

## フィーダリンク地球局送信系

高橋 卓\* 新垣 吉也\* 田中 健二\* 井家上 哲史\*

(1994年1月24日受理)

### Ka-BAND TRANSMISSION SYSTEM FOR FEEDER-LINK EARTH STATION

By

Takashi TAKAHASHI, Yoshiya ARAKAKI, Kenji TANAKA,  
and Tetsushi IKEGAMI

The Ka-band feeder-link earth station transmission system for the ETS-VI satellite consists of a 30 GHz high power amplifier (30 GHz-HPA), a 1.7 GHz-to-30 GHz frequency converter (30 GHz-U/C), and a 70 MHz-to-1.7 GHz frequency converter (1.7 GHz-U/C). The HPA covers the frequencies from 29.74 GHz to 29.97 GHz and has a transmitting power of 50.0 watts and a gain of 69.3 dB. The configuration and characteristics of the feeder-link transmission system in the Kashima Space Research Center are presented in this paper. This system is an important part of the hub station involved with S-band and O-band satellite communication experiments.

[キーワード] ETS-VI, 30 GHz 帯電力増幅装置, 30 GHz 帯周波数変換装置, 1.7 GHz 帯周波数変換装置.  
ETS-VI, 30 GHz high power amplifier, 1.7 GHz-to-30 GHz frequency converter, 70 MHz-to-1.7 GHz frequency converter.

#### 1. はじめに

ETS-VI フィーダリンク地球局送信系は、70 MHz 帯 IF 信号から送信周波数である 30 GHz 帯への周波数変換装置と電力増幅装置 (30 GHz-HPA) から構成されている。周波数変換装置は、70 MHz から 1.7 GHz へ (1.7 GHz-U/C) と、1.7 GHz から 30 GHz へ (30 GHz-U/C) の 2 段構成となっている。1.7 GHz 帯の SIC および OCE 信号は、ミキサで局部発振信号 (28.155 GHz) により 30 GHz 帯 (SIC: 29.8954~29.9014 GHz, OCE: 29.742~29.802 GHz) に周波数変換が行われ、電力増幅装置に信号が供給される。電力増幅装置では、固体励振増幅器と進行波管 (TWT) 増幅器の 2 段で増幅を行い、送信信号は屋外に設置されている 5 mφKa バンドアンテナから送信される。

#### 2. 電力増幅装置 (HPA)

電力増幅装置 (HPA) は 30 GHz 帯送信周波数変換装

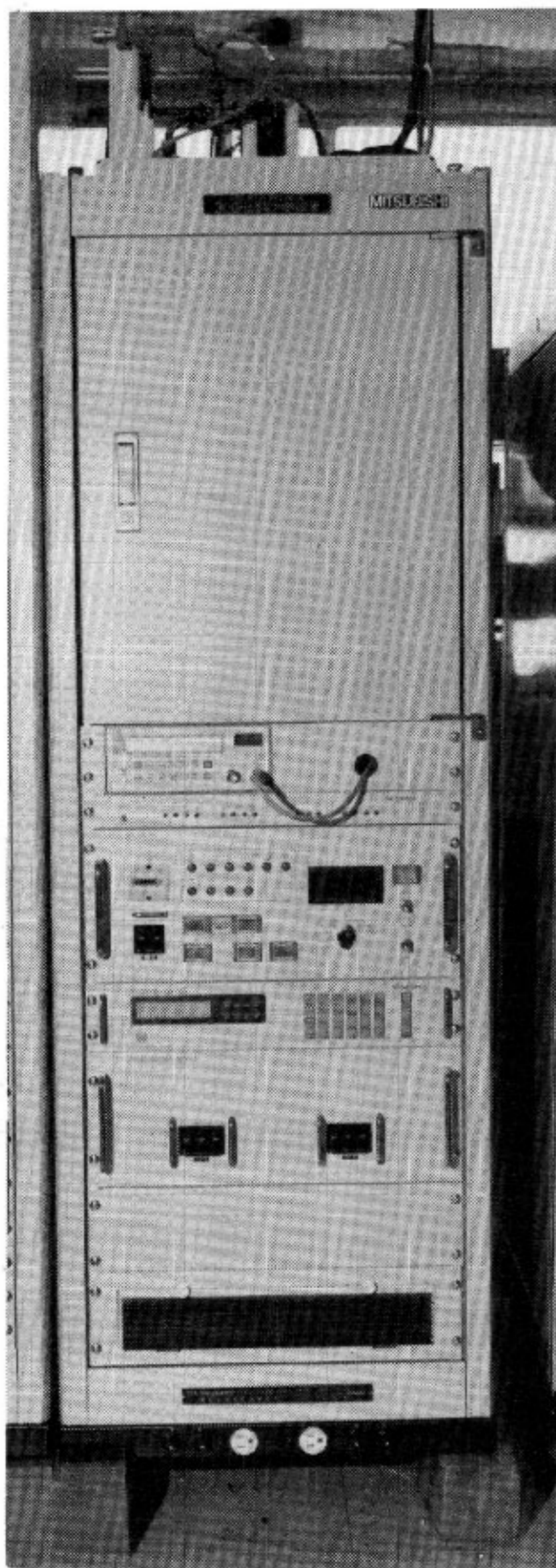
置 (30 GHz-U/C) より供給される信号を所要送信電力まで増幅する。その構成は電力増幅部 (TWT)、高周波回路部 (WG SW CIRCUIT) およびモニタ部 (RF MONITOR) となっている。HPA RF は固体励振増幅器 (IPA) と TWT 増幅器の 2 段構成で 69.3 dB の利得を持っている。全体の外観を第 1 図に、系統図を第 2 図に示す。

