

5.1.3 高度移動体衛星通信実験 主局ミリ波帯地球局装置

岡本 英二^{*1} 山本 伸一^{*1} 森川 栄久^{*1}
井家上 哲史^{*1} 長谷 良裕^{*2}

(1996年11月14日受理)

5.1.3 MILLIMETER-WAVE BAND RF SYSTEM OF THE KASHIMA MAIN STATION FOR THE COMETS ADVANCED MOBILE SATELLITE COMMUNICATIONS EXPERIMENTS

By

Eiji OKAMOTO, Shin-ichi YAMAMOTO, Eihisa MORIKAWA,

The communications and broadcasting engineering test satellite (COMETS) has an advanced mobile satellite communications equipment (MCE) that uses millimeter-wave band. To use this equipment for satellite communications experiments, we constructed a millimeter-wave earth station in the Kashima Space Research Center. This station has equipment such as antennas, transmitters, receivers and calibrators. The frequency of the up link is 47GHz, and that of the down link is 43GHz. The experiments will enable us to establish advanced mobile satellite communications.

In this paper, the outline and characteristics of this station is presented.

[キーワード] 通信放送技術衛星, ミリ波帯, 高度移動体通信機器 (MCE), 地球局.

COMETS, Millimeter-wave band, Advanced mobile satellite communications equipment (MCE), Earth station.

1. ま え が き

通信放送技術衛星 (COMETS) の高度移動体衛星通信搭載機器 (MCE) との通信が可能な施設⁽¹⁾⁽²⁾として、通信総合研究所 (CRL) 鹿島宇宙通信センターにミリ波帯地球局装置⁽³⁾が整備された。本装置はアンテナ系、送信系、受信系、校正系から構成されており、使用する周波数は、IF 信号が 1.7GHz 帯、RF 信号がミリ波 (47/43GHz 帯) である。本稿ではこれらの全体及び個々

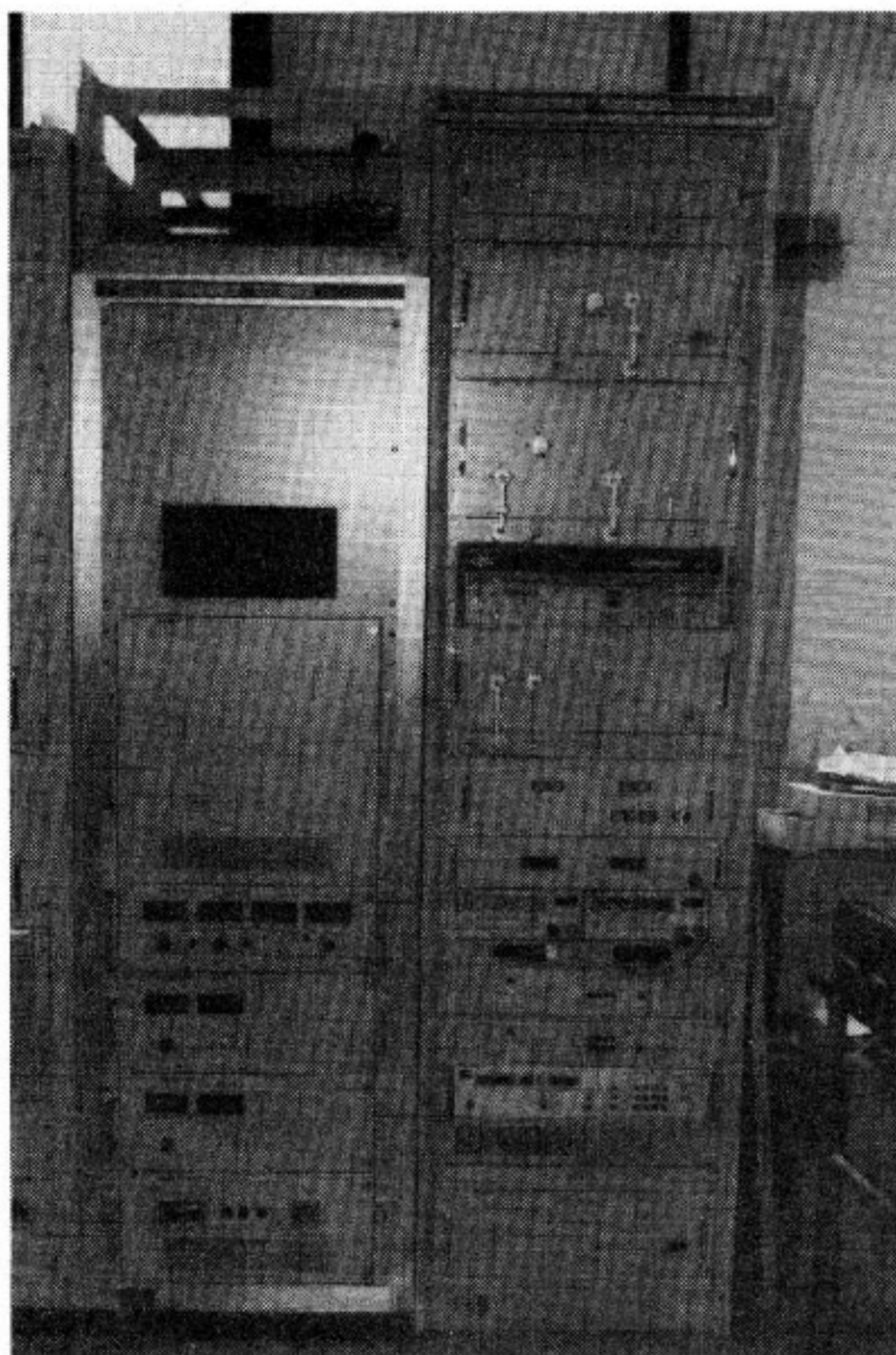
の装置についての構成と性能について報告する。

2. 地球局構成

ミリ波帯地球局装置室内部分の外観図を第1図に、システム構成を第2図に示す。本装置はアンテナ系、送信系、受信系、校正系、その他から構成されており、アップリンク 47GHz 帯信号を送信し、ダウンリンク 43GHz 帯信号を受信する機能を有する。ブロック図を第3図に示す。アンテナ系では 47GHz 帯信号を送信し、43GHz 帯信号を受信する。送信系では 1.7GHz 帯入力信号を周波数変換部で 47GHz 帯信号に変換し、電力増幅器で 10 W 以上まで電力増幅して出力する。受信系で

