

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49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48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145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145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）			
幹 事	五十嵐 昭 一	（住友重機械工業）	遠 藤 敏 雄	（大阪商船三井船舶）	
	岡 田 高	（沖電気工業）	柴 原 展	（石川島播磨重工業）	
	嶋 田 俊 雄	（郵 政 省）	辻 村 克 巳	（日 本 無 線）	
	西 山 節 男	（三 井 造 船）	聚 武 彦	（安 立 電 気）	
	原 昌 三	（三 菱 重 工 業）	星 昌 憲	（昭 和 海 運）	
	馬 淵 郁 次 郎	（ジャパンライン）	望 月 仁	（電気通信大学）	
	渡 辺 和 夫	（気 象 庁）			
	委 員	石 島 巖	（七 洋 電 機）	岩 井 励	（川崎重工業）
岩 田 弘		（安立電波工業）	柿 崎 泰 雄	（北辰電機製作所）	
加 藤 増 夫		（古 野 電 気）	佐 藤 昭 介	（東 京 計 器）	
柴 田 利 光		（日 本 鍋 管）	鈴 木 良 光	（日 立 造 船）	
土 井 丈 士		（三 井 造 船）	西 岡 正 美	（日本造船工業会）	
林 一 雄		（日 本 電 気）	松 橋 寿 雄	（日本船主協会）	
町 田 運 八		（光電製作所）	水 上 弘	（川 崎 汽 船）	
山 下 和 三		（日本海事協会）	吉 田 信 一 郎	（東京芝浦電気）	
討議参加者					
		荒 川 康 一	（日 立 造 船）	石 崎 武 志	（石川島播磨重工業）
	大 津 馨	（三 菱 重 工 業）	大 沼 清 秀	（日本海事協会）	
	川 村 連	（七 洋 電 機）	斉 藤 実 政	（沖電気工業）	
	田 中 鉄 郎	（沖電気工業）	中 野 昌 男	（住友重機械工業）	
	中 村 繁	（気 象 庁）	成 井 満 男	（気 象 庁）	
	真 弓 末 男	（石川島播磨重工業）	皆 川 猛 文	（昭 和 海 運）	
	吉 本 高 史	（東 京 計 器）			

目 次

1	概 要	1
2	船舶から気象庁への報告義務	3
3	船舶の通信士の削減と気象、水象資料の減少	6
4	洋上の気象、水象資料減少の対策	6
4.1	短波方式の検討	7
4.2	米国における衛星中継方式の検討	7
4.3	衛星中継方式の採用	8
4.4	日米間の情報交換	8
5	気象衛星計画	9
5.1	日本の宇宙開発の分担	9
5.2	気象衛星計画(第1期)	10
5.3	宇宙開発計画(昭和44年決定)	10
5.4	国際計画の発展	11
5.5	気象衛星計画(第2期)	12
5.6	静止気象衛星システムの技術的調整	17
5.7	静止気象衛星システムの概要	18
6	GMSシステム	22
6.1	主要なミッション	23
6.2	主な性能	26
7	通報局(DCF)に関する技術基準	27
7.1	通報局技術特性標準化の必要性	27
7.2	静止気象衛星調整会議の勧告	27
8	船舶におけるシステムの検討	33
8.1	環境条件	34
8.2	装置の構成	34
8.3	周波数割当	36
8.4	情報伝送方式	36
8.5	無線回線パラメータの検討	37
8.6	主要機器の概要	38
8.7	空中線装置	39
8.8	空中線の装備位置の検討	39
9	試作機製作に対する考え方	41
10	今後の問題点	41
11	今後の研究方針	41

1 概 要

気象業務法施行規則第5条による船舶による気象および水象の観測の成果の報告義務が、昭和42年8月に電波法および船舶職員法の改正が施行されてから漸次減少し始めその影響がさらに悪化し始めてきた。

この船舶よりの気象および水象の観測データの減少を防止するための対策として船主側は気象情報の自動送受信システムを、気象庁側は自動通信システムを検討していたが、関係者協議の結果、昭和43年8月、第106研究部会機装システム分科会通信小委員会にワーキング・グループ、WG-2を結成し、気象庁を含め共同研究が開始された。

当初は気象資料収集方式を短波システムで検討していたが、米国衛星計画の静止衛星システムによれば、気象観測衛星の実用化も近く短波方式よりも安定した通信が可能となることが米国側より知らされた。

昭和44年9月気象資料収集方式を短波システムから静止衛星システムに変更することを気象庁内で最終決定した。以後ワーキング・グループは気象庁との情報交換を目的として運営されてきた。

そして第106研究部会機装システム分科会通信小委員会のワーキング・グループWG-2は日本船舶振興会補助事業として昭和44年、45年、46年と3カ年にわたって研究をし、その成果を報告書にまとめ、提出してきたが、第106研究部会は46年度補助事業をもつて終了のかたちとなつたため別に新しい研究部会を発足させるべく昭和47年9月20日に気象通報自動システムの研究準備会を設け5カ年の計画案を日本造船研究協会に提出した。そして昭和48年3月27日第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」委員会が発足し、気象庁には気象衛星準備室から気象衛星課が誕生し、ここに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が引き続き継続、実施されることとなつた。

現在予想される宇宙開発事業団の年次計画と気象庁およびSR145研究部会の研究計画工程は表1.1の通りである。

表 1.1

年度 月	48年度		49年度		50年度		51年度		52年度	
	4 7 10 1	4 7 10 1	4 7 10 1	4 7 10 1	4 7 10 1	4 7 10 1	4 7 10 1	4 7 10 1	4 7 10 1	4 7 10 1
関連部										
宇宙開発事業団	基本設計 システム決定		プロトタイプ制作		プロトタイプ制作 フライトモデル製作		フライトモデル製作 フライト準備打上げ		フライト準備打上げ GARP運用に入る	
気象庁	システム全体の基本設計		地上施設		地上施設の設置		地上線合テスト 地上施設設置終了		運用	
SR145 研究部会	システムの検討 基本計画の検討 資料収集		試作機仕様書作成 国際方式の調査		試作機製作		試作機製作		試作機試験 美那整備 2~3隻に整備予定 美那試験評価 6月頃より順次 評価に入る	

2 船舶からの気象庁への報告義務

気象業務法第7条には、次のような気象庁への報告義務を法により定めている。

第7条 船舶安全法（昭和8年法律第11号）第4条の規定により無線電信を施設することを要する船舶で政令で定めるものは運輸省令の定めるところにより気象測器を備え付けなければならない。

② 前項の船舶は、運輸省令で定める区域を航行するときは、前条第1項の技術上の基準に従い気象および水象を観測し、運輸省令の定めるところにより、その成果を気象庁長官に報告しなければならない。

そして気象業務法施行令第1条で気象測器の備付を要する船舶について次のように規定している。

第1条 気象業務法第7条第1項の政令で定める船舶は左の通りとする。

- 1) 公衆通信業務を取り扱う船舶
- 2) 気象庁長官の指定する船舶

また、気象業務法施行規則第3条から5条で船舶の備えつける気象測器、船舶による気象および水象の観測、船舶による観測の成果の報告が義務づけられている。

第3条 令第1条の船舶は、航海中左に掲げる気象測器を備え付けなければならない。

- 1) 船舶用アネロイド型指示気圧計
- 2) 温度計
- 3) 乾湿球湿度計（船舶安全法（昭和8年法律第11号）第4条第1項第1号及び第2号に掲げる船舶に限る。）
- 4) 風速計（船舶安全法第4条第1項第1号および第2号に掲げる船舶であつて遠洋区域を航行区域とするものに限る。）
- 5) 風向計（船舶安全法第4条第1項第1号および第2号に掲げる船舶であつて遠洋区域を航行区域とするものに限る。）

第4条 令第1条の船舶は、東は西経160度、西は東経100度、南は緯度0度、北は北緯65度の線により限られた海域において毎日グリニッチ標準時の0時、3時、6時、9時、12時、15時、18時および21時（これらの時刻が、当該船舶に現に乗り組んでいる船舶通信士の職務を行なう者の執務時間の終了時刻となる場合は、1時間繰り上げた時刻とする。）に左に掲げる種目について、気象および水象の観測を行わなければならない。ただし、中心示度が990ミリバール以下の熱帯低気圧の中心から500海里以内を航行していることを知つた場合、または気象若しくは水象の状況が異常であり、かつ、航行上危険があると認められる場合の観測の時刻は毎正時とする。

- 1) 気圧
- 2) 気温
- 3) 露点温度（前条第3号に掲げる気象測器を備え付けている船舶に限る。）
- 4) 風
 - 1、風向
 - ロ、風速（前条第4号に掲げる気象測器を備え付けている船舶に限る。）または風力
- 5) 雲
- 6) 視程

- 7) 天気
- 8) 水温
- 9) 波浪
- 10) 海水の状態
- 11) 船舶の着氷の状態

第5条では、電報で気象庁長官に観測の成果を直ちに気象庁長官の定める形式により報告することを義務づけられている。

なお、国際的にも世界各海域においてWMOより図2.1に示す区域（REGION）別に航行区域（ZONE）内のもよりの海岸局へ通報を要請されている。

（海上人命安全条約 第5章第4規則関連）

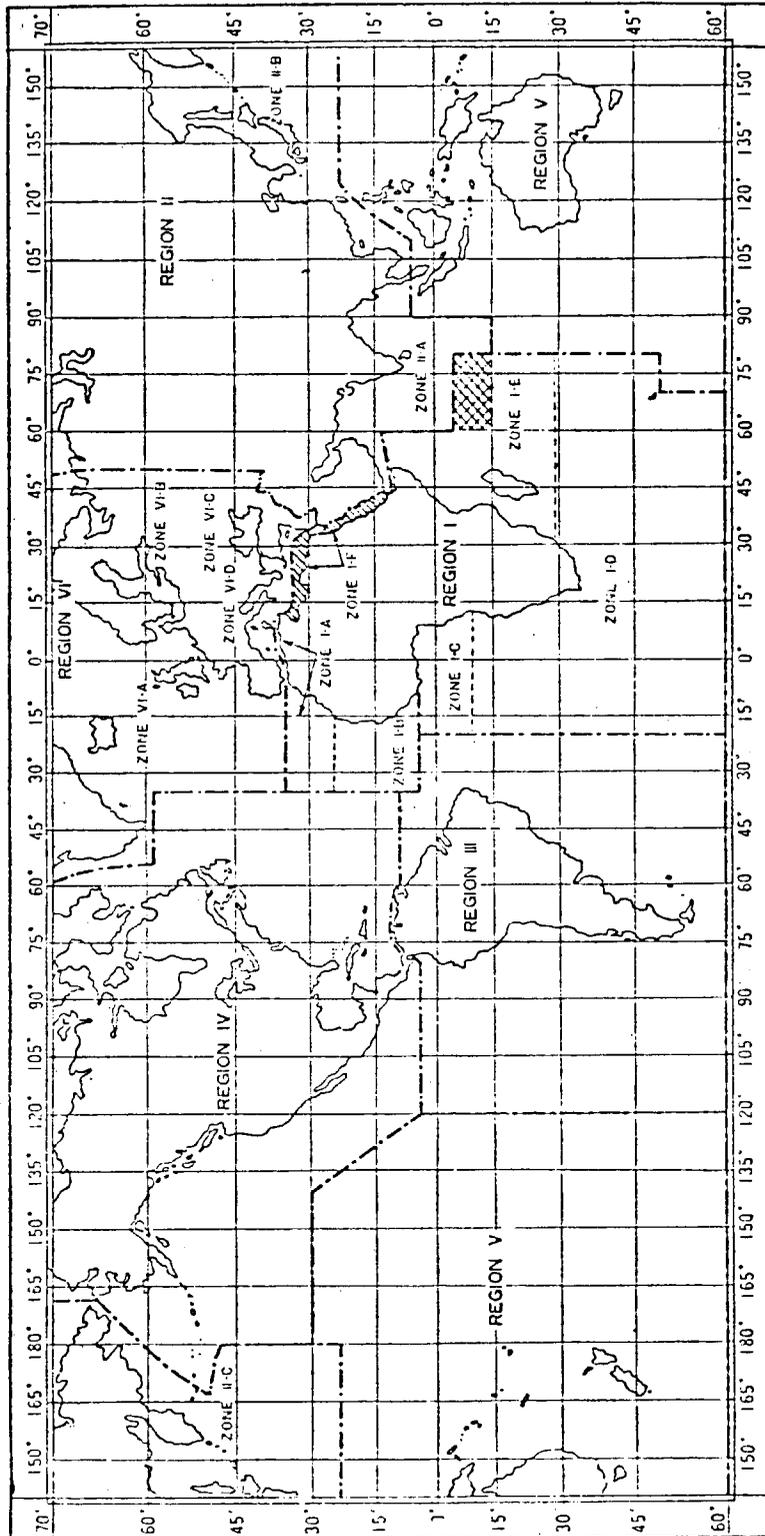


図 2.1 気象電報打電区域および名宛

3 船舶の通信士の削減と気象・水象資料の減少

昭和42年8月に電波法および船舶職員法の改正があり、これに伴って大型外航船の通信士は従来の3名から2名または1名へと削減された。さらに船舶無線局の運用義務時間が変更されて、夜間の0時、3時の気象観測の気象電報の通報の義務がなくなった。

