

## 6.1.2 高度衛星放送実験 主局 RF 系

高橋 卓<sup>\*1</sup> 吉村 直子<sup>\*1</sup> 小園 晋一<sup>\*1</sup>  
井口 政昭<sup>\*2</sup>

(1996年11月14日受理)

### 6.1.2 TRANSMISSION/RECEPTION EQUIPMENT OF THE KASHIMA MAIN STATION FOR THE COMETS ADVANCED SATELLITE BROADCASTING EXPERIMENTS

By

Takashi TAKAHASHI, Naoko YOSHIMURA, Shin-ichi KOZONO, and  
Masaaki IGUCHI

The CRL earth station for the advanced Satellite Broadcasting Equipment (SBE) of the Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite (COMETS) was established in the Kashima Space Research Center. The Kashima main station transmits HDTV signals to and receives signals from the COMETS. This station is also able to use the N-STAR project as well as COMETS. It has become necessary to change the frequency converters of the earth station because the frequencies the COMETS uses are different from the frequencies N-STAR uses. HPAs are two 350W coupled cavity TWTs. This paper describes the equipment from the 1.7 GHz IF patch to the output compound circuit for the transmission equipment and the equipment from the LNA to the 1.7GHz IF patch for the receiving equipment.

[キーワード] 通信放送技術衛星, 高度衛星放送ミッション, 大電力増幅装置, 周波数変換装置, トランスレータ, COMETS, Advanced satellite broadcasting equipment (SBE), High power amplifier (HPA), Frequency converter, translator.

#### 1. はじめに

通信放送技術衛星 (COMETS) の高度衛星放送ミッション (SBE) 用主局は通信総合研究所鹿島宇宙通信センターの衛星通信実験庁舎に整備されている。この局は COMETS を用いた HDTV 映像の伝送実験等<sup>(1)</sup> に使用するものである。また、この主局は N-STAR 実験用地球局と兼用でき、送・受信設備の周波数変換装置を交

換することで、使用する衛星の周波数に対応することができる。ここでは、1.7GHz 帯中間周波数パッチパネルから、アンテナの直前に設置されている出力合成回路あるいは低雑音増幅器までについて述べる。

#### 2. システム構成

SBE 用主局の RF 系は大電力増幅装置 (第 1 図) と送受信周波数変換架 (第 2 図) から構成されている。この局は COMETS 実験用と N-STAR 実験用と双方に使用可能である。双方の衛星の送受信の周波数と偏波を第 1 表に示す。この局は送受信とも中間周波数 (IF) と

\* 関東支所 宇宙通信技術研究室  
\* 総合通信部 放送技術研究室



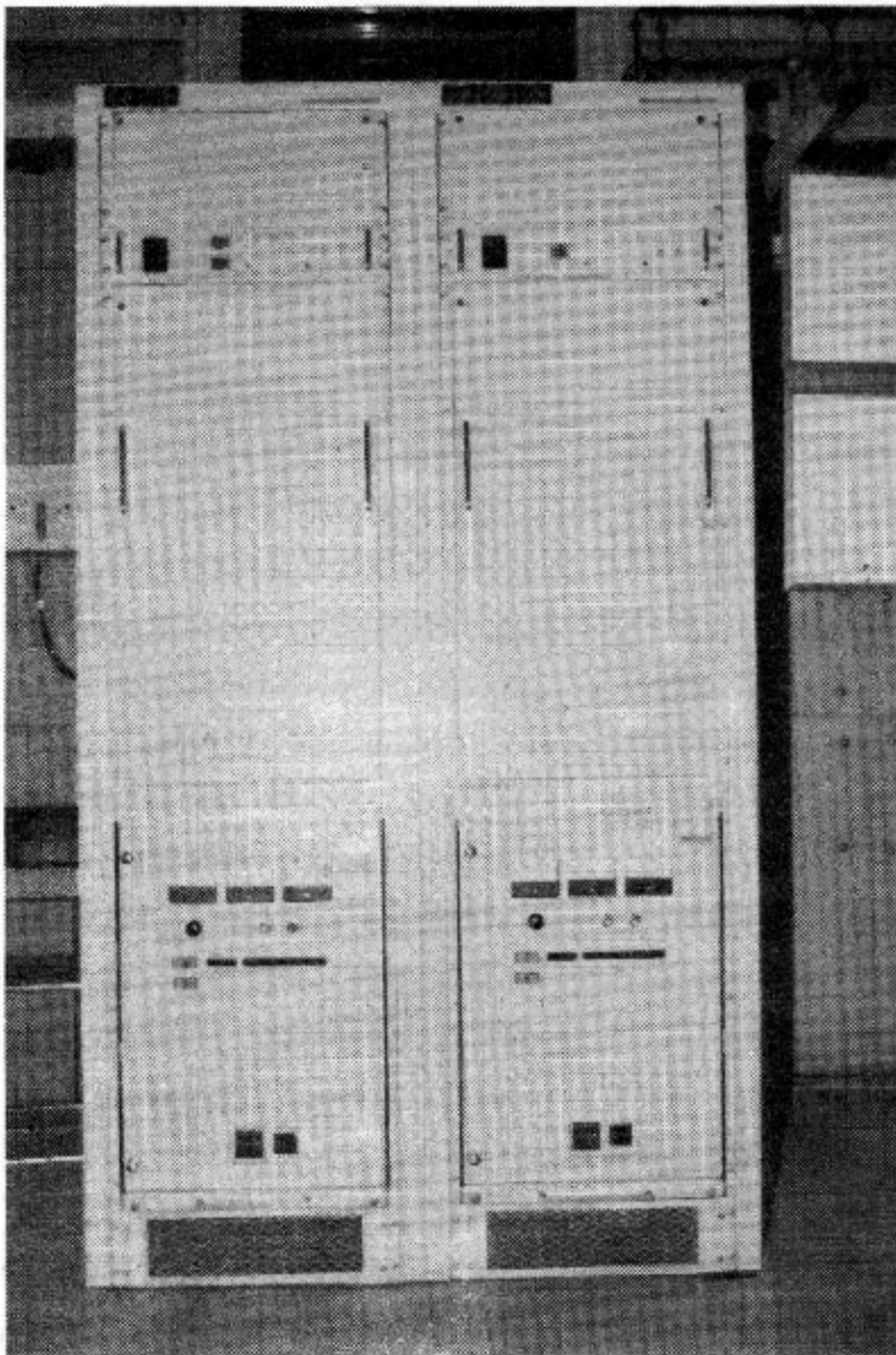
して1.7GHz帯を使用している。この主局のシステム構成図を第3図に示す。375MHzのIF信号周波数を使用する端局のために375MHzから1.7GHzへの周波数変換装置も用意されているが、ここでは説明を省略する。

送信系はIF信号から送信周波数である30GHz帯への周波数変換装置(N-STAR用1台、COMETS用2台)と電力増幅装置(HPA)2台および出力合成回路から構成されている。

