[論 文]

UDC 621.396.677:621.396.946:656.612 INMARSAT

(185)

# 海事衛星通信船舶用小型アンテナシステム

塩	JII	孝	泰*1	唐	沢	好	男*2
結	城	浩	德*3	Ш	, 田	松	*4

A Compact Shipborne Antenna System for Maritime Satellite Communications

By

# Takayasu SHIOKAWA, Yoshio KARASAWA: Radio Transmission Laboratory, KDD Research and Development Laboratories

Hironori YUKI: Personnel Department (Transferred to Telecommunications Satellite Corporation of JAPAN)

Matsuichi YAMADA: Radio Transmission Laboratory, KDD Research and Development Laboratories

A maritime satellite communication system based on digital transmission technology has been discussed for future generation of INMARSAT. In this system, the telephone signal transmission channels are digitized although they are operated by the Companded FM in the current Standard-A ship earth stations. With the use of the digitized transmission systems, three advantages are expected: a saving of satellite power, a wider variety of new services, and an allowance for small-sized shipborne antenna. The authors have been studying low G/T antenna systems which can be mounted on small ships and vessels, such as fishing boats, with a view to miniaturizing the above deck equipment. The primary requirement of low G/T antenna systems is simplicity, i.e. they should be small in size, light in weight and simple in configuration. In addition, usage of the fading reduction technique is required since the multipath fading caused by the sea surface reflection becomes severe due to comparatively wide beamwidth. Based on our studies, we have developed a compact shipborne antenna system, in which the G/T and EIRP are -10 dBK and 26 dBW, respectively. This paper describes an outline of this antenna system.

# 1. まえがき

衛星を介して,船と陸上,船と船の間の通信を行う国際海事衛星通信は,1982年以来,インマルサットのシステム(1.54/1.64GHz 帯:右旋円偏波)によって全世界的

- \*2 〃 無線伝送研究室主査
- \*3 人事部 調查役 (通信·放送衛星機構出向)
- 4 研究所 無線伝送研究室長

(April 1985)

なサービスに入っている.この海事衛星通信は,従来からの短波による通信に比較して音声品質が良く,かつ即時の通話が可能であるため,最近ますますその需要を高めている.また,1990年ごろには需要の増加に伴う現用回線の飽和および現用衛星の寿命に対応するため,新しい衛星による第2世代のインマルサットシステムへの移行が予定されている.現在の標準A船舶地球局の性能は,G/T = -4dBK,送信 e.i.r.p.=36dBW で,電話回線にはコンパンデッドFM (CFM)方式が採用されている.

<sup>\*1</sup> 研究所 無線伝送研究室主任研究員

#### (186)

これに対して第2世代システムへの移行を期に、シス テムの運用の効率化、提供サービスの多様化に対応でき るディジタル技術の採用を基盤とする新標準船舶地球局 システムの導入の検討が進められている<sup>(1)(2)</sup>.これは音 声符号化技術と誤り訂正技術等の基本ディジタル技術を 適用することにより、所要搬送波電力対雑音電力比を大 幅に改善させようとするもので、この改善効果を船舶用 アンテナの小型化に向ける場合と、現用(標準A)のア ンテナの大きさのままで、1 チャネル当りの衛星電力の 低減に向ける場合の2 通りの回線設計が仮定されてい る<sup>(2)</sup>.

KDD 研究所では、このうち、低 G/T システムに着 目し、漁船等の小型船舶の占める比率の高い我が国の特 殊事情を考慮して、かねてから100トン未満の船舶にも 搭載できる能率の良い小型アンテナに関する研究(3)(4)や, 衛星に対する運用仰角が低い場合に特に問題となる海面 反射波によるフェージング現象の解明(5)およびその 軽減 対策に関する研究(6)(7)を進めてきた.そして,それら成果 を基に船舶用小型アンテナシステム (G/T=-10dBK, 送信 e.i.r.p.=26dBW)の試作を行った<sup>(4)</sup>. また, 昨年 6~7月および12月にはこの小型アンテナシステムとア ンテナシステム同様,昨年度 KDD 研究所において開発 されたディジタル通信サブシステム<sup>(2)</sup>を 組み合わせての 船舶通信実験(使用衛星:インド洋上のインテルサット V 号衛星の MCS),および船舶海洋実験(使用衛星は上 記と同じ衛星であるが、AFC 波の受信のみ)を、700ト ンの東海大学丸II世を用いて実施し、この小型アンテナ システムの総合特性の確認を行った。本稿では、この船 舶用小型アンテナシステムについて,その構成,性能, 特徴ならびに上記実験結果の概要を報告する.

