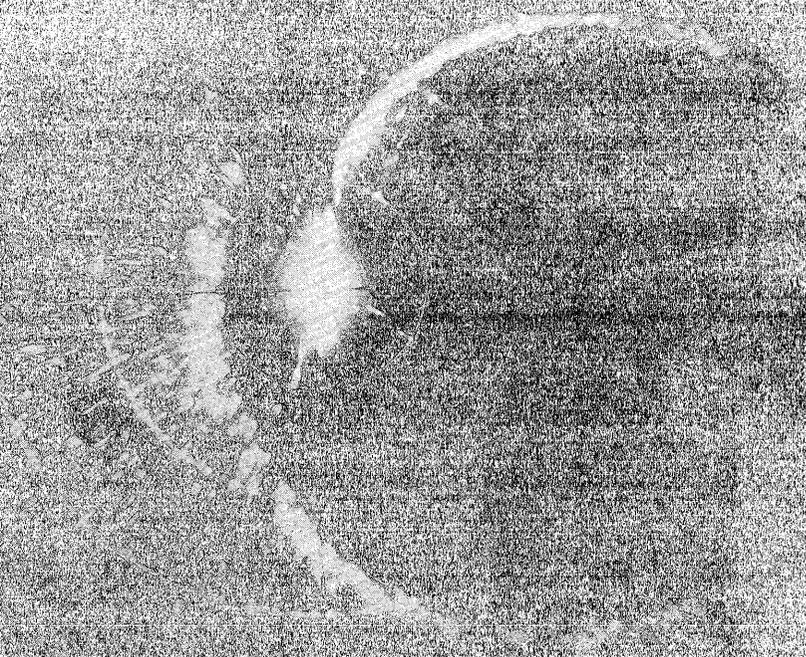


ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

# 電波航法



JACRAN. 25

1979

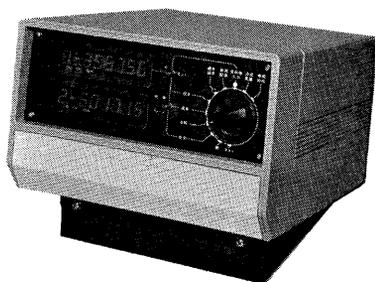
電波航法研究会

Published by the Japanese Committee  
for Radio Aids to Navigation

# セナーロランC受信機およびプロッタ

当社は、全自動ロランC受信機およびデッカ又はロランC受信機用のプロッタを開発し、新製品として賃貸、販売をしております。

## セナーロランC受信機 LLC-80



マイクロコンピュータの採用による性能、信頼性の向上を計った新しいロランC受信機

### 特長

- 緯度、経度の直読
- 針路、船速の表示
- 目的地入力による大圏航路の設定
- 小型軽量、取扱容易

## セナープロッタ10350



デッカ受信機またはロランC受信機と結合して、メルカートル図法で航跡を記録する新プロッタ

### 特長

- 縮尺可変
- 9個の目的地入力可能  
(目的地の方位、距離表示機能付)
- 緯度、経度又は時間差の直読
- 図外追跡可能



## 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)

# 目次

## CONTENTS

巻頭言 .....	今吉文吉	( 2 )
Foreword	Bunkichi IMAYOSHI	

### 研究調査 Research and Investigation

近距離航行援助システムの精度についての一つの考え方 .....	飯島幸人	( 3 )
A Consideration of Accuracy Requirement for Short Range Navigation	Yukito IIJIMA	
海洋エネルギーの利用について .....	今津隼馬	( 10 )
Alternate Energy form the Sea	Hayama IMAZU	
オメガ受信機の技術基準とその対応について .....	塚田一雄	( 15 )
Technical Standards for Marine Omega Receiver and Its Practical Application	Kazuo TSUKADA	

### 展 望 Observation

北米および欧州における航行安全システムに関する調査 .....	北里賢二	( 25 )
Survey on Marine Traffic Safety Systems in North America and Europe	Kenji KITAZATO 松本敦雄 Atsuo MATSUMOTO 二宮鎮男 Shizuo NINOMIYA	

### 研究会記事 Record

電波航法研究会 昭和52年度および53年度報告 .....	電波航法研究会事務局	( 35 )
Records of the Work Carried Out by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation During Japanese Fiscal Year 1977 and 1978	Secretariat	

# 巻 頭 言

(FOREWORD)

副 会 長 今 吉 文 吉  
Vice President Buukichi IMAYOSHI

電波航法と電子航法との相違は、木村副会長の御意見によれば、前者が計測を主対象としているのに対し、後者は計測と制御のループにより構成されているという。この御意見は大変興味深いので私も、電波測位について少し述べてみたい。

電波測位は電波航法の第一段階である船位の計測であると考えられており、勿論それも電波測位の一部ではあるが、それだけとは言い切れないものがある。航法というと“港から港へ一大洋を横切って”という感じで、安全確実に経済的という点から途中はかなり自由である。測位は、水路測量や石油探査などに見るようにかなり狭い区域で、あらかじめ定められた場所に出来るだけ行かなければならないので、船位の選択の自由は殆どないと云って良い。この点では最初から制御を目的とした計測、つまり誘導システムである。電波航法の一部としての測位と電波測位のもう一つの相違は、計測された船位が、前者の場合は航海の完結とともに殆どその役割を終えるのに対し、後者では審査検討の上関連の資料とともに少なくとも数年間は保存され利用される事である。

電波ではないが、電子測位の典型的なものとして、超音波トランスポンダーによるリエントリーシステムがある。これはトランスポンダーの配置が平面ではなく立体的であり、測定する位置も立体的であるし、また音の速度も変化し、音の径路の修正も必要である所から、電子計算機の援助なしには成立しないシステムである。この有効域は狭いが、此のシステムを使って、1000呎を越す水深の所で、アストロドーム程の基礎を置き、数ヶ月毎に、中部構造物、上部構造物を重ねて遂に海上にプラットフォームを有するリグを完成させている。この例に見るように電子測位では測位位置も必要であるが、リピータビリティが重要で、またそれが直接的にも間接的にも経済的效果に影響を及ぼす。このため測位の品質が常に優先され、エントリーシステムでも、3個のトランスポンダーがあれば測位可能であるが、通常は6個程度のトランスポンダーを使用して品質と信頼性を向上させている。電波を使った測位システムでも LOP を3本以上常時測定して、品質管理を常にその場で行うことが要求されるようになった。電波航法と電波測位とは後になり先になりして進んで行くので、電波航法でも品質管理が常態となる日が近いと思う。

なお、電波航法研究会が意見交換の場として十分な役割を果たすために、関連あるあらゆる方面の方々の御意見を戴き度く、此の機会に積極的な御協力をお願い申し上げます。

## 近距離航行援助システムの精度についての一つの考え方

東京商船大学

飯島 幸人

### A Consideration of Accuracy Requirement for Short Range Navigation

Tokyo University of Mercantile Marine

Prof. Yukito IJIMA

#### まえがき

電波航法の出現は従来への視覚による灯台やブイなどの近距離航行援助の利用範囲を大きく外洋に拡げ、人工衛星システムやオメガシステムでは遂に全世界をその利用範囲は収めるに至った。また一方船舶の自動化、高速化と巨大化に加え、沿岸や港湾における交通が輻湊してくるに従い、船舶の精密な位置や速度の制御が要求されるようになり、交通管理システムも普及して来ている。また漁業においては漁場の位置決定やトロールでの同一線上の往復において極めて高い精度が要求されるとの事である。船位決定のための要求精度とそれに関連する条件は、海域や船型、船種などによっても異なるであろうが、従来、航海者の側から、この海域ではこれだけの船位精度が必要であるという要求はあまり見られなかったように思う。したがって、その精度を得るのに、どのような航行援助システムが必要かと云う組織的な研究もなされて来なかった。

米国では航行援助施設に関する国家施策が度々発表され、現在運用されている多くの援助方式を再検討し、不必要なものは廃止し、利用が重複する事なく、要求に合うシステムの検討が行なわれている。

IMCO では現在、1974 の The International Meeting on Radio Aids to Marine Navigation (IMRAMN) における測位システムについての勧告の見直しが行なわれており、Accuracy Requirements for and Harmonization of Radionavigation Systems と題するテーマにおいて、航行における要求精度の検討が行なわれつつある。

我が国においても、従来重点的に設置されてきた航行援助システムの在り方を再検討し、真に有益で且つ経済

的なものは何であるか、また現在ほどのようなシステムが不足しているのかを明確にし、将来に備えるべきときが来ているように思われる。その場合、利用者としてはどの程度の精度を要求したいのかその根拠を示し、国・メーカー・利用者のお互いの協力のもとに、その精度に適合し、最も利用に便なるシステムを選定し、もし必要ならば新しいシステムを開発してゆかなければならない。

このような観点から近距離海域における船位決定の精度の試算のための一つの考え方を示し、諸賢の御批判を仰ぐと共に、これが要求精度の活発な討論の切掛けとなることを望んでここに筆をとる次第である。

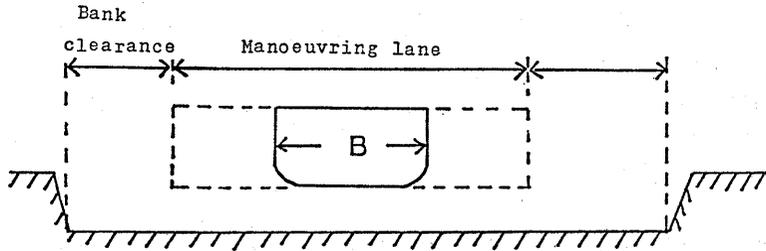
#### 1. 精度考察の基本

船舶の必要精度を考察する場合、航海者からのアンケートによる方法や、シミュレータを使つての結果から求める方法などがあるが、ここでは、船舶が航行するために操船上必要とする水路の幅を基準として、それから導き出される許容精度について考査してみる。

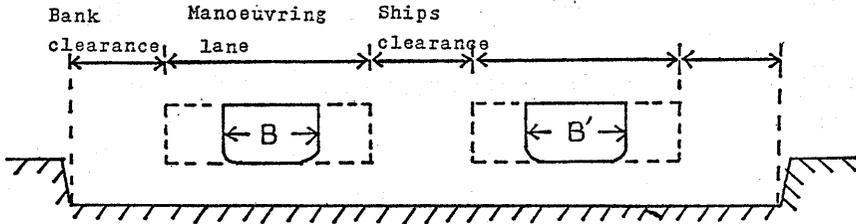
両側が制限された水路での、船舶航行に必要な基本的な水路幅  $W$  は図 1 に示すように、Manoeuvring lane  $W_m$ , Bank clearance  $W_b$ , Ship clearance  $W_s$  より構成される<sup>(1)</sup>。したがって、

$$W = W_m + W_b + W_m + W_b' + W_s' \dots (1)$$

で与えられる。(但しダッシュのついたものはダッシュのつかないものより小型船に対するものであるとする。) Manoeuvring lane は保針のための水路幅であり、Bank clearance は Manoeuvring lane の端から可航水路端までの距離である。また Ship clearance は 2 lane において、2 船が最も接近するときの安全航過距離であつて、主と



a) One way passage



b) Two way passage

図 1 水路幅員

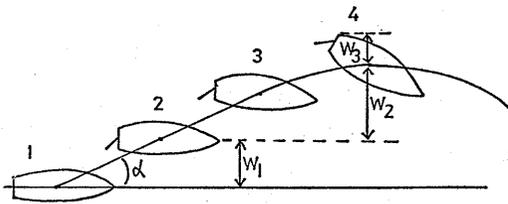


図 2 風潮による Drift

して吸引作用によって決るものとする。

この中で特に船位精度と関連のある Manoeuvring lane についてみると、図 2 に示すように、水路中央 ① を航行している船が風潮に流されて、② において進路のずれに気がつき舵をとったとする。舵はすぐ効かず応答遅れがあるためにそのまま Lee way  $\alpha$  で流され、応答遅れ時間  $T$  秒後舵が効いて、④ において回頭し始め元の進路に戻り始めるものとする。このとき ① から ② までは船位誤差幅と考えられ、ここで論じようとして量である。これを  $W_1$  とする。② から ④ までを応答遅れ幅  $W_2$ 、④ におけるキックの量を  $W_3$  とすると Manoeuvring lane は片側で、

$$W_m = W_1 + W_2 + W_3 \dots (2)$$

となる。この 2 倍すなわち同じ量を両側に必要とするかどうかは異論もあるが、ここでは取敢えず、両側にこの量を取り (2) 式を次のように書き代える。

$$W_m = 2(W_1 + W_2 + W_3) \dots (3)$$

したがって (1) 式は次のように書き代えられる。

$$W = 2(W_1 + W_2 + W_3) + W_0$$

$$+ 2(W_1 + W_2 + W_3) + W_0' + W_s \dots (4)$$

港湾水路においては上式の各要素は次のように与えることができる。(参考文献 (1) 参照)

$$W_0 \doteq 1.8B$$

$$W_2 \doteq (CV_a + V_c)T$$

$$W_3 \doteq 0.9B$$

$$W_s \doteq L$$

ただし、 $B$  : 船幅

$C$  : 風圧流係数

$V_a$  : 風速の船横方向成分

$V_c$  : 潮流の船横方向成分

$L$  : 船長

この値を (4) 式に入れると次式となる。

$$W = 2\{W_1 + (CV_a + V_c)T + 0.9B\} + 1.8B + 2\{W_1' + (C'V_a + V_c)T' + 0.9B' + 1.8B'\} + L \dots (5)$$

(5) 式により、ある定まった水路をある船が通航するとき、風潮を適当に仮定することにより船位誤差幅が求められる。ただしこの方法は水路の幅が定められた時に船位誤差幅が出てくるのであって、水路の幅が異なると船位誤差幅が異なる。これは当然の事であって狭い水路では厳しい精度が要求されようし、より広い水路ではより低い精度でもよいという事ができよう。また船の大きさによっても誤差幅は異なるものであるが、パラメータをいたずらに多くする事は労多くして実が少なくなるので、ここでは  $W_1 = W_1'$  と考えることにする。

また一方交通の水路では (5) 式は次式となる。

$$W=2\{W_1+(CV_a+V_0)T+B+1.8B\} \dots (6)$$

以上のような基本的考え方のもとに、これを船位精度に適用し、2,3の水域について要求精度を求めてみよう。

## 2. 港湾水路の精度

ここで港湾水路というのは港の取付水路とこれに準ずる制限水路を想定している。現にこのような水路では通常大型船は並航できず一方交通の場合が多いので、(6)式により船位誤差幅の算出が可能ではあるが、現在存在する港湾水路は前述のような理論的根拠に基づいて設計されていないため、図3に示すように水路幅は狭く、上式によって現状の水路幅から必要精度を算出する事は困難である。したがって他の方法として、筆者が(2)式によって Manoeuvring lane を求めたときの  $W_1$  を以ってここで要求する精度と考えることにする。

現在港湾水路では一般に電波測位装置は使用できないので、船首目標を定め、あるいはブイ間距離の目測等の視覚的方法によって船位誤差を求め操船しているが、この船首目標によって船位のずれを確認できる限界は、目標方位の標準偏差  $\sigma$  を 0.6 度として<sup>(8)</sup>、 $2\sigma=1.2^\circ$  を用いることにすると、

$$W_1=0.02d \dots \dots \dots (7)$$

ただし、 $d$ : 目標までの距離

$W_1$  だけ偏位したとき始めてその偏位に気がつくと考え。この程度の誤差幅を要求精度とすると、一般に港湾水路の場合目標までの距離を 1 マイル程度として、 $W_1=40$  m となる。我が国の港湾水路は 1 万トンクラスの船舶を対象にした幅員は図3に示すように 200メートル程度であるので、この 40メートルという値は水路幅の5分の1であり、また巨大船についてみる 40 とメートルには 10 万トンクラスタンカーの船幅に相当する長さである。後述するようにに IMCO おける精度要求の各国の動向から見ても、この値はそれ程不適当な値とは思われないうし、また巨大船の船長の意見によっても船幅程度の精度が妥当な値であるとの事から、一応この程度を

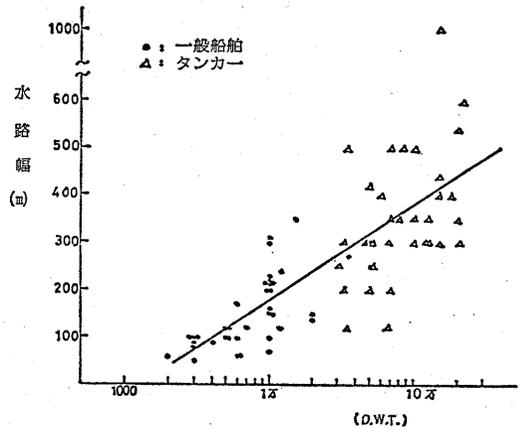


図3(b) 日本の港における取付水路幅員

港湾水路での要求精度としたいが、さらに幅の狭い水路ではこの値はさらに小さくしなければならないだろう。

## 3. 狭水道航路での精度

ここでは浦賀水道や伊良湖水道あるいは来島海峡のような狭水道航路について考察を行なう。このような狭水道では一般に航路分離が実施されており、一方交通路と考えてよい場合が多いから、(6)式を適用するが、一方交通であっても、片側は他の Lane に接しているので Bank clearance は片側だけでよい。したがって次式となる。

$$W=2\{W_1+(CV_a+V_0)T+0.9B\}+W_b \dots (8)$$

いま浦賀水道の場合を例にとると水路幅は1キロメートルである。風速 20 m/sec, 横方向の潮流 1 ノットのとき、最も精度を要する巨大船を例にとり、20 万トンタンカーが通航する場合を考える。この場合  $C=0.06$  として  $W_1$  を求めてみると、

$$1000=2\{W_1+(0.06 \times 20+0.5)200+0.9 \times 50\}$$

これより

$$W_1 \approx 70 \text{ m} \dots \dots \dots (9)$$

一方観測によれば、浦賀水道のような狭水道での追越しの場合の船間距離は避航領域として船横方向に  $3.5L$  を与えることができる<sup>(8)</sup>。この値は操船者の経験に基づく安全距離と考えることができる。図1および図2により、これを数式化してみると、次式となる。

$$3.5L=(W_1+W_2+W_3+\alpha) + (W_1'+W_2'+W_3'+\alpha)+L \dots (10)$$

ただし  $\alpha$  は操船者の感覚による安全余裕とする。

いま 1 万トン型の貨物船 2 隻が風速 20 ノット、潮流 1 ノット (何れも横方向成分のみ) という厳しい条件のとき他船を追い越す場合を想定してみる。貨物船の場合  $C=0.1$ ,  $L=150$  m,  $B=20$  m,  $T=30$  sec として、