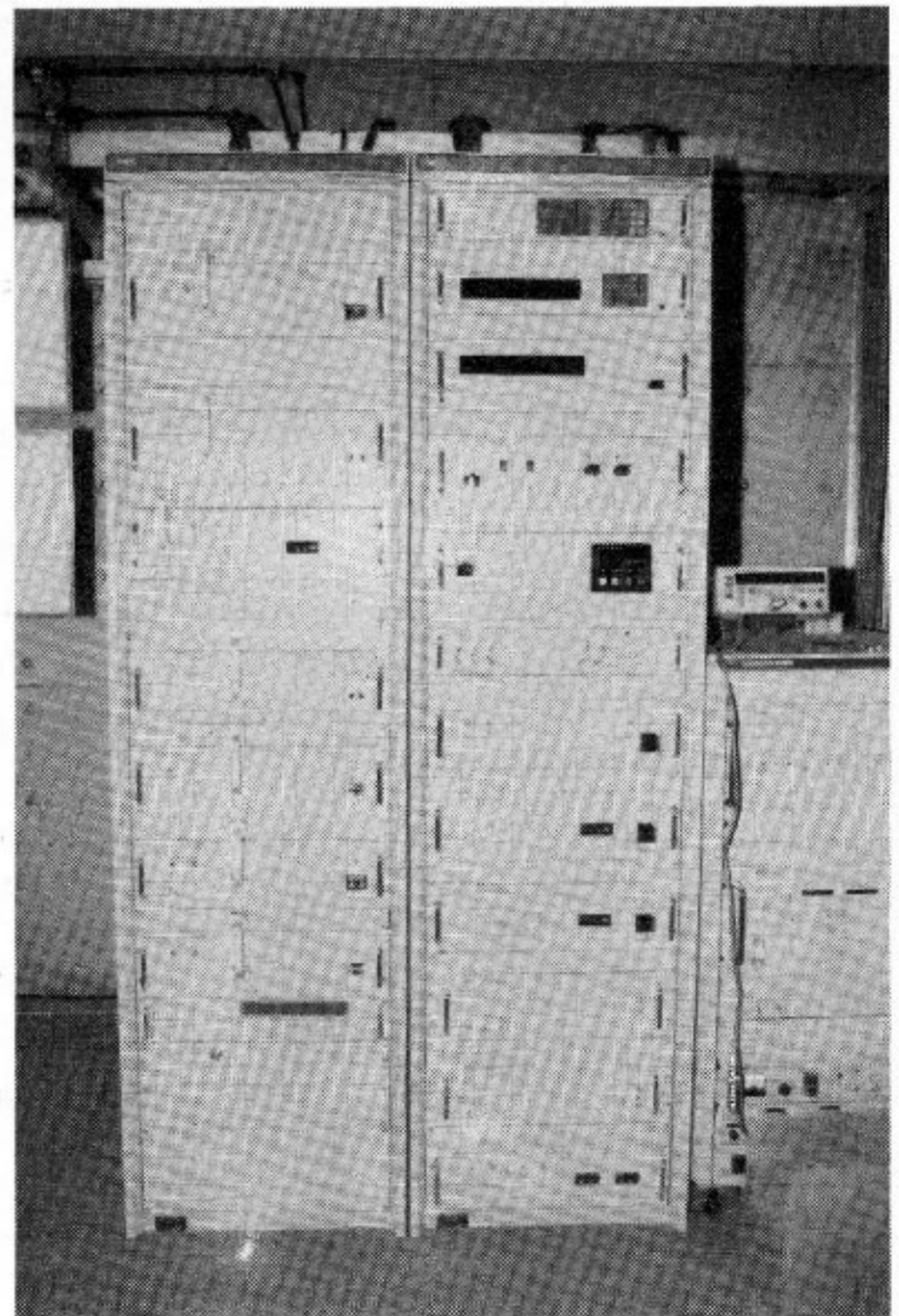
出力合成回路はHPA上に設置されており、HPA出力をアンテナあるいはトランスレータへ出力するものである。また、この回路はCOMETSの関東ビーム用送信信号(27.8GHz)あるいは九州ビーム用送信信号(27.3GHz)のそれぞれ1波を送信あるいは2波を合成

して送信することを可能にしている。1波あるいは2波を合成して送信するかどうかの選択は装置背面のUリンクにより切り替えることができる。この回路により1波送信時にはハイブリッド回路を通さずに送信できるので、その回路損失を軽減することができる。なお、Uリンクが接続されていないときには、大電力増幅器の高圧電源のスイッチが入らないようにする安全装置も整備されている。さらに導波管スイッチを切り替えることにより、HPA出力を方向性結合器を通してトランスレータに送ることもできる。

また、受信系は20GHz帯低雑音増幅器2系統と20GHz帯受信信号をIF周波数帯への信号に変換する周波数変換装置から構成される。この他にアンテナ制御



第1図 大電力増幅装置外観

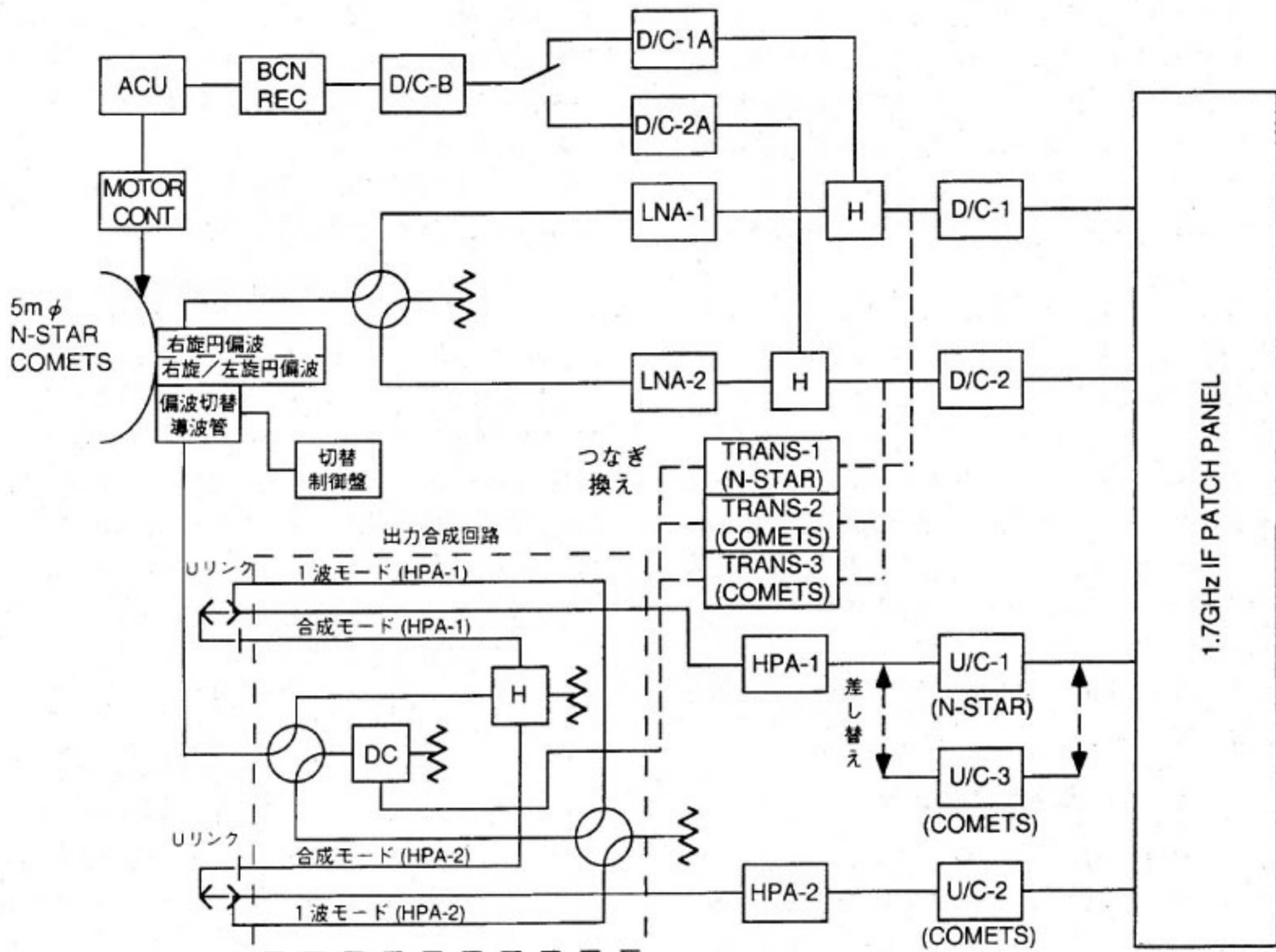


第2図 送受信周波数変換架外観

第1表 対象衛星と地球局の送受信周波数と偏波

| 衛星      | COMETS |           | N-STAR |           |           |
|---------|--------|-----------|--------|-----------|-----------|
| 静止位置    | 東経121° |           | 東経136° |           |           |
| 項目      | 周波数    |           | 周波数    | 偏波        |           |
| 衛星への送信  | 関東ビーム  | 27.3GHz   | 右旋円偏波  | 28.885GHz | 左旋円偏波     |
|         | 九州ビーム  | 27.8GHz   |        |           |           |
| 衛星からの受信 | 信号波    | 20.7GHz   | 右旋円偏波  | 信号波       | 19.085GHz |
|         | ビーコン   | 20.165GHz |        | ビーコン      | 19.450GHz |





