

日本船舶振興会 昭和49年度補助事業  
“船舶の構造・性能に関する基礎的研究”

研究資料No.227

## 第145研究部会

### 静止気象衛星による気象情報の自動 送受信システムに関する研究

#### 報 告 書

昭和50年3月

社 団 法 人  
日 本 造 船 研 究 協 会

## はしがき

本報告書は、日本船舶振興会の昭和49年度補助事業「船舶の構造・性能に関する基礎的研究」の一部として日本造船研究協会第14・5研究部会においてとりまとめたものである。

本研究部会の委員は次のとおりである。

第1・4・5研究部会委員名簿(敬称略、順不同)

部会長	井 東 洋 一(日本郵船)	石 崎 武 志(石川島播磨重工業)
幹事	五十嵐 昭 一(住友重機械工業)	岡 田 高(沖電気工業)
	遠 藤 敏 雄(大阪商船三井船舶)	嶋 田 俊 雄(郵政省)
	木 村 小 一(電子航法研究所)	中 村 繁(気象庁)
	辻 村 克 己(日本無線)	西 山 節 男(三井造船)
	成 井 満 男(気象庁)	原 昌 三(三菱重工業)
	秦 武 彦(安立電気)	馬 淵 郁次郎(ジャパンライン)
	星 昌 憲(昭和海運)	渡 辺 和 夫(気象庁)
	望 月 仁(電気通信大学)	諫 山 武 彦(日立造船)
委員	石 島 犀(七洋電機)	岩 田 弘(安立電波工業)
	岩 井 励(川崎重工業)	加 藤 増 夫(古野電気)
	柿 崎 泰 雄(北振電機製作所)	力 石 昭 次(東京計器)
	柴 田 利 光(日本鋼管)	西 岡 正 美(日本造船工業会)
	土 井 丈 士(三井造船)	平 岩 美 秀(三菱電機)
	林 一 雄(日本電気)	町 田 遼 八(光電製作所)
	松 橋 寿 雄(日本船主協会)	山 下 和 三(日本海事協会)
	水 上 弘(川崎汽船)	
	吉 田 信 一 郎(東京芝浦電気)	
討議参加者	荒 川 康 一(日立造船)	北 村 直 正(安立電気)
	石 井 博(日本無線)	岩 村 成 昭(日本電気)
	鈴 木 千 洋(電気通信大学)	高 谷 悟(気象庁)
	田 中 鉄 郎(沖電気工業)	谷 貞 和(三菱電機)
	中 田 美作夫(日本鋼管)	中 野 昌 男(住友重機械工業)
	西 口 寛 治(三井造船)	村 谷 雄 三(日立造船)
	山 口 哲 夫(三菱電機)	山 田 博(日本海事協会)
	和 田 寒(川崎汽船)	小 村 宏(日本鋼管)

## 目 次

1. 概 要	1
2. 日本の気象衛星システムの現状	2
2.1 開発の経緯	2
2.2 G M S	2
2.3 國際情勢と打上げの時期	3
2.4 地上設備	4
3. 米国の通報局の調査	10
3.1 概 要	10
3.2 水源監視局	10
3.3 気象データ自動通報局	11
3.4 N O A A の D C P 無線機	15
4. 船舶用アンテナの検討	21
4.1 概 要	21
4.2 衛星の方向表示	21
4.3 船の方向変換とアンテナビーム巾	22
4.4 船の運動とアンテナの方向修正	23
4.5 アンテナマウントの種類	24
4.6 指向制御の仕方	25
4.7 マウントの実例	27
4.8 X-Yマウントのアンテナ制御	28
5. 通報局の試作無線装置の仕様の検討	35
5.1 概 要	35
5.2 基本的必要条件	35
5.3 分 類	35
5.4 構 成	35
5.5 構成機器の検討	36
5.6 船舶装備上の検討	37
6. 試作機の仕様	39
6.1 概 要	39
6.2 装置の構成	39
6.3 環境条件	39
6.4 一般的条件	39
6.5 必要条件	40
7. その他の問題点	44
8. 今後の研究の進め方	44
8.1 今後の研究方針	44
8.2 昭和 50 年度の研究計画	44

## 1. 概 要

船舶による気象、水象観測のデータ入手の向上を計るため、気象庁側は静止気象衛星による気象情報の自動送受信システムについて、また、船主および造船所側は、そのシステムについて研究調査をしてきたところ1970年に開催されたG A R P（地球大気開発計画）計画会議でアジア地域における静止気象衛星を日本が担当するよう要請があり、また、1971年に東京で開催されたE C A F E第4回台風委員会でも西太平洋地域の台風災害を軽減させるため、この地域を監視できる静止気象衛星の必要性が論ぜられた。この衛星の実現時期はG A R P、F G G E開始の前年1976年末を予定されているため、宇宙開発委員会でも気象衛星の開発に深い関心をよせ、1973年より着手できるよう考慮が払われている。この線に沿って、1976年度末に完成を目指して宇宙開発事業団では気象衛星本体の製作に、気象庁では関係地上施設の製作にとりかかる。このような背景のもとに、わが国が打上げを予定している静止気象衛星を利用して船舶で観測されたデータを自動的に衛星より指示を受けて送信するシステムの研究開発およびその実用化が必然的に要求されるに至った。このため、本研究は5カ年計画をもって船舶における静止気象衛星による気象情報の自動送受信システムを完成することを目的として第2年度は次の研究を行なった。

1. 気象情報自動送受信システムの国際方式の調査
2. 気象情報自動送受信システムの試作機仕様書の作成

## 2. 日本の気象衛星システムの現状

### 2.1 開発の経緯

静止気象衛星計画は国連の専門機関の一つである世界気象機関(WMO-WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION)が推進する世界気象監視(WWW-WORLD WEATHER WATCH)計画の一部をなす世界気象衛星組織の一環を担う国際計画であるとともに国内的には日本に影響をおよぼす台風、低気圧などの常時監視の役割をもつものである。

世界気象衛星組織は気象衛星が宇宙から地球を見下すので相当広い範囲(軌道衛星では3,500km四方、静止衛星では半径6,000kmの地域)にわたる各種観測が可能であるメリットを生かし、気象衛星を有効に配置して全世界をくまなくカバーしようとするものである。配置される衛星は静止気象衛星5個、極軌道衛星2個である。5個の静止気象衛星は日本、欧州宇宙研究機構(ESRO-フランス、イギリス等10カ国が参加)、ソ連が各1個、米国が2個である。米国の静止気象衛星のうちの1個は既に昭和49年5月17日に打上げられて米国の気象監視に役立っている。極軌道衛星は米国のNOAA衛星とソ連のMETEOR衛星で、ともに現在業務用として運用されている。

世界気象衛星組織はWWW計画の中の一大プロジェクトとして推進されている地球大気開発計画(GARP-GLOBAL ATMOSPHERIC RESEARCH PROGRAM)の第1回全球実験(FGGE)開始までに展開、完了することになっている。昭和49年10月に開かれたFGGE政府間パネルの会議によって、FGGEの開始時期は昭和52年9月と定められたので、各衛星の開発国はこの目標に向けて開発を進めている。

宇宙開発は経費がかかるることは当然のことながら、開発に必要な技術者に限りがあるため国の施策として一本化されており、宇宙開発委員会の決定する宇宙開発計画にのっとって進められている。

静止気象衛星も例外ではなく、昭和45年度の宇宙開発計画において静止気象衛星をWWW計画などの国際計画にあわせて整備するよう決定され、昭和46年度から気象研究所においてシステムデザインが始まられた。

2年間かかって衛星システムの概略の仕様の調査研究が終って、昭和48年度からは衛星本体の製作と関連地上施設の整備を行う段階となった。衛星本体の製作は宇宙開発事業団が担当するきまりになつておるため、気象衛星も宇宙開発事業団の手によって製作が行なわれている。関連地上施設は利用機関である気象庁が整備を行なっている。

この衛星のもつ船舶などの観測したデータを気象中継え中継する機能を利用して、かねてから船舶の通信士の削減による夜間の気象データの欠陥を補うために船舶に設置する設備の研究が本研究部会の研究目的である。

### 2.2 GMS

気象衛星の製作は宇宙開発事業団の担当で、昭和48年10月30日、日本電気との契約がまとまり、日本電気と技術提携しているヒューズ エアクラフト社がバードウェアの製作を行なうことになった。

昭和48年度は前年度までに気象研究所において実施したシステム デザインを引きついで衛星本体の基本設計を行ない、衛星の基本的な仕様が定まった。昭和49年3月に報告された報告書は衛星の基本設計実施中であったため大まかな概念仕様について記述した。

基本設計の結果一番大きく変更されたのはアンテナ系である。アンテナのビームを常に地球方向に向けるのに米国の静止気象衛星SMSが電気的デスパン アンテナを使用していたことと塔載観測機器である可視赤外放射計(VISSR)の開口部が衛星本体の頭部に露出していたことから電気的デスパン アンテナを考えていた。しかし、検討した結果、機械的に切換える方式の方が実績から見て確実であるということからVISSR開口部の上部に機械的デスパンアンテナを取付けることになった。ヒューズ社がこれまで手かけてきた通信衛星インテルサットがすべて機械的デスパン アンテナを装備しているためでもある。衛星の形状は前回の報告とは異なり

図2.1 のようになった。

これに伴なって衛星の大きさ、重量は大略次のようになつた。

直 径 ..... 220 cm

高 さ ..... 330 cm

重 量 ..... 290 kg

宇宙から放射される電波を受信、解析して宇宙科学の研究を行なう、いわゆる電波天文学は最近電波望遠鏡の開発によってとみに発展してきた。電波天文にとって宇宙からの自然放射以外の電波は妨害電波となる。このうちOHを観測する1.660～1.670 MHz帯が静止気象衛星の観測するVISSR信号を指令資料収集局に送信する中心周波数1.681.6 MHz、帯域巾28MHzの側帯波によって妨害される事実が米国の静止気象衛星SMSによって生じてきた。電波天文バンドの保護対策について検討した結果、1.700 MHz帯の送信機にフィルターをつけて電波天文に妨害を与える衛星からの側帯波の電力束密度を減衰させることにした。経費的には数億円のコストアップになるとのことである。

衛星本体製作に関する詳細設計は昭和50年2月には終了する計画で進められており、続いてハードウェアの製作にとりかかる。工程が順調に進めば昭和51年1月には第1号機が完成することになろう。図2.1は静止気象衛星GMSの模型図である。

### 2.3 國際情勢と打上げの時期

米国のSMSは当初の予定より少し遅れて昭和49年5月17日に打上げられ現在プラジル上空にあって西太平洋とアメリカ大陸の気象監視に威力を發揮している。

もう一つの衛星は打上げ準備中である。

欧洲宇宙研究機構(E S R O)のMETEOSATは昭和52年の前半に打上げるよう開発が進められている。

昭和49年10月7～11日ジュネーブにおいてFGGE政府間会議が開かれFGGEのスケジュールなどについて検討された。衛星打上げの計画やその関係方面の準備状況からFGGE開始期間を昭和52年9月からの2年間とした。この2年間のうちの後の1年を本格的な観測年とし特別な目的をもった強化期間を2回設けることにした。

日本の静止気象衛星の打上げは米国のロケットを用いて、米航空宇宙局(NASA)に委託することになっていた。

NASAは外国からの衛星打上げ委託に関しては打上げ2カ月前に契約を終え、約5%の頭金を支払うのが標準方式となっていた。しかし、日本の打上げ委託の場合はそれより短くても可能であるとの感触が得られていたため、昭和51年末に打上げる静止気象衛星をはじめとし、昭和52

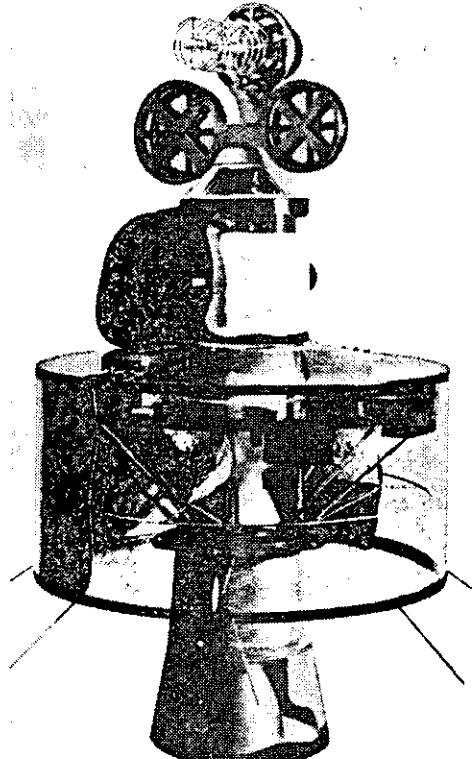


図2.1

年3月までに打上げる通信、放送衛星の打上げ契約と頭金支払を昭和50年4月以降にすることにしていました。ところが昭和49年夏ごろからNASAがやはり標準方式をくずせないとし、昭和50年3月までに頭金を支払ってほしいと強く主張してきたため、予算措置が間に合わなくなってきた。

宇宙開発委員会は昭和49年1~2月24日臨時委員会を開きこの件について検討した結果、これらの衛星の打上げを昭和52年度にずれ込ますことに決定した。

静止気象衛星は国際協力の一環であり、FGGEが昭和52年9月に開始されることとも勘案し、当初から約半年遅れの昭和52年中ばに打上げられることになるだろう。

## 2.4 地上設備

### 2.4.1 建設計画

地上設備関係は気象庁の担当で昭和48年度から整備に着手した。必要な地上施設や設置される機器類の経費は国庫債務負担行為として昭和48年度あるいは49年度の予算で成立しているが物価高騰のあおりで資金ぐりが苦しくなったものである。

指令資料収集局は衛星との電波のやりとりをする地球上の窓口で、埼玉県比企郡鳩山村五輪山の国有林に設置される。場所は村の中心地域から約2km、標高差で約50mあるため工事用の取付道路が必要である。昭和49年には土地の取得作業が終了し、昭和49年度の終りごろから庁舎の工事がはじまる。直径約18mのアンテナをはじめとした各種通信機器は昭和48年度から設計、製作が進められており、庁舎の出来上りをまって据付、調整が進められ昭和52年初めには完成する。

データ処理センターは指令資料収集局経由で入手する衛星からの各種信号を電子計算機で処理して予報業務など利用業務に提供する施設で東京都清瀬市の気象通信所構内に設けられる。

庁舎の工事は昭和49年度の終りごろから着工し、昭和51年の春には完工する。設置される電子計算機を中心とする関係機器は昭和49年のはじめから設計、製作にとりかかっており、庁舎が出来上ると据付、調整が開始され昭和52年度のはじめには整備が終る。

### 2.4.2 指令資料収集局(CDAS)

指令資料収集局(CDAS-COMMAND AND DATA ACQUISITION STATION)のミッションを大別すると次のようになる。

- (1) GMSからの可視赤外放射計(VISSR-VISIBLE AND INFRARED SPIN SPAN RADIOMETER)の受信、S/DB(SYNCHRONIZER/DATA BUFFER)装置による画像一次処理
- (2) データ処理センター(DPC-DATA PROCESSING CENTER)で画像処理された高分解能、低分解能ファクシミリの送信
- (3) テレメトリ信号、宇宙環境モニタの受信、コマンド信号の送信
- (4) DCPデータの収集
- (5) 3点測距信号の送受信

施設の概要は次の通りである。

アンテナ系装置(18mφカセグレンアンテナを含む)、送信系、変調系、受信系、復調系、測距系、コマンド系、テレメトリ系の各装置、管制装置、DCP標準装置、周波数標準装置、リアルタイムデータユニット、コリメーション装置、マイクロ端局、マイクロ波送受信装置、システムアナライザ、ファクスモニタ装置等より構成され、これ等装置のブロック図を図2.2に、DCPシステムにのみ関連するDCP変調器のブロック図を図2.3に、DCP復調器を図2.4と図2.5に、DCP標準装置を図2.6に示し、それ等の主要性能の一部を表2.1に示す。変復調器はそれぞれの必要チャネルに応じて同一性能のものを並列に設置されており

