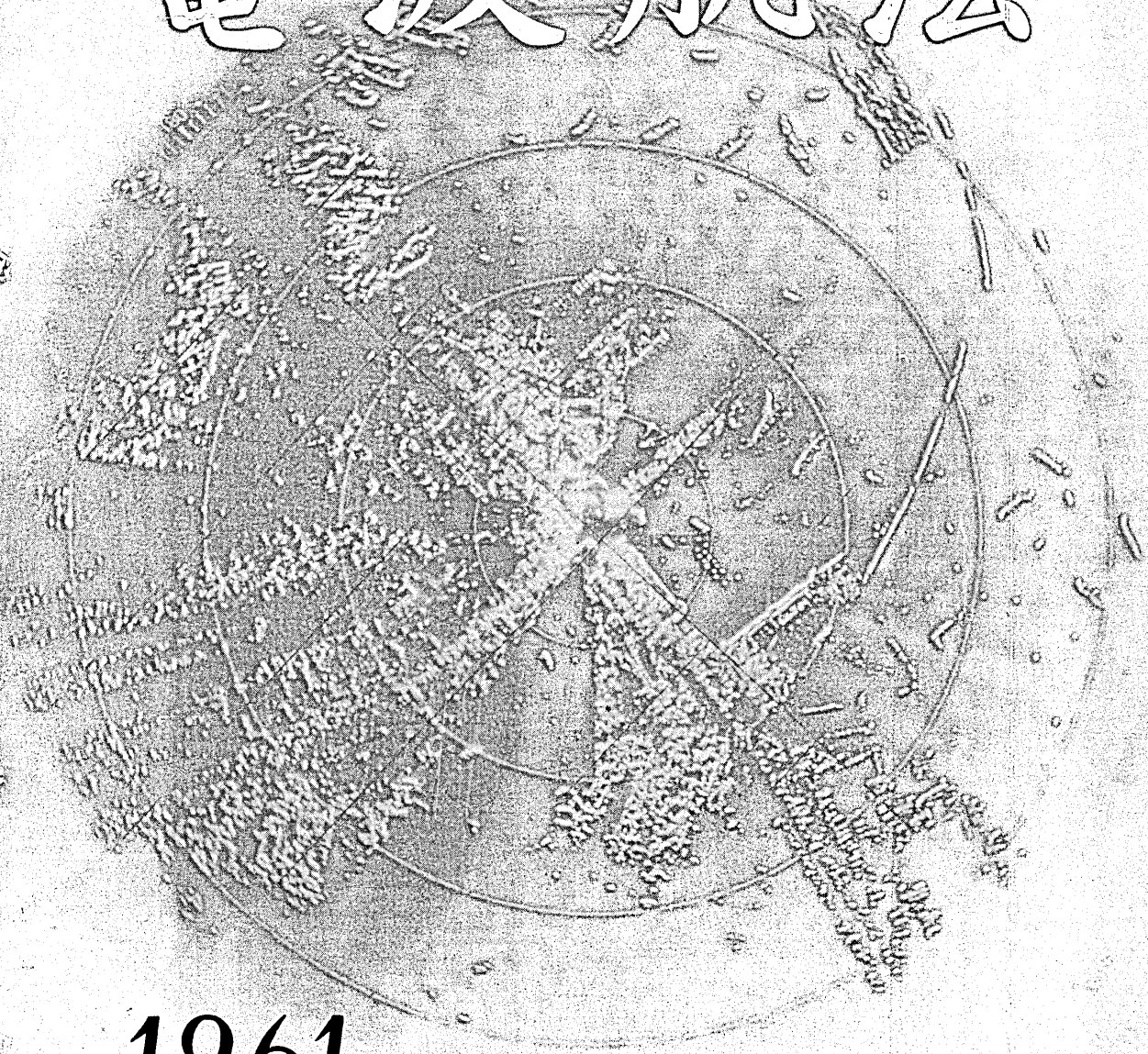


ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

電波航法



1961

2

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee-
for Radio Aids to Navigation

—目 次—

巻 頭 言	鮫 直 島 人	1
-------------	---------	---

研 究 調 査

コーナリフレクタについて	庄 司 和 民	3
--------------------	---------	---

展 望

ロラン局の現状とロランCについて	豊福滋善, 宇治田浩	13
第6回航路標識会議の模様とUSCGでみた電子航法	川 上 義 郎	18

講 座

レーダ航法(Ⅱ)	茂 在 寅 男	31
電波六分儀の解説	木 村 小 一	37

海外資料紹介

自動航法におけるラジオセキスタントの用法	飯 島 幸 人	43
----------------------------	---------	----

ニ ュ ー ス

新製品紹介	電波監理局, 水洋会	45
-------------	------------	----

文 献 標 題

The Journal of the Institute of Navigation		49
Proceedings of the IRE		
IRE Transactions on Aeronautical and		
Navigational Electronics		

あ と が き		51
---------------	--	----

巻 頭 言

電波航法研究会々長 鮫 島 直 人

ここに電波航法の第2巻が刊行され、その内容も一層充実してきているのを見て、御同慶に堪えない。これは全く会員諸氏のふだんの研究と努力の賜であることは、改めていうまでもない。

電波航法研究会の発足当時の模様やその使命については、創刊号に述べられているが、本年は本会が発足して丁度10周年に当るので、この機会に本会の在り方についても今一度考えてみる必要があるだろう。

幸い本会は昨年多数の新会員を迎えて、基礎も強固になりつつあることは、まことに心強い次第で、本会の著しい特色も、電波航海計器の使用者、製作者、関係官庁、大学研究所等の各方面の方々が集っている点にあると思う。使用者の実情と要望を聞いて製作者の参考にし、また製作者の苦心を聞いて性能の限界を知り、それを最大限に利用する。あるいは製作者の新し考案が、実用上有効であるかどうかなどの検討が、お互に大きな収穫になるのである。もしもそれが別々の研究会であつたならば、その発展は限界があるか、あるいは一方に偏つたものになるだろう。その意味で本会のように、各方面の方々と交えて、共同の広場を持ち得ることは、非常に有益なことであると思う。

しかしこのような会の運営は甚だむづかしいもので、違つた職種の人の集りであるから始めは何となく打解けにくく感ずるかも知れないが、お互に他の一面には暗いのであるから、遠慮なく意見や質問を交わすことが大切である。高度の特殊な研究をするには、別の研究機関があり、本会の目的はそれとは別のものであるから、皆が気楽に発言してざつくばらんに話合ふようにしたい。多くの新会員を迎えた機会に、本会の特色を思い起こして、参考とした次第である。

なお本会誌の内容も、上に述べたような主旨にそつて編集されているのであつて、編集を担当されている委員の方々の苦心に対し敬意を表するとともに、本誌が各界層の人々にとつて有益であることを信じ、会員外の方々にも広く読まれることを望んでやまない。

今回はからずも森田前会長の後をうけて、私が会長の重責を負うことになつたが、まことに不敏でその職責を充分果たすることができるか心配である。ただ熊凝副会長始め会員諸氏の御援助と御支援によつて、もしも前に述べたような会員相互の橋渡しに役立ち得るならば幸いである。

コーナリフレクタについて

東京商船大学 庄 司 和 民

1. 概 説

レーダのPPI映像面上で、ある物標を他の物標の中からより分けて認識したい（識別したい）場合、その物標のレーダ反射を特に強める目的で用いられるものにコーナリフレクタがある。コーナリフレクタは三面鏡の原理を応用して、三つの互いに垂直な面をつくつて、レーダ電波がこれらの面で三回反射すれば再び到来方向にもどるようにしているものである。

2. 用途上の分類

まづ用いられる場所によつて分類すると次のようになる。

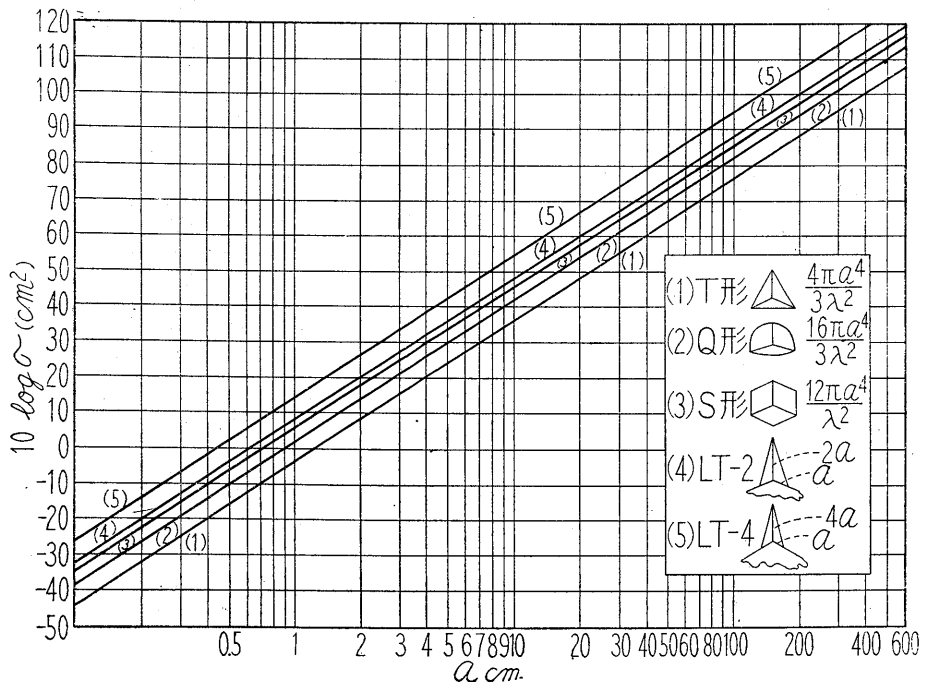
(i) 陸上用、低い砂浜で映像の表われにくい所や、遠浅の沿岸、単調で同じような形の海岸線、出入港針路の目標地点等に設置するもので金属製の大きいコーナリフレクタが用いられる。陸上用としては、背景の陸地と区

別するために大型のもので、強固なコンクリートの基礎で建てられ、海に面した方向にだけ向けて造られている。また特殊な識別図形をこのリフレクタでPPI上に表わすように配置して建設されたりする。

(ii) 浮標用、海上の浮標をより一層はつきりレーダPPI上で認めることができるように、浮標に取付けられるリフレクタである。

この要件としては波浪階級5～6程度の波浪よりも強い反射を示し、少くとも現在の浮標のレーダ探知距離（約3浬）の約二倍（約6浬）以上の距離から探知出来る程の水面上の高さを持ち、四方からレーダ電波が当たってもその方向に反射し帰えす指向性をもつ構造で、しかも軽くて海水に対し侵されず、風波に堪えるよう丈夫なものが必要である。

(iii) 小形船用、小形船が時としてPPI上にはつきり表われない場合があつて、荒天霧中等狭視界の時は、衝突の危険を含んでいる。このため小型船に装備するリフ



第1図 各基本型リフレクタの大きさによるレーダ有効断面積 σ

レクタは、小型船より強い反射を示すようなもので、且つ一般に小型船がレーダで見えにくいのは、その有効高の低いことに原因するから、充分な高さに掲げることが出来て、丈夫な構造のものが望まれる。

(㊦) 救命艇用、小型船用のリフレクタよりも多少小さいが、携帯性を考慮に入れ、耐波性、耐風性をよくしたもので、軽くて取扱いが簡単なものが必要となる。

3. 構造上の分類

構造としてはエレメントの形から、三角型 (T型)、四角型 (S型)、四分円形 (Q型)、長三角型 (LT型)、等がある。その形が正確に直角をとって組立てられ、その材質が完全導体である場合、大きさによつて夫々どの程度のレーダ有効断面積をもつかは第1図によつて示される。

4. 各種基本的な形をした金属板のレーダー有効断面積

レーダの反射電波の強さを定める要素の一つとして、反射物標のレーダ有効断面積 (Radar cross section) が

第1表 各種形状と完全導体としての理論式

形	A_p Projected Area	A_{max} Maximum Effective Area	$\frac{\sigma_{max}}{4\pi A_{max}^2}$ $\frac{\lambda^2}{\lambda^2}$
	ab	ab	$\frac{4\pi a^2 b^2}{\lambda^2}$
	πa^2	πa^2	$\frac{4\pi^3 a^4}{\lambda^2}$
	$2ab$	$b\sqrt{\frac{a\lambda}{2}}$	$\frac{2\pi ab^2}{\lambda}$
	πa^2	$\frac{a}{2}\lambda$	πa^2
	$\sqrt{2}ab$	$\sqrt{2}ab$	$\frac{8\pi a^2 b^2}{\lambda^2}$
	$\frac{\pi a^2}{\sqrt{2}}$	$\frac{\pi a^2}{\sqrt{2}}$	$\frac{2\pi^3 a^4}{\lambda^2}$
 (T型)	$\frac{\sqrt{3}}{2}a^2$	$\frac{a^2}{\sqrt{3}}$	$\frac{4\pi a^4}{3\lambda^2}$
 (S型)	$\sqrt{3}a^2$	$\sqrt{3}a^2$	$\frac{12\pi a^4}{\lambda^2}$
 (Q型)	$\frac{\sqrt{3}}{4}\pi a^2$	$\frac{2}{\sqrt{3}}a^2$	$\frac{16\pi a^4}{3\lambda^2}$

ある。

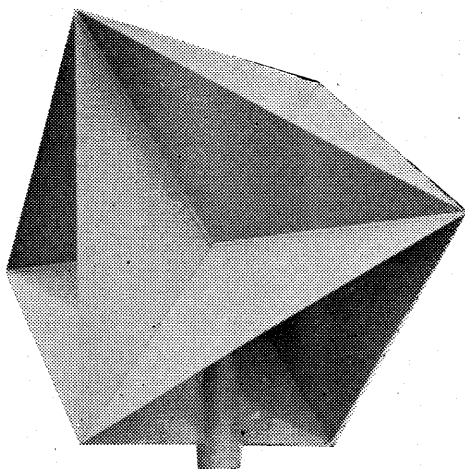
第1表に各種の基本的な形をした金属板のレーダ有効断面積の理論値を示してみた。

5. 各種形式のコーナリフレクタのレーダ有効断面積理論値と実験値との関係

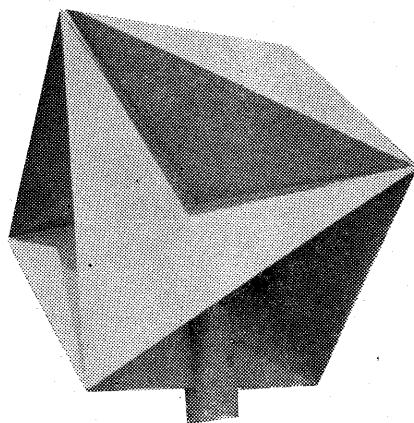
実際のレーダ有効断面積がどのような値を示すか、試作して測定して見ると次のような結果を得た。

a. 固定式リフレクタ、これについて寸法を変えて第1図の値に合致するかどうかを調べた。

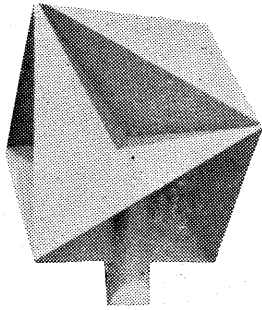
第2図は一辺 a の長さが 42.2cm のもので、第3図は a が 31.8cm、第4図は a が 21.2cm のものであるが、これらの理論値と実験値を比較すると次の第2表のようになる。



第2図 F-42T



第3図 F-32T



第4図 F-21T

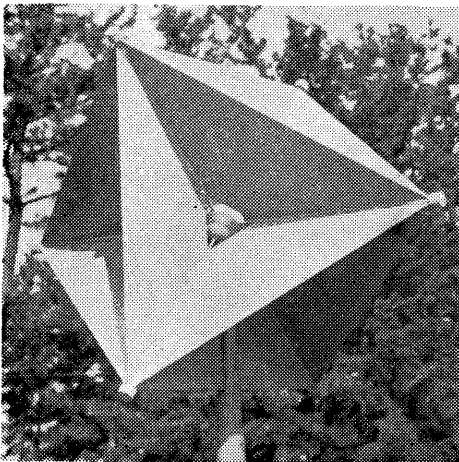
第2表 固定式リフレクタ

形 式	理論値($10\log\sigma$)	実験値($10\log\sigma_w$)
F-42T	61	56
F-32T	56	53
F-21T	48	47

大体理論値に近い値を示すが、一辺 a が大きくなるに従い、理論値から段々低下する傾向にある。

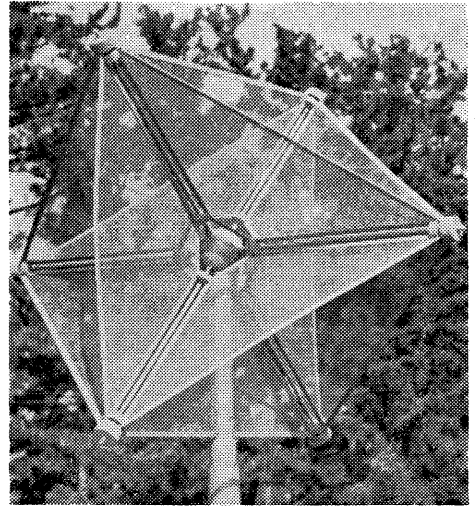
このことから言えば、あまり大きなリフレクタは却って効果が期待出来ないということが考えられる。そして必要で充分な最小限度のレーダ有効断面積をもつよう設計すればよいことになる。

- b. 組立式リフレクタ、次に組立式にした場合の違いを調べた。第5図は金属板で組立てたもの、第6図は金網で組立てたもの、第7図はビニール布に導電塗料ドウタイト銀を塗つたもので組立てたリフレクタである。これらは一辺 a を総べて 31.8cm にしてある。この実験値は、第5図のものは $10\log\sigma$ が53、第6図のものは40~43、第7図のものは41~42であつて、同じ寸法で金属板できつちり作つたとしたら56であるから、夫

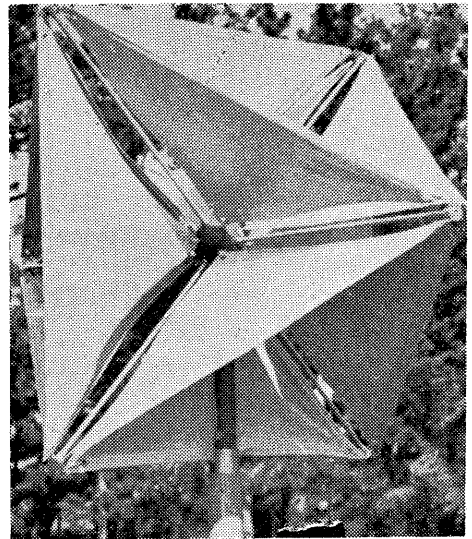


第5図 K-32T

々、3db, 13~16db, 14~15db 低い値を示すことになった。



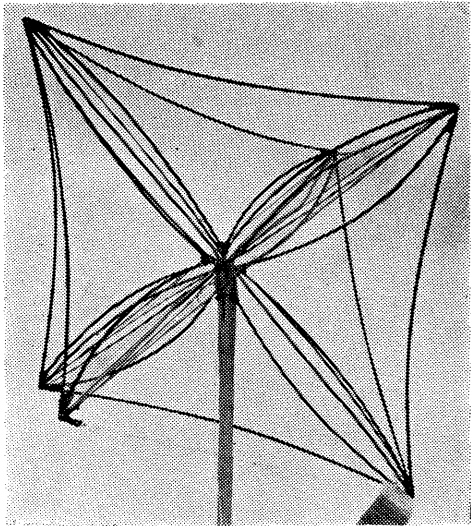
第6図 N-32T



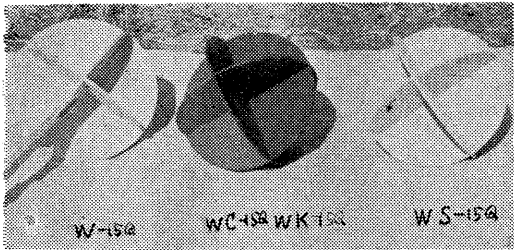
第7図 V-32T

- c. 金網形リフレクタ、救命筏等に米国で用いられた型である。第8図がこれで、このレーダ有効断面積は $10\log\sigma$ で表わして、50~55と測定された。この寸法の固定式リフレクタは66であるから約 11~16db 低くなっている。
- d. 木製リフレクタ 木板でつくつたリフレクタとこれに導電塗料を塗つた場合を比較した。第9図は実験に供したリフレクタであるが、いずれは一辺 a の長さを 15cm にとつたQ形のリフレクタである。WS-15Qは導電塗料ドウタイト銀、WK-15Q はドウタイトカー

ボン, WC-15Q はドウトイト銅を塗つたもの, W-15Qは木板のみであつて, その値は第3表のように測定された。



第8図 網形リフレクタ



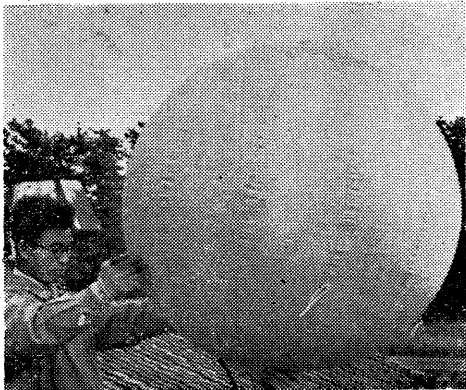
第9図 木製リフレクタ

第3表 木製リフレクタのレーダ有効断面積

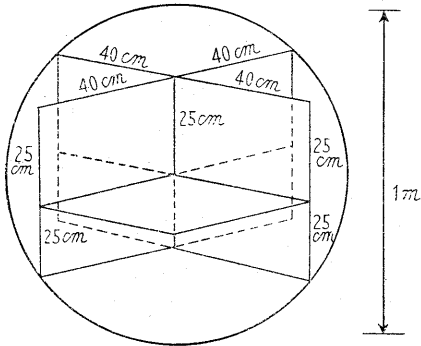
形 式	金属としての理論値 (10logσ t)	測 定 値 (10logσ m)
WS-15Q	49	45~47
WK-15Q	49	40
WC-15Q	49	25
W -15Q	49	20

- このようにドウトイト銀を塗れば、殆ど金属と変わらない値を示すことが分つた。
 また木板のみの場合はその差が29dbにも及び減少の度合は驚く程のものがある。
 e. 風船式リフレクタ 救命ゴム筏用として考えたものが、この風船式リフレクタである。この風船の内部にS型のリフレクタとなるよう隔壁を作つてある。
 第10図はその外観で、第11図はその内部構造を示し

ている。綿布の上にアルミニウムを0.01mmの厚さに蒸着し、保護としてポリエチレンフィルムを0.02mmの厚さにつけてある。このレーダ有効断面積は10logσで50であつた。



第10図 風船形リフレクタ



第11図 風船形リフレクタ

- f. スコッチライトの効果 最近よく見られる自動車の後部の赤い標識はスコッチライト (Scotchlite) と呼ばれるものであるが、これを木製リフレクタにはりつけて実験した結果、金属板と同じ値になつた。これから見て昼間の視覚と、夜間のレーダ視認との両方に役立つものと考えられる。
 以上のうち代表的なもの2, 3について水平指向特性を示すと、第12図~第19図のようであつた。

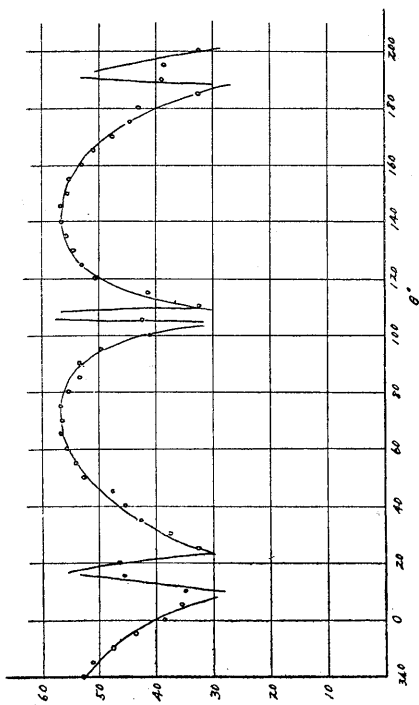
6. ユーナリフレクタの探知距離

探知距離はいわゆるレーダ方程式で求められるのであるが、簡単には感度曲線を書いて求めることが出来る。その方法は次の3つの順序で行うとよい。

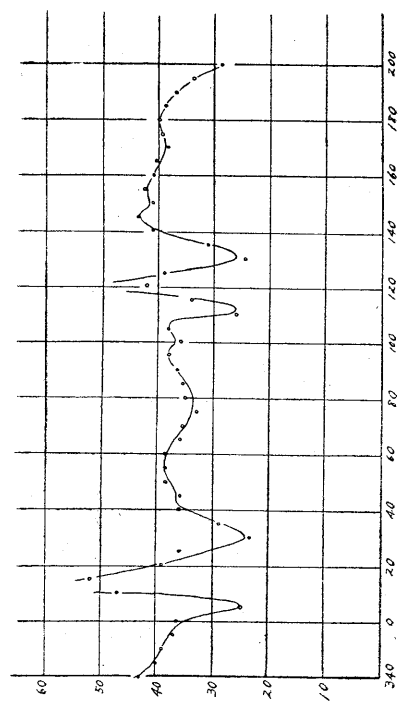
- (1) R^{-4} の感度曲線を求める。

$$S = \frac{PG^2\lambda^2\sigma}{(4\pi)^3 R^4}$$

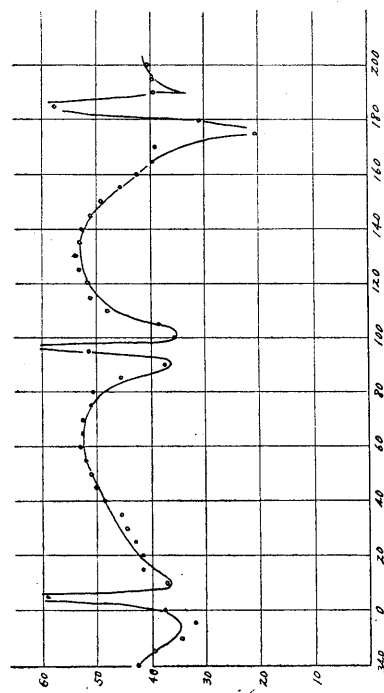
一般に $T=30kw$, $G=30db$, $\lambda=3.2cm$ とすれ、