第3図 SBE主局システム構成図

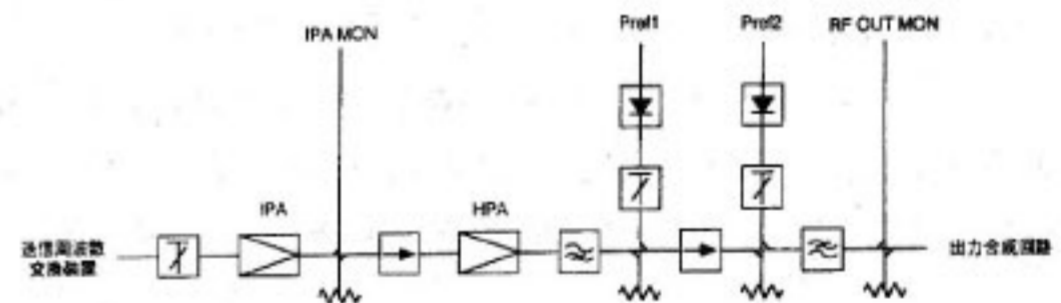
用の周波数変換装置とビーコン受信機などがある。これらの装置については参考文献(2)を参照されたい。

### 3. 電力増幅装置

本装置は送信周波数変換装置からの30GHz帯RF信号を、進行波管(TWT)を用いた大電力増幅部により所望の出力レベルまで増幅し、出力合成回路を経由してアンテナ装置に出力するものである。最終段増幅器として350Wカップルド・キャビティ形TWTを使用している。

構成図を第4図に、電気性能を第2表に示す。本装置に入力されたRF信号は送信機出力調整用の可変抵抗減衰器を通して、中電力増幅器に入力されて中間レベルに増幅される。その後TWTにて最終段増幅される。なお、装置内RF OUT MON端子からのモニタ出力レベルを測定しながら可変抵抗器を調整することにより、容易に出力電力を調整することが可能である。

TWT出力は高域通過フィルタ、アイソレータ、高調波除去フィルタ等の出力高周波回路を通り、装置出力端まで導波管で導かれる。高域通過フィルタは受信系に影響を与える20GHz帯ノイズを除去するために設けられ



第4図 大電力増幅装置構成図

第2表 大電力増幅装置電気

| 項目       |            |           |
|----------|------------|-----------|
| 中心周波数    | HPA-1      | 28.885GHz |
|          | HPA-2      | 27.3GHz   |
| 飽和電力出力   |            | 48.3dBm   |
| 入力電力     |            | -13dBm    |
| 帯域内利得偏差  | 飽和領域       | 0.4dB     |
|          | 出力バックオフ6dB | 1.6dB     |
| 周波数帯域幅   | HPA-1      | ±100MHz   |
|          | HPA-2      | ±60MHz    |
| 群遅延特性    |            | 2.8ns     |
| 残留AM     |            | -50dBc    |
| 許容負荷VSWR |            | 1.3以下     |
| 入出力VSWR  |            | 1.3       |

たフィルタであり、受信系周波数帯域より高いカットオフ周波数 (26GHz) の導波管により構成されている。また、高調波フィルタはTWT内で発生する高調波除去用であり2倍波以上の周波数に対して減衰器として働くものである。アイソレータはTWTの負荷インピーダンスを一定に保ち、TWTが安定動作となるよう設けられている。

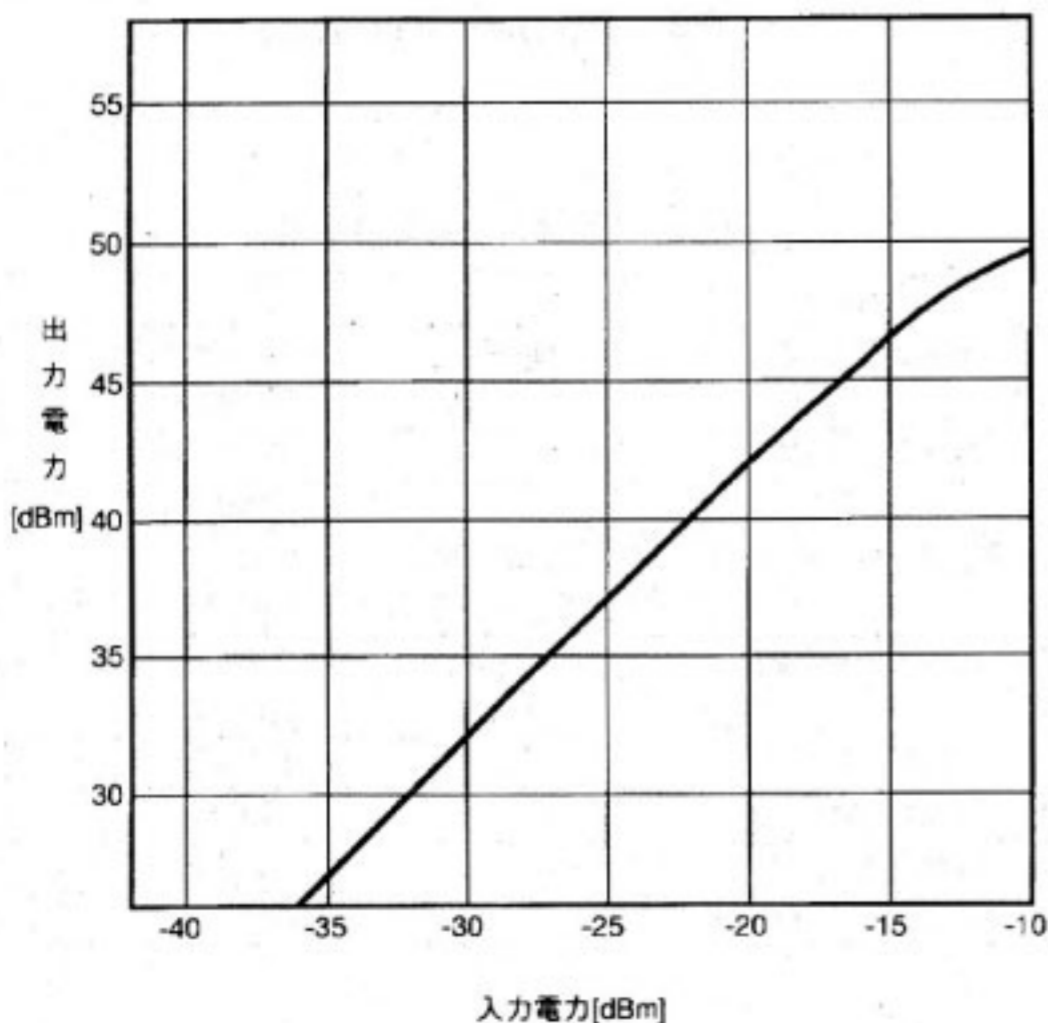
アイソレータの前段にある反射電力検出回路 (REF 1) はアイソレータからの反射電力を検出し、アイソレータの後段にある反射電力検出回路 (REF 2) は出力合成回路からの反射電力を検出する目的で設けられている。反射電力の増大時には、この反射電力を監視している監視制御盤からTWT電源に対して制御信号が出力され、TWTへの高圧電源出力を高速で遮断する。この制御により導波管内にアークが発生した場合でもアークからTWTを保護することができる。

本装置の入出力特性及び振幅周波数特性をそれぞれ第5図、第6図に示す。

#### 4. 低雑音増幅装置

低雑音増幅装置は衛星 (COMETS および N-STAR) から送られてくる 20GHz 帯の微弱な信号を低雑音増幅するためのものである。低雑音増幅装置の高周波部と2台の低雑音増幅器電源盤を含む低雑音増幅器切替制御盤で構成されている。低雑音増幅器の性能仕様を第3表に、低雑音増幅装置高周波部の構成を第7図に示す。

アンテナ・フィードからの高周波入力信号は導波管切替器を通り、LNA-1 (N-STAR 用) または、LNA-2 (COMETS 用) の低雑音増幅器に供給され、増幅され



