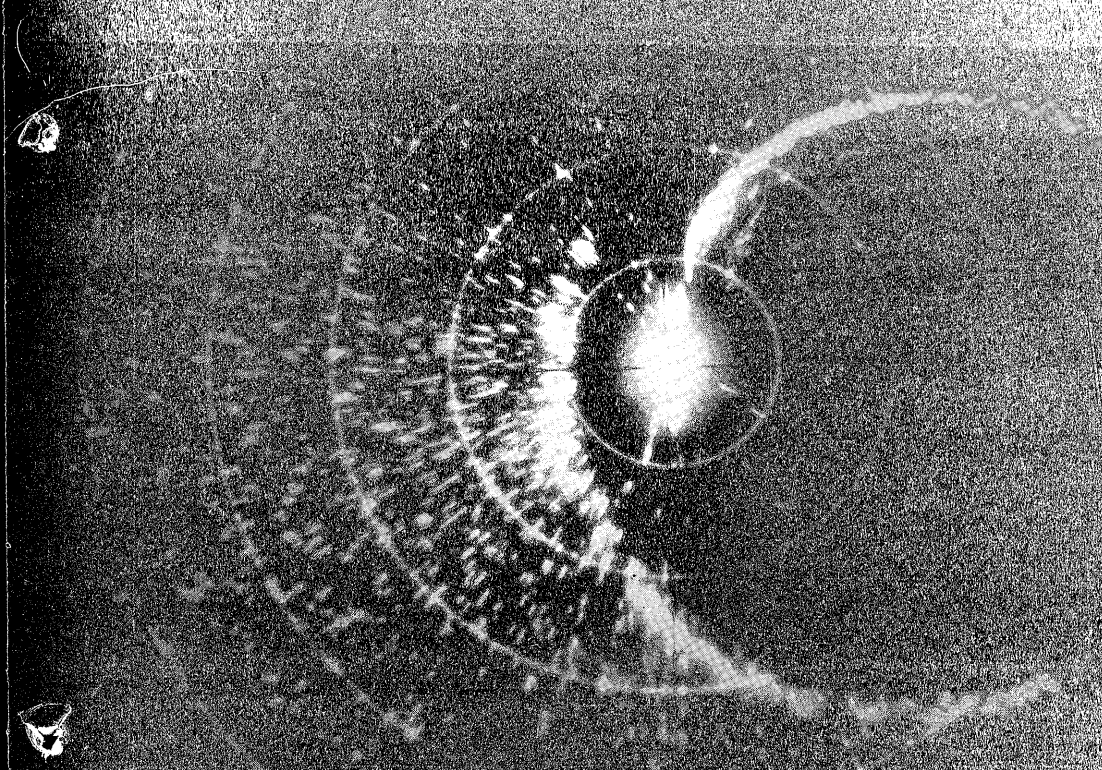
ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法



JACRAN 24

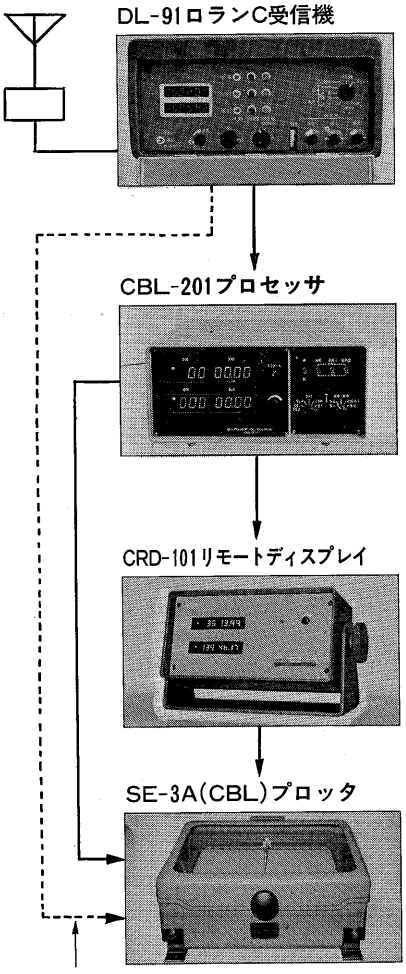
1978

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation

セナーロランC・P-Pシステム

当社は，DL-91型全自動ロランC受信機に附属する各種周辺機器を開発し，セナーロランC・P-Pシステムとして賃貸，販売しております。



プロセッサを介さずに受信機の位置の線を軸として，駆動することもできます。

○操作が簡単
○同期・追尾性が高い
○妨害波除去特性が高い
○自己点検機能がある
○測定精度が高い
○2 LOP同時表示，確実な警報表示
○RTCMの性能仕様に完全に合致

CBL-201プロセッサは，受信機からの位置の線情報を受けて，自動的に**緯度，経度値に換算**して自船の位置を表示し，必要に応じて**針路，船速**をも表示します。
○操作が簡単
○計算速度，計算精度が高い
○サイクルジャンプを監視

CRD-101リモートディスプレイは，プロセッサから遠く離れた場所に設置し，プロセッサの表示する緯度，経度，針路，船速の情報を**遠隔地にて監視**します。

SE-3Aプロッタは，プロセッサから緯度，経度信号を受けて，記録紙や特殊海図上に**航跡を連続して**記録ができます。
○信頼性が高く，操作が簡単
○広いチャート紙面
○再現性能が高い
○魚探，水温計との併用で操業データ収集可能
○1,000隻以上の賃貸実績

sena セナー株式会社

本　社　東京都千代田区内幸町2－1－1
TEL (03) 502-1881(代表)・506-5331

札幌営業所　札幌市中央区南1条西1－1(東ビル)
TEL (011)231-8421(代表)
仙台営業所　仙台市中央2-8-16(仙台東京海上ビル)
TEL (0222)63-0171(代表)
東京営業所　東京都港区西新橋1-4-10(第3森ビル)
TEL (03) 502-0341(代表)
神戸営業所　神戸市生田区栄町通3－11(大栄ビル)
TEL (078)331-7292(代表)
福岡営業所　福岡市中央区天神1-14-16(三栄ビル)
TEL (092)711-1451(代表)

一目　　次一
CONTENTS

巻 頭 言 ……木 村 小 一…(2)
Foreword　Koichi KIMURA

研 究 調 査
Research and Investigation

船舶用レーダの型式検定の現状……渡 辺 重 雄…(3)
Present Status of Type Approvals of Shipborne Navigational Radars　Shigeo WATANABE, 内 藤 秀 之 Hideyuki NAITO

新方式による小型レーダ……原　通 夫…(12)
A New Small Radar by New Techniques　Michio HARA

オメガモニタ局における受信データの解析結果……電 波 標 識 課…(21)
The Results of Analysis of Receiving Omega Data at Monitor Station　Electronic Navigational Aids Division, MSA

航路標識測定船「つしま」について……電 波 標 識 課…(32)
On the "TSUSHIMA," Navigation Aids Research Vessel　Electronic Navigational Aids Division, MSA

展　　望
Observation

船舶用レーダビーコンとトランスポンダの最近の動向……木 村 小 一…(38)
A Recent Trend of Radar Beacons and Transponders for Ship　Koichi KIMURA

Scheldt 水路訪問記 ……飯 島 幸 人…(47)
On the Wather-way at Scheldt　Yukito IIJIMA

研究会記事
Records

オメガ受信愛の技術基準に関する専門部会について……事　務　局…(52)
On the Special Sub-committee on the Technical Specification of Omega Receiver　Secretariat

電波航法研究会　昭和 51 年度事業報告 ……事　務　局…(55)
Record of the Work Carried Out by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation During Japanese Fiscal Year 1976　Secretariat

巻　頭　言

(FOREWORD)

副会長　木　村　小　一
Vice President　Koichi　KIMURA

この号の電波航法に詳しく報告がされているが，本会では海上保安庁からの要請によってオメガ受信機の最低技術基準を作製した。そして，その基準に合せた製品もすでに市場で見ることができる。最近の国際的な動君を見ると，各種の航法装置の最低技術基準や規格を制定しようといういろいろな面からの動きがある。政府間海事協議機関（IMCO）ではすでにレーダ，音響測深機，ジャイロコンパス，無線方位測定機（中短波のホーミング装置を含む）オートパイロット・レーダ反射器などの最低技術基準の勧告をすでにまとめているし，最近ではその航行安全小委員会で，1946 年 IMRAMN（海上航行援助無線の国際会議）で制定以来の電波航法の精度標準の見直し，電波測位システムの統一化などの審議が開始されている。これらに伴なって，電波航法装置の規格についての審議がいつ取上げられるようになるかも知れない。前述のオメガ受信機については，IMCO においてもディファレンシャルオメガの要件の審議の中で，オメガ受信機の最低技術基準としてすでにほぼ固まって，間もなく IMCO 総会で勧告として採択されようとしている。日本とこの IMCO とのオメガ受信機の基準を見ると，いくつかの点で相違が見られるが，われわれの方の基準を IMCO での審議に反映させることはタイミング的には可能であったのだが，ディファレンシャルオメガの審議自体がフランスにおける中間作業部会で進められたために，わが国からの文書として本会のものを提出することもできなかったのは残念であった。

アメリカの提案による大型船への衝突防止装置の強制備付けは，まず，その装置の技術基準をということで，同様に IMCO の航行安全小委員会での審議が進んでいる。これに対するわが国の対処は本会とは別の場で行なわれているが，本会ではすでにこのような研究をする特別部会が設置されていたのであるから，われわれとしても前広ろに，これらに対する研究と審議を進めて置けば非常に有効であったと考えられる。一つの装置の技術基準を作るということは簡単なことではない。その装置を作る技術の現状と限界，性能測定の方法，航法を行なう際の運用上の要求などの知識やデータが必要であり，数多くの海上などでの使用実験やシミュレーションを行い，その結果の解析によらなければならない場合も多い。電波航法研究会は，航法装置の運用者，製造者，研究者，学識経験者，および官庁関係者を一丸とした組織であるので，このような基準の研究には願ってもない組織である。今後もこの分野の研究を重点的に行なうことが重要であろう。

電波航法 Electronic Navigation Review
No. 24 (1978)

研究調査

Research and Investigation

船舶用レーダの型式検定の現状

郵政省電波研究所
渡辺重雄・内藤秀之

Present Status of Type Approvals of Shipborne Navigational Radars

Radio Research Laboratories, Ministry of Posts and Telecommunications
Shigeo WATANABE and Hideyuki NAITO

1. はじめに

電波研究所では，電波に関する研究のほかに，電波法並びに郵政省設置法に基づいて，無線設備の機器に関する型式検定業務を行っている。この業務には，無線局に備えつける周波数測定装置や，主として人命財貨の安全に関与する機器等を対象として，その製造者に対して一定の技術基測を厳守させるために義務的に行うものと，製造者からの委託をうけて行うものとがある。後者は無線機器の製造者に対し，定められた無線設備の機器の製造を行う際に，あらかじめ試作された機器の試験を行い，この試験に合格した製品と全く同一型式で製造された製品に関しては，使用の際の無線局免許手続きを簡易化するなどの優遇措置を与えることによって，終局的に無線設備の機器の性能を一定基準以上に保持し，電波監理の効率的運営を図ろうとするものである。

従来，型式検定は，警急自動受信機をはじめ 12 機種の無線機器に対して実施されていたが，新たに海上の交通安全を期するうえから，船舶用レーダをその対象機種に加え，昭和 51 年 9 月から検定申請を受け付けているが，52 年 9 月，当研究会において，その概要を発表したので，これを機会にその後の模様を含めて参考に供することとしたい。

2. レーダの型式検定を実施するに至った経緯

昭和 43 年，ロンドンにおいて開催された第 4 回政府間海事協議機関 (IMCO) 臨時総会において，昭和 35 年の海上人命安全条約 (SOLAS) の改正に係る決議が採択され，総トン数 1600 トン以上のすべての船舶には，主管庁が型式認定を行ったレーダを備えつけ，指示部を船橋に設備しなければならないことになった。昭和 46 年 10 月の第 7 回 IMCO 通常総会において，上述のレーダに関する厳しい性能基準が勧告された。郵政省では，この勧告に合致するよう国内規則を改正し，これを機会に従来の型式認定を改め，委託による型式検定の対象機種に追加するよう諸般の準備を整えることとなった。こうして，電波法に基づく無線設備規則並びに無線機器型式検定規則の一部改正（第 1 表レーダの種別参照）が実施され，運輸省においても，船舶安全法に基づく船舶設備規程の改正を行い，一定規模以上の船舶には，航海用レーダの設置を義務づけ，省令公布から 1 年を経過した昭和 51 年 11 月 18 日から施行することとなった。このような行政措置の流れに並行して，当所においても，船舶用レーダに関する試験設備の拡充整備を急ぐと共に，型式検定試験の具体的実施方法について調査を開始した。一方，船舶用レーダ製造各社に対しては，当所の行う型式検定をうけるよう強い行政指導が行われ，関係規則の発効を前に，受検申請が集中することとなった。

3. 型式検定実施のための調査

船舶用レーダは，関係規則の改正により，その使用状態を考慮したかなりきびしい環境条件に対する電気的機械的性能を満すことが求められ，距離特性，方位及び距離に関する分解能に加えていくつかの新しい条件も求められることとなった。当所では，検定試験に先立って，規則に定められた各条件について適切な試験方法を確立すると共に，現状における船舶用レーダの性能を把握するため各種の試験を行った。機器の構造に関連する性能ににについては，振動試験，注水試験及び連続試験等を行い，マイナス 25°C から上は 70°C までの温度試験は，

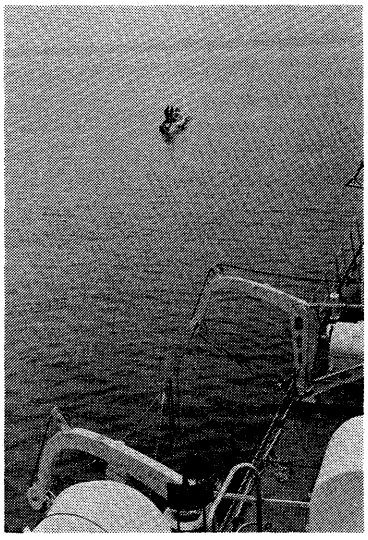
第1表　船舶用レーダの種別，電波型式及び周波数帯

検定規則（51年郵政省令第29号）			概　　要
レーダの種別	第　1　種	無線設備規則第48条第2項に規定するレーダ	1) SOLAS 条約 1974 年，IMCO 第7回総回（1971年）勧告の条件等を満足するきの 2) 1600トン以上，国際航海に従事する船に装備 3) 船長 200 m 以上の船は予備1台義務付
	第　2　種	無線設備規則第48条第1項に規定するレーダ	SOLAS 条約 1960 年第5章，勧告 45 の条件等を満足するもの
	第　3　種 告示第199号第1項第1号レーダ	無線設備規則第48条第3項に規定するレーダ	1) 第1種レーダ以外で500トン（旅客船，危険物バラ積船並びに危険物以外のものを運送するタンカ及びタンク船では300トン）以上の船舶 2) 船長200 m 以上の船は予備1台義務付
	同 第2号レーダ		空中線 5 kW 未満のもの
	同 第3号レーダ		3，5，9 GHz 帯以対のもの

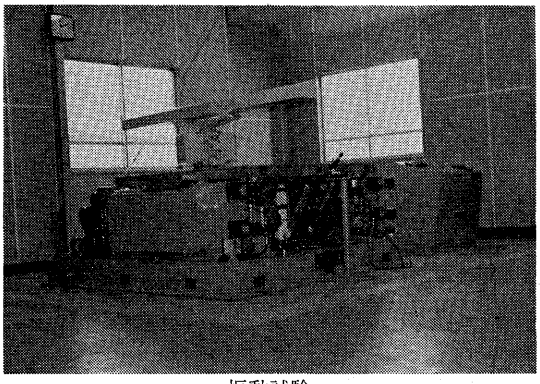
電波型式及び周波数帯

電波型式:	P0		
周波数帯:	3 GHz 帯	2.92～3.1 GHz	1，2種及び3種1号
	5	5.46～5.69	同上
	9	9.32～9.5	同上，　3種1号
	その他	3，5，9 GHz 帯以外	3種3号

新たに設備した恒温室において実施した。アンテナパターン，アンテナ利得，空中線電力，送信周波数，送信パルス幅，占有周波数帯幅等の電気的性能から，機械的性能を含むその動作特性に至る詳細な調査を行った。また，レーダから発生する磁界及び地磁気のレーダに対する影響についても，当所の磁気遮蔽室内において，その調査を行った。当所の構内で満足な試験が不可能であった航行性能は，静岡県田子の浦及び成田空港において実施した。田子の浦では，コーナリフレクタを取りつけたブイを船でえい行し，海岸に設置したレーダを操作して，海上の物標及び堤防，断崖などに対する距離と方位の分解能に関する調査を主体に，総合的な調査を行った。田子の浦で実施が困難であった。特に近距離に関する距離特性については，成田空港において調査を行った。その結果，アンテナビーム幅と方位分解能との関係や最小探知距離等多くの技術的事項に関する調査資料を得ること



航行性能（距離，方位）試験



振動試験

ができた。空中線の風圧試験は，科学技術庁航空宇宙技術研究所並びに防衛庁技術研究所に依頼し，風洞装置を使用して性能に関するデータを取得した。このほか，レーダにおける占有周波数帯幅の測定を容易にするため，スペクトラムアナライザ方式による測定システムを試作し，実用に供することができるよう実験を繰り返すなど，測定法についても多くの検討が加えられた。以上の調査結果をもとに昭和 51 年9月1日から受付を開始した。調査を行った船舶用レーダの製造会社は7社，試験台数は約 20 台，周波数は 9 GHz 帯のもので，その種別は，規格の最も厳しい第1種レーダ及び第3種の昭和 51 年郵政省告示第199号第1項第1号レーダ（以下第3種 1 号レーダという）であった。

4. 船舶用レーダの一般性能

型式検校定を実施するに当って行った調査及びその後の型式検定試験結果をとりまとめその概要を述べると次のとをりである。

（1） 機械の構成

試験を行った第1種レーダは，すべてが空中線部，送受信機部，指示器の3部から構成されている。第3種第1号レーダは，3部構成のものもあるが，そのほとんどのものは送受信機が空中線部に組み込まれた2部構成である。電源は，船内電源が AC の場合は，直結あるいは変圧器，電圧調整器等を用い，DC の場合は，直結あるいは電動発電機等を使用して各部と接続している。

（2） 重　　量

空中線部は，最低 30 kg から最高 150 kg 程度までで 40 kg から 50 kg までのものが多い。送受信機部は，30 kg から 50 kg のものが大半を占めるが，最低 10 kg，最高は 70 kg である。指示部については，付属装置を付置した場合は加重されるが，一般には最低 70 kg から最高 190 kg までで 70 kg 前後のものと 150 kg 前後のものに分かれている。

（3） 付 属 装 置

船舶用レーダには，第2表に示すように多くの付属装置があり，可変マーカ装置は，試験したすべての船舶用レーダに付置されていた。ここで付属装置の名称であるが，同一の付属装置に対して各社がそれぞれ独自の名称を使用しているので，利用者側の立場で考えるとき早急に統一されることが望ましいものと思われる。同一機能の装置に異なる名称が付けられているものについて，どの位の異なる名称が用いられているかを参考のため第 2 表中にその数を記載しておいた。

（4） 送受信機部

レーダ送信機は，送信用のパルス波を発生するところで，発振器，変調器等よりなり，受信機は，アンテナで受信した弱いパルス波を増幅，復調して指示器に表示させるため使用する。9 GHz 帯の主な性能を示すと第3表のとおりである。

第2表　付属装置の付属状況

付属装置の名称	付属率 (%)	異なる名称の数
1. 可変マーカ装置	100	6
2. 第2可変マーカ装置	70	5
3. 真方位指示装置	75	7
4. 干渉除去装置	85	5
5. プロッタ装置	42	3
6. アンテナ凍結防止	42	5
7. クリスタル破損防止	30	4
8. オフセンタ装置	30	—
9. プリセンタ装置	25	—
11. 真運動装置	10	2
11. 簡易衝突予防装置	15	—
12. その他 レーダ切換器，手動パルス幅切換器，拡大レンズ，ジャンクション・ボックス，整流器，コンバータ，降下トランス，電動発電機，電圧調整器，電子カーソル装置，パホーマンスモニタ　等		

第3表　送受信機の性能

項目		主な内容
送信機	1. 周波数	9330～9420 MHz, 試験周波数は 9375 MHz, 9410 MHz, 9415 MHz 若干
	2. 空中線電力	50 kW, 25 kW, 10 kW, マグネトロン発振器使用，1種レーダは 50 kW, 25 W, 3種1号レーダは 25 kW, 10 kW が多い。
	3. 変調方式	サイラトロン使用のものがほとんど，他は SCR 使用
	4. 送受切換方式	空中線電力 25 kW 以上は，ほとんど TR 管及び ATR 管併用。25 kW 以下は TR 管のみ使用。その他サーキュレータ使用
受信機	1. 中間周波数	60 MHz が過半数，その他 45 MHz, 38 MHz 若干
	2. IF 帯域幅	ほとんど Short/Long のパルス切換 帯域幅は Short pulse (0.05～0.1 μs) で 10～20 MHz, Long pulse (0.7～1.3 μs) で 3～5 MHz
	3. 感度調整	直線感度変化方式が大部分，その他対数感度方式使用

（5） 指　示　器

指示器は，CRT (CATHODE RAY TUBE) を使用し，これに表示させるための回路及び操作に必要な付属回路等からなっている。CRT の画面の色は，一般に緑

第4表　指示器

項目	主な内容
1. 輝度調整	
影像と船首線	つまみは，別々のもの 70%，他は共用
固定マーカと可変マーカ	つまみは，すべて別々
マーカ表示	発光ダイオード表示　大部分，他は機械式デジタル表示
2. 真運動	約 25% 付置
3. オフセンタ	約 30% 付置。離心範囲約 2/3 範囲
4. プリセンタ	約 20% 装置
5. CRT	偏向コイルは回転式が大部分。固定偏向型が増加傾向
6. 表示面の寸法	10, 12 インチブラウン管が大部分，その他 8 インチ
7. FTC (Fast Time Constant)	すべてに装置，ON-OFF 方式と連続可変方式が大部分，その他ステップ式若干
8. STC (Sensitivity Time Control Circuit)	すべてに装置，連続可変方式
9. 距離レンジ	
(1) 距離レンジの切換数	7～9 レンジで 8 レンジが過半数，中間の距離レンジで，パルス幅切換のもの若干。1/4 nm レンジでは，パルス幅 0.05 μs 程度の狭いもの使用，100 nm レンジでは 1 μs 以上のものを使用
(2) 距離レンジの可変範囲	1/4～120 nm

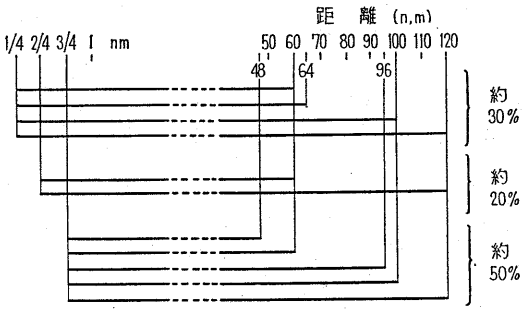


図 1

色であるが若干のものはフイルタを使用して橙色等のものもある。第4表にその性能を示す。

（6）空中線部

船舶用レーダアンテナは，送受信共用のスロットアンテナが用いられている。水平及び垂直ビーム幅は，主としてスロットを設けた長さと切りかた等によってビーム幅が変る。その主な性能は，第5表のとおりである。

（7）測定結果

試験項目及び技術基準は，無線機器型式検定規則に示されているとおりであり，その測定方法については，あらかじめ電波監理局及び電子機械工業会（傘下のレーダ製造会社）と意見交換を行い了解がえられた方法によった。船舶用レーダの主たる性能の概要を把握していただくため，その一部を紹介して参考に供する。

第5表

項目	主な内容
1. 型式	すべてスロットアンテナ
2. 偏波	すべて水平
3. アンテナ長	4 ft～12 ft で 6～8 ft が大部分 (ft: 約 30 cm)
4. 利得	27 dB～34 dB
5. 指向特性	水平ビーム（半値幅）は 0.9～1.8°，垂直ビームは 18～25° サイドローブは，±10° 以内は主ビームに対し，−23～−27 dB，±10° を超える部分 −23 dB 以下

（1） 送受信機，指示部

第6表

試験項目	試験結果
1. 周波数偏差	始動4分後には，規則で規定する指定周波数帯内には入る。安定する状態は4～30 分前後が多い。
常温（25°C）	最大周波数偏差は ＋12 MHz～－7 MHz
高温（70°C 3時間＋55°C 2時間）	常温に比してすべてのレーダが － 側へ 0～5 MHz 前後変動
低温（－15°C 2時間）	〃 〃 ＋ 側へ 0～6 MHz 〃
湿度（35°C，95% 3時間）	〃 〃 － 側へ 0～1 MHz 〃
マグネトロンを変換した場合	常温において ±10 MHz 前後バラツク
2. 空中線電力	
常温	試験結果を公称電力と比較すると 0～30% %低い。
高温	常温に比し，さらに 0～5% %低い傾向
低温	常温に比し，0～3% 高めに出る傾向
湿度	高温と低温時の中間の値
3. パルス幅	
パルス切換	2段切換 (Short/Long)，3段切換 (Short/Medium/Long) あり，約6：4の比率
パルス幅	
2段切換のもの	S.P： 0.05～0.1 μs， 0.08 μs 多い。
	L.P： 0.7 ～1.3 μs， 0.8～1 μs 多い。
3段切換のもの	S.P： 0.05～0.08， 0.08 μs 多い。
	M.P： 0.2 ～0.6， 0.3 μs 多い。
	L.P： 1 ～1.5， 1.2 μs 多い。
温湿度変化	温湿度による変化は少ないが，むしろ電源電圧変動によりパルス幅が変化
4. くりかえし周波数	
2段切換のもの	25 kW 以下のものに多い S.P： 1000～3200 Hz L.P： 450～ 800 Hz
3段切換のもの	50 kW 以上のものは全部 S.P： 2000～3000 Hz M.P： 800～1800 Hz L.P： 400～ 900 Hz
温湿度変化	平均して約 5% 前後変化
5. 占有周波数帯幅	スペクトラム・アナライザ，小型電子計算機等を使用して測定 （電波研究所季報に詳細発表）
測定回路	（図2参照）
測定結果	（測定例） パルス幅（μs） バンド幅（MHz） 0.05 80～110 0.3 30～ 55 1 10～ 30
6. 船舶用レーダが発生する磁界	当所において，他の研究に使用している磁気遮蔽室は，約 4 m² の広さのもので，この試験のためには不十分と思われるが，一応その結果を図3に示したので参考とされたい。
7. 地磁気	前記の磁気遮蔽室の内外にレーダを移動させて比較測定を行った。図4は，遮蔽室内において，指示器の船首線を基点に合せた後，遮蔽室外に移動した場合を示す。東京都小金井市の地磁気の強さは 0.28 gauss であるので，この影響を受けて中心が左下に移動したものである。

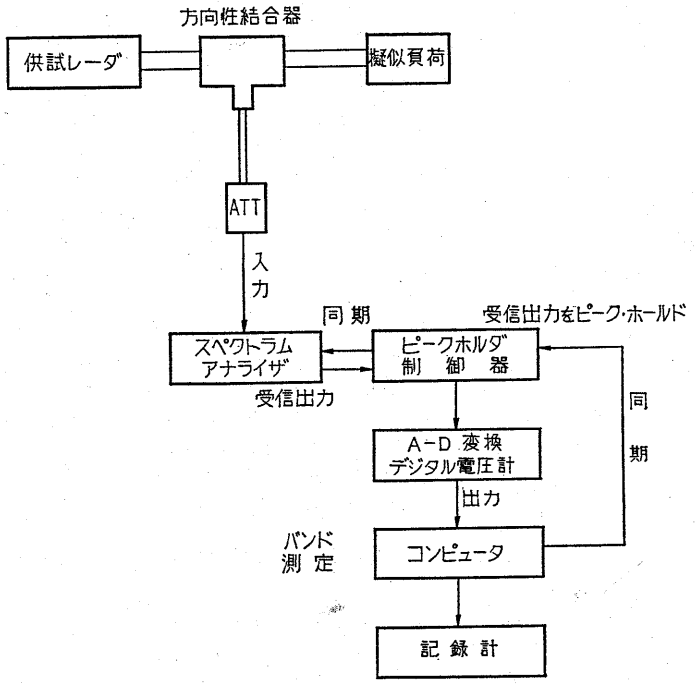

方向性結合器
供試レーダ
擬似負荷
ATT
入力
同期
受信出力をピーク・ホールド
スペクトラムアナライザ
ピークホルダ制御器
受信出力
同期
A-D 変換デジタル電圧計
出力
バンド測定
コンピュータ
記録計