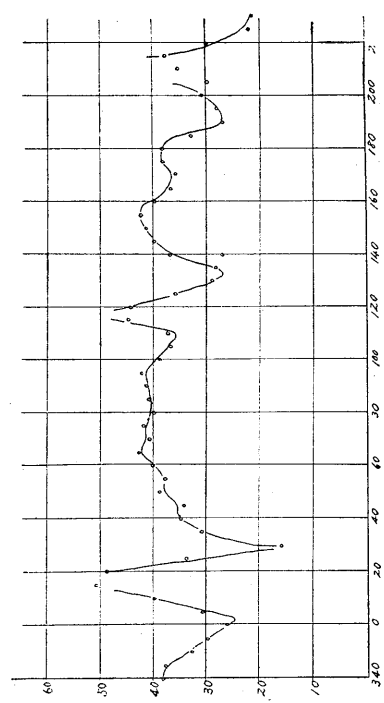
第12图 F-42T



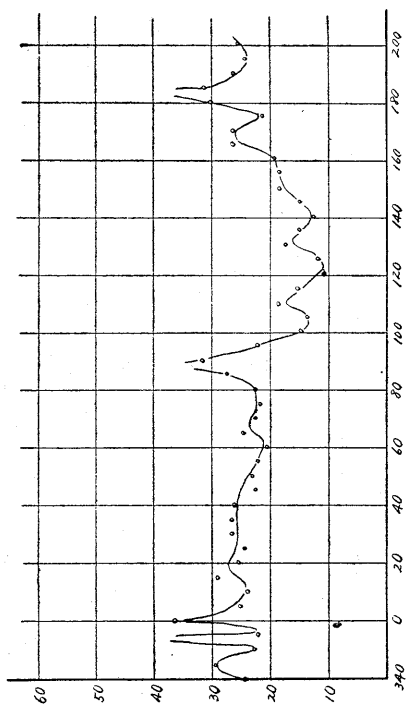
第14图 N-32T



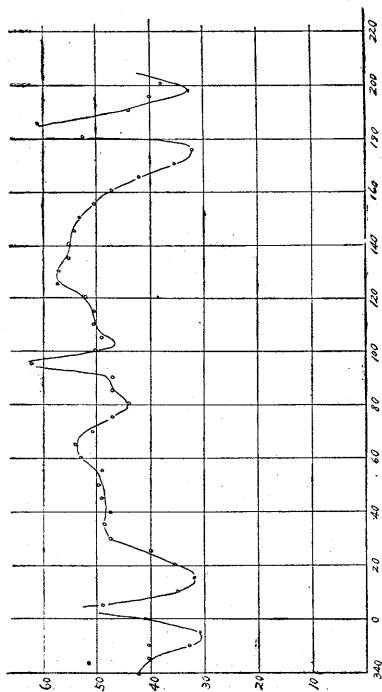
第13图 K-32T



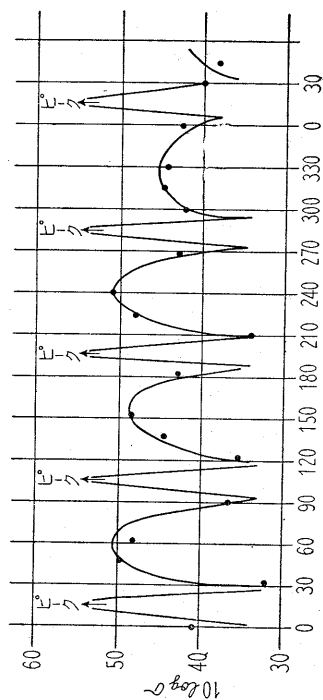
第15图 V-32T



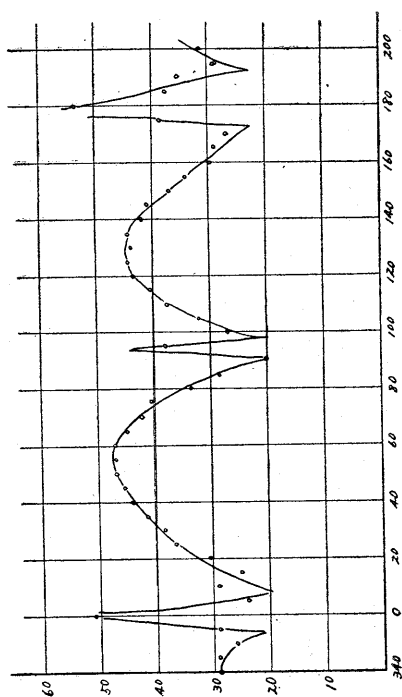
第 18 図 W-15Q



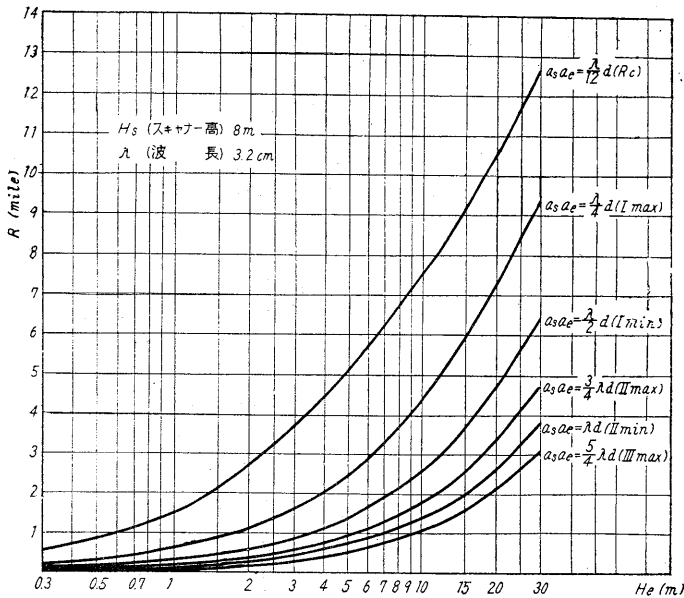
第 16 図 網形リフレクタ



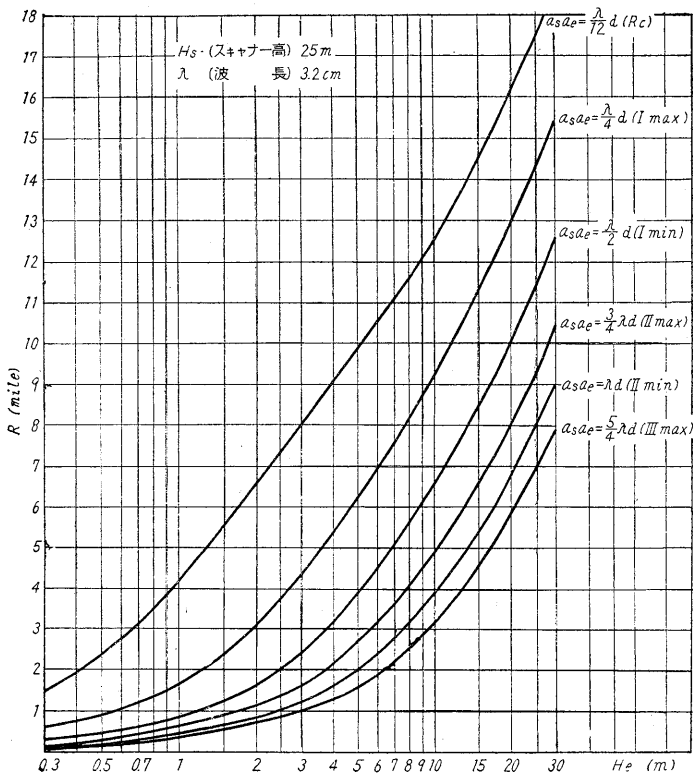
第 19 図 風船形リフレクタ



第 17 図 WS-15Q



第 20 図 スキャナ高 8 m の場合



第 21 図 スキャナ高 16 m の場合

ば、 $R=2.7$ 哩では $10\log S=10\log \sigma-120$ となるから、 $10\log \sigma$ が 50 である場合は、2.7 哩の縦軸上で $10\log S$ が $50-120=-70$ の点を求める。横軸に距離を対数目盛でとり、縦軸に $10\log S$ を等間隔でとつたぐらふ用紙上で、上記の点を通つて R^4 に逆比例する線を引く。

(2) 変曲点を求める。

スキヤナ高とリフレクタの水面上の高さから変曲点は何哩か求める。第20図、第21図、第22図は変曲点を求めるぐらふであるが、第20図はスキヤナ高 8 m の場合、第21図はスキヤナ高 16 m の場合、第22図はスキヤナ高 25 m の場合で、このぐらふのうち、

$a_s a_e = \frac{\lambda}{12} d(Rc)$ の曲線と横軸 (H_e) 上にリフレクタの高さを取り、その交わる点を縦軸上によれば変曲点の距離が得られる。例えばスキヤナ高 25 m でリフレクタの水面上の高さ 3 m の場合は、第22図から変曲点は 8 哩と得られる。

(3) R^{-8} の感度曲線を求める。

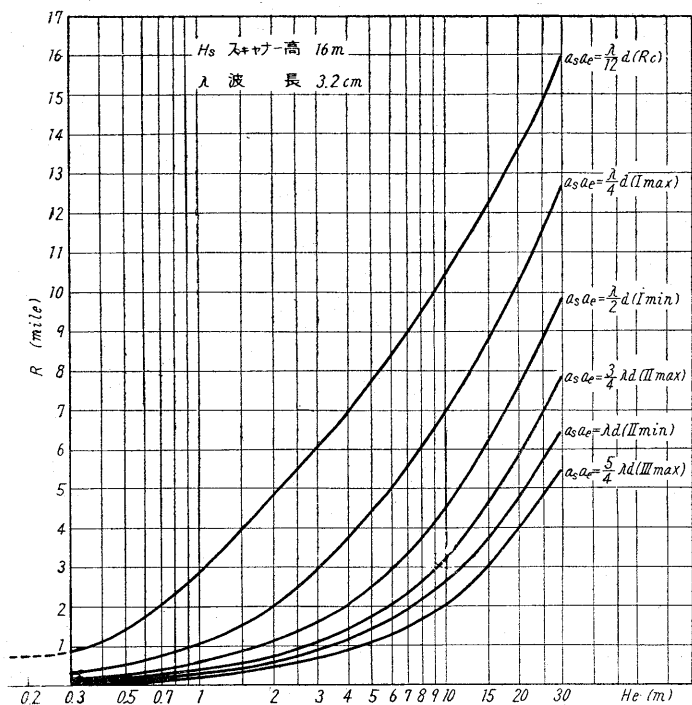
次に R^{-4} の感度曲線上変曲点の距離の点から、 R^{-8} に逆比例する線を引く。この R^{-8} の感度曲線が最小受信感度 -80dbm ないし -90dbm 以下になる距離を求めればよい。

但し以上の方法は充分 σ が大きい場合であるが、もし σ があまり大きくない時は、予想感度曲線は最大最小を画いて距離と共に下がるので、そのように画かなければならない。その方法は第20図～第21図で $I_{\max}$ $I_{\min}$ $II_{\max}$ $II_{\min}$ 等の距離を求め、 R^{-4} の曲線より 12db 高い点を $I_{\max}$ および $II_{\max}$ の点として最大最小の点として予想感度曲線を画く。このようにすれば

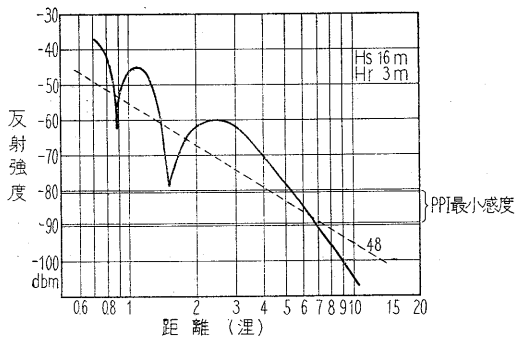
$$S = \frac{PG^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \times 16 \sin^4 \left(\frac{2\pi H_s H_e}{\lambda R} \right)$$

の曲線が画かれたことになる。

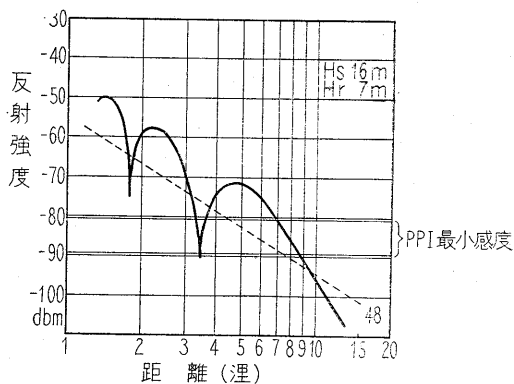
この例として $10\log \sigma = 48$ として、第23図にスキヤナ高 16 m、リフレクタ高 3 m の場合、第24図にスキヤナ高 25 m、リフレクタ高 3 m の場合、



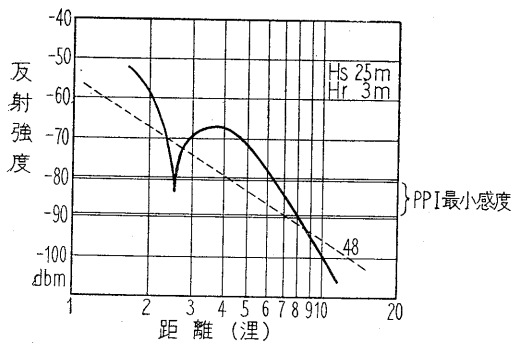
第 22 図 スキャナ高25mの場合



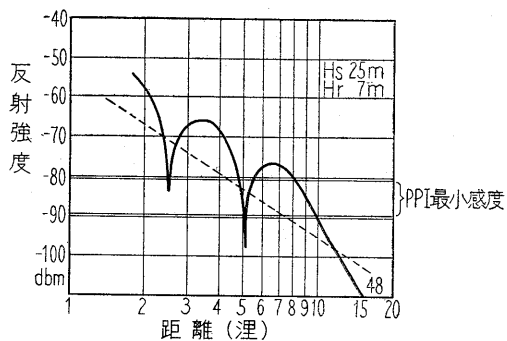
第 23 図



第 25 図



第 24 図



第 26 図

第25図にスキヤナ高16m, リフレクタ高7mの場合,
第26図にスキヤナ高25m, リフレクタ高7mの場合,
の予想曲線を示した。これらは大体風船形リフレクタ
の場合である。

7. リフレクタを定めるため必要な条件

どのような場合, どのようなリフレクタがよいか定め
るには次のような条件を考慮する必要がある。

(1) 海面反射の反射強度

波浪階級 4 ~ 5 程度を限度として考えると実験か
ら $10^4 \sim 10^5 \text{cm}^2$ ($10 \log \sigma$ にして 40 ~ 50) 程度とな
るから, これよりも大きい方がよい。

(2) リフレクタを取付けるものの反射強度

例えば小型船ならばその反射強度, 救命ボートな
らばその反射強度を考えなければならないが, 実
験によれば 50 t 程度の鋼船は 10^6cm^2 ($10 \log \sigma$ に
して 60) 程度, 膨脹形ゴムいかだは 10^4cm^2 ($10 \log \sigma$
にして 40) 程度である。

(3) 探知したい距離

(4) 掲揚可能な高さ

(5) 携帯性

(6) 取扱いの難易

(7) 耐波, 耐風性

(8) 重量

を述べたが, このようなことから, 始めにもどつて, 各
用途に応じてどのようなリフレクタがよいか考えてみよ
う。

(イ) 陸上用リフレクタ

陸地の反射より強くなければならぬので相当大きく
造る必要があり, 大きく丈夫なものが造られる。一辺 1 m
以上の T 形等がコンクリートで造られているようである。

(ロ) 浮標用リフレクタ

レーダ有効断面積 10^6cm^2 程度でその高さを 3 m 程度
にしたい。このため耐波性と重量から考えて, 発泡スチ
ロールの球の内部に金属箔でリフレクタにするものが用
いられた。もし金属製にするのならば, 割合小型にせざ
るを得ない。英国等ではブイのやぐらに三角形の板を用
いて, 長三角形に近い構造にしている。

(ハ) 小形船用リフレクタ

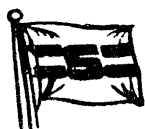
小形船用としてはなるべく高く掲げることが大切で,
大きさをあまり大きくするよりも高く掲げることを考え
る方に重点を置く方がよい。重量は多少かかっても丈夫
な構造で造られることがよい。また木造船等では上部構
造物にスコッチライト等をはりつけることも考えられる。

(ニ) 救命艇用リフレクタ

救命艇用としては風船形が最もよいと考えられている。
重量, 取扱い, 等からも風船形にまさるものはいまの所
ない。

8. む す び

以上で簡単にリフレクタについて考慮すべき点



日産汽船株式会社

取締役社長 伊 藤 幸 雄

取締役副社長 芳 賀 津 二 彦

本 社 東京都中央区八重州 2 丁目 1 番地 (井 田 ビ ル)

電話東京 (201) (代表) 7171・7181

神戸支店 神戸市生田区栄町通 2 丁目 40 番地 (日産汽船ビル)

大阪支店 大阪市東区北浜 2 丁目 90 番地 (日産生命ビル)

横浜支店 横浜市中区日本大通 14 (三井物産ビル 1 号館)



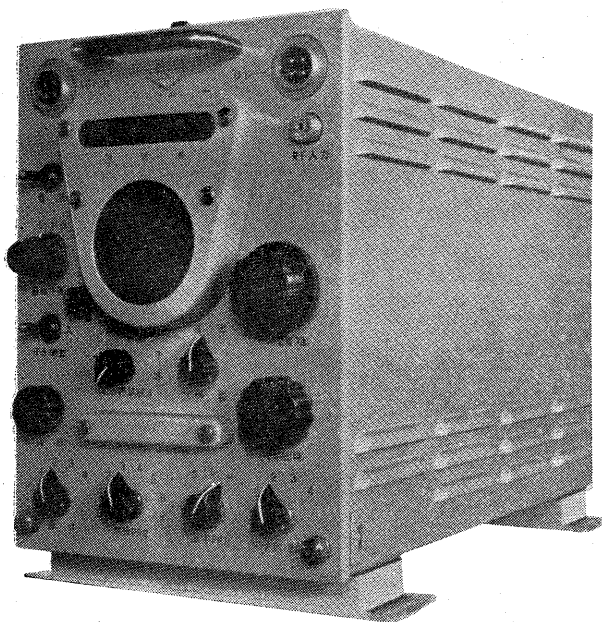
創業80周年

ORX-102 形

船舶用新形ロラン受信機

航海の安全、のみならず漁区の迅速な選定、障害物の回避、魚群位置の判定等、数え切れない程の用途があります。

この装置は高度の電子技術、複雑な回路構成等を必要とされており、従来のものとちがって、小形軽量でしかも信頼度の高いロラン受信装置です。



特 長

- 測定値が全桁ネオン数字表示管でデジタル表示されます。
- 自動同期装置 (AFC) を有し測定が非常に容易です。
- 極めて小形、軽量で狭い場所でも取付けが容易です。

沖電気工業株式会社

東京都港区芝高浜町10 TEL 東京(451)2191・9271

ロラン局の現状とロランCについて

海上保安庁灯台部
電波標識課

豊 福 滋 善・宇 治 田 浩

電波の直進性と等速性、それにその伝播速度を利用して、移動体の位置を求め、航行援助に資することは、約20年程前から考えられ、開発されて、アメリカでは Lo-ran 航法として第2次大戦中に活躍したことは周知のとおりである。我国にも、戦後いち早くアメリカ軍の手によつてロラン送信局が建設され、ロラン受信機も漸次国産化されて、その利用者数も最近急激に増加している。

海上保安庁でも先年ロラン送信局を建設し、運用しているので、ここにその現状を報告し、あわせて、最近アメリカで開発研究されている長距離用の高精度航行援助装置ロランCについての簡単な紹介をしたい。

ロラン送信局の現状

海上保安庁灯台部において運用している落石、大釜埼、波崎ロラン局は業務を開始してより、1年余を経過するに至つた。

未だ、2、3の問題点が残されてはいるが、まずは順調に業務を続けている。利用率（24—利用不能時間/24）は大釜埼—落石の2S1レートでは、約99.6%、大釜埼—波崎の2S2レートでは99.9%となつており、現地所員は利用率を上げるべく日夜努力を続けている。

2S1レートが2S2レートに比較して、やや利用率が低下しているが、これは局間の距離（Base Line）が少し長い事と、地形の関係等より電界強度が弱く、夜間において他局の強力な空間波の影響を受けて主局信号に対する同期維持が困難で、このためブリンキング（Blinking）の時間が多くなるためである。この改善は今後の研究課題の一つと云えよう。

現在問題点として残っているものに次の如きものがある。

1) ロラン局の問題点

(1) 夜間における同期維持が困難である。

落石局では主局（大釜埼）信号の電界強度が弱いため、昼間は別段支障はないが、夜間になると他局の強力な空間波が飛来し、そのためタイマ（Timer）受信機部において空間波に比し減衰の大きい主局の地表波はマスクされてしまうため、正確な同期が維

持できなくなる。

これの改善には、送信出力の増加とか、従局に指向性受信アンテナの設置等の方法が考えられるが、経費の点で仲々実現できないのが現状である。

当面の解決法として受信機部の改良が現地所員の手で行われ、かなりの成果を上げている。即ち、当初AVC回路の時定数が約1mSとなつていたので、強力な空間波パルスが入つたあと1mS以内に主局の地表波パルスが入つても受信機のI・F利得が極度に低下（主局信号を規定出力になるよう受信機の利得を調整している場合、強力な空間波パルス受信の際のAVC電圧は中間周波増巾管をカット・オフ近くまで追いつめ）しているので、レベル変動の原因となつていた。

この時定数を約150 μ s程度まで短くなるよう改造した。

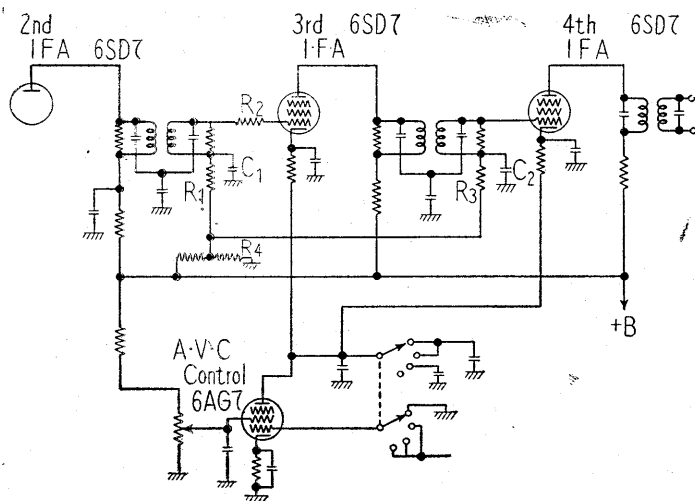
次に Fig 1 に示す中間周波増巾部において、主局パルスより40dbあまり強い空間波パルスが受信されると、瞬間3rd及び4th I・F・A にグリッド電流が流れ、利得が低下する。この場合グリッド回路の時定数が大きいと（600 μ s）空間波パルスに対しこの振巾制限効果と共に次に続いて入ってくる主局パルスも、この効果を受けることになる。

この回路の時定数を約9 μ sと短かくし、空間波パルスに対してのみ振巾制限効果をもたせるよう回路定数を変更したが、これにより相当程度改良された。

落石局では冬期、吹雪と共に猛烈な雑音が発生し、30分から1時間ほど完全に受信機部が麻痺してしまうことがあるが、防止は不可能である。

(2) 送信機内部においてスパークする。

送信機内部において時々パン音と共にスパークし、過負荷継電器が作動して、電波の発射がしばらく中断されることがある。開局当時この事故が非常に多く1日数回、多い時は20～30回も発生していたが、製作会社及び現地所員の手で色々とその対策が講じられ、徐々に減少してきたが、依然として3日に1度くらい発生している。

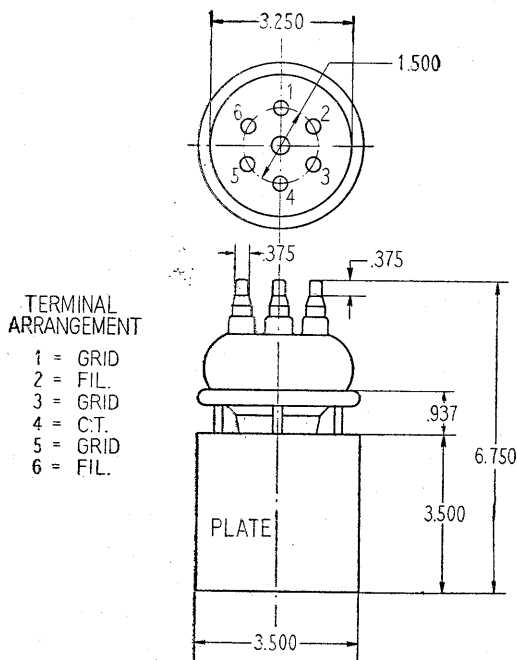


第1図 タイマ受信機部中間周波増巾回路図

スパークする個所は、そのせん光が強烈な事と発生が不規則なため、又そのあとが、はつきり残らないために確認する事が困難であるが、いたるところで発生しているようである。

特に多く発生している個所を列記すると、

- 出力管 (F-5680) のグリッド端子よりフィラメント中点端子へ空間を通じて。
- プレートよりフィラメント中点端子へ球壁を伝わって。(これについては管球の清掃により軽減できる)



第2図 ロラン送信機出力管F-5680外観図

c. タンクコイルから近接したアース点へ。

d. 2nd. IPA の管球内 (3 F 60 P) にて。

等である。

(3) 電子管調達が困難である。

ロラン局では、出力管・整流管等に6種類の輸入管を使用しているが、これの調達に不便を感じており、国産化が待たれていたが、最近某メーカーが試作管を製作して、現在テスト中である。残念ながら未だ輸入管に一步をゆずる成績であるが、同じ程度の性能をもたせることが可能の見通しがたった。

