船舶における衛星放送の受信に関する研究

千葉 元* ・安田 明生** ・安東平一郎**
山下 勝博*** ・駒宮 正男*** ・半間 俊士***

A Study on Reception of Satellite Broadcasting on Board

Hajime CHIBA, Akio YASUDA, Heiichiro ANDO,
Katsuhiro YAMASHITA, Masao KOMAMIYA and Shunji HANMA

Abstract

The authors have designed a two-axis controlled satellite tracking mechanism with a parabolic antenna which enables us to furnish vessels with a simple and inexpensive satellite broadcasting reception system. The maximum rotating speed of both azimuth and elevation angles is about $10^\circ/\text{sec}$. After examining the dynamic response on a table which simulates the various conditions of rolling on the sea, we installed the device on board the training ship "HOKUTO MARU" (5856 G/T) which was to steam in Japanese waters and the southern ocean down to western Australia. It proved to work excellently with a parabolic antenna of 50 cm or 75 cm in diameter even on a rough sea in the area down to lat. 20°N . The southern limits of the satisfiable picture reception were at lat. 18°N and long. 134°E on the way to Australia and lat. 16°N and long. 138°E on the way back, with an antenna of 120 cm, on a slight sea condition. The profile of the power flux density of BS on the sea is estimated by C/N values observed along the route. The mechanism was also applied successfully and effectively to the reception of the images from GMS in the southern hemisphere.

1. はじめに

近年、広く普及してきた衛星放送は日本近海に広範囲のサービスエリアを持っている。そこで、これを船舶上で簡易に受信できれば、船舶における娯楽メディアが充実するだけでなく、船舶への情報伝送の一手段としての衛星放送の将来が期待されるものと思われる。ところで、この衛星放送は約 12 GHz の非常に指向性の高い電波を使用しているため、船舶上での受信においては、その船体の運動を補償した自動追尾が必要になる。

船舶上で衛星放送の受信を試みた報告⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾は少なく、基本となる設計条件はあまり明らかになっていない。現在、船舶用の受信システムで実用化されているものは、4軸制御機構や従属追尾方式を使った複雑な装置を持ったシステムとなっている⁽³⁾。また、最近では自動車や列車への搭載を目的とした、フェイズドアレーアンテナを使用した電氣的走査による衛星放送の自動追尾システムの研究⁽⁵⁾⁽⁶⁾が進められているが、この方法は船舶においては、特にロール、ピッチの変位が大きいこと、電界強度の弱い海域を航行する場合が多いことから、充分な C/N 比を得られず適用は困難であると思える。

4軸追尾機構は船の動揺は水平安定台で、衛星方向の変化は追尾機構でと分離して制御するので、要求される制御速度も遅く制御技術は簡単であるが、一般に装置が複雑になる。これに対して2軸追尾機構では高速の追尾、特に高仰角では方位角軸に高速回転が必要となり、設計条件は厳しいが、機構は簡易となる。

* 学生会員 東京商船大学大学院 (〒135 江東区越中島 2-1-6)

** 正会員 東京商船大学 (〒135 江東区越中島 2-1-6)

*** 正会員 運輸省航海訓練所 (〒100 千代田区霞ヶ関 2-1-3)

そこで、真田ら⁽⁴⁾は、方位角 (Az)、仰角 (El) の2軸の可動マウントを用いた絶対方位追尾方式によるシステムを試作し、その有効性と問題点について報告している。彼らの研究は簡易型の船舶用衛星放送受信システムの開発を目指して、昭和60年度より開始されたものである。本研究は、その継続として、基本的には彼らのシステムを受け継ぎ、制御用コンピュータを8ビットから16ビットに切り換えることにより制御動作の高速化と、性能の向上を目指した。また、このシステムの特徴を把握することにより、船舶用の衛星放送受信システムに要求される基本的な設計条件の確立を試みた。

実験ではコンピュータシミュレーション、及び陸上の一軸の動揺台によりシステムの追尾動作を解析した。さらに、実船実験には航海訓練所の練習船「北斗丸」(総トン数 5856 トン) を用い、数回の沿岸航海と平成元年の1月から3月にかけてのオーストラリア、インドネシアに渡る遠洋航海において受信性能の評価を試みる一方、各海域における受信電界強度分布の測定を行った。

