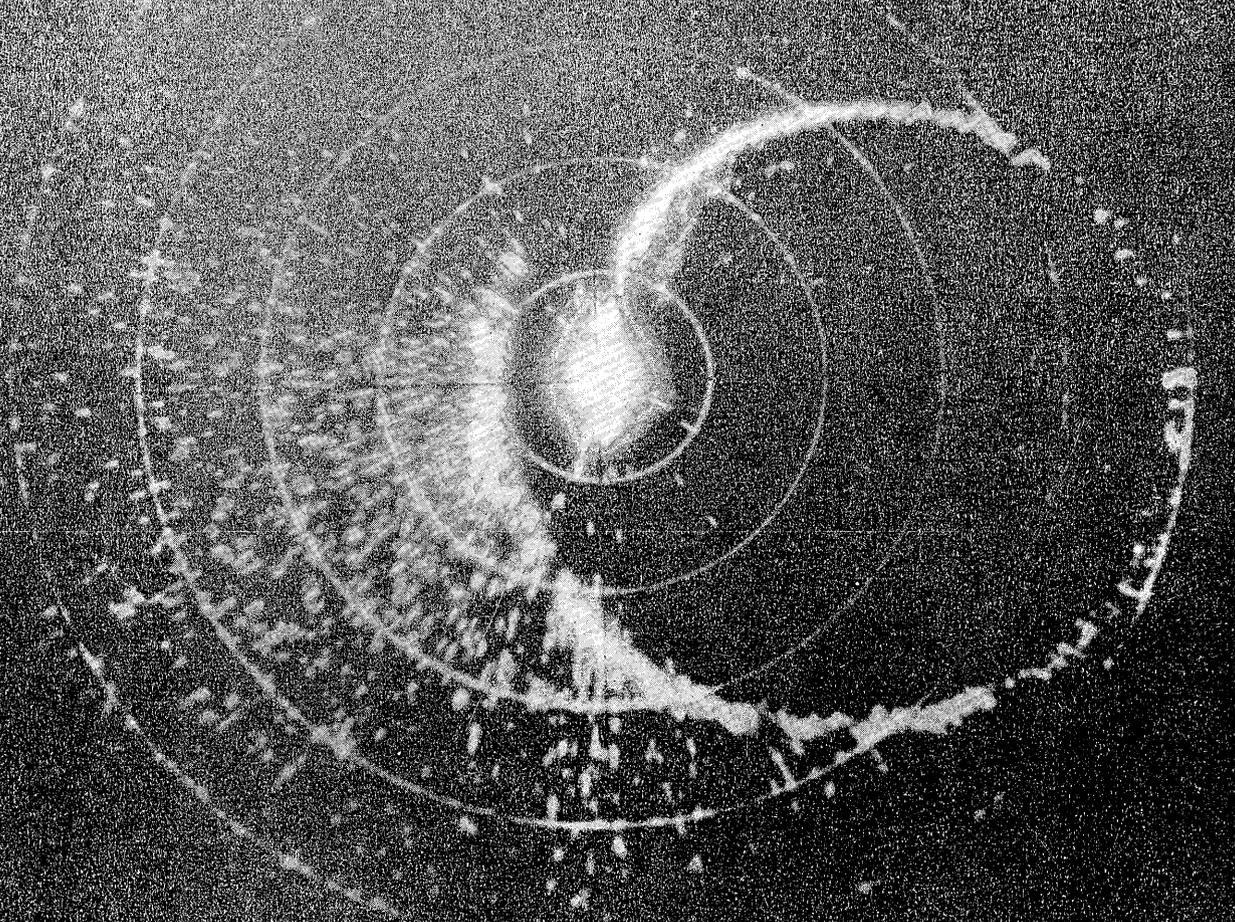


ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法



1960

1

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee
for Radio Aids to Navigation

— 目 次 —

巻 頭 言	森 田 清	1
研究 調 査		
「レーダへのミリ波利用」	岡 田 高	3
カラーレーダーによる物標の弁別に関する研究	落 合 徳 臣	15
展 望		
航海安全委員会の印象	若 狭 得 治	23
1960年海上人命安全会議の模様について	電波航法研究会事務局	24
ドイツの新しい無線装置	松 崎 光 雄	28
講 座		
レーダ航法	茂 在 寅 男	31
慣性航法装置の解説	庄 司 和 民	39
研究会記事		
電波航法研究会事務局報告		45
海 外 資 料		
慣性装置の航海への利用について	北川視朗・桜木幹夫抄訳	47
航海と慣性航法	北川視朗・桜木幹夫抄訳	49
レーダ指示方式の改良について	木 村 小 一 訳	51
ニ ュ ー ス		
新製品紹介	電波監理局 水洋会	57
文 献 標 題		
The International Hydrographic Review		60
The Journal of the Institute of Navigation		61
航空関係		62
電波航法研究会規約		63
電波航法研究会会員名簿		64

発 刊 の 辞

電波航法研究会会長 森 田 清

永らく懸案になつていた電波航法の定期刊行誌を愈々ここに送り出すことが出来るのは、誠に御同慶にたえない。

思い起せば、わが国における電波航法の研究は戦後レーダの製作に関連し、輸入機との性能比較試験法、また適確なレーダ使用法の周知方などについて研究する目的の会が、元東大教授古賀逸策氏を中心として活動し初めた事、これがそのスタートであつた。

その後、我国ロラン局の置局計画に、この研究会は一役買つた。さらにレーダ技術水準は、大型のもの、小型のもの、その何れについても漸く確立され、今や本邦製レーダが盛んに活躍している事は、多くの人々の認めるところであるが、この成果の裏には研究会のメンバーである所の水洋会、船主協会、レーダメーカー、また各大学研究会の人々の協力による貢献があづかつて大いに力があつたのである。

しかし、時代は常に進歩し、今や耗波レーダ、ハーバーレーダ、シヨードビジョン等の研究が要望されている。ロランと並んでデツカの研究も亦強く要望されているのが現状である。ところがこれらについては、欧米先進国に既に範例のあるものが多く、従つてかの国の技術を速かにとり入れて、これを消化することは本邦技術の向上に先ずもつて極めて大切なことである。つまりは、一つの機関、それは外国技術を紹介し、それに合せてまた本邦の現状を詳報する機関をもつことが甚だ有意義である。つまりこれによつて専門家の間に共通の知識レベルと、共同の話の広場とを提供することが出来、従つてこの機関は、これらの研究問題の解決に大いなる力となる。そして、これはまた次の様な二重の喜びと進歩とをもたらす。

その第一は、これによつて日本の学術並びに技術界が刺戟され、総べて話の論調が高まること。これは第一の喜びである。さらに第二には、この機関の提供する情報が次第に広く、凡ゆる技術者の層に迄浸透すれば、日本の現状を知つて世論がだまつてはいないだろう。必らずや本邦海事技術の向上をはか

れという声が大になる。その結果は電波航法機器の製作における大きな発展が期待されよう。これ第二の喜びである。

今回定期刊行物として電波航法が出版されるのは、この期待に添うためであつて、本年度はさしあつて2回出版という小規模のものではあるが、その内容には本邦技術の紹介、学術論文の掲載、電波航法研究会の研究内容、航法諸規定とニュース、そして外国技術の紹介等を盛り込む予定でいる。今はまだ小さいが、何れは英国の *The Journal of the Institute of Navigation* フランスの *Navigation* などに匹敵する様なものにこの雑誌を発展させたいというのが編輯関係者の希望である。

先日来訪されたフランス航法学会理事 Hugon 教授も近き将来に雑誌の相互交換を望みたいとの話をされている。あちらの雑誌は誌名が *Navigation* とのみあつて海ばかりでなく、空も含めての航法を扱っている点が我々の企画と少しくちがう。これもまた我々としては段々この方向に発展させて行きたいものである。海と空とは次元がちがひ速度が桁がちがひであるが、しかも双曲線航法の考えは共通であり、レーダの応用と、慣性航法など根本理念に何等変りがない事に、あちらでは海空共同の広場を見出しているらしい。

本誌出版の企画に当つて、会費の増額等機器メーカーならびに多数の船会社から援助をいただいた事にここに謝し御礼の言葉に換えたい。私はゆくゆくは会員が万を算える程ともなり、総会費自辨と迄に発展することを望んでいる。それには忌憚ない叱正と批判を各号毎に皆様からいただくことが何よりよい刺戟となるのであるから、この点今から読者諸賢に御願申上げておきたい。何はともあれ生れ出たばかりのこの機関誌に多大の御声援を御願ひする次第である。

研究調査

「レーダへのミリ波利用」

沖電気工業株式会社

無線研究部次長 岡 田 高

1. はし が き

分解能を目的としたもののみを集めて概略の諸元を一覧表にしたものである。

第1表は公式に発表された内外のミリ波レーダの内高

第1表 高分解能レーダ一覧表

国 名	日 本	日 本	日 本	日 本	米 国	英 国	オランダ	
製 造 者	沖電気工業	東京芝浦電気	日本電気	三菱電気	AIL	Decca	Philips	
型 式	CPSH-1	TA-2286A	NMR-1		AN/FPN-31	MARK-1	8GR250	
送 信 機	周 波 数	34860Mc ±1%	34860Mc ±1%	24000Mc帯	24000Mc帯	24000Mc帯	8.69~8.83 mm	34512~ 35208Mc
	パルス幅	0.05μs	0.05μs	0.05μs	0.05/0.07/ 0.1μs	0.02μs	0.05μs	0.02μs
	パルス繰返	4000PPS	3000PPS	4000PPS	2000~ 4000PPS	14400PPS	4000PPS	5000PPS
	尖頭出力	20~30kW	25kW	40kW	20kW	30~50kW	12~15kW	20kW
空 中 線	反 射 鏡 型	二重チーズ型	二重半チーズ 型	拋物形筒型	拋 物 型	特殊曲面型	二重チーズ型	二重チーズ型
	水平ビーム幅	16分	0.3度	0.4度	0.5度	0.25度	23分	0.3度
	垂直ビーム幅	14.5度	7度	4度	2度	0~-25度 cosec ²	14度	17度
	回 転 数	7rpm	10rpm	25rpm	25rpm	60rpm	20~24rpm	40rpm
	偏 波 面	水 平	水平/円	水平/円	直線/円	垂直/円	水 平	水 平
	俯 仰 角			-10度~+5度	-5度~+15度	±3度		
受 信 機	雑音指数	19db		18~19db	19db	19db		
	中間周波数	60Mc	70Mc	70Mc	100Mc	130Mc	60Mc	90Mc
	中間周波帯域	24Mc	24Mc	30Mc	20Mc	100Mc	20Mc	50Mc
	周波数制御	自動/手動			自 動	自 動	手 動	
	増幅型式	直線/対数					直線/対数	
指 示 機	映 像 管	12吋	12吋	12吋	12吋	16吋	12吋	12吋
	距離範囲	1, 2, 5, 10, 20km	1.5, 4, 8浬	1, 2, 4, 10km	1, 2, 4, 8, 20, 40km	0.5, 1, 2, 3浬	0.5, 1, 3, 10浬	0.5, 1, 1.5, 3, 5, 10km
	オフセンター			1 半径		1 半径, 任意方向		
	扇形走査	手動, 任意角度						

第2表は話の順序として、国際的に決められている電磁波の分類呼称を示す表として掲げた。従来レーダに使用されていた波長は Decimetric および Centimetric wave で特に Centimetric wave は殆んどレーダ専用の

波の利用効果を特に強調した超高分解能レーダ或は超々多重通信方式の開発が活発になつて来た。又逆にこれ等の実用化の可能性はミリ波の発生或は検波増幅技術の発達改善を刺戟して、ここしばらくはミリ波ブームが続くであらう。

第2表 周波数の呼称

周波数の区分		周波数の範囲	波長の区分
VLF	Very low frequency	30kc/s	Myriametric waves
LF	Low frequency	30—300kc/s	Kilometric waves
MF	Medium frequency	300—3,000kc/s	Hectometric waves
HF	High frequency	3,000—30,000kc/s	Decametric waves
VHF	Very high frequency	30,000kc/s—300Mc/s	Metric waves
UHF	Ultra high frequency	300—3,000Mc/s	Decimetric waves
SHF	Super high frequency	3,000—30,000Mc/s	Centimetric waves
EHF	Extremely high frequency	30,000—300,000Mc/s	Millimetric waves

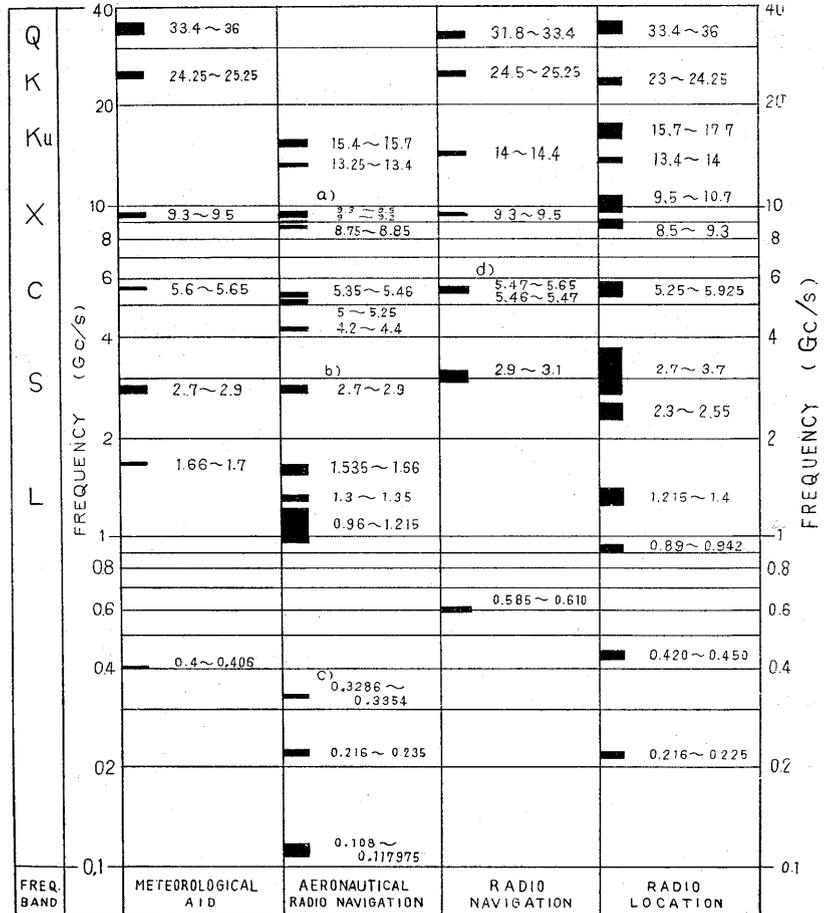
2. ミリ波帯の何処にレーダ波長を選ぶか

1960年1月 Geneva で開かれた国際電気通信連合の会議で 40,000 Mc (7.5mm 波) までの周波数に対して業務別分配が決定されたが、その内でレーダに関係のある、位置標定用(Radio Location)一般航法用(Radio Navigation)

領域として第2次大戦中に非常に高度にまで基礎的研究と応用技術が開発され、その業績は microwave technich 或は Radar Technic として戦後にまで持越されて、一方には平和利用としての海空の航行用或は位置標定用レーダの発達、他方には通信方面にその技術がその儘に利用されてマイクロ波多重通信方式の発達をうながした。

Millimetric wave (以後ミリ波と略称する)の領域について、諸外国においては戦時中から空間伝播特性等については基礎的調査が相当に進められており、戦後も引続きその方面の研究が継続されて来たが、何分にもミリ波の発生および検波増幅の面で実用に耐える程度のものが得られなかつた為に、ミリ波を利用した実用機器の出現は最近まで見られなかつた。

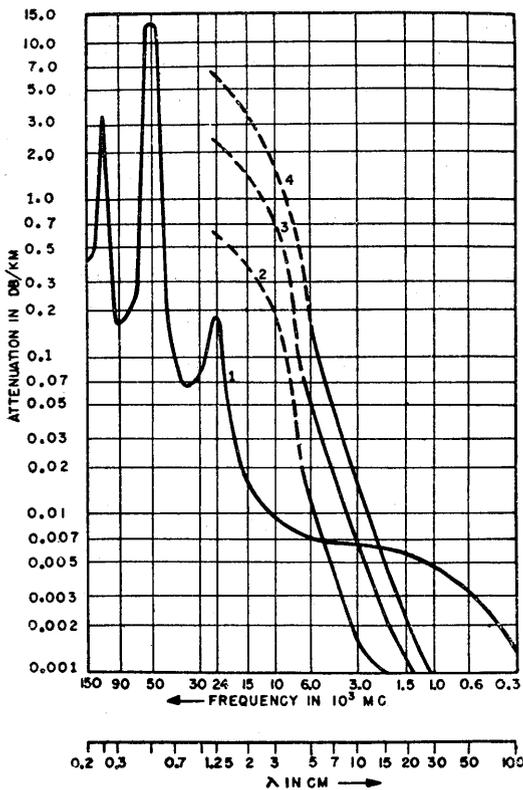
しかし、最近発達して来たミリ波のマグネトロン、クライストロン或は進行波管等の出現は、当然の事ながら、ミリ波レーダ或はミリ波通信方式の実用化をうながし、ミリ



- a) airborne weather radar only
- b) ground-based radar only
- c) ILS glide path only
- d) maritime radionavigation

第1図 第3区域における業務別周波数分配

航空航法用(Aeronautical Radio Navigation) 気象観測用(Meteorological Aid) の4業務に対する100Mc以上の周波数の分配のみを拾い出して図示すると第1図のようになる。1947年のAtlantic Cityの会議では10,500Mcまでの分配が決定されたが、今度の会議で始めて、それ以上の周波数に対する分配が決定した。従来レーダに利用されていた周波数帯には第1図に示すように、L, S, C, X, Kuがあつて、Lから始つて凡そ2倍づつの等比級数的な位置にレーダ周波数帯が設けられていた。この関係は意味のあることで、レーダ空中線の利得、従つて最大探知距離、或は電波が雨の中を通る時の減衰、或はまた物標雨滴等からの反射エコの強さ等総て直接波長と関係がある。従つて余り近接して、一ヶ所に幅広く周波数帯を設けてしまつたのでは、波長の特徴を生かした各種の用途に合致したレーダを実現することが出来ないことになるので、飛び飛びにレーダ用周波数帯を置くのが良いということになる。



第2図 大気中の電波の減衰

- (1) 酸素と水蒸気との合計 (P=760mm, T=20°C
水蒸気含有量=7.5gr/m³)
- (2) 普通の雨 (6mm/hr)
- (3) 強雨 (22mm/hr)
- (4) 豪雨 (43mm/hr)

しかし、ミリ波帯になると、ただ単に数字の上で等比級数的な位置に周波数帯を設定することができない理由がある。それはミリ波領域の一つの大きな特徴として、大気中を伝播する際に水蒸気と酸素の分子がミリ波で共振して、ミリ波のエネルギーを吸収してしまうことであつて、その結果は電波の伝播中の減衰として現われる。第2図の曲線(1)はその有様を示したもので、減衰の程度は水蒸気の含有量および気圧、酸素の分圧、温度によつて異なる値を示すから、当然地表面に近い場合と高空とでは異なるが、兎に角共振点では著しい減衰を示す。

レーダに使用する場合には、この様な共振周波数を避けて減衰の谷に相当する波を利用しなければならないことは常識的に考えられる。その様な減衰の谷を拾つて見ると、8.6mm (減衰約0.08 db/km), 3mm (減衰約0.2 db/km), 2.5mm (減衰約0.3 db/km) および1.3mm (減衰約0.8 db/km) 等があつて、ミリ波領域にレーダ波長帯を決定しようとする場合には、この様な点に設定しなくてはならない。

とはいえ、現在のミリ波発生技術の段階では、これ等の減衰の谷に相当する波の総てを利用することは困難で、実用を考えると8.6mm波帯が限度で、それ以下の短い波の利用は将来のレーダに属する。

次に、X-band以上の周波数を使用した場合のレーダの特徴として、1947年のAtlantic Cityで開かれた国際電気通信連合の会議に出された英国の提案があるから、これを抜萃して参考に供する。

- (1) 10550~14250Mc (はげしい雨の時には、距離的な制限を受けるが、国際的に使用される航法用小型長距離用レーダとして充分に利用価値がある。)
- (2) 20500~26500Mc (雨の降らない状況下で使用し中距離で高分解能を得るに最適、ただし、水蒸気による吸収の為に有効距離は最大30km程度であらう。)
- (3) 33300~37500Mc (大気瓦斯吸収の極小点であるから、中距離用の超高分解能レーダとして極めて有効であるが、雨の影響を強く受ける欠点がある。)

以上の3周波数帯をレーダ業務に分配したいというのが英国の提案であつたが、米国も略々同様な提案をしたようであつた。このように以前からミリ波領域にレーダ波長帯を設定することを主張していたことは、この種のレーダの有用性を予見していたものと思われる。果して、今度の国際会議で40,000Mcまでの分配において、レーダ業務に対してKu, K, Qの三つの周波数帯を割当てたことは、いよいよミリ波レーダが実用の域に入つて来たことを示すものであらう。第3表に各周波数帯域に対

第 3 表

各周波数帯域に対するレーダの一般用途

帯域呼称	中心波長	中心周波数	レ ー ダ の 一 般 用 途
L	23cm	1,300Mc	超遠距離用 (ARSR等)
S	10	3,000	遠距離用 (航空用, 船舶航行用, 気象用)
C	5.5	5,500	遠距離用 (気象用, 艦船用, 航空機上用)
X	3.2	9,300	中距離用 (船舶航行用, 気象用)
Ku	1.8	16,500	中距離用小型 (船舶航行用)
K	1.25	24,000	近距離用高分解能 (ASDE航空機上用, 気象用)
Q	0.86	34,800	近距離用超高分解能 (ASDE気象用, 航空機上用)

するレーダの主な用途を掲げて参考に供する

3. ミリ波はレーダの性能に如何なる関係を持つか。

周知のレーダ方程式は空間伝播中の減衰を考慮に入ると次の様に表わされる。

$$P_r = \frac{G P_o A_e}{(4\pi r^2)^2} \sigma \times 10^{-0.2 \int_0^r K_A dr - 0.2 \int_{r_1}^{r_2} K_R dr} \dots\dots\dots(1)$$

- ここに P_r = 受信電力
- P_o = 送信電力
- G = 空中線利得
- A_e = 空中線有効面積 (Aを空中線の実際の開口面積とすれば, $A_e \approx 0.7A$)
- r = 目標までの距離
- K_A = 大気中の片道の単位距離当りの減衰 (db)
- K_R = 降雨, 霧等による片道の単位距離当りの減衰 (db)
- r_1, r_2 = K_R の率で減衰を受ける距離範囲
- σ = 物標の有効反射断面積 (Radar Cross Section)

なお, P_{min} = 最小受信感度
 R_{max} = 最大探知距離

として, 式(2)の関係を式(1)に代入すれば式(3)となる。

$$A_e = \frac{G \lambda^2}{4\pi} \dots\dots\dots(2)$$

$$R_{max} = \sqrt{\frac{G\lambda}{4\pi}} \cdot \sqrt[4]{\frac{P_o}{P_{min}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\sigma}{4\pi}} \cdot 10^{-0.05 \left(\int_0^r K_A + \int_{r_1}^{r_2} K_R \right) dr} \dots\dots\dots(3)$$

式(2), (3)はレーダの総ての性質を表わしているので, これにより波長との関係を調べて見る。

(1) $\sqrt{\frac{G\lambda}{4\pi}}$: — 式(2)の関係から $\sqrt{\frac{G\lambda}{4\pi}} = \sqrt{\frac{A_e}{\lambda}}$ と

なるから $\frac{A}{\lambda} = \text{const}$ となる様に空中線を設計すれば R_{max} は変らない。即ち空中線の開口面積を波長に比例して小さくしても R_{max} は変らない事を意味する。従つてミリ波を使えば空中線は小さくすむ。又Aを一定とすれば R_{max} は $\lambda^{-1/2}$ に比例して増大するから波長を短かくすれば遠距離が見える様になる。例えば同一大きさの空中線を使つて 3.2 cm 波と 8 mm 波と比較すると R_{max} は後者は前者の2倍となる。(但し他の条件は両者全く同一とする)

- (2) $\sqrt[4]{\frac{P_o}{P_{min}}}$: — この項は送信出力と受信の最小感度に関係するもので直接波長と関係がないので, 一応如何なる波長の場合でも一定として置く。
- (3) $\sqrt[4]{\frac{\sigma}{4\pi}}$: — この項は目標からどの程度に電波を反射するかに関係するもので, σ は目標が同一でも波長によつて異なる。例えば,

(平面の σ) = $\frac{4\pi A^2}{\lambda^2}$ (Aは平面の面積。但し $A \gg \lambda^2$)

(小球の σ) $\propto \frac{a^6}{\lambda^4}$ (aは球の直径, 但し $a \ll \lambda$)

故に, 目標が平板であれば, $\sqrt[4]{\frac{\sigma}{4\pi}}$ は $\lambda^{-1/2}$ に比例して増大するから最大探知距離もそれと増大する。従つて 8 mm 波を使えば 3.2 cm 波の最大探知距離の2倍の所に目標を置いても見える。言換えれば, 同一距離で同一受信電力を得る為には, 平面の大きさは $1/4$ ですむ。更に換言すれば, 式(1)より 3.2 cm 波による受信電力に比し 8 mm 波の受信電力は 16 倍に増大する事になるから, 3.2 cm 波で見えなかつた物も見える様になり又更に細かい物の存在まで検知出来る様になる。

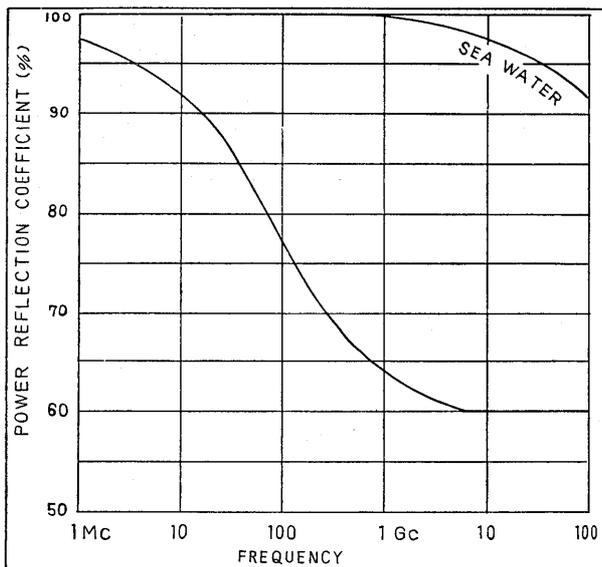
次に雨滴や霧粒の様な小球を考えると, 最大探知距離は λ^{-1} に比例するから 8 mm 波を使えば,

3.2 cm 波に比して4倍となる。又同一距離では256倍の受信電力が得られる。(気象的に見た雨や霧は相当広範囲の空間に拡つているので、雨や霧はビーム全体をふさぐと考えねばならない。この場合のレーダ方程式は式(1)と異なり Pr は最早や r^{-4} に比例せず r^{-2} に比例する様になつて雨や霧の検知には更に有利になるが、この事柄は直接波長とは関係がないので、この様な気象エコについては省略する。)

以上の事丈けから考えると、空中線の小型化、細い目標の検知等に関しては波長か短い程有利であつて、同一最大探知距離を維持しようとすれば、波長を $1/2$ にする事により空中線の開口面積は $1/2$ ですみ、而かも目標の面積が $1/2$ の小さいものまでも見えることになる。斯く考えると2章で述べた様に相隣るレーダ波長帯が凡そ2を公比とする等比級数的の関係に配置されている事は意義ある事と思われる。この様に考えて来るとミリ波はレーダに対して非常に有利の様に考えられるが、一方5および6章に述べる様な欠陥をも兼ね備えているのである。

4. ミリ波レーダで草木、人間等が検知来る理由

ミリ波レーダでは、草木、人間等が良く映像面に出るという実験事実から、ミリ波になると誘電体の反射係数が増大する様に思われているが、実際はそうでなくて、前記の如く、小目標のレーダ反射断面積がミリ波において増大する為であると考えられる。これについて考察を



第3図 大気中から海面または鉄板面に垂直に電波が投射されたときの電力反射係数

行つて見る。

電波の電力反射係数 k は

$$k = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

で表わされる。Z₁, Z₂ は反射面を境界面とする両媒質の impedance で一般に次式で表わされる。

$$Z = \sqrt{\frac{j\omega\mu}{\nu - j\omega\epsilon}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここに μ =導磁率(= $\mu_0 \mu_s$), $\mu=1.257 \times 10^{-6}$ (H/m)

ν =導電率

ϵ =誘電率(= $\epsilon_0 \epsilon_s$), $\epsilon_0=8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)