図 2

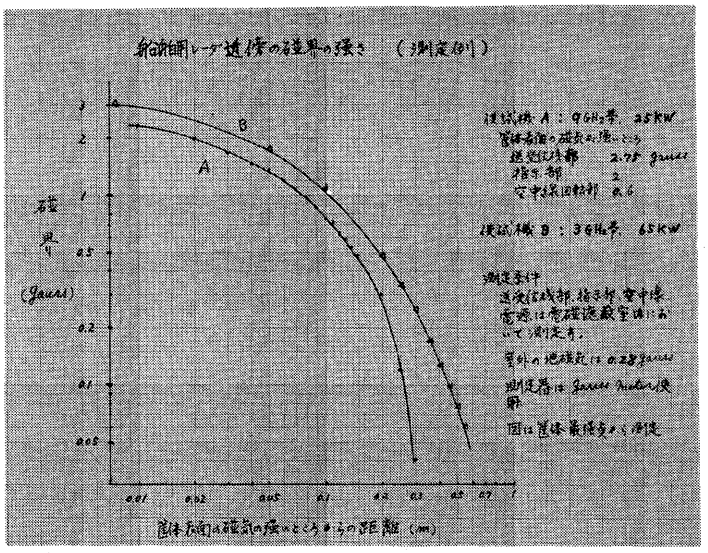
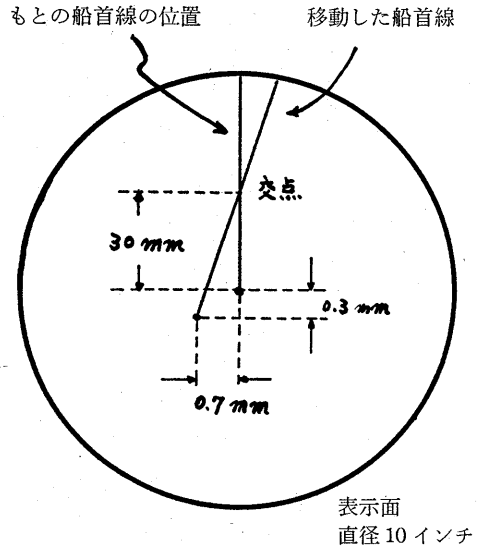

A
B
(Gauss)

図 3

地磁気の影響

（測定例）



電磁遮蔽室外に出した場合の船首線（図は拡大して画てある）

図 4

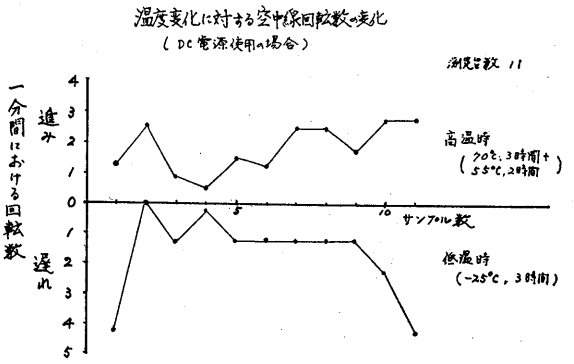


図 5

（2） 空中線部

第 7 表

試験項目	試験結果
1. 電源	AC 電源電圧: 100 V, 110 V, 115 V, 220 V, 440 V, 1 ϕ あるいは 3 ϕ, 60 Hz (あるいは 50 Hz) DC 電源電圧: 24 V, 100 V, 220 V ・ 供試機は, AC と DC 電源がほ 2 分
2. アンテ凍結防止用ヒータ	約 30% 装備, ヒータの作動温度は 5～10°C
3. 回転数 温度変化	13～25 回転/分, 19～22 回転/分のもの多い。回転切替方式が若干 AC 電源: 低温で空中線が回転しないもの及び回転が不安定のものが約 20% DC 電源: 図 5 のように, 空中線の回転数は, 常温時に比して, 低温はで遅れ, 高温では速くなっている。
4. アンテナ長と利得	(例) アンテナの長さ (ft) 利得 (dB) 4 27～29 6 27～30 9 28～34
5. アンテナビーム幅	(例) アンテナの長さ (ft) 水平ビーム幅 (°) 垂直ビーム幅 (°) 4 1.7～1.8 25 6 1.2～1.5 18～25 9 0.9～1.0 18～25
6. サイドローブ 10° 以内 10° を超えるもの	 主ビームに対して −20 dB 以下 主ビームに対して −24 dB 以下

第8表　船舶用レーダ故障一覧表

故障＼試験項目		振動	環境（温湿度） 常温	低温	高温	湿度	連続動作
故障例	1	リード線の断線（2件）	送信出力波形不良	真運動装置不良	可変距離マーカ不良	高圧リーク	ヒューズ断線
	2	ビスのゆるみ，破損	真運動装置不良	オーバ・ロードランプ点灯	方位目盛が動かない		画面の半分消える
	3	防振用具の共振	船首線不良又は出ない（3件）	掃引不良	電源入らない		影像が三重
	4	表示ランプ点灯せず	影像出ない（3件）	ブラウン管焼損	サーボ系不良		掃引起点変動
	5	接続キャプはずれ	影像が2重に出る	画面収縮	スタンバイにならない		TR 管破損
	6		画面に雑音	マーカ出ない	感度低下		FTC 作動しない
	7		掃引不良又は出ない（2件）	ビデオ出力不良			受信機動作しない
	8		同調指示器不良	照明ランプ回路不良			
	9		送受信機ヒューズ断線	サーボ系不良			
	10		オフセンタ不良	予熱用タイマ不良			
	11		予熱用タイマ不良	受信機発振			
	12		マーカ不良	指示器より異常音発生			
	13		占有周波数帯幅が広すぎる				

（3）　試験中に生じたレーダの故障

参考のために調査試験中に生じた故障例をあげると第8表のとおりである。空中線部の注水，連続動作及び振動試験における試験結果においては，特に異状は認められなかった。故障数は，故障後試験不能となり中止しているものもあるので全項目にわたって試験するとさらに増加するであろう。

5.　ま　と　め

船舶用レーダの型式検定の開始に当っては，新しい技術基準への移行が円滑に行われるようにするため，電子機械工業会の協力をえて，船舶用レーダ製造会社に対し，検定試験の開始までに，各社の製品の性能の不十分な点を指摘して，その改善に努めてもらった。このようにして，今回の規則改正に当って，使用者に新規則へ移行のための支障が生ずることのないよう細心の配慮を行った積りである。その結果，定常状態における電気的性能は，一応規準を満足するものが多かったが，当初は，振動試験でリード線が断線するもの，環境温度，湿度の変化で動作の低下をきたすものが多くあらわれた。一般に，周波数偏差は，常温における周波数を基準に高温では低い方向に，低温では高い方向に変化した。空中線電力は，常温時に比して，低温は高めに，高温では低めに出る等の傾向がみられた。低温では，ブラウン管上の表示に致命的欠陥を生ずるもの等もかなりの数にのぼった。これらの欠陥は，検定試験の開始までには一応の解決をみたとはいえ，今後の新機種の設計には十分注意を払う必要があろう。また，自励発振形の出力管として使用されるマグネトロンは，現状ではその特性に均一性が乏しく，その交換によって，送信周波数及び占有周波数帯幅も大幅に変動することがあるので，製造者は勿論，レーダの使用者にも注意を喚起したい。このほか，温度試験の際に試験用測定器に動作不良を生ずるなど，予期せぬ事故も発生し，試験設備の対環境性能の安定化をはかるべき

ことが痛感され，占有周波数帯幅測定にみられるように，測定法や測定器の開発などについても，多くの問題を提起した。

以上検定試験の結果を含めての現状を述べたが，一応我が国の全船舶用レーダ製造会社の製品を網羅していると思われるので，現在のレーダの性能とレーダ技術レベルの一端を把握していただければ幸いである。

最後に，船舶用レーダの試験を始めてから 53 年3月中旬までにおける申請数は，73 台に達し，2月末までに 59 台が合格している。合格率は約 30% である。当初は 9 GHz 帯のみであったが最近では，3 GHz 帯，5 GHz 帯の申請もあり，すでに数台が合格している。

終りに，御協力を賜った諸機関並びに関係の方々，御指導，御援助をいただいた多数の方々に深く感謝いたします。

電波航法研究会　昭和 53 年度役員

会　長　茂在寅男（東京商船大学名誉教授，東海大学）

副会長　庄司和民（東京商船大学）
木村小一（電子航法研究所）
今吉文吉（セナー株式会社）

企画幹事　安藤輝男（大阪商船三井船舶株式会社）
飯島幸人（東京商船大学）
内野孝雄（海上保安庁水路部）
岡田　高
柴田幸二郎（アンテナ技研株式会社）
豊福滋善（海上保安庁燈台部）
二宮鎮男（日本無線株式会社）
村上　聰（日本航空株式会社）

編集幹事　新井　彰（海上保安庁警備救難部）
小野確良（沖電気工業株式会社）
鈴木　裕（東京水産大学）
鈴木　務（電気通信大学）
徳田迪夫（日本郵船株式会社）
今津隼馬（東京商船大学）

会計監査　岩佐作一（水　注　会）
真田　良（日本船主協会）

出版幹事(兼)木村小一

会計幹事　名和芳雄（海上保安庁燈台部）

庶務幹事　田中仙治（　〃　）
笹川光治（　〃　）

電波航法 Electronic Navigation Review
No. 24 (1978)

新方式による小型レーダ

光電製作所　原　通夫

A New Small Radar by New Techniques

Koden Electronics Co., Ltd.
Michio HARA

1. まえがき

最近はレーダを装備する船の大きさが，次第に数トンと云うような小型にまで及ぶような時代になってきており，この傾向は今其増々進んで行くと思われる。この時特に問題になるのは第一に価格であり，次に空中線装備による船のトップヘビー化である。レーダを一日も早く装備し，雨雪や霧に関係なく常に安全な航海をするばかりでなく，漁船においては漁場を正確につかみたいと考えるオーナーは非常に多い。

レーダは小型であると云っても，ある一定以上の性能を必要とするため，大型レーダに較べ使用する部品を大きく削減することはできず，せいぜい，小型化程度に止めざるを得ないのが現状である，又レーダは第2次世界大戦の副産物として急速に発達したとは云っても，その原理構成上から脱却した大幅な進歩があったと云えず，空中線においてパラボラ方式からスロットアレイ方式に変ったのが目立つ程度で，他は部品の固体化において進歩した程度でありシステム上の改良までは行われていないと云っても過言ではない。今後共，レーダがマイクロ波を使用し，パルス波の送受信で掃査して映像確認を行っている以上，大幅なシステム改良は困難と思われるが，部分的な性能向上例えば今迄の方式では理論上不可能な性能を，新しい方式により打破することや，今迄になかった新しい性能を発揮させるために回路の改良，追加を行う等については未だ考慮する余地はあると思われる。今回は空中線の方式，及び受信回路について新しい考え方を導入し，その有効性を検討したものである。

2. 開発の概要

小型軽量，低価格を目標におき，これによって在来の小型レーダと云われてた装置に比し，性能的には絶体に劣らないようにすることを主眼に着手した。

以上のことから，開発を進めるに当り四つの主要開発項目を挙げこれを主体に全体をまとめ総合性能の確認を行うことにした。

イ．ビーム圧縮方式スロットアレイ空中線
ロ．中央給電方式スロットアレイ空中線
ハ．時変帯域増幅器
ニ．広範囲定電圧安定化電源

基本性能を下記に定め総合性能試験の最低基準とした。

イ．距離範囲	1/2，1，2，4，8，16 海里
ロ．距離分解能	30 m 以下
ハ．方位分解能	3° 以下
ニ．空中線回転数	30 rpm 以上
ホ．送受信周波数	Xバンド使用
ヘ．送信出力	5 kW p-p 以下
ト．受信愛度	−90 dBm 以下
チ．消費電力	200 W 以下

4つの主要開発項目の内，中央給電方式の空中線については，在来から存在しており給電方式に改良を加え生産性の向上を計ることを目的としたもので，特に性能的に新しい成果を求めたものでないこと，又，広範囲定電圧安定化装置についても，レーダ本来の性能に直接関係ないため，紙面の関係から特に取り上げることは止めビーム圧縮方式空中線及び時変帯域増幅器を中心に述べる。

3. ビーム圧縮方式スロットアレイ空中線

在来の空中線では，空中線の長さとレーダ映像の方位方解能との間に一定の関係があり，方位分解能をよくするためには空中線を長くする必要がある。現在分解能3° 位にするためには約 900 mm の長さが必要であり，3° の分解能とは 100 m 離れた2つの目標が互いに 5 m 離れた時に2つの目標物として見分けることができることを意味しており，小型船舶用のレーダとしてもこの程度の分解能は必要と思われる。このビーム圧縮は長さを

従来の 50% 程度短縮して，同じ分解能を得ようとするもので，空中線の小型軽量に期待を掛けようとするものである。原理については多くの文献があるが，簡単に説明すると，空中線の長さを増さずにビーム幅を小さくすることは，従来のリニア空中線では不可能であった。空中線とエレクトロニクス回路を組合せた，シグナルプロセッシングアレイは，空中線から得られる信号を非線形処理することによってこのビーム基の圧縮を可能にした。

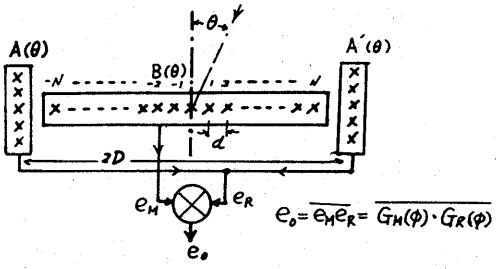


図 1

第1図はメインアレイ B として $(2N+1)$ 素子をスペース d で配列したアレイと，その両例に2個のリフアーレンス素子 A, A′ を配置した構成を示す。A, A′ は原理的に無指向素子でよい。アンテナ軸の θ 方向からレーダ受信波が到来するものとすると，メインアレイ B の出力ファクタ e_M は，

$$e_M=\frac{\sin\frac{2N+1}{2}\phi}{\sin\frac{\phi}{2}} \qquad (1)$$

ここで $\phi=\frac{2\pi d}{\lambda}\sin\theta$

となる。一方無指向性リフアレンス A, A′ の位置を N, $-N$ 番目素子と一致させその出力を e_R とした時，2つの出力 e_M と e_R をアナログ掛算回路を通して取り出すと出力 e_0 は

$$e_0=e_M\cdot e_R$$
$$\fallingdotseq\frac{\sin(2N+1)\phi}{\sin\frac{\phi}{2}} \qquad (2)$$

を得る[1]。ここで (1) 式と (2) 式を比較すると，(2) 式は (1) 式に対して分子の正弦波の電気角が2倍の関係にある。このことは電波の到来方向に対して掛算出力が半分の周期で変化することになり等価的にビーム幅が 1/2 に圧縮されたことになる。第2図はメインアレイ (a) とリフアーレンス (b) との合成指向特性 (c) の一例を示す。このアレイのもう一つの利点は，サイドローブレベルを減少できることにあり，これはメインローブとサイドローブの位差が 180° あると DC 成分は負極性となることにある。これはまた相関検波作用となるので，ランダム雑音は掛算出力には現われないので S/N の向上も期待できる。

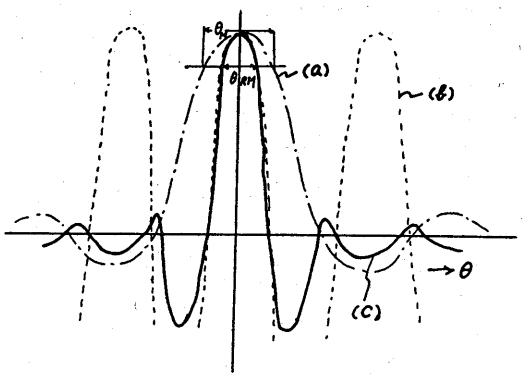


図 2

大略次の仕様を決めて設計した。

(イ)	全長	約 600 mm
(ロ)	水平ビーム幅	約 2°
(ハ)	サイトローブレベル	−23 dB 以下

メインアンテナは垂直偏波のスロットアレイを使用，リフアレンスにはホーン型を使用した。写真 1，2 はそ

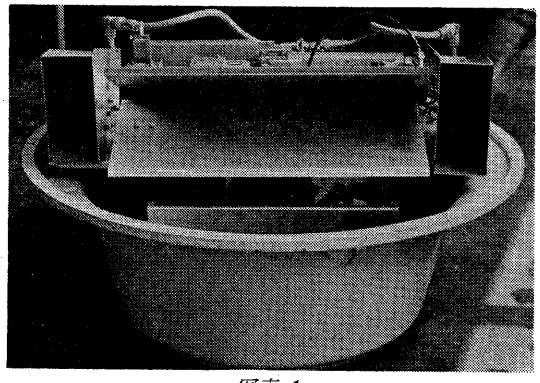


写真 1

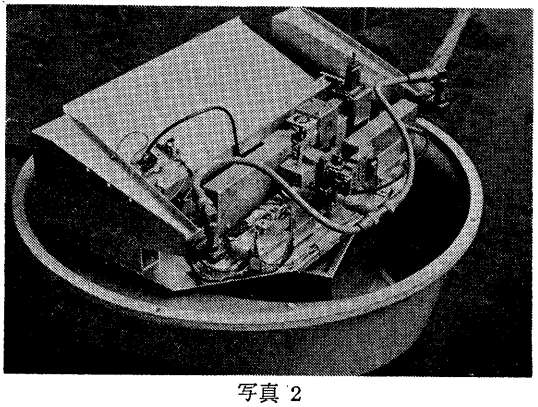


写真 2

の外観である。実寸法は，メインアンテナを 440 mm，リファレンスアンテナの間隔を 530 mm，としている。リファレンスアンテナの結分にはT分岐を使用し，その間の接続には実験を容易にするため，同軸ケーブルを使用した。メインアンテナはサーキュレータと短絡板からなる位相器を通し，更に送受切換え用サーキュレータに接続している。又送信はメインアンテナのみで行い，受信で両アンテナ出力の合成を行った。メインアンテナの水平パターンは第3図に示すように，電力半値ビーム幅は 5.13°，第1サイドローブは −23dB 以下である。リファレンスアンテナの水平パターンは第4図に示すように，総合指向特性の他に各グレーテングローブ構造が持つビーム幅は，1.73° である。以上第3図と第4図の 2 つのパターンをアナログ掛算回路を通して合成したもの

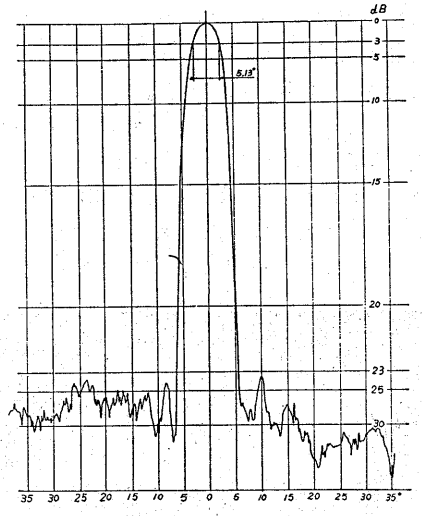


図 3

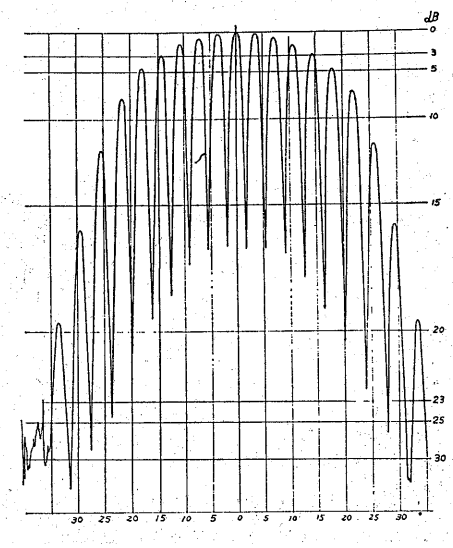


図 4

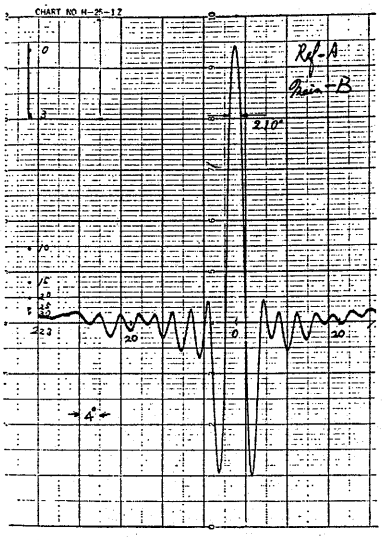


図 5

を第5図に示す。合成パターンのビーム幅は 2.10° となっており，その圧縮比を計算すると 2.44 となる。これを初期の目的を完全に達成することができたと共に，理論計算値ともほぼ一致する値である。掛算回路は2重平衡型差動アンプで構成し，IF_1, IF_2 からの出力を加えて，出力には直接ビデオ信号を取り出している。ビーム幅が圧縮されたことの他に，第3図のメインアンテナの 25° 附近のサイドローブが 24 dB 位にあったものが，第5図の合成パターンでは非常に小さくなっていることがはっきりとわかり，これも理論計算通りであった。ここでは示していないが，垂直パターンについてはメインアンテナによって決り，小型船舶の大きなローリング，ピッチングに対処するため，約 25° にとってある。

4. 時変帯域増幅器

パルスレーダ装置では受信パルス信号を忠実に増幅するため，そのパルス幅に対して充分な帯域幅をもった増幅器で増幅しなければならない。一般にレーダ装置では，近距離では距離分解能を上げるためにパルス幅の狭いものを，遠距離では距離分解能よりも感度を上げるために，パルス幅の広いものを使用している。従って，受信側の増幅器では受信パルス信号の信号対雑音比が最大になる条件から一般に，送信パルス幅 τ に対して，$1.2/\tau$ の関係にある帯域幅が選ばれ，大型の高級レーダでは夫々のパルス幅に合せた2種類の帯域幅の増幅器を切換えて使用しているが，小型レーダでは，安価にするため，一つの帯域幅の増幅器で兼用している。このことは，近距離では分解能を上げるために広い帯域幅を必要とし，遠距離では感度を上げるために，大きな利得を必要とすることになり，増幅器としては，利得帯域幅積（GB 積）

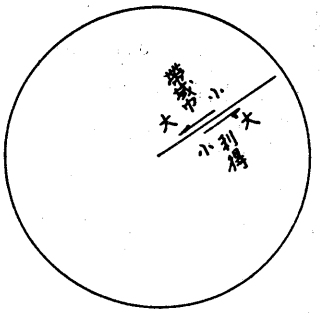


図 6

の大きいものを準備しなければならない。今回はこの増幅器に着目し，第6図に示すように，指示器表示面の掃引毎に，中心附近では利得が小さく帯域幅の広いものとし，感度を犠牲にして分解能を上げることに重点をおき，掃引が周縁に近づくにつれて，即ち，遠距離になるに従って利得が大きく，帯域幅を狭まくして分解能よりも感度に重点をおくようにする。このように時間により帯域幅及び利得を同時に変えるようにした時変帯域増幅器を使用することにより，増幅器全体の利得帯域幅積を従来のものより小さくすることができる。即ち，増幅器の段数を減らし，簡単化することができることを意味し，理論的には，最大帯域幅と最小帯域幅の比を5とした時，約4割程度の増幅段数を省略できることになっている。

物標の距離に対応してBとGが変化する時変帯域増幅器により受信するのであるが，この時，遠方からのエーコ信号に対して受信機の帯域幅を狭くしてもよい理由を列記すると，

イ）大きさの奥行がある物標のとき，エコー信号間に時間差を生じ，コヒーレントなパルス成分は連続して見掛上，エコーパルス幅が長くなる。

ロ）狭帯域にすると，フイルタの特性は短形波からガウアン形またはシングルポール形に近くなるので，S/Nを最大にする帯域幅は狭くてもよい。しかも，これ等の最適値からの偏差は大きくても，S/Nの劣化はわづかである。

ハ）遠距離における分解能はそれ程問題ではない。

等であり，これらから帯域幅は大略，距離に反比例して狭くすればよいといえる。

一方，レーダ方程式

$$P_r=\frac{P_t G_a^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \propto \frac{\sigma}{R^4} \qquad (3)$$

但し P_r ： 受信ピーク電力

P_t ： 送信ピーク電力

G_a ： アンテナ利得

λ ： 使用波長

σ ： 物標のレーダクロスセクション

R ： 物標までの距離

から，第7図のようなモデル物標を仮定すると，物標

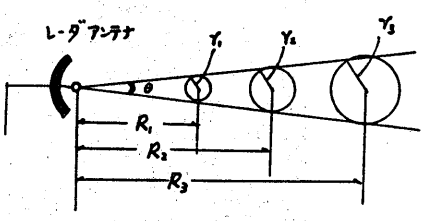


図 7

では σ が距離の自乗に比例して大きくなることを考慮に入れれば，

$$P_r \propto R^{-2} \qquad (4)$$

として考えることができる[2]。

従って，受信機の電力利得は距離の自乗に比例して変化させれば出力は一定となる。電圧利得でいえば距離に比例させて増大させればよいことになる。第8図はその

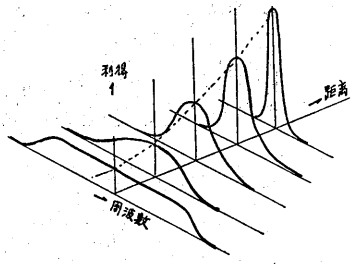


図 8

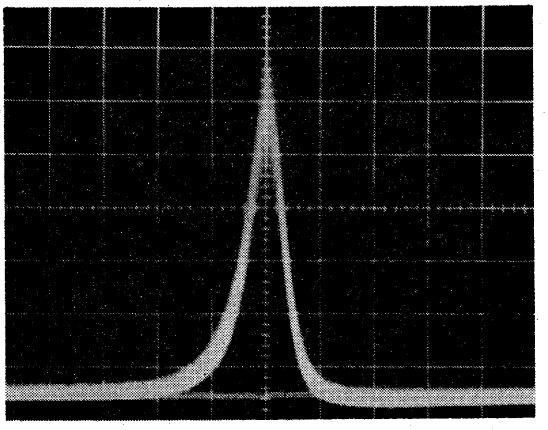
様子を距離と利得と帯域幅との関係について示している。今回設計した受信機の仕様は下記の通りである。

イ）中心周波数　38 MHz

ロ）可変帯域幅　2.4～15 MHz

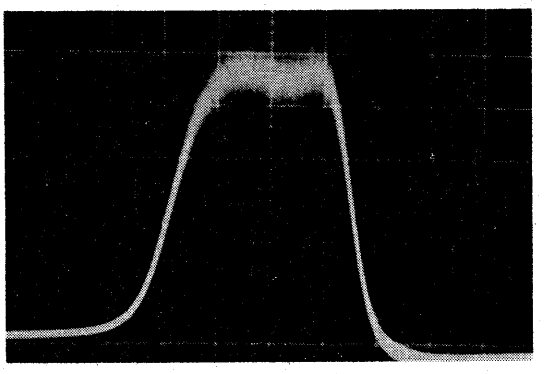
ハ）可変利得幅　70～95 dB

写真3から写真6まではその特性を示したもので，写真1は狭帯域で帯域幅 2.4 MHz，相対利得を 0 dB としてある，写真2は中間の帯域で帯域域幅 9 MHz，相対利得 −9 dB，写真3は広帯域の場合で帯域幅 15 MHz，相対利得 −25 dB である。写真3から写真5に到る間は連続的に比例変化させている。写真6は時変帯域増幅器を実際に動作させ，一定振幅のパルス受信信号が入って来た時距離によって如何なる変化をするか，その状況を示したものである。パルス受信信号の振幅の変化と共に雑音レベルの変化で増幅器の利得変化を判断することができる。又写真ではあまり明瞭に見分けることはできないが，実際には中心（左側）から遠距離（右側）に向うに従って雑音のきめの細かさがだんだんと粗くなっている