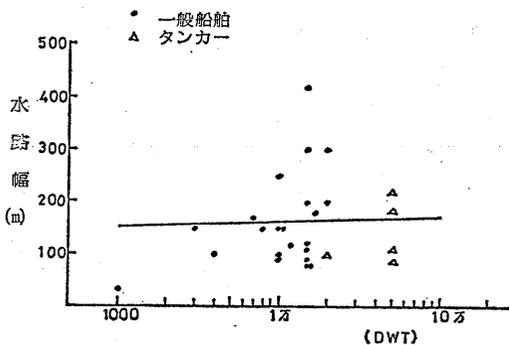


図3(a) 外国の港における取付水路幅員

$$525 = 2\{W_1 + \alpha + (0.1 \times 20 + 0.5) \cdot 30 + 0.9 \times 20\} + 150W_1 + \alpha$$

$$\approx 95 \text{ m} \dots \dots \dots (11)$$

これより心理的な安全余裕も入れて 95 m となるのでこれらを考慮すると 65% 確率において、先の 70 m の要求精度はそれ程不適当の値とは思われず、肯定されるところであろう。

#### 4. 沿岸における精度

沿岸における船舶の通航は自由であって、水路幅の問題とはならないように思われるが、現在のように船舶が輻湊してくると必ずしもそうではなく、大型船舶もかなりの制約を受けているのが実情である。したがってこれらの水路では船舶衝突の危険が増大してくるので、航路の分離を行ない Lane を指定するのが有効となる。このような主旨から IMCO では世界の通航輻湊水域で交通分離を実施している。ここではこの分離航路を利用することにするが、この分離航路は約 1 マイルの分離帯の両側に 1.5~2 マイルの一方交通航路をつけたもので、一般には海図上にその水域が示されているだけで、特に標識はない。このような分離航路では港湾水路や狭水道のように、航路から外れても直ちに危険であるとか、法的な制約があると云うわけではないので、船位の要求精度を求める場合に、前者とは基本的に考え方を変えざるを得ない。この場合は自船が Lane 内のどの辺に居るかを知らなければいけません。従って単純に 1/4 Lane を以って 95% 確率の精度と考えることにしよう。そうすると、Lane 幅 1.5 マイルのとき 4 ケーブル程度の精度が必要であるということになる。

一方現在、沿岸の航海では船位決定手段として交差方位法が最も一般的であるが、交差方位法の精度は、3本の位置の線が 60 度で交わるという最も条件のよい場合を想定し、目標までの平均距離を 10 マイルとするとき 95% 確率の誤差円の直径は 0.6 マイルである<sup>(2)</sup>。この値と上述の 0.4 マイルとを比べると少々厳しいようでもあるが、最近の航法システムの発達を考えれば、そう無理な注文ではなからうと思う。

#### 5. Open Sea での精度

ここで Open Sea というのは沿岸に続く海域で、一応 Land fall の対象と考えられる距岸 50 マイル程度を考慮することにする。このような海域での精度の要求については確とした決め手はないが、商船士官の意見を総合してみると 1 マイル程度の精度があれば充分であろうと云う。天測による船位決定の 95% 誤差円は直径 2.8 マイル程度であることを考えると<sup>(2)</sup>、1 マイル程度の精度があれば充分であろう。

#### 6. 諸外国での要求精度の動向

##### 1) 米国での動向

米国では運輸省の National Plan for Navigation に基づいて船位決定の要求精度と、それに適合するシステムの検討が各方面で行なわれている。その一つは外国では河川航行が多いので、河川や港での航行援助システムについての要求が多い。このシステムを RIHANS (River and Harbor Aids to Navigation System) と云っている<sup>(4)</sup>。RIHANS では 400 ft 幅の水路を 100 ft 幅の船舶が往復航路として航過する場合を考え、単純に 1/4 Lane 幅の精度が必要であるとして、95% 確率での要求精度を 50 ft とし、また水路幅が広い場合でも 225 ft より精度が悪くはならないとしている。この値は筆者の狭水道における 70 m と似た値となっていることは面白い。このような精度を実現させるためのシステムとして、コリンズ社はマイクロ波のロラン A 方式を、トラコア社はオメガに類似する方式を、RCA 社はトランスポンダによる  $\rho-\rho$  方式を提案している。

また近距離での要精度の目安を得るために航海者にアンケートを求めた例もあるが、その結果は表 1 のように示されている<sup>(5)</sup>。さらに Blood は米国沿岸での船舶の安全運航上の要求精度と漁業での位置の再現性という Economic requirement からの精度を表 2 の (a), (b) のように示している<sup>(6)</sup>。(ただしここで CCR と云うのは Coastal Confluence Region である)。

以上の要求精度を概略的に見ると筆者の検討結果とそ

表 1 User Requirements

Requirements	Area of Operations		
	Rivers & Channels	Nearshore	Open Ocean
Accuracy	1/4 channel width	100 yds to 1/2 n.mi.	1/2 n.mi. or more
Frequency of establishing position	Continuously	Continuously to 5 min.	5 min. to 1 hr.
Time to establish position	Instantaneously	0 to 3 min.	3-10 min.
Availability of system	24 hr. all-weather	24 hr. all-weather	24 hr. all-weather

表 2 (a) Summary of CCR Safety Related Requirements

Required Accy (n. mi.)*	General Area	Contour Locations**
0.25	Atlantic Coast Gulf Coast Pacific Coast Great Lakes	Sea Lane Inner Boundaries Cape Cod Channel Approaches Fairways Sea Lane Inner Boundaries Santa Barbara and San Pedro Channels Harqor Entrances and Restricted Waterway Approaches
0.5	Atlantic Coast Pacific Coast Alaska Coast Great Lakes	10-Fathom Line 10-Fathom Line 10-Fathom Line All Navigable waters
1.0	Atlantic Coast Pacific Coast Alaska Coast	100-Fathom Line 50 n. mi. Off Shore 50 n. mi. Off Shore
2.0	Atlantic Coast	Outer Extremity of Gulf Stream from 28°N to 39°N Latitudes

\* 95% accuracy requirement for the radio navigation aid, not the track keeping accuracy requirement of the vessel.

\*\* Accuracy requirement applies from shore line to indicated contour location or throughout indicated area.

表 2 (b) Summary of CCR Economic Related Requirements

Desired Accy (n. mi.)	General Area	Fishing Methods
0.025 (50 yards)	New England, Middle Atlantic and Chesapeake Gulf and South Atlantic Alaska Washington and Oregon California	Bottom Trawl, Pots, Long Line Traps Pots, Long Line Bottom Trawl, Pots, Long Line Bottom Trawl, Pots
0.1	New England, Middle Atlantic and Chesapeake	Dredging
0.2	New England, Middle Atlantic and Chesapeake Gulf and South Atlantic Alaska Washington and Oregon California	Purse Seine Hand Lines Giggig, Purse Seine Troll, Purse Seine Troll, Purse Seine Troll, Purse Seine
0.5	New England, Middle Atlantic and Chesapeake Gulf and South Atlantic Alaska Washington and Oregon California	Mid-Water Trawl, Shrimping Shrimping Shrimping, Draw Gill Net, Set Gill Net Shrimping Shrimping

れ程大きく異っている様には見受けられず、ほぼ似た値が提案されていると思われる。

2) IMCO の動向

IMCO では 1947 年 International Meeting on Radio Aids to Marine Navigation (IMRAMN) として位置精度

等に関する勧告を行ったが、時代も進み、海上交通の状況も当時とは大分異ってきており、また航行援助装置の進歩もあるので、1978 年 8 月の Session 21 で IMRAMN の勧告の見直しを行なうことが決められ、引続き現在も行なわれているので、中間報告として精度要求の動向の

表 3 IMCO における Accuracy Requirement の動向

	Phase or Distance	Accuracy (95% Con.)	Acquisition Time	Update Rate	Availability	Depth
IMRAMIN (1947 May 9)	港 < 3'	50 yard		cont.		< 20 Fm
	3' ~ 50'	200 yd ~ 1/2'		1/2 ~ 5 min		20 ~ 10 Fm
	50' <	1% dist. from danger		15 min		100 Fm <
U.K. (1978 Dec. 20)	港 口	Special area due to area				
	HA & RW < 3'	0.02' inner 0.1' outer		0.5 min		
	CN & TSS 3' ~ 50'	0.25 ~ 0.5'		1 min		
	Ocean 50' <	> 4'		10 min		
U.S.A. (1978 Nov. 8)	H. & HE.	8 ~ 10 m	5 min	6 ~ 10 sec	99%	
	Coastal N. < 50'	0.25'	< 30 min	1 ~ 5 min	99%	200 m
	Ocean 50' <	2' ~ 4'	15 min	15 min		
IMCO Working G. (1978 Aug. 3)	HA & RW < 3'	± 50 m				
	CN 3' ~ 50'	± 0.2' ~ ± 0.5'				
	Ocean N. 50' <	± 1%				
IMCO Working G. (1979 Jan. 10)	HA & RW	0.1' inner 0.2' outer	0.5 min	cont.		
	Coastal N. < 50'	0.2' inner 0.5' max	1 min	10 min		
	Ocean N. 50' <	1% or 4'	15 min	2 hr		
	T.S.S.	20% of T. lane	水域による	3 min		
France (1979 Jan. 8)	Specialized N.	0.01' ~ 0.05'		1 ~ 10 min	99.5%	
	Regulated W.	25% of T. lane		10 min		
	RW	0.05' ~ 0.25'		1 ~ 10 min	99.5%	
	Coastal N.	0.25' ~ 0.5'		10 min	99%	
	Land fall	↑↓				
	Ocean N. 50' <	2'		4 hr.	95%	

一覧表を表 3 に掲げる。

## 7. あとがき

世界の主要な海運国であり、船舶、電子等の技術の上からも世界の各国から一目おかれ、その動向が注目されている日本が、船位精度というような基本的な問題に対して、何らの提案もできずに表 3 に表われて来ないことは淋しい限りである。この要求精度というような問題は多分に主観的になりがちで、定量的な結果を出すことは困難な要素が多いが、上記のような意味からも、要求精度の考え方の一方法として敢て数値の提案を試みた。ここに挙げた数値については御批判も多かろうと思う

が、これを契機として、この種の興味の呼び水とし、国際的にも提案できるような態勢の一助となることを願う次第である。

## 参考文献

- (1) 飯島幸人・本田啓之輔：港湾水路について、日本航海学会論文集第 50 号、昭和 48 年 12 月。
- (2) 飯島直人：船位誤差論、天然社。
- (3) 豊田、飯島 外：浦賀水道船舶交通実態調査報告書、東京商船大学船舶運航技術研究会、昭和 42 年 12 月。
- (4) R. L. Cook: RIHANS, Navigation (USA), Vol. 20, No. 1, Spring 1973.
- (5) Capt. D. Dulany Claggart: Maritime Aid to

Navigation in Short Distance Maritime Environment, Navigation (U.S.A.), Vol. 17, No. 1, Spring 1970.

(6) E. B. Blood: Navigation Aid Requirements for the U.S. Coastal/Confluence Region, Navigation (U.S.A.), Vol. 20, No. 1, Spring 1973.

### 電波航法研究会 昭和 54 年度役員

会 長	茂 在 寅 男 (東京商船大学名誉教授, 東海大学)	編集幹事	鈴 木 務 (電気通信大学)
			鈴 木 裕 (東京水産大学)
副 会 長	庄 司 和 民 (東京商船大学)		中 嶋 庄 一 (日本郵船株式会社)
	木 村 小 一 (電子航法研究所)		古 川 弘 志 (海上保安庁警備救難部)
	今 吉 文 吉 (セナー株式会社)		渡 辺 泰 夫 (電子航法研究所)
企画幹事	飯 島 幸 人 (東京商船大学)	会計監査	真 田 良 (日本船主協会)
	内 野 孝 (海上保安庁水路部)		倉 繁 貴志子 (水 洋 会)
	遠 藤 作 雄 (全日本空輸株式会社)	出版幹事(兼)	木 村 小 一 (電子航法研究所)
	岡 田 高		
	小 林 義 久 (大阪商船三井船舶 株式会社)	会計幹事(兼)	飯 島 幸 人 (東京商船大学)
	柴 田 幸二郎 (アンテナ技研株式会社)		名 和 芳 雄 (海上保安庁燈台部)
	豊 福 滋 善 (海上保安庁燈台部)		
	二 宮 鎮 男 (日本無線株式会社)	庶務幹事	森 山 英 隆 ( " )
編集幹事	今 津 隼 馬 (東京商船大学)		笹 川 光 治 ( " )
	小 野 確 良 (沖電気工業株式会社)		

# 海洋エネルギーの利用について

東京商船大学

今津隼馬

## Alternate Energy from the Sea

Tokyo University of Mercantile Marine

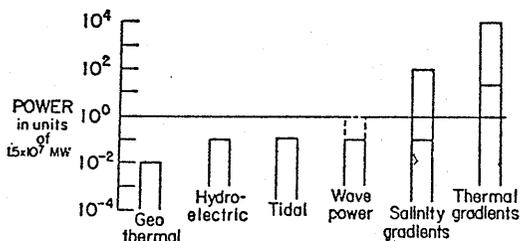
Hayama IMAZU

### はじめに

近年石油価格の暴騰、在来エネルギー（石油、石炭ならびに原子力等）による汚染の問題によりクリーンエネルギーの利用がクローズアップされてきた。ここではクリーンエネルギーのうちの海洋エネルギーを取り上げ、この汚染の問題が少ないエネルギーがどの程度利用できるものか、その方式にはどのようなものがあるのか、またそれらの方式は実用可能なものであるのか、技術的、経済的な面から各方面で発表されている論文ならびに報告書を参考に調べてみた。さらに日本で研究の進んでいる波力発電について、筆者と M. P. Tulin 氏によるモデルを紹介した。

### 1. 利用可能な海洋エネルギーの総量

Wick と Isaacs 両氏による報告によれば、我々の利用できる海洋エネルギーの総量は約  $10^8$  MW であり、それは A.D. 2000 年に全世界で必要とするエネルギーより大きなものであるとされている。また海洋エネルギーの形態別総量について図 1 のように報告されている。図中



Power or energy flux for various ocean energy sources. The baseline is the projected 2000 A.D. global energy consumption. The dotted extension for wave power indicates that wind waves are regenerated as they are cropped. The shading for salinity gradients indicates the concentrated gradients at river mouths. The shading for thermal gradients indicates theoretical power extraction taking into account the Carnot cycle efficiency. (Wick and Isaacs, 1975).

図 1

の横軸は A.D. 2000 年に全世界が必要とするエネルギーの予測量であり、図か潮汐 (Tidal) とら波力 (Wave Power) それに塩分濃度差 (Salinity Gradients) がほぼ同程度であり温度差 (Thermal Gradients) によるものだけがとびぬけて大きいことが判る。しかしこれらは全地球上での量であり、決して平均的に存在するものではない。例えば温度差を利用した発電可能な海域とは、表面と深部の海水温度差が  $22^\circ\text{C}$  以上必要であるため、熱帯地方の深海部でのみ可能となる。次に各方式毎にその原理と技術上、経済上の問題点について調べてみた。

### 2. 発電方式と問題点

ここでは Wechsler, Brown それに Sundram 氏の論文 [1] を参考にしそれぞれの発電方式とその問題点についてまとめてみた。

#### 2.1 潮汐発電

潮汐発電の技術は古くから研究されており、実用化もされている。図 2 はフランスの Rance 川の河口に建設されたものである。これは出力 240 MW で 1966 年に建設された。このような潮汐発電が可能な場所としては図 3 のような所が考えられる [2]。潮汐発電には技術的に問題はないが、経済的に問題があるため現在あまり建設が進んでいない。例えば Rance 川の潮汐発電の場合、

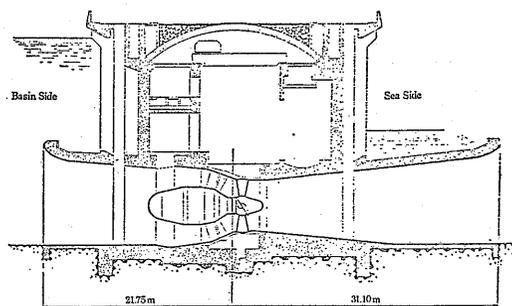


図 2

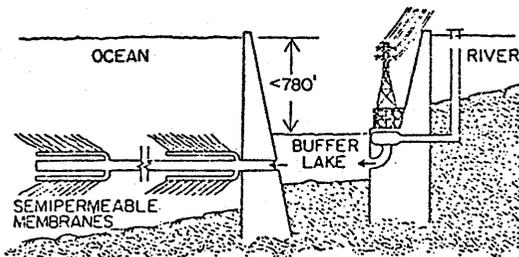


図 3

その建設費は約1億ドルであり、減価償却を考慮した電力価格は 2.57 セント/kWh となる (1974年), これは従来の石油, 石炭による発電が約 1.5 セント/kWh (1974年) であるのに比べると非常に高価なエネルギーと言える。しかし燃料価格の上昇が続くならば, その発電価格もほぼ等しくなり, 今後各方面で建設されることになる。

### 2.2 塩分濃度差発電

これは海水の濃度 (塩分濃度 35‰) と清水の間の濃度の差を利用し, 清水中に水面の落差を作り, これにより通常の水力発電を行なうという方式である (図 4)。図



Salinity gradient power production process shown in Wick and Isaacs (1975); 780 ft equals about 240 m.