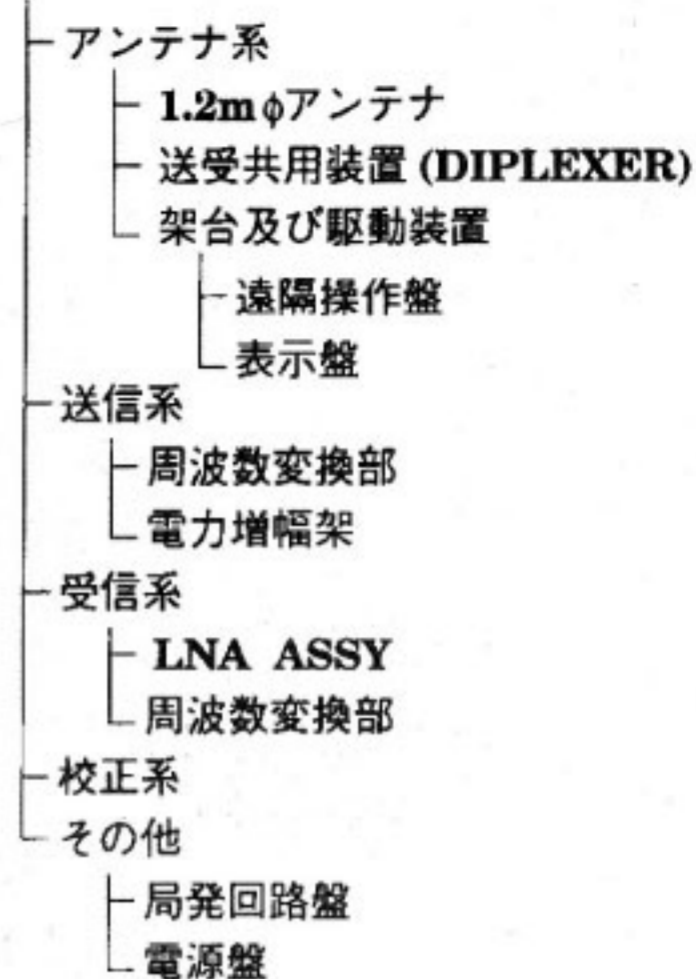
*1 関東支所 宇宙通信技術研究室

*2 総合通信部 高速移動通信研究室

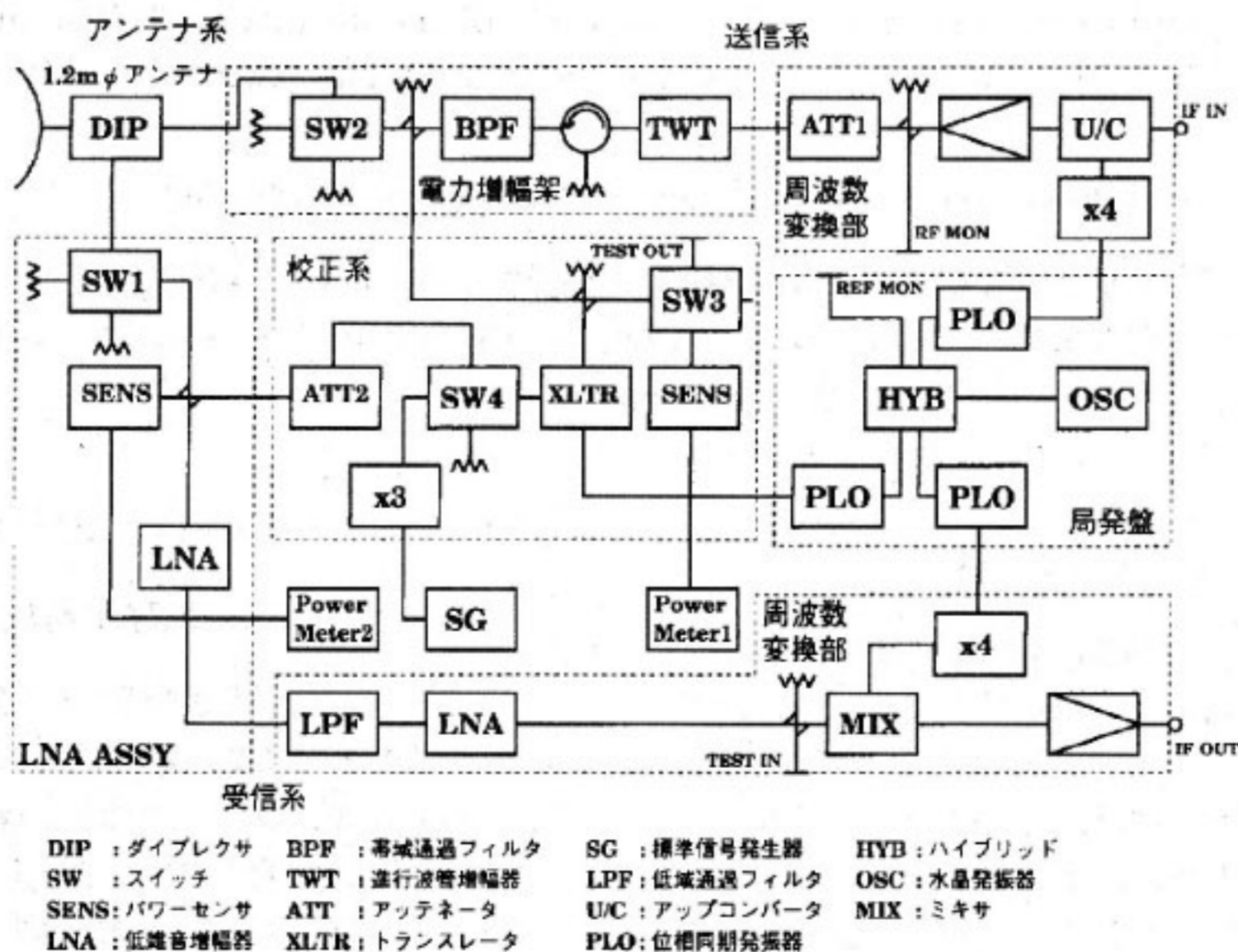


第1図 ミリ波帯地球局装置室内部の外観

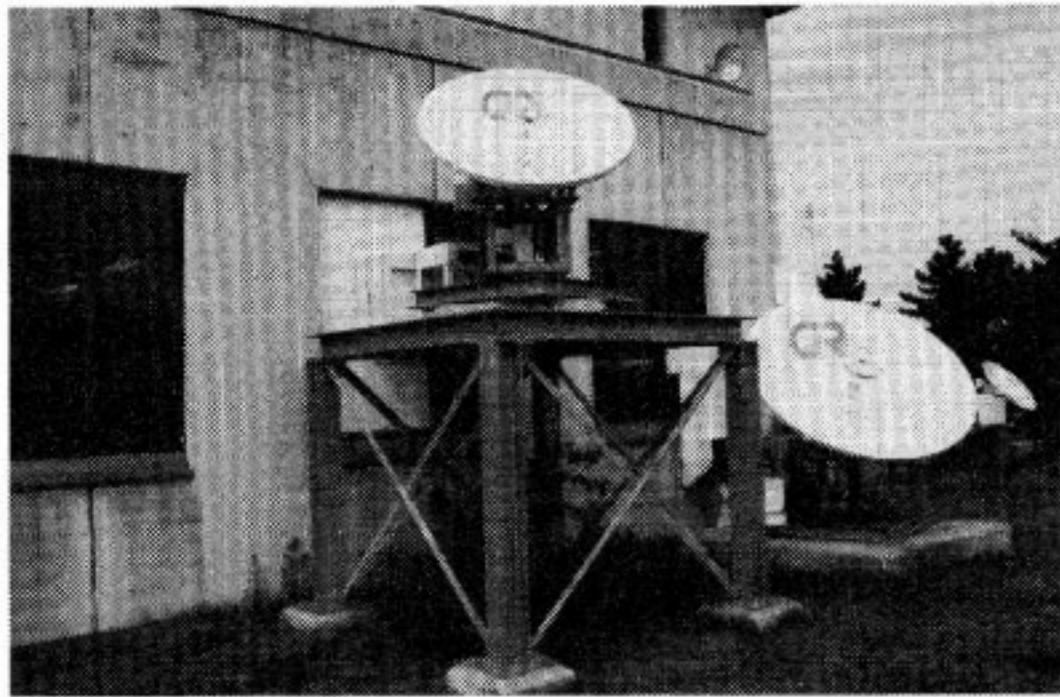
ミリ波帯地球局装置



第2図 ミリ波帯地球局装置の構成



第3図 ミリ波帯地球局装置のブロック図

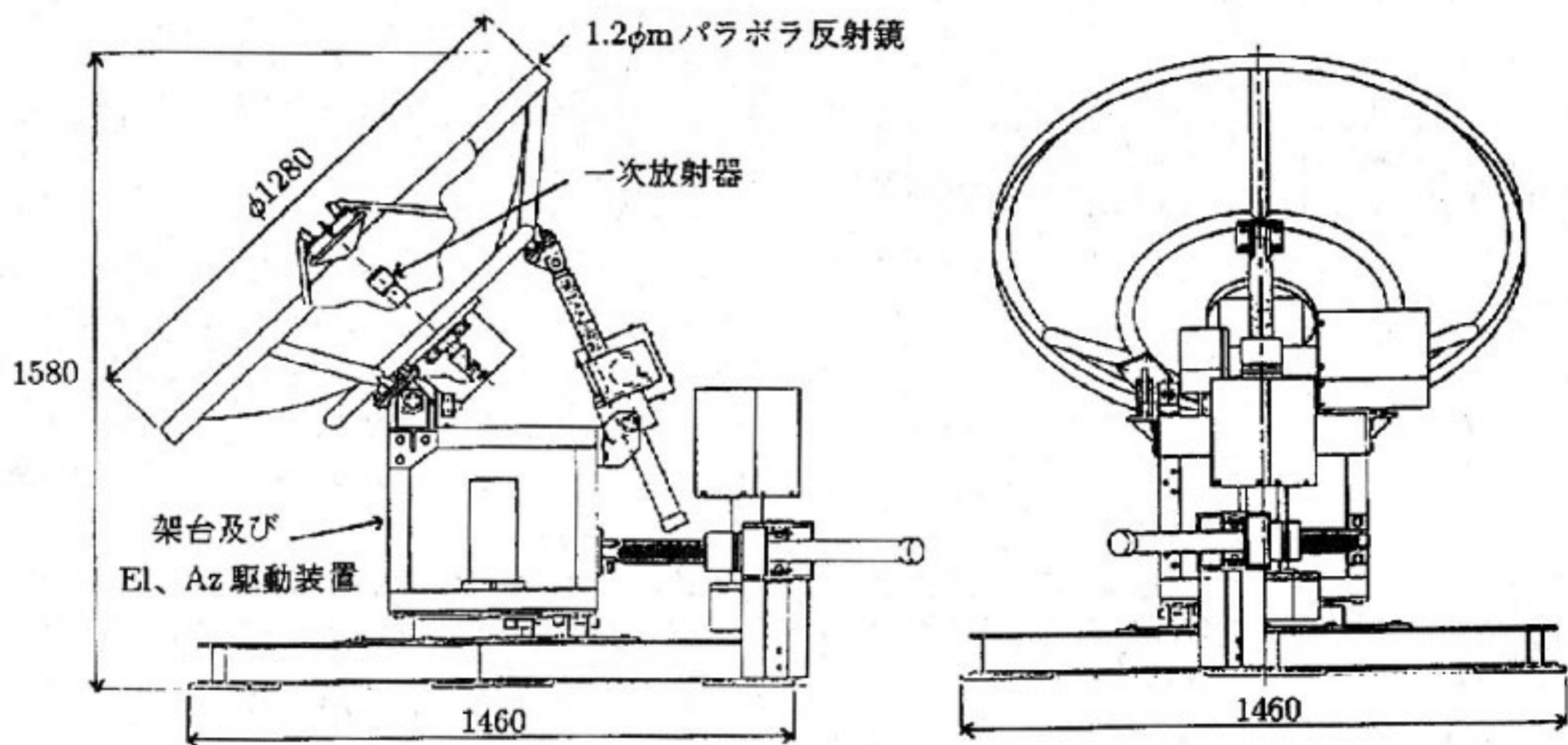


第4図 アンテナ系の外観 (写真中央)

第1表 アンテナ本体の主要性能

項目	性能
アンテナ形式	カセグレン型
開口直径	1.2mφ(90度開口)
偏波	(送信)右旋円偏波 (受信)左旋円偏波
周波数	(送信)46.9GHz±50MHz (受信)43.8GHz±50MHz
利得	(送信)51dBi以上 (受信)50dBi以上
楕円偏波率	2dB以下
電力半値幅	0.3度以上

