
 研 究

6. 高度衛星放送実験 地球局の開発

6.1 高度衛星放送実験 主局

6.1.1 高度衛星放送実験

主局アンテナ系

吉村 直子*¹ 高橋 卓*¹ 佐藤 正樹*¹

井口 政昭*²

(1996年11月14日受理)

6. DEVELOPMENT OF THE EARTH STATIONS FOR THE COMETS ADVANCED SATELLITE BROADCASTING EXPERIMENTS

6.1 KASHIMA MAIN STATION FOR THE COMETS ADVANCED SATELLITE BROADCASTING EXPERIMENTS

6.1.1 ANTENNA SYSTEM OF THE KASHIMA MAIN STATION FOR THE COMETS ADVANCED SATELLITE BROADCASTING EXPERIMENTS

By

Naoko YOSHIMURA, Takashi TAKAHASHI, Masaki SATOH,
and Masaaki IGUCHI

In the summer of 1997, the Communications and Broadcasting Engineering Test Satellite (COMETS) will be launched by an H-II rocket. Using this satellite, the Communications Research Laboratory (CRL) will carry out advanced mobile satellite communications experiments and advanced satellite broadcasting experiments. Some facilities for these experiments have been prepared in the Kashima Space Research Center, CRL. One of these facilities is the main station for the advanced satellite broadcasting experiments. The main station is constructed with a Ka-band antenna system, transmission/receive equipment, and terminal equipment.

This paper describes the outline and specifications of the Ka-band antenna system.

[キーワード] 高度衛星放送, 通信放送技術衛星, Ka-band.

Advanced satellite broadcasting, COMETS, Ka-band.

1. はじめに

平成9年夏期に打上げが予定されている通信放送技術

衛星 (COMETS) において通信総合研究所では高度移動体通信ミッション (MCE) と高度衛星放送ミッション (SBE) を担当している。それぞれのミッションにおいて実験が計画されているが、この計画の実施にむけ、関連施設の整備が行われている。

通信総合研究所関東支所鹿島宇宙通信センター (茨城

*¹ 関東支所 宇宙通信技術研究室

*² 総合通信部 放送技術研究室

県鹿嶋市) 内には COMETS 関連施設が多数整備されているが、本論文では SBE 主局のアンテナ装置についてその構成及び性能について述べる。この装置は平成7年度から NTT との共同研究が行われている N-STAR (NTT 所有の静止通信衛星) 実験用地球局との共用である。本アンテナ装置はアンテナ部・乾燥空気充填部・アンテナ制御部から構成されている。なお、SBE 主局の RF 系については参考文献(1)を参照されたい。

2. アンテナ部

2.1 アンテナ部の構成

アンテナ部は主反射鏡部、共用機構部、給電・副反射鏡部から構成される直径 5 m の鏡面修整カセグレンアンテナである。アンテナ部全体を第1図に、アンテナ部の外観写真を第2図にそれぞれ示す。

2.1.1 主反射鏡部

主反射鏡部は主に主反射鏡、副反射鏡支持柱、バックアップ・ストラクチャによって構成される。主反射鏡は8枚の台形状のパネルで構成される。センターハブ内には給電系、LNA、送風機等が収納されている。主反射鏡部を第3図に示す。

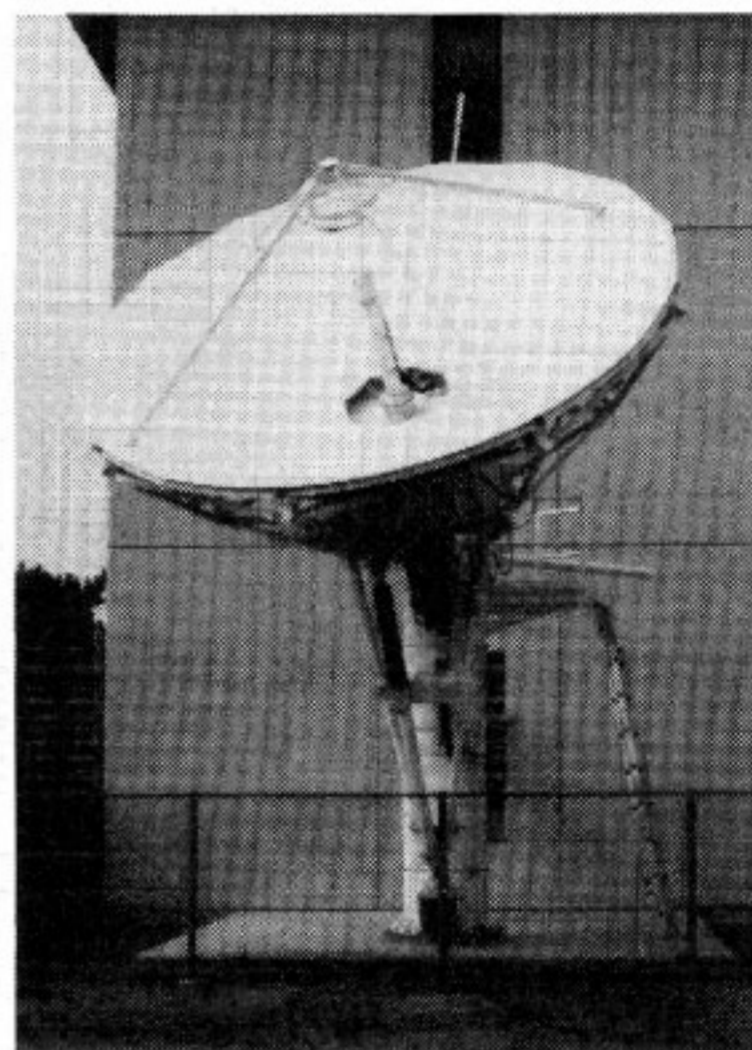
2.1.2 共用機構部

機構部は第4図に示されるようにポールマウント、Az/EI 駆動機構部、Az/EI 軸受け、角度検出器より構成されている。Az/EI 機構部はスクリュージャッキ駆動方式を採用している。駆動は通常電動モータで行うが手動ハンドルによる手動駆動も可能である。角度検出器は Az/EI それぞれの軸中心に設置され、アンテナ指向