このため、気象電報の入電は夜間になると激減し、日中に40～80隻の船から気象水象観測資料が入電するに対して、夜は10隻内外となつてしまつた。

参考のため昭和47年6月10日～14日の5日間の入電状況を次に示す。

(1) 一般船舶の1日当りの時刻別入電通報数

観測時刻 (JST)	9	12	15	18	21	0	3	6
入電通報数	76	38	76	31	49	5	12	11

(註) これら入電通報数の67%は日本船で33%は外国船である。

(2) 漁船から漁船無線局に入電する気象電報の1日当りの時刻別入電通報数

観測時刻 (JST)	9	12	15	18	21	0	3	6
入電通報数	41	31	25	4	5	0	2	4

日中の天気図にはかなりの数の船舶からの資料が記入され、洋上の気象状態の把握を助けているが、夜間の天気図は洋上が空白のため、気象状態の把握は日中の値から推定するのがやつとである。

これは船舶の安全確保のための気象予報・警報の精度の低下をもたらしている。

4 洋上の気象・水象資料減少の対策

洋上の気象、水象資料の減少を防ぐ手段として

- (1) 船舶に自動気象電報送信装置を設備する。
- (2) 離島に自動気象観測点を設置する。
- (3) 洋上に観測用ブイを置く。

などの方法が考えられる。

このうち(2)(3)については、昭和42年政府間海洋委員会、I O C (INTER GOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION) の第5回総会で全球総合観測システム、IGOSS (INTEGRATED GLOBAL OCEAN STATION SYSTEM) が採用され、海洋の観測データ収集方法のため観測施設の展開が検討された。

その結果によると、

- ① 有人、無人の固定観測所を島に設置する。
- ② 海洋観測塔を設置する。
- ③ ブイを展開する。

となつている。

I G O S Sシステムは世界気象機関、W M O (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION)の推進する世界気象監視、W W W (WORLD WEATHER WATCH)計画と共通の構想であるためI O CとW M Oは密接な連絡をとりながら計画を進めることになった。

わが国では、この計画のうちブイ以外は展開計画、観測機器などの問題が他のシステムと関連しているため保留とした。

ブイの展開は台風やその他の気象現象監視の上に重要であり、また、海洋科学技術審議会の答申「海洋開発のための科学技術の管理」に盛り込まれていることから昭和43年度より気象庁において短波の通信方式によるブイを開発することとなった。

整理計画

昭和43, 44年度(科学技術庁特別研究促進調整費)

小型ブイ2個(1号 1.5トン, 2号 2.7トン 短波出力25W)

日本海に定置し、昭和49~50年度の撤収 6号機に交替する。

昭和47年度 3号機の製作(20トン短波出力50W) 日本南方

昭和48年度 4号機の製作(") 東支那海

昭和49年度 5号機の製作(") 三陸沖

昭和50年度 6号機の製作(") 日本海

昭和50年以降は気象衛星のシステムに適合するよう改造する予定である。

現在のブイは短波通信のため受信効率は75~80%であるため、大きな出力を必要とするために電池の容量と重量がブイを大きくしている。

静止気象衛星で400MHz帯を使つたデータ収集が可能になればブイからの受信効率も高まり安定した受信ができるので、各国ともその実現を待ち望んでいる。

4.1 短波方式の検討

昭和43年8月 日本造船研究協会は気象庁と協議検討した結果、短波を用いて船舶からの気象観測資料を陸上の受信局に自動的に送信するシステムの開発を進めることになった。

4.2 米国における衛星中継方式の検討

昭和43年に米国が気象衛星を用いて船舶などより気象資料を自動収集するシステムを開発中であるという情報が入り、そのシステムについての調査が行われた。その結果、次のような概要がわかつた。

気象衛星は静止衛星で赤道上36,000Kmの上空にあり、ミッションは赤外、可視の放射計による地球の観測とデータリレーである。

データリレーはデータ収集と配布の機能をもつ。データ収集はブイ、気球、水理観測点(河川などの流量や雨量を知る)、船舶、航空機などからのデータを米国の中央データ処理センターに送信する。

データ収集方式については色々のものを考慮し検討中である。いずれにしても船舶からの出力は10Watt低利得空中線の安価なものが望ましい。

時間制御によつて収集するか、呼出し収集するかの方法は検討中、また、データレート、変調方式、運用

の考え方も検討中である。収集する数としては地上ステーション 100, 高層観測点 100, 水理観測点 1,000 を考えている。データ配布は広帯域で地球の画像をデジタル化したものと狭帯域で FAXなどを伝送するものがある。

昭和45年1月までには予備設計が終るので、その時点で検討事項はかなり明確となる。

4.3 衛星中継方式の採用

非常に大雑把な情報ではあつたが、このシステムが全世界的システムになり得る可能性があると考えが判断した。

この時期に科学技術庁の実用衛星計画が検討され気象衛星の実現もそう速くない状態であつたため、日本造船研究協会と気象庁とは自動収集システムを衛星システムによるか、短波方式によるかについて検討を行なつた。

その結果

(1) 短波の伝播経路は同一送受信地点間にいく通りも存在する。したがつて、1個の送信パルスが受信側では何個ものパルスとして受信されることが多い。これは誤信号の原因となり高速通信化を困難にしている。

(2) 短波帯は空電などの外来雑音の影響を受け易い。

また、電離層電播のため、どうしても信号が不安定であることが多い。両方とも特定の地域でのローカル時間に関係して通信の質が劣化することにつながる。

すなわち、ある地域の特定時間帯の気象電報は常に入手困難という結果をまねき気象解析上甚だ具合が悪い。

また、短波帯は混んでいるため他の信号による混信も多い。

以上のことから昭和44年夏に短波方式による自動送信方式を衛星経路に切り換えることにした。

4.4 日米間の情報交換

米国方式が未定部分が多くあり、もしも日本の都合よい方式を採用するならば将来の日本の方式開発に便利であることから、昭和44年12月米国に日本の考え方を示し意見を求めた。

提示した日本の案の概要は次のとおり

(1) データ収集、データ配布の機能をもつ

(2) 使用周波数は船舶に対しては VHF 130 MHz, 陸上固定点に対しては UHF を使用したい。

(3) データ伝送速度は5単位200ボーが最適と考える。

(4) 制御方式はプログラム制御

(5) OMEGA SYSTEM を組込む船舶に対しては生データを収集し、位置測定計算を行ない、船舶にフィードバックしたい。

(6) データ収集地点予定数

船	船	300
高層観測点		100

高層風観測点	100
雨量ロボット	300
ブイ	10

これに対して米国からの反応は少なく、現在2社で競走中なので、それが終る昭和45年夏ごろまでは詳細は発表できないという前置きがあつて次のようにのべられていた。

米国のシステムはS-BAND (1.7および2.1 GHz 帯) と UHF (400 MHz) で衛星・地球間のリンクを考えていてVHFによるものは、一つは使用周波数に余裕がないこと、また、衛星に3種のアンテナをつけることは複雑かつ不経済となる。なお、VHFとUHFとを比較した場合VHFが有利であるとは考えられない。

この結果をふまえて気象庁では船舶よりのデータ収集のための電波はVHFを予定しているが国際的な標準化を考えるとUHFにvariety得ると巾をもたせた。

5 気象衛星計画

船舶の自動システムの調査は米国の衛星システムの開発ステップがかなり先に進んでいるので、それを見習いつつ少しずつつめられてきたが、これらのシステムのキーステーションとなる衛星そのものがどのようなものになり、それがいつ実現するかは昭和45年の春ごろの時点では明確になつていなかった。次に衛星計画の進展状況について述べる。

5.1 日本の宇宙開発の分担

5.1.1 科学衛星計画

日本の宇宙開発は昭和28年暮、東大生産研究所の糸川教授グループによるベンシルロケットの研究に始まる。東大グループの研究はベンシル、ペビー、 κ (カッパー) と性能向上をはかり、昭和33年6月に打上げられた κ -6型で、はじめて観測機器をとり載して宇宙の科学観測ができるようになった。ちなみに、この時の高さは60 Kmである。

その後、昭和38年12月東大鹿児島宇宙空間観測所(内之浦)が設立され、初の人工衛星をもくろんでL-4S (ラムダ) が打上げられたのは昭和41年9月、初の人工衛星「おおすみ」が成功したのは昭和45年2月である。

以後ロケットおよび衛星による科学観測は東大において実施されている。

5.1.2 実用衛星計画

これに対して、気象衛星、通信衛星などを打上げて実用の分野に宇宙を利用する計画のとりまとめと、そのような衛星を打上げるロケットの開発は、科学技術庁が担当することになり、昭和37年4月よりロケットの開発を開始した。

昭和46年6月実用衛星打上げを目ざして種子島宇宙センターの建設がはじまつた。

このロケットは昭和45年ごろには実用化されることを目標に開発を進めているため、昭和42年夏ごろ、このロケットを利用した実用衛星計画を作成することになった。

ロケットの仕様は100Kgのペイロードを静止軌道に打上げる能力である。

5.2 気象衛星計画(第1期)

気象庁では、この実用衛星計画に参加するため気象衛星計画を立案した。この衛星は気象観測網の不備を補うとともに雲分布の観測など宇宙からできない観測を行なつて気象予報の精度を向上することを目的としている。

気象衛星は2つのタイプがあり、I型、II型と呼ぶ。

I型は、可視、赤外カメラを搭載し、気象観測をするもの重量200Kg以上打上げは昭和49年。

II型は、大気圏浮遊ゾンデ、ブイなどより気象資料を収集するもの、重量100Kg、打上げは昭和51年。

I、II型とも軌道衛星で高度1,000-1,500Kmである。

この衛星計画は、日本の国内計画で国際的計画とは独立したものである。気象庁では、この計画に対応するため、とら載機器の研究を昭和42年度より着手した。

昭和44年になつて米国では静止気象衛星を利用して、気象資料を収集しようとしていることがわかり、日本の宇宙計画に静止衛星の打上げが含まれていることを勘案し、気象資料収集のミッションをもつた衛星は静止衛星に変更することを検討した。

静止衛星経由で船舶からの資料を収集することが技術的に可能であると考えられたため前述したように船舶の自動送受信システムを短波より衛星方式に切り換えた。

しかし、この衛星計画の変更は気象庁内での計画であつて日本の宇宙開発計画として認められたものではない。

5.3 宇宙開発計画(昭和44年決定)

日本の宇宙開発計画は昭和43年8月発足した宇宙開発委員会が日本の国策として宇宙開発を効率的に進めるために策定したものである。

それまでは宇宙開発審議会が総理大臣の諮問に応じて長期計画を答申していたもので、いわば受身の計画である。宇宙開発委員会は最初の宇宙開発計画を昭和44年10月に決定した。

