

ETS-V 衛星を用いた海事衛星通信実験

井家上哲史*¹ 若菜 弘充*¹ 川又 文男*¹

井出 俊行*² 松本 泰*²

(平成元年11月20日受理)

EXPERIMENTS ON MARITIME SATELLITE COMMUNICATIONS USING ETS-V

By

Tetsushi IKEGAMI, Hiromitsu WAKANA, Fumio KAWAMATA,
Toshiyuki IDE, and Yasushi MATSUMOTO

Mobile Satellite Communication Systems with small mobile earth stations have been studied by many organizations for establishing general mobile satellite systems which include land, maritime and aeronautical mobile users. Communications Research Laboratory has been making researches in a digital mobile satellite communication system for small vessels and developing a small ship earth station with a 40 cm antenna.

Since 1987, on-board experiments of the ship earth station have been performed using ETS-V satellite in the Indian, North Pacific and South Pacific Ocean regions. This paper describes the outline of the experiments and shows the results concerning bit error performance, fading due to sea surface reflection, fading reduction technique, shadowing due to ship superstructure, etc. During the experiments, a stable communication link with digital telephony was successfully kept except for the effects of the fading at very low elevation angles and of the shadowing.

1. ま え が き

洋上の船舶を対象とした通信サービスは、短波のほか衛星系では主として大型船舶を対象としたインマルサットシステムが運用されており、短波通信では実現できない高品質高信頼性が得られている。しかし小型船舶に対する通信品質の改善は遅れている。近年、海事衛星通信回線のデジタル化に向けた研究⁽¹⁾のほか、陸・海・空の広範なユーザを対象とする総合移動体衛星通信サービスの実現の機運が世界的に高まっており、サービスの対象としている移動体地球局の小型化が進んでいる⁽²⁾。

当所では昭和51年頃より小型船舶を対象としたデジタル海事衛星通信の研究に着手し、技術確立に必要な電波伝搬特性、アンテナ、通信方式等に関し検討を重ね、沼津海岸、若狭湾等で予備実験を行ってきた^{(3)~(5)}。また、これらの成果を活かし、30トン程度の小型船舶への

搭載を目的とする船舶地球局を開発した⁽⁶⁾。

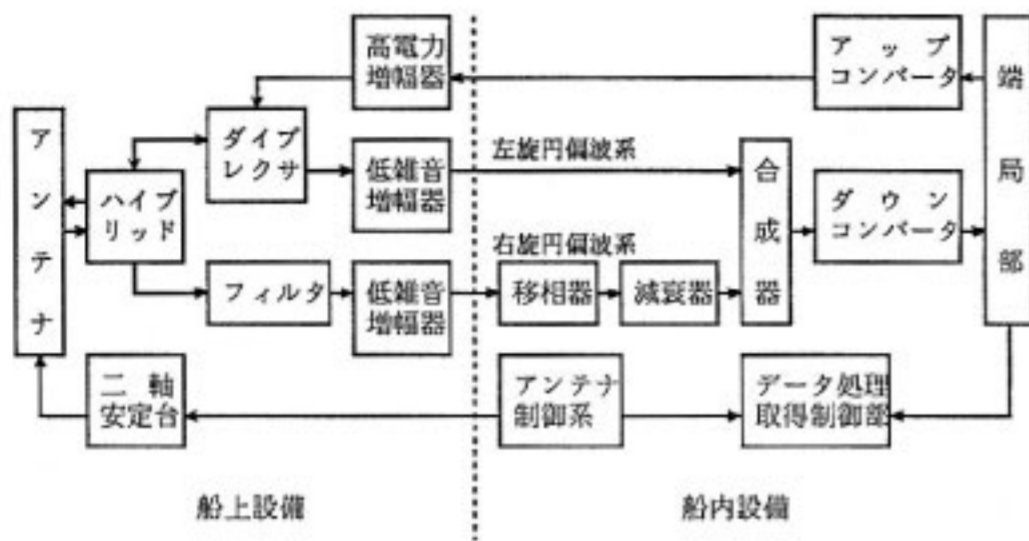
このたび、開発した船舶地球局を用い、小型アンテナを使用した場合のフェージング特性、信号伝送特性などの取得を目的として、技術試験衛星 V 型 (ETS-V) による船舶実験を実施した。インド洋、南太平洋及び北太平洋方面における実験において各種通信方式の伝送特性、船舶の動揺に対するアンテナ追尾特性、船上構造物のシャドウイング特性、海面反射フェージングとその軽減等に関しデータを取得した。実験の結果、船上構造物のシャドウイング及び低仰角領域でのフェージングの影響の他はデジタル変調方式による安定した回線が設定できることを確認した。本論は実験の概要と第 1 回、第 2 回実験の結果を中心に述べるものである。

2. 実験用船舶地球局の概要

船舶地球局の構成については文献(6)ですでに報告されているので、ここではその概要を述べる。船舶地球局の構成は第 1 図に示すように、アンテナ及び RF 系から

*¹ 鹿島宇宙通信センター 第二宇宙通信研究室

*² 宇宙通信部 移動体通信研究室

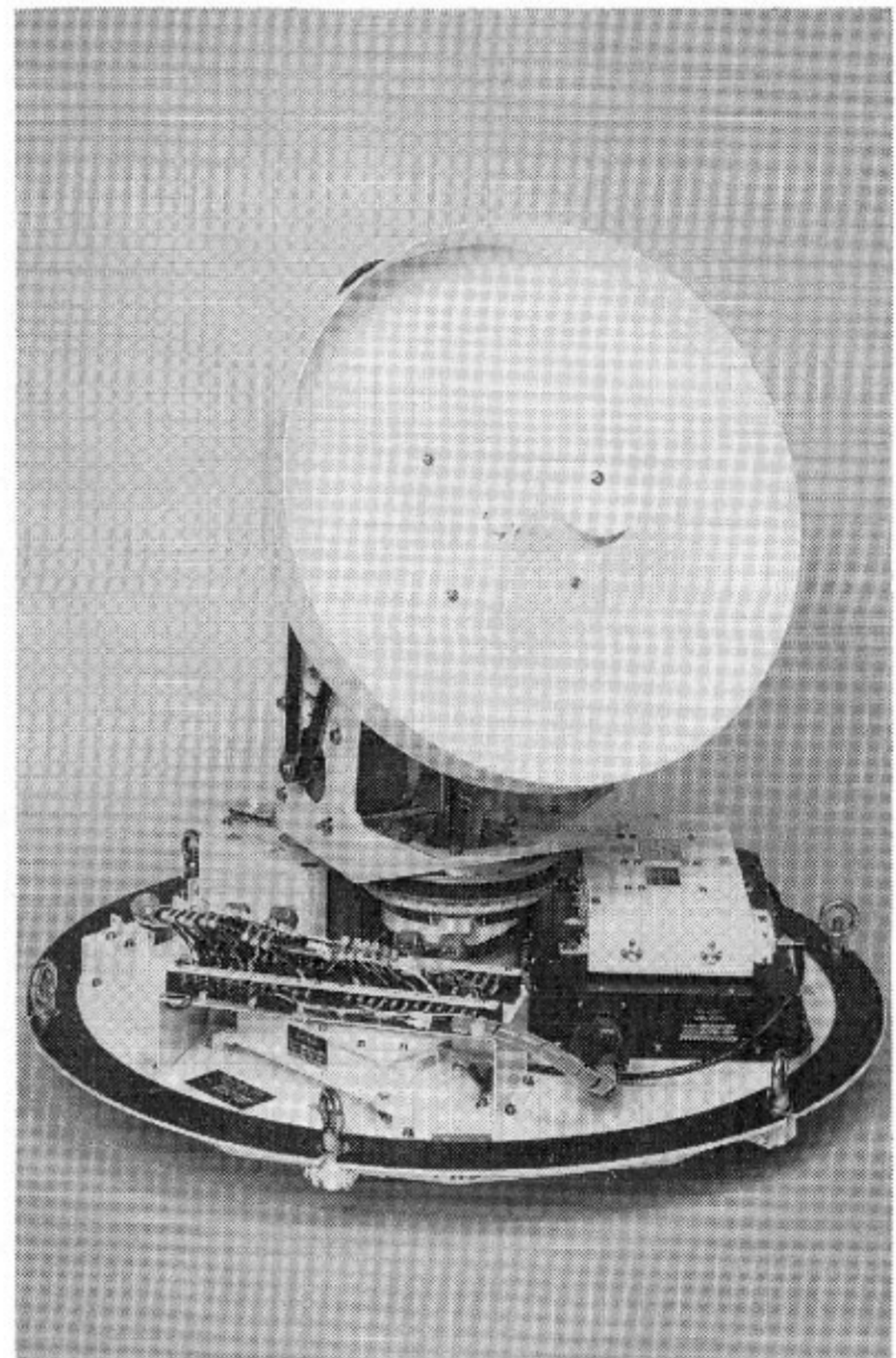


第1図 船舶地球局の構成

第1表 船舶地球局の主要諸元

周波数	送信 1.6 GHz, 受信 1.5 GHz
送信 EIRP	最大 32 dBW, 29 dBW に低減可能
受信 G/T	-8.5 dB/K
アンテナ	改良型 40 cm ショートバックファイア 利得 15 dBi
衛星追尾	プログラム/機械駆動
HPA	出力 70W C級
容積及び重量	船上 60 cmφ×64 cm 45 kg 船内 60×60×50 cm 70 kg

なる船上部とアップダウンコンバータ，端局系及びアンテナ制御系から成る船内部に分かれている。また装置の主要諸元を第1表に示す。アンテナ部分は小型船舶への搭載を考慮し，機械的強度，電気特性に優れかつ構造の簡単なアンテナとして，第2図のような改良型ショートバックファイア (SBF) アンテナ⁽⁷⁾を採用した。従来の SBF アンテナの狭帯域性を改善し，かつ利得と軸比特性を向上させている。アンテナの追尾には2軸駆動型 (Az-El) のプログラム追尾方式を採用した。プログラム追尾のための船舶位置情報，船首方向等のデータは船舶