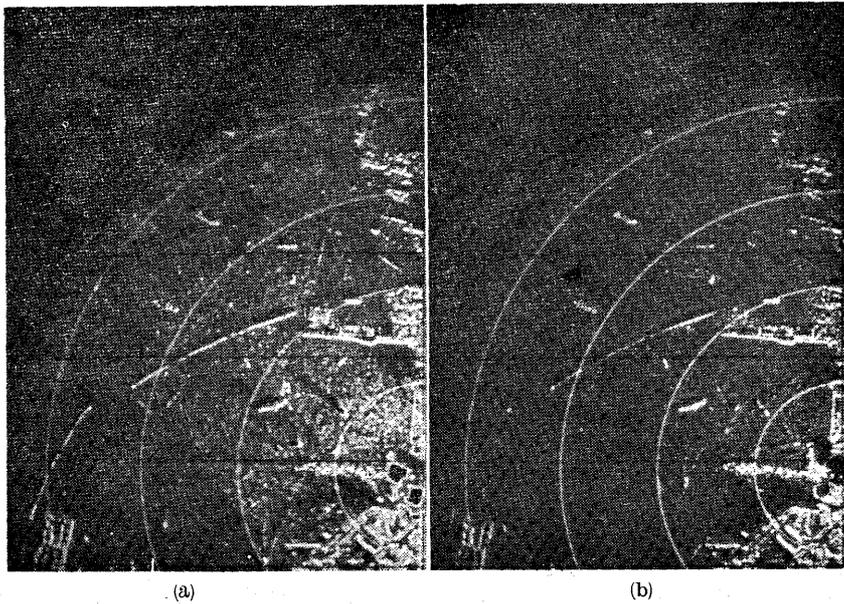
今空气中を伝播した電波が、海面と鉄板面とに直角に当つて反射される場合の反射率を計算して見るのに、海水の ν, μ, s を夫々 $1s/m, \mu_s=1, \epsilon_s=80$ 鉄板のそれを夫々 $10 \times 10^9 s/m, \mu_s=1000, \epsilon_s=1$ として周波数を変えて計算して見ると第3図に示す通りである。海水の如き誘電体の電力反射係数は周波数の増大と共に急激に減少して、1000Mc 以上では殆ど一定となり投射電力の略々60%のみを反射するようになる。ところが鉄の如き導体の場合は、1,000 Mc までは殆ど100%反射し、それ以上で僅かながら落ち始め、10,000 Mc で98%を反射するが、100,000 Mc では91%を反射するという様に周波数の増大と共に反射率が段々減少して海水との差が僅かながら縮つて来る傾向にある。

草木、人体等も陸海水と同様な電気定数を持つているとすれば、之等の電力反射係数は糧波とミリ波とでは図で見るとに殆ど変化が認められないから、ミリ波だから良く反射して草木や人間が検知出来る様になつたとは言えない。ただ、鉄板等は波長が短くなると幾らか反射係数が落ちるから草木人間等からの反射と段々差が小さくつて来るという事は云える。

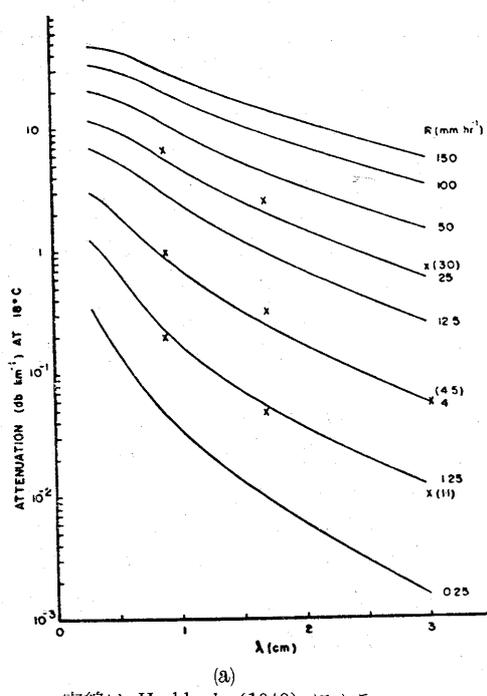
以上の事から、ミリ波で草木、人間等が良く見えるのは、その物体の性質によるのではなく、2章に述べたように物標の形状によつて決まるレーダ断面積が周波数と共に増大して小物標がよく見える様になつたのであると解すべきである。

5. 雨滴又は海面反射による擾乱エコと其の除去

レーダにミリ波を利用した場合に糧波では分からなかつた雨や、又殆ど検知出来なかつた霧や雲等が非常によく検知出来るという事は、検知の目標が霧雲等である場合は誠に好都合であるが、探索の目的が地上や海上の物標の検知である様な場合には、雨や霧のエコが、いわゆる擾乱エコとして映像面を覆い目標の識別を困難にする。同様に



(a) 海面反射擾乱相当あり
 (b) 対数増幅器により除去
 第4図 対数増幅器の効果 (横浜港)



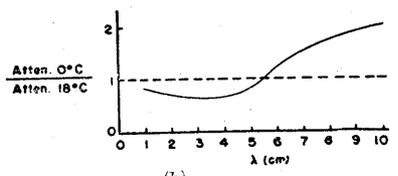
(a) 実線は Haddock (1948) による。
 ×印は East (1954) の計算値。

Rain clutter 或は Sea clutter と呼ばれる擾乱エコである。

ミリ波レーダでは是等の擾乱エコが非常に強いので、何とか除去する方法を考えなくてはならない。それに対する積極的な方法として現在考えられているものに次の二つの方法がある。

- (1) 円偏波の電磁波を利用する
- (2) 受信機に対数特性増幅器を入れる

(1)は空中線系に Circulariser を置く事によって実現される。直線偏波で出た波が Circulariser を通ると円偏波に変換されて空間に幅射される。これが反射されて帰る時は進行方向に対して回転方向が逆になる。この波が空中線に到着して再度 Circulariser を通るとここで再度直線偏波に変換されるが、その時偏波面は送信の時の偏波面と 90° 変つたものとなる。即ち若し水平偏波で出たなら



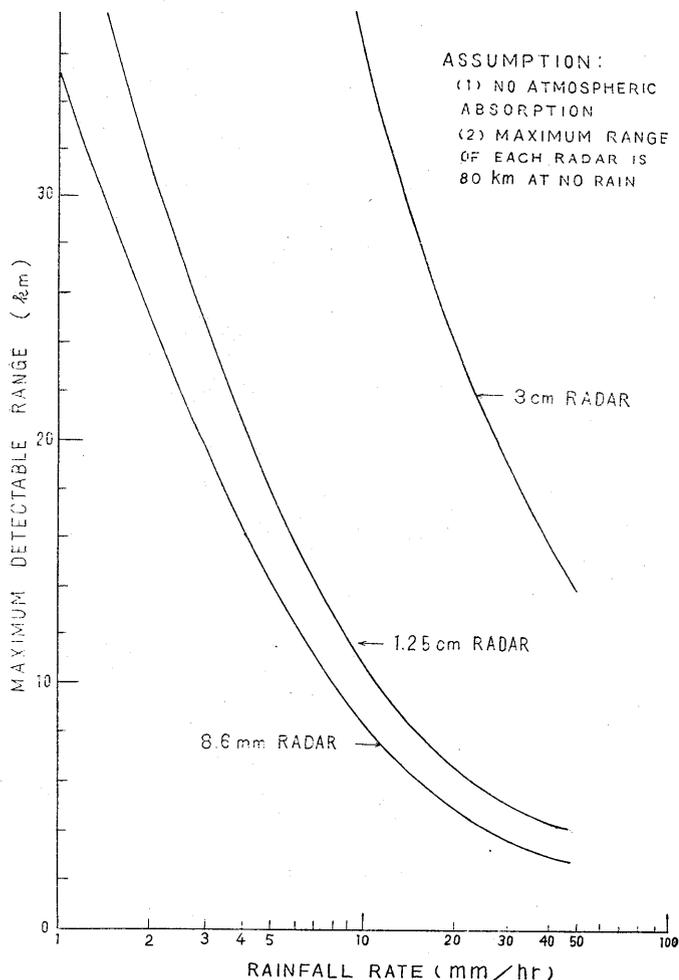
(b) 温度補正曲線 (Ryde, 1946)

第5図 各種の降雨の場合の波長と減衰の関係

海面の小波或は波浪のくずれ等の如き、比較的小面積の不規則な集りと考えられる場合に於ても、ミリ波は良く反射されて、映像面上に擾乱を与える。是等はいわゆる

垂直偏波で入つて来る事になるから導波管に入る事が出来ず、従つて受信波は受信機に入る事が出来ない。

雨滴の如くほぼ完全な球と見做せるものに反射された



第6図 降雨による最大探知距離の短縮

円偏波は又円偏波となつて帰つて来るから、上記の理由で Rain clutter は除去出来る。しかし、一般の目標からの反射は楕円偏波となつて帰つて来ると考えられるから、受信波は送信波と同一偏波面内に成分を持つ事になつて感度は落ちるが、受信出来る。また2回反射(偶数次回反射)した円偏波は直線偏波に変換された後には送信波の偏波面と同一偏波面となるから受信出来る。この様な理由で雨のエコは消えても、一般目標の検知はできるわけであるが、同じ理由で Sea clutter の如き擾乱をこの方法で除去する事は困難であると考えられる。

(2) の方法は、擾乱の信号が Rayleigh 分布をしている場合には有効である。この様な擾乱雑音信号の変動の振幅が対数特性をもつた増幅器の入力側で如何にあらうとも、出力側での変動の振幅を一定にする事が出来、しかも受信機の固有雑音の変動の振幅と同一になるまで圧

縮する事が出来るという原理に基くもので、従つて Clutter が Rayleigh 分布から遠ざかるに従つてこの方法の効果が減少する。筆者の経験によれば、雨の場合には極めて良好な結果を得ており、海面反射擾乱の場合にも第4図に示す様に相当な程度に成功している。

6. ミリ波レーダの探索距離範囲の制限

ミリ波をレーダに利用する場合に根本的に不利な問題がある。それは大気瓦斯および降雨の中を伝播する際の減衰の問題である。

大気瓦斯中伝播の減衰は前にも触れたが、第2図に示す如き酸素と水蒸気の共振吸収の点を避ければ実用上大した支障はないが、降雨を通過する際の減衰は雨が強くなるに従つて相当著しいものがある。第2図の曲線(2)(3)および(4)はその例であるが、第5図には更に詳細が示しある。

今、3 cm、1.25 cm、8.6 mm 波の3種のレーダで、その電波が大気中を伝播するとき、各種の原因による減衰が全然無い場合に、或る目標の最大探知距離が何れも 80 km と仮定する。この場合探知範囲の全域にわたつて一律な雨が降つているとして減衰率を第5図から求めて、その場合の同一目標に対する最大探知距離の変化を求めて見ると第6図のようにな

る。

これによつてミリ波の雨による減衰が如何に大きいかわかる事が出来る。この図で 8.6 mm 波と 1.25 cm 波との場合を比較してみると、降雨の弱い場合には両者の探知距離に可成りの開きが出ていが、豪雨となると両者何れの場合も甚だしく短縮されて大きな開きが無くなつてしまふ。

実際問題としては雨がこのような広範囲にわたつて一律に降る事は稀で、降雨の一律な範囲は数百米と云われているから、探知距離はこれ程は縮小されないであらう。しかしこの様な考察と実験の結果から、ミリ波レーダの実用的な距離範囲は 5 ~ 10 km と考えるのが妥当であらう。

7. ミリ波レーダの用途

現在我が国で研究開発されている高分解能レーダの波長は8.6mm波帯と1.25cm波帯の2種がある。そして現在のところミリ波のレーダへの利用は専ら高分解能が目的とされているようであるが、ミリ波は前記の様な各種の利点を欠点とを兼ねた特徴を持っていることを知つて、その特徴を活かしたレーダの用途を考えるならば高分解能レーダに限つた事はないと思われる。いま、考えられるミリ波レーダの用途を分類して見ると次の様になる。但し今回は各種機器に対する可能性については省略し、高分解能レーダについてのみ具体的検討を加える事とする。

1) 高分解能の利用

- a) 飛行場の滑走路の管制用レーダ (ASDE 又は ASMI と云われる)
- b) 港湾内の船舶管制用レーダ (ハーバ・レーダの共通型式として考えられる)
- c) 操車場の列車管制用レーダ
- d) 近距離探索警戒用の船舶用レーダ

2) 位相測定の利用

- e) 精密な速度測定用の車輛用, 船舶用, 航空機上用のレーダ
- f) 航空機上用の精密電波高度計

3) ビームを尖鋭にし易い事の利用

- g) 高性能の追尾用レーダ
- h) 電波トランシット又は電波測距儀用レーダ

4) 微細目標の検知能力の利用

- i) 雲底測定用の電波シーロ・メータ
- j) 雲, 霧等の成生, 構造等を観測する為の気象用レーダ

5) 空中線の小型化の利用

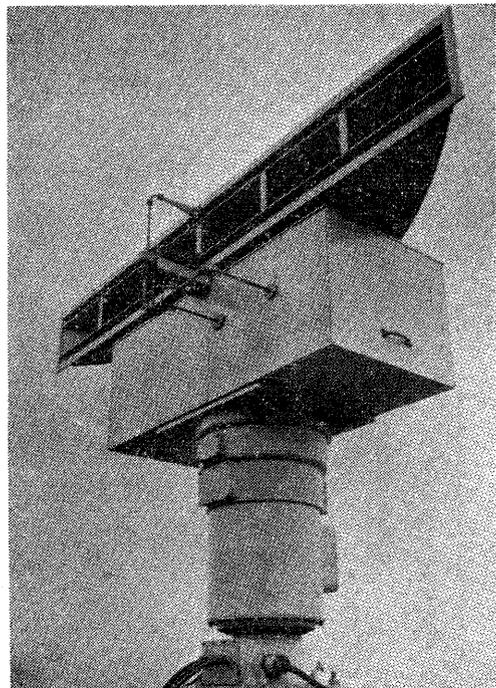
- k) 低高度航行用の機上用レーダ
- l) 前哨用の可搬型小型レーダ

6) 特別な利用

- m) 対電波妨害用レーダ (Anti-jamming radar)
- n) ダイバーシチー・レーダ

以上でミリ波レーダの用途を細分して見たが、ミリ波の利用面としてはレーダ以外に色々ある。波長の短い事周波数の高い事を利用して、遠距離の電波伝播の基礎研究, 例えばVHFの100km伝播研究を高々数百米で行い得るであろうし、電波暗室等の中へ持込む事も可能である。或はプラズマ振動の場合のhot electronの温度測定、或はアスペクトロスコーピへ応用して物質構造の研究への利用、将又通信路の飛躍的増大に備えて通信方面への利用等、大きな応用開発分野が開かれている。

8. 高分解能レーダの必要条件



第7図 CPSH-1の空中線部

前に述べた事で、ミリ波を使えば近距離用ではあるが高分解能レーダが容易に実現出来る事が略推察されると思う。特に重要な点は波長を短くする程細かい物標が検知し易くなり、従つて物標の微細構造が見易くなる事である。

しかし、これは高分解能レーダを実現する為の必要条件であつて、これだけでは高分解能にならない。他の一つの重要な条件は、微細構造から強く反射して返つて来る信号をよく分解して映像管の面上に現わす事である。それは空中線のビームを極力尖鋭にして方位分解能を上げ、それに対応して送信パルス幅を短かくして距離分解能を上げる事によつて実現される。

ミリ波を使えば比較的小型空中線でビームを尖鋭にし易い。8.6mm波では開口径約3mで $1/6$ 度の鋭いビームが得られる。3.2cm波でこれを実現しようとするれば約12mの開口径となる。この老大な構造であらゆる使用条件で $1/6$ 度の指向性が狂わないように維持する事は相当の難事で、ミリ波を高分解能レーダに使用したい大きな理由の一つである。

これに対応する送信パルス幅は $0.01 \sim 0.025 \mu s$ であるが現在のパルス技術では左程困難ではなく、マグネトロン動作もよく追隨する。

この様な短いパルス受信信号を忠実に受信増幅する受信機側には相当問題が出て来る。特に広い動作範囲をも

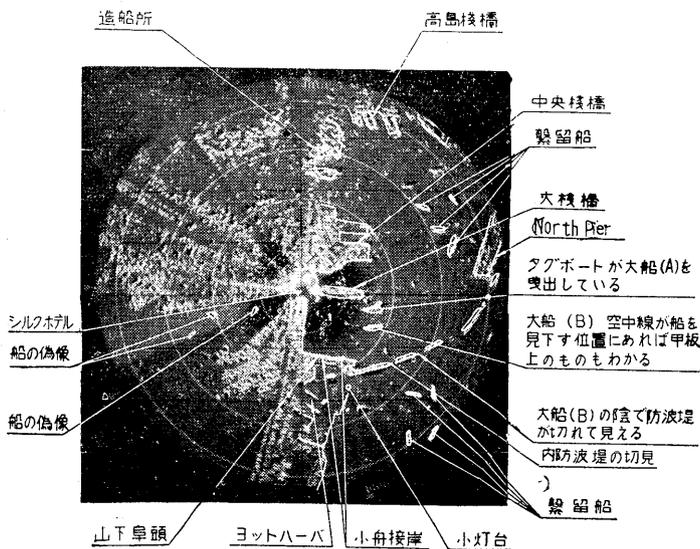
つた広帯域対数特性増幅器を附加しようとすると問題は益々複雑となり今後とも研究を要する問題である。

この様にして、レーダ自体のエコ分解能力を向上させないと、折角ミリ波で明るく照し出された物標もピンボケの写真の様にボヤケてしまう事になる。

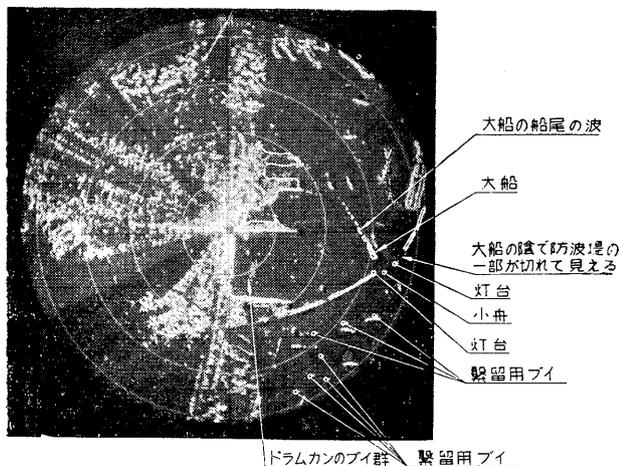
歪のない映像を得ようとするれば、其の他色々な問題が解決されなければならないが設計技術の範囲に属するから省略する。

9. 8.6mm 波高分解能レーダの具体例

次に具体例として沖電気工業株式会社研究所で試作し



第8図 CPSH-1 で見た横浜港 (レーダ・レンジ 2 km)



第9図 CPSH-1 で見た横浜港 (レーダ・レンジ 2 km)

た第1号機 CPSH-1 (性能諸元は第1表空中線部は第7図参照) で種々の実験を行い、特に横浜港に設置して海上保安庁の指導の下に、将来シヨーグビジョン方式のハーバ・レーダの一環としてミリ波高分解能レーダを実用する場合の適否について、いろいろの角度から試験して見たので概略の結果を報告する。

(1) 横浜港の実験ではレーダ空中線を横浜海上保安部の望楼上に設置したので水面上の高さ30mであつたが、実験の結果、空中線の高さは少くとも50m以上欲しいことが分つた。それは一つには、大きな船の後にいる小船が陰になつて見えなくなるのを極力防止することと、いま

一つには舷側とか船橋の壁などに当つて反射した電波が成るべく早く海面に落ちてしまうようにして、この反射波が他物標に当つて偽像を作る原因を取り除くためである。

しかし、港内全部を陰なく見ることは如何に空中線を高くしても限度があるから、その為には同一のレーダを2基以上適当な場所に配置して、陰になつてい部分を他のレーダで見る様にすればよい。またそれ等の映像信号をミックスして一つの映像管の上に現わす様にすれば、陰のない映像が得られる。

(2) 航行中の船尾に立つ波が良く出るから停泊中の船との区別が容易である。

(第9図参照)

(3) 港内にある物標は大小を問わず(小船、浮標、棒杭等)すべて明瞭に検知できる。第8、9図)また直径18mmの曳船をつないでいる麻のロープが海水で浸れている時は2km位の遠距離でも検知できることが分つた。

(4) 船の形状がよくわかる。実験観測の結果を第4表に示した。

(4) 船の形状がよくわかる。実験観測の結果を第4表に示した。

第4表 船の向きの弁別試験結果

船艇種別	レーダ・レンジ		
	1 km	2 km	5 km
むろと (700ton) 鉄船 61m×9m	向きの判別明瞭	左に同じ	左に同じ
うらなみ (53ton) 木船 21m×5m	向きの判別明瞭	左に同じ	向きの判別不能 (比較的小きな点)
やまぎくさつき (11ton) 木船 12m×3m	向きの判別明瞭	向きの判別可能	向きの判別不能 (比較的大きな点)

第 5 表

距離分解能の試験結果

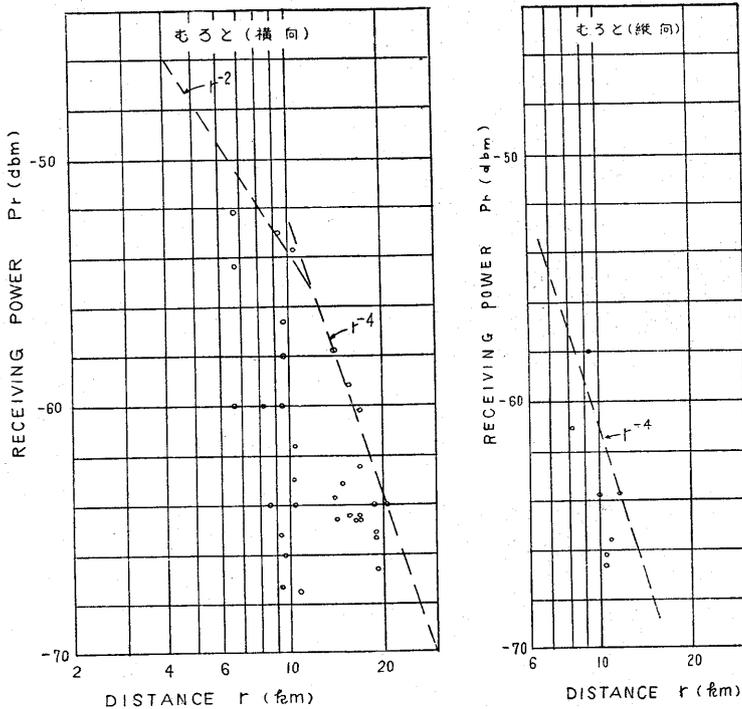
測定点 \ PPI レンジ	260m	600m	850m	2000m	2400m
1 km	4m (10m)	2m (10m)	6m (10m)		
2 km		2m (12m)	6m (12m)	8m (12m)	
5 km			10m (19m)		15m (19m)

()内は理論値

第 6 表 方位分解能の試験結果

測定点 \ PPI レンジ	250m	600m	1000m	2400m
1 km	6m	6m (5m)	5m (8m)	
2 km		6m	10m (8m)	
5 km			10m	15m (15m)

()内は理論値

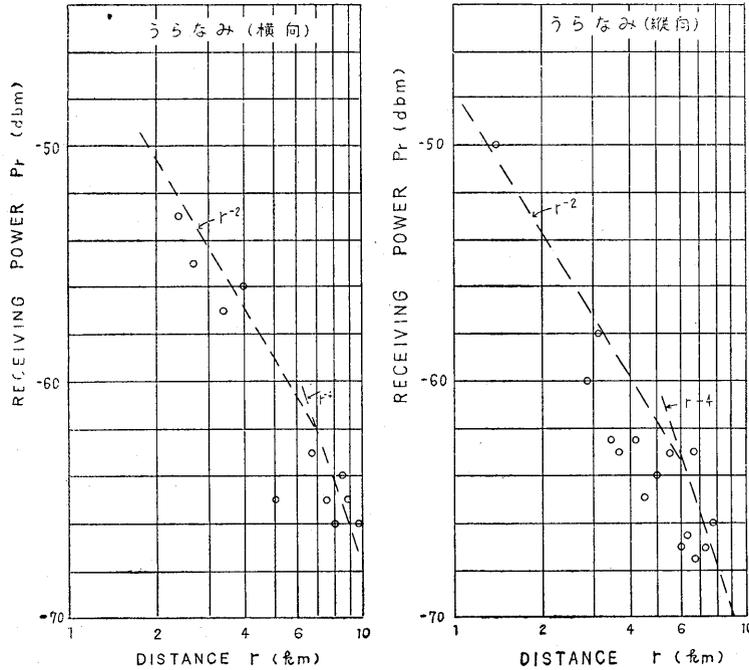


第 10 図「むろと」の受信エコ電力

(5) 距離分解能と方位分解能の試験を、海上保安庁所属の木造船 53.3 トンと 11.3 トンの両船を目標船として行つたが、距離分解能は理論値より優れており、方位分解能は理論値と略々同等という優秀な実験結果を得た、結果を第 5 および 6 表に示した。

(6) 最大探知距離は、もちろん目標によつて異なるが、実測は海上保安庁所属の鋼船「むろと」と木船「うらなみ」

について行つた。距離の変化に対する受信エコ電力の変化は第 10 および 11 図に示した通りであるが、非常に興味のあることは、普通、レーダの受信エコ電力は距離の 4 乗に逆比例すると考えられているが、高分解能レーダにおいては距離の 2 乗に逆比例していることである。これはレーダの空中線ビームが非常に尖鋭であるので、ビームが目標の一部分しか照射しないためであつて、言いか



第11図 「うらなみ」の受信エコ電力

第7表 最大探知距離試験結果

船 艇	種 別	最大探知距離	
		レーダから見て横向	レーダから見て縦向
むろと (695.6トン)	(鋼 船) 長さ 巾 高さ 56.5×9, 3×9m	28km	11.4km
うらなみ (53.3トン)	(木 船) 長さ 巾 高さ 20.8×5×3.8m	9.5km	7km

えれば、普通、目標の有効反射断面積 (σ) を一定として取扱っているが、高分解能レーダにおいては見掛上の σ が距離と共に増大して行くからである。かくして、目標がビームの中に完全に入ってしまう距離以上の距離範囲になると従来の4乗の法則に従うようになる。このことは理論的に言える事であるが、実測の結果も略々これに合致した結果を得ている。

この実測から最大探知距離を求めると第7表のようになった。「むろと」の最大探知距離はレーダ・レンジの外になってしまうので実測値から外挿法で求めた値である。

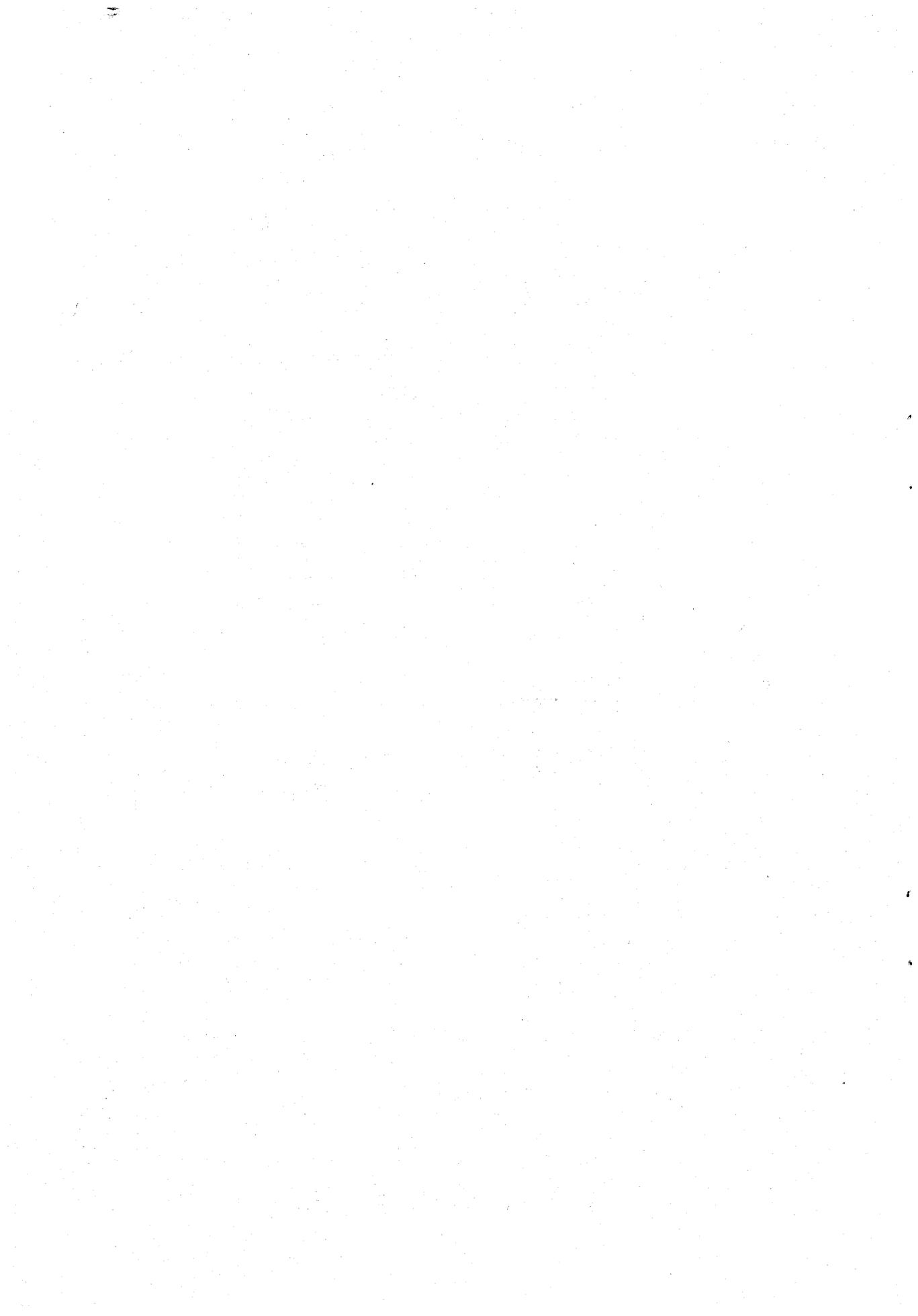
(7) 映像の分解能は以上述べた試験結果でも分るように極めて良好であつたので、このレーダ映像を見ながら相手船を無線で誘導して、数多くの障害物のある中を無事