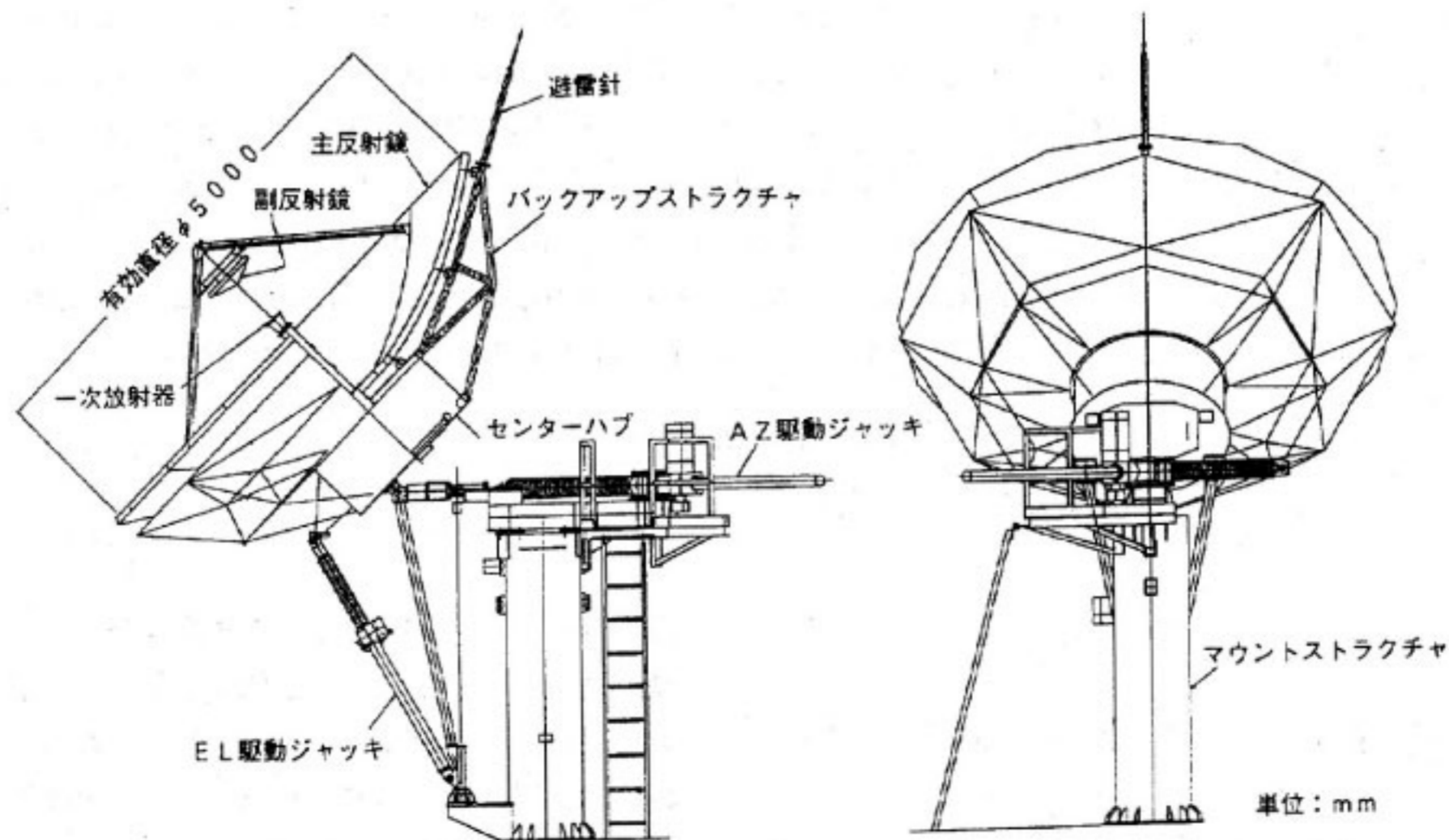
角度を電気信号に変換してアンテナ制御盤に送出する。

2.1.3 給電・副反射鏡部

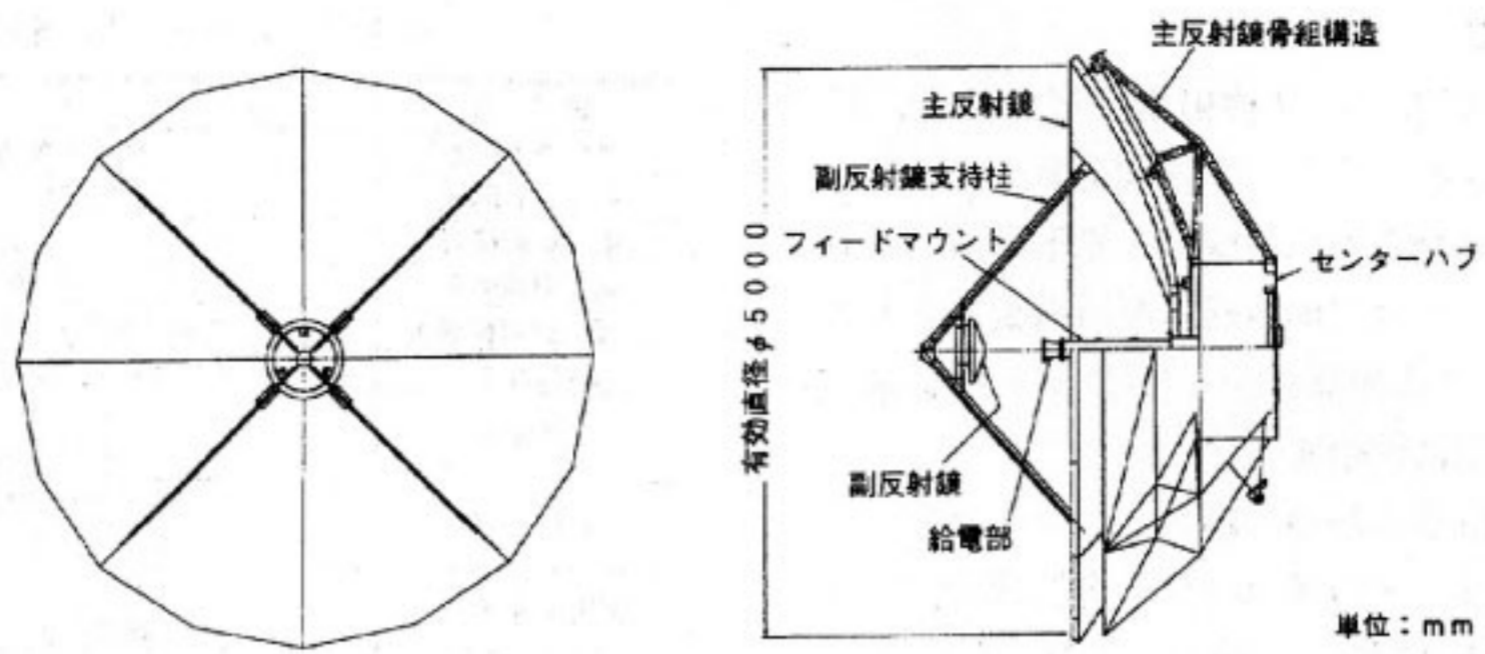
給電・副反射鏡部は副反射鏡、一次放射器、分波給電部から構成される。構成を第5図に示す。一次放射器にはコルゲート円錐ホーンを用い、軸対称で低サイドローブ放射特性を実現させている。また、ホーン開口部にはテフロンシートを用いたホーンカバーが装着され、ホーン内部を外気から遮蔽し、湿気などの侵入を防止している。また、ホーンカバー面への水滴付着による通信品質の劣化を防ぐために圧搾空気を吹付けて水滴を除去する



