

## Sバンド疑似衛星局

森川 栄久\*<sup>1</sup> 木村 繁\*<sup>2</sup> 田中 正人\*<sup>2</sup>

(1994年1月24日受理)

SIMULATED SATELLITE STATION FOR THE S-BAND  
INTERSATELLITE COMMUNICATION

By

Eihisa MORIKAWA, Shigeru KIMURA, and Masato TANAKA

Intersatellite communication systems using the S-band frequency, such as TDRS, DRS, etc., are now used around the world. In Japan, an intersatellite communication experiment using the S-band frequency has been planned using the Engineering Test Satellite VI (ETS-VI) which will be launched in August 1994.

In intersatellite communications, the signals from the ground are relayed and communicated to a low earth orbit satellite via geostationary satellites. This technique will greatly extend the possible communication time compared with other systems which use direct communication between a ground station and a low earth orbit satellite.

It is important to determine the characteristics of test equipment before carrying out the experiments using an actual low earth orbit satellite. Therefore, we constructed a Simulated Satellite Station on the ground which models the characteristics of the user satellite. This will enable us to evaluate test equipment for S-band intersatellite communication experiments prior to use.

This paper describes the outline and characteristics of this Simulated Satellite Station.

[キーワード] 疑似衛星, 技術試験衛星6型, 衛星間通信, Sバンド.

Simulated satellite station, ETS-VI, Intersatellite communication, S-band frequency.

## 1. はじめに

Sバンドを用いた衛星間通信は, 米国の TDRS システムや欧州の DRS に代表されるように, 世界各国で実用あるいは研究されている。日本においても, 宇宙開発事業団 (NASDA), 当所等を中心として, 1994年夏季に打ち上げ予定の技術試験衛星VI型 (ETS-VI) を用いて, Sバンドを用いた衛星間通信実験が計画されている<sup>(1)</sup>。

当所では, 将来の衛星間通信を実現するための諸技術を研究開発すると共に, その技術の宇宙での実証実験を行う予定である。また, 対象となるユーザー衛星が,

ETS-VI の打ち上げ時とずれるため, 最初は, ユーザー衛星の機能を持つ局 (以後, これを疑似衛星局と呼ぶ) を地上に設置し, これを用いて実験を行う予定である。

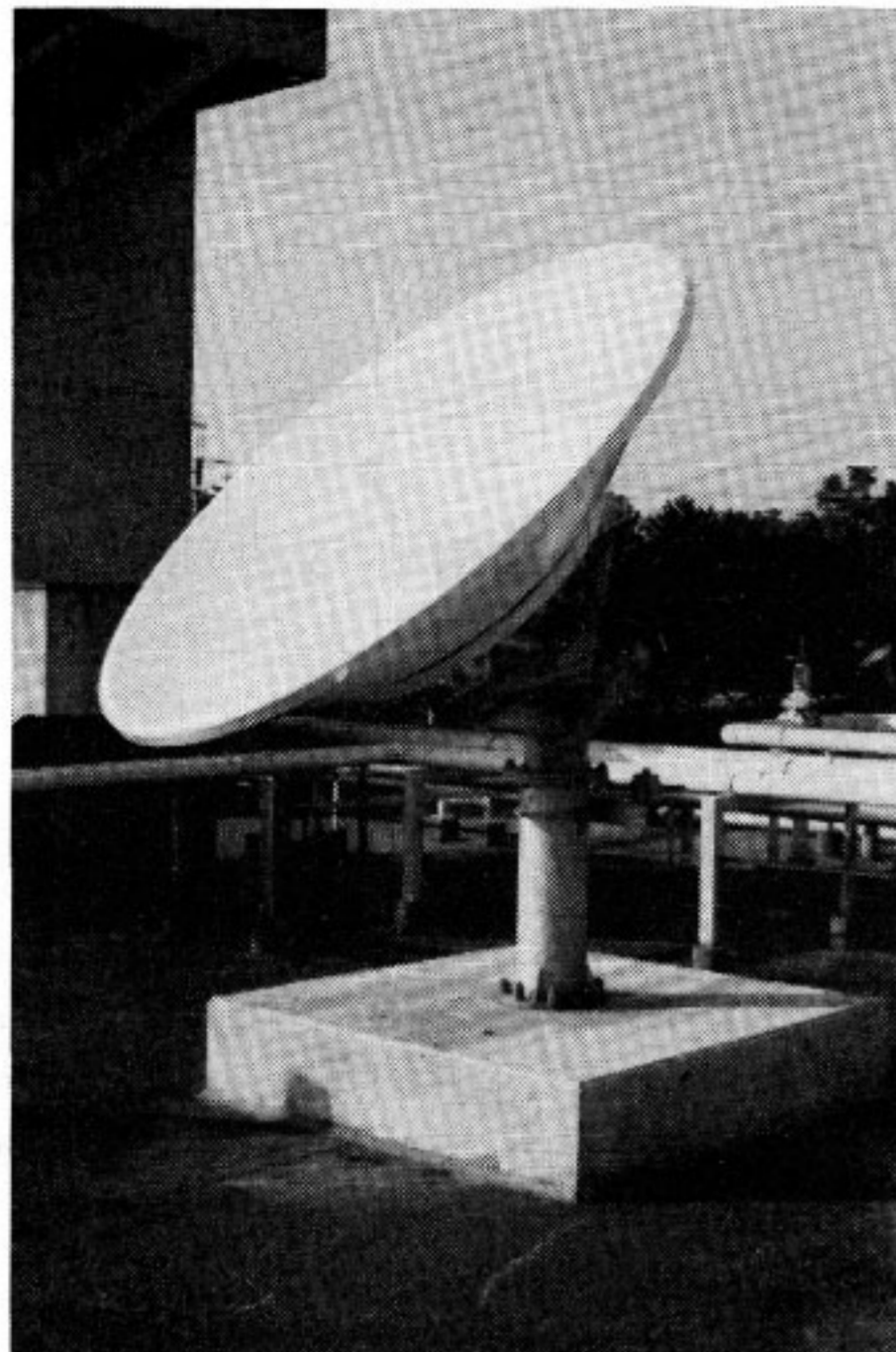
本論文では, Sバンド衛星間通信実験に使われる Sバンド疑似衛星局の概要を報告する。