また、遠洋航海においては、この追尾システムを用いて気象衛星「ひまわり」の画像信号の受信を試みた。

2. 実験システム

実験システムの系統図は図1に示す通りで、P C-9801を2台使用し、アンテナ駆動装置のプログラム制御を行った。このうちP C-9801 F はマスターコンピュータとして船座標における衛星方向計算とデータ記録用とし、

図1 実験システム系統図(衛星放送受信時)

表1 実験に使用したアンテナの諸元

No.	口径	アンテナ利得 (効率70%)	半 値 幅			コンバータ の雑音指数 (ノミナル値)	①のアンテナ** 使用時のC/N比 との差	用途
			理論値	実測値(Az)	実測値(El)			
①	50cm	34.4 dB	3.4°	4.2°	3.2°	1.4 dB	+0.0 dB	衛星放送
②	75cm	37.9 dB	2.3°	3.1°	2.5°	1.4 dB	+3.5 dB	衛星放送
③	120cm	42.0 dB	1.4°	2.0°	1.5°	1.8 dB	+6.6 dB	衛星放送
④	75cm*	37.9 dB	2.3°	3.1°	2.5°	2.5 dB	+1.1 dB	衛星放送
⑤	120cm*	42.0 dB	1.4°	2.0°	1.5°	2.5 dB	+5.2 dB	衛星放送
⑥	120cm	23.5 dB	10.1°			1.8 dB		気象衛星

注 * ...実験の初期において使用したアンテナ

**...アンテナ雑音指数50Kとし、①のアンテナを使用した場合の下り回線C/N比との差

PC-9801 VM はプロセスコンピュータとしてアンテナ駆動装置の直接制御用に用いた。尚、両者の間にはデータ送受用の 8 ビット並列の通信回線を設けた。アンテナは市販の衛星放送受信用、気象衛星画像受信用の、それぞれの専用のパラボラアンテナを用いた。表 1 に実験に使用したアンテナの諸元を、図 2 に Az 方向における相対受信利得パターンの比較を示す。尚、一般に市販されている衛星放送用のパラボラアンテナはオフセット角が約 30° であるので、本システムでは、風圧の影響を軽減するため図 1 に示すように、一次ホーンが上になるようにアンテナを設置した。アンテナ駆動装置にはテレビカメラのリモコン用ペダスタル（ミカミ製、PTH-V-DCS-6H）を用いた。Az 軸、El 軸とも最高回転速度は約 10°/sec 弱で、回転トルクは約 800 kg-cm である。また、このペダスタルは回転角が印加電圧に比例するように制御され、同時にポテンシオメータにより実際の回転角に比例した電圧を取り出せる。船体の運動は、船の既設のジャイロコンパスによりヨー、ターンによる船首方位の変化を (1/6) 度の精度で、同じく既設の NNS S より船位の緯度、経度を分の単位でオンラインで取込んだ。ロール、ピッチ角のセンサーとしては振り子式傾斜計と慣性測定装置（東京計器製、TMOS-1000）* を用い、アナログ電圧出力を約 0.1° の精度で AD コンバータで並列に取込んだ。衛星放送受信時には図 1 に示すようにモニターテレビ、BS チューナー及び CN 比チェッカー（協立電子工業製、KTV-635）を設置し、実際の画像、AGC 電圧（CN 比にほぼ比例関係になる。）、CN 比により受信状況と電界強度の監視と評価を行った。気象衛星画像受信時には KENWOOD の「ひまわり」画像受信システム「ウェザーセンサー 200」を利用した。この受信システムにより追尾システムで受信した信号を PC-9801 V X に送り、必要に応じ画像を表示、あるいは記録した。

システムの一連の制御動作は周期 0.1 秒のクロックパルスに同期してなされ、1 サイクル毎にマスターコンピュータにより各センサーから船体運動のデータが取込まれ、これらにより直ちに船座標における衛星方向を算出し、この算出データを受け取ったプロセスコンピュータによりアンテナ駆動装置の制御が行われる。また、同時に Az、El 軸の回転角と AGC 電圧がプロセスコンピュータの AD コンバータにより取込まれる。そして、必要なデータはマスターコンピュータのメモリーに整理された後、フロッピーディスクに取込まれる。