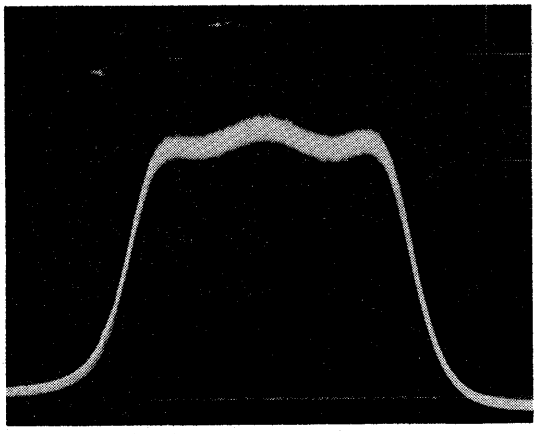
横　　軸　3 MHz/cm
帯 域 幅　2.4 MHz
相対利得　0 dB

写真 3



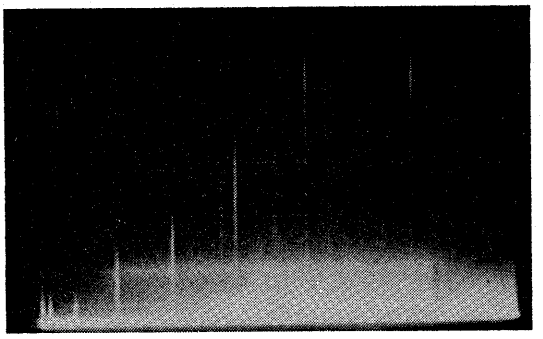
横　　軸　3 MHz/cm
帯 域 幅　9 MHz
相対利得　−9 dB

写真 4



横　　軸　3 MHz/cm
帯 域 幅　15 MHz
相対利得　−25 dB

写真 5



横　　軸　10 μsec/cm
縦　　軸　0.5 V/cm

写真 6

のを見ることができることから帯域幅の変化していることが判る。

5. 総合試験

写真7から写真 11 までは，海上保安庁の本牧レーダ局の屋上を借用しビーム圧縮方式空中線の効果について試験したものである。写真7は前方の状況，写真8は左方の状況を示したもので右方は湾内全搬を見透せる。この写真では遠くまであまり鮮明には映っていないが，数多くの大小船舶が点在し映像試験として比較的よい結果を得ることができた。

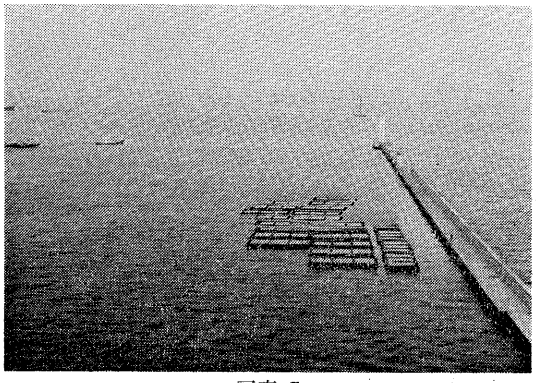


写真 7

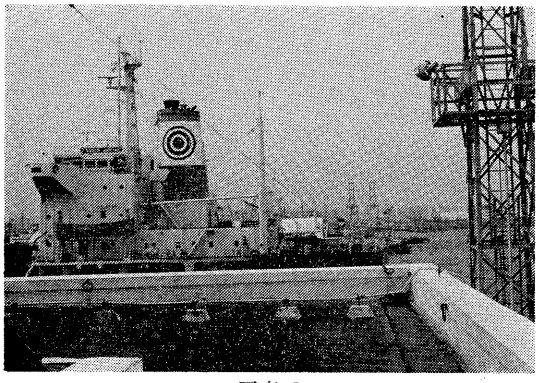
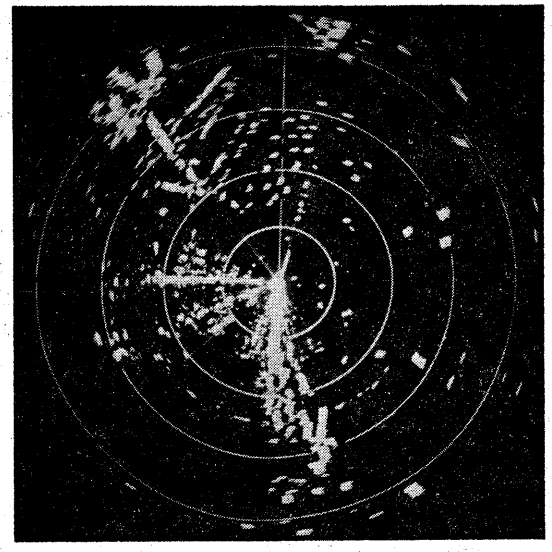


写真 8

映像比較は，ビーム圧縮方式におけるメインアンテナ，即ち長さ 440 mm のスロットアレイ垂直偏波方式で，ビーム幅が 5.13° を使用した時（写真 9），送信はメインアンテナのみから発射し，受信はメインアンテナとリフアレンスアンテナとアナログ掛算合成したものを使用した時（写真 10），及び従来のレーダ用一般スロットアレイアンテナ，長さ 1000 mm，水平偏波，ビーム幅 2.4° を使用した時（写真 11）について行った。レーダの距離レンジは全て 2 NM に決め，できるだけ同一時刻の映像を得るべく空中線の切換えは短時間に行うよう努力した。写真はビーム圧縮方式空中線が如何に有効であるか，明確に証明している。写真9はビーム幅が 5.13° と広いだけあって方位分解能が非常に悪く，前方に点在する数多い船舶を夫々分解して見ることは不可能に近い，写真10はビーム圧縮による映像で，リフアレンスアンテナまで含めた長さは，600 mm でそのビーム幅は 2.10° となっており前方の船舶もはっきりと分離した状態で映像としてとらえることができる。写真 11 は従来型のスロットアレイによるものであるが，幾分 FTC を掛けた状態になっているため，同じパルス幅の信号を使用しているにも拘らず，距離方向に分解能が上ったような映像となっている。然し方位分解能については，アンテナの長さが 1000 mm 在りながらビーム幅は 2.4° であるため，写真 10 と大体同じか少し悪い位になっていることが判る。ビーム圧縮により方位解能が理論通り約2倍は向上する

メインアンテナのみの映像
長　　さ　440 mm
スロットアレイ方式
垂直偏波
ビーム幅　5.13°
レーダレンジ　2 NM
パルス幅　0.08 μs

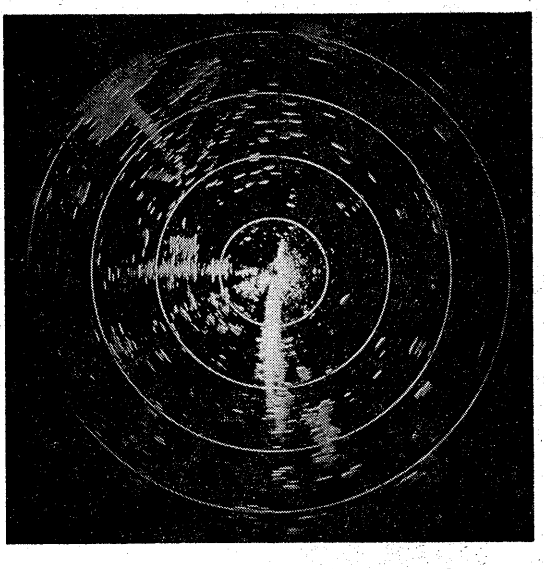
写真 9



ビーム圧縮の映像

長　　さ	600 mm
垂直偏波	
ビーム幅	2.10°
レーダレンジ	2 NM
パルス幅	0.08 μs

写真 10



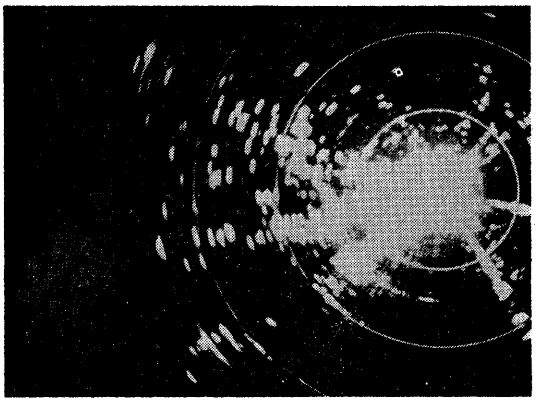
従来型アンテナの映像

長　　さ	1000 mm
スロットアレイ方式	
水平偏波	
ビーム幅	2.4°
レーダレンジ	2 NM
パルス幅	0.08 μs

写真 11

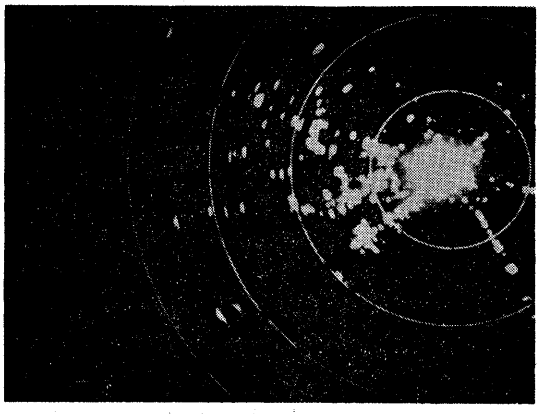
ことはパターンの測定上からも当然のことを実証したことになるが，写真 10 の映像を写真 11 の映像と比較した場合，単に分解能が上るのみでなく，左上方の一団の映像や中心から左に伸びる岩壁の線の現れ方に特徴があり，今迄の映像とは幾分異っていることが判る。これ等については更に今後研究したいと考えている。

写真 12 から写真 14 は会社の屋上にて時変帯域増幅器の効果について映像試験をしたものである。高層ビルが立ち並ぶ中での試験であるが，一部大きく視界が開けていることと，固定物標のみであるため事後分析が容易と云うことで実施した。又対象物標の距離の関係から 4 NM レンジを使用した。写真 12 は全域に亘って 2.4 MHz の狭帯域のみで動作させた映像で，この場合には利得が最大であるためレンジ一杯良く物標が現われているが，中心附近では利得があり過ぎることに加え距離分解能が悪いため，物標の判別は不可能に近い状態である。写真 13 は全域に亘って 15 MHz の広帯域のみで動作させた時の映像で，この場合は全体の利得が写真 12 に比較して 25 dB 低下していることもあって，2 NM 附近より遠い物標に対しては殆んど探知能力を失っている。中心附近から 2 NM に掛けての映像においても，中心附近は未だ利得があり過ぎる位であるが小さい物標も幾分見分けられる状況にあり，格段に良くなっている。写真 14 は時変帯域増幅器として動作させた映像を示したもので，時変帯域としての動作範囲を 2 NM としてある。この写真 14 から判ることは，写真 12 と写真 13 相方の良い部分のみを取り入れた映像となり，中心附近は距離分解能もよく小さい物標を確認すると共に，遠距離にお



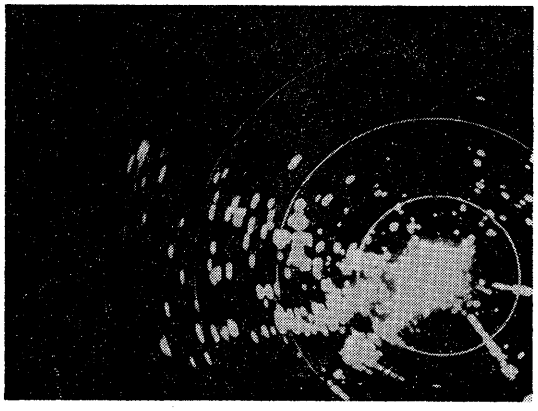
帯域幅
2.4 MHz 固定
レーダレンジ　4 NM

写真 12



帯域幅
15 MHz 固定
レーダレンジ　4 NM

写真 13



帯域幅
2.4～15 MHz 自動可変
レーダレンジ　4 NM

写真 14

いては感度も充分あり，物標の有無を確認することができる。今回の試験を陸上で行ったため，中心附近の小物標に対する効果，海面反射に対する効果等については確認できなかったが，その後海上における試験では，その効果を充分確認することができた。時変帯域増幅器は前にも述べたように，少い段数の増幅器で近距離，遠距離に有効に動作させることを目的とし，増幅器の簡易化，低価格化の実現にあるが，近距離における広帯域，低利得は一般レーダの STC の動作も含んでいるため，海面反射の除去にも効果が現われている。又実験で判ったことは，今回時変帯域増幅器として動作する限界点を，2 NM として試験を行ったが実験には 4 NM 附近が良いともされ，この点については使用レンジにおける使用パルス幅との相互関係によって選択決定する必要があると思われ，装置設計の時に相対的に映像の状況から判断して決めるのが無難と考えられる。何れにしても時変帯域増幅器の有効性は大きく評価された。

6. あとがき

ビーム圧縮方式スロットアレイ空中線については前述

の如く，非常形素子の導入により従来考えられなかったビームの圧縮が実現され，然も圧縮率が2倍強と云う結果を得ることができた。測定パターンからも判るようにメインビームの形は理想に近く，サイドローブも理論通り必要以上に抑圧されており，これからのレーダ空中線として大いに期待できるものと考えられる。ただ現在の状態では，非線形即ち合成部分の構成装置の簡単化について更に研究を重ねる必要がある。

時変帯域増幅器については，特に従来の小型レーダの場合一つの帯域幅の増幅器を使用するため，GB 積の大きい増幅器をどうしても作らざるを得なかった。これは製作困難にもつながる原因となっている。これに変るものとして，GB 積の小さい増幅器で従来の性能を兼ね備えたものとして実現したものであり，試験の結果においてもその効果は充分現われている。STC としこの動作も兼ねているが，多くの海上実験の結果から，この増幅器の特性だけでは充分に海面反射を除去するまでには至っておらず，今後の課題として取上げたいと考えている。実船による映像試験でも遠距離においては従来のもの以上の感度を得ることができ，近距離では，適当に STC が掛った分解能よりいい映像が得られることを確認しており，現在小型レーダの受信機として使用しているので，近い将来使用者からの反応を期待したい処である。

参 考 文 献

（1）「ビームコンプレッションレーダについて」，鈴木務，1976年2月，電子通信学会

（2）「レーダ受信機における時変帯域増幅器について」，鈴木務他，電気通信大学学報23巻1号

昭和53年度事業計画（案）

1．調査研究

（1） 航法の自動化の調査研究

（2） 双曲線航法の調査研究

（3） 衛星航法の調査研究

（4） レーダ航法の調査研究

（5） 事故防止のための電子航法技術の調査研究

（6） 海洋工学における電子応用の調査研究

（7） 船舶用衝突防止レーダの最低基準の検討

（8） オメガ受信機の技術基準の検討

（9） 諸外国における電子航法の調査

（10） その他

2．出版及び資料頒布

（1） 会誌「電波航法」第24号，25号の出版

（2） レーダ運用指針の改版

（3） 内外資料の頒布

3．研 究 会　年間6回開催する。

4．専門部会　オメガ受信機の技術基準について検討する。

船舶用衝突防止レーダの最低基準に伴う試験方法について検討する。

5．見 学 会　秋に実施する。

電波航法 Electronic Navigation Review
No. 24 (1978)

オメガモニタ局における受信データの解析結果について

海上保安庁　電波標識課

The Results of Analysis of Receiving Omega Data at Monitor Station

Electronic Navigational Aids Division,
Maritime Safety Agency

まえがき

オメガシステムは，わずか8局で世界をカバーする画期的な航行援助システムである。システム利用に当っては，VLF の伝搬特性上，受信された位相を補正する必要があり，現在この補正に使用している伝搬補正値は，米国のスワンソン氏の研究，発案によるスワンソンモデルに基づき算出されたものである。しかし，このモデルによる補正値では，受信時刻等によって，測位誤差を生ずることがあり，更に精度を高めるために海上保安庁では，宗谷岬，伊豆大島，対馬及び宮古島にそれぞれモニタ局を設け，位相データを収集し，それに基づき伝搬補正値の修正を検討している。この状況について以下述べることとするが，始めに現在のオメガシステムの運用状況及び予定されているオメガ局発射電波の追加並びに伝搬補正値の誤差修正の結果について述べておきたい。

1. 各オメガ送信局の運用状況

オメガ送信局は，現在8局（1 局は仮運用局）が運用中で，各送信局の運用開始は，表-1 に示すとおりであり，オーストラリアの建設計画及び各局の運用状況は，次のとおりである。

表-1
各オメガ送信局の運用開始年月

A. ノルウエー局	1973 年 12 月
B. リベリア局	1976 年 2 月
C. ハワイ局	1974 年 8 月
D. ノースダコタ局	1972 年 10 月
E. ラ・レユニオン局	1976 年 3 月
F. アルゼンチン局	1976 年 7 月
G. オーストラリア局	建設中（1980年末運用開始予定）
H. 日本局	1975 年 5 月
仮G. トリニダド局	1966 年実験局として運用開始，1978 年 6 月に廃局予定

（オーストラリア局）

1977 年，オーストラリア政府は，8局のオメガ送信局のうちの1局を，オーストラリア国内に建設することを決定し，1980 年末運用開始を目標に建設工事を進めている。

オーストラリア局の位置は，オーストラリア大陸東南端のヴイクトリア州で，概位，38°-29′S, 146°-56′E である。同局の送信空中線は，高さ 400 メートル以上の接地形鉄塔による傘形空中線となる模様である。

（ノルウエー局）

1976 年 9 月から 1977 年 9 月までの 1 か年間の利用率は，99.97%，同局は，1977 年 8 月中旬から 10 月中旬にかけて，空中線の障害のため，輻射電力を 6 kW に落として運用を行っていたが，現在は，輻射電力 10 kW で正常運用中である。

（リベリア局）

運用開始以来 22 か月間の利用率は，99.4%

（アルゼンチン局）

1976 年 10 月から 1977 年 8 月までの 11 か月間の利用率は，89.9%

（トリニダド局）

米国は，オーストラリア局が正常運用に入るまで，トリニダド局を継続運用する意向の様であるが，米国とトリニダド・トバゴ政府との協定の関係で 1978 年 6 月末日以後の継続運用については未定である。

（日本局）

1976 年 9 月から 1977 年 9 月までの利用率は，99.95%

2. 欠射を伴う定期保守時期の調整

オメガ送信局の欠射には，1）トラブルのための緊急欠射（臨時欠射），2）定期保守による計画欠射（予告欠射）の 2 種類ある。

後者については，オメガ各局が同時期に欠射することを避け，オメガシステム利用者に，なるべく不便を与えない様に実施することとし，関係国で，各局の欠射を伴

う定期保守の時期を調整している。表-2 は，各局の予定欠射時期である。

表-2

各オメガ送信局に割り当てられた欠射保守の時期

A. ノルウエー局	7 月
B. リベリア局	4 月
C. ハワイ局	5 月
D. ノースダコタ局	9 月
E. ラ・レユニオン局	6 月
F. アルゼンチン局	3 月
G. オーストラリア局	2 月
H. 日本局	10 月

3. オメガシグナルフォーマットの改善

現在のオメガシステムでは，10.2, 11$^1/_3$ 及び 13.6 kHz の 3 周波により，基線上で，最大 72 マイルのブロードレーンを形成して，その間におけるレーン識別を可能にしている。しかし，海難救助，航空機等によるオメガシステムの利用を容易にするためには，オメガシグナルフォーマットを改善し，1 周波数を追加することによって，レーン識別可能な距離を拡げることが望ましく，このことについて検討が進められていたが，最終的に，現在の 3 波に，11.05 kHz を加えることになり，レーン識別可能な距離を基線上で 288 マイルに拡大することとなった。

また，オメガシステム利用者が，大洋上などで，短時間に確実に局識別が可能な情報を得られる様に，各オメガ送信局は，オメガシグナルフォーマットの空いている 4 セグメントでは，各送信局固有の周波数（ユニーク周波数）の電波を発射することとした。この改善が成された後の新しいオメガシグナルフォーマットは，図-1 のとおりとなる。

11.05 kHz 及びユニーク周波数発射のための各オメガ送信局の改修工事予定並びに，それ等周波数の発射予定は，表-3 のとおりである。

表-3

各オメガ送信局の新オメガシグナルフォーマット整備予定

局名	機器の改造予定	ユニーク周波の発射予定	11.05 kHz の発射予定
A. ノルウエー局	1977年 7 月	1978年 1 月	1978年 1 月
B. リベリア局	78年 1 月	78年 2 月	78年 2 月
C. ハワイ局	77年10月 78年10月	77年10月	78年11月
D. ノースダコタ局	77年 9 月	77年10月	78年 1 月
E. ラ・レユニオン局	78年 6 月	78年12月	78年12月
F. アルゼンチン局	78年 3 月	78年 4 月	78年 4 月
G. オーストラリア局	建設工事に伴せて	80年末	80年末
H. 日本局	78年10月	78年12月	78年12月

4. 局間同期（内部同期）及び UTC との同期（外部同期）

各オメガ送信局は，それぞれの局内に設置されている

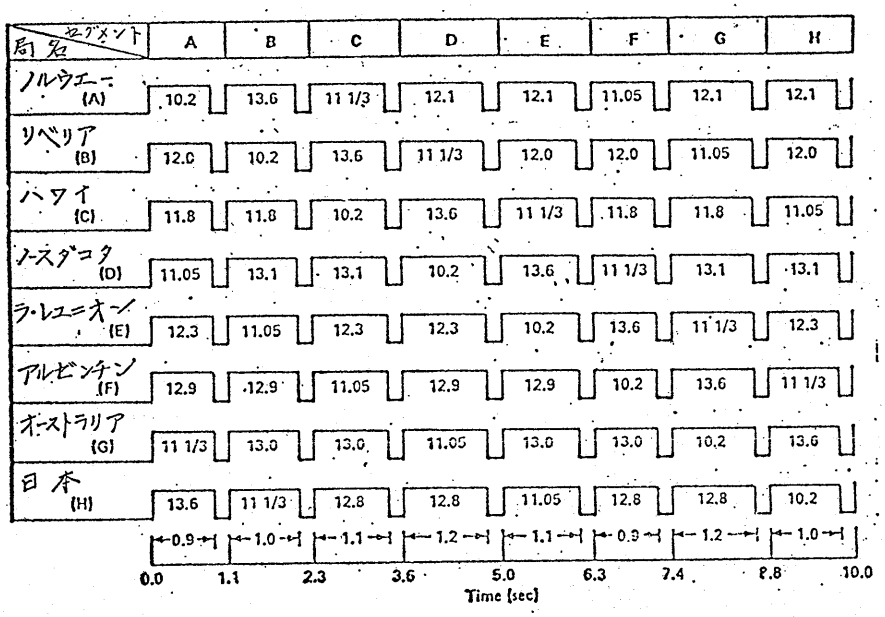


図 1 オメガシグナルフォーマット

セシウム周波数標準器を用いて，オメガ局相互間の発射電波の位相同期を維持しているが，さらに，発射時刻を数マイクロセカンドの偏差内で協定世界時（UTC）に同期している。

局間の位相同期を維持するために，各送信局は，附属のモニタ局において，自局発射電波と他局からの受信電波の位相差を毎日1回，最も電波伝搬の安定した時刻に測定しており，この測定結果の1週間分を取りまとめて，各局の位相修正量が計算され，この結果に基づいて，各局はそれぞれの発射電波の位相を制御している。また，オメガタイムを協定世界時（UTC）と同期させるために，米海軍天文台（USNO）において，ノースダコタ局とトリニダド局の電波を受信しており，同天文台にあるセシウム周波数標準器（MC）を基準に，単方向位相を測定し，送信々号と UTC のずれを求めている。更に，ノルウエー局，ハワイ局及びノースダコタ局において，ロラン C（UTC と同期している）の電波を受信し，ロラン C を中介として，それぞれのオメガ送信局にあるセシウム周波数標準器の UTC に対するずれを求めている。

そのずれを基に，オメガ8局の位相修正量を計算し，その結果により，送信局のセシウム周波数標準器を制御して，オメガタイムを UTC に近づけるようにしている。

局間の位相同期及び UTC との同期を維持するための各局の修正量の算出方法については，数年前から米国のオメガ運用局で改善が進められ，日本でもこれに協力して，コンピュータプログラムの変更，計算結果の交換などを行って来た。海上保安庁のオメガセンターでは，毎週1回，各オメガ局及び米海軍天文台（USNO）から，位相測定データを収集して，各局の位相修正量及び時刻修正量を算出して，局別にそれぞれの修正値を通知している。

5. オメガチャート，テーブル及び伝搬補正表

オメガシステムの利用者が，システムを利用する上で使用するオメガチャート，オメガテーブル及び伝搬補正表は，現在，米国水路図誌センタで発行したものが使用されている。同センタにおいて現在発行しているもの及び今後発行予定のものは，図2，図3に示すとおりである。