第2図 アンテナなどを含む船上部

に搭載されている航法装置から供給される。また，船体の動揺の補償は船の重心付近に設置された動揺センサからの信号で行われる。受信系は左旋円偏波 (正旋偏波) 系，右旋円偏波 (逆旋偏波) 系の2系統あり，海面反射フェージングの軽減機能⁽⁸⁾を有している。逆旋偏波

第2表 通信方式一覧

変復調器	伝送速度	誤り訂正	音声コーデック	備考
SCPC	24 kbps	2/3 畳み込み符号化/ビタービ復号, K=7 2値/8値判定	24 k-CADM 16 k-CADM 16 k-CVSD 16 k-MPC	音声/データ
MSK				
MSK				
BPSK	16 kbps	—	—	音声/データ
NBFM	4.8 kbps	—	—	データ/FAX
	—	—	—	音声
TDM/TDMA	160 kbps	2/3 畳み込み符号化/ビタービ復号	24 k-CADM 16 k-CADM 16 k-CVSD 16 k-MPC	24 kbps 音声 5 ch 4.8 kbps データ 4 ch
BPSK				

第3表 回線設計例

鹿島局→船舶局(函館)

鹿島局 EIRP/ch	56.2 dBW
伝搬損失 (6 GHz)	199.6 dB
衛星 G/T	-8.2 dBK
上り回線 C/N ₀	78.1 dBHz
衛星 EIRP/ch	23.7 dBW
伝搬損失 (1.5 GHz)	187.7 dB
船舶局 G/T	-8.5 dBK
下り回線 C/N ₀	55.4 dBHz
総合 C/N ₀	55.4 dBHz

船舶局(函館)→鹿島局

船舶局 EIRP	29.0 dBW
伝搬損失 (1.6 GHz)	188.4 dB
衛星 G/T	-5.0 dBK
上り回線 C/N ₀	63.6 dBHz
衛星 EIRP/ch	5.0 dBW
伝搬損失 (5 GHz)	198.3 dB
鹿島局 G/T	32.7 dBK
下り回線 C/N ₀	67.8 dBHz
総合 C/N ₀	62.2 dBHz

系は伝搬特性測定その他、フェージング軽減機能のために用いられる。

通信方式は第2表に示すようにプリアサインの SCPC (Single Channel Per Carrier) 方式のほか、デマンドアサインの TDM/TDMA (Time Division Multiplex/Time Division Multiple Access) 方式が使用できる。変復調器は SCPC 系では音声伝送用としてデジタル方式の 24 k 及び 16 kbps 同期検波 MSK (Minimum Shift Keying), 比較としてアナログ方式の NBFM (Narrow Band FM), データ及びファクシミリ伝送用として 4.8 kbps 同期検波 BPSK (Binary Phase Shift Keying) の各方式を使用した。また TDM/TDMA では 160 kbps BPSK 同期検波方式が使用されている。誤り訂正 (FEC) は符号化率 2/3, 拘束長 7 の畳み込み符号化, 8 値/2 値判定 Viterbi 復号方式を採用した。音声符号化器は当所で開発した CADM (複合適応デルタ変調)⁽⁹⁾のほか CVSD (連続可変傾斜デルタ変調), MPC (マルチパルス線形予測符号化)⁽¹⁰⁾の各方式が使用可能である。

船舶からの送信機出力を 35 W, 当所鹿島宇宙通信センターに設置した海岸/航空地球局から船舶向けのフォワードリンクの回線容量を 6 ch. としたときの回線設計例を第3表に示す。24 k MSK+FEC+CADM の組合せでの所要 C/N₀ は許容ビット誤り率を 10⁻⁴ とすると約 48dBHz であり, フォワード, リターンリンク共十分なマージンがある。

データの収集は主としてパーソナルコンピュータを用いて行っており, 15分間を単位とする自動測定が可能である。このうち測定時間は3分間であり, 残りはデータの一次処理, 記録等に費やされる。受信信号レベル, 逆旋偏波受信信号レベル, マイクロ波波高計で計測された波高, 船体のロール, ピッチ等11項目が 100 ms 間隔でサンプリングされる。また位置, 速度, 変復調器の設定パラメータ等の20項目の状態データがサンプリング開始の直前に記録される。さらに復調したデジタル通信信号のビットストリーム又はビット誤りパターンを3分間連続取得する。これらのデータはフロッピーディスクに記録され, 下船後に処理される。

3. 実験の概要

実験は当所鹿島宇宙通信センターに設置した海岸/航空地球局と東経 150° の静止軌道上の ETS-V を経由して, 北海道大学水産学部漁業練習船おしよ丸 (1400トン) に搭載された船舶地球局との間で行われた。第3図は函館停泊中のおしよ丸であり, アンテナ等の船上部は船上構造物の影響を評価するためレーダーマストの向かって左側に搭載されている。アンテナ高は喫水線よりおよそ 11 m である。第4図に実験を行った航路を示す。また実験の経過を第4表に示す。

第1回及び第3回船舶実験は南洋方面, 第2回及び第4回実験は北太平洋方面において, それぞれ約70日間の漁業練習航海に併せて行われた。第4回実験の航路は概ね第2回と同じである。実験期間中, 海面反射フェージング, シャドウイング等の伝搬特性の測定, 各種通信方式のビット誤り率特性の測定などの通信実験が行われた。また応用技術に関する実験として, パーソナルコンピュータによるデータ通信実験, 北海道大学との共同実験として心電図データ, 静止画などの医用情報伝送実験等が行われた。

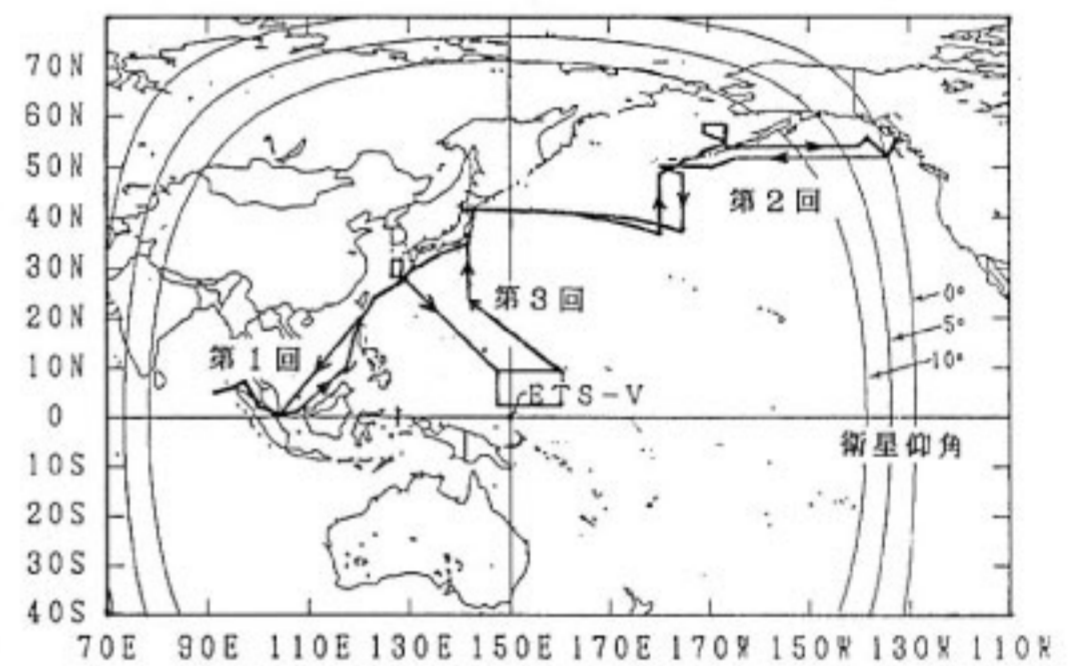
第1回および第3回実験では衛星仰角が 20° 以上であり, 海面反射フェージングの影響はほとんど受けなかった。ただし, アンテナ指向方向がレーダーマスト方向と一致したときレーダーマストのシャドウイングが観測された。第2回及び第4回実験では衛星仰角 45° から 0° 以下の領域までデータを取得した。レーダーマストのシャドウイングのほか特に仰角 15° 以下の領域で海面反射フェージングの影響が認められた。第5図は第2回実験で取得された船首に対する衛星方位角, 仰角と船舶側で受信した3分間の平均受信 C/N₀ の関係を表わしたものである。図の横軸は3分単位の測定データ番号を表し, 第2回実験では4000番から4891番までのデータを取得した。衛星仰角が 0° 付近では10分以上の周期の非常に



第3図 おしよろ丸

遅いフェージングのため平均 C/N_0 がばらついている。
 なお方位角およそ $-60 \sim -200^\circ$ で受信 C/N_0 が低下しているのは、レーダーストの影響である。