## 2. アンテナ系

Sバンド (送信 2.2 GHz 帯, 受信 2.1 GHz 帯) 疑似衛星局用の直径 2 m のアンテナは CS-BS 実験庁舎屋上に設けられた基礎上に固定され設置されている。その外観写真を第 1 図に示す。このアンテナは, 自動追尾機構および遠隔制御機構は持っておらず, 手動で仰角および方位角の駆動を行う。第 2 図に示すように, 反射鏡部と給電部及び機械構造部で構成されている。

\*<sup>1</sup> 関東支所 宇宙通信技術研究室

\*<sup>2</sup> 宇宙通信部 衛星間通信研究室



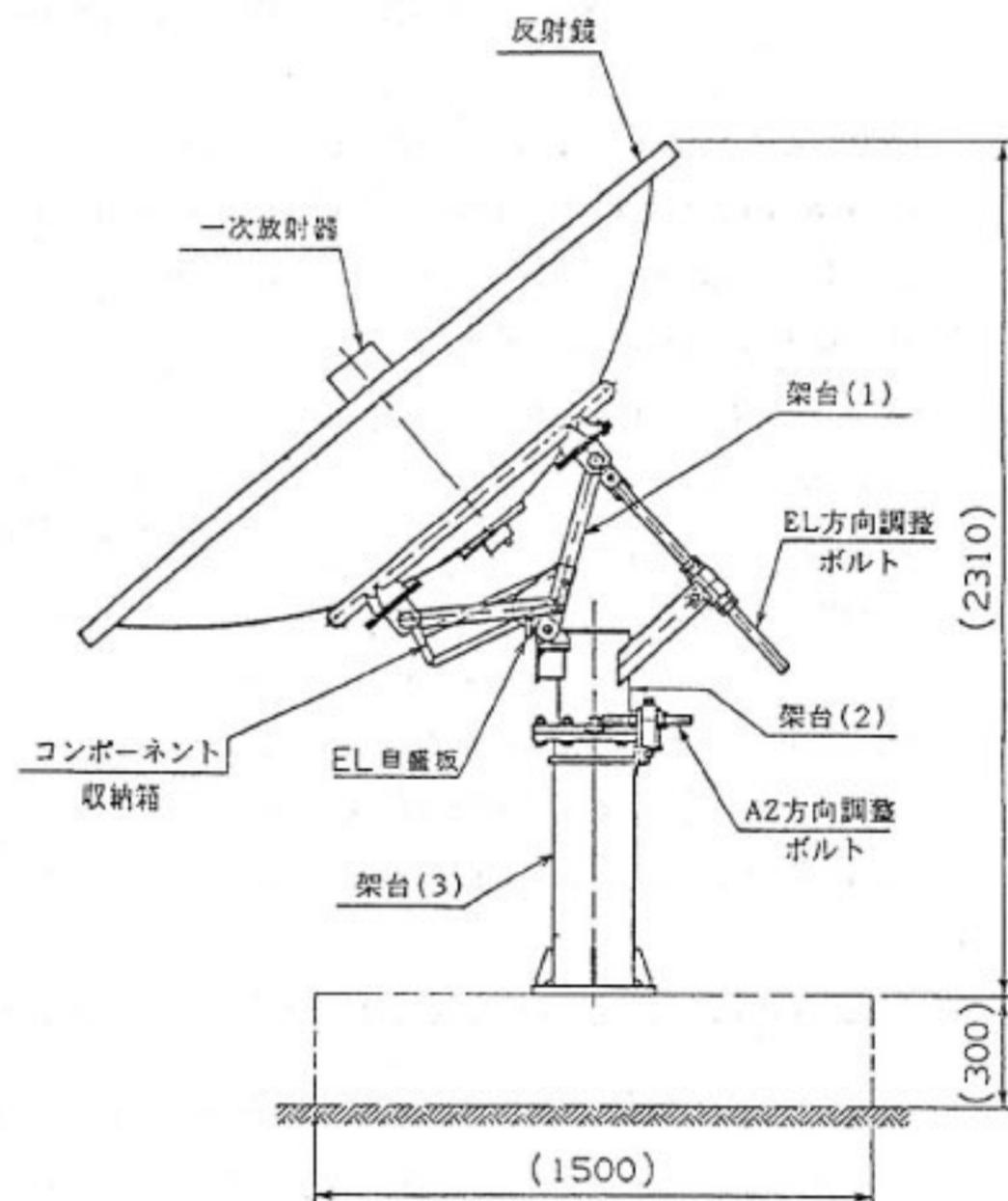
第1図 Sバンドアンテナ外觀図

第1表 機械的性能

項目	性能
アンテナ開口直径	2.0m
アンテナ形式	一次放射器がクロスダイポールによるパラボラ
マウント形式	Az, El
方向調整範囲	仰角 30度から70度 方位角
耐風速	60m/sec
運用風速	20m/sec

