

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法

JACRAN 16

1973

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee
for Radio Aids to Navigation

セナーデッカ受信機 MS - 2 A

特 長

1 ユニットタイプ

消費電力AC 18W DC25W以下

使用温度 $-15^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$



セナーデッカMS-2A受信機は英国デッカ社の標準形デッカ受信機MK-21を基本にしてさらに富士通とセナーの協力により開発された国内形デッカ受信機です



セナー株式会社

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

札幌営業所 札幌市中央区南1条西1-1(東拓銀ビル) TEL(011)231-8421

福岡営業所 福岡市中央区天神1-14-16(不銀ビル) TEL(092)75-1403

目次

CONTENTS

巻頭言.....	副会長 木村 小一.....(2)
Foreword	Koichi KIMURA

研究調査

Research and Investigation

橋脚標示用トランスポンダの調査結果.....	山越 芳郎.....(3)
Investigation of a Transponder for Indicating a Bridge Pier	Yoshiro YAMAGOSHI
レーダによる小物標探知能力向上の一方法.....	松行 利忠.....(9)
A Method of Improving Detection Capability of a Marine	今井 征雄
Radar on Small Targets	田中 善吾
	Toshitada MATSUYUKI
	Masao IMAI
	Zenzo TANAKA
水深図作成システム.....	清水 良次.....(15)
Depth Sounding and Mapping System of Seabed	上田 慶之助
	早川 向海
	Ryoji SHIMIZU
	Keinosuke UEDA
	H. HAYAKAWA

展 望

Observation

オメガシンポジウム.....	山越 芳郎.....(21)
Omega Symposium	Yoshiro YAMAGOSHI
べるげん丸同乗記.....	茂在 寅男.....(26)
Navigation Report on board the Bergen-maru	Torao MOZAI
サンフランシスコ湾の海上交通管制システム.....	杉崎 昭生.....(29)
The Vessel Traffic Control System at San Francisco Bay	Akio SUGIZAKI

新製品紹介

Introduction of New Products

IHI-DATA BRIDGE システムの概要.....	石川島播磨重工業株式会社.....(35)
Outlines of IHI-Data Bridge System	Ishikawajimaharima Heavy Industries Co., Ltd.
北辰・マグナボックスのドブラソナー.....	(株)北辰電機製作所.....(37)
Hokushin-Magnavox Doppler Sonar	Hokushin Electric Works Ltd.
JLN-1001 パルスドブラソナー.....	日本無線株式会社.....(38)
JLN-100 Pulse Doppler Sonar	Japan Radio Co., Ltd.
ドブラ・ソナー・システム.....	株式会社光電製作所.....(39)
Doppler Sonar System	KODEN Electric Co., Ltd.

研究会記事

Record

昭和47年度事業報告.....	電波航法研究会事務局.....(41)
Record of the Work Carried Out by the Japanese Committee	
for Radio Aids to Navigation During Japanese Fiscal Year 1973	

卷 頭 言

(FOREWORD)

副会長 木 村 小 一
(Vice-President Koichi KIMURA)

電波航法研究会も数年前から電子航法についての調査研究をするというようにその取扱い範囲を変えている。電波航法と電子航法との相違については、従来あまり考えられたことがないが、私はそこに非常に大きな差を見出せると思っている。航法とはある乗物をその航路に添って目的地まで導く技術であるといわれているが、その中味は、その乗物の位置を見出すこと、そしてその位置をもとに進むべき道を見出し、その道に添って進むという、いわゆる計測と制御のループによって構成されている。そして、電波航法という場合にはその計測の部分のみがその対象として取扱われてきていたといえるであろう。近年の電子計算機技術の発達と自動制御関係の技術の発展は船舶各部の自動化の大きな背景となって、続々といわゆる超自動化船 (Super Automated Ship という言葉が使われているが、高度自動化, Highly Automated, という方がより適当と思うが) が誕生している。そして、その一部に航法の自動化ということが採用されている。このようにして、電子技術による航法における計測と制御のループが、まだその一部に人間が入るという形ではあるが完成されてき、それが電子航法であるということになると考えるのである。

よくいわれるけれども電子航法研究会の創立の趣旨は、船舶や航空機の運用を担当する人と、そこで使用される航法機器を作る人、設計をする人そしてそれを研究し、またその教育をする人たちが集まって互に率直な意見の交換をする場を作ることにあつた筈である。この場合は、会の取扱い対象が計測のみから計測と制御へと広がったことにより、より重要な意義を持って来ると思われる。運用者から設計者や研究者などにはより多くの要求が出されるだろうし、設計者や研究者などは運用者からより多くの知識を吸収しなければ制御装置を担当することはできないだろう。このように本会の意義はますます重要なものとなり、それによって船舶や航空機の安全に寄与することになることが期待できると思われる。今回浅学非才の筆者が名誉ある本会の副会長の 1 人に指名されたが、会員諸氏のご協力を得て本会の発展に微力をささげて行きたいと思う次第である。

研究調査

Research and Investigation

橋脚標示用トランスポンダの調査結果

海上保安庁電波標識課*

山越 芳郎

Investigation of a Transponder for Indicating a Bridge Pier

Electronic Navigation Aids Division, Maritime Safety Agency*

Yoshiro YAMAGOSHI

1. 調査の目的

船舶が架橋付近を航行する際に、レーダ PPI 上に現われる架橋の映像は、通常は架橋の位置を確認するのに十分なものである。しかし、橋脚は架橋と一体構造であり、レーダ PPI 上では橋脚の映像は架橋の映像と重なって橋脚の位置は確認できない。一方船舶運航者にとっては、架橋の下を航行する場合に橋脚との衝突または接触を避けるために、船舶の進行方向と船舶からみた橋脚の方向との関係を知ることが重要である。

橋脚の位置は視界良好時には目視により簡単に確認できるが、視界不良時には必ずしも容易ではない。このような視界不良時に、橋脚の位置および方向についての情報を船舶に提供する方法として、トランスポンダ装置を橋脚に設置し、船舶が装備する一般の船用レーダの PPI 上にトランスポンダ信号を表示することによって、橋脚位置情報を提供する方式が考えられるが、その実用性については、十分慎重に研究する必要がある。

この調査は、本州と四国を結ぶ連絡橋の保全と通航船舶の安全確保に関し、橋脚部に設けるトランスポンダの効果、また橋脚部に複数のトランスポンダを設置した場合のトランスポンダ相互間の妨害の有無等を調査し、橋脚部に設置するトランスポンダの設計に関する資料を収集することを目的として行なった。

2. トランスポンダ装置

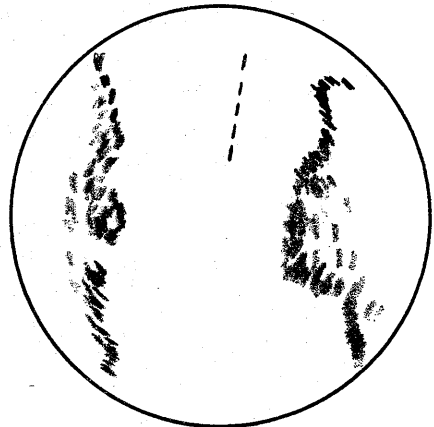
2.1 概要

トランスポンダ装置はレーダから発射された電波を受信すると、これをトリガとして、装置内でその装置特有

の符号のパルス信号を作り、さらにこのパルス信号で装置内で発振されているレーダ周波数帯の電波をパルス変調して応答発射する。船舶のレーダでは PPI 上に第 1 図に示すようにトランスポンダの設置点から指示器のレーダ掃引の半径方向にパルスの長さに応じた破線状の符号が表示され、トランスポンダ装置の設置場所をレーダ PPI 上で確認することができる。

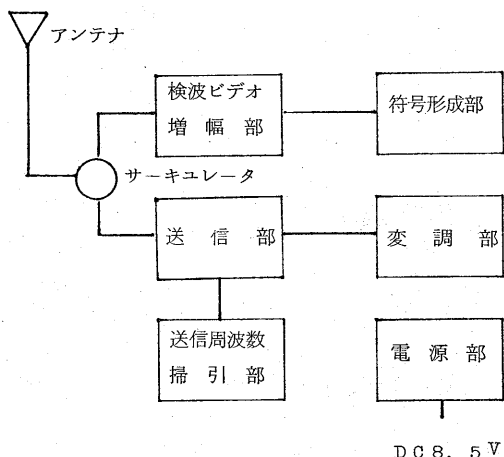
トランスポンダ装置から発射する電波の周波数については、利用者側が通常使用しているレーダによってそのまま利用できるように、レーダに使用している周波数が分布する範囲を一定の周期でサーチさせる。

このため、利用者のレーダ PPI 上にトランスポンダ信号が現われるのは、トランスポンダの発射周波数と、利用者のレーダの周波数とが一致した時だけで、通常は 30 秒に 1 回とか 1 分間に 1 回というようにトランスポン



第 1 図 レーダ指示器上に現われるトランスポンダ信号

* 東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3 (No. 1-3, 2-chome, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo)



第2図 トランスポンダ装置の構成

ダの周波数のサーチする1周期ごとで、レーダアンテナの回転ごととか、あるいは何回転ごととはならない。

2.2 構成と動作

第2図にトランスポンダ装置の構成図を示す。この装置は全固体化され、送信アンテナと受信アンテナは1個のアンテナを共用しており、浮標に取りつけられることも考慮して小形、軽量 (15 kg, 25 ϕ × 65 cm) となっている。またマイクロ波の発生回路にガンダイオード発振器を使用して、信頼性に優れておりしかも消費電力が極めて少ないのが特徴である。

トランスポンダ装置のアンテナはあらゆる方向のレーダに対応するため水平面の指向性が無指向性であって、受信されたレーダからのパルス電波は、直接横波器で検波され、ビデオ信号となったのちビデオ増幅器で増幅され符号形成部に加えられる。このビデオ増幅部は、あるレーダから1つのパルスを受信した後、100 μ sの間は他のレーダからのパルスに応答しないようになっている。これは符号形成部の誤動作を防ぎ、かつむだな電力を消費させないためである。

今回の実験に使用した装置は符号形成部でビデオ増幅部から受けたパルスをトリガとして、5個の同一幅のパルスから成る符号を作るようにした。このパルス幅は4 μ sであって、パルスとパルスの間も4 μ sとしている。符号形成回路で作られた信号は、変調部に加えられ変調部でマイクロ波発振器を変調するための波形を作り、変調部で作られた信号で送信部のガン発振器を励振する。このときのガン発振器の周波数は送信周波数掃引部で作られる信号により一定周期で変化している。

パルス変調され、周波数が一定周期で変化している送信電波はアンテナ共用器を通してアンテナより発射される。

2.3 主要性能

送信周波数範囲	9375 $\pm$ 35 MHz
送信出力	約 30 mW
発振方式	ガンダイオード発振器による直接発振方式
変調方式	パルス符号変調
単位パルス幅	4 μ s
パルスコード	パルス数 5 マーク/スペース 1/1
受信方式	直接検波
最小トリガ感度	-40 dBm 以下
ビデオ増幅周波数特性	5 MHz 以上 (6 dB 低下幅)
回復時間	100 μ s 以下
アンテナ形式	スロット形
偏波面	水平
アンテナ指向性	水平は無指向、垂直は 23° $\pm$ 5°
入力電源	直流 8.5 V

このトランスポンダは送信周波数の揺動周期に関する調査を行ない得るよう、その揺動周期を1分、30秒、15秒と切換スイッチにより、さらに0.05~0.4秒の間は連続可変である。この場合の送信周波数を変化させる範囲は揺動周期に関係なく一定で9375 $\pm$ 35 MHzである。また消費電力は機器の動作状態により多少異なるが、通常1.5 W以下である。パルス符号については今回は同一幅のパルスが5個となっているが必要に応じて変更することができる。

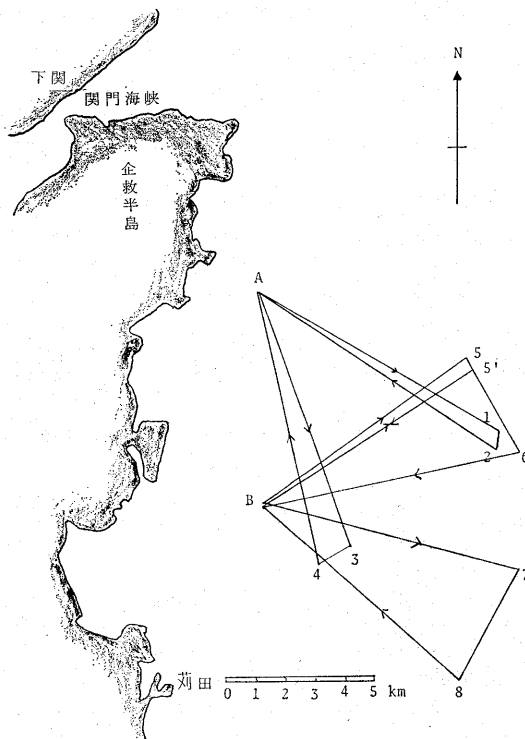
3. 実験の実施方法

2台のトランスポンダ装置を使用して、その設置場所、設置高および周波数揺動周期を変えることによるレーダPPI上のトランスポンダ映像の変化ならびにトランスポンダ相互間の妨害についての調査を行なうこととし、2台のトランスポンダ装置を若戸大橋の橋脚に取り付けた場合と、15メートル形の巡視艇に据付けた場合とで、その付近を巡視船で航行し、次の項目について調査を行なった。

- (1) PPI上のトランスポンダ信号と橋脚および陸地映像との識別の難易。
- (2) PPI上にトランスポンダ信号が現われる頻度、および時間間隔ならびに距離に対するその変化状況。
- (3) トランスポンダ利用可能範囲。
- (4) トランスポンダ装置相互間の干渉の有無。
- (5) 近距離におけるマスキングの有無。

調査は3月6日から開始し、3月13日に終了した。

		第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回	第 6 回	第 7 回
洞海湾湾口側	設 置 高	15 m	25 m	35 m	55 m	65 m	45 m	55 m
	周 期	30秒	30秒	30秒	30秒	0.4秒	0.4秒	0.4秒
洞海湾奥側	設 置 高	50 m						
	周 期	30秒						



第3図 測定の航路

もに記録した。

- A 良好
- B 概ね良好
- C 信号があるが悪い
- D 信号なし

また、トランスポンダ信号と陸地エコーとの分離の難易、トランスポンダ相互間の干渉の有無、近距離におけるマスキングの状況、レーダアンテナのサイドローブによる影響等は観測した時刻とともに記録した。

3) 使用したレーダの性能

送信周波数	9375 MHz±30 MHz
尖頭出力	35 kW 以上
最小受信感度	-87 dBm
距離範囲	0.5, 1, 2, 4, 8, 20 哩
最小探知距離	30 m
距離分解能	20 m (0.5, 1, 2 哩)
距離目盛	0.25, 0.5, 1, 2, 5 哩
可変距離目盛	0.2~20 哩
空中線輻射特性	水平 1度 垂直 約18度
方位分解能	1度
方位精度	±1 度
受信機中間周波数帯域幅	12 MHz

6. 実験の結果と考察

6.1 レーダ指示器上にトランスポンダ信号が現われる頻度

トランスポンダ装置の送信周波数の揺動周期を60秒、30秒、15秒、0.4秒、0.1秒および0.05秒の6段階に変化させて、レーダ指示器に現われるトランスポンダ信号の観測を行なった。その結果は次のとおり。

(1) 周期60秒の場合

トランスポンダ信号が現われる頻度は、近距離2km程度までの間では5分間当り10回程度であって、その現われ方は60秒毎に通常アンテナの回転2スキャンにつき、場合によっては3スキャンつづくこともある。一方レーダアンテナの回転数16rpm、受信増幅器の帯域幅12MHzの場合、1分間にトランスポンダ信号が現われる回数 N は

$$N=16 \times 12/70=2.74$$

2.74回となり、実験の結果と一致する。

(2) 周期30秒の場合

トランスポンダ信号が現われる頻度は、トランスポンダ装置の設置場所から2km程度までの間では、5分間当り17~20回であり、2kmから4km程度の所では8~14回、4kmから9km程度では7~10回程度であった。近距離の2km以内での指示器上の信号の現われ方は、30秒毎に2スキャンつづけて現われる。それ以上に遠くなれば30秒毎に1回現われる。

また小型船にトランスポンダを取りつけた場合のトランスポンダ信号の現われる頻度は、トランスポンダ設置点から9km以内では30秒毎に少なくとも1回は現われ、ごく近くでは1回~2回現われる。

実験に使用したレーダのアンテナの回転数が1分間に16回であるから、レーダのアンテナがトランスポンダ装置の方向を向く同期 t_a は

$$t_a=60/16=3.75 \text{ 秒}$$

である。一方トランスポンダ装置の送信周波数揺動周期を t_s 、その周波数帯域幅を B 、そしてレーダの受信増幅器の帯域幅を b とすると、トランスポンダ装置からの信号をレーダで受信できる時間 t_r は

$$t_r=\frac{b}{B} \times t_s$$

となり、 $t_s=30$ 秒、 $b=12$ MHz、 $B=70$ MHz のときには

$$t_r=12/70 \times 30=5.14 \text{ 秒}$$

となる。上記のとおり t_a より t_r が大きくその比は $5.14/3.75=1.31$ となり、30秒に1回はトランスポンダ信号が受信できることとなる。このことは実験結果と良く一致している。

(3) 周期 15 秒の場合

信号は15秒毎に1回ずつ現われたり、1分間まったく現われなかったり、周期性がなくなる。10分間程度の時間内に現われるトランスポンダ信号の回数は30秒毎の場合とほとんど変わらないが、1分間程度現われないことがあり、橋脚表示用としては30秒周期の方が良いと思われる。

(4) 周期 0.4 秒の場合

若戸大橋にトランスポンダ装置を取りつけ、周期0.4秒とした場合のトランスポンダ信号が現われる頻度は、近距離の場合には5分間に13~20回と多く、その現われ方にはまったく周期性はなく、ランダムである。

数 km 以上の所では頻度は下り、5分間に5~10回程度となる。その現われ方もランダムであって、指示器上に現われる信号の幅が広いものと狭いものがある。

トランスポンダ装置の送信周波数揺動周期が早い場合にレーダ指示器上にトランスポンダ信号が現われる確率 α は

$$\alpha = \frac{b}{B} + \frac{\theta}{360} \times \frac{60}{N} \times \frac{1}{T_s}$$

但し θ ; レーダアンテナの水平ビーム幅

N ; レーダアンテナの回転数

T_s ; 周波数揺動周期

で表わされる。

ここで $\theta=1^\circ$, $N=16$, $T_s=0.4\text{sec}$, $b=12\text{MHz}$, $B=70\text{MHz}$ であるから確率 α は

$$\alpha = \frac{12}{70} + \frac{1}{360} \times \frac{60}{16} \times \frac{1}{0.4} \\ \approx 0.196$$

となり、1分間にはアンテナが16回転するので、1分間に3回程度、5分間には、15回程度となる。このことは若戸大橋における近距離の実験結果と小型船を使用した場合の結果とよく一致している。若戸大橋での実験の場合には、航行中若戸大橋と船との間に建物等があるため、トランスポンダ信号が船側で受信できない場所があったため数 km 以遠での頻度が低くなっていると思われる。

(5) 周期 0.1 秒の場合

周期0.1秒の場合のトランスポンダ信号が現われる頻度は近距離の場合には5分間に25~30回と多く現われ、遠距離でも10~20回現われる。しかし、信号としては輝度がうすくなり見のがすことがある。

周期0.1秒の場合の信号が現われる確率 α は

$$\alpha = \frac{12}{70} + \frac{1}{360} \times \frac{60}{16} \times \frac{1}{0.1} \\ \approx 0.275$$

となり、5分間に信号が現われる数は $0.275 \times 16 \times 5 = 22$ 回となる。この値は近距離における実験結果と概ね一致している。

一方トランスポンダ装置の周波数揺動周期が早くなるとトランスポンダ装置の送信周波数がレーダの受信可能な周波数となっている時間 t_r が小さくなり、受信するパルス数が少なくなって指示器上に現われる信号の輝度がうすくなる。

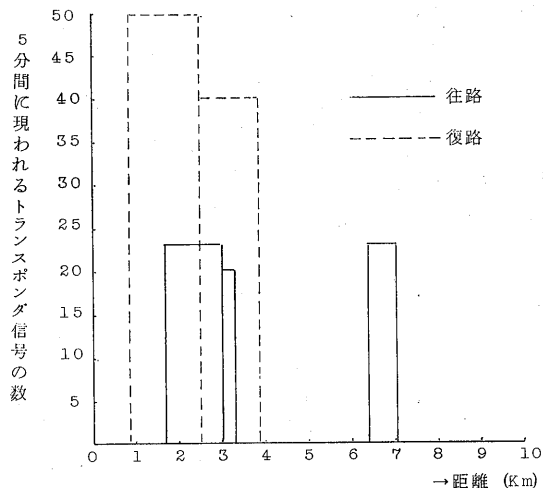
(6) 周期 0.05 秒の場合

第4図に周期0.05秒の場合のトランスポンダ信号が現われる頻度を示す。近距離の場合には非常に数多く現われ、場合によっては、数スキャン連続して現われることもある。観測結果では第4図に示すとおり5分間に50回信号が現われているが、5分間のアンテナの回転数は80回であり、8スキャンのうち5スキャンにトランスポンダ信号が現われることとなり、トランスポンダ信号が船舶の映像と重なることが考えられるので、船舶やブイなどの映像を観視する場合の妨害となる可能性がある。一方数 km 以上離れると、トランスポンダ信号の輝度が非常にうすくなり見にくくなる。