30 GHz-U/C より供給された 30 GHz 帯の送信信号は、HPA の RF-IN 端子に入力される。信号は必要な送信出力が得られるように可変減衰器で適当な大きさに調整されたのち、IPA に供給される。IPA からの出力はさらに TWT で増幅される。この 30 GHz-HPA RF の入出力特性を第 3 図に、主要性能を第 1 表に示す。飽和出力電力は 47.9 dBm, 50 W 出力時利得は 69.3 dB 以上となっている。

TWT から出力された信号はサーキュレータを通り、電力増幅架上に設置されている WG SW CIRCUIT 部に送られる。ここで高調波フィルタとカットオフフィルタを通り、スプリアスが除去されて RF-OUT 端子に

\* 関東支所 宇宙通信技術研究室





第1図 30 GHz-HPA 外観

出力される。30 GHz-HPA の振幅周波数特性を第4図に示す、RF出力点 (50 W/ 29.855 GHz) において0.2 dBp-p である。この信号が導波管を通して屋外の5 mφアンテナに供給される。

さらに、高調波フィルタを通った信号は、一部が結合器により取り出され、トランスレータおよびパワーセンサにも供給される。また、この WG SW CIRCUIT は屋内に設置された監視制御装置 (MONITOR AND

CONTROL パネル) にて制御可能である。

### 3. 30 GHz 帯周波数変換装置

30 GHz 帯周波数変換装置 (30 GHz-U/C) は送受信周波数変換架1上部に組み込まれており、そのブロックダイアグラムを第5図に示す。この30 GHz-U/Cはケーブル等化器、中間周波増幅器 (IFA)、可変減衰器 (V-ATT)、ハーモニックミキサ、バンドパスフィルタ及び局部発振器から構成される。

30 GHz-U/Cでは、1.7 GHz 帯 IF 接続盤から入力される1.7 GHz 帯 IF 信号を30 GHz 帯送信信号に周波数変換し、次段の30 GHz 帯電力増幅装置へ出力する。

1.7 GHz IF-IN 端子から入力された IF 信号は増幅器および帯域通過フィルタを経て所要のレベルまで増幅され、ミキサへ入力される。ミキサに入力された信号は、局部発振信号により30 GHz 帯送信信号に周波数変換される。その出力は、増幅器、帯域通過フィルタを経て規定の帯域の信号とし、RF-OUT 端子から出力される。ここで用いている局部発振信号は、28.155 GHz である。これは5 MHz の基準信号で信号発生器を安定化し、その出力信号 (14.0775 GHz) を増幅器、方向性結合器を通した後、2 通倍したものである。

RF-OUT 端子から出力された30 GHz 帯送信信号は本装置上部パッチパネル内の方向性結合器を介して30 GHz 帯電力増幅装置へ出力される。この30 GHz-U/Cの入出力特性を第6図に示す。出力レベルは-10.0 dBm、変換利得は+13.0 dB、1 dB 利得圧縮点出力は+8.0 dBm である。また、振幅周波数偏差を第7図に示す。29.74~29.97 GHz において0.7 dBp-p である。