図 4

からも判るように半浸透膜を通して海水中に清水を通せば, 濃度差の関係で, 等圧方面の差は理論的には約 240 m となる。この水面落差を利用し, 発電機を動かし発電する [3]。この方式は河口において可能であり, アマゾン, コンゴ, ガンジー川それにミシシッピ川が候補として考えられている。しかしこの方式には技術的にもまだ問題があるとともに, 経済的に大きな問題がある。Wick と Issacs 氏の研究によればこの方式の設備にかかる費用は通常の発電設備より 2 ケタも多くなる。このためこの方式はまだ実用段階には至っていない。

### 2.3 温度差発電

1973 年からアメリカを中心に研究開発されているもので OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) と呼

ばれている。これは海洋表面の海水と 800~1000 フィートの深海の海水の温度差を利用して発電するものであり 2 つのタイプがある。その 1 つはオープンサイクルであり表面の暖かい海水を非常に低い気圧の元で蒸発させ, この蒸気によりタービンを回して発電を行なう, そしてこの蒸気を深海の冷たい海水で凝縮させるという方法であり, Clude により研究された。しかし実際には 21.1 度の水を蒸気にするためには気圧を 0.5 psia に減ずることが必要であり, このような蒸気で回すタービンは非常に大きくなるという問題があり, 技術的な問題が解決されていない。2 つ目のタイプは Andersons 等により研究されたクローズサイクルである。これは暖海水でボイラー中のアンモニアを気化させ, これによりタービンを回して発電する, そしてこのアンモニアガスをコンデンサー内で冷海水を使って凝縮させる方法である (図 5)。

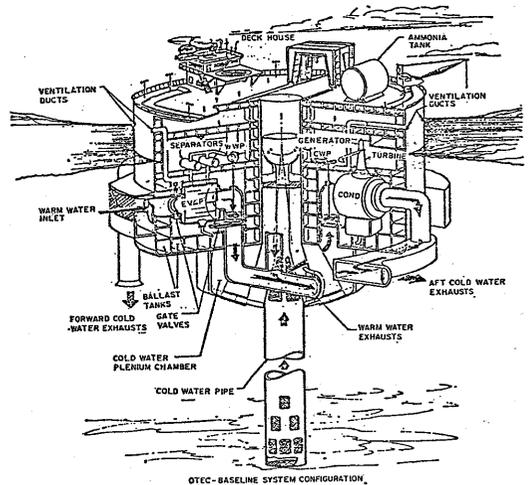


図 5

この装置の価格は 1973 年に 296 ドル/kW と試算されている。在来の燃料を使う発電は 1974 年の燃料価格で計算すると 1200 ドル/kW であるから, 装置そのものでは十分経済性がある。しかしながらこれにも問題点がある。その 1 つは環境問題である。Zener 氏の考察によると, 25°C の暖海水がボイラーで使われ 23°C となって排出され, コンデンサーでは 5°C の冷海水が 7°C となって排出されるとすると 100,000 ガロン/分の海水が 1 MW の発電に必要と報告されている。このように大量の海水が移動することにより気象に何らかの影響を及ぼす事が考えられるとともに, 海洋の垂直温度分布の変化, 深海の海水の不安定化の影響も無視できない。また発電場所と電力消費地が遠く離れることによる問題, すなわち生産したエネルギーをどのような形で運搬するかという問題もある。OTEC の研究において, a) 電力を使って水素やメタノール等の燃料を作り, 運搬する方法 b)

アルミニウム等の製造をこの発電場所において行ない、製品を運搬する方法も研究されたが、それぞれ経済的に問題があり、1974年度換算で石油が32ドル/bbl以上になれば a)の方法も可能であると言われているが、これにも運搬や水素の利用方法の研究が必要である。

#### 2.4 波力発電

これは波の力を利用し電力を生産するもので、古くから多くの人々によって研究されており数百にもおよぶいろいろな方式が考え出されている。波力発電に適した海域としては、英国、北米西海岸それに日本付近がある。この内特に英国や日本においてその研究は進んでおり、一部には実用化されたものもある。波力発電の欠点としては前記の発電方式に比べ出力が不安定であることである。実用化のためには低価格の蓄電方式により安定した電力を消費地に供給する為の研究が必要であろう。現在考えられている実用化された蓄電方式としては、余剰電力を使って貯水池にポンプで水をあげ、不足時にその水で水力発電する方法である。波力発電の経済性については、波エネルギーの25%以上を電力に変換できればほぼ現在の燃料による発電と同じ価格程度の電力が得られるとの報告がある[1]。しかしこれは方式により異なる。次に波力発電方式について調査してみた。波力発電の方式を大別すると、(1)ウォーターレンズ方式 (2)波の上下運動を利用した方式 (3)波によるローリング運動を利用した方式、がある。(1)の方式は海岸に打ちよせる波を、応答特性の異なるブイ又は海底に山を作ることにより、波を一点に集中させ、その力を利用して水を高さ100m以上にある貯水池まであげ、その水で水力発電しようというもので、ノルウェーやアメリカで研究されている。図6はノルウェーで研究されているものである。この方式はまだ研究の段階で実用化されたものは無い。(2)の方式の代表例としては日本が研究、実験している「海明」がある。これは波の往復運動を空気の運動に変換し、この空気でタービンを回し発電するものである(図7参照)。この方式は現在海上保安庁の波力ブイで

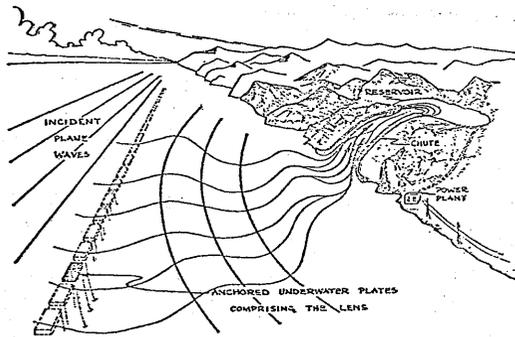
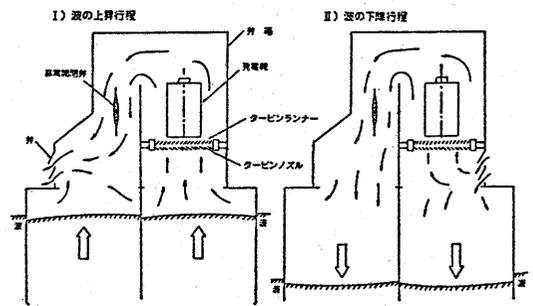
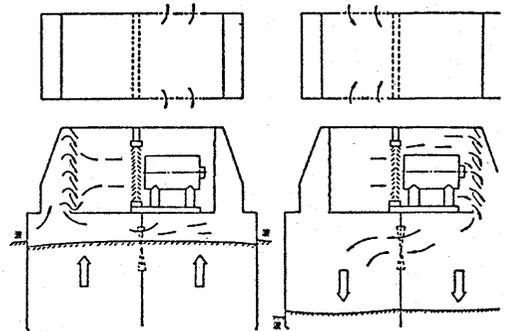


図 6



2枚弁弁箱



4枚弁弁箱

図 7

使われ、航路標識の点灯に役立っている。しかしまだ変換効率が十分でなく、現在効率を高めるための研究が波力発電実験船「海明」を使って行なわれている。(3)の方式としては英国のソルター氏によるソルターカムが代表的なものである。これは波力を効率良く吸収するブイの形を研究し(ソルターカムと呼ぶ: 図8参照)、このカムのローリング運動を使ってタービンを回し発電す

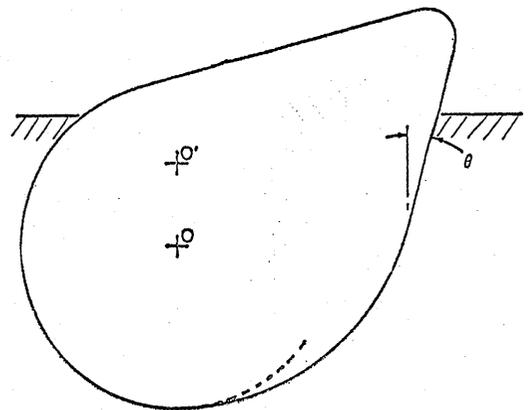


図 8

るものである。ソルター氏の研究によると、このカムは波力の 80% 以上を吸収する非常に効率の良いものである [4]。この吸収したエネルギーを全て電力に変換できるならば、波力発電の実用化も進むであろう。しかし (2) (3) の方式の大きな欠点としては波の周期や波高が一定でない為、出力が安定していないことと、海水による発電部の腐食の問題がある。また係留方法ならびに蓄電方法の研究も重要である。次に筆者と M. P. Tulin 氏が考えた波力発電方式を紹介する。

### 3. ソルターカムを利用した直接波力発電方式の一例

これは波力吸収効率のすぐれたソルターカムと直流発電機を 2 つのラチェットギヤとフライホイールで結び、安定した出力を得ようというモデルであり、現在研究中のものである [5]。このモデルは図 9 の構成からなる簡単なもので、次のように波力を電力に変換する。

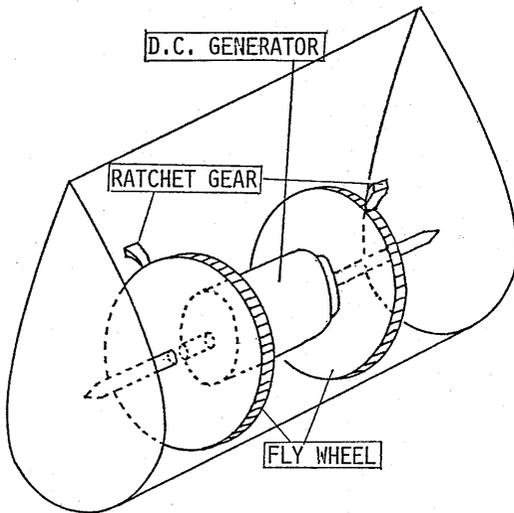


図 9

(1) 波がソルターカムをたたき、波力がソルターカムに伝われば、カムはローリング運動を開始する。(2) カムのローリング運動はラチェットギヤを通じて一方のフライホイールに伝わり、一方向の回転運動となる。(3) このフライホイールを直流発電機の外部と結合しておけば発電機の内部との間に一方向の回転運動が生じ電力が発生する。(4) カムが反対方向にローリングを開始しはじめたら、その運動はもう一つのフライホイール(発電機の内部と結合している)に回転運動として伝わり、発電機内の相対運動は大きくなる。このように各フライホイールの回転方向をそれぞれ反方向に固定しておけば、波によるローリング運動で常に一定方向の出力が得られる。このモデルの利点としては、

- i) カムに吸収された波力が直接電力に変換されるため、変換効率が良い。
- ii) 1 個のカムで発電しており、発電部を海水にさらすことは無く、海水による発電部の腐食の問題はほとんど無い。
- iii) このモデルは直流発電機なので、このモデルの出力を単純に結合するだけで、必要量の電力が得られる。
- iv) 大きなフライホイールを使えば単時間の出力は安定する。
- v) 構造が簡単である。

我々はこのモデルの発電効率を調べるため、モデルの運動を理論的に解明し、シミュレーションによる計算を行なった。このモデルではカムと 2 つのフライホイールの運動があり、さらにフライホイールは発電機で結合されている為、2 つの自由度を持っている。そしてカムとフライホイールが結合している場合と離れている場合の運動が交互に繰り返される。このモデルの出力としての電力は次式で与えられる。

$$\bar{P} = \nu(\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}_2)^2 \dots \dots \dots (1)$$

ここで  $\bar{P}$  は平均電力、 $\dot{\phi}_1$  と  $\dot{\phi}_2$  はそれぞれのフライホイールの角速度であり  $\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}_2$  はその平均相対角速度である。また  $\nu$  electric damping coefficient はである。この平均電力とカムに吸収された波力との関係を求めた所、最大の効率が得られた。またカムとフライホイールの慣性の比率や、 $\mu$  (hydrodynamic damping coefficient) と  $\nu$  の比率を変えることにより広い周波数の波から高い効率で電力が得られることが判った。現在までの結果をまとめると、大きな慣性を持ったフライホイールならびに  $\mu$  に比べて十分に小さな  $\nu$  が広い周波数の波から効率よく電力を得るために必要な事が判明した。この研究は来年までに理論解析を終了し、今後実験を通してモデルの有効性について調べる予定である。

### 4. むすび

このテーマは電波航法研究会のテーマとしては少しはずれているかと思われるが、海という共通した場を対称としていることが会員の興味を少しでも引き起してくれんことを期待しつつ筆を取った。私自身このような分野については Tulin 氏と会うまで考えた事もなかったものである。しかし今後人類が必要とするものは地球上まだ未開発の海にしか残っていないとまで言われるようになった現在、分野の異なる研究者がまったく新しい視点から新しい考え方を海に導入することがますます必要になったと思われる。ここに紹介した海洋エネルギーの利用についても新しい考え方を要求しており、まだまだ未開発の分野が多く残っているものの一つである。

参 考 文 献

- [1] L. Wechsler, C. E. Brown and T. R. Sundaram: "Engineering Analysis of System for Extracting Useful Energy from the Sea," Marine Technology Society Tenth Annual Conference Proceeding, 1974
- [2] K. R. Vernon: "Hydro (including tidal) energy," Phil. Trans. R. Soc. Lond. A. 276, 1974
- [3] A. F. Richards: "Extracting Energy from the

- Oceans," MTS Journal Vol. 10, No. 2, 1976
- [4] S. H. Salter, D. C. Jeffrey and J. R. M. Taylor: "The Architecture of Nodding Duck Wave Power Generators," The Naval Architect, January 1976
- [5] H. Imazu and M. P. Tulin: "Direct Conversion of Wave Power to Electrical Power," Alternate Energy from the Sea, University of Washington, 1978

電波航法研究会 昭和53年度会計報告および昭和54年度予算

( ) は53年度当初予算額

項目	会 計 報 告		予算額	項目	会 計 報 告		予算額
	金 額	摘 要			金 額	摘 要	
前年度より越	円 506,889		円 594,352	会議費	円 111,150 (123,250)	研究会 6回 専門部会 2回 幹事会 5回	円 154,000
入会費	1,006,000 (1,168,000)	正会員 41社 98口×10,000円 =980,000円  個人会員 13名 13口×2,000円 =26,009円  〔未収 56,000円〕	1,266,000	資料費	0 (5,000)		5,000
雑収入	9,600 (50,000)	会誌販売等 21冊	10,000	会誌出版費	641,308 (900,000)	会誌24号 587,308円 原稿料 54,000円	1,200,000
広告料	71,000 (213,000)	会誌 23号分 (24号分 71,000円 未収)	142,000	事務	95,540 (45,000)		45,000
銀行利子	2,714 (8,000)		3,000	務編集	13,000 (20,000)		20,000
計	1,596,203 (1,945,889)		2,015,352	費会計	20,000 (20,000)		20,000
				謝金	78,000 (78,000)		79,000
				通信交通費	39,040 (90,000)		70,000
				雑費	3,813 ( )	昭和53年度見学会補助	422,352
				次年度へ越	594,352 (545,889)		—
				計	1,596,203 (1,945,889)		2,015,352

## オメガ受信機の技術基準とその対応について

富士通(株)

塚田 一雄

### Technical Standards for Marine Omega Receiver and Its Practical Application

FUJITSU Ltd.

Kazuo TSUKADA

#### 1. まえがき

オメガシステムの運用は、部分的な運用期間を含めれば、すでに10年以上に及ぶが、システムとしてはまだ発展の途上にある。最近では精度上重要な伝搬波間のモード干渉に伴う受信レベルおよび位相変動等が明らかにされるとともに、伝搬補正精度およびレーン識別能力の改善など、システム向上のための各種方策が世界的な規模で行なわれている。

一方、わが国においても、これらシステム改善の一環として、昭和52年に電波航法研究会において、利用者、学識経験者および製造者からなる“オメガ受信機の技術基準に関する専門部会”が設けられ、船舶用オメガ受信機の具備すべき技術的要件について討議された。討議結果は22項目からなる技術基準案としてまとめられ、海上保安庁へ答申されるとともに、53年初め同庁より公示された。

当社は技術討議に参加するとともに、セナー(株)と共同で、本技術基準を踏まえてオメガ受信機の設計を行ない、53年同基準を満足できるOMEGA-15型受信機を開発した。以下、本受信機の内容および技術基準との対応について紹介したい。

#### 2. 装置の内容

オメガシステムは、基本的に、測定した位相差をくり返し積算する方式であるため、受信機ではこの積算動作が正しく行なわれるかどうか、もっとも重要な事柄である。技術・基準では、機能性能について各種の規定が設けられているが、もっとも重点が置かれている点はやはり位相差値(レーン)の積算であって、受信機動作の継続性、レーン積算の記録確認、受信不能時の警報さらには低入力信号対雑音(S/N)時の性能等について詳細に

規定されている。

開発した受信機も、以上の点に重点を置いた設計が行なわれ、技術基準を満足する性能を得ることができた。以下その内容を順次述べる。装置の外観および系統図を図1、図2に示す。

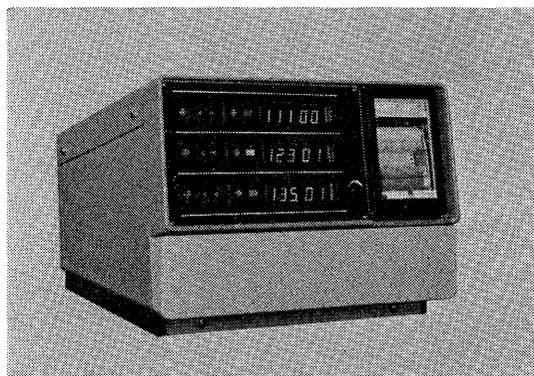


図1 OMEGA-15型受信機

#### 2.1 受信増幅系

オメガシステムでは、送受信点間距離は非常に大きく場所によっては1万kmにもおよぶため、受信信号は伝搬路での各種要因による変動を受け易い。とりわけ、太陽の出没時における電離層高の急速な変化に伴う伝搬モードの変化により、著しい入力レベルの低下、S/Nの低下を生ずる場合がある。このため受信増幅系では、低い受信レベルにおいても、雑音の中から確実に信号を適出し信号位相を忠実に再現することが要求される。図3にオメガ受信波形の一例を示す。

受信方式はシングルスーパーヘテロダインで、技術基準の感度、耐雑音、入力ダイナミックレンジ等を実現のため、受信系は低雑音増幅器、ハードリミッタ、受動および能動フィルタ等により構成している。受信周波数の選