周期0.05秒の場合のトランスポンダ信号の現われる確率 α は

$$\alpha = \frac{12}{70} + \frac{1}{360} \times \frac{60}{16} \times \frac{1}{0.05} \\ \approx 0.38$$

となり、5分間に現われる信号の数は $0.38 \times 16 \times 5 = 30$ 回となる。またトランスポンダ装置の送信周波数がレーダの受信可能な周波数となっている時間 t_r は



第4図 周波数揺動周期 0.05 秒の場合のトランスポンダ信号の現われる数

$$t_r = \frac{12}{70} \times 0.05 = 8.5 \text{ ms}$$

であり、レーダのアンテナがトランスポンダ装置の方向を向いている時間 t_b は

$$t_b = \frac{1}{360} \times \frac{60}{16} = 10.4 \text{ ms}$$

であるので、 t_r が t_b より短い。すなわちレーダアンテナがトランスポンダ装置の方を向いていても、その間に受信できるパルス数が少なくなるので、レーダ指示器上のトランスポンダ信号の輝度がうすくなることが推察できる。このことは実験の結果とよく一致している。

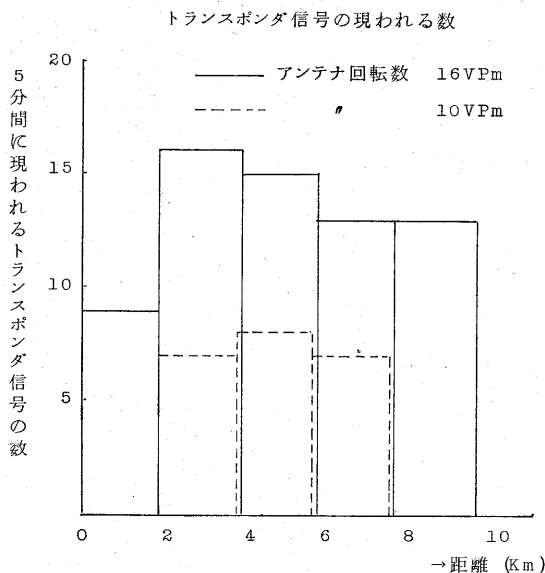
(7) レーダアンテナの回転数が 16rpm の場合と 10rpm の場合の比較

第5図にレーダのアンテナの回転数が 16rpm の時と 10rpm の時の5分間に現われるトランスポンダ信号の数を比較した図を示す。

なお、この場合の周波数の揺動周期は30秒である。図で明らかなように 10rpm の場合には 16rpm の場合の半分程度となる。

一方計算によれば 16rpm の場合の5分間に現われる信号の数は 13.7 回であり、10rpm の場合は 8.6 回であり、実験の結果は計算値と同じ傾向となっている。

(8) 有効範囲



第5図 アンテナ回転数を変化させたとき

実験の結果では有効範囲は、トランスポンダ装置の出力およびレーダの受信感度を一定とした場合にトランスポンダ装置の周波数の揺動周期およびその設置高によって異なる。トランスポンダの設置高を海面高が約 2m と低い場合には周波数の揺動周期にほとんど関係なく、9.5km (約5マイル) 程度である。

設置高が 25m 以上と高くなると高さによる変化はほとんどなく、周波数の揺動周期によって有効距離が多少異なり、周期60秒の場合には 14km 程度 (約7.5マイル) であり、周期15秒の場合は 12km 程度 (約6.5マイル) である。また周期が 0.4秒および 0.1秒の場合には概ね 9.5km (約5マイル) である。

(9) 2台のトランスポンダ相互間の干渉

約 8m 離して2台のトランスポンダ装置を動作させたが相互間の干渉はなかった。

(10) トランスポンダ信号と橋脚および陸地の影像との識別

橋脚に近づくトランスポンダ信号が陸地の影像とかさなり、信号の識別が困難となることがある。

また橋にごく近い場合には、船が航行するために橋脚の船首からの方向の変化速度が大きくなり、レーダ指示器上でトランスポンダ信号の現われる方向の予測が困難であることを加えて、信号が各掃引ごとに現われないことと、前記のとおり陸地の方向となって陸地影像とトランスポンダ信号が重なり信号を見つけることが難しい。

(11) 近距離におけるマスキング

PPI 上全体に、トランスポンダ信号が現われて他のレーダ影像をマスクする現象はなかった。

ごく近距離、100m 程度以内に近づく幅の非常に広い信号およびレーダアンテナのサイドローブによる信号が現われることがあるが次のスキャンニングでは状態が変り、他の映像をみる時の妨害にはならない。

5. む す び

橋脚の周囲が海であって、陸地から 1km 程度離れている場合には1つの橋脚に2台のトランスポンダを設置し、その周波数揺動周期を適当に組合せることにより、橋脚の確認が容易になり、また橋脚が陸地に近い場合には、橋脚と特定の位置関係に配置したブイにトランスポンダを取り付けることによって橋脚の確認が可能と考えられる。

レーダによる小物標探知能力向上の一方法

東洋大学* 松 行 利 忠
防衛大学校** 今 井 征 雄
田 中 善 吾

A Method of Improving Detection Capability of
a Marine Radar on Small Targets

Toyo University*

Toshitada MATSUYUKI

Japan Defense Academy**

Masao IMAI

Zengo TANAKA

Abstract

It is often the case that one finds difficulties in discriminating a small radar target from other reflecting objects and/or sea clutters on the sea.

The authors have developed a system which consists of a specific reflector, here called a modulating reflector, attached to the target and a radar under a brief modification in its configuration.

The modulating reflector is a simple phase modulator with an antenna such as a horn antenna.

When a radar pulse wave ($\bar{f}_0$) is incident on the modulating reflector, its frequency spectrum is phase modulated by modulating frequency f_p and then reflected back toward the radar. If the radar receives, say, the first upper sideband of the p.m. wave ($\bar{f}_0 + f_p$), this wave will be stronger than those waves from other reflecting objects and/or sea clutters which cover the above frequency band, thus good discrimination is obtained.

A brief explanation of the theory and the system is described and the results of the experiments are shown.

1. ま え が き

海上の浮標や立標, または船舶遭難時海面を漂う救命

艇や浮遊する遭難者など, レーダ反射断面積の小さい物標を, レーダで探知する場合, しばしば付近の他物標や海面反射からの弁別に困難を感じる。これらにトランスポンダを取り付けるとエコーが強くなり, 探知が容易になるが, 経済的な理由その他で, 余り用いられない現状である。

筆者等はトランスポンダに代って, 比較的構造が簡単で安価にできる特殊な反射器(以下変調反射器という)を, これら小物標に取り付け, これで入射するレーダ波を位相変調した上送り返し, レーダ側では僅かな構成の変更を加えるのみで, 有効に探知能力の向上が計れるというシステムを考案し, 若干の実験を行なってその成果を確かめたので, ここに概要を報告する次第である。

2. 探知能力向上の原理

2.1 レーダ波の周波数スペクトル

レーダの発射する繰返しパルス波(図1)は, 周波数

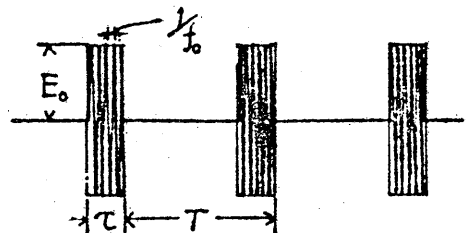


図1 レーダ波

* 川越市鯨井字中野台 1390 (No. 1390, Aza Nakano Dai, Kujirai, Kawagoe-shi)

** 横須賀市走水 1-10-20 (No. 10-20, 1-chome, Hashirimizu, Yokosuka-shi)

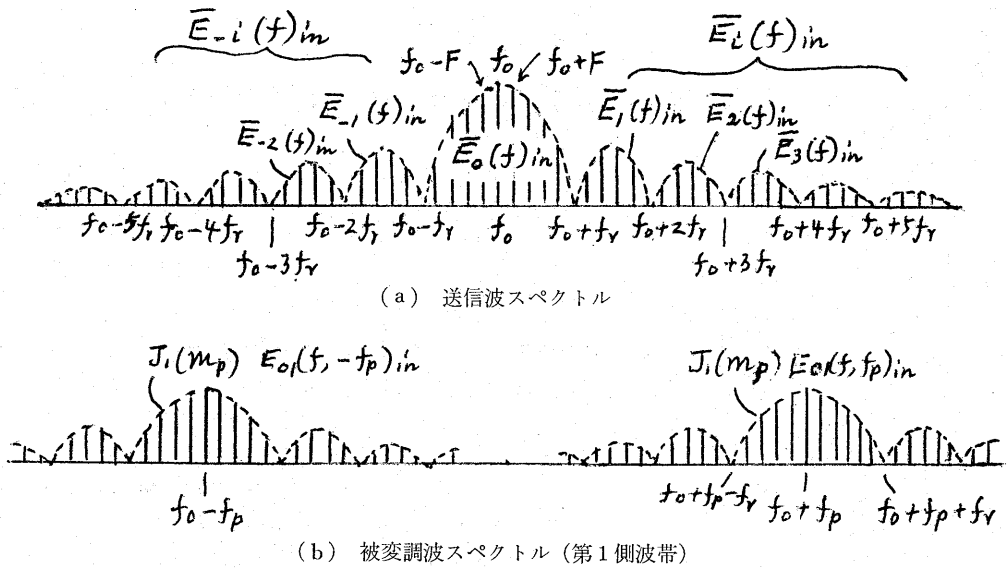


図 2

領域では広い帯域に亘る周波数スペクトルを形作る。いま、中心周波数 f_0 、パルス幅 τ 、パルス周期 T 、電界強度 E_0 の矩形パルス波列とすると、そのスペクトルは図 2(a) のように表わされる。すなわち、物標に入射するレーダ波の電界強度を $E(f)_{in}$ とすると、これは f_0 を中心とする基本周波帯 (これを $\bar{E}_0(f)_{in}$ で表わす) と、この上下に広がる包絡側波帯群 (これを $\bar{E}_{\pm i}(f)_{in}$ で表わす。ただし $i=1, 2, 3, \dots$) とから成る。これを式で示すと、つぎのように書ける。

$$E(f)_{in} = \bar{E}_0(f)_{in} + \sum_{i=1}^{\infty} \bar{E}_{\pm i}(f)_{in} \quad (1)$$

図で $f_r = 1/\tau$ 、 $F = 1/T$ であって、各包絡線の中は $f_0 \pm nF$ ($n=1, 2, 3, \dots$) なる点周波数群で詰まっている。

上記の電波が物標に入射する場合、その物標のレーダ断面積を σ とすると、散乱反射電界強度 $E(f)_{sc}$ は、

$$E(f)_{sc} = \sqrt{\sigma} \cdot E(f)_{in} \quad (2)$$

のように表わすことができよう。

2.2 位相変調

物標に変調反射器を取り付け、入射波 $E(f)_{in}$ を変調周波数 $f_p (> f_r)$ で位相変調したとすると、そのときの変調指数 m_p を変数とする第一種ベッセル関数で表わされる周波数スペクトルが生ずるが、その第一側波帯のみを取り出し、これを $E_1(f, f_p)_{in}$ で表わすと、

$$\begin{aligned} E_1(f, f_p)_{in} \\ = J_1(m_p) [\{ \bar{E}_{0,1}(f+f_p)_{in} + \sum_{i=1}^{\infty} \bar{E}_{\pm i,1}(f+f_p)_{in} \} \\ - \{ \bar{E}_{0,1}(f-f_p)_{in} + \sum_{i=1}^{\infty} \bar{E}_{\pm i,1}(f-f_p)_{in} \}] \end{aligned} \quad (3)$$

のように表現される。これを図示すると 図 2(b) となる。またこの電波が変調反射器で反射されたとすると、その反射電界強度は、

$$E_1(f, f_p)_{sc} = \sqrt{\sigma_r} \cdot E_1(f, f_p)_{in}$$

となる。ここで σ_r は変調反射器のレーダ断面積を表わす。

2.3 エコー弁別の原理

以下例を挙げて説明することとする。

先ずレーダとしてつぎのような要目を持ったものを考える。

中心周波数 f_0 : 9375 MHz
パルス幅 τ : 0.2 μ sec ($f_r = 5$ MHz)
パルス周期 T : 1 msec ($F = 1$ kHz)
パルス波形 : 完全矩形と見なす

なお、変調反射器は、位相変調器を内蔵したレーダ断面積 σ_r 、変調周波数 $f_p = 30$ MHz のものとする。

いま、この変調反射器の近くにレーダ断面積 σ の物標が存在するとし、その物標からの反射波 (A とする) の電界、および変調反射器からの被変調反射波の第一上側波帯 (B とする) の電界は、それぞれ 図 3 の (a), (b) で表わすことができる。

つぎに、レーダ受信機では、9400~9410 MHz 間の 10 MHz だけを選択受信するものとする、A の電波からはその第 5, 6 包絡側波帯が受信されるのに対して、B の電波からは被変調第一上側波帯の基本波が受信される (図 3 の 2 本の点線の間)。これらの電界強度を式 (2), (4) より求め (ただし変調指数 $m_p = 1.9$ ラジアンとする)*、その電力比をとると次式を得る。

* 詳細な理論式および計算の手順は省略した。

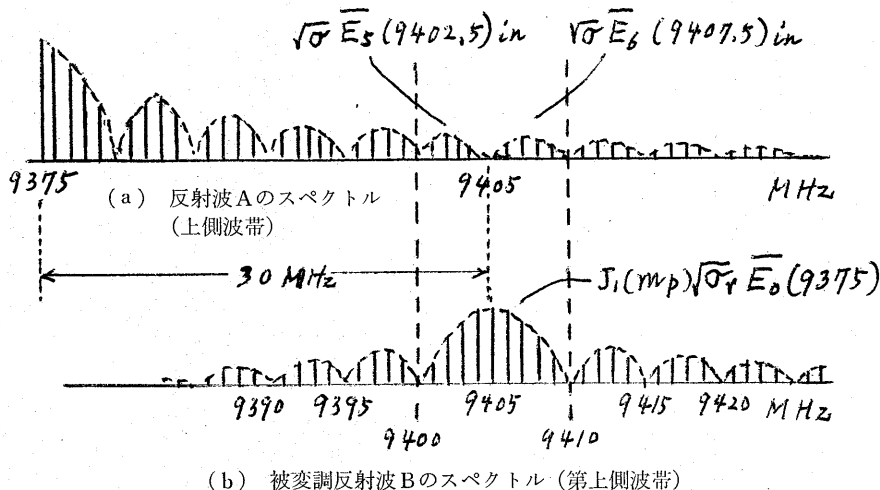


図 3

$$\frac{[E_1(f, f_p)_{sc}]^2}{[E(f)_{sc}]^2} = \frac{\sigma_r \text{ による被変調反射波受信電力}}{\sigma \text{ の物標反射波受信電力}}$$

$$= \left(\frac{\sigma_r}{\sigma} \text{ の dB 値} \right) + 21.45 \text{ dB} \quad (5)$$

すなわち、もし $\sigma = \sigma_r$ とときは、被変調波は 21.45 dB 強く受信されることを示す。いいかえれば、変調反射器と同じ程度の σ を持つ物標からは、充分明瞭に弁別できることになる。なお本例はパルス波形を上記の通り完全矩形と考えた場合であって、送信パルスの波形を変え、 $\cos^2 \theta$ の形のパルスにするとか、少なくとも少々角を丸めた形の矩形パルスにするとかして、全体に側波帯の振幅を圧縮するような配慮をすれば、式 (5) の第二項の数字はもっと大きい値になり、弁別力は増大する筈である。

3. 実験

3.1 システム構成

実験に用いたシステムの構成を図 4 に示す。

(a) レーダ装置

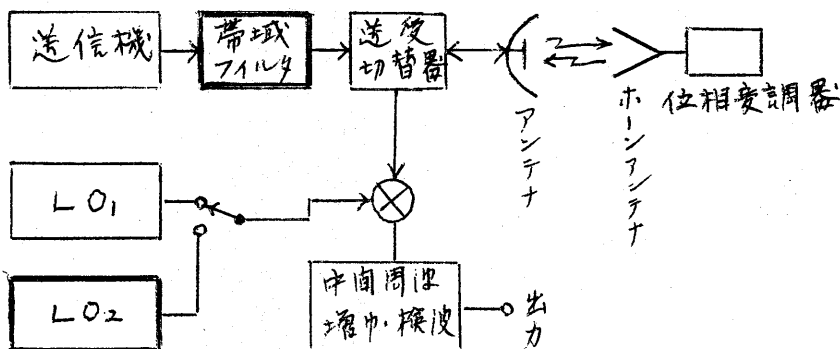


図 4 実験システム構成 (太線は追加部)

Xバンドのマリーン・レーダを用い、これに基づきような小改造を施した。

- (i) 送信機出力側に帯域フィルタを挿入し、2.1 で述べた側波帯の抑圧を行なった。図 5 にフィルタの特性を示し、図 6 にフィルタのある時

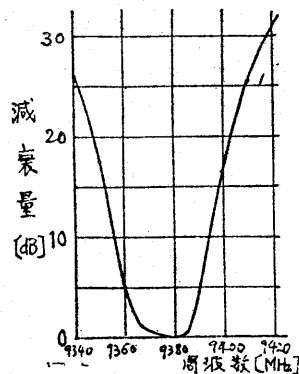


図 5 帯域フィルタ特性

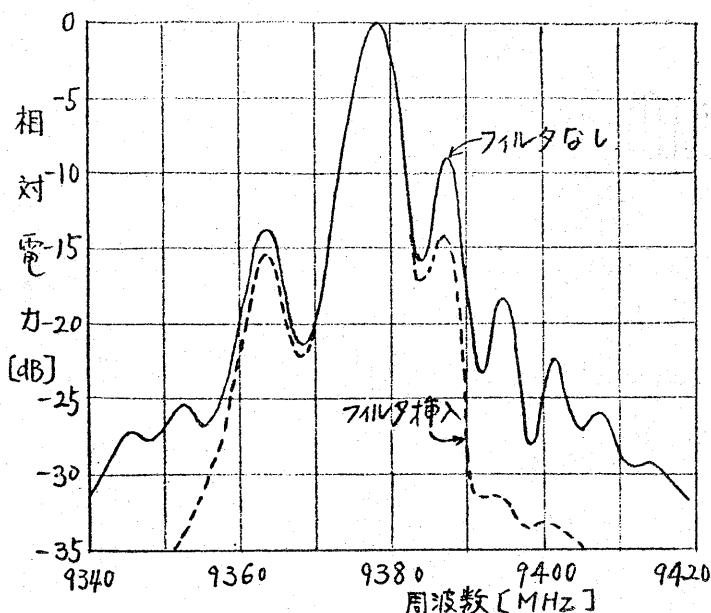


図 6 送信波スペクトル

と、ない時との、送信パルスのスペクトルを示す。

- (ii) 受信機固有の局部発振器 LO_1 (発振周波数 9405 MHz) のほかに、第二の局部発振器 LO_2 (発振周波数 9435 MHz) を加え、必要な時に切替スイッチ S により、切替えて接続できるようにした。

(b) 位相変調器

Xバンド用導波管に PIN ダイオードを挿入し (図 7), これに 30 MHz 矩形発振器からの電圧を加えた。A端から 9375 MHz を入射し、B端の短絡板を前後に移動して、 l を適当な長さに調整したとき、反射波は有効に位相変調される。図 8 は l の長さに対する反射波電力の相対値を示す。ここでは基本波の最大値を 0 dB とし、第一側波帯の J_1 値を示してある。これから短絡板の位置を動かして得られる最も大きい J_1 の値は -6 dB となることがわかる (理論値は -3.95 dB である)。

(c) 変調反射器用アンテナ

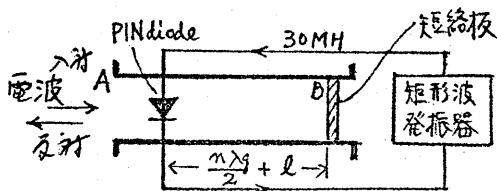


図 7 位相変調器

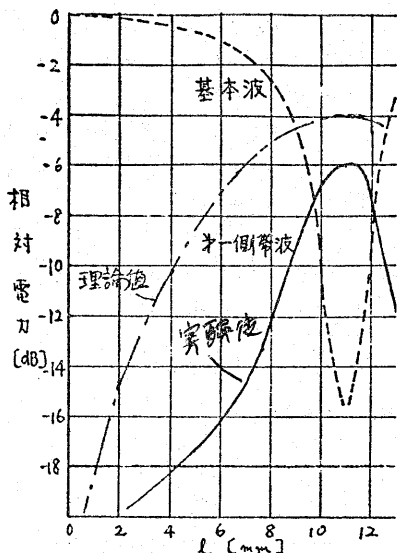


図 8 位相変調特性

(実線は l に対する J_1 の実験値を示す)