に盲目航行させることに成功し、ミリ波高分解能レーダがハーバ・レーダとして極めて有効であることを実証した。

10. む す び

ミリ波レーダに関する基礎的な問題を繕ざらいし見えた。理論的な説明には随分粗漏な点があつたが、詳細な理論的な掘り下げよりも、ミリ波の特質を述べ、これをレーダに利用した場合に、それが如何なる特徴を持つたものになるかということに記述の目的を置いた。多々不備あるのを御赦し願いたい。また、横浜港の実験に際して賜つた海上保安庁関係各位の非常な御厚志に対し、ここに改めて深甚の謝意を表します。(1960年9月、)

× × ×



1 ま え が き

従来の P P I レーダでは、たとえば海上に孤立した物標の大きさがレーダの分解能よりはるかに大きい場合には、レーダ、スコープ上における映像の輪郭からある程度物標の推定はつくが、その物標がレーダの分解能より小さい場合には、どの物標もレーダの分解能できまる大きさの点として現われるので物標の弁別は困難となる。本研究においては水平偏波、45度偏波、円偏波、楕円偏波のうち物標に応じその2、3種を選択転換し、それらの反射信号強度の相対的關係から物標の弁別を行おうとするものであつて、これを見易くするために選択した偏波に対応する反射信号により各々赤緑青の単色の映像を CRT スコープ上に画かせ、その合成色をみて物標の種類を判定しようとする方法である。いま簡単な例について考える。単純な形状をなした物標にレーダ波を投射した場合には、物標の反射点における位相変化並に直交した座標面内における反射係数の比（例えば水平偏波成分と垂直偏波成分との反射係数の比）が物標の形、材質などにより各々異つた値を示している。従つて一例としてその物標が金属平板であつて円偏波がこれに直角に近く投射した場合には、その反射波は円偏波であるが、もしその物標が木または氷でできている場合にはその反射波は各々異つた形の楕円偏波となる。また逆にその物標が金属以外の材質でできている場合には、この物標の形、材質に応じた特殊の形状の楕円偏波を投射すると物標からの反射を完全に近い円偏波にすることも可能である。この場合に、もし受信アンテナとして回転方向（電気ベクトル）の逆な円偏波アンテナを使用すれば、その反射信号を受信することはできなくなる。即ちその目標に対する感度を零にすることができる。また後に述べるように、はじめから送受アンテナを共通にし、この物標の形、材質に応じた特殊な形状の楕円偏波を投射しうるアンテナを使用すればその物標からの反射信号に対し感度を零にすることができる。2、3種の偏波を転換し、その反射信号強度の相対的關係から物標の弁別を行う方法であるので、ある物標（またはクラッター）に対し感度が激減するような偏波を入れて転換することは物標弁別上極めて有利である。

楕円偏波の形は連続して変えられるものであり、その極端な所が直線偏波であり、その中間の所に円偏波が存在するとみなすことができる。連続的でその箇々の形の数は無限大ともみなせるもので、このことは丁度光の場合の連続スペクトラムの状態と同様である。また光の場合には、赤、緑、青の要素にわけて、その配合により各種の色彩が合成して得られるように、楕円偏波も簡単な要素に分析することができしかもその各要素の配合により各種の楕円偏波が合成して得られる筈である。

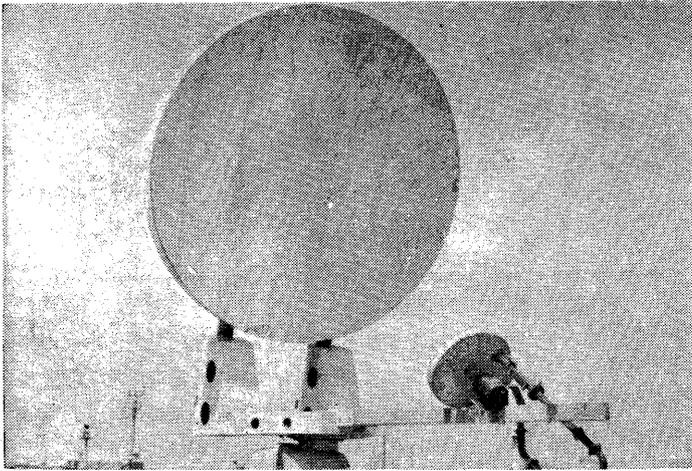
この研究においては、偏波を変えることにより物標の形状、材質等の差に応じて反射信号強度の相対的關係が変化することを利用するもので、具体的には水平偏波、垂直偏波、45度偏波、円偏波、楕円偏波等の偏波のうち2、3種類を転換使用し、その各々により赤、緑、青の単色の映像を画かせその合成色より物標の弁別を行うとするものである。本書においては偏波を転換することにより、物標よりの反射信号強度の相互關係がいかに変化するか、またカラーの合成によりどの程度に物標が弁別できるが、等についてその概要を記述する。

2 試験装置

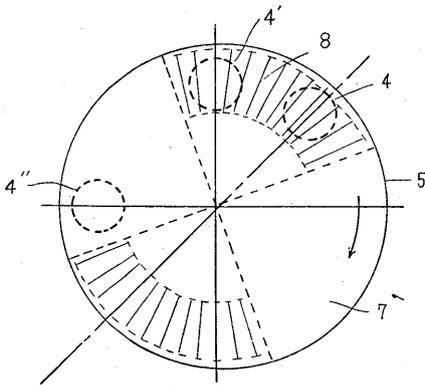
この研究は主として X バンドを使用して行われた。従来のレーダと特に異なる点はアンテナ部における偏波高速度転換装置と指示装置における原色映像の合成部とである。

2.1 偏波高速度転換装置

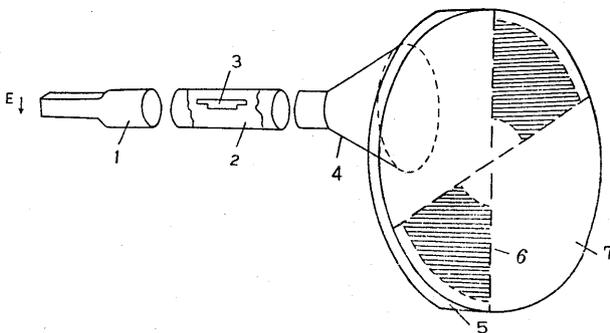
第1図は本研究に使用した偏波高速度転換装置付アンテナの一例である。これはペンシルビーム型アンテナでレフレクターの開口が6呎のものであつて円偏波、水平偏波の2波転換用のものである。第2図および第3図はその説明図である。これは円形導波管を使用しその中にメタルフィン型サーキュライザー(3)（直線偏波を円偏波に変換するもの）を挿入してホーン(4)からは常に円偏波が放射するようにしてあつて、ホーンの出口の所に第2図に示すような回転円板が設けられている。この円板はセクター状に4区分されていて一つおきにデサーキュライザー(8)（円偏波を直線偏波に変換するもの）を円板の周辺近くに挿入してある。従つてデサーキュライ



第1図 偏波高速度転換装置付アンテナ



第2図 回転円板



第3図 円偏波、水平偏波高速度転換装置

ザーの入れてあるセクター(6)がホーンの出口を通過している間は水平偏波が空間に放射され、他の部分が通過している間は円偏波がそのまま放射されるようになるこの円板をモータで毎分3000回転させると1秒間に100回の偏波転換ができる。普通の船用レーダ程度の分解能のものでは1秒間に約100回以上の偏波転換ができれば、孤

立した小目標の映像もその合成色の中には沢山の原色の要素を含むことになるので、合成色よりその物標を弁別することができるようになる。ここにあげた例は2偏波転換の場合であるが、同様な構想により3偏波転換を行うような高速度転換装置を作ることも可能である。

また一方偏波により物標の反射信号強度がいかに変化するかを基礎的に研究するために前に述べた偏波高速度転換装置のほかに、一般の船用レーダのアンテナに附加装置をつけることにより、各種の偏波が出せるようにした。船用レーダは水平偏波を使用したファンビームであるので、これを円偏波にするためにはホーンの外方に特殊構造の円筒型サーキュライザーを設けた。また垂直偏波、45度偏波にするためには円筒型サーキュライザーの更に外方にデサーキュライザーを設けるようにした。このようにすれば既設の船用レーダを利用して比較的簡易に各種の偏波を発生させることができたので各種目標についての偏波による特性を測定することができた。なおこの装置で注意することは偏波を変更してもアンテナパターン、アンテナ出力などが一定であることである。これを確かめるために各種室内測定のほか、次のような野外試験を行つている。即ち直交金属二面体(二重反射、水平偏波、垂直偏波、円偏波比較用)およびコーナレフレクタ(三重反射、45度偏波、水平偏波、垂直偏波比較用)を目標とし、約260m離れて各種偏波のレーダ波を放射し、これら目標よりの反射信号強度を測定して組毎に各々等しい値を示すことを確かめるようにした。アンテナ系としては主として4呎スカーンおよび8呎スカーンを使用した。

2.2 指示装置における原色の映像の合成部
レーダのPPI表示では蛍光膜は超残光性のものを必要とし、しかも半径方向掃引であるので従来カラーテレビに使用しているRCAシャドーマスク型カラーCRTはこの研究目的には使用困難のようである。現在のところローレンス型カラーCRTはその性能がこの目的に最も適しているが価格の点で入手困難である。またカラー蛍光物質についてもカラーレーダの必要とする赤緑青のうち赤青の2色超残光性のものがまだ開発されていない。

2.2 指示装置における原色の映像の合成部

現在のところローレンス型カラーCRTはその性能がこの目的に最も適しているが価格の点で入手困難である。またカラー蛍光物質についてもカラーレーダの必要とする赤緑青のうち赤青の2色超残光性のものがまだ開発されていない。

以上の理由によりいままでの研究では橙または緑の超

以上の理由によりいままでの研究では橙または緑の超

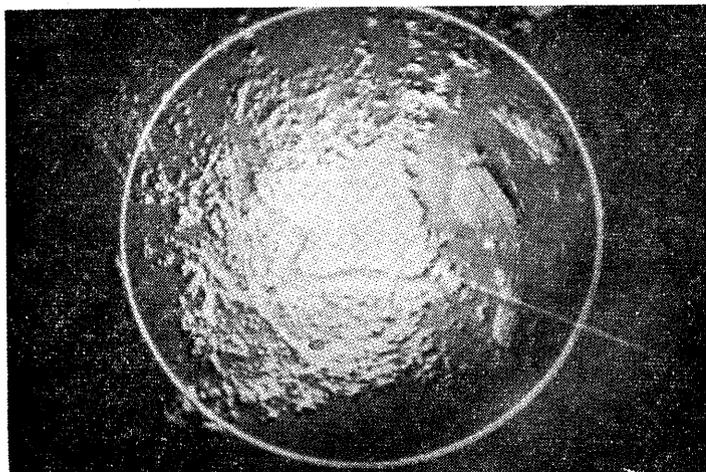
残光性の蛍光物質を塗布したCRTを各1箇設け、必要に応じフィルタにより色の修正を施すようにし(完全な赤または緑の残光を呈するようにする)。反射鏡により2映像を合成し直現できるようにした。前に述べた偏波高速度転換装置付アンテナを使用して偏波を転換するとともに、例えば水平偏波のときに赤の映像、円偏波のときに緑の映像を画くというふうにCRTの回路を電氣的にコントロールするようにして、その合成色の映像を直視できるようにした。第4図はこの方法により2映像をどの程度合せることができるかを示す一例であつて、同一信号を赤および緑のCRTに与えるようにしたので、2映像が完全に合つておれば直視した映像はどの点も合成色である黄色を呈する筈である。実験の結果は2映像を殆んど全域にわたり一致させることができることを示していた。この写真はその時とつたカラー写真を印刷のため白黒に複写したものである。

この合成部はCRTを2, 3箇必要とし、容積が大となり複雑となるので、合成映像を直視するための研究用としては価値があるが、そのままでは実用に供するに困難な点がある。今後PPI映像を画くに適するカラーCRTの研究が進めば、その機構は簡易化され、その実用性は増大することと思う。

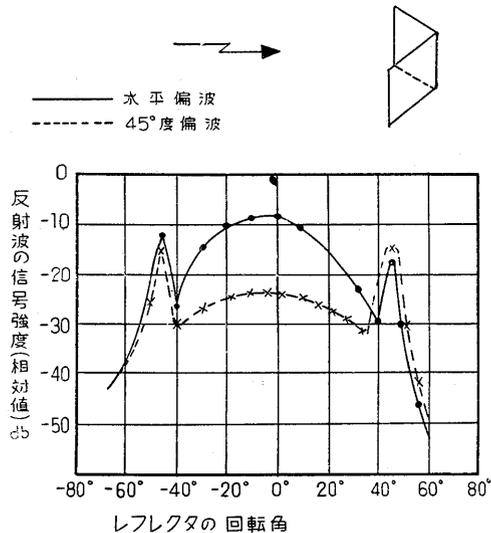
3 研究結果について

3.1 直線偏波(水平偏波, 45度偏波, 垂直偏波)および円偏波を使用した場合の反射信号強度ならびに物標の弁別

今簡単な目標として直交平面金属板(二重反射)を使用し、これに45度偏波を第5図に示すように投射した場合には、その反射波は偏波面が90度変化するので水平偏波の場合に比し反射信号強度は $-15 \sim -22.5\text{db}$ に低下



第4図 蒲田におけるレーダ映像, 6哩レンズ, 2映像の整合



第5図 水平偏波と45度偏波との比較

する。図にはその測定結果の一例が示してある。市街地の建物、橋梁等には二重反射の部分が多いので、これらの物標を他と弁別したい場合には45度偏波を入れて使用することは有利である。

各種目標について、水平偏波, 45度偏波, 円偏波を使用して反射信号強度を比較測定した結果の主なるものをあげると第1表に示す通りである。

次に試験装置でのべたような偏波高速度転換装置および指示装置を使用することにより各種偏波に応じて画かれた異つた色の映像を直視できるように合成し、その合成映像の特性を研究した結果並に従来得られた光学的合成法(各偏波についてレーダ映像を写真撮影して、映写機を使用し、赤緑青のフィルタを通してスクリーン上で色の合成を行い、その合成色より物標の弁別ができるか否かを検討するための基礎的研究)の結果直線偏波および円偏波を使用した場合には一般に次のものの弁別が比較的容易であるといふことができる。

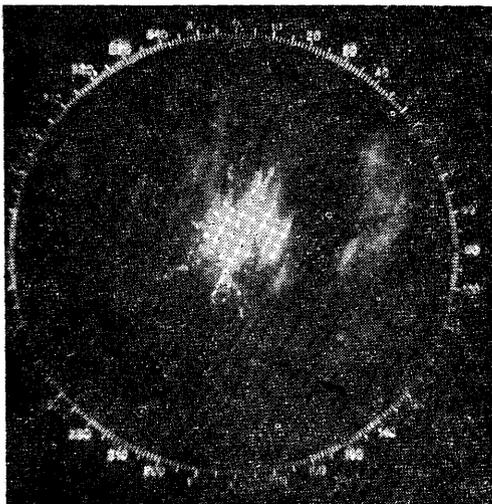
(1) 雨と一般地上物標

従来の直線偏波では豪雨のときには、この反射妨害により地上物標が遮蔽されてレーダスコープ上では見えないことがある。雨の反射妨害は円偏波を使用すればほとんど除去することができるが、一般地上物標の反射信号強度は円偏波, 直線偏波により著しい差がない。第6図および第7図は台風の機会をとらえて水平偏波と円偏波との比較を行つた一例である。水平偏波の場合に現われている白いモヤモヤとした映

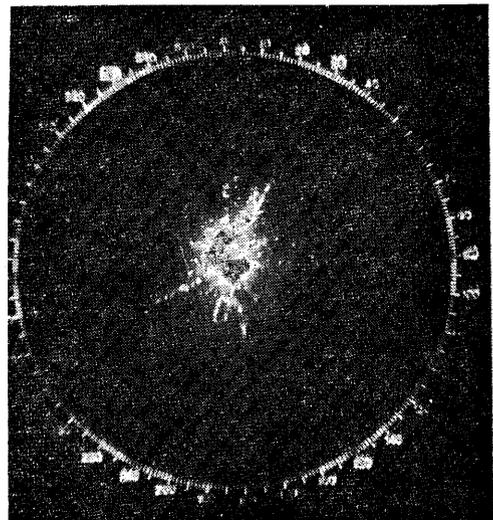
第1表

各種目標からの反射信号強度について水平偏波，45度偏波，円偏波の比較

目 標		円偏波 信号強度 水平偏波 信号強度 (db)	45° 偏波 信号強度 水平偏波 信号強度 (db)	備 考
鋼	鉄 船	≅ 0	≅ 0	昭平丸 (約200 t)，貨物船 (1,300 t)，漁船 (300 t)，漁船 (150 t)，その他，劔崎，横浜，清水にて測定
木	造 船	-4 ~ -9		協鷗丸 (150 t)，機帆船 (100 t)，その他，劔崎にて測定
波	浪	-2 ~ -10		距離0.3~0.6渚，風力3~4，波浪3~4，清水にて測定
雨		-15 ~ -20		昭32年第5台風，その他，横浜にて測定
ブ	イ	-16	≅ 0	横浜港
防	波 堤 灯 台	-12	≅ 0	横浜港
陸 上 目 標	マイルポスト	-22		直径約50cm，高さ約10mコンクリート塔，距離0.3渚，清水
	送電線の鉄塔	-0.9		高さ約15m，ビーム6段，距離0.36渚，清水
	伊豆，戸田大崎の崖	-4		距離11.4渚，清水
	伊豆，波勝崎	-7		距離21.0渚，清水
金 属 板	平面金属板 一重反射	-24.3	≅ 0	垂直入射，距離260m 40×40cm ² アルミ板，清水
	直交平面金属板 二重反射	≅ 0	-15 ~ -22.5	40×40cm ² アルミ板2枚直交， 距離260m，清水
	コーナレフレクタ 三重反射	-24.9	≅ 0	稜線長40cmの三角形 清水



第6図 水平偏波 (15渚レンズ，横浜)

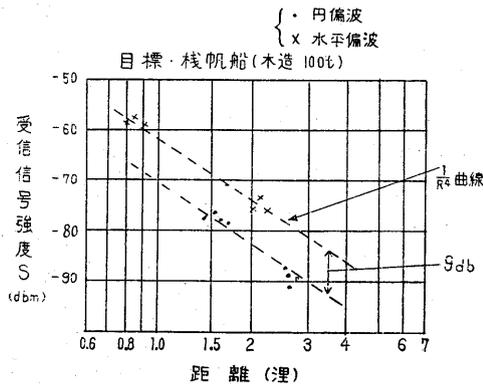


第7図 円偏波 (15渚レンズ，横浜)

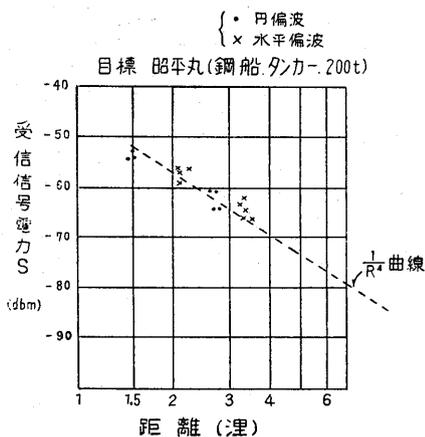
像は雨雲よりの反射によるものであるが、円偏波の場合にはこれがほとんど完全に近く除去される。従つて円偏波、水平偏波の2波を転換して、2色合成を行えば、一般地上物標の映像は2色の合成色となり、雨の映像は単色となり、その弁別は容易となる。特に地上用および航空機用の気象用レーダにおいて山岳地帯の映像と降雨地域の映像とを弁別したい場合にはこのような方法は有効なものも考える。

(2) 木造船と鋼鉄船

鋼鉄船の場合には反射信号強度は第1表に示すように円偏波と水平偏波とで殆ど差のないことを示している。これに対し木造船の場合にはその反射信号強度は円偏波のときに水平偏波に比して低く $-4\sim-9\text{db}$ である。その測定結果の若干例を示すと第8図および第9図に示す通りである。



第8図 木造船からの反射強度



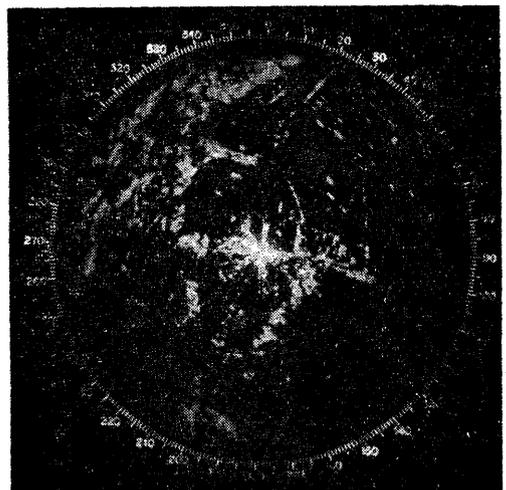
第9図 鋼鉄船からの反射強度

従つて円偏波、水平偏波の2波を転換して2色合成を行えば鋼鉄船の映像は2色の合成となり、木造船の映像は2色のうち1色が強くでることになり弁別は可

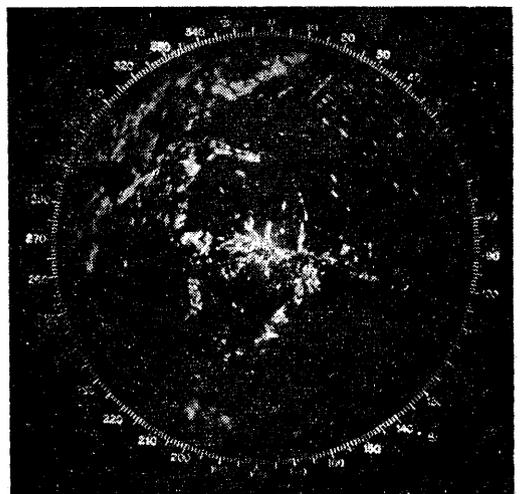
能となる。

(3) 浮標と小舟

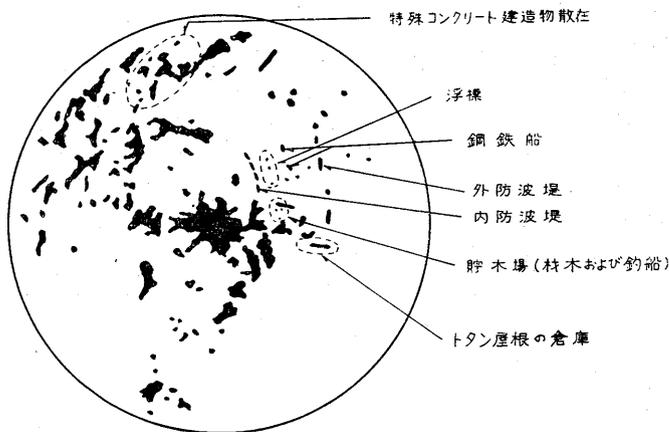
一般に浮標、マイルポスト、防波堤の灯台のような単純な形状の物標でしかも電波反射の際偏波変形の少ないものに対しては円偏波を使用した場合には水平偏波に比較して、その反射信号強度は遙に低く $-15\sim-20\text{db}$ 程度(第1表参照)である。これは金属平板の一重反射の場合に似ている。この減小程度は木造船の場合より遙に大であるので円偏波と水平偏波の2波を転換使用した2色合成を行えば浮標と小舟との弁別は可能である。またこれと同様に浮遊機雷のような単純物標と小舟との弁別も可能なことと推定する。第10図および第11図は水平偏波および円偏波を使用した時の横浜港における2 哩レンズの P P I 像である。第12図はレーダ映像の説明図である。図の中央近くにある3



第10図 水平偏波 (2 哩レンズ, 横浜港)



第11図 円偏波 (2 哩レンズ, 横浜港)



第12図 レーダ映像の説明図

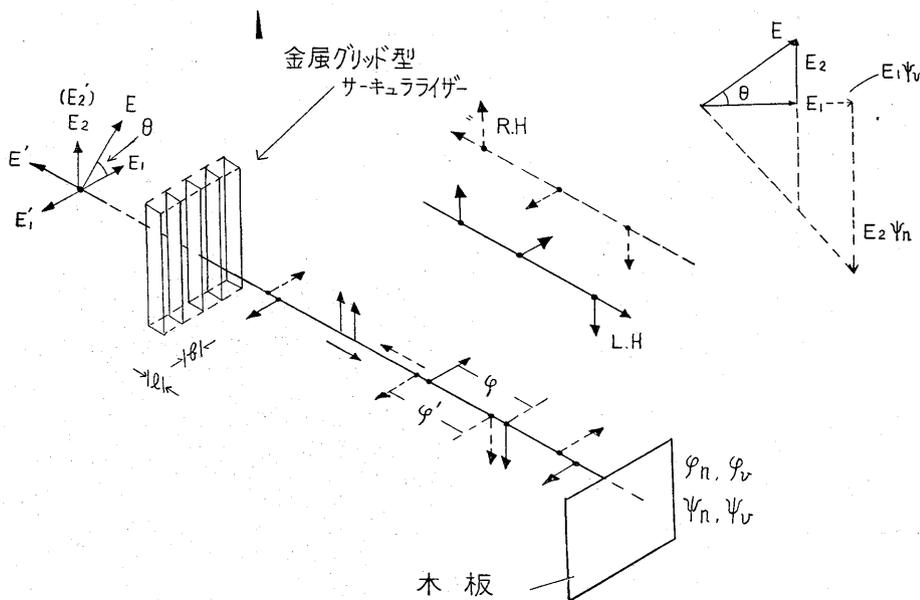
個所の浮標は円偏波に対し感度が最も低い。また図の中心近くにある貯木場内には貯蔵木材が浮上させてあり、また所々に釣船がつないであるが、これらの物標ならびにその近くにあるトタン屋根の倉庫の一群は円偏波に対し感度が著しく低下していることを示している。また合成映像でないと判別し難いが丘陵地帯の特殊コンクリート建造物（貯油所、アパート等）、内防波堤、外防波堤等も円偏波に対し感度が低下するから円偏波、水平偏波の2波を転換し2色合成を行えば、これらの物標は2色のうち1色が強くでることになり弁別は可能となる。

(4) 電車線路、ガスタンクと一般地上物標および市街地と一般の平地

地上物標の場合には海上物標の場合と異なり、千差万別であつてしかも殆ど全地域にわたりグランドクラッタがあるので、一般に箇々のものを弁別することは困難な場合が多い。しかし従来の単色レーダでは弁別が困難であつたものでもこの方法によると比較的容易になるものがある。PPIスコープ上に現われる電車線路の映像は主として架線用ブリッチよりの反射信号によるものである。ブリッチの構造が比較的簡単なものは円偏波のときに水平偏波に比して感度が低下するので他の地上物標とは異つた色で線状をなして画面に現われる。またブリッチのビームが2段、3段というふう

うに多段になっているものはレーダ波の入射方向により45度偏波に対し感度が急に低下することがあるので、そのようなビームを使用した線路の部分と他の部分と異つた色で現われる。また市街地は直交面体による二重反射の部分があるので他の平地の場合と異り、45度偏波に対し感度の低下する点すなわち特殊の色をした点が散在する。また川に架けた橋もその長さ方向に対しレーダ波が直角に入射した場合には、45度偏波のときに感度が特に低下し、それに応じた特殊の色を現わしているようである。

地上にある大きいガスタンク、煙突、トタン屋根の倉庫等は海上の浮標と同様に円偏波のとき感度が急に低下するから、それに応じた特殊の色を現わしている



第13図 楕円偏波の説明図

3.2 楕円偏波を使用することによる弁別範囲の拡張
完全導体である金属板と異つた水面、木材等の物体と他の物体とを弁別したい場合には特殊の楕円偏波を併用することが有利である。第13図は簡単説明図である。これはサーキュライザーとして金属グリッドを使用した一例である。いま反射体として木材平板を考える。木板の反射点における位相変化について次の関係があるものとする。

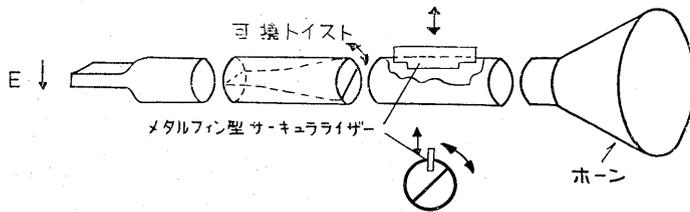
$$\phi_h \sim \phi_v = \pi + \phi_1$$

ただし

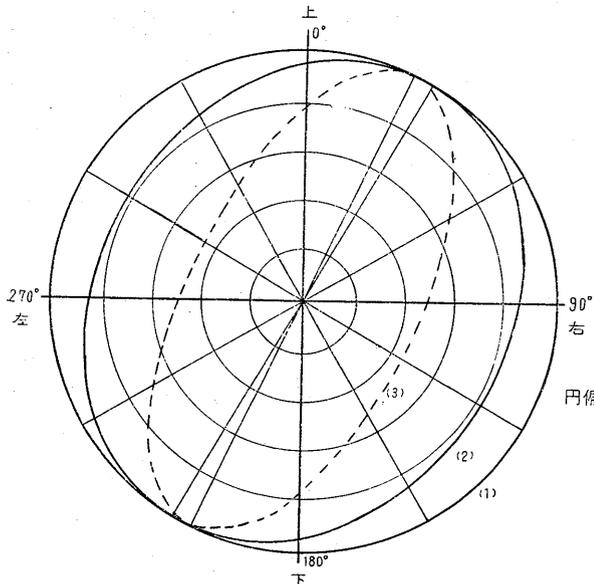
ϕ_h : 水平偏波（電界ベクトルの反射面内における分力）の場合の位相変化

ϕ_v : 垂直偏波（電界ベクトルの入射面内における分力）の場合の位相変化

すなわち反射点における両分力の位相変化の差は金属反射体の場合と ϕ_1 の値だけ異なる。この場合にサーキュライザーの設計を若干修正して次の関係が立つように



第14図 直線偏波より楕円偏波への変換



- (1) 金属板よりの反射波
- (2) 氷の面よりの反射波
- (3) 木板よりの反射波

第15図 金属板、木板および氷面よりの反射波（入射波、円偏波、反射波、楕円偏波）

すれば、サーキュライザーを経てアンテナに入る反射電界はもとの電界と偏波面が $\pi/2$ だけ異なるのでその反射エネルギーはアンテナによりピックアップされないことになる。

$$\begin{cases} \phi_1 = 2\phi_2 \\ \frac{\psi_h}{\psi_v} = \tan^2\theta \end{cases}$$