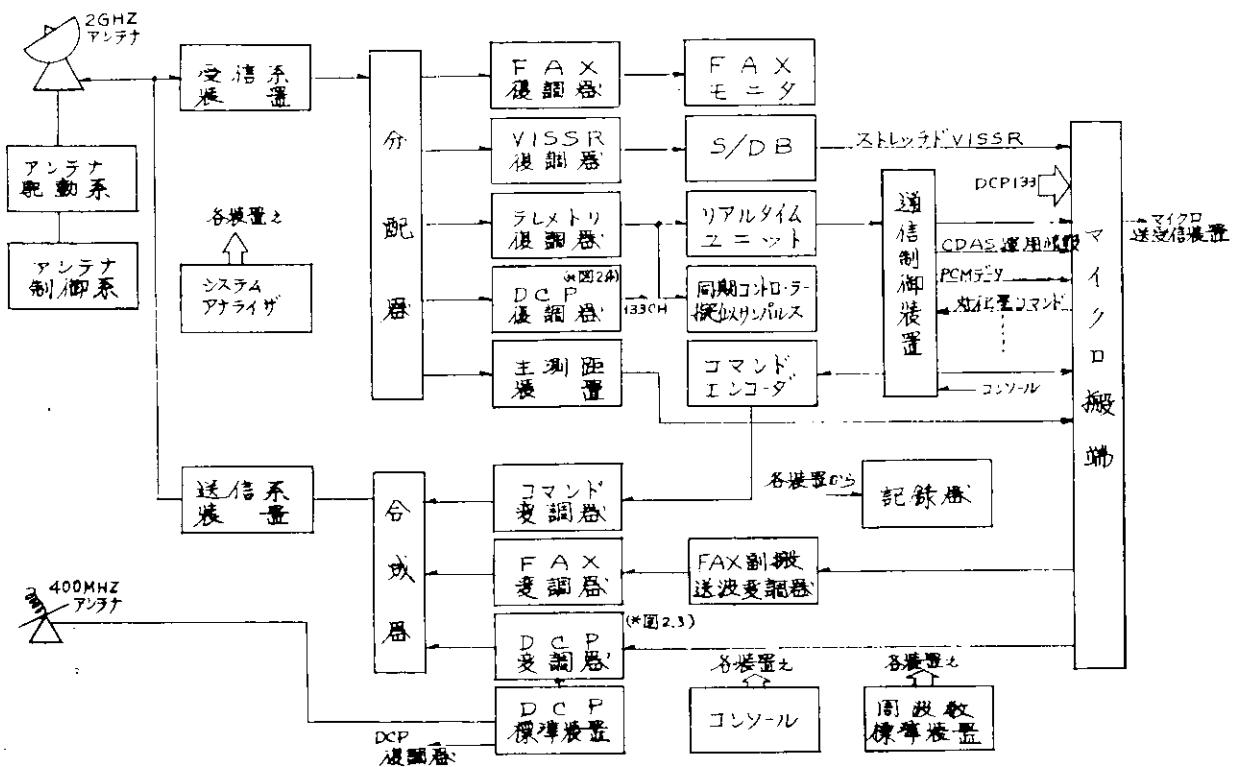


図2.2 CDAS構成

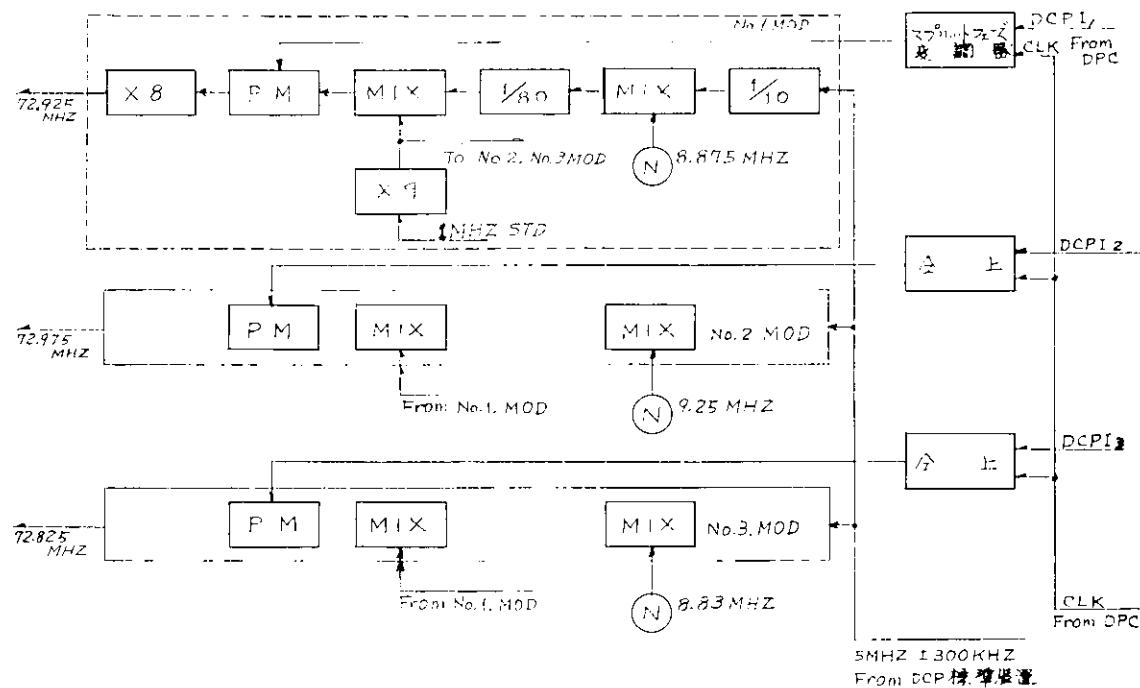


図2.3 DCP変調器

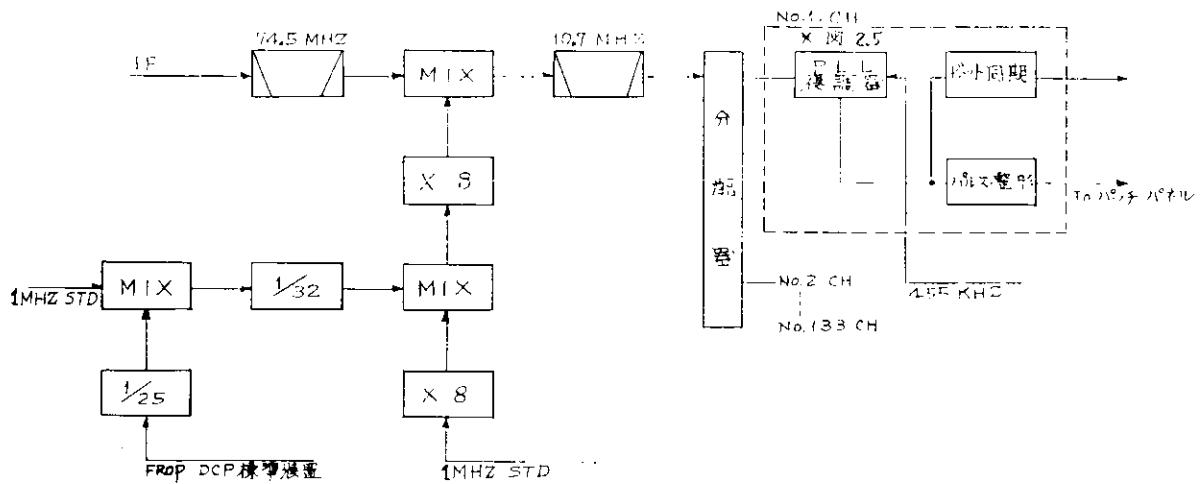


図 2.4 D C P 復調器

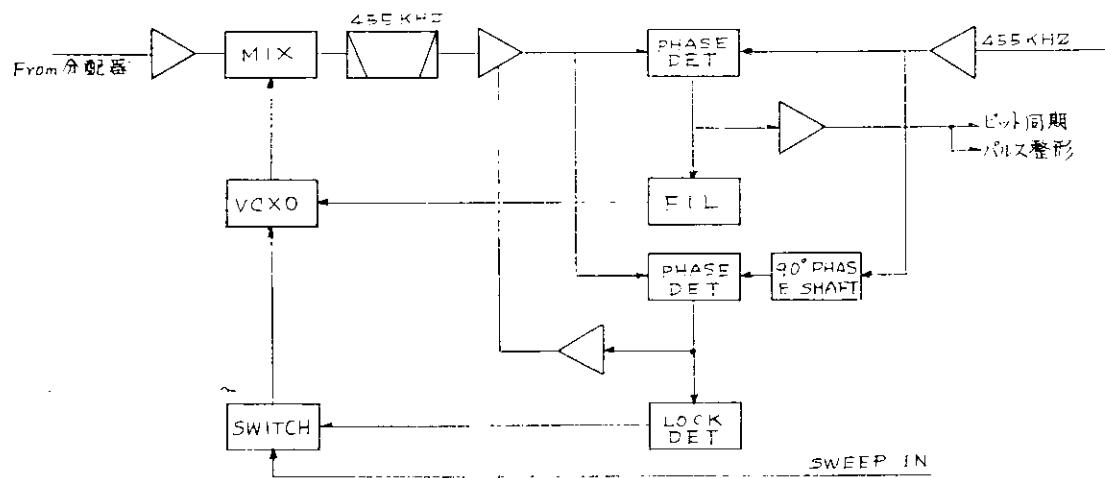


図 2.5 P L L 復調器

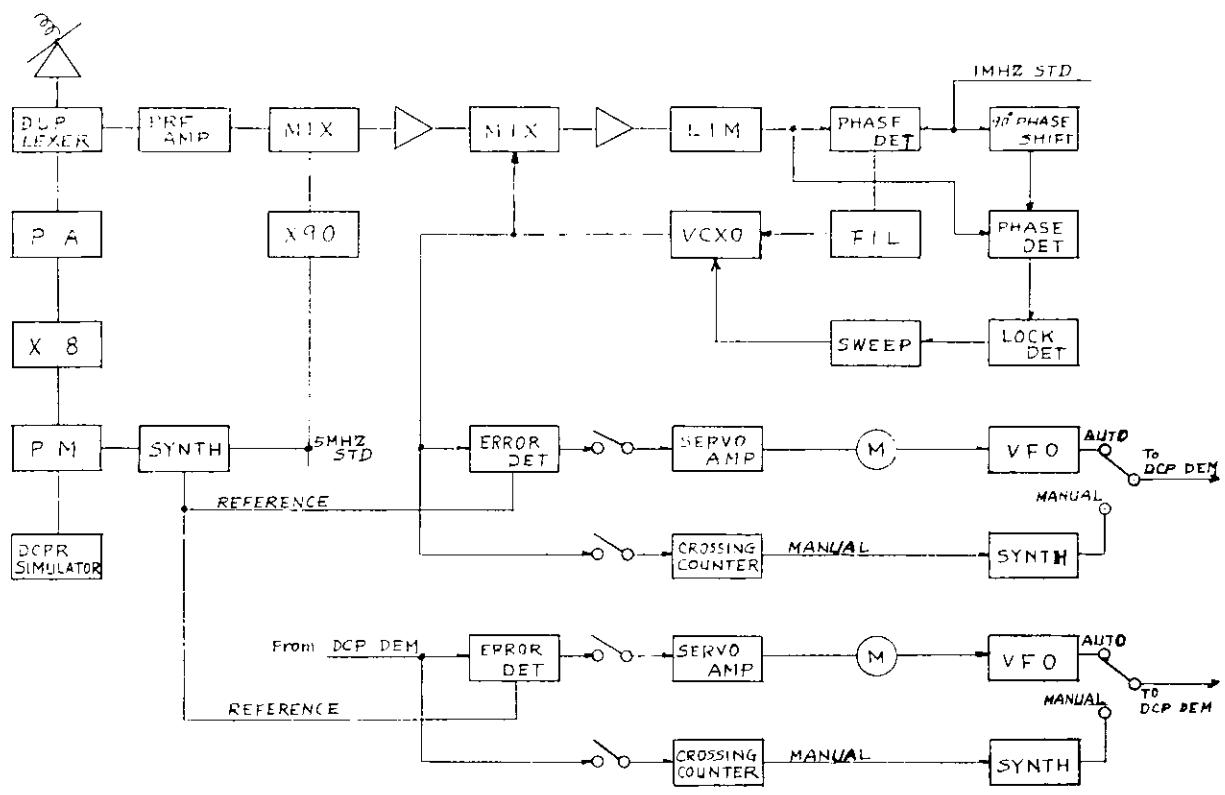


図2.6 DCP標準装置

特記する事はないが、DCP標準装置は一般の相互通信システムと異なり、トランスポンダとして衛星を使用するために必要とする特殊機器であるのでその目的と機能を参考までに述べる。

表 2.1 CDAS DCP 関係の主要性能

項目	DCP復調器	DCP変調器	DCP標準装置
入力周波数	IF $74.5 \pm 0.2$ MHz		468 MHz 帯 2 波
出力周波数		IF $72.9 \pm 0.1$ MHz	402 MHz 帯 1 波
受信チャネル数	DCPR 133 CH		DCPI 2 CH
送信チャネル数		DCPI 2 CH	DCPI 1 CH
チャネル巾	3 kHz		
変調方式	PCM～PSK	PCM～PSK	DCPI DCPR無変調
入力レベル	-20 dBm	-10 dBm ± 1 dB	-115 -135 dBm
変調度	±70°	±70°	
コード形式	スプリットフェーズ	スプリットフェーズ	
信号形式	CCITT-V28	CCITT-V28	
復調方式	位同期式		
受信スイープ巾	±750 Hz		±3 kHz
周波数補正範囲	±3 kHz	±3 kHz	±3 kHz
誤差検出方式			クロシングカウンタ(手動) 誤差検出器(自動)
周波数補正方式	シンセサイザ出力による サーボ系出力による	シンセサイザ出力による サーボ系出力による	シンセサイザ 手動 サーボ系 自動

#### 2.4.3 DCP標準装置

DCPシステムにおける周波数の安定度はDCP, GMSともに $10^{-6}$ 程度と規定し設計されるので、それぞれの偏差が同一方向の場合DCPI(DCP-INTERROGATION)は各DCPの周波数捕捉スイープ巾を越え、DCPR(DCP-REPORT)はCDASのDCP復調器の捕捉スイープ巾を越える可能性がある。これを防止するためGMSの周波数の変動を補正するために本装置をCDAS内に設置する、その機能(図2.3から図2.6及び表2.1)は次の通りである。

##### (1) DCPIの補正

DCPから2GHzのマイクロ回線でCDASに送られてきたDCPIのNRZ-L, 100BPSの信号はDCP変調器で70MHzのIF信号として送信機に送り出され、これが2.024MHzとしてGMSに向けて送信されるGMSはこれを468.875MHz(国際共通周波数)のDCPIとして地球に向けて送信する、CDASから送り出されるフォーマットはキャリヤ2分、ビット同期2.5秒それにひき続いた50ビット構成のDCPI群からなる。

DCP標準装置はこのキャリヤ送出期間(2分)の早い時期にこの周波数を捕捉し内蔵の高精度の周波数(精度 $10^{-9}/\text{day}$ )を基準にして計測し誤差があればその差の周波数を補正するようDCP変調器のIF70MHzを変化させることによりDCPの周波数は正確に468.875MHzとして地表に到達する。

##### (2) DCPRの補正

それぞれのDCPから送られてくるDCPRの周波数の偏差は補正できない、しかし、DCPからCDASへ向けてDCPIのキャリヤ送出指令によりDCP標準装置はDCPIの周波数捕捉計測をする一方DCPR

のキャリヤを送出する。この周波数はDCPR133チャネルのうちDCP標準装置にあらかじめ割当てたチャネルの中心周波数で $10^{-9}$ /dayの精度を確保されている。この波がGMSを経由してCDAS復調器に入力された時GMSの周波数ドリフト分だけ元の発射周波数からずれているはずである。ゆえに、この周波数を割当てられたチャネルの中心になるよう復調器の局発周波数を変化させる。かくして同条件にある他のDCPRはそれぞれのドリフト分のみの偏差で各チャネルの復調器に入力される。各チャネルはその主要性能を示したごとくDCP標準装置により±3kHzの補正をすることができる。

#### 2.4.4 データ処理センター(DCP)

データ処理センター(DPC-DATA PROCESSING CENTER)は大型計算機FACOM-230-75を2台設置しておりGMSシステムの中核である。DCPの呼出しおよび報告データの処理はすべてここで行われる。DCPの運用に関しては次の機能を備えている。

##### (1) 対CDAS運用情報の送出

DCPIに前置するキャリヤONの情報の送出、すべてのDCPIの送出が完了したときのキャリヤOFFの送出。

##### (2) DCPIの編成

すべてのDCPからの情報にもとづき、観測コマンド、報告コマンドの内容の検討と編成および送出。

##### (3) DCPRの解読

CDASよりNRZ-Lに復号されたDCPRはアドレス部(81-21 BCH コード)データ部(11ビット ASCIIコード)になっているので、それぞれのコードのチェックピットによるチェックを行い、BCHについては2ビットまでの誤り訂正をし、誤り数によっては再報告コマンドを作成する。チェックズみのデータは復号して再びJISコードに変換してADESSに出力する。

##### (4) DCPの登録と情報の記録

DCPIを作成するためのDCPの情報、例えば運用を中止する局、運用開始する局等の選出、整理、移動する船舶局の位置の記録、自衛星領域に入った船舶、移動ブイ、キャリヤバルーン等の登録、他衛星領域に移る船舶についてはその衛星担当国に対する通知と自呼出スケジュールからの消去等。

##### (5) キャリヤバルーンに対する運用

キャリヤバルーン基地局からの依頼によるキャリヤバルーンに対するDCPIの編成および送出、キャリヤバルーンからのDCPRの解読、記録、基地局への転送等を行う。ただし、キャリヤバルーンについてはまだ決定していない部分が多いので今後の問題となっている。