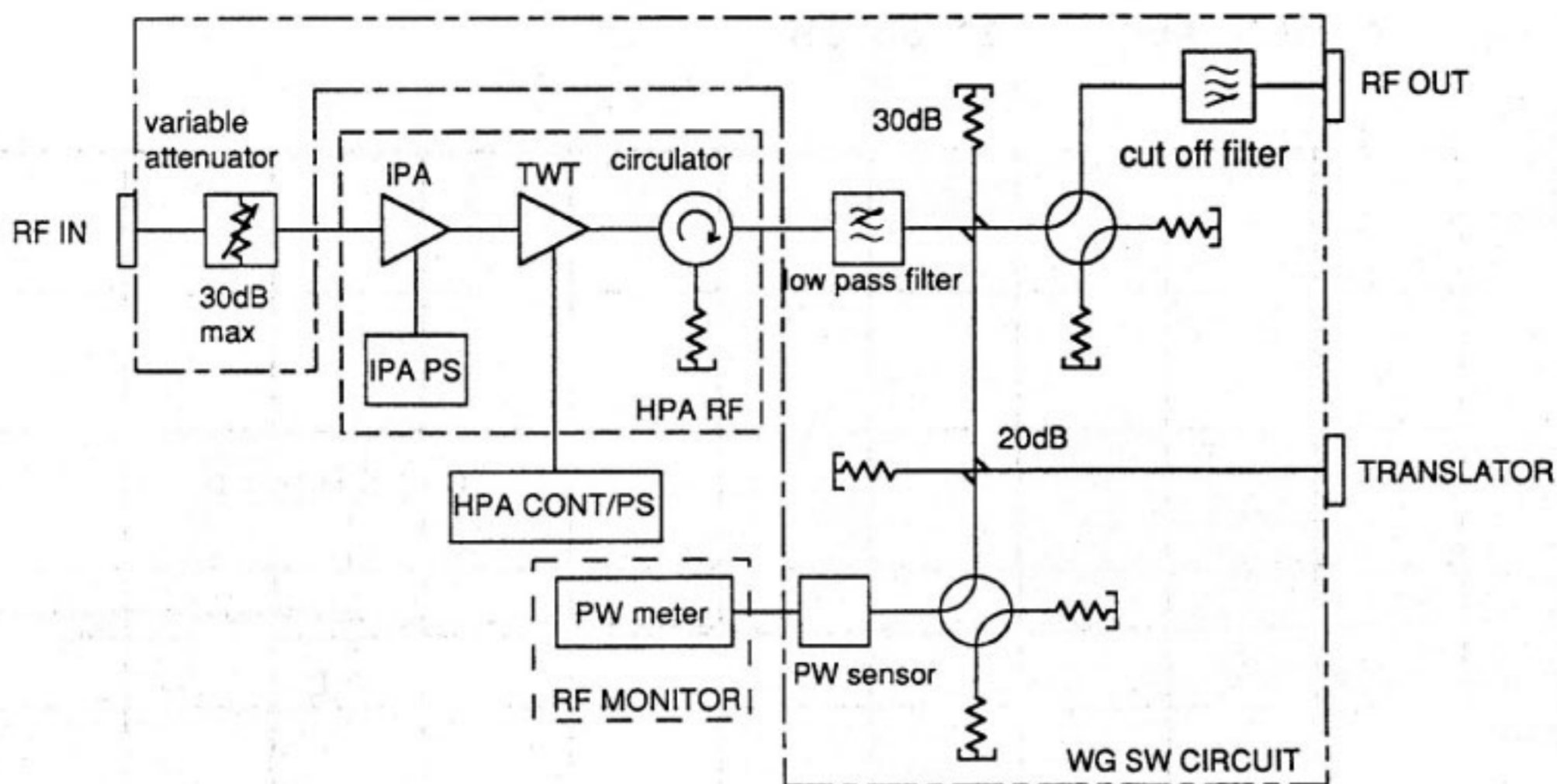
また、LO-MON 端子に信号発生器からの局発信号のモニタ信号が出力される。この30 GHz 帯周波数変換部の主要性能を第2表に示す。

### 4. 1.7 GHz 帯送信周波数変換部

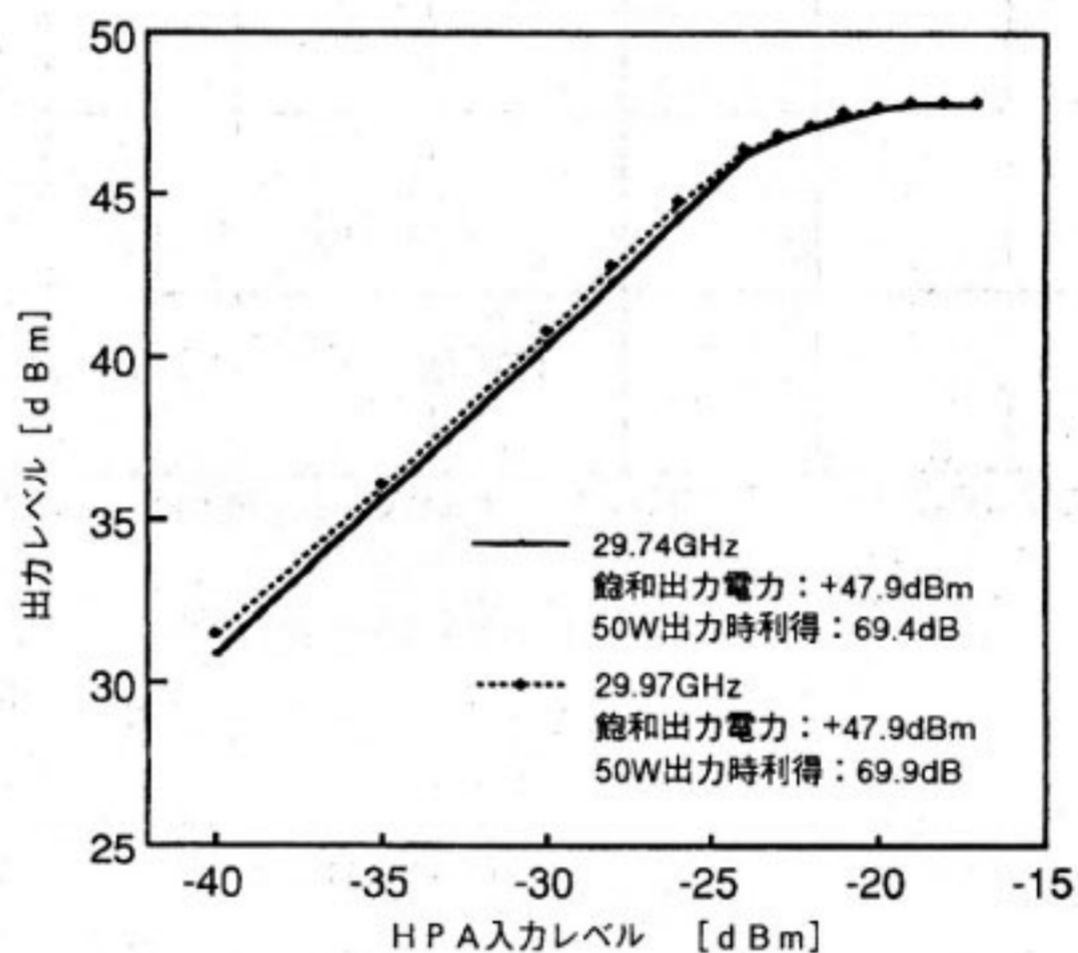
1.7 GHz 帯周波数変換装置 (1.7 GHz-U/C) は送受信周波数変換架2上に組み込まれており、そのブロックダイアグラムを第8図に示す。