アンテナの機械的性能を第1表に示す。一次放射器クロスダイポールを用いた直径2mのフロントフィードアンテナである。反射鏡部の材質はA1100で、その背面にダイプレクサ及びSバンド低雑音増幅器等が取付けられている。アンテナ支持構造物は、反射鏡部支持リング、鋼骨組構造物、仰角方向調整ボルト、方位角方向調整ボルト及び支持台で構成されており、仰角及び方位角の調整は、仰角方向調整ボルトと方位角方向調整ボルトをゆるめ、手動で行う。

アンテナの電気的特性を第2表に示す。また、本アンテナの放射パターンを第3図に示す。

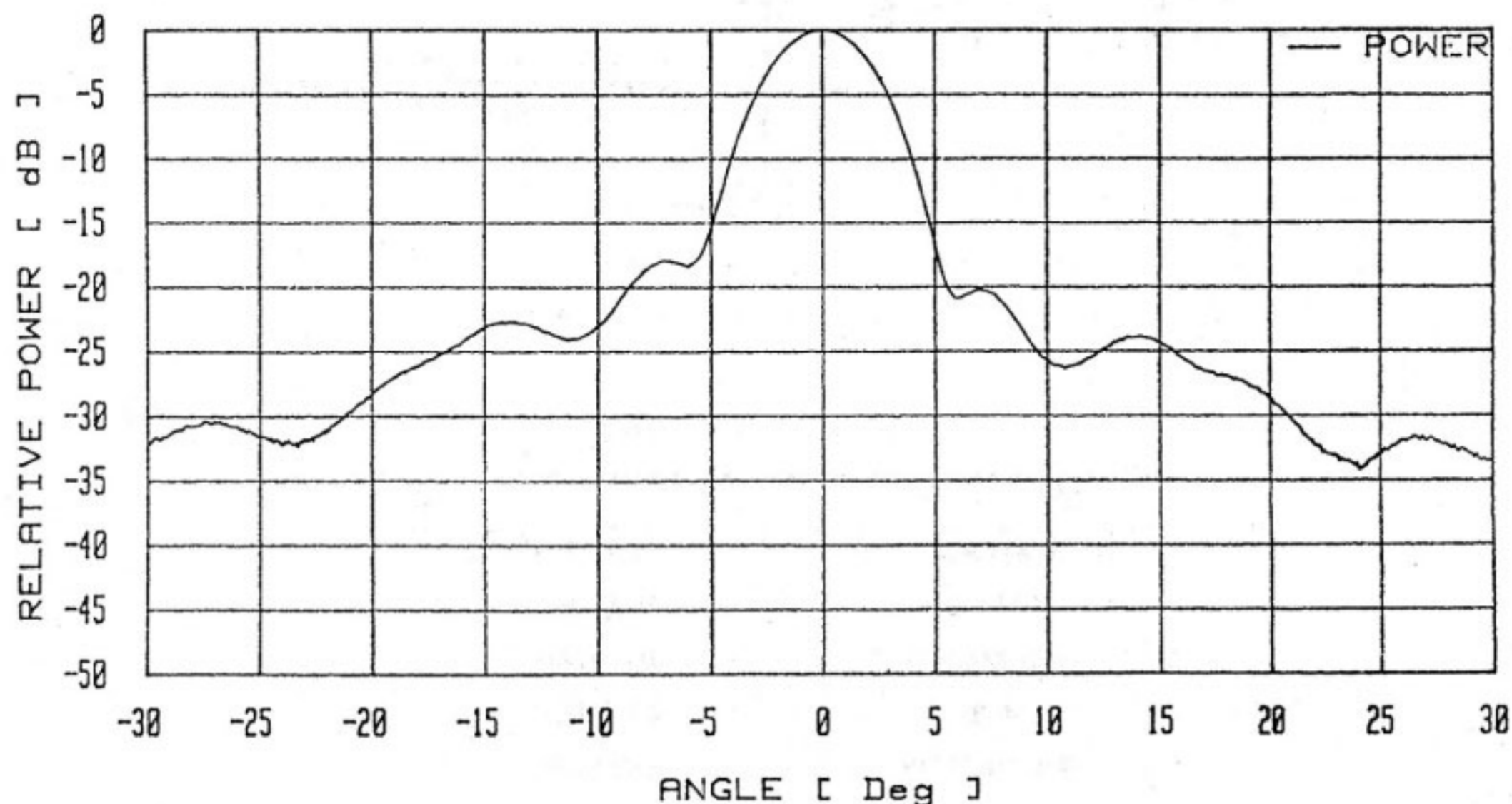


第2図 Sバンドアンテナ構成図

第2表 電気的性能

項目	性能	
	送信	受信
周波数帯域	2287.5 ± 2.5MHz	2106.4 ± 3.0MHz
偏波	左旋円偏波	左旋円偏波
利得 (給電損失を含まない)	31.2dBi	30.5dBi
雑音温度	—	98K (EL:45度)
軸比	1.2dB	1.22dB
送受分離度	90dB以上	90dB以上

FREQUENCY: 2.2850 [GHz]      RF POWER : 8.00 [dBm]      OFFSET ANGLE : -.20 [Deg]  
 LO HARMONIC : 1              LO POWER : -2.50 [dBm]      3dB BEAM WIDTH: 4.59 [Deg]  
 POLARIZATION: L-P