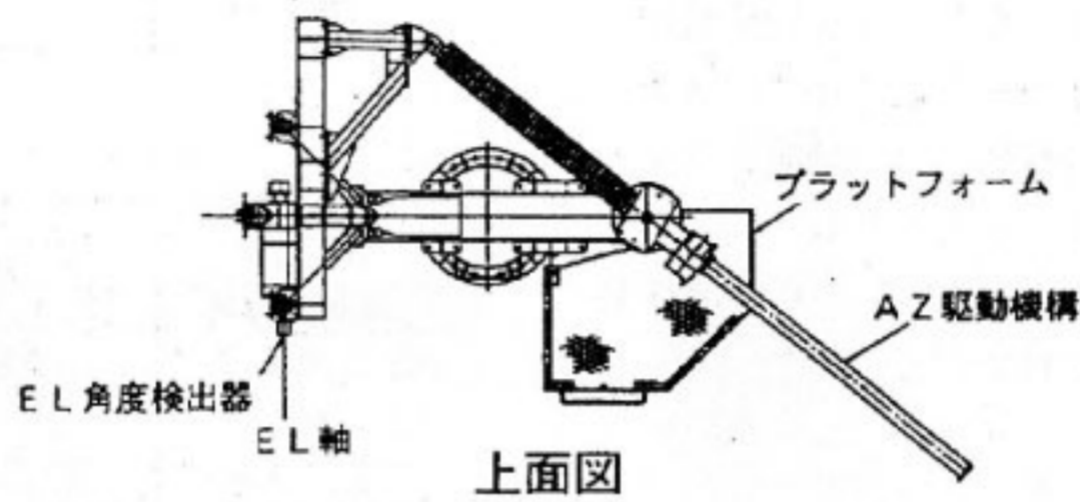
第2図 アンテナ部外観写真



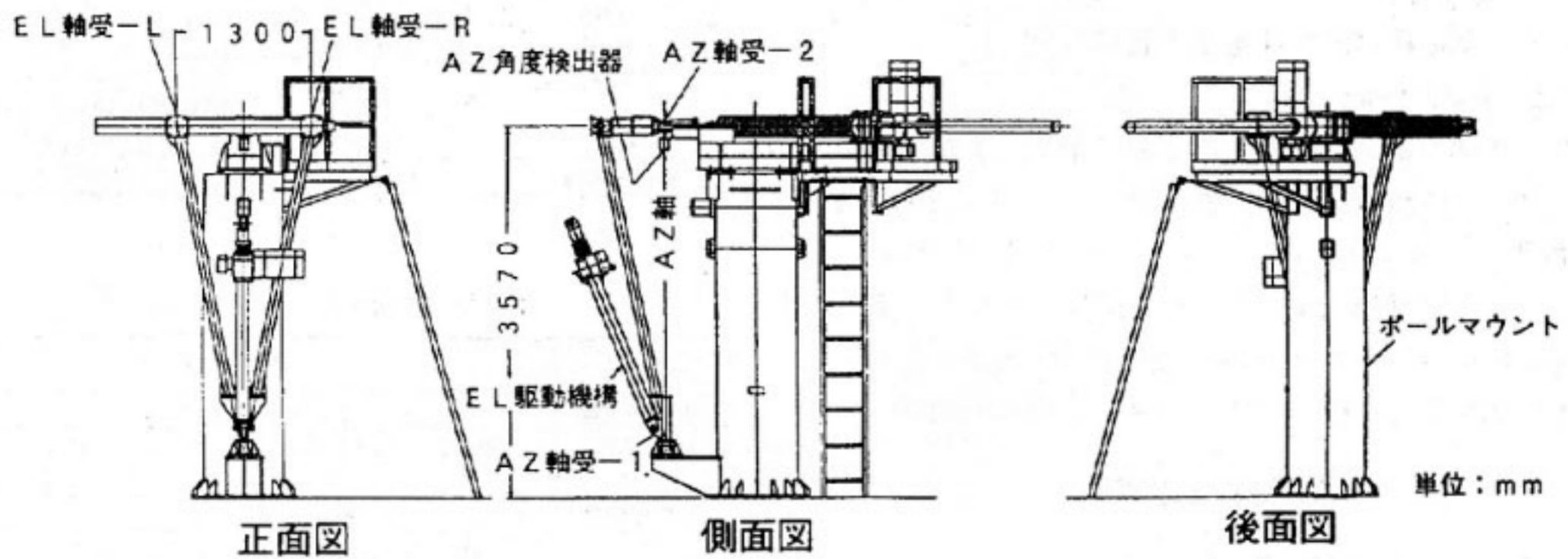
第1図 アンテナ部の構成



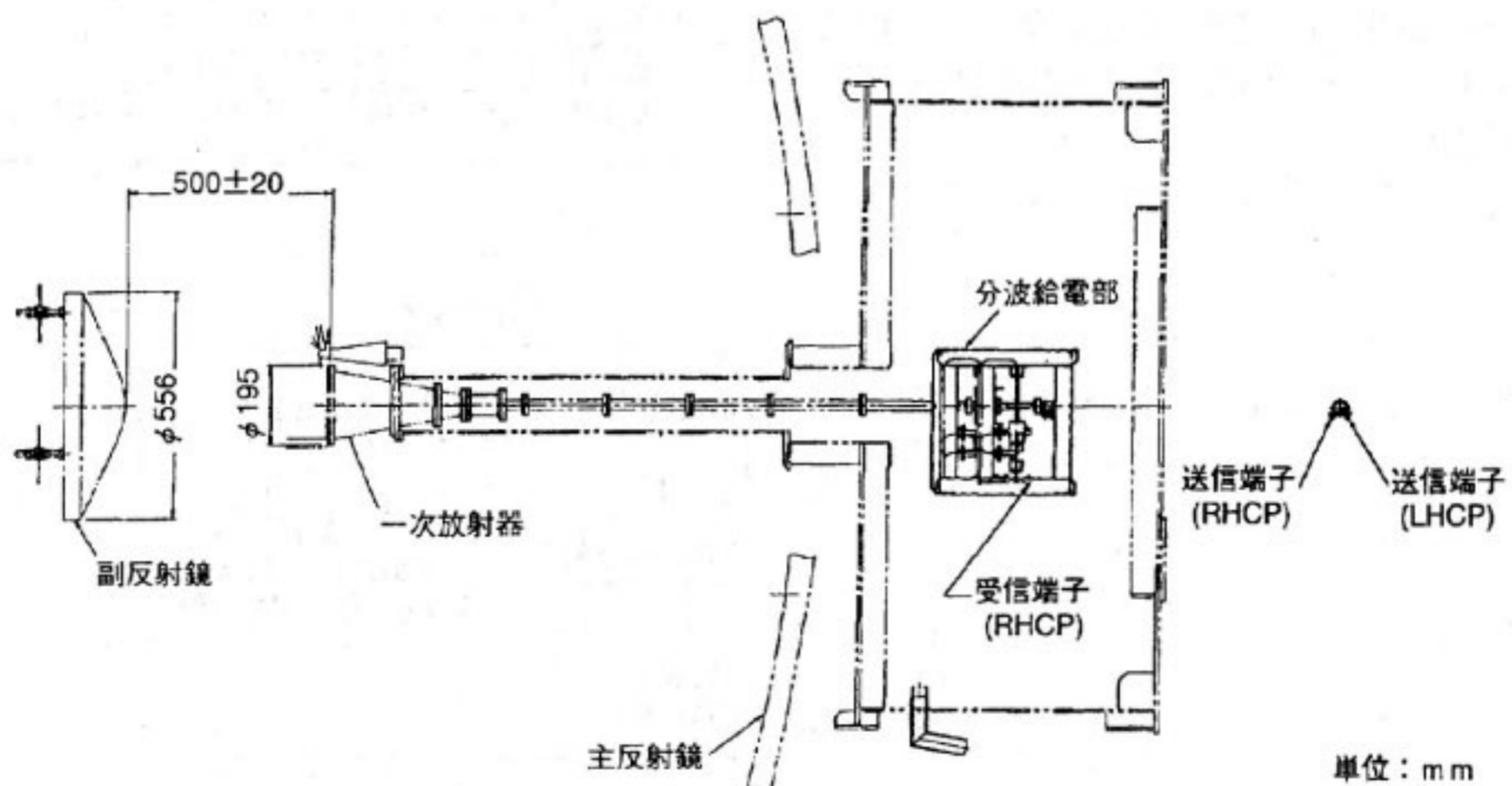
第3図 主反射鏡部



上面図



第4図 共用機構部



第5図 給電・副反射鏡部

送風装置を備えている。

分波給電部は偏分波器、 $\pi/2$ 移相器、群分波器、円偏波合成器から構成されている。系統図を第6図に示す。

偏分波器は二つの直交直線偏波成分を矩形導波管から円形導波管に供給し、各直交偏波成分を直線偏波として送信する。その後 $\pi/2$ 移相器を介して右旋・左旋偏波に変換して一次放射器に供給する。

群分波器では受信信号を四つの結合孔によって四つの受信ポートに抽出する。その後平行する電波成分同士をマジック-Tによって同位相で合成し、HYBRIDを用いて右旋及び左旋偏波の各成分を直線偏波として円偏波合成器の受信端子から出力する。ただし、左旋偏波出力端子は終端してあり、右旋偏波のみを取り出す。また、送信波の漏洩を防ぐために群分波器には帯域阻止フィルタを備えており、分離度は80dB以上である。

また、N-STARとは送信偏波が異なるため偏波切替導波管及び切替制御盤が設置されている。

2.2 アンテナ部の性能

2.2.1 機械的性能

アンテナ部の機械的性能を第1表に示す。

