

## 3.2 搭載実験機器

## 3.2.1 AMEX の概要

ETS-V 衛星に搭載される EMSS 実験用サブシステムである「移動体通信実験機器」(AMEX という.) は、Cバンド及びLバンドのアンテナ並びに AMEX 中継器から構成される。AMEX の機能ブロック図を第3.2-1図に、主要諸元を第3.2-1表に、重量配分を第3.2-2表に、消費電力を第3.2-3表に、また回線ごとのレベルダイアグラム及び入出力特性を第3.2-2図から第3.2-7図

に示す。

AMEX の製作は、郵政省電波研究所 (RRL)、運輸省電子航法研究所 (ENRI) 及び宇宙開発事業団 (NASDA) が協同して行い、その開発分担は、アンテナ及びダイプレクサと総合試験が NASDA、Cバンド系機器が ENRI、Lバンド系機器と IF 部が RRL である。

EMSS 実験システムにおいては、鹿島地球局 (海岸/航空地球局) と航空機、船舶等の移動体との間の対向回線 (C/L フォワード回線及び L/C リターン回線)、

第3.2-1表 AMEX の主要諸元

項 目		L バンド系	C バンド系
送信周波数		1542.0 ± 1.5, 1546.5 ± 1.5 MHz	5230.0 ± 11.25 MHz
受信周波数		1644.0 ± 1.5, 1648.5 ± 1.5 MHz	5960.0 ± 11.25 MHz
G/T		-3.0 dB/K(N), -4.0 dB/K(S)	-8.0 dB/K (ビーム中心)
最大 EIRP		35.5 dBW(N), 35.0 dBW(S)	25.0 dBW (ビーム中心)
ア ン テ ナ	形 式	オフセットパラボラ 1.5 mφ	ホーン 220 mmφ
	偏 波	左旋円偏波 (送受とも)	左旋円偏波 (送受とも)
ン	ビーム中心	(37°N, 161°E), (5°S, 137°E)	(36°N, 141°E) 鹿島
	送信利得	25.4 dBi(N)*1, 25.0 dBi(S)*1 20.0 dBi(N)*2, 19.5 dBi(S)*2	19.9 dBi*1
テ	受信利得	26.2 dBi(N)*1, 25.7 dBi(S)*1 20.4 dBi(N)*2, 19.9 dBi(S)*2	21.5 dBi*1
	軸 比	1.7 以下 (N) 2.5 以下 (S)	2.8 以下
ナ	給電線損失	1.2 dB	0.6 dB
	構 成	2系統 (1系統/ビーム)	2系統 (現用・予備)
中	出 力	約 25 W (44 dBm, 2 dB 圧縮点)	約 7 W (38.5 dBm, 1 dB 圧縮点)
	雑音指数*3	3.9 dB (ビーム1), 4.1 dB (ビーム2)	4.5 dB (現用), 4.7 dB (予備)
継	IF 周波数	140 MHz ± 11.25 MHz	
	ピココン	1545.0 MHz, 3 W	
器	公称利得*4	123.0 dB (0, +5, +10 dB : C/L 回線) 123.0 dB (-5, 0, +5 dB : L/C 回線) 106.5 dB (0, +5, +10 dB : C/C 回線) 139.5 dB (-5, 0, +5 dB : L/L 回線)	
	公称帯域幅 周波数安定度	3 MHz (L/L 回線を除く), 300 kHz (L/L 回線) 初期設定誤差 ±4.0×10 <sup>-7</sup> 以内 (C/L, L/C 回線) 長期安定度 ±1.4×10 <sup>-6</sup> /年 以内 短期安定度 ±1.4×10 <sup>-7</sup> /秒 以内 温度安定度 ±4.0×10 <sup>-7</sup> /-20°~+50°C 以内	
重 量	スプリアス	-40 dB 以下 (Lバンド出力), -23 dB 以下 (Cバンド出力)	
	3 次 IM*5	-30 dB 以下 (L, C共)	
消費電力		約 65 kg (アンテナ及び中継器) 約 300 W (L系2系統動作時)	