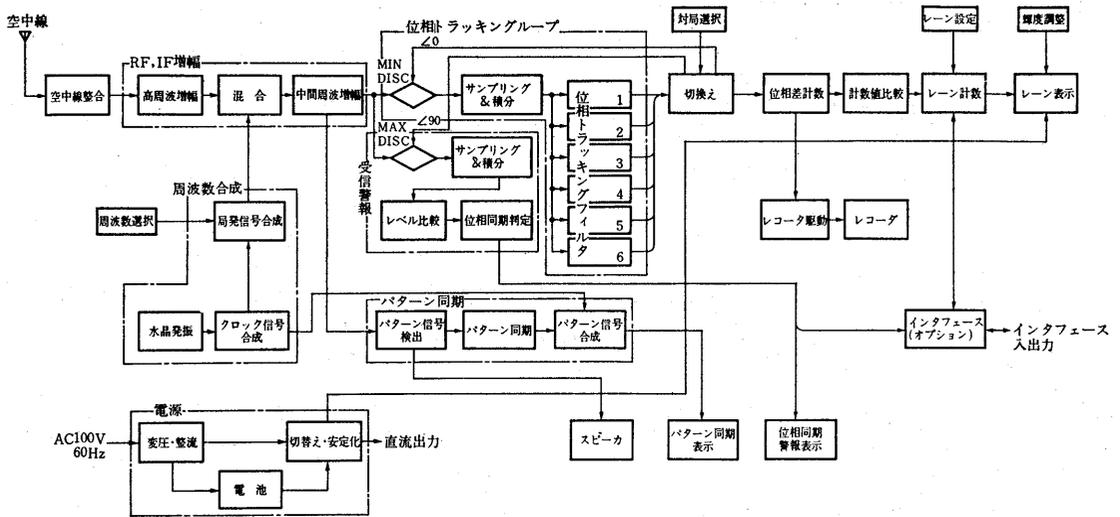


図 2 OMEGA-15 型受信機系統図

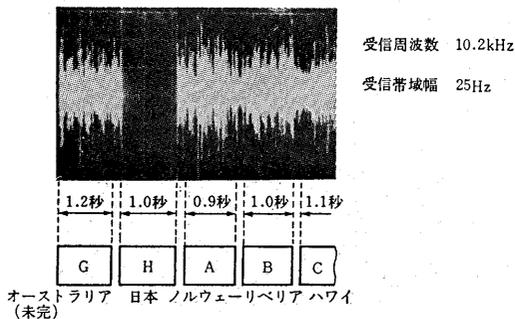


図 3 オメガ受信波形の一例

扱は、ローカル信号周波数の切替方式を用いている。高周波、中間周波増幅器の系統図を図 4 に示す。

### 2.1.1 感度および耐雑音性

受信機としては受信電界強度が  $1 \mu\text{V}/\text{m}$ 、S/N 比が  $-20 \text{ dB}$  まで低下した場合でも、確実に動作できることが要求される。このため、高周波増幅器の初段では、増幅器自体で発生する自己雑音を極力小さくすることが必要である。初段増幅器には、雑音指数をもっとも小さくする動作条件で、空中線系との整合が容易に行なえる NPN と PNP のコンプリメンタリトランジスタ増幅器を用いている。混合器は、リニア IC による平衡形混合

器を用い、局発ラインからの中間周波信号成分の混入を防いでいる。

受信信号のフィルタ系としては、雑音による信号成分の抑圧効果を最小とするために、帯域フィルタとハードリミッタを交互に組合せて帯域を徐々に狭くしている。帯域幅は高周波増幅で  $100 \text{ Hz}$ 、中間周波で  $25 \text{ Hz}$  とした。この値は時間同期用バースト信号の通過、インパルス雑音によるリングング、温度に対する位相安定度などの観点より決定している。空中線入力よりみた電圧利得は約  $120 \text{ dB}$  である。

### 2.1.2 入力ダイナミックレンジ

受信電界強度の変動としては  $10 \sim 80 \text{ dB}/\mu\text{V}/\text{m}$  以上が予測される。大幅な受信レベル変動に対応するため、ハードリミッタ方式を採用した。この方式は、AGC 方式に比べレベル変化に対する応答速度が速く、しかも出力レベル変動および S/N 比の劣化が少ない。さらに、入力レベル変化に伴う位相変化を最小とするために、ハードリミッタと低域フィルタを組合せた方式を用い  $80 \text{ dB}$  以上のダイナミックレンジを得ている。図 5 に入力信号レベル対位相安定度特性を示す。

### 2.2 位相トラッキンググループ

オメガシステムでは、各送信局は  $10 \text{ 秒}$  周期で約  $1 \text{ 秒}$

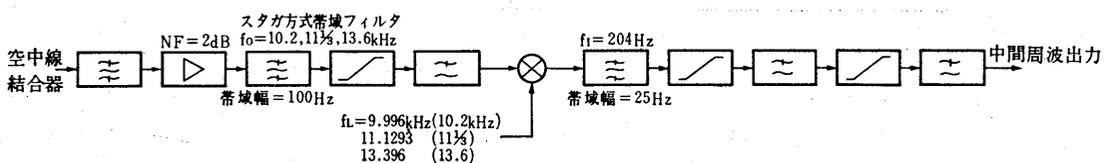


図 4 RF, IF 増幅器系統図

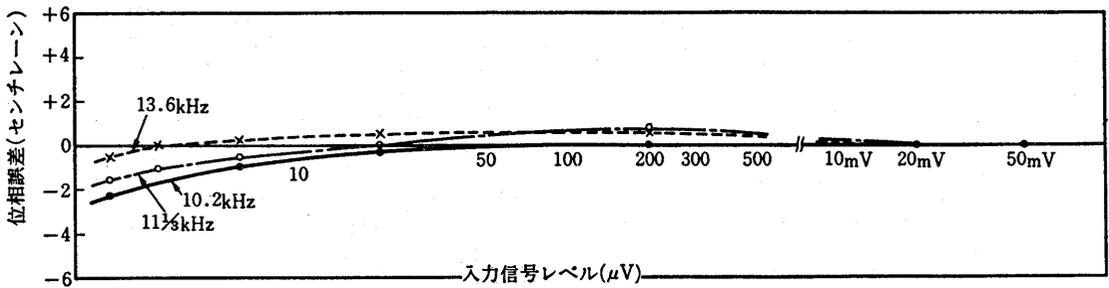


図5 入力信号レベル対位相安定度特性

間ずつ時分割形式で送信を行なうので、受信機では受信信号位相を追尾（トラッキング）するために、サンプル値制御方式の位相トラッキングループが用いられる。位相トラッキングループの応答性および S/N 低入力時の追従精度は、ループの構成方式によって決定される。

本受信機では、技術基準における静止時の位相確度および移動時の追従精度を満足させるために、二次系のループを用いており、ループはサンプルホールド、積分器を含むループフィルタ、電圧制御移相器などで構成している。（図6参照）

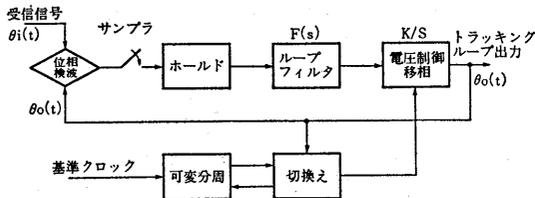


図6 位相トラッキングループ系統図

本ループの動作としては、ループ出力が位相同期検波器で受信信号と位相比較され、位相差に比例した誤差電圧を得る。この誤差電圧を積分器で平坦化したのち、さらに電圧制御移相器でループ出力位相を制御して、受信信号の位相を追尾するようにしている。電圧制御移相器の最大移相範囲は  $\pm 130^\circ$  であるが、 $+90^\circ$  また  $-90^\circ$  は移相されたとき、移器入力フロック信号の位相をデジタル的に  $90^\circ$  切換え、常に最大移相範囲を越えないようにしている。

本方式では、1個の基準水晶発振器をもとに、多数の電圧制御移相器を同時に動作させることができ、さらに各電圧制御移相器は電圧制御水晶発振器と等価な機能を持たせることができる。移相器を用いる方式は、ループ特性の均一化が容易なほか、素子の温度変化や経年変化などの影響が少なく安定した性能が得られる。

本トラッキングループの伝達関数は、 $z$  パラメータを用いて次のような形で表わされる。

$$\frac{\theta_o(z)}{\theta_i(z)} = \frac{(z-0.958)(z-0.96)}{(z-1)^2(z-0.634)} \dots (1)$$

K: ループ利得（復調利得×変調利得）

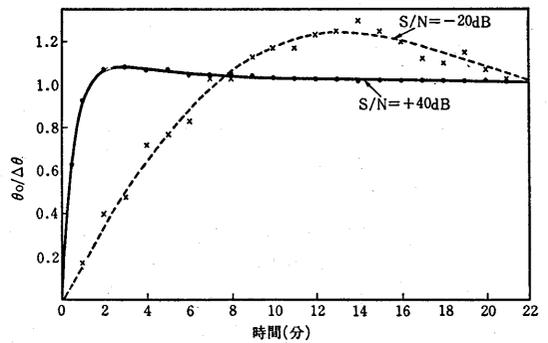


図7 位相ステップ応答

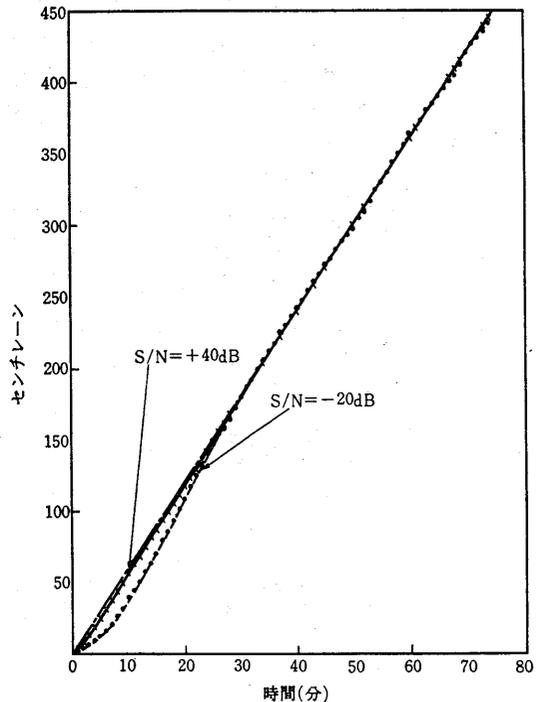


図8 位相ランプ応答

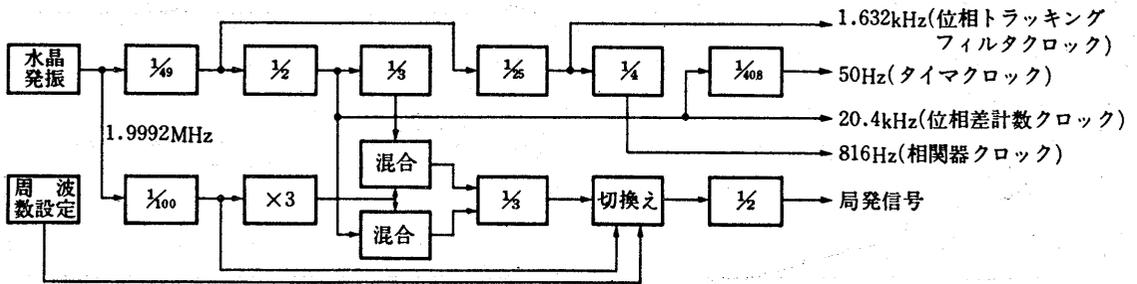


図 9 周波数合成の系統図

トラッキンググループの位相スラップ応答と位相ランプ応答を図7と8に示す。本受信機の位相トラッキンググループは、6局が同時に追尾できるように、6チャンネル実装している(図2参照)。

### 2.3 周波数合成およびパターン同期

#### 2.3.1 周波数合成

オメガシステムでは、各送信局は極めて周波数安定度の高いセシウム発振器を原振として、5波の送信信号および送信パターンを合成している。一方、受信機は太平洋横断など長時間にわたる連続した動作が基本条件となるため、いったん設定したあとは使用途中でパターンの再設定などを要しない方式が必要である。このためには、パターン信号の原振となる基準発振器の周波数、安定度をできるだけ高くすることが要求される。

本受信機では、発振周波数の経時変化がもっとも小さくできる4MHz近傍に原振を選び、ユニット内で1/2分周したのち、シンセサイザで各部に必要なすべてのブロック信号を合成している。原振の周波数安定度は $\pm 2 \times 10^{-9}$ /日以内である。

図9に周波数合成の系統を図す。

周波数合成方式としては、最小限の混合と周波数通倍を行ない、ほとんどは分周によって必要なブロック信号が作られるように原振周波数を決定している。

デジタル分周回路は消費電流を少なくするため、全面的にCMOS ICを採用している。

#### 2.3.2 パターン同期

本受信機のパターン同期は、受信機内に送信パターン(図10参照)と等しい信号を合成し、これを叩動ま

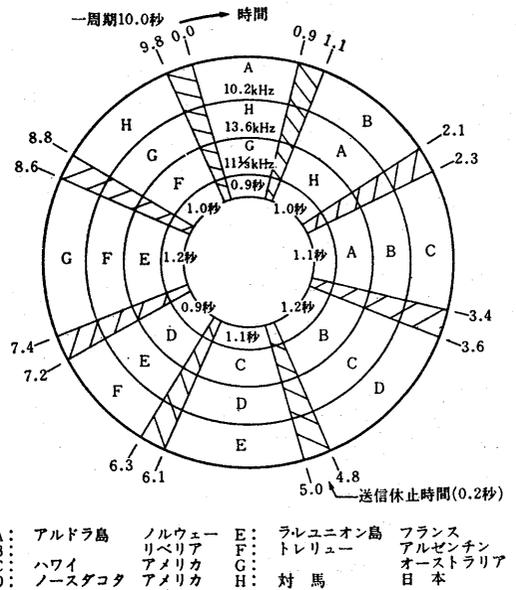


図 10 オメガ信号形式

たは手動で送信パターンに同期させる方式を用いている。

本回路の系統図を図11に示す。受信レベルは送受信点間の距離によって大幅に変動するため、AGC増幅器で振幅変動を約15dBまで圧縮したのち、位相相関フィルタを用いて受信信号に含まれる雑音を除去し、コヒーレント成分を抽出している。このコヒーレント信号を可聴音とするため、いったん周波数通倍(204Hz×5)したのちエンベロープ検波を行ない、信号継続時間の差から

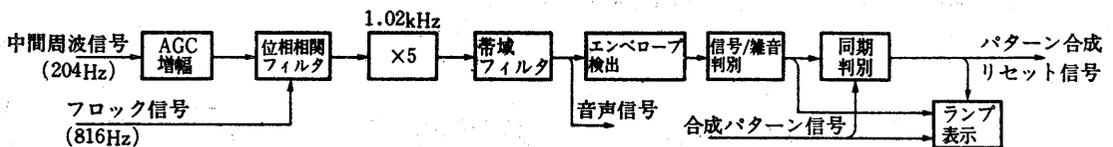


図 11 パターン同期系統図

受信パターン信号と雑音とを識別し、これと合成パターン信号（受信機内部で合成）との比較を行なっている。合成パターン信号を同期するためのリセット動作は、受信信号の立下りエッジで行なうようにしており受信パターンと合成パターンが完全に一致するまでリセット動作をくり返す。

図 12 にパターン同期の監視方式を示す。

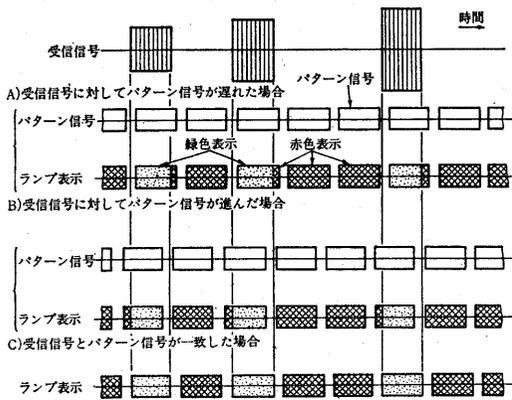


図 12 パターン同期の監視方式

### 2.3.3 受信警報

10年以上にわたるオメガシステムの運用の結果、太陽出没時に生ずる急激なレベル低下、あるいは送信局の一時的停波（ほとんどは2分間程度の商用電源と自家発電切替時間で測定に影響しないことが多い）などに対して、誤った測定を行なうことがないように、警報機能をもつことが要求されるようになった。

オメガではデッカなどの他の航法システムに比べ、受信 S/N 比が相当低い場合（-20 dB）でもなお測定可能なことが要求されるため、受信異常の判別がむずかしく確実な受信警報機能を実現することは容易ではない。

本受信機では、位相トラッキンググループで記憶されて

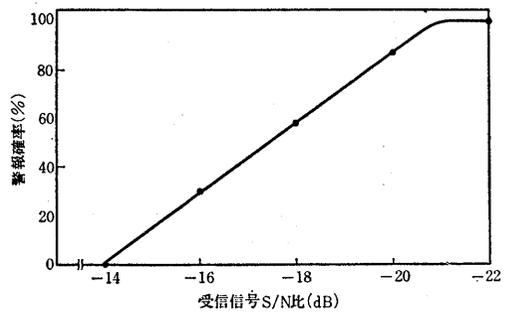


図 13 受信信号 S/N と警報の確率

いる受信信号の平均位相と 10 秒ごとの受信位相を比較し、警報確率が図 13 に示すように S/N 比に比例していることを利用して行なう方式を採用している（図 14 参照）。すなわち、受信信号と各トラッキンググループ出力信号とを順次位相比較することにより異常の検出を行なうようにしている。位相トラッキンググループは3分以上の時定数をもっているため、1~2 分間の受信不能を生じて測定値に急激な変化を生ずる恐れはない。時定数以上の長さで受信不能を生じた場合、または S/N 比が -20 dB 以下に低下した場合に警報表示を行なう必要があるが、このため図 14 に示すように受信状態を一定期間シフトレジスタに記憶させ、約 80% 以上の頻度で受信不能が生じたときに警報を表示させるようにしている。

本受信機では 6 局が受信可能な方式としているため、状態記憶用シフトレジスタや同期判別表示などはすべて 6 系統で構成されている。

受信不能を生じた場合、ランプ表示のみでは異常の確認に不便なため、レコーダに異常マークが記録できるようにしている。図 15 に示すように S/N 低下や、同期異常を生じた場合は、その位置線を約 2 分間隔で測定値と零、また正常な位置線は測定値とフルスケールをそれぞれ同時に切替えて記録させ、異常の発生と異常を生じた位置線が容易に見つけだせるようにしている。