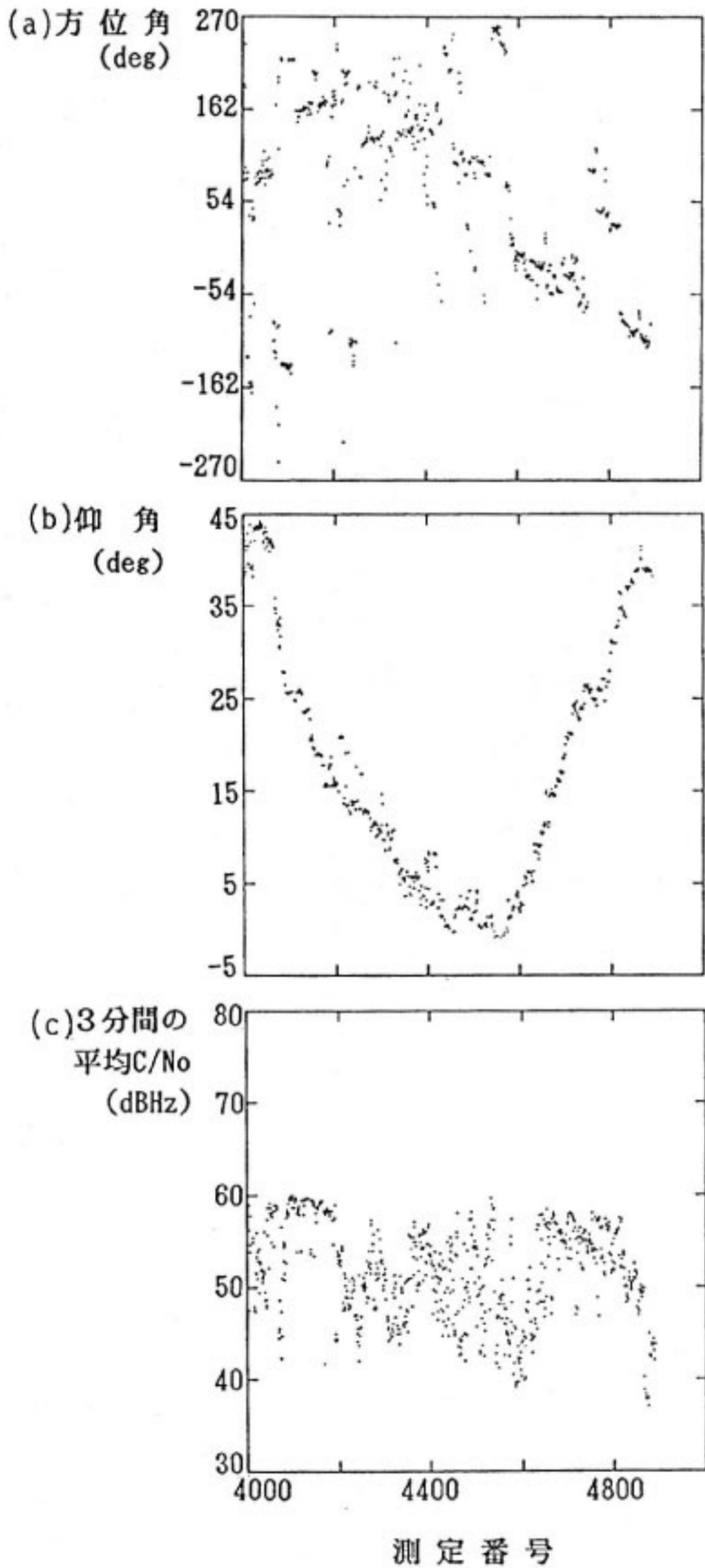
通信システムとしての基本的な信号伝送機能を確認するため SCPC 系の MSK 及び NBFM 方式による音声通話試験、BPSK 方式によるファクシミリ通信試験を行い、シャドウイングや海面反射フェージングの影響が少ないときは地上での試験と同様の通話特性、画質が得られ音声符号化方式として 10^{-3} 程度の誤りのある回線では CADM が優れていることが確認された。また第2回実験中、小笠原近海で ETS-V による実験を行っていた KDD の船舶地球局（東海大学丸）と海岸／航空地球局



第4図 実験航路図

第4表 実験経過

	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回
期 間	1987 10/20-12/24	1988 6/6-8/18	1988 10/20-12/22	1989 6/3-8/11
航 路	函館—玉野—沖縄—シンガポール—インド洋—マラッカ海峡—函館	函館—北太平洋—ダッチハーバー—ベーリング海—アラスカ湾—ケチカノン—函館	函館—東京—高知—鹿児島—東シナ海—南太平洋—トラック諸島—ポナペ島—函館	函館—北太平洋—ダッチハーバー—ベーリング海—アラスカ湾—バンクーバー—函館
乗 船 者	川又, 平良	井家上, 丸山	井出, 森川	浜本, 門脇
主な実験項目	アンテナ追尾特性 誤りパタン測定 シャドウイング	低仰角電測 誤りパタン測定 フェージング軽減	TDM/TDMA 南北ビーム切替え 北大医用情報伝送 無指向性アンテナ	低仰角電測 データ伝送実験 TDM/TDMA フェージング軽減



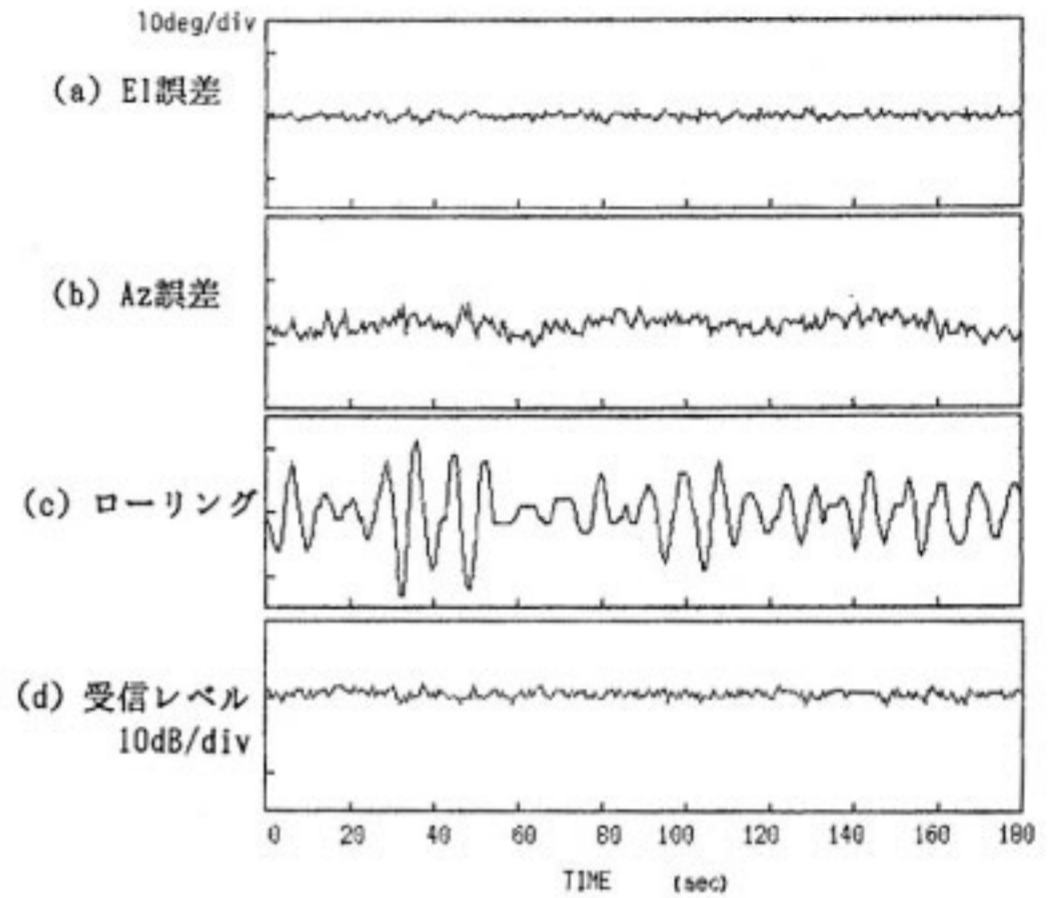
第5図 第2回実験における衛星方位角, 仰角と受信 C/N₀

を経由する2ホップの通話試験を行った。すべて4線接続で回線を設定したため、エコーキャンセラを挿入する必要がなく、また2ホップによる信号遅延も問題なく円滑に会話できることが確認された。

