

第 150 研究部会

衛星を利用した船舶の運航システム 及び船上設備に関する研究

報 告 書

昭和 52 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

本調査研究は、海事衛星システムの利用分野の開発研究で、具体的にはユーザ機器、すなわち船上設備の開発に当っての各種問題点の究明に重点を置き環境条件、装置条件、操作方法などについても検討を加え、一部について実験を行った。

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和51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150研究部会においてとりまとめたものである。

第150研究部会委員名簿（敬称略，順不同）

部会長	木村 小一（電子航法研究所）	
幹事	井東 洋一（日本郵船）	遠藤 敏雄（大阪商船三井船舶）
	岡田 高（沖電気工業）	川田 皓造（石川島播磨重工業）
	鈴木 務（電気通信大学）	相馬 昭二（日本電気）
	谷 貞和（三菱電機）	辻村 克己（日本無線）
	中川 秀夫（協立電波）	野々瀬 茂（三井造船）
	秦 武彦（安立電気）	原 昌三（三菱重工業）
	松下 巖（富士通）	馬淵 郁次郎（ジャパンライン）
	茂在 寅男（東京商船大学）	横井 大六（日本船舶通信）
	吉田 信一郎（東京芝浦電気）	吉田 純一（沖電気工業）
委員	新井 健（東京計器）	五十嵐 昭一（住友重機械工業）
	諫山 武彦（日立造船）	内野 慎太郎（日本造船工業会）
	大友 怒（日本船主協会）	大須賀 実（川崎重工業）
	佐野 照雄（出光タンカー）	柴田 利光（日本鋼管）
	菅原 四郎（古野電気）	寺本 俊二（北振電機製作所）
	中島 清治（山武ハネウエル）	根岸 宏（安立電波工業）
	原 敬太郎（佐世保重工業）	星 昌憲（昭和海運）
	町田 運八（光電製作所）	吉田 隆彦（太平洋海運）
討議参加者	秋久 幸雄（日本船舶通信）	石崎 芳文（日本無線）
	岩竹 舜爾（日本船舶通信）	岡林 忠弘（古野電気）
	太田 智三（沖電気工業）	太田 堯久（三菱電機）
	太田 恵吉（日本無線）	大光明 宣孝（東京芝浦電気）
	小川 哲生（協立電波）	小野 誠（三菱電機）
	北村 直正（安立電気）	鬼頭 博明（日本鋼管）
	木村 和四郎（日本無線）	久保田 俊司（三菱重工業）
	佐藤 孝雄（三井造船）	鈴木 茂（大洋漁業）
	手塚 雅之（三菱電機）	原田 政美（日本無線）
	菱田 穀二（日立造船）	藤原 良啓（日本無線）
	堀江 重俊（東京商船大学）	三沢 誠（日本無線）
	宮島 孫三郎（日本無線）	村上 薫（沖電気工業）
	山下 学（日本船舶通信）	吉原 龍幸（電気通信大学）
	吉村 裕光（安立電気）	和美 邦正（大阪商船三井船舶）

目 次

1. 緒 言	1
2. 海事衛星を利用した船舶の運航システムの研究	3
2.1 衛星を利用した遭難通信システムの研究	3
2.1.1 はじめに	3
2.1.2 要求条件	3
2.1.3 発表された構想および実験成果	6
2.1.4 衛星を利用した遭難通信システムの設計	7
2.2 運航者に対する海事衛星システムの経済評価	10
2.2.1 はじめに	10
2.2.2 経済評価のための資料	10
2.2.3 運航者に対する海事衛星システムの経済評価	12
2.2.4 結 論	16
3. 通信内容の種別とその伝送容量の研究	18
=誤り訂正符号の研究=	
3.1 まえがき	18
3.2 誤り訂正符号	18
3.2.1 誤りの検出と訂正	18
3.2.2 誤り訂正符号の例	19
3.2.3 誤り訂正符号の種類と特徴	21
3.2.4 文 献	34
3.3 誤り訂正符号の評価	34
3.3.1 ガウス通信路におけるビット誤り率	34
3.3.2 ハードウェア量	35
3.3.3 検 討	35
3.3.4 文 献	35
3.4 海事衛星特有の問題の検討	39
3.4.1 海事衛星における通信路	39
3.4.2 ライスフェージング通信路における誤り訂正符号の効果	39
3.5 む す び	47
4. 宇宙通信の特質とその対策の調査研究	48
=海面反射の理論的考案と海上伝はん実験=	
4.1 概 要	48
4.2 海面反射の理論的考案	48
4.2.1 完全大地における電波の反射	49
4.2.2 地球の反射係数の測定法	51
4.2.3 地球の鏡面反射係数の実験的考案	53
4.2.4 地表からの散乱反射の実験に基づく考案	54

4.3 海面反射の理論的解析と海上実験	57
4.3.1 理論的解析	57
4.3.2 海面反射の実験	61
4.3.3 実験結果	70
4.4 ま と め	74
5. 電子的追尾方式空中線の研究	75
＝レトロディレクティブアレイ空中線の実験＝	
5.1 ま え が き	75
5.2 実験用レトロディレクティブアレイアンテナ開口部の特性	75
5.2.1 素子アクティブインピーダンス	75
5.2.2 放射パターン	75
5.2.3 軸 比	76
5.2.4 利 得	76
5.3 位相コンジュゲート回路の特性	85
5.3.1 回路の構成と外観	85
5.3.2 回路の特性	85
5.4 総合実験結果	89
5.4.1 測定方法	89
5.4.2 測定結果	89
5.5 む す び	102
6. 船上雑音測定用機器の試作と実測	103
6.1 はじめに	103
6.2 船上における雑音	103
6.2.1 船内雑音発生要因	103
6.2.2 外部雑音発生要因	103
6.3 海外の雑音測定器の1例	104
6.3.1 測定器の概略	104
6.3.2 雑音測定器の Noise floor	105
6.3.3 実験の測定器におけるシステム雑音温度	106
6.4 試作した雑音測定器	107
6.4.1 試作雑音測定器の概要	107
6.4.2 試作測定器の Noise floor	108
6.5 Lバンド雑音測定結果	109
6.5.1 Noise floor の測定	109
6.5.2 雑音測定結果	109
6.6 む す び	112
7. ユーザ機器の設計評価（暫定案）	129
7.1 船舶地球局装置の仕様	129
7.1.1 船舶地球局装置の一般仕様	129

7.1.2	受信信号特性	130
7.1.3	送信信号特性	131
7.1.4	アンテナ・サブシステム	132
7.1.5	受信サブシステム	132
7.1.6	送信サブシステム	132
7.1.7	アクセス及び制御	133
7.1.8	環境条件	134
7.2	船舶地球局装置の基本設計方針	134
7.2.1	船舶地球局装置の構成	134
7.2.2	アンテナ／R F装置	136
7.2.3	通信端局装置	140
7.3	船舶地球局装置の評価	150
7.3.1	形式承認	150
7.3.2	運用承認	152
8.	今後の研究の進め方	153
8.1	今後の研究方針	153
8.2	昭和52年度の研究の進め方	153
8.3	衛星を用いた無線測位方式の研究	154
8.4	宇宙通信の特質とその対策の調査研究	154
8.4.1	海面反射フェージングの研究	154
8.4.2	フェージング・シミュレータの設計	154
8.5	電子的追尾方式空中線の研究	154
8.6	船上の雑音測定と解析	155
8.7	ユーザ機器の設計評価	155
8.8	海外調査	155
9.	結 言	156
附 録		
	・国際海事衛星機構（インマルサット）に関する条約	157
	・国際海事衛星機構（インマルサット）に関する運用協定	182

1. 緒 言

船舶の運航の安全性の向上と効率化は、海運界の健全な発展には欠くことのできない重要なテーマである。そして、この運航の安全と効率化に対して、船舶と陸上の関連部署との通信連絡は、船舶上および陸上の各種のデータの交換とともに、海上と陸上の関係者が相互にその意志の伝達を行い意見の交換を可能にすることができる。更にまた、航法機能は、船位の測定を通じて危険海域の回避、衝突の防止、最適航路での運航および万一海上における遭難事故が発生した際の捜索救難活動にとって欠くことのできないものである。現在、大洋中の船舶と陸上との通信のほとんどは、短波（HF）または中波（MF）の無線電信および無線電話に依存しているが、それらは、その電波伝搬等の特性上、(1)雑音の混入に伴って通信の品質が悪く、(2)使用周波数帯に制限があるため周波数割当が窮屈であるので混信のおそれがあり、(3)電離層の状態に応じて地域別および時間別の最適周波数の選択の必要性がある一方で、通信不能の時間帯もあり通信の即時性が得られず、(4)技術的制約などから高速データ伝送などの新要求の達成が困難である、などの制約がある。また、航法（船位測定）の分野でも、現存する各種の電子航法システムは、(1)世界中の何処でも、(2)任意の時間に、(3)高精度で測位を行なうという要件を満足しておらず、また、陸上において洋上の船舶の動向を監視する機能をもったシステムは近距離海域をレーダーで監視するシステムを除き現存していない。従って、幅員海域での航行管制などを今後導入する際には何等かの新システムの導入が必要である。

このような情勢のもとで、宇宙技術の発達で衛星を中継した高品質な船舶通信と無線測位の可能性を示し、その可能性が多くの実験によって証明されてきた。本昭和51年度（1976年）は、アメリカのマリスット（MARISAT）システムの衛星が相ついで大西洋および太平洋上に打上げられ、すでに対船舶用の無線電話とテレックス通信の運用を開始している。（同じ衛星はインド洋上にも打上げられているが、いまのところ海事通信用には使用されていない。）更に、政府間海事協議機関（IMCO）は、昭和47年以来、国際海事衛星システムを設立するための研究を進めてきたが、昭和50年度に2回の国際会議をもって、そのための国際機構の設立の協議を進め、その結果昭和51年9月の第3回目の国際会議において、国際海事衛星機構（INMARSAT）設立のための政府間協定と運用協定が合意に達し、調印が行なわれ、各国の批准を待つばかりとなった。また、欧州各国の共用宇宙開発組織である欧州宇宙機関（ESA）の実験用海事衛星であるマロツ（MAROTS）システムの衛星打上げも、1年後に迫っている。

このような船舶の運航への衛星の利用技術の必要性和国際的な動向とを考えると、わが国においてもこれらに対応して所要の研究を進めるとともに、国際的な動きに積極的に参加して行くことが重要であると考えられている。そのための研究調査にはつぎのような項目が含まれる必要がある。

- (1) この分野における国際的動向や関連の技術について調査するとともに、必要に応じて研究開発を行うこと。
- (2) わが国におけるこの分野での衛星利用の必要性を調査するとともに、積極的に利用分野の開発を行うこと。
- (3) 造船国であるわが国の立場を考えると、この分野における船上装置の開発を進めること。

（社）日本造船研究協会は昭和49年度より、5か年計画で、上記3項目を中心に調査および研究開発を進めることとし、「衛星を利用した船舶の運航システムおよび船上装置の研究」を行うため、第150研究部会（SR-150）を発足させて研究を開始し、昭和51年度はその3年目に当たっている。

第1年度の昭和49年度は、翌50年の4月にIMCOの国際会議が予定されていることを考慮に入れ、また初年度でもあったので、

- (1) その当時までのIMCOでの作業状況を含めた関連技術の調査
- (2) わが国の関係者の意向のアンケート調査
- (3) 第2年度以降の研究方針に関する審議とその研究の前提となるシステムの概念設計と試作船上装置の仕

様についての検討

を行った。第2年度の昭和50年度は本格的な研究に着手した初年度に当り、つぎのような研究が行われた。

- (1) 海事衛星システムの調査
- (2) 現行の船舶通信および雷波航法の内容と将来の要求条件
- (3) 通信内容の種別とその伝送容量
- (4) 宇宙通信の特質とその対策
- (5) 装備条件にもとづくハードウェアの要求条件
- (6) 環境条件の詳細
- (7) 運用操作方法とその問題点
- (8) 空中線系（機械的追尾空中線および電子的追尾空中線）
- (9) 受信処理系
- (10) 船舶地球局装置の設計と評価（仕様項目）

これら2年にわたる研究の成果は、それぞれの年度別に2冊の報告書にまとめられている。

第3年度に当る昭和51年度は、前年度に完了した研究項目を除き、実質的にはその研究の延長であって、その概要を簡単にまとめると、総合的な調査としては、海事衛星利用の運航システムのうち、遭難通信システムと運航者が海事衛星を利用することに対する経済評価とに焦点を当てて検討を行い、通信内容と伝送容量の研究では誤り訂正符号の海事衛星システムの適用を研究した。宇宙通信の特質としては、海面反射波の干渉による、いわゆるマルチパス効果とその対策について前年度の調査を継続するとともに、各種の空中線に対する低仰角での海面反射波の影響の実験を一部実施した。空中線の研究では機械的追尾空中線については前年度で終了しているのに、電子的追尾空中線のうち、一次元追尾の1.バンドレトロディレクティブアレイの試作を完了し、所要の特性が確認された。受信処理系の研究としては前年度より船内雑音の実態をつかむことがまず重要であるとして研究されてきたが、本年度はその雑音測定器の取まとめが行われ、明年度の実船での計測の準備を完了した。利用者機器の全般的な設計評価については、初年度作成のものが、毎年見直され、より詳細になってきているが、今年もその方針で進められ、比較的詳しい基本設計が行われた。以上の各項目の詳しい報告が以下つぎの各項目に分けて行われている。なお、本年度はとくに一般的なシステム調査は行わず、また、海外調査も昭和51年9月に行われたINMARSAT設立のための国際会議はほとんど法律事項を主とした短時日のまとめの会議であることが明らかであったので、当部会からの関係者の派遣を見合わせた。この会議でまとめられた政府間協定と運用協定はその仮訳とともに本報告に付録として対訳の形で採録してある。

- (1) 海事衛星を利用した船舶の運航システムの研究
- (2) 通信内容の種別、伝送容量の研究
- (3) 宇宙通信の特質とその対策の調査研究
- (4) 電子的追尾方式空中線の研究
- (5) 船上雑音測定用機器の試作と実測
- (6) ユーザ機器の設計評価

2. 海事衛星を利用した船舶の運航システムの研究

2.1 衛星を利用した遭難通信システムの研究

2.1.1 はじめに

海上に於ける船舶の遭難発生時の遭難通報、捜索及び救助システム改善に対し、衛星通信システムの導入が画期的な効果をもたらすであろうことは、海事衛星システムに関する検討が開始された当初から、つとに関係者に認識され、期待されていたところである。

本研究部会に於ても、既に昭和49年度では「船舶運航システムの衛星利用分野とその予測」、昭和50年度では「現行の船舶通信、電波航法の内容と将来の要求条件」、「現行の通信方式と衛星通信方式の両立性」及び「運用操作方法とその問題点」等の各研究項目中に於て、都度検討を行なってきたのであるが、ここに改めて従来の研究成果をふまえ遭難通信システムの概念設計を行い、また、その実現上の問題点について検討を行うこととした。

2.1.2 要求条件

いうまでもなく海上無線通信は海上に於ける人命、航行の安全を図ることを第一義として設置、運用されているものであるが、長い歴史的な改善の積重ねにも拘らず現行システムがこの目的のために満足できるものではなく、幾多のいたましい海難事故例が報告されている。

それでは具体的にどのように遭難通信システムを改善したら良いのかと云う課題に対し、実に多くの検討結果が発表されているが、その主要なものを選んで紹介し、これらを通じて遭難通信システムに対する要求条件を明らかにすることとした。

(1) 海上遭難システムの発展についての勧告

IMCO第11回無線通信小委員会で取りまとめられ、その後決議A283(VII)となった上記勧告は、救難システムの改善方法について近い将来と遠い将来の2段階に分けて必要要件等を列記したものである。

このうち、特に遠い将来の改善は、海事衛星システムの導入を考慮した上での基本要件を極めて要領良く記載しており、本研究に最も参考となるものと考えられる。

その要旨は

(a) 遠い将来の救難システムの必要条件

- (i) 将来の救難システムは、在来方式の通信の存続とともに衛星中継による陸-船、船-陸の通信機能が必要である。
- (ii) 将来の救難システムは、遭難船の識別、位置、遭難の種類等の情報の自動伝送が可能であることを要する。
- (iii) 将来の救難システムは、遭難現場における通信およびSARのための陸-船、船-陸、船-船の通信チャネルの補足を要する。
- (iv) 呼出し、緊急、安全情報に使用する最適周波数を求める必要がある。
- (v) 船位通報システムは、衛星系あるいは地上系通信により船舶位置を自動的に中央電算機に入力する機能を要する。
- (vi) 海上・航空のそれぞれの救難組織の相互連絡など、海上と航空のSAR通信ネットワークの統合を要する。
- (vii) 通信および電子航法機器の操作・保守・修理能力向上のための通信士の教育の充実を要する。

(b) 遠い将来の救難システムの移行手段

- (i) 遠い将来の救難システムへの移行期間に要すれば現行SOLASの見直し改訂を要する。

(iii) 海事衛星は、特に船-陸間の警報、位置通報、遠距離のSAR通信等、遠い将来の救難システムの要求条件のある部分は満たすことができるが、さらに補足的に船-船間の警報および遭難現場の通信機能を要する。

救難システムに必要な衛星のその他の利用方法を研究し、海事衛星のシステム案に加えるべきである。

(iii) 技術の進歩に応じた最適な中距離用の1波の遭難波を決めるべきである。

(iv) 近い将来整備される救難システムから、遠い将来の救難システムへの改善のため、次の段階が必要である。

イ、地上系および／あるいは衛星系による補助的な陸-船、船-陸の通信整備

ロ、遭難現場における船-船、船-航空機の通信手段の整備

ハ、全通信の送受に使用できる汎用のセルコールの導入の促進

であり、海事衛星は救難システムの改善には非常に有効ではあるが、在来通信方式、特に船-船間等遭難現場の通信機能が必要な事を示しており、在来方式との協調を求めているのが特色といえよう。

IMCO 無線通信小委員会は、その後も引き続き本システム内容改訂作業を行っている。

(2) EPIRB の将来の要件

遭難時の通報及び捜索時の位置標識用として用いられるEPIRBは遭難通信システムの構成要素として不可欠のものと考えられるが、その要件についてIMOC無線通信委員会で作成中の勧告案は次のように規定している。(COM XVI/ WP II)

第I部総説

1. 定義 (省略)

2. 目的

2.1 EPIRBの基本的な目的は、捜索救助活動において生存者の位置の決定を容易にすることにある。

2.2 しかし、EPIRBは一定条件下では遭難に際して船舶、航空機の交通が頻繁な海域で、かつ

EPIRBの周波数が十分に聴守されている場合には警報を与える機能を有する。

2.3 遠い将来においては、2.1項の目的に加え、EPIRBは遭難に際して海岸局や他の船舶局、航空機局に近いかに否かに関らず、各局や捜索機関に警報を与えるための信頼できる手段とならなければならない。

3. システムの検討

3.1 EPIRBは、遭難及び安全無線通信システムと一体化した一部を形成しなくてはならない。

3.2 使用する周波数は、関係船舶の運航海域及び使用している捜索救助システムを考慮して生存者に最も確率の高い位置の確認と救助を提供できるものであること。

第II部 近い将来の要件

4. 本船用EPIRBの要件

5. 残存艇用EPIRBの要件

6. EPIRBの試験及び維持

第III部 遠い将来の要件

7. 備え付け、作動および物理的特性は近い将来のEPIRBと同一の要件を満たすべきである。

7.1 遠い将来のEPIRBシステムは、できる限り全海域にわたり信頼性のある警報、位置決定及び識別が確保されるものでなければならない。

7.2 将来のシステムは、第一義的には衛星技術を基礎とすべきであるが、この場合のシステムは地上の移動用周波数の使用によって補足されなければならない。

共用システムが海上および航空の捜索救助業務にとって相互の利益をもたらすと考えられるなら

ば、ICAOからこの警報および位置決定システムの共用ならびに周波数の共用についてその見解が求められるべきである。

7.3 システムは、〔95%〕確実な情報の転送を提供すべきである。

7.4 〔95%〕の確率は、情報の転送に必要な最小時間に対しておよび次の条件のもとで得られるべきである。

- (a) EPIRBの電源の制限
- (b) 無指向性空中線
- (c) 伝はん損失
- (d) 多重損失
- (e) 波浪による遮へい効果
- (f) 他のEPIRBから同時に多数の伝送があること

7.5 EPIRBの信号が遭難通報として取扱われ、正確に伝送されるために、このシステムについて規定が制定されるべきである。

7.6 上記のほかEPIRBはホーミングのために地上の周波数で伝送する満足な機能をもたなければならない。

第IV部 強制政策

船舶および救命浮筏に対する備え付け強制の政策は、SOLAS条約改正第3章および漁船安全条約と関連し、IMCOの運用基準を考慮して救命設備小委員会の検討にゆだねるべきである。

しかしながら、次の要素が関係を有するものと考えられ、救命設備小委員会に留意してもらうべきである。

- (a) EPIRBを備え付ける船舶の運航区域において救助隊によって執られる措置の考慮
- (b) 運航区域におけるEPIRB信号による方探およびホーミング施設の存在
- (c) EPIRBの著るしい増加によって生ずる虚偽の警報の可能性
- (d) 主管庁はEPIRBの使用の増加をコントロールするよう考慮すべきこと。

(3) CCIIRでの研究

CCIIRではSG8（移動業務）において、IMCOと密接な連絡をとりながら同様に遭難通信システムの改善のための検討を行っている。

本課題に直接関係ある研究問題は下記のものである。

Question 31/8 EPIRBの将来の利用及び特性（とくに遠い将来の運用概念）

Question BC/8 将来の世界的な遭難制度のための運用要件

(4) 海事衛星専門家パネル報告書

海事衛星システムのシステム構成上からみた遭難通信関係の要件については、海事衛星専門家パネルの報告書に記載された要件が最も良くまとめられていると思われる。

関連事項は下記の通りである。

序 論

第2節 システムの運用条件

(d) 遭難、捜索および救難通信

遭難通信（遭難警報および捜索救難の管制通信）のためにシステムを利用する海事側からの要求がある。

遭難通信は常に優先アクセスを必要とし、実行可能のときはEPIRBの利用もできるようにすべきである。

(e) 緊急、安全および遭難通信

医療助言を含む緊急および安全通報、気象、水路および海洋情報の放送（印刷電信、ファクシリを含む）、気象および海洋に関する個々の船への助言、気象水路および海洋情報を船舶から収集するという要求がある。

(f) 無線測位

遭難船舶、船からの要求の都度および一定時間間隔の何れの要求に応じて位置決定ができ、船位通報システムの自動化、冰山などの航行危険物回避情報の提供、衝突、警報を含むふくそう海域での航行管理の要求を満たすものでなければならない。

測位精度は、公海上では1～2海里、ふくそう海域ではより高精度が要求されるが、それは航行区域、船の速力および船の種類に応じ決められるべきである。

第4節 第1段階としてのシステムの技術的パラメータ

(h) 遭難通信は優先割当てで通信チャネルを使う。

海岸局から船舶への専用チャネルは設けないことにするが、その逆方向は2～3チャネルは追加しても衛星にかかる負担が少ないので専用通信チャネルを設け、アクセス能力のない機器から無指向性に近い空中線で低速の遭難通信ができる可能性がある。

安全通信などのための区域別全般呼出しもできるだろう。406MHz帯のEPIRBの使用は、将来の検討問題である。

第2段階では、これらの改善の必要があろう。

無線測位は、衛星上の機器の変更なく地上施設類の増備のみで行いうる。

2.1.3 発表された構想および実験成果

前項に記載された遭難通信システムの要件等をベースにした具体的なシステム構想と実験がすでについて発表されている。

(1) GRANシステム等の構想

GRAN(Global Rescue Alarm Network)は衛星を基礎とした遭難警報、測位システムであり、米海軍が開発を推進している。

これは、(a) 船舶および航空機に搭載する小型の救難用無線機

(b) 衛星

(c) 地上施設

から構成される。

船舶および航空機の位置を表示するのに、オメガ信号あるいはNNSSの信号等の航法信号を救難用無線機の送信電波にのせて送信、衛星中継により救難位置計算機を備えた救難センターに伝送するもので、必要な救助関係情報は上記信号に重畳して伝送する。

このシステムと米国で現在実施しているAMVER(Automated Merchant Vessel Report)システムの拡張システムとも云うべき海事衛星の通信、測位両機能を利用して自動化した自動船位通報システムと同時に活用すれば高度の衛星利用遭難通信システムとすることができる。

上記各システムの個々の機能についてはすでにわが国をはじめ各国で研究、実験が行われ、相当の成果が得られてはいるが、全体システムは未だ具体化までは至っていない。

(2) 西独の衛星経由遭難呼出システム

CCIRのIWP 8(IWP 8/1/1)およびIMCOの第16回無線通信小委員会(COM XVI/3)で西独から発表されたもので、ATS-6を利用してLバンドの衛星通信チャネルによるEPIRBからのデータ伝送回線設定の可能性を確認した実験報告である。

詳細は昭和50年度報告書3.3.3項を参照願いたい。

(3) カナダの衛星利用の捜査救助システム

IMCO の第16回無線通信小委員会 (COM XV I/5/9) でカナダから発表されたもので、カナダ国域の特殊事情による遭難の警報の遅延問題解決のため、低高度極軌道衛星を使用し、遭難警報を中継かつ遭難位置を推測しようとする計画及びそのための実験報告である。

実験は、アマチュア衛星 OSCAR-6 を中継衛星として擬似緊急ビーコン (146MHz) を通信救助センターに伝送し、ビーコン信号のドップラシフトを処理、計算することにより通常で10マイル以内、時には2マイルの精度でビーコン発射位置を見付ける可能性を立証している。

このシステムでは121.5MHzおよび243MHzの周波数の使用を考えているが、100～500MHzの間であれば他の周波数 (例えば460MHz) も利用可能としている。

2.1.4 衛星を利用した遭難通信システムの設計

以上の要件および実験結果等を総合して検討の結果、海事衛星を利用した遭難通信システムは、下記のようなものとするのが望ましい。

(1) 前提条件

ここに述べる遭難通信システムは、以下の事項の実現を前提とした、いわば理想的形態である。

(a) 衛星利用の遭難通信はLバンドの海上、航空移動業務共用周波数帯を使用する。

船—陸、船—船あるいは航空機—陸、船—航空機等の直接通信もできる限り本周波数帯を使用する。

(b) 利用する衛星は静止衛星とし、同衛星を利用した測位が可能である。

(c) 国際的な協調により、世界の全海域にわたる捜索救難システムが設立され、各海域ごとの捜索救難センター (SARセンター) 及び更に地域的な同ローカルセンターのネットワークが存在する。

(d) 上記測位機能を利用した自動船位報告制度が実施される。

かつ参加船舶はSARセンターから個別呼出可能とする。

(e) 大多数の外航小型船も小型空中線を使った衛星通信設備を装備し、衛星通信 (電信のみ) 可能とする。

(f) SOLAS規定、RR規定等関連法規は本通信システムの運用が可能のように改正されている。

EPIRBの装備は全船に義務化されている。

(2) システムの運用

本遭難通信システムの運用は、下記要領による。

(a) 遭難通報の発信

遭難事実と遭難船名が捜索及び救難センター (SAR主センターと称する) へ確実に伝送されることが遭難通信の第一要件である。

主設備が利用できる場合は、同設備により優先コード (遭難信号を附して一般公衆チャネルを使用して所在海域のSAR主センターを呼出し、遭難船名、遭難位置、遭難内容および求める救助の種類を伝送する (電話または電信))。

特に緊急事態の場合あるいは機器操作に習熟していない者が操作する場合は、操作パネル上の遭難通報用押釦を押せば自動的に優先コード、船名、宛先 (海域別に定まった) および位置を更にできればファンクションキイで遭難の種類を附加して送出できるような機能を利用する。

主設備は補助電源でも作動可能とする。

主設備が利用できない場合は、EPIRBを使用する。

EPIRBは手動スイッチにより、または海中に浮上した時自動的にLバンド海空共用周波数帯 (1645～1646MHz) の遭難通報専用チャネルにて遭難信号、船名 (または識別コード) および必要あれば

測位用信号を送信する。

(b) 遭難通報の受信

上記遭難通報を受信したSAR主センターは、遭難船位置により最適のSARローカルセンターを選定し、同所に遭難通報内容の中継し、捜索及び救助作業を依頼する。以後ローカルセンターが遭難通信の宰領センターとなる。

遭難通報に遭難位置データがない場合は、自動船位通報データのファイルから読み出し遭難通報受信時の推測位置を算出するが、遭難通報信号から衛星測位機能を利用して遭難船（あるいはEPIRB）位置を主センターで測定する。

遭難通報を発する間もなく沈没、かつEPIRBも作動しなかった場合を考慮し、自動船位通報入力に一定時間以上無い時は本船に確認、それでも連絡がとれない場合は遭難発生として捜索を開始する。

(c) 捜索および救難

遭難位置がSARローカルセンターから直接捜索作動が可能な場合は直ちに捜索救難用船舶あるいは航空機を派遣する。

遭難位置が遠隔海面の場合は、SAR主センターとも協調自動船位通報データファイルから附近を航行し、かつ救助能力がある船舶を選択し、これに衛星通信により遭難船の捜索及び救助を依頼し、必要情報を伝達する。本通信は同船が通信中でも割込み可能とする。

以後の捜索救助活動に関する船舶、航空機およびSARローカルセンター相互間の通信は前記Lバンド共用周波数帯（1542.5-1543.5/1644-1645 MHz）の周波数を使用して行う。遭難船が主設備を使用できるのであればSARローカルセンター、捜索救助船舶、航空機と上記周波数で通信を行う。

また近距離地上連絡用としては国際VHFを使用する。

捜索を容易にするために遭難船は必要に応じホーミング用適当周波数（2182 KHzの如き）のビーコン波を発射する。EPIRBも（でき得れば要求により自動的に）同様、ビーコン波を発射する機能を持つ。

EPIRBのLバンド特定チャネルでの遭難通報送信は、内臓電源をできる限りビーコン波送信に利用するため、救助回収した時は勿論、その他の場合でも適当時間（遭難通報が確実に受信されるであろう時間に若干余裕をとる）で断となることが望ましい。

以上により遭難船（救命艇あるいは救命筏）の発見、救助等の作業をSARローカルセンターの宰領の下に関係先と緊密な連絡をとり合いながら続行する。

作業完了次第結果をSAR主センターに通報、本件措置を完了とする。

以上により小型船舶も含め、在来通信方式に比し遙かに信頼性の高い、かつ迅速な救助を行い得る遭難通信システムが実現されるものと期待する。

(3) システム構成機器の要件

船上設備、EPIRB等システムを構成する各機器の仕様については、上記運用要領中にも示した部分もあるが、海事衛星通信システム全体との関連もあり、本システム独自に決められない部分が多く、その検討を更に進める必要がある。

Lバンドを使用するEPIRB仕様については、特に西独実験成果が、信号処理に相当の技術を要するといえ良い参考例となろう。

(4) システム実現上の問題点

前提条件を含めシステム実現上問題となる事項は下記事項である。

(a) EPIRB周波数

衛星通信導入後のEPIRBの具備周波数としてどの周波数が適当か種々論議がかわされており、

IMCO 無線通信小委員会でも 2182 KHz、1215 MHz (243MHz) あるいは 406MHz 等単独または併設をも含めて仲々決定できない状態である。

本システムで L バンドの海上航空共用バンドの周波数を使用することとしたのは、主衛星通信設備に遭難通信の機能を含めて使用することができること、陸—船間、船—船間あるいは船—航空機間等関係局間での直接通信が可能であること及び衛星による測位、捜索が可能であること等他の周波数に比べ利用範囲が広く有利と考えられるからである。また技術的にも可能性が立証されている。

捜索用位置標識ビーコン波については、捜索側の方向探知能力との関連があり後述の在来通信方式との両立性も考慮すれば、2182 kHz が現状では最も適当と思われるが今後更に研究を要しよう。

現在 VHF 方探の開発が行われており、測定可能範囲、推定位置の精度が実用範囲に入れば、VHF とすることも考えられる。

(b) 静止衛星の利用

北緯、南緯 70 度以遠の海域では衛星の利用が著しく制限されるが、商船の定期航路状況からみて測位の機能上の便宜も併せ考慮し、静止衛星を利用することとした。

カナダ等の極地方国、北洋漁業に従事する漁船等については別途極軌道衛星の利用を必要とするところとなろう。

(c) 国際的捜索、救難システム

本案では、IMCO で現在計画中の航行警報配布システムにある NAVAREA の如き海域ごとに設置・組織された捜索救難システム (SAR 主センター、ローカルセンター等のネットワーク) を想定しているが、NAVAREA の如き比較的簡易な業務の場合でさえ国際的調整が仲々とれていない現状である。

まして本捜索救難システムの如き大規模な作業を行う場合はより緊密な協調と信頼が必要なだけに果して所期のシステムが設立できるものか危惧されるところである。

また本システムは自動船位通報システム、衛星による測位システム等と有機的な結合により効果的な運用を図らねばならないが、軍事的、政治的障碍をのりこえてタイアップできるようになるか問題がある。

(d) 遭難の誤認防止

海上保安庁発表資料によるわが国の遭難自動通報設備の発信状況は表 2.1.1 の通りである。

表 2.1.1

区別 年度	遭難自動通報設備 の発信総件数	海 難	誤発信	誤発信の割合
1973年	164 件	93 件	71 件	43.3 %
1974年	132	79	53	40.0
1975年	98	46	52	53.0

このように誤発信の割合は非常に多く、無用の捜索活動による失費と混乱を招いている。EPIRB の遭難通報の場合でも同様の懸念が予想されるので、誤発信防止には機能上、運用上充分留保する必要がある。

また自動船位通報の無通報をもって遭難と認定することは異常遭難の救助には有効であるが、一方また誤認を招き易いので同様運用に注意を要する。

(e) 在来通信方式との協調

IMCO の「海上遭難システムの要件」にも示されているように、海事衛星が導入された後も相当

長期にわたって在来通信系が存続するのは当然予測される処であり、実質上衛星通信で業務が全て行われる船舶でも SOLAS 規制上在来通信設備を併設せざるを得ないことになろう。

よって本遭難通信システム実現の場合でも、なお在来通信との混在、協調が必要となり、宰領者である SAR ローカルセンターはもとより関係船、航空機は二重通信体制を余儀なくされよう。

特に VHF のみでカバーし得る極く陸岸に近い沿海と遠洋の中間地帯となる近海海域での海難が通信系では最も混乱をおこし易いし、問題が多いところである。

しかしながら、前述の要件中の要求にも拘らず実際問題として衛星通信系と在来通信系とを機械的に協調することは非常に困難であり、通信当事者の二重運用に頼らざるを得ないと思われる。通信設備の効率の運営上からみて好ましい事ではないが、簡単には解決できない難しい問題である。

(f) 航空機との通信

遠距離での海難発生時、遭難通報受信後救助船が出航したのでは時間的に間に合わないため、大型救難航空機による捜索救難が有効であり、わが国海上保安庁でも逐次航空機の増強に努めている。

しかし、一般航空機による捜索救難は航空路と航路あるいは漁船操業海域との違い、一般航空機の救難能力からみて困難と思われる。ICAO でも IMCO からの共同研究呼びかけに乗り気でないのも理解できないことはない。

よって一般航空機は除外して、捜索救難専用機との連絡通信を主として考慮しているが、これ自体についても ICAO と完全な合意を得ることは容易ではない。

(g) 補助通信設備のあり方

主設備は補助電源でも作動することはすでに規定したが、主設備の他の部位の故障、損傷による動作不能の事態について、在来通信設備同様、補助設備の装備を規定すべきかどうか検討を要する。

(d) 項 EPIRB の誤作動の防止の関連もあり、本来 EPIRB を補助設備的に使用することは好ましくない。

西独実験例の如き遭難キーボードセンターの如きものを必要とするか、主設備の信頼性との兼ね合いで決定されることになるであろう。

2.2 運航者に対する海事衛星システムの経済評価

2.2.1 はじめに

海事衛星システムを導入すればどのような効果が期待できるかについて過去定性的に論じられたものは非常に多いが、利益として定量化することが困難であるため、適確な評価が行われた報告は少ない。

一方、海運界では第 2 次大戦以後始めてという深刻な輸送需要減退に直面、特にタンカー、大型バルクキャリアの運賃レートは採算の最低線をはるかに低廻り、燃料費、船費すらまかないきれぬほど低下している。このため、利益評価の算定ベースをどのようにとるか設定が困難な状態である。

また遠洋漁業も相次ぐ世界各国の経済水域 200 海里宣言により有力漁場からの日本漁船の締め出しが危惧されている現在、海運界同様算定根拠をつかみにくい状況である。

しかし、海事衛星システムの如き莫大な経済的技術的投資を必要とするものの計画にあたっては、事前にシステムの効果を十分に検討を行い、投資に対して最大限の効果が得られるよう、システム内容を重点的に設定していく必要がある。

運航者にとっての経済評価を明らかにすることは、この判断の基礎となるものであるから、ここでできる限り定量的に評価を試みることにした。

2.2.2 経済評価のための資料

すでに発表された関係資料の中、特に有用と思われるのは次のようなものである。

(1) 海事衛星専門家パネル報告書

海事衛星導入の目的及び船舶の運航システムへの寄与について序論で相当詳細に記述しており、またシステムの経済評価として主として宇宙部分の投資と収入（通信料金）とのバランスについて第6節で相当詳細に論じているが、資料不足ということで、費用／利益分析には触れておらず、特に利用者にとっての経済効果の検討が行われていない。

（昭和49年度 報告書 2.4 参照）

(2) 海事衛星の利益及び応用

（The Benefits and Application of Maritime Satellites—R. M. La Rosa (Exxon)）

EASCON, 74

筆者は、国際的に有力な石油会社であり、かねて海事衛星の導入に非常に積極的であった EXXON COOPERATION の通信部門担当者である。

本報告は EXXON 社が G E 社と協力して実施した衛星通信計画の結果紹介を始めとして、現行短波通信と衛星通信及び測位の機能比較、衛星通信による利益及び海事衛星の将来等について述べている。

数少ない数量的評価例の貴重な一例として 25 万 DWT（1200 ドル／時）と 3 万 DWT（450 ドル／時）タンカーの 1 日当りの運航節約時間（分）と 1 隻 1 年当りの年間節減額の対比図を記載している。

（図 2.2.1）

また現行の中波／短波通信を衛星通信に全て置きかえた場合の追加費用は、1 隻 1 年当り 6,600 ドルであるが、通信の迅速さ、覆域の広さ、高品質性からみれば比較的低額の出費だと述べている。（表 2.2.1）

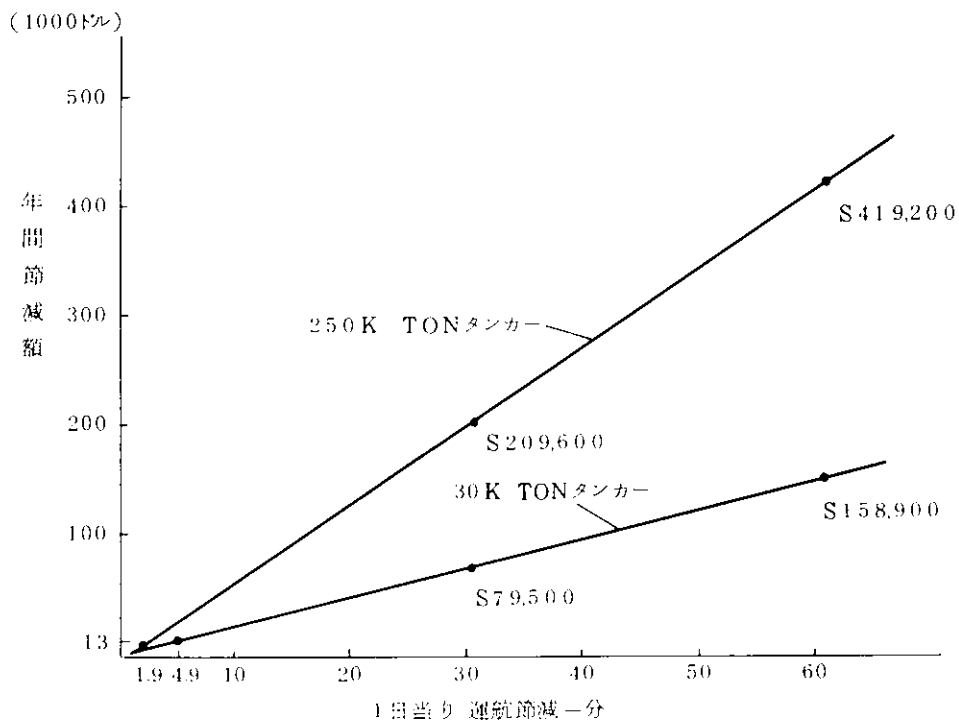


図 2.2.1 1 隻当り年間節減評価額

表 2.2.1 衛星—短波通信の比較

項 目	衛星通信	短波通信
1 語当りコスト	0.09ドル	0.31ドル
電 話 コスト	10.00ドル	2.00ドル/分
装置、修繕及び保守/年	1200.000 ドル	4,000.00ドル
通信料/年	2,600.000 ドル	5,000.00ドル
合計/年	14,600.000 ドル	9,000.00ドル
覆 域	大西洋、太平洋、インド洋 一部	大西洋、太平洋、インド洋 各1部
利用可能モード	24時間/日 保証 テレタイプ(無人化) 音声 ファクシミリ TV データ	限られた時間 モールスコード 音声 テレタイプ(限定海域)
通報の遅れ	分	平均8—10時間**
伝送速度	66 Words/分	10—20Word/分 *モールスコード

(3) 海洋開発産業における海事衛星通信の適用

(The Application of maritime satellite communication to the offshore industry)
—Robert L. Eichberg (C. G. C)

本書は、1976年2月 MARISAT第1号衛星打上げに期を合せてシンガポールで開催されたリグ関係国際会議で、CGC社のリグ部門担当者である著者が講演したものであり、新しい海上移動体である海上リグへの衛星通信導入効果について述べている。

海上リグに対して、特に高速データ通信による諸データの陸上センターへの即時伝送、陸上ベースによるコンピュータ制御及び衛星測位による精密な位置決定等を利用価値の大きな対象項目としている。

このようなリグを海上移動業務の範囲に含めて良いものかどうか議論が分れるところではあるが、加入隻数が少なく通信料収入見込が低額の場合には衛星システムの経済性確保上有力な需要先であり、検討に値する。

(4) MARISATによる評価試験

米国海事局は、Computer science corporationと契約、米国商船に搭載した Marisat 端末機器による衛星通信システムの評価試験を実施している。

またノルウェーの商船による評価試験も行われており、また成果は発表されていないが、逐次運航者に対する経済評価が明らかになると期待される。

2.2.3 運航者に対する海事衛星システムの経済評価

(1) 船上設備費用

現在MARISAT用船上設備として市販されているものの販売価格は1式約2,000万円、装備費用は約300万円、合計費用約2,300万円といわれる。また国際電信電話株式会社あるいは米国某社から提示されている1カ月当りのリース料は約50万円(保守費込み)である。INMARSATの際の費用はほぼ同等と見込まれる。

将来導入が予測される下記諸機能の追加費用あるいは装置費用は一応下記程度になるものと推定される。

高速データ通信機能	主設備費用の約 20 %
ファックス通信機能	" 10
測位機能	" 10
EPIRB	" 5
低利得空中線を使用する電信専用設備	" 50

新造船に上記設備を装備する場合は、上記費用追加の代りに在来無線設備・測位設備の合理化分が減額される。

この程度は導入当初と普及した将来は SOLAS 規定の改正に従い変化する。(50 年度報告書 5.5.3 参照)

船主または運航者にとって、これらの設備を買取る方式とリースする方式の何れが有利かの問題は、その会社の収益状況、長期海運市況の見通し、あるいは機器仕様の永続性等各種の要素を組合せて判断しないと結論がだせない。

以上を総合して海事衛星用船上設備として概算ではあるが月額約 50 万円の装備費用を見込む必要があると思われる。

(2) 通信コスト

INMARSAT がサービスを開始する際、その通信コストをどのように設定するか、現在の MARISAT での TTY 6 ドル/分、電話 10 ドル/分と同一レベルとなるか、かつまた国際通信と国内通信との料金規定をどのようにするか全く不明であるので、ここでは一応現行 MARISAT 料金を取り、在来通信系料金との比較を行うと表 2.2.2 及び表 2.2.3 のようになる。

表 2.2.2 電信料金比較

項目 \ 種類	国内無線電報 (欧文)	国際無線電報	国際テレックス	MARISAT TTY	中央漁業無線局 テレックス
料金 (50 語)	7,920 円	15,000 円	1,994 円	2,820 円	約 2,000 円
比率	1			0.36	
		1		0.19	
伝送経路	日本船 → 銚子 → 内地	日本船 → スウェーデン → 内地	日本船 → スウェーデン → 内地	日本船 → 米国 → 内地	日本船 → 松戸 → 内地

表 2.2.3 電話料金比較

項目 \ 種類	遠洋無線電話	国際無線電話	MARISAT
料金 (10 分)	3,600 円	15,730 円	39,000 円
比率	1		10.8
		1	2.5
伝送経路	日本船 → JBO → 内地	日本船 → 米国 → 内地	日本船 → 米国 → 内地

本表から面らかな如く、無線電報に比べテレックス方式の方が相当低額であり、たとえ衛星通信を利用してもなお低額であるのに対し、電話では大幅にアップする。

年間通信量データ（50年度報告書4.2.1参照）に上記比率を適用して全て衛星通信を利用したとした場合の料金アップ額は、商船では105万円／隻／年（180％）漁船では600万円／隻／年（310％）となる。

漁船の方がアップ額が特に大きいのは無線電話の利用率が高かったため、衛星通信電話料金の高額がそのまま反映したためである。（大型母船の例なので全般的傾向と若干相違する）

INMARSATでは、MARISATの場合の米国－日本の国際回線料が不要となる見込みなので少なくともその分アップ分は減少すると思われる。また小型電信専用局の料金が低減できればテレックス料金は益々格安となる。

以上海事衛星設備導入によるコストアップは、設備料、通信料合計して高々約60万円／月と見れば良いことになる。

(3) 海事衛星システム導入による経済的效果

(a) 海運業

商船の運航採算は一般に下記数式で表される。

運航損益＝運賃－運航費－船費（または備船料）－店費－償却費－金利

よって減算する各費目が衛星通信システム導入によりどのように改善されるか、金額にして幾らになるかが問題である。

以下各費目構成内容の中、特に影響が大きいと思われるものを列記し、経済評価を行う。

(i) 運航費

(イ) 燃料費

正確な測位による最短航程の航行、最も経済的な速力維持及び最適航路選定に対する情報交換指令が迅速かつ容易となり、航程が短縮あるいは燃料油使用効率が悪くなるので燃料費が節減できる。大型高速船ほど効果があり、例えば欧州航路高速コンテナ船で燃料油5％節減で月間約400万円の利益となる。

(ロ) 港費、荷役費

正確な入港予定時刻の通報、積荷関係、データの迅速かつ詳細なる伝達により、荷役準備、バース利用等の合理化が図られる。

停泊中の運用可能となれば、更に荷役状況、滞船状況等の本社管制部門への情報連絡が緊密に行えるので、よりきめの細い無駄のない運航及び荷役管理が行える。

これは現在陸上通信系も貧弱な発展途上国入出港時に特に効果が上る。

データ通信あるいはファックス通信により、積荷関係書類、通関書類等の情報伝送が容易となり、書類関係事務が合理化される。特にコンテナ関係のインベントリコントロールの効率が向上する。

(ハ) 貨物賠償金

最適航路の選定、気象海象情報入手の充実あるいは航行警報の迅速な入手等により航行の安全性が向上、貨物の傷み事故も大幅に減少、賠償金支払いも減少する。

(ニ) 雑

通信設備をリースした場合、その費用は通常運航雑費として本費目に算入する。

(ii) 船費

(イ) 船員費

各種船内機器の自動化とそのデータ伝送あるいはテレメータリング技術による陸上管制センターでの船内状況把握、無線通信の無資格者運用（SOLAS, RRが改正されたとして）等により乗組員数の合理化が可能となる。

米国商船大学の海事研究センターでの研究によれば、衛星通信利用により現在の技術水準によってもはるかに高度の船舶自動化が可能となり、船舶運転のほとんど全部の機能を監視することができ、それによりコンテナ船の乗組員を39人から13人か14人に減員できると主張している。

前述のEXXONの論文でも6名での運航の可能性を示唆している。

現在外航労務協会所属会社の平均船員費は約800万円/年であり、予備員の減員効果も考慮すれば、乗組員1名の減員は年間約1400万円のコスト低減となる。

(ロ) 修繕費、船用品費等

本船運航状況、各機器作動状況を陸上で監視、管理することにより、最適入渠時期の選定、機器の予防保全、修理早期手配、予備品・消耗品の最適在庫管理及び関連作業の合理化が図られる。

事故発生時にも陸上機関との連絡が迅速かつ密接に行えるので、短期間にかつ容易に補修可能となり、停船ロスあるいはオフハイヤ期間が短縮できる。

(ハ) 保険料

現在、船体保険料の算定に当って各運航会社の事故率等も大きな計算要素となっており、衛星システム導入により事故率が減少すれば保険料も低減される効果がある。

(ニ) 通信費

運航のための通信費用は運航費の方に仕訳けられるが、通信料のアップは何れにせよ経費増となる。前述のようにテレックスの利用は電報費に比し、費用低減となる。

(ホ) 店 費

前述のような船-陸間通信の衛星通信導入による合理化で、通信関係事務担当者の合理化が可能である。

(ヘ) 償却費

衛星通信設備を購入する場合は、その費用は資産勘定となり、償却対象となるが、船舶の償却期間が13年乃至15年と長いので本設備の年額償却費は比較的低額となってしまう。

(iii) 備給料

備給の場合、機関故障等による運航不能期間はオフハイヤーと備給が中断する。

備給料は、ほぼ前記の船費に見合うものであるが、通常の貨物船で100万円-300万円/月、大型コンテナ船等では1,000万円/月に達するものもあり、停船による損害あるいは運航能率向上による運航時間節減はその日数に見合う損益となる。

日本人船員費高騰対策等のため、最近、所謂仕組船が激増し、これに発展途上国船員を配乗する例が多いが、この運航管理が仲々難しい。

運航変更オーダーが迅速に伝達されなかったため、無駄な停船あるいはデビエーションを重ねることがしばしば発生しているので、衛星通信による確実迅速な運航管理の結果、年間5日乃至10日間の節減が可能と推測している例もある。

(iv) 安全性向上の利益

上記費目には入りがたいが、運航会社にとって航行の安全、乗組員の安全確保は大きな利益となる。

しかし、通信の困難あるいは通信装置と海難等の災害との関係を示す統計データはほとんど無い。このデータが無いと海事衛星によって得られる安全のための利益を量的に決定するのはできない。(無線通信小委員会が遭難例の報告を求めているが、未だ充分のデータにはほど遠い例しか集っていない)

一方、運航者では無いが、救難関係機関ひいてはその設立団体(国など)にとって安全性の向上は救難作業費用の節減をもたらす、あるいは他の安全確保のための投資に転換、活用できる効果がある。具体的な安全性向上が期待される事項は、航行安全のための各種情報の良質且多量な配布最適航路維

持のための連絡容易、自動船位通報システムによる本船運航の監視、危険予防（必要時には警報）、迅速な救難、公害（油濁等）発生対策の迅速化―被害の抑制、気象情報の通報増大による気象予報精度向上等が一応挙げられる。

(V) 乗組員福祉向上の利益

日本海技協会が昭和50年度に実施した「船員の生活態様と意識調査」の報告によると、「不足している情報について」との設問に対し、例示した各種情報について60%以上の船員が不足を訴えている。

不足情報項目は、

- ① 世の中の動きや社会情勢に関する一般的情報
- ② 家族、友人、知人、恋人に関する情報
- ③ 停泊、休暇中の生活をエンジョイするための情報

の順になっておりこれら情報伝達の改善が優先的に行われるべきである。

海事衛星システム導入（あるいは更に他の放送衛星等の開発も含め）上記各事項の改善は比較的容易である。

この改善の結果、船員の労働意欲向上、作業事故率の減少、優秀乗組員の確保が期待される。

乗組員の健康保持、傷病時の早期回復のためにも、衛星通信による心電図伝送等医療情報の伝送は効果があろう。

このように乗組員の作業時、休息時の船内環境が改善されることにより、乗組員の離家庭性に対する各種手当あるいは休暇附与等の節減が可能となろう。

(b) 水産業

現在漁業通信は、極端な利用可能周波数の逼迫から船団別、地区別等による非常に制限された時間分割通信を強いられており、必要時随時連絡できるような体制には無い。一応遠洋漁船に装備対象を限定すれば、これらの船に対しては衛星通信導入により随時交信可能となり上記の不便は一挙に解消しよう。（50年度末で約5,000隻）

漁場判断に必要な各層の水温、塩分、PH、海流、潮流等の広域漁業情報が迅速確実に受信可能となり、従来の経験知識と併せ目くら操業から脱脚でき、操業の能率化が図れる。

かつまたその情報作成に必要な現地観測データの送信が容易となるため、情報精度も向上する。

漁獲品の市場価格が容易に迅速に入手できるので正確な自船位置測定と相まって有利な市場選択が容易となる。

各船の漁獲品目、数量が迅速正確に本社で把握できるので、仲積船配船の合理化が図れる。

某社で年間40億円にのぼる備船料の10%を節減した実例がある（テレックス通信導入により）。

200海里経済水域の漸増に対応して、合併方式入漁料方式等のやり方で、入漁せざるを得ない状況である。特に相手国が発展途上国の場合、同水域の漁場形成パターンを正確に把握し、これをもとに漁業指導等の援助を行なって、かつ資源管理に利用し、相手国との協調体制を作る必要があり、これには衛星通信による高度な情報伝送システムが前提となる。

その他、海運の場合と同様運航の安全、運航管理の改善等の外、修繕、医療、厚生面で活用できる。

2.2.4 結 論

以上、海事衛星システム導入に伴うコストアップ及び海運業、水産業界に対する利益を検討した結果、船員費低減があれば云うまでもないが、運航費低減に対する効果のみでも容易にコストアップを吸収し得る可能性が明示されている。

最近のCGCのレポートにはノルウェーのFERN CRAIG号で負傷したセーラーがMARISATの迅速な連絡手配の御蔭で無事救助された実例が報告されており、その他、通信遅延解消による各種のトビックスが挙げられている。

検討よりも実例が証明していくような形となるのではないだろうか。

3. 通信内容の種別とその伝送容量の研究

= 誤り訂正符号の研究 =

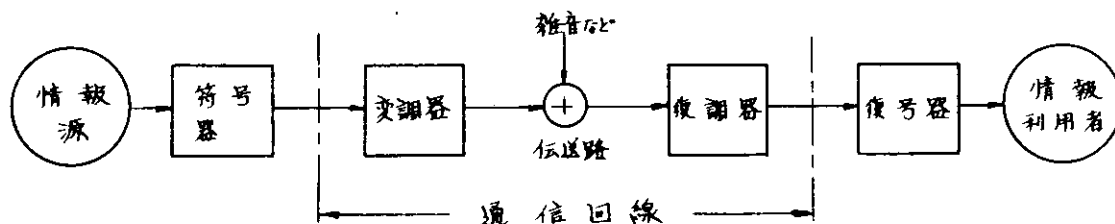
3.1 まえがき

デジタル伝送回線においては雑音等の影響によってデータの誤りが発生する。雑音として白色ガウス性雑音だけを考えた場合の誤り率と C/N 。 (C/N) の関係については昭和 51 年度に検討を行った (第 150 研究部会「衛星を利用した船舶の運航システム及び船上設備の研究報告書」研究資料 4246, 昭和 51 年 3 月、日本造船研究協会, 昭和 51 年 3 月, P. 76 ~ 77 参照)。海事衛星通信においては船舶地球局のアンテナの大きさが制限されるうえに、海面反射の影響等も加わるため、地上の通信系あるいは固定衛星通信系に比べて相当大きな誤り率を使用可能限界 (スレッシュホールド) とする必要があると考えられる。一方、デジタル回線で運用される通信の種別としては電信、テレタイプ、テレックス、ファクシミリ、データ通信があり、また回線接続を制御する各種信号もデジタル回線で伝送される。これらの情報に関して許容される誤り率は異なっているが、いずれも前述のスレッシュホールド誤り率より格段に小さな値となるであろう。従って、大きな誤り率でも動作可能な特別方式あるいは端末装置を使用しないとすれば、伝送回線において何等かの方法で誤り率の改善を図る必要がある。ここではその方法の一つとして使われる「誤り訂正符号」について検討を行った (誤り検出・データ再送方式 (ARQ 方式) はここでは除く)。

3.2 誤り訂正符号

3.2.1 誤りの検出と訂正

デジタル情報伝送において誤りの検出あるいは訂正を行う方式としては、符号に冗長性を与えるため、送信側で情報ビットにそれに対応した検査ビットを付加して (符号化して) 伝送し、受信側で両方のビットを処理して誤りの検出あるいは誤って受信された情報ビットの訂正を行う (復号する) のが一般に用いられている方式である。このような方式を用いた通信系のモデルは図 3.2.1 のようになる。



符号器：情報ビットに定められた規則に従って検査ビットを付加する。

復号器：情報ビットと検査ビットを処理して誤りの訂正された情報ビットを出力として出す。

図 3.2.1 誤り訂正が行われる通信系

このような目的で構成される符号が「誤り検出符号」あるいは「誤り訂正符号」である。これらの符号は情報ビットからある定められた規則に従って構成されているので、受信側において受信した符号についてその規則性を調べることによって誤りの検出あるいは誤りの訂正を行うことができる (ただし、検出あるいは訂正ができるためには誤りの数などに制限がある)。

誤り訂正符号を用いて受信側のみで訂正処理を行う誤り訂正方式は forward error correction (FEC) 方式と呼ばれる。これは、ARQ (automatic repeat request) 方式では受信側から送信側へデータ伝送

方向と逆方向の伝送路が必要であるのに対して、FEC方式では順方向の伝送路だけでよいことから名づけられたものである。従って、FECは単信（simplex）回線にも適用することができる。

3.2.2 誤り訂正符号の例

誤り訂正符号の種類を述べる前に、簡単な例を紹介しておく。

(1) 単純パリティ検査符号

誤り検出符号の最も簡単なものとして単純パリティ検査符号（parity check code）の一つを考えてみる。

たとえば情報 A, B, C, … が

```
A ... 1 0 0 1 0 1
B ... 0 1 0 0 1 0
C ... 1 0 1 1 0 0
.....
```

といった6単位符号の場合、この符号の末尾に検査ビットとして1または0を付加していつも1の数が偶数になるようにする。

	情報ビット	検査ビット
A ...	1 0 0 1 0 1	1
B ...	0 1 0 0 1 0	0
C ...	1 0 1 1 0 0	1
.....		

この場合1の数を偶数とした（even parityと呼ばれる）が、1の数を奇数として（odd parity）もよい。

受信側では受信した符号の構成を見て、1の数が規則どおり偶数であるかどうかを調べ、偶数であれば「誤りなし」、奇数であれば「誤りあり」と判定する。しかし、この場合とこのビットが誤りであるかを知ることはできない。

さらに、この判定は符号の中に誤りが1ビットに限られる場合には正しく行えるが、2ビット以上の誤りが生じる場合、誤ったビットが偶数だと誤りを検出できない。このように符号の中の誤りが1ビットまでなら誤りの有無を正しく検出できる符号は「1ビット誤り検出符号」と呼ばれる。

(2) ハミング符号（Hamming code）

誤り訂正符号の例としてハミング符号の一つを考えてみる（より詳しくは3.2.3-(4)-(c)-(i)参照）。

情報ビット4ビット、検査ビット3ビット、すなわち符号長7ビットの（7，4）ハミング符号

情報ビット	検査ビット
x ₁ x ₂ x ₃ x ₄	x ₅ x ₆ x ₇

における検査ビットは一例として

$$\left. \begin{aligned} x_5 &= x_1 \oplus x_2 \oplus x_4 \\ x_6 &= x_1 \oplus x_3 \oplus x_4 \\ x_7 &= x_2 \oplus x_3 \oplus x_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.2.1)$$

という式によって作られる（図3.2.7の生成行列参照）。

ここで $\oplus$ という記号はモジュロ 2 (module 2) の加算で、次のようになる。

$$\left. \begin{array}{l} 0 \oplus 0 = 0 \\ 0 \oplus 1 = 1 \oplus 0 = 1 \\ 1 \oplus 1 = 0 \end{array} \right\}$$

例えば、情報ビットが

1 0 1 1

ならば、検査ビットは

$$x_5 = 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$x_6 = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

$$x_7 = 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

となり、送信される符号は

1 0 1 1 0 1 0

となる。

受信側においては、前述の検査ビットの構成に対応して

$$\left. \begin{array}{l} S_1 = x_1 \oplus x_2 \quad \quad \quad \oplus x_4 \oplus x_5 \\ S_2 = x_1 \quad \quad \quad \oplus x_3 \oplus x_4 \quad \quad \quad \oplus x_6 \\ S_3 = \quad \quad x_2 \oplus x_3 \oplus x_4 \quad \quad \quad \oplus x_7 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3.3.2)$$

を求める (3.2.3-(4)-(c)-(i) のパリティ検査行列参照)。 x_5 , x_6 , x_7 は (3.2.1) 式で表わされているから、受信した $x_1 \sim x_7$ に誤りがなければ S_1 , S_2 , S_3 は全部 0 となるが、いずれか一つのビットが誤っておれば、

誤ったビット	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
S_1 の値	1	1	0	1	1	0	0
S_2 の値	1	0	1	1	0	1	0
S_3 の値	0	1	1	1	0	0	1

となる。このように S_1 , S_2 , S_3 を見ることによって、誤ったビットが判るので、この S_1 , S_2 , S_3 によって構成される 1 行 3 列の行列はシンδροーム (syndrome … 症候群 : ある疾患・障害などの特徴となる一群の症候 [医学用語]) と呼ばれる。

前に示した送信符号の第 2 ビットが誤って

1 1 1 1 0 1 0

と受信されたとすれば、シンδροームは

1 0 1

となり、第 2 ビットが誤っていることが判り、誤りを訂正することができる。

誤りが二つのビットに生じたときにも、シンδροームは

0 0 0

でなく、1 を含むものとなり誤りが生じたということを検出できるが、誤りの訂正はできない (この例の符号構成の場合は正しく受信された他のビットを間違った値にしてしまう)。

誤りが三つ以上のビットに生じたときは、シンδροームが

0 0 0

となること (この例で、 x_1 , x_2 , x_3 が誤った場合など) があり、誤りがあることさえ検出できない場合がある。

すなわち、この (7 , 4) ハミング符号は「1 ビット誤り訂正符号」であるが、誤り検出に使用す

るならば2ビット誤りまで検出できる。

シンドロームから誤ったビットを知って、訂正するハードウェアの構成は図3.2.7に示されている。

3.2.3 誤り訂正符号の種類と特徴

誤り訂正符号の研究は、1948年に発表されたシャノンの通信容量という考え方を初めて示した論文(文献1)を契機として始まり、今日まで多数の数学者や技術者によって研究され、各種の符号が提案されるとともに代数的にも検討が進められ理論体系も確立している(文献2,3,4,5)。

誤り訂正符号を詳しく、体系的に説明するには多大の紙面を要し、代数的記述も必要となるので、ここでは、

- (1) 構成からみた分類 …… ブロック符号とたたみ込み符号
- (2) 訂正可能な誤りのパターンからみた分類 …… ランダム誤り訂正符号とバースト誤り訂正符号
- (3) 各種符号の特徴
- (4) 付録一符号の代数的表現と構成例一

を示すだけで、各種符号については特徴を表に示すにとどめ詳細説明は省略する。

(1) ブロック符号とたたみ込み符号

誤り訂正符号はその構成から「ブロック符号」と「たたみ込み符号」に分けられる。

(a) ブロック符号

ブロック符号は、情報ビット列を何ビットかずつの情報ブロックに分割し、各情報ブロックのビットに基づいて検査ビットを作って付加する構成の符号である(図3.2.2(a)参照)。

(b) たたみ込み符号

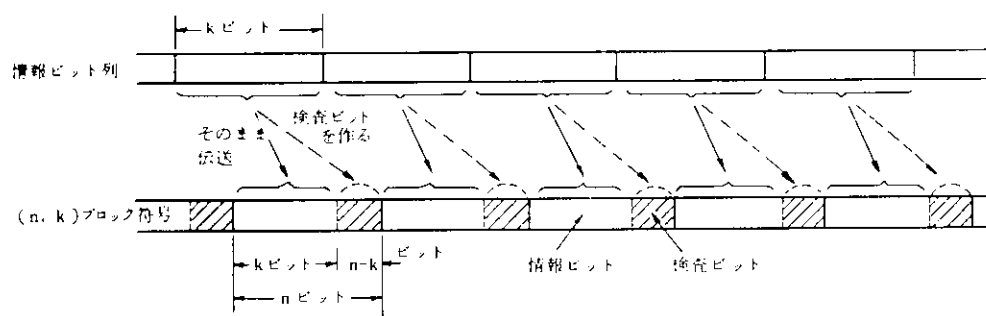
情報ビット列を情報ブロックに分割するところは同じであるが、検査ビットが複数個の情報ブロックのビットに基づいて作られ、その複数個の情報ブロックの最後のものの直後に付加されるという構成の符号である(図3.2.2(b)参照)。この複数個のブロックの長さが拘束長(ブロック数あるいはビット数で表わされる)と呼ばれる。たたみ込み符号では一度復号誤りが生じると、その誤りが伝搬していく場合があるので注意が必要である。

(注: 符号理論で用いられるブロックという語は「情報ビットと検査ビット」で構成される1単位であるが、上の説明では情報ビット列を分割したものに対しても便宜上情報ブロックという語を使っている)

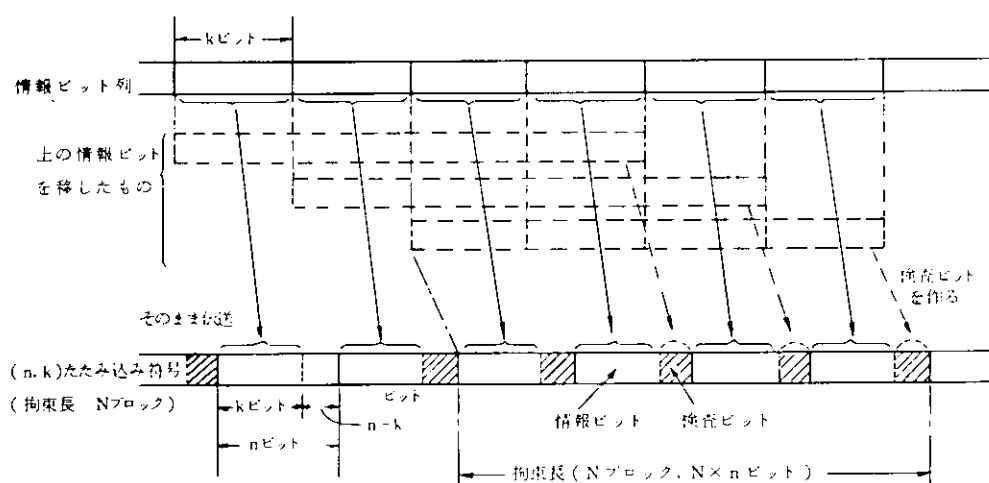
いずれの場合も、ブロックのビット数が n 、その中の情報ビット数が k の場合、 (n, k) ブロック符号あるいは (n, k) たたみ込み符号と呼ばれる。 k/n は符号化率(R)と定義されている。

符号器と復号器の構成例を図3.2.3に示す。ブロック符号とたたみ込み符号は、基本構成は同じであるが、図の中の検査ビット発生器が1ブロックの情報ビットから検査ビットを作るか、拘束長内の情報ビットから検査ビットを作るかという点が違っている。

図においてはブロックごとに並列処理をするような形を書いたが、これは情報ビットと検査ビットの関係、特に復号器の構成原理がよく判るようにしたためで、実際の構成は必ずしもこのとおりになるとは限らない。

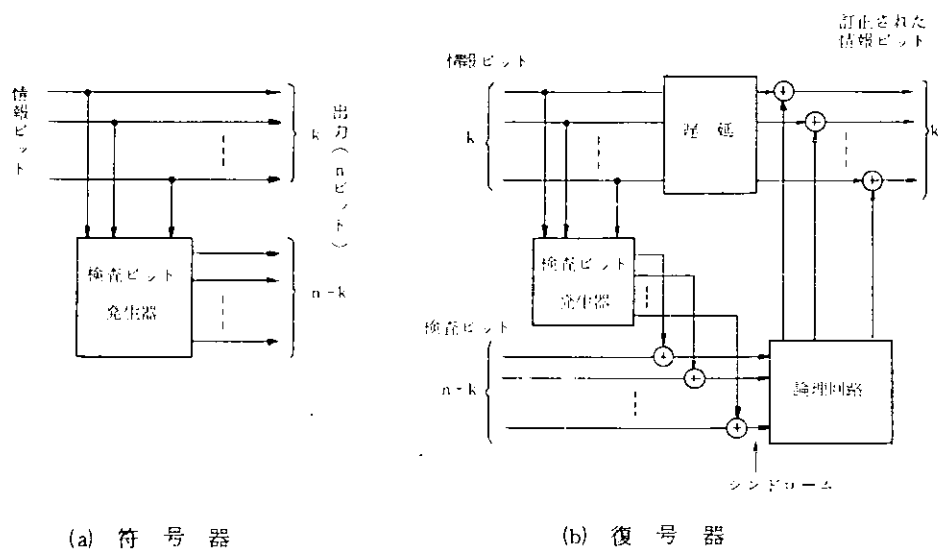


(a) ブロック符号の構成



(b) たたみ込み符号の構成

図 3.2.2 誤り訂正符号の構成



(a) 符号器

(b) 復号器

図 3.2.3 符号器・復号器の構成例

(2) ランダム誤り訂正符号とバースト誤り訂正符号

誤り訂正符号は、それが適用される伝送路において生じる誤りのパターンに応じて適当なものを使用しないと、効果をあげることはできない。

誤りのパターンとしては、誤りが1ビットずつランダムに生じる「ランダム誤り」と誤りが2ビット以上連続して生じる「バースト誤り」がある。バースト誤りは差動位相変調の場合あるいは深いフェージングがある場合などに発生する。

(a) ランダム誤り訂正符号

ランダム誤り訂正符号では、1ブロックあるいは拘束長の中に何ビットまで誤りが生じても訂正可能かということが符号の誤り訂正能力として考えられる。前に例を示したハミング符号およびワイナッシュ符号(Wyner-Ash code)は1ビット誤り訂正符号であるが、3.2.3(4)-(C)に示す他の符号は2ビット以上訂正可能な符号を構成することができる(詳細は3.2.3(4)-(C)参照)。

(b) バースト誤り訂正符号

バースト誤り訂正符号では、何ビットの誤りバーストまで訂正できるかが符号の誤り訂正能力として考えられるが、バースト誤りが訂正できるためには訂正しようとする誤りバーストの後に所定数以上の正しいビットが存在することが必要である。

この正しくなければならぬ区間は「ガードスペース」と呼ばれる。バースト誤り訂正符号の訂正能力を示すには誤りバーストのビット数とともにガードスペースも一緒に示す必要がある。図3.2.4にこの関係を示す。ブロック符号の場合は誤りバースト長とガードスペース長の和がブロック長になり、ブロックに一つのバースト誤りが生じると考えてもよい。

(c) バーストおよびランダム誤り訂正符号

バースト誤り訂正符号は、もちろんランダム誤りを訂正することができるが、その場合もガードスペースには誤りがないという条件が必要なため、ランダム誤り訂正符号と考えるとその訂正能力は非常に低くなる。そのため、ランダム誤りに対してはガードスペースという考え方が必要なく、かつあるガードスペースがあるという条件でバースト誤りの訂正もできる符号が考えられている。ブロック符号では巡回積符号、たたみ込み符号では拡散符号が挙げられる。

(d) インタリーブ法

この方法は、デジタルビット列にインタリーブを施すことによってバースト誤りをランダム誤りに変えるもので、誤り訂正符号としては、ランダム誤り訂正符号を使用することができる。インタリーブによってバースト誤りがランダム誤りとなる様子を図3.2.5に示す。

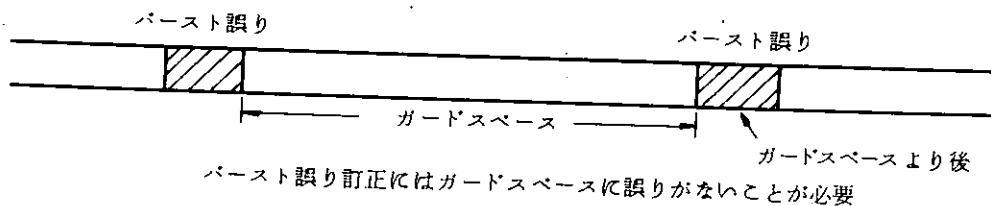


図 3.2.4 バースト誤りとガードスペース

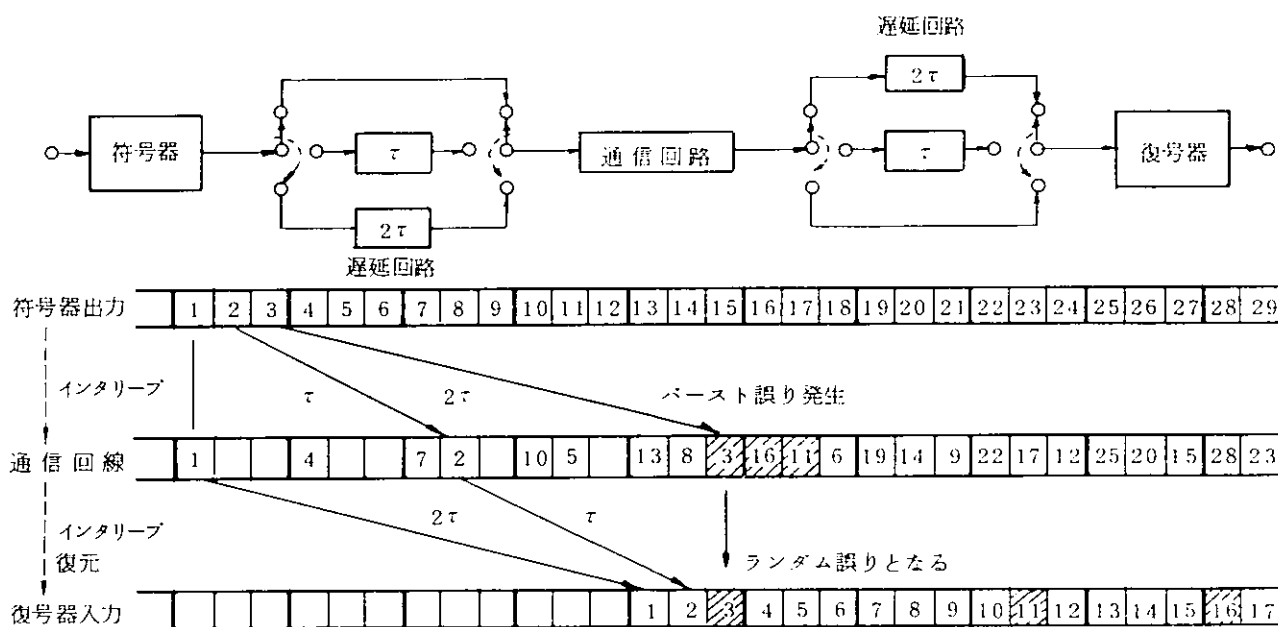


図 3.2.5 インタリーブ法

(3) 各種符号とその特徴

誤り訂正符号は前に述べたように分類されるが、具体的符号としては、1949年に発表されたゴレー符号など考案者の名前がついた符号も多数ある。表 3.2.1 に比較の実用性がある符号の特徴を示す。以下表 3.2.1 についていくつか説明を加える。

(a) 誤り訂正能力

ハミング符号、ワイナ・アッシュ符号は 1 ビット誤り訂正能力をもつ。他の符号は 2 ビット以上のランダム誤り訂正能力あるいはバースト誤り訂正能力をもつが、何ビットまでの訂正能力があるかは符号の具体的な構成によって異なる。表 3.2.2 に 4 種類の符号について構成と訂正能力を示す。

(b) 巡回符号について

巡回符号は、ランダム誤り訂正符号、バースト誤り訂正符号、バーストおよびランダム誤り訂正符号を構成することができる。BCH 符号、ファイア符号も巡回符号である。

(c) BCH 符号について

この符号は、1959 年オッケンジェム (Hocquenghem) によって、1960 年にボーズ (Bose) とチャドリー (Chandhuri) によって独立に発見されたもので、この 3 人の頭文字をとって BCH 符号と名づけられている。1949 年に発見されたゴレー符号も BCH 符号の範ちゅうに入る。

表 3.2.1 各種誤り訂正符号の特徴

誤り訂正符号		特 徴	ランダム誤り	バースト誤り
ブロック符号	ハミング符号 (Hamming code)	- 誤り訂正能力：1ビット - 完全符号 - 符・復号化が簡単かつ高速動作（図 3.2.7 参照） - 用途：主メモリなど	○	
	巡回符号	- 誤り訂正能力：1ビット以上のランダム誤り又はバースト誤り - 符・復号化はシフトレジスタにより行なわれる（図 3.2.8 参照） - ブロック符号の大きな分野を占める（BCH符号が有名） - 用途：磁気テープなど	○	○
	BCH符号	- 誤り訂正能力：1ビット以上 - 符号化率が高い - 誤り訂正機構が複雑。但し、誤り検出のみの場合は符号化回路とほとんど同一の簡単な回路 - 用途：データ通信の誤り検出、MARISATの誤り検出	○	
	多数決論理復号符号	- 誤り訂正能力：1ビット以上 - 符号化率が低い（付加すべき冗長ビットの数が大きい） - 符・復号化が簡単（図 3.2.9 参照） - 高速復号が可能	○	
	ファイア符号 (Fire code)	- 誤り訂正能力：バースト誤り： - 高速復号が可能 - 用途：磁気ディスクなど（巡回符号）		○
たたみ込み符号	ワイナ・アッシュ符号 (Wyner-Ash code)	- 誤り訂正能力：1ビット - ハミング符号に類似 - 図 3.2.10 参照 - 文献 5 参照	○	
	自己直交符号	- 誤り訂正能力：1ビット以上 - しきい値復号法 - 図 3.2.11 参照 - 用途：衛星通信	○	
	ハーゲルバーガ符号 (Hagelbarg code)	- 誤り訂正能力：バースト誤り： - 岩垂 符号より復号器のハードウェア量大 - 図 3.2.12 参照		○
	岩垂符号 (Iwadare code)	- 誤り訂正能力：バースト誤り： - しきい値復号法 - ハーゲルバーガ符号よりガードスペースが短い - 図 3.2.13 参照		○
	拡散符号	- 誤り訂正能力：1ビット以上のランダム誤りとバースト誤り - しきい値復号法 - フェージング通信路等に適用性有	○	○
	(逐次復号法)	- 最尤復号法の近似 - 復号器は複雑、高価 - 用途：深宇宙通信	○	
	(最尤復号法)	- 理論的に最も能率の良い復号法（ベイタビ復号法として知られている） - 復号器は逐次復号法より複雑、高価 - 短い符号に対して実用的 - 用途：衛星通信など	○	

表 3.2.2 代表的誤り訂正符号の構成と誤り訂正能力

(n, k) BCH 符号			バースト誤り訂正 (n, k) 短縮巡回符号			(n, k) 自己直交符号				(n, k) ハーゲルバーガ符号			
n	k	t	n	k	b	n	k	t	m	n	k	b	g
15	11	1	15	9	3	2	1	2	14	2	1	2	7
15	7	2	15	10	2	2	1	3	36	2	1	4	15
15	5	3	19	11	4	2	1	4	72	2	1	6	23
31	26	1	27	15	5	3	2	2	42	3	2	3	26
31	21	2	27	20	3	3	2	3	120	3	2	6	53
31	16	3	38	24	7	3	2	4	237	3	2	9	80
63	57	1	38	29	4	4	3	2	80	4	3	4	47
63	51	2				4	3	3	248	4	3	8	95
63	45	3				4	3	4	512	4	3	12	143
t ビットランダム誤り訂正符号			b ビットバースト誤り訂正符号			拘束長 m ビットの t ビットランダム誤り訂正符号				ガードスペース g の b ビットバースト誤り訂正符号			

(d) たたみ込み符号の復号法について

たたみ込み符号はある意味ではその復号法で特徴づけられる。この復号法には、

しきい値復号法

最尤(さいゆう)復号法

逐次復号法

がある。

(i) しきい値復号法

しきい値復号法の場合、誤り訂正は拘束長に関連する数のシンδροームからなるシンδροーム系列を検査し、シンδροーム系列の中の症候“1”の数があるしきい値を越えたときに誤りと判定し訂正を行う。表 3.2.1 のワイナ・アッシュ符号から拡散符号まではしきい値符号法で復号される。

(ii) 最尤(さいゆう)復号法(ヴィタビ復号法)

最尤復号法は、maximum likelihood decoding の訳であるが、ヴィタビ(Viterbi)によって求められたもので、他の復号法がその符号の訂正可能な数以上の誤りに対しては訂正ができないだけでなく、復号誤りを生じることがあるのに対して、この復号法は誤りが多い場合にも最も近いと思われる符号を選び出すので誤りの大部分を訂正することができる(もちろん、誤りが少ないときには完全に訂正を行う)。この復号器は非常に複雑であるが、比較的短いたたみ込み符号に対しては実用性があるので、米軍などで使用されている。

これに使われている符号には特別な名称についていないようである。

(iii) 逐次復号法

逐次復号法は、ウォゼンクラフト(Wozencraft)によって提案されたもので、最尤復号法と同様に誤りの多い場合には最も近いと思われる符号を選ぶように考えられているが、最尤復号法に対する近似となっている。最尤復号法はそのハードウェアが符号長とともに指数関係的に増大し、極めて高価になるのに対して、逐次復号法はそれを適当なコストで実現するように近似するものである。

(4) 誤り訂正符号の代数的表現

(a) ブロック符号

符号長 n 、情報点数 k の (n, k) ブロック符号を C とする。符号語を $\omega = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 入力情報系列を $m = (m_1, m_2, \dots, m_k)$ とすると、符号語は、

$$\omega = mG \quad (1)$$

で表わされる。ここで、 G は生成行列と呼ばれる n 行 k 列の行列である。

また、

$$\omega H^T = 0 \quad (2)$$

ここで、 H^T は H の転置であり、 H はパリティ検査行列と呼ばれる n 行 $(n-k)$ 列の行列である。

G と H の間には

$$GH^T = HG^T = 0 \quad (3)$$

なる関係があり、 G あるいは H が与えられると符号 C が定まる。

誤りパターンを $e = (e_1, e_2, \dots, e_n)$ 、受信系列を $r = \omega + e = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ とすると

$$\begin{aligned} r H^T &= (\omega + e) H^T \\ &= e H^T \\ &= s \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、 s はシンジロームと呼ばれる $(n-k)$ 次元ベクトルである。もし受信系列 r に誤りが存在しなければ $s = 0$ 、そうでなければパリティ検査行列 H (または生成行列 G) および誤りパターン e に従い、ある種のパターンとなる。この s によって誤りの有無、および誤り訂正が可能となる。