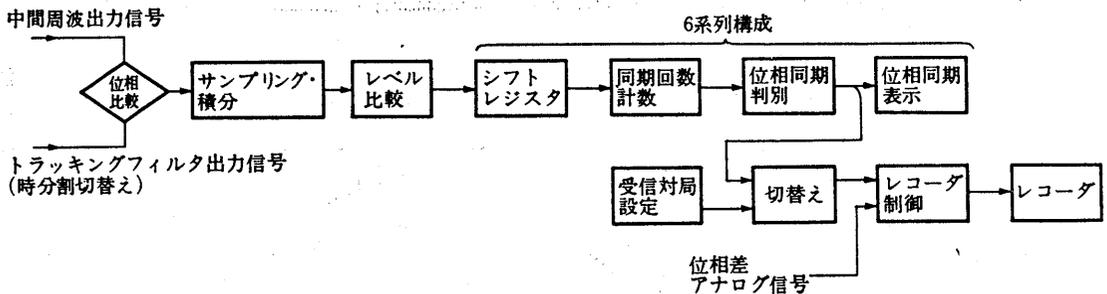


図 14 受信警報系統図

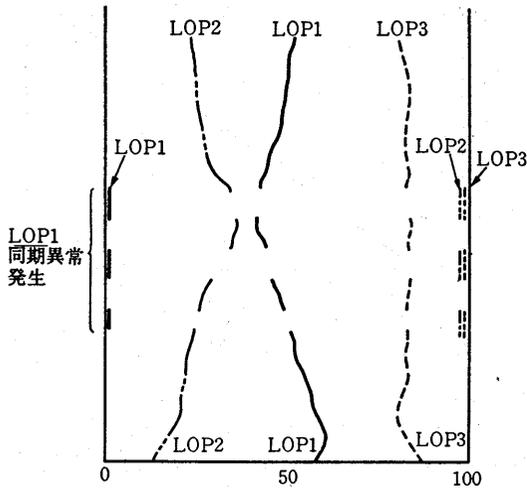


図 15 位置線異常記録方法

### 2.3.4 電 源

本受信機はほとんどの場合、中型以上の船舶が対象と考えられるので、電源は交流専用としている。

船内電源が停電した場合、積算した位置線値が一瞬に失われるので、これを防止するため2系列のニッケル・カドミウム電池を内装させ、常時フローティング充電を行ないながら、停電発生とともに直ちに電池動作に切替わるようにしている。

電池動作の場合、表示回路を除くすべての回路動作のバックアップを行なうとともに、誤操作によって過放電が生じないように電池動作表示および過放電防止回路を設けている。

### 3. 主要性能

受信機の主要性能を表1に示す。

表 1 受信機の主要性能

定 格		ダイナミックレンジ	10 $\mu\text{V/m}$ ~100 $\text{mV/m}$ 間で $\pm 1$ センチレーン以内	
受信方式	スーパーヘテロダイン方式	電圧変動対位相安定度	AC 100 V $\pm 10\%$ で 1 センチレーン以内	
受信周波数	10.2 kHz, 13.6 kHz, $11\frac{1}{3}$ kHz (切替受信)	所要電源	AC 100 V $\pm 10\%$ 60 Hz 22 VA (18 W)	
中間周波数	204 Hz	テ ス ト	すべてのパーセントレーン表示が $0 \pm 2$ センチレーン	
位置線表示	3 対局同時表示 (各レーン: 3 桁, パーセントレーン: 2 桁) 2 秒ごとに表示を更新	停電時動作保護	10 分間以上継続動作が可能	
位置線記録	内蔵レコーダで 3 LOP のパーセントレーン値を色分けして記録 (赤, 青, 緑)	調 光	位置線表示およびランプの連続輝度調整が可能	
選 局	8 局中の 6 局に対し任意の組合せが可能	入出力データ	インタフェースユニット実装時に下記データの授受が可能	
パターン同期	自動同期または手動同期 内蔵スピーカおよびランプ (2 色切替え)	i) 入力データ	データ選択信号 4 ビット	
i) 同期方法		受信周波数選択信号 2 ビット		
ii) 同期監視	ii) 出力データ	受信周波数	} 8 ビット時分割	
感 度	電界強度 1 $\mu\text{V/m}$ (入力 2 $\mu\text{V}$ ) で同期警報が停止し入力信号位相追尾が可能	受信対局名		} 8 ビット時分割
		ロッキングデータ		
受信異常警報	電界強度 1 $\mu\text{V/m}$ (入力 2 $\mu\text{V}$ ) 以下, または電界強度 10 $\mu\text{V/m}$ (入力 20 $\mu\text{V}$ ) で $S/N \leq -20$ dB で同期警報を表示しレコーダに異常マークを記録	位置線データ		} 8 ビット時分割
		位置線番号	} 8 ビット時分割	
追 尾	28 ノットで 180° 方向転換したとき追尾誤差が 5 センチレーン以内	インタラプト信号		1 ビット
		100 $\mu\text{V/m}$ , $S/N=40$ dB で $\pm 2$ センチレーン以内	環 境 性 能	
確 度	100 $\mu\text{V/m}$ , $S/N=40$ dB で $\pm 2$ センチレーン以内	動作温度	周囲温度 $-5 \sim +45^\circ\text{C}$	
		動作湿度	相対湿度 40~90%	
		耐 振 動	1~10 Hz 振幅 3 mm 10~60 Hz 振幅 150/ $f^2$ mm (f: 振動数 Hz/s)	
		耐 衝 撃	上下, 前後方向各 5G	

#### 4. 技術基準との比較

以上述べた装置内容について、機能および性能に分けて技術基準と比較すれば、表 2、表 3 のように示される。

本受信機の開発は技術基準の討議期間と一部並行して

行なったため、性能上のいくつかの点で完全に規格と仕様を一致させることはできなかったが、感度・追尾特性など主要性能について、技術基準に従って試験を行なった結果、幸いにも表 4 に示すように基準を満足するデータを得ることができた。

表 2 機能についての比較

技 術 基 準		OMEGA-15 型受信機の方式	備 考
No.	項 目	内 容	
3	受信周波数	10.2 kHz を受信すること	10.2, 11-1/3, 13.6 kHz 切替受信
4	位置の線の表示	小数点以下 2 桁を含む 4 桁以上	小数点以下 2 桁 小数点以上 3 桁
5	4 項の更新	10 秒毎に更新されるもの	2 秒毎に更新
6	4 項の読み取り	10 秒以内に 2 本以上の位置線が読み取り得る	3 本の位置の線が同時表示
7	セグメント同期	(1) 同期が容易、確実に実行できる (2) 状態が容易に確認できる	(1) 強い 2 局信号に対して自動同期、S/N の低い場合手動同期が可能 (2) 2 色切替式発光ダイオードと同蔵スピーカによる同期監視
9	センチレーン値の記録	2 つ以上の位置の線のセンチレーンを連続して自動記録	内蔵レコーダにより 3 本の位置の線を色別記録
10	同上の確認および識別	(1) 4 時間程度前までの数値が容易に確認 (2) 位置の線の識別が容易	(1) 記録紙は容易に引出し確認できる折たたみ方式 (2) 赤、青、緑の色別記録
11	受信入力レベル低下時の警報	(1) 聴覚又は視覚による警報を発する (2) 誤ったレーン値を使用しないよう配慮すること	(1) 受信信号の S/N が低下した場合 (< -20 dB) 受信局毎に異常表示 (2) 内蔵レコーダにより該当位置の線を破線状に記録
22	予備電源	常用電源入力断となった場合、10 分以上の位置追尾を確保する手段を有する	ニッケル・カドミウム・アルカリ電池を内蔵。 動作保護可能時間 10 分以上

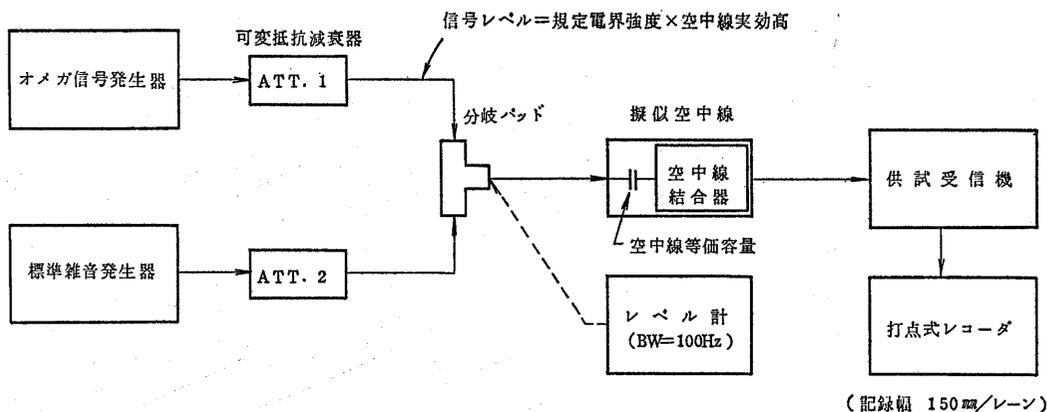
発光色  
内部信号; 赤  
受信信号; 緑

異常位置の線  
“0↔受信位相値”を交互に記録

表 3 性能についての比較

技 術 基 準			OMEGA-15 型受信機仕様	備 考
No.	項 目	内 容		
8	感 度	3 $\mu\text{V/m}$ , S/N=-20 dB, BW =100 Hz にて表示値の標準偏差は 4 センチレーン以下	(1) 同 左 (2) 入力 1 $\mu\text{V/m}$ (2 $\mu\text{V}$ ) にて同期警報ランプが消灯し入力位相変化に追従可能	測定方法 図 16
12	追 尾	30 ノット, S/N=-20 dB にて追尾誤差は平均値 10 センチレーン以下, 標準偏差 4 センチレーン以下	(1) 同 左 (2) 28 ノット 180° 方向転換したとき追尾誤差 5 センチレーン以下	測定方法 図 16
13	センチレーン値の確度および安定度	100 $\mu\text{V/m}$ , S/N=40 dB にて表示確度は 2 センチレーン以内	同 左	測定方法 図 17
14	同 上	3 $\mu\text{V/m}$ ~10 mV/m にて表示の偏差量は 2 センチレーン	同 左	測定方法 図 17
15	同 上	以下電源電圧変動 $\pm 10\%$ にて表示の偏移量は 1 センチレーン以下	同 左 (データは 1 分間隔, 10 個の平均)	
16	同 上	相対湿度 90%, 周囲湿度 -5~+40°C の範囲にて表示の偏移量は 2 センチレーン以下	同 左 (同 上)	
17	設置場所の条件	周囲温度 -5~+45°C 相対湿度 40~90% の範囲にて正常に動作	-5°C および +45°C, 2 時間放置後 13 項を確認さらに, +45°C にて加湿 (90%) 1 時間後に確認	(データは 1 分間隔 10 個の平均)
18	同 上	船上の航行計器, その他の設備に妨害を与えない。	— (装備方法にて規定)	MIL-STD-461A その他を参考
19	同 上	船上の通信設備等の影響により, セグメント同期異常およびレーンの喪失が発生しない。	交流 100V 電源入力ラインに 400V のパルス (パルス幅 0.8 $\mu\text{s}$ , くり返し電源周波数) を重畳して 13 項を測定し異常を生じない。	(注)
20	同 上	次の振動のもとで異常なく動作する。 1~10 Hz, 振幅 3 mm 10~60 Hz, 振幅 150/f <sup>2</sup>	同 左	
21	同 上	周期 10 秒, 22.5 度の動揺のもとで異常なく動作する。	同 左	

(注) 下記文献を参考  
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
Technical Committee No. 18; Electrical Installations in Ships  
Appendix 3 "IMMUNITY TESTING" (June 1973)



注 (1) 感度・センチレーンの確認測定

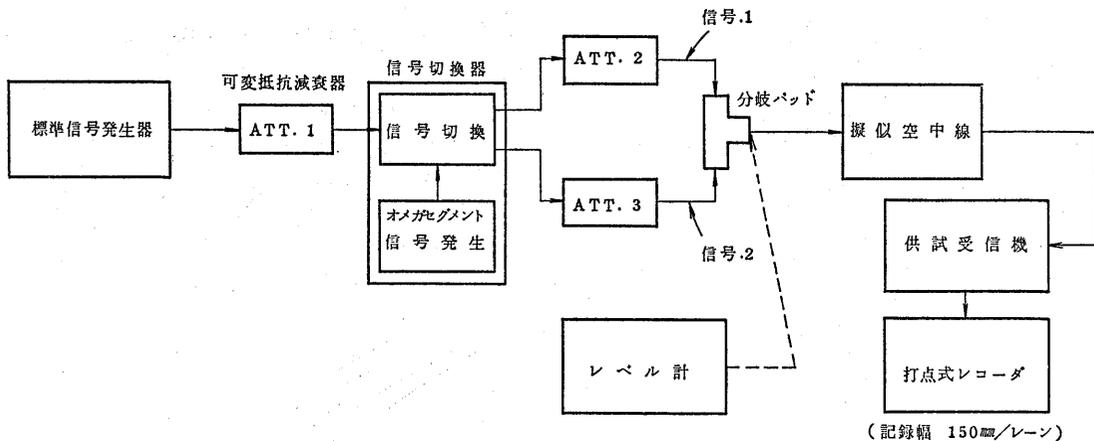
測定サンプル数  $n$

平均値  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$  } 標準偏差  $S_x = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - n\bar{X}^2}{n-1}}$  (JIS Z9041 による)

(2) 追尾性能の測定

- a) 位相変化速度 10.2kHz 1.0CEL/10秒, 11.1±3kHz 1.2CEL/10秒, 13.6kHz 1.5CEL/10秒
- b) 過渡期間を除いて基準直線との差をサンプリング, (1)項と同様に計算する。

図 16 感度・追尾・センチレーンの確度測定方法



(注1) 信号1のレベル = 10mV/m × 空中線実効高 固定 (セグメントA)

信号2のレベル = (3μV/m~10mV/m) × 空中線実効高 可変 (セグメントB)

(注2) ATT1~3: 可変抵抗減衰器

図 17 センチレーンの安定度測定方法

表 4 OMEGA-15 型受信機の主要性能測定データ

No.	項 目	周波数	測 定 値		測 定 条 件	備 考
			標準偏差	平均 値		
8	感 度	10.2 kHz	2.97 CEL	(-0.93 CEL)	サンプリング間隔 1 分 サンプル数 30 設定位相差 00 CEL	(1) 3 $\mu\text{V}/\text{m}$ S/N = -20 dB (2) 標準偏差 $\leq 4$ CEL
		13.6 "	1.03 "	(-2.33 " )		
		11- <sup>1</sup> / <sub>3</sub> "	1.21 "	(+1.02 " )		
12	追 尾	10.2 "	1.81 CEL	+0.57 CEL	サンプリング間隔 1 分 サンプル数 30 S レベル 25 $\mu\text{V}/\text{m}$ N " 250 $\mu\text{V}/\text{m}/100$ Hz	(1) S/N = -20 dB 30 ノット (2) 標準偏差 $\leq 4$ CEL 平均 " $\leq 100$ CEL
		13.6 "	2.15 "	-0.97 "		
		11- <sup>1</sup> / <sub>3</sub> "	2.13 "	+0.33 "		
13	センチレーン値 の 確 度	10.2 "	—	0 CEL	サンプリング間隔 1 分 サンプル数 10 設定位相差 50 CEL	(1) 100 $\mu\text{V}/\text{m}$ S/N = 40 dB (2) 表示の確度 $\leq \pm 2$ CEL
		13.6 "	—	+0.5 "		
		11- <sup>1</sup> / <sub>3</sub> "	—	+0.3 "		
14	センチレーン値 の 安 定 度	10.2 "	—	1.5 CEL	A セグメント入力 10 mV/m 固定 B セグメント入力 3 $\mu\text{V}/\text{m} \sim 10$ mV/m 固定	(1) 入力レベル変化範 囲 3 $\mu\text{V}/\text{m} \sim 10$ mV/m (2) 表示の偏移量 $\leq 2$ CEL
		13.6 "	—	0.5 "		
		11- <sup>1</sup> / <sub>3</sub> "	—	1.2 "		

## 5. む す び

オメガシステムは現在もお発展のためのたゆみない努力が続けられている。とりわけ、ディファレンシアル・オメガ方式に対して各国で精力的な研究が行なわれているが、本方式がその有効性を十分発揮するためには、利用者側受信装置の性能統一はもちろん、データ収集のための受信装置を含めた全装置間の性能の統一が必要と思われる。

このような観点より、このたび公示されたオメガ受信機の技術基準は、システム発展のための重要な道標となるべきものであり高く評価される。これを契機にオメガシステムのいっそうの発展を希い願うものである。

## 参 考 文 献

- 1) 「オメガ受信機に関する技術基準」 電波航法研究会事務局，電波航法，1978 年，第 24 号
- 2) 「電波標識(下)」 電波標識編集委員会，鶴巻書房
- 3) 「新訂・オメガ航法システム」 田口一夫，成山堂書店
- 4) 「Proceedings of the First OMEGA Symposium」 The Institute of Navigation, Washington D.C. (1971)
- 5) 「Proceedings of the Second OMEGA Symposium」 The Institute of Navigation, Washington D.C. (1974)
- 2) 「Analysis and Synthesis of Sampled—Data Control Systems」 Benjamin C. Kuo, Prentice-Hall Inc., (1963)
- 7) 「船舶用オメガ受信機」 野口 務ほか，“FUJITSU” Vol. 29, No. 4 (1978)



## Observation

# 北米および欧州における航行安全システムに関する調査

沖電気工業株式会社

北里賢二

石川島播磨重工業株式会社

松本敦雄

日本無線株式会社

二宮鎮男

## Survey on Marine Traffic Safety Systems in North America and Europe

Oki Electric Industry Co., Ltd.

Kenji KITAZATO

Ishikawajima-Harima Heavy  
Industries Co., Ltd.

Atsuo MATSUMOTO

Japan Radio Co., Ltd.