※取扱説明書記載の性能表より抜粋



第5図 アンテナ系の構造

第2表 送受共用装置の主要性能

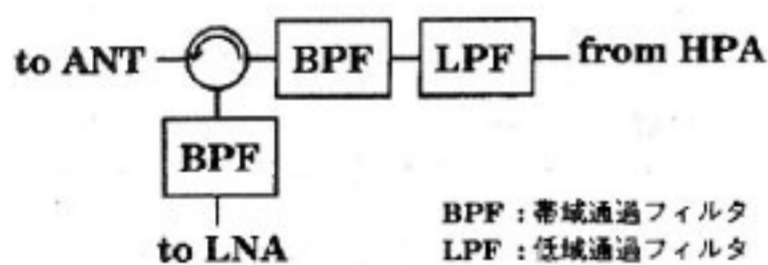
項目	性能
対送信電力	30W
送受分離度	70dB以上
通過損失	1.5dB以下
定在波比	1.5以下

※取扱説明書記載の性能表より抜粋

第3表 架台及び駆動装置の主要性能

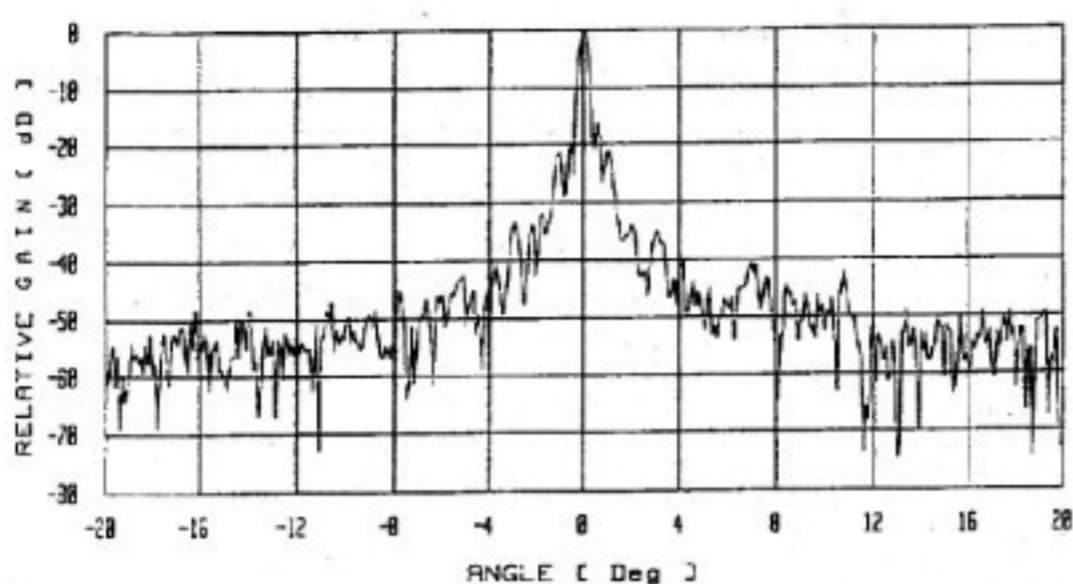
項目	性能
駆動方式	Az-EI
仰角稼働範囲	44±10度以上
方位角稼働範囲	210±10度以上
設定角度分解能	0.01度以下
駆動速度	0.1度/秒以上 (低速/高速2段切替え)
耐風速	(運用可能風速)瞬間最大20m/秒 (非破壊風速)瞬間最大45m/秒

※取扱説明書記載の性能表より抜粋

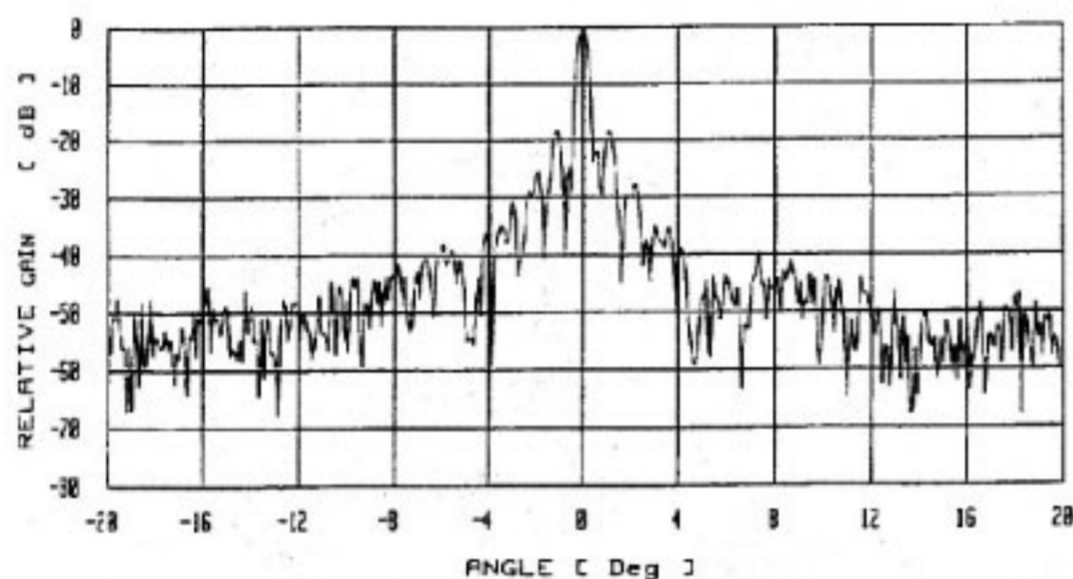


第6図 送受共用装置のブロック図

BPF:帯域通過フィルタ
LPF:低域通過フィルタ



第7図 アンテナパターン (送信)



第8図 アンテナパターン (受信)

第4表 送信系の主要性能

項目	性能
入力周波数	1.700GHz±46MHz
入力レベル	0dBm NOM
入力 VSWR	1.5 以下
出力周波数	46.914GHz±46MHz
飽和出力	10W 以上 (TWTA 出力点において)
1dB 圧縮点出力	5W 以上 (TWTA 出力点において)
出力 VSWR	1.5 以下
変換利得	38.7dB
帯域内利得変動	2dB _{P-P} 以内
スプリアス	-50dBc 以下

※取扱説明書記載の性能表より抜粋

は43GHz帯入力信号をLNA ASSYで低雑音増幅したあと周波数変換部で周波数変換し、1.7GHz帯信号を出力する。校正系では送受折返しにより、受信系を校正するための43GHz帯信号を出力する。送信系の代わりに外部SGにより信号を入力し、43GHz帯信号を出力することもできる。

3. アンテナ系

ミリ波帯地球局装置アンテナ系は、鹿島宇宙通信センター内CS、BS庁舎南側に設置されている。アンテナ系の外観を第4図に、構造を第5図に示す。アンテナ系は、1.2mφアンテナ、送受共用装置(DIPLEXER)、架台及び駆動装置から構成されている。アンテナ本体の主要性能を第1表、送受共用装置の主要性能を第2表、ブロック図を第6図、架台及び駆動装置の主要性能を第3表に示す。

アンテナは直径1.2mのカセグレンアンテナで、40GHz帯にて50dB以上の利得を有し、遠隔操作により仰角±10度以上、方位角±10度以上を別々に電動駆動できる。アンテナと直結している送受共用装置により、送信信号と受信信号を分離する。サーキュレータのアイソレーション及びBPFの減衰特性により、送受分離度70dB以上が得られる。

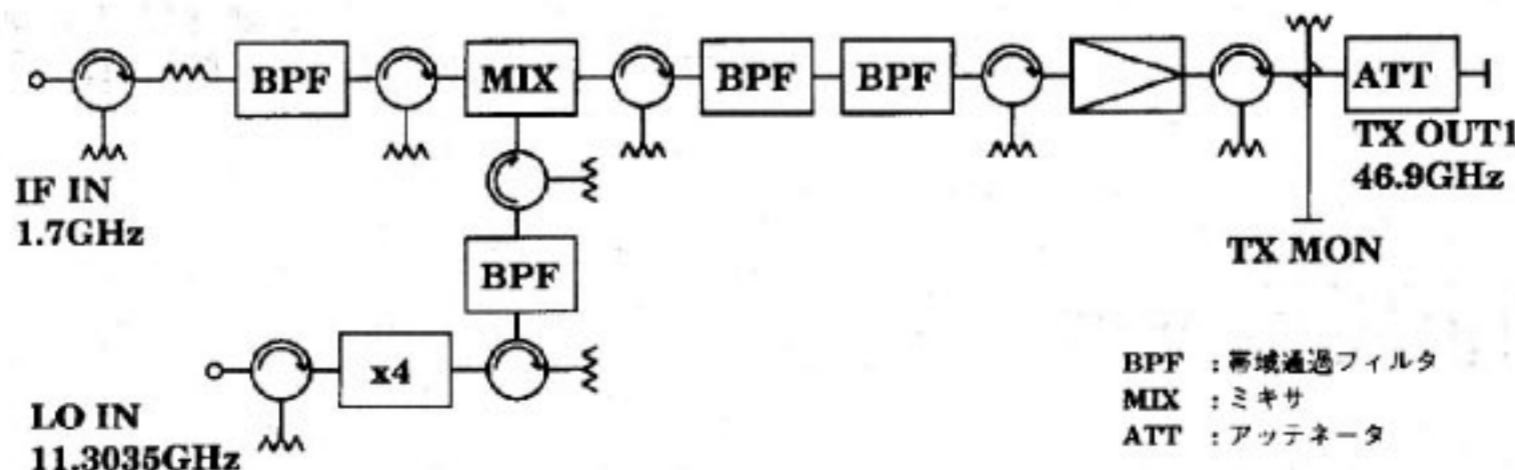
アジマス方向における送信周波数アンテナパターンを第7図、受信周波数アンテナパターンを第8図に示す。