誤り検出あるいは誤り訂正能力を表わすものに最小距離という概念が用いられる。符号 C において全ての符号語の対を考えたとき、任意の2つの符号語の異なる成分の数の最小値を符号 C の最小距離 $d_{\min}$ と言う。

可能な誤り訂正数および誤り検出数をそれぞれ t_1 、 t_2 とすると

$$d_{\min} \geq 2t_1 + 1 \quad (5)$$

$$d_{\min} \geq t_2 + 1 \quad (6)$$

なる関係が成立する。また、最小距離 $d_{\min}$ が

$$d_{\min} \geq 2t_1 + \ell + 1$$

を満たすとき、符号 C は t_1 個以下の全ての誤りを訂正し、 $t_1 + 1$ から $t_1 + \ell$ 個までの誤りを検出することができる。

$R = k/n$ は符号の能率を表わすもので符号化率 (code rate) と呼ばれる。

(b) たたみ込み符号

たたみ込み符号もブロック符号と同様にパリティ検査行列 H あるいは生成行列 G によって表現することができる。

ブロック長 n_0 、情報点数 k_0 の (n_0, k_0) たたみ込み符号の符号ベクトルを u 、パリティ検査行列を H_∞ (次数半無大) とすると

$$u = (u_0(1), u_0(2), \dots, u_0(n_0), u_1(1), u_1(2), \dots, u_1(n_0), \dots) \quad (1)$$

$$H_\infty = (B_0 \ B_1 \ B_2 \ \dots) \quad (2)$$

$$u H_\infty^T = 0 \quad (3)$$

なる関係が成立する。ここで、 H_∞^T は H_∞ の転置、 B_m は B_0 を m 行下にずらしたものである。

また、誤りベクトルを e とすると、

$$e = (e_0(1), e_0(2), \dots, e_0(n_0), e_1(1), e_1(2), \dots, e_1(n_0), \dots) \quad (4)$$

となる。受信ベクトル ω は $\omega = u + e$ から求まり

$$\omega = (r_0(1), r_0(2), \dots, r_0(n_0), r_1(1), r_1(1), \dots, r_1(n_0), \dots) \quad (5)$$

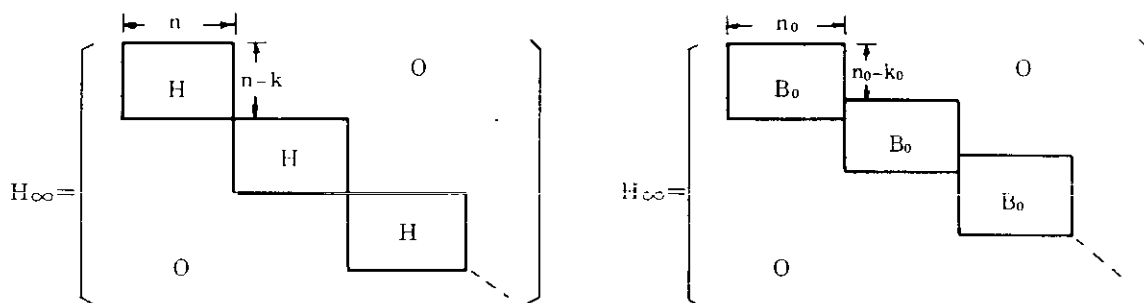
シンδροーム s は

$$s = \omega H_{\infty}^T = (u + e) H_{\infty}^T = e H_{\infty}^T \quad (6)$$

で定義される。

式(6)からわかるように、 $e = 0$ の場合は $s = 0$ となるが、 $e \neq 0$ の場合には、シンδροーム s はブロック符号と同様に H_{∞} および e に従い、ある種のパターンとなる。これを用いて誤りを訂正することが可能となる。このように、パリティ検査行列は符号の特性を定める最も重要な要素となっている。即ち、パリティ検査行列を見ることにより訂正能力、符号器、復号器の構成等が決定される。

また、ブロック符号とたたみ込み符号の相異も図 3.2.6 に示すようにパリティ検査行列より明らかである。



ブロック符号のパリティ検査行列

たたみ込み符号のパリティ検査行列

図 3.2.6 パリティ検査行列

(c) ブロック符号とたたみ込み符号の例

(i) (n, k) ハミング符号

符号長	$n \leq 2^m - 1$
検査点数	$m = n - k$
誤り訂正能力	$t = 1$

* 符号誤 (n ビット) 内の 1 ビットの誤りが訂正可能

《例》 (7, 4) ハミング符号

$$\text{パリティ検査行列} \quad H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{生成行列} \quad G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

訂正過程を図 3.2.7 に示す。

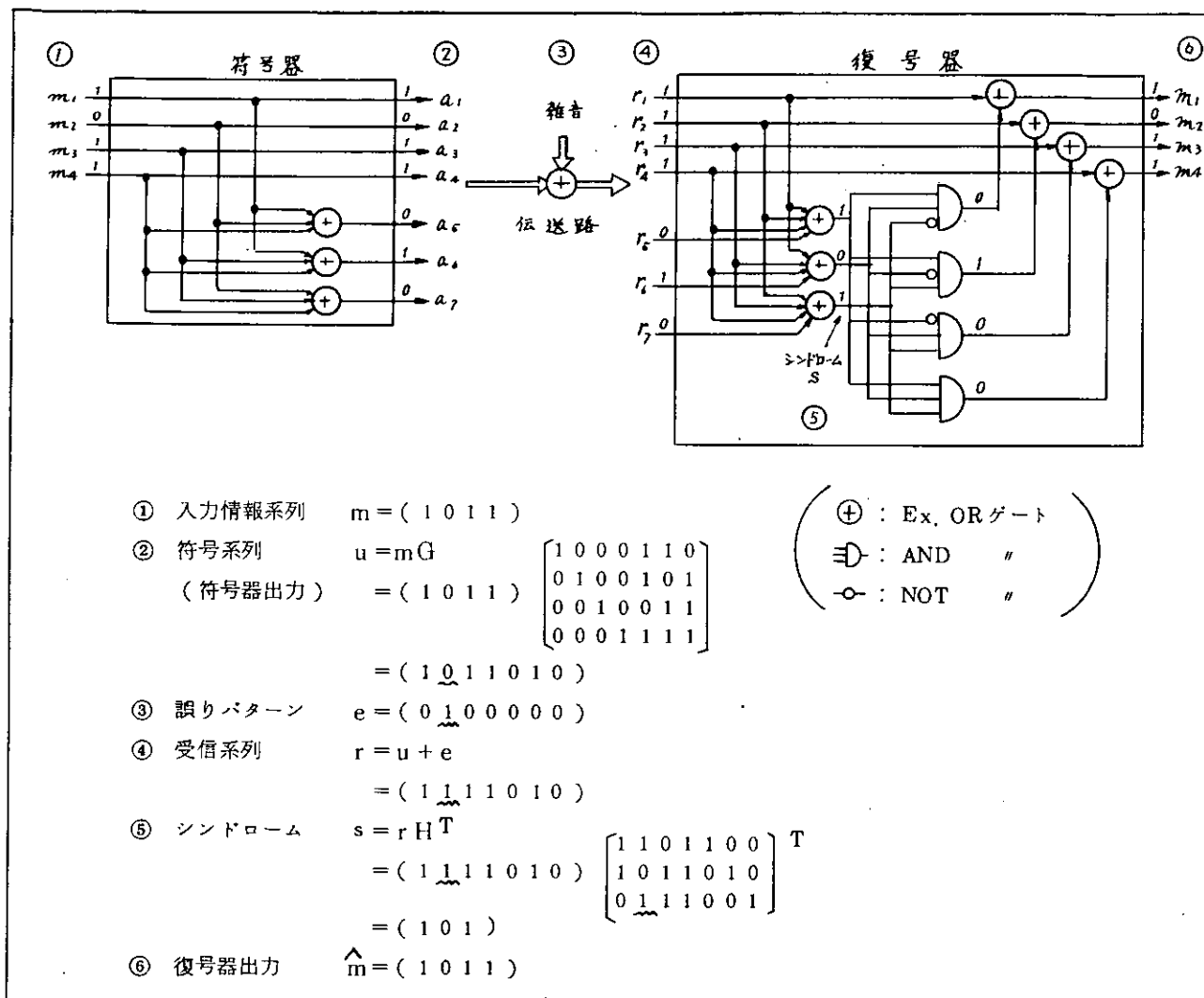


図 3.2.7 (7,4) ハミング符号の誤り訂正過程

(ii) (n, k) 巡回ハミング符号

符号長 $n \leq 2^m - 1$

検査点数 $m = n - k$

誤り訂正能力 $t = 1$

* 符号語 (n ビット) 内の 1 ビットの誤りが訂正可能

《例》 (7,4) 巡回ハミング符号

生成多項式 $G(X) = 1 + X + X^3$

訂正過程を図 3.2.8 に示す。

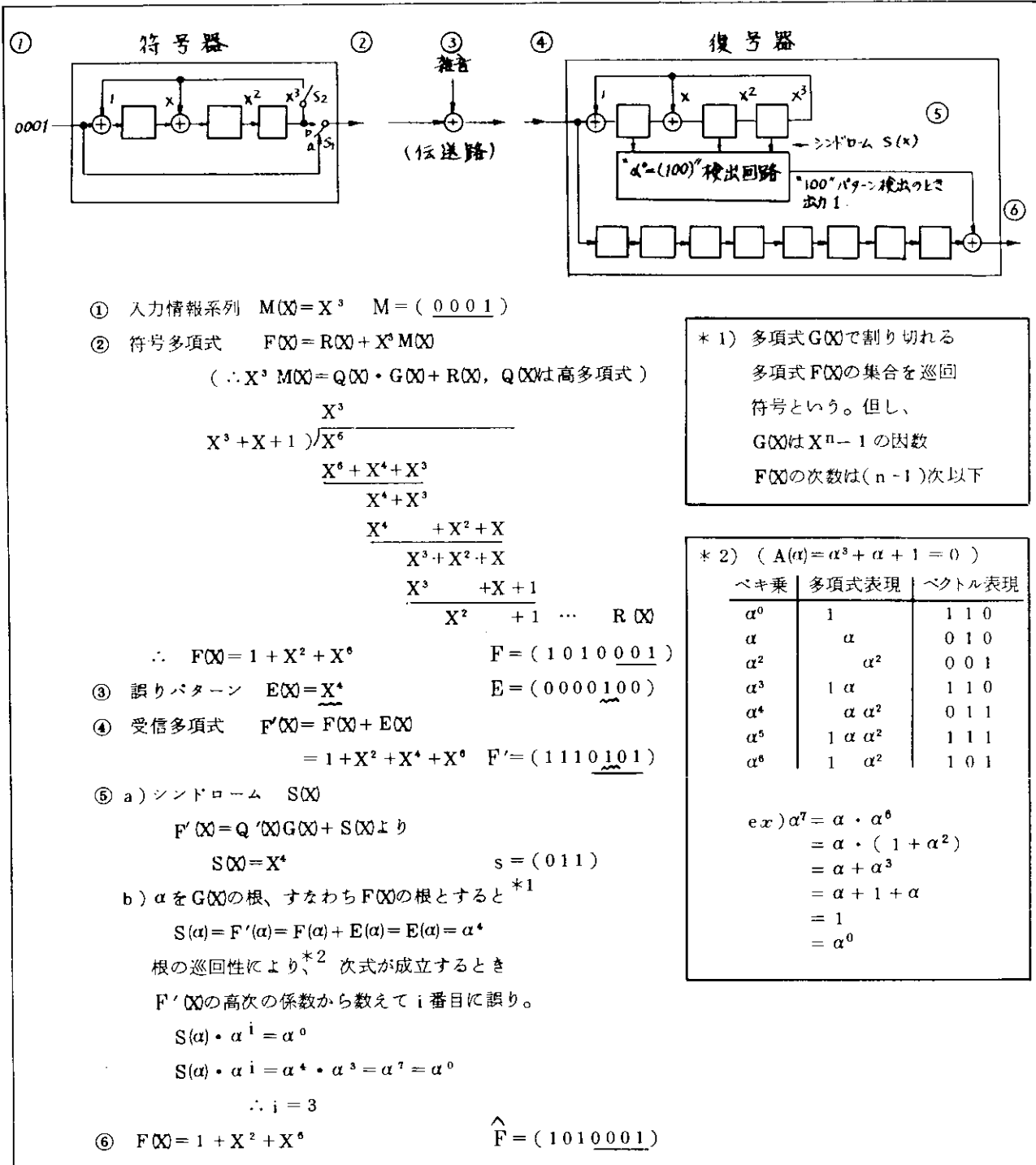


図 3.2.8 (7.4) 巡回ハミング符号の誤り訂正過程

(iii) 多数決論理復号可能な符号

《例》(15, 7)巡回符号, $G(X) = 1 + X^4 + X^5 + X^7 + X^8$

パリティ検査行列 $H =$

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

符号語(15ビット)内の2ビット以下のランダム誤りを訂正することが可能。 図3.2.9参照。

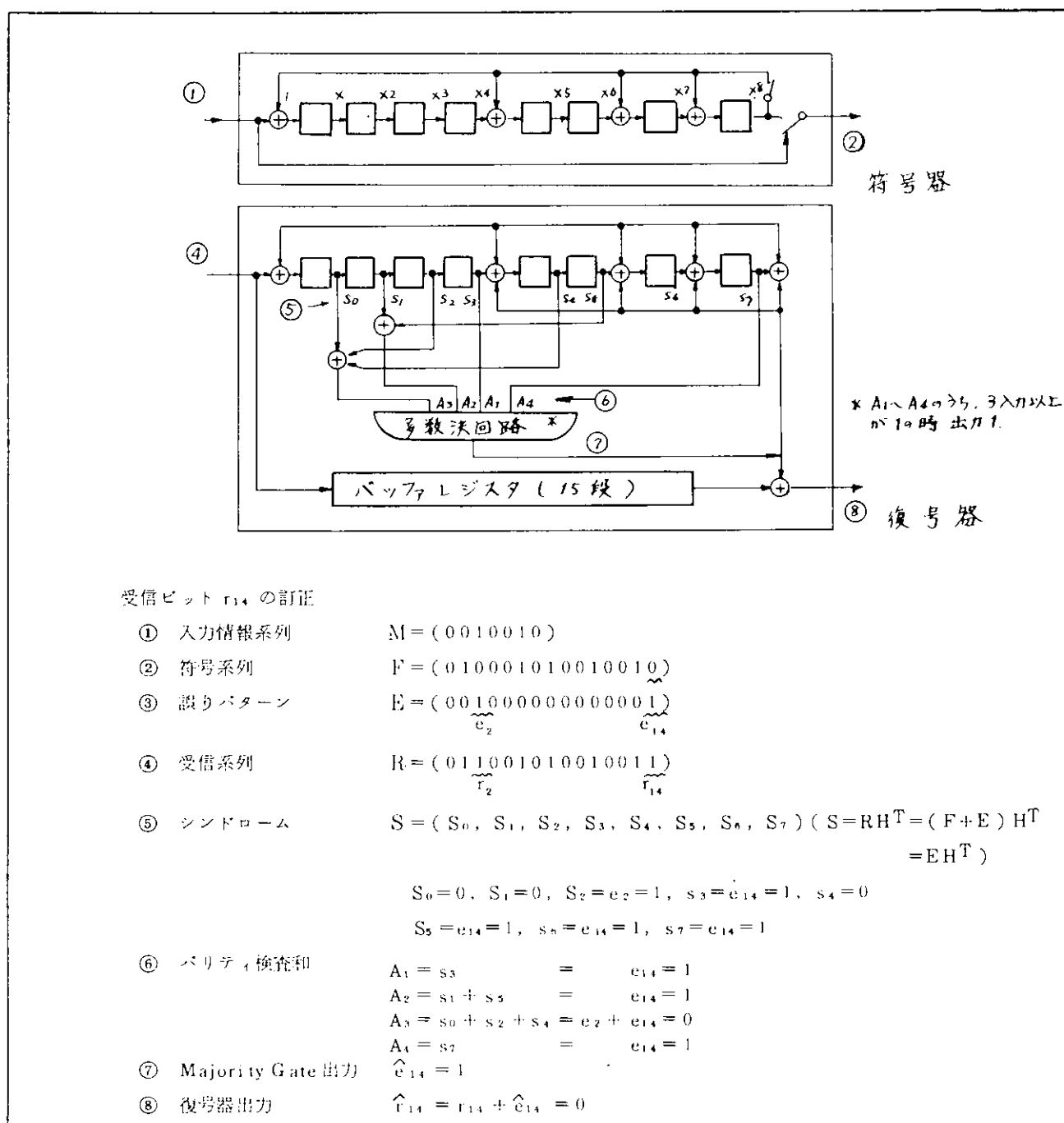


図 3.2.9 (15, 7)巡回符号の多数決論理復号法による誤り訂正過程

(Ⅳ) (2.1) ワイナ・ブッシュ符号

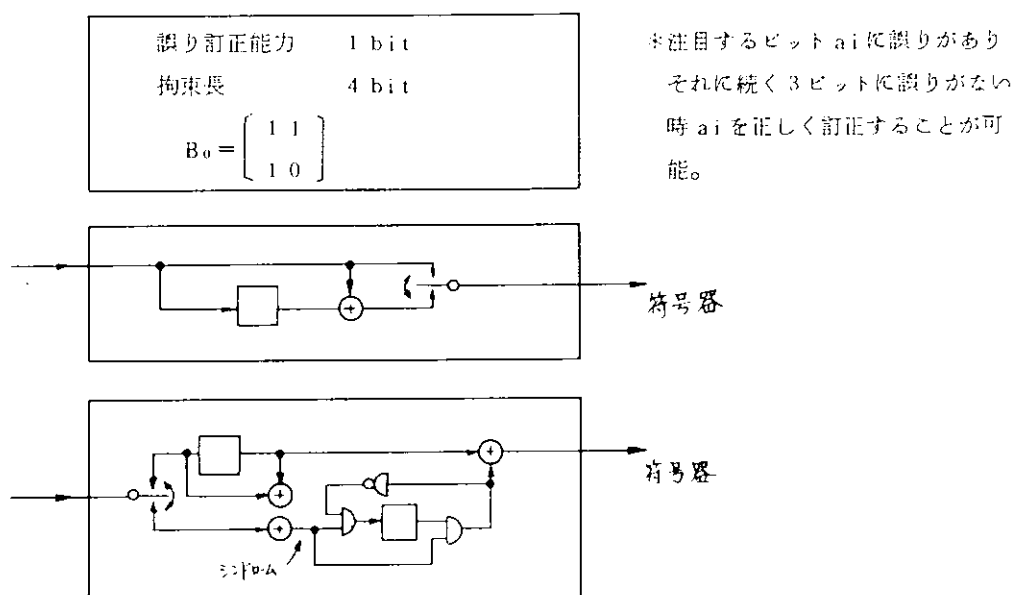


図 3.2.10

(Ⅴ) (2.1) 自己直交符号

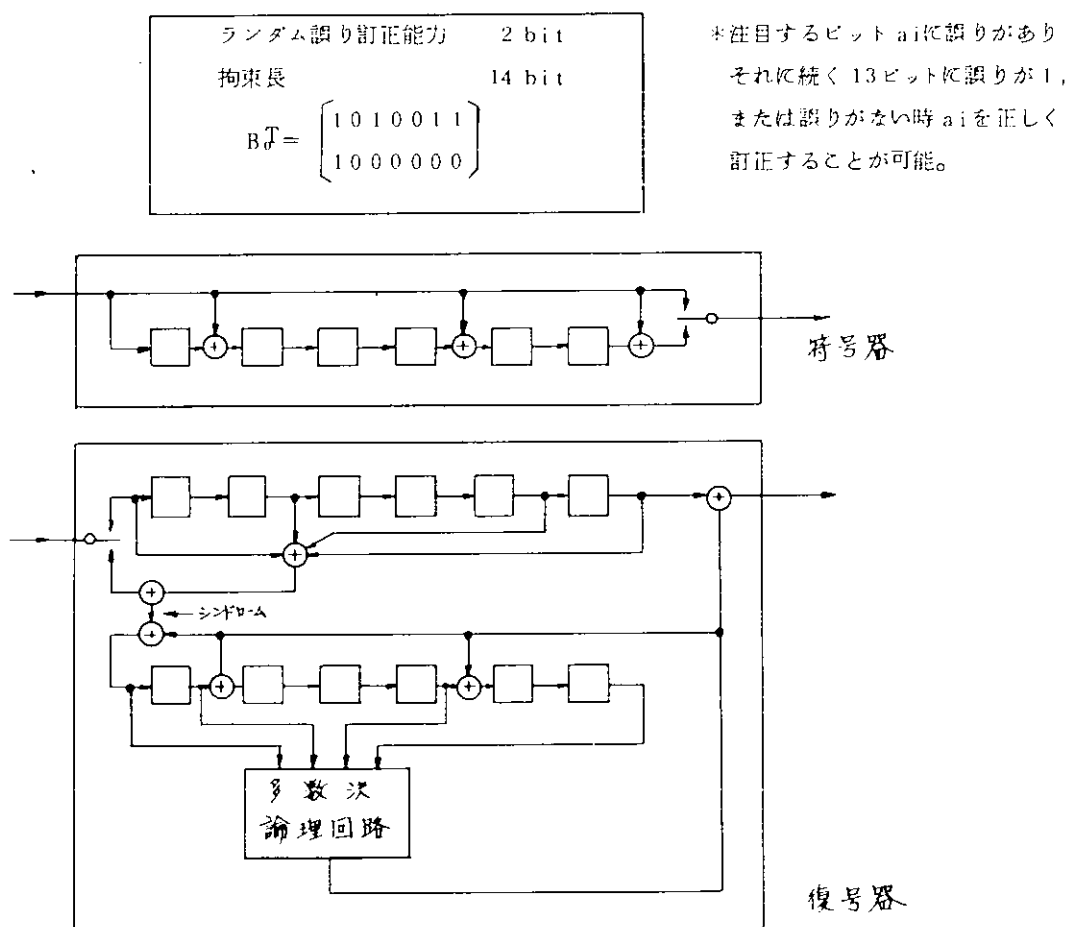


図 3.2.11

(M) (2,1) ハーゲルバーガ符号

バースト誤り訂正能力	4 bit
ガードスペース	13 bit
$B_0^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	

*注目するビット a_i に誤りがあり、後続する $a_{i+4}, \dots, a_{i+17}$ の13ビットに誤りがない時、連続したビット $a_i, \dots, a_{i+3}$ の中の4ビット以下の誤りを正しく訂正することが可能

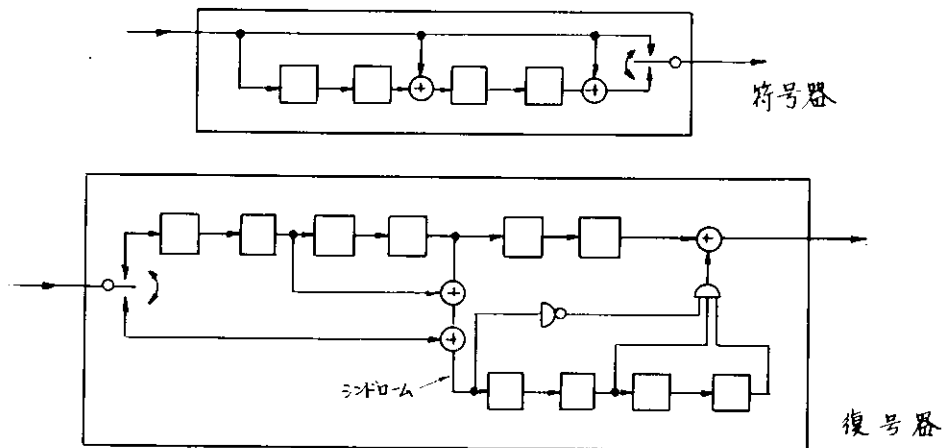


図 3.2.12

(VII) (3,2) 岩垂符号

バースト誤り訂正能力	3 bit
ガードスペース	26 bit
$B_0^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	

*注目するビット a_i に誤りがあり、後続する $a_{i+3}, \dots, a_{i+29}$ の26ビットに誤りがない時、連続したビット a_i, a_{i+1}, a_{i+2} の中の3ビット以下の誤りを正しく訂正することが可能。

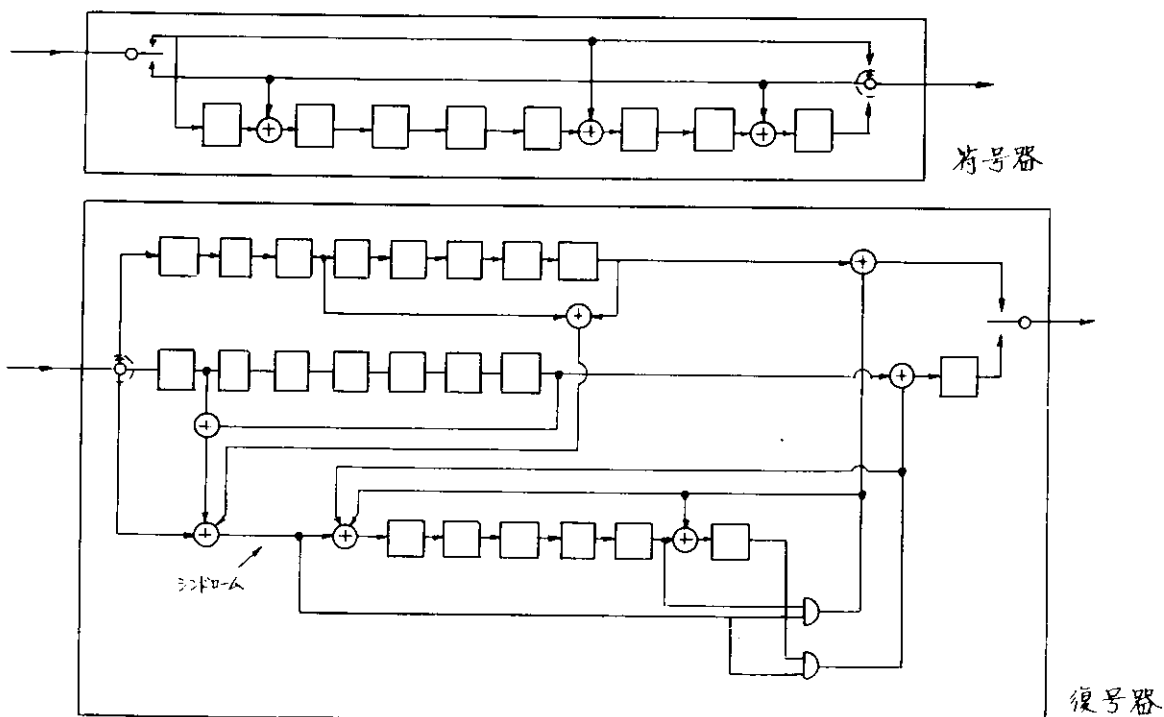


図 3.2.13

3.2.4 文 献

- 1) C. E. Shannon : "A Mathematical Theory of Communication," B. S. T. J., Vol 27, No 3 / No 4, pp. 379 ~ 423 / pp. 623 ~ 656 (July / Oct 1948)
- 2) 宮川, 岩垂, 今井 : 「符号理論」, 昭晃堂 (昭和 48 年)
- 3) 嵩, 都倉, 岩垂, 稲垣 : 「符号理論」, コロナ社 (昭和 50 年)
- 4) 田中 : 「広い分野で盛んに使われ始めた誤り訂正符号」, 日経エレクトロニクス, No 123, pp. 37 ~ 65 (昭和 50 年 12 月 15 日)
- 5) S. Lin : "An Introduction to Error-Correcting Codes," Prentice-Hall (1970)

3.3 誤り訂正符号の評価

デジタル通信システムにおける誤り訂正符号の最も基本的な能力は、1 情報ビット当たりのエネルギー対雑音電力密度 E_b/N_0 に対する誤り率によって評価することができる。またシステム設計の際には、誤り訂正符号を用いることによるハードウェア量の増加、所要伝送帯域あるいは送信電力制限に関連する問題を考える必要がある。ここでは、ビット誤り率対 E_b/N_0 、 C/N_0 および C/N と E_b/N_0 との関係、およびたたみ込み符号のハードウェア量について述べる。

3.3.1 ガウス通信路におけるビット誤り率

デジタル通信システムにおける誤り訂正符号のふるまいは、符号化方式それ自身では定まらず、通信路の特性、および変調方式と符号化方式との組合せにより求められる。一応ここでは、通信路の特性としては最も基本的なモデルとなっているガウス通信路、すなわちランダム誤りが支配的な通信路について考える。

図 3.3.1 は、たたみ込み符号 (表 3.3.1 参照) の 4 相 DPSK に対するビット誤り率の改善特性である (文献 1)。インタリーブは DPSK に特有の最大 4 ビットバースト誤りの影響を除去するために使用している。この図は復号器入力における誤り率と出力における誤り率の関係を表わしたものであり、伝送路の帯域とか必要な信号電力対雑音電力比等の関係を全て無視している。従ってこの図だけではどの符号化方式が優れているかということと比較することはできない。この図を基にして、自己直交符号およびワイナ・アッシュ符号について、上述した誤り率と信号電力対雑音電力 (ここでは E_b/N_0) との関係を求めたのが図 3.3.2 である (文献 1)。図中では $R = 7/8$ の自己直交符号の特性が最も良く、例えば 1×10^{-3} の誤り率を得るのに必要な E_b/N_0 は符号化なしの場合に対して約 2 dB 少なくても良い (これを符号化利得と呼ぶ)。また、この時の伝送帯域は符号化なしの場合に対して $8/7$ 倍広くするだけで良い。

図 3.3.3 は、ブロック符号の多相 CPSK に対するビット誤り率である (文献 2)。(127, 114) BCH 符号 (誤り訂正能力 $t=2$) を用いた 16 相 PSK は、ビット誤り率 10^{-6} 付近で符号化なしの 8 相 CPSK の場合とほぼ等しいかそれ以下の E_b/N_0 で良いことがわかる。この符号を用いた場合の 16 相 PSK の伝送帯域は、後述する式 (3.3.2) より、符号化なし 8 相 PSK の伝送帯域の約 0.84 倍である。

これまでの評価は、誤り率対 E_b/N_0 という形で表現されている。 E_b は受信機入力における 1 情報ビット当たりの信号電力、 N_0 は受信機入力における単位周波数当たりの雑音電力である。 E_b/N_0 による評価は、符号化による伝送路のデータ速度の増大と変調方式の影響の両方の効果が包括されたものであり、符号化方式と変調方式の組合せが異なる場合の性能比較を最も端的に行うことができる。

C/N_0 および C/N と E_b/N_0 との関係を求めてみる。符号化率を R 、符号化前の 1 情報ビットの長さを T_b (秒)、符号化後の 1 ビットの長さを $T = R T_b$ (秒)、多相 PSK の相数を $M = 2^m$ 、および受

信号電力をCとすれば、 $E_b = C T_b$ より

$$\frac{C}{N_0} = \frac{E_b}{N_0} \cdot \frac{1}{T_b} \quad \dots\dots\dots (3.3.1)$$

となり、 C/N_0 と E_b/N_0 は一定の係数 $1/T_b$ を無視すれば等価である。次に、ビット長Tの信号をM相($M=2^m$)の多相PSKで送信するとすれば、理想的伝送路の等価雑音帯域はシンボルレートに等しく

$$BW = \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{m} \quad \dots\dots\dots (3.3.2)$$

で与えられるので、受信信号電力対等価雑音帯域内の雑音電力比 C/N は次式で表わされる。

$$\frac{C}{N} = \frac{C}{N_0 \cdot BW} = \frac{E_b}{N_0} \cdot \frac{T}{T_b} \cdot m = \frac{E_b}{N_0} \cdot R \cdot m \quad \dots\dots\dots (3.3.3)$$

C/N と E_b/N_0 は、 C/N_0 と E_b/N_0 の関係と同様に、一定の係数Rおよびmを無視すれば等価である。

3.3.2 ハードウェア量

表3.3.1に示すたたみ込み符号の符・復号器のハードウェア量を表3.3.2に示す(文献1)。

ここでは符・復号化に要するタイミング回路等の付属的な部分は全て除外した場合のフリップ・フロップの所要数によってハードウェア量を表わしている。これらの表からわかるように、一般に符号化率Rが大きいほど、また訂正可能なバースト長およびランダム誤り数が大きいほどハードウェア量は増大する。

表3.3.3は自己直交符号の符・復号器に使用された全IC数を表わしたものである。

変復調装置と符・復号器とのハードウェア量の比較の参考例としてSCPC装置の一例を示すと、4相DPSK MODEMと $R=3/4$ の自己直交符号の符・復号器とのプリント板の占有面積比はだいたい4:1.5となっている。

3.3.3 検 討

商用衛星通信における誤り訂正符号の応用は、実験段階を経て実用化の段階に入りつつある。符号としては、ある程度の改善が得られ、装置化が簡単であることなどから、3.2に例として掲げたようなしきい値復号法による自己直交符号が使用される傾向にある。例えばSCPC方式やSPADE方式にはすでに実用化されており、近い将来商用として実現されるであろうTDMAシステムにもこの符号が提案されている。今後実用化される商用衛星通信には、ほとんど自己直交符号が使用されるものと考えられる。

海事衛星においては、これまで述べてきたような固定衛星通信における通信路と同様にガウス通信路、すなわちランダム誤りが支配的な通信路と看做される保証はなく、これまでに述べた誤り訂正符号が適用可能とは言いきれない。すなわち海事衛星に特有な海面反射の影響などを考慮した符号化方式について考えなければならない。この問題については3.4において検討を行う。

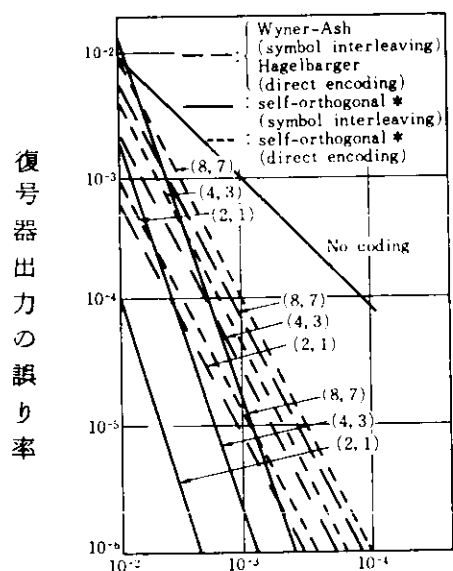
3.3.4 文 献

- 1) I. Matushita, Y. Tsuji, Y. Sohma: "Application of Error-Correcting Codes to TDMA Satellite Communications," FUJITSU Scientific and Technical Journal, Vol. 9, No. 3, pp. 87~109 (Sept. 1973)
[同著者、同標題でIEEE International Conference on Communications, 1973, pp. 31-7~]

31-12にも発表)。

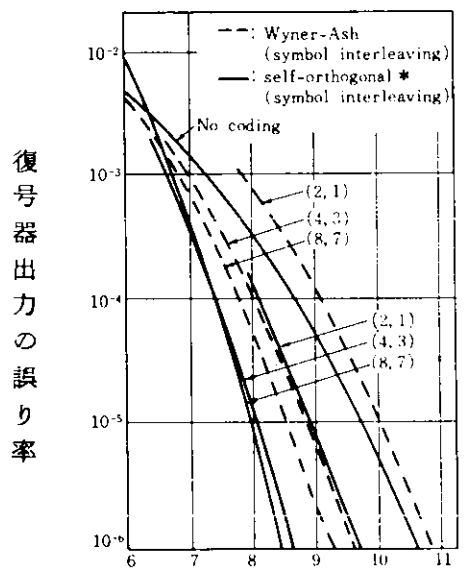
または、松下、辻、相馬：「誤り訂正符号のTDMA通信方式への適用」、信学通信方式研、CS73-71(昭和48年9月)。

2) 嵩、都倉、岩垂、稲垣：「符号理論」、コロナ社(昭和50年)。



復号器出力の誤り率
復号器入力の誤り率
(4相DPSK)

図 3.3.1 誤り訂正符号による改善(1)
— 入力誤り率対出力誤り率 —



復号器出力の誤り率
 E_b/N_0 (dB)
(4相DPSK)

図 3.3.2 誤り訂正符号による改善(2)
— E_b/N_0 対誤り率 —

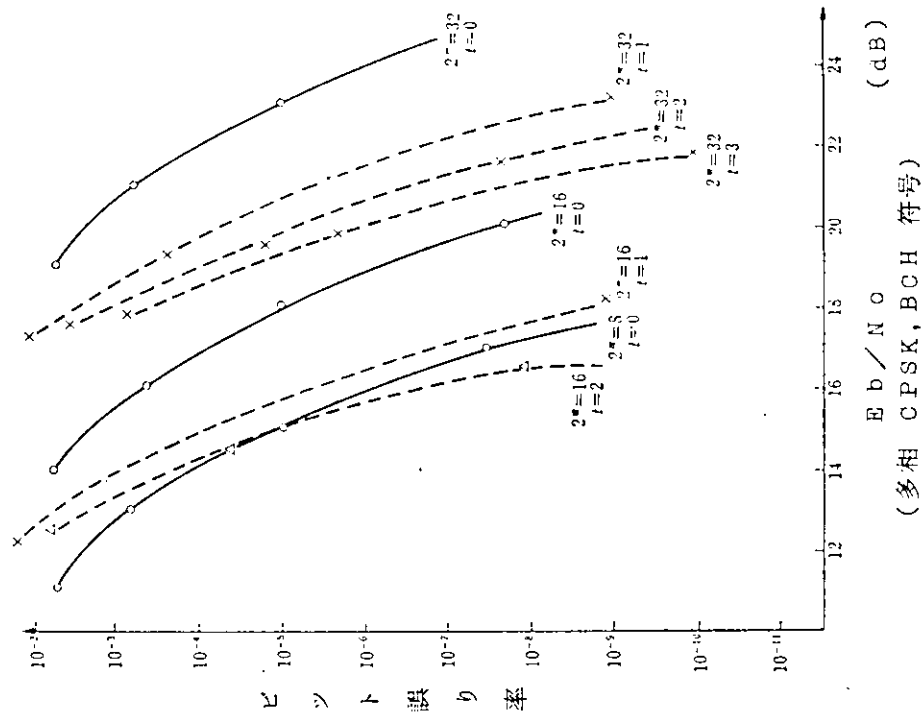
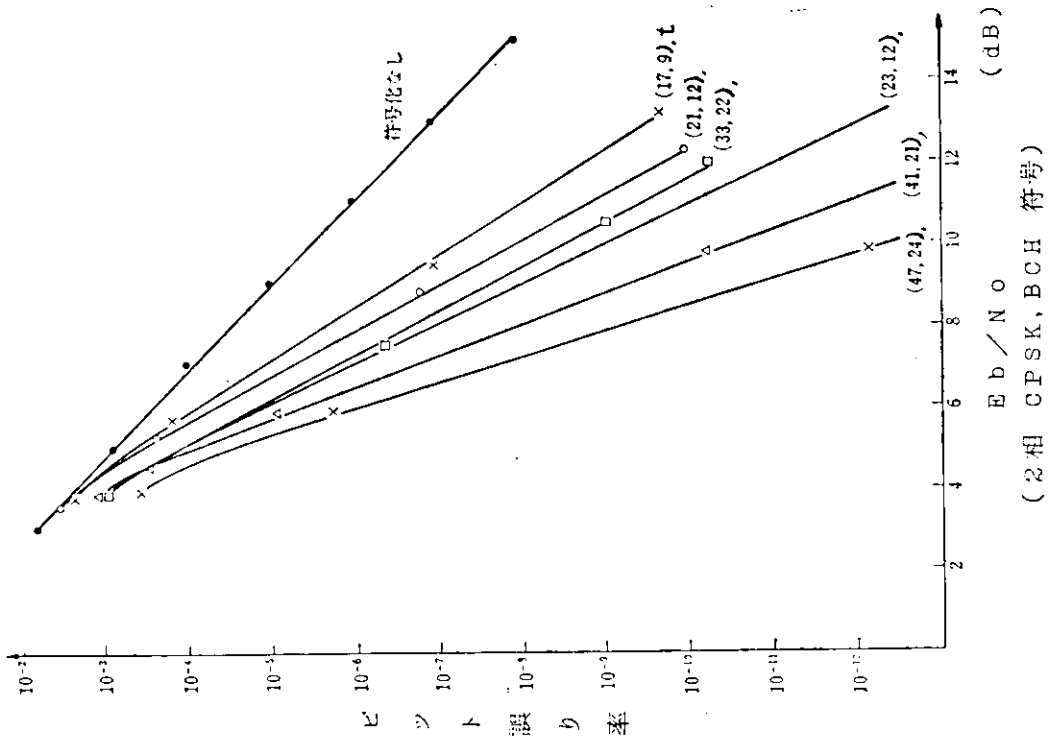


図 3.3.3 ブロック符号のビット誤り率

表 3.3.1 たたみ込み符号

符号 \ 符号化率 R	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
ワイナ・アッシュ符号	t = 1 N = 4	t = 1 N = 12	t = 1 N = 24
自己直交符号	t = 2 N = 14	t = 2 N = 80	t = 2 N = 96
ハーゲルバーガ符号	b = 4 g = 13	b = 4 g = 47	b = 8 g = 255

t : 誤り数, N : 拘束長

b : 誤りバースト長, g : ガードスペース

表 3.3.2 符・復号器の所要フリップ・フロップ数

符号 \ 符号化率 R	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
ワイナ・アッシュ符号	23	43	87
自己直交符号	14	45	249
ハーゲルバーガ符号	51	209	873

表 3.3.3 自己直交符号の符・復号器の全使用 IC 数

符号化率	IC 数	備考
$\frac{1}{2}$	17	COMSAT
$\frac{3}{4}$	50	
$\frac{3}{4}$	89*	SCPC システムの一例
$\frac{7}{8}$	123*	

*インタフェースを含む

3.4 海事衛星特有の問題の検討

海事衛星通信における重要な問題の一つは、海面反射によるフェージングがあるために通信回路の品質劣化を招くことである。特にデータ通信が行われるような場合には、常時高品質の通信回線を確保することが要求されるため、システムの高信頼化を図るための何らかのフェージング対策を行う必要がある。その一つとして誤り訂正符号の適用が考えられる。ここでは、そういう場合の誤り訂正符号の性能を検討した下記3論文について調査した結果を述べる。

- 1) D. Chase : "Digital Signal Design Concepts for a Time-Varying Rician Channel," IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-24, No.2, pp. 164 ~ 172 (Feb. 1976).
- 2) S. G. Wilson, R. W. Sutton, E. H. Schroeder : "Differential Phase-Shift Keying Performance on L-Band Aeronautical Satellite Channels: Test Results and a Coding Evaluation," IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-24, No.3, pp. 374 ~ 380 (March 1976).
- 3) J. W. Modestino, S. Y. Mui : "Convolutional Code Performance in the Rician Fading Channel," IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-24, No.6, pp. 592 ~ 606 (June 1976).

3.4.1 海事衛星における通信路

海事衛星通信システムにおける通信路は、船舶の移動、船体の動揺等による受信レベルの変動の故にある種のフェージングを受けているとみなすことができる。更にまた、低仰角の場合には海面反射によるマルチパスが大きな問題となる。

通常、非常に多くの散乱体からの反射成分が受信され、その振幅がほぼ等しく、かつ位相がランダムで互いに独立に変化するとみなされる通信路は、中央極限定理によりその受信信号の直交成分がガウス分布となっているので、信号にガウス雑音が乗せられた乗積的雑音通信路、いわゆる、受信信号の包絡線分布がレイリー分布を成すレイリーフェージング通信路として取り扱われる。ところが、海事衛星の場合のように直接波に対して海面から散乱してくるマルチパス反射がある通信路においては、強勢な一定成分があるために総合分布は中央極限定理に従わなくなる。このような通信路、すなわち一定成分と散乱成分がある通信路は、受信信号の包絡線分布がライス分布を成すことからライスフェージング通信路と呼ばれている。ここで調査した論文はいずれも通信路をライスフェージング通信路として取り扱っている。

コヒーレント成分となるような海面反射を考えた場合の誤り訂正符号の効果を検討した論文は見当らなかった。

3.4.2 ライスフェージング通信路における誤り訂正符号の効果

3.3において述べたように、誤り訂正符号の評価は符号化方式と変調方式との組合せ、および通信路の特性によって決まる。従って、どの符号が適切であるかは簡単には判断し得ない。そこでここでは、ライスフェージング通信路における 2ϕ DPSK, CPSK, および $2f$ FSK と2.3の符号との組合せに対するビット誤り率対 E_b/N_0 についての文献を紹介し、最後にこれらの比較と考察を行う。

- (I) (24, 12)ゴレー符号を用いた 2ϕ DPSK, $2f$ FSKのビット誤り率 [文献1]

(a) 符号化なしの場合

ライスフェージング通信路における符号化なし 2ϕ DPSK および $2f$ FSK のビット誤り率を図3.4.1に示す。パラメータ γ は直接波エネルギーと散乱波エネルギーとの比(dB表示)である。 $\gamma = \infty$ はフェージングの存在しない通常のガウス通信路、 $\gamma = 0$ は直接波エネルギーと間接波エネルギーが等しい状態を表わす。また ρ は散乱波成分の2シンボル間の相関係数であり、フェージング帯域幅 B に対して $\rho \approx 1 + (\pi^2 B^2 T^2 / 2)$ で表わされる。ここに T は1ビット長、 f は情報伝送速度であ

り、 $f = R/T$ ，ここに R は符号化率。

図において、 $\gamma = \infty$ 、すなわち通常のガウス通信路における DPSK と FSK の差は 3 dB である。また γ が小さい所、すなわちフェージングによる劣化が激しいところでは、ある E_b/N_0 以上で DPSK の特性は FSK より劣っている。これは 2 ϕ DPSK に特有の連続した 2 ビット誤りの影響によるものである。

(b) 符号化を行った場合

ライスフェージング通信路において符号化を行った場合の 2 ϕ DPSK および 2 f FSK のビット誤り率を図 3.4.2 に示す。

この図は、符号語内の誤りが独立となるようにインタリーブを施した場合の特性である。(24, 12) ゴーレイ符号は、符号語(24 ビット)内の 3 ビットまでのランダム誤りを正しく訂正することができる符号である。

DPSK, FSK いずれの場合においても、符号化を行うことによる効果が、特に γ が小さいほど、非常に顕著であることがわかる。ただ、この特性は理想的なインタリーブを施した場合の特性であることに注意する必要がある。全ての γ にわたり DPSK の特性が FSK より優っているが、これはインタリーブによって符号化なしの場合の連続した 2 ビット誤りの影響が除去されているからである。インタリーブの効果はこれだけではなく、より重要なことは、フェージングによる 3 ビット以上のバースト性の誤りをも他の符号語のビットに分散させることによって、復号器が誤りビットを正しく訂正することを助けているということである。このことは、符号の誤り訂正能力(3 ビット)以上のランダム誤りが生じた場合にも同じことが言える。 $\gamma = 0$ における DPSK に対するインタリーブの効果を図 3.4.3 に示す。

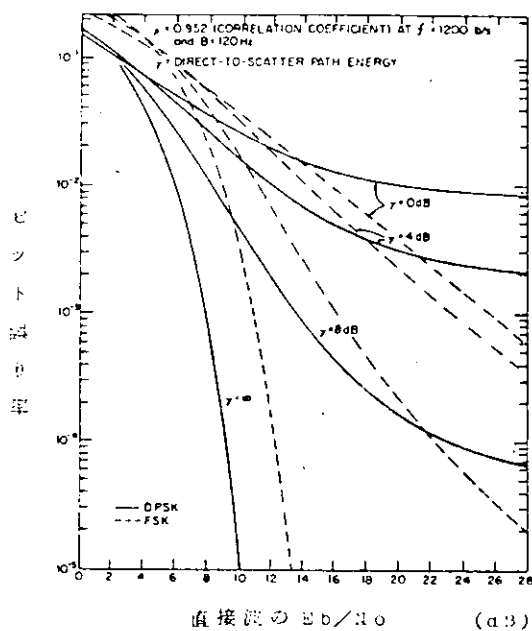


図 3.4.1 ライスフェージング通信路
における DPSK と FSK の誤り率 (1)
— 符号化しない場合 —

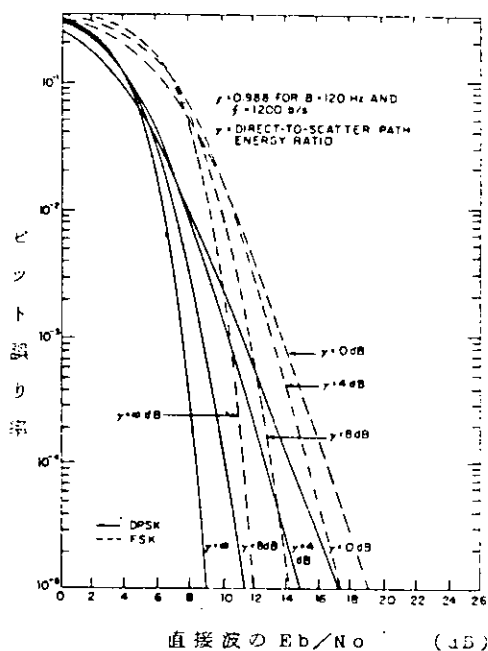


図 3.4.2 ライスフェージング通信路
における DPSK と FSK の誤り率 (2)
— (24, 12) ゴーレイ符号、インタリーブの場合 —

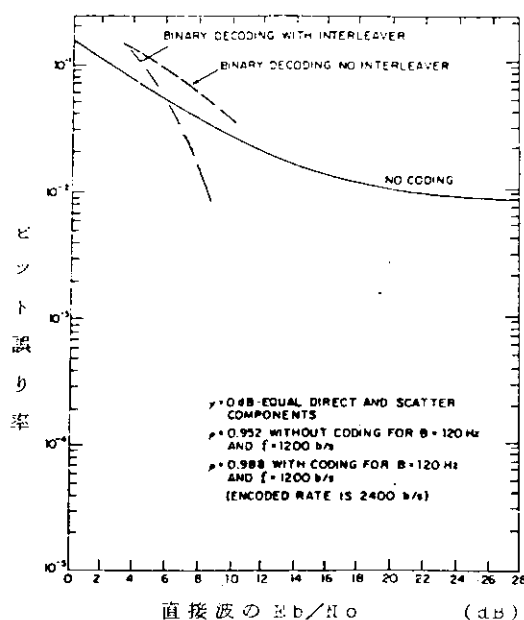


図 3.4.3 ライスフェージング通信路
における DPSK の誤り率 (3)
— (24,12) ゴーレイ符号, インタリーブの有る場合とない場合 —

(2) 拡散符号を用いた 2φ DPSK のビット誤り率 [文献 2]

(a) 拡散符号

拡散符号は、バースト誤りとランダム誤りの両方の誤りを訂正できるたたみ込み符号である。フェーディング通信路はバースト誤りとランダム誤りが混在した通信路とみなすことができるので、このような符号は、インタリーブを施す必要がないという点で有効である。符号器および復号器をそれぞれ図 3.4.4 および 3.4.5 に示す。図中の β はシフトレジスタの段数を表わす。この符・復号器による拡散符号は、11 ビット中の 2 ビットのランダム誤りを訂正することができる。また、ガードスペースとして $6\beta + 2$ ビットにわたる誤りなしの状態が保証されたとき 2β ビットのバースト誤りを正しく訂正することができる。符号化率は $R = \frac{1}{2}$ である。

(b) ビット誤り率

符号化を行った場合の 2φ DPSK に対するシミュレーション結果を図 3.4.6(a)~(d) に示す。図中の曲線は符号化を行わない場合の特性である。 S/I は直接波電力と間接波電力との比、 ρ は散乱波成分の 2 ビット間の相関係数を表わす。図 3.4.6(a), (b), および (c) は、それぞれ $\beta = 4, 8, \text{および } 12$ に対する特性であり、また、これらは全て 2φ DPSK に特有の連続した 2 ビット誤りの影響を除去するためにさらに付加的に (拡散符号はバースト誤り訂正符号であるから必ずしもインタリーブを行わなくてもよいが) 2 ビット遅延インタリーブが施されている (図 3.4.4, 3.4.5 における破線のブロックによる)。図 3.4.6(d) は $\beta = 8$ で、2 ビット遅延インタリーブなしの特性である。

図 3.4.6(a) は、最も小さい $\beta = 4$ の場合でも、 $S/I = 3 \sim 13$ dB 間で 5 ~ 30 倍の誤り率の改善が行われることを示している。また S/I に対する拡散符号の効果をみると、3 ~ 13 dB 間の S/I に対して実効的に S/I が 3 ~ 4.5 dB 大きい場合の曲線に相当することがわかる。例えば、符号化を行った場合の $S/I = 6$ dB の特性は、ほぼ $S/I = 9.5$ dB の符号化なしの特性に等しい。図 3.4.6(a)~(d) における符号化利得は 2 ~ 10 dB である。例えば図 3.4.6(b) は、 $S/I = 10$ dB を確保し得るアンテナシステムを用いた場合、約 8 dB の電力増加により誤り率 1×10^{-5} の通信路を維持できることを示している。すなわち、 C/N_0 が 43 ~ 44 dB で情報伝送速度 1200 bits/s の伝送が 1×10^{-5} の誤り率で行えることを示している。

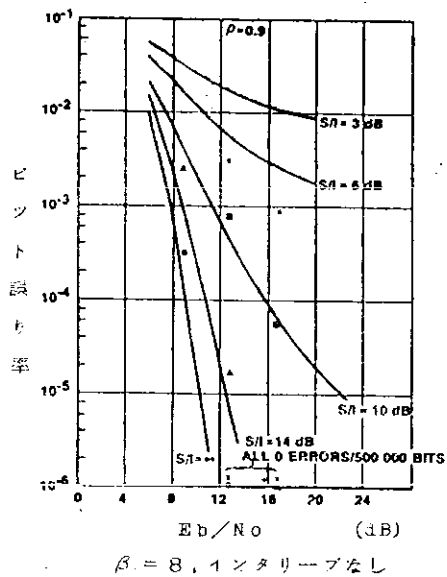
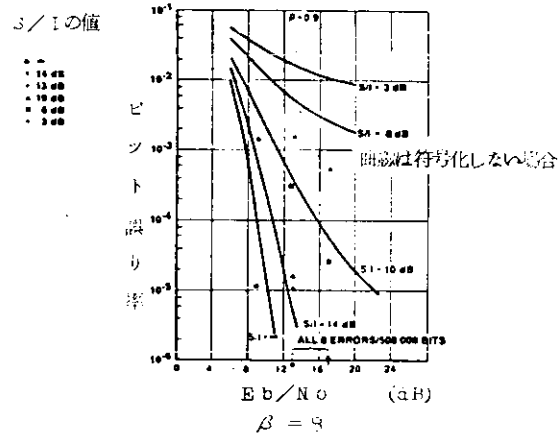
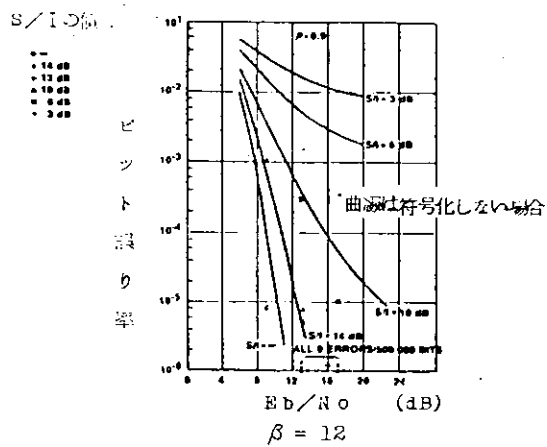
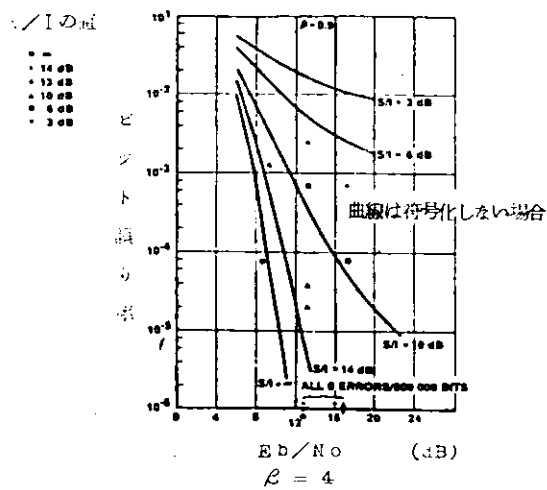


図 3.4.4 拡散符号による誤り訂正

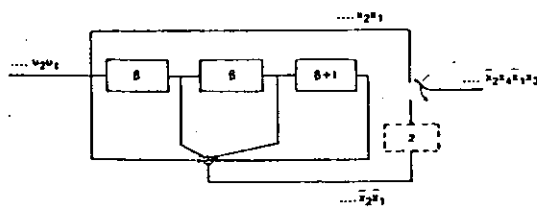


図 3.4.5 拡散符号の符号器

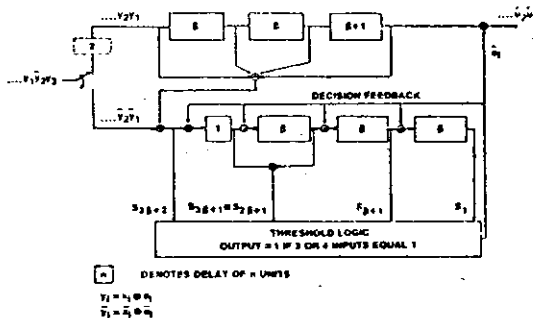


図 3.4.6 拡散符号のしきい値復号器

(3) ギタビ復号法を用いた2φ CPSKのビット誤り率〔文献3〕

ここでは、ライスフェージング通信路を次のような両極端な通信路に分けて考える。一つは振幅が非常に多い期間にわたってゆっくりと変化すると仮定したライスフェージング通信路、一つは信号周期内では振幅一定であるがシンボル間では異なると仮定したライスフェージング通信路である。前者はスローフェージングライス通信路 (Slow-Fading Rician Channel)、後者は時間変動ライス通信路 (Time-Varying Rician Channel) と呼ばれる。これらは実際の通信路においては、それぞれフェージングが遅い場合と速い場合に相当する。後者の通信路に相当する条件は、ドップラーにより拡がり幅を B_0 、信号周期を T_s とすると、 $B_0 T_s \ll 1$ の下で適当に大きなインタリーブを施すことによって得られる。前者の場合は $B_0 T_s = 0$ である。

(a) 符号化なしの場合

スローフェージングライス通信路および時間変動ライス通信路における符号化なし2φ CPSKのビット誤り率を、それぞれ図3.4.7および図3.4.8に示す。パラメータ ζ は振幅、位相共に時間的に変動しない一定成分のエネルギーとガウス分布をなす散乱成分のエネルギーとの比を表わす。

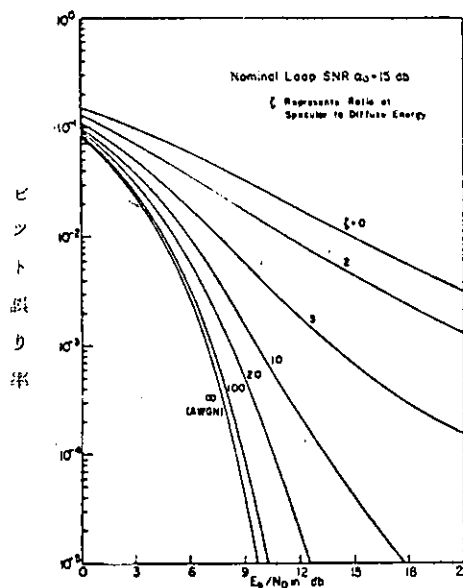


図 3.4.7 スローライスフェージング通信路
におけるBPSKの誤り率(1)
— 符号化しない場合 —

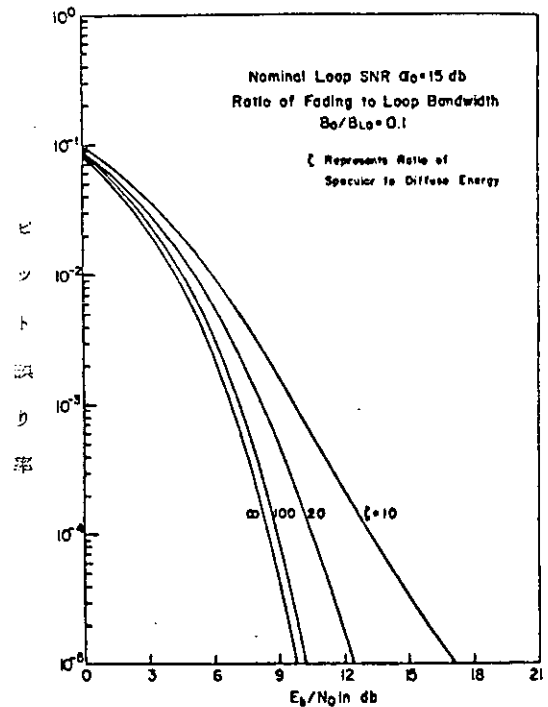


図 3.4.8 時間変動ライスフェージング通信路
における誤り率 (1)
— 符号化しない場合 —

(b) 符号化を行った場合

スローフェージングライス通信路および時間変動ライス通信路における符号化を行った場合の2φ CPSK のビット誤り率を、それぞれ図3.4.9および図3.4.10に示す。符号は符号化率 $R=1/3$ 、拘束長 $K=6$ のたたみ込み符号、復号法はウィタビ復号法である。

$\zeta = 10$ dB、誤り率 1×10^{-4} における符号化利得はスローライスフェージング通信路では約2.8 dB、時間変動ライス通信路では約9 dBである。 ζ が小さいほどスローフェージングライス通信路における特性は時間変動ライス通信路における特性よりも劣っている。これは前述したように、時間変動ライス通信路では適当に大きなインタリーブを仮定しているため、フェージングによる同程度の劣化に対してインタリーブの効果が表われているためである。スローフェージングと仮定される通信路においても、インタリーブを施すことによって特性はより改善されるであろう。

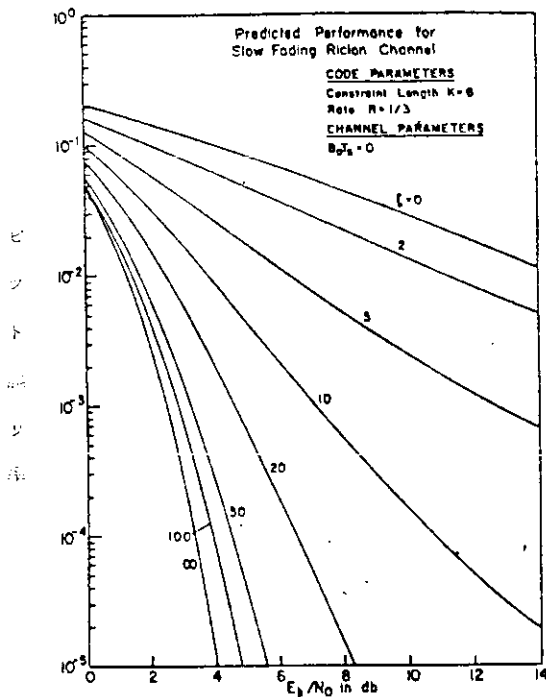


図 3.4.9 スローライスフェージング通信路
におけるBPSKの誤り率 (2)
— $K=6$, $R=1/3$ で符号化したときの予測値 —

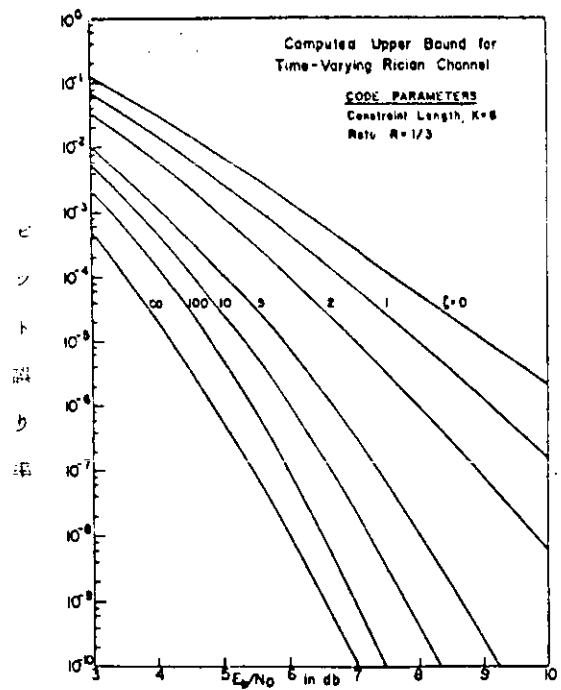


図 3.4.10 時間変動ライスフェージング通信路
における誤り率 (2)
— $K=6$, $R=1/3$ で符号化したときの上限 —

図 3.4.11 はシミュレーションによって得られた $\zeta = 0$ における特性である。曲線イは通信路メモリが零すなわち（理想的な）インタリーブを施した場合の上界（計算値）、曲線ロはそのシミュレーションの結果である。インタリーブを施さない場合の特性 A ~ C は B_0 一定の下で信号周期 T_s を小さくするほど、すなわち伝送速度を上げるほど急激に劣化し、インタリーブを施さないスローフェージングの特性ハ（計算値）に近づく。インタリーブは ζ が大きいほど効果がなくなるが、 $\zeta \leq 2.0$ dB に対しては $B_0 T_s < 0.1$ のとき常にインタリーブを施すことが必要である。

図 3.4.12 および 13 にインタリーブの効果を示す。図中の $I \times \ell$ はインタリーブの大きさを表わすパラメータで、実際の大きさは $I \times L$ 、ここに $L = \ell n$ 、 n はたたみ込み符号の符号ブロック長である。

(4) 比較

前記の三つの論文の結果を比較すると表 3.4.1 のようになる。

ヴィタビ復号法は理論的に最も良い復号法と言われているが、この表で必ずしもそうになっていないのは変調方式の差（文献 1 は DPSK、文献 3 は CPSK）および直接波エネルギー対間接波エネルギーの比（ γ あるいは ζ ）が違ふ点で比較していることによる。DPSK 変調では図 3.4.1 から判るように γ が小さい場合、大きな E_b/N_0 でも誤り率が良くならないという現象が現われている。例えば、誤り率 1×10^{-3} における符号化利得で比較すると、ヴィタビ復号法は約 6 dB であるのに対してゴレーイ符号は約 5 dB（2 ϕ DPSK）となっている。

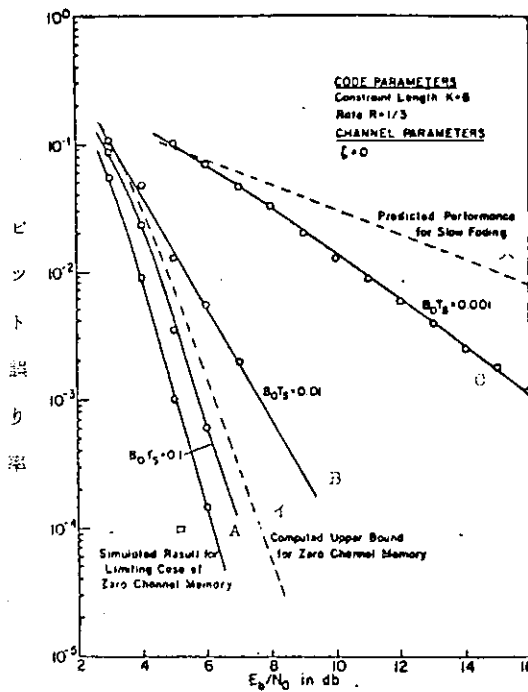


図 3.4.11 時間変動ライスフェージング通信路
における誤り率 (1)

— $K=6, R=1/3$ の符号化をシミュレーション —

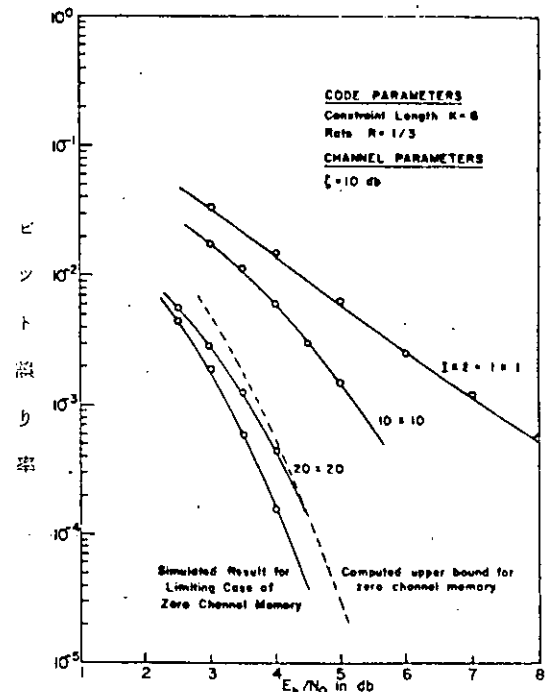


図 3.4.12 時間変動ライスフェージング通信路
における誤り率 (2)

— インタリーブの効果 —

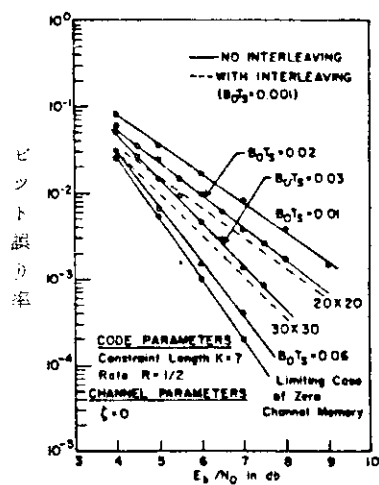


図 3.4.13 時間変動ライスフェージング通信路
における誤り率
— $B_0 T_s$ による変化 —

表 3.4.1 三つの論文の比較

	変調方式	誤り訂正符号	インタリーブ	ハードウェア量 規模の順位	符号化利得 (誤り率 1×10^{-4})	備 考
文献 1	2φ DPSK	(24, 12) ゴーレイ 符号	理想的な インタリーブ	2	約 13 dB ($\gamma = 8$ dB)	$\gamma = \frac{\text{直接波エネルギー}}{\text{散乱波エネルギー}}$ (dB表示)
	2f FSK	($t = 3$)			約 9 dB ($\gamma = 8$ dB)	
文献 2	2φ DPSK	拡散符号 ($R = \frac{1}{2}$, $t = 2$, $N = 11$, $b = 16$, $g = 50$)	2 ビット遅延 インタリーブ	1 (最小)	約 4 dB ($S/I = 10$ dB)	
文献 3	2φ CPSK	[ヴィタビ復号法] ($R = \frac{1}{3}$, $N = 6$)	理想的な インタリーブ	3 (最大)	約 9 dB ($\zeta = 10$ dB)	$\varphi = \frac{\text{一定成分エネルギー}}{\text{散乱成分エネルギー}}$ (dB表示)

3.5 むす び

1) 文献について誤り訂正符号の性能を検討したところでは、前に述べたとおり

- ・ ハードウェアの規模は拡散符号が最も小さい。
- ・ 誤り率の改善度はヴィタビ復号法とゴレーイ符号がよい。

という結果が得られた。

2) 調査した三つの文献には述べられていないが、自己直交符号にインタリーブを施したものは、拡散符号と同程度のハードウェア規模で、拡散符号以上の改善効果が得られる可能性がある。更に、これは衛星通信 (SPADE 方式、SCPC 方式) に使用されて実績があり、研究の面でも進んでいることもあって、総合的に見て拡散符号やブロック符号よりは優れたものと考えてよからう。

3) 誤り訂正をある程度経済的に適用しようという場合には、自己直交符号にインタリーブを施したものが適当な符号の一つであると思われる。

4) 非常に条件の悪いところ、あるいは条件の悪いときにも特に高品質のデジタル通信を行いたいという要求があって、そのためにある程度の費用はかかってもよいというような場合には、ヴィタビ復号法が適している。

5) システム設計にあたって具体的な符号構成 (符号化率、誤り訂正能力、拘束長、インタリーブの大きさなど) を決めるには、その符号構成で所要の誤り率が達成できるかどうかを、 C/N_0 、フェージング特性などを与えてシミュレーションを行うか、近似の条件において実験を行うかして、確認する必要があると思われる。

4. 宇宙通信の特質とその対策の調査研究

＝海面反射の理論的考察と海上伝ばん実験＝

4.1 概 要

海事衛星を利用して船舶の運行の安全性を向上し、その効率化をはかる場合、船舶設備に極めて大きな影響を及ぼすのは、衛星からの電波が海面や船上構造物に反射し、それによって生ずるフェージングに起因する通信の質の劣化である。

この問題については、各国で研究が行われ、特にノルウェー、米国、及び日本でこの問題に注目し、研究されているが、实际的に海事衛星通信にそのまま適用するには検討が不十分と考えられる。

昨年度は主に文献の調査研究を行ったが、本年度は、文献による調査を続行し、加えて海上伝ばん実験により海面反射のフェージングを測定した。また、事前にその理論計算を行い、理論で実際が一致するかどうかを調査した。

4.2 海面反射の理論的考察

本年度は次の文献を主として考察した。

Petr Beckmann; Andre Spizzichino

The Scattering of Electromagnetic Waves from Rough Surface

(Pergamon Press, 1963)

この文献は、第1部理論(Beckmann)、第2部応用(Spizzichino)から成っており、これが今までに収集した文献のうち、最も良く理論的考察が行われていると思われたので、その中で特に本研究に関係のある第2部から当面11、13、14、15の各章を検討した。

参考として、上記文献の内容を紹介する。

第1部 理 論

1. 序 文
2. 定量分析
3. 荒い面の分散
4. 荒い面についての考察
5. ランダム処理の荒い面
6. その他の荒い面
7. 分散の統計的分布
8. 荒い面から分散する電波の極性
9. 理論から得た結論

第2部 応 用

10. 序 文
11. 完全大地による電波の反射
12. 不規則面からの反射波
13. 地球の反射係数の測定法
14. 地球の鏡面反射係数の実験的考察
15. 地球からの散乱反射の実験に基づく考察
16. 鏡面反射

17. 拡散分布 — 実例
18. 拡散分布 — 地表からのね返し
19. 大気からの分散
20. 月及び惑星からの反射
21. 応用面から見た結論

4.2.1 完全大地による電波の反射 [11章]

[11.1] 完全平面の地球の反射係数

地球を完全平面と見なした時、垂直偏波の反射係数は

$$R_0^+ = \frac{Y^2 \sin \gamma - \sqrt{(Y^2 - \cos^2 \gamma)}}{Y^2 \sin \gamma + \sqrt{(Y^2 - \cos^2 \gamma)}}$$

水平偏波の反射係数は

$$R_0^- = \frac{\sin \gamma + \sqrt{(Y^2 - \cos^2 \gamma)}}{\sin \gamma + \sqrt{(Y^2 - \cos^2 \gamma)}}$$

で表わされる。

但し、

$$Y = \sqrt{\frac{\epsilon_{rc}}{\mu_{rc}}}$$

$$\epsilon_{rc} = \epsilon / \epsilon_0 - j 60 \lambda \sigma \quad : \text{複素誘電率}$$

$$\mu_{rc} = \mu / \mu_0 \quad : \text{透磁率}$$

γ : 接地角

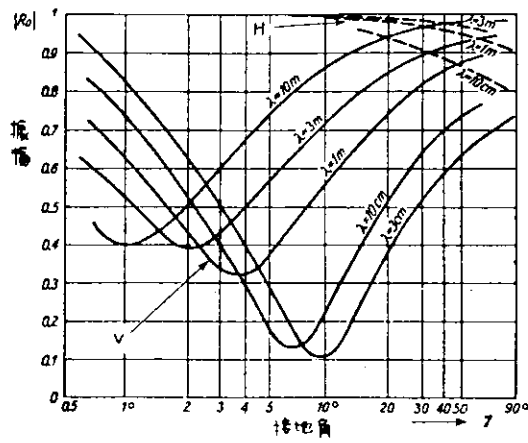
である。

$\mu_{rc} = 1$ と仮定した場合

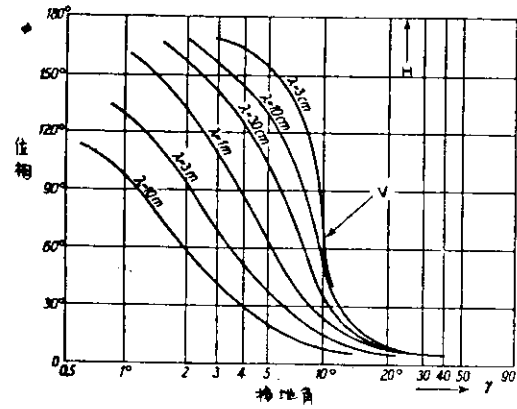
$$\text{大地の場合} \quad \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = 10 \quad \sigma = 10^{-3} \text{ U/m}$$

$$\text{海水の場合} \quad \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = 80 \quad \sigma = 4 \text{ U/m}$$

となり、上式にて求めた反射係数は図 4.2.1 及び図 4.2.2 となる。



(a) 振 幅

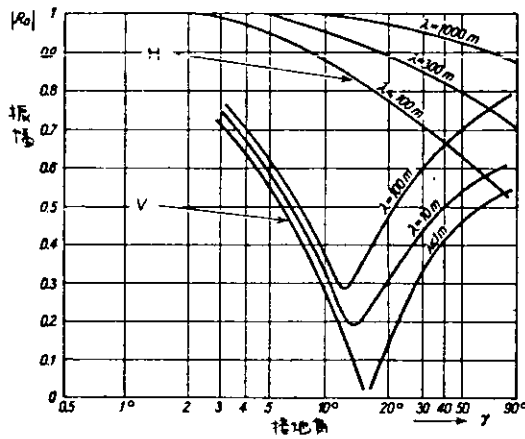


(b) 位 相

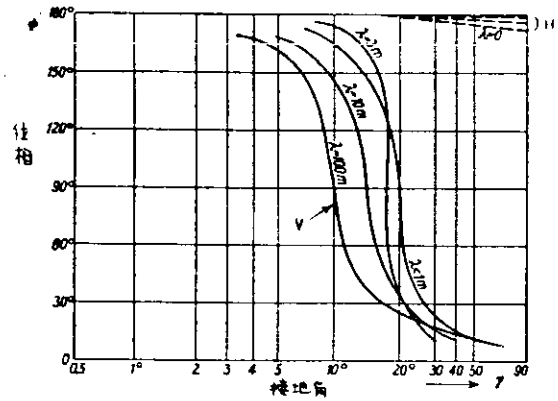
図 4.2.1 海面（鏡面状）の反射係数

$$\epsilon/\epsilon_0 = 80, \quad \sigma = 4 \text{ U/m}$$

H：水平偏波， V：垂直偏波



(a) 振 幅



(b) 位 相

図 4.2.2 大地（平面状）の反射係数

$$\epsilon/\epsilon_0 = 10, \quad \sigma = 10^{-3} \text{ U/m}$$

H：水平偏波， V：垂直偏波

[11.2] 地球の球面による影響

地球の球面により、反射波は拡散されるので、反射係数 R は

$$R = D R_0 \quad (R_0 : \text{平面での反射係数})$$

と表わされる。

拡散係数 D は、

$$D \approx \left[1 + \frac{2 r_1 r_2}{a(r_1 + r_2) \sin \gamma} \right]^{-1/2}$$

で表わされる。但し a は地球の半径、 r_1 、 r_2 はそれぞれ送信点から反射点、反射点から受信点までの距離を示す。

[11.3] 直接波と反射波の干渉

反射係数が

$$R = |R| e^{j\phi}$$

であるとき、直接波と反射波の干渉のため受信波は

$$E = E_0 \sqrt{[(1 - |R|)^2 + 4 |R| \cos^2 \frac{1}{2} \phi]}$$

となる。但し、

$$\phi = 2\pi \frac{\delta}{\lambda} + \phi$$

ここで δ は路長差である。

4.2.2 地球の反射係数の測定法 [13章]

鏡面反射成分と散乱反射成分 の分離

この章は次の目次から成っている。

[13.1] 地球の鏡面反射係数の測定 (散乱反射を含まない)

[13.2] 地球の散乱反射係数の測定 (鏡面反射を含まない)

[13.3] 鏡面反射成分と散乱反射成分の分離

[13.1] については、あらためて紹介するほどのことは書いてない。

[13.2] については、レーレー分布を仮定すれば図 4.2.3 から求めることができる。

直接波と反射波の干渉で受信波が変動すると、電圧の確率分布を書くことができる。 E_{00} 、 E_0

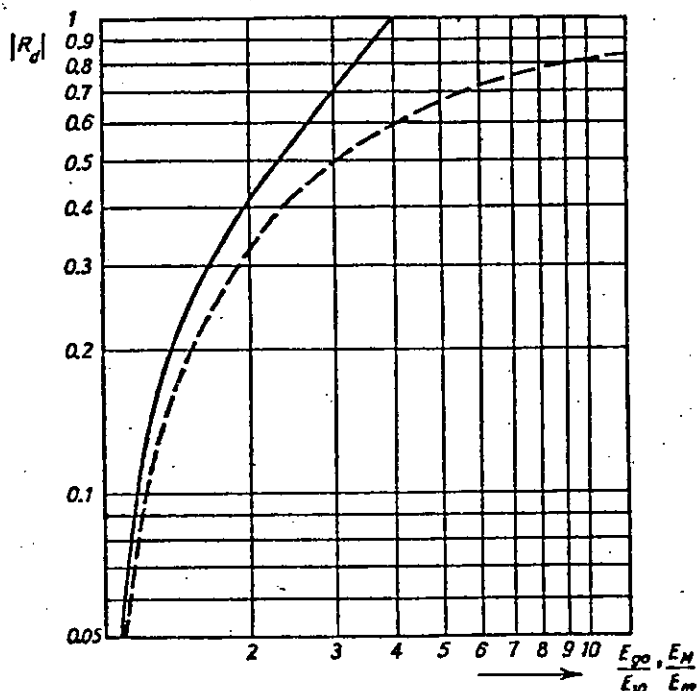


図 4.2.3 散乱反射成分 $|R_d|$ と E_0/E_{10} との関係 (実線) 及び鏡面反射成分と E_M/E_m との関係 (破線)

はそれぞれ、分布の90%点、10%点の電圧を示している。また E_M 、 E_m はそれぞれ、鏡面反射の場合の変動の最大点、最小点の電圧を示している。ここで R_d は散乱反射係数を示している。