(4) 商用電源の使用。

建設当時の電力事情等の関係で、

ロラン・システムに直接関係のある機器の電源を全部発動発電機より供給することにした。然しその後、局附近の電力事情が好転し、又調査の結果、周波数で ± 2 c/s 程度、電圧では ± 5 V 程度の変動には、さして、業務に支障がないことが判明した。従つて現在では発動発電機に依存しなくとも商用電源を使用することが可能である。

一方、エンジンの保守が、現地職員にとって相当のオーバー・ロードになっており、このため他の機器の保守が不十分となる恐れがある。又エンジンの障害による電波欠射がかなり多いので、早急に商用電源を使用するよう改造したい。

2) 発生した主なる障害

(1) 水晶発振部の異状発振。

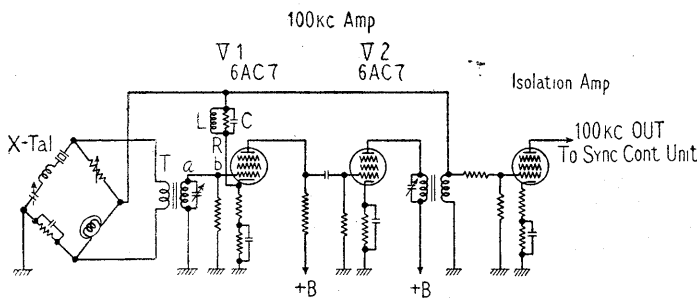
何らかのショックを与えると、タイマ水晶発振部が異状発振を起し、ロラン・パルスは正規の繰返しから外れると云う現象を呈した。

Fig. 3 に水晶発振部の回路図を示す。

V1・V2の100KC AMPは、発振周波数の安定度を高めるために High gm 管を使用しているため、元来自励発振を起し易い状態にある。

電橋部をTの一次側より外し、L・R・Cよりなる負帰還回路を切ると、125kc 程度で自励発振を起した。このため電橋部を接続すると、原振の100kc がビートの25kc で変調されたような波形が Isolation Amp の入力回路で観測された。

L・R・Cの並列共振回路は、100kc 以外の周波数には、負帰還をかけ、増巾度を低下させるようにし、発振周波数の安定度向上をはかったものであるが、RでQダンブされておるため異状発振周波数 125kc



第3図 タイマ水晶発振部回路図

のNFB量の弱いことも原因している。

異状発振の原因を究明したところ、 V_1 のグリッド配線(a—b)が長く、 V_2 のプレート配線とも接近しており、この配線にシールド・ワイヤを使い、且つ V_1 、 V_2 (6AC7GT)のベース・シールドをアースすることにより異状発振は完全に止まった。さらに、この状態で、負帰還回路を接続することにより、異状発振は完全に放逐された。

(2) 発射周波数変化

日本のロラン局は1850kcで発射しているが、これが1800kcとなつて発射されると云う障害が発生した。

ロラン送信機は、発射パルスの波形を良くするために、同調回路がかなり広帯域になっているが、このため発射周波数が1800kcとなつても、多少空中

線電流が流れていたこと、周波数計が超精密級なため未知周波数の測定がやや困難であつたこと、原振はタイマ水晶発振部(安定度、 1×10^{-7} 以上)より、供給されているため、発射周波数の安定性については絶対の自信があつたこと、等より空中線電流減少の原因発見に非常に手間取つた。

ロラン送信機のブロック・ダイヤグラムをFig4に示す。

タイマ水晶発振部より供給される100kcをTripler 2段で夫々3倍して900kcを得る。一方、100kc増巾途中、そのプレート側に得られるRandom noiseの内から25kc成分を取り出し、これを3倍して75kcを作り再び前段に返して100kcとの間で25kcのビートを得る。これにより安定な25kcが作られ、前述の900kcと混合して925kcを得ている。

障害が発生したのは、Fig・5に示すMixerプレート側の同調回路の同調周波数が、900kc附近にずれただために25kc成分がカットされ、pulsed Doublerで2倍された1800kcが、アンテナから発射されたものである。Mixerプレート側の同調回路は単一同調3段を負荷させ、25kcで約-35db程度の周波数特性をもたせたものである。同調周波数のずれの直接原因は不明である。

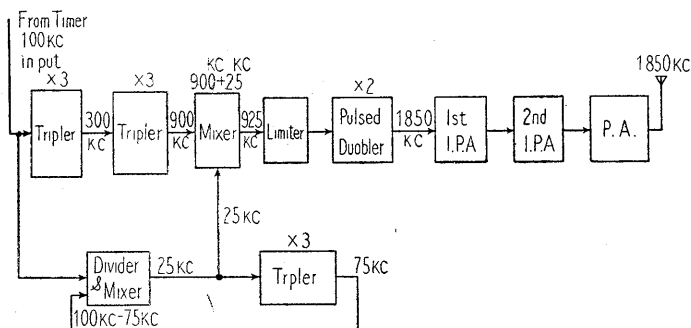
(3) 送信機出力管の合碍子の破損。

送信機内部においてスパークすることは前述したが、これによって出力管の合碍石が破損すると云う障害が発生した。その状況を写真1・2に示す。

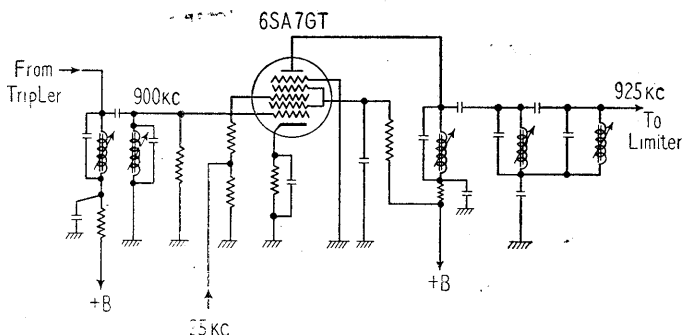
以上でもつてロラン局の現況並びに、今までの経過をかいついで書いた。

少数の人員で、複雑な機器に取組んでいる現地職員は、業務面でのみならず、僻地なるが由に大変な苦勞である。落石では吹雪のために交通杜絶し数日間勤務の交替が出来ず、局でタッチをしていた者は過労ばかりでなく食料にも窮した。又大釜崎でも雪のためジープが通わず、雪中徒歩数時間を要する交替をすることもあり、波崎は年中砂塵に悩まされている。

色々と新しいシステムの電波標識が計画され、かつ除々に建設されている。建設地の選択は業務上の問題で検討さ



第4図 ロラン送信機構成図(除、変調部)



第5図 ロラン送信機励振部 MIXER 回路図

れるが、可能な限り生活上の環境も考慮したいものである。

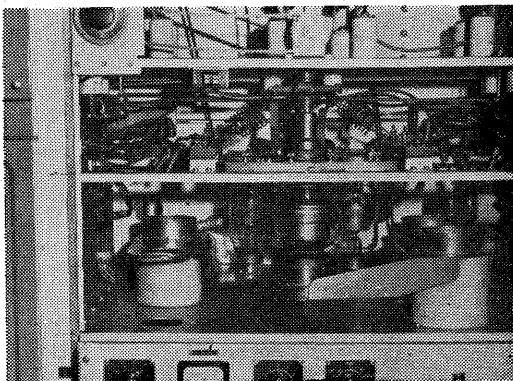


写真1 ロラン送信機P・A部
F5680は抜いてある。

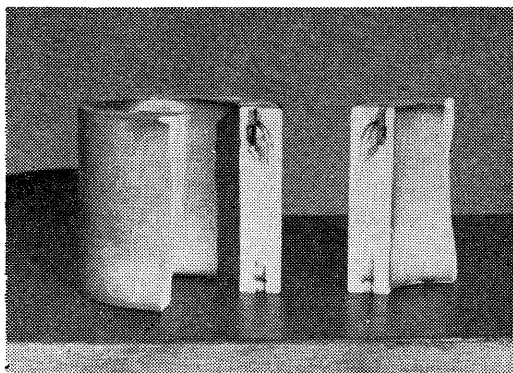


写真2 P・A管F5680 台碍子

Loran-C について

現在、世界中に広く利用されているのは、2 MCの周波数を使った最初に開発された形式のもので、最近では、これを標準 Loran 又は Loran-A と称して、その後開発されてきた方式と区別している。このロラン局は現在全世界に約60局設置されて運営されているが、その利用範囲は局から大体750海里程度で、夜間に空間波を利用するばあいでも、精々1400海里である。現在の送信出力は大体百数十KW程度であるが、この出力を仮に10倍にしたとしても2 MCの海上伝播特性から、利用範囲の増加は100海里程度しか期待できない。したがって、利用範囲を広げるには局の数を増やすか、あるいは長距離用の航行援助装置を新しく開発するかである。現在各国が力を注いでいるのは、長距離用航行援助装置であるが、1957年秋のICAO (International Civil Aviation Organization) の会議でも開発されつつある幾つかの方式についての紹介がなされただけで、実用上十分に満足なも

のとして標準化されるまでには、まだある程度の時間を要するようである。

この会議で紹介された方式は、Radio Mesh (フランス)、Dectra, Delrac, Doppler (イギリス)、Navarho, Loran-C, Omega (アメリカ) であるが、1960年秋、ワシントンで開催された第6回国際航路標識会議に提出された Loran-C に関するアメリカからの報告が手元にあるので、これによつて、Laran-Cの現況を御紹介することとしたい。

1. Loran-C の歴史

ロランCは1947年のITU会議において電波航行用として割当てられた90~110kcの長波帯を使用した、パルスによる双曲線航行法である。

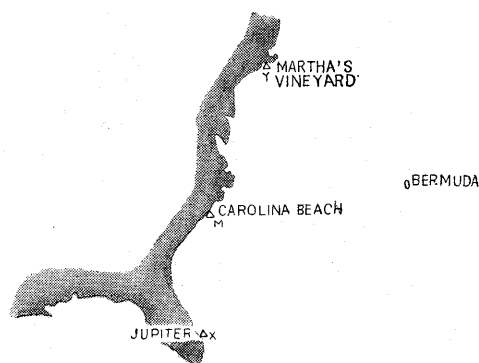
そもそもアメリカでは、第2次大戦の終り頃から長波によるロラン方式の検討を始め、180kcの周波数を使ったロラン局を設置して空軍の援助の下に各種のテストを行つたが、これはパルス波形を一致させる方式であつたために、パルス波形の立ち上りが急峻とならず標準ロランよりも精度が悪くて失敗に終つてしまつた。

そこで1945年の初めに、全方向式電波標識として知られている NAVAGLOBE の送信周波数を、数100サイクルで変調して、その位相により距離を求めて位置を得ようとする NAVARHO 方式が開発され、調査が行なわれた。この方式は90~100kcの周波数を使用するもので、その後1957年まで調査検討が加えられたようであるが、結局そこで打ち切られた。つまり方式上から得られる精度の限界に見切りをつけたものと思われる。

一方、スペリーでは長波ロランの精度を高める方式として CYCLAN 方式を開発し、空軍がその調査に当つた。これはロランパルスに含まれる無線周波を一致させる方法をとつたので、ひじょうに高い精度が得られたということである。CYCLAN では180kcと200kcの2つの周波数を使用し、パルス波形(包絡線)を正確に一致させる必要性を少なくすることが考えられた。*この方式は一応成功し、このテスト中に、100kcのロラン方式で十分正確に包絡線を一致させることが可能であることがはつきりした。ここで CYCLAN 計画は CYTAC と改称されることになった。

1952年から1955年にかけての広範囲にわたる調査の結果、この方式は広大な利用面積に、信頼できる高精度の航行情報をもたらすことができると認められた。1956年に空軍からコーストガードに一切が移管され、高精度航行装置としてこの CYTAC 局が建設され、更に調査が続行されることとなつた。これまで使われていた送信装置がアメリカ東海岸に設置されて、計画の名称も Loran-C と変更された。これまで軍用であつたものが、ここ

で始めて一般の航行援助装置として登場したのである。これらは、現在中部大西洋海域をサービス範囲として使用され、北カロリナ州の Fear 岬カロリナビーチに主局、フロリダ州の Jupiter に X 従局、マサチューセッツ州のマーサブドウ園に Y 従局が設置されている。(Fig・6)



第 6 図

2. Loran-C の基本的特性

ロラン C 送信局の配置は、必要な利用範囲によつて三角形、星形、方形の何れかが選ばれることになる。主局とそれに付属する 2 つ以上の従局は、特定の繰返し周期でパルス群を送出し、各局の送信の時間関係は正確に一定に保たれている。時間差の測定は先ず包絡線を一致させ、次にそこに含まれる搬送波の位相を精密に一致させて行なう。

局の繰返し周期は基準として、 10 、 $12\frac{1}{2}$ 、 $16\frac{2}{3}$ 、 20 、 25 、 $33\frac{1}{3}$ の 6 つがあり、これに夫々 8 つの特定周期がある。各送信局は平均送信電力を増やすために、8 つのパルスを 1 グループとして送出し、主局だけは群パルスの最後のパルスから $500\sim 1200$ マイクロ秒後に 9 番目のパルスを送出して、識別させている。

100kc の空間波は、地表波に対して少なくとも 30 マイクロ秒は遅れて到達するので、送信パルスの立ち上りは尖頭値まで $50\sim 60$ マイクロ秒で達するようになっており、受信機はこのパルスの立ち上りの所で、時間及び位相を測定するので、空間波による妨害は避けられる。このばあいの送信パルスの波形と、これに含まれ搬送波との関係は厳密に保つ必要がある。送信局間の基線長は大体 $500\sim 800$ 海里程度で、局間の地表面の状況、要求される利用範囲、送信出力、及び雑音状況によつてきめられる。

現在使われている送信アンテナは、高さが 625 呎の繫索式のもので、アンテナを中心に 850 呎の放射状アースがとつてある。送信所の敷地としては約 55 エーカーが必要である。

3. Loran-C に対する評価

1957 年 8 月から 1958 年 8 月までの約 1 年間にわたつてコーストガードでは、航空機にロラン C 受信機を搭載し、北及び南大西洋の広範囲にわたつて長距離飛行を行ない方式評価のためのデータを集めた。地表波の範囲におけるこれらのデータは、それまでに船舶を使用して行なつており、このばあいの測定誤差は $\frac{1}{4}$ マイクロ秒以下であることがはつきりしていた。この誤差は距離に直して 500 呎以下になる。

したがつて航空機による調査は、空間波の伝播に重点を置いて行なわれた。この 1 年間にわたるコーストガードのテストによつて出された結論を次に要約する。

ロラン C の最大利用可能距離は、受信地点の信号対雑音比によつてきまり、この比が 1 対 1 程度まで確実に位置の線を出すことができる。尖頭出力が 1000kw であれば、海上伝播で昼間は約 1700 海里まで、夜間は約 1200 海里まで $0.1\sim 0.2$ マイクロ秒の測定誤差内で利用できる。送信出力が 100kw のばあいは、昼間は約 1400 海里、夜間は約 1000 海里となる。

空間波を利用することによつて、利用範囲が増大することは期待できるが、これについては十分に調査がなされたとは云えない。これまでの期間で得られたデータからは、送信出力が $1,000\text{kw}$ のばあい 1 回反射波の利用可能距離は夜間は約 2800 海里、昼間は冬は約 2600 海里、夏は約 2000 海里まで利用できる。この空間波を利用するばあいの測定誤差は約 $1\sim 1.5$ マイクロ秒となる。

ただし、ここに集められたデータは Fig・6 の局によつて調査されたものであり、この装置自体がそもそもは長波ロランの評価のために製作されたもので、これを CYTAC 用に改造し、更にロラン C 用として改造したものである。これがロラン C の機能を完全に発揮しているとはいえず、更に機器に改良を加え、システムの較正を厳格にすることによつて精度の向上は充分期待できる。

空間波を利用するばあいに、1 回反射波だけを利用するばあいは送信出力は 100kw 程度で充分であるが、2 回反射波も利用したいばあいは送信出力は 1000kw 必要である。ただし夏期は昼間の 2 回反射波利用は殆んど不可能である。

又、空間波を利用するばあいには、測定しようとする電波が何回反射波であるか、又、地表波と区別する必要があるが、その方法については完全に解決された訳ではない。しかし実測から次のようなデータがある。

送信出力が 1000kw のとき、送信局から、 3400 海里の距離では 2 及び 3 回反射波だけで地表波と 1 回反射波は受信出来ない。距離が 2400 海里付近になると、1 回反射波は受信できるが地表波は受信できない。この付近では 1 回反射波または 2 回反射波である。更に 1400 海里付近

では地表波と1回反射波とが受信される。

この識別には理論的な電界の強さの値と、電波の到達時間差を利用する。実際に測定された時間差の平均値は下表のようになる。

反射回数 (N) — (N — 1)	各距離 (海里) における N 回と N — 1 回反 射波の到達時間差 (マイクロ秒)		
	1400	2400	3400
1 — 0	53	53	53
2 — 1	66	55	53
3 — 2	107	63	57
4 — 3	141	84	64

90~110kc の帯域外で動作する装置に対するロランCの妨害は認められないし、又逆にロランCの受ける妨害も認められていない。しかし、この帯域内に他の無線設

備があるばあいは、利用距離、精度に影響を与える。

4. む す び

コーストガードでは現在、一つのロラン送信局でロランAとロランCの両方の信号の周波数を送信させることを考えている。そして将来はあるいはロランAの業務を漸次休止していつてロランCだけを残してゆくようなことができないのではないかと考えているようである。

なお今年秋頃からロランC用の受信機が市販されるということであるが、価格は相当に高価なものとなる。

* CYCLAN 模様であるについては、パルスではなく持続波によるものであるように書いてあるレポートもあり、その後パルスによるように改良して CYTAC と称したようでもあるが審らかでない。又周波数についても 160kc と 180kc を使用したと書いてあるレポートもある。

第六回国際航路標識会議の状況と USCG で見た電子航法

沖電気工業株式会社 川 上 義 郎

は し が き

第6回国際航路標識会議 (The Sixth International Technical Conference on Lighthouses and other Aids to Navigation) は1929年英国 London において、初めて開かれて以来5年毎に行われ、近年では1955年オランダの Scheveningen において開催された。会議の目的は領海を有する世界各国からの航路標識関係者が集まり、技術情報の交換を行つて、海上航法に関する援助施設の発展に役立たせんとするものである。

今回の会議は1960年9月26日より9月30日の5日間 United States Coast Guard の主催により Washington の Main State Department Building (国務省) において開かれた。

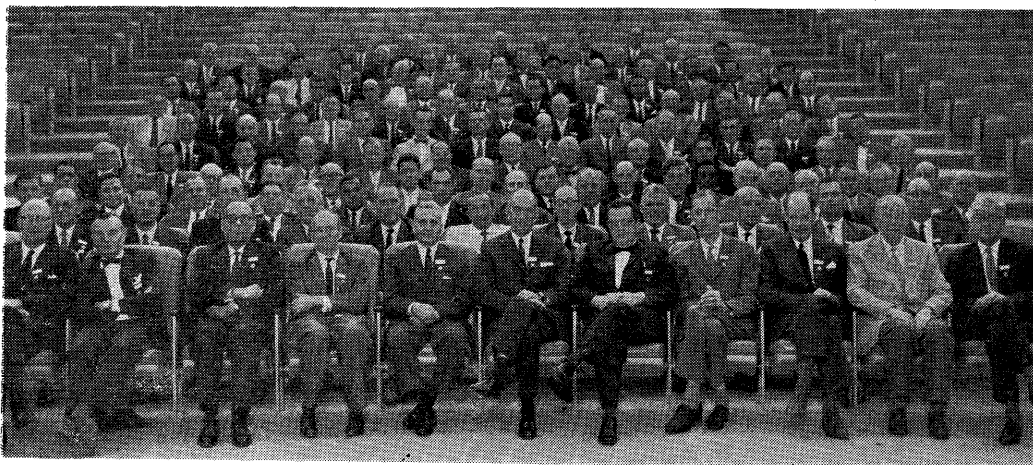
参加国は Argentina, Australia, Brazil, Canada, China (Taiwan), Chile, Colombia, Denmark, Dominican Republic, Ethiopia, Finland, France, Germany, Greece, Haiti, Iceland, India, Ireland, Italy, Japan, Korea, The Netherlands, Nicaragua, Norway, Panama Canal-Zone Government, Peru, Poland, Portugal, Scotland (Clyde Lighthouse), Scotland (Northern Lighthouse Board), Spain, Sweden, Turkey, United Arab Repu-

blic, United Kingdom, Uruguay, U.S.A., U.S.S.R., Venezuela, Yugoslavia の40ヶ国であつて、参加した代表及び随員は194名 (内89名がU.S.A) の多きを数えた。筆者は日本代表の前海上保安庁灯台部長、安井正己氏の随員として日本電気株式会社の広沢、国崎及び当社の木戸諸先輩と共に会議に列席し、また会議終了後に行われた Coast Guard の航法施設見学の機会を与えられたので敢て本誌を借り御報告する次第です。

1. 会 議 の 状 況

会議はA, B, 2つの委員会に別れて次の諸項目に就いて討議された。

A 委 員 会			
第1項目	灯	台	16件
第2項目	船	舶	7件
第3項目	浮	標	6件
第4項目	灯	火	46件
B 委 員 会			
第5項目	エ	ネ ル ギ ー 源	9件
第6項目	音	響 信 号	14件
第7項目	自動及び遠隔制御		6件
第8項目	管 理 機 構		13件



第1図 各国代表

第9項目 電子工学 35件

参加国から提出された論文数を項目別に分類して第2図に示す。我国は Germany, USA, UK, に続いて4位であり、全部で13件、その論文名は次の通りである。

- 第1項目 御前岩灯標の建設について
- 第2項目 灯台業務用船
- 第4項目 日本における風力の利用
- 第4項目 太陽電池を電源とした無人灯台
- 第5項目 ノクトビジョンの暗夜及び霧中における航行への応用
- 第6項目 霧信号機の音達距離
- 第6項目 海上における音の減衰
- 第6項目 霧信号機の自動制御について
- 第7項目 日本における無人灯台について
- 第8項目 機構及び管理
- 第8項目 航路標識職員の養成ならびに研修
- 第9項目 揺動Xバンド周波数によるパルス変調レイマークビーコン
- 第9項目 レーダーレフレクターの測定方法

ここでは本誌に関連の深い第9項目の電子工学の論文概要を紹介する。

(1) 方向探知に関する論文

古くから使用された電子航法であるが、新しい技術を取り入れて方探局では機器の信頼度、送信方式、受信機は高精度、自動化の改良実験が行なわれている。

An Electronic Clock Corder For Marine Radio Beacons; United Kingdom

時分割方式で送信されるラジオビーコン群の正確な送信時間制御に用うる為、従来の Chronometer や Pendulum Clock に代つて信頼度の高い装置を開発した。時間基準は 8 KC/S の水晶発振子を用い、これをデカトロン分周器、冷陰極管制御により所定の符号を得ている。

精度は一週間一秒以内である。

Changes in United States Maritime Radio Beacon Equipment; United States

合衆国で使用するラジオビーコン送信機の近年の進歩を報ずる。

a) 合衆国規格 B, C, D 型を電氣的、機械的に再設計を行い統一した型として操作の簡便、信頼度の向上を計つた。

b) 従来の AM 方式に加えて二重送信方式を行える様改良した。

c) トランジスター化した警報装置の再設計を行つた。

d) 空中線と 52 オーム送信線路間に SWR 指示器を設け相対インピーダンスの連続監視を行うこととした。

New Operating Conditions For Marine Radio Beacons of the USSR; USSR

二年以上にわたる実験の結果 USSR のラジオビーコンは下記の様に変更した。

a) ラジオビーコンの一群は一分毎の送信時間々隔で六局迄とする。

b) 晴天、悪天候を問わず同一送信方式を取る。この方式はパリ協定による欧州地区の局識別の為に時間々隔を異ならしめ、且つ天候による二種の送信方式より便利であると反論する。

Medium Frequency Radio Beacons in India; India
インドにおけるラジオビーコン局の設置状況を説明する。1932年に一局設けたが船舶の要求により1950年から現在迄、英国、日本、デンマーク等から調達した7局があり将来も数局増設の予定である。

A Transistorized Buoy Transmitter; Canada

浮標に取付け、その周辺の方探及び逆に遠方から浮標位置監視に用うる簡便なクリスタル制御による 4 MC/S 帯の軽量トランジスター送信機を開発した。送信機は

国名	燈台		船舶		浮標		工利光源			燈			火													音響信号			制御		管理機構					電子工学												
	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Australia																																																
Canada																																																
Ceylon																																																
Ethiopia																																																
France																																																
Germany																																																
India																																																
Ireland																																																
Italy																																																
Japan																																																
Norway																																																
Scotland																																																
Sweden																																																
The Netherlands																																																
U A R																																																
United Kingdom																																																
U S A																																																
USSR																																																

第2図 各国別論文発表数

1個のクリスタルと3個のトランジスターからなり9ftの空中線を使用して7mileの地点から充分な受信が行われた。

Microwave Position-Fixing System; Canada

レーダーを持たない小型船用船位測定装置を開発した。マイクロ波の鋭い指向性を利用して簡単に方探を行う方式から始めて、0.02度の高精度で測定出来るDual Beam CRT Monitorを用いた方法を説明する。

An Automatic Marine Direction Finder For Use with M.F. Radio Beacon; United Kingdom

250~550MC/Sの中波に使用する自動方探器で、自動操作は受信機にAGCの採用とゴニオメーターの回転にサーボ駆動を用いて行い、人為的に初めに方探局と同調を取るのみにて、操作の簡単、高感度、連続探知且つ拡声器で聴取も出来る探知距離50mile、方位確度 $1/2$ 度以下のMarconi製ND103型装置を説明する。

Direction Finders aboard Aids to Navigation Vessels operated by the Government of the German Federal Republic; Germany