2.2.2 電気的性能

アンテナ部の電気的性能を第2表に示す。また、アンテナパターン設計値を第7図に示す。図中の破線はITU勧告によるリファレンスパターン^{(2),(3)}を示しており、直線で示した設計値は十分この値を満足している。さらにKa-bandのピーコンを持つ通信衛星CS-3aを用いて現地で測定した受信アンテナパターンを第8図に示す。

3. 乾燥空気充填部

3.1 乾燥空気充填部の構成

乾燥空気充填部は導波管または同軸給電線等の内部に乾燥空気を一定圧力範囲で充填して、導波管内への湿気の侵入及び結露を防止し、電波の伝送状態を良好に保つためのものである。

第1表 アンテナ部の機械的性能

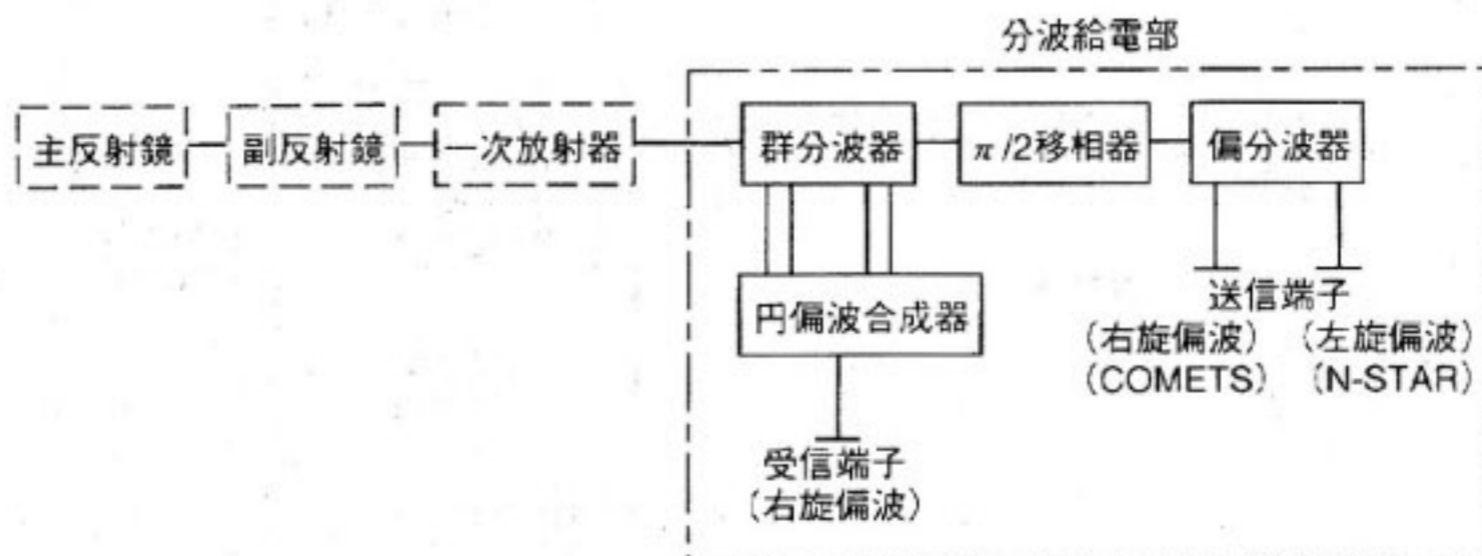
項目	性能
アンテナ形式	鏡面修整カセグレン
マウント形式	AZ-ELマウント
主反射鏡直径	5m
副反射鏡直径	556mm
主反射鏡鏡面精度	0.30mm R.M.S.以下 (夜間無風時)
駆動方式	ACモーターを用いたスクリュージャッキ駆動方式
可動範囲	EL 0~90deg AZ ±60deg
駆動速度	EL 約0.005deg/sec AZ 約0.005deg/sec
運用可能風速	平均 20m/sec 瞬間最大 30m/sec
耐風速	瞬間最大風速70m/secに対して永久変形を生じない
追尾精度	受信半値幅の1/10rms以下
環境条件	気温 -20°C~+45°C 湿度 95%以下