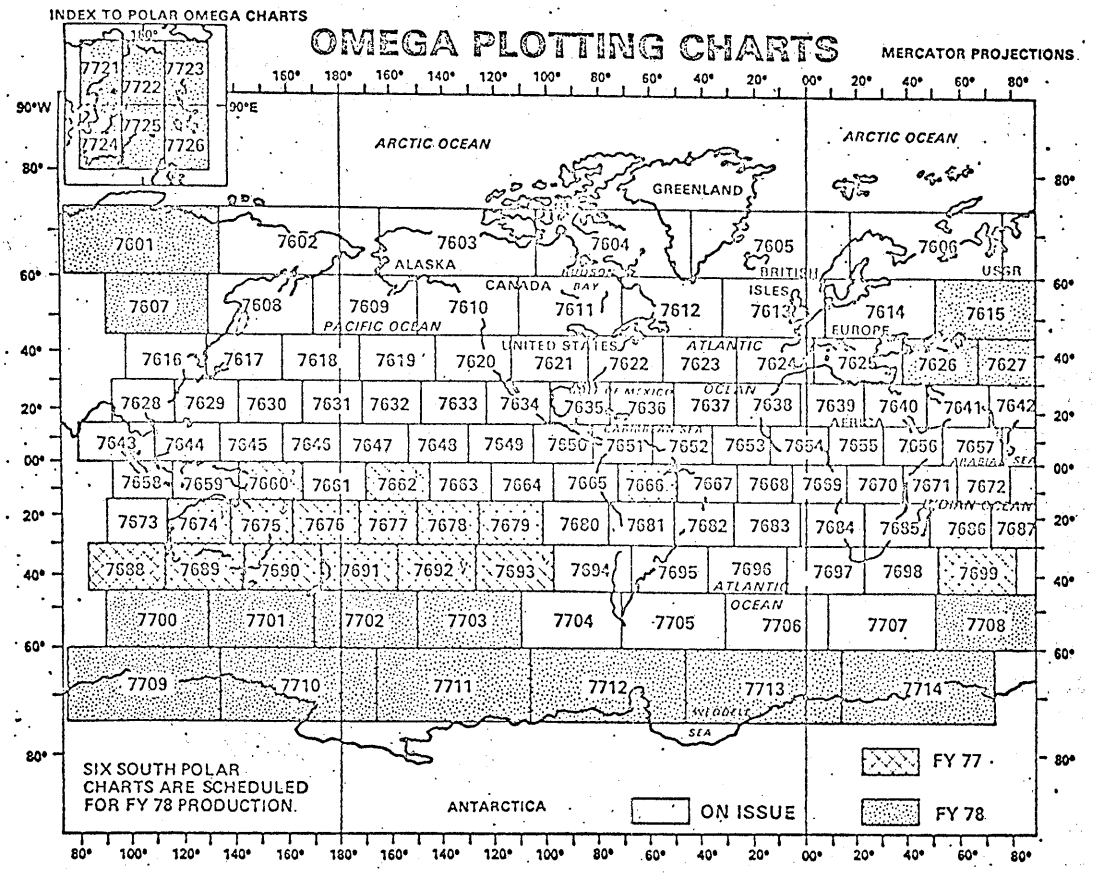


図 2

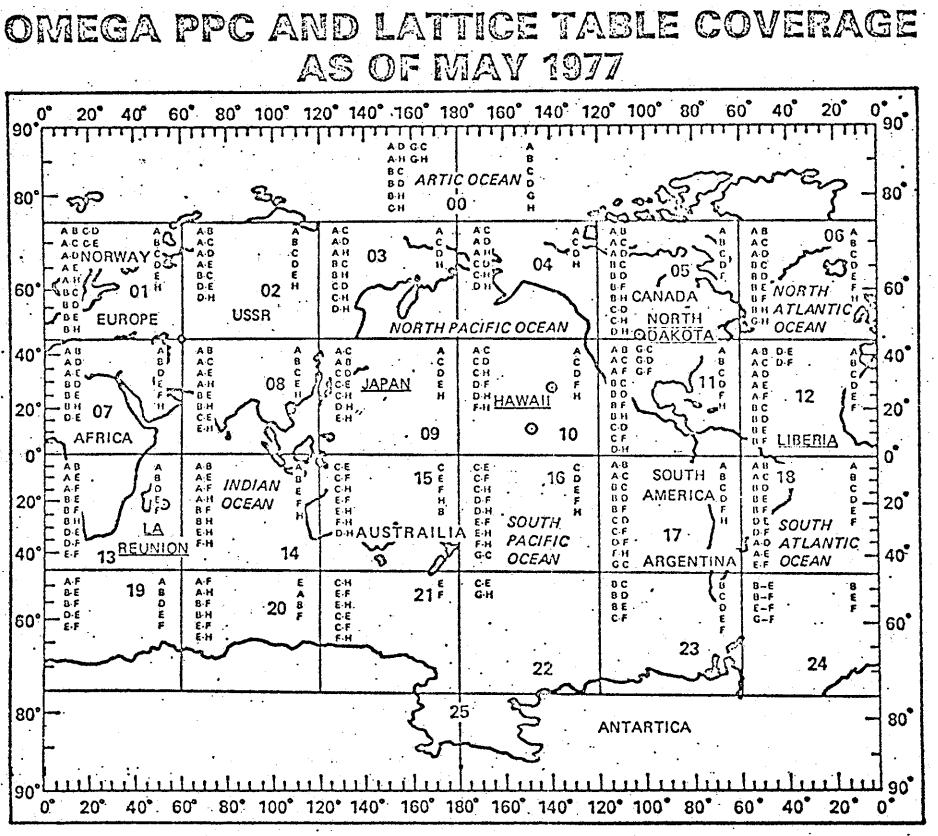


図 3

6. 我国におけるオメガモニタ局の現況

我国のオメガモニタ局は，図4に示すように宗谷岬，伊豆大島，対島及び宮古島の4か所に設置されている。

伊豆大島，対馬両モニタ局においては，オメガ3周波について，A-H, B-H, C-H, D-H, E-H 及び F-H の位相差を常時測定し，そのデータを，オンラインで接続されたオメガセンターの電子計算機に伝送し，リアルタイムで処理し，対馬送信局の発射する電波と他のオメガ送信局発射電波の位相同期状態及び SID, PCA 等の異常伝搬発生についての監視を行っている。

宗谷岬モニタ局では，10.2 kHz について，A-H, C-H 及び D-H の位相差を測定しており，宮古島モニタ局では，同じく 10.2 kHz について，A-H, C-H 及び E-H の位相差を測定している。

両モニタ局のデータは，アナログ自記記録計で記録され，1か月ごとに，海上保安庁オメガセンターへ送付される。

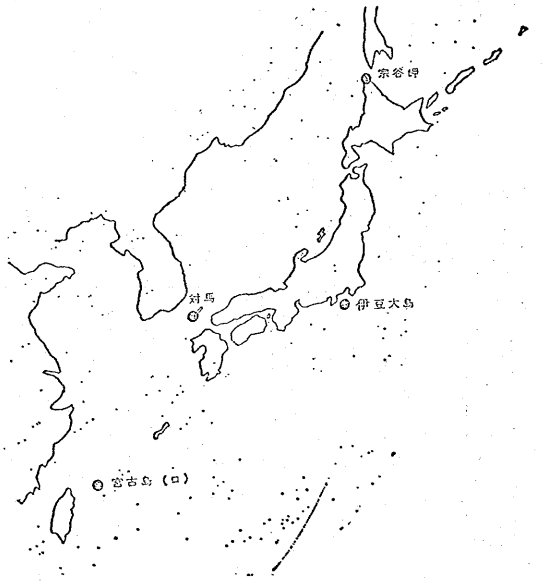


図 4 オメガモニタ局位置図

これ等のデータは，先に述べた，伊豆大島，対馬モニタ局のデータと併せて，オメガ伝搬補正値 (PPC: Predicted Propagation Corrections) の精度改善のための基礎資料として使用されている。

伊豆大島　A-C　7月

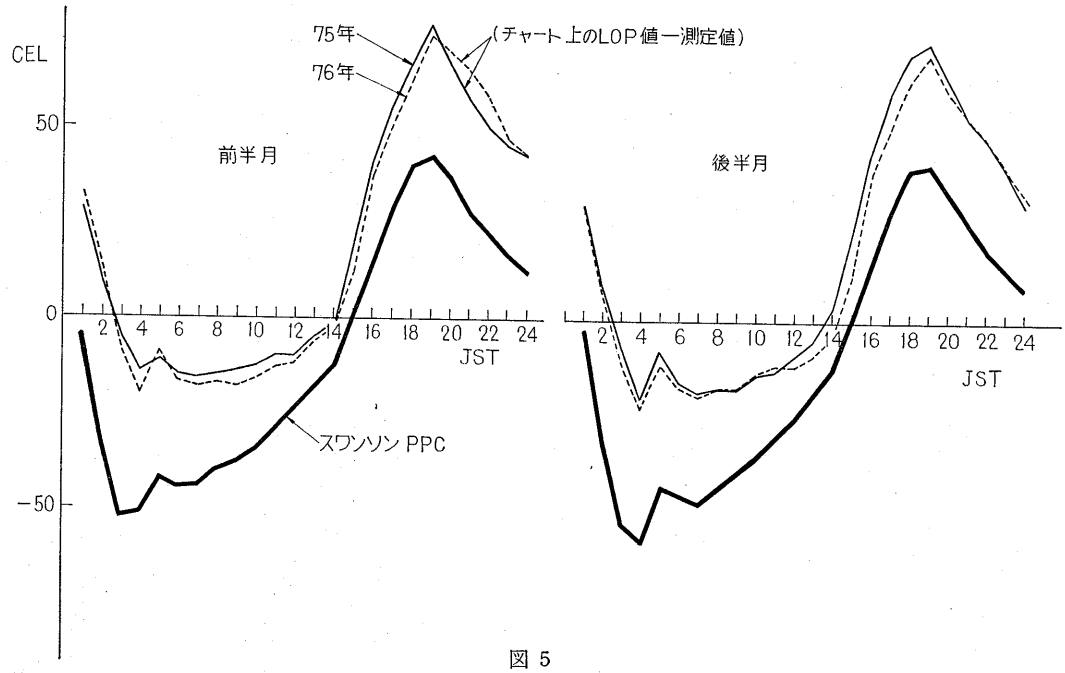


図 5

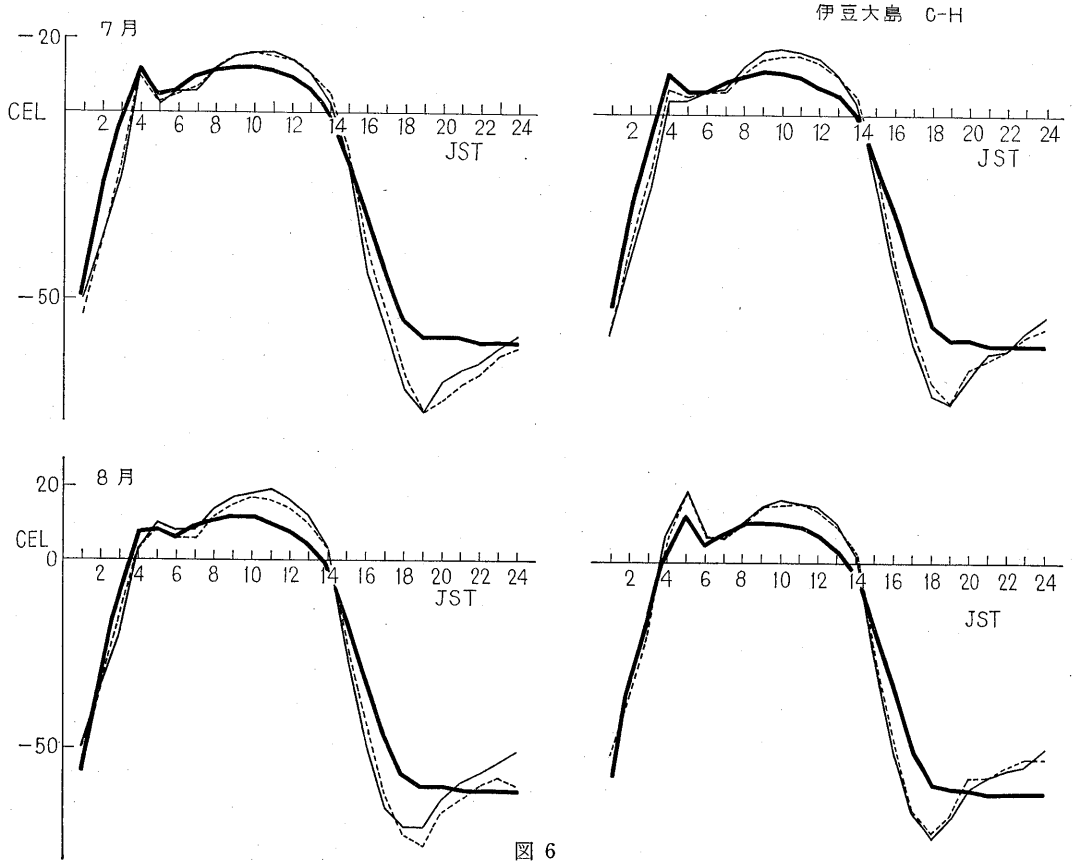


図 6

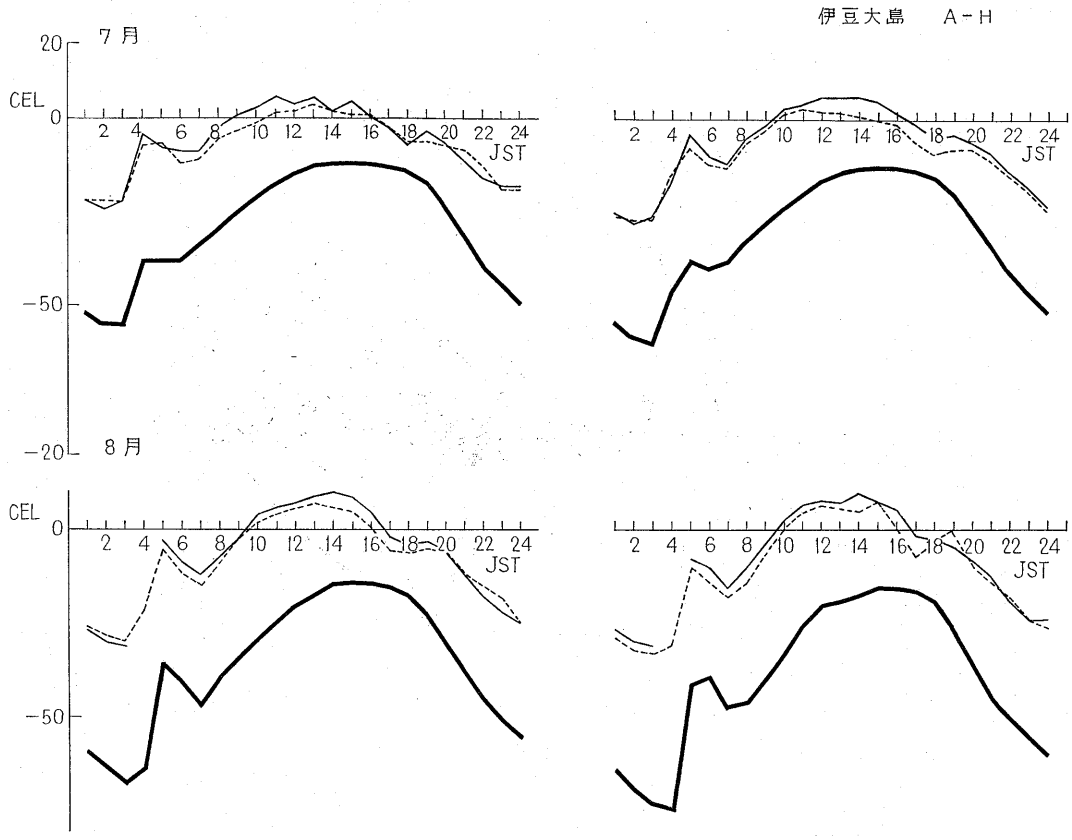


図 7

7. スワンソンモデルによる PPC 値の誤差

オメガシステムを利用する場合には，必ず伝搬補正値が必要であるが，現行のスワンソンモデルによる PPC 値は，使用するオメガ局，受信場所，受信時刻によっても異なるので一概には言えないが，10～40 CEL 程度，実測値との差が認められることがある。

伊豆大島モニタ局のデータにおいて，実測値から求めた PPC とスワンソンモデルから求めた PPC とを比較したのが図 5 から図 7 である。

図は，横軸に時間 (JST)，縦軸に PPC 値をとって描いてある。太い実線は，スワンソンモデルによる PPC 値を示し，細い実線及び点線は，1975 年，76 年における 7 月及び 8 月に伊豆大島モニタ局で実測した値を半月毎にまとめ，毎正時の平均値を求め，伊豆大島モニタ局のチャート上の LOP 値から引いた値，即ち真の PPC 値を示している。

8. オメガモニタデータによる PPC 値の修正

オメガモニタ局で測定したデータを使い，スワンソンモデルによる PPC の誤差の修正を試みたので以下それについて述べる。

図 8 は，モニタ局のデータから修正 PPC を得るまでのデータ処理手順を示したものである。まず，モニタ局から海上保安庁オメガセンターに送られて来る位相差データの中から SID, PCA 等の異常伝搬時のものを除いたのち，データ編集プログラムにより実測値と LOP 値の差が，スワンソン PPC と 50 CEL 以上のものを除去し，更に，毎月の前半，後半に分けて集計され，毎正時 (GMT) における，平均値，その他の値を計算して磁気テープに格納される。これをオメガマスターフアイルと呼んでいる。

図 8 で，修正 1 プログラムは，オメガマスタフアイルから必要とするデータを取り出し，処理して，地域的に

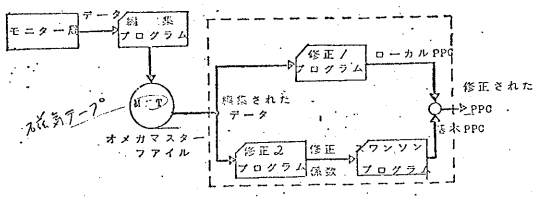


図 8　伝搬補正表修正系統図

精度の高い PPC を得ることを目的としたものである。

まず，各モニタ局におけるモニタデータからその場所における真の修正値を作り，スワンソンモデルから得た PPC との差，すなわち，

$$\Delta PPC = (\text{真の修正値} - \text{スワンソン PPC})$$

を求める。

次に，任意の点の ΔPPC を，モニタ局からの距離に重み付けして，モニタ局の ΔPPC から補間法あるいは，補外法によって求める。

そして，これにスワンソン PPC 値を加えて修正 PPC を得ている。

修正2プログラムは，モニタ局のデータを処理して，スワンソンモデルで使われている計算式の係数を修正し，精度の高い PPC を得るものである。ただし，修正2プログラムは，より広範囲にわたって，スワンソンモデルによる PPC を修正し，精度を上げようとするものであり，広範囲にモニタ局を設けて，その受信データを入力する必要がある。

これ等のプログラムに，次のモニタデータを入力して，修正 PPC を作り，次項で述べるような方法で評価してみた。

（1） 修正1プログラムの入力
　　宗谷岬，伊豆大島，対馬，宮古島

（2） 修正2プログラムの入力
　　宗谷岬，伊豆大島，対馬，宮古島
　　グワム，サモア，クラーク

9. 修正 PPC の評価

修正 PPC の評価のため，航海学会航法研究部会オメガ研究委員会が実施しているオメガが同時観測で得られたデータとの比較を行なった。

この同時観測は，全国各地で実施されているが，その中から，東京水産大（東京），鳥羽商船高専（鳥羽），北海道大水産学部（函館）のデータを選び，そのデータとオメガセンターの作成した修正 PPC とがどの程度合致するかを検討してみた。

その結果を図9から図 16 に示した。

図において，シンボルマークを結んでいる細い実線は，実測測値を示し，太い一点実線鎖線は，スワンソン PPC により，太い実線は，修正1プログラムで得た PPC により，太い点線は，修正2プログラムで得た PPC によりそれぞれ求めたレーン値を示している。

図で明らかなように，修正1プログラムで得た PPC は，かなりよく実測値と一致しておりスワンソン PPC よりかなり実際の値に近いといえる。このプログラムは，地域的に精度の高い PPC を得ることを目的としたものであるが，十分その目的を達していると思われる。修正2プログラムで得た PPC は，スワンソン PPC より実測値に近くはなっているが，修正1プログラムの結果までには，至っていない。このプログラムが，広範囲

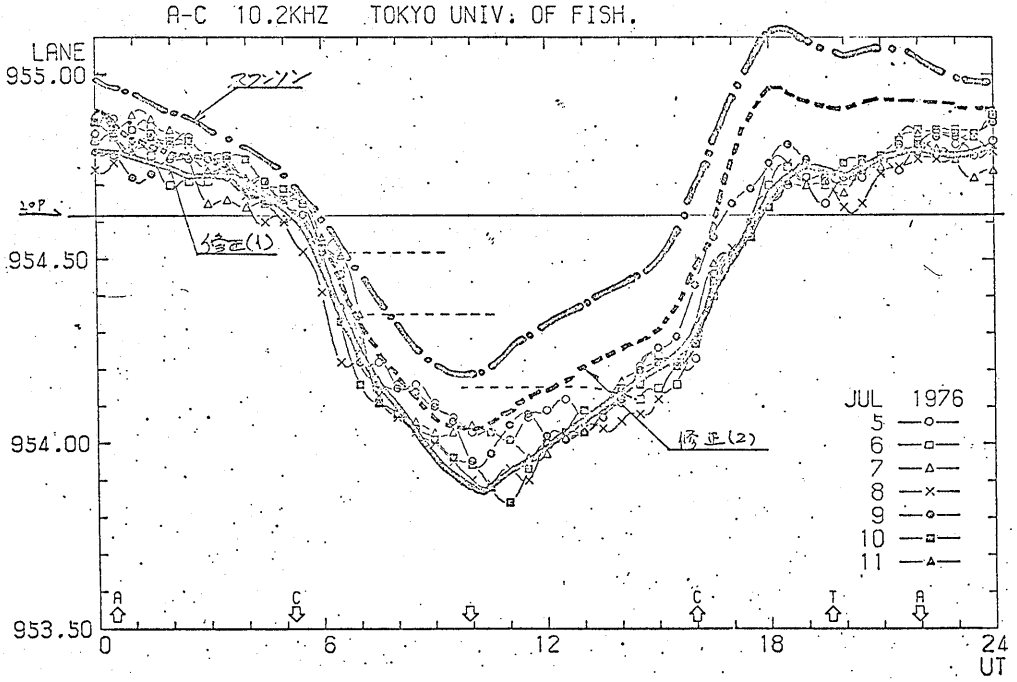


図 9

において PPC 精度を上げることを目的としており，現状では，測定データが不足しているためとも考えられる。今後，修正 PPC の有効範囲の確認，年間をつうじての有効度の確認を行い，更に，外国においてもモニタ局の設置が計画されているので，各国とも協力して，より確度の高い PPC を作る計画である。