4. 送信系

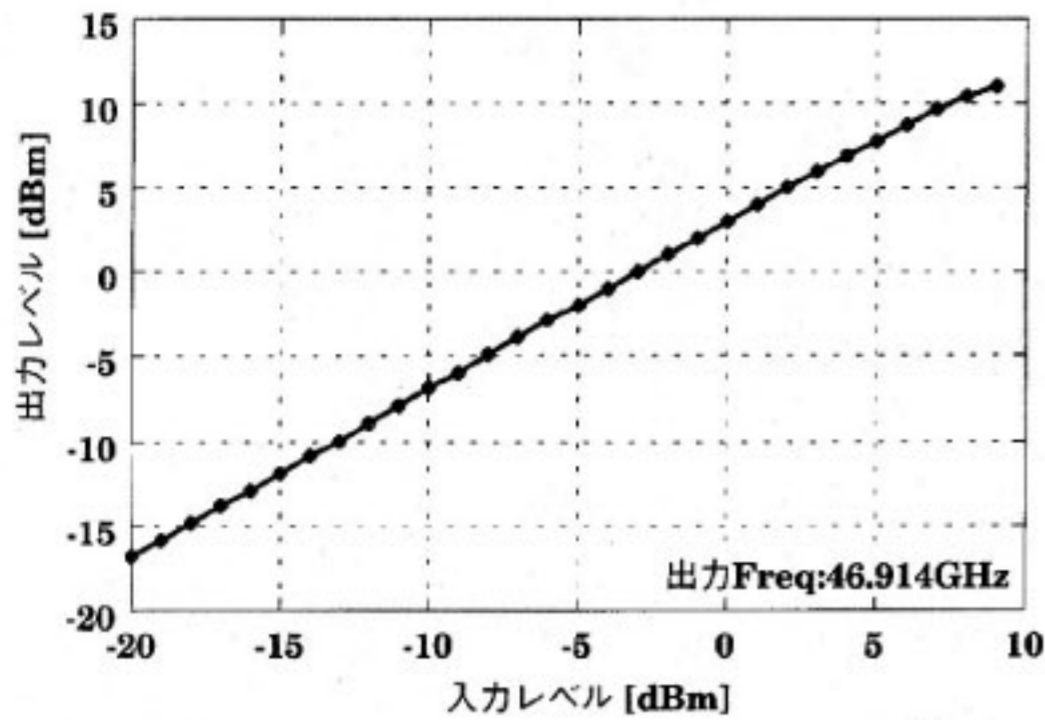
ミリ波帯地球局装置の送信系は、1.7GHz帯IF信号から送信周波数である47GHz帯への周波数変換部と、電力増幅架から構成されている。送信系の主要性能を第4表に示す。

4.1 周波数変換部

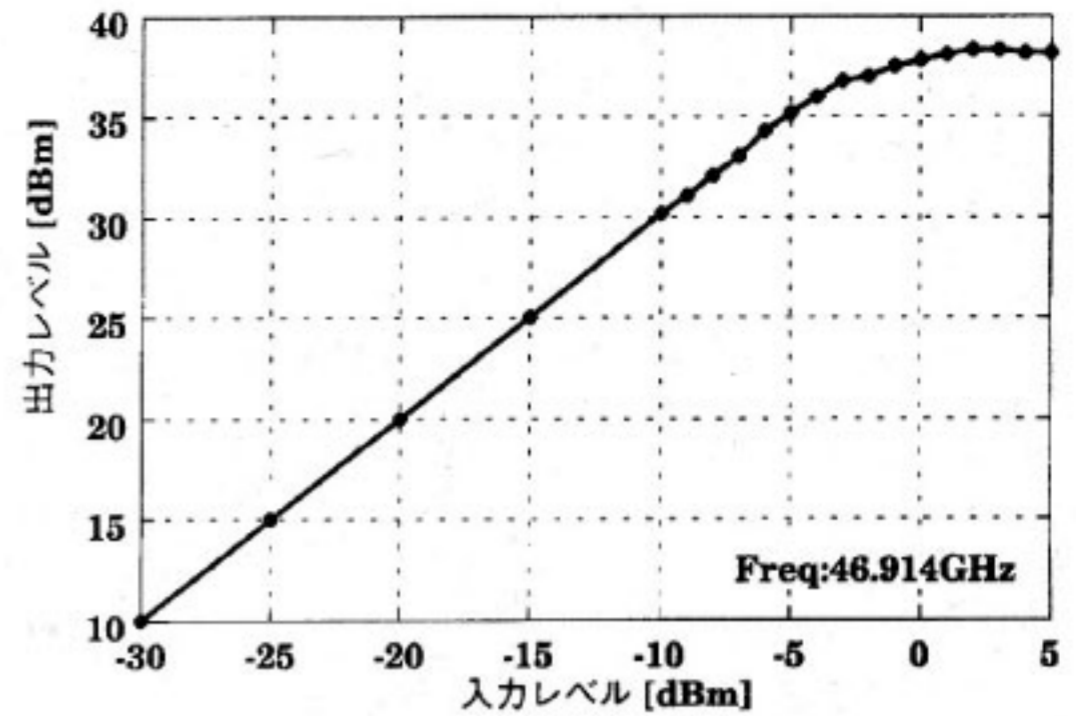
送信系周波数変換部(U/C)のブロック図を第9図に示す。1.7GHz帯入力信号と、45.214GHz局発信号がMIXに入力され、46.9GHz帯の信号に周波数変換