\*1 ビーム中心での値

\*2 ビーム中心から 5° 方向の値

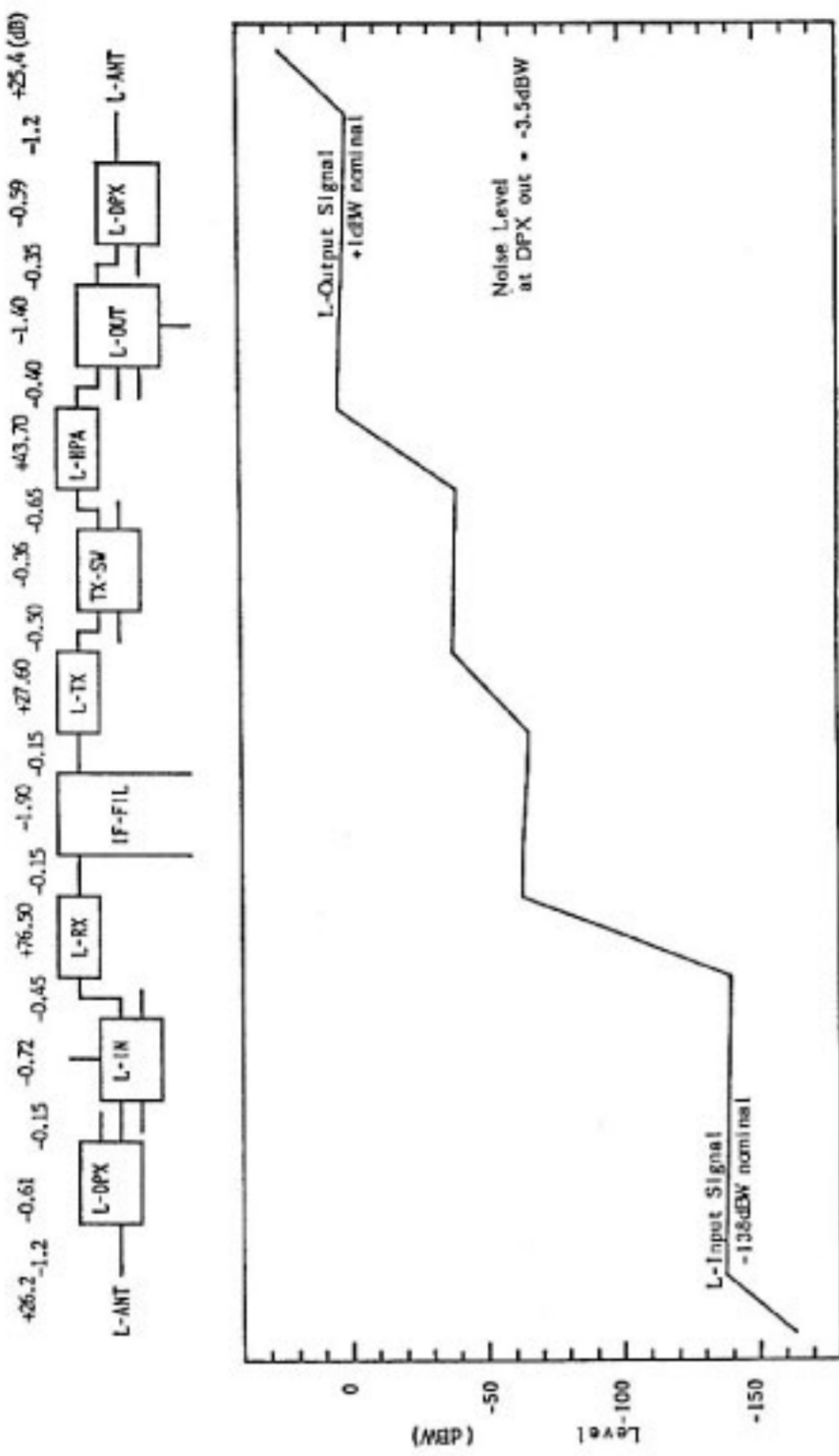
\*3 ダイプレクサのアンテナ側端子での測定値

\*4 C, L両バンドダイプレクサのアンテナ側端子間の利得

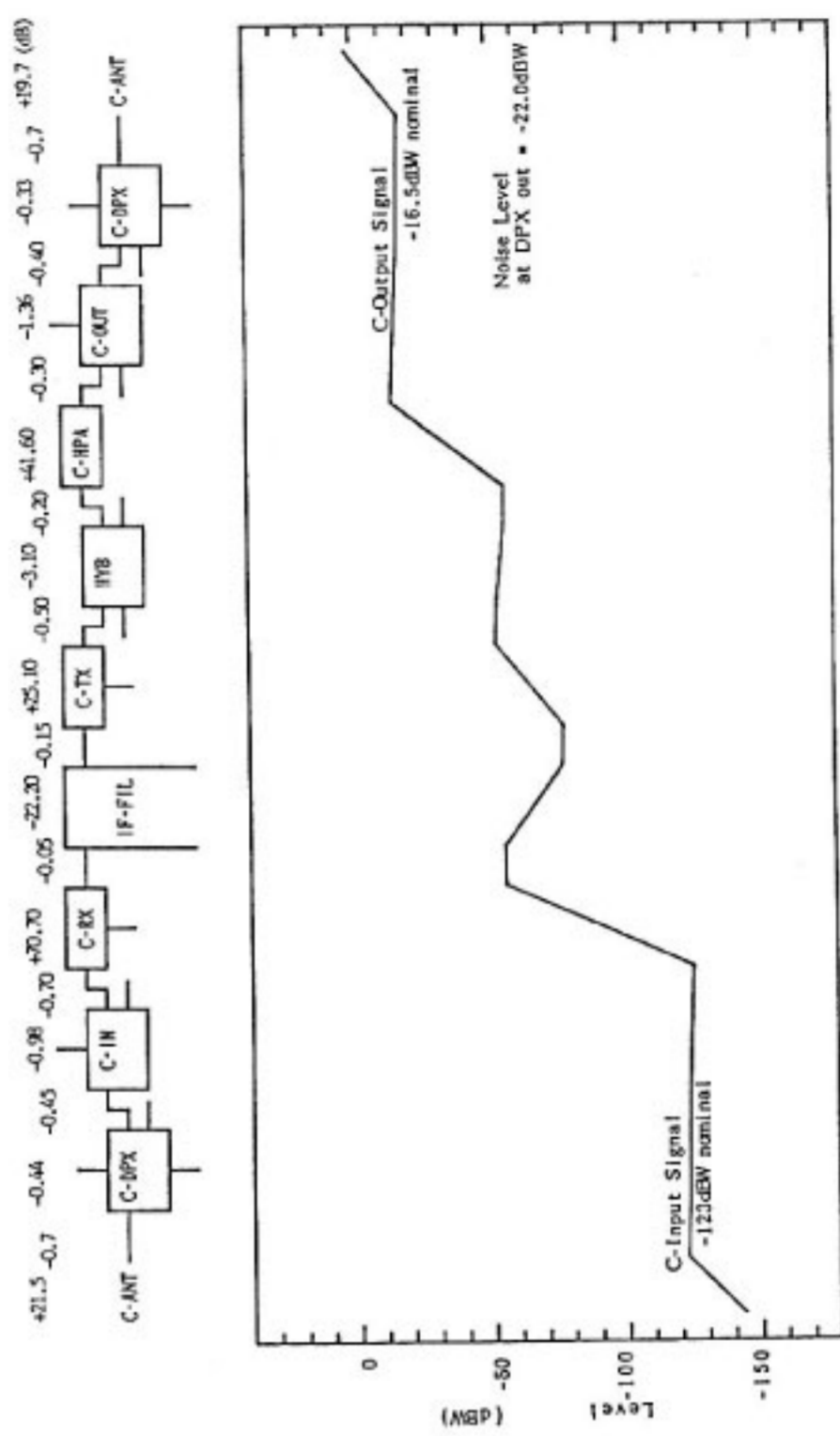
\*5 1波入力時 HPA 出力が +36 dBm(L), +31 dBm(C) となる入力信号を2波入力時

久保田文人 (総合通信部 統合通信網研究室), 長谷良裕 (鹿島支所 第二宇宙通信研究室), 森河 悠 (宇宙通信部 衛星通信研究室)