その内容の概要は次のとおり。

実用衛星を打上げるロケットのテスト打上げは昭和47年度、気象衛星はI、II型とあり、当面システム、とら載機器の研究を行ない、打上げの決定は昭和45年以降に決定する。

静止衛星は実験用静止送信衛星で打上げは昭和49年度、気象衛星計画(第1期)は、この昭和44年度決定の宇宙開発計画の中にとりいられ上記のように打上げ時期は不明確となつてしまつた。

この宇宙開発計画の決定が昭和44年10月に行なわれたにもかかわらず前項の末に述べた静止衛星への変更は同年夏に決定している。この時期的な喰違ひは次のような事情による。

昭和44年度決定の宇宙開発計画はロケットの技術導入の問題を除いて昭和44年5月ごろまでに完了して、その後気象庁から計画変更を申し入れたが、今となつては変更できないとの理由で却下されてしまつた。

しかし、今後、宇宙開発計画の見直しの時には考慮されるという含みが暗に認められた。

5.4 国際計画の発展

5.4.1 世界気象機関(WMO)の推進する世界気象監視(WWW)計画

気象の観測は全世界同一規準で行なわなければ全地球的規模で運動する気象現象を把握することができない。このため、気象業務に関する技術規準を取扱うのが国連の専門機関である世界気象機関(WMO)である。

電子計算機や人工衛星による近代科学の発展は気象の観測、データ処理の様相をすっかり変えてしまった。しかし、このような近代技術は世界各国であまねく応用されているわけではなく部分的である。

これを全世界に広げ予報精度を向上させなければせつかくの技術は生きてこない。このような観点がWMOは世界気象監視(WWW)計画を立案した。

WWW計画は次の5つの柱から成立っている。

- 1) 気象衛星を中心とした観測網を展開する。
- 2) 観測資料を迅速に伝達する通信網を展開する。
- 3) 観測データを電子計算機で高速に処理する処理組織を完備する。
- 4) 数値予報方式の完成のための研究計画を実施する。

(地球大気開発計画(GARP)と称す)

- 5) 気象技術者のレベルアップのための研修を実施する。

WWW計画のその発想をたどれば、昭和36年12月採択された第16回国連総会の決議1721「宇宙空間平和利用に関する国際協力」にもとづくもので、国連を通じて各国は協力を求められている。

WMO総会は昭和38年この計画の基本構想を採択し、昭和42年WWW計画の実施を採択、順次実行されることになった。

5.4.2 WWW計画における世界気象衛星組織

WWW計画の観測網では気象衛星組織が地球の一番外側から地球を観測するネットワークを構成し、このネットワークの傘の下で地上、洋上、高層などの各種の観測が実施される。

気象衛星組織について昭和44年9月WMOのWWW衛星組織非公式会議で色々検討した結果、前項5.4.1の中に述べたWWW計画の柱の第4番目に当る研究計画、すなわち、地球大気開発計画(GARP)5.4.3項の成果を見てから改善して行くことになった。したがって、GARPが終了するまではGARPの衛星計画を踏襲することになる。

5.4.3 地球大気開発計画(GARP)

GARPはWWW計画の一つの柱であつてWWW計画を完全にするために、まだ解決されていない部分を解明することを目的としている。

一つは大気の大きな流れを完全にマスターし、数値計算によつて予報の精度を向上する方式を確立すること。

もう一つはWWW計画の観測網の最適システムを見出すこと、である。

したがって多分に学問的な分野であるが、そのデータ源は気象観測であるため、学者と気象屋とが共同して実施しなければ成果は期待できない。

このため、学者側の国際団体である国際学術連合（ICSU）とWMOとの共同研究計画となっており、実行計画は合同で組織した合同組織委員会（JOC）で立案し、ICSU、WMO両者の承認を得て実行に移している。

JOCはWWW計画が実施承認になつた翌年、昭和43年に設立された。

5.4.4 世界気象衛星組織

GARPは、その目的からして全地球的規模の研究計画であるため、最終結果は全世界一斉観測によつて、はじめてその成果が得られる。

この全世界一斉観測を全球実験と呼ぶ。JOCは昭和43年最初の全球実験つまり第1回全球実験（FGGE）を昭和50～51年に実施する計画を立て、その線に沿つて準備を進めることにした。

観測網の中心となる気象衛星組織のあり方は数次にわたる会合によつて順次明確にされてきた。

昭和44年1月JOCの第2回会合で静止気象衛星4個、2～3個の極軌道衛星、定高度気球追跡用の衛星1個からなる構想が示された。

気象衛星組織の構想は昭和45年3月に開かれたGARPの計画会議に反映され、静止気象衛星4個の位置と担当国が提示された。

すなわち

150°W	70°W	20°E	120°E
米国	米国	フランス	日本

米国およびフランスは、かねてより静止気象衛星計画を発表していたが、120°Eの極東域をカバーする衛星打上げ国がないため、国力や技術力から考えて日本に打上げを要請することになった。

なお、この衛星のミッションは地球画像の取得とデータリレーである。

WWW計画、GARP、と日本の静止気象衛星との関係は表5.1参照のこと。

5.5 気象衛星計画（第2期）

昭和45年3月の時点における日本の気象衛星計画の現状をまとめてみる。

- ① 国内計画は、昭和44年10月決定の宇宙開発計画により気象衛星はⅠ、Ⅱ型の2種があり、打上げは未定。
- ② 船舶の自動送受信システムの研究の面では、米国の静止気象衛星計画を参考とし、静止気象衛星によるシステムに踏切る。
このため、上記①の計画を静止気象衛星に変更するよう申し入れる。
- ③ 国際的にはGARP計画会議において、120°Eの位置に観測とデータリレーのミッションをもつ静止気象衛星の打上げを要請された。

上記②③に示された日本の国内的の要請、国際的要請を勘案すると、日本の気象衛星は静止気象衛星が最適であると判断し、宇宙開発計画を変更するよう申し入れることになった。

5.5.1 昭和45年度決定宇宙開発計画

気象庁では、昭和45年度に入つて宇宙開発委員会に対して気象衛星計画の改定を申し入れた。

宇宙開発委員会では、気象衛星の国際性を認め、日本の宇宙開発の全体計画を検討した上で、静止気象

衛星計画を宇宙開発計画の中に盛り込むことになった。

昭和45年10月宇宙開発委員会決定の昭和45年度決定宇宙開発計画には次のようにのべられている。

昭和50～51年に予定されているWMOとICSUが共同して行なうGARP等を考慮して、当面必要な静止気象衛星のシステムデザイン等の研究を進める。

宇宙開発計画では特有の定義が使われる。ここで用いられている“研究”の定義はその衛星が技術的に実現可能かどうかを検討する段階で予備設計まで行ない、ハードウェアの設計には入らない。

5.5.2 静止気象衛星システムの技術調査

静止気象衛星が宇宙開発計画で認められたため、昭和46、47年度に静止気象衛星システムの技術調査を実施した。

この調査は日本の気象現象の監視に役立ち、かつ国際協力計画にマッチした静止気象衛星システムは、どういうフアンクションで成立っているかを技術的に検討し、経費なども勘案し、最適システムの概念仕様を決定した。システムの概要は5.7節で述べる。

5.5.3 第1回全球実験(FGGE)の計画会議(静止気象衛星の追加と実施時期確立)

昭和47年9月FGGEの実施計画検討の会議が開かれ、FGGEは昭和52年より開始する。

実験に必要な準備は昭和51年末までに完了することがきめられた。

気象衛星組織はソ連がFGGEに間に合うようインド洋上の静止気象衛星を打上げるとの表明があり、最終的には静止気象衛星5個、極軌道衛星2個のシリーズとなった。(図5.1)(図5.2)

5.5.4 昭和47年度決定宇宙開発計画

昭和45年度決定の宇宙開発計画には、気象衛星はシステムデザイン等の研究を行なうと述べられている。この計画のままでは研究段階つまりハードウェアの製作に入れないので、ハードウェアの製作に取りかかれる段階——これを“開発”段階と云う——に変更する必要がある。

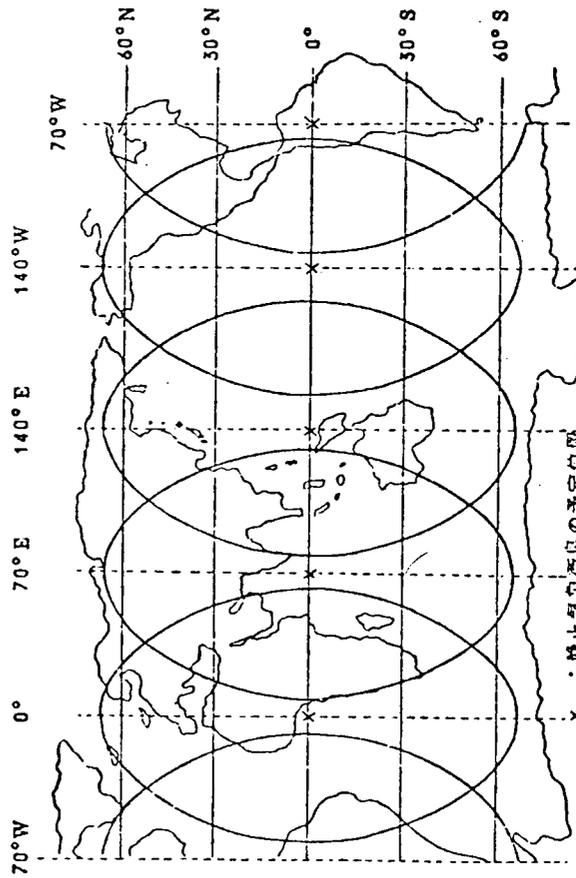
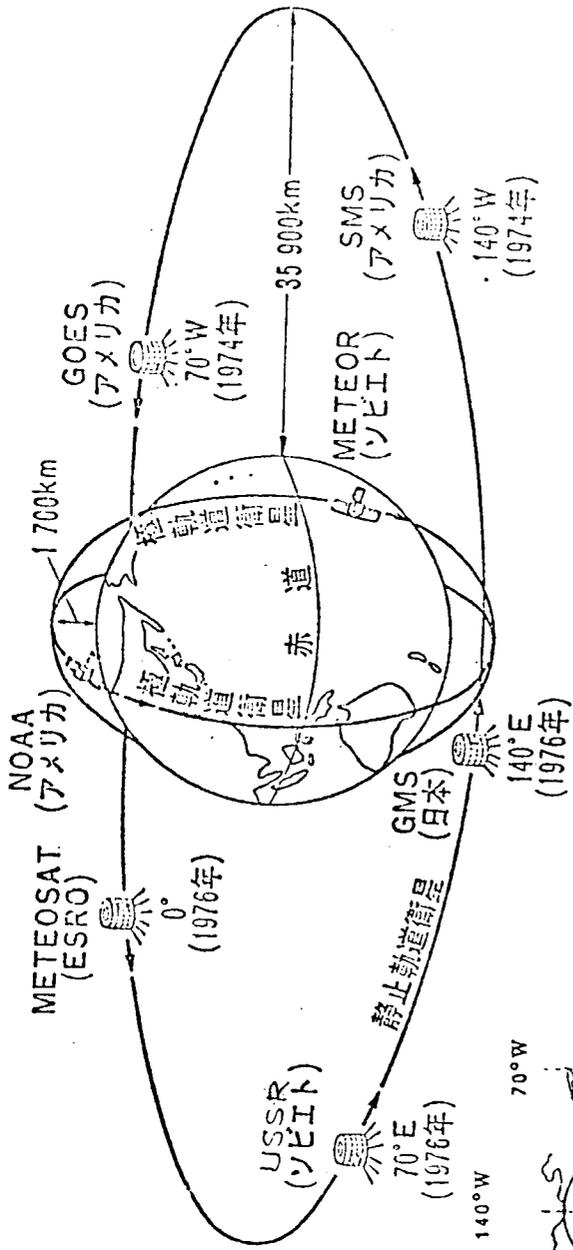
昭和47年度に入つて気象庁は宇宙開発委員会に再び宇宙開発計画の改定を申し入れた。宇宙開発委員会では打上げ計画をも含めて検討した結果、次のように改定された。この決定は昭和48年3月1日に行なわれている。