〔13.3〕については、2、3の測定例がでているが、ここでは、ゴニオメータによる方法とマルチホーンによる方法を紹介している。

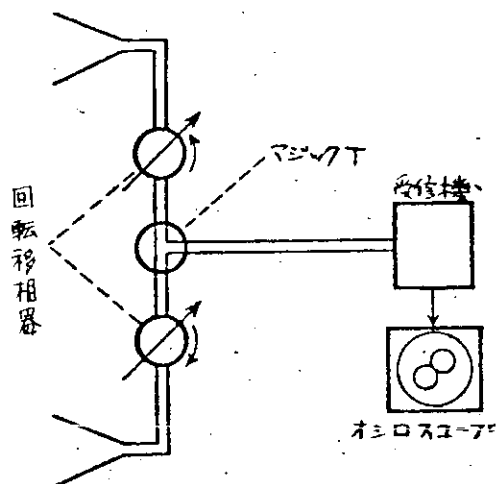


図 4. 2. 4 ゴニオメータによる方法

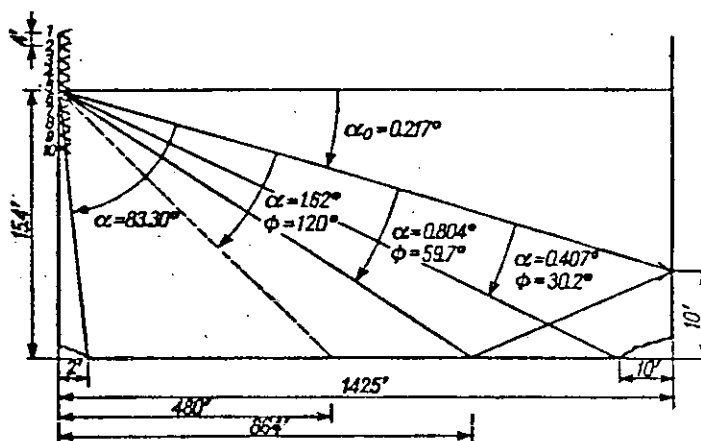


図 4. 2. 5 マルチホーンによる方法

ゴニオメータは、方向探知器と同じ方式である。マルチホーンによる方法の場合は、変動する反射成分も隣り合う3個のホーンに対しては、平面波であるという仮定のもとに、到来方向を求めようというもので測定原理は同じである。

次にその結果を示す。

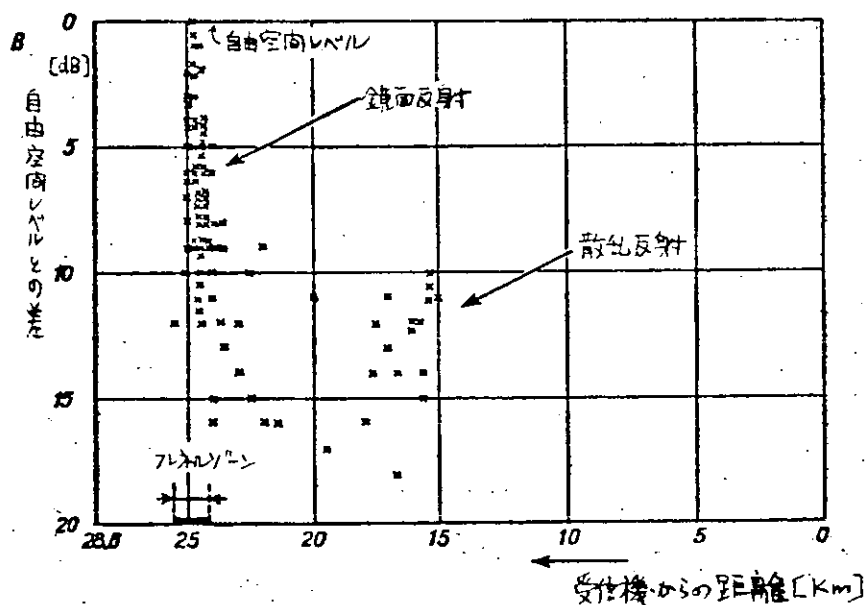


図 4. 2. 6 色々な場所からの反射 (ゴニオメータによるもの)

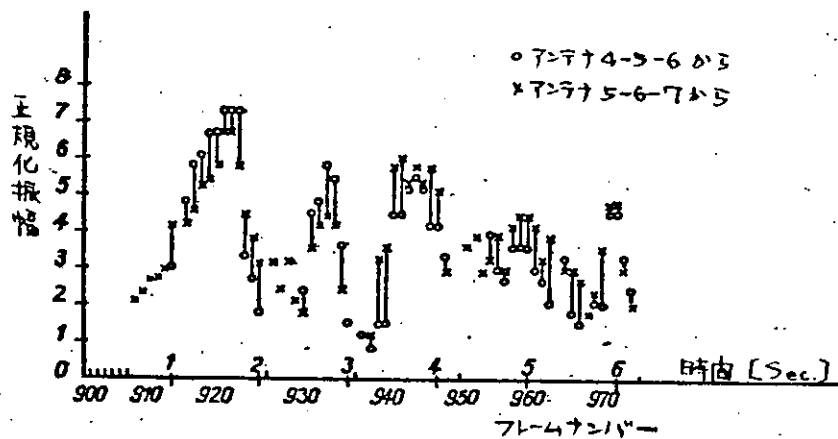


図 4.2.7 時間で変動する反射成分 [Straiton and Tolbert, 1956]
(マルチホーンによるもの)

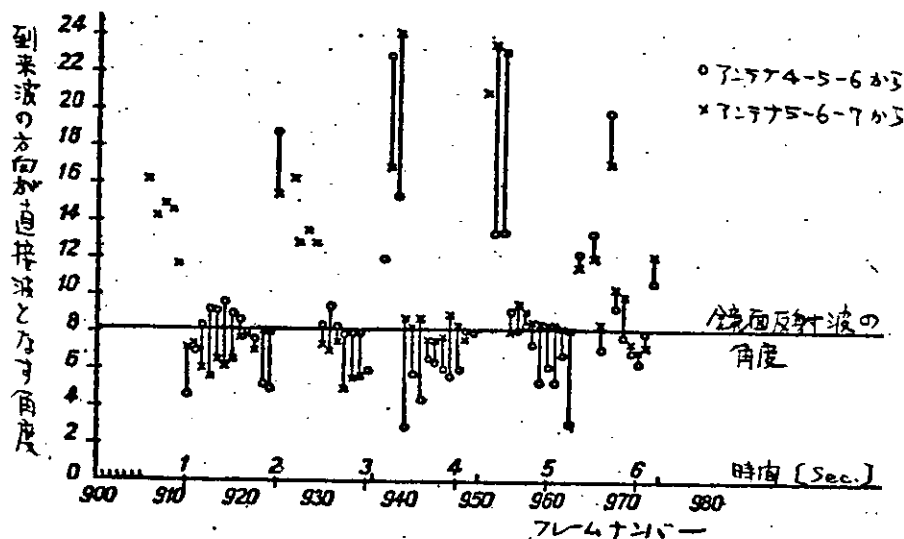


図 4.2.8 時間による到来角度の変化 [Straiton and Tolbert, 1956]
(マルチホーンによるもの)

図 4.2.6 と図 4.2.8 を見て注意すべきことは、違った方法、違った条件のもとであるのに、同一の結果が出たということである。

4.2.3 地球の鏡面反射係数の実験的考察 [14章]

大地の鏡面反射係数 R_S は次式で与えられる。

$$R_S = \rho_s D R_0$$

- ここで、 ρ_s : 表面の荒さによる散乱係数
 D : 地球が球面であることによる拡散係数
 R_0 : 表面が完全平面における反射係数

ρ_s は散乱係数で、表面の凹凸による影響を表わしている。

ρ_s の自乗平均値 $\langle |\rho_s|^2 \rangle$ は、次式で得られる。

$$\langle |\rho_s|^2 \rangle = e^{-(\Delta\phi)^2}$$

$$\Delta\phi = \frac{4\pi \cdot \Delta h \sin r}{\lambda}$$

この式から、 ρ_s は陸地の表面の凹凸の大きさ Δh や、 λ 、仰角 r に依存することが分る。

D は拡散係数で、その性質は

(1) 気象状態と共に変化する。つまり、大気の大気圧、温度、湿度の変化により、大気の屈折率が変わる。それによって電波の経路長が変化して電波の位相を変える。

(2) 地球の等価半径にも依存する。

対称リンクの場合（送受信アンテナ高が等しい場合）

仰角 r は、地球の等価半径 ka 、電波の経路長 d 、アンテナの高さを h とすると

$$r = \frac{2h}{d} - \frac{d}{4ka}$$

となる。ここで k が 1 から ∞ まで変化したとすれば

$$k=1 \text{ で、 } r_1 = \frac{2h}{d} - \frac{d}{4a}$$

$$k=\infty \text{ で、 } r_\infty = \frac{2h}{d}$$

$$\Delta r = r_\infty - r_1 = \frac{d}{4a}$$

$\Delta r/r \gg 1$ （この式は、経路長 d が水平線までの距離のオーダーであることを表わしている）ならば、発散係数の影響が目立ってくる。

(3) 仰角 r の増加関数である。

R_0 の性質は

(1) 土壌の性質（誘電率、導電率など）や偏波の種類、波長 λ 、仰角 r に依存する。

(2) 仰角 r の減少関数である。

R_s は、 ρ_s 、D、 R_0 のすべてのパラメータとなるので、いささか複雑な形となるが、次の(I)のように仮定すれば(II)のように R_s の解析は簡素化される。

仮定(I) (a) $r > 1^\circ$ ならば、D はほとんど無変化で 1 になる。これは実験上の短いリンクやレーダに対応する。

(b) $r < 1^\circ$ ならば、 R_0 はほとんど無変化で 1 になる。これは遠隔通信のリンクに対応する。

(II) (a) その地域の自然現象、偏波、 r 、 λ 、 Δh に支配される。

(b) λ 、 r 、 Δh 、地球の等価半径に支配される。

4.2.4 地表からの散乱反射の実験に基づく考察 [15章]

この章では下記に示す節について実験を基に考察されている。

[15.1] 考慮すべきケースの考察

[15.2] 上記ケースを満足する実験例

[15.3] 高指向性アンテナ

- 〔15.4〕 植物の影響
- 〔15.5〕 地表の凹凸が半波長以下の場合：強い鏡面反射上に重畳される散乱反射
- 〔15.6〕 ある方向にそって一定に配列されている凹凸
- 〔15.7〕 ブルスタ角近くの入射角をもった垂直偏波波
- 〔15.8〕 アンテナビームの偏向：「きらきら輝く表面(Glistening Surface)」の寸法
- 〔15.9〕 Depolarization
- 〔15.10〕 結論：レーレー基準

以下に大要を述べる。

散乱波成分の反射係数は次式で表わされる。

$$R_d = \rho_d \cdot R_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 R_0 はなめらかな地表の反射係数、 ρ_d は反射点の凹凸によって決まる係数である。

いろいろなケースについて測定した ρ_d について考察した結果、下記のことになった。

1. 入射角 r_s 、高度 h_z 、凹凸の高さ Δh 、波長 λ に対して ρ_d は無関係である。
2. ρ_d のバラつきは陸上反射よりも海上反射の方が小さい。
3. 凹凸の方向が反射係数に影響するほどではなかった。
4. ブルスタ角近くの入射角をもった垂直偏波波については(1)式を使用することができない。
5. 一定の方向から来る鏡面反射成分があり、散乱反射成分は相当広範な部分から来ることが分った。
6. 海況が反射電界の値に大きな影響を与えているようには思えない。
7. 鏡面反射電界は、偏波面が転回しないが、散乱反射電界は、偏波面が転回する。

実験結果

図 4.2.9 に ρ_d の分布を示す。(N は測定数)

図 4.2.10 に CNET (フランス国立科学研) による実験で得られた反射の幾可学的径路図を示す。

図 4.2.11 に上記実験例を示す。

結論としては

CASE I アンテナが高指向性でなく、地面に草木がなく、鏡面成分がない場合、 ρ_d の真値は 0.35 である。

CASE II 高ビームアンテナを使用し、自然の障害物があり、地表が草木で覆われ、反射エネルギーの一部が鏡面反射を起こしている場合、 ρ_d は 0.2 以下で、ほとんど無視できる。

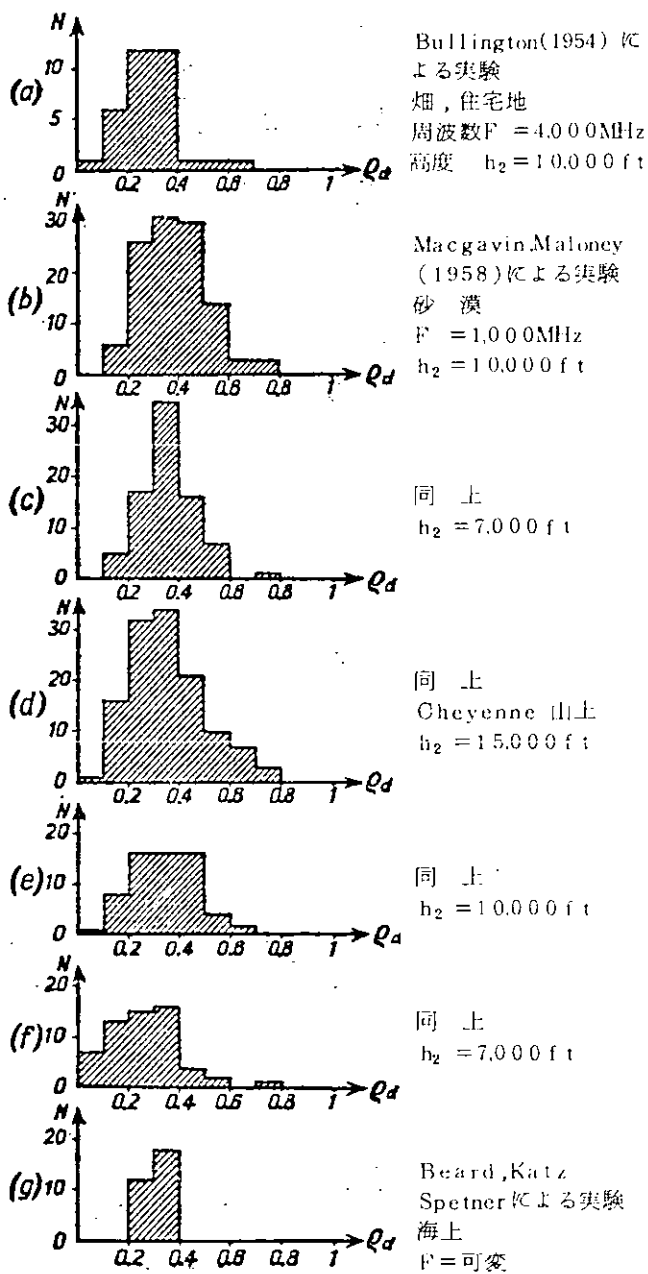


図 4.2.9 ρ_d の 分 布

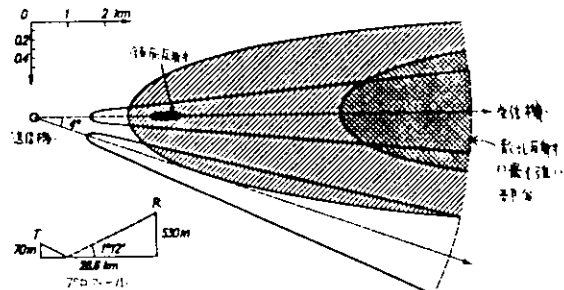


図 4.2.10 反射の幾可学的往路
CNET による実験
海 上

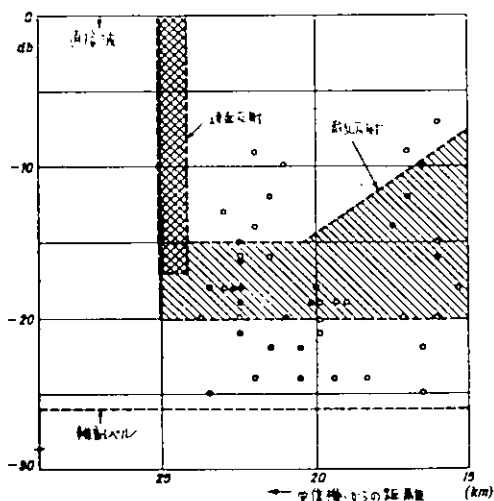


図 4.2.11 鏡面反射点と散乱反射点

4.3 海面反射の理論的解析と海上実験

4.3.1 理論的解析

(1) 参考文献による検討

昭和50年の報告の文献紹介のうち、CCIR, Doc 8/276-E (Feb. 1974) は、フェージングを理論的に計算していた。この文献は、後述の実験の解析に役立つと思われるが、また疑問点、問題点が多い。このことは、CCIR, US No. 8/1/13 (Sep. 1975) でも指摘されている。この文献を詳細に検討した結果、修正を要する箇所や補足を要する箇所を見出すことができた。

(a) 誤りと思われる点

アンテナの指向性を示す式

$$D(\theta) = \left(\frac{\sin X}{X} \right)^2 \quad \text{において、}$$

$$X = 1.4 \cdot \frac{\sin \theta}{\sin \theta_{3dB}}, \quad \theta_{3dB} = \left(\frac{30,000}{D(0)} \right)^{1/2}$$

としてあるが、これらを

$$X = 1.4 \cdot \frac{\sin 2\theta}{\sin 2\theta_{3dB}}, \quad 2\theta_{3dB} = \left(\frac{30,000}{D(0)} \right)^{1/2}$$

に修正する。

なお、 θ の単位は、度

X の単位は、ラジアンである。

(b) 補足を要する点

アンテナの軸比 e_s , e_m は、 $e_s < 1$, $e_m < 1$ として計算しなければならない。

(c) この文献によれば

$$F = \frac{|(1 + e_m(\theta_r) \cdot e_s \cdot r \cdot e^{j\rho}) \cos \beta + j(e_m(\theta_r) + e_s \cdot r \cdot e^{j\rho}) \sin \beta|}{[(1 + e_m(\theta_s) \cdot e_s)^2 - (1 - e_m^2(\theta_s))(1 - e_s^2) \sin^2 \beta]^{1/2}}$$

$$\left| \frac{V_{\text{refl}}}{V_{\text{dir}}} \right| = \sqrt{\frac{D(\theta_{\text{refl}})}{D(\theta_{\text{dir}})}} \cdot |R_h| \cdot F$$

V_{refl} : 反射波の受信レベル

V_{dir} : 直接波の受信レベル

R_h : 海上における反射係数(水平偏波)

F : 軸比、楕円偏波の傾き、垂直偏波・水平偏波の反射係数の比の関数である。上記の F は衛星からの楕円偏波の主軸が水平の場合である。(この場合、最大のフェージングが生ずる。)

これを検討した結果、一般的の F は

$$F = \frac{\text{反射波の軸比に伴う結合係数}}{\text{直接波の軸比に伴う結合係数}}$$

であることが分った。

一般的に衛星アンテナの楕円偏波の傾きを α とし、船上アンテナのそれを β とすると、

$$F = \frac{|(\cos \alpha - j e_s \sin \alpha)(\cos \beta + j e_m(\theta_r) \sin \beta) + r \cdot e^{j\rho}(\sin \alpha + j e_s \cos \alpha)(\sin \beta - j e_m(\theta_r) \cos \beta)|}{|(\cos \alpha - j e_s \sin \alpha)(\cos \beta + j e_m(\theta_s) \sin \beta) + (\sin \alpha + j e_s \cos \alpha)(\sin \beta - j e_m(\theta_s) \cos \beta)|}$$

となる。

この理論解析方法は、フェージングに影響を与える種々のパラメータの評価が得やすく、また実験と理論の対比が得やすい等の理由から、この解析方法を利用することとした。

(2) 実験パラメータによるフェージングの計算

CCIR Doc. 8/276-E (Feb. 1974) によればフェージングの深さは

$$\left| \frac{V_{\text{tot}}}{V_{\text{dir}}} \right| = 1 - \left| \frac{V_{\text{refl}}}{V_{\text{dir}}} \right|$$

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{dir}} + V_{\text{refl}}$$

$$\left| \frac{V_{\text{refl}}}{V_{\text{dir}}} \right| = \sqrt{\frac{D(\theta_{\text{refl}})}{D(\theta_{\text{dir}})}} \cdot |R_h| \cdot F$$

で表わされる。これを実験に使用するアンテナの大きさと種類をパラメータとして計算したものを図 4.3.1～図 4.3.4 に示す。

ボアサイトエラーとフェージングの関係を図 4.3.5 に示す。

さらに図 4.3.6、図 4.3.7 に偏波によるフェージングの相違を計算してみた。但し、ボアサイトエラーを 0° とし、偏波に伴う結合損失はないと仮定した。

したがって、水平偏波の場合には

$$\left| \frac{V_{\text{refl}}}{V_{\text{dir}}} \right| = \sqrt{\frac{D(\theta_{\text{refl}})}{D(\theta_{\text{dir}})}} \cdot |R_h|$$

垂直偏波の場合には、

$$\left| \frac{V_{\text{refl}}}{V_{\text{dir}}} \right| = \sqrt{\frac{D(\theta_{\text{refl}})}{D(\theta_{\text{dir}})}} \cdot |R_v|$$

となる。

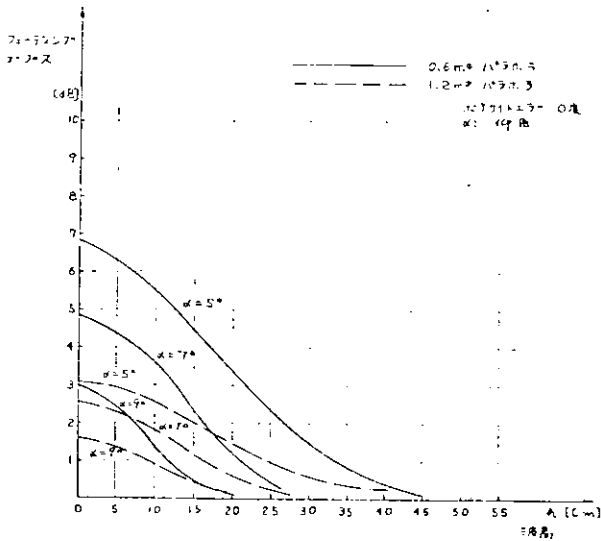


図 4.3.1 パラボラによるフェージング

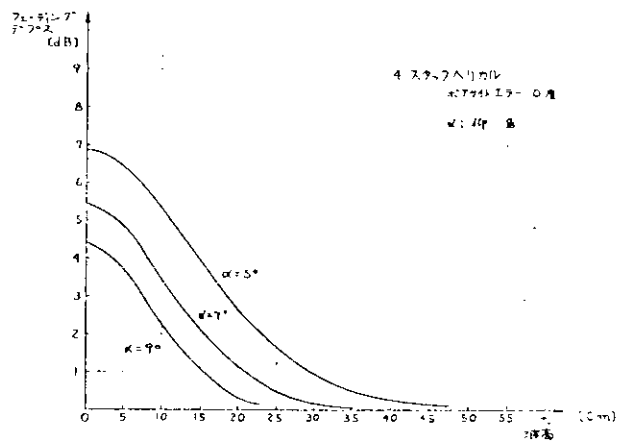


図 4.3.2 4スタックヘリカルによるフェージング

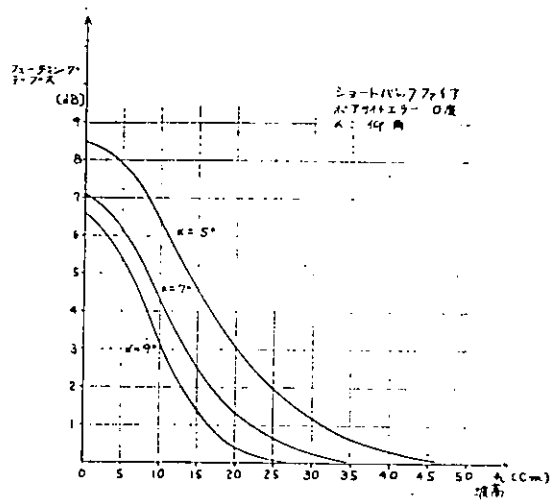


図 4.3.3 ショートバックファイアによるフェーシング

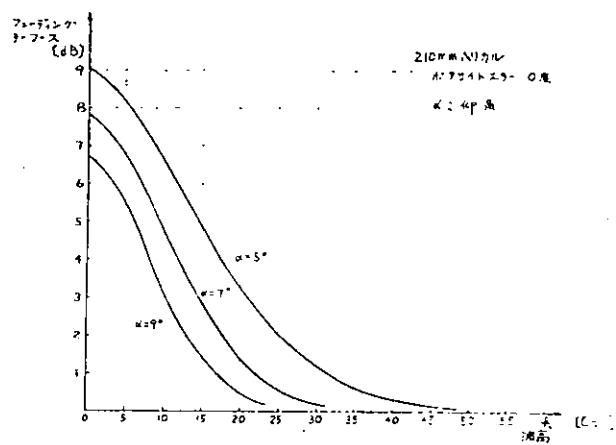


図 4.3.4 210 mmヘリカルアンテナによるフェーシング

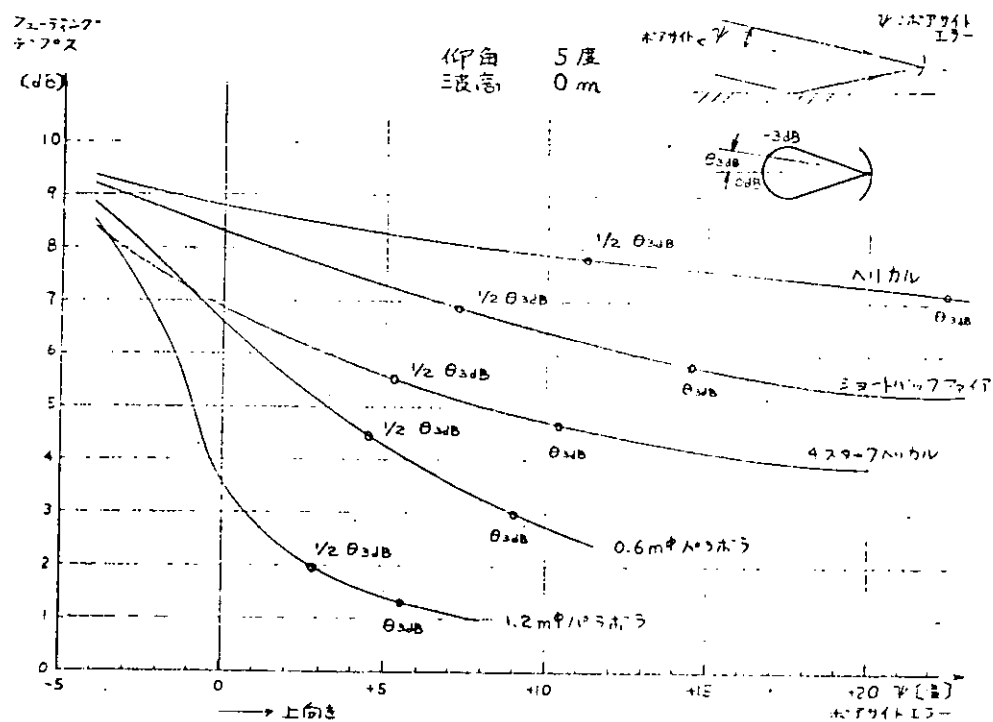


図 4.3.5 ポアサイトエラー対フェーシングデプス

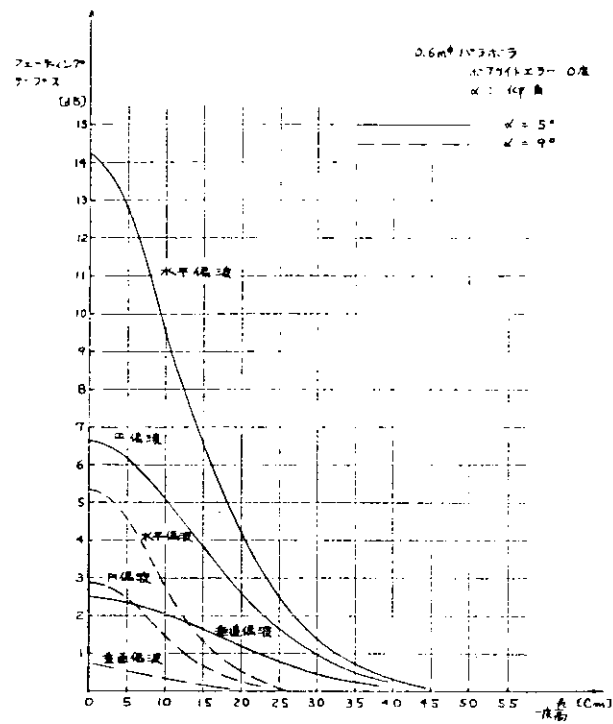


図 4.3.6 1.2 m ϕ パラボラの偏波によるフェーディング

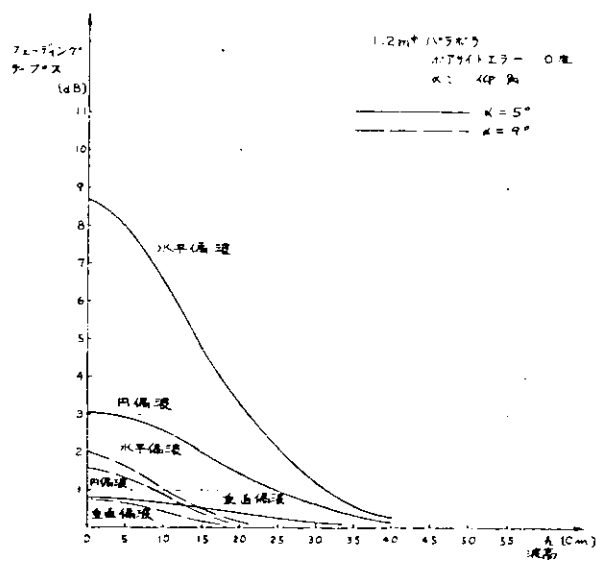


図 4.3.7 0.6 m ϕ パラボラの偏波によるフェーディング

(3) 計算結果に対する考察

- (a) 同じ種類のアンテナ（例えばパラボラ）を用いた時、アンテナの大きさによるフェージングの相違は著しい。
- (b) 図 4.3.5 から分るように、ボアサイトエラーがフェージングに与える影響は大きい。このグラフから次のことが分る。すなわち、仰角 5° の場合
- a. 高利得のアンテナ（例えば $1.2\text{m}\phi$ パラボラ）は、ボアサイトが下向きにずれることにより急激にフェージングが増加する。
 - b. 低利得のアンテナ（例えば、ヘリカルアンテナ）は、ボアサイトエラーにあまり敏感でなく、 8dB 程度のフェーディングがある。
 - c. アンテナが水平に向いた場合（この場合ボアサイトエラー -5° ）、どのアンテナもフェージングは 9dB 前後である。
 - d. アンテナを故意に上向きにずらすことによって、利得の減少を上回るフェージングの減少を期待できる場合もある。例えば、 $0.6\text{m}\phi$ パラボラアンテナにおいて指向角 $\frac{1}{2} \theta_{3\text{dB}}$ という約 1dB の利得の減少であるが、フェージングは 2dB 減少している。
- (c) フェージングと偏波面との関係については、仰角が海水のブリュースタ角の付近で使う場合、水平、円、垂直という順序でフェージングが減少する。
- また図 4.3.7 を見てわかることは、低仰角において、垂直偏波のアンテナで受信することにより偏波の結合損失 3dB を上回るフェージングの減少を期待できる場合があることである。図において、 $0.6\text{m}\phi$ パラボラアンテナ、仰角 5° の場合、円偏波から垂直偏波に切り換えると、 4dB のフェージングの減少があるのがその例である。
- (d) $0.6\text{m}\phi$ パラボラアンテナと、4スタックヘリカルアンテナは、利得がほぼ同じであるが、ボアサイトエラー 0° の場合はフェージングもほぼ同じであるが、ボアサイトエラーによるフェージングの変化は、 $0.6\text{m}\phi$ パラボラアンテナの方が大きい。これは、4スタックヘリカルの方が能率が高く、ビームが広いためと思われる。

4.3.2 海面反射の実験

(1) 実験場所と周囲環境

(a) 選定基準

実験回線は図 4.3.8 に示すように、T 点の送信アンテナを衛星、P 点の受信アンテナを船舶局と考えたものである。図中の θ は仰角、 γ は接地角、 H は送信アンテナの高さ、 h は受信アンテナの高さ、 ℓ は送受信間の水平距離である。

この回線の条件を

- (i) $\theta = 5^\circ \sim 10^\circ$ （海面反射の影響が大きな仰角）
- (ii) $|\theta - \gamma| \leq 1^\circ$ （なるべく衛星からの到来電波と同じ状態としたいため）
- (iii) $h > 5\text{m}$ （反射点 P が岸より離れていることが望ましい）

とすると、実験場所の条件としては、

$$H > 100\text{m} \text{ 及び}$$

$$\ell > 1000\text{m} \text{ となり、}$$

さらに
海面の波があまり荒すぎない。
潮の干満の差が小さい。

資材、測定器等の運搬しやすい。

場所が望ましい。

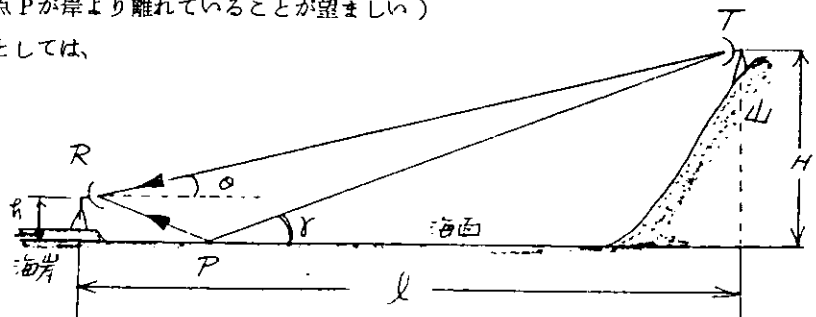


図 4.3.8 実験回線

(b) 実験候補地と現地調査の結果

実験地は東京からあまり遠くない場所として、房総半島、東京湾、伊豆半島を選び地図上で約20箇所を検討し、その中より5箇所を候補として現地調査を行った。図4.3.9に候補地の場所、表4.3.1にその調査結果を示す。

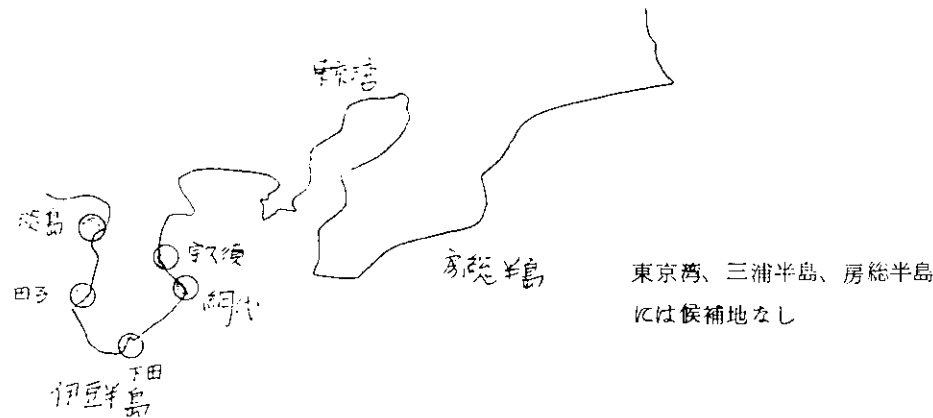


図4.3.9 実験候補地

表 4.3.1

候補地	現地の状態（問題点）	可・否
淡島	立木のため送信アンテナの設置不可能	否
田子	問題点なし	可
下田	仰角 $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ の地点の海岸には伝搬試験車の入れる道がなく測定不可能	否
網代	反射点の海面が岸に近すぎる	否
宇久須	5° 付近の海岸道路の標高が 40m のため 5° の測定不可能	否

(c) 選定地

第1回の現地調査に続き、再度田子港の現地調査を行い、実験地は田子港（伊豆半島西海岸…西伊豆町）に選定した。

図4.3.10に田子港の地図を、図4.3.11にそのプロフィールを示す。

受信アンテナは海岸に固定し、送信アンテナはの高さを変えることにより、仰角を 5° 、 7° 、 9° に設定し、実験を行う。

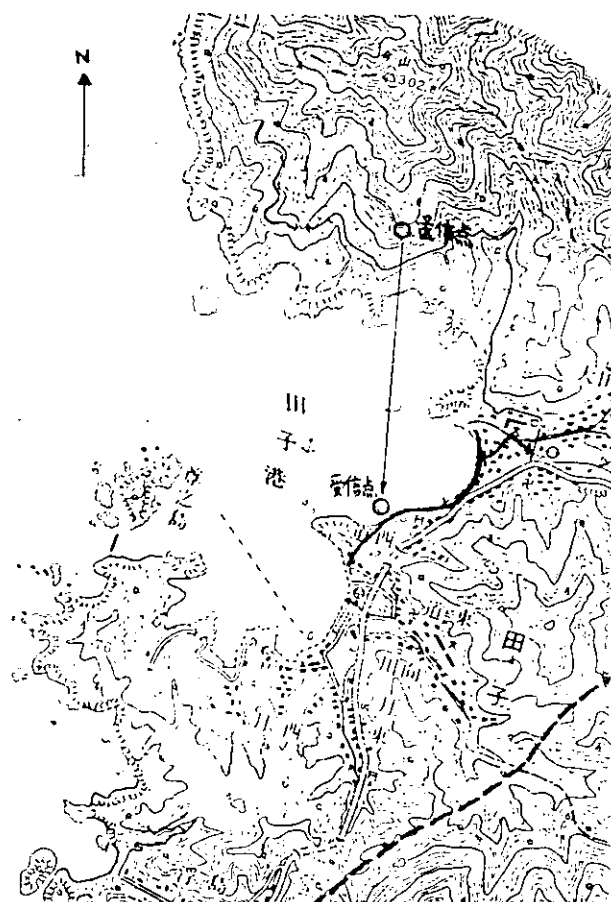


図 4.3.10 田子港の地図

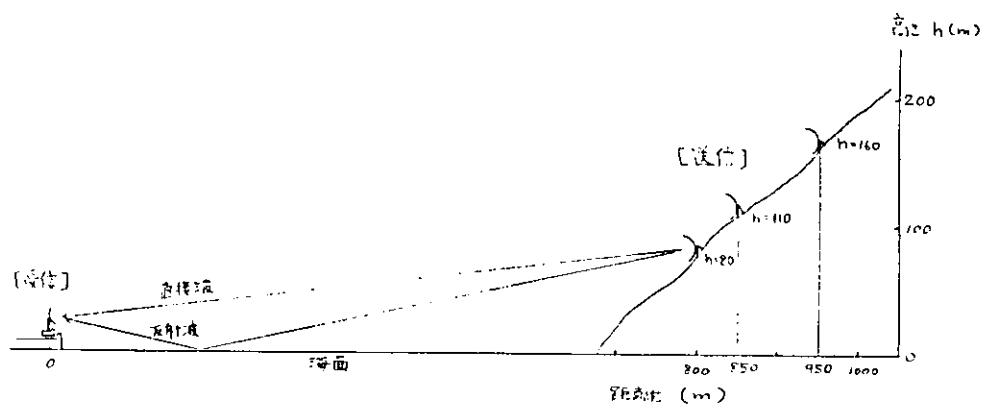


図 4.3.11 実験場所のプロフィール

(2) 実験方法

海面からの反射波と直接波との干渉によって空間にハイトパターンが生ずる。実際の船舶では船のゆれ等でアンテナがハイトパターンの最小点に落ち込むことにより、フェージングが発生すると考えられる。ところが、実験をする場合には、海辺に固定したアンテナを用いるので、アンテナを上下させて、ハイトパターンを取ることにによってフェージングを測定しなければならない。

しかし、この場合は、鏡面反射によるフェージングの測定となり、散乱反射によるフェージングは測定できない。しかし、散乱反射によるフェージングは、時間的変化を記録することによって測定できる。散乱反射はランダム信号であるので、データレコーダに記録し、後で計算機で統計処理をすることになる。ただし、大ざっぱな測定としては、ハイトパターンの最小点で時間的変動をとり、そのうちの最小値をフェージングと考えることができる。本実験では、まずハイトパターンを測定し、次にその最小点、最大点での時間的変動を記録することにした。なお、基準アンテナとして、1.2mφのパラボラアンテナを使用し、測定アンテナと常に同時に測定することにより、測定系の異常を感知できるようにした。

一方、フェージングに強い影響を与える波の高さを測定することはむづかしい問題であるが、波の高さは風速の二乗に比例するので、ある高さの風速を測定し、波の高さを算出することにした。なお、海岸から少し離れた所にポールを立て、波高を測定し、参考とした。

(a) 測定ブロックダイアグラムを図 4.3.12 に示す。

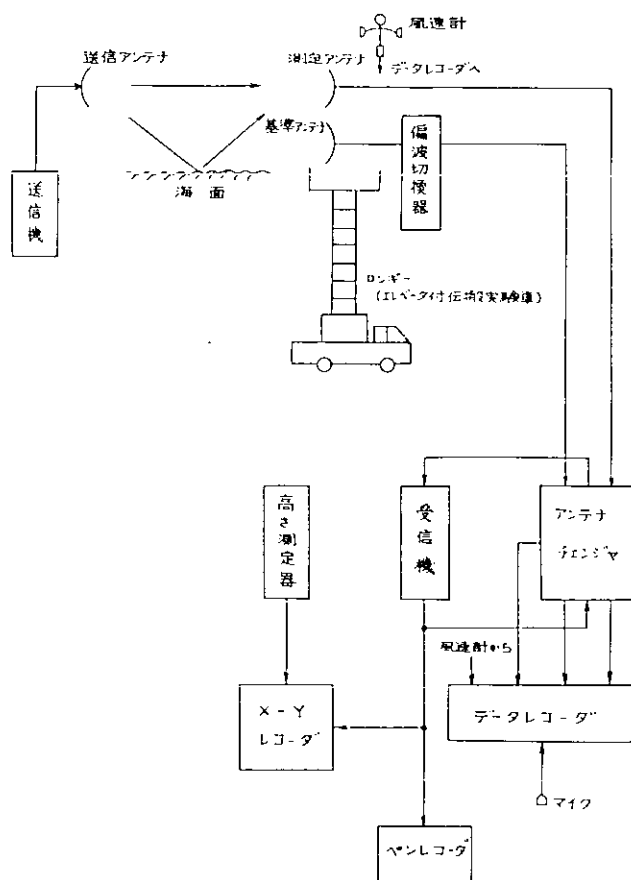


図 4.3.12 測定ブロックダイア

(b) 測定手順

表 4.3.3 に示す測定項目順に次の手順で測定した。

表 4.3.2 測定手順

1	基準アンテナ (1.2 mφ パラボラ) と被測定アンテナを取り付ける。
2	偏波を設定する。
3	ボアサイトエラーを設定する。
4	基準アンテナからの受信の状態に設定する。
5	アンテナを最低の位置に下ろしてその時のアンテナの海拔を測定する。(図 4.3.13 の h_0)
6	X-Yレコーダ上での目盛が h_0 を示すように高さ測定器、X-Yレコーダを調整する。
7	アンテナを 12 m まで上昇させて、ハイトパターンを取る。(図 4.3.14)
8	アンテナを最低の位置 (h_0) に下ろして測定アンテナに切換えて 6、7 を繰り返す。
9	ハイトパターンの最小点のうち、10 m に最も近い点 (図 4.3.14 の h_{min}) にアンテナを固定する。
10	受信レベルの時間的变化を 1 分ごとにアンテナを切換えながら 10 分間にわたって記録する。
11	ハイトパターンの最大点のうち、10 m に最も近い点 (図 4.3.14 の h_{max}) にアンテナを固定する。
12	10 を繰り返す。

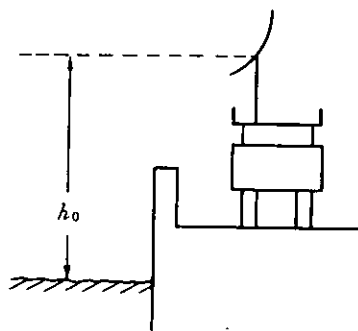


図 4.3.13

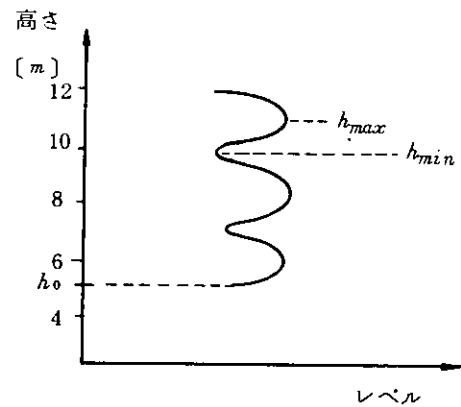


図 4.3.14

表 4.3.3 測 定 項 目

項目	仰角	ボアサイトエラー	アンテナ	偏 波	備 考
1	9°	0°	1Hel	RHCP	
2	"	"	SBF	"	
3	"	"	4 Hel	"	
4	"	"	0.6 mφ	"	
5	"	"	"	H	
6	"	"	"	V	
7	"	-18° (下向き 9°)	基準のみ	R,L,H,V	1 分毎偏波切換 30 分間 (ハイトパターンなし)
8	7°	0°	0.6 mφ	RHCP	
9	"	"	4 Hel	"	
10	"	"	SBF	"	
11	"	"	Hel	"	
12	5°	0°	Hel	RHCP	Hel 1/2 θ _{3dB} = 11°
13	"	-5°	"	"	Hel θ _{3dB} = 22.5°
14	"	+ 1/2 θ _{3dB}	"	"	1.2 mφ 1/2 θ _{3dB} = 2.5°
15	"	+ θ _{3dB}	"	"	1.2 mφ θ _{3dB} = 5.5°
16	"	0°	SBF	"	SBF 1/2 θ _{3dB} = 7°
17	"	-5°	"	"	SBF θ _{3dB} = 14.5°
18	"	+ 1/2 θ _{3dB}	"	"	1.2 mφ 1/2 θ _{3dB} = 2.5°
19	"	+ θ _{3dB}	"	"	1.2 mφ θ _{3dB} = 5.5°
20	"	0°	4 Hel	"	
21	"	"	0.6 mφ	"	
22	"	"	"	H	
23	"	"	"	V	
24	"	-10° (下向き 5°)	基準のみ	R,L,H,V	1 分毎偏波切換 30 分間 (ハイトパターンなし)
25	"	"	0.6 mφ のみ	"	" "
25'	"	"	"	"	1 分毎切換 ハイトパターン H _{min} , H _{max}
26	"	0°	0.6 mφ	RHCP	
27	"	"	Hel	"	
28	"	"	SBF	"	
29	"	"	4 Hel	"	
30	"	"	0.6 mφ	RHCP	
31	"	"	"	H	
32	"	"	"	"	10 分毎切換
33	"	"	"	RHCP	"
34	"	1/2 θ _{3dB}	"	"	"
35	"	"	"	H	"
36	"	θ _{3dB}	"	"	"
37	"	"	"	RHCP	"
38	"	0°	0.6 mφ	RHCP	
39	"	"	SBF	"	
40	"	"	Hel	"	

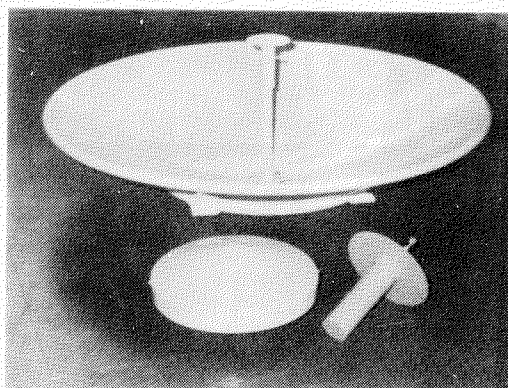
(3) 測定装置

以下に測定装置の性能と写真を示す。

(a) アンテナ

(i) 1.2 mφ パラボラアンテナ

	利 得	軸 比	半値角
水平偏波	24.0 dB		$\pm 6^\circ$
垂直偏波	24.1 dB		$\pm 5^\circ$
右旋偏波	23.7 dB	1.9 dB	$\pm 5.5^\circ$



上 : 1.2 mφ パラボラ

下右: ヘリカル

下左: ショートバックファイア

図 4.3.1 5 アンテナ

(ii) 0.6 mφ パラボラアンテナ (受信用)

	利 得	軸 比	半値角
水平偏波	17.7 dB		$\pm 9^\circ$
垂直偏波	17.7 dB		$\pm 9^\circ$
右旋偏波	17.6 dB	1.9 dB	$\pm 9^\circ$

(iii) 4 スタックヘリカルアンテナ

偏 波	右旋
利 得	18.5 dB
軸 比	1.0 dB
半値角	$\pm 10.5^\circ$

(iv) ショートバックファイアアンテナ

偏 波	右旋
利 得	14.0 dB
軸 比	2.0 dB
半値角	$\pm 14.5^\circ$

(V) 210 厘米ヘリカルアンテナ

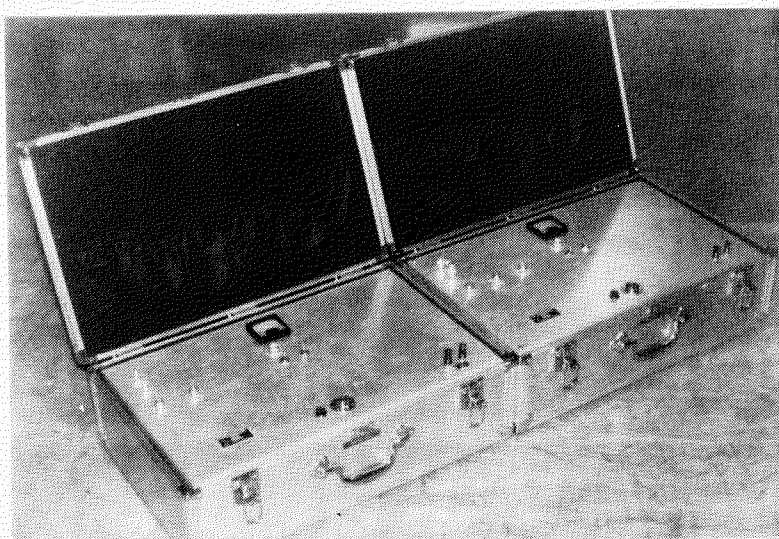
偏 波	右 旋
利 得	10.6 dB
軸 比	1.8 dB
半値角	$\pm 22.5^\circ$

(b) 送 信 機

出 力	1 W
周波数	1 6 4 3 MHz

(c) 受 信 機

感 度	-90 dB <i>m</i>
周波数	1 6 4 3 MHz
N F	3 dB
ダイナミックレンジ	20 dB



左 受信機

右 送信機

図 4.3.16 送 受 信 機

(d) 高さ測定器

高 さ	1 ~ 15 <i>m</i>
精 度	0.5 %
出 力	0.5 V/ <i>m</i>

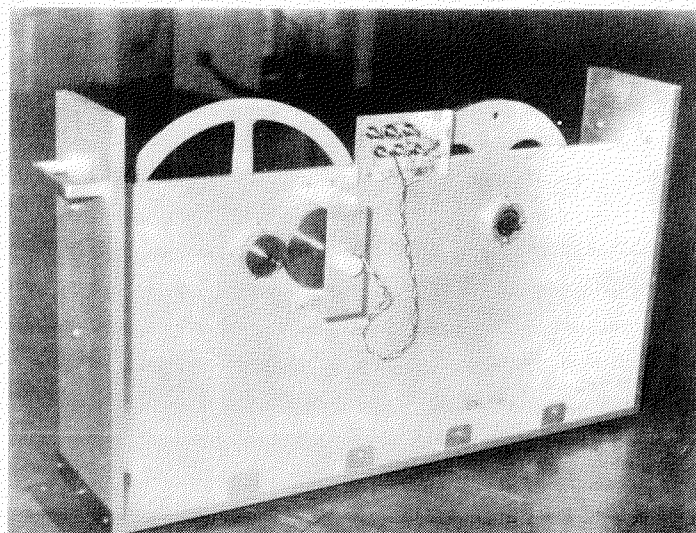


図4.3.17 高さ測定器

(e) 偏波面切換器

切換方法	自動、手動
偏波の種類	V、H、RHCP、LHCP
切換間隔（自動）	1分、5分、10分、30分、60分
周波数	1535 MHz ~ 1645 MHz
インピーダンス	50 Ω
VSWR	1.7以下
損失	1.3 dB以下
通過電力	1 W
切換時間	約 20 ms

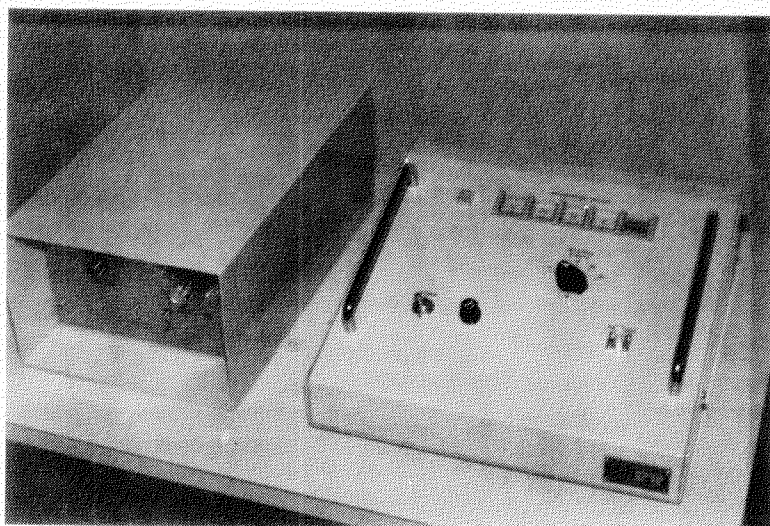


図 4.3.18

偏波面切換器

左：本 体
右：操作部

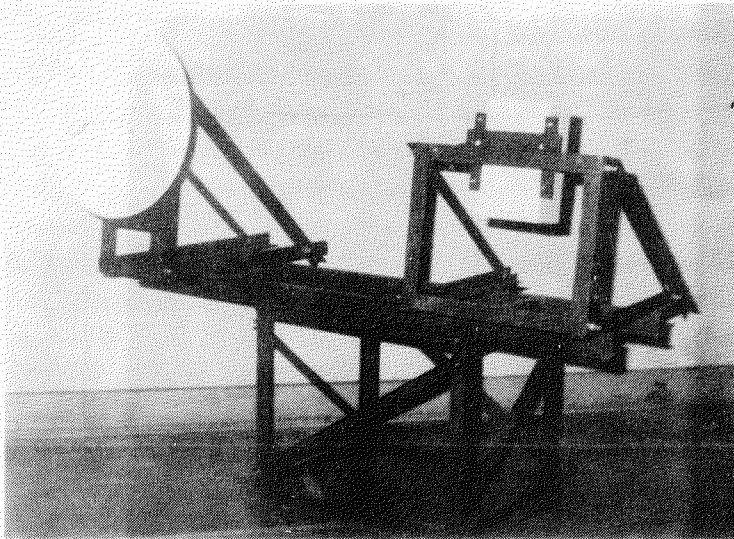


図 4.3.19

アンテナ取付台に偏波面切換器と0.6mφパラボラを取付けた所

4.3.3 実験結果

(1) 予備実験

郵政省から実験局の免許が下りる前で電波の発射はできなかったが、51年11月、測定装置の動作確認と練習を兼ねての予備実験を行ない、主に受信系のチェックを行った。その結果、正常に動作することが確認された。図4.3.20及び図4.3.21にその時の実験風景を示す。

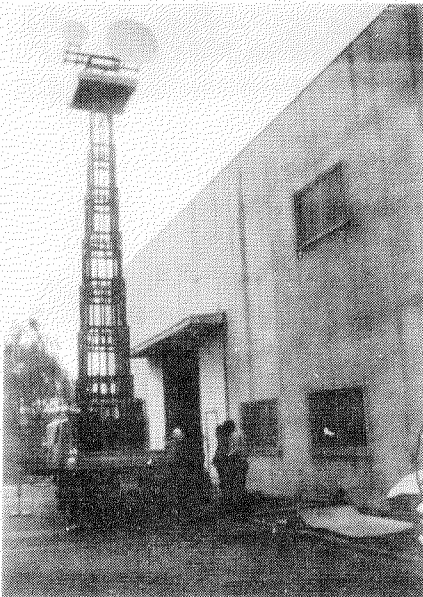


図 4.3.20

予備実験風景
(受信アンテナ)

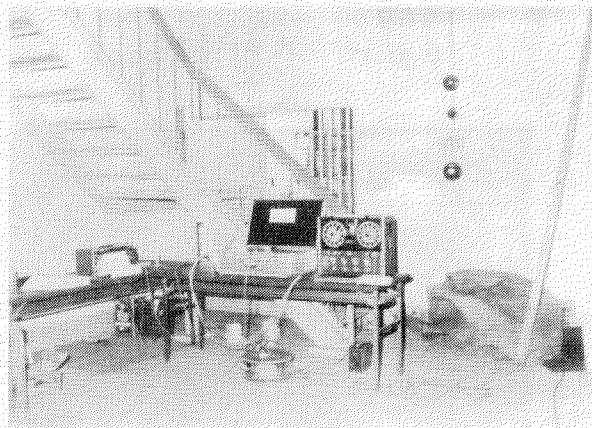


図 4.3.21

予備実験風景 (受信・記録系)

(2) 海上伝ばん実験

前記、静岡県西伊豆町田子港に於て海上伝ばん試験を行ったので、そのデータの一部を示す。この期間、海況は穏やかでかなり鏡面に近いことが多かった。なお、実験に使用した周波数は1643.00MHzである。

測定装置と周囲環境の写真を図4.3.22～図4.3.27に示す。図4.3.28にハイトパターンのデータの一部を、図4.3.29にアンテナを固定した場合の受信レベルの時間的変化のデータの一部を示す。

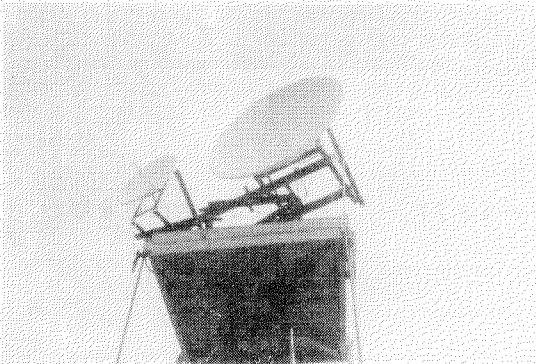


図4.3.22 受信アンテナ



図4.3.23 受信設備全景

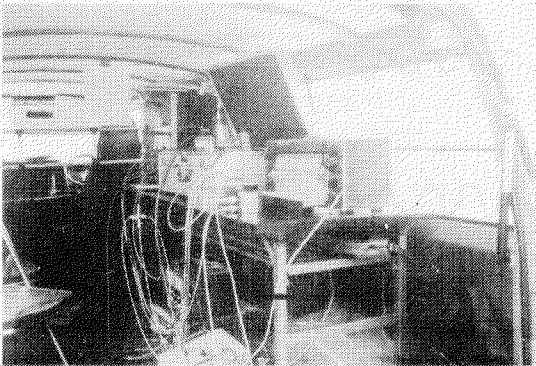


図4.3.24 測定、記録装置



図4.3.25 送信設備全景

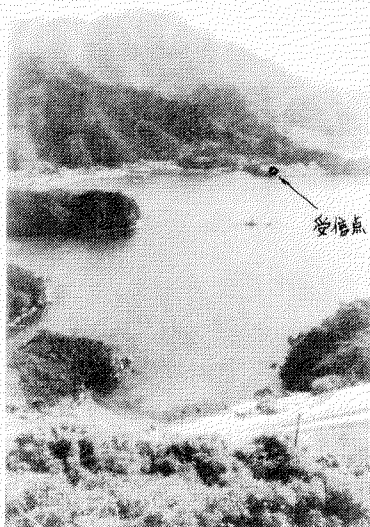


図 4.3.26 送信点より受信点を望む

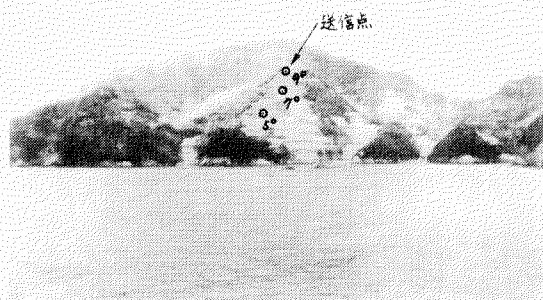
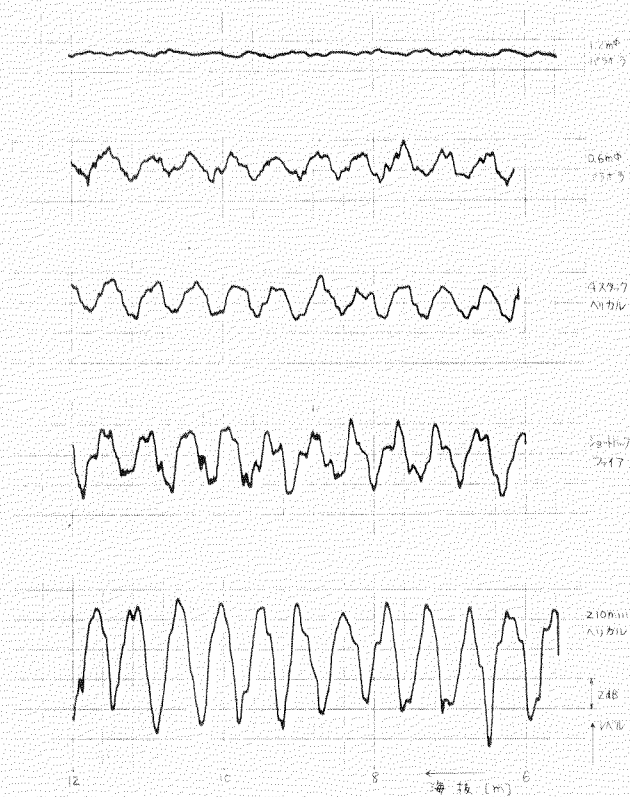
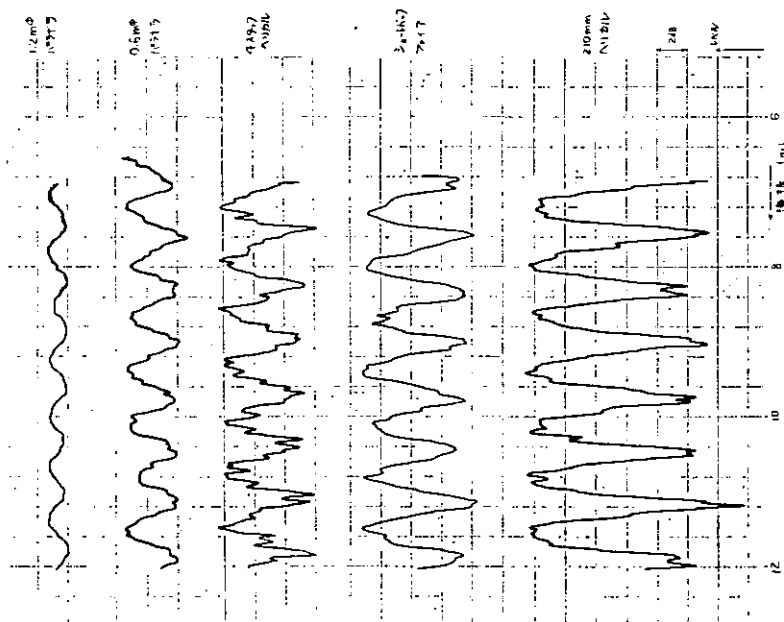


図 4.3.27 受信点より送信点を望む

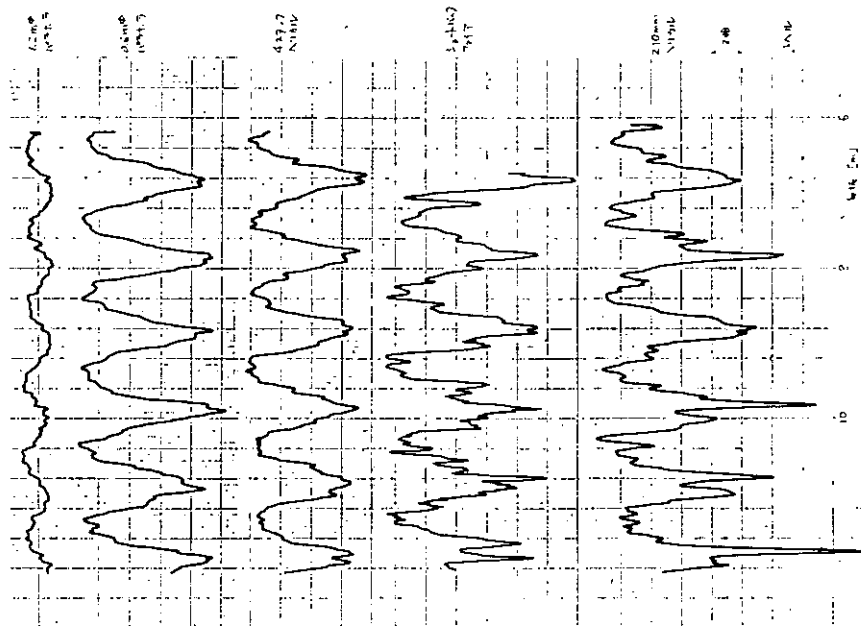


a. 仰角 9° ハイットパターン

図 4.3.28 仰角の変化によるハイットパターン (波高約 8 cm)



b. 仰角 7° ハイトパターン



c. 仰角 5° ハイトパターン

図 4.3.28 仰角の変化によるハイトパターン(波高約 8 cm)

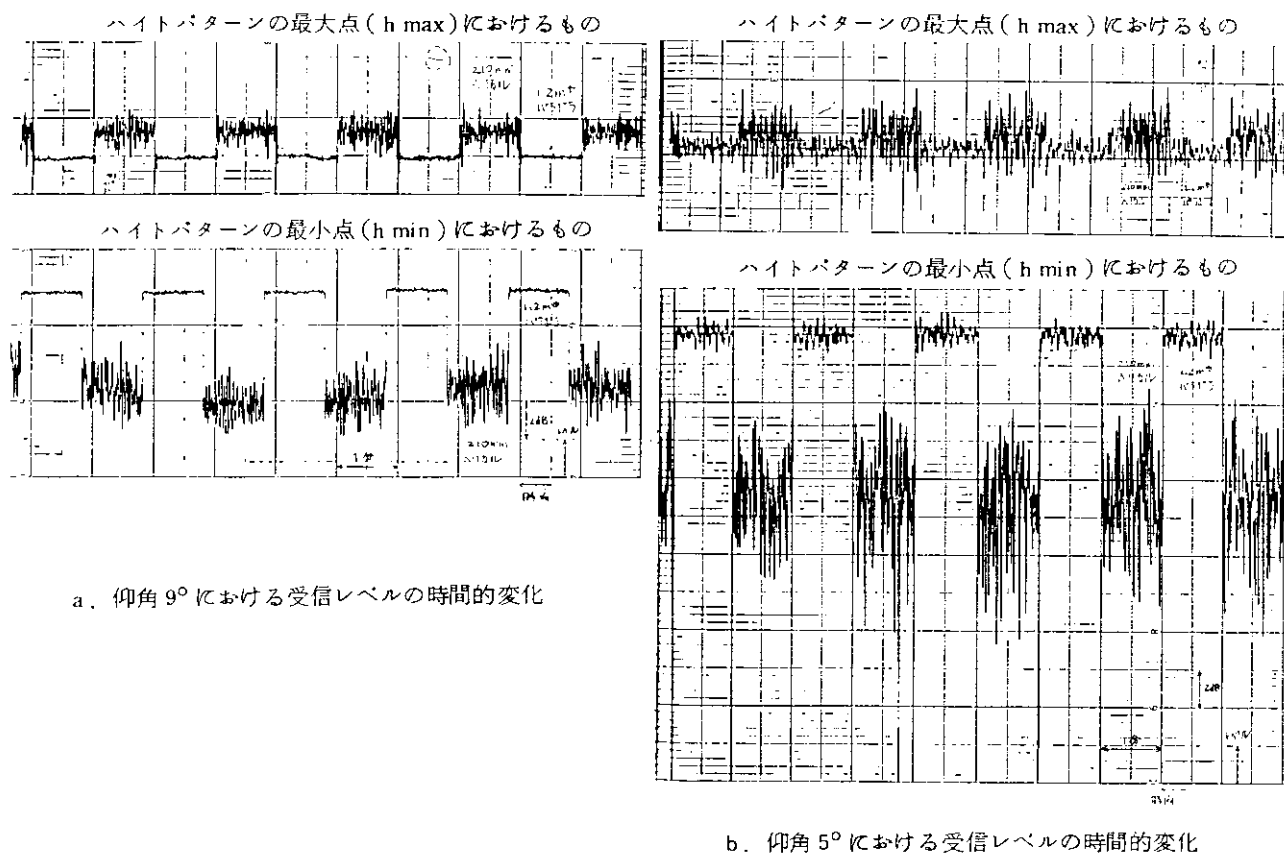


図 4.3.29 受信レベルの時間的変化
(1.2mφ パラボラ, 210mm ヘリカル切換)

4.4 ま と め

理論的考察としては、Beckmann & Spizzichino の著作及び CCIR の文献を対象として行った。とくに CCIR の論文は、修正、補足が必要であったが、この文献に基づいて予め計算した所、有益な結果が得られた。すなわち、低仰角において、アンテナを上向きにずらすことにより、利得の低下を上回るフェージングの減少が期待できること、またアンテナの偏波の垂直偏波に切換えることにより、偏波の結合損失 3 dB を上回るフェージングの減少が期待できること等がわかった。但し、これは、海面に波のない時のことである。

計算結果を確かめるため、あるいは、計算では仲々結論の出ない問題を究明するため、実験に必要な装置を製作し、海上伝はん実験を行った。1.2mφ と 0.6mφ のパラボラアンテナの他にヘリカルアンテナ、ショートバックファイアアンテナ、4 スタックヘリカルアンテナも製作し、実験に用いた。

実験は予備実験と海上伝はん実験を行った。海上伝はん実験結果の解析は次年度に実施する予定である。

本研究により、海事衛星通信に影響を及ぼすフェージングについて、有益な理論的考察及び実験結果が得られた。

5. 電子的追尾方式空中線の研究

＝レトロディレクティブアレイ空中線の実験＝

5.1 まえがき

昨年度に引き続き、レトロディレクティブアレイ空中線の実験的研究を行なった。昨年度末までに 2×8 素子スパイラルアンテナアレイの製作と、位相コンジュゲート回路の設計を完了し、本年度はアンテナアレイの特性測定、位相コンジュゲート回路の製作、調整、試験およびアンテナアレイと位相コンジュゲート回路を組合わせたレトロディレクティブアレイ空中線の総合特性試験を行ない、パイロット電波の到来方向に最大の指向特性を持つというレトロディレクティブ特性を実験的に確認することができた。

5.2 実験用レトロディレクティブアレイアンテナ開口部の特性

試作したレトロディレクティブアレイアンテナ開口部の外観を図 5.2.1 に、素子配列を図 5.2.2 に示す。アレイアンテナは 16 個の放射素子で構成しており、各素子には右旋円偏波の地板上 2 線式アルキメデス形スパイラルを使用している。今回の実験の目的は 1 次元でのレトロディレクティブ動作を確認することである。図 5.2.2 の配列では地面による反射波がアンテナに入射してレトロディレクティブ動作に誤差を生ずることを防ぐため、垂直面 ($Z-Y$ 面) 内ビーム幅を狭くする目的で y 方向上下に 2 素子を配列しハイブリッドで同相給電した。さらにこの素子対を x 方向に 8 個並べる素子構成とすることにより水平面 ($Z-X$ 面) 内でビームを偏位させるようにした。

開口部特性の測定に使用した各素子対の給電回路はハイブリッドを用いた等電力 8 分配器、およびケーブル長を変えて製作した移相部で構成しており、その構成図を図 5.2.3 に示す。各素子対の x 座標を x_i ($i = 1 \sim 8$) とし座標系を図 5.2.4 のようにとれば、 θ_0 方向で最大放射となるための各素子対給電位相 ϕ_i は素子対 1 を基準として次式で表わされる。

$$\phi_i = \frac{2\pi}{\lambda} (x_i - x_1) \sin \theta_0 \quad \dots\dots\dots (5.2.1)$$

ここで λ は波長である。この位相を得るために図 5.2.3 の移相部では各ケーブル長 ℓ_i を

$$\ell_i - \ell_1 = (x_i - x_1) \sin \theta_0 \quad \dots\dots\dots (5.2.2)$$

となるようにした。 θ_0 としては 0° , 30° , 60° の 3 方向を選び、3 種類の移相部を製作した。

5.2.1 素子アクティブインピーダンス

給電回路をアンテナ開口部に接続し、給電回路と各素子対との間にスロットドラインを挿入してアクティブインピーダンスを測定した。被測定端子以外は図 5.2.5 に示すようにスロットドラインと等移相量をもつケーブルで接続した。 $\theta_0 = 0^\circ$, 30° , 60° のときの測定結果を図 5.2.6, 7, 8 に示す。1535, 1645 MHz で VSWR は $\theta_0 = 0^\circ$, 60° では 2 以下、 30° では 2.7 以下である。

5.2.2 放射パターン

1535, 1645 MHz の 2 周波数で放射パターンを測定した。 $\theta_0 = 0^\circ$, 30° , 60° のときの水平面内パターンを図 5.2.9 ~ 5.2.14 に示す。2 周波数で $\theta_0 = 0^\circ$, 30° ではビーム幅 $12^\circ \sim 13^\circ$ 、サイドローブレベル -11.5 dB 以下である。 $\theta_0 = 60^\circ$ のときにはレベルが 1535 MHz で -6.8 dB、1645 MHz で -5.5 dB のグレーティングローブが発生しており、 $\pm 60^\circ$ 付近までビームを偏位させる場合には各素子対の間隔をより狭くすることによってこのグレーティングローブを抑圧する必要がある。

また $\theta_0 = 0^\circ$ のときの垂直面内パターンを図 5.2.15, 16 に示す。垂直面内ビーム幅は 2 周波数で 26° である。

5.2.3 軸 比

放射素子に使用した2線式アルキメデス形スパイラルアンテナの軸比を改善するには、スパイラル外周に電波吸収塗料を塗付する方法が有効である。電波吸収塗料を外周6巻きに塗付した結果、1535、1645 MHzの中心、周波数1590 MHzでスパイラル単体の正面方向軸比を1.5 dB改善することができた。このときの放射角度 θ に対する軸比測定結果を図5.2.17に示す。1535、1645 MHzでは $0^\circ \leq \theta \leq 25^\circ$ で1 dB以下の軸比が得られている。

図5.2.1で示したアレイアンテナの各スパイラルではすべて外周6巻きに電波吸収塗料を塗布してある。このアレイアンテナでビームを偏位したときの軸比を測定し、図5.2.18に示す結果を得た。この図からわかるようにビーム偏位角が $\pm 30^\circ$ 以内ならば最大放射方向の軸比は2周波で1 dB以下である。

5.2.4 利 得

地板上の4分の1波長モノポールアンテナとの比較法によりビームを偏位させたときの最大放射方向の利得を測定した。測定結果を図5.2.19に示す。ビームが正面方向を向いたときの利得は円偏波無指向性点波源に対して1535 MHzで18.7 dB、1645 MHzで17.3 dBである。またビームを 50° 付近まで偏位させると2周波数で正面方向利得から約6 dB低下することがわかる。