ただし

ϕ_2 : サーキュライザーの与える位相偏位が正規の $\pi/2$ よりの偏位した値（片道）

ψ_h : 水平偏波のボックスキャッターの反射係数

ψ_v : 垂直偏波のボックスキャッターの反射係数

θ : もとの直線偏波の電界ベクトルと金属グリッドの縦方向とのなす角

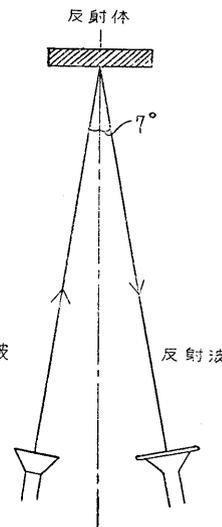
すなわち図において l （または b ）と θ との値を可変にして反射体の反射係数および位相変化に応じこの2条件を満足するようにする。これを実際に適用する場合のサーキュライザーの一例を示すと第14図の通りである。

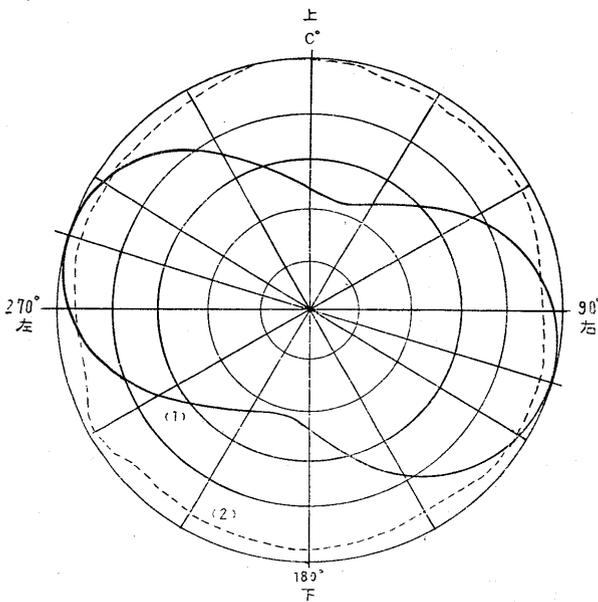
これは電界の水平分力と垂直分力とにおいて、その位相差並に振幅比を各独立に変えられるようにしたものである。

$\phi_2 = 0$ および $\theta = 45^\circ$ の場合には直線偏波はサーキュライザーを通過後は円偏波となる筈であり、この値より一方または両方がずれると楕円偏波となる。この

装置は前に述べた偏波高速度転換装置の中に取り入れられている方法である。第15図は室内実験の一例である。金属板、木板および氷の面に対し図に示すように円偏波を直角に近く投射した場合に、その反射波の状況を測定したもので、金属板の場合にはその反射波は(1)で示すように円偏波であるが、木板および氷の面より反射して来た波は(2)(3)に示すように夫々異つた形の楕円偏波となる。

第16図は木板に対し特殊の形の楕円偏波（図では軸比2.50）を投射するとその反射波は円偏波（図では軸比1.09）になることを示している。こ





- (1) 入射波 (軸比 = 2.50)
- (2) 反射波 (軸比 = 1.09)

第16図 木板よりの反射波
(入射波, 楕円偏波, 反射波, 円偏波)

の場合に、もし受信アンテナとして回転方向（電気ベクトル）の逆な円偏波アンテナを使用すれば、その物標に対する感度を零にすることができる。またははじめから送受アンテナを共通にしこの物標の形、材質に応じた特殊な形状の楕円偏波を投射しうるアンテナを使用すれば、その物標からの反射信号に対し感度を零にすることができる。例えば距離 260m 離れて木板をおき、前に述べた試験装置（送受共用アンテナ）を使用し、殆ど直角に近くレーダ波を投射してその反射信号強度を測定した結果をあげると次の通りである。円偏波（軸比1.02）を投射した場合にはその反射信号強度は水平偏波の場合と比較して -20.5db に低下するが、更に楕円偏波（軸比1.16、長軸方向 135° ）を投射すると、その反射信号強度を-

28.8db に低下させることができる。

しかし森林、樹木等のように電波の乱反射を起すものは、偏波の転換により、反射信号強度の相対的關係が殆ど変化しないので、このような物標相互間の弁別は困難である。

以上述べたように不完全導体を弁別するために楕円偏波を使用することは一つの有効な方法であり、従来研究していた直線偏波、および円偏波のほかに楕円偏波を入れて物標の弁別を行えば、その弁別範囲を更に拡張し得るものと考えられる。これらに関しては現在実験中でありまだ結論には達していない。

4 む す び

本研究は 3cm 波を使用し、2, 3種類の偏波を高速度に転換し物標よりの反射信号強度の相対的關係から物標の弁別を行わんとする方法であつて、その相対的關係を直視するためにカラー表示を行うようにしたものである。現在なお研究を継続中であるが、いままで得られた結果を要約すると次の通りである。

- (1) 雨と一般地上物標、木造船と鋼鉄船、浮標と小舟、電車線路やガスタンクと一般地上物標、市街地と一般の平地等の弁別は概ね可能である。
- (2) 森林、樹木等のように電波の乱反射を起すものは、偏波の転換により、反射信号強度の相対的關係が殆ど変化しないので、このような物標相互間の弁別は困難である。
- (3) 簡単な形状、単純な材質よりなるものであれば、レーダの分解能をあげることにより附近の物標と分離できさえすれば、その物標を弁別しうる可能性があるものと思う。

尚本研究の実施に当り種々御尽力下さつた当社電子研究所の荒井安明、小林克己、浅田秀一の諸氏に感謝の意を表する次第である。

航海安全委員会の印象

(海上における人命安全条約会議に出席して)

運輸省海運局次長 若 狹 得 治

1960年「海上における人命安全条約」の改正を審議するI・M・C・O（政府間海事協議機関）の特別総会は5月17日、ロンドン、ウェストミンスター寺院のすぐ裏手にあるチャーチ、ハウスの大ホールで開催せられた。

総会の劈頭、ソヴェート代表から中共と東ドイツが、この会議に招請されていないことに対して、強い抗議が寄せられた。とくに6億の人口を持つ中共を、人命の安全という人道的問題を討議する会議に参加させないことについては、いかにIMCOが国際連合の下部機構であるとは云え、いかに不自然な感じを与えたことは否めない。ことに会議の開催せられている場所が、中共をいち早く承認した英国であつただけに、ソヴェート代表の抗議は微妙な共感を呼んだことは間違いない。しかし、同時にこの種の技術的・専門的な会議にまで、東西両陣営の冷戦の波紋を持ち込もうとするソヴェートにも、中華民国の公式的な共産主義反対論にも容易に追随出来ない多数の国々の態度が、異様な沈黙となつて、重苦しい空気が会場に流れ、約六百名の各国代表団を入れた大ホールに殆んど拍手の湧かない討論が操り展げられることになつたのである。このことは、本条約会議の最終の総会においても、改正条約案の原子力船に関する規定に対して、共産圏諸国が一致して反対し、遂に条約案に対する署名を拒否したことともに、何か割り切れない、後味の悪さを感じさせたのである。

航海安全委員会は翌18日から、総会の行われた大ホールをそのまま使用して開催せられた。委員会には約60名の各国代表の外、ITU（国際電気通信連合）ICAO（国際民間航空機構）WMO（世界気象機構）FAO（国際連合食糧農業機構）等の関係国際機関の代表者がオブザーバーとして出席し約1ヶ月間にわたつて、日曜を除いて殆んど連日審議が続けられたのである。本委員会の各国代表団の中には船長が、多く見受けられ日本からも、日本郵船の関谷船長と飯野海運の野田船長が参加せられた。

航海安全委員会の任務は、「海上における人命安全条約」第5章「航海安全」の諸規定と、海上衝突予防規則の改正を審議することであつた。

本委員会は他のすべての委員会が、悉く多数決によつ

て審議を進め、日に幾回となく採決が繰返えされた。ことに反して、出来るだけ満場一致の原則で議事が進められ、如何なる異論に対しても充分審議がつくされたことは特筆せられねばならない。ことにソヴェート代表もロシア語の通訳がつけられていたにもかかわらず、常に英語を用いて真に協調的に審議に加つていたことは本委員会の空気を頗る明朗なものにした。委員会が満場一致を原則として議事を進めた理由は、航海安全に関する規定は、世界のどの国においても支持せられ、あらゆる船員に熟知せられ、体得されていなければ、その効果を挙げ得ないものであることから見て妥当な措置であつた。英国の如き代表的海運国も、本委員会の審議については、常に現状維持を主張し、極めて限られた必要最少限の補足的改正のみに止めようとする態度に終始した。今回の改正案では、船の大きさの基準が、従来の噸数と呎の両建てから、呎に統一された。改正の理由は規定を単純にし、基準を明確にすることにつぎすが、ソヴェート代表から世界人口の70%がメートル法を使用している現状から見て次回の条約改正会議においては、この点について充分審議をつくされたいとの提案があつた。この問題についても、採決主義の多数原理によつて委員会が運営されていたとすれば、恐らくメートル法が採用されたことと思われるが、満場一致の会議運営が現状維持の方向に強く働いた結果呎がそのまま存置されることとなつたのである。

航海安全委員会が、審議促進のためサブ・コミTEEを持つた主要なものは、衝突予防規則第九条の漁船の燈火に関する規定と、第十六条の霧中における航行の規定の改正に関するものであつた。漁船の燈火については従来の規則が全面的に改正せられ、極めて簡素、明確な標識に改められたことは、漁船船主にとって若干の負担となるが特記すべき改正であつたといわなければならない。

規則第十六条については、レーダの使用について適当な制限規定を設けようとする各国の提案が数多く行われており、日本側としても唯一の改正提案を行つている箇所でもあつたので、関谷船長から、紫雲丸事件の例などを引いて極力改正を支持したのであるが、結局、本規則を現状のまま存置して、レーダの使用に関する必要な注

意規定を勧告案にとり入れようとする英国との妥協によつて、云わば、暗示的な改正が行なわれることになつて、問題を後に残す結果となつてしまつた。

航海安全委員会が満場一致の原則を守れなかつた唯一の例外は、北太平洋航路に関する条約第五章第八条の規定である。この問題については、北太平洋において氷の監視業務を行つているアメリカと、この航路に客船を就航させている、イギリス、オランダ等との間に多少の意見の相違があり、遂に票決によつて改正案が決定された。

約一ヶ月に亘る航海安全委員会の審議を通じて感ぜられたことは、各国が極めて協調的な態度をとつていたことであり、国際協力によつて航海の安全を守ろうとする

各国の真摯な熱意が常に会議に反映されていたことである。

今回の条約改正会議は一九四八年以来十二年目に開かれたものであり、その間における技術の進歩に対応して、各種の提案が行われ、原子力船に関する規定も条約に加えられることになつた。しかし、今日の如く国際協力があらゆる分野に拡大されて行く情勢や、航海計器、特に無線設備等に急速な技術的な進歩が期待される情勢から見て、恐らく数年をいわずして、再び条約改正の機運が盛り上つて来るものと思われる。従つて吾々の行政も新条約の国内法化を急ぐと共に、更にその改正案をも同時に研究する程度のテンポを持たねばならないと考える。

「1960年海上における人命の安全のための国際会議」

における電波航法関係事項について

電波航法研究会事務局（訳編）

1. 緒 言

1960年5月17日から6月17日まで約1ヶ月間ロンドンで開催された「海上における人命の安全のための国際会議」において審議された電波航法に関係ある条項について、各国の提案事項と各国代表が調印をした新しい条約（仮正文）から引用すれば次のとおりである。ここで条約（仮正文）としたのはこの条約の英、仏、露、スペインの各国語による正文が作成されるまでには、多少の言いまわし上の変更などがあり得るからである。

1948年の条約での電波航法関係の条項は、規則第4章（無線電信及び無線電話）及び第5章（航海の安全）の方向探知機関係と勧告の中の次の4項目であつた。

17 中間周波数による無線方位測定機及び無線標識

18 航海に対する無線の援助

19 レーダ等を装備した船舶の航海

20 レーダ

今回の改正では、方向探知機に対しては一部の国から適用船舶の拡大その他の提案があつたけれども、結果的には、1948年条約中にあつた経過規定の条項が不要となつたためにこれを削除しただけで、その他は前条約がそのまま踏襲されているのでその説明は省略し、ここでは

主としてかなりの改正を見た勧告中のレーダに関する項目について触れることとする。

2. 各国からの提案とその結果

会議に先立つて昨年末に送られて来た提案事項は大別すると、（方向探知機関係を除く）

(1) レーダの強制と技術基準

(2) レーダ装備船の航法

(3) レーダ観測者の資格と訓練

(4) 小型船、救命艇等へのレーダリフレクタの装備

であり、なおこの他にチリー、アラブ連合から方向探知機の代用としてロランやデッカのような他の電波航法装置を認める提案があつたが改正条約には取りあげられなかつた。

先ずレーダの強制を提案したのは、西独で、1600G T以上の一切の船舶に「規定の周波数で操作され、充分な精度と分解能を有する」レーダを備え、また前記以外の船舶でもレーダを装備する場合には上記の性能を有するものとする、という趣旨の条文の提案であつたが改正条約には取りあげられなかつた。

レーダの技術基準については、1948年条約の勧告20を更に詳細にした勧告案が英国から提案されていて、これ

が採用された場合に今後のレーダの性能に大きな影響を与えることになるので電波航法研究会でも逐条審議を行ない、その結論が大体日本代表団の意見として採用されたのであるが、会議においては、この英国の勧告案が我が国でも問題にされた項目について概ね修正または削除をみた形で採用された。会議で削除または変更になつた主要な項目は次の通りである。

- (イ) 動作監視器 (performance monitor) を強制装備する点が削除された。
- (ロ) 指示器を7吋半以上のP P I方式とし走査速度を12 rpm 以上とするという点が削除された。
- (ハ) 距離範囲を一定のものに統一する点が削除されIMCOへの勧告事項となつた。
- (ニ) 最小探知距離が50ヤードから100ヤードになつた。
- (ホ) 距離分解能が50ヤードから75ヤードに変わった。
- (ヘ) 方位分解能に関して、アンテナの指向特性に関する詳細な規定値が削除された。
- (ト) コンパスに対する影響を測定して安全距離を各機器に記入するという項が削除された。レーダ装備船の航法については英国から、1948年条約の勧告19の改正提案がまた国際海上衝突予防規則関係で日本はじめ各国から種々の提案があつたが、結局、次節にのべるように衝突予防規則の一部の改正となり、また同規則に附属書が附されこれに英国からの勧告改正案をもとにした8項目が規定された。

レーダ観測者の資格と訓練については米国から「各国政府は自国の船舶に対しレーダ装置を適確に使用するための資格を有しないものには、レーダ装備船(300総トン以上)の船長または甲板部当直士官としての証明書を承認しないことを確保するための措置をとり、また必要に応じ採用すること、及び自国の船長および甲板部士官に権限ある機関により承認されたレーダ訓練課程を受けべきことを要求することを約束する」という趣旨の新規則を提案し、また英国からは1948年条約の勧告20の全面改正を図る案を提案した。またフランスからはこのような条項の必要性の主張と、フランスにおける教育計画の一例の報告がなされていた。結果的には次節にのべるように英国の主張が入れられた。

レーダフレクタの備付関係では米英両国から新勧告案の提案があり、また多くの国から規則第3章(救命設備等)の救命艇または救命いかだのぎ装品としてのレーダフレクタの備付に関する提案が出されたがこれは取り入れられず、英国提案の勧告案がそのまま採用された。

3. 新条約における電波航法関係の項目

前記のとおり規則本文中での改正は方向探知機の経過

規定を除いては変更されなかつたので、以下勧告の関連項目、国際海上衝突予防規則および同規則付属書を仮訳にて紹介する。〔 〕内およびアンダラインゴシック体は1948年条約との関連を示す。

3.1 勧告(電波航法関係)

勧告43 中間の周波数による無線方向探知と無線標識〔一部削除〕

会議は中間の周波数による方向探知が、今後も航海において価値の多い援助をなすものであることを認め、次のことを勧告する。すなわち、船舶に備付ける中間の周波数の方向探知機と連絡して使用される現在の無線標識装置はいずれも現在と同等以上の基準を保たれるべきであり、またある地域(殊にこれらの装置が設置されている地域)においては、航海上の必要に応じ機会あるごとに改善拡張がなされるべきである。〔以下の「また海上安全委員会は……」が削除〕

勧告44 航海に対する電子技術の援助〔一部改正〕

会議は無線技術の〔最近の一削除〕進歩が船舶に大きな貢献をしていることを認め、次のことを勧告する。

- (a) 締約国政府は、電子技術〔無線〕の航海上の援助に新し進歩した技術を組入れた新しい設備、考案、又は装置を採用することが望ましいことを認識すべきである。これらは安全航海の増進のために実際使つてみて価値があり必要であることが証明されたものである。
- (b) 締約国政府は、位置決定のために電子技術を利用する装置の進歩に関して、その国における船舶による使用が好適であるかどうかを特にあわせ考えて、入手しうるあらゆる情報を研究すべきである。
- (c) 締約国政府は、航空機及び船舶の航行を援助すべき装置の選択に際して、各装置間の相対的利益を双方の見地から検討することに重点をおくべきであり又、船舶航空機のいずれの必要をも充足し得る装置が選ばれたときに、これらが実行可能な程度に十分この要求を充足するよう構成され、運用されるものとなるということを確かにすべきである。〔Should-shall〕
- (d) 締約国政府は、電子技術〔レーダ及び無線〕の航海上の援助のあらゆる件に関する定期的情報交換に参加すべきであり、また、操作上の要件、技術的改良または技術的改良の応用につき、海上における人命の安全の利益を助長する研究に関し、機構の注意を促すべきであり、またそうすることによつて、機構(IMCO)が受持とうとする研究を援助するようなデータを供給すべきである。
- (e) 機構(IMCO)は電子技術〔無線〕の航海上の援助の件を、航海安全増大に根本的に重要なもの一つとみなし、本件につき必要な、又は望ましいと考えられる特別な研究を種々の観点から開始又は継続し、且つ、上記(d)

に述べたように、この分野における情報の均等化及び配布を開始すべきである。

勧告45 レーダ〔全文改正〕

1. 会議は次の各項

(I) 船載レーダ装置は視界の悪いときに他船の存在、航海上の障害物および航路標識についての早めの警告を得、それらの距離および方位を測定し、他船の航跡を決定する補助手段としてますます使用される。

(II) このような装置は船が普通出会うであろうあらゆる天候海上の状態において、これらの要素について充分な必要とする情報を得ることができ、有効な充分の距離において、このような適当な動作をとることが可能になり、安全航海に対し寄与できるであろうことは大いに望ましい、そうしてもこれらのすべてを含む機能が低下しているなら、確実に明確な表示を与えなければならない。

(III) 運転上の性能標準が充分でない船載レーダ装置は安全航海に役立たない。

(IV) すべての船載レーダによつて与えられる映像の距離範囲に対して確実な均一化は大いに利益がある。それによつてパイロットや航海士は彼等が使用するどの船にとりつけてある装置に対しても早くなれるからである。

(V) 一般目的用船載レーダの有効さは、装置が方位を安定して指示するようにその情報を得られるように出来るならば完全に現実的なものとして出来る。

ことを承認する故、次のことを勧告する。

(a) 締約政府は1960年海上人命安全条約の第1章の適用船舶における船載レーダ装置は下記に添付された性能標準のスケジュールに示された線より低くない運転規格に一致させるようすい奨すること。

(b) 締約政府は船載レーダの方位安定装置をすい奨すべきであること。及び

(c) 機構(IMCO)は船載レーダの距離範囲の均一化は国際的に成功するような範囲を考慮するよう懇請すべきであること。

性能標準のスケジュール

A 有効距離

船がいずれの方向に 10° ローリングしても装置は明らかに次のものを表示できること。

(I) 5000GT の船が向きの如何にかかわらず7海里で

(II) エコー面積を約 10m^2 有しておれば、燈浮標のような目標が2海里で

装置は上記(II)の目標を100ヤードの最小距離で表示できること。

雨雪および海から不要の反射の表示を最小にする装置を設けること。

B 分解能

1. 方位 装置は同じ距離にあつてその方位が 3° よりも多くなく離れている二つの目標を分離したものとして表示できること。

2. 距離 装置はその最短の距離スケールで同じ方位にあり距離が75ヤード(または68.25 m)離れた二つの目標を分離したものとして表示できること。

C 測定精度

1. 方位 装置は $3/4$ 海里以上の距離にある如何なる目標のエコーも方位を 2° 以内の誤差で測定する方法を備えること。

P P I 指示方式が使用されているときは、船首方向を電子工学的に指示すること。

2. 距離 装置は $3/4$ 海里以上の距離にある如何なる目標のエコーもその距離の6%以内の誤差で測定する方法を備えること。 $3/4$ 海里以内の測定距離における誤差は90ヤード(または82 m)以内であること。

D 耐候性

レーダ装置はそれが装備されている船に経験されるような振動、湿度、温度変化のもとで連続動作出来ること。

E 操作

装置はあらゆる点で当直航海士によつて操作するのに適したもので、スイッチを入れ操作をすることが主指示器のところで出来ること。使う必要のあるすべての制御部は近すぎやすく、使いやすいこと。装置は1分以内に完全作動状態になるようになっていないこと。Stand-byの位置の使えるなら装置は初めにスイッチを入れてから4分以内に完全作動状態になるようになっていないこと。装置は船で普通におこることが考えられるような電源電圧の変動によつて役に立たなくなること。

F 電気および磁気的影響と機械的騒音

レーダ装置と他の船載の装置との間の無線妨害の原因または供給源となることを出来るだけ防ぐ手段をとること。レーダ装置はコンパスの作動に影響を与えないように据え付けること。

各装置からの機械的騒音は船の安全に関係するような可聴音の出ないように制限すること。

2. 会議は、船載レーダが海上における航海の安全に寄与すること、そのような装置の誤まつた使用またはその限界の評価の失敗が安全航海へのそく進をむしろおびやかすであろうことを考慮し、船載レーダのこのような使

用が適正でなければならないことを考慮し、それ故に次のことを勧告する。

(a) 次のような適当な手段が安全のためにとられること。

(I) 証明された全資格を得る前にすべての甲板部士官となるものはレーダの使用についての適当な心得を受けその習熟度が試験される。

(II) すべての甲板部士官はレーダの使用についての同様な訓練を受け、習熟度を試験することが奨励される。

レーダ装備船の当直に立つすべての士官は船載レーダの使用についての適当な資格を受けたものであるような適当な手段を講ずる。

(b) このような訓練にはレーダの能力と限界、レーダ装置の適当な操作法、レーダによる情報の適出と解説、および装置の確実性あるいは得られた情報の確実性の何れかがおかさされたときに認められる能力についての手引きを含むべきである。作働中に出会うのと同じ指示器の状態を表はすように作られたレーダ装置の観測訓練中にこのような機会を作らなければならない。

3. 会議は、小船や残存艇の大きさ、形、その構成材料によつて船載レーダでそれを探知する距離に制限のあることを認めるゆえ

締約政府はこのような限界があることおよびこの距離を有効なものに増加する実際的方法が存在することに對し注意を引き、この方法の一層の発展と使用を助長すべきことを勧告する。

勧告 46 船載レーダと航空機搭載用レーダとの干渉
〔新項目〕

会議は1959年のジュネーブにおける国際電気通信連合(ITU)の無線通信主官庁会議の勧告11において、機構が9300~9500Mc/sの周波数帯の船載および航空機搭載レーダの間の干渉の問題を研究すべきことを示し、その勧告を是認し、且つ、機構がこの問題に緊急の注意を払い、特に、周波数帯内の周波数計画が容認できる解決を与えるかもしれない可能性を考慮すべきことを勧告する。

3.2 国際海上衝突予防規則 (1960年) (レーダ関係)

C章 視界制限時における音響信号及び行動〔改正〕
前文〔新項目〕

1. レーダから得た情報を有することはいかなる船舶についても、それが本則を厳格に遵守すべき義務、特に第15及び16規則に規定された義務を免除するものではない。
2. 勧告を規定してある本則の附属書は、視界制限時における衝突回避の補助としてのレーダの使用について

援助しようとするものである。

第16規則〔一部改正〕

- (a) すべての船舶又は水上において移動(離水のための滑走及び着水直後の滑走を除く。)をしている水上航空機は、霧、もや、降雪、暴雨その他これらと同様に視界が制限される状態にある場合は、その時の状況に十分注意し、適度の速力で進行しなければならない。
- (b) 動力船は、その正横の前方と思われる方向に他船又は水上航空機の霧中信号を聞いた場合でその位置を確かめることができないときはその時の状況の許す限り機関の運転を止め、しかる後衝突の危険がなくなるまで注意して運航しなければならない。
- (c) 動力船は、他船の霧中信号を聞き又は他船を視認する以前に、その正横の前方に他船が存在することを知つた(detects)場合は、接近状態を避けるために、早期の、且つ、実質的な動作をとつてもよい。但し、接近状態が避けられなかつた場合は、当該船舶は、その時の状況が許す限り、衝突を避けるのに適当な時期に機関の運転を止め、しかる後衝突の危険がなくなるまで注意して運航しなければならない。

規則附属書

海上における衝突回避の援助としてのレーダ情報の使用に関する勧告〔新項目〕

- (1) 貧弱な情報に基く臆測は危険であり、これを避けるべきである。
- (2) 視界制限時にレーダの援助で航行している船舶は、第16規則(a)項の適用上は、適度の速力で進行しなければならない。レーダの使用から得られる情報は、適度の速力の決定に当つて考慮に入れられるべき周囲の状況の一つである。本点については、小形船舶、小形氷山その他これらと類似の浮状物がレーダによつては探知できないかもしれないということを認識しなければならない。

レーダによつて1又はそれ以上の船舶が近隣に存在していることを示している場合は、その“適度の速力”は、レーダを有しない船舶がこのような場合に適度と考える速力よりも遅い速力であるべきことを意味することがある(may mean~)。

- (3) 視界制限時に航行中、レーダによる距離、方位のみでは、正横前方に霧中信号を聞いた場合に機関の運転を止め、注意して航行すべき義務を免除する程十分には、第16規則b項に規定する他船の位置を確かめたことにはならない。
- (4) 接近状態を避けるために第16規則C項に基き動作をとつたときは、それが望む効果を得ているかどうか確かめることが緊要である。針路又は速力、或いはその

両方の変更は、その時の状況によつて船員が導き出さなければならない。

- (5) 針路のみの変更は、下記の場合には接近状態を避けるのに最も有効な動作となるであろう。
 - (a) 十分広い海域であること。
 - (b) よい時期に行なうこと。
 - (c) 実質的（相当）に行なうこと。小変針の連続は避けるべきである。
 - (d) 他船と接近する結果を招かないこと。
- (6) 変針方向は、その時の状況によつて船員が導き出す

べきものである。右変針は、特に反対又は反対に近い針路で近寄つてくるときは、左変針よりも一般的に望ましい。

- (7) 速力の変更は、そのみ或いはそれを変針とともに行なう場合であつても、実質的（相当）に行なうべきである。速力の小変更を度々行なうことは避けるべきである。
- (8) 接近状態がさしせまつている場合における最も賢明な、動作は船舶の行脚を全く止めることである。

ドイツの新しい無線装置

郵政省電波監理局 松 崎 光 雄

電波航法研究会から機関誌に何か書いて欲しいとの依頼を受けたが、私には電波航法に直接関係のある適当な種の持ち合わせもないので、先般ロンドンで開催された海上人命安全条約会議に出席した際、会議場に機械を運び込んで展示されたドイツの新しい船舶関係無線装置について御紹介することで私の責を果たしたいと思う。

これらの無線装置は何れも格別新しいと云う程のものでもないし、特に Radio Distress Beacon の如きはこれよりもっと進んだ方式のものが日本において試作実験されており、その実用化のため、これに関する設備の条件、免許申請手続、運用の方法及び操作の特例等についての関係省令改正の手続も終り、近く公布される段階にある（去る8月18、19両日これらための聴聞会が開催された。）のであるが外国資料という意味で何等かの参考になれば幸である。

海上人命安全条約会議の無線委員会の十日目、討議も愈々酣の時期であつたが、委員会の席上に次のようなビラが配布された。

海上における人命の安全のために考案された下記三種のドイツの新無線装置の展示が行われる。

- 1 Portable Lifeboat Station
- 2 Radio Distress Beacon
- 3 Radio Telephone Safety Receiver

展示場所 Calton House Terrace 10

（無線委員会の会議場の建物）

日時 5月28日 土曜日 10時より16時迄

当日の午前11時 Coffee Break（お茶の時間）に委員の部屋を出て階下に下りてみると、玄関入口の廊下にこれらの機械が陳列されており二人のドイツ人が説明書を

配りながら説明しているのであつた。何れもドイツ製品らしいコンパクトなそして如何にも安全目的のための機器らしい感じのするものであり、世界各国から海上無線関係者の集まつているこの会議場を利用して、自国の新製品を宣伝しているドイツ人の商魂のたくましさを感じさせられた次第である。