### 2. システムパラメータ

インマルサットの第2世代システムを想定して検討されている方式は、音声符号化技術と誤り訂正技術等のディジタル技術を導入することにより、所要搬送波電力対雑音電力比を大幅に低減させようとするものである。この改善効果は船舶地球局アンテナの小型化に向ける場合と、1 チャネル当りの衛星電力の低減に向ける場合とが考えられ、それぞれについて回線設計例が検討されている<sup>(2)</sup>.後者の場合は、現用(標準A)と同じ直径 0.85~1.2m のパラボラアンテナ(利得 20~23dBi)を使用し、船舶の送信 e.i.r.p.を現用システムに比べ 5dB 低い 31 dBW (送信用電力増幅器出力:約 10W) にしようとするものであり、G/T は現用と同じ -4dBK が想定されている. 一方、前者は G/T は -10dBK,送信 e.i.r.p.

表1 受信系・送信系システムパラメータ

(A) 受信系システムパラメータ

	Items	
(i)	利 得 (dBi)	15.0
(ii)	損 失 (dB)	1.6(1.1*)
	・レドーム	0.1
	・ケーブル損失	0.2
	・3dBハイブリット	0.2
	・ダイプレクサ	0.4
	・フェージング軽減用移相器	0.2
	・指向誤差	0.5
(iii)	等価雑音温度 (°K)	
	・LNAの等価雑音温度 (°K)	90.0
	・アンテナ等価雑音温度(°K)	80.0
	・総合等価雑音温度 (°K)	218.7(23.4dB)
(iv)	$G/T$ (dBK) $E_1$ : 10°	-10

(B) 送信系システムパラメータ

	Items	
(i)	利 得 (dBi)	15.0
(ii)	損 失 (dB)	2.4
	・レドーム	0.1
	・ケーブル損失	1.0
	・3dBハイブリッド	0.2
	・ダイプレクサ	0.4
	・フェージング軽減用移相器	0.2
	・追尾誤差	0.5
(iii)	HPAの出力 (W)	21.9
(iv)	e.i.r.p. (dBW)	26.0

\* Resistive Loss

は26dBW で 15dBi 程度の利得を有するアンテナと出力 が約 22W の送信用電力増幅器を必要とするものである.

KDD 研究所が 100 トン未満の小型船舶にも 設置可能 なシステムとして試作した小型アンテナシステムは,前 者に適用が期待できるもので,システムの試作にあたり 定めた受信系,送信系のシステムパラメータは表1のと おりである.なお,同表中のフェージング軽減用移相器 は,小型アンテナシステムの場合に問題となる海面反射 波によるフェージングの軽減用であるため,現用システ ムには付加されていない.

#### 3. 小型アンテナシステムの基本構成

海事衛星通信は,動揺を伴う移動体を対象とした通信 であるため,それに使用される船舶用アンテナシステム は,小型,軽量,低価格であるうえに,動揺にかかわら ず常に所望の電気的性能が得られる必要がある.また船 舶は電波をよく反射する海で囲まれているため,海面反 射波により生ずるフェージングの影響を受けやすい.現 用の直径 0.85m のパラボラアンテナの場合の電力半値 ビーム幅が約 14°であるのに対し,利得 15dBi 程度の 小型アンテナの場合はこれが 35°程度と広いため,海面 反射波の影響が大きくなり,なんらかのフェージング軽 減対策も必要となる.したがって,軽減対策の適用の容 易さもシステムの設計にあたっては重要な条件となる.

