

6. 船舶地球局

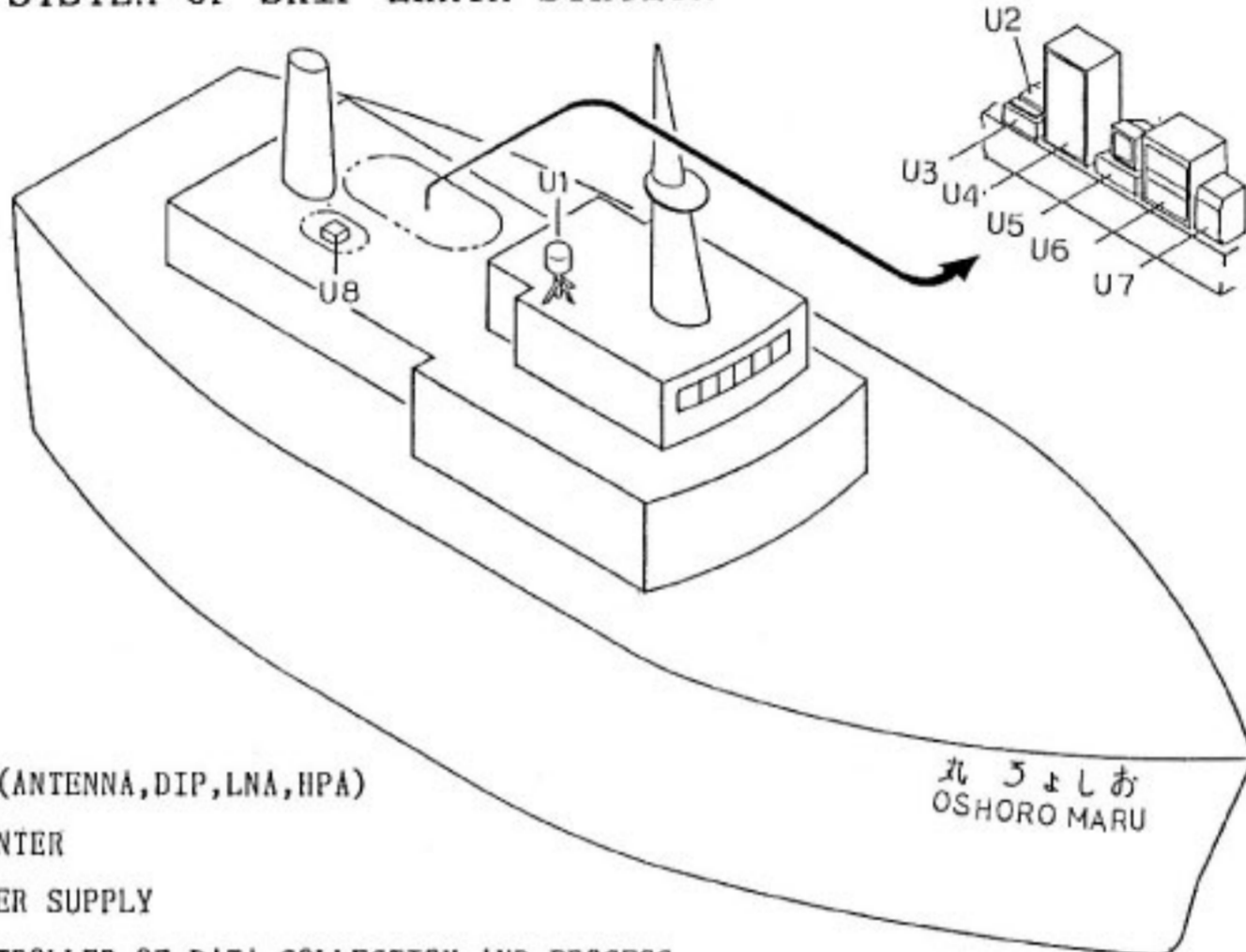
6.1 概要

ETS-V/EMSS 用船舶地球局は我が国の国情を考慮

し、30トン程度の小型船舶へ搭載することを目的に開発を進めてきたものである。

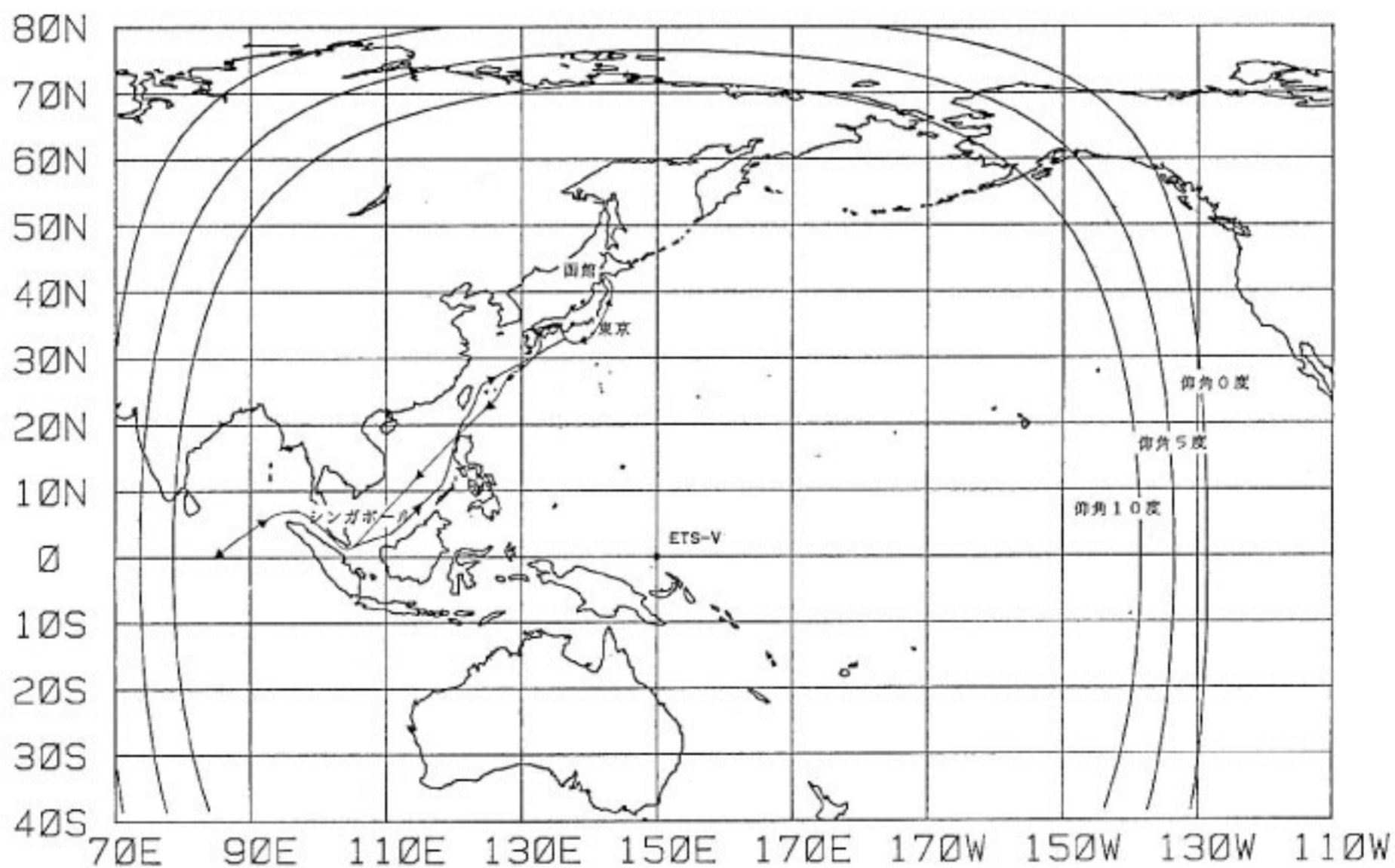
開発目標は昭和53年に定められ、小型軽量化を最大目

SYSTEM OF SHIP EARTH STATION



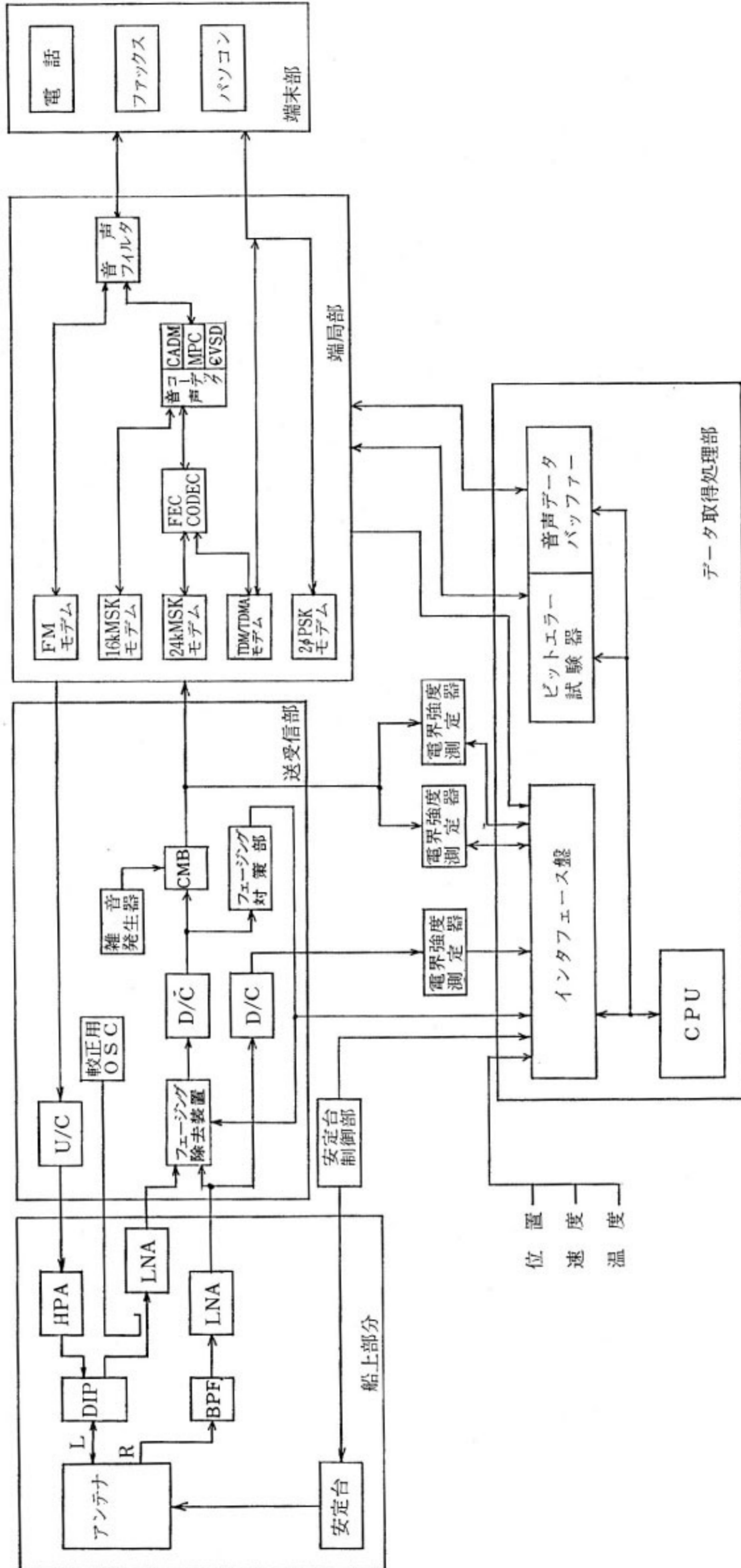
- U1 : ADE (ANTENNA, DIP, LNA, HPA)
- U2 : PRINTER
- U3 : POWER SUPPLY
- U4 : CONTROLLER OF DATA COLLECTION AND PROCESS
- U5 : PERSONAL COMPUTER
- U6 : SES MODEM BAY
- U7 : MPC CODEC
- U8 : LEVEL SENSOR

第6.1-1(a)図 船舶地球局の概観



第6.1-1(b)図 船舶地球局の実験コース

大森慎吾, 井家上哲史 (宇宙通信部 移動体通信研究室)



第6.2-1図 船舶地球局構成図

標とした。船上設備については実用となるものを、船内設備については各種変復調方式の比較実験、実験データの取得を最大の目的として開発した。そのために船内部分については装置が大型化するのにもある程度容認した。

本船舶地球局は昭和60—61年度で開発が行なわれ、昭和53年に定められた開発目標に従い、かつ開発途中の研究成果も取り入れた。その一例として、本船舶地球局は、海面反射によるフェージング除去機能を搭載している。船内部分にはデジタル系の変復調器及び音声符号化/復号化器を複数種有している。さらに各種のデータの取得を最大の目標とし、かつ洋上での実験のためデータの取得及び処理は計算機を用いて自動的に行えるデータ取得/処理部を有している。

本船舶地球局は、北海道大学水産学部所有の練習船「おしよろ丸」へ搭載され、各種実験が行われている。搭載場所の概略図を第6.1-1(a)図に示す。「おしよろ丸」は総トン数約1400トンで第6.1-1(b)図に示すような北方及び南方の実験航海航路を有している。通信実験は、これらの航路にて年間2回行われる。1回の航海に要する日数は約70日で、この間各種の通信実験が行われる。