70 MHz IF-IN 端子から入力された IF 信号は増幅器および帯域通過フィルタを経て、330 MHz 帯信号に周波数変換するため低次ミキサへ入力される。低次ミキサへ入力された70 MHz 帯信号は低次局部発振信号により330 MHz 帯信号に周波数変換される。ここで用いられる低次局部発振信号は5 MHz 信号を基準とした400 MHz 信号である。

低次ミキサからの出力信号は増幅器、帯域通過フィルタを経て、高次局部発振信号により1.7 GHz 帯 IF 信



第2図 30 GHz-HPA 系統図

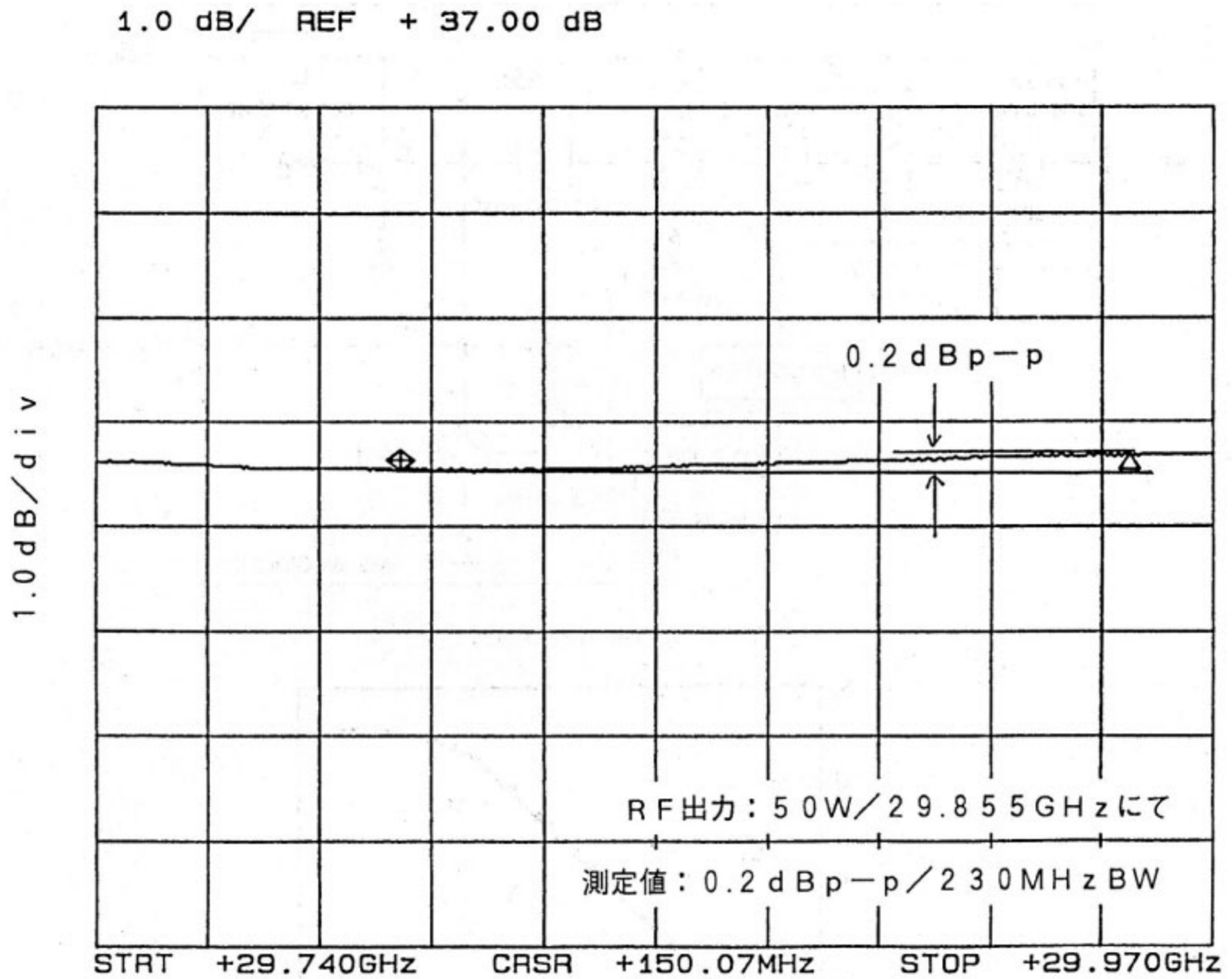


第3図 30 GHz-HPA 入出力特性