また、船上において、このシステムによるアンテナビームの絶対方向は、ポテンシオメータの指示値の直線性などの誤差修正の結果、どの方位、仰角においても約 ±0.3° 以内の誤差で計測できるようになった。

3. アンテナ駆動軸に要求される回転速度

船舶の動揺では一般にロールの方がピッチ、ヨーよりも振幅、角速度とも大きくなる。従って、2 軸アンテナ駆動装置では、Az 軸に関しては、衛星の方位が船首尾線方向にある時のロールの補償に、最も激しい動作が要求される。また、この場合に要求される角速度は、衛星仰角が高いほど大きくなる。ここでロールを周期が T 、振幅が A の正弦波とすると、Az 軸に必要な動作角 θ は、

$$\theta = kA \sin \omega t \quad \dots\dots(1) \quad (\omega = 2\pi/T)$$

となり、係数 k を使うことにより表せる。この値は、その時の衛星の仰角の値によって定められるものである。 k と仰角の関係を図 3 に示す。 θ の動作に必要な角速度は、 θ を時間で微分すれば求められるので、(1) 式を微分すると、

$$\dot{\theta} = (2\pi kA/T) \cos \omega t \quad \dots\dots(2)$$

となり、ロールの振幅と周期が分かれば、図 3 より、その時の仰角における k の値を得て、これを (2) 式に代入することにより、Az 軸に要求される最高回転速度を求めることができる。たとえば、日本最南端の石垣

図 2 実験に使用した衛星放送用アンテナの Az 方向の相対受信利得パターン（実測値）

* この装置は、振動ジャイロ、加速度計、磁気方位センサーを用いた、ストラップダウン方式によるもので、航行体の地球座標に対する方位角、姿勢角、角速度、加速度を計測し出力するシステムである。鉛直ジャイロやレートジャイロと同等の性能を有し、また、これらに比して、装置が小型、長寿命という長所がある。

島では仰角は約 58° となるが、ここで周期約10秒、振幅約 $\pm 10^\circ$ のロールの条件で船首方向の衛星を追尾するには、図3より決めた k の値を用いることにより、約 $10^\circ/\text{sec}$ 弱の最高回転速度を Az 軸に必要とすることが計算できる。

一方、 EI 軸に要求される回転速度は、衛星が船体の正横方向にあるときに最大となり、ロールの角速度と等しく、仰角に無関係に $k=1$ となる。

4. システムの指向特性

実船実験の前に、東京商船大学1号館屋上に設置された、1軸の周期、振幅が可変の動揺台を使用し、実際の船の揺れの様々な場合を想定した受信実験を行い、システムの追尾動作を測定した⁽⁷⁾。図4は、その一例で、正弦的なロールがある時に、船首方向の衛星の追尾を想定した場合のものである。(a)～(d)は、総て横軸は同一の時間であり、(a)はロール、(b)はマスターコンピュータで算出した Az 軸のオーダー値と、実際の回転角のアンサー値である。これを見るとロールと Az 軸のオーダーは、ほとんど同位相となり、計算所要時間による位相遅れは無視できるほど小さいことが分かる。また、アンサーはオーダーよりも時間的に少し遅れており、これらの値の差がアンテナの指向誤差となる。(c)はこれを示したもので、オーダーよりも、ほぼ $1/4$ 周期進んだ正弦波の形をしているのが分かる。また、(d)はAGC電圧を示したものである。これらを見ると、この指向誤差が大きくなっている部分でAGC電圧が降下しており、受信利得が下がっているのが確認できる。

このように、船体運動検出のセンサーが正確な値を示すとする、追尾機構が船体の運動の速さについていけなくなって生じる指向誤差が受信特性に影響を与えていることが分かる。この指向誤差の正常な受信に対する許容範囲は、その地域の受信電界強度とアンテナとコンバータの性能によって決まり、指向誤差が許容範囲を越えると、CN比がスレッショールド以下となり正常な受信ができなくなる。この許容指向誤差は、衛星放送では、たとえば東京近辺で数10cm径のアンテナを使用した場合、約 $\pm 3^\circ$ 以内とかなり狭いものになる。