上述の位相変調器に接続し、できるだけ有効な入射波の受け入れと、反射波の放射を行なう—いいかえれば、できるだけ大きいレーダ断面積 σ_r を呈する—アンテナの1つとして、開口径が水平: 14 cm, 垂直: 20 cm の電磁ホーンを選んだ。そしてその送受双方向水平面指向性と、その σ_r とを測定した。指向性を図 9 に示す。また σ_r の最大値は約 4.4 m^2 であった。

本アンテナは指向性を必要とし、かつある程度高い

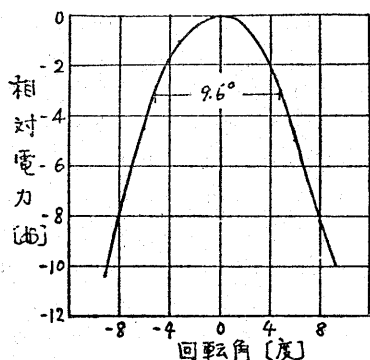


図 9 ホーン・アンテナ指向性
(双方向水平)

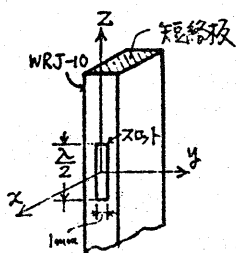


図 10 スロットアンテナ

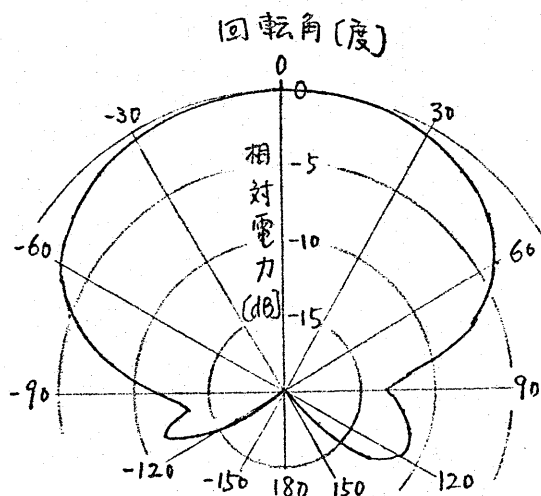


図 11 スロットアンテナ指向性
(双方向, xy 面)

探知能力を必要とする場合の、変調反射器用アンテナの一候補である。

時には変調反射器用アンテナとして、実用上全方向性に近いものを必要とする場合が考えられる。この場合の一例として、図 10 に示すようなスロット・アンテナにつき測定した双方向水平面指向性を図 11 に示す。このアンテナを背中合せに 2 個組合せれば、かなり全方向性に近いものが得られるものとする。なお図 10 のスロット・アンテナの σ_r は約 $1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ であった。

3.2 探知実験

図 4 の構成の実験装置により、レーダから約 400m 離れた建物 (図 12B) の屋上に、図 13 のように反射体

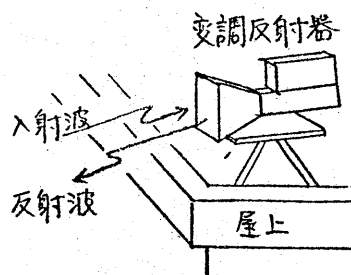
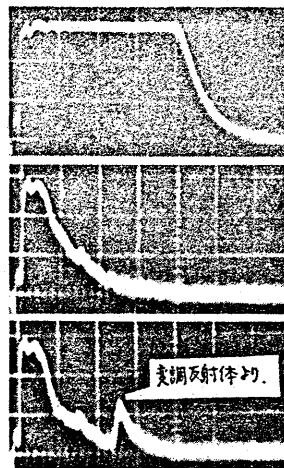


図 13



→ 1μs/div.

図 14

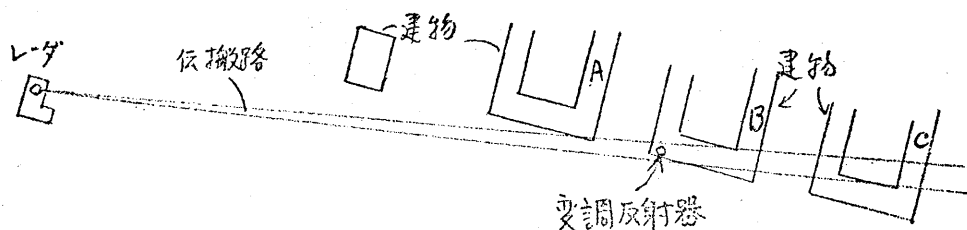
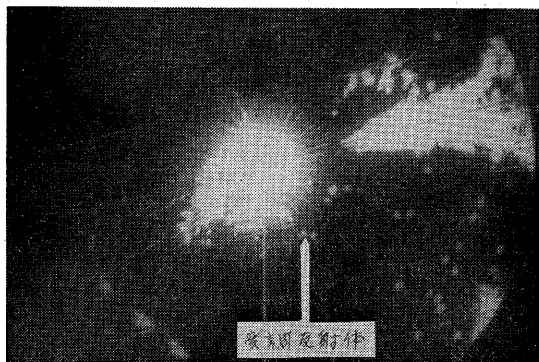


図 12 実験場



(a)



(b)

図 15

を設置し、実験を行なった。その結果をAスコープで示す(図14)。図の(a)は通常(局部発振 LO₁ 器を使用)

の場合で、伝搬路上の全部の建物が極めて強い反射をもたらしている。(b)は変調反射器を働かせず、局部発振器を LO₂ に切替えたときのものである。建物からの反射が確実に弱くなっている。(c)は変調反射器を動作させ、レーダ側は(b)のときの状態に置いた場合のもので、はっきり反射体の存在が表示されることがわかる。

このほか防衛大学のレーダ実験室から、約1哩の海上に在る小物標に上記の反射体を取付け、実際に他の小物標や海面反射のある状態で探知実験を行なった。そのときの PPI 写真を図15に示す。図の(a)は局部発振器 LO₁ のままで受信した場合であって、(b)は同 LO₂ に切替えて受信した場合である(ただしこの場合には帯域フィルタは用いなかった)。本方式の有効度が明らかであると思う。

4. む す び

以上の結果、本システムは小物標の探知能力向上の一方法を提供するものと考ええる。

本システムの適用の場としては、

- 1) 立標や浮標などの小物標の確認
- 2) 遭難時の救命艇や、浮流中の遭難者の発見
- 3) 衝突防止のための小船舶の確認や、対向船の左舷側、右舷側の弁別法への応用

などが考えられる。この場合、それぞれの用途に応じて、アンテナ、変調器、受信方法などについて、それぞれ工夫が加えられなければならないことはいうまでもない。

会告：海上保安庁水路部よりつぎのとおり連絡がありましたのでお知らせします。

協定世界時 UTC のうるう秒挿入について

国際報時局 BIH は協定世界時 UTC の正のうるう秒を1974年1月1日に設ける旨発表した。

1973年12月31日 23時59分59秒 UTC のつぎに

1973年12月31日 23時59分60秒 UTC が挿入され、そのつぎが

1974年1月1日 00時00分00秒 UTC

(1974年1月1日 09時00分00秒 JST)

となる。

水深図作成システム

沖電気工業KK* 清水良次
上田慶之助
早川向海

Depth Sounding and Mapping System of Seabed

OKI Electric Industry Co., Ltd.*

Ryoji SHIMIZU

Keinosuke UEDA

H. HAYAKAWA

1. ま え が き

現在、港湾や航路測量では、海上における測量作業および測量後の水深図作成作業等に多数の人員および時間を必要としている。

この様な現状において、近年測深機のデジタル化の進展にともない作業の能率化と時間短縮の目的で作業の自動化を行なう方向に進みつつある。本水深図作成システムは上記の要求にもとづいて開発したシステムである。即ち、船上においてデジタル化測深機および船位測定装置により深度と位置を同時に測定し、デジタル化し、磁気テープまたは紙テープに記憶させ、そのテープを陸上の計算機で処理の後 X-Y プロットで水深図を作成する。したがって作業時間が大幅に短縮され、作業能率の向上をはかることが出来る。ここでは、システムの概要に関して述べる。

2. システム概要

水深図作成システムは測量調査船により位置と深度の測量を行ない、陸上計算機室にて自動的に測量海域の水深図を作成するシステムである。

本システムは深度を測定する深度測定装置、船位を測定する船位測定装置、船の方位を測定する方位計、潮位を観測しテレメータする潮位遠隔測定装置、船上にて諸データを集録するデータ集録装置、そしてこれらのデータを処理する陸上のデータ処理装置から構成されている。

測量船上に於いて、約 1.5 m 間隔に設置された 6 素子の送受波器により ± 10 cm の精度で水測を測量し、アナログ記録するとともにデジタルにてデータ集録装置に送り出される。

同様に船位データ、方位データ、潮位データも時刻データとともにデータ集録装置で受け、所定の処理を行なって磁気テープに記憶される。

一方、陸上計算機室に於いては船上にて集録したデータ磁気テープを再生し、所定の演算処理を行なって位置、深度を補正し、A0 版の紙面に自動的に水深図を作成する。

システムブロック図は Fig. 1 の通りで、システムの概略仕様は次の通りである。

- | | |
|---------------|--|
| 1) 船位測定方式 | 電波（マイクロ波）距離測定方式 |
| 2) 深度測定方式 | 音響測深方式 |
| 3) 位置（距離）測定精度 | $\pm (50 \text{ cm} \pm 10^{-5} L)$
L: 長さ |
| 4) 深度測定精度 | $\pm 19 \text{ cm}$ |
| 5) 方位測定方式 | マグネティックコンパス |
| 6) 方位測定分解度 | 2.8° |
| 7) 潮位測定精度 | 1 cm |
| 8) データ集録方式 | 磁気テープ記憶方式 |
| 9) 作図方式 | 距離 A, B から直角座標 X, Y を演算し、その座標に対応する点に深度を記録。 |

* 東京都港区芝浦 4-10-12 (No. 10-12, 4-chome, Shibaura, Minato-ku, Tokyo)

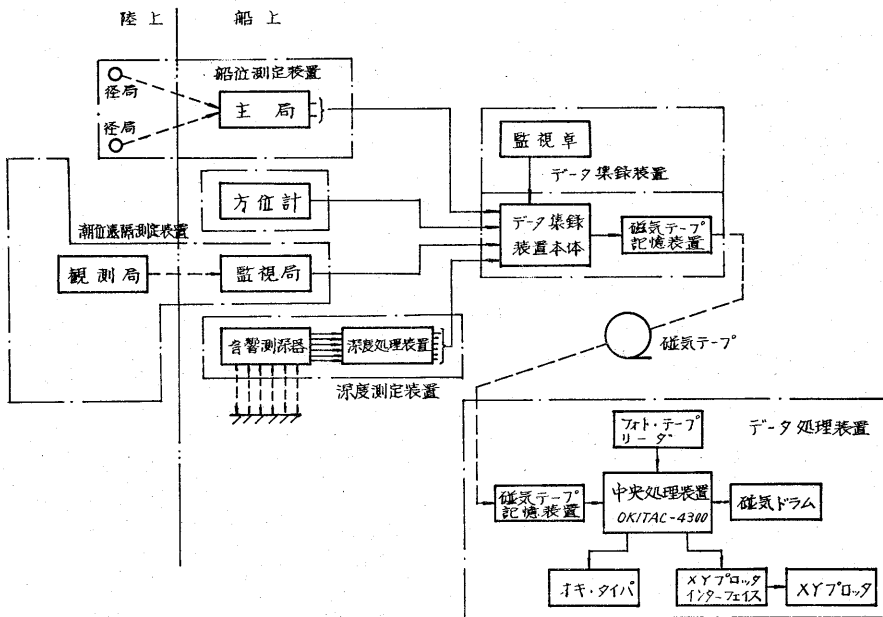


Fig. 1 水深図作成システムブロック図

10) 作図単位区画

2m×2m を最小単位として任意に変更可能

3. 船位測定装置

この装置は、3GHz 帯の電磁波を用いて、主局と従局間の距離を主局において計測するもので、従局はあらかじめ測量された陸上の二つの規準点に設置し、主局は測量船に搭載して測量しながら移動する刻々の船の位置データを精度良くデータ集録装置に送るものである。

主局からの送信波 (3GHz) を各従局で受信し、従局では位相変調波と一定の関係にある変調波で従局送信波を位相変調して主局に送り返し、再び主局にて従局からの

各々の信号を受信、増幅の後検波して各変調波の位相を主局変調波の位相と比較して距離測定を行なっている。得られた距離情報は各距離とも 6 桁のデジタルコードで出力され、操舵室に取付けられる遠隔表示器に 10 cm の単位で表示するとともにデータ集録装置に送り出される。一方、その距離データは、船内作業室に設置される航跡記録器の入力として近似演算処理され、測量船の位置をアナログの X-Y レコーダに記録するとともに操舵室の航路指示器により設定航路との航路偏差をメータ指示される。

この航跡記録器は、船の運航上において非常に有効な装置であることが実証された。船位測定装置の概略性能

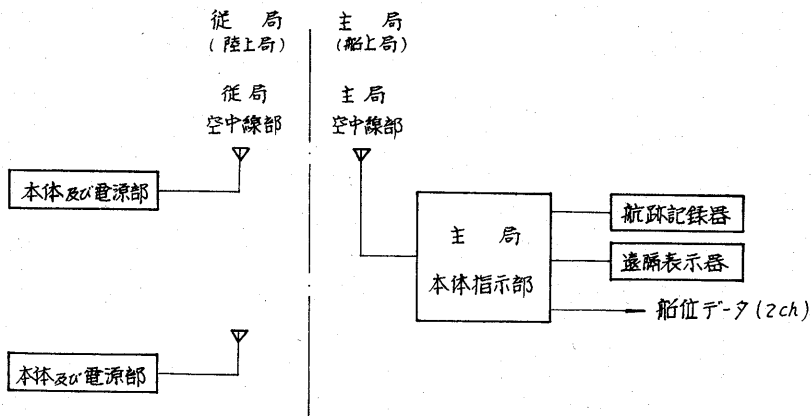


Fig. 2 船位測定装置ブロック図

は次の通りである。

Fig. 2 は、船位測定装置のブロック図である。

- 1) 最大測定距離 約 100 km
- 2) 測定精度 $\pm(0.5+10^{-5}L)m$
- 3) 分解能 0.1 m
- 4) 搬送周波数 2.9~3.3 GHz の 3 波
- 5) 空中線出力 約 1 W
- 6) 空中線の指向性

主局	水平 360° 垂直 15~20°
従局	水平 50~60° 垂直 10°
- 7) 測定値出力回数 約 3 回/秒
- 8) 電源

主局	AC 100 V $\pm$ 10% 60 Hz
従局	DC 24 V $\pm$ 10%

4. 深度測定装置

この装置は、システムにおいて中心となる装置で超音波パルスを発振し、海底からの反射波を受波するまでの時間により水深を計測するものである。

送受波器は、船の横方向に 6 個所定間隔に装備し、進行方向に対する横断面 (8 m 幅) を同時にアナログ記録すると共にデジタル変換してデータ集録装置に出力する。

アナログの深度記録紙上には、これまでのアナログ深度記録の他にタイムマークと潮位遠隔測定装置からの潮位データを同時に記録される様になっている。一方、上記のアナログ記録の他に、本装置においてはデータをデジタル変換し、データ集録装置にバスラインを通して送出されるが、この場合、海底からの反射超音波パルスの判別方式に特に考慮されていることは云うまでもない。即ち、測深機におけるデータのデジタル化は、海中の浮遊物、海中の雑音、気泡等の影響を受ける場合が多いために、各種の防御回路を付加しなければならない。この装置においては、下記の判定回路を付加して、デジタルデータの安定化をはかっている。

パルスレベル判定回路

受波パルス幅判定回路

受波パルス位置連続性の判定回路

固定ゲート回路

1) パルスレベル判定回路は、受波された反射波の電圧レベルの判定を行ない、そのスレシホールドレベルを判定する。

2) 受波パルス幅判定回路は、一般に、海中の雑音等は、海底からの反射波よりパルス幅がせまい傾向がある。したがって一定パルス幅をスレシホールドとして判定し、受波パルスを確認する。

3) 受波パルス位置連続性の判定回路は海底の深度変化範囲をスイッチによりセットし、その範囲外のデータをのぞく回路である。即ち、この回路により送受波器の前面の気泡その他の浮遊物からの反射波の影響をのぞくことが出来る。

4) 固定ゲート回路は、送受波器の残響による誤動作を防止するためのゲートである。

以上の様に 4 種類の回路により、デジタルデータの信頼性を向上させることが出来た。上記のデータ処理方式が本システム全体を左右すると云える。

深度測定装置の概略仕様は次の通りである。

- 1) 素子数 6 素子
- 2) 超音波周波数 約 100 kHz (各素子の周波数を 90~110 kHz に振分け)
- 3) 型式 電歪形
- 4) 指向幅 約 12°
- 5) 測深能力 最大 30 m
最小 3 m 以内

送受波器水平支持機 (ジンバル)

船の動揺に関係なく送受波面は水面に対し水平に保持させようとする機構を有する。

- 1) 水平保持方式 ジンバル
- 2) 追従周期 2 秒以上
- 3) 追従範囲 前後左右 $\pm 8^\circ$

記録装置

送受波器との組合せにより水深のアナログ記録を行ない、さらに深度処理装置に深度のデータを出力する。

本装置は 2 素子用を 1 組としているため 3 組即ち 6 素子用意をする。

- 1) 記録方式 直線式同時記録方式
- 2) 記録型式 乾式放電破壊式
- 3) 記録数 2 素子 $\times$ 3 台
- 4) 紙幅 35 cm
- 5) 目盛範囲 0~30 m
- 6) 目盛読取精度 深度 20 cm に付 1 mm 以上
- 7) 記録紙送り速度 20, 40, 60 mm 3 段切換
- 8) 送り速度誤差 $\pm 2\%$ 以内
- 9) 測深回数 各素子とも 3 回/秒
- 10) 記録能力 最大 90 m 以上 (1 素子のみ)
最小 3 m
- 11) 音速修正範囲 1440~1550 m/sec
- 12) 発振接点 無接点式

Fig. 3 に深度測定装置のブロック図を示す。

5. 方位計

測量調査船の方位を検出し、精密深度測定装置の送受

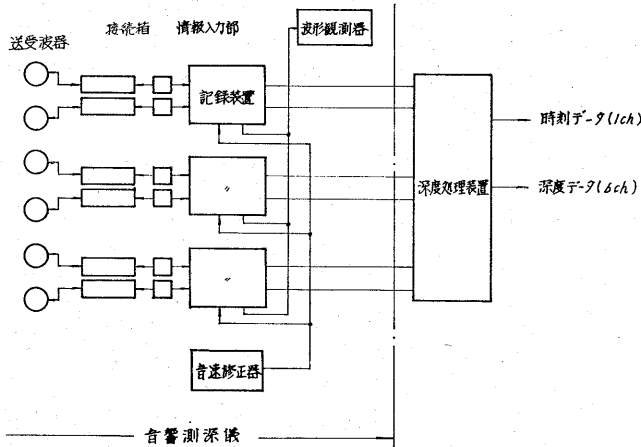


Fig. 3 深度測定装置ブロック図

波器の位置をデータ処理部に補正処理し、また海図上での方位を表わすためである。

本方位計は全方向（回転角 360°）を方位 360° を 128 等分した 0~127 の数字で表わし、傾斜角最大 20 度までのジンバルが内蔵されている。

なお、方位のデジタル検出は光学的に行なうものである。方位計の概略性能は次の通りである。

- 1) 形 式 光学式デジタルマグネティックコンパス
- 2) 分解度 全方位の 1/128 2.8°
- 3) 検出方位 360°
- 4) 許容角度 20°（傾斜補正角度）

6. 潮位遠隔測定装置

測量船上の監視局にテレメータ受量装置を観測局にテレメータ送量装置を設置し、70 MHz 帯無線回線を通して観測局の潮位をデジタル方式で監視局に伝送し、データ集録装置に送り込む装置である。

受量装置は選択呼出部・操作表示部および受信々号のチェックを行なう論理部等により構成され、送量装置は選択呼出部・データを送る論理部等により構成されてい

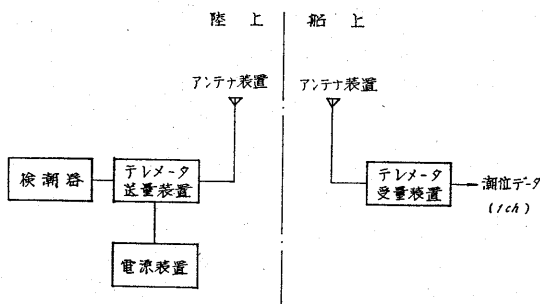


Fig. 4 潮位遠隔測定装置ブロック図

る。潮位遠隔測定装置による潮位データは陸上における計算処理を行なって深度データの補正を行なう資料としている。潮位遠隔測定装置の概略性能は次の通りである。

- 1) 周波数範囲 70~72 MHz の内 1 波
- 2) 通信方式 単信方式
- 3) 電波形式 F2, F3
- 4) 呼出方式 2 周波連続送出方式
- 5) 変調方式 F S 変調
- 6) 中心周波数 425+170 N (Hz)
- 7) 同期方式 ビット同期方式
- 8) 符号型式 リターンツウゼロ方式
- 9) 符号内容 長短符号方式
- 10) チェック方式 パリティチェック・パルス数チェック
- 11) 繰返し時間 1, 5, 10 分毎
- 12) 精 度 フルスケールに対し ±1% 以内
- 13) 誤伝送訂正方式 再呼出方式（2 回迄）