(1) Portable Lifeboat Station

Liferaft Transceiver SE 662/1 と呼ばれるこの装置は救命艇又は救命筏からの遭難呼出の伝送並びに受信に使用されるものである。この装置は強固な構造でしかも運用し易く出来ており、その耐震構造によつて船上から水中へ30呎の落下にも耐え得るものである。又外箱は waterproof になつている。この機械はトランジスターとセミコンダクターダイオードの応用によつて最近の技術水準に適合している。

供給電源はガスタイトの蓄電池によつてまかなわれる直流変圧器から成つている。電池は船上においては連続充電によりフルチャージの状態に保たれ、そして海上の荒れ模様の場合にも長時間の寿命が設計されている。

ポリエステル製の箱からキャップを外し、函の中にしまいこまれたホイブアンテナを建て配線につなげば装置は 500 KC, 2182 KC, 及び 8364 KC の三つの国際遭難周波数にセットすることが出来る。運用には何等体力的な努力を必要としないし、国際遭難信号自動電鍵装置によつて訓練を受けていない素人でも間違いなく運用することができる。

救助の船舶又は航空機が近づいた場合これらとの連絡のためには、無線電話の使用が可能であり、無線通信士は前面のパネルに取り付けられたモールスキーを使用す

ることも出来る。

この装置の価格は40万円とのことであつた。

その技術的データは次のとおりである。

送信機

トランジスタ化された水晶発振器と陰極直熱の電子管を使用した励振器及び電力増巾器

周波数：500, 2182, 8364 kc/s

動作様式

500 Kc/s 及び 8364 Kc/s

MCW (A2) キーイング装置及びモールス電鍵に対して、1300c/s

RT ダイナミックマイクロフォン、ローインピーダンス

2182 kc/s

MCW キーイング装置に対しては0.25秒の間隔で偏移された可聴周波数 1300c/s 及び 2200c/s

RT ダイナミックマイクロフォン、ローインピーダンス

アンテナ回路に供給される電力：約 5 W

擬似負荷に供給される電力：動作周波数により

(80 μ F と直列 15 Ω) 2乃至 5 W

変調度：MCW に対して 90%から 95%の間

手動電鍵の MCW 前回パネルでモールス電鍵

500 及び 8364 kc/s

前面パネルのプッシュボタンで始動する電氣的電鍵装置
緊急信号 (4秒の12長線) SOS, DE, 船の呼出符号及び方探のための14秒の長線 全部で 2分

自動電鍵の 始めに可聴周波数偏移変調、ついで 2182 kc/s SOSで始まる上記プログラムの後半分

アンテナ同調 手動で同調できるバリオメータ

同調指示器 ネオン管

受信機

送信と同じ周波数で固定、全トランジスタ化

MCW 及び RT

スピーカー兼用のマイクロフォン 二重用途

感度：S/N 6db 50mWで約30 μ V

バンド幅： \pm 8 kc/s

(近々のうち変更することあり)

音量制御：手動、前面パネルのボタン

アンテナ

マストを有するポート；マストアンテナ、絶縁に対して された銅撚線、長さ 8 m

=26ft

救命艇に対して；ホイップアンテナ、12に折畳んだ棒

状の管、全長 5.40m=17.75 ft

各棒はスプリングで互に棒の中に引込まれて折畳まれる。

接地線；長さ 7 m=23 ft の銅撚線、端におもりを有する。

擬似負荷；80 μ F のコンデンサーを直列につないだ 12 V の 6 W ランプ

電池；ガスを封入した 7.5 AH の 10 ケのニッケルカドミウム電池

電池の電流；充電状態によるが 2.3~1.8 アンペア
電源；陽極、スクリーン及びバイヤス供給用に半動機ダイオードを用い、トランジスタ化された電力変換器

重量；18kg=40 ポンド

寸法；直径26cm=10 1/4 インチ

容積；25リットル=0.88 立方フィート

キャップに積 アンテナ線、接地線、擬似負荷、予備み込まれた予 真空管、擬似負荷用予備ランプ、ねじ備部品及び附 廻し 1本、無線機を本体に結びつけて 属品 おく革紐、ホイップアンテナは無線機の中のチューブケースに収納されている。

(2) Radio Distress Beacon

この装置は遭難船舶、海上不時着の航空機又は個人の生存者の如き海上の非常状態のための遭難標識の役目を果たすものである。

送信機は国際遭難周波数 2182kc で動作する。捜索又は救助のための船舶又は航空機は方向探知によつて速早く遭難船舶又は水中に漂流中の生存者の位置を正確につきとめることが出来る。

この標識は救命艇や救命筏の上又は船舶や航空機上の容易に近づくことの出来る箇所に備付けることが出来る。非常の際海中に飛び込むことを余儀なくされた人はボートや筏の装備に取りつけられたこの Beacon につかまればよい。遭難の場合に送信機は取り外し用のコードを引っ張るか又は取り外し用のコードが装備に固着してあるときは自動的に操作状態にセットすることが出来る。

この装置の価格は現在 8 万円であるが量産に入れば 5 万円程度になるだろうとのことであつた。

その技術データは次のとおりである。

出力 約 1 W

送信周波数 2182kc/s；水晶制御

動作時間 約 100 時間；そのときの電池電圧は公称値の 75 %

動作型式 毎秒 1.6 マークの電信

供給電圧 27V D.C.

消費電流 0.1 A

トランジスター 1×OC 6016

1×OD 6001

電池 1.5 V 耐漏洩型乾電池 18個

国際的な型で市販のもの (Berec, Cipel, RCA, Pertrix)

方探距離 最小尖鋭度±0.5°で、35 μV/mの感度を有する D.F. 受信機を使つて約 10 哩

重量 18ポンド

寸法 長さ 26.4 インチ

直径 7.9 インチ

(3) Radio Telephone Safety Receiver

DEBEG E 2182 型無線電話安全受信機 (DEBEG Radio Telephon Safety Receiver Type E 2182) は容積が小型で船橋に備えつけるのに都合よくスペースを節約することが出来しかも何等特別の造作を必要としない。完全にトランジスター化されており、電力の消費が少ないことと共に最高の信頼度を保証している。

この安全受信機は何れの船舶の電圧にも結合することが出来るし、主電源が故障の際には備え付けの蓄電池によつて10時間の運用を可能にしている。通常の動作状態においてはこの蓄電池は受信機の供給電圧を安定にしている。

開閉装置に繋がれているボリューム・コントロールの外に三つのポイントを有する単一のスイッチを備えており、このスイッチが“O”点にセットされているときは 2182 kc の一般受信が出来、“I”点又は“II”点にスイッチされるとバンド巾の異つたフィルターが入つて「ピーポーピーポー」の緊急信号の受信以外の他の信号の受信を抑圧することが出来る。

この受信機の価格は 4 万円乃至 4 万 5 千円であり、そ

の技術的データは次のとおりである。

技術的データ

総括; 7 個のトランジスターを備えたスポット周波数 2182kc 用の 8 段受信機

発振器; 水晶制御

トランジスターとダイオード

Preamp OC 615

Osc, and mixer OC 615

1 I F OC 615

2 I F OC 615

Det OA 85

A. V. C OA 180

A. F Amp OC 604

pushpull P. A. 2×OC 615

中間周波数; 557 kc/s

バンド幅; ± 8 kc/s (6db)

感度; 30μV, S/N=20db

(可聴周波出力 200mW)

制御; A. V. C は 25 μV からかかり

制御率 60 db

フィルター; 3 段切換の 1300 c/s, 2200 c/s 用の可聴周

波フィルター

O—OFF

I—large

II—small

出力; 200mW (フィルターなし)

入力; 10W

供給電力; AC/DC, 24V, 110V, 220V

寸法; 巾 高 奥行

250mm 220mm 140mm

重量; 3.7 kg



レーダ航法

東京商船大学

茂 在 寅 男

第1章 船位決定におけるレーダの利用

1.1 序 論

航海術を広義に解釈すれば、見張り、操船、位置決定航路選定、衝突予防と幅広い内容を持つものであるが、レーダはそのあらゆる場合において重要な役割を果たす。

しかしながら本章には狭義における航海術において、レーダは如何に利用されるべきであるか、それについては如何なる注意が払われなければならないかなどの問題のみについて論じ、主として位置決定を中心として考えることとする。

現用のレーダは、レーダ出現以来すでに十数年をへて、いちじるしい進歩を見たとはいうものの、未だ発展の途上にあり、今後更に改良発達させなければならない多くの要素を持つている。このことは、レーダ使用者にとつては、レーダの長所とともに短所を理解してその特徴を生かした利用法を考えるべきであることを要求し、レーダ製作者に対しては、使用者にとつて不便を感じさせる点はどこにあるのか、将来の改良発展は機器の如何なる部分に力点をおかなければならないなどの問題を常に提供していることになる。

要するに現用レーダは更にいちじるしい発達がなされなければならないし、また実際に相当な発達がなされるであろう。しかしそれは将来の問題であつて、ここでは現用のレーダを使用する場合について考えて見ることにする。

主として位置決定を中心として考えた「レーダ航法」というものは、その基礎をなすものは従来の沿岸航法である。すなわち船舶が陸岸に近接して航海する場合の航法として、位置決定のために従来利用して来たところの陸標、航路標識、測深および無線方位などのほかに、更に「レーダによる位置決定の方法」が加えられたものと考えらるべきであつて、たとえそこにレーダが利用されようとも、その基礎となるのは沿岸航法そのものであることに変わりはない。

ただここで問題になるのは、レーダによる方法という

ものは、視覚による方法と異なり、その与える情報形態と、精度とが別な種類のものであつて、その利用には基本的な知識が必要であるということである。

レーダの出現によつて航海者は非常な利便を与えられるようになった半面、レーダ所有船ならば当然避け得る筈であると考えられる種類の海難というものが、実際にレーダを使用しながら頻々と起きるという事実は、一体何を物語つていと解釈すべきであらうか。

それは、実用上レーダというものが過ちをおかし易い要素を多くもつているからであるといえる。

先ずその第1として、「レーダによれば四囲の状況が一見極めて明瞭に映し出されているために、使用者は必要以上の安心感を与えられてしまう」という心理的な問題がある。しかしながら「極めて明瞭に」見えるように感じられる四囲の状況なるものの中には、実は極めて多くの過ちをおかし易い要素が含まれているのである。このことについては、筆者はすでに映像に関する詳細なる検討をしたが、(註1)これによつてその概略を知ることができると思う。

事実、海難審判例において示されたところによれば、レーダ使用に関係ある船舶の海難事故の原因は、一般レーダの機器よりはむしろ使用する人にあることが多いと見られている(註2)。

その第2として考えられることは、「レーダがあるのだから視界不良の状態でも楽に運航できるはずではないか」と、その船舶に関係ある陸上員も考え、お客も考え、乗組員さえ考えるために、運航責任者は知らず知らずの間に必要以上の責任感を感じさせられ、確固たる自信を持ち得ない場合でも冒険に追いやられる場合があることである。

(註1) 東京商船大学研究報告(第11号)(昭35・9)

(註2) 1955年5月・国鉄連絡船紫雲丸と第3宇高丸との衝突事故や1956年7月、マサチューセッツ州ナンタケット島沖合いにおける、アンドレア・ドリア号と、ストックホルム号の衝突事件および、東京湾人口における第2第3海堡における頻々として起きる座礁事件などは何れも有名なものである。

(註3) 茂在寅男：“レーダによる衝突防止とプロットの方法”，海洋会機関誌「海洋」第578号(昭30—11)

しかしながらレーダの能力には限界があるのであつて、レーダをその能力以上に活用しようと試することは、あたかも人間の五感以上の第六感の働きを常に期待することと同じであつて、安全を第1と考える一般商船においては、非常事態の場合を除いては、一般的方法としては極めて危険なことと考えなければならない。このことは運航責任者たる船長および航海士に、対する警告以上に、その船舶の運航能率に関心を持つ関係者に対して重要な警告となることである。

要するに例えレーダが如何に有用なものであるといつても、それは、視覚、聴覚による航路標識、陸標よりの情報、無線方位測定による情報、音響測深による情報などに加えらるべき情報の1つと考えるべきであつて、これらの総合情報こそ重要なものであり、レーダのみを過度に高く評価しての冒険的運航を運航責任者に要求する雰囲気は警戒を要するものといえる。

第3には、レーダ航法に関係あるレーダの誤差、これに対する処置というようなことは、理論的には比較的簡単なことがらであるには違いないが、一度もその様な検討をしたことが無い人でも、たいした不自由なしにレーダが使用できるため、何時の間にかレーダ使用については基本的な誤差の知識なしのまま、熟知者としての過剰自信を持つに至ることである。

以上のほかにも理由はあるが要するに実用上において「レーダというものが過ちをおかし易い要素を多くもっている」という認識の上においてこれを利用しなければならないものであることは否定できない。

筆者は別の機会において、衝突防止のためのレーダの利用法についてすでに論じている(註3)ので、ここには陸地接近時、沿岸航海時および入出港時における位置決定におけるレーダの利用法について検討してみる。

1.2 陸地接近時におけるレーダの利用法

ロランまたはデツカによる精度の良い位置決定のできる海域、においては、陸地接近時において、視界不良の場合でも比較的容易にレーダ航法に入ることができ、特別の工夫は必要とされない。しかしながら、これらの手段が不可能の場合において推測航法のみによつて陸地に接近して来る場合には一般に相当の注意と工夫とを要する。それらの概略について列挙すれば次の様なことがある。

(a) 映像の初認距離を利用すること。

このためには、主なる物標のレーダによる初認距離を海図上に記入しておくことが良い方法である。

レーダ・アンテナの高さを H_1 米、目標物の高さを H_2 米とすると、正常気象状態下における 3 cm 波使用のレーダの直視距離(初認距離)は一般に

$$2.20\sqrt{H_1} \times 2.20\sqrt{H_2}$$

で求められることは周知のところであるが、ここで注意しなければならないことは、海岸にある断崖や切り立った島などは、水面上からの高さそのままをとつてよいが、海岸線から引き込んだ山などは、その前方にある陸地の状態によつて影響を受け、上式の計算による結果より距離が短縮される場合が多いということである。

なお、実際上においては次の様なことを念頭に置く必要がある。

すなわち、レーダによる最大探知距離(註4)と、直視距離とは必ずしも一致するものではなく、大体次の様な関係にある。

目標の高さが高く大型で強反射体である場合には、レーダによる最大探知距離と上述の直視距離との間に大差はないが、目標の高さが低く小型で弱反射体であればある程、最大探知距離は直視距離よりはるかに減少する。たとえば、海岸の山や断崖などは、直視距離内に入れば同時にレーダ像として現われて来るが、小さな浮標のような場合は、たとえ直視距離内に入つて来ても、相当接近してからでないとレーダでは発見できない。

また、目標物が陸岸でなく燈船などである場合には、電波を有効に反射する構造物の水面上の高さをとるのであつて、メンマストの頂上の高さを取つて考えてはいけない。

一般に山岳のような非常に高い目標に対しては、本船のレーダマストの高低は、直視距離に大きな影響を与えないが、水面に近い浮標などについては、本船のレーダマストの高低により、その直視距離が比較的に大きな変化がある。

以上によつて、海図上に目標からの半径を計算距離とする円によつて図示しておくことは便利な方法である。そして推測航法によつて、本船がその円内に入る附近まで陸地に接近して来たときから警戒を開始することが必要である。

(b) 著明物標の映像を利用すること。

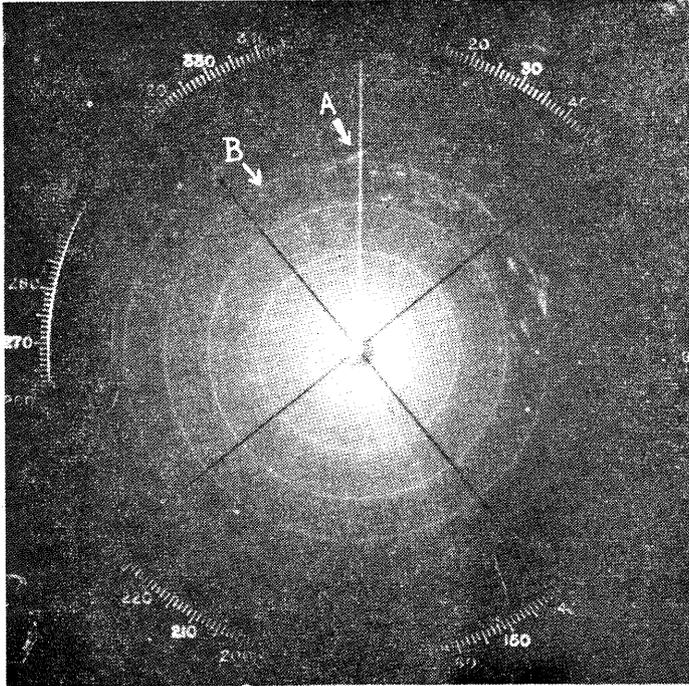
島の形、山の形など、著明なる特徴ある物標のレーダ映像を前もつて知つておくことは、はじめてこの像が現われたとき間もなくそれと判定できるので非常に便利である。

(註4) ここにいうレーダによる最大探知距離とは、次の式で示されるものをいう。

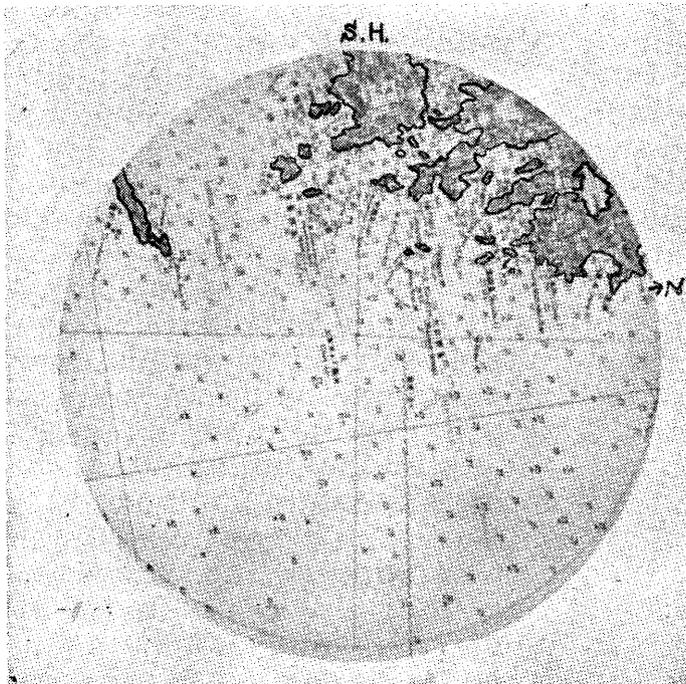
$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P \sigma A^2 f^2}{4\pi S_{\min} \lambda^2}}$$

ここに、 R_{\max} : 最大探知距離、 P : 送信電力、 σ : 物標のレーダ有効反射面積、 A : アンテナの開口面積、 f : デイメンションのない係数で 0.6~0.7、 S_{\min} 目標を認め得る最小受信々号電力、 λ : 波長。

勿論航海において自船の位置不明の場合などということとは殆んど有り得ないことであるが、著名物標の映像の形を前もって知っている場合は、極めて安心感を与えられるものであり、このためにはレーダ・チャートや写真



1・2・1 図



1・2・2 図

など充分利用されるべきである。

1・2・1 図には香港島の初認時における映像を示した。これは30海里レンジのものであるが船首方向20海里的島(A)が香港島であり、附近の数多くの島の中で特徴を持っているため、一度入港の経験を持ったものには他の島々との判別は容易になるが未経験者には一寸苦勞するところである。なお(B)にはタムカン島がほのぼのと見えて来ている。これら相互の関係、島の特徴などが頭に入っていることが大切である。

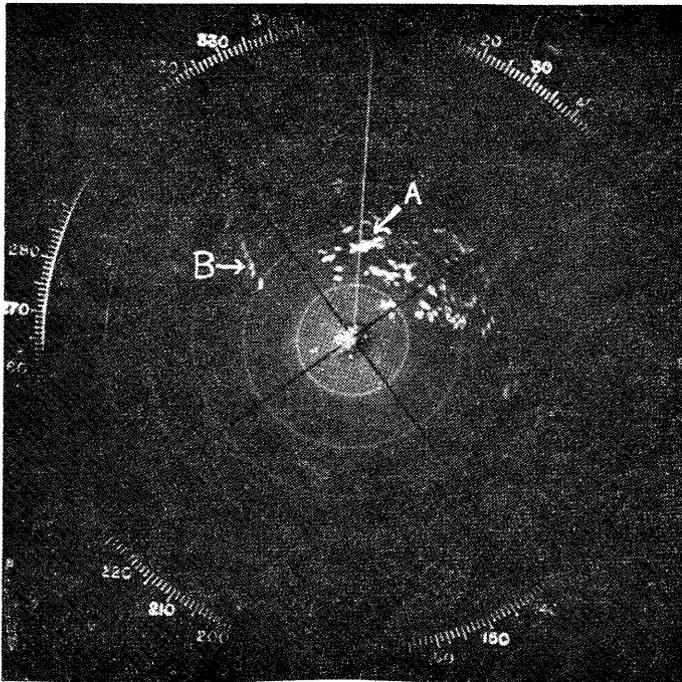
1・2・2 図にはその附近の海図を示した。なお、同島附近の更に接近してからの映像を1・2・3 図に示したので、以上に述べた島の特徴、相互の関係などの意味が理解できるはずである。

(C) 透写紙 (Tracing paper) にプロットする方法を利用すること。

映像に現われた物標が明らかに判別できる特定物標である場合には問題はないが、それと判別できないものを数個得た場合には透写紙を利用する方法は便利である。

一般に使用海図の寸法と、レーダの寸法とが一致している場合は稀であるので、使用海図の緯度の寸法によつて距離を定め、透写紙の中心を中心として各物標からの反射による映像の中心真方位をそれぞれ記入して、3本の位置の線と真子午線の方角とを描く。こうしてこの透写紙を使用海図上にのせて、その中心を海図上の推測位置附近におき、その南北線を子午線と常に平行になるように透写紙を平行移動させ、先に画いた3本の位置の線が、海図上のどの著名物標を通るかを確かめて、これが全く納得できる物標と一致した場合に、透写紙の中心直下の海図上の点を船位として決定する。

以上(a), (b), (c) 3つの方法について述べたが、勿論、船位を求める基本的な要素は物標からの方位と距離である。従つて、レーダの誤差たる方位拡大効果、距離拡大効果などのことは充分修正してからでなければならない。特に長距離であるために、方位誤差は大きく影響を与えるので、これが修正は必要なことであること勿論である。その詳細については別な機会に述べ



1・2・3 図 香港入港時 22—124N, 114—24.0E
にて。30海里レンジ。300°, 10海里より315°, 17海里
にわたつて見えるのはタムカン島で好目標。

るけれども、ここに簡単に触れておけば次の様なことである。

すなわち、ビーム幅が2°のレーダにおいては、方位拡大効果は一応左右へ1°ずつ映像が広がると考えて大差ないので、実用上は、先ず目標物の映像の端にカーソルの方位線をちょうど接してのせ、例えばそれが映像の右端で35°左端で351°と測定したとする。そうしたら目盛りでは一応この値を読んで、海図に入るときには、その値から映像の内側へ各1°ずつ食いこませた線を正しい方位の線として処理するのである。この場合は、 $35^{\circ}-1^{\circ}=34^{\circ}$ を右端の方位、 $351^{\circ}+1^{\circ}=352^{\circ}$ を左端の方位とすれば良いわけである。

この点小目標たる孤島の様な場合はその中心方位を探ることによって修正を必要としないこと勿論であり、望ましい方法である。また一般に方位の線より距離による方法を利用する方がレーダの場合は精度も高く有効である場合が多い。

1・3 沿岸航法におけるレーダの利用法

従来の沿岸航法においては、間接的船位決定法は重要な手段であつたが、レーダ航法においては殆んどその価値を失ない、直接的船位決定法が殆んどの場合容易に実施できるようになつた。従つて位置の線の転位法、船首倍角法、四点方位法などは、レーダ航法においては一応考える必要がなくなつて来た。

しかしながら、これには次の様な注意を伴つてレーダを利用しなければならない。すなわち、ビーム幅の関係などよりして、「方位測定は光学的方法がレーダにまさり」「距離測定はレーダの方が光学的方法にまさる」ということができる。従つて、沿岸航海中においては、たとえ視界良好な場合においても、レーダは相当利用されるべきものであり、視界不良の場合には最大限にレーダは利用されるべきであること勿論である。

以上の観点よりして沿岸航海中においてレーダを利用する方法は大体次のような形で行なわれるべきである。

(a) 視界良好な場合は、附近から分離されている著明物標の、視力による方位測定と、レーダによる距離測定による船位決定。

(b) レーダによつて判別し易い数個の物標からの、レーダ測距による位置の円による船位決定。この場合は海岸線の様な線映像でも岬角の先端などの様な特定点と同様の価値において利用し得る。

(c) 単一物標によるレーダ方位測定と、レーダ測距による船位決定。

以上の3つの方法のうち(a)は視界良好の場合のみ可能であるが、その他は視界不良においても有効であるのでレーダ航法は極めて利便を与えるものといえる。

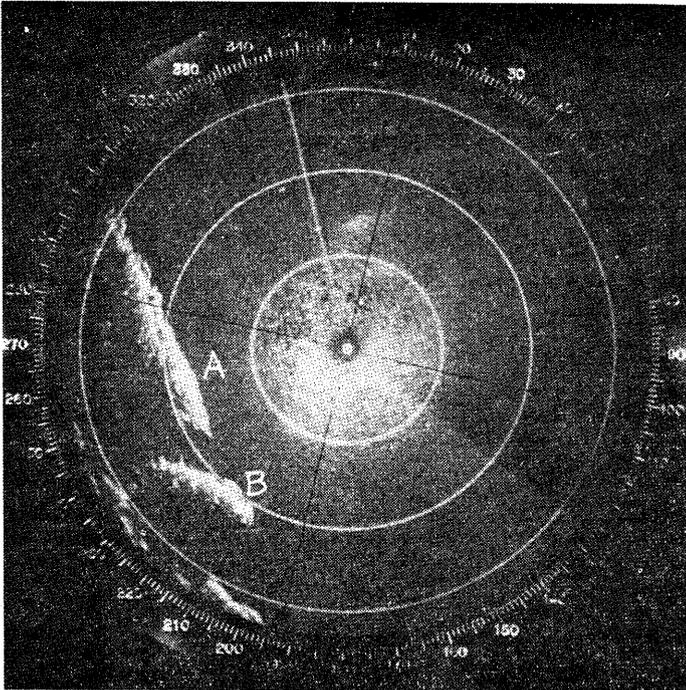
ここにいう沿岸航海 (Coasting) というのは、前述の陸地接近 (Landfall) の後において更に陸地に近づく場合または、沿岸沿いに航海する場合であつて前項の場合と比較して更に高い船位精度が要求される場合をいつている。

実例について検討をしてみる。

横浜から函館に向う途中、奥羽東岸沖約8海里程を離して針路347°にて航行中、夜間、降雨あるため視界不良、風力5にして海面は荒れており船体の動揺は烈しい状態で、附近の見張りを厳にして警戒おこたりなく、レーダは15海里レンジ、Anti-clutterを3として1・3・1図に示す様なレーダ映像を得ていた。

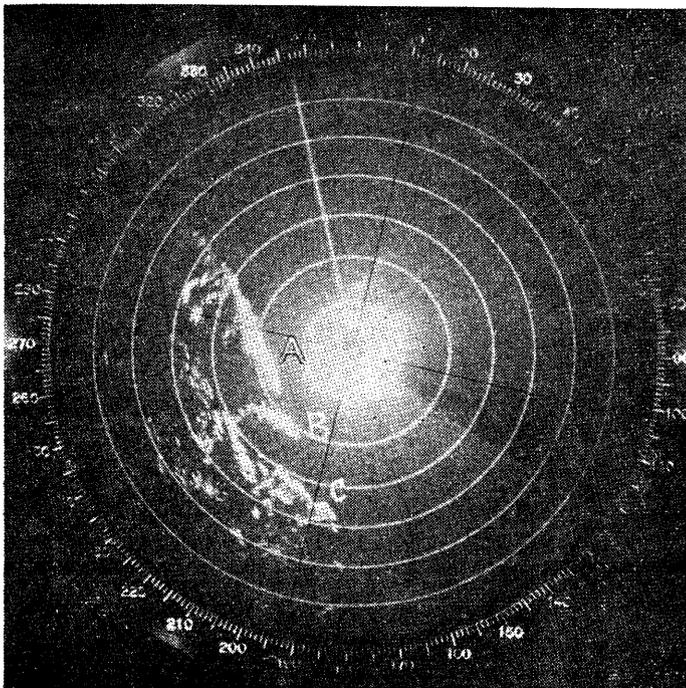
同図においてAは久慈湾北端の弁天鼻であり、Bは三崎の鼻、AとBの間が久慈湾であり、Bの南が野田湾であることは、すでにわかつておるが、本船の現在位置を求めようとする場合どうしたらよいかということについて考えてみる。