そこで、このシステムにおける正弦波的な動作に対するアンテナの指向特性を理論式と室内実験より求め、システムの指向特性を考察した。理論式は、このシステムが2次の位置サーボ系であることから、(3)式に示す2階線形微分方程式を使用した⁽⁸⁾。

$$M\ddot{x} + B\dot{x} = K_m(x_1 - x)$$

.....(3)

図3 衛星仰角と振幅係数 k の関係

図4 動揺台による受信実験における各部の波形 ((a)～(d)の時間は、総て同一である)

但し、 M は慣性力係数、 B は制動力係数、 K_m は増幅器のゲイン、 x_1 はオーダーの角度、 x はアンサーの角度を示す。

まず、システムに、数通りの正弦波動作を行わせ、これにより係数 M 、 B 、 K_m の値を決定した。尚、アンテナの種類、有無にかかわらず係数の値はほぼ同じであった。

そこで、 Az 軸、 El 軸、それぞれの指向特性を示したものが図5で、図中の曲線は、この係数を使用して 5° 、 10° 、 15° の3種類の振幅における動作の周期に対する最大指向誤差を求めてプロットしたものである。また、○、×、□で示したものは周期5秒、10秒、15秒のそれぞれの振幅における最大指向誤差の実測値である。この図を見ると、実測値はほぼ理論曲線上に分布していることが分かる。

図中の横軸と平行に引かれた点線は東京での衛星放送受信における、上から表1の①、②、③の、それぞれのアンテナの許容指向誤差で、この点線以下の範囲では、示された条件で受信が可能であることが分かる。また、この図を東京以外の地域に対応させるには、この点線を、その地点の電界強度に応じて上下させれば良いことになる。

ところで、 Az 軸、 El 軸とも、ある単一の船体動揺の補償に必要な動作の周期は、その補償対象の動揺の周期と同じになる。しかし、振幅に関しては El 軸では補償対象の動揺の振幅より大きな振幅の動作を必要とすることはないが、 Az 軸においては、特に仰角が高くなる地域では、3章に示したように補償対象の動揺の振幅より1～1.5倍程度の大きな振幅による動作の補償が必要になることもある。こういったことを考慮しても、このシステムが広範囲の動揺に対して有効であることが確認できた。

図5 Az 軸、 El 軸の動作の周期に対する指向誤差

5. 実 船 実 験

5.1 実験航海

洋上実験は北斗丸の実習航海に併せて3回に渡って行った。日程及び大まかな航程を下記に示す。また、遠洋航海における航跡を図6に示す。

・第1次実験 昭和63年5月29日～6月14日

〔千葉～神戸～志布志湾～小浜(長崎)～細島〕

・第2次実験 昭和63年10月1日～11月22日

〔東京～函館～新潟～姫島～小豆島～神戸～古仁屋～下関～福江～高知～三河湾～東京〕

・第3次実験 平成元年1月23日～3月7日

〔東京～三河湾～神戸～フリーマントル(オーストラリア)～ウジュンパンダン(インドネシア)～東京〕

尚、実験システムはアンテナと駆動装置をフライングブリッジデッキに設置し、他の制御用の機器は無線室に設置した。また、実験は衛星放送の受信を主とし、「ひまわり」画像の受信は遠洋航海において、衛星放送が受信できない海域(主に、南半球)で行った。受信に大きな影響を与える船体動揺の固有周期は、特別に大きな外乱がなければだいたい一定であり、ロールで約12～14秒、ピッチで約5～7秒であった。

図6 遠洋航海航跡図

5. 2 衛星放送の受信電界強度分布

日本の衛星放送は南西諸島や小笠原諸島をカバーするために南方海域に広いサービスエリアを持ち、逆に本土の北方や西方へは近隣諸国への電波の漏洩を防ぐためサービスエリアが狭くなるように設計されている。

このため海上における衛星放送の正確な受信電界強度分布を知ることは、船舶用の受信システムの設計の指針になるだけでなく、衛星放送システムの将来において重要な基礎資料になると思われる。そこで、受信システムの性能の検定と同時に、CN比チェッカーを用いて、各海域におけるCN比を測定した。