### 3. 米国の通報局の調査

#### 3.1 概 要

米国航空宇宙局NASAのプロジェクトとして、昭和45年から計画されたGOES(Geostationary Operational Environmental Satellite)は昭和49年5月に第1衛星SMSが打上げられた軌道に乗り試験運用を開始した。このシステムはNOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)により運用され各種の環境監視システムに衛星のトランスポンダが共用される。環境監視システムは広域に多数分散配置したDCP(Data Collection Platform)から効率的に観測データを集収し、環境汚染の防止を目的としている。DCP無線機は衛星を中継局として指令局に、その指令に応じて情報を伝送する無線回線を構成するものであり、気象観測局、水質監視局あるいはブイや船舶等による海象観測局など各種の用途に利用される。図3.1は環境監視システムの概要を示すものでDCPが船、ブイ、陸上に配置され気象観測、河川湖沼の水深監視、地震観測等多目的に使用されることを示している。NOAAの開発したDCP無線機は米国の国内方式の仕様であるが、国際方式とも共通な点も多く、参考資料として以下その大要を記す。

#### 3.2 水源監視局(Hydrological Station)

DCPの第1の利用対象は水源監視局である。河川湖沼の水質汚染度は汚染物質の稀釈度および自然浄化の度合に比例する。それゆえ水質汚染防止には水源の監視と制御が重要な要素である。

水源監視局は主要な河川流域内に網目状に配置され、水のレベル、流量および水質を測定し、このデータとともに、ダム等の制御を行う。図3.2はNERC(National Environmental Research Center)の無人化水源監視局の一例である。NERCはGreat Miami川の汚染監視局においてERTS衛星を利用したデ

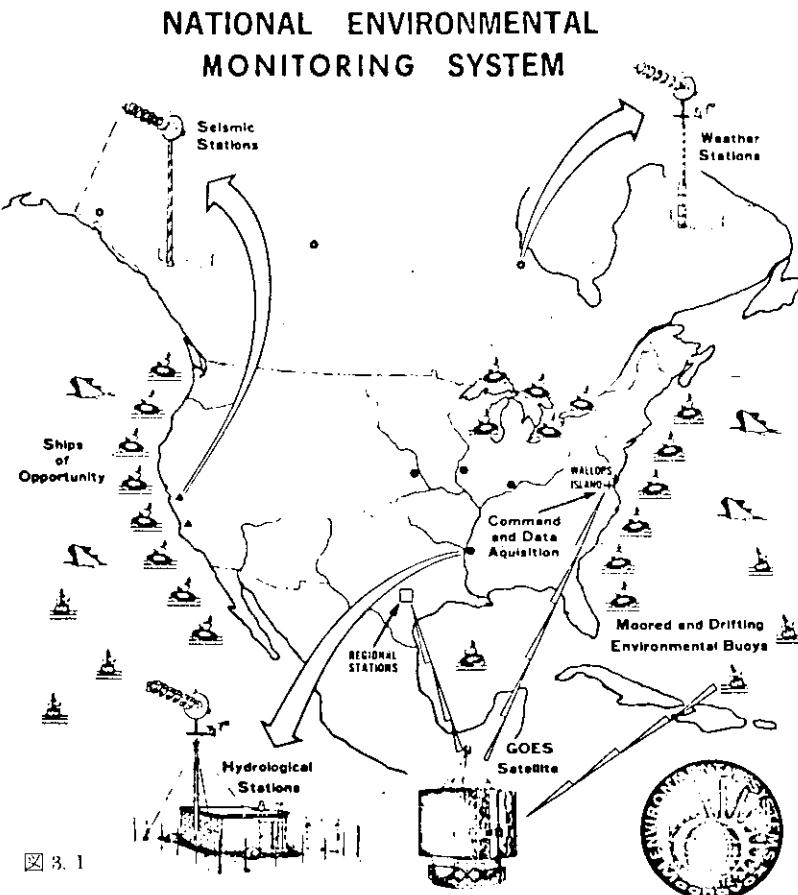


図3.1

## HYDROLOGICAL STATION

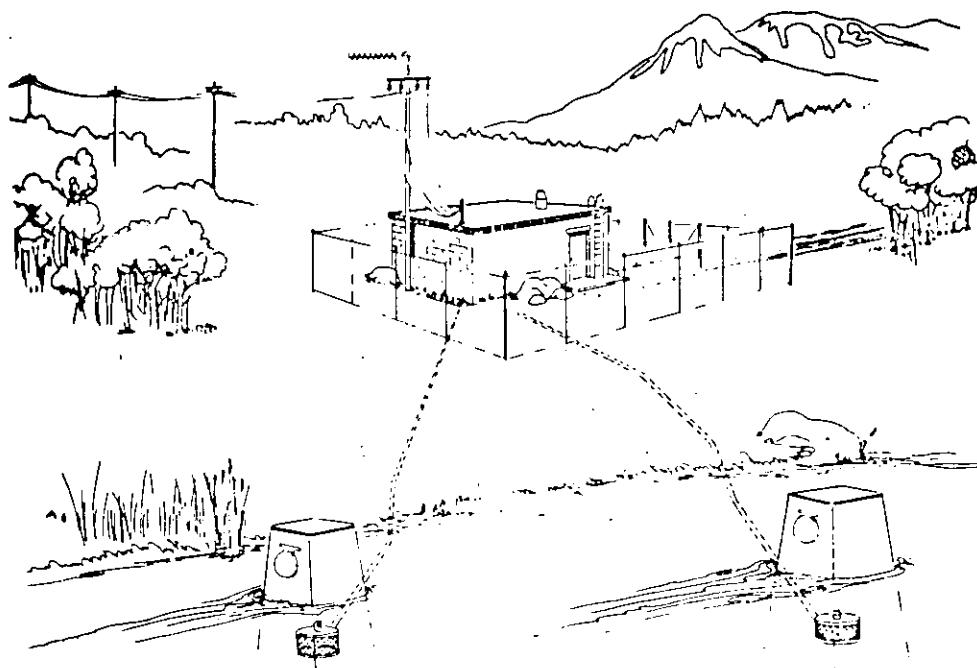


図 3.2

ータ自動送信の実験に成功している。この装置は小形の監視船にも応用されている。(図 3.3)

船上による観測を大規模に行なうことは経費上困難であり、その解決策として図3.4に示すブイも使用される。

D C P無線機およびセンサーは小電力で動作し、高信頼度であることを要求される。すなわち、小容量の電池で動作し、小形で遠隔地における設置の容易なことが必要である。空中線は固定D C Pの場合は高利得指向空中線を使用して応答形D C Pとして使用できる。船、ブイ等の移動D C Pは半球状指向空中線を使用し、定時送信形D C Pとして使用される。

### 3.3 気象データ自動通報局

船舶あるいは陸上の気象観測データ通報業務の衛星による自動化は多くの利点を有し、D C P無線機の重要な利用対象である。

- (1) 正確なデータの適時の通報
- (2) 自動化による乗組員のロード軽減
- (3) 短波通信のトラフィックの緩和
- (4) ブイ観測局とのコンパティビリティ

の利点の他、さらに気象業務以外にEmergency Channelによる緊急通報あるいは測位等の潜在的利点もある。気象用D C Pの気象ブイおよび船舶装備の実例を図3.5、図3.6および図3.7に示す。

図3.8は気象データ自動通報局のブロック図で、温度、気圧、水温および風速、風向のデータが自動送信される。風速は船の速度、コースおよび相対風速から、風速の真値を計算して通報することも可能である。手動のテレタイプ入力を付加すれば雲量、波の状態等のデータも通報できる。

**Pollution Monitoring Vessel**

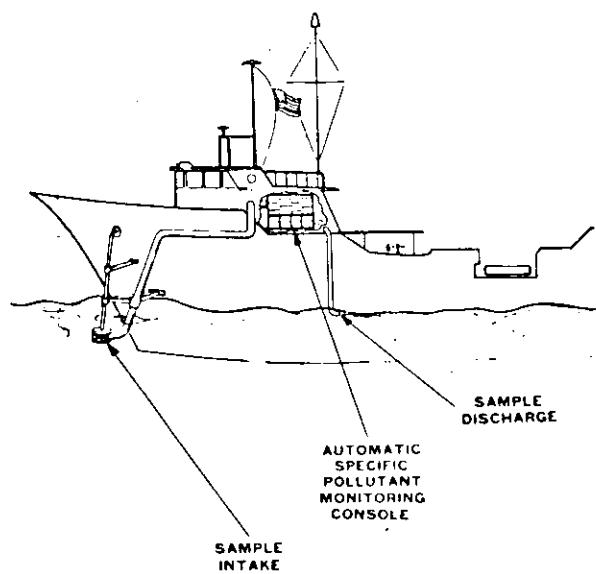


図 3.3

**WATER QUALITY MONITORING MOORED BUOY**

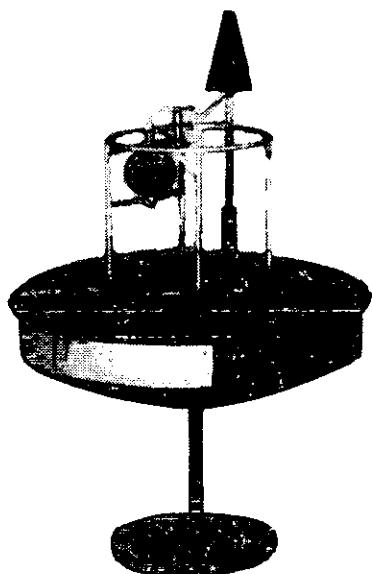


図 3.4

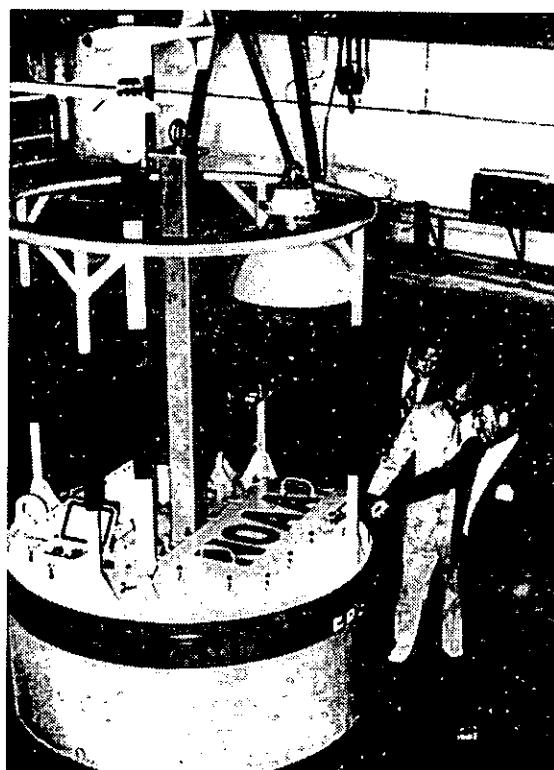


図3.5 NATIONAL ENVIRONMENTAL DATA BUOY (DRIFTING)

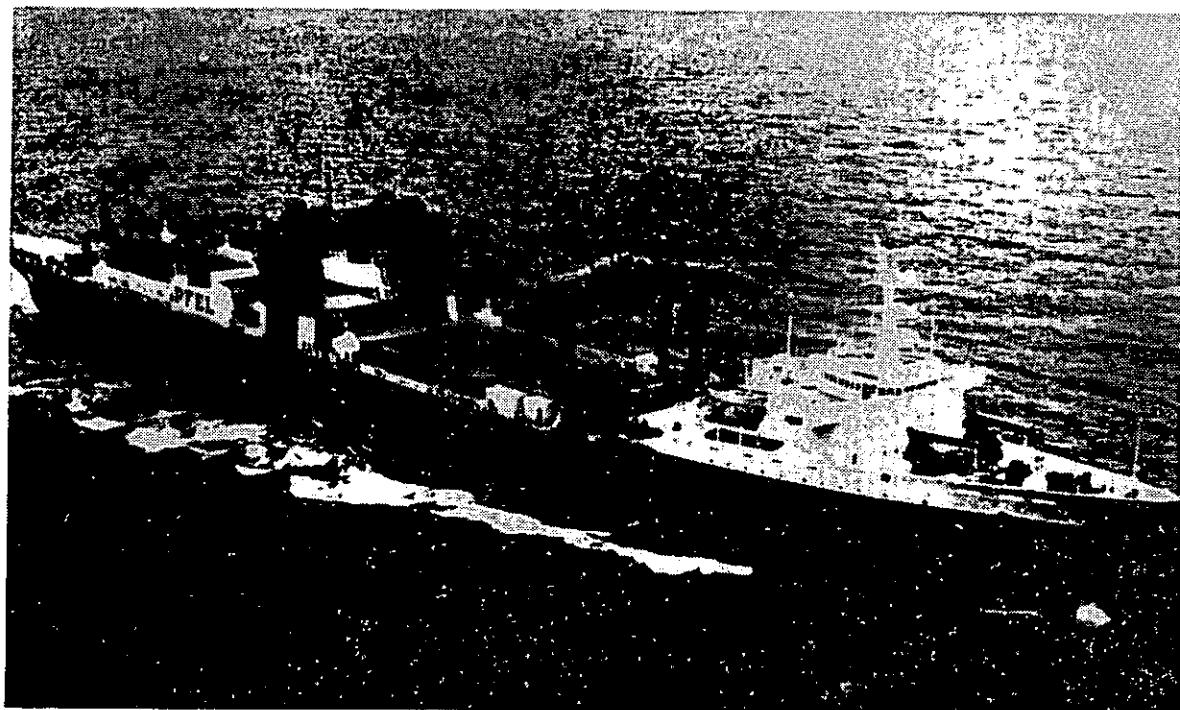


図3.6 THOMAS E. CUFFE

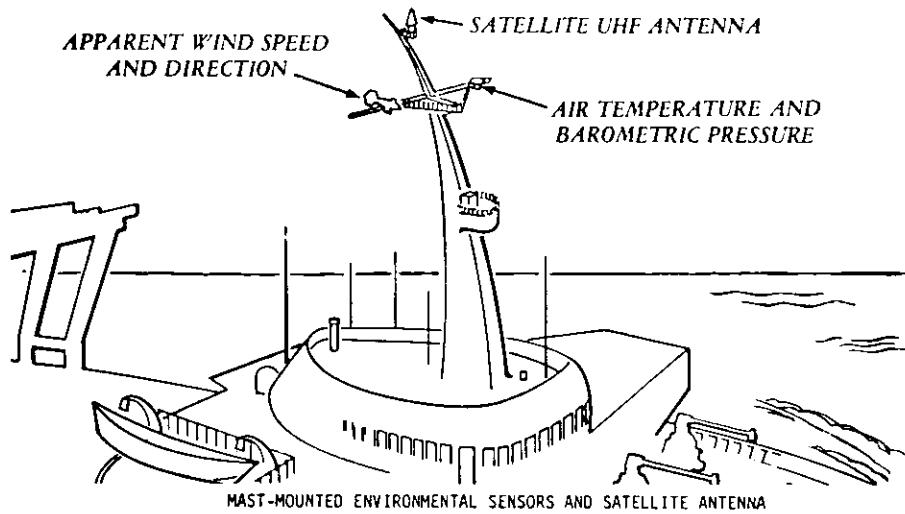


図 3.7 MAST-MOUNTED ENVIRONMENTAL SENSORS AND SATELLITE ANTENNA

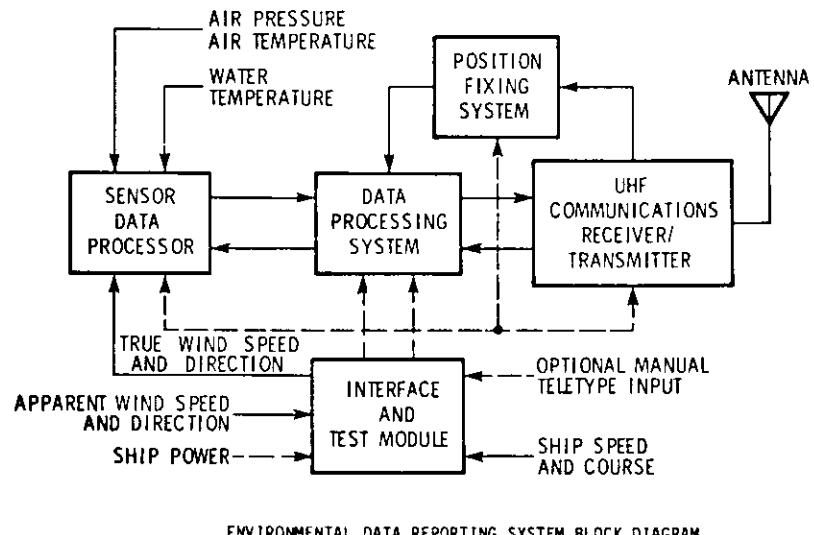


図 3.8 ENVIRONMENTAL DATA REPORTING SYSTEM BLOCK DIAGRAM

### 3.4 NOAAのDCP無線機

米国務省(U.S. Department of Commerce)のNOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)の調達した, MAGNAVOX社のDCPRS, Serial NO. FWD 73-37Aの概要は次の通りである。