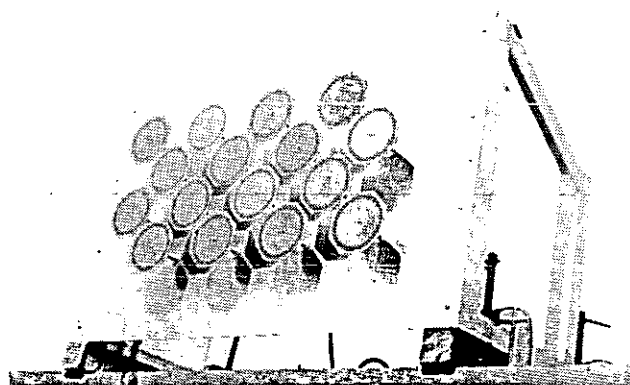


図 5.2.1 開 口 部 の 外 観

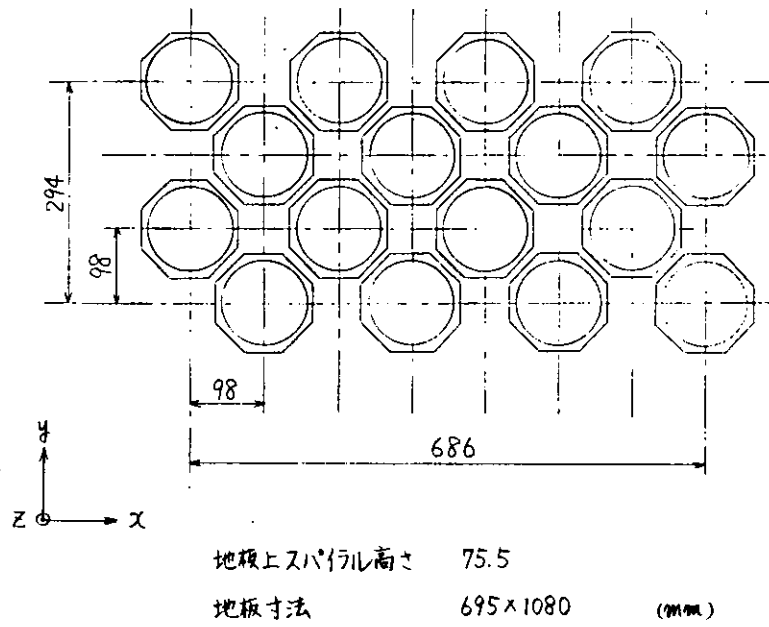


図 5.2.2 素子配列

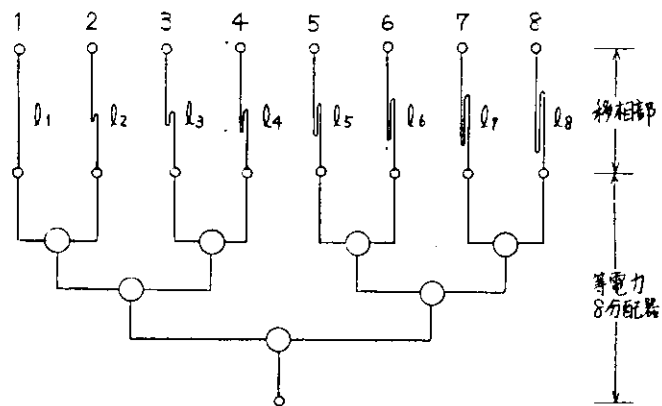


図 5.2.3 給電回路の構成

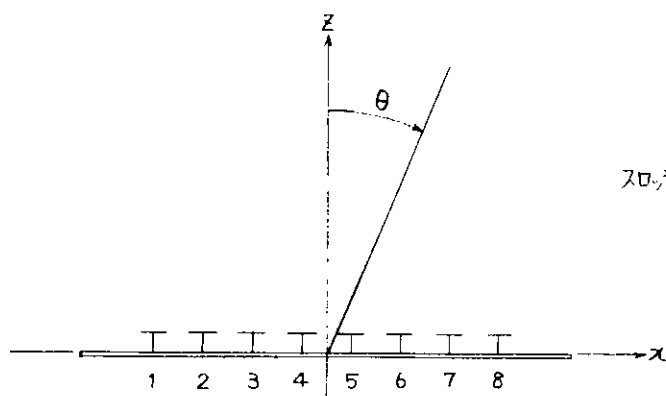


図 5.2.4 アンテナ座標系

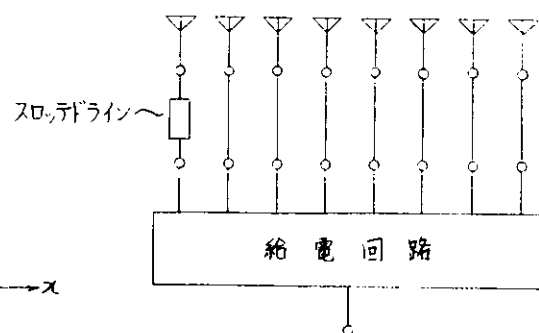


図 5.2.5 アクティブインピーダンス測定系

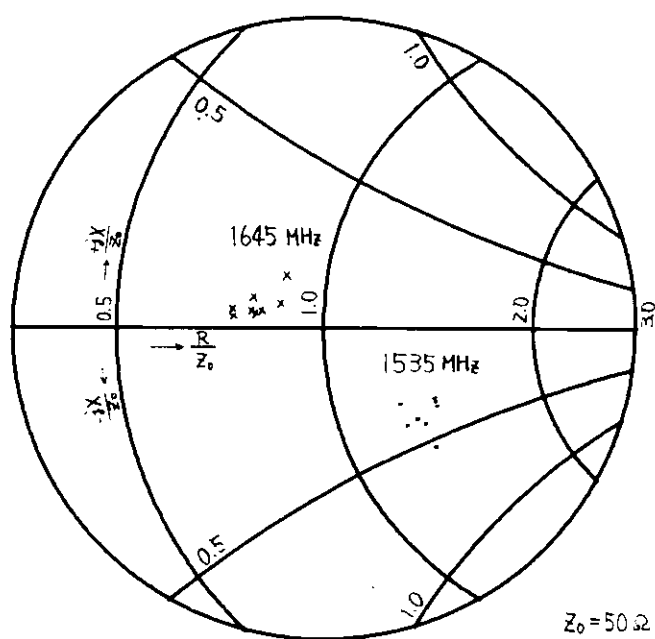


図 5.2.6 素子アクティブインピーダンス $\theta_0 = 0^\circ$

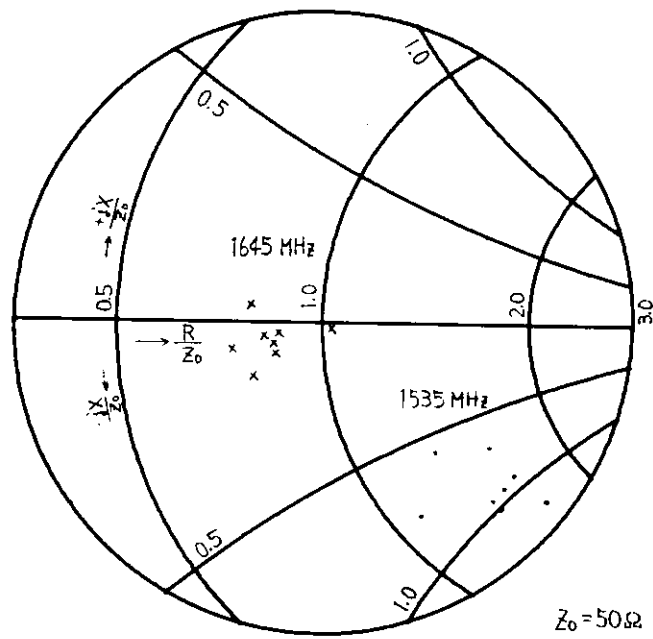


図 5.2.7 素子アクティブインピーダンス $\theta_0 = 30^\circ$

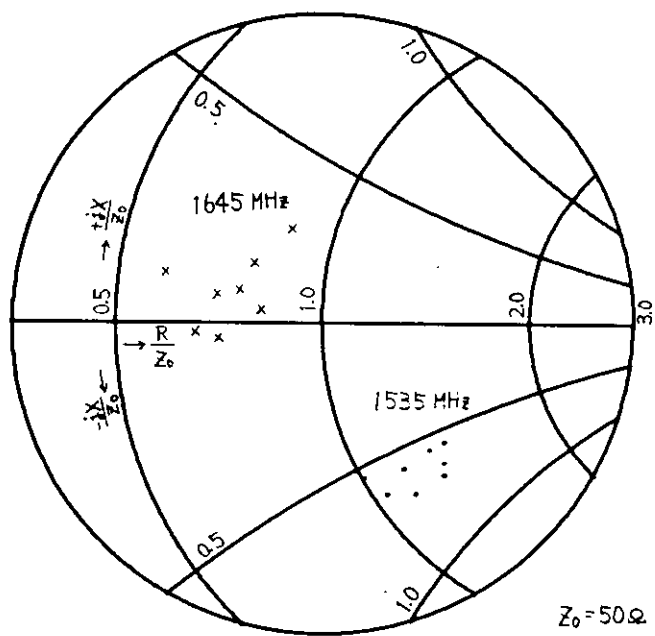


図 5.2.8 素子アクティブインピーダンス $\theta_0 = 60^\circ$

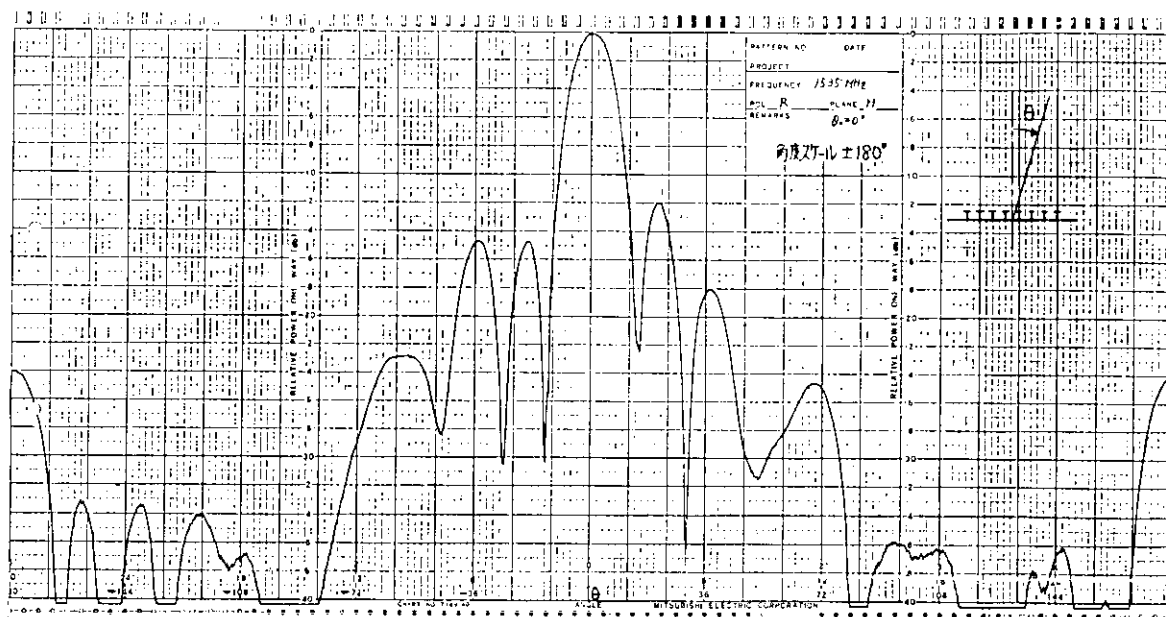


図 5.2.9 水平面内放射パターン $\theta_0 = 0^\circ$, $f = 1535 \text{ MHz}$

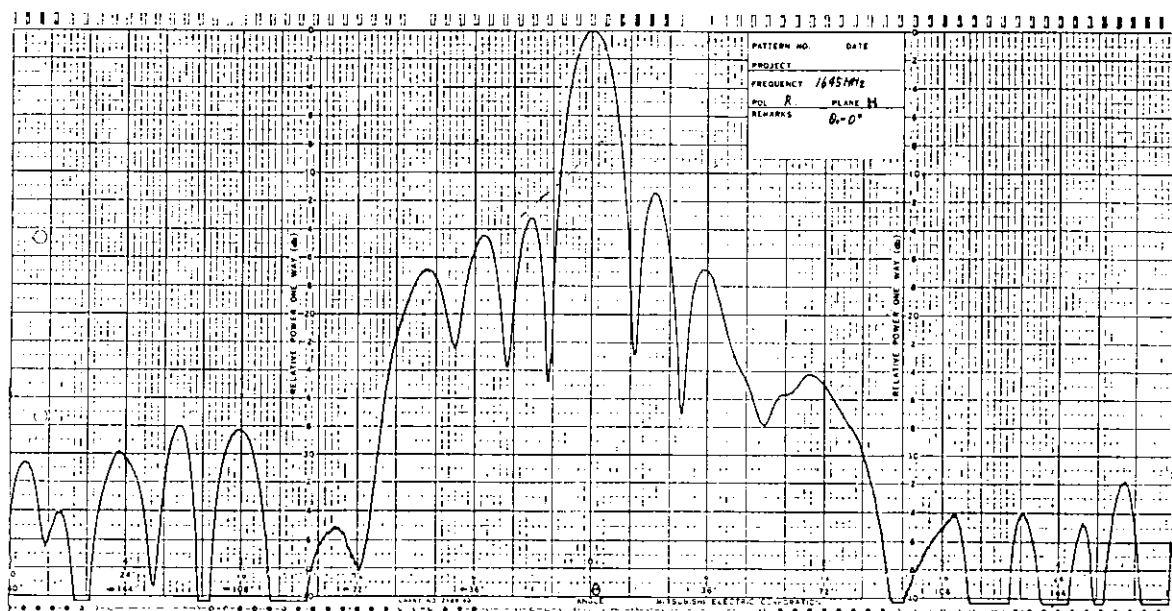


図 5.2.10 水平面内放射パターン $\theta_0 = 0^\circ$, $f = 1645 \text{ MHz}$

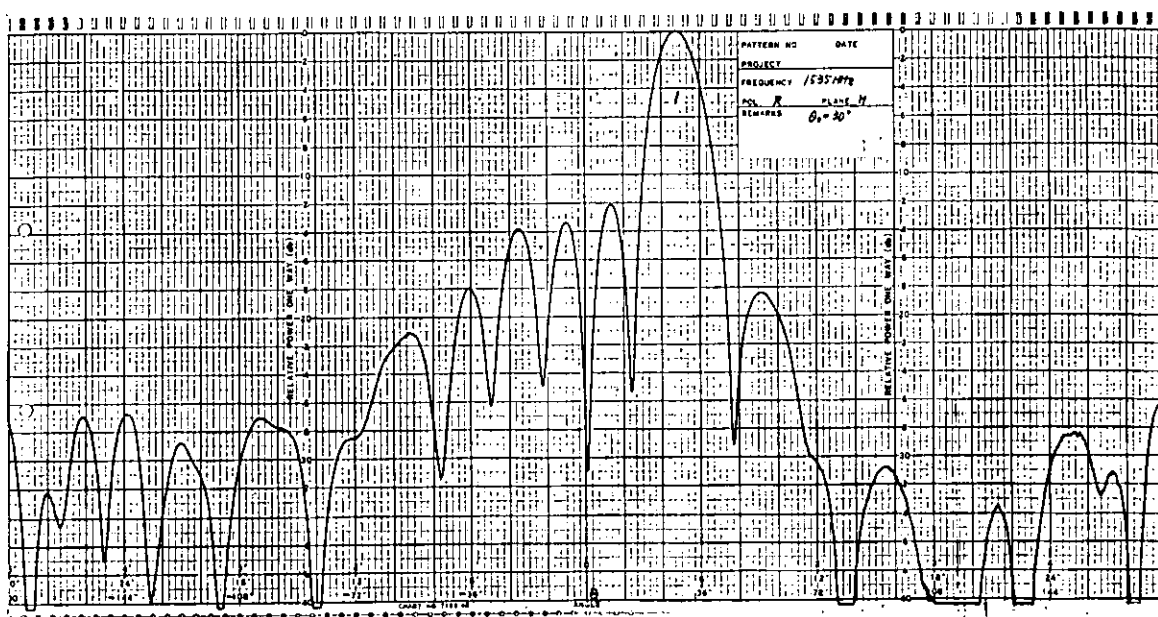


図 5.2.11 水平面内放射パターン $\theta_0 = 30^\circ$, $f=1535\text{MHz}$

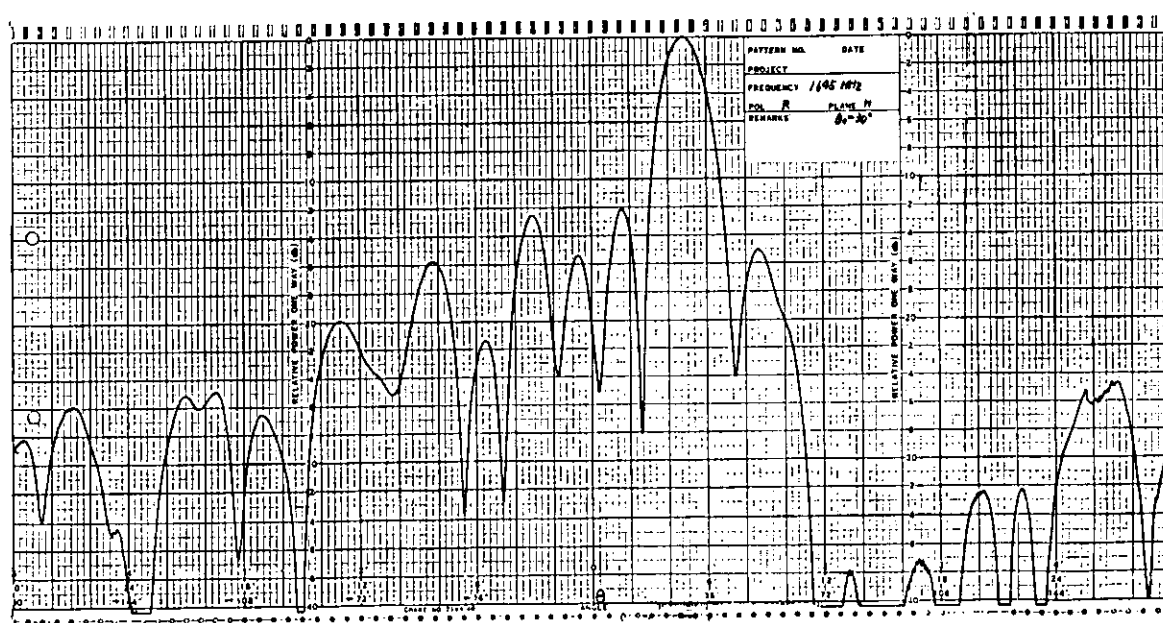


図 5.2.12 水平面内放射パターン $\theta_0 = 30^\circ$, $f=1645\text{MHz}$

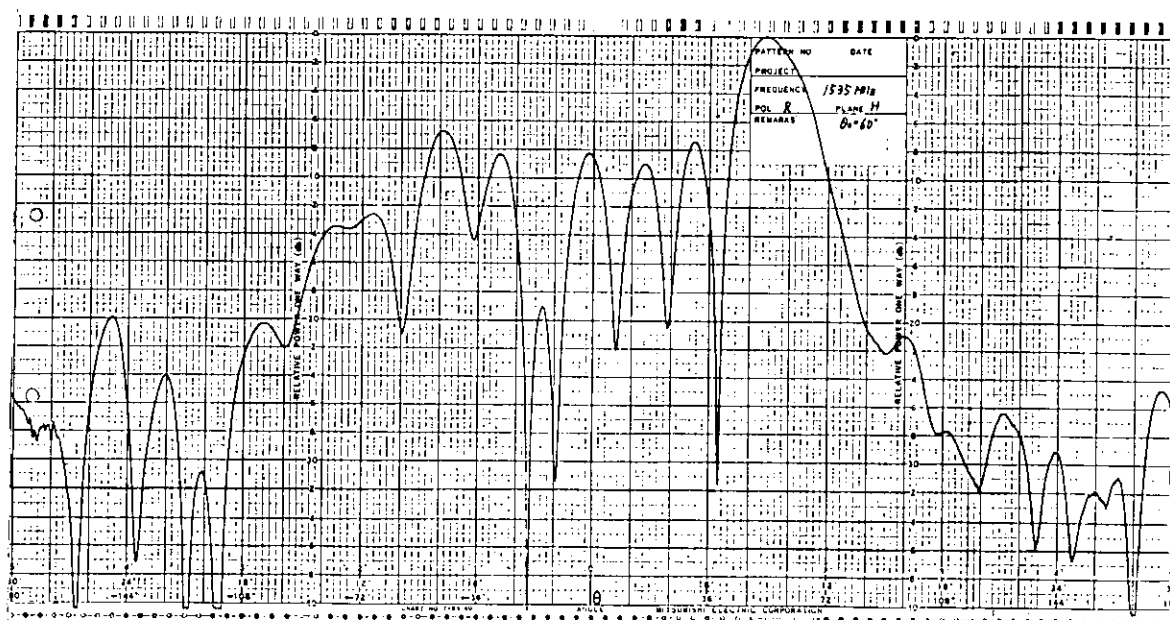


図 5. 2. 13 水平面内放射パターン $\theta_0 = 60^\circ$, $f=1535\text{MHz}$

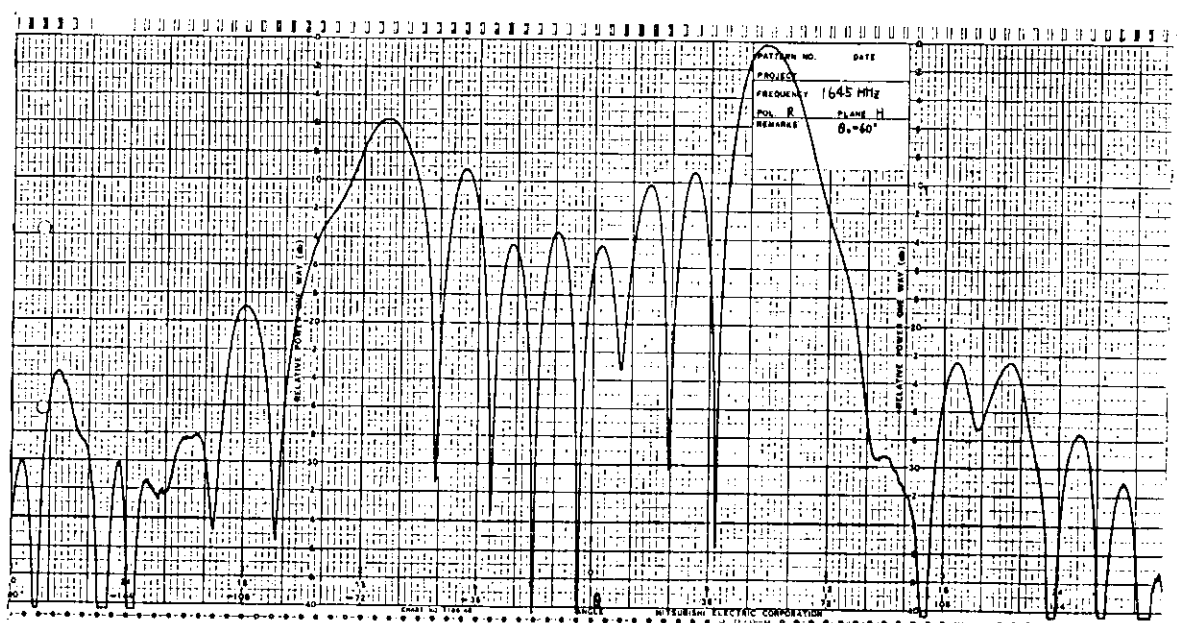


図 5. 2. 14 水平面内放射パターン $\theta_0 = 60^\circ$, $f=1645\text{MHz}$

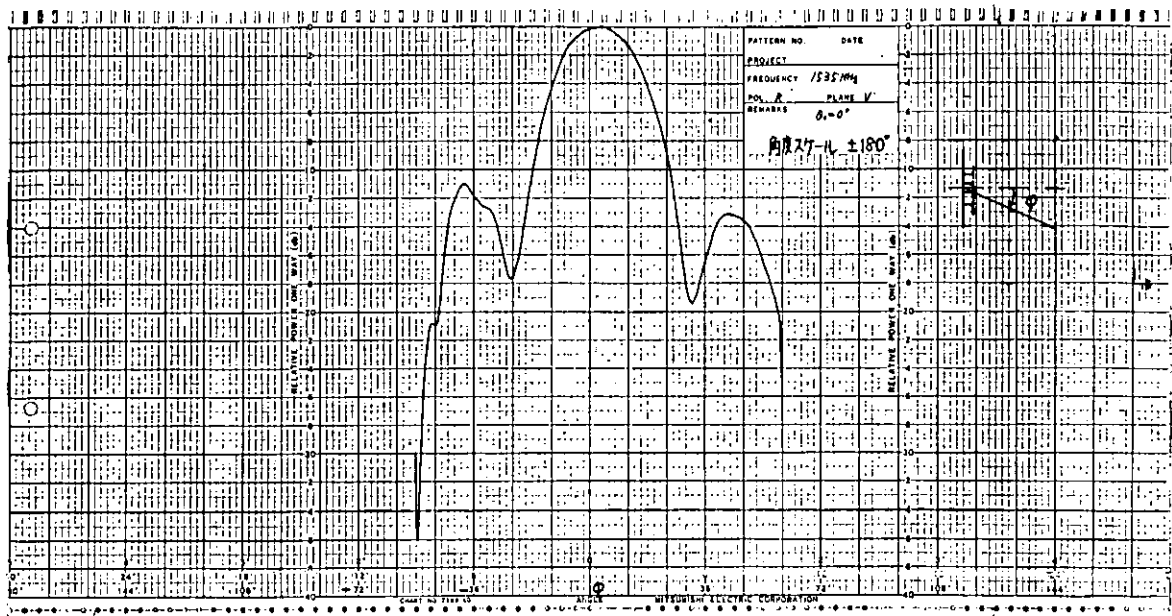


図 5.2.15 垂直面内放射パターン $\theta_0 = 0^\circ, f=1535\text{MHz}$

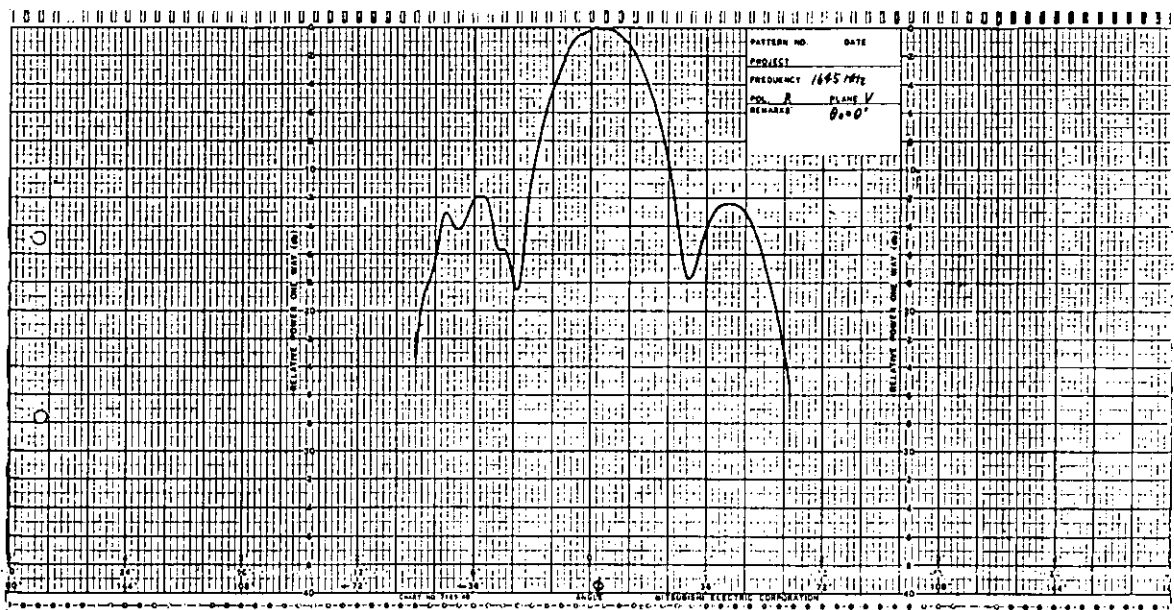


図 5.2.16 垂直面内放射パターン $\theta_0 = 0^\circ, f=1645\text{MHz}$

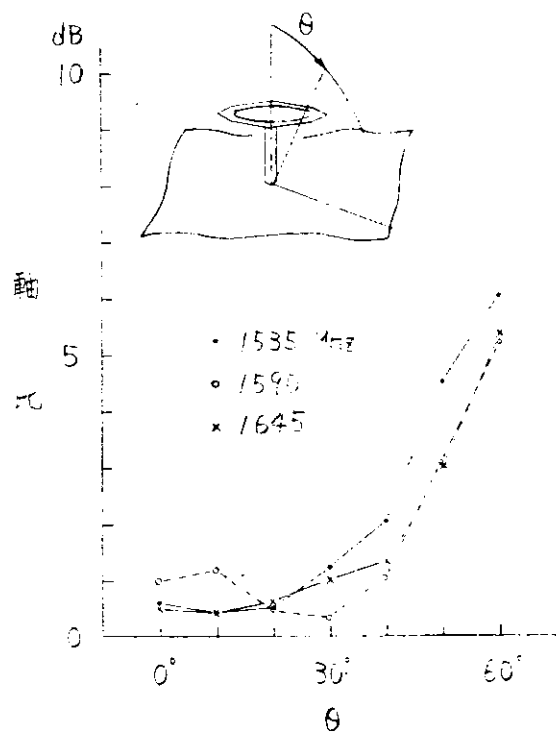


図 5.2.17 スパイラル単体の軸比

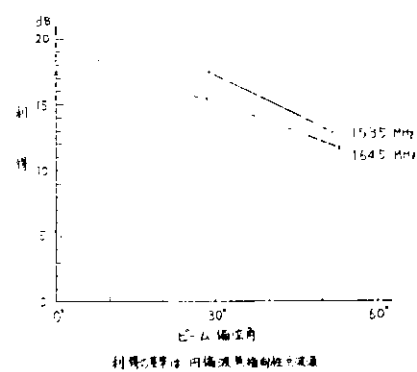


図 5.2.19 ビーム偏位による利得変化

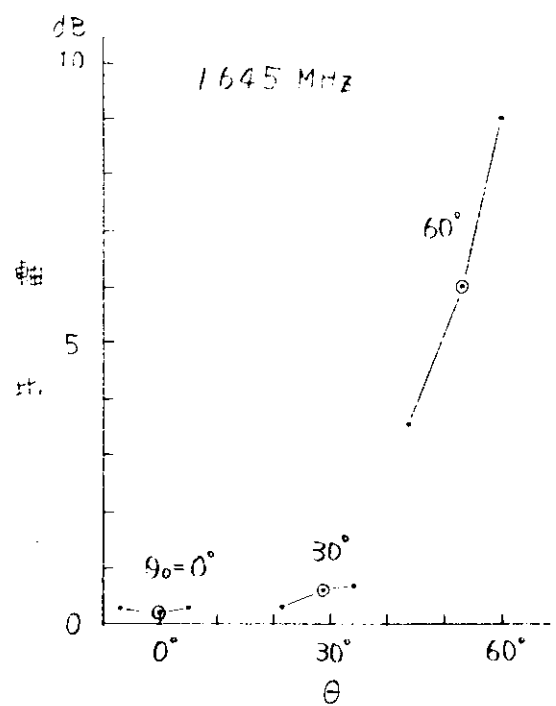
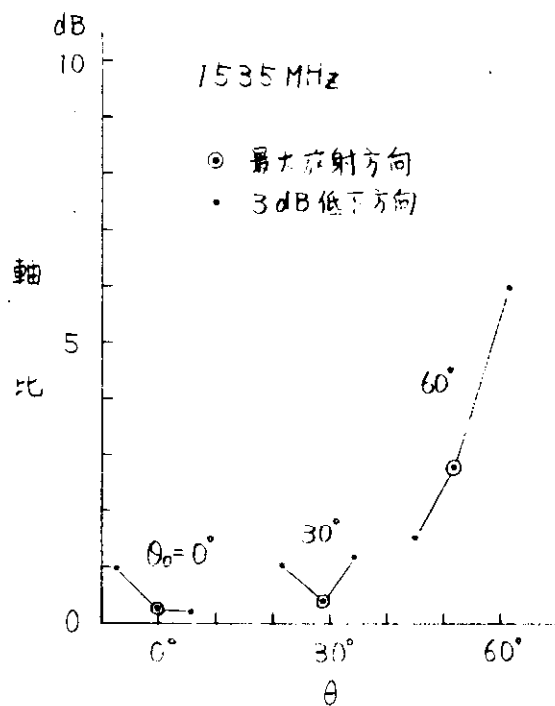


図 5.2.18 アレイアンテナの軸比

5.3 位相コンジュゲート回路の特性

5.3.1 回路の構成と外観

今回製作した位相コンジュゲート回路のブロックダイヤを図 5.3.1 に、レトロディレクティブアレイアンテナのブロックダイヤを図 5.3.2 に示す。また図 5.3.4 はレトロディレクティブアレイアンテナの外観図であり、図 5.3.5 はアンテナ給電用ハイブリッドの外観を示す。図 5.3.6 は位相コンジュゲート回路の外観図であり、今回のアレイアンテナには 8 個使用している。図 5.3.7 は局部発振器及び電力分配器の外観図であり、受信 RF 用、パイロット用、送信用と 3 種使用している。

5.3.2 回路の特性

レトロディレクティブアレイアンテナが正しく動作するために必要な位相コンジュゲート回路の特性は次の通りである。

- (a) 受信パイロット信号に安定に同期すること。
- (b) 変換された送信信号出力及び受信信号出力（中間周波出力）のパイロット信号に対する位相とレベルの関係が安定であり、しかも各位相コンジュゲート回路間のバラツキが少ないこと。

以上の観点で、今回の試験に使用した位相コンジュゲート回路の特性を述べる。

(1) 送信信号出力（出力周波数 1645 MHz）

(a) レベル

パイロット信号に同期した VCXO の出力と局部発振器出力とを合成して得られるものであり、パイロット信号に影響されず一定の値となる。各位相コンジュゲート回路の出力は次の通りであり、ばらつきは ± 1.5 dB であった。

NL	1	2	3	4	5	6	7	8
出力レベル (dBm)	-4.5	-4.8	-4.25	-4.5	-3.9	-6.8	-3.8	-4.8

(b) 位 相

同一のパイロット信号入力に対する出力位相の各回路間のばらつきを $\pm 10^\circ$ 以内に納めるようパイロット信号レベル及び各回路を調整して測定を行なった。

(2) 受信信号出力（出力周波数 15 MHz）

(a) レベル

電力合成器の入力端で各位相コンジュゲート回路のばらつき補正のための調整を行ない、 ± 0.5 dB 以内のばらつきに納めて測定を行なった。

(b) 位 相

同一のパイロット信号入力に対する出力位相の各回路間のばらつきを $\pm 5^\circ$ 以内に納めるようパイロット信号レベル及び各回路を調整して測定を行なった。

(3) 同 期 特 性

図 5.3.3 に代表的な同期特性を示す。図中 Capture Range、Lock Range が ± 10 kHz 程度に制限されているのは、VCXO の変化範囲が ± 10 kHz 程度のためである。レトロディレクティブアレイアンテナの特性は図中に示した範囲のパイロット信号レベルとなるよう調整して行っており、また周波数偏差も ± 3 kHz 程度のため十分安定な同期特性が得られている。

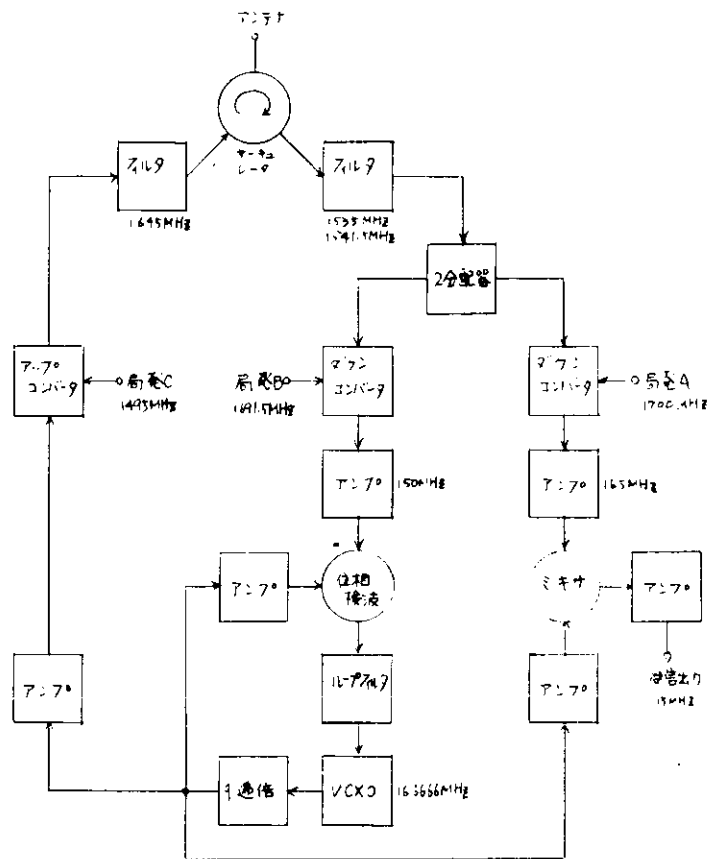


図 5.3.1 位相コンジュゲート回路の構成

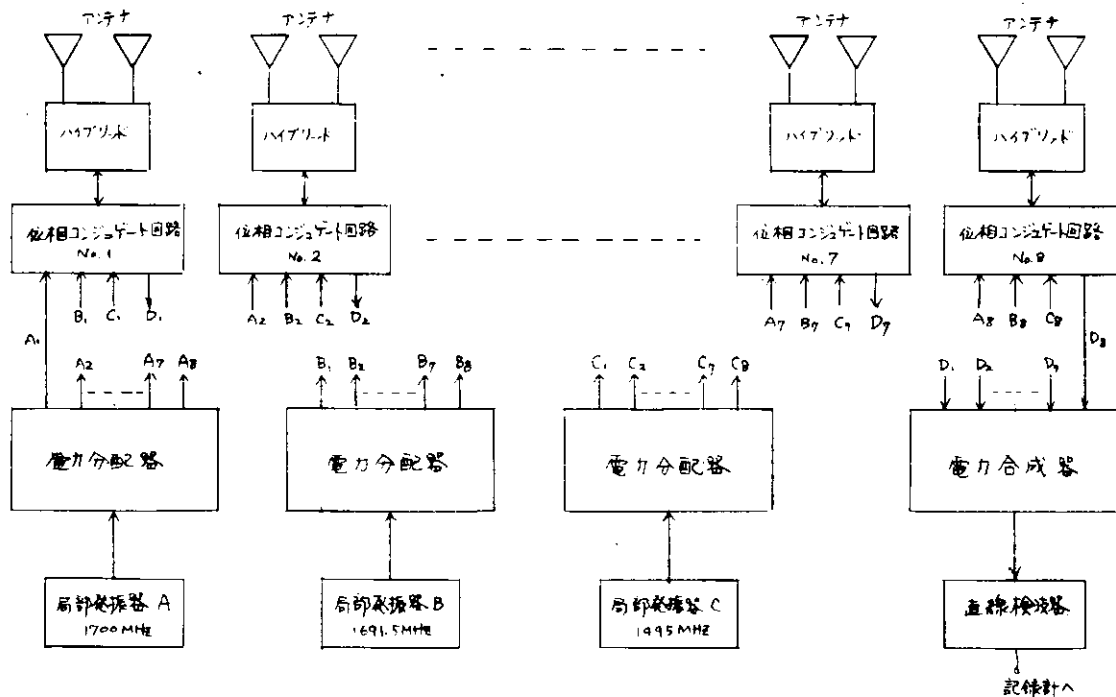


図 5.3.2 レトロディレクティブアレイアンテナの構成

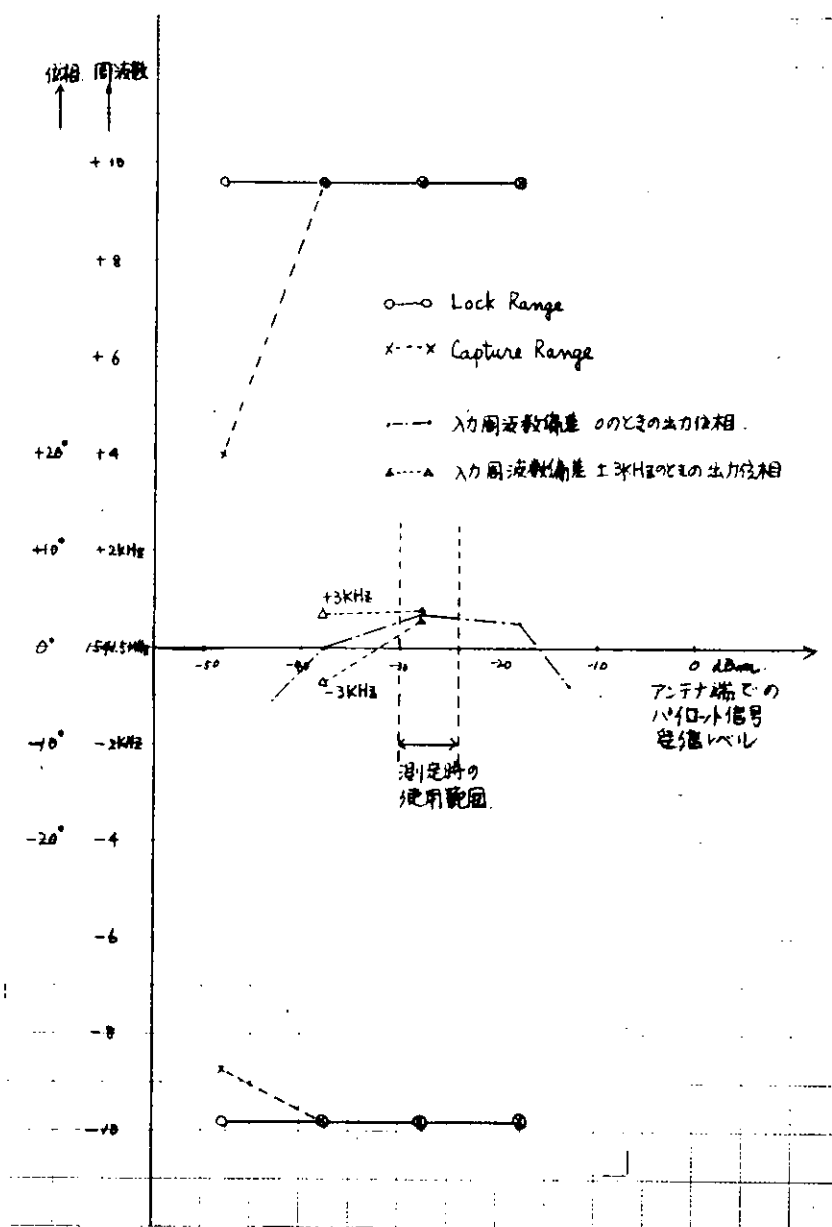
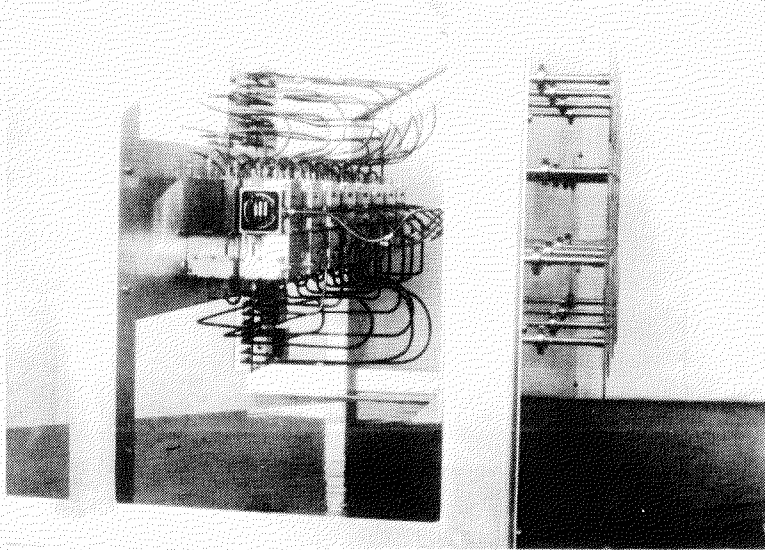
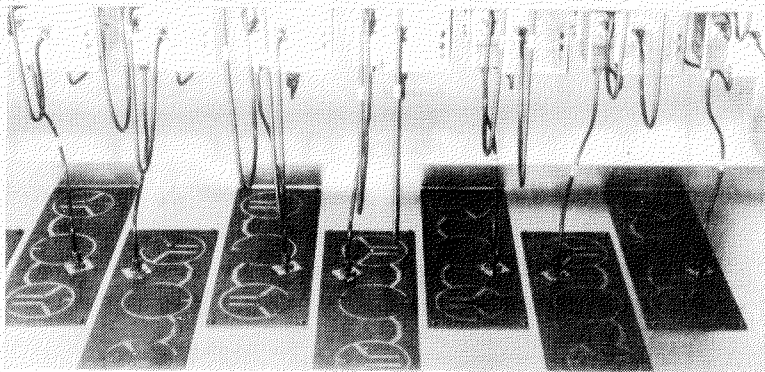


図 5.3.3 同期特性



中央：位相コンジュゲート回路
左側：アンテナアレイ

図 5.3.4 レトロディレクティブアレイアンテナ



上側は位相コンジュゲート回路

図 5.3.5 アンテナ給電用ハイブリッド

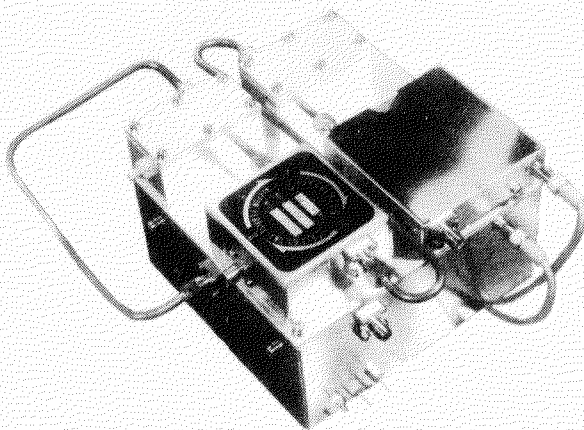


図 5.3.6 位相コンジュゲート回路

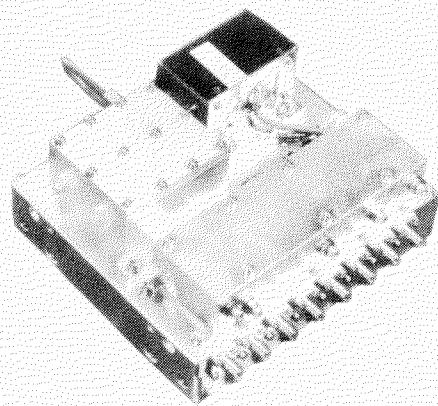


図 5.3.7 局部発振器及び電力分配器

5.4 総合実験結果

開口部と位相コンジュゲート回路とを組み合わせる実験用レトロディレクティブアレイアンテナの特性を測定した。この項ではその測定方法と測定結果について述べる。

5.4.1 測定方法

(1) パイロット波の送信法

レトロディレクティブアレイアンテナは電波の到来方向へ向けて送信波を放射するものであり、その機能を有する放射特性の測定に一般の受動アンテナ系の測定法をそのまま適用することはできない。レトロディレクティブアレイアンテナの測定においては、各素子で受信した信号が同相で合成されること、および送信時の放射パターン主ビームが波源の方向を向いていることを確認する必要がある、その際にアンテナへのパイロット波送信法が問題となる。今回の測定では腕木を用いる送信法と、新に考えたブローブによるパイロット波注入法の2通りの方法を用いた。

まず初めに図 5.4.1 のようにパイロット波源とアンテナとの相対位置を長さ R の腕木で設定する方法を考える。相対位置を R 、 θ_0 で固定し (θ_0 は任意に変えられる)、アンテナと腕木とを同時に回転させる。この距離 R は波源からの到来波がアンテナ開口で平面波となるように選ぶ必要があり、一般には開口の水平方向寸法を D とすれば $R \geq \frac{2D^2}{\lambda}$ なる関係を満足する距離にとられている。今回の周波数にあてはめると R は 5 m 以上となるが、腕木支持の強度的空間的制約によりここでは 4.5 m とした。腕木を取付けたときのアンテナ外観を図 5.4.2 に示す。なおパイロット波送信用アンテナには地板付スパイラルを使用した。

腕木の長さを必要な値だけとれない場合は各素子のパイロット波受信位相は平面波が到来したときと異なる。またパイロット波の一部が腕木あるいはアンテナ付近で反射されて到来することも予想される。このような原因による素子の給電位相誤差を小さくするため、各放射素子に密に結合するブローブを用いてパイロット波を注入する方法を考えた。ブローブを図 5.4.3 のように取付け、各素子の相対位置に基づく到来平面波の位相で、かつ等振幅で各ブローブを給電する。給電には開口部特性に使用した 8 分配の給電回路を用い、垂直方向上下 2 素子のブローブをさらにハイブリッドによって等振同相で給電する。各ブローブの給電回路の構成を図 5.4.4 に示す。またブローブ給電回路および位相コンジュゲート回路を取付けたときのアンテナ外観を図 5.4.5, 6 に示す。

(2) 受信および送信パターンの測定法

受信および送信パターンは図 5.4.7 (1), (2) に示す測定系によって測定することができる。図ではパイロット波を腕木を用いて送信する方法で示したがブローブを用いる場合にも同様である。なおアンテナ間距離等については図 5.4.7 (1) 中に示した。測定場所の外観を図 5.4.8 に示す。

(3) レトロディレクティブ動作の確認法

図 5.4.9 の測定系によりビームの偏位による受信および送信時の利得変化を測定することができる。このときのパターン記録器に表われたレベル変化と送・受信パターン測定結果とによりレトロディレクティブ動作を確認することができる。

5.4.2 測定結果

(1) 受信および送信パターン

θ_0 の方向からパイロット波が到来したときの受信パターンおよび送信パターンの測定結果を図 5.4.10～図 5.4.19 に示す。図 5.4.10～図 5.4.15 はブローブを用いた方法であり、受信パターン、送信パターン共に計算値とよく一致している。また図 5.4.16～図 5.4.19 は腕木を用いた方法であり、受信送信で予期しないレベルのサイドローブが発生している。この原因については後節で検討する。

(2) レトロディレクティブ動作

図 5.4.9 の測定系で受信時および送信時の利得変化を測定した。その測定結果を図 5.4.20 に示す。 θ が $\pm 35^\circ$ 以内ならば正面方向からの利得低下は 3 dB 以下である。また約 $\pm 60^\circ$ 以内で正常なレトロディレクティブ動作が行われていることがわかる。

(3) 利 得

アンテナ利得は能動回路を含めたみかけの利得から能動回路の利得を減じて求めた。その結果アンテナ正面方向で送信時 20 dB、受信時 22 dB (共に基準は円偏波無指向性点波源) の値が得られた。

(4) 腕木を用いたパターンに対する検討

腕木を用いた方法による受信、送信パターンでは $\theta_0 = 0^\circ, 30^\circ$ の両方で θ が負の方向に予期しないレベルのサイドローブが発生している。そこで、その原因を検討するために $\theta_0 = 30^\circ$ の場合の各素子対でのパイロット波受信位相を測定した。アンテナの座標系を図 5.4.21 に示す。

各素子対の x 座標を x_i ($i=1\sim 8$)、パイロット波源と各素子対との距離を L_i 、パイロット波源とアレイ中心との距離を R とすれば、パイロット波の波長を λ_p として素子対 1 を基準とした各素子対のパイロット波受信位相 ϕ_i は次式で表わされる。

$$\phi_i = -\frac{2\pi}{\lambda_p} (L_i - L_1) \quad \dots\dots\dots (5.4.1)$$

$$\text{ここで } L_i = \begin{cases} \sqrt{|x_i|^2 + R^2 + 2R|x_i|\sin\theta_0} & x_i < 0 \\ \sqrt{|x_i|^2 + R^2 - 2R|x_i|\sin\theta_0} & x_i > 0 \end{cases}$$

このときの受信パターン $E_r(\theta)$ 、送信パターン $E_t(\theta)$ はつぎのようになる。

$$E_r(\theta) = E_0(\theta) \sum_i e^{j\frac{2\pi}{\lambda_r} x_i \sin\theta} \cdot e^{-j\phi_i} \quad \dots\dots\dots (5.4.2)$$

$$E_t(\theta) = E_0(\theta) \sum_i e^{j\frac{2\pi}{\lambda_t} x_i \sin\theta} \cdot e^{-j\phi_i} \quad \dots\dots\dots (5.4.3)$$

ただし $E_0(\theta)$ は素子パターン、 λ_r 、 λ_t は受信波、送信波の波長である。

$\theta_0 = 30^\circ$ のときの θ に対するパイロット波の受信位相測定値を図 5.4.22 に示す。位相の基準は素子対 1 の受信位相であり、破線で示した位相は 5.4.1 式により計算した値である。測定値は各素子対で計算値からずれており、また θ に対して変動していることがわかる。この計算値からのずれと変動とはパイロット波の一部がアンテナ付近で反射されて入射したためと考えられる。

つぎに測定値を近似する素子パターンとして $E_0(\theta)$ を

$$E_0(\theta) = \cos^3 \theta + 0.276 \sin^2 2\theta \quad \dots\dots\dots (5.4.4)$$

とし、(5.4.2)、(5.4.3) 式を用いて $\theta_0 = 30^\circ$ の場合の受信パターン、送信パターンを計算した。計算結果を図 5.4.23、24 に示す。図中、実線は ϕ_i として図 5.4.22 の測定結果を用いたものであり、一点鎖線は (5.4.1) 式の計算値を用いたものである。また受信、送信パターンの実測値は破線で示した。実線と破線との予期しないサイドローブを比較すると発生位置がほぼ一致しており、これらのサイドローブ発生原因はアンテナ付近でパイロット波の一部が反射されてアンテナへ入射したためと結論することができる。

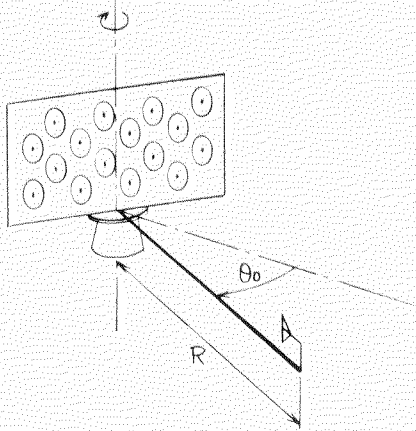


図 5.4.1

腕 木 の 取 付 位 置

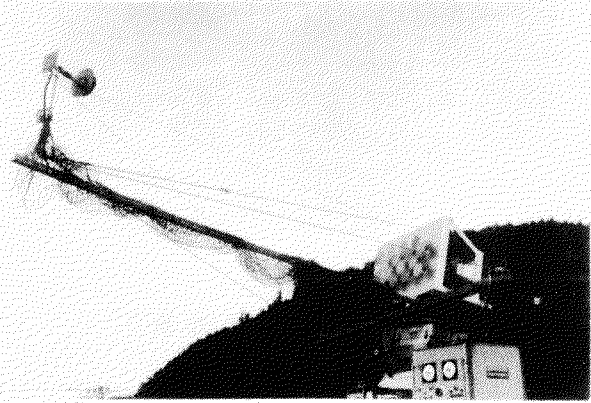


図 5.4.2

腕木を取付けたアンテナ外観

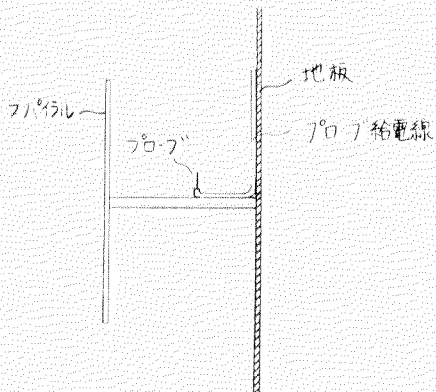


図 5.4.3

プ ロ ー ブ 位 置

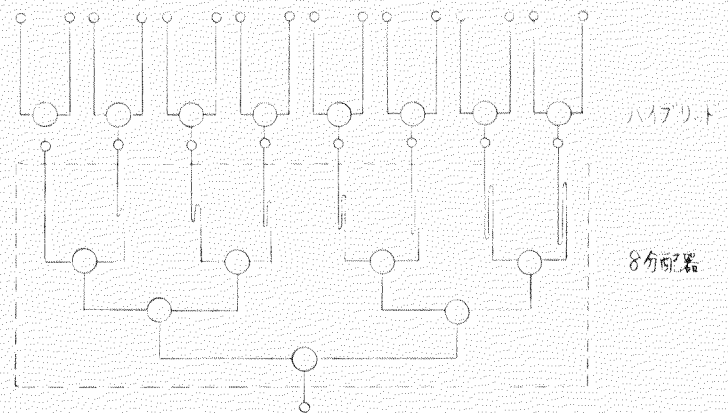


図 5.4.4

プ ロ ー ブ 給 電 回 路 の 構 成

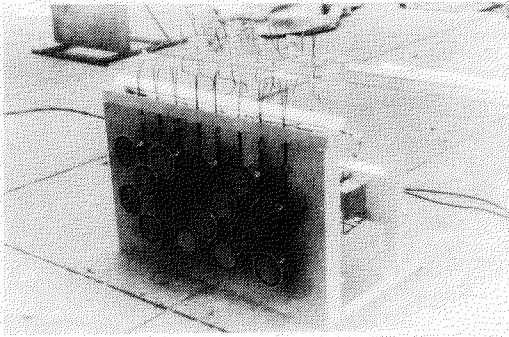


図 5.4.5 アンテナ外観 (1)

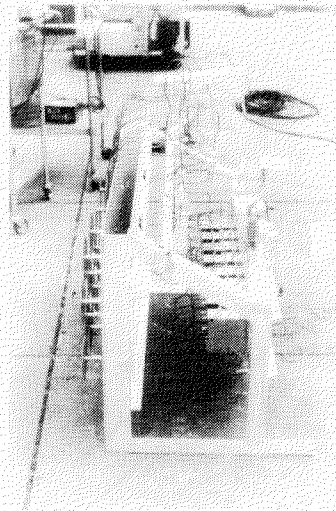
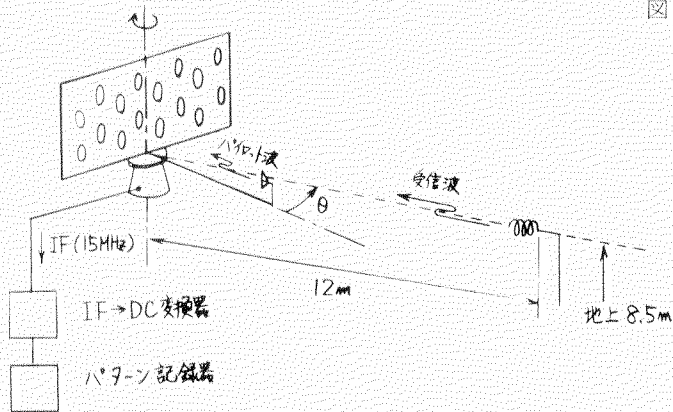
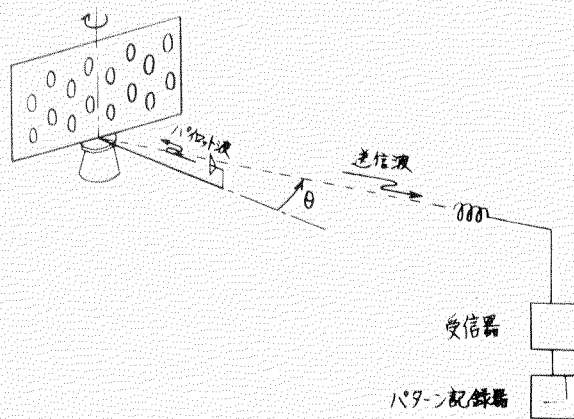


図 5.4.6 アンテナ外観 (2)



(1) 受信パターン



(2) 送信パターン

図 5.4.7

パターン測定系

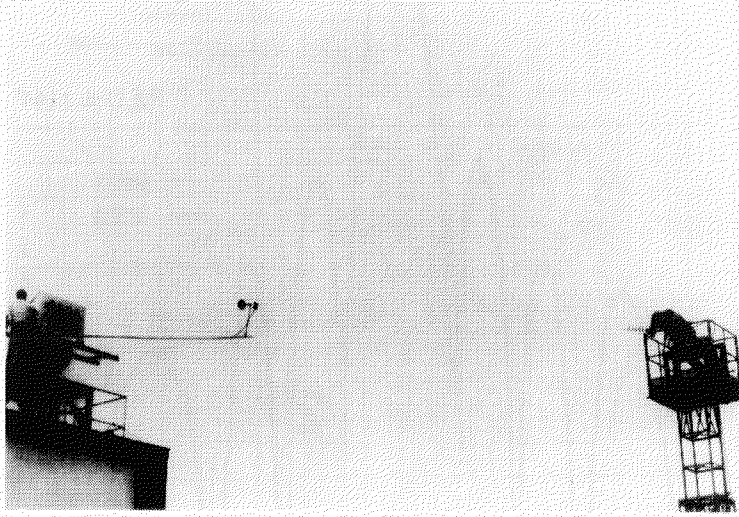


図5.4.8 測定場所外観

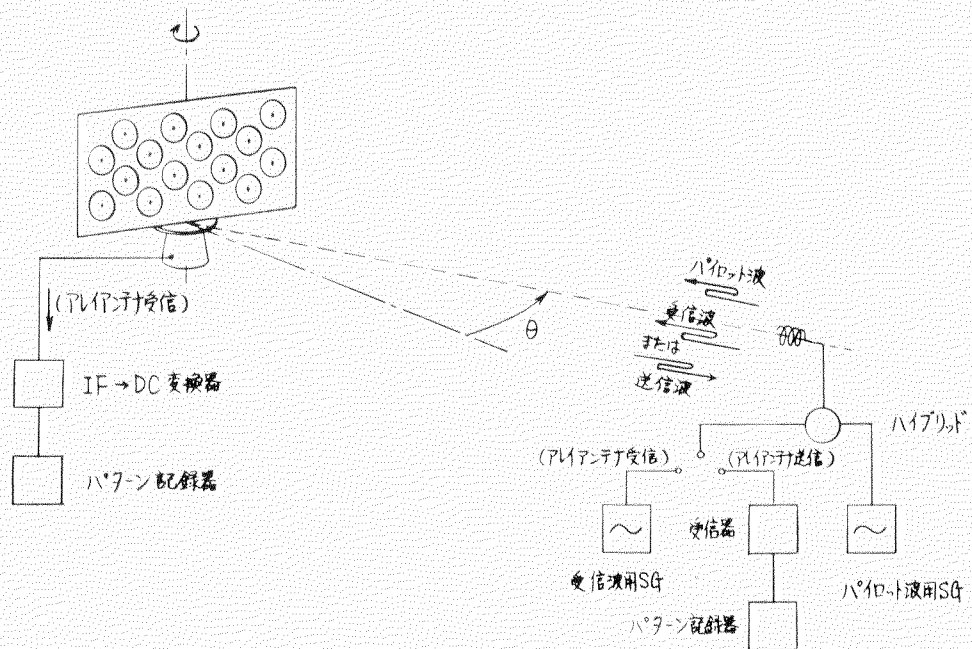


図5.4.9 受信，送信時の利得変化測定系

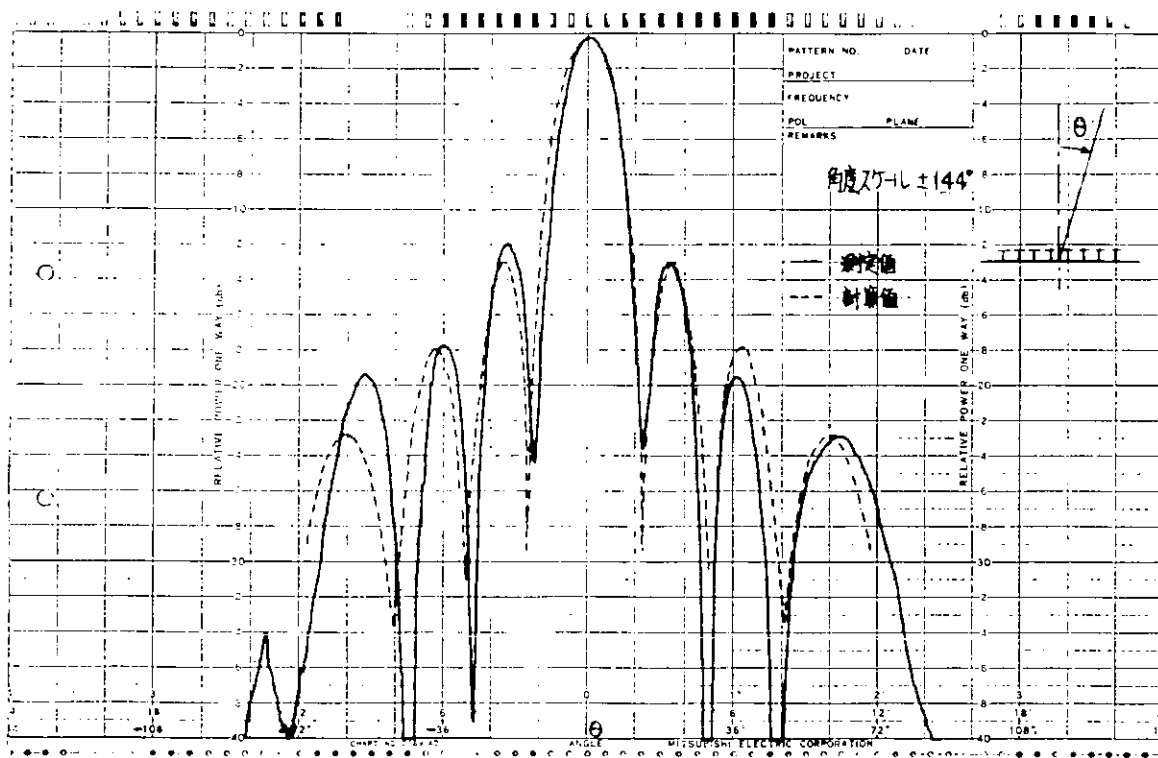


図 5.4.10 受信パターン (プローブ, $\theta_0 = 0^\circ$)

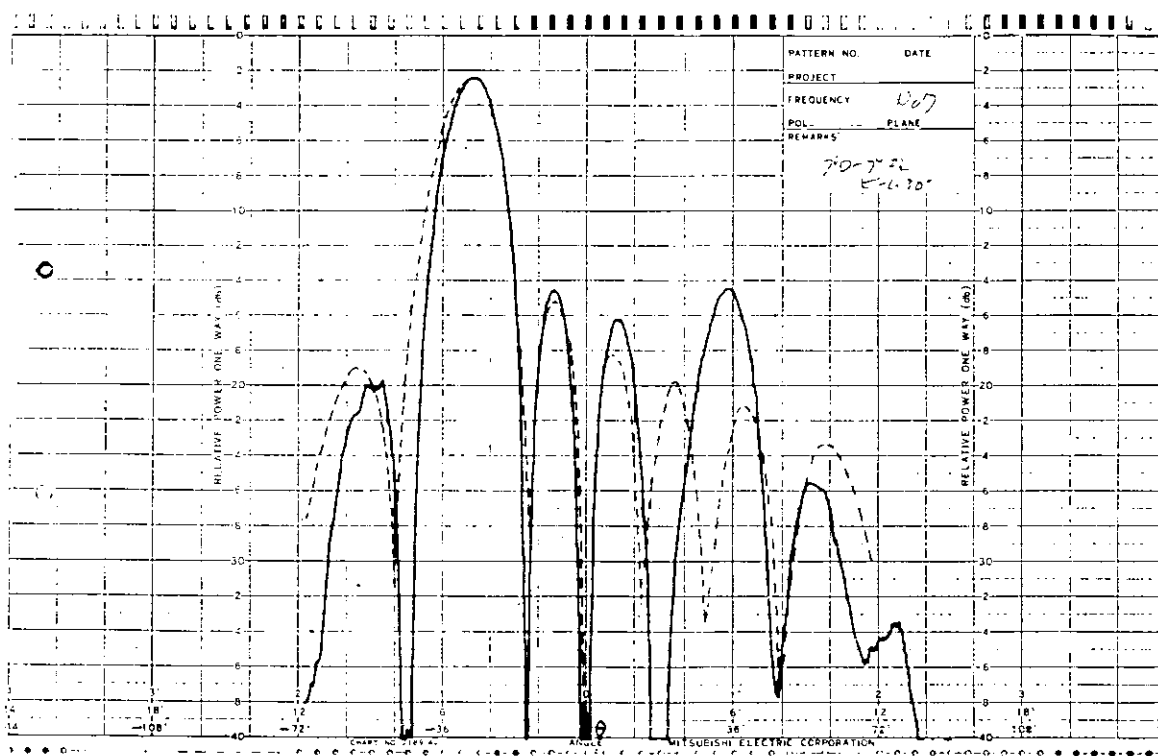


図 5.4.11 受信パターン (プローブ, $\theta_0 = 30^\circ$)

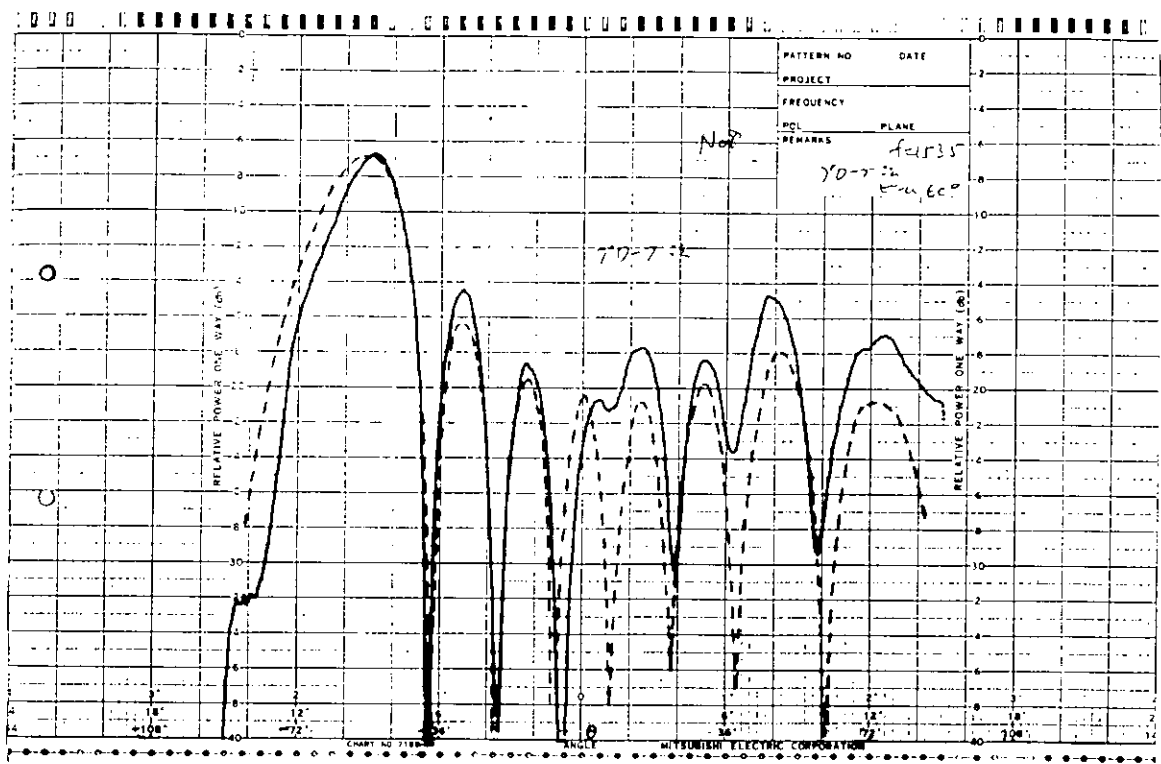


図 5.4.12 受信パターン (プローブ, $\theta_0 = -60^\circ$)

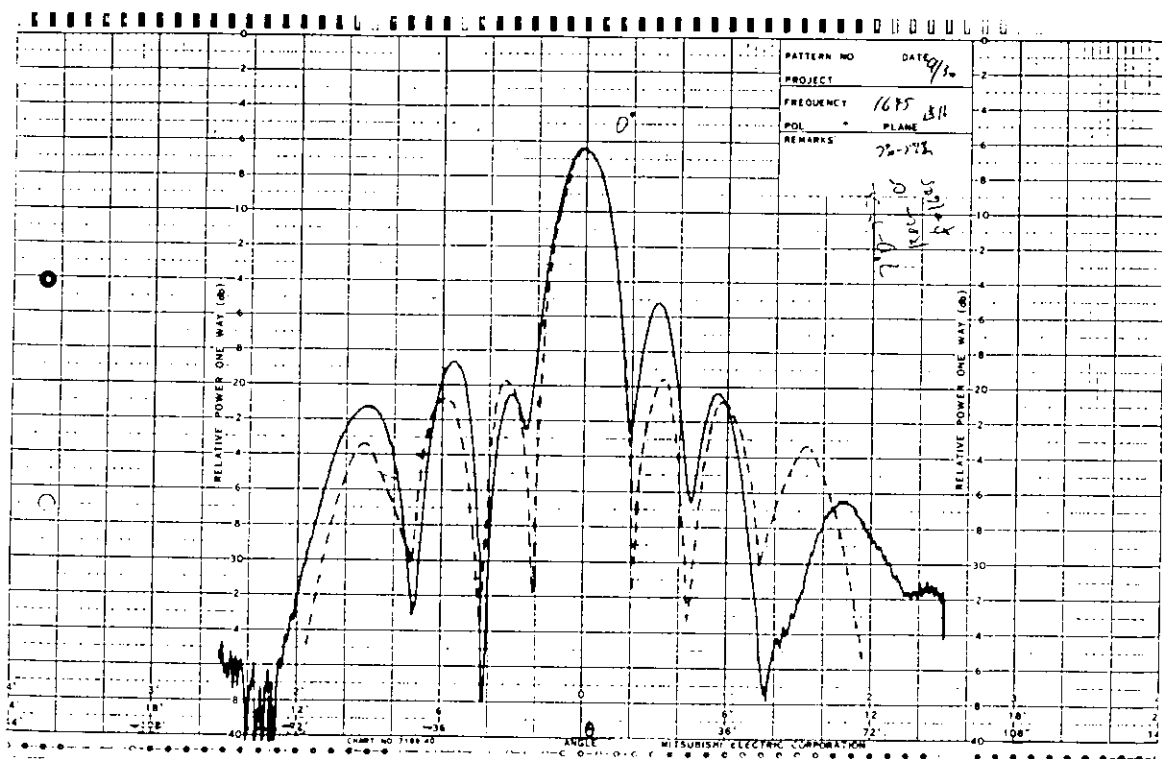


図 5.4.13 送信パターン (プローブ, $\theta_0 = 0^\circ$)

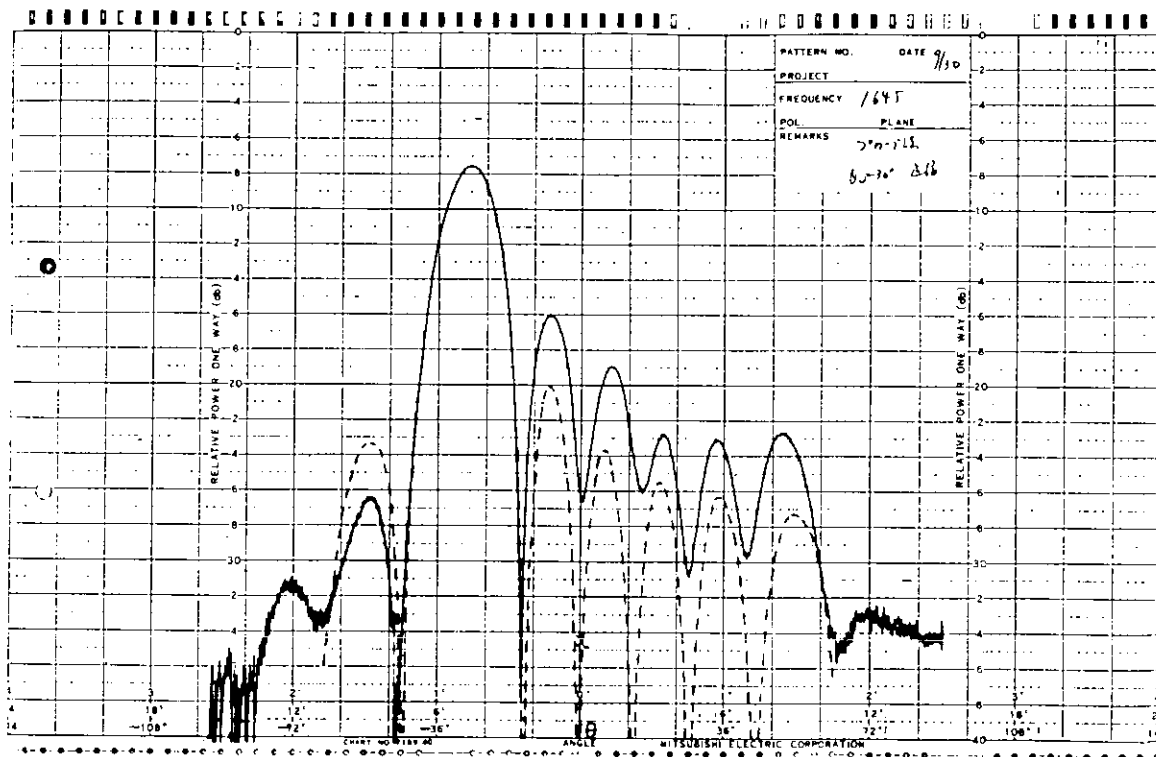


図 5.4.14 送信パターン (プローブ, $\theta_0 = -30^\circ$)

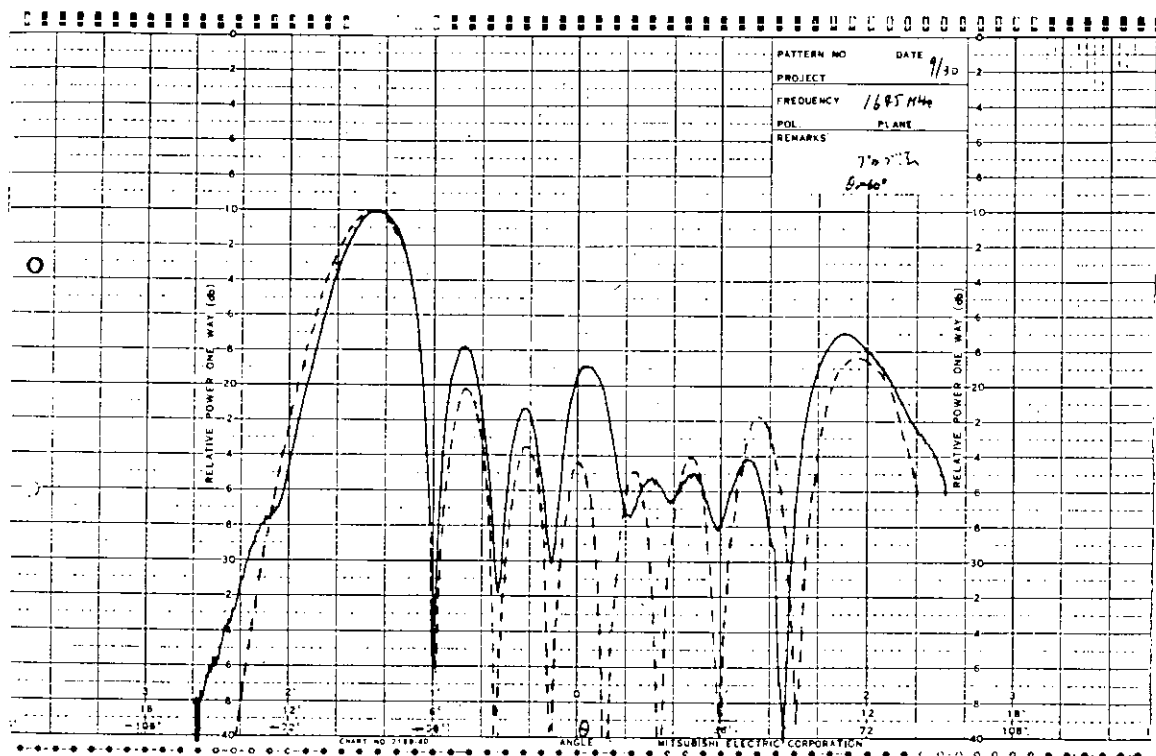


図 5.4.15 送信パターン (プローブ, $\theta_0 = -60^\circ$)

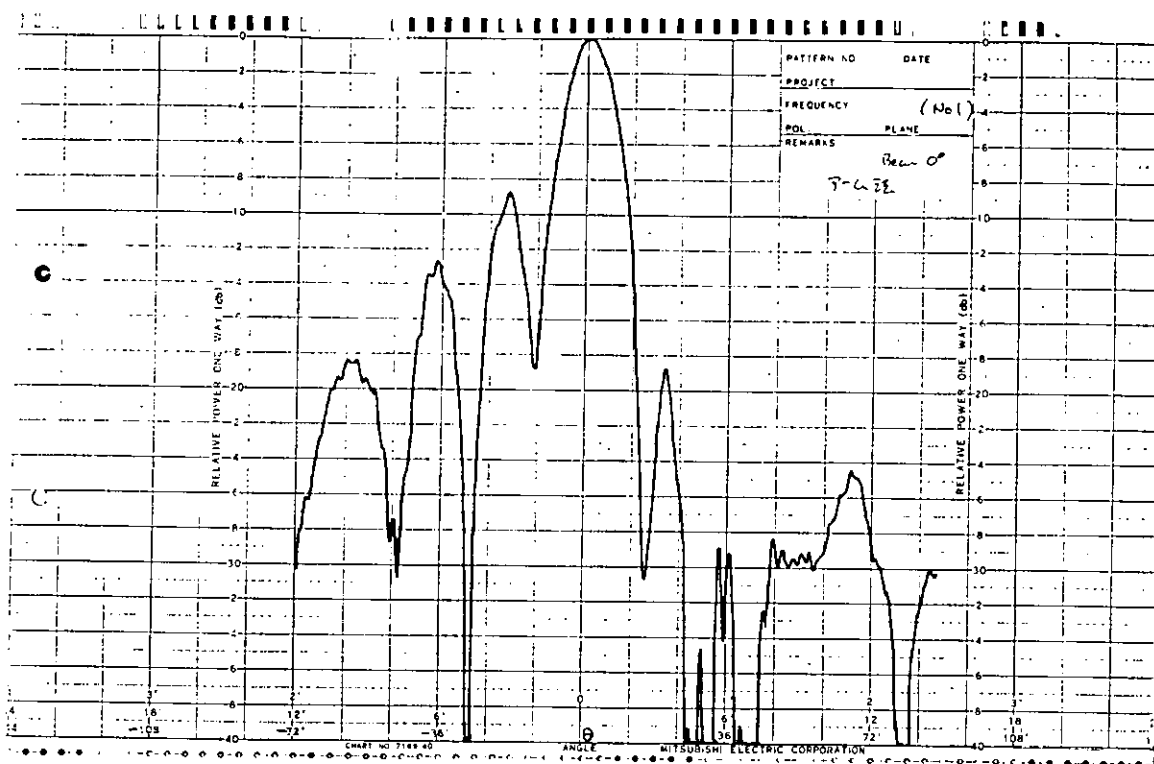


図5.4.16 受信パターン (腕木, $\theta_0 = 0^\circ$)

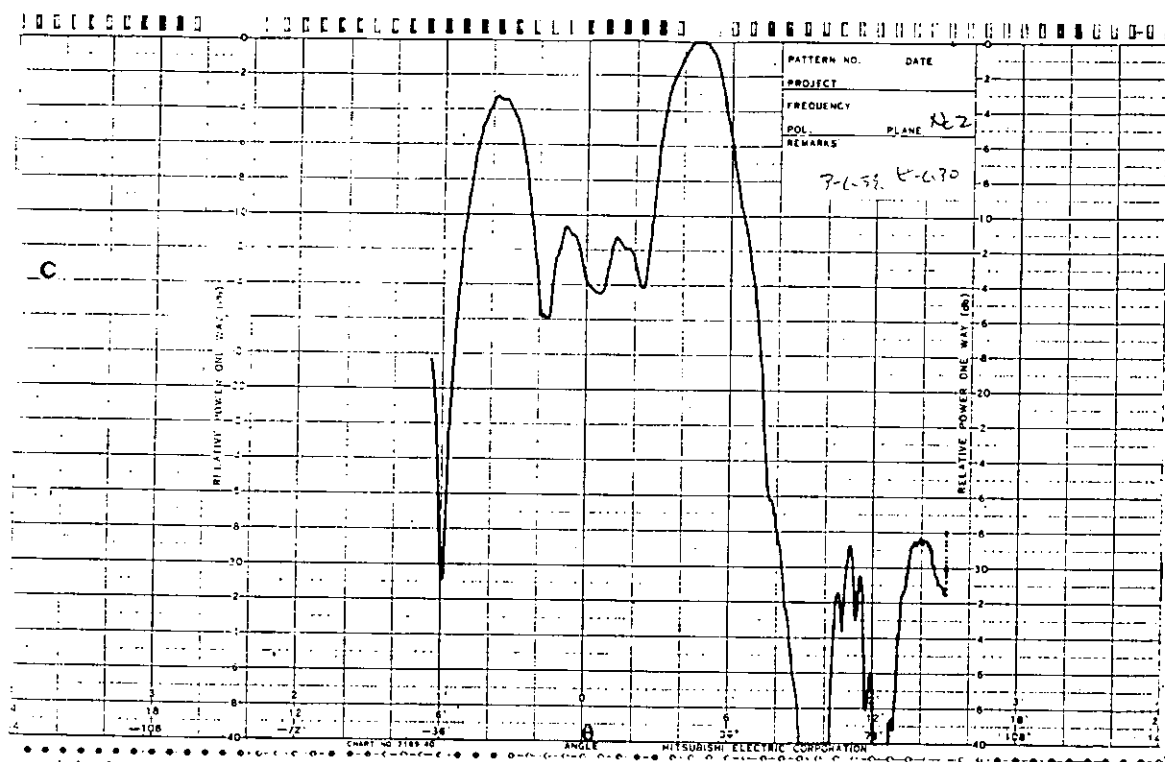


図5.4.17 受信パターン (腕木, $\theta_0 = 30^\circ$)

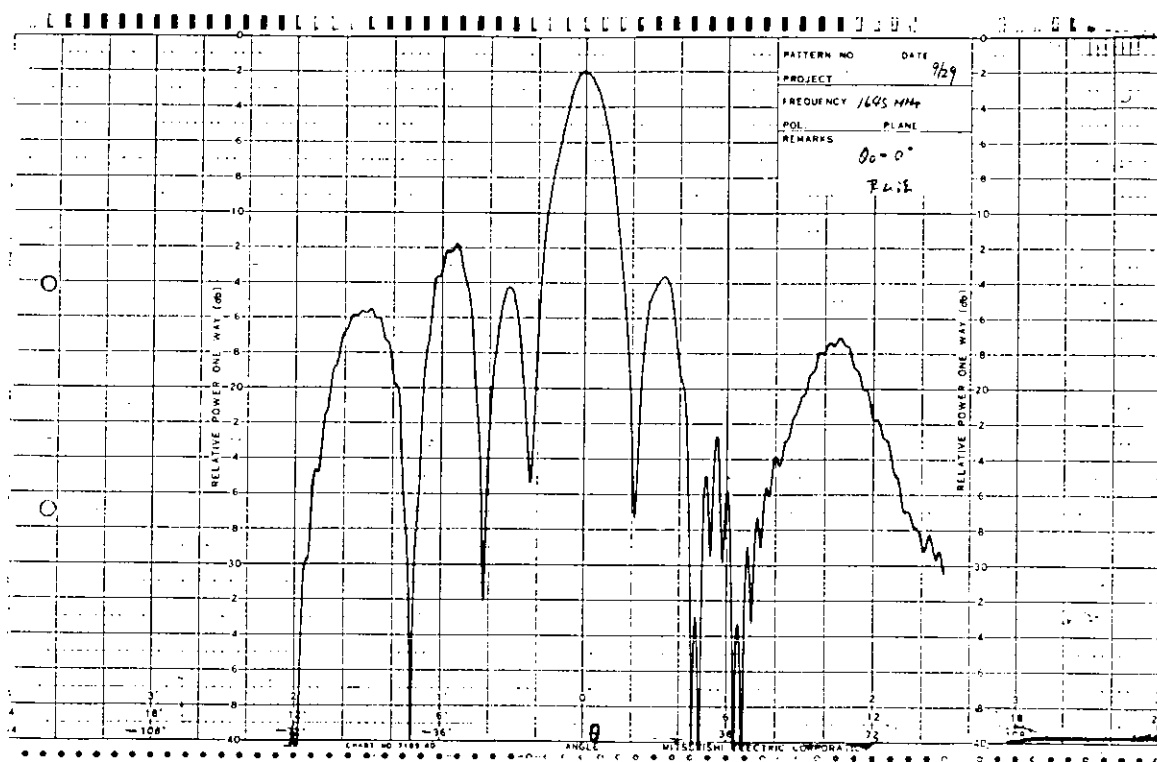


図 5.4.18 送信パターン (腕木, $\theta_0 = 0^\circ$)

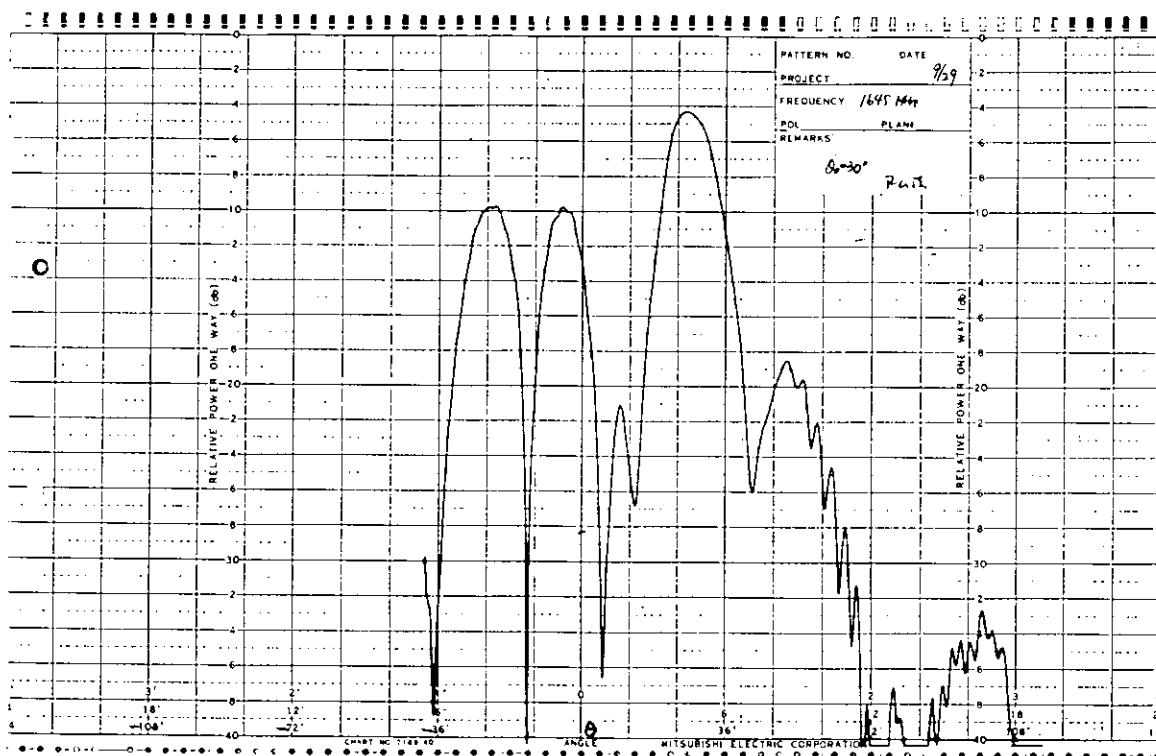


図 5.4.19 送信パターン (腕木, $\theta_0 = 30^\circ$)