システム性能 G/T	-10dBK
e.i.r.p.	26dBW
アンテナ 形 式	改良型ショートバックファイヤ
利 得	15.0dBi (1.54/1.64GHz)
ビーム幅	35°(-3dB幅)
フェージング軽減方式	偏波制御法
	(Polarization Shaping Method)
マウント 形 式	2 軸 Az-E ℓ 方式
追 尾	Navigation 信号(例えばNNSS)
	に基づくプログラム追尾
安定化	動揺センサによるActive方式
LNA形式	GaAs FET
雑音温度	90°K
HPA 形 式	A級動作GaAs FET
出力	約22W以上
ダイプレクサ 形 式	Comb-line型
分離度	80dB(1.5GHz), 110dB(1.6GHz)

表2 アンテナシステムの基本パラメータ

以上の点を考慮して試作した船舶用小型アンテナシス テムの基本パラメータを表2に、構成ブロック図、試作 した装置の外観をそれぞれ図1、図2に示す.

次に本小型アンテナシステムの主要開発項目,特に, 高能率化の図られた小型な改良型ショートバックファイ ヤアンテナ,動揺補正および衛星追尾対策,海面反射フ ェージング軽減対策,小型・軽量化対策についてその特 徴の概要を述べる.

## 4. 改良型ショートバックファイヤアンテナ

表1に示した 15dBi 程度の利得を有するアンテナと しては、各種の形式のものが考えられるが、船上設備の 小型化、フェージング軽減対策の適用の容易さ等により、 図2に示す 改良型ショートバックファイヤアンテナ<sup>(4)</sup>を 採用した. **図3**は、Ehrenspeck により考案された従来 のショートバックファイヤアンテナ<sup>(8)</sup>である. このアン テナは給電素子であるクロスダイボール(円偏波を発生 するために必要、直線偏波の場合には単一のダイボール アンテナのみでよい)、大小2枚の円型反射板、円筒型 の金属リムで構成され、反射板と垂直な方向に鋭い指向 性を有し、同寸法の他の形状のアンテナに比べ高性能な 特性を有することが知られている.

これに対し、改良型ショートバックファイヤアンテナ の断面構造図を図4に示す.従来のものと異なる点は、



図1 小型アンテナシステムの構成ブロック図

(April 1985)



\*

4

¢

図 3

4

クロスダイポール

素子

ショートパックファイヤ アンテナの構造

国際通信の研究 No. 124

C

II PI

Da  $D_1$ 

図4 改良型ショートバックファイヤアンテナの構造

114-

大反射板

小反射板が2枚になっていることと、大反射板にステップ構造が新たに付加されていることである.

一般にショートバックファイヤアンテナは大小反射板 間の多重反射を利用した共振型アンテナであるため、そ の特性,特に入力端におけるインビーダンス特性は狭帯 域で,1.54GHz/1.64GHz 帯をカバーするためには、な んらかの特性の広帯域化が必要である。2枚の小反射板 はその改善の役割を果たしている。2枚の小反射板によ る入力端におけるインビーダンス特性の改善効果は、2 枚の小反射板それぞれの大きさ、間隔に大きく依存し、 これら値を適当に選ぶことにより、1.54GHz、1.64GHz で 1.7、1.5 であった VSWR(定在波比)を 1.19、1.13 と、それぞれ 1.2 以下に改善することができた。

次に、主反射板のステップ構造は利得の増加の役割を 果たしている. 図5は、ステップの直径 $D_2$ をパラメー タに、ステップの高さ  $h_s$  に対する同アンテナの利得と 軸比の実験値(測定周波数 1.54 GHz)を示したもので ある. 図において  $h_s=0$ は従来のショートバックファイ ヤアンテナの特性を示している. 同図から、それぞれの  $D_2$  に対して最適のステップ高  $h_s$  が存在し、 $D_2$  が 270 mmのとき、 $h_s$ を 15~20mm くらいとすれば 1dB 程 度利得が改善されることが分かる. なお、ステップ構造 を付加することにより利得の向上を図ることができる理 由は、次のように定性的に考えることができる.