#### 3.4.1 概 要

応答形DCPRS(Interrogated Data Collecting Platform Rbdio Set)は図3.9に示すように, GOES衛星のトランスポンダを経由して指令局と地表の観測点の間の無線回線を作る無線端局である。データの送信は401.70~402MHzを使用して, 指令局からの指令信号468.825MHzにより自動的に送出される。小電力動作, 小形軽量, 低価格, 取扱簡易な無線装置である。

基本的なDCPRSの動作は指令局(CDA)の信号がGOES衛星で中継されDCPRSがこれを受信する。デコーダにより復調された呼出符号が設定された自己の符号に一致するとデータ送信状態となる。データ送信が完了すると自動的に次の呼出を受信するまで待受け状態に復帰する。DCPRSの自己符号および送信周波数はダイオード・マトリックスの接続変更により行われる。これらの接続はダイオードの半田付により行う。電源はDC12.5Vで動作し, 受待時40mA, 送信時2.0Aの消費である。

#### 3.4.2 構 成

本機は8枚のプラグインユニットと2個の制御リレーおよびデュブレクサで構成された無線機部と空中線で構成される。

無線機部は壁取付形の保護筐体に実装され屋外での使用が可能である。空中線フィーダはRG 8/Uを使用し, センサとの間の接続は13本のラインで接続される。外形寸法は21.63" (550mm) × 19.25" (489mm) × 7.75" (197mm)で重量は60ポンド(27kg)である。(図3.10)

#### 3.4.3 電気的性能

電気的性能は表3.1に示す通りである。

表 3.1

(1) 電 源	DC 12.5 V 待受 40mA 送信 2.0 A
(2) 空中線インピーダンス	50Ω
(3) 受 信 機	
a. 周 波 数	468.825MHz
b. 同調引込範囲	±5000Hz
c. 感 度	-130dBmにおいて $1 \times 10^{-3}$ BER
d. フェーズ ロック バンド巾	10Hz
e. データビット速度	100Hz
f. 2進符号バンド巾	100Hz
g. 変 調	±70° PSKマンチェスタコード
h. アドレス	(31, 21) BCHコード
(4) 送 信 機	
a. 周波数範囲	401.7MHz ~ 402MHz
b. 出 力	5W
c. 変 調	±70° PSKマンチェスタコード

d. データ速度	1 0 0 B p s ~ 5 0 0 0 B p s
e. 周波数安定度	1 p p m / 年
f. チャネル数	1 0 0 チャネル
g. モード	(1) 呼出応答 (2) 自己発信 (3) 緊急発信

無線機部とセンサの接続は 13 本のコードで接続される。タイムシーケンスは図 3.1.1 に示す通りである。データビットとクロックの位相関係は図 3.1.2 に示す。マンチェスターコード P S K 変調の位相関係は図 3.1.3 に示す通りである。

#### 3.4.4 空中線

応答形 D C P R S の空中線は、1 素子ヘリカル空中線が使用される。主な仕様は次の通りである。

- (1) 周波数範囲 4 0 0 ~ 4 7 0 MHz
- (2) 指向性 3 dB ビーム巾 6 0 ° 以下
- (3) 利得 主軸 ± 1 5 ° において 1 0 dB 以上
- (4) 偏波 右廻り回転偏波
- (5) S W R 1.5 以下
- (6) インピーダンス 定格 5 0 オーム、N 形接栓
- (7) 機械的強度 下記条件の如何なる組合せにて異常ないこと。
  - a. 氷雪付着 2 吋厚さの全表面着氷および 5 0 ポンド / 平方フィートの雪の全面付着
  - b. 降雨 5 吋 / 時間の降雨
  - c. 風速 1 5 0 ノット ( 7 7 m / s )
  - d. 温度 - 2 0 °C ~ 5 0 °C

空中線のパターン実測例を図 3.1.4 に、また外観写真を図 3.1.5 に示す。外形寸法は長さ 8 3 " ( 2 1 0 0 mm )、反射板の直径約 2 5 " ( 6 3 5 mm )、重量約 5 0 ポンド ( 2 2 . 5 Kg ) である。

#### 3.4.5 簡易形 D C P R S

D C P R S は多数広範囲に設置される。そのため価格の安い、かつ高信頼度の無線装置が要求される。そこで野外に放置し無保守で長時間安定に動作する簡易な D C P R S も考えられている。これらは主として定時送信形 ( Self - timed ) である。安価でかつ野外の無人使用に堪えるものとして、無線回路のモジュールを小形の罐に密封した構造が考えられている。これは量産した場合、3.0 0 0 ドル以下であると云われている。D C P R S のブロック図を図 3.1.6 に示す。

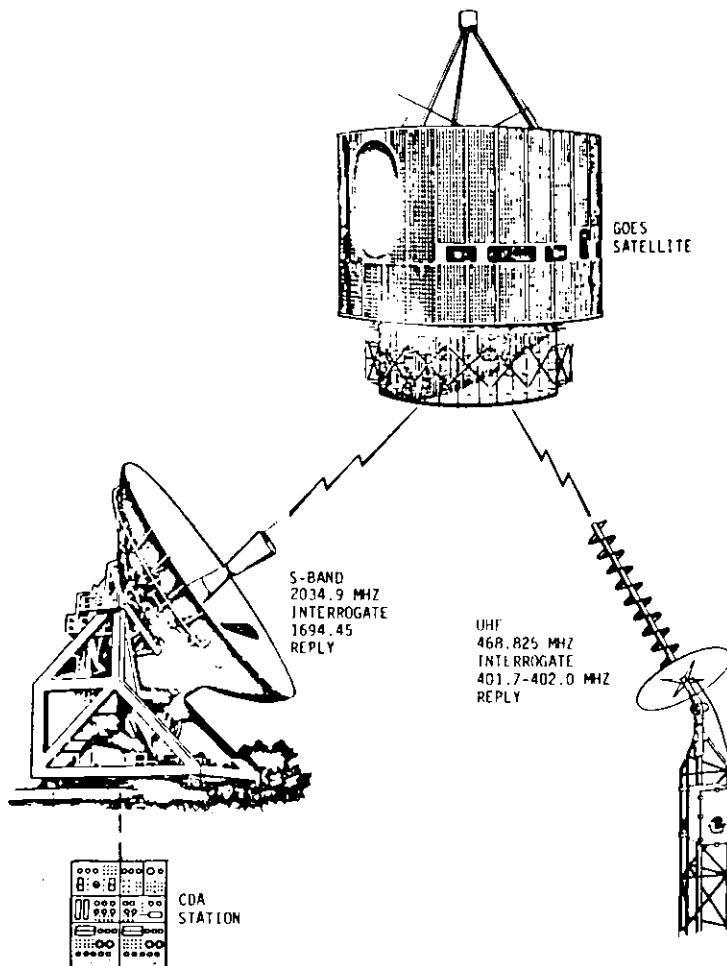


図 3.9 Data Collection System Employing Interrogated DCPRS

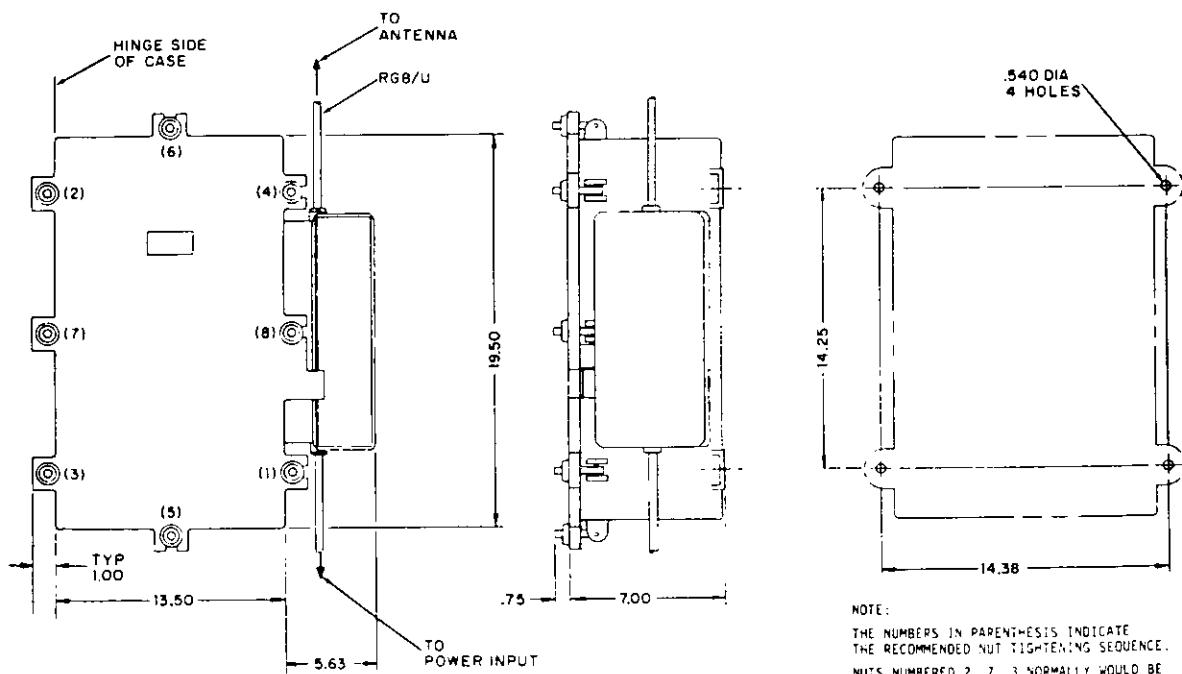


図 3.10 DCPRS Installation Drawing

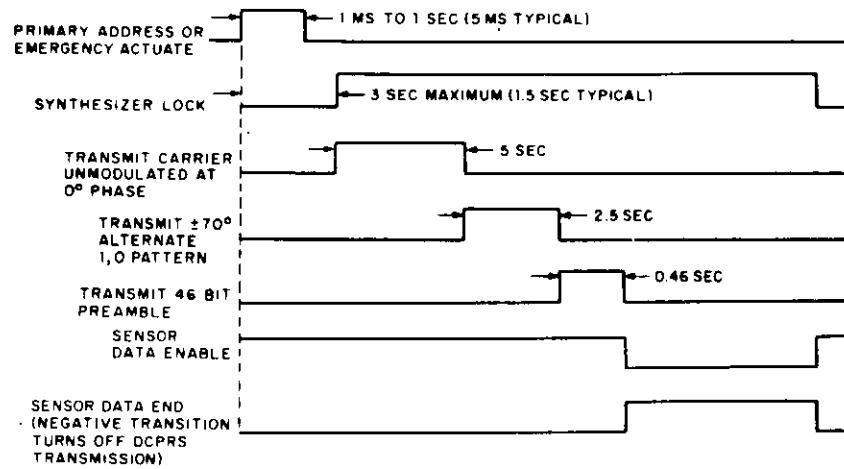


図3.11 DCPRS Interface Timing Sequence

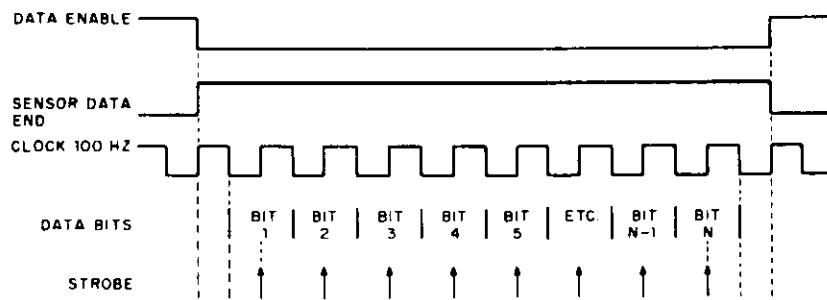


図3.12 Clock and Data Phase Relationships

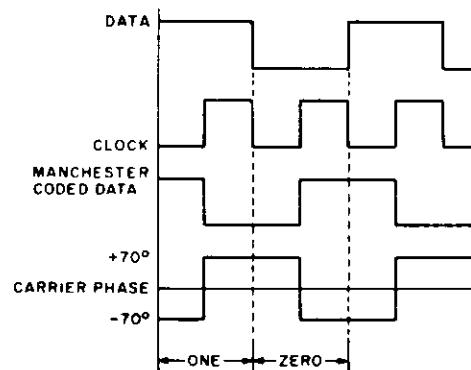


図3.13 Modulation Definition

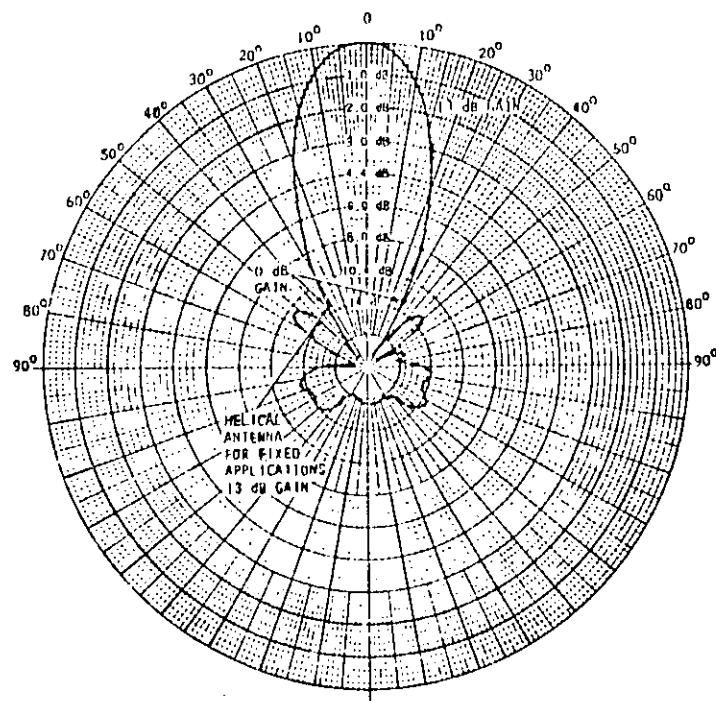


図 3.14 Antenna Pattern

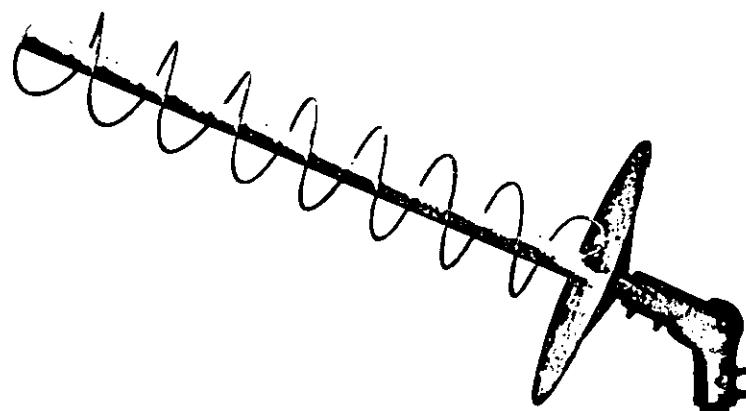
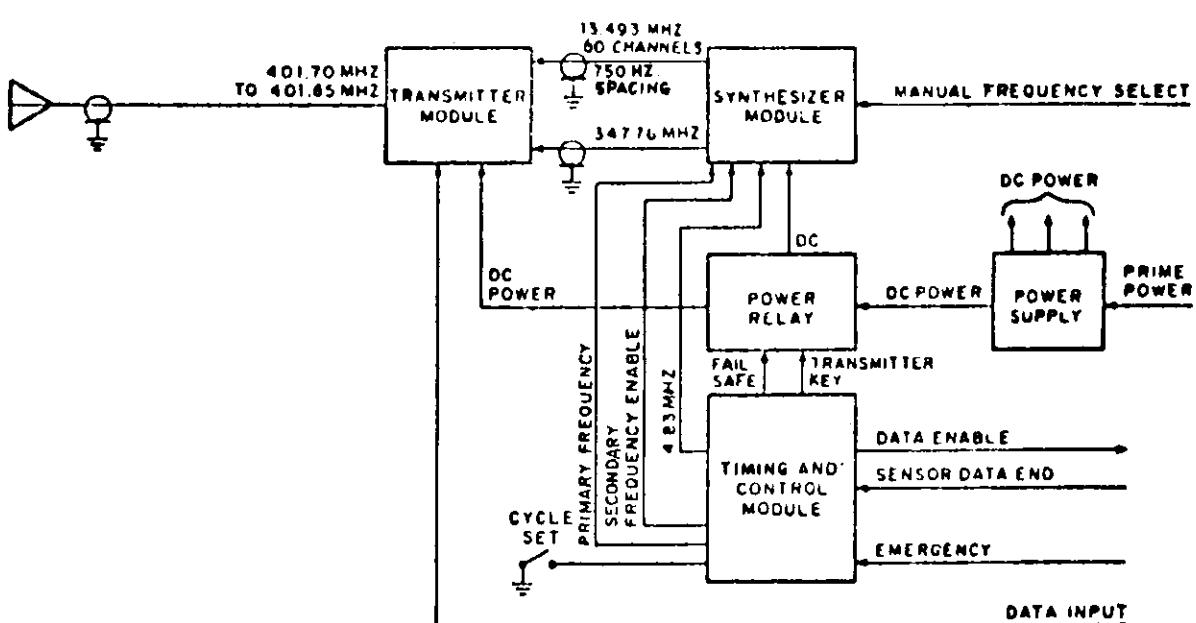