第2表 アンテナ部の電気的性能

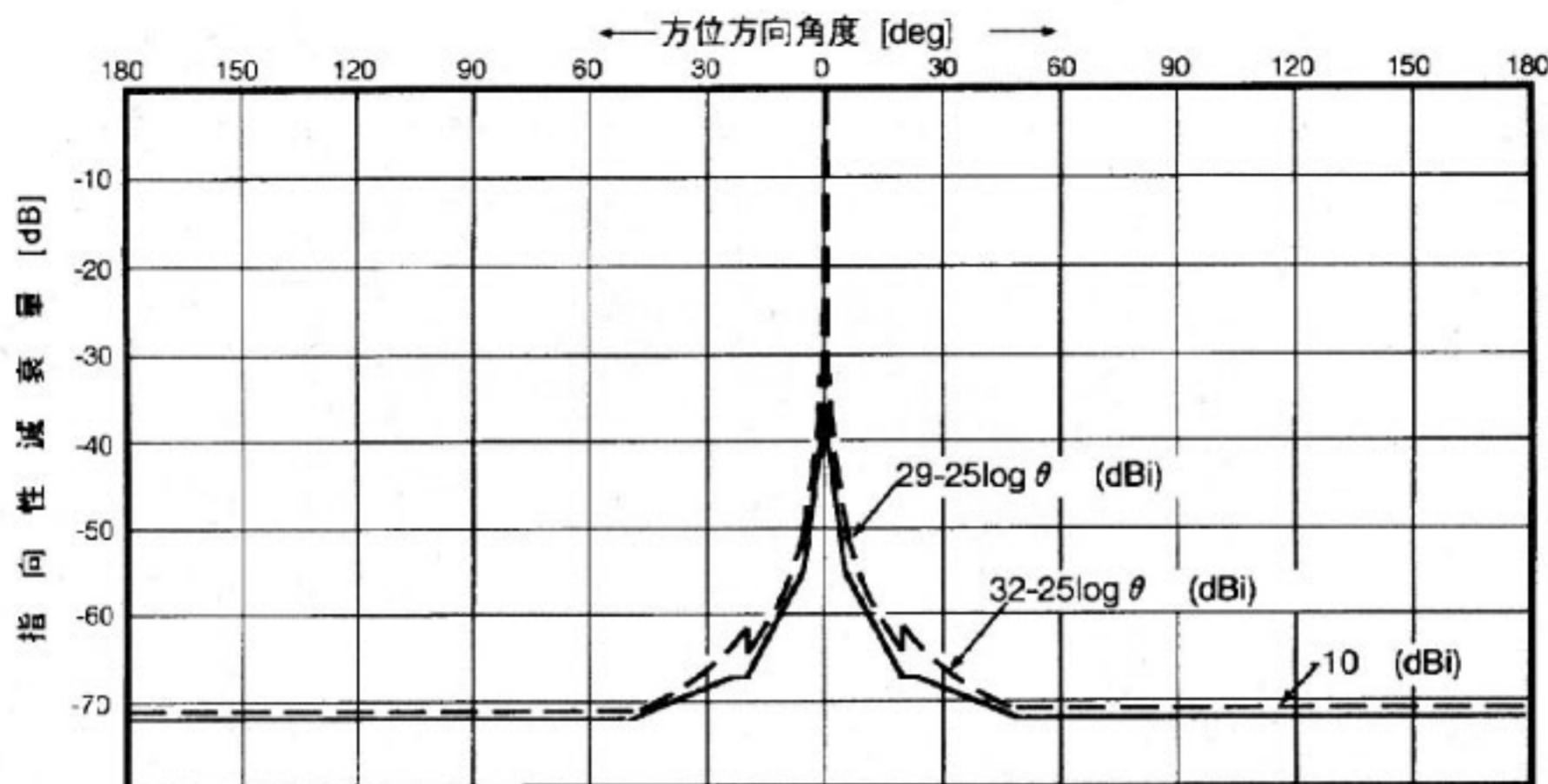
項目	性能	
	送信	受信
周波数帯域幅	27.24~27.86GHz	17.765~20.76GHz
偏波	右旋円偏波	右旋円偏波
利得	60.7dBi以上	58.5dBi (フィーダ損を含む)
フィーダ損	4dB	—
VSWR	1.3以下	1.3以下
半値幅	0.14deg	0.19deg
アンテナ雑音温度	—	60K以下 (18.0GHz仰角45° 晴天時)
軸比	3dB以下	3dB以下
送受分離度	80dB以上	80dB以上

第3表 乾燥空気充填装置の性能

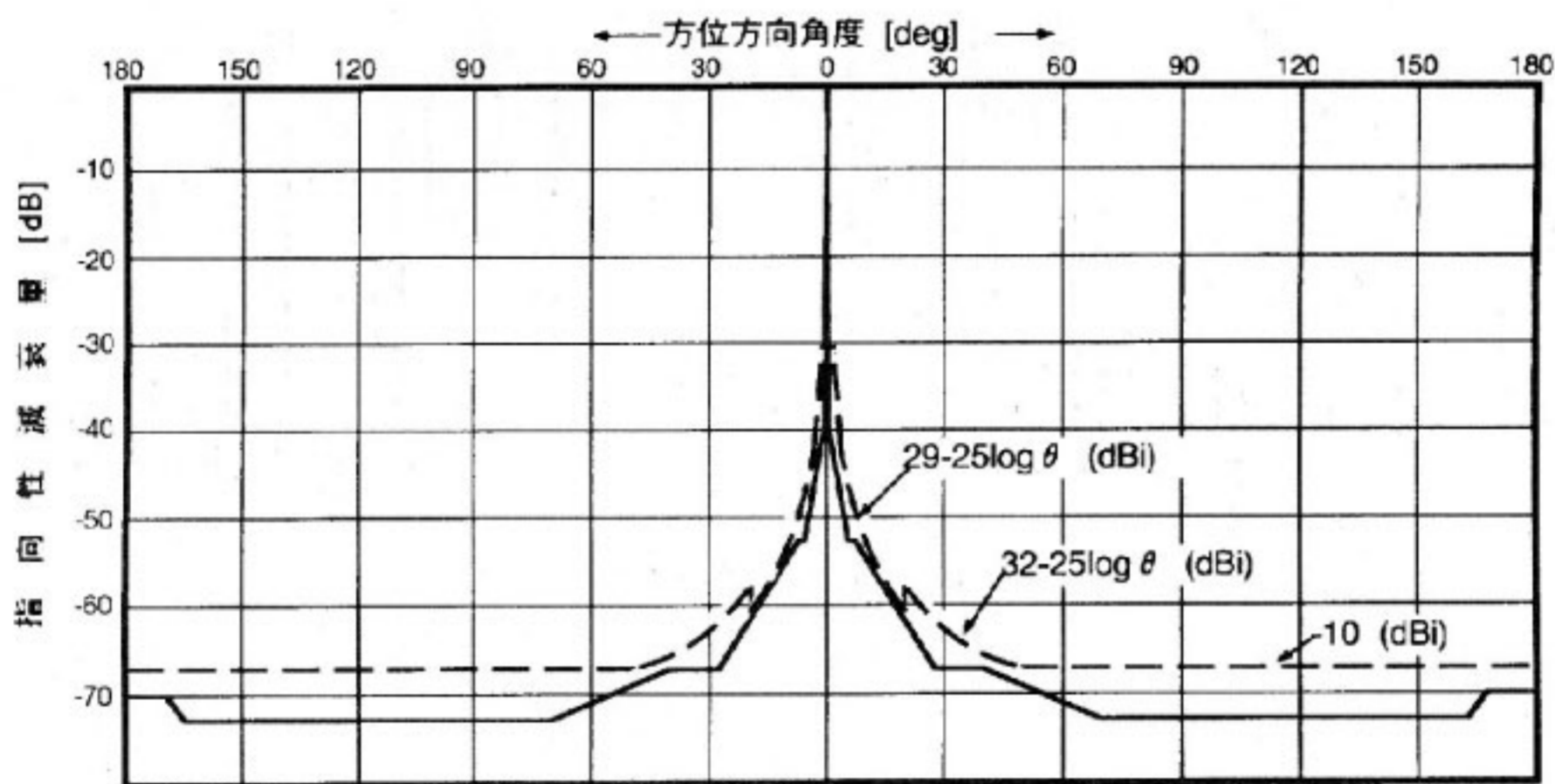
項目	性能
出力送風量	10/min以上
充填圧力	上限圧力 30±5gf/cm ² 下限圧力 10+0gf/cm ² -5
空気乾燥度	露点 -30° 以下
気密	FDR INとFDR OUTを接続し、上限圧力に加圧後25gf/cm ² に設定し20gf/cm ² までの降下時間が15分以上
消費電力	20W以下
絶縁抵抗	500Vメガー 2MΩ以上
耐電圧	AC1000V 1分間
電源断警報	サーキットブレーカがトリップしたとき警報回路ON
低圧警報	圧力が5 +0 gf/cm ² 以下になったとき警報回路ON -5