この場合一見してAから8海里は離れているのである



1・3・1 図

奥羽東岸の久慈湾沖にて、15海里レンジ、Anti-clutter 3、風力5。Aは弁天鼻、Bは三峠の鼻、A B間が久慈湾。



1・3・2 図

前図を30海里レンジに広げたもの。こうするとCの黒崎が特徴ある目標として利用できる。

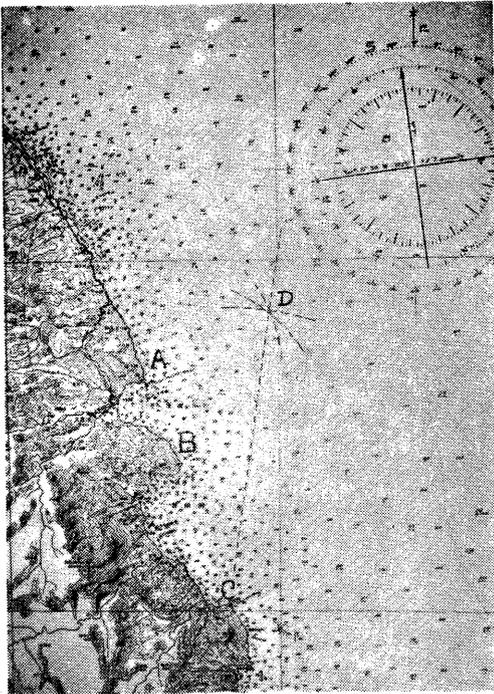
から、その点の安全さは問題ないのであるが、ここでは基本的な問題として、最も容易に正確なる船位を求めるにはどうすれば

よいかということを考える。Bの海岸からの距離9.5海里、Aの海岸からの距離8海里。それだけで2つの位置の円が画かれるのでその交点で船位は良いはずであるが、それではAとBの距離が本船までの距離に対して近か過ぎるため、両円の交角が狭ますぎるので、船位は正確を期し得ないし、距離による位置の円を画くにしても3つの円によつて確かめなければ正確を期し得ない。

ここで考えられることはAの先端またはBから方位の線を得たならばということである。しかしながらこのことは必ずしも良い方法ではない。というのはBは基だ特徴のない岸線で、測距用としては適しても方位の線を求めるには一応不適当である。従つてAの南端の鋭くなつている端からの方位を取ればよいように考えられる。

しかしながらこれは注意を要することで、実際には方位拡大効果による方位誤差以外に、極めてしばしば起る現象として、岬の先端まで映像として現われない場合が多いのである。このことは方位拡大効果とは逆な現象であるが、この場合、海図の岬のどの部分から位置の線を引いたらよいかは状況によつて極めて変化が多く、きめ手がない。従つてこの様に映像の一方が切れているその先端からの方位の線を求めることは、一般に不正確と考えなければならない。この場合は結論によつてわかるように、決定された船位をもとにして、海図上から弁天鼻の方位を求めれば238°でなければならないのが、映像の上では236°位であるから、この場合は単に方位拡大効果だけの問題であるが何時もこの様な単純な場合ばかりはなく、一応はこの方位の線は余り信用すべきものではない。

そこで他に更に特徴ある物標を必要とするためレンジを拡大して30海里レンジとしたのが1・3・2図であつて、こうするとCの黒崎が特徴ある映像として現われるので、これは非常に利用価値がある。ということはC尖端は映像の切れ目として現われてい



1・3・3 図

前図附近の海図と求めた船位

るのではなく、Cの更に東側まで映像は現われているのである。従つて映像の尖鋭部は確実にCの突端であることに間違いはない。従つて、これからの測距離もあるいは方位も確実なる位置の線を与える。この場合の方位の線は、前述の方位拡大効果による誤差を含むものではなく、むしろ、孤島の中心方位の線と同様の意味を持つものであり、レーダ映像の性質から考えて極めて信頼のおけるものであるといえる。

とにかくも、1・3・2図より、A海岸から8海里、B海岸から9.5海里、C突端から17海里によつて、3つの位置の円からその交点Dを海図上に求めたのが1・3・3図に示してものである。なお、ここでは確かめのためにC突端の方位をレーダより求めたものが 188.5° である。これは無修正で海図に入れる中心方位線であるので、そのまま海図に入れたところ、同図に示すように極めて正しくこれらの線は1点において交わり信頼できる船位であることを示している。

以上の例によつて沿岸航海中におけるレーダの利用法に関しては、その大部分について論じたことになるが、ここに2・3の注意事項を述べてみれば次のようなことが挙げられる。

(a) 測距には必ず可変距離目盛りを利用し映像の最前端（レーダ中心の方向）において目標物と接する円として測定すること。このことは、レーダのパルス幅より

起る映像の距離拡大効果を消去するために必要な処置である。

(b) 方位拡大効果に対する修正は前項に述べたと同様の方法で行うこと。

(c) 海岸線に関しては、陸岸からの距離7～8海里程度まで近づいてもなお岸線をPPI上に、は握できない場合は少なく、また15海里以上において正確なる岸線をは握できることもまれである。従つて利用に際してはそれらのことを念頭に置く必要がある。

(d) 従来の推測航法と沿岸航法とを、単純なものであるという理由だけで、その実施を怠つてはならない。特に推測位置と、レーダ船位との比較の方法によつて潮流の方向と速力を検出し、今後の参考とするなどの努力は常に怠つてはならない。

1・4 出入港時におけるレーダの利用法

先ず一般論からいえば、一寸複雑な港へ入港する場合、レーダのみによる完全な盲航行（Blind pilotage）は、現在のレーダを使用している限り、相当無理なことであり危険であるといわなければならない。ただ、レーダによる入港についても、普通、レーダ以外は視界が全然零であるということはまれであるので、若干の視力による見張りに加えるにレーダ航法を利用という場合が多いので、その度合に応じて出入港操船は可能な場合が多く、レーダは最大限に利用される。

完全な盲航行をレーダのみを頼りにして行つて入港できる場合といえば、大小の他船というものが殆んど姿を見せない極めて単純な形の港に入るとか、他の機会に視界良好の状態において、幾度かその港への出入港の経験を持ち、しかもその状態におけるレーダ像の周囲との関係を充分頭に入れてあるような場合だけであるといえる。

すなわち、このような大胆な行動が取れる裏には、日頃の積み重ねた技術練磨が絶対に必要なわけであつて、これなしで徒らにレーダの性能を過大評価しての大胆な操船は、平常時においては危険な冒険と考えるべきであろう。

出入港におけるレーダ航法において、第1に問題となるのは、映像をして真方位指示として使用すべきか、相対方位指示として使用すべきかということがある。

一般に沿岸航海中は、海図との比較が容易であるという理由で、その船に装置がある限りは真方位として使用する方が便利であるが、出入港のときはこれを相対方位に切りかえる方があらゆる場合に良いように一応考えられるのであるが、実際には必ずしもそうとは言えない。

その第1の理由は、出入港の際でも海図と同関係にある映像は比較し易いという良さを持つていること。第2

の理由は、出入港に際してしばしば変針しなければならぬような複雑な航路の場合は、変針のたび毎に映像がずれ動いて行くために、映像面がそのたびに攪乱されてしまうということである。これは勿論、真方位指示にしておけば避けられることで、安定した映像はしばしばの変針にかかわらず得られるからである。しかしながら、出入港針路が余り複雑でない場合は、人の本性として、前進していく方向が上方にある画面は見易いので、この方を選ぶことこそ便利であるので、これらを比較して好みに応じた選び方をすべきである。

第2に問題となる点は、出入港時において距離スケールは何海里にしてレーダを使用すべきであるかということである。これも実際問題として一概に言うべきことではないが、次のようなことについて考えておく必要がある。

距離スケールを近距離に切りかえるのは詳細に至近距離を知りたいが、ためであるが、このことは自船を中心とした広い範囲の周囲の状況を知る方法を一応やめなければならないという犠牲の上においてなさなければならないという問題が残るのである。また至近距離を詳細に知るといっても、港内における1海里レンジ、半海里レンジという運用の場合においては現用のレーダにおいては必ずしも要求する「詳細」さは得られない状態である。この点、更に精密な近距離レーダ（例えば耗波レーダとかFM方式による考案）が普及し2重装備して利用されることが望まれるのであるが、ここには一応現用レーダを中心として論ずることにすれば、要するに、たとえ入港の場合といえども、余りに早く近距離スケールに切りかえることは危険であるということである。すなわち、他船との衝突防止の立場からは、現在の一般商船の速力からして6海里において始めて他船を発見するものでも、それは近距離に過ぎるのである。このことについては衝突防止の立場において検討する際に述べるとして、少くとも、入港のため減速する以前において、レーダのレンジ・スケールを6海里よりも近距離に切りかえて使用しているということは危険をともなうと考えるべきであ

る。

その問題については場合、場合によつて差異があるとしても、要するに、入港に際しては、できるだけ遅くなつてから近距離スケールに切りかえるようにし、出港に際しては、できるだけ早く6海里以上の中距離スケールに切りかえるようにし、なるべく自船の附近小範囲に見張りを極限する時間を少なくすることが必要であるといえる。この点、使用レンジ・スケールを或る時間ごとにしばしば近距離と中距離を切り換える操作をする必要がある。

レーダによる出入港においても具体的な投錨法、岸壁繫留法などは、それぞれ基本的な運用法そのものであつて、レーダはその際の眼の役をするに過ぎない。問題はその際のレーダの使用法に関して、レーダの性能上注意すべきことを念頭におく必要があるということである。

その注意すべきことの主なるものを最後に整理して述べれば次のようなものになる。

(a) 入港に際して使用レンジを至近距離に切りかえるのは充分に本船が減速した後でなければならない。しかもしばしば中距離に切り換える心掛が必要である。

(b) 入港に際しては一般に相対方位指示による画面の方が都合がよいが、これは場合によつて異なる。

(c) 単純な港での出入港ならばともかく、一般に不馴れた港で視界不良の場合、レーダのみによる盲操船はほとんど不可能と考えるとよい位危険である。

(d) 比較的単純な港においての投錨などにおいては、港内における自船の船位を確実には握した上で、なるべく著明目標物に向つて進みそれからの測距によつて錨地を定め投錨するというような方法があるが、それらのことは場合々々によつて異なり、基本的には運用操船法の技術そのものに、よつてなされるべきものである。

(e) レーダの最小探知距離による制限、距離分解能方位分解能、による制約などについては勿論、レーダの性能については充分承知してその能力の範囲内で利用しなければならない。

慣性航法装置の解説

東京商船大学

庄 司 和 民

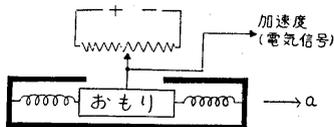
1. まえがき

慣性航法装置 (Inertial Navigation System) については、雑誌等に多少紹介されて居るのでこれらを既にお読みになつて理解されて居られる方もありますが、ここではまづその初歩的なことがらを述べて、概略の構造についての知識をもつていただくことを主眼とした。

我々航海者がジャイロコンパスを利用しはじめてから、ジャイロコンパスは真北を指示するだけでなく、その軸が地球表面に対して水平を保つことを知つて、もしこの水平を精密に測定し得るならば、緯度の測定も可能であるし、経度も算定出来ることを期待したものである。この期待より先に慣性航法装置が開発され、これには加速度計 (Accelerometer) が主体とはなつて居るが、電気計算器の発達による積分計の進歩、サーボ機構の発達によるジャイロを利用したジンバル装置の進歩が、この装置の成功をもたらしたものであるといえる。そして先に考えたジャイロによる水平儀の考えは、形をかえてジャイロによつて安定にされた水平台として利用されたわけである。

2. 加速度計 (The Accelerometer)

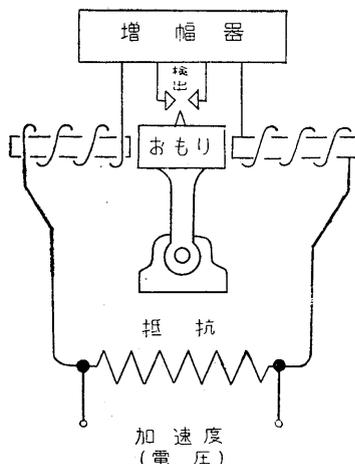
加速度計は慣性航法装置の主体となるものであるが、いづれもある一方の加速度を測定するようになっていて、簡単にいえば第1図のような形で、ある質量の物体



第1図

の移動を電気信号に変えて取出すようになって居る。第1図では枠の中のおもりは右方向の加速度を受けると左へ移動して、その量に応じた電圧が取り出される実際にはおもりの代りにジャイロが用いられ、加速度を受けるとプレセッションによつてある軸の周りに回転して電気信号を取出すようになって居る。しかもトルクバランス型といつてその電気信号で別のトルクを与えて、いつも同じ姿勢を保つようにして、得られた電気信号が正し

く加速度に比例する値とすると同時に、得られる電気信号エネルギーを大きなものとして他に利用し易くしている。第2図はその解説図である。すなわちジャイロの代

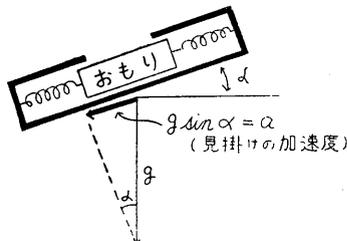


第2図

りにおもりで説明してみると、中央のおもりが加速度を受けていづれかに偏ると、増幅器に微小な電気信号を与え大きな電流が補償コイルに流れ、おもりを反対方向に吸引する。

そして増幅器に入力が入らなくなるまですなわち、中点までおもりをもどす。この時の補償コイルに流れる電流が抵抗を通る時の電圧は、加速度を表わすから、ここから加速度を電圧として取出すことが出来るわけである。

ここで最も注意すべきことは、地球表面で水平方向の加速度を測定したい時に、もし第1図の枠に傾斜がある



第3図

と、おもりは地球重力の加速度を感じて、丁度ある方向に走つたと同じ結果になることである。すなわち第3図のように α 角だけ水平面より傾けば、見掛け上その加速度は $g \sin \alpha$ となつて、これが誤差のもとになることである。

但し g は重力の加速度で地球表面では約 980 cm/sec^2 で表わされ、もし航空機や人工衛星の場合のように地表面からの高さが高ければそれに依つて g の値も変つて来る。

3. 積分計 (The Integrator)

積分計は慣性航法装置の第2の要素である。加速度計で得られた加速度信号がこの積分計を通過すると速度に比例した信号となつて得られる。

すなわち a という加速度が得られた場合、速力 V は、

$$V = \int_0^t a dt + V_0$$

として得られる。この場合 V_0 は最初に設定された速力である。

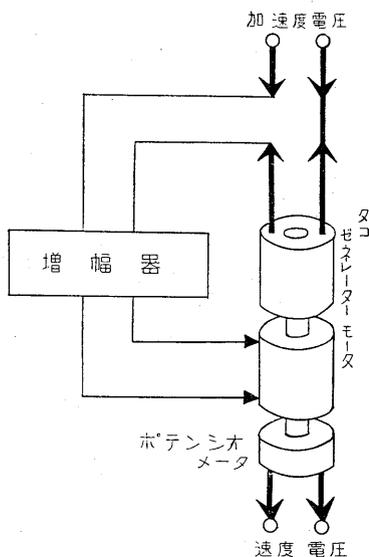
この速力 V を更に積分計を通すと航程が得られる。

$$d = \int_0^t V dt + d_0$$

d_0 は最初に設定した値である。

これらの速力 V 、航程 d は最初の加速度 a を南北方向にとれば、南北方向の速力成分や、航程(変緯)を与えることになり、東西方向にとれば、東西方向の速力成分や、航程(東西距)を与えることになる。

船舶ではこの2方向の成分で位置が与えられるが、航

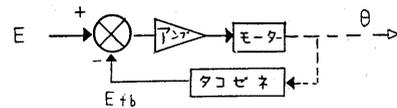


第4図

空機や人工衛星では、垂直方向の加速度を検出して、垂直方向の速力や、高度も測定するようになつてゐる。

積分計の構造を簡単に示すと、第4図のように加速度に比例した電圧を増幅器に入れて増幅し、その出力電圧でモータを廻転させれば、モータの廻転した角度は、時々刻々の加速度に応じた廻転角を積算したものになるから、このモータ軸にポテンシオメータを連結しておけば、このポテンシオメータから電圧を取出すと、速力に比例した電圧を取出すことができる。

この電圧を正確に速力に比例させるために、モータの別の軸にタコゼネレータ(モータスピードに比例した電圧を発生する)の出力電圧(測定速力の微分値すなわち加速度に比例した電圧)をもとの回路にフィードバックしてある。この方式のブロック線図を示すと第5図のよ



$$E_{fb} = K_T \frac{d\theta}{dt}$$

$$E_i - E_{fb} = 0 \quad (\text{アンプのゲインを高くした時})$$

$$\therefore E_i = E_{fb} \quad \therefore E_i = K_T \frac{d\theta}{dt}$$

$$\text{また} \quad \theta = \frac{1}{K_T} \int E_i dt$$

第5図

うになる。

また加速度計と最初の積分計を組合せた形のものもある。

つて、Integrating gyro

accelerometer と呼ばれる

ものはこの一つである。

これは V2 にも使用された

不平衡ジャイロを

発展させたもので、その

構成は第6図のように軸

の一方におもりをつけた

ジャイロが中心になつて

いる。そして矢印の方向

に加速度を受けると内容

器が傾く、この回転は検

出されて、増幅器を通り

この加速度計を回転させ

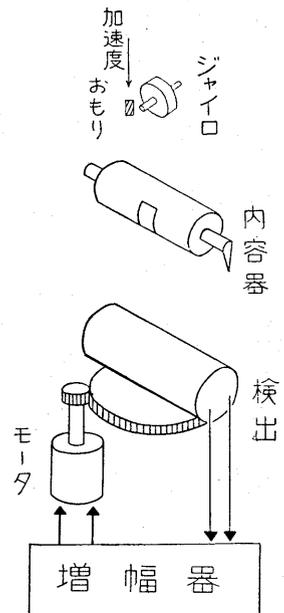
るモータに加えられる。

このモータはその回転に

よつて生ずるジャイロの

プレセッションが内容器

の傾きを相殺するような



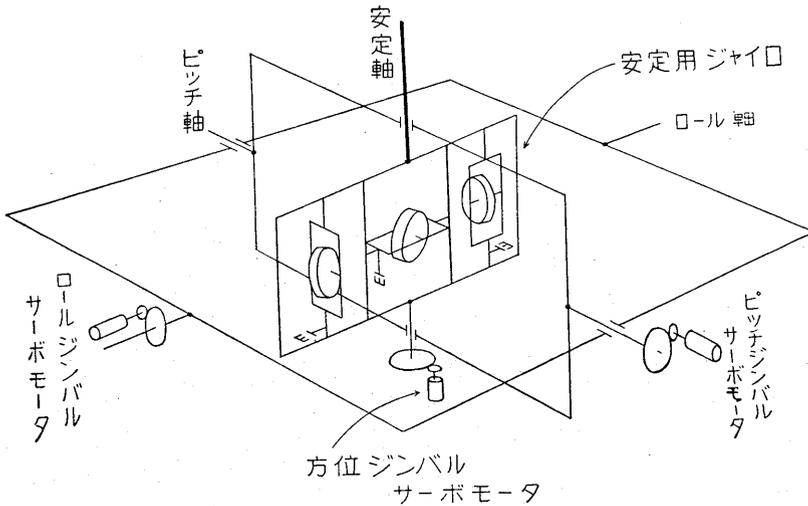
第6図

スピードで廻るから、モータの回転量は加速度の積分値すなわち速力を示すようになるのである。

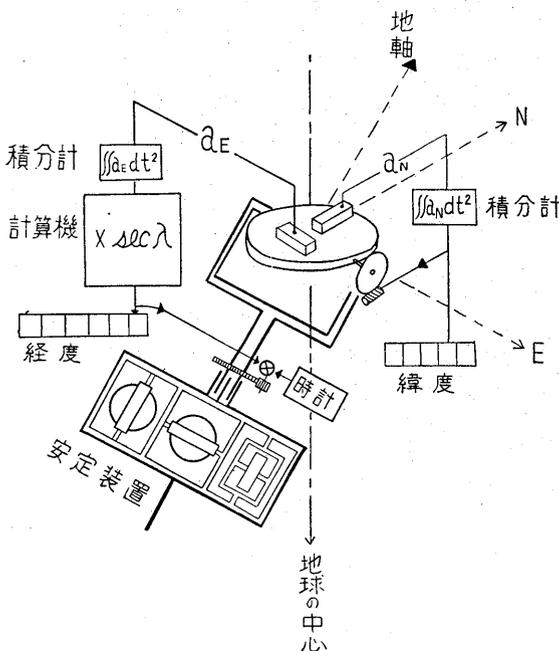
4. 水平安定台

前述のように、重力による加速度を包含させないために常に地表面に水平であつて、しかも動揺等で影響されない安定した台 (Platform) をつくりだし、その上に加速度計をのせる必要がある。この Platform 構造を示したものが第7図と第8図である。第7図はある絶対方

向に向いて安定した軸を与える安定装置で、中央に X, Y, Z の3方向に軸を向けたジャイロを三つ置き、安定にしようとした軸が、夫々の方向からそれるとその偏角を検出して、Azimuth, Pitch, そして Roll の Gimbal servo motor を動かす。だから我々が使用している磁気コンパスのジンバルリングをモータで動かすようにしたと考えればよい。そしてこの安定装置の軸は、常に最初に設定された方向を向いて静止した状態となるわけである。



第7図



第8図

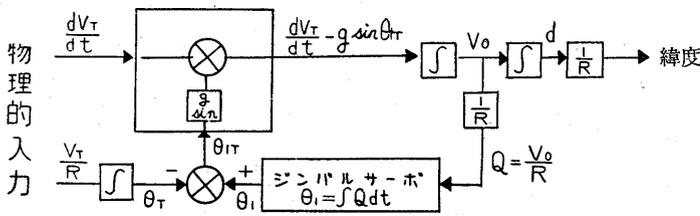
そこで第8図を見ると、第8図はこの安定装置の軸の上に水平台をのせたものとなつている。この安定装置の軸は地球の自転軸と平行に定められ、これにのつた水平台は経度の変化と地球自転に応じて上記の安定軸の廻りに回転し、緯度の変化に応じて上記の安定軸と直角の方向の廻りに回転するから、水平台は常に地球表面に対して平行を保つと同時に、その地における東西南北を追いかけている。

そしてこの水平台の上に置かれた南北方向の加速度計、および東西方向の加速度計によつて、常に船位を示すことが出来るし、その値を利用して、水平台の水平維持機構を働かすようにもなつている。

すなわち地軸と平行な安定軸の廻りには、東西方向の加速度計から得た東西距 (Dep) に $\sec \lambda$ を乗じて変経 (D. Long) を得、これと時計から自転による傾斜角を得てこの両者の和の角度だけ廻し、これに安定軸と直角な方向の軸の廻りには、南北方向の加速度計から得た変緯 (D. Lat) に応じた角度だけ廻して水平を維持している。

このような因果関係のある装置では、我々の日頃利用しているジャイロコンパスでもそうであつたように、その装置の固有周期を地球の半径に等しい長さの振り子の周期いわゆるシュラー周期 (Period of Schuler-pendulum) の84分にするこゝによつて、地球上で常に水平に保つことが出来る。

第9図にこの装置のブロック線図を画いて見たが、ここで、 V_T =真速度 (南北方向)、 V_0 =測定速度 (南北方向)、 d は航程 (南北方向) λ =緯度、 R =地球半径、 θ_1 、 θ_r 、 θ_{1r} は夫々第10図に示すように Initial vertical の方向 その地の Local vertical の方向、 θ_{1r} はその差角で

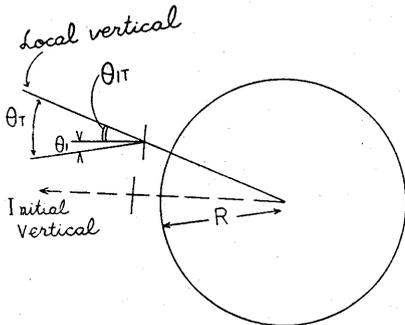


$$V_0 = \int \left(\frac{dV_T}{dt} - g \sin \theta_{IT} \right) dt \quad \frac{V_T}{R} = \frac{d\theta_T}{dt} \quad \frac{dV_0}{dt} = R \frac{d^2\theta_T}{dt^2}$$

$$\frac{dV_0}{dt} = \frac{dV_T}{dt} - g \sin \theta_{IT} \quad \frac{dV_T}{dt} = R \frac{d^2\theta_T}{dt^2}$$

$$\frac{V_0}{R} = \frac{d\theta_T}{dt} \quad \frac{d^2\theta_{IT}}{dt^2} + \frac{g}{R} \sin \theta_{IT} = 0$$

第9図



第10図

あつて、 $\frac{d\theta_{IT}}{dt} = 0$ を保つためには、 $\frac{d\theta_I}{dt} = \frac{d\theta_T}{dt}$ と

しなければならず、この装置の方程式は

$$\frac{d^2\theta_{IT}}{dt^2} + \frac{g}{R} \sin \theta_{IT} = 0 \quad \text{となり、} \theta_{IT} \text{ が微小な角ならば}$$

らば

$$\frac{d^2\theta_{IT}}{dt^2} + \frac{g}{R} \cdot \theta_{IT} = 0$$

とおける。この式から周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} \approx 84$ 分と計算されるのである。

4. 誤差

この装置の設定値の不良がおよぼす距離誤差としては、

(a) 水平（垂直）の誤差 ϵ_p に関しては

$$\Delta d = R \epsilon_p \left[1 - \cos \sqrt{\frac{g}{R}} t \right]$$

$$\approx \frac{1}{2} g \epsilon_p t^2 \quad \text{但し } t \ll 21 \text{ 分の場合}$$

(d) 加速度の測定誤差 ϵ_a に対しては

$$\Delta d = \frac{R}{g} \epsilon_a \left[1 - \cos \sqrt{\frac{g}{R}} t \right]$$

$$\approx \frac{1}{2} \epsilon_a t^2 \quad \text{但し } t \ll 21 \text{ 分の場合}$$

場合

(c) 速度の測定誤差 ϵ_v に対しては

$$\Delta d = \sqrt{\frac{R}{g}} \epsilon_v \sin \sqrt{\frac{g}{R}} t$$

$$\approx \epsilon_v t \quad \text{但し } t \ll 21 \text{ 分の場合}$$

(d) ジャイロのドリフトの誤差 ϵ_w に対しては

$$\Delta d = R \epsilon_w \left(t - \sqrt{\frac{R}{g}} \sin \sqrt{\frac{g}{R}} t \right)$$

$$\approx \frac{1}{6} g \epsilon_w t^3 \quad \text{但し } t \ll 21 \text{ 分の場合}$$

場合

以上のことから、10分間に1000ftの距離誤差を許す値は、

$$\epsilon_p = 0.6 \text{ 分 (角度)}$$

$$\epsilon_a = 5.55 \times 10^{-3} \text{ ft/sec}^2 = 1.7 \times 10^{-4} g = 0.017\% \quad (\text{もし } a = 1g \text{ ならば})$$

$$\epsilon_v = 1.67 \text{ ft/sec} = 0.17\% \quad (\text{もし } V = 100 \text{ ft/sec ならば})$$

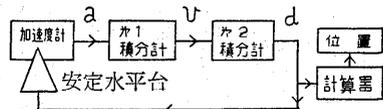
$$\epsilon_w = 10.7 \text{ 分/時}$$

これらの許容範囲は非常に小さくて、長期の航海に対して、精度を保つためには、ドプラレーダと組合せたり、天測と組合せたりする必要がある。

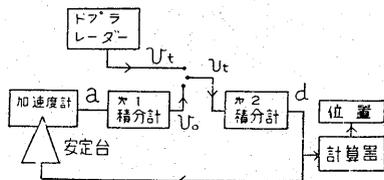
5. 組合慣性航法 (Hybrid inertial system)

上述のように他の方法と組合せて、時々その値を他の航法によつて Check し乍ら慣性航法を行う装置を組合慣性航法と云つてゐるが、この簡単な説明を試みると次のように云える。

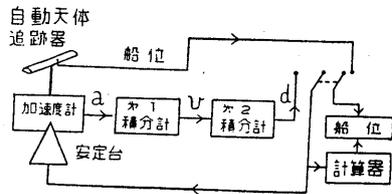
第11図は純粹の慣性航法のブロック線図であつて、こ



第11図



第12図



第13図

のようにして得られる位置に対し、第12図では Inertial-Doppler system を示し、第13図は Inertial Celestial system を示している。

Doppler radar は速力を測定するものであるから第1積分計で得られた速力と比較して、これが違っていたな

らば、ドプラー測定値に等しくなるように補正して行くのが、Inertial-Doppler system である。

また天測では位置が正確に分るから、自動追跡望遠鏡または自動追跡の電波六分儀 (Radiosextant) によつて得られる位置と比較して、違つていたならば、これに合うように補正しながら作動するのが Inertial celestial system である。

これらの比較は 出来得る限り常に比較をつづけるようになってきているが、時々この値を入れて比較するようになってきているものもありこれらの組合せのためのデータとして、パルスレーダを用いたり、VOR/DMEを用いたりすることも研究されているのが現状である。

電波航法研究会事務局報告

電波航法研究会がはじめて結成されたのは昭和26年9月の末のことであるが、その目的は、第二次大戦に急速の進歩をとげた電波機器、中でもレーダ、ロランについて速やかに調査研究を行うことであつた。当時はまだ浮流機雷も多く其の探知に、且つ、巡視船等に使用しているレーダの全てが輸入品であつたため、その操作及び故障の技術的な解明は常に身近な問題として起つており、その後レーダも一般に普及し始め、ロラン航法もわが商船で徐々に利用されるようになってきたのであるが、一方において、国内製造業者間における技術の開発は、戦時中の情報不足、戦後の研究禁止等によつて、空白時代が続き、全く前途多難を思わせる事情にあつた。このような状況を打開する機運は、海上保安庁、商船大、運研等の比較的若い年令層の人達によつて強く推進され、特にその果実の如何は海難防止面に影響するところが甚大であるという考えから当時の海上保安庁海事検査部海難防止課に事務局を置き、官庁組織のような形でスタートを切つたのである。