本論では、まず船舶地球局の全体の構成を述べた後各部の特性、諸元について記述する。

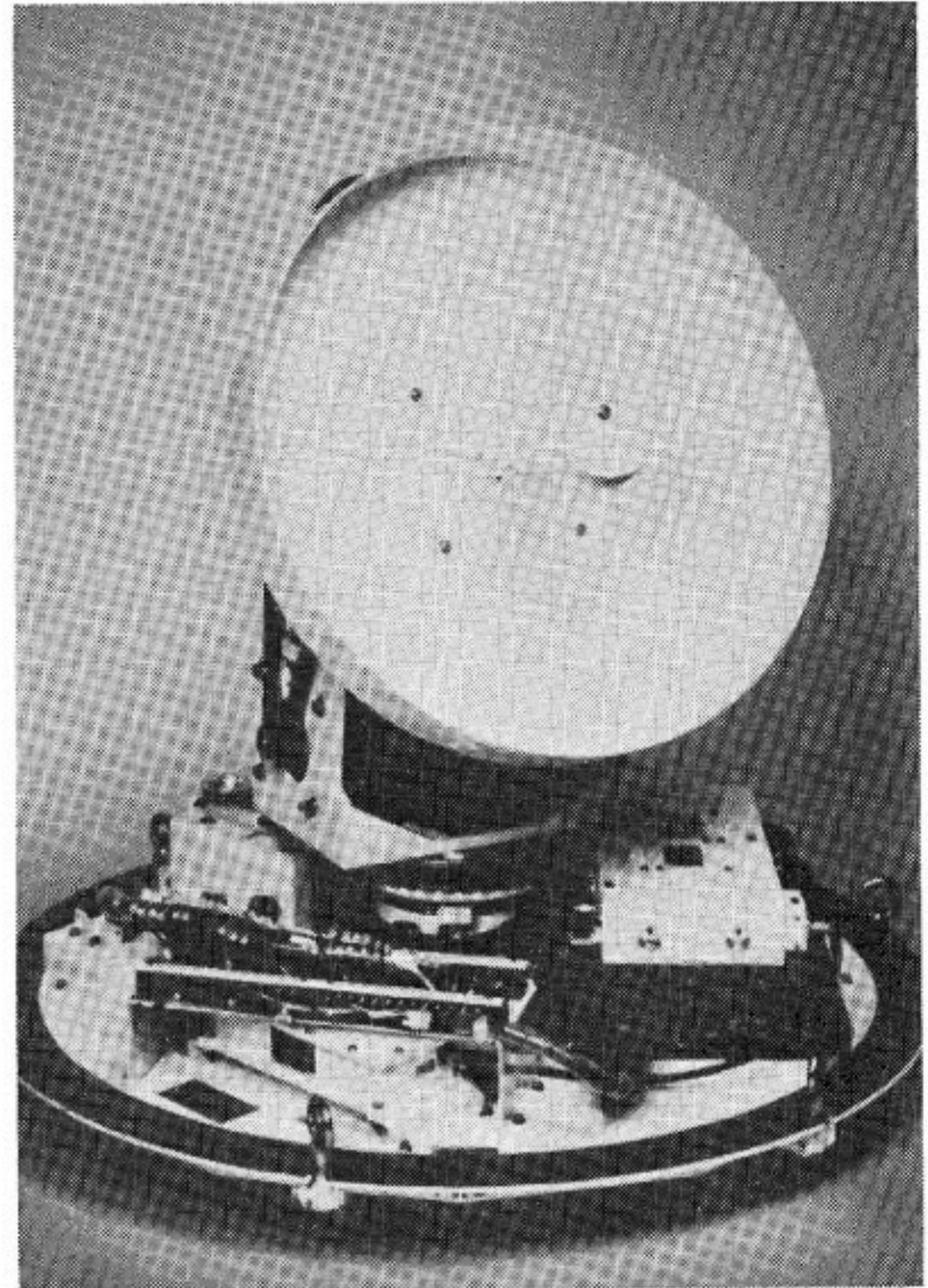
6.2 船舶地球局の構成

船舶地球局は大きく分けると船上部分と船内部分に分けられる。船内部分にはさらに、送受信部、端局部、端末部及びデータ取得/処理部に分けられる。全体の構成を第6.2-1図に示す。

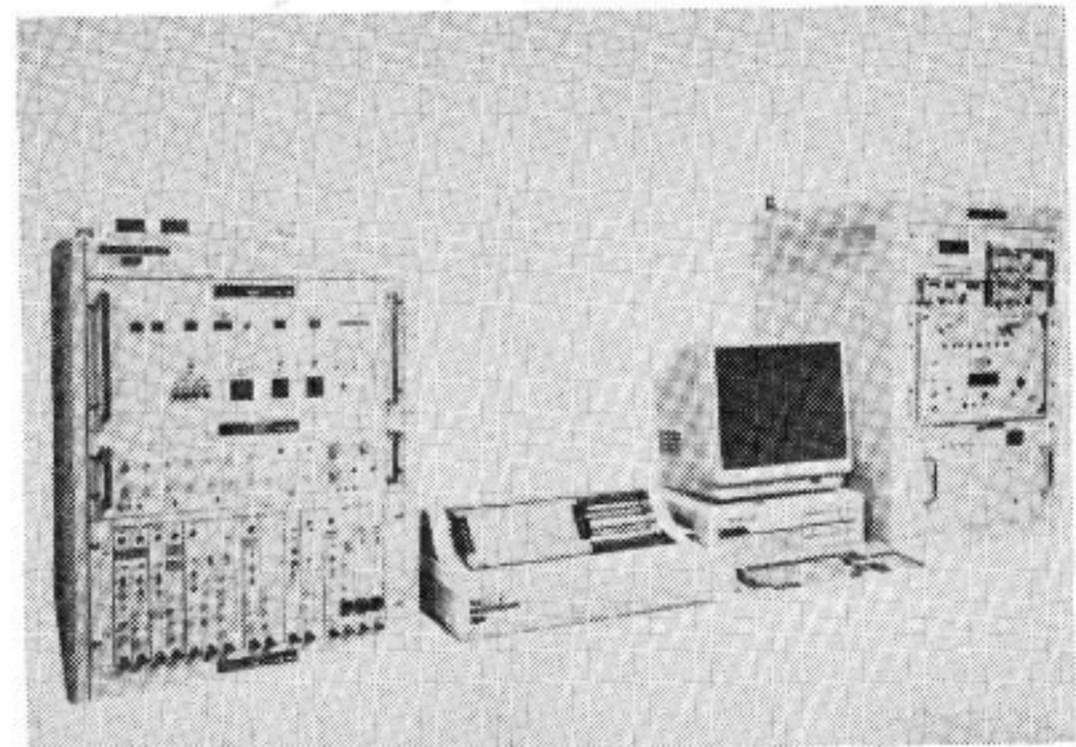
本船舶地球局は海面反射によるフェージングを除去する機能を有しているため、船上部分と船内部分を結ぶ高周波系は通常の送信及び受信用の高周波ケーブルに加えもう一本のケーブルがある。さらに受信信号の校正用にも一本のケーブルがあり計4本の高周波ケーブルを有している。船上部分は、安定台を含めたアンテナシステム、ダイプレクサ、高電力増幅器及び低電力増幅器から構成され、これらがレドーム内部に収納されている。さらにレドーム内温度を実験パラメータとして測定するため温度計が設置されている。

送受信部は通常の構成に加えてフェージング対策部がある。フェージング対策部の詳細は6.4で述べる。

アンテナの右旋成分出力端子からの信号は、送受信部のフェージング除去回路に入力されると共に、ダウンコンバータへも分岐され、70 MHzに変換された後、電界強度測定器で海面反射により発生する逆旋成分として測定され、データ取得/処理部へ出力される。正旋成分はもちろん記録される。



第6.2-2図 船上部分の写真



第6.2-3図 船内部分の写真

端局部は、NBFM, 16 kbps MSK, 24 kbps MSK, TDM/TDMA 及び 4.8 kbps BPSK の5種類の変復調器 (MODEM), CADM, MPC 及び CVSD の3種類の音声符号復号化器 (CODEC), 前方向誤り訂正 (FEC) 符号復号化器及び音声フィルターから構成される。送受信部と端局部は同一のラックに収納されている。

端本部は、ファクシミリ、パソコン及び電話が接続される。データ取得/処理部は各種の実験データを自動的に収集し、一次処理したのち、5インチの磁気ディスクに記録することができる。データ取得項目等は6.6に詳し

第6.2-1表 EMSS 通信方式とモデム・コーデックの組合せ

モード	モデム	FEC	コーデック	情報速度	備考
SCPC	MSK-24 kbps	無	CADM-24 kbps	24 kbps	
		有 ⁽²⁾	CADM-16 kbps	16 kbps	
			ADM-16 kbps	16 kbps	
			MPC-16 kbps	16 kbps	(船舶のみ)
	MSK-16 kbps	無	CADM-16 kbps	16 kbps	
			ADM-16 kbps	16 kbps	
	NBFM	—	—	—	
BPSK-4.8 kbps	無	—	4.8 kbps		
TDM/TDMA ⁽¹⁾	BPSK-160 kbps <音声チャンネル>	無	CADM-24 kbps	24 kbps	(船舶のみ)
		有 ⁽²⁾	CADM-16 kbps	16 kbps	(船舶のみ)
			ADM-16 kbps	16 kbps	(船舶のみ)
			MPC-16 kbps	16 kbps	(船舶のみ)
	BPSK-160 kbps <データチャンネル>	無	—	4.8 kbps	(船舶のみ)