静止気象衛星はWMOとICSUが共同で行なうGARPの推進を図り、あわせて気象業務の改善に資するため、西太平洋アジア地域における雲写真の撮影、気象データの収集、配布等を行なうことを目的とした衛星で、昭和51年度に静止軌道に打上げることが目標に開発を行なう。

なお、本衛星の打上げについては米国のロケットを活用することを考慮する。この決定により気象衛星のハードの製作に入ることができるようになった。

日本の宇宙開発の分担により気象庁は地上システムを建設し、宇宙開発事業団は衛星本体の製作にとりかかる。

静止気象衛星配置計画図



x : 静止気象衛星の予定位置
 曲線 : 仰角20°による監視範囲

図5.1 静止気象衛星配置計画図

THE FIVE GEOSTATIONARY METEOROLOGICAL SATELLITES

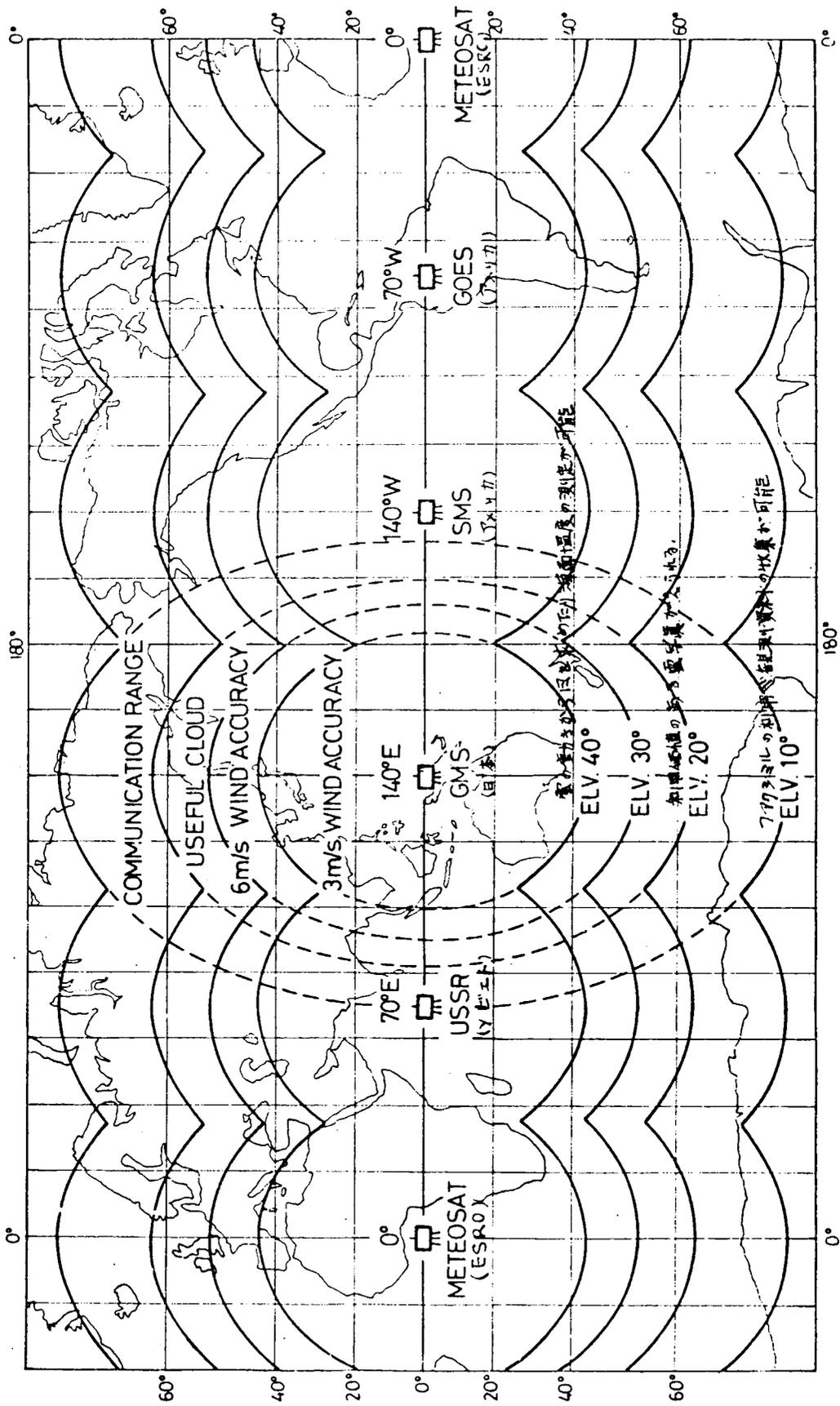


図 5.2 5 個の静止気象衛星のカバレッジ

5.6 静止気象衛星システムの技術的調整

5.6.1 各国における静止気象衛星開発の進捗状況

世界気象衛星組織を構成する各衛星の開発状況の調査結果は下記の通りである。

(1) 米国

日本において船舶の気象資料自動送受信を短波方式で検討しようとしていた昭和44年初めごろ、米国においてはすでに気象観測と資料中継のミッションをもつ静止気象衛星システムの検討を始めていた。

この衛星は米国航空宇宙局(NASA)のプロジェクトとしてSMSと名付けられている。

この検討は、昭和45年1月ごろ予備設計を終了し、製作メーカーの選定に入った。ヒューズ社とフィルコ・フォード社と激しくせり合った結果、昭和45年10月フィルコ・フォード社に製作メーカーが決定した。

フィルコ・フォード社は早速基本設計を実施し、昭和46年4月これを完了、次いで開発のステップに入った。

衛星のように複雑なものは実機にとりかかるまでには、いくつもの段階が必要である。

すなわち、熱モデル、構造モデルを製作し、テストを行ない、続いてエンジニアリングモデルによる各サブシステム相互間の両立性をたしかめる。とう載機器をも含めたエンジニアリングモデルのテストは、昭和47年の末までには完了した。

昭和48年にフライトモデルの製作にとりかかり昭和48年秋には、振動、回転テストを残すだけとなつている。

SMSの打上げは昭和49年3月末に予定されている。

(2) 欧州宇宙研究機構(ESRO)

ヨーロッパの衛星は“METEOSAT”と呼ばれる。

METEOSATは当初フランスが、同国の宇宙計画として昭和37年12月に調査を開始した。昭和46年6月に予備設計を終了したが、この段階で当初考えていなかった画像のFAX放送の必要性などが加わつて経費が予想以上にかかることがわかつた。

そのころヨーロッパ各国の気象衛星に対する考え方が共同して静止衛星をもつ方向に変つてきたので、フランスは欧州の宇宙開発の共同体として存在するESROに共同開発を申し入れた。

ESROではフランスの提案を検討し、ESRO案をつくりGARPのFGGEの要請を入れ昭和46年12月に昭和51年末までにMETEOSATを打上げることを決定した。

昭和47年より衛星本体について、2グループの業者によつて検討され昭和48年10月製作メーカーが決定したと聞いている。

とう載機器は、フランスの開発したものを引継いで用いることになつており、昭和48年エンジニアリングモデル、昭和49年にプロトタイプが製作される予定である。

(3) ソ連

昭和47年9月のFGGE計画会議でFGGEに間に合うようインド洋上に静止気象衛星打上げを表明した。

5.6.2 静止気象衛星調整会議

各国の衛星システムの開発も明るみに出され現在、米国以外は、ほぼ同一線上にあつて設計段階である。

静止気象衛星のカバレッジは、互いにオーバーラップしているため、ある地域では両者の衛星を共通に利用することになる。したがつて、相隣接する衛星間の仕様に共通性をもたせると同時に混信などの点では、それを避ける必要がある。

このため、昭和47年5月のWMOの執行委員会において衛星担当、当事国間で技術仕様の調整をとる必要性が決議された。

この趣旨に沿つて昭和47年9月ワシントンにおいて日本、アメリカ、ESRO三者による第1回静止気象衛星調整会議がもたれた。

この会議では各衛星の機能についての調整、標準化の問題など、問題点を明確にして今後はこれらの問題をシステム工学と衛星利用の2つの作業委員会で検討して行くことが決められた。

第2回は昭和48年1月チューリッヒで開かれた。ソ連から5名が参加した。この会議では衛星の運用、使用周波数、データの形式衛星の位置など調整に必要な事項について検討が行なわれた。

位置については、日本が $140^{\circ}E$ 、アメリカが $140^{\circ}W$ 、 $70^{\circ}W$ 、ESROが 0° ソ連が $70^{\circ}E$ であることが確認された。

第3回は昭和48年10月日本において開かれた。この会議では通報局の技術仕様、 1.69GHz 帯の写真模写電送(WEFAX)の調整、通報局の運用手順、衛星位置の調整など前回に引続いて行なわれた。このうち船舶のデータリレーに関するものは7章に示す。

5.7 静止気象衛星システムの概要

静止気象衛星システムの概念図は図5.3に示す。

中央の静止気象衛星(GMSと略称する。)がこのシステムのかなめとなつている。必要なデータを取得、またGMSに運用指令を行なう。

指令、資料収集局(CDA)が通信中枢としてのキーステーションとなる。これらのデータを気象解析用に処理したり、衛星のテレメトリデータを処理するデータ処理センター(DPC)が、このシステムの頭脳となる。

5.7.1 GMS

GMSは $140^{\circ}E$ の赤道(ニューギニア上空)地球上 $35,900\text{Km}$ の上空に打上げられる予定で、この位置からのサービス範囲は図5.4のとおりである。

この範囲は半径約 $6,000\text{Km}$ 区域で、この図に示される同心円 10° 、 20° 、 30° 、 40° は地球上の一点からGMSを見上げた場合、水平面とのなす高度角である。