灯船や設標船の航行用以外に使用したゴニオメーターによる最小受信方式とブラウン管による直視方式の二種の方探器の優秀性を述べる。その用途は

- a) ビーコン局有効範囲の限定
- b) 相互干渉、大気の影響、異状伝播の観測
- c) 浮標、灯船の位置確認

(2) レーダービーコンに関する論文

ここに発表されたビーコンはいずれも船のレーダーをそのまま利用するものであり、利用者側は何等の新設備を必要としない点を特徴としている。これ等の方式に対して米国、カナダ、ベルシヤは船の装備するレーダー自身のみで必要な情報の90~95%が得られるので浮標上にRadar Reflectorを設ける立場を主張した。英国、オランダ(日本と同形式)はレーダーで確認し難い地点標識、初認標識としてレーダーの能力を一層高めるものであり、簡単な装置であるから普及せしめる意向である。特に英国ではトランジスターを用い小型軽量化した送信機を浮標上に取付け、狭い水路に並んだ船舶の識別に利用することを考えている。

An In-Band Responder Beacon for use with Merchant Marine Radar in the 3 cm Band; United Kingdom

3 cm 帯のResponder Beaconで送信管にマグネトロンを用いプランジヤー機構により3 cm 帯船用レーダーバンドにおいて揺動する電波を発射し、直接受信PPI上にて送信局の地点に続く輝点信号群を観測する。近接した時に輝点群が扇形状に広がり妨害となるのを防ぐ為に、送信を5分間隔にonoffして、揺動周期を75秒として

いる。この方法によると受信レーダーの回転数30rpm、中間周波帯域10 MC/Sとすれば7~8回転の間、受信出来て、その機会が5分間に4回あることになる。かくて妨害を減じ得て本装置をProduction Modelとした。

A Ramark Beacon of Pmulsed Emission at Warbling X Band Frequency; Japan

送信管にクライストロンを用い、その反射電極電圧を変化させ3 cm 帯船用レーダーバンドにおいて揺動する電波を発射し、受信PPI上に送信局の方位を示す輝線標識を得る。輝線はレーダーの回転毎に現われ、しかもレーダー空中線の指向角度内に多数の輝線が現われない様な揺動周波数120~250c/sを用いる。近距離妨害を防ぐ為には3分間隔毎のonoffを行う。本装置は目下観音崎灯台に設置され実用化されている。

A Frequency Sweeping Radar Beacon for Marine Navigation; France

Responder Beaconの実験報告で、実験は10cm帯レーダーで行っている。装置はレーダーから受信したパルス信号によりコードパルスを作り、これを揺動トリガーとして送信管のカーシノトロンからレーダーバンド域を揺動する送信を行う。近距離妨害は送信局の設置点を航行海域から遠ざけることにより防ぐ。

(3) 港湾レーダーに関する論文

ハーバーレーダーではその運用方法が問題となった。ドイツ、英国ではレーダー局から出入港船に150MC/S帯のFM通信により情報を提供するが、各船の識別は出来ないのではないかとこの質問に対して、VHFの呼掛けのみで充分船側は了解して行動することであるが、カナダは定期的に船舶と連絡を取ることにしている。またFM受信機の普及に対してもパイロットが受信機を所持して乗船し利用しているが、港内船も近來レーダー情報の有用性がわかるにつれ受信機を装備して来ている。レーダーも本来の業務ばかりでなく、浮標の位置校正や難船の早期探知に役立つている。米国では船自身で判断して行動させる方針からReflectorの拡充に意を払い本装置の重要性を認めていない。

Safety Radar Facility, their Limit and Possibility in Maritime Signal Service; Germany

ドイツのElbeとWesserに設置した港湾レーダーの能力を他の浮標や灯台、灯船等の航法援助施設と比較している。

航法援助の方法はレーダーPPIによつて観測した航路内にある船の位置、周辺の船の位置と移動方向、水位、天候等をVHFで送信して船に知らせる。この方法によれば、情報は比較的短時間に連続的に船に与えられ、船側では複雑な判断を要することなく、耳で聞きながら海図をしらべて操作出来、中近距離の交通量の多い海域では最も有効かつ経済的な手段である。

Harbour Supervision Radar at Liverpool; United Kingdom

リバプール港では1948年6月以来、世界で最初の港湾レーダーを使用している。その機能は港湾当局が停泊船や航行船の位置を知り、又浮標、灯船の位置校正に使用したり、視界不良の際ハーグ条約で定めた VHF 送信装置から航行に必要な情報を船に連絡して安全航行をせしめる。この寄与を受けた船舶は過去約10年間に5,000隻、30億ton にのぼる。レーダー装置は1959年2月高分解能の3cm 帯レーダーと交換したが空中線1装置に対して off Center を施した7装置のPPIによりMersey河口の屈曲した水路を順次拡大して観測している。

Rotterdam's Shore-Based Radar Chain; The Netherlands

1956年11月に Rotterdam 港から北海に通ずる32.5kmの航路に7装置の3cm 帯港湾レーダーを設置した。この航路は特に霧が多いのでレーダー情報を直接船舶にVHFで通信して、安全航行と運航の円滑化を計っている。これによる安全度の増加と運航能率の向上は算定が困難であるが年間約3,000隻の船が情報を受けている。

The Measuring of Reflecting Surface in Harbours; Germany

Hamburg 港に港湾レーダーを設置する為に、港内の反射物標を調査して、レーダーは特にビーム巾の狭い、かつサイドローブの少ないものである必要を論じている。

New Development in the Electronic Aid To Navigation System of the United Arab Republic; United Arab Republic

1952年以来電波航法援助設備の導入計画を検討して来たが、現在迄 Alexandria 港の VHF 通信網と UAR 内の17の灯台を結ぶ R/T 網を完成した。尚近年中に6ヶ所のR/B局と港湾レーダー1局を建設する予定である。

The Relation between Radar Ranges and Meteorological Conditions in the Troposphere above the German Sea; Germany

海上に発生した Evaporation Duct がレーダー探知距離に影響することを、4, 15, 200cmの各波長で測定した結果から説明している。

(4) レーダー映像伝送に関する論文

この種の報告はドイツのみであつたが、フランスは港内の入江で実験して、反射波の干渉が多く、またパリ市内の二つの空港間の実験では狭帯域にすると著しく画質が劣化して実用し得なかつた。しかし目下は空軍がこの方法の実現に努力している。カナダも既に実験を行い、現在は船舶識別の方法を研究中である。米国でも識別上の問題はあつたが、大小各種船舶の要望が多いのでTVを用うる伝送方式を研究中である。

Radar Picture Transmission; Germany

細長い水路や港湾の入江等監視したい場合幾つかのレーダー装置が必要となる。又レーダーの可視域を有効ならしめる為に設置点は意外な避地となることもある。この様な場合はレーダー像を便利な地点に再現して監視し、その情報を船に流すのが経済的である。

ドイツの Elbe と Wesser 河に設けられた港湾レーダーに適用する為にレーダー像の伝送を研究した。その結果直接映像をマイクロ波で送る事は帯域の制限を受けて、分解能の高い港湾レーダーでは困難である。しかし映像伝送の前に蓄像管を用いて帯域圧縮を行うならビーム巾0.8度パルス巾0.08 μ sのレーダー像が350KC/Sの帯域で送信して、レーダー情報の損失が認められないので、この方式を用うるのが良い。

Television Transmission of Radar Images, Limitation of the Frequency Range of Radar Signals by Utilizing the Line Storage Tube with Circular Deflection of the Cathode-Ray; Germany

映像帯域6MCで得られる、ビーム巾0.6度パルス巾0.08 μ sのレーダー像と、これを蓄像管を用いて400KC/Sに圧縮して送信し30kmの区間で再び送り返して得られたレーダー像を比較して、両者の間では特に分解能の差異が認められないと報じている。

(5) レーダー波の反射に関する論文

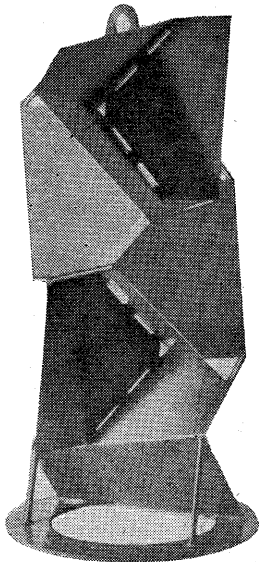
米国、英国、カナダはレーダーレフレクターの設置に力を入れており、特に米国の浮標は全てレフレクターを取付けた型に統一した。種々の型の探知距離測定の実験が話題となり、性能は鉄、銅、アルミいづれも大差ないが、機械的強度と塗装に留意しなければならないとの事である。

ドイツは海図に光達距離を規定する如く目標のレーダー探知距離を規定する目的で反射性能の実験を行つてゐるが、海上に孤立した目標はその可能性があつても陸地上の目標は反射が弱く定め難いと云うオランダの意見もある。

A Classification of Radar Reflector in Use at Present; United Kingdom

1955年の国際会議で各種海上浮標のレーダー反射特性を調査する委員会が設けられた。更に委員会は小委員会を設けて会議に出席する各国の現在使用するレーダーレフレクターの報告を集めて分類した。現用のレフレクターは二面型、三面型、又両者の組合せであつて基本型は一致しているが、その大きさは各国共著しく相違している。三面型は浮標上にかなり多く設けられ、その八面体五面体は Daymark としても便利であるが浮標の浮き沈みで損傷し易く、製作も困難の為浮標の構造に取入れ難い。二面型は陸上標識に用いられるが垂直指向性が狭い

ので取付に注意を要する。其の他三面型を渦巻状に垂直に積上げた型も一部に使用される。



第3図 スパイラル型レフレクター

Radar Reflector now used in the Aids to Navigation System of the United States; United States

1950年来浮標に取付けるレーダーレフレクターの研究を行い投影面積 26sqft の二面型を標準型として各種の浮標に取付けている。現在は二面型レフレクターが円偏波を用いたレーダーに使用出来るか、又変更せねばならないかに就いて研究している。

Variable Dielectric Lenses as Radar Reflector; United States

誘電体常数が内部に近づく程漸増する球形によつて Spherical Corner より8倍も優れた反射能力を有する全指向性レフレクターが得られる事を報じている。構造は Lunberg Lens の様に作るが、Lunberg Lens の反射角が140度に対して360度になし得る。

Measuring Method for Radar Reflector; Japan

レーダーレフレクターや、他のレーダー反射物標の反射有効面積を求めるのに、レーダーエコーと信号発生器から得られる既知信号と直接比較測定する方法を述べている。

A Note on the theoretical Maximum Range to be expected From a Radar Reflector; United Kingdom

MIT laboratory series の13巻に述べられている Radar Antenna と Reflector の高さ、その距離から伝播常数を求める計算を利用して、Radar Constant から設計せんとする Radar Reflector の最大有効距離を求める図表を得ている。

Range Comparison of Radar Reflectors For Woo-

den Spar Bouys, Canada

木製の円形浮標と、この上に設けた3種の金属製 Reflector に就いて有効距離を比較している。

木製円形	0.6mile
4 1/4吋四面体の28吋積上げ	2.18mile
14吋の四面体	2.43mile
18吋の四面体	2.93mile

Development of an Instrument For Objective Measuring and Recording of the Reflection Properties of Radar Targets; Germany

反射特性を測定せんとする物標をレーダー PPI 上に小区画内に規定して、区画を生ぜしめたパルスに同期してオシロスコープとレコーダーを駆動し反射入力を観測し、又自動的に記録せしめる方法である。この方法によれば移動する物標の反射特性も連続的にしかも短時間に測定出来る。

Results of some Measurements made with a Measuring Instrument For Echo Intensity to determine the Radar Reflection Range of Aids to Navigation; Germany

灯台や灯浮標の光達距離が規定される様、標準レーダーに対する灯台や浮標の探知可能距離を規定するために上に述べた装置により灯台や浮標の反射特性を測定している。理論に合致する良好な特性が得られ規定の可能性があると報じている。

(6) ロラン、デツカ、コンソルに関する論文

米国のロラン、英国のデツカ、ドイツのコンソルと各国夫々の特長を有する定評のある航法援助装置であるをいか、討議の対称となる問題は無かつた。

ロランC局は最近中部地中海に最初の米国東部海岸局より出力は小さいが Timing Accuracy を向上せしめた装置を設置している。そして商用受信機は船用、航空機用共に英米両国で製造しており1961年8月頃には完成見込みとのことであつた。

Standard Loran, Technical and Operational Advance; United States

ロランAに施された最近の改良点を報じている。受信機の自動追跡記録装置、容易に組立てられるアルミニウム合金製のアンテナ、ファイバークラス製の受信アンテナ等である。

Loran for Precision Navigator; United States

現在使用されているロランA装置の Envelope Matching に、更に Phase Difference の測定を付加する事により現在の最小誤差限界 450ft を 25ft に向上させ得る。

Accuracy of Loran-C; United States

1957年米国東部海岸に設置されたロランCの Timing

Accuracy は $\pm 0.2\mu s$ 以内であつて、有効範囲 675,000 q mile にわたり精度は 200~1,000 ft で位置を求める事が出来た。又中部地中海の新設局もより以上の安定度を有しており、これ等の ロラン C Chart は既に発行されている。

Loran-C, a Precision Radionavigation System; United States

ロラン C の性能を説明する。米国東部海岸に設置されたロラン C の飛行機及び船舶による実験から高精度、長距離の航法装置である事が示された。Coast Guard では現在ロラン A にロラン C を併設して使用する事を調査しており、将来は A を中止し C のみとする可能性があると述べている。

Report on the Utilization of the Decca Navigator System; United Kingdom

デツカは過去 14 年間にわたり航法援助機器として用いられており、現在西ヨーロッパに 9 局、バルティク湾に 2 局、インドに 2 局、カナダに 4 局設けられ、5,000 隻以上の船が利用している。その応用も航法援助のみならず、水路や浮標の位置測定、海岸の測量にも用いられる。

Observation on Changes of Decometer Indications in the Area of the German Decca Chain; Germany

ドイツのデツカ網が完成以来数年間にわたり Decometer の指示を観測した。その結果夜間と冬期には指示が不規則となり特に氷点下に温度が下ると甚しい。これは 3,000 m 波の伝播速度が変わる為であつて精度を更に向上させる為には受信側で補正を施すことが望ましい。

Experience and Results from Observation of European Consol Beacons; Germany

コンソルビーコンの有効範囲内で実験観測を行い、受信誤差に影響する各種要素を説明する。

(7) テレメタリングに関する論文

Wind Velocity Telemetering System; Canada

カナダの山中にある主要貫通路になだれが多いが、これを事前に知るには風向と風速を測る事により察知出来る。この為風向は 8 方向、風速は計器の回転数を夫々 9 種の音声周波を用い 1650 KC/S を搬送波として AM 変調を加へ送信する。受信側は指令を出すことの出来る便利な地点にあつて、これを受信記録し危険状態になると交通遮断を行つてゐる。

A Radio Linked Telemetering System; United Kingdom

基地と船舶の連絡通信に V H F が国際条約で割当てられ、基地から航路の水深、天候等の情報を常時連絡したいため、この場合の避地の刻々と変る状況を中央指令室に集めるのに有用なテレメタリングを述べる。

以上が国際会議の状況であるが、これ等の新しい方

式の採用に当つては充分な配慮が払われねばならぬことが強調された。例えば英国では効果の評定に船から形式的な報告書を取つたが、この方法は真実に乏しく近頃は船員の意見を直接会話により集計している。米国では段階に分けて 1) Coast Guard で実用化試験を行い。2) 航海士の意見を会話で聞き。3) 技術者を商船に乗せて調査する。これ等を総合して評価するとの事である。

閉会式に際して次回は 1965 年ローマにおいて第 7 回国際会議を開催することに決定した。

2. USCG で見た電子航法

会議終了後、見学会が会議参加者の為に催された。見学会は灯台機器の製作修理を行う USCG Yard、光学及び音響に関する機器の研究開発を行う Electronic Engineering Station (EES)、航法援助機器の製造販売をしている 16 会社からの出品展示会、New York 港内で実用される援助施設の状況等であるが、ここでは EES で見学した機器の概況を述べることにする。

EES は New-Jersey 州、Delaware 湾の入口で海岸は世界一と称される美しく安全な海水浴場として名高い Wildwood にある。この地方の産業は漁業のみで製造工場は殆んどないが、夏期には行楽客で 12,000 の人口が 250,000 人に急増する。隣町の Cape May は合衆国でも最古の海岸行楽地であり、19 世紀には十代大統領の保養地で現在もその面影をしのばせる建造物が散見される。しかし近年この地の海岸は侵蝕作用により砂地は Wildwood に移動して所を変えて了つたとのことである。

EES は Washington 市にある CG Headquarters の Electronics Engineering Division の指揮下にあり、主として電子航法援助機器の開発研究と実用化試験を行う唯一の機関である。電子機器である限りはこの機関の評価と認定がなければ生産に移行出来ない権限を持つてゐる。中波を扱う実験では特に広大な敷地を必要とするが、その点ここは海水を含む砂地で一樣な高い導電性を有し電子妨害の恐れもない広々とした約 400 エーカーの大きさを持ち電波伝播や電界測定には絶好の地である。この中に 625 フィートと 272 フィートの各 1 本、12 フィートが 2 本の夫々空中線塔が建てられて、実験用に装備せる機器はロラン A 及び C、ラジオビーコン、方探器、レーダー、マイクロウェーブビーコンがある。またここでは過去 2 年来ロラン C の技術要員養成の為に訓練学校を設け CG の士官を中心として諸外国の技術者も含め、8 週間の教程で現在迄 200 人を養成している。この研究者はスタッフ 5 名の士官、25 名の下士官と 9 名の民間技術者からなる 39 名で構成されている。研究室の設備も非常に行届いており、実験室、機械工場、パルス測定や電界強度

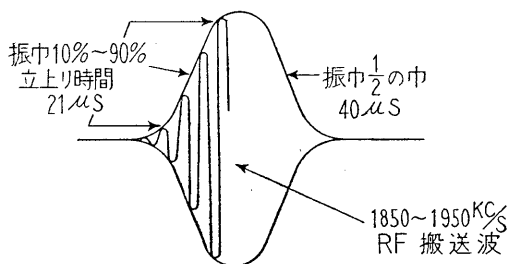
測定に使用する二重シールド部屋、精密測定器（0.5%以上の精度）の保存と校正の為の空調室等がある。測定器も扱う機種が100KC/S から10,000MC/S の広範囲にわたりシンクロスコープ、信号発生器、電圧及び周波数標準器、増巾器、定電圧源、インピーダンスブリッジ、電界強度計、自記記録、パルス発生器、周波数分析器、電力計と多種多様に揃えられている。

次にここで研究している主要装置を既知の事柄とは思いうが説明させて頂く。

ロランA

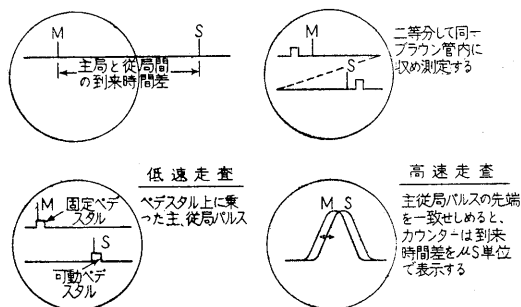
ロランA（以前は標準ロランと呼ばれ現在は改称されている）は1.85~1.95MC/S 帯のパルス送信を利用した遠距離双曲線航法援助装置である。有効範囲は地表波で800 海里、夜間は空間波を利用して1400海里以上にも達して測位精度は一般に1%以内である。第二次大戦の初期1943年に活用され始め、現在は合衆国に49、カナダ6、デンマーク3、英国とアイスランドに各1の計63が実用されている。

普通に使われるロランA網は主局1と従局2の3局から構成され、主局と1つの従局が夫々対となつて得られる二対が必要である。三局は他のロラン網と識別する為に特定の搬送周波数と各対に特定のパルス繰返し数で作動する。図の2X;L 5、2X;L 6は周波数1850 KC/S、繰返し数X;L 5は $25\frac{5}{16}$ PPS、X;L 6は $25\frac{6}{16}$ PPSである。主局と従局間は夫々同期制御して送信する為、信号の減衰が少ない海上の通路によつて結ぶので島とか半島の先端に設けられ、距離は300乃至500海里に選ばれる。航海士は一对の局から到来する信号の到着時間差を測定するが、この時間差の等しい点の軌跡は双曲線をなしこれを位置線と呼んでいる。第4図に示す様なパルス波形を受信機では直接オシログラフによつて観測し時間差をマイクロ秒の単位で読み取る。即ち図によれば航海士はロラン受信機を $25\frac{5}{16}$ PPSで送られるパルスのみ受信出来る様に設定する。一对の送信方式は常に最初に主局のパルスが現われ次いで従局のパルスが送られる様な一定の遅延をほどこして同期を取っているため容易に到着時間差を第5図に示す操作によりカウンターから



第4図 ロランAのパルス

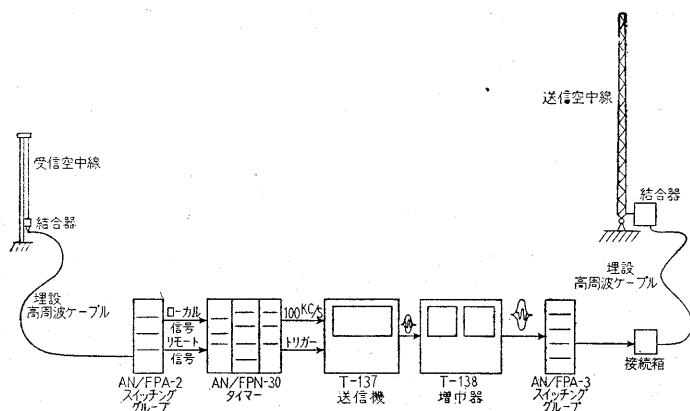
読み取り予め作製発行されているロランチャート上に位置線を求める。次いで再び受信機を $25\frac{5}{16}$ PPSに設定し、もう一对の局の時間差から位置線を求めると、この二本の位置線の交点が現在位置であつて、天候に左右されることなく容易に決定される。この方式では広大な百万平方哩にも及ぶサービス範囲では送信時間制御の誤差が非常に大きく影響してくるので特に正確を期さねばならない。主局は自からサービス海面に送信すると同時に時間基準を打立て、従局はこの基準に従つて送信を行うが1%の精度を保証する為には同期精度は $\pm 2\mu s$ 以内になければならない。主局では従局の送信を受信して絶えず監視し異状のある場合は警報を発する仕掛けになっている。



第5図 測定原理

第6図は現在合衆国で使用する局の構成であるが、主従いづれも同型式である。簡単な受信空中線により捕えたりリモートとローカル信号は高周波ケーブルでスイッチンググループに送られ強いローカル信号は減衰せしめ、弱いリモートはそのままで受信空中線の位置に相当する遅延を調整してタイマーに加えられる。タイマーはこれ等装置の中でも最も重要な装置であつて、全ての基本となる周波数100KC/Sを 10^{-9} の安定度で作る。これから分周してパルス繰返し数を得、次いで送信機では周波数1倍を行つて搬送波を作る。従局のタイマーは100 KC/Sが主局のそれと同一位相と周波数を保つ様に自動制御の役割をなし、これが狂うと主局のタイマーは動揺した不安定パルスを出し警報する。一般にロラン局は各装置の故障に備えて二重になつていて従局は2個のタイマーと送信機を有し、主局は通常ダブルマスターと称し各従局に対し送信機を共通に使用するので4個のタイマーと2個の送信機から構成される。送信機は160kwの出力を有し、増巾器は1000kw迄増巾する場合に限り使用している。ここでは出力は272と125フィートの各空中線塔とT型ワイヤー空中線の3種を使用して実験を行っていた。

ロランAに関して現在なされている主な研究項目はロラン受信機に計算回路を付加して、これに予定航路を設



第6図 ロラン A の構成

定すれば其の後の船の行動による航路上の偏位や到着点迄の距離が自動的に指示される装置、大電力局用に増巾器の側帯波を改善した TM-325 と AM-1700 と称する組合せの出力 1 MW の送信機と増巾器、局間距離を増大しても充分安定に S/N 比 $1/1$ で同期制御可能なタイマー等の実用化試験が行われていた。

ロラン C

ロラン A と同じ様に船舶および航空機用の双曲線航法援助機器としてパルス送信を行なう点は何等変りない。1944年合衆国では地上伝播の減衰を軽減するために 100 kc 帯の低周波ロランの実験を行なつた。また1945年頃から空軍は CYCLAN と称する 180kc と 200kc を用いた軍用の航法装置を研究していた。いずれも実用には到らなかったが得られた基礎資料に基づき1951年から高精度超遠距離用として CYTAC と称する 100kc/s のパルス位相の比較による双曲線航法の研究に着手し、1956年に完成して、これがロラン C に改称されている。

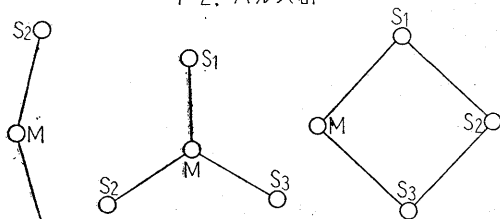
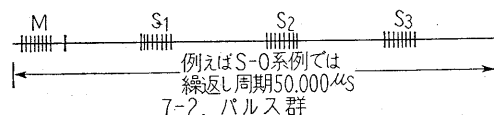
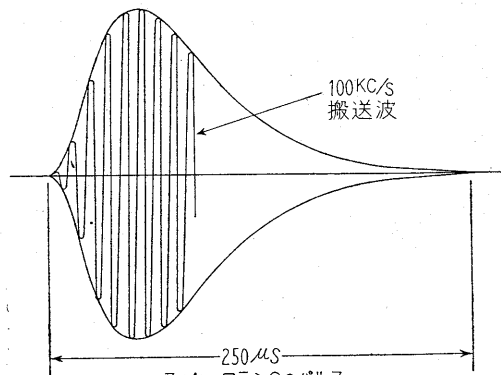
ロラン A との基本的な相違は

- (1) 1850, 1900, 1950KC/S の送信搬送周波数に代つて 100KC/S を用いる。
- (2) パルスエンベロープの比較も行なうが、基本測定は搬送波の位相すなわち Cycle Match を行なっている。