(1) TDM/TDMA 回線1フレーム中には音声(24 kbps), 5回線及びデータ(4.8 kbps), 4回線を含む

(2) FECはR=2/3, K=7のたたみ込み符号化, 8値軟判定ビタービ復号

MSK: Minimum Shift Keying

BPSK: Binary Phase Shift Keying

NBFM: Narrow Band Frequency Modulation

ADM: Adaptive Delta Modulation

CADM: Composite ADM

MPC: Multi Pulse Excited Vocoder

いが, 必要な信号特性のほかにも, 海面波高, 船舶の位置, 速度などもインタフェース回路を通して計算機に取込むことができるようになっている。データを取得した後, ただちに一次処理を行い, その結果は即座にCRT上及びハードコピーとしてプリンターに出力される。

第6.2-2図に船上部分の写真を, 第6.2-3図に船内部分の写真を示す。第6.2-1表には本船舶地球局で用いる変復調方式及び音声符号化/復号化方式をまとめて示す。

6.3 船上部

6.3.1 概要

船上部の概要は第6.2-2図の写真に示すとおりである。2軸安定台に改良型のショートバックファイアアンテナが取り付けられ, アンテナ背面には低雑音増幅器(正旋成分用)とダイプレクサが固定されている。高電力増幅器は支持板に取り付けられ, この上にもう一台の低雑音増幅器(逆旋用)が固定されている。

安定化方式は装置を小型軽量化するためAz-EIの2軸安定方式を採用している。追尾方式はプログラム追尾で, 船体の動揺周期4秒, 動揺振幅30度の条件下での追尾誤差は衛星仰角60度以下で±9.5度以内である。Az軸回りの旋回角は通常+220度で, 通信中は+270度でそれぞれ360度戻すオートリセットとしている。EI軸

はAz軸上に配置され, その動作範囲はアンテナの水平方向を0度とすると-20度から90度まで動作する。

レドームはグラスファイバー強化プラスチックでできており使用周波数における損失は乾燥時で0.1dB以下である。

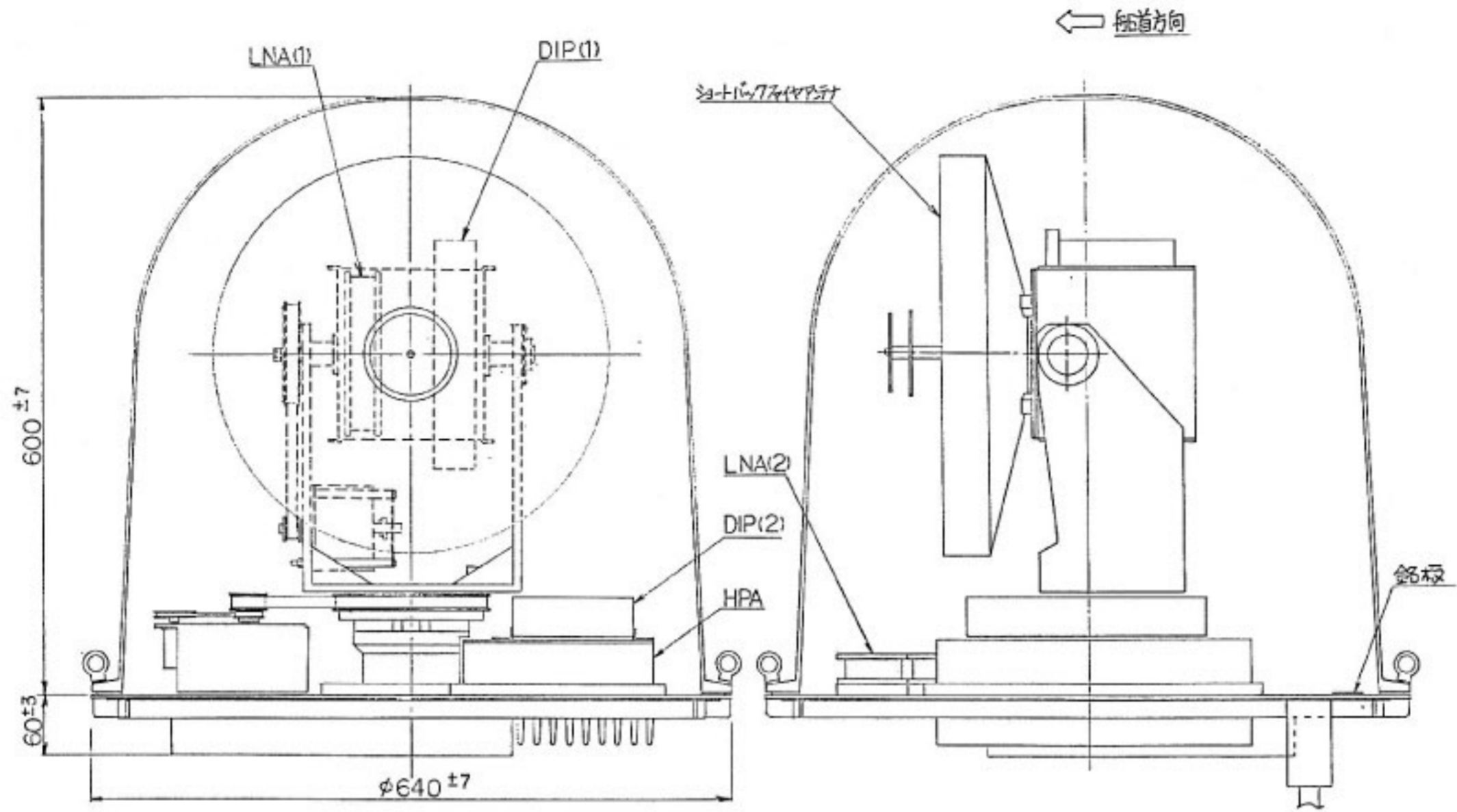
船上部の正面図及び平面図を第6.3-1図に示す。レドームを被せた場合の高さは約60cm, 直径約64cmで重量は約45kgである。

6.3.2 アンテナ

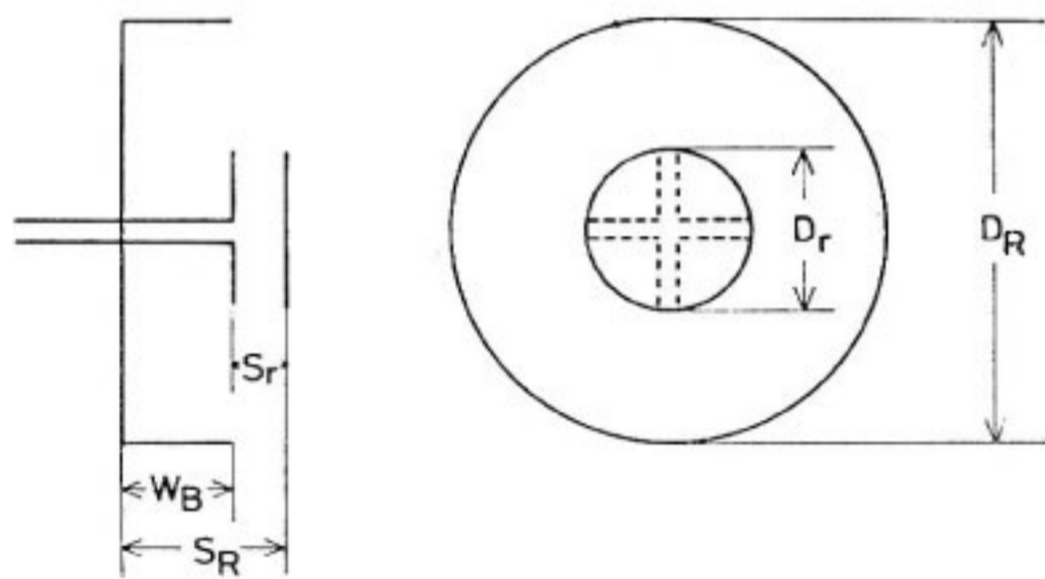
小型船舶搭載用アンテナとしては, 利得に応じて種々の形式が検討されている。ETS-V/EMSS用としては14-15dBi程度の利得をもつアンテナが必要である。ほかに, 小型軽量で小型船舶の機械的振動に耐えられる機械的強度が求められる。さらに, 価格面においても低廉なことが要求される。