Fig. 4 に潮位遠隔測定装置のブロック図を示す。

7. データ集録装置

測量調査船上に設置されデータ集録装置本体と監視卓磁気テープレコーダから構成されている。

深度測定装置からの時間データ、深度データ、船位測定装置からの船位データ、方位計による方位データ、潮位遠隔測定装置からの潮位データを受信し、本データ集録装置にて所定の変換等を行なったのち、バッファメモリに記憶させ、全データを整頓して磁気テープ記憶装置に所定の制御によってデータ転送を行ない、磁気テープにデータを集録する。

また諸データは監視卓に表示され、印字記録することも出来る。

監視卓には船上機器の諸電源指示ランプ、警報ランプ、ブザー、諸データの表示、年月日、ファイル No、測量地区、船位地区、潮位地区、深度選択、深度設定等のスイッチの他測量作業中の監視操作が行なえる様になっている。

磁気テープ記憶装置は船の動揺に耐えられる様に防振構造とし、防塵対策もほどこされている。

磁気テープには、深度測定装置から深度データ、船位測定装置からの船位データ、方位計による方位データ、潮位遠隔測定装置からの潮位データそして監視卓からの

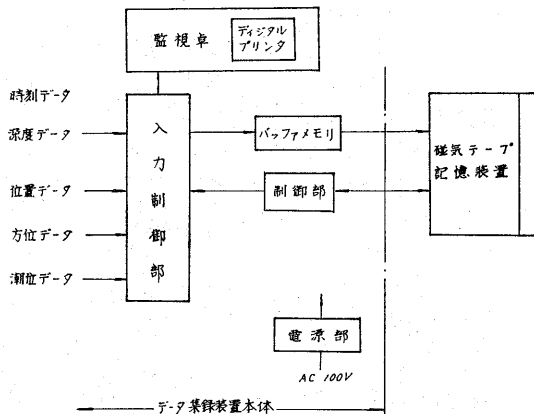


Fig. 5 データ集録装置ブロック図

時間データを受信し、入力制御を行なったのち、諸データは所定のフォーマットで磁気テープにインクリメンタルに書き込まれる。

諸データはバッファメモリに記憶され、メモリが一杯になると磁気テープ制御部により磁気テープ記憶装置を動作させてメモリの内容をテープに転送する。

データ集録装置の主要性能は次の通りで、ブロック図を Fig. 5 に示す。

〔1〕 入力条件

本装置の入力信号は時間データ、深度データ、船位データ、方位データ、潮位データの5項目であり、下記の様な条件である。

I) 時刻データ

監視卓内の時計部から送られてくるものである。

チャンネル数	1 ch
入力回数	1 回/秒
桁数	6 桁
最小単位	1 秒

II) 深度データ

深度測定装置から吃水、音速等を補正した深度データが送られてくる。

チャンネル数	6 ch
入力回数	3 回/秒
桁数	4 桁
最小単位	1 cm (精度 ± 10 cm)

III) 船位データ

船位測定装置からの位置信号である。船位データは基準点からの距離が6桁で出力されるものである。

チャンネル数	2 ch
入力回数	3 回/秒 (または 1 回/秒)
桁数	6 桁
最小単数	10 cm

IV) 方位データ

方位計からの角度分割記号として受ける。

チャンネル数	1 ch
入力回数	3 回/秒
桁数	3 桁

V) 潮位データ

潮位遠隔測定装置からの潮位データを受信する。

チャンネル数	1 ch
入力回数	1 回/分
桁数	3 桁
最小単位	1 cm

〔2〕 磁気テープ記憶装置

テープ速度	24 IPS
テープ幅	1/2 インチ
テープ長さ	2,400 フィート
記録密度	800 BPI
記録方式	9トラック
周囲条件	温度 $23^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ($0\sim 40^{\circ}\text{C}$) 湿度 $20\sim 80\%$ ($5\sim 95\%$)

() 内は保存輸送時

8. データ処理装置

本装置は陸上計算機室内に設置され、船上にて得られた磁気テープを再生用磁気テープ記憶装置にかけ、そのデータを小型計算機 (OKITAC-4300) にて演算処理を行なう。演算処理によって得られた位置と深度のデータは所定のプログラムに従って、深淺図としてX-Yプロッタに作図するとともに、タイプライタにて作表する。

海図の大きさは任意の縮尺によって決まるが1度の処理でA0版の紙面を使用すると最大 7,000 個の深度データ (A0版に 100×70 のデータ) が記録される。

本装置は磁気テープ記憶装置、小型電子計算機、タイプライタ、X-Yプロッタ、X-Yプロッタインタフェイス、フォトテプリーダから構成される。ブロック図を Fig. 6 に示す。

入力されるデータの構成は次の通りであり、処理フローチャートを Fig. 7 に示す。

時刻 1 回/秒 6 桁

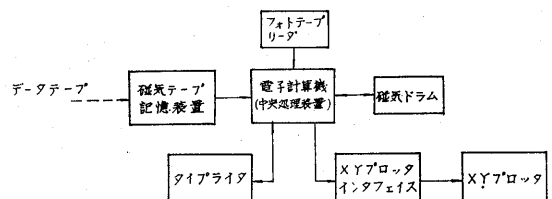


Fig. 6 データ処理装置ブロック図

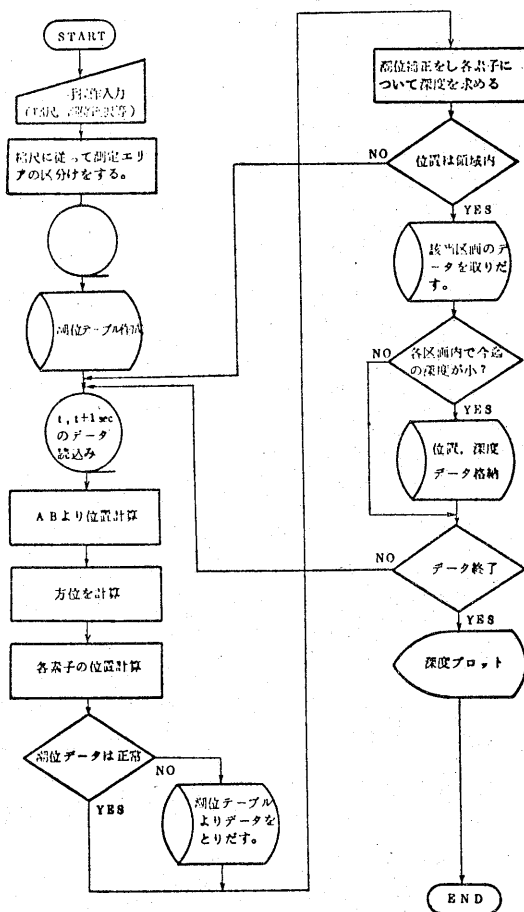


Fig. 7 水深図作成システムデータ処理装置
フローチャート

深 度 6 素子 1 素子当り 3 回/秒 4 桁

船 位 2ch 1ch 当り 3 回/秒 6 桁

方 位 3 回/秒 3 桁

潮 位 1ch 1ch 当り 1 回/分 4 桁

各構成装置の概略機能は次の通りである。

1) 磁気テープ記憶装置

船上にて集録された諸データを電子計算機に書き込ませるものである。

記録方式 9 トラック, 記録密度 800 BPI, 1/2 インチテープ使用のものである。

2) 小型電子計算機

深度データを潮位補正したり位置補正演算並びに海図作成等を行なうためのもので, OKITAC-4300 (24 kW) を作用する。

主要仕様は次の通りである。

- I) 記 憶 容 量 24 kW
- II) 語 長 16 ビット + パリティ
- III) サイクルタイム 1.5 μ s
- IV) 命 令 1 語 1 命令, 39 種
- V) 演 算 速 度 加減算 3.8 μ s

3) 磁気ドラム

潮位、深度区画等のテーブルを司るもので 32 kW の容量をもっている。

4) タイプライタ

データの作表とプログラムテープの作成に使用し OKITYPE-6000 を採用する。

印字、さん孔、読取速度は 1,000 字/分 である。

5) X-Yプロッタ X-Yプロッタインタフェイス 海図作成のために使用する。渡辺測器製 WX 765 (A0 版) を使用する。

深度データは 4 桁の数字で最大 $100 \times 70 = 7,000$: データが表わされるものとし、縮尺は 1/1,000, 1/2,000, 1/5,000, 1/10,000 とする。

6) フォトテープ・リーダー

潮位データを電子計算機に読込ませるため、またプログラムテープの書き込みに使用する。

読取り速度は 500 字/秒 である。

9. あとがき

以上、水深図作成システムの概要について述べたが、このシステムを用いることによって測量の能率は大幅に向上するものと予想される。

このシステムを用いて測量、作図されることが今後多くなると考えられるが、実用における測定データ、水深図およびシステムの改良点等についてはあらためて次の機会に報告する。

おわりにあたり、本システムの開発にあたり御指導をいただいた関係各位に深く感謝の意を表します。



Observation

オメガシンポジウム

海上保安庁電波標識課* 山越 芳郎

Omega Symposium

Electronic Navigation Aids Division, Maritime Safety Agency*

Yoshiro YAMAKOSHI

オメガに関する技術的な情報の交換を目的として第1回のおメガシンポジウムが1971年11月9日から3日間ワシントンにおいて開催された。このシンポジウムでは32の論文が発表された。発表された論文は、オメガ受信機とその評価試験の結果、オメガの位置決定誤差、空間波補正、ディファレンシャルオメガなどオメガの利用に関するものが大部分であった。

ここにこのシンポジウムで発表された“航空機搭載用オメガシステムのリアルタイム伝搬予測について”という論文を紹介する。

概 要

航空機搭載用オメガシステムの精度は空間波補正をリアルタイムで行ない得るかどうかによって大きく左右される。

AN/ARN-99 型航空機用オメガシステムのために、空間波補正表を作成するのに使用されているモデル(スワンソンモデル)を用いてプログラムを作成した。ここでは、このモデルとこれに関連したコンピュータプログラムについて述べる。たとえいかに複雑なモデルでも、電離層の電子密度の分布状態、電離層高度の日々の変動を予測することはできないため、このシステムでは、カルマンフィルタを使用して、ある種の補正用パラメータを作り出し、空間波補正の更新や著しい航行上の精度の改善をはかった。またプログラムでは信頼性を高めるためリアルタイム評価に基づいて、種々の利用可能な信号に重みをつけている。

序 説

オメガ信号を使用して航行するためには、送信機から

の距離と信号の位相との関連を正確に知ることが必要である。波動が自由空間を進行するとすれば、この場合は簡単でつまり位相は距離 d の定数倍になる。

$$\phi = \frac{f}{c} \cdot d$$

ここで c は真空中の光速度、 f は周波数である。しかしながらオメガ信号は自由空間を進行せずに、地球と電離層の間の空間に閉じこめられている。この空間は導波管のように作用し、管内伝搬速度は c ではなく導波管の性質に依る複雑な関数である。その作用は時間的、空間的に変化するため、またその大きさは無視するには大きすぎるために航行用にオメガを使用するためには地球上のある場所、ある時間に対して各送信機からの受信位相がいくらでなければならないかを予測する能力が必要である。空間波補正用のモデルは海軍電子航法研究所(サンディエゴ)のエリック・スワンソンによって開発され、このモデルを使って海軍水路部は補正表を作成刊行し、航海者の利用に供している。しかしながら、航空機搭載システムでは、航空機の位置が急速に変化するため、十分な速さで補正表を使用することは不可能である。よって航空機用オメガシステムでは、これを自動的に行なうことが必要である。もちろん、人が表を保管し、補正値をさがすことはできるが、世界中をカバーするには膨大な量の保管が要ることになる。そのかわりに、航空機搭載コンピュータを用いて、モデルから直接リアルタイムで計算することは可能であって、その例としてノースロップ社の航空機搭載受信機モデル AN/ARN-99 をあげることができる。この論文ではそこで処理された方法について述べる。第1節ではモデルについての理論的背景を、第2節では AN/ARN-99 コンピューター(NDC-

* 東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3 (No. 1-3, 2-chome, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo)

1070) のモデルとその使用例を述べ、最後にモデルの修正を、予測できない真値からの変動に対して行なうため、カルマンフィルタを使用し、いかにこのシステムの伝搬予測の更新ができるかを示し、従っていかに航行精度が改善できるかを示す。

1. 実験式の理論的背景

オメガ信号は地球と電離層間の空間を伝搬するが、D層は地上高が大体、昼間 60 km、夜間 90 km と高度が変化しているため、導波管内伝搬と同様な伝搬を行なうオメガ信号の電波伝搬速度は導波管の幅すなわち高さに関係し、よく知られた日変化が現われる。この2つの境界層のインピーダンスは伝搬に影響を与えるから、従って大地導電率やパーミットIVITYを考慮に入れなければならない。電離層の関数として、マックスウェルの方程式を種々の大地導電率 σ に対して解いた際の理論計算結果を第1図に示す。

パラメータ β により、指数形のモデルにおける導波管の上の境界、すなわち電離層の高さと電離層の電子密度曲線との関連を示している。パラメータ $n=1$ は第1モードであることを意味し、一般にマックスウェルの方程式は与えられる境界条件によって多くの解を有し、ここでは一番低次元の解のみを示している。実際には、これらのすべての解は同時に存在し互に干渉している。

図1に示されている解は磁界がない場合のものであるが、実際には、地球の磁界によりオメガ信号の伝搬は影響を受けるから、このことを考慮しなければならない。電離層で反射した際の VLF 波の位相偏移量は、電子と波動の相互作用および伝搬方向に対する磁界の向きおよび強さにより決まる。

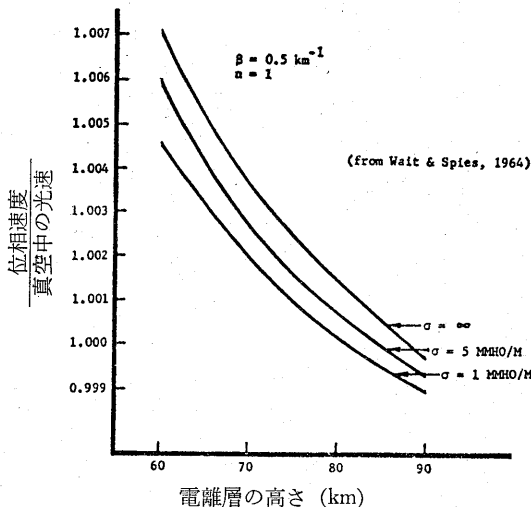


図1 代表的な理論結果

太陽の位置の関数が太陽天頂角で特徴づけられるように、電子密度を観測可能な電離層高度と関連をもたせ、1つのモデルを組み立て、これが緯度の関数であることを予想した。また、極付近のオーロラ帯における電離層は地球の他の地域とは異なった様相を呈する。結局、磁気嵐および異常宇宙線雨のような現象は電離層に影響をおよぼし、その結果超長波の伝搬に影響を与える。そのような現象は時々発生し、地球全体にわたれば異常電離層擾乱(SID)と呼ばれ、極地域に限ってあれば極冠異常(PCA)と呼ばれる。

簡単に述べると、オメガ信号の伝搬は次の項に関する1つの関数となることが予想される。

1. 太陽天頂角およびその時間に関する導関数
2. 大地導電率およびパーミットIVITYおよびそれらの区域に関する導関数
3. 地磁気と伝搬経路のなす角度
4. 磁気緯度
5. 地理的緯度
6. 季節
7. オーロラ帯効果
8. 太陽活動
9. 宇宙線活動
10. 未確認効果

残念なことに、これらの要素をすべて考慮したモデルは存在しない。主に障害となるのは、太陽の位置から電離層の性質を理論的に予想することのむずかしさである。マックスウェルの方程式に対する数学的な解をかなり複雑な境界条件について導き出すことは非常に困難なことである。要するに、SID および PCA のような現象を完全に予測することは不可能なのである。

よって、理論と並行して実験を行ない、この結果から導き出された現象学上のモデルを組み立てて、航空機搭載コンピュータ用にプログラムを行ない、そして瞬時に伝搬補正値が得られるようにすることが必要となる。エリック、スワンソンは世界中から集めたデータに基づいてそのようなモデルを作り出した。そして次の節でそのモデルと航空機用オメガシステム用にそれがいかんしてプログラムされているかを述べる。

2. 航空機用オメガ伝搬モデル

A. 概 説

すでに示したようにオメガ信号の位相は送信機から受信機までの径路に沿った条件の極端に複雑な関数となる。しかしながら、世界中で集められたデータからは通常の場合には十分な精度で予測可能な簡単なモデルを作り出せることがわかっている。このモデルでは受信位相

は、径路にわたって位相速度 V_p の逆数を積分し、励磁位相と呼ばれる位相をこれに加えることによって算出される。そして、励磁位相は送信機における位相偏移を意味している。このモデルは形式上干渉の影響とか境界の不連続（陸地海のつなぎ目など）による影響を無視している。

$$\phi(\text{受信位相}) = \phi(\text{励磁位相}) + \int_T^R \frac{1}{V_p} ds$$

μ を波長の逆数として μ_0 をその公称値とし、

$$\Delta = \frac{\mu - \mu_0}{\mu_0}$$

とすれば、

$$\phi = \phi(\text{励磁位相}) + \mu_0 \int_T^R \Delta ds + \mu_0 \int_T^R ds$$

最後の項 $\mu_0 \int_T^R ds$ は丁度地球表面上の距離に公称波長の逆数倍したもので、便宜上「チャート値」と呼ばれ海軍水路部 (Naval Oceanographic Office) 発行のチャートにはこの値と位置の双曲線がプロットされている。ここで μ_0 は真空中での光速に 0.9974 倍した公称位相速度を使って得られるものである。

航空機用コンピュータにおいては $\int_T^R ds$ は地球球体に対する第1次近似を用いて数値的に評価される。

この予測モデルは Δ に対するモデルであり、この Δ は 0.01 ラジアンまたは約 60 マイルの積分区間にわたって、径路沿いに数値的に積分を行なって求める、積分結果には実際の径路長 $\int_T^R ds$ と積分ステップ数を考慮した補正ファクタが掛けられる。

このモデルはまた送信機の状態に関係する ϕ (励磁位相) についても予測を行なう。

Δ という量は次の形で書かれる。

$$\Delta = \sum_n (K_i + F \cdot DK_i) A_i$$

この形から、伝搬補正は先程述べた種々の因数を意味する独立項の和として書かれると推定される。これらの項目毎にインデックスが付けられ、 K_i および DK_i はデータから決まる定数である。 A_i は磁気緯度の関数である。地理上の因数である F という量は日変化関数と呼ばれ太陽天頂角 x と季節の関数である。もちろん定数の全ては周波数に関連がある。

B. 日変化関数 (Diurnal Function)

日変化関数 F を図2に示す。太陽天頂角 x は径路上のポイントの座標、日付、および時間から計算される。定数 $C(IS, F)$ はシーズンインデックス IS により記述されているとおり2週間毎に経験的に決定される。太陽が地平線下にあっても、電離層には日が当たっているので、過渡期は $\cos x$ のマイナスの値の時に発生すること、夜間においては $F=1$ であり、季節とは無関係であ

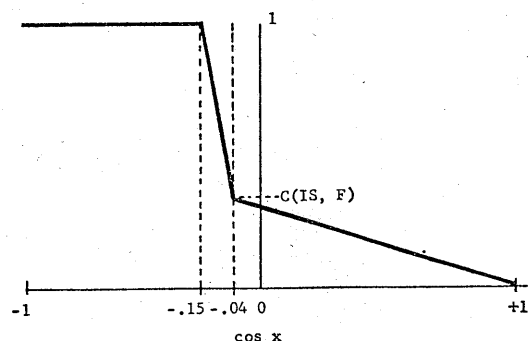


図2 日変化関数 $F(\cos x)$

ることに注意しなければならない。

C. モデルの構成項目

このモデルは現在表1に示されている7項目から成り立っている。

このモデルはもともとその構成項目数は少なく、利用データ数が多くなると項目の追加が行なわれる。

表1

i	項目名	定数 K_i は次の関数	地理上の因数 A_i
1.	導電率	導電率, 周波数	緯度, 経度の関数
2.	磁界	周波数	$\left(\frac{\pi}{2} - \phi \right)^3 \sin \theta$
3.	夜間磁界	"	$\left(\frac{\pi}{2} - \phi \right)^3 \cos 2\theta$
4.	昼間磁界	"	$\left(\frac{\pi}{2} - \phi \right)^3 \cos 2\theta$
5.	夜間緯度	"	$ \phi $
6.	昼間緯度	"	$\left(\frac{\pi}{2} - \phi \right)^3$
7.	オーロラ	"	$ \phi $ の関数