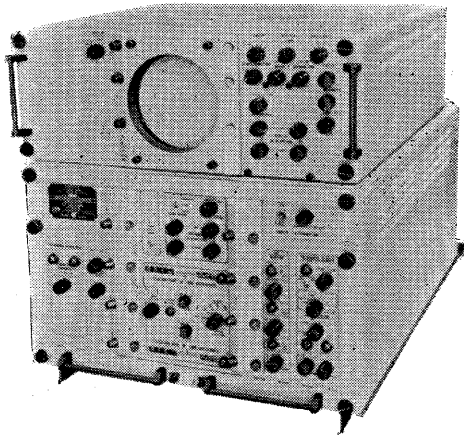
ロラン C の周波数は陸上でもほとんど減衰を生ずることなく地上到達距離が 600 乃至 1200 海里、海上 1500 海里、空間波は現在反射波の次数識別が困難なため利用されていないが 3000 海里にも達する。ロラン C の精度は RF の位相測定によるので非常に高い。第 7-1 図に示すパルス巾と形状を規定した波形が送信され、受信機は二対の局からの到来時間差をまずパルス波形の比較から粗測して、次に位相比較により精測する。位相測定は空間波の混合をさせた波形の先端で行なつて $0.1\mu s$ の精度で読み取り得る。ロラン C の一群は 7-3 図のように 3 局構

成で星型、角型の 4 局構成が考えられて何れも同一の 100kc 搬送波を送信する。一群のパルス繰返し数も同一であるが、主局に続いて従局 (S_1)、従局 (S_2) と局間距離から計算された一定時間差をおいて送信され、サービス範囲内では受信機への到来パルス順序が常に M, S_1 , S_2 , S_3 の順となるようにしてあり、受信機はこれを自動的に読み取っている。また 7-2 図のように各局から夫々 1 個でなく近接した 8 個のパルス群を送信することにしているが、受信に際して積分効果を利用して S/N 比を向上せし

めることにより送信尖頭出力の減少を計っている。(主局では最後に識別パルスを入れ 9 パルスとなる) ロラン A の 2 MC 帯と比べて 100MC 帯は非常に空間雑音妨害が多く、この中で精度の向上を期すために S/N 比 $1/10$ 以上において充分安定に動作する Cross-Correlation detection 方式を用いて局間同期を取っている。また動作監視もオシロスコープでは観測できないので機械的方法によっている。第 8 図は ITT LABO. で軍用に試作した受信機を示す。

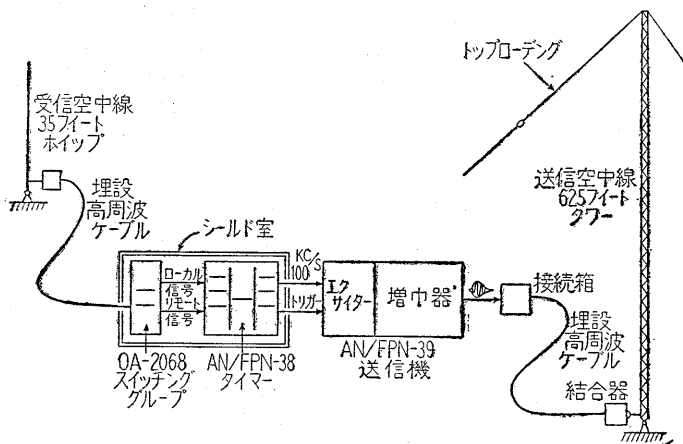


第 7 図



第8図 ロランC受信機

第9図は EES にある1局の構成図でロランA局と同様にホイップ空中線より受信、スイッチンググループ、タイマー、送信機を経て625フィートの空中線塔から送信される。



第9図 ロランC

ここではこれ等の機器を使用して前述の技術者養成および空間波反射次数の識別による利用方法、ロランCを利用した自動航法装置の研究を進めているとのことであった。

ラジオビーコン

船用ラジオビーコンは1922年 New York 港に設置されたのを皮切りに、今日新しい機器が採用されている中にあって、依然として重要な中近距離航法援助機器として、その数195局が現用されている。さらに合衆国では拡充の方針であるが現在はあまりにも密集し過ぎていて相互干渉が生じ新設する場合の問題点となっている。

船舶や航空機の方角探知に使用されるビーコン局の型式は特別級とA, B, C, D, の4クラスにわけられ有効距離は各々 350, 200, 100, 20, 10海里とし、干渉を

さけるために地域に適した型を限定した有効距離内で使用するよう特に注意を払っている。ラジオビーコンは285KC/S~325KC/S 帯の周波数を用い、通常1020C/S の変調を行なって送信する。そしてビーコン局の識別のために一般には送信周波数を異ならしめているが、特別級とA級では航空機へのサービスもかねて変調周波数を異ならしめ連続送信方式を用いている。

船用のみに使用するビーコンは同一周波数を発する3局を一群とし海岸に設置されている。3局相互の送信は時分割方式を採用し、晴天時は1時間の中2回20分の間隔をおいて10分間送信する。この10分間に各局は交互に1分送信して2分休止の方式を取っている。悪天時は各局は3分毎に交互に連続送信を行なっている。したがって航海士は3分以内に方位の確認が出来ることとなる。

目下EESでは二重送信方式の研究を行なっている。この方式は今迄の変調周波数に相当する差を有する2つの周波数を送信するのであって、今迄のAM方式と比べて周波数スペクトラムは第10図に示すようにその側帯波

に相当する程度であるから干渉の除去にはきわめて有効なわけである。これの採用に当つては現用の方探器の選択度の調査が充分でないのではしばらく時を要するとのことである。

第10図は最も新しい型式のビーコン局の構成であつて、T-747 送信機とAM-2353 増中機の場合は二重送信方式によるものである。

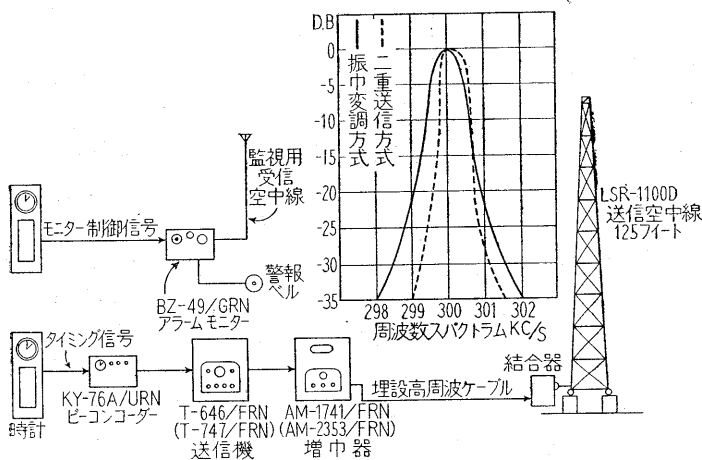
方探器ではAN/SRD-7 と称する遠洋航行船用、AN/SRD-12 の小型船用のいずれも自動化した装置を実験に使用している。

マイクロウェーブビーコン

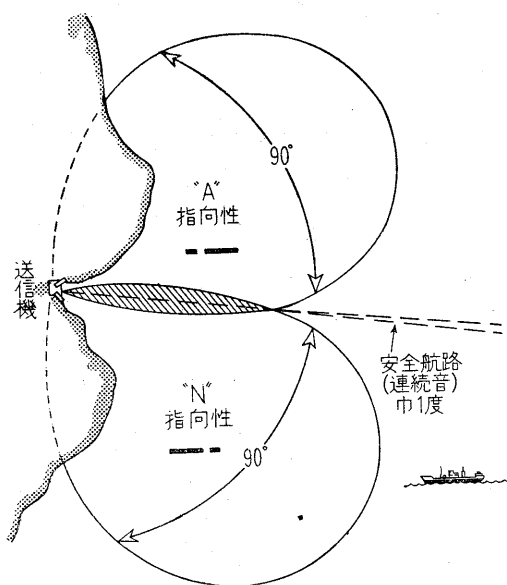
EESでは最近開発した2種類のマイクロウェーブビーコンを実験中である。近年ヨットやモーターボートの小型船が急増して、これ等に対する航法援助機器が必要となつたが、ラジオビーコンの周波数帯は密集し過ぎ使用できない状態にあつた。

マイクロウェーブビーコンは海岸に送信所を設けて、その信号を船は特殊な携帯マイクロウェーブ受信機で受信するものである。利用者はほとんど一般人であるため受信機は簡易なしかも価格の低いものでなければならぬが、トランジスターの使用による小型軽量化が、この方式の採用に踏切らせたのである。

その1つは第11図に示すように Directional Range and Omnidirectional Microwave Radio Beacon と称し、名前通り2つの機能を持つている。機器の1つは第11図に示す様に航空機用 Directional Range と同じく、A符



第 10 図 ラジオビーコンの構成



第 11 図

号 (・-) と N 符号 (—・) を交互に90度の指向性で2方向に発射する。2つの指向性は中央部で重なっているの、この部分では受信機は連続音を聞くことができる。これを航路上に取れば船は安全に進路を定めることができる。この場合の受信機は双円錐型全指向性空中線を使用している。

もう一つの機能は指向性の範囲内全部を利用するもので従来の方探器と同様に、受信機は鋭い指向性の角錐型空中線を使用してビーコン局の方位を知ることができる。

送信機は 9310MC/S のマグネトロンを使用し、尖頭出力 50kw でフェライトスイッチにより切替えられて、夫々90度の指向性で2個のホーンアンテナから輻射する。パルス振巾変調により天候やその他の情報を送信するこ

ともでき、A N符号を停止して識別符号を入れることもできる。到達距離は10海里である。

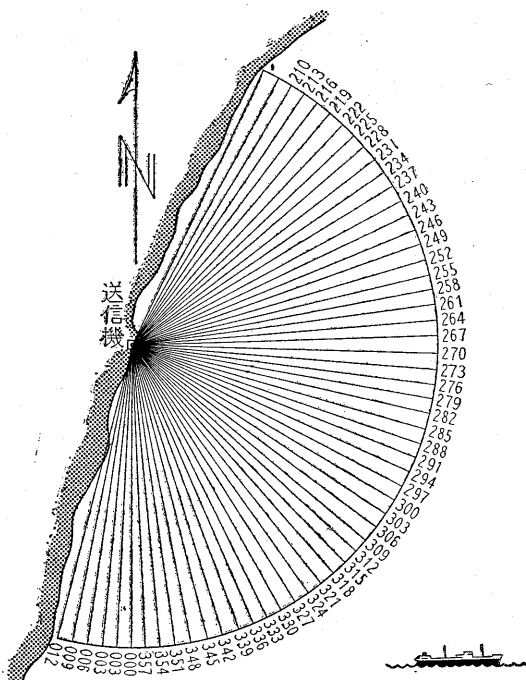
受信機は乾電池とトランジスターを用いた小型の簡単なもので、ホーンアンテナは本体内部に取付け、全指向性アンテナは外部に取付けるようになっていて、イヤホンにより聴取する。

もう一種のマイクロウェーブビーコンは Talking Beacon と称し第12図に運用形式を示す。送信機は第13図に示すように3度の指向性を持つパラホラ空中線で2分間に1回転している。9310MC/S のマグネトロンの発振は空中線の回転の3度毎に録音から音声による方位を、パルス巾変調して送信し

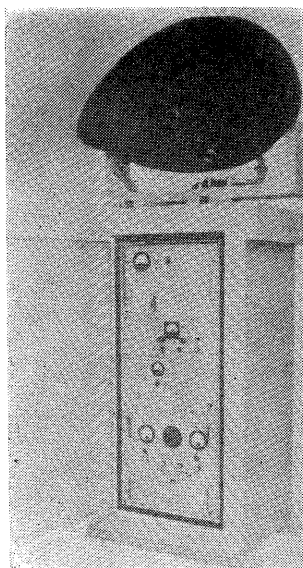
ている。離れた場所に動作監視用の受信機を置きビーコンの故障時には自動的に送信を停止せしめる。到達距離は同様に10海里である。船上で使用する受信機は第14図に示すように乾電池を用い、空中線は全指向性の円筒スロットアンテナで、受信機本体からはずしてマストに取付けることもでき、音は拡声器、イヤホンいつでも使用できる。マイクロウェーブビーコンの実験は目下着々と進行中で実用化される時期も近いとのことであつた。

走査変換装置

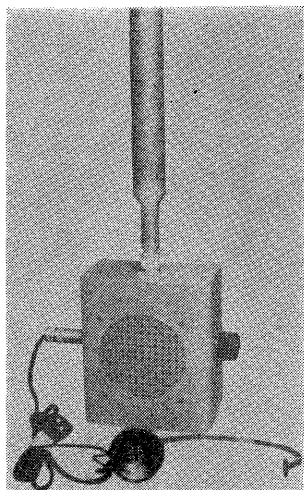
最近になって走査変換装置の実験に着手している。レ



第 12 図



第13図



第14図

ーダーの PPI 表示を TV 表示に変換する目的で 2 電子銃を持った蓄像管が開発され、その性能も年々向上し、レーダー影像と変りない TV 像を再現できるほどの高分解能を有する蓄像管が出現した。

通常のレーダー PPI 表示では暗室を設けなければ観測できないので観測室は自から制約され、レーダーを用うる管制動作は操作上に非常に不便な面がある。またレーダー像は画かれたばかりの像と残像には相当の輝度差があり、一見して状況を捕えることのできない欠点もある。PPI 像に比べて輝度 300 倍以上を持つ普通の TV 画面によれば上の欠点は直ちに除かれ得る。すでに合衆国

では Federal Aviation Agency によつてこの方法が空港の探索レーダーに採用され、Idlewild (New York) 空港では管制塔や中央指令室に用いられて管制員の活動の正確且つ能率向上に役立てられている。

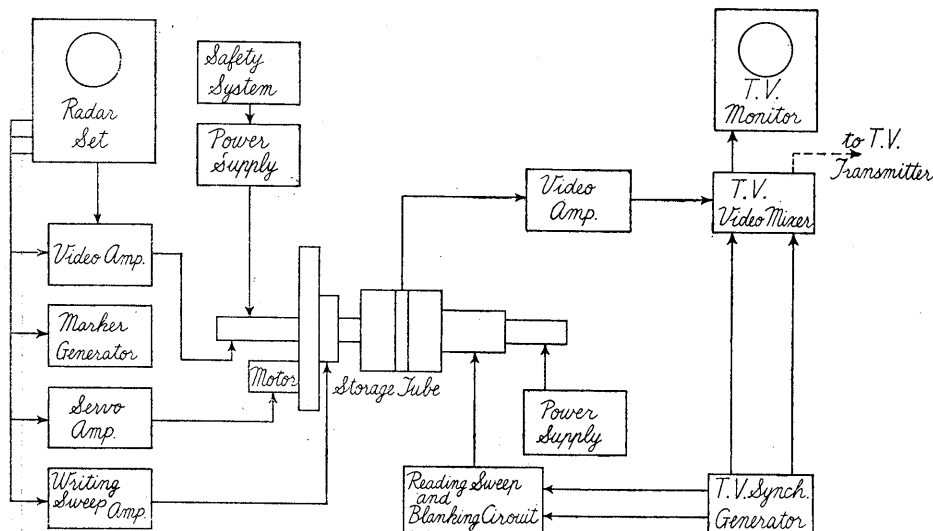
蓄像管を用いた走査変換装置によるとさらに次のような利点が強調される。

- 1) 3 分間程度の蓄像が可能であるから過去の航跡も同時に観測でき、目標の進路や未来位置が決定できる。
- 2) 並列に多数の TV 装置が取付けられるので管制作業の分割ができ、夫々の TV によつて離心、局部拡大が容易に行なえる。
- 3) 蓄像の積分効果により信号対雑音比を向上せしめ得る。
- 4) 映像波帯域の圧縮を行なつて、有線および RF による伝送が可能である。

EES の走査変換装置の実験はこれ等の利点に着目して、ショードービジョン (Shore Radar Television) と呼ばれるところの港湾レーダーで捕えた影像を TV 放送して船舶の持つ TV 受像機に再現させ、出入港する船の航法援助方式に使用する目的である。CG ではこの方式の出現が船側の TV 像上で自船の位置識別に問題があるが、船舶からの要望が多いので実現も近い将来とのことであつた。第15図に実験装置の構成を示す。

む す び

以上簡単に第6図国際航路標識会議の模様と USCG の研究開発を行なっている電子航法援助機器の概要を説明



第15図 走査変換装置の構成

いたしました。が、浅学の筆者では到底十分に意をつくすことも叶わずただ実情を見聞したというだけで筆を取りました。しかも帰国後3ヶ月を経た現在、彼地の印象もうすれて甚々断片的になりましたことをお詫びして後記といたします。

30W SSB 無線電話装置

写真に示す本装置は主として海上移動業務用として、小型堅牢取扱容易に設計製作されたもので、中短波帯と短波群も備え、安定確実な遠距離の電話通信を行なうことができます。本装置は 1.6~9Mc の任意の 10 チャンネルをプリセットして一挙動で切替えることのできる送受信機で、SSB 電話 (A 9 [抑圧]) と同時に、搬送波添加 (A 9 [添加]) により従来の AM 無線機と交信も可能で、送信出力も SSB 電話は 30W、搬送波添加時は 10W であります。この装置は送受信部および電源部から構成されますが、電源部は DC 24V 用により動作します。

BBS の方式の特長

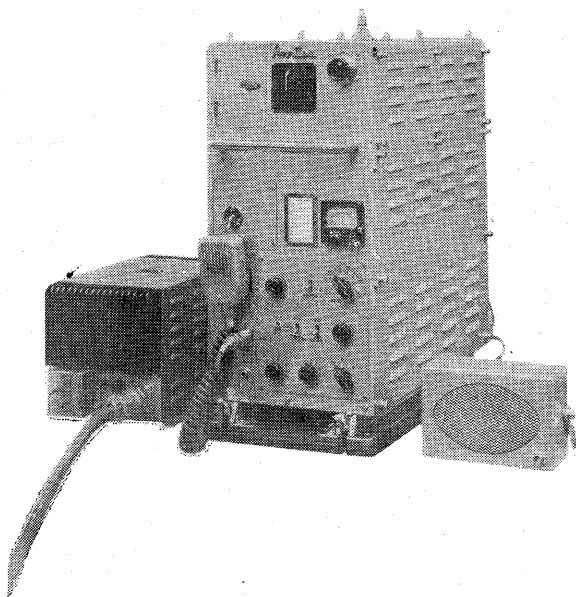
SSB の特質発揮

SSB の無線電話の技術基準 (郵政省) に適合することは勿論、SSB のもつすべての利点、帯域巾の節域 SN 比の向上、消費電力の低下、混信、フェージングに強いことなどを最高度に発揮し、しかも取扱は簡単で従来の機器とほとんど変わりません。

同期調整の容易

SSB 方式で最も心配される同期調整は当社独特の方法をもちい、ビート音を聞きながらクラリファイヤにより簡単にできます。この上発振器は極めて安定ですから初期調整のみで十分であります。

(記) 1W~200 WSSB, 27Mc
~150 Mc SSB 等を販売し
好評を博しております。



安立電気株式会社

本社	東京都港区麻布富士見町 3 9
電話	東京 (4 7 3) 2 1 3 1 (代)・2 1 4 1 (代)
営業所	神戸・下関・戸畑・長崎・福岡・札幌

レーダ航法(Ⅱ)

東京商船大学

茂 在 寅 男

第2章 航法上障害となる「海面反射」「雨雪の反射」および「雨雪による電波の吸収」についての考察

2・1 まえがき

今回は狭義の航海術に範囲を絞って船位の決定を中心として論じたが、今回は、レーダ航法それ自身からは若干離れる事になるかも知れないが、航海術上においてレーダを利用する場合、遭遇する問題を幾つか取りあげて論文風に問題点を追求してみた。

実用者にとって結果のみを利用すれば良いことであるので、先ずその得られた結果を最初に述べ、次にその個々について解析をしておいた。従つて、結果の誘導については、これに関心を持つ場合のみ御覧頂ければ幸である。(本船はアンテナ高大体25m位の航洋船として考える。以下同じ)

まず「海面反射とその障害範囲」に関しては、現在船用レーダとして一般に普及しているレーダにおいて、一般見張り用調節(島も船も鮮明な映像となつて現われている程度の Gain および Video 調整で、必要とあれば Anti-clutter を適当にかけた状態)では、どの程度の範囲まで障害を受けるかということについては次のようなことがいえる。

$$R = \frac{LB}{15} \dots\dots\dots (2 \cdot 2 \cdot 1)$$

ただし、R: さば船程度(20吨以下)の小舟が発見困難になる程度の海面反射の強い範囲(本船からの海里)

L: レーダの使用レンジ・スケール

R: ビ氏風力階級

現在までの多くの実験から誘導される実験式として、大体の目安は、この2・2・1式が当てはまるものと考えられる。

この式の持つ意味を解説すれば次の通りである。

いま標準として、さば船程度(20吨未満)を取つて考えて見れば、(海面反射を論ずるような外洋においては、浮流物以外ではこれが最小の目標物と考えられるので)レーダを沿岸航行中最も多く使用するレンジ・スケール

の15海里とし、これを一般の見張り用の調節としておいた場合について、ある距離(R海里)以内は海面反射のためにこの目標物を発見できないという場合、このRを求めるには、中央気象台風力階級(ビ氏階級)の数字に海里をつけたもので大体を現わすことができる。

すなわち、海面反射は近距離になるほど強い映像を示すことから、ここに述べたRは、風力が大となればなる程大となり、益々不便を感じるようになるのであるが、これはレンジ・スケールを近距離にかえると小になり、より近距離まで発見できるようになる。すなわち、6海里スケールにしたときは、このRに6/15を乗じた数字でよく、2海里スケールにした場合は2/15を乗じた数字を大体の目安とすることができるといふ結論である。

例えば風力6の場合、15海里レンジ・スケールを使用中は、本船から6海里の距離まで(風上側)はさば船程度の目標物を発見出来なくなるし、これを6海里レンジに切りかえると $6 \times 6/15 = 2.4$ 海里まで、2海里レンジに切りかえると、 $6 \times 2/15 = 0.8$ 海里と考えて大体目安とできる。

つぎに雨雪の障害についてであるが、これには2つの場合が考えられる。すなわち、目標物が雨域に包まれて、雨滴の反射のために目標物の発見が出来なくなる場合と、雨域を透して電波が往復するために、目標物の周囲には雨が降っていないくとも、雨雪による電波の吸収のために目標物からの反響が消えてなくなる場合である。

まず目標物が雨域に包まれた場合、極端なときは、近々1海里以内における1万屯級の大型船さえ発見困難な場合があるが、Gain を絞つたり、Anti-clutter をかけたりして、識別のための最良の調節とした場合、雨の各強さに対して、各種の船舶は2・3・4図に示した曲線によつて、雨の反響と船舶の反響との識別が不可能になるとの結論である。

例えば、1時間に70mmも降るような豪雨の中に目標物がある場合、3,000屯の貨物船は5海里、1万屯の貨物船は7海里以遠においては、レーダ調節を如何に上手に行つても発見不可能となる。

最後に、雨滴による電波の吸収についてであるが、南方における強烈なスコールの場合は最も吸収がはげしく、

温帯地方においては、雨域の中に物標が入つたために、雨の映像によつて目標物が隠されるということはあつても、雨域を透して物標を見た場合、物標が電波の吸収によつて完全に消えるという現象は殆んどないが、南方のスコールの場合にはその現象は非常にしばしばある。

これについて、雨の強さの各種類を透して各種類の船舶を探知する場合の最大探知距離の求められる曲線を計算して2・3・2図に示した。これによつて例えば、上述の豪雨の場合、8,000トンの船は、5.5海里以遠では反響は消されてしまうことがわかる。

以上の結論の誘導に関して次に述べたが、実用者にはこの解析の問題は除外して考えて良いであろう。

2・2 海面反射に関して

海面反射とその障害範囲に関して前述のように簡単な実験式を誘導したが、その裏付けとなる定量的な問題について若干の考察をしてみると次のようなことがある。

先づ第1にここでは波高を風力の函数として取扱つたが、これについて次の問題がともなつている。

すなわち、気象学上において、波高というのは、その周期および波形とともに、風が吹きわたる海面の広さ(Fetch)、風の吹きはじめのときの波の状態、風の吹続時間の諸要素を包含の上で「観測時の風速の函数」と考えることができるとされている。これについて1946年のスベルドラップの実験式が一般に使われているが、これは

$$H_{\max} = \frac{0.26}{g} W^2$$

(但し、H: 波高m, W: 風速m/sec, g: 重力の加速度)

で示され、この様な最大波高を生ずるためには、風の吹続時間が或る時間以上であり、風の吹きわたる海面の広さ(距離)も充分でなければならないが、それらの要素の影響の度合いについては2・1・1表および2・1・2表がある。(1)―P233

2・2・1表 吹続時間対波高(呎)

風速 ノット	吹 続 時 間						
	5	10	15	20	30	40	50
10	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
15	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	5.5	5.5
20	4.0	6.5	8.0	8.5	9.5	10.0	10.0
30	8.5	12.0	14.5	16.5	19.0	20.5	21.5
40	13.0	19.0	24.0	26.5	31.0	34.0	35.0
50	17.5	26.0	23.5	37.5	45.0	54.0	54.0

2・2・1表からは、当然吹続時間を考慮に入れて、これに対する補正を考えなければならないことを知り、2・2・2表からは、自船のおる海の広さによつて海面反

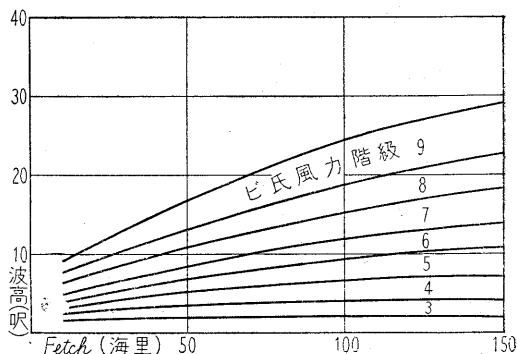
2・2・2表 フェッチ対波高

風速 ノット	フ ェ ッ チ (海 里)					
	10	50	100	300	500	1,000
10	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
15	2.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
20	3.0	6.0	7.5	9.5	10.0	10.5
30	5.0	10.0	13.0	17.5	20.0	21.5
40	7.0	14.0	19.0	27.5	31.0	36.0
50	8.5	18.0	24.0	37.5	44.0	51.0