一般にショートバックファイヤアンテナの放射界は, 図6に実線と破線で示されるように大小2枚の反射板の 間で多重反射して放射される電界と余り多重反射するこ となく放射される電界の合成で与えられる.一般には前 者の電界が主であって,後者の成分は量的には少ない. しかし,両電界間には位相差が存在するため,なんらか



図5 ステップ高に対する利得・軸比特性(測定値)

(April 1985)

小反射板 小反射板 クロスダイポール ステップ 図 6 ショートバックファイヤアンテナの放射界

の手段により、これを0に近づけることができれば、反 射板に対して垂直方向への放射能率の向上が期待できる。 新たに付加したステップ構造はこの2つの電界成分の位 相差を制御する働きをしていると考えることができる。

なお、試作した小型アンテナの寸法は実験的に得られた最適値で、 $D_1$ =400mm (以下、単位略)、 $D_2$ =270、 $h_s$ =20、 $d_1$ =95、 $d_2$ =85、 $h_r$ =50、 $h_a$ =103 である.また、この寸法でのアンテナ利得は15.3/15.2dBi (1.54/1.64GHz)、軸比は 0.85/1.0dB(1.54/1.64GHz) である.

# 5. 動揺補正および追尾対策

一般に船舶用アンテナシステムは,船舶の動揺,旋回 航行による移動にかかわらずアンテナを常に衛星に指向 させる必要がある.現用システムでは,電力半値ビーム 幅が約14°と比較的狭いため,X−Y 2軸で構成される 動揺安定台上に衛星追尾用のAz軸,Eℓ軸を配した4 軸マウント(図7(©参照)が用いられている.4軸マウ ントは,動揺補正と追尾をそれぞれ独立に行うため,指 向精度が高いという長所を持つ反面,軸数が多いため形 状が大きく,重量も重くなるという短所を持っている.

そこで筆者らは、試作小型アンテナシステムのアンテ ナビーム幅が約35°と現用システムの場合に比べてかな り広いこと、すなわち、指向精度は現用システムほど高 い精度が要求されない(表1の追尾誤差 0.5dB を満足



図7 各種マウント方式

#### (190)

するための許容最大指向誤差は約7°) ことに着目し、 小型・軽量化が期待できる2軸マウント、特に Az-Eℓ 2軸マウントを採用することとした(図7(a)参照).なお 2軸マウントには他に図7(b)に示す X-Y マウントが存 在するが、筆者らの検討によれば、小型・軽量の観点か ら Az-Eℓマウントのほうが望ましいと考えられる.ま た追尾方式としては、現用システムではステップトラッ クによる自己追尾方式が用いられている.しかしながら、 近年小型船舶の70~80%が衛星測位システム(NNSS等) を搭載していること、ビーム幅が広いためステップトラ ックによる自己追尾が技術的に困難であること等を考慮 し、衛星測位システムからの船舶の位置情報に基づき衛 星追尾を行うプログラム追尾を採用した.

ところで一般に, 通常の2軸 Az-El マウントは,

- (i) 衛星がマウントの天頂付近にあるような高仰角時に動揺を受けた場合に発生するジンバルロック
- (ii) 高仰角時における Az 軸の高速回転
- (iii) Az 軸の回転角制限に伴う Az 軸の高速反転(リ ワインド)

等のために一時的に指向精度が大きく劣化する短所を有 している.劣化の原因は Az 軸の追従能力が不足のため である.

今回の試作では,船舶のローリング,ピッチング角が 最大でもそれぞれ 30°,10°程度であることに着目し, Az 軸に過大な回転能力を要求することなく劣化を改善 する方法として以下の点を考慮した<sup>(9)</sup>.

- ジンバルロックによる指向誤差を改善するため、
   Eℓ 軸の可動範囲を通常の 天頂方向から1方向のみではなく逆方向にも動くように拡大した.
- ② Az 軸の高速回転が必要となるときは、アンテナ を次に位置すべき目標位置までできるだけ短い時間 で動かす新しい2軸制御アルゴリズムを採用した。
- ③ ジンバルロックが問題となる仰角 60°以上においては、衛星方向(仰角、方位)および船首方向に応じて、マウントの可動範囲を4つのケースに分類し、それぞれのケースごとにAz軸の高速回転時間ができるだけ短くなるようなアルゴリズムを採用した.