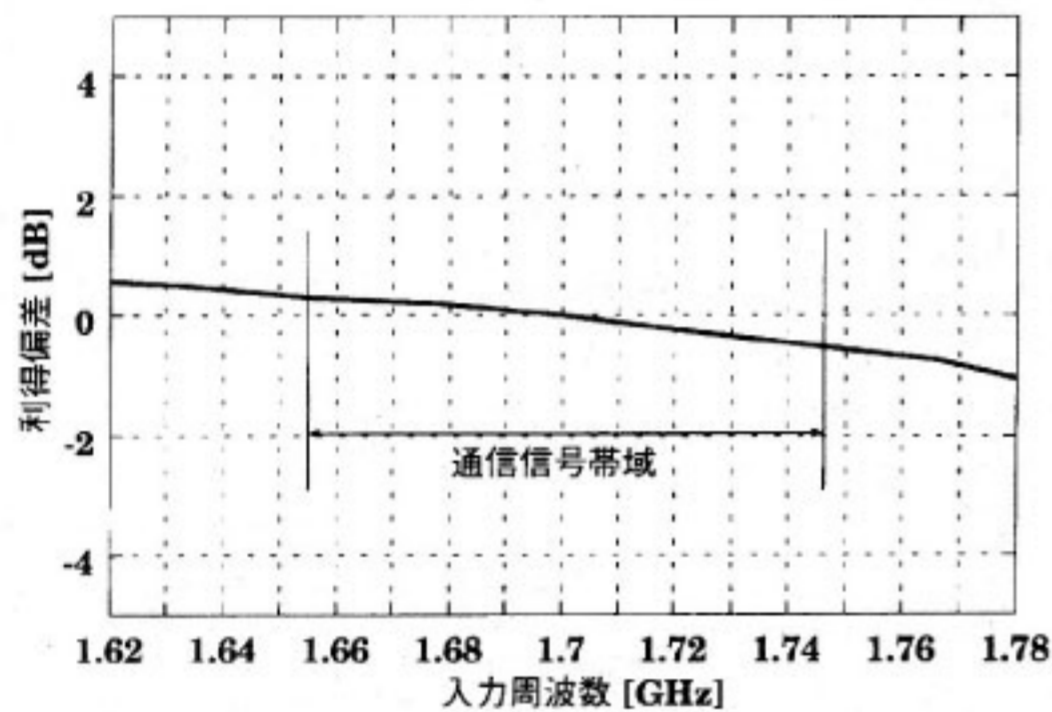
第9図 送信系周波数変換部ブロック図



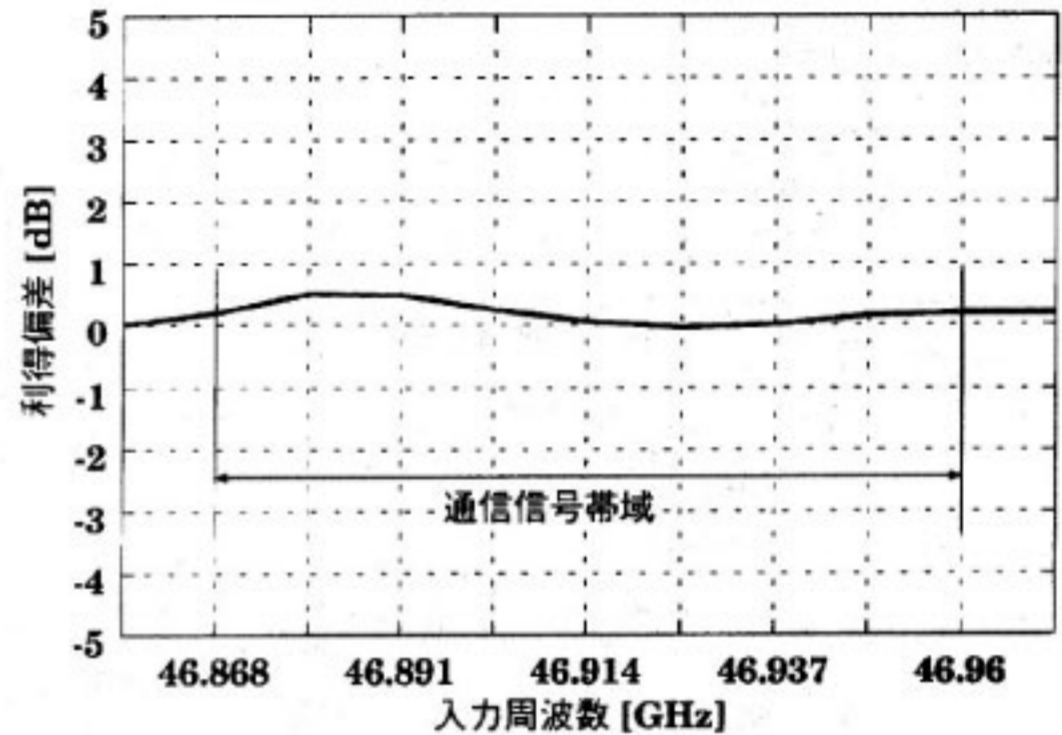
第10図 U/C入出力特性



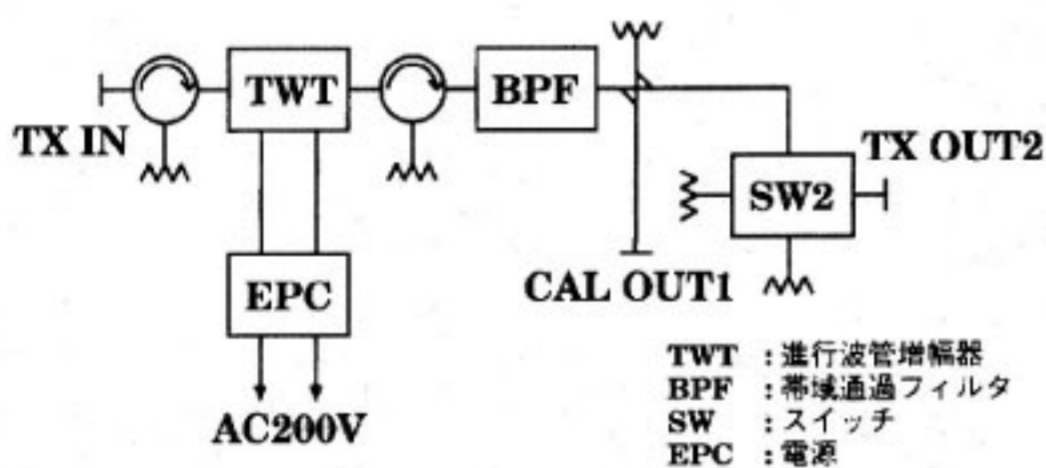
第13図 HPA入出力特性



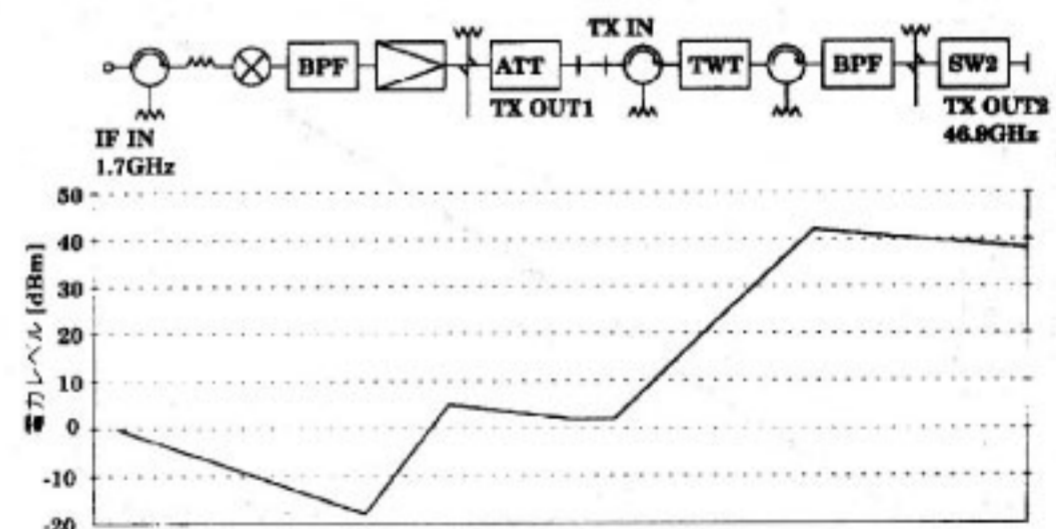
第11図 U/C振幅偏差周波数特性



第14図 HPA振幅偏差周波数特性



第12図 電力増幅架ブロック図



第15図 送信系レベルダイアグラム

される。局部発振器には局発盤から 11.3035GHz が入力され、4 通倍器により 45.214GHz, + 13dBm を出力する。UPC の変換損失は、約 8 dB である。この U/C の入出力特性を第 10 図に、1.7GHz±46MHz の入力における振幅偏差周波数特性を第 11 図に示す。

また出力端の ATT は、GPIB 制御により 40dB 以上の減衰量を 1 dB 以下の精度で設定できる。

4.2 電力増幅架

電力増幅架 (HPA) のブロック図を第 12 図に示す。HPA は、TWT とその電源 (EPC) とで構成されている。TWT はヘリックス型進行波管であり、47GHz に

て出力 10 W 以上、利得 35dB 以上の性能を有している。EPC は、AC200V を TWT に必要な電圧に変換する AC/DC 電圧変換器である。

出力回路は、30 W アイソレータ、BPF、20dB カップラ及び導波管スイッチとで構成されている。この HPA の入出力特性を第 13 図に、振幅偏差周波数特性を第 14 図に示す。

また、送信系全体のレベルダイアグラムを第 15 図に示す。

第5表 受信系の主要性能

項目	性能
入力周波数	43.792GHz±46MHz
入力レベル	-95dBm(SCPC1 波当たりの標準レベル)
入力 VSWR	1.5 以下
出力周波数	1.700GHz±46MHz
出力レベル	-30dBm(SCPC1 波当たりの標準レベル)
雑音指数	4.4dB 以下 (LNA 入力点において)
出力 VSWR	1.5 以下
変換利得	64.2dB
帯域内利得変動	2dB _{P-P} 以内
スプリアス	-40dBc 以下

(対 SCPC1 波当たりの標準レベル、信号帯域内)