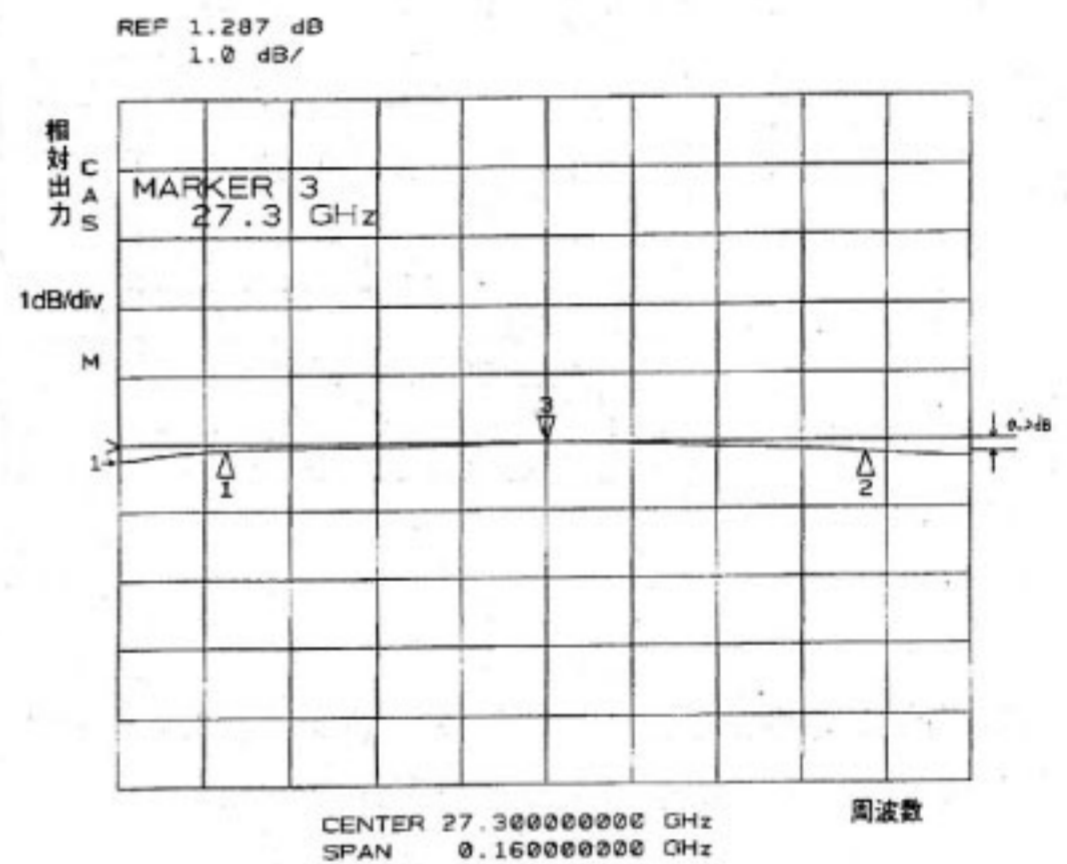
第5図 大電力増幅装置入出力特性

た信号が低雑音増幅器の出力端子から出力される。この低雑音増幅器は、FET素子2個からなるユニット増幅器3個で構成され、全体として6段のFETで構成されており約42dBの利得を持つ。

導波管切替器の機械的手動切替以外の必要な制御と監視は、室内の低雑音増幅器切替制御盤を通して行われる。

#### 5. 送信周波数変換装置

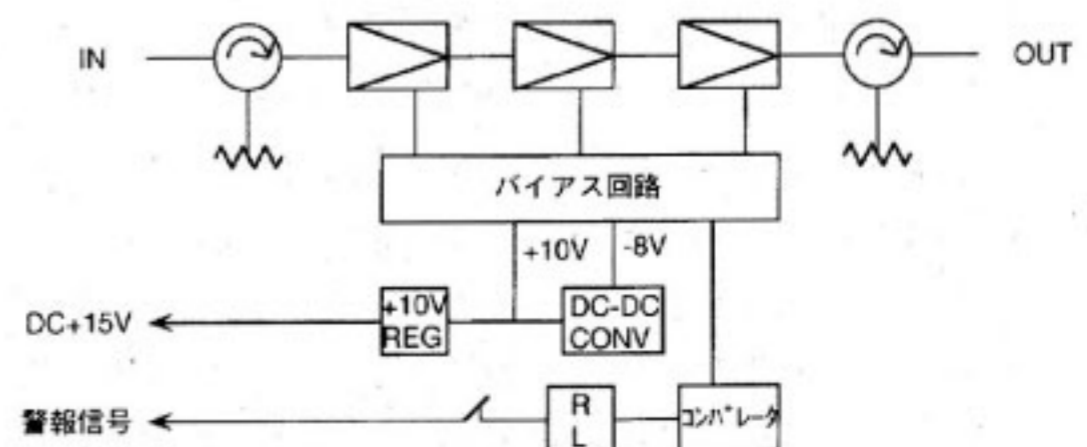
1.7GHz帯IF信号を送信周波数である30GHz帯に周波数変換する装置である。HPA-1につながる系にはU/C-1 (N-STAR用) あるいはU/C-3 (COMETS九州ビーム用: 27.3GHz) を使用する。両装置の切替は送信周波数変換装置ユニットごと架から抜き取り、差し替えることによって行う。HPA-2につながる系には



第6図 大電力増幅装置振幅周波数特性

第3表 低雑音増幅器性能

| 項目                          | LNA-1             | LNA-2            |
|-----------------------------|-------------------|------------------|
| 周波数範囲                       | 17.7GHz~19.45GHz  | 20.1GHz~20.8GHz  |
| 利得                          | 42.5dB            | 42.2dB           |
| 利得周波数特性                     | 0.8dBp-p          | 1.0dBp-p         |
| 入/出力VSWR                    | 1.5以下             |                  |
| 雑音温度 (サブシステム)<br>(25°Cにおいて) | 218.9K (19.45GHz) | 227.4K (20.7GHz) |



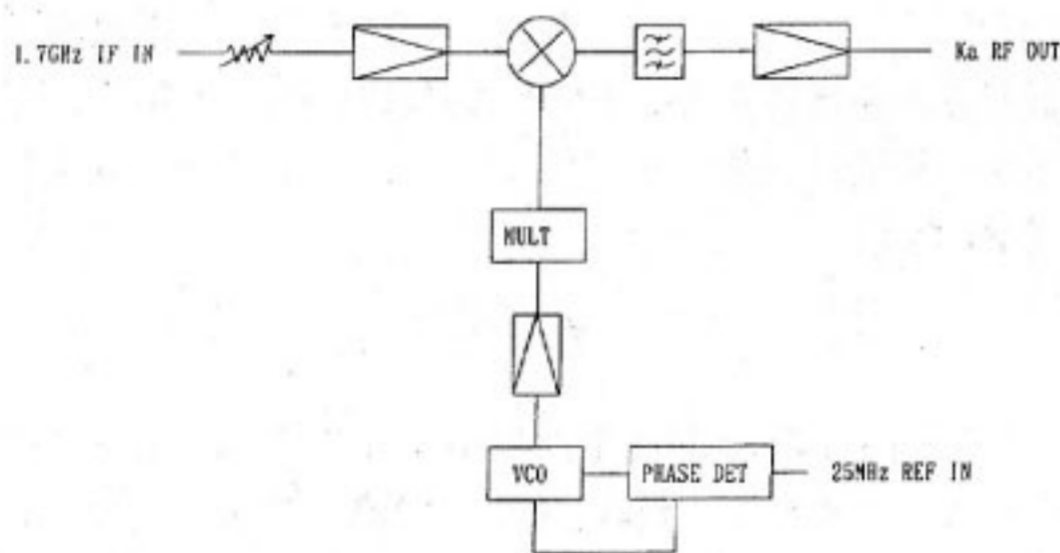
第7図 低雑音増幅器構成図



U/C-2 (COMETS 関東ビーム用: 27.8GHz) が組み込まれている。送信周波数変換装置のブロックダイアグラムを第8図に示す。各送信周波数変換装置は局部発振周波数と出力周波数以外は同じ構成をとっており、同じ特性を示すよう制作されている。送信周波数変換装置の電気特性を第4表に、振幅周波数特性を第9図に示す。