ϕ : 磁界緯度

θ : 径路と磁界間の角度

磁界項は磁界の作用を、またオーロラ項はオーロラ帯における異常伝搬を説明するためのものであり、オーロラ帯域外では地理上の因数は零であるが、オーロラ帯域内では ϕ の2次式である一連の多項式として表示される。この近似式はスワンソンモデルにおいて指数項の使用をさけたものである。導電率の項は表からその位置の導電率を調べることににより求める。

この表は $5^\circ \times 5^\circ$ の区域内の数量化した導電率の世界地図から構成されており、また、この区域内の導電率として、その平均値が表示されている。導電率のレベルとして16段階使用されており、適用範囲は公海から永久氷結地帯 (forma frost) まで及んでおり、これらの各々に対し、また各周波数に対して、 K および dK がコンビ

ュータメモリに貯えられている。これらの地図は海洋部がほとんどであるため、非常に簡単にはなるが、この導電率表の地図の使用枚数は、實際上、航空機用コンピュータのメモリで制限される。

結局、このモデルにおいては、 ϕ (励磁位相) は、同様に次のように表わされる。

$$\phi(\text{励磁位相}) = K_0 + F \cdot DK_0$$

ここで K_0 と DK_0 は周波数の関数である。

D. 余剰データの使用

たとえ、モデルが完全であるとしても、そのモデルで予測できるのは、そのモデルで決まる名目上の伝搬動作だけであって、ある特定の日の、特定の径路における伝搬条件は、そのモデルの名目上の条件とは異なるし、そのため、その予測には誤差が生じることになる。例えば、昼間における伝搬は太陽活動が弱くて、D層が通常より高い場合には、夜間の伝搬と似てくるし、また、夜間においても、宇宙線雨が通常と異なっておれば、D層電離層の高さも一般的な 90 km ではなく 87 km とか 93 km であるかも知れない。残念な事に、モデルから求めた名目値からのズレを予測する方法はなく、更にモデルは図3に示すように、それ自身が単なる近似であり、平均動作を示すにすぎない。だが、もし航海者が自分自身の位置に関する幾つかの情報源をもってれば予測モデルに対し補正項を付加することは可能となる。そして、この補正値が一定値である場合か、またはその変化が予測できる場合には、ある時間、この情報を使ってその誤差に対するモデルの補正を行なう。信号を4局から受信すれば、そのうちの3信号からはほとんど一点で正

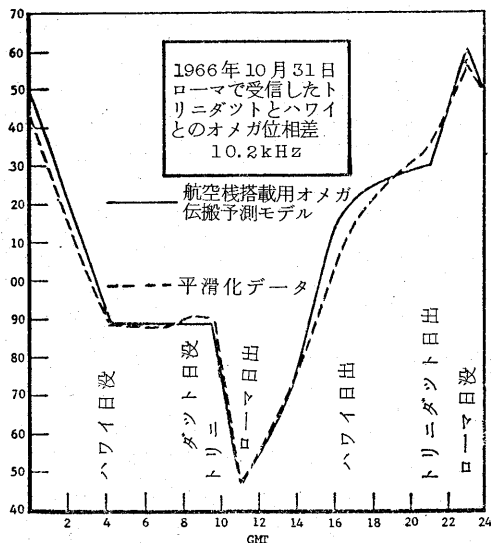


図3 データと予測との比較例

確に交叉する位置の線 (LOP) が得られるのに対し、4番目の信号からの位置の線はいくらかのズレが考えられ、このズレがなくなるように補正を行なうことにより、問題の径路上の信号の相関時間できまるある時間に対して補正を行なうことが可能である。余分なデータが多くあれば、明らかに、この余剰データを使って、伝搬モデルをその誤差に対し補正することができる。これら全てを処理する系統的方法としてカルマンフィルタが使用される。

これは AN/ARN-99 航空機用オメガシステムの一部であり、カルマンフィルタではシステムの状態を表わすのに状態ベクトルが使われ、4個のエレメントで位置と速度 (北および東) の誤差を表わし、2個のエレメントでクロック基準時間とそれから派生したものの誤差を表わす。これらに対し、 p_1, p_2, p_3 と呼ばれる3個のエレメントが伝搬モデルの誤差を表わすために加えられており、現在のモデルにおいては図4に示される日変化関数のモデルから求まる名目値からのずれを表わすのに使用されている。 $p_1=p_2=p_3=0$ の時結果はモデル値になる。条件がモデルからはずれるとフィルタが p_1, p_2, p_3 を作り出して、最適な位置を与える。

p の行列要素は伝搬を予測する際作られ、 p の値とカルマンフィルタの式で必要となる位置誤差の値とを結びつけるために使用される。その他、カルマンフィルタは伝搬予測誤差の分散も必要とする、経験的にある径路条件は他の径路条件にくらべて殆んど予測できないことが分っている。もちろんシステムの状態ベクトルを更新する際、同様の径路条件の時には測定を行わずにすますことは有益な事である。このことは径路および測定毎に予測誤差を求め、カルマンフィルタにより測定に応じて重みづけを行なうことにより達成できる。

現在のモデルにおいては、高次モードの存在を見込むことにより予測モデルの信頼性を高めており、この方法

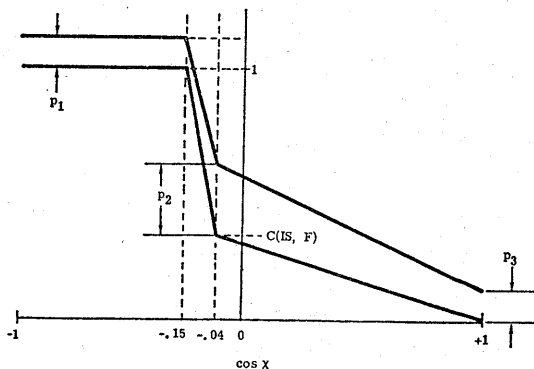


図4 日変化関数についての状態変数 p_1, p_2, p_3 の作用

によると、昼夜間の過渡期における降下作用も説明できる。また、受信機が送信局に近すぎてこのモデルが適用できない時には、その受信機からの測定は無視する。

4. 議 論

2節で述べた伝搬予測ルーチンはトラッキングフィルタにより測定が行なわれている間はその期間中使用される。だから8局全てから（非常に有り得ない事だが）、また、3周波全てに渡って測定が行なわれれば、このルーチンは10秒のオメガ信号に24倍した期間適用されることになる。実際には、このオメガ信号の受信はこれより減って、伝搬ルーチンは受信の都度使用される。その結果、測定毎にカルマンフィルタにより伝搬補正誤差要素 (p_1, p_2, p_3) を含む更新された状態ベクトルが作られる。

以上の方法を使って、飛行テストを行ない航空機の最適な位置を求めたところ、昼間1マイル、夜間2マイル以内の精度を有することが示された。また、伝搬予測誤差を別の方法により処理することも考えられているが、伝搬に係する時間、究間、周波数についての知識が深まれば、もっと高精度の新しくて良好なモデルが得られよう。

現在 NEL では広範囲に渡ってモニタ局網からデータ収集しており、この伝搬予測モデルについてもまた改善されていくはずである。

追記

著者は NELC のエリックスワンソン氏およびノースロップ社のハル、サミュエルソン氏からのご助力に対し感謝の意を表します。

電波航法研究会昭和47年度決算報告および昭和48年度予算

項 目	47 年 度 決算金額	摘 要	48 年 度 予 算	項 目	47 年 度 決算金額	摘 要	48 年 度 予 算
収 入 の 部	前年度より繰	372,506	27,462	支 出 の 部	会 議 費	62,360 (78,000)	96,000
	会 費	488,500 (478,000)	960,500		資 料 費	0 (10,000)	10,000
	雑 収 入	55,569 (160,000)	100,000		会誌出版費	718,095 (700,000)	「電波航法」 第14, 15号 632,965円 原稿料外 85,130
	広 告 料	97,000 (50,000)	100,000		庶 務	63,600 (33,000)	50,000
	銀行利子	11,257 (5,000)	100,000		編 集	20,000 (40,000)	33,000
					会 計	21,540 (32,000)	30,000
					謝 金	51,000 (54,000)	会長 10,000円 副会長 7,000×2名 企画幹事 3,000×6 編集幹事 1,000×7 会計監査 1,000×2
					通信交通費	60,775 (35,000)	35,000
	計	1,024,832 (1,065,506)	1,197,962		予 備 費	0 (83,506)	21,962
					次期繰越金	27,462	0
					計	1,024,832 (1,065,506)	1,197,962

決算金額の () 内は予算額を示す。

べるげん丸同乗記

東京商船大学* 茂 在 寅 男

Navigation Report on board the Bergen-maru

Tokyo University of Merchantile Marine*

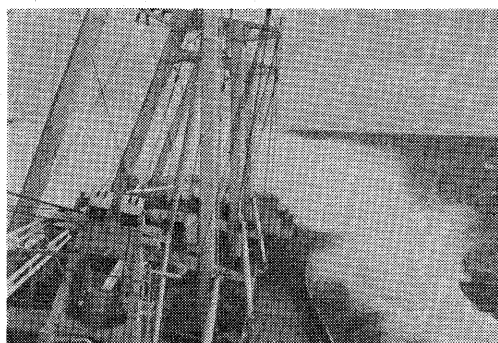
Torao MOZAI

1. 南米行きの夢

日本無線株式会社で開発した「ハイブリッド航法装置」は、オメガと推測船位計算装置の組合せによるハイブリッドであり、そのオメガ受信方式が全自動で、しかも SWC (空間波修正) もコンピュータで行なうという。それならば老境に入った私でも観測は続けられるであろう。それに、近々全世界8局のオメガ送信局が完備するとあれば、いやでもオメガは私達の身近かなものとならざるを得ない。この際洋上実験を買って出よう、という気になったのがスタート。

さて行くならば、季節は冬であるし、この際南半球へ行くのが最も都合がよい。オメガの受信には、アメリカ沿岸がこの航路上にあるので、大体の観測目的はパナマへ行くまでに達せられるだろう。私自身は更にパナマを越えて南米へ行き、オメガの受信の限界もきわめられるし、なによりも南米は私にとってはじめてである。楽しさが一杯のような気がしてならない。私は今までに南洋やハワイ、あるいは東南アジア、ヨーロッパと、航海の経験は多い。さらに飛行機による海外旅行もそれにおとらず数多い。しかしながらチャンスは未だ与えられずして、南米への航海は一度もない。真実、南米行きは魅力だった。

南米航路といえば大阪商船三井船舶。早速訪問して御協力をお願いすると、同社では極めて好意的にこの企画に協力を約束してくれた。乗船は72年12月3日発の武蔵山丸と決定。私達は10月半ばからあらゆる準備をはじめた。日本無線では、ハイブリッド航法装置を武蔵山丸に積み込むための準備、私は正直のところ泥縄式にスペイン語の勉強を始めていた、実際、心はもう南米の港々、マラカイボ・レンフェ・サルパドル・リオデジャネイロ・モンテビデオ・ブエノスアイレスへと飛んで行なって



大西洋で、シケにあえぐ「べるげん丸」

しまっていた。

ところが予期しない問題が起こってしまった。武蔵山丸は旧型の船で電源が出力不十分で実験には適さない、というのだ。その代りになるものとしては、12月5日発で南ヨーロッパへ行く地中海航路の「べるげん丸」ではどうか、ということになったのだ。私は少々ガッカリした。南米の夢はこれで消えたのだから。しかし私は心の中で自ら慰めた。「ぜいたくいってはいけないよ。南米へ行けぬかわりにスペイン・ポルトガルの本国へ行けるではないか」と。

こうして準備が大体ととのった頃、もう一つの問題が起きた。この旅行に出発する直前にオーストラリア・ニュージーランドへ飛んでくれという話が別なルートから持ち上がって来たのだ。確かに、時間的には行けぬことはないが、これは少々大ごとだと思った。紆余曲折あって、結局私はオーストラリア・ニュージーランドへ3週間の旅に出かけたのだ。それも無事に済んで、日本へ帰って10日間にして私は「べるげん丸」船上の人となったのである。

* 東京都江東区越中島 2-1-6 (No. 1-6, 2-chome, Etchuyujima, Koto-ku, Tokyo)

2. ベルヌーイの脅威

出帆の前日、私は大阪商船三井船舶の神戸支店へ挨拶に行った。船は神戸から出帆だったからである。同乗する日本無線の北条氏と山岡氏も一緒だった。そこでの話は徹頭徹尾、北太平洋の冬の航海の厳しさに終始した。

「べるげん丸は特に揺れるんですよ。他の船の比ではありません。特に今回は1年中で一番海がしける冬の期の航海です。冬の北太平洋のすごさはお話以上です。かりふおるにあ丸やぼりばあ丸が大波で沈没したのも当然かも知れませんよ。日本の山脈の峯を越えて、日本海側からの強い北西風が、野島崎沖へ吹きおろされてくるんですよ。学理的にはベルヌーイの定理で説明される話でしょう。私はこれを一発大波と呼んでいるんです。ブリッジから見ていると、海面に完全な断崖が出来てしまって、その高さが1万トンの船のブリッジから見ても見上げる程の高さなんです。もうダメダッ!と思わず目をつむったですよ。……」

聞いただけで船酔い起きるような話が、それ以外の話題なしに長く続いたので、初めて船に乗る北条氏と山岡氏とはすっかりクタクタ。僕はなぐさめようもなく、

「心配するなよ、僕が一番船には弱いんだから、僕よりひどくなることなんてない訳だから……」

というよりほかに、気を引き立たせる方法もなかった次第。

事実、180°線まではなんとか追風々々で順調に進んだべるげん丸だったが、順調に気を良くして北へのぼり過ぎたきらいもあり、真冬の北太平洋航海としては、北緯39度は限界だったようだ。180°線を通じたとたんに、大低気圧に襲われ、船は揺れる揺れる。1万トンの船なんて、太平洋の大波の前には全く木の葉のよう。暗箱の中へ入れられて転がされるような揺れ方だ。さすがに私も気分が悪く何回かの食事を抜かざるを得なかったのは残念。幸にして、かんじんのオメガ受信装置だけは一応順調に作動を継続。その実験の結果については別な稿で発表した通りである。

3. 人工衛星と出会う

この船体の動揺、すなわち低気圧との出会いは、全く徹底的に続いて、太平洋ではロスアンゼルスがレーダに入るまで、全く1日の休みもなく続いた。大圏航路では、この付近からはアメリカ沿岸とはほぼ平行に南下する針路になる。こうして海の様相がはじめて南洋らしくなり、色も美しくおだやかになったのは、出帆後15日たった12月8日。この日の朝4時に起きて、私達は初めて南十字星を見たのであった。この日にはいろいろと変化あ

ることが起こり、朝5時40分頃、東の空がかすかに白みを帯びて来たとき、空を仰いで語り合っていた私達の目に、突如人工衛星が見えた。それは何時までも流れて消えない流れ星のような速さで、同じ光力のまま、多くの星の間を一定の速力を保ったまま、2等星位に光って西から東へ向って飛んで行った。私達は初めて肉眼で見えるおどろきに、アレよアレよと目を見張った。

しかし静かだったのはこの日1日だけだった。明るる12月19日、すなわち第16日目には、有名な、ガルフォ・デ・テファン・テベックに差しかかり、北東風の山越えの強風に襲われたのだった。椅子は吹っ飛ばわ、本は飛び散るわで、まともに立つこともできない始末。これが朝4時から昼まで続いた。いわめるベルヌーイの定理の中米版といった所だ。

いく分でも静かになった所で、私は、オスローにおけるIFACとIFIPの国際シンポジウムへ提出する論文の英訳を急がねばならなかった。この船がパナマに入港した時に発送しなければ期間切れになる。この作業が深夜過ぎまで続いた。終ってブリッジに上がってセカンドオフィサーと深夜当直中をつきあう。さらにニンニクのたっぷりきいたラーメンの夜食を腹一杯たべて床についたのは、かれこれ5時を回っていたろう。明けて12月21日午後3時にはパナマに無事到着。

パナマでは治安が悪く、日本人は特にねらわれておそれられるという。1人で歩くのは危険、3人位でも相手は6人位になっておそって来るという。それでもわれわれは一応上陸の楽しみを味わった。



マルセイユにて、フランス国立研究所のジェッセル博士(音波)、電通大熊本教授と共に

4. 語れない楽しさ

さて、大西洋の航海も、パナマを出てほんの1両日だけが平穏。あとは連続のシケ。やっとジブラルタル通過の1日だけが静か。そして地中海。地図から見ても地中海は瀬戸内海と同じように考えるのが人情。ところがどうして、その予想は完全にうらぎられて、ここでまた徹底的にシケられ、1973年1月1日を祝うオトソもかろうじてノドを通る始末。1月2日にマルセイユに到着したときは全くフラフラ。

オメガ受信の実験は一応ここで終了。北条氏と山岡氏はここで下船、私だけがあとに残って少々淋しくなる。ここでは電通大の鈴木務氏がアレンジしてくれたために、同大学の先生で留学中の熊本先生と、彼を指導してくれているフランス国立研究所のジセッセル博士とに歓迎された。

続いてマルセイユからジェノアへ行き、スペインのバルセロナ、バレンシア、アルヘiras、そしてリスボンへと、ここだけは楽しい楽しい港々の訪問が続いた。もっともアルヘirasからリスボンへ行くときなどは、最後のとどめをさされる程の大シケに見舞われた。新聞報道によれば、25年来の大シケで、20隻以上の船が遭難沈没だったとか。それにもかかわらず、イタリアもスペインもポルトガルも、それは楽しくて楽しくて忘れられな



スペインのバルセロナの土産物屋で

い思い出で一杯になった。しかし、「電波航法」という真面目な本誌にその話を披露する訳にも行かないので、ここでは割愛しよう。いずれお話するチャンスを待つことにして筆をおきます。

最後に、上記の方々のほか、大阪商船三井船舶の関係者の各位、べるげん丸乗組みの方々、その他多くの方々の御厚意に対し、紙上をもって御礼を申し上げます。

昭和48年度事業計画

1. 調査研究

- (1) 電子航法と船舶の自動化の調査研究
- (2) オメガ航法の調査研究
- (3) 衛星航法の調査研究
- (4) 衝突防止装置の調査研究
- (5) 船舶の事故防止のための電子技術の調査研究
- (6) 狭水道電子航法装置の調査研究
- (7) 海洋工学と電子応用の調査研究
- (8) 諸外国における電子航法の調査
- (9) レーダ技術基準の検討

(10) その他

2. 出版、資料頒布

- (1) 会誌「電波航法」第16号、第17号の発行
- (2) 内外の資料の頒布
- (3) 電子航法関係図書の編集

3. 研究会

原則として年6回開催する。

4. 見学会

秋に実施の予定。

サンフランシスコ湾の海上交通管制システム

東京商船大学* 杉 崎 昭 生

The Vessel Traffic Control System at San Francisco Bay

Tokyo University of Merchantile Marine*

Akio SUGIZAKI

1. はじめに

サンフランシスコ（以下では SF と略記することとする）では、海上交通管制という名前がつくシステムができる以前に、船舶対船舶、船舶対パイロット、あるいは船舶対陸上機関との間で、船舶の移動に関する情報の授受が行なわれていた。これは主として衝突事故の防止と必要ところに船舶の情報を提供し、能率のよい運航を計るといった目的をもっていた。このために、SF Marine Exchange, Harbor Adnisory Radar（以下では HAR と略記する）および VHF・FM 通信施設がもたれている。

SF は以前から Marine Exchange をもって SF 湾に入出する船舶の情報を広域にわたり収集、提供していたので、アメリカにおいて HAR を設置すべきであるとの動きが起きたとき、HAR の機能を十分発揮できるところとし第1候補地に指名され、最初に設置された実績をもっている。この SF に、今度（1973年1月）新しい海上交通を管制するシステムが導入されたのである。たまたまこのときにその状況を調査する機会をえたので、調査した内容の1部を紹介したい。

本論に入るまえに、概略的ではあるが、Marine Exchange と HAR について述べることにする（図1のSF付近図参照）いずれも SF 港の Pier 45 に設置されており、つぎのような機能をもっている。

まず HAR であるが、これが後述する SF の海上交通管制システムと同様、アメリカの Coast Guard が HAR の実験調査をするためにも SF に設置されたものであり、二つのレーダが主たる情報源となっている。この二つのレーダの設置は Yerba Buena Island と Point Bonita であり、それぞれの映像受持範囲は前者のが、Golden Gate Bridge より SF の湾内であり、後者のが Golden Gate Bridge の外側から灯船付近までとなっている。こ