(註) フェッチ (Fetch): 海面上を風が吹きわたる距離

射の強さに対する補正を考えなければならないことを知るのであるが、一般にしばしば起きる状態として風力8(すなわち34~40ノットまたは17.2~20.8m/sec)以下を標準として考えれば、吹続時間1日の場合を標準として、半日では波高はその3/4であり、2日ではその5/4程度になることが大体いえる。このことは、実際問題としては、吹続時間の長さによる波高の変化、従つて海面反射の障害範囲の変化というものゝ当然存在するとはいうものの、その概算値を求むる程度の要求には、補正係数を考える程の重要性はないものと考えられる。ただ、特別に、風の吹き始めとか極めて長時間吹き続けているときとかにおいて若干の補正をする必要はある。

また、2・2・2表の示すものによれば、風の吹きわたる海面の距離が問題になるのであるが、これは太平洋(165×10⁶km²)、日本海(1×10⁶km²)、紅海(0.4×10⁶km²)などの面積のちがいが問題になるわけではなくて、同一条件で風が吹いている距離であるから、低気圧の大きさとか、風上に隣岸があるときとかが問題になるものであつて、外洋においては、風が吹きわたる距離(Fetch)は一応100海里を標準と考え、それ以内の風上に陸岸がある場合について補正値を考えなければならないことを知る。100海里という数値は、低気圧の場合でも、現実に100海里以上が同一状態であることは少ないから、これを一応の標準と考えて大差ないからである。2・2・2



2・2・1図 Fetchと波高との関係

表のうち Fetch 150 海里以下を、ビ氏風力階級に換算して曲線で表わしてみたら、2・2・1図のようになった。

同図において実線の曲線によつて風速の範囲を区分したがこれは、中央気象台風力階級すなわちビ氏風力階級である。

これによつてわかることは、風力3以下においては風上に陸岸が10海里以上にあつても余り波高には関係なく、風力が大となる程、風上に陸岸がある場合とない場合とで波高に差がある。

しかしながら Fetch 50 海里の場合の波高は Fetch 100 海里のときの波高よりは小さくなるとはいうもののビ氏階級において1段階下の波高にまではさがらないと見てよいので、Fetch 50 海里までは補正を要せず、それ以下の場合、すなわち、陸岸が風上50海里以内に存在するときにおいては、海面反射の範囲に関する実験式は、階級を1ないし2だけ落として考えればよいということになる。

以上を整理してみると次のようになる。すなわち、

「外洋において最小の目標物と考えられるさば舟程度の物標を、沿岸において航洋船が見張り用として最も使用する15海里スケールにおいて、一般の見張り用調節（スケール一杯の物標が鮮明に見える程度の Gain とし、風波がある場合は Anti-clutter を3としたような状態）にした場合に、海面反射の障害映像のために発見困難であるという距離R海里というのは、経験上からして中央気象台風力階級（ビ氏）の数字に海里を付けたもので大体標準とすることができる。

これを6海里スケールにすると、このRに6/15を乗じた数字でよく、2海里スケールにした場合には2/15を乗じた数字で大体の目安を立てて良い。

またこれが小舟でなく機帆船程度の船という風に目標物が変われば、その変化に応じて大体加減をすれば目安がたてられる。

風上に陸岸がある場合、それが50海里以内の場合は、風力階級に対して1ないし2を引いた数でRを定めるべく、距離に応じた加減は必要である。しかし、風力4以下の場合においては、至近に陸岸がある場合のほかは、この補正も必要ではない。」

なお、海面反射の特性として風上方向が障害は最大であつて、以上は風上方向の最大の場合についてのことである。

以上によつて、次の実験式が成りたつ。一般の航洋船（標準として6~9,000 吨、レーダアンテナ高が25m前後）で、3.2cm波の船用レーダを使用しているとき、さば船程度の目標物の発見が困難になる程の海面反射の強い範囲R海里は次の式によつて与えられる。

$$R = \frac{LB}{15}$$

ただし、L：レーダの使用レンジ・スケール

B：ビ氏風力階級。

2・3 雨の反射について

レーダ映像において自然現象で最も大きな障害をなすものは雨である。これについては2・1において述べたが、これにはさらに定量的な考察が必要と思われるので以下若干これを試みた。なお、雪に関しても同様の障害はあるが、雨と比較するとその程度は少なく、特に冬の粉雪は少なく、春の水分を多くふくんだ雪は障害が多い。砂塵も障害を示すが、極端なる砂暴風の中心以外は比較的障害は少ないので一応雨についてのみ検討をすることとする。

雨そのもののレーダによる観測は気象分野に属し、これに関しては非常に多くの論文が見られるが、ここでは船用レーダとしての雨による障害について考えるので、いささかその趣きを異にする。

また船用レーダにおける雨の障害は、第1に雨滴の反射につつまれて目標物が発見出来なくなる場合と、第2に雨滴による電波の吸収のため、それより遠くの物標の探知が困難になる場合との2つがあるがここには雨の反射による障害のみにしほつて考察することとした。

雷雲やスコールの雨域内に小船などがいる場合にはこれを識別できないことがあるばかりか、ひどいときには2・1に述べた例のように1万屯の船舶さえこれを識別できないことがある。このように雨滴による反射妨害のある中で、目標が識別できるか否かを論ずる場合には、ちょうど受信機において限界受信強度を考えるとときにS/N比を論ずると同じように、雨の反射強度と目標の反射強度との比を求めれば良く、これには次の関係がある。

(2) - P81

$$\frac{\text{雨の平均反射強度}}{\text{目標の反射強度}} = \left(\frac{R^2 \lambda^2}{A} \cdot \frac{c\tau}{2} \right) \frac{N\sigma_0}{\sigma_1} \dots\dots\dots (2 \cdot 3 \cdot 1)$$

ただし、R：距離 λ：波長

c：光の速度 A：アンテナ開口面積

τ：パルス幅 N：単位体積当りの水滴の数

σ₀：平均雨滴の有効反射面積

σ₁：目標物の有効反射面積

すなわち、Aを大きくしてビーム幅を狭くすると雨滴の占める地域の内ではビームに当る面積が減少し、上式の比は良好となり、また R, τ を小にした場合も同様に比は向上する。

また σ₀ には次の関係がある。

$$\sigma_0 = 4\pi \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)^4 \bar{a}^6 = 300 \frac{\bar{a}^6}{\lambda^4} \dots\dots\dots (2 \cdot 3 \cdot 2)$$

ただし、 $\bar{a}$ ：平均雨滴の半径

a 平均雨滴の直径

すなわち、雨滴の有効反射面積は、雨滴の直径が増大すると急激に増大し、使用波長を長くすると急激に減少する。

(2・3・1) 式および (2・3・2) 式より

$$\frac{\text{雨の平均反射強度}}{\text{目標の反射強度}} = 150 \frac{R^2 c \tau d^6}{NA \lambda^2 \sigma_1} \dots\dots\dots (2 \cdot 3 \cdot 3)$$

すなわち、雨の反射防害は、雨滴の直径と使用波長により影響されることが大である。雨の反射は雨滴個々の反射の合成であるから、雨滴相互の関係位置が変化すると従って、雨の反射強度は絶えず変化する。

大体以上のようなことはすでに知られていることである。(3) - P41

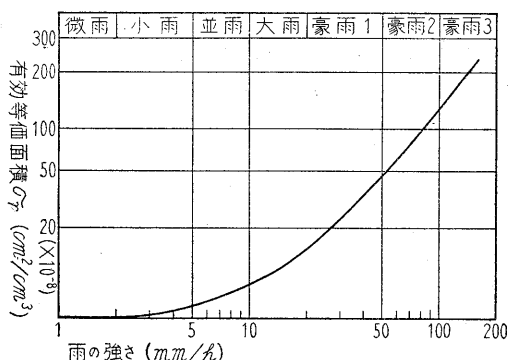
さて気象学上一般に雨の降り方を5つに大別して、それぞれの1時間内の雨量を次のように定めている。(1)

2・3・1 表 雨の降り方と雨量

雨の降り方	1時間の雨量(mm)	24時間の雨量(mm)
微 雨	1以下	5以下
小 雨	1～5	5～20
並 雨	5～10	20～50
大 雨	10～20	50～100
豪 雨	20以上	100以上

雨については、雨滴1個に対するレーダ有効反射面積 $\sigma_0(\text{cm}^2)$ というものが考えられる。

これから各種の雨の強さ (mm/h) に対するレーダ有効等価面積 $\sigma_r(\text{cm}^2/\text{cm}^3)$ が考えられるが、この値については Ryde や Haddock によつて報告されていて、その値には相当な散乱もあるし、航海上はその概数を知れば充分であるので、それらの報告(4)から次に波長 3cm に対する有効等価面積の概略を求めれば次の図のようになる。



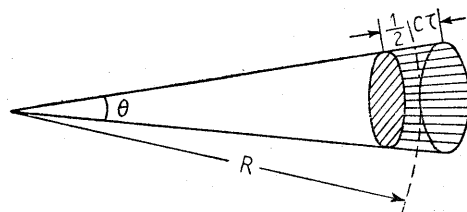
2・3・1 図 雨の強さとレーダ等価面積

ここではかりに豪雨を、豪雨1、豪雨2、豪雨3の3段階にわけて、それぞれ、20～50、50～100、100以上、mm/hとした。温帯地方における豪雨はほとんど豪雨1

に止まり、極めてまれに豪雨2になる程度であるが、南方では豪雨3は珍しいことではない。

つぎに送信パルスが発射されてから、或る時間 (t) だけ経過した後、雨域からの反射によつてレーダ側にはいる入力信号を考えると、(途中の雨による減衰を度外視した場合) それはアンテナビーム幅 θ によつて定まる面積とパルス幅の $1/2$ の厚みとの積、によつて定まる容積内の雨滴の集合体からの反射によつて定まると考えられる。

この容積を、一般船用レーダーの4呎スカナを持つパルス幅 0.25 μS の3種波レーダについて計算してみると次のようになる。



2・3・2 図

2・3・2 図において、 θ は、水平と垂直において異り、水平角 (θ_1) は 2° 、垂直角 (θ_2) は 150° であるので、距離 R において $1/2$ パルスの占める容積を求めるには、先ずこれによつて作られる隋円の面積を求めなければならない。この隋円の長軸を a、短軸 b をとすると、

$$\text{隋円面積} = \pi ab = 4\pi R^2 (\tan 7.5^\circ) (\tan 1^\circ)$$

$$\text{また } \frac{1}{2} c \tau = 32.5 (\text{m}), \quad (\text{ただし } c \text{ は光速, } \tau \text{ はパルス幅})$$

よつて $1/2$ パルスによつて占められる空間の容積 (m^3) は、

$$32.5 \times 4\pi R^2 (\tan 7.5^\circ) (\tan 1^\circ) = 0.423 R^2 \text{ で表わされる。}$$

しかし実際には、船用レーダの場合ビームの下側半分は大地で切り取られるので、空間で雨を探知する部分は上の値の $1/2$ と考えて、 $0.212 R^2$ 立方メートルといえる。

これと 2・3・1 図において求めた有効等価面積 σ_r との積は雨の有効反射面積 σ である。

すなわち、雨の有効反射面積は、基本的にパルス幅 τ とビーム幅 θ とを小さくすると減少するが、これが一定の場合であつても雨の強さと距離 R によつて変化する。これに対して目標の有効反射面積は、 θ または τ によつて変化しないばかりか、R にも無関係である点が相異なる。

以上によつて、3.2cm 波、4ft スカナー、0.25 μsec のパルス幅を持つ船用レーダの場合、各種の雨に対する有効反射面積 (cm^2) を計算してみたら、2・3・2 表のようになった。但し雨量および σ_r については、その中央値を取つた。

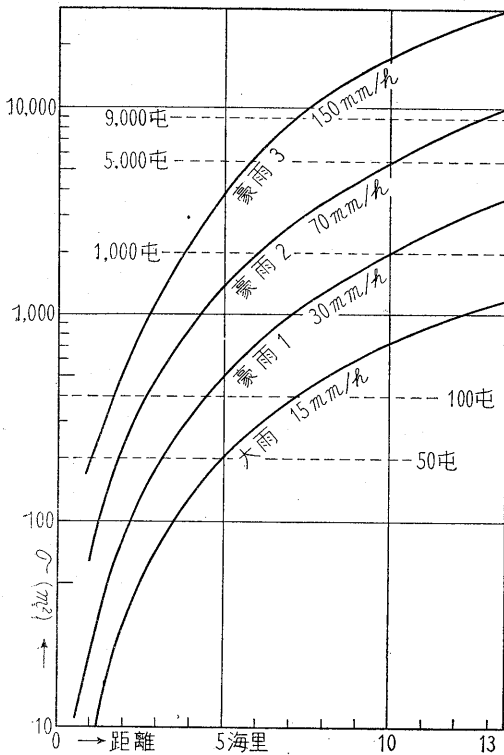
2・3・2 表 各種の雨に対する有効反射面積 σ (m²)

	大 雨	豪 雨 1	豪 雨 2	豪 雨 3
σ_r (cm ²)	8×10^{-8}	25×10^{-8}	70×10^{-8}	200×10^{-8}
σ (cm ²)	$188 \times 10^{-8} R^2$	$583 \times 10^{-8} R^2$	$1,640 \times 10^{-8} R^2$	$4,680 \times 10^{-8} R^2$

ここでは目標物を消し去る程の反射を示す雨について考察したので大雨以上を取った。

つぎに距離を変化させた場合、その有効反射面積がどう変化するかを計算して2・3・3図に示した。

なお目標物として貨物船の各種の大きさに対する代表的な有効反射面積を、横軸と平行に点線で示した。これらと雨の有効反射面積を示す曲線との交点を距離目盛りで読めば、船舶の雨の反射とが等しくなるような距離が海里で読み取れる。

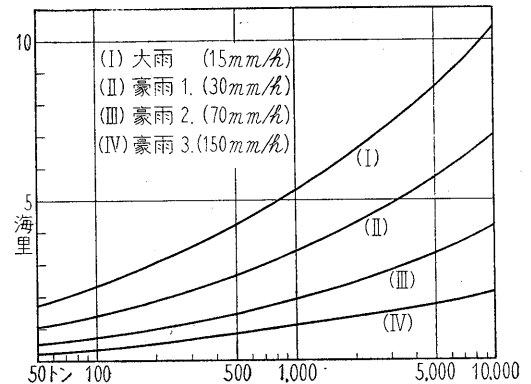


2・3・3 図 距離に対応する雨の有効反射面積

しかしながら船舶からの反射の強さをSとし、雨からの反射の強さをNとしたときのS/N比において、上の場合はこれを1とした場合のものであつて、このままでは実用にはならない。実際の場合は信号のふらつきもあり、7~10dbを考えなければならない。従つて、この図表から得られた距離の1/10位ところが信号消滅の距離と考えるべきである。この補正をした結果によつて、2・3・4図が画かれるが実用上はこの曲線が使用されるべきである。なお、ここには貨物船を標準として取つたが、貨物船で

も上部構造物が多いものは客船と共に長距離に補正されるべきであり、また、上部構造物の少ないものは、タンカーなどと共に、同じ屯数でも近距离に補正されるべきである。

ここで注意すべきことは、この図から得られる数値は、レーダ調整において、Anti-clutterを充分かけ、Gainも調整して、識別のための最良の調整とした場合のものであつて、2・1にすでに述べたように、一般見張りの調整では、雨域からの反射が飽和するため、「近距离1海里以内における1万屯級の大型船さえ発見困難がある」ことを忘れてはならない。



2・3・4 図 雨による船舶識別不能距離 (Anti-clutterをかけ最良の識別調整の場合)

雪の反射については、雪は水と空気混合されたものと考えることができ、氷の場合は誘電係数が単位密度の水に比べて1/10位 (Cummingの求めた値で0.197) であるので同じ大きさの水滴にくらべて反射はこれだけ弱いので、ここでは論外においた。

なお、雨滴が電波を吸収する問題は当然同時に起こることであるが、これは、雨滴の反響を弱めることと物標の反響を弱めることで、結果的には物標を雨の反響から識別する問題からは除外して考えられることである。吸収の問題については2・4においてこれを論ずることとする。

2・4 雨による電波の吸収と船舶の発見について

レーダに対して雨が障害を与える場合は、物標が雨滴の反響に包まれて識別できなくなる場合と、雨滴によつて電波が吸収されてこのために雨域を越えた先の物標の映像が消える場合との2つの場合があるが、前者についてはすでに2・3において論じたので、ここでは後者についてのみ論ずることとする。

レーダ波は水滴に当たると反射を起こすほかに、一部は吸収されて減衰する。従つて目標物とレーダとの間に雨域があるときにこの減衰が問題になる。減衰の程度は、

使用波長、水滴の大きさ、密度などによつて変化するものであり、水滴の大きさが大になるほど、密度が大になるほど、波長が短くなる程、減衰は大になることが知られている。

減衰の割合については、1946 年、Ryde の計算した結果がある。(5)

減衰が雨の強さに比例するものとみなして、雨の強さ 2.5mm/h 以上で、温度 18°C における雨の強さ 1mm/h 当りの減衰を、波長 3.2cm について求めた結果は、

$$0.024 \pm 0.004 (\text{db/km/mm/h}) \dots\dots\dots (2 \cdot 4 \cdot 1)$$

さらにその後の Robertson 等 (Bell Tel. Lab) の測定結果などと比較して、航海上の目的の要求程度には、減衰率には 3.2cm 波で、

$$0.02 (\text{db/km/mm/h}) \dots\dots\dots (2 \cdot 4 \cdot 2)$$

を用うことが適当であると考える。

理論的には当然温度補正も考えなければならないが、3.2cm の場合、比較的その量は少ない ($\times 0.01 \sim 0.02$) ので、一応 18°C を標準として各雨の強さに対する減衰率を距離ごとに計算してみたら 2・4・1 表のようになった。(片道)

2・4・1 表 雨の種類と距離による減衰 (db)

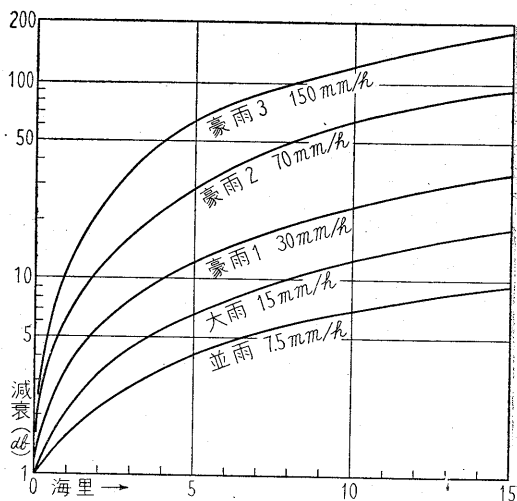
種 類	並 雨	大 雨	豪雨 1	豪雨 2	豪雨 3
mm/h	7.5	15	30	70	150
1 海里	0.3db	0.6	1.2	2.8	6.
2 "	0.6	1.2	2.4	5.6	12.
3 "	0.9	1.8	3.6	8.4	18.
4 "	1.2	2.4	4.8	11.2	24.
5 "	1.5	3.	6.	14.	30.
10 "	3.	6.	12.	28.	60.
15 "	4.5	9.	18.	42.	90.

なおこれは片道の減衰であるのでレーダにおいては往復の減衰を考えなければならないので、これを 2・4・1 図に曲線で示した。

本図によつて、目標物とレーダとの間に降雨地域がある場合の、目標物からの信号値の減衰の割合がわかるはずである。

この図から雨域の距離に対する減衰量がわかるので、各種の船舶の反響値に対する減衰量から、「目標物たる船舶は雨域の外にあるけれども、本船とその船舶との間が雨域でおおわれた場合のその船舶の最大探知距離を知るための曲線」が求められるはずである。これを求めてみたら、2・4・2 図のようになった。

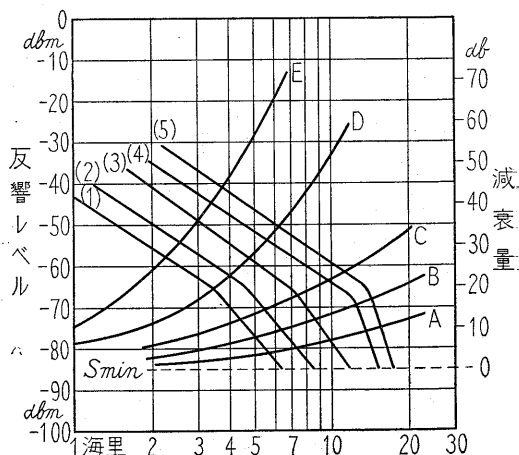
まず、前出の 2・3・4 図と本図との違いは、前者の場



2・4・1 図 雨の種類と距離による減衰 (往復)

合は目標物たる船舶が雨の反射の中に包まれる場合であり、後者の場合はその部分には雨が降っていないで、そこまでの途中だけが降っている場合である点の違いがある。

- | | |
|--------------|------------------|
| (1) 50 トン | A 並雨 — 7.5mm/h |
| (2) 500 " | B 大雨 — 15mm/h |
| (3) 3,000 " | C 豪雨 1 — 30mm/h |
| (4) 8,000 " | D 豪雨 2 — 70mm/h |
| (5) 10,000 " | E 豪雨 3 — 150mm/h |



2・4・2 図 各種の船舶に対し途中にいろいろの強さの雨が降った場合の最大探知距離

本図において、各種の信号レベルは、大体船が中型貨物船であつた場合、目標船が各種の大きさの貨物船であつた場合の標準となるような例(2)(3)などを示したもので、50, 500, 3,000, 8,000 および 10,000 の各トン数の貨物船からの反響レベルを(1), (2), (3), (4), (5)の曲線でそれぞれ示した。

これに対して、本船と目標船との間の雨の強さが、並雨、大雨、豪雨 1、豪雨 2 および豪雨 3 の場合の減衰量

(2・4・1図から得たもの)を、それぞれA, B, C, D およびEの曲線で示した。ただし、船用レーダの最小受信信号値が -85dbm 附近であることから、反響レベル -85dbm を減衰量の 0db の位置に取って曲線を画いた。

これらの2種類の曲線群の各交点を距離目盛りで読めば、その降雨状態を透した場合の船舶の最大探知距離が知られる。

例えば、豪雨の場合、8,000 トンの船は、5.5 海里以遠では反響は消されてしまうことがわかる。晴天の場合約16海里位から発見できるのに対し、更に10海里以上も近づいてからでないと発見できないことになる。

なお本図の場合は、本船から目標船までの全域が雨におおわれていて、目標船の部分は雨が降っていない場合を示してあるが、若し、降水区域が途中の1部分であった場合には、その降水区域の距離に対する分を平行移動させて反響レベル曲線と交わる距離を求めればよいことになる。

例えば、豪雨2の雨が、途中3海里だけ降っていれば、その減衰量は約 17db、これを右に平行移動して(4)曲線との交点を距離目盛で読めば、12海里で、この場合は、普通ならば16海里から見える船が、12海里まで近づかなければ発見できないことがわかる。

文 献

- (1) 和達清文：気象の辞典
- (2) Ridenour: "Radar System Engineering" M. I. T. Series. 1
- (3) 落合徳臣・茂在寅男："レーダの理論と実際", 海文堂版 (昭34—03)
- (4) R. Wexler: Theory and Observation of Radar Storm Detection, Conpedium of Met. V 1, 1283~1289 (1951)
- (5) J. W. Ryde: The Attenuation of Centimetre Radio Waves and Echo Intensities Resulting From Atmospheric Phenomena, Jour. Instr. Elect. Engrs. 93 (3A) (1946).