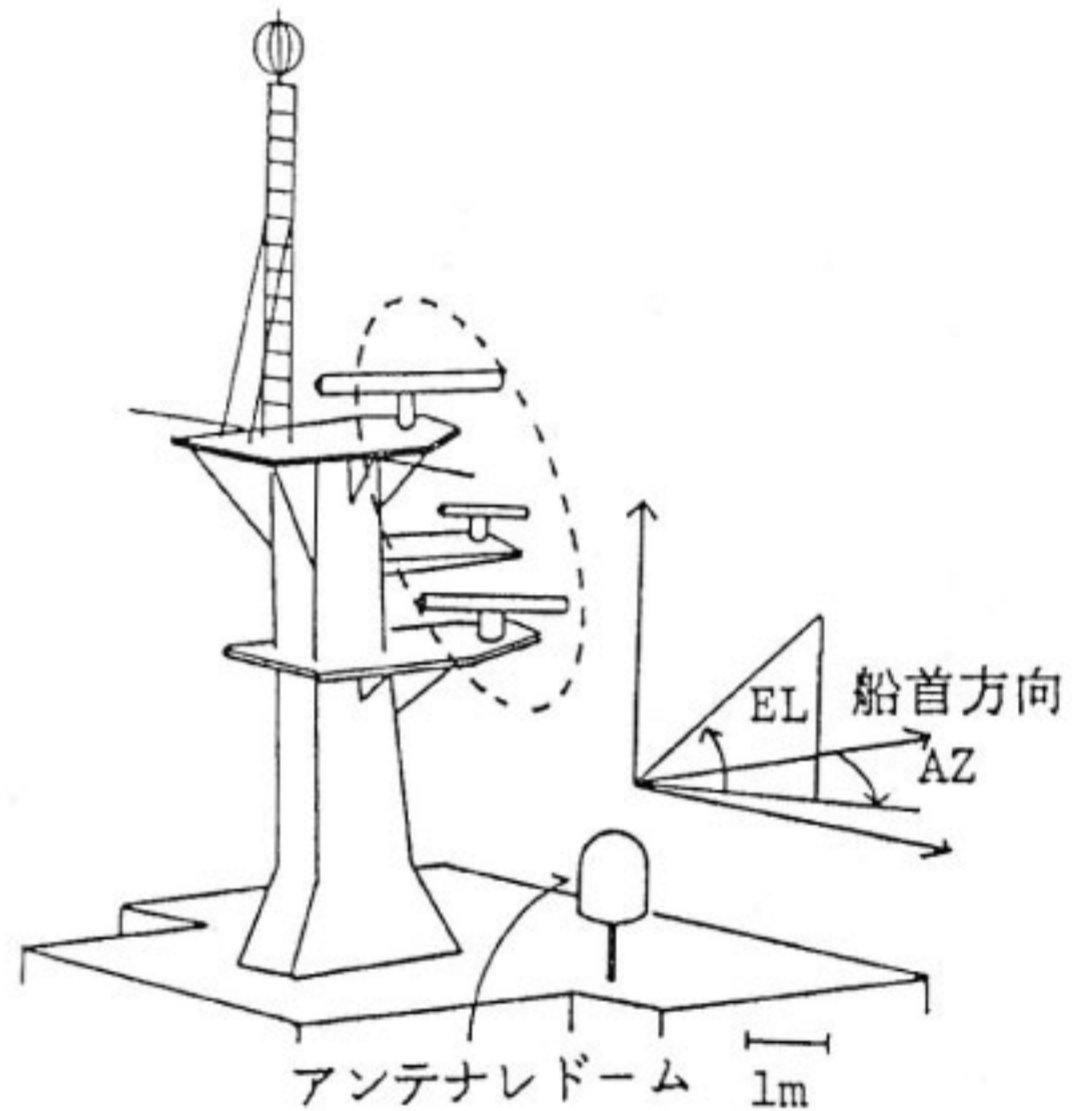
4. 実験結果

4.1 アンテナ追尾特性

本実験で用いた SBF アンテナの指向性半値幅は 34° であり、衛星方向へのプログラム追尾機能のほか船体の動揺補償機能を有している。船舶地球局の位置 (緯度、



第6図 アンテナ追尾誤差特性

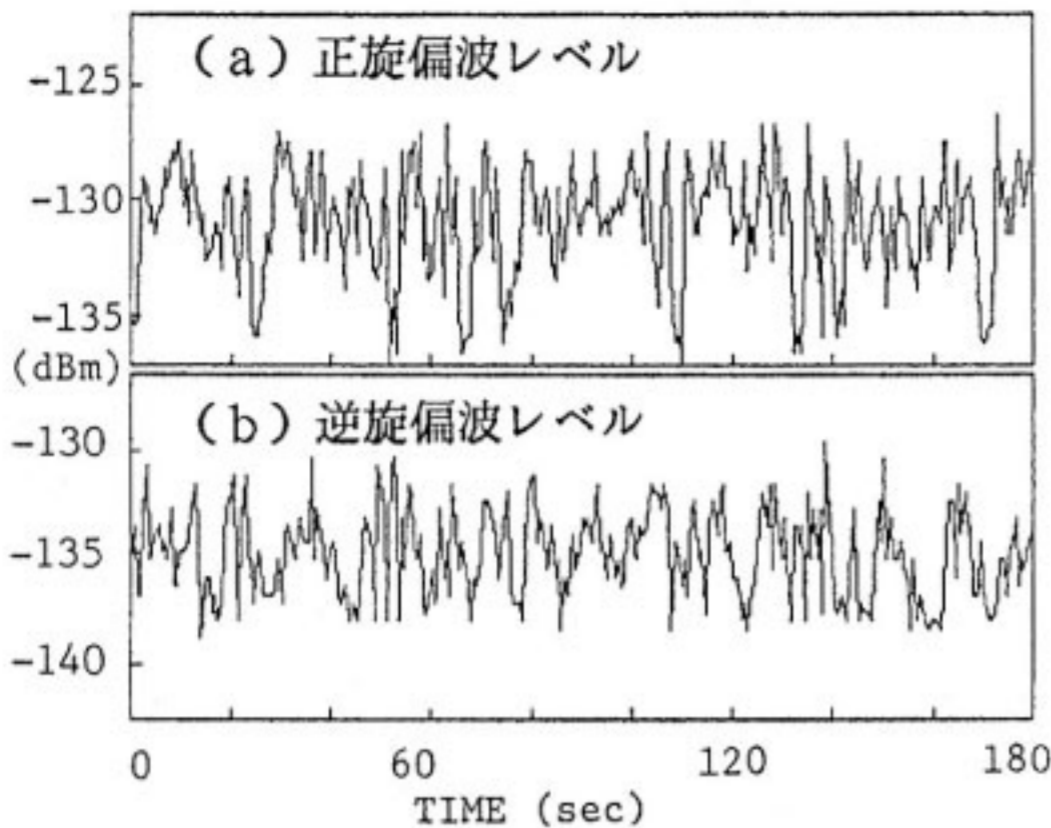


第7図 アンテナの設置状況

経度), 船首方向及び船の動揺 (ロール, ピッチ) のデータから計算されたアンテナの方位角 (Az), 仰角 (EI) と、実際に測定された Az, EI のそれぞれの差をアンテナ追尾誤差として評価した。受信信号の時間変化と共にその結果の一例を第6図に示す。第6図(a)は EI 誤差, (b)は Az 誤差, (c)はロール角を表わす。比較的動揺の大きい 4° RMS のローリングの時の測定結果であり, EI 誤差は RMS で 0.46°, Az 誤差は RMS で 1.32° であった。このように 20°_{p-p} を越えるローリングがあっても受信信号の変動は 0.5 dB RMS 程度であり, アンテナのビーム幅を考慮すると十分な追尾性能である。

4.2 船上構造物のシャドウイング

アンテナと衛星の間に船上構造物 (例えばレーダマス



第8図 シャドウイング時の受信レベル

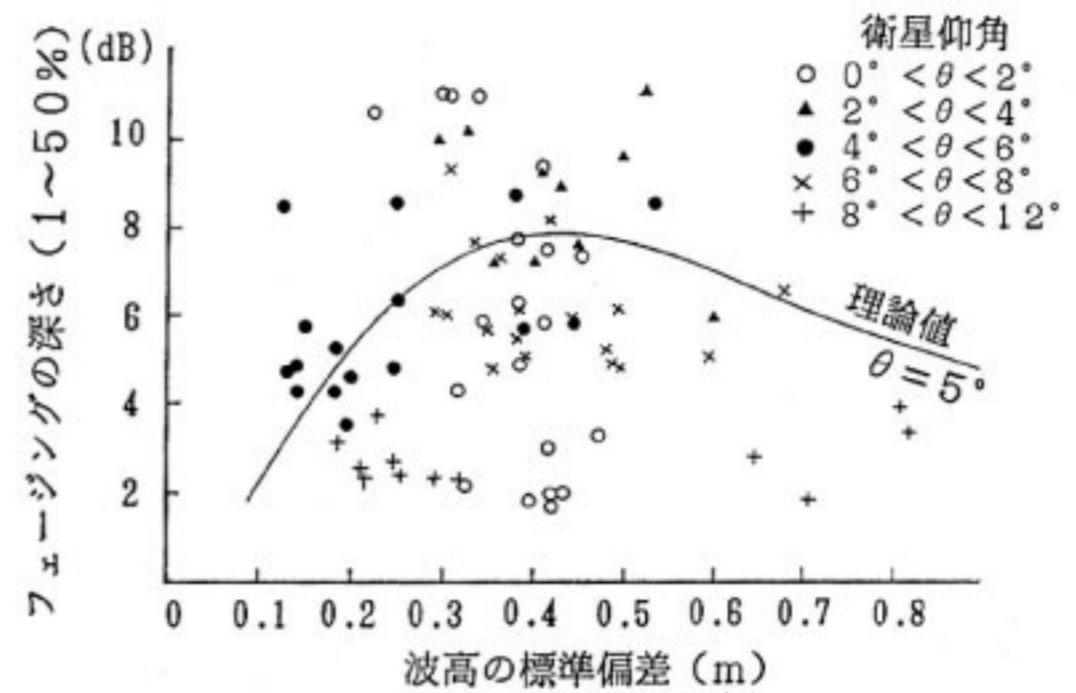
第5表 シャドウイングの有無に関する受信レベルの比較

シャドウ イング	正旋レベル		逆旋レベル	
	平均	1-99% 変動幅	平均	1-99% 変動幅
有	-131 dBm	10 dB	-134 dBm	8 dB
無	-125 dBm	~1 dB	-137 dBm	~4 dB