例えば、東京からGMSを見上げると衛星は高度角、約 45° のところに見えるということになる。

ミッションは4つある。

(1) 気象観測

観測機器可視赤外放射計(VISSR)による。

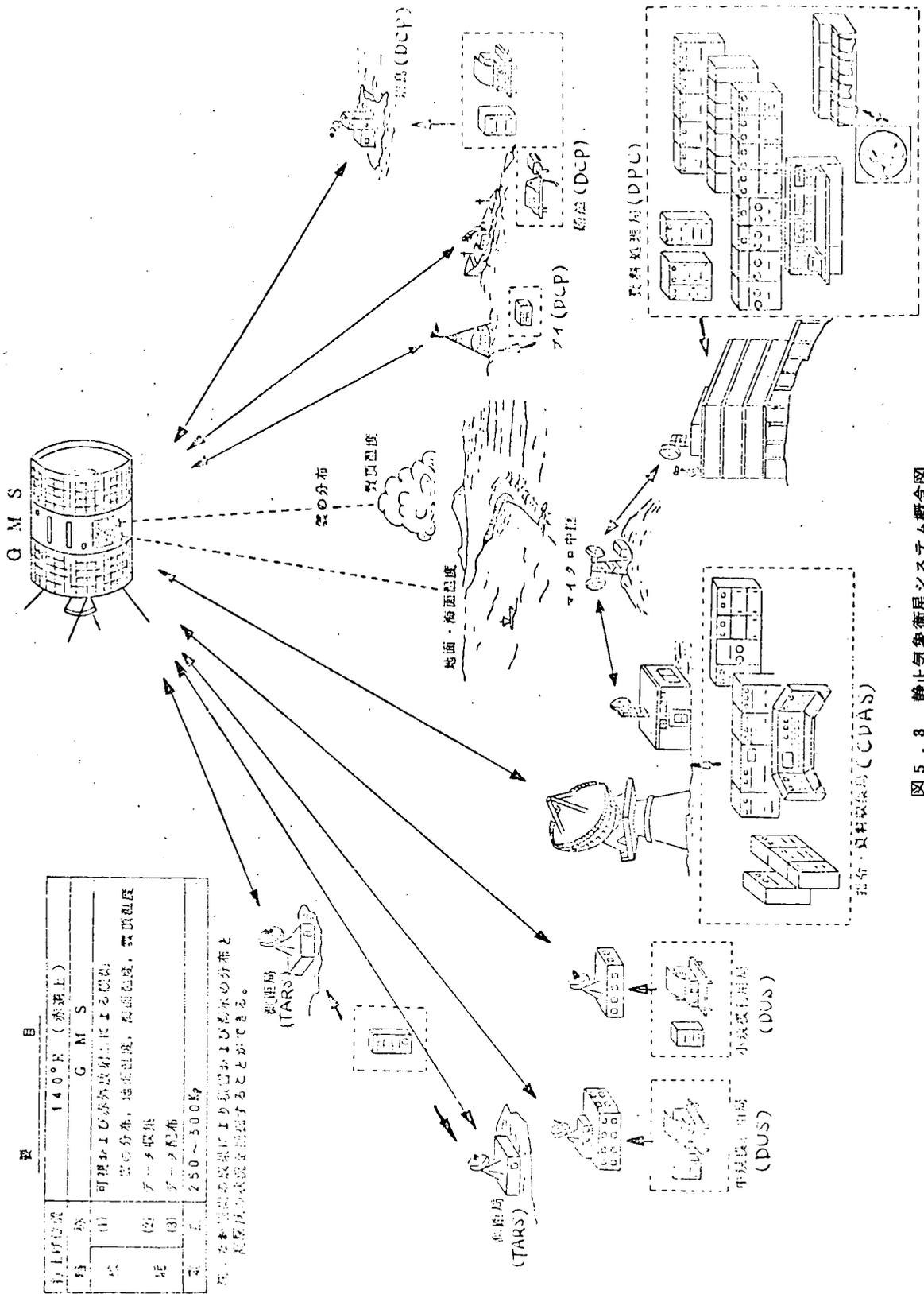


表		B	
軌道傾斜角	140°E (赤道正)	GMS	
用途	可視光以外の放射線に関する観測 雲の分布、海面温度、海面湿度、雲頂高度 データ収集 データ配布		
高度	250~300km		

注：各種観測の結果により観測およびデータの分布と
高度域が決定される。

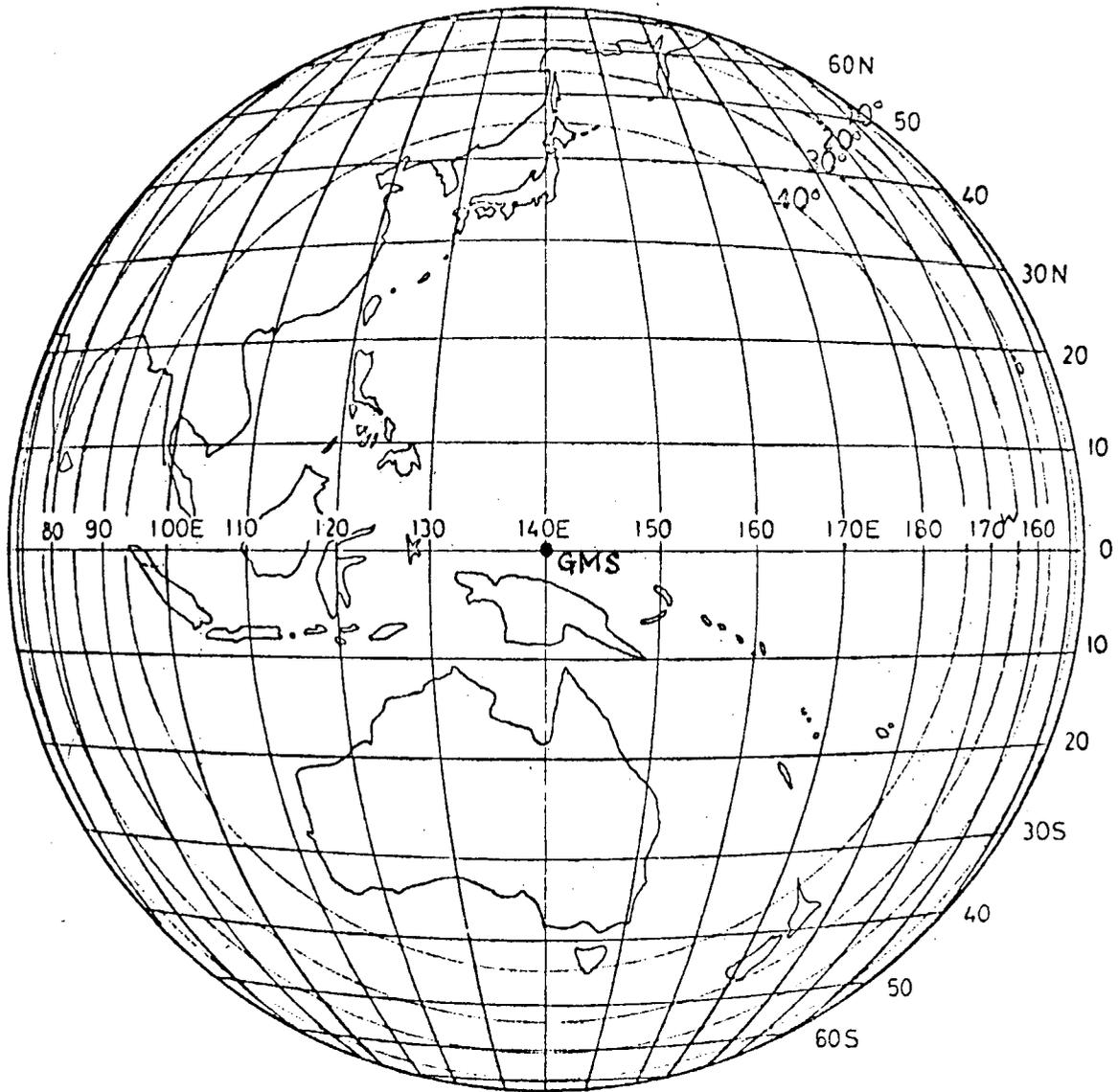


図 5 . 4 静止気象衛星の監視範囲

雲の観測 (昼・夜) , 雲頂、地面、海面温度の測定

(2) 気象、水象資料の収集

船舶、パイ、離島などより気象、水象観測資料を収集する。

400MHz 帯の電波を用いてオペレートする。

(3) 気象資料の配布

気象衛星の画像を高解像 (16階調)、低解像 (6階調) の模写電送を行ない利用者に提供する。

1.7GHzの電波を使用する。

(4) 宇宙環境の観測

1~5000MeV の太陽プロトンの測定を行なう。

5.7.2 データ処理センター (DPC)

衛星からの各種信号を電子計算機で処理し、地球の画像の作成、衛星内部状況の判定、衛星運用指令の作成などを行なう。

5.7.3 指令、資料収集局 (CDAS)

衛星より VISSR 信号の受信、テレメトリ、三点測距信号の受信、通報局 (船舶、パイなど) の報告データの受信

衛星に対して低分解能、高分解能 FAX の送信、通報局に対する呼出信号の発信、各種コマンド信号の発信

5.7.4 通報局 (DCP)

船舶、パイ、離島など衛星に対し気象、水象観測資料を自動送信する装置

5.7.5 利用局 (DUS)

衛星から送信される高分解能、低分解能 FAX を受信する装置

5.7.6 測距局 (TARS)

衛星との距離を電波的に測定するためのトランスポンダを備えた装置

5.7.7 追跡管制局 (TACS)

衛星の追跡管制に必要なテレメトリデータを受信し、また、コマンド信号を発信する。

宇宙開発事業団に所属する。

5.7.8 追跡管制センター (TACC)

衛星の追跡、管制に必要なテレメトリデータを処理し、軌道、姿勢の決定、予測を行なう。

また、軌道修正、姿勢修正のコマンドを作成する。

機能ブロック図は図 5.5 のとおりである。

6 GMSシステム

GMS の構成および機能については、図 5.5 に示したが、GMS のミッションとしては表 6.1 に示すごとく、VISSR、気象データの呼出し、報告、低分解能ファックス、高分解能ファックス、宇宙環境モニターがある。

表 6.2 は衛星の打上げ並びにステーションキーピング用としてテレメータ、コマンド、レンジングがあり、その信号伝達ルートを示す。

図 6.1 は、GMS の外観図を示し、使用周波数の案を一覧表にて図 6.2 に示す。

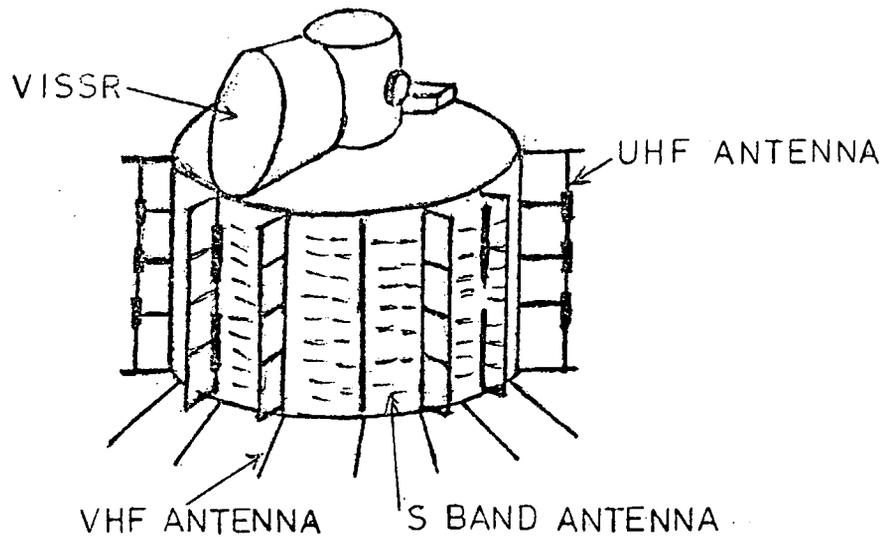


図 6.1 GMS の外観図

6.1 主要なミッション

静止気象衛星として $140^\circ E$ の赤道上約 3,6000 Km の静止軌道から赤外および可視による観測を主任務とし、あわせて観測データ収集および配布の技能をもつ。

観測は窓領域 ($1.05 \mu \sim 1.25 \mu$) 赤外放射計による地面、雲頂温度測定および夜間の雲分布の観測、可視 ($0.5 \mu \sim 0.75 \mu$) カメラによる昼間の雲分布精密観測である。

表 6.1 GMS のミッション

項 目		使用周波数帯	信号の伝送ルート
赤外・可視放射計による観測		2000 MHz 帯	GMS-CDAS-RELAY-DPC
気 象 デ ー タ	呼 出	400 MHz 帯	DPC-RELAY-CDAS-GMS-DCP
	報 告		DCP-GMS-CDAS-RELAY-DPC
気象データ配布	低分解能ファックス	2000 MHz 帯	DPC-RELAY-CDAS-GMS-SDUS
	高分解能ファックス	2000 MHz 帯	DPC-RELAY-CDAS-GMS-MDUS
宇 宙 環 境 モ ニ タ ー		2000 MHz 帯	GMS-CDAS-RELAY-DPC

表 6.2 衛星のステーションキーピング関係機能

項目	使用周波数帯	信号の伝送ルート
テレメータ	136MHz 帯	GMS-CDAS-RELAY-DPC
		GMS-TACS-RELAY-TACC
	2000MHz 帯	GMS-CDAS-RELAY-DPC
		GMS-TACS-RELAY-TACC
コマンド	148MHz 帯	DPC-RELAY-CDAS-GMS
		TACC-RELAY-TACS-GMS
	2000MHz 帯	DPC-RELAY-CDAS-GMS
		TACC-RELAY-TACS-GMS
レンジング	148MHz/136MHz 帯	本機能は海外のNASA局用に使用される。
	2000MHz 帯	DPC-RELAY-CDAS-GMS-TARS- GMS-CDAS-RELAY-DPC及び DPC-RELAY-CDAS-GMS- CDAS-RELAY-DPC