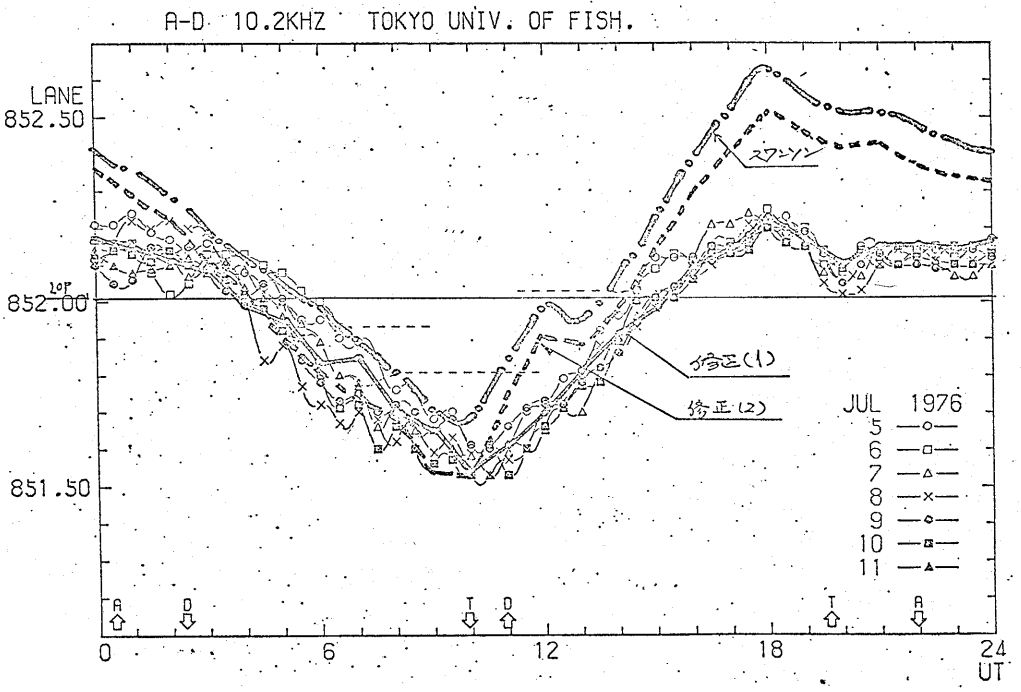


図 10

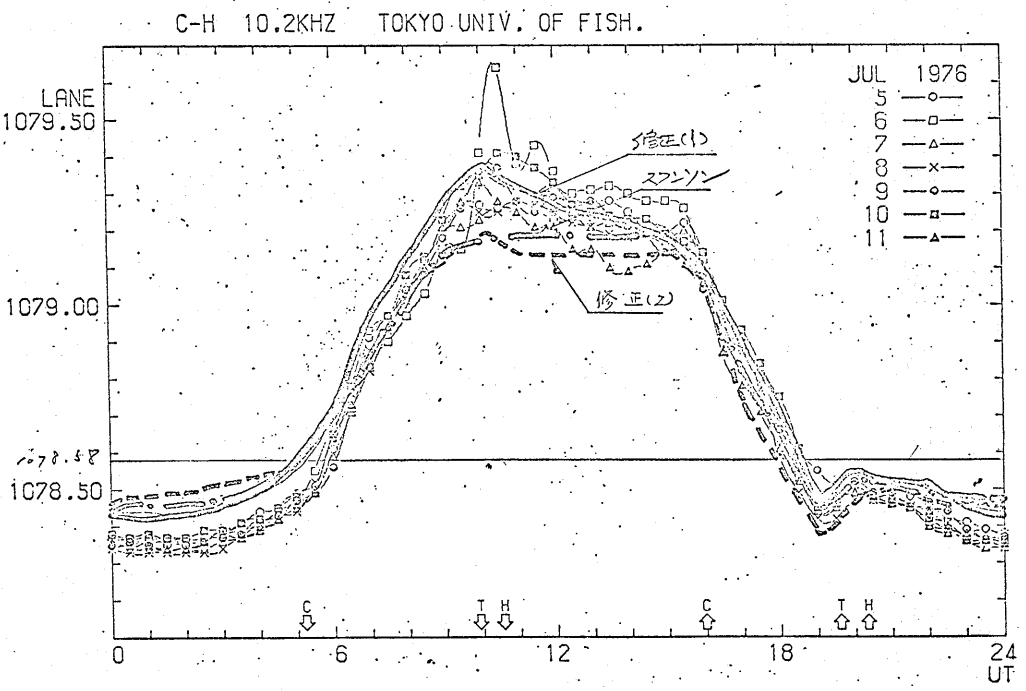


図 11

（本文P.29～P.31，図12～図16の□部分が欠落していますので、誠にお手数ですが追加して下さい。）

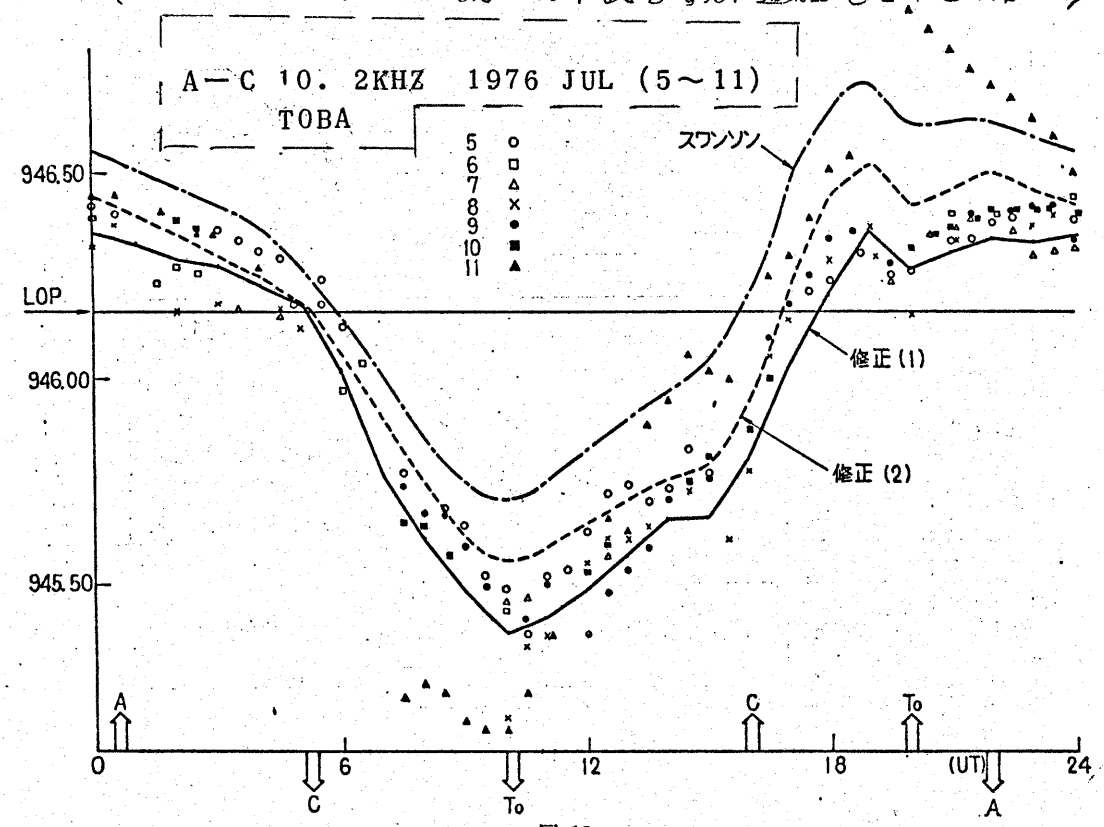


図 12

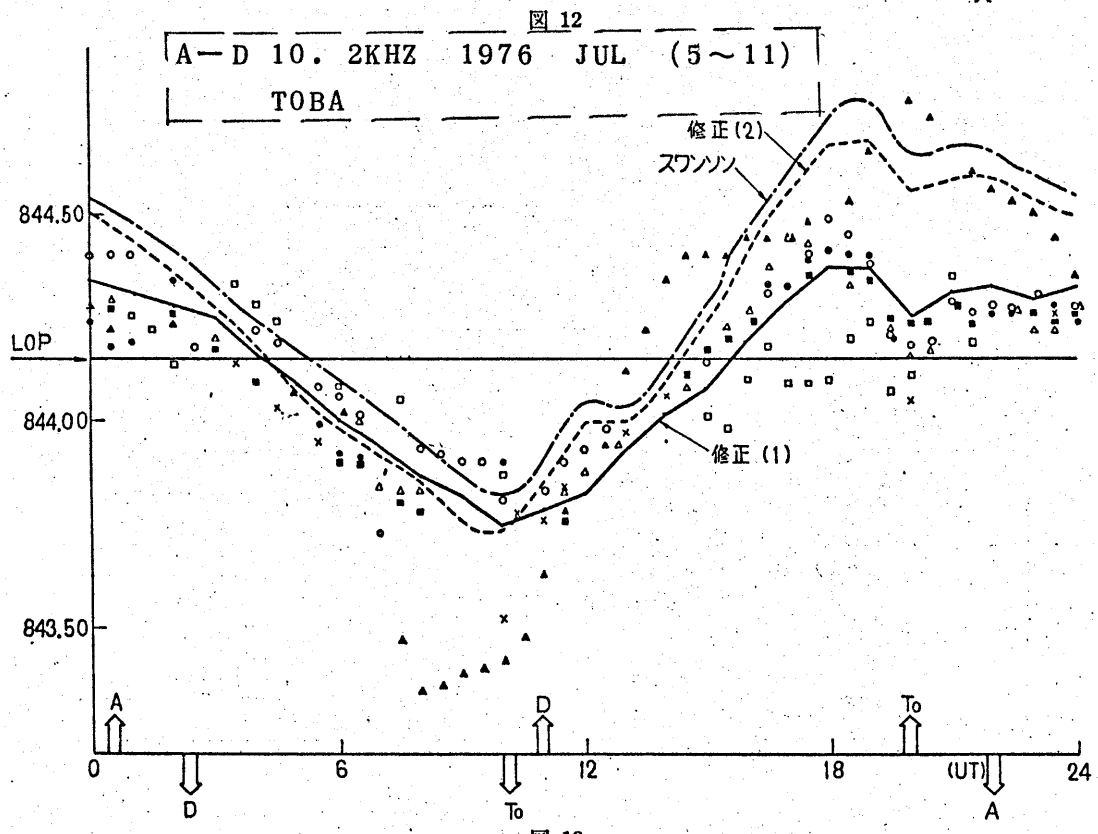


図 13

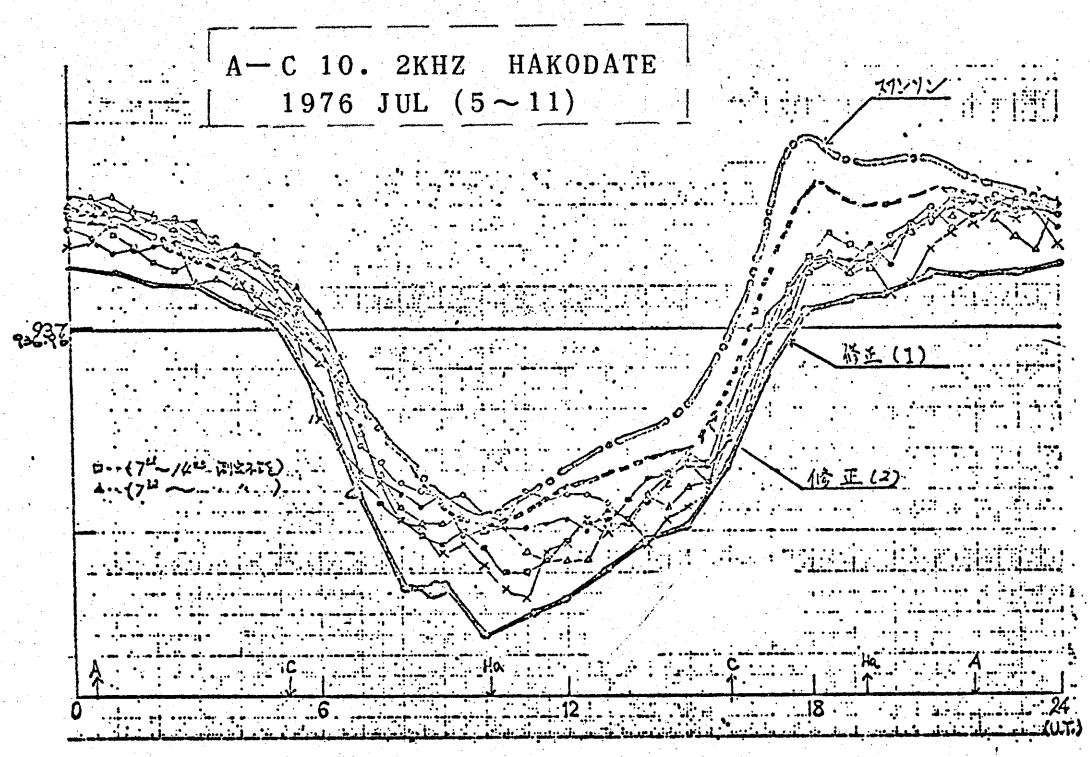

A—C 10. 2KHZ HAKODATE
1976 JUL (5～11)
スワンソン
修正(1)
修正(2)
937
936.96
A
C
Ha
C
Ha
A
0
6
12
18
24
(U.T.)

図 14

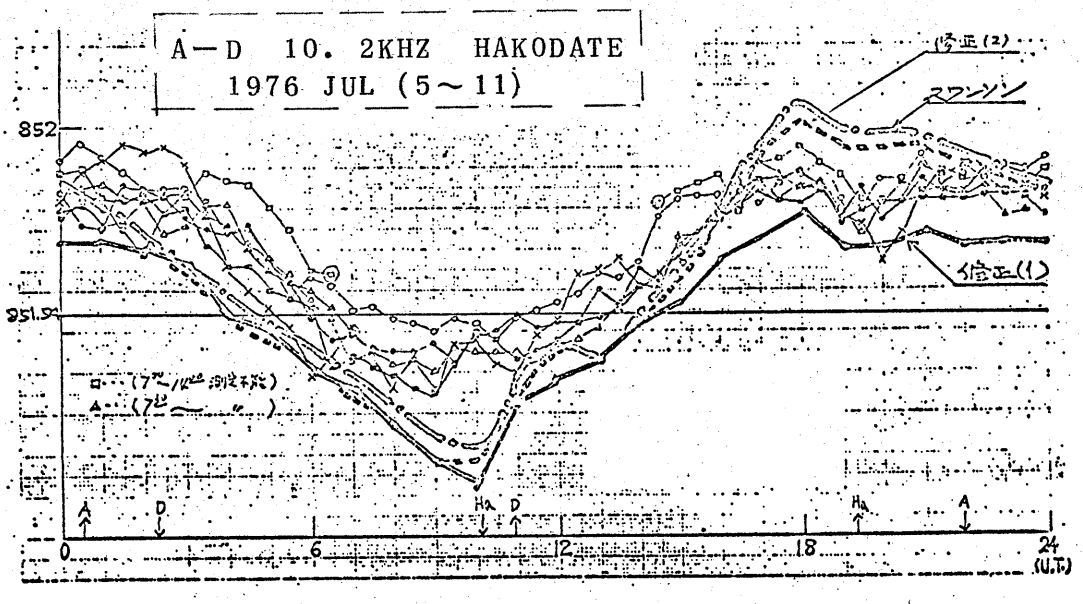

A—D 10. 2KHZ HAKODATE
1976 JUL (5～11)
修正(2)
スワンソン
修正(1)
852
851.5
A
D
Ha
D
Ha
A
0
6
12
18
24
(U.T.)

図 15

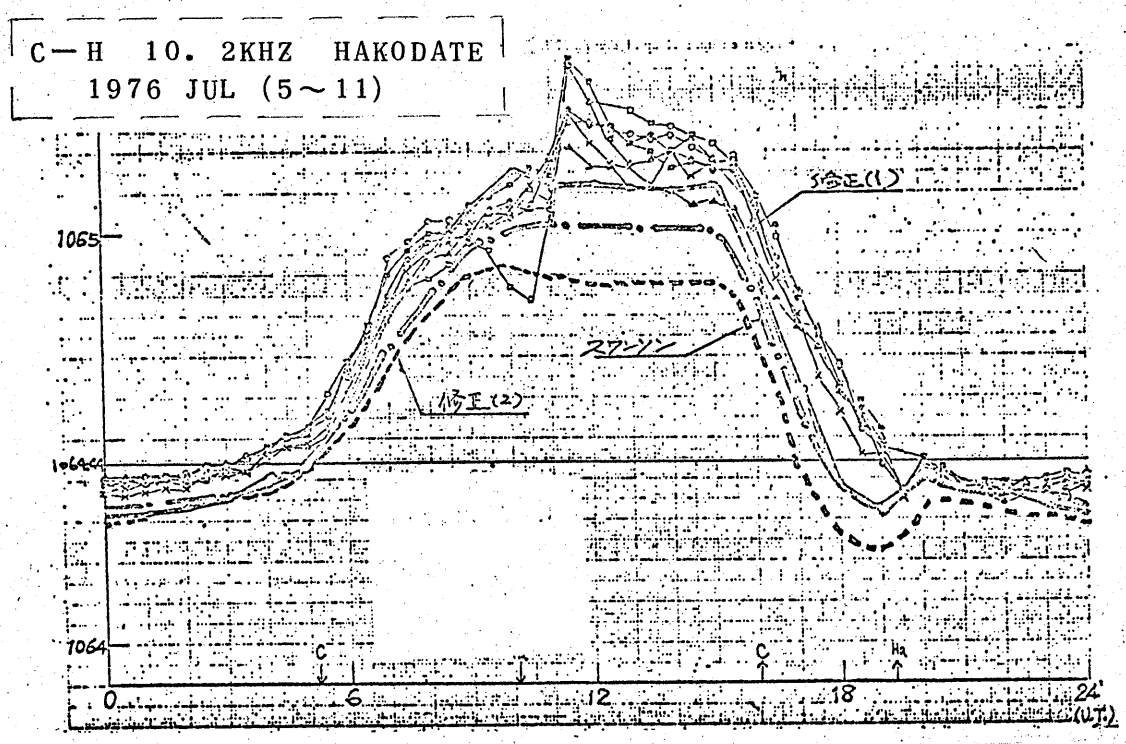

C—H 10. 2KHZ HAKODATE
1976 JUL (5～11)
1065
1064
1064
C
C
Ha
0
6
12
18
24
(U.T.)

図 16

電波航法 Electronic Navigation Review
No. 24 (1978)

航路標識測定船「つしま」について

海上保安庁　電波標識課

On the "TSUSHIMA," Navigation Aids Research Vessel

Electronic Navigational Aids Division,
Maritime Safety Agency

1. まえがき

航路標識測定船「つしま」は，海上保安庁の主要業務の一つである航路標識業務において，主として電波標識の精度維持のための海上測定に従事する測定船として建造されたものである。従来海上保安庁においては，この種の業務を燈台補給船「若草」により実施してきたが，若草が昭和 22 年建造のため老巧したことと，電波標識の海上測定業務がオメガシステムの運用開始等により広範囲の海上において増加するすう勢にあることから，海上測定業務に適した船舶を建造することとして，昭和 50 年から 3 ケ年計画で「つしま」を建造した。

2. 船舶主要項目

「つしま」の主要項目等は，次のとおりである。

全　長	75 メートル
喫水線長	70　〃
型　幅	12.5　〃
型深さ	6.4　〃
総トン数	1720 トン
航行区域	遠洋（国際）
速　力	16.5 ノット
航続距離（16.5 ノットにて）	12,000 マイル
連続行動日数	30 日
最大搭載人員	54 人
主機関連続最大出力	4000 馬力，320 回転/分
プロペラ	4 翼可変ピッチ
主発電機	AC 450 V 3ϕ 350 kVA 2 台
副発電機	〃　〃 200 kVA 1 台
バウスラスタ	電動 210 kW，推力 3.4 トン
レーダ	3 センチ波　1 台（航海用）
	〃　1 台（測定用）
測定装置	1 式（表 1）

3. 基本計画

「つしま」建造に当っての基本的な要求は次のとおりである。

3.1 業　務

（1） 電波標識の有効範囲，電界強度，空間波補正値及び誤差分布の測定

（2） 光波標識の光度，光達距離及び明弧範囲の測定並びに視認状況の調査

（3） 航路標識の適正な維持管理を行うために必要とする資料及び航路標識の整備計画を策定するために必要とする資料の収集のための調査測定

（4） 航路標識事務所に対する物品の補給

3.1 通常行動範囲

次の経緯度線で囲まれる海域

(イ) 東経　75 度（インド洋）

(ロ) 東経　180 度（太平洋，日付変更線）

(ハ) 南緯　5 度（インド洋，南太平洋）

(ニ) 北緯　60 度（オホーツク海，ベーリング海）

3.3 性能，設備等

（1）	総トン数	1720 トン
（2）	航行区域	遠洋区域（国際航海）
（3）	速　力	15 ノット以上（6 ノット約 4 時間，3～4 ノットで 1 時間程度の航走が可能）
（4）	搭載人員	船員 44 名，その他 10 名，計 54 名
（5）	連続航行距離	10,000 マイル以上
（6）	〃　日数	30 日
（7）	測定業務施設	

(イ) 測定室及びデータ処理室は，隣接して設置し，その広さは測定室約 40 平方メートル，データ処理室約 70 平方メートルとする。

(ロ) 測定室及びデータ処理室は，室温 15°C～

25°C，相対湿度 40%～70% の範囲に維持する。

(ハ) 測定装置用の受信アンテナ

測定用の受信アンテナは，通信用アンテナと可能な限り離し，かつ測定室に近い所に設置する。

(ニ) 測測定装置用電源

測定装置用の電源は，AC 200 V 及び AC 100 V とし，AC 200 V の電圧変動を ±10% 以内とする。

4. 艤　　装

測定業務の作業能率を考慮した諸室配置とし，また，長期航海に対応するため，乗務員の居住性の向上を図った。

（1） 居住区はセントラルユニット方式による，冷暖房装置を2系統，機動排気を5系統とした。また，測定室については，大容量のセントラルユニット方式による冷暖房装置を独立に装備し，必要に応じて，独自に温度制御ができる装置とした。

（2） オメガ測定の航海中に，諸外国に立寄る機会が多く，寄港時に，地元の関係機関などから多数の訪船者があるものと予想されるので，来客用公室を設置した。

（3） 長期間の測定航海における乗員の健康維持及び簡単な医療が行える診察室を設け，電気消毒器，薬品棚などを設置した。

（4） 船楼甲板後部にアンチローリングを設け，測定員の作業能率及び居住性の向上を図った。

（5） 測定装置及びデータ処理装置について，振動の影響を極力小さくするために測定関係室を船橋甲板に配置した。また，測定データの整理及び管理のため，データ処理室に隣接してデータ管理室及びデータ整理室を配置し，書類整理用ロッカー，作業テーブル，机等を設耗した。測定関係室の配置及び測定関係機器の配置を図1に示す。

5. 機関及び電気系統

（1） 推進装置

推進装置は，ディーゼン機関1基1軸可変ピッチプロペラとし，主機は自己逆転装置付のものとした。また船首部にバウスラスタ装置を設置し，回頭，横推進，船位保持及び針路保持を容易にした。

（2） 機関運転

機関室下甲板前部に機関操縦室を設け，主機関その他の機器の制御，監視，計測が遠隔で可能としている。また，操船上の主機関の制御は，操舵室に操縦盤を設置して同盤から始動，停止，回転制御，正逆転切換を遠隔で可能としている。

（3） 発電機の運転

発電機として，350 kVA（主発電機）2台，200 kVA（副発電機）1台を設耗し，通常航海時は主発電機を1台，出入港時又は測定中にバウスラス

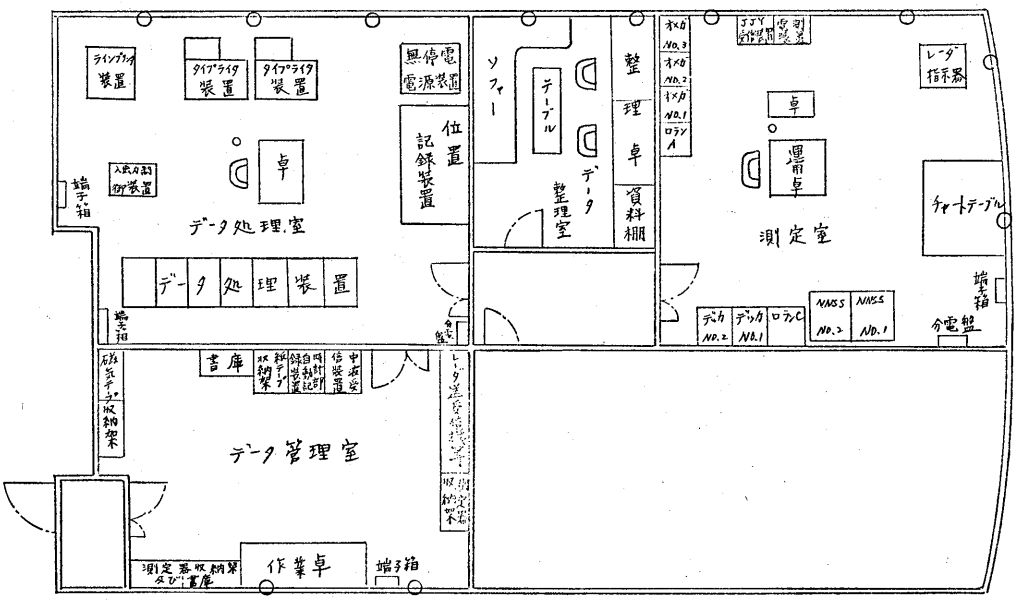


図 1　測定関室係の配置及び測定関係機器の配置図

タを使用する時は主発電機を2台，停泊時は副発電機をそれぞれ使用することとして，極力負荷率を高くした。

（4） 発電機特性

各発電機共

電圧変動（無負荷～全負荷，漸変）　450 V±1 V

周波数変動　60 Hz±0.2 Hz

並列運転　自動同期　自動負荷分担

（5） 通信装置

遠洋，国際航海に装備を義務付けられている装置に加えて，公衆通信及び海上保安業務専用の中波，中短波及び VHF の送受信機並びに国際 VHF 用送受信機を設置している。

6. 測定装置

測定システムは，現在，海上保安庁が運用している各種の電波標識について，実際に航行船舶が利用する条件と同一の条件下において評価を行い，その評価結果に基づいて各局の機能の維持及び改善並びにシステムの測定精度の改善を目的としている。

測定に使用する搭載設備としては，現在海上保安庁が設置及び運用を行っている各種の電波標識の電波を受信する受信装置に加えて，NNSS を利用する衛星航法システム及びロランCシステムの受信装置並びに受信データの統計処理等を行うデータ処理装置があり，これらの設備により，オメガ，ロランA，デッカ，中波ビーコン及び各種マイクロ波標識のシステム評価を行う。

システムの評価は，同時に2システムまで可能であり，評価を行うシステム（以下「評価システム」という）及び評価の基準とするシステム（以下「標準システムという）を指定することにより，評価システムの位置又は方位と，標準システムによる位置とを比較し，その差から測定時における補正量を求め，これらの統計処理を行って評価システムの測位精度，測位安定度等の現状をまとめるとともに，システム改善に必要な送信局施設の改善事項，チャート作成に使用する電波伝搬速度の最適値，その改善措置を行うことにより得られる測位精度等，システムの向上に必要な資料を収集することとしている。

標準システムとしては，デッカシステム及びロランAシステムの外に，衛星航法システム，ロランCシステム，光学測位のシステム（3 点位置及び両狭角を手動入力），レーダ測位システム（2点位置及び2レンジを手動入力）及び絶対位置（緯度及び経度を手動入力）を指定することができる。

なお，各種システムにより求めた船位は，位置記録装置（オートプロッタ）により直接チャートに記録され，目視による位置比較を容易にするとともに，ブリッジに設置した船位表示装置に緯度及び経度の数字で表示し，航海用に利用できるようにしている。

（1） 艤装測定システムの構成

測定システムを構成している機器は表1のとおりであり，それらの全体系統図は，図2のとおりである。

表 1　測定用機器一覧表

機器名	数量
オメガ受信装置	1 式（4 台）
ロランA受信装置	1 式（3 台）
デッカ受信装置	2 台
中波受信装置	2 〃
時計部自動記録装置	2 〃
航行衛星受信装置	2 〃
ロランC受信装置	1 〃
JJY受信装置	2 〃
電界強度測定装置	1 〃
位置記録装置	1 〃
航跡自記装置	1 〃
船位表示装置	1 〃
データ処理装置本体	2 〃
切換装置	1 〃
補助記憶装置	1 〃
入出培制御装置	2 〃
タイプライタ装置	2 〃
ラインプリンタ装置	1 〃
磁気テープ装置	2 〃
レーダ指示器	1 〃

（2） 測定用機器の特性

測定システムを構成する機器は，次の条件については，各機器が共通して満足するほか，各機器個別の必要条件を満たしている。

(イ) 環境条件

温度範囲　0°C～40°C

相対湿度　40%～90%

振動，動揺等　NK 規格

(ロ) 電源条件

電源　AC 100 V 60 Hz

電圧変動　$-20\%\sim+10\%$ $\left(100\,\mathrm{V}\,{}^{+10\mathrm{V}}_{-20\mathrm{V}}\right)$

周波数変動　$-8\%\sim+8\%$ (60 Hz±4.8 Hz)

(ハ) 部品等

能動素子は，すべて半導体部品とする。

PCB 又は PCT 含有部品は使用しない。

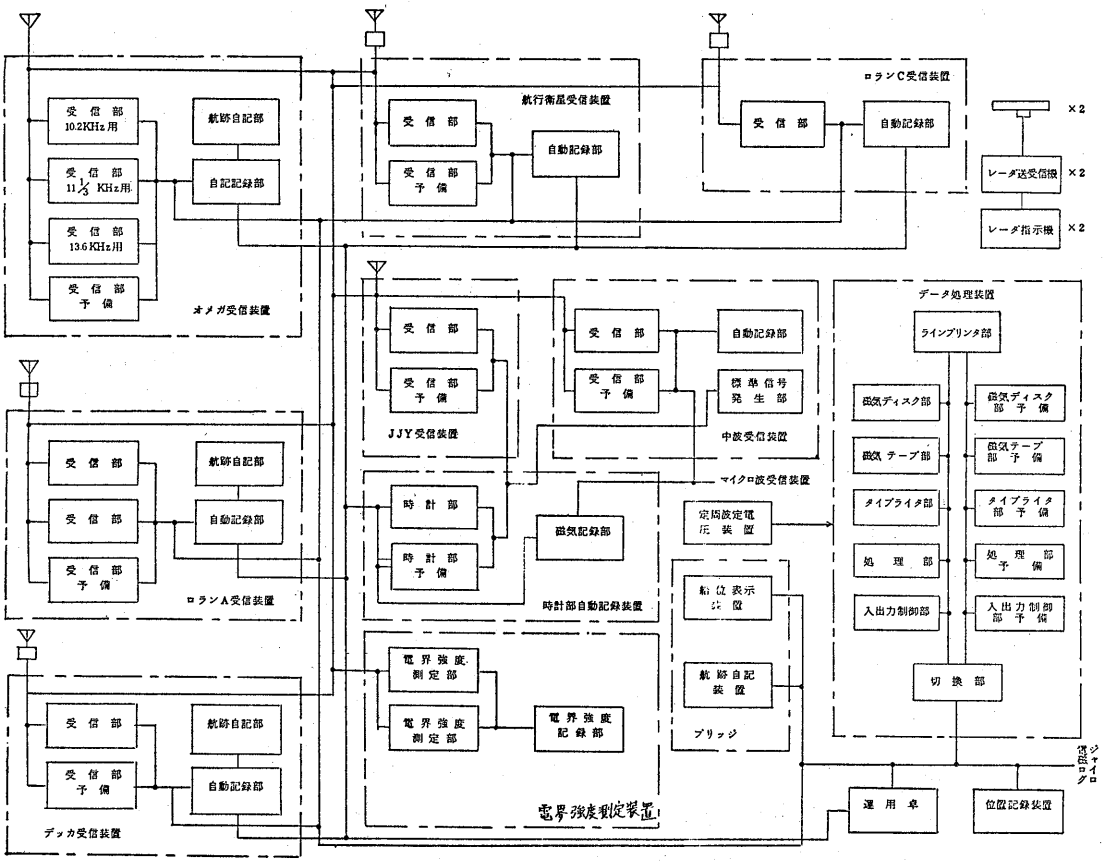


図 2　測定システム系統図

各機器の主要性能は次のとおりである。

オメガ受信装置

(イ) 構　成

オメガ受信機　4 台 (10.2 kHz 用, 13.6 kHz 用, 11.33 kHz 用及び 3 波用, 各 1 台)

自動記録計　2 台 (12 LOP 記録用 2 台)

データ記録計　1 台 (18 LOP データ印字機)

(ロ) 感　度

0.01 μV (S/N: −20 dB)

(ハ) 同期方式

自動同期方式

(ニ) LOP 表示

5 桁 (レーン 3 桁, センチレーン 2 桁)

6 LOP 同時表示

(ホ) 空中線

4 メートルホイップ

(ヘ) データの送出周期

1 分又は 2 分 (切換)

(ト) レンジ測定

船内セシウム標準発信信号と各局受信信号との位相差を連続的に測定する。

(チ) 内蔵予備電源

10 分間以上

ロランA受信装置

(イ) 構　成

ロランA受信機　3 台

自動記録計　1 台

データ記録計　1 台

(ロ) 受信周波数

1950 kHz, 1850 kHz 及び 1900 kHz

(ハ) 測定ルート

基本くり返し　S, L 及び H

特殊　〃　0〜7

(ニ) 感　度

S/N 15 dB にて　1 μV

(ホ) 表　示

4 桁　単位 μs

(ヘ) 自動追尾速度

0.5 μs/sec

(ト) 空中線

4m ホイップ

(チ) データの選出周期

1分又は2分（切換）

(リ) レンジ測定

セシウム標準発信信号と各局受信信号との時間差を連続的に測定する。

デッカ受信装置

(イ) 構　成

デッカ受信機	2台
自動記録計	1台
航跡記録計	1台

(ロ) 受信周波数

5f（70 kHz～72 kHz）
6f（84 kHz～86 kHz）
8f（112 kHz～115 kHz）
9f（126 kHz～129 kHz）

(ハ) 受信コード

0C～10C

(ニ) 感　度

5 μV

(ホ) 表　示

レーン識別	3桁（レーン2桁，小数1桁）
レーン	3桁（ゾーン1桁，レーン2桁）
レーン（小数）	デコメータによる表示（0.01レーン目盛）

(ヘ) 追尾速度

60ノット

(ト) 空中線

4.5m ホイップ

(チ) データの送出周期

1分又は2分（切換）

(リ) レンジ測定

セシウム標準発信信号と各局受信信号との位相差を連続的に測定する。

ロランC受信装置

(イ) 構　成

ロランC受信機	1台
航跡記録計	1台

(ロ) 受信周波数

100 kHz

(ハ) 測定レート

基本くり返し	S, L, H, SS, SL, SH
特殊　〃	0～7

(ニ) 感　度

1 μV/m（2m ホイップにて）

(ホ) 表　示

2 LOP 同時表示

6桁（単位 μs，整数5桁，小数点以下1桁）

(ヘ) 追尾精度

100ノットにおいて 200 ns 以内

(ト) 空中線

2m ホイップ（アンテナカプラ付）

(チ) データ送出周期

1分又は2分（切換）

航行衛星受信装置

(イ) 構　成

NNSS受信機	2台（現用，予備）
処理装置	2台（　〃　）
タイプライタ	2台（　〃　）

(ロ) 受信周波数

400 MHz（Hチャンネル）
150 MHz（L　〃　）

(ハ) 感　度

S/N 3 dB に対して −145 dBm

(ニ) 表示（印字）

時刻（GMT）
位置（緯度，経度）
船速（方位，速度）

(ホ) 推測航法

手動又は自動による方位と速度を入力

(ヘ) 空中線

グランドプーレーン型（プリアンプ付）

(ト) データの送出周期

1分又は2分（切換）

中波受信装置

(イ) 構　成

中波受信機	2台（現用，予備）
セシウム標準発振器	1台（各種信号標準）
自動記録計	1台

(ロ) 受信周波数

250 kHz～32 MHz（A～F バンド）
スポット 20 波

(ハ) 周波数安定度（セシウム標準）

$\pm 5 \times 10^{-12}$

(ニ) 発振周波数（　〃　）

5 MHz, 1 MHz, 100 kHz

(ホ) 出力レベル（　〃　）

1 Vrms

電界強度測定装置

(イ) 構　成

電界強度測定器	2台（長波用1台，中短波1台）
記録計	1台

(ロ) 受信周波数

7 kHz～200 kHz

150 kHz～ 30 MHz

(ハ) 測定範囲

0 dB～95 dB

運用卓

(イ) データ表示器

プラズマデイスプレー（最大 256 文字）

(ロ) 表示項目

標準システム測定位置（緯度，経度）

評価システム　〃　（〃　〃）

評価システム測定位置と標準システム測定位置との差（緯度・経度の差又は方位と距離）

NNSS 測定時にその測定位置（緯度，経度）

(ハ) 制御項目

標準システム及び評価システムの指定

ロランA，デッカ，オメガについてレンジ測定の指定

手動入力（システム）の指定及びデータ入力デー

レーダ装置

一般の舶用レーダを対象にしたマイクロ波電波標識について，実際の利用者と同一条件下における標価を行うために，通常の舶用レーダの機能に次の機能を追加していいる。

(イ) 送信出力調整

5 kWpp～50 kWpp

(ロ) 空中線回転数の変更

15 rpm，16 rpm，20 rpm 及び 22 rpm（切換）

(ハ) 9310 MHz 受信

（3） データ処理

データ処理装置の処理に使用した入力データ及び処理結果は，すべて磁気テープ又はラインプリンタにより記録され，停泊時又は陸上のデータ処理装置によって更に解析することとしている。特にオメガシステムに関する測定データについては，測定中には，簡単な PPC 補正による位置計算に使用するとともに，すべての測定データを磁気テープに収集し，オメガセンターにおいて詳細な解析を行うこととしている。