また,マウント軸の応答性,追従性を向上させるため 次の点も考慮した.

- ④ マウント自体の C-FRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic)使用による軽量化, El 軸モータのマウント内側への配置(図2参照),アンテナ反射板の C-FRP 使用による軽量化等により,Az-El 駆動系の慣性モーメントを小さくして急加速,急減速を可能にした。
- ⑤ Az·Eℓ 軸モータに高出力, 軽量な AC サーボモ

6

ータを採用し、Az 軸、Eℓ 軸の高速度化を図った.

⑥ Az・Eℓ軸の目標指向角度を求めるための 演算時間を短くするため 16bit CPU を採用した.

などである.

図8(a), (b), (c)は従来の2軸 Az-Eℓマウントと, 試 作アンテナシステムに用いた2軸 Az-Eℓマウントの指 向誤差(角度)の比較を示したものである.衛星仰角は 85°(方位角は90°)と高仰角であり, Az-Eℓマウント としてはかなり大きな指向誤差が発生する領域である. また,ローリングビッチング角は振幅±30°(周期8秒), および振幅±10°(周期6秒)である.同図(a)に示す従 来のマウント方式においてはGLで示されるジンバルロ ックが多発しており,このときの指向誤差は最大で15° ~24°に達していることが分かる.また, AzREW で示 されるようにAz 軸が±270°の制限角に到達したとき の Az 軸の高速リワインドに伴い指向誤差が30°以上と なっている.これに対して,試作アンテナシステムでは, 図8(b)からも明らかなように,上記①~⑥を適用するこ とにより,指向誤差が11°以内に抑えられている.

この値は目標とする指向誤差(約7°)は超えているも のの、高仰角において海面反射フェージングの影響が少 ないことを考慮すれば実用上無視し得るものであると考 える.また図8(c)は更に厳しい動揺条件下での指向誤差 を示したものであるが、高仰角においては図8(b)と同程 度、低仰角( $E\ell=45^\circ$ ,  $Az=90^\circ$ )では2°以内と非常に 小さな指向誤差となっていることが分かる.



国際通信の研究 No. 124







#### 6. フェージング軽減対策

一般に、海面反射波によるフェージングの軽減対策と しては、整形ビームアンテナ方式<sup>(0)</sup>、ダイバーシチ方式<sup>(1)</sup>、 最大レベル追従法<sup>(6)</sup>、偏波制御法<sup>(7)</sup>等が挙げられる.ここ では、構成面の簡素さ、アップリンク(1.64GHz 帯)、

(April 1985)

図9 海面反射波の偏波特性

ダウンリンク(1.54GHz帯)双方への適用性,改良型 ショートバックファイヤアンテナへの適用性等を考慮し, 偏波制御法によるフェージング軽減機能を試作アンテナ システムに組み入れることとした.この方式は海面反射 波が固有の偏波特性を持つことに着目したものである. すなわち, Lバンド (1.54/1.64GHz帯) においては, 衛星仰角 5°~15°(海面反射フェージングの影響を特に 受けやすい仰角)の場合、海面からの反射波が図9に示 すように、ほぼ水平方向に扁平な左旋の楕円偏波になる 性質に着目し,船舶地球局アンテナの偏波特性を,海面 反射波の偏波特性と直交(一例として仰角10°の場合を 図9中に破線で示す)するように衛星仰角に応じて変化 させて受信することにより反射波の抑圧を図るものであ る. 上記の原理はクロスダイポール給電の改良型ショー トバックファイヤアンテナの場合、比較的容易に実現す ることができる.