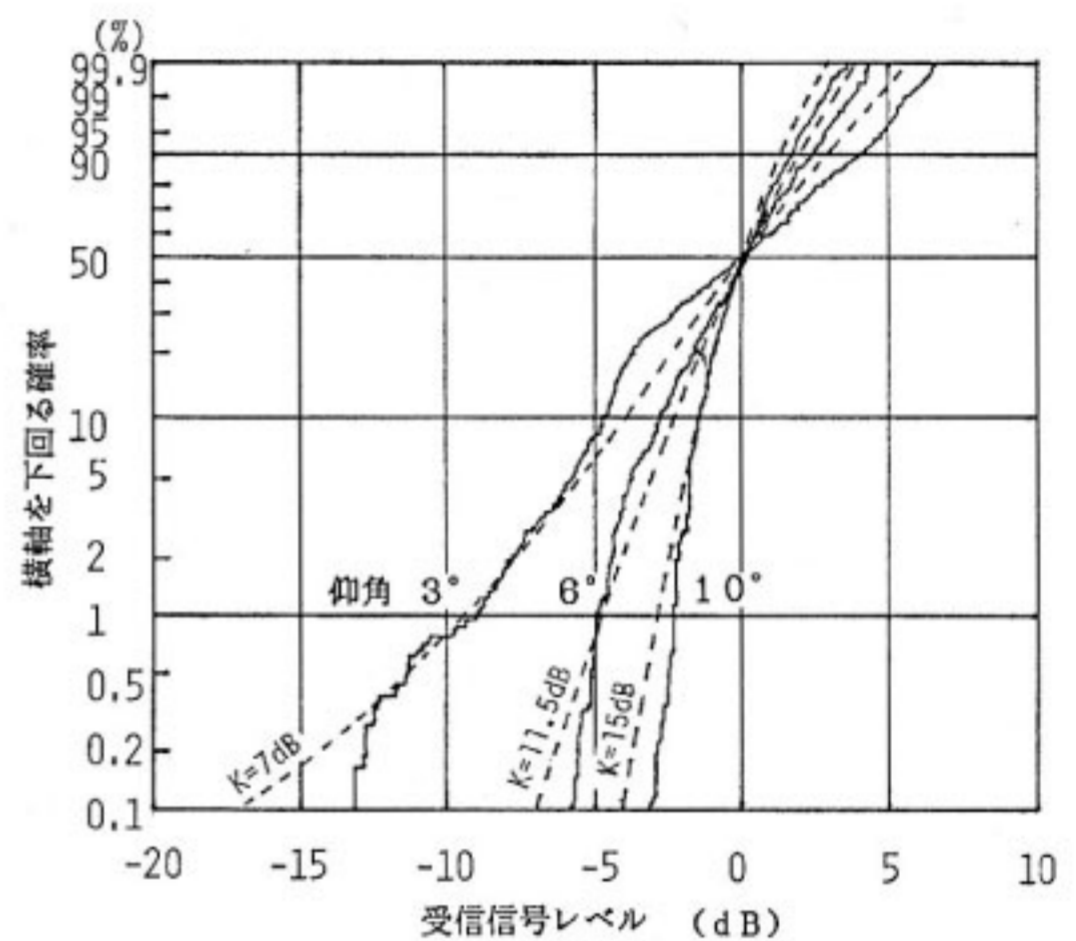
ト)がある場合、シャドウイングを考慮する必要がある。実験期間中にアンテナ指向方向が船舶のレーダマスト方向と一致したときにシャドウイングとなり、完全に一致したときは 15 dB 以上の受信電力の低下が観測され、通信不能となった。第7図は船舶アンテナと散乱体であるレーダマストの設置状況を示している。

アンテナからみて衛星の方向にマスト前部の突起部(図中点線で囲んだ部分、アンテナからの距離約 3 m)があり、船の動揺によって間欠的に衛星方向の見通しが遮られ、浅いシャドウイングが発生した状態での測定例を第8図に示す。同図(a)は正旋偏波、(b)は逆旋偏波受信レベル変動を表す。正旋偏波受信レベルは 10 dB_{p-p} 程度変動しており、ライス分布に近い、逆旋偏波受信レベルは対数正規分布に近い分布をしている⁽¹¹⁾。またほぼ同じ場所で船首方向が変わり、シャドウイングの無い時との受信レベルの比較を第5表に示す。正旋偏波レベルがシャドウイングにより平均で約 6 dB 低下する一方、逆旋偏波レベルは上昇している。これはマストによる散乱で交差偏波成分が発生しているためであり、偏波制御、ダイバーシチ等により浅いシャドウイングを軽減できる可能性を示唆している。

このほか数 dB 程度の低利得アンテナでは、散乱体が衛星指向方向と一致していなくても受信信号レベルに変動を与えることが地上での実験で確認されており⁽¹²⁾、小型船舶による衛星通信では、低仰角での海面反射フェージングの他、アンテナ設置場所の選定やシャドウイン



第9図 低仰角におけるフェージング特性



第10図 受信信号レベルの累積分布例

グの軽減対策に関する検討が必要である。

4.3 低仰角におけるフェージング特性

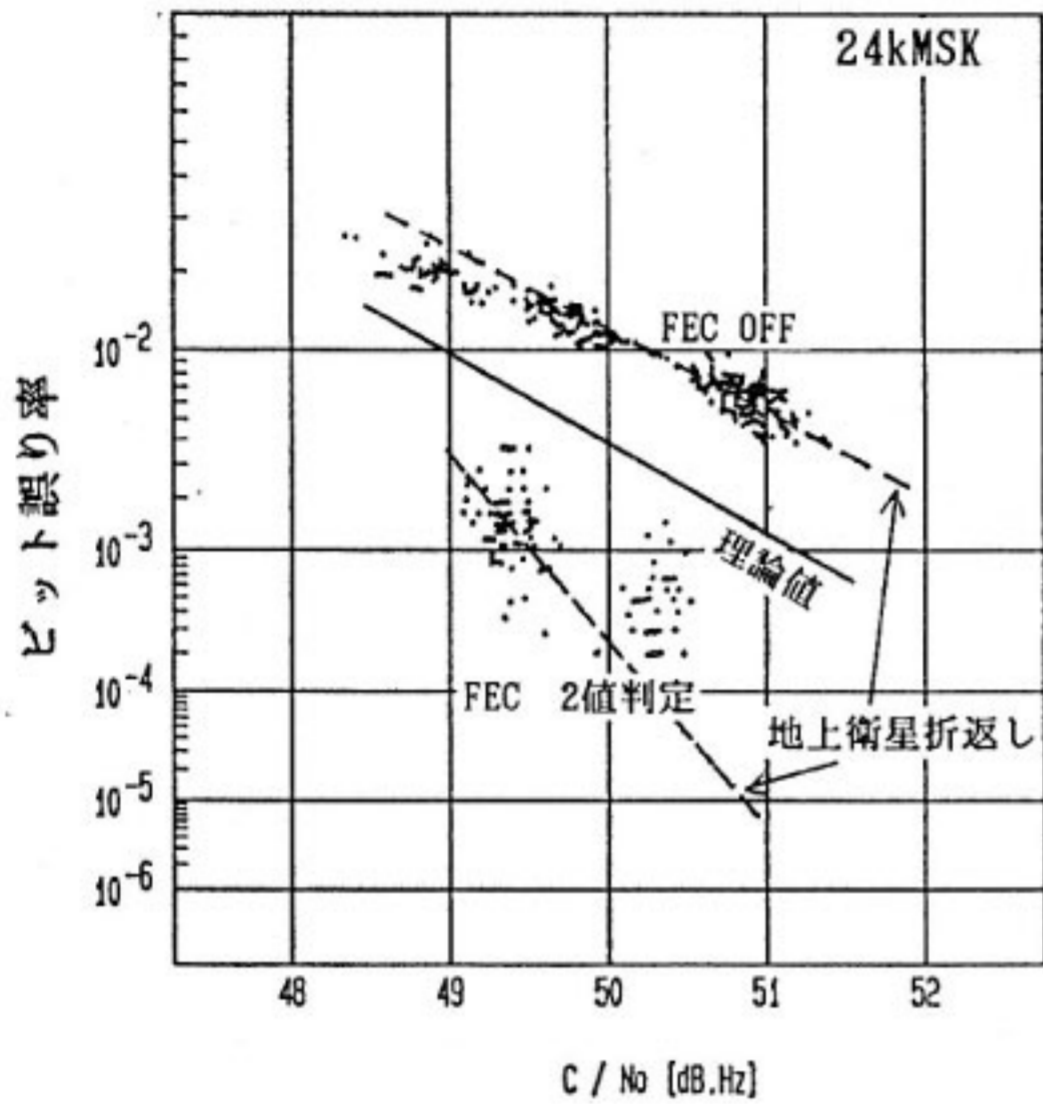
低仰角における海面反射フェージングの測定結果を第9図に示す。仰角をパラメータに波高の標準偏差とフェージングの深さ(累積分布の1%値と50%値の差)の関係を表わした。低仰角では、船の向きによって海面反射波が船体にブロックされるおそれがあるため、船体の影響を受けない方位角およそ 100° から 170° の間で取得したデータを用いた。実験の結果、仰角が下がるに従い仰角約 2° までにはばらつきはあるがフェージングが深くなること、仰角 2° 以下の領域ではフェージングの深さにばらつきが大きく、仰角との明確な関係はみられないこと、また波高については標準偏差 0.5 m 程度までは波高が高くなるに従いフェージングは深くなることが確認された。なお、波高が更に高くなるとフェージングは浅くなることが理論的に示されている⁽¹³⁾が、波高の高いときのデータが不足しており確認するに至らなかった。

第10図に仰角をパラメータとした受信信号レベルの累

積分分布の例を示す。点線はライス分布の理論曲線を表す。累積分布はほぼ仲上ライス分布に従い、直線波とランダム波の電力比、K 因子は、仰角 3° 付近で K=5~9 dB, 仰角 6° 付近で K=6~12 dB, 仰角 10° 付近では K=15 dB 程度であった。