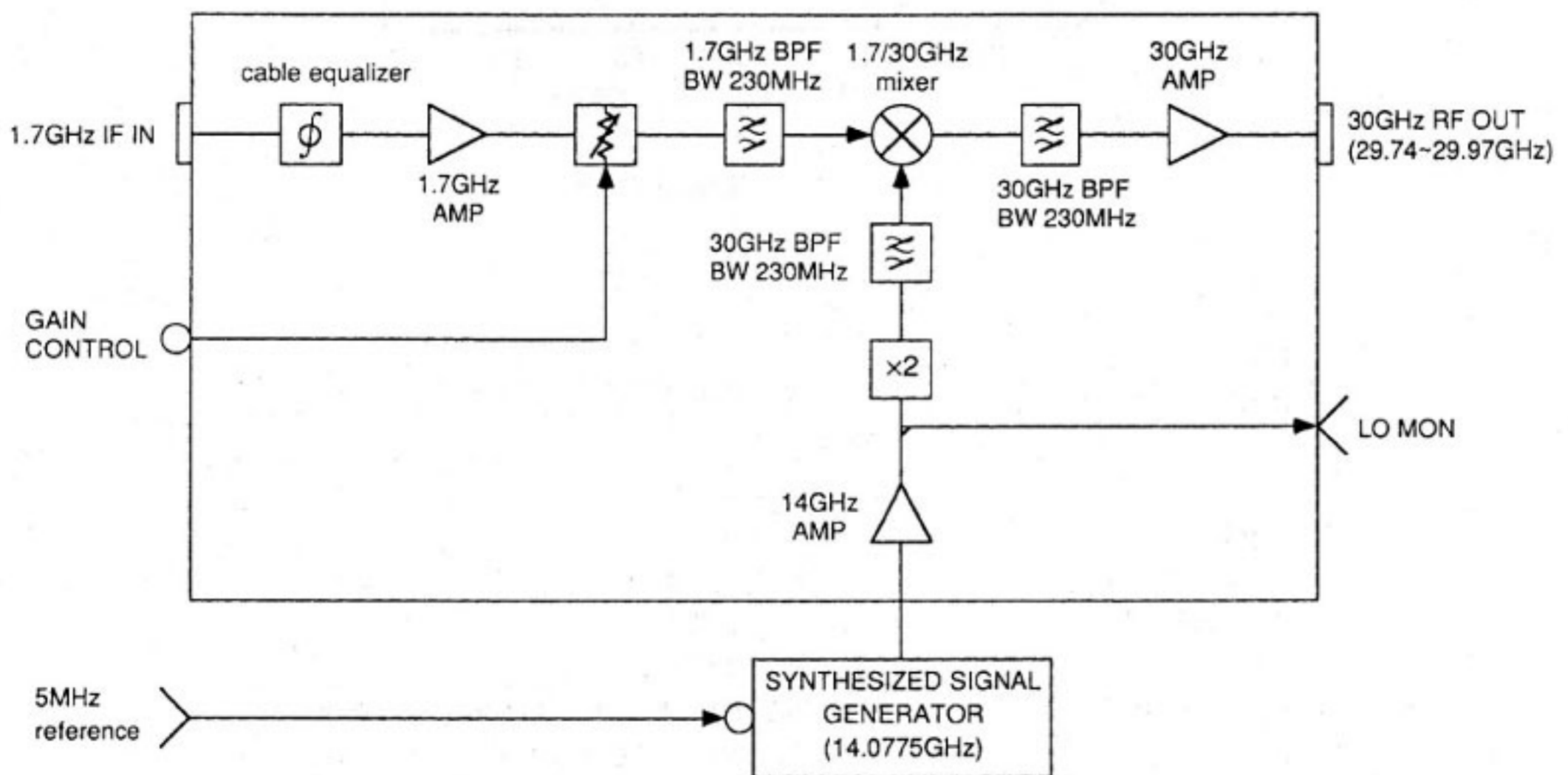
第1表 30 GHz-HPA 主要性能

1	周波数帯域	29.74 ~ 29.97 GHz
2	飽和出力電力	47.9 dBm (TWT出力点にて)
3	利得	69.3 dB
4	利得変動	0.02 dB/時
5	振幅周波数特性	0.2 dB/D
6	スプリアス	-62.7 dBc
7	入出力VSWR	入力1.13以下 出力1.12以下
8	インターモジュレーション	等振幅2波出力時、トータル出力バックオフ3 dBにおいて-18.8 dBc
9	動作電源	200 VAC, 1φ, 600 VA 100 VAC, 1φ, 70 VA