### 6. 受信周波数変換装置

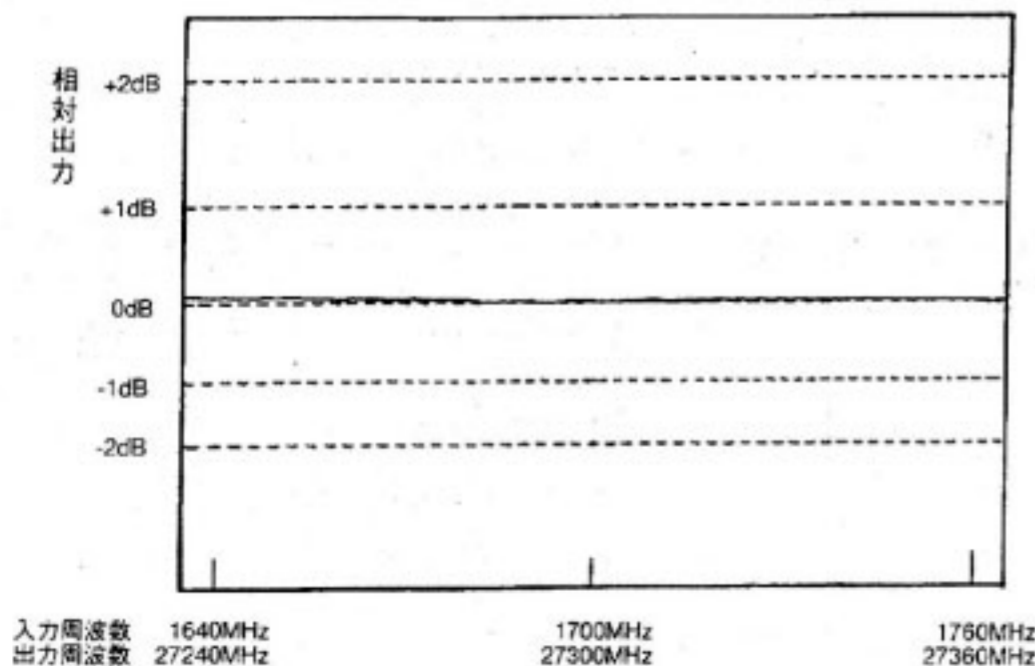
受信周波数変換装置は低雑音増幅器からの 20GHz 帯信号の放送信号系を 1.7GHz 帯 IF 周波数に周波数変換するものである。COMETS 及び N-STAR の周波数に



第8図 送信周波数変換装置ブロックダイアグラム

第4表 送信周波数変換装置電気特性

| 項目      | 特性                            |                  |
|---------|-------------------------------|------------------|
| 入力周波数   | 1700MHz±120MHz                |                  |
| 入力VSWR  | 1.3以下                         |                  |
| 出力周波数   | U/C-1                         | 28.885GHz±120MHz |
|         | U/C-2                         | 27.300GHz±60MHz  |
|         | U/C-3                         | 27.800GHz±60MHz  |
| 出力VSWR  | 1.35以下                        |                  |
| 入力レベル   | -20~-25dBm                    |                  |
| 出力レベル   | -10dBm                        |                  |
| 利得安定度   | +10.5、-1.0dB/+5~+45°C         |                  |
| スプリアス   | 55dBc以上                       |                  |
| 振幅周波数特性 | 3dB以内                         |                  |
| 遅延時間特性  | 3nsec p-p以内                   |                  |
| 周波数安定度  | ±5×10 <sup>-8</sup> /+5~+45°C |                  |

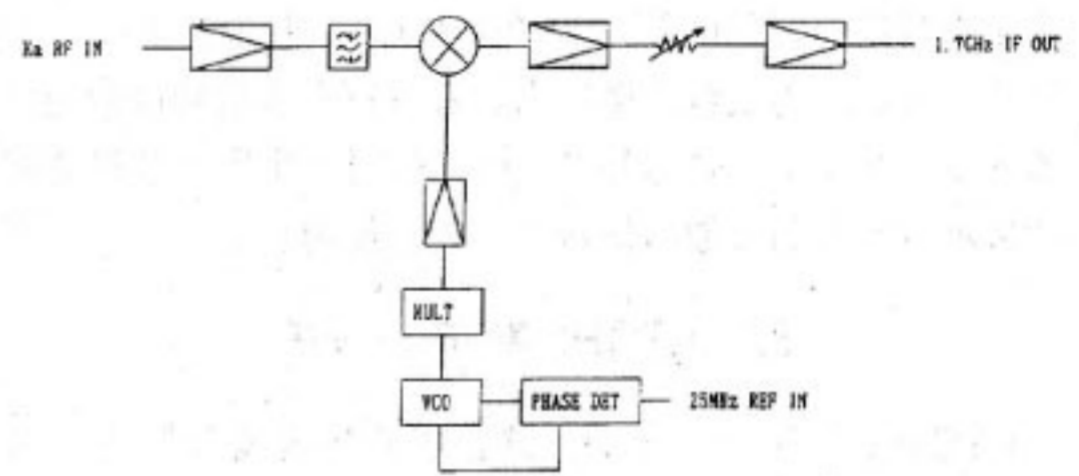


第9図 送信周波数変換装置振幅周波数特性

対応したものが1台ずつ用意されている。このほかにビーコン受信用に 20GHz 帯信号を 1.4GHz 帯に周波数変換し、ビーコン用受信周波数変換盤 (第3図中 D/C-B) に出力する周波数変換装置が2台 (同 D/C-1A: N-STAR 用と D/C-2A: COMETS 用) 整備されている。各受信周波数変換装置は周波数以外は同じ構成をしており、第10図にブロックダイアグラムを示す。また、電気特性を第5表に、第11図に振幅周波数特性を示す。