その後昭和27年8月事務局が行政機構の改革により海上保安庁から運輸省海運局海務課に移つたのであるが、従来の本会の組織が官民各層の有識者を網羅し、斯界において最も実力を備えた会でありながら、その性格が法的に不明確であり、対外的に十分な意志表示できないような状況であつたため、その際本会をそのまま運輸大臣の諮問機関として改組し、28年5月7日からは大臣の諮問に応じて活動する態勢となつた。当時の石井運輸大臣からは「電波航法の普及発達をはかるためには如何なる施策を講ずべきか」の諮問があり、それに基づき、対船舶用航法施設、3糎帯航海用レーダの最低技術基準、その他ロラン局設置等に関する研究について答申を行い着々成果を納めたのである。そのような状況で数年経過するうちに、日進月歩する電波技術について行政施策の面のみでその研究を束縛することは、本会の発展のみならず、国全体としても得策でないとする意見が強くなり、当面は官民合同の任意研究団体とし、ゆくゆくは先進国における如く法人組織とすべきであるという構想が多くの関係者の賛同を得、32年4月18日に行政機関から離れ、官民の研究団体として三転の脱皮を試みたわけである。それ以来庶務的事務は従来通り海務課に置き、会計事務を水洋会とし、会は関係するあらゆる問題に対処する立

前で再出発したのであるが、内外の情勢は本会に暫くの休息も許さず、最近に至つては、1959年にパリーで国際航法学会が開かれ、わが国からは本会の森田会長が代表として出席され、また1960年人命安全会議ではレーダの設備、規格、教育訓練、長距離航行援助施設の諸問題等が取り上げられ、これに対しても我が国の見解として当会の究研結果が相当採択されたのである。

〔研究経過の概要〕

発足当時の電波航法研究会

合同委員会 6回(第1回 26.9.25) レーダ、ロランの現状。レーダ使用実験結果(機雷探知、巡視船の現状)。旧海軍のレーダ技術等。

運用部会 10回(第1回 27.2.5) レーダ、ロラン利用調査表の検討。レーダログブック。国際水路会議へのレーダに関する提案。ロラン位置の線の誤差。コーナリフレクタの設置場所。デツカ、ロラック、ハーバーレーダについて。ハーバーレーダ設置ヶ所の要望。ロラン波の観測結果等。

機器部会 10回(第1回 27.2.19) レーダ、ロランの利点調査表。コーナリフレクタの形状、指向性及びその実験結果。RCAレーダの性能。米、英、日のレーダの規格。レーダの総合感度調査。レーダの周波数測定。巡視船用レーダ規格の要望。漁船用レーダ規格の要望等。

諮問機関となつてからの電波航法研究会。

委員会 2回(第1回 28.6.3) 諮問及び答申

総会 1回(28.7.13) 会規程、研究事項の決定。

運用部会 7回(第1回 28.9.7) 電波航法施設の総合的な設置計画。レーダ、ロランの使用実績の報告検討。レーダ装備船の保険料率。国産レーダの性能。航海用及び漁業用リフレクタの運用方法。サンダーランド、ドーバーにおけるハーバーレーダの実験結果等。

機器部会 7回(第1回 28.9.17) 3糎帯レーダの最低技術基準。国産レーダの故障。エコーボックス。ロランタイマー等。

任意研究団体となつてからの電波航法研究会

本会議 (総会) 13回年度始めの定期総会。海外事情の講演会(古賀会長、森田副会長、今吉幹事) I R E 会議の模様(岡田委員) 人命安全会議に対する航行援助

施設の規格の検討。パリーにおける抗法学会の模様（森田会長、落合委員）耗波レーダに関する講演と映写。長距離航行援助施設の検討。レーダ使用状況のアンケート等。

第1専門部会 4回、レーダ観測者の教範。日本におけるロランチャートの作成。海上人命安全条約の関係事項。

第2専門部会 9回、レーダビーコンの現状、研究状況及び実験見学。浮標用及び小型船用リフレクタの条件。レーダ波による物標の弁別法。人命安全条約におけるレーダ規格の検討等。

〔書誌発刊の状況〕

研究報告。第1輯27年3月、第2輯27年6月、第3輯28年4月、第4輯30年3月、電波航法用語辞典。27年8月以降編集に入り昨34年12月完成。

〔委員の変遷〕

委員の構成は、電波航法機器の使用者、製造業者並びに学識経験者、関係官庁からなり、斯界の有識者を網羅しており、最初の委員は、運用部会井関貢（海務学院）、関谷健哉、折原洋（航海訓練所）、熊凝武晴（水産大学）、古賀逸策（東京大学）、吉沢幸雄（国有鉄道）、甘利省吾（電波監理委員会）、中島幸松（海難審判庁）、河野広水（水洋会）、池谷増太（IRLA）、伊藤庸二（伊藤研究

所）、塚田秀逸、関谷鏗爾、池田佐重（船主協会）、齋木功（海上保安大学）、松平直一（海上保安庁）。機器部会。森田清（東京工業大学）、大岡茂（電気通信大学）、庄司和民（商船大学）、田井梁之（国有鉄道）、奥田等（運輸省）、木村小一（運研）、中島茂、田島一郎、森憲三（水洋会）、波田野浩（IRLA）、安田英一（電気通信工業連合会）、山岡杉雄（航空庁）、菊地秀之（海上保安大学）、松行利忠、松崎卓一（海上保安庁）以上31名で、長い歳月の間には異動も多く、最初からの人は十指にも足らぬが、移り変りを若干ひろつてみると、当初委員長を東大の古賀教授に、運用部会長を商船大の井関教授に、機器部会長を東工大の森田教授にお願いし、運営して戴いたのであるが、古賀教授の学部長へ御栄転と共に32年4月公務多忙のため退会され、井関教授は学長就任に伴い、30年3月末現在の鮫島部会長と交替された。会の運営は古賀教授に代り森田部会長が引き継がれ今日に到っている。井関学長には不幸病氣のため34年3月逝去され、又水路測量の權威であり、当会の委員として御尽力下さった水路部の田山利三郎博士は明神礁の爆発により殉職されるなど幾多の変遷を重ねて来ている。ふりかえつてみると過去10年の歴史は我が国の電波航法発達の縮図ともいべきものであり、新たに定期機関誌を発刊する機会を新機軸として一段の発展を望んで止まない。

慣性装置の航海への利用

The application of Inertial Techniques to marine navigation

L. C. Bailache

北川 視朗 抄訳
桜木 幹夫

1. 本題は慣性航法技術がどのような構成をもっているか、ということよりも、むしろ“航海における慣性航法技術の利用”という立場から論じた。慣性装置に対する技術的知識は既に広く知られており幾つかの論文が発表されているので、ここではその利用面について述べることにする。

2. 船用の慣性航法装置(SINS: Ships Inertia navigation System)は、夫々自由軸をもつジャイロ3軸と2ヶの加速度計からなり、その大きさは普通のジャイロ程度であり、普通ジャイロと同じく起動セットに数時間を要し始めて使用状態となる。緯度、垂直方向ジャイロは自己安定性があり、緯度と垂直方向を絶対量で示す。緯度方向ジャイロは時間ユニットをもち、緯度変化を示す。従つて船のある時刻における緯度等を定めるためには、起動点の緯度を知りそれを装置に導入しなければならない。

3. SINS を装備した船舶のローリング、ピッチング(これは感応部を混乱させる)は感応部にある3つの遊動環(gimbals)を管制するジャイロから適当に出された信号によつて影響を受けないようにしている。

4. 感応部(Sensitive element)からの out-put は X.Y 軸方向の距離要素に換算される時間によつて二重に積分される。換言すれば東西、南北方向をいうことである。これらは基本的な out-put で求められたものは適当な計算機にかけて、経緯度あるいは起点よりの方位、距離に変換して表示する。他の直接の out-put 或は SINS から引き出されるものは、船首方向或は針路、恒星時間、船の揺動角度等である。

5. 慣性航法装置は船位を連続的に指示するので引き続き連続的に自動計算機構を通して、船位を比較することにより、比較的簡単に航海者に要求される他の有用な情報を求めることができる。それには次のようなものがあげられる。

- (a) Co. made good over the ground
- (b) Speed made good
- (c) Lee way (風圧差, これは海潮流, 風, 天候の結果生ずるもの)

6. 航海者が船を安全に一港から他の港へ航海させるために知りたいと思う情報について考えて見よう。航海は基本的に三つの主部分に区別できる。

- (a) 航海計画(航路選定, 計画が主)
- (b) 港湾への出入
- (c) 大洋航法

沿海航海は第4の分野と考えられるかも知れない。然しこれは港湾出入と大洋航海に用いられる技術の複合であり、又援用である。そしてある場合には港を出てから大洋航海に移るまでの間に長い沿岸航海をやる場合もあるし、ある時には全く沿岸航海のない場合もある。それで簡単にするため主分類から除いたわけである。

7. 航海計画は出港に先立つて行われる航海準備である。時間、燃料、天候、とるべき航路、季節による漁場の分布等、これらは航海を完遂するために適切な刊行物や海図の調査と共にすべて検討される。自動化はこの問題にまではまだ及んでいない。しかし将来は自動化装置をもつた船舶が航路の選択を自動的に行なうようになるかも知れない。

8. 港湾への出入は離着岸の問題を含み次のような理由から自動化は最も困難と思われる。

- (a) 船の位置は 2, 3 feet 以内の精度で知らねばならぬ。
- (b) 港内航行は多数の停泊, 航行船の存在で妨害される。
- (c) 海潮流は外洋の場合よりは強烈なことが多い。
- (d) 操船上, 風は有力な要素となる。
- (e) 最も大切なことは船の感覚(feel of the vessel)をもつことでこれは船橋に立つ経験を積んだ航海者

によつて得られるものである。

(f) 考へに入れるべき多くの地方条令、港則があるかも知れぬ。

(g) ある段階では曳船が是非必要なことがある。

これらの問題のあるものは自動装置では全く扱えない。そしてすべては極めて正確な位置情報を必要とする。今の所 Inertial technique がこのような精度をもつことは予想できず、従つて結論的には港湾出入の問題には彼等は、はいり込めないと考えられる。

9. 大洋航法の分野で、この航法が直面する基本的な問題は二つある。

(a) 本船の現在船位はどこか？

(b) ある時刻に目的港に到達するためには速力、針路如何？

第2の問題は、第1の解答が必要である。したがつてここでは第1のすべてに優先する問題「我れいつこに在りや？」を先ずとりあげる。船位決定の現在の手段は良く知られているので述べる必要はないが、ここで良く考えなければならぬことは“船位をどの程度正確に求むべきか”ということである。

10. この答は独断的に湮で表わすことはできないが、一般の定則として“船の安全、経済運航を確保する精度”ということではできよう。それは航海中を通じて明らかに変化し航海の初期あるいは終期段階において陸に近づいたときは例えば1湮のオーダに対し一方外洋では5湮で十分というようなものである。低い精度で良いこともあり、他方遭難船に向うような場合は高度の精度が要求されることもある。航海者は現在位置を知る必要があるのみならず、同じ手段で明日も船位を決め得るかどうかに関心をもつ。こうして、もし彼が、本船は明日霧にはいると予想したときは、できる限り精度の高い船位を、更にできる限りおそくまで求めるであろう。

11. SINS は基本的に船位を指示する。この発展の初期段階において、それがどれ位の精度をもつたらよいなどを云うことはできない。その精度はジャイロとか、加速度計にかかっている。そこでこれらの中に極めて僅かでも不完全さがあれば指示船位に誤差を生ずる。この誤差のあるものは時間経過と共に累積してゆく。従つて慣性航法装置の誤差は1日何湮または毎時何呎という具合に表現される。1日あたり1湮のオーダの精度を達成することが期待されるが、実現し得るかどうかは想像の域を出ない。

12. SINS 船位は在来手段で求めた船位によりチェックできる。そして必要ならばチェックした船位に合わせよう reset できる。この方法で SINS の誤差を1日最大1湮に限定することが可能であるかも知れない。こ

れは勿論他の船位決定手段をとり得ること及びその精度は SINS のものよりよいことを前提としている。

13. SINS は精度に対する期待された目標にマッチしている限りは、これが大洋航法の問題を解決するに大いに助とすることは明らかである。ここに船に内蔵された装置があり小型で外界の影響を受けず、船の正確な地理的位置を絶えず表示し、こわれるまでは無期限にこれを続ける。そしてその精度は他の方法で適当間隔をおいてチェックされる。

14. 船に装備する SINS の利用法として以下のものが考えられる。

(a) 船位は緯度、経度で dial に表示される。(望みによつて、例えば船橋、無線室、海図室、船長室等に)

(b) 船位出力は、自動プロットに利用でき、通常の Log, Compass による船位に代つて海図に記録し得る。

(c) 船首方向出力はコンパスに代り操舵のためのデータに利用できる。即ち普通のコンパスがもつ自差、偏差のコンパスエラーは含まれない。

(d) 恒星時は平時に換算し1日 1/10 秒を超えない誤差で船内の時計を動かすし得る。

(e) 対地速力 (made good) は対水 Log と共に或はこれに代つて船橋に表示される。但し Log は全く無くすることは考えられない。何故ならば対水速度は berthing のときなどしばしば必要であるから。

(f) Co. made good, Lee way を海図室に表示できる。これは大洋航法でそれ程重要とは思われないが、連続船位から情報を引き出すことができる。

(g) 動揺角度の表示は可能であるが、スタビライザーの効果、その他必要性のための特別に測定を要するのでなければその表示の必要はなからう。

15. さて、在来航法に SINS を附加した場合の効果について考えてみよう。明らかに航海者の技術、訓練は航海計画、入出港といつた面で、または SINS が故障したときなど、なお最も重要なことである。

16. 他に要求される計器の内容は SINS で得られる信頼度、精度効率に大きく関係するものである。現在の段階ではそれが確定的でないので見解として述べる以上のことはできない。音測と Log はなお必要であると思われる。然し或る種の Compass はやがてなくて済むようになるだろう。天候不良時に精度の高い船位を求めるには Decca のようなある種の近距離電波航法施設が必要と思われ、又 Radar のように視界不良時に他船の動静を知る唯一のものは欠くことができない。

17. 最後に慣性航法装置が将来航法の自動化を進め得

るだろうかということを考える。

それは常に船位を示す。それは海図上に表示され、欲する航跡を示してくれる。適当な計算機により航跡と慣性船位から信号を操舵系に送りまたは信号を引き出し、船を指定航路上に運航させることができる。換言すれば SINS は現在位置を知らせるのみならず欲する方向に操船することもできる。

18. この段階に至るまでに Inertial System は比較的廉価で信頼できる正確な船位情報を示すことを自から示さねばならない。相当長い間 SINS が在来計器にとつて

代る事は殆んどないことは明白である。又航海士官の訓練と経験に費される時間と経費を無くするにはならない。人間はまだ取扱う機械の主人としての地位を保つてであろう。

19. 個々の航海計器に比べると、これは相当高価であるが、他の方法で経費の節減が考えられてくるに違いない。これらの経費節減は航海能率、信頼度の向上や保険料の低下を来たす航海の安全の増進という面から招来されよう。

航海と慣性航法

Navigation at Sea by Inertia

B. de Cremiers

北川 視 朗 抄 訳
桜木 幹 夫

航法手段自動化の分野で相当の進展があるとしても、船舶航海の面では Dead Reckoning (D.R) の基礎概念が尚残つてゆくものと思われる。航海者は常に針路、速力を知る必要がある。航海者は Log, Compass を必要とし、これらの計測器によつて航海に要する基本要素を知ることができるのである。方向を知るために磁気コンパス、ジャイロコンパス、ラジオコンパス、その他があり、速力に対し Nautik Log. 回転計、ウォーカーログ、圧力ログ等がすでにあるが、航海者はなおそれ以上のものを必要とするであろうか？ しかり、彼等は D.R の誤差が殆んど風潮等の外力の影響に起因しており、さらに Compass, Log の不正確によるものであることを承知している。従つてこれらの現存計器を改良し D.R に対する外部的影響を確実に計算に入れる完全な置装を望んでいる。慣性航法方式 (INS) は原理的に、技術的にこれらの要求に対する新しい解答を与え得るであろうか。我々はそれができると考えている。現在の段階でさえそれは高額な費用を要することではあるが、決して実現不可能ではない。スピードベクトルを知るための基本的要素の問題にはいる前に船首方向、子午線方向を見出す問題について簡単に述べる。これはスピードベクトルの正しい方向を知るために常に必要なことである。航海者は現在のジャイロコンパスに概ね満足している。その理論的精度は可成り高く、誘導誤差を除去する手順を重ねれば、それは益々高くなる。例えば指向性のセットは緯度

に拘らず概ね84分で達成し得る。南北方向の加速度を受ける間デッドタイムをカットし、あるいはセット時間を84分より長くとり等、誤差除去の確実な手段が必要な正確さをもつて行われるならば更に精度向上が期待できる。

高性能の新しいジャイロコンパスは緯度 65° 以内にある場合 $1/4^\circ$ 以内の精度をもっている。INS では子午線方向についてそう多くを要求するものではないが、ジャイロコンパス、加速度計の設計者に特殊技術の新しい要求となる可能性がある。

ジャイロ、加速度計は INS の感応要素であるジャイロコンパスの構成部分と同じようなものが慣性機構中心部の設計技術に要求されるが、内容としては既存コンパスと大きな差異があり、INS の設計技術は新しい機械の開発を助けることになる。子午線方向の問題をはなれる前に次の一点を強調しておきたい。如何なるジャイロも船位決定の要素となる子午線方向 (方位指示) は風や潮等の外力の影響と全く無関係にあることである。

次に以下に速力の問題について述べる。

1. 航海者は D.R の基礎概念として誤差は24時間で5浬以内を要求している。即ち20ノットの速力について1%以内、これは1日に1回目標を観測し1浬以内の精度でチェックできるという想定をし、この結果必要な船位、速力を算定する基礎に立っている。

2. 勿論、対地速力の算定が必要である。換言すれば、船自体の速力と潮の速力の合成であり、前者は船首方向

の成分と偏流による横方向の成分が含まれる。普通の Log は対水速力として船首方向の成分を与えるだけである。

3. 地理的方向に対する対地速力の積算は適当な手段によつて可能であると考えられる。(1/4°以内の精度あるジャイロコンパス, 2%の桁リニアリティをもつた積分) 船自体の偏流を無視できるとし, 速力が正しいという仮定に立てば誤差は 24h で 2~3 涅を超えないであろう。

このような問題を念頭において INS を検討し正しい解決に達するための満たすべき条件を考えることとする。

INS 技術に解決を要する主要な点は装置のプラットフォームを作り得るかどうかである。このプラットフォームは 2 個の加速度計をのせ, 感応軸は水平面に夫々直角とし各軸が東西, 南北にジャイロ機構によつて正しく指向しなければならない。かくして加速度計は東西, 南北の加速度を測りその積分は夫々の方向の速力となり, D.R は針路要素を入れなくても, 第 2 積分で算定される。これは加速度の指向の際に, その成分が入っているからで経度因子は緯度の変化に伴い $1/\cos l$ 成分で得られている。

このような性能をもつよう設計された機構の簡単な解析は, その構成要素によつて満足される条件を見きわめさせるであろう。

先ず第一に海上航法における測定分野の限界についてふれる。これは慣性航法が航空に使用されるものとの基本的な相異点を示すであろう。

(1) 速力は大体 45 ノットが限界である。即ち 23m/sec のオーダである。(これは絶対的な数字ではなく概略の限界) さらに地球の中心をまわる船の動きは地球自転の回転速度の約 1/20 の比率である。

(2) 船自体の地球に対する加速度は大体 $50 \times 10^{-3}g$ が限度, $g/2000 \sim 3000$ より大きな加速度は常にシュラー周期 (84分) に比し短時間しか続かない。地球自転に伴う Coriolis 水平加速度——この値は東——西コースで緯度 1 において $2 V \omega \sin l$ である。——は $0.34 \times 10^{-3}g$ を超えない。

極方向への水平求心加速度——この値は東——西コースで Lat. 1 の場合に $V^2/R \tan l$ である——は $0.023 \times 10^{-3}g$ (Lat 70° において) を超えない。

(3) 積分時間は D.R 時間と等しく 24 時間でシュラー周期に比し長い時間である。

慣性機構の今までの計画の中から一つの例をあげて検討を行う。ジャイロコンパスからの指示によつて方向を定める 3 軸自由のプラットフォームの水平の安定性は 1 自由度において加速度と積分ジャイロスコープを保持する。加速度計は船の絶対加速度と水平 δ° の角度におかれたプラットフォーム上の Weight $g\delta$ との差に応ずる信号

を出す。この信号に Coriolis 速度と極附近の求心加速度が加わり船の相対加速度 V' と Weight との成分 $g\delta$ の差が得られる。積分器は δ が 0 の場合は速力 V に等しく, 積分値 $\int (V' - g\delta) dt$ を与える。

1 自由度をもつた Integration gyro の偶力が, この加速度計からの信号部分 (後者は装置の Damp down を与える) の量に応じて投入される。合偶力は又地球自転に対する修正を受ける。最後にジャイロ出力信号は, プラットフォームをその軸に対してまわすモータの駆動を制御し, ジャイロ感度の軸に平行にセットする。この結果ジャイロの感応要素に対するモメント方程式を次のように求めることができる。

$$K \int (v' - g\delta) dt + F (v' - g\delta) - H (v/R + \delta') = 0$$

K: 機構のセット時間係数

F: ダンピング係数

H: ジャイロの運動モメント

若しここで W を積算出力信号とし $W = \int (v' - g\delta) dt$ とするならサーボ結合の方程式として W と V の間に次の関係がある。

$$\frac{H}{g} W'' + F W' + K W = \frac{H}{g} V'' + \frac{H}{R} V$$

この式から W が V に等しくなる条件を引き出し得る。

$$F = 0 \quad \text{ダンピング抑制}$$

$$K = \frac{H}{R} \quad \text{セット時間}$$

この条件のとき $V = 0$ の機構自体のモメントは次式となる。

$$\frac{I}{g} W'' + \frac{I}{R} W = 0$$

自然周期のモメントは

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = 84.4 \text{分}$$

W と V との関係はジャイロドリフト, 最小感度加速度計の非直線性, 積分計の誤差, 設定周期の不正確等機構上の数々の不正確さを解析させ得る。この解析は殆んどが本論の分野を超えるのでその結果を述べるだけに止めたい。ここでは機構上の諸要素に対する原則的条件は誤差として速力 $W - V$ に対し 0.2 ノット以下に止める。

1. 積分ジャイロの 1 自由度に対し

ドリフト: 1 時間につき 0.003° 以内 (0.003 deg/h は 0.2 ノットの誤差を生ず)

偶力: 1 時間につき 16° のプレセッションを与える
量自転修正精度: $0.003/15 = 2 \times 10^{-4}$ の最大修正

2. 加速度計

測定の場の強さ: $50 \times 10^{-3}g$

閾値感度: $0.005 \times 10^{-3}g$

即ち測定フィールド 10^{-4}

リニアリティ: 1×10^{-3} の測定フィールド

修正精度: $0.005 \times 10^{-3}g$ 即ち Coriolis 加速度最大の1.5%, 極加速度最大の20%

3. 積分計

加速度積分器の性能は入力信号の質に対し適当なものでなければならぬ。換言すれば加速度計の性質に適合するものであることを要する。殊にそのドリフトは加速度計の閾値 (threshold) と同じ効果をもつべきものであり20分間に0.2ノットのドリフト加速度計 threshold $0.008 \times 10^{-3}g$ に対し0.2ノットの速力誤差。

4. 周期設定 Setting period

Setting period 要素の誤差は速力比例誤差として表われる。周期自身はこの要素の平方根で変化する。周期の 2×10^{-3} 誤差は50ノットの速力に対し0.2ノットの誤差を与える。

以上述べたことはこの種の機械を作るために生ずる問題を十分に示している。

技術的な観点からは主として二つの困難な問題がある。積分ジャイロの制作は1時間あたり 1/1000 度のオーダ

のドリフトに抑えること、加速度計の threshold は $1 \times 10^{-5}g$ の半分のオーダであること (垂直分力は角度1秒を検知) 現在の計器の精度はこの値の 1/10 程度であるが、技術の進展はコンスタントに見られるので我々の目的は短い時間で達成されるであろう。

我々の結論としては INS 今や海上分野に入りつつ新しい可能性があると考えている。更に要求されるものは慣性中心部に必要な高性能のジャイロ、加速度計で、これらは現在のジャイロコンパスより遙かにすぐれた製作を要する。そして垂直方向の中心は必要な精度が要求される自動セクスタントと同じように、水平線発信技術の進展を促すであろう。以上要約すれば INS は次のものを約束する。

風、潮流の影響を加味した D.R

現在のジャイロコンパスより精度の高い子午線方向垂直分野は天体観測等の視覚水平線におきかえ得る。このような要素は海上航法の新しい時代の始まりを約束している。

レーダー指示方式の改良について

Improvement in Radar Data Presentation

K. V. Curtis and T. J. Kelly

(IRE Transactions on Aeronautical and Navigational
Electronics—volume ANE-5, June 1958 No.2)

木村小一訳

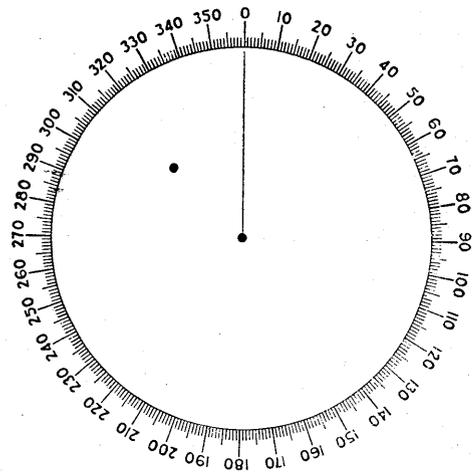
戦争によつて発達した不思議な装置レーダが10年前に商船用として取付けられたとき、世界はそれを称賛し海上の衝突事故は終りをつげたと宣言した。その後の記録はその称賛は誇張であり、宣言は尚早であつたことを証明した。レーダは衝突を無くすることは出来ないし、実際にある状態のもとでは、もしそういう言葉が許されるならば、レーダが衝突を成功させるのに寄与した例さえることができる。

何故一方又は両方の船が近代的レーダを持つていながら Andrea Doria 号と Stockholm 号のような衝突事故がおこるのであろうか。人々はレーダの休止、航法規則の適用、装置使用上の失敗その他似たような要素に解答を求めらる。しかし我々レーダ技術者としては「何故」を装置とその設計の項に於て答えるべきであらう。

レーダとは電波測位並に測距装置という意味であることを思い出してほしい。その機能は観測者に観測する物

標の方位と距離の情報を与えることである。公表された衝突事故の報告を注意深く検討すると、レーダはこの機能を行つてゐることを証明している。レーダはこれらの衝突がおこる筈がないよう良く使用されているにも拘らず、なおおどろくほど屢々船や人命の貴重な損失を伴つて衝突がおこつてゐる。我々には航海者がレーダを衝突防止に役立たせるため、得た情報を理解し、それを評価し、実際に利用することを助けるために何をなすべきであらうか。我々はこの点についての或る考えを持つてゐるのでここに提出して参考に供したい。

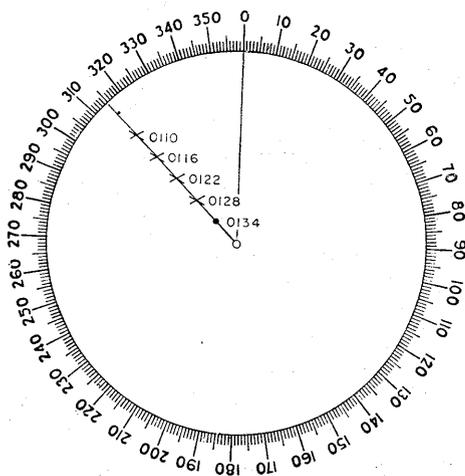
先ず第一図を見ると、これは20マイルレンジの相対方位指示で、広い海面に唯一の物標のみが見えてゐるレーダの映像を表す。この映像からわかるのはわずかに2つのこと、即ち物標が12マイルの距離で方位 315° に見られるということである。一度の観測では方位と距離との2つの情報だけしか得られないという事実を理解すること



第1図 相対方位指示20マイルレンジ

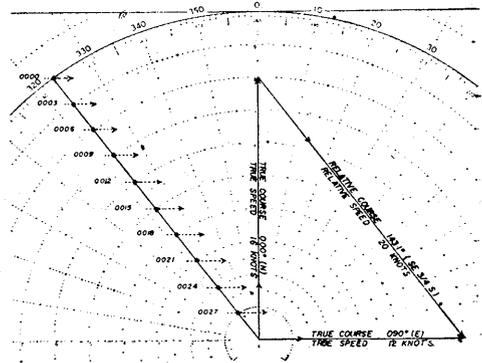
は重要である。一回の観測からは如何なる想像も出来ないしまたどんな航法上の処置もとるべきでない。観測している物標の移動方向と相対的な速力のような前記以外の情報を推定し得る一連の観測が出来るためには、時間を経過させることしかない。一連の観測が必要なため推定結果を価値あるものとするにはそれを記憶又は記録する方法が必要である。我々レーダ技術者としては、一連のレーダ観測をしたときの人の記憶は非常に間違いやすいと云うことを強調したい。しかも我々は記憶のみによる観測物標の移動方向と速力とは大抵の場合充分な推定でないことを心配する。

次に第二図第三図に我々は正しい推定の出来る観測結



第2図 反射式プロッターによる記録

果の記録方法について述べる。



第3図 プロッター用紙による記録

簡単な方法は回転式の方位カーソル線を各々の時間に観測する物標の上に重ねることである。もしもそれとの間の距離が減少し、方位が一定であれば我々はその物標と衝突するコース上になることになる。この基本的法則を航海者はよく理解し応用されている筈である。航海者にとつての真の問題点は衝突のコースをうまく避けるためにどんな動作をするかということである。もし彼が相手の船の速力と針路をはつきりつかむことが出来るなら、とるべき動作と、そのおよその結果とを判定するのに大いに役立つであろう。次々に観察した方位と距離を第2図のように反射式のプロッターに記録するか第3図に示すような別のプロット用の紙にプロットすれば情報を正確に決定することが可能である。