Shizuo NINOMIYA

### 1. まえがき

社団法人日本船用工業会船用制御システム委員会では、船舶の航行安全性および運航経済性の向上を目的として、船用電子計算機等を利用した船用制御システムが普及しつつある現状に対応して、船用工業の業界においてこれらの船用制御システムに関する将来の指針を得るために、昭和50年度から調査活動を開始した。昭和50年度および51年度においては航行安全システムに焦点をしばって調査が実施された。

以上の観点から昭和52年度において次のやうな海外調査を実施することを決定された。

1) 港湾およびそれへの出入港管理を実施している代表的な港湾のシステムの構成、運用方法等を調査し当局者からその管理システム導入による効果更に将来構想等につき意見を聞く。

2) 上記に関連する当局者および代表的メーカーを訪問のうえ諸般の意見交換を行う。

3) 船用制御システム委員会の各分科会で調査中の問題点、疑問点について海外において調査する。

調査期間は昭和51年10月30日～11月20日とし、A・Bグループに分れて行動した。訪問国および訪問先は下記の通りである。

表1

国名	訪問先
U. S. A.	サンフランシスコ VTS ヒューストン VTS 米国沿岸警備隊 (U.S.C.G.) スペリー社
カナダ	バンクーバー VTS カナダ運輸省 セントローレンス VTS
イギリス	テムズ VTS ドーバ VTS ナショナルポートカウンセルデッカ社
西ドイツ	フィリップス社 ハンブルグ VTS
ベルギー	シエルト VTS
フランス	ルーブル TVS トムソン T・VT 社 オンフルール VTS
オランダ	ロッテルダム VTS ユーロポート海事展

本調査の参加者は下記の通りである。

#### Aグループ

藤井 弥平 (電子航法研究所)  
児島 毅 (三菱重工業)  
北里 賢二 (沖電気工業)

#### Bグループ

二宮 鎮男 (日本無線)  
松本 敦雄 (石川島播磨重工業)  
別所 皓二 (三井造船)  
湯浅 俊雄 (東京計器)  
山崎 照夫 (日本船用工業会)

調査結果の概要は下記の通りである。

- 1) 世界各国に共通な海上交通管理規制に関する規約がないこと。
- 2) 海上交通管理の実施の管理機関が国によって異なること。
- 3) 航行の安全と能率の向上に対する考えが国によって異なること。
- 4) それぞれの水域の特性および港湾の能力が異なること。
- 5) 同一国の管理監督圏内ならまだしも2ヶ国間、3ヶ国間にまたがる管理水域があること。
- 6) 対象船舶の船種、大きさが多種多様に分れること。

である。

これらの異なる思想、施設や背景を急速に一本にまとめることは現状においては極めて困難なことと思われた。以上の状況をもとにより安全な航行管制を行うには、それぞれの国によって定められた航行管理水域において、

- 1) 通過船の通報義務の強化
- 2) 港湾情報表示システムの統一化
- 3) 監視システムの強化

が望ましいと思われる。

また、航行安全に必要な船上設備として

- 1) 海上交通管理施設および港湾施設との対話、対船舶との対話手段としてVHFの強制装備および多重装備
- 2) 船舶の位置測定手段としてローランC、デッキの装備
- 3) レーダ設備の改善、衝突予防装置の装備

が必要である。

また、航行管理(VTS)の役目の明確化も必要である。VTSの役目はあくまでもアドバイスであり、リコメンドであって船舶に対して強制するものではないのか、船長との責任関係も含め明確化する必要があると考える。VTSは現在米国およびカナダにおいてはコーストガー

ドが管理している。ヨーロッパにおいては主に港湾局、都市が運熱しているため問題は複雑であるが、今後益々船舶が多様化、局地的に輻輳化してくる今日、世界的な視野に立っての早急なとりまとめが望ましいと考える。

## 2. 海上交通管理システムの自動化の動向

### 2.1 海上交通管理システムのデータ処理

海上交通管理システムのレベルが通信方式から、レーダを用いる方式と進んでくると同時に、交通量の増加もあって一人の管制官が同時に数隻の船舶を管理することが困難になり、コンピュータを導入するシステムが現われるようになった。

海上交通管理システムにおけるコンピュータによるデータ処理は大別して次の3つに分けられる。

- 1) レーダデータ処理
- 2) 交通情報処理
- 3) ディスプレイの為のデータ処理

これらのデータ処理は、システムの規模により取扱う情報量が異なり、小規模のシステムでは、マイクロコンピュータやミニコンピュータ1台ですべての処理を行うものから、大規模のシステムでは複数のコンピュータでそれぞれ機能分担して処理を行うシステムまで種々のシステムがある。

#### (1) レーダデータ処理

レーダデータ処理は、レーダからの生ビデオ信号から目標信号を取り出し、目標の位置データをデジタルデータで出力するデジタイザ(又はExtractor)の機能と目標の追尾、大きさの判定、速度の算出、衝突危険の判定などの機能を持っている。

レーダデータ処理の技術は、航空管制システムで使用されている技術と基本的に同様の技術であるが、処理スピード、海上を監視するレーダ特有の海面反射などの問題があり実用化が遅れていた。処理スピードの問題は、IC部品技術の進歩、また海面反射のようなクラッタ信号の除去に対してはレーダ側の対策と関連処理技術の開発により実用化の段階に入ってきた。

レーダデータ処理システムの機能の評価の基準としては次のような項目がある。

- 1) 信号の取出しの方法(自動か、手動か)
- 2) 量子化の単位(距離、角度)
- 3) 目標数
- 4) 処理機能の種類(大きさの判定、衝突危険の判定等)

#### (2) 交通情報の処理

海上交通管理システムの運用には、レーダから得られる情報のほかに、入出港予定船舶の情報、気象情報、パ

ース情報などの運用に必要な情報があり、これらの情報をあらかじめコンピュータに入力しておき運用者の必要な時に即時に情報を与えることが行われている。

以上のように交通情報の処理は、技術的には、あまり問題になることはなく情報のコンピュータへの入力を如何に能率的に行うか、また運用者にどのような形で情報を与えるかという、マン、マシンインターフェースの問題だけである。

情報の種類としては次のようなものが考えられる。

- 1) 入出港船舶情報 (船名, 時間, 積荷, 船種, 船長名, 屯数, 吃水, 等)
  - 2) 船舶の推測位置情報
  - 3) パース情報 (パースの使用情況, 予定)
  - 4) 気象, 海象情報
  - 5) 航路情報 (標識の事故, 作業船, 航路障害物, 等)
  - 6) その他 (海難, 台風等の異常事態, 等)
- (3) ディスプレイの為のデータ処理

データ処理された情報は、多くの場合 CRT ディスプレイに表示されるが、表示の方法には種々な方法がある。レーダデータを処理した出力の表示として最も単純な方法はレーダ PPI 上に目標を○印のようなシンボルで表し、識別のための番号を付与し、速度ベクトルを線分でレーダ映像と重畳して表示するやり方がある。この場合必要な交通情報を画面の一部に文字表示することもできる (Synthetic Display)。この方法はレーダ映像が残像で表示されるため、暗室での運用が必要となると同時に、データ処理された情報量が多くなると画面が混雑して見にくくなる。この対策として、レーダ映像とデータ処理された出力との合成画面を蓄積管などで TV 映像に変換して明るい部屋で見られるようにしたり、データ処理された出力 (プロセス, ビデオ) だけを CRT 上に表示する方法がとられている (Bright Display or Daylight Display)。

また交通情報については情報量が多い場合、専用のキャラクタディスプレイを使用する事が多い。

以上のようなデータ処理された出力の表示の制御もコンピュータの重要な機能の一つである。

## 2.2 各国の動向

最初に海上交通管理システムにコンピュータを導入したのは、米国のサンフランシスコ港の実験システムである。このシステムは 1972 年に設置され、現在まで各種の技術的な基本データの収集、ソフト開発のために試験運用が行われたが現在では運用を中止している。次にドーバ海峡のフランス側の Cap Gris Nes と英国側の St. Margaret に 1971~1972 年にレーダ局が設置されたが、1974 年頃から Cap Gris Nes 局では、コンピュータを使って、レーダ目標の自動追尾、表示の実験を行い、

目標の検知確率、クラッタの問題などの基礎データの収集を行っている。また、St. Margaret 局でも同様の実験を行っている。

また、フランスではルアーブル港に 1973 年に海上交通管理システムを設置したが、このシステムに港務用にコンピュータを導入し、パース管理のデータを CRT ディスプレイにより見られるようになっている。更に、ル・アーブル港では現在レーダデータの処理装置の設置を計画中である。

カナダでは、西部航路交通管理システムの拡張計画があり、バンクーバーゾーンでは、レーダデータ処理と交通情報処理のためにコンピュータを導入し、1978 年頃から実用に入る予定になっている。また、ソ連ではナホトカ湾に海上交通管理システムを建設中で、このシステムにはレーダデータ処理のほか、交通情報の処理、遠隔地へのデータ伝送を行うコンピュータシステムが含まれており、1980 年には稼動する予定である。

我国では、海上保安庁により東京湾海上交通システムの整備が 1970 年頃から始まり、1977 年には観音崎レーダ局が運用を開始した。このシステムは、レーダデータ処理、交通情報処理のためにコンピュータを使用しており、現在実際にレーダデータ処理を行って運用している唯一の自動化システムである。

以上のシステムのほかに米国のヒューストン海上交通システムでは、1977 年から交通情報処理のためコンピュータを使用しており、特に船舶からの位置情報から、船舶の推測位置を CRT ディスプレイ上に図示するような新しい試みを行っている。

このように 1972 年サンフランシスコ港の実験システムに始めて、コンピュータが導入されてから世界各国で自動化システムの開発が行われてきたが、1977 年頃からいくつかの自動化システムが実用の時期に入ってきた。以上のほかにも、米国では、ニューヨーク港、Puget Sound, William Sound などに自動化システムの導入の計画があり、欧州でもロッテルダム港の新システムの計画に最新の自動化システムを採用することが検討されている。

表 2 に各国の自動化システムを示す。

## 3. 主要海運国の航行安全に対する考え方

主要海運国の港湾・狭水道等の輻輳水域において、船舶の航行の安全を図るために種々の対策がとられているが、米国やヨーロッパ等の各国において対策はそれぞれ異なり様ではない。これらの事項は各国の地理的条件、国家の成立の歴史的過科、海上交通管理の実績の相違に起因するものと考えられる。この主要な事項は、① 航行管理 (Vessel Traffic Service)、② 航行援助設備、

表 2 自 動 化

システム名		ル・アープル VTS (仏)	東京湾 VTS (日)	ナホトカ湾 VTS (ソ連)
項目				
運用開始年		1978年予定	1977年	1980年予定
レーダ局数		4	2 (将来 3~4 局)	3
コンピュータ		マイクロコンピュータ (MP-720) 4台 ミニコンピュータ (T-VT6000) 1台	ミニコンピュータ (O-43, O-45) 5台	中型コンピュータ (OUK-90-600) 1台 ミニコンピュータ (O-43) 16台
レーダ・データ処理	目標の設定 (acquisition)	不明	自動	自動
	目標の数	不明	200/局	200/局
	主な機能	① 目標の自動追尾 ② 目標の位置速度 ③ 指定した目標の特定地点からの距離, 方位 ④ 衝突危険の判定 ⑤ 目標の移動予測	① 目標の自動追尾 ② 目標の位置速度 ③ 目標の大中小の判定 ④ 指定した目標の衝突の危険判定 ⑤ 指定した目標の特定地点からの距離, 方位 ⑥ レーダ局間の引継処理	① 目標の自動追尾 ② 目標の位置速度 ③ 目標の大中小の判定 ④ 目標の衝突の危険判定 ⑤ 目標のスピード, 航路はずれの監視 ⑥ ブイ, ドリフトの自動監視 ⑦ 指定した 2 目標間の距離, 方位, CPA, TCPA
交通情報処理	主な機能	① 船舶データ ② バース管理 ③ 海象, 気象データ	① 船舶データ ② 港湾内の標識, 航路障害物の状況 ③ 海象, 気象データ ④ 各種警報	① 船舶データ ② バース管理
ディスプレイ	PPI	① 台数: 4台? ② スキャンコンバータ方式のブライトディスプレイ	台数: 2台	台数: 3台
	SYNTHETIC DISPLAY	① 台数: 2台~4台? ② マップ, シンボル, 英数字による表示	① 台数: 4台 (内 2台はスレーブ) ② マップ, シンボル, 英数字の表示	① 台数: 6台 (このほかにハーバオフィス用に 5台のリモートディスプレイがある。) ② マップ, シンボル, 英数字による表示
	CHARACTER DISPLAY	① 台数: 6台 ② 交通情報の表示	① 台数: 10台 ② 交通情報の表示	① 台数: 3台 (このほかにハーバオフィス用に 19台のリモートディスプレイがある。) ② 交通情報の表示 ③ レーダデータ処理結果のデータ表示
	BOARD DISPLAY	—	① 3m×3m (H×W) ② マップ, 船舶情報, 気象, 海象データの表示	① 3.3m×3.5m (H×W) ② マップおよび目標位置アラーム表示
備考		① 1977年現在交通情報処理は実施中 ② リモートレーダ局の信号はデジタル後狭帯域データ回線でセンタ局に伝送。生ビデオは別途マイクロ回線で伝送。 ③ 以上は Thomson T-VTの資料により推定	1977年観音崎局のみで運用 1978年本牧局と合わせて運用	このシステムには VTS センタより 5カ所のハーバオフィスにデータを伝送し表示するリモートディスプレイサブシステムが含まれている。

システム一覧表

サンフランシスコ VTS(米)	バンクーバ VTS (加)	Cap Gris Nez VTS ( : )	ヒューストン VTS (米)
1972 年 (現在運用中止)	1978 年予定	1974 年 (実験局)	1977 年
2	4	1	1
ミニコン: 11 台 (DDP-510 ハネウェル 3台) PDS-1 IMLAC 8台)	不 明	マイクロコンピュータ (MP-720) 2台	ミニコンコンピュータ (MODCRNT) 2台 (内 1台は予備)
自 動	手 動	不 明	—
516/局	40/局	"	—
① 目標の追尾 ② 大中小の判定 ③ 目標の位置速度 ④ 指定した目標間のCPA ⑤ 指定した目標の特定地 点への距離, 方位, 所要 時間 ⑥ 指定した目標の危険判 定 ⑦ プイ, ドリフトの自動 警報 ⑧ 局間の目標の引継処理	① 指定された目標の自動 追尾 ② 追尾目標の危険判定 ③ 指定した目標について CPA, ETA 特定地点か らの位置 ④ 各レーダ局間の引継処 理 ⑤ 目標の位置速度	① 目標の自動追尾	—
① 船舶データ ② 港湾内の注意事項, 危 険物等の情報	① 船舶データ ② 船舶通航情況データ	不 明	① 船舶データ ② 船舶の推測位置の算 出注)
① 台数: 2台 ② 目標に大中小の記号表 示可能	—	① 台数: 1台	① 台数: 2台
① 台数: 10台 (内2台が 主ディスプレイ) ② マップ, シンボル, 英 数字により表示	① 台数: 8台 ② 生ビデオ, マップ, シ ンボル, 英数字の表示	① 台数: 1台 ② マップ, シンボル, 英 数字による表示	—
① 台数: 4台 ② 交通情報の表示に使用	① 台数: 4台 ② 交通情報の表示に使用	—	① 台数: 14台 ② 交通情報の処理 ③ 推測位置情報の表示
—	—	—	—
	リモート, レーダ局にてレ ーダ信号をデジタル化し狭 帯域データ回線でセンタ局 に伝送する。生ビデオ信号 は別途マイクロ回線でセン タ局に伝送。		① レーダデータの処理に 行っていない。 注) センサーとしてLLTV (赤外フラッシュ付)を使 用し, 船舶の位置を確認, 手動で位置データを入力 し推測位置を計算する。

### ③ 安全運転に必要な船上設備。

#### 3.1 航行管理

現在は世界各国に共通な海上交通規制の法規はなく、それぞれ各国が水域の特性および港湾の能力に応じて必要な規制を実施している。

この第一は航路指定である。これは陸上における道路交通管理と類似の手段であって、沿岸等の輻輳水域における衝突および乗り揚げ院止のための有効な手段と見なされているためである。航路指定によって航行する船舶は進行方向によって異なる指定航路内においては乗揚げ等の事故は防止し得る。また秩序ある航行が可能になるために運行の効率化が図り得るものである。各国は狭水路、港湾内のみでなく港湾への進入路等の輻輳水域にまで指定水域を拡大する方向にある。

各国は航路指定と共に実施機関を指定して狭水路、港湾の航行管理を実施している。

管理機関は国によって異なり米国およびカナダはコーストガードが管理しているが他の国は異なる。英国は主として港湾局が管理しているがドーバ海峡はコーストガードが管理している。ドイツは沿岸と河川水路は連邦運輸省が管理し港湾は港湾管理部が管理している。オランダは水先人が海軍に所属しベルギーは政府に属しておりこれが水路や港湾を管理している。管理主体は異なるが管理には多くの共通点がある。

##### 1) 通報義務

これは航路上に数箇所通報義務点を設定し航路を航行する船舶がこの点を通じた際に所定の事項を、港湾管理当局に通報させるもので VMRS (Vessel Movement Reporting System) とも呼ばれている。通報内容は各港湾により異なりそれぞれ告示されている。管理当局は船舶から通報された情報に基づき航行する船舶の状況を把握すると共に、船舶に対して必要な諸情報を提供している。なお米国は米国沿岸に整備したロラン-C システムの測位情報を VHF 無線機によって通報させることを準備中である。

##### 2) 港湾情報表示システム

各港湾によって実施の科度は異なるが基本的な考え方に大差はない。これは収集されたデータに基づき管理当局が港湾内の状況すなわち入出港、停泊中および管理水域内の船舶の動向を把握・表示するものである。通常ボードに水路を表示し航行する船舶の位置を刻々表示すると共にカードに船名・入出港予定等を記入して管理を行っている。現在は殆どどの港湾でもこの作業を入手に依存しているが、一部では計算機の導入が行われている。この数は現時点ではまだ少ないが導入を計画中の港湾は多い。

##### 3) 監視・捜索システム

従来は目視およびレーダが主体であったがテレビジョンが一部利用され始めた。ヨーロッパ諸国は長大な水路にレーダ網を整備することにより航行する船舶を監視している。米国は監視の主体はレーダであるがヒューストン港におけるテレビジョン利用の成功で今後の動向として狭水路においては赤外線フラッシュ付テレビジョンによって監視し、港湾への進入路等の応域監視にはレーダを整備する計画を打ち出した。各港湾共にこれらのレーダやテレビジョン局を無人化し有線又はマイクロウェブ網によりセンタに映像を伝送し集中監視態勢を整えた。

#### 3.2 航行援助設備

各国ともブイ、灯標、ロラン等の航行援助設備を整備している。指定航路に沿ってブイ、灯標等により航路を明瞭に表示している。また航路の主要な個所に電光等による表示装置を備え航路を航行中の船舶に対して所定事項を通報している水路も多い。各国共これらの設備の増強を計画中である。

米国は船舶の航行援助設備の極め手として、ロラン-C システムの整備拡張を実施中である。西海岸およびアラスカの整備は完了し、メキシコ湾ならびに東海岸のロラン-C 局の新設および改造は進行中であり 1980 年頃には完了する見込である。このシステムは必要水域において精度 1/4 哩を保証するものであるため通常の航路幅約 1 哩の水路を安全に航行出来る。米国コーストガードはこのシステムによって、輻輳する港湾の入口より 50 哩の地点まで上記精度を保持する様システムを企画した。