### 7. トランスレータ

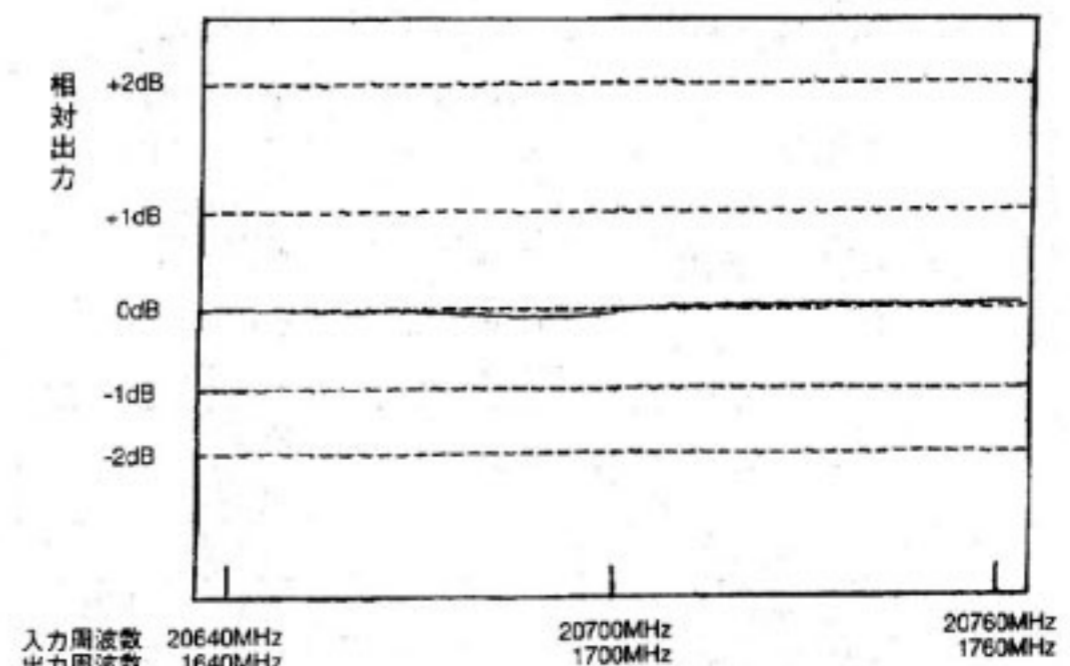
COMETS 用2台及び N-STAR 用の 30GHz/20GHz



第10図 受信周波数変換装置ブロックダイアグラム

第5表 受信周波数変換装置電気特性

| 項目      | 特性                                 |   |
|---------|------------------------------------|---|
| 入力周波数   | D/C-1<br>D/C-2<br>D/C-1A<br>D/C-2A | 19.085GHz±120MHz<br>20.700GHz±60MHz<br>19.450GHz<br>20.165GHz |
| 入力VSWR  | 1.35以下                             |   |
| 出力周波数   | D/C-1、D/C-2<br>D/-1A、D/C-2A        | 1700MHz<br>1440MHz  |
| 出力VSWR  | 1.3以下                              |   |
| 入力レベル   | -35~-45dBm                         |   |
| 出力レベル   | -10dBm                             |   |
| 変換利得    | 25~35dB                            |   |
| 利得安定度   | +1.5、-1.0dB/+5~+45°C               |   |
| スプリアス   | 30dB以上                             |   |
| 振幅周波数特性 | 3dB以内                              |   |
| 遅延時間特性  | 3nsec p-p以内                        |   |
| 周波数安定度  | ±5×10 <sup>-8</sup> /+5~+45°C      |   |

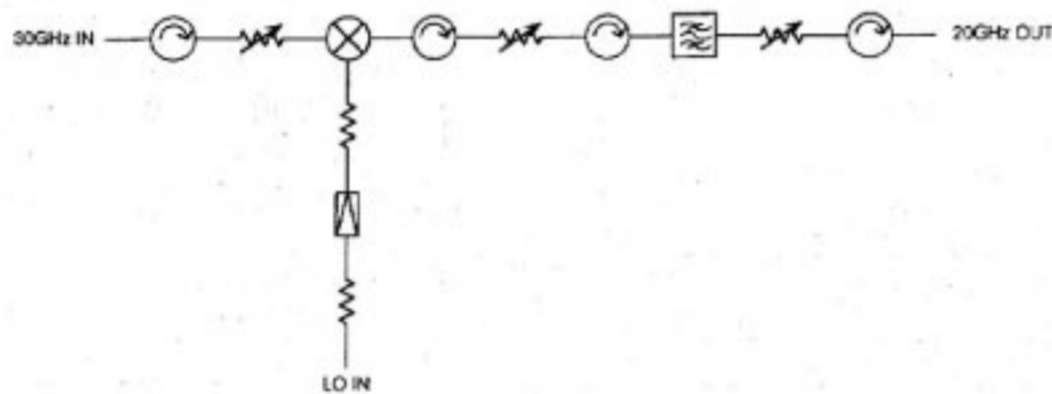


第11図 受信周波数変換装置振幅周波数特性

トランスレータが整備されている。トランスレータは疑似衛星の役割を果たす周波数変換器である。第12図にその構成図を、また第6表にその電気特性を示す。このトランスレータへの入力は、出力合成回路より HPA 出力信号を方向性結合器を通して供給される。出力は受信周波数変換装置へ送られる。なお、本地球局では2衛星3周波数を使用可能であるが、それぞれ入出力の周波数が異なる。従ってフィルタなどの構成部品の周波数特性が異なるため、それぞれの周波数に合わせ計3台のトランスレータが整備されている。トランスレータの選択は使用するトランスレータをユニットごと交換し、所定の場所にセットすることで行う。周波数変換器の選択など入出力機器の切替はUリンクの接続を変更することで行う。なお、周波数変換に用いるローカル信号は使用するトランスレータに応じて、外部信号発生器より第6表中に示された周波数の信号を入力し使用する。

8. 1.7GHz 帯 IF パッチ

1.7GHz 帯 IF パッチは、送信周波数変換装置へ接続する変調器を選択する、さらに、受信周波数変換装置からの信号を出力する復調器を選択するものである。第13図に1.7GHz 帯 IF パッチの構成図を示す。端子数は、



第12図 トランスレータ構成図

第6表 トランスレータ電気特性

| 項目      |         |           |           |
|---------|---------|-----------|-----------|
| 入力中心周波数 |         | TRANS-1   | 28.885GHz |
|         |         | TRANS-2   | 27.3GHz   |
|         |         | TRANS-3   | 27.8GHz   |
| 出力中心周波数 |         | TRANS-1   | 19.085GHz |
|         |         | TRANS-2,3 | 20.7GHz   |
|         |         | TRANS-1   | ±120MHz   |
| 帯域幅     |         | TRANS-2,3 | ±60MHz    |
|         |         |           |           |
| 局発      | 発信周波数   | TRANS-1   | 9.8GHz    |
|         |         | TRANS-2   | 6.6GHz    |
|         |         | TRANS-3   | 7.1GHz    |
|         | 入力レベル   |           | 2dBm      |
|         | インピーダンス |           | 50Ω       |
| 利得      | ノミナル利得  |           | -30dB     |
|         | 可変範囲    |           | -30~-50dB |
| V SWR   |         |           | 1.35以下    |

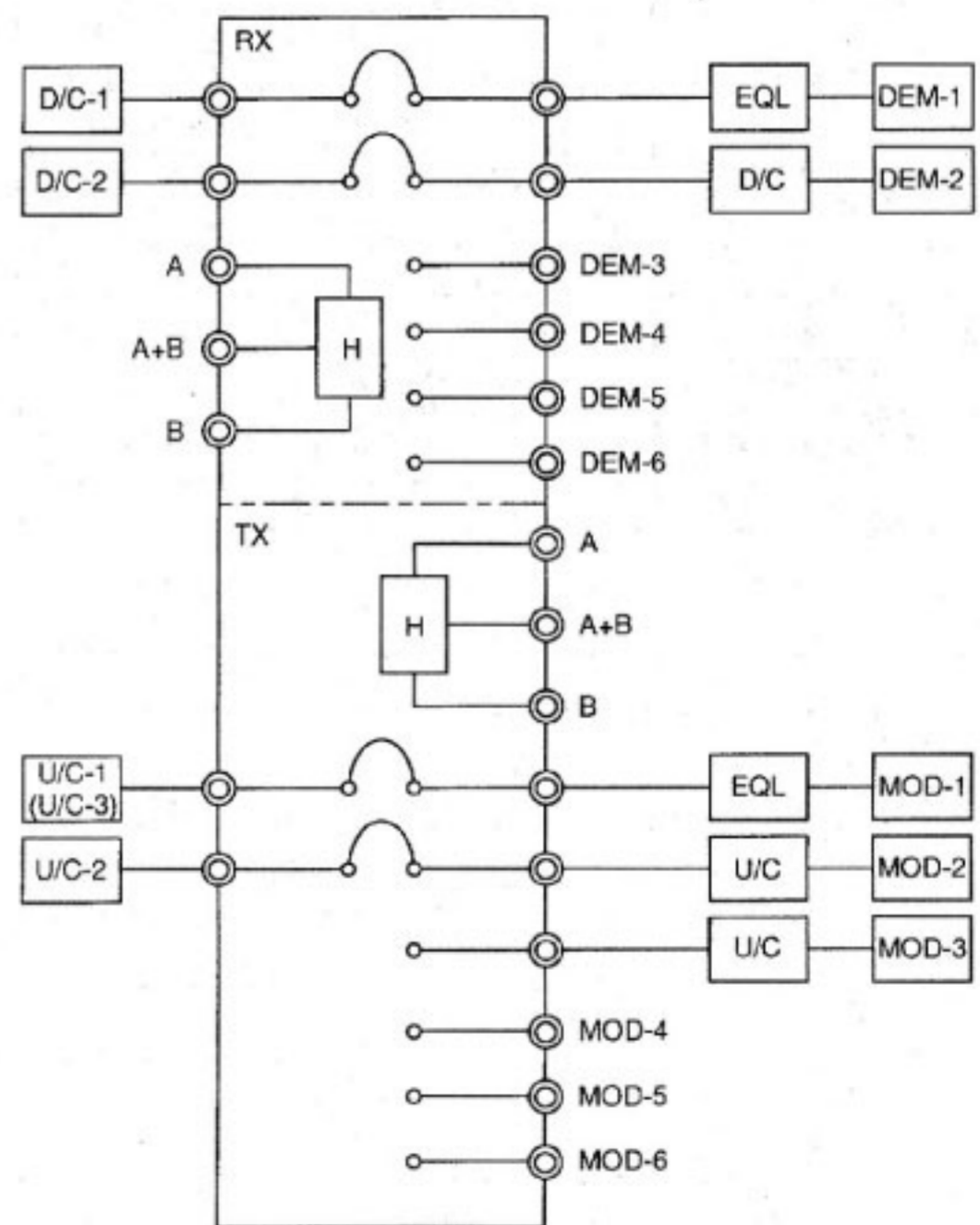
送信系が入力用に6端子、出力用に2端子が、また、受信系には入力用に2端子、出力用に6端子が用意されている。変調器、復調器の選択は、パネル前面に出ているUリンクを接続することで行う。また、送・受信系とも各1個ずつ信号に雑音を付加することのできる合成器が用意されている。