地球局→衛星局（アップリング）

帯域	用途	地球局	中心周波数	変調形式	帯域幅
VHF	コマンド（レンジング）	TACS	148MHz	AM（PM）	60KHz
UHF	データ収集報告※1	DCP	402.0~402.4MHz	PSK（±70°）	3KHz/チャンネル
Sバンド	三点測距	CDAS/TACS	2025.0~2033.2MHz	PCM-PSK-PM	8.2MHz
	高分解能FAX	CDAS	2029.1MHz	FM	1MHz
	低分解能FAX	CDAS	2033.0MHz	AM-FM	26KHz以下
	コマンド	CDAS/TACS	2034.2MHz	FM	60KHz
	データ収集呼出	CDAS	2034.918~2034.985MHz	PSK（±70°）	6KHz/チャンネル

※1 402.0~402.1MHzは共通チャンネル チャンネル帯域幅は3KHz
 402.1~402.4MHzは個別チャンネル

衛星局→地球局（ダウンリング）

帯域	用途	地球局	中心周波数	変調形式	所要帯域帯
VHF	テレメータ（レンジング）	TACS	136MHz	PM	70KHz
UHF	データ収集呼出※2	DCP	468.868~468.935MHz	PSK（±70°）	6KHz/チャンネル
Sバンド	画像	CDAS	1681.6MHz	PCM4相PSK	20MHz以下
	三点測距	CDAS	1683.0~1691.2MHz	PCM-PSK-PM	8.2MHz
	高分解能FAX	MDUS	1687.1MHz	PCM-PSK	1MHz
	低分解能FAX	SDUS	1691.0MHz	AM-FM	26KHz
	テレメータ	CDAS/TACS	1694.0MHz	PCM-PM	200KHz
	データ収集報告	CDAS	1694.3~1694.7MHz	PSK（±70°）	3KHz/チャンネル

※2 468.750~468.800MHzは予備 チャンネル帯域幅は6KHz
 468.868~468.887MHzは共通チャンネル
 468.913~468.935MHzは個別チャンネル

図 6.2 使用周波数一覧表

その分解能は衛星直下で約5 Km (赤外) および1.25 Km (可視) であり、衛星のSPINを利用して東西方向の走査を行なう。

南北方向はSPINに同期してステップ状に動く鏡で走査し、可視で約10,000本、赤外で約2,500本の走査線数となる。

SPIN速度を100 r. P. mとすると、無線周波帯域幅として20 MHzが必要となる。

6.2 主な性能

6.2.1 ミッション

- (1) 宇宙より雲の分布、地面、海面、雲頂等の温度分布を観測する。(VISSR)
- (2) 船舶、パイなどを対象として気象資料の収集を行なう。(UHF送受信機)

6.2.2 諸元

- (1) 外観 図6.1
- (2) 総重量 310 kg以下(初期)
- (3) 制御方式 スピン安定
スピン速度 100 r. P. m
- (4) 軌道 0° N, 140° E, 高度35,900 Km, 静止軌道傾斜角 0°
- (5) 寿命 5年

6.2.3 とう載ミッション機器

- (1) VISSR (VISIBLE INFRARED SPIN SCAN RADIO METER)
- (2) SEM (SPACE ENVIRONMENT MONITOR)
1~500 MeVまでの太陽プロトンの測定を行なうものである。
- (3) S-BAND送受信機
出力20 W
- (4) UHF送受信機
出力6 W

6.2.4 消費電力

約160 W

6.2.5 テレメータ, コマンド系

テレメータ 136 MHzおよび1694 MHz

コマンド 148 MHzおよび2034.2 MHz

以上はシステム設計前の試案であり、今後基本設計、詳細設計等により十分な検討がなされなければならない。

また、それによつて、若干の変更を認めなければならないであろう。

7 通報局 (DCP) に関する技術基準 (静止気象衛星調整会議の勧告)

7.1 通報局技術特性標準化の必要性

静止気象衛星における通報局は、地球の約70%を占める海洋、砂漠および山間隔地から1通でもより多くの気象観測資料を収集して大気擾乱の解明に役立たせることを目的としている。

通報局の種類は離島および雨ロボットのごとき所属する衛星とのみ通信を行なう固定局の性格を持つものと、船舶・浮遊ブイおよびキャリアバルーンのように通報局自身が位置を常に変えて通信を行なう移動局の性格を持つものとに大別される。

これら通報局から衛星を利用して資料を収集するには、前者を対象とした固有チャンネル (DOMESTIC CHANNEL) および後者を対象とした共通チャンネル (INTERNATIONAL CHANNEL) により行われる。

固有チャンネルは、自己の衛星の通信圏にある通報局からより多くの観測資料を収集して圏内の気象解析に寄与させることが主たる目的である。

固有チャンネルにおける通信系は、1個の衛星を宰領局とした特定多数の通報局から構成される。

一方、共通チャンネルは、宰領する衛星は5個であり、しかも船舶などの通報局は通信圏を次から次へと移動していくため、もしそれぞれの衛星が収集方式を異にし共通性がない場合は、一たん所属衛星の通信圏を離れると資料収集は不可能となり、全球的なパターンから資料を収集しようとする第1次全球実験の主旨にそわないことになる。

このような見地から各衛星打上げ国は、国際的に移動する船舶通報局を対象とした共通チャンネルについて、船舶が何れの通信圏にあつても収集し得る技術特性の標準化の必要性を認め、5.6項に述べた国際調整会議が開かれた。

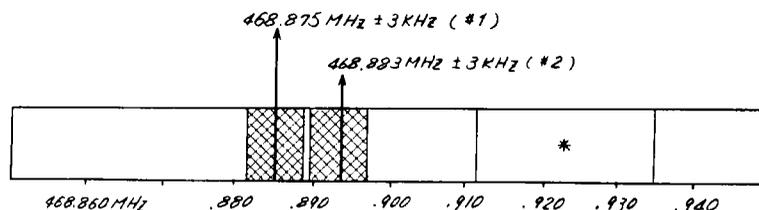
1973年10月に開催された第3回静止気象衛星調整会議 (CGMS-III) までに勧告された通報局に関する技術基準の概要は下記の通りである。

7.2 静止気象衛星調整会議の勧告

7.2.1 国際 (共通) 呼出周波数の割当

呼出しチャンネルは図7.1に示すごとく $468.875 \text{ MHz} \pm 3 \text{ KHz}$ とする。

また、第2チャンネルが必要となる場合は、 $468.883 \text{ MHz} \pm 3 \text{ KHz}$ を使用することに同意した。



注  : 国際 (共通) チャンネル)

* : 日本の固有チャンネル (予定)

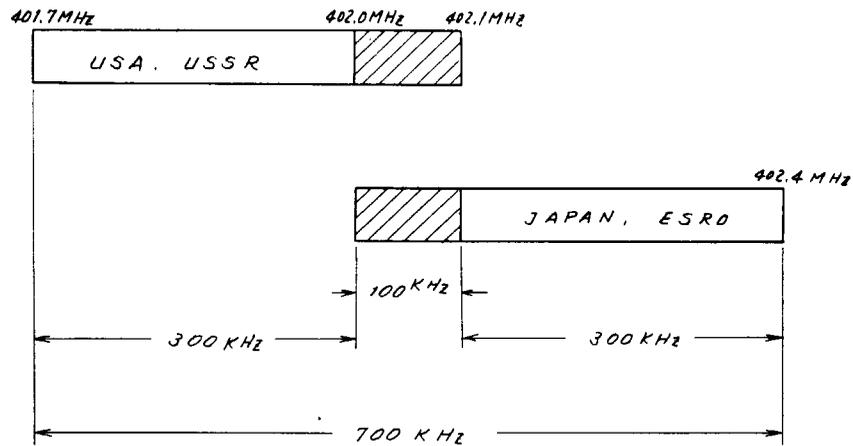
468.913~468.935のうち6 KHz

図 7.1 共通チャンネル

7.2.2 国際（共通）報告周波数の割当

報告周波数は周波数中100 KHz を共通チャンネルとして使用する。

また、このチャンネルを中心に低い部分300 KHz をUSAおよびUSSRが固有チャンネル用に、高い部分300 KHz を日本およびESROが、それぞれ固有チャンネル用に使用することが予定されている。（図7.2）



注  : 共通チャンネル
 ESRO : ヨーロッパ科学研究機構

図 7.2 報告チャンネル

また、共通チャンネルにおけるチャンネル割当ては表7.1に示す通りである。

表 7.1 報告チャンネル

チャンネル	周波数 (MHz)	記 事
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	403.098582	FOR SELF TIMED DCP CHANNEL

D C P の無線機的设计に自由度を与えるため、チャンネル周波数の割当は、水晶制御方式あるいはシムサイザ方式の何れ的方式でも適用できるよう考慮すべきである。

7.2.3 信号捕捉スイープ (ACQUISITION SWEEP)

D C P の受信機が信号を見失った場合、呼出受信に際して信号の再捕捉を容易ならしめるため、また、機器设计の自由度増大のため、D C P 受信機は各呼出期間の頭初に信号捕捉スイープを行なうことが必要と考えられる。

このため、D C P を呼出す際は事前に一定の最小間隔を必要とすることとなる。

受信機のスイープパラメータを下記と仮定すると、

スイープ幅	± 5 0 0 H z
スイープ速度 (最大)	2 8 H z / s e c
スイープ波形	正弦波

最初の信号時間は2分を要する。この2分はD C P の呼出し時間に相当なロスを与えることになり、このロスをできる限り減少させる必要があり、各国は1974年1月1日を目標に再検討することになっており、我国でも目下検討中である。

7.2.4 呼出しチャンネルのフォーマット

呼出信号のフォーマットは、4ビットのタイムコード、15ビットのワード同期、31ビットのアドレスコードを1フレームとして構成される。(図7.3)

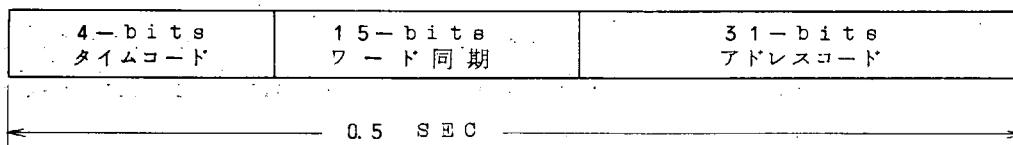


図 7.3 呼出しチャンネルフォーマット

タイムコードはIRIG-Hコードを使用し、100 bit/s の速度で1フレーム1分とする。

毎分の0秒に識別のためユニークコード語を使用し、続く4-bit 語は1/2 秒毎に日、時間、分を示して送出される。

15 bit のワード同期はM L S (MAXIMAL LINEAR SEQUENCE) コードで次により構成される。

1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1

アドレスコードは表7.2に示す21×31のマトリックスをコード発生機とした。

21/31 BCH (BOSE-CHAUDHURI-HOCQUERGHEN) コードを使用する。

アドレスコードフォーマットは表7.3に示す。

7.2.5 報告チャンネルのフォーマット

DCPから送出するデータ報告のフォーマットは信号捕捉のための、0度位相のキャリア5秒、1.0のビット同期2.5秒、15ビットMLSコードによるワード同期、31ビットのアドレスワード、センサデータ、END OF TRANSMISSION (EOT)で構成され、全長1分以内である。(図7.4)