ヨーロッパ地域においては英国のデッカ社が設置したデッカシステムを利用している。デッカシステムは前記ロラン-C システムよりも位置精度がよいが覆域は狭い。局の配置により異なるが 100m~500m の測定精度が得られる。デッカシステムの特殊な使用例としてロッテルダムはブラウンボックスをパイロットが携行してデッカの位置の線に沿って船舶を運航させている。なお日本でもデッカシステムを建設中である。

#### 3.3 安全運転に必要な船上設備

海上交通管理は米国においては海洋の油汚染防止を主目的として国家的要請の下でコーストガードが担当しているのに対し、ヨーロッパ諸国では各港湾当局が港湾の効率的運用を主目的としている為船上設備に対する要求は基本的に異なっている。また管理の実施の状況も各港湾によって相違がありこれに伴い必要とする設備についても状況は異なっている。

##### 1) 通信手段

各 VTS におけるサービスの主体は VHF 無線による通報システムによっている。VTS のサービス範囲内に数個の通報義務点を設定し、各港湾によって夫々規定した通報事項を船舶から VTS に通報するものである。ま

た VTS からは航行に必要な情報を通報する。

各船舶はこの為 VHF 無線機を装備しなければならないが米国はこれを義務化しているのに対し、ヨーロッパ諸国は義務化していないが視界の悪い場合は入港を制限する場合がある。通常このような場合にはパイロットが無線機を携行して乗船する。米国およびカナダは VHF 無線機に対する要求を強化し、2 台の無線機を義務化すると共にうち 1 台はバッテリー動作が可能のこととしている。国際的にも IMCO において 2 台の無線機を義務化することが討議されている。

## 2) 位置測定手段

衝突および乗り揚げ防止のために各港湾等の船舶の輻輳水域においては航路指定、分離航路方式を採用し、陸上にレーダやテレビジョンを設置して監視すると共にロラン-C やデッカ等の航行援助設備を整備して船舶の航行の安全を図っている。

米国は 1972 年に航行援助設備に関する国家計画を作成し大洋航海についてはオメガを、沿岸および輻輳水域においてはロラン-C を採用することを決定した。現在コーストガードは 1,600 トン以上の船舶に自動化ロラン-C 受信機又はサテライトとオメガ、ドップラ航法、慣性航法との複合航法システムを義務化することを決定した。これは 1/4 哩の精度を保証するものでなくてはならない。

また将来計画としてロラン-C のデータを VHF 無線機によって VTS に自動通報するシステムの試験中である。

ヨーロッパ諸国では英国のデッカ社が設置運用しているデッカシステムを利用しているがこの装置は同社のレンタルによって利用出来る。デッカ受信機は各国とも船上設備として義務化されてはいないがその有効性は高く評価され、ヨーロッパ水域の航行には不可欠と考えられている。特にロッテルダムではパイロットがデッカ受信機に接続して使用するブラウンボックスを携行して操船に当る為デッカ受信機は欠くことが出来ない。

国際的にも電子的位置測定装置についての関心が深く IMCO においてこれらの航行援助システムの統一および船舶に対する義務化の問題が討議されている。

## 3) レーダ装置

1974 年の海上人命安全条約によってレーダが義務化され、これは 1980 年に発効する。つづいて、10,000 トン以上の船舶に対しては 2 台のレーダが義務化される。又衝突予防装置については国際的に性能基準が確定し順次義務化される。

## 4) その他の船上設備

米国は Valdez 港に入港する 20,000 重量トン以上のタンカに対して回頭速度指示計を義務化した。なお陸上

の監視レーダによる被管理船の識別のためのレーダビームコンは各国とも採用には長い年月を必要とすると考えられる。

## 3.4 各国の港湾管理の基本的な考え方

米国は港湾の管理の基本的な考え方として港湾の効率的な運用もさることながら海洋の油汚染防止を主目的として国家的規模で実施中である。このためコーストガードによって港湾の航行管理、各種航行援助設備の整備が行われた。これらの施策は北米大陸全般についての長期的展望に基づいた計画的なものであり各港湾の現状分析、未来予測等を十分に行っている。整備に当ってはニューヨーク等緊急度の高い港湾から優先順位を定めて計画的に実施している。又入港する船舶に要求する船上設備についても米国はヨーロッパ諸国と異なりコーストガードにおいて必要と認める機器については独自の判断に基いて義務化している。既に VHF 無線機を義務化すると共に、ロラン-C 受信機を義務化し、他国に先がけて衝突予防装置の義務化の法律を公布した。

カナダは基本的には米国と同様の考え方でコーストガードが海上交通を管理しており、1970 年代に入って海上交通管理業務を急速に整備増強している。

ヨーロッパ諸国の港湾管理の基本的な考え方は米国の考え方と若干異なっている。これはあくまでも港湾の運用効率の向上による利用者のサービスが主体となっている。航行の安全は利用者へのサービスの一環として実施されているものと考えてよい。これらはヨーロッパ諸国の地理的關係、各国の成立の歴史的過科が米国とは基本的に異なることに由来している。従ってヨーロッパ諸国は各港に入港する船舶に対して特定の船上設備を強制することはない。VHF 無線機はもし船舶が無装備であるならばパイロットがこれを携行する等の措置がとられている。

## 4. 各国の海上交通管理システム

筆者らは前述のように 19 個所の VTS、政府機関およびメーカなどを訪問したが、ここではヒューストン、バンクーバ、ハンブルグ、ル・アーブルの各 VTS を簡単に紹介することにしたい。他の訪問先を含めた詳細については(社)日本船用工業会発行の報告書に記されているので、これを参照されたい。

### 4.1 ヒューストン VTS

1977 年 6 月に VHF、レーダ、テレビおよびコンピュータを導入して完成した最新のシステムである。完成したばかりの本システムを見学するのは、日本人としては我々が初めてであるということであった。概略の説明を受けた後、実機を見学した。管制室および計算機室にずらりと並んだ装置はすべて運用に入っていた。ここで

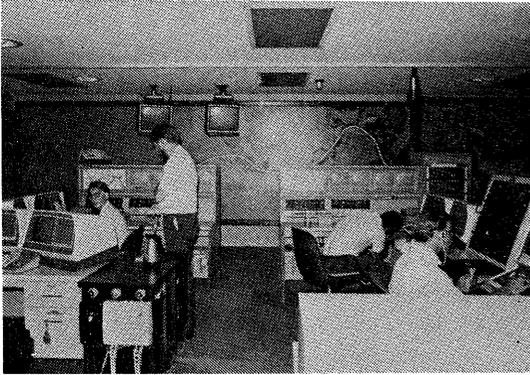


図1 ヒューストン VTS 管制室

は、テレビを有効に使い、VHF 通信だけに頼らず、目で確認することにより、確実に効率のよい管制を行っている。

VTS のカバレッジは長さにして 130 km に及んでいるが、そのうち水路部分の長さは 37 km、水路幅は約 100 m、水深は約 12 m である。最大 9 万重量トンの船が航行できる。交通量は 1 日あたり約 250 隻である。また狭水路に反航船があることもこの港湾の特長である。

レーダーアンテナは、VTS から約 70 km 離れたガルベストーン島にあり、その映像はマイクロ波で伝送される。レーダー PPI は管制室に 2 台設置され、レーダーの生ビデオの他にマップ（海岸線）を表示できるようになっている。一方、水路に沿って 4 個所にテレビカメラが設置され、その映像もこのセンタにマイクロ波にて送られる。各カメラは上流方向と下流方向を切換えて見られるようになっている。この 4 台のカメラの内 1 台（水路の入口）には赤外線フラッシュ付カメラも使用できるようになっており、夜間 1~2 マイルの距離にある船の船名を読み取れるとのことである。12 台のテレビ受像機が 3 台のコンソールに 4 台ずつ付けられており、4 個所からの映像を 1 台のコンソールで同時に見られるようになっている。

さらに、このシステムにはコンピュータが使用されているが、オンラインでは使われておらず（すなわちレーダーおよびと直結されていない）、マニュアルインプットによるオフライン方式が採用されている。各船から VHF によって受けたその船の速力と現在位置をキャラクターディスプレイに設定すると、それ以後はコンピュータは推測位置を計算するので、各船の情報をいつでも呼出できるようになっている。オンラインを採用していない理由として、担当官はつぎのように語った。「レーダーでは接近した 2 隻を区別することが難しく、雨天や海面反射の多いときには一層困難となる。したがってレーダーとテレビを組み合わせ有効に活用することが望ましい。」

システム要員としては、30 人の職員のうち 25 人が 12 時間勤務で、4 日間働き、4 日間休みの繰返しとなっている。また建設費用として、レーダーおよびコンピュータ関係が 100 万ドル、テレビおよび通信関係が 25 万ドルとのことである。

#### 4.2 バンクーバ VTS

管理する水域は、南北に 800 km、東西に 200 km、海岸線総延長 3 万 km 以上に及ぶ広大な水域で、カナダのコーストガードに属する海上交通管理部が担当している。バンクーバ VTS は 1974 年に業務の一部を開始しているが、1978 年に自動化システムの本格的運用をめざして機器の整備をいそいでいた。機械室の床は坪 30 万円のアルミニウム製の配線用パネルで敷きつめられていて、自動消火施設など周辺にも十分な配慮がなされている。レーダーとマイクロ波リンク（8 GHz）、VHF や制御用リンク（2 GHz）そしてレーダー 5 局分のモニタービデオレコーダ、音声レコーダなどがラックに取付けられている。

カナダではレーダー画像をテレビに変換して高輝度表示とし、明るい室内でも見られるようにしている。この機械室にも変換装置が並べられていて変換後の画像もなかなか鮮明である。ついで運用中の管制室に入る。ここにはテレビ変換されたレーダー映像（デカスポット付）が 3 台の CRT に表示され、2 名の担当者が港外管制にあたっている。

管制は航空管制と同様の手法で 1 インチ×8 インチのストリップ（日本の航空管制用と同じ寸法）をシュリンプボードにとりつけている。ストリップは 4 色あり、白は北航、黄は南航、水色はフェリー、ピンクは要注意と使われている。ストリップの右半分には位置通報点、予定到着時刻および実際の時刻を記入する。

港内管制用コンソールにもレーダスコープが 3 台あり、それにはライオンズ・ゲート・ブリッジに設置されたテレビ（遠隔制御、360 度回転、ズーム比 3 倍、夜間監視可能）のモニターがついている。システム設置費用は 40 億円とのことである。

一まわりしてから歓談、現在工事中の自動化レーダーについてたずねた。レーダーは AIL 社製で、これにレーダー映像処理装置をつける。自動検出部や複数レーダー覆域などに関して質問したが、まだ設置されていないので、ここでは満足な答は得られなかった。

この水域の管理の方法は航路指定と船舶位置通報方式を基礎にしている。当面任意加入制であるが、1979 年には長さ 20 m 以上の船は管理の対象となる。また指定された水域では強制水先制となっている。

#### 4.3 ハンブルグ VTS

河岸からランチに乗りセンタへ向う。河は満々とみな

ぎり強い風に波立っている。もうすぐ高潮になるという。センタ前で上陸して階段を上る。1階は水密となっていて2階から出入する。管制室の側室で概略説明を聞く。本システムはハンブルグ港湾局が設置したもので、1962年にレーダ5局をもって運用を開始した。システム運用はパイロットが行い、レーダ等から得られた情報をパイロットに供与するというタイプである。1976年高潮がおしよせて港の施設を流し、レーダセンタに浸水した。それで以前から計画していたレーダ局を更新増設し、センタを建設、かつ港務局がシステムを直接運用することになった。システムは10個所のレーダ局が40kmをカバーし、下流の連邦運輸省が運用するエルベ河システムと連携する。レーダのビデオ信号はケーブルで伝送している。この点でマイクロ波リンクと比較した場合、高層建築の林立するこのような区域ではケーブルが適しているとの結論であった。船の識別については、トランスポンダ搭載による二次レーダシステムが正統的であろうが、市街部ではやはり問題が出るだろうとの話であった。

次に管制室に入る。前面は河に向い、3人が当直している。岸壁の諸元等の情報索引はマイクロフィルムを拡大映写する簡明な方式を用いている。海上交通管理と港務をあわせた業務をもっているようである。窓と反対側には2m×4mほどの多色の地図パネルがあり、船種・船型によるマグネット式船模様が埠頭にはりつけられている。

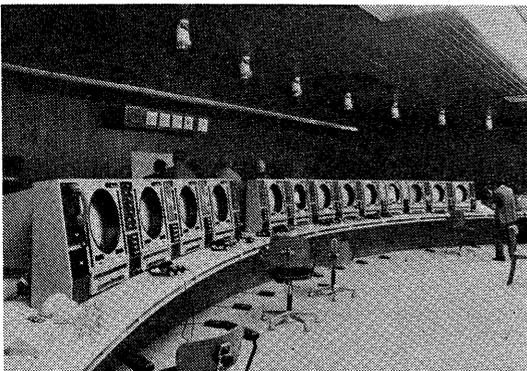


図2 ハンブルグ VTS レーダ室

レーダ室はすっかり完成しており、レーダ PPI (フィリップス社製) が13台円弧状に並び、10個所のレーダ局から有線で送られてくるレーダ映像が表示されている。レーダそのものは更新前と大きなちがいはないようであるが、タワー上のアンテナは大型の反射方式になっているので分解能は向上し、水平ビーム幅は0.36°、パルス幅は50nsとなっている。レーダ PPI には生ビデオ

表示の他につぎの機能がある。① 電子カーソルを使って任意の2点間の方位、距離を測定できる。② 航路基準線を点線で表示できる。③ 数本の線分により航路表示ができる。

次にパイロットのいる別棟にゆく。カタカタとテープが打出されてくる。細長い紙や大きな表にデータを記入している。水先はリバーパイロットとハーバパイロットにわかれ、途中で交替する。船の大きさでパイロットの数が変わり巨大船には3人、4人が乗り込むとのことである。なおパイロット用にレーダが1台設備されていた。

#### 4.4 ル・アーブル VTS

ときどき雨が降りしきる中を列車でル・アーブルへ向う。2時間後、強風の中を港湾ビルに到着。ル・アーブル港の紹介スライドを見た後、説明を聞く。ル・アーブルはセヌ河口にあるフランス第2の港で、コンテナ船、ロールオンオフ船などを受入れるほか、オイルターミナルとして Antifer <sup>アンティフェア</sup> をもつ。VTS の施設として4レーダ局、VHF 放送局、着岸援助施設、測位施設、信号システム、燈船などがある。

Antifer <sup>アンティフェア</sup> 水路 (20km×0.5km) およびル・アーブル水路 (14km×0.3km) は一方通行であり、前者は今までに最大54万DWT、後者には20万DWTが入った。そしてセヌ川をさかのぼって Rouen <sup>ルーアン</sup> 方面へ、あるいはドックや Tancville 運河に進む船があり、安全のため以前より交通管制を行っていたが、1973年5月から交通情報処理システムとレーダシステムを運用し始めた。レーダは4局に6台あり、特にル・アーブルには2台あって、1つは40kmをカバーする大型レーダ (アンテナ長9.5m、トムソン CSF 社) で、他は使用範囲10kmぐらいのものである。これらはテレビ走査高輝度表示となっている。Antifer <sup>アンティフェア</sup> と Francois I <sup>フランソワ I</sup> は従局となっている。後者からのマイクロ波リンクは船でさえぎられることがあるので、反射板を設置してスペースダイバシティ (一方がきられても他方のチャンネルが動く) となっている。

交通・港湾データ処理システムのキャラクタディスプレイには、埠頭の長さや船がどこをどれだけ占有しているかが示される。また音声は常時録音し30日間保存、ビデオは必要時に記録する。

Antifer <sup>アンティフェア</sup> 入港の巨大船に対し VHF 波の電波測位システム (SAREA) が設置されていて、トランスポンダをパイロットと共にヘリコプタで空輸する。主局と船上局との信号の往復、主局→船上局→従局 (2局)→主局のリンクで船と3陸上局との距離が得られ、船の位置が5m程度の精度で求められる。この船の座標を次の目標点までの距離、中心線からのずれ (船が中心線となす角などのデ

ータとして船に送り表示し、かつ陸上局でも表示し記録する。なおレーダデータ処理についてはトムソン T-VT で製作され、1977 年末には納入されるとのことであった。

次に管制センタタへ折しもすさまじくなった風雨をついて行く。1階の機械室でレーダのモニタ、スキャンコンパータを見る。変換部分は直径 10 cm のグリッドが主役を果す。カナダのテレビ変換も有効であるが、ここでは時定数が大きくしかも可変で航跡も認めやすく、かつ幾分スキャン間の相関もとれ、こんな荒天でもシートラッタは少ない。比較のため生ビデオを出してもらうと一面の雑音で白くなる。

ついで高さ 45 m の塔をエレベータで上る。水路のかなたから入港船が見える。それを迎えるためのパイロットボートが波に見えかくれしながら港口へ向うのが見える。やがて 5 千トンばかりの入港船を見て階下にゆく。2階は情報センタで 2 人が当直しその他多数の事務員がいる。交通・港湾情報のキャラクタディスプレイが 2 台、

工業テレビが 1 台ある。ここで気象海象を含めて情報を集め、水先やタグボート、会社や代理店に情報を流すようになっている。

若干の質疑応答を行った後、暗くなったル・アープル駅をあとにした。

## 5. あとがき

短期間ではあったが、米国・カナダおよび欧州の海上交通管理システムを視察し、各国の関係者の方々と意見を交換したところ、船舶の航行の安全を図るためさまざまな対策が取られてことが明らかとなった。また海上航行安全の基本的な考え方に少なからず相違のあることも判明した。今後ますます船舶が多様化、局地的に輻輳化してくる今日、世界的な視野に立つての検討が望まれる。終りにこの海外調査は、偏えに各国訪問先における関係各位、日本船舶機械輸出振興会、JETRO などの関係者の皆様の御協力に負うところ大であり、深く感謝の意を表する次第である。

## 昭和 54 年度 事業計画

### 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技術基準の検討
- (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) 海上交通管制の調査研究
- (11) その他

### 2. 出版及び資料頒布

- (1) 会誌「電波航法」第 25 号、26 号の出版
- (2) 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伴う試験方法について検討する。  
船舶用衝突防止レーダの技術基準について検討する。