利得14dBi程度の中利得アンテナとしてはパラボラ, ヘリカル, ショートバックファイアアンテナ等が候補となるが電気的特性及び機械的特性からショートバックファイア(SBF)アンテナを採用した。

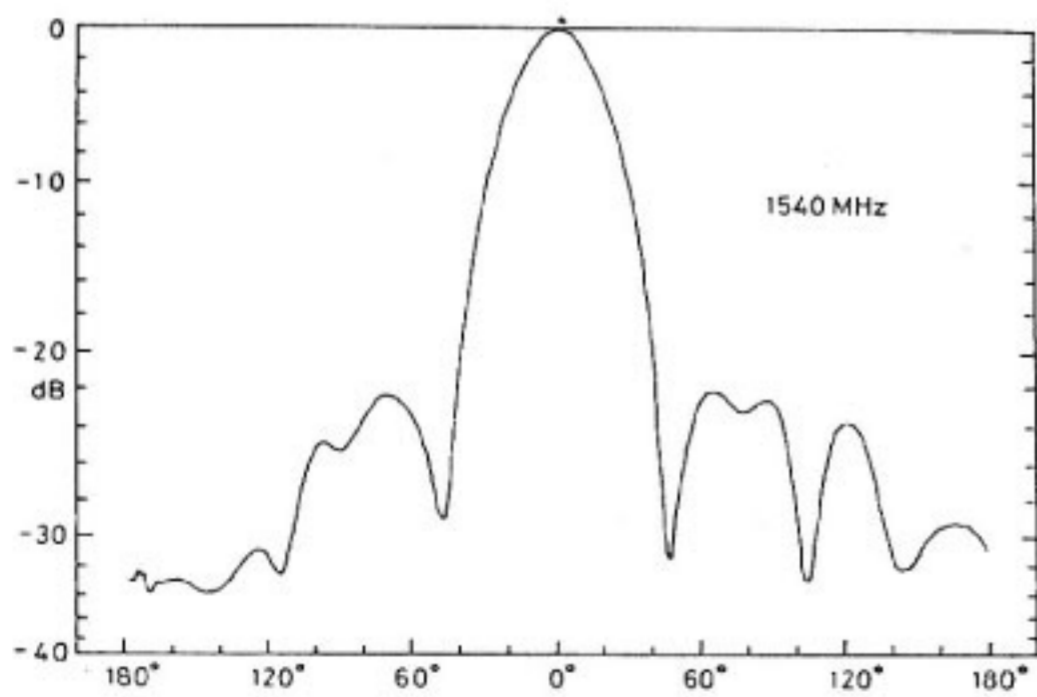
ショートバックファイア(SBF)アンテナは開口能率が高い, 構造が簡単などの利点があるが, 周波数帯域が狭いと言う欠点がある。SBFアンテナの詳しい動作原理は良くわからず解析されていないが, 基本的に共振型



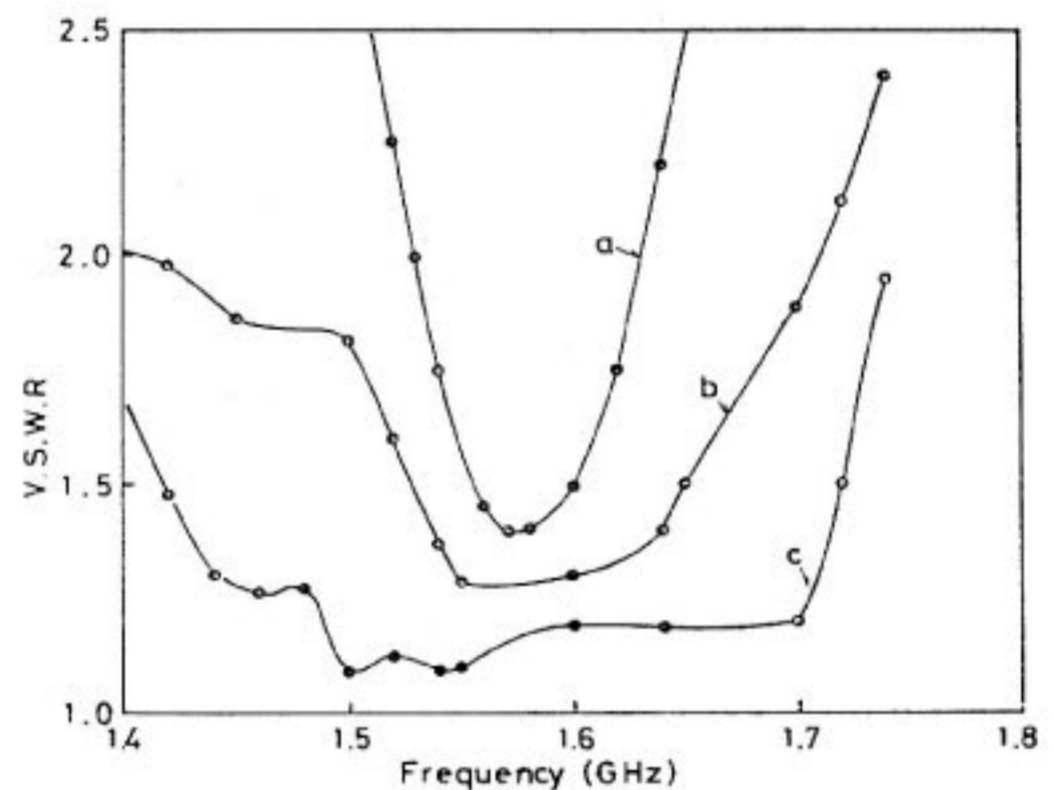
第6.3-1図 船上部分の構造



第6.3-2図 通常のショートバックファイアアンテナの構造



第6.3-3図 通常のショートバックファイアアンテナの放射特性



第6.3-4図 SBF アンテナの VSWR 周波数特性

であるため VSWR 1.5 以下の帯域は 3—5% と狭い。移動体衛星通信に用いる周波数帯は 1.6/1.5 GHz 帯で、上り下りの周波数差は 100 MHz 程度であるため、比帯

域は 8—10% 必要である。

通常の SBF アンテナは第 6.3-2 図のようにリムの付いた平面大反射板と一枚の小反射板及びこの中間におかれた一次放射器から構成される。本船舶地球局で採用したアンテナはこの通常の SBF アンテナを改良したもので周波数比帯域が 20% と大幅に改善されている。具体的な改善面としては、大反射板をじょうご型に変更し、小反射板を 2 枚としたことである。

第 6.3-3 図に通常の SBF アンテナの 1540 MHz における放射特性を示す。他の主要な電気特性及び機械特性は第 6.3-1(a)(b) 表に改良型 SBF アンテナと比較して示す。通常の SBF アンテナの周波数特性は第 6.3-4 図の曲線 a に示すように非常に狭い。この狭い比帯域の改善

第 6.3-1(a) 表 通常と改良型 SBF にアンテナの主要電気特性の比較

	Plane reflector SBF Antenna	Conical reflector SBF Antenna
Effective gain (dB)	14.3	15.0
Half power beam width (degrees)	34°	34°
Directive gain (dB)	14.8	15.5
1st sidelobe level (dB)	-21.0	-22.5
Axial ratio (dB)	1.28	1.1
Aperture efficiency with respect to effective gain	65%	76%
Aperture efficiency with respect to directive gain	73%	85%
Frequency bandwidth for VSWR under 1.5	3%	9% 20% (with a second small reflector)