9. 総合特性

COMETS の SBE 実験に使用する RF 系の各コンポーネントについて紹介してきた。これらの装置を組み合わせ使用することになる。送信系 (HPA+U/C) の振幅周波数特性と遅延周波数特性をそれぞれ第14図と第15図に示す。また、受信系 (LNA+D/C) の振幅周波数特性と遅延周波数特性をそれぞれ第16図と第17図に示す。最後に、送・受信系のレベルダイアグラムを第18図に示す。

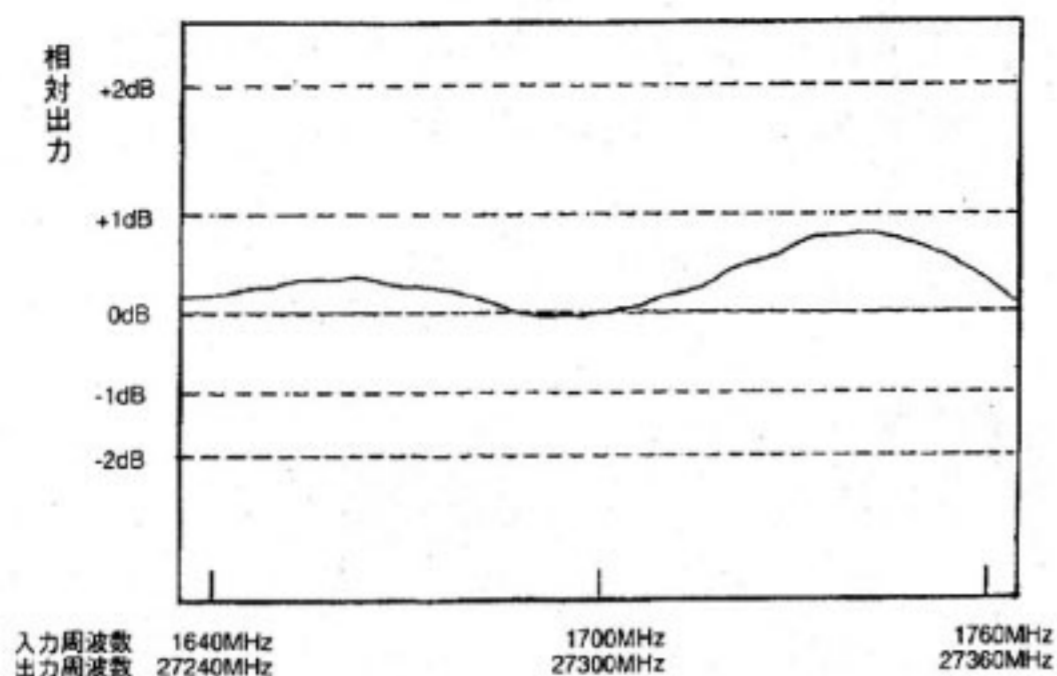
10. まとめ

COMETS の SBE 実験に使用する主局 RF 系システムについて述べた。地域別衛星放送等の実験<sup>(1)</sup>を行うことのできる所望の特性が得られている。