図 3.15 DCPRS Antenna



Self-Timed DCPRS, Simplified Block Diagram

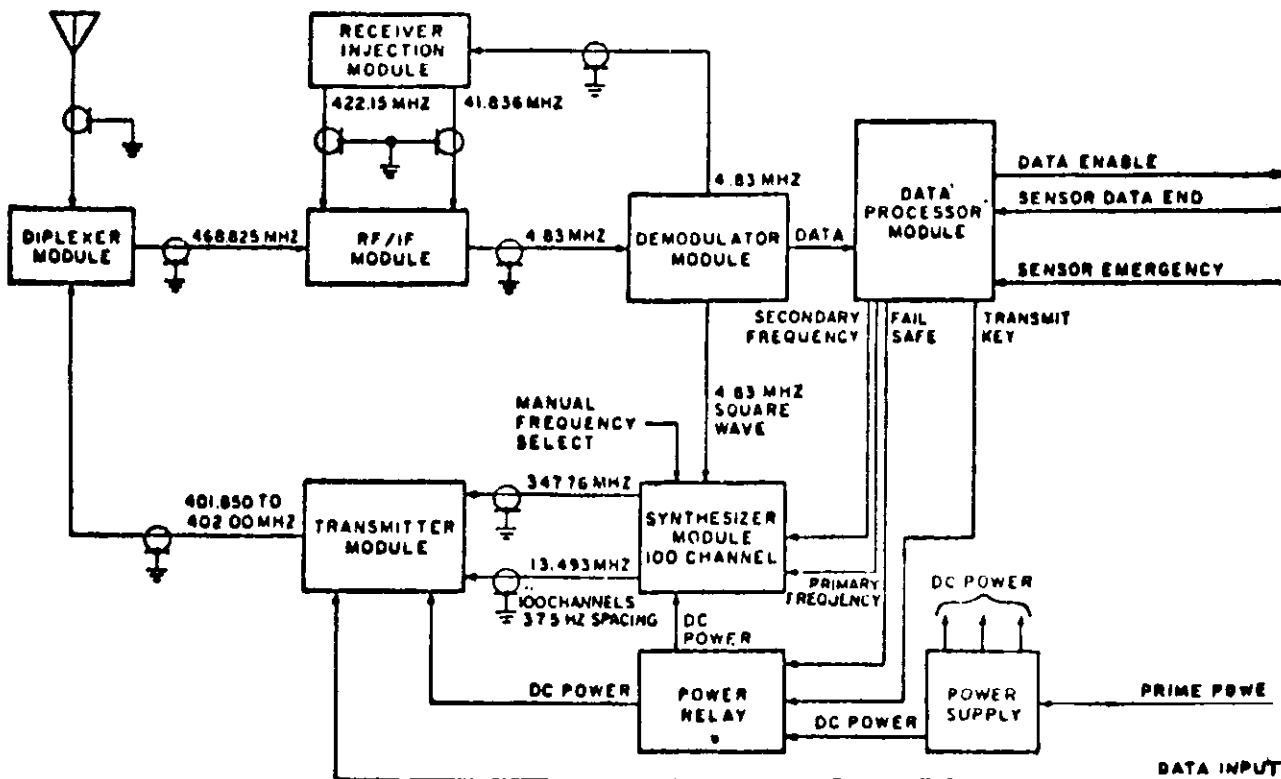


図3.16 Interrogated DCPRS, Simplified Block Diagram

## 4. 船舶用アンテナの検討

### 4.1 概要

海上における衛星通信技術の活用に関しては、陸上における地上固定局の技術の応用で基本的には実用化の可能性は高いが、海上移動局を対象とすることから生ずる問題のため、また商用の実用通信手段として利用されるまでには至っていない。その問題点としては次のようなことがあげられる。

#### (1) 海面反射対策

主として低仰角における海面反射の影響の除去

#### (2) 設置場所の制約

大きさ、重量、障礙物対策

#### (3) 局の運動に対する応答対策

移動および揺動に対する補償対策

#### (4) 厳しい使用環境下における機器の信頼性

高低温多湿、耐海水、耐氷、風浪による構造強度

#### (5) 保守性

制約された保守人間の数と質の問題

これらはいづれも船に設置されることから生ずる問題であって、船舶用機器としては共通の問題とも云えよう。したがって、原則的にはレーダー機器等の実績経験の活用も有効であるが、上記の(3)に関しては航海用レーダーではあまり問題としてあげられていない課題である。その意味から云って船の運動に対する対応策をどうするかと云うことが衛星通信用船舶局の一つの大きな特徴と云うことができる。

船舶の運動には、海面上の移動(Shift)，進路変更(Train or Turn)，ロール(Roll 横揺れ)，ピッチ(Pitch 縦揺れ)，ヨー(Yaw 片揺れ，左右首振り)，ヒープ(Heave 上下動)，サージ(Surge 前後動)，スウェー(Sway 横すべり)の運動があり、主として風浪によりこれらの動搖が複雑に重複される。この運動のため、指向性の強いアンテナを使うほどアンテナを衛星に正対させておくことがむづかしくなってくる。船の運動に対する対応策とはこの指向性アンテナをどのような仕方で常に衛星に正対させるかと云う問題に外ならない。したがって、衛星通信用船舶局設備の中で、アンテナサブシステムにどのような方式のものを採用するかは非常に重要なポイントになると同時に、設備としての特徴を大きく左右する要素であると云っても過言ではない。本稿においては、この問題を主として論じることとする。

### 4.2 衛星の方向表示

予定されている通信衛星はいづれも静止衛星であるにもかかわらず、運動する船舶から見れば自船の運動の分だけ衛星の方向が変ることになる。したがって、特定の衛星を船から見たときの方向を決める前にまず船の所在地点における衛星の方向表示を決めなければならない。地球上の任意の地点から見た衛星の方向は通常真北を $0^\circ$ として時計方向に角度をとる水平面内で計った方位角(真方位True Azimuthと云う)および水平を $0^\circ$ として天頂に向って角度をとる仰角(Elevationと云う)で表わされる。例えば図4.1で衛星が東経 $0^\circ$ の赤道上空にあったとき、自船の位置が北緯 $N^\circ$ 東経 $E^\circ$ の場合、その位置からの衛星の方向は

$$\text{真方位} \equiv \theta = 180^\circ + \cos^{-1} \left\{ \sin N \cdot \cos E / \sqrt{1 - (\cos N \cdot \cos E)^2} \right\} \dots \dots \dots (4.2.1)$$

$$\begin{aligned} \text{仰角} \equiv \phi &= 90^\circ - \left\{ \cos^{-1} (\cos N \cdot \cos E) \right. \\ &\quad \left. + \tan^{-1} (63.70 \sqrt{1 - \cos^2 N \cdot \cos^2 E} / 41.756 - 63.70 \cos N \times \cos E) \right\} \end{aligned} \dots \dots \dots (4.2.2)$$

で与えられる。

ただし、静止衛星から地球の中心までの距離を  $4175 \text{ km}$  とし、  
地球を球と見做してその半径を  $6370 \text{ km}$  とする。

上式により地球表面の任意の地点から見た静止衛星の方向は定まるわけであるが、アンテナは船に設置されるので、船首の向いている方向を  $0^\circ$  として表示する方位角を使う方が便利である。その方位角を相対方位 (Relative Azimuth) と云い  $\varphi$  で表わし、船の船首方向を真方位で表した角度を  $\omega$  とすると、

$$\varphi = \bar{\phi} - \omega \quad (4.2.3)$$

となるから、船が真方位の  $\omega$  を向いているときの船からの衛星の方位は

$$\varphi = 180^\circ + \cos^{-1} \left\{ \sin N \cdot \cos E / \sqrt{1 - (\cos N \cdot \cos E)^2} \right\}$$

$$- \omega \quad (4.2.4)$$

で表わされる。

このようにして自船の向きが真方位でわかり、地球上の緯度経度がわかっていれば特定の静止衛星の船を基準とした方向は一意的に相対方位 (Relative Azimuth) と仰角 (Elevation) で把握される。

ところで、船は地球上を移動するのだから、当然  $\omega$  や  $\theta$  は移動に応じて時々刻々変化することになる。しかし、計算によればその変化量はあまり大きい値のものではない。例えば船が一向方に  $20 \text{ kt}$  の速さで連続航行したときでも  $24$  時間に仰角の変化は  $8^\circ \sim 9.4^\circ$  でしかない。このことはアンテナにある程度のビーム巾 (Beam width) があれば、船の移動に際する方向変換による  $\varphi$  の修正さえしてやれば仰角  $\theta$  は一定時間固定しておいても良いことを意味する。この時間は実用上  $1.2 \text{ hr}$  程度と思われるが、勿論アンテナの特性と船の速力により case by case で決められるべきものである。

$\varphi$  の修正のための情報は一般の船舶では航海用のジャイロコンパスから容易に得られるはずである。船舶の位置はロラン、オメガ等の電波航法設備によるか天測により得られ、その緯度から衛星の真方位および仰角は表から拾うこともできる。

#### 4.3 船の方向変換 ( $\varphi$ の変化) とアンテナのビーム巾

前節で衛星の方向と船の移動との関係で静止衛星を指向する限り仰角  $\theta$  は急にはならないことを述べたが、船の方向変換の場合、つまり (4.2.4) 式の  $\varphi$  の変化に関してもアンテナにある程度のビーム巾がある場合には、ビーム巾内に衛星を捕捉しておくためのアンテナの水平方位 (Azimuth) の修正が大分緩和されることがある。いま、アンテナの放射ビーム (Radiation Beam) の形が円錐形 (Pencil Beam, Conical Beam) である場合、そのビーム巾を  $2\alpha$  とし、ビームの中心線 (Antenna beam axis) の仰角を  $\theta$  とすると、 $A_z$  軸廻りの、すなわち、水平面に投影したときの見かけのビーム巾  $2\psi$  は次の式で与えられる。

$$\psi = \tan^{-1} \left( \tan \alpha / \sqrt{\cos^2 \theta - \tan^2 \alpha \cdot \sin^2 \theta} \right) \quad (4.3.1)$$

例えば、ビーム巾が  $20^\circ$ 、すなわち、 $\alpha = 10^\circ$  のアンテナの場合を計算し、 $\theta$  の影響を見ると次の通りである。

$$\text{ビーム巾 } 2\alpha = 20^\circ$$

仰角 $\theta$	$\psi$ の値	見かけのビーム巾 ( $2\psi$ )
$0^\circ$	$10^\circ$	$20^\circ$
$60^\circ$	$21.6^\circ$	$43.2^\circ$
$70^\circ$	$30.4^\circ$	$60.8^\circ$
$80^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$

仰角  $\theta$  の増加とともに見かけのビーム巾は急激に増大するようになり、 $\theta$  が大きい場合は衛星をアンテナのビーム

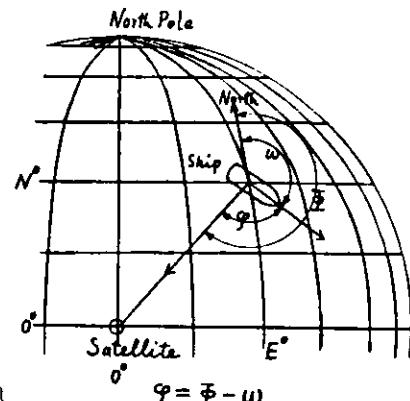


図 4.1

ム巾の内に捕捉しておくための水平方位変化に伴う追従修正の精度を大巾に緩和できることを意味する。さらに、 $\theta$ が増加し、 $80^\circ$ を超えると ( $\theta > 90^\circ - \alpha$ )、 $2\psi$  は  $360^\circ$  となり、船がどちらを向いても常に衛星をビー ム巾内に捕捉していることになることは図 4.2 からも容易に推測されることである。

以上の事柄は船舶の運動で云えば Turn および Yaw とビーム巾との関係と云うことができるが、後述の Roll, Pitch についても云えることである。すなわち、アンテナの軸芯が Roll あるいは Pitch の軸に平行に近づくにつれ、それぞれの動搖に対するそれぞれの軸廻りの修正精度が緩和されることになる。このことは船舶用の指向性アンテナの制御を簡素化する限界を検討するに際して重要なことで、例えばアンテナに適度なビーム巾があり、かつ、船舶の大体の進路が決っていると日補正程度の方向のプリセットのみで性能を示すものである。

#### 4.4 船の運動とアンテナの方向修正

船舶の運動には(1)海面上の移動(Shift), (2)方向変換(Train or Turn), (3)ロール(Roll), (4)ピッチ(Pitch), (5)ヨー(Yaw), (6)ヒーブ(Heave), (7)サージ(Surge), (8)スウェイ(Sway)があることは4.1で述べた通りである。このうち平行移動的運動については衛星と船舶との距離が大きいことからアンテナの方向修正要素の対象とならない。したがって、上記のうち(1)(6)(7)(8)のためには方向修正をする必要はない。もっともこれらは別の意味で姿勢制御用のセンサーに加速度の影響を与えるから忘れるわけには行かないかもまた(5)は運動の仕方としては(2)と同じと考えられるので、結局次の3つの要素について方向修正を考えなければならない。そしてその各要素に関する軸は次の通りである。

方向変換	Train or Turn	Azimuth 軸
ロール	Roll	Keel に平行な軸
ピッチ	Pitch	Azimuth 軸と Keel 軸に直角な軸

衛星の方向は水平方位(Azimuth)および仰角(Elevation)で表わされることは4.2で述べた通りであり、上述の船の運動による3つの修正要素をこのAzimuthおよびElevationに反影させることにより、船に設置されたアンテナを常に衛星の方向に指向させることになる。この反影のさせ方、あるいは修正の仕方に色々な方法があり、諸々の問題を提起するとともに衛星通信用船舶局設備の持つ特質となっている。

船の運動による 3 つの修正要素を Azimuth および Elevation の修正値で表わすと次の通りとなる。

#### (1) 方向変換( $A_z$ 軸廻り)による修正

この変化△φは通常船舶に装備されている船の真方位指示のジャイロコンパスから容易に情報が得られる。

(2) ロール ( $R_0$  11 軸回り)

$$\text{ロール角 } \delta \text{ に対する } \varphi \rightarrow \varphi + \Delta \varphi_B = \varphi_B \quad \dots \dots \dots \quad (4.4.2)$$

$$\Sigma \Sigma \vec{r} - \Delta \varphi_B = \tan^{-1} (\tan \varphi \cdot \cos \delta + \tan \theta \cdot \sec \varphi \cdot \sin \delta) - \varphi \dots \dots \dots \quad (4.4.3)$$

$$\sin \theta_B = \sin^{-1} (\sin \theta_1 \cos \delta - \cos \theta_1 \sin \varphi_1 \sin \delta) \quad \dots \dots \dots \quad (4.4.5)$$

(図4.3参照)

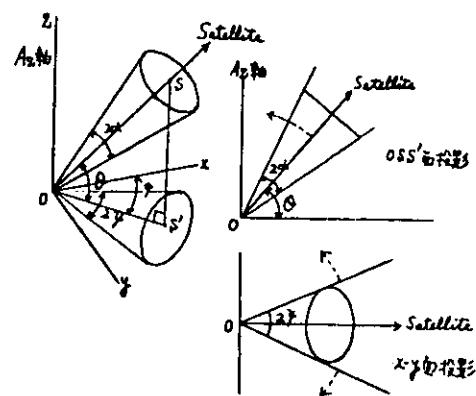


图 4-2

### (3) ピッチ (Pitch 軸回り)

$$\text{ピッチ角} \gamma \text{に對し} \quad \varphi \rightarrow \varphi + \Delta \varphi_p \equiv \varphi_p \quad \dots \dots \dots \quad (4.4.6)$$

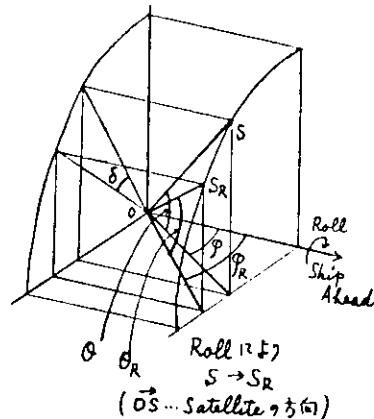
$$\text{ここで } \Delta\varphi_p = \cot^{-1} (\cot\varphi \cdot \cos r + \tan\theta \cdot \cosec\varphi \cdot \sin r) - \varphi \dots\dots (4.4.7)$$