第 6.3-1(b) 表 通常と改良型 SBF アンテナの寸法の比較

	Plane reflector SBF Antenna	Conical reflector SBF Antenna
Diameter of a large reflector; D_R (cm)	40 (2.05 λ)	40 (2.05 λ)
Diameter of a small reflector; D_{r1} (cm)	9 (0.46 λ)	9 (0.46 λ)
D_{r3} (cm)	—	8 (0.41 λ)
Width of a rim; W_B (cm)	4.9 (0.25 λ)	4.9 (0.25 λ)
Distance between large and small reflectors; S_R (cm)	9.7 (0.5 λ)	12.9 (0.66 λ)
Distance between a exciter and a small reflector; S_r (cm)	4.9 (0.25 λ)	5.7 (0.29 λ)
Distance between small and second small reflectors; d (cm)	—	1.8 (0.09 λ)
Slanting angle of a large reflector; α (degrees)	0°	15°

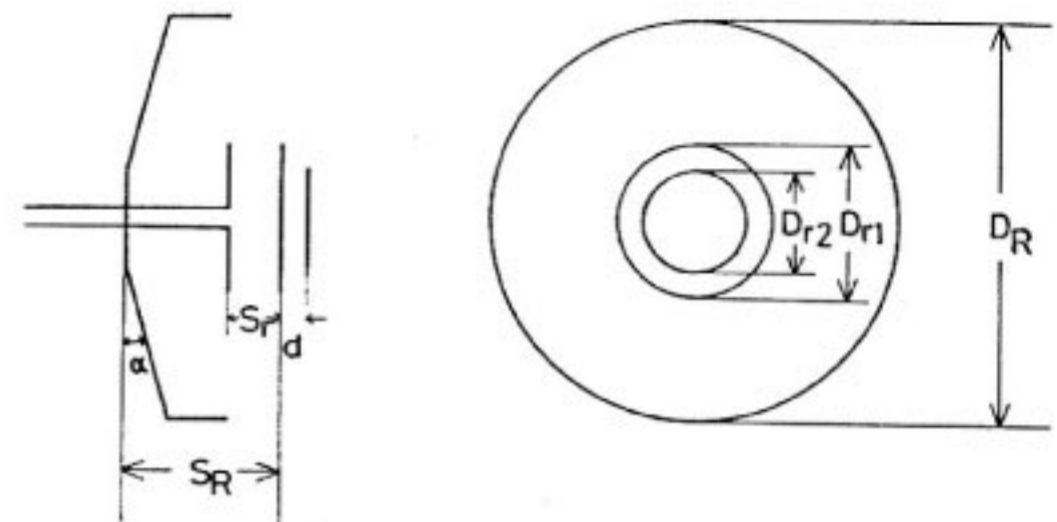
λ ; Wave length at 1540 MHz)

策として以下のような方法が考えられる。

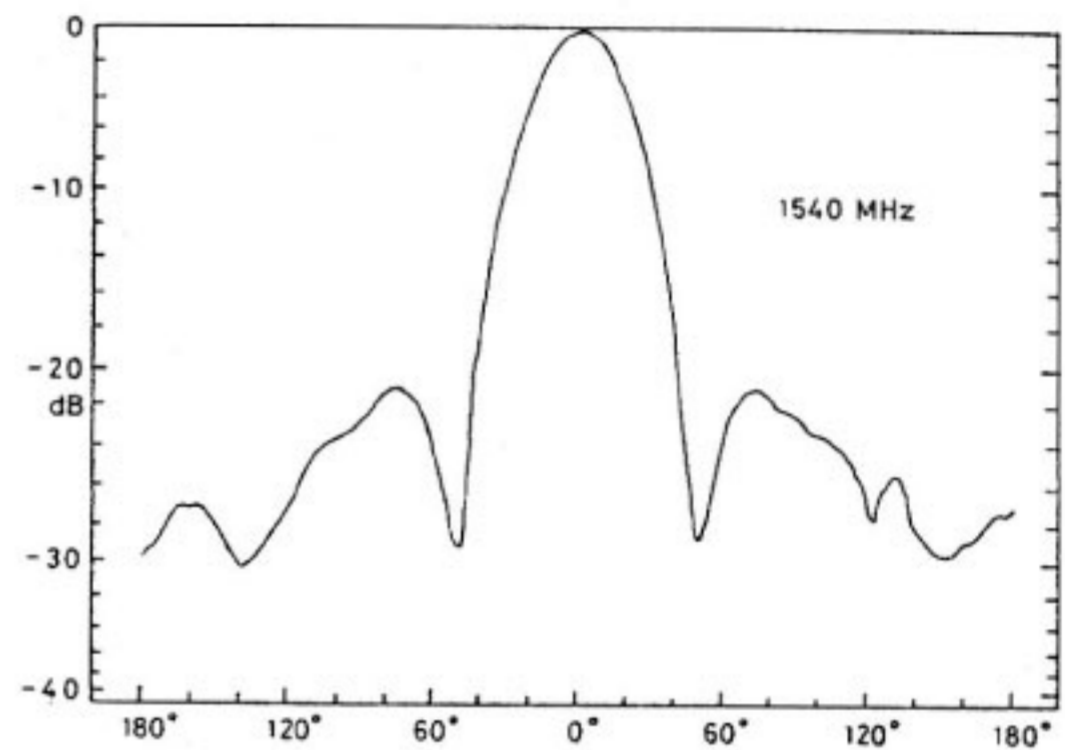
- (1) 大反射板と小反射板の距離 S_R を大きくする。
- (2) 小反射板の直径 D_r を小さくする。

しかし、これらの方法を採用すると利得が低下し、利得を一定にたもつために大反射板の直径を 20—30% 増加する必要がある。しかし大反射板の直径が 2.5 波長以上になると利得、開口能率共に低下する。

以上のような理由により上記の方法は適当な改善策とはならない。大反射板の直径を変えることなく周波数帯域幅、利得及び開口能率の改善が本方式により得られた。第 6.3-5 図に改良型 SBF アンテナの正面図及び側



第 6.3-5 図 改良型 SBF アンテナの構造



第 6.3-6 図 改良型 SBF アンテナの放射特性

面図を示す。大反射板の傾斜角は大反射板の直径を考慮して検討する必要があるが、今回は 15 度に固定した。改良型の周波数特性は、大反射板の形状を変えた場合には第 6.3-4 図の曲線 b のように、さらに小反射板を 2 枚としたときには同図曲線 c のように大幅に改善され、VSWR 1.5 以下の比帯域で各々 9%、20% となった。このとき、他の電気特性はほとんど変化しないことが確かめられている。第 6.3-6 図に改良型 SBF アンテナの放射特性を示す。

6.3.3 低雑音増幅器

本船舶地球局に用いられている低雑音増幅器は 2 台で

第 6.3-2 表 低雑音増幅器主要諸元

項目	規格
周波数帯	1540.5~1544.8 MHz
利得	50 dB 以上
利得偏差	0.5 dB 以下
雑音温度	39 K (1542.65 MHz)
直線性	入力 -100 dBm の 2 キャリアに対する 3 次混変調積はキャリアより 63 dB 以下
入力定在波比 (VSWR)	1.25 以下
容積・重量	165×80×35 mm, 約 440 g