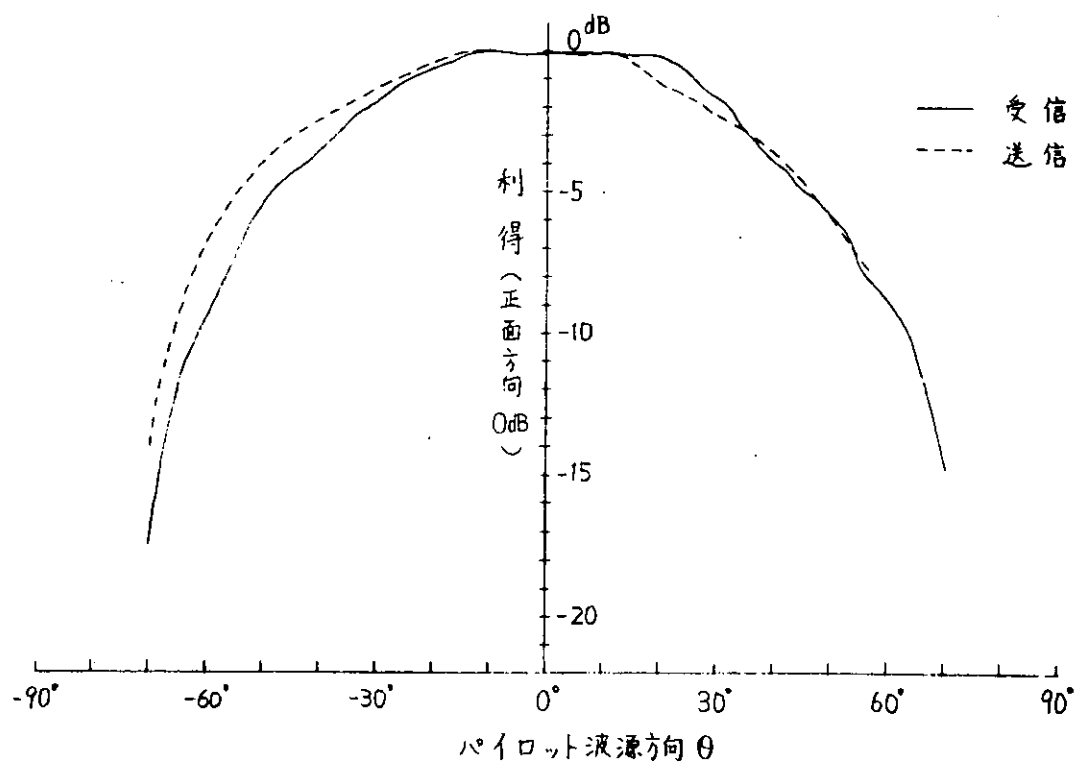


図 5.4.20 受信，送信時の利得変化

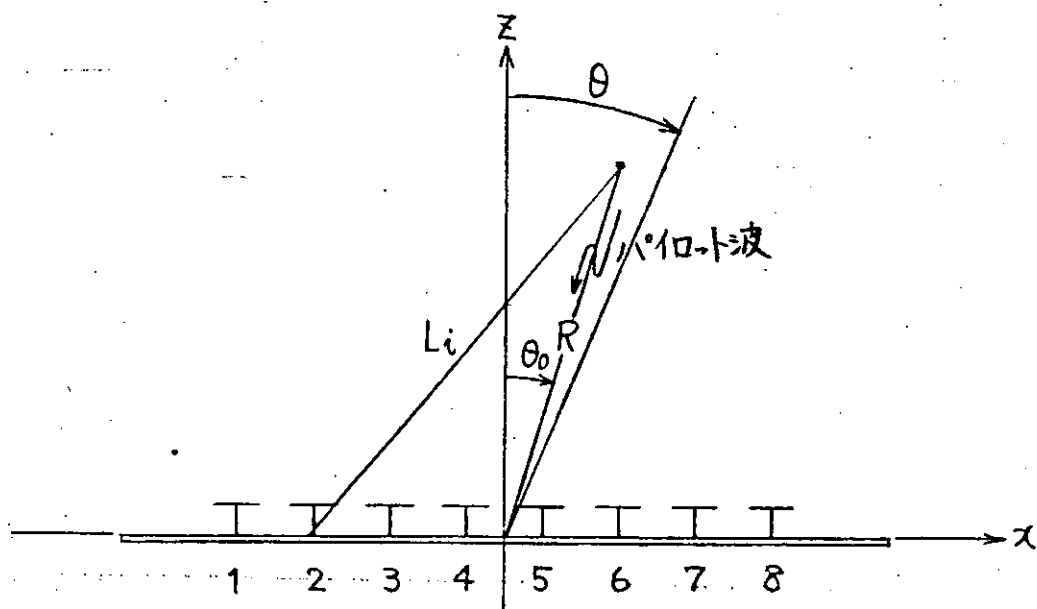


図 5.4.21 アンテナ座標系

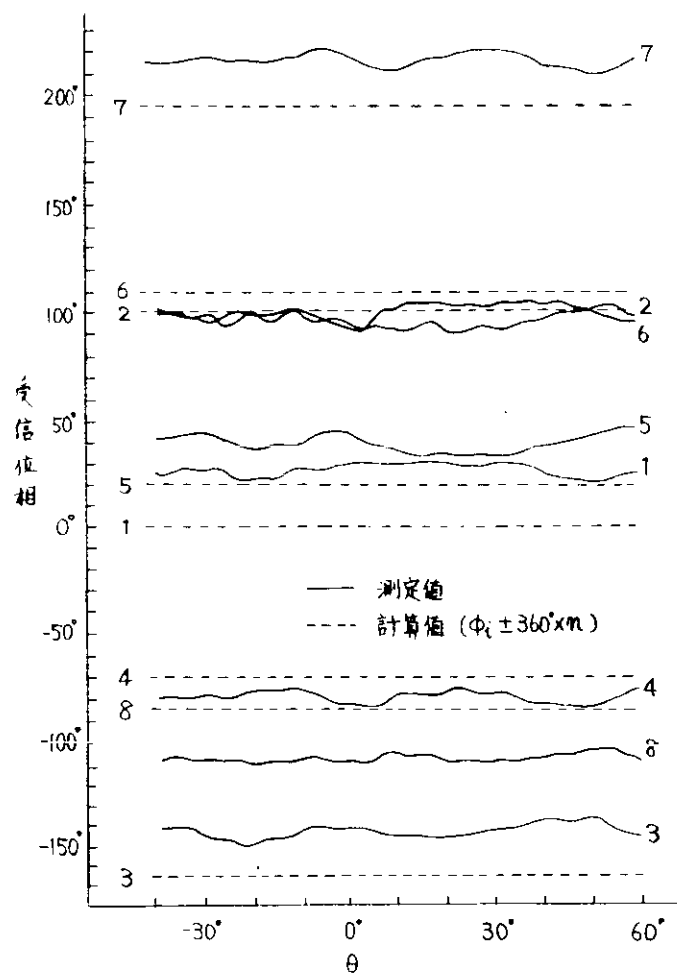


図 5.4.22 パイロット波受信位相

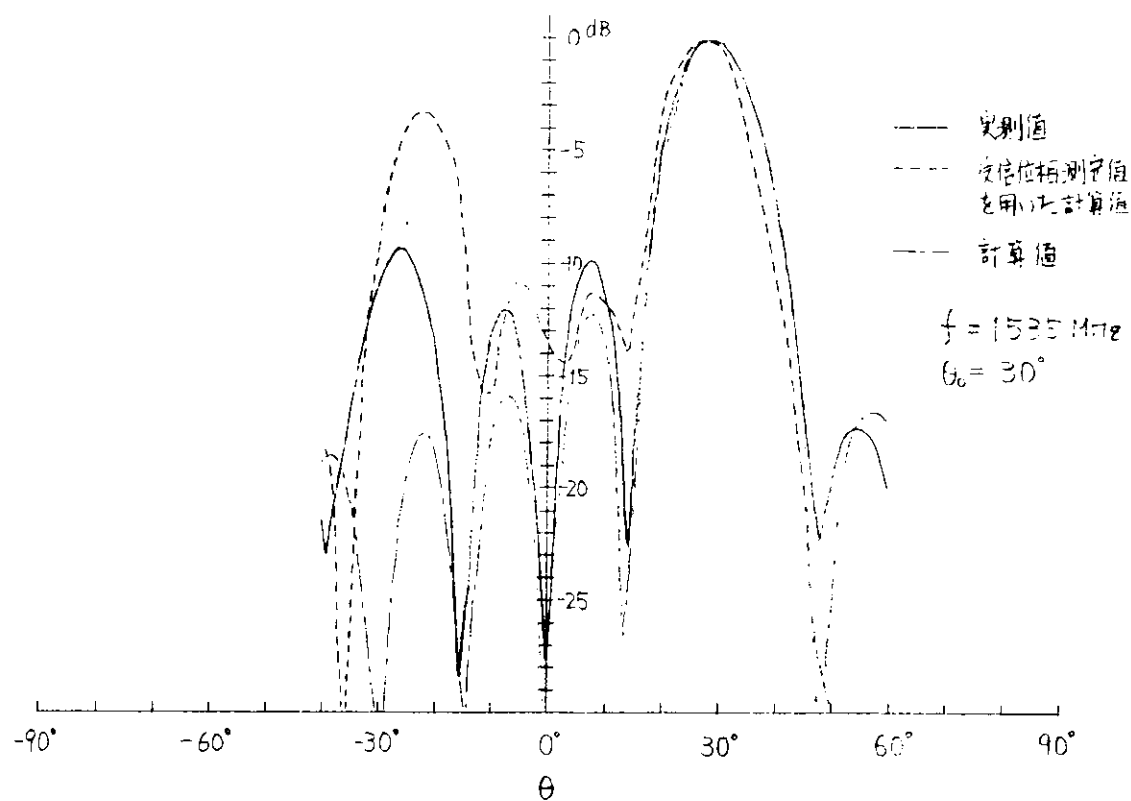


図 5.4.23 腕木を用いた受信パターン

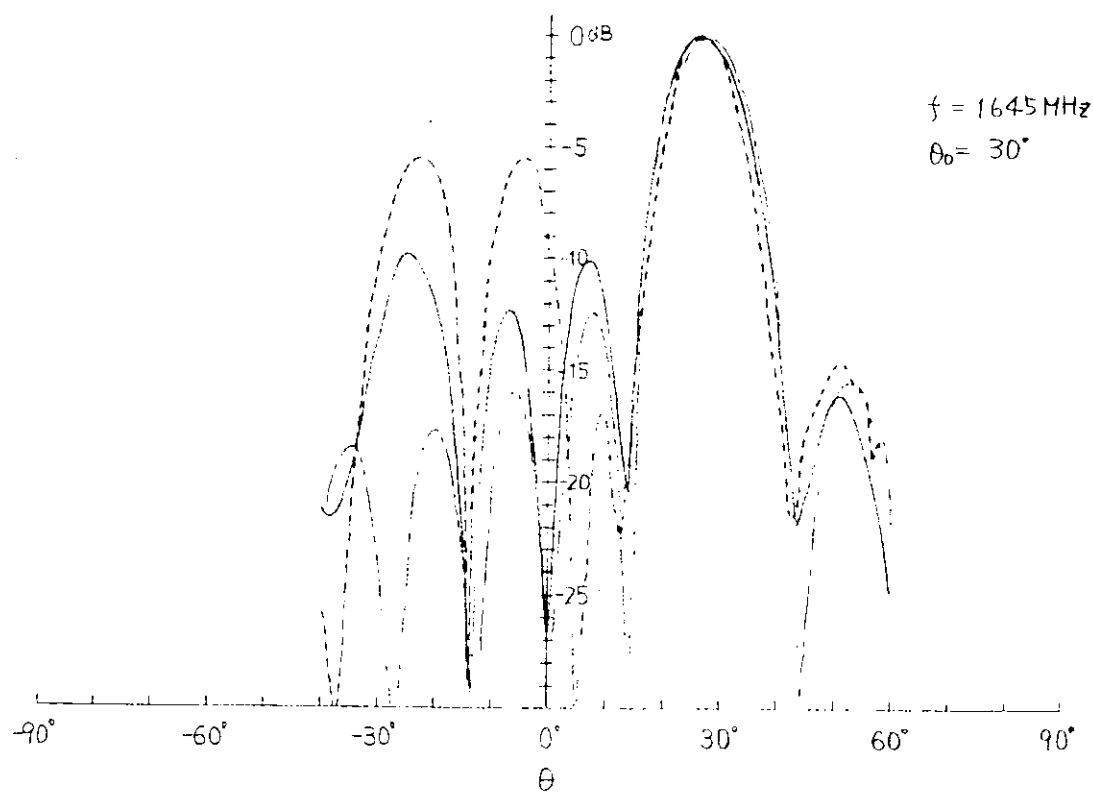


図 5.4.24 腕木を用いた送信パターン

5.5 む す び

実験用レトロディレクティブアレイ空中線を試作し、向逆指向特性を実験的に確認することができた。特にパイロット波供給方法としてプローブ法を用いた場合はほぼ理論通りの指向特性が得られ、本アンテナの試験法としてプローブ法が有効なことが示された。腕木法による場合は、腕木等による反射波のため、指向特性のサイドローブが理論とは大きく相違するが、メインローブは理論とほぼ一致する。

今回の実験は1次元アレイについて行ったものであるが2次元(平面)アレイでも原理的に異なる所はないので、本研究の成果は平面アレイの設計にもそのまま適用し得る。

今後検討すべき事項には、次のようなものがある。

(1) 実用化の検討

現段階では、空中線共用器、低雑音増幅器、VCXO等の電氣的構成素子がかかなり高価なので、20～30素子以上の高利得空中線は機械的追尾方式のものに比べ大幅に割高となり、実用化されるためにはマイクロ波IC技術の発展等によりそれらの素子が安価になるのを待たねばならない。

したがって、さし当り実用化可能なのは数素子以下の低利得空中線と考えられるが、INMARSATでの低利得空中線の仕様が未定なので、仕様検討の進み方に合わせて今後検討したい。

(2) マルチパスの影響の検討

特に低仰角では海面反射によるマルチパスが生じフェージングの原因となるが、マルチパスに対しレトロディレクティブアレイ空中線がどのような特性を示すかは興味深い問題である。

(3) 軸比改善の可能性の検討

海面反射の影響を減らすには、アンテナの軸比ができるだけ0dBに近いことが望ましい。一般にアンテナの中心軸方向では軸比が0dBであってもビームを偏位させると軸比が大きくなるので、この点を改善できないか検討したい。

6. 船上雑音測定用機器の試作と実測

6.1 はじめに

本研究の目的は、海事衛星通信バンド（Lバンド）内における船上雑音を調査し、将来の船舶地球局設計に役立てる資料を得るため船上雑音測定機器の設計、製作、雑音測定およびその分析を行うものである。

従来、船舶用機器雑音に関する規格、評価法は、

FCC (Federal Communication Commission)

IEC (International Electrotechnical Commission)

MIL STD (Military Standard)

JMS (日本船舶標準協会規格)

などで取り扱われているが、そのほとんどは、Lバンドより低い低周波領域に関するものが多い。^{1), 2)} 特にL³⁾バンド周辺の問題に関する発表は類をみないが、米国には、唯一の実測例と思われる1報告がなされている。

本章では、まず船上における雑音発生要因、文献(3)で用いられている雑音測定器の1例、本研究で試作した雑音測定器の順で説明し、最後に本試作器を用いて海岸近傍で行った実測結果を示している。

特に本年度は、測定器の試作とその評価、および陸上での実験を行ったが、これらの結果を基に次年度では、船上における実験を行う予定である。

6.2 船上における雑音

雑音の発生要因には、コロナ放電、火花放電、放電管など種々のものがあるが、船上の雑音としては、船内より発生する雑音と、船外で発生する雑音とに分類することができる。

6.2.1 船内雑音発生要因

a) モータおよび他の電気機器からの雑音

これは広帯域雑音で整流器や回路ブレーカーのアークにより生じる。この雑音はHF (3~30MHz) 帯で高レベルであるが、UHF (300~3000 MHz) 帯では、かなり減衰する。

b) HF帯やMF (300~3000 kHz) 帯の送信アンテナの絶縁体上に生じるアーク放電

VHF (30~300 MHz) やUHF帯において広帯域雑音を発生させる。

c) MF, HFおよびVHF帯の通信機器の高調波

d) Sバンド (3 GHz)、Xバンド (9 GHz) 帯船舶用レーダシステムよりのLバンド帯スプリアス放射

e) 船内クレーン等のイグニッション回路からの広帯域なインパルス性間欠的雑音

6.2.2 外部雑音発生要因

a) 空港にあるレーダ (1300~1350 MHz 及びSバンド) より放射されるスプリアス

b) 他の船あるいは海岸にある、MF, HF, VHF帯通信機より出る高調波

c) 他の船のレーダ (3 GHz) より発生するスプリアス放射

d) 港に近い都市から発生する連続雑音

e) ドック側のクレーンに用いられる燃焼エンジンのイグニッション回路から発生する広帯域インパルスの間欠雑音

f) 高速道路や橋上の自動車のイグニッション回路から発生する広帯域インパルス雑音

6.3 海外の雑音測定器の1例

6.3.1 測定器の概略

文献(3)に示されているLバンド雑音測定器の概略を紹介する。

図 6.3.1 に測定器の構成を示す。

Singer NM-65 T (Radio Interference Analyzer/Receiver) とホーンアンテナ及び AVANTEK プリアンプが用いられている。受信機は 1 ~ 10 GHz にわたって同期可能であり、ホーンアンテナは 1 ~ 2.3 GHz をカバーする。

NM-65 T は規則性のある信号および CW 信号のピーク値を測定できるとともに、時間的に変化するランダム信号のピーク値を検出することができる。最大電圧測定レンジは、120 dB で、電圧測定精度は ± 3 dB である。選択可能帯域幅は、100 kHz, 500 kHz, 5 MHz と 3 段階に調整される。

各デバイスの特性は次のようである。

NM-65 T の感度

Narrowband - 100 kHz				
Band 1)	平均	-3 dB μ V	-110 dBm	NF : 14 dB
1 ~ 2 GHz)	最小	+3 dB μ V	-104 dBm	NF : 20 dB

Broadband - 5 MHz		
Band 1)	平均	14 dB μ V / MHz (-93 dBm / MHz)
1 ~ 2 GHz)	最小	20 dB μ V / MHz (-87 dBm / MHz)

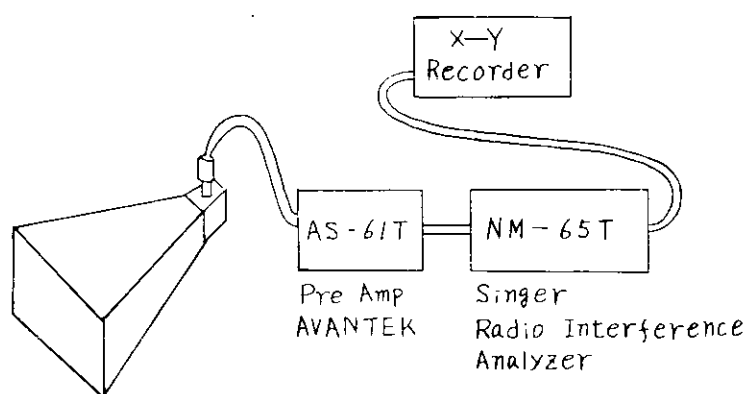


図 6.3.1 雑音測定器の1例

AVANTEK AS-61T プリアンプ

雑音指数 3.5 dB

利 得 24.5 dB L バンド (1535 - 1660 MHz)

HORN ANTENNA

寸法 Horizontal (wide) a=34.5 cm

Vertical (narrow) b=23.5 cm

利得 12.3 dB (1580 MHz)

3 dB beamwidth, Horizontal 44°

3 dB beamwidth, Vertical 29°

6.3.2 雑音測定器のNoise Floor

図 6.3.2 は Noise Floor を計算するための測定器の構成を示す。

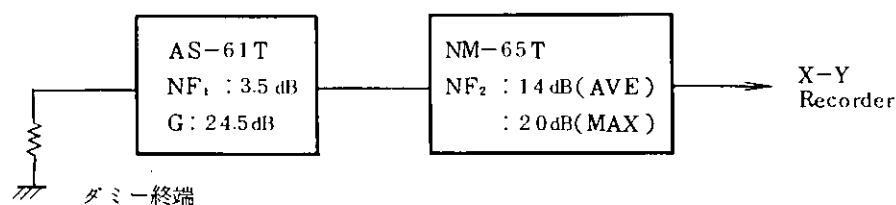


図 6.3.2 測定器の構成

入力端をダミーで終端した場合の Noise Floor は次のように求められる。

系の総合雑音指数は

$$F_{\text{total}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G}$$

であるから、各数値を入れて

$$F_{\text{total}} = 3.66 \text{ dB (ave)} \\ 4.13 \text{ dB (max)}$$

となる。

等価雑音温度 T_e は、

$$T_e = T_0 (F_{\text{total}} - 1) = 385.7^\circ \text{ K (ave)} \\ 464^\circ \text{ K (max)}$$

となる。

これよりシステム雑音温度 T_{sys} は

$$T_{\text{sys}} = T_0 + T_e = 675.7^\circ \text{ K (ave)} \\ 754^\circ \text{ K (max)}$$

となり、雑音電力密度 N_0 は次のようになる。

$$N_0 = K T_{\text{sys}} \quad (K = -198.6 \text{ dBm/deg/K}) \\ = -170.3 \text{ dBm/Hz (ave)} \\ = -169.8 \text{ dBm/Hz (max)}$$

これより次の3状態における Noise Floor は以下のようになる。

測定モード	Noise Floor
1) Pre - Amp 付 広帯域 5 MHz の場合	-103.3 dBm (ave) -102.8 dBm (max)
2) Pre - Amp 無 広帯域 5 MHz の場合 (NF: 14 dBとして計算)	-93.3 dBm (ave)
3) Pre - Amp 付 狭帯域 100 kHz の場合	-120.3 dBm (ave) -119.8 dBm (max)

6.3.3 実際の測定器におけるシステム雑音温度

図 6.3.3 はホーンアンテナを接続した実際の測定器の構成図である。

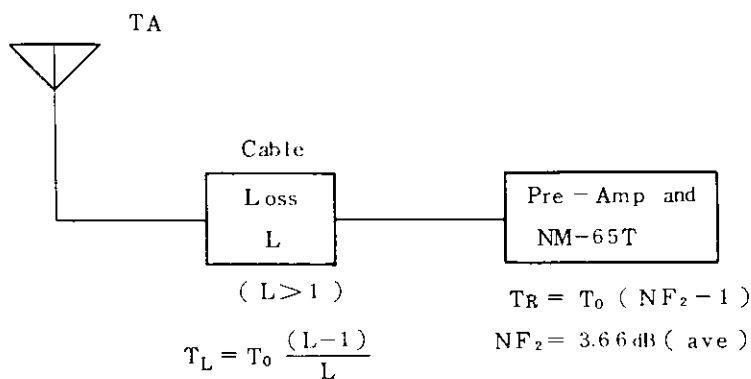


図 6.3.3 アンテナを接続した測定器の構成

ここでアンテナ温度 $T_A = 100^\circ\text{K}$ 、ケーブル損失 $L = 1.5 \text{ dB}$ 、Pre - Amp と NM-65T の総合雑音指数 $NF_2 = 3.66 \text{ dB (ave)}$ とすれば、全システムの雑音温度 T_{sys} は次のようになる。

$$\begin{aligned}
 T_{\text{sys}} &= \frac{T_A}{L} + T_0 \frac{L-1}{L} + T_0 (NF_2 - 1) \\
 &= 540^\circ\text{K (ave)}
 \end{aligned}$$

従って図 6.3.2 のダミーで入力端を終端した場合にくらべると、

$$10 \log 676/540 = 1 \text{ dB}$$

だけアンテナを接続したときには Noise Floor が下がることになる。

6.4 試作した雑音測定器

6.4.1 試作雑音測定器の概要

前章においては、先の文献(3)で使用されたLバンド雑音測定器の概要、特性について述べた。ここでは文献(3)ならびに現在実施中の海事衛星通信システムを参考にして設計した試作測定器の概略を説明する。

図 6.4.1 は試作測定器の構成を示している。MARISAT システム船舶局に用いられるのと同様のアンテナ、及びプリアンプを使用し、その出力はスペクトラムアナライザ、X-Yレコーダに接続される。

各デバイスの特性は次のようである。

アンテナ

開口	1.2 m ϕ
周波数	1535 ~ 1645 MHz
利得	23.0 dB
3 dB ビーム幅	9°
右旋円偏波	

低雑音プリアンプ

AVANTEK	AM-1661
周波数	1535 ~ 1660 MHz
利得	53 dB (± 0.25 dB)
NF	25 dB

スペクトラムアナライザ

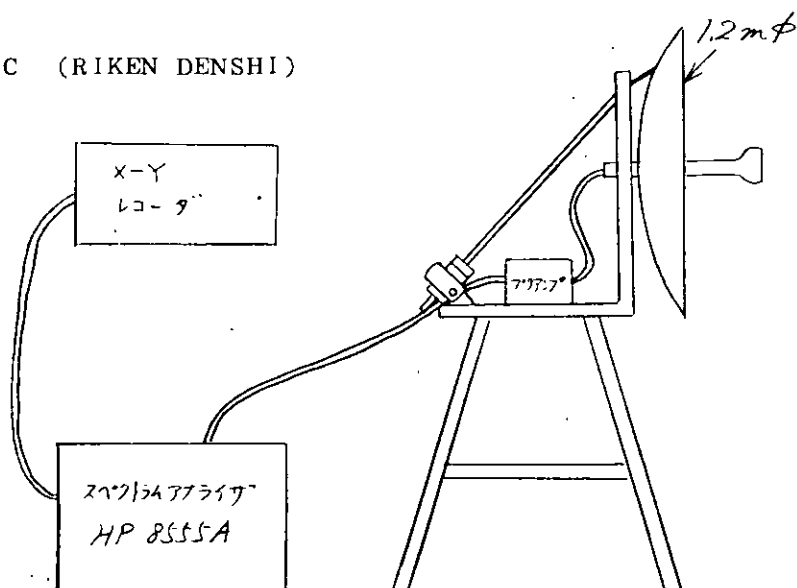
Hp 8555 A	
周波数	0.01 ~ 40 GHz
帯域幅レンジ	100 Hz ~ 300 kHz
帯域幅の正確さ	$\pm 20\%$ (10 kHz のみ $\pm 5\%$)
測定レンジ	-130 dBm ~ +10 dBm
感度および周波数レスポンス	
平均ノイズレベル (1 kHz 帯域幅のとき)	
	-115 dBm max (± 1.0 dB), 周波数 0.01 ~ 2.05 GHz
	-117 dBm max (± 1.0 dB), 周波数 1.5 ~ 3.55 GHz

X-Yレコーダ

Model F-42C (RIKEN DENSHI)

図 6.4.1

試作した雑音測定器



6.4.2 試作測定器のNoise Floor

ブリアンプの利得が非常に高いため、総合NF はほぼブリアンプのNFに近いとみなせる。

従って、測定器の等価雑音温度は T_e は、

$$T_e = 290 (F_{\text{total}} - 1) = 225.7^\circ\text{K}$$

となる。

ブリアンプの入力をダミーで終端した場合のシステム雑音温度は、

$$T_{\text{sys}} = T_0 + T_e = 515.7^\circ\text{K}$$

となる。

従って、このときのNoise Floor レベルは、

$$N_0 = k T_{\text{sys}} = -171.4 \text{ dBm/Hz}$$

となる。

アンテナを使用した場合のNoise Floor レベルはアンテナ雑音温度 100°K 、アンテナとブリアンプ間のケーブル損失 1.5 dB、測定器の等価雑音温度 225.7°K として

$$T_{\text{sys}} = 363.7^\circ\text{K}$$

となる。

このときのNoise Floor レベルは

$$N_0 = k T_{\text{sys}} = -172.8 \text{ dBm/Hz}$$

となる。

6.5 Lバンド雑音測定結果

船上雑音に先立ち、試作した雑音測定器自体の評価、および陸上におけるLバンド帯雑音の測定を行った。実験場所は、海岸近辺に停泊中船舶上での測定を想定し、海岸に近い2箇所（沖電気品川事業所屋上、東京商船大学屋上）を選び、特に造船所、駅構内、都市内などめばしい対象物に対して測定を行った。

6.5.1 Noise Floor の測定

その計算によれば、試作測定器のプリアンプ入力端をダミーで終端した場合、Noise Floor は、

$$N_{od} = -171.4 \text{ dBm/Hz}$$

となり、アンテナ接続時には

$$N_{od} = -172.8 \text{ dBm/Hz}$$

となる。

図 6.5.1 は試作測定器のプリアンプの入力端をダミーで終端した場合と、アンテナを接続した場合の Noise Floor の実測値を示す。

測定値はダミー終端に対して

$$-171.2 \text{ dBm/Hz}$$

で、アンテナ接続時には

$$-172.5 \text{ dBm/Hz}$$

（アンテナ、プリアンプ間のケーブル損失 1.5 dB、アンプ利得 53 dB、NF 2.5 dBとして、1.60 GHz でプリアンプの入力端にて換算している。）

となり計算値と非常によく一致している。

ダミー終端、アンテナ接続時の Noise Floor のレベル差は 1.3 dB となり、その計算値 1.4 dB とよく合っている。

6.5.2 雑音測定結果

(1) 測定 1 （沖電気品川事業所屋上）

図 6.5.2 に測定環境を示す。

測定地点より見て、主なる対象物に対して表測した。

(a) 羽田空港方向

図 6.5.3、図 6.5.4 は、空港方向にアンテナを向け、スペアナ I F 帯域幅を 300 kHz、100 kHz、10 kHz と変え測定したデータである。図 6.5.4 には周波数 1.675 GHz 付近に同期性のある信号を観測した。海事衛星通信の受信周波数帯域（1535～1543.5 MHz）内には目立った雑音は見られない。

(b) 建設現場方向

図 6.5.5、図 6.5.6、図 6.5.7 は近くの建設現場にアンテナを向け測定したものである。

特に仰角（Elevation）が低い場合、1.55 GHz 付近に顕著な周期性信号を 5 MHz 間隔で観測した。

方位角（Azimuth）一定で Elevation を 3 段階に分け測定したが、Elevation が 20° 近くになると周期性信号は検出できなかった。

図 6.5.5、図 6.5.6 によれば、スペアナ I F 帯域幅を変えた時の Noise Floor レベル変化量は予想した通りである。

しかし、1.55 GHz 付近に存在する周期性信号（雑音）に着目すると、帯域幅を減少させても Noise Floor に対する信号の相対レベルは必ずしも増加していない。

これは、周期性信号が変調されており、側帯波成分がスペアナ I F 帯域幅より広がっているが、X

－Yレコーダの応答特性に起因しているためである。

(c) 品川駅方向

図 6.5.8、図 6.5.9、図 6.5.10 は、駅構内方向に向かって測定したデータである。先の(b)の場合と同様、周期性信号が観測されている。前と同様 Elevation が 30° あたりになると雑音は観測できない。X-Yレコーダによるこのデータは、この信号(雑音)以外にインパルス性雑音等は見られないが、スペアナ上にはかなりのインパルス性雑音が観測された。

次に、測定日時による雑音分布の模様およびインパルス性雑音を詳細に知るため、同一の場所で日時を変えて測定した。

図 6.5.11、図 6.5.12、図 6.5.13 は、X-Yレコーダによる記録である。前回の測定と同様、 1.52GHz 、 1.55GHz 付近の周波数位置に周期性雑音が見られる。しかし、それとは別に今回の測定では 1.67GHz の位置に顕著な雑音が見られる。Azimuth 226° で、Elevation を 5° 、 20° 、 45° と変え測定しているが、仰角 45° においても、なお雑音がかなり観測される。ちょうど海事衛星(MARISAT)の受信帯域内に顕著な雑音があり、衛星通信に妨害を与える可能性がある。

前述のようにインパルス雑音は、X-Yレコーダの応答特性の問題上記録することは不可能でありスペアナの写真撮影で観測せざるを得ない。

図 6.5.14、図 6.5.15 は、先の図 6.5.11、図 6.5.13 に対応した駅構内の特定方向(AZ 226° ，EL 45° ， 5°)の状態を示すが、この場合インパルス性雑音はなく、レコーダによる記録と写真は同様の特性を示している。写真からも明らかなように、アンテナ仰角が高くなると妨害波の影響が少なくなっている。

ところが、若干測定方向を変え AZ 236° にすると、かなり状況が変わる。先の周期性雑音の他に等時間間隔のパルス性雑音に加わり、図 6.5.16 のようになる。約 20MHz の周波数間隔で、約 10 秒ごとにくりかえし発生している。

ところで測定場所の地上高は 16.2m であり、さらにアンテナ仰角を 5° 以上にしているため、駅構内といっても、アンテナは、はるか上空をとらえている。しかし、最も著しい雑音は列車通過時の雑音である。観測によれば、通常の国電より新幹線の方が、通過時の雑音が顕著である。この種の妨害は当然不規則で、観測の瞬間が問題である。図 6.5.17、図 6.5.18 にその結果を示しているが、撮影の瞬間によりこのように異なる。

(d) 都市内方向

図 6.5.19、図 6.5.20 は都市内方向に向け、Azimuth 一定で、Elevation を変えて測定したものである。先の場合と異なって 1.52GHz 付近に顕著な雑音がある。

(e) 衛星方向

参考までに MARISAT 衛星方向に向けて測定した。この時、Azimuth 130° 、Elevation 34° 程度で衛星よりの信号らしきものを観測できた。

図 6.5.21 にその写真を示す。仰角も高く、測定周波数範囲も他に比べて狭く、周辺雑音は観測されなかった。

(2) 測定 2 (東京商船大学屋上)

図 6.5.22 に測定環境を示す。実験は、特定の雑音特性を示す対象物を選び、さらに種々の Azimuth、Elevation に対する Noise Floor の比較を行った。

(a) 都市内方向

図 6.5.23、図 6.5.24 は都市内方向の測定結果である。周波数 1.606GHz 付近に周期性雑音が観測される。特にインパルス雑音は見られない。

(b) 造船所方向

図 6.5.25、図 6.5.26、図 6.5.27 は造船所方向の測定結果である。周期性雑音は見られないが、写真では間欠性雑音が著しく現われている。

図 6.5.24 では、特に Elevation を変えた時の天空雑音レベルの大きさの測定結果を示している。Elevation 5° と Elevation 62° とでは、1 ～ 1.5 dB の Noise 量のレベル差があり、天頂になるほどアンテナ雑音が下がることがよくわかる。

間欠雑音にも 2 種類あり、その模様が図 6.5.26、図 6.5.27 に示される。図 6.5.26 には等間隔で同等レベルの間欠雑音が見られる。図 6.5.27 には、さらに大きな、不均一な同様の雑音が見られる。この種の雑音は、10 ～ 12 秒ごとに発生するもので、タイミングを合わせて写真撮影したものである。

(c) 工場方向

図 6.5.28、図 6.5.29、図 6.5.30、図 6.5.31 は工場方向の測定結果である。いずれも、1.59 ～ 1.60 GHz 付近に周期性信号がある。しかし、インパルスおよび間欠雑音は認められない。

さらに、Azimuth 一定、Elevation 変化、および Elevation 一定、Azimuth 変化の場合について、Noise Floor レベルの比較を行った。

図 6.5.28 は、Elevation を変化させた場合で、1.5 ～ 2 dB のレベル差がある。図 6.5.29 は Azimuth のみ変化させた場合で、Noise Floor は約 2 dB 程度の差が生じている。Azimuth 256° 、Elevation 5° は工場構外の Noise 最小レベルを示しており、ほぼ都市内レベルと一致している。

図 6.5.30、図 6.5.31 は、これらのスペアナ写真撮影結果を示したものである。

6.6 む す び

以上、Lバンド雑音測定器の試作、雑音測定を行ったが、得られた主なる結果をまとめると、

- (a) 試作測定器のNoise Floorレベルの測定値は、計算値と非常によく一致した。
- (b) プリアンプ入力のダミー終端時とアンテナ接続時とでは、測定されたNoise Floorレベルに1.3 dBの差があり、計算値1.4 dBとよく一致している。
- (c) Azimuth一定で、Elevationを変化させたとき、Elevation 5°より天頂に向くに従い、Noise Floorレベルは低くなり、最大2 dB程度の差がある。
- (d) 1測定例によれば、信号(雑音)レベルは、Elevation 5°のときNoise Floorよりも15 dB高いのがElevation 20°を越えると、0.5 dB高となり、受信信号(雑音)は殆んどNoise Floorのみとなる。
- (e) Elevation一定でAzimuthを変化させたとき、Noise Floorレベルの最大値と最小値との差は約2 dBである。
- (f) 工場、造船所方向のNoise Floorレベルは、他の都市内方向に比較して約2 dBほど高くなる。
- (g) 周期性信号(雑音)が海事衛星通信受信バンド近くで観測され、Elevation 5°~20°、スペアナ1 Fバンド300 kHzの場合、Noise Floorより20 dB以上のレベルに達する場合がある。
- (h) 新幹線によるインパルス雑音は、観測帯域内全域に比較的密に分布し、レベルは、スペアナBW 300 kHzの場合、Noise Floorより20 dB以上のレベルに達する。
- (i) 間欠的に発生する雑音が、駅構内、工場で観測されている。これらは10~12秒のほぼ一定の周期を持ち発生している。写真では、一定の間隔をもつ雑音として現われている。レベルはBW 300 kHzの場合、Noise Floorレベルより最大20 dB以上に達している。
- (j) 鉄道、工場など顕著な雑音発生源を避けた場合の都市内雑音は、インパルス性雑音、間欠性雑音とも比較的すくない。
- (k) 自動車雑音と判別されるものは、観測帯域内では認められなかった。

このように、Lバンド内に大きな周期性信号(雑音)が分布しており、また工場、造船所、駅構内(鉄道など)では、さらに大きなインパルス性、間欠性雑音が観測された。これらの量は現在の海事衛星通信信号レベルにくらべて極めて大きな値であり、場合によっては、現状衛星通信システムに悪影響を与える可能性もあるものと思われる。今後これらの経験、結果をもとに船上における実験を行いたい。

参 考 文 献

- (1) 第150研究部会、昭和51年3月、日本造船研究協会
- (2) "Electromagnetic interference in ship installations determined by measurements"
1st Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility
Montreal May 20-22, 1975
- (3) "MEASUREMENT AND ANALYSIS OF L-BAND (1535-1660 MHz) ELECTROMAGNETIC (EM) NOISE ON SHIPS"
Transportation Systems Center Cambridge, Massachusetts December 1974

測定日時: 5/11/12 (15:40) 測定地点: 沖電気品川事業所屋上
 測定対象: 測定系のノイズフロア
 スペクトラムアナライザ設定: BW=300 KHz, 100 sec/200 MHz

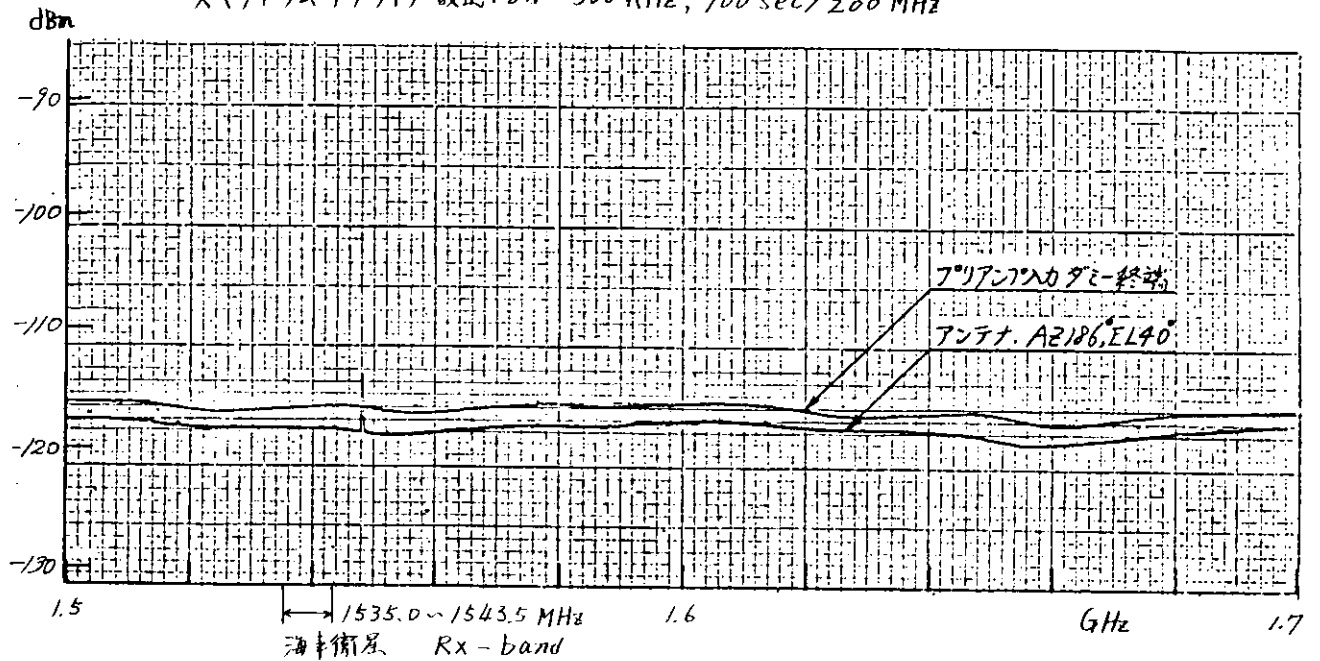


図 6.5.1

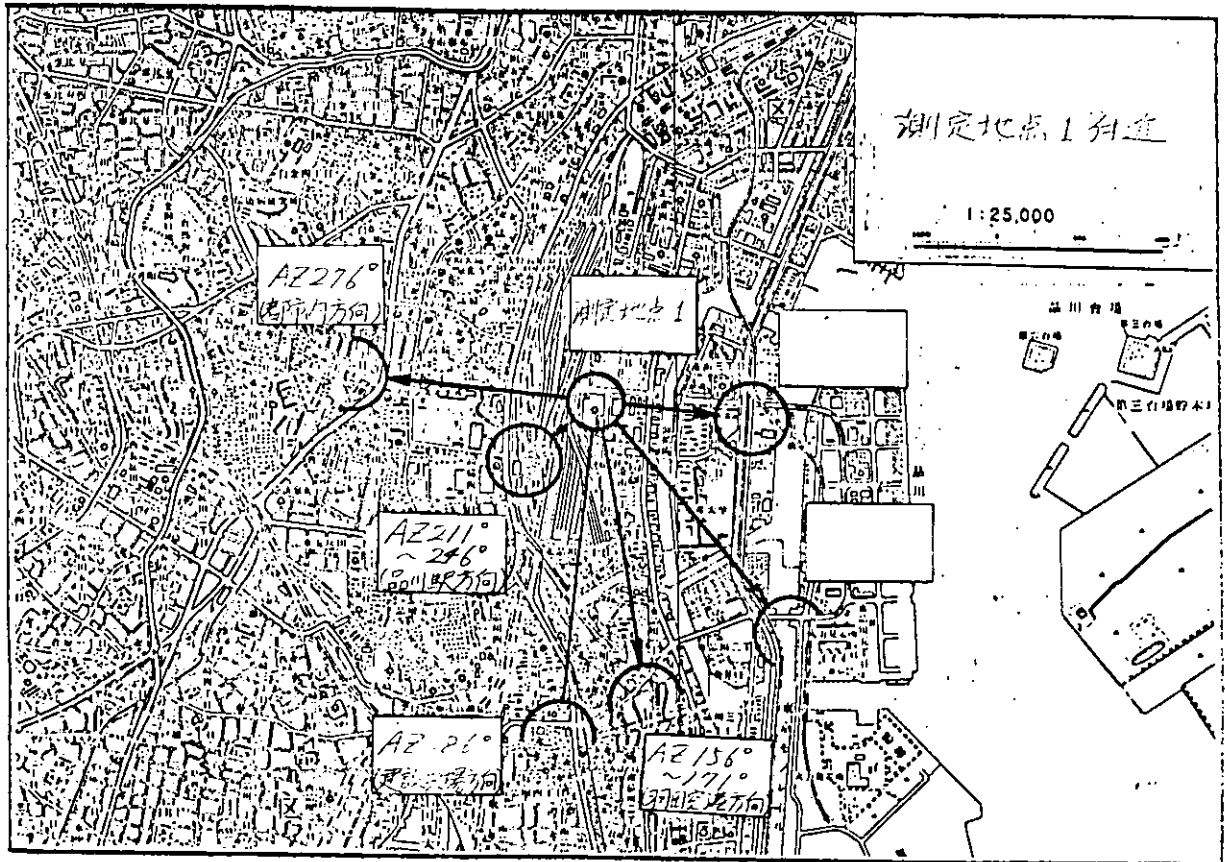


図 6.5.2

測定期日: 5/11/6 測定地: 羽田空港方向
 測定系設定: (受信アンテナ) AZ 156°, EL 5°: (スウェッチング) 100000/200 MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力推定値

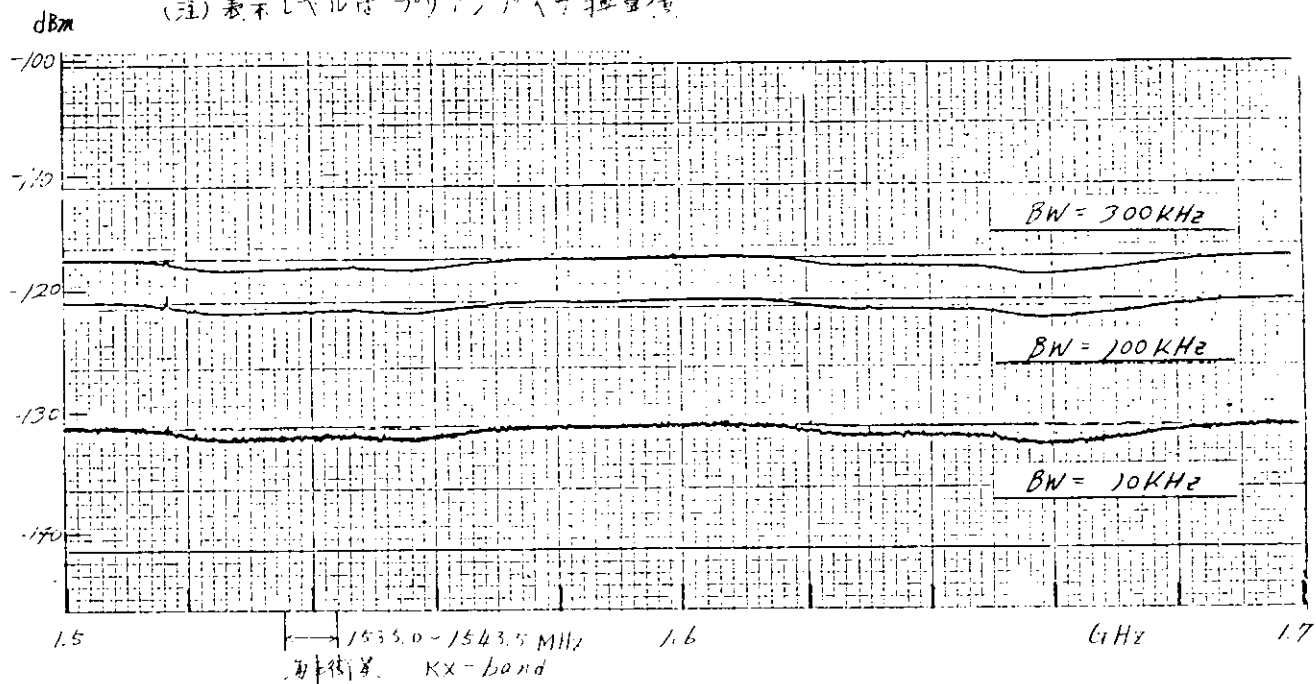


図 6.5.3

測定期日: 5/11/6 測定地: 羽田空港方向
 測定系設定: (受信アンテナ) AZ 171°, EL 5°: (スウェッチング) 100000/200 MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力推定値

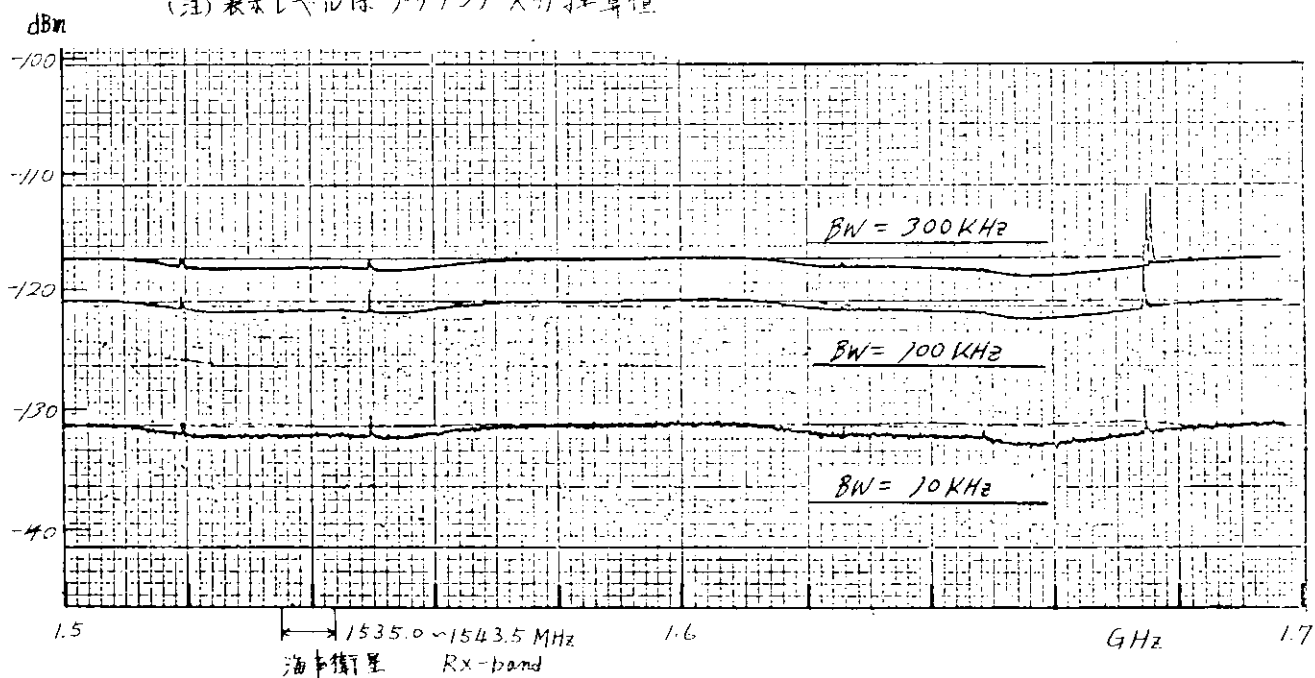


図 6.5.4

測定期日: 51. 11. 6 測定地点: 1 建設現場 方向
 測定系設定: (受信アンテナ) A2156°, E15°: (スウェプトン・アナライザ) 100.500/200 MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力換算値

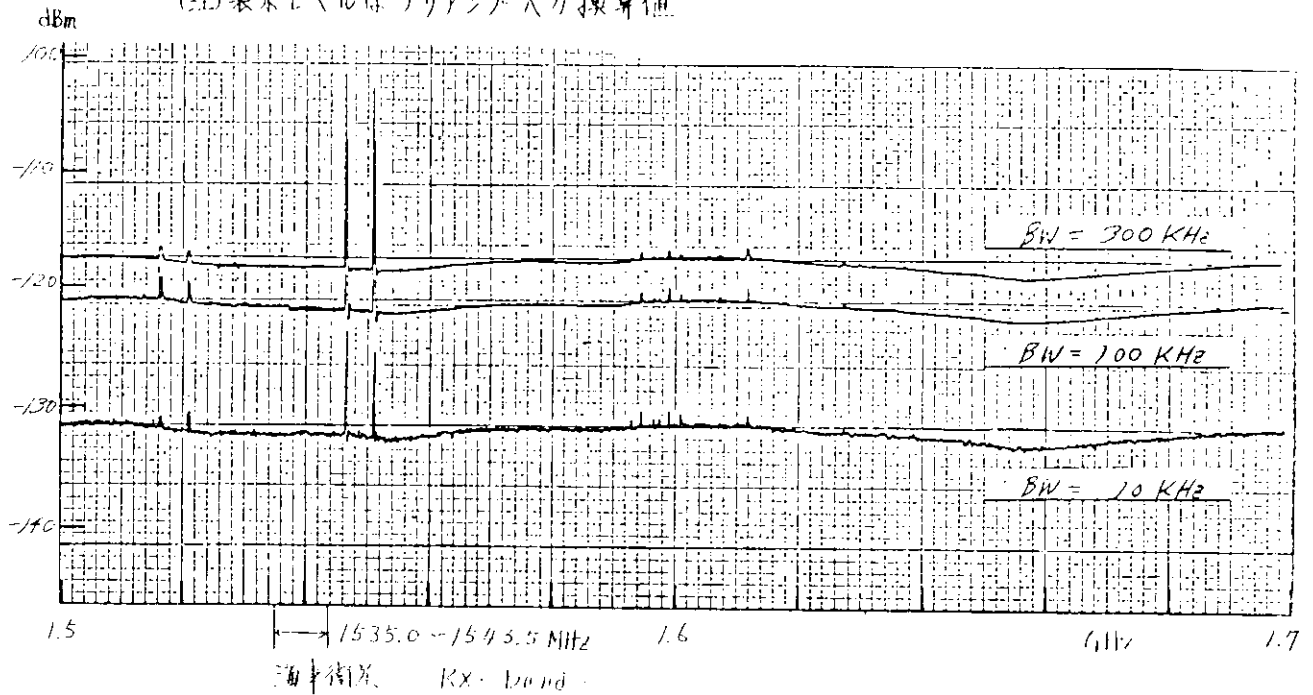


図 6.5.5

測定期日: 51. 11. 6 測定地点: 建設現場 方向
 測定系設定: (受信アンテナ) A2156°, E15°: (スウェプトン・アナライザ) 100.500/200 MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力換算値

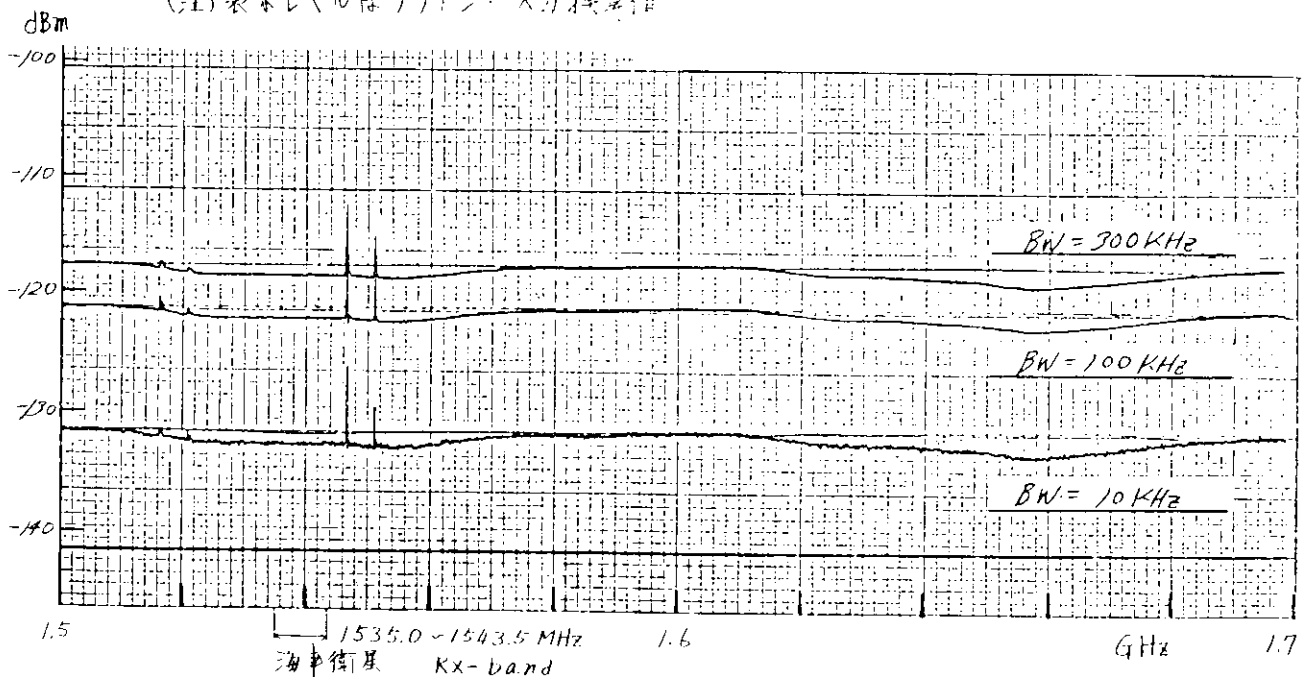


図 6.5.6

測定期日: 51. 11. 6 測定地点 1 建設現場方向
 測定系設定: (受信アンテナ) AZ186°, EL20°; (スペクトラムアナライザ) 100 sec/200 MHz
 (注) 表示レベルはアリアンプ入力換算値

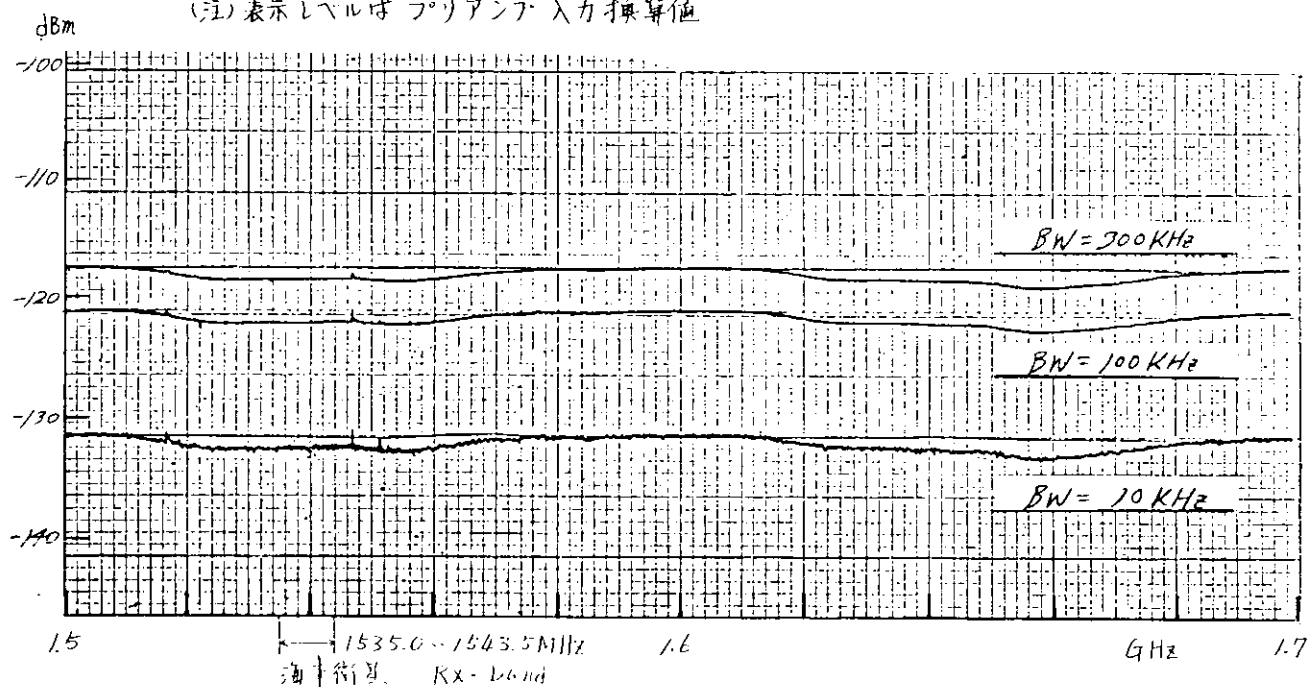


図 6.5.7

測定期日: 51. 11. 6 測定地点 1 品川駅方向
 測定系設定: (受信アンテナ) AZ226°, EL20°; (スペクトラムアナライザ) 100 sec/200 MHz
 (注) 表示レベルはアリアンプ入力換算値

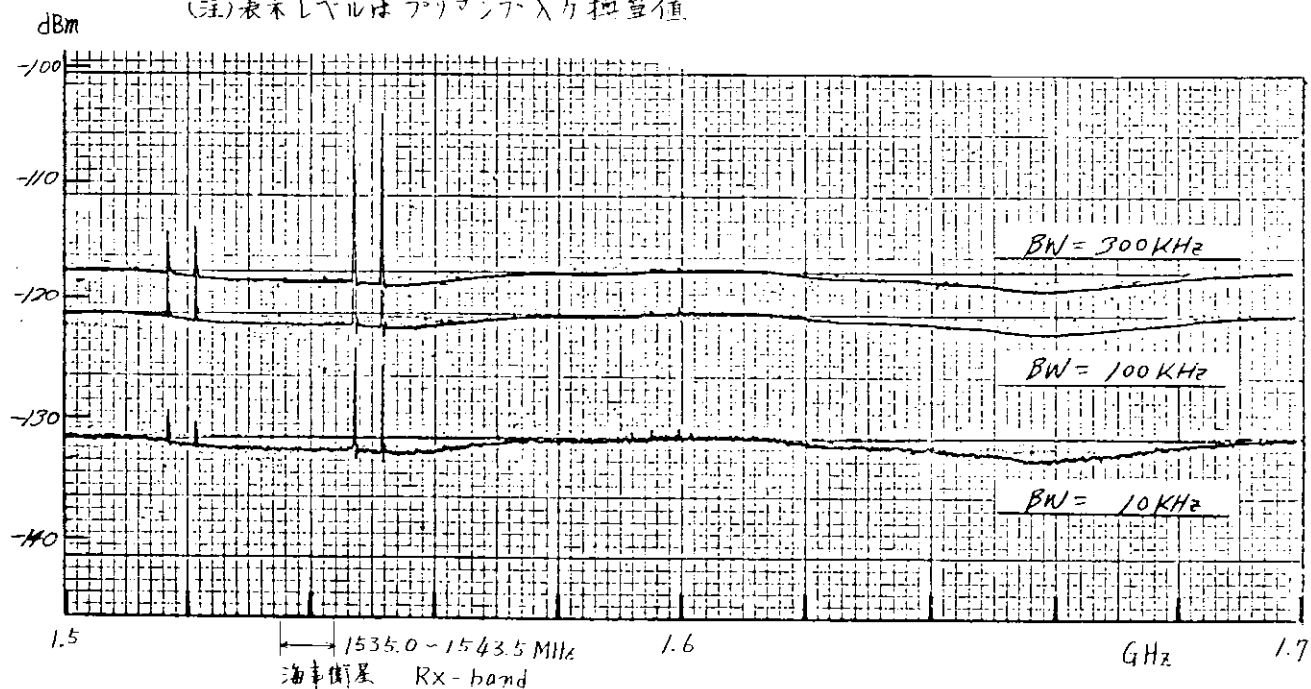


図 6.5.8

測定期日: 5/11/6 測定地点: 1 品川駅方向
 測定系設定: (受信アンテナ) AZ226°, EL30°; (スペクトラムアナライザ) 100 sec/200 MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力換算値

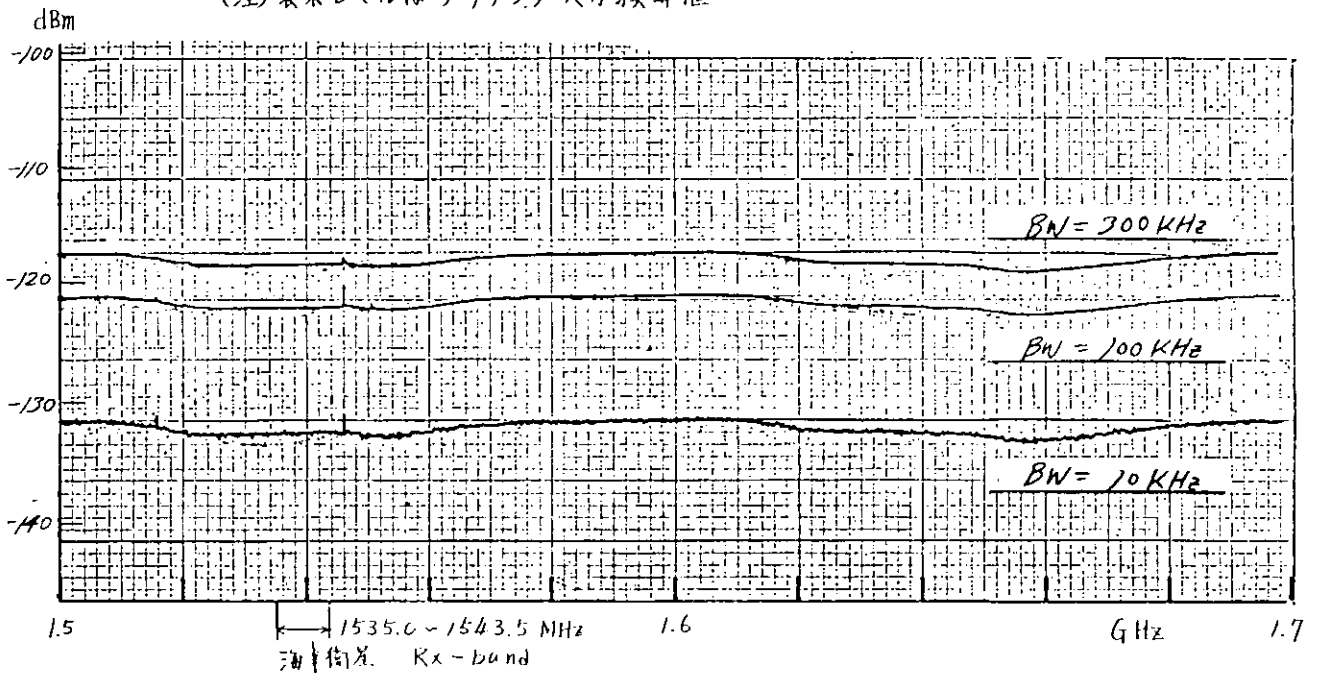


図 6.5.9

測定期日: 5/11/6 測定地点: 1 品川駅方向
 測定系設定: (受信アンテナ) AZ246°, EL5°; (スペクトラムアナライザ) 100 sec/200 MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力換算値

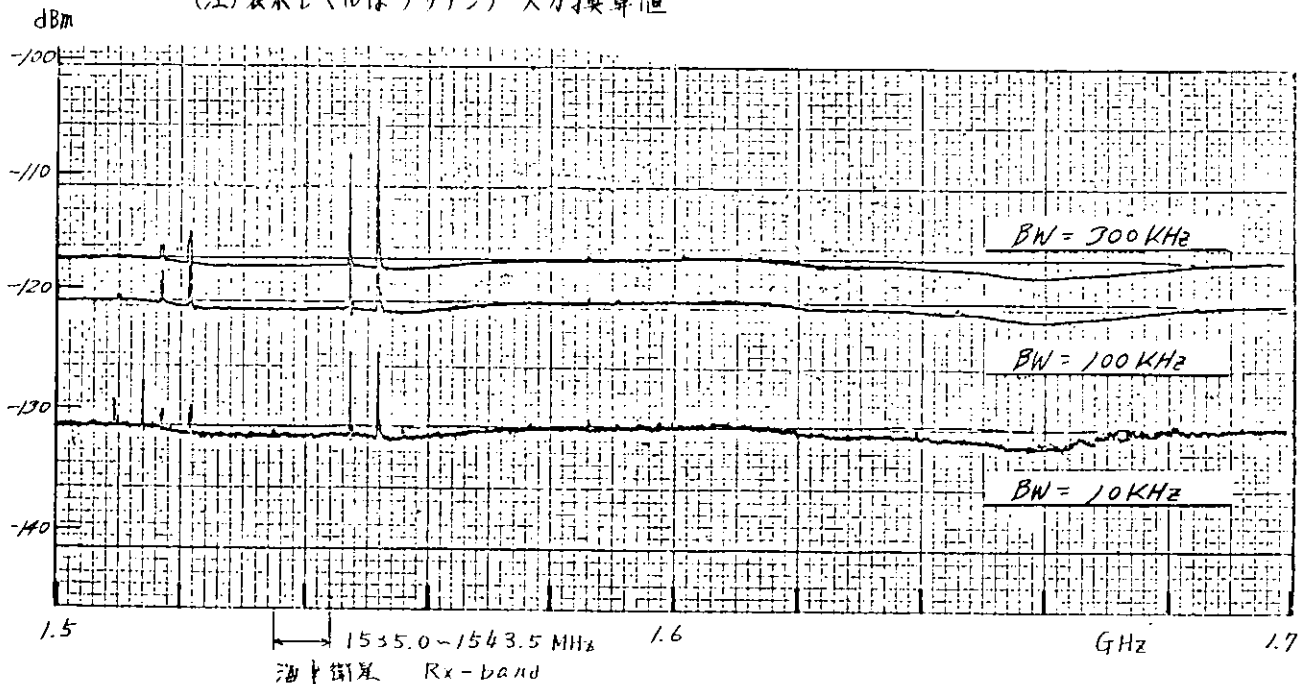


図 6.5.10

測定日時: 51. 11. 12 (14:00) 測定地点 1 品川駅方向
 スペクトラムアナライザ設定: BW=300kHz, 100sec/200MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力換算値

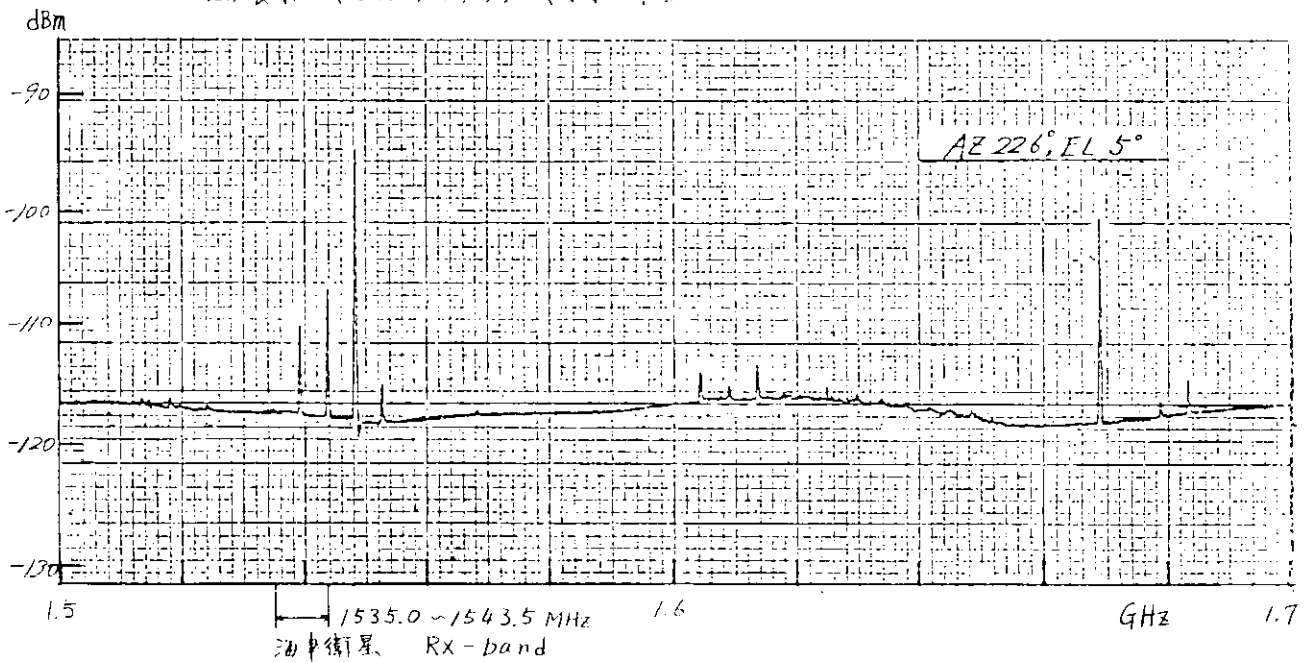


図 6.5.11

測定日時: 51. 11. 12 (14:15) 測定地点 1 品川駅方向
 スペクトラムアナライザ設定: BW=300kHz, 100sec/200MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力換算値

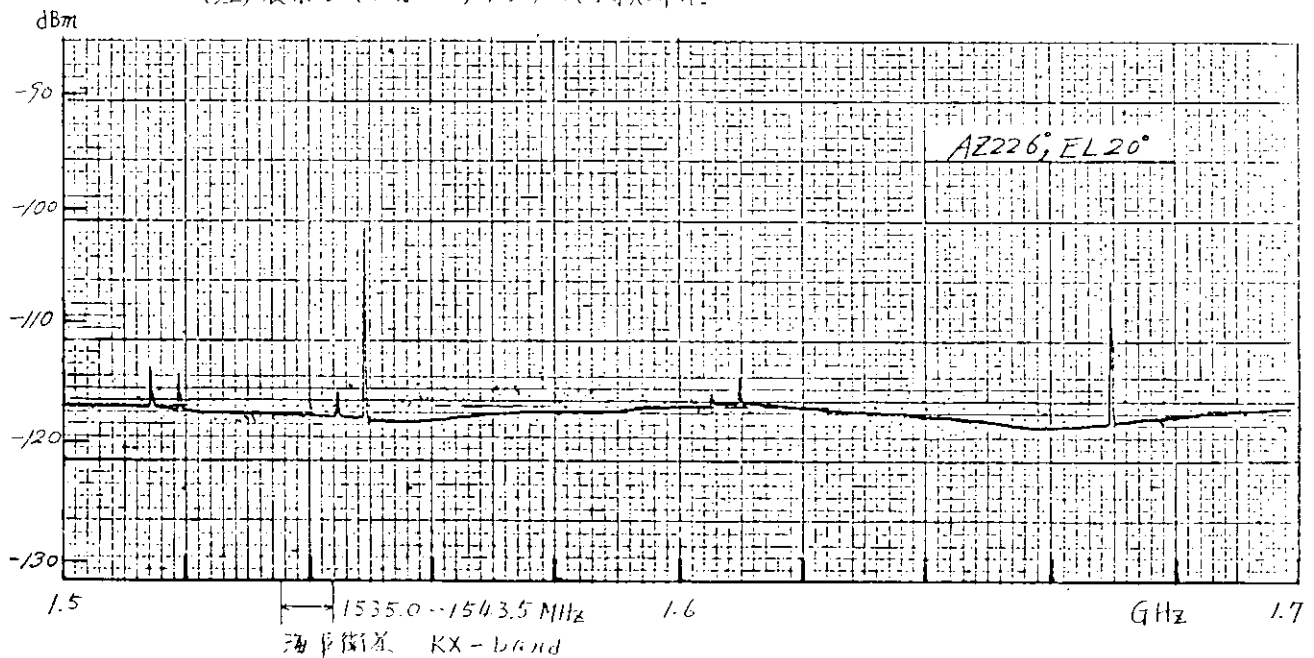


図 6.5.12

測定日時: 51. 11. 12 (14:30) 測定地点: 品川駅方向
 スキット用パラメータ: 設定: BW=300 KHz, 100 sec/200 MHz
 (注) 表示レベルはアンテナ入力換算値

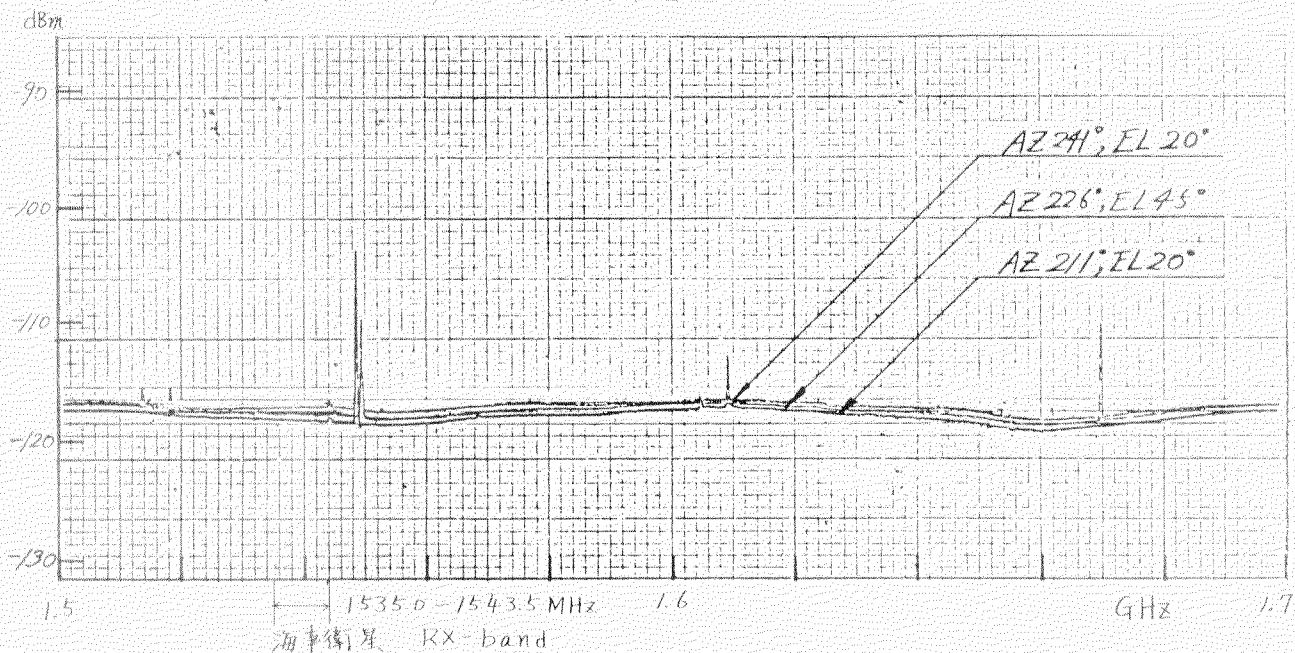


図 6.5.13

品川駅方向雑音 (51. 11. 12)
 AZ 226°, EL 45°
 BW = 300 KHz

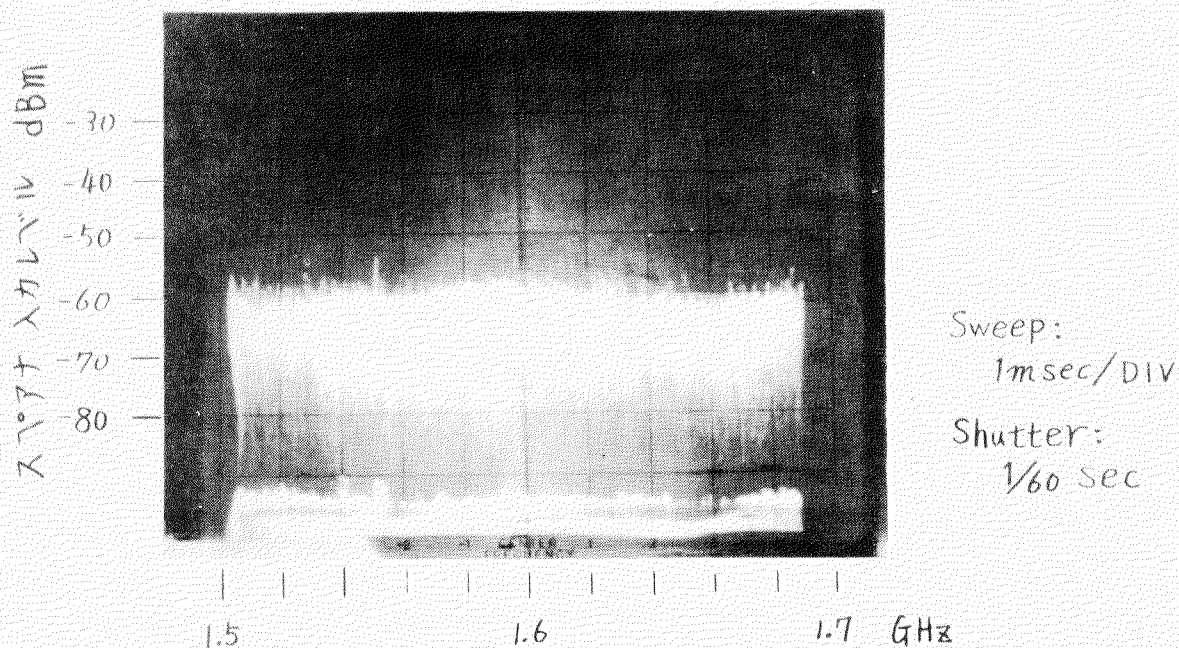
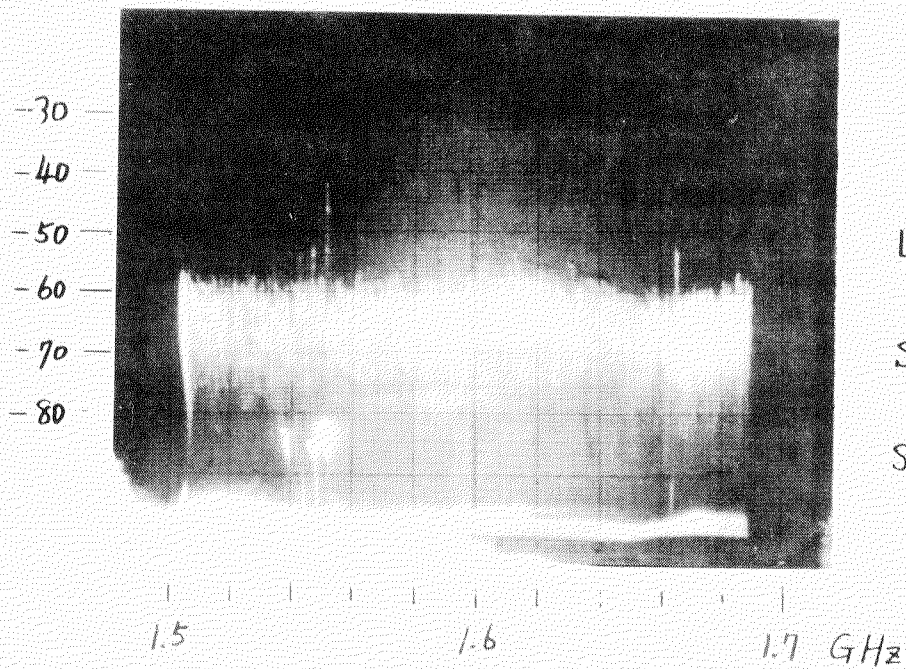