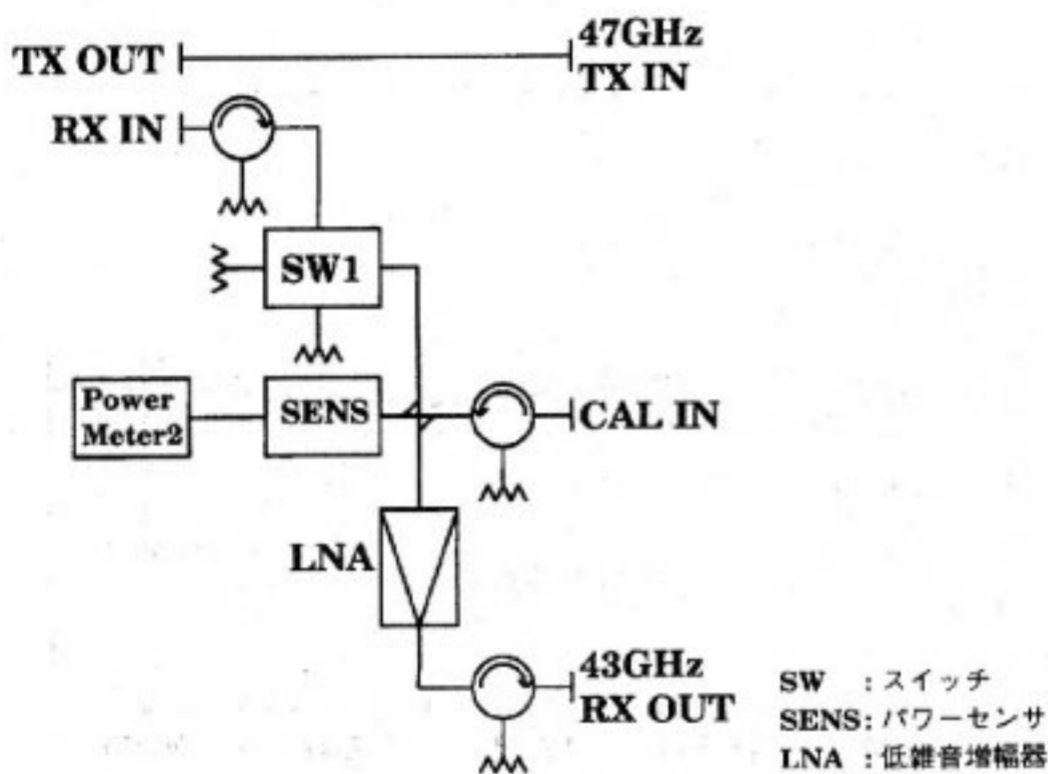
※取扱説明書記載の性能表より抜粋

5. 受信系

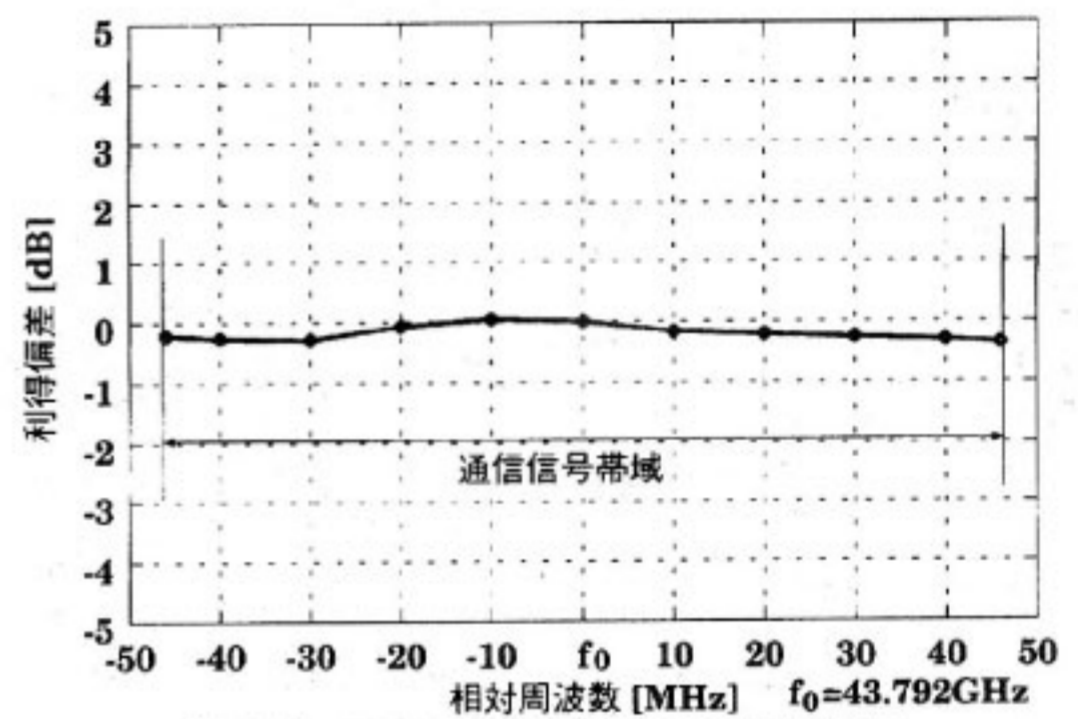
ミリ波帯地球局の受信系は、低雑音増幅部の LNA ASSY と、受信周波数である 43GHz 帯から 1.7GHz 帯 IF 信号への周波数変換部から構成されている。受信系の主要性能を第5表に示す。

5.1 LNA ASSY

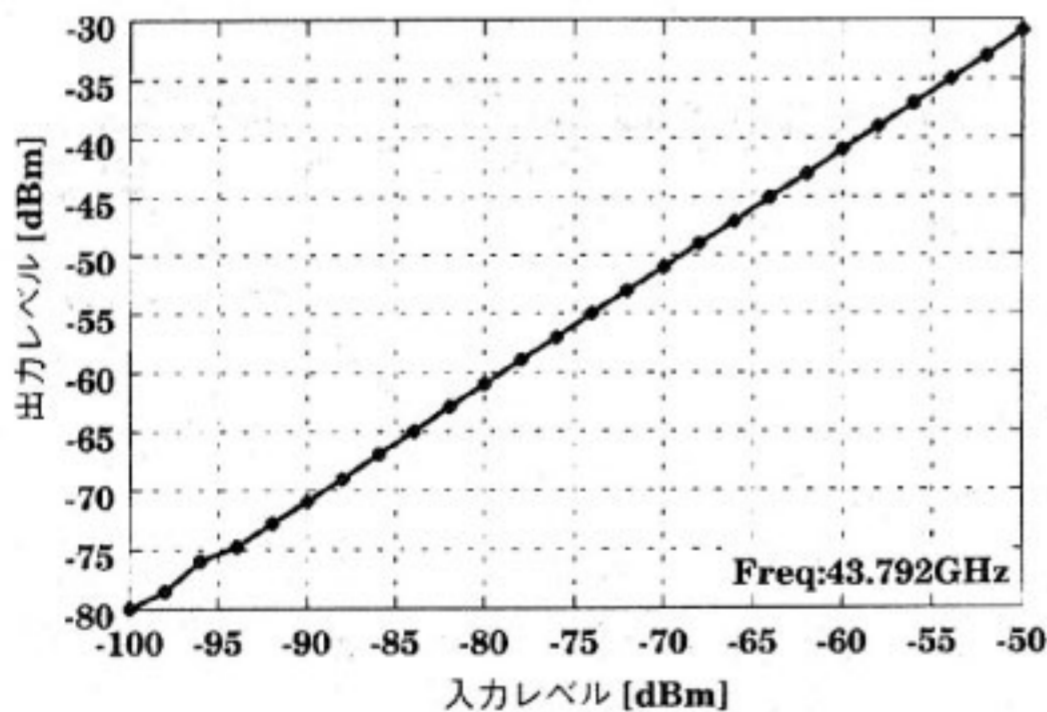
ダイプレクサを通った受信信号は、LNA ASSY により低雑音増幅される。LNA ASSY のブロック図を第16図に示す。LNA は NF 4 dB 以下、利得 20dB 以上の性能を有している。また LNA ASSY 内には受信雑音温度を比較するための低温負荷 (COLD LOAD)