(图 4.4 参照)

なお、 $\delta$ および $\tau$ が小さい値のときには、相対方位 $\varphi$ および $\theta$ の方向にある衛星に対し、 $\delta$ 、 $\tau$ が生じたときの相対方位 $\varphi'$ および $\theta'$ は近似的に次式で表わされる。

$$\varphi' = \tan^{-1} \left\{ (\sin \varphi + \delta \tan \theta) / (\cos \varphi + r \tan \theta) \right\} \dots \dots \dots (4.4.1.0)$$

$$\theta' = \sin^{-1} (\sin \theta - r \cos \theta, \cos \varphi - \delta \cos \theta, \sin \varphi) \dots \dots \dots \quad (4.4.11)$$



[X] 4 3

#### 4.5 アンテナマウントの種類

指向性アンテナを取付けて姿勢制御をするための取付台（マウントと云う）には次の3種類が考えられる。

すなわち、Az-E $\ell$  マウント、X-Yマウント、ポーラマウントであるが、ポーラマウントの特質は船舶が移動することを考えるとあまり期待できないから、Az-E $\ell$  マウントかX-Yマウントを基本に考えるべきであろう。そしていづれの場合でも半球(Hemisphere)に対して全方向制御(Full steerable)でなければならぬ。

$A_z-E\ell$  マウントは図 4.5 に示すように水平方位を司る  $A_z$  軸を水平面に垂直に支持し、その軸に直角に仰角を司る  $E\ell$  軸を支持するマウントであり、アンテナはこの軸に固定される。このマウントは衛星の方向を表示する真方位および仰角を船から見た相対方位に直して  $A_z$  軸  $E\ell$  軸にそのまま入れてやれば、それでアンテナを衛星に正対させられるので一番理解し易いマウントと云えよう。地上固定局ではそのほとんどがこの方式を採用している。

X-Yマウントは水平方向に支えられたX軸の上にY軸を直角に支持したマウントで、アンテナはY軸に固定される。このX-Y軸は衛星の方向を表わす水平方位 $\varphi$ および仰角 $\theta$ にそのまま結びつかないから何らかの方法で $\varphi$ 、 $\theta$ をX軸Y軸の回転角 $\xi$ 、 $\eta$ に変換してやる必要がある。この $\varphi$ 、 $\theta$ と $\xi$ 、 $\eta$ との数的関係は次の通りである。

$$\xi \equiv \tan^{-1}(\cot\theta, \sin\varphi) \dots \dots \dots (4.5.1)$$

$$\eta = \sin^{-1} (\cos \theta, \cos \varphi) \dots \dots \dots \quad (4.5.2)$$

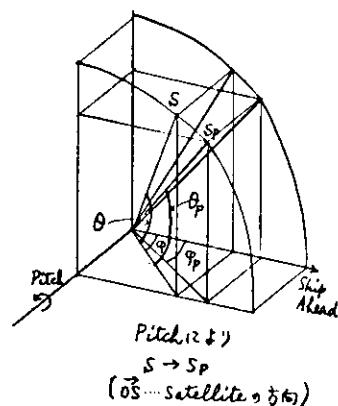
ここで  $\xi$  : X 軸の回転角で天頂を  $0^\circ$  として土にする。

7) Y 軸の回転角で  $\xi$  が  $0^\circ$  の時の天頂を  $0^\circ$  として土にとる。

$\theta$ : Elevation 角度で水平を  $0^\circ$  として天頂  $90^\circ$  まで  
 $\varphi$ : Azimuth 角度で船首方向を  $0^\circ$  として  $\pm 180^\circ$  ある  
 は  $860^\circ$

そして、この式は X 軸を Keel に平行、すなわち、 $\varphi = 0^\circ$  と  $180^\circ$  の方向に置いたときの変換式である。

ところで  $Az-E\ell$  マウントと X-Y マウントを理論的に比較すれば直交



44

2軸系であり、座標変換は比較的簡単にできるが、実用上Az-El系ではAz軸に対して $\varphi$ を $\pm 180^\circ$ あるいは $0 \sim 360^\circ$ にとりEl軸に対して $\theta$ を $0^\circ \sim 90^\circ$ にとり、X-Y系では各々の軸に対応する $\varphi$ を $\pm 90^\circ$ にとるのが普通であって、そのことから両系の利害得失を機能上で比較すると次のようなことになる。ただし、上記表現のうちAz軸回りの $\varphi$ は船舶の運行の連続性から考えると連続無制限にとることが望ましい。

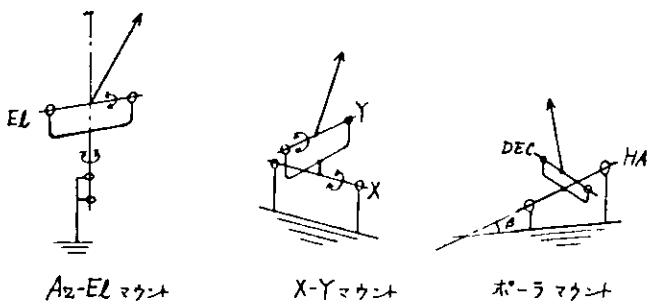


図 4.5

特 性	Az-El	X-Y
情報の入れ方	相対方位情報そのままよい。	変換して入力する。
給電線の扱い	Az軸回りに関してRotary couplerあるいはSlip ringを要する。ただし、回転角に制約を加えればその必要はないが制約個所で不連続点ができる。	X軸Y軸に関して $\pm 90^\circ$ 曲げのみで済む。
運動順応性	衛星が天頂附近にあるときRoll, PitchによるAz軸回りの修正値が大きく困難になる。	衛星が低仰角で船首尾方向にあるとき、方向変換およびPitchによるX軸回りの修正値が増大し困難となる。

以上の比較でわかるように、運動順応性に関してはどちらの方式にも欠点があり、その欠点は船が衛星の直下から近いか（仰角が大きい）あるいは遠いか（仰角が小さい）によって影響される。Az-Elは制御のわかり易さの点ですぐれ、X-Yは構造上の容易さで優れていると云えるのではなかろうか。

#### 4.6 指向制御の仕方（追尾方式）

アンテナを衛星の方向に保持するマウントを制御する仕方には大別して2つの方式がある。すなわち、衛星からの電波を捕えて方向探知を行い、電磁的にアンテナビームをその方向から外さないようにするやり方と船の運動を自ら検知してその運動から生ずる方向偏差を自動的に打消すようにマウントを制御するやり方である。前者には実用上種々の技術があるが総称して自動追尾方式(Auto tracking system)と云う。後者を指令制御方式(Slave pointing system)と云う。Auto tracking systemでは最初に手動あるいは自動探索モード(Search mode)でアンテナを衛星の方向に向け、以後は衛星からの信号電波の方向がズレればズレが0となるようにマウントを制御する方法であるから、理論的にはマウントが交叉する2軸から構成されれば良いわけで、しかも一度衛星からの信号を捕えて自動追尾モード(Auto track mode)に入ってしまえば船の運動にかかわりなく常に衛星への指向状態の維持される。この方式は大型の地球固定局における追尾方式として最も普通に行われている方式で、船舶に適用される場合でもRoll, Pitch, Turnに対する修正附加装置無しで2軸のマウントのみを追尾が完成できるはずである。ただ船舶用として実施する場合には4.5の運動順応性の点で

の障害を緩和するためにもう一つ軸を追加して、Az-EℓのときにはEℓと直交するCross Eℓ 軸を設けて3軸方式とするものが多い。この場合、Az軸に関しては船のジャイロコンパスに連けいを持たせEℓ軸とCross Eℓ軸とをAuto track modeで制御することが最も無理のないやり方のようである。

しかしながら、このAuto tracking systemは陸上では問題がないが、船上に装備する場合には注意しなければならない問題がある。それは基本的に衛星からの信号電波を途絶させてはならないことから生ずる。すなわち、半天球の範囲にわたって障碍物が存在してはならないことを意味する。船の向きの如何を問わず、また、Roll, Pitch をしても船自身の構造物や狭水路通過に際する陸上の障碍物等からClearであることを要する。このことはアンテナの設置場所について十分な検討を加え、かなり高所を選ばなければならないことになる。そして一度信号電波を外してしまうと改めて衛星を捕捉し直さねばならず、障碍物からの反射波や低仰角における海面反射によるじゅう乱があり比較的長時間にわたる信号の途絶や不安定にならざる恐れがある。

Slave pointing systemではAuto tracking systemのように衛星からの電波の伝播状態の変化による姿勢制御の影響はない。自船の運動状態さえ正しく検知してその情報にもとづいた制御が行われる限りアンテナは常に衛星に正対しているはずである。実際に自船におこる運動のうち姿勢制御に関する運動としては4.4で述べたようにTrain(or Turn), Roll, Pitchの3要素であり、それらを検知してAz-EℓマウントかX-Yマウントの各2軸に反影させてやらなければならない。しかもRoll, Pitchの周期は5~10秒(小型船の場合)であることを想定すると(4.4.2)~(4.4.1.1)式に示すような修正計算の結果を2軸に反影させるためには相当な計算速度が要求されることになる。そこで多くの場合マウント自身ではRoll, Pitchの修正は行わず、別に水平に安定させるための2軸のジンバル軸を持った安定台(Stabilizer)を設け、その上に2軸のマウントを載せる型式をとるのが安全である。この場合、制御軸は合計4軸となるが、Az-Eℓマウントの場合には前に述べたようにEℓ(仰角)はある時間固定して置いておかないと考えられるから、常時制御しなければならない軸はAz軸と安定台の2軸の合計3軸となる。

#### 4.7 マウントの実例

外国では、すでに製品化されたと見做される衛星通信用船舶局装置のカタログが出ているので、それら各社の製品を比較検討することも実用機設計に当って有益と考える。表4.1は入手済の情報から作成した各社の製品の諸元比較表である。表4.1の中でM社のものは周波数がちがうが、参考となるので附記した。図4.1.0および図4.1.1はM社のものの3軸の原理説明図であり、図4.1.2は装備例説明図である。表4.1を見るとマウントの軸の数についても2, 3, 4軸とそれが独自の工夫をこらしていることがうかがえて、まだ定説として固まらない感を受ける。All社のものではAz-Eℓに1軸追加した3軸とし、船の運動情報から計算により制御しAMI社では最も単純化されたX-Y 2軸のみにしてAuto trackingを行っている。S.A.社では最も原理的にわかり易い2軸stabilizer付のAz-Eℓマウントで合計4軸とし、この4軸をたくみに小形軽量にまとめ、以上3社のうちでは最も軽量なものに仕上げている。

構造上ではこのように各社各様であるが、発揮する機能には恐らく大きい優劣は無いものと思われる。仕様上の要求事項については共通と考えられるので、仕様を代表するものとしてアメリカComsat General Corporationの購入仕様書の要点を記して参考とする。

SHIP TERMINAL RF REQUIREMENT AND  
CONFIGURATION REQUIREMENT  
Comsat General Corporation

(1) Primary Requirement

Reliability  
Simplicity

## Economy

Semi-automatic Operation ☆

Design Life of 10 years

☆Expect for start ups or when changing to operate with a different satellite, normally the equipment shall Permit unattendant operation.

## (2) Environmental Requirement for Weather-Exposed Locations

(a) Temperature  $-40^{\circ}\sim 65^{\circ}\text{C}$

(b) Humidity up to 95%

Relative humidity for both continuous & intermittent periods, including condensation of both water & frost

(c) Spray At any angle water will not enter. Reusable seal or gasket are required for cover and doors

(d) Icing Covered with ice load of  $22\text{kg}/\text{m}^2$  start and operate normally (平均厚さ  $2.4\text{cm}$ )

(e) Precipitation Rain,  $10\text{cm}/\text{hour}$ , with drops up to  $0.25\text{cm}$  dia impinging from any direction at  $40\text{m/sec}$  relative velocity.

(f) wind 7.5Kt. operate normally ( $3.86\text{m/sec}$ )  
100Kt. survive ( $5.14\text{m/sec}$ )

(g) Shock  $20\text{g}'s$  applied 3.0000 times at a rate of 2 shocks per second of 10 msec duration

(h) Vibration  $2\text{g}'s$  for 2,000,000 cycles at all resonant frequencies in the range of 0 to 500Hz.

(i) Corrosion

(j) Fungus

(k) Ship Motion

Motion	Amplitude	Period	Distance from Motion Axis
--------	-----------	--------	---------------------------

Roll	$\pm 25^{\circ}$	$4\pi \text{ sec}$	30 m
------	------------------	--------------------	------

Pitch	$\pm 7\frac{1}{2}^{\circ}$	$8\pi \text{ sec}$	7.6 m
-------	----------------------------	--------------------	-------

Yaw	$\pm 4^{\circ}$	100sec	7.0 m
-----	-----------------	--------	-------

Surge	$\pm 0.1\text{g}$		
-------	-------------------	--	--

Sway	$\pm 0.1\text{g}$		(Rollによる横加速度は $3.3\text{m/sec}^2$ である。)
------	-------------------	--	---

Heave	$\pm 0.25\text{g}$		(約 $0.34\text{g}$ である。)
-------	--------------------	--	-------------------------

Turning Rate	$6^{\circ}/\text{sec}$		
--------------	------------------------	--	--

## (3) Antenna

(a) Gain  $21\text{dB}$  on-axis

(b) Angular Travel

(i) Elevation angle

$0^{\circ}$  to  $90^{\circ}$  at all bearings. The equipment shall survive without damage and without need for adjustment or maintenance, larger amplitude and shorter period motions than those stated.

(ii) Training Angle

At least  $\pm 270^\circ$  Lost of the satellite RF signal for no more than 30 sec  
at limitations

- (c) Radome Desirable but is not mot mandatory required.

#### 4.8 X-Y マウントのアンテナ制御

4.5で述べたように Az-Ell マウントおよび X-Y マウントにはそれぞれの特徴があり、一概に優劣は決めかねるが、衛星の方向が通常 Az-Ell 座標系で得られることを考えると、X-Y マウントには常に Az-Ell 系を X-Y 系に座標変換しなければならないと云う問題がつきまと。その変換式は(4.5.1)および(4.5.2)式の通りであり、もし、この変換が容易にしかも時間がかからずできるならば、X-Y マウントでは次のような大きい利点を十分に發揮できる。すなわち、

- (1) フィーダー、ケーブルの処理に関して  $\pm 90^\circ$  曲げだけですみ、ロータリージョイントやスリップリングを要せずに連続無制限に Training が可能となる。

そして船舶特有の問題として動搖修正をしなければならないが、Slave pointing 方式をとる場合、自船の Roll, Pitch に対して自発的にアンテナを stabilize する必要がある。一方、4.1で述べた(2)(4)(5)のような制約を配慮すれば、マウントは極力単純簡略化された構造であることが望まれる。それには Roll, Pitch の修正を含めて制御する軸の数が少い方が良い。X-Y マウントでは Y over X としたとき、X 軸を船の Keel 軸に平行に設置すると次のようになる。

- (2) Roll 角そのものを X 軸の回転角から減じてやると、別途 stabilize を用いないでも Roll の修正が行える。

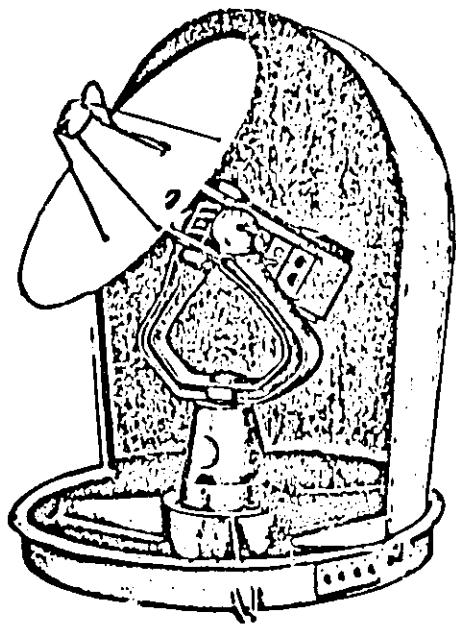
一般に船の動搖のうち Roll が一番大きく、Pitch は大した量でない。したがって、上記(1)(2)の利点を活用すると X-Y マウントを使うことによって「2 軸制御だけで船の運動による修正を含めて構造の最も簡単なアンテナ装置を作ることができる」。ただし、衛星を船首尾方向の極端な低仰角に見るとときは追尾制御に困難があり、また Pitch 角が小さいものとして修正しないこととする（このただし書きの除去については後に述べる）。問題の衛星の方位情報 Az-Ell 系を X-Y 系に変換するには、方法として CPU による計算方式と機械的変換方式が考えられる。