図10に同アンテナに偏波制御法を適用した場合の具体的な構成例を示す.2個のダイポールアンテナ素子の一方に可変移相器を付加し、クロスダイボール素子をその素子の先端A,Bを結ぶ線が図11(a)のように海面に対して平行になるように配置し、可変移相器の移相量を変化させると、図11(b)のように同アンテナの偏波特性が変化し、付加移相量のδにかかわらず海面に対して楕円偏波の長軸が垂直な偏波特性を常に得ることができる。したがって、衛星仰角に応じて移相量を制御すれば、図9の海面反射波とほぼ直交する偏波特性を実現することができる。

次に図12は衛星仰角に対する最適付加移相量を示した ものである.同図は衛星アンテナの軸比:0dB, 船舶用 アンテナの利得:15dBi,海面状態: "Rough Sea\*"の場 合の理論値である. また, $\beta_0$ は波の険しさを表わすパ

\* 発生頻度が高く、かつフェージングが深いため、フェージングを考える うえで重要な海面状態.

7





(a) クロスダイポールの配置
 (b) 船舶アンテナの偏波特性
 図 11 船舶地球局アンテナの偏波特性

ラメータで"Rough Sea"の場合、ほぼ 0.04(破線) と 0.07(1 点鎖線)の間である<sup>(b)</sup>. 図より仰角の変化に 対する最適付加移相量の変化は緩やかであること、 $\beta_0$ の 違いによる影響は比較的小さいことが分かる.なお、海 面の反射係数の性質から、アップリンクとダウンリンク の周波数帯では、この最適付加移相量がほぼ同じである ため、同方式は両リンクに適用できる特長を有している. また、同図中に海洋通信実験で得られた両リンクにおけ るそれぞれの最適付加移相量を 〇、〇印で示したが、ほ ぼ理論値と一致していることが分かる.したがって試作 アンテナシステムでは、仰角に対する最適付加移相量の 関係を実線で示される カーブで与え、NNSS からの船



舶位置情報と,あらかじめ設定されている衛星位置より CPU で仰角を計算し,自動的に最適付加移相量を制御 する方式を採用した.

図13は実際の海洋で行った海洋実験におけるフェージ ング軽減方式の効果の一例を示したものである.図13(a), (b)より時間率99%値のフェージングに着目した場合,仰 角 5°で 10.2dB のフェージングが 5.6dB に,仰角 10° では 3.4dB が 2.4dB にそれぞれ 抑圧されていること が分かる.これらの値は理論予想値<sup>(7)</sup>とほぼ一致してい る.

# 7. システムの小型・軽量化対策12

本小型アンテナシステムは、100トン未満の小型船舶 にも搭載できるように配慮したため、小型・軽量化の観 点から各種の工夫がなされている.以下、その点につい て説明する.

(1) マウント形式

5章でも述べたように,試作アンテナシステムには, 小型・軽量化の期待できる2軸 Az-Eℓマウント方式を 採用した.

(2) 部品配置

アンテナシステムは、アンテナ本体を支え、これを駆動する機構部と、アンテナ本体および低雑音増幅器(LNA)、ダイプレクサ<sup>(13)</sup>、フェージング軽減用可変移相器<sup>(14)</sup>、送信用電力増幅器(HPA)<sup>(15)</sup>等の通信機部分より構成される.2軸Az-Eℓマウント方式において小型・軽量化を図るためには各部品の配置がかなり限定される.したがって、試作アンテナシステムでは、図2に示したように、アンテナ本体、LNA、ダイプレクサ、可変移相器

国際通信の研究 No. 124

(193)



を Eℓ軸の周りに近接して配置し、かつ、Eℓ軸を支える アームをバランスの取りやすいU字構造にするとともに、 アンテナ本体が Eℓ軸を中心に回転しやすい構造にした. (3) 材質の検討

材料面では、C-FRP や K-FRP (Kevlar FRP) を積 極的に使用することにより軽量化を図っている.C-FRP の材料特性は、アルミ合金に比べて強度的には数倍、剛 性では $1 \sim 2$ 倍程度優れ、重量比が約0.56であるため 同じ板厚のアルミに比べ半分くらいの重量減が可能であ る.また、C-FRP はハンドレイアップ法(積層して成 形する方法)などの成形法により、他の軽量材料に比べ 複雑な形状のものを製作するのに非常に有利である.レ ドーム材質についても、一般的に使用されているガラス FRP に対して、より軽量、高強度な K-FRP を使用し、 大幅な軽量化が達成された. (4) 小型・軽量モータ