第6図 分波給電部



(a) 送信パターン



(b) 受信パターン

第7図 広角アンテナパターン (設計値)

3.2 乾燥空気充填部の性能

乾燥空気充填部の性能を第3表に示す。

4. アンテナ制御部

4.1 アンテナ制御部の構成

アンテナ制御部はビーコン受信部、アンテナ制御盤、モータ制御盤から構成される。

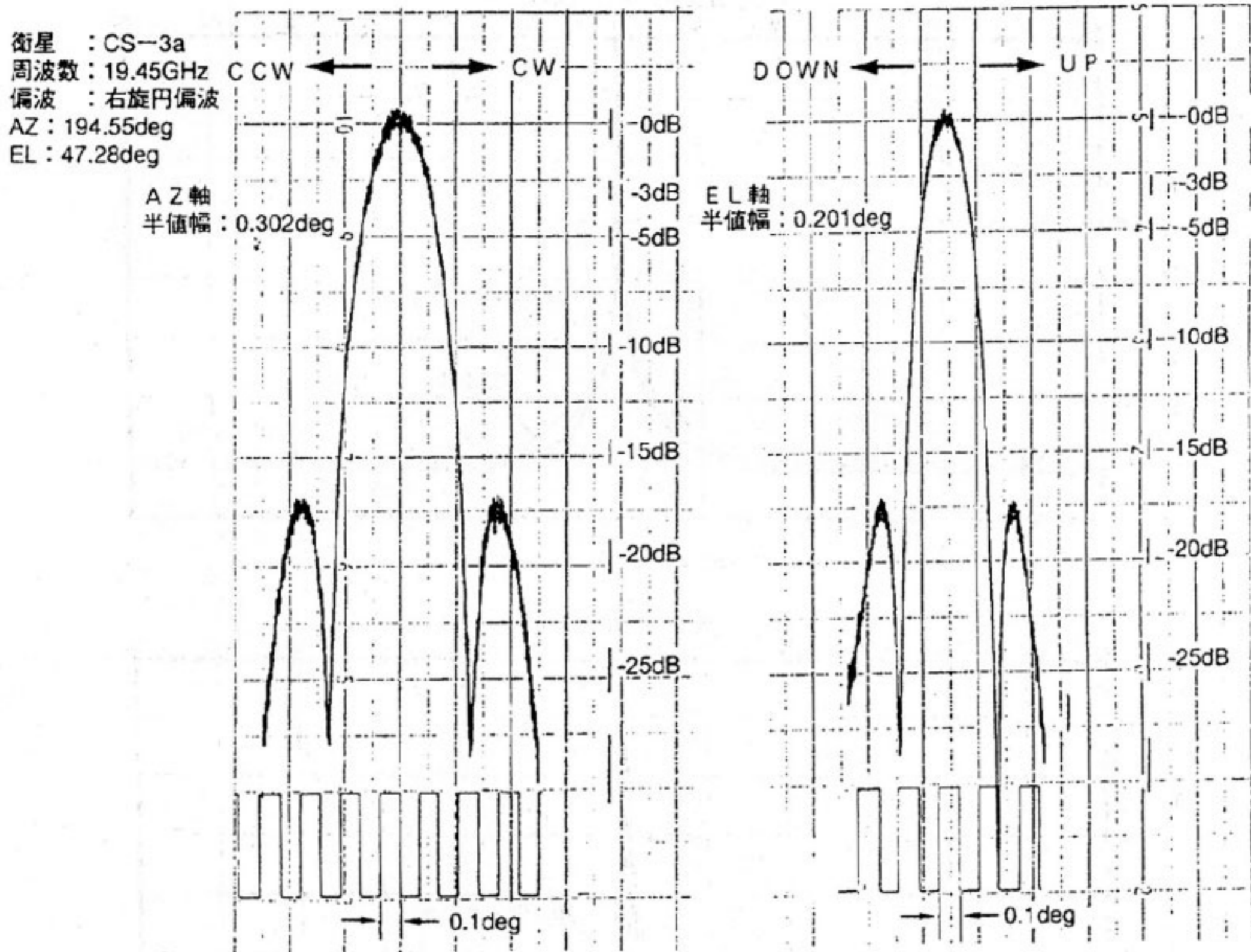
4.1.1 ビーコン受信部

ビーコン受信部はビーコン用ダウンコンバータとビーコン受信機から構成されている。

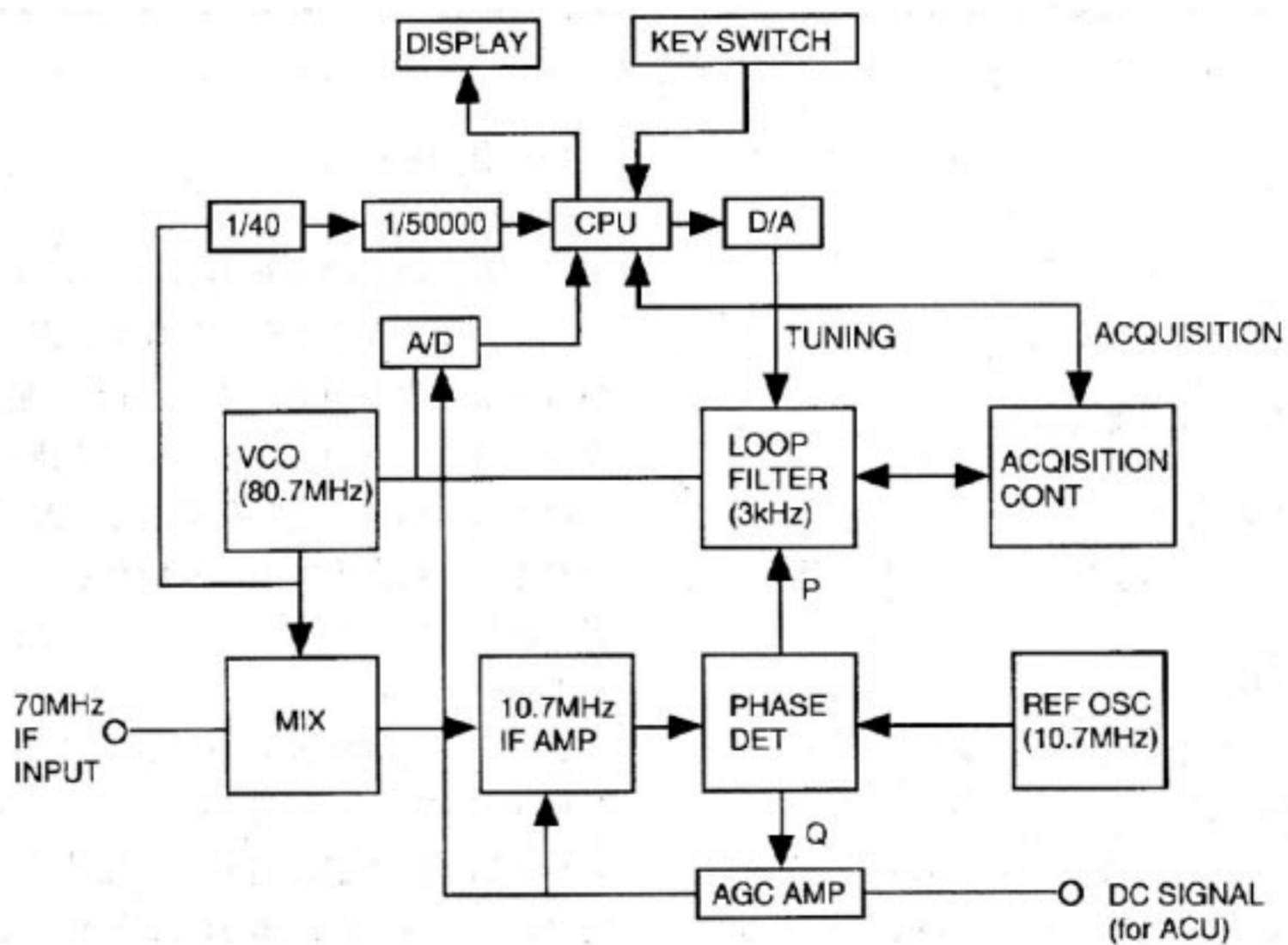
ビーコン用ダウンコンバータは受信周波数変換装置⁽¹⁾にて1GHz帯に周波数変換されたビーコン受信信号を70±20MHz帯のIF信号に周波数変換してビーコン受信機に入力する。ビーコン用ダウンコンバータでは第2

局部発振周波数の420MHzをモニタする事が可能であり、後述するVCO出力のモニタとあわせてビーコン周波数のモニタが可能である。また、制御モードとしてローカル/リモートの二つのモードを持ち、ローカルモードではモード切替・通常運用/保守運用切替・受信周波数の変更・局部発振器の周波数及びレベルの微調整・状態表示が行える。リモートモードではモード切替・状態表示のみが行える。

ビーコン受信機はビーコン用ダウンコンバータから70MHz帯のビーコン信号を受け、その信号レベルをアンテナ制御部にDC信号として出力する。ビーコン受信機のブロック図を第9図に示す。ビーコン用ダウンコンバータからの70MHz帯信号はBPFで70MHz±2MHzに帯域制限された後、80.7MHzのVCO出力信



第8図 受信アンテナパターン



第9図 ビーコン受信機ブロック図