結　　び

測定船「つしま」は，昭和 52 年 9 月に完成して，既に日本近海の海上測定業務に従事し，従来実施不可能であった多システムの同時測位データや系統だった連続データの収集及び解析を意欲的に行っている。

昭和 53 年度からは，国際航海による更に幅広い海上測定を行い，現在運用されているあらゆる航路標識について，それらの精度や利用率などを解析してゆくと同時に，今後改善すべき事項或は，新たに設置すべきシステムに対する必要条件など，将来の航路標識業務に貴重な資料を収集してゆくことを計画している。

電波航法 Electronic Navigation Review
No. 24 (1978)

展　望

Observation

船舶用レーダビーコンとトランスポンダの最近の動向

電子航法研究所　木 村 小 一

A Recent Trend of Radar Beacons and Transponders for Ship

Electronic Navigation Research Institute
Koichi KIMURA

1. はじめに

船舶用レーダの電波とその指示器とをを利用して，レーダの機能に何がしかの追加を行おうという試みが行われている。そのほとんどはここで取上げるレーダビーコンまたトランスポンダの範ちゆうに入るもので，わが国ではレーダを利用する航路標識の一種として，レーマーク（ビーコン）および掃引周波数型のレーダビーコンが数局運用されているほか，本誌の前号で述べられている救難ビーコン[1]もその一例である。しかし，このようなシステムが無統制的に出現すると，レーダの画面を不要に汚すことにもなりかねないので，これを規制し効果的な運用をしようという国際的な動きもある。この小論では，これらの動向を中心に，レーダビーコンとトランスポンダの将来の一部を含めて展望してみよう。

2. IMCO における研究とその結果

IMCO では 1971 年 7 月の第 6 会期の航行安全小委員会 (Sub-committee on Safety of Navigation) ではじめて，レーダビーコン（当時はレーコンと称していた）を議題として取上げ，以後 1977 年のその第 20 会期まで，引続き審議を重ねてきた。その経過は表 1 に示すとおりであって，その間各国の実情などに関するアンケートの配布と回収，そのとりまとめなども行われている。第 20 会期でまとめられた小委員会の結論は，加盟各国に回章され，1978 年春の海上安全委員会の決議をへて IMCO 総会で承認されると見られていだが，その後英国から一部修正案が出された。

この IMCO での作業の結果は第 20 会期の小委員会報告の中でまとめられ，その概要はつぎのとおりである。

（1） レーダビーコンを周波数掃引型 (Swept frequency) と固定周波数型 (Fixed frequency) に分け，更にトランスポンダを別に規定している。

（2） これらの 3 つの装置の船舶の航行への用途とその開発の現状を表にまとめ，更にレーマーク，エコー強調器，レーダリフレクタなどとの関係についても触れている。

（3） これら 3 つの装置の特性，利用方法および特長を公式化した。

（4） これら 3 つの装置の運用基準についての勧告（案）を作成した。

現在の船舶用レーダは，例えば 3 cm 波のレーダの場合は使用周波数帯が 9320～9500 MHz と広く，個々のレーダはその周波数のどの部分で送受信を行っているかが明らかでない。そこで，レーダを使用した航法システムとしてのレーダビーコンは，レーダ電波を呼びかけ用

表 1　IMCO の航行安全小委員会における審議の経過

会　期	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
開催年月	1971-11	1972-1	1972-12	1973-6	1974-4	1975-8	1976-3	1977-2	1977-6
レーダビーコン	調査開始	一般討議	情報文書作成	質問表	回答整理	整理文書	掃引周波型勧告素案化	報告案・勧告案の審議	報告案勧告案の決定

として受信するためには，前述のような周波数帯全般にわたる広帯域受信（または掃引受信）をするとともに，送信周波数をこれらレーダデンド内をある速度で周波数掃引をしながら送信をしておくと，相手レーダの受信周波数と合致したときにのみそのレーダがビーコンからの信号を受信できるというのが，掃引周波数型のレーダビーコン(注1)である。

これに対し，固定周波数器型レーダビーコンは 1974 年に開催された世界海上無線通信主管庁会議(注2)で改正された国際電気通信条約付属の無線通信規則の中で，新に割当られた固定周波数型レーダビーコンの専用周波数で送信を行うもので，この方は現用の船舶用レーダでは，このレーダビーコンの信号を受信することはできないので，レーダに何等かの改造（受信機の増設または受信周波数の切換など）が必要である。IMCO での今回の作業の重要な一つは，これら両レーダビーコンを如何に使いわけるかについての国際的な合意をすることにあり，更に，同じような動作をするトランスポンダについても，その利用の将来方向を見出すことにあったといえよう。

まず，レーダビーコンとトランスポンダの区別がつぎのように定義づけられている。

レーダビーコン（レーコン）: 海上無線航行業務において，表面探査レーダで起動されたときに，距離，方位および識別情報を与えるため，超動したレーダの指示器に現われる。識別信号を自動的に送り返す受信—送信装置をいう。「レーダビーコン」と「レーコン」の用語の使用は航行援助用として役立ったために固定構造または固定位置に錨で止めた浮き台上に取付けられたようなレーダトランスポンダに対し専ら取つておくべきである。単独使用または（可視標識のような）他の航行援助装置と同時に取付けられていてもレーコン自身は別の航行援助装置と考えるべきである。

トランスポンダ: 海上無線航行業務において，それがそれに固有の呼びかけを受信したとき，または伝送信号が局地的な司令で開始されたときに自動的な送信を行う受信—送信装置をいう。伝送信号はコード化した識別信号およびデータまたはその何れかが含まれる。応答はその用途と信号の内容とによって，レーダの PPI または レーダとは別の指示器あるいはその両方に表示されるであろう。

こうして，レーダビーコンの効用は座礁その他航海上の危険物との衝突を防ぐ航路標識であって，一方，トランスポンダは船と船あるいは船と岸の間に定められた形で識別，操船特性，位置，操船の意志などの情報を交換することによって，船舶間の衝突を主とした海難を防ごうとするものである。しかし，これらも余り無統制に，またいろいろな種類が使用されることは，かえって混乱をまねき，また多くの信号がレーダの PPI 指示上に現われると重要なエコーがマスクされるような機能を生ずることにもなりかねないので，つぎのような理由によって，国際的な合意が必要であるとされている。

(a) 航海用レーダ指示器の大きな機能低下を防ぐため。

(b) 個々のレーダビーコンとトランスポンダの応答のあいまいさのないようにするため。

(c) 運用上どうしても必要なところという状態にレーダビーコンとトランスポンダの使用を制限するため。

(d) 新しいレーダの設計と現存のレーダの有効な改造に対する技術的基盤を与えるとともに，それらをレーダビーコンとトランスポンダの段階的な開発と両立させるため。

固定周波数型レーダビーコンは，前述したように現用のレーダの改造を必要とするために未だ運用されたものはなく，IMCO としてはその導入にはつぎの段階が満たされるべきであると非常に慎重である。

(a) 国際的な運用標準ができること。

(b) 国際的な技術的規格が用意されること。

(c) IMCO の航海用レーダの性能標準の中にビーコン用の装置の要件の詳細が組込まれること。

(d) ビーコン用の装置の要件がそれぞれの国の航海用レーダの規格に含まれること。

(e) 海上における人命の安全のための国際会議が，船載のすべての新レーダがビーコン用の装置を備えることという改正をすること。

(f) 掃引周波数型の装置に加えて航法上のマークの識

(注 1) わが国の現用のレーダビーコンはこの型式である。

(注 2) この会議ではまた，レーダビーコン（レーコンの定義が「海上無線航行業務における受信・送信装置で，地表面捜索レーダによって起動されたときに自動的に識別可能な信号を送り返すもの。この信号は，そのレーダの表示面上に，距離，方位および識別のための情報を表示できるものとする。」ときめられ，更に，勧告 13「固定周波数レーダビーコンの開発に関する勧告」の中で，「主管庁，IMCO および国際灯台協会（IALA）に固定周波数レーダビーコンの広範囲の使用から得られる運用上の利点を引続き評価することを要請し，勧告 14「船舶上のトランスポンダ（適正な質問を受けたときに，信号を自動的に発射する受信・送信装置）の周波数要件に関する勧告）中で，「主管庁および IMCO に，船舶上のトランスポンダの広範囲な使用から得られる運用上の利点を引続き評価し，および将来の実施のために国際的に承認される方式を採用することが便宜であるかどうかを検討すること」を要請している。

表 2　レーダ・ビーコンおよびトランスポンダの当面の運用上の用途（IMCO）

運用上の要求	レーダビーコン(1) 固定周波数	レーダビーコン(1) 掃引周波数	トランスポンダ(3)	他の技術的方法	記事
I　現存および近い将来					
(a)　顕著でない海岸線の位置の距離と識別	将来可能	現用中			PPI に表示
(b)　距離は良好に測定できるが特長のない海岸線上の位置の識別	将来可能	現用中			PPI に表示
(c)　海上および陸上の選ばれた航海目標の識別	将来可能	現用中			PPI に表示
(d)　陸地初認の識別	将来可能	現用中			PPI に表示
(e)　小さなレーダ目標の探知改良	—			受動的エコー強調器(2)	PPI 上の応答表示は距離的に限定されたもので目標と一致しなければならない，レーダリフレクタのような受動的なものが好ましい。
(f)　水路測定量用の位置の決定			現用中		
(g)　あるクラスの船舶の識別（船対船）			可　能		
(h)　陸岸監視目的の船舶の識別			可　能	DF	
(i)　特定地点，海峡，港湾の識別と近接情報			可　能	リーダケーブル，ソナー	ある現用システムではパイロットがポータブル表示器を携行
(j)　一時的航海障害物と新しくてまだ海図にない危険の存在表示		現用中			
(k)　海上構造物の識別	可　能				
II　遠い将来					
(l)　捜索救難活動			可　能	FPIRB	IMCO 救命設備小委員の見解による(4)。
(m)　個別船の識別とデータ伝送			可　能	DF	データ内容の開発が必要

（1）ある位置からの方位のみが必要なところでは“レーマーク”の使用によってこれは得られる。レーマークは海上無線航行業務のレーダビーコンの1つで，連続的に送信をし，方位情報のみを与えるようにレーダ指示器に現われる。
（2）エコー強調器は目標からのレーダ反射を強化する装置である。
（3）トランスポンダという用語は船上および陸上のトランスポンダを意味する。
（4）救命計備小委員会はその第 11 会期でこの問題を考え，残存艇または生き残りの人が使用するために掃引周波数型レーダビーコンを携帯することは奨励すべきだが，この段階では 1974 年の安全条約の第3章の改正に含ませる用意がないという意見を表面した。

別用に固定周波数型レーダビーコンが導入される。

IMCO の文書の付録（Annex）の I(注3) はレーダビーコンとトランスポンダの当面の用途を示した表であって，各国からのアンケートの答などを中心にまとめられ，表 2 に示してある。この表をまとめるに当って，わが国としては，わが国で現用されているレーマークビーコンをこの中に組込むこと（結局，注（1）として入った）と本誌の前号(1)に紹介されている救難用のレーダビーコン（表の分類では最終的にはトランスポンダの範ちゅに入った）を認めてもらうという活動があった。後者は「遠い将来」を「近い将来」に移すことはできなかったが，詳細な注（4）がつき，後述するようにトランスポンダの勧告中にも触れられている。

表3は付録のIIのレーダビーコンとトランスポンダの用法と利点を表の形にまとめ直したものである。付録のIII，IV および V はそれぞれ，掃引周波数型レーダビーコン，固定周波数型レーダビーコン，トランスポンダの運用標準の勧告（案）であるが，III のみは「統制（control）と運用標準」というように，その設置についての制限も併せて盛込まれている(注4)。これら勧告案は，表 1

(注 3)　これらの文書は各国への回章段階になって UK より改正が提案されている。これらは表現的なものが多く内容的にはほとんど変更がないので古いもので示した。

(注 4)　この統制に関する項は（注 3）の UK の提案では削除されている。

表 3　レーダビーコンとトランスポンダの利用法と特徴

	掃引周波数型レーダビーコン	固定周波数型レーダビーコン	トランスポンダ
一般的な運用特性	海上業務のレーダビーコンはその付近のすべてのレーダ装備船に自動的に警告信号を送る機能がある。 (1)　ビーコンは適当なレーダ周波数帯で動作するすべてのレーダからの送信により自動的に起動される (2)　返送信号は起動をかけたレーダの PPI に表示される	海上無線航行業務レーダビーコンはその付近のすべてのレーダ装備船に自動的に応答する機能をもち，適当な構成をレーダの PPI 上に表示できる固定周波数の信号を送り返す。 (1)　ビーコンは適当なレーダ周波数帯で動作するレーダの送信により自動的に起動される (2)　信号は操作者の意見に応じレーダ映像とは別にあるいは重畳するの何れかで連続的に表示されまたスイッチで消せる	トランスポンダはそれに固有の呼びかけをされたときにつぎのようなことのできる装置である。 (1)　強化が呼びかけた船または海岸局のレーダ PPI 上で受動的な方法で行われるよりも過度にならないという条件でレーダ目標としての船の識別と反射の強化 (2)　呼びかけた船または海岸局のレーダ PPI に識別を与えてレーダ目標と音声その他の無線通信とを関係づける (3)　通常の指示器上または妨害や他の目標のない状態の何れかを操作者が選んでトランスポンダの応答を表示 (4)　衝突と危険防止，操船，操船特性などに適する情報の伝送
利用分野	(1)* 顕著でない海岸線位置の測距と識別 (2)* 良好な測距はできるが特徴のない海岸線位置の識別 (3)* 船載および陸上両方の選ばれた航海目標の識別 (4)* 陸地初認の識別 (5)　一時的な航法上の危険物および新しく海図にない危険を識別するための警告装置	(1)　顕著でない海岸線位置の測距と識別 (2)　良好な測距はできるが特徴のない海岸線位置の識別 (3)　船載および陸上両方の選ばれた航海目標の識別 (4)　陸地初認の識別 (5)　岸から離れた構造体の識別	(1)　あるクラスの船の識別（船対航） (2)　陸岸からの監視のための船の識別 (3)　捜索，救難用 (4)　個々の船の識別とデータの伝送 (5)　水路測量用の位置の決定
運用上の利点	(1)　レーダによる識別と無線測位の基準を与える (2)　航行のための一時的な危険の接近を船に警告する方法を与える (3)　固定または浮遊航行援助装置のレーダ監視を助ける	左欄の (1)〜(3) に加えて， (4)　操作者の制御によって応答を表示 (5)　雨，海面反射および陸地によるクラッタがビーコン応答の別指示で無視できる (6)　ビーコン応答はレーダアンテナの回転ごとに待たれる（急速周波数掃引のレーダビーコンンでも行いうる）	(1)　指定をした船の存在警報を与えることができ，特定のクラスまたは特定の船を識別できる (2)　VHF 無線電話の送信をしている船をレーダ上で識別できる (3)　操船特性，将来位置および船の実際の動きに関するデータの伝送ができ，衝突防止と海上交通監視の機能を改善する (4)　選択呼びかけにより大きな干渉なしの使用ができる (5)　航海用レーダ指示器に干渉なしにレーダの表示と伝送ができるが，操作者の考えで選ばれたデータを PPI 表示することもできる

* 固定周波数型のレーダビーコンが国際的合意で導入されても関連航法当局の決定によりこの目的用に使用が続けられるかも知れない。

にも示してあるようにいろいろな変遷を経て固まってきたのであって，案づくりの過程においてはもっと詳しい数値的な記述もあったけれども，結果的には細かい数字的な規準はほとんど外され，無難なものとなっている。また，V のトランスポンダについては問題のすべてを今後に残した形でまとめられている。

以下，仮訳によって 3 つの勧告案を示しておく。

付録 III.　掃引周波数型レーダビーコンの統制と運用標準の勧告（案）

I.　一　　般

1.　IMCO による研究は，重要な研究か現在固定周波

数型レーダビーコンと船載トランスポンダについて行われているけれども，現在および近い将来においては掃引周波数型レーダビーコンのみが一般的な海事用途へ使用できるであらうことを示した。

2. 掃引周波数型レーダビーコンの無統制的な設置の可能性を防ぐために，付録Iの表（注：表 2）にあげた各種の用途に関し適用できるであろうような統制の尺度を勧告することがそこで必要である。

II. 掃引周波数型レーダビーコンの統制

3. 掃引周波数型レーダビーコンは海図にない航法上の危険物の識別に使用すべきであり，そしてIMCOの見解によると，固定周波数のシステムが国際的に合意され導入されるなら，選ばれた航法上の標識の識別に使用されることが続けられることかもしれない。これらの使用は資格のある航海当局の承認によらなければならない。

4. 掃引周波数型レーダビーコンは海上の船の探知を強化に使用すべきではない。

5. 掃引周波数型レーダビーコンの使用が承認される前に航法当局または主管庁は特定の海域でのこのような装置の密度と船舶の航海用レーダの指示器の劣化を防ぐ必要性とを考慮に入れるようにすべきである。

III. 掃引周波数型レーダビーコンの運用標準

6. はじめに

（a） 上のII項に与えられたような使用をするつもりの掃引周波数型レーダビーコンは，つぎの最低運用標準に適合するようにすべきである。

（b） 掃引周波数型レーダビーコンは決議 A.222 (VII) の中の勧告に適合する航海用レーダ装置と動作上両立するものとすべきである。

7. 動作周波数

（a） 波長 3 cm で動作するよう設計されたレーダビーコンは 9325 MHz と 9500 MHz の間の如何なる周波数で動作する如何なる航海用レーダ装置によっても呼びかけられ，9320～9500 周波数帯内で応答するようにすべきである。

（b） 波長 10 cm で動作するよう設計されたレーダビーコンは 2920 MHz と 3100 MHz の間の如何なる周波数で動作する如何なる航海用レーダ装置によっても呼びかけられ，2920～3100 MHz の周波数帯内で応答するようにすべきである。

8. 送信機の同調特性

送信機の同調特性は，ビーコンの応答が 2 分ごとに少くとも 1 回認められる形式でレーダ指示器上に現われることのできるようなものとすべきである。

9. 動作距離

動作距離はその場所におけるレーダビーコンに対する航海上の要求に両立するものとすべきであり，通常は 30 海里をこえないようにすべきである。

10. 応答特性

（a） 呼びかけ信号が受信されると，レーダビーコンはその応答を，レーダ指示器上でレーダ物標とビーコン応答との間隔が通常は約 100 m をこえないような時間で開始するようにすべきである。ある場合にビーコンの運用上この遅延時間をより長くすることが許されるかも知れない。このような環境下では遅延時間はできるだけ短かくすべきであり，そしてその詳細を適当な航海上の刊行物で示すようにすべきである。

（b） 応答の長さは特定のビーコンの最大距離の要件の約 20%，または 5 海里をこえないかのどちらかより小さい方の値とすべきである。

（c） 応答の立上りは満足すべき距離決定ができるような十分に鋭いものとすべきである。識別コードが使用されているときは応答のその他の如何なるドットおよびダッシュの立上りは必要に応じてレーダエコーに対する最小の劣化をもってレーダ指示器から実値的にとり除けるようなものとすべきである。

11. 識別コード

（a） ある種の用途にはコードを付した応答フォーマットが要求されるかも知れない。

（b） それが要求されるときの識別コードの形式はそれを 1 ダッシュ＝3 ドットおよび 1 ドット＝1 スペースの比でダッシュとドットに別けてレーダビーコンの応答の全長さに含まれるようにすべきである。

コードは普通はダッシュではじまるようにすべきであり，ビーコンの設計は追加の 3 ドットまたはダッシュの使用が可能なようにすべきである。

12. 構　造

レーダビーコンは連続して動作し，海上の環境に永久的に装備されたときに高い信頼性をもつように設計すべきである。

注：20 マイクロ秒以下で全船舶用レーダ周波数帯を掃引するビーコンはこれらの運用要件のあるものに適合しないかもしれないが，その他は無関係かも知れない。

付録 IV. 固定周波数型レーダビーコンの運用標準の勧告（案）

1. はじめに

（a） 付録IIの I (b) に与えられている使用をするつもりの固定周波数型レーダビーコンはつぎの最低運用標準に適合するようにすべきである。

（b） 固定周波数型レーダビーコンは決議 A. 222(VII) にある勧告に適合したレーダによって呼びかけのできるようにすべきである。

（c） 固定周波数型レーダビーコンの使用は資格のある航海当局の承認によらなければならない。

2. 動作周波数

（a） 波長 3 cm で動作するよう設計されたレーダビーコンは 9325 MHz と 9500 MHz の間の如何なる周波数で動作する如何なる航海用レーダ装置によっても呼びかけられ，9300 MHz～9320 MHz の周波数帯内で応答するようにすべきである。

（b） 波長 10 cm で動作するよう設計されをたレーダビーコンは 2920 MHz と 3100 MHz の間の如何なる周波数で動作する如何なる航海用レーダ装置によっても呼びかけられ，2900 MHz～2920 MHz の周波数帯内で応答するようにすべきである。

3. 動作距離

動作距離はその場所におけるレーダビーコンに対する航海上の要求に両立するものとすべきであり通常は 30 海里をこえないようにすべきである。

4. 応答特性

（a） 呼びかけ信号が受信されると，レーダビーコンはその応答をレーダ指示器上でレーダ物標とビーコン応答との間の間隙か通常は約 100 m をこえないような時間で開始するようにすべきである。

（b） 応答の長さは特定のビーコンの最大距離の要件の約 20% または 5 海里をこえないかのどちらかより小さい値とすべきである。

（c） 応答の立上りは満足すべき距離決定ができるような十分に鋭いものとすべきである。

（d） ビーコンがいくつかの呼びかけに対する応答を要求されたときには，各特定の呼びかけに対する間隔は最小に保つべきである。

5. 識別コード

（a） 必要なときの識別コードの形式はそれを 1 ダッシュ＝3 ドットおよび 1 ドット＝1 スペースの比でダッシュとドットに別けてレーダビーコンの応答の全長さに含まれるようにすべきである。

（b） コードは普通はダッシュではじまるようにすべきであり，ビーコン設計は追加の 3 ドットまたはダッシュの使用が可能なようにすべきである。

6. 構　造

レーダビーコンは連続的に動作し，海上環境に永久的に装備されたときに高い信頼性をもつように設計すべきである。

付録 V. トランスポンダの運用標準の勧告（案）

1. IMCO の研究はトランスポンダに対する若干の運用上の用途を示し，CCIR の研究は船載のトランスポンダに関する周波数と技術的事項に置かれた。

2. トランスポンダシステムの設計は固定周波数レーダビーコンの大きな劣化なしに行われるべきであり，トランスポンダの応答は如何なる型式のレーダビーコンからのもととして解釈されることがないようにすべきである。

3. トランスポンダを船舶の航海用レーダと使用するところでは，レーダに必要な如何なる改造もその性能を劣化すくことなく，最小限に保ち，簡単で，可能ならば固定周波数レーダビーコンの装置と両立するようにすべきである。

4. 周波数帯域内のトランスポンダは海上の船の検知の強化には，残存艇に使用するために主管庁によって特に承認されたときを除き使用すべきでない。

5. 長期間の目標を相互に両立するトランスポンダシステムの開発におくべきである。この分野では作業が最近開始されたばかりであり国際的な運用標準の用意は運用要件への一層の研究の結果まで保留すべきである。

なお，わが国においては固定周波数型レーダビーコンは昭和 49 年度の運輸省の科学技術試験研究補助金により試作され[2]，昭和 52 年にはその海上実験も実施され[3]，その結果は国際無線通信諮問委員会 (CCIR) にも報告され，その報告案中に採用されている。

3. トランスポンダの将来像

前節で述べられていることで，船舶搭載のトランスポンダが将来どのようなものになるかの概略は明らかと思われるが，ここでは現在アメリカで開発が進められている MRIT を中心として，その将来像をやや詳しく紹介して行くことにする。

まず，考えられる船載トランスポンダとしては，どのような運用をするものがであるかを，前節と若干重復はするが列記しておく，

(1) 捜索救難用のもので，救命艇，救命いかだや場合によっては海上を標流する個人が携行するもの。

(2) VHF 無線電話と連動し，電話を送話しているときだけ，トランスポンダが動作することにより，呼びかけ船のレーダに表示ができるので，互に話合いをしている船の識別ができる。レーダトランスポンダの応答は VHF 帯ですることも考えられる。

(3) 港湾レーダや交通管制用のレーダからの呼びかけによって，船舶の識別やその他の情報を送信するもの，パイロットが持込む形式も考えられる。

(4) 船舶相互間で呼びかけ合い，船舶の識別その他の情報を交換するもの。

(5) 水路測量用の精密測位用のトランスポンダ。

以上のうち，(1) は前述したわが国で開発中のものがあり，IMCO の勧告中にも，その第 4 項で一般のレーダの周波数帯域内での応答が特例として認められている。(2) の VHF 電話との連動はわが国における試作例[4]を含めていくつかの例があるようであるが，まだ実用に適するものは作られていない。(5) の精測用のトランスポンダは種々のものがあるが，ここでは省略する。

(3) と (4) 項に概当する装置（あるいはシステム）として，現在アメリカの Maritime Administration が開発をしている船舶用レーダ呼掛応答器 (MRIT, Maritime Radar Interrogater Transponder) がある。この MRIT の紹介に入る前に 1974 年の主管庁会議のこれについての勧告の概要を示しておく。

勧告 14　船上のトランスポンダ（適正な質問を受けたときに信号を自動的に発射する受信・送信装置）の周波数要件に関する勧告

1974 年の世界海上無線主管庁会議は

(a) 世界の商船の大型化と高速化，(b) 年々の多数の衝突が，人命と財産の損失と環境汚染の可能性，(c) レーダの目標と VHF 通信中の船との相関をとることの要求，(d) トランスポンダが映像の改善と補完をすることの可能性，(e) トランスポンダの研究と実験とから目標の識別とデータ伝送用機器の開発が近いこと，(f) この種の装置の混信保護，(g) このための周波数帯とパラメータに関する調整の必要性，を考慮して，

国際無線通信諮問委員会 (CCIR) に対しては最適周波数帯幅，それに満足すべき技術的パラメータの勧告を要請し，また，

主管庁および政府間海事協議機関 (IMCO) に対しては，その運用上の利点の引続いた評価と将来国際的に承認された方式の採用の便宜さの検討を要請して，

技術上および運用上の更に進んだ開発および評価は未定だが，つきの権威ある会議で装置の使用に必要な規定を設ける準備をすることを各主管庁に勧告する。

この勧告に対する IMCO の対応は前節のとおりであるが，CCIR は「船載トランスポンダの周波数要件」という報告案をとりまとめているが，その中で取上げられている具体的な装置としてはこのアメリカの MRIT が唯一のものとなっている。