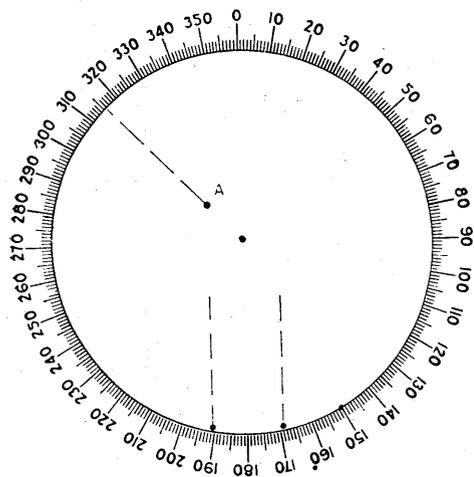
当直航海士はどんな衝突コースとなる状態がおこりつつあるかを見極めるため、方位カーソルで物標を屢々チェックしながらでは、たとえ反射式のプロッターをつけていても、他の仕事もあるし、また観測する物標が数多い場合もあるので、これらの物標の位置を常時連続的にプロットすることは不可能である。その他あまり明らかな要素も考えなければならぬ。商船に圧倒的に多く使用されている相対方位指示では船が転舵するたびに新しいプロットを始めなければならぬし、有効なデータを得られるようになるにはある時間を経過しなければならない。

今レーダによつて観測出来るすべての物標の時々刻々の方位と距離の観測値を貯えることの出来るような記憶装置を考えるとこれらのデータの全部を一つのプロット指示上に一目で見られるように表示することが考えられる。このような記憶装置は有効であり、このような表示を作ることはできる。

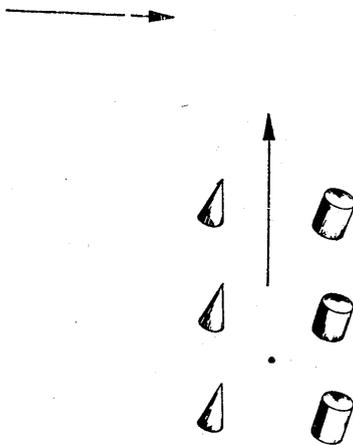
記憶装置は記憶管又は蓄積管と云い普通のブラウン管に外形構造がよく似た真空管である。これは映像周波の情報を蓄積出来て分解能は約 600本である。レーダの受

信機と指示器の間に記憶管を挿入することによつてレーダが観測するすべてのものを憶えることが出来る。情報は千分の1秒でも、数日間でも貯えられるが我々の目的には30分で充分のようである。情報は徐々にでも、数百分の1秒の間にも消すことが出来るし、また消すことなく数千回でも読み取ることが出来る。

ここで第4図は第5図に示すように浮標の間の航路を通りすぎて他の船に行きあつているときに見られる表示を示す。



第4図 第5図のブイ間を縫い他船と行き会う表示

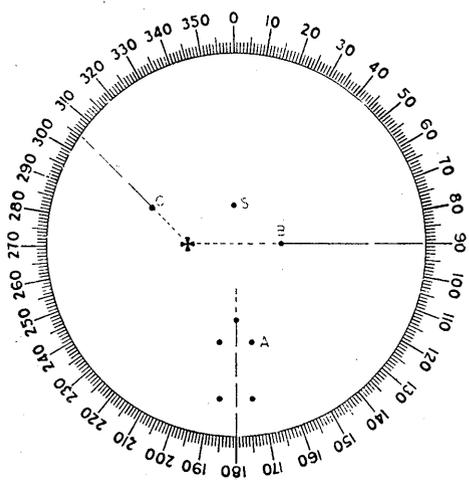


第5図

ここに現われているのは半時間にわたるすべての物標の距離と方位の全観測の自動的プロットである。我々は物標Aに対する衝突コースにいることが方位線が不変であることから明らかになる。第4図ではまた物標の追尾

線が破線であることに気がつくであろうが、この破線の一本一本は自動的に時間を示すからこれから速力を直接測定出来る。例えばもし破線の本数が6分を示すならばその長さの10倍が時速となる。デバイダーを使えばAの相対的な速度が決定出来るし、コースと速力が不変ならばその相手と衝突する時間を予知することも出来る。平行定規とデバイダーを使えば相手の真のコースと速力を、プロットイング法を使つて第3図に示すように直接映像面上から計算出来る。

更に重要なことは、もし我々が義務船であるならば、我々は舵を取ることが出来、そして位置を示す自動的プロットの新しい線が急速にのびて行くので方位を取り初めてよいかどうかを短時間に正確に決めることが出来る。同様に自分の側のどんな行動もすぐ連続的にのびて行く自動的プロットにあらわれる。この装置は航海者がレーダによつて得られた情報を理解し、評価し、応用するものに非常に役立つだろう。それは彼の記憶の中に残る断片的な印象と比較し、数多くの観測を取りまとめた結果を与える。其他これはレーダの機能にも著しい改善を与える。小さな物標は充分近くなつてレーダの電波ビームがそれを照射する毎に有効な反射信号が受信できるまで普通のレーダスコープ上には現われない。記憶装置は10回のパルスの中の1回のみでの反射でさえも蓄積して表示するから水平線内最大探知距離が改善される。逆に指示器上の正確な同じ位置に繰返して現われない雑音、雨、海面反射などの不規則なインパルスは蓄積されない。従つて記憶装置から得られた指示は普通のレーダ指示に比べて、不要な信号がなくなつたという点で進歩している。



第6図 トルモーシヨンの表示

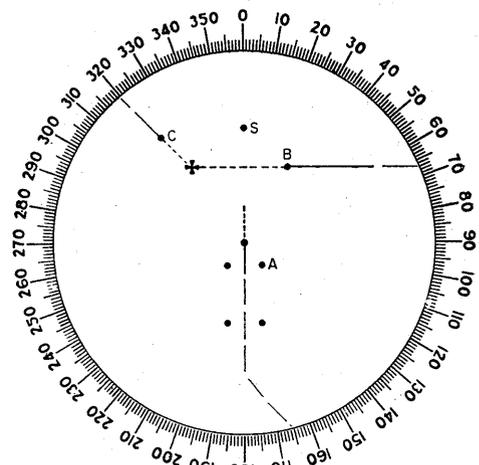
この方式は広い海の中では大きな価値を有しているが、海岸や港の近くでは陸地が重なりあつてぼやけたり、非常に多くの尾を引いた線の混乱によつて汚されるからその有効さが限定される。

航海者に理解と評価と応用を助けるレーダのデータの他の指示方法が最近英国の技術者仲間によつて推薦されている。この方法は戦時中に対潜水艦戦の一方法として英国で発見されたものの改良で、レーダ観測者に彼が航海している固定海図を表示するものである。すべての固定物標は静止したままで、動く物標はすべて観測者も含めてその真のコース及び速力で指示器の映像面上を移動する。長時間（30秒）の残光性をもつたレーダ指示用のブラウン管が各移動物標のうしろに短い尾を作るために使用される。これは使用者に他の船の速力と方向を大略推定させる助けとなる。今では我々はトルモーシヨンの長時間の記憶用の蓄積管が利用出来るから航海者にとつて本当に価値のある器具となつた。第6図に記憶装置と自動プロットを有するトルモーシヨンの指示方式が示してある。

我々は狭水路をはなれつつある船Aに乗つて浮標Sを目標に航行している。船Bは水路を横断し、船Cは港へ向つている。測定した速力を考慮して3つのすべての航路線を単に延長することによつて複雑な位置の関係が直ちにわかる。もしすべての船が現在のコースと速力を保持するなら衝突するのはBとCで観測者は関係ない。しかし観測者は当然BとCの位置の変化によつてその行動を見守りつづければならぬ。勿論このような行動はこの型の長時間記憶式自動プロット装置を持つてゐるAでは直ちに明らかになる。

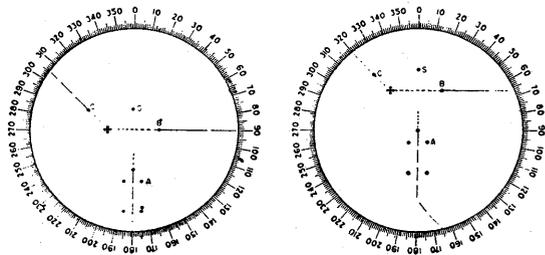
トルモーシヨンの指示を使用することの便利さを考えるときこのような疑問がおきる。航海者たちは、あたかも彼が海図上に宙ずりされているような相対的基礎に立ち、操船哲学を根本的に変えるような操船の訓練と経験の時間を克服出来るだろうか。

我々はトルモーシヨンのプロットングに第7図に説明するような瞬間的な相対関係を組合せることがその答であることに気付いた。この方法は記憶管を使つてトルモーシヨンの図を蓄積し、一方その結果のデータを観測者に相対的に指示用ブラウン管で示すことによつて得られる。換言すれば指示器のブラウン管は観測者の位置が中心に来るようにし、他の物標はそれに相当する距離で、観測者に対し相対的な方位に表れる。装置した船の航跡線は船尾に表われる。自動的にプロットされる移動体の航跡線はその真のコースと速力で示される。固定した物標は映像面を船と相対的に尾を引くことなく移動す



第7図 瞬間的にトルモーシヨンの相対関係を組合せる

るが航跡線を持たない。この組合せは他の物標が方位を変化しないことを観測することによつて衝突のコースを決定出来る便利さを持つた普通の相対式の表示の有効性を保持していると同時に、観測する物標の真のコースと真の速力を自動的にプロットするすばらしい余分の特長を持つてゐる。これは使用者に他の船の様子と、それがそれまでに動いた経過と、それから動くであろう予測とコースと、コース及び速力の変化に対する瞬間の注意を与える。固定物標は航跡線を引かないのですからすぐ見わけられる。



第8図

自動的プロッターの試作品は2年以上前に試験され成功し、蓄積管を使用した装置が自動的に航空機を追跡する空港監視レーダ方式に組込まれた。この一年の間にこれと同じ装置が相対モーシヨンのトルモーシヨンの自動プロッターの両用として商船用レーダにつけて海上実験が行われた。この自動プロットングの方法は航海術上からもレーダ技術上からも注目すべき進歩であることが認められた。我々はこれを初めた技術者であるけれども我々は自分の判断を信用してはいない。我々はこの方式を数多くの国の人々に説明し討論を行つて来た。我々は意見

が全員一致することを期待しなかつたけれども大多数の人は第7図に示す瞬間的相対運動トループロットの方法に特に、熱意を示した。(第8図に蓄積管と自動プロットを使ったトルーモーションと相対モーションの比較を示す) その結果3つのすべての方法を含んだ実際の装置が実用化され作られた。すでに取付けてある装置には現場でこの装置を取付け、新しく船に取付けるのは工場を取付けることにするつもりである。

過去数年間、特に Stockholm 号と Andrea Doria 号の事故以来レーダの使用者及び製造者は等しくレーダを

もつと有効にする方法について努力して来た。事実、各レーダ製造者は色々な装置を作つていてそのうちのいくつかは報道され、また新装置として提供されている。必要は発明の母であるけれどもレーダ航法における何らかの革命が現在行われている研究によつて得られるであろう。

我々は当直海士によつてしばしば注意を忘れるレーダ映像のデータを、記憶装置を用いることによつて海難事故を少くするのに有効に航海者が理解し、正しく評価し、応用することで長足の進歩をすることを信じている。

KM-722 型船舶用速度計 神戸工業KK

1. 概要

1.1 概説

本装置は電波のドプラー効果を利用して船舶の速度を測定するもので、気象条件、時間、海域等に拘束されることなく、然も測定者の個人誤差なく容易に高い精度で速度測定を行うことが出来る。

1.2 方式

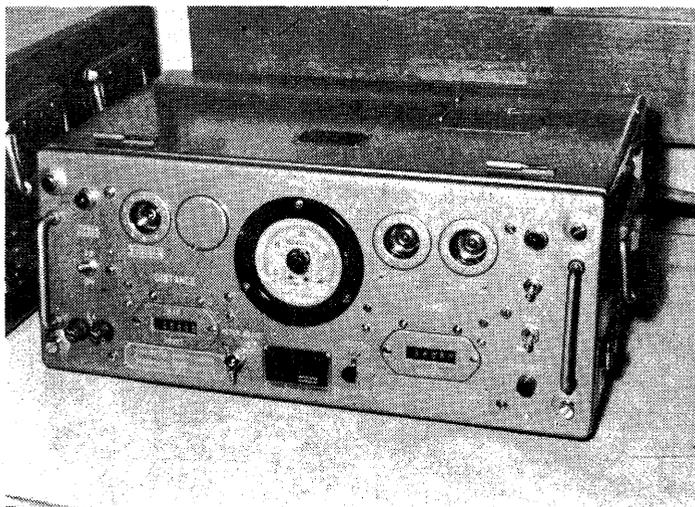
被測定船より連続波(A₀電波)を放射し、固定中継所でその電波を受信すると共に、その2倍の周波数の電波を被測定船に向けて送り返せば、被測定船では返送波と元の送信波の第2高調波との間に船速に比例するドプラービートを生ずる。此のドプラービートの周波数を測定すれば船速を測定することが出来る。

1.3 本方式の特徴

- (1) 装置の操作は簡単で、特に技術者を必要としない。
- (2) 従来の標柱方式に比し迅速かつ個人差なく、高い精度で船の速度を測定し得る。
- (3) 標柱方式では視野を必要とするため、気象条件に左右されることが有り、且夜間の測定が困難で

あつたが、此の欠点は除かれる。

- (4) 従来の方式は標柱間の平均速度しか得られないが本方式によれば瞬時速度も測定可能である。従つて助走距離の決定、規定速度に達したことの判定に使用できる。
- (5) 本方式は一定地点(中継局位置)に向けて(或いはその逆)航行するため標柱設定条件に拘束されず、従つて航法上従来の方式より優つている。
- (6) 船舶の大型化に伴い、従来の標柱方式では海域の狭あいによる助走距離の不足、水深の不足、海流波浪、風向等の影響を或る程度以上避けられなかつたが、中継所位置を任意に選ぶ(可搬型になつている)ことによりはるかに自由度の高い海域で速度試験を行うことが出来る。
- (7) 従来の方式よりも測定従事者数を削減でき且前2項の理由により試運転に要する諸経費の節減が可能である。
- (8) 直読式の測定が可能である。
- (9) 使用方法によつては旋回試験後進試験等の試験にも使用することが出来、船上にて半径、航跡等の記録を高い精度で求めることも出来る。



計 数 器 部

- 1) 中央の大きなメータは速度を直読出来ます。
- 2) 右側の計数管2ヶ(1ヶは1/10秒、他の1ヶは1秒)及びその下の録数器は計測時間を測定します。
- 3) 左側の計数管及び録数器は上記の時間内のドプラー周波数をカウントします。
- 4) 時間とカウント数からスピードを計算します。録数器の下に計算式が書いてあります。



計測局計測装置

向つて左より、計測局送信機部、計測局受信機部、計測局計数器部、同附属部、記録器

TM201型電波距離測定機 太洋無線KK

1. 概説 本機は、昭和31年度以来北洋に於ける鮭鱒漁業で、水産庁監視船と各船団の母船との間に使用している DM—TS 型距離測定機の改良型であつて、自動応答装置を組み込み、電波伝播距離に比例する位相の遅れを自動的に指示するサーボ系の指示速度を増加し、更にセット全体を小型化したものである。昨冬日本水産（株）所属の南氷洋捕鯨船団の全船に装備し実用された。その結果、本機の機能の優秀さは充分証明された。

2. 作動原理 本機の作動原理は、既設の D S B 送信機のマイクロホン回路に距離測定用の変調波を挿入し、両局間の電波伝播による変調包絡線の位相の遅れを自動的に測定するもので、両局で同一のセットを使用する。

3. 運用方法 本機の主たる使用法は、船間の相対距離の測定、また方向探知機と併用して相対船位の決定を行うことである。

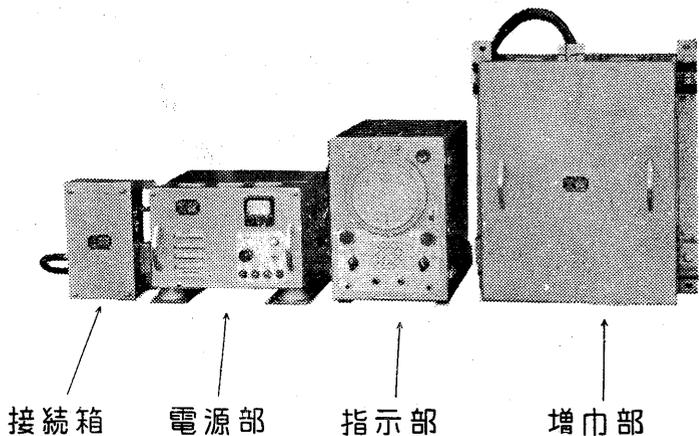
4. 構成 セットは写真に示す通り、電源部、増巾部、指示部に分れ、所要電力は AC 100 V, 1.5 A, 送信帯域巾は 1.5 kc 以内、変調周波数は約 700 c/s で独立同期式、その偏差は 2×10^{-5} 以内、ダイヤルは直接渾で目盛つてあり 360° が 116 渾に相当、測定は 20W 送信機使用のとき海上 200 渾まで可能で誤差は距離の大小によらず ± 2 渚以

内である。

5. 特徴 本機の特徴とする所は、

- (1) 電波の占有帯域巾が極めて狭いこと。
- (2) 送受信機内の位相遅れを自局だけの試験で補償可能であること。
- (3) 応答側はサーボ系の働きにより、受信アンテナに到着した電波と同相の電波を送信アンテナから送り返すこと。
- (4) 自動応答装置とサーボ系の速応性により総合測定所要時間を短縮して、独立同期方式にさけられない変調周波数偏差による距離測定誤差を極小にして

TM-201 型電波距離測定機



いること。

6. 特許 昭和31年特願第 13112 号無線距離測定装置
昭和35年 3月23日公告決定

27Mc 帯 SSB 無線電話装置 安立電気KK

ARS—5909 形 VHFSSB 無線電話装置は 27Mc 帯の抑圧搬送波 SSB 方式の無線機で従来の A3 方式の無線機に比べて約 $\frac{1}{2}$ の占有帯域巾と $\frac{1}{10}$ の電力で同等の通信をすることができます。本機水晶フィルタの採用、スライド式チャンネル切換スイッチの採用等、種々の特長があり、小型軽量でかつ船舶局にも海岸局にも使用できる性能をもっています。又本機は搬送波の添加も可能でこの場合には A3 局とも通話することができます。

本機は新たな試みとして送信機の出力を中間周波増巾部に整流帰還する AGC 方式を採用して各種の試験を行なった結果 10~20 db の振巾圧縮により歪を増加させることなく平均変調度が高められ、遠距離の微弱の電波のとき特に S/N の向上に威力を発揮します。

規格

一般

周波数範囲	26Mc—27Mc
通信方式	交互通信方式
チャンネル数	3波
電源	Dc24V 又は Ac100/220V約150W
寸法重量	
本体	高さ255mm 巾195mm 奥行405mm 約

12.5 kg

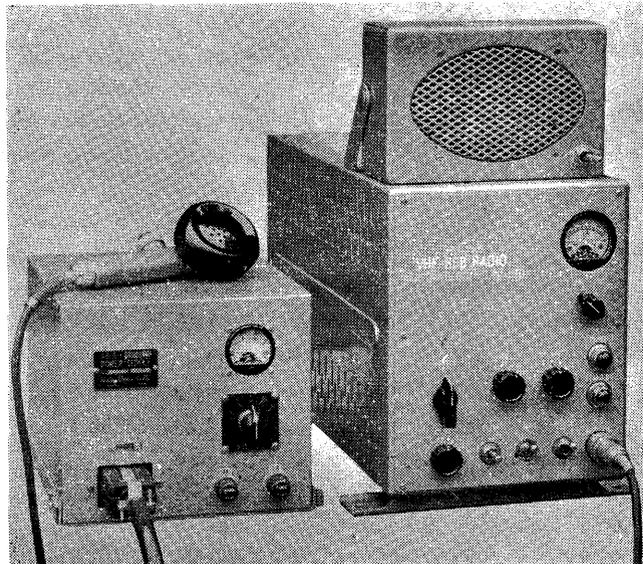
電源 高さ152mm 巾196mm 奥行226mm 約
11.5 kg

送信部

電波型式	A9 (抑圧) A9 (添加)
変調方式	低電力平衡変調フィルタ方式
出力	A9 (抑圧) 5W A9 (添加) 2.5W
周波数偏差	5×10^{-6}
スプリアス強度	-40 db 以下
搬送波抑圧比	-40 db 以下
変調周波数特性	400~2000 c/s に於て偏差 6 db 以下
トーン発振周波数	1500 c/s

受信部

受信方式	シングルスーパーヘテロダイン方式
電波型式	A9 (抑圧) A9 (添加) A3
感度	A9 (抑圧) S/N 20 db 出力 500mW に於て $2 \mu V$ 以下 A3 S/N 20db 出力 500mW に於て $5 \mu V$ 以下
映像比	-40 db 以下
通過帯域巾	2.2~2.6 kc
帯域外減衰傾度	90db/oct 以上
周波数特性	400~2600c/s に於て偏差 6 db 以下
出力	1W以上
クラリファイヤ調整範囲	約 ± 250 c/s



THE INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC REVIEW

- Vol. XXXII, No. 1, (1955)
 British Admiralty: Decca Navigator in Hydrographic Surveying.
- G. A. Roussel: Electronic Surveying in Offshore Areas.
- E. M. Kampa & B. P. Boden: Submarine Illumination and Twilight Movements of a sonic scattering Layer.
- The Admiralty Gyro-magnetic Compass-Type 5.
- Echo Sounding Apparatus: New Marconi "Graphette" Dry-paper recording Echometer.
- Vol. XXXII, No. 2, (1955)
 Decca Navigator Company: Two Range Decca.
- H. Lacombe: The Rana Radionavigator.
- Y. Rampioni: Comparative Features of Loran and Consol Long-Range Navigational Aids.
- W. Stanner: Observation of Consol Signals at Great Distances with Special Emphasis on the so-called "Peiltakt" Phenomenon.
- Compagnie Francaise Thomson-Houston: Teleradar. Structures for Maximum Radar Returns.
- Radar Reflectors used in Canada.
- H. F. P. Herdman: Directional Echo Sounding.
- Vol. XXXIII, No. 1, (1956)
 The Requirement for Radar Charts at Sea. A Discussion.
- Vol. XXXIII, No. 2, (1956)
 German Hydr. Institute: Radar Technique for Beaconage Purposes.
- Anomalous Propagation in Radar.
- Vol. XXXIV, No. 1, (1957)
 H. G. Hawker: The Mark 10 Decca Receiver.
- H. G. Hawker: Some Developments of the Decca Navigator System: Dectra.
- H. C. Freiesleben: Comparison between Two Decca Chains.
- C. Powell: The Decca Navigator in Hydrography.
- H. D. Harries: Experiences with Radio Navigation Systems made during a Voyage to Ecuador and back.
- W. Busch: A Radio Position Finding Equipment for Depth Surveying.
- W. Faust: Observations of the Operational Characteristics of European Consol Beacons.
- Vol. XXXIV, No. 2, (1957)
 I. A. Millr: Two-Range Decca installed on the Hydrographic Vessel *Kapuskasing* (Canada)-1956 Season.
- Ir. W. Langeraar: The Use of Decca as an Aid to the Hydrographic Survey of Netherlands New Guinea
- U. S. S. R. Delegation: Echo Sounding Corrections.
- J. Hoffman: Hyperbolic Curves applied to Echo Sounding.
- Dr. Busch: Atlas-Radiolog, A Radio Position Finder Equipment for Depth Surveying.
- W. Kunze: General Aspects of Application of Horizontal Echo Sounding Method to Shipping.
- W. Ahrens: Use of Horizontal Sounding for Wreck Detection.
- L. Nystedt: Automatic Computation of Hyperbolic Lattices.
- M. Wachtler: Navigation by Radio Direction-Finder without the Use of a Compass.
- A. Brunel: Radio Position-Fixing Systems in French Hydrography.
- Vol. XXXV, No. 1, (1958)
 J. Th. Verstelle: Use of the Decca Navigator Survey System in New Guinea for Hydrography and as a Geodetic Framework.
- L. Nystedt: Automatic Computation of Hyperbolic Lattices.
- Vol. XXXV, No. 2, (1958)
 J. Th. Verstelle: Accuracy of Speed Trials on the Measured Mile.
- Vol. XXXVI, No. 1, (1959)
 Ph. M. Cohen: Directional Echo Sounding on Hydrographic Surveys.
- J. Th. Verstelle: The Decca System for Ship Acceptance Trials.
- W. Stanner: Morphology of Radio Aids to Navigation.
- Vol. XXXVII, No. 2, (1960)
 J. Dupont: The Development of Air Traffic and the Use of Air Radiobeacons by Ships.

THE JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION

Vol. XII, No. 1 January 1959

Automation in Marine Navigation.	
by F. J. Wylie	1
A Voyage from Blackwall to Southampton in 1582.	18
by E. G. R. Taylor	
Blunders and Gross Human Errors in Navigation. The Significance of Blunders.	28
by A. M. A. Majandie	
Man and the Machine.	30
by W. P. Colquhoun	
Blunders in Computation and Proof-reading.	36
by D. H. Sadler	
Blunders as the Cause of Collisions and Groundings at Sea.	38
by J. E. Jowitt	
Abnormal Errors and Aircraft Separation over the North Atlantic.	41
by C. S. Durst	
The chance of Obtaining Large Errors.	45
by J. B. Parker	
A Modern View of Astronomical Navigation.	54
by D. H. Sadler	
Radar and Collision Regulation	58
by L. Oudet	
Instrumental and Automatic Control for Approach and Landing.	66
by K. Fearnside	
The Measurement of Wind from Aircraft Using a Doppler Navigation System.	84
by R. J. Murgatroyd & N. C. Helliwell	
Polynesian Navigational Stones	90
by Brett Hilder	

Vol. XII, No. 2 April 1959

Blind Landing.	115
by W. J. Charnley	
Handling a Vessel in Ice.	141
by U. S. Hydrographic Office	
Loran Accuracy Diagrams for Four-station Fixes.	153
by K. Hasegawa	
The Admiralty Chart. (A Discussion)	163
Electronic Sector-scanning Asdic.	184
by D. G. Tucker	
Navigating the Small World.	190
by C. Mudie	
Off the Beaten Track: Journey across Antarctica	195
by G. Lowe	

Vol. XII, Nos. 3,4 July/October 1959

Radar and the Collision Regulation. (The Report of a Working Group)	221
--	-----

Brain Function in High-speed Navigation.	238
by W. Goody	
Automatic Radio-celestial Navigation.	249
by G. R. Marner	
The Grand Topography of the Universe.	260
by E. G. R., Taylor	
The Jet Stream.	266
by E. Chambers	
Air and Sea Tests of Deetra.	289
by C. Powell	

Vol. XIII, No. 1 January 1960

Mathematics and the Navigator in the Thirteenth Century.	1
by E. G. R. Taylor	
Limitations of the Dead Reckoning Reference at Sea.	13
by H. C. Freiesleben	
The Limitations of Airborne Dead Reckoning Today.	19
by E. W. Anderson	
The Information to be Displayed on an Automatic System in the Air	22
by W. H. Mckinlay	
The Nature of the Information to be Displayed at Sea.	39
by L. S. Le Page	
Radio Techniques for Automatic Systems in the Air.	47
by J. R. Mills	
Inertial Techniques for Marine Navigation.	58
by H. N. Bailhache	
Inertial Methods in Hybrid Navigation System.	61
by D. E. Adams	
The Use of Radio Sextants in Automatic Navigation System.	70
by C. M. Cade	
Self-contained Polar Navigation.	76
by E. S. Pedersen	
Some considerations of Free-gyro Failure in Air Navigation.	78
by J. F. Green	
The Role of the Computer in Automatic Navigation.	88
by P. A. Houghton & J. H. R. Lewis	
High Information from Doppler Navigators.	96
by G. E. Beck	
A Roller Map Equipment.	98
by G. Wikkenhauser	
The Human versus the Automatic Navigator.	105
by A. M. A. Majandie	

航 空 係 關

Interavia; Jan, 1959, p87

“Compact navigational Computer”

Interavia; July, 1959, p822

“Inertial guidance for long range aircraft”

Interavia; July, 1959, p824

“LINS—Light weight inertial navigation”

Interavia; Jan, 1960, p88

“Analogue or digital? A plain man's guide to computer techniques”

Interavia; Feb, 1960, p219

“Fire control for ship's anti-aircraft artillery”

Interavia; March, 1960, p329

“Synthetic radar training”

Interavia; May 1960, p606

“A practical approach to automatic instrument landing”

Interavia; May 1960, p602

“Capacities and limitation of electrical computer”

Aviation Week; Jan 1959 p53

“X-15 Flight system show all attitudes”

Aviation Week; Feb 1958, p78

“Gyro drift cut by bearing techniques”

Aviation Week; Dec 1958 p67

“Optical guidance designed for missile”

Aviation week; Nov 1958 p65

“Meteor-Burst avionics resists jamming”

電波航法 ————— ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

昭和 35 年 12 月 1 日 發 行 1 9 6 0

昭和 42 年 7 月 20 日 再 版 No. 1

編 集 東京都千代田区霞ヶ関 2-1
發 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
No. 2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo, Japan

印 刷 東京都新宿区東五軒町 26 番地
(有) 啓文堂 松本印刷

昭和四十二年七月十五日印刷
昭和四十二年七月二十日再版發行

電
波
航
法

電波航法研究会 發行