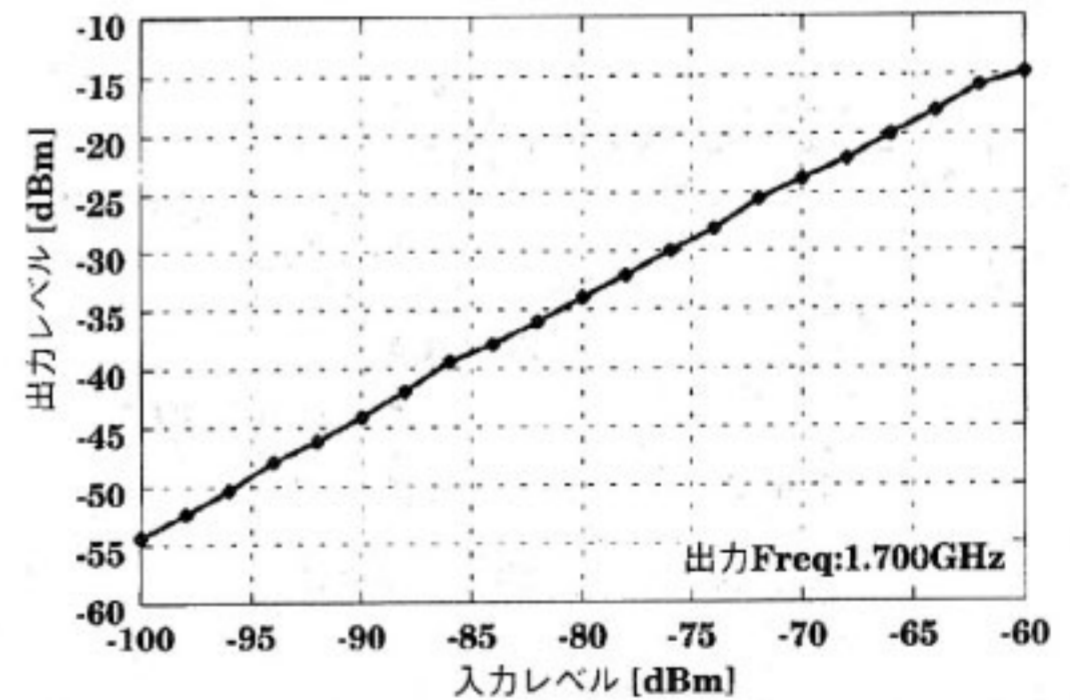
第16図 LNA ASSY ブロック図



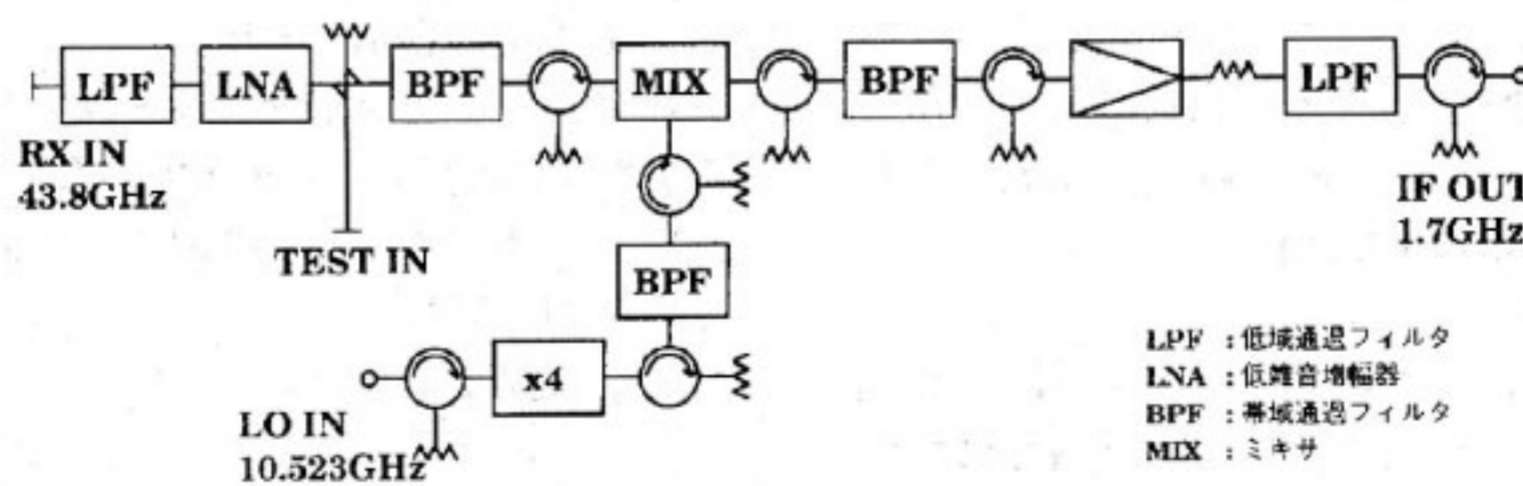
第18図 LNA ASSY 振幅偏差周波数特性



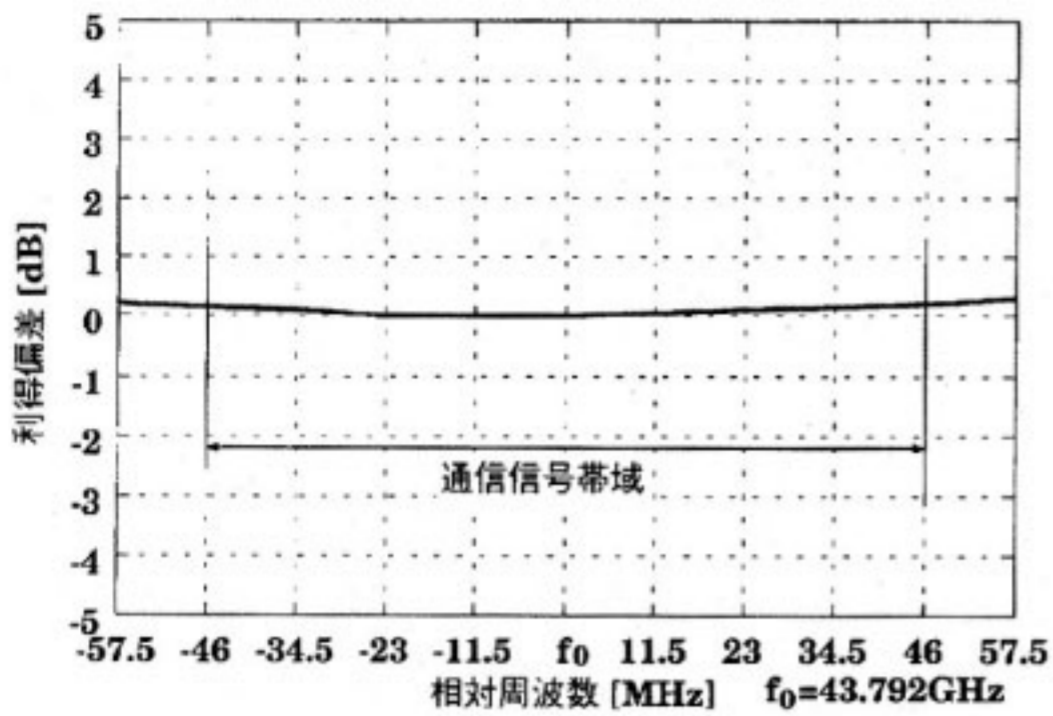
第17図 LNA ASSY 入出力特性



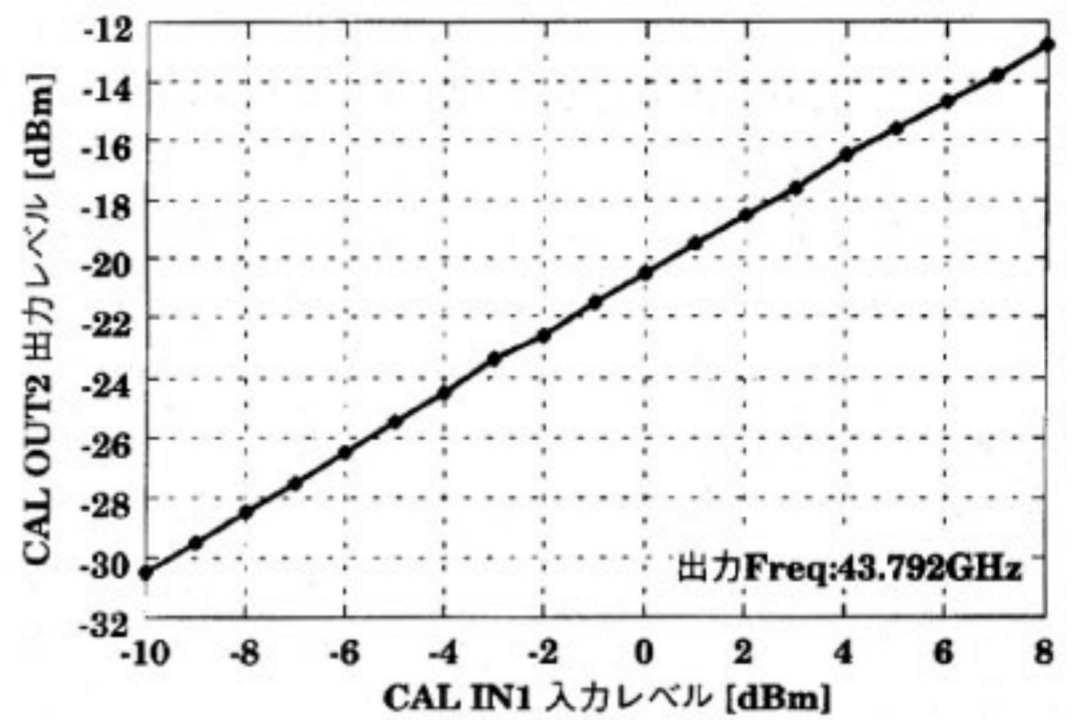
第20図 D/C 入出力特性



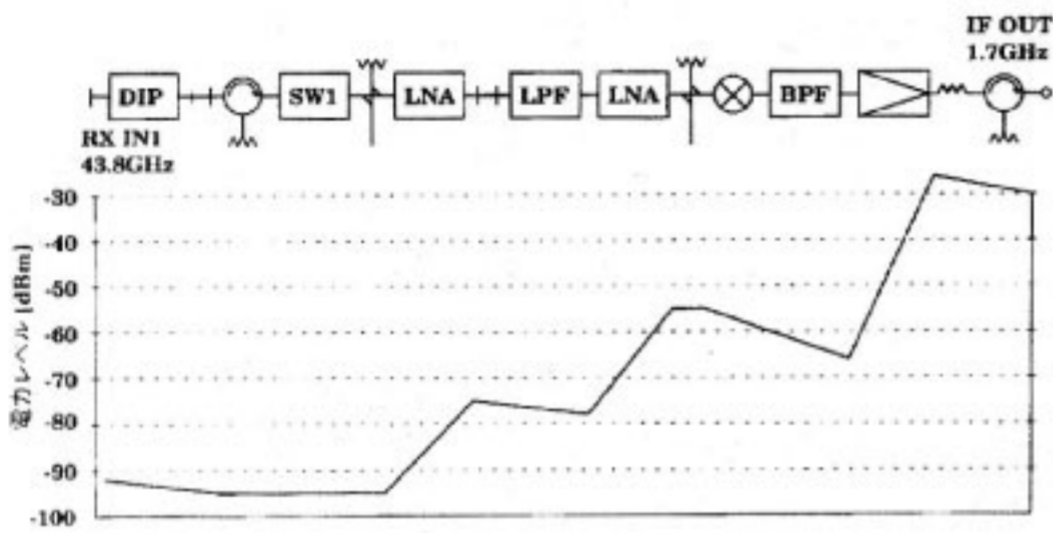
第19図 受信系周波数変換部ブロック図



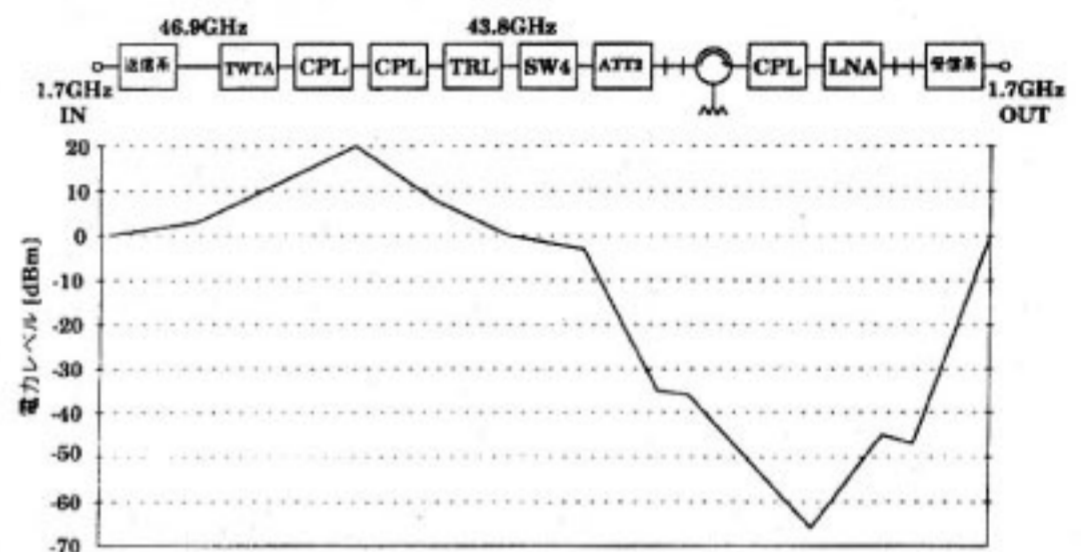
第21図 D/C 振幅偏差周波数特性



第24図 校正系入出力特性



第22図 受信系レベルダイアグラム



第25図 校正系ベルダイアグラム

第6表 校正系の主要性能

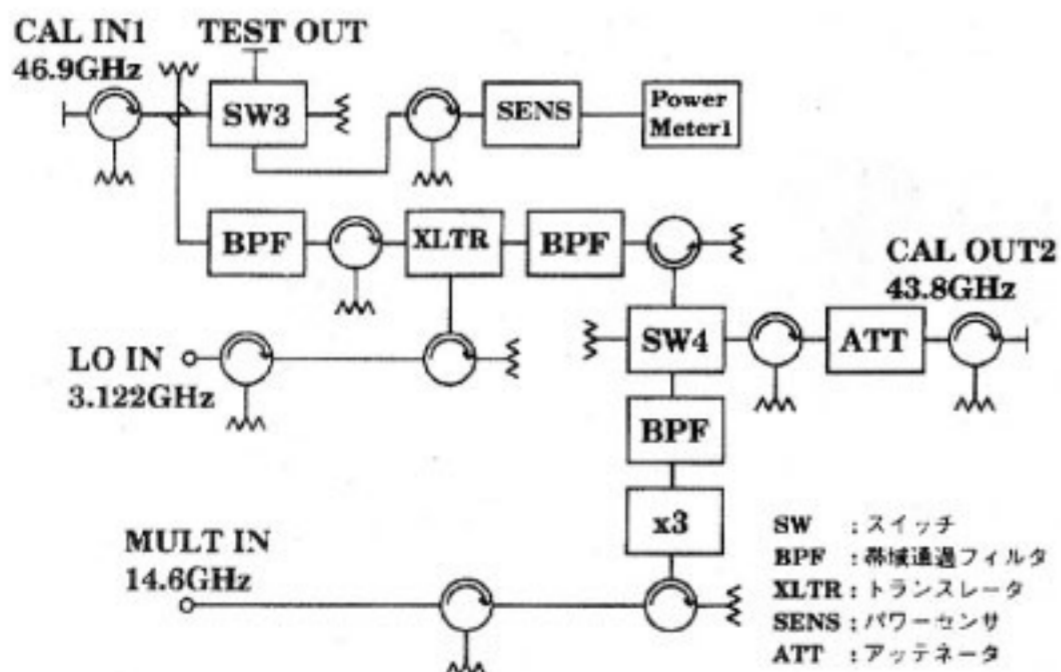
項目	性能
入力周波数	46.914GHz±46MHz
入力レベル	+19dBm(SCPC1 波当たりの標準レベル)
入力レベル測定	パワーメータ HP-Q8486A に接続
出力周波数	43.792GHz±46MHz
出力レベル	-5dBm(SCPC1 波当たりの標準レベル)
出力レベル測定	パワーメータ HP-Q8486D に接続

※取扱説明書記載の性能表より抜粋

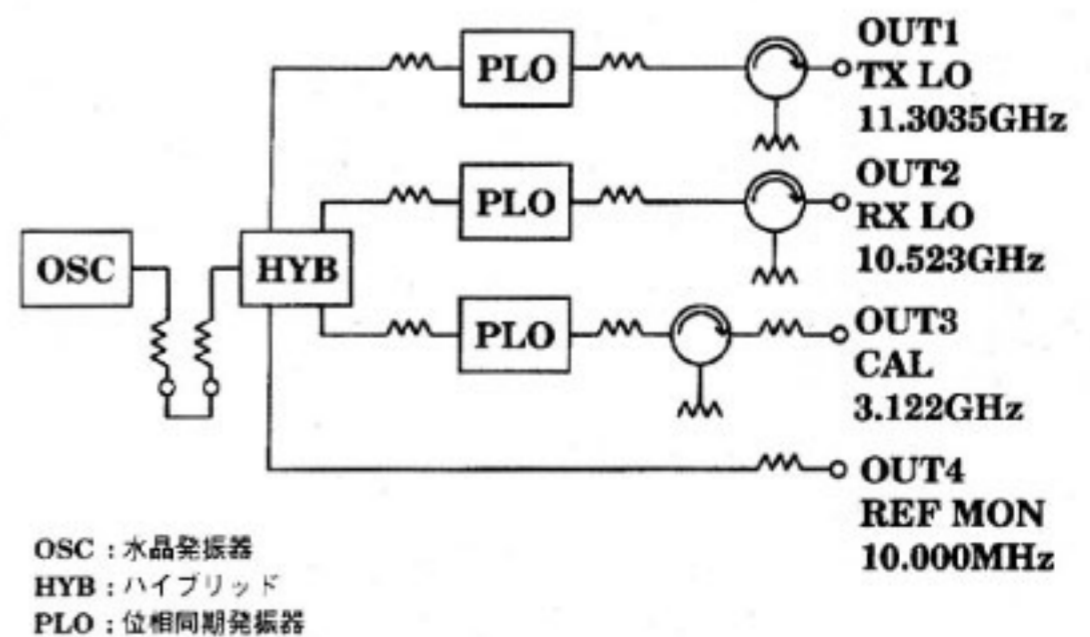
第7表 局発回路盤の主要性能

項目	性能
原振周波数	10.000MHz
出力周波数	(送信系用 OUT1) 11.3035GHz (受信系用 OUT2) 10.5230GHz (校正系用 OUT3) 3.1220GHz (REF 用 OUT4) 10.000MHz
周波数温度安定度	$\pm 5 \times 10^{-9}/(0 \sim 50 \text{度})$ $5 \times 10^{-12}/\text{sec}$ $\pm 5 \times 10^{-10}/\text{day}$

※取扱説明書記載の性能表より抜粋



第23図 校正系ブロック図



第26図 局発回路盤ブロック図

が内蔵されている。この LNA ASSY の入出力特性を第 17 図に、帯域内振幅偏差周波数特性を第 18 図に示す。

5.2 周波数変換部

周波数変換部 (D/C) のブロック図を第 19 図に示す。43.8GHz 帯入力信号と、42.092GHz 局発信号が MIX に入力され、1.7GHz 帯の信号に周波数変換される。局部発振器には局発盤から 10.523GHz が入力され、4 通倍器により 42.092GHz、+13dBm を出力する。MIX の変換損失は、約 8dB である。この D/C の入出力特性を第 20 図に、1.7GHz±46MHz における振幅偏差周波数特性を第 21 図に示す。

また、受信系全体のレベルダイアグラムを第 22 図に示す。

6. 校正系