第3図 Sバンドアンテナ放射パターン

### 3. 送信系

#### 3.1 システム構成

Sバンド疑似衛星局の送信系システムは、BS・CS庁舎屋上に設置されたSバンドアンテナの横に設置された2.2GHz帯の大電力増幅器等を含む屋外部と実験室内に設置された2.2GHz帯送信周波数変換装置等を含む屋内部で構成されている。本装置は、70MHz帯のIF信号を2.2GHz帯の送信信号に変換した後、電力増幅を行ない、Sバンドアンテナ反射鏡背面に設置されたダイプレクサに信号を供給する機能を持つ。第4図にSバンド疑似衛星局送信システムの構成図を示す。IF信号接続装置からの70MHz帯の通信信号は、2.2GHz帯の送信信号周波数変換装置により、2.2GHz帯の信号に変換される。この信号は、大電力増幅装置(S-HPA)により最大50Wまで電力増幅が行われダイプレクサに供給される。

HPA出力は、方向性結合器により分岐され、30dBの結合損失で出力レベルがモニタできるようになっている。

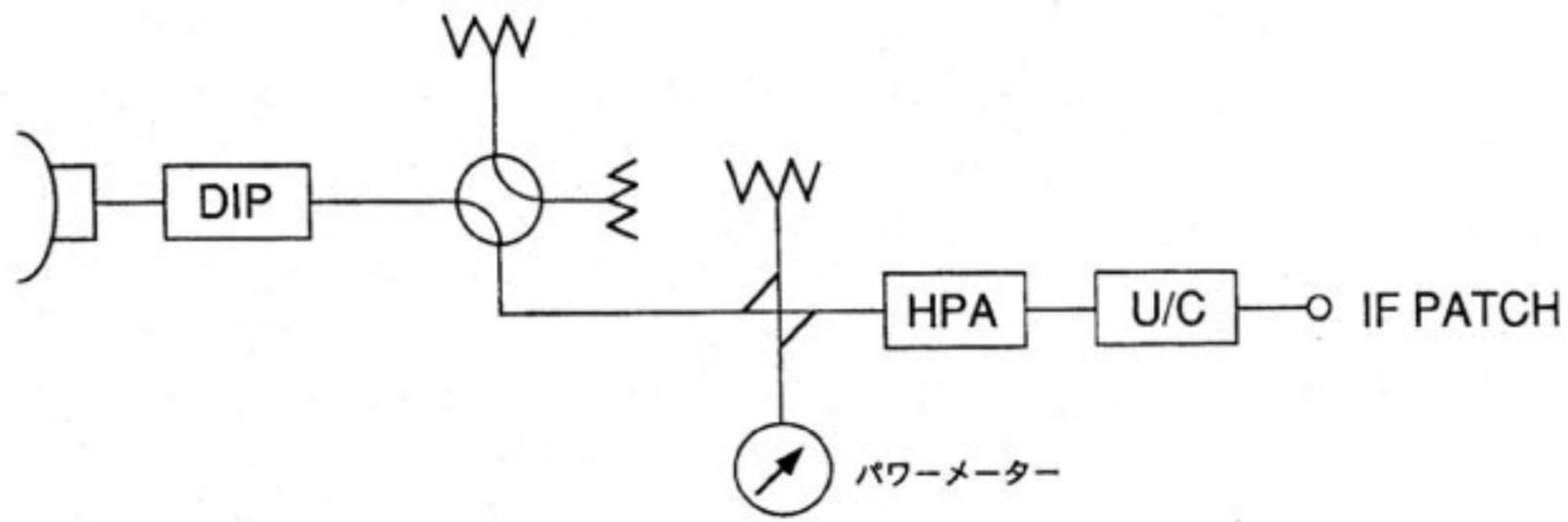
#### 3.2 屋外部

本装置は、2.2GHz帯の大電力増幅器(S-HPA)及び方向性結合器等で構成されており、Sバンド送信信号周波数変換装置から供給される2.2GHz帯の送信信号

を電力増幅し、Sバンドアンテナに送出する機能を持つ。大電力増幅器は、GaAsを用いた固体素子でできておりその性能を第3表に示す。

#### 3.3 屋内部

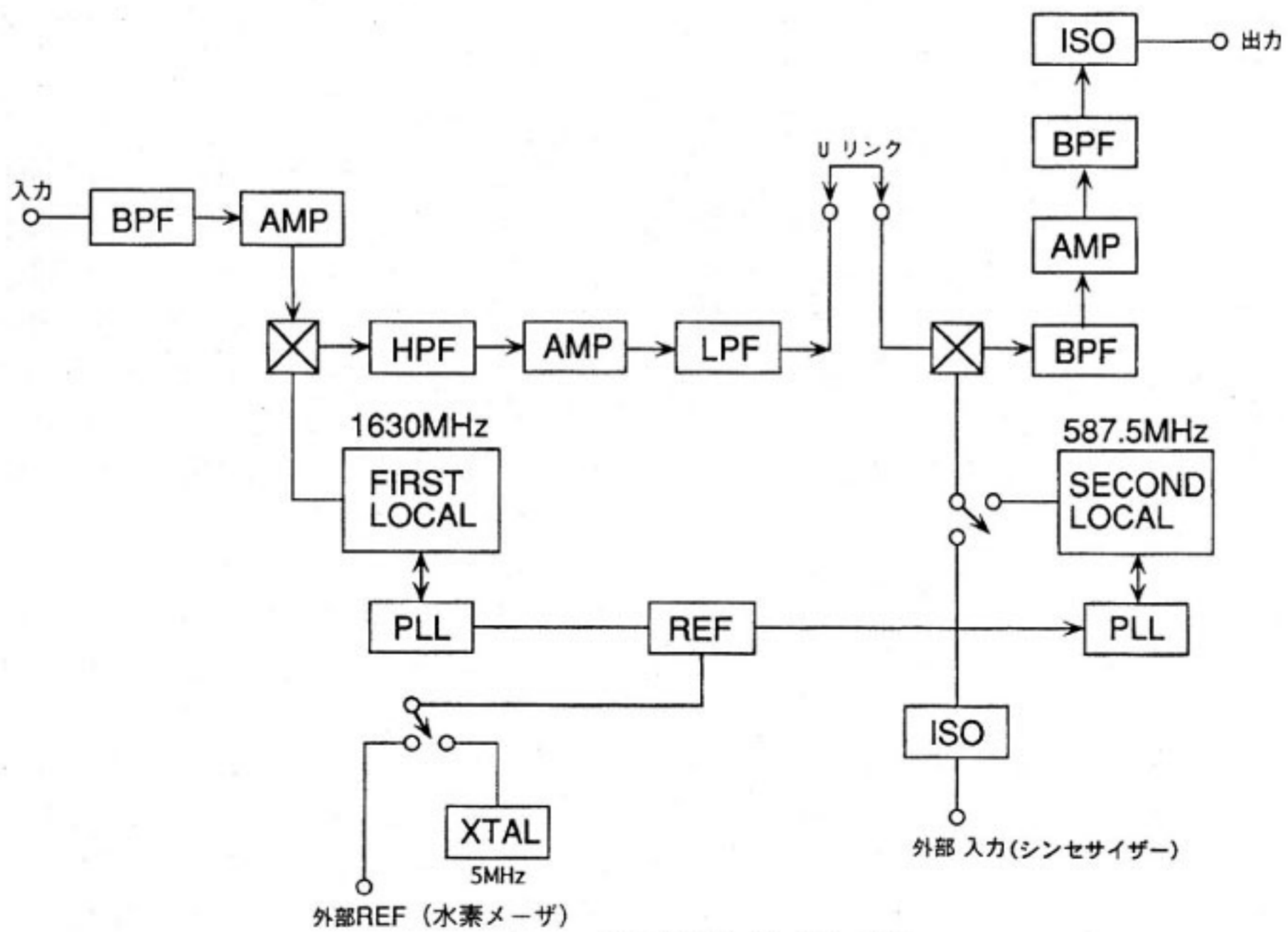
本装置は、主にSバンド送信信号周波数変換装置で構成されており、70MHz帯IF信号を2.2GHz帯の送信信号に変換して、S-HPAに供給する機能を持つ。第5図及び第4表にSバンド送信信号周波数変換装置の系統図と本装置の性能をそれぞれ示す。本装置は、帯域フィルタ、増幅器、高周波フィルタ、第1ミキサ、第2ミキサ、第1局部発振器及び第2局部発振器等で構成されている。IF接続装置から送られてくる70MHz帯のIF信号は、第1ミキサと第1局部発振器とで1.7GHz帯の信号に周波数変換され、それから第2ミキサと第2局部発振器とで2.2GHz帯に周波数変換される。また、Uリンクの接続を替えることにより、IF信号として1.7GHz帯の信号を取り出すことも可能である。