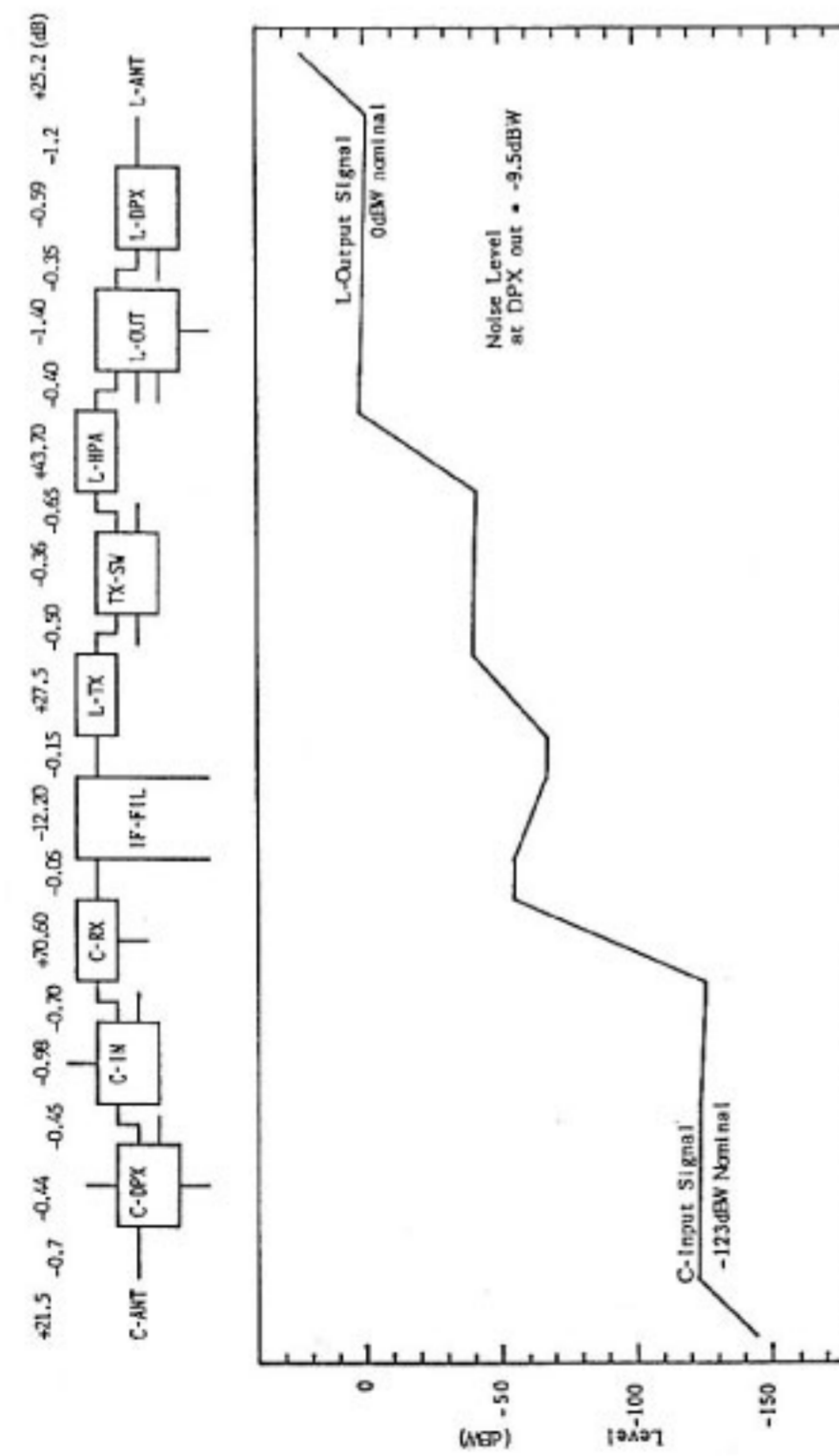




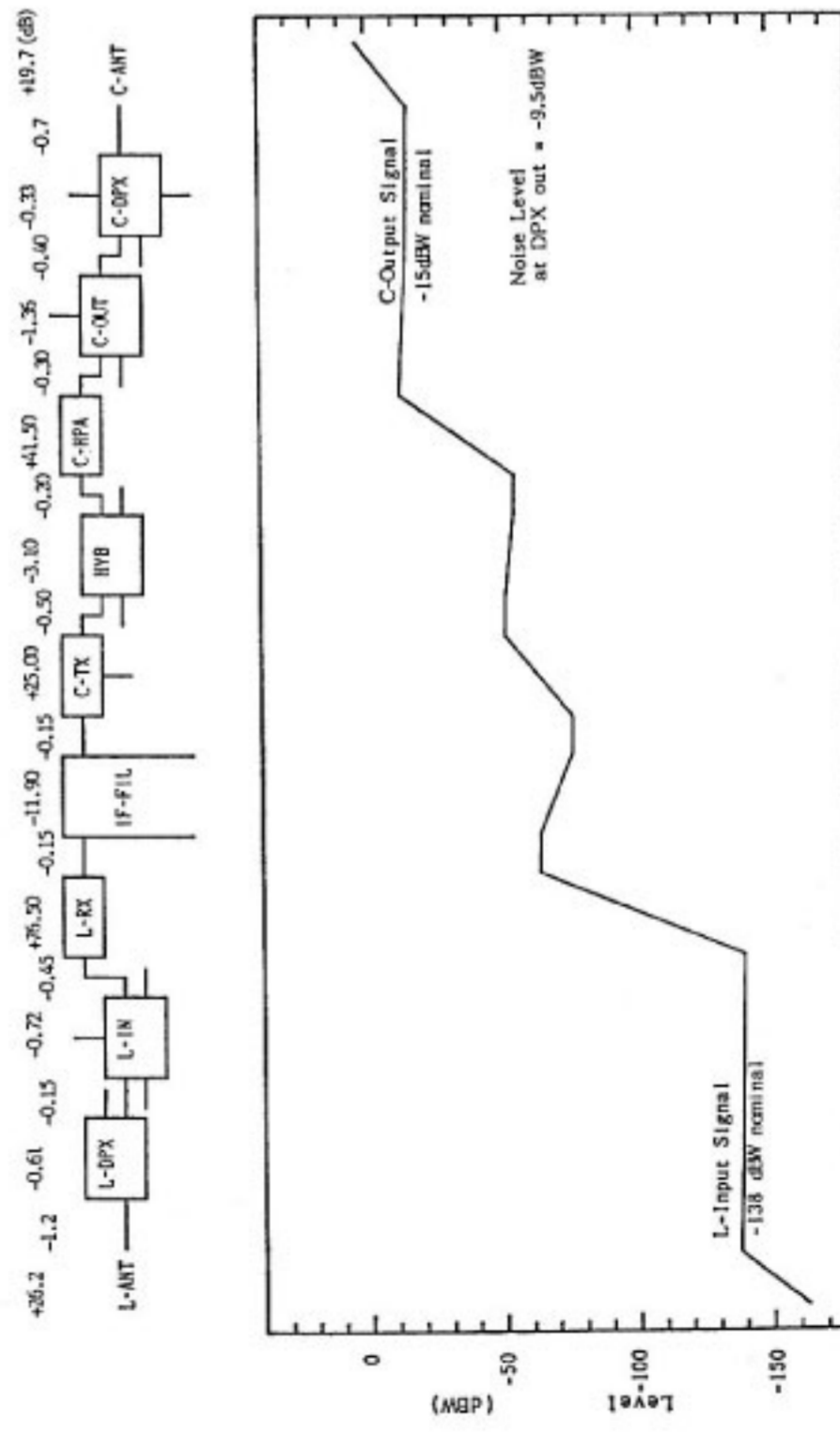
第 3.2-4 図 AMEX レベルダイアグラム (L/L 回線)



第 3.2-5 図 AMEX レベルダイアグラム (C/C 回線)



第 3.2-2 図 AMEX レベルダイアグラム (C/L 回線)



第 3.2-3 図 AMEX レベルダイアグラム (L/C 回線)



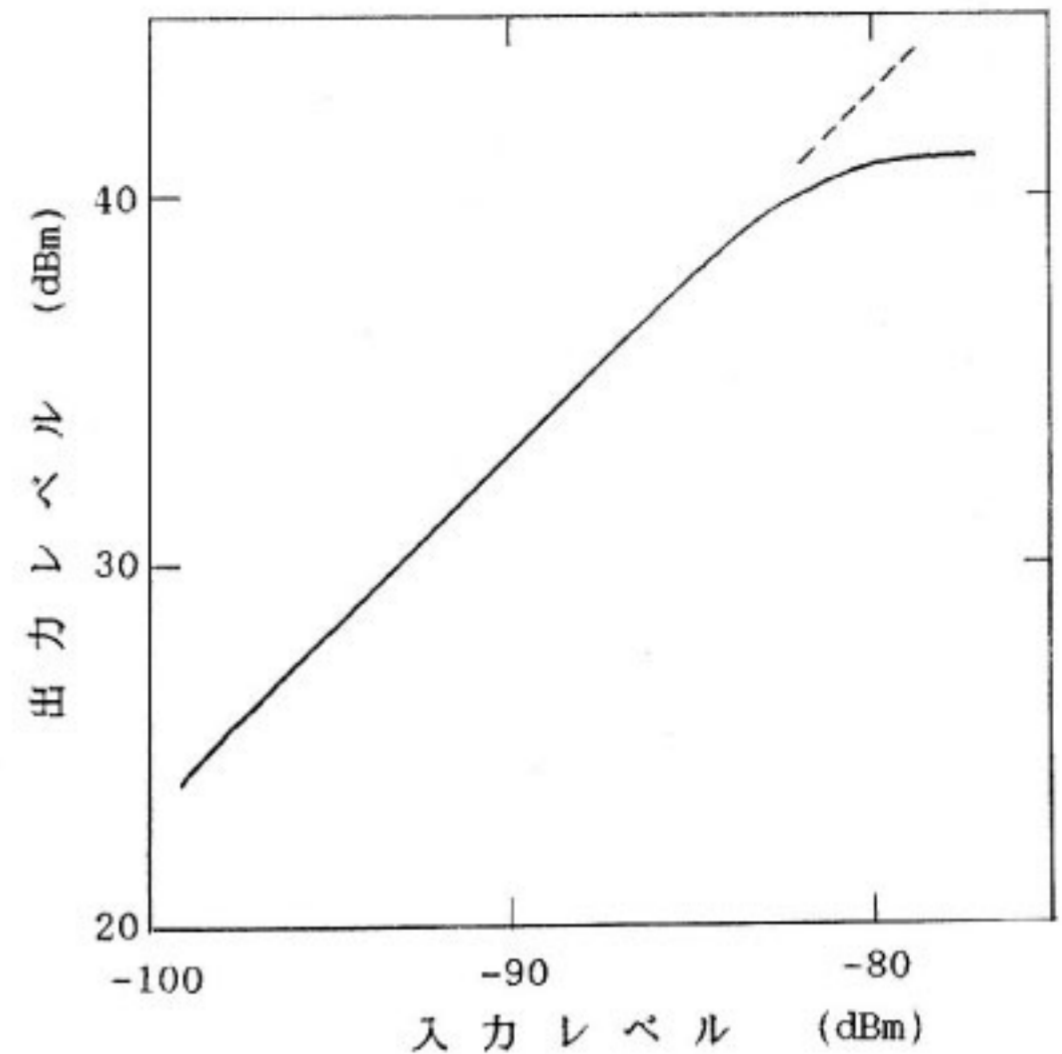
第3.2-2表 AMEX の重量配分

コンポーネント	重量 (g)
アンテナ	(小計) 7600
Lバンド・アンテナ	6200
Cバンド・アンテナ	1400
中継器	(小計) 55905
Lバンド系	(A系) (B系)
ダイプレクサ	1230 + 1228
入力回路	1812
受信部	1958 + 1946
送信部	1844 + 1855
送信切替回路	808
高電力増幅部	2062 + 2060
高電力増幅部用電源	2427 + 2410
ビーコン部	3156
出力回路	5372
中間周波フィルタ部	2110
Cバンド系	(現用) (予備)
ダイプレクサ	578
入力回路	567
受信部	2284
受信局発部	1801
送信部	2113
送信局発部	1785
高電力増幅部	857 + 853
高電力増幅部用電源	1310 + 1311
出力回路	923
ハイブリッド	45×3
電圧変換部	1407 + 1390
RF ケーブル	1327
ワイヤハーネス	4500
高電力増幅部接続ケーブル	486
AMEX 総合	63500