図7の等高線は文献(9)の資料より作成したもので、衛星放送の設計上の送信アンテナ利得（電力束密度は、この値から約136 dB (W/m²) 差し引いた値である。）を2 dB 毎に示してある。(14)～(40)が、それぞれの等高線に対する値を示す。そして、測定されたCN比を[1]～[28]で示した。この値は、総て表1③の120 cm 径アンテナの値に換算したものである。但し、測定器の精度、天候等の影響により約1 dB 程度の誤差は含むものである。

これを見ると、日本近海において、東京から奄美大島では送信アンテナ利得もCN比も約5 dB 減少していて、ほぼ理論通りの分布ではあるが、東京からたとえば北緯19度、東経135度の点では送信アンテナ利得は約20 dB 減少しているのに対して、CN比は約15 dB 減少しているだけである。このように実際の電界強度分布は南方の

図7 衛星放送の送信アンテナ利得パターン，並びに実船実験において測定したC/N比
(図中の(14)~(40)が，それぞれの等高線に対する送信アンテナ利得 (dB) を，
[1]~[28]が実測し，表1③の120cm径アンテナに換算したC/N比(dB)を示す。)

海域になる程，理論上の分布と比較して，減少の傾きが小さくなっているのが分かる。

実際には③のアンテナを使用して，降雨が無く，動揺の振幅約5°以内ならば，往航においては北緯18度，東経134度付近まで，復航においては北緯16度，東経138度近辺から，C/N比が約8 dB以上になり，一般に使われる受信画質の5段階評価⁽¹⁰⁾の3以上に相当する良好な画像が得られた。これより，この場合は図7に示す送信アンテナ利得が(18)の等高線が受信可能範囲とすると，衛星放送が南方海域に，かなり広いサービスエリアを持っていることが分かる。

5. 3 船舶における衛星放送受信に適当なアンテナ径

船舶上において衛星放送を受信する場合、一般にパラボラアンテナでは、アンテナ径が小さくなれば半値幅が広がるので、十分な受信電界強度を有する地域では、許容指向誤差が広くなり有利であるが、受信電界強度が充分ではない地域では、アンテナの利得が低くなるため充分なCN比マージンが得られなくなり逆に不利になる。

例えば、東京付近では表1の④の75cm径アンテナを使用するとCN比マージンが約9dBあるので⁽⁷⁾、良好な受信には、図2における縦軸の相対受信利得で約-14.5dBのレベルを必要とする。このレベルでは許容指向誤差の一番広い①の50cm径アンテナが一番受信に有利になるが、電界強度が下がってくると、高い利得を必要とし、たとえば奄美大島の近辺ではマージンが減少して約-9.5dB以上の受信利得を必要とするので、このレベルでは②の75cm径アンテナが一番許容指向誤差が広くなり受信に有利になる。

このため、受信システムのアンテナ径の選択の際には、その船舶の航行する海域を考慮する必要がある。

表1の①、②、③のアンテナは最新のもので、約3年前に製造された④、⑤に比べて、コンバータのNFが向上しており、半値幅の広い口径の小さなアンテナでも高いCN比が得られるようになってきた。

5. 4 試作システムの実験船における衛星放送の受信性能

これまで述べた、実船実験の結果から得られた、試作システムの受信限界の評価の一例を表2に示す。尚、船座標における衛星方向は、船首尾線方向と船体の正横方向の2種類に対して考察した。縦欄には動揺条件を示し、振幅を0～3、3～6、6～9、9～12、12～15の5段階に、動揺の性質を動揺がほとんど無い状態、ロール主体の状態、ピッチが主体の状態の3種類の状態に分けた。尚、ヨーに関しては、この補償が常にAz軸に要求される補償に置き変えることができ、一般に角度が小さいので、ここでは省略した。横欄には、船座標衛星方位と、実験に使用した3種類のアンテナを示した。これは表1に示す①、②、③である。そして、表中の縦欄、横欄の各条件における数字は図7中の送信アンテナ利得の等高線の値で、これより内側の区域では、良好な受信が可能であることを意味している。

表2 実験システムにおける受信性能評価

(表中の数字は、図7に示した送信アンテナ利得のdB値で、この数値より高い利得を有する区域では良好な受信が可能であることを意味する。また、×は受信不可能を示す。)