4.4 デジタル変調方式の伝送特性

前節で述べたレーダマストによるシャドウイングを除けば、衛星仰角がおよそ 15° 以上の海域では誤り率特性に及ぼす海面反射フェージングの影響はないことが確認

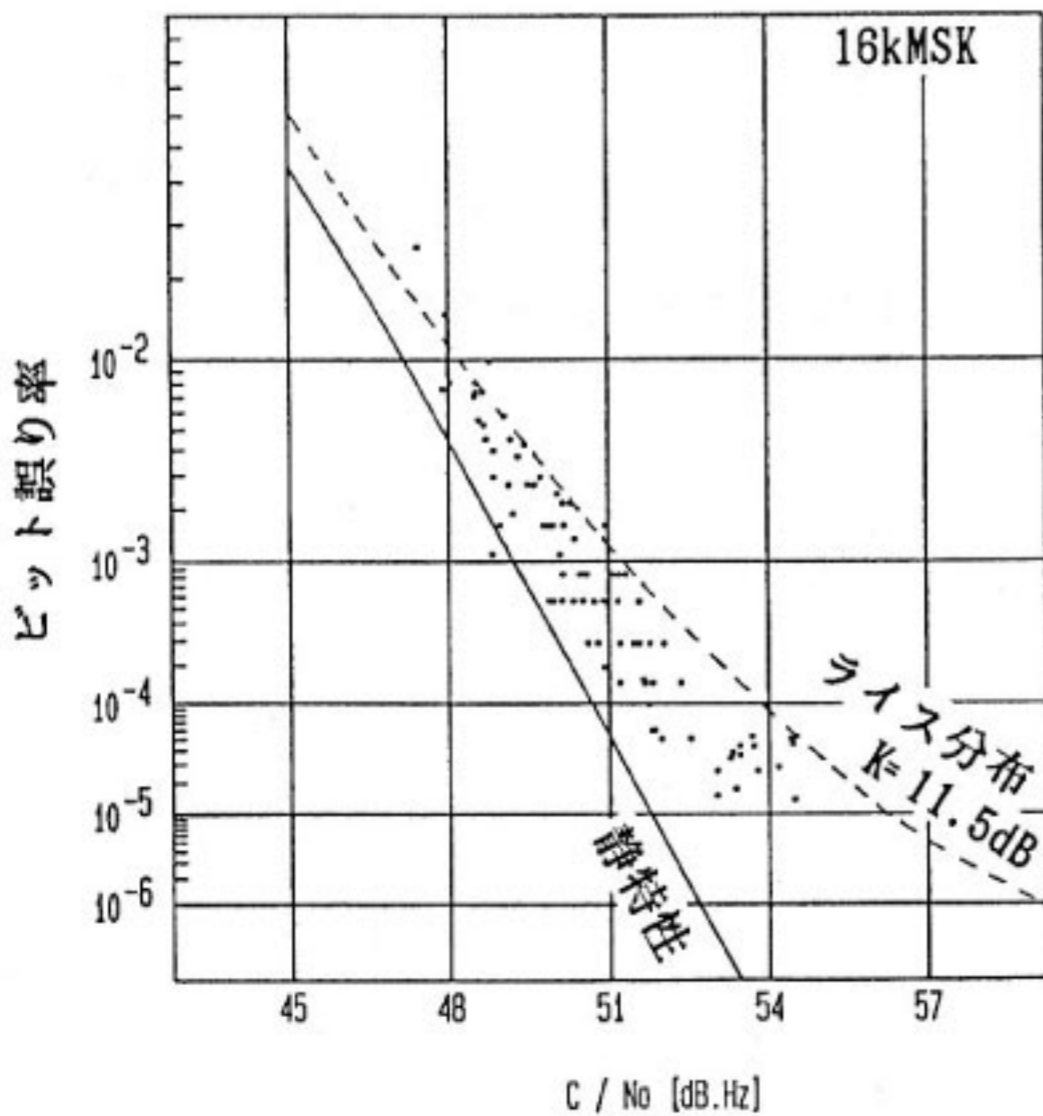


第11図 仰角52度におけるビット誤り率特性

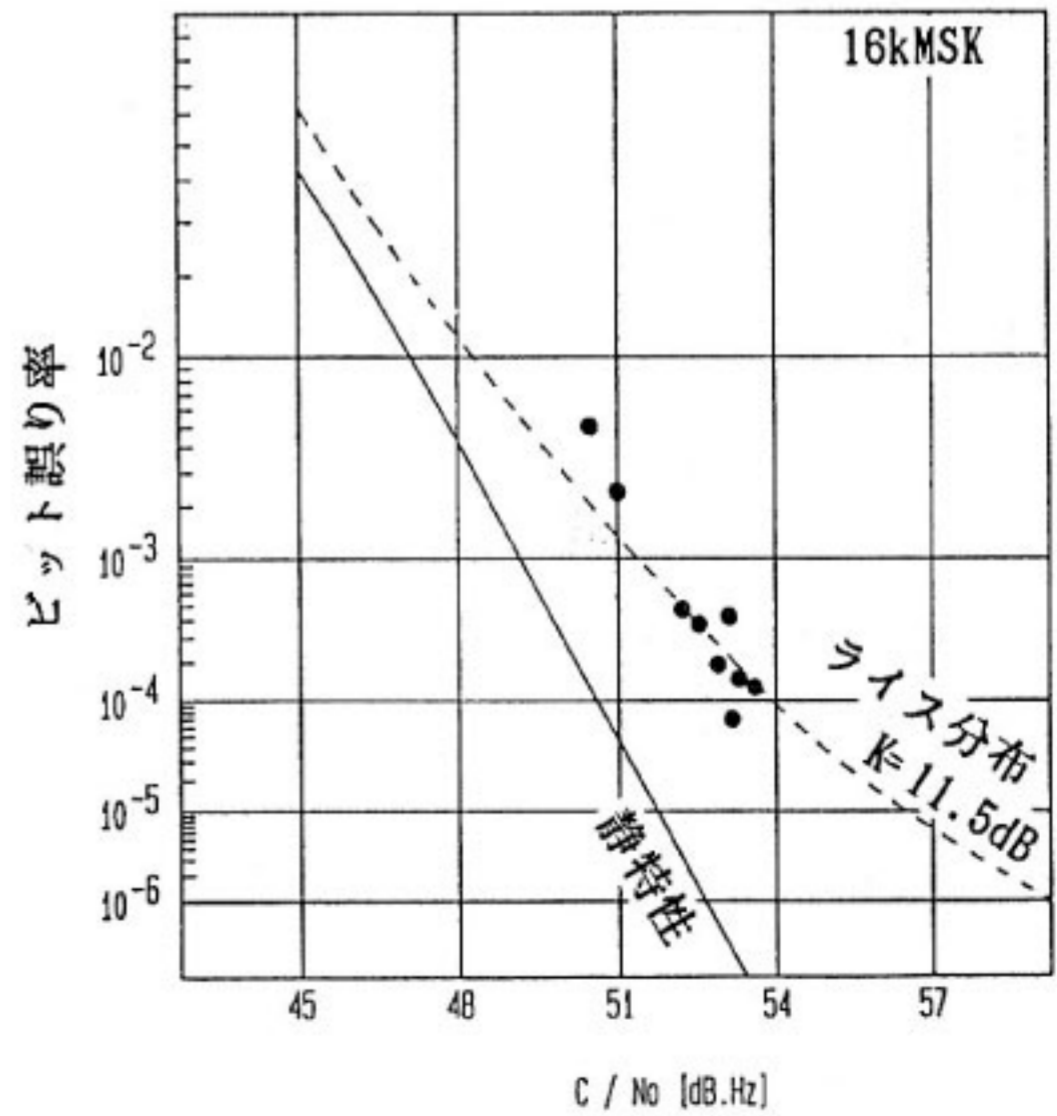
された。これはアンテナの指向性半値幅が 34° であることを考慮すると妥当である。

仰角 52° における 24 kbpsMSK 変復調器の C/N₀ 対ビット誤り率特性の一例を第11図に示す。3分間の受信信号強度の変動は 1 dB 程度であり、受信側で雑音を付加して等価的に回線 C/N₀ を変えてデータを取得した。このようにフェージングの影響が少ないときは、船舶への搭載前に地上で行った衛星折返し試験とはほぼ同様の特性が得られている。16 kbps MSK, BPSK の各変復調器についても同様であった。シャドウイングがある場合は、遮蔽の程度が小さい時を除いて受信レベルが最大 15 dB 以上低下するため復調器や誤り測定器の同期はずれが発生し、3分間連続して誤りパタンのデータを取得することは困難であった。

フェージングがある場合の平均 C/N₀ 対ビット誤り率特性の例を第12図に示す。この場合、変調方式は16 kbps MSK, 仰角は 5.5°, 海面状態は波高の標準偏差が 0.14 m と穏やかである。なおこの時のフェージングの深さは 4.9 dB であった。同図(a)及び(b)は同じ誤りパターンデータを用い、誤り率を算出するゲート時間をそれぞれ 0.5 秒, 30 秒として誤り率特性を求めたものである。図中の実線はガウス雑音だけを考慮した静特性の理論曲線, また破線は仲上ライスフェージングに対する理論曲線⁽¹⁴⁾である。ライス分布を表わす K 因子は、受信信号レベルの変動から推定した値を用いている。ゲート時間を長くするとライスフェージングの理論値に近づき、ゲート時間を短くすると静特性の理論値に近づくことが判