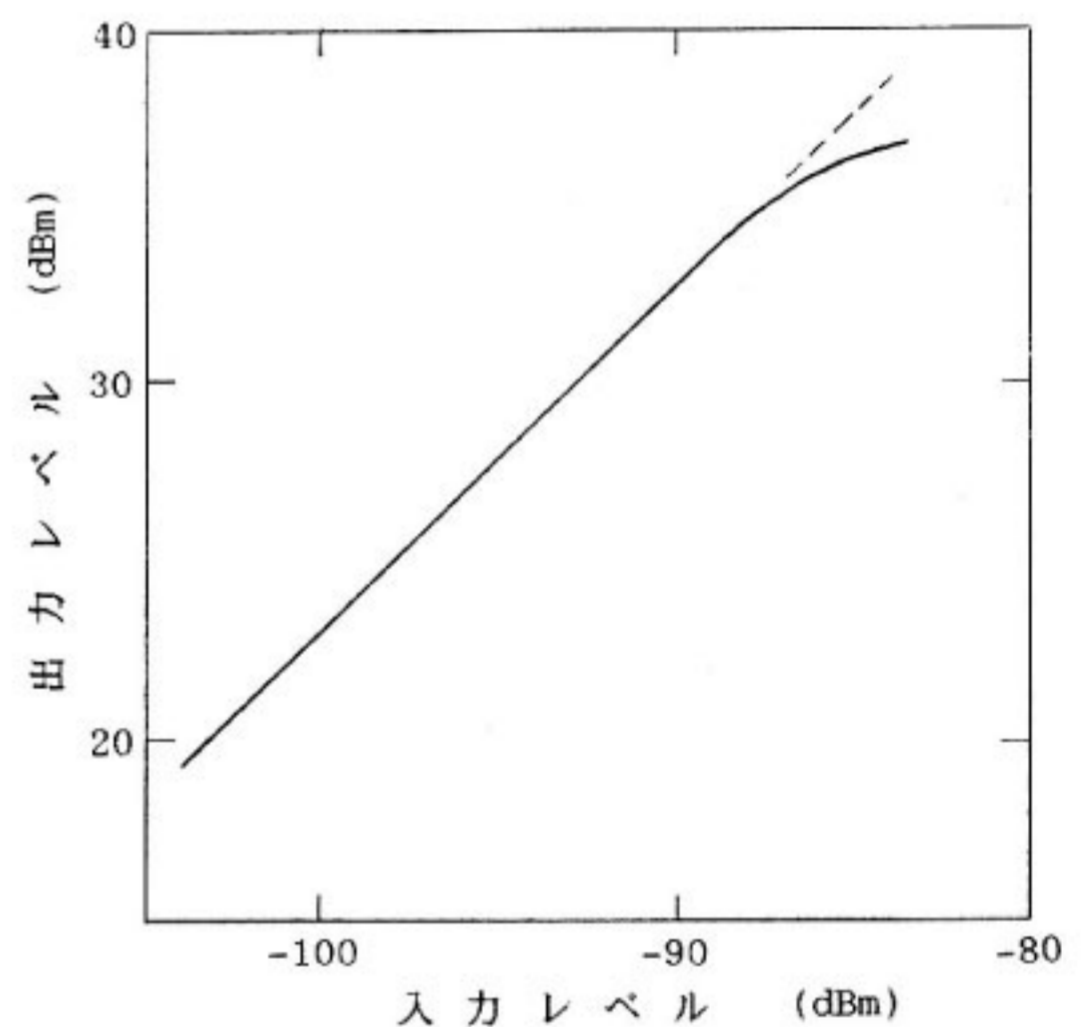
第3.2-3表 AMEX の消費電力

コンポーネント	消費電力 (W)
Lバンド系	(A系) (B系)
受信部	5.6 + 6.0
送信部	6.3 + 6.2
ビーコン部	(30.3)
高電力増幅部	107.3 + 104.4
Cバンド系	(現用) (予備)
受信部	1.8 (1.8)
受信局発部	3.8 (3.7)
送信部	2.0 (2.1)
送信局発部	3.6 (3.7)
高電力増幅部	38.3 (37.7)
AMEX 総合 (2系動作時)	240.0

Lバンドによる移動体間の衛星折り返し回線、Cバンドによる衛星折り返し回線等が設定される。このような複雑な回線構成に対応するため、AMEX は次の特徴を有する。



第3.2-6図 AMEX 入出力特性 (C/L 回線)



第3.2-7図 AMEX 入出力特性 (L/C 回線)

- (1) フィーダリンクはCバンド、衛星と移動地球局間はLバンドの周波数を使用し、様々な回線構成が可能である。
- (2) Lバンド下り回線の高 EIRP を達成するため、Lバンド・アンテナのビームをスポット・ビーム(南・北の2ビーム)とした。
- (3) 海事・航空の両方の通信を行うため、Lバンドに二つの帯域を持っており、それを切り替えて使用する。
- (4) このため、中継器はダブル・コンバージョン構成とし、IF でビーム及び帯域の切り替えを行う。
- (5) Cバンド系部分は現用・予備の2系統(フル冗

長)で、Lバンド系部分は両ビームに対応した現用2系統で、相互に冗長系ともなるような構成とした。

- (6) C/L, L/C, L/L, C/C の各回線とも、5 dB ステップで3段階の利得切り替えが可能である。
- (7) Lバンド, Cバンド共に高出力と長寿命を得るため、また SCPC 通信方式における複数波の共通増幅を考慮して、HPA に GaAs-FET を使った固体化直線増幅器を採用した。
- (8) IF 段の回線切り替え及び帯域制限用に振幅特性及び群遅延特性の良い SAW フィルタを採用した。
- (9) 狭帯域 SCPC 通信方式に対応して、受信部及び送信部の局部発振器の原振にオープン制御水晶発振器を採用し、周波数の高安定化を図った。

やや複雑な中継器内の信号の流れと周波数関係を理解するために、鹿島地球局と航空機地球局との対向通信回線を例にとって説明する。第3.2-1図のほか、第3.2-3図、第3.2-4図及び第3.2-7図も参照されたい。以下の説明では、中継器の各ユニット間の接続の切替え状態は、通常の接続を想定した。