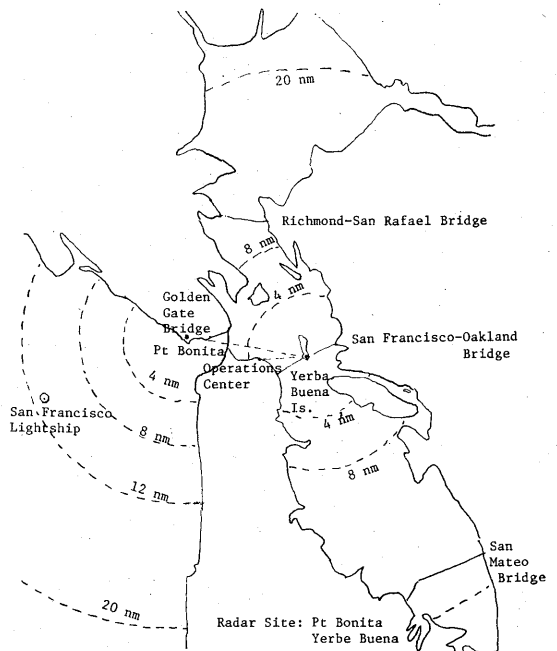


図1 San Francisco 付近図

のことは図1の円弧でほぼ示されている。Yerba Buena Is. と Point Bonita のレーダによるレーダ情報は Pier 45 にある Operation Center に送られて、処理がなされる。その処理内容は、まず小型船の除去を行ない、残りの船舶の映像から船位、移動方向、速力、停泊などの情報をとり出す、こととなっている。処理された映像と実際の船舶との対応は船舶（船長およびパイロット）からの報告によって行なわれているので、十分対応精度の高いものとなっている。

Marine Exchange は HAR の受持範囲外の船舶の移動情報を扱っている。そのため、Marine Exchange では

* 東京都江東区越中島 2-1-6 (No. 1-6, 2-chome, Etchuyujima, Koto-ku, Tokyo)

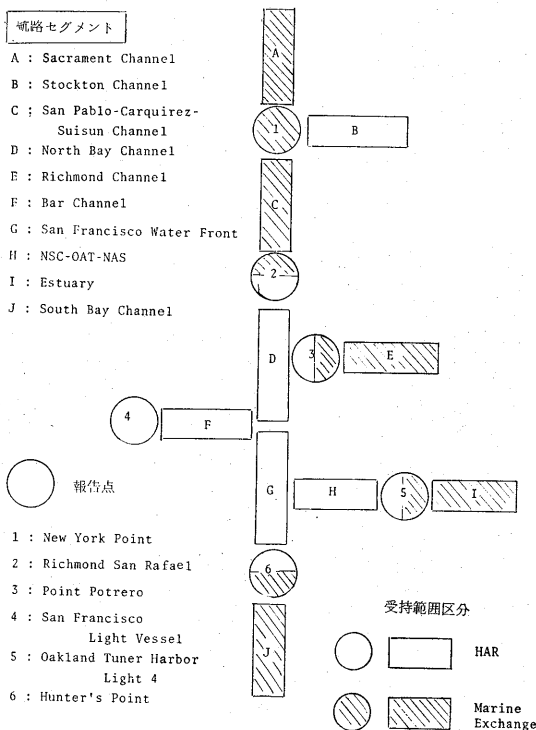


図2 HAR と Marine Exchange の受持範囲

船舶に対して情報の提供を求め、それを中心として船舶情報の収集をし、その保存および伝達を系統的に行なうようにしている。まず対象海域を図2に示すように、HAR と Marine Exchange の受持ち範囲にわけ、さらに航路セグメントと報告点からそれぞれが構成されている。

船舶は報告点 (San Francisco Light Vessel, Point Potrero, Richmond San Rafael Bridge, Oakland Inner Harbor Light 4, New York Point および Hunter's Point の6箇所) を通過するときはその移動状況を報告するよう要求されており、これに加えて出港および入港のときにも要求されている。このときの情報の内容は、船名、出発地、到達地、通過地、出発時刻、到達時刻、通過時刻、位置、目的地その他必要なものとなっている。

このようにして集められた情報を Marine Exchange では、つぎのように処理している。すなわち1船について一つのタイル (札) をあて、これを航路セグメントに対応させたタイル架にかけたり、移動させたりすることで、時々刻々の変化に対応した船舶の移動を表現している。これを見て、航路全体の海上交通状況を判断し、逆に船舶に提供する情報をとり出している。

HAR と Marine Exchange と通信によって、一見うまくいっていたかに見えた上述のシステムは、1969年に

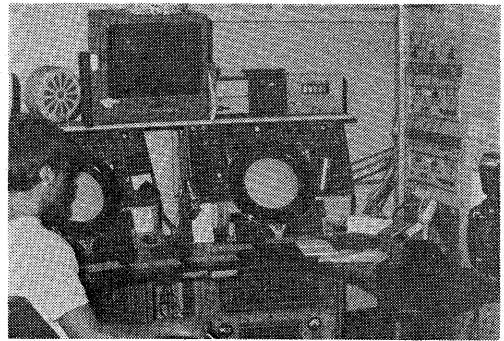


図3 HAR

発生したタンカーの衝突事故が契機となって、大きく変化して、電子計算機を含む海上交通管制の基本的なものへと進んでいき、1973年1月からその実施がなされた。SFでのこのシステムは、船舶交通システム (VTS と以下では略記する) とよばれており、ここで有効となれば、アメリカ国内での主要港にも適用するといった、いわばパイロット・システムとしての役割をもたされているものである。

なお図3はHARの運用中の装置を示している。これはPier 45に設置されていたものである。

2. 海上交通管制システムの現状

2.1 セパレーション・スキーム (分離航路)

管制を実施するための基本となるものは、どのような航路体系を航路空間につくるかということである。SFでも十分このことの研究調査が行なわれ、現状の交通流を大きく変更しないでしかも航路の機能が十分発揮できる航路体系をつくった。これが図4に示されている分離航路となっている。図4に至るまでには、さまざまな計画が出されたが、結局のところ、船舶の運航者にも十分理解されるこの案に落ちついたようである。

図で示されているとおり、航路全体は、交通レーン、警戒区域 (Precautionary Area)、レクリエーション区域、制限交通区域および泊地から構成されている。交通レーンは矢印で示す方向のみに船舶が通航できる区域であり、警戒区域は二つ以上の交通レーンが集まる区域で図ではAと印されたところである。レクリエーション区域は図でBと記されたところで、主としてヨットなどのレジャー用の船艇の回遊するところであり、ここでは300総トン以上の船舶が特別の事情がなければ入ってはならない区域である。制限交通区域は300総トン以上の船舶はVTSの指示でのみ航過できる区域となっている。

このように航路はそれぞれ意味のもった区域にわけられ、そこでの船舶の行動をできるだけ均一のものにして

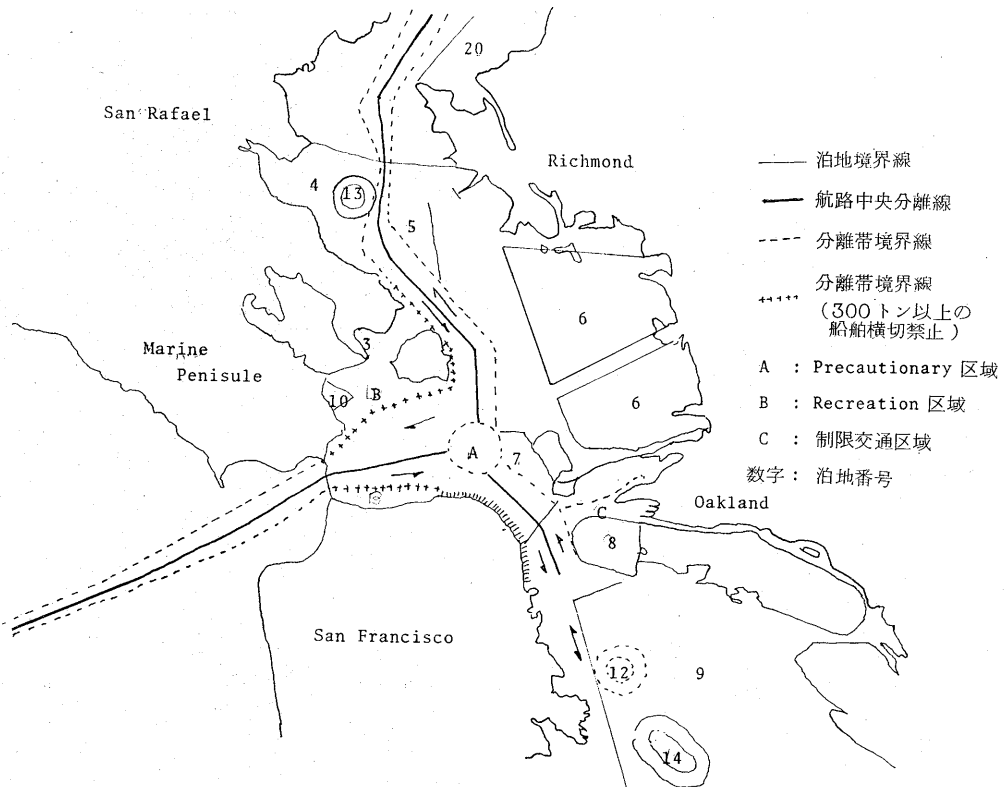


図 4 Separation Scheme

いくことがもくろまれており、かなり有望とされているものである。

2.2 VTS の現状

VTS は基本的には HAR と Marine Exchange のも

つ機能と同じ機能をもっているものであるが、ここで用いられている HAR は New HAR といわれるもので、電子計算機の導入がなされている。それまでの HAR は 1972年12月をもってその役割を閉じ、VTS は1973年1

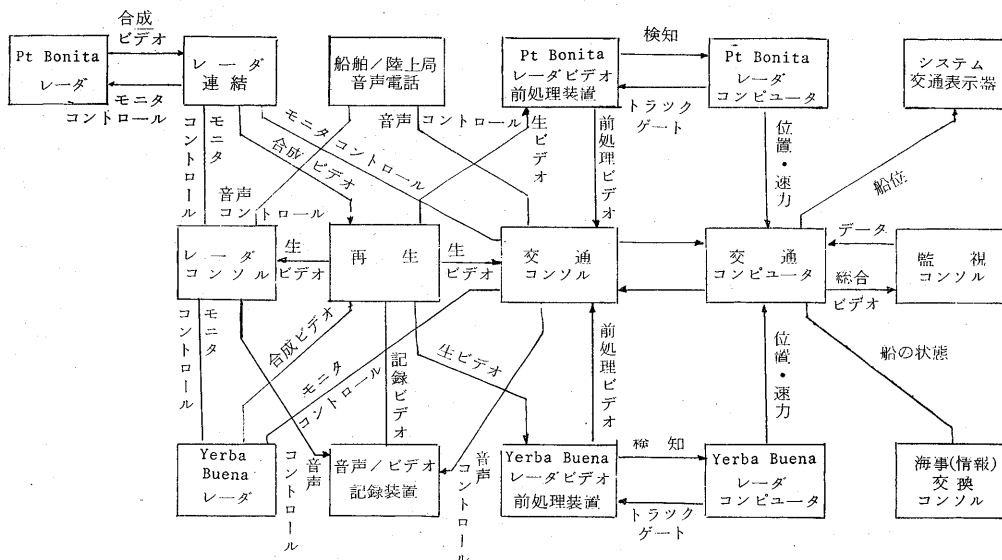


図 5 VTS の機能ブロック図

月から実施され始めた。VTS は Pier 45 にあったまへのシステムと異なり、Yerba Buena 島に設置されており、その機能のブロック図は図 5 に示すとおりである。図からわかるとおり、Pt. Bonita および Yerba Buena Is. に設置されたレーダによってえられた航路内の情報を、いずれも、Yerba Buena Is. に集め、これをコンソルに映し出したり、あるいはこれらの情報を電子計算機処理が可能となるようにビデオ処理させて電子計算機の入力し、これによって船舶を電子計算機に認識し、処理して、位置とか速力など行動に関係する情報を電子計算機内で管理している。したがってあるときはそのままの交通法を電子計算機の仲介で表示したり、あるいは一部分を詳細に示したり、数値データを表示したりすることができ、またそれが現実にされている。

Yerba Buena Is. には VTS の Operation センターがあるが、そこには HAR のほかに、図 4 に示すほとんどの機能があり、処理室と表示室（監視室）とに分けて設置されている。処理室にはビデオ前処理装置や電子計算機などが配置されている。図 6 はそのうちの交通電子計算機を示したものである。この図からここでの電子計算機は DPP-516 が用いられていることがわかる。表示室には図 7 に示すような表示装置が入れられているが、このうち 1973 年 1 月現在では、8 のレーダ・モニター/コントロールのラックより左の部分のみが装備され

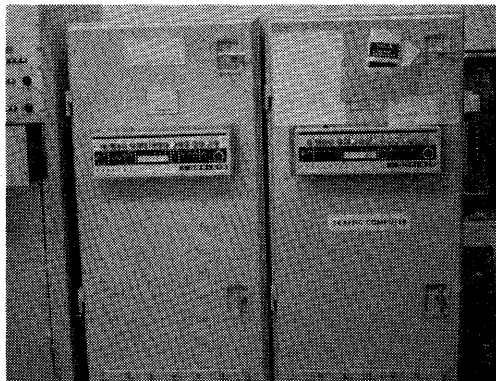
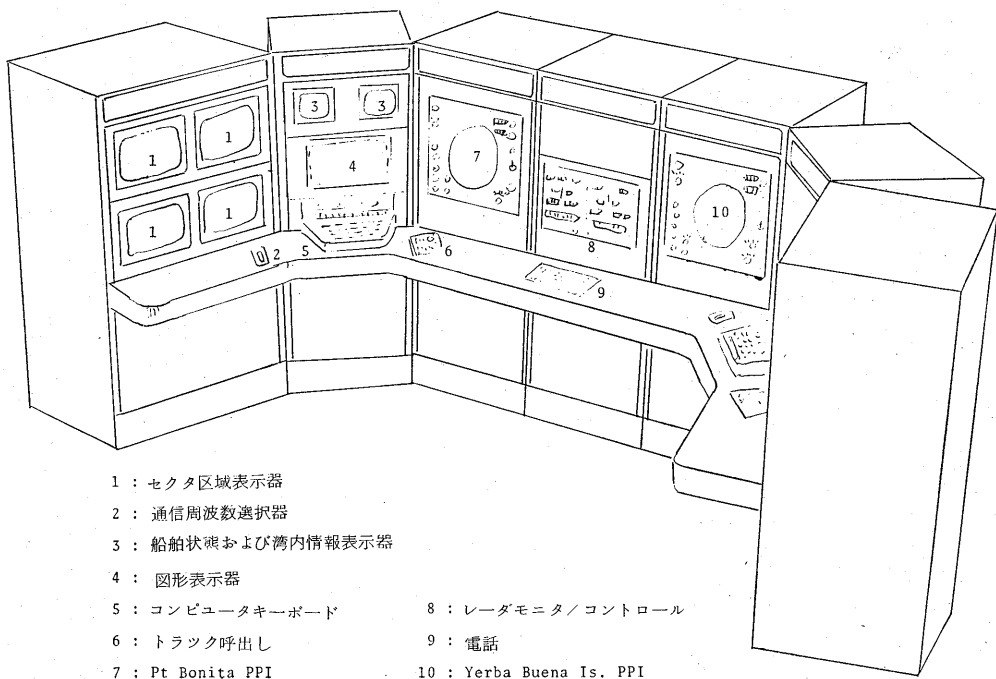


図 6 VTS の電子計算機

ており、残りの部分は後日システムが拡充されるに伴ない設置されるところであった。現在設置された表示装置は図 8 に示すとおりである。これらの図を用いて表示装置の内容を説明するとつぎのとおりとなる。図 7 の数字を用いて主なるものを説明すると、7 と 10 が Pt. Bonita および Yerba Buena Is. の HAR の PPI で、現在のところ 7 のみが使用されていることから、7 に Yerba Buena Is. での PPI が映し出されている。図 9 に実験段階でとられた Yerba Buena Is の PPI 写真である。

1 は PPI で表示された航路の部分々々を別々に表示



- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 1 : セクタ区域表示器 | 8 : レーダモニター/コントロール |
| 2 : 通信周波数選択器 | 9 : 電話 |
| 3 : 船舶状態および湾内情報表示器 | 10 : Yerba Buena Is. PPI |
| 4 : 図形表示器 | |
| 5 : コンピュータキーボード | |
| 6 : トラック呼出し | |
| 7 : Pt Bonita PPI | |

図 7 表示装置完成予想図

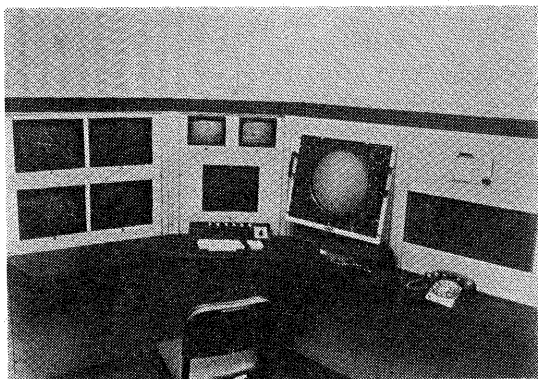


図 8 表示装置

するための表示器で、1度で4個所が同時に表示できるものである。4は図形表示器で電子計算機で処理されたものを表示するのに用いている。その1個として図10に示されたSF湾の1部をあげておく。ここではすべてレーダ情報は電子計算機で処理されたもので、交通レーン、岸線をはじめ、航路標識や船舶の表示がわかりやすい形で作されている。本当なら図8のような写真がよいのであるが、はっきりしないので、手書きのものを図10は示している。なお図9でわかるとおり、船舶で数値データのほしいものは、これを補足し、四角印で示し、この船舶についてのデータが図形外に表示されることとなる。たとえばCPAまでの距離とか航過予定時間なども容易に表わすことができる。

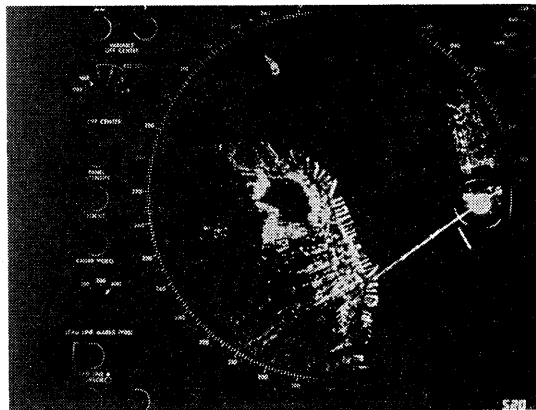


図 9 Yerba Buena の PPI

現在 VTS は 5 人 1 組のチームにより当直が行なわれており、そのうちの 1 人が全体の監督をし、SF への接近、主航路、HAR の範囲外の区域に各 1 人の担当者がつき、さらに VHF 通信の担当者が 1 人となっている。1 チームの当直時間は 12 時間であり、レーダの監視が 2 時間以上とならないように適当に交替をし、適当に休憩をとるように配慮されている。また 1 個所が忙しくなると 2 人が一つの仕事につくようにしている。この例としては VHF 通信があげられる。このような仕事の配置だとすべてのメンバーはあらゆる仕事（オペレーション）をこなせるようになっていなければならない。

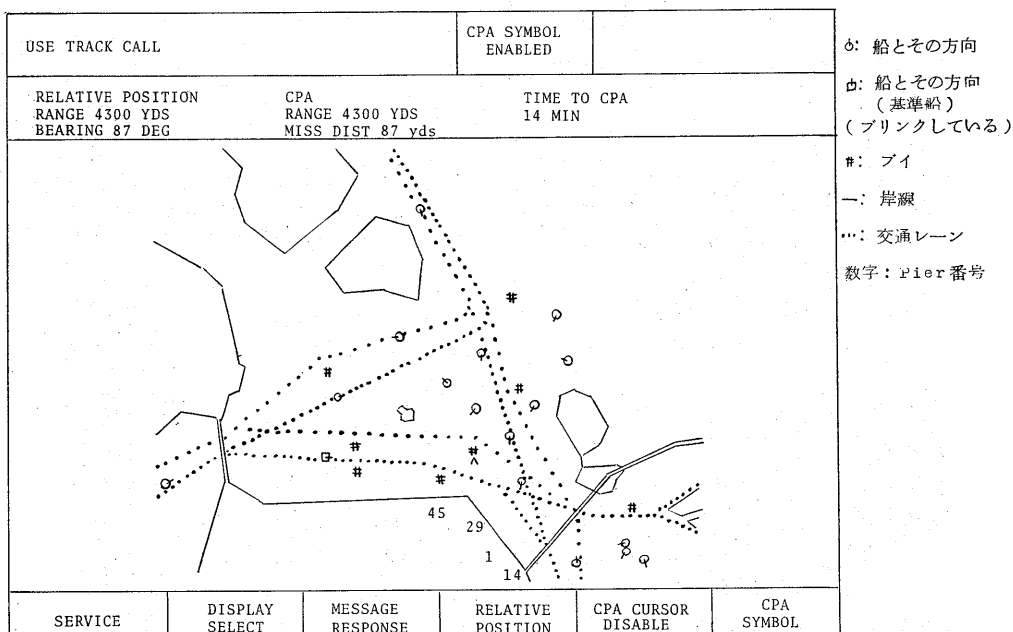


図 10 図形表示装置の実際例

3. システムの全体計画

SF の海上交通管制システムはその実施計画を表1のように立て、しだいに内容を高度なものとしていくことが明らかにされている。各フェイズごとの機能の概略はつぎのとおりとなる。

