信号切替え制御装置(TX PATH SEL)、受信信号同軸切替え制御装置(COAX SW CONT)、監視制御装置(M&C)及びアラームモニタ(ALM MONITOR)の各装置で構成されている。

TX PATH SEL及びCOAX SW CONTは、それぞれ送信信号及び受信信号の経路選択を行うための同軸切替えスイッチの制御を行うものである。スイッチの制御にはローカル制御とリモート制御の二つモードがあるが、通常はリモート制御モードとしてM&Cより制御を行う。

M&Cは、S帯基準局に設置された各装置の状態を監視し、切替えスイッチの遠隔操作及び送信ルート、受信ルートの系統を表示するとともに、装置の正常／異常の状態を確認するものである。図6にM&Cの前面パネルを示す。

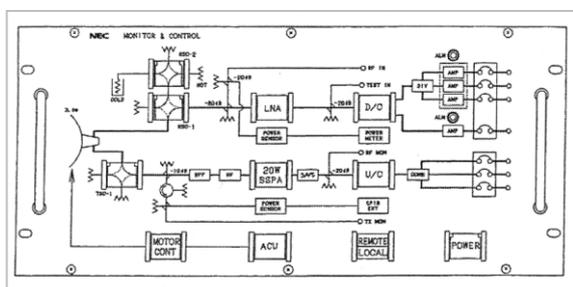


図6 監視制御装置前面パネル

M&Cは、前面パネルから分かるように、信号のルートに従って装置の状態を監視できるようになっている。送信系では、IF信号がPATCH

より入力され、各AMPを通り、COMBにて合成されてU/C、20W SSPAへ接続されることが一目で分かる。AMPに異常が発生した場合、LEDにより表示される。また、U/C、20W SSPAでは、正常時は緑のLED、異常時は赤のLEDとなる。信号ルートを切り替えるCOAX SWは、ルート表示部を押すことによりPATH SELをリモート制御して信号ルートを切り替えることができる。表示部は現在のルートを表示する。

受信系及びアンテナ駆動制御装置サブシステムについても同様である。

ALM MONITORはS帯基準局に設置された各装置から出力されるトータルアラームをLEDの点滅／点灯で表示するとともにブザーを鳴動させる。また、M&Cでの表示の中継の役割をするものである。アラームの表示点数は12点でアラームを記憶する機能がある。

2.5 試験装置サブシステム

本サブシステムは、プログラマブル減衰器(VAR ATT)及び2.6/2.5GHzテストトランスレータ(TEST TRANSLATOR)が用意されており、実験目的に応じて用いられる。

VAR ATTは、U/Cと20W SSPAの間に設置されており、送信RF信号を実験目的に応じて減衰するために用いられる。減衰量は最大85dBで1dB/10dBステップで可変することができる。

TEST TRANSLATORはSSPAからの出力信号を、衛星を介することなく局内で折り返して試験を行うためのもので、2.6GHz帯の入力信号を2.56GHz帯に変換して出力する。

3 総合電気特性

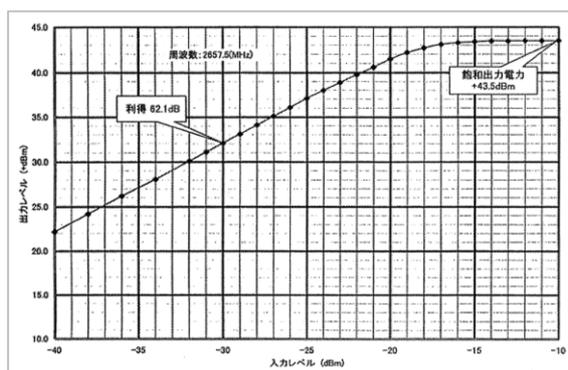


図7 20W SSPA入出力特性

図7に20W SSPA単体の入出力特性を示す。
 利得は62.1dB、飽和出力電力は+43.5dBmである。

図8に送信系の振幅周波数特性を示す。

送信系振幅周波数特性は、IF PATCHからTX MONまでのルートで測定している。140MHz ±2.5MHz、-10dBmの入力信号に対して、出力信号で0.19dBpとなっている。