号と混合され10.7MHzのIF信号となる。これを10.7MHzの基準信号と混合し、同期検波を行う。同期検波後の信号出力(DC電圧)はPLLの制御に用いられ、 $\pi/2$ 移相推移された基準信号によって同期検波された信号出力はAGCループの制御に用いられる。以上の動作により受信信号強度に比例したDC出力電圧が得られる。また、PLLの周波数トラッキング範囲は250kHz以上、AGCループの動作範囲は30dB以上である。

ビーコン受信機では周波数捕捉モード・各種パラメータの変更/設定が可能である。周波数捕捉モードは70MHz \pm 100kHz以内の最大レベルの信号にロックするAUTO、VCO周波数を手動掃引し信号受信後に位相同期が閉ループとなるCLOSED MANUAL、VCO周波数を手動掃引し信号受信しても位相同期が閉ループとならないOPEN MANUALの3モードがある。

4.1.2 アンテナ制御盤

アンテナ制御盤は、受信信号強度を示すDC信号に基づいて受信信号レベルが最大となるようアンテナを駆動するための駆動制御信号を出力する装置である。

アンテナ制御盤のブロック図を第10図に示す。アンテナAz/El角度信号は角度検出器からアンテナ制御盤に送られる。アンテナ制御盤ではこれを復調/DC変換後、A/D変換する。このデジタル信号を2進10進(BCD)形式にして制御盤上のディスプレイに10進5桁のアンテナ角度を表示する。アンテナ駆動制御盤では

アンテナ駆動方式・各種パラメータの設定が行える。

アンテナ駆動方式として自動追尾(AUTO)、手動(MANUAL)及びプリセット(PRESET)の三つのモードがある。

(1) AUTOモード

このモードは受信レベルが最大となる方向にアンテナを駆動するステップトラック方式により衛星を追尾する。ステップトラック方式はアンテナをステップ状に駆動し、駆動前後のレベル差から次の駆動方向を決定するものである。1回のステップ駆動角度(ステップサイズ)は0.01~60degの範囲で設定できる。受信信号レベルがピークになるとあらかじめ設定した時間、自動追尾駆動休止状態となる。