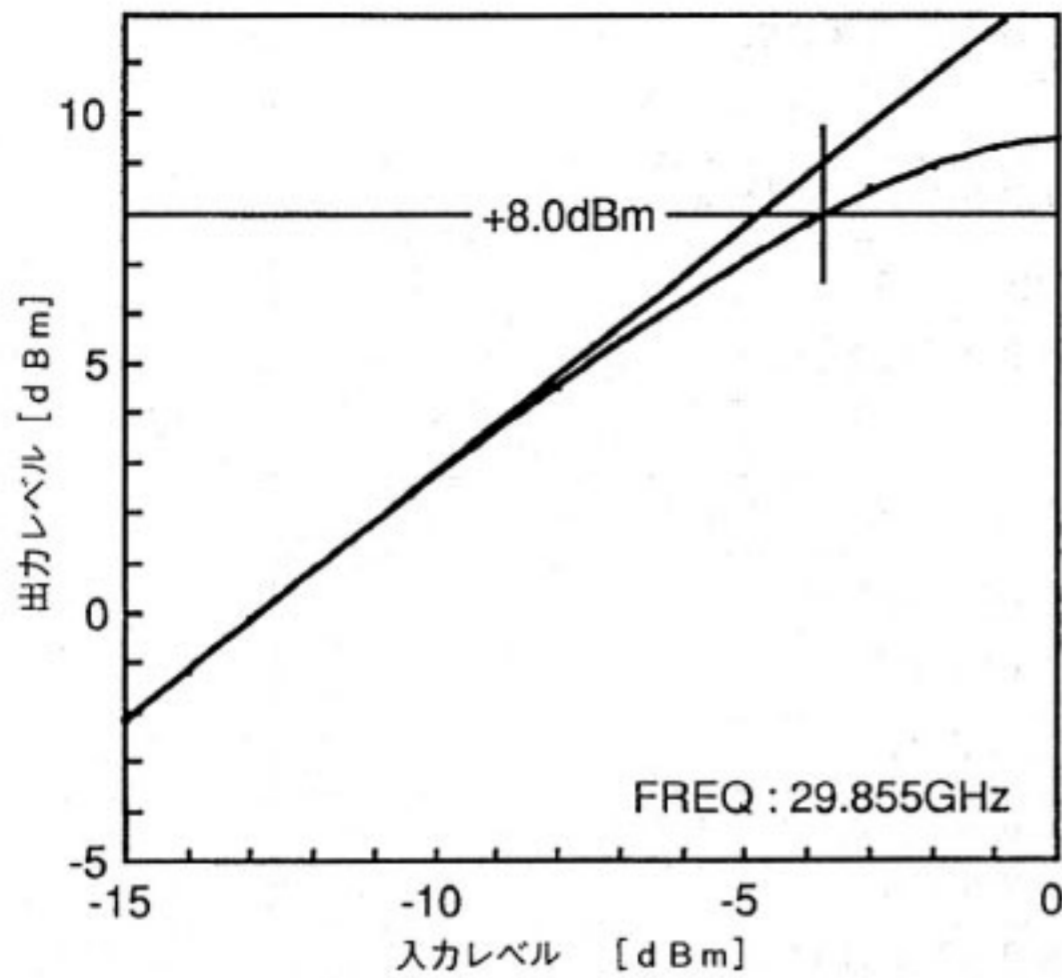




第4図 30 GHz-HPA 振幅周波数特性



第5図 30 GHz-U/C ブロックダイアグラム

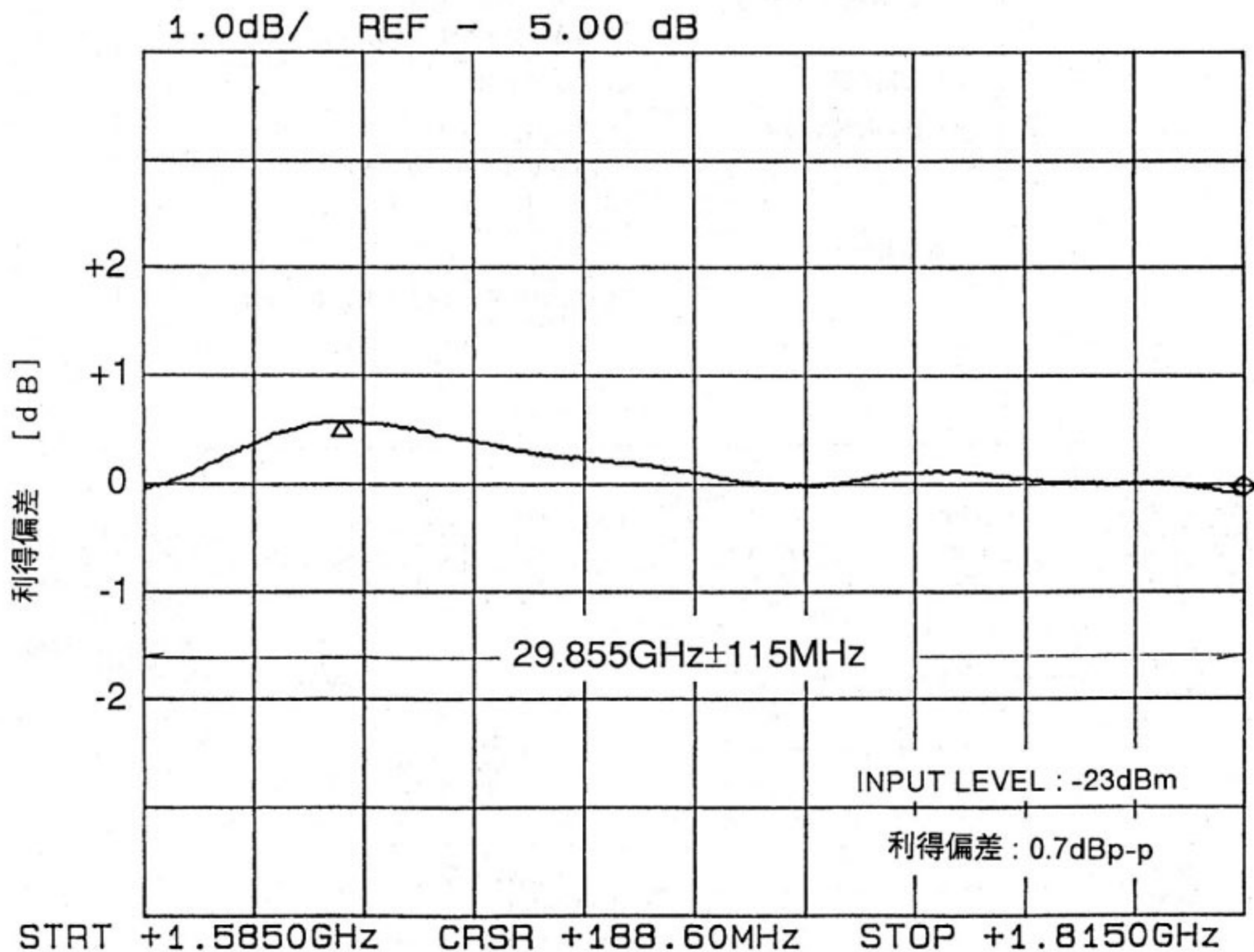


第6図 30 GHz-U/C 入出力特性

号に周波数変換するため高次ミキサへ入力される。この高次局部発振信号は外部の信号発生器から HLO-IN 端子に供給され増幅器を経て高次ミキサに入力される。この高次局部発振周波数は用途に応じて変更可能で、OCE 時には 1947 MHz, SIC 時には 2073.4 MHz である。これは 1.7 GHz-U/C の入力時には中心周波数が同じ 70 MHz の信号を、用途に応じて中心周波数が異なる (OCE: 1617 MHz, SIC: 1743.4 MHz) 信号に周波数変換するためである。