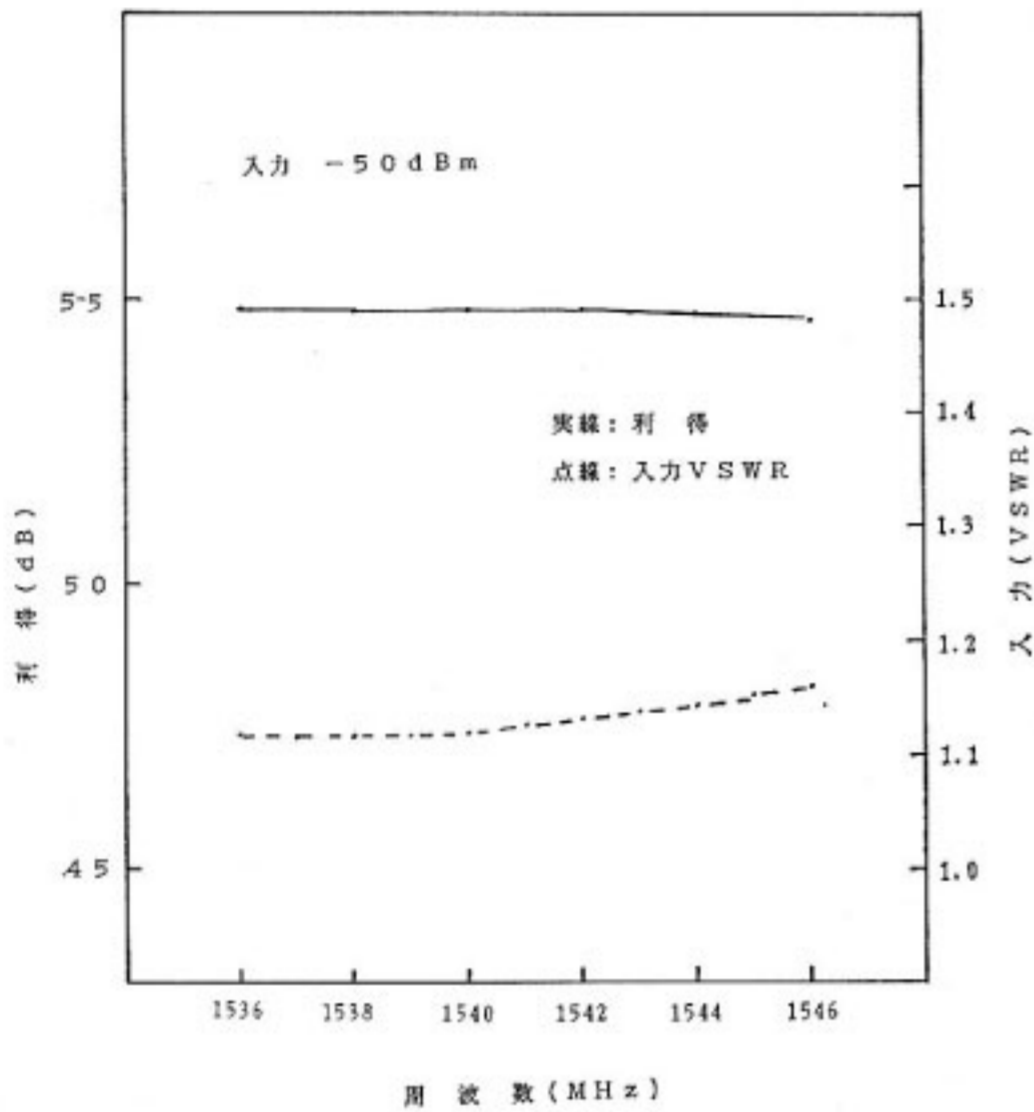
ある。これは後で述べるように、本船舶地球局は海面反射によるフェージングを除去する機能を有しており、このために受信の高周波系を2系統有しているためである。第6.3-2表に低雑音増幅器の主要諸元を示す。第6.3-7図に周波数に対する利得特性と入力 VSWR 特性を、第6.3-8図に入力電力に対する出力電力特性を示す。