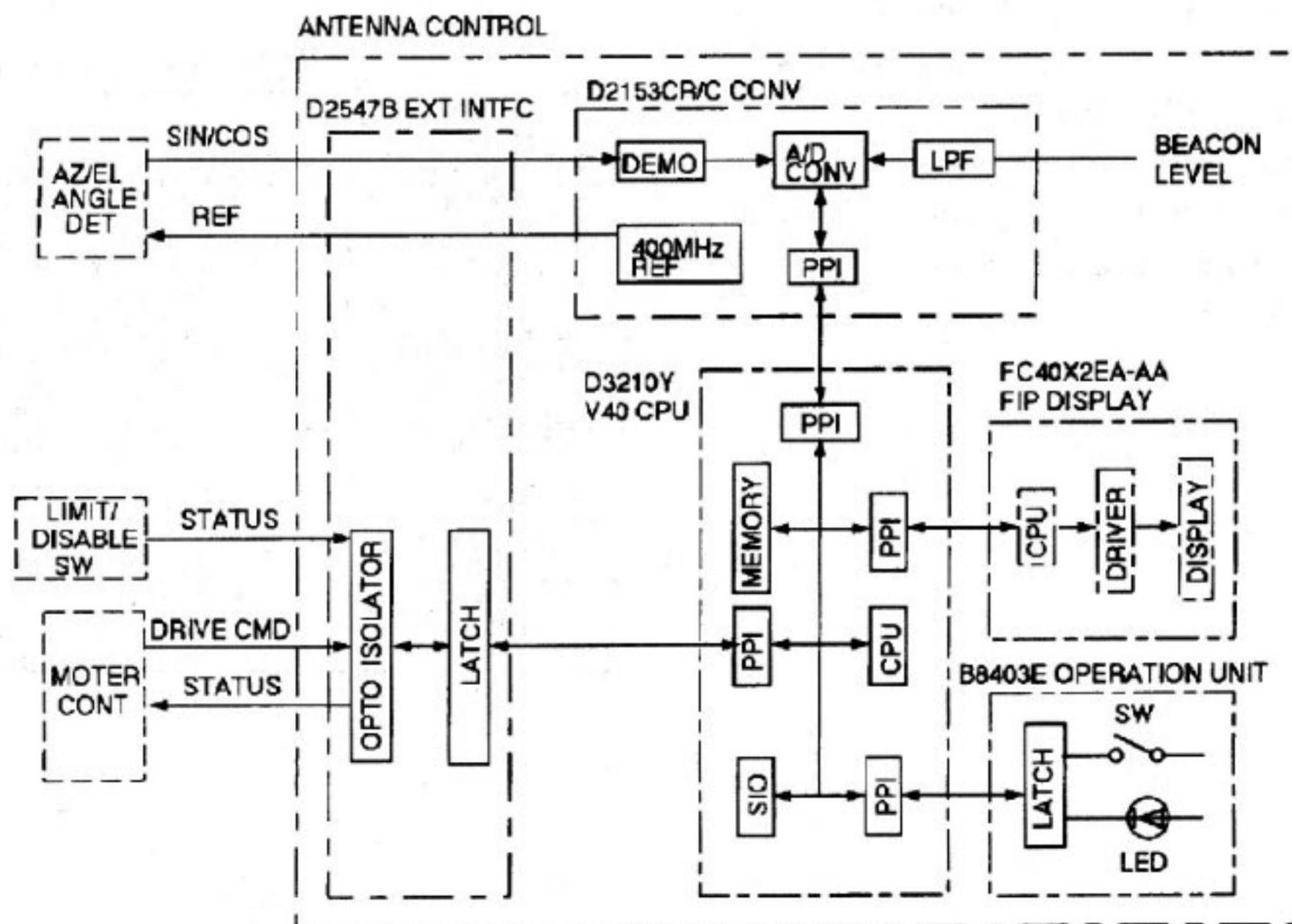
(2) MANUALモード

アンテナ制御盤前面のスイッチによりAz/Elの各軸を手動にて駆動することができる。

(3) PRESETモード

あらかじめ設定された指令角度にアンテナを任意の角度から駆動する事ができる。指令角度を10点までメモリできる。

駆動モードは自動移行機能を有しており、受信レベルが自動追尾可能レベル以上となると他の駆動モードからAUTOモードに移行する。この機能をAUTO TRANSFER機能と呼びパラメータ設定によりON/OFFが可能である。また、各駆動モードにおいて運用



第10図 アンテナ制御盤ブロック図

維持不能なアラームが発生した場合には基本的にMANUALモードに移行する。

4.1.3 モータ制御盤

アンテナ制御盤からの信号によりアンテナ装置に取付けられた三相誘導電動機の制御駆動信号を出力する。電動機の回転方向は電動機への印加電流の位相の組合わせで決定され、本盤では電動機への供給電源はソリッドステート・リレーで制御されている。また、正逆転出力が同時に出力されないよう電力ループ信号を1軸あたり1系統とし、正転と逆転で電流方向を逆にしている。

4.2 アンテナ制御部の性能

ビーコン用ダウンコンバータの特性を第4表に、ビーコン受信機の主要性能を第5表にそれぞれ示す。また、アンテナ制御盤の電氣的・機械的的特性を第6表に示す。

5. む す び

平成9年夏期に打ち上げ予定の通信放送技術衛星(COMETS)を用いた実験の実施に向けて整備を行った放送ミッション(SBE)主局のアンテナ装置及び駆動制御部についてその構成と性能について述べた。

参 考 文 献

- (1) 高橋卓, 吉村直子, 小園晋一, 井口政昭, "6.1.2 高度衛星放送実験主局 RF系", 通信総研季, 43, 1, pp.163-170; Mar. 1997.
- (2) "Reference earth-station radiation pattern for use in coordination and interference assessment in the frequency range from 2 to about 30GHz", CCIR, Rec.465.
- (3) "Radiation diagram for use as design objectives for antennas of earth stations operating with geostationary satellite", CCIR, Rec.580.

第4表 ビーコン用ダウンコンバータ特性

項 目	特 性
入力周波数	1.0~1.5GHz
出力周波数	70±20MHz
入力インピーダンス	50Ω
出力インピーダンス	75Ω
振幅周波数特性	±0.5dB以内 (70±20MHz)
周波数ステップ	50kHz
モニタ周波数	420MHz
利得	+30~+60dB (38dB標準)
電源	AC200V±10% 50/60Hz

第5表 ビーコン受信機の主要性能

項 目	性 能
入力周波数	70MHz±250kHz
入力レベル範囲	-50dBm~-20dBm
入力インピーダンス	75Ω 公称
VCO周波数	80.7MHz±250kHz以上
REF周波数	10.7MHz
位相同期ループ等価雑音帯域幅	3000Hz±20%以下
周波数追尾範囲	±250kHz以上 (手動) ±20kHz以上 (自動)
受信レベル出力電圧	DC+4V (-30dBm入力に対して) 1±0.3V/10dB
周波数安定度	VCO ±3×10 ⁻⁵ /日以内 REF ±1×10 ⁻⁵ /日以内
ビーコン捕捉モード	開ループ手動 閉ループ手動 開ループ自動
AGCモード	同期検波 AGC (狭帯域)
電源	AC100~240V±10%
環境条件	温度 5°C~45°C 湿度30%~90%

第6表 アンテナ制御盤の機械的及び電氣的性能

項 目	性 能
自動追尾方式	ステップトラック
自動追尾精度	受信半値幅の1/10rms以下
駆動速度	AZ : 0.02deg/sec (低速) EL : 0.02deg/sec
駆動範囲	AZ : +90deg可動 (連続140deg) EL : 0~90deg
駆動モード	AUTO/MANUAL/PRESET
駆動指令信号出力I/F	フォトカップラ出力による電流ループ (各方向)
角度表示精度	0.1deg rms以下
角度検出器入力I/F	1Xシンクロレゾルバ (ブラシレス)
受信レベル信号I/F	DC+4V (晴天ピーク時) +1V/10dB
状態信号入力I/F	フォトカップラ入力による接点入力
リモートコントロールI/F	RS-422
消費電力	AC200V 約80VA
電源	AC200V±10% 50/60Hz
環境条件	温度 : 0~+50°C 湿度 : 結露なきこと



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



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

佐藤 正樹
Masaki SATOH
関東支所 宇宙通信技術研究室
高度衛星放送における降雨減衰の補償
E-Mail: sato@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