##### 計算方式

追尾する衛星を静止衛星とすると、衛星の真方位と仰角は暫くの間変化しないと考えてよい。したがって、船から見たときの修正要素は船の真方位  $\omega$  の変化のみと考えてよい。すなわち、船からの相対方位  $\phi$  (式(4.2.3)参照) および  $\theta$  に応じた X 軸 Y 軸の回転角である  $\delta$ ,  $\gamma$  (式(4.5.1)および(4.5.2)参照) を求めればよい。 $\theta$  については前記の通り、ある期間にわたり常数として扱えばよく、 $\phi$  については出発点で  $\phi = \theta - \omega$  に合わせておけばあとは船のジャイロコンパスが常に情報を与えてくれる。いま  $\phi$  の変化の rate を  $6^\circ/\text{sec}$  (前記 Comsat General の Requirement) とし、 $1^\circ$  以内の精度で追尾しようとするとき、許せる時間遅れの限度は  $16.7\text{ msec}$  であるからこの時間内に計算をし、Servo motor で X 軸 Y 軸を動かせばよい。(4.5.1), (4.5.2) 式の計算のみであれば Servo motor を駆動する時間も含めて比較的簡単な CPU で計算可能と考えられる。Roll, Pitch の修正をしようとする場合は(4.4.2)乃至(4.4.11)を適用して順次計算の上その都度  $\phi'$ ,  $\theta'$  を出し、それを(4.5.1), (4.5.2) 式に代入計算して  $\delta$ ,  $\gamma$  を求めればよい。ただし、この場合は相当高価な CPU を使用しないと計算による時間遅れが予想される。したがって、計算方式による船の運動修正を含む 2 軸のみの X-Y マウントを考えるときは「CPU 計算は Az-Ell  $\rightarrow$  X-Y の変換のみとし、Roll に対して別途センサーから得た角度情報を X 軸に直接加減する」とし、Pitch の修正は行わない。ただし、マウントの軸の構成は Y over X とし、X 軸を Keel に平行に設定する。 $\theta$  は pre-set とし、 $\phi$  の情報はジャイロコンパスからとる」と云うことで実用上アンテナのビーム

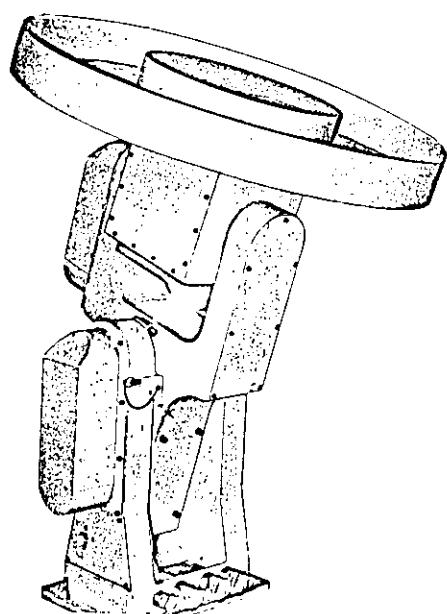
表 4-1 各種衛星通信装置の比較表

公 号	8	Au Alt Systems	AMI Automated Marine International	SA Scientific Atlanta Inc.	M. Marconi Space and Defence Systems Limited	M. Marconi Space and Defence Systems Limited
品名	SEACOMM	Autolink 24	MARISTAR	SCOT 1	SCOT 1	SCOT 1
主要機能	48" dia 10° width 24dB gain	3.5'(1m) dia 13.5' width 23 dBi gain	48" dia. 23 dB gain nominal	3.5 ft Transmitter 8 GHz Receiver 7.25 to 7.30GHz	6 ft Transmitter 8 GHz Receiver 7.25 to 7.30GHz	6 ft Transmitter 8 GHz Receiver 7.25 to 7.30GHz
Radome	Fiberglass			Fiberglass with hester	Fiberglass	Fiberglass
方位	Az-EI $\begin{cases} Ax, X \\ Ay, Y \end{cases}$	X - Y 2 traverse-over-el +122° el +92° traverse: 0 ~ 90°	Az-EI 3 cross el/el/az +270° Automatic reorientation	Az-EI 4 roll/pitch/az/el +30° 15°/sec 7.5°/sec <sup>2</sup> +10° 15°/sec 7.5°/sec <sup>2</sup>	Az-EI 3 el/cross el/az continuous -20° ~ +120° cross el 30°	Az-EI 3 el/cross el/az continuous -15° ~ +110° cross el 20°
Roll	+30° +10°			+30° +10°		
Pitch						
Initial Acquisition	Slave pointing Vertical reference device for roll and pitch	Auto tracking	Manual (with coordinate converter)	Slave pointing with automatic update accessory	Auto tracking	Auto tracking
制御	7.5 Knot operating 120 Knot survive	75 Knot operating	75 Knot operating 125 Knot survive	75 Knot operating 130 mph stowed	70 mph operating 130 mph stowed	70 mph operating 130 mph stowed
環境	-40°F ~ +150°F (-40°C ~ +65°C)	-40°C ~ +65°C	-40°C ~ +65°C			
電源	100%	100%	100%			
重量	500 lbs (230 kg)			397 lbs (180 kg)	400 lbs	1500 lbs
備考	A unique patented vertical referencing system coupled with highly reliable signal auto-steering subsystem offers the user a reliable "state-of-the-art" control system.	Full hemispherical coverage without Gimbal lock, Slip Rings.	Simple 4 axis stabilized system with the efficiency of the reflector or Applicable automatic updating system easily.	New developments in three areas are undertaken: i) To increase the efficiency of the reflector or ii) To develop a low loss microwave feeder to connect the reflector feed to the base of the antenna. iii) To develop a low loss waveguide link from the base of the antenna to the receiver in the cabin.		



Aii 社 SEACOMM

[図] 4. 6



AMI 社 Autolink 24

[図] 4. 7



図 4.8 S.A. 社 MARISTAR

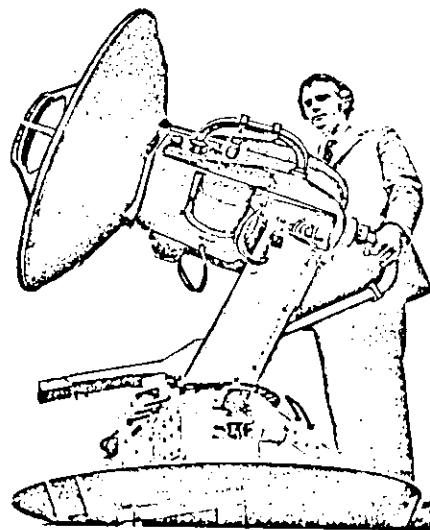


図 4.9 M.社 SCOT I

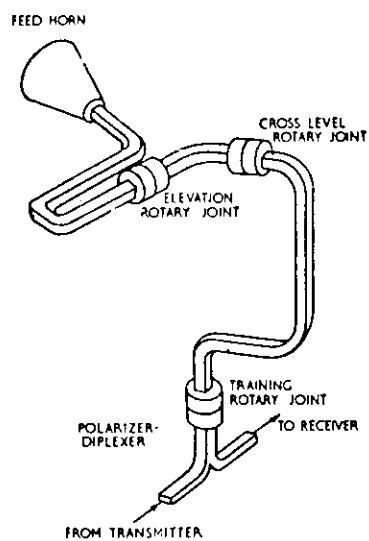


FIG 4.10

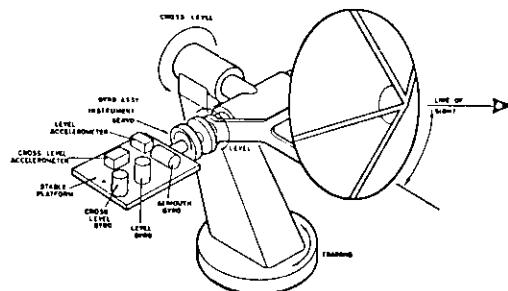
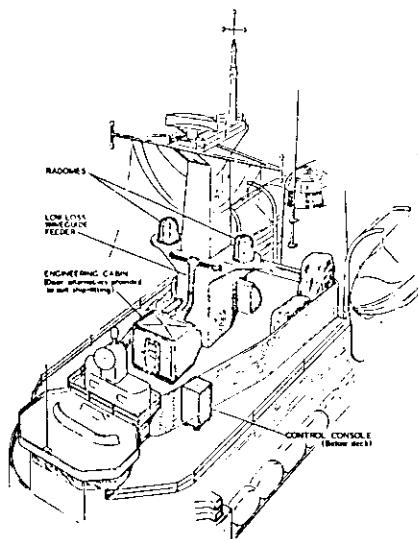


FIG 4.11



3 1/2 FOOT SHIPBORNE SATELLITE TERMINAL

FIG 4.12

巾にある程度の余裕さえあればほとんどの状況に対応でき、構造的に最も簡単なアンテナ装置を提供できるものと考えられる。

#### 機械方式

機械的な方法で  $Az-E\ell \rightarrow X-Y$  が容易に一意的にできるならば  $X-Y$  マウントの効用はさらに高まる。それは  $Az-E\ell$  の入力情報の設定と同時に  $X-Y$  情報が得られることが期待され、前記の計算方式のような時間的 process を含まないことが予想されるからである。このような変換装置が考案されているので以下説明する。

図 4.5 に示すような  $X-Y$  マウントおよび  $Az-E\ell$  マウントにおいて矢印の様な指向軸を  $X-Y$  の Y 軸、 $Az-E\ell$  の  $E\ell$  軸に取付ける。この両指向軸系を重ね合せて両方の指向軸がどの方向を向いたときでも重畠されて共用状態が現出できればこの機械的変換装置は完成されることになる。ところで同図が示すように  $Az$  軸と  $E\ell$  軸は一平面内で交叉しており、その交点である指向軸の出発点はどの方向を向いたときでも不動であるが、 $X-Y$  系では  $X$  軸と  $Y$  軸は一平面内にないため、指向軸の出発点は変動する。 $X$  軸と  $Y$  軸が一平面内にならなければ指向軸が水平方向を含めた半天球にわたり指向するために軸のぶつかり合いを避けるためである。工夫により  $X$  軸と  $Y$  軸を一平面内に收め、その交点から指向軸を出発させるように配することができれば指向軸の起点は不動の点となり  $Az-E\ell$  系の指向軸の出発点を重ねることができ、如何なる方向を向けたときでも指向軸を両座標系で共有する姿を実現できることになる。図 4.13 はこの工夫の一例の説明図で、 $X-Y$  系の軸の支持方法に工夫をした上で  $Az-E\ell$  軸系を覆い被せるように配置してそれぞれの軸の交点を一致させ、指向軸を重畠共用状態をつくり出したものである。このような機械的変換機において、共用した指向軸に  $Az-E\ell$  軸系で表示した衛星の相対方位  $\varphi$  と仰角  $\theta$  を設定してやると、 $X-Y$  軸系の  $X$  軸  $Y$  軸が示す回転角で  $\varphi$  および  $\theta$  を読取ることができる。このように指向軸の起点を不動の一点にして複数の軸系に共用させる考え方はさらに発展させることができる。それは個々の軸系をその点を中心として独立に動搖させても互に座標変換し合うと云うことである。そこでこの考え方を Roll および Pitch の修正に応用することを考える。すなわち、重畠した軸系の内側の  $X-Y$  軸系を動搖する船体に固定保持し、外側の  $Az-E\ell$  軸系を水平に stabilize して保持することにする。そのようにした変換機で  $Az-E\ell$  軸系に水平面と基準にした衛星の  $\varphi$  と  $\theta$  を設定してやると、船と一緒に動搖している  $X-Y$  軸系で得られる  $X$  軸  $Y$  軸の回転角は動搖による修正が行われた結果で読取られることになる。実際のアンテナは  $X-Y$  マウントに取付けるだけで、このマウントの  $X$  軸  $Y$  軸を上記の変換機の  $X-Y$  軸系の回転角  $\varphi$ ,  $\theta$  で servo control してやればアンテナは自ら船の動搖を修正された形で衛星に正対することになる。

この機械的な動搖修正は勿論  $Az-E\ell$  マウントの場合でも適用できるもので、その場合は  $X-Y$  軸系の代りに  $Az-E\ell$  軸系を入れればよい。以上のような機構を活用すると、アンテナマウントとしては  $X-Y$  2 軸のみの構造で最も簡単なものを船の動搖修正を含んで時間遅れもなく  $\varphi$ ,  $\theta$  の情報から変更制御することができる。

この場合も計算方式の場合と同様に、出発時点

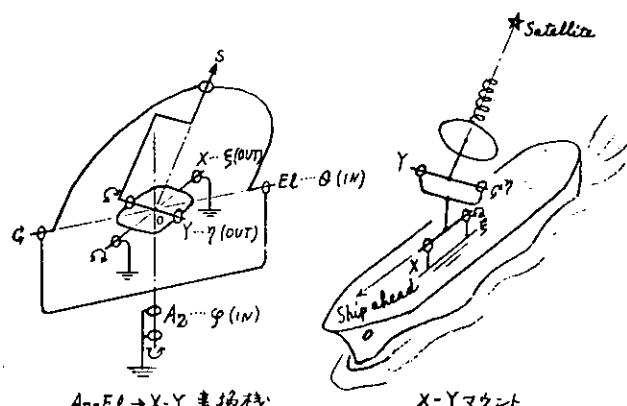


図 4.13

で衛星の  $\varphi$ ,  $\theta$  を変換機外側の  $Az-E\ell$  軸系に preset してやれば、 $Az$  軸を船のジャイロコンパスと連動させておけばよい。なお、前記計算方式での簡便なやり方のように Pitch 修正をやらない場合には「 $Az-E\ell \rightarrow X-Y$  の変換のみを機械式変換機で行い、Roll に対して別途センサーから得た角度情報を  $X$  軸に直接加減することによって非常に簡単なアンテナ装置ができる」となる。

X-Yマウントの欠点として、X軸をKeelに平行に設置する場合には、衛星が船首尾方向の低仰角にあるとき、船の運動に伴うX軸廻りの修正角度が著しく大きくなることは(4.5.1)式等からわることは前に述べた。これを避けるためにはその方向にあるとき軸系自身を傾けることすればよい。すなわち、船首方向にあるときは前方に、船尾方向にあるときは後方に傾けて保持すればよい。しかし、このような状態が問題となるのは船首尾方向±15°、仰角15°以下と云ったときのみであるから、アンテナのビーム巾がある程度の広さを持ち、かつPitch角γが小さいときは実用上考慮しないでもよいと考えられる。

## 5. 通報局( D C P )の試作無線装置の仕様の検討

### 5.1 概 要

通報局は気象衛星システムにおいて、衛星の覆域内に広く分布する多数地点に固定または移動体に設置され、センサデータを衛星を経由して中央データ処理局に自動的に送信する無線局である。基本仕様は気象衛星の国際調整会議(CGMS)の勧告にしたがい、全地球をカバーする5個の気象衛星のいずれにもインターフェイスできる機能を有する。通報局は中央処理局の指令にしたがい情報を応答するもの、また一定時間ごとにセルフタイムにより情報を送出するものがある。用途も船舶に設置するもの、陸上僻地に設置するものあるいは海上のブイに設置するものなど各種多様である。本研究においては船舶装備を主体として仕様を検討するとともに、モジュールの交換あるいは周辺機器の組合せにより多目的に利用できることを考慮した。

### 5.2 基本的必要条件

- (1) 信頼性の高いこと
- (2) 耐候性の高いこと
- (3) 自動(無人)運用可能のこと
- (4) 消費電力の少ないこと
- (5) 低価格

### 5.3 分類

#### 5.3.1 無線局の種別としては次のように分類される。

- (1) 固定局
- (2) 移動局(又は携帯移動局)
  - a. 船舶に設置(船舶局)
  - b. 繫留ブイ又は浮遊ブイ

#### 5.3.2 機能上の分類

- (1) 応答形
  - シンセサイザ方式( IS 形 )
  - └ 固定周波方式( IF 形 )
- (2) 定時形
  - シンセサイザ方式( TS 形 )
  - └ 固定周波方式( IF 形 )

#### 5.3.3 運用上の分類

- (1) 完全自动——自動観測センサ
- (2) 半自動——有人観測、手動データ入力

### 5.4 構成

D C P は次の機器により構成される。

- (1) 空中線設備(含むフィーダ)
- (2) 無線装置
- (3) センサ又は制御端末

## 5.5 構成機器の検討

### 5.5.1 空中線設備

船舶用空中線設備として、衛星追尾機能を有する中利得空中線(10dB)および無追尾の空中線(1dB)を検討した。応答形D C Pの場合、衛星-D C P間の回線パラメータの検討の結果(48年度第1~5研究部会報告書8.5項参照)空中線絶体利得0dB(フィーダ損失を含む)の場合、地表における指令信号の電力束密度(P F D)を最大-9.7dBm/m<sup>2</sup>、最小-1.24dBm/m<sup>2</sup>とすると(C G M S-Ⅲ/S O/M I N-1, A N N E X Ⅲによる)受信機入力電力は、最大-1.10.5dBm、最小-1.37.5dBmとなる。受信機感度はD E R 1.0<sup>-6</sup>としたとき、最小入力電力-1.30dBmであり、高緯度地域においてはピット誤り率の増大あるいは受信不能が予想される。したがって、半球状指向性空中線による応答形D C Pは低緯度地帯でのみ運用可能であり、一般的には適当ではない。しかし、この空中線は小形軽量なパッケージなものでありマスト光端へ取付け可能であり、ハードのコスト、工事費、運用コスト何れの面からも有用であり将来の研究課題とした。