図 6.5.14

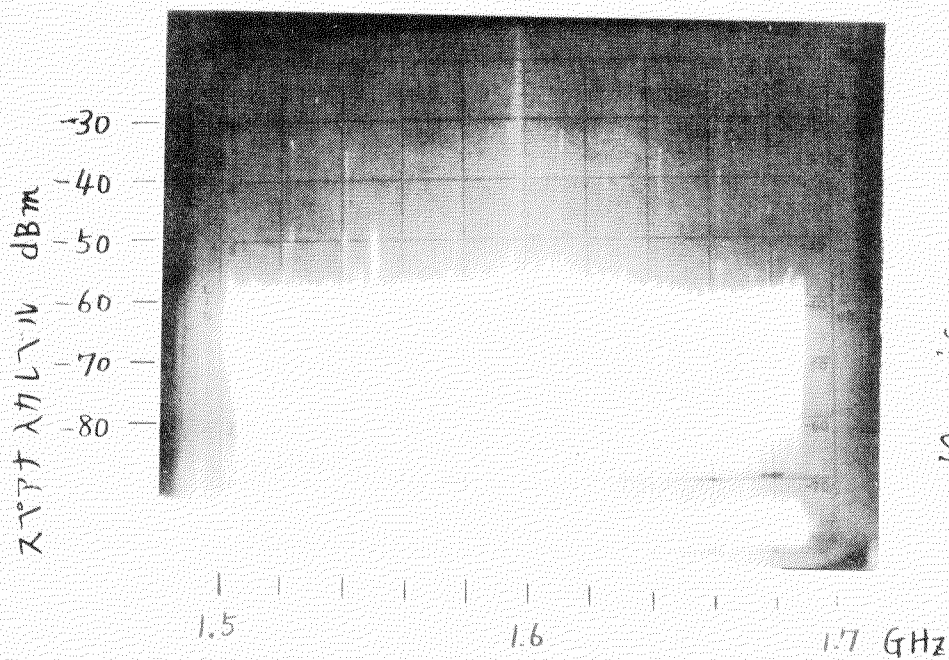
品川駅方向雑音 (51. 11. 12)
 AZ 226°, EL 5°, BW = 300 KHz



Level:
 スペアナ入力
 Sweep:
 1msec/DIV
 Shutter:
 1/60 sec

図 6.5.15

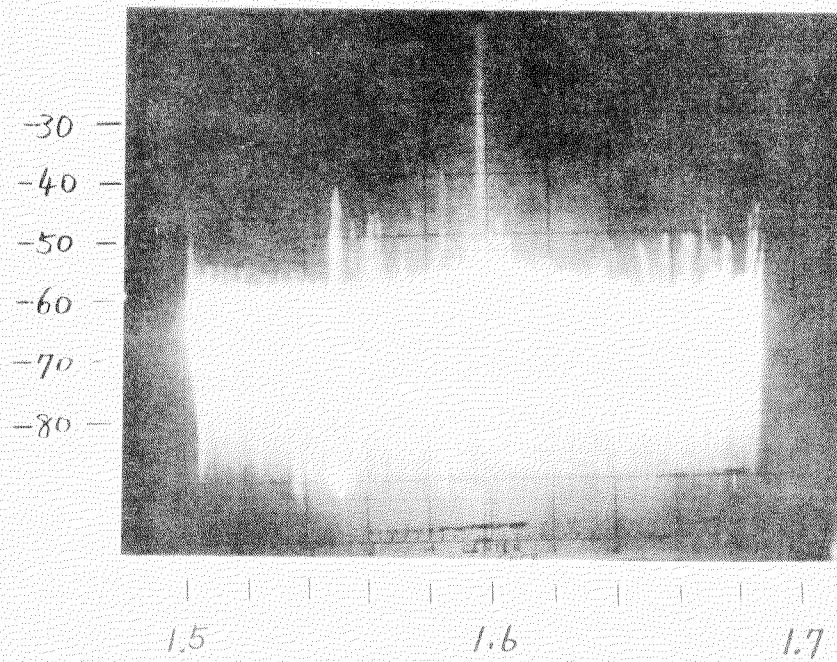
品川駅方向雑音 (間欠雑音) (51. 11. 12)
 AZ 236°, EL 20°, BW = 300 KHz



Sweep:
 1msec/DIV
 Shutter:
 1/8 sec

図 6.5.16

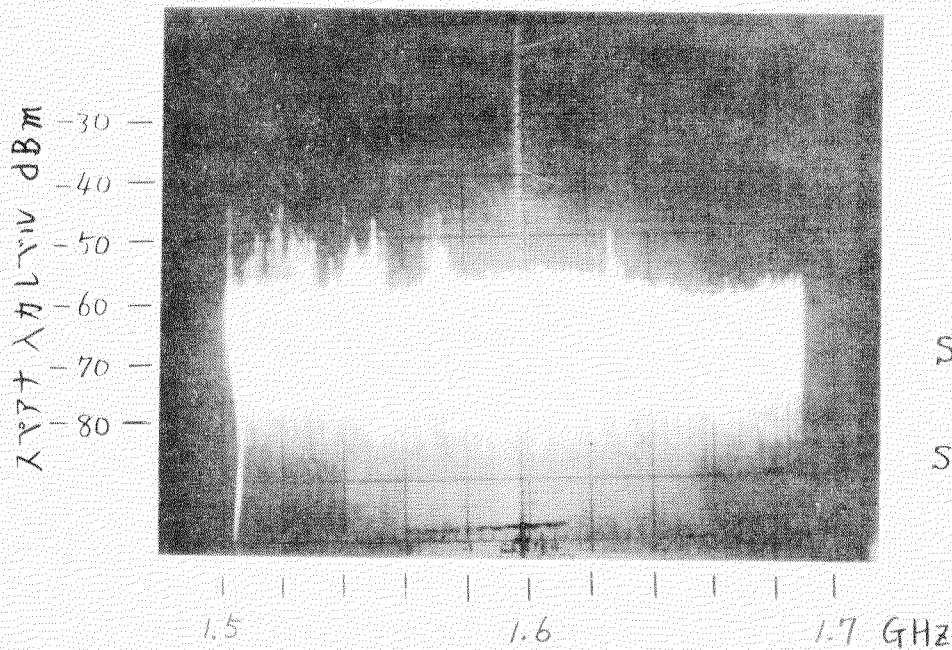
品川駅方向雑音(新幹線雑音)
 AZ 236°, EL 5°, BW = 300 KHz



Sweep:
 1 msec/DIV
 Shutter:
 1/8 sec

図 6.5.17

品川駅方向雑音(新幹線雑音)
 AZ 236°, EL 20°, BW = 300 KHz



Sweep:
 1 msec/DIV
 Shutter:
 1/5 sec

図 6.5.18

測定期日: 51. 11. 6 測定地点: 1 都市内方向
 測定系設定: (受信アンテナ) AZ 276°, EL 5°: (スペクトラム・アナライザ) 100 sec/200 MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力換算値

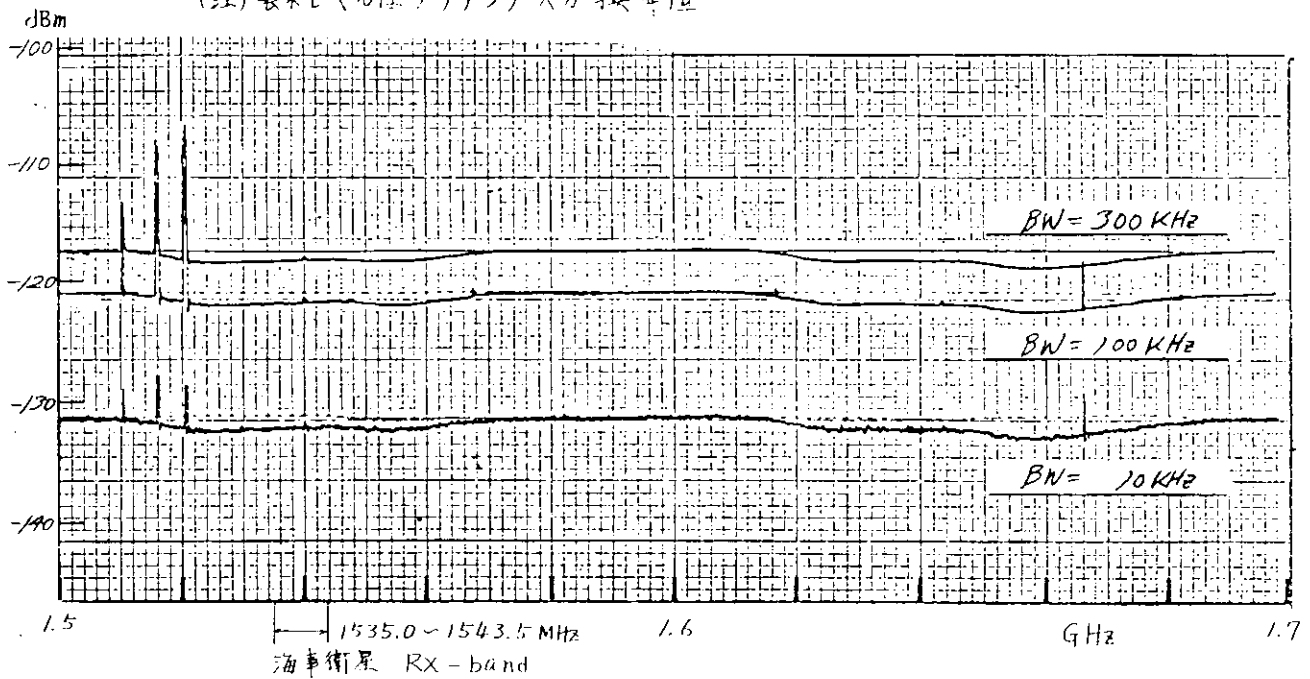


図 6.5.19

測定期日: 51. 11. 6 測定地点: 1 都市内方向
 測定系設定: (受信アンテナ) AZ 276°, EL 30°: (スペクトラム・アナライザ) 100 sec/200 MHz
 (注) 表示レベルは プリアンプ入力換算値

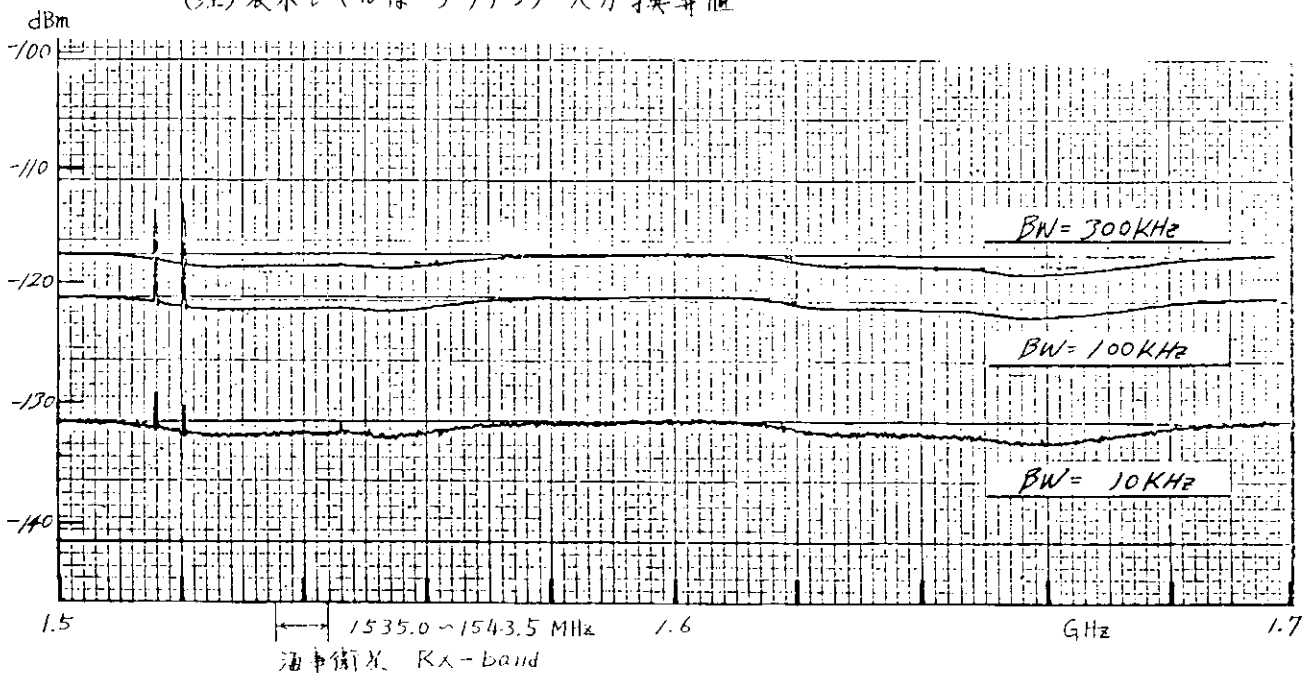
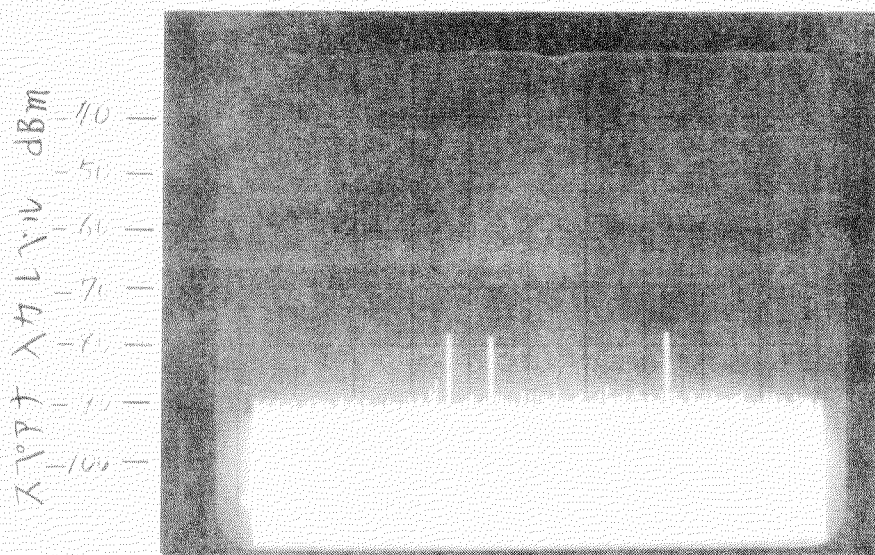


図 6.5.20

衛星方向
 $AZ 130^\circ$, $EL 34^\circ$, $BW = 0.3 \text{ KHz}$



Sweep:
 10 sec/DIV
 Shutter: B

1534 1536 1538 1540 1542 1544 MHz

図 6.5.21

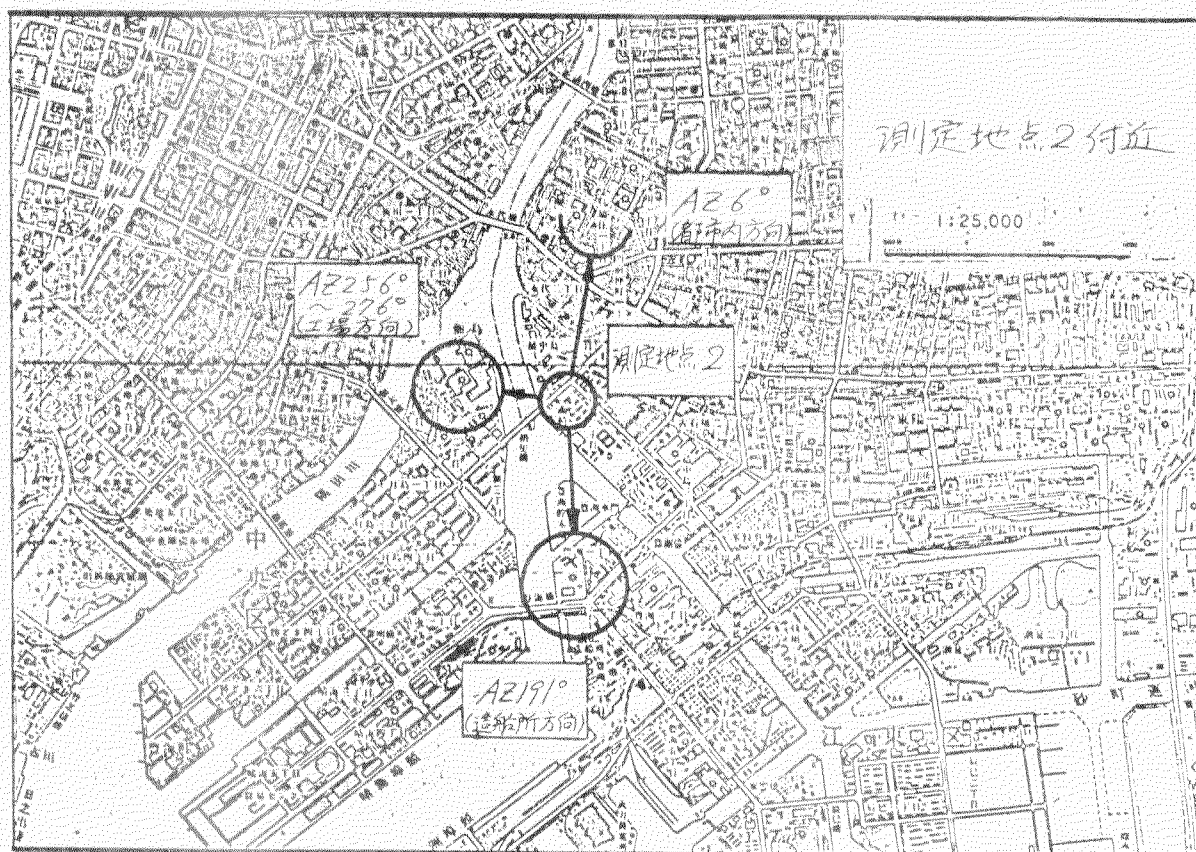


図 6.5.22

測定日時: 51. 11. 19 (16:00) 測定地点: 2 都市内方向
 スペクトラムアナライザ設定: BW 30 KHz, 100 sec/100 MHz
 (注) 表示レベルはプリアンプ入力換算値



図 6.5.23

都市内方向雑音 (51. 11. 19)
 AZ 6°, EL 5°, BW = 30 KHz

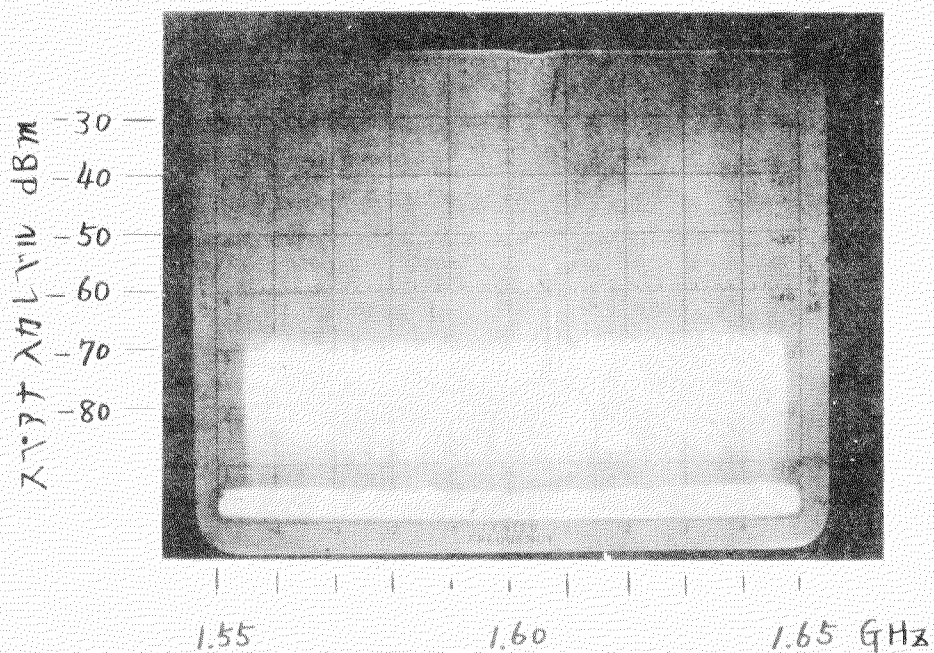


図 6.5.24

測定日時: 51.11.19 (15:00) 測定地点: 2 造船所方向
 スペクトラムアナライザ設定: BW=30 KHz, 100 sec/100 MHz
 レベルはプリアンプ入力換算値

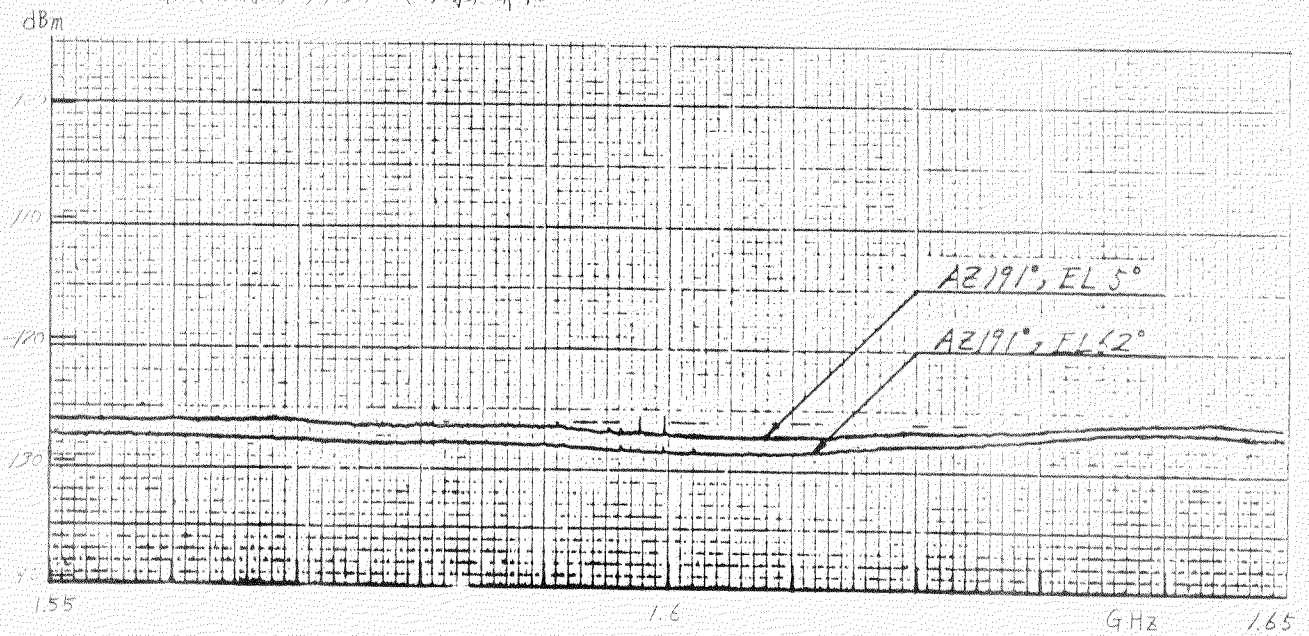


図 6.5.25

造船所方向雑音 (間欠雑音)
 AZ191°, EL 5°, BW=30 KHz

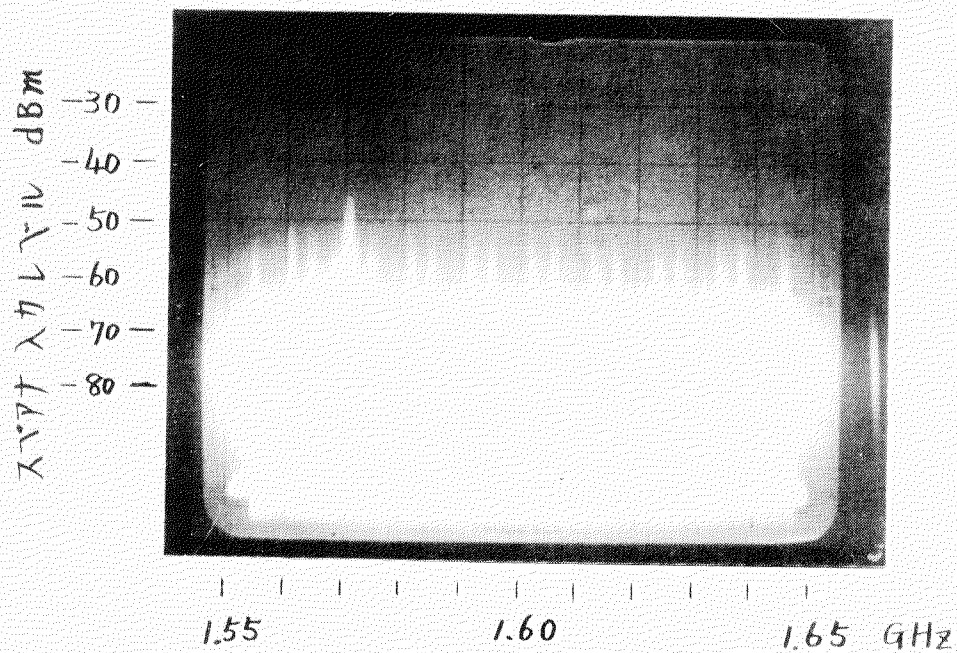


図 6.5.26

造船所雑音(向欠雑音)

AZ 191°, EL 5°. BW = 30 KHz

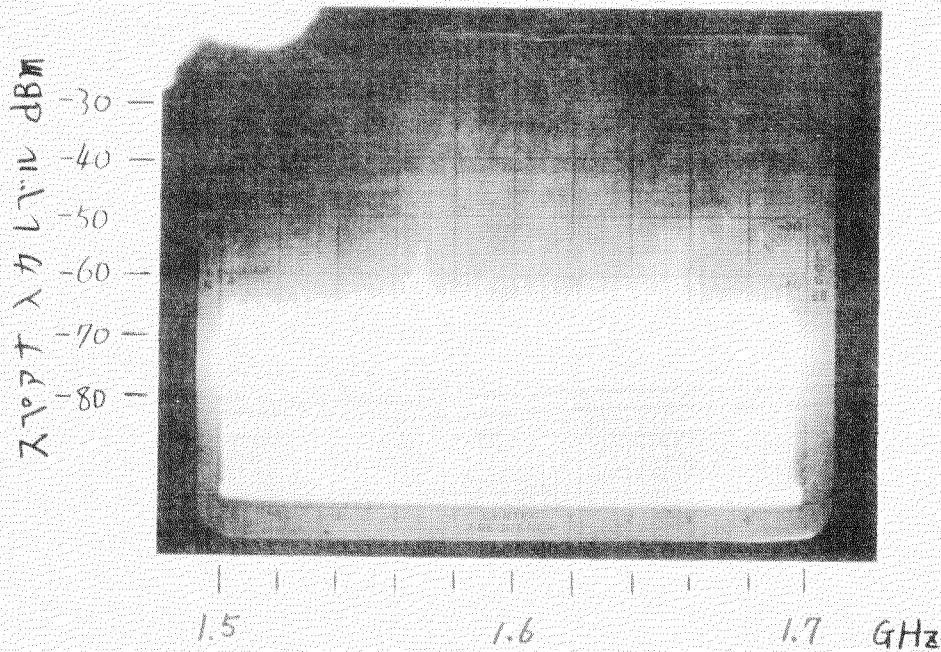


図 6.5.27

測定日時: 51.11.12 16:40 測定場所: 工場方向

スペクトラムアナライザ設定: BW = 30 KHz, 100 sec / 100 MHz

レベルは プリアンプ入力換算値

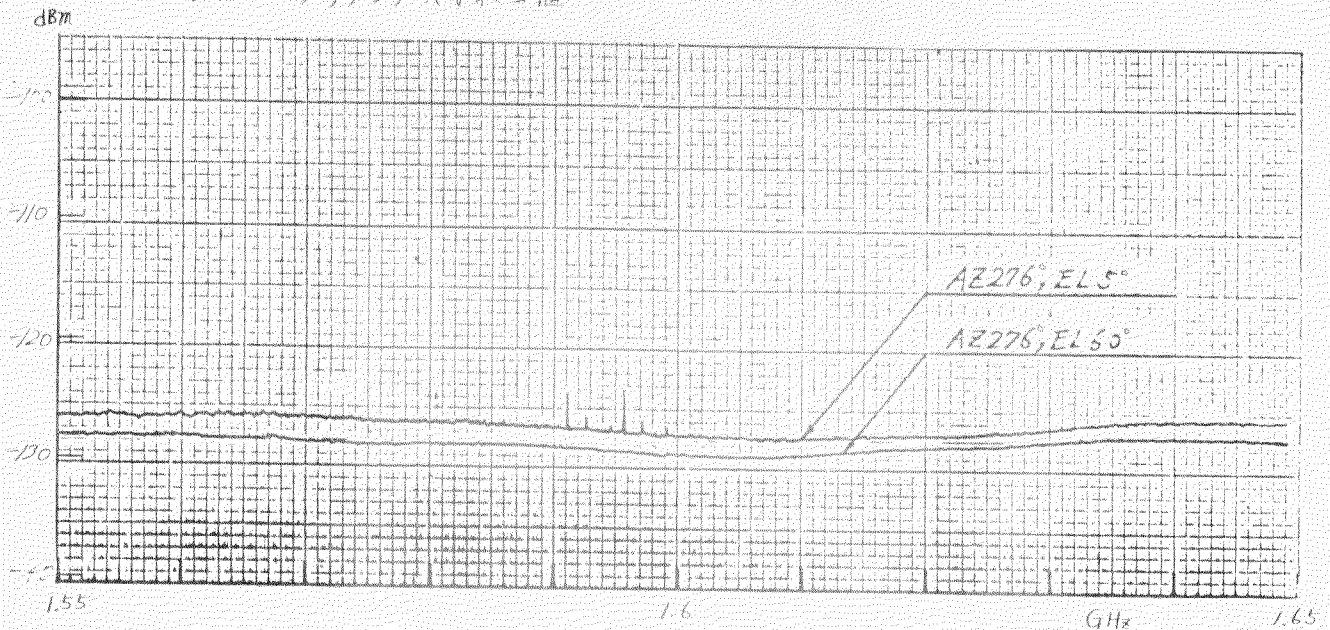


図 6.5.28

測定日時: 51. 11. 19 (15:50) 測定地点: 2 工場方向
 スペクトラムアナライザ 設定: BW = 30 KHz, 100 sec / 100 MHz
 レベルはプリアンプ 入力換算値

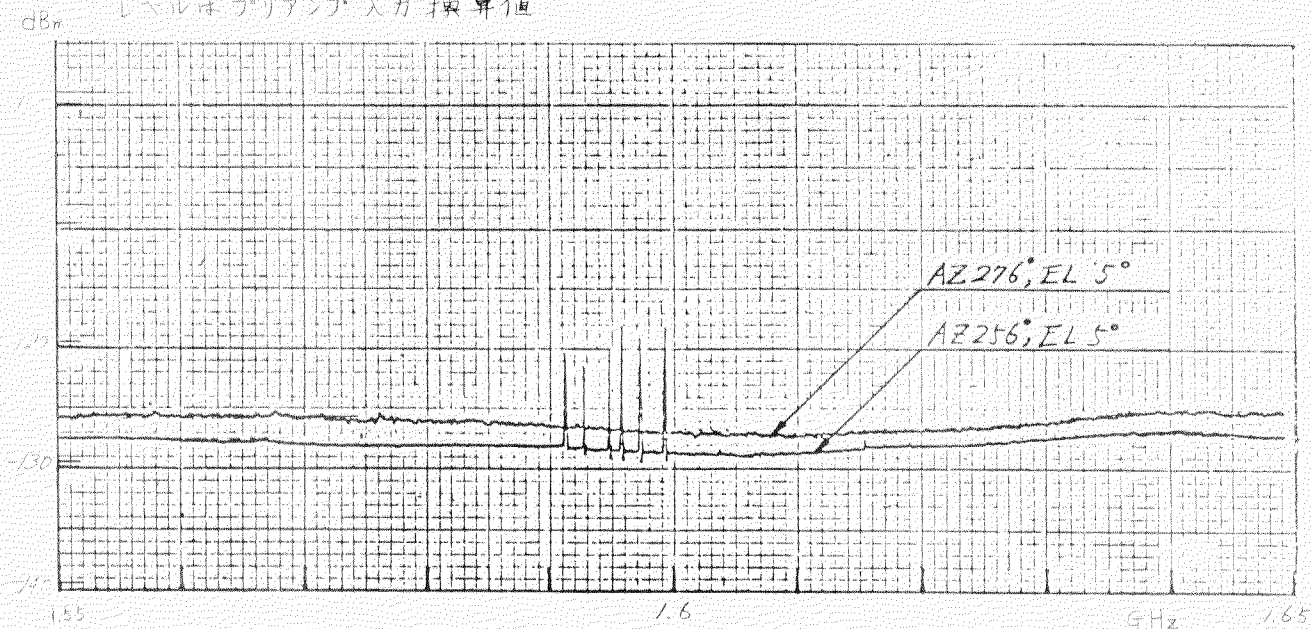
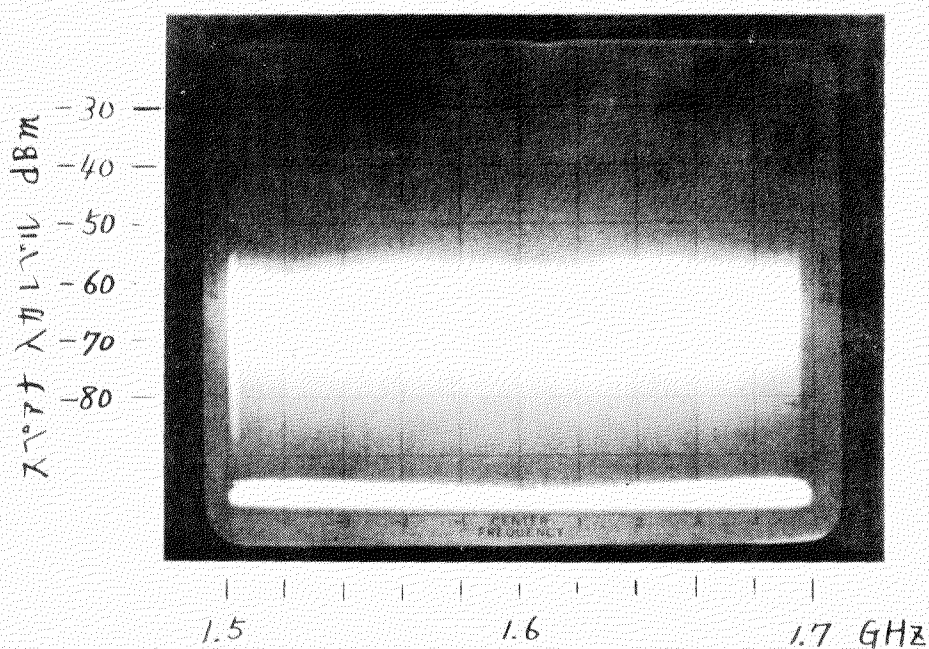


図 6.5.29

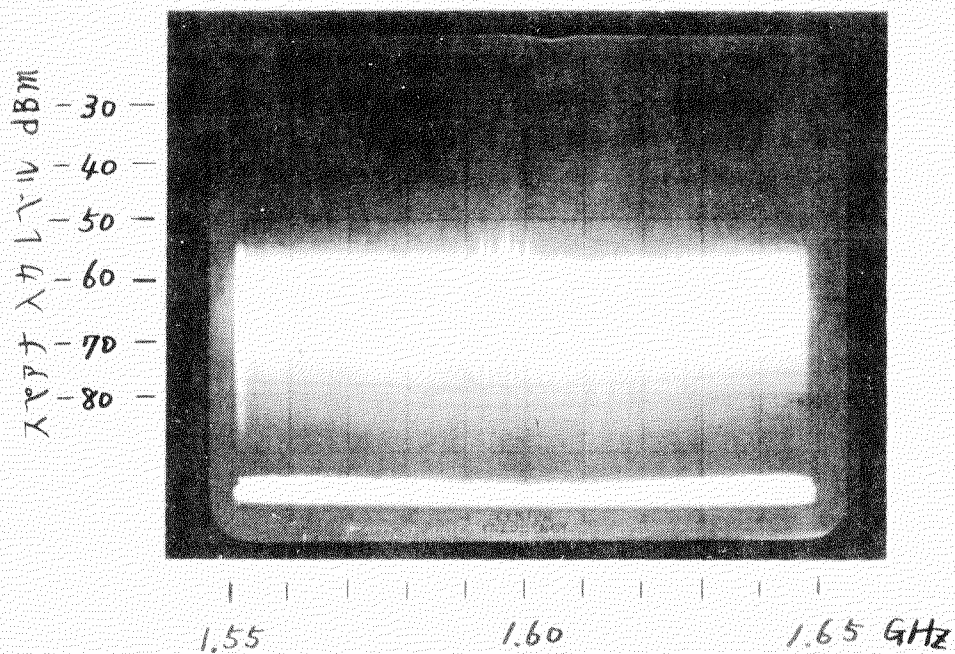
工場方向雑音 (51. 11. 19)
 AZ 276°, EL 30°, BW = 300 KHz



Sweep:
 1 msec / DIV
 Shutter:
 1/2 sec

図 6.5.30

工場方向雑音 (5/11/19)
 AZ 256°, EL 5°, BW = 300 KHz



Sweep:
 1 msec/DIV

Shutter:
 1/2 sec

図 6.5.31

7. ユーザ機器の設計評価（暫定案）

7.1 船舶地球局装置の仕様

ユーザ機器である船舶地球局装置の設計にあたり、まず関連資料の調査からはじめ、特に衛星を利用する船舶搭載用機器としての特殊性に鑑み、その主要性能、機構性能、運用性能、人間工学的性能、保守性能などを、それらの評価をも含めて考慮し、昨年度には海上公衆通信業務を主とする船舶地球局装置の仕様暫定案を作成した。76年2月の国際海事衛星システムの設立に関する第2回政府間会議において、国際海事衛星組織は海上通信の改善に必要な宇宙部分を提供し、これにより、遭難・安全通信、船舶の効率、海上公衆通信及び無線測位能力の改善を助長することを目的とすることに決まり、9月の第3回政府間会議を経て、準備委員会も77年1月の第1回委員会へと、組織もようやく動き出したので、国際海事衛星システムないしそのサブシステムである船舶地球局装置の技術要求も逐次固まっていくものと考えられる。また米国のMARISATはすでに商用開始され、ヨーロッパのMAROTS計画が進められている現況である。

船舶地球局装置の仕様は、上記国際海事衛星組織の目的をふまえながらも、最も早く実現されたMARISAT計画の実績に相当に影響されるものと仮定して、当面は特に改める必要のある項目以外はMARISATシステムのシステムパラメータを前提に遭難通信、無線測位などを含め、作成した。したがって国際海事衛星計画が進むにつれ、仕様も逐次訂正して行くべきである。なお、小形アンテナの使用については、昭和52年度の研究にゆだねるものとする。

以下海事衛星システムにおいて、まず、衛星を介して衛星地球局（以下海岸局という）にアクセスする船舶地球局装置の仕様について述べ、ついでこの仕様に基づいた設計について述べる。しかし、ここに述べたものは、ある規準について述べるもので、その海事衛星システム内で他に害を与えるし、かつ同等もしくはそれ以上の性能を持てば、船舶の種類、航路などにより代替仕様も許される。

7.1.1 船舶地球局装置の一般仕様

- (1) 使用周波数帯 : 受信 1535.0-1543.5MHz
送信 1636.5-1645.0MHz
- (2) サービスの形式 : 連続、常時、同時送受可能な海上移動通信業務サービス
- (3) 運用 : 24時間/日
- (4) 設計寿命 : 10年
- (5) 電源 : 100VAC $\pm$ 10%、60Hz $\pm$ 4Hz 单相を標準とする。
1秒以下の電圧+20%、-50%以内、周波数 $\pm$ 20%のサージに対し破損することなく調整不要なこと。船舶の電源に一点接続し、空中線制御装置内に主回路遮断器を、さらに各分岐にも回路遮断器を備え、安全接地システム、信号接地システムによる接地を行うこと。
主電源回路が故障の際は、非常用電源から供給を受けるものとする。
- (6) 干渉 : 無線周波干渉を生じないこと。他に干渉を与えないこと。
- (7) 保守 : 交換可能なモジュールを最大限活用し、保守時間を短くすることが望ましい。
また、送受信部、操作部とも完全フロントサービス構造が望ましい。原則として本船上で容易に修理可能なこと。またオプションにより自動診断機能を備え得ること。保守を容易にさせるため、アンテナ部、送受信部、操作部間にインターホーン用端子を備えること。
- (8) 設置場所 : アンテナ部は Above deck に送受信部、操作部は Below deck に配置する。送受信部、操作部を一体にした構造の場合には、操舵室、もしくは無線室内に設置する。

また、送受信部、操作部を分離した構造の場合には、操舵室、無線室内でもたがいに分離して設置でき、また他の場所、例えば、ロッカー、ジャイロ室、電話交換室などにも設置できる。これらの設備の高さは1850mm以下であること。

アンテナ部と送受信部間の接続ケーブルは50mまでとし、100mまでオブションとして設置可能であること。

- (9) 搬入条件 : 送受信部、操作部において一体構造あるいは分離構造、何れも600mm×1500mmのドアを通れることが望ましい。

操舵室に設置する場合は、800mm×1800mmまで、無線室、事務室、その他に設置する場合は600mm×1600mmまで許される。これら諸搬入条件では分割して搬入することも許される。

- (10) 工事材料 : 工事用材料は原則として容易に入手できる一般市販品とする。
(11) 拡張性 : 将来の測位機能その他の追加に備えられること。
(12) 付属文書 : 操作及び保守に必要な説明書をそなえること。

7.1.2 受信信号特性

仮りに電信および割当メッセージトラフィックに対し、TDM搬送波を用いるとすれば、その受信が可能であること。各海岸局からTDM搬送波（少くとも1波）が送られ、また、サービスの連続性のために各衛星機域内では1波の共通な周波数が使用される。

(1) TDMチャネル特性

- 変調方式 : 2φPSK
不確定除去方式 : ディフェレンシャル・コーディング
データレート : 1200bps, $\pm 1 \times 10^{-4}$
フレーム長 : 0.29s
同期 : 20ビットユニークワードおよびインパースユニークワード/6フレーム
誤り訂正符号化 : 57ビット+6パリティビット
電信チャネル : 12ビット×22チャネル/フレーム
キャラクタコード : CCITTコード#2
(将来は、CCITT#5の検討を要する。)

(2) TDMキャリアRF特性

- 電磁界強度 : 仰角5°で-155.1dBW/m²以上
周波数のズレ : $\pm 550\text{Hz}$ 以下
仮りに電話およびビーコンのチャネルに対し、船舶地球局装置はシングル・チャネル・パー・キャリアFM音声チャネルと衛星トラッキングビーコンの受信設備を持つこととすれば、

(3) 音声チャネル特性

- 音声信号の変調方式 : FM
最大周波数偏位 : 12kHz (0dBm0).
ベースバンド : 300-3000Hz
コンベンディング : 2:1シラブル (CCITT Rec. G. 162)
エンフェシス : なし

(4) 音声キャリアRF特性

- 電磁界強度 : 仰角5°で-152.1dBW/m²以上
周波数のズレ : $\pm 550\text{Hz}$ 以下

(5) ビーコン信号 RF 特性

電磁界強度 : 仰角 5° で -167 dBW/m^2 以上
周波数 : 1541.5 MHz , $\pm 1 \times 10^{-5}$

(6) データチャネル特性 (データ、ファックス用)

信号の変調方式 : FM
最大周波数偏位 : 12 kHz
ベースバンド : $300-3000 \text{ Hz}$
コンバンディング : なし
エンファシス : なし

7.1.3 送信信号特性

テレプリンタ・メッセージ・トラフィックの TDMA キャリアとリクエストサービス用のリクエスト キャリアの送信設備を持つこと。

(1) TDMA チャネル形式と変調特性

海岸局からの各 TDM キャリアに対応した TDMA キャリア周波数 1 波が存在し、この波が各衛星覆域内で使われる。

変調方式 : $2 \phi \text{ PSK}$ コンスタント・エンベローブ
不確定除去方式 : ディファレンシアル・コーディング
データレート : 4800 bps , $\pm 1 \times 10^{-4}$
フレーム長 : 1.74 s
バースト長 : 37.7 ms
データ : 72 ビット、各々 6 ビットの 12 キャラクタ
キャラクタコード : CCITT コード # 2

(2) TDMA キャリア RF 特性

実効放射電力 (e, i, r, p) : $37 \pm 1 \text{ dBW}$

スプリアス出力

e, i, r, p : 任意の 4 kHz 帯域内で下記の値以下
送信周波数帯において -22 dBW 以下
送信周波数帯より 15 MHz 離れた周波数において -52 dBW 以下
受信周波数帯において -87 dBW 以下

高調波出力

e, i, r, p : 40 GHz までの任意の周波数で -22 dBW 以下
周波数精度 : $\pm 250 \text{ Hz}$ 以内

(3) リクエスト・チャネル

船舶地球局装置から送られるリクエスト・キャリア・バーストにより、海岸局からの通信チャネルの割当を得る。呼を開始したい船舶地球局は共通リクエスト周波数を用いる。

変調方式、不確定除去方式、データレート、ユニークワードは TDMA と同じ。

誤り訂正符号化 : 39 ビット + 24 チェックビット

(4) リクエスト・キャリア RF 特性

TDMA と同じ RF 仕様

(5) シングル・チャネル・パー・キャリア (SCPC) FM 音声チャネル特性

音声キャリア RF 周波数は送信と受信とは対をなし、前者は後者より 101.5 MHz 周波数の高い波と

する。

送信音声信号の変調、最大周波数偏位、ベースバンド、コンパANDING、エンファシスなどは受信信号特性の音声チャネル特性の仕様と同じである。

(6) 音声キャリアRF特性

船舶地球局から送信されるFM音声キャリアのe, i, r, p スプリアス出力、高周波出力、周波数精度などはTDMAキャリアRF特性の仕様と同じである。

7.1.4 アンテナ・サブシステム

(1) アンテナ特性

- 偏波面 : 送受信とも右廻り円偏波 (CCIR Rep. 321)
- 利 得 : 送信、受信周波数において、アンテナ利得は G/T およびe, i, r, p 仕様を満足するような値を持つこと。
- サイドローブ : -18 dB 以下、 45° 以上で、 0 dB 以下
- 軸 比 : 2 dB 以下

(2) アンテナ操作性

: 軌道傾斜 5° 以内、日中の経度運動 $\pm 1^\circ$ 以内の静止衛星の方向にアンテナビームを指向させ得ること。 G/T およびe, i, r, p 仕様を満足するようにアンテナビームを連続して指向する手段を具備すること。
(自動追尾、プログラム追尾、手動追尾など)

(3) アンテナの配置

: アンテナサブシステムはアンテナ制御装置を除き、Above deskに配置し、別に定める環境条件のもとに、その性能、作動の劣化ならびに障害の起らないよう十分検討の上設置すること。

7.1.5 受信サブシステム

受信装置は全固体回路とし、設置場所については、十分検討の上決定すること。

- (1) 受信系の G/T : 晴天時、アンテナポインティング誤差、船舶の動揺、風、送信機の動作モードにかかわらず仰角 5° 以上、天頂まで受信系の G/T は $-4\text{ dB}/^\circ\text{K}$ 以上とする。*注
- (2) TDM復調特性 : 入力 C/N_0 43.4 dBHz
周波数オフセット 550 Hz 、クロック周波数オフセット 0.5 Hz の場合、キャリアとクロックレカバリーが 0.58 秒以内の確率が 0.9 以上であること。
またTDMキャリア・ビット・エラー・レートは最小受信レベルで、かつ上記 C/N_0 において、少なくとも 1×10^{-5} であること。
- (3) FM復調特性 : コンパンダなしで、テストトーン/雑音比が最小受信レベルにより 4 dB 以上の受信レベルで 29 dB 以上であること。このときテストトーンは 1000 Hz (0 dBm)とする。
- (4) インターフェース : 付加される外部オプション用の端子を有すること。

7.1.6 送信サブシステム

TDMA、リクエスト、FMの各キャリアの送信装置で、電力増幅器、エキサイタ、アップコンバータなどを含む。これら諸装置の設置場所については十分検討の上決定すること。

*注: MAROTS計画では、 $-10\text{ dB}/^\circ\text{K}$ 以上、また同じくテレックス専用の場合は、 $-14\text{ dB}/^\circ\text{K}$ となっている。

(1) TDMA同期

TDMA バーストタイミングは、受信 TDM チャンネルにおいて 6 TDM フレームごとに入る逆ユニークワードに同期する。船舶地球局装置のアンテナから TDMA バーストタイミングが行なわれる点までの遅延は 2 TDM ビット間隔 1.7 ms (許容量 ± 0.3 ms 以内) とする。この点での相対時間はバースト # 1 (TDM チャンネル # 1) の開始時間とすれば、ユニークワードの最終ビットの端から 0.50 ms 後である。TDMA バースト (チャンネル # 2, 3, ..., 22) の開始時間は、 $1.740/22$ 秒間隔ごとである。開始時間のタイミング許容量は ± 0.5 ms である。

バーストの時間は 37.7 ms (許容量-0.21ms, +0.84ms)とする。バーストタイミングの点からアンテナまでの伝送遅延は 0.1 ms 以下であること。

(2) TDMAバースト障害

船舶地球局送信システムは法外に長いTDMAもしくはリクエストバーストを検知するパワーモニターを備えていること。4 dB以上大きいTDMA／リクエスト・レベルの増加はアラームすること。

このとき送信機は自動的に送信を停止し、呼はキャンセルされる。

(3) 送信キャリア・オフレベル

送信機は非動作状態で -22 dBW 以上放射してはならない。

7.1.7 アクセス及び制御

呼は海岸地球局の制御のもとに行われる。船舶地球局から海岸局へのアクセスはランダムアクセス・リクエストチャネルでいつでも要求できる。また、海岸局側から特定の船舶地球局へのアクセスは、海岸局経由で呼出を知らせるTDMキャリアの割当メッセージを用いて行う。その船舶地球局が話中でなければ呼出に対し自動的に作動するが、話中であれば呼出メッセージには応じない。ただし放送メッセージの場合は除く。割当メッセージは船舶地球局からの呼出と、海岸局からの呼出に使われる。一度船舶地球局と海岸局間に回線ができると回線の制御は通話チャネルに含まれる。船舶地球局はアウト・オブ・バンドとインバンド信号で動作する。

- (1) リクエストチャンネル : 船舶地球局はリクエスト・メッセージ・バーストをフォーマットする手段を持つ。船舶地球局識別コードが決められ、各リクエストバースト内に自動的に挿入する。メッセージ入力として、海岸局、優先（遭難通信、緊急通信、安全通信、通常通信）、海域、チャネルのタイプ、地上回線、リクエストの性質などを選択可能なこと。39ビット・リクエストメッセージは自動的に誤り検出符号化されること。リクエストバースト間の許容最小間隔は6秒とする。
- (2) 割当メッセージ : 船舶地球局はTDMキャリアの割当を連続してモニターする。呼出し1個の割当メッセージに含まれる。船舶地球局のロジックはメッセージの誤りを自動的に検出することを目的として割当メッセージコードの誤り検出を行い誤り検出のときは作動しないこと。船舶地球局は所定形式のメッセージに対しては自動的に作動し、また、所定のチャネルタイプの割当メッセージに対し応答するように設計すること。TDM, TDMA, リクエスト, 音声各周波数、およびTDMとTDMA電信タイムスロットなどに対し自動的に同調すること。
- (3) 拡張モード : 将来の拡張モードとしては、測位モード、位置通報モード等が考えられる。
- (4) 話中 : 船舶地球局からの要求した地上回線が話中のとき割当メッセージにより話中の信号を受信できること。

テレプリンタのローカル使用中でも、海岸局による船舶地球局の呼出をうけ

られること。電話接続中でも海岸局からの放送電信は受信可能であること。

7.1.8 環境条件

船舶地球局装置が耐えるべき環境条件は、船舶の種類、航路、設置場所などによって異なるが、ここではある規準について述べる。Above deck および Below deck における環境条件仕様を主として下記の通り作成した。船舶地球局装置は特にことわりがない限り、下記の環境条件のもとに良好に作動する。

- (1) 基準周囲温度 : Above deck : $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$
ただし $-40^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$ においても装置に異常がないこと。
Below deck : $0^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$
- (2) 相対湿度 : $0 \sim 95\%$
- (3) 防水性* : JISF8001 第1種注水検査により異常がないこと。
- (4) 耐蝕性 : 塩分を含む船上環境に耐えること。
- (5) 風速* : 60 m/s で動作
- (6) 振動 : 両振幅 $0 \sim 3\text{ mm}$ で、加速度 1.0 G までの周波数に耐えること。
- (7) 衝撃 : 半サインパルス 10 G 、 11 ms 3方向の衝撃で損傷のないこと。
- (8) 船体の動揺 : ローリング $\pm 22.5^{\circ}$ 以内 周期 12 秒 以上
ピッチング $\pm 10.0^{\circ}$ 以内 周期 10 秒 以上
- (9) 船体の傾斜 : 横 15° 以内 縦 10° 以内
- (10) 転舵 : 角速度 $1.5^{\circ}/\text{s}$ 以下

* Above deck の機器について適用する。

7.2 船舶地球局装置の基本設計方針

7.1 項では船舶地球局装置の仕様について述べたが、ここではその仕様に基づいた基本設計方針の一例を述べる。

7.2.1 船舶地球局装置の構成

船舶地球局装置の構成は下記の通りとする。

- (1) アンテナ/R F 装置
 - (a) アンテナ
 - (b) 電力増幅部
 - (c) 低雑音増幅部
 - (d) ダイプレクサ
 - (e) レドーム
 - (f) 安定台
- (2) 通信端局装置
 - (a) 受信部
 - (b) 送信部
 - (c) 局発部
 - (d) アンテナ制御部
 - (e) チャネル制御部
 - (f) 電源部
 - (g) 端末機器部

図 7.2.1 に構成図を示す。

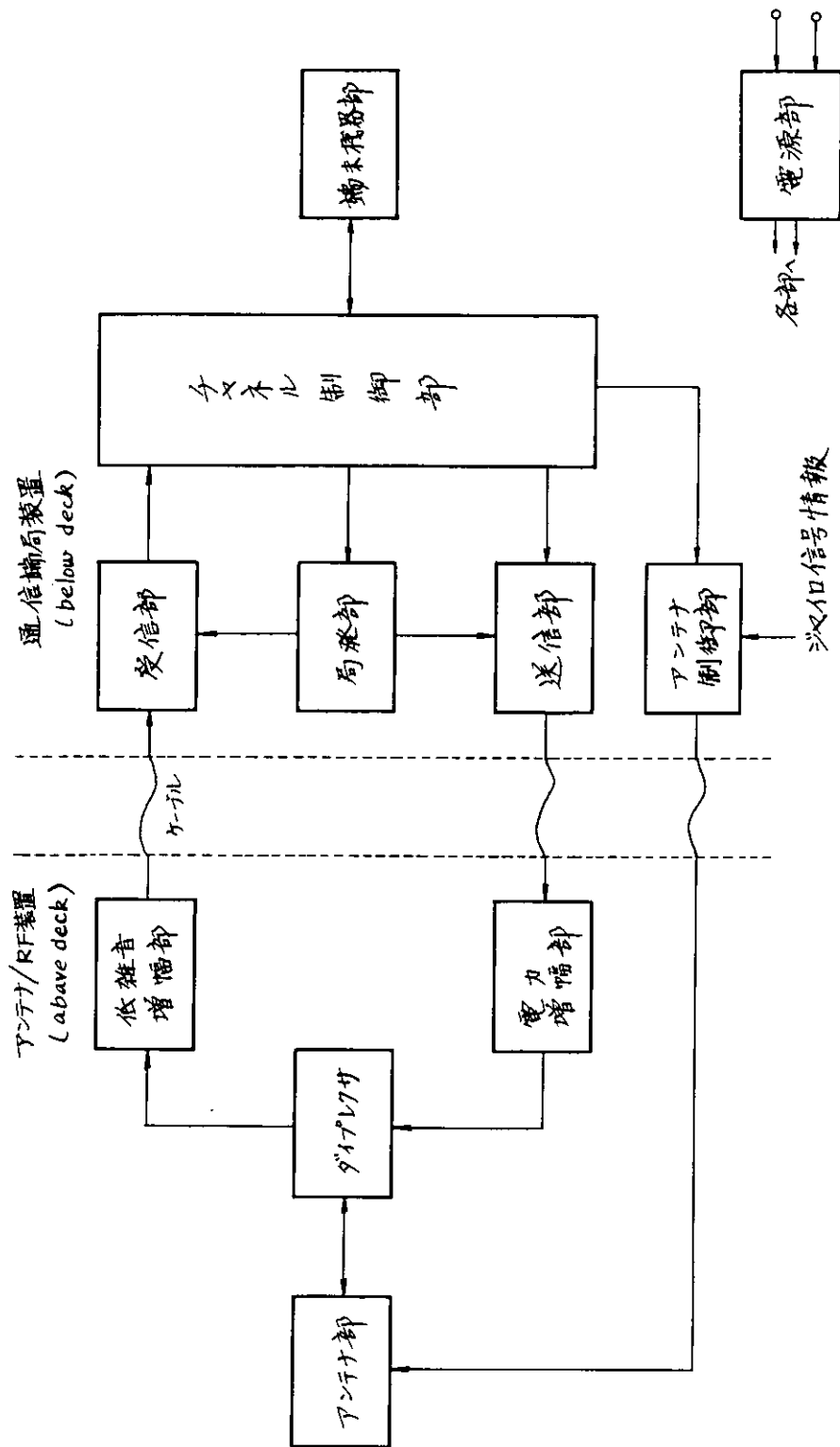


図 7. 2. 1 船舶地球局設備構成図

7.2.2 アンテナ／RF装置

(1) アンテナ

アンテナの利得、寸法を決定するにあたって最も重要な条件はシステム G/T であるが、ここでは MARISAT システムの $G/T \geq -4 \text{ dB}/^\circ\text{K}$ について検討する。

アンテナ雑音温度 80°K

フィーダーロス 0.2 dB

ダイプレクサロス 0.5 dB

と仮定すれば、低雑音増幅器入力に換算したアンテナ雑音温度 T_A は約 111°K となる。

一方、低雑音増幅器の雑音指数 (NF) は、現在のトランジスタ開発状況より、常温で 2.5 dB 、高温 55°C において 2.7 dB は得られるので、十分利得をとり、後段の影響を無視できるよう設定すれば、高温時 55°C を考えて、受信系雑音温度 T_r は約 250°K となる。

従ってシステム雑音温度 T_s は、

$$\begin{array}{lcl} T_A & : & 111^\circ\text{K} \\ T_r & : & 250^\circ\text{K} \\ \hline T_s & : & 361^\circ\text{K} \quad (25.6 \text{ dB } ^\circ\text{K}) \end{array}$$

よって、 $G/T \geq -4 \text{ dB}/^\circ\text{K}$ を満たすためのアンテナ利得 G_A は、

$$G_A = T_s + G/T = 25.6 - 4 = 21.6 \quad [\text{dB}]$$

更に、

レドームロス 0.2 dB

ケーブルロス 0.2 dB

ダイプレクサロス 0.5 dB

を加えると、必要なアンテナ利得は、受信周波数帯でアンテナ指向誤差を含めて、約 22.5 dB となる。

図 7.2.2 によれば、これは直径 1.2 m のアンテナで十分実現可能な値である。

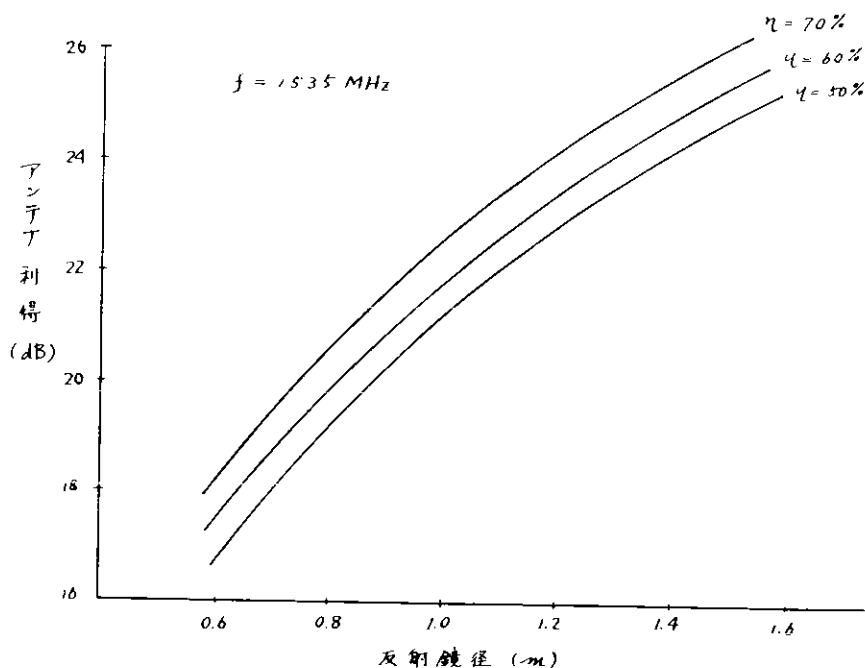


図 7.2.2 パラボラアンテナの直径と利得の関係

(2) 電力増幅部

直径 1.2 m のアンテナで、受信周波数で得られたのと同じ開口効率が得られれば、送信周波数での利得はアンテナ指向誤差を 1 dB と仮定して約 24.0 dB となる。従って、電力増幅部に要求される出力電力はダイプレクサ入力部において下記の通りとなる。

	上 限	下 限
e, i, r, p	38 dBw	36 dBw
アンテナ利得	24.0 dB	24.0 dB
ケーブルロス	0.2 #	0.2 #
レドームロス	0.2 #	0.2 #
ダイプレクサロス	0.5 #	0.5 #
アンテナ指向誤差	0.0 #	1.0 #
出力電力要求値	14.9 dBw	13.9 dBw
	(30.9 w)	(24.5 w)

次に設置場所について検討すると、

- (a) レドーム内に設置し、1 m 以内のケーブルでダイプレクサまで接続すれば、必要な電力は、34.6 W ~ 27.5 W。
- (b) レドーム外に設置して、5 m 程度のケーブルでダイプレクサまで接続すれば、必要な電力は、49.0 W ~ 38.8 W。

1.6 GHz 帯で 40 W 以上の電力を出すことは可能ではあるが、コスト、歩留り等を考慮すると必ずしも得策ではない。

また、ケーブルロスが大きいため、この温度変化を補償するような温度特性をもたせることが必要で、利得制御回路も複雑になる。

ここでは、レドーム内に設置して、1 m 以内の同軸ケーブルでダイプレクサまで接続することとし、電力増幅部の出力電力は 35 W 以上とした。

(3) 低雑音増幅器

- (a) NF : 素子の性能より決定されてしまうのが、現状では
 常温 (15℃) 2.5 dB 以下
 高温 (55℃) 2.7 dB #
 は十分実現可能である。
- (b) 利得 : 7.2.3(1)(b)項で述べるように全体のレベルダイヤから、後段の影響が 0.02 dB 以下となるような利得とする。受信部 NF 1.5 dB、ケーブルロス 1.0 dB の場合、約 5.0 dB 必要である。
- (c) 飽和点 : ダイプレクサのアイソレーションを 9.0 dB とすると、HPA 出力のリークが、-40 dBm となる。
 5.0 dB の利得を持っている場合、出力で +4 dBm まで飽和せず、また NF も劣化しないことが必要である。
- (d) 相互変調 : 出力換算の 3 次相互変調インタセプトポイントは +2.0 dBm 程度が限界と考えられるので、入力換算で -3.0 dBm とする。

アンテナ／RF 装置の構成例を図 7.2.3 に示す。

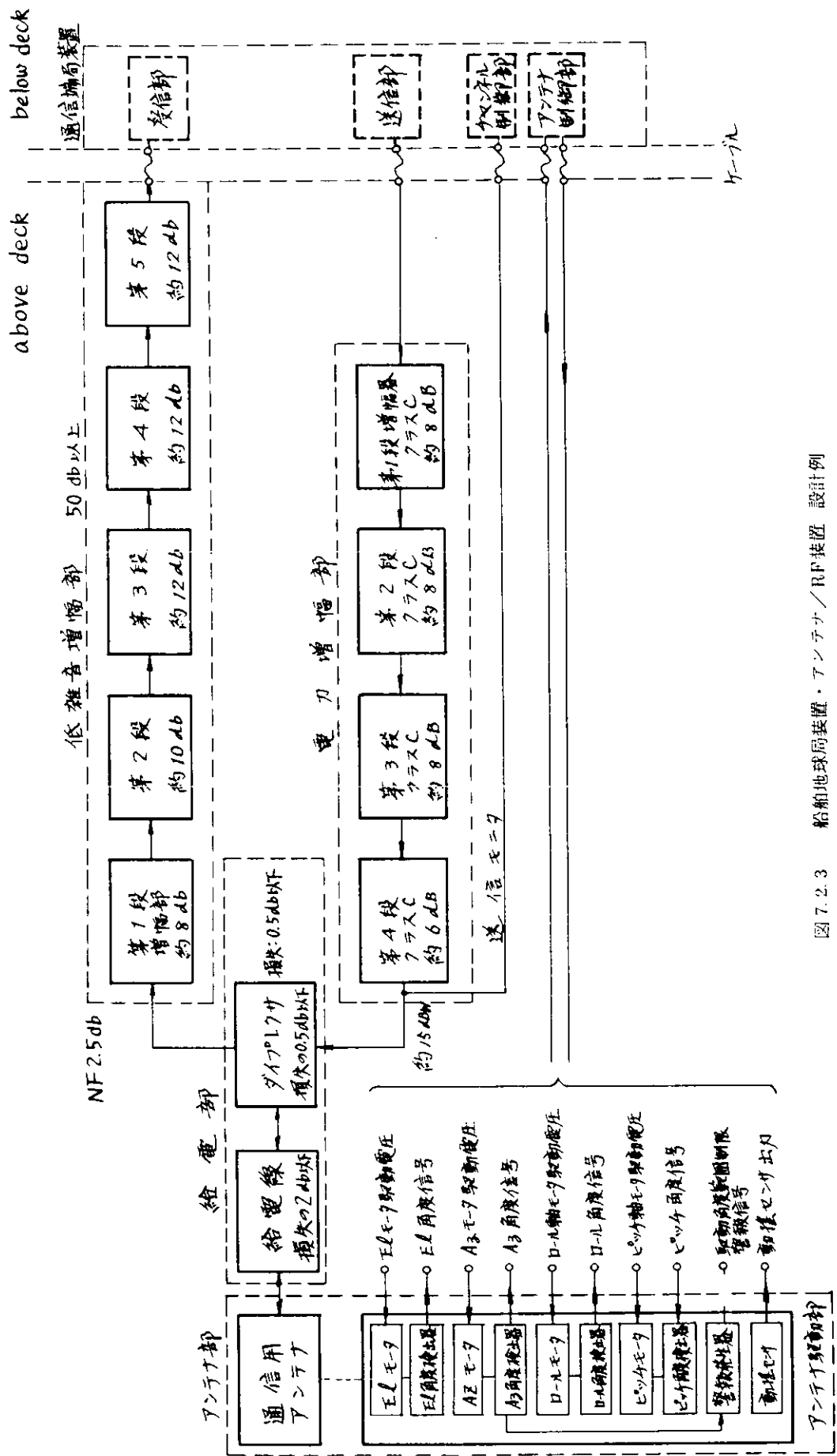


図 7.2.3 船舶地球局装置・アンテナ/RF装置 設計例

(4) 機器間接続用同軸ケーブルの選定

標準仕様として、50 m まで接続する場合、据付け工事の容易さを考慮すると、ケーブル外径は細い方が有利であるが、太さとケーブルロス許容値との関係より、ケーブルロス 10 dB 程度のものを選択することとする。

下記に船舶で使用できる同軸ケーブルの一例を示す。

ケーブル	ロス / m	ロス / 50 m	ケーブル外径
RG-10/U	0.38 dB	19 dB	12.0 mm
RG-18 A/U	0.21 "	10.5 "	22.1 "
23 D-4 A	0.074 "	3.7 "	31.0 "

一例として

50 m 以下で接続する場合 RG-18 A/U

100 m まで接続する場合 23 D-4 A

等の使用が考えられる。

船舶地球局装置・電力増幅部の設計仕様

周 波 数	1 6 3 6.5 ~ 1 6 4 5.0 MHz
帯 域 幅	8.5 MHz (0.5 dB 点) 以上
出力電力	35 W ~ 25 W 可変のこと
入力電力範囲	45 mW ~ 100 mW (16.5 dBm ~ 20 dBm)
利 得	29 dB 以上
利 得 傾 斜	0.1 dB / MHz
利得リップル	0.5 dB p - p
利得安定度	± 1 dB / 1 年
入力 VSWR	1.5 以下
出力 VSWR	動作時 2 以下

(出力の短絡、開放に対し事後の性能、寿命を低下させないこと。)

船舶地球局装置・低雑音増幅部の設計仕様

周 波 数	1 5 3 5.0 ~ 1 5 4 3.5 MHz
ノイズフィギュア	2.5 dB 以下 (常温) 2.7 dB 以下 (+ 55 °C)
利 得	50.0 dB 以下
利得安定度	3 dB / 月以下 6 dB / 年以下
利 得 傾 斜	0.1 dB / MHz 以下
利得リップル	0.5 dB p - p 以下
ダイナミックレンジ	帯域内 3 次インターモジレーション積が 2 ケの帯域内試験 キャリア (- 60 dBm) より 60 dB 以上低いこと。
スプリアス信号	任意の 100 kHz 帯で - 112 dBm 以下
入力 VSWR	1.25 以下
過負荷特性	1 5 2 0 ~ 1 5 5 0 MHz において、+ 3 dBm まで耐えること

飽和レベル	入力信号 -40 dBm で利得圧縮 1.5 dB 以下
入力および出力インピーダンス	50 Ω

船舶地球局装置・ダイブレクサの設計仕様

送信周波数	16 36.5 ~ 16 45.0 MHz
受信周波数	15 35.0 ~ 15 43.5 MHz
送信電力	15 dBW (CW)
挿入損	0.5 dB以下
挿入損平坦性	± 0.1 dB以内
V SWR	1.3 以下
非結合特性	送信端子・アンテナ端子間 受信周波数域で 90 dB以上 アンテナ端子・受信端子間 送信周波数域で 90 dB以上

7.2.3 通信端局装置

(1) 受信部

(a) 構成

周波数変換方式には、大別して次の2つの方式が考えられる。

- (i) 第1局発を周波数シンセサイザを用いて可変とし、第1IFを固定とする方式。
- (ii) 第1局発固定、第2局発に周波数シンセサイザを用いて第2IFを固定とする方式。

(i)、(ii)それぞれについて検討すると、

(i)は、1信号選択度 2信号選択度等においてより有利であるが、反面1.6 GHz帯の周波数シンセサイザが複雑な構成となること、局発信号のスプリアス除去が困難であるなどの難点がある。

(iii)は、狭帯域フィルターの前に、MIXER AMPが多くなり、2信号特性を悪くする要因となるため、レベルダイヤ設計に注意を要するが、局発部の構成が簡単になり、またスプリアスの除去も容易である。

ここでは、(ii)の方式で設計した。

なお、将来の測位機能の追加にそなえて、中間周波信号の分岐端子を設けるものとする。

受信部の構成を図 7.2.4 に示す。

(b) レベルダイアグラム

レベルダイアグラムを決定するにあたっては、受信系総合の雑音温度を劣化させないこと、および低雑音増幅器での相互変調性能を劣化させないことが最も重要な要件である。

(i) システム雑音温度の劣化

低雑音増幅部のNFを2.7 dB、接続用ケーブルのロスとして、受信部のNFによる

G/Tの劣化を検討すると、

受信部NF	総合NF	システム雑音温度	G／T劣化
10 dB	2.703 dB	361.4 °K	0.005 dB
15 "	2.711 "	362.4 "	0.017 "
20 "	2.736 "	365.5 "	0.054 "

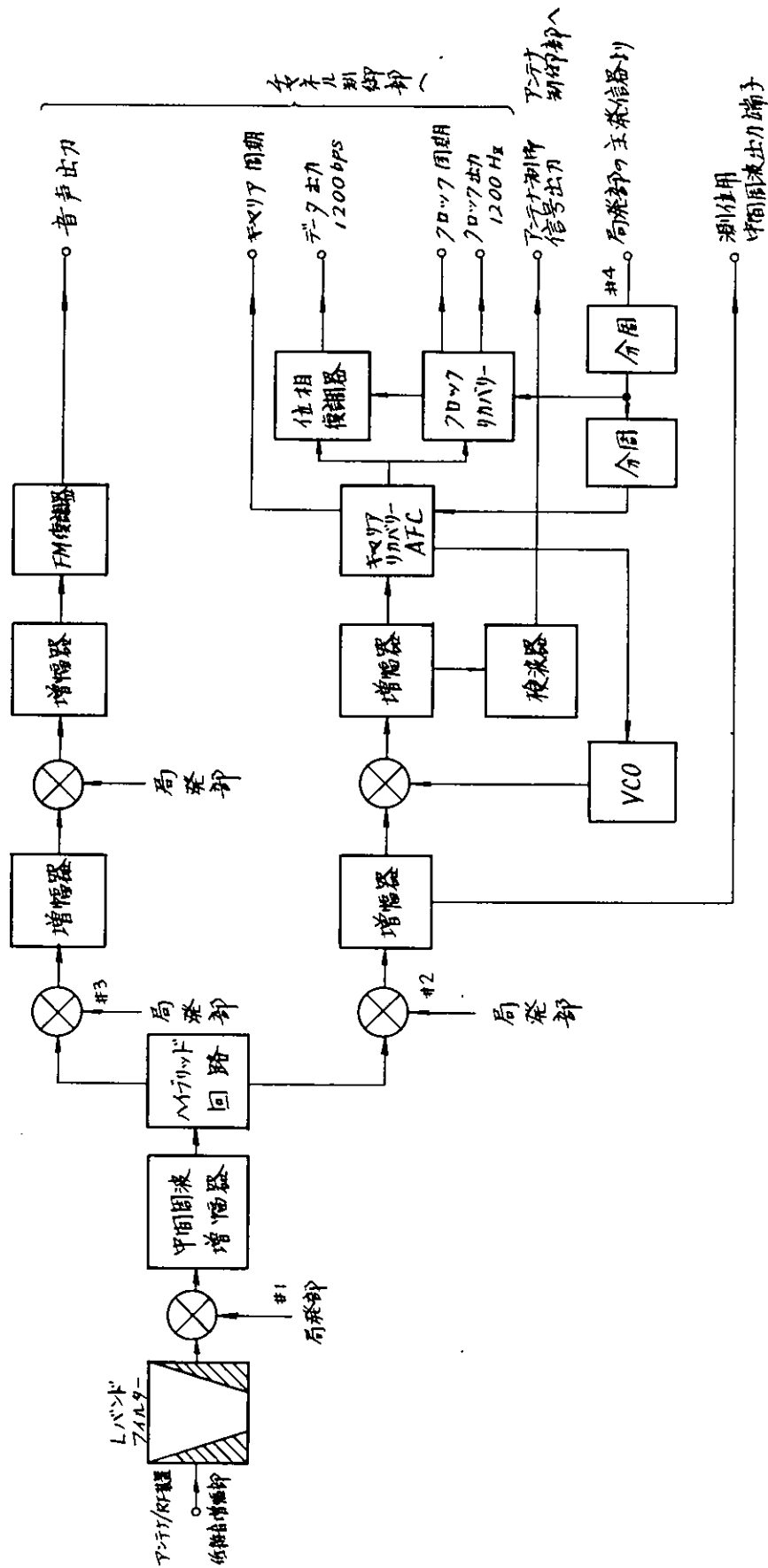


図 7. 2. 4 船舶地球局装置・受信部

以上より、受信部NFは、G/T劣化0.02dB以下を目途として、15dB以下とする。

(ii) 相互変調特性

低雑音増幅部の3次相互変調インタセプトポイントが、出力側で+20dBmであるから、それを劣化させないためには、受信部入力に換算した値が、ケーブルロス12dBを差引いて、8dBm以上となるようにレベルダイヤグラムを設定する必要がある。

以上(i)と(ii)を考慮して設定したレベルダイヤグラムを図7.2.5に示す。

なお、図7.2.5のレベルダイヤグラムにおいて受信レベルはほぼ中央について書いたものである。

(c) 復調方式

(i) 2φCPSKの復調(搬送波再生)

同期検波の方式としては、次の4方式が考えられる。

(イ) 逆変調方式

(ロ) 再変調方式

(ハ) コスタス方式

(ニ) 2重倍方式

データレートが1200BPSのように低い場合、コスタス方式が回路の簡易さという点で、多少有利である。

また、この復調用PLLに関連して、受信周波数偏差を補償するためのAFC機能を持たせる必要がある。

(ii) 音声系の復調

ESTECで行ったNBFMと△Mの比較試験結果によれば、MOS(Mean Opinion Score)は、高いC/N₀では△Mが少し良く、深いフェードの時は、FMが良いことが明らかにされている。ここでは、NBFM(△f=12kHz)として考える。NBFMのスレッショルドエクステンション形復調方式としては次の2方式がある。

(イ) PLL復調方式

(ロ) FMFB //

(イ)と(ロ)では大きな性能上の差はないと考えられているが、最近のPLLデバイスの発展等を考慮して(イ)のPLL方式を採用する。

(2) 送信部

(a) 構成

受信部と同様に第1局発固定、第2局発に周波数シンセサイザを用いるものとする。

SCPC-FMの通信では、送受信周波数が対になっているため、周波数関係を適当に配列することにより、送信用とFM受信用のシンセサイザを共用することが可能である。

(i) キャリア ON/OFFコントロール

信頼性を高めるため、上記ON/OFF切替等を行う場合、半導体スイッチを用いるのが一般的である。この場合、十分なアイソレーションをとるためには切替を行う周波数は、できるだけ低いことが望ましい。よって、この周波数は重倍前の低い周波数で行うこととした。

(ii) FM/PSKの切替

上記(i)と同じ理由により、重倍前の低い周波数において切替を行う。

(iii) スプリアスの除去

スプリアスの除去については、一般的に下記手法がとられる。

(イ) 各ミクサーで発生するスプリアスのうち、低次の成分が目的帯域内に発生しないよう、各局発周波数を選択する。

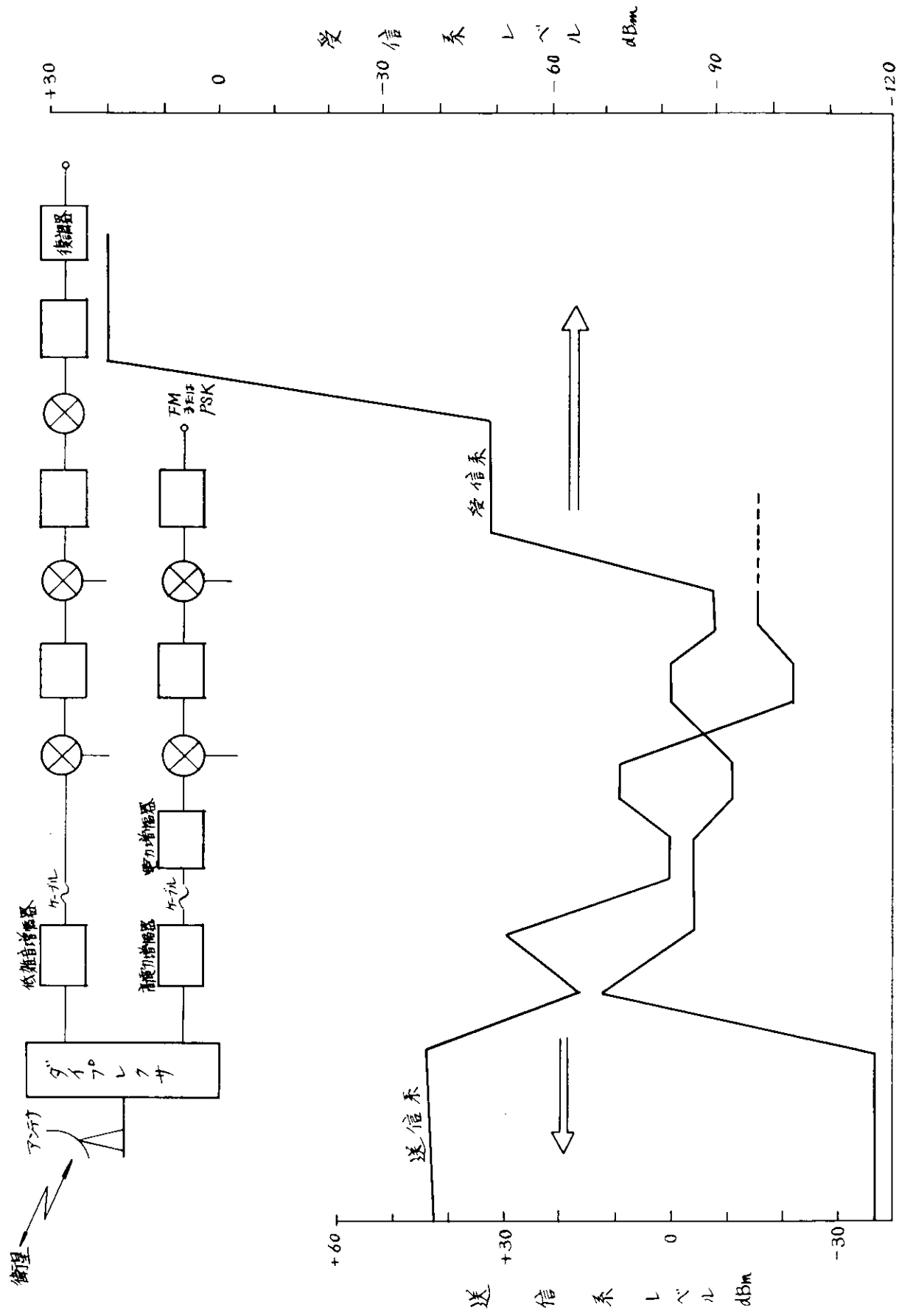


図 7.2.5 船舶地球局装置のレベル図

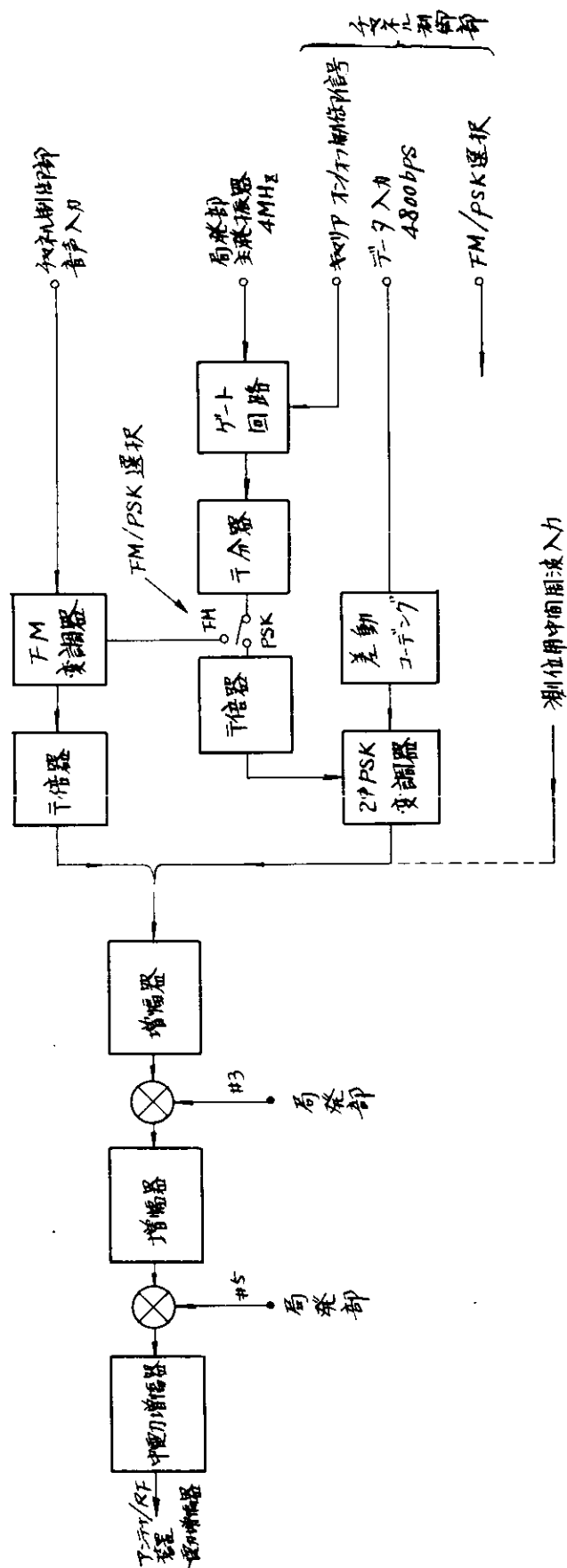


図 7.2.6 船舶地球装置・送信部

- (ロ) ミキサー入力レベルは、適正なレベルに保つ。
 - (ハ) 必要な個所には、ハイレベルミクサを用いる。
 - (ニ) 局発のもれ、イメージ周波数をフィルターで取り除く。
- 以上(i)～(iii)を考慮した送信部構成を図 7.2.6 に示す。