第1及び第2局部発振器は、それぞれ周波数1630MHz、587.5MHzの水晶発振子であり、これらの二つの局部発振器は、フェイズロックループ(PLL)により、レファレンス信号である水素メーザあるいは5MHzの水晶発振子と位相同期がかかっている。また、スイッチを切り替えることにより、第2局部発振器をシンセサイズ



第4図 疑似衛星局送信系システム構成図

第3表 S-HPA 主要性能

項目	性能
1 周波数帯域	2280±5MHz
2 飽和出力	46.6dBm
3 1 dB圧縮点出力	46.0dBm
4 利得	47.0dBi
5 帯域内利得偏差	±0.5dB
6 スプリアス	-60dBc
7 混変調雑音	-50dBc
8 入力VSWR	2:1



アップコンバーターブロック図

第5図 アップコンバーターの構成図

ド標準信号発生器にすることも可能であり、送信チャンネルに応じ局発信号周波数を自由に選択することができる。また、シンセサイズド標準信号発生器の周波数を掃引することにより、実際の周回衛星で発生するドップラーシフトをシミュレートすることができる。

第4表 U/C 主要性能

項目	性能
1 入力周波数	70±2.5MHz
2 出力周波数	2287.5±2.5MHz
3 入力インピーダンス	50Ω/N
4 出力インピーダンス	50Ω/SMA
5 標準入力レベル	-25dBm
6 標準出力レベル	0dBm
7 1dB利得圧縮点出力	+20dBm
8 帯域内周波数特性	1dB <sup>PP</sup> 以下
9 雑音指数	6dB
10 スプリアス	-60dBc以下
11 ドップラー周波数偏差	±100kHz以下
12 第1局発周波数	1630MHz
13 第2局発周波数	587.5MHz(±100kHz)
14 内部局発C/N比	50dB以上
15 外部基準周波数	5MHz 0dBm正弦波 587.5MHz 10dBm以上
16 内部局発安定度	2×10 <sup>-7</sup> 以下

第5表 2.1 GHz 低雑音増幅器主要性能

項目	性能
1 周波数範囲	2.0-2.2GHz
2 利得	30dB
3 1dB圧縮点出力	10dBm
4 帯域内利得偏差	±0.5dB
5 雑音指数	1.0dB
6 入力VSWR	2:1