### 5. 見学会 秋に実施する。

研究会記事

Record

電波航法研究会昭和52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 1977

Secretariat

総 会

昭和52年度総会は、昭和52年5月30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46名、委任状提出者31名で総会は成立した。各議題の審議結果は次のとおりであった。

1. 昭和51年度事業報告が事務局より行なわれ、原案どおり承認された。
2. 昭和51年度会計報告が会計幹事より行なわれ、会計監査岩佐作一氏の監査報告があつて承認された。
3. 松行会長より岡田高氏を当会推せん会員に推せん方提案があり、承認された。
4. 昭和52年度役員について、岡田高氏が仮議長となつて選出が行なわれ、会長に茂在寅男氏、副会長に庄司和民氏、木村小一氏、および今吉文吉氏が選出された。また各幹事の委嘱について厚案どおり承認された。
5. 昭和52年度事業計画案について事務局より説明が行なわれ、原案どおり承認された。
6. 昭和52年度予算案について会計幹事より説明が行なわれ、原案どおり承認された。

研 究 会

1. 昭和52年度第1回研究会は、昭和52年5月30日、総会に引き続き海上保安庁第一会議室で開催され、海上保安庁館形敏氏の「わが国の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」と題する講演が行なわれた。

出席者は46名であった。

2. 第2回研究会は昭和52年7月15日、海上保安庁第

一会議室で開催され、株式会社光電製作所、原道夫氏の「新方式によるABC-BC小型レーダの開発について」、及び電子航法研究所、木村小一氏の「最近におけるレーダビーコンと船舶用トランスポンダの国際的動向について」と題する講演が行なわれた。

出席者は47名であった。

3. 第3回研究会は昭和52年9月13日、海上保安庁第一会議室で開催され、電波研究所、渡辺重男氏の「船舶用レーダの型式検定の現状」、及び株式会社東京計器製作所、河重亮氏の「航海用電子機器の磁気コンパス安全距離について」と題する講演が行なわれた。

出席者は44名であった。

4. 第4回研究会は昭和52年11月21日、海上保安庁第一会議室で開催され、東京商船大学、飯島幸人氏の「海外における海上航行管制の現状について」、及び海上保安庁、豊福滋善氏の「各国オメガ送信局の運用状況について」と題する講演が行なわれた。

出席者は47名であった。

5. 第5回研究会は昭和53年1月30日、海上保安庁第一会議室で開催され、国際電信電話株式会社、佐藤秀夫氏の「MARISATシステムと回線品質」、及び海上保安庁、田中仙治氏の「航路標識測定船「つしま」について」と題する講演が行なわれた。

出席者は45名であった。

6. 第6回研究会は昭和53年3月28日、海上保安庁第一会議室で開催され、沖電気工業株式会社、似鳥一彦氏の「超音波水中映像装置について」、及びオムロンシステムズ株式会社、飯村忠彦氏の「小型航法用計算機の開発について」と題する講演が行なわれた。

出席者は44名であった。

## 見学会

昭和 52 年度見学会は、昭和 52 年 11 月 26 日、27 日に開催され、海上保安庁の東北デッカチェーン主局、金成デッカ局を見学した。

参加者は 21 名であった。

## 幹事会

企画幹事会は昭和 52 年 5 月 11 日、5 月 28 日、6 月 14 日、10 月 6 日、及び昭和 53 年 3 月 7 日に開催され、予算案、事業計画案、研究会テーマ、行事計画等の審議が行なわれた。

編集幹事会は昭和 52 年 6 月 14 日に開催され、会誌「電波航法」23、24 号の編集、刊行についての審議が行なわれた。

## 専門部会

### 1. オメガ受信機の技術基準に関する専門部会

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、海上保安庁燈台部電波標識課長より会長に依頼があり、当研究会は木村副会長を専門部会長とし、利用者、学識経験者並びに受信機製造

業者等を代表する 24 名の専門委員から成る表記専門部会を設けて検討を行ない、オメガ受信機に要求される機能及び必要条件についてとりまとめのうえ、会長より海上保安庁燈台部電波標識課長あて回答した。

なお、性能試験の方法については引続き検討を進めることとなった。

2. 船舶用衝突防止レーダの最低基準に関する専門部会  
昨年度に引続き表記専門部会を開催し、検討を行なったが、新たにワーキンググループを設けて更に具体的な検討を進めることとなった。

## 会誌刊行

会誌「電波航法」第 23 号が昭和 53 年 1 月に刊行された。

## 会員移動

昭和 52 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	東京船舶株式会社
"	山武ハネウエル株式会社
"	三井造船株式会社

# 電波航法研究会昭和 53 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 1978

Secretariat

## 総会

昭和 53 年度総会は、昭和 53 年 5 月 29 日 14 時から海上保安庁水路部第一会議室で開催された。

出席者 30 名、委任状提出者 43 名で本総会は成立した。

各議題の審議結果は次のとおりであった。

1. 昭和 52 年度事業報告が事務局より行なわれ、原案どおり承認された。
2. 昭和 52 年度会計報告が会計幹事より行なわれ、会計監査岩佐作一氏の監査報告があつて承認された。

3. 昭和 53 年度役員について、柴田幸二郎氏が仮議長となつて選出が行なわれ、会長に茂在寅男氏、副会長に庄司和民氏、木村小一氏、および今吉文吉氏が再選された。また各幹事の委嘱について原案どおり承認された。

4. 昭和 53 年度事業計画について事務局より説明が行なわれ、原案どおり承認された。

5. 会費規定の取訂について事務局より説明が行なわれ、原案どおり承認された。

6. 昭和 53 年度予算案について会計幹事より説明が行なわれ、原案どおり承認された。

## 研究会

1. 昭和53年度第1回研究会は、昭和53年5月29日、海上保安庁水路部第一会議室で総会に引き続き開催され、東海大学茂在寅男氏の「古代からの航海の技術を考える」と題する講演が行なわれた。

出席者は36名であった。

2. 第2回研究会は昭和53年9月5日、海上保安庁第一会議室で開催され、富士通株式会社 塚田一雄氏の「オメガ受信機の技術基準とその対応について」、及び株式会社東京計器 吉本高使氏の「船舶用衝突予防装置の動向経過について」と題する講演が行なわれた。

また、米国 JPL 製作になる宇宙開発関係のスライド（火星探査）が上映された。

出席者は52名であった。

3. 第3回研究会は、昭和53年10月16日、海上保安庁第一会議室で開催された、日本無線株式会社 二宮鎮男氏、石川島播磨重工業株式会社 松本敦雄氏、沖電気工業株式会社 北里賢二氏の「各国の海上交通管制施設について」、及び東京商船大学 今津隼馬氏の「海洋エネルギーの利用について」と題する講演が行なわれた。

また東京湾海上交通センター紹介の映が上映された。

出席者は42名であった。

4. 第4回研究会は、見学会に併せ特別研究会として昭和53年11月9日、潮来簡易保険保養センターで開催され、郵政省電波研究所鹿島支所 生島広三郎氏の「電波研究所鹿島支所の施設と業務について」と題する講演が行なわれた。

出席者は22名であった。

5. 第5回研究会は、昭和54年2月5日、海上保安庁第一会議室で開催され、海上保安庁水路部 西田英男氏の「衛星による漂流ブイの追跡」、及び東京商船大学 飯島幸人氏の「航行援助システムの精度についての考え方」と題する講演が行なわれた。

出席者は49名であった。

6. 第6回研究会は、昭和54年3月6日、海上保安庁第一会議室で開催され、東京大学 藤村貞夫氏の「光によるリモートセンシング」及び電気通信大学 鈴木務氏の「電波によるリモートセンシング」と題する講演が行なわれた。

出席者は48名であった。

## 見学会

昭和53年度見学会は、昭和53年11月10日に開催され郵政省電波研究所鹿島支所を見学した。

参加者は20名であった。

## 幹事会

企画幹事会は昭和53年5月9日、8月10日、及び54年1月16日に開催され、予算案、事業計画案、研究会テーマ、行事計画等の審議が行なわれた。

編集幹事会は昭和53年5月9日及び54年1月16日に開催され、会誌「電波航法」24号の編集刊行等についての審議が行なわれた。

## 専門部会

船舶用衝突防止レーダの最低基準に関する専門部会。

第6回研究会に引き続き上記専門部会が開催され、電子航法研究所 木村小一氏の「IMCOにおける動向について」の説明ののち、討論が行なわれた。

本件は引き続き各国の動向を勘案しつつ、検討を進めることとなった。

## 会誌刊行

会誌「電波航法」第24号が昭和54年3月に刊行された。

## 会員移動

昭和53年度における会員の移動は次のとおりであった。

入会 個人会員 飯村忠彦

電波航法

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

昭和 54 年 12 月 28 日 印 刷 1 9 7 9

昭和 54 年 12 月 31 日 発 行 No. 25

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 Division  
of Maritime Safety Agency  
2-1-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo, Japan

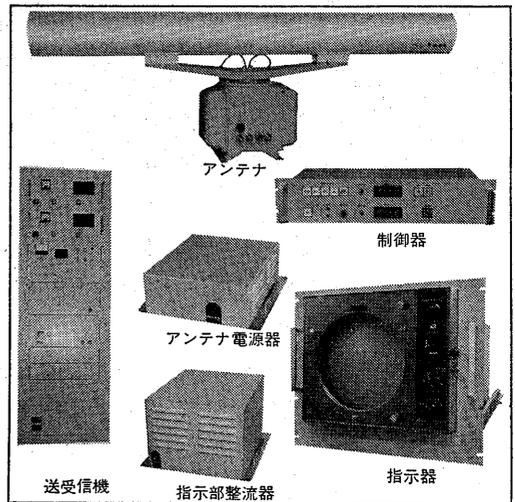
印 刷 東京都新宿区早稲田鶴巻町 251 啓文ビル  
(有) 啓文堂 松本印刷

巡視船に搭載され  
200海里水域の  
広域監視に活躍中!!



ヘリコプタ識別装置

本装置は巡視船に装備して、  
ヘリコプタの識別および位  
置追跡、その他をおこなう  
2次監視レーダ装置です。



アンテナ

制御器

アンテナ電源器

送受信機

指示部整流器

指示器

- 用途
1. 船舶、一般航空機、およびその他の移動物体の監視
  2. 海洋掘削船着船用ヘリコプタの監視



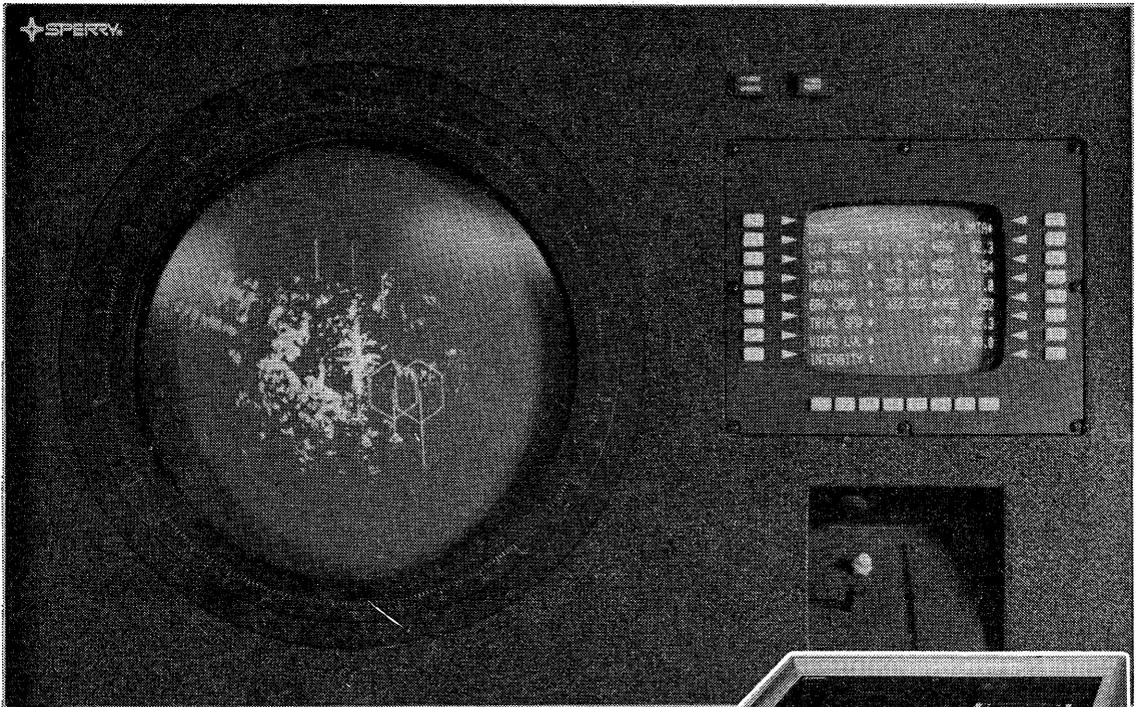
**東洋通信機株式会社**

TOYO COMMUNICATION EQUIPMENT CO., LTD.

電波事業部営業部 〒105 東京都港区西新橋 3丁目20番4号  
TEL (03) 436-4070 (第8森ビル)

# 安全航行には欠かせない

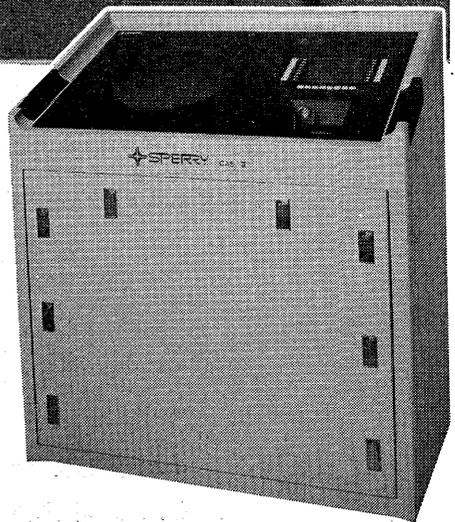
## 衝突予防援助装置 CAS-II



船舶の大形化や高速化が進んでいるいま、狭水路はもちろん、ふくそうする海域での衝突事故の危険性はきわめて高くなっています。この衝突予防援助装置CAS-IIは、自船の動きと周囲の船舶の動向をマイクロプロセッサを用いて総合的に判断し、危険状況をわかりやすくCRT上に表示するものです。IMCO (政府間海事協議機関)の性能基準に適合し、米国MARAD規格、およびUSCG暫定規格をも十分に満足させる高信頼性のCAS-II。衝突事故を未然に防ぎ、安全航行の実現にお役立てください。

### 特長

- 物標の手動補捉および自動補捉
- 20物標の36海里までの自動追尾
- ベクトルと衝突予測危険範囲の表示(特許)
- 過去の航跡点を表示
- データ要求時表示
- 400mm径のデーライトCRT使用
- 試航計算表示
- 2組のガードリングを自由に設定
- 自己点検機能内蔵
- マイクロプロセッサ利用による小形化
- 海図表示(オプション)



 **東京計器**

船用事業部

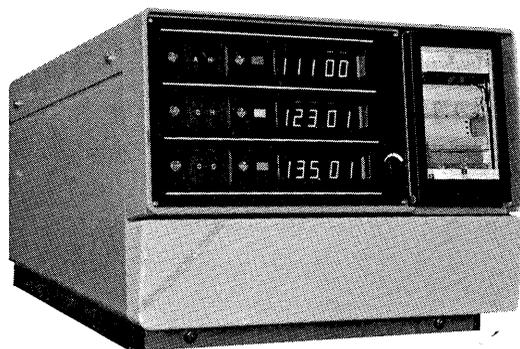
〒141東京都品川区西五反田1-31-1

☎03-490-1961



# 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

富士通株式会社 営業推進部無線課

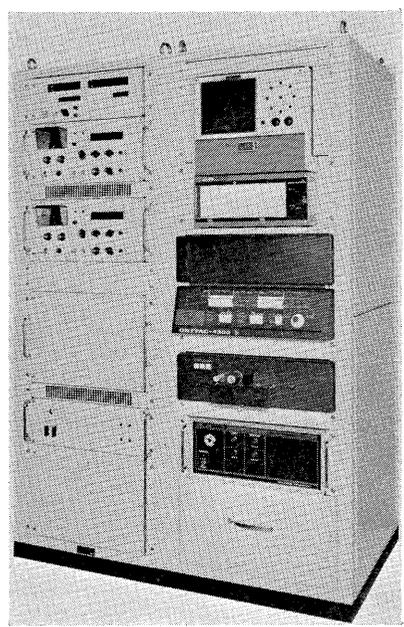
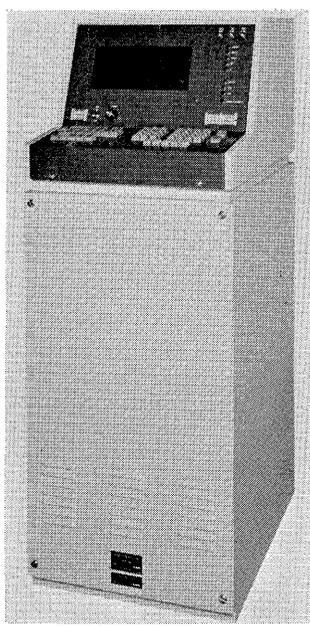
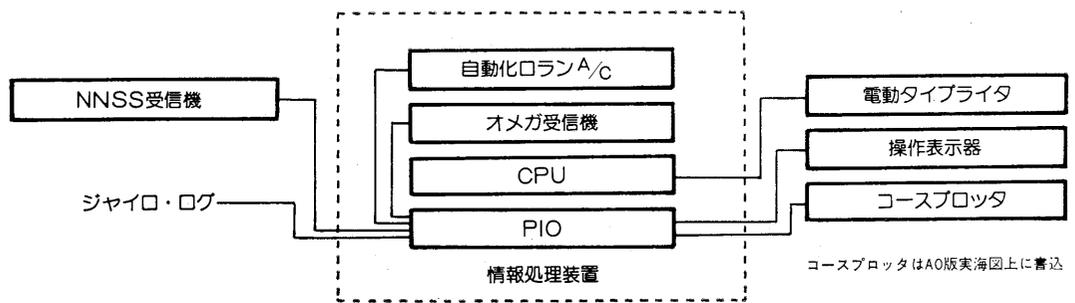
〒105 東京都港区新橋6-1-1 ☎(03)437-2111



# 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——官公庁営業部 ☎(03)454-2111(代)または支店・営業所まで