船座標衛星方位	船 首 尾 線 方 向			船 体 正 横 方 向		
動 揺 条 件 / アン テ ナ	① 50cm 径	② 75cm 径	③ 120cm 径	① 50cm 径	② 75cm 径	③ 120cm 径
ROL 0～3, PIT 0～3	30～32	24～26	18～22	30～34	24～28	18～24
ROL 3～6, PIT 0～3	32～33	26～30	22～28	34～35	28～32	24～30
ROL 6～9, PIT 0～3	33～34	30～34	28～34	35～36	32～36	30～34
ROL 9～12, PIT 0～3	34～36	34～38	34～40	36～38	36～40	34～40
ROL 12～15, PIT 0～3	36～38	38～40	×	38	40	×
ROL 0～3, PIT 3～6	32～36	26～32	22～30	34～36	28～36	24～32
ROL 0～3, PIT 6～9	36～38	32～40	30～38	36～40	36～40	32～40
ROL 0～3, PIT 9～12	38～40	×	×	40	×	×
ROL 0～3, PIT 12～15	×	×	×	×	×	×

但し、これらは降雨が無い場合を仮定したもので、降雨があるとその電波の減衰量に応じて受信限界区域は狭まることになる。また、動揺条件は、この程度では総てを網羅することはできず、複雑な動揺の中においては評価が下がることになるので、この表は一応の目安である。

5. 5 気象衛星「ひまわり」画像の受信

この気象衛星「ひまわり」のサービスエリアは、衛星からの見通し範囲のほとんどを含む広大なものである。また、この気象衛星は使用周波数が約1.7GHzと、衛星放送より一桁低いので、追尾は非常に楽になる。

実際に、表1の⑥のアンテナを使用して、振幅が 10° 前後のロールやピッチに遭遇したこともあったが、良好な受信が可能であった。

この「ひまわり」からは、衛星より撮影した赤外線画像と可視光画像が、撮影終了後ほぼ30分以内に、1時間、または3時間の間隔で送られてくる。このように短い時間間隔で最新のデータが送られてくるため、連続的な観測が可能になり、ほぼリアルタイムにおける、広い範囲の雲の動き、状態を容易に把握することができる。そして、これを解析して熱帯性低気圧、前線、海霧等の船舶の航行に影響を与える諸現象の動静、規模を知ることが可能になる。特に、実船実験ではサイクロンの監視に活躍し、有力な航行参考情報が得られた。

また、この「ひまわり」画像は天気図のFAXを得ることが不可能な海域、または得られても、あまり精度が良くない海域でも、有効な気象情報が得られるという利点がある。

このように、この「ひまわり」画像の船舶での利用価値は高く、これを船舶上で簡易に受信できることは非常に有効であると思える。

6. 今後の課題

真田らの報告⁽⁴⁾では、受信性能の向上やシステムの簡易化のために、衛星方向の数ステップ先の値を予測してアンテナの制御を行うプレディクションモードや、AGC電圧と振り子式傾斜計を使用した従属追尾方式によるAGCモードが提案されている。そこで、筆者らは振り子式傾斜計の動特性による誤差にできる限りの較正を加えて動揺角のセンサーとして使用し、システムの簡易化を図ること、及びアンテナの追尾遅れによる指向誤差を自己帰帰モデルや線形回帰モデルを使用したフィードフォワード制御により軽減し、追尾性能の向上を図ることの2点についても取り組んできた。これらについては、すでに実船実験でも基礎的な試みを行い、その有効性も認められたが、いまだ改善の余地があり、より多くのデータの収集を必要としているので、今後の課題として、発表は別の機会に譲る。

「ひまわり」画像に関しては外海の厳しい条件の中でも船舶上での受信が可能であることが確認できたが、実際の船舶における、画像のソフト的、ハード的な利用方法については、まだ確立されたものはない。また、そのサービスエリア全範囲において受信する場合の設計条件も明らかになっていない。「ひまわり」受信に関しては、これらの問題について考慮する必要があると思われる。