#### (1) 中利得空中線

主軸方向絶体利得13dBの指向性空中線は400MHz帯においては、ヘリカル空中線が適当である。特性は次の通りである。

- a. 周波数範囲 400~470MHz
- b. インピーダンス 50オーム
- c. 偏波面 右廻り円偏波
- d. 指向性 3dBビーム巾60°以下
- e. 利得 主軸に対し±15°において10dB以上
- f. S. W. R. 1.5以下
- g. サイドロブ -10dB以下

この空中線のビーム巾は30°以上であるが、船舶の移動性から衛星方向に主ビームを指向させる追尾架台が必要となる。追尾装置に関しては前章において検討したように、X-Y支持の指令制御追尾方式が適当である。

#### (2) 半球状指向空中線

半球状指向空中線の場合は、その指向特性上追尾装置は不要であり、装置のコスト低減、設置工事の簡易化に対して極めて有効であるが、高緯度における指令信号の受信には若干の問題があり一般的には推奨できない。しかし、定時形D C Pの場合はD C Pの送信電力を増すのみで有効に利用できる。利得は90°仰角にて約4dB、20°仰角において約1dBである。

### 5.5.2 無線装置

各種の用途に対しモジュールの交換により適応できることが望ましい。次の各モジュールが必要である。

モジュール	I S形	I F形	T S形	T F形
D u p l e x e r	○	○	×	×
R e c . R F / I F	○	○	×	×
R e c . L o c a l	○	○	×	×
D e m o d u l a t o r	○	○	×	×
D a t a P r o c e s s o r	○	○	○	○
S y n t h e s i z e r	○	×	○	×
M O D E x c i t e r	○	○	○	○
T r a n s m i t t e r	○	○	○	○

T C X O	○	○	○	○
Time r	×	×	○	○
Power Supply	○	○	○	○
40W Amp	×	×	○	○

### 5.5.3 センサ

気温、水温、気圧、風速、風向、等のセンサに関しては本研究においては対象としない。有人観測、手動入力の場合は従来の船舶装備のセンサが使用される。自動センサによる無人局の場合は船位情報の入力が必要である。

### 5.5.4 制御端末装置

一般船舶D C Pは定時の気象・海象観測データを制御端末装置のキーボードにより入力する。この入力されたデータは中央処理局の指令信号により自動的に送出される。

制御端末装置の主な機能は次の通りである。

- a. データのキーボード入力
- b. データのメモリー
- c. 書き込み情報の表示
- d. 無線装置の操作
- e. 従属追尾装置の制御
- f. 動作状態の表示
- g. 緊急通報の操作

## 5.6 船舶装備上の検討

### 5.6.1 装備

昭和48年度第1~5研究部会の報告書においては、無線装置をR FアンプとI F以降の部分に分け、前者を空中線基部に後者を室内に、分離設置の方式が提案された。この方式はフィーダ損失を最小にする利点を有するが無線機のコストおよび設置工事費、保守費の増大となる。今年度の研究の結果無線装置は1体として室内に装備し、空中線との間は低損失フィーダICにより接続する方式が検討され、コスト低減に有効であることが認められた。フィーダ損失の許容量を3dBとしたときの、各種同軸ケーブルの最大長は下表の通りである。

ケーブル名称	最大長m(3dB)	損失dB/m/480MHz	仕上り外径mm
RG 10/U	15 m	0.19 dB/m	12.0 mm
RG 18/U	33	0.09	23.8
A F Z E 50-4	44	0.068	15.3
A F Z E 50-6	60	0.05	21.6
A F Z E 50-7	71	0.042	25.8

無線部分をWHEEL HOUSE等の室内に設置し、上記の制限長内の適当な甲板上の高所に空中線を設置する。船舶の甲板上において、360°の全方位完全な見透しの得られる場所を求めるることは極めて困難であり、今後の実船試験により、空中線主ビーム方向の金属構造物の障害物の遮蔽損失に関し研究する必要がある。

### 5.6.2 干渉妨害

船上における468MHz帯の等価空中線雜音電力は、本装置の受信機の等価雜音温度500°Kに比し十分低

く問題にならない。しかし、入港中のように陸岸に近接し、かつ衛星方位が陸方向であり低仰角の場合、都市雑音あるいは陸上無線局の妨害をうける可能性がある。

最も注意すべきは、通常船舶に装備されるVHF無線機の高調波妨害である。通称国際VHFと云われる、無線通信規則の付録18 (Radio Regulations, Appendix 18)によるVHF周波数のチャネル6 (船間波156.3MHz)の3倍の高調波は468.9MHzとなる。送信出力を20Wとすると、

送信レベル	43dBm (150MHz)
アンテナ間結合損失	-50dB
3次高調波減衰量	-70dB
計	-77dBm

となり、-77dBmの妨害入力が予想され、約-120dBMD/U-43dBとなり設計上注意を要する。完全な干渉除去は困難であるが、気象衛星からの呼出し受信と、国際VHFの送信の一一致するチャンスは極めて低いと予想されるので実際上の障害とはならないと考えられる。

1974年のWARCにて船内通信波として指定された、467.75～467.8MHz, 457.525～457.575MHz (On Board Communication Channel, EIRP 2W max) も妨害の可能性あり注意を要する。

## 6. 試作機の仕様

### 6.1 概要

本仕様は気象衛星システムにおいて、船舶に設置される通報局の無線設備に関するものである。本装置の基本仕様は CGMS の勧告にしたがうものである。

### 6.2 装置の構成

本装置は次の各機器により構成される。

- (1) 空中線装置 ..... 1式
- (2) 無線装置 ..... 1式
- (3) 制御端末装置 ..... 1式

### 6.3 環境条件

#### 6.3.1 甲板上に設置される機器

- (1) 温度  $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$  の範囲において規格を満足すること。
- (2) 湿度  $35^{\circ}\text{C}$  相対湿度 95%において規格を満足すること。
- (3) 風速 平均風速  $8.5 \text{ m/s}$  ( $75 \text{ ノット}$ )において正常に動作し、平均風速  $6.2 \text{ m/s}$  ( $120 \text{ ノット}$ )において異常を生じないこと。
- (4) 振動  $1 \sim 10 \text{ Hz}$ , 振巾  $\pm 1.5 \text{ mm}$   
 $1.0 \sim 6.0 \text{ Hz}$ , 振巾  $\pm 1.5 \text{ mm}/f^2$   
において異常を生じないこと。
- (5) 注水 直径  $5 \text{ cm}$  で  $3.6$  個の注水孔 ( $1$  個の孔の直径  $1 \text{ mm}$ ) を有する注水器によって、 $3.6 \text{ kg/cm}^2$  の静水圧で  $2$  時間注水して異常を生じないこと。（無線機型式検定規則、救命艇用携帯無線電信機の項による）
- (6) 船の運動 角度 周期  
ローリング  $\pm 22.5^{\circ}$   $10 \text{ S}$   
ピッキング  $\pm 7.5^{\circ}$   $4 \text{ S}$   
旋回  $\pm 270^{\circ}$  以上  $6\%/\text{S}$  (rate)

#### 6.3.2 室内に設定される機器

- (1) 温度  $0^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$  の範囲において規格を満足すること。
- (2) 湿度 6.3.1(2)と同じ
- (3) 振動 6.3.1(4)と同じ
- (4) 船の運動 6.3.1(6)と同じ

### 6.4 一般的条件

- (1) 電源 AC  $100 \text{ V} / 220 \text{ V} \pm 10\%$  単相  $60 \text{ Hz} \pm 5 \text{ Hz}$  の船内電源により動作のこと。
- (2) 定格 連続定格、常時衛星よりの呼出信号を待受け、呼出された場合は直ちに送信起動できること。

## 6.5 必要条件

### 6.5.1 空中線の運動性能

#### (1) A z 軸廻り

船舶に装備されたジャイロコンパスレピータの出力により、旋回角速度  $6^\circ/\text{sec}$  以上の速度にて追随可能のこと。

#### (2) E l 軸廻り

操作部において、衛星仰角  $12.5^\circ \sim 90^\circ$  の範囲に対し手動設定可能のこと。

#### (3) ローリング角補整角速度

ローリング角  $\pm 2.5^\circ$  に対し、補整角速度  $15^\circ/\text{s}$  以上のこと。

### 6.5.2 空中線の特性

(1) 周波数範囲  $400 \sim 470 \text{ MHz}$

(2) インピーダンス  $50 \Omega$ , N形接栓

(3) 偏波面 右廻り円偏波

(4) 指向性  $3 \text{ dBビーム巾 } 60^\circ$  以下

(5) 利得 主軸に対し  $\pm 1.5^\circ$  において  $10 \text{ dB}$  以上

(6) S. W. R.  $1.5$  以下

(7) サイドロブ  $-10 \text{ dB}$  以下

### 6.5.3 無線装置の特性

#### (1) 基本要求

船舶に装備される海上において長期間連続的に運用できる高信頼性を有すること。操作はすべて制御端末装置により行われ、無線装置表面には調整部を付してはならない。誤操作による連続的送信を防止する考慮が払われていなければならぬ。如何なる場合も正規の送信フレーム時間終了後  $30$  秒以内に送信は停止するものであること。

#### (2) 受信信号

$\pm 70^\circ$  PSK変調で中央処理局から発信される  $100 \text{ bps}$  マンチェスタコードの指令信号を受信すること。

指令信号の搬送波周波数は  $4688.75 \text{ MHz} \pm 100 \text{ Hz}$  である。

#### (3) 応答

受信した2進符号をあらかじめ設定された自己の個有符号と照合し、一致した場合送信を起動すること。

#### (4) 応答周波数

応答周波数は  $4020.00 \text{ MHz}$  から  $4021.00 \text{ MHz}$  の間の表6.1に示すチャネル周波数の何れかにて設定できること。

#### (5) 送信電力

衛星方向に放射されるEIRPは  $+3 \text{ dBm}$  以上  $50 \text{ dBm}$  以下であること。

#### (6) 捕捉時間

搬送波周波数偏差  $\pm 100 \text{ Hz}$  の場合、待受状態から信号を捕捉しロックを完了する時間は2分以下であること。

#### (7) フェーズロックループ特性

受信機は自動的に同調し、 $\pm 100 \text{ Hz}$  以内にフェーズロックすること。

#### (8) 受信機の不要輻射

ローカル周波数その他の成分の空中線端子および電源からの漏洩電圧は  $50 \mu\text{V}$  以下のこと。

(9) 受信信号の特性

±70° PSK変調のマンチェスタコード2進符号信号の衛星からの信号レベル（電力束密度PFD）は下記の通りである。

最大PFD : -9.7 dBm/m<sup>2</sup>

最小PFD : -12.4 dBm/m<sup>2</sup>

また、下記の振巾リップル、位相リップルおよび位相ジャンプを含む、PFD = 120 dBm/m<sup>2</sup>の信号に對し受信可能のこと。

振巾リップル : 5 dB (peak-to-peak)

位相リップル : 80° (peak-to-peak)

位相ジャンプ : 最大60°

（註）位相ジャンプ周期はスピン周期(0.6S)の1/8、また、位相リップルは位相ジャンプを含んだ値である。すなわち、peak-to-peak 80° の位相リップルは最大60° の位相ジャンプを含んだ値である。

(10) 送信機の不要輻射

送信機に空中線共用器を接続し、50オーム負荷にて終端した状態において、送信機の不要波成分は搬送波出力に対し-60dB以下のこと。

(11) 送信機・受信機間の減衰量

定格出力で送信機を動作させた場合、受信機感度の低下がないこと。

(12) 受信機の周波数制御

(9)項の受信入力レベルにおいて、15ビットのMLS同期符号(100010011010111)およびこれに続く、31ビットのBCH指令符号(001101001000010101011101100011111)のデータ符号のあるとき、受信機は自動的に受信信号に同期ロックされること。

(13) 受信機感度

(9)項の受信入力において、復号された2進符号のビット誤り率BERは $1 \times 10^{-6}$ 以下のこと。

(14) 送信起動

送信起動情報により無変調搬送波（相対位相偏移0°）を送出し、データ送出開始まで継続すること。  
無変調搬送波送出時間は5秒であること。

(15) 同期および前置符号

5秒間の無変調搬送波送出後、2.5秒間(1.0)の同期信号を送出し、46ビットの前置信号(15ビットMLS同期符号および31ビットBCH指令符号で構成)を送出すること。各符号はマンチェスタコードのPSKであり、“0”信号は+70° 5msから-70° 5msであり、“1”信号は-70° 5msから+70° 5msで構成される。

(16) センサデータ起動 (Sensor Data Enable)

前置信号の最終ビットに引き続きセンサデータが送出されるよう、センサデータ起動信号を出すこと。

(17) センサデータ終了 Sensor Data End

データ送出の終了により、センサデータ終了パルスを出す。センサデータ終了パルスによりセンサデータに引き続きASKIIコードのEOTを送出し、直ちに待受け状態に復帰すること。

(18) 周波数安定度

基準周波数発振器の周波数安定度は下記のこと。

a. 温度変化：全温度範囲における周波数変動は0.5 ppm以下のこと。

b. 長時間安定度：1 ppm/年以下のこと。

c. 短時間安定度：送信搬送波の位相ジャッタは $3^\circ$  RMS以下のこと。

(6), (7)の規定はCGMSにより最終的に決定される。

#### 6.5.4 制御端末装置の特性

制御端末装置はセンサデータの入力、無線装置および空中線装置の制御を行う操作部であり次の機能を有する。

##### (1) 電源

全装置の電源の接続およびその表示

##### (2) 空中線の制御

衛星方位および仰角の設定およびその表示。船舶装備のジャイロレピータ情報により船体の施回にしたがい、空中線ビーム方位を自動制御すること。またローリング角度情報により空中線ビーム方位および仰角を自動的に修正すること。

##### (3) センサデータ

センサデータをキーボードにより入力し、蓄積する機能を有すること。

##### (4) データ送出

センサデータ起動信号により蓄積されたセンサデータを100BpsのASCIIコードにて送出のこと。

##### (5) 警報送信

警報情報を送出する警報送信の機能を有すること。

表 6.1

FREQUENCY ALLOCATION FOR INTERNATIONAL  
DCP RESPONSE CHANNEL

<u>No. of Channel</u>	<u>Frequency MHz</u>	<u>Remarks</u>
1	402.002577	
2	402.005577	
3	402.008577	
4	402.011577	
5	402.014577	
6	402.017578	
7	402.020578	
8	402.023578	
9	402.026578	
10	402.029578	
11	402.032578	
12	402.035579	
13	402.038579	
14	402.041579	
15	402.044579	
16	402.047579	For alert platform channel
17	402.050579	For alert platform channel
18	402.053579	
19	402.056580	
20	402.059580	
21	402.062580	
22	402.065580	
23	402.068580	
24	402.071580	
25	402.074581	
26	402.077581	
27	402.080581	
28	402.083581	
29	402.086581	
30	402.089581	
31	402.092581	
32	402.095582	
33	402.098582	For self timed DCP channel

## 7. その他の問題点

船舶通報局の普及は、気象予報の確度の向上に役立つ。しかしながら、通報局の設備が現行気象業務法にもとづく気象観測データの報告義務のためのみであれば、船主の自己負担による普及には困難が予想されるので、しかるべき国家助成等の普及対策が必要であろう。

現在通報局の運用上の諸問題が気象庁において検討されているが船舶にとって通常気象業務以外に、本システムに包含されている緊急通報およびその他の特殊機能の有効な活用を図ることも必要と考えられる。

また、現在本気象衛星とは全く別個に海事衛星システムが検討されており、これが実現した暁には多数の船舶が海事衛星端局を装備することが予想される。この場合、船上に通信用、気象用の2種の空中線の設置が必要となるので海事衛星の機能との調整を含め今後研究を要する課題である。

## 8. 今後の研究の進め方

### 8.1 今後の研究方針

気象衛星国際調整会議によりシステムの技術的検討が進み通報局に関しては、捕捉スイープ、捕捉時間など若干の問題を残すのみで、基本的技術パラメータが決定し、本年度の第1・5研究部会の研究により、船舶用通報局の機器に対する検討は大部分完了し、試作に必要な仕様が決定された。

昭和50年度以降は、前記問題点のつめを行った上で、本仕様にもとづく試作を行い、昭和51年度は地上におけるシミュレーションテストおよび実船装備、昭和52年度はGMSに対する実船試験の評価に入る予定である。

### 8.2 昭和50年度の研究計画

昭和50年度は米国SMSの試験データを参照しつつ、捕捉スイープ等のつめを行った上で、試作機の設計に要する基礎実験および設計を行い、装置を構成する各モジュールの製作(1式分)を完了する。これらのモジュールは昭和51年度に総合的組立を行い、調整および機能試験を実施する予定である。