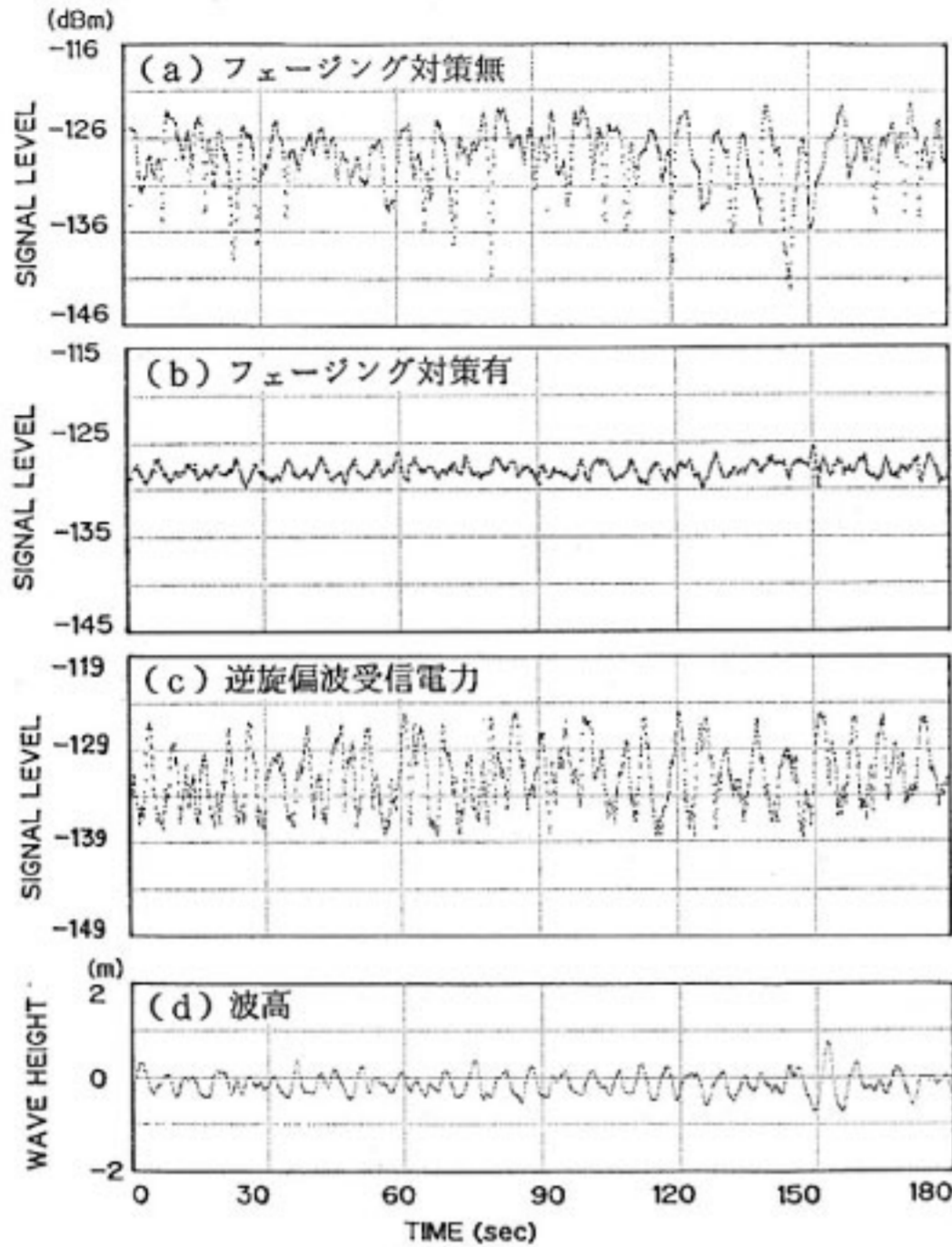


(a) ゲートタイム 0.5 秒

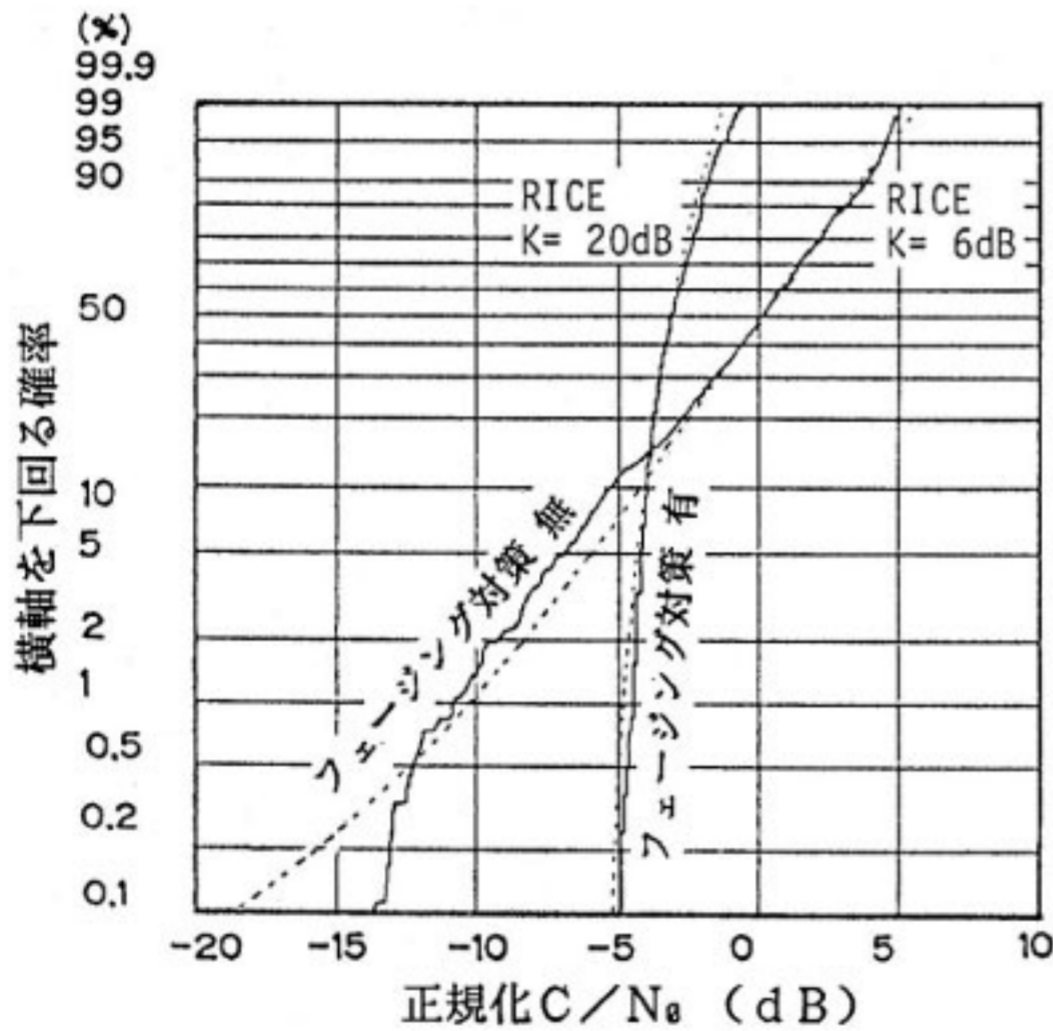


(b) ゲートタイム 30 秒

第12図 仰角 5.5 度におけるビット誤り率特性

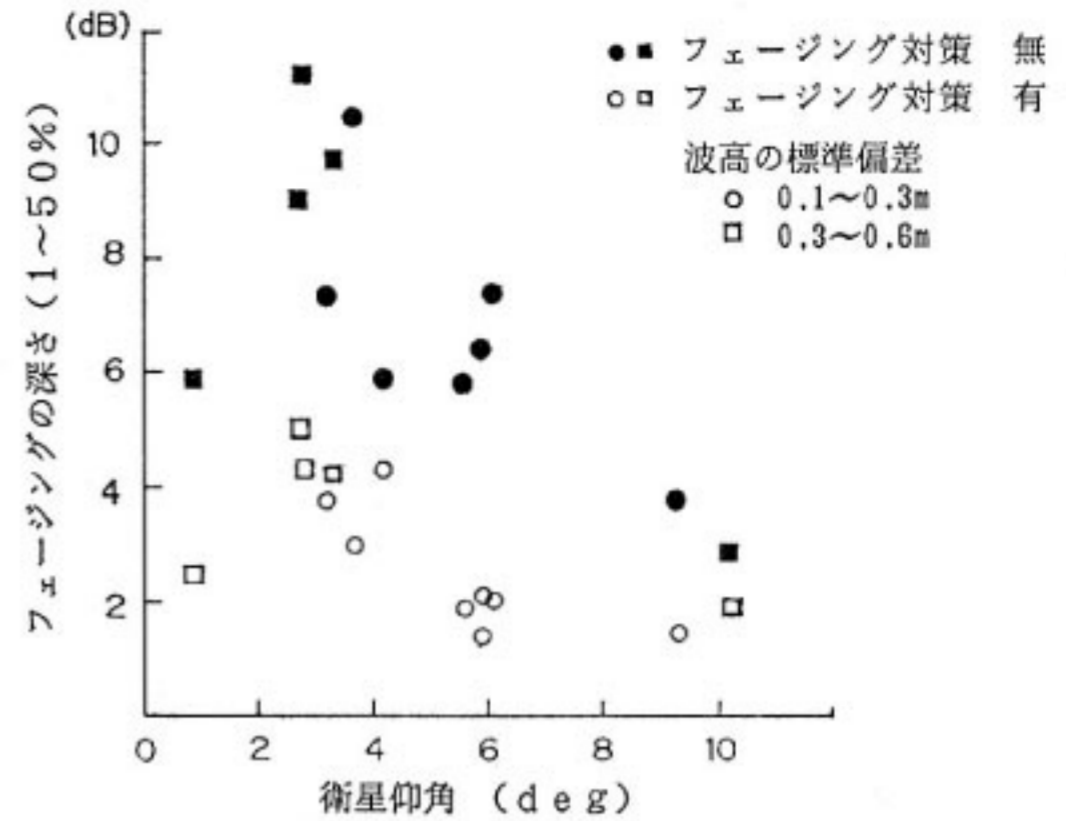


第13図 仰角 5.9 度におけるフェージング軽減実験結果

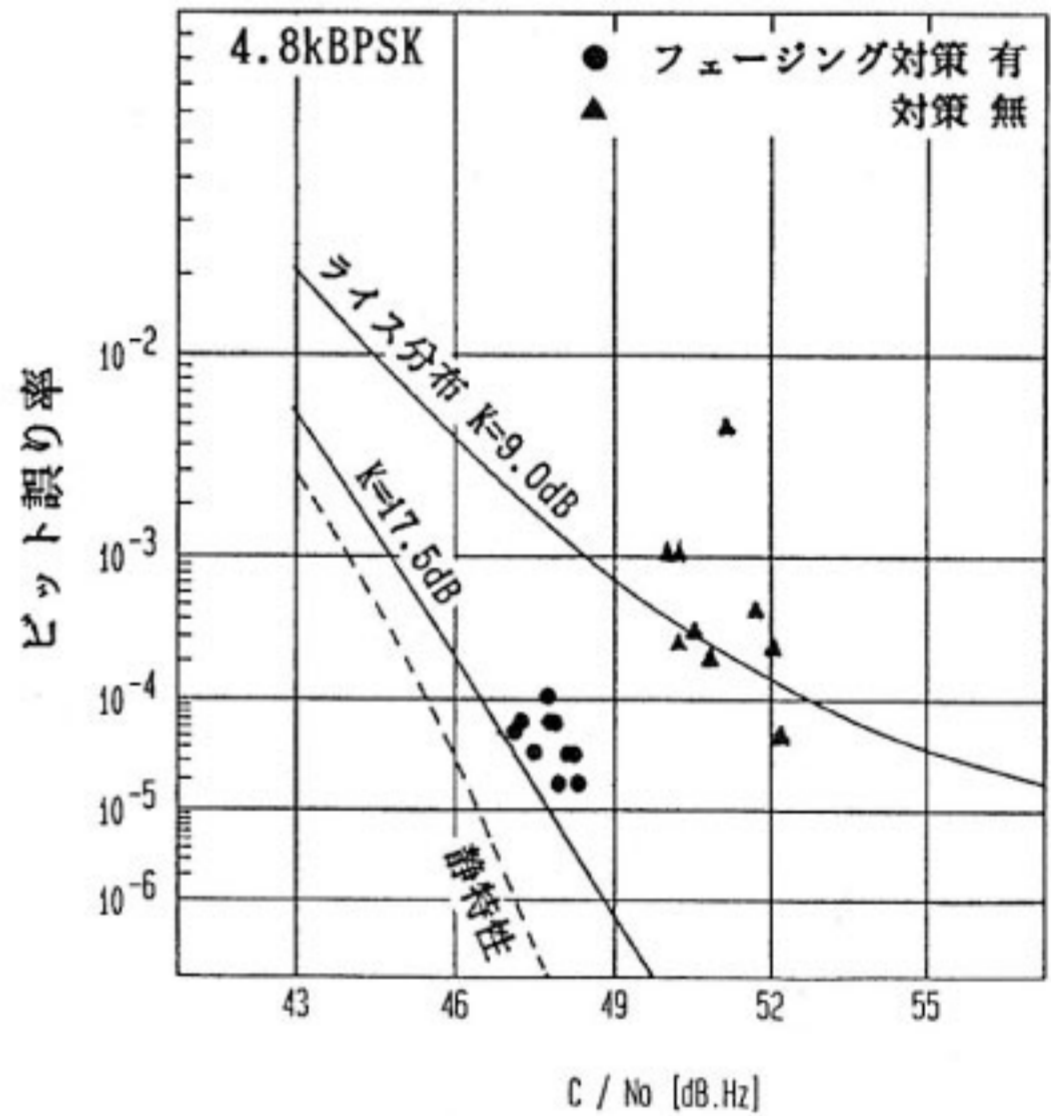


第14図 フェージング対策時の受信信号の累積分布

る。これは、若狭湾での予備実験⁽⁵⁾でも確認されているように、海面反射によるフェージングではそのフェージングの周期が数秒程度と長くゆっくりとした変動のために、急峻な位相変動等による誤りの発生はなく、ガウス雑音によって誤りが発生していることを示している。このため、デジタル変調方式の適用の面からみた伝搬路は瞬時 C/N_0 の変化のみで評価できる slow fading channel であると結論付けられる。



第15図 仰角に対するフェージング軽減効果



第16図 ビット誤り率特性に関するフェージング軽減効果

4.5 低仰角におけるフェージング軽減実験

フェージング軽減法は、逆旋偏波受信信号の位相、振幅を海面反射波の正旋偏波成分を打ち消すように制御し、正旋偏波受信信号に加えるものである(第1図参照)。海面が鏡面状である場合、海面反射波の逆旋偏波成分は L バンドでは仰角約 5° 以上で正旋成分より大となること、及び反射波の正旋、逆旋成分間の位相差が仰角にほとんど依存しない性質を利用している⁽⁶⁾。逆旋偏波系に加える付加位相量 ϕ は 22.5° ステップ、減衰器 (ATT) は 1 dB ステップで設定できるが、ここでは付加位相量を鏡面反射を仮定した計算値にはほぼ等しい 225° に固定し、減衰器を 0 dB とした時の実験結果を示す⁽¹⁵⁾。

第13図はフェージング軽減を施した場合と施さない場合の受信電力、逆旋偏波受信電力及び波高の変化を示

す。これらは同時に測定したもので、仰角 5.9° 、波高の標準偏差は 0.4 m と比較的穏やかな海面状態である。また第14図はこの時の受信 C/N_0 の累積分布を表わす。横軸はフェージング軽減なしの場合の中央値で規格化した。フェージングの深さ(1~50%値)は 10.9 dB から 1.4 dB に改善されており、フェージング軽減効果は大きい。第15図は仰角に対するフェージングの軽減の様子を表わす。なおフェージング軽減を行うと逆旋系の低雑音増幅器(LNA)から発生する熱雑音が正旋系LNAの雑音と無相関で加わるため、 $ATT=0\text{ dB}$ のとき受信 C/N_0 が最大 3 dB 劣化するが、たとえばフェージング軽減の有無によりフェージングの深さが 3 dB 以上改善されれば効果があるといえるため、同図から仰角約 6° 以下の領域では有効であることがわかる。

第16図は第13図と同じ条件下での 4.8 kbps BPSK のビット誤り率特性である。フェージング軽減法により平均の C/N_0 に対する特性は大幅に改善され、静特性に近い誤り率特性が得られている。このように固定の位相量を与える方式、すなわち逆旋偏波系のLNAとコンバイナだけを付加する簡易な装置構成としても、低仰角領域で効果のあることが確認された。

4.6 その他の実験

TDM/TDMA 実験の結果については文献(16)、データ通信実験の結果については文献(17)、医用情報伝送実験については文献(18)を参照されたい。またパッチアンテナや4線巻ヘリカルアンテナ等の低利得アンテナを用いた実験、片方向データ伝送実験、ETS-V 搭載アンテナの放射パターン測定、南北ビームの切替え及び干渉実験、2ホップ伝送実験など多数の実験項目についてデータを取得している。これらの成果については別途報告したい。

5. む す び

40 cm アンテナおよびデジタル変調方式を採用した小型船舶用地球局装置を用い、ETS-V 経由で今まで4回行われた船舶実験の概要を述べ、第1回、第2回実験を中心に実験成果の一部を報告した。開発した船舶地球局の信号伝送特性、フェージング軽減特性など基本特性については良好であり、特に海面反射フェージングは簡易な付加装置で軽減できることやデジタル変調の適用の面からみた伝搬路の性質は回線 C/N_0 の変化のみで評価できることなどを示した。また船上構造物のシャドウイングの影響を除き、仰角 15° 以上の海域ではデジタル変調方式による安定した回線が設定できることを確認した。一方、シャドウイングの影響についての定量的な評価及びその軽減に関する検討は今後の課題である。