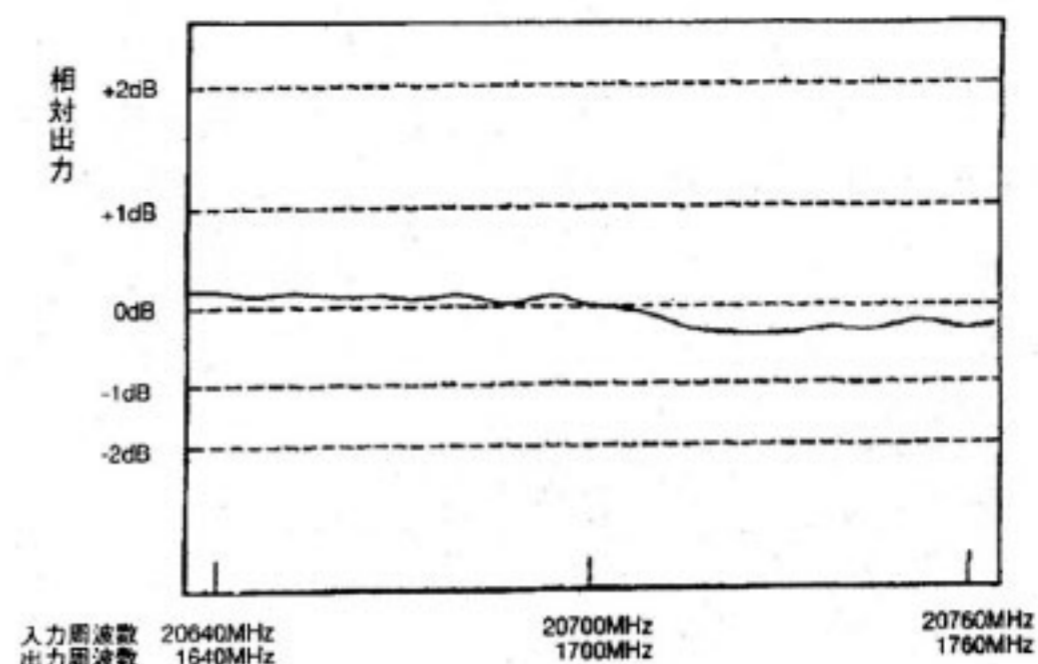


第13図 1.7GHz 帯 IF パッチ構成図

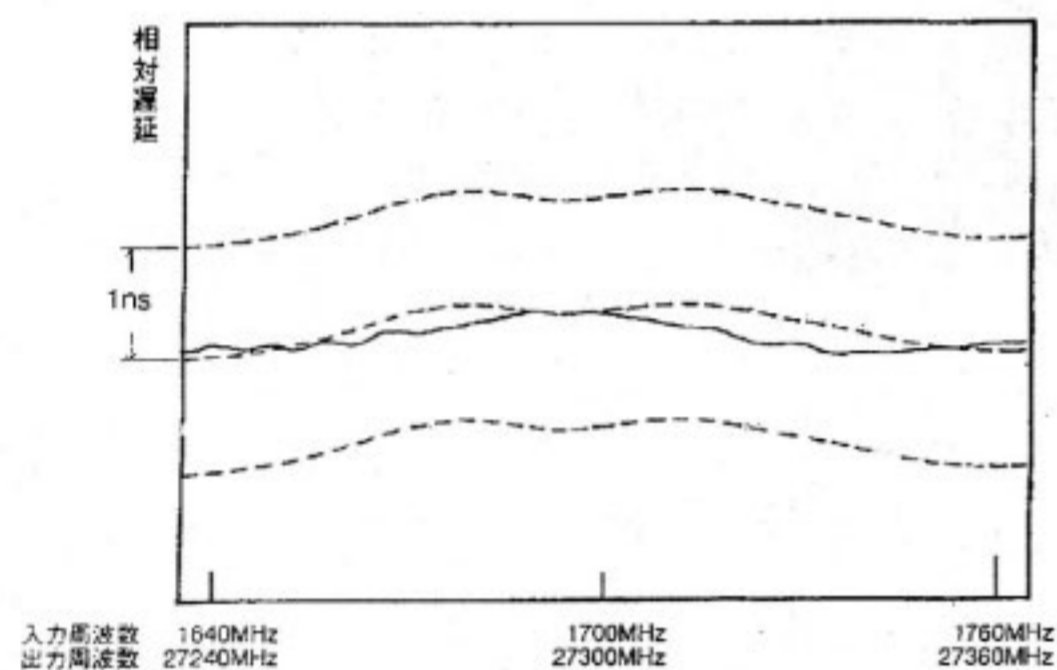




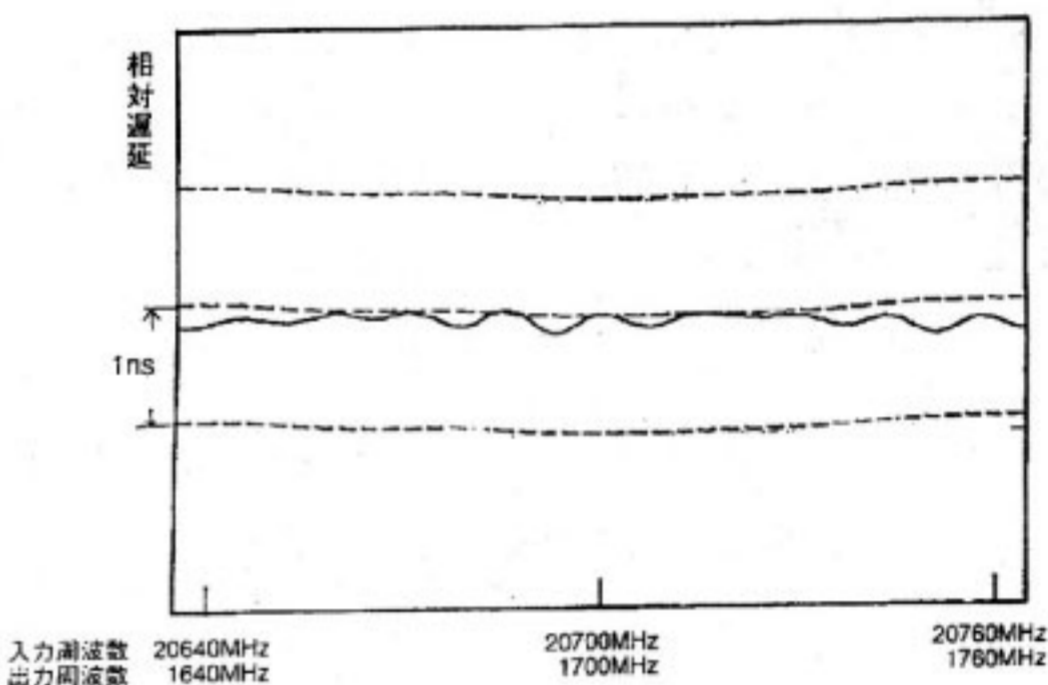
第14図 送信系 (HPA+U/C) 振幅周波数特性



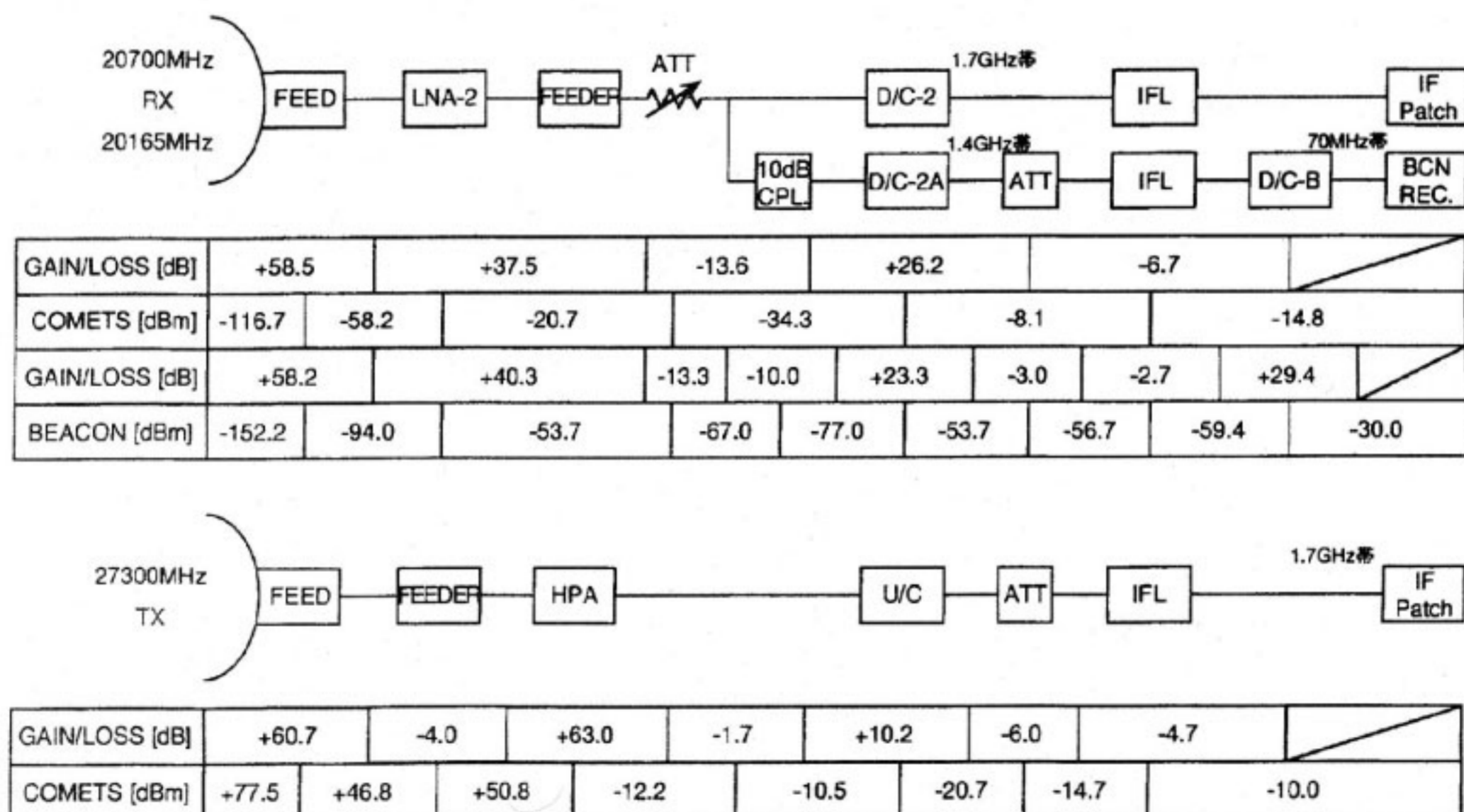
第16図 受信系 (LNA+D/C) 振幅周波数特性



第15図 送信系 (HPA+U/C) 遅延周波数特性



第17図 受信系 (LNA+D/C) 遅延周波数特性



第18図 SBE 主局レベルダイアグラム

## 参 考 文 献

(1) 大川貢, 井口政昭, 都竹愛一郎, “3.2 高度衛星放送実験計画”, 通信総研季, 43, 1, pp.17-24, Mar. 1997.

(2) 吉村直子, 高橋卓, 佐藤正樹, 井口政昭, “6.1.1 高度衛星放送実験主局アンテナ系” 通信総研季, 43, 1, pp.153-161, Mar. 1997.



高橋 卓  
Takashi TAKAHASHI  
関東支所宇宙通信技術研究室  
衛星通信  
E-Mail: kato@crl. go. jp



吉村 直子  
Naoko YOSHIMURA  
関東支所宇宙通信技術研究室  
移動体衛星通信  
E-Mail: yosshiy@crl. go. jp



小園 晋一  
Shin-ichi KOZONO  
関東支所 宇宙通信技術研究室  
衛星通信  
E-Mail: kozono@crl. go. jp



井口 政昭  
Masaaki IGUCHI  
総合通信部放送技術研究室  
衛星通信, 衛星放送, ケーブルテレビ  
E-Mail: igu@crl. go. jp