表1 システムの実施計画

フェイズ	実施(開始) 予定時期
1	
1A	1972年1月
2	
2A	1973年1月
3	1973年1月
4	1973年6月
5	1973年8月
完成事定	1974年7月

3.1 フェイズ 1

HAR で Pier 45 で運用されているもので、マイクロウェイおよび音声の連結がなされている。

3.2 フェイズ 1A

フェイズ1に加えて通信装置に冗長度をもたせて、通信の信頼性を改善した段階である。これはある程度実用を中心に考えられてきている。したがって管理も研究開発部門から実用部門に移されてきている。

3.3 フェイズ 2

Yerba Buena Is. にある VTC ですべてのものがオペレートされるもので、実験的段階である。ここではいわゆる New HAR が導入されている。

3.4 フェイズ 2A

主としてレーダの機能の向上がなされている。高感度(小型船の補足可能)、長距離の有効範囲、海面反射の減少、PPI半径の5倍のオフセンタ機能(広範囲の表示可能、陸線あるいは交通レーンの概略の表示可能、レーダ映像の記録などが付加されたレーダ機能としてあげられるものである。また船舶移動報告の通信機能の拡張もこの段階で考えられている。

3.5 フェイズ 3

フェイズ2Aに加えて、電子計算機が導入された段階である。この段階では、レーダによる自検出、補足および追尾、相対位置 CPA、レーンセグメント出合いの解析、レーン逸脱解析と警報、衝突予測、船舶移動情報の記憶、表示装置での合成ビデオ表示などが電子計算機の助けで行なわれる。しかしフェイズ2Aの全機能はそこなわれていない。

3.6 フェイズ 4

フェイズ3の機能に加えて、輻輳警報、乗揚警報、浮標および錨泊船漂流警報、電子計算機使用日誌、レーン変向情報、到達および出港リスト、航路標識の故障表示、航海障害、気象および潮汐データ、重大事故データ掃出し、訓練のためのシミュレーション機能などが拡張されている。なおフェイズ3および4の段階で必要とされる電子計算機ソフトウェア一覧は表2にあるとおりである。

表2 電子計算機ソフトウェア

フェイズ 3	フェイズ 4
1. レーダ 自動探知 自動補足 自動追尾	1. 危険場所輻輳解析 2. 乗揚げ警報 3. 浮標/錨泊船漂流警報
2. 相対位置計算	4. 電子計算機データログ
3. CPA 解析	5. レーン変向情報
4. レーンセグメント出合い解析	6. 到着/出港リスティン グ
5. 自動レーン逸脱警報	7. 航路標識の状態リス ティン グ
6. 自動衝突警報	8. 航海の障害リスティ ン グ
7. 船舶データ保存と呼出し	9. 気象・潮汐データ
8. 船舶状態表示	10. 重大事故データ掃出し
9. 地図線描	
10. 表示装置用記号表示	

3.7 フェイズ 5

フェイズ3および4の機能が実用に入る段階であり、電子計算機によるオペレーションでの信頼性や冗長性の欠如が問題となるが、これらを電子計算機の機能拡張、診断プログラムなどにより解決していこうとしている。

4. む す び

SF の VTS を中心に話を進めてきたが、ここで問題とすることは、システムのもつ欠点はここではふれないこととすればやはり SF のような比較的船舶の少ないところでパイロットシステムを実施したことである。したがって日本においてこのシステムがどの程度役立つかはわからないが、少くとも段階をおってレベルを上げていくことが示唆されていると考えてよいだろう。

なおアメリカのコーストガードがこれに費した金額は、基本構成の二つのレーダー通信装置およびこれらのスタンバイシステムでほぼ350万ドル、三つの電子計算機で約300万ドルとなっており、その周辺を合わせるとほぼ1,000万ドルにもなったようである。

日本において海上交通管制システムがかなりの方面で興味をもたれているときに、この紹介が何らかの後にたてばと念じている。

新製品紹介

Introduction of New Products

IHI-DATA BRIDGE システムの概要

石川島播磨重工業株式会社*

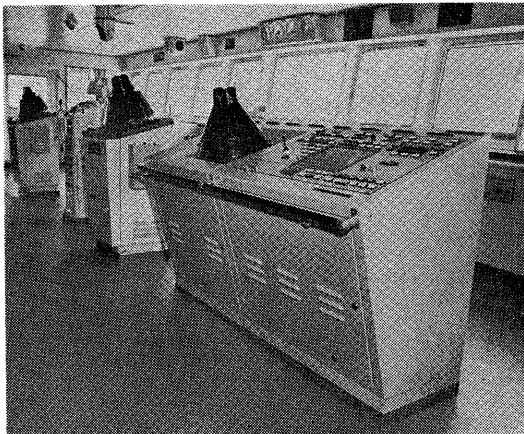
Outlines of IHI-Data Bridge System

Ishikawazima Harima Heavy Industries Co., Ltd.*

1. はじめに

最近の大型船、高速船および高価な船の増加に伴い、よりよい航法装置の必要性が増大しています。IHI-Data Bridge はこのような要求のもとに船舶の安全性の向上、運航コストの低減および船内作業の軽減を目的に開発されたコンピュータ利用の総合航法システムです。

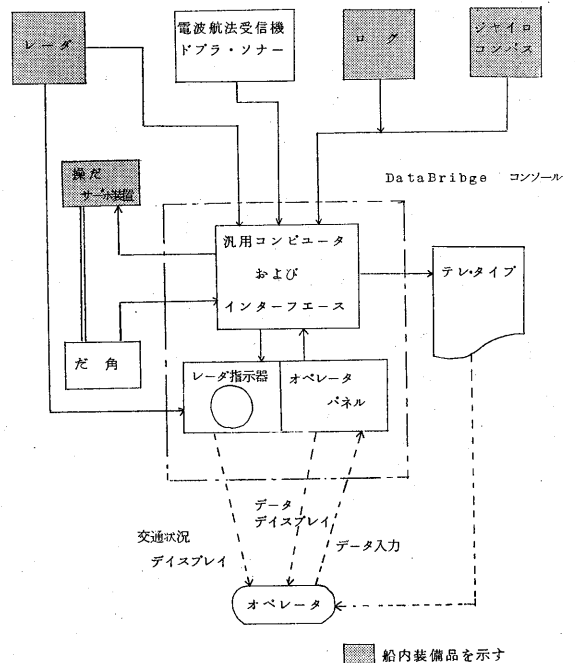
本システムは、機能単位のモジュール化が十分はかられていますので、航路にあわせて自由にサブ・システムを組合せ、最適な航法システムを構成することができます。



第1図 Data Bridge コンソール

2. システムの構成

IHI-Data Bridge システムは次のサブ・システムより構成されています。



第2図 Data Bridge のシステム構成図

- IHI-Data Bridge
 - Data Radar …… レーダによる衝突予防装置
 - Data Sailing
 - Data Sailing I …… ログ、ジャイロおよび天測を基本とした航法システム
 - Data Sailing II …… 電子航法受信器による自動航法システム
 - Data Pilot …… コンピュータ制御による自動操舵システム

* 東京都千代田区大手町 2-2-1 (No. 2-1, 2-chome, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo)

第1図にコンソールの外観を、第2図にシステム構成図を示します。

3.1 Data Raadr

Data Radar は、既設のレーダ、ログおよびジャイロからの信号をもとに、コンピュータを利用した衝突予防システムです。

Data Bridge コンソールに組込まれている16インチPPIに船内レーダと同一の映像を写し、その中にトラッキングしている各ターゲットのベクトルを重ね合わせ表示します。

諸機能は下記のとおり。

(1) 自動トラッキング

PPI上のターゲットを円形シンボルで指定(Joy-Stick レバー使用)して約60秒間ターゲットの情報を続込み、30分間後のターゲットの動きを予想しベクトル表示します。なお、15ターゲットまで自動トラッキングができます。

(2) ターゲット・データの表示

CPA (最接近距離)/TCPA (最接近時間)

Bearing/Range

True course/True speed

(3) PPI の表示モード

True motion/Relative motion

North up/Head up

Centered/Off centered

True vector/Relative vector

(4) 警 報

衝突危険警報: トラッキングしているターゲットが今後30分以内に、あらかじめ設定しておいたCPAリミット内に接近する可能性がある場合、警報ブザーおよびランプが作動し、PPI上の該当ターゲットに四角のマークがつき点滅表示します。

トラッキング不能警報: トラッキングしているターゲットのエコーが弱すぎ、トラッキングが不可能となった場合、警報が作動します。(PPI上のマークは衝突危険警報に同じ)

(5) 操船シミュレーション

ある出合関係における避航操船を事前にシミュレートする場合非常に有効で、PPIの映像を観察しながら

ら手で本船の針路を変化させるものと、CPA設定値となる針路を自動的に計算し表示する方法の2種類があります。

3.2 Data Sailing

(1) Data Sailing I

ログおよびジャイロの信号によるDead reckoningを基本とし、次のデータを表示します。

- ・ 大圏コース
- ・ 漸長緯度コース
- ・ 目的地までの距離および時間
- ・ 変針点までの距離および時間

Data Pilot が装備されている場合は、コース信号が自動的にData Pilotへ転送されます。

(2) Data Sailing II

上記Data Sailing Iに電子航法受信器を結合したもので、自動的に船位測定およびドリフトの計算を行ない、Data Pilotに指令コースを出力するものです。電子航法受信器としては次の各装置と結合することができます。

- ・ 衛星航法 (NNSS) 受信器
- ・ Decca Navigator
- ・ Omega 受信器
- ・ ドブラ・ソナー・システム

3.3 Data Pilot

Data Pilot はコンピュータ制御によるAuto-Pilotであり、次の操作モードがあります。

(1) Rudder Control

このモードはフォロー・アップシステムで、在来のAuto-Pilotでは“HAND”モードに相当します。

(2) Manual Course

設定された針路になるよう舵を自動的に制御するモードで、在来のAuto-Pilotでは“Auto”に相当します。

(3) Data Sailing Course

Data Sailingにより計算されたコースに舵を制御するモードで、潮流、風などのドリフトを、自動的に修正したコースで航行することができます。

北辰・マグナボックスのドプラソナー

(株) 北辰電機製作所*

Hokushin-Magnavox Doppler Sonar

Hokushin Electric Works Ltd.*

今春、北辰電機は米国のマグナボックス社と航法システムについて技術提携致しました。今回は、その中のドプラソナーについてご紹介します。

1. HX-880 型ドプラソナードッキングシステム/ 船速ログ

このシステムは、①船橋用赤示器（艀の左舷—右舷方向の船速、艀—艀方向の船速、艀の左舷—右舷方向の船速、航程を表示する。また、両ウイング用として小形で手持型あり）。1個、②トランスデューサ（600 kHz、バルス方式、海底トラッキング範囲 0.3~30 m、外径 68 mm、他に、300 kHz、2.4~183 m、外径 300 mm あり）艀、艀に各1個装備、③電子ユニット1個で構成され、大形船のドッキング、港内区域等での操船の際の安全性を高めるのに効果的なシステムです。

測定範囲：艀—艀方向 0~38.00ノット、左舷—右舷方向 0~8.00 ノット。精度：0.01 ノットまたは 0.5% のいずれか大きい方。航程積算：0~7999.99 海里。なお、上記の海底トラッキング範囲を超える水深では、対水トラッキングに切換えられるようになっており、また、SAT. NAV. システム、レーダ、船舶の総合制御システム等に船速情報を入力する場合に用いるインターフェースユニットを完備しています。

2. MX-660 型ドプラソナーナビゲータ

データ処理装置を内蔵した精密ドプラソナーナビゲータで、183 m (300 kHz) または、394 m (150 kHz) 迄の水深で海底トラッキングし、船速と航程を計測し、それ以上の水深の海域では自動的に対水トラッキング（キール下 18.3 m の安定な海水層に対して）となり、対水速度と航程を計測します。

測定・表示のモード選択：

次の3種から選べます。

(1) 船の進行方向を基準として：

船速：艀/艀方向および左舷/右舷方向

航程：艀/艀方向および左舷/右舷方向

(2) 設定コースを基準として（対水モードでも可能）：

船速：設定コースに沿った成分およびそれに直角なコースに沿った成分

航程：設定コースに沿った成分およびそれに直角なコースに沿った成分

(3) 真北を基準として：

船速：N/S および E/W

航程：N/S および E/W

インターフェイスユニット：

ジャイロコンパス、航跡記録器、磁気テープ記録器、デジタル印字器、デジタル計算機、傾斜計等に対するものが完備しています。なお、海水温度による音速の補正付きです。

計測範囲：

船速：0~39.99ノット

航程：0~999.99 海里

分解能：

船速：0.01ノット

航程：0.001 海里

精度：

船速：フルスケールの 0.1% (0.2%/150 kHz)

航程：0.1% (海底トラッキング時；0.2%/150 kHz)
0.5% (対水トラッキング時、または 122 m 以上の海底トラッキング時、183 m 以上/150 kHz)

ドリフト：

9 m/時

3. MX-600 型ドプラソナー船速センサ

* 東京都大田区下丸子 3-30-1 (No. 30-1, 3-chome, Shimomaruko, Ota-ku, Tokyo)

上記の MX-660 型からデータ処理装置を除いたもので、トランスデューサとその信号をコンピュータに接続可能とするインターフェーサ、海水温度信号（サーミスタ）で構成されております。高精度の船速、航程等のデータを必要とする船舶のコンピュータシステムをまとめ

る場合に利用できるように設計されております。

MX-600 型および MX-660 型は、いずれも水路測量、海洋学調査、沖合の地震探鉱、地球物理学調査等に從事する船舶用として開発されたものです。

JLN-1001 パルスドプラソナー

日本無線株式会社*

JLN-1001 Pulse Doppler Sonar

Japan Radio Co., Ltd.*

1. 概 要

弊社が開発した、ドプラ・ソナーはペアビーム・パルス方式を用い船首部の前後左右方向、船尾部の左右方向の合計 6 本の超音波ビームよりドプラ・シフト量を計測し船舶の対地運動を算出し表示する装置です。

本装置は対地速度計として接岸時あるいは狭水路運行時等に有効に利用できるほか、自動航法システムの船位推定入力情報源として活用できます。

2. 特 長

- 1) ペアビーム方式のためピッチング、ローリング、等の船体運動による誤差が少ない。
- 2) CW 方式に比べ振動子が送受信で共用できるため装備が簡単に行なえます。また送信信号の受信部への廻りこみが生じないため使用深度範囲が広い。
- 3) 振動子部は防爆構造になっています。
- 4) 大形 LED 表示器の使用により読取りが容易であります。
- 5) 全て自動操作であります。
- 6) 完全デジタル処理のため信頼性が高くなっています。
- 7) NNSS システム、TM レーダ出力をそなえています。
- 8) 表示速度に対して KTS, m/s, ft/m, 移動距離に対して NM, km の各表示単位が自由に選べます。
- 9) 各部の動作試験が簡単に行なえます。

3. 仕 様

- | | |
|---------------|---|
| 1) 方 式 | ペアビームパルスドプラソナー |
| 2) 使用深度 | 0.6~200 m 対地速度
上記深度以上の場合是对水速度測定 |
| 3) 速度範囲 | 前後方向 0—40 ノット
(0—20 m/s)
船首左右方向 0—10 ノット
(0—5 m/s)
船尾左右方向 0—10 ノット
(0—5 m/s) |
| 4) 最小速度単位 | 0.01 ノット (0.01 m/sec) |
| 5) 速度精度 | ±1.0% |
| 6) 走 航 距 離 | 0—9999.99 NM (km) |
| 7) 補 正 | |
| a 水温補正 | サーミスターによる自動補正
—5°C~+40°C |
| b 塩分補正 | 手動入力 0~4.0% |
| c 船首方向補正 | 手動入力 ±5°(装備時に設定) |
| d ピッチング・ローリング | ペアビーム方式による自動補正
±5° |
| 8) 使用超音波周波数 | 300 kHz パルス |
| 9) データ出力 | NNSS, TM レーダ等に接続可能 |

* 東京都三鷹市下連雀 5-1-1 (No. 1-1, 5-chome, Shimo-renjaku, Mitaka-shi, Tokyo)

4. 精 度

過日船舶技術研究所実験水槽で行なった速度精度実験の結果の一部を図1に示します。

実験は牽引台車に本装置を装備し任意速度で台車を走らせ本装置より得られた速度と設定速度を比較したもので実験結果より誤差は1.0%以内に入っていることが確認できました。

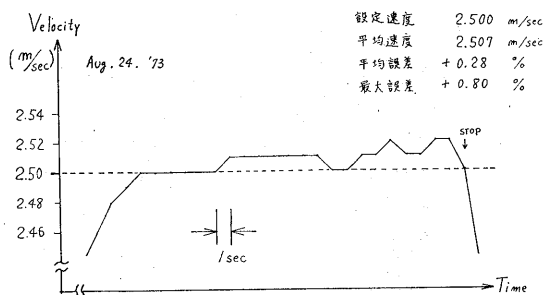


図1 表示速度例

ドプラ・ソナー・システム

株式会社光電製作所*

Doppler Sonar System

KODEN Electronic Co. Ltd.*

1. は し が き

船舶の巨大化、高速化に伴って益々航行安全、運航の経済化および省力化が叫ばれている。航行時の最も基本的な計測として船速、測定の精度が前述の安全性、経済性、省力化に結びつくと考えられる。

船体の boundary layer に影響されずに且つ精度向上に寄与する超音波によるドプラ効果を利用したスピード・ログが実用されるにいたった。当社は前記ドプラ・スピード・ログを世界に魁けて開発した MARCARDT 社のドプラ・ソナー・システム製品の保守サービス業務を実施している。なお前記製品の製作販売はマ社より AMETEK/Straza 社に引継がれ現在にいたっている。

2. システムの概要

主要製品の共通部分についてその概要を述べる。

(1) 超音波の水中放射は、FORE-AFT および PORT-STARBOARD の各方向に水面より60度下方に向けて発射し、船体揺動による誤差の増大を軽減している。

(2) 音波の送受信モードが水深によって自動的に電子回路によってコントロールされ、船底附近の乱反射や海況状態による雑音の影響を避け、測定精度の向上をは

かっている。

(3) 受信信号に混在する雑音成分を除去し真の信号成分を取り出すための Phase Locked Loop を含む特殊な Frequency Tracker 回路を使用している。

(4) 送受信回路部分を除くデータ処理、データディスプレイ回路はすべてディジタル化され、個々の回路による精度への影響を防止している。

(5) トランスジューサは、前後左右の各素子を一ケのハウジング内に収容して装備の軽便を計り、更にトランスジューサを収容するタンク (Sea chest) にゲートバルブを使用しているため、装備後のトランスジューサ交換時に船体をドライアップする必要がない。

(6) 外部出力として標準構成以外に船速情報を取り出せるので、True Motion Radar や他のコンピュータ・システムに利用することができる。

(7) データディスプレイ装置でデジタル表示のものは、表示管としてオプティカルファイバを利用したものを使用しているため、直射日光下でもデータ読取りが容易である。

3. システムの構成

(1) MRQ-4011/12 (Speed log)

Main Electronics Assembly 1ケ

* 東京都品川区上大崎 2-10-45 (No. 10-45, 2-chome, Kami-Osaki, Shinagawa-ku, Tokyo)

Transducer Junction Box	1 ケ		以上に対しては対水速度を表
Transducer Array	1 ケ		示し、その切換はオートマテ
Analog Display Unit	1 ケ (MRQ-4011)		ィックで対地または対水の表
Digital Display Unit	1 ケ (MRQ-4012)		示ランプによって区別され
(2) MRQ-2036 (Docking and Navigation Aid)			る。
Electronics Cabinet	1 ケ	(4) 計 測 範 囲	0~25ノット (スピードログ)
Junction Box	2 ケ		0~40ノット (Fore/AFT 軸)
Transducer Array	2 ケ		(ドッキング)
Wheelhouse and Wing Display "J" Box	3 ケ		0~10ノット (Port/STBD軸)
Wheelhouse Display	1 ケ		(ドッキング)
Wing Display	2 ケ	(5) 積 算 距 離	0~9999.99海里
		(6) 精 度	(計測距離の 0.5%) + 60 ft/hour
4. 主要性能		(7) 電 源	115 V _{AC} ±10%, 230 V _{AC} ± 10%, 60 Hz±5%
(1) 送受信周波数	300 kHz		150 Watts (MRQ-4011/11)
(2) 指 向 角	3 度		500 Watts (MRQ-2036)
(3) 指 示 速 度	船底から 600 フィート水深ま では対地速度, 600 フィート		

電波航法研究会昭和 48 年度役員

会 長	松 行 利 忠	(東洋大学)	
副 会 長	岡 田 実	(工学院大学)	
	庄 司 和 民	(東京商船大学)	
	木 村 小 一	(電子航法研究所)	
企 画 幹 事	今 吉 文 吉	(海上保安庁)	
	岡 田 高	(沖電気工業株式会社)	
	久木田 実 守	(日本航空株式会社)	
	柴 田 幸二郎	(安立電波工業株式会社)	
	只 野 暢	(海上保安庁)	
	船 越 繁 一	(大阪商船三井船舶株式会社)	
編 集 幹 事	岡 田 高	(沖電気工業株式会社)	
	小 野 確 良	(海上保安庁)	
	柴 田 幸二郎	(安立電波工業株式会社)	松下技研
	鈴 木 務	(電気通信大学)	044 911 6357
	鈴 木 裕	(東京水産大学)	49.4.25
	柘 植 茂 二	(日本無線株式会社)	
	平 塚 司 郎	(日本郵船株式会社)	
会 計 監 査	真 田 良	(日本船主協会)	
	岩 佐 作 一	(水洋会)	
出 版 幹 事(兼)	木 村 小 一	(電子航法研究所)	
会 計 幹 事	飯 島 幸 人	(東京商船大学)	
庶 務 幹 事	豊 福 滋 善	(海上保安庁)	

研究会記事

Record

昭和年47度事業報告

電波航法研究会事務局*

Record of the Work Carried Out by Japanese Committee for Radio
Aids Navigation During Japanese Fiscal Year 1973

Secretariat*

Reguler General Meeting

May 30, 1972: The general meeting was held at the Memorial Hall of the TOKYO University of Mercantile Marine with thirty-five members of attendance.