(b) レベルダイヤグラム

(i) HPA-送信部間のレベルダイヤグラム

中間電力増幅器 (IPA) の出力は、使用するトランジスタによって決定されるが、現状では比較的容易に得られる出力として 1W が適当である。これに基づいて送信部-電力増幅部のレベルを設定する。

ケーブルロス

接続用	:	50 m	10 dB
レドーム内	:	3 m	2 #
ラック内	:	2 m	1 #
マージン			0.5 #
			13.5 dB

(コネクタロス、温度変化、経年変化)

よって HPA 入力電力は +16.5 dBm (45 mW) となる。

(ii) 送信部ミキサレベル (図 7.2.7)

スプリアスの発生をおさえるため、ハイレベルミクサを採用すれば 0 dBm 程度のミキサ出力は容易に得られる。

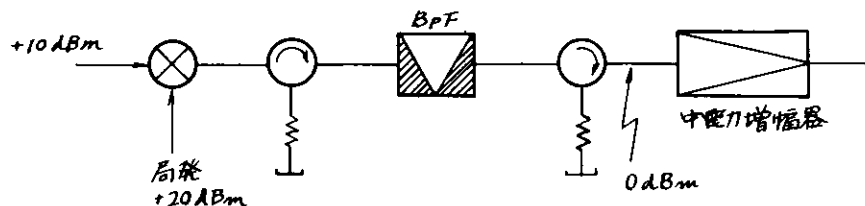


図 7.2.7 ミクサー～中電力増幅器

なお、帯域通過フィルタの前後には、帯域外の VSWR の乱れによるスプリアス増加、動作不安定を避けるためのアイソレータが必要である。

以上(i)～(ii)を考慮して設定したレベルダイヤグラムを図 7.2.6 に示す。

船舶地球局装置・中電力増幅器の設計仕様

周波数	1636.5～1645.0 MHz
帯域幅	8.5 MHz (0.1 dB点) 以上
出力電力	500 mW～1W 可変
入力電力範囲	0 dBm ± 3 dB
利得	33 dB 以上
利得安定度	± 1.5 dB / 1 年以下
入力 VSWR	1.5 以下

(3) 局発部

(a) 主発振器

要求性能である 1.5×10^{-7} / 年の長期安定度を満足するためには、恒温そう入りの 4 MHz、あるいは 5 MHz 水晶発振器が適当である。

また、送・受信のすべての局発周波数は、この主発振器から合成することが望ましい。

(b) 通倍器

通倍器としては、スプリアス特性のすぐれた PLL 方式の通倍器が有利である。

(c) シンセサイザ

PLL 方式のデジタルシンセサイザとする。

特に位相雑音の劣化のないよう注意して設計する必要がある。

(d) 振動時の位相雑音劣化

振動時の位相雑音劣化を防ぐため、発振器の取り付け方法等、注意が必要である。

局発部の構成を図 7.2.8 に示す。

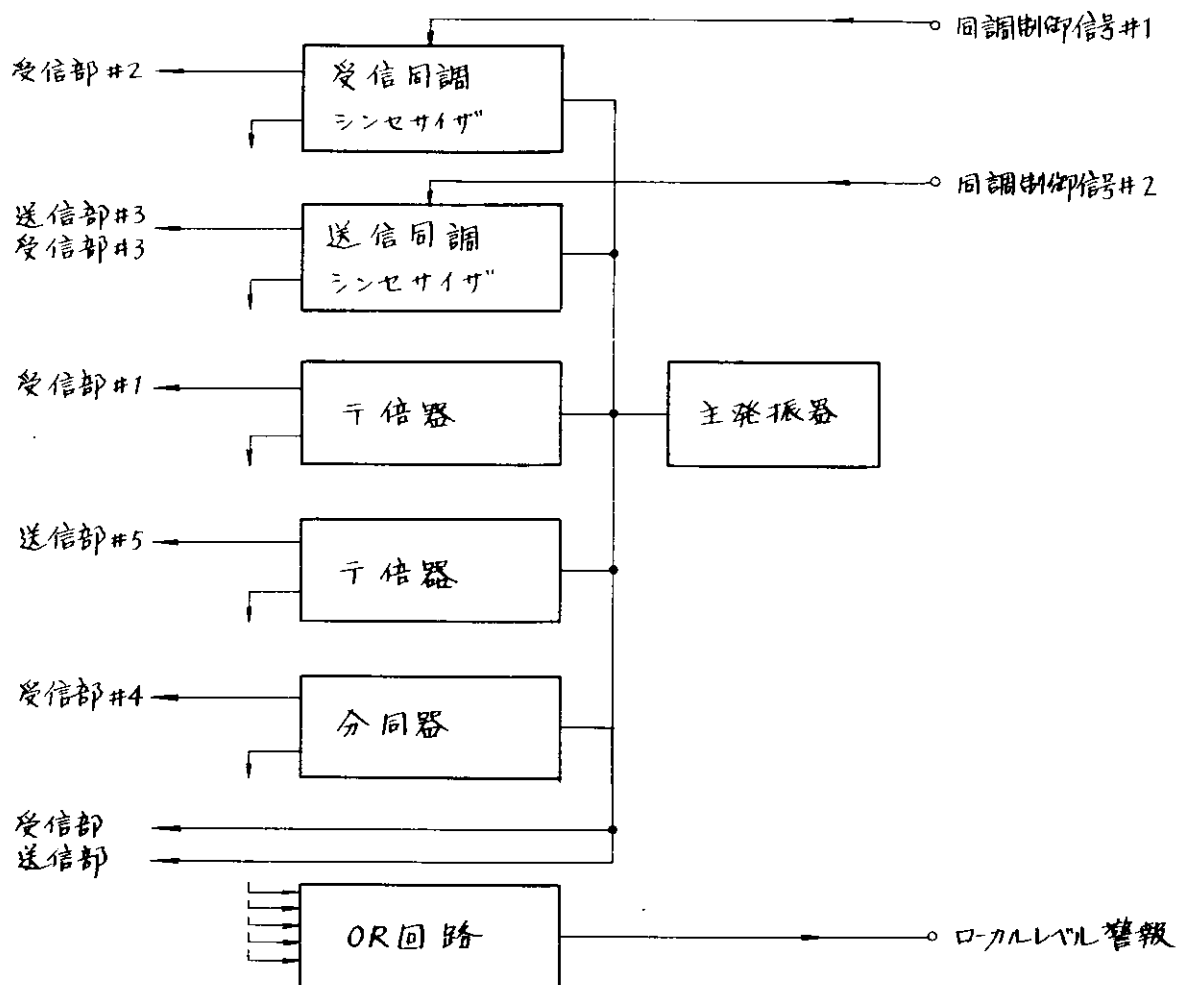


図 7.2.8 船舶地球局装置・局発部

(4) アンテナ制御部

(a) Roll/Pitchに対する安定化

Roll/Pitchによらず、アンテナを常に衛星方向へ指向させるための安定台として次の2方式があり、いずれも採用できる。

(i) 受動式 : 高速回転フライホイールのジャイロ効果によって、Roll/Pitchの加速度を打ち消す方式。

(ii) サーボ方式 : 動揺センサによって、Roll/Pitchを検出し、サーボ制御装置によってこれを補正する方式。

(b) 衛星追尾方式

TDM波、または、ビーコン波のレベルを検出し、これが最大となる方向へEL、AZを駆動する自動追尾方式とする。

このレベル検出は、Roll/Pitch、Yaw、等の短周期の動きによる変動には影響されないことが必要であり、また追尾速度も10分間に 0.3° 程度でよいため、これに見合ったステップトラッキング方式が有効である。

(c) 操作・表示

船内においてもアンテナの動作を常に監視できるよう操作、表示パネルを設ける。

その機能は、次の通りとする。

EL/AZ駆動、EL、BRG角のデジタル表示、アンテナ動作モード表示、AZリミット表示、巻もどし表示、サーボエラー表示。

アンテナ制御部の構成を図7.2.9に示す。

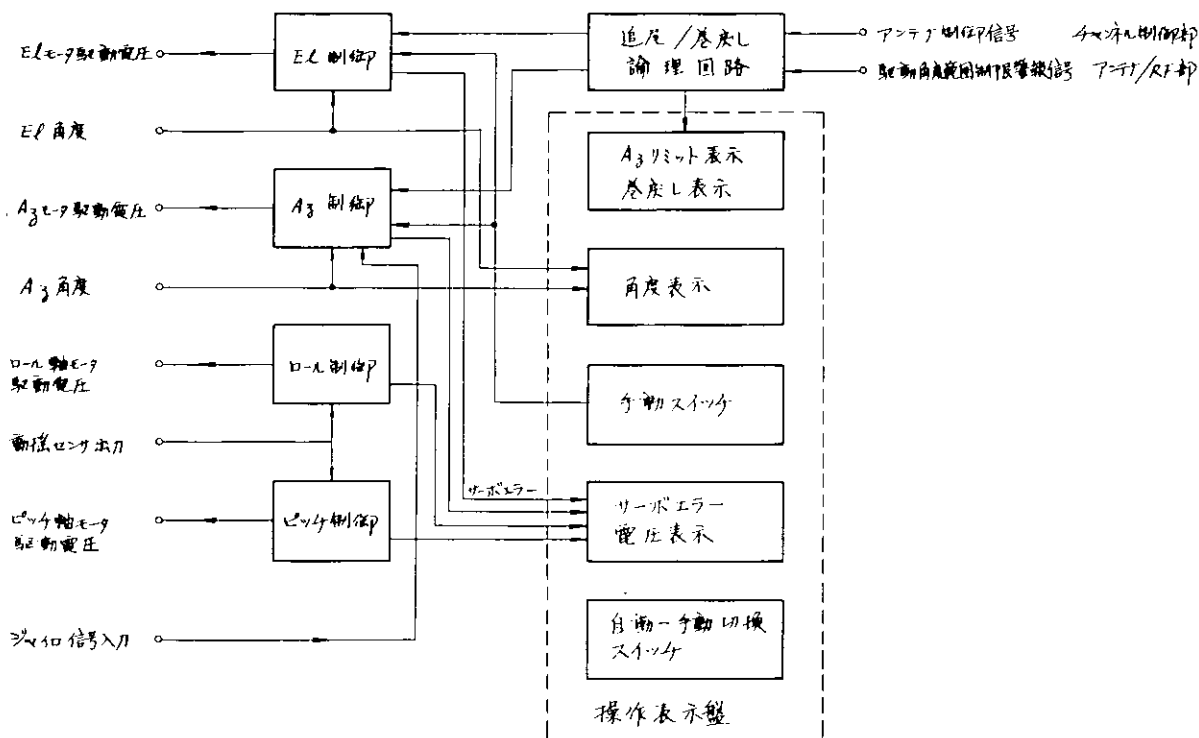
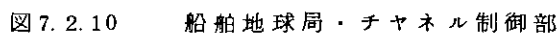


図7.2.9 船舶地球局装置・アンテナ制御部

チャネル制御部の機能は7.1.7に述べたアクセス/制御を行うもので、大きく分けて次の機能を持つ。

- 図 7.2.12 に 制御パネルの配置例を示す。



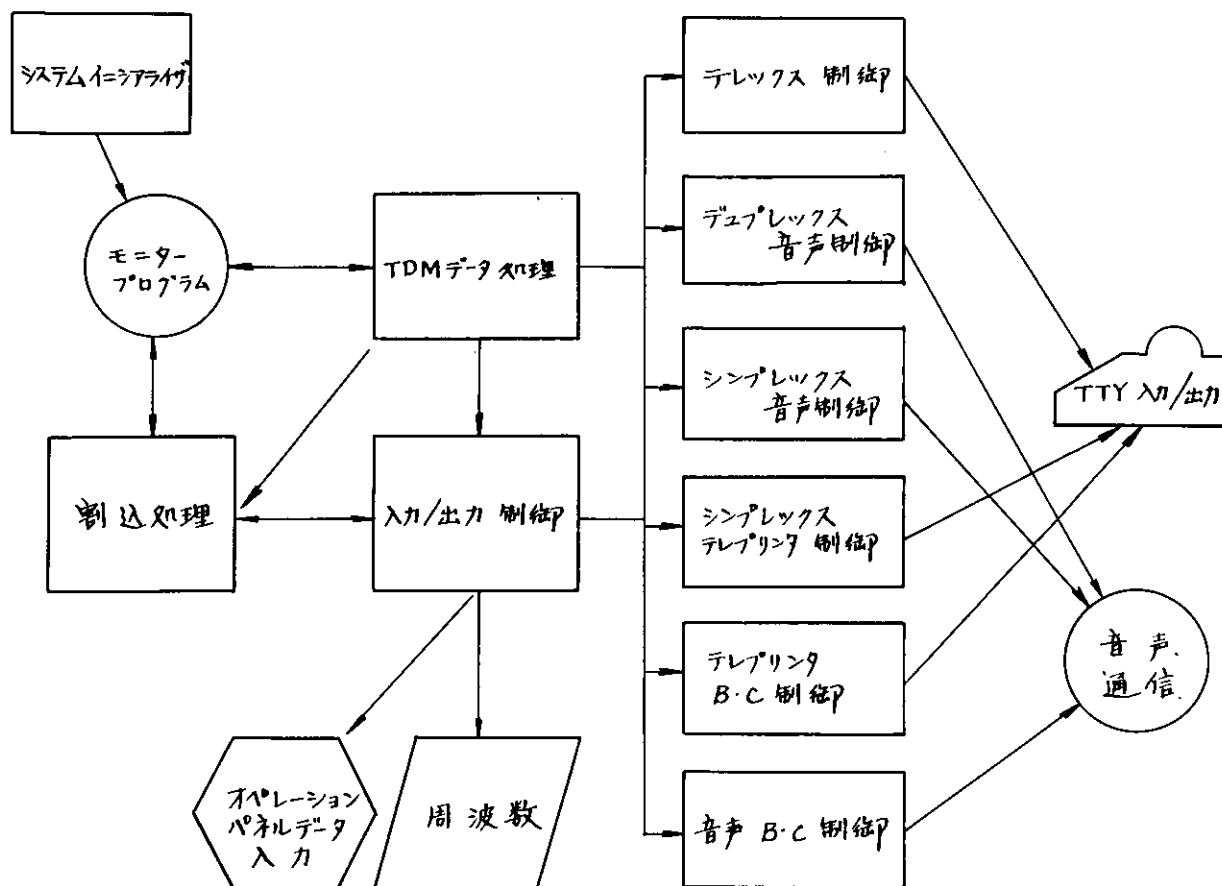


図 7. 2. 11 チヤネル制御部 ソフトウェア ブロック図

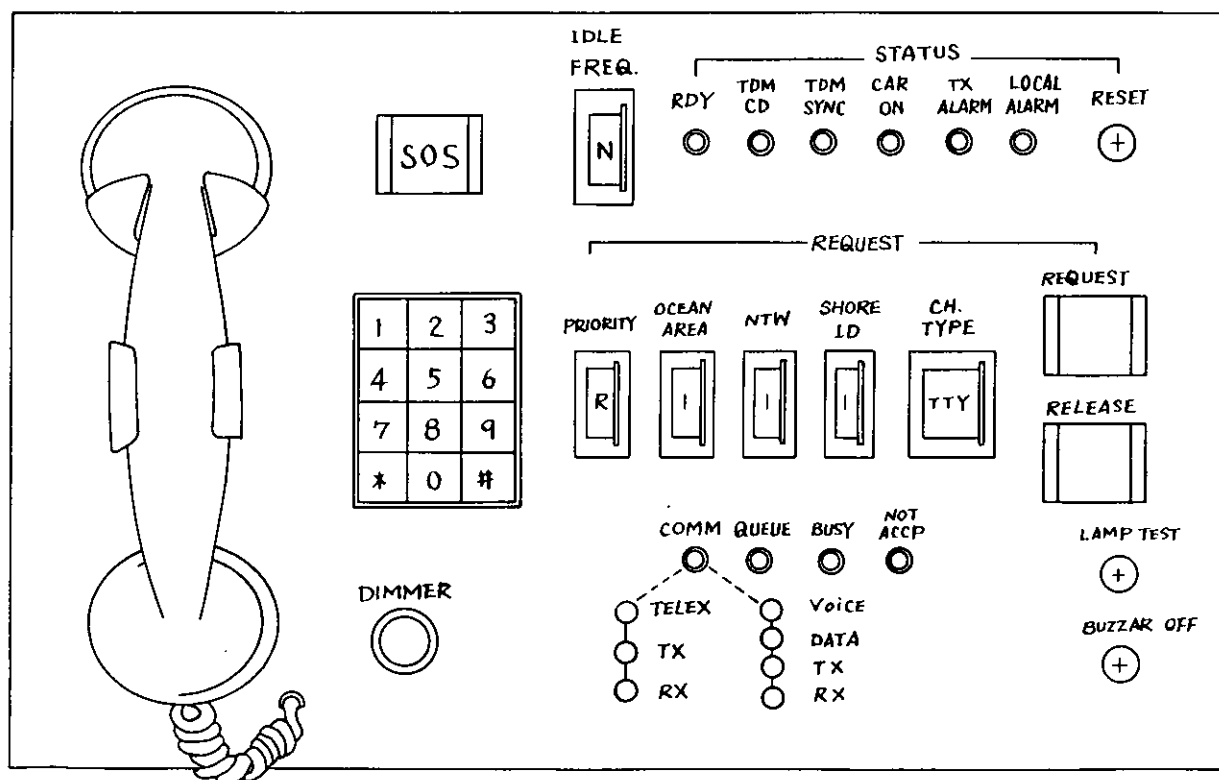


図 7. 2. 12 制 御 パ ネ ル 配 置 列

7.3 船舶地球局装置の評価

評価は 7.1 項に述べた仕様に基づいて設計・製造した装置が仕様性能に対し、すべての点で同等もしくはすぐれていることを立証するために必要である。

現在国際海事衛星システムに使用する船舶地球局装置の評価に関する仕様はまだ定められていないので、ここでは米国ですでに実施されている MARISAT システムにおける形式承認及び運用承認について述べることにした。

7.3.1 形式承認

(1) 形式承認方法

装置の概要、運用サービスの形、環境条件、工場形式、試験方法などを記載した申請を装置製造会社から提出させ、工場試験と実施試験を課すことが考えられる。MARISAT コンソーシアムまたはその代行機関は申請された工場試験方法を検討し、良ければ試験方法の承認を与え、形ごとに少なくとも 1 ユニットに関し、工場試験に立会、その試験結果報告書の提出を受ける。ついで MARISAT の必要施設の使用を手配し、所定のスケジュールに従って実地試験を実施する。

(2) 性能の評価

まず承認の規準としては、工場試験と実地試験の試験結果に基づいて船舶地球局装置の性能を評価する。通常試験データは形式ごとの少なくとも 1 ユニットに関して立会うので、製造業者は同じ形式の他のユニットの性能はすべて立会試験したユニットと同じく技術仕様に適合することを立証しなければならない。

ついで、MARISAT コンソーシアムは MARISAT システムへのアクセスに関する承認を製造業者に与え、立会のもとに実地試験を行い可否を判定する。MARISAT コンソーシアムは、製造業者より提出された実施試験報告書と工場試験合格書により船舶地球局装置の形式承認を与える。

(3) 試験項目

ここでは最小の必要な工場試験、実地試験項目について述べる。製造業者は、船舶地球局装置の技術仕様書に記載された最小の必要な試験結果と、その業者が必要と考える他の試験ならびに、もし船舶地球局装置にオプション機能があれば、そのオプションすべてについて試験方法と試験結果とを文書で報告する必要がある。また、ここで述べる試験すべてについて技術仕様の該当箇所を参照のこと。なお、ここでいう実地試験は、MARISAT システムの使用に対し必要とする試験すべてをいうこととする。工場試験では、製造業者は少なくとも下記のような船舶地球局装置の性能の試験方法と工場試験結果を MARISAT コンソーシアムへ報告する。

送信特性

- (a) 単一搬送波 スペクトラム・ロールオフ特性
- (b) 設定可能な送信周波数でのスプリアス放射レベル
- (c) リクエストチャネル周波数における高調波レベル
- (d) 設計温度範囲内での周波数精度
- (e) 位相雑音
- (f) e, i, r, p
- (g) 衛星の方向における e, i, r, p 安定度
- (h) データレート安定度
- (i) TDMA バースト送出タイミング時間精度
- (j) キャリア・オフ・レベル
- (k) TDMA バースト・ゲート故障保護機能

- (l) 音声周波数特性
- (m) コンプレッサ特性

受信特性

- (a) 受信系の性能指数 (G/T)
- (b) ビットエラーレートを含むTDM受信機能
- (c) TDMキャリアとクロック・アクイジションタイム
- (d) FM復調性能
- (e) エクスペンダ特性

アンテナ特性

- (a) 偏 波
- (b) ボアースイト軸比
- (c) サイドローブ特性
- (d) 利 得
- (e) ビーム・ステアビリティ

アクセスと制御機能

- (a) リクエスト・メッセージの発生
- (b) リクエスト・メッセージ再送出禁止機能
- (c) アサインメント・メッセージ誤り検出
- (d) 船舶局加入番号、メッセージ形式、チャネル形式に関するアサインメント特性
- (e) 同 調
- (f) 各種話中状況下の性能

実地試験では、製造業者は船舶地球局装置において、少なくとも下記の項目を含む試験方法と試験結果をMARISATコンソーシアムへ報告する。

- (a) 完全なエンド・トゥ・エンドの送信・受信性能
- (b) クリアリング機能
- (c) リクエスト・メッセージの発生
- (d) アサインメント・メッセージ性能

誤り検出、船舶地球局加入番号認識、メッセージの形式、チャネル形式、タイミング

- (e) ビュジー状態への割込性能

テレプリンタのオフライン使用への割込、一斉放送、インバンドシグナリング機能、音声性能

環境試験

製造業者は所定の環境条件において船舶地球局装置が良好な動作をすることを示すに足る試験方法と試験結果をMARISATコンソーシアムに報告する。所定の環境条件は少なくとも下記項目を含む。

- (a) 動作周囲温度範囲
- (b) 相対湿度
- (c) 氷
- (d) 降雨
- (e) 風負荷
- (f) 衝撃と振動
- (g) 一次電源変動
- (h) 船舶の運動

7.3.2 運用承認

(1) 運用承認方法

装置を船舶上に設置し、運用を開始する場合には MARISAT コンソーシアムの運用承認を得ることが必要である。この運用承認試験は、MARISAT コンソーシアムの定める試験方法により、主として通話試験等の実地試験を行うものとし、試験後、試験結果報告書の提出を受けてこれを審査し、運用承認を与える。

(2) 運用承認試験項目

- (a) 陸側呼出しによる双方向テレックス通話試験
- (b) 船舶からの遭難通信試験
- (c) 船側呼出しによる双方向テレックス通話試験
- (d) 陸上テレックス回線への接続試験
- (e) 音声通話試験（コンバンダ動作）
- (f) 音声通話試験（コンバンダ非動作）

8. 今後の研究の進め方

8.1 今後の研究方針

昭和49年度に発足したこの研究は、初年度の一般的な調査研究を経て、研究の主体を海事衛星システムが導入された場合の現行の通信及び航法システムとの関係についての調査研究から、衛星システム導入に対する技術的及び運用的な問題点の調査研究及び衛星システム導入に伴う必要とするであろう新技術の開発に関する研究に発展させてきた。51年度には、とくに海事衛星システムの利用分野の開発研究、具体的にはユーザ機器、すなわち船上設備の開発にあたって問題点の研究及び開発研究自身に重点を置いて進めている。したがって52年度の研究としては、上記研究方針の流れのもとに国際海事衛星システムの動向及びマリサットないしはマロットシステムの成果をふまえて、さらにわが国の船舶事情の特徴を配慮し研究を推進する。この研究の目的は言うまでもなく衛星システムの導入が必至になっている現状にあっては、その導入にあたってわが国の海運界、造船界及び関連の工業界などが有利にかつ効果的に対処しうるための情報を提供し、かつ技術的及び運用的な裏付けを作ることにある。したがって残された2年の研究期間をこのような目的に添うよう進めて行く必要がある。

8.2 昭和52年度の研究の進め方

昭和52年の研究の進め方としては、海事衛星システムの利用分野の開発研究に具体的にはユーザ機器、すなわち船上設備の開発にあたっての問題点の研究及び開発研究自身に本年度研究の発展として重点を置くこととする。ユーザ機器自体は、衛星通信機器としては比較的小規模であり、特別な新規開発技術は必ずしも多くはないが、実用段階のことを考えると必ずしも使用者が通信機器の専門家でなく、かつ使用台数も3桁にも及ぶことが想定され、また在来の船舶通信機器の代替及び発展系として考えると、開発に際し、環境、装備条件、運用方法、操作方法等に多面的な検討を加える必要がある。これらの点の一部はすでに相当程度解明され、また解明の途上にあり、装備条件及び環境条件なども明らかになりつつある。本年度船内雑音の種類や量と質など解明しつつあるも今後の研究に待つべき多くの分野を残している。昭和52年度は、これらに対し必要な一部裏付け実験も船種を変えレベルアップした実験設備で行う。またわが国の船舶の特徴でもある小型船舶にも使用できるユーザ機器も検討を加える必要がある。また52年度には、51年度試作している電子式走査空中線を用いて、マルチパス特性及び広角での軸比改善などの研究を行う。さらには海面状態を考慮に入れたマルチパス・フェージングに関する51年度の実験結果の解析を行うとともに海事衛星船舶局用フェージング・シミュレータの設計を行う。

これらにより最終的に機器の詳細仕様、環境条件、装備条件、操作条件などをわが国の船舶事情に適した形で決定していくこととしたい。この際、船上設備であるという建前から小形、高信頼性、保守性などを十分に考慮したものであって、相応なコストパフォーマンスを有していなければならないことは勿論である。

さらに52年度は調査研究項目として、この研究テーマの一つである衛星を用いる無線測位方式の研究に着手することとしたい。これは海事衛星システムの構成を予測して、2衛星測位方式及び1個の海事衛星と在来の無線測位方式とを組合せた測位方式の研究を行うものである。

これらを総合して52年度は合せて5項目の研究テーマをあげ、さらに国際海事衛星システムの各国の合意の進展により開催されるであろう国際会議に代表者を派遣してその動向を調査し、また本部会での研究成果を積極的に活用して行くようにしたい。

以下、これらの各研究項目の内容について簡単に説明する。

8.3 衛星を用いた無線測位方式の研究

衛星を用いる測位方式としては、衛星 2 個を使用する方式が種々提案されている。しかし、初期の海事衛星システムでは、各大洋区域で 1 個の衛星しか運用されないと予想される。この場合に衛星を測位に利用するとすれば現行の無線測位方式と組合せるなどの構成が必要で、これにも種々の提案があるが、ここでは 2 衛星方式と組合せ方式について研究する。

- (1) 方式調査
- (2) システム構成の検討
- (3) 測位精度の検討

8.4 宇宙通信の特質とその対策の調査研究

8.4.1 海面反射フェージングの研究

大きな空中線や動揺防止装置付の空中線を小型船舶に搭載することは困難である。空中線を小形にすれば搭載は容易になるが、指向性が鈍くなるので海面反射によるフェージングを受け易くなり通信の質を劣化させない程度での小形空中線の可能性を検討するとともに、これに大きな影響を与える海面反射フェージングについて理論的及び実験的研究を行い、さらに海面反射の抑圧についても検討する。

- (1) 資料の調査
- (2) 同上資料の解析
- (3) 昭和 51 年度実験結果の解析
- (4) 報告書のとりまとめ

8.4.2 フェージング・シミュレータの設計

海事衛星通信における受信入力には直接波の他に海面の特定方向からの反射、またランダムな波による多重路反射などから極めて複雑なフェージングを受ける。したがって、船舶局のダイナミック試験はフィールドテストによらなければならない。しかしながら、フィールドテストにおいては種々の制約が存在し、ばらつきの少ない試験の反復実施が困難であるばかりでなく、各種要因を分離した形で実験を行うことは不可能に近い。そのため、フィールドテストと等価なテストを室内で行うことのできるフェージング・シミュレータを研究開発する。

- (1) 海事衛星船舶局用フェージング・シミュレータの調査
- (2) 海事衛星船舶局用フェージング・シミュレータの設計
- (3) 報告書のとりまとめ

8.5 電子的追尾方式空中線の研究

船舶局として設備されるユーザ機器の内、設計に際して最も慎重に事前の調査研究を行わなければならないのは空中線系である。

空中線の追尾方式は機械的と電子的とに大別され、追尾方法としてはプログラムによる方法、ビーコンによる方法、アダプティブアレーによる方法など種々のものが考えられる。これらの混合形式も検討する必要があるが、ここでは船舶搭載用に適した海事衛星用頭記追尾空中線（特に Retrodirective Array Antenna）の実現可能性について理論的及び実験的に研究する。

- (1) マルチパス環境におけるアンテナ特性の研究
- (2) 広角における軸比改善方法の研究

8.6 船上の雑音測定と解析

海事衛星船舶地球局を最適に設計するために、51年度に試作した船上雑音測定機器を代表的な船舶に仮設して、運航時及び停泊時における各種雑音を実測する。

また、試作機器及び予備調査の結果を検討し、測定装置の性能向上を計るための改良とレベルアップを行う。

- (1) 船舶の運航及び停泊時における船上での雑音の実測
- (2) 測定装置の性能向上のための改良
- (3) 有効な設計資料の作成

8.7 ユーザ機器の設計評価

船舶通信の向上ならびに船舶の運航の安定化、効率化、安全化を計るため、海事衛星システムの有効利用を目的として、船舶搭載機器の設計評価について研究する。

昭和52年度は遭難、安全通信、無線測位などを含めて海上公衆通信関係の船舶搭載機器を対象として、衛星とのインターフェースを考慮に入れ、up to dateな仕様になうよう設計評価の見直しを行うとともに、より小型船舶にも適した海事衛星用船舶機器の開発に資する設計評価の資料作成のため、小形軽量化したアンテナ・スタビライザの試作を行う。

8.8 海外調査

海事衛星に関連する国際会議に代表者を派遣し、その動向を調査する。

9. 結 言

この報告では、昭和51年度に第150研究部会が行った研究の成果を各項目ごとにまとめている。まず、衛星を利用した遭難通信システムでは国際的な動向を調査したのち、あるシステム設計を行い、問題点を抽出した。また、運航者における海事衛星利用の経済評価では限られたデータではあったが一応のデータが得られこれら2点は今年度で一応研究を終了することとなった。第2の通信内容の研究では誤り訂正符号の評価を海事衛星特有の電波伝搬のもとで評価し、各種の方式の得失を比較することができた。この問題も本年度で一応の結論が得られたとして、明年度は測位信号など測位方式についての研究に入る予定である。

第3の海面反射実験は本年度一応の実験データが得られたので、明年度は一層の実験に加えて、海面反射抑圧についても考慮するとともに、シミュレーション実験を行うことにしている。レトロディレクティブアレイの利用についても同じ問題があるので、本年度試作を完了したアレイアンテナを利用し、実際の海上環境での特性についての研究に進む計画である。Lバンド帯における船上雑音の調査は、船上の受信機が衛星からの微弱な電波の処理をする必要上重要なテーマである。今年度取まとめた雑音測定器は、陸上実験によりその性能が確認されたので、今後は実船計測に入る。最後の項目である利用者機器の設計評価では、前年度より一歩進んだより詳細な基本設計に入ったが、これは今後も見直しが考えられ、最終的には本研究の総合的な結論といえるものに進めて行くことになる。

以上が本年度の研究の概略的な結論と今後の研究の進め方である。昭和51年度は、緒言でも述べたとおり、MARISAT システムの利用が開始された年であるが、残念ながらその利用経験をこの研究に取入れることはできなかった。この研究も予定ではあと2年を残しているの、その点を含めて各方面のご協力のもとに今後の研究を進めて行きたい。終りにこの報告書の執筆を担当された幹事および委員の方がたに謝意を表す。

CONVENTION ON THE INTERNATIONAL MARITIME
SATELLITE ORGANIZATION (INMARSAT)

THE STATES PARTIES TO THIS CONVENTION:

CONSIDERING the principle set forth in Resolution 1721 (XVII) of the General Assembly of the United Nations that communication by means of satellites should be available to the nations of the world as soon as practicable on a global and non-discriminatory basis,

CONSIDERING the relevant provisions of the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies, concluded on 27 January 1967, and in particular Article 1, which states that outer space shall be used for the benefit and in the interests of all countries,

TAKING INTO ACCOUNT that a very high proportion of world trade is dependent upon ships,

BEING AWARE that considerable improvements to the maritime distress and safety systems and to the communication link between ships and between ships and their management as well as between crew or passengers on board and persons on shore can be made by using satellites,

DETERMINED, to this end, to make provision for the benefit of ships of all nations through the most advanced suitable space technology available, for the most efficient and economic facilities possible consistent with the most efficient and equitable use of the radio frequency spectrum and of satellite orbits,

RECOGNIZING that a maritime satellite system comprises mobile earth stations and land earth stations, as well as the space segment,

AGREE AS FOLLOWS:

国際海事衛星機構（インマルサット）に関する条約

この条約の締約国は、

衛星による通信が世界的かつ無差別にできる限り速やかに世界の諸国民の利用に供されるべきであるという国際連合総会決議第 1,721 号（第 16 回会期）に規定する原則を考慮し、

1967 年 1 月 27 日に締結された月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約の関連規定、特に、宇宙空間がすべての国の利益のために利用されるものであることを規定する同条約第 1 条の規定を考慮し、

世界の貿易の極めて大きな部分が船舶に依存していることに留意し、

衛星を利用することにより、海上の遭難及び安全に関する制度並びに船舶間、船舶とその管理者との間及び船上の乗組員又は旅客と陸上にある者との間の連絡を著しく改善することができ、これを認識し、

このため、利用し得る最も進歩した適当な宇宙技術により、すべての国の船舶の利益のために、無線周波数スペクトル及び衛星軌道の最も能率的かつ公平な使用に適合したできる限り能率的かつ経済的な施設を提供することを決定し、

海事衛星組織が宇宙部分とともに移動地球局及び陸上地球局から成ることを認識して、

次のとおり協定する。

Article 1

Definitions

For the purposes of this Convention:

- (a) "Operating Agreement" means the Operating Agreement on the International Maritime Satellite Organization (INMARSAT), including its Annex.
- (b) "Party" means a State for which this Convention has entered into force.
- (c) "Signatory" means a Party or an entity designated in accordance with Article 2(3), for which the Operating Agreement has entered into force.
- (d) "Space segment" means the satellites, and the tracking, telemetry, command, control, monitoring and related facilities and equipment required to support the operation of these satellites.
- (e) "INMARSAT space segment" means the space segment owned or leased by INMARSAT.
- (f) "Ship" means a vessel of any type operating in the marine environment. It includes *inter alia* hydrofoil boats, air-cushion vehicles, submersibles, floating craft and platforms not permanently moored.
- (g) "Property" means anything that can be the subject of a right of ownership, including contractual rights.

Article 2

Establishment of INMARSAT

- (1) The International Maritime Satellite Organization (INMARSAT), herein referred to as "the Organization", is hereby established.
- (2) The Operating Agreement shall be concluded in conformity with the provisions of this Convention and shall be opened for signature at the same time as this Convention.
- (3) Each Party shall sign the Operating Agreement or shall designate a competent entity, public or private, subject to the jurisdiction of that Party, which shall sign the Operating Agreement.

第1条 定義

この条約の適用上、

- (a) 「運用協定」とは、国際海事衛星機構（インマルサット）に関する運用協定（附属書を含む。）という。
- (b) 「締約国」とは、この条約が効力を生じている国をいう。
- (c) 「署名当事者」とは、締約国又は次条(3)の規定に従って指定された事業体であって、運用協定が効力を生じているものをいう。
- (d) 「宇宙部分」とは、衛星、並びにその運行に必要な追跡、遠隔測定、指令、管制及び監視のための施設及び設備並びにこれらに関連する施設及び設備をいう。
- (e) 「インマルサット宇宙部分」とは、インマルサットが所有し又は賃借する宇宙部分をいう。
- (f) 「船舶」とは、海域で運航するすべての型式の船舶をいい、特に、水中翼船、エアクッション艇、潜水船、浮遊機器及び永続的に係留されない作業台を含む。
- (g) 「財産」とは、所有権の設定が可能なすべてのもの（契約上の権利を含む）をいう。

第2条 インマルサットの設立

- (1) 国際海事衛星機構（以下「機構」という。）は、この条約によって設立する。
- (2) 運用協定は、この条約に基づいて締結するものとし、この条約と同時に署名のため開放する。
- (3) 各締約国は、自ら運用協定に署名し、又はこれに署名するため権限のある1つの事業体（公取を問わず、当該締約国の管轄権の下にあるもの）を指定する。

(4) Telecommunications administrations and entities may, subject to applicable domestic law, negotiate and enter directly into appropriate traffic agreements with respect to their use of telecommunications facilities provided pursuant to this Convention and the Operating Agreement, as well as with respect to services to be furnished to the public, facilities, division of revenues and related business arrangements.

Article 3

Purpose

- (1) The purpose of the Organization is to make provision for the space segment necessary for improving maritime communications, thereby assisting in improving distress and safety of life at sea communications, efficiency and management of ships, maritime public correspondence services and radiodetermination capabilities.
- (2) The Organization shall seek to serve all areas where there is need for maritime communications.
- (3) The Organization shall act exclusively for peaceful purposes.

Article 4

Relations between a Party and its Designated Entity

Where a Signatory is an entity designated by a Party:

- (a) Relations between the Party and the Signatory shall be governed by applicable domestic law.
- (b) The Party shall provide such guidance and instructions as are appropriate and consistent with its domestic law to ensure that the Signatory fulfils its responsibilities.
- (c) The Party shall not be liable for obligations arising under the Operating Agreement. The Party shall, however, ensure that the Signatory, in carrying out its obligations within the Organization, will not act in a manner which violates obligations which the Party has accepted under this Convention or under related international agreements.
- (d) If the Signatory withdraws or its membership is terminated the Party shall act in accordance with Article 29(3) or 30(6).

Article 5

Operational and Financial Principles of the Organization

- (1) The Organization shall be financed by the contributions of Signatories. Each Signatory shall have a financial interest in the Organization in proportion to its investment share which shall be determined in accordance with the Operating Agreement.

- (4) 電気通信主管庁及び電気通信事業体は、関係国内法の規定に従うことを条件として、この条約及び運用協定によって提供される電気通信施設の使用並びに公衆に提供する業務、施設、収入の分配及びこれらに関連する業務上の措置につき、交渉し、かつ、適当な通信業務協定を直接に締結することができるとする。

第 3 条 目 的

- (1) 機構は、海事通信を改善するために必要な宇宙部分を提供し、これにより海上における遭難及び人命の安全のための通信、船舶の効率及び管理、海事公衆通信業務並びに無線測位能力の改善に貢献することを目的とする。
- (2) 機構は、海事通信を必要とするすべての地域に業務を提供するよう努める。
- (3) 機構は、専ら平和的目的のために活動する。

第 4 条 締約国とその指定事業体との間の関係

署名当事者が締約国によって指定された事業体である場合には、

- (a) 締約国と署名当事者との間の関係は、関係国内法によって規律する。
- (b) 締約国は、署名当事者がその責任を果たすことを確保するため、適切な指針及び指示であって国内法に適合するものを与える。
- (c) 締約国は、運用協定の下で生ずる業務については責任を負わない。もっとも、締約国は、署名当事者が機構の枠内における義務を履行するに当りこの条約又は関連のある国際協定に従って自国が受諾した義務に違反しないよう行動することを確保する。
- (d) 署名当事者が脱退し又は除名されるときは、締約国は、第 29 条(3)又は第 30 条(6)の規定に従って措置をとる。

第 5 条 機構の運営上及び財政上の原則

- (1) 機構の資金は、署名当事者が分担する。各署名当事者は、運用協定に従って決定される出資率に比例して機構における持分を有する。

(2) Each Signatory shall contribute to the capital requirements of the Organization and shall receive capital repayment and compensation for use of capital in accordance with the Operating Agreement.

(3) The Organization shall operate on a sound economic and financial basis having regard to accepted commercial principles.

Article 6

Provision of Space Segment

The Organization may own or lease the space segment.

Article 7

Access to Space Segment

(1) The INMARSAT space segment shall be open for use by ships of all nations on conditions to be determined by the Council. In determining such conditions, the Council shall not discriminate among ships on the basis of nationality.

(2) The Council may, on a case-by-case basis, permit access to the INMARSAT space segment by earth stations located on structures operating in the marine environment other than ships, if and as long as the operation of such earth stations will not significantly affect the provision of service to ships.

(3) Earth stations on land communicating via the INMARSAT space segment shall be located on land territory under the jurisdiction of a Party and shall be wholly owned by Parties or entities subject to their jurisdiction. The Council may authorize otherwise if it finds this to be in the interests of the Organization.

Article 8

Other Space Segments

(1) A Party shall notify the Organization in the event that it or any person within its jurisdiction intends to make provision for, or initiate the use of, individually or jointly, separate space segment facilities to meet any or all of the purposes of the INMARSAT space segment, to ensure technical compatibility and to avoid significant economic harm to the INMARSAT system.

(2) The Council shall express its views in the form of a recommendation of a non-binding nature with respect to technical compatibility and shall provide its views to the Assembly with respect to economic harm.

(2) 各署名当事者は、運用協定に従い、機構の資本必要額を分担し、また、資本の償還及び資本の使用に対する補償を受ける。

(3) 機構は、容認された商業上の原則に考慮を払いつつ、健全な経済的及び財政的基礎の上に運営する。

第6条 宇宙部分の提供

機構は、宇宙部分を所有し又は賃借することができる。

第7条 宇宙部分の使用

(1) インマルサット宇宙部分は、理事会が決定する条件で、すべての国の船舶による使用のために開放する。理事会は、その条件を決定するに当たり、国籍を理由として船舶に差別を設けてはならない。

(2) 理事会は、船舶に対する業務の提供に著しい影響を及ぼさない限り、海域で運用される構造物（船舶を除く。）上に設置される地球局によるインマルサット宇宙部分の使用を個々の事例に従って許可することができる。

(3) インマルサット宇宙部分を経由して通信を行う陸上地球局は、締約国が管轄する領域内に設置され、かつ、締約国又はその管轄権の下にある事業者が完全に所有するものとする。理事会は、機構の利益になると認めるときは、この(3)の規定によらないで許可を与えることができる。

第8条 他の宇宙部分

(1) 締約国又はその管轄内にある者がインマルサット宇宙部分の目的の全部又は一部に合致するような別個の宇宙部分施設を設定し又はその使用を開始することを単独に又は共同して意図する場合には、当該締約国は、インマルサット組織と技術的に両立することを確保し、かつ、この組織が経済的な著しい損害を被ることを回避するため、機構にその意図を通告する。

(2) 理事会は、技術的両立性については拘束力を有しない勧告の形式で見解を

表明し、経済的損害については総会に対し見解を提出する。

(3) 総会は、この条に規定する手続の開始の日から9カ月以内に、拘束力を有しない勧告の形式で見解を表明する。このため、総会の臨時会期を招集することができる。

(4) (1)の規定に基づく通告（関連する技術情報の提供を含む。）及びその後の機構との協議は、国際電気通信連合の無線通信規則の関連規定を考慮に入れで行う。

(5) この条の規定は、別個の宇宙部分施設の設定、取得、使用又は使用の継続であって、国家の安全保障を目的とするもの又はこの条約の効力発生前に契約され、設定され、取得され若しくは使用されているものについては適用しない。

第9条 構 成

機構に次の機関を置く。

- (a) 総 会
- (b) 理事会
- (c) 事務局長を長とする事務局

第10条 総会の構成及び会期

- (1) 総会は、すべての締約国で構成する。
- (2) 総会の通常会期は、2年に1回開催する。臨時会期は、締約国の3分の1以上が要請する場合又は理事会が要請する場合に招集する。

第11条 総会の手続

- (1) 各締約国は、総会において1票を有する。
- (2) 実質事項に関する法定は出席しかつ投票する締約国の3分の2以上の多数による議決で、手続事項に関する決定は出席しかつ投票する締約国の単純過

(3) The Assembly shall express its views in the form of recommendations of a non-binding nature within a period of nine months from the date of commencing the procedures provided for in this Article. An extraordinary meeting of the Assembly may be convened for this purpose.

(4) The notification pursuant to paragraph (1), including the provision of pertinent technical information, and subsequent consultations with the Organization, shall take into account the relevant provisions of the Radio Regulations of the International Telecommunication Union.

(5) This Article shall not apply to the establishment, acquisition, utilization or continuation of separate space segment facilities for national security purposes, or which were contracted for, established, acquired or utilized prior to the entry into force of this Convention.

Article 9

Structure

The organs of the Organization shall be:

- (a) The Assembly.
- (b) The Council.
- (c) The Directorate headed by a Director General.

Article 10

Assembly – Composition and Meetings

- (1) The Assembly shall be composed of all the Parties.
- (2) Regular sessions of the Assembly shall be held once every two years. Extraordinary sessions shall be convened upon the request of one-third of the Parties or upon the request of the Council.

Article 11

Assembly – Procedure

- (1) Each Party shall have one vote in the Assembly.
- (2) Decisions on matters of substance shall be taken by a two-thirds majority, and on procedural matters by a simple majority, of the Parties present and voting. Parties which abstain from voting shall be considered as not voting.

(3) Decisions whether a question is procedural or substantive shall be taken by the Chairman. Such decisions may be overruled by a two-thirds majority of the Parties present and voting.

(4) A quorum for any meeting of the Assembly shall consist of a majority of the Parties.

Article 12 Assembly – Functions

(1) The functions of the Assembly shall be to:

(a) Consider and review the activities, purposes, general policy and long-term objectives of the Organization and express views and make recommendations thereon to the Council.

(b) Ensure that the activities of the Organization are consistent with this Convention and with the purposes and principles of the United Nations Charter, as well as with any other treaty by which the Organization becomes bound in accordance with its decision.

(c) Authorize, on the recommendation of the Council, the establishment of additional space segment facilities the special or primary purpose of which is to provide radiodetermination, distress or safety services. However, the space segment facilities established to provide maritime public correspondence services can be used for telecommunications for distress, safety and radiodetermination purposes without such authorization.

(d) Decide on other recommendations of the Council and express views on reports of the Council.

(e) Elect four representatives on the Council in accordance with Article 13(1)(b).

(f) Decide upon questions concerning formal relationships between the Organization and States, whether Parties or not, and international organizations.

(g) Decide upon any amendment to this Convention pursuant to Article 34 or to the Operating Agreement pursuant to Article XVII thereof.

半数による議決で行う。投票において棄権する締約国は、投票しないものとみなす。

(3) ある事項が手続事項であるか実質事項であるかの決定は議長が行う。この決定は、出席しかつ投票する締約国の3分の2以上の多数による議決で覆すことができる。

(4) 総会のいかなる会合においても、締約国の過半数が出席していなければならぬ。

第12条 総会の任務

(1) 総会の任務は、次のとおりとする。

(a) 機構の活動、目的、一般方針及び長期目標を審議し及び検討し並びにこれらについて理事会に対し見解を表明し及び勧告すること。

(b) 機構の活動がこの条約、国際連合憲章の目的及び原則並びに機構が拘束されることを自ら決定した他の条約に適合することを確保すること。

(c) 無線測位、遭難救助又は安全のための業務を提供することを固有の又は主たる目的とする追加の宇宙部分施設の設定につき、理事会の勧告に基づいて承認を与えること。然しながら、海事公衆通信業務を提供するために設定される宇宙部分施設は、この承認を得ることなしに、遭難救助、安全又は無線測位のための電気通信に利用することができる。

(d) 理事会の他の勧告について決定を行い及び理事会の報告について見解を表明すること。

(e) 次条13(b)の規定に従い理事会における代表4人を選出すること。

(f) 機構といずれかの国（締約国であるかどうかを問わない。）又は国際機関との間の公式の関係に関する問題について決定を行うこと。

(g) 第34条の規定に従いこの条約の改正につき及び運用協定第18条の規定に従い運用協定の改正について決定を行うこと。

- (h) 第30条の規定に従い、加入者を除名すべきかどうかについて審議及び決定を行うこと。
- (i) この条約又は運用協定の他の条の規定に基づいて与えられるその他の任務を遂行すること。
- (2) 総会は、任務を遂行するに当たり、関連する理事会の勧告に考慮を払う。

第13条 理事会の構成

- (1) 理事会は、次の署名当事者の代表22人で構成する。
 - (a) 機構において最大の出資率を有する署名当事者又は署名当事者の集団（他の方法では代表されない署名当事者であって集団として代表されることを合意したものの集団）の代表18人。署名当事者の集団と単独の署名当事者とが同一の出資率を有する場合には、単独の署名当事者が優先権を有する。2以上の署名当事者が同一の出資率を有することにより、理事会における代表の数が22を超えることとなる場合には、例外的にそのすべての署名当事者が代表される。
 - (b) 開発途上にある国の利益に妥当な考慮を払いつつ公平な地理的代表的原則を尊重することを確保するよう出資率にかかわらず総会によって選出される署名当事者であって他の方法では理事会に代表されないものの代表4人。地理的地域を代表するために選出された署名当事者は、当該地域を代表することと同意し、かつ、他の方法では理事会に代表されない当該地域の各署名当事者を代表する。選出は、選出の後に開催される理事会の最初の会合から効力を生じ、総会の次の通常会期まで効力を有する。
- (2) 理事会における代表の数の不足は、欠員が補充されるまでの間、理事会の構成を無効とするものではない。

- (h) Consider and decide whether membership be terminated in accordance with Article 30.
- (i) Exercise any other functions conferred upon it in any other Article of this Convention or the Operating Agreement.
- (2) In performing its functions the Assembly shall take into account any relevant recommendations of the Council.

Article 13

Council – Composition

- (1) The Council shall consist of twenty-two representatives of Signatories as follows:
 - (a) Eighteen representatives of those Signatories, or groups of Signatories not otherwise represented, which have agreed to be represented as a group, which have the largest investment shares in the Organization. If a group of Signatories and a single Signatory have equal investment shares, the latter shall have the prior right. If by reason of two or more Signatories having equal investment shares the number of representatives on the Council would exceed twenty-two, all shall nevertheless, exceptionally, be represented.
 - (b) Four representatives of Signatories not otherwise represented on the Council, elected by the Assembly, irrespective of their investment shares, in order to ensure that the principle of just geographical representation is taken into account, with due regard to the interests of the developing countries. Any Signatory elected to represent a geographical area shall represent each Signatory in that geographical area which has agreed to be so represented and which is not otherwise represented on the Council. An election shall be effective as from the first meeting of the Council following that election, and shall remain effective until the next ordinary meeting of the Assembly.
- (2) Deficiency in the number of representatives on the Council pending the filling of a vacancy shall not invalidate the composition of the Council.

Article 14

Council — Procedure

- (1) The Council shall meet as often as may be necessary for the efficient discharge of its functions, but not less than three times a year.
- (2) The Council shall endeavour to take decisions unanimously. If unanimous agreement cannot be reached, decisions shall be taken as follows: Decisions on substantive matters shall be taken by a majority of the representatives on the Council representing at least two-thirds of the total voting participation of all Signatories and groups of Signatories represented on the Council. Decisions on procedural matters shall be taken by a simple majority of the representatives present and voting, each having one vote. Disputes whether a specific matter is procedural or substantive shall be decided by the Chairman of the Council. The decision of the Chairman may be overruled by a two-thirds majority of the representatives present and voting, each having one vote. The Council may adopt a different voting procedure for the election of its officers.

第14条 理事会の手続

- (1) 理事会は、任務を効率的に遂行するため随時会合するものとし、毎年3回以上会合する。
- (2) 理事会は、全会一致で決定を行うよう努める。全会一致の合意が得られない場合には、決定は、次のとおり行う。
実質事項に関する決定は、理事会に代表となった署名当事者及び署名当事者の集団が総体として有する票数の3分の2以上の代表による理事会における過半数の議決で行う。
- 手続事項に関する決定は、出席しかつ投票する代表の単純過半数による議決で行う。この場合において、各代表は1票を有する。
- ある事項が手続事項であるか実質事項であるかの紛争については、理事会の議長が決定する。議長の決定は、出席しかつ投票する代表の3分の2以上の多数による議決で覆うことができる。この場合において、各代表は、1票を有する。

理事会は、その役員の選出のための別個の投票手続を採択することができる。

- (3) (a) 各代表は、自己が代表する出資率に相当する票数を有する。然しながらいずれの代表も、(b)(i)に規定する場合を除くほか、1署名当事者のため、機構における総票数の25パーセントを超える票を投ずることができない。
- (b) 運用協定第5条(a)、(10)及び(12)の規定にかかわらず、
 - (i) 理事会に代表される1署名当事者がその出資率に基づき機構における総票数の25パーセントを超える票数を有する場合には、当該署名当事者は、その出資率のうち25パーセントを超える部分の全部又は一部を他の署名当事者に提供することができる。
 - (ii) 他の署名当事者は、このような出資率のうちの超過部分の全部又は一部を引き受ける用意がある旨を機構に通知することができる。機構に通

- (3) (a) Each representative shall have a voting participation equivalent to the investment share or shares he represents. However, no representative may cast on behalf of one Signatory more than 25 per cent of the total voting participation in the Organization except as provided in subparagraph (b)(iv).

- (b) Notwithstanding Article V(9), (10) and (12) of the Operating Agreement:

- (i) If a Signatory represented on the Council is entitled, based on its investment share, to a voting participation in excess of 25 per cent of the total voting participation in the Organization, it may offer to other Signatories any or all of its investment share in excess of 25 per cent.
- (ii) Other Signatories may notify the Organization that they are prepared to accept any or all of such excess investment share. If the total of the amounts notified to the Organization does not exceed the amount available for distribution, the latter amount shall be distributed by the Council to the notifying Signatories in accordance with the amounts notified. If the total of the amounts notified does exceed the amount available for distribution, the latter amount shall be distributed by the Council as may be agreed among the notifying Signatories, or, failing agreement, in proportion to the amounts notified.

知することができる。機構に通知された出資率の合計が分配することのできる出資率を超えない場合には、理事会は、通知した署名当事者に対しその通知した出資率を分配する。機構に通知された出資率の合計が分配することのできる出資率を超える場合には、理事会は、通知した署名当事者間で合意するところに従い又は、合意が得られない場合には、通知された出資率に比例して、分配することができる出資率を分配する。

(iii) いかなるこのような分配も、運用協定第5条の規定に基づく出資率の決定の時に理事会が行う。分配は、いずれかの署名当事者の出資率を25パーセントを超えて増加させないものとする。

(iv) 署名当事者の出資率のうち分配のために提供される25パーセントを超える部分がこの項に定める手続に従って分配されない場合には、その署名当事者の代表が有する票数は、25パーセントを超えることができる。

(c) 署名当事者がその出資率のうち超過部分を他の署名当事者に提供しないことを決定する場合には、25パーセントを超える部分に対応するその署名当事者の票数は、理事会における他のすべての代表に均等に分配する。

(4) 理事会のいかなる会合においても、理事会に出席した署名当事者及び署名当事者の集団の全投票数の3分の2以上の定数が理事会の在籍者の過半数となっていないなければならない。

第15条 理事会の任務

理事会は、総会の見解及び勧告に妥当な考慮を払い、この条約及び運用協定に適合する最も経済的、効率的及び能率的な方法によって機構の目的を達成するために必要な宇宙部分を提供する責任を有する。この責任を果たすため、理事会は、すべての任務を適切に遂行するための権限を有する。その任務には、次のものを含む。

(a) 海事衛星電気通信に対する需要を決定すること並びにインマルサット宇

(iii) Any such distribution shall be made by the Council at the time of determinations of investment shares pursuant to Article V of the Operating Agreement. Any distribution shall not increase the investment share of any Signatory above 25 per cent.

(iv) To the extent that the investment share of the Signatory in excess of 25 per cent offered for distribution is not distributed in accordance with the procedure set forth in this paragraph, the voting participation of the representative of the Signatory may exceed 25 per cent.

(c) To the extent that a Signatory decides not to offer its excess investment share to other Signatories, the corresponding voting participation of that Signatory in excess of 25 per cent shall be distributed equally to all other representatives on the Council.

(4) A quorum for any meeting of the Council shall consist of a majority of the representatives on the Council, representing at least two-thirds of the total voting participation of all Signatories and groups of Signatories represented on the Council.

Article 15

Council - Functions

The Council shall have the responsibility, having due regard for the views and recommendations of the Assembly, to make provision for the space segment necessary for carrying out the purposes of the Organization in the most economic, effective and efficient manner consistent with this Convention and the Operating Agreement. To discharge this responsibility, the Council shall have the power to perform all appropriate functions, including:

- (a) Determination of maritime satellite telecommunications requirements and adoption of policies, plans, programmes, procedures and measures for the design, development, construction, establishment, acquisition by purchase or lease, operation, maintenance and utilization of the INMARSAT space segment, including the procurement of any necessary launch services to meet such requirements
- (b) Adoption and implementation of management arrangements which shall require the Director General to contract for technical and operational functions whenever this is more advantageous to the Organization
- (c) Adoption of criteria and procedures for approval of earth stations on land, on ships and on structures in the marine environment for access to the INMARSAT space segment and for verification and monitoring of performance of earth stations having access to and utilization of the INMARSAT space segment. For earth stations on ships, the criteria should be in sufficient detail for use by national licensing authorities, at their discretion, for type-approval purposes
- (d) Submission of recommendations to the Assembly in accordance with Article 12(1)(c).
- (e) Submission to the Assembly of periodic reports on the activities of the Organization, including financial matters.
- (f) Adoption of procurement procedures, regulations and contract terms and approval of procurement contracts consistent with this Convention and the Operating Agreement.
- (g) Adoption of financial policies, approval of the financial regulations, annual budget and annual financial statements, periodic determination of charges for use of the INMARSAT space segment, and decisions with respect to all other financial matters, including investment shares and capital ceiling consistent with this Convention and the Operating Agreement.
- (h) Determination of arrangements for consultation on a continuing basis with bodies recognized by the Council as representing shipowners, maritime personnel and other users of maritime telecommunications.
- (i) Designation of an arbitrator where the Organization is a party to an arbitration.
- (j) Exercise of any other functions conferred upon it in any other Article of this Convention or the Operating Agreement or any other function appropriate for the achievement of the purposes of the Organization.

- 宙部分の企画、開発、建設、設定、購入又は貸借による取得、運用、維持及び使用（需要を満たすために必要な打上げ業務の調達を含む。）に関する方針、計画、手続及び措置を採択すること。
- (b) 技術上及び運用上の任務を遂行するための契約を締結することが機構の一層の利益となる場合にこれを非務局長に要請する旨の管理措置を採択し及び実施すること。
- (c) インマルサット宇宙部分の使用についての陸上、船舶上及び海域にある構造物上の地球局の承認並びにインマルサット宇宙部分を使用する地球局の動作の検査及び監視のための基準及び手続を採択すること。船舶上の地球局については、この基準は、免許を交付する国内当局がその裁量により型式認定に用いるため、十分に詳細なものでなければならない。
- (d) 第12条(1)(c)にいう勧告を総会に提出すること。
- (e) 機構の活動に関する定期的報告（財政事項を含む。）を総会に提出すること。
- (f) この条約及び運用協定に反することなく、調達に関する手続、規則及び契約条件を採択し並びに調達契約を承認すること。
- (g) 財政方針を採択し、財政規則、年次予算及び年次財務諸表を承認し、インマルサット宇宙部分使用料を定期的に定め並びに他のすべての財政事項（この条約及び運用協定に適合する出資率及び資本限度額を含む。）につき決定を行うこと。
- (h) 船主、荷主その他の海事電気通信の利用者を代表するものとして理事会が認める団体との継続的な協議を行うための措置をとること。
- (i) 機構が仲裁手続の当事者である場合に仲裁人を指名すること。
- (j) この条約又は運用協定の他の条の規定に基づいて与えられるその他の任務及び機構の目的を達成するために適切なその他の任務を遂行すること。

Article 16
Directorate

- (1) 事務局長は、締約国又は、締約国を通じ、署名当事者が推薦する候補者の中から、締約国の確認を条件として、理事会が任命する。寄託者は、直ちに締約国に対しその任命を通告する。3分の1を超える締約国がその通告の後60日以内にその任命に反対する旨を書面により寄託者に通報しない限り、その任命は、確認されたものとみなす。事務局長は、任命の後確認されるまでの間、その職務を行うことができる。
- (2) 事務局長の任期は、6年とする。然しながら、理事会は、自己の権限として事務局長を解任することができる。理事会は、総会に解任の理由を報告する。
- (3) 事務局長は、機構の首席役員とし、機構を法的に代表する。事務局長は、理事会に対し責任を負い、理事会の指揮を受ける。
- (4) 事務局の職員、使用人及びコンサルタントその他の顧問の構成、定員及び標準雇用条件は、理事会が承認する。
- (5) 事務局長は、事務局の構成員を任命する。事務局長に直属する上級職員は任命については、理事会による承認を受ける。
- (6) 事務局長その他の事務局の職員の任命に当たっては、最高水準の誠実性、能力及び能率を確保することの必要性に最も考慮を払わなければならない。

第 17 条 会 合 へ の 代 表 の 派 遣

この条約及び運用協定に基づき機構の会合に出席し又は参加する権利を有するすべての締約国及び署名当事者は、その会合及び機構が主催するその他の会合に、それらの会合の開催の場所にかかわらず、出席し又は参加することを認められるものとする。招請国との取決めは、この義務に適合するものでなければならない。

- (1) The Director General shall be appointed, from among candidates proposed by Parties or Signatories through Parties, by the Council, subject to confirmation by the Parties. The Depositary shall immediately notify the Parties of the appointment. The appointment is confirmed unless within sixty days of the notification more than one-third of the Parties have informed the Depositary in writing of their objection to the appointment. The Director General may assume his functions after appointment and pending confirmation.
- (2) The term of office of the Director General shall be six years. However, the Council may remove the Director General earlier on its own authority. The Council shall report the reasons for the removal to the Assembly.
- (3) The Director General shall be the chief executive and legal representative of the Organization and shall be responsible to and under the direction of the Council.
- (4) The structure, staff levels and standard terms of employment of officials and employees and of consultants and other advisers to the Directorate shall be approved by the Council.
- (5) The Director General shall appoint the members of the Directorate. The appointment of senior officials reporting directly to the Director General shall be approved by the Council.
- (6) The paramount consideration in the appointment of the Director General and other personnel of the Directorate shall be the necessity of ensuring the highest standards of integrity, competency and efficiency.

Article 17

Representation at Meetings

All Parties and Signatories which, under this Convention or the Operating Agreement, are entitled to attend and/or participate at meetings of the Organization shall be allowed to attend and/or participate at such meetings as well as any other meeting held under the auspices of the Organization, regardless of where the meeting may take place. The arrangements made with any host country shall be consistent with these obligations.

Article 18

Costs of Meetings

- (1) Each Party and Signatory shall meet its own costs of representation at meetings of the Organization.
- (2) Expenses of meetings of the Organization shall be regarded as an administrative cost of the Organization. However, no meeting of the Organization shall be held outside its headquarters, unless the prospective host agrees to defray the additional expenditure involved.

Article 19

Establishment of Utilization Charges

- (1) The Council shall specify the units of measurement for the various types of utilization of the INMARSAT space segment and shall establish charges for such utilization. These charges shall have the objective of earning sufficient revenues for the Organization to cover its operating, maintenance, and administrative costs, the provision of such operating funds as the Council may determine to be necessary, the amortization of investment made by Signatories, and compensation for use of capital in accordance with the Operating Agreement.
- (2) The rates of utilization charge for each type of utilization shall be the same for all Signatories for that type of utilization.
- (3) For entities, other than Signatories, which are authorized in accordance with Article 7 to utilize the INMARSAT space segment, the Council may establish rates of utilization charge different from those established for Signatories. The rates for each type of utilization shall be the same for all such entities for that type of utilization.

Article 20

Procurement

- (1) The procurement policy of the Council shall be such as to encourage, in the interests of the Organization, world-wide competition in the supply of goods and services. To this end:
 - (a) Procurement of goods and services required by the Organization, whether by purchase or lease, shall be effected by the award of contracts, based on responses to open international invitations to tender.

第18条 会合の費用

- (1) 各締約国及び各署名当事者は、機構の会合に各自の代表を派遣するための費用を負担する。
- (2) 機構の会合の必要経費は、機構の事務費とする。もっとも、機構のいかなる会合も、会合を招請する者が追加の経費を負担することに同意しない限り機構の本部外では開催しない。

第19条 使用料の設定

- (1) 理事会は、インマルサット宇宙部分の各種類の使用につき、測定単位及び使用料を定める。使用料は、運用協定に従い、機構の運営、維持及び事務に要する費用、理事会が必要と認める運転資金の積立て、署名当事者の出資額の償却並びに資本の使用に対する補償に充てることができるよう機構が十分な収入を得るためのものとする。
- (2) 各種類の使用に係る使用料率は、同一種類の使用につきすべての署名当事者に対して同一とする。
- (3) 理事会は、署名当事者以外の事業体であってインマルサット宇宙部分を使用することを第7条の規定に従って許可されたものに対し、署名当事者に対して定める使用料率とは異なる使用料率を定めることができる。各種類の使用に係る使用料率は、同一種類の使用につきすべてのこれらの事業体に対して同一とする。

第20条 調達

- (1) 理事会の調達方針は、機構の利益のために物品及び役務の供給における世界的な競争を奨励するものとする。このため、
 - (a) 機構が必要とする物品及び役務の調達は、購入によるか貸借によるかを問わず、公開の国際入札に基づく契約の締結によって行う。

(b) Contracts shall be awarded to bidders offering the best combination of quality, price and the most favourable delivery time.

(c) If there are bids offering comparable combinations of quality, price and the most favourable delivery time, the Council shall award the contract so as to give effect to the procurement policy set out above.

(2) In the following cases the requirement of open international tender may be dispensed with under procedures adopted by the Council, provided that in so doing the Council shall encourage in the interests of the Organization world-wide competition in the supply of goods and services.

(a) The estimated value of the contract does not exceed 50,000 US dollars and the award of the contract would not be by reason of the application of the dispensation place a contractor in such a position as to prejudice at some later date the effective exercise by the Council of the procurement policy set out above. To the extent justified by changes in world prices, as reflected by relevant price indices, the Council may revise the financial limit.

(b) Procurement is required urgently to meet an emergency situation.

(c) There is only one source of supply to a specification which is necessary to meet the requirements of the Organization or the sources of supply are so severely restricted in number that it would be neither feasible nor in the best interest of the Organization to incur the expenditure and time involved in open international tender, provided that where there is more than one source they will have an opportunity to bid on an equal basis.

(d) The requirement is of an administrative nature for which it would be neither practicable nor feasible to undertake open international tender.

(e) The procurement is for personal services.

(b) 契約は、品質、価格及び最も有利な納入時期の最良の組合せを提示する入札者と締結する。

(c) 品質、価格及び最も有利な納入時期の組合せにつき同等の組合せを提示する入札がある場合には、理事会は、この(1)に定める調達方針に沿って契約を締結する。

(2) 公開の国際入札は、次の場合には、理事会が採択する手続に従って省略することができる。ただし、省略する場合においても、理事会が機構の利益のために物品及び役務の供給における世界的な競争を奨励することを条件とする。

(a) 契約の見積額が5万アメリカ合衆国ドルを超えず、かつ、公開の国際入札を省略することによる契約の締結が理事会によるその後における(1)に定める調達方針の効果的な実施を妨げるような地位を契約者に与えることとならない場合。

理事会は、関連物価指数に反映される世界的な価格の変動により正当とされる限度において、この(a)に定める額を変更することができる。

(b) 緊急事態に対処するため調達を早急に必要とする場合。

(c) 機構の必要を満たすために必要とされる仕様に対する供給源が唯一である場合又は供給源がその数において著しく限定されているため公開の国際入札に経費及び時間を費やすことが実行上不可能であり、かつ機構の最善の利益にならない場合。ただし、2以上の供給源がある場合には、それらが平等に入札の機会を有することを条件とする。

(d) 公開の国際入札を行うことが実際的でなく、かつ、実行上不可能である事務的性格のものが必要とされる場合

(e) 調達が人的役務のためのものである場合

- (1) 機構は、自ら行い又は、自己の費用で、自己に代わって行われる作業に關し、発明及び技術情報に係る権利を取得する。ただし、これらの権利は、機構及び署名当事者としての資格における署名当事者の共通の利益に必要なものに限る。契約によって行われる作業に關しては、取得するこれらの権利は、独占的でないものとする。
- (2) (1)の規定の適用上、機構は、その原則及び目的並びに一般に認められた産業上の慣行を考慮に入れて、重要な調査、研究又は開発を含む作業に關し、自己のために次の権利を確保する。
 - (a) 当該作業から生ずるすべての発明及び技術情報を機構に無償で開示させる権利
 - (b) インマルサット宇宙部分並びにこれに關連して運用される陸上及び船舶上の地球局に關し、無償で、(a)の発明及び技術情報を締約国、署名当事者及び締約国の管轄権内にあるその他の者に開示し又は開示させ並びに自らそれらを使用し又はそれらの者がそれらを使用することを認め若しくは認めさせる権利
- (3) 契約によって行われる作業に關しては、契約に基づいて生ずる発明及び技術情報の所有権は、契約者が保有する。
- (4) 機構は、また、自己に代わって行われる作業の遂行に當って直接に利用された発明及び技術情報であつて(2)の規定が適用されないものを公正かつ妥當な条件で使用し及び使用させる権利を自己のために確保する。もつとも、そのような使用は、機構による支出を伴う契約に基づき實際に納入された製品の再生産又は改修に必要な限度において、かつ、当該作業を遂行した者が当該権利を許与する資格を有する限度において行われるものとする。
- (5) 理事会は、個々の事例につき、(2)(b)および(4)に規定する原則に従うことにより機構の利益を害することとなることが交渉の過程において理事会によって明らかとなる場合には、それらの原則に従わないことを承諾することとがで

Inventions and Technical Information

- (1) The Organization, in connexion with any work performed by it or on its behalf at its expense, shall acquire in inventions and technical information those rights, but no more than those rights, which are necessary in the common interests of the Organization and of the Signatories in their capacity as such. In the case of work done under contract, any such rights obtained shall be on a non-exclusive basis.
- (2) For the purpose of paragraph (1) the Organization, taking into account its principles and objectives and generally accepted industrial practices, shall, in connexion with such work involving a significant element of study, research or development ensure for itself:
 - (a) The right to have disclosed to it without payment all inventions and technical information generated by such work.
 - (b) The right to disclose and to have disclosed to Parties and Signatories and others within the jurisdiction of any Party such inventions and technical information, and to use and to authorize and to have authorized Parties and Signatories and such others to use such inventions and technical information without payment in connexion with the INMARSAT space segment and any earth station on land or ship station operating in conjunction therewith.
- (3) In the case of work done under contract, ownership of the rights in inventions and technical information generated under the contract shall be retained by the contractor.
- (4) The Organization shall also ensure for itself the right, on fair and reasonable terms and conditions, to use and to have used inventions and technical information directly utilized in the execution of work performed on its behalf but not included in paragraph (2), to the extent that such use is necessary for the reconstruction or modification of any product actually delivered under a contract financed by the Organization, and to the extent that the person who has performed such work is entitled to grant such right.
- (5) The Council may in individual cases approve a deviation from the policies prescribed in paragraphs (2)(b) and (4), where in the course of negotiation it is demonstrated to the Council that failure to deviate would be detrimental to the interests of the Organization.

きる。

(6) 理事会は、また、個々の事例につき、例外的な事情により正当とされる場合において、次のすべての条件が満たされるときは、(3)に規定する原則に従わないことを承認することができる。

(a) その原則に従うことにより機構の利益を害することとなることが理事会にとって明らかとなること。

(b) 機構がいずれの国においても特許の保護を確保することができると理事会が認定すること。

(c) 契約者が所定の期間内に(b)に規定する保護を確保することができず又は確保する意思がないこと。

(7) 機構が権利を取得した(2)の規定に従う場合を除く。)発明及び技術情報に関し、機構は、要請により、その有する権利の範囲内で次のことを行う。

(a) それらの発明及び技術情報を締約国及び署名当事者に開示し又は開示させること。ただし、機構がこの開示の権利の行使に関して行い又は要求される支払の償還を受けることを条件とする。

(b) 締約国及び署名当事者に対し、それらの発明及び技術情報を締約国の管轄権内にあるその他の者に開示し又は開示させ並びにそれらを使用し又は当該その他の者がそれらを使用することを認め若しくは認めさせる権利を与えること。

この場合において

(i) インマルサット宇宙部分並びにこれに関連して運用される陸上及び船舶上の地球局に関しては、無償とする。

(ii) その他の目的のためには、一方において署名当事者又は締約国の管轄権内にあるその他の者と、他方において機構、当該発明及び技術情報の所有者又は当該発明及び技術情報に係る財産権の持分を有することを認められたその他の者若しくは事業体との間で定める公正かつ妥当な条件に従う。ただし、機構がそれらの権利の行使に関して行い又は要求され

(6) The Council may also, in individual cases where exceptional circumstances warrant, approve a deviation from the policy prescribed in paragraph (3) where all the following conditions are met:

(a) It is demonstrated to the Council that failure to deviate would be detrimental to the interests of the Organization.

(b) The Council determines that the Organization should be able to ensure patent protection in any country.

(c) Where, and to the extent that, the contractor is unable or unwilling to ensure such patent protection within the time required.

(7) With respect to inventions and technical information in which rights are acquired by the Organization otherwise than pursuant to paragraph (2), the Organization, to the extent that it has the right to do so, shall upon request:

(a) Disclose or have disclosed such inventions and technical information to any Party or Signatory subject to reimbursement of any payment made by or required of the Organization in respect of the exercise of this right of disclosure.

(b) Make available to any Party or Signatory the right to disclose or have disclosed to others within the jurisdiction of any Party and to use and to authorize and to have authorized such others to use such inventions and technical information:

(i) Without payment in connection with the INMARSAT space segment or any earth station on land or ship operating in conjunction therewith.

(ii) For any other purpose, on fair and reasonable terms and conditions to be settled between Signatories or others within the jurisdiction of any Party and the Organization or the owner of the inventions and technical information or any other authorized entity or person having a property interest therein, and subject to reimbursement of any payment made by or required of the Organization in respect of the exercise of these rights.

る支払の償還を受けることを条件とする。

- (8) 機構が権利を取得したすべての発明及び技術情報の開示及び使用並びにそれらの開示及び使用の条件には、すべての署名当事者及び締約国の管轄権内にあるその他の者について差別を設けない。
- (9) この条のいかなる規定も、望ましいときは、技術情報の開示に関する国内法令に履する者と機構が契約を締結することを妨げるものではない。

第22条 責任

締約国は、その資格の中においては、機構の行為及び義務について責任を負わない。ただし、非締約国又はその代表する自然人若しくは法人との関係においては、締約国と非締約国との間で効力を有する条約から生ずる責任を限度として負う。もっとも、この条の規定は、当該条約により非締約国又はその代表する自然人若しくは法人に賠償することを要求される締約国が他の締約国に対し当該条約に基づいて有する権利を行使することを妨げるものではない。

第23条 除外される費用

署名当事者が機構から取得する所得に対する租税は、機構の費用には含まない。

第24条 会計検査

機構の会計は、理事会が任命する独立の会計検査専門家により毎年検査を受ける。いずれの締約国及び署名当事者も、機構の会計を調査する権利を有する。

第25条 法人格

機構は、法人格を有し、その行為及び義務について責任を負う。機構は、任務を適切に遂行するため、特に、契約を行い、動産及び不動産を取得し、貸借し、保有し及び処分し、訴訟当事者となり並びに国又は国際機関と協定を締結

- (8) The disclosure and use, and the terms and conditions of disclosure and use, of all inventions and technical information in which the Organization has acquired any rights shall be on a non-discriminatory basis with respect to all Signatories and others within the jurisdiction of Parties.

- (9) Nothing in this Article shall preclude the Organization, if desirable, from entering into contracts with persons subject to domestic laws and regulations relating to the disclosure of technical information.

Article 22

Liability

Parties are not, in their capacity as such, liable for the acts and obligations of the Organization, except in relation to non-Parties or natural or juridical persons they might represent in so far as such liability may follow from treaties in force between the Party and the non-Party concerned. However, the foregoing does not preclude a Party which has been required to pay compensation under such a treaty to a non-Party or to a natural or juridical person it might represent from invoking any rights it may have under that treaty against any other Party.

Article 23

Excluded Costs

Taxes on income derived from the Organization by any of the Signatories shall not form part of the costs of the Organization.

Article 24

Audit

The accounts of the Organization shall be audited annually by an independent Auditor appointed by the Council. Any Party or Signatory shall have the right to inspect the accounts of the Organization.

Article 25

Legal Personality

The Organization shall have legal personality and shall be responsible for its acts and obligations. For the purpose of its proper functioning, it shall, in particular, have the capacity to contract, to acquire, lease, hold and dispose of movable and immovable property, to be a party to legal proceedings and to conclude agreements with States or international organizations.

Article 25

Privileges and Immunities

(1) Within the scope of activities authorized by this Convention, the Organization and its property shall be exempt in all States Parties to this Convention from all national income and direct national property taxation and from customs duties on communication satellites and components and parts for such satellites to be launched for use in the INMARSAT space segment. Each Party undertakes to use its best endeavours to bring about, in accordance with the applicable domestic procedure, such further exemption from income and direct property taxation and customs duties as is desirable, bearing in mind the particular nature of the Organization.

(2) All Signatories acting in their capacity as such, except the Signatory designated by the Party in whose territory the headquarters is located, shall be exempt from national taxation on income earned from the Organization in the territory of that Party.

(3) (a) As soon as possible after the entry into force of this Convention, the Organization shall conclude, with any Party in whose territory the Organization establishes its headquarters, other offices or installations, an agreement to be negotiated by the Council and approved by the Assembly, relating to the privileges and immunities of the Organization, its Director General, its staff, of experts performing missions for the Organization and of representatives of Parties and Signatories whilst in the territory of the host Government for the purpose of exercising their functions.

(b) The agreement shall be independent of this Convention and shall terminate by agreement between the host Government and the Organization or if the headquarters of the Organization are moved from the territory of the host Government.

(4) All Parties other than a Party which has concluded an agreement referred to in paragraph (3) shall as soon as possible after the entry into force of this Convention conclude a Protocol on the privileges and immunities of the Organization, its Director General, its staff, of experts performing missions for the Organization and of representatives of Parties and Signatories whilst in the territory of Parties, by the means of exercising their functions. The Protocol shall be independent of this Convention and shall prescribe the conditions for its termination.

する能力を有する。

第26条 特権及び免除

(1) 機構及びその財産は、この条約が認める活動の範囲内で、すべての締約国において、所得に対するすべての国税、財産に対するすべての直接国税並びにインフラセット宇宙部分に使用するために打ち上げられる電気通信衛星並びにその構成部分及び部品に対する関税を免除される。各締約国は、機構の特殊な性格に留意して望ましい範囲内で、所得に対する租税及び財産に対する直接税並びに関税を更に免除することを関係国内手続に従って実現するため、最善の努力を払うことを約束する。

(2) すべての署名当事者（本部が自国の領域内に所在する締約国が指定した署名当事者を除く。）は、その資格の中において活動する限り、本部の所在する締約国の領域内において機構から取得した所得に対する本部の所在する締約国の国税を免除される。

(3)(a) 機構は、この条約の効力発生後できる限り速やかに、機構、その事務局長及び職員、機構のために職務を遂行する専門家並びに締約国及び署名当事者の代表につき、これらの者がその任務を遂行するため関係する政府の領域内にある間の特権及び免除に関する協定を機構の本部又は他の事務所若しくは施設が自国の領域内に設置される締約国と締結する。この協定は、理事会が交渉し、総会が承認する。

(b) (a)の協定は、この条約とは別個のもとし、関係政府と機構との間で合意する場合又は機構の本部が関係政府の領域から移転する場合に終了する。

(4) (3)の協定を締結した締約国以外のすべての締約国は、この条約の効力発生後できる限り速やかに、機構、その事務局長及び職員、機構のために職務を遂行する専門家並びに締約国及び署名当事者の代表につき、これらの者がその任務を遂行するため当該締約国の領域内にある間の特権及び免除に関する協定書を締結する。その協定書は、この条約とは別個のもとし、その終

了の条件を定める。

Article 27

Relationship with other International Organizations

The Organization shall co-operate with the United Nations and its bodies dealing with the Peaceful Uses of Outer Space and Co-ordination of Space, its Specialized Agencies, as well as other international organizations, on matters of common interest. In particular the Organization shall take into account the relevant Resolutions and Recommendations of the Inter-Governmental Maritime Consultative Organization. The Organization shall observe the relevant provisions of the International Telecommunication Convention and regulations made thereunder, and shall in the design, development, construction and establishment of the INMARSAT space segment and in the procedures established for regulating the operation of the INMARSAT space segment and of earth stations give due consideration to the relevant Resolutions, Recommendations and procedures of the organs of the International Telecommunication Union.