#### 「航空機地球局への C/L フォワード回線」

航空機通信実験においては、中継器の IF 段の A/M スイッチは「A」に設定される。鹿島地球局から衛星へのフィーダリンク上り回線は 6 GHz 帯周波数を用いるが、対する航空機が衛星の南・北どちらの Lバンド・ビームの範囲を飛行中であるかによって、送信周波数を変える。北ビームであれば  $5954.75 \pm 1.5$  MHz で、南ビームであれば  $5969.75 \pm 1.5$  MHz でそれぞれ送信する。これら周波数は AMEX の IF フィルタ「F3」または「F8」に対応したものである。AMEX の Cバンド・アンテナへの受信信号はダイプレクサを通り、Cバンド受信部で 5820 MHz 低い 140 MHz 帯 IF 周波数に変換される。中間周波フィルタ部において、北ビーム向けの信号はバンドパス・フィルタ「F3」を通過して Lバンド A系へ、南ビーム向けは同様に「F8」を通過して B系へと振り分けられる。IF 信号は Lバンド送信機 A系では 1411.75 MHz、B系では 1396.75 MHz 高い周波数に、すなわちどちらも  $1546.5 \pm 1.5$  MHz に変換され、独立に電力増幅の後、A系は Lバンド・アンテナの北ビーム給電部から、B系は南ビーム給電部からそれぞれ下り回線として地上へ送信される。

Lバンドの南・北両ビームは同じ 3 MHz 帯域を共用する方式であるから、チャンネル・インタリーブによる回線設定が原則となる。またこの方式では、両ビームのカバレッジの重複域ではもう一方のビームを経由して信号のモニタが可能なので、その特徴を生かした実験が可能

である。

#### 「航空機地球局からの L/C リターン回線」

フォワード回線と逆の関係になる。航空機地球局からの  $1648.5 \pm 1.5$  MHz の信号は、航空機の位置により AMEX の Lバンド・アンテナの南・北どちらかのビームで受信される。北ビームは A系、南ビームは B系の Lバンド受信部により異なる 140 MHz 帯 IF 周波数に変換され、中間周波フィルタ部においてフォワード回線用と対をなすバンドパス・フィルタ「F3」または「F8」を通り、合成される。さらに Cバンド送信部で 5090 MHz 高い 5 GHz 帯の周波数に変換され、電力増幅の後、Cバンド・アンテナから地上へフィーダリンク下り回線として送信される。

以上の航空機との回線その他、IF 段の A/M スイッチを「M」に切り替えて、フィルタ「F1」または「F6」を経由する船舶地球局との回線、「F2」または「F7」を経由する Lバンド折り返し回線、フィルタ「F4」または「F5」を経由する Cバンド折り返し回線が設定できることは前述のとおりである。

### 3.2.2 アンテナ系

#### (1) Lバンド・アンテナ

Lバンド・アンテナは、有効開口径 1.5 m の CFRP のメッシュによるオフセット・パラボラ反射鏡と、2個のヘリカル式給電素子を有する 2ビーム・アンテナである。3軸制御である ETS-V の地球を向く面(アンテナ・パネル)に取り付けられる。Lバンド・アンテナの送信・受信の輻射パターンを第3.2-8図及び第3.2-9図に示す。

Lバンド・ダイプレクサは小型・軽量であり、高耐電力特性を有する。

#### (2) Cバンド・アンテナ

Cバンド・アンテナは 6/5 GHz 帯共用の口径 22 cm のコニカルホーン・アンテナであり、ビーム中心を鹿島方向に向けて設置される。Cバンド・アンテナの送信・受信の輻射パターンを第3.2-10図及び第3.2-11図に示す。