電 波 六 分 儀 の 解 説

運輸技術研究所船舶装部

木 村 小 一

1. 緒 言

大洋を航海する船舶にとって天文航法は重要な航法であつて、ロラン、デッカ等の長距離電波航法の発達した今日でさえ、基本的な航法として、またこれらの電波航法と組み合わせて使用する航法として、その重要性はすこしも衰えてはいない。天文航法に使用される六分儀は精密光学計器の一種で長年航海者に親しまれてきたが、精度の向上その他の点での進歩はともかくとして、六分儀自身の根本的な進歩はほとんど見られず完成された計器と考えられており、そのため天文航法は計算方法の簡易化などの他は十年一日のごとき技術によらざるを得なかつた。天文航法の最大の欠点は目視によつて太陽、星および水平線を観測する必要のために、悪天候まで行かないでも曇天においてさえも全く利用不可能になることである。このことは如何に現在の光学的六分儀を改良してもこの欠点をこくふくすることは出来ない。

近年、マイクロ波技術の発達は天文学のなかに電波天文学という新しい分野を開いた。電波天文学は太陽その

他の天体よりの電磁波を観測して、その波長と強度の関係、強度の時間的变化などより、天体の構造、現象の解析を行う学問である。地球上で最も受信しやすい強度の電磁波を出しているのは太陽であつて、この太陽電波をパラボラ形のアンテナで受信し、そのときのアンテナの方向から太陽の方位および高度を求めることができれば、この方法は六分儀に代りうる天文航法の一方法であることは精度その他の点は別として明らかなことである。このように天体よりの電波を受信することによつて、その方向を求める装置が米国において主として軍用に完成され電波六分儀 (Radio Sextant または All Weather Radio Sextant) と呼ばれ、米国海軍において初めて実用されることになつた。この電波六分儀の場合は観測すを媒体が電波であるために原則として天候の如何にかかわらず使用できるのがその最大の特長である。

2. 熱輻射受信の原理

いま、第1図のように温度 T_2 の物体の周囲を温度 T_1 の物体で完全に取り囲んでいる状態を考える。これらの

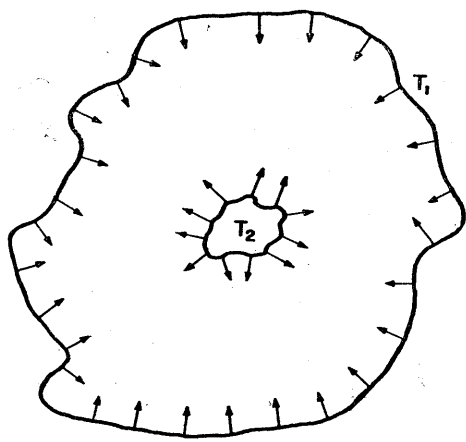


Fig. 1

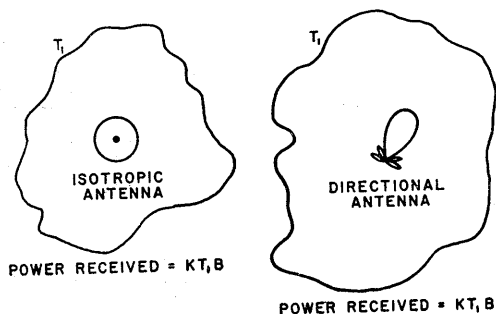
第 1 図

両物体の温度が 0°K 以上であれば、これらの物体からの熱輻射があることはよく知られているとおりで、図の矢印は両物体からの輻射を示している。すなわち、内部の物体から出る輻射は周囲の物体の表面へ行き、外側の物体からの輻射の一部は内部の物体に集まる。いま $T_1 > T_2$ であれば外側の物体から内部の物体へ移るエネルギー量の方が、その反対のエネルギー量よりも大きくなり内部の物体は熱せられて温度が上昇しこの関係は $T_1 = T_2$ になるまで続く。

両物体が完全黒体であればこれらの輻射エネルギーの周波数分布は有名な Planck の公式で与えられ、物体の温度によつてエネルギーの周波数分布が異なってくる。この法測による分布では無線周波数の領域は極めて僅かな輻射エネルギーしかないが、しかし僅かとはいえこの領域の輻射が存在することはたしかである。

第 1 図の内部の物体を無指向性のアンテナに置きかえれば、第 2 図の左側のようになり、温度 T_1 の物体からの輻射エネルギーを受信することになる。この場合にアンテナで受け、受信エネルギーは無線工学で取扱う周波数域では Planck の公式より

$$P_R = KT_1B$$



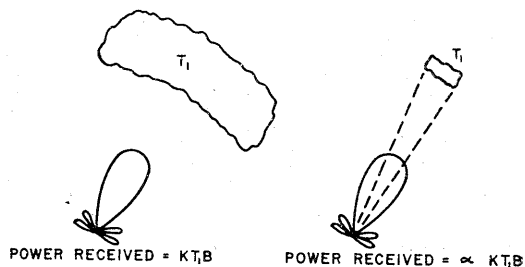
第 2 図

という形に導くことができる。ここで P_R は受信エネルギー、 K は Boltzman の常数、 T_1 は取りまいてる物体の温度、 B は受信機の帯域幅である。この式は無線工学でよく知られているとおり無線受信機の入力回路でおきる雑音の大きさを表わす式と全く同じ表現であることを注目しておく必要がある。

アンテナが第 2 図の右側のように指向性をもっているときに、もしそのアンテナの全方向の指向性の積分値が同図左側の無指向性アンテナの場合に等しく、かつ周囲の温度が一定の T_1 ならば受信エネルギー量は全く同じ KT_1B となる。指向性アンテナで側面ローブで受信するエネルギーを無視すれば（通常無視してもさしつかえない）受信能力は主ローブのみに集中されるから、第 3 図左側のように温度 T_1 なる物体がアンテナの主ローブの指向方向のみにある場合でも受信エネルギーの量は変わらない。しかし物体が更に小さくなつて同図右側のようにアンテナのビーム角より小さくなるとも早や受信エネルギー量は KT_1B に等しくなり、アンテナの指向パターンの一部のみがその輻射の受信に利用されることになるので、この場合の受信エネルギーは、

$$P_R = aKT_1B$$

ただし、 a は 1 よりも小さな係数、となる。第 3 図右側のような状態で温度 T_1 の物体を太陽と考えると、これは丁度太陽よりの輻射電波を電波六分儀で受信している形になる。この場合は T_1 の物体のうしろや周囲の温度を 0°K としているが実際には他の天体や地球周囲の大気よりの輻射があり、これらが同時に受信されるわけであるが、これらについては一応無視することにする。ま



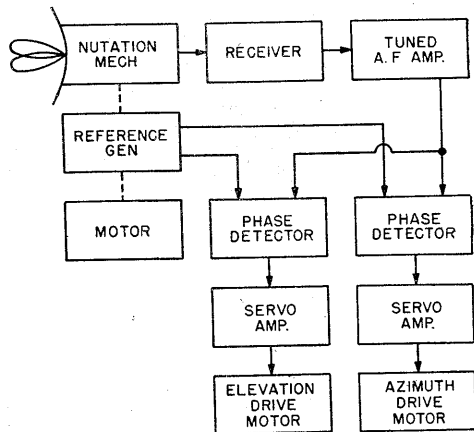
第 3 図

た、例えば T_1 の物体が太陽と考えた場合にも、太陽がらの電波の輻射は太陽表面の温度（約 $6,000^\circ\text{K}$ ）にもとずき完全黒体として Planck の公式から得られたエネルギー分布とは一致しない。これは太陽全域の温度は必ずしも一様でなく、黒点その他より異常な電波を輻射する現象もあるからであり、また地球へ電波が入射する際種々の減衰が波長によつて異なっていることもその原因となつている。しかしこれらのことは電波六分儀の原理を考える際には必要なことではない。

3. 電波六分儀の原理

上記のようにアンテナを太陽に向けて、その受信エネルギーが最大の点を求められればそのアンテナの向きから太陽の方位および高度を求めうることができるが、この場合に困ることは前述のように太陽よりの電波信号は受信機の入力回路の電子雑音と全く同じ形であるためにこの区別が困難なことである。太陽の電波信号を充分の信号対雑音比で受信機の出力に取り出すために特殊な回路技術が要求されることになる。

このため電波六分儀ではアンテナを太陽のまわりに首振りを行なわせることによつて、太陽電波を変調し、無変調の入力回路の雑音との区別をする方法が使用されている。太陽の周囲の背景は近似的に 0°K と考えてもよいから、アンテナ軸と太陽中心との差によるアンテナ利得の減少は変調の深さとなる。このときの変調周波数は電波六分儀自身の回路で行うのであるから既知である、アンテナの首振りと同期した位相検出回路を使用することによつて、この変調周波数の信号は非常に小さな信号の場合でも検出可能となる。

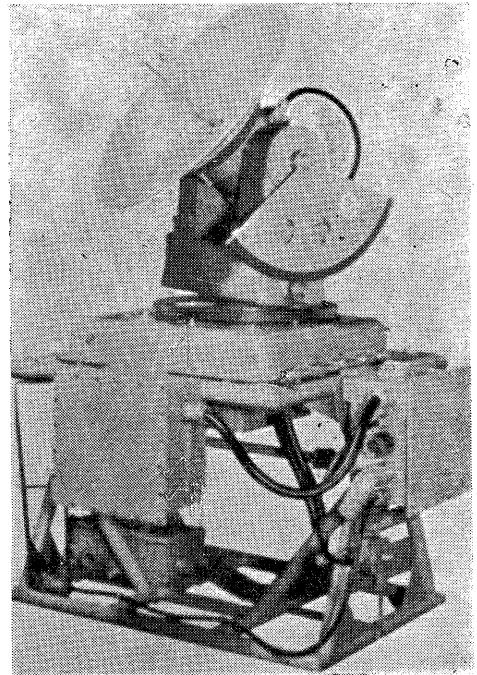


第 4 図

第 4 図が電波六分儀の簡単な系統図である。左側がアンテナ首振り機構部で、首振り機構と参照信号発電機は同じ電動機の軸に接続されている。アンテナから導波管で導かれた変調信号はレーダ受信機とあまり変らない構成の受信機に加えられる。この受信機の検波出力は、変調周波数以外の雑音を除くために変調周波数に同調した増幅器で増幅し参照信号発電機からの参照信号とともに 2 組の位相検波器に加えられる。これら 2 組の検波器へ加える参照信号は互に位相を 90° 変えておき、その位相と首振り軸との関係を適当に取るることによつて、2 つの位相検波器の出力が、それぞれ高低角および方位角についてのアンテナの方向の誤差を示すことにできるので、これらの出力を適当なサーボ機構に接続すれ

ば、電波六分儀のアンテナは自動的に太陽を追尾することができることになる。以上は電波六分儀の簡単な原理であるが、これらの諸回路および機構には非常に高度な技術と精度が要求されることは勿論で、これらの良否が追尾精度に直接影響を与えることになる。

船舶や航空機用の電波六分儀で今一つ重要なことはこのアンテナ機構が船や航空機の動揺に無関係な水平台上になければならないことである。普通、ジャイロを使用した安定台が使用されるが、この安定台の精度も追尾精度の重要な一つの要素となる。

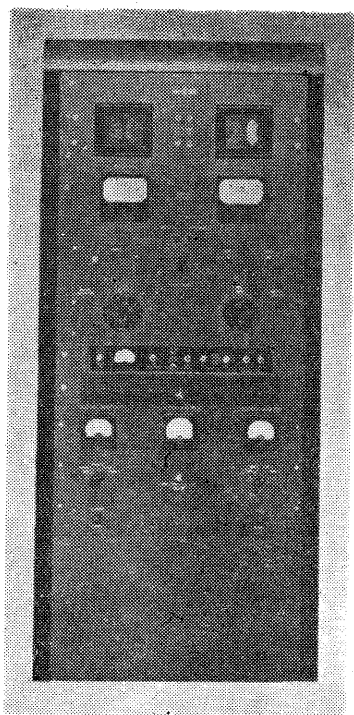


第 5 図

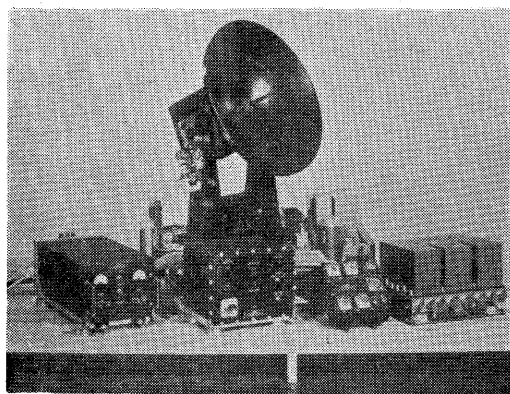
第 5 図は米海軍で試用された初期の船舶用の電波六分儀で下の架台が安定台である。アンテナの反射鏡の径は 30 吋 (76cm) で、この反射鏡の裏側にある円筒形の筐体内に受信機が取り付けられている。第 6 図が制御装置の写真で、この装置は初期の試験用であるため相当に無駄な部分も多く、不必要に大型になっている。この上部の 2 つの窓の中にはそれぞれアンテナの高低角と方位角を 100 分 1 の度の確度で指示する、シンクロで制御される目盛がある。第 7 図は米空軍用に開発された航空機用の電波六分儀の写真で、アンテナの反射鏡の径は 24 吋 (61cm) である。

4. 電波六分儀の確度

上記の電波六分儀の使用波長は何れも約 1.9cm であつて、太陽追尾用の電波六分儀として、この波長はごく初期の装置にのみ使用されていたようである。これらの



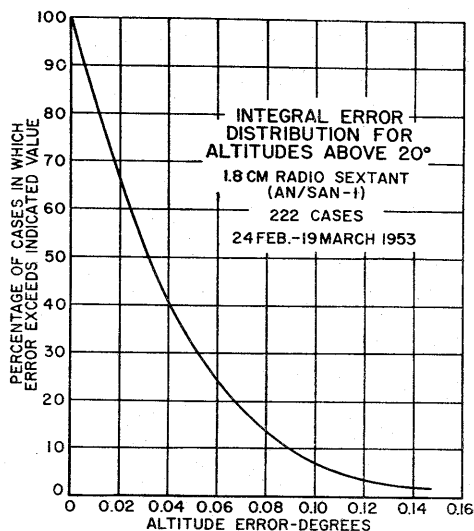
第 6 図



第 7 図

装置によつて電波六分儀のあらゆる天候に対する性能を求めるための実験が相当長期間に亘つて行われた。その結果、1.9cm波長は雪、嵐、雨、厚い雲等に対して受信信号をある程度減少するために多少電波六分儀の動作に影響を与え、追尾確度を僅かに低下させる原因となるが、太陽高度が低い場合、すなわち水平線に近いところに太陽があるときにおきるはげしい雷雨以外では追尾の失敗は見られなかつたと報告されている。実際問題としてこのような雷雨のおこる機会は極めてわずかである。

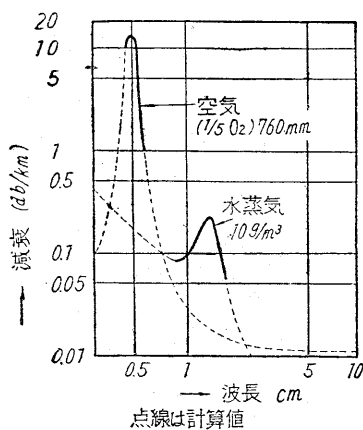
第 8 図は同種の船舶用の装置を使用して、カリブ海上で測定した 222 点の測定値より得た確率誤差分布曲線である。この図の横軸は高低角の追尾の誤差値の百分率を、



第 8 図

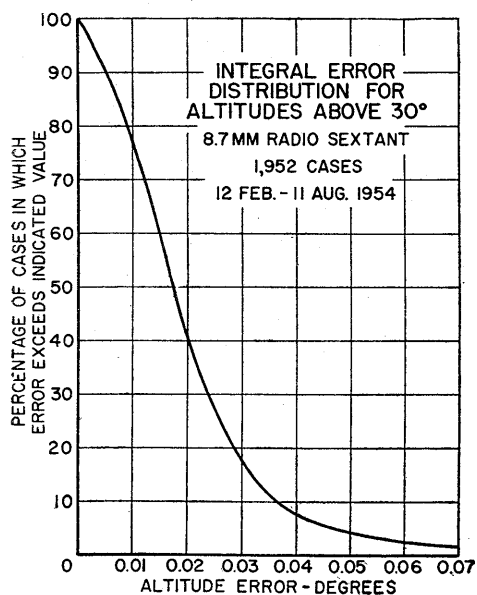
縦軸には誤差がその値をこえる場合の百分率を示しており、理論的にはこの曲線はガウスの分布を満足すべきであるが測定値が少いためこの図のような曲線を示している。図からわかるように追尾誤差が 0.1 度をこえる機会 は 7% にすぎない。確率誤差はこの曲線の 50% のところをとればよいから、図よりその値を求めれば 0.032 度であつて 2 分にも満たない。また他の報告では直接光学測定のと きに行われた 582 点の比較のうち、最大の誤差は 8.2 分、平均は 2.7 分であつたといわれている。この ように電波六分儀の性能は極めて良好であるために、米海軍で行われた実験航海では他の測定の助けをかりずに 1,400 海里に亘る航海の可能であつたことが報告されて いる。

電波六分儀の使用波長は一種の黒体からの熱輻射の受信であるから Planck の公式からいつでも波長の短い電波の方がエネルギー分布が多く有利な筈であるし、また波長の短い電波ほどアンテナの反射鏡の径を小さくできるし、また同じ径の反射鏡を使用すれば受信電波の波長が短いほどアンテナの指向性を鋭くし、またアンテナ利得を増すことができるので追尾精度の点からも、受信機設計上からも有利になつて来る。従つてミリ波技術の進歩とともに一層の短い波長が利用されるであろうことは当然予想されるところである。しかし一方においてミリ波帯の電波の伝搬は風雪などの天候に影響されることが大きくなる。第 9 図は空気（酸素）と水蒸気（および水滴）中における電波の減衰を示をしており、酸素に対しては波長 6mm 電波が、水蒸気に対しては 12.5mm の電波が最大の減衰を受ける。したがつて電波六分儀としての次の波長には 8.7mm の電波が選定された。この波長の電波を利用した実験用機器で 48 吋（122cm）径の



第 9 図

反射器をもつたアンテナにより測定した1952点の測定値による積分誤差分布曲線を第10図に示す。この曲線はガウスの分布によく一致しており確率誤差は0.017度すなわち約1分である。43時のアンテナはビーム幅が $\frac{1}{2}$ 度となり太陽の視角と一致して好都合であった。



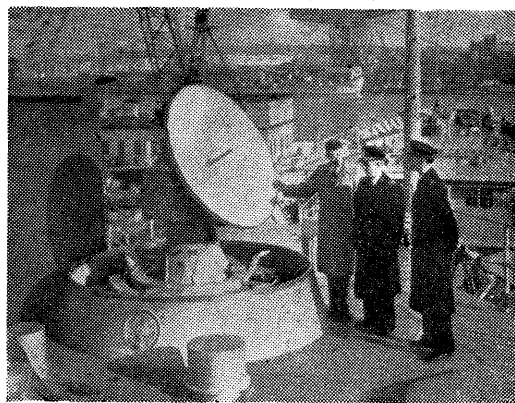
第 10 図

8.7mm 波長の場合の天候変化に対する影響は1.9cm波長の場合よりも当然大きくなり、太陽が低高度の際の雷雨の際には追尾を失敗する割合が増加した。しかし、実用機では反射鏡の径を120吋(30.5cm)程度にできるので、天候の影響を受けることの少い航空機用としては勿論、追尾失敗のような天候のおきる頻度は極めて少いので船舶用としても米海軍においては広く使されているようである。

5. 電波六分儀の将来性

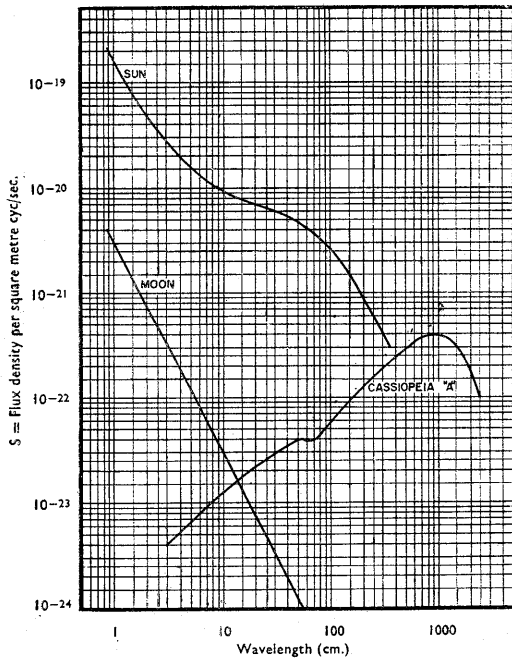
これまでの記述は何れも数年前に発表された初期の電波六分儀についての解説であつて、その後は主として軍用としてのみ発達している、現在の機器がどのような進歩をしているかはうかがうことができない。その間ミリ波技術の進歩は人工衛星などの発達とともに宇宙通信などに関連してめざましいものがある。例えばメーザを使用したミリ波受信機は真空管による受信機に比し極めて低雑音にすることが可能であり、当然このような技術は電波六分儀に応用されることになるであらう。

電波六分儀の利用の大きな目標として自動航法があるが、天体として太陽のみにしか使用できないのでは夜間には全く役に立たないので意味がなくなってしまう。太陽の次ぎに有望な天体は月であるが、のちに示すように太陽に比して非常に弱い電波しか受信できない。しかし、米海軍においてはこの月および太陽をすべての天候状態において高精度で追尾可能な船舶用電波六分儀を完成している。第11図にその外観を示す。



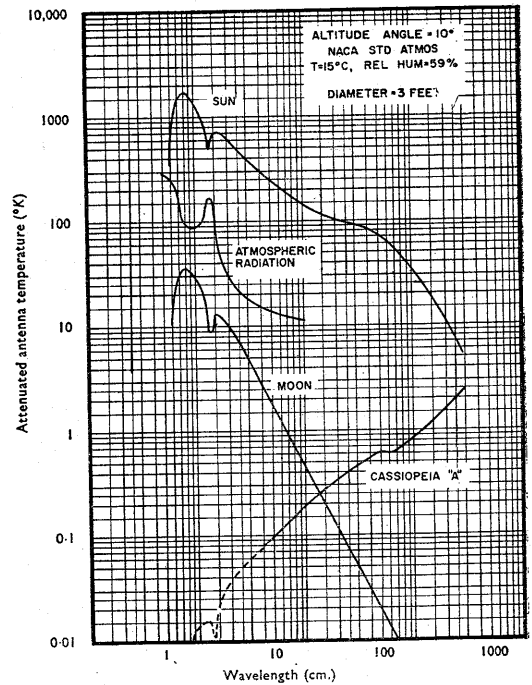
第 11 図

太陽と月とでもまだ全時間の自動航法には不足である。電波天文学ではこれ以外の天体で、かなり強い電波を発するものとして所謂ラジオ星 (radio star) と呼ばれる星がかなりの数発見されている。そのうちの一二の星、例えばカシオペアAと呼ばれる星は長波長の領域ではむしろ太陽よりも強い電波が受信されることが測定されているが、電波六分儀で使用される波長領域での電波強度は月よりなお数段低いものである。第12図、第13図にこれらの電波強度の波長による分布を示す。第12図の縦軸は対称天体よりの海波の地上における単位周波数幅当り分光フラックス密度を示しており、前述のように太陽および月は長波長になると電波の強さが弱くなるのに対し、ラジオ星カシオペアAでは長波長の電波ほど強くなる。第13図は天体が高低角 10° のところでありNACA (the National Advisory Commission for Aeronautics) の標準大気で表面温度 15°C 相対湿度59%のときの大气による減衰、すなわち前述の酸素および水蒸気によ



第 12 図

る減衰を考慮に入れたときの反射鏡の径が 30 呎 (91.5 cm) の場合のアンテナ温度を縦軸に、横軸には前図同様波長を示している。アンテナ温度は前記の $P_R = akT_B$ より得た P_R/kB で定義される。この図から前述の 8.7 mm および 1.9cm の太陽より電波が一応最高の受信感度を得られることがわかを。カシオペア A の長波長部はアンテナの径を大きくしなければ追尾精度が得られないからほとんど利用不可能である。



第 13 図

自動航法を行うために利用する他の天体として最も有望なのはこの目的のために打ち上げる人工衛星である。さきに米国で打ち上げられた航海衛星トランシットでは自動追尾だけでなく更に高度なドップラー効果を使用した航法方式が試みられたようであるが、予め軌道のわかつたいくつかの人工衛星を予め組まれたプログラムに従って順次自動追尾することができれば電波六分儀のみによる自動航法が可能となるであろう。

自動航法におけるラジオセキスタントの用法

The use of radio sextants in Automatic navigation systems

C. M. Cade

東京商船大学 飯 島 幸 人 (抄訳)

この論文は航海に於けるデータを連続的に自動的に表示するための基礎的な問題を取扱つておるが、雲上を飛行する航空機を目的として作られた自動太陽追跡機や星追跡機のような光学的なものはその応用が海上のためには限定されるのでここでは取上げないことにした。

太陽も星も見えない悪天候下での位置決定が困難なこととは云うまでもないが、霧中でも、曇天でも天体観測による精度を維持出来れば非常に便利である。この目的のために、コリンズラジオ会社（アメリカ）は 1948 年に radio sextant の試作品を作り、又 1955 年には波長 1.8 cm と 7.8mm の波を使用した standard radio sextant の試験の結果を発表しているが、この結果は少くとも光学的観測で得た精度と同等なものであるという、これ等の sextant は、自動的に太陽を追従して digital 形式で太陽の高度と相対方位を連続的に表示するように作られた。然し高緯度地方では昼間でも太陽の観測が出来ない期間があるので太陽に代る天体に応用出来れば、その価値は非常に大となる。一般の光学的観測の場合は少々薄い雲がかかつていても見える星は数多くあり、又星の名前もその相対位置から見当がつく訳で、太陽や月の天測の場合よりは星の方が正確な位置が出るが、radio sextant の場合は全く事情が違つて、航海用に役立つような充分の明るさの星は殆どないし、まだそれ等を見分けるための暦も出来てはおらないし、更に一般の星座表と較べて radio star chart は非常に奇妙なものである。

太陽は電波を放射する唯一の星であるとして知られて来たが、今迄に発見された電波の放射体即ち radio star は約 3,000 個ばかりであるが大体に於て、太陽よりはるかに大きなものばかりで、これに比較すれば太陽は非常に弱い放射体ではあるが、距離が近いために地球表面には強く現れるのである。地球表面の電波強度は Flux unit で測られる。1 flux unit というのは或る特定の波長或は周波数に於て、 10^{-22} watt/m² · cycle · sec である。太陽が黒点や光焰によつて乱されていないときは、3m 波で 1.9 flux unit であり、カシオペア A は同波長

で 1.7 unit であつて、radio star 中最も強烈なものでその距離は地球から太陽迄の 6 億倍もある。次に強いのは Cygnus A で 3m 波で、1.2 unit、距離は約 4 億光年、太陽の距離の 20 兆倍もある。西暦 369 年、1054 年、1572 年、1604 年にはその年に記録された超新星のために地球表面上の電波強度が今日存在するもののいかなるものよりも強かつたと信すべき証拠がある。この超新星の出現は一つの銀河系で 360 年に一度であるという説もあるが、これは嘘で我々の銀河系にもいつ超新星が現れるかもわからない。

天体の電波放射源にはいろいろのものがあるが主なものは次のものである。

1. 銀河系のもの、例ターレスの蟹星雲
2. 銀河系以外のもの、例アンドロメダの大星雲
3. 太陽 a) プランクの法則に従う静かなる太陽（黒点や光焰のない）からの熱放射
b) 静かでない太陽からの異状放射
4. 月や惑星からの放射
a) 月からの熱放射
b) 木星、金星からの原因不明な強烈なる放射。

radio sextant を使用するには波長の如何なるものを使用すればよいかが重要なことで、次の六つに注意を払う必要がある。

1. 波長と強さの変動、多くの場合プランクの法則に従うが、white noise や特別のスペクトラムを持つものもある。
2. 大気電離層による波長の減衰による変動。
3. 放射の不規則性、或は種々の減衰の変化によつて起る電波強度のふらつきに対する信頼性。
4. 欲しない信号の勢力の波長の変動、これは受信機の雑音や目的の放射源からの分解能が、受信アンテナビーム巾に較べて小さいような放射体からの放射も含む。
5. 欲しないものと信号とを区別するために役立つ成極作用の特性。