## 4. 受信系

### 4.1 システム構成

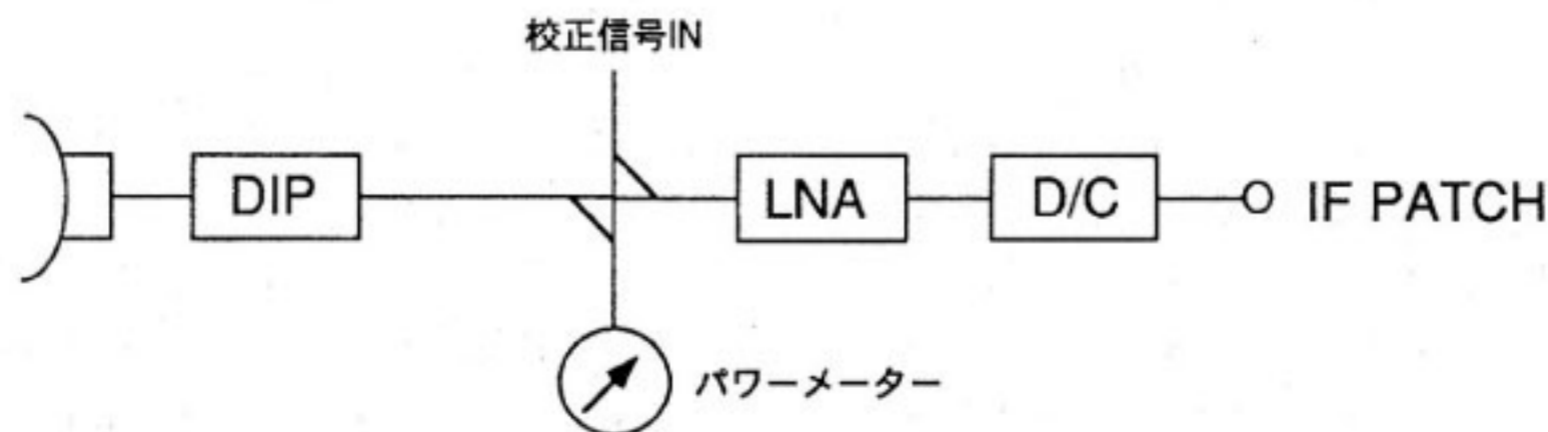
Sバンド疑似衛星局の受信系システムは、アンテナ部反射鏡背面に取付けられた2.1GHz帯の低雑音増幅器等を含む屋外部と実験室内に設置された2.1GHz帯受信周波数変換装置等を含む屋内部で構成されている。本システムは、Sバンドアンテナからの微弱な2.1GHz帯の受信信号を増幅し、さらに70MHz帯のIF信号に変換して、IF信号接続装置に出力する。第6図に、Sバンド疑似衛星局受信システムの構成図を示す。

### 4.2 屋外部

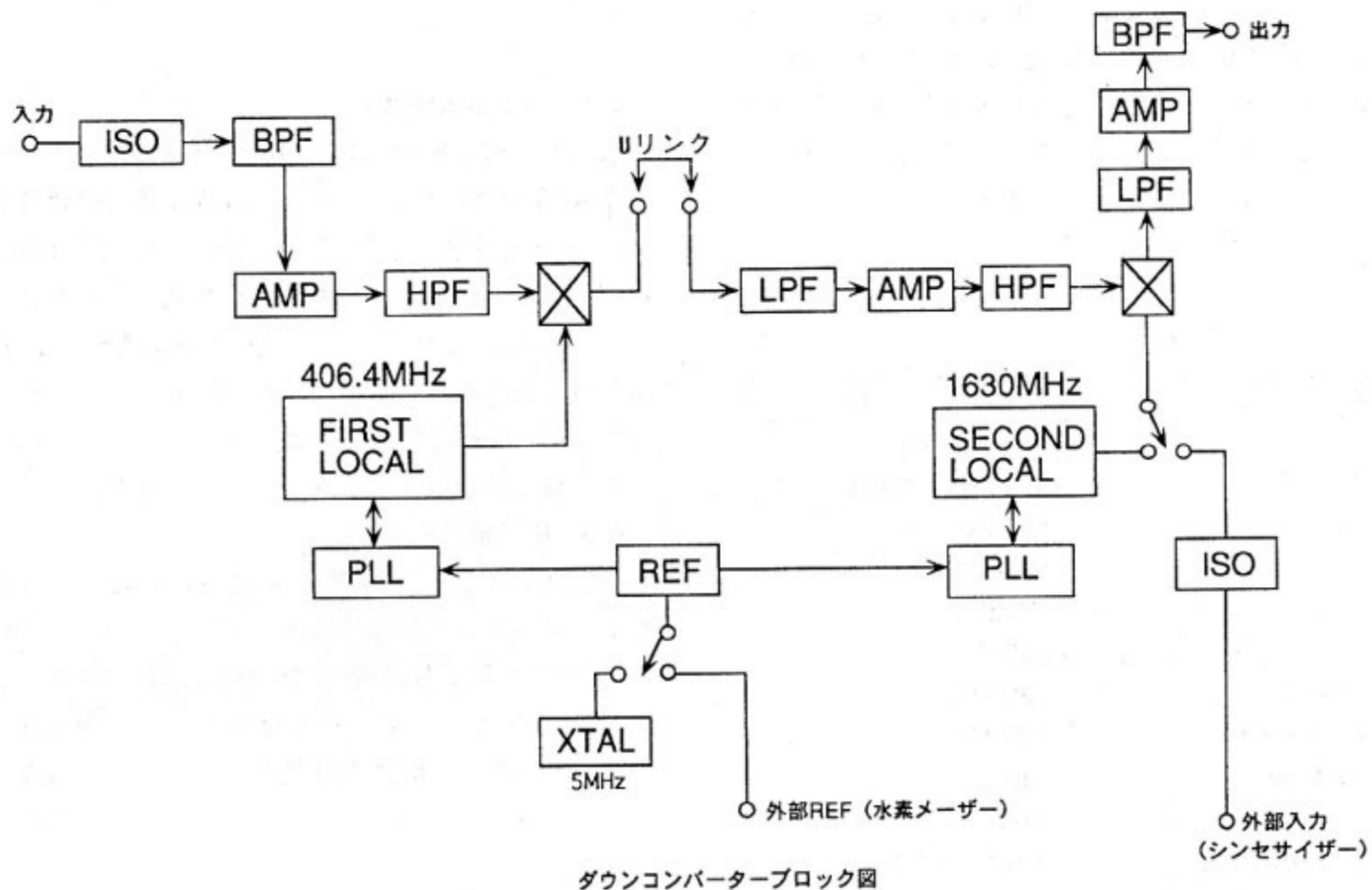
本装置は、2.1GHz帯の低雑音増幅器と方向性結合器等で構成されている。Sバンドアンテナから供給される微弱な2.1GHz帯信号を増幅し、Sバンド受信信号周波数変換装置に送出する機能を持つ。第5表に2.1GHz帯低雑音増幅器の性能を示す。また、低雑音増幅