従来のシステムでは、制御の容易さから DC ステップ モータ(パルスモータ)が広く使われたが、所望の速度 を得るためには、大型化せざるを得ないため、軽量化が 困難であった。このため試作システムでは、最近開発さ れた 0~3,000rpm の範囲で制御が可能な小型 AC サー ボモータを採用することにより軽量化を図った。

また、同モータにはレゾルバ(回転角度の情報を出力 する装置)が内蔵されているため、Az軸、Eℓ軸の角 度検出機構を別に設ける必要がない利点も有している. AC サーボモータは、同寸法の DC ステップモータに比 べて高速度の回転が可能であるため、大きな減速比を有 するギャヘッドを必要とするが、モータ自体が軽量であ るため、ギャヘッドを含めた全体としても十分軽量化が 達成できた.

(April 1985)

9

(194)

(5) その他

機構面でも極力部品点数の削減を図った. 例えば, Az 回転部の支持部には薄型ベアリングを使用し、従来, モーメント荷重を支えるために2つのベアリングを必要 とするところを1個の部品で構成した.また,内径の大 きな薄型ベアリングを使用することにより, Az 回転の ストッパ等の部品をベアリングの内側に収めることがで き,本体の小型化も可能となった.

# 8. 現用システムとの比較

以上,今回試作した船舶用小型アンテナシステムの特 徴について述べたが,**表3**に各種の性能を現用システム (標準A:ただしアンテナの直径が0.85mの場合)と比 較してまとめた.なお,寸法,重量については容積比で 約1/8,重量比で約1/6と,かなり小型・軽量となって いる.

# 9. むすび

以上,海事衛星通信の低 G/T システムに、その適用 が期待できる船舶用小型アンテナシステムについて、そ の構成,特徴について報告した.このアンテナシステム は,G/T=-10dBK, e.i.r.p.=26dBW が想定され、 100 トン未満の小型船舶にも搭載可能なように開発され たものであり、アンテナとして高性能な改良型ショート バックファイヤアンテナ、動揺補正対策として、指向誤 差の改善された2軸 Az—E $\ell$ マウント、NNSS 等の衛 星測位システムからの船舶位置情報に基づくフログラム 追尾方式、また、海面反射波によるフェージングの軽減 対策に偏波制御法を採用する等の特徴を有する小型・軽 量なアンテナシステムである.なお、今回試作したアン テナシステムの基本構成は、G/T = -10dBKの場合の みならず、 $-12 \sim -7dBK$ 用のアンテナシステムにもそ の適用が可能である.

小型アンテナシステムに関する研究・開発は、海事衛 星通信のより小型船舶への市場の拡張という観点から、 また、将来の衛星の大型化に伴う船舶地球局アンテナシ ステムの小型化(海事衛星通信に限らず各種の移動通信 にいえることであるが)の観点から、今後重要な課題に なると思われる.今後はより実用的観点から検討を進め る必要があろう.

謝辞 本研究,開発を進めるにあたり有益な御指導,御 助言をいただいた,宮 憲一 KTI 社長ならびに同社関係 各位に深く感謝する.また,海洋実験の実施にあたり御 協力いただいた森田昭雄東海大学教授,政次東海大学丸 Ⅱ世船長をはじめとする乗組員御一同,吉田船舶管理課 長をはじめとする関係各位に心から感謝する.また,開