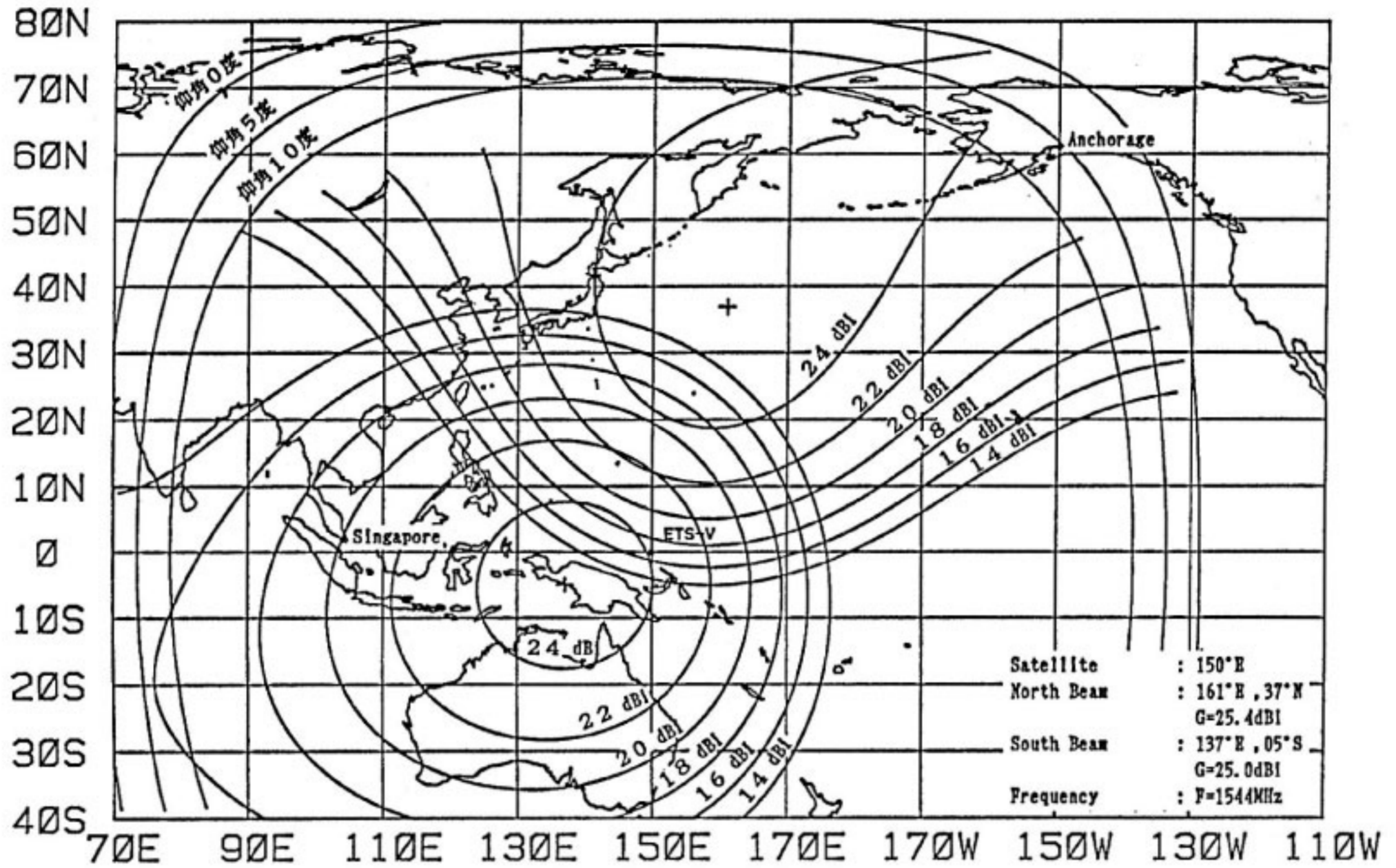
Cバンド・ダイプレクサは通信用と TT & C 用との 2系統の入出力がある。

### 3.2.3 中継器

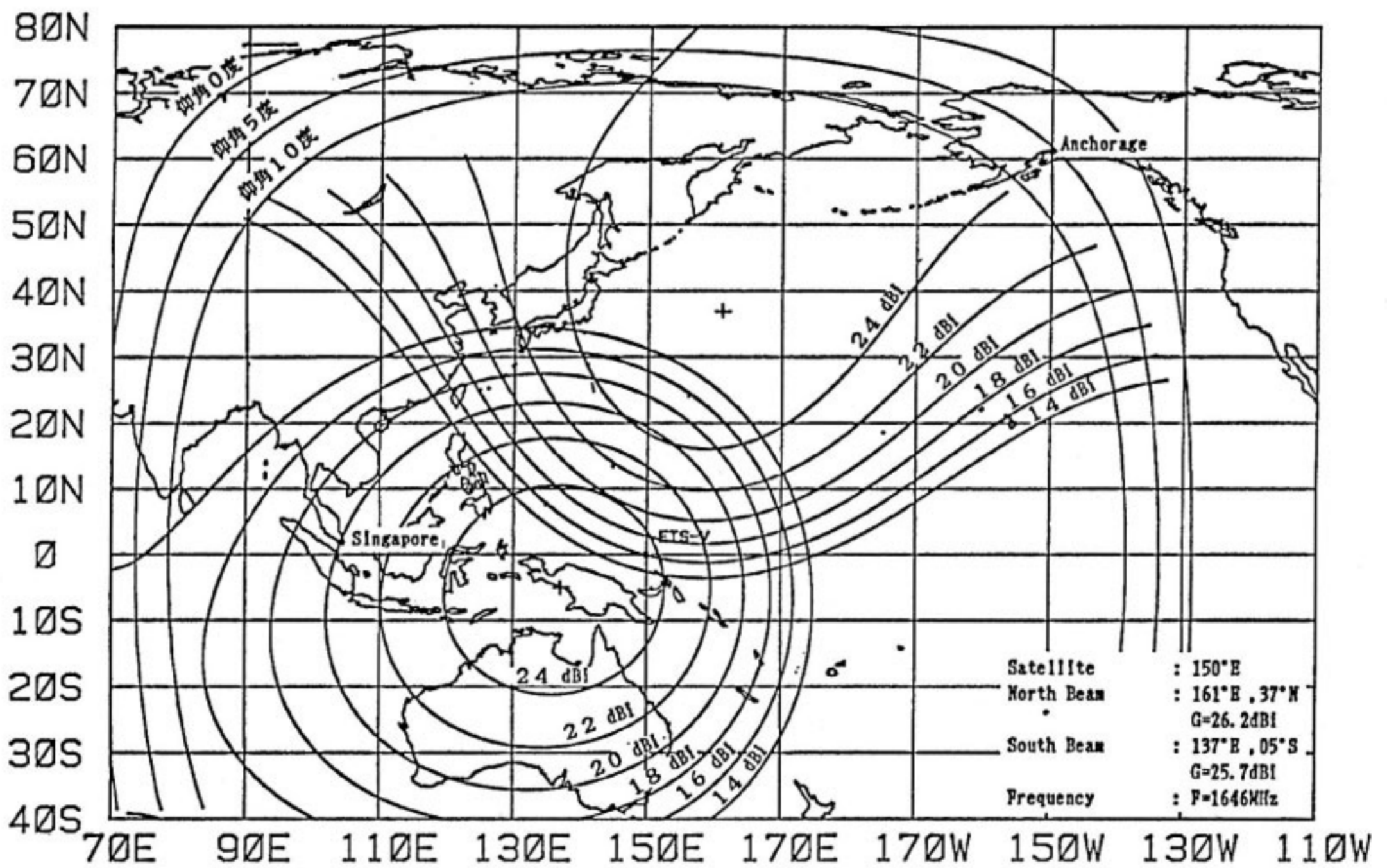
#### (1) Lバンド受信部

Lバンド受信部は現用2系統で、切り替えスイッチにより南・北いずれのビームとも接続が可能であり、1.6 GHz 帯の入力信号を 140 MHz 帯に周波数変換して出力する。A系とB系では周波数変換量が違うため、フィーダリンクの周波数の違いとなって鹿島地球局において区別が可能である。移動体からの低レベルの信号を考慮