第6表 D/C 主要性能

項目	性能
1 入力周波数	2106.4±3MHz
2 出力周波数	70±3MHz
3 入力インピーダンス	50Ω/N
4 出力インピーダンス	50Ω/SMA
5 標準入力レベル	-100dBm
6 標準出力レベル	1dB利得圧縮点出力 0dBm
7 帯域内周波数特性	1dB <sup>PP</sup> 以下
8 雑音指数	6dB
9 スプリアス	-50dBc以下
10 ドップラー周波数偏差	±100kHz以下
11 第1局発周波数	406.4MHz
12 第2局発周波数	1630MHz(±100kHz)
13 内部局発C/N比	50dB以上
14 外部基準周波数	5MHz 0dBm正弦波
15 内部局発安定度	2×10 <sup>-7</sup> 以下



第6図 疑似衛星局受信系システム構成図



第7図 ダウンコンバーターの構成図

器の入力には、方向性結合器を介して、パワーセンサー及びシンセサイズド信号発生器が接続されており、これらを用いて受信系の較正を行うことができる。

#### 4.3 屋内部

本装置は、主にSバンド受信信号周波数変換装置で構成されており、低雑音増幅器からの2.1 GHz帯の受信信号を局部信号発生器からの局発信号と混合して70 MHz帯のIF信号に周波数変換するものである。本装置の系統図と性能を第7図及び第6表それぞれ示す。本装置は、帯域フィルタ、増幅器、高周波フィルタ、第1ミキサー、第2ミキサー、第1局部発振器及び第2局部発振器等で構成されている。低雑音増幅器からの2.1 GHz帯の受信信号は、第1ミキサーと第1局部発振器とで1.7 GHz帯の信号に周波数変換され、それから第2ミキサーと第2局部発振器とで70 MHz帯のIF信号に周波数変換される。また、Uリンクの接続を替えることにより、IF信号として1.7 GHz帯の信号を取り出すことも可能である。第1及び第1局部発振器は、それぞれ周波数406.4 MHz、1630 MHzの水晶発振子であり、これらの二つの局部発振器は、フェイズロックループ(PLL)により、レファレンス信号である水素メーザあるいは5 MHzの水晶発振子と位相同期がかかっている。また、スイッチを切り替えることにより、第2局部

発振器をシンセサイズド標準信号発生器にすることも可能であり、受信チャンネルに応じ局発信号周波数を自由に選択することができる。また、シンセサイズド標準信号発生器の周波数を掃引することにより、実際の周回衛星で発生するドップラーシフトをシミュレートすることができる。

## 5. 回線設計

第7表(a)(b)に疑似衛星局を用いた場合のSバンド衛星間通信実験のフォワードリンク及びリターンリンクの回線設計を示す。Sバンド衛星間通信で用いられるフォワードリンクの周波数帯では、国際電気通信条約の無線規則第28条の2556、2557項により、衛星からの発射された電波の地表での電力束密度に制限が加わる<sup>(2)</sup>。従って、狭い周波数帯に電力が集中するスペクトルを持つ変調方式の場合には、衛星からの送信電力を下げる必要がある。第7表の(a)の左側の数値は、1 Mbpsの16 QAMを想定した場合の回線設計の例である。この場合は、電力束密度の規定を満たすために、衛星の中継器を線形領域で使用する必要があり、フィーダ局の送信電力を下げている。(a)の右側の数値は、3 MbpsのBPSK、QPSK、MSKを想定しており、この場合には衛星の中継器を非線形領域で使用しても電力束密度の規定を満たす。