6. 限定された大きさ(多分小さな)のアンテナに対する特定波長の識別(或は相互ビーム中)。

木星や金星からの放射は非常に強く、木星は時には他のいかなるものより強い時があるが変動がはげしすぎて航海用として利用出来そうもない。船舶用の radio sextant は実用上口径 4 フィートのパラボラアンテナが最大であり、このときビーム巾は 1° を越えず、最大の実用波長は 1cm 以下となる。又電波は大気全層を通過して来るので、短い波長は吸収がひどいため波長の最底は 1mm である。同様なことは航空機に radio sextant を使用する場合にも考えられる。余程大きな飛行機以外口径 2,3 フィートのパラボラを備えることは困難で、雲上飛行が可能な飛行機では普通の気泡六分儀でも間に合うものであり、重量の問題で余程の利点がなければ装備出来ないが、2 万フィートも上空では短い波長も利用出来、アンテナも小さく出来るので重量を減らせるという利点もある。又それとは別に、地球電波の応用という分野もあり、ロケットの誘導や追跡とも関係深い。大陸間弾道弾では、発射段階では慣性誘導を用い、帰着には赤外線を用いるだろうが、その中間の段階では天文学的要素を導入しなければならない。

アメリカのアトラスは自動天文航法を行つた最初のもので一つであると云われている。その詳細は不明であるが、光電装置と星を記憶させた装置を組込んであるという。今や大量生産の段階にある Northrop Snark や非大陸間弾道弾などにも同様な自動天文航法を行う装置がついてると云われる。アナログの電波天文航法として、誘導装置は電波の連続音を記録した磁気テープを持つて

おり、受信された実際の信号と常に比較されて、相違があれば error signal を発してサーボ機構を働かせて必要な操舵を行うことが出来るのである。この機構は、電離層中を飛行するときは電波音は周期的に変化するために、次々とパターンを変えてゆかねばならないために複雑となるが、それ程困難な問題ではない。現在ロケットの分野では、radio sextant の追跡サーボから得られるデータが自動航海をする上に非常に役立つため、ロケットは radio sextant を装備する必要があると主張されている。

今や我々は連続的に位置を記録するような新しい航海装置の要求に直面している。それは今迄よりもずっと高度の精度を与え、速度の変化を直ちに検出し、予定されたコースへの影響を計算するであろう。位置の連続記録は慣性航法装置からでも、自動追跡六分儀からでも出来るが、前者は長い航海には不利であり、後者は荒天や月のない夜などには精度が落ちるので、その両方を組合せて使用すればその欠点を相補つて、自動航海目的に沿うものが出来るであろう。更に現在の位置を早く決定し、未来のコースを計算するためには自動計算器が必須なものとなつて来る。多分将来は非常に小型の増巾器を使った小型の radio sextant や、今までのジャイロを用いない圧電気や、クリスタルの振動を用いた直線的慣性装置も出来て来る可能性もある。そしてこれ等の航法装置は電力源以外は初期のジャイロのロータより軽く、ラジオより小型になるかも知れない。

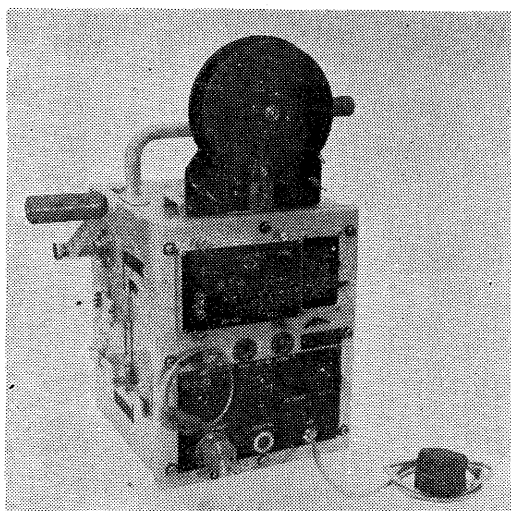
(飯島 抄訳)

新 製 品 紹 介

船舶の救命設備は船用品中最も重要な機器であり特に海上人命安全確保のための国際条約の規定による救命艇用携帯無線機は、先づ十分信頼性のある、そして非常の際に誰れにでも容易に最も有効的に使用出来得るものでなければならない。

以下最近急進しつつある電子科学を応用した新製品を紹介致します。

SS-1968A形 救命艇用携帯無線電信装置 東京芝浦電気株式会社



1. 概 要

本装置は海上人命安全条約、船舶安全法および電波法にもとずきとくに救命艇用として設計製作されたもので本船遭難時等の際に荒天その他あらゆる悪条件のもとで完全に動作し、無線通信について特別の知識をもたぬ素人でも自動電鍵装置によつて容易に緊急信号、遭難信号および方探用長符 30 秒の電波を発射することができます。

特 長

- (1) 受信機は完全にトランジスタ化してあります。したがつて電源消費は少なく、また積層乾電池(006P形9V1ケ)を内蔵しているので手廻発電機をまわさなくても受信することができます。
- (2) 送受信機の据付と操作は安定容易です。送受信機を防水外筐より引出せば箱形になつていたので、据

付は極めて安定となりしたがつて操作もまた容易です。

- (3) 手廻し発電機が楽に使えます。送受信機の外形と発電機の取付方法を改良したので手廻し発電機の操作は非常に楽になりました。したがつて送受信時とも体力の消耗を極力さけることができます。

2. 規格および性能

A. 送 信 機

送信周波数	500kc	8364kc
周波数偏差	±0.5%以内	±0.02%以内
電波形式	A ₁	A ₂
変調周波数	450~1,350C	
変調度	70%以上	
空中線出力	1.5W以上	3.0W以上
空中線定数	500kc……100pFの容量と15Ωの抵抗の直列	
	8364kc……+60Ω~-60Ωのリアクタンスと40Ωの抵抗直列	

回路方式 水晶制御電力増巾方式

電鍵方式および電鍵速度

手動 20ボ-以上

自動 緊急符号(1回) 遭難符号(3回) 長符(30秒1回) 上記組合せを3回繰返し送信する。

B. 受 信 機

受信周波数	500kc	8266~8745kc
電波形式	A ₁	A ₁ および A ₂
回路方式	500kc ストレート方式, 8Mc スーパーヘテロダイン方式	
感 度	変調周波数 400~1400C 変調度70%で500kcの時は100μV, 8Mcの時は200μVの信号入力に擬似空中線に加わつたとき、信号出力は1mW以上でかつ S/N 20db 以上	
感度偏差	A ₂ 500kc 受信時 492~508kc 内の信号入力に対し感度偏差は6db以内	

3. 外形寸法および重量

(1) 防 水 外 筐

アルミニウム製ドラム缶形

410mm(径) 450mm(高さ) 重量 14.4kg

(2) 送 受 信 機

アルミニウム製箱形

255(幅)×325(高さ)×275(奥行) 21.3kg

協立電波株式会社

特 許 第6344号
実用新案 第3592・3593・3594号

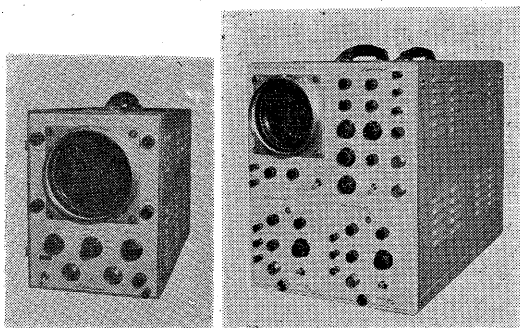
1. ま え が き

内燃機関の性能を判定するためには、シリンダー内の圧力の変化および燃焼の状況を観察・測定することが最も大切なことである。シリンダー圧力を測定するにはシリンダー壁に圧力ピックアップを装着し、圧力変化を機械的变化となし、これを更に電氣的エネルギーに変換することが必要である。

この変換器 (Transducer) を圧力ピックアップと称し従来圧電型・抵抗線歪計型・可変容量型などがあったがそれぞれ種々の欠点を持っていた。

当社ではこれら在来の方法と異なる原理、即ち可動陽極真空管を用いた圧力ピックアップを研究・開発してきたが、在来型式に比し優れた性能を得ることができた。

2. 圧力ピックアップ



KEA-5 型

KEA-3 型

圧力変動を電氣的エネルギーに変換するために、先ず圧力の変動に比例した、受圧膜 (薄円板) の機械的変動を起させる。これを電気量に変換するのに可動陽極真空管 RCA-5734を用いる。

この真空管の構造は Fig.1 に示され、可動陽極 P を α 角回転すると真空管の内部抵抗が変化し、出力電圧も変わってくるのである。その動作特性、即ち α 角と出力電圧の関係を表 1 に示すが、僅か $15'$ (1° の $\frac{1}{4}$) で $10V$ の出力を得る高感度であり、且つ変動角と出力との関係は殆ど直線的である。これは在来の圧力ピックアップにその例を見ない特色である。表 2 に在来のものとの比較を示す。

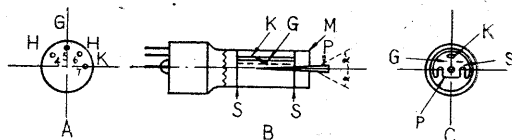


Fig. 1

現在、ディーゼルエンジン・シリンダー用 (100kg/cm^2 迄測定可能)、ガソリンエンジン・シリンダー用 (50kg/cm^2)、燃料噴射管用、クランクケース用等の各種圧力ピックアップが製作されている。

圧力ピックアップの構造を Fig. 2 に示す。

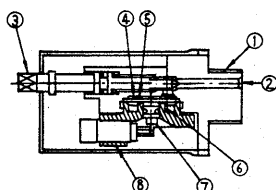


Fig. 2

するとともに、ピストン位置もマークとして、ブラウン管面に現れる圧力曲線上に重畳して描かせるための、独特の回路を有する特殊なオシロスコープである。

ピストンの回転角位置を取出すためのタイムマーカーピックアップも別に用意されている。

現在 KEA-3 型 (1 現象観測用) および 5 型 (2 現象観測用) が製作されている。3 型は小型で簡易型というべく、5 型は大型で 2 電子銃式ブラウン管を有しており、シリンダー圧力と他の現象 (例えば燃料噴射管圧力・クランクケース圧力等) との同時観測を行えるため、研究用に適している。

Fig. 3 にダイアグラムを示す。

4. 本装置による測定例

Photo. 1 はシリンダー圧力ピックアップ、燃料噴射管圧力ピックアップを舶用ディーゼルエンジンに取付けたところであり、Photo. 2 はその圧力線図である。

5. その他

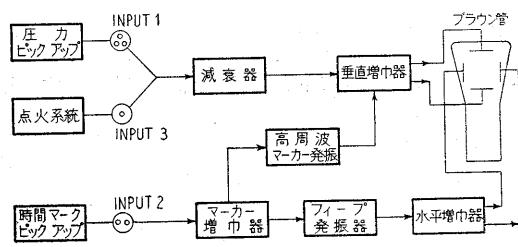


Fig. 3

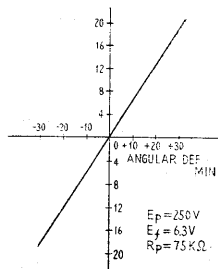


表 1

3. 指示器

圧力ピックアップと組合せて使用する指示器としてブラウン管オシロスコープを用いるが、エンジンのピストン位置に同期して指示

本装置の開発・研究の実績により昭和35年7月、運輸省より「ディーゼル機関内シリンダー圧力の検出指示計の試作研究」のテーマで研究補助金を交付せられ、目下

研究部において工程進行中のことは「きょうりつ」1号に報道せられた通りである。

	可動陽極型	抵抗線歪計型	圧電気型	可変容量型
出力電圧	10V	5mV	2V	$\Delta F \div 1pF$
出力インピーダンス	75K Ω	1K Ω	100M Ω 以上	100M Ω
共振周波数	3700 $\sim$	20000 $\sim$ 30000 $\sim$	20000 $\sim$ 以上	20000 $\sim$ 以上
増巾器(増巾度)	30db	80db	40db	---
"(種類)	直流増巾器	直流又はサンプリン グ増巾器	前置増巾器必要	周波数変調器直流栓 波器必要
圧力校正	可能	可能	不可	可能
操作	出力安定零点漂動小	出力安定零点漂動大	用法複雑研究室用	用法複雑研究室用
冷却	水冷・水量少	水冷・水量大	空冷	水冷・水量大
遠方監視	可能	可能	不可	可

表 2 他種圧力ピックアップとの性能比較

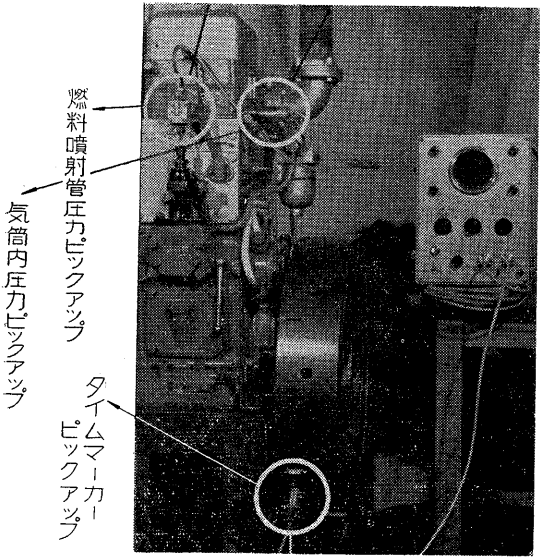


Photo. 1

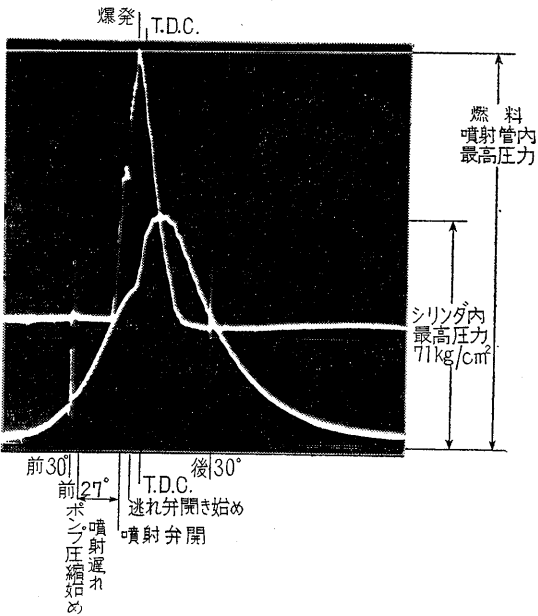


Photo. 2



東京計器

レーダー・ロラン

MK2 D・O レーダー

12吋ブラウン管・大型船舶用

MK2 DT レーダー

トルー・トラッキングレーダー
ブラウン管・大型船舶用12吋

MR-30C レーダー

10吋ブラウン管・中型船舶用

BR-20 レーダー

10吋ブラウン管・中小型船舶用

BR-15 レーダー

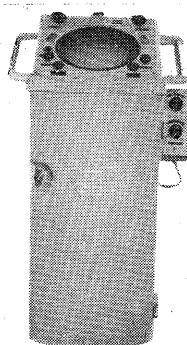
7吋ブラウン管・小型船舶用

ML-1 ロラン

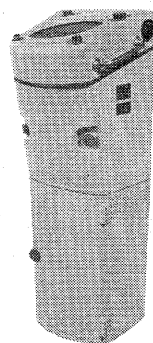
小型・軽量・電源装置不要・
自動周波数制御装置付

株式 東京計器製造所
會社

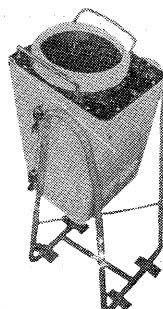
東京都大田区東蒲田4の31 TEL (731) 2211 (代)
神戸・大阪・函館・横浜・名古屋・下関・長崎



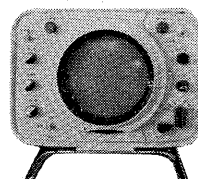
MK2-D0
レーダー



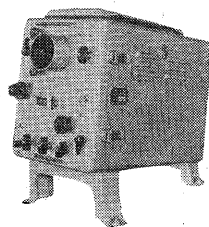
MR-30C
レーダー



BR-20
レーダー



BR-15
レーダー



ML-1 ロラン

THE JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION

Vol. XIII, No. 2 April 1960

Manoeuvres to Ensure the Avoidance of Collision	
by E. S. Calvert	127
Refraction at Low Altitudes	
by D. H. Sadler & W. A. Scott	139
Factors Affecting Radar Operator Efficiency	
by C. H. Baker	148
A Microwawe Position-fixing System	
by H. R. Smyth	164
Automatic Echo-sounding Systems	
by E. Ahren	173
A System of Automatic Navigation	
by C. Britnell	178
An Automatic Doad Reckoning Computer	
by K. Ramsayer	186
A Routc Direction-finder by P. Gaudillere	191
Heading Definition in Commercial Aircraft	
by J. F. Green & A. P. Glennly	196
The Rate-integrating Gyro as an Aircraft Heading	
Reference by D. O. Fraser & J. A. Lee	219
Vol. XIII, No. 3 July 1960	
Optimum Ship Routing	
by G. L. Hanssen & R. W. James	253
Fuel Reserves for Aircraft	
A Working Party Report	273
The Accuracy of Upper-wind Forecasts	
by C. S. Durst	288

Drift Determination in Jet Aircraft

by H. M. de Jong	296
Initial Alignment of a(Moving Inertial	
Navigation System	
by R. B. Seeley & R. D. Cole	301
Anti-collision Radar Sectors	
by J. Garcia-Frias	316
The Last Voyage of Sir Clowaisley Shovel	
by W. E. May	324
Space Navigation	
A Discussion	333
Vol. XIII, No. 4 Octoper 1960	
The Early Years of the Royal Sociely	
by Sir Harold Spencer Jones	365
Notes on the Research and Development	
Programme of the U. S. Federal Aviation	
Agency	
by Hans Giesecke	383
The Revision of the Collision Regulations	
by J. H. Quick and F. J. Wylie	401
Navigating the Supersonic B-58	
by W. L. Polhemus	406
Fifteen Years of Marine Radar	
by F. J. Wylie	419
Some Aspects of Doppler Track Computer	
Navigation	
by P. R. W. Webb	440
The Para-Visual Director	
by A. M. A. Majendie	447

PROCEEDINGS OF THE IRE

Vol. 48, No. 2 Feb. 1960

Measurement of Internal Reflections in Traveling	
Wave Tubes Using a Millimicrosecond Pulse	
Radar	
by D. O. Melroy & H. T. Closson	165
Vol. 48, No. 3 March 1960	
Pulse Compression-key to More Efficient Radar	
Transmission	
dy C. E. Cook	310

Vol. 48, No. 4 April 1960 (Space Electronics Issue)

Navigation Using Signals from High Altitude	
---	--

Satellites	
by A. B. Moody	500
A Satellite Doppler Navigation System	
by W. H. Guier & G. C. Weiffenbach	507
Inertial-Guidance Limitations Imposed	
by Fluctuation Phenomena in Gyroscopes	
by G. C. Newton	520
A Study of Natural Electromagnetic Phenomena	
for Space Navigation	
by R. G. Franklin & D. L. Blren	532

Vol. 48, No. 5 May 1960

Anomalies in the Absorption of Radio Waves
by Atmospheric Gases by A.W. Straiton
& C.W. Tolbert 898

Vol. 48, No. 7 July 1960

Radar Target Classification by Polarization
Properties by J.R. Copeland 1290

Vol. 48, No. 9 Sept. 1960

Forward Scattering by Cotaed Objects Illuminated
by Short Wavelength Radar
by R.E. Hiatt, K.M. S.rgel and H. Weil 1630
The Ineeffectiveness of Absorbing Coatings on
Conducting Objects Illuminated by Long
Wavelength Radar by R.E. Hiatt,
K.M. S.rgel and H. Weil 1636

IRE TRANSACTIONS ON AERONAUTICAL AND NAVIGATIONAL ELECTRONICS

Vol. ANE-7, No. 1 March 1960

Automatic Radio Flight Control (Reproduction of
Historic Papar)

by F.L. Moseley & C.B. Watts, Jr 3

Basic Air Traffic Control System Concepts
by H.K. Morgan 12

A Statistical Analysis of Cross-Track Error in a
Navigation System Utilizing Intermittent Fixes
by H. Staras & R.W. Klopfenstein 15

Vol. ANE-7, No. 2 June 1960

Prizes for Progress by R.I. Colin 31

A Flush-Mounted Runway Antenna for Use with
the FAA Directional Glide-Path System
by J.R. Baechle & R.H. Mc Farland 32

Radio Collision-Avoidance System for Aircraft
by R.T. Fitzgerald, H.C. Brown
& M.D. Reed 40

Multiple Pulse and Phase Code Modulation in
the Loran-C System by R.L. Frank 55

Vol. ANE-7, No. 3 Sept 1960

A Mathematical Analysis of the Performance
of the ATC Radar Beacon System

by A. Ashley & F.H. Battle, Jr. 76

An Application of Random Process Theory to
Gyro Drift Analysis by R.L. Hammon 84

Generation of Artificial Electronic Displays,
with Application to Integrated Flight
Instrumentation

by G.H. Balding & C. Susskind 92

Wide-Base Doppler Very-High-Frequency
Direction by F. Steiner 98

Vol. ANE-7, No. 4 Dec 1960

Conditional-Switchmg Terminal Guidance (A
Therminal Guidance Technique for Satellite
Rendezvous) by A.L. Paesera 110

Radio Frequency Noise from Environment of
Hypersonic Vehicles by M.S. Sodha 119

Theoretical Accuracy of Radar Measurments
by M.I. Skolnik 123

あ と が き

本誌は4月発行の予定でありましたところ、執筆者の転勤や原稿の遅れのために予定より1ヶ月以上も遅くなり、甚だ申し訳なき次第であります。

研究会の内部におきましても、本会会長の東京工業大学の森田教授は、同大学の職を退かれるとともに、会長の職を商船大学の鮫島教授に引き継がれることになり、鮫島会長には5月16日から西独乙ジュセルドルフにおいて開催される英、独、仏の三国合同の国際航法学会へ本会を代表して出席される予定であります。

なお、国際航法学会における議題には本研究会に關係の深いテーマが豊富にあることは勿論であります、その他同教授にはレーダ教育訓練施設等欧州における電波航法の現状をつぶさに調査される予定でもありますので次号あたりで種々有益な発表があるかと期待される次第であります。

本誌の編集については、次に掲げる諸氏を編集委員にお願いし、35年5月に編集會議を開いたのがそのスタートで第1巻は昨年末発行し、ここに第2巻の発刊を見るに至った次第です。

編 集 委 員 (A B C 順) 35.5.1. 現在

顧 門	鮫島 直人 (東京商船大学教授)
”	熊疑 武晴 (東京水産大学教授)
”	大岡 茂 (電気通信大学教授)
”	柳井 久義 (東京大学教授)
委員長	道正 喜一 (郵政省電波監理局監視技術課長)
委 員	船谷 近夫 (運輸省海運局海務課)
”	今吉 文吉 (海上保安庁水路部海洋研究室)
”	木村 小一 (運輸省技術研究所船舶機装部機装研究室長)
”	北田 宗一 (水洋会事務局長)
”	茂在 寅男 (東京商船大学助教授)
”	牧田 裕文 (運輸省海運局海務課)
”	中島 俊之 (日本無線株式会社工務部レーダ課長)
”	岡本 寅男 (郵政省電波監理局航空海上課)
”	岡田 高 (沖電気工業株式会社研究所無線研究部次長)
”	落合 徳臣 (東京計器製造所電子研究所長)
”	杉野 和衛 (運輸省海運局海務課)
”	鈴木 務 (電気通信大学助教授)
”	鈴木 裕 (東京水産大学助教授)

機 関 誌 1号

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年海上人命安全會議の模様について
..... 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

(ニュースつずき)

電 波 速 度 計

川崎航空岐阜製作所では、電波を使って自動車のスピード違反を発見する電波速度計を考案した。これはわが国でははじめての試みである。この速度計は本体と指示装置との二つからなっており、20cm 四方のポータブル形である。方向アンテナからは 400Mc の VHF 電波を走行中の自動車からはね返ってくる変化を本体がキャッチし、指示装置のメータがスピードを表示する仕組みになっている。

電 波 航 法

昭和 36 年 8 月 25 日 印 刷

1961

昭和 36 年 8 月 30 日 発 行

No. 2

編
発

集
行

東京都千代田区丸ノ内1～1運輸省海務課内

電 波 航 法 研 究 会

東 京 都 港 区 麻 布 霞 町 7

印

刷

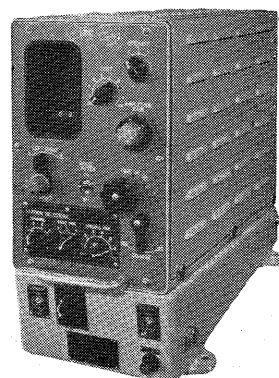
株式会社 白 泉 社

電 話 (408) 1171～3

JRC

ロラン 受信機

世界最初のトランジスタロラン



JNA-102形

- JNA-102形と従来のものの比較
 - 小形化……従来のものの $\frac{1}{2}$ 以下 (210×407×420)
 - 軽量化……従来のものの $\frac{1}{2}$ 以下 (25.5 kg)
 - 低消費電力化……従来のものの $\frac{1}{2}$ 以下 (40W以下)
- JNA-102形の世界的4大特長
 - ① トランジスタ化、トランジスタ、ダイオード使用のため小形
軽量消費電力少
 - ② プラグインユニット方式、プリント配線の画期的設計ですの
で保守点検が容易
 - ③ 測定値の読取簡単
 - ④ 電源内蔵、従来の300Wに比し、单相100V $\frac{1}{2}$ で40W以下の
極少費電力

JRC 日本無線株式會社

東京都港区芝西久保桜川町25第5森ビル 電話 東京 (591) 代3461
大阪市北区堂島中1の22 電話 大阪 36 4631 ~ 6
福岡市新開町3の53立石ビル 電話 福岡 76 0277
札幌市北一条西4の2札幌商ビル 電話 札幌 2 6161 4 6336