謝 辞

本実験の実施に関し計画の策定及び遂行に当たられた歴代の所内関係各位に感謝致します。またこの報告は昼夜の別なく実験データの取得に携わった EMSS 本部、センター員の努力の成果であることを記します。また貴重な実験の機会の提供と多大な御協力を頂いた北海道大学の関係各位に感謝致します。

参 考 文 献

- (1) Y. Yasuda, M. Ohashi, F. Sugaya, H. Okinaka and Y. Hirata, "Field Experiment on Digital Maritime Satellite Communication Systems", 1987 Globecom, Tokyo, Nov. 1987.
- (2) NASA Mobile Satellite Conference, May 1988.
- (3) S. Miura, H. Morikawa, Y. Watanabe, and S. Morimoto, "Aeronautical Maritime Engineering Satellite (AMES) Program of Japan", 16th IAF, Tokyo, 1980.
- (4) 大森, 入間田, 近藤, 長谷, 三浦, "海事衛星を目的とした海面散乱特性の実験", 信学技報 AP 81-27, 1981.
- (5) 長谷, 大森, 石澤, 久保田, 坂齋, 三浦, "海面反射によるフェージング下での BER 特性", 電波季 32, 164, 1986.
- (6) 鈴木誠史, 他, "技術試験衛星 V 型を用いた移動体衛星通信実験システム", 電波季, 34, 特 6, 1988.
- (7) S. Ohmori, S. Miura, K. Kameyama and H. Yoshimura, "An Improvement in Electrical Characteristics of a Short Backfire Antenna", IEEE Trans. AP-31, No. 7, July 1983.
- (8) S. Ohmori and S. Miura, "A Fading Reduction Method for Maritime Satellite Communications", IEEE Trans. AP-31, No. 1, Jan. 1983.
- (9) 中津井護, "複合適応デルタ変調 CADM と符号化音声の品質", 信学技報 CS85-77, 1985.
- (10) T. Araseki, "Multi-Pulse Excited Speech Coder Based on Maximum Crosscorrelation Search Algorithm", GLOBECOM 83, Dec. 1983.
- (11) 松本, 川又, 川崎, 平良, "ETS-V/EMSS 船舶実験における船上構造物によるアンテナブロッキング", 昭和63年 信学秋季全大, B-96.
- (12) 松本, 大川, "移動体衛星通信におけるアンテナシャドウイングの影響", 信学技報 AP88-142, 1989.
- (13) S. Ohmori, A. Irimata, H. Morikawa, K. Kondo, Y. Hase and S. Miura, "Characteristics of Sea Re-

- flection Fading in Maritime Satellite Communications", IEEE Trans. AP-33, No.8, Aug. 1985.
- (14) R. Kumar and P. R. K. Rao, "Series Expressions for the Performance of Binary Detection Receivers" IEEE Trans. COM-26, No. 6, June 1978.
- (15) T. Ikegami, S. Maruyama, K. Kawasaki and S. Ohmori, "Experimental Study of Fading Reduction Method for Maritime Satellite Communications", 1989 IEEE AP-S, San Jose, 1989.
- (16) 坂齋, 新垣, 森川, 松本, "ETS-V 衛星を用いた TDM/TDMA 実験結果", 通信総研季, 本号
- (17) 門脇, 川又, "船舶衛星通信におけるデータ通信実験", 通信総研季, 本号
- (18) 村上, 清水, 門脇, 近藤, "ETS-V 衛星による移動体からの多元医用情報伝送", 通信総研季, 本号