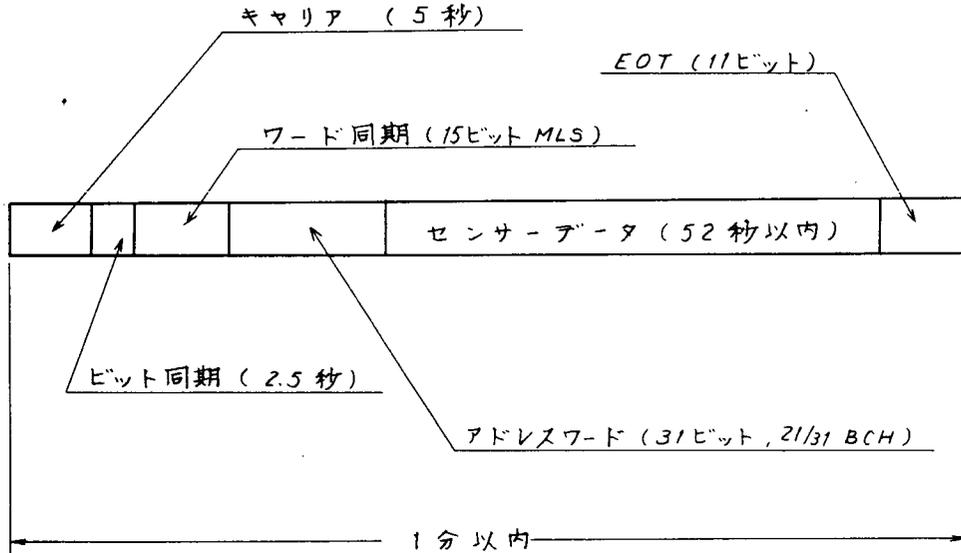


図 7.4 DCP 報告 フォーマット

センサデータはCCITT国際電信符号NQ 5を使用し最大52秒である。

1語はスタート1ビット、情報7ビット、ストップ2ビットで構成される。

EOTは11ビットの00010000111を使用する。

また、アドレスフォーマットは呼出コードと同じものが使用される予定である。

7.2.6 電力束密度 (PFD)

(1) UP LINK PFD (CGMS - II)

CGMS-IIにおいては、衛星におけるPFDが勧告された。

主なものについては次のとおりである。

衛星におけるPFDは下記の範囲に入るようにすること。

$$PFD = -115 \pm 5 \text{ dBm/m}^2/\text{CH}$$

上記の制限の内、上限 ($-110 \text{ dBm/m}^2/\text{CH}$) は越えてはならない制限値であり、下限

($-120 \text{ dBm/m}^2/\text{CH}$) は、この値を越えるとビット誤り率が急激に劣化する値である。また、この制限値は右旋円偏波を放射する通報局に対して適用され、異なる偏波の通報局に対しては、上記制限に合より通報局側で適当な措置を講ずることが要求されている。

さらに、PFDの計算方法は次式で統一して行なうことが勧告された。

$$PFD = EIRP - L \quad (\text{dBm/m}^2/\text{CH})$$

EIRP [dBm] : 衛星の等価等方放射電力

$$L : 10 \log_{10} (4\pi D^2) = 162.1 \text{ dB} \cdot \text{m}^2 \text{ (衛星直下点の値)}$$

$$= 163.4 \text{ dB} \cdot \text{m}^2 \text{ (地球端の値)}$$

ただし、Dは衛星と通報局間の距離

(2) DOWN LINK PFD (CGMS-III)

全衛星にインタフェイスする国際的DCPは下記パラメータにおいて運用可能でなければならない。

$$\text{PFD (最大)} \leq -97 \text{ dBm/m}^2$$

$$\text{PFD (最小)} \geq -124 \text{ dBm/m}^2$$

また、 -120 dBm/m^2 のPFDにおいて下記の振巾および位相特性に適合しなければならない。

振幅リップル : 5 dB P-P

位相リップル : 80° P-P

位相ジャンプ : 60° 最大

ただし、位相ジャンプ周期はスピン周期の1/8, また、位相リップルは位相ジャンプを含む値である。

7.2.7 その他の特性

(1) 伝送速度

呼出しおよび報告とも伝送速度は100BPSとする。

(2) 変調方式 PSK, 位相変移 70°

(3) 周波数および位相安定度

長時間周波数安定度は、 $\pm 1 \times 10^{-6}$ 年を目標とし、また、短時間位相ジッタはフェーズロックループの10Hz雑音帯域巾において3°(rms)以下とする。

8 船舶におけるシステムの検討

船舶におけるシステムは海上の気象、水象の観測データを衛星中継機、地球局を經由してDPC(指令、データ収集センター)に伝達するDCP(データ収集局)の一部を構成するものである。

すべてのDCPは常にDPCの制御下であり、DPCからの指令(INTER-ROGATION)に応じ対応したDCPが入力されている気象、水象データを読み出して定められたフォーマットに従って衛星向けに自動送信する。これらの一連の動作はDPCの制御により自動的に行われる。

船舶局の場合は気象、水象観測は、本船の観測者により定時に行なわれ、データはデータ入力端末に手動で入力される。

したがって、本装置はセンサの部分は含まず、データ入力端末からアンテナに至るまでの気象、水象データ報告システムの機器を検討する。

なお、DPCより放送される解析気象図等の受信は、周波数割当て上の理由で削除された(GMSは1.7GHzで放送)ので本装置には含まないことにした。

本装置はGARFに基づく国際的なシステムに含まれるものであり、基本的仕様は、気象衛星システム国際調整会議、CGMSのシステム、エンジニアリング作業部会の勧告に従って定められる。

8.1 環境条件

本装置は船舶に装備し長期間洋上に於て安定に動作することが要求される。

装備される対象船舶は数百トンの漁船から数十万トンの外航商船にいたる大小各種類の船舶である。

下記の環境条件を基準とする。この基準はNK-MO規則等をベースに作成したものである。(表8.1)

表 8.1

		室内機器	室外機器
電源	電 圧	AC 100V/220V ±10%	同 左
	周 波 数	60Hz ±5Hz	同 左
動作温度範囲		5℃～35℃	-10℃～60℃
最大湿度		35℃ 95%	同 左
振 動		1～10Hz 片振巾1.5mm 10～60Hz 片振巾150/f ²	同 左
ローリング	角 度	±2.5°	同 左
	周 期	10～30秒	同 左
ピッチング	角 度	±7.5°	同 左
	周 期	4～10秒	同 左
風 速		—	相対風速 60m/s

8.2 装置の構成

本装置は、下記により構成される。(図8.1)

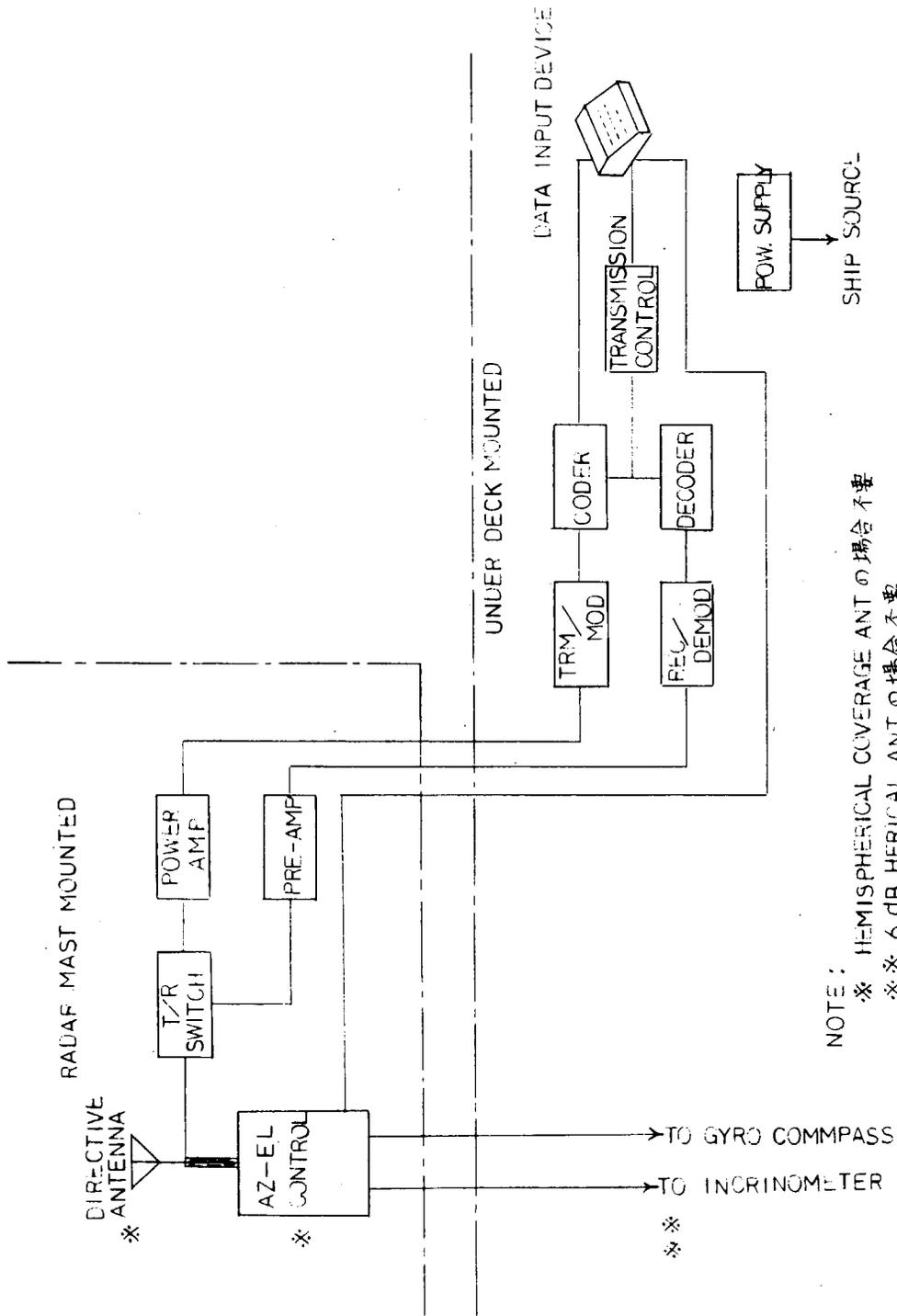
(1) 室外機器 (レーダマストトップに装備することを基本的条件とする。)

- (1) 指向性空中線
- (2) 方向-仰角制御部 (AZ-EL CONTROL)
- (3) 送受切換スイッチ (T/R SWITCH)
- (4) 電力増巾部 (POWER AMP)
- (5) 前置増巾部 (PRE-AMP)

注. 半球状指向性空中線の場合は2項は不要となる。

(2) 室内機器 (無線通信室に装備)

- (1) 送信機および変調部 (TRM/MOD)
- (2) 受信機および復調部 (REC/DEMOM)
- (3) 符号化部 (CODER)
- (4) 復号化部 (DECODER)
- (5) 伝送制御部 (TRANSMISSION CONTROL)



NOTE :
 * HEMISPHERICAL COVERAGE ANT の場合不要
 * 6 dB HORIZONTAL ANT の場合不要

図 8.1 装置構成図

(6) データ入力端末機 (DATA INPUT DEVICE)

(7) 電源部 (POWER SUPPLY)

8.3 周波数割当

衛星とDCP間の周波数割当はUP LINK, DOWN LINK 共400 MHz 帯のUHFが使用される。

8.3.1 DOWN LINK (INTERROGATION CH.)

INTERNATIONAL : 1) 468.875 MHz \pm 3 KHz

2) 468.883 MHz \pm 3 KHz

DOMESTIC : 1) 対船舶 468.868~468.887 MHz内の1 CH.

2) 対離島・ブイ 468.913~468.935 MHz内の1 CH.

8.3.2 UP LINK (REPORT CH.)

INTERNATIONAL : 402.0~402.1 MHz 33CH.

DOMESTIC : 402.1~402.4 MHz 100CH.