7. おわりに

衛星放送、気象衛星の双方共、その利用価値が高く、しかも海上に広大なサービスエリアを持っているので、これを船舶において利用しない手は無いと思える。

現在の放送衛星BS-2bは1991年には寿命となり、その後はBS-3系衛星に受け継がれるが、この衛星では、従来100ワットであった送信出力が120ワットに増強される⁽¹¹⁾。また、BSコンバータのNFは今後も、より一層の改善が期待される。このように将来的には船上における衛星放送受信に対する環境は向上していくものと思われる。また、気象衛星に関しても、こうしたハード面の向上は期待できるが、さらに、船舶上の使用に対するソフト面の充実によって、より有効なものになると考える。

そして、これらに加えて、本研究による簡易で高精度な追尾システム開発の試み、また基本的な設計条件の確立が、将来の船舶における衛星放送や気象衛星の利用に新たな活路を開くものになることを願う所である。

〔謝 辞〕

本研究を昭和63年度より新メンバーで開始するにあたり、引き継ぎに御協力を頂くと同時に貴重な助言を頂いた東京商船大学大学院OBの真田清宏氏（現、三菱プレジジョン(株)）、並びに航海訓練所金居康文通信長に深く謝意を表します。

動揺台を使用した受信実験では東京商船大学川村雅志技官、並びに航海学科学生の井上徳親君に多大な御協力を頂き、長期間に渡った実船実験では航海訓練所の研究第二課の関係者各位と藤井好雄通信長を始めとする北斗丸の全乗組員の方々、及び実習生諸君に大変御世話になりました。ここに実験に御協力頂いた皆様に深く謝意を表します。

また、本研究に際して貴重な助言を頂いた東京商船大学航海学科の森田知治教授、大津皓平教授、並びに林尚

吾助教授に深く謝意を表します。

尚、本研究は、放送文化基金よりの御援助により開始されたものであり、併せて謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 田辺 章他：船舶搭載型衛星放送受信装置，NHK技研技報 Vol. 28, pp. 224～231, 昭和60年6月
- (2) 小林一治他：衛星放送受信用船舶搭載型簡易自動追尾空中線装置の研究開発，pp. 75～78, 放送文化基金研究報告（技術）No. 9, 昭和60年12月
- (3) 奥山全信他：船舶用衛星放送テレビ受信装置，日本無線技報 No. 24, pp. 9～15, 昭和61年3月
- (4) 真田清宏他：2軸アンテナ駆動装置を用いた船舶用簡易衛星放送受信装置，日本航海学会論文集第77号，pp. 91～101, 昭和62年9月
- (5) 伊藤泰宏：DBS TV移動受信実験，電子情報通信学会技術研究報告 R C S 88～64, pp. 113～118, 平成元年1月
- (6) 今福博之他：列車搭載BS受信アンテナシステム，1989年電子情報通信学会春季全国大会講演論文集〔分冊2〕通信，エレクトロニクス，B-139, 平成元年3月
- (7) 千葉 元他：2軸制御方式による船用衛星放送受信システムについて，電子情報通信学会技術研究報告 SANE 88-24, pp. 1～8, 昭和63年9月
- (8) R. RALPH BENEDICT: ELECTRONICS FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS SECOND EDITION, pp. 340～346, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1967
- (9) 遠藤敬二他：改訂衛星放送の基礎知識，p. 130, 兼六館出版，昭和63年9月
- (10) 日本放送出版協会：改訂版衛星放送の受信入門，p. 83, 日本放送出版協会，昭和62年11月
- (11) 黒川 湛：衛星放送の時代，pp. 49～50, C & C文庫，昭和63年9月

質 疑 応 答

西 周次（電子航法研究所）：船舶用衛星放送受信装置としては，現在JRCなどから，市販のものが販売されていますが，この研究の装置は，それと，どう違いますか，また，この研究を行った目的を併せてお答え下さい。

千葉 元：本稿の“はじめに”も述べていますが，JRCから販売されている船舶用衛星放送受信装置は，4軸追尾機構の従属追尾方式を採用した複雑な装置のものになっています。これらに対して，本研究では，設計条件は厳しいですが，装置が簡易になる2軸追尾機構の絶対方位追尾方式によるシステムを試作しました。そして，このシステムの性能の評価をすることにより，広範囲の海域に適用できる簡易型船舶用衛星放送受信装置の基礎的な設計条件を確立させることを研究の主目的としました。