Article 28

Notification to the International Telecommunication Union

Upon request from the Organization, the Party in whose territory the Headquarters of the Organization is located shall co-ordinate the frequencies to be used for the space segment and shall, on behalf of each Party that consents, notify the International Telecommunication Union of the frequencies to be so used and other information, as provided for in the Radio Regulations annexed to the International Telecommunication Convention.

Article 29

Withdrawal

(1) Any Party or Signatory may by written notification to the Depositary withdraw voluntarily from the Organization at any time. Once a decision has been made under applicable domestic law that a Signatory may withdraw, notice of the withdrawal shall be given in writing to the Depositary by the Party which has designated the Signatory, and the notification shall signify the acceptance by the Party of the withdrawal. Withdrawal of a Party, in its capacity as such, shall entail the simultaneous withdrawal of any Signatory designated by the Party or of the Party in its capacity as Signatory, as the case may be.

第 27 条 他の国際機関との関係

機構は、国際連合、宇宙空間及び海洋の平和的利用を取り扱う国際連合の機関、国際連合の専門機関並びに他の国際機関と共通の関心のある事項について協力する。機構は、特に、政府間海事協議機関の関連のある決議及び勧告を考慮する。機構は、国際電気通信条約の関連規定及び同条約に基づいて作成された規則を遵守するものとし、インマルサット宇宙部分の企画、開発、建設及び設定に当たり並びにインマルサット宇宙部分及び地球局の運用を規制するため、に定める手続において、国際電気通信連合の機関の関連のある決議、勧告及び手続に妥当な考慮を払う。

第 28 条 国際電気通信連合に対する通告

機構の本部が自国の領域内に所属する締約国は、機構の要請に基づき、国際電気通信条約に附属する無線通信規則に従い、宇宙部分のために使用される周波数を調整し並びに、同意する各締約国に代わって、使用される周波数及び他の情報を国際電気通信連合に通告する。

第 29 条 脱 退

- (1) いずれの締約国及び署名当事者も、寄託者に対する書面による通告によりいつでも機構から任意に脱退することができる。署名当事者の脱退の通告は、その脱退を認める旨の決定が関連国内法に従って行われた後、その署名当事者を指定した締約国が書面により寄託者に対して行うものとし、その締約国は、その通告により当該脱退を受諾したものとす。締約国がその資格において脱退する場合には、その締約国が指定した署名当事者又は署名当事者としての資格におけるその締約国は、同時に脱退するものとする。
- (2) 通告によって脱退する締約国及びその指定した署名当事者又は通告によっ

(2) Upon receipt by the Depositary of a notice to withdraw, the Party giving notice and any Signatory which it has designated, or the Signatory in respect of which notice has been given, as the case may be, shall cease to have any rights of representation and any voting rights in any organ of the Organization and shall incur no obligation after the date of such receipt. However, a withdrawing Signatory shall remain responsible, unless otherwise decided by the Council pursuant to Article XIII of the Operating Agreement, for contributing its share of the capital contributions necessary to meet contractual commitments specifically authorized by the Organization before the receipt and liabilities arising from acts or omissions before the receipt. Except with respect to such capital contributions and except with respect to Article 31 of this Convention and Article XVI of the Operating Agreement, withdrawal shall become effective and this Convention and/or the Operating Agreement shall cease to be in force for the Party and/or Signatory three months after the date of receipt by the Depositary of the written notification referred to in paragraph (1).

(3) If a Signatory withdraws, the Party which designated it shall, before the effective date of withdrawal and with effect from that date, designate a new Signatory, assume the capacity of a Signatory in accordance with paragraph (4), or withdraw. If the Party has not acted by the effective date, it shall be considered to have withdrawn as from that date. Any new Signatory shall be responsible for all the outstanding capital contributions of the previous Signatory and for the proportionate share of any capital contributions necessary to meet contractual commitments specifically authorized by the Organization, and liabilities arising from acts or omissions, after the date of receipt of the notice.

(4) If for any reason a Party desires to substitute itself for its designated Signatory or to designate a new Signatory, it shall give written notice to the Depositary. Upon assumption by the new Signatory of all the outstanding obligations, as specified in the last sentence of paragraph (3), of the previously designated Signatory and upon signature of the Operating Agreement, that Agreement shall enter into force for the new Signatory and shall cease to be in force for the previous Signatory.

て脱退する署名当事者は、寄託者が脱退の通告を受領した時に、機構のすべての機関において代表される権利及び投票する権利を失い、その通告を受領の日の後は、いかなる義務を負わない。然しながら、脱退する署名当事者は、理事会が運用協定第13条の規定に基づき別段の決定を行わない限り、その通告の受領前に機構により明示的に承認された契約上の債務及びその通告の受領前の作為又は不作為から生ずる責任を履行するために必要な資本分担金の自己の分担額を負担する責任を引き続き負う。脱退は、(1)に規定する事項による通告を寄託者が受領した日の後3か月で効力を生じ、この条約及び(又は)運用協定は、同時に、当該資本分担金に係る責任並びに第31条及び運用協定第16条の規定については、この限りでない。

(3) 署名当事者が脱退する場合には、その署名当事者を指定した締約国は、(4)の規定に従い新たな署名当事者の指定を行い若しくは署名当事者の資格を引き受け、又は脱退する。これらの措置は、脱退の効力発生の日前にとられるものとし、脱退の効力発生の日に効力を生ずる。その締約国がその日までいかなる措置をとらなかった場合には、その締約国は、その日に脱退したものとみなす。新たな署名当事者は、資本分担金に係る前の署名当事者のすべての未払分担額につき並びに脱退の通告の受領の日の後に機構により明示的に承認された契約上の債務及び脱退の通告の受領の日の後の作為又は不作為から生ずる責任を履行するために必要な資本分担金の自己の分担額について責任を負う。

(4) 締約国は、何らかの理由により、自らその指定した署名当事者に代わるこ

と又は新たな署名当事者を指定することを希望する場合には、その旨を前面によって寄託者に通告する。

運用協定は、新たな署名当事者が前の署名当事者の履行していない(3)の最後の章に規定するすべての義務を承継し及び運用協定に署名した時に、新たな署名当事者について効力を生じ、同時に、前の署名当事者について効力を

Article 30
Suspension and Termination

(1) Not less than one year after the Directorate has received written notice that a Party appears to have failed to comply with any obligation under this Convention, the Assembly, after considering any representations made by the Party, may decide, if it finds that the failure to comply has in fact occurred and that such failure impairs the effective operation of the Organization, that the membership of the Party is terminated. This Convention shall cease to be in force for the Party as from the date of the decision or at such later date as the Assembly may determine. An extraordinary session of the Assembly may be convened for this purpose. The termination shall entail the simultaneous withdrawal of any Signatory designated by the Party or of the Party in its capacity as Signatory, as the case may be. The Operating Agreement shall cease to be in force for the Signatory on the date on which this Convention ceases to be in force for the Party concerned, except with respect to capital contributions necessary to meet contractual commitments specifically authorized by the Organization before the termination and liabilities arising from acts or omissions before the termination, and except with respect to Article 31 of this Convention and Article XVI of the Operating Agreement.

(2) If any Signatory, in its capacity as such, fails to comply with any obligation under this Convention or the Operating Agreement, other than obligations under Article III(1) of the Operating Agreement and the failure has not been remedied within three months after the Signatory has been notified in writing of a resolution of the Council taking note of the failure to comply, the Council, after considering any representations made by the Signatory and, if applicable, the Party concerned may suspend the rights of the Signatory. If, after an additional three months and after consideration of any representations made by the Signatory and, if applicable, the Party, the Council finds that the failure to comply has not been remedied, the Assembly may decide on the recommendation of the Council that the membership of the Signatory is terminated. Upon the date of such decision, the termination shall become effective and the Operating Agreement shall cease to be in force for that Signatory.

失う。

第 30 条 資格停止及び除名

(1) 締約国がこの条約に基づきいずれかの義務に違反した疑いがある旨の書面による通告を事務局が受領した後 1 年を経過した場合において、総会は、その締約国の申立てを考慮した後義務の違反が事実であり、かつ、機構の効果的な運営を害すると認めるときは、その締約国を除名することを決定することができる。この条約は、その決定の日又は総会が定めるそれよりも遅い日に、その締約国について効力を失う。このため、総会の臨時会議を招集することができる。締約国が除名される場合には、その締約国が指定した署名当事者又は署名当事者としての資格におけるその締約国は、同時に脱退するものとする。運用協定は、この条約がその締約国について効力を失う日に、当該署名当事者について効力を失う。ただし、除名前に機構により明示的に承認された契約上の債務及び除名前の作為又は不作為から生ずる責任を履行するために必要な資本金に係る責任並びに次条及び運用協定第 16 条の規定については、この限りでない。

(2) 署名当事者がその資格においてこの条約又は運用協定に基づくいずれかの義務（運用協定第 3 条(1)の規定に基づく義務を除く。）に違反し、かつ、義務の違反を指摘した理事会の決議について書面による通告を受けた後 3 カ月以内に当該義務の違反を是正しなかった場合には、理事会は、その署名当事者又は、適当なときは、当該締約国の申立てを考慮した後、その署名当事者の権利を停止することができる。更に 3 カ月を経過した後、理事会がその署名当事者又は、適当なときは、当該締約国の申立てを考慮した後当該義務の違反が是正されなかったと認める場合には、総会は、理事会の勧告に基づきその署名当事者を除名することを決定することができる。その除名は、その決定日に効力を生じ、運用協定は、その日にその署名当事者について効力を失う。

(3) If any Signatory fails to pay any amount due from it pursuant to Article III(1) of the Operating Agreement within four months after the payment has become due, the rights of the Signatory under this Convention and the Operating Agreement shall be automatically suspended. If within three months after the suspension the Signatory has not paid all sums due or the Party which has designated it has not made a substitution pursuant to Article 23(4), the Council, after considering any representations made by the Signatory or by the Party which has designated it, may decide that the membership of the Signatory is terminated. From the date of such decision, the Operating Agreement shall cease to be in force for the Signatory.

(4) During the period of suspension of the rights of a Signatory pursuant to paragraphs (2) or (3), the Signatory shall continue to have all the obligations of a Signatory under this Convention and the Operating Agreement.

(5) A Signatory shall incur no obligation after termination, except that it shall be responsible for contributing its share of the capital contributions necessary to meet contractual commitments specifically authorized before the termination and liabilities arising from acts or omissions before the termination, and except with respect to Article 31 of this Convention and Article XVI of the Operating Agreement.

(6) If the membership of a Signatory is terminated, the Party which designated it shall, within three months from the date of the termination and with effect from that date, designate a new Signatory, assume the capacity of a Signatory in accordance with Article 23(4), or withdraw. If the Party has not acted by the end of that period, it shall be considered to have withdrawn as from the date of termination, and this Convention shall cease to be in force for the Party as from that date.

(7) Whenever this Convention has ceased to be in force for a Party, settlement between the Organization and any Signatory designated by that Party or that Party in its capacity as Signatory, shall be accomplished as provided in Article XIII of the Operating Agreement.

(3) 署名当事者が運用協定第3条(1)の規定に従って支払うべき額を支払期限の後4カ月以内に支払わない場合には、その署名当事者のこの条約及び運用協定に基づく権利は、自動的に停止する。その署名当事者が支払うべきすべての額をその停止の後3カ月以内に支払わず又はその署名当事者を指定した締約国がその期間内に前条(4)の規定に基づき署名当事者の交代を行わなかった場合には、理事会は、その署名当事者又はこれを指定した締約国の申立てを考慮した後、その署名当事者を除名することを決定することができる。運用協定は、その決定の日によりその署名当事者について効力を失う。

(4) 署名当事者は、その権利が(2)又は(3)の規定に従って停止されている期間、この条約及び運用協定に基づき署名当事者のすべての義務を引き続き負う。

(5) 署名当事者は、除名の後は、いかなる義務をも負わない。ただし、除名前機械により明示的に承認された契約上の債務及び除名前の作為又は不作為から生ずる責任を履行するために必要な資本金の自己の分担額を負担する責任並びに次条及び運用協定第16条の規定については、この限りでない。

(6) 署名当事者が除名された場合には、その署名当事者を指定した締約国は、前条(4)の規定に従い新たな署名当事者の指定を行い若しくは署名当事者の資格を引き受け、又は脱退する。これらの措置は、除名の日の後3カ月以内に与えられるものとし、除名の日に効力を生ずる。その締約国がこの期間が満了する時までいかなる措置をとらなかった場合には、その締約国は、除名の日に脱退したものとみなし、この条約は、その日にその締約国について効力を失う。

(7) この条約が締約国について効力を失った場合には、機構とその締約国が指定した署名当事者又は署名当事者としての資格におけるその締約国との間の決着は運用協定第13条に定めるところに従って行う。

Article 31
Settlement of Disputes

- (1) Disputes arising between Parties, or between Parties and the Organization, relating to rights and obligations under this Convention should be settled by negotiation between the parties concerned. If within one year of the time any party has requested settlement, a settlement has not been reached and if the parties to the dispute have not agreed to submit it to the International Court of Justice or to some other procedure for settling disputes, the dispute may, if the parties to the dispute consent, be submitted to arbitration in accordance with the Annex to this Convention. Any decision of an arbitral tribunal in a dispute between Parties, or between Parties and the Organization, shall not prevent or affect a decision of the Assembly pursuant to Article 30(1), that the Convention shall cease to be in force for a Party.
- (2) Unless otherwise mutually agreed, disputes arising between the Organization and one or more Parties under agreements concluded between them, if not settled by negotiation within one year of the time any party has requested settlement, shall, at the request of any party to the dispute, be submitted to arbitration in accordance with the Annex to this Convention.
- (3) Disputes arising between one or more Parties and one or more Signatories in their capacity as such, relating to rights and obligations under this Convention or the Operating Agreement may be submitted to arbitration in accordance with the Annex to this Convention if the Party or Parties and the Signatory or Signatories involved agree to such arbitration.
- (4) This Article shall continue to apply to a Party or Signatory which ceases to be a Party or Signatory, in respect of disputes relating to rights and obligations arising from its having been a Party or Signatory.

Article 32
Signature and Ratification

- (1) This Convention shall remain open for signature in London until entry into force and shall thereafter remain open for accession. All States may become Parties to the Convention by:

- (1) この条約に基づく権利及び義務に対し締約国相互の間又は締約国と機構との間に生ずる紛争は、当事者間の交渉によって解決しなければならない。いづれかの当事者が解決を要請した時から1年以内に解決が得られない場合において、紛争の当事者が紛争を国際司法裁判所又は紛争を解決するための他の手続に付することを合意しないときは、その紛争は、当事者の合意を条件として、附属書に従って仲裁に付することができる。締約国相互の間又は締約国と機構との間の紛争に関する仲裁裁判所のいずれの決定も、この条約が締約国について効力を失う旨の前条(1)の規定に基づく総会の決定を妨げ又はこれに影響を及ぼすものではない。
- (2) 機構と1又は2以上の締約国との間で締約した協定の下で両者の間に生ずる紛争は、別段の合意をしない限り、いづれかの当事者が解決を要請した時から1年以内に交渉によって解決が得られない場合には、紛争のいずれかの当事者の要請により、附属書に従って仲裁に付する。
- (3) この条約又は運用協定に基づく権利及び義務に関し締約国としての資格における1又は2以上の締約国と署名当事者としての資格における1又は2以上の署名当事者との間に生ずる紛争は、当該締約国及び当該署名当事者が合意する場合には、附属書に従って仲裁に付することができる。
- (4) 締約国又は署名当事者であったことから生ずる権利及び義務に関する紛争については、この条の規定は、締約国又は署名当事者でなくなった締約国又は署名当事者についても引き続き適用する。

第32条 署名及び批准

- (1) この条約は、効力発生の時までは署名のため、その後は加入のため、ロンドンにおいて開放しておく。すべての国は、次のいずれかの方法により、締約国となることができる。

- (a) 批准、受諾又は承認を条件としないで署名すること。
 - (b) 批准、受諾又は承認を条件として署名した後、批准し、受諾し又は承認すること。
 - (c) 加入すること。
- (2) 批准、受諾、承認又は加入、寄託者に該当する文書を寄託することにより行う。
- (3) 当該国は、締約国となる際に又はその後はいつでも、寄託者に対する書面による通告により、自国の権限の下で運航する船舶の登録機関及び自国の管轄権の下にある陸上地球局のうちの登録機関及びどの陸上地球局につきこの条約を適用するかについて宣言することができる。
- (4) いずれの国も、自ら又はその指定した事業体が運用協定に署名するまでの間、締約国となることはない。
- (5) 留保は、この条約及び運用協定について行うことができない。

第33条 効力発生

- (1) この条約は、当初出資率の95パーセントを代表する国が締約国となった日の後60日で効力を生ずる。
- (2) (1)の規定にかかわらず、この条約は、署名のために開放された日の後36か月以内に効力を生じない場合には、効力を生ずることはない。
- (3) この条約の効力発生の後には批准書、受諾書、承認書又は加入書を寄託する国については、批准、受諾、承認又は加入は、その寄託の日に効力を生ずる。

第34条 改正

- (1) いずれの締約国も、この条約の改正を提案することができる。改正案は、事務局に提出するものとし、事務局は、これを他の締約国及び署名当事者に通報する。理事会による改正案の審議には、3カ月の予告を必要とする。理事会は、改正案の送付の日から6か月以内に自己の見解を総会に提出する。

- (a) Signature not subject to ratification, acceptance or approval, or
- (b) Signature subject to ratification, acceptance or approval, followed by ratification, acceptance or approval, or
- (c) Accession.

(2) Ratification, acceptance, approval or accession shall be effected by the deposit of the appropriate instrument with the Depositary.

(3) On becoming a Party to this Convention, or at any time thereafter, a State may declare, by written notification to the Depositary, to which Registers of ships operating under its authority, and to which land earth stations under its jurisdiction, the Convention shall apply.

(4) No State shall become a Party to this Convention until it has signed, or the entity it has designated, has signed the Operating Agreement.

(5) Reservations cannot be made to this Convention or the Operating Agreement.

Article 33

Entry into Force

(1) This Convention shall enter into force sixty days after the date on which States representing 95 per cent of the initial investment shares have become Parties to the Convention.

(2) Notwithstanding paragraph (1), if the Convention has not entered into force within thirty-six months after the date it was opened for signature, it shall not enter into force.

(3) For a State which deposits an instrument of ratification, acceptance, approval or accession after the date on which the Convention has entered into force, the ratification, acceptance, approval or accession shall take effect on the date of deposit.

Article 34

Amendments

(1) Amendments to this Convention may be proposed by any Party. Proposed amendments shall be submitted to the Directorate, which shall inform the other Parties and Signatories. Three months' notice is required before consideration of an amendment by the

総会は、その後6カ月を経過した後、理事会の見解を考慮に入れて改正案を審議する。総会は、特別の場合には、実質事項に関する決定の手続によりこの期間を短縮することができる。

- (2) 総会が採択した改正は、その採択の時にあける締約国の3分の2であってその時にあける出資率の全体の3分の2以上を代表するものによる受諾の通告を寄託者が受領した後120日で効力を生ずる。改正は、効力発生の後は、すべての締約国（改正を受諾していないものを含む。）及び署名当事者を拘束する。

第35条 寄託者

- (1) 政府間海事協議機関の事務局長をこの条約の寄託者とする。
- (2) 寄託者は、すべての署名国及び加入国並びにすべての署名当事者に対し速やかに次の事項を通知する。

- (a) この条約の署名
 - (b) 批准書、受諾書、承認書及び加入書の寄託
 - (c) この条約の効力発生
 - (d) この条約の改正の選択及び効力発生
 - (e) 脱退の通告
 - (f) 資格停止及び除名
 - (g) この条約に関するその他の通告及び通報
- (3) 寄託者は、この条約が効力を生じたとき、国際連合憲章第102条の規定に基づく登録及び公表のため国際連合事務局に認証謄本を送付する。
- 以上の証拠として、下名は、各自の政府から正当に委任を受けてこの条約に署名した。

1976年9月3日にロンドンで、ひとしく正文である英語、フランス語、ロシア語及びスペイン語により本書1通を作成した。その本書は、寄託者に寄

Council, which shall submit its views to the Assembly within a period of six months from the date of circulation of the amendment. The Assembly shall consider the amendment not earlier than six months thereafter, taking into account any views expressed by the Council. This period may, in any particular case, be reduced by the Assembly by a substantive decision.

- (2) If adopted by the Assembly, the amendment shall enter into force one hundred and twenty days after the Depositary has received notices of acceptance from two-thirds of those States which at the time of adoption by the Assembly were Parties and represented at least two-thirds of the total investment shares. Upon entry into force, the amendment shall become binding upon all Parties and Signatories, including those which have not accepted it.

Article 35

Depositary

- (1) The Depositary of this Convention shall be the Secretary-General of the International Maritime Consultative Organization.

- (2) The Depositary shall promptly inform all signatory and acceding States and all Signatories of:

- (a) Any signature of the Convention.
- (b) The deposit of any instrument of ratification, acceptance, approval or accession.
- (c) The entry into force of the Convention.
- (d) The adoption of any amendment to the Convention and its entry into force.
- (e) Any notification of withdrawal.
- (f) Any suspension or termination.
- (g) Other notifications and communications relating to the Convention.

- (3) Upon entry into force of the Convention the Depositary shall transmit a certified copy to the Secretariat of the United Nations for registration and publication in accordance with Article 102 of the Charter of the United Nations.

IN WITNESS WHEREOF the undersigned, duly authorized by their respective Governments, have signed this Convention.

註するものとし、寄託者は、国際海事衛星組織の設立に関する国際会議に参加するよう招請された国の政府及びこの条約に署名し又は加入するその他の国の政府に認証謄本を送付する。

DONE AT LONDON this third day of September one thousand nine hundred and seventy-six in the English, French, Russian and Spanish languages, all the texts being equally authentic, in a single original which shall be deposited with the Depositary, who shall send a certified copy to the Government of each of the States which were invited to attend the International Conference on the Establishment of an International Maritime Satellite System and to the Government of any other State which signs or accedes to this Convention.

OPERATING AGREEMENT ON THE INTERNATIONAL
MARITIME SATELLITE ORGANIZATION (INMARSAT)

THE SIGNATORIES TO THIS OPERATING AGREEMENT:

CONSIDERING that the States Parties to the Convention on the International Maritime Satellite Organization (INMARSAT) have undertaken therein to sign, or to designate a competent entity to sign, this Operating Agreement,

AGREE AS FOLLOWS:

Article I
Definitions

(1) For the purposes of this Agreement:

- (a) "Convention" means the Convention on the International Maritime Satellite Organization (INMARSAT) including its Annex.
- (b) "Organization" means the International Maritime Satellite Organization (INMARSAT) established by the Convention.
- (c) "Amortization" includes depreciation; it does not include compensation for use of capital.

(2) The definitions in Article 1 of the Convention shall apply to this Agreement.

Article II
Rights and Obligations of Signatories

- (1) Each Signatory acquires the rights provided for Signatories in this Convention and this Agreement and undertakes to fulfill the obligations placed upon it by these two instruments.
- (2) Each Signatory shall act consistently with all provisions of the Convention and this Agreement.

Article III
Capital Contributions

- (1) In proportion to its investment share, each Signatory shall make contributions to the capital requirements of the Organization and shall receive capital repayment and compensation for use of capital, as determined by the Council in accordance with the Convention and this Agreement.

国際海事衛星機構（インマルサット）に関する運用協定

この運用協定の署名当事者は、

国際海事衛星機構（インマルサット）に関する条約の締約国が、同条約において、自らのこの運用協定に署名すること又はこれはこれに署名するため権限のある一つの事業体を指定することを約束したことを考慮して、次のとおり協定する。

第1条 定義

(1) この協定の適用上、

- (a) 「条約」とは、国際海事衛星機構（インマルサット）に関する条約（附属書を含む。）をいう。
 - (b) 「機構」とは、条約によって設立される国際海事衛星機構（インマルサット）をいう。
 - (c) 「償却」には、減価償却を含み、資本の使用に対する補償は含まない。
- (2) 条約第1条の定義は、この協定に適用する。

第2条 署名当事者の権利及び義務

- (1) 各署名当事者は、条約及びこの協定によって署名当事者に与えられる権利を取得するものとし、また、これらの2の文書によって課せられる義務を履行することを約束する。
- (2) 各署名当事者は、条約及びこの協定のすべての規定に反しないように行動する。

第3条 資本分担金

- (1) 理事会が条約及びこの協定に従って定めるところにより、各署名当事者は、各自の出資率に比例して機構の資本必要額を分担し、また、資本の償還及び資本の使用に対する補償を受ける。

(2) Capital requirements shall include:

- (a) All direct and indirect costs of the design, development, acquisition, construction and establishment of the INMARSAT space segment, of the acquisition of contractual rights by means of lease, and of other property of the Organization.
- (b) Funds required for operating, maintenance and administrative costs of the Organization pending availability of revenues to meet such costs, and pursuant to Article VIII(3).
- (c) Payments by Signatories pursuant to Article XI

(3) Interest at a rate to be determined by the Council shall be added to any amount unpaid after the scheduled date for payment determined by the Council.

(4) If, during the period up to the first determination of investment shares on the basis of utilization pursuant to Article V, the total amount of capital contributions which Signatories are required to pay in any financial year exceeds 50 per cent of the capital ceiling established by or pursuant to Article IV, the Council shall consider the adoption of other arrangements, including temporary debt financing, to permit those Signatories which so desire to pay the additional contributions in subsequent years by instalments. The Council shall determine the rate of interest to apply in such cases, reflecting the additional costs to the Organization.

Article IV

Capital Ceiling

The sum of the net capital contributions of Signatories and of the outstanding contractual capital commitments of the Organization shall be subject to a ceiling. This sum shall consist of the cumulative capital contributions made by Signatories pursuant to Article III, less the cumulative capital repaid to them pursuant to this Agreement, plus the outstanding amount of contractual capital commitments of the Organization. The initial capital ceiling shall be 200 million US dollars. The Council shall have authority to adjust the capital ceiling.

(2) 資本必要額には、次のものを含む。

- (a) インmarsat宇宙部分の企画、開発、取得、建設及び設定、賃借による契約上の権利並びに機構のその他の財産の取得に係る直接及び間接のすべての費用
- (b) 機構の運営、維持及び事務に要する費用に充てるための十分な収入が得られるまでの間これらの費用に充てるための資金並びに第8条(3)の規定に基づき資金

(c) 第11条の規定に基づく署名当事者による支払

(3) 理事会が定める支払期日以後の未払額に対しては、理事会が定める率の利子を付する。

(4) 使用量を基礎とする出資率の第1回の決定が第5条の規定に従って行われるまでの間、いずれかの会計年度において署名当事者が払込みを請求される資本分担金の総額が第4条の規定に基づく資本限度額の50パーセントを超える場合には、理事会は、希望する署名当事者に対しその後の会計年度においてその超過分を分割払いで払い込むことを認めるような別段の措置（一時的な借入れを含む。）をとることを考慮する。理事会は、機構の追加の費用を考慮に入れて、この場合に適用する利率を定める。

第4条 資本限度額

署名当事者の資本分担金の純額と機構の契約上の資本債務の残高との合計額は、資本限度額を超えてはならない。この合計額は、第3条の規定に従い署名当事者により払い込まれた資本分担金の累積額からこの協定に従い署名当事者に償還された資本の累積額を差し引いた額に、機構の契約上の資本債務の残高を加えたものとする。当初の資本限度額は、2億アメリカ合衆国ドルとする。理事会は、資本限度額を調整する権限を有する。

Article V

Investment Shares

- (1) Investment shares of Signatories shall be determined on the basis of utilization of the INMARSAT space segment. Each Signatory shall have an investment share equal to its percentage of all utilization of the INMARSAT space segment by all Signatories. Utilization of the INMARSAT space segment shall be measured in terms of the charges levied by the Organization for use of the INMARSAT space segment pursuant to Article 19 of the Convention and Article VIII of this Agreement.
- (2) For the purpose of determining investment shares, utilization in both directions shall be divided into two equal parts, a ship part and a land part. The part associated with the ship where the traffic originates or terminates shall be attributed to the Signatory of the Party under whose authority the ship is operating. The part associated with the land territory where the traffic originates or terminates shall be attributed to the Signatory of the Party in whose territory the traffic originates or terminates. However, where, for any Signatory, the ratio of the ship part to the land part exceeds 20 : 1, that Signatory shall, upon application to the Council, be attributed a utilization equivalent to twice the land part or an investment share of 0.1 per cent, whichever is higher. Structures operating in the marine environment, for which access to the INMARSAT space segment has been permitted by the Council, shall be considered as ships for the purpose of this paragraph.
- (3) Prior to determination of investment shares on the basis of utilization pursuant to paragraphs (1), (2) and (4), the investment share of each Signatory shall be established in accordance with the Annex to this Agreement.
- (4) The first determination of investment shares based on utilization pursuant to paragraphs (1) and (2) shall be made not less than two nor more than three years from the commencement of operational use of the INMARSAT space segment in the Atlantic, Pacific and Indian Ocean areas, the specific date of determination to be decided by the Council. For the purposes of this first determination, utilization shall be measured over the one year period prior to such determination.
- (5) Subsequent to the first determination on the basis of utilization, investment shares shall be redetermined to be effective:

第5条 出資率

- (1) 署名当事者の出資率は、インマルサット宇宙部分の使用量を基礎として決定する。各署名当事者は、すべての署名当事者のインマルサット宇宙部分の使用量の合計に対する自己の使用量の割合に等しい出資率を分担する。インマルサット宇宙部分の使用量は、条約第19条及びこの協定第8条の規定に従いインマルサット宇宙部分の使用につき機構が徴収する料金を基に算出する。
- (2) 出資率の決定に当たり、いずれの方向における使用量も、船舶部分と陸地部分とに均等に分割する。通信が発着する船舶に係る部分は、当該船舶の運航について権限を有する締約国の署名当事者に帰属する。通信が発着する陸地に係る部分は、自国の領域内で当該通信が発着する締約国の署名当事者に帰属する。もっとも、船舶部分の陸地部分に対する割合が1分の20を超え署名当事者については、理事会に対するその署名当事者の申請により、自己に帰属する陸地部分の使用量の2倍に等しい使用量に基づく出資率又は0.1パーセントの出資率のいずれか高い方の出資率を割り当てて、海域で運用される構造物であって理事会によりインマルサット宇宙部分を使用することとを許可されたものは、この(2)の規定の適用上、船舶とみなす。
- (3) (1)、(2)及び(4)の規定に従って行う使用量を基礎とする出資率の決定前においては、各署名当事者の出資率は、この協定の附属書に従って定める。
- (4) (1)及び(2)の規定に従って行う使用量を基礎とする出資率の第1回の決定はインマルサット宇宙部分が大西洋、太平洋及びインド洋の地域において運用を開始してから少なくとも2年以上を経過した後1年以内の日であって理事会が定める日に行う。この第1回の決定を行うに当たり、使用量は、この決定に先立つ1年の期間について算出する。
- (5) 使用量を基礎とする第1回の決定の後には、出資率は、次の日にそれぞれ効力を生ずるものとして改めて決定される。

- (a) Upon one-year intervals after the first determination of investment shares on the basis of utilization, based on the utilization of all Signatories during the previous year.
- (b) Upon the date of entry into force of this Agreement for a new Signatory.
- (c) Upon the effective date of withdrawal or termination of membership of a Signatory.

(6) The investment share of a Signatory which becomes a Signatory after the first determination of investment shares on the basis of utilization, shall be determined by the Council.

(7) To the extent that an investment share is determined pursuant to paragraph (5)(b) or (c) or paragraph (8), the investment shares of all other Signatories shall be adjusted in the proportion that their respective investment shares, held prior to this adjustment, bear to each other. On the withdrawal or termination of membership of a Signatory, investment shares of 0.05 per cent determined in accordance with paragraph (8) shall not be increased.

(8) Notwithstanding any provisions of this Article, no Signatory shall have an investment share of less than 0.05 per cent of the total investment shares.

(9) In any new determination of investment shares the share of any Signatory shall not be increased in one step by more than 50 per cent of its initial share, or decreased by more than 50 per cent of its current share.

(10) Any unallocated investment shares, after application of paragraphs (2) and (9) shall be made available and apportioned by the Council among Signatories wishing to increase their investment shares. Such additional allocation shall not increase any share by more than 50 per cent of a Signatory's current investment share.

(11) Any residual unallocated investment shares, after application of paragraph (10), shall be distributed among the Signatories in proportion to the investment shares which would otherwise have applied after any new determination, subject to paragraphs (8) and (9).

(12) Upon application from a Signatory, the Council may allocate to it an investment share reduced from its share determined pursuant to paragraphs (1) to (7) and (3) to (11), if the reduction is entirely taken up by the voluntary acceptance by other Signatories of increased investment shares. The Council shall adopt procedures for the equitable distribution of the released share or shares among Signatories wishing to increase their shares.

(a) 使用量を基礎とする出資率の第1回の決定の日の後1年ごとの日。この場合において、すべての署名当事者の前年における使用量を基礎として決定する。

(b) この協定が新たな署名当事者について効力を生ずる日

(c) 署名当事者の脱退又は除名が効力を生ずる日

(6) 使用量を基礎とする出資率の第1回の決定の後に署名当事者となった署名当事者の出資率は理事会が定める。

(7) 出資率が(5)(b)若しくは(c)又は(8)の規定に従って定められる場合には、当該署名当事者以外のすべての署名当事者の出資率は、調整前に有していた各自の出資率に比例して調整する。署名当事者の脱退又は除名の場合にあっては(8)の規定に従って定められた0.05パーセントの出資率は、増加しない。

(8) この条の規定にかかわらず、いずれの署名当事者も、出資率の合計の0.05パーセント未満の出資率を有することはない。

(9) 出資率の新たな決定において、いずれの署名当事者も、出資率を、一度に、自己の当初出資率の50パーセントを超えて増加されることなく、また、自己の現行の出資率の50パーセントを超えて削減されることはない。

(10) (2)及び(9)の規定の適用により、割り当てられていない出資率は、自己の出資率の増加を希望する署名当事者の間に理事会が割り当てて。その追加の割り当ては、その署名当事者の現行の出資率をその50パーセントを超えて増加しないものとする。

(11) (10)の規定の適用により、割り当てられていない出資率は、残余の(8)及び(9)の規定に従うことを条件として、新たな決定により有したであろう出資率に比例して署名当事者の間に割り当てて。

(12) 理事会は、署名当事者の申請により、(1)から(7)まで及び(9)から(11)までの規定に従って定められた出資率よりも低い出資率をその署名当事者に割り当てることができる。ただし、当該減少分が出資率の増加を任意に受諾する他の署名当事者によって完全に引き受けられることを条件とする。理事会は、放

出された出資率を、自己の出資率の増加を希望する署名当事者の間に公平に配分するための手続を採択する。

第6条 署名当事者間の財務調整

- (1) この協定の効力発生の際における当初出資率の決定の後、出資率が決定されるごとに、(2)の規定に従って算定される評価額を基礎として、署名当事者間で、機構を通じて財務調整を行う。この財務調整の額は、各署名当事者につき、新たな出資率と当該決定前出資率との間の差を評価額にとり入れて算出する。
- (2) 評価額は、次のとおり算定する。
 - (a) 調整の日現在において機構の勘定に記録されているすべての財産（資本化された補償及び資本化された費用を含む。）の取得原価から次の額を控除する。
 - (i) 調整の日現在において機構の勘定に記録されている償却の累積額
 - (ii) 調整の日現在における機構の借入金その他の未払金の額
 - (b) この協定の効力発生の日から評価額の算定の日までの間に資本の使用に対する補償として機構が支払った額に、この協定に従って支払うべき資本の使用に対する補償の累積額（第8条の規定に従い理事会によって設定された資本の使用に対する補償の率のそれぞれの適用期間につき当該補償の率を適用することによって算出する。）との比較において不足又は過剰がある場合には(a)の規定に従って得た額によって調整する。支払の不足額又は過剰額の算出のため、支払うべき補償の額は、(a)に規定する要素の純額に関係するものとし、月単位で計算する。
- (3) この条の規定による署名当事者からの支払及び署名当事者に対する支払は、理事会が定める日までにを行う。その日の後の未払額に対しては、理事会が定める率の利子を付する。

Article VI

Financial Adjustments between Signatories

- (1) At each determination of investment shares after the initial determination upon entry into force of this Agreement, financial adjustments between Signatories shall be carried out through the Organization on the basis of a valuation effected pursuant to paragraph (2). The amounts of these financial adjustments shall be determined with respect to each Signatory by applying to the valuation the difference, if any, between the new investment share of each Signatory and its investment share prior to the determination.
- (2) The valuation shall be effected as follows:
 - (a) Deduct from the original acquisition cost of all property as recorded in the Organization's accounts as at the date of the adjustment, including all capitalized return and capitalized expenses, the sum of:
 - (i) The accumulated amortization as recorded in the Organization's accounts as at the date of adjustment.
 - (ii) Loans and other accounts payable by the Organization as at the date of adjustment.
 - (b) Adjust the results obtained pursuant to sub-paragraph (a) by adding or deducting a further amount representing any deficiency or excess, respectively, in the payment by the Organization of compensation for use of capital from the entry into force of this Agreement to the effective date of valuation relative to the cumulative amount due pursuant to this Agreement at the rate or rates of compensation for use of capital in effect during the periods in which the relevant rates were applicable, as established by the Council pursuant to Article VIII. For the purpose of assessing the amount representing any deficiency or excess in payment, compensation due shall be calculated on a monthly basis and relate to the net amount of the elements described in sub-paragraph (a).
- (3) Payments due from and to Signatories pursuant to this Article shall be effected by a date decided by the Council. Interest at a rate to be determined by the Council shall be added to any amount unpaid after that date.

Article VII

Payment of Utilization Charges

- (1) Utilization charges established pursuant to Article 19 of the Convention shall be payable by Signatories or authorized telecommunications entities in accordance with arrangements adopted by the Council. These arrangements shall follow as closely as practicable recognized international telecommunications accounting procedures.
- (2) Unless otherwise decided by the Council, Signatories and authorized telecommunications entities shall be responsible for the provision of information to the Organization to enable the Organization to determine all utilization of the INMARSAT space segment and to determine investment shares. The Council shall adopt procedures for submission of the information to the Organization.
- (3) The Council shall institute any appropriate sanctions in cases where payments of utilization charges have been in default for four months or longer after the due date.
- (4) Interest at a rate to be determined by the Council shall be added to any amount unpaid after the scheduled date for payment determined by the Council.

Article VIII

Revenues

- (1) The revenues earned by the Organization shall normally be applied, to the extent that such revenues allow, in the following order of priority, unless the Council decides otherwise:
 - (a) To meet operating, maintenance and administrative costs.
 - (b) To provide such operating funds as the Council may determine to be necessary.
 - (c) To pay to Signatories, in proportion to their respective investment shares, sums representing a repayment of capital in the amount of the provisions for amortization established by the Council and recorded in the accounts of the Organization.
 - (d) To pay to a Signatory which has withdrawn from the Organization or whose membership has been terminated, such sums as may be due to it pursuant to Article XIII.
 - (e) To pay to Signatories, cumulatively in proportion to their respective investment shares, the available balance towards compensation for use of capital.
- (2) In the determination of the rate of compensation for the use of capital of Signatories, the Council shall include an allowance for the risks associated with investment in INMARSAT and, taking into account such allowance, shall fix the rate as close as possible to the cost of money in the world markets.

第7条 使用料の支払

- (1) 条約第19条の規定に従って定められる使用料は、理事会が採択する手続に従い、署名当事者又は権限を与えられた電気通信事業体によって支払われる。この手続は、実行可能な限り、認められた国際電気通信計算手続に従うものとする。
- (2) 理事会が別段の決定を行わない限り、署名当事者及び権限を与えられた電気通信事業体は、機構がインマルサット宇宙部分の全使用量を確定し及び出資率を決定することができよう機構に対して情報を提供する責任を有する。理事会は、機構に対する情報の提供に関する手続を採択する。
- (3) 理事会は、使用料の支払が支払期日の後4ヵ月以上にわたって遅滞した場合には、適当な制裁措置をとる。
- (4) 理事会によって決定された支払期日の後の未払額に対しては、理事会が定める率の利子を付する。

第8条 収入

- (1) 機構が取得する収入は、理事会が別段の決定を行わない限り、その収入が許容する限度において、通常次の優先順位により、次のことに充てられる。
 - (a) 運営、維持及び事務に要する費用
 - (b) 理事会が必要と認める運転資金の積立て
 - (c) 理事会が定めかつ機構の勘定に記録される償却引当金の総額に等しい資本償還額の署名当事者に対する各自の出資率に比例した支払
 - (d) 機構から脱退し又は除名された署名当事者に対し第13条の規定に従って支払われるべき額の支払
 - (e) 資本の使用に對する補償に充てることができる残額の署名当事者に対する各自の出資率に比例した累積的な支払
- (2) 理事会は、署名当事者の資本の使用に對する補償の率を決定するに当たり、

機構への出資に伴う危険負担に対する手当てを含めるものとし、その手当てを考慮した上で、世界市場における金利にできる限り近くなるように率を定める。

- (3) 機構の収入がその運営、維持及び事務に要する費用に充てられるために十分でない場合には、理事会は、機構の運転資金を使用すること、当座貸越契約を用いること、借入れを行うこと若しくは署名当事者に対し各自の現行の出資率に比例した資本の分担を要求することにより又はこれらの方法の組合せにより、その不足を補うことを決定することができる。

第 9 条 勘定の決済

- (1) 第 3 条及び第 6 条から前条までの規定に基づく財務処理に関する署名当事者と機構との間の勘定の決済は、両者の間で移転する資金の額及び理事会が必要と認める運転資金の額を超えることにより機構が処分することのできる資金の額を実行可能な最小限度にとどめるように行う。
- (2) この協定に基づく署名当事者と機構との間のすべての支払は、債権者が受諾する自由に交換することができる通貨で行う。

第 10 条 借入れ

- (1) 機構は、財政上の不足を補うため、十分な取入を得又は資本分担保金を受領するまでの間、理事会の決定に基づき当座貸越契約を行うことができる。
- (2) 機構は、例外的な事情があるときは、条約第 3 条の規定に基づいて機構が実施する活動の費用を賄い又は機構が負う責任を履行するため、理事会の決定に基づき借入れを行うことができる。この借入れの残高は、第 4 条の規定の適用上、契約上の資本債務とする。

- (3) To the extent that the revenues earned by the Organization are insufficient to meet operating, maintenance and administrative costs of the Organization, the Council may decide to meet the deficiency by using operating funds of the Organization, by overdraft arrangements, by raising a loan, by requiring Signatories to make capital contributions in proportion to their respective current investment shares or by any combination of such measures.

Article IX

Settlement of Accounts

- (1) Settlement of accounts between Signatories and the Organization in respect of financial transactions pursuant to Articles III, VI, VII and VIII shall be arranged in such a manner that funds transferred between Signatories and the Organization, as well as funds at the Organization's disposal in excess of the operating funds determined by the Council to be necessary, shall be kept at the lowest practicable level.
- (2) All payments between the Signatories and the Organization pursuant to this Agreement shall be effected in any freely convertible currency acceptable to the creditor.

Article X

Debt Financing

- (1) The Organization may, upon decision by the Council, enter into overdraft arrangements for the purpose of meeting financial deficiencies pending receipt of adequate revenues or capital contributions.
- (2) In exceptional circumstances the Organization may raise loans upon decision by the Council for the purpose of financing any activity undertaken by the Organization in accordance with Article 3 of the Convention or for meeting any liability incurred by it. The outstanding amounts of such loans shall be considered as contractual capital commitments for the purpose of Article IV.

Article XI
Liability

- (1) If the Organization is required by a binding decision rendered by a competent tribunal or as a result of a settlement agreed to or concurred in by the Council, to pay any claim, including any costs or expenses associated therewith, which arises out of any act or obligation of the Organization carried out or incurred in pursuance of the Convention or this Agreement, the Signatories shall, to the extent that the claim is not satisfied by indemnification, insurance or other financial arrangements, pay to the Organization the amount unsatisfied on the claim in proportion to their respective investment shares as at the date when the liability arose, notwithstanding any ceiling established by or pursuant to Article IV.
- (2) If a Signatory, in its capacity as such, is required by a binding decision rendered by a competent tribunal or as a result of a settlement agreed to or concurred in by the Council, to pay any claim, including any costs or expenses associated therewith, which arises out of any act or obligation of the Organization carried out or incurred in pursuance of the Convention or this Agreement, the Organization shall reimburse the Signatory to the extent the Signatory has paid the claim.
- (3) If such a claim is asserted against a Signatory, that Signatory, as a condition of payment by the Organization, shall without delay notify the Organization of the claim, and shall afford it the opportunity to advise on or to conduct the defence or other disposition of the claim and, to the extent permitted by the law of the jurisdiction in which the claim is brought, to become a party to the proceeding either with the Signatory or in substitution for it.
- (4) If the Organization is required to reimburse a Signatory under this Article, the Signatories shall, to the extent that the reimbursement is not satisfied by indemnification, insurance or other financial arrangements, pay to the Organization the unsatisfied amount of the claimed reimbursement in proportion to their respective investment shares as at the date when the liability arose, notwithstanding any ceiling established by or pursuant to Article IV.

第11条 責任

- (1) 機構が、権限のある裁判所の拘束力を有する決定により又は理事会の同意した解決の結果として、条約及びこの協定に基づき自己が行い又は負う行為又は義務から生ずる請求（付随する費用を含む。）に対する支払を要求された場合には、署名当事者は、第4条の規定に基づく資本限度額にかかわらず、その請求の額が求償、保険その他財政措置によって満たされない限度において、責任が生じた日における各自の出資率に比例して、その請求の残額を機構に支払う。
- (2) いずれかの署名当事者が、その資格において、権限のある裁判所の拘束力を有する決定により又は理事会の同意した解決の結果として、条約及びこの協定に基づき機構が行い又は負う行為又は義務から生ずる請求（付随する費用を含む。）に対する支払を要求された場合には、機構は、その署名当事者が支払った請求の額をその署名当事者に支払う。
- (3) (2)の請求がいずれかの署名当事者に対して提起された場合に機構による支払を受けるためには、その署名当事者は、遅滞なくその請求について機構に通告し、また、機構がその請求に対する防禦その他の措置につき助言し又はこれらの措置をとる機会及びその請求が提起された法廷地の法律の認める範囲内で自己とともに又は自己に代わって訴訟当事者となる機会を機構に与える。
- (4) この条の規定に従い機構がいずれかの署名当事者に対する支払を要求された場合には、署名当事者は、第4条の規定に基づく資本限度額にかかわらずその支払の額が求償、保険、その他財政措置によって満たされない限度において、責任が生じた日における各自の出資率に比例して、その要求された支払の残額を機構に払い込む。

Article XII

Exoneration from Liability arising from the Provision of Telecommunications Services

Neither the Organization, nor any Signatory in its capacity as such, nor any officer or employee of any of them, nor any member of the board of directors of any Signatory, nor any representative to any organ of the Organization acting in the performance of their functions, shall be liable to any Signatory or to the Organization for loss or damage sustained by reason of any unavailability, delay or faultiness of telecommunications services provided or to be provided pursuant to the Convention or this Agreement.

Article XIII

Settlement upon Withdrawal or Termination

(1) Within three months after the effective date of withdrawal or termination of the membership of a Signatory pursuant to Articles 29 or 30 of the Convention, the Council shall notify the Signatory of the evaluation by the Council of its financial status in relation to the Organization as at the effective date of its withdrawal or termination and of the proposed terms of settlement pursuant to paragraph (3). The notification shall include a statement of:

- (a) The amount payable by the Organization to the Signatory, calculated by multiplying its investment share, as at the effective date of withdrawal or termination, by the amount established from a valuation effected pursuant to Article VI as at that date.
 - (b) Any amount to be paid by the Signatory to the Organization representing its share of capital contributions for contractual commitments specifically authorized prior to the receipt of notice of decision to withdraw or, as the case may be, prior to the effective date of termination, together with the proposed schedule for payment.
 - (c) Any other amounts due from the Signatory to the Organization as at the effective date of withdrawal or termination.
- (2) In its evaluation pursuant to paragraph (1), the Council may decide to relieve the Signatory in whole or in part of its responsibility for contributing its share of the capital contributions for contractual commitments specifically authorized and liabilities arising from acts or omissions prior to the receipt of notice of decision to withdraw or, as the case may be, the effective date of termination.

第12条 電気通信業務の提供から生ずる責任の免除

機構若しくは署名当事者としての資格における署名当事者又は、各自の任務遂行に当たっては、それらの職員若しくは使用人、署名当事者の役員の構成若しくは機構の機関への代表は、条約及びこの協定に従って提供され又は提供されることとなる電気通信業務の停止、遅滞又は欠陥によって被る損失又は損害につき署名当事者又は機構に対しいかなる責任をも負わない。

第13条 脱退又は除名に伴う決済

(1) 理事会は、署名当事者の脱退又は除名が条約第29条又は第30条の規定に従って効力を生じた日の後3か月以内に、その脱退又は除名の効力発生の日現在の機構との関係におけるその署名当事者の財務状況について行った評価及び(3)の規定に従って提案する決済条件をその署名当事者に通告する。

その通告には、次の額の明細を含む。

- (a) 機構が当該署名当事者に支払う額。この額は、脱退又は除名の効力発生の日における当該署名当事者の出資率に、第6条の規定に従って算定されるその日現在の評価額を乗じて算出する。
 - (b) 脱退の決定の通告の受領前又は除名の効力発生の日前に明確に公認された契約上の債務に係る資本金の自己の分担額として当該署名当事者が機構に支払う額。これについては、支払計画案を添付する。
 - (c) 脱退又は除名の効力発生の日現在において当該署名当事者が機構に支払うべき額。
- (2) 理事会は、(1)に規定する評価を行うに当たり、当該署名当事者に対し、脱退の決定の通告の受領の前又は除名の効力発生の日前に明確に公認された契約上の債務及びその日現在の作為又は不作為から生ずる責任に係る資本金の自己の分担額を負担する責任の全部又は一部を免除することを決定することができる。

(3) 当該署名当事者が(1)(b)及び(c)の規定に従って支払うべき額を支払うことを条件として、機構は、第8条の規定を考慮に入れて、当該署名当事者に対し、他の署名当事者の資本分担金が償還される期間に等しい期間又は理事会が認めるそれよりも短い期間内に、(1)(a)及び(b)に規定する額を償還する。理事会は、決済上の未払額につき、当該署名当事者に対し又は当該署名当事者によって支払われる利子の率を時々により定める。

(4) この条の規定に基づく決済は、理事会が別段の決定を行わない限り、当該署名当事者に対し、脱退の決定の通告の受領の日前又は除名の効力発生の日前の機構の作為又は不作為から生ずる契約外の責任に係る資本分担金の自己の分担額を負担する責任を免除するものではない。

(5) 署名当事者は、その資格において取得した権利であって、脱退又は除名の効力発生の日の後も継続し、かつ、この条の規定に基づく決済によって補償を受けていないものを失うことはない。

第14条 地球局の承認

(1) インマルサット宇宙部分を使用するためには、すべての地球局は、条約第15条(c)の規定に基づき理事会が定める基準及び手続に従って機構の承認を受けなければならない。

(2) (1)の承認の申請は、締約国の領域内に設置され又は設置を予定されている陸上地球局にあってはその締約国の署名当事者により、締約国の権限の下で免許される船舶上又は海域で運用される構造物上の地球局にあってはその締約国又はその締約国の署名当事者により、締約国の管轄権の下にない領域内の地球局、船舶上又は海域で運用される構造物上に設置される地球局にあっては権限を与えられた電気通信事業体により、機構に提出される。

(3) (2)に規定する申請者は、申請した地球局に関して、機構に対し、その申請した地球局が機構によって定められる手続及び基準を遵守することについて責任を負う。ただし、署名当事者が申請を提出した場合において、その署名

(3) Subject to payment by the Signatory of any amounts due from it under subparagraphs (1)(b) and (c), the Organization, taking into account Article VIII, shall repay to the Signatory the amounts referred to in subparagraphs (1)(a) and (b) over a period consistent with the period over which the remaining Signatories will be repaid their contributions, or sooner if the Council so decides. The Council shall determine the rate of interest to be paid to or by the Signatory in respect of any amounts which may, from time to time, be outstanding for settlement.

(4) Unless the Council decides otherwise, a settlement pursuant to this Article shall not relieve the Signatory of its obligation to contribute its share of the non-contractual liabilities arising from acts or omissions of the Organization prior to the date of receipt of notice of decision to withdraw or, as the case may be, prior to the effective date of termination.

(5) The Signatory shall not lose any rights acquired by it, in its capacity as such, which would otherwise continue after the effective date of withdrawal or termination, and for which it has not been compensated by the settlement pursuant to this Article.

Article XIV

Earth Station Approval

(1) In order to utilize the INMARSAT space segment, all earth stations shall require approval by the Organization in accordance with criteria and procedures established by the Council pursuant to Article 15(c) of the Convention.

(2) Any application for such approval shall be submitted to the Organization by the Signatory of the Party in whose territory the earth station on land is or will be located, or by the Party or the Signatory of the Party under whose authority the earth station on a ship or on a structure operating in the marine environment is licensed or, with respect to earth stations located in a territory or on a ship or on a structure operating in the marine environment not under the jurisdiction of a Party, by an authorized telecommunications entity.

(3) Each applicant referred to in paragraph (2) shall, with respect to earth stations for which it has submitted an application, be responsible to the Organization for compliance of such stations with the procedures and standards specified by the Organization, unless, in the case of a Signatory which has submitted an application, its designating Party assumes this responsibility.

当事者を指定した締約国が責任を引き受けるとみなす。

第15条 インマルサット宇宙部分の使用

- (1) インマルサット宇宙部分の使用の申請は、署名当事者又は締約国の管轄権の下にない領域の場合には、権限を与えられた電気通信事業者が機構に提出する。
- (2) 使用については、条約第15条(c)の規定に基づき理事会が定める基準及び手続に従って機構の承認を受ける。
- (3) インマルサット宇宙部分を使用することを承認された署名当事者又は権限を与えられた電気通信事業者は、その使用に関して機構が定めるすべての条件を遵守する責任を負う。ただし、署名当事者が申請を提出した場合において、その署名当事者が所有せず又は運用しない地球局の全部又は一部について与えられた承認に関しその署名当事者を指定した締約国が責任を引き受けるとみなす。

第16条 紛争の解決

- (1) 条約又はこの協定に基づく権利及び義務に関し署名当事者相互の間又は署名当事者と機構との間に生ずる紛争は、紛争の当事者間の交渉によって解決しなければならぬ。紛争のいずれかの当事者が解決を要請した時から1年以内に解決が得られない場合において、紛争を解決するための特別の手続が紛争の当事者間で合意されないときは、その紛争は、紛争のいずれかの当事者の要請により、条約の附属書に従って仲裁に付する。
- (2) 機構の1若しくは2以上の署名当事者との間で締結した協定の下で両者の間に生ずる紛争は、別段の合意をしない限り、紛争のいずれかの当事者が解決を要請した時から1年以内に行われる紛争のいずれかの当事者の要請により、条約の附属書に従って仲裁に付する。
- (3) 署名当事者でなくなった署名当事者は、この協定の署名当事者であったこ

Article XV

Utilization of the INMARSAT Space Segment

- (1) Any application for utilization of the INMARSAT space segment shall be submitted to the Organization by a Signatory or, in the case of a territory not under the jurisdiction of a Party, by an authorized telecommunications entity.
- (2) Utilization shall be authorized by the Organization in accordance with criteria and procedures established by the Council pursuant to Article 15(c) of the Convention.
- (3) Each Signatory or authorized telecommunications entity for which utilization of the INMARSAT space segment has been authorized shall be responsible for compliance with all conditions established by the Organization with respect to such utilization unless, in the case of a Signatory which has submitted an application, its designating Party assumes the responsibility for authorizations made with respect to all or some of the earth stations not owned or operated by that Signatory.

Article XVI

Settlement of Disputes

- (1) Disputes arising between Signatories, or between Signatories and the Organization, relating to rights and obligations under the Convention or this Agreement, should be settled by negotiation between the parties to the dispute. If within one year of the time any party to the dispute has requested settlement a settlement has not been reached, and if a particular procedure for settling disputes has not been agreed between the parties to the dispute, the dispute shall be submitted to arbitration in accordance with the Annex to the Convention at the request of any party to the dispute.
- (2) Unless otherwise mutually agreed, disputes arising between the Organization and one or more Signatories under agreements concluded between them shall be submitted to arbitration in accordance with the Annex to the Convention at the request of one of the parties to the dispute within a period of one year from the time that settlement was requested by any party to the dispute.
- (3) A Signatory which ceases to be a Signatory shall remain bound by this Article in respect of disputes relating to rights and obligations arising from its having been a Signatory of this Agreement.

とから生ずる権利及び義務に関する紛争については、この条の規定に引き続き拘束される。

第17条 効力発生

- (1) この協定は、各署名当事者につき、条約第33条の規定に従い当該締約国について条約が効力を生ずる日に効力を生ずる。
- (2) この協定は、条約が効力を有する限り効力を有する。

第18条 改正

- (1) いずれの締約国及び署名当事者も、この協定の改正を提案することができ、改正案は、事務局に提出するものとし、事務局は、これを他の締約国及び署名当事者に通報する。理事会による改正案の審議には、3カ月の予告を必要とする。この期間中に、事務局は、すべての署名当事者の見解を求め、送付する。理事会は、改正案をその送付の時から6カ月以内に審議する。総会は、理事会による承認の後6カ月を経過した後に、改正案を審議する。総会は、特別の場合には、実質事項に関する決定の手続により、この期間を短縮することができる。
- (2) 理事会による承認の後に総会が採択した改正は、その採択の時に附ける署名当事者の3分の2であってその時に附ける出資率の全体の3分の2以上を有するものによる承認の通告を寄託者が受領した後120日で効力を生ずる。改正の承認の通告は、当該締約国によってのみ寄託者に送付されるものとし、その送付は、当該締約国によるその改正の受諾を意味する。改正は、効力発生の後は、すべての署名当事者（改正を受諾していないものを含む。）を拘束する。

Article XVII

Entry into Force

- (1) This Agreement shall enter into force for a Signatory on the date on which the Convention enters into force for the respective Party in accordance with Article 33 of the Convention.
- (2) This Agreement shall continue in force for as long as the Convention is in force.

Article XVIII

Amendments

- (1) Amendments to this Agreement may be proposed by any Party or Signatory. Proposed amendments shall be submitted to the Directorate, which shall inform the other Parties and Signatories. Three months' notice is required before consideration of an amendment by the Council. During this period the Directorate shall solicit and circulate the views of all Signatories. The Council shall consider amendments within six months from circulation. The Assembly shall consider the amendment not earlier than six months after the approval by the Council. This period may in any particular case be reduced by the Assembly by a substantive decision.
- (2) If confirmed by the Assembly after approval by the Council, the amendment shall enter into force one hundred and twenty days after the Depositary has received notice of its approval by two-thirds of those Signatories which at the time of confirmation by the Assembly were Signatories and then held at least two-thirds of the total investment shares. Notification of approval of an amendment shall be transmitted to the Depositary only by the Party concerned and the transmission shall signify the acceptance by the Party of the amendment. Upon entry into force, the amendment shall become binding upon all Signatories, including those which have not accepted it.

Article XIX

Depositary

- (1) The Depositary of this Agreement shall be the Secretary-General of the International Maritime Consultative Organization.
- (2) The Depositary shall promptly inform all signatory and acceding States and all Signatories of:
 - (a) Any signature of this Agreement.
 - (b) The entry into force of this Agreement.
 - (c) The adoption of any amendment to this Agreement and its entry into force.
 - (d) Any notification of withdrawal.
 - (e) Any suspension or termination.
 - (f) Other notifications and communications relating to this Agreement.
- (3) Upon entry into force of this Agreement the Depositary shall transmit a certified copy to the Secretariat of the United Nations for registration and publication in accordance with Article 102 of the Charter of the United Nations

IN WITNESS WHEREOF the undersigned, duly authorized, have signed this Agreement.

DONE AT LONDON this third day of September one thousand nine hundred and seventy-six in the English, French, Russian and Spanish languages, all the texts being equally authentic, in a single original which shall be deposited with the Depositary, who shall send a certified copy to the Government of each of the States which were invited to attend the International Conference on the Establishment of an International Maritime Satellite System, to the Government of any other State which signs or accedes to the Convention and to each Signatory.

第19条 寄託者

- (1) 政府間海事協議機関の事務局長をこの協定の寄託者とする。
- (2) 寄託者は、条約のすべての署名国及び加入国並びにすべての署名当事者に対し速やかに次の事項を通知する。
 - (a) この協定の署名
 - (b) この協定の効力発生
 - (c) この協定の改正の採択及び効力発生
 - (d) 脱退の通告
 - (e) 資格停止及び除名
 - (f) この協定に関するその他の通告及び通報
- (3) 寄託者は、この協定が効力を生じたときは、国際連合憲章第102条の規定に基づき登録及び公表のため国際連合事務局に認証原本を送付する。

以上の証拠として、下名は、正当に委任を受けてこの協定に署名した。

1976年9月3日にロンドンで、ひとしく正文である英語、フランス語、ロシア語、スペイン語により本書1通を作成した。その本書は、寄託者に寄託するものとし、寄託者は、認証原本を、国際海事衛星組織の設立に関する国際会議に参加するよう招請された国の政府及び条約に署名し又は加入するその他の国の政府並びにそれぞれの署名当事者を送付する。

PROCEDURES FOR THE SETTLEMENT OF DISPUTES REFERRED TO
IN ARTICLE 31 OF THE CONVENTION AND ARTICLE XVI
OF THE OPERATING AGREEMENT

Article 1

Disputes cognizable pursuant to Article 31 of the Convention or Article XVI of the Operating Agreement shall be dealt with by an arbitral tribunal of three members.

Article 2

Any petitioner or group of petitioners wishing to submit a dispute to arbitration shall provide each respondent and the Directorate with a document containing:

- (a) A full description of the dispute, the reasons why each respondent is required to participate in the arbitration, and the measures being requested
- (b) The reasons why the subject matter of the dispute comes within the competence of a tribunal and why the measures requested can be granted if the tribunal finds in favour of the petitioner
- (c) An explanation why the petitioner has been unable to achieve a settlement of the dispute by negotiation or other means short of arbitration
- (d) Evidence of the agreement or consent of the disputants when this is a condition for arbitration
- (e) The name of the person designated by the petitioner to serve as a member of the tribunal

The Directorate shall promptly distribute a copy of the document to each Party and Signatory.

Article 3

- (1) Within sixty days from the date copies of the document described in Article 2 have been received by all the respondents, they shall collectively designate an individual to serve as a member of the tribunal. Within that period, the respondents may jointly or individually provide each disputant and the Directorate with a document stating their individual or collective responses to the document referred to in Article 2 and including any counter-claims arising out of the subject matter of the dispute.

附 属 書 条 約 第 3 1 条 及 び 運 用 協 定 第 1 6
条 に 規 定 す る 紛 争 の 解 決 手 続

第 1 条

条約第 3 1 条又は運用協定第 1 6 条の規定に基づいて仲裁に付される紛争は、3 人の仲裁人から成る仲裁裁判所が取り扱う。

第 2 条

紛争を仲裁に付することを希望する申立人又は申立人の集団は、各相手方及び事務局に対し次の事項を記載した文書を提出する。

- (a) 紛争についての詳細な記述、各相手方が仲裁に参加することを必要とする理由及び求める措置
- (b) 紛争の対象である事項が仲裁裁判所の権限内にある理由及び仲裁裁判所が申立人に有利に決定する場合に、求める措置を認めなければならない理由
- (c) 申立人が交渉により又は仲裁以外の方法によって紛争を解決することができなかった理由についての説明
- (d) 当事者の合意のあることが仲裁を行うための条件となる場合には、その合意の証明
- (e) 申立人が仲裁人として指名する 1 人の者の氏名

事務局は、各締約国及び各署名当事者に当該文書の写しを速やかに配布する。

第 3 条

- (1) 相手方は、すべての相手方が前条の文書の写しを受領した日から 6 0 日以内に、仲裁人として 1 人の者を共同して指名する。相手方は、単独で又は共同して、その期間内に各当事者及び事務局に対し同条の文書に対する単独又は共同の答弁（紛争の対象である事項から生ずる反対請求を含む。）を文書によって提出することができる。

(2) Within thirty days after the designation of the two members of the tribunal, they shall agree on a third arbitrator. He shall not be of the same nationality as, or resident in the territory of, any disputant, or in its service.

(3) If either side fails to nominate an arbitrator within the period specified or if the third arbitrator is not appointed within the period specified, the President of the International Court of Justice, or, if he is prevented from acting or is of the same nationality as a disputant, the Vice-President, or, if he is prevented from acting or is of the same nationality as a disputant, the senior judge who is not of the same nationality as any disputant, may at the request of either disputant, appoint an arbitrator or arbitrators as the case requires.

(4) The third arbitrator shall act as president of the tribunal.

(5) The tribunal is constituted as soon as the president is selected.

Article 4

(1) If a vacancy occurs in the tribunal for any reason which the president or the remaining members of the tribunal decide is beyond the control of the disputants, or is compatible with the proper conduct of the arbitration proceedings, the vacancy shall be filled in accordance with the following provisions:

(a) If the vacancy occurs as a result of the withdrawal of a member appointed by a side to the dispute, then that side shall select a replacement within ten days after the vacancy occurs.

(b) If the vacancy occurs as a result of the withdrawal of the president or of a member appointed pursuant to Article 3(3), a replacement shall be selected in the manner described in paragraph (2) or (3), respectively, of Article 3.

(2) If a vacancy occurs for any other reason, or if a vacancy occurring pursuant to paragraph (1) is not filled, the remainder of the tribunal shall have the power, notwithstanding Article 1, upon request of one side, to continue the proceedings and give the final decision of the tribunal.

(2) 2人の仲裁人が指名された後30日以内に、これらの仲裁人は、第3の仲裁人を合意によって選定する。第3の仲裁人は、いずれの当事者とも同一の国籍を有しておらず、いずれの当事者とも同一の領域内に居所を有しておらず、かつ、いずれの当事者にも雇用されていない者でなければならぬ。

(3) いずれか一方の当事者が所定の期間内に仲裁人を指名しない場合は第3の仲裁人が所定の期間内に任命されない場合には、国際司法裁判所の所長（所長が職務を遂行することができない場合はいずれかの当事者と同じの国籍を有する場合に、次長。次長が職務を遂行することができない場合はいずれかの当事者と同じの国籍を有する場合に、いずれの当事者とも同一の国籍を有しない専任の裁判官）は、いずれか一方の当事者の要請により、1人又は2人の仲裁人を任命することができる。

(4) 第3の仲裁人は、仲裁裁判所の長として行動する。

(5) 仲裁裁判所は、その長が選定された時に構成される。

第 4 条

(1) 仲裁裁判所に空席が生じた場合において、その理由が仲裁手続の当事者にとってやむを得ない事情によるもの又は仲裁手続の適正な進行に反しないものであると仲裁裁判所の長又は残りの仲裁人が認めるときは、その空席は、次の規定に従って補充する。

(a) 空席が当事者によって任命された仲裁人が欠けた結果生じた場合には、その当事者は、空席が生じた後10日以内に後任者を選定する。

(b) 空席が仲裁裁判所の長が欠けた結果又は前条(3)の規定に従って任命された仲裁人が欠けた結果生じた場合には、後任者は、それぞれ同条(2)又は(3)に定める方法で選定される。

(2) 空席がその他の理由によって生じた場合は(1)に規定する理由によって生じた空席が補充されない場合には、残りの仲裁人は、第1条の規定にかかわ

Article 5

- (1) The tribunal shall decide the date and place of its meetings.
- (2) The proceedings shall be held in private and all material presented to the tribunal shall be confidential. However, the Organization and any Party which has designated a Signatory which is a disputant in the proceedings shall have the right to be present and shall have access to the material presented. When the Organization is a disputant in the proceedings, all Parties and all Signatories shall have the right to be present and shall have access to the material presented.
- (3) In the event of a dispute over the competence of the tribunal, the tribunal shall deal with that question first.
- (4) The proceedings shall be conducted in writing, and each side shall have the right to submit written evidence in support of its allegations of fact and law. However, oral arguments and testimony may be given if the tribunal considers it appropriate.
- (5) The proceedings shall commence with the presentation of the case of the petitioner containing its arguments, related facts supported by evidence and the principles of law relied upon. The case of the petitioner shall be followed by the counter-case of the respondent. The petitioner may submit a reply to the counter-case of the respondent and the respondent may submit a rejoinder. Additional pleadings shall be submitted only if the tribunal determines they are necessary.
- (6) The tribunal shall hear and determine counter-claims arising directly out of the subject matter of the dispute, if the counter-claims are within its competence as defined in Article 31 of the Convention and Article XVI of the Operating Agreement.
- (7) If the disputants reach an agreement during the proceedings, the agreement shall be recorded in the form of a decision of the tribunal given by consent of the disputants.

らず、いずれか一方の当事者の要請により、仲裁手続を継続し及び仲裁裁判所の最終決定を行う権限を有する。

第 5 条

- (1) 仲裁裁判所は、開廷の日及び場所を決定する。
- (2) 仲裁手続は、公開せず、仲裁裁判所に提出されるすべての資料は、秘密とする。もともと、機構及び仲裁手続の当事者である署名当事者を指定した締約国は、出席する権利を有するものとし、提出された資料について知ることができ、機構が仲裁手続の当事者である場合には、すべての締約国及び署名当事者は、出席する権利を有するものとし、提出された資料について知ることができ。
- (3) 仲裁裁判所は、その権限について争いがある場合には、最初にその問題を取り扱う。
- (4) 仲裁手続は、書面によって行う。各当事者は、事実及び法に係る自己の主張を裏づける証拠を書面によって提出する権利を有する。ただし、仲裁裁判所が適当と認めるときは、口頭で陳述及び証言を行うことができる。
- (5) 仲裁手続は、申立人が自己の主張、関係事実及びその証拠並びに援用する法の原則についての申立てを行うことによって開始される。その申立てに対して相手方の反対申立てが行われる。申立人は、相手方の反対申立てに対して答弁を行うことができるものとし、相手方は、再答弁を行うことができる。その後の陳述は、仲裁裁判所が必要であると決定した場合に限り行うことができる。
- (6) 仲裁裁判所は、紛争の対象である事項から直接に生ずる反対請求を審理し、決定する。ただし、その反対請求が条約第 31 条及び運用協定第 16 条に規定する仲裁裁判所の権限内にある場合に限る。
- (7) 当事者が仲裁手続の期間中に合意に達した場合には、その合意は、当事者の合意による仲裁裁判所の決定として記録する。

(8) At any time during the proceedings, the tribunal may terminate the proceedings if it decides the dispute is beyond its competence as defined in Article 31 of the Convention or Article XVI of the Operating Agreement.

(9) The deliberations of the tribunal shall be secret.

(10) The decisions of the tribunal shall be presented in writing and shall be supported by a written opinion. Its rulings and decisions must be supported by at least two members. A member dissenting from the decision may submit a separate written opinion.

(11) The tribunal shall forward its decision to the Directorate, which shall distribute it to all Parties and Signatories.

(12) The tribunal may adopt additional rules of procedure, consistent with those established by this Annex, which are appropriate for the proceedings.

Article 6

If one side fails to present its case, the other side may call upon the tribunal to give a decision on the basis of its presentation. Before giving its decision, the tribunal shall satisfy itself that it has competence and that the case is well-founded in fact and in law.

Article 7

(1) Any Party whose Signatory is a disputant shall have the right to intervene and become an additional disputant. Intervention shall be made by written notification to the tribunal and to the other disputants.

(2) Any other Party, any Signatory or the Organization may apply to the tribunal for permission to intervene and become an additional disputant. The tribunal shall grant permission if it determines that the applicant has a substantial interest in the case.

(8) 仲裁裁判所は、紛争が条約第 31 条及び運用協定第 16 条に規定する自己の権限外のものであると決定する場合には、仲裁手続の期間中いつでも、仲裁手続を終了させることができる。

(9) 仲裁裁判所の評議は、秘密とする。

(10) 仲裁裁判所の決定は、書面によって行うものとし、その書面には、決定の理由を付する。その決定は、2 人以上の仲裁人によって支持されなければならない。その決定に同意しない仲裁人は、その意見を記載した別個の書面を提出することができる。

(11) 仲裁裁判所は、その決定を事務局に送付する。事務局は、すべての締約国及び署名当事者に対し当該決定を配布する。

(12) 仲裁裁判所は、仲裁手続に有用であり、かつ、この附属書に規定する手続規則に適合する追加の手続規則を採択することができる。

第 6 条

一方の当事国がその立場を表明しない場合には、他方の当事者は、仲裁裁判所に対し自己の申立てに基づいて決定することを求めることができる。仲裁裁判所は、その決定に先立ち、自己が権限を有すること並びに当該他方の当事者の立場が事実及び法において十分な根拠を有することを確認する。

第 7 条

(1) 当事者である署名当事者を指定した締約国は、仲裁手続に参加する権利及び追加の当事者となる権利を有する。参加は、仲裁裁判所及び他の当事者に対する書面による通告によって行う。

(2) 他の締約国並びに署名当事者及び機構は、仲裁裁判所に対し、仲裁手続に参加し及び追加の当事者となるための許可を申請することができる。仲裁裁判所は、申請者が当該紛争に実質的な利害関係を有すると決定する場合には、その申請を承認する。

Article 8

The tribunal may appoint experts to assist it at the request of a disputant or on its own initiative.

第 8 条

仲裁裁判所は、いずれかの当事者の要請により又は職権により、自己を補佐する専門家を任命することができる。

Article 9

Each Party, each Signatory and the Organization shall provide all information which the tribunal, at the request of a disputant or on its own initiative, determines to be required for the handling and determination of the dispute.

第 9 条

各締約国、各署名当事者及び機構は、仲裁裁判所が、いずれかの当事者の要請により又は職権により、紛争の処理及び解決に必要であると決定するすべての情報を提供する。

Article 10

Pending the final decision, the tribunal may indicate any provisional measures which it considers ought to be taken to preserve the respective rights of the disputants.

第 10 条

仲裁裁判所は、最終決定までの間、各当事者の権利を保全するために必要と認める暫定措置を指示することができる。

Article 11

(1) The decision of the tribunal shall be in accordance with international law and be based on:

- (a) The Convention and the Operating Agreement.
- (b) Generally accepted principles of law.

第 11 条

(1) 仲裁裁判所の決定は、国際法に従うものとし、また、(a)条約及び運用協定並びに(b)一般に認められた法の原則に基づかなければならない。

(2) 仲裁裁判所の決定(第5条(7)の規定に基づく当事者の合意によるものを含む。)は、すべての当事者を拘束し、すべての当事者は、決定を誠実に履行する。機構が当事者である場合において、機構のいずれかの機関の決定が条約及び運用協定によって認められず又はそれはそれに適合しないという理由により無効であると仲裁裁判所が決定するときは、その仲裁裁判所の決定は、すべての締約国及び署名当事者を拘束する。

(3) 仲裁裁判所の決定の意味又は範囲に関して紛争が生じた場合には、当該仲裁裁判所は、いずれかの当事者の要請により、その決定を解釈する。

第 12 条

仲裁裁判所が紛争の特殊な事情により別段の決定を行わない限り、仲裁裁判所の費用（仲裁人の報酬を含む。）は、双方の当事者が均等に分担する。一方又は双方の当事者が2以上の当事者から成る場合には、仲裁裁判所は、当該一方の当事者の分担額を当該当事者の間に割り当てる。機構が当事者である場合には、仲裁に係る費用は、機構の事務費とみなす。

Article 12

Unless the tribunal determines otherwise because of the particular circumstances of the case, the expenses of the tribunal, including the remuneration of the members of the tribunal, shall be borne in equal shares by each side. Where a side consists of more than one disputant, the tribunal shall apportion the share of that side among the disputants on that side. Where the Organization is a disputant, its expenses associated with the arbitration shall be regarded as an administrative cost of the Organization.

ANNEX

INVESTMENT SHARES PRIOR TO THE FIRST DETERMINATION
ON THE BASIS OF UTILIZATION

(a) The initial investment shares of the signatories of the States listed below shall be as follows:

UNITED STATES	17.00
UNITED KINGDOM	12.00
USSR, Byelorussian SSR and Ukrainian SSR	11.00
NORWAY	9.50
JAPAN	8.45
ITALY	4.37
FRANCE	3.50
GERMANY, FEDERAL REPUBLIC OF	3.50
GREECE	3.50
NETHERLANDS	3.50
CANADA	3.20
SPAIN	2.50
SWEDEN	2.30
DENMARK	2.10
AUSTRALIA	2.00
INDIA	2.00
BRAZIL	1.50
KUWAIT	1.48
POLAND	1.48
ARGENTINA	0.75
BELGIUM	0.75
FINLAND	0.75
GERMAN DEMOCRATIC REPUBLIC	0.74
SINGAPORE	0.62
NEW ZEALAND	0.44
BULGARIA	0.33
CUBA	0.33
INDONESIA	0.33
IRAN	0.33
CHILE	0.25
PERU	0.25
SWITZERLAND	0.25
LIBERIA	0.10
ALGERIA	0.05
EGYPT	0.05
GHANA	0.05
IRAQ	0.05
THAILAND	0.05
TURKEY	0.05
UNITED REPUBLIC OF CAMEROON	0.05
Total:	101.45

附属書 使用量を基礎とする第1回の決定前の出資率

(a) 次に掲げる国の署名当事者の当初出資率は、次のとおりとする。

アメリカ合衆国	17.00
連合王国	12.00
ソヴェト連邦、白ロシア及びウクライナ	11.00
ノールウェー	9.50
日本国	8.45
イタリア	4.37
フランス	3.50
ドイツ連邦共和国	3.50
ギリシャ	3.50
オランダ	3.50
カナダ	3.20
スペイン	2.50
スウェーデン	2.30
デンマーク	2.10
オーストラリア	2.00
インド	2.00
ブラジル	1.50
クウェイト	1.48
ポーランド	1.48
アルゼンチン	0.75
ベルギー	0.75
フィンランド	0.75
ドイツ民主共和国	0.74
シンガポール	0.62
ニューゼaland	0.44
ブルガリア	0.33
キューバ	0.33
インドネシア	0.33
イラン	0.33
チリ	0.25
ペルー	0.25
スイス	0.25
リベリア	0.10
アルジェリア	0.05
エジプト	0.05
ガーナ	0.05
イラク	0.05
タイ	0.05
トルコ	0.05
カメルーン共和国	0.05
Total:	101.45

ニュージーランド	0.44
ブルガリア	0.33
キューバ	0.33
インドネシア	0.33
イラン	0.33
ナリ	0.25
ペルー	0.25
スイス	0.25
リベリア	0.10
アルジェリア	0.05
エジプト	0.05
ガーナ	0.05
イラク	0.05
タイ	0.05
トルコ	0.05
カメルーン連合共和国	0.05
合 計	101.45

- (b) (a)に掲げる国が指定する運用協定の署名当事者は、次の場合には、条約及び運用協定の効力発生前に、(a)に掲げる当初出資率よりも高い当初出資率を受諾することができる。
- (i) 他の署名当事者がそれに対応する低い当初出資率を受諾する場合
- (ii) 条約及び運用協定が署名のために開放された日の後24ヵ月以内に効力を生じない場合
- 関係署名当事者は、寄託者に通報するものとし、寄託者は、当初出資率の修正表を作成し、その表に掲げるすべての国に送付する。
- (c) (a)に掲げられていない国の署名当事者は、運用協定の効力発生前に運用協

- (b) Any signatory to the Operating Agreement designated by a State listed above may, prior to the entry into force of the Convention and the Operating Agreement, accept an initial investment share higher than that listed in paragraph (a) if:
- (i) other signatories accept a correspondingly lower initial investment share; or
- (ii) the Convention and the Operating Agreement have not entered into force twenty-four months after they were opened for signature.

The signatories concerned shall inform the Depositary, who shall prepare and distribute a revised list of initial investment shares to all States included in the list of initial investment shares.

- (c) A signatory of a State not listed in paragraph (a), on signing the Operating Agreement

prior to its entry into force, shall declare to the Depositary its initial investment share, which shall correspond to its projected proportionate utilization of the IN/ARH/SAT space segment. The Depositary shall add the new signatory and its initial investment share to the list of initial investment shares in paragraph (a). The revised list shall be sent to all States included in the list. The initial investment share of the new signatory shall be subject subsequently to approval or adjustment by the Council. If the Council adjusts the share, it shall adjust proportionately the initial investment shares of all Signatories and, subsequently, the investment shares of all Signatories.

(d) Upon entry into force of the Operating Agreement, the investment shares of Signatories shall be determined by adjusting the initial investment shares of Signatories proportionately so that the sum of all investment shares amounts to 100 per cent.

(e) The initial investment share of any Signatory which is not included in the list in paragraph (a) and which signs the Operating Agreement after its entry into force, and for any Signatory included in the list of initial investment shares for which the Operating Agreement has not entered into force thirty-six months after it was opened for signature, shall be determined by the Council and shall be included in a revised list of initial investment shares of all Signatories.

(f) When a new Party enters the Organization or when a Party withdraws from the Organization or its membership is terminated, the investment shares of all Signatories shall be determined by adjusting proportionately the initial investment shares of all Signatories so that the sum of all investment shares amounts to 100 per cent.

(g) Investment shares of 0.05 per cent determined in accordance with paragraph (8) of Article V of the Operating Agreement, shall not be increased pursuant to paragraphs (c), (d), (e) and (f) of this Annex.

定に署名する際に、インマルサット宇宙部分の使用量に占める自己の予制使用量の割合に等しい当初出資率を寄託者に申告する。寄託者は、(a)の当初出資率の表に新たな署名当事者及びその当初出資率を追加する。修正表は、その表に掲げるすべての国に送付する。新たな署名当事者の当初出資率は、その後、理事会による承認又は調整を受ける。理事会は、この出資率の調整を行う場合には、すべての署名当事者の当初出資率を比例的に調整するものとし、その後の出資率の調整についても同様とする。

(d) 署名当事者の出資率は、運用協定の効力発生の際に、出資率の合計が100パーセントになるように署名当事者の当初出資率を比例的に調整することによって決定する。

(e) (a)に掲げられている署名当事者であって運用協定の効力発生の後に運用協定に署名するものの当初出資率及び(a)に掲げる署名当事者であって運用協定が署名のために開放された日の後36か月以内に効力を生じないものの当初出資率は、理事会が定め、すべての署名当事者の当初出資率の修正表に掲げる。

(f) 新たな締約国が機構に参加する時又はいずれかの締約国が機構から脱退し若しくは除名される時に、すべての署名当事者の出資率は、出資率の合計が100パーセントになるようにすべての署名当事者の当初出資率を比例的に調整することによって決定する。

(g) 運用協定第5条(8)の規定に従って定められた0.05パーセントの出資率は、(c)から(f)までの規定を適用することによって増加しない。