1. Report on the activities of the Committee during the fiscal year 1971 was presented and approved as drafted.
2. Report on financing of the Committee during the fiscal year 1971 was presented and approved as drafted.
3. As a result of the election to appoint new staff members, Prof. Toshitada MATSUYUKI of TOYO University was appointed Chairman again, and Prof. Minoru OKADA, President of KOGAKUIN University and Prof. Kazutami SYOJI, TOKYO University of Mercantile Marine, were also re-appointed Vice-Chairman. Secretary members were all appointed as drafted.
4. The draft work plan for the fiscal year 1972 was submitted by the Secretariat and approved as drafted.
5. The budget plan for the fiscal year 1972 was presented by Mr. IJIMA, Chief Accountant, and approved as drafted.

Extraordinary General Meeting

December 19, 1972: The extraordinary general meeting on the partial amendment to the Committee's annual subscription rates was held at the council hall of the Maritime Safety Agency (MSA). Thirty members attended the meeting and forty-nine members submitted

総 会

昭和47年5月30日14時から、東京商船大学記念会館において、昭和47年度総会が開催された。出席者は35名であった。

1. 昭和46年度事業報告が事務局より行なわれ承認された。
2. 昭和46年度決算報告が飯島会計幹事より行なわれ承認された。
3. 昭和47年度の役員について、会長に松行利忠氏、則会長に岡田実氏、庄司和民氏が再任され、各幹事については、事務局案が承認された。
4. 昭和47年度事業計画案について事務局より説明が行なわれ承認された。
5. 昭和47年度予算案について飯島会計幹事より説明が行なわれ、原案どおり承認された。

臨時総会

昭和47年12月19日15時から、海上保安庁会議室において、電波航法研究会会費規定の改正に関する臨時総会が開催された。出席者30名、委任状提出者48名であった。

* 海上保安庁燈台部電波標識課気付 (c/o, Electronic Navigation Aids Division, Maritime Safety Agency)
東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3 (No. 1-3, 2-chome, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo)

the letter of attorney.

The draft subscription rates was presented by Mr. IJIMA, Chief Accountant and approved as drafted after some discussions.

Research Meeting

1. May 30, 1972: The first research meeting was held at the memorial hall of the TOKYO University of Mercantile Marine following the General Meeting. Mr. Yoshio YAMAKOSHI of MSA gave a lecture on the subject of "Results of Evaluation Test for RACON". Thirty-five members attended the meeting.
2. July 19, 1972: The second research meeting was held at the MSA's council hall. Lectures were given by Mr. Kiyoshi KAWAKAMI of MSA on the subject of "Attending the 10th International Hydrographic Conference", which was followed by Mr. Hiroshi SUZUKI, TOKYO Fisheries University, on the subject "Application of Underwater Sound to Fishing" and by Mr. Kiyomi MINOHARA of FURUNO Electric Co., Ltd. on the subject "Development of Hydrographic system using unmanned boat". Thirty-six members attended the meeting.
3. November 17, 1972: The third research meeting was held at the memorial hall of the TOKYO University of Mercantile Marine. Mr. Yukio IJIMA, TOKYO University of Mercantile Marine, gave a lecture on the subject of "Gun Diode Oscillator as Life Saving Apparatus" and this was followed by the lecture "Cathodechromic Storage Display Tube and its Application" by Mr. Kunio MATSUDA of Matsushita Research Institute. Twenty-seven members attended the meeting.
4. December 19, 1972: The fourth research meeting was held at the MSA's council hall. Lectures were given by Mr. Yahei FUJII of the Electronics navigation Laboratory, the Ministry of Transportation, on the subject "Reports of Conference on Marine Traffic Engineering in LONDON and Japan-U.S. Transportation Research Panel" and by Mr. Yoshio YAMAKOSHI, MSA, on the subject "Participation Report on the First OMEGA Symposium". Thirty-five members attended the meeting.
5. February 28, 1973: The fifth research meeting was held at the MSA's council hall with sixty-one members of attendance. Prof. Toshitada MATSU-YUKI of Defence Academy gave a lecture on the subject "Considerations for Radar Detection of Small Target" which was followed by Prof. Tarao MOZAI, TOKYO University of Mercantile Marine, on the subject "Hybrid Navigation System and its Test Results".
6. March 20, 1973: The sixth research meeting

飯島会計幹事より当会の運営経費の現状について詳細な説明が行なわれ、引き続いて質疑応答が行なわれた後、異議なく改正案のとおり可決された。

(改正案については会誌第15号会告参照)

研 究 会

1. 第1回研究会は昭和47年5月30日、総会に引き続いて開催された。海上保安庁燈台部電波標識課 山越芳郎氏の「トランスポンダの実験結果について」と題する講演が行なわれた。出席者は35名であった。
2. 第2回研究会は昭和47年7月19日14時から海上保安庁会議室で開催され、海上保安庁水路部 川上喜代四氏の「第10回国際水路会議に出席して」、東京水産大学 鈴木裕氏の「水中音響の水産における応用」、古野電気株式会社 箕原喜代美氏の「無人艇による水路測量システムについて」と題する講演が行なわれた。出席者は36名であった。
3. 第3回研究会は昭和47年11月17日14時から東京商船大学記念館で開催され、東京商船大学 飯島幸人氏の「救命用小型マイクロ波発振器について」、松下技研株式会社 松田郁夫氏の「カソードクロミック管について」と題する講演が行なわれた。出席者は27名であった。
4. 第4回研究会は昭和47年12月19日14時から海上保安庁会議室で開催され、電子航法研究所 藤井弥平氏の「ロンドンの Conference on Marine Traffic Engineering および日米運輸専門家会議に出席して」、海上保安庁 山越芳郎氏の「オメガシンポジウム出席報告」と題する講演が行なわれた。出席者は35名であった。
5. 第5回研究会は昭和48年2月28日14時から海上保安庁会議室で開催され、防衛大学校 松行利忠氏の「レーダの小物標探知能力向上の一方法」、東京商船大学 茂在寅男氏の「ハイブリッド自動航法装置とその海上評価試験の結果について」と題する講演が行なわれた。出席者は61名であった。
6. 第6回研究会は昭和48年3月20日14時から海上

was held at the MSA's council hall. Lectures were given by Mr. Ryoji SIMIZU and Keinosuke UEDA of OKI Electronic Co., Ltd. on "Development of Depth and Position Indicating System" which was followed by Mr. Megumi SAKANO of Ishikawajimaharima Heavy Industries Co., Ltd. on "Data Bridge".

Sixty-two members attended the meeting.

Inspection Trip

1. July 27, 1972: Members made the special inspection trip to "Kitano-maru" equipped with an automatic marine radar data plotter "Digiplot" berthing at TOKYO International Terminal Center.
2. September 28, 1972: Members made the inspection trip to "Tokai daigaku-maru Nisei" and the Marine Science Museum of TOKAI University in Shimizu city. Eighteen members joined the trip.

Secretary Meeting

1. May 8, June 30, October 23, 1972 and February 16, 1973: Planning secretary meetings were held to draft the budget and work plans as well as to deliberate the agenda for each coming research meeting and the partial amendment to the Committee's annual subscription rates.
2. July 19, and December 19, 1972: Editorial secretary meetings were held to discuss the editing plan, articles for the bulletins, No. 14 and No. 15.

Publication of Bulletin and Distribution of Papers

1. December, 1972: The Bulletin of the Committee "The Electronic Navigation Review, No. 14" was published.
2. March, 1973: The Bulletin of the Committee "The Electronic Navigation Review No. 15" was published.
3. February, 1973: "Radar Navigation Manual" revised and enlarged edition was published by KAIBUN-DO Co., Ltd.
4. Papers concerning electronic navigation were distributed to the Committee members.

Member

The newly enrolled members during the fiscal year 1972 were as follows:

Corporate member: OKI HAKUYO KIKI Co., Ltd.
Individual member: Naoteru HIROTA
(Maritime Safety Accademy)
Sigeyuki DOI (Nagoya Telecommunication Technical college)
Masato MAEDA
(MSDF Services School)

保安庁会議室で開催され、沖電気工業株式会社 清水良次、上田慶之助氏の「海図作成システム」、石川島播磨重工業株式会社 坂野希氏の「データブリッジ」と題する講演が行なわれた。

出席者は62名であった。

見学会

1. Digiplot 搭載船「北野丸」の特別見学会を昭和47年7月22日横浜港において開催する予定であったが、天候不良のため取止め、あらためて昭和47年7月27日東京国際ターミナルセンター岸壁において実施した。
2. 昭和47年度の見学会は昭和47年9月28日清水市の東海大学海洋学部調査実習船「東海大学丸Ⅱ世」と東海大学海洋科学博物館を訪問した。参加者は18名であった。

幹事会

1. 企画幹事会は昭和47年5月8日、6月30日、10月23日、昭和48年2月16日に開催され、予算案、事業計画案の作成が行なわれたほか、研究会のテーマの審議、および電波航法研究会会費規定改正の審議が行なわれた。
2. 編集幹事会は昭和47年7月18日、12月19日に開催され「電波航法」14号、15号の編集方針が審議された。

会誌資料等発行頒布

1. 「電波航法」第14号が昭和47年12月に発行された。
2. 「電波航法」第15号が昭和48年3月に発行された。
3. 「レーダの運用指針」改訂増補版が昭和48年2月海文堂より発行された。
4. 外国文献が頒布された。

会員異動

昭和47年度中の新会員はつぎのとおり

正会員 沖船用機器株式会社
個人会員 広田直照 (海上保安大学校)

土井重行 (名古屋電気通信工学院)

前田正人 (海上自衛隊第一術科学学校)

——電波航法——ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW——

昭和 48 年 12 月 25 日 印 刷 1 9 7 3

昭和 48 年 12 月 28 日 発 行 No. 16

編 集 東京都千代田区霞ヶ関 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

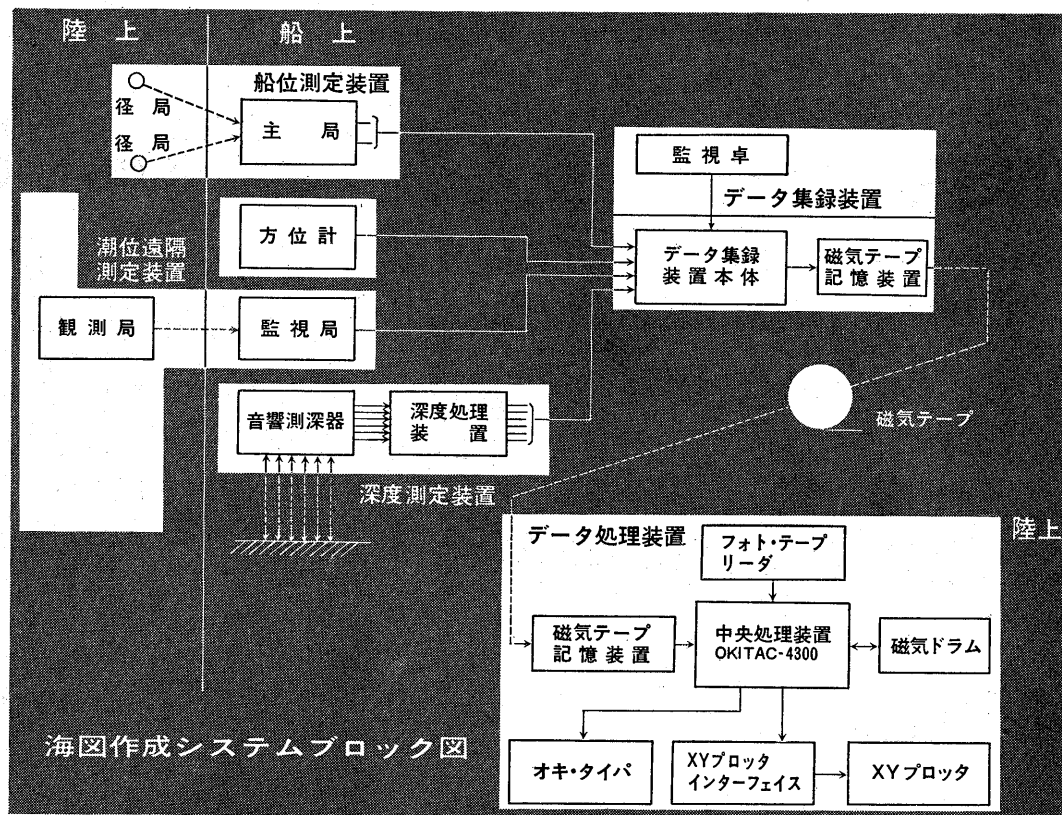
c/o Radio Navigation Aids Section
of Maritime Safety Agency

2-1-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo, Japan

印 刷 東京都文京区水道 2-7-5 井ロビル

(有) 啓文堂 松本印刷

海の水深をキャッチする エレクトロニクス



短時間で 精密な水深図を

水深図作成システムは、船底から発射される超音波によって位置と水深が同時に測定でき、その数値は1秒間に1度の割合でテープにパンチされ、それをコンピュータ=OKITAC-4300に入れると、あとはコンピュータにとりつけた図化装置から等深線の入っていない数字だけの水深図がでてくるといいう仕組み。この結果、従来の方法にくらべ、測定の正確度はもちろん、水深図完成までの時間も人手も大巾に短縮することができ、今後の海洋利用の進展とともに、多くの海域での活躍が予想されています。

2317	2329	2374	2430	2435	2459	2468		2553
2313	2349	2320	2409	2428	2470		2510	2493
2325	2375	2333	2405	2431	2458	2493	2525	2550
					2477		2519	
2347	2357	2329	2422				2551	
2345		2338	2424	2430	2468	2517		

●デジタルプロットにて図化された水深図

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

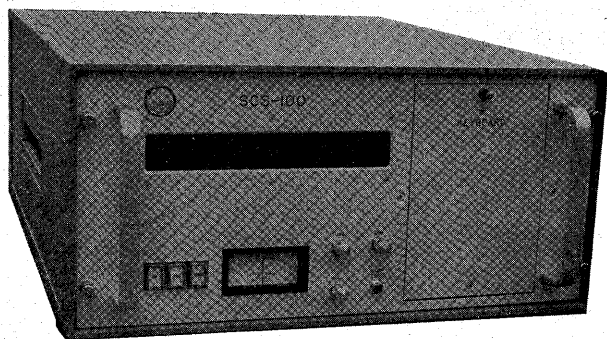
●お問合せは官公庁営業部 ☎(03)454-2111 代または支店・営業所まで

WORLDWIDE NAVIGATORS

☆全世界サービス網完備☆

NNSS

SCS100

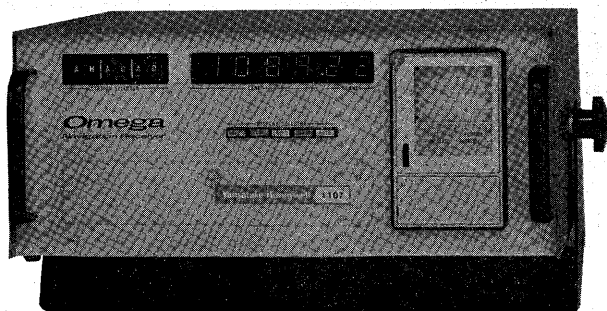


- 高精度・高分解能
- コンパクトな設計
- 豊富なオプション
- 取扱い操作简单

OMEGA

1107

- 3 LOP 6 桁表示
- 近接周波数除去回路
(GRANプログラム対策)
- 補助バッテリー内蔵
- 取扱い操作简单

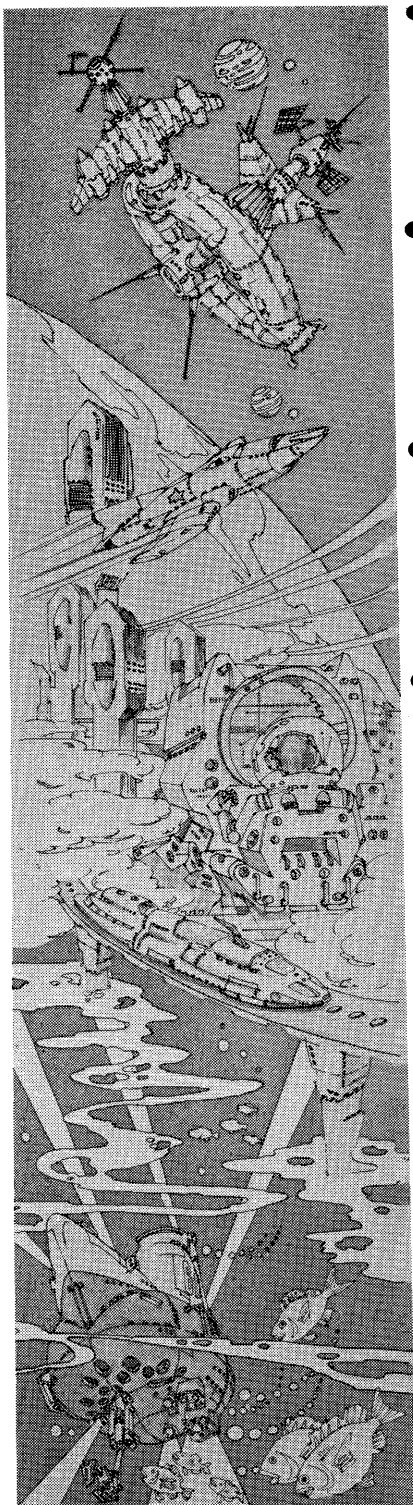


船舶オートメーションの

山武ハネウエル株式会社

船舶海洋システム部・〒150 東京都渋谷区渋谷2-12-19 (長井インターナショナルビル)・Tel (03)409-7171

FURUNO®



●衛生航法装置

●航空機用電子装置

●無線通信装置

●陸上産業用電子装置

●航海計器

●漁撈計器

●海洋開発用電子装置

マリンエレクトロニクスから
コンピュータまで。

エレクトロニクスで創造する



古野電気株式会社

本社 / 西宮市芦原町9-52 ☎0798(65)2111 (大代)

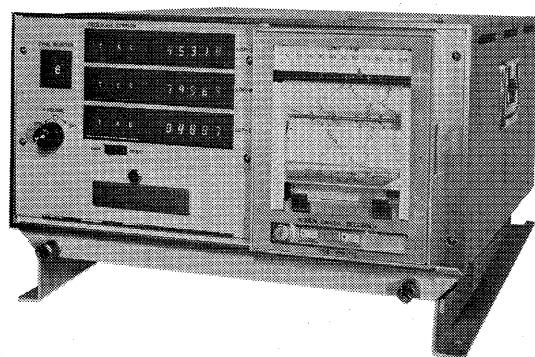
支社 / 東京都中央区八重洲4-5 ☎03(272)8491 (代)

支店 / ●北海道●東北●東海●中部●下関●長崎 その他31ヶ所 海外14ヶ所

OR-160

オメガ受信機

KODEN



本機の特長

- ★ 3 LOP 同時表示 //
- ★ 3 周波同時表示 //
- ★ 3 チャンネルカラーレコーダ付 //
- ★ 高感度 //
- ★ $\rho - \rho$ 航法も可能 //
- ★ 取扱い操作簡便 //

……航海の安全に
海の情報機器をあなたの船にも

■ 営業品目 ■

- 無線方位測定機
- ロラン受信機
- オメガ受信機
- ファックス受信機
- レーダー・レーダパイ
- ラジオパイ・コールパイ
- 魚群探知機
- シンクロナサー
- 漁網監視装置
- 遭難自動通報用送信機
- SOS 自動受信機
- 電子計算機
- 特殊電子機器

株式 光電整作所

本社／東京都品川区上大崎 2-10-45 ☎ <03> 441-1131 代
神戸営業所／神戸市基合区御幸通 8-5 三宮ビル南館 ☎ <078> 221-9905 代
札幌営業所／札幌市中央区北四条西 6-1 毎日会館ビル ☎ <011> 281-6351 代
南九州出張所／宮崎市瀬頭町 2-2-20 ☎ <0985> 24-5577