第7表 回線設計例

(a) Forward Link		Kashima		ETS-VI		ETS-VI	
		Kashima		ETS-VI		ETS-VI	
Frequency (GHz)			29.8984		29.8984		29.8984
Kashima Feeder Station							
Output Power (dBW)			-2.1		14.1		16.0
Feeder Loss (dB)			6.4		6.4		2.0
Antenna Gain (dBi)			61.7		61.7		31.2
E.I.R.P. (dBW)			53.2		69.4		45.2
Pointing Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Polarization Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Pass Loss (dB)			213.4		213.4		191.4
Absorp. Loss (dB)			0.5		0.4		0.0
ETS-VI							
Antenna Gain (dBi)			48.7		48.7		27.8
Pointing Loss (dB)			0.6		0.6		0.5
Feeder Loss (dB)			1.0		1.0		2.3
Mismatch Loss (dB)			0.3		0.3		0.3
Rx-Power (dBW)			-114.8		-98.6		-122.5
Ts (dBK)			32.0		32.0		27.9
No (dBW/Hz)			-196.6		-196.6		-200.7
C/No)up (dBHz)			81.8		98.0		78.2
ETS-VI S-S Sta.							
Frequency (GHz)			2.1064		2.1064		2.1064
ETS-VI							
X'pon Gain (dB)			124.8		124.8		117.4
Output Power (dBW)			10.0		13.0		-5.1
Antenna Gain (dBi)			26.9		26.9		49.0
Mismatch Loss (dB)			0.3		0.3		0.3
Feeder Loss (dB)			2.2		2.2		1.1
E.I.R.P. (dBW)			34.4		37.4		42.5
Pointing Loss (dB)			0.5		0.5		0.6
Polarization Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Pass Loss (dB)			190.3		190.3		210.3
Absorp. Loss (dB)			0.0		0.0		0.3
Satellite-Simulated Station							
Pointing Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Antenna Gain (dBi)			30.5		30.5		59.0
Feeder Loss (dB)			1.0		1.0		0.0
Rx-Power (dBW)			-127.9		-124.9		-110.7
Ts (dBK)			24.0		24.0		24.8
No (dBW/Hz)			-204.6		-204.6		-203.8
C/No)down (dBHz)			76.7		79.7		93.1
C/No)total (dBHz)			75.5		79.6		78.1
ETS-VI S-S Sta.							
C/No)total (dBHz)			79.6		75.5		78.1
Required C/No (dBHz)			75.1		76.7		73.5
Margin (dB)(1X 10 <sup>-5</sup> )			4.5		2.9		4.6

(b) Return Link		Kashima		ETS-VI		ETS-VI	
		Kashima		ETS-VI		ETS-VI	
Frequency (GHz)			2.2875		2.2875		2.2875
Satellite-Simulated Station							
Output Power (dBW)			16.0		16.0		16.0
Feeder Loss (dB)			2.0		2.0		2.0
Antenna Gain (dBi)			31.2		31.2		31.2
E.I.R.P. (dBW)			45.2		45.2		45.2
Pointing Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Polarization Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Pass Loss (dB)			191.4		191.4		191.4
Absorp. Loss (dB)			0.0		0.0		0.0
ETS-VI							
Antenna Gain (dBi)			27.8		27.8		27.8
Pointing Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Feeder Loss (dB)			2.3		2.3		2.3
Mismatch Loss (dB)			0.3		0.3		0.3
Rx-Power (dBW)			-122.5		-122.5		-122.5
Ts (dBK)			27.9		27.9		27.9
No (dBW/Hz)			-200.7		-200.7		-200.7
C/No)up (dBHz)			78.2		78.2		78.2
ETS-VI Kashima							
Frequency (GHz)			20.1219/20.2455		20.1219/20.2455		20.1219/20.2455
ETS-VI							
X'pon Gain (dB)			117.4		117.4		117.4
Output Power (dBW)			-5.1		-5.1		-5.1
Antenna Gain (dBi)			49.0		49.0		49.0
Mismatch Loss (dB)			0.3		0.3		0.3
Feeder Loss (dB)			1.1		1.1		1.1
E.I.R.P. (dBW)			42.5		42.5		42.5
Pointing Loss (dB)			0.6		0.6		0.6
Polarization Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Pass Loss (dB)			210.3		210.3		210.3
Absorp. Loss (dB)			0.3		0.3		0.3
Kashima Feeder Station							
Pointing Loss (dB)			0.5		0.5		0.5
Antenna Gain (dBi)			59.0		59.0		59.0
Feeder Loss (dB)			0.0		0.0		0.0
Rx-Power (dBW)			-110.7		-110.7		-110.7
Ts (dBK)			24.8		24.8		24.8
No (dBW/Hz)			-203.8		-203.8		-203.8
C/No)down (dBHz)			93.1		93.1		93.1
C/No)total (dBHz)			78.1		78.1		78.1
ETS-VI S-S Sta.							
C/No)total (dBHz)			78.1		78.1		78.1
Required C/No (dBHz)			75.1		76.7		73.5
Margin (dB)(1X 10 <sup>-5</sup> )			3.0		1.4		4.6

## 6. おわりに

本稿では、Sバンド衛星間通信実験に用いられる疑似衛星局の概要を及びそれを用いた場合の回線設計について報告した。特に、フォワードリンクで使用される周波数帯は、地上のマイクロ波回線のそれと重複しており、衛星からの送信電波の地表での電力束密度が制限されている。従って、狭い帯域に電力が集中する変調方式の実験においては、電力束密度の制限と所要  $C/N_0$  のトレ

ドオフから最大可能伝送速度を決める必要がある。

今後、本装置を用いた実験により、衛星間通信の実用化に向けての諸技術が開発されるであろう。

### 参考文献

- (1) 鈴木良昭, 木村繁, 高橋靖広, “ETS-VIによる衛星間通信実験(1)計画の進捗状況”, 第79回通信総研研発, 1990年11月.
- (2) 電気通信振興会編, 無線通信規則, 1986年3月.