6.3.4 高電力増幅器

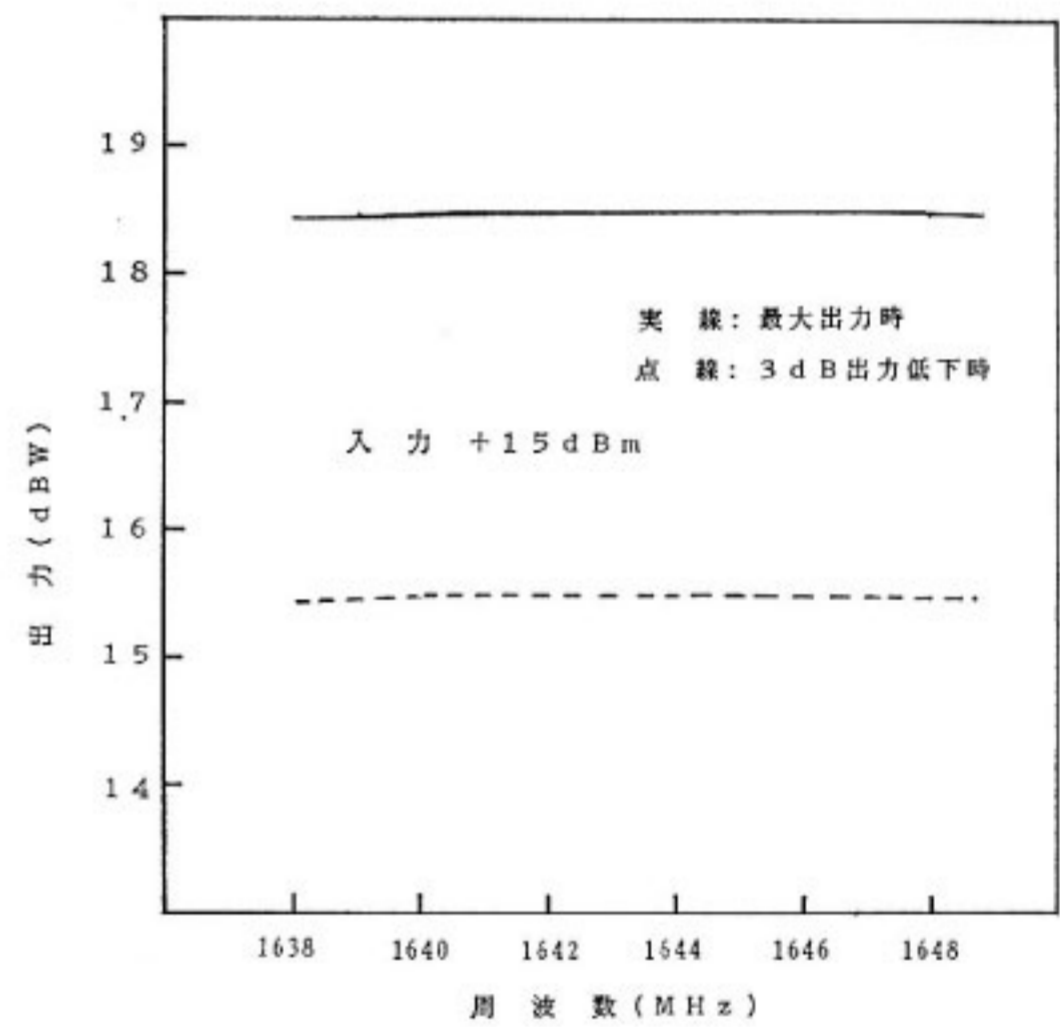
本船舶地球局に用いられている高電力増幅器は最大出

第6.3-3表 高電力増幅器主要諸元

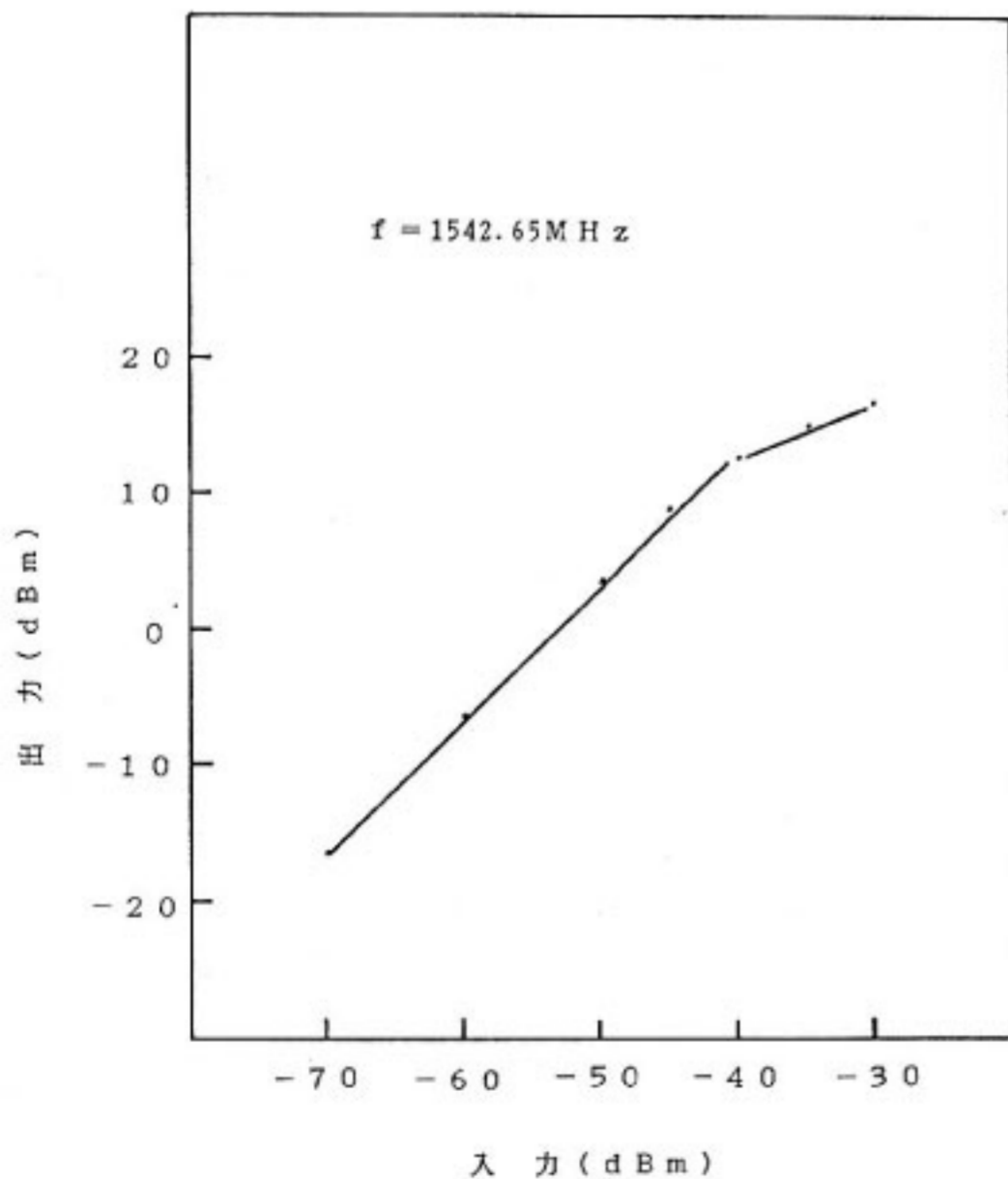
項目	規格
周波数	1642.5~1648.5 MHz
出力電力	最大 18.5 dBW, 15.5 dBW に切替可能
入力定在波比	1.5 以下
出力定在波比	2 以下
振幅偏差	0.5 dB _{p-p} 以下
利得偏差	0.1 dB/MHz 以下
入力電力	15 dBm 標準
容積・重量	340×220×45 mm, 約 3.5 kg



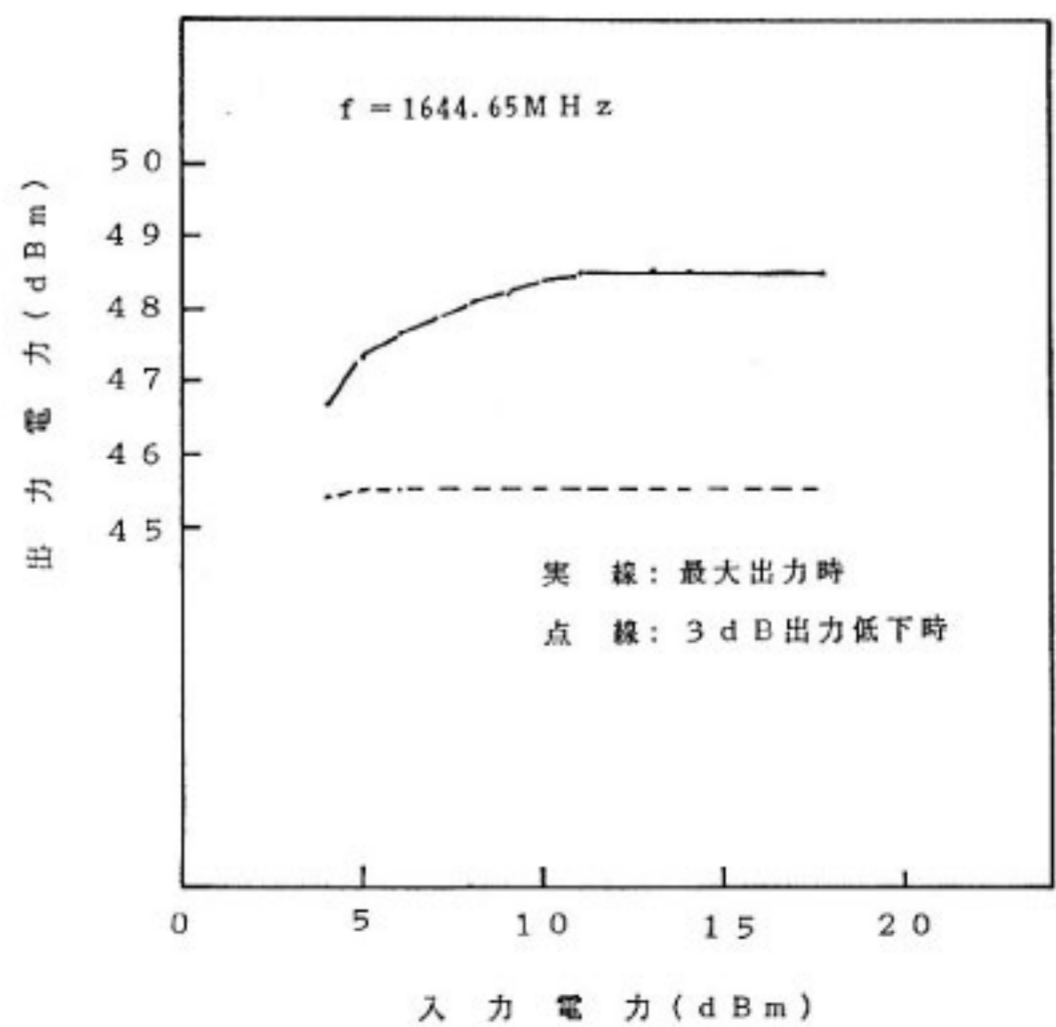
第6.3-7図 低雑音増幅器の利得周波数特性



第6.3-9図 高電力増幅器の出力周波数特性



第6.3-8図 低雑音増幅器の入出力特性



第6.3-10図 高電力増幅器の入出力特性

力約 70 W のバイポーラトランジスタによる C 級増幅器である。なお、出力は最終段のコレクタ電圧を変えることにより 70 W と 35 W の切替が可能となっている。

第 6.3-3 表に高電力増幅器の主要諸元を示す。第 6.3-9 図に周波数に対する出力特性を、第 6.3-10 図に入力電力に対する出力電力特性のグラフを示す。