校正系の主要性能を第 6 表、ブロック図を第 23 図に示す。校正系では、46.9GHz 帯校正入力と、3.122GHz 局発信号が XLTR に入力され、43.8GHz 帯 CAL 信号が出力される。また、XLTR とは別に 14.6GHz を発生する SYNTH と 3 通倍器を具備しており、このルートでも受信信号の校正が行える。さらに、校正入力を直接測定できるパワーメータが接続されており、受信入力電力も LNA ASSY に接続されたパワーメータにより測定できる。

校正系における入出力特性を第 24 図に示す。また、校正系全体のレベルダイアグラムを第 25 図に示す。



岡本 英二
Eiji OKAMOTO
関東支所 宇宙通信技術研究室
衛星通信, 移動体通信
E-Mail: oka@crl.go.jp



山本 伸一
Shin-ichi YAMAMOTO
関東支所 宇宙通信技術研究室
移動体衛星通信
E-Mail: yamamoto@crl.go.jp



井家上 哲史
Tetsushi IKEGAMI
関東支所 宇宙通信技術研究室
衛星通信に関する研究に従事
E-Mail: ikegami@crl.go.jp

7. その他

7.1 局発回路盤

局発回路盤の主要性能を第 7 表、ブロック図を第 26 図に示す。局発回路盤は、すべての局発信号の基準となる 10MHz OCXO と、3 つの位相同期発振器 (PLO) とから構成されている。OCXO の周波数安定度は、 $\pm 5 \times 10^{-9}$ 以下であり、PLO の出力周波数は、TX 用 11.3035GHz, RX 用 10.523GHz, CAL 用 3.122GHz で、出力レベルは +10~+13dBm である。

7.2 電源盤

電源盤では、AC100V 入力に対し、各デバイスに必要な DC 電圧に変換し、供給する。出力電圧/定格電流は、TX 及び RX 用 +18V/3.2A, 局発用 +15V/2.5A 及び +5V/2.0A, LNA 用 +12V/1.4A に設定されている。

8. むすび

本稿では、COMETS に搭載の高度移動体衛星通信ミッション (MCE) との通信を行うミリ波帯地球局の構成と性能について述べた。今後、本施設を用いてミリ波帯衛星通信や高度移動体衛星通信の実用化に向けた様々なミリ波帯の衛星通信実験を行う予定である。

参考文献

- (1) 山本, 森川, 井家上, 長谷 “5.1.2 高度移動体衛星通信実験主局 Ka 帯地球局装置”, 通信総研季, 43, 1, pp.95-109, 1997.
- (2) 李, 西田, 井家上, 岡本, 峯野, 竹内, 長谷, 川又 “5.1.4 高度移動体衛星通信実験主局端局装置”, 通信総研季, 43, 1, pp.119-126, Mar 1997.
- (3) “技術試験衛星 VI 型 (ETS-VI) 搭載機器及び地上施設特集号”, 通信総研季, 40, 2, 1994.



森川 栄久
Eihisa MORIKAWA
関東支所 宇宙通信技術研究室
衛星通信
E-Mail: morikawa@crl.go.jp



長谷 良裕
Yoshihiro HASE
総合通信部 高速移動通信研究室
移動通信及び移動体衛星通信システムの研究に従事
E-Mail: hase@crl.go.jp