		現用標準A船舶用アンテナシステム	試作船舶用小型アンテナシステム
アンテナ	形 式 利 得 地 比 ビーム幅 G/T e.i.r.p.	直径0.85mパラボラアンテナ 20.6dBi (1.54GHz) 1.8dB 14 <sup>°</sup> (-3dB幅) - 4dBK 36dBW	直径0.4m 改良型ショートバックファイヤ 15.0dBi (1.54GHz) 1.0dB (1.54GHz) 35 <sup>°</sup> (-3dB幅) -10dBK 26dBW
フェージング車	圣减方式		偏波制御法 (Polarization Shaping Method)
マウント	形	<ul> <li>4軸 Eℓ/Az/Y/X方式</li> <li>ステップトラック方式</li> <li>鉛直ジャイロまたはレートとレベルセンサ</li> <li>併用によるアクティブサーボ方式</li> <li>指向誤差:0.5dB</li> </ul>	2 軸 Eℓ/Az方式 Navigation信号(例えばNNSS)に基づくフ ログラム追尾 動揺センサによるActive方式 指向誤差:0.5dB(ただし,高仰角Az巻戻し 時に1.1dB程度になる場合もある)
L N A	形 式 雑音温度	GaAs FET 100°K以下	GaAs FET 90°K
Н Р А	形 武 出 力	クラスC Si Bipolar トランジスタ 約30W以上	クラスA GaAs FET 約22W以上
ダイプレクサ	形	Comb-line型 69dB(1.54GHz), 110dB(1.64GHz)	Comb-line型 80dB(1.54GHz),110dB(1.64GHz)

表3現用システムとの性能比較

国際通信の研究 No. 124

(195)

発にあたり御尽力いただいたメーカ関係各位に厚く御礼 申し上げる.

#### 参考文献

- Ghais, A. and Branch, P. : "Future development of INMA RSAT system", 3rd International Conference on Satellite Systems for Mobile Communications and Navigation, London (1983-06).
- (2) 安田, 冲中, 樫木, 平田: "インマルサットディジタル船舶局実験システムの開発——通信サブシステム——", 信学技報(衛星通信).
- (3) 塩川, 唐沢: "短い軸モードヘリカルアンテナで構成される 4素子アレイアンテナ", 信学論(B) Vol. J 65-B, No. 10 (昭57-10).
- (4) Shiokawa, T., Karasawa, Y. and Yamada, M.: "Compact Antenna Systems for INMARSAT Ship Earth Stations", 3rd International Conference on Satellite Systems for Mobile Communications and Navigation, London (1983-06).
- (5) Karasawa, Y. and Shiokawa, T.: "Characteristics of Lband Multipath Fading due to Sea Surface Reflection", IEEE, Trans, Antennas Propagat., AP-32 (1984).
- (6) 塩川, 唐沢, 渡辺: "海面反射による信号強度劣化の軽減方式に関する

海洋実験",信学技報 (アンテナ,伝播), AP 81-61 (昭56-08).

- (7) 塩川, 唐沢: "偏波制御によるフェージング軽減方式の理論的検討", 信学技報(アンテナ,伝播), AP 81-144(昭57-02).
- (8) H. W. Ehrenspeck : "The Short Backfire Antenna, A New Type of Directional Line Source", Proc. IRE, Vol. 48, pp. 109-110, (Jan. 1960),
- (9) 結城,唐沢,塩川,武田:"2柚 Az-El アンテナマウントの制御方 式――海事衛星通信小型船舶用――",信学技報(宇宙航行エレクトロ ニクス), SANE 83-53 (1984).
- (10) 大森,三浦,宮野,鈴木,千葉:"フェージング軽減用成形ビームアン テナ",信学技報(アンテナ,伝播),AP 81-69(昭56-09).
- 小園,吉川: "船舶移動衛星通信における Switch and Stay ダイバ ーシチ効果",信学論(B) Vol. J 64-B, No. 5 (昭56-05).
- (12) 塩川,結城,唐沢,山田,小林,大光明:"海事衛星通信ディジタル船 船局用アンテナシステムの小型・軽量化について",信学技報(宇宙航 行エレクトロニクス) SANE 84-19 (1984).
- (13) 塩川,畑中:"海事衛星通信用 L バンドダイブレクサ",57年度 光・ 電波部門全大 182 (昭57).
- (14) 可変移相器, 特願 59-127763 (1984).

 (15) 結城, 唐沢, 塩川, 冨田, 柳川, 堀: "インマルサット・スタンダード
 B 船舶局用 1.6GHz 帯 GaAsFET 電力増幅器", 信学部門全大 (通信).