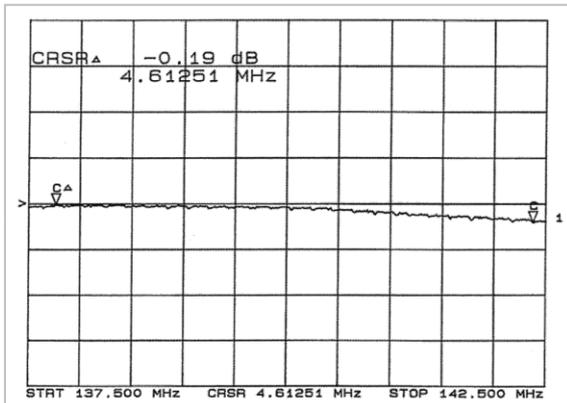


図8 送信系振幅周波数特性

図9に送信系のスプリアスを示す。

送信系スプリアスは、IF PATCHから140MHz、-10dBmの信号を入力し、DIPの入力で測定している。

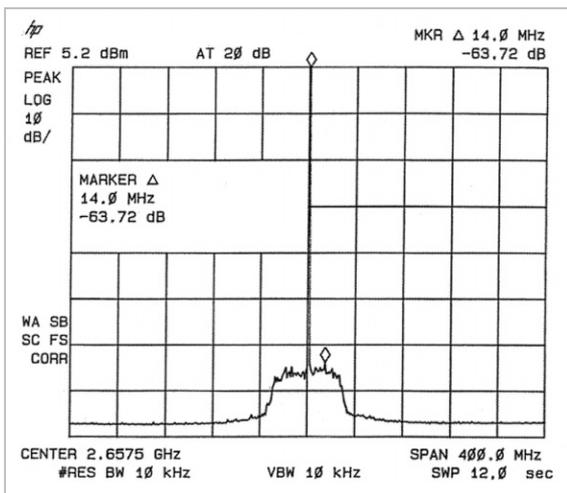


図9 送信系スプリアス

図10にLNAの単体入出力特性を示す。

利得は38.3dB、1dB圧縮点は入力レベルで-39dBmである。

図11に受信系(通信)、図12に受信系(放送)の

振幅周波数特性を示す。

受信系(通信)振幅周波数特性は、LNA入力からIF PATCHまでのルートで測定した。LNAに入力した2502.5MHz ±2.5MHz、-66.3dBmの信号に対し、IF PATCHの出力信号で0.69dBp-pである。

受信系(放送)振幅周波数特性は、通信と同様にLNA入力からIF PATCHまでのルートで測定した。LNAに入力した2538.75MHz ±1.25MHz、-66.3dBmの信号に対し、IF PATCHの出力信号で0.24dBp-pである。

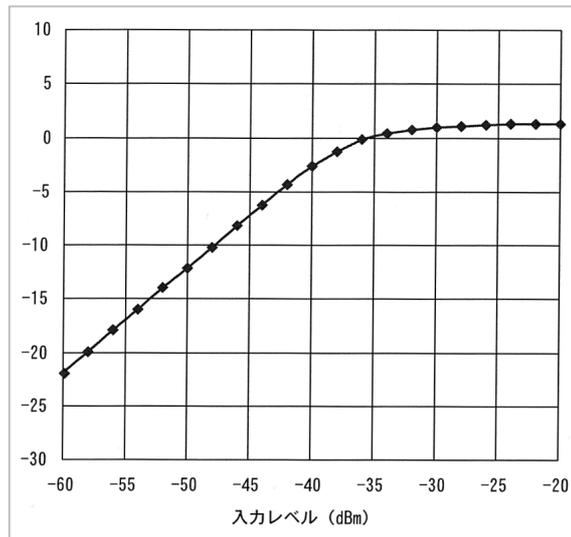


図10 LNA入出力特性

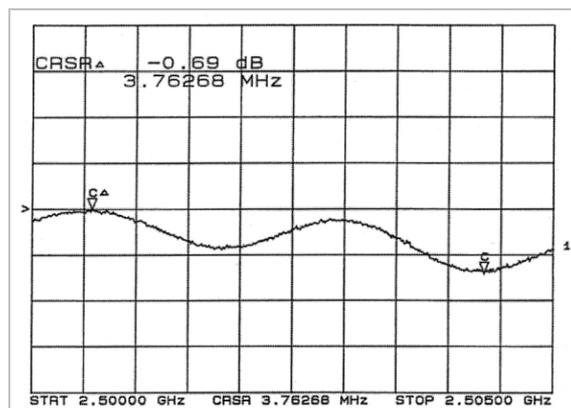


図11 受信系振幅周波数特性(通信)