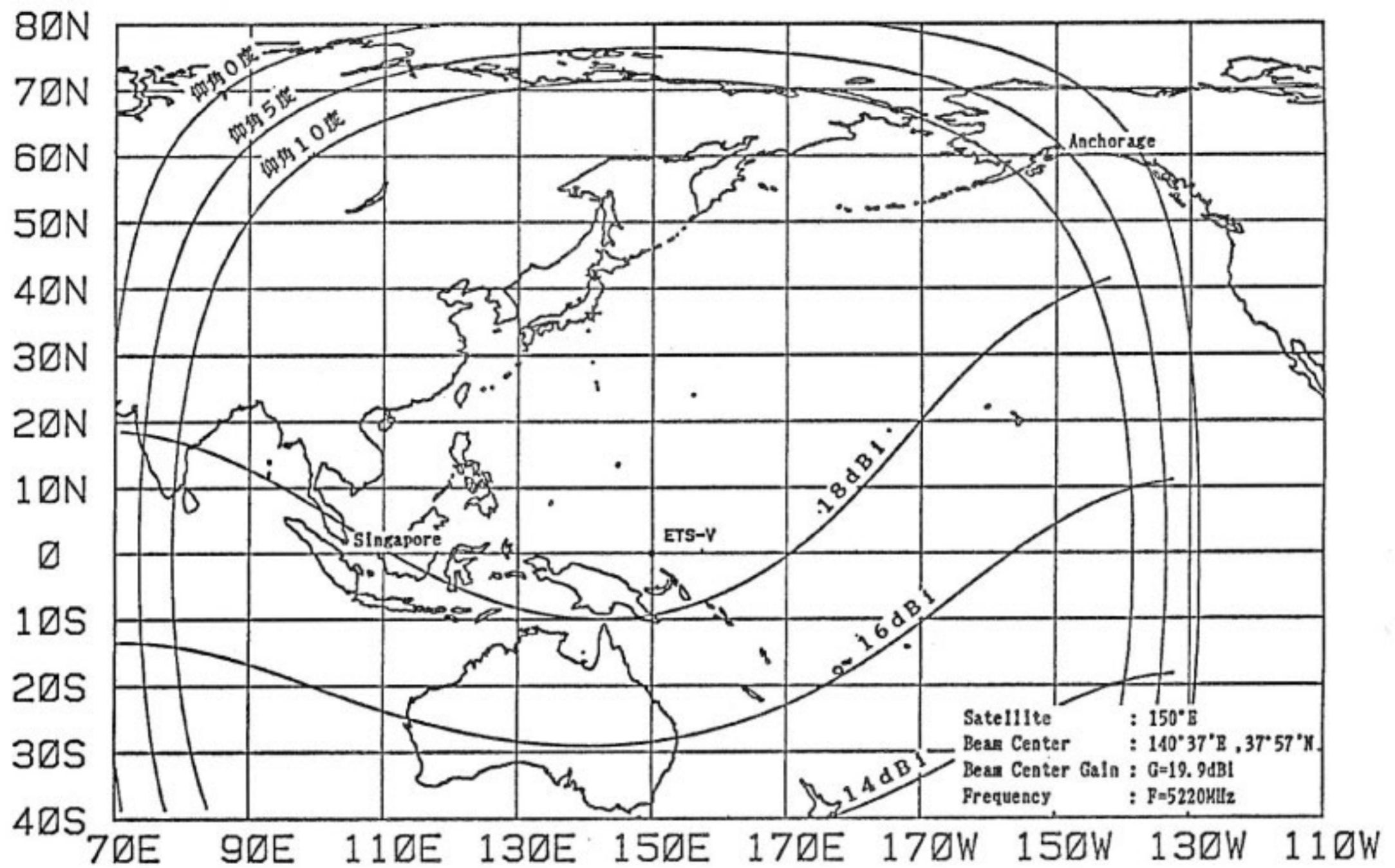




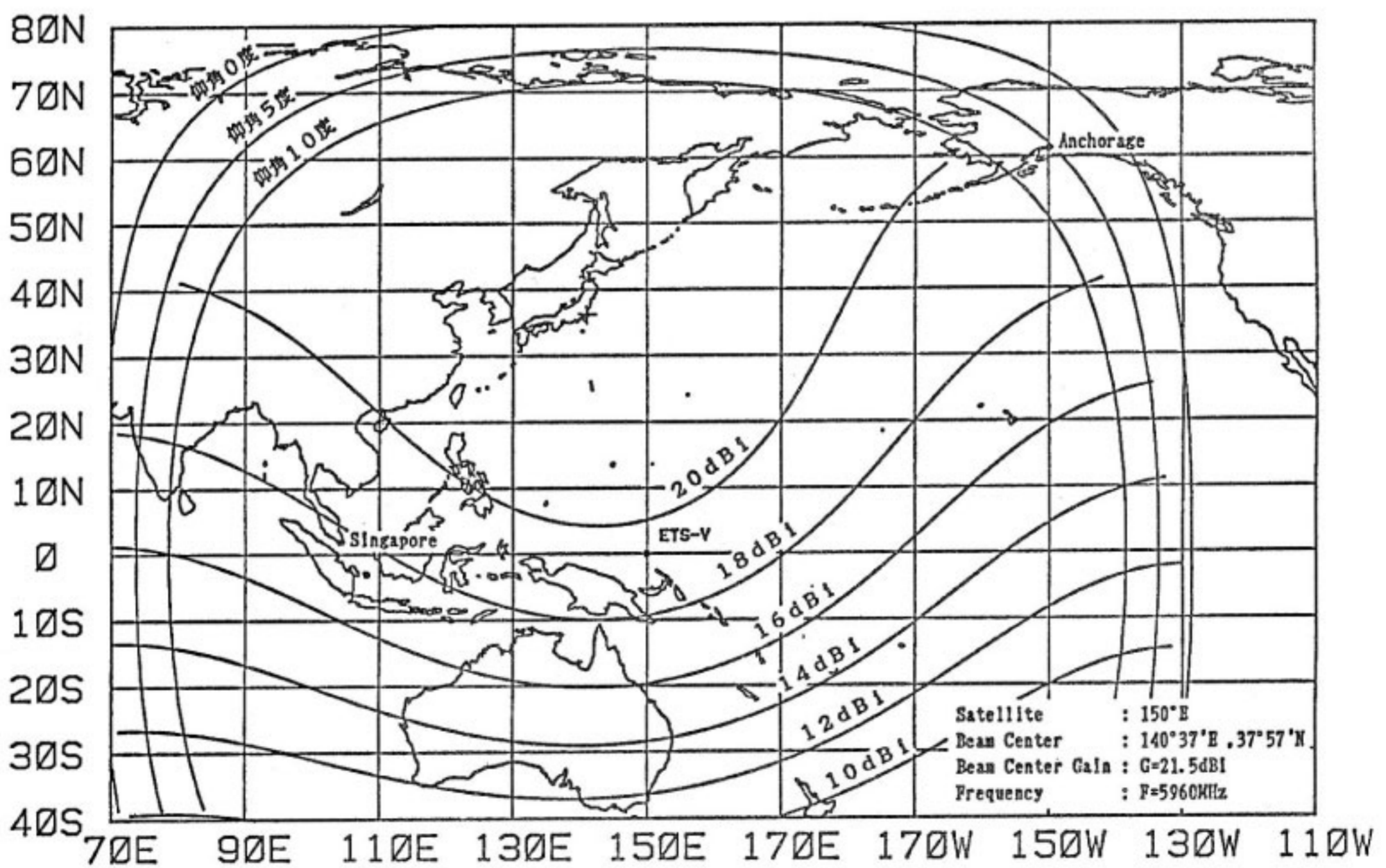
第 3.2-8 図 Lバンド・アンテナ輻射パターン (送信)



第 3.2-9 図 Lバンド・アンテナ輻射パターン (受信)



第3.2-10図 Cバンド・アンテナ輻射パターン (送信)



第3.2-11図 Cバンド・アンテナ輻射パターン (受信)



した低雑音設計となっており、高・低 5 dB の利得切り替えが可能である。

なお、局部発振器はLバンド、Cバンドとも受信部及び送信部の原振に高安定なオープン制御水晶発振器を採用している。

(2) Lバンド送信部

Lバンド受信部と同様、現用2系統構成であり、出力は切り替えスイッチにより、任意のLバンド高電力増幅部 (HPA) に接続可能である。A系とB系で異なった 140 MHz 帯 IF 信号を同じ 1.5 GHz 帯に周波数変換して出力する。高・低 5 dB の利得切り替えが可能である。

(3) Lバンド高電力増幅部

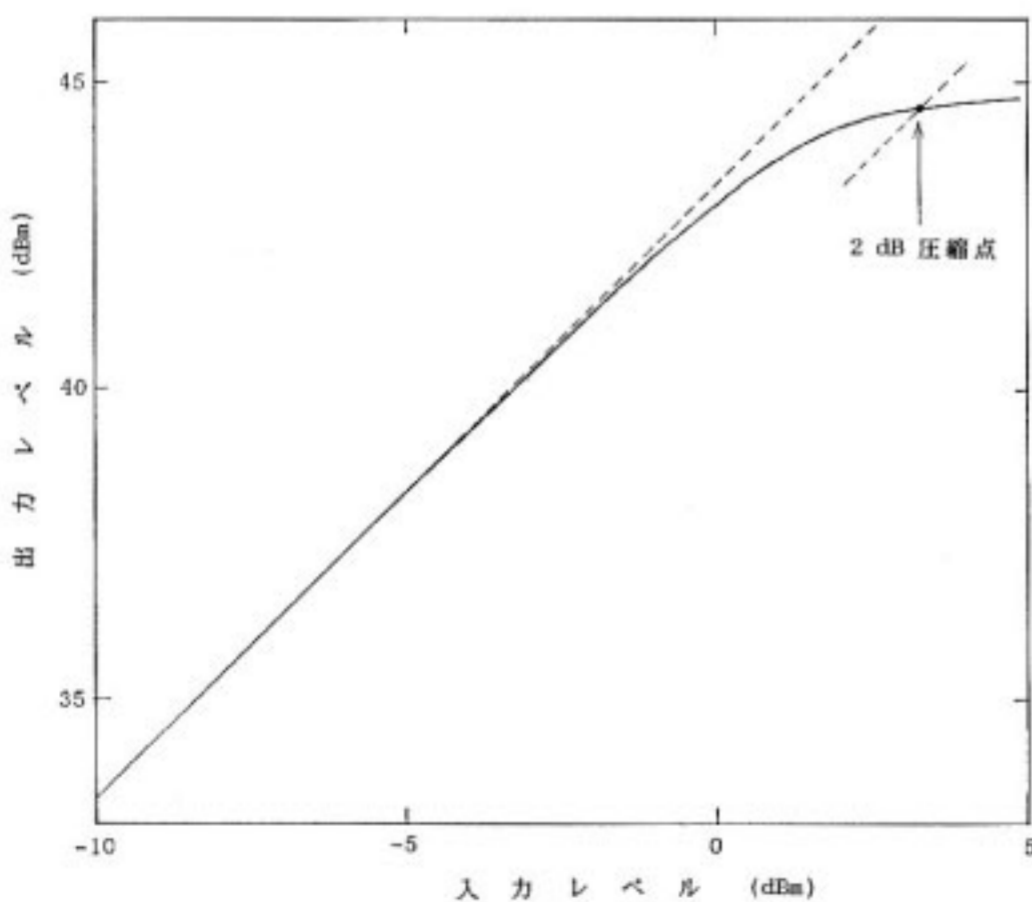
電力制限型衛星通信システムである EMSS 実験システムで、最もクリティカルな部分がこの移動体への下り回線の HPA である。従来 HPA には TWT が使われてきたが、AMEX では固体化を図り、終段は GaAs-FET をハイブリッドで4個並列接続することにより、出力 25 W を実現した。第 3.2-12 図に入出力特性の一例を示す。現用2系統による構成であり、それぞれ専用の DC-DC コンバータ電源を有する。

(4) Lバンド出力回路

ラッチング・サーキュレータにより高電力増幅部 A 系、B系及びLバンド・ビーコン部のうちいずれか2系統の出力をLバンド・アンテナの南・北ビームに接続する回路である。また、Lバンド出力の電力モニタはここに設けられている。