この MRIT[5] は普通のレーダへ付加する形で追加装備するもので，その機能はつぎのとおりである。

(1) MRIT 装備船のレーダ波反射能力の増大と同じ効果をもたせる。

(2) 相手船から呼掛けられたとき，その船の識別コードを出す。

(3) 相手船を選んで呼掛けたときは，相互に自動的または手動入力した情報の交換を行う。

試作された MRIT は呼掛け 9420 MHz, 応答 9310 MHz で，P9 変調によりビットレート 10.1142 MHz, 29 ビットのデイジタルメッセージを送信する。このメッセージは同期語，放送語，発信者の識別，呼出者の識別，遅延補正語，メッセージおよびパリテイビットから構成される。

この装置の構成は図 1，外観を図 2 に示す。呼掛けを行わない沈黙モードのときはXバンドの送受信の入出力端子は無指向性アンテナに接続され，MRIT はレーダとは無関係に単にトランスポンダとしての動作をする。このトランスポンダ部の技術はそのままレーダビーコンや水先人が船上へ持込んで航行管制用に使用する装置に応用できる。呼掛けモードのときは，MRIT の送信は，それが接続されているレーダと送信のタイミングを合せる必要があり，レーダの送信は呼掛け送信が終るまで遅延される。この両送信はダイプレクサを通じてともにレーダ空中線から送出される。この送信は相手船では無指向性空中線で受信され，信号はデコードされる。呼掛けが全船舶向けであるが，その船の識別コードつきで

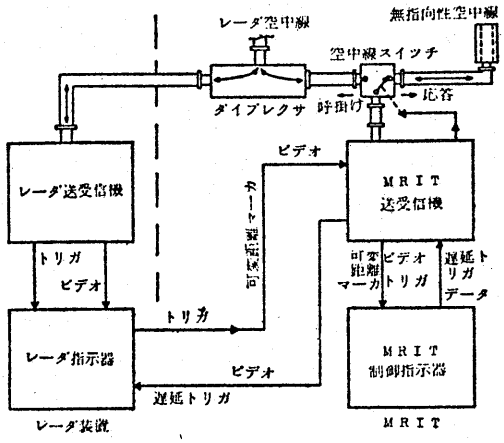


図 1　MRIT の構成とレーダへの接続

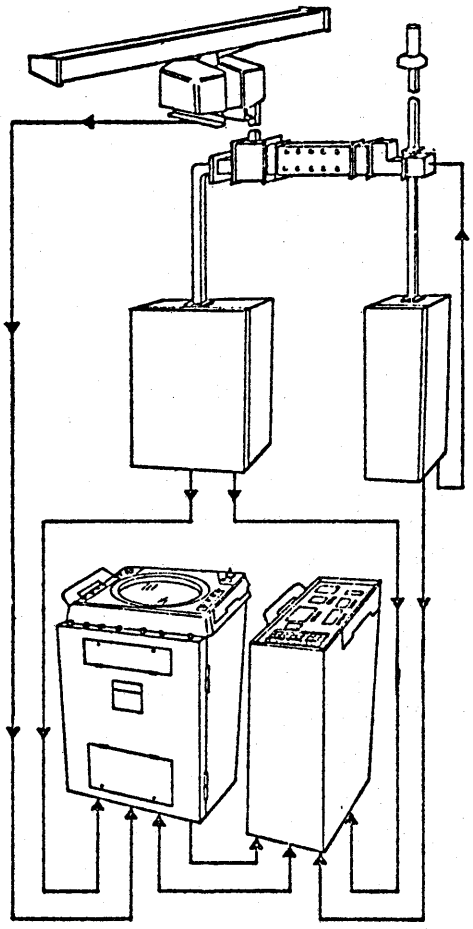


図 2　レーダと MRIT

あれば，相手船は自分の課別コード付きの応答をする。この応答信号は呼掛け船のレーダアンテナ経由で受信され，デコードされ，レーダ PPI 上に尾を引いた形で表示される。表示はレーダ映像とは別の利得調整器で制御できる。

呼掛け船が特定の応答船のみを識別して呼掛ける必要のあるときには PPI 上のその船の映像に可変距離マーカを合わせ，走査線がそのエコーに近づいたときにボタンを押すことで選び出され，その識別コードは MRIT の制御指示器上で確認できる。また，この装置を使えば例えば表 4 にあるようにコードによって自船の操船性能などに加えて自船の状態や意志を特定の相手船または全船に伝えることもできる。

アメリカはまず，この MRIT と無指向性空中線のみを使用する装置との両者の検討から，対干渉性と最大有効距離の 2 点を理由に前者を選び，3 台の試作器を使って室内実験と自動車による陸上実験ののち，2 隻の試験船と Kings Point の商船学校の陸上基地との間で海上実験が実施された。

表 4　操船意志の通信に対するトランスポンダのコード例

コード番号	意　　味
01	本船は右に変針中
02	本船は左に変針中
03	本船は減速中
04	本船は増速中
05	本船は状況評価中
06	十分な余裕で行合えるので本船は現針路・速力を保持する
07	十分な余裕で船首方向を通過できるので本船は現針路・速力を保持する
08	船尾方向を通過するので本船は現針路・速力を保持する
09	本船は現針路・速力を保持する本船は貴船に対し優先権がある
10	貴船は如何なる操船をするか
11	貴船は危険状態にある
12	本船は操船不能，貴船の処理を希望

更にまた，アメリカでは Maritime Administration の研究施設であるニューヨークの Kings Point の National Maritime Research Center の Computer Aided Operations Research Facility (CAORF; 研究用の操船シミュレータ）を使ってのシミュレーション実験も行われている。"quick look" であるとされている予備的な研究では，シミュレータの計算機のソフトウエアとアルファニューメリック表示用の TV モニタを使って，この MRIT の機能をシミュレートし，目視，レーダと目視あるいはスペリー型の衝突防止レーダとの間の衝突防止操船の統計的および主観的評価が行われている。1～5 隻の行合い船のあるいくつかのシナリオにもとずいた状態での現役船長によるシミュレータの操船が比較され，MRIT は衝突防止レーダにつぐ効果があると判定されている。

CAORF による本格的な研究では 40 隻までの MRIT 装備船と 60 までの固定局をシミュレートした干渉実験なども準備されており，更に，将来は MRIT と衝突防止レーダの計算機とを接続して自動化を行い，衝突防止の自動操船を行うことも考慮されるであろう。

しかし，このような互に協同を必要とするようなシステムの導入には世界的な合意が必要である。従って，このような開発は一つの国にまかせるべきでなく，われわれとしても今後はいろいろな検討を行って行く必要があろう。

4. 結　　言

以上，レーダビーコンとトランスポンダに関する動向を断片的に報告をした，これらに対するご意見など頂け

れば幸である。

参 考 文 献

(1) 木村，古東: 救難用レーダビーコン，電波航法 No. 23, p. 31 (1978) および電子通信学会技術研究報告，77-249 (SANE 77-32) (1978-2)

(2) 運輸省: 科学技術試験研究補助金による試験研究成果集（第 21 集）pp. 118～120（昭 50-8）

(3) 田中，安藤，塩山，笹川，浅野: 固定周波数レーダビーコンの実用化試験，電子通信学会技術研究報告，77-224 (SANE 77-28) (1978-1)

(4) 水域（他）: レーダと VHF 無線電話による船舶識別の試み，電子航法研究所報告，No. 4 (1971)

(5) C. S. Mathews, E. J. Isbister & J. J. Fee: Marine Radar Interrogator-Transponder, IEEE Jour. of Oceanic Engg. Vol. OE-2, No. 2, pp. 179～184 (1977)

(6) J. J. Johnson & J. Puglisi: A Quick Loot at the Value of Transponder System in Collision Avoidance, Proc. 1st CAORF Symp. (1977)

図書紹介

電波の灯を守って

——電波標識 50 年の回顧——

長らく本電波航法研究会の事務局を担当されている海上保安庁電波標識課の歴代課長さん方などから構成された電波標識 50 周年記念事業委員会の企画であって，電波標識の開発，設置および運用に尽力された代表的な方がたの思い出などを，創設期，戦中・戦後期（内地・外地）伸長期，拡充期などに分けて，昭和 2 年 12 月の業務開始以来の歴史をすべて座談会型式でまとめたものである。本会の前会長の松行利忠氏や前副会長の岡田　実氏の創設期時代の苦心談などは本会会員の必読に値するものと思われる。巻末には年表その他の資料も掲載されていて便利である。

（海文堂出版株式会社発行
A 5 版，¥2,800）

電波航法 Electronic Navigation Review
No. 24 (1978)

Scheldt 水路訪問記

東京商船大学　飯島幸人

On the Water-way at Scheldt

Tokyo University of Mercantile Marine
Yukito IIJIMA

1. Dover を越えて

北海からベルギーのアントワープに至る水路をScheldt 水路と云う。地図で見ればわかるように，この水路は北海入口からアントワープまで約 80 km であるが，狭くて，曲りくねっており，且つアントワープでの潮高差が最大5mと大きいため，潮流も可なり速く，船の航行には困難であって極めて高度なパイロット技術を要する水路である。この水路はアントワープで Scheldt 河に連絡し，さらに運河に分れて，ブラツセルを経てベルギーの内陸部深く Chanleroi まで達しており，ベルギーの内外交通の要衝となっている。まさにベルギーの経済活動の死活を制する程の重要水路であるので，ベルギー政府の力の入れ方も察しがつこうと云うもので，最近この水路に海上交通情報システムが設置された。

今回の私の在外研究のテーマが「海上交通管制の研究」であったし，前々から一度この水路の情報システムを見たいと思っていたので，英国滞在中，英国の航海学会に私を紹介して呉れるよう依頼したところ，学会秘書嬢が早速オランダの海事研究所の Navigation Research Center の Dr. Wepster に電話して呉れた。この電話の会話を傍で聞いていると，丁度我々が東京から大阪あたりの友人と話しているかのような調子で国際電話を掛けているといった様子は全く見られないのに驚ろかされ，まさにヨーロッパと云うのは EC という一つの国だなあと感じ，各国の結びつきの深さを再認識せざるを得なかった。Dr. Wepster の電話でオランダの Vlissingen に行き，ここの情報センターの N. Bollen 氏に逢えという紹介をもらった。

8月中旬と云えばヨーロッパではまだバカンスのシーズンで，ロンドンのビクトリア駅の外国行切符売場はドーバーを渡る人々で超満員であった。切符を買うためには，先づ案内所で自分の買うべき切符の情報を正確につかんで，あるいは指導を受けてから，申込みをするという事になっているらしく，デスクの前には4列の長い行列ができていた。係員は出発時刻，行先などを客から聞いて，乗るべき汽車を選んだり，目的地までの経路の相談にのったりしているのだが，客がフランス人だったり，ドイツ人だったりするのに対応して，フランス語で話し，またドイツ語で応対しているのには感心した。どの係員でも一人で 4，5 ケ国語を話せるように見受けられた。この長蛇の列で待つこと 40 分，行列は長くなるばかりで一向に私より前の方の列が短くならない。いい加減にいらいらして来たが周囲の連中は一向にその様子はない，悠然として番を待っているのである。待つことが自分の義務であるかのように，ところが一旦自分の番が来るや，これこそ自分の権利であり，今まで待った分をここで取り戻そうとするかのように，実に長々と係員を独占してしまうのである。ひどいのになると 20 分位ねばるのがいるのである。もしこれが日本だったらどうだろう，罵声の雨がとんでくること間違いなしである。話しは一寸それるが，ロンドンから郊外行きの汽車の切符を買うときも同様である。大低の場合窓口に行列ができており，これが仲々時間がかかる。イギリスでは往復割引でも5種類位あり，当日往復，週末往復，月末往復等々と云った具合である。これを切符売りに相談し，やおらチエックを取出し，これにサインして切符を買うのであるから時間がかかるわけである。したがって汽車の発車時刻の 20 分以上以前に切符売場の窓口に並ばなければ先づは目的の電車に乗れないこと受合いである。

話しを元に戻して，という次第で1時間以上も待ってようやく私の番が回って来た。私は予じめ列車の発車時刻，乗替え駅等を調べて紙に書いてあったので――日本人なら誰でも旅行のときはこうするであろう――これを係員に示したら,「その通りでよいでしょう」という事で私の権利は1分も経たずにアッケなく消えてしまった。次に切符を買う行列に並ばなければならない。ここでも長蛇の列であったが，順番札が渡されて番が来ると呼ん

でくれるので救われた。しかしここでも待つこと小1時間、窓口へ行ったら係員が大福帳のような一覧表を調べて指定席券を売ってくれた。日本人なら何故コンピュータを使わないのだろうと思うのだが，これも現在の英国経済の落ち込みの現れかも知れない。始めからすると待つこと2時間半，兎にも角にもようやくドーバー海峡を渡る切符を手に入れたのである。

この切符によってビクトリヤ駅を出発したのが 1978年8月10日2300の夜行列車である。ドーバーまで1時間20分，ドーバーからフエリーでベルギーの Oostende まで4時間，ここで，ユーレイルパスというヨーロッパなら何処へでも行くことができる定期券に使用始めのサインをしてもらって，ヨーロッパの誇る TEE (Trans-Europian Express) に乗って1時間半でブラッセル中央駅に着いた，朝の8時であった。

2. Vlissingen 情報センターにて

ブラッセル中央駅で TEE から普通急行に乗替えてベルギー—オランダ国境を越えて，国境にほど近い Roosendaal 駅で降りた，国境越えに際して何の手続きも，パスポートのチエックさえもなかった。後で聞いたことであるがオランダ—ベルギーでは国境を越て通勤する者が大勢居るという事である。出入国検査のなかったのはそのせいかも知れない。Roosendaal からは田舎のローカル線で農耕地帯を西に向って走る。ここまで来るとさすがに日本人は珍らしいらしく，電車に乗り降りする人々は私をチラット横目で見て行く。1時間ばかりで Vlissingen に着いた。Vlissingen は英名 Flashing と呼ばれているそうである。タクシーに乗って Vessel Traffic Information Center に行きたいんだがと云っても，運転手はそんなところは知らないと云う。しかし田舎の人はどこの国でも親切で，さんざん探し回った末ようやく Bollen 氏の office を見つけてくれたが，こんな小さな町で近代的な情報センターと云えば誰でもが知っていると思っていた私は少々気勢を削がれた。

運転手が探してくれた彼の office は Scheldt 水路のオランダ側の水路局であり，Bollen 氏はその所長であった。この水路の水路業務や情報センターの業務はすべて彼の管轄下にあるようである。彼の話しによると Scheldt 水路周辺にはオランダ側に Terneuzen, Vlissingen, Zecbrugge の3つの港があり，ベルギー側に Antwerp, Gent, Brussel の3つの港があって，殆んどの船はこの Vlissingen を通り，その数は出入合せて年間約 50,000 隻に達するが，その中 76% の 38,000 隻がアントワープ行であり，15% がオランダ領内の港，他は Gent やブラセルに行く船である。これらの船はすべて Vlissingen の情報センターと VHF によって接蝕し，ここの指示によってパイロットを取り，航行指示も受けるのだと云う。現在は VHF による情報提供が行われているが近い将来近代的な情報システムによって全水域がカバーされる計画である。しかしこの水路は大部分がオランダ領内にあるにもかかわらず～航行する船の大部分はベルギーとの交易に従事するという複雑な要素を含んでいるため，1830 年のベルギーの独立革命以来幾多の歴史的変遷を経て来たが，現在は水路に関する限りは「Scheldt 水路の航行に関する the Belgiun—Netherlands Permanent Supervisory Commission」の定期的会合によって，すべてが取決められている。新情報システムは12局のレーダ局で全水域を覆い，Vlissingen と Zandvliet に主局を置き，各レーダ局と，関連する 6 つの港は有機的に data link される。したがって，これに要する費用も莫大となるので，完成までにはまだ多少の年月を要しようが，船舶が自国に与える便益に従って出資する事が決っており，オランダ側が 15%，ベルギー側が 85% を分担するそうである。そして既にベルギーの Zandvliet に関連する3レーダ局は完成されていると話してくれた。

この話しの後，近くにある情報センターを案内してくれた。VHF のみによる情報収集や提供および連絡等の

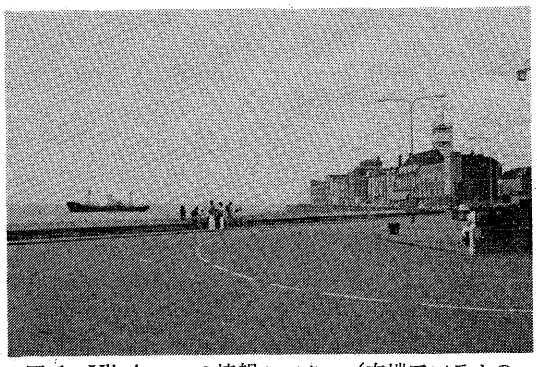


図 1 Vlissingen の情報センター（右端アンテナのあるビル）

手段と云うものは可能な限度があるので，世界中どこの情報センターでもほぼ同様なシステムを採用している。Vlissingen の情報センターでも VHF 通信装置と古色蒼然たる 3 cm 波舶用レーダ1台が置かれており，退役パイロットを班長とする4人が班編成で3直制 24 時間当直を行っていた。Vlissingen は北海パイロットと Scheldt 水路パイロットの交代地であるので，Pilot の手配と Scheldt 水路への発進時間の調整が最も重要な任務のようである。そのために各港や Lock と連絡を密にし，潮高や潮流，視界等自然条件や水路内作業，あるいは船舶の移動状況や事故発生状況等に応じて出発順位の指定や錯物の指定などを行っている様である。VHF だけによる情報交換の様子を見ていると，船舶との交信において

は，西瓜割りのとき，目かくしをして木刀を持った人を外部の人が声だけで誘導するようなもどかしさを感じるものである。

私は当初このような情報センターの見学を期待していたわけではなく，ベルギー側に出来たと云う新らしい管制システムが目的であったので，この Vlisssingen の VHF 情報システムを見て，ここに来たことをいささか後悔していた，そこでベルギーの新センター訪問について取次ぎの依頼をしてみた。班長の Van der Schans 氏は早速 Zandvliet と連絡をとってくれたが，何時訪問したいのかと聞かれてハタと困ってしまった。聞くとセンターのある Zandvliet はアントワープから 30 km 離れており，適当な交通機関もないと云うことである。「それぢゃ，今晩はここに泊って，明朝 Zandvliet に行く船にパイロットと一緒に乗って行ったらどうか」と誠に有難い申出を受けた。「そう云う事に決ったら，出国の手続のために警察署に行ってこなければならないが，これから手配するから行って来てくれ，その間にホテルも探しておいてやろう」と何から何まで実に親切であった。

Vlissingen はオランダの最南西端の北海の入口というよりはドーバー海峡の北端に面するところにあるので緯度は約 51 度 20 分と高いが，オランダでは最南であり，日本で云えばさしづめ日南海岸とでも云うべき Summer Resort である。海岸にはホテルやペンションが並び，砂浜では家族連れや若者のカップルが 1 年分の日光をここで全部吸収しておこうとでも云うように肌を焼いていたが，さすが海は冷いのか泳いでいる人は始んど見当らなかった。海岸通りを一寸入った通りには食堂や食糧品を売る店が連っていて，魚屋などは久し振りに見る懐かしい風景である。町は所々に古い建物は残ってはいるものの全体として新らしい感じがするのはリゾートと云うことではなく，きっと戦争で破壊されたからであろう。警察でも日本人は極めて珍らしいと云う事で色々と話しかけられるのだがオランダ語のわからない私は手続だけを済ませると早々に引揚げた。Schans 氏はすまなそうに「生憎，バカンスで総てのホテルは満員で泊れないから，パイロットの宿泊所ではどうか」と云う。勿論異存のあろう筈もなく有難く案内されたが，宿泊所とは云ってもパイロットのもの，そこらのペンションや 2 ツ星のホテルよりはずっと上等である。ロビーのバーではパイロットが 3 人ばかり居て，一杯つき合ないかと云うので仲間に入った。彼等の話しでは Scheldt 水路のパイロットは約 70% がオランダ人，30% がベルギー人であって，これをパイロットの office で適当に配分して乗船しているという事である。

3. Scheldt 水路の航行

翌朝 6 時に，これからベルギー人のパイロットと一緒に乗船するようにとの morning call があった。我々が乗った船はロシヤからケミカルを積んで Zandvliet に入港する 3,000 トン位のオランダ籍の貨物船である。ブリッジに上ってみると HOKSHIN ジャイロコンパスや，オートパイロットなど見馴れた計器類が並んでいるではないか。オヤッと思って計器を覗き込んでいる私の顔を見るなり，船長はこの船は日本出来で実によい船だと云った。私は造船日本の威光にこんなところで浴そうとは考えてもみなかった。早速ウエイトレスが私とパイロットに朝食を運んで来た。「この船には女性が乗っているのか」と船長に聞くと，「これは，わしの娘でドイツ人と結婚してドイツに住んでいるが，子供の学校が休みだから一緒に航海している」のだそうだ。そして彼女の夫というのがこの船の一等航海士であった。丁度日本の機帆船のように一家で運航しているらしい。

当日の Scheldt 水路は視界 4 マイル程度，良好とは云えない迄もまずまずの天気である，両岸にオランダの海より低い地帯を水から守る堤防，すなわち Dike が延々

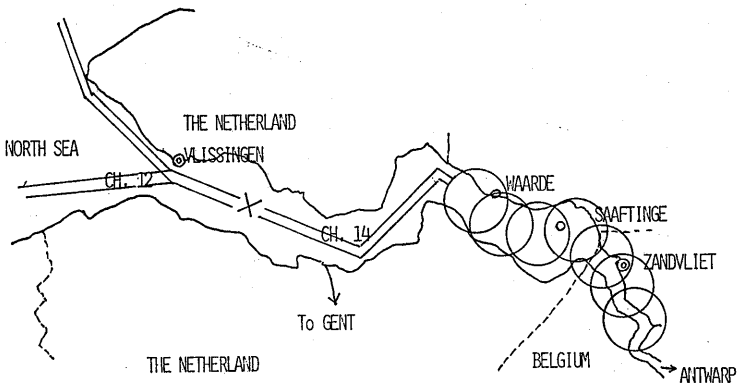


図 2 Scheldt 水路

と続いている。Scheldt 水路は中の狭いところは 400 m 位であり，一寸操船を誤ればたちまち浅瀬に乗揚げという事になる，乗揚の事故率は極めて高いという。且つては日本船も大分来ていたが，コンテナー船になって船価が高くなったので，危険率の高いこの水路への配船をとり止めてしまったために，最近は滅多にお目にかからないと云っていた。このような狭くしかも蛇のようにうねっている水路を航行するとき，水路の中央から僅かではでも外れた事を知る有効な援助装置は導灯である。この水路針路が変わる度に導灯が利用できるのは有難い。パイロットの話しでは，この水路は潮流が強いため可航水域がしばしば変わり導灯の誘導線が役に立たなくなることがあるので，導灯の後部の灯はレールの上に載っていて，前灯とのトランジットの方位を容易に調整することができるようになっているとの事である。

このベルギー人のパイロットは色々とよく教えてくれた。そしてよく勉強もしているらしく管制やそのシステムについても仲々造詣が深い。現在完成しているシステムについてパイロットとして意見を出し，システムの運用について相談役も引受けていると云う。システムは未だ正式に運用を始めていないが，管制官の訓練中だから，一寸訓練を始ようかと云って情報センターを呼出した。以後情報センターからは，行合船がある度に情報が入いり，視界の変化の状況や潮流，Zandvliet の Lock の状況等を適宜知らせてくれた。このような屈曲した水路では対向性が見えないことが多いので，この情報は大いに助けとなる。

その中にパイロットと船長とが何か議論を始めたが，時々ミツビシとかダツトサンというような云葉から察するに自動車の話しらしい。パイロットに何の話しかと聞いたら，パイロットは三菱を持っており，船長はダツトサンに乗っていて，お互が自分の持っている車の方が良いと云う事で議論をしているのだそうである。そこで，何故日本の車が人気があるのか尋ねたら，日本車は多少燃費が安いかも知れないが，まあ性能にそう大きな差があるとは感じない。しかし，ヨーロッパの車はアクセサリーが一つ増える毎に値段が増えて行くのに対し，日本車はすべてのアクセサリー付で，アクセサリーなしのヨーロッパカーと同じ位であるのが理由のようであった。やがてダイクの上に Waarde のレーダ局が見えて来た。ここはまだオランダ領であるが，ベルギーが建設した無人レーダ局である。ここの信号はマイクロ波回線で Zandvliet に送られ，またすべての運用はそこからリモートコントロールされている。ここからしばらく航行すると Saaftinge のレーダ局がモヤの中に浮び上ってくる。このレーダ局は海の中に人工島を築き，そこに建てられたもので，これもオランダ領内にある。Saaftinge の局のすぐ近くを国境線が走っている。そして国境線近くのベルギー領には一大コンビナートが完成されてある。このコンビナートはドイツ系のもので，西ドイツでは公害問題のためオミットされ，オランダに持込んだところここでも拒否されたので，ベルギーに話しを持って来た。ベルギーはこれを受入れ，荒野であったオランダ国境に建設した。このためベルギーは大いに潤っているが，公害は風に乗って全部オランダ領に流れて行ってしまう。ベルギー人は頭が良いだろうと云ってパイロットは片目をつぶって見せた。

Scheldt 水路を航行すること 5 時間にして Zandvliet に到着した。Zandvliet の港に入いるためには Lock を通らなければならないが，この Lock は世界一大きいもの

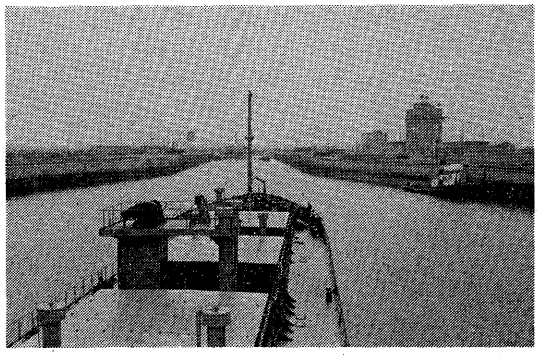
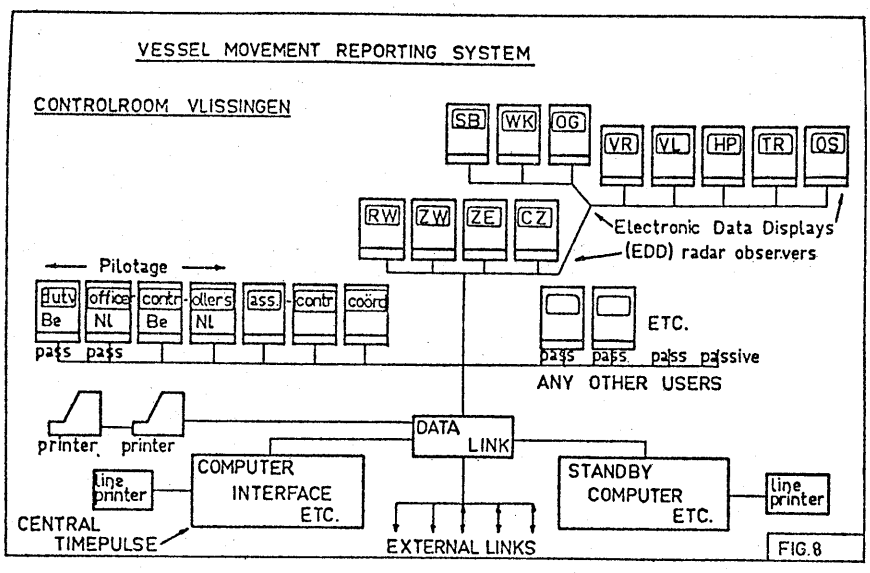


図 3　Zandvliet のロックと情報センター

だと自慢していた。我々が到着したとき既に 3 万トン位のソ連のタンカーが入っており，その横に我々が入った。ソ連船との間隔が 4 m 位であったろうか，このときのパイロットの操船技術のうまさには舌を巻いたものであった。我々のすぐ後をつけて来た 2 万トンクラスの船がソ連船の後部に入渠した。3 万トンと 2 万トンの船が縦に 2 隻入れる Lock は，成る程世界一かも知れない。