図13に送信系のレベルダイヤを示す。

LDRを用いる場合はVAR ATTの値を12dBとした。HACを用いる場合はVAR ATTの値を2dBとし、20W SSPAの後段に挿入されている20dBの固定ATTを除いている。

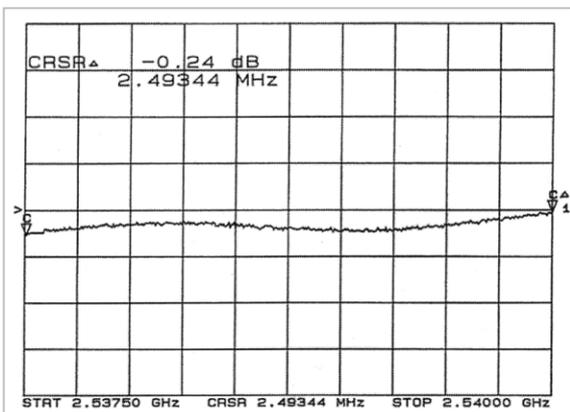


図12 受信系振幅周波数特性(放送)

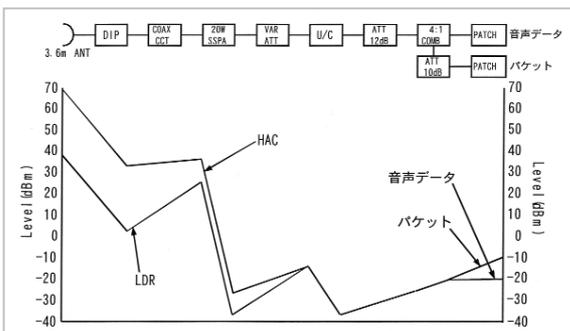


図13 送信系レベルダイヤ

図14に受信系のレベルダイヤ(通信)を示す。
LDRを用いる場合はIFLに40dB ATTを挿入

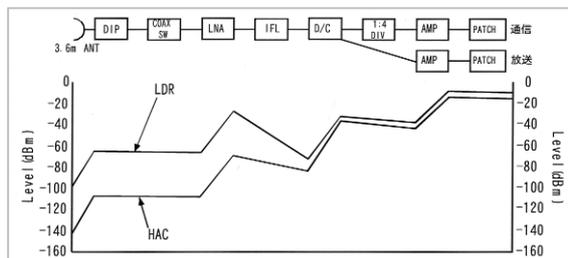


図14 受信系レベルダイヤ(通信)

する。放送バンドはD/C以降で信号の経路が異なっている。AMPの利得が通信の経路のものとは異っており、PATCHの出力において通信バンドと同じ信号レベルが得られるようになっている。

4 おわりに

移動体通信実験用S帯基準局の構成、性能及び電気的特性について紹介した。ETS-Ⅷの打ち上げは2004年夏期に予定されており、本地球局は移動体通信実験において中心的な役割を果たすことになる。今後は、実験に用いる通信端末などのインターフェースを確認する作業など、本番の実験が円滑に行えるよう十分な準備を行う予定である。

参考文献

- 1 橋本, “音声通信用搭載交換機”, 本特集.
- 2 平良, 橋本, 浜本, “高速データ通信用パケット交換機”, 本特集.
- 3 野田, 佐野, 浜, “高精度時刻基準装置”, 本特集.
- 4 平良, 浜, 吉本, 浜本, “移動体衛星通信・放送実験”, 本特集.
- 5 高橋, 後藤, 中川, 藤枝, 木内, 細川, 今江, “高精度時刻比較実験”, 本特集.
- 6 飯田尚志, “ウェーブサミット講座 衛星通信”, オーム社, 1997.



やまもと しんいち
山本伸一
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主任研究員
移動体衛星通信

おぼろひ あき 小原徳昭

元電磁波計測部門電離圏・超高層グループ主任研究員 博士(工学)
移動体衛星通信、極域衛星通信、アンテナ・伝搬



やまざき いちろう
山崎一郎

企画部研究連携室国際連携グループ主
任研究員
衛星通信