(5) Lバンド・ビーコン部

中継器が使用不能になったときの予備系としての使用も考慮し、かつ電波伝播実験に使用するため、通信系とは独立したビーコンを有する。局部発振器は送信部と同

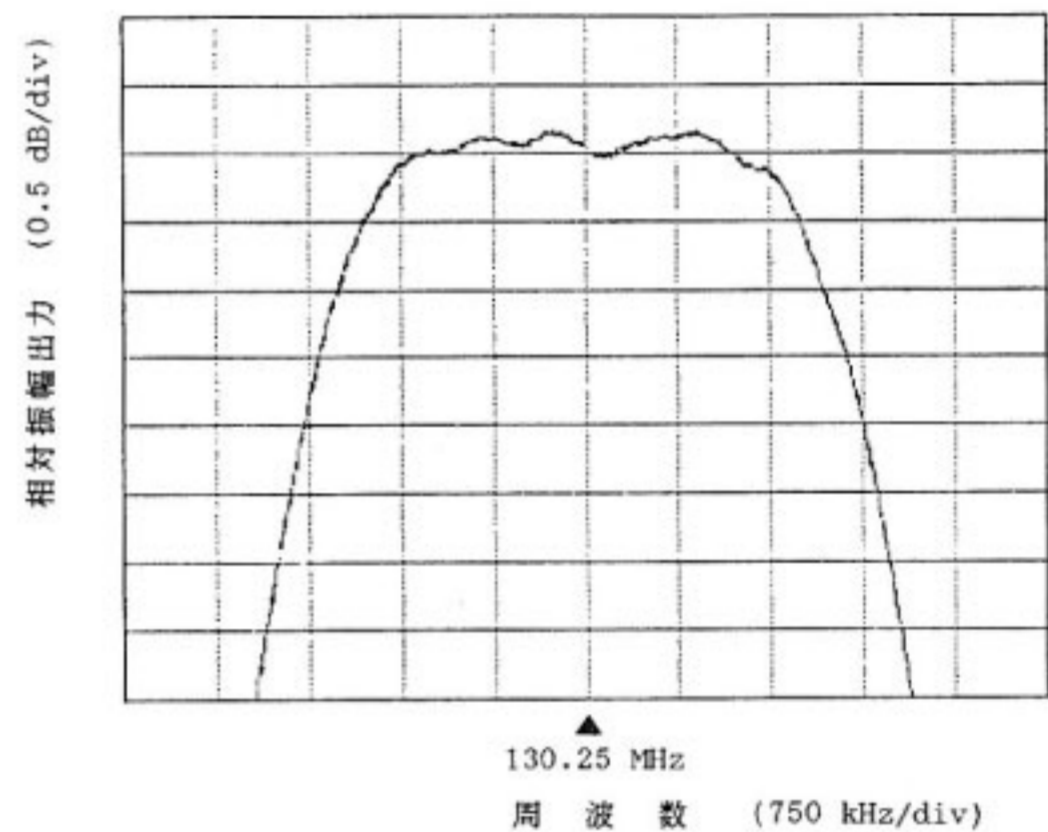


第 3.2-12 図 Lバンド高電力増幅部入出力特性の例

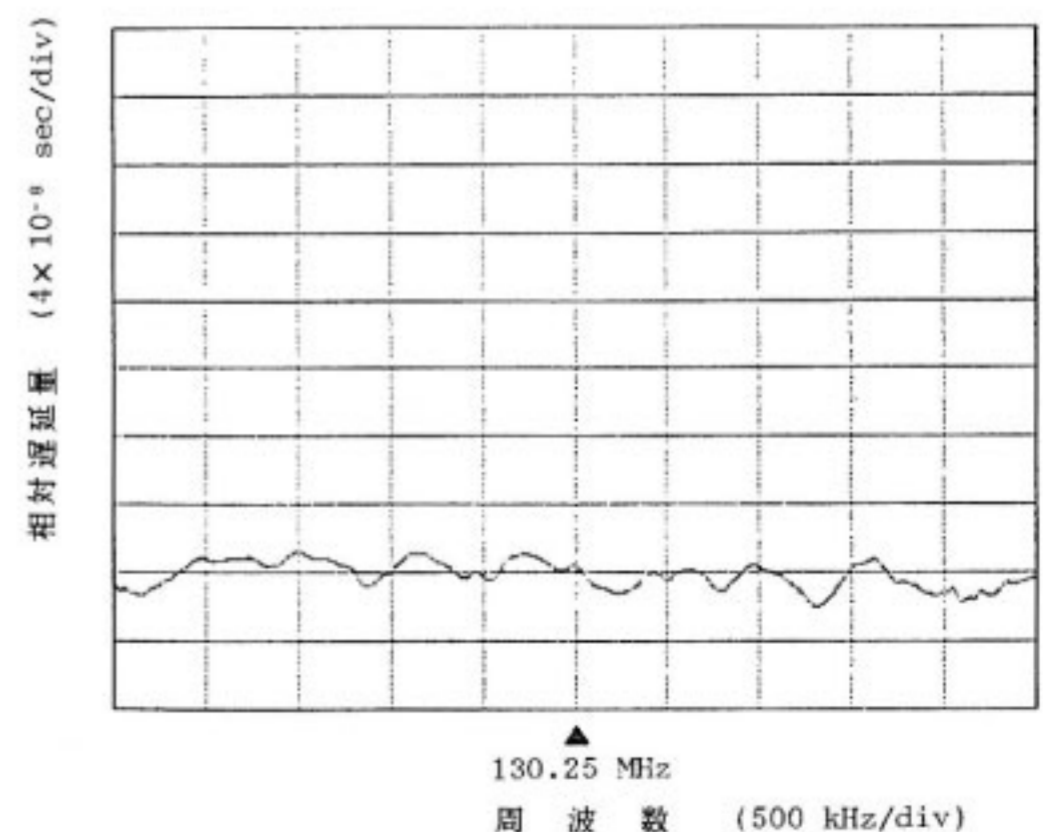
様、原振に高安定なオープン制御水晶発振器を採用している。ビーコン出力はLバンド出力回路へ接続されており、南・北いずれかのビームから発射が可能である。ただし、ビーコン発射時には、同ビームの通信系は断とさ

第 3.2-4 表 中間周波フィルタ部の SAW フィルタ特性

	C/L, L/C, C/C 回線用	L/L 回線用
フィルタ	F 1, F 3, F 4, F 5, F 6, F 8	F 2, F 7
中心周波数 (MHz)	F 1 : 130.25 F 3 : 134.75 F 4 : 137.75 F 5 : 142.25 F 6 : 145.25 F 8 : 149.75	F 2 : 131.6  F 7 : 148.4
通過帯域幅	±1.5 MHz 以上	±150 kHz 以上
帯域外減衰量	±6 MHz において: 35 dB 以上	±750 kHz において: 35 dB 以上
群遅延特性	0.5 μs p-p	2 μs p-p



第 3.2-13 図 SAW フィルタ帯域特性の例



第 3.2-14 図 SAW フィルタ群遅延特性の例



れる。

(6) 中間周波フィルタ部

中間周波フィルタ部は、弾性表面波 (SAW) 素子を用いたフィルタ及びスイッチで構成され、航空バンドと海事バンドの切り替え、ビームに対応した信号の分離・合成をおこなう。第 3.2-4 表に SAW フィルタの特性を、また第 3.2-13 図及び第 3.2-14 図にフィルタの振幅特性と群遅延特性の一例を示す。

(7) Cバンド受信部

Cバンド受信部は現用・予備の2系統による冗長構成をとり、6GHz帯の入力信号を140MHz帯に周波数

変換して出力する。Lバンドと同様、高・低5dBの利得切り替えが可能である。

(8) Cバンド送信部

Cバンド送信部は受信部と同様、現用・予備の冗長構成で、140MHz帯のIF信号を5.2GHz帯に周波数変換して出力する。やはり高・低5dBの利得切り替えが可能である。

(9) Cバンド高電力増幅部

Cバンド高電力増幅部はGaAs-FETを用いた固体化電力増幅器であり、現用・予備の冗長構成である。Lバンド高電力増幅部と同様、専用の電源を有する。