1.7 GHz 帯に周波数変換された IF 信号は増幅器、帯域通過フィルタ、方向性結合器を経て 1.7 GHz IF-OUT 端子から出力される。この 1.7 GHz 帯周波数変換部の主要性能を第3表に示す。

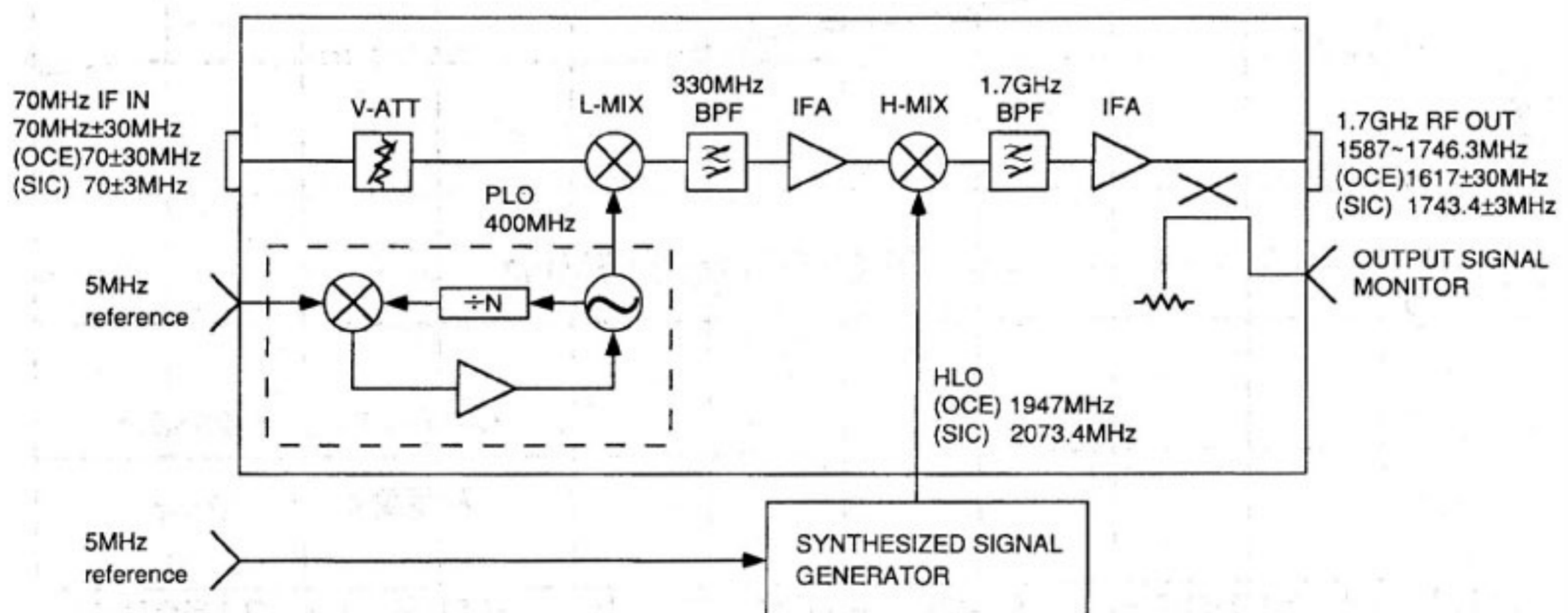
1.7 GHz 帯 IF 信号のモニタ信号が 1.7 GHz IF-MON 端子に出力される。また、LLO-MON 端子に低次局部発振信号のモニタ信号が出力される。



第7図 30 GHz-U/C 振幅周波数偏差

第2表 30 GHz-U/C 主要性能

1 IF入力信号	
(1) 周波数範囲	1700±115MHz
(2) インピーダンス	50Ω
(3) 入力レベル	-23dBm±1dB
2 RF出力信号	
(1) 周波数範囲	29.74~29.97GHz
(2) インピーダンス	WRJ-260導波管
(3) 出力レベル	-10.0dBm
(4) 出力1dB利得圧縮点	+8.0dBm
(6) インターモジュレーション	3rd IMインターセプトポイント +17dBm
(7) スプリアス	-80dBc以下 (出力レベル-10dBm時、帯域内において 信号に依存するもの) -90dBm以下 (帯域内、信号に依存しないもの)
3 入出力特性	
(1) 局部発振器周波数	14.0775GHz 2通倍してミキサへ入力
(2) 変換利得	+13.0dB
(3) 振幅周波数偏差	0.7dBp-p (29.74~29.97GHz) 0.6dBp-p (OCE) 0.1dBp-p (SIC)
4 電源条件	
AC100V, 1φ, 50/60Hz	



第8図 1.7 GHz-U/C ブロックダイアグラム



第3表 1.7 GHz-U/C 主要性能

1 IF入力信号		
(1) 周波数範囲	70 ± 30 MHz	(OCE用)
	70 ± 3 MHz	(SIC用)
(2) インピーダンス	75 Ω	
(3) 入力レベル	-36 dBm ± 5 dB	
2 1.7 GHz IF出力信号		
(1) 周波数範囲	1587 ~ 1746.4 MHz	
	1617 ± 30 MHz	(OCE用)
	1743.4 ± 3 MHz	(SIC用)
(2) インピーダンス	50 Ω	
(3) 出力レベル	-10 dBm	
(5) 出力1 dB利得圧縮点	8 dBm	
(6) インターモジュレーション	3 rd IMインターセプトポイント +17 dBm	
(7) スプリアス	-80 dBc以下 (出力レベル-10 dBm時、帯域内において 信号に依存するもの) -90 dBm以下 (帯域内、信号に依存しないもの)	
3 入出力特性		
(1) 局部発振器周波数	高次局部発振器	1947 MHz : OCE用 2073.4 MHz : SIC用 (信号発生器による局発周波数 可変)
	低次局部発振器	400 MHz
(2) 変換利得	+26 dB	
(3) 振幅周波数偏差	0.7 dB p-p 0.6 dB p-p (OCE) 0.1 dB p-p (SIC)	
4 基準信号		
(1) 周波数	5 MHz	
5 電源条件		
	AC100V, 1φ, 50/60 Hz	

## 5. ま と め

フィーダリンク地球局 Ka 帯送信系について述べた。  
このシステムは、70 MHz 帯の信号を2段階の周波数変

換装置により、ETS-VIを使用した実験に必要となる30  
GHz 帯送信周波数29.74~29.97 GHzに周波数変換し、  
さらに電力増幅部では利得69.3 dBが得られるなど、  
所要の特性が得られている。