ここで昼になったので下船する前に昼食を御馳走になった。テーブルには今朝方の船長の娘ともう一人の女性と士官が数人席についていた。船長が一人一人を紹介して呉れたが，女性の一人は士官の奥さんでアメリカ人，この人も子供が休みのため子供連れで乗船している。ボーイは黒人でコンゴ出身である。そして日本人とベルギー人パイロット，オランダ人船長とドイツ人の女婿，6 ケ国の国際デイナーとなった。

Lock のすぐ傍に近代的な大きなビルデイングが聳え立っていて屋上にプロダクトアンテナが回っていることから，ここが情報センターだと一見してわかる。センターの技術主任の Casier Gaston 氏が私を待っていてくれた。この新らしいビルは草原の中の一軒屋であって，港湾局関係の事務所やロックの事務所，パイロット事務所，それに情報センターの雑居ビルである。ビルの最上階



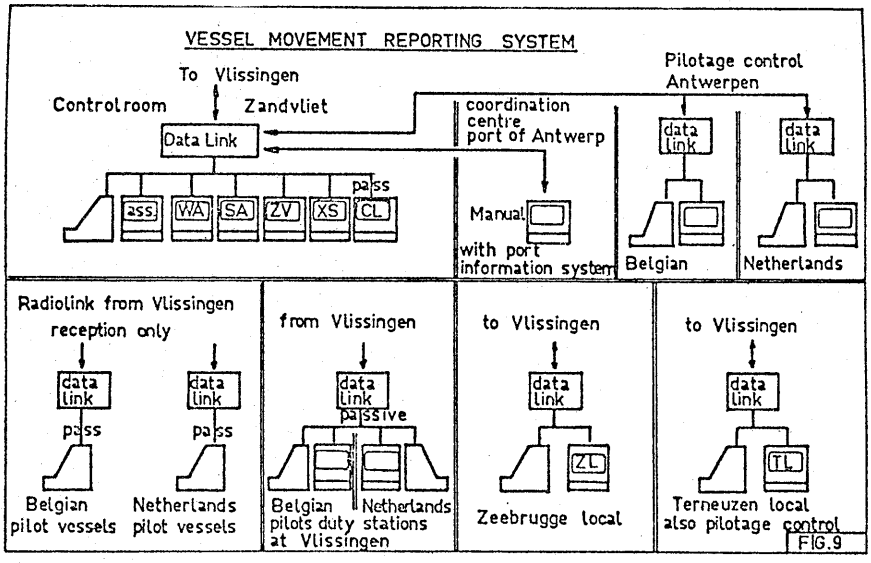


図 4　情報センターのシステム

に情報センターが陣取っている。センターは2つの部屋を持ち，一つは VHF による情報センターで Vessel Movement Reporting System の中心であり，他はレーダ情報センターである。VHF センターは現用システムであって，Vlissingen や他の湾の情報センターや Pilot Station と協力して，Scheldt 水路に情報網を張っていることは前述した通りである。レーダ情報センターが Scheldt 水路全部をカバーするようになると，VHF センターはデータリンクの中心的存在となろう。

VHF Vessel Movement Reporting System の隣部屋にあるレーダ情報センターにフイリップス製のレーダスコープが2つづつペアに置かれるペア半，すなわち7つの CRT が並んでいる。各ペアの CRT は一つのレーダ局からマイク波回線で送られてくる映像を互にオーバーラップさせて2つの区域に分けて映し出すようにしている。この方式はハンブルグやロッテルダム等も同様であって，ヨーロッパでは定着して来た方式のように思われる。したがって Hardware の面でも Software の面でも先輩格に当るロッテルダムやハンブルグのシステムとそう大きく異るところは見当らなかった。見学を終えてから Gaston 氏の運転する車で，草原の中に敷かれた新らしい道路を走ったが，この道路の立派なことからも国境地帯の工業地域開発に力を注いでいるベルギーの姿勢が伺えた。

電波航法 Electronic Navigation Review
No. 24 (1978)

研究会記事

Record

オメガ受信機の技術基準に関する専門部会について

電波航法研究会事務局

On the Special Sub-committee on the Technical Specification of Omega Receiver

Secretariat

1. 概　　要

オメガシステムを有効かつ適切に利用するには，オメガ送信局は基より，オメガ受信機においても，システムに必要な条件を満足していることが不可欠である。

このオメガ受信機が具備すべき条件の検討及び検討結果のとりまとめについて，当研究会長あてに，海上保安庁燈台部電波標識課長から依頼があり，当研究会において，「オメガ受信機の技術基準に関する専門部会」(以下「オメガ受信機専門部会」と云う) を設置して検討を行った。

2. 検討依頼文書

保燈電第 156 号
昭和 52 年 7 月 2 日

電波航法研究会会長
茂　在　寅　男　殿

海上保安庁燈台部
電波標識課長　豊　福　滋　善

オメガ受信機の必要条件について

拝　啓

貴研究会においては，益々御隆盛のこととお慶び申し上げます。

オメガシステムは我国の対馬オメガ局が世界第 4 番目の局として昭和 50 年に業務を開始して以来，リベリア局，ラレユニオン局及びアルゼンチン局の整備が進み，8 局のうち 7 局が完成してほぼ地球上全域において利用可能となっております。

当庁としては，対馬オメガ局の正常な運用維持に努める一方，システム利用者に対して，各局の運用状況等を含めたシステム運用情報の周知を行うとともに，誤差改善のためのモニタデータの収集と解析を進めております。

一方，オメガ受信機は，各製造者の独自の調査研究によつて製造販売されており，機能，性能，取扱方法等に大きな差異のあるのが実情であります。

この状況は必ずしも不適当ではないのでありますが，当庁としてはオメガシステムの有効利用及び適切な普及のためにオメガ受信機の具備すべき最低基準，若しくは推せん基準を定めて業界に呈示し，その協力を求める必要があると考えております。

つきましては，貴研究会において，オメガ受信機に要求される機能及び必要条件並びに性能試験の方法について検討，とりまとめ頂きたくお願い申し上げます。

なお，オメガ送信局の維持運用を担当している各国間で，オメガシステムの運用に関する技術打合せ会議を定期的に開催しており，昭和 52 年度は 10 月に我国において開催する予定で，その議題の一つにオメガ受信機の規格について取り上げる計画でありますので，検討結果を 9 月中旬までにとりまとめて頂ければ甚だ好都合であります。　　敬　具

3. オメガ受信機専門部会

昭和 52 年 7 月 15 日，第 2 回研究会終了後，海上保安庁，電波標識課から検討依頼の主旨説明があり，当研究会として，専門部会を設置して検討を進めることとなった。

当研究会規約第 13 条により，会長が専門部会の設置

を決定し，更に同条第2項に基づき，専門部会長及び専門委員を次のとおり指名した。

専門部会長

木　村　小　一　　副会長

専門委員（あいうえお順）

伊　藤　　実（沖海洋エレクトロニクス K.K.）
岩　佐　作　一（水洋会）
大　内　長　七（郵政省，電波研究所）
大　沢　謙　一（沖電気工業 K.K.）
小　野　確　良（　〃　　〃　）
越　　勝（大洋無線 K.K.）
真　田　　良（日本船主協会）
庄　司　和　民（東京商船大学）
菅　原　四　郎（古野電気 K.K.）
鈴　木　　務（電気通信大学）
鈴　木　　恕（ジャパンライン K.K.）
塚　田　一　雄（富士通 K.K.）
中　川　昭　夫（日本郵船 K.K.）
西　村　秀　二（日本電気 K.K.）
二　宮　鎮　男（日本無線 K.K.）
野　口　　務（セナー K.K.）
羽　倉　幸　雄（郵政省，電波研究所）
橋　本　有　司（協立電波 K.K.）
原　　昌　三（三菱重工業 K.K.）
原　　通　夫（光電製作所）
福　井　　功（新和海運 K.K.）
山　本　威一郎（日本電気 K.K.）
吉　村　裕　光（安立電気 K.K.）
吉　本　高　使（東京計器 K.K.）

4. オメガ受信機に関する技術基準

昭和52年8月11日，同9月16日及び9月28日に専門部会を開催し，オメガ受信機専門部会の最終案を次のとおりとりまとめた。

なお，この最終案を作成した段階で，受信機がこれからの条件を満足していることを確認する試験方法についても引続き検討を進めてゆくこととなった。

オメガ受信機に関する技術基準

（専門部会最終案）

（目　的）

1. この基準は，オメガシステムの適切な利用と普及を図るため，オメガ受信機の必要最小限の技術的要件を定めることを目的とする。

（適用の範囲）

2. この基準は，位置の線の値を表示する方式の船用のオメガ受信機に適用する。

（受信周波数）

3. 10.2 キロヘルツのオメガ信号を受信するものであること。なお，他のオメガ信号も受信するものにあつては，その信号についても以下の条件を満足するものであること。

（位置の線の表示）

4. 8 局のオメガ局の任意の2対局を選択して測定した，小数点以下2桁までを含む4桁以上のレーン値を表示するものであること。

5. レーン値は，10 秒毎に更新されるものであること。

6. 2本以上の位置の線のレーン値を，10秒以内に読み取り得るものであること。

（セグメント同期）

7. セグメント同期が容易，かつ確実に行い得るものであり，さらにセグメント同期の状態を容易に確認できるものであること。

（感　度）

8. 電界強度3マイクロボルト/メートル，信号対雑音比(S/N) が帯域幅 100 ヘルツで −20 デシベルにおいて，表示値の標準偏差4センチレーン以下であること。

（センチレーン値の記録）

9. 2 つ以上の位置の線のセンチレーン値を，連続して確実に自動記録するものであること。

10. 記録は，4時間程度前までの数値を容易に確認できるものであり，かつ位置の線の識別が容易に行い得るものであること。

（受信入力レベル低下時の警報）

11. 受信入力レベルが低下し，レーンスリップ発生，又は船舶の移動によるレーンの喪失の危険性が生じたときには，聴覚又は視覚による警報が発するとともに，それ以降，利用者が誤つたレーン値を使用しないよう配慮されたものであること。

（追　尾）

12. 30 ノットの速度で位相の追尾を行うものであつて，追尾誤差は，S/N が −20 デシベルにおいて，平均値 10 センチレーン以下，標準偏差 4 センチレーン以下であること。

（センチレーン値の確度及び安定度）

13. 電界強度 100 マイクロボルト/メートル，S/N 40 デシベルにおいて，表示の確度は，±2 センチレーン以下であること。

14. 電界強度が3マイクロボルト/メートル〜10 ミリボルト/メートルの範囲において，表示の偏移量は，2センチレーン以下であること。

15. 電源電圧変動 ±10 パーセントにて，表示の偏移量は1センチレーン以下であること。

16. 相対湿度 90 パーセント以下周囲温度摂氏 −5 度〜+40 度の範囲で，表示の偏移量は，2センチレーン以

下であること。であること。

(設置場所の条件)

17. 周囲温度摂氏 −5 度〜45 度，相対湿度 40 パーセント〜90 パーセントの範囲において，正常に動作するものであること。

18. 船上の航行計器，その他船舶の航行の安全のための設備に妨害を与えないものであること。

19. 船上の通信設備等からの影響により，セグメント同期異常及びレーンの喪失が発生しないものであること。

20. 次の振動のもとで，異常なく動作するものであること。

振動数 1〜10 ヘルツで振幅 3 ミリメートル

振動数 10〜60 ヘルツで振幅 $150/f^2$ ミリメートル

(f: 振動数ヘルツ/秒)

21. 周期 10 秒間で 22.5 度の動揺のもとで異常なく動作するものであること。

(予備電源)

22. 常用電源入力が断となつた場合に，以後 10 分以上の位相追尾を確保する手段を有するものであること。

5. 技術規準の決定

会長は，専門部会長から前述の専門部会最終案を報告書として提出を受け，同案を修正事項なく当研究会の結論とし，次のとおり，海上保安庁燈台部電波標識課長あて，回答した。

電航研第 52—13 号
昭和 52 年 10 月 5 日

海上保安庁燈台部
電波標識課長 豊 福 滋 善 殿

電波航行研究会会長
茂 在 寅 男

オメガ受信機の必要条件について（回答）
対貴保燈電第 156 号（昭 52.7.2）

先に検討依頼のありましたオメガ受信機に要求される機能及び必要条件並びに性能試験の方法につきましては，利用者，学識経験者並びに受信機製造業者からの委員で構成される「オメガ受信機の技術基準に関する専門部会」を設置して，検討を加え，とりあえずオメガ受信機に要求される機能及び必要条件について，別添のとおり取りまとめましたのでご回答申し上げます。

なお，性能試験の方法につきましては，引続き検討を進めておりますので，まとまり次第改めてご回答申し上げます。

この基準が，オメガシステムの普及並びに航行安全の確保に寄与することになれば誠に幸いであります。

電波航法 Electronic Navigation Review
No. 24 (1978)

電波航法研究会昭和 51 年度事業報告

電波航法研究会事務局

Record of the Work Carried Out by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation During Japanese Fiscal Year 1976

Secretariat

Regular General Meeting

The fiscal year 1976 regular general meeting was held at the council hall of the Maritime Safety Agency (MSA) on 21 June 1976.

47 participants and 33 credentials were noted.

The major agenda were:

1. Reports on the activities of the committee during the fiscal year 1975 were explained by the secretariat and approved by the members, as drafted.
2. Reports on the financing of the committee during the fiscal year 1975 were explained by the Chief Accountant, and approved by the members as drafted, after the audit reports was make by Auditor, Mr. IWASA.
3. New stuff members, Prof. Toshitada MATSUYUKI of Toyo University was reappointed as Chairman, Dr. Minoru OKADA of Ministry of Transport, Prof. Kazutami SHYOJI of Tokyo University of Mercantile Marine, and Mr. Koichi KIMURA of Electronic Navigation Research Institute, were also reappointed Vice-Chairman, by the election.

   The other secretary members were approved as drafted.
4. The work plan for fiscal year 1976 was presented by the secretariat and approved by the members, as drafted.
5. The budget plan for fiscal year 1976 was presented by the Chief Accountant and approved by the members, as drafted.

Research Meeting

1. On 21 June 1976: The first research meeting was held at the council hall of Maritime Safety Agency.

   Subject "Full Automatic Navigation System" lectured by Mr. Shyozo HARA of MITSUBISHI Heavy Industries Ltd..
2. On 1 December 1976: The second research meeting was held at the council hall of Ministry

総　　会

昭和 51 年度総会は、昭和 51 年 6 月 21 日 14 時から，海上保安庁第一会議室において開催された。

出席者 47 名，委任状提出者 33 名で総会は成立した。

1. 昭和 50 年度事業報告が事務局より行われ，承認された。
2. 昭和 50 年度会計報告が会計幹事より行われ，会計監査岩佐作一氏の監査報告があって承認された。
3. 昭和 51 年度役員について，柴田幸二郎氏が仮議長となって選出が行われ，会長に松行利忠氏，副会長に岡田実氏，庄司和民氏，木村小一氏が再選された。

   また，各幹事については原案どおり承認された。
4. 昭和 51 年度事業設画について事務局より説明が行われ，原案どおり承認された。
5. 昭和 51 年度予算案について会計幹事より説明が行われ，原案どおり承認された。

研　究　会

1. 昭和 51 年度第 1 回研究会は，昭和 51 年 6 月 21 日，総会に引続き海上保安庁第一会議室において開催され，三菱重工業株式会社原昌三氏の「全自動航法システムについて」と題する講演が行われた。

   出席者は 47 名であった。
2. 第 2 回研究会は昭和 51 年 12 月 1 日，運輸省 B 会議室で開催され，株式会社ゼニライトブイ長町耕一

of Transport.

Subjects "Development of Radio Buoy for Search and Rescue" lectured by Mr. Kōichi NAGAMACHI of ZENI LITE BUOY Co., Ltd., and "Radar-beacon for Rescue Opration" lectured jointly by Mr. Keigo KOTO of MITSUBISHI Electric Co., and Mr. Takanori KIMURA of TOKYO SHIBAURA Electric Co..

44 members attended the meeting.

3. On 21 January 1977: The third research meeting was held at the council hall of Maritime Safety Agency.

Subject "WULLEN WUEBER Type Antenna and its application for Navigation Apparatus" lectured jointly by Prof. Gentei SATO and Reseach Assistant Haruo KAWAKAMI of SOPHIA University, and "Collision Avoidance Radar, Anti-Collision Rader" lectured by Prof. Kazutami SHYOJI of Tokyo University of Mercantile Marine.

46 members attended the meeting.

4. On 18 February 1977: The fourth research meeting was held at council hall of Hydrographic Dept. of Maritime Safety Ageny.

Subject "Aircraft Collision Avoidance System" lectured by Mr. Kazuo OKADA of Civil Aviation Bureau, Ministry of Transport, and "On an Avoiding Method in Radar Navigation" lectured by Associate Prof. Hayama IMAZU of Tokyo University of Mercantile Marine.

46 members attended the meeting.

5. On 14 March 1977: The fifth research meeting was held at council hall of Ministry of Transport as one of the event in celebrating the 25th anniversary of the committee.

Subjects were as discribed separately.

61 members attended the meeting.

氏の「救離用ラジオブイの開発について」，及び三菱電機株式会社古東啓吾氏，東京芝浦電気株式会社木村貴則氏の「救難用トランスポンダについて」と題する講演が行われた。

出席者は 44 名であった。

3. 第3回研究会は昭和52年1月21日，海上保安庁第一会議室で開催され，上智大学佐藤源貞氏，川上春夫氏の「WULLEN WUEBER 式アンテナと，その航法機器への応用」，及び東京商船大学庄司和民氏の「衝突防止用レーダについて」と題する講演が行われた。

出席者は 46 名であった。

4. 第4回研究会は，昭和52年2月18日，海上保安庁水路部第一会議室で開催され，運輸省航空局岡田和男氏の「航空機の衝突防止システムについて」及び東京商船大学今津隼馬氏の「避航操船について」と題する講演が行われた。

出席者は 46 名であった。

5. 第5回研究会は，昭和52年3月14日運輸省B会議室において，電波航法研究会創立 25 周年記念行事の一環として開催され，後述の記念講演が行われた。

出席者は 61 名であった。

Observation Trip

On 19, 20 December: The 38 members made the annual observation trip to the TSUKUBA Space Centre of National Space Development Agency.

見 学 会

昭和51年度見学会は，昭和51年12月19日，20日に開催され，宇宙開発事業団筑波宇宙センターの諸施設を見学した。

参加者は 38 名であった。

Secretary Meeting

1. On 24 May, 9 November, 1 December 1976 and 21 January 1977: Planning Secretary Meetings were held to draft the budget plan, activities plan as well as to deliberate the agenda for each coming research meetings and the practical plan for the 25 anniversary event of the committee.

2. On 9 December 1976, and 18 February 1977: Editorial meetings were held to draft No. 21 and No. 22 issues of the Bulletion "Electronic Navigation Review" and to prepare and publish the "Hyperbolic Navigation System"

幹 事 会

1. 企画幹事会は，昭和51年5月24日，11月9日，12月1日及び昭和52年1月21日に開催され，予算案，事業計画案，研究会テーマ，記念行事計画等の審議が行われた。

2. 編集幹事会は，昭和51年11月9日及び昭和52年2月18日に開催され，会誌「電波航法」21,22号及び「双曲線航法」の編集・出版についての審議が行われた。

Specific Sub-Committee

On February 18th 1977: The Specific Sub-Committee "Establishment of Minimum Requirements for the Collision Avoidance Rader on Ships" was held.

専門部会

「船舶用衝突防止レーダの最低基準」について，さきに設けられた同専門部会運営委員会において専門部会運営方法等が検討され，また昭和52年2月18日に，第4回研究会終了後同専門部会が開催されて，今後の調査・検討事項等について討議が行われた。

Commemorative Activities for the JACRAN's 25th Anniversary

On March 14th 1977: In celebration of the 25th anniversary of the committee, the commemorative research meeting was held.

The lectures given were:

"A History of the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation" lectured by Prof. Toshitada MATSUYUKI, Chairman of the Committee.

"A Future View of Air Navigation" lectured by Dr. Kenziro AZUMI of Electronic Navigation Research Institute, Ministry of Transport.

"A Future View of Sea Navigation" lectured by Prof. Kazutami SHYOJI, Vice-President of the Committee.

The lectures were followed by the celebration party.

創立 25 周年記念行事

電波航法研究会の創立 25 周年を記念して，記念研究会及び懇親会が，昭和52年3月14日運輸省 A・B 会議室で開催され，研究会では会長松行利忠氏の「電波航法の歩み」，電子航法研究所所長安積健次郎氏の「航空航法の将来」，及び副会長庄司和民氏の「航海の将来」と題する講演が行われた。また引続いて開かれた懇親会は 43 名もの出席を得て盛会であった。

Bulletin

1. February 1977: The bulletin of the committee "Electronic Navigation Review" No. 21 was published.
2. March 1977: The bulletin of the committee No. 22 was published.
3. March 1977: The special edition "Hyperbolic Navigation System" was published in commemoration of the 25th anniversary of the committee.

会誌・図書刊行

会誌「電波航法」第 21 号が昭和 52 年 2 月に，第 22 号が 52 年 3 月に刊行された。また電波航行研究会創立 25 周年記念出版として「双曲線航法」が刊行された。

Member

Secession

Corporate member:

KAWASAKI KISEN KAISHA, Ltd.
HOKUSHIN ELECTRIC WORKS, Ltd.
IBM JAPAN Co., Ltd.

会員移動

昭和 51 年度における会員の異動は次のとおりであった。

退　会

正会員	川崎汽船株式会社
〃	株式会社　北辰電機製作所
〃	日本 IBM 株式会社

電波航法研究会　昭和 51 年度決算報告

収入の部	項目	金額	摘要
	前年度より繰越	円 491,603	
	会費	871,000 (958,500)	正会員　46社 108口×8,000 ＝864,000円 個人会員 17名×1,500 ＝25,500円 51年度未収 (−)18,500円
	雑収入	7,450 (50,000)	会誌販売費
	広告料	142,000 (284,000)	
	銀行利子	7,090 (30,000)	
	計	1,519,143 (1,814,103)	

支出の部	項目		金額	摘要
	会議費		82,050円 (156,000)	企画幹事会等　5回 研究会　5回
	資料費		0 (10,000)	
	会誌出版費		899,500 (1,000,000)	会誌 21号　404,750 22号　404,750 原稿料　90,000
	事務費	庶務	26,790 (90,000)	
		編集	20,000 (35,000)	
		会計	20,000 (30,000)	
	謝金		65,000 (72,000)	
	通信交通費		97,002 (60,000)	
	25周年記念事業関係経費		40,100 (357,103)	
	次年度繰越金		268,683	
	計		1,519,143	

電波航法 ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

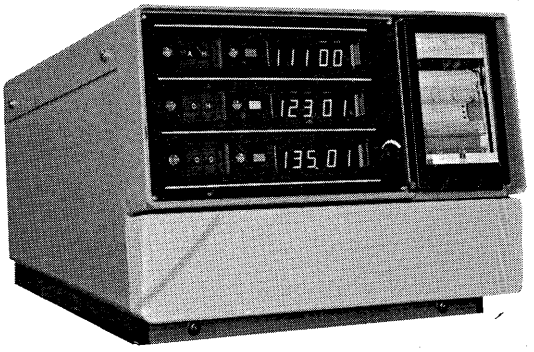
昭和 53 年 12 月 28 日　印　刷　　1 9 7 8
昭和 53 年 12 月 31 日　発　行　　No. 2 4

編　集　東京都千代田区霞ケ関 2-1-3　運輸省 9 階
発　行　海上保安庁燈台部電波標識課気付
電 波 航 法 研 究 会
Japanese Committee for Radio Aids to Navigation
c/o Radio Navigation Aids Division of Maritime Safety Agency
2-1-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan

印　刷　東京都新宿区早稲田鶴巻町 251　啓文ビル
(有) 啓 文 堂　松 本 印 刷

高度な受信性能で航海の安全を確保。

富士通OMEGA-15型受信機は、米国のノースロップ社と富士通のエレクトロニクス技術の粋を結集した、信頼性の高い受信機です。半永久的な寿命を誇っています。



特　長

●優れた応答性　●正確な位置測定(3LOP)
●バックアップ電池内蔵(停電時も安心)
●操作は簡単　●容易な保守点検

オメガ自動船位測定システムを構成できます

標準形オメガ受信機と当社の誇る電子計算機とを組合わせた、自動船位測定システムも完成しています。

富士通OMEGA-15型受信機

富士通

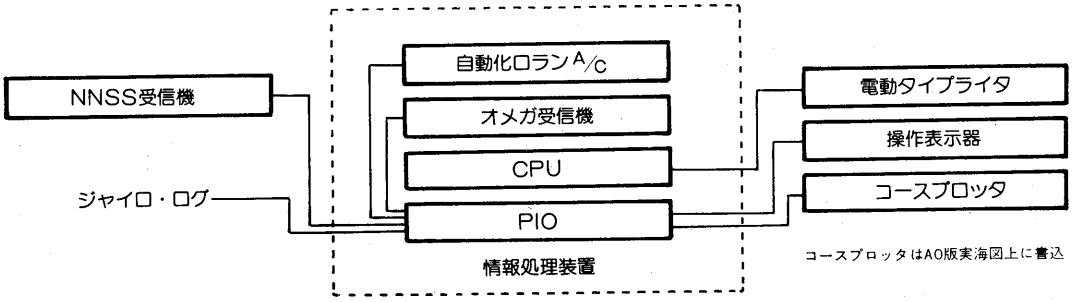
富士通株式会社 営業推進部伝送無線課　〒105 東京都港区新橋6-1-1 ☎ (03)437−2111

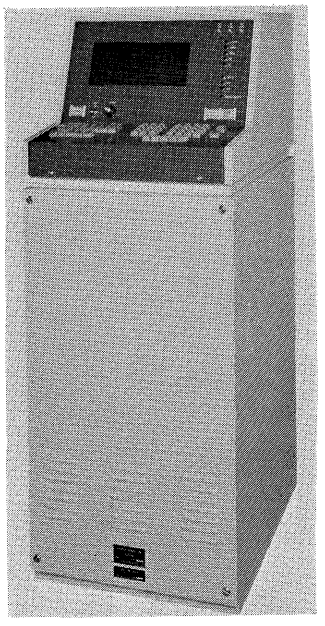
昭和五十三年十二月二十八日印刷
昭和五十三年十二月三十一日発行

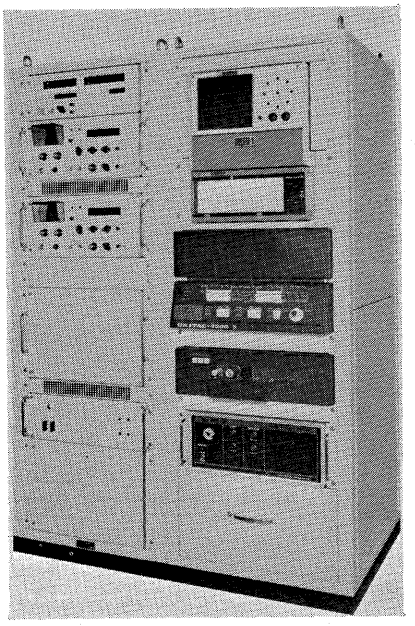
高精度な船位測定

ハイブリッド航法システムはロラン、オメガ、NNSSなどの電波航法機器をセンサとして定時刻位置データ、連続位置データ、対地対水速度による基準船位情報をもとにジャイロ・ログによる推測船位を補正する方法で正確な船位を提供するシステムです。

これにより航海者はあらかじめ決定した航路に対し、ずれていないか、またその場合最も効率的に予定航路に戻るにはどういうルートを取ればよいかなどのデータをはじめ、自船の現在位置、針路、速度、次の変針点までの距離、時間などいろいろの航海情報を得ることができ船舶航行の支援に大きな力となっています。







ハイブリッド航法システム

豊かな情報化社会をひらく
エレクトロニクスの
沖電気
沖電気工業株式会社
●お問合せは　官公庁営業本部☎(03)454-2111(代)または支店・営業所まで

電波航法研究会　発行