8.4 情報伝送方式

8.4.1 伝送速度 100 bit/s

8.4.2 変調方式 \pm 70°PSK

8.4.3 呼出コード形式 (INTERROGATION CODE FORMAT)

呼出コード形式は4ビットの時間信号、15ビットの同期信号、および31ビットのアドレスコードよりなる。

(1) 時間信号 (TIME CODE)

1フレーム1分間のIRIG-Hコード

毎分0秒に識別のため固有信号を送出し以後、1/2秒毎に、日、時、分を示す4ビットの2進符号を送出

(2) ワード同期 (SYNC WORD)

MLS (MAXIMUM LINEAR SEQUENCE) による15ビットの同期信号:

100010011010111

(3) アドレスコード形式 (CGMS/III/SE/REC-1/ANNEX-III)

21/31 BCHコードを使用し、フォーマットは、表7.3の通りである。

8.4.4 DCP応答形式 (DCP RESPONSE FORMAT)

(CGMS-III/SO/MIN-1)

(1) 全信号長 1分以下

(2) 無変調キャリア 5秒

(3) 1, 0ビット同期信号 2.5秒

(4) ワード同期 15 bits MLS

(5) アドレス 31 bits (21/31 BCH)

(6) センサデータ 52秒以下 ※

(7) EOT 11 bits

※ センサデータはCCITT NO-5 コード(スタート 1ビット, 情報7ビット, ストップ2ビット), 船舶の通報データは国際気象通報式のFM21E(海上実況気象通報式, 完全型式)を基準とする。

8.5 無線回線パラメータの検討

衛星設備のDCP向け中継装置の電力G/T等の詳細パラメータは、現在検討中である。現在の所CGMS-III/SO/MIN-1, ANNEXIIIにDCPに於ける電力束密度(PFD)が次のように示されている。

$$PFD(MAX) \leq -97 \text{ dBm/m}^2$$

$$PFD(MIN) \geq -124 \text{ dBm/m}^2$$

この値は約3dBのマルチパス損失を含んでいる。

また、参考として米国のDCPの基本設計はPFD -127 dBm/m^2 において 10^{-6} のビット誤りであるとされている。

今、PFD $=-124 \text{ dBm/m}^2 = -154 \text{ dBm/m}^2$ を基準としてG/TとC/NOおよび船舶側送信電力を検討する。

8.5.1 0dB空中線の場合(半球状指向性空中線)

周波数を $f = 400 \text{ MHz}$, $\lambda = 0.75 \text{ m}$ とすると

等方性空中線の等価開口面積 A_e は

$$A_e = \lambda^2 / 4\pi = 0.045 \text{ m}^2 (-13.5 \text{ dB (m}^2))$$

したがって、受信有能電力Cは、

$$C = (PFD) \times A_e = -167.5 \text{ dBW}$$

空中線絶対利得0dB

等価雑音温度 $T = T_a + T_e = 650 \text{ }^\circ\text{K} = 28 \text{ dB}^\circ\text{K/Hz}$ } とすると

$$G/T = -28 \text{ dB}$$

したがって受信C/NOは

$$C/NO = C - k + G/T$$

$$k = -228.6 \text{ dBW/OK/Hz}$$

$$C/NO \doteq 33 \text{ dB} \cdot \text{Hz} \quad C/N (100 \text{ Hz} \doteq 13 \text{ dB})$$

この値は十分ではないが、 100 bits/s の低速度データに対しては一応 10^{-5} のビット誤り率(BER)を確保可能である。

衛星-DCP間の伝播損失 L_f は $\lambda = 0.75 \text{ m}$, $d = 4 \times 10^4 \text{ Km}$ とすると、

$$L_f = (4\pi d / \lambda)^2 \doteq 177 \text{ dB}$$

衛星のUHF受信機のパラメータが不明であるが、必要電力束密度 P_n

-120 dBm/m^2 とすると、船舶送信出力P(EIRP)は

$$P_n = P / 4\pi d^2 \text{ により } (4\pi d = 163 \text{ dB (m}^2))$$

$$P \text{ (EIRP)} = 43 \text{ dBm} = 13 \text{ dBW} = 20 \text{ W とする。}$$

フィーダ損失 1 dB と仮定すると送信機出力 25 W とする。

8.5.2 中利得指向性空中線の場合

400 MHz 帯の海面反射を含むマルチパス損失に関してはデータが不足している。もし、前項 8.5.1 の計算より数 dB のマージンを要するものとする、中利得の指向性空中線を必要とする。

今、 $G = 6 \text{ dB}$ とすると、

$$\text{等価開口面積 } A_e = 0.18 \text{ m}^2 (= -7.5 \text{ dB (m}^2))$$

したがって、 $\text{PPD} = -12.4 \text{ dBm/m}^2$ に対し

$$C = -161.5 \text{ dBW}$$

また、 $G/T = -22 \text{ dB}$

したがって

$$C/NO \div 45 \text{ dB} \cdot \text{Hz が得られる。 } C/N (100 \text{ Hz} \div 25 \text{ dB})$$

必要 EIRP 13 dBW に対しては約 5 dB の利得、(フィーダ損失 1 dB を含む) が見込まれ、送信機出力は約 7 W とする。

8.6 主要機器の概要

8.6.1 送信機

8.5 項での検討の結果、アンテナ利得に応じ、送信機出力 7 W 及至 25 W 程度を必要とする。この値は 400 MHz 帯においてトランジスタ増巾器により比較的容易に得られる値である。しかし、フィーダ損失を最小に維持するため電力増巾部は空中線に近接した位置、すなわち、室外のレーダマスト部に設置する必要がある。したがって、環境条件は厳しくなり、放熱、電力供給の点を考慮するとできる限り小電力が望ましく、中利得空中線の採用が望ましい。

電力増巾部と室内に設置する送信機前段部との受渡し、レベルは約 10 dBm 程度とすると、電力増巾部の電力利得は 30 ~ 35 dB とする。

8.6.2 受信機

$$\text{総合雑音温度 } 650^\circ \text{K } (28 \text{ dB}^\circ \text{K})$$

$$\text{空中線雑音温度 } 150^\circ \text{K } (21.4 \text{ dB}^\circ \text{K}) \quad (\text{フィーダを含む}) \quad \left. \vphantom{\text{空中線雑音温度}} \right\} \text{ とする}$$

$$\text{受信機雑音温度 } T_e = 500^\circ \text{K } (27 \text{ dB}^\circ \text{K}) \text{ とする。}$$

この値は雑音指数 $NF = 4.3 \text{ dB}$ と等価であり、半導体増巾器で比較的容易に得られる。

受信機は比較的小型に設計可能であり、大部分をアンテナに隣接したレーダマスト部に設置することも可能であるが、保守性を考慮し、レーダマスト部には低雑音の前増巾器を設置し受信機本体は室内装備とすることが望ましい。

8.6.3 符号化、復号化、および伝送制御部

ビット同期、ワード同期、呼出信号の検出、送信データの符号化、記憶および、すべての伝送制御を支持論理回路である IC ロジックを主体とし、保守の容易なプラグインシートで構成される。

8.6.4 データ入力部

観測された気象、水象データを手動で入力する操作端末機器である。

データはアルファベットおよび数字の組合せで構成される。

入力はキーボードで行なり。入力されたデータはCRTディスプレイあるいは印字により表示されることが必要である。

情報（データ）の蓄積はICメモリーまたは紙テープで行ない呼出しに応じ自動的に送出される。送出後の表示も可能である。

海上実況気象通報式FM21Eは100語以下で構成されており、かつ個々の語も含まれる。したがって、表示、記憶のハードは経済性を考慮し、最も適した方式を検討する必要がある。

8.7 空中線装置

8.5項無線回線パラメータの検討の結果、空中線として0dB利得の半球状指向性空中線または中利得の指向性空中線の2つの案が考えられる。何れも偏波は回転偏波であり、環境条件に堪える構造でかつ船上の高所に設置可能な寸法、重量でなければならない。

8.7.1 半球状指向性空中線

衛星の最低仰角 10° としても船舶のローリング角度を考慮すると、水平面内 360° 、垂直面内 210° の半球状の範囲を絶対利得0dB以上で、カバーすることを要する。

この特性の実現は特殊形状の円錐形反射体を有する空中線で可能であるが、なお検討を要する。

8.7.2 中利得指向性空中線

ビーム巾端利得6dB（軸方向利得9dB）の円偏波空中線は400MHz帯において1軸のヘリカルアンテナで実現できる。

概略の大きさは

$$\text{軸長 (n} \cdot 8\lambda) \doteq 800 \text{ mm}$$

$$\text{直径 (D)} \doteq 240 \text{ mm}$$

$$\text{巻数 (n)} = 5$$

$$\text{ピッチ角度} = 12.5^\circ$$

$$\text{反射板直径} \doteq 700 \text{ mm}$$

である。

この場合のビーム角度（3dB）は $45 \sim 50^\circ$ である。したがって、ローリングに対する追尾はほとんど不要であり1日に1度程度、本船位置に応じた仰角、方向の情報を入力してプリセットを行ない、本船の進行方向に応じジャイロコンパスの出力信号により真方位と船首方向の角度差を検出し、 360° の水平方位のみの補正をサーボ機構により行なり。

8.8 空中線の装備位置の検討

船舶のローリング、ピッチングによるトラッキングなしのアンテナをどのようなものにするか、という基本的問題について検討した結果を8.7項で述べたが、空中線の装備位置は、衛星の見える仰角が 10°

という条件を考え極力図 8.2 によるごとくレーダマストのトップに装備することがのぞましい。

ただし、近年 I M C O の勧告で方位測定機の空中線装備に関する問題もあるので、この辺を十分検討し、たがいに性能を十分発揮できる装備法を計画、立案する必要がある。空中線は無指向性と指向性のものが考えられるが、でき得れば指向性のヘリカル型空中線で、その基部に回転、俯仰機構、送受信部機能をもたせ、性能の低下、機能の低下を防止するため、レドーム内に収めることが望ましい。

9 試作機製作に対する考え方

試作機製作については昭和 50 年度、昭和 51 年度の 2 年度にかけて製作を実施の予定である。(表 1.1 参照)

そして試作機製作は日本船用機器開発協会の補助事業として行なうのが適切であると考ええる。

試作機製作の台数については初期の計画では数台ということで考えていた。

この種の実船装備による試験評価を考えた場合、1 隻ではその評価が非常にむづかしく最少限 2 隻ないし 3 隻で同時に実船試験評価を行なう必要があることが、この部会の幹事会で確認されているが、米国 C O M S A T で計画中の衛星利用の船舶側の送受信システムは 1 セット 25,000 ドルから 50,000 ドルと云われており、本システムも相当の費用が必要と思われる。

また、実船試験の評価については、極力タンカー以外の船舶を考え航路もできる限り衛星に対して角度を大きく変化させるような航路を選ぶ必要がある。

10 今後の問題点

船舶にとり載する気象情報自動送受信システムには当初、F A X 受信システムが、計画に入っていた。しかし、F A X 用の周波数が 400 MHz 帯より 1.7 GHz 帯に静止気象衛星調整会議の決定に基づき変更されたため、本システムより F A X 受信システムは削除される結果となった。

したがって、このシステムを船舶に装備することは、気象業務法に基づく観測の成果の報告義務のみに限られるシステムとなることから船主側としては装備について相当の国家助成が必要であると考えている。

いづれにしても大洋航海中の約 300 隻(装備船舶は約 1000 隻程度と考えられる。)に相当する船舶よりの情報の提供を気象庁としては、必要としているので静止気象衛星 G M S の打上げられる昭和 51 年度末の時点で装置の普及が問題となることはあきらかである。

その意味において今後できる限り、速かに上記の問題を解決すべき努力が要求される。

11 今後の研究方針

S R 106 機装システム分科会通信小委員会 W・G-2 に引続き、S R 145 研究部会が発足し、昭和 48 年度より 5 年計画をもつて「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」が開始され今年度は、宇宙開発事業団のシステムが最終的に決定したので、そのシステムに基づきシステムの検

討と資料収集を行なつた。

昭和49年度より試作機仕様書作成、国際方式の調査を行ない、昭和50年度、昭和51年度の2カ年にわたり試作機製作に入る。そして昭和51年度末の衛星打上げにより昭和52年度に実船装備、実船試験評価に入る予定である。

なお、気象庁では、昭和48年度より静止気象衛星業務費として予算的にも認められており、昭和51年末打上げ予定の気象衛星GMS関係の技術的研究が宇宙開発事業団